

岩嶋樹也教授・鈴木祥之教授・伊藤 潔教授のご退職によせて

岩嶋樹也先生、鈴木祥之先生、伊藤 潔先生は、平成20年3月31日付けで京都大学を定年退職されました。三先生は長年にわたり、京都大学防災研究所において、大気災害、耐震工学、および地震予知に関する研究を中心にして多方面にわたる活動を精力的に進めてこられ、その諸活動を通じて京都大学の教育と研究に大きく貢献されてきました。ここに三先生の功績の一端をご紹介します、所員一同の心からの感謝を申し上げたく存じます。

岩嶋樹也先生は、昭和42年3月京都大学理学部地球物理学科を卒業、同年4月に同大学大学院理学研究科修士課程地球物理学専攻に入学、昭和44年3月に同課程修了、同年4月に同博士課程に進学され、昭和47年4月から京都大学理学部研修員として理学部地球物理学科にて研究に従事され、昭和49年3月「Studies on the atmospheric ultra-long waves(大気超長波の研究)」により京都大学理学博士の学位を取得されました。昭和48年4月に京都大学理学部助手(地球物理学科)に採用され、昭和56年5月理学部附属気候変動実験施設に配置換えの後、同年8月助教授に昇任されました。昭和56年8月から昭和57年8月まで、米国ハワイ大学気象学教室にて研究に従事されました。平成3年4月京都大学理学部地球物理学教室に配置換えの後、平成6年4月には名古屋大学大学院人間情報学研究科(環境情報論講座)教授に昇任されました。平成9年4月には京都大学防災研究所大気災害研究部門教授(災害気候学研究分野)に就任され、学内外における研究教育活動に携わってこられました。

研究活動においては、京都大学理学部在籍時から、大気大規模波動・大気大循環・気候変動に関して、全球大気観測データに基づく解析的研究や大気大循環モデルの構築とそれに基づく数値実験的研究を進め、気象学・気候学の進展に貢献されました。観測データの解析的研究では、成層圏突然昇温の発現前後におけるエネルギー過程や対流圏ブロッキング発現時の大気大規模波動擾乱(超長波)の構造と振舞の研究、エルニーニョ・南方振動やモンスーン等の大気循環の変動と異常気象・異常天候等との関連に関する研究、地表気温・海面水温などの長期変動の研究、更に、気候変動と太陽活動・火山活動・大気組成の変化との関係に関する研究を進められました。気候変動の研究では、誤差範囲や信頼度を指示できる解析方法により急激・唐突な気候の変化(「気候ジャンプ」と命名)が生じていたことを明らかにされました。数値モデルによる研究では、全球平均した簡単なエネルギー平衡型モデルから3次元モデルまでいくつかのタイプの大気大循環モデルを構築し、大気大循環や気候変動に関する数値実験を行われました。さらに、上記の「気候ジャンプ」のような気候システムの変化の研究を進めるために、新しく「時間・空間スペクトル方式の大気大循環モデル」を提案されました。大気システムのみを対象としたモデルを用いて、大気に対する海洋等の外部条件が一定であっても複数の解(多重解)が得られること、そして外部条件が連続的に僅かに変わっても大きさが著しく異なる解への遷移が起こり、多重解間の遷移によって「気候ジャンプ」のような急激な変化が生じ得ることを示されました。

名古屋大学に転任後は、温室効果気体の全地球的増加に関連して地域的気候がどのように変動するかに着目して、極端な状態を示す気温・降水量など気候要素の極値の研究と都市域大気メタン濃度に関する研究を進められました。年最大日降水量の順位統計量解析によって、近年の日本では年最大日降水量が増大する傾向にあることを明らかされました。また、都市域とその周辺における気温変動の研究に加えて、大きな温室効果を有

する大気メタンの気候学的実態の研究を進められ、特に都市域とその周辺での人間活動による濃度増大に着目して、メタンやオゾンなど大気微量成分の観測データの解析を進め、日変化・季節変化などの気候学的特徴を明らかにされました。

岩嶋先生は、防災研究所転任後も気候環境や大気微量成分に関する研究課題を継続され、「降水量の長期変動」に関しては、気象研究所の全球大気・海洋結合モデルによる数値実験結果を基に、全球的水収支や降水量極値の発現頻度について解析されました。全球的水収支の研究では、「北半球では蒸発量が降水量より多く、南半球では降水量が蒸発量より多い」という気候学的特徴が二酸化炭素の増加に伴って強まることを、降水量極値の研究からは、日降水量の年最大値の発生頻度が南北両半球で増加し、この発生頻度の増加傾向は南半球より北半球の方が大きいことなどを明らかにされました。「都市域とその周辺における大気微量成分の実態解明」では特に大気メタンに関する研究に力を注がれ、地表オゾン濃度の観測・解析を加えて、「都市域とその周辺における大気微量成分の気候学」の確立を目指されました。この一連の解析的研究では、地方自治体による長年の大気環境観測データを活用するとともに、都市域とその周辺における現地観測を計画・実施され、これらのデータを解析して、「都市域とその周辺における大気メタンの空間的・時間的振舞(すなわち濃度分布とその日変化・年変化・年々変化および永年的变化)」の気候学的特徴を明らかにされました。また、国内・海外の諸都市の中心部と郊外で採取した空気試料や簡易気象観測結果を基に「箱型モデル」を適用して、モデル都市域からのメタン発生量を算定し、都市の面積(幾何学的規模)や人間活動の指標としての人口を尺度にして比較検討したところ、国内と欧米とではその大きさが異なるが、都市域からのメタン発生量は都市人口や幾何学的大きさに比例していることを示されました。この算定方法や結果は、多数の発生源毎の精度の低い個別評価を積算する従来の方法よりも簡便・実用的であり、都市の空間的規模や人口からメタン発生量の基準値を設定することも可能であることを示しています。

教育面では、京都大学理学部および同大学院理学研究科の一員として講義・演習を担当して多くの学生の専門教育・研究指導に力を注ぐとともに、全学共通教育にも参加して、理系のみならず文系を含む学生を対象とする一般教育にも力を注がれました。また、非常勤講師として京都教育大学・名古屋大学・福井大学の教育の一部も担当されました。

学会活動としては、日本気象学会に属し、全国理事や英文雑誌編集委員、学会関西支部の常任理事や支部長を務め、気象学の普及や会員の研究活動支援に大きな貢献をされました。

また、科学技術会議専門委員、学術振興会科学研究費委員会専門委員として国の研究行政を支援するとともに、京都府や京都市の環境・自然保護に関する審議会や審査会等の委員を務め、地方・地域の環境に関する様々な課題に対して、幅広い研究経験を活かして専門家の立場から助言・提言をし、地方自治体の活動にも大きく貢献されてこられました。

以上のように、岩嶋樹也先生は学術研究と教育のそれぞれの分野において多くの業績をあげ、大気科学や災害科学に関する学術研究の進展に大きな貢献をするとともに、それらの成果を背景にして社会への還元にも努めてこられていて、その功績は顕著であるといえます。

鈴木祥之先生は、昭和42年3月名古屋工業大学建築学科を卒業、同年4月京都大学大学院工学研究科修士課程建築学専攻に入学、昭和44年3月に同課程を修了後、博士課程に進学、昭和47年3月博士課程を単位修得退学されました。昭和47年4月京都大学防災研究所助手に採用され、昭和61年4月京都大学防災研究所

助教授に昇任，平成 11 年 5 月に京都大学防災研究所教授に昇任され，36 年間にわたり防災研究所において研究と教育に携われてこられました。この間，国内での教育・研究活動のみならず，平成 3 年 4 月から 8 月まで英国サセックス大学の招聘教授をはじめ，米国ライス大学，フロリダ・アトランティック大学，ウースター工科大学，中国ハルビン建築工程学院，蘭州鉄道学院など海外の多数の大学，研究所に招かれ，研究指導，共同研究を行うなど国際的にも活動されてきました。

研究活動においては，建築構造物の耐震安全性を評価する耐震信頼性解析法，先端技術を用いた制震構造システムの開発や構造物の健全度を調べるヘルスマonitoringの研究において先駆的研究を行い，また木造建物，特に伝統構法木造建物の耐震設計法や耐震補強法の開発や歴史的・文化財的建築物の耐震補強と保存修復の技術開発において社会的な要請に応えるとともに多大な貢献をされてこられました。

先ず，建築構造物の耐震設計を行う際に，構造物の地震時の安全性や機能性に対する信頼度を確保した上で適正な設計を行うことが合理的であるとの観点から，地震外乱や構造物系に含まれる不規則性や不確定性を考慮した履歴構造物の確率論的地震応答解析法および地震時損傷度評価法とそれらを統合化した耐震信頼度解析法を導かれました。ここでは，構造物の履歴型復元力特性や破壊規範の基本的な尺度が 1 価非線形関数によって微分表示が可能なることを見だし，種々の履歴構成則や破壊規範に対して微分表示法を提案されました。これらの微分表示を用いることにより，履歴構造物の不規則地震応答解析と耐震信頼度解析が，伊藤型の確率微分方程式として数学的に厳密な形で定式化し得ることを示し，解析精度の良い解法を導かれました。この解析法は非線形性の強い領域や不安定領域にも適用し得るなど汎用性が高く，解法も明快に組織化し得る特徴を有していることを示され，これら一連の研究を纏めた「**Seismic reliability analysis of hysteretic structures based on stochastic differential equations**（確率微分方程式に基づく履歴構造物の耐震信頼度解析法に関する研究）」により，昭和 61 年 3 月に京都大学工学博士の学位を取得されるとともに，1990 年日本建築学会賞（論文）を受賞されました。さらに，上記の確率微分方程式による定式化法を基礎理論として構造物の動力学特性や破壊規範などに不確定な諸量が多く含まれる現実的な不確定構造物の耐震信頼度解析にも適用，発展させられました。また，地震応答観測から実在構造物の構造物各部の応答ならびに損傷と耐震安全性を推定する確率論的非線形推定問題に応用・発展させ，直接計測できない構造物各部の変位応答や損傷を推定する方法を導くなど，構造物の健全度を調べるヘルスマonitoringの研究に発展させ，日米，日中共同研究においてリーダーシップを発揮し，この分野の研究発展と国際交流に寄与されました。

次に，構造物の地震応答を抑制し，より積極的に安全性・機能性・居住性を確保するための制震システムの理論開発と実験的検証に関する研究を行われました。すなわち，アクティブマスダンパーを用いた制震システムにおいて，構造物の振動モード毎に制御目標を設定し得る極配置アルゴリズム，構造物モデルとコントローラの低次元化による H^{∞} 制御アルゴリズムを設計する方法を提案され，実用化に際して重要な問題となる制御装置の物理的な性能限界については，制御ゲインを調整する可変ゲイン制御法を開発することによって解決し得ることを示されました。数値シミュレーションによる検証に加えて実験的検証を行うために，5 層鋼構造実大試験架構を用いて地震応答を再現する地震応答加振システムを組み込んだユニークな制震実験システムを構築し，制震アルゴリズムの性能や効率を比較検証され，これらの研究により 2003 年度計測自動制御学会論文賞を受賞されました。さらに，大地震における構造物の非線形応答領域に対しても有効な制震システムを得ることを目的として，構造物の各部の非線形応答を推定した上で最適制御を行う確率論的非線形推定—最適制御問題の確率微分方程式による定式化を行い，履歴構造物系における一般的な評価規範に対するベルマン方程

式や拡張リカッチ方程式を導き、非正規確率等価線形化法などを組み合わせた実用的な解法を提案し、制震システムの基礎的な理論構築のみならず実用的手法に発展させてられました。

鈴木先生は、1995年兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災で木造建物は甚大な被害を受け、多くの死傷者を出すに至ったことを契機に、木造建物の耐震性能を構造力学の観点から見直し、木構造の再構築を計るとともに、安全で安心して住める都市住空間の創生・再生を目指した研究に取り組んでられました。阪神・淡路大震災以後に発生した大地震でも木造建物は甚大な被害を受けており、その都度、悉皆被害調査および構造詳細を実施して地域の構造特性と被害との関連性を調査され、被害原因を明らかにされました。また、構造力学的に曖昧なままにされてきた伝統構法木造建物について、構造要素や木造軸組、実在の木造建物の静的あるいは動的実験を実施して、大地震時の大変形領域に至るまでの復元力特性や破壊に至るまでの挙動を調べられ、これらの研究成果をもとに、伝統構法木造建物の耐震性能評価に適した限界耐力計算に基づく耐震設計法、耐震補強設計法を開発し、実用的なマニュアルを出版するなど、学術研究のみならず社会的にも貢献されました。E-ディフェンス大型振動台による京町家など伝統木造建物の実大振動実験では、耐震設計法、耐震補強法の検証とともに伝統構法の構造力学的解明を行い、多大の研究成果を挙げられ、さらに、文化財・歴史的木造建築物を地震災害から守るための耐震補強や保存修復の技術開発を行っておられます。このように、木造建物、特に伝統構法木造建物の研究の発展と普及に寄与するとともに、この分野の指導的な役割を果たしてられました。

教育面においては、京都大学工学部建築学科、大学院工学研究科建築学専攻の講義を担当し、多くの学生の教育や研究指導に情熱を注ぎ、実社会で活躍し得る高度な専門技術者、教育者や研究者を育成されました。また、海外からの学生、研究者を積極的に受け入れ、研究指導、研究支援を行うとともに、海外での講演や講義を通じて国際的な人材育成にも貢献されました。

学会活動としては、日本建築学会、日本地震工学会、システム制御情報学会、日本地震学会、日本数学会、地盤工学会、日本自然災害学会、地域安全学会など多くの学会に参加し、また評議員、専門委員会委員長、理事、副会長などを務め、学会の発展に尽くすとともに、国際誌の編集委員などとして国際学術研究の発展に貢献されました。

社会活動としては、京都市防災会議専門委員会、滋賀県建築物耐震診断委員会の他、京都府や金沢市など自治体に関連する多くの委員会の委員として、また(財)日本建築総合試験所、(財)建築研究協会など財団法人の委員、評議員、理事などとして、専門家、学識者の立場から助言、提案を行い、防災・建築行政などに貢献されました。

以上のように、鈴木祥之先生は学術研究ならびに教育の各分野において多くの業績を挙げ、学術研究の発展と耐震工学、建築構造学、都市防災工学の進歩および国際交流に多大の貢献を果たされ、その功績は顕著であるといえます。

伊藤潔先生は、昭和42年3月名古屋大学理学部物理学科を卒業、同年4月名古屋大学大学院理学研究科地球科学専攻修士課程に入学し、昭和45年3月同課程を修了、同年4月同博士後期課程に進学、昭和47年6月同課程を退学、同年7月名古屋大学理学部文部技官教育職に採用されました。昭和49年3月京都大学理学部助手(阿武山観測所)に昇任、平成2年6月京都大学防災研究所助手に配置換、平成3年11月同助教授に昇任、平成15年5月教授に昇任されました。平成17年4月から平成19年3月まで防災研究所附属地震予知研

究センター長を務められました。

研究活動では、これまでに地震観測、重力測定、地殻熱流量測定、GPS観測及びそれらのデータ処理・解析により、地震活動、地下構造、発震機構、地震統計解析及び地震テクトニクスなど広範囲におよぶ地震予知のための研究を行ってこられ、特に、内陸大地震の発生機構と地殻の熱構造・速度構造など地殻不均質構造に関する研究は、国内外で注目されています。

地殻内の地震発生層と内陸大地震に関する研究では、精密な地震の深さ分布の決定方法を開発し、西南日本内帯における地震は深さ約20kmまでの上部地殻のみに発生することを示されました。また、世界中の地震発生層の下限が地殻熱流量と逆相関の関係にあることを示し、地殻内地震の下限の深さは300~400°Cの温度に対応することを明らかにされました。更に、日本全国の地震発生層分布図を作成し、内陸部に発生する大地震の断層破壊は、地震発生層の下限に近い場所から開始することを見いだされました。これらの研究結果を基に提出された内陸地震発生モデルは、現在、内陸大地震の研究の基礎となっています。これらの業績により、平成2年7月には「Regional variations of the cutoff depth of seismicity in the crust and their relation to heat now and large inland earthquakes（地殻内の地震の下限の地域的変化とその熱流量および内陸大地震との関連性）」と題する論文により京都大学理学博士の学位を授与されました。

地殻及び上部マントルの速度構造は、地震波の解析及びテクトニクスの研究に不可欠の情報であり、伊藤先生は、全国の研究者で組織している爆破地震動研究グループの主要なメンバーとして、北海道から九州まで全国の地殻構造の解明に従事されてきました。これらの成果は地震の震源決定、各地域のテクトニクス研究及び強震動予測のための構造として、広く研究に活用されている。特に、下部地殻からの顕著な反射波を検出し、島弧の内陸部でも、大陸地殻と同じように下部地殻が「反射的」であることを示されたが、これらは下部地殻での流体の存在、流動変形による応力集中などとの関連で、内陸地震発生機構の解明において極めて重要な要素だと考えられています。大都市大震災軽減化特別プロジェクト（大大特）の地下構造探査は、伊藤先生が取り組んでこられた爆破地震動研究の延長上において初めて可能になったものといえます。

伊藤先生は震源の相対的決定方法を改良し、種々の観測データに適用して、地震活動の各種性質を明らかにされました。その結果、大中地震のみならず小地震においても、余震が本震震源付近に少ないことを見だし、岐阜県中部の跡津川断層付近に発生する地震の精密な震源決定を行い、定常的に断層面が滑っているクリープ地域とこれ以外の固着域において震源の深さ分布が顕著に異なることを見いだされました。

また、昭和54年7月から昭和56年3月には第21次南極地域観測隊越冬隊員として、南極における人工地震による構造研究のプロジェクトリーダーを務められ、昭和基地及びみずほ高原において、300kmにわたる測線で人工地震探査を実施されました。この構造調査は世界初の南極における本格的な人工地震探査で、これにより南極大陸縁辺域の地殻構造を明らかにされました。また、同時に重力探査、空中磁気探査など多項目の観測を実施し、南極の地殻構造に関するモデル測線として総合的な構造を決定されました。これら南極における調査結果は、テクトニクス研究の観点から、また日本列島のような活動帯とシールド地帯との地下構造の比較研究を進める上でも重要なデータとなっています。

学会活動では、日本地震学会、日本測地学会、日本火山学会、日本自然災害学会、日本地熱学会、日本情報地質学会、日本物理探査学会、米国地震学会、米国地球物理学連合の会員であるとともに、日本地震学会代議員を務めるなど活発な学会活動を行ってこられました。さらに、東京大学地震研究所地震予知研究協議会の「定常的な広域地殻活動」計画推進部会委員、東京大学地震研究所大都市圏地殻構造調査委員会（大大特）運営委

員、文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会専門委員、国立研究所南極地学専門委員などを務めてこられました。また、岐阜県焼岳噴火災害対策委員会委員も務め、社会的な活動も行ってこられました。さらに、フィリピン、インドネシア及びトルコなど国外の大地震の調査にも従事されました。

教育面において、京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学分野の、「地震活動論」、「地震計測論」、「地震計測ゼミナール」を担当し、熱意を持って地震学及び地球内部物理学を専攻する大学院生の教育・研究指導にあたられ、指導学生の中から大学、国立・民間研究機関等で活躍する研究者を輩出された。また、神戸大学理学部、岐阜大学教育学部、信州大学理学部、大阪大学共通教育機構において非常勤講師として、大学院生、学部学生の教育にも当たってこられました。

以上のように、伊藤潔先生は学術研究ならびに教育の各分野において多くの業績を挙げ、学術研究の発展と地震学と地震予知の研究の進歩に多大の貢献を果たされ、その功績は顕著であるといえます。

三先生は、それぞれの専門分野で先端研究を先導され、国内外の共同研究を通して、先駆的・独創的な研究成果を挙げてこられました。また、学生、大学院生の教育にあたられ、数多くの人材を輩出されてこられました。私どもは三先生の研究と教育のご業績に深く思いをいたし、後進として研究と教育に更なる努力を重ねることにより、三先生のご貢献に報いたいと考えます。

最後に、岩嶋樹也先生、鈴木祥之先生、伊藤 潔先生の一層のご健康とご多幸をお祈り申し上げます。

平成 20 年 4 月

京都大学防災研究所長 石原和弘



岩 嶋 樹 也 名 譽 教 授

岩 嶋 樹 也 教 授 略 歴

(学歴・研究歴・職歴)

昭和	19年	11月	1日	香川県大川郡津田町(現 さぬき市津田町津田)に生まれる
	38年	3月	9日	香川県立高松高等学校卒業
	38年	4月	1日	京都大学理学部入学
	42年	3月	24日	京都大学理学部学士試験合格(地球物理学科卒業)
	42年	4月	1日	京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻修士課程入学
	44年	3月	24日	京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻修士課程修了
	44年	4月	1日	京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻博士課程進学
	47年	3月	23日	京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻博士課程単位取得退学
	47年	4月	1日	京都大学研修員(理学部地球物理学科, 昭和48年3月31日まで)
	48年	4月	1日	京都大学理学部助手
	49年	3月	23日	京都大学理学博士号取得
	56年	5月	1日	京都大学理学部附属気候変動実験施設配置換
	56年	8月	1日	京都大学理学部助教授(理学部附属気候変動実験施設)
	56年	8月	1日	米国ハワイ大学気象学教室にて研究に従事(昭和57年8月31日まで)
平成	3年	4月	1日	京都大学理学部(地球物理学教室)に配置換え
	6年	4月	1日	名古屋大学大学院人間情報学研究科教授(物質・生命情報学専攻)
	9年	4月	1日	京都大学防災研究所教授(大気災害研究部門災害気候研究分野)
	17年	5月	1日	京都大学防災研究所教授(気象・水象災害研究部門災害気候研究分野)

(学会・委員等歴)

昭和	53年	9月	日本気象学会英文雑誌(Journal of The Meteorological Society of Japan)編集委員(昭和61年8月まで)
平成	4年	4月	日本気象学会関西支部第20期常任理事(平成6年3月まで)
	9年	9月	科学技術会議専門委員(平成10年3月まで)
	10年	4月	日本気象学会関西支部第23・24期常任理事(支部長;平成14年3月まで)
	10年	6月	科学技術会議専門委員(平成11年3月まで)
	10年	9月	京都府自然環境保全審議会委員第13期委員(平成12年9月まで)
	10年	12月	京都府環境影響評価専門委員会委員(平成21年2月まで)
	12年	1月	日本学術会議科学研究費委員会専門委員(平成12年12月まで)
	12年	7月	日本気象学会第31・32期理事(平成16年6月まで)
	12年	12月	京都府環境審議会委員(平成21年2月まで)
	13年	1月	日本学術振興会科学研究費委員会専門委員(平成13年12月まで)
	13年	4月	独立行政法人大学入試センター教科科目第一委員会委員(平成15年3月まで)
	13年	6月	京都市環境影響審査会委員(平成21年6月まで)
	16年	7月	日本気象学会奨励賞候補者推薦委員会委員(平成20年6月まで)
	18年	3月	京都府舞鶴引揚記念館周辺地域における環境問題専門家会議委員(平成19年3月まで)

岩 嶋 樹 也 研 究 業 績

論 文

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1971	A method for separation of the ultra-long waves in the atmosphere into the quasi-stationary and transient parts by the time-filters	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.49, pp.158-162	Yamamoto,R.
1972	大気大循環の変動と異常気象(II)	京都大学防災研究所年報, 第15号 (B), pp..265-274	山元龍三郎・星合誠
1973	Remarks on the analysis of the quasi-stationary and traelling waves in the atmosphere	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.51, pp.151-154	Yamamoto,R.
1973	大気大循環の変動と異常気象(III)	京都大学防災研究所年報, 第16号 (B), pp..343-360	山元龍三郎・星合誠
1973	Observatinal studies of the ultra-long waves in the atmosphere (I)	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.51, pp.209-229	
1974	Observatinal studies of the ultra-long waves in the atmosphere (II)	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.52, pp.120-142	
1974	Quasi-biennial oscillation of the ultra-long waves at 500 mb during the year 1948-1968	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.52, pp.283-288	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1974	Largescale topography effect on the planetary-scale motions —A role of the Ekman boundary layer above the sloping terrain	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.52, pp.512-516	Yamamoto,R.
1975	スペクトル大気大循環モデル及びその作成のための波数切断に関する予備的解析	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 創刊号, pp..2-5	
1975	最近20年鑑における火山大噴火前後の北半球平均気温の変化	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 創刊号, pp..26-29	山元龍三郎・星合誠
1975	成層圏における准停滞・移動性超長は	グロースベッター, 第13巻, pp.1-22	
1975	Change of the surface air temperature averaged over the Northern Hemispere and large volcanic eruptions during the year 1957-1972	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.53, pp.482-486	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1976	対流圏超長波エネルギー過程の解析—非線形運動エネルギー交換量の算定—	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第4号, pp..41-42	
1977	Change of surfae air temperature averaged globally during the years 1957-1972	Archiv für Meteorology, Geophysics and Bioclimatology(.B), Vol.25, pp.105-115	Yamamoto,R. and Hoshiai,M

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1977	New data on climatic trends	Nature, Vol.270, pp.573-580	Kukla,G.J. et al.
1978	大気超長波と長波の非線形相互作用	文部省科学研究費補助金総合研究 (A)「大気中の大規模・小規模現象の相互作用の研究」研究成果報告書, pp.1-10	山元龍三郎
1978	異常天候の研究(第1報)	京都大学防災研究所年報, 題21号, pp.383-392	山元龍三郎・星合誠
1978	Change in surface air temperature averaged over the Northern Hemisphere during the years 1951-1972	Climatic Change and Food Production, pp.303-310	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1979	A spectral model for the study of the atmospheric general circulation I	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.57, pp.97-111	Moriyama,S. and Yamamoto,R.
1980	A spectral model of the atmospheric general circulation of Mars	Journal of Geophysical Research, Vol.85, C5, pp.2847-2860	Moriyama,S.
1981	Variability of the air temperature field in the Arctic	Memoirs of National Institute of Polar Research, Special Issue, No19, pp.94-103	Yamamoto,R.
1982	Troposphere-stratosphere interaction in the atmospheric general circulation during northern summer	Report of Scientific Results on MONEX in Japan, pp.5-14	Yamamoto,R.
1983	印刷気象データ光学読取装置.	天気, 第30巻, pp.31-40	山元龍三郎・林周行
1983	Temperature changes over Eurasia during the late summer of 1979	Scientia Atmospherica Sinica, Vol.7, pp.1-12	Ding,Y.-H.,T. and Murakami,T.
1983	Wind and temperature changes over Eurasia during the onset and withdrawal of the summer monsoon 1979	Proc.First SINO-American Workshop on Mountain Meteorology, 18-23 May 1982, Beijing, China, pp.99-114(699p.), pp.302-306	Ding,Y.-H.,T. and Murakami,T.
1983	時間-空間スペクトル大気大循環モデル-気候変動研究の新しい試み-	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第26号, pp.12-15	山元龍三郎・竹内義明
1984	Heat, moisture and vorticity budget before and after the onset of the 1978-79 Southern Hemisphere summer monsoon	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.62, pp.69-87	Murakami,T. and Nakazawa,T.
1984	大気大循環の年々変動と異常天候(I)	京都大学防災研究所年報, 第27号(B1), pp.339-352	山元龍三郎

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1984	順圧渦度方程式（非線形項）の時間・空間スペクトル解析	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第30号, pp.22-23	山元龍三郎
1984	気候の診断的研究	文部省科学研究費補助金総合研究(B)「気候変動国際協同研究の推進」, 気候変動研究集会報告集, pp.127-130	山元龍三郎・星合誠
1984	時間-空間スペクトル大気大循環モデルによる気候変動研究計画	文部省科学研究費補助金総合研究(B)「気候変動国際協同研究の推進」, 気候変動研究集会報告集, pp.172-175	山元龍三郎
1985	大気大循環の年々変動と異常天候(II)	京都大学防災研究所年報, 第28号(B1), pp.475-490	山元龍三郎
1985	An observational study of tropical large-scale fields	Proc.International Conf.on Monsoons in the Far East.,5-8 Nov.1985, Tokyo, pp.207-213	Sanga-N.K. and Yamamoto,R.
1985	An estimate of climatic noise	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.63, pp.1147-1156	Yamamoto,R. Hoshiai,M. and Sanga,N.K.
1985	Climatic jump: A hypothesis in climatic diagnosis	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.63, pp.1157-1160	Yamamoto,R., Sanga,N.K. and Hoshiai,M.
1986	南方振動指数と大気大循環の解析	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第36号, pp.22-25	柏原啓伸・山元龍三郎
1986	時間・空間スペクトル大気大循環モデルによる気候変動の研究	昭和59-60年度文部省科学研究費補助金一般研究(C)研究成果報告書, 19p.	山元龍三郎
1986	Time-space spectral general circulation model I	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.64, pp.183-196	Yamamoto,R.
1986	An analysis of climatic jump	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.64, pp.273-281	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1986	Sensitivity analysis of low-order time-space spectral general circulation model with external seasonal forcing	Proc.First WMO Workshop on the Diagnosis and Prediction of Monthly and Seasonal Atmospheric Variations over the Globe WMO Long-Range Forecasting Research Report Series, No.6., pp.514-520	Yamamoto,R.
1986	大気大循環の年々変動と異常天候(III)	京都大学防災研究所年報, 第29号(B1), pp.283-295	山元龍三郎
1986	気候ジャンプ	京都大学防災研究所年報, 第29号(B1), 297-313	山元龍三郎・サンガ=ンゴイ=カザディ・星合誠

発表年	論文名	発表誌名	共著者
	Climatic jump	International Conference on Mechanisms of Interannual and Longer Term Climatic Variations, Dec.8-12,1986, Australia pp.224-228	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1987	Climatic jump of the Asian monsoon circulation	International Conference on General Circulation of East Asia, pp.224-228	Yamamoto,R.
1987	大気大循環における気候ジャンプ	京都大学防災研究所年報, 第30号(B1), pp.309-325	山元龍三郎・サンガ=ンゴイ=カザディ・星合誠
1987	時間-空間スペクトル法によるエネルギー平衡気候モデル	京都大学防災研究所年報, 第30号(B1), pp.327-340	畑澤宏善・山元龍三郎
1987	Climatic jump and multiple equilibria of a simple general circulation model	Presented at XIX IUGG General Assembly, Aug.9-22,1987, Vancouver, Canada	Yamamoto,R.
1987	Climatic jump in the polar region (I)	Proc.NIPR Symp.Polar Meteor.Glac., No.1, pp.91-102	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1987	時間・空間スペクトルモデルによる気候変動研究の意義	第1回WCRPシンポジウム報告集, pp.21-24	
1988	時間-空間スペクトル法によるエネルギー平衡気候モデル(II)	京都大学防災研究所年報, 第31号(B1), pp.243-254	畑澤宏善・山元龍三郎
1988	時間・空間スペクトル法による大気・海洋結合モデル	第2回WCRPシンポジウム報告集, pp.98-103	
1989	時間・空間スペクトル法による大気・海洋結合モデル(II)	第3回WCRPシンポジウム報告集, pp.19-24	
1989	Climatic jump in the polar region (II)	Proc.NIPR Symp.Polar Meteor.Glac., No.2, pp.55-60	Yamamoto,R. and Hoshiai,M
1990	A study of climatic change by using low-order models of atmospheric general circulation based on a time-space spectral method	Progress Report of WCRP in Japan, Japanese WCRP Assoc.,pp.26-34	
1990	Internal and external causes of the recent climatic change: A numerical study with an energy balance model	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.68, pp.371-383	Hatazawa,H.
1991	11年周期の太陽活動に対する海上気温の応答	第4回WCRPシンポジウム報告集, pp.25-28	山元龍三郎・角野有香・星合誠
1991	時間・空間スペクトル気候モデルにおける多重解	第4回WCRPシンポジウム報告集, pp.106-111	
1993	A statistical analysis of the extreme events: Long-term trend of heavy daily precipitation	Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol.71, pp.637-640	Yamamoto,R.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1993	京都市とその周辺部における気温長期変動	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第30号, pp.22-23	村松久史・高橋政和・西憲敬・木田秀次・森二郎
1994	都市とその周辺における気候変動	京都大学防災研究所年報, 第37号(B2), pp.183-194	村松久史・西憲敬・木田秀次・森二郎
1994	降水量の長期変動に関する解析	自然災害科学中部地区シンポジウム講演要旨集, 講演番号2, pp.5-6	山元龍三郎・奥田昌弘
1996	都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(I)	情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第3号, pp.1-22	村松久史
1996	都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(II)	情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第4号, pp.41-64	村松久史
1996	名古屋市とその周辺における大気メタン濃度分布	京都大学防災研究所共同研究集会(特定8S-4)『都市域におけるメタンの発生・分布の研究』講演集, pp.71-74	村松久史
1997	都市大気メタンに関する研究	平成8年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書, p.	
1997	都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(III)	情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第5号, pp.29-51	村松久史
1997	都市とその周辺における大気メタン濃度分布	京都大学防災研究所年報, 第40号, B-2, pp.201-212	村松久史
1997	都市域とその周辺における大気メタン・オゾンに関する解析	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第79号, pp.19-22	
1998	都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(IV)	京都大学防災研究所年報, 第41号, B-1, pp.293-307	
1998	都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動	京都大学防災研究所共同研究集会(特定10S-2)『都市域とその周辺における大気メタンの発生・分布に関する研究』講演集, pp.83-93	村松久史
1999	都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(V)	京都大学防災研究所年報, 第42号, B-1, pp.333-342	村松久史・寺尾徹
1999	台風襲来時における都市とその周辺における大気微量成分濃度	日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第87号, pp.28-31	寺尾徹・村松久史

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1999	Intensification of extremely heavy precipitation in Japan in recent 100 years	Past, Present and Future —,Sept.13-17,1999,Tokyo Metropolitan University, Tokyo, International Geographical Union Commission on Climatology, pp.159-164	
2000	佐久島(三河湾)および伊勢湾・三河湾における大気メタン濃度観測	京都大学防災研究所共同研究集会(一般11G-1)報告書『伊勢湾と湾岸都市域およびその周辺における大気微量成分の動態解明』, pp.1-20	村松久史・寺尾徹
2000	都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(Ⅰ)	京都大学防災研究所年報,第43号,B-1, pp.169-183	寺尾徹・村松久史
2001	都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(Ⅱ) —バックグラウンド大気メタン濃度—	京都大学防災研究所年報,第44号,B-1, pp.25-36	寺尾徹・村松久史
2001	エルニーニョ・南方振動に関連する熱帯対流圏温度場の季節規模持続性に関する研究	京都大学防災研究所年報,第44号,B-1, pp.71-81	久保田拓志・寺尾徹
2002	Long-term trend of extremely heavy precipitation intensity in Japan in recent 100 years	Recent Research Developments in Meteorology, Vol.1, pp.1-9(Transworld Research Network)	Yamamoto,R. and Sakurai,Y.
2002	都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(Ⅲ) —琵琶湖周辺における大気メタン濃度の長期変動—	京都大学防災研究所年報,第45号,B, pp.209-220	村松久史・寺尾徹
2002	大気中二酸化炭素濃度漸増モデル実験における全球的水収支と降水量極値に関する解析	京都大学防災研究所年報,第45号,B, pp.245-259	佐藤伸亮・鬼頭昭雄
2002	熱帯対流圏気温の持続性に関する数十年規模変動	京都大学防災研究所年報,第45号,B, pp.261-273	久保田拓志・寺尾徹
2003	エルニーニョ終息直後の熱帯対流圏温度偏差に関する数値実験	京都大学防災研究所年報,第46号,B, pp.443-450	久保田拓志・寺尾徹
2003	大気中二酸化炭素濃度漸増モデル実験による降水量極値に関する解析	京都大学防災研究所年報,第46号,B, pp.479-486	久保田拓志・鬼頭昭雄
2003	南半球環状モードの遷移過程,パート3:極向き遷移過程	京都大学防災研究所年報,第46号,B, pp.541-560	塩竈秀夫・寺尾徹・木田秀次
2004	Analysis and prediction of anomalous weather and atmospheric hazards	Annals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, No.47C, pp.45-53	Kawai,H., H.Ueda, T.Maruyama, H.Ishikawa, H.Mukougawa, M.Horiguchi, T.Iguchi and T.Araki

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2004	都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(IV)—地表付近におけるオゾン・大気メタン濃度の気候学的特徴—	京都大学防災研究所年報,第47号,B, pp.327-338	村松久史・福山薫・森山茂
2004	全球的降水量極値の長期変動に関する解析—NCEPとECMWF再解析データの検討—	京都大学防災研究所年報,第47号,B, pp.365-377	久保田拓志
2005	都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(V)—都市域と郊外における大気メタン濃度差—	京都大学防災研究所年報,第48号,B, pp.439-444	森山茂・福山薫
2005	気象庁1か月予報を用いたマッデン-ジュリアン振動の予測可能性についての研究	京都大学防災研究所年報,第48号,B, pp.475-490	久保田拓志・向川均
2005	Roles of low-and high-frequency eddies in the transitional process of the Southern Hemisphere annular mode	Journal of Climate, Vol18, pp.782-784	Shiogama,H., T.Terao and H.Kida
2005	Analysis and prediction of anomalous weather and atmospheric hazards	Annals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, No.48C, pp.87-96	Kawai,H., H.Ueda, T.Maruyama, H.Ishikawa, H.Mukougawa, M.Horiguchi, T.Iguchi and T.Araki
2006	都市とその周辺における気候変動(II)—京都市と周辺における気温観測値の比較・検討—	京都大学防災研究所年報,第49号,B, pp.439-444	木田秀次
2007	都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(VI)—地表付近におけるオゾン・大気メタンの気候学—	京都大学防災研究所年報,第50号,B, pp.407-418	森山茂

総 説

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1972	気象力学に用いられる数値計算法	気象研究ノート, 第110号, 第1, 4, 6, 10, 13章	新田尚

著 書

発表年	題目	発表誌名	共著者
1984	Meteorology	Lake Biwa(Monographiae Biologicae, Vol.54), edited by S.Horie, Dr.W. Junk Publishers	Hirao,F. and Yamamoto,R.
2001	気象災害	京都大学防災研究所編：防災学ハンドブック, 朝倉書店	
2007	都市のメタン発生量と人間活動	「環境危機—その対応と持続可能システム—」(森山茂編著), 第5章, pp.91-103, 開成出版	

都市域とその周辺における大気微量成分の気候学

岩嶋樹也

要 旨

都市域とその周辺における地表付近のオゾンや大気メタン濃度の観測データを解析して、それらの空間分布や時間変動などの気候学的特徴を明らかにしてきた。また都市域の中心部と近郊のメタン濃度差の観測を基に都市人口との関係を検討してきた。ここでは、これまでの主な研究結果を概説する。

オゾンに関しては、宇治(防災研究所屋上)と京都市山科区北花山(京都大学理学部地球物理学教室北花山分室)において継続観測してきた約16年分のデータに、京都府・京都市の常時大気監視観測によるオキシダントデータを加えて、空間分布やその日変化・年(季節)変化・年々変化について解析して興味ある気候学的特徴を見出した。

大気メタンに関しては、名古屋市や京都市などの都市域とその周辺における気候学的特徴(空間分布・時間変動)について、これまでに得た研究結果を概観し、最後に、国内外の都市中心部とその近郊とのメタン濃度差と都市の人口・面積データを基に、都市域の人間活動と大気メタン発生量の関係を検討した。

キーワード: オゾン, 大気メタン, 発生量, 日変化, 季節変化, 年々変化, 都市

1. 序

大気微量成分のオゾンやメタンの実態把握は全地球的環境問題においても基本的な重要事項の一つである。オゾンは、温室効果気体の一つでもあり、人間・動植物に対する紫外線の影響の重大性から、その濃度減少が問題視されている。また大気メタンは二酸化炭素のおよそ20倍の温室効果を有しており、その実態把握が欠かせない。特に、人間活動による影響評価が課題である。近年の都市の拡大を考えると、都市域やその周辺における人間活動に伴う変動とその影響評価は重要課題である。

これまで観測や解析を進めてきた、都市域とその周辺における大気メタンやオゾンの濃度分布と時間変動に関する気候学的特徴や都市域におけるメタン発生量の算定結果をまとめる(岩嶋, 1997, 1998, 2007; 岩嶋・村松, 1996a, 1996b; 1997a, 1997b, 1998; 岩嶋ら, 2000, 2001; 岩嶋ら, 1999, 2002; 岩嶋ら, 2004; 岩嶋・森山, 2007; 岩嶋ら, 2005)。

まず、防災研究所本館屋上(宇治市五ヶ庄)及び理学研究科地球物理学教室北花山分室(京都市山科

区北花山大峰町)において、1990(1992)年5月以降、約15年間継続して観測してきた地表オゾン濃度データや京都府・京都市による大気環境監視観測点におけるオゾン(オキシダント)データに基づいて、その空間分布に注目して解析し、その日変化・季節変化・年々変化に見られる気候学的特徴とその成因についての解析結果を述べる。

続いて、オゾンと同様に、都市域とその周辺における大気メタンの空間分布に関して進めてきた名古屋市・愛知県や京都市・京都府南部での観測・解析結果について述べる。

最後に、都市域におけるメタン発生量を見積もる目的で実施してきた国内・海外の諸都市と周辺における空気採取・簡易気象観測結果を基に、都市中心部と近郊とのメタン濃度差を検討する。これは、国内・海外の様々な規模の都市域において発生するメタン量と人間活動の大きさとの関係を探ろうとしたものである。なお、平成14-16年度に実施した国内・海外での空気採取・気象観測では、『日本大学総長指定総合研究(地球型社会における危機への対応; 自然とのかかわり)』(研究代表者・森山茂)の一

部として財政的支援を得た。また諸外国のいくつかの都市での空気採取においては、森山茂氏(日本大学大学院総合科学研究科教授)・福山薫氏(三重大学生物資源学部教授)にご協力頂いた。

2. 観測資料と採取空気試料分析方法

都市域とその周辺における地表付近のオゾン濃度に関しては、京都大学防災研究所(宇治市五ヶ庄)や京都大学理学部地球物理学教室北花山分室(京都市山科区北花山大峰町17-1)で継続観測してきたデータに、京都府や京都市による大気環境監視観測点のオゾン・オキシダント濃度データを加えて、気候学的特徴(日変化・季節変化・年々変化)について解析した(岩嶋・森山, 2007)。

都市中心部や近郊におけるメタン濃度の測定には、現地で空気試料を採取して研究室に持ち帰り、防災研究所気象・水象災害研究部門災害気候研究分野のガスクロマトグラフ[島津製作所製GC-8APF;水素イオン化検出器FID・モレキュラーシーブ5A充填ガラスカラム使用]により分析した。また、いくつかの府県・都市(愛知県・名古屋市・京都府・京都市・滋賀県・大津市他)管轄の大気環境常時監視測定局における長期間の観測値(メタン・オキシダント・一酸化炭素・気象データ)を使用した。

3. 地表オゾン濃度：日変化・年変化・年々変化

防災研究所及び理学部地球物理学教室北花山分室の二箇所におけるオゾン濃度観測データと、京都府・京都市によるオキシダント濃度観測データを解析して得た空間分布やその時間変化の特徴を概説する(岩嶋・森山, 2007; 岩嶋ら, 2004)。

3.1 宇治・北花山のオゾン濃度日変化・年変化

1992-2003年の約12年間について月毎に平均したオゾン濃度の1時間値の日変化・年変化[岩嶋・森山(2007)の Figs. 1a, 1b] をみると、夜明け前後の7時頃に最低となり、その後、徐々に濃度が上がり、14~15時に最高になる。同じように、両観測点における日変化・年変化の濃度差[岩嶋・森山(2007)の Fig. 2] をみると、日平均では北花山のオゾン濃度がやや(3~10ppbV ほど)高く、日変化の幅は宇治の方が約10ppbV ほど大きい。これは、(2007)の Fig. 5] の特徴を抽出するために、京都

宇治と北花山の両観測点の海拔高度差(約200m)や交通量の多い道路からの距離に差があり、これらに依存して両観測点の平均濃度や濃度日変化幅の差となって現れていると推測される。全年を通じて平均した宇治と北花山における日変化図が Fig. 1である。村松(1993, 1995)の解析結果をみると、宇治における光化学(あるいは化学)過程よりも、北花山における高層からの輸送過程による寄与が大きいと推測される。

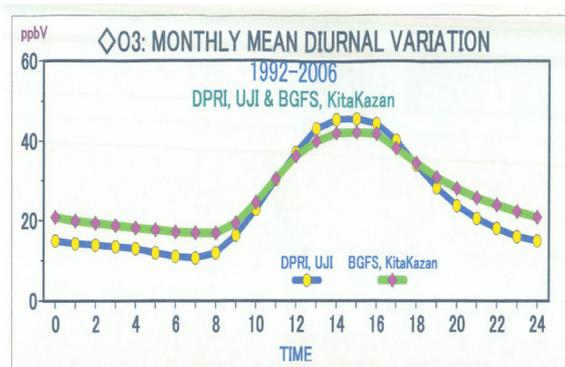


Fig. 1 Diurnal variation of the O₃ concentration observed at a) Uji (DPRI) and b) Kitakazan (BGFS; Yamashina-ku, Kyoto-shi) averaged during the years 1992-2006

3.2 京都市と南部近郊におけるオキシダント濃度分布：年平均・季節平均・月平均

宇治・北花山の二つのオゾン観測点のみならず、都市と周辺の、より広範な空間分布を検討するために、京都市と近郊の大気環境監視観測点(市役所・壬生・南・伏見・山科・左京・西京・久我・北・醍醐・京都タワー)におけるオキシダント(Ox)濃度の年度平均値・月平均値を基に主観解析し、年平均・季節平均・月平均濃度の空間分布図を作成したところ、京都市とその南部では、[岩嶋・森山(2007)の Figs. 3, 4, 5] 3カ所に濃度極大域をもつ特徴的な分布が得られた。さらに季節平均や月平均分布図[岩嶋・森山(2007)の Fig. 4(季節平均)と Fig. 5(月平均)]をみると、時期によって極大域の広がりや濃度が変化しているが、期間を通じて3カ所に濃度極大域がみられ、北部と南東部の極大域濃度が南西域よりもやや高濃度であった。

3.3 京都市と近郊におけるオキシダント濃度分布の年変化

月平均オキシダント(Ox)濃度分布[岩嶋・森山市の11観測点における月平均 Ox データを主成分

分析したところ、第1主成分の寄与が圧倒的に大きく、その寄与率は98.5%、第2主成分の寄与率は1%であった。第1主成分スコアの年変化と固有値の分布図 [岩嶋・森山(2007)の Figs. 6, 7] からすると、第1主成分はバックグラウンド濃度による年変化であり、第2主成分は地域的な寄与によるものと推測される。第1主成分スコアの年変化は、4~6月に最大となり、7~10月は横ばい、12月に最低となっており、中緯度帯の経度平均したオゾン全量の年変化に類似している。これに対して、寄与率としては極めて小さいが、第2主成分スコアの年変化は、3月~4月に最大、7月に最小、10月に第2の極大になった後、やや減少して、12月には極小となった後、増加している。第2主成分スコアの年変化は北花山で観測されたオゾン濃度とほぼ共通する年変化の特徴を示している [Fig. 2 参照]。この北花山における9-10月の第2の濃度極大に着目してその年々の変化を検討してところ、Fig. 3のように3タイプの年変化パターンがみられた。

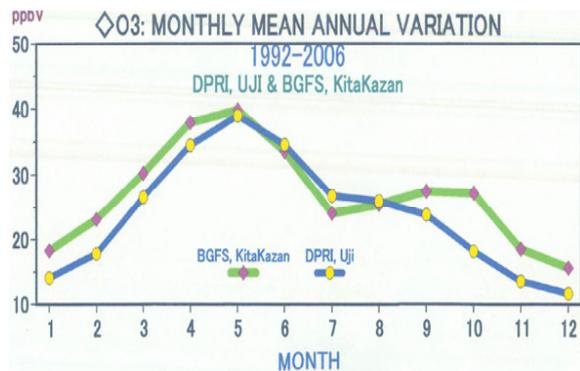


Fig. 2 Annual variation of O₃ observed at Uji (DPRI) and Kitakazan (BGFS; Yamashina-ku, Kyoto-shi) averaged during the years 1992-2006

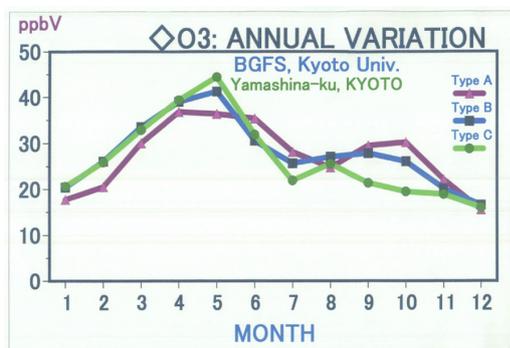


Fig. 3 Three types of annual march of monthly mean O₃ observed at Kitakazan (BGFS; Yamashina-ku, Kyoto-shi)

日中と夜間に分けたときの年変化をみると第2の極大は夜間に顕著であった。期間が不揃いでやや短い1992-2003年度の月毎に平均した日変化を主成分分析した結果 (Fig. 4)からも秋季の第2極大に夜間の寄与が大きいことがうかがわれる。

このことは光化学過程の寄与によるものではないことを示唆している。また、オキシダント濃度観測値の第2主成分固有値の分布パターンをみると、その分布状況としては、北側で正、南側で負となっており、問題の北花山辺りには正值領域が伸びている。このような分布状況は、第2主成分が高緯度側からのオゾン輸送によって、3~4月や10月の極大をもたらしていることを推測させる。

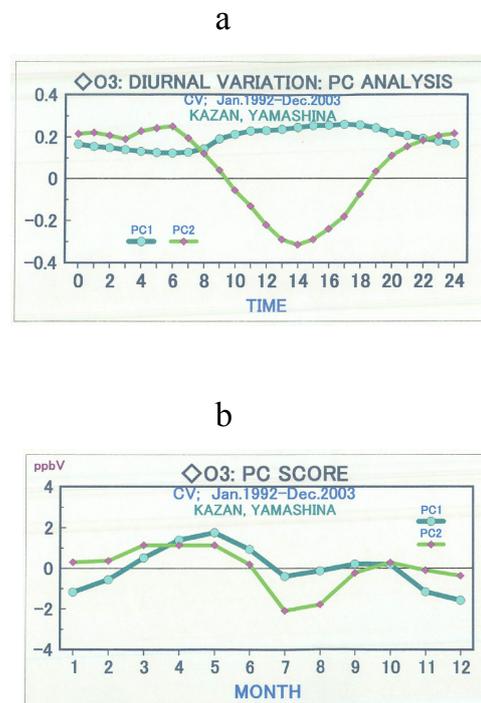


Fig. 4 Diurnal variation of the 1st and 2nd principal components of EOF analysis of monthly mean O₃ at BGFS: a) Eigen vectors of the 1st and 2nd principal components, b) Annual variation of score of the 1st and 2nd principal components

3.4 オキシダント濃度分布の日変化

一年を通じてみられる地表オキシダント (Ox) 濃度分布の日変化には次のような気候学的特徴がみられた：京都市の11観測点における Ox 1時間値を基にして得た4つの時間帯における年平均 Ox 濃度分布図 [岩嶋・森山(2007)の Fig. 8] には、時間帯によってやや位置・濃度が異なるが、全年

平均と同様に京都市と近郊に3カ所の極大域がみられ、いずれも13-15時頃に最大となっている。京都市南部の極大領域の日変化は顕著で、その濃度と極大域面積は昼間に最大で、夜明け前に最小になる

Ox 濃度分布日変化の特徴をみるために、京都市の11観測点における月平均 Ox 時間値を主成分分析した結果をみると、バックグラウンド濃度の日変化と推測される第1主成分の寄与が99.6%と極めて高く、第2主成分の寄与率は極めて低く0.3%程度であった [岩嶋・森山(2007)の Figs. 9, 10]。第1主成分は14時頃に最大濃度となり、南方ほど高い濃度分布を示している。これに、わずかながら、京都市北西部に高い濃度を示す分布の第2主成分が夜明け前と夕方に加わっている。

3.5 オゾン濃度の年々変化：宇治・北花山

宇治・北花山において観測してきたオゾン濃度の年平均値(Fig. 5)をみると、宇治の年々変動がやや大きく、1997年以前には増加傾向、それ以降には減少傾向がみられるものの、いずれにおいても観測全期間を通じての一方的な上昇・下降傾向はみられない。

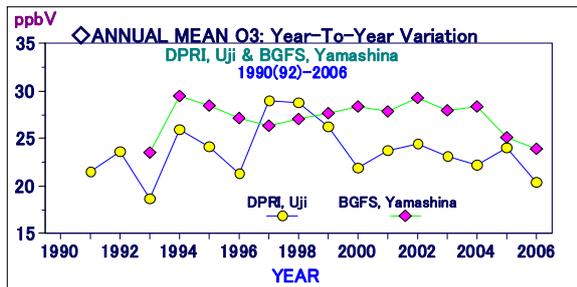


Fig. 5 Year-to-year variation of the annual mean O3 concentration observed at Uji (DPRI) and Kitakazan (BGFS)

さらに昼夜で傾向が異なるかどうか検討してみたところ、Fig. 6のように、昼・夜の両観測点ともに年々変動が大きく、期間を通じての明確な一方的増加・減少傾向はみられない。詳細にみると宇治の昼間のオゾン濃度には、1997年以降に減少傾向が認められる。北花山でも、2000年以降の最近では、夜間が横ばい傾向にあるのに比べると昼間の濃度はやや減少傾向にみえる。そこでこのように、傾向が場所によって異なるかどうか確認しておくことにする。

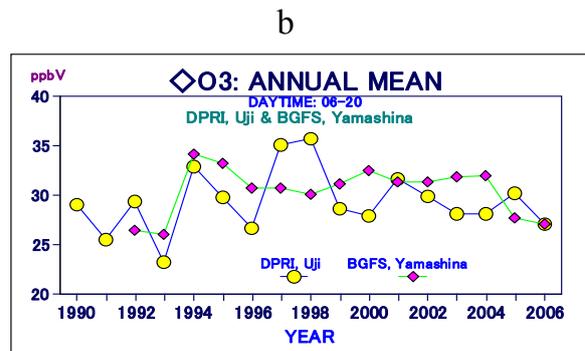
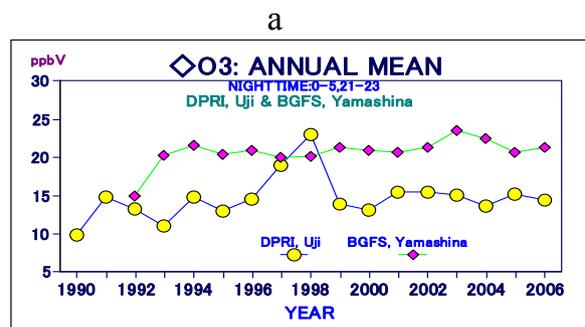


Fig. 6 Year-to-year variation of the annual and daytime or nighttime mean O3 concentration at Uji (DPRI) and Kitakazan (BGFS): a) Daytime (6-20) and b) nighttime (0-6 and 20-24)

3.6 京都府全域のオゾン・オキシダント濃度年々変化

京都市・京都府の気象常時監視による昼間のオキシダント濃度年度平均値を利用して市域と市域外に分けて平均したものが、Fig. 7である。

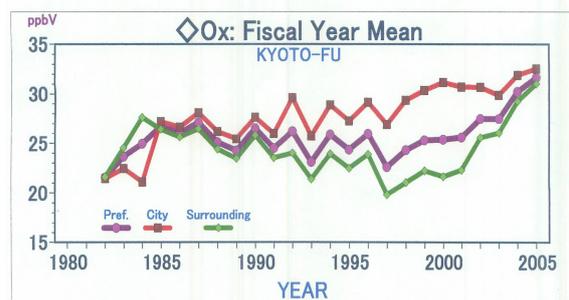


Fig. 7 Year-to-year variation of Ox for all area, the city area and the suburbs

1997年以降は、全域で上昇向にあり、特に郊外の濃度上昇が急速である。2000年度頃までの年々

変化をみると、京都市域では10年間におよそ5ppb V の濃度増加があり、市域外では逆にほぼ同程度かやや大きな減少をしていた。2001年度以降は京都市域外の濃度が急速に上昇しており、近年では京都市域と差が殆どみられない状況である。期間が(1982-2004年)やや短い、主成分分析結果にも京都市域と市南部郊外との差が近年に小さくなってきている様子がみられた(岩嶋・森山, 2007)。

次章では、これまで進めてきた都市とその周辺における大気メタンについての研究結果の概略を述べる。

4. 大気メタン濃度分布の日変化・季節変化

これまで進めてきた都市とその周辺における大気メタンの日変化・季節変化に関する結果について概説する。

4.1 名古屋市と京都市における大気メタン濃度分布の比較

村松(1989, 1994)は、京都市や大阪市においてメタン濃度の極大域が中心部に存在することを示した。また一酸化炭素濃度もほぼ同様な分布をしており、両者には1次式で表現できる密接な関係があるとして、都市域からの寄与分とバックグラウンドからの寄与分に分離した。これらの研究を基に、名古屋市とその周辺の大気メタンについて解析を進めた。京都市や大阪市より面積などの大きな名古屋市では、メタン濃度極大域が3カ所みられた(岩嶋, 1998; 岩嶋・村松, 1996a, 1996b, 1997a, 1997b, 1998)。また都市域では、大部分が自動車からの発生によるものと推測していた一酸化炭素濃度の分布には2カ所の極大域がみられた。村松(1989, 1994)の示した京都市・大阪市の場合ほど明確ではないが、大気メタン濃度の3カ所の極大域のうち、2カ所はそれぞれ一酸化炭素濃度分布の極大域と対応していた(岩嶋・村松, 1996a, 1996b, 1997a, 1997b, 1998)。名古屋市南西部には、一酸化炭素濃度の極大域がみられない。この辺りのメタン濃度の年変化・季節変化をみると5~7月の春季から夏季にかけて濃度が高く、このメタン発生源は、冬季に濃度がより高くなる他の2カ所の極大域とは異なり、水田からの寄与によるものと推測される(岩嶋・村松, 1996a, 1996b, 1997a, 1997b, 1998)。このように都市とその近郊では、異なる発生源からの寄与の大きさに依存する特徴的な季節変化がみられる。後ほど、このような例を琵琶

湖周辺3観測点のデータによって示す。研究対象域を名古屋市から愛知県に拡大してメタン濃度分布について解析したところ、大きくみて人口の集中する都市域とみられる3カ所に極大域がみられ、一酸化炭素濃度分布には2カ所に濃度極大が認められた(岩嶋・村松 1996a; 岩嶋ら, 1999)。しかしながら分布はやや複雑で、両者の対応は名古屋市域ほど明瞭ではなかった。これは、都市周辺の広い領域を対象にするとメタン発生源が異なることに起因しているものと推定される。すなわち、いくつかの発生源の寄与の程度によってメタンの高濃度域が都市域からさらに広がり、その結果、都市域のみで大きな一酸化炭素濃度の分布との対応が明瞭でなくなるのであろう。主成分分析結果においても対応関係が明瞭でなかった(岩嶋ら, 1999)。

4.2 京都市と京都府南部における大気メタン濃度分布

名古屋市では3カ所にメタン濃度極大域がみられたので、村松(1994)が示した京都市内におけるメタン濃度分布を再確認するための観測を実施した:京都市内については、12カ所で、2006年6月19日(10:40-15:15)に空気採取と簡易気象観測を実施し、京都市の常時大気監視による11-15時の1時間観測値を平均した値と併せて分布図を描いたところ[岩嶋・森山(2007)の Fig. 15], 市内中心部にのみならず、市域から南部にかけて第2の極大域がみられた。さらに京都市内からはるか南の府南部にも極大域が存在することが明らかになった:京都市伏見区から南部域について 2006年5月22日に5カ所で空気採取した:京都市近郊には高濃度域がみられたが、府南部の濃度はそれほど高くなかった[岩嶋・森山(2007)の Fig. 14]。

ここで、上記のような1日だけの空気採取地点の間隔がやや小さいものと、京都市などの(長期にわたるとはいえ)大きな観測点間隔のデータを解析して得た分布図[村松(1994)の論文中の Fig. 2に相当]と対応の程度を比較しておくことにする。

メタン濃度極大域が市内中心部と京都駅より南部の2領域に分かれている。市中心部に北西から南東に延びる北部の極大域を詳細にみると、中に2つの極大域がある:そのうちの南の極大域は、村松(1994)の解析して示した分布図における極大域より、東方に約1~2km 離れている。京都市から府南部までのデータを併せて、1986年12月について再解析した図[岩嶋・森山(2007)の Fig. 16]をみると、京都市の中心部と南に極大域が分かっていた

ことがわかる(ここには示さないが、1986年度平均分布図でもほぼ同様な状況であった)。

上記の都市域と周辺において各季節にみられる特徴的な大気メタン濃度分布について、対応する季節(月)毎の日変化をみると、極大域などの分布形状は殆ど変化しておらず、その濃度が日の出前に最大、14～15時頃に最低となるような混合層高度の日変化に依存した変化をしている(岩嶋・村松1996b, 1997a, 1997b, 1998)。名古屋市域で大気メタン濃度に対応する一酸化炭素濃度の日変化をみると、後者には、朝夕2回の濃度極大が出現しており、メタン濃度の日変化との対応は必ずしもよくない。これはメタン濃度が発生源と発生量にも大きく依存することを示唆している。日変化の大きさ(幅)も場所によって大きく異なる。そこで、大気メタンと一酸化炭素濃度の日変化が季節によって対応状況が異なる好例を示すことにする。

4.3 琵琶湖周辺における大気メタン濃度の季節変化・年変化

残念ながら現在は廃止されている滋賀県大津市堅田の大気環境常時監視観測点における測定結果である。ここでのメタン・一酸化炭素の季節毎の濃度日変化をみると、夏季とその他の時期・季節に分けられる[Fig. 8; 岩嶋ら(2004)の Fig. 11]。上記のとおり、夏季のメタン濃度とその日変化は、他の季節のそれより遙かに大きい。

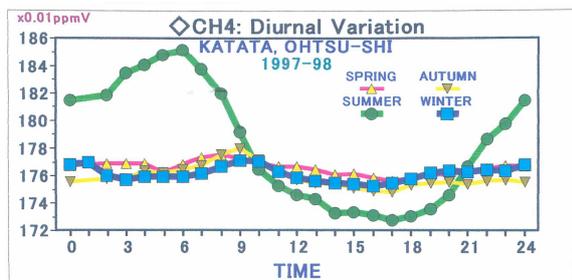


Fig. 8 Seasonal mean diurnal variation of CH₄ concentration at Katata (Honkaka, Otsu-shi, Shiga-ken) [岩嶋ら(2004)の Fig. 11]

一酸化炭素濃度の日変化との対応状況をみると、夏季以外は両者の対応関係が極めて良いことがわかる(Fig. 9)。これは、夏季には周辺の水田からのメタン発生が支配的であり、観測点近くの国道161号線を往来する自動車などから発生するメタンの寄与(一酸化炭素がその量に対応していると仮定のもと)を凌駕している。これに対して、冬季など

には、水田からのメタン発生が殆どないため、自動車などからの寄与がかなり明白にみられる。このように季節によって発生源と発生量が異なることが、メタン濃度の年変化や季節変化に特徴的に表れる。その具体例として上記の堅田も含めた琵琶湖周辺の3観測点〔大津市膳所・長浜市・大津市堅田〕の年変化を示す(Fig. 10)。各観測点周辺の土地状況から判断すると、水田からの寄与が大きな堅田(KATATA)では、6・7月の濃度がきわだって高い。次に年平均値の差を除いて比べると、長浜(NAGAHAMA)では、7・8月の濃度が堅田の場合よりは低くなっている。特に8月の濃度は1年を通じて最低である。これら2点の年変化に比べるとセンター(CENTER; 滋賀県衛生環境センター)のメタン濃度年変化は、長浜のそれのように6月に濃度極大を持ち、10月から3月にかけて12月に同程度の極大をもつ変化を示している。センターの周辺には殆ど水田がみられないことから、広い周辺からの(すなわちバックグラウンドの)水田から発生するメタンの影響が6月にみえるものの冬季に市街地の近辺道路の自動車などから発生するメタンの影響が大きいものと推定する。

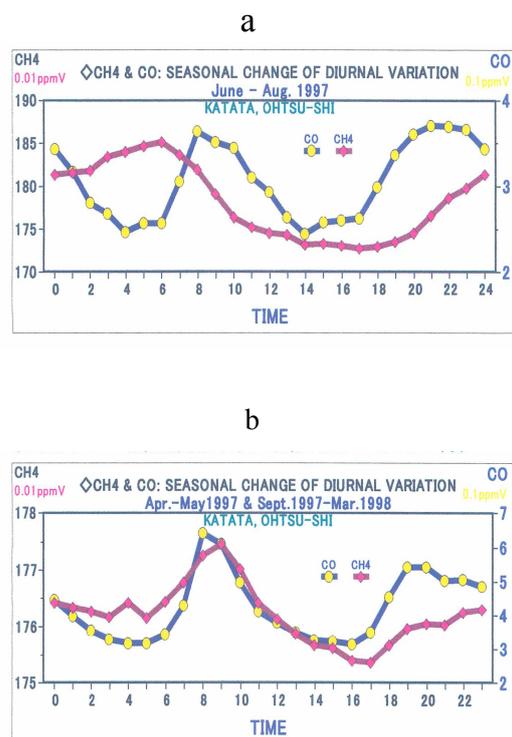


Fig. 9 Diurnal variation of the CH₄ and CO concentrations at Katata, Otsu-shi for the fiscal year 1997: a) June-August; b) April & May 1997, and Sept. 1997 ~ Mar. 1998 [岩嶋ら(2004)の Fig. 10]

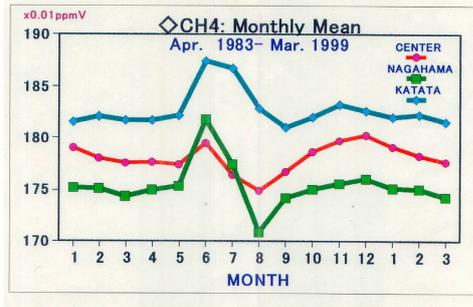


Fig. 10 Annual variation of monthly mean CH₄ at three observation sites averaged for the fiscal years 1983-1999: CENTER (Zeze, Otsu-shi), NAGAHAMA (Nagahama-shi), KATATA (Katata, Otsu-shi)

堅田におけるメタン濃度の日変化への発生源の寄与が季節によって異なることを推測したが、これは次のように1987-1997年度のメタン濃度1時間値を主成分解析結果で示される (Fig. 11)。

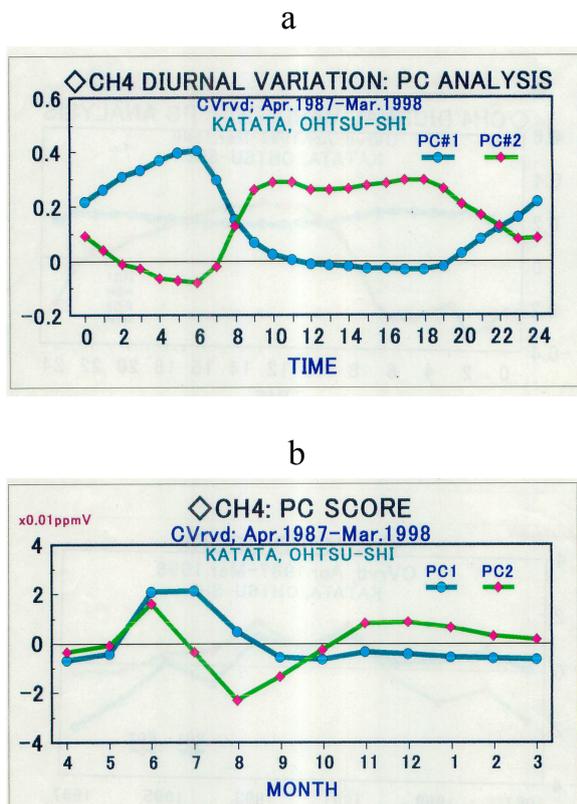


Fig. 11 EOF analysis of hourly mean CH₄ concentration at Katata, Otsu-shi for the fiscal years 1987-1997:
a) Eigen vectors of the 1st and 2nd principal components,
b) Annual variation of score of the 1st and 2nd principal components

第1主成分(寄与率85.7%)は夜間に濃度が高くなる混合層高度の日変化に依存するバックグラウンドと周辺の水田起源メタンによる日変化を示しており、6・7月に濃度が高くなる。第2主成分(寄与率13.8%)は、日の出後から夜半にかけて濃度が高くなることを示しており、センター(滋賀県衛生環境センター; 大津市膳所)の月平均メタン濃度の年変化 (Fig. 10) によく似ている。

上記の予備的確認観測を背景にして、京都市・京都府による1985-1998年度のメタン濃度観測値を利用して、空間分布やその時間変化(日変化・年変化・年々変化)などの気候学的特徴について解析した。

4.4 京都市・京都府南部における大気メタン濃度の季節変化・年変化

京都市および京都府南部の大気環境調査で実施されてきた11観測点の1985-1998年度月平均データを使用して、大気メタン濃度の季節平均分布図を主観解析によって作成した (Fig. 12)。

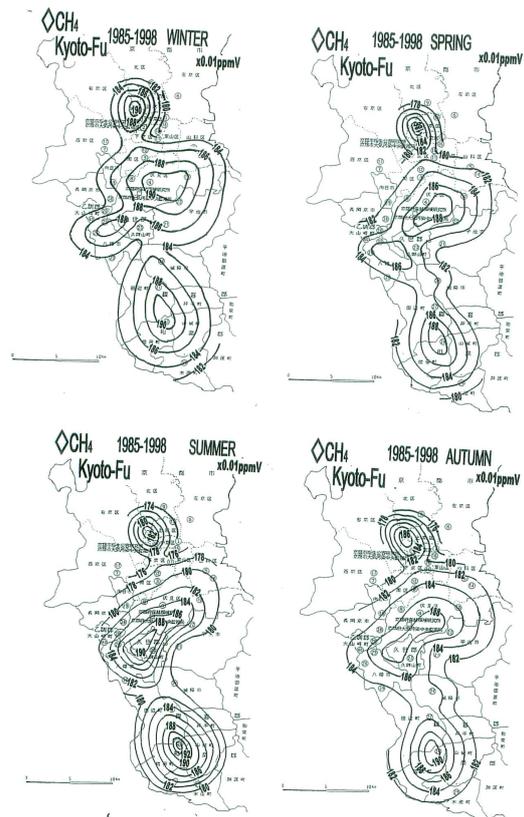


Fig. 12 Spatial distribution of seasonal mean of CH₄ concentration for the fiscal years 1985-1998 in Kyoto City and its southern area: Winter (upper left), Spring (upper right), Summer (lower left) & Autumn (lower right)

季節平均メタン濃度分布に次のような二つの特徴がみられる：

- 1) 1年を通じて京都市内から京都府南部にかけて、京都市内・市南部から府中南部・府南部の3~4カ所に濃度極大域がみられる。
- 2) 京都市内の濃度極大域では、冬季に最大であり、府南部の2つの濃度極大域では、夏季に最大となっている。

このような特徴的季節変化の差異は、各地域におけるメタン発生源の違いから生じていると推測される。さらに京都市と京都府南部の11観測点のメタン濃度月平均値を基に主成分分析して Fig. 13 に示されるスコア変化、各観測点における固有ベクトルを主観解析して Fig. 14 の分布図を得た。

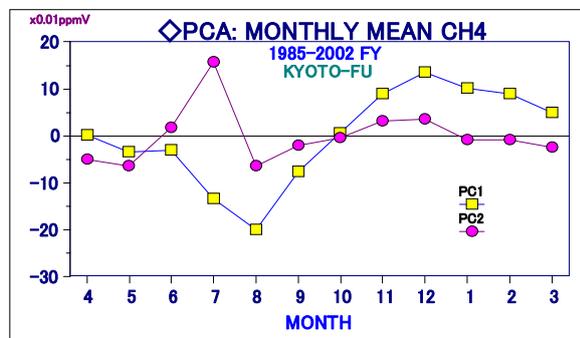


Fig. 13 Score of the 1st and 2nd principal components of EOF analysis of monthly mean CH₄ concentration at 11 observational sites in Kyoto City and its southern area [岩嶋・森山(2-007)の Fig. 18]

第1・第2主成分スコアの年変化 (Fig17) をみると、第1主成分の年変化は、冬季に濃度が高く12月に極大、第2主成分は7月が最大である。これまでの愛知県・滋賀県内の諸都市と周辺における月平均メタン濃度観測結果 (岩嶋・村松, 1997b; 岩嶋ら, 2002; 岩嶋ら, 2004) と類似しており、第1主成分スコアの年変化は、バックグラウンドを含む都市域の年変化の特徴に、また第2主成分は、水田などのある郊外のメタン濃度年変化の特徴を示している。

このように、第1・第2主成分には、それぞれ都市域と郊外におけるメタン濃度の年変化の寄与が大きいことは、EOF ベクトルの空間分布 (Fig. 14) から明らかである：第1主成分は都市域より濃度が高く、第2主成分は、都市域中心から離れるほど濃度が高い分布状況を示している。

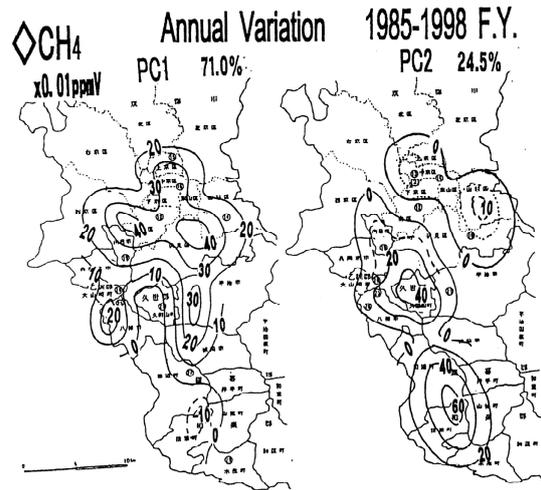


Fig. 14 Spatial distribution of the 1st and 2nd EOFs of monthly mean CH₄ concentration during the fiscal years 1985-1998: Unit is 0.01ppmV. [岩嶋・森山(2007)の Fig. 19]

4.5 京都市・京都府南部域における大気メタン濃度の年々変化

京都市から京都府南部域に1年を通じてみられる特徴的メタン濃度分布が、長期的にはどのような変動をしているかについて主成分解析した。

京都市・京都府南部域の11観測点におけるメタン濃度の1986-2004年度の年度平均値を利用して主成分解析をした (Figs. 14, 15)。第1、第2主成分の寄与率が72.2%、15.4%であった。

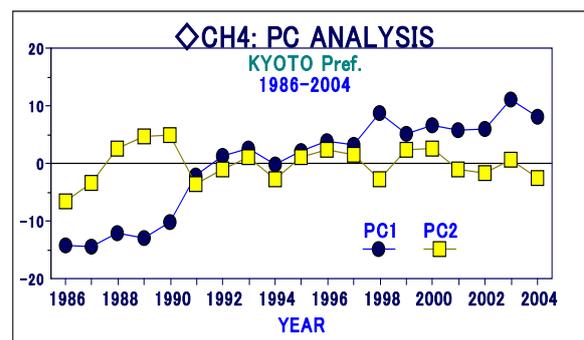


Fig. 15 Year-to-year variation of score of 1st and 2nd principal components of EOF analysis of the 1986-2004 fiscal year mean CH₄ concentration [岩嶋・森山(2007)の Fig. 20]

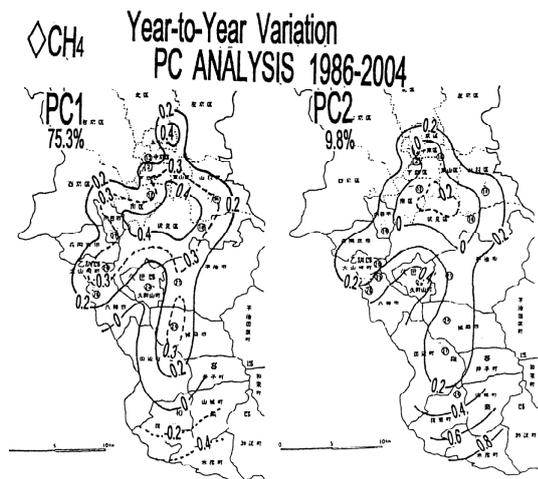


Fig. 16 Spatial distribution of eigen vectors of the 1st and 2nd EOFs of the fiscal year mean CH₄ concentration during the fiscal years 1986-2004 [岩嶋・森山(2007)の Fig. 21]

各成分スコアの年々変化 (Fig. 16) をみると、第1主成分は、1992年以前には(年々の増加率でみるとおよそ1.6~1.7%)濃度増大し、その後は横ばいあるいはやや上昇状態を示しており、バックグラウンド濃度を含む京都市域のメタン濃度増大を示しているものとみられる。これに対して第2主成分は、1990年までの急速な濃度増大とその後には小幅な年々変動を繰り返しながら横ばい状態にあり、京都市域外のメタン発生源による年々変化傾向を示しているものと推測される。

次章では、国内外の諸都市におけるメタン発生量と人間活動の関係について検討してきた結果を述べる。

5. 国内外の諸都市とその周辺の大気メタン濃度差と発生量

これまで、国内および海外の諸都市の中心部と都市周辺において大気メタン濃度を測定してきた。これは、都市域とその周辺におけるメタン濃度についての実態把握とともに、種々の発生源が複合している都市域におけるメタン発生(総)量を都市の規模(人口・面積)から算定することを目指したものである(岩嶋, 2007; 岩嶋ら, 2004; 岩嶋ら, 2005; 岩嶋・森山, 2007)。

5.1 都市中心部 - 近郊のメタン濃度差と人口

それぞれの都市の中心部とその郊外における空気をアルミニウムバッグに採取して研究室に持ち帰り、ガスクロマトグラフにより分析してメタン濃度を求めた。空気採取は、可能な限り、混合層内のメタン濃度がほぼ定常になると考えられる時間帯の実施を心がけた。空気採取と同時に、気温・湿度・風向・風速などの簡易気象観測も実施し、風の影響を考慮した。

都市域からのメタン総発生量を算定する方法は、前報(岩嶋ら, 2005)で述べた次のような考え方に基づいている:「都市域では、さまざまな発生源からの排出があるが、その排出量は人間活動に依存しており、その人間活動度は人口に比例しているであろう。従って、都市域からのメタン発生量は人口に比例していると考えられる。さらに、都市域からのメタン発生により、都市中心部と近郊(バックグラウンド)との濃度差が維持されているであろう」。また、メタン濃度の日変化は、昼間には時間変化が小さく、14時前後に濃度極小となる。そこで「この昼間の濃度変化が小さい時間帯に都市の中心部とその郊外で空気を採取・分析して濃度差を求める。この濃度差を、人間活動の一つの尺度として採用した人口と対比する」。

これまで、人口を尺度として整理してきたが、規模の異なる都市を可能な限り追加して、国内外の諸都市での観測を実施してきた。整理してきた最終結果を示す[2005年度までの観測・解析結果については、先に出版された『環境危機—その対応と持続可能システム—』(森山茂編著)中に示した(岩嶋, 2007)]。

人間活動の内容、都市の構造や規模などの点において、国内と海外の諸都市間では異なるであろう。そこで、都市中心部と近郊とのメタン濃度差と人口・都市の幾何学的大きさとの関係、都市全域からのメタン総発生量、あるいは都市単位面積当たりのメタン発生量についても検討してきた。Figs. 17, 18は、それぞれ国内・海外の諸都市の中心部と近郊のメタン濃度差を都市人口を尺度にまとめたものである。これまでの観測結果と同様に、「国内・海外の諸都市いずれにおいても、ある程度のばらつきがあるものの、都市中心部と近郊のメタン濃度差は、人口に比例している」。回帰式は次のようになった。

$$\text{国内諸都市: } Y = 0.0034 + 1.56 \times 10^{-(5)} X$$

$$\text{海外諸都市: } Y = 0.0146 + 1.16 \times 10^{-(5)} X$$

それぞれの係数については t検定により、また回帰式は分散比のF検定によって0.5%水準でも有意であるこ

とを確認した:

国内都市: 自由度=22; $t=6.224$; $F=38.7$

海外都市: 自由度=22; $t=5.643$; $F=31.8$

メタン濃度差は、国内の諸都市より、やや大きい(約1.5倍)ようである。

次に都市域からのメタン発生量と人間活動度との関係について検討した結果を示す。

同程度の人口規模でみると海外の諸都市における

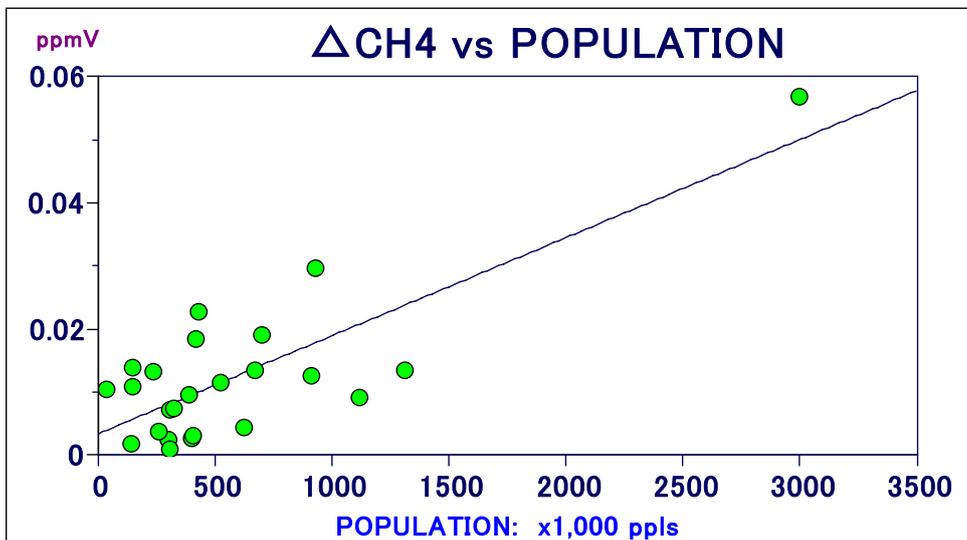


Fig. 17 Difference between CH₄ concentrations at central part and suburbs of 24 large cities in Japan (Sapporo, Hakodate, Sendai, Niiigata, Takasaki, Shizuoka, Hiroshima, Miyazaki, Okayama, Ogaki, Gifu, Chiba, Sakaiminato, Yonagao, Tottori, Naha, Kumamoto, Nagasaki, Fukuyama, Kurashiki, Wakayama, Tokushima, Kochi, Fukuoka): Ordinate and abscissa denote the difference of CH₄ concentrations at central part and suburbs of the cities, and population of the cities respectively.

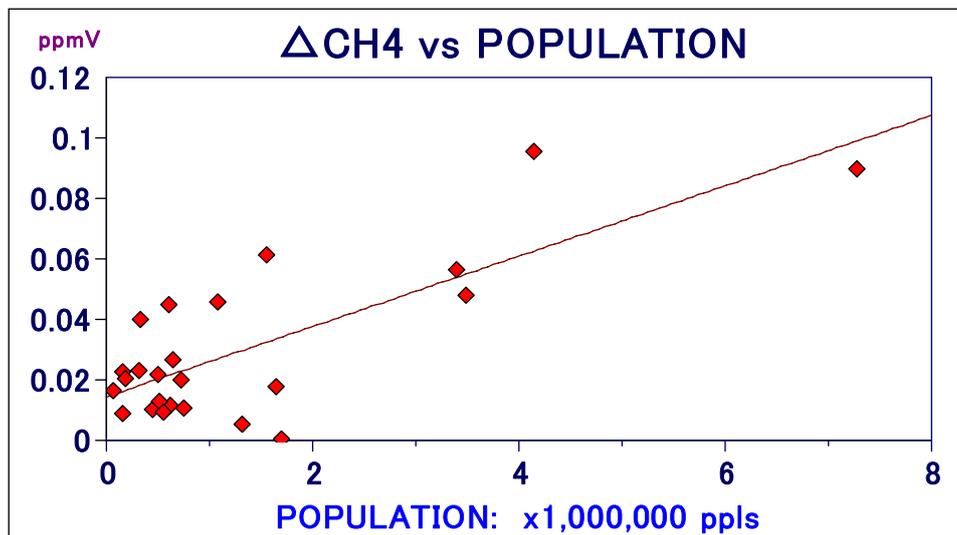


Fig. 18 Difference between CH₄ concentrations at central part and suburbs of 24 metropolises in foreign countries (Amsterdam, Zurich, Vienna, London, Edinburgh, Glasgow, Uppsala, Raykjavik, Vancouver, Victoria, Winnipeg, Ottawa, Quebec, Brisbane, Melbourne, Sydney, Berlin, Hamburg, Munich, Frankfurt, Helsinki, Oslo, Stockholm, Copenhagen): Ordinate and abscissa denote the difference of CH₄ concentrations at central part and suburbs of the cities, and population of the cities respectively.

5.2 都市メタン発生量と人間活動度

この節では、都市域からのメタン発生総量を、先に提案した「箱模型(ボックスモデル)」をもとにした方法(岩嶋ら, 2005)で見積もり、人間活動度との関係を検討した結果を示す。

濃度支配方程式を基礎にして「箱模型」を都市域に適用し、発生総量を見積もった：発生量の算

定には「都市中心部と郊外のメタン濃度差」に乗ずる係数(A)を求めねばならない。このために都市の面積や混合層高度、風速などの設定が必要である[条件などは岩嶋ら(2005)を参照]。

算定した「都市全域からのメタン発生量」と都市域「人口」との関係性を日本国内と外国に分けてみたものが Figs. 19, 20である。

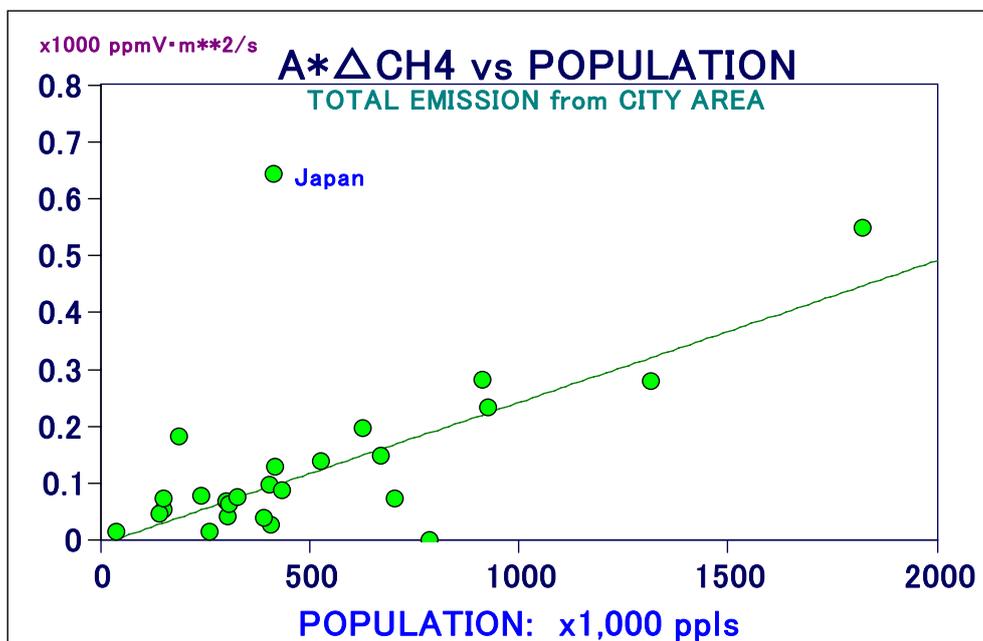


Fig. 19 Methane emission from the city area in Japan. Ordinate and abscissa denote the CH₄ emission from the city area and population respectively. Unit : one million peoples (abscissa), 1000 ppmV/m²/sec (ordinate)

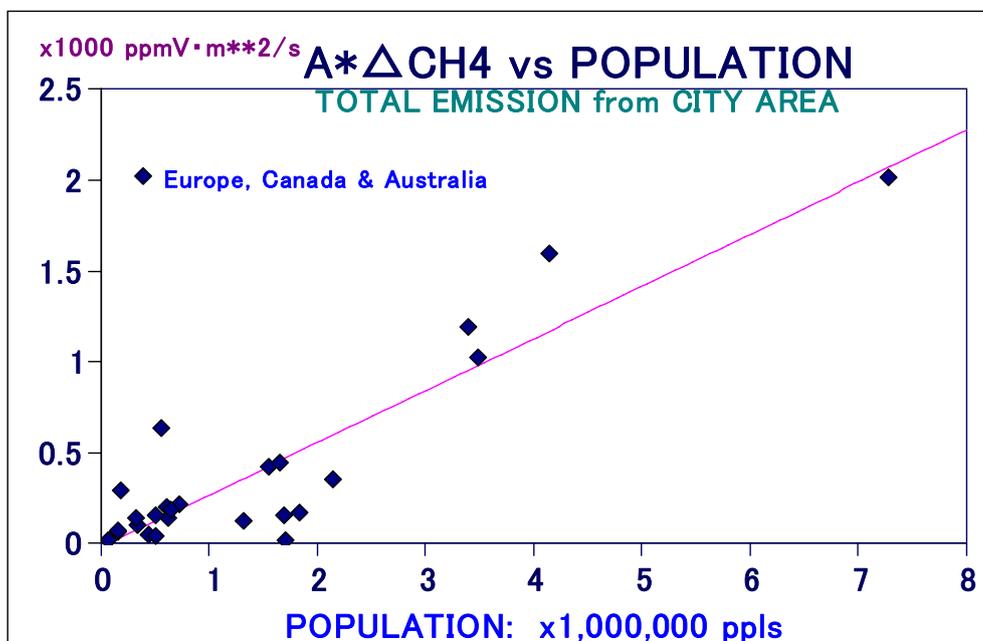


Fig. 20 The same as Fig. 19 except for Europe, Canada and Australia

これらを見ると、国内・海外いずれの都市についても「都市全域からのメタン発生総量」は都市域「人口」に比例している：それぞれの相関係数は、0.91, 0.90となり極めて1に近い。国内外それぞれについて回帰式は次の通りである。

国内都市： $Y = -0.020 + 0.000287 X$

海外都市： $Y = -0.006 + 0.000263 X$

係数・回帰式はいずれも、危険率0.5%以下で有意であった。なお、ここで縦軸の数値を61.7(あるいは22.5)倍すれば、1日(年)当たりのメタン発生総量 [Kg/day (Mg/year)] が得られる。国内と海外の人口が同程度の都市についてメタン発生総量を比較すると海外の都市がやや多いように見える [例えば国内の200万人都市では、縦軸の値で0.5よりやや小さく、海外の都市では0.5より幾分か大きい]

が、人口が少ない都市ではあまり差がないようである。このことから推測されるように、国内・海外の都市に分けて、「単位面積当たりの発生量」と「人口密度」とには、やや海外の都市にばらつきがあるものの、ほぼ「発生総量」・「人口」の場合と同程度の対応関係がみられた (Figs. 21, 22) [岩嶋ら(2005)の Fig. 5参照]。「都市域単位面積当たりメタン発生量」の「都市域人口密度」に対する回帰式は以下の通りである：

国内都市： $Y = 0.427 + 0.612X$

海外都市： $Y = 1.812 + 0.235X$

回帰式・係数ともに、厳しい0.5%水準でも統計的に有意であった。ここで、縦軸の値を61.7倍すると、単位面積から1日のフラックス量に相当するものが得られる (mg/m²/day)。

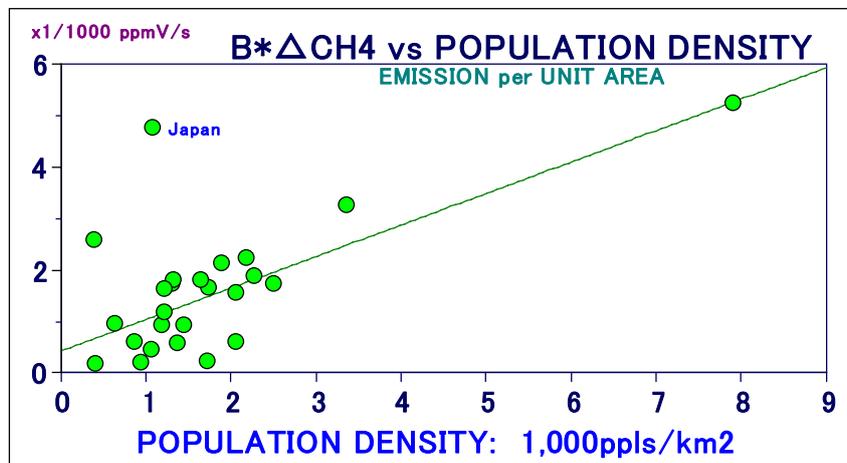


Fig. 21 The same as Fig. 19, except for CH₄ emission rate from the unit city area related to population density. Ordinate and abscissa denote the amount of CH₄ emitted from the unit city area and its population density respectively. Unit : 1000 peoples/km² (abscissa), and 1/10⁶ ppmV/sec (ordinate).

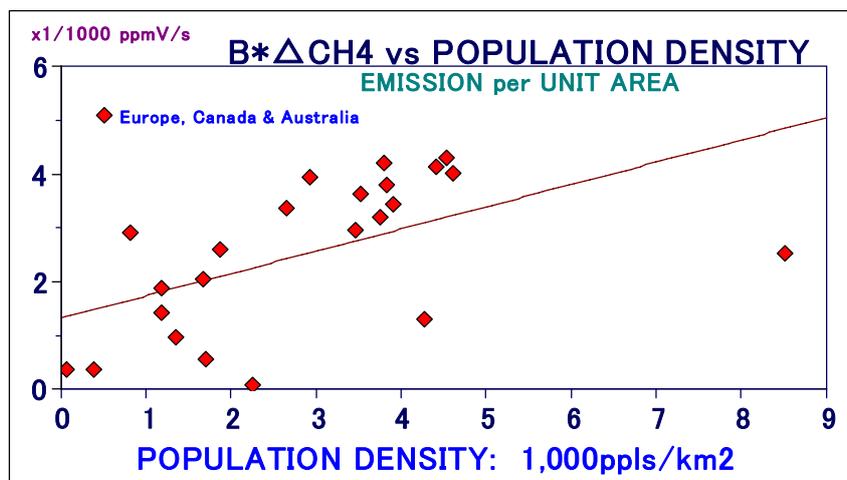


Fig. 22 The same as Fig. 21, except for Europe, Canada and Australia

これまでに国内・海外の多くの都市とその近郊で空気採取してきたが、必ずしも常に理想的な気象状況であったとはいえない。採取時の状況が適切とはいえない国内のいくつかの都市については、再度、空気採取を実施した。しかしながら、海外の諸都市については、時間的にも、また研究費という面からも、再度出かけることは極めて困難であった〔幸いにも、2003-2004年度は「日本大学総長指定総合研究(地球型社会における危機への対応：自然とのかかわり)」の一部として研究費支援を受けて実施できた〕。観測例数を増やし、精密な結果を求めるには、個人研究ではなく、大がかりな組織的研究にということになるのであろうグループで大がかりな研究にすとしても、街中ではあるが、野外では手頃な携帯型の測定機器が機動的で便利である。都市域と周辺における大気メタンに関する研究を開始した10数年前から、空気採取と同時に直接メタン濃度計測ができる手軽な器具ができることを待ち望んできた。残念ながら、やや大きな可搬型測定機の開発はあったようだが、精度が高く携帯にも便利な測定器機は未だに出現していない。短時間に、しかも広い範囲において、測定結果をその場で検討しながら何度も測定を繰り返すためには、簡易気象観測機器と同程度の、片手で容易に扱える携帯型メタン濃度測定器の開発が大いに期待される。

6. 結び

地表オゾン濃度や大気メタン濃度の空間分布やその時間変化に関する気候学的特徴について検討した。オゾン観測は、前任の村松久史京都大学名誉教授が、「対流圏下層におけるオゾンの生成・消滅過程の研究」の際に設置・使用された、宇治(防災研究所屋上)と北花山(理学部地球物理学教室北花山分室;京都市山科区北花山大峰町)の観測計を受け継いで実施してきた。継続観測してきた約15年分の地表オゾン濃度データに京都市・京都府による11観測点のオキシダント濃度データを加えて、空間分布やその日変化・年変化・年々変動など気候学的特徴を検討してきた:京都市と近郊に3カ所の極大域があり、濃度の日変化・年(季節)変化をについて検討したところ、局所的な影響の小さな北花山においては、濃度増加傾向にあることが示された。またオキシダント濃度データを京都市域と市域外に分けて年々変化をみると、1997年度頃までは、京都市域では増加、市域外では減少傾向にあった。その後、近年までは、市域外の濃度は急速な増加傾向にあり、市域との差がかなり減少しているようである。

この傾向は、宇治・北花山のオゾン濃度データの変化からもうかがえた。

第2の研究課題として、名古屋市を対象地域として始めた大気メタン濃度の研究を京都市・京都府や滋賀県域に拡大してきた。大気メタンの場合には、その発生源が多く、それぞれ発生量測定も困難である。発展する都市域ではさまざまな人間活動にともなうメタンの発生が知られている。村松(1989,1994)は、自動車から発生するメタンに注目して研究を進めた。この研究に触発されて、地表付近の大気メタンの空間的分布や時間変動などの実態を明らかにすべく、「大気メタンの気候学」を研究課題として、いくつかの府県や市における大気環境常時監視による長年の観測データを利用して解析するとともに、都市域やその近郊での観測も実施して、大気メタン濃度とその空間分布にみられる年変化・年々変化の気候学的特徴及び推定される発生源との関係について検討してきた。これらをごく簡単にまとめると次のようになる:都市域の大気メタン濃度は、都市と近郊を含むさらに広いバックグラウンドの影響を背景に、都市とその近郊の発生源からの寄与の程度に応じた特徴的な年変化・季節変化をしている。都市の規模や発生源の種類や分布状態にも依存している。名古屋市では、春季から秋季まで南西域郊外の水田から発生するメタンが市内のメタン濃度分布にも大きく影響している。これに対して水田からの影響を受けにくい京都市とその周辺の場合には、冬季にメタン濃度が高くなる京都市部分と、夏季(7月)における水田からの発生が大きく寄与している京都府南部に明確に分かれている。

最後に、これまで継続実施してきた国内・海外の諸都市とその近郊における大気メタン濃度観測結果をまとめて、都市人口を一つの尺度にして人間活動の指標として整理した:前報告(岩鳴ら、2004)で述べた、「都市域中心部と近郊のメタン濃度差は、都市人口に比例している」こと、さらに、諸都市におけるメタン発生量(都市全域からの総発生量・単位面積当たりの発生量)についてまとめた。

大気メタンに関連しては、都市域や近郊だけでなく、バックグラウンドにあたる(愛知県内では三河湾佐久島・渥美半島・知多半島;伊吹山山麓から頂上;滋賀県東南部から三重県にかけて)の大気メタン濃度やその高度分布を測定するために、空気採取・簡易気象観測を実施してきた。また自動車からのメタン発生量を見積もるために、長等トンネルでも空気採取をした。これらは、いずれも単発的な観測ではあったが、それなりに興味ある結果が得られた。また、空気採取に用いた塩化ビニール製袋(テドラーバッグ)・アルミニウ

ム製袋の性能試験をかねて、周辺の方々をお願いして頂いた呼気を分析して、ひとからのメタン発生量についての検討をした。このような身近なところでのことも含めて、野外での観測は、その準備段階から実施まで、そのときそのときで実にささやかなながしかの発見があって、実に楽しいものであった。残念ながら、上記のように分析には、大きな高圧ボンベとガスクロマトグラフィーに頼らざるを得ず、時間と手間がかかった。この難点が早く克服できることを期待する。

謝 辞

防災研究所屋上(宇治市五ヶ庄)、および京都大学理学部地球物理学教室北花山分室(京都市山科区北花山大峰町)におけるオゾン観測は、村松久史氏(現京都大学名誉教授)によって、それぞれ1990年5月・1992年5月に開始された。以後、何度かの短い欠測はあったものの、2007年4月まで何とか観測を継続してきた。宇治では、研究棟の耐震補強・改修のためにやむなく屋上での観測を終えることになった。北花山における観測継続には、京都大学理学部技官であった故森二郎氏にご助力が大きかった。この北花山でのオゾン観測も諸般の事情から停止することになった。およそ18年間、陰に陽にお世話になった多数の方々に謝意を表しておきたい。都市域でのメタン研究においては、バックグラウンドにおけるメタン濃度の実態把握のために都市域を離れたところで何回か空気採取・気象観測を実施した。三河湾佐久島や伊勢湾・三河湾などの海上での観測では、福山薫氏(三重大学生物資源学部教授)や寺尾徹氏(現香川大学教育学部准教授)のご支援を受けた。寺尾徹氏には、伊吹山と山麓での空気採取・簡易気象観測もお手伝い頂いた。京都府や琵琶湖周辺の滋賀県域では、時には「小企業」のつねとして愚妻・愚息2人にも助手を務めてもらった。

国内・海外における空気採取・簡易気象観測は、平成14-15年度に『日本大学総長指定の総合研究(地球型社会における危機への対応；自然とのかかわり)』(研究代表者・森山茂)の一部として財政的支援を得て実施した。この研究参加によって、メタン発生量算定問題にまで取り組めることとなった。ご配慮・ご協力頂いた森山茂日本大学大学院総合科学研究科教授や協同参加した三重大学生物資源学部の福山薫教授にも併せて謝意を表する次第である。また最後に、いかに『防妻対策(井上ひさし流)にあれこれ思案すると、暴妻対策も候補に

なるか?)』とはいえ、一人では怪しまれて難儀しかねない国内・海外での空気採取に、ぶつつかいながらも同行して気象観測を担当してくれた専属助手にもささやかながら謝意を表しておきたい。

参考文献

- 岩嶋樹也(1997): 都市とその周辺における大気メタン・オゾンに関する解析, 日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第79号, pp.19-22.
- 岩嶋樹也(1998): 都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(IV), 京都大学防災研究所年報, 第41号B-1, pp.293-307.
- 岩嶋樹也(2007): 都市のメタン発生量と人間活動, 「環境危機—その対応と持続可能システム—」(森山茂編著), 第5章, pp.91-103, 開成出版.
- 岩嶋樹也・寺尾徹・村松久史(2000): 都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(I), 京都大学防災研究所年報, 第43号B-1, pp.169-183.
- 岩嶋樹也・寺尾徹・村松久史(2001): 都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(II)—バックグラウンド大気メタン濃度—, 京都大学防災研究所年報, 第44号B-1, pp.25-36.
- 岩嶋樹也・村松久史(1996a): 都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(I), 情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第3号, pp.1-22.
- 岩嶋樹也・村松久史(1996b): 都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(II), 情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第4号, pp.41-64.
- 岩嶋樹也・村松久史(1997a): 都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(III), 情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第5号, pp.29-51.
- 岩嶋樹也・村松久史(1997b): 都市とその周辺における大気メタン濃度, 京都大学防災研究所年報, 第40号B-2, pp.201-212.
- 岩嶋樹也・村松久史(1998): 都市域とその周辺における大気メタン濃度とその変動, 京都大学防災研究所特定研究集会10S-2『都市域とその周辺における大気メタンの発生・分布に関する研究』, pp.83-93.
- 岩嶋樹也・村松久史・寺尾徹(1999): 都市とその周辺における大気メタン濃度(V), 京都大学防災研究所年報, 第42号B-2, pp.333-342.
- 岩嶋樹也・村松久史・寺尾徹(2002): 都市域とその周

- 辺における大気微量成分濃度とその変動(III),
 一琵琶湖周辺における大気メタン濃度の長期変動一,
 京都大学防災研究所年報, 第45号B, pp.209-220.
- 岩嶋樹也・村松久史・福山薫・森山茂(2004):都市域と
 その周辺における大気微量成分濃度とその変動(IV),
 一地表付近におけるオゾン・大気メタン濃度の気
 候学的特徴一, 京都大学防災研究所年報, 第47
 号B, pp.327-338.
- 岩嶋樹也・森山茂(2007):都市域とその周辺における
 大気微量成分濃度とその変動(VI), 一地表付近に
 におけるオゾン・大気メタンの気候学一,
 京都大学防災研究所年報, 第50号B, pp.407-418.
- 岩嶋樹也・森山茂・福山薫(2005):都市域とその周辺に
 における大気微量成分濃度とその変動(V),
 一都市域と郊外におけるおける大気メタン濃度差一,
 京都大学防災研究所年報, 第48号B, pp.439-444 .
- 村松久史(1989): 阪神地方のメタンの分布・発生に
 ついて, 京都大学防災研究所年報, 第32号B-2,
 pp.219-229.
- 村松久史(1993): 地上オゾンに対する輸送・生成・消
 滅の効果, 京都大学防災研究所年報, 第36号B-2,
 pp.121-130.
- 村松久史(1994): 都市からのメタンの発生,
 京都大学防災研究所年報, 第37号B-2, pp.173-181.
- 村松久史(1995): 対流圏下層のオゾンに対する生成・
 消滅・輸送の寄与, 平成6年度科学研究費補助金
 (一般研究C; 課題番号05680446)研究成果報告書,
 144頁.

Climatology of Atmospheric Trace Gases in the City and Its Surrounding

Tatsuya IWASHIMA

Synopsis

Analyzing the data of O₃ (O_x) and CH₄ observed in the city and its surrounding, we describe the characteristic features of spatial distribution and its temporal variation: diurnal or seasonal variation, and year-to-year variation of their spatial distribution. Secondly we show the results of EOF analysis of O_x and CH₄ in order to clarify their characteristic spatial distribution in Kyoto City area and its southern part of Kyoto Prefecture. Finally we compare the difference of CH₄ concentration at central part of the domestic and foreign large cities and their suburbs with the population and size of the cities, and estimate the amount of methane flux from the urban area.

Keywords: O₃; O_x; CH₄; diurnal variation; seasonal variation; year-to-year variation; city population, flux



鈴木祥之 名誉教授

鈴木祥之教授略歴

(学歴・職歴)

昭和	19年	10月	13日	徳島県徳島市に生まれる
	38年	3月		徳島県立城南高等学校卒業
	38年	4月		名古屋工業大学建築学科入学
	42年	3月		名古屋工業大学建築学科卒業
	42年	4月		京都大学大学院工学研究科修士課程建築学専攻入学
	44年	3月		京都大学大学院工学研究科修士課程建築学専攻修了
	44年	4月		京都大学大学院工学研究科博士課程建築学専攻進学
	47年	3月		京都大学大学院工学研究科博士課程建築学専攻単位修得退学
	47年	4月		京都大学防災研究所助手
	61年	4月		京都大学防災研究所助教授
平成	11年	5月		京都大学防災研究所教授（総合防災部門都市空間安全制御分野）
	17年	4月		京都大学防災研究所教授（社会防災部門都市空間安全制御分野）

(主な学会・委員等歴)

平成	2年	10月		文部省在外研究員（平成3年8月まで）
平成	3年	4月		英国サセックス大学招聘教授（平成3年8月まで）
平成	4年			Probabilistic Engineering Mechanics (Elsevier, Oxford, UK), Editorial board
平成	6年	1月		日本学術振興会制震（振）構造技術第157委員会運営委員
平成	6年	9月		文部省在外研究員（平成6年10月まで）
平成	7年	9月		京都市消防局木造住宅耐震調査研究会幹事委員（平成8年3月まで）
平成	8年	4月		日本建築学会特別研究課題検討委員会木造部会主査（平成10年3月まで）
平成	8年	4月		科学技術庁大型三次元振動台の利用に関する検討委員会委員（平成9年3月まで）
平成	9年	10月		滋賀県建築物耐震診断判定委員会副委員長（平成13年9月まで）
平成	10年	4月		京都市消防局京都盆地地下構造調査委員会委員（平成15年3月まで）
平成	11年	4月		日本建築学会「木構造と木造文化の再構築」特別研究委員会委員長（平成14年3月まで）
平成	13年	4月		日本建築学会近畿支部木造研究部会部会長
平成	13年	4月		財団法人日本建築総合試験所評議員（平成19年9月まで）
平成	13年	4月		財団法人日本建築総合試験所木質構造性能評価委員会委員長
平成	14年	4月		京都市防災会議専門委員
平成	14年	4月		財団法人建築研究協会理事
平成	14年	6月		日本地震工学会理事（平成16年5月まで）
平成	16年	1月		京都府東南海・南海地震に関する防災対策検討委員会委員（平成17年3月まで）
平成	16年	9月		Structural Control and Health Monitoring (John Wiley & Sons Ltd. Chichester, UK), Editorial board
平成	18年	2月		京都府地震被害想定調査委員会委員（平成20年3月まで）
平成	18年	11月		独立行政法人建築研究所 伝統的木造建築物保全技術検討委員会委員
平成	19年	6月		日本地震工学会副会長（2年間）
平成	19年	10月		京都市消防局火災現場活動安全対策検討委員会特別委員（平成19年12月まで）
平成	19年	11月		金沢市歴史的建造物耐震化検討委員会委員

(学会賞)

平成	2年	5月		1990年日本建築学会賞（論文）受賞
平成	15年	8月		2003年度計測自動制御学会論文賞受賞

鈴木祥之 研究業績

論文

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1970	Reliability Analysis of Aseismic Safety of Elasto-Plastic Structures Considering Fatigue	Proc. of the Third Japan Earthquake Engineering Symposium, pp. 723-730	Minai, R.
1971	On the Aseismic Safety of Elasto-Plastic Structures Considering Fatigue Damage	Theoretical and Applied Mechanics, pp. 309-321	Kobori, T. and Minai, R.
1973	Statistical Linearization Techniques of Hysteretic Structures to Earthquake Excitations	Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Vol. 23, Parts 3-4, No. 215, pp.111-135	Kobori, T. and Minai, R.
1973	Statistical Linearization Techniques of Dynamical Systems with Fluctuating Hysteresis	Theoretical and Applied Mechanics, pp. 45-57	Kobori, T. and Minai, R.
1974	Nonstationary Random Response of Bilinear Hysteretic Systems	Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 24, pp. 143-152	Kobori, T. and Minai, R.
1976	Stochastic Seismic Response of Hysteretic Structures	Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Vol. 26, Part 1, No. 236, pp. 57-70	Kobori, T. and Minai, R.
1977	Stochastic Seismic Response and Reliability of Hysteretic Structures	Proc. of the Sixth World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, Vol. 2, pp. 1083-1088	Kobori, T. and Minai, R.
1977	The Plastic Response of Hysteretic Systems to Stochastic Excitations	Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 27, 1977, pp. 315-333	Kobori, T. and Minai, R.
1978	Stochastic Prediction of Maximum Structural Response to Earthquake Excitations	Proc. of the Fifth Japan Earthquake Engineering Symposium, November, pp. 993-1000	Minai, R.
1980	Stochastic Prediction of Maximum Earthquake Response of Hysteretic Structures	Proc. of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Vol. 6, pp. 697-704	Minai, R.
1980	Reliability-Based Seismic Design of Elasto-Plastic Structures	Proc. of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Vol. 4, pp. 25-32	Minai, R.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1982	Seismic Stochastic Response of State-Dependent Hysteretic Structures	Proc. of the Sixth Japan Earthquake Engineering Symposium, pp. 1169-1176	Minai, R.
1984	Seismic Response Analysis of Hysteretic Structures Based on Stochastic Differential Equations	Proc. of the Eighth World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, Vol. IV, pp. 459-466	Minai, R.
1985	Seismic Reliability Analysis of Building Structures	Proc. of the ROC-JAPAN Joint Seminar on Multiple Hazards Mitigation, Taipei, Taiwan, pp. 193-208	Minai, R.
1985	Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structures Based on Stochastic Differential Equations	Proc. of the Fourth International Conference on Structural Safety and Reliability, Vol. II, pp. 177-186	Minai, R.
1986	Stochastic Stability of Nonlinear Dynamical Systems	Preprints of the 18th JAACE Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, No. 2A1	Minai, R.
1986	履歴構造物の地震時損傷と耐震信頼度解析	第7回日本地震工学シンポジウム講演集, pp. 1561-1566	南井良一郎
1986	確率微分方程式による履歴構造物の耐震信頼度解析	第7回日本地震工学シンポジウム講演集, pp. 1567-1572	南井良一郎
1987	Stochastic Estimates of Nonlinear Dynamic Systems	Stochastic Approaches in Earthquake Engineering, Lecture Notes in Engineering, Vol. 32, Springer-Verlag, pp. 204-230	Minai, R.
1987	Application of Stochastic Differential Equations to Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structures	Stochastic Approaches in Earthquake Engineering, Lecture Notes in Engineering, Vol. 32, pp.334-356	Minai, R.
1987	非線形構造物の初通過型破壊に対する信頼度解析	構造物の安全性および信頼性に関する国内シンポジウム論文集, pp. 123-128	南井良一郎
1987	履歴構造物の耐震信頼性の確率論的推定	構造物の安全性および信頼性に関する国内シンポジウム論文集, pp. 171-176	南井良一郎
1988	Stochastic Estimates of Hysteretic Systems under Seismic Excitations	Proc. of the Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. V, pp. 271-276	Minai, R.
1988	Seismic Damage and Reliability Analysis of Hysteretic Multi-Degree-of-Freedom Structures	Proc. of the Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. VIII, pp. 773-778	Minai, R.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1988	Stochastic Seismic Damage and Reliability Analysis of Hysteretic Structures	Nonlinear Stochastic Dynamic Engineering Systems, Springer-Verlag, pp. 407-418	Minai, R.
1988	Application of Stochastic Differential Equations to Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structures	Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 3, pp. 43-52	Minai, R.
1989	Nonlinear Wave Equation of Hysteretic Media	Proceedings of the Japan-China(Taipei) Joint Seminar on Natural Hazard Mitigation, Kyoto, pp. 111-124	Minai, R.
1989	Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structural Systems	Computational Mechanics of Probabilistic and Reliability Analysis, Elmepress International, Lausanne, Switzerland, pp. 509-541	Minai, R.
1992	水平動と上下動の作用する平面架構のランダム応答	京都大学防災研究所年報, 第35巻, pp. 13-33	喻 徳明・藤原悌三
1992	荷重・構造安全性についてのアンケート調査	日本建築学会構造系論文報告集, 第433号, pp. 73-81	神田 順他
1992	Stochastic Estimates of Seismic Damage of Structures	Proc. of the 24th ISCIE Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp. 17-20	
1994	地震時の確率論的非線形構造制御	第43回応用力学連合講演会講演集, pp. 63-66	
1994	Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structural Systems with Uncertain Parameters	Proc. of the Second International Conference on Computational Stochastic Mechanics, pp. 259-266	Yamagishi, Y.
1994	履歴構造物の地震時応答と損傷の確率論的推定	第9回日本地震工学シンポジウム, pp.1645-1650	
1994	Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structural Systems with Uncertain Parameters	Computational Stochastic Mechanics, Vol. 2, pp. 259-266	Yamagishi, Y.
1995	1994年北海道東方沖地震による建築物被害	京都大学防災研究所都市耐震センター研究報告, 第9号, pp. 95-115	北原昭男・藤原悌三
1995	兵庫県南部地震による建物被害	京都大学防災研究所年報, 第38号A, p. 69-97	
1995	芦屋市・西宮市における木造建物の被害	1995年兵庫県南部地震一木造建物の被害一, 日本建築学会近畿支部, pp. 73-84	標 智仁・中治弘行・北山宏貴・東樋口護・橋本清勇

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1995	微動計測による木造建物の振動特性	1995年兵庫県南部地震—木造建物の被害—, 日本建築学会近畿支部, pp. 169-174	中治弘行
1995	Risk Management for Future Urban Planning Against Strong Earthquake	Proc. of SINO-US Symposium on Post-Earthquake Rehabilitation and Reconstruction, Kunming, China, pp. 116-128	Fujiwara, T. and Kitahara, A.
1995	Stochastic Control of Hysteretic Structural Systems	Sadhana, Vol. 20, Parts 2&3, pp. 475-488	
1995	Damage to Engineered Buildings from the Hyogoken-Nanbu Earthquake	Journal of Natural Disaster Science, Vol.16, No.2, pp. 71-78	Nakashima, M. Fujiwara, T., Bruneau, M. Iwai, S. and Kitahara, A.
1995	Overview of Building and Damage to Wood Houses from the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake	Journal of Natural Disaster Science, Vol. 16, No. 2, pp. 79-87	Nakashima, M., Fujiwara, T., Bruneau, M., Iwai, S. and Kitahara, A.
1995	地震応答観測に基づく多自由度構造物の確率論的同定	構造物の信頼性および安全性に関する国内シンポジウム論文集, pp. 93-96	斐 起煥
1996	建築構造物の確率論的パラメータ同定および地震応答推定	京都大学防災研究所年報, 第39号B-, pp.37-50	斐 起煥
1996	在来工法既存木造住宅の静的水平力載荷実験による耐震性能評価	京都大学防災研究所年報, 第39号B- 2, pp.51-70	岩井 哲・中治弘行・北原昭男
1996	1995年兵庫県南部地震による宝塚・芦屋における建物被害の分布特性	京都大学防災研究所年報, 第39号B-1, pp.51-65	北原昭男・藤原悌三
1996	GIS Application to Damage Data Management on Buildings and Urban Facilities in the January 17, 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake	Proc. of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Pergamon, Ref. No. 851	Iwai, S., Kameda, H. and Kakumoto, S.
1996	神戸市東灘区東部・芦屋市・西宮市西部の常時微動観測—水平/上下のスペクトル比による地盤の卓越周期分布と増幅倍率の分布—	第1回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.153-156	楢木紀男・藤原悌三・北原昭男他
1996	Stochastic Identification of Building Structures using Response Accelerations of the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake	Proc. of 27th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp. 19-24	Bae, G. H.
1997	実大構造物のアクティブ・マス・ダンパーによる制震実験, その1. 同定と地震波加振	京都大学防災研究所年報, 第40号, pp.83-93	山本雅史・玉木利裕・加賀谷博昭・斐 起煥・荒木時彦
1997	実大構造物のアクティブ・マス・ダンパーによる制震実験, その2. 制御則と制震効果	京都大学防災研究所年報, 第40号, pp.95-106	山本雅史・玉木利裕・加賀谷博昭・斐 起煥・荒木時彦
1997	阪神・淡路大震災における死傷者発生要因に基づく人的被害推定に関する研究	京都大学防災研究所総合防災研究部門報告 第5号, 1997年11月, pp. 1-85	小倉正臣・藤原悌三

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1997	Active Control Experiments of Full-scale Specimen Frame with Earthquake Response Generator System	Proc. of Japan-China Joint Workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Region, pp. 207-216	
1997	都市直下型地震による居住空間の被害と防災計画	第2回都市直下地震災害総合シンポジウム, 1997年11月, pp. 177-180	藤原悌三・北原昭男・鈴木有・村上ひとみ・平野直樹
1997	阪神・淡路大震災における木造建物被害の解明と耐震対策	第2回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp. 171-174	岩井哲・鈴木三四郎・村上雅英
1997	強震動下における木造建物の地震応答と耐震性評価	第2回都市直下地震災害総合シンポジウム	中治弘行
1997	Seismic Response Control of Unsymmetrical Space Structures Using Active Mass Damper	Proc. of International Symposium on Natural Disaster Prediction and Mitigation, pp. 121-130	Wu, B.
1997	Application of Friction Energy Dissipation Devices to Seismic Retrofit of Disqualified Old Buildings	Proc. of International Symposium on Natural Disaster Prediction and Mitigation, pp. 161-166	Li, H., Wu, B. and Lin, L.
1997	Structural Control Experiments of Full-Scale Specimen Frame Using LQ and LQG Control Systems	Proc. of 7th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Soul, pp. 1323-1328	Bae, G. H., Araki, T., Yamamoto, M., Tamaki, T. and Kagaya, H.
1997	Full-Scale Structural Control with Earthquake Generator System and Pole Assignment Control Algorithm	Proc. of 7th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Soul, pp. 1329-1334	Yamamoto, M
1997	Active Seismic Response Control of A Building Structure Using H-infinity Control Theory	Proc. of 7th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Soul, pp. 1335-1340	Kagaya, H. and Tamaki, T.
1997	在来構法木造住宅の実大水平力載荷実験	日本建築学会構造系論文集, 第499号, pp. 69-76	中治弘行・岩井哲・北原昭男
1998	アクティブマスダンパーによる構造物制御に関する振動台実験	京都大学防災研究所年報, 第41号B-1, pp. 171-186	山本雅史・裊起煥・荒木時彦・李恵
1998	振動台用試験体の同定及び制震実験	京都大学防災研究所年報, 第41号B-1, pp. 199-207	裊起煥・李恵・山本雅史
1998	木造住宅土塗壁の実大耐震性能実験	京都大学防災研究所年報, 第41号B-1, pp. 187-198	中治弘行
1998	木造住宅土塗壁の実大耐震性能実験	京都大学防災研究所年報, 第41号B-1, pp. 187-198	中治弘行

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1998	竹小舞下地土塗り壁の耐震性能再評価	第3回都市直下地震総合シンポジウム, pp. 323-326	中治弘行・清水秀丸
1998	ボード下地左官仕上げ壁の耐震性能評価実験	第3回都市直下地震総合シンポジウム, pp. 327-330	中治弘行・清水秀丸
1998	Experimental Study on Seismic Response Control by Using AMD	Proc. of the First National Symposium on Structural Control, pp. 136-141	Li, H. and Wu, B.
1998	Application of Shape Memory Alloys to Structural Response Control	Proc. of the First National Symposium on Structural Control, pp. 164-173	Li, H. and Wu, B.
1998	Seismic Damage and Reliability Analysis of Uncertain Structural Systems	Structural Safety and Reliability, Vol. 7, Shiraishi, Shinozuka & Wen (eds), Balkema, Rotterdam, pp.1637-1644	Araki, T.
1998	Boolean Modeling of Mechanical Hysteretic Systems	Structural Safety and Reliability, Vol. 7, Shiraishi, Shinozuka & Wen (eds), Balkema, Rotterdam, pp.779-785	Dobson, S. D., Noori, M. and Hou, Z.
1998	Experimental Study of an Active Mass Damper with Variable Gain Control Algorithm	Proc. of Second World Conference on Structural Control, Kyoto, pp. 775-784	Yamamoto, M.
1998	Experimental Study of Active Structural Control with Model and Controller Reduction	Proc. of Second World Conference on Structural Control, Kyoto, pp. 1329-1338	Li, H. Yamamoto, M. Bae, G. H. and Araki, T.
1998	Experimental Study on Active Seismic Response Control of Full-Scale Steel Structure using H-infinity Control Theory	Proc. of Second World Conference on Structural Control, Kyoto, pp. 2033-2039	Kagaya, H. and Tamaki, T.
1998	Experimental Identification of Full-Scale Specimen Frame by using Earthquake Response Generator System	Proc. of Second World Conference on Structural Control, Kyoto, pp. 2289-2296	Bae, G. H.
1998	1995年兵庫県南部地震におけるRC造建物の被害と最大地動速度の樹形モデルによる相関評価	日本建築学会構造系論文集, 第510号, pp. 153-159	藤原悌三・林 康裕
1998	Experimental Study on Seismic Response Control by Using AMD	Proc. of the First National Symposium on Structural Control, pp. 136-141(in Chinese)	Li, H. and Wu, B.
1998	Application of Shape Memory Alloys to Structural Response Control	Proc. of the First National Symposium on Structural Control, pp. 164-173(in Chinese)	Li, H. and Wu, B.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1998	不確定性を有する木造住宅の耐震信頼度解析	第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 2499-2504	荒木時彦
1998	ストローク制約条件下におけるAMDの制御に関する実験的研究	第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 275-280	山本雅史・裊 起煥・村井信義
1998	H^∞ 制御理論に基づく鋼構造実大試験架構のアクティブ制震実験	第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 281-284	加賀谷博昭・玉木利裕
1998	振動台加振による構造物の同定および制震実験	第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 2859-2864	裊 起煥・山本雅史・李 恵
1998	木造住宅土塗壁の実大耐震性能評価実験	第10回日本地震工学シンポジウム, pp. 2275-2280	中治弘行・清水秀丸・鎌田輝男
1998	実大構造物の地震応答加振システムに関する研究	日本建築学会構造系論文集, 第514号, pp. 105-110	山本雅史
1998	アクティブマスダンパーのストローク制約を考慮した極配置アルゴリズムによる実大構造物の制震に関する実験的研究	日本建築学会構造系論文集, 第514号, pp. 127-132	山本雅史
1998	Analyses of Data Recorded by the Network System for Observations of Earthquake Responses in the Kyoto Area	Journal of Natural Disaster Science, Vol.20, No.2, pp.49-56	Cho, I., Muramatsu, Y., Kobayashi, R., Nakanishi, I., Oike, K. and Fujiwara, T.
1998	履歴構造物系の耐震信頼度解析	応用力学シリーズ6「構造物系の非線形・不確定モデリング」, 日本建築学会, pp. 197-214	
1998	不確定履歴構造物系の耐震信頼度解析	応用力学シリーズ6「構造物系の非線形・不確定モデリング」, 日本建築学会, pp. 215-228	
1999	性能限界を考慮したアルゴリズムを用いたAMDによるベンチマーク建物の制御効果	日本機械学会講演論文集, Vol. A, pp. 55-58	山本雅史・村井信義
1999	実大振動台実験による木造軸組構造の強震応答特性	第4回都市直下地震総合シンポジウム, pp. 219-222	中治弘行・北原昭男
1999	Earthquake Response Obtained from Observation Network in Kyoto and Shiga Prefectures	Proc. of the Second Japan-China Joint Workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Regions, pp. 197-206.	Fujiwara, T. and Fukumoto, K.
1999	Seismic Response Control Using Active Mass Damper System Under Consideration of Stroke Limitation	Proc. of the Second Japan-China Joint Workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Regions, pp. 275-282.	Bae, G. H. and Li, H.
1999	Nonlinear Structural Identification Based on H^∞ Filter Algorithm	Proc. of the Second Japan-China Joint Workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Regions, pp. 311-322.	Sato, T., Qi, K., Fujiwara, T. and Kitahara, A.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1999	Promises for Structural Vibration Control (SVC) Using Shape Memory Alloys	Proc. of the International Symposium on Shape Memory Alloys, 38th Annual Conference of Metallurgists of CIM, pp. 487-502	Saadat, S., Salichs, J., Noori, M. and Hou, Z.
1999	木造住宅土塗り壁の実大実験による耐震性能の再検討	日本建築学会構造系論文報告集, 第515号, pp. 115-122	中治弘行
1999	Stochastic damage process and reliability analysis of wooden structures with uncertain properties	Computational Stochastic Mechanics, Vol. 3, pp. 235-244	Araki, T.
1999	地震に対する建築構造物のアクティブ制御	システム制御情報学会論文誌, Vol. 12, No. 5, pp. 277-282	杉江俊治・田中秀幸・桐原謙一・岡田昌史
1999	阪神淡路大震災における木造住宅の倒壊原因に関する考察	日本建築学会構造系論文集, No.523 pp.95-101	村上雅英・田原 賢
2000	Response Characteristics of Soil and Structures obtained from observation Networks	Proc. of 12th World Conference on Earthquake Engineering	Fujiwara, T. and Fukumoto, K.
2000	Control Algorithm Based on Maximum Energy Dissipation for Semi-Active Fluid Dampers	Proc. of Second Japan National Symposium on Structural Control, pp. 71-76	Li, H., Wu, B., Katafyoist, L. and Yuan, X.
2000	可変ゲイン制御則の実験的検証	第2回日本制震(振)シンポジウム論文集, pp. 431-436	斐 起煥
2000	Nonlinear Stochastic Optimal Control of Building Structures under Earthquake Excitation	Proc. of Second Japan National Symposium on Structural Control, pp. 207-21	Zhu, W. Q. and Z. G. Ying
2000	On the feasibility of using NiTi Tendons for Structural Vibration Control	Proc. of Active Control of Vibration and Noise Session – 6th Biennial Symposium on Active Control of Vibration and Noise, International Congress and Exposition, Orlando, 11 pages. Refereed 36	Saadat, S., Noori, M., Davoodi, H. and Hou, Z.,
2000	同定および可変ゲイン制震の振動台実験	日本建築学会構造系論文集, 第527号, pp. 35-43	斐 起煥
2000	Stochastic Averaging of Strongly Nonlinear Oscillators under Combined Harmonic and White Noise Excitations	Journal of Sound and Vibration Vol. 238, No. 2, pp. 233-256	Huang, Z. L. and Zhu. W. Q.
2000	Stability and Bifurcation of Duffing-van der Pol Oscillator Under Wide-Band Random excitation	Advances in Structural Dynamics, Vol. 2, pp. 1239-1246	Zhu, W. Q. and Huang, Z. L.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2000	A Control Algorithm Based on Maximum Energy Dissipation Criterion for Semi-Active Fluid Dampers	Advances in Structural Dynamics, Vol. 2, pp. 1333-1339	Li, H., Wu, B., Katafyoist, L. and Yuan, X. L.
2000	Optimal nonlinear feedback control of building structures with AMD under non-white random ground acceleration excitation	Advances in Structural Dynamics, Elsevier Science, Amsterdam, 1429-1436	Zhu W. Q, and Ying Z .G.
2000	耐震診断結果を利用した既存RC造建築物の地震リスク表示	地域安全学会論文集, No.2, pp.235-242	林康裕・宮腰淳一・渡辺基史
2001	伝統木造軸組の実大振動実験と構造力学的解明	シンポジウム「木構造と木造文化の再構築」, 日本建築学会近畿支部, pp.21-54	北原昭男・後藤正美
2001	すまいのカルテ	シンポジウム「木構造と木造文化の再構築」, 日本建築学会近畿支部, pp.135-151	小嶋伸仁・吉田博昭
2001	木造住宅の耐震性能評価	シンポジウム「木構造と木造文化の再構築」, 日本建築学会近畿支部, pp.152-173	後藤正美・中治弘行
2001	鳥取県西部地震－木造建物被害調査報告, 木造住宅の被害状況	シンポジウム「木構造と木造文化の再構築」, 日本建築学会近畿支部, pp.175-199	北原昭男・後藤正美
2001	A Study on Dynamic Performance and Seismic Strengthening of the Traditional Wooden Structure in Japan	IABSE Conference on Innovative Wooden Structures and Bridges, Lahti, Finland 29-31	Katagihara, K., Gotou, M., Kitahara, A. and Iwasa, Y.
2001	Seismic damage and reliability analysis of uncertain hysteretic structures based on stochastic differential equations	Proc. of U.S.-Japan Cooperative Research in Urban Earthquake Disaster Mitigation and Third Grantees Meeting, 1University of Washinton, Seattle, WA, USA, 164-171	Araki, T.
2001	Dynamic Characteristics and Seismic Performance of Traditional Wooden Structure by Shaking Table Tests	Proc. of U.S.-Japan Cooperative Research in Urban Earthquake Disaster Mitigation and Third Grantees Meeting, University of Washinton, Seattle, WA, USA, 328-337	Katagihara, K., Iwasa, Y., Takata, K., Yamamoto, M., Gotou, M. and Kitahara, A
2001	Equivalent non-linear system method for stochastically excited and dissipated partially integrable Hamiltonian systems	International Journal of Non-Linear Mechanics, Volume 36, Issue 5, pp. 773-786	Zhu, W. Q. and Huang, Z. L.
2001	柔軟構造物に対する集合同定とアクティブ制震制御	計測自動制御学会論文集, Vol.37, No.6, pp. 502-509	福島宏明・WU, Y.・杉江俊治・BAE, G. H.
2001	Using SMA tendons for vibration control of coastal structures	Journal of Smart Material and Structures, Vol. 10, pp. 1-10	Saadat, S., Noori, M., Davoodi, N., Hou, Z. Y. and Masuda, A

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2001	Response and stability of strongly nonlinear oscillators under wide-band random excitation	International Journal of Non-Linear Mechanics, Vol. 36, Issue 8, pp. 1235-1250	Zhu W.Q. and Huang, Z. L.
2001	2000年鳥取県西部地震の地震動強さの評価	日本建築学会構造系論文集, 第548号, pp. 35-41.	林 康裕・北原昭男・平山貴之
2001	Practical applications of structural control systems to buildings in Japan	Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Vol. 21, No. 4, 32-39	Yamamoto, M.
2002	An Experimental Study of Damping Characteristics in Wooden Frame using Visco-elastic Dampers and Friction Dampers	Proc. of Structural Engineering World Conference (SEWC), Yokohama, Japan,	Nojima, C., Katagihara, K., Ikahata, N. and Sunakoda, K.
2002	An overview of vibration and seismic applications of NiTi shape memory alloy	Smart Materials and Structures, Vol. 11, 2002, pp. 218-229	Saadat, S., Salichs, J., Noori, M., Hou, Z., Davoodi, H., Baron, I. and Masuda, A.
2002	片側交番載荷試験に基づく木造建物部材接合部モデルのGAによる同定	構造工学論文集, Vol. 48B, pp. 55-63	山田耕司・鈴木祥之・後藤正美
2002	Stochastic averaging and Lyapunov exponent of quasi partially integrable Hamiltonian systems	International Journal of Non-Linear Mechanics Volume: 37, Issue: 3, pp. 419-437	Zhu, W. Q. and Huang, Z. L.
2002	2001年芸予地震における木造家屋被害の分析	日本建築学会構造系論文集, 第548号, pp. 35-42	林 康裕・後藤正美・小嶋伸仁
2002	壁土の供試体作製及び強度試験法に関する基礎実験	日本建築学会構造系論文集, 第559号, pp. 23-30	浦 憲親・蒲田幸江
2002	2000年鳥取県西部地震における木造建物の構造特性と被害	日本建築学会構造系論文集, 第561号, pp. 161-167	北原昭男・林 康裕・奥田辰雄・後藤正美
2002	観測記録に基づく京都市域の地震動特性に関する研究	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 29-34	森井雄史・林康裕
2002	伝統木造軸組の実大振動実験による動特性	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1349-1354	北原昭男・須田 達・前野将輝・西塔純人
2002	伝統木造軸組の実大振動実験による柱一貫接合部のモーメント抵抗メカニズム	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1355-1360	前野将輝・大下達哉・清水秀丸・北原昭男
2002	伝統木造軸組の柱傾斜復元力特性に関する実大静的・動的実験	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1361-1366	後藤正美・大下達哉・前野将輝
2002	実大振動実験による軸組構法2階建木造住宅の動特性と耐震性能ー筋かい付及び土壁付木造軸組の振動台実験ー	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1377-1382	清水秀丸・須田達・北原昭男
2002	木造軸組の動的・静的実験による耐震性能評価	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1511-1516	後藤正美・山田真澄

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2002	単位木造フレームを用いた振動台実験による木造軸組の耐震性能評価	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1517-1522	後藤正美・山田真澄
2002	木造軸組の耐震性能評価法—小変形から大変形・倒壊の領域まで評価する限界耐力計算—	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1523-1528	斉藤幸雄・檜原健一・五十子幸樹・野島千里
2002	DAMAGE CONTROL OF HYSTERETIC STRUCTURES BY USING INSTANTANEOUS OPTIMAL CONTROL ALGORITHM WITH A SPECIAL WEIGHING MATRIX	Proc. of the Eleventh Japan Earthquake Engineering Symposium, pp. 1743-1548	Li, H. Y., Peng, J. Y. and Li, S. J.
2002	粘性体制震壁を用いた伝統木造軸組の制震に関する振動台実験	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1809-1814	山本雅史・東野雅彦・木林長仁・長瀬正・佐分利和宏
2002	仕口ダンパーを用いた伝統木造軸組の耐震補強—実大振動実験と応答解析—	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1815-1820	岩佐裕一・檜原健一
2002	木造住宅の地域特性と耐震性能評価	第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 2031-2036	小嶋伸仁・須田達・大西功人・武田憲明
2002	Damage Detection of a Wooden House During Shaking Table Testing Using Wavelet-based Approach	Proc. of the Third World Conference on Structural Control, at Como, Italy, Vol. II, pp. 1121-1127	Hou, Z. and Shimizu, H.
2003	Damage of Wooden Houses in Northern Miyagi, Japan, Earthquakes of July 26, 2003	Proc. of the Japan-Korea-Taiwan Joint Seminar on Earthquake Engineering for Building Structures, SEEBUS	Hayashi, Y. and Shimizu, H.
2003	伝統構法木造建物の耐震補強事例	構造工学論文集, Vol. 49 B, pp.627~633	斎藤幸雄・檜原健一・野島千里
2003	伝統木造軸組の実大振動実験・静的水平力載荷実験	日本建築学会構造系論文集, 第574, pp135-142	前野将輝・西塔純人・北原昭男・後藤正美・須田達・大下達哉
2003	Identification of Hysteretic Structural Systems with Slip by Bayesian Method and Bootstrap Filter	Advances in Stochastic Structural Dynamics, CRC Express, pp. 333-344	Li, S. J. and Noori, M.
2003	制震手法による木造建造物の耐震補強	免震・制震手法による建造物の耐震補強シンポジウム, 日本学術振興会, pp. 33-38	
2004	Evaluation of Seismic Performance of Wooden Houses during the Northern Miyagi Earthquakes of July 26, 2003	京都大学防災研究所年報, 第47号C, pp. 193-200	Shimizu, H., Hayashi, Y., Morii, T. and Mukaibou, K.
2004	2003年7月26日宮城県北部の地震による被災木造住宅の被害傾向と耐震性能評価	第41回自然災害科学総合シンポジウム, 東京大学弥生講堂一条ホール, pp.26-35	清水秀丸・林康裕

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2004	京町家の構造特性と耐震性能評価に関する研究	第41回自然災害科学総合シンポジウム, 東京大学弥生講堂一条ホール, pp. 36-43	須田達・小笠原昌敏・林康裕
2004	萩市浜崎地区の伝統構法木造住宅の耐震性能評価と耐震補強法の検討	第41回自然災害科学総合シンポジウム, 東京大学弥生講堂一条ホール, pp. 44-51	細入夏加・林康裕
2004	圧電フィルムを用いたヘルスマonitoringに関する実験的研究	第3回日本制震(振)シンポジウム論文集, 日本学術振興会, 早稲田大学・国際会議場・井深記念ホール, pp.81-87	具典淑・欧進萍
2004	Seismic Performance of Wood Houses by Full-Scale Shaking Tests of Two-Storeyed Post-and-Beam Wooden Frames	Proc. of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 1487	Shimizu, H., Suda, T. and Kitahara, A.
2004	SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF JAPANESE WOODEN FRAMES	Proc. of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 753	Yamada, M. and Gotou, M.
2004	SEISMIC RESPONSE CHARACTERISTICS OF TRADITIONAL WOODEN FRAME BY FULL-SCALE DYNAMIC AND STATIC TESTS	Proc. of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 1184	Maeno, M., Ohshita, T. and Kitahara, A.
2004	Identification of Non-linear Hysteretic Systems with Slip	Computers & structures, Vol. 82, No.2-3, pp.157-165	Li, S. J., and Yu, H.
2004	Identification of Hysteretic Systems with Slip Using Bootstrap Filter	Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 18, No.4, pp.781-795	Li, S. J. and Noori, M.
2004	単位木造フレームを用いた動的・静的実験による木造軸組の耐震性能評価	日本建築学会構造系論文集第582, 95-102	山田真澄・後藤正美・清水秀丸
2004	Improvement of parameter estimation for non-linear hysteretic systems with slip by a fast Bayesian bootstrap filter	International Journal of Non-Linear Mechanics, Vol. 39, Issue: 9, pp. 1435-1445	Li, S. J. Y. and Noori, M.
2004	Structural health monitoring and damage detection using an intelligent parameter varying (IPV) technique	International Journal of Non-Linear Mechanics, Volume 39, Issue 10, Pages 1687-1697	Saadat, S., Noori, M., Gregory, C. D., Buckner, D. and Furukawa, T.
2004	Simulation of Two Story Timber Houses Subjected to Earthquake Motions	Proc. of the 3rd International Conference on Advances in Structural Engineering and Mechanics, pp. 191-196	Hou, B., Ishikawa, K., Shimode, H. and Shimizu, H.
2004	Moment Resistance of Traditional Wooden Structure by Dynamic and Static Tests	Proc. of the 8th World Conference on Timber Engineering, Vol. 2, pp.493-498	Maeno, M. and Saito, S

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2005	木造軸組構法の振動台実験による耐震性能評価	日本地震工学会誌, No.2, pp. 8-11	清水秀丸・山田真澄・後藤正美
2005	Structural Health Monitoring of Huge Traditional Timber Structure in Japan	Proc. of 2nd International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure, Shenzhen, P.R.of China, pp.1043-1048	Hayashi, Y., Miyamoto, M., Nii, A. and Morii, T.
2005	Variation in Vibration Characteristics of Retrofitted Timber-Framed House	Proc. 2nd International Conference on Structural Health Monitoring and Intelligent Infrastructure, Shenzhen, P.R.of China, pp.1351-1358	Nii, A., Ju, D. and Hayashi, Y.
2005	A Neural Network Approach to Detect Local Structural Damage for Wooden Houses	Proc. 2nd International Conference on Structural Health Monitoring and Intelligent Infrastructure, Shenzhen, P.R.of China, pp.831-838	Ju, D. and Hayashi, Y.
2005	Formulation of Partially Compressive Displacements of Orthotropic Wood Using Pasternak Model	Proc. International Symposium on Wood Science and Technologies, Yokohama, Japan pp. 133-134	Tanahashi, H.
2005	Formulation of Partially Compressive Displacements of Orthotropic Wood Using Pasternak Model	Proc. International Symposium on Wood Science and Technologies, pp. 133-134	Tanahashi, H.
2005	On statistical quasi-linearization	International Journal of Non-Linear Mechanics, Volume 40, Issue 8, Pages 1139-1147	Cai, G. Q.
2005	Application of Hilbert-Huang transform to structural damage detection: Experimental data, Safety and Reliability of Engineering	Proc. of Ninth International Conferences on Structural Safety and Reliability – ICOSSAR 2005, pp. 3845-3850	Li, S. J.
2005	Dynamics of systems under randomized sinusoidal excitation	Proc. of Ninth International Conferences on Structural Safety and Reliability – ICOSSAR 2005, pp. 3839-3844	Cai, G. Q.
2005	Health management and uncertainty of reliability analysis using a Bayesian probabilistic approach	a preliminary step, Proceedings of Ninth International Conferences on Structural Safety and Reliability – ICOSSAR 2005, pp. 3201-3205	Cao, Y., Noori, M., Wu, J., Zhao, J. and Hou, Z

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2005	Hysteretic structural frame with flexible slab under random excitation	Proceedings of Ninth International Conferences on Structural Safety and Reliability – ICOSSAR 2005, pp. 3851-3855	Mukaibo, K.
2005	2003年7月26日宮城県北部の地震による被災木造住宅の構造的特徴と耐震性能	日本建築学会構造系論文集, 第598, pp. 43-49	清水秀丸・林康裕・斎藤幸雄・後藤正美
2005	京町家の構造調査に基づく構造特性の評価	地域安全学会論文集, No.7, pp.15-21	須田 達・奥田辰雄・小笠原昌敏
2006	On-Line Identification of Nonlinear Hysteretic System Using Neural Network	Proc. of Fourth World Conference on Structural Control and Monitoring, San Diego, California, Paper No. 47	Li, S. J.
2006	Seismic Reinforcement of Traditional Wooden Structure by Wooden Ladder Frames with Dampers	Proc. of Fourth World Conference on Structural Control and Monitoring, San Diego, California, Paper No. 316	Mukaibo, K., Shirayama, A. and Sasaki, T.
2006	Seismic Response Characteristics of Structural Isolation System with Hysteretic Damper and Viscous Damper as Energy Absorption Devices	Proc. of Fourth World Conference on Structural Control and Monitoring, San Diego, California, Paper No. 335	Shirayama, A. Yamashita, Y. and Inoue, Y.
2006	Formulation of Elasto-Plastic Moment-Resisting Performance of Timber Connections Using Pasternak Model	Proc. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, Paper Number: 1.1.2, pp.1-8	Tanahashi, H. and Shimizu, H.
2006	Seismic Performance Evaluation of Penetrating the Beam with Large Cross-Section by Full-Scale Shaking Tests	Proc. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, Paper Number: 2.9.3, pp.1-8	Shimizu, H., Iwamoto, I. and Yamada, Y.
2006	Seismic Performance Evaluation of Traditional Wooden Structures Reinforced with Horizontal Member by Static and Dynamic Tests	Proc. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, Paper Number: 3.2.1, pp.1-8	Shirayama, A., Sasaki, T. and Shimizu, H.
2006	Dynamic Tests of Traditional Wooden House in Kyoto using Large-scale Shaking Table	Proc. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, Paper Number: 3.2.2, pp.1-8	
2006	Seismic Performance Evaluation of Traditional Wooden House by Alternate Cyclic Loading Test	Proc. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, August 6-10, 2006, Paper Number: 3.8.1, pp.1-8	Nakaji, H., Gotou, M. and Iwamoto, I.

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2006	Earthquake hazard mitigation of existing wood houses -Outline of research project	Proc. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, Paper Number: P46, pp.1-4	Minowa, C., Sakamoto, I., Kamiya, F., Kawai, N., Miyake, T., Isoda, H., Tuchimoto, T., Koshihara, M., Nakamura, I. and Shimizu, H.
2006	FULL SCALE SHAKING TABLE TESTS FOR POST AND BEAM WOODEN HOUSES BY E-DEFENSE	Proc. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (a joint event of the 13th ECEE & 30th General Assembly of the ESC) Geneva, Switzerland, Paper Number:733, pp.1-9	Nakamura, I., Shimizu, H., Minowa, C. and Sakamoto, I.
2006	EVALUATION OF NONSTRUCTURAL COMPONENT FRAGILITIES IN RISK ASSESSMENT OF HOSPITALS	Proc. 4th International Conference on Earthquake Engineering, Taipei, Taiwan, October 12-13, 2006, Paper No. 244, pp. 1-9	Kuo, K. C., Hayashi, Y. and Kambara, H.
2006	Structural Health Monitoring Using Genetic Algorithms	Proc. of 4th China-Japan-US Symposium on Structural Control and Monitoring, Hangzhou, China	Kong, F. and Li, S. J.
2006	Structural mechanism of traditional wooden frames by dynamic and static tests	Structural Control and Health Monitoring, Vol. 13, Issue 1, pp. 508-522	Maeno, M
2006	伝統木造軸組の実大実験による柱-横架材接合部の曲げモーメント抵抗に関する研究	日本建築学会構造系論文集, 第601, pp.113 -120	前野将輝
2006	Response of Systems Under Non-Gaussian Random Excitations	Nonlinear Dynamics, Vol. 45, Nos. 1-2, pp. 95-108	Cai, G. Q.
2006	パステルナーク・モデルに基づく直交異方性木材の部分圧縮による弾性表面変位	日本建築学会構造系論文集, 第609, pp.129-136	棚橋秀光・清水秀丸
2006	京町家の実大振動台実験による地震応答特性の分析	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.770-773	向坊恭介・鎌田輝男・具典淑・川上沢馬
2006	土塗り垂れ壁構面の耐震性能評価に関する研究 - パラメータが耐震性能に及ぼす影響 -	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 774-777	鎌田輝男・清水秀丸・細入夏加・中治弘行・鈴木祥之・後藤正美
2006	土塗り垂れ壁等構面の耐震性能評価に関する研究 - 耐震補強に関する考察 -	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 778-791	清水秀丸・細入夏加・中治弘行・後藤正美・鎌田輝男
2006	伝統木造軸組の動的・静的実験によるスケール効果	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 782-785.	前野将輝・西塔純人
2006	木造軸組接合部の基本モデルによる回転めりこみと摩擦	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 786-789	岩本いづみ・清水秀丸
2006	伝統民家の静的載荷実験による構造特性の評価	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, 2006年11月, pp.794-797	中治弘行・後藤正美・須田達・山田耕司

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2006	新築京町家の実大振動台実験による耐震性能評価	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.798-801	小笠原昌敏・林 秀春・小嶋伸仁・清水秀丸・中村いづみ
2006	既存京町家の実大震動台実験による耐震性能と耐震補強	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 802-805	須田 達・奥田辰雄・斎藤幸雄・後藤正美・清水秀丸
2006	木造軸組におけるほぞ差し接合部の実験的検討及び解析モデルの提案	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 810-813	春山聡子・後藤正美
2006	伝統民家の静的載荷実験による耐震性能評価	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 814-817	松岡崇夫・須田 達・山田耕司・中治弘行
2006	履歴・粘性減衰を複合利用した基礎免震建物の地震応答特性	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 986-989	白山敦子・山下忠道・井上豊
2006	歪硬化を考慮した直交異方性木材の弾塑性めり込み性能	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 822-825	棚橋秀光・清水秀丸
2006	東本願寺御影堂における柱歪み計測の実験的検討ー湿度変動に伴う木材の重量と歪の変化についてー	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 826-829	村西進也・後藤正美・浦憲親・森 拓郎
2006	強化乾式土壁パネルを用いた耐力壁の静的載荷実験による耐震性能評価	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 830-833	杉山亮太・斎藤幸雄・田代靖彦
2006	乾式土壁パネルを用いた有開口架構の耐震性能評価	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 838-841	岡村雅克・須田 達・杉山亮太・後藤正美
2006	E-ディフェンスによる木造建物の実大震動実験	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1174-1177	箕輪親宏・中村いづみ・清水秀丸・坂本 功
2006	伝統木造住宅の実大振動台実験と地震応答解析による応答評価	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1182-1185	山田耕司・斎藤幸雄・鈴木三四郎・白山敦子
2006	Estimation Method for Sliding Displacements of Objects Subjected to Earthquakes by Using Pulse-Type Excitations	Proc. of 12th Japan Earthquake Engineering Symposium, pp. 1110-1113	Kuo, K. C. and Zhang, F.
2006	損傷同定指標の提案と木造軸組の振動台実験による検証	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1042-1045	具 典淑・林 康裕・森井雄史
2006	伝統木造寺院の耐震性能評価と耐震補強設計	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1066-1069	田代靖彦・小松慎二・多賀謙蔵・斎藤幸雄
2006	伝統木造軸組の梯子状梁による耐震補強	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1070-1073	白山敦子・佐々木孝史
2006	伝統木造寺院に用いられる厚塗り土壁の復元力特性	第12回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 1090-1093	下西智也・田代靖彦・斎藤幸雄

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2006	乾式土壁パネルを用いた木造軸組耐力壁の開発	日本建築学会技術報告集, 24号, pp. 125-130	杉山亮太・後藤正美・村上博
2006	伝統木造住宅の重量算定 —京町家の実大震動台実験における重量計測—	日本建築学会技術報告集, 24号, pp. 131-136	須田 達・小笠原昌敏・清水秀丸・下西智也・杉山亮太
2007	Partially compressive performances of orthotropic wood due to the grain angles	Proc. of 10th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering	Tanahashi, H. and Shimizu, H.
2007	Research on Residents' Consciousness of Earthquake Disaster in the Historic and Densely Built-up Areas Masatoshi	Proceedings of 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction, Taipei, Taiwan, CD, Paper No. 20, pp. 1-6	Ogasawara, M.
2007	Seismic improvement methods for tradition wooden houses in Kyoto urban area	Proceedings of 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction, Taipei, Taiwan, CD, Paper No. 57, pp. 1-6	Suda, T.
2007	Loss Evaluation for Medical Functionality of Hospitals Due to Earthquakes	Proceedings of 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction, Taipei, Taiwan, Paper No. 132, pp. 1-6	Kuo, K. C.
2007	東三河伝統構法民家の耐震性能評価のための静的繰り返し加力実験	日本建築学会構造系論文集, 第612号, pp. 133-140	中治弘行・後藤正美・岩本いづみ・山田耕司
2007	常時微動計測から推定される京町家の振動性状	日本建築学会構造系論文集, 第613号, pp. 43-50	新居藍子・林 康裕・森井雄史・井田祥子
2007	ニューラルネットワーク手法を用いた木造軸組の局部損傷同定に関する研究	構造工学論文集, Vol.53B, pp. 25-29	具 典淑・欧 進萍
2007	PVDF スマートセンサーの開発と応用技術に関する研究	構造工学論文集, Vol.53B, pp. 75-80	具 典淑・欧 進萍
2007	伝統木造軸組の実大実験による柱に加わる力の釣合関係と柱傾斜復元力特性の評価	日本建築学会構造系論文集, 第615号, pp. 153-160	前野将輝・西塔純人
2007	京町家の耐震性能評価と耐震補強設計法	日本建築学会構造系論文集, 第616号, pp. 149-155	須田達・奥田辰雄・小笠原昌敏
2007	軸組構法2 階建木造住宅の振動台実験に基づく損傷同定手法の検討	日本建築学会技術報告集, 25号, pp. 69-72	具 典淑・林 康裕・清水秀丸
2007	伝統建築物を地震災害から守る	歴史都市防災論文集, Vol. 1, pp. 1-10	
2007	既存京町家の耐震性能評価と耐震補強	歴史都市防災論文集, Vol. 1, pp. 129-134	須田達

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2007	密集市街地における地震防災と耐震改修促進に対する住民意識 -京都市東山区六原学区における調査-	歴史都市防災論文集, Vol. 1, pp. 245-252	小笠原昌敏・熊谷孝文・奥田辰雄
2007	水平構面の変形を考慮した木造建物の地震応答解析と振動台実験による検証	第6回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム講演論文集, pp.535-538	向坊恭介・川上沢馬・山田耕司
2007	土塗り小壁付き木造軸組耐力特性評価への数値解析の適用	日本建築学会構造系論文集, 第621, pp.81-89	山田耕司・清水秀丸・中治弘行
2008	寺院建築物における伝統木造軸組の構造力学特性のモデル化による骨組解析	京都大学防災研究所年報, 第50号B-1, pp. 113-120	前野将輝・松本慎也
2008	Shaking Table Tests on Cluttered Levels of Typical Medicine Shelves and Contents Subjected to Earthquakes	京都大学防災研究所年報, 第50号B-1, pp. 121-129	Kuo, K. C. and Satoko, K.
2008	パステルナーク・モデルに基づく有限長直交異方性木材の弾性めり込み変位	日本建築学会構造系論文集, 第625号, pp. 417-424	棚橋秀光・清水秀丸・堀江秀夫・楊 萍

総 説

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1986	構造物の耐震信頼度解析	G B R C, 日本建築総合試験所, Vol. 11, No. 1, pp. 6-19	南井良一郎
1989	確率統計的手法の基礎	設計荷重の考え方, 日本建築学会設計荷重理論小委員会, pp. 73-82	藤堂正喜
1990	確率微分方程式に基づく履歴構造物の耐震信頼度解析法に関する研究	建築雑誌, Vol.105, No.1301, pp.105-106	
1995	神戸市中央区の建物被害	1995年兵庫県南部地震災害調査緊急報告会資料, 日本建築学会地震災害調査WG, pp. 46-50	
1995	神戸市中央区の建物被害	1995年兵庫県南部地震災害調査速報, 日本建築学会, pp. 105-130	
1995	5.1.1 神戸市中央区地域での建物被害	平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究, 文部省科学研究費(総合研究A)研究成果報告書, pp.345-357	藤原悌三・中島正愛
1995	Building Damage with Respect to Region: Chuo Ward of Kobe	Preliminary Reconnaissance Report of the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake (English edition), Architectural Institute of Japan, pp. 35-39	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1995	建物の構造種別および建設年代と被害	兵庫県南部地震の被害調査研究報告会, 文部省科学研究費(総合研究A)研究チーム, pp.39-42	
1995	建築物の被害: 木構造, 特集・兵庫県南部地震の被害	建築雑誌, Vol.110, No.1377, pp. 32-34	
1996	建物の被害概要	阪神・淡路大震災一防災研究への取り組み一, 京都大学防災研究所, pp. 375-379	藤原悌三
1996	木造建物の被害	阪神・淡路大震災一防災研究への取り組み一, 京都大学防災研究所, pp. 394-423	
1996	建物被害と都市耐震計画	阪神・淡路大震災一防災研究への取り組み一, 京都大学防災研究所, pp. 480-493	藤原悌三・北原昭男
1996	実大破壊実験による木造建物の耐震性	文部省科学研究費(総合研究A)研究成果報告書, 平成7年兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証, 第4編, pp. 128-141	
1996	地震災害一人的・建物被害と都市地震防災一	京都大学防災研究所公開講座「防災学を地域防災計画に活かす」, pp.65-76	
1996	地震災害と都市地震防災	震災と地域防災計画一地震にも安心して住める町づくり一, 日本建築学会, pp. 1-10	
1997	建築・都市地震防災における社会システム	災害に強いまちづくりのための社会システム, 京都大学防災研究所, pp. 75-81	
1997	第4章 建物の地震応答と耐震性評価	平成8年度木質資材利用技術耐震性向上事業報告書, 日本住宅・木材技術センター, pp. 54-82	
1997	第9章 微動計測による木造住宅の振動特性と耐震診断	平成8年度木質資材利用技術耐震性向上事業報告書, 日本住宅・木材技術センター, pp. 291-307	
1997	阪神・淡路大震災における死傷者発生要因に基づく人的被害推定に関する研究	総合防災研究報告第5号, 京都大学防災研究所	小倉正臣・藤原悌三
1998	第3章被害統計と分析, 3.4中央区	阪神・淡路大震災調査報告 建築編一4 木造建築物・建築基礎構造, 日本建築学会, pp. 34-40	鈴木 有
1998	第3章被害統計と分析, 3.7芦屋市	阪神・淡路大震災調査報告 建築編一4 木造建築物・建築基礎構造, 日本建築学会, pp. 64-79	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1998	第2章 微動計測による木造住宅の振動特性と耐震性	平成9年度木質資材利用技術耐震性向上事業報告書, 日本住宅・木材技術センター, pp. 75-112	三澤文子
1998	第7章 在来構法木造住宅土塗壁の実大耐震性能実験	平成9年度木質資材利用技術耐震性向上事業報告書, 日本住宅・木材技術センター, pp. 321-368	中治弘行
1998	地震災害から都市を守る－建物の性能検査制度と性能保証制度－	京都大学防災研究所公開講座「災害の予知と予測Ⅱ」, pp. 53-65	
1999	住宅の検査・性能保証制度－市民の理解を高めるために－	被災者の自立と社会的支援に関する研究会, 京都大学防災研究所, pp. 69-82	
1999	住宅の検査制度－日米比較－	都市空間の安全質向上のための生産・管理システムの構築に関する研究, 京都大学防災研究所, pp.125-136	
1999	地震入力の評価法, 性能指向型設計における設計用荷重・入力の評価	日本建築学会近畿支部, pp. 29-38	
1999	木構造の再構築と木造文化の再生を	古材バンク通信, Vol. 26, 古材バンクの会, pp. 1-2	
1999	住宅の検査と保険等の社会制度について	住宅の性能表示への期待と課題を探る－住宅性能表示は一般消費者の要望に応えられるか－, 日本建築学会, pp.3 -9	
1999	性能規定と都市地震防災	第38回火災科学セミナー「21世紀につなぐ安心まちづくり」, pp.1-12	
2000	木構造の再構築を目指して	阪神・淡路大震災から5年, 日本建築学会近畿支部, pp. 97-104	
2000	木造文化の再構築のために, 特集 日本の住宅 何が問われるか	経済, No.58, pp. 94-99	
2000	技術ノート「木構造の構造力学的な再構築」, なぜ構造力学的な再構築が必要か	建築雑誌 2000年8月号, Vol.115, No.1458, pp. 110-111	檜原健一・秦 正徳・後藤正美・北原昭男
2000	技術ノート「木構造の構造力学的な再構築」, 伝統木造の力学的な解明への試み	建築雑誌 2000年9月号, Vol.115, No.1459, pp. 58-59	北原昭男・後藤正美・檜原健一
2000	技術ノート「木構造の構造力学的な再構築」, 土壁の力学特性	建築雑誌 2000年12月号, Vol.115, No.1463, pp.62-63	鎌田輝男・浦憲親・中治弘行
2000	1995年兵庫県南部地震	2000年度日本建築学会大会災害部門研究協議会「地震動の特性と建築物の被害－経験と予測－」, pp. 27-34	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2001	不確定地震応答解析	京都大学防災研究所編「防災学ハンドブック」, 朝倉書店, pp.391-392	
2001	木造建物	京都大学防災研究所編「防災学ハンドブック」, 朝倉書店, pp.401-402	
2001	制震構造物	京都大学防災研究所編「防災学ハンドブック」, 朝倉書店, pp.417-419	
2001	伝統木造建築の耐震性能	ベース設計資料, 建設工業調査会, No. 111, 建築編, pp. 42-46	
2002	限界耐力計算法	木構造と木造文化の再構築を目指して, 日本建築学会木構造と木造文化の再構築特別研究委員会, pp. 157-184	斉藤幸雄・樫原健一・五十子幸樹・野島千里
2003	地震災害から建物を守る—建築物の性能検査制度—	防災学講座・地震災害論, 京都大学防災研究所(編集), 山海堂, pp. 143-158	
2002	今もとめられる木造耐震	建設通信新聞, 2002年9月20日から10回連載	斉藤幸雄・樫原健一
2003	木造建物の振動台実験による耐震性能評価, 特集: 建築構造学の夢と憂い, II 解析と実験の現状	建築雑誌, 2003年11月号, Vol.118, No.1511, pp.24-26	
2003	木造文化の再構築のために	中小商工業研究誌, 77号, 中小商工業研究所, pp. 86-97	
2003	伝統木造建築の構造設計の考え方	建築研究協会誌, No. 6, pp.17-28	
2004	木造軸組構法建物の限界耐力計算に基づく耐震設計法・耐震補強設計法	G B R C, 日本建築総合試験所, Vol. 29, No.1, pp.2-13	斉藤幸雄・河合直人・樫原健一・榊田洋子・野島千里・北山宏貴・鈴木直幹・須田達・井上隆二・石田勝之
2004	町家の耐震性と耐震補強について	京都大学防災研究所公開講座「防災情報の作成と伝達」, pp.13-24	
2004	構造物の健康管理と損傷度の検出法	第19回「大学と科学」公開シンポジウム「ここまで進んだ日米の都市地震防災」, pp. 31-33	
2004	伝統構法木造軸組建物の耐震設計・耐震補強法	公開シンポジウム「住みたい, 建てたい, 地震に強い快適木造住宅」, 日本木材学会中国四国支部2004年度研究発表大会記念行事, pp. 12-19	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2005	震災を受けない住宅をめざして	阪神・淡路大震災10年シンポジウム「震災を受けない住宅をめざして」, 住宅産業フォーラム21, pp.1-10	
2005	木造建物は大地震に対して安全・安心か? ①木造建物は安全になったか?	阪神・淡路大震災10年事業シンポジウム「くらしといのちを守る」, 日本建築学会近畿支部, pp.1-8	
2005	Integrated Risk Management	Research on Methodology of Urban Diagonosis, Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 48 C, pp. 1-6	N. Okada, H. Tatano, Y. Hagiwara, Y. Hayashi and M. Hatayama
2005	伝統構法木造建物の耐震性能評価実験－東三河伝統民家耐震調査実験－	『木』の力を探る－構造編－, NPO木の建築フォーラム, pp. 63-72	
2005	木造軸組構法の振動台実験による耐震性能評価	日本地震工学会誌, No.2, pp. 8-11	清水秀丸・山田真澄・後藤正美
2005	伝統構法木造建物の耐震性について	同志社ハリスフォーラム「伝統と自然に学ぶ京都の防災と市民力」, pp. 1-18	
2006	伝統木造住宅の耐震設計・耐震補強	総合防災学への道, 京都大学学術出版会, pp. 146-171	
2006	伝統構法木造建物の耐震設計・耐震補強	「新・木造の家」講演会, 特定非営利活動法人森林をつくろう, pp. 14-24	
2007	特集・町家の耐震性と耐震補強 1 既存京町家の耐震性能評価と耐震補強設計	住宅と木材, Vol. 30, No. 353, pp. 16-21	
2007	特集・町家の耐震性と耐震補強 2 京町家の耐震補強技術の震動台実験による検証	住宅と木材, Vol. 30, No. 353, pp. 22-27	
2007	京町家の耐震性能と耐震補強設計	建築研究協会誌, No. 13, pp.1-10	
2007	伝統構法木造建物(京町家)の震動台実験 震動台実験の意図, 特集・既存木造住宅の耐震性は「今」	建築技術 2007年8月号, pp. 136-137	
2007	伝統構法木造建物(京町家)の震動台実験 実験のまとめと今後の課題, 特集・既存木造住宅の耐震性は「今」	建築技術 2007年8月号, pp. 155	
2007	伝統構法木造建築物の耐震性を検証する	住宅建築, No. 390, pp. 148-153	
2007	Seismic Reinforcement of Traditional Wooden Buildings	Taiwan-Japan Workshop on Repairs of Traditional Wooden Buildings, Taichung, Taiwan, pp. 1-84	

著 書

発表年	著書名	発行所名	共著者
1995	1995年兵庫県南部地震災害調査速報	日本建築学会	兵庫県南部地震災害調査速報編集小委員会（竹内吉弘、中島正愛、井上豊、大場新太郎、日下部馨、篠崎祐三、鈴木祥之、橋英三郎、中村武、藤原悌三、南宏一、渡邊史夫）
1995	1995年兵庫県南部地震－木造建物の被害－	日本建築学会近畿支部	（編集執筆） 藤原悌三・鎌田輝男・鈴木三四郎・村上雅英・大場修・黒田龍二・河村 廣・土井 正・高橋旨象・東樋口護・鈴木 有
1998	応用力学シリーズ6 構造物系の非線形・不確定モデリング	日本建築学会	（分担執筆） 柴田明德、鈴木紀雄、白井伸昭、藤井栄、吉田望、中埜良昭、高田毅士、壁谷沢寿海、斎藤大樹、高山正春、大井謙一
1998	住宅の検査制度と性能保証・保険制度－日米比較調査－	日本建築学会	（編集執筆） 後藤正美、秦 正徳、中森勉、Azby Brown、小嶋伸仁、長能正武
2001	木構造と木造文化の再構築	日本建築学会近畿支部	（編集執筆）
2001	防災学ハンドブック	朝倉書店	京都大学防災研究所編（編集委員：今本博健、池淵周一、石原和弘、入倉孝次郎、河田恵昭、国枝治郎、小尻利治、鈴木祥之、関口秀雄、千木良雅弘）
2002	木構造と木造文化の再構築を目指して	日本建築学会	日本建築学会木構造と木造文化の再構築特別研究委員会（委員長：鈴木祥之）
2003	木造都市の設計技術	コロナ社	（分担執筆） 小林正美、竹内典之、高橋康夫、山岸常人、外山義、井上由起子、菅野正広、鉾井修一、吉田治典、渡邊史夫、高松伸
2003	防災学講座・地震災害論	山海堂	（分担執筆） 橋本学、入倉孝次郎、安藤雅孝、佐藤忠信、中島正愛、田中聡、河田恵昭
2004	伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル－限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法	学芸出版社	木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会（委員長：鈴木祥之、斎藤幸雄、河合直人、樫原健一、榎田洋子、野島千里、北山宏貴、鈴木直幹、須田達、井上隆二、石田勝之）
2006	京町家の耐震補強と新しい京町家をつくる	京町家震動台実験研究会	（編集執筆）
2007	伝統構法木造建物の耐震性を検証する	伝統構法木造建物震動台実験研究会	（編集執筆）

建築・防災の先端技術と伝統技術の確立を目指して

鈴木祥之

要 旨

建築物の地震防災に関連して行ってきた建築構造物の耐震安全性を評価する耐震信頼性解析法、制震構造システムの開発や構造物の健全度を調べるヘルスマonitoringの研究について述べる。また阪神・淡路大震災以後に取り組んだ伝統構法木造建築物の耐震設計法や耐震補強法の開発、歴史的・文化財的建築物の耐震補強と保存修復の技術開発に関する研究について述べる。前半は、確率微分方程式を駆使した先端的な信頼性理論や制御理論に基づく手法・技術の開発であり、後半は、木造建築物における伝統技術の科学的な解明を目指した研究である。

キーワード: 確率微分方程式, 耐震信頼性, 木造建築物, 伝統技術

1. はじめに

昭和47年4月以来、防災研究所において、建築構造物の耐震安全性を評価する耐震信頼性解析法、制震構造システムの開発や構造物の健全度を調べるヘルスマonitoringの研究、都市の地震危険度評価や都市地震災害の診断に関する研究、また木造建物、特に伝統構法木造建物の耐震設計法や耐震補強法の開発や歴史的・文化財的建築物の耐震補強と保存修復の技術開発に関する研究を行ってきた。

まず、建築構造物の耐震設計を行う際に、構造物の地震時の安全性や機能性に対する信頼度を確保した上で適正な設計を行うことが合理的であるとの観点から、地震外乱や構造物系に含まれる不規則性や不確定性を考慮した履歴構造物の確率論的地震応答解析法および地震時損傷度評価法とそれらを統合化した耐震信頼度解析法を導いた。ここでは、構造物の履歴型復元力特性や破壊規範の基本的な尺度が1価非線形関数によって微分表示が可能なることを見だし、種々の履歴構成則や破壊規範に対して一般化微分表示法を提案した。これらの微分表示を用いることにより、履歴構造物の不規則地震応答解析と耐震信頼度解析が、伊藤型の確率微分方程式として数学的に厳密な形で定式化し得ることを示し、解析精度の良い解法を導いた。

上記の確率微分方程式による定式化法を基礎理論として構造物の動力学特性や破壊規範などに不確定

な諸量が多く含まれる現実的な不確定構造物の耐震信頼度解析にも適用、発展させた。また、地震応答観測から実在構造物の構造物各部の応答並びに損傷と耐震安全性の程度を推定する確率論的非線形推定問題に応用・発展させ、直接計測できない構造物各部の変位応答や損傷を推定する方法を導くなど、構造物の健全度を調べるヘルスマonitoringの研究に発展させた。

1995年兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災では、通信施設や緊急施設など都市重要施設における機能が破壊され社会的な問題となった。このような状況のもと、単に地震時における建物の構造安全性や建物内居住者の安全性を確保することのみならず、社会的に重要な建物では、地震中および地震後においても建物機能の保持が要求されている。このような観点から、制震は地震時の建物応答を抑制する有効な方策となる。特に、大地震にも有効な制震システムの開発は重要かつ緊急の課題である。このような背景のもとに、構造物の地震応答を抑制し、より積極的に安全性・機能性・居住性を確保するための制震システムの理論開発と実験的検証に関する研究を行い、制御アルゴリズムの開発とともに制御アルゴリズムを設計する方法を提案した。また、制御装置の物理的な性能限界など実用化に際して重要な問題を解決し得る制御法を示した。また、これら制御アルゴリズムと制御装置の検証において、数値シミュレーションに加えて、振動台(強震応答実験装置)

や5層鋼構造実大試験架構を用いた実験的検証を行った。特に、5層鋼構造実大試験架構を用いた実験では、地震応答を再現する地震応答加振システムを組み込んだユニークな制震実験システムを開発した。

阪神・淡路大震災では、木造建物は甚大な被害を受け、多くの死傷者を出すことに至ったことを契機に、木造建物の耐震性能を構造力学の観点から見直し、木構造の再構築を計るとともに、安全で安心して住める都市住空間の創生・再生を目指した研究に取り組んできた。阪神・淡路大震災以後、多くの大地震が発生し、そのつど木造建物は甚大な被害を受けており、悉皆被害調査および構造詳細を実施して地域の構造特性と被害との関連性を調べ、被害原因を明らかにした。また、構造力学的に曖昧なままにされてきた伝統構法木造建物について、構造要素や木造軸組、実在の木造建物を静的あるいは動的実験を実施して、大地震時の大変形領域に至るまでの復元力特性や破壊に至るまでの挙動を調べた。これらの研究成果をもとに、伝統構法木造建物の耐震性能評価に適した限界耐力計算に基づく耐震設計法、耐震補強設計法を開発し、実用的なマニュアルを出版した。E-ディフェンス大型振動台による京町家など伝統木造建物の実大振動実験では、耐震設計法、耐震補強法の検証とともに伝統構法の構造力学的解明を行ってきた。

さらに、近年、東本願寺をはじめとする文化財・歴史的木造建築物を地震災害などから守るための耐震補強や保存修復の技術開発を行っている。

建築物の地震防災に関連して行ってきた研究のうち、確率微分方程式を駆使した先端的な信頼性理論や制御理論に基づく手法・技術の開発に関する研究と、阪神・淡路大震災以後に取り組んだ木造建築物における伝統技術の科学的な解明を目指した研究について、以下に述べる。

2. 確率微分方程式に基づく履歴構造物系の耐震信頼度解析

建築構造物の耐震設計を考えると、将来予想される地震外乱に対して構造物の機能性や構造安全性を保証するように設計がなされるべきである。このような耐震設計の規範は、動的な地震応答解析によって検証されるが、この際に、地震の発生や強度に含まれる不確定性、地震外乱の時刻歴における不規則性、構造物系のモデル化や破壊規範等に含まれる不確定性を考えると、建築構造物の機能性や安全性を確率として、即ち信頼度として定量的に捉える耐震信頼度解析が必要となる。この動的耐震信頼度解析は、建物の機能性や安全性を判定する尺度を

も地震応答量として捉え、諸種の不規則性、不確定性を総合的に考慮した上で、建物の各部耐震要素および建物全体の耐震性を信頼度関数として定量的に評価する点に特徴を有している。また、このようにして評価される耐震信頼度関数を終局的に確保することを条件にして設計を行うのが耐震信頼性設計である。

履歴構造物系の確率論的地震応答解析や耐震信頼度解析に関連する研究は、現在までに多くの研究者によって行われてきているが、ここでは、筆者らが行ってきたこの分野に関連する研究の中で、確率微分方程式により確率論的地震応答および耐震信頼度解析を定式化する方法に焦点を当てて紹介する。

まず、建築構造物系の復元力特性は、一般に履歴特性を有するなど複雑な非線形特性を示すが、構造物の履歴復元力特性に関する数学的モデルとその表現法について述べ、それらの数学的表現を用いることにより、不規則な地震外乱を受ける履歴構造物系の確率論的地震応答解がマルコフ・ベクトル過程に立脚した確率微分方程式に基づいて定式化されることを示す。次に、構造物の動的な破壊規範とその安全性を判定する尺度に関する数学的モデルとその表現法について述べ、耐震信頼度解析も同様に確率微分方程式に基づいて定式化されることを示す。

2.1 確率微分方程式による定式化

不規則な地震外乱を受ける履歴構造物系を支配する全動力学系が、次式の状態方程式で書けるとする。

$$\dot{Z}(t) = F(Z, t) + V(Z, t)W(t), Z_{t=0} = 0 \quad (1)$$

ここで、 Z は全動力学系の状態ベクトル、 $F(Z, t)$ は非線形関数、 W は白色雑音過程、 $V(Z, t)$ は振幅変調マトリックスである。白色雑音過程 W は、形式的にウィナー過程の微分過程であるので、次式のような伊藤型の確率微分方程式で表される。

$$dZ(t) = F(Z, t)dt + V(Z, t)dB(t), Z_{t=0} = 0 \quad (2)$$

ここで、 $B(t)$ は、零平均値、拡散マトリックス Q のウィナー過程である。(2)式の確率微分方程式で確率論的地震応答解や耐震信頼度解析を定式化するには、履歴構造物系を支配する全動力学系を(1)式のように状態方程式で表現できれば良いことになる。

2.2 履歴要素の微分表示

構造物の履歴復元力特性として、種々の履歴モデルが提案されているが、これらの履歴構成則を数学的に記述するには、履歴に関連する変位や速度のみ

では表現できない。変位や速度の他に新しい状態変数を導入することによって数学的に良く定義された表現が得られる履歴構成則の微分表示法 (Suzuki and Minai, 1988) について述べる。履歴特性の例として、スリップ型およびポリリニア・スリップ混合型を取り上げる。一般に、無次元正規化履歴特性 Φ は、次式のように線形要素と履歴要素の線形結合で表すことができる。

$$\Phi = rx + (1-r)z \quad (3)$$

ここで、 r は線形要素と履歴要素の混合比、 x および z は無次元変位および履歴要素である。

(1) バイリニア型履歴特性

バイリニア型モデルの履歴要素 z は、Fig. 1 に示され、次のように微分表示される (Kobori, Minai and Suzuki, 1976; Kobori, Minai and Suzuki, 1977)。

$$\dot{z} = \dot{x} [1 - U(\dot{x})U(z - \delta) - U(-\dot{x})U(-z - \delta)] \quad (4)$$

$$\dots \equiv g_z(\dot{x}, z)$$

ここで、 δ はバイリニア型履歴特性の弾性限界変形である。

(2) スリップ型履歴特性

スリップ型履歴モデルは、主に部材の接合部で起こる現象を表したものとして知られており、その履

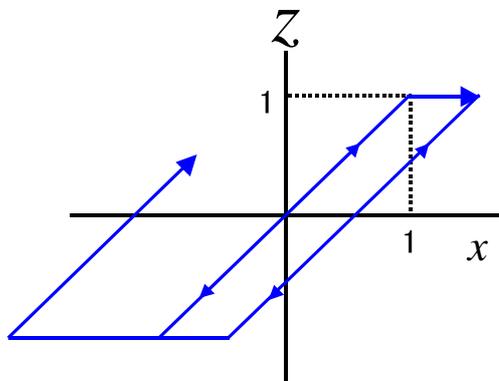


Fig. 1 Hysteretic component of bilinear model

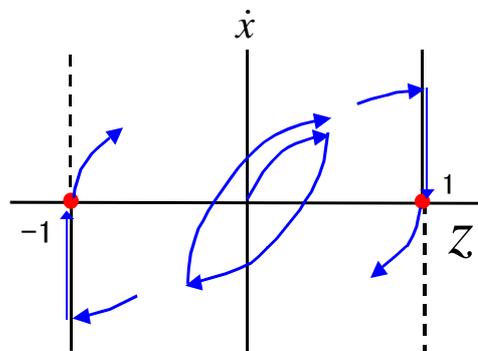


Fig. 2 Trajectory in $\dot{x} - z$ plane

履歴要素 z は次式で表される。

$$\begin{aligned} \dot{z}_s &= \dot{x} \{ U(x - u^+) U(\dot{x}) [1 - U(z_s - \delta_s)] \\ &\dots + U(x) U(-\dot{x}) [1 - U(-z_s)] \\ &\dots + U(-x - u^-) U(-\dot{x}) [1 - U(-z_s - \delta_s)] \\ &\dots + U(-x) U(\dot{x}) [1 - U(z_s)] \} \\ &\equiv g_{z_s}(x, \dot{x}, z_s, u^+, u^-) \end{aligned} \quad (5)$$

上式で、

$$\begin{aligned} \dot{u}^+ &= \dot{x} U(\dot{x}) U(z_s - \delta_s) \\ \dot{u}^- &= -\dot{x} U(-\dot{x}) U(-z_s - \delta_s) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、 δ_s は弾性変位限である。なお、 u^+, u^- も履歴特性を記述する状態変数である。

(3) ポリリニア・スリップ混合型履歴特性

上記に示した履歴モデルの他に多くの履歴モデルが提案されているが、それらの履歴構成則が微分表示可能であれば、それら複数の履歴モデルを組み合わせた複合型履歴モデルも微分表示が可能である (Suzuki and Minai, 1988)。その 1 例として、ポリリニア・スリップ混合型について述べる。

ポリリニア型履歴による復元力を Φ_p 、スリップ型履歴による復元力を Φ_s とすると、混合型の履歴特性は、

$$\Phi = R\Phi_p + (1-R)\Phi_s \quad (7)$$

で表される。 R は履歴特性におけるポリリニア型の重みである。ポリリニア型とスリップ型の復元力はそれぞれ次のように表される (鈴木, 1998a)。

$$\Phi_p = r_p x + (1-r_p) z_p \quad (8)$$

$$\Phi_s = r_s x + (1-r_s) z_s \quad (9)$$

ここで、 r_p と r_s は、それぞれ、ポリリニア型履歴とスリップ型履歴における線形要素の重みである。ポリリニア型の履歴要素 z_p は次のように表される。

$$\begin{aligned} z_p &= \sum_{j=1}^{np} (r_j - r_{j+1}) z_j \\ \dot{z}_j &= \dot{x} [1 - U(\dot{x}) U(z_j - \delta_j) - U(-\dot{x}) U(-z_j - \delta_j)] \\ \dots &\equiv g_{z_j}(\dot{x}, z_j) \end{aligned} \quad (10)$$

ただし、 r_j は第 j 分岐勾配、 δ_j は第 j 分岐点変形量である。スリップ型の履歴要素は (5) 式のように表される。

ポリリニア型履歴特性の基本となるバイリニア型モデルの微分表示は、アナログ・コンピュータにおけるバックラッシュの回路からヒントを得たものである。

このバイリニア型モデルの微分表示の提案と同時期に、曲線形履歴復元力特性に対する Bouc-Wen 型モデル (Wen, 1976) が微分表示で表されている。

$$\dot{z} = \kappa \dot{x} - \beta |\dot{x}| |z|^{\alpha-1} z - \gamma \dot{x} |z|^\alpha \equiv g_z(\dot{x}, z) \quad (11)$$

ここで、 α , β , κ , γ は履歴曲線を決定するパラメータである。

また、バイリニア型モデルの微分表示(4)式を参考にして、また $\dot{x}-z$ 面で軌跡が Fig. 2 のようになることから、フランスの数学者 Paul Krée (1982) が多値変数として z を次式のように定義している。

$$\begin{aligned} \dot{z}_{+1} &= 0 & \dot{x} \geq 0, z = 1 \\ \dot{z}_0 &= 0 & |z| < 1 \\ \dot{z}_{-1} &= 0 & \dot{x} \leq 0, z = -1 \end{aligned} \quad (12)$$

多値変数による微分表示に基づいて確率微分方程式を導くと煩雑になるが、数学的にはより明快になるため、(4)式よりも(12)式を用いることを Krée 教授から勧められたが、議論の末、解析的にも数値解析的にも解を求めるのは非常に困難になることが分かり、工学的に扱いやすい(4)式を用いることとした。

2.3 破壊規範と安全性の尺度の微分表示

構造物の動的破壊規範は、構造材料や構造形式等に応じて複雑で多様であり、動的破壊メカニズムを統一的に表現し得る破壊規範は確立されていないが、動的破壊メカニズムから、初通過型破壊規範と累積型破壊規範、さらにそれらの複合型破壊規範が考えられる。これらの破壊規範に対応して、安全性を判定する尺度あるいは構造損傷を計る尺度を、構造物の変位、速度などの応答の関数として定義しておく必要がある。安全性の尺度は、時間の非減少連続過程で、地震応答として定義される。ここでは、初通過型破壊規範の安全性の尺度として最大絶対変位応答を、また累積型破壊規範の安全性の尺度として一般的な累積塑性変形、履歴消費エネルギー率および低サイクル疲労損傷度を考える。これらの安全性の尺度を数学的にモデル化し得る微分表示の方法について述べる (Suzuki and Minai, 1988)。

(1) 最大絶対変位応答

最大絶対変位応答は、変形が限界値を超えた瞬時に破壊する単純明快な破壊規範の安全性の尺度として考えられる。最大絶対変位応答 η_m は、Fig. 3 に示されるように、変位応答の絶対値の最大値として

定義され、時間 t の非減少連続過程である。微分表示は、次式で表される (Suzuki and Minai, 1980)。

$$\dot{\eta}_m = |\dot{x}| U(x \dot{x}) U(|x| - \eta_m) \equiv g_m(x, \dot{x}, \eta_m) \quad (13)$$

ただし、 x および \dot{x} は変位応答および速度応答であり、 $U(\cdot)$ は単位階段関数である。

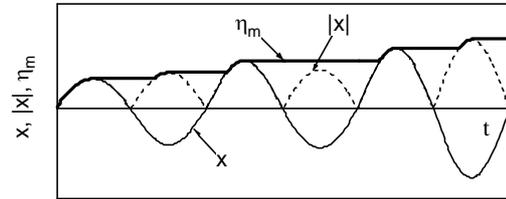


Fig. 3 Maximum displacement

(2) 累積塑性変形

累積塑性変形は、時間区間 $[0, t]$ 履歴繰り返しによる正方向および負方向の塑性変形増分の総和として定義され、その微分表示は次式で与えられる。

$$\dot{\eta}_p = (1-r) \text{sgn}(\dot{x})(\dot{x} - g_z) \equiv g_p \quad (14)$$

ただし、 g_z は、履歴特性の微分表示で述べた各履歴要素の微分表示に含まれる関数であり、 $\text{sgn}(\cdot)$ は符号関数である。

(3) 履歴消費エネルギー率

履歴消費エネルギー率は、時間区間 $[0, t]$ において、履歴によって消費されるエネルギー量を、弾性限ポテンシャル・エネルギーの 2 倍で除した量である。除荷剛性が初期弾性剛性に等しい履歴特性においては、履歴消費エネルギー率の微分表示は、次式で与えられる。

$$\dot{\eta}_h = (1-r) z (\dot{x} - g_z) \equiv g_h \quad (15)$$

ここで、 z は、各履歴特性の履歴要素である。

(4) 低サイクル疲労損傷度

耐震安全性の尺度として最も一般性のある量は、低サイクル疲労損傷度であろう。構造材料や構造形式等に応じて、低サイクル疲労損傷度の関数形や、それを規定するパラメータの値は異なると考えられるが、ここでは、まず、定振幅変位 \bar{x} と破壊までの繰り返し回数 N の間に、次式のような単純な関係が成立すると仮定する。

$$\left(\frac{\bar{x}}{c_F} \right)^a = \frac{1}{4N}, \quad a \geq 1 \quad (16)$$

ここで、 c_F は、準静的破壊延性率、 a は、低サイクル疲労損傷度の形を支配するパラメータである。線

形累積損傷の仮説を用い、調和変動を仮定して連続化することによって、(16)式に対応して低サイクル疲労損傷度の微分表示が、次式のように得られる。

$${}_n \dot{\eta}_{f_i} = \frac{a}{c_F a} |x|^{a-1} |\dot{x}| \equiv g_{\eta_{f_i}}, \quad a \geq 1 \quad (17)$$

(17)式の低サイクル疲労損傷度 η_{f_i} は、それらの値が1を取るとき疲労破壊が発生するように正規化されている。上記では、変位振幅を用いているが、塑性変位振幅 \bar{x}_p を採用した場合にも(17)式と同様な微分表示が可能である。

以上、耐震安全性の尺度として、最大絶対変位応答、累積塑性変形、履歴消費エネルギー率、および、低サイクル疲労損傷度を取り上げ、一般的には耐震安全性の尺度自身も状態変数に含めた履歴形非線形動力学系の状態変数の一価非線形関数による耐震安全性の尺度の微分表示を示した。

(5) 複合型の安全性の尺度

上記に示した耐震安全性の尺度を、低サイクル疲労損傷度のように終局破壊値で除して規格化した後、荷重平均操作を行えば、複合型の破壊規範に対する耐震安全性の尺度が、次式のように定義できる。

$${}_n \eta = \sum_{k=1}^K d_{k_n} \eta_k, \quad \sum_{k=1}^K d_k = 1, \quad 1 \geq d_k \geq 0 \quad (18)$$

また、耐震安全性の尺度の微分表示が次式の形で得られる。

$${}_n \dot{\eta}_k = g_{\eta_k}(x, \dot{x}, z, {}_n \eta_k; c_k, r, a) \quad (19)$$

$$k = 1, 2, \dots, K$$

ここで、 ${}_n \eta_k$ は、終局破壊値 c_k で正規化した安全性の尺度である。

2.4 構造物系の状態方程式による定式化

地震外乱は、一般に振幅特性および周波数特性が非定常な確率過程であり、このような地震外乱を生成する簡単な動力学系モデルとして、白色雑音を受ける時変線形フィルターが考えられる。地震外乱を生成する時変線形フィルターの状態ベクトルを ${}_E Z$ とすると、時変線形フィルターは次式で表される。

$${}_E \dot{Z} = {}_E A {}_E Z + {}_E N, \quad {}_E Z_{t=0} = 0 \quad (20)$$

上記のような非定常地震外乱を受ける履歴構造物の運動方程式は、次式で与えられる。

$${}_S \dot{Z} = {}_S A {}_S Z + {}_S G({}_S Z) + {}_{SE} A {}_E Z, \quad {}_S Z_{t=0} = 0 \quad (21)$$

ここで、 ${}_S Z$ は履歴構造物系の状態ベクトルである。 ${}_S A$ および ${}_S G$ は履歴構造物系の線形部分の係数マトリックスおよび非線形部分を示すベクトルであり、 ${}_{SE} A$ は地震外乱の非デルタ相関部分の系への入力の仕事を示す係数マトリックスである。

一方、履歴構造物系の耐震信頼度解析において応答量として耐震安全性の尺度に関する微分表示は、次式のように書ける。

$${}_M \dot{Z} = {}_M G({}_S Z, {}_M Z) \quad (22)$$

従って、(20)、(21)および(22)式から、地震外乱の生成フィルター系、履歴構造物系ならびに耐震安全性の尺度を示す出力系からなる全非線形動力学系の状態方程式は、次式のように定まる。

$$\dot{Z} = F(Z) + N, \quad Z_{t=0} = 0 \quad (23)$$

ここで、

$$F(Z) = AZ + G(Z) \quad (24)$$

$$Z = \begin{bmatrix} {}_E Z \\ {}_S Z \\ {}_M Z \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} {}_E A & 0 & 0 \\ {}_{SE} A & {}_S A & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 \\ {}_S G \\ {}_M G \end{bmatrix}, \quad N = \begin{bmatrix} {}_E N \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

上式で、 Z は、拡大非線形動力学系の状態ベクトル、 A および G は、それぞれ、線形部分に関する一般に時変係数マトリックスおよび非線形部分を示すベクトル、 N は、デルタ相関性の入力ベクトルであり、振幅変調マトリックス V と白色雑音ベクトル過程 W の積として表されるので、結局、拡大非線形動力学系の状態方程式は、時間依存性も考慮すると、次式のように書くことができる。

$$\dot{Z}(t) = F(Z, t) + V(t)W(t), \quad Z_{t=0} = 0 \quad (26)$$

履歴構造物系の安全性の尺度も含む一般的な状態方程式は、(1)式に帰着し、(2)式の伊藤型確率微分方程式が得られる。

2.5 耐震信頼解析法

(2)式の確率微分方程式の解過程は、マルコフ・ベクトル過程となり、その推移確率密度関数を支配する方程式として、Fokker-Planck 方程式あるいはKolmogorov の上向き方程式が知られている。しかし、これらの方程式は、耐震安全性の尺度や履歴特性を記述する関数に通常の意味において微分不可能な関数を含むため、偏微分方程式として成立し得ない。また、解析的に解くことも困難である。

以下に近似的な解析法を示す。 Z のスカラー関数 ψ を次式のように定義する。

$$\psi = \prod_{i=1}^n Z_i^{k_i}, \quad k_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (27)$$

伊藤の公式を用いると、 ψ の平均値に関する微分方程式が次式のように得られる。

$$\frac{d}{dt} E[\psi] = E[L\psi] \quad (28)$$

上式で、 L は微分演算子であり、次式で与えられる。

$$L = \left[\frac{1}{2} \left(\Gamma \frac{\partial}{\partial Z} \right)^T + F(Z, t)^T \right] \frac{\partial \psi}{\partial Z} \quad (29)$$

ここで、 $\Gamma = VQV^T$ 。従って、状態ベクトル Z のモーメントを $M(k_1, k_2, \dots, k_n)$ とすれば、モーメントに関する一連の 1 階常微分方程式が得られる。

$$\begin{aligned} \dot{M}(k_1, k_2, \dots, k_n) &= \sum_{i=1}^n k_i E[F_i \psi(Z) / Z_i] \\ &+ \frac{1}{2} \Gamma_{ii} k_i (k_i - 1) M(k_1, \dots, k_i - 2, \dots, k_n) \\ &+ \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \Gamma_{ij} k_i k_j M(k_1, \dots, k_i - 1, \dots, k_j - 1, \dots, k_n) \end{aligned} \quad (30)$$

上記のモーメント方程式を初期条件の下で解けば、必要な次数までのモーメントが得られる。しかし、上式の右辺第 1 項に非線形関数が含まれるために、平均演算子を確定する必要がある。一般に非線形動力学系では、非正規性の確率密度関数を直接解くことは困難であるので、全状態ベクトル Z に関する時変同時確率密度関数 $p(Z; t)$ の近似的な関数形を導入して平均演算子を確定することによって、(30)式のモーメント方程式を非定常状態で解く。また、近似確率密度関数を記述するために必要な時変統計量がモーメントの関数で与えられるならば、近似確率

密度関数も同時に求まることになる。

信頼度関数は、安全性の尺度に関する状態ベクトル ${}_M Z$ が、時間区間 $[0, t]$ において安全領域に留まる確率として定義される。安全性の尺度を表す状態変数は、全て時間の非減少関数として定義されているので、時刻 t での安全性の尺度に関する状態ベクトルの同時確率密度関数 $p({}_M Z; t)$ を安全領域でただ単に積分することによって求まる。耐震信頼度解析に必要な安全性の尺度に関する状態ベクトル ${}_M Z$ の確率密度関数 $p({}_M Z; t)$ は、前述の全状態ベクトルに関する時変同時確率密度関数 $p(Z; t)$ の周辺確率密度関数として求まる。

これより、構造物各部の安全性の尺度 ${}_M Z_i$ の限界値を c_i とすれば、対応する構造物各部の信頼度関数 $R(t; 0, c_i)$ は、次式で表される。

$$R(t; 0, c_i) = \int_0^{c_i} p({}_M Z_i; t) d{}_M Z_i \quad (31)$$

構造物系全体の信頼度関数は、安全領域 ${}_M S(C)$ のもとで次式のように表される。

$$R(t; {}_M S(C)) = \int_{{}_M S(C)} p({}_M Z; t) d{}_M Z \quad (32)$$

ここで、一般的な安全領域 ${}_M S(C)$ は、各安全性の尺度の限界値を c_i ($i = 1, \dots, m$) とすれば、次式で与えられる。

$${}_M S(C) = [0, c_1] \times [0, c_2] \times \dots \times [0, c_m]$$

安全性の尺度に関する状態ベクトル ${}_M Z$ の確率密度関数 $p({}_M Z; t)$ の具体的な関数形として、鈴木 (1998a) や Suzuki and Minai (1989) で得られた近似確率密度関数を以下に示す。構造物各部の安全性の尺度を η_i ($i = 1, \dots, m$) として

$$p_\eta(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m; t) = \prod_{j=1}^m w_G(\eta_j) \quad (33)$$

$$\sum_{q_j=0}^M C_{q_1 q_2 \dots q_m} \sum_{j=1}^m L_{q_j}^{(\beta_j-1)}(\bar{\eta}_j)$$

ここで、

$$C_{q_1 q_2 \dots q_m} = E \left[\sum_{j=1}^m L_{q_j}^{(\beta_j-1)}(\bar{\eta}_j) \right] \prod_{j=1}^m \frac{q_j! \Gamma(\beta_j)}{\Gamma(\beta_j + q_j)} \quad (34)$$

$$\bar{\eta}_j = \nu_j \eta_j, \quad \beta_j = E^2[\eta_j] / \sigma_{\eta_j}^2$$

$$\nu_j = E[\eta_j] / \sigma_{\eta_j}^2$$

W_G はガンマ密度関数, $L_{q_i}^{(\beta_j-1)}$ は Laguerre の多項式, M は級数展開の次数, $\Gamma(\cdot)$ はガンマ関数である。

構造物系全体の信頼度関数は, 安全領域 $M S(C)$ のもとで(32)式から次式で表される。

$$R(t; M S(C)) = \sum_{q_j=0}^M \sum_{s_1=0}^{q_1} \cdots \sum_{s_m=0}^{q_m} (-1)^{\sum_{j=1}^m s_j} \prod_{j=1}^m \frac{\Gamma(\beta_j + q_j)}{q_j} \binom{q_j}{s_j} \frac{v_j^{s_j}}{\Gamma(\beta_j + s_j)} M(s_1, \dots, s_m; t) \sum_{r_1=0}^{q_1} \cdots \sum_{r_m=0}^{q_m} (-1)^{\sum_{k=1}^m r_k} \prod_{k=1}^m \binom{q_k}{r_k} \frac{\gamma(\beta_k + r_k, v_k c_k)}{\Gamma(\beta_k + r_k)} \quad (35)$$

ここで, $\gamma(\cdot, \cdot)$ は不完全ガンマ関数, $M(s_1, \dots, s_m; t)$ は安全性の尺度に関するモーメントである。構造物各部の信頼度関数は, (31)式から, 次式で表される。

$$R(t; 0, c_i) = \sum_{q=0}^M \frac{\Gamma(\beta_i + q)}{q!} \sum_{p=0}^q \sum_{s=0}^q (-1)^{p+s} \binom{q}{p} \binom{q}{s} \frac{v_i^s}{\Gamma(\beta_i + s)} E[\eta_i^s] \frac{\gamma(\beta_i + p, v_i c_i)}{\Gamma(\beta_i + p)} \quad (36)$$

このように, 耐震安全性の尺度に関する同時確率密度関数から, 構造物各部の信頼度関数は勿論, 構造物各部の安全性の尺度間の相関を考慮して構造物系全体の信頼度関数を評価することが可能となる。

以上, 履歴特性を有する非線形構造物系の動的耐震信頼度解析法について, 特に確率微分方程式に基づく方法について述べた。この方法は, 履歴特性と耐震安全性の尺度に関する微分表示を導入することにより, 関連する全動力学系を記述する全状態変数を定義するとともに全状態方程式を導き, 耐震信頼度解析を確率微分方程式で定式化することが基本となっている。この解析法の特徴は, 通常確率論的地震応答解析と耐震信頼度解析が同時に行えることと, 耐震安全性の尺度間の相関を組み込んで構造物系全体の耐震信頼度関数が求められることである。

2.6 不確定履歴構造物系の耐震信頼度解析

前節で述べた耐震信頼度解析法を構造物系や破壊規範に含まれる諸量が不確定性, 不規則性が含まれる不確定系にも発展適用することができる。不確定性を考慮した履歴構造物の動的耐震信頼度解析について, 特に構造物の動力学特性に含まれる不確定パラメータに注目して, 確率微分方程式に基づく信頼度解析の理論解析法および実験計画法に基づく応答

局面法による信頼度解析の数値解析法を導き, また応答局面法による信頼度解析例を示し, 履歴構造物の不確定パラメータが耐震信頼度に及ぼす影響を調べるとともに, 設計用の地震動入力やベースシア係数などが耐震信頼度を与える影響について考察した (Suzuki and Yamagishi, 1995 ; 鈴木, 1998b)。

構造物の耐震信頼度は, 構造物の動力学特性の他に, 地震外乱や動的破壊規範に含まれる不確定性に大きく依存する。設計用地震動としての地震外乱の不確定性, 不規則性の構造を解明する必要がある。また, 動的破壊規範の不確定性についても, 構造物の履歴特性とも関連する実験的ならびに理論的研究から, より普遍的かつ具体的な動的破壊規範モデルとその安全性の尺度を導く必要がある。合理的な耐震設計を行うには, より正確な地震動入力モデルと地盤-構造物系モデル, さらに, より明確な動的破壊規範モデルを用いた信頼度解析法を開発しなければならない。しかし, この方法は, 大規模な解析を要するので, 実用的な耐震設計の観点からは, 動的信頼度解析の簡略化を図ることも重要である。また, 現在までに多くの研究がなされ, 発展してきている静的構造信頼度解析を動的耐震信頼度解析の枠組みに取り込む研究も必要となる。

3. 制震システム

阪神・淡路大震災以後に, 地震時における建物の構造安全性や建物内居住者の安全性を確保することのみならず, 通信施設や緊急施設など社会的に重要な建物では地震中および地震後においても建物機能の保持が要求されるようになった。構造物の地震応答を抑制し, より積極的に安全性・機能性・居住性を確保するための制震システムの理論開発と実験的検証に関する研究を行った。

3.1 制御アルゴリズム

制震システムにおける制御アルゴリズムでは, アクティブマスダンパーを用いて構造物の各振動モード毎に制御目標を設定し得る極配置アルゴリズム, 構造物モデルとコントローラの低次元化による H_∞ 制御アルゴリズムを設計する方法を提案した。また, 実用化に際して重要な問題となる制御装置の物理的な性能限界については, 制御ゲインを調整する可変ゲイン制御法を開発することによって解決し得ることを示した。

さらに, 大地震における構造物の非線形応答領域に対しても有効な制震システムを得ることを目的として, 構造物の各部の非線形応答を推定した上で最適制御を行う確率論的非線形推定-最適制御問題の

確率微分方程式による定式化を行い、履歴構造物系における一般的な評価規範に対するベルマン方程式や拡張リカッチ方程式を導き、非正規確率等価線形化法などを組み合わせた実用的な解法を提案し、制震システムの基礎的な理論構築のみならず実用的手法に発展させてきた (Suzuki, 1995)。

これらの制震アルゴリズムの性能、効率さらに信頼性を数値シミュレーションによる検証に加えて実験的に検証することは不可欠であり、振動台 (強震応答実験装置) や5層鋼構造実大試験架構を用いた実験的検証を行ってきた (Photos 1 and 2)。実大検証実験では、5層鋼構造実大試験架構を用いて地震応答を再現する地震応答加振システムを組み込んだユニークな制震実験システムを構築したので (鈴木・山本他, 1997; 鈴木・山本, 1998), 以下に紹介する。

3.2 実大構造物の地震応答加振システム

実験的検証方法として、現在、振動台を用いた実験が信頼性も高く、多く用いられている。しかし、振動台での実験は、振動台上に載荷できる重量に制限があり、実大構造物を用いての実験を行うことができない。実大構造物での検証は地震応答観測により実施されることが多いが、この場合、地震の発生状況に左右され、繰り返しての検証や計画的な検証を行うことができない。また、非制震時と制震時の応答値の比較はどちらか一方をシミュレーション解析に頼らざるを得ないといった問題点がある。

近年、制振装置を設置する構造物の増加に伴い、制振装置の性能を確認するために加振機による実大構造物の加振試験が実施されるようになった。制振装置としてアクティブマスダンパー (AMD) を設置する場合には、このAMDを加振機として建物を加振し、その後、このAMDを用いて制震することが多い。この場合、加振と制震が同時に行うことができない欠点がある。また、建物の1次モードのみを対象としており、高次モードまで対応していない。

本研究では、実大構造物を加振することによって構造物の地震応答を高次モードまで再現することのできるシステムの構築を行った。まず、地震応答加振システムの加振制御アルゴリズムをモード制御の考えに基づき定式化し、この制御アルゴリズムの妥当性をシミュレーション解析により検証した後に、実大の5層鋼構造物試験架構 (Photo 2) に設置された2台のアクティブマス型加振機を用いて、実際に地震応答を再現する実験を行った。5層鋼構造物試験架構を用いた地震応答加振システムの概念図を Fig. 4 に示す。3階と5階に設置した加振機を用いて試験架構に地震応答を再現させた。なお、屋上階



Photo 1 Test frame for shaking table test



Photo 2 Full-scale five-story steel building

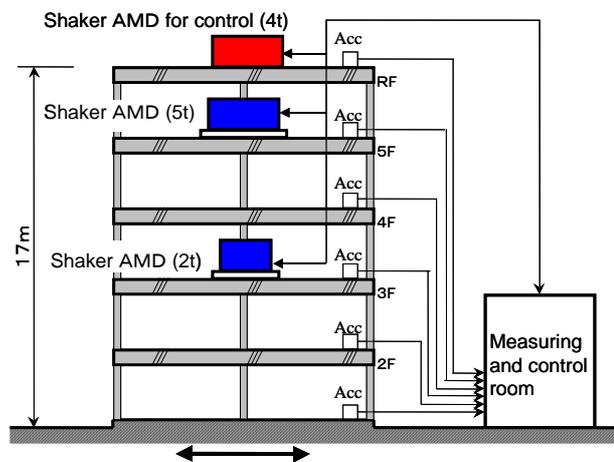


Fig. 4 Earthquake response generator system using full-scale five-story building

のアクティブマス型加振機は制震用に用いた。加振実験では、加振機の性能限界を超えない場合には地震応答の再現実験はシミュレーションで得られた地震応答波形と非常によく一致し、本地震応答加振システムが有効であることを示した。

この地震応答加振システムは、アクティブマス型の加振機を構造物に設置して、地震時の応答をリアルタイムに再現可能にするもので、非制震時と制震時の構造物に同じ地震外力を与えることができる。従って、シミュレーション解析を介することなく、制震装置および制御アルゴリズムの制御性能や効率を直接的に検証することが可能となり、多くの制御アルゴリズムの検証に用いられた。

地震応答加振システムに用いられる加振機を高性能化すれば、大規模・高層の構造物にも有効である。今後、地震応答加振システムは、各種制震装置および制御アルゴリズムの検証実験や実建物の振動実験への応用が期待される。

4. 伝統構法木造建築物

伝統構法木造建築物は、社寺建築物のみならず、民家として現在も多く都市、まち、村に数多く残っており、町家は都市型住宅として、田の字型間取りの住宅は農家型住宅として、それぞれ古くから気候・風土等に適した地域の特色ある伝統的な構法が生み出され、我が国の木造建築物の主要な構法として発展・継承されてきた。このような伝統構法木造建築物は、地域性豊かなまちなみを形成してきた歴史を有するが、老朽化が進み、建て替えられつつある。しかし、一方では、伝統構法の良さが再認識され、復活する機運があり、現在、多くの地域で、まちなみ景観の保存とともに地域の歴史と文化の継承の観点から伝統構法木造住宅の保存・修復・再生への取り組みがなされている。また、歴史的、文化的に価値の高い建造物については有形文化財として、保存・再生が行われている。

木造建築物は、大地震によって、たびたび大きな被害を被ってきた。特に1995年兵庫県南部地震では、木造建築物は甚大な被害を受け、木造住宅の倒壊が多くの死傷者を出す原因となった。その後も、2000年鳥取県西部地震、2001年芸予地震、2003年宮城県北部の地震、2004年新潟県中越地震、2007年能登半島地震などの大地震で大きな被害を受けてきた。また、東海、東南海、南海地震など海洋型や内陸型の大地震の発生が予想されており、木造建築物、なかんづく伝統構法木造建築物の耐震性能の確保・向上は重要かつ緊急課題となっている。都心部に高密度に分布する町家などの保存・再生の在り方は、都市再

生、都市防災の重要な課題でもある。さらに、近年、歴史的・文化財木造建造物を地震災害などから守るための耐震補強や保存修復の技術開発は社会的な要請でもある。

しかし、伝統構法木造建築物では、歴史的、意匠的な観点からの調査研究が多くなされてきているが、構造的な観点から調査研究は少なく、特に耐震性は意外にも分かっていないのが現状である。このような観点から、木造建築物、特に伝統構法木造建築物の耐震性能の確保・向上を計るために行ってきた伝統構法木造建築物の構造詳細調査による耐震性能評価や実大静的実験、振動台実験による耐震性能評価法や耐震補強法の検証について述べる。

4.1 伝統構法木造建築物の建築基準法における枠組

建物の耐震設計においては、耐震性能を設定し、それに基づいて設計された建物の耐震性能を評価・検証し、耐震性能を確保することが基本となる。耐震性能を評価・検証する方法として、2000年の建築基準法改正による木構造建物の構造計算規定の枠組では構造計算ルートによって、壁量計算、許容応力度等計算、限界耐力計算などの計算法がある。改正前の建築基準法の枠組みでは、伝統構法木造建築物は明確に規定されていなかったが、建築基準法改正で新たに導入された限界耐力計算は仕様規定によらなくても良い検証法として位置づけられており、継ぎ手・仕口部に金物を使わない伝統構法木造建築物も限界耐力計算によって建築基準法の枠組みの中で設計が可能となった。

伝統構法木造建築物の耐震設計に適した限界耐力計算の実用化を計るために、伝統構法に用いられる各種の耐震要素や実大軸組の静的・動的実験を実施し、耐震性能評価法や構造解析法の開発を進め、(社)日本建築学会近畿支部木造部会および(社)日本建築構造技術者協会関西支部のもとで、限界耐力計算による耐震設計・耐震補強法の具体的な計算法の開発とともに設計事例による検証がなされ、「伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアルー限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法ー」を出版した(木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会、2003)。

このマニュアルの普及によって、多くの伝統構法木造建築物が新築され、また既存の多くの伝統構法木造建築物が耐震補強されるようになった。しかしながら、2007年の建築基準法改正により構造適合判定など確認手続きの厳格化により、伝統構法木造建築物の新築が極端に減少している現状に危惧を抱いている。良質な伝統構法木造建築物が今後も造り続

けられるには、さらなる取り組みのもとに伝統構法木造建物の耐震設計法を確立する必要がある。

4.2 伝統構法木造住宅（農家型）の耐震性能

伝統構法木造建物の耐震性能を的確に評価するために、地域特有の特性を有する木造建物の構造力学的な特徴を調べるとともに、伝統構法木造建物の耐震性能を調べた。ここでは、実在する建物の解体の機会をとらえて耐震調査・実験を行った事例の1つについて述べる。

対象建物は、愛知県田原市に明治31年（1898年）に建てられた典型的な田の字型間取りの伝統構法木造住宅（Photo 3）であり、耐力壁が少なく、屋根重量が大きい特徴を有し、壁量計算に基づく耐震性能評価が適用できない建物である。平成16年8月から9月にかけて構造詳細調査を行い、構造的特徴や腐朽・蟻害などを把握するとともに、常時微動計測および静的加力実験を実施して振動特性と耐震性能を調べた（中治・鈴木他，2007）。

(1) 建物の概要

二重入母屋本瓦葺屋根を持つ厨子2階建ての住宅で、Fig. 6の平面図のように土間と2行×3列の居室配置という典型的な農家型住宅の平面構成をしている。大きな大黒柱はないが、図中に○で示した通し柱には、175mm×175mmという大断面のヒノキが用いられている。柱は土台を設けない礎石建てで、足固め材が南北方向に通っている。通し柱には差鴨居が、差鴨居の上には欄間あるいは土塗り小壁がつく。土葺き瓦屋根には、葺き土が厚く載っている。

木造軸組の劣化診断のために数種の測定器により現場での部材の含水率測定、強度劣化測定を行うとともに試料を持ち帰り圧縮実験を行った。その結果、柱脚および足固めでは、腐朽が進行し強度が劣化していたことが分かった。

(2) 静的載荷実験

静的載荷実験では、最初に各構面の初期剛性を把握するための小加力実験、次に建物が損傷を受けて耐力が低下するまで、Fig. 5に示すように建物の南北にクレーン車を配置して、正負繰り返しの大変形加力実験を行った。Fig. 7の実験結果に示すように最大耐力は107kNであり、実験終了時点では、差鴨居より下の柱の傾斜角が1/7radを超えても最大耐力の75%に相当する耐力で保持していた。柱の傾斜角が1/60~1/50radで土塗り壁にせん断変形による壁土のひび割れが観察され、1/10radを超える変形になると、柱と差鴨居との接合部で曲げによる柱の割れが発生した。柱に損傷を生じたものの大破・倒壊には至らず、大きな変形性能を保持していると言える。



Photo 3 Traditional wooden house

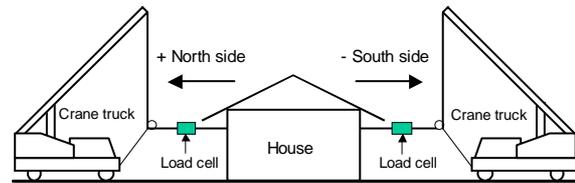


Fig. 5 Static cyclic loading test using two crane trucks

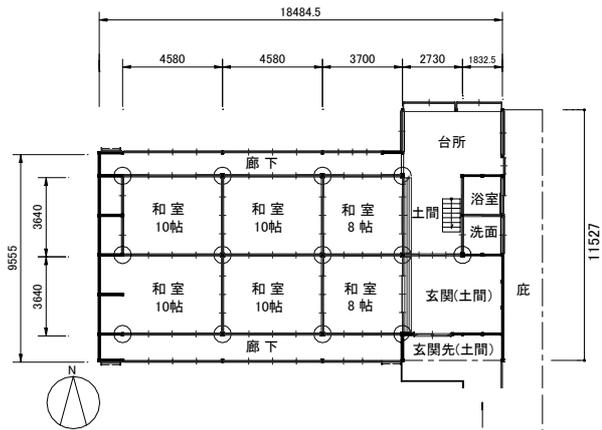


Fig. 6 Plan of wooden house

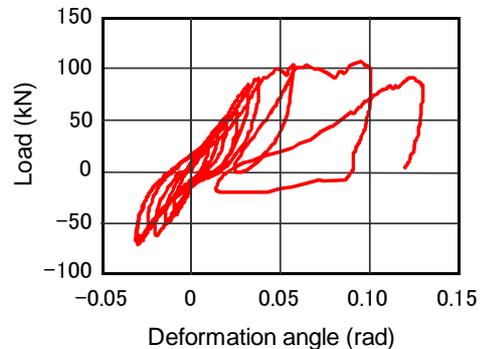


Fig. 7 Experimental result of restoring force

(3) 限界耐力計算による耐震性能評価

建物の耐力は、土壁、小壁、差鴨居、足固めに依っているが、西構面の土壁や足固めは劣化が著しいことから、小壁付きの差鴨居の耐力が支配的であった。

表層地盤を第2種地盤として限界耐力計算に基づいて耐震性能を評価すると、中地震（希に起こる地震）に対しては、層間変形角 $1/44\text{rad}$ 程度であり、大地震（極めて稀に起こる地震）に対しては、層間変形角 $1/10\text{rad}$ となった。大変形となり、一般的には危険性が高いと考えられるが、載荷実験では、Fig. 7に示すように層間変形角 $1/7\text{rad}$ まで載荷が可能であったことから、倒壊に至る危険は無いと考えられる。

劣化の著しい土壁や足固めなどを補修することや屋根の葺き土を撤去し屋根重量を軽減することによって、極めて稀に起こる地震に対して最大変形角が安全限界（ $1/25\sim 1/30\text{rad}$ 程度）までに収まり、耐震性能を確保できることが分かった。

ここで対象とした木造住宅は、①耐力壁が少なく、②大断面部材を用いた、③屋根重量の大きい、伝統構法木造住宅であり、一般には壁量計算に基づく耐震診断が適用できない。このような建物の耐震性能の実証実験等は未だ少なく、今回の構造詳細調査や静的載荷実験により、耐震性能が明らかとなり、限界耐力計算による耐震性能評価（耐震診断）法を検証することができたことは、伝統構法木造住宅にとって大きな意味がある。

4.3 伝統構法木造住宅（京町家）の耐震性と耐震補強設計

町家のなかでも、千年以上の歴史を有する京町家は、京都市の都心部に高密度に分布し、特色あるまちなみ景観を形成してきたが、京都市の調査によれば、平成10年に総戸数は約2万8千戸であったが、平成15年には総戸数は約2万4千戸と減少している。一方では、京町家は、優れた意匠性をもつ建物として、その良さも再認識され、復活する機運もあり、保存・再生への取り組みが近年、盛んに行われるようになった。

4.3.1 既存京町家の耐震性能評価

京都市では、花折断層系など京都盆地を取り囲む多くの断層を起震とする大地震の発生が予想され、

平成15年に第3次地震被害想定がなされ、京都市域に大被害を与えることが想定されている。特に京町家は、間口が狭く奥に長い建物であり、その平面形状の特徴から耐震性については以前から問題視されてきた。しかし、歴史的、意匠的な観点から京町家の調査研究が多くなされてきているが、構造に関する調査は少なく、耐震性は意外にも分かっていないのが現状であった。このような状況から、筆者らは大学研究者、建築構造設計者、建築意匠設計者、大工棟梁とともに京都市のプロジェクト事業として京町家30棟の構造詳細調査を実施し、耐震性能評価と耐震補強法に関する研究を行った（須田・鈴木他、2007）。

調査対象の建物は、典型的な京町家の平面形態、立面形態を有し、増改築が少なく建設当時の状態が推測できることを前提に、間口寸法と階数をパラメータとし30棟を選出した。間口寸法は2間から6間、階数は平屋、中2階、2階建て、平面形態は1列1室から1列4室と2列2室、2列3室、建築年代は明治期から昭和初期であった。

構造詳細調査に基づいて各建物の土壁、小壁、軸組などの耐震要素を抽出して各建物の復元力を求め、限界耐力計算に基づいて耐震性能評価を行った。地震力は安全限界に対応する極めて希に発生する地震動、地盤種別は第2種地盤として求めた最大応答変形角の結果をFig. 8に示す。図の横軸は各建物の平面形状を示しており、()内の数値1は平屋建て、1.5は中2階建て、2は2階建てを意味する。京町家などの伝統構法木造建物は、大きな変形性能を有するが、安全限界の目安となる変形角を $1/15\text{rad}$ とすると、各建物の張り間方向の最大応答変形角は概ね安

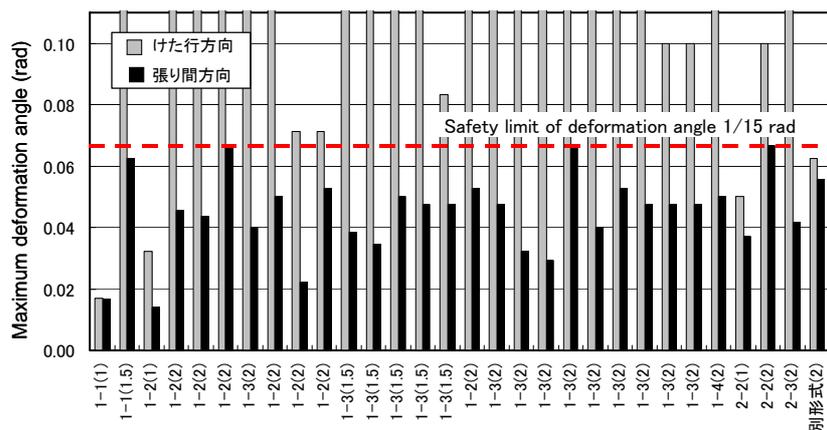


Fig. 8 Seismic performance of Kyo-machiya houses

全限界変形角に収まるが、けた行方向では、想定する地盤や地震動に対して安全限界変形角を大きく超え、倒壊の危険性が高いと判断される建物が多いこ

とが分かった。

以上のように、限界耐力計算による耐震性能評価において、安全限界の検証用地震動として第2種地盤での極めて希に発生する地震動を対象にする限り、多くの京町家は大破・倒壊の危険性を有している。ただし、地盤種別が第1種地盤の場合には、大きな変形が生じるものの大破・倒壊に至らず、補修によって再使用が可能になるものも多いことも指摘される。また、復元力特性の評価において、検証用復元力特性が実際の実験結果より安全側の評価となっているが、一方では、構造要素の腐朽・蟻害などの損傷がある場合には補修することを前提としているなど、現状の建物の耐震性能そのものを評価していない。このように耐震性能の評価においては、地盤条件、地震力の想定などいくつかの前提条件に基づいているが、現存する京町家の耐震性能、特にけた行方向の耐震性能は問題となるため、京町家に適した耐震補強などの対策が必要となる。

4.3.2 京町家の耐震設計・耐震補強設計法の振動台実験による検証

京都に数多く現存する京町家の多くが、明治期から昭和初期にかけて建てられ、耐震性に問題があることが耐震調査で指摘された。また、京町家は、戦後ほとんど新築されることがない状況が続き、耐震・防火基準を満たす京町家を新たに建設することは難しく、現存する京町家の棟数は減少している。京町家を保存・再生するには、耐震補強法のみならず耐震設計法を確立する必要がある。

文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の一環として（独）防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センターの実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を用いて、移築した古い京町家と新築した新しい京町家の2棟の実大震動台実験（Photo 4）を平成17年10月から11月にかけて実施する機会を得た。

(1) 実験の目的

実在する典型的な京町家を解体・移築した試験体（移築試験体と称する）を用いて、

- ① 既存京町家の耐震性能を明らかにする
- ② 既存京町家の耐震補強法を検証する

また、現行の建築基準法を満たすように耐震設計を行って新築した京町家試験体（新築試験体）を用いて

- ③ 新しい京町家の耐震設計法を検証することを目的として振動実験を実施した。

(2) 京町家試験体の概要

- 1) 移築京町家



Photo 4 Shaking table test of two Kyo-machiya houses (Left: new house, Right: old house)

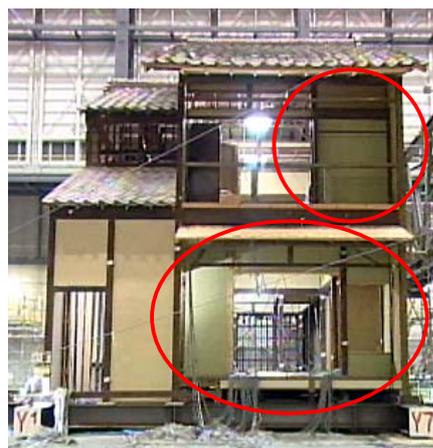


Photo 5 Seismic reinforcement using dry mud-panel



Photo 6 Seismic reinforcement using laddery frames

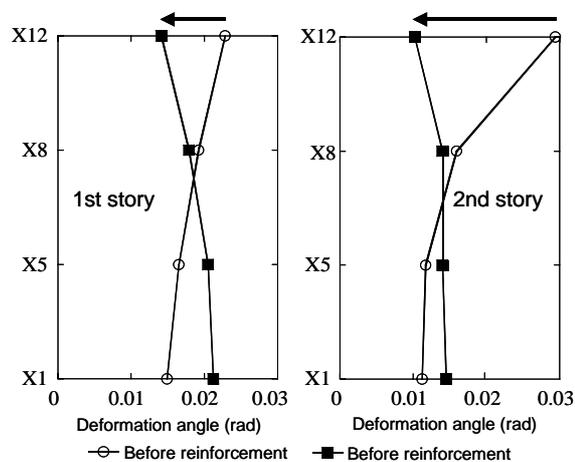


Fig. 9 Effect of seismic reinforcement

既存の京町家の耐震性能を調べるとともに耐震補強の効果を検証するために、昭和7年に建てられた京町家を解体して震動台に移築した。平面形式は典型的な京町家で、通り庭と通り庭に面して3室の居室からなる1列3室型と呼ばれる間取りである。なお、腐朽・蟻害による損傷部材、増改築部分などは復元・改良を行っている。

2) 新築京町家

新たな京町家を建設可能にするため、京町家の外観意匠・空間構成を継承しながらも、大きな変形性能を有することができる構法を取り入れて、必要な耐震性能を確保する設計法を提案した。移築京町家と同じ規模の1列3室型である。

(3) 振動台実験結果

移築京町家は、小地震加振から土壁の亀裂や剥落などの損傷が生じたが、限界耐力計算に基づいて耐震補強を行うことで、1995年兵庫県南部地震で神戸海洋気象台で観測された地震波（JMA-Kobe波）の3方向加振に対しても、土壁等に大きな損傷は発生するが、倒壊することなく、補強の効果が確認できた。また、限界耐力計算に基づいて耐震設計を行った新築試験体は、柱脚の浮き上がりや滑りが生じたが、上部構造には損傷はほとんど発生しなかった。京町家の建物の水平構面は、比較的柔らかく、Fig. 10に示されるように平面的に変形しながら揺れることも分かった。

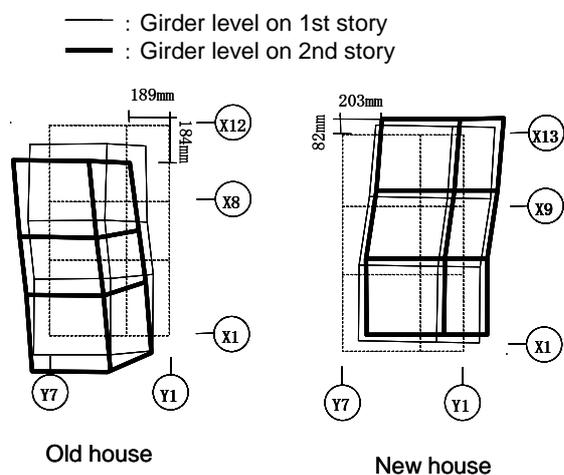


Fig. 10 Horizontal deformation of Kyo-machiya houses

移築京町家の耐震補強は、予め行っていた限界耐力計算による耐震性能評価と耐震補強設計に基づいて乾式土壁パネルの袖壁と小壁を組み合わせた門型土壁と木材のめり込み特性を生かしたはしご型フレームによる耐震補強を適用した（Photos 5 and 6）。実験の結果、補強を行った構面の応答が小さくなり、全体的にバランスが整えられ、これにより建物のね

じれ挙動が抑制され、建物全体の揺れも小さくなるなど、耐震補強の効果がみられた（Fig. 9参照）。

伝統構法木造住宅が持つ大きな変形性能を活用し、限界耐力計算に基づく耐震補強法、耐震設計法を用いることで、既存京町家の耐震補強ができ、また新しく京町家を建築することができることを示した。しかし、柱脚部の滑り、床や屋根などの水平構面の変形については、伝統構法木造住宅の耐震性能を適切に評価する上で、重要な課題である。

4.4 伝統構法木造建物の振動台実験による構造力学的解明

伝統構法木造建築物は、構造力学的に未解明な部分はまだ多く残されている。その代表的な課題として柱脚仕様の問題がある。木造建築物では、柱脚を土台に緊結する仕様が、現在、一般的であるが、伝統構法木造建物では柱脚部を土台に固定することなく、足固めを設けて柱脚を礎石等に載せただけの石場建て構法が多く採用されてきている。石場建て構法では、地震時に柱脚の浮き上がりや滑りが発生する可能性があるが、それらが地震時の建物の揺れや安全性に及ぼす影響は良く分かっていない。また重要な課題として水平構面の問題がある。木造建物では床構面を剛床と仮定することが多く、床構面の剛床仮定を満足するために床倍率の大きな床仕様が一般的になってきているが、伝統軸組構法木造建築物では柔な床仕様が多く用いられてきた。床構面と同様に屋根の架け方など屋根構面の仕様についても、地震時の建物揺れや安全性に及ぼす影響は未解明である。

このような状況から、伝統軸組構法木造建築物を構造力学的に明らかにするために、伝統軸組構法木造建物の実大試験体を製作し、(独)防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センターの実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)を用いた震動台実験を行った。

(1) 振動台実験の目的

中小の振動台では規模的に難しく、これまで実験的に解明することができていなかった柱脚部、床構面や屋根構面など伝統構法の仕様に注目して、以下の目的のもとに実験を行った。

- 1) 柱脚を土台に長ぼぞ込み栓留めする仕様(土台仕様)と足固めを設けて柱脚部を固定しない仕様(足固め仕様)の2種類の試験体を用いて、柱脚部仕様が地震時挙動に与える影響を明らかにする。特に、足固め仕様の場合には、柱脚の滑りや浮き上がりなどが地震時挙動に与える影響に注目する。
- 2) 床構面の仕様を剛、半剛、柔な仕様にするとともに、壁配置を換えることによって偏心の大きさをパ

ラメータとした試験体を用いて、地震時挙動を明らかにする。

3) 屋根構面の仕様、ここでは一般的な切妻屋根を対象にするが、切妻屋根を短辺方向にかけると長辺方向にかけるとの2種類の瓦葺き屋根の有る試験体を対象に加振実験を行い、屋根のかけ方の違いが建物の挙動に与える影響を明らかにする。

(2) 試験体の概要

上記の実験目的のため、床(水平構面)仕様と柱脚仕様の違いによる影響を主として調べる試験体(以下、標準試験体)6体(Photo 7) と、屋根仕様の違いをみる屋根付の試験体(切妻屋根試験体)2体(Photo 8) を製作した。いずれの試験体も、柱一横架材接合部については、既往の実験で優れた変形性能が認められた雇いほぞを採用した。試験体に使用する主要な木材には、徳島県産の杉材の自然乾燥材を用いた。

(3) 実験の概要

a) 実施体制

京都大学防災研究所と(独)防災科学技術研究所との共同実験である他に、多くの大学等研究機関や伝統構法木造建物に関連する機関、組合等団体、工務店、設計事務所などとの協力のもとに実施した。

b) 加振方法

入力地震動は、主に日本建築センター模擬波(BCJ-L2)を用いた。日本建築センターが公開している波形(最大加速度 356Gal, 継続時間 120 秒)のうち 0~60 秒までの波形について、最大加速度を調節して用いた。試験体短手方向を主要な加振方向とした。大地震による損傷を把握するために、最終段階で 1995 年兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された地震波(JMA 神戸波)を 3 方向入力した。

(4) 実験結果のまとめ

床や屋根などの水平構面の影響を明らかにすることは、これまでの中規模振動台実験や構造要素実験では困難であったが、今回の実大震動台実験によって、水平構面の剛性が建物の応答に大きな影響をもたらすことが明らかになり、床や屋根などの水平構面の剛性を考慮した耐震性能評価に基づいた耐震設計・耐震補強法の開発の必要性が指摘できた(鈴木, 2007)。

また、土台を設けない足固め仕様試験体では、JMA 神戸波など大きな地震では柱脚が滑り、滑りによって試験体に入力される地震力が低減され、足固め仕様試験体の応答変形角が抑制されている(Fig. 11 を参照)。このように、柱脚の滑りが生じることによる入力の低減効果は確認できたが、この柱脚の滑りの効果を耐震設計や耐震補強設計に取り込むには、柱

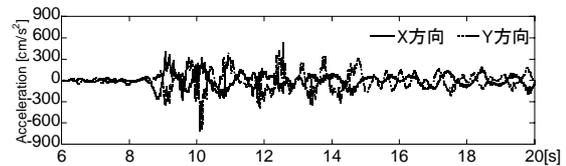


Photo 7 Specimens

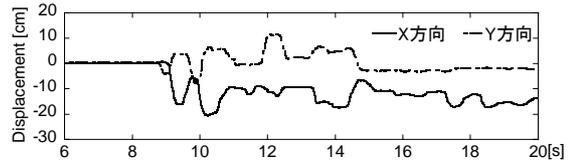
(L: Column bottoms are fastened on foundation, R: Column bottoms are free on foundation)



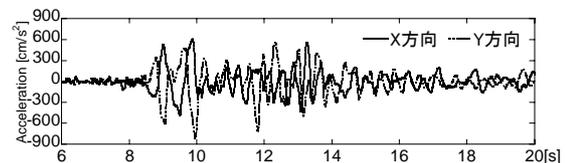
Photo 8 Specimens with tiled roof



a) Acceleration response on girder level



b) Slippage of column bottom



c) Acceleration of table

Fig. 11 Time histories of acceleration responses at specimen and column bottom under JMA Kobe wave

脚の滑りが生じる条件とともに滑り量の制御法を明らかにする必要がある。また、柱脚を含めた建物各部の安全性を確保する方策を検討する必要がある。

4.5 伝統構法木造建築物（社寺建築物）

社寺建築のような伝統木造建築物は、典型的な伝統軸組構法である。一般に、このような伝統木造建築物は、大断面の柱が礎石の上に載り、桁梁や貫等の横架材などで構成される軸組構造で、瓦屋根の重い荷重を支えており、地震時には大径柱の傾斜復元力特性、柱一貫仕口部のめり込みなどによって抵抗する特有の機構を有していることが分かっている（坂，1941a；坂，1941b）。しかし、このような伝統構法木造建築物は、木組みによる仕口の複雑さ、木材の不均質性・不確定性のゆえに、構造力学的な解析は充分にはなされず、構造力学的な解明は困難とされてきた。

このような背景から、一連の伝統木造軸組の実大振動実験や静的載荷実験を実施してきた。以下に、これらの実験から明らかにされた社寺建築等の伝統構法木造建物の構造力学的なメカニズムについて述べる。

4.5.1 実験の概要

伝統軸組の構造的な特徴を盛り込んだ伝統木造軸組の実大試験体を製作し、振動台（京都大学防災研究所・強震応答実験装置）を用いた振動実験を1999年から2001年まで3年間にわたって実施し、構造物全体および各部の振動性状を把握するとともに、構造的な特性について検証を行った。この一連の実大振動台実験に引き続き、現存する寺院の軸組をモデルとした振動台実験と静的水平載荷実験を2003年から2005年にわたって実施し、柱傾斜復元力特性に対する鉛直荷重の効果や軸組架構のスケールの違いが横架材の曲げ抵抗に及ぼす影響を把握した。

(1) 試験体の概要

1999年から2001年までに行った実験で使用した試験体は、柱頭に組物を有し、桁行3.75m、梁間2.25m、高さ5.0mの1スパン×1スパンである。材質は、柱はヒノキ（308mmφ）、組物はアサメラ、その他はマツとした。振動台上に固定された礎石の上に、柱を金物やダボで固定することなく設置した。屋根重量に相当するようにPC版製の重り、計120kNを桁梁上に緊結した。（Photo 9に振動台上に設置された試験体を示す。）

2003年から2005年の実験では、Fig. 12に示すような軸組のスケールの異なる試験体を3種類用意した。実在する寺院の軸組の約0.18倍の縮小スケールモデルを試験体A（1.0倍試験体、スパン1.75m×1.0m、高さ2.1m、柱308mmφ）とし、試験体Aの各部材断面をそれぞれ1.5倍、2.0倍した試験体を試験体B（1.5倍試験体）、試験体C（2.0倍試験体）とした。柱頭部には、前述の試験体と異なり、組物はなく、枕盤



Photo 9 Specimen with bracket complex



Photo 10 Specimen C without bracket complex

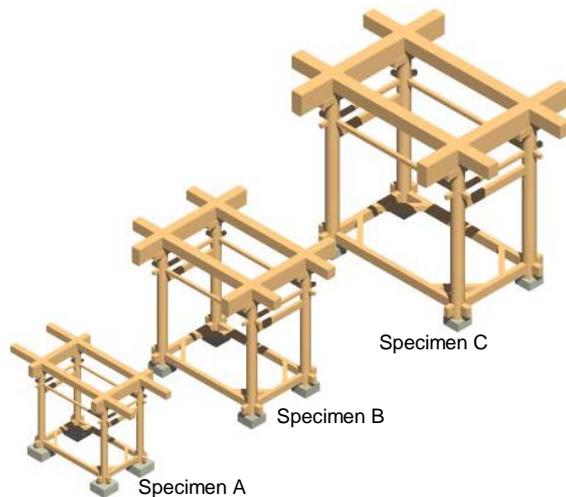


Fig. 12 Specimens of traditional wooden frames on three scales

を設けて桁梁を受けている。横架材は、足固め、虹梁、通肘木で構成した (Photo 10)。

使用した木材は、柱・土居盤にはヒノキを、足固め・虹梁・通肘木等の横架材にはベイヒバを、牛引梁・土居桁にはベイマツを使用した。試験体の上部に設置した重りは、試験体 A で 3ton, 試験体 B で 7.23ton, 試験体 C で 11.2ton とした。また、鉛直荷重の増加が架構の復元力に及ぼす影響を把握するために重りを増減した。

(2) 実験の実施概要

実地震動加振実験では、El Centro 1940, Taft 1952, 八戸 1968 および 1995 年兵庫県南部地震による神戸海洋気象台などの観測記録波形や人工地震波の建築センター波 (BCJ-L2) を用いた。加振実験では、これらの波形の最大加速度を $50\text{cm/s}^2 \sim 1000\text{cm/s}^2$ に基準化した形で入力し、最大振幅を変化させ繰り返して加振を行い、各加振ステップにおける振動状況や破壊状況を調べた。

4.5.2 伝統構法木造軸組の構造力学的特徴

上記の一連の実験から得られた伝統構法木造軸組の主な構造力学的特徴について述べる (鈴木他, 2003; 前野・鈴木, 2006; Suzuki and Maeno, 2006; 前野・西塔・鈴木, 2007)。

(1) 復元力特性

伝統木造軸組の復元力特性は、横架材の曲げ抵抗と柱傾斜復元力からなっており、Fig. 13 のように複雑な復元力特性となる。Fig. 14 に示すように、変形の小さい領域では柱傾斜復元力が優勢で、変形が大きくなると横架材の曲げ抵抗が大きく寄与する。

横架材の曲げ抵抗では、同じ仕口形状であればモーメント-回転角関係はスケールにかかわらず断面係数 (Z) で概ね基準化することができるが、仕口のめり込みや摩擦を考慮した解析によって明らかにする必要がある。

(2) 柱傾斜復元力特性

柱傾斜復元力は、Fig. 15 に示すように柱が傾斜すると鉛直荷重によって生じる復元力である。柱傾斜復元力の最大値は、鉛直荷重の増加によって増加する。増加の割合は、一般に鉛直荷重の増加に比例的すると考えられていたが、柱頭、柱脚のめり込みなどから、必ずしも比例的ではなく、Fig. 16 に示すように鉛直荷重が大きくなると、増加の割合は低減することが分かった。

(3) 組物と柱のロッキング振動

組物は、屋根荷重など上部の荷重を桁梁を介して柱に伝達する機能を果たすが、地震時には、Fig. 17 に示すように柱のロッキングに対して組物全体の回転は逆位相となっている。これは、Fig. 18 のよう

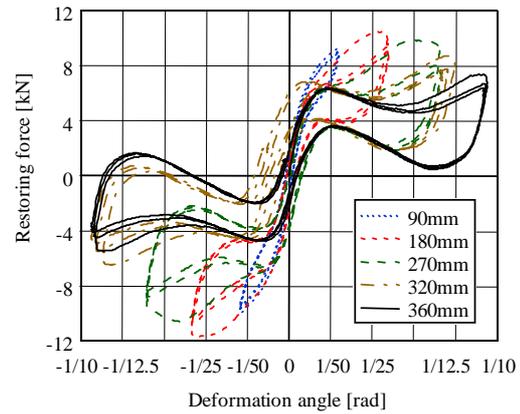


Fig. 13. Total restoring forces of the specimen C for several displacement amplitudes on static loading tests

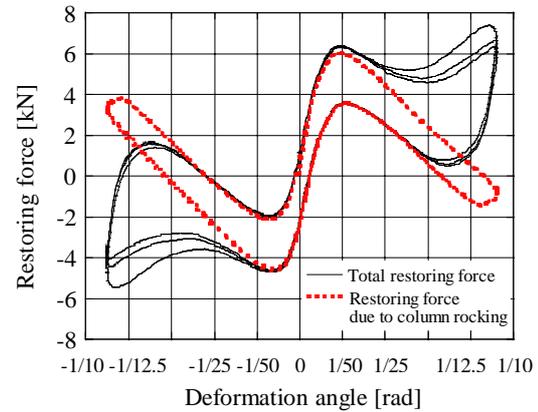


Fig. 14. Total restoring force and restoring force due to column rocking

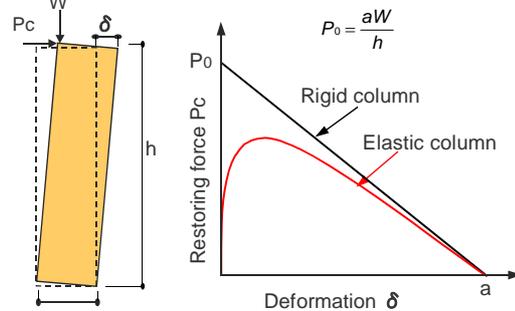


Fig. 15 Restoring force due to column rocking

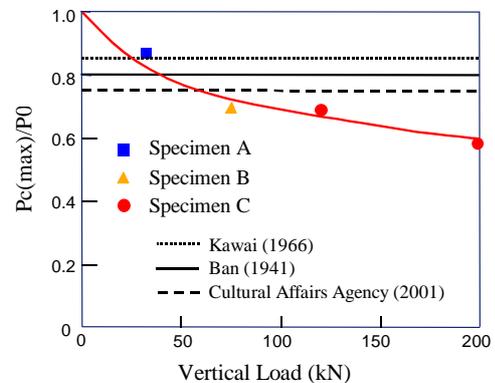


Fig. 16 Variation of maximum restoring force due to column rocking for vertical load

に柱が傾斜すると組物は柱軸線に対して逆方向に傾斜して、柱の傾斜復元力を助けるように作用していることが分かった。

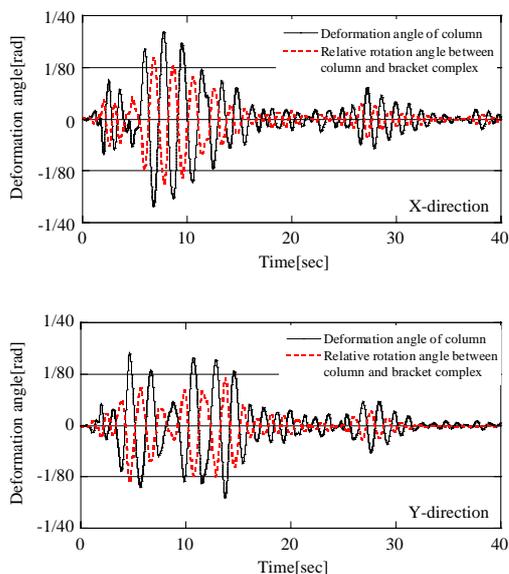


Fig. 17 Rocking responses of column and bracket complex under El Centro NS 200cm/s², EW 120cm/s²

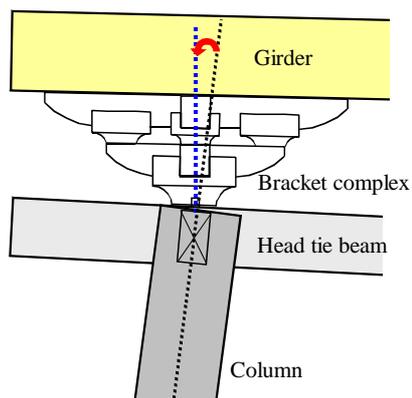


Fig. 18 Rocking of column and bracket complex

4.6 伝統構法木造建築物の課題と今後の展望

伝統構法木造建築物は、複雑な木組みを有していること、地域特有の気候・風土等に応じた様々な構法が存在していること、などから構造力学的に未解明な部分が多く残されているため、本研究では、伝統構法木造建物の地域特性および木造特有の構造特性を調べ、伝統構法木造建物の実大および要素試験体を製作し、振動実験および静的載荷実験を実施し、それらの結果に基づいて、地震時挙動の把握と耐震性能の評価を行い、耐震設計法および耐震補強法の開発を進めてきた。

木造建築物の耐震性能評価法や構造設計法につい

ては、現在普及している方法は構造耐力を壁要素に依存し、壁倍率に基づいた壁量により耐震性を確保しようとするものである。このため、筋かい等の斜材や合板等の面材に加えて金具等による補強などがほとんどなされていない伝統構法の木造建築物などは、耐力重視型の壁量計算に基づく構造設計法や耐震性能評価法は適さず、耐力のみならず変形性能を評価し得る限界耐力計算による耐震性能評価法や耐震設計法が適していることが指摘される。

E-ディフェンス振動台実験などの実験的研究と併せて、伝統構法木造建物のモデル化や解析手法の開発など理論解析的研究によって、伝統構法木造建物の構造力学的な課題のいくつかについては解明することができたが、伝統構法木造軸組においては、複雑な仕口等接合部や個々の耐震要素から建物全体の復元力特性の構築など未解明な点が多い。特に、時刻歴地震応答解析及び限界耐力計算によって耐震性能を評価するには、実験的に解明されていない伝統構法の構造要素がまだ多くあり、構造要素の力学特性のモデル化や復元力特性の評価が大きな問題となる。従って、構造要素の実験データのさらなる集積が望まれ、また一方では、構造要素の理論解析モデルによる手法を開発することも必要である。今後、さらに残された課題に対して構造力学的な解明や耐震性能評価法の構築を進めるとともに、耐震性能の向上に関する研究を引き続き行う必要がある。

5. おわりに

防災研究所で取り組んできた研究のなかで、建築構造物の耐震安全性を評価する耐震信頼性解析法、先端技術を用いた制震構造システムの開発、また木造建物、特に伝統構法木造建物の耐震設計法や耐震補強法の開発や歴史的・文化財的建築物の耐震補強と保存修復の技術開発に関する研究について述べた。

前半の信頼性理論や制御理論では、確率微分方程式を駆使して問題の定式化や解法の誘導など、数式が相手の世界であった。しかし、阪神・淡路大震災では、死者が6千人を超える大災害となり、死傷者の多くが木造住宅の倒壊等によるものであった。建築と防災の研究分野に携わるものとして大きな衝撃を受けた。制震構造システムは、高層、超高層建築物や都市重要施設には不可欠な技術であり、また耐震信頼性解析法の研究は、合理的な耐震信頼性設計法として将来的に実用化に繋がるものと期待されるが、阪神・淡路大震災では人命を守ることはできなかった。

このような反省や後悔から、阪神・淡路大震災以後は木造建築物の研究に、若い研究者にも勧めて、

取り組んできた。木造建築物の耐震設計法や耐震補強法の開発、実用化に関する研究では、調査や実験をベースに多くの方々の協力のもとに行われたもので、人との繋がりの世界でした。伝統構法木造建築物の構造メカニズムの科学的な解明に向けた取り組みでは、「伝統」は古くさいイメージがあるが、決してそうではなく、大工棟梁の永年の技や知恵も科学的な光のもとでは先端技術になり得ること、また最近、200年住宅の実現が謳われているが、我が国の木造住宅の長寿命化、良質化を図るための技術として「伝統技術」が最先端の技術であることを確信している。今後も、この「伝統技術」を生かした取り組みを進めて、社会的な要請が高まっている文化的・歴史的建造物の保存再生のみならず、新たな文化遺産（100年後には文化遺産になり得る建造物）の創生を目指していきたいと考えている。

最後に、研究活動を通して、ご協力をいただいた多くの方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 鈴木祥之(1998a): 履歴構造物系の耐震信頼度解析, 応用力学シリーズ6「構造物系の非線形・不確定モデリング」, 日本建築学会, pp. 197-214.
- 鈴木祥之(1998b): 不確定履歴構造物系の耐震信頼度解析, 応用力学シリーズ6「構造物系の非線形・不確定モデリング」, 日本建築学会, pp. 215-228.
- 鈴木祥之の編著(2007): 「伝統構法木造建物の耐震性を検証する」, 伝統構法木造建物震動台実験研究会, 京都大学防災研究所.
- 鈴木祥之, 山本雅史, 玉木利裕, 加賀谷博昭, 裴起煥, 荒木時彦(1997): 実大構造物のアクティブ・マス・ダンパーによる制震実験, その1. 同定と地震波加振, 京都大学防災研究所年報, 1997年4月.
- 鈴木祥之, 前野将輝, 西塔純人, 北原昭男, 後藤正美, 須田達, 大下達哉(2003): 伝統木造軸組の実大振動実験・静的水平力載荷実験, 日本建築学会構造系論文集, No.574, pp135-142.
- 鈴木祥之, 山本雅史(1998): 実大構造物の地震応答加振システムに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第514号, pp. 105-110.
- 須田達, 鈴木祥之, 奥田辰雄, 小笠原昌敏(2007): 京町家の耐震性能評価と耐震補強設計法, 日本建築学会構造系論文集, No.616, pp. 149-155.
- 中治弘行, 鈴木祥之, 後藤正美, 岩本いづみ, 山田耕司(2007): 東三河伝統構法民家の耐震性能評価のための静的繰り返し加力実験, 日本建築学会構造系論文集, 第612号, pp. 133-140.
- 坂静雄(1941a): 社寺骨組の力学的研究(第1部 柱の安定復元力), 日本建築学会論文集第21号, pp252-258.
- 坂静雄(1941b): 社寺骨組の力学的研究(第2部 貫の耐力), 日本建築学会論文集第21号, pp259-268.
- 前野将輝, 鈴木祥之(2006): 伝統木造軸組の実大実験による柱-横架材接合部の曲げモーメント抵抗に関する研究, 日本建築学会構造系論文集 第601, pp.113-120.
- 前野将輝, 西塔純人, 鈴木祥之(2007): 伝統木造軸組の実大実験による柱に加わる力の釣合関係と柱傾斜復元力特性の評価, 日本建築学会構造系論文集, No.615, pp.153-160.
- 木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会(委員長: 鈴木祥之)(2004): 伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル-限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法-, 学芸出版社.
- Kawai, Naohito(1996): Column Rocking Resistance in Japanese Traditional Buildings, Proceeding of the International Wood Engineering Conference Volume1, pp183-190, 1996.10
- Kobori, T., Minai, R. and Suzuki, Y. (1976): Stochastic Seismic Response of Hysteretic Structures, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Vol. 26, Part 1, No. 236, pp. 57-70.
- Kobori, T., Minai, R. and Suzuki, Y. (1977): The Plastic Response of Hysteretic Systems to Stochastic Excitations, Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 27, pp. 315-333.
- Kree, Psaul(1982): Diffusion Equation for Multivalued Stochastic Differential Equations, Journal of Functional Analysis, Vol. 49, pp.73-90.
- Suzuki, Y. (1995): Stochastic Control of Hysteretic Structural Systems, Sadhana, Vol. 20, Parts 2&3, pp. 475-488.
- Suzuki, Y. and Maeno, M. (2006): Structural mechanism of traditional wooden frames by dynamic and static tests, Structural Control and Health Monitoring, Vol. 13, Issue 1, January/February 2006, pp. 508-522.
- Suzuki, Y. and Minai, R.(1980): Stochastic Prediction of Maximum Earthquake Response of Hysteretic Structures, Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Vol. 6, pp. 697-704.
- Suzuki, Y. and Minai, R.(1988): Application of stochastic differential equation to seismic reliability analysis of hysteretic structures, Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 3, No. 1, pp. 43-52.
- Suzuki, Y. and Minai, R. (1988): Seismic damage and reliability analysis of hysteretic multi-degree-of-freedom structures, Proc. of the Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. VIII, pp. 773-778.
- Suzuki, Y. and Minai, R. (1989): Seismic reliability analysis of hysteretic structural systems, Computational Mechanics of Probabilistic and Reliability Analysis, pp. 509-541, Elmepress International, Lausanne.
- Suzuki, Y. and Yamagishi, Y. (1995): Seismic reliability analysis of hysteretic structural systems with uncertain parameters, Computational Stochastic Mechanics, pp. 259-266, Balkema.
- Wen, Y. K. (1976): Method for Random Vibration of Hystretic Systems, Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol.102, No.EM2, pp.249-263.

**With the Aim for Establishing Advanced and Traditional Technologies
in Architecture and Disaster Prevention**

Yoshiyuki SUZUKI

Synopsis

The present paper describes my research works in association with earthquake disaster prevention of buildings. First, analytical methods of seismic reliability evaluating the seismic safety of buildings and the development of structural control systems and structural health monitoring are presented. My research works after Great Hanshin-Awaji Earthquake are also described, particularly on seismic design methods and seismic reinforcement methods of traditional wooden buildings and the development of seismic reinforcement and restoration techniques for historical and cultural buildings. In the former topics, advanced technologies of reliability and control theories using stochastic differential equations are developed. In the latter topics, traditional technologies included in wooden buildings are clarified scientifically.

Keywords: stochastic differential equation, seismic reliability, wooden building, traditional technology



伊 藤 潔 博 士

伊藤 潔 教授 略 歴

(学歴・職歴)

昭和	20年	1月	22日	朝鮮に生まれる
	38年	3月		熊本県立人吉高等学校卒業
	38年	4月		名古屋大学理学部入学
	42年	3月		名古屋大学理学部物理学科卒業
	42年	4月		名古屋大学大学院理学研究科地球科学専攻修士課程入学
	47年	6月		名古屋大学大学院理学研究科地球科学専攻博士課程中途退学
	47年	7月		名古屋大学理学部文部技官（教育職）
	49年	3月		京都大学理学部附属阿武山地震観測所助手
	54年	7月		京都大学理学部附属地震予知観測地域センター助手
平成	2年	6月		京都大学防災研究所附属地震予知研究センター助手
	3年	11月		京都大学防災研究所附属地震予知研究センター助教授（上宝観測所）
	15年	5月		京都大学防災研究所教授（地震予知研究センター）
	17年	4月		京都大学防災研究所地震予知研究センター長（2年間）

(学会・委員等歴)

昭和	54年	7月		第21次南極地域観測隊員（昭和56年03月31日まで）
平成	3年	5月		日本地震学会評議員
	8年	5月		地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会西日本活断層分科会（平成17年4月22日まで）
	10年	4月		核燃料サイクル開発機構客員研究員（平成18年03月31日まで）
	11年	9月		国立極地研究所専門委員会委員（平成15年9月29日まで）
	12年	8月		（財）地震予知総合研究振興会研究委員
	14年	1月		財団法人砂防・地すべり技術センター焼岳火山噴火警戒避難対策専門委員会委員（平成14年03月31日まで）
	16年	10月		東京大学地震研究所大都市圏地殻構造調査研究運営委員会委員（平成19年3月31日まで）
	17年	4月		国土交通省国土地理院地震予知連絡会委員（平成19年3月31日まで）
	17年	8月		（財）地震予知総合研究振興会深地層研究施設整備促進補助事業中間評価委員（平成18年03月31日まで）
	18年	6月		東京大学地震研究所地震・火山噴火予知研究協議会委員（平成20年3月31日まで）
	19年	4月		独立行政法人日本原子力研究開発機構客員研究員（平成19年03月32日まで）

伊藤 潔 研究業績

論文

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1968	大爆破の資料による近畿地方の地殻構造についての一考察	大爆破グループ会報 26巻 pp.21-28	多田 堯・渡辺史郎・山内常生・原 徹夫・大井田 徹・山田功夫・佐々木嘉三
1970	爆破観測用携帯型データレコーダーの試作	大爆破グループ会報 28巻 pp.50-59	多田 堯・青木治三
1970	岐阜県中部地震—1969年9月9日—の余震観測	東京大学地震研究所彙報, 第48巻, pp.1181-1194	青木治三・多田 堯・藤井 巖・山内常生・伊神 輝
1971	1969年9月9日岐阜県中部地震の余震活動,	地震2, 第24巻, pp.117-128	青木治三・多田 堯・藤井 巖・山内常生・伊神 輝
1971	中部地方の微小地震活動 (I), 根尾谷断層周辺の微小地震活動	地震2, 第24巻, pp.240-247.	大井田 徹・山田功夫・多田 堯・杉山公造・佐々木嘉三
1972	1971年1月5日渥美半島沖地震とその前震および余震	地震2, 第25巻, pp.178-186	大井田 徹
1972	焼岳における火山性地震の観測 (第一報)	火山噴火予知研究班報告, pp.53-58	飯田汲事・青木治三・大井田 徹・多田堯・原 徹夫
1974	伊豆半島沖地震に伴なう天城山付近の地震活動	地震予知連絡会報, 第12巻, pp.63-66	梅田康弘・黒磯章夫・伊藤 潔・渡辺 晃
1974	1973年7月から10月の関東～東海地方の微小地震活動	地震予知連絡会報, 第12巻, pp.108-113	笠原順三・津村建四郎・伊神 輝・山田功夫
1974	西南日本からの地震波の犬山における特徴	地震2, 第27巻, 225-238	伊神 輝
1974	近畿東部および中部地方における浅発地震の発震機構	地震2, 第27巻, 246-261	大井田 徹
1975	京都周辺地域における最近の地震活動, 琵琶湖西岸地域の地震活動	地震予知連絡会報, 第14巻, pp.86-89	平野 勇
1975	1975年1月阿蘇カルデラ北東部地震臨時観測結果	1975年1月阿蘇群発地震の活動と被害に関する調査報告, pp.25-32	見野和夫・竹内文朗・岸本兆方・梅田康弘・渡辺 晃
1976	琵琶湖周辺の地震活動について	防災研究所年報, 19号B-1, pp.13-20	三木晴男・黒磯章夫・梅田康弘・見野和夫・竹内文朗・井元政二郎・渡辺邦彦・平野憲雄
1977	Regionality of the Upper Mantle around Notheastern Japan as derived from explosion seismic observations and its seismological implications	Tectonophysics. Vol.37, pp.117-130	H.Okada, S.Suzuki, T.Moriya, T.Hasagawa, K.Yamamoto, S.Asano, T.Yoshii, A.Ikami, K.Hamada
1977	琵琶湖周辺における極浅発地震の発震機構	地震2, 第30巻, pp.43-54	渡辺邦彦
1977	中部地方の深発地震の巣とその発震機構	地震2, 第30巻, pp.201-212	安中 正
1977	琵琶湖周辺の地震活動について (II)	防災研究所年報, 20号B-1, pp.21-28	琵琶湖周辺地震活動研究グループ
1978	琵琶湖周辺の地殻活動・地震観測および地震活動	2つの特定地域における地震活動の研究, pp.65-76	三木晴男・見野和夫・黒磯章夫・梅田康弘・渡辺邦彦・竹内文朗・平野憲雄・竹内文朗・井元政二郎
1978	花折断層ぞいの地震活動	2つの特定地域における地震活動の研究, pp.76-79	梅田康弘・平野 勇
1978	近畿地方北部の地殻構造	2つの特定地域における地震活動の研究, pp.79-87	村上寛史

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1978	近畿地方の地震の発震機構	2つの特定地域における地震活動の研究, pp.94-100	渡辺邦彦・見野和夫
1979	小地震の前震余震分布	地震 2, 第32巻, pp.317-327	黒磯章夫
1979	Crust and upper mantle structure beneath northeastern Honshu, Japan as derived from explosion seismic observations	J. Phys. Earth, Vol.27, Suppl., pp.s1-s13	S. Asano,, H.Okada, T.Yoshii, K. Yamamoto, T.Hasegawa,S.Suzuki, A.Ikami, K.Hamada
1979	Regionality of the upper mantle around northeastern Japan as revealed by big explosions at sea, I .SEIHA-1 explosion experiment	J. Phys. Earth, Vol.27, Suppl., pp.s15-s32	H. Okada, S.Asano, T.Yoshii, A.Ikami, S.Suzuki, T.Hasegawa, K.Yamoto, K.Hamada
1979	Seismicity around Lake Biwa in Relation to the Crustal Movement and Active Faults	PaleoLimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, Vol.7, pp.135-152	Y.Umeda, I.Hirano
1979	The Crustal Structure in the Northern Part of Kinki District	PaleoLimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, Vol.7, pp.153-172	H.Murakami
1979	Mechanisms of Earthquake Generation in the Kinki District	PaleoLimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, Vol.7, pp.173-183	K.Watanabe, K.Mino
1981	Crustal Structure of South-western Honshu, Japan and the nature of the Mohorovicic Discontinuity	Geophys. J. R. astr. Soc., Vol.66, pp.157-168	M. Hashizume, T.Yoshii
1981	Regionality of the upper mantle around northeastern Japan as revealed by big explosions at sea, II .SEIHA-2 and SEIHA-3 explosion experiments	J. Phys. Earth, Vol.29, pp.201-220.	T.Yoshii, H.Okada, S.Asano, T.Hasegawa, A.Ikami, T.Moriya, S.Suzuki, K.Hamada
1981	人工地震	日本南極地域観測隊第21次隊報告, pp.95-111.	伊神 輝・白石和行・片岡信一・渋谷和雄
1981	南極における大規模人工地震探査	極地,第34巻, pp.12-18	
1982	爆破地震動から求めた久重火山群の深部構造, Time-Term法による	火山, 第27巻, pp.81-95	久保寺 章・村上寛史・三浪俊夫
1982	Utilization of an NNSS Receiver in the explosion seismic experiments on the Prince Olav coast, east Antarctica, 2. Positioning	Antarctic Record, Vol.76, pp.73-88	K.Shibuya, K. Kaminuma
1982	爆破地震動観測による琵琶湖底の地下構造	地震 2, 第35巻, pp.353-366	村上寛史・堀江正治・佐々木嘉三・浅野周三・武内俊昭・原 徹夫
1982	1975年3月坂出沖爆破地震動観測による四国の地殻構造	地震 2, 第35巻, pp.367-375	伊神 輝・佐々木嘉三・浅野周三
1982	家島・鳥形山爆破地震動観測による四国地域の地殻構造	地震 2, 第35巻, pp.377-391	吉井敏尅・浅野周三・佐々木嘉三・伊神 輝
1983	南極における人工地震観測の概要 (続)	南極資料, 第79巻, pp.107-133	伊神 輝・渋谷和雄・神沼克伊・片岡信一
1983	Ground tilt observation at Syowa Station, Antsrctica, Part 1. Borehole tiltmeter	Mem. Natl Inst. Polar Res. Spec. Issue Vo.28, pp.27-32	K.Kaminuma, T.Nagao
1983	On the flow velocity of the ice sheet along the traverse route from Syowa to Mizuho Stations, east Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res.,Spec. Issue No.28, pp.260-276	K.Shibuya

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1983	Crustal structure of the Mizuho Plateau, Antarctica revealed by explosion seismic experiments	Antarctic Earth Science, ed. by R.L.Oliver et al. Canberra, Australian Academy of Science, pp.509-513	A.Ikami, K.Shibuya K.Kaminuma
1984	Upper Crustal Structure beneath the Ongul Islands, east Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res., Ser.C (Earth Sci.) No.15, pp.3-12.	A.Ikami, K.Shibuya K.Kaminuma
1984	Upper Crustal Structure of the Prince Olav Coast, east Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res., Ser.C (Earth Sci.) No.15, pp.13-18	A.Ikami
1984	Deep crustal structure along the profile between Syowa and Mizuho Stations, east Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res., Ser.C (Earth Sci.) No.15, pp.19-28	A.Ikami, K.Shibuya K.Kaminuma
1984	Amplitudes of seismic waves on ice sheet in east Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res., Ser.C (Earth Sci.) No.15, pp.36-42.	A.Ikami
1984	Nature of noises on ice sheet in east Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res., Ser.C (Earth Sci.) No.15, pp.43-49.	A.Ikami
1984	Velocities of P and S waves for drilling core rocks at Syowa Station, Antarctica	Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue Vo..33, pp.17-27	H. Yukutake
1984	地震波のスペクトルスケールリング	地震2, 第37巻, pp.559-567	梅田康弘・飯尾能久・黒磯章夫・村上寛史
1984	航空磁気測量による昭和基地とみずほ基地間の磁気異常	南極資料, 第83巻, pp.51-61	渋谷和雄・神沼克伊・伊神輝
1984	地震予知へのアプローチ	SUT BULLETIN, 東京理科大学出版会, pp.20-25.	
1985	Geophysical studies of crustal structure of the Ongul Islands and the northern Mizuho Plateau, east Antarctica	Tectonophysics, Vol.114, pp.371-387	A.Ikami, K.Shibuya, K.Kaminuma
1985	1984年長野県西部地震で加速度が1gを越えた領域の調査	1984年長野県西部地震の地震および災害の総合調査.P.89-96	飯尾能久・黒磯章夫・梅田康弘
1985	1984年長野県西部地震の地変および大加速度域の調査	防災研究所年報, No. 28 B-1, pp. 171-184	黒磯章夫・飯尾能久・梅田康弘・村松郁栄
1986	近畿地方における地震活動の変化, 地震予知	きんき・けいはんしん No.9, pp.11-18.	前田直樹
1986	1984年長野県西部地震による震央付近の大加速度	地震2, 第39巻, pp.217-228	梅田康弘・黒磯章夫・飯尾能久・佐伯龍男
1986	広帯域地震観測記録による1983年日本海中部地震の特性	地震2, 第39巻, pp.301-311	梅田康弘・黒磯章夫・村上寛史・飯尾能久
1986	1983年日本海中部地震の高周波余震と震源特性	地震2, 第39巻, pp.419-430	黒磯章夫・梅田康弘・飯尾能久・村上寛史
1986	Crustal structure in the Mizuho Plateau, east Antarctica a by a two dimensional ray approximation	J. Geodynamics, Vol.6, pp.271-283	A.Ikami
1986	Crustal structure of the Mizuho Plateau, east Antarctica from geophysical data	J. Geodynamics, Vol.6, pp.285-296	A.Ikami

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1986	Micro filming of historical seismograms at Abuyama Serismological Observatory	Grant-in-aid for scientific research, the Ministry of Education, Science and Culture, Japan, pp.1-213	H.Miki,, H.Watanabe, A.Kuroiso, Y.Umeda, Y.Iio
1987	High accelerations produced by the Western Nagano Prefecture, Japan earthquake of 1984	Tectonophysics, Vol.141, pp.335-343	Umeda,Y., A.Kuroiso, Y.Iio and I.Mumamatu
1987	Upper-crustal velocity structure between Morro Bay and the San Joaquin Valley, California, as derived from seismic refraction data	USGS Open File Report, 87-73, pp.9-11	
1988	地震の深さの下限分布と地殻の熱構造および大地震発生の関係	きんきけいはんしん, pp. 419-432	
1988	マスター・イベント法による近畿地方北部における微小地震の震源の精密決定と深さ分布	地震2, 第41巻, pp.179-188	黒磯章夫
1988	地殻内の地震・無地震境界と大地震の発生および活断層の生成	断層研究資料センター-大陸地殻のサイスモテクトニクス資料集, pp.29-47	
1988	四国の三波川帯	陸上ボーリング補地資料集II	坂野昇平・新正裕尚・高須晃
1988	WM101によるGPS繰り返し測定の再現性	日本測地学会誌, 第34巻, pp. 1-222	藪田 豊・中川一郎・藤森邦夫・藤原 智・中村佳重郎・平原和朗・田中寅夫・細 善信
1988	人工地震による地殻構造	月刊地球, Vol. 10, pp. 687-693	伊神 輝・浅野周三・纈纈一起・森谷武男・棚田俊収・吉田和正・矢吹哲一郎・平田 直
1988	1986年長野県西部合同地震観測 解析	長野県西部合同地震観測班(技術編), pp. 283-332	
1989	地殻内の地震発生層の深さ分布と内陸大地震	月刊地球, Vol. 11, pp. 97-104	
1989	地震発生層の厚さと火山付近の群発地震・大地震	月刊地球, Vol. 11, pp. 214-218	
1989	GPS試験観測, 半固定GPS観測システムと試験観測	京都大学防災研年報, 第32号, pp. 83-92	平原和朗・田中寅夫・細善信・林 泰一・藪田 豊・田部井隆雄・中村佳重郎・綿田辰吾・藤森邦夫・藤原 智・加藤照之・村田一郎
1989	西南日本における地震発生層とテクトニクス,	GPS研究会 (GPSシンポジウム1989) 収録, pp.1-5.	
1989	有馬-高槻構造線付近の重力測定	地震2, 第42巻, pp.485-495	村上寛史・中村佳重郎
1989	1986年長野県西部合同地震観測のデータについて	東京大学地震観測所彙報, 別冊, 第6号, pp. 1-160	1986年長野県西部合同地震観測班
1990	西南日本における地震活動と地殻構造	月刊地球, Vol. 12, pp. 558-561	
1990	相模湾周辺におけるGPS観測 (概論)	日本測地学会誌, 第36巻, pp. 23-36	村田一郎・他
1990	近畿中北部におけるコーダ波の減衰特性	地震2, 第43巻, pp. 311-320	金尾政紀
1990	Regional variations of cutoff-depth of seismicity in the crust and their relation to heat flow and large inland earthquakes	J.Phys.Earth, Vol.38, pp.223-250	
1990	西南日本のサイスモテクトニクス	地震2, 第43巻, pp.555-569	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1990	ペネトレータの地球科学的応用	惑星科学, Vol. 8, pp.10-14	
1991	Changes of crustal strain and hot spring temperature as related to volcanic eruptions	J. Phys. Earth, Vol.39, pp.231-243	Y.Umeda, T.Asada
1991	地震・噴火に関連した歪みと温泉温度変化	月刊地球, Vol. 13, pp. 119-123	梅田康弘・浅田照行
1991	Gravity anomaly map and inferred basement structure in Osaka Plain, central Kinki, south-west Japan	J. Geosci. Osaka City Univ., Vol.34, (Art.5), pp.103-117	K.Nakagawa, K.Ryoki, N.Muto, S.Nishimura
1991	南極人工地震観測用ペネトレーターの開発(1) 1989年度経過報告	南極資料, 第35巻, pp.92-117	渋谷和雄・神沼克伊・水谷仁・藤村彰夫・塚本茂樹・山田功夫・金澤敏彦・高橋政之・伊賀 章
1991	Attenuation of S waves and coda waves in the inner zone of southwestern Japan	Bull.Disast.Prev.Res.Inst., Kyoto Univ., 41(2), 87-107.	M.Kanao
1991	近畿地方北部における人工地震探査	京大防災研年報, 34号B-1, pp.267-281	松村一男・飯尾能久・梅田康弘・大倉敬宏・小笠原宏・金尾政紀, 渋谷拓郎・竹内文朗・田崎幸司・西上欽也・渡辺邦彦
1991	地震によって飛び散った石の調査	土木学会耐震委員会編, フィリピンルソン島地震被害調査報告	101 梅田康弘・加藤 護・R.A.Arbodela
1991	1991年西表島群発地震	月刊地球, Vol.13, pp.639-643	松村一男・清水公一
1991	近畿地方北部の地震活動と地殻構造	1990年度「地殻流動」報告書, pp.64-67	
1991	人工地震による近畿北部の地殻構造	西南日本における主要活断層の調査, pp. 39-45	西南日本地殻構造研究グループ
1991	近畿地方北部における地震の下限・地震波反射面と地殻の流動	西南日本における主要活断層の調査, pp. 51-54	
1991	西南日本内帯のS波減衰, 西南日本における主要活断層の調査	西南日本における主要活断層の調査, pp. 79-83	金尾政紀
1991	近畿北部のコーダQ, 西南日本における主要活断層の調査	西南日本における主要活断層の調査, pp. 84-87	金尾政紀
1991	Planned explosion seismic experiments in east Queen Maud Land using a penetrator	Proc. NIPR Symp. On Antarctic Geosciences, No. 5, pp.29-38	K.Shibuya, K. Kaminuma, I.Yamada, A.Ikami, H.Mizutani, A.Fujimura, S.Tsukamoto, T. Kanazawa
1991	Antarctic Geoscience Transect QML-1A and QML-1B	Special Map Series, NIPR.	K.Kaminuma, J.Segawa, Y.Fukuda, T.Nagao, K..Shibuya, Y.Nogi, A.Ikami, M.Funaki, K.Shiraishi, Y.Hitoy, K.Moriwaki, Y.Yoshida
1992	Attenuation of coda waves in the source area of the July 16 Luzon earthquake, Philippines,	Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol.42, pp.31-51	M.Kanao
1992	地殻内地震の下限と内陸大地震	シンポジウム・内陸地震－発生の場と物理, pp. 47-52	
1992	1991年西表島群発地震と南琉球個のテクトニクス	京大防災研年報, 35号B-1, pp. 323-332	清水公一・松村一男・安藤雅孝

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1992	四国東部および周辺地域における地震の発震機構	京大防災研年報, 35号 B-1, pp. 333-346	許斐 直・渡辺 晃・近藤和男
1992	近畿地方北部における人工地震探査(続)	京大防災研年報, 35号 B-1, pp.347-358	西南日本地殻構造研究グループ
1992	Hypocenter locations by a dense network,	J. Phys. Earth., Vol.40, pp.313-326	S.Horiuchi et al.
1992	Focal mechanism analyses of aftershocks of the 1984 Western Nagano Prefecture earthquake	J. Phys. Earth., Vol.40, pp.327-341	F.Yamazaki et al.
1992	Three-Dimensional P and S Wave Velocity Structure in the Focal Region of the 1984 Western Nagano Prefecture Earthquake	J. Phys. Earth., Vol.40, pp.343-360	K.Hirahara et al.
1992	A shallow structure as derived from an explosion seismic experiment,	J. Phys. Earth., Vol.40, 361-377.	A.Ikami, S.Asano, K.Kohketsu, T.Moriya, T.Tanada, K.Yoshida, T.Yabuki, N.Hirata,
1993	Cutoff depth of seismicity and large earthquakes near active volcanoes in Japan	Tectonophysics, Vol.217, pp.11-21	
1993	1992年西表島群発地震	京大防災研年報, 36号B-1, pp.253-262	清水公一・大倉敬宏・片尾浩・安藤雅孝
1993	焼岳火山付近の群発地震観測	京大防災研年報, 36号B-1, pp. 291-303	和田博夫・梅田康弘・角野由夫
1993	中部地方北西部における地震の発震機構	京大防災研年報, 36号B-1, pp. 305-323	小泉 誠・和田博夫
1993	人工地震による中部日本北部の地殻構造	京大防災研年報, 36号B-1, pp.325-338	川崎一朗・古本宗充・磯部英雄・和田博夫・西 祐司・永井直昭
1993	公衆回線テレメータを用いた琵琶湖周辺地域での高精度地震観測システムについて	京大防災研年報, 36号B-1, pp.381-390	西上欽也・渡辺邦彦・飯尾能久・竹内文朗・渋谷拓郎・松村一男・片尾 浩・松尾成光・小泉 誠
1993	パソコン2大を用いた多成分トリガー地震収録システムの開発	京大防災研年報, 36号B-1, pp.399-407	平野憲雄・渋谷拓郎・和田博夫・中尾節郎
1994	1993年能登半島沖地震	京大防災研年報, 37号B-1, pp.325-341	和田博夫・渡辺邦彦・堀川晴央・佃 為成・酒井 要
1994	飛騨山地の地震活動, 1993年槍ヶ岳付近の群発地震活動	京大防災研年報, 37号B-1, pp.365-380	和田博夫・小泉 誠
1994	Aftershock distribution of the 1993 M6.6 earthquake off Noto Peninsula and its relation to tectonic features	Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, Vol.69, pp.1-18	T.Tsukuda, H. Wada, K.Sakai
1994	Crustal structure of the Mizuho Plateau, East Antarctica from gravity survey in 1992	Proc. NIPR Symp. Antarctic Geosci., Vol.7, pp.23-36	M.Kanao, K.Kamiyama
1994	地震予知観測の成果(3), 地下構造	地震予知連絡会地域部会報告第6巻, pp. 161-194	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1994	地震予知観測の成果(4), 山崎断層テストフィールド	地震予知連絡会地域部会報告第6巻, pp. 217-231	
1994	地震予知観測の成果(5), 鳥取・島根県境の地震活動	地震予知連絡会地域部会報告第6巻, pp. 233-242	
1994	地震予知観測の成果(6), 西表島群発地震	地震予知連絡会地域部会報告第6巻, pp. 269-289	
1994	100 Cutoff depth of seismicity, reflector in the crust and large inland earthquakes	Proc. 9th Joint Meeting UJNR Panel on Earthquake Prediction Tecnology, pp.107-122. I	
1994	北陸および飛騨における地震の下限と熱構造に関する調査研究,	平成5年度科学研究費補助金報告書, pp. 1-71.	
1995	日光付近における地震発生層と内陸大地震	月刊地球, Vol. 17, pp. 68-72	
1995	西南日本内帯における地殻内地震発生層	京大防災研年報, 38号B-2, pp. 209-219	松村一男・和田博夫・平野憲雄・中尾節郎・渋谷拓郎・西上欽也・片尾 浩・竹内文朗・渡辺邦彦・渡辺晃・根岸弘明
1995	跡津川断層付近の地震活動	京大防災研年報, 38号B-2, pp. 235-250	和田博夫
1995	Detection of reflected waves from the lower crust on Mizuho Plateau, easat Antarctica	Antarctic Record, Vol.39, pp.233-242	M.Kanao
1995	地下構造,	月刊地球, 号外No. . 13, pp. 123-128	根岸弘明
1995	1995年兵庫県南部地震(M7.2)観測結果速報	平成7年兵庫県南部地震とその被害に関する調査研究, 平成6年度科学研究費成果報告書, pp. 11-43.	安藤雅孝・梅田康弘・大志万直人・田中寅夫・平原和朗・歌田久司
1995	活断層に関する調査研究, 微小地震観測	動力炉・核燃料開発事業団委託研究成果報告書, pp. 1-195.	安藤雅孝
1996	1995年兵庫県南部地震直後の臨時余震観測	京大防災研年報, 39号B-1, pp.183-190.	梅田康弘・渡辺邦彦・尾上謙介・馬場久紀・小泉誠・松尾成光・平原和朗・根岸弘明・山崎 朗・中村衛・Glenda Besana・藤原善明・平松良浩・堀川晴央・中村泰之・嶋田庸嗣・平田正哉・大東明子・中野健秀
1996	神岡鉦山・茂住坑における地震観測	京大防災研年報, 39号B-1, pp.241-250.	和田博夫. 安藤雅孝・和田一成
1996	飛騨山脈の熱構造と地震活動	月刊地球, Vol. 18, pp. 123-128.	和田博夫
1996	The b right spot and growth process of the 1995 Hyogoken-nanbu earthquake	J. Phys. earth, Vol.44, p p. 519-527	Y.Umeda, T. Yamashita , H.Horikawa
1996	1996年飛騨地域総合観測	日本地震学会ニュースレター, Vol. 8, pp. 3-4	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1996	活断層と直下型地震	日本の科学者, Vol. 31, pp. 10-14	
1996	焼岳のGPS地殻変動観測(1992-1996)	地球科学, Vol. 51, pp. 242-299	145 角野由夫・小林和典・池田直人・近藤奈津子・河合俊二・藤巻ひろみ・細川盛樹・伊藤彰浩・嶋田庸嗣・和田博夫
1997	Seismic activity in the vicinity of the Lembang and Cimandiri faults in West Jawa	Indonesia, International Symposium on Natural Disaster Prevention and Mitigation, pp.203-208	
1998	地震観測における無線制御システムについて	京大防災研究所年報, 40号B-1, pp.33-38.	大学合同地震観測班
1998	京都大学防災研究所内帯地震観測所統合観震データファイル	西南日本における地震活動の定量的評価の研究, pp. 1-13	SATARNグループ
1998	中国・近畿および中部地方内帯における地震発生層と内陸大地震	西南日本における地震活動の定量的評価の研究, pp. 23-34	中村修一
1998	Gravity survey crossing the Lembang Fault and the Chimandiri Fault	Proc. Symp. Japan-Indonesia IDNDR Project, 1998Indonesia, pp.215-221.	K.Nakamura, H. Wada, T. Asada, T. Tanaka
1998	Comparison of seismic activity in west Jawa and Sothwest Japan	Proc. Symp. Japan-Indonesia IDNDR Project, 1998 Indonesia, 237-242	K.Nakamura, H. Wada, T.Asada, T.Tanaka, B.Setyadji, W. Kuntjuro
1998	西南日本内帯における地震発生層の厚さ変化と内陸大地震	京都大学防災研究所年報, 41号B-1, pp. 27-35	中村修一
1998	東北脊梁山地合同地震観測における衛星通信システムについて	京都大学防災研究所年報, 41号B-1, pp. 61-66	小泉 誠・和田博夫・平野憲雄・梅田康弘・西田良平・西山浩史
1998	合同地震観測と内陸地震発生層の解明	日本地震学会ニュースレター, Vol. 10, pp. 17-21.	
1999	地震発生と地殻上層部, 神戸大学都市安全研究センター, 研究報告, 3, 187-193	神戸大学都市安全研究センター-研究報告, Vol. 3, pp. 187-193	大内 徹・山口 寛
1999	Seismogenic layer, reflective lower crust, surface heat flow and large inland earthquakes	Tectonophysics., Vol.306, pp.423-433	
1999	琵琶湖ボーリング孔の温度検層データから抽出した過去の気候変動	琵琶湖博物館研究調査報告, vol. 12, pp. 147-153.	澤田明宏・長尾年恭・木下正高
1999	琵琶湖付近の地震活動と熱構造	琵琶湖博物館研究調査報告, vol. 12, pp. 163-167.	長尾年恭・田中 豊
1999	微小地震観測網SATARNシステムの現状と概要	京都大学防災研究所年報, 42号B-1, pp. 45-60	大見士朗・渡辺邦彦・平野憲雄・中川 渥・竹内文朗・片尾 浩・竹内晴子・浅田照行・小泉 誠・和田博夫・澁谷拓郎・中尾節郎・松村一男・許斐 直・近藤和男・渡辺 晃
1999	西表島における群発地震活動	京都大学防災研究所年報, 42号B-1, pp. 71-80	馬場久紀・安藤雅孝・飯塚進

発表年	論文名	発表誌名	共著者
1999	1998年飛騨山脈群発地震	京都大学防災研究所年報, 42号B-1, pp. 81-96.	和田博夫・大見士朗・岩岡圭美・池田直人・北田和幸
1999	Precursory phenomena of seismicity in the Vrancea region, Romania	京都大学防災研究所年報, 42号B-1, pp. 113-123	Enescu B.
1999	西南日本における地震発生と関連した地下構造調査	月刊地球, 号外No. 27, pp. 217-221	西田良平・梅田康弘
2000	四国における人工地震による四国・中国地方の地下構造調査	京都大学防災研究所年報, 43号B-1, pp. 85-93	澁谷拓郎・松村一男・渡辺邦彦・根岸弘明・藤澤洋輔・高橋繁義・西田良平・野口竜也・余田隆史・吉川大智・安岡修平
2000	飛騨山脈の群発地震 (その2)	京都大学防災研究所年報, 43号B-1, pp. 115-121	和田博夫・大見士朗
2000	長野・岐阜県境の地震, 一 飛騨山脈から御嶽南東部まで	地震予知連絡会30年のあゆみ, pp. 243-252	山岡耕春
2000	1993年能登半島沖地震	地震予知連絡会30年のあゆみ, pp. 253-265	
2001	屈折法地震探査によって見出された地殻中間層	東京大学地震研究所彙報, Vol. 76, pp. 105-114.	森谷武男・岩崎貴哉・オウス・オゼル, 酒井慎一・武田哲也・大塚 健・吉井敏剋・伊藤明彦・田中明子・大久保泰邦
2001	Observation of microearthquakes in the (Atotsugawa). fault region, central Honshu, Japan: -Seismicity in the creeping section of the fault	Seismic Process Monitoring Netherland pp.229-243	H. Wada
2001	Some precursory phenomena of the 1995 Hyogoken Nanbu earthquake: Seismicity, b-value and fractal dimension	Tectonophysics, Vol.338, pp.297-314.	B. Enescu
2001	2001年芸予地震の概要	自然災害科学, Vol20, pp.102-110	梅田康弘・水野高志
2001	四国東部・中国地域における深部地殻構造探査	東京大学地震研究所彙報, Vol. 76, pp. 187-202.	蔵下英司・他
2001	バンドン盆地およびグントゥール火山周辺 (インドネシア) における重力探査	京都大学防災研究所年報, 44号B-1, 207-216.	中村佳重郎・浅田照行・松尾成光・Y.P.テディ・D.ドゥディ・A.K.ミピ・Z.A.ハサスディン
2001	2000年鳥取県西部地震	京都大学防災研究所年報, 44号A, pp. 47-58	梅田康弘・松村一男・澁谷拓郎・片尾 浩・大見士朗・渡辺邦彦
2001	微小地震波形記録のデジタルデータベースの作成, 京都大学防災研究所年報、Vol44B-1	京都大学防災研究所年報, 44号B-1, pp. 217-224	松村一男・大見士朗・和田博夫・Anshu Jin
2001	跡津川断層系周辺における稠密地震観測	京都大学防災研究所年報, 44号B-1, pp. 229-236	和田博夫・大見士朗
2001	跡津川断層系における人工地震による地殻構造調査	京都大学防災研究所年報, 44号B-1, pp. 237-250	吉井弘治・松村一男・和田博夫・角野由夫・藤澤洋輔
2001	1998年飛騨山脈群発地震後の深部低周波地震活動	地震 2, 第54号, pp. 415-420.	大見士朗・和田博夫
2001	南極大陸での人工地震による地下構造調査	月刊地球, 号外35, pp. 51-56	

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2001	岡山県総社市における斜面崩壊に伴う地震動	日本地震学会ニュースレター, p.13	水野高志・諏訪 浩
2001	Heterogeneous structure and b and p values relating to the rupture of the 2000 Tottori-ken Seibu earthquake	Proc. Int. Symp. Slip and Flow Processes in and below the seismogenic region, pp.491-496	B. Enescu
2001	Crustal structure in and around the region of the 1995 Kobe earthquake deduced from a wide-angle and refraction seismic explosion	The Island Arc, Vol.10, pp.215-227.	T. Ohmura, T. Moriya, C. Piao, T. Iwasaki, T. Yoshii, S. Sakai, T. Takeda, K. Miyashita, F. Yamazaki, A. Yamazaki, Y. Shimada, K. Tashiro, H.Miyamachi
2001	微小地震から推定される1995年兵庫県南部地震の発生過程	pp.1-103	
2002	Structural factors controlling the rupture process of a megathrust earthquake at the Nankai trough seismogenic zone	Geophys. J. Int., Vol.149, pp.15-835.	S.Kodaira, E.Kurashimo, J-O Park, N. Takahashi, A. Nakanishi, S. Miura, T. Iwasaki, N. Hirata, Y. Kaneda
2002	京都府・日吉ダム周辺の地震活動と湛水前後の活動の変化	京都大学防災研究所年報, 45号B, pp. 499-508	片尾 浩・渡辺邦彦・米崎文雄・佐藤信光・大家光裕
2002	飛騨地域における地震の線状配列	京都大学防災研究所年報, 45号B, pp. 555-559	和田博夫・大見士朗・平野憲雄・小泉 誠
2002	跡津川断層系における人工地震による地殻構造調査(続)	京都大学防災研究所年報, 45号B, pp. 577-590	上野友岳・和田博夫・吉井弘治・松村一男
2002	Temporal and spatial variations of seismicity during the 1998 Hida Mountain earthquake swarms	京都大学防災研究所年報, 45号B, pp. 591-594	B.Enescu
2002	北陸地方西方沿岸及びその周辺域における最近の地震活動について	京都大学防災研究所年報, 45号B, pp. 595-600	岡本拓夫・和田博夫・平野憲雄・竹内文朗・渡辺邦彦・西上欽也・前澤廣道
2002	地殻内地震発生層	月刊地球, 号外38, pp. 114-121	
2002	2000年鳥取県西部地震と不均質構造	月刊地球, 号外38, pp. 167-173	エネスク, ボグダン
2002	Spatial analysis of the frequency-magnitude distribution and decay rate of aftershock activity of the 2000 Western Tottori earthquake	Earth Plane Space, Vol.54, pp.847-859	B.Enescu
2002	四国東部地域における地殻及び最上部マンタルの地震波速度構造と沈み込むフィリピン海プレートの構造,	地震2, 第54巻, pp. 489-505	蔵下英司・徳永雅子・平田直・岩崎貴哉・小平秀一・金田義行・西田良平・木村昌三・井川 猛
2002	Seismic reflection survey in Nagamachi-Rifu fault, Sendai, Northeastern Japan	Tohoku Geophysical J., Vol.36, pp.311-356	Research Group for Deep Structure of Nagamachi-Rifu Fault
2002	微小地震解析及び解析に関する研究, -京都府・日吉ダム周辺の地震活動と湛水前後の活動の変化	水資源公団試験研究所, pp. 1-20.	米崎文雄・佐藤信光・大家光裕, 片尾 浩・渡辺邦彦

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2002	最近の飛騨山脈周辺の極微小地震活動	東京大学地震研究所技術報告, 第8号, pp. 1-8.	和田博夫・大見士朗・平野憲雄
2003	飛騨地域周辺の極微小地震活動, 京都大学防災研究所年報, 46B,	京都大学防災研究所年報, 46号B, pp. 671-680	和田博夫・大見士朗・平野憲雄
2003	跡津川断層系付近における詳細な震源分布と地下構造	京都大学防災研究所年報, 46号B, pp. 681-690	上野友岳・和田博夫・大見士朗・吉井弘治
2003	焼岳火山の深部地震活動	京都大学防災研究所年報, 46号B, pp. 691-699	大見士朗・和田博夫
2003	鳥取県中西部の地震(2002年9月16日, Mj5.3)と山陰の地震活動について, 京都大学防災研究所年報, 46B,	京都大学防災研究所年報, 46号B, pp. 701-708	中尾節郎・片尾 浩・J.J.Mori, 澁谷拓郎・渡辺邦彦・B.Enescu
2003	Values of b and p: their variations and relation to physical processes for earthquakes in Japan	京都大学防災研究所年報, 46号B, pp. 709-719	B.Enescu
2003	跡津川断層の地震活動と断層クリープ	月刊地球, Vol. 25, pp. 143-148	和田博夫
2003	北海道日高衝突帯横断屈折・広角反射法地震探査(大滝-浦幌測線)	東京大学地震研究所彙報, 第77巻, pp. 139-172	爆破地震動研究グループ
2003	震源断層となりうる活断層とリアメントの検討-中国地方を例として-	活断層研究, Vol. 23, pp. 77-91.	高田圭太・中田高・野原壯・原口強・池田安隆・今泉俊文・大月憲四郎・鷺谷威・堤浩之
2003	中部地方北西部の地震活動域.	月刊地球, Vol. 25, pp. 929-937	和田博夫
2003	人工地震による中部地方の地震波速度構造	月刊地球, Vol. 25, pp. 945-952	
2004	白山火山周辺の微小地震活動	京都大学防災研究所年報, 47号B, pp. 705-711	和田博夫・大見士朗・平野憲雄
2004	Crustal structure derived from seismic refractions and wide-angle reflections in the Mizuho Plateau, East Antarctica	Polar Geoscience, Vol.17, pp.112-138.	K.Yoshii, H. Miyamachi, M. Kanao
2004	地殻ひずみの観測に及ぼす局所的日照変化の影響, -花山と立山観測室のデータ比較-	京都大学防災研究所年報, 47号B, pp. 725-734	竹本修三・和田安男・福田洋一・森井 互・百瀬秀夫・中村光邦
2004	Seismic explosion surveys of crustal structure and deep fault zone planned in the Kinki District, Japan	International Symposium on Strong Ground Motion Prediction and Seismic Exploration in Urban Areas	
2004	A Comprehensive and Effective Earthquake Information System: Contributions to Earthquake Hazard Mitigation for a Local Government	京都大学防災研究所年報, 47号C, pp. 71-75	Y.Umeda, N. Oshiman, M. Hashimoto, J. Mori, K. Watanabe, S. Ohmi, and T. Shibutani
2005	Multifractal and chaotic analysis of Vrancea (Romania) intermediate-depth earthquakes: Investigation of the temporal distribution of events	Pure and Applied Geophysics, Vol.162, pp.249-271	B.Enescu, M. Radulian, E. Popescu and O. Bazaclu

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2005	The 1998 Hida Mountain, central Honshu , Japan earthquake swarm, , Double-difference event relocation, frequency-magnitude distribution and Coulomb stress changes	Tectonophysics, Vol.409, pp.147-157.	B.Enescu
2005	Deep Seismic Profiling in the Kinki District: Shingu-Maizuru Line	2nd International Symposium on Strong Ground Motion Prediction and Seismic Exploration in Urban Areas	H. Sato, Y. Umeda, K. Matsuura, T. Shibutani, I. Hirose, T. Ueno, K. Morishita, T. Ito, N. Hirata, T. Kawanaka, T. Kuroda
2005	立山カルデラにおける微小地震臨時観測	京都大学防災研究所年報, 48号B, pp. 223-229	和田博夫・大見士朗・平野憲雄・森下可奈子
2005	レシーバ関数解析による西南日本の地下構造	京都大学防災研究所年報, 48号B, pp. 35-242	225 上野友岳・澁谷拓郎
2005	近畿圏における大大特プロジェクト I の地下構造調査, 京都大学防災研究所年報, 48B,	京都大学防災研究所年報, 48号B, pp. 243-258	佐藤比呂志・梅田康弘・松村一男・澁谷拓郎・廣瀬一聖・上野友岳・森下可奈子・伊藤谷生・平田直・川中卓・黒田徹, 阿部進・須田茂幸・斎藤秀雄・井川猛
2005	大大特・地殻構造探査における関連データのデータベース化とGISの利用, 京都大学防災研究所年報, 48B,	京都大学防災研究所年報, 48号B, pp. 259-268	廣瀬一聖・森下可奈子・野口竜也・板場智史
2005	大大特: 紀伊半島における自然地震観測～観測システムとデータ処理の概要～, 京都大学防災研究所年報, 48B,	京都大学防災研究所年報, 48号B, pp. 269-277	西村和浩・中尾節郎・辰己賢一・三浦勉・平野憲雄・山崎友也, 富阪和秀・福嶋麻沙代・吉田義則・細善信・松浦秀起・澁谷拓郎・大見士朗・廣瀬一聖・森下可奈子
2005	A comprehensive and effective earthquake information system: Contributions to earthquake hazard mitigation for local government (2)	京都大学防災研究所年報, 48号C, pp. 25-29	K.Watanabe, Y. Umeda, M. Hashimoto, J. Mori, T. Shibutani and T. Noguchi,
2006	Wavelet-based multiscale resolution analysis of real and simulated time-series of earthquakes	Geophys. J. Int., Vol.164, pp.63-74, doi: 10.1111/j.1365-246X.2005.02810.x	B.Enescu, Z. R. Struzik
2006	跡津川断層周辺における地殻構造と地震活動	地震2, 第58巻, pp. 143-152	上野友岳・吉井弘治・松村一男・和田博夫
2006	地震発生層の深さ分布と活断層のセグメンテーションとの関係	京都大学防災研究所年報, 49号B, pp. 227-238	
2006	白山火山付近の顕著な群発地震活動	京都大学防災研究所年報, 49号B, pp. 289-295	和田博夫・大見士朗・平野憲雄・平松良浩・中山和正・歪集中帯大学合同地震観測グループ
2006	大大特 I : 近畿地方縦断自然地震観測, 京都大学防災研究所年報, 49B	京都大学防災研究所年報, 49号B, pp. 297-306	西村和浩・中尾節郎・三浦勉・辰己賢一・平野憲雄・山崎友也・加茂正人・富阪和秀・吉田義則・松浦秀起・澁谷拓郎・片尾浩・廣瀬一聖・森下可奈子

発表年	論文名	発表誌名	共著者
2006	広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定	京都大学防災研究所年報, 49号B, pp. 307-321	廣瀬一聖
2006	レシーバ関数解析による西南日本の地下構造	京都大学防災研究所年報, 49号B, pp. 323-330	上野友岳・澁谷拓郎
2006	Seismic activity from routine and temporary observations of earthquakes in the northwest Chubu district, central Honshu, Japan	Geodynamics of Atotsugawa Fault System, Ando M.(ed.) (Terrapub.) , pp.45-63	H.Wada, S.Ohmi, N.Hirano, T.Ueno
2006	Crustal structure from seismic surveys and seismicity in the northern Chubu district with special reference to the Atotsugawa fault area	Geodynamics of Atotsugawa Fault System Ando M.(ed.) (Terra Pub.), pp65-78	T.Ueno, H.Wada and K.Matsumura
2007	人工地震によって求めた近畿地方の地下構造と地震活動	月刊地球, Vol. 29, pp. 448-454	廣瀬一聖
2007	近畿地方における地殻および上部マントルの構造と地震活動	京都大学防災研究所年報, 50号B, pp. 275-288	廣瀬一聖・澁谷拓郎・片尾浩・梅田康弘・佐藤比呂志・平田直・伊藤谷生・阿部進・川中卓・井川猛
2008	丹波山地直下の地殻深部反射面の探査, 大々特による人工・自然地震観測	京都大学防災研究所年報, 50号B, pp. 297-302	片尾浩・中尾節郎・廣瀬一聖・西村和浩・福嶋麻沙代
2007	上宝観測所における跡津川断層周辺における稠密地震観測, 36年間の観測と解析結果	京都大学防災研究所年報, 50号B, pp. 313-320	和田博夫・大見士朗・平野憲雄
2007	人工地震を用いた地殻構造探査による近畿地方のP波速度構造	京都大学防災研究所年報, 50号B, pp. 333-342	廣瀬一聖
2007	近畿地方における地下構造調査のための自然地震観測	京都大学防災研究所年報, 50号B, pp. 805-814	西村和浩・辰己賢一・中尾節郎・三浦勉・平野憲雄・山崎友也・福嶋麻沙代・加茂正人・森麻衣子・富阪和秀・米田格・川井久美子・吉田義則・細善信・松浦秀起・澁谷拓郎・片尾浩・大見士朗・廣瀬一聖・森下可奈子・中尾愛子
2008	Sequential processes in a landslide hazard at a slate quarry in Okayama, Japan	Nat. Hazards, Vol.45, pp.321-331	H.Suwa, T.Mizuno, S.Suzuki, Y.Yamamoto

著書(何れも共著)

発表年	著書名	発表誌名	共著者
1986	南極の科学(重力)	古今書院	極地研究所編
2002	防災事典		日本自然災害学会監修
2004	地震と火山の100不思議	東京書籍	神沼克伊・宮町宏樹・杉原秀和・野木義史・金尾政紀

大地震に学ぶ内陸地震の発生機構と不均質構造

伊藤 潔

要 旨

電子機器や通信機器の発達により震源精度が向上し、地下の不均質構造、地震の破壊過程が詳細にわかるようになった。そのため地震の発生機構の解明は進んだが、未だに大地震発生の際に新たな事象が発見されたり、仮説が検証されたりする機会が多い。地震の発生機構に関してはまだまだ未知のことが多いので、大地震など極端な地学的現象の継続的な観測・研究が必要である。

キーワード: 大地震, 地震活動, 地震観測, 震源精度, 地震波反射面

1. はじめに

地震の機械観測が開始されて約100年、歴史記録を加えても、地震活動が記載された歴史は1600年ほどである。中国などの記録を加えても4000年程度の期間の記録が残されているだけである。さらに、これらの記載は種々の事情によって、不完全な場合が多い。一方、地球上の一現象である地震活動は、一見繰り返し起きているようであるが、不可逆現象であり、しかも、大規模になるほどその数は対数関数的に減少する。したがって、われわれの地震に関する知識は限られたものであり、今後も大地震が発生するたびに、未知の事象が発見される確率は非常に大きい。計器による地震観測は、通信網や電子計算機の発達に多くを依存しているため、近年急速に発達してきた。最近の数十年間においても、大規模な地震が発生するたびに、観測及び解析方法の発達に伴って未知の事象が発見されたり、予測されていたことが一挙に証明されたりしてきた。

「震源」は二つの意味で使われる。一つは地震が発生するたびに気象庁などによって発表される破壊開始点を示す。もう一つは震源域を意味する地震の破壊域（震源断層とされる場合もある）について使われる。「震源から○○kmは離れた地域で××名の死者が出た」との報道がされるようになったが、この場合は震源を破壊開始点として使っている。しかし、これは場所を特定する意味はあっても、震源域

と被害の関係を表すには、正確な表現ではない。そもそも「地震」という用語も震動現象と破壊現象の二つの意味を持っている。地震の原因がわからない時代においては、地震は単に震動現象であった。地震が地下における破壊現象であることが解明されて、地震が二つの意味を持つようになった。これは地震の大きさを表す2つの尺度、すなわち震度とマグニチュード（あるいは地震モーメント）に反映されている。破壊開始点の震源という定義もそのうちプレスリップなどが特定されるようになると、さらに詳しい定義が必要になるかもしれない。

上記のように地震現象が理解されるとともに、語義の多重性が生じたり、新たな言葉が生じたりする。

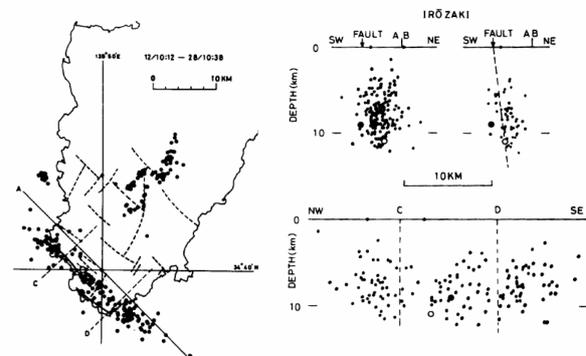


Fig.1 Epicenter and focal depth distributions of the 1974 Izu-Hanto-oki earthquake (M6.9) (after Joint observation of Aftershocks, 1974). Dotted lines show active faults.

これは最近の活断層や地震断層など「断層」という用語にも反映されている。地表で見る地表活断層と地下深くに存在する「活断層」は必ずしも一致するものではない。活断層は地質学の分野で地表活断層を意味し、変位基準によって定義されている。しかし、地下深くの地震断層が見いだされ、この用語が広く使われるようになって、あいまいにされたり誤用されたりする場合も多い。用語はともかく、これらの背後には地震現象についての理解が進んだことがある。

本報告においては、主に地震の震源決定精度の向上によって、過去数十年間に地震の破壊過程が理解されてきた経緯を概観し、地震発生過程の今後の展望を探りたい。特に、内陸地震に関連する活断層と地震発生層や地震断層との関連についても述べる。

2. 震源精度の向上と地表活断層

2.1 大地震の余震の震央分布と活断層

1963年、1964年および1964年には、根尾断層および福井地震の余震域および和歌山付近で、それぞれ、極微小地震の臨時観測が実施され、根尾断層や福井地震の断層付近に多数の極微小地震が発生していることやその分布が詳細にわかった（たとえば、渡辺・中村，1967）。これらの観測は全国の大学等研究機関による合同観測として実施された。これらの観測では、夜間だけとはいえ、データレコーダが用いられ、紙などの可視記録だけでなく、電気的処理可能な記録が得られるようになった点でも画期的なものであった。合同観測はその後種々の規模で実施され、機材の不足を全国の研究者で補い、また、それぞれの時期で最高の技術を尽くして、地震の観測が実施されてきている。

高感度地震観測網は1960年代の後半に入ってから、地震予知(研究)計画の基に主に大学の観測所の設置とともに整備が進められた。これらの観測によって、地震の震源の精度は格段に向上し、地震活動の情報が全国的に得られるようになった。1~4Hzの固有周波数を持つ地震計と最初は煤書きまたはインク書きドラムレコーダーが用いられ、1970年代中頃からテレメータ観測に移行した。この結果、地震活動が種々の地域で明らかにされた。たとえば、跡津川断層地域では、高感度観測によって初めて、活断層沿いに微小地震が発生していることが報告された（和田・岸本，1974）。

さらに、大地震が発生する度に地震の余震観測が実施され、その都度、新しい知見が得られた。たとえば、1974年伊豆半島沖地震（M6.9）については、

震央分布が活断層とよく一致することがわかった（Fig.1）。また、本震は震源域の中央部に位置し、断層運動が両端に向かって進行したこともわかった（余震合同観測班，1974）。この頃になると個別観測点の時計の精度が上がり、観測走時データの精度が0.1秒程度に向上した。1976年伊豆大島近海地震（M7.0）では余震分布の明らかな屈曲が見いだされ（Fig.2），大地震の破壊はいくつかの破壊の集まりだという考えがより明らかになった（たとえば、津村・他，1978）。また、余震分布が地表活断層と斜交することもわかって、活断層と地震断層の関連が議論されるようになった（たとえば、梅田・村上，1978）。この地震では気象庁が前震を観測し、注意報を出している。地震後ではあるが、前兆現象も見いだされ、地震予知が可能だと示す効果もあった（地震予知連絡会報，1978）。その後、伊豆半島と周辺では数年おきにM6-7クラスの地震が発生し、各種の観測網も充実されたが、この地震のような明瞭な前兆現象は見られなかった。しかし、この地震に先立ち、伊豆半島内で地面の隆起が水準測量で検出され、地震が発生する地殻内部および上部マントルを含めた地震の発生メカニズムについての議論もなされた（たとえば、石橋，1980）。

横ずれ断層の場合は震央の並びと地表活断層との関連が議論できるくらいに震源の精度が向上したが、縦ずれになると震央分布が面的に広がるので、深さの決定精度が向上しないと、震源分布と地震断層の傾きの決定が問題になり、地表活断層の対応は難しい。一般に、観測点は地表に分布しているので、震

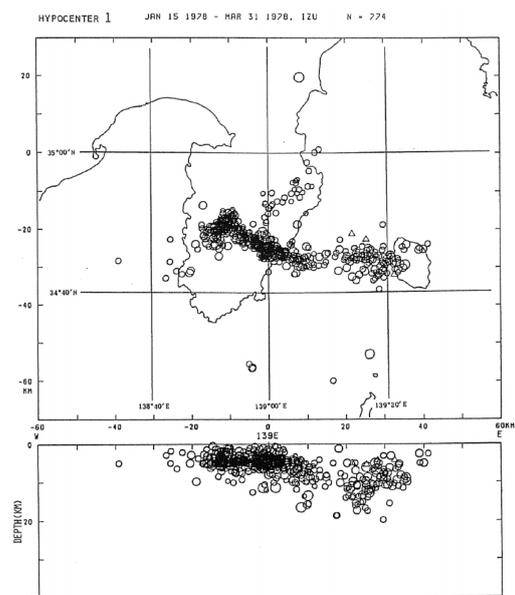


Fig.2 Epicenter and focal depth distributions of the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake (M7.0) (Tsumura et al., 1978).

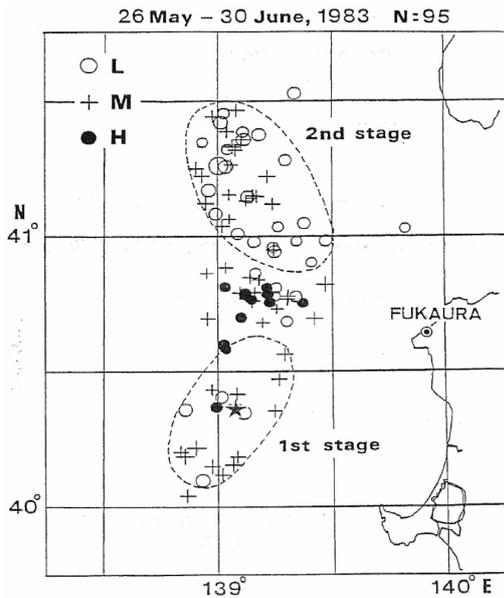


Fig.3 Epicenter distribution of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake (M7.7) from JMA data after Kuroiso et al. (1986). Symbols, L, M and H indicate frequencies of low, middle and high at the Abuyama Seismological Observatory. Earthquake ruptures preceded 1st stage to 2nd stage with a pause of about several seconds.

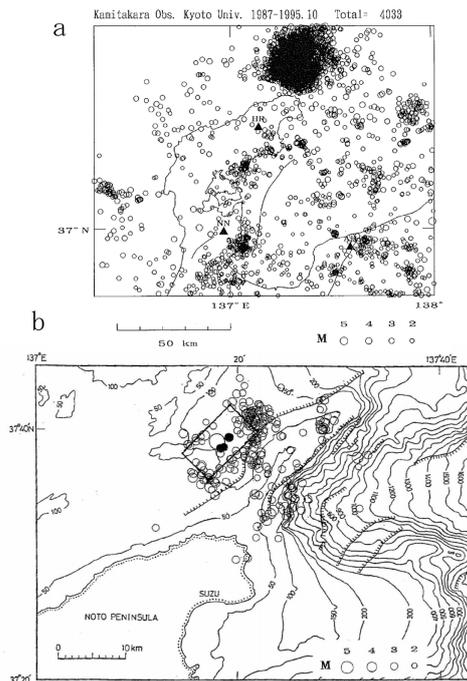


Fig.4 Epicenter distribution of northwestern Chubu district including aftershocks off Noto Peninsula earthquake (M6.6) in 1993 by the Kamitakara Observatory of Kyoto University(a). Foreshocks (solid circles) and aftershocks (open circles) of the off Noto Peninsula earthquake (M6.6) in 1993. The largest circle shows the main shock Focal depth section is also shown and the rectangle indicates deduced source region of the main shock (b) (Ito et al., 1994). Bathymetric contours of 100m interval are also shown in offshore area (Ito et al., 1994).

精度を上げるには、震央を取り巻く観測点が存在し精度を上げるには、震央を取り巻く観測点が存在していることとともに、震源に近い点とやや離れた観測点が必要になる。特に震央に近い観測点は深さの精度の向上に不可欠である。目安としては震央距離が深さより小さい観測点が有効であるが、この条件は地震が浅くなるほど満たすのが困難になる。地殻内の地震は深さ20km以浅で発生するので、後述するようにHi-netの約25km間隔の観測網でも、実際には不十分な場合が生じる。

1983年日本海中部地震 (M7.7) では、海域の地震にもかかわらず、震源域が大きかったこともあって、陸上の観測網で余震分布が求められ、破壊が一度止まって、また拡大したことがわかった。停止した付近では高周波の地震が発生するなど、震源域の性質の違いも見いだされた (Fig.3) (黒磯・他, 1986)。しかし、海域であるため、深さの精度が悪く、逆断層の断層面が海底地震計を用いても十分には求められなかった。

その後、テレメータ地震観測網の整備がなされたが、これらの観測網だけでは、震源の精度は十分ではない場合も多い。1993年の能登半島沖地震 (M6.6) では、余震の震央分布はほぼ円形に見える (Fig.4a)。

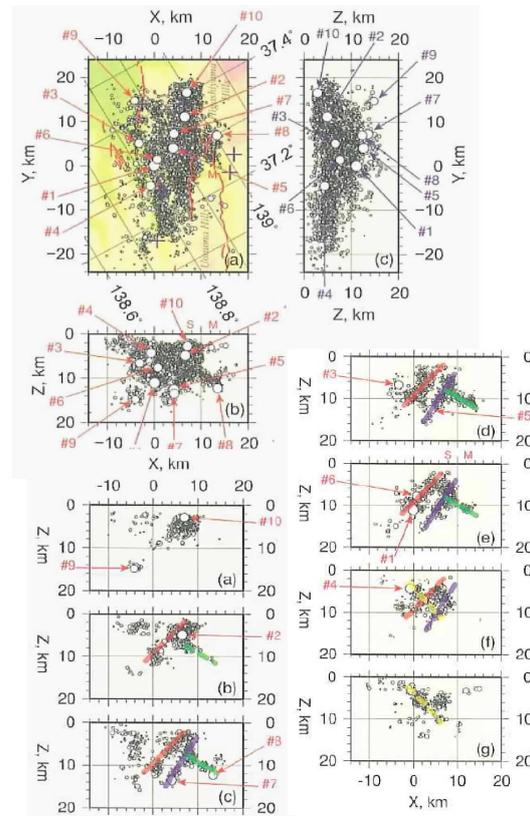


Fig.5 Epicenter and focal depth distributions of the 2004 Niigata-Chuetsu earthquake (M6.9) after Shibutani et al. (2005). Lower figures indicate focal depth sections accompanied with the main and large aftershocks in the strips across the strike of the fault.

しかし、臨時観測を含めると本震の破壊域は、発震機構の逆断層に対応するある断層面になり、その周囲に余震が拡大したことがわかる (Fig.4b)。この地震に対しては、観測点間隔が30km以上も有り、逆断層型の地震については、断層面を余震分布から精度良く決めることは難しい。特に、片側が海の場合には特に難しい。2004年中越地震 (M6.8) や2007年能登半島地震 (M6.9) では、観測網が臨時観測点を含めると、5-10kmとなり、深さの精度が格段に向上したので、逆断層の断層面が精度良く求められた。特にFig.5に示すように、中越地震では、断層面が複雑で、数枚の断層面がそれぞれ、規模の大きな4つの破壊に対応することが示されている (Shibutani et al.,

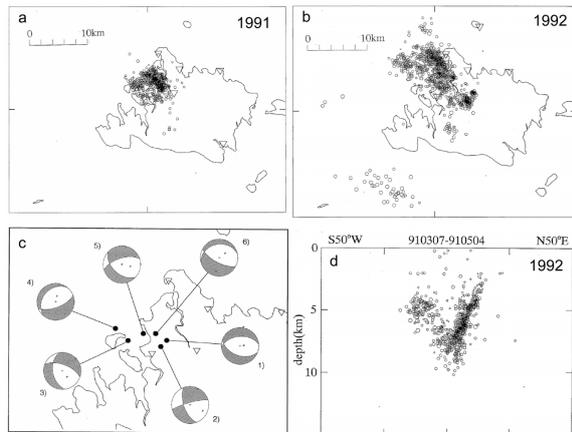


Fig. 6 Epicenter distributions of the Iriomote earthquake swarms in 1991 (a) and 1992 (b). Focal mechanisms of major events in 1992 with their epicenters (c) and focal depth section for 1992 events (d) is also shown (Shimizu et al., 1992).

2005b)。それでも、2007年中越沖地震 (M6.8) では震源が海域であるのと、地下構造が複雑なために、海底地震計を加えても、逆断層の傾きが十分には求められていない。近海域での浅い地震でさえ震源精度はまだ十分ではない。

2.2 群発地震

震源精度の向上は群発地震についてのイメージも変化させた。群発地震は本震余震型に比べて、目立った本震がなく、一般に多数の地震が発生するもので、通常地震のように大森公式による地震数の経時的変化も見られない。また、震央分布が本震余震型のように断層面に限られるのではなく、円形の領域に広がる。典型的なのは1965年から3年間ほど活動が活発であった松代地震である。この地震の最大地震はM5.4であった (たとえば、気象庁, 1968)。

1991年から数年にわたって西表島とその北西近海で群発地震が発生した。最大地震はM4.2程度であるが数年にわたって断続的に有感地震が発生した。この地震の震央は楕円形に広がっていたが、詳細な震源決定の結果、震源分布は断層面を示すことがわかった (Fig.6)。この地域はテクニクス的には、伸張場であるとされていたが、実際にこれらの地震波は正断層か横ずれ型であり、余震分布の断層面と調和的であることもわかった。得られた震源断層面はその応力場に対応するものであった (清水・他, 1992, 1993)。また、1998年には飛騨山脈で大規模な群発地震が発生し約半年続いた。最大地震はM5.0であるが、地震は南の上高地付近から北方に約40km拡大した

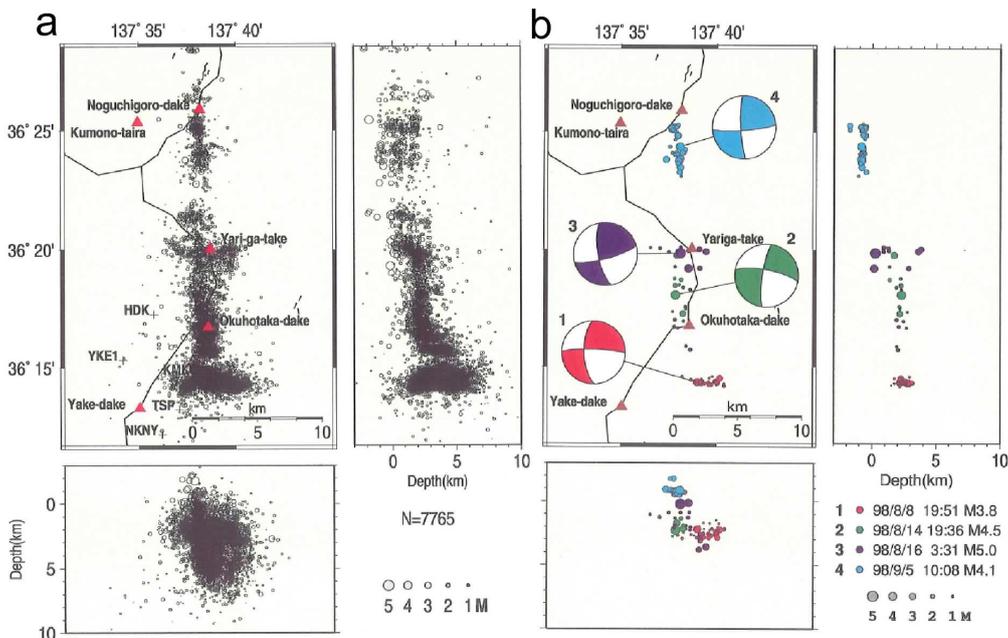


Fig.7 Hypocenter distribution of the Hida earthquake swarms in 1998 (a). Focal mechanisms of major four events are also shown with their aftershocks determined relatively by master event method (b) (Wada et al., 1992).

(和田・他, 1999)。その際にM3.8以上の地震については、その余震が発生したので、その震源を詳細に決定すると、それぞれの破壊域は発震機構の横ずれ型と調和的で、破壊面の走向は南北と東西であった (Fig.7)。M5.0の地震は槍ヶ岳付近で発生したが、破壊面は東西方向である。M5クラスの地震の破壊面の長さは一般的には3-5kmであるが、この群発地震は幅5-10km、長さ35-40kmの範囲で発生し、群発地震は通常の地震に比べると破壊範囲が非常に大きいことでも特徴付けられる。このように、群発地震はいくつかの断層の組み合わせであることがわかってきた。また、群発地震は火山の近傍で発生する 경우가多く、地震の深さが浅い割には規模が小さく、直接地表活断層とは結びつかない場合も多い。

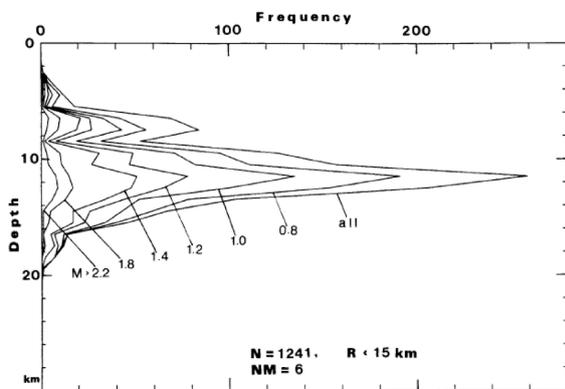


Fig.8 Depth –frequency distribution of earthquakes in the north of central Kinki district. Numerals show magnitude of events.

3. 地震発生層と内陸大地震

3.1 地震発生層

地震の深さの精度の向上に伴い地殻内の地震もプレート境界のマントル最上部で発生する地震のように、深さに限度があることがわかってきた。最初は観測網が充実していたカリフォルニアで、地震はP波速度が6km/sの層で発生することが見いだされた (Brace, 1970)。日本でも大学の観測網が整うと同時に同様のことが見いだされた。また、この理由については、Brace and Byerlee(1972) やByerlee(1968)などによって安定すべりと固着すべりの境界であるという解釈がなされた。一方、小林 (1976) は脆性-延性破壊の境界ではないかと考えた。すなわち、岩石は、

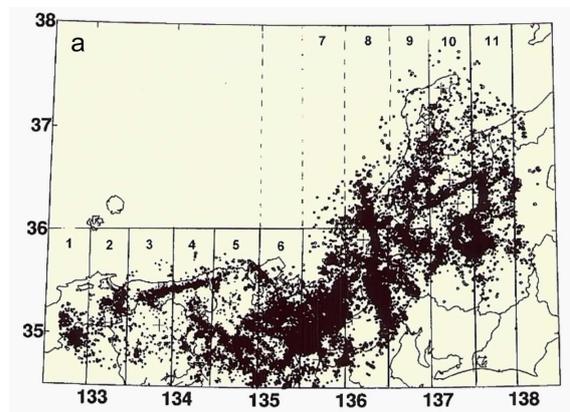


Fig.9a Epicenter distribution of well-determined earthquakes from the data of the Tottori, Abuyama, Hokuriku and Kamitakara Observatories, Kyoto University from 1976-1999 (a).Focal depth distributions of events in the strips shown in Fig.9a

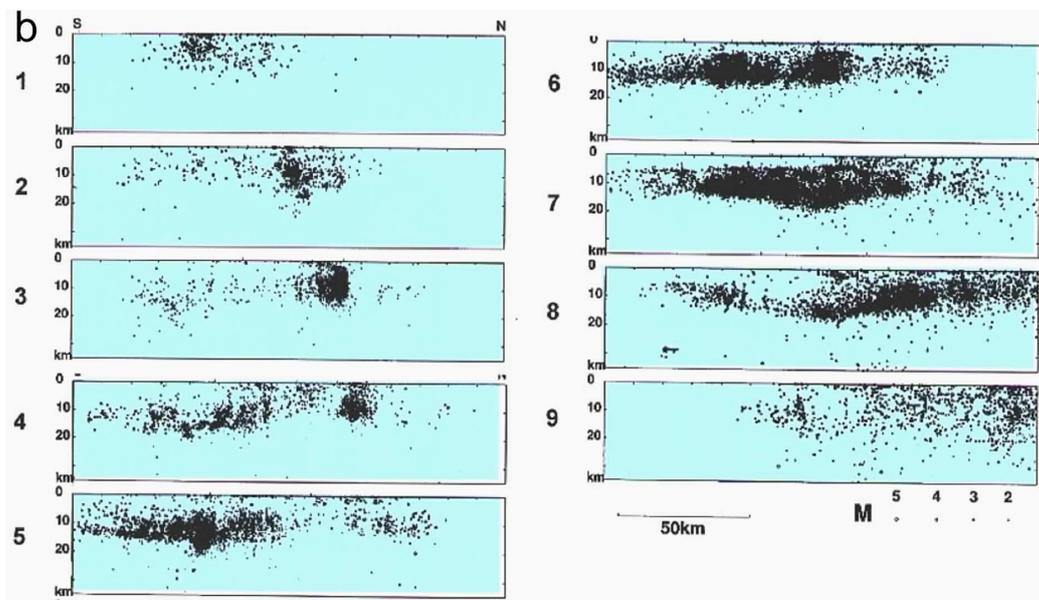


Fig.9b Focal depth distributions of events in the strips shown in Fig.9a

上部地殻では摩擦構成則に従う変形をするが、下部地殻では温度の効果によって、延性変形をし、その境界が地震発生の下限になるというものである。この考えは、世界中の数十カ所で地震が上部地殻のみに発生することが見いだされて、Sibson(1982)などによって拡張されて解釈された。また、Ito(1990, 1992, 1999)などは、日本のデータを詳細に調べて、世界中のデータを合わせて、下限が地域的に変化することを示し、下限の変化が熱構造に関連することを多くのデータで示した。

3.2 地震発生層の地域変化と大地震

Fig.8に近畿中北部の地震の深さ別頻度分布を示す(伊藤・黒磯, 1988)。この図は京都大学阿武山地

震観測所のデータによって作られたものであるが、地震は3km以浅及び20km以深には発生していないことがわかる。浅い地震については前述のように小さい地震が決定できない恐れがあるが、各観測点のS-P時間の分布を見るとS-P時間が0.5秒以下の地震は見あたらない。これは浅い地震が発生していないことの傍証でもある。このように地殻内地震の発生する深さは、広範囲について深さが限られ、地震が発生可能な層があることがわかる。

また、Fig.9には近畿地方における地震発生層とその地域変化の例を示す(伊藤・他, 1995)。この図は京都大学防災研究所の鳥取、阿武山、北陸及び上宝の4観測所の1976年頃から1990年までのデータを集めて、深さの精度が良い地震のみを選んで作ったも

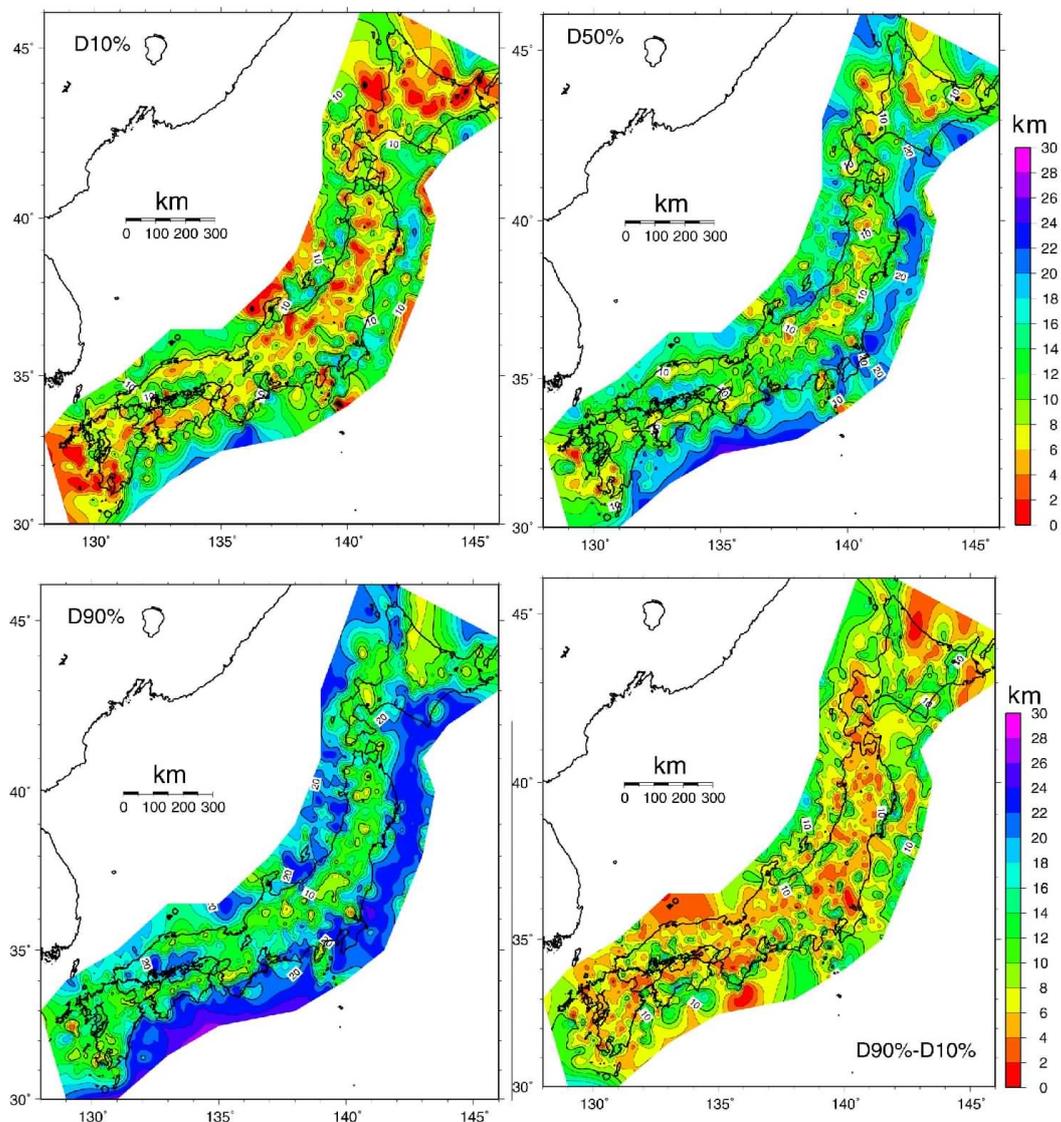


Fig.10 D10%, D50%, D90% and D90%-D10% depth distributions of earthquakes for the JMA unified hypocenters from Oct., 1997 to May, 2007. The D10% depth indicates that 10% events occur above the 10% depths. Other depths are determined as the same method. The grid size to determine the depths is 0.1 degree for latitude and longitude.

のである。それでも誤差があるので、正しくない震源が少数ではあるが混じっていると思われる。これらの図で地震の下限が地域的に変わっていることがわかる。また、上限と下限は同じような深さ変化をする傾向にあることもわかる。

さらに、広域の地震発生層の様子を見るために、全国の大学および防災科学技術研究所のデータによって、同様の解析を行い、さらに、震源の深さの誤差を考慮して、全国的に地震発生層の変化を示した(伊藤・中村, 1998)。そのために緯度経度の一定の範囲内の地震数を数えて、その範囲内での地震数を浅い方から数えて、10、50及び90%に達する深さをそれぞれ、D10%、D50%およびD90%深さとし、それぞれ地震発生層の上限、平均及び下限の深さを代表させる。また、D90%-D10%を求め、地震発生層の厚さの変化とする。この方法を1997年10月から2007年5月までの気象庁一元化データに適用しD10%、D50%、D90%及びD90%-D10%深さの分布をFig.10a-dに示す。Fig.10eには1976-1995年の大学などのデータで作ったD90%の図を示す。両方の図で深さ変化の傾向は同じである。海域は震源の深さの精度が悪いのと太平洋側では上部マントルに発生す地震との分離が十分でない地震があるので深分布も精度が悪いが、内陸部の地震発生層の地域的な変化がわかる。概略的には山間部で地震の下限が浅く、平野部で深くなっている。その境界に活断層が発達している。Fig.10e図には歴史地震を含むM6以上の大きな地震(宇佐見, 1987及びJMAのデータによる)と活断層(活断層研究会, 1991)を示しているが、大地震は地震発生層

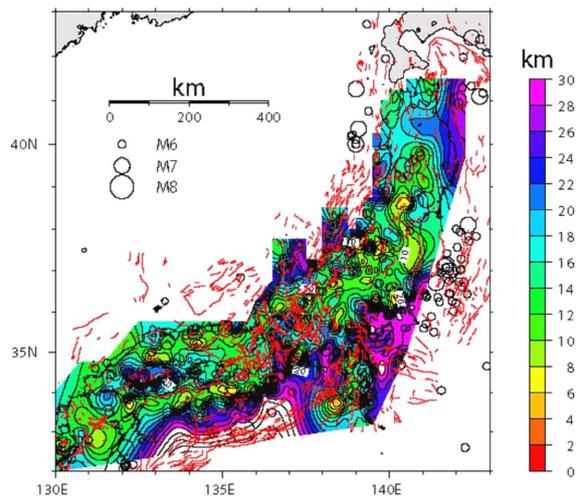


Fig.10e Distribution of D90% from data of Universities and institute. Red lines show active faults and circles large earthquakes with $M \geq 6$.

の深さが急変する地域から、深い地域にかけて発生している。また、地震発生層の急変地域に活断層が多いことなどがわかる。

3.3 地震発生層と大地震の関係

地震発生層の下限が深い地域で大地震が発生する傾向にある。この傾向は火山付近で顕著である。火山付近では地震発生層が浅いが、火山直下では大地震は発生しない。Fig.11に第四紀の火山とM6以上の内陸大地震を示す。火山から10km以内では大きな地震が発生していないことがわかる(Ito, 1999)。また、酒井(私信)は関東甲信越地域

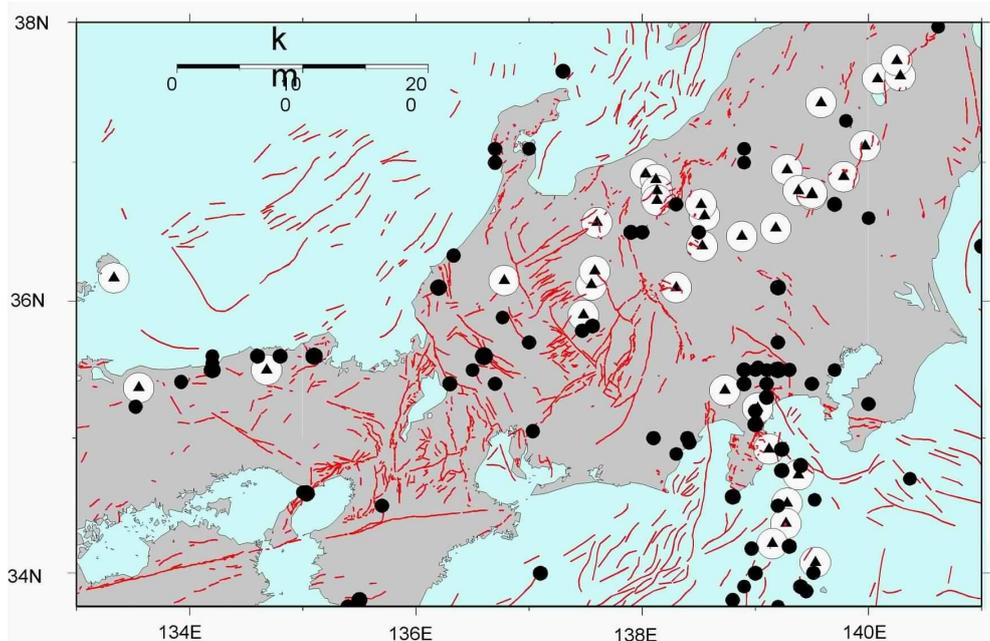


Fig.11 Distribution of the Quaternary volcanoes and large ($M \geq 6$) earthquakes from 1885-2000. Circles show the area within 10km from each volcano.

の大地震発生域の地震発生層の深さと最大のMは正の相関があることを示した。古本・他(2007)は地震のMと地温勾配の間の比例関係が良いことを見出した。地震発生層の下限と地殻熱流量は反比例の関係にあることは後述するが、この場合地温勾配が大きいところは、地震発生層の厚さ変化が急なところに相当する。内陸の大地震は地震発生層の厚さ変化が急なところから破壊が開始する場合が多いことが見出されているが(Ito, 1992)、この結果はこれと整合的である。

また、地震の破壊が地震発生層の下限付近から開始する傾向にあることが指摘されているが(Sibson, 1984; Ito, 1990)最近の大地震についてもほとんどの場合それが正しいようである。ただし、2000年鳥取県西部地震(M7.3)は、地震発生層の中央部から発生している(Shibutani et al, 2005a)。また、地震発生層の上端から破壊が始まった地震も少数ではあるが存在する。

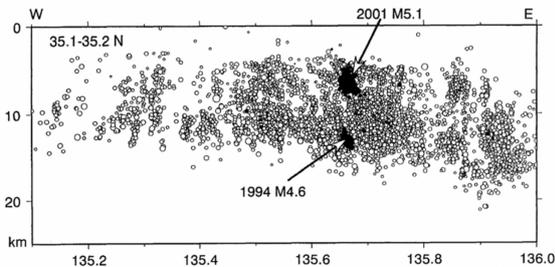


Fig.12 Focal depth distribution of earthquakes (circles) in east-west direction within 35.1-35.2N in the Kinki district. Solid circles show 4.6 and 5.1 events and their aftershocks during one day after the main shocks. The two events has nearly the same epicenter with different depths.

Fig.12に近畿中北部における南北範囲0.1度内の地震の東西深さ断面を示す。この図は同じ場所の地震発生層の上部と下部にM5.1と4.6の地震が発生したことを示す。●の地震がそれぞれの地震発生から1日以内の地震である。このように中小規模な地震は地震発生層の内部だけで発生する。大きくなると地震発生層の上から下まで破壊し、さらに地表地震断層が出現する場合もある。これは内陸の大地震について、地震発生層が全域破壊するまでは地震のMと震源断層の幅が比例するが、それ以上Mが大きくなると、震源断層の幅が飽和する傾向にあることに対応している(たとえば、武村, 1998)。断層の傾きが大きくなると地殻内の地震でも断層の幅が大きくなる場合もある。さらに、地震発生層内部でも構造的な変化があつて、上部と下部は異なっている可能性がある。Fig.8の深さ頻度分布に8kmと13km付近に2つの地震数のピークが見られるし、Fig.11でも深さ9km付近

に地震が少ない部分が見られる。これらのことは大地震の場合は、基本的には上部マントルや下部地殻を伝達した広域応力場が地震発生層の下限付近に作用して、破壊を開始させる傾向が強いことを示している。通常発生している多くの微小地震は、破壊が大きくならずに終止する。しかし、地震発生層内の条件によっては、小さな破壊が大きくなる場合も少数ながらあることを示す。これらの調査のためには、面的にも地震発生層内の無地震地域の調査が重要になると思われる。地震が発生しない地域の特性を種々の方法で調査することによって、地震多発地域の性質がより明らかになると思われる。

3.4 地震発生層深さ決定についての問題点

地震発生層の形状や性質の解明は内陸地震の破壊過程の解明に重要であると思われる。その際、基本的なのが、地震の深さの精度である。Hi-netの完成後、地震の震源の深さの精度は格段に向上した。しかし、2001年の兵庫県北部地震や2003年宮城県北部地震は、20-25kmで日本列島を覆っているHi-netなどの高感度観測網の隙間に発生した。本震後に行われた本震直上の臨時観測点などを加えての結果によると、震源の深さは5km程度浅くなる(中尾・他, 2002; Unino et al., 2003)。また、2000年鳥取県西部地震の場合も余震域の北方に向かって、震源が浅くなる傾向が、定常観測の解析で見られたが、臨時観測のより稠密な観測では、このような傾向は見られなかった(大見, 2002; Shibutani et al., 2005a)。さらに、2004年中越地震では、観測点のためではなく、震源域の両側での地下の速度構造の相違、すなわち新潟平野側での低速度の深い堆積層のため、震央が数km、深さも5km程度変化することが、稠密臨時観測によって確かめられた(たとえば、Shibutani et al., 2005b)。上記のように、極端な場合には観測点配置や地下構造によって、地震発生層の形はゆがめられる場合がある。

さらに、地殻内地震発生層は地震活動が低い地域では、地震数が少ないので、時間的に発生場所が変化したり、ある期間に集中的に起こった地震を基に決定されたりして、精度が悪くなる場合もある。また、太平洋側では最上部マントルと地殻内地震の中間に地震活動が存在する地域があり、地殻内地震との区別が難しくなる場合もある。地域によっては、少数だが中部～下部地殻に地震活動が見られ、地殻内地震の下限ははっきりしなくなる場合もある。したがって、特定の地域の地震発生層について議論する場合は、観測網、地下構造、地震データおよび震源決定法などを吟味した上で、震源の深さを考慮

して考える必要がある。

3.5 地震発生層と熱構造

地震発生層の原因については、3.1で述べたように二つの考えがあった。これらは、地震が断層のすべり現象なのか、岩石の破壊現象なのかという、未解決の根本的な問題を含んでいる。今のところ、前者の断層すべりの構成則が温度・圧力の変化とともに、変化することによって、地震の発生がある深さで限定されるという考え (Sholz, 1998) が有力である。このような構成則の変化は、プレート境界における巨大地震の発生間隔等のシミュレーションに用いられている。しかし、地殻内の地震については、シミュレーションができる段階ではなく、定性的な説明にとどまっている。地震現象はすべりとともに破壊も含まれると思われるが、近似的に震源域における断

層面のすべりとして理解できる。しかし、この構成則自体が証明されたわけではないので、岩石の破棄や、すべりに関する基礎的な実験や理論の研究は必要である。

地殻内地震発生の下限は種々のデータから、Fig. 13に示すように、300-400°Cと推定されている (小林, 1977; Shibson, 1982; Ito, 1990など)。これは最近のデータでは約200°Cという推定もある (田中・伊藤, 2002)。Fig.14に示すように、地震の下限が浅い地熱地帯で実際にボーリングをした結果では300-350°Cであるが (Sasada et al., 1996; Ikeuchi et al., 1998; Tohsha et al., 1998), この温度がもっと深い20km程度の地震の下限に対して適用できるかどうかは、未知の部分が多い。地下の温度の推定にはそのパラメータ (熱伝導度, 活性化パラメータを含む放射性発熱量など) のばらつきによって、誤差が大きい。また、熱の流れが定常的でない場合はその不確定さはより大きくなる。したがって、温度の推定は難しいが、地震発生に熱構造が大きく影響していることは確かである。地殻内の下限の温度は200-400°C程度である。

さらに、地震発生には上限があり、地殻の最上部では一般に地震が発生しない。これは主に圧力の効果によるところが大きいと思われる。しかし、地震の下限と上限が正の相関にあるようであり、圧力だけの効果とも思われぬ。地熱地帯や火山地帯などでは下限が浅いが、地殻の浅いところまで地震が発生する。地震はP波速度が6km/sになる層に発生するとされたが、このような地域ではそれより遅い速度の層でも地震が発生する。これらのことから、地震が繰り返し発生するには、ある程度の温度が必要であると考えられる。すなわち、地震発生の繰り返しには応力の回復が必要で、このためにはある程度の温度が必要であると考えることができる。群発地震が移動してしばらくした後また元の位置付近で再活動する現象が見られるのは、破壊地域がヒーリングによって強度回復されるためだと思われるが、温度が高くないと回復しないことが考えられる。

地震の上限の温度を推定すると100-150°Cである。同様な地震発生の上限がプレート境界のマントルの地震についても見いだされているが、その理由については、粘土鉱物の脱水作用など諸説があつて、定まっていない。これにも温度の効果があると思われる。地震発生層の上限は、震源域の上限の推定にも重要であり、強震予測に必要であるのでさらに調査を要する。ただし、前述のように、浅い地震の震源決定には、稠密な観測網を要するので注意が必要である。

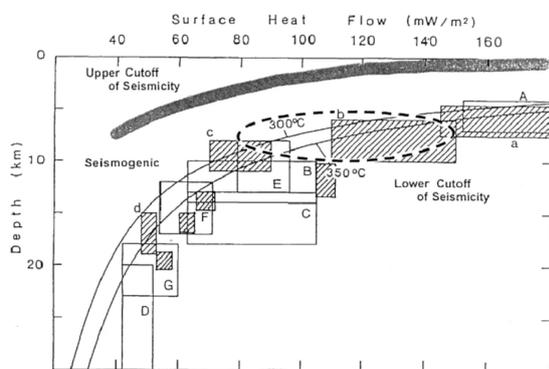


Fig.13 Heat flow and cutoff depths of earthquakes after Ito (1990) added data in Western Nakano Prefecture by Tanaka and Ito (2002) shown by dotted area. Lines show temperature.

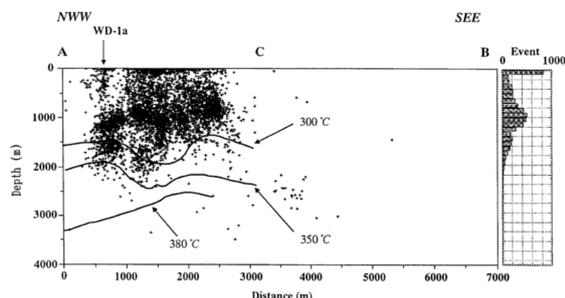


Fig.14 Focal depth distribution of micro-earthquakes (Tohsha et al., 1998) and underground temperature determined from deep drilling (Sasada et al., 1996 and Ikeuchi et al., 1998) in the Kakkonda Geothermal area, Tohoku district, Japan. Left figure shows depth-frequency distribution of earthquakes.

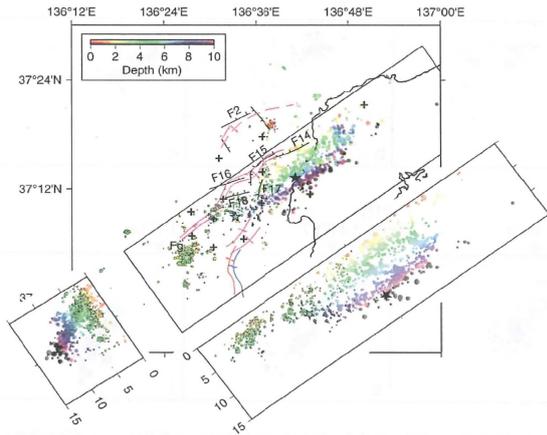


Fig.15 Distributions of epicenters and focal depths of aftershocks of the 2007 Noto earthquake M6.9 (Joint Observation of Aftershocks for the 2007 Noto Earthquake, 2007).

4 活断層と地震発生層

4.1 大地震の余震と地震発生層

近年大地震の際に稠密地震観測が実施されるようになり、余震分布が詳細に求められるようになった。その結果、震源域の両端では震源が浅くなることがわかってきた。これらは内陸のM7クラスの地震でよくわかる。2000年鳥取県西部地震(M7.3), 2003年宮城県北部地震(M6.2), 2004年新潟中越地震(M6.9), 2005年福岡県西方沖地震(M7.0)および2007年能登半島地震(M6.9)などで共通に観測されている。また、1989年ロマ・プリエタ地震(M6.9)についても、同様な分布が見られる。Fig.15に能登半島地震の例を示す(2007年能登半島地震合同余震観測, 2007)。

さらに、跡津川断層に沿う地震分布は同様な深さ

分布を示す (Ito et al., 2007)。この断層での最新の地震は1958年飛越地震(M7.0)で、現在の地震活動が余震活動かどうかについては確定的ではない。しかし、150年以上経過していることと、活動が地表活断層につながるほぼ垂直な面状に集中していることから、これらは定常的な地震活動だと見ることができる。跡津川断層系には地表活断層として3つの断層が見られるが、地震の震央分布は3つの断層に沿って明らかに分かれて分布している。さらに、相対的な震源決定の結果、震源が2つの地表断層につながる面状に分かれて分布することがわかった (Fig.16)。このように、地震発生の境界が、通常地震活動の深さ変化と対応することが考えられ、これは長大な活断層のセグメンテーションの検出に用いることができるとされる。例として中央構造線や歪み集中帯の中の地震分布が考えられる (伊藤, 2006)。この理由としては、震源域の下部地殻に弱い部分があることにより、その部分は深部まで深さによる強度とせん断応力の差が小さくなるというモデルがある (飯尾, 2005)。これは地震が深いところの下部地殻部分が熱的に高温であることに対応すると思われるが、地震の下限が浅くなる場所が高温になるモデルとは相容れない。しかし、流体やガスの存在を考えれば矛盾なく説明できるかもしれない。いずれにせよ、地殻上部だけでなく、下部地殻および上部マントルも含めた応力場と構造の解明が必要である。特に下部地殻や上部マントルの熱構造、岩石の構成および流体やガスの存在なども含めた物理的な性質が、このような地震発生の形態の解明のために必要である。これらの定量化と地震発生層の形状の関連の詳細を決めることは、内陸地震発生過程の解明に重要である。

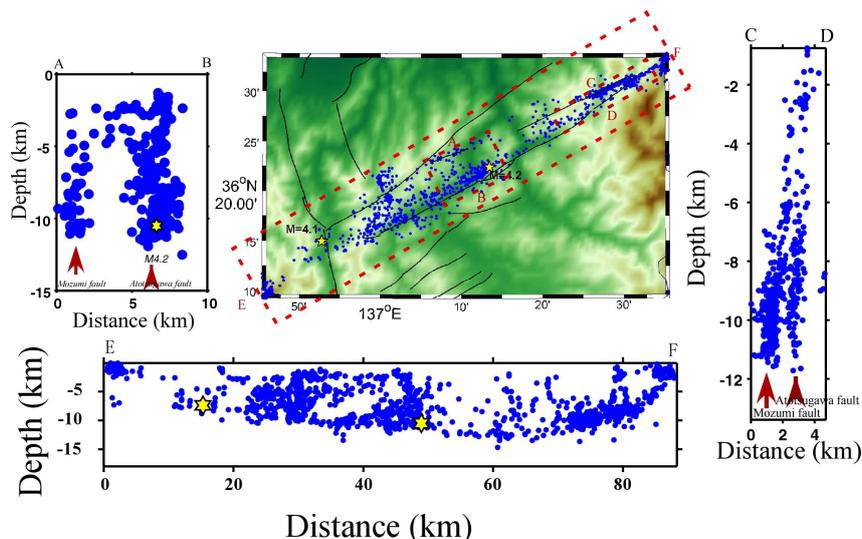


Fig.16 Hypocenter distribution of earthquakes determined by using the double-difference hypocenter determination method in the Atotsugawa fault system area, central Honshu, Japan. AB and CD show focal depth distributions across the faults in the rectangles in epicenter map. EF shows focal depth distribution along the fault. Stars show moderate events with M4.1 and 4.2 after Enescu (personal communication).

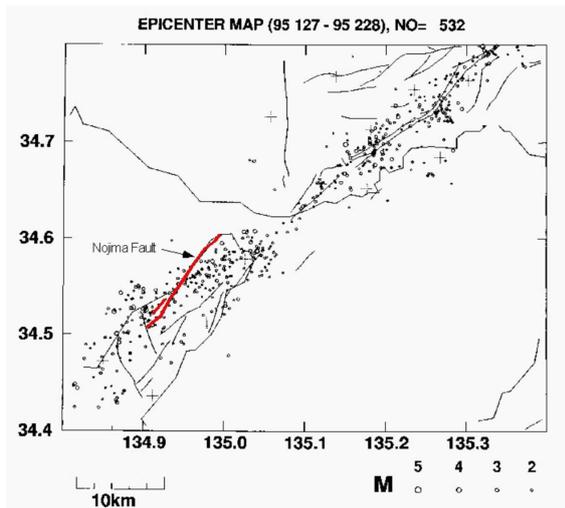


Fig.17 Epicenter distribution of well-determined aftershocks of the 1995 Hyogo-ken-nambu earthquake and active faults. The red line shows the Nojima fault, along which surface displacements associated with the earthquake were observed, (Ito et al., 2006).

4.2 地表活断層と内陸地震

上記のように跡津川断層系においては、地表活断層と地震発生層内の地震分布が非常に良く対応する。活断層は内陸地震の予測に大きな役割を果たしているが、問題点も指摘されている。1995年兵庫県南部地震では必ずしもこの対応は明確でなく、種々の議論がなされた。Fig.17には余震の震央分布を示す(伊藤・他, 2005)。赤い線が地表変位が確認された野島断層である。一番変位が大きかった野島断層北東部付近には余震が分布していないことがわかる。地表活断層は淡路島の部分と神戸側では、走向が異なっており、神戸側では走向が時計回りに20度くらい回転している。しかし、余震の並びは全体として直線的である。地表変位が見られた野島断層は余震の走向と斜交している。現在の応力場に対応する形で地震発生層の破壊が発生するが、その際に、地表付近の活断層はそれに呼応する形で破壊が起きる。すなわち、応力場に対応する形で地表付近の断層は修正されて活動するのではなかろうか。地表付近の破壊は表層付近の活断層の状況によって派生的に活動し、必ずしも地震断層に対応しない。しかし、地震発生層内では断層が支配的な場合は、応力場との関連で、動きやすい方が動くこともあるので、地震による応力場と断層の関係は単純ではない。また、表層構造によって、地震発生層内の地震断層と地表活断層の関係も単純な対応関係がなくなる場合もある、

Fig.18には有馬-高槻構造線中部の地震活動を示す(京都大学防災研究所地震予知研究センター, 1996)。

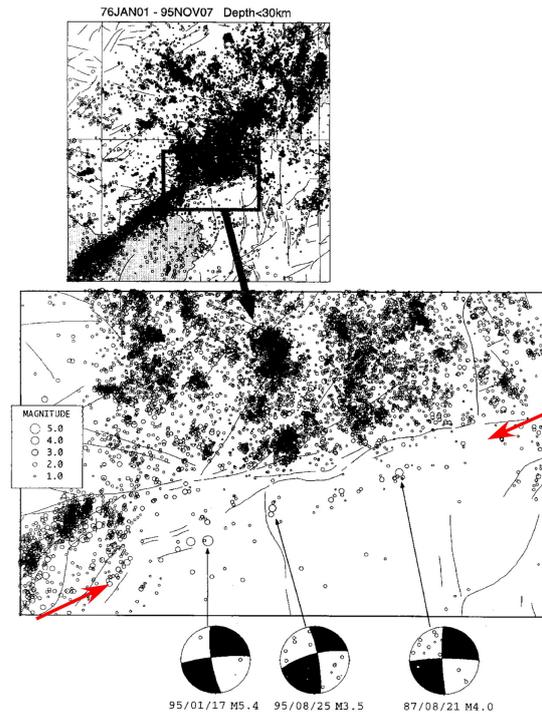


Fig.18 Epicenter distribution of earthquakes in the eastern part of the Arima-Takatsuki Tectonic Line (ATL). Solid lines show active faults. Focal mechanisms are also shown for three Moderate sized earthquakes in the plain-side of ATL; one event with M5.4 occurred just after the 1995 Hyogo-ken-nambu earthquake (RCEP, DPRI, Katao, 1996). A pair of arrows indicates a line of earthquakes in the Osaka Plain.

地震発動は有馬-高槻構造線を境に北側で活発であり。その南側では活動は低い。しかし、有馬-高槻構造線にほぼ並行に、その南側の大阪平野に地震活動が見られる。この地域ではM4クラスの地震が時々発生する。1995年兵庫県南部地震の本震の数時間後に最大余震とされる地震がこの線上で発生した。Fig.18には3個の大きめの地震のメカニズムを示す。この並びは一見、有馬-高槻構造線と並行に見えるが、少し斜交しており、応力場とは有馬-高槻構造線より調和的である。これは応力場に対して、より平野側に活断層が発展していく過程を示すと解釈することもできる。その際、活断層は応力場に合うように走向が修正される可能性が高い。

このように、地表活断層は地震発生層における地震活動とある種の関連を持って活動しているが、そのまま対応するものではない。活断層は内陸地震の発生予測のために、非常に大きな役割を果たしているが、地震発生層との関連を理解することによって、より有効になるものと考えられる。そのためには、応力場を含めて地下構造、地質構造の理解が不可欠である。

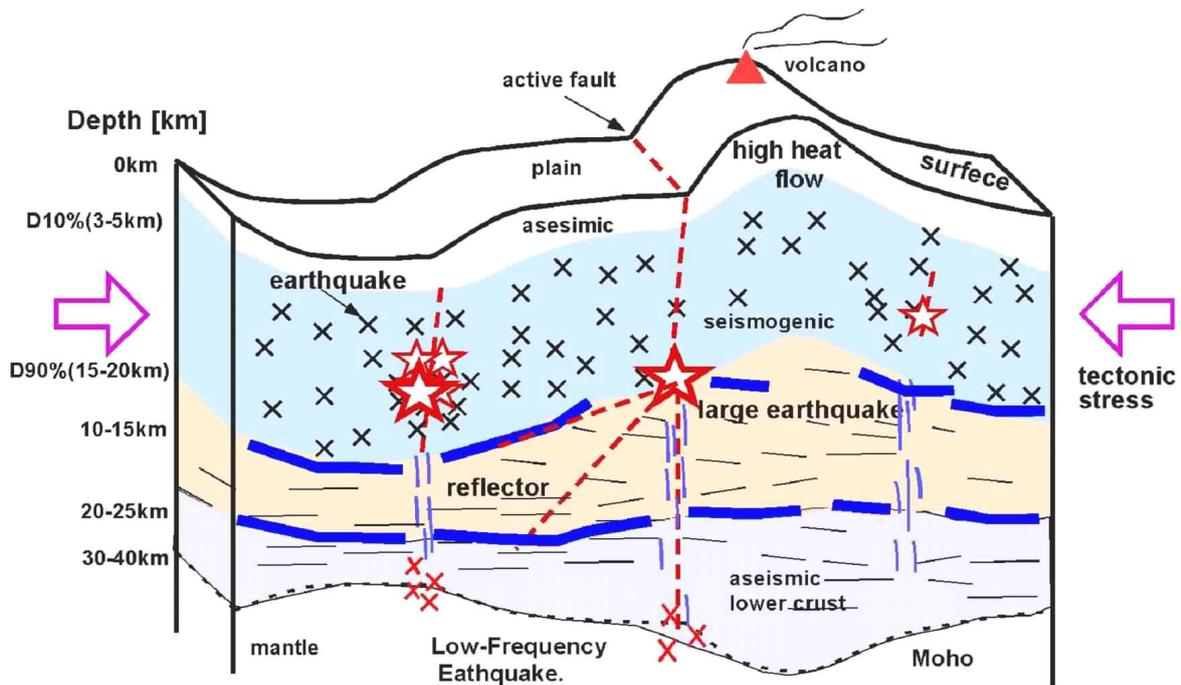


Fig.19 Schematic model of inland earthquakes. The model consists of four major layers in the crust, an aseismic surface layer, a seismogenic upper crust, a transient middle crust and an aseismic lower crust. Two major reflective boundaries exist between upper and middle crust and middle and lower crust..

5 内陸大地震と歪み集中帯

上記のような地震発生層の地域的な変化は、内陸地震の発生に大きな役割を演じていると思われる。Fig.19にはこれまで得られた種々の情報をまとめた内陸地震発生層の概略的なモデルを示す。断層規模における地震発生層の地域的な変化は、上述の通り内陸地震に大きく影響している。地震発生層の地域的な変化は、大地震発生に重要な要素であるが、歪み集中帯 (Hashimoto and Jackson, 1993; Sagiya et al., 2000) など列島規模の応力変化とは直接には対応していないようである。たとえば新潟-神戸歪み集中帯では、その両側で地震発生層の厚さが変化する (Ito et al. 2007b)。しかし、東北地方やその他の歪み集中帯では、地震発生層の深さ変化は直接対応していない部分もある。すなわち、列島規模の変化に対する構造や応力場の対応の変化は、より深い部分も含めた構造の解析が必要になる。

これらのことから、列島規模の変形や地震の発生には下部地殻 (Iio et al., 2002) や上部マントルの役割が大きいと考えられる。下部地殻には顕著な地震波の反射面が存在することが知られている。これらの反射面は下部地殻の形成過程や現在の状態を示すと考えられている。問題はこれらの反射面が上部地殻の地震断層、さらに地表活断層とどのような関係にあるかである。地震発生には不均質構造が関与していると思われる。不均質構造に応力が集中する

と考えられるからである。下部地殻の反射面は不均質の不均質構造の現れであり、これらの調査が今後重要になると思われる。近畿地方においても大規模大震災軽減化プロジェクト (大大特) によって、大規模な構造調査が実施された (伊藤・他, 2005; 伊藤・廣瀬, 2006; Ito et al., 2006)。近畿北部では顕著な反射面が15kmと25km付近に見られる。Fig.19の反射面はこれらを反映したもので、西南日本の広域で同様な反射面が見られる。この下側の反射面と地震発生層の下限の間が、地殻の中部にあり、この部分が下部地殻と上部地殻の遷移的な層となつて、地震の発生に大きな役割を果たすのではないかとと思われる。この部分に蓄積された、高温高压の液体や気体の運動が、上部地殻の地震発生層の破壊をもたらすというモデルが考えられる。さらに、上部地殻では反射面ははっきりしないので、これらの面が地殻内のディタッチメント構造として地表活断層までつながるのか、より多方面からの調査が必要である。

近畿中部から南部にかけてはいくつかの北傾斜の反射面が見られる。上部地殻では反射面ははっきりしないので、この反射面が中央構造線や有馬高槻構造線までつながるかどうかはよくわからない。中央構造線は北傾斜であることが地殻上部では知られているが、下部地殻の顕著な反射面に繋がっているかどうかはわからない。大大特の調査でフィリピン海プレートの沈み込みが反射面として検出された。さらに、その反射面は2重になっていて、海洋地殻部

分の沈み込みが検出されたと解釈される。上部マン
トルの地震は下側の反射面の下方で発生しており、
これまでに地震活動で決定されていた、フィリピン
海プレートの深さはおよそ下側の面と対応し、フィ
リピン海プレートは10km程度浅くなることがわか
る。しかし、これらの反射面は構造とともに運動も
表している。下部地殻の反射面が構造を表すことは
確かであるが、運動をも表しているかどうかは確定
的ではない。反射面の性質などをより詳しく調査し、
その性質を調べる必要がある。また、モホ面が通常
の広角反射法では明瞭ではない。しかし、屈折法で
は確実にモホ面が存在する。モホ面の地域的変化は
応力状態に大きく影響すると思われるので、地殻全
体の構造を把握した上で、地震発生層などより短い
波形での構造の変化と地震発生との関連の調査が重要
になる。

地震発生層は上記のように、大地震発生に重要な
要素であるが、列島規模の変形とは直接対応しない
部分もある。すなわち、列島規模の変化に対する構
造や応力場の対応の変化は、より深い部分も含めた
構造の解析が必要になる。モホ面の地域的構造変化
を把握した上で、地震発生層などより短い波形での
構造の変化と地震発生との関連の調査が重要になる。
列島規模の構造の調査の際には内陸部分のモホ面と
沈み込むプレート、マントルウェッジの構造の把握
も必要である。

6 おわりに

大地震が発生する度に、従来の知識では得られて
いない事象が観測され、それによって、地震発生過
程が理解されてきた。本報告では、震源の精度の向
上によって、地震発生過程の理解が進んできた様子
を述べた。本報告では、その中からなるべく多くの
地震に共通する事象を取り上げて、地震の震源過程
の一般的な理解を進めることに重点を置いてきた。
しかし、最近の震源決定技術は、誤差を超える精度
にようやく到達したため、地震ごとの違いをも明ら
かにしている。長周期地震学は1960年代後半から大
地震の発生過程について地震の多様性を明らかにし
てきた。最近の強震計の解析の発展は、震源決定の
向上とともに、M7クラスあるいはそれより小さい地
震についても、その発生過程の相違を明らかにして
いる。しかしながら、われわれの地震に関する知識
は、まだまだ十分ではなく、大地震の~~旅~~に新しい事
象が発見されるものと思われる。これらの把握のた
めには、常に新しい観測方法を開発し、一定限度の
観測を長期間継続する必要がある。その結果、地震

予知への道も開けるものと思われる。

また、本報告では触れなかったが、大地震の度に
未知の災害が見いだされる。同じような地震でも時
期と場所によって、被害は大きく異なる。これは地
震自体の多様性ととともに、災害を受ける側の社会の
多様性とさらにその変化がある。2004年スマトラ沖
地震や2008年中国四川地震は、その規模において、
最大級の地震であり、これまで以上に地震の知識は
増すものと思われる。地震災害を軽減するためにも、
既設の~~枠~~や~~知識~~を超えた知識が必要になる。今後と
も、常に最新の技術を用いて地震など幅広く地殻活
動の調査を継続し、現象に対する基本的な理解を深
めるとともに、災害のメカニズムについても、新し
い知見を得ていかねばならない。

謝 辞

長年にわたって研究・観測に協力いただいた防災
研究所および地震予知研究センターの教員、職員各
位に深く感謝いたします。気象庁の一元化データ
を使用しました。図のいくつかはGMT (Wessel, and
Smith, 1991)によって作図しました。関係各位に感謝
いたします。

参考文献

- 2007年能登半島地震合同余震観測 (2007) : 東京大学
地震研究所ウェブサイト, <http://eoc.eri.u-tokyo.ac.jp/coco/Jnoto.html>
- 古本宗充・工藤 健・田中俊行 (2007) : 内陸地震の
最大規模と地温勾配との関係, 地震学会後援予稿集,
D046, p150.
- 廣瀬一聖・伊藤 潔 (2006) : 広角反射法および屈折
法解析による近畿地方の地殻構造の推定, 京都大学
防災研究所年報, 第49号 B, pp. 307-321.
- 石橋克彦 (1980) : 伊豆半島をめぐる現在のテクト
ニクス, 月刊地球, 第2巻, pp. 110-119.
- 飯尾能久・松本 聡・片尾 浩・松島 健・大見士
朗・澁谷拓郎・竹内文朗・植平 賢 司・西上欽也・
Bogdan Enescu・廣瀬一聖・加納靖之・河野裕希・
是永将宏・儘田 豊・宮澤理稔・辰己賢一・上野友
岳・和田博夫・行竹洋平 (2005) : 2004年新潟県中
越地震の発生過程, 京大防災研究所年報 第48号 A,
pp. 165-170.
- 伊藤 潔・黒磯章夫 (1988) : マスター・イベント法
による近畿地方北部における微小地震の震源の精
密決定と深さ分布, 地震2, 第41巻, pp. 179-188.
- 伊藤 潔・和田博夫・渡辺邦彦・堀川晴央・佃 為

- 成・酒井 要 (1994) : 1993年能登半島沖地震, 京大防災研年報, 第37号 B-1, pp. 325-341.
- 伊藤 潔・松村一男・和田博夫・平野憲雄・中尾節郎・渋谷拓郎・西上欽也・片尾 浩・竹内文朗・渡辺邦彦・渡辺 晃・根岸弘明 (1995) : 西南日本内帯における地殻内地震発生層, 京大防災研年報, 第38号 B-2, pp. 209-219.
- 伊藤 潔・梅田康弘・渡辺邦彦・尾上謙介・馬場久紀・小泉 誠・松尾成光・平原和朗・根岸弘明・山崎 朗・中村 衛・Glenda Besana・藤原善明・平松良浩・堀川晴央・中村泰之・嶋田庸嗣・平田正哉・大東明子・中野健秀, (1996) : 1995年兵庫県南部地震直後の臨時余震観測, 京大防災研年報, 第39号 B-1, pp. 183-190.
- 伊藤 潔・中村修一 (1998) : 西南日本内帯における地震発生層の厚さ変化と内陸大地震, 京大防災研年報, 第41号 B-1, pp. 27-35.
- 伊藤 潔・佐藤比呂志・梅田康弘・松村一男・渋谷拓郎・廣瀬一聖・上野友岳・森下可奈子・伊藤谷生・平田 直*・川中 卓・黒田 徹, 阿部 進・須田茂幸・斎藤秀雄・井川 猛, (2005) : 近畿圏における大大特プロジェクト I の地下構造調査, 京都大学防災研究所年報, 第48号 B, pp. 243-258.
- 伊藤 潔 (2006) : 地震発生層の深さ分布と活断層のセグメンテーションとの関係, 京都大学防災研究所年報, 第49号 B, pp. 227-238.
- 地震予知連絡会会報 (1978) : 第20巻, pp.
- 活断層研究会編(1991) : 新編日本の活断層, 東京大学出版会, pp. 1-437.
- 気象庁 (1968) : 松代群発地震調査報告, 気象庁技術報告 第62巻, pp. 1-556.
- 小林洋二 (1977) : 西南日本および中央日本における微小地震の震源分布と地殻熱流量との関係, 地震予知研究シンポジウム 1976, pp. 184-193.
- 黒磯章夫・伊藤 潔・梅田康弘・飯尾能久・村上寛史 (1986) : 1983年日本海中部地震の高周波余震と震源特性, 地震2, 第39巻, pp. 419-430.
- 京都大学防災研究所地震予知研究センター (片尾浩) (1996) : 兵庫県南部地震余震域周辺地域の地震活動, 地震予知連絡会会報, 第55巻, pp. 501-515.
- 中尾節郎・片尾浩・渋谷拓郎・渡辺邦彦 (2002) : 兵庫県北部の地震 (2000年1月12日Mj=5.4) と一連の地震活動について, 京大防災研年報, 第45号 B pp. 561 - 569.
- 大見士朗 (2002) : 平成12年鳥取県西部地震の余震分布～震源座標の関数としての観測点補正値を用いた震源決定～, 地震2, 第54巻, pp. 575-580.
- 清水公一・伊藤 潔・松村一男・安藤雅孝 (1992) : 1991年西表島群発地震と南琉球個のテクトニクス, 京大防災研年報, 第35号 B-1, pp. 323-332.
- 清水公一・伊藤 潔・大倉敬宏・片尾 浩・安藤雅孝 (1993) : 1992年西表島群発地震, 京大防災研年報, 第36号 B-1, pp. 253-262.
- 武村雅之 (1998) : 日本列島における地殻内地震スケーリング則 - 地震断層の影響および地震被害との関連 -, 地震2, 第51巻, pp. 211-228.
- 田中明子・伊藤久男 (2002) : 長野県西部地域における地殻内地震の下限深度とその場の温度, 地震2, 第55巻, pp. 1-10.
- 津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野 泉・高橋正義 (1978) : 1978年伊豆大島近海地震前後の地震活動, 東京大学地震研究所彙報, 第53巻, pp. 675-706.
- 梅田康弘・, 村上寛史 (1978) : 1978年伊豆大島近海地震による伊豆半島内の地変線及び最大余震による被害, 地震2, 第31巻, pp. 275-286.
- 宇佐見龍夫 (1987) : 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, pp. 1-145.
- 渡辺 晃・中村正夫 (1967) : 根尾谷近傍に発生する微小地震の2・3の性質, 地震2, 第20巻, pp. 231-243.
- 和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・岩岡圭美・池田直人・北田和幸 (1999) : 1998年飛騨山脈群発地震, 京都大学防災研究所年報, 第42号 B-1, pp. 81-96.
- 和田博夫・岸本兆方 (1974) : 跡津川断層における微小地震活動 第1報, 地震2, 27, pp. 1-9.
- 余震合同観測班 (青木治三) (1974) : 地震予知連絡会会報, 第13巻, pp. 54-58.
- Brace, W. F., (1972) : Laboratory studies of stick-slip and their application to earthquakes, *Tectonophysics*, Vol. 14, pp.189-200.
- Brace, W.F. and J.D.Byerlee (1970) : California earthquakes: Why only shallow focus?, *Science*, Vol. 168. pp.1573-1575.
- Byerlee, J. D. (1968) : Brittle-ductile transition in rocks, *J. Geophys. Res.*, Vol. 73, pp.4741-4750.
- Hashimoto, M. and Jackson, D. D, (1993) : Plate tectonics and crustal deformation around the Japanese islands. *J. Geophys. Res.*, Vol. 92, pp. 16149 -16166.
- Iio Y., Y. Kobayashi and T. Tada (2002) Large earthquakes initiate by the acceleration of slips on the downward extensions of seismogenic faults, *Earth Planet. Sci. Lett.*, Vol. 202, pp. 337-343.
- Ikeuchi, K., N. Doi, Y. Sakagawa, H. Kamenosono and T. Uchida (1998) : High temperature measurement in well WD-1a and the thermal structure of the Kakkonda geothermal system, Japan, *Geothermics*, Vol. 27, pp.

- 591-607.
- Ito, K. (1990) : Regional variations of the cutoff depth of seismicity in the crust and their relation to heat flow and large inland-earthquakes, *J. Phys. Earth*, Vol. 38, pp. 223-250.
- Ito K. (1992) : Cutoff depth of seismicity and large earthquakes near active volcanoes in Japan, *Tectonophysics*, Vol. 217, pp. 11-21.
- Ito, K. (1999) : Seismogenic layer, reflective lower crust, surface heat flow and large inland earthquakes, *Tectonophysics*, Vol. 306, pp.423-433.
- Ito, K., H. Wada, S. Ohmi, N. Hirano and T. Ueno (2006) : Seismic activity from routine and temporary observations of earthquakes in the northwest Chubu district, central Honshu, Japan *Geodynamics of Atotsugawa Fault System*, Ando M.(ed.) (Terrapub.), pp. 45-63.
- Ito K., Y. Umeda, H. Sato, I. Hirose, N. Hirata, T. Kawanaka and T. Ikawa (2006) : Deep Seismic Surveys in the Kinki District: Shingu-Maizuru Line, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, Vol. 81, pp. 239-245.
- Sagiya, T., S. Miyazaki, and T. Tada (2000) : Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan, *PAGEOPH*, Vol.157, pp.2303-2322.
- Sasada, M., T. Sawaki, H. Muraoka, K. Ikeuchi, N. Doi, M. Yagi and M. Sasaki (1996) : The highest borehole Temperature (449 ° C) determined by melting of pure metal tellurium; WD-la, Kakkonda geothermal system, Japan, *Bull. Geolo. Surv. Japan*, Vol.47, pp. 361-364.
- Shibutani, T., H. Katao and Group for the dense aftershock observations of the 2000 Western Tottori Earthquake (2005a) : High resolution 3-D velocity structure in the source region of the 2000 Western Tottori Earthquake in southwestern Honshu, Japan using very dense aftershock observations, *Earth Planets Space*, 57, 825--838.
- Shibutani, T., Y. Iio, S. Matsumoto, H. Katao, T. Matsushima, S. Ohmi, F. Takeuchi, K. Uehira, K. Nishigami, B. Enescu, I. Hirose, Y. Kano, Y. Kohno, M. Korenaga, Y. Mamada, M. Miyazawa, K. Tatsumi, T. Ueno, H. Wada and Y. Yukutake (2005b) : Aftershock distribution of the 2004 Mid Niigata Prefecture Earthquake derived from a combined analysis of temporary online observations and permanent observations, *Earth Planets Space*, 57, 545–549.
- Sholz C.H. (1998) : Earthquakes and friction laws, *Nature*, Vol. 391, pp. 37-42.
- Sibson, R. H. (1982) : Fault zone models, heat flow and the depth distribution of earthquakes in the continental crust of the United States, *Bull. Sei. Soc. Am.*, Vol. 72, pp. 151-163.
- Sibson, R. H. (1984) : Roughness at the base of the seismogenic zone: Contribution factors, *J. Geophys. Res.*, Vol. 89, pp.5791-5799.
- Tosha, T., M. Sugihara and Y. Nishi (1998) : Revised hypocenter solutions for microearthquakes in the Kakkonda geothermal field, Japan, *Geothermics*, Vol. 27, pp. 553-571.
- Umino, N., T. Okada, J. Nakajima, S. Hori, T. Kono, T. Nakayama, N. Uchida, J. Shimizu, J. Suganomata, S. Gamage, A. Hasegawa and Y. Asano (2003) : Hypocenter and focal mechanism distributions of aftershocks of July 26 2003 M6.4 northern Miyagi, NE Japan, earthquake revealed by temporary seismic observation, *Earth Planets Space*, Vol. 55, pp. 719-730.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith (1991): Free software helps map and display data, *EOS Trans. Am. Geophys. Union*, Vol. 72, p.

Source Processes of Inland Earthquakes and Heterogeneous Structure Revealed from Large Earthquakes

Kiyoshi ITO

Synopsis

Source processes of large earthquakes have been well analyzed by using abundant recorded seismic wave and phase data of earthquakes from dense station network with improved observation system in recent years. However, new phenomena still have been obtained and/or hypotheses have been proved, every time of large inland earthquakes. Therefore, we still need continuous observations of earthquakes including various kinds of crustal movements with new improved technique, in particular, observations of large earthquakes, which are rather rare phenomena.

Keywords: large earthquake, seismic activity, observation of earthquake, accuracy of hypocenter, seismic reflector

2007年新潟県中越沖地震発生後の 新潟県災害対策本部における状況認識の統一

浦川 豪*・林 春男

* 京都大学生存基盤科学研究ユニット

要 旨

災害発生後、被災地の自治体が質の高い災害対応を実現するためには、各関係機関と被害や対応に関する最新情報を共有し、有機的に連携して災害対応を進めることが必要不可欠となる。そのためには、被災地及び各関係機関から収集される情報を効率的に情報集約しなければならない。本研究では、平成17年7月16日に発生した新潟県中越沖地震における新潟県災害対策本部地図作成班の現場での活動を通して、災害対応における実務者間の状況認識を統一するための地図活用の有効性について述べるとともに応急対策期における現場での情報処理の手法を提案するものである。

キーワード：災害対応、情報集約、新潟県中越沖地震、地図作成班、状況認識の統一

1. はじめに

災害発生後、被災地の自治体が質の高い災害対応を実現するためには、各関係機関と被害や対応に関する最新情報を共有し、有機的に連携して災害対応を進めることが必要不可欠となる。そのためには、被災地及び各関係機関から収集される情報を効率的に情報集約しなければならない。その情報に基づき本部長（知事、市長等）や災害対応に係わる主要な実務者が出席する災害対策本部会議では、現在被災地が直面している主要課題に対する対応方策等の意思決定がおこなわれる。つまり、災害対策本部で従事する災害対応実務者の多くは、現時点での最新情報を収集し、整理するという情報処理業務をおこなっていることになる。これまでも、これら災害発生時の情報収集や情報集約に関する様々な新しい技術開発や研究が進められてきたが、災害対応実務者が従事する災害対策本部等災害発生後の最前線でそのシステムが活用されたことはないのが現実である。

1995年の阪神・淡路大震災以降、様々な情報システムが開発されてきたが、いまだ応急対策期に被災地の主要課題解決を支援する情報システム等、実際現場で役に立つ情報処理の仕組みは確立していない。すなわち、情報システム等を利用し被災状況と対応状況を整理し、その情報にもとづいて意思決定を行

うことが有効であるという認識は、これは災害対応に関わるものにとって常識であったが、その常識が実現されたことはこれまでの災害では一度もなかったことを意味する。

本研究では、平成17年7月16日に発生した、「平成19年新潟県中越沖地震」後、新潟県知事の要請を受け、産官学民で結成された新潟県災害対策本部地図作成班（EMC：Emergency Mapping Center）の災害発生直後からの現場での活動を通して、災害対応における実務者間の状況認識を統一するための地図活用の有効性について述べるものである。

また、災害対応の最前線において実務者と協働で状況認識を統一するための地図を作成する中で地図作成班が直面した課題、課題解決策を具体的に示すことで、今後の応急対策期における現場での情報処理の手法を提案する。

2. 研究の概要

本研究では、災害発生後の応急対策期の実務者間の状況認識統一のための地図の有効性と切迫した状況下での地図作成に関する情報処理について新潟県災害対策本部地図作成班の活動を通して述べるものである。

災害対策本部会議の参画者間での状況認識の統一

とは、知事、副知事、危機管理監、班長等、災害対応に従事する主要人物が一同に集まり、各班で収集、集約した最新の情報を共有し、その認識を統一することであり、これらの情報に基づきその時点での主要課題解決へ向けた対応方針決定される。米国では、ICS (Incident Command System) というハザードに依存しない一元的な危機管理システムを確立し、自然災害やテロリズム攻撃の事態の際に、地図、チャート、表や画像等を利用し、ハザードの情報、関連機関の対応状況、被災者へのサービス内容、活用済み又は利用可能な物的資源の情報、災害対応の戦略や災害対応実務者の対応計画等で構成されるCOP (Common Operational Picture) を作成し、定期的に更新することとなっている。日本の災害対策本部に相当するEOC(Emergency Operation Center)には、避難所の状況、被害の状況、事案の進行状況、関連機関の対応状況、気象情報、通信システムの情報、資機材の状況、空きの病床数の情報、治安に関する情報、道路及び輸送機関に関する情報、応援職員に関する情報とEOCスタッフに関する情報を掲示することが推奨されている。COPは情報システムやホワイトボード等様々なツールを利用して作成される。Fig. 1には一元的な危機管理の仕組みに基づく効果的な危機対応を支援するための情報処理過程を示す。状況認識の統一を図るためには2種類の情報を集約する必要がある。それらは、組織を取り巻く外的状況と組織内各部局の被害・対応状況である。前者は、災害情報システム、関連機関から派遣された連絡担当、マスメディア等から収集された情報をもとに集約される。後者は、各部局本部から災害対策本部に派遣される連絡担当、対策本部の資源管理担当や庶務財務担当から収集された情報をもとに集約される。情報が不足する場合は、偵察を出して積極的な情報収集を行う。状況認識の統一と当面の対応計画案がまとまると、指揮調整機能に提出され、承認されると正式な対応計画となり実行責任者が対応者に具体的な活動を説明する。また、渉外担当が関係機関への計画を通知し、広報担当者はマスメディアを利用して計画を周知することになる。Fig. 2のように災害対策本部では、情報作戦班を中心としてFAXやデジタル文書等様々な形式で収集された情報資料を評価し、必要なものは災害対策本部のホワイトボードや壁に掲示し、災害対策本部会議に提出する文書や地図を迅速かつ適切に作成するという情報集約業務を効率的におこなうことが求められる。これまでの災害発生時においても、災害対策本部では、人的被害や構造物の被害、ライフラインの被害・復旧状況、避難者数等文字と数値で表現された文書等を作成し災害対策本部会議に提出するのが一般的であった。

しかし、誰もが時々刻々と変化する状況を可視化した地図の有効性は認めつつも、現場の厳しい時間的な制約の中で実務者のニーズに応じて地図を継続的に作成し災害対応を支援した事例は存在しなかった。

本研究では、実務者間の状況認識統一のための情報の中でも、被災地の人的・物的被害や各関連機関等の対応状況を俯瞰的に把握することができる地図に焦点を絞り、平成19年新潟県中越沖地震発生直後からの新潟県災害対策本部地図作成班の活動を通して、地図作成班の活動内容を示すとともに地図の有効性について述べる。新潟県災害対策本部地図作成班の活動では、7月19日からデジタル地図の作成を本格的に開始し、8月10日にその活動を終了するまでの23日間の活動内容について具体的に述べるとともに、そこで得られた教訓等を整理する。次に、災害対応実務者と協働し、現場で確立した地図作成の情報処理過程とそこで作成された成果物(地図)について述べる。最後に、今後の被災自治体の災害対策本部における地図作成の必要性と地図作成班の今後の展開について提言するものである。

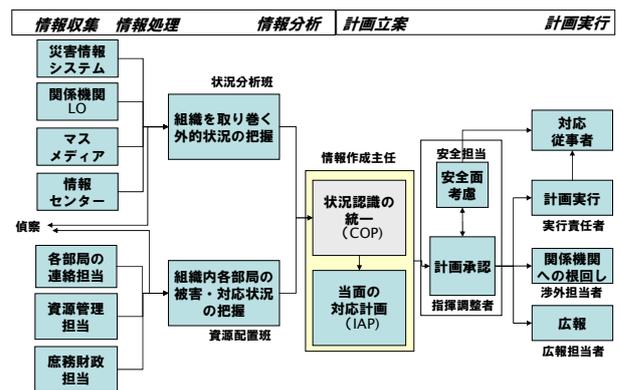


Fig. 1 Information Processing based on Unified Emergency Management System

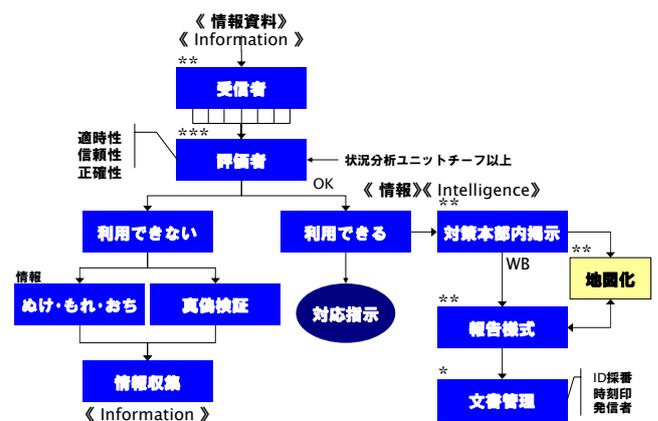


Fig. 2 Information Processing from Information Resource to Map

3. 新潟県災害対策本部地図作成班の活動

新潟県災害対策本部地図作成班の活動は、デジタル地図を利用した状況認識の統一に向けた複数の組織が参画する現場での初めての取り組みであった。地図作成班の参画者は、災害対応実務者と協働で被災地の早期復興を目指す責務も共有することとなった。本章では、発災後の新潟県災害対策本部地図作成班の立ち上げ、地図作成班の果たすべきミッション、現場での活動（運用）を述べ、最後に活動期間を3つの期間（立ち上げ期、運用期、撤収期）に分け、災害対策本部会議の状況、組織の体制・活動環境、資源（物的資源、人的資源）、広報、データ・データベース、地図の観点から時系列的に地図作成班の活動実態を考察する。

3.1 新潟県災害対策本部地図作成班の立ち上げ

2004年の新潟県中越地震を契機として、新潟大学に所属する私たちの研究チームの一員と新潟県では、効果的な災害対応の確立を目的として様々な連携を継続的に行っていた。その継続的な活動の帰結として、7月17日朝の災害対策本部会議において、知事からの地図作成要請を受けることができた。新潟県は3年以内に新潟中越地震と新潟中越沖地震の2度の大規模な地震による被害を受けたことになる。新潟中越地震の新潟県災害対策本部では、情報集約に手間を取り、本部長である県知事がおこなう災害対応方針決定支援を効果的におこなえなかったことが報告されており、知事からも新潟県中越地震の本部会議では必要な地図が、必要なタイミングで出てこなかったことが我々に述べられている。新潟県災害対策本部地図作成班は、産官学民で結成した。その中心は「にいがたGIS協議会」であった。平成16年新潟県中越地震の際のGIS防災情報ボランティア活動を契機として生まれたNPO組織で、地元のGIS関連企業、新潟県、新潟大学などを中心として産官学民が集い、GISの利活用の幅を広げる活動を継続的に実施している。にいがたGIS協議会には協議会が持つ各種資源の提供だけでなく、全国の団体や企業にさまざまな資源の提供を呼びかけてもらった。人的資源の提供については、名古屋大学・横浜国立大学からの参加に加えて、GIS防災情報ボランティアネットワークや地域安全学会GIS特別研究委員会に属する団体の会員や、我々と日頃から共同研究している企業の協力を得た。こうした力が結集されて、デジタル地図作成に必要なハードウェア、ソフトウェア、データ、人員がまたたく間に集まった。また、地図作成の活動には、活動する場所が必要となる。新潟県にとっ

ては発災直後の混乱の中、具体的に何の役に立つのか分からない大学機関や民間企業の人員が内部組織に入り込むことになり、第3者である我々が県庁内に活動場所を確保することは通常困難であるが、新潟大学に所属する研究チームの一員の努力が実り、新潟県災害対策本部に隣接した倉庫に活動スペースを18日に確保することができた。このスペースは地図作成班として新潟県災害対策本部の正式な組織として認知された。空調、電話回線やネットワークなどの設備環境面ではけっして好条件とはいえない場所だったが、災害対策本部の誰もが気軽に訪れることができるように、災害対策本部に隣接する場所を選定した。その意図が功を奏し、作成した地図が貼られた地図作成班の前の廊下は、活動期間を通じて地図作成を相談する人が絶えたことはなかった。反響が大きく、地図作成の依頼が増加したため、7月20日からは地図作成自体は別室で行ない、倉庫では実務者と地図作成受付・相談だけを行うようになった。

3.2 地図作成班のミッションと役割

地図作成班は、そのミッションを「災害対策本部等に入る様々な内容、形式の情報を、災害対応業務の展開速度に対応し、迅速に電子地図化し、被災地の効果的な災害対応の実現と早期復興に貢献すること」と定め、それに従って地図作成の優先順位を明確化した。発災直後から県の災害対策本部にはFAX等の紙媒体の情報を中心に、様々な形式の情報が集まってくる。これらの情報は、次々と最新情報に更新される。効果的な災害対応を実施するためには適切かつ迅速な対応方針決定が求められ、そのためには必ずその時点での最新情報を利用しなければならないことは言うまでもない。つまり、地図作成班では時々刻々と被災地の状況が変化中、様々な形式、内容の最新情報を効率的に処理し、災害対応実務者のニーズに応える地図を作成することが求められたことになる。災害対策本部には、本部班員だけでなく、本部班長や班員と密に連絡を取りバックヤード側で従事する各課の職員、自衛隊、警察等の関係機関の人員が出入りする。地図作成班は限られた人的、物的資源で運用することを前提としていたため、「災害対策本部会議のための地図（災害対策本部班の業務を支援するための地図）」作成を最優先とし、そして「各課の業務を支援するための地図」余力があれば「関係機関の災害対応業務を支援するための地図」を作成することとした。したがって、地図作成班の役割は「災害対策本部会議の参画者間での状況認識の統一を図るための地図作成」と「各課、各関係機関が実施する個別の災害対応業務を支援するための地図作成」であった。

3.3 地図作成班の運用

地図作成班も地震災害発生によって突発的に結成された組織であり、中心となって活動したにいがたGIS協議会と京都大学、新潟大学の参画者の多くは初対面であった。そこでまず、地図作成班に参画する組織の役割を明確にした。組織の体制を確立するにあたっては、危機発生後の危機対応を規定するICS (Incident Command System) に準じ、指揮調整、事案処理、情報作戦、資源管理と庶務財務の5つの機能を割り当てた。また、先述のように、にいがたGIS協議会は、地域のGIS関連企業が集結している組織であるため、通常業務と並行して責務を有したボランティアとして地図作成活動に参加した。よって毎日のように参加者が交代することが予想されたため、参加者の役割を「地図作成者」「受付・相談者」「指揮調整者」に大別した。「地図作成者」はGIS駆使して、災害対応に資する地図を作成する人である。

「受付・相談者」は、地図作成を依頼する災害対策本部班員等と話し合い、どのような地図を作成すべきかを決め、依頼者にはそのために必要となるデータ整理法を明確化し、地図作成者に指示を出す役割である。そのため、GISの知識に加えて高い人とのコミュニケーション能力が必要となる。デジタル地図作成に直接携わるこの2つの活動を支援し、全体の活動を調整し・方向付けるとともに、対外的な広報を行うのが「指揮調整」の役割である。地図作成のためのそれぞれの果たすべき役割は単純であるが、混乱した現場でありかつ参加者が頻繁に交代する状況下では、それぞれの参加者が何をすれば良いのかを見える形で示したことは有効であった。また、それぞれの役割が明示的に示されたことで、役割別の人員確保も容易となった。活動期間中のべ275名の参加を得たが(地図作成者103名、受付・相談85名、総務87名が内訳である)、全ての参加者が初めて体験する活動であり、かつ流動的な人員配置の中での組織運用であったため、指揮系統の一元化とそれぞれの組織内部での情報共有を徹底することが最も重要であった。

3.4 地図作成班の活動に関する考察

ここでは、地図作成班の活動期間(2007年7月19日～8月10日)を立ち上げ期(7月19日から7月22日)、運用期(7月23日から8月5日)、撤収期(8月6日から8月10日)に分け、災害対策本部会議の状況、組織の体制・活動環境、資源(物的資源、人的資源)、広報、データ・データベース、地図の観点から時系列的に地図作成班の活動実態を考察する。

(1) 立ち上げ期(7月19日から7月22日)

7月19日から地図作成班は本格始動したが、準備段階の7月18日に災害対策本部に近接した倉庫4を確保し、物的資源であるPC1台、A3プリンタ1台を調達し、倉庫4を地図作成が可能な部屋として整備した。また、19日午前中に京大、新大、GIS協議会、新潟県のEMC主要参画者間で地図作成班の目的、ミッション等の共有と役割決定のためのミーティングを行い、物的資源のPC6台、デジタル住宅地図検索エンジンを調達し、その日に召集された人的資源14名で活動を開始した。また、19日の午前中までに、デジタル住宅地図、数値地図、日本行政区画閲覧データファイル、二次元衛星オルソ画像といった基盤図が準備され、地区別全壊建物数、通水復旧図の試行版の地図が作成され、本部会議にて本部長(知事)等に地図を用いた被害等の説明を行った。20日には、物的資源として内線電話が開通しPC1台が追加された。倉庫4は決して快適な作業環境では無かったこともあり20日に新しい部屋(職員会館教養室6)を確保し、地図作成機能のみを移転した。地図作成者はある程度快適な環境で地図作成に専念することができるようになった。また、作成した地図の複写の依頼が増え広報班、情報政策課と調整後、作成されたデジタル地図画像が庁内LANで共有された。その一部は、情報政策課が新潟県ホームページへ掲載し、災害対応業務の展開速度に見合う形で現場で作成された地図が素早くホームページへ掲載、更新されることとなった。地図作成班によって作成された地図は情報政策課によって庁内LANで共有されるとともに、柏崎市の現地対策本部にメールで送られた。庁内LANに登録された地図画像は広報班が確認後、ホームページへ掲載した。地図作成班と複数の異なる所属の実務者が地図作成のための情報の流れとそれぞれの役割を認識することで、地図利用のための環境が整うとともに、それぞれから個別相談されていた地図作成班の業務負担も軽減された。また、この期間はプロッターを利用したA0サイズの地図出力ニーズも発生した。治山課のプロッターを利用するとともに、新しいプロッター調達の依頼を行った。そして21日には災害対応実務者の地図作成班への認識も高まり、災害対策本部会議にて提出される地図として上水道の復旧状況を示す通水復旧図が作成された。22日には、人的資源としてGIS防災情報ボランティアからの人員が派遣された。また、地図作成者も毎日交代したため地図作成のプロセスや成果物、データを格納する仕組みがこのフェイズで確立した。

(2) 運用期(7月23日から8月5日)

立ち上げ期の参加者の長時間に渡る努力が実り、人的資源の適正配分、物的資源の確保、地図作成を

効率的に進めるための情報処理の仕組みが確立していた。この期間は、実務者の地図ニーズに応じて迅速に地図を作成していく期間となった。23日には、物的資源としてA0プロッターを確保し、ADSL回線が開通した。また、広報活動として新潟県情報政策監と国土交通省が同時に、地図作成班に関する報道発表を行い、多くの防災関係者等に地図作成班の存在が知らされた。この日から、午前と午後の2回開催されていた本部会議が1回に縮小された。定期的に作成すべき通水復旧図は災害対策本部班の2つの班のデータから作成されており、個別のやり方でデータを作成を行っていたが、担当の実務者と入力様式・方法を統一し、迅速かつ効率的に地図作成が可能となった。25日には、データとして国土地理院から地震発生後の正射写真図（紙）の提供を受け、災害対策本部、自衛隊等多数の実務者に利用された。翌日には、デジタル地図画像として地震発生後の正射写真図の提供を受けた。27日には、高性能のノートPC3台の貸与を受けた。8月1日に新潟県が特に関心をはらっていた上水道の復旧が完了し、本部会議の定版的な地図として作成されていた通水復旧図の作成が終了した。同日、災害対策本部会議が不定期開催となった。

(3) 撤収期（7月23日から8月5日）

23日に災害対策本部の主要な実務者と地図作成班の主要参加者として撤収日を8月5日にすることが決められ、この期間は撤収を念頭に置いた地図作成を進めた期間であった。8月3日には、県の関心が高まっていた柏崎市で実施していた建物被害認定調査の最新の結果、進捗状況を示す集計結果の地図を作成し、災害対策本部の主要な実務者のための貴重な情報となった。また、広報活動としてこれまで作成した地図をポスターにし、6日に県庁の通路に掲示した。地図作成班の活動は、災害対策本部班内の活動だったためマスメディアにその具体的な活動内容が伝わっていなかったが、この期間に複数のマスメディアからの取材を受け、日本全国に日本で初めての地図作成班の試みが紹介された。かつ流動的な人員配置の中での組織運用であったため、指揮系統の一元化とそれぞれの組織内部での情報共有を徹底することが最も重要であった。

4. 地図作成班の作成した地図

本章では、地図作成班が作成した地図に関する情報処理と成果物である地図の応急対策期における役割について述べる。

4.1 効率的な地図作成のための情報処理

(1) 地図作成のための情報処理

地図作成班は、被災地の様々な形式・内容の最新情報を迅速に地図化することが求められた。前述のように災害対策本部では、被災地がその時点で直面している主要課題に対する対応方針の決定等が行われるため、最新情報を利用しなければならない。例えば、上水道の復旧状況を示す通水復旧図作成では、現場から県に当日の最新情報が夜に届き、担当班は翌日の朝から集計作業を始める。集計表が地図作成班に午前9時ごろに受け渡され、本部会議が開催される午前10時の15分前までに地図を作成しなければならなかった。つまり、1時間弱で最新情報を利用した地図作成が求められたことになる。地図作成班では、効率的な地図作成のためにGISを利用したが、実務者にはGISについての技術、知識は無いことを前提とした情報処理を現場で確立した。したがって、実務者と地図作成班のデータのやり取りは実務者が普段から使い慣れているスプレッドシート（エクセル）とした。Fig.3は、生データ（情報資料）から地図作成までの流れを示す。実務者は、FAX等の紙媒体の生データ（情報資料）を被災地の県の出先機関等から収集する。次に、実務者は紙媒体の情報資料をもとに、スプレッドシートを使って情報集約する。実務者のスプレッドシート作成の段階が迅速な地図化のための最も重要な段階となった。それは、スプレッドシートで整理しているデータはデータベースであることを実務者に理解してもらうことであり、具体的には地図作成のために必要な項目をスプレッドシートに適切な形式で入力してもらうことが重要であった。自治体におけるスプレッドシートの利用形態は個票やリスト（一覧表）として利用されることが多く、ここでもデータベースの基本的な要件を満たしていないものが多く存在していた。データベースの基本的な要件とは、まず第1に一意のIDを付与することである。定期的に更新する地図は、一意のIDをキーに地図の図形と最新情報を結びつけ、随時地図を更新していた。単純なことであるが、柏崎市と刈羽村のそれぞれの避難所の情報に付与されているIDが1からはじまっていたこと等、一意のデータとして認識できないスプレッドシートとなっていた。実務者の入力負担を考慮し、当初避難所名が一意であったため、避難所名を一意のIDの代わりとして利用していたが、担当者がローテーションで交代し、ある日突然避難所名が省略形となり、地図作成に障害となった。次の要件は、入力する情報の型を統制することであった。つまり、数値、文字等入力する型を必要な型で統制することであった。さらに、住所情報から位置情報を新規に作成する場合、住所の記

述形式を統一することが求められた。従来のような数値や文字によるテキスト形式で書類を作成する場合は、各班がそれぞれの形式でその情報を集約していたが、必要な地図は複数の班の集約したスプレッドシートをレイヤという形で重ね合わせた主題図となる。その場合、複数の班のスプレッドシートを標準的な形式で統一しなければ迅速な地図作成は不可能である。実務者も地図の有効性に対する認識が深まり、現場で地図を作成するための中間ファイルとなるスプレッドシートを標準化することができた。効率的に地図を作成するための標準的なスプレッドシートの要件は以下になる。

- ・ 一意のIDが付与されていること
- ・ 入力の様子が統制されていること
- ・ 新規にスプレッドシートから位置情報を作成する場合は、位置情報に変換できる情報（住所等）が適切な形式で記述されていること

Fig.4はGISを利用した地図作成のための情報処理過程を示す。先にも述べたように、現場の業務展開速度に対応した地図作成のためにはGISを利用することが必要不可欠であった。つまり、GISは複数の新しく作成されたスプレッドシートを効率的に地図に展開すること、多くの実務者が一目で分かる地図を

作成すること、そして時々刻々変化する状況に対して最新の情報に更新し、これまでの状況と比較すること等が可能であるからである。地図作成のための情報処理過程は、住所情報等位置情報に変換可能な情報を用いポイントデータを作成するプロセスと、あらかじめ作成した又は既存の図形データとスプレッドシートを関連付け、ポイント、ライン、ポリゴンデータを作成するプロセスである。新規のレイヤの作成後は、更新されたスプレッドシートを用いてレイヤを更新する手順となる。後者のプロセスで、新規図形データ作成が生じた場合、最初のレイヤ作成には時間を要することになる。

市販又は公開されている行政界等のデータとは異なる特殊なエリアであったため各エリアと町長目を参照し行政区ポリゴンを作成した。その他、警察の管轄区等、それぞれの組織で特有のエリア割りが存在し、新しく地図作成班でそのポリゴンを作成した。上記2つのプロセスによって、地図作成に必要なレイヤ群が作成される。これらのプロセスで作成されたレイヤをベースマップ（基盤図）と組み合わせ、最後の地図のデザイン（表現）を実務者の意向を反映し、数回の修正を加えて地図は作成された。

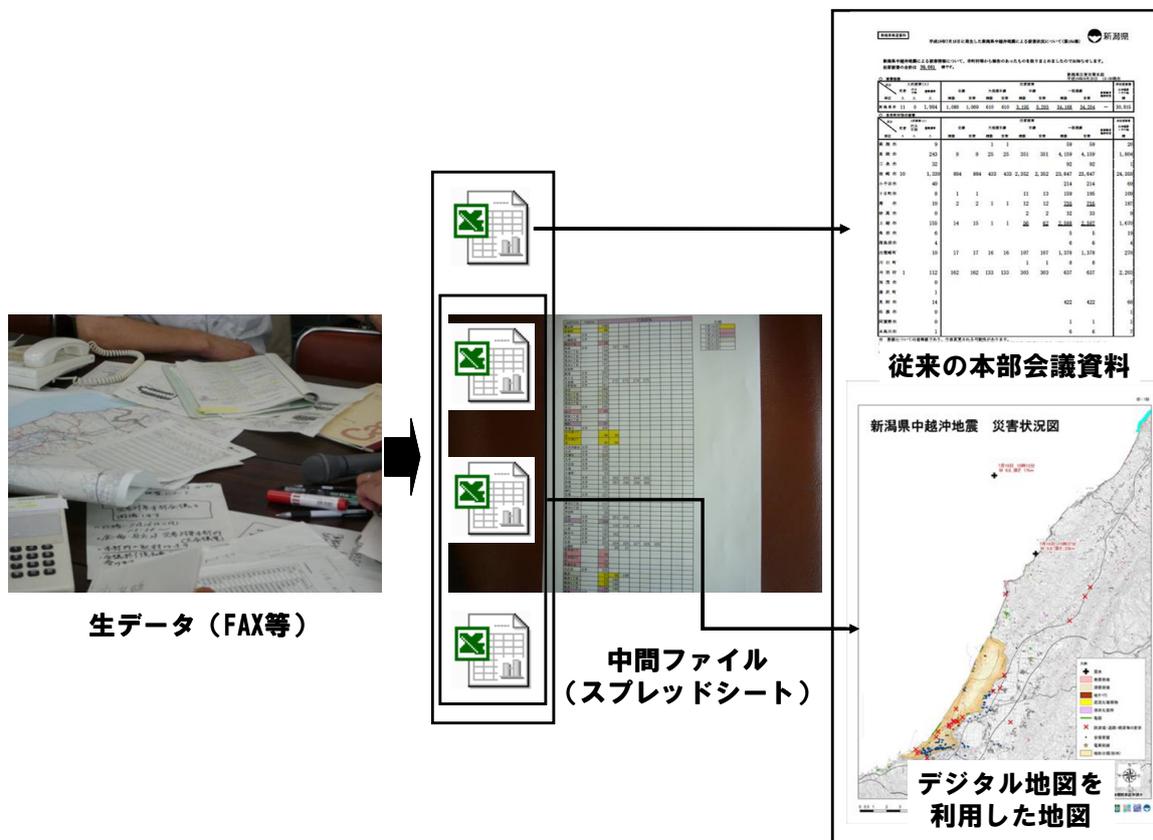


Fig.3 Information Processing from Raw Data to Map

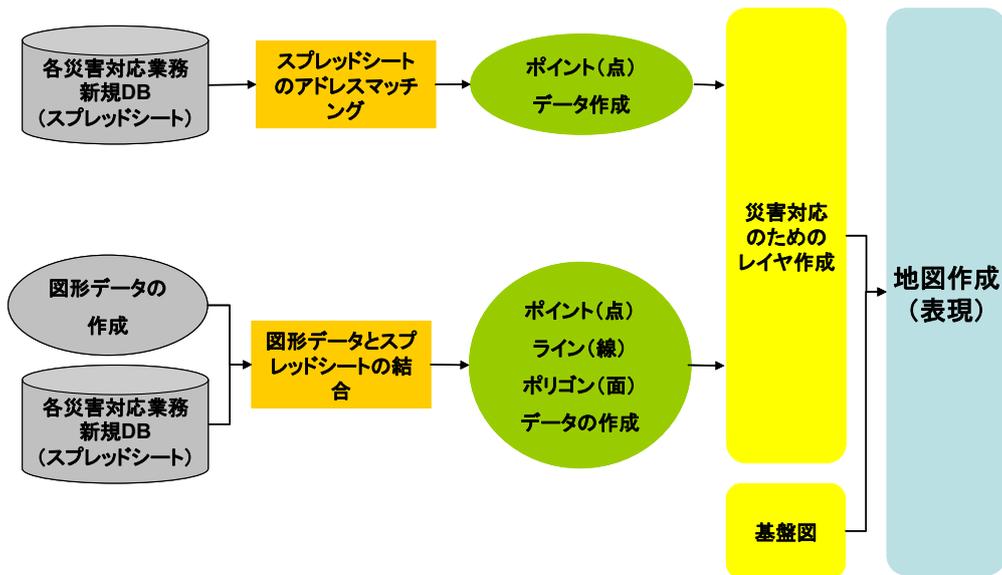


Fig.4 Information Processing for Creating Map Using GIS

4.2 効率的な地図作成のための情報処理

地図作成班では、Table 1のように活動期間中に198種類の地図作成を求められ、187種類の地図を作成した。紙資料からスプレッドシートへの入力が不可能、位置情報の特定が不可能等の理由から地図作成の依頼はあったものの作成されなかったものもあった。

Fig.5は、198種類の地図作成の依頼主体の集計である。状況認識の統一のための情報処理が主な役割となる本部班からの依頼が54%と最も高く、各課が35.4%、自衛隊、警察等の関連機関からの依頼が10.6%であった。また、Fig.6には時系列での地図作成依頼数を示す。地図作成班立ち上げ当初は、特に自衛隊からの地図依頼が多く、本部班では地図の有効性の認識が高まり、その依頼が増え、8月1日災害対策本部会議が不定期開催となり災害対策本部の体制も縮小したことで、その依頼は減少した。なお、準備段階の18日に既に2件の地図作成が本部班員から依頼されていた。

地図作成班が作成した地図は、被災地をローラー作戦で巡回するために地区別にベースマップを出力して担当者に持たせたいというものから、その時点での対応の全体像が見える化したものとして毎日更新され、災害対策本部会議の席上で紹介されたものまで多様なものが含まれている。主なものが新潟県のHPで紹介されている。Fig.7には、通水復旧図を示す。通水復旧図は、上水道の復旧地域を表すレイヤと避難所の位置を表すレイヤとから構成されている。濃い色が前日復旧した地域、薄い色がそれ以前に復旧した地域を示す。応急対応において新潟県がとくに関心を払っていた断水状況と避難者の関係が可視

化され、衛生・廃棄物班から毎日の災害対策本部会議において知事をはじめとする関係者に対する進捗状況の説明資料として活用された。地震発生から約2週間後の8月1日に上水道は完全復旧した。さらに、この図は避難者数を表示することにより、情報分析班、避難所対策班、住宅確保対策班、障害福祉課、保険福祉課、健康対策課、医薬国保課、財政課、人事課での対応の根拠の情報としても使われた。

Table 1 Type of Maps

作成の 種類を 求め る	作成した地図の種類		198
	主題図	基盤図	
種類を 求め る	主題図	139	187
	基盤図	17	
	既存図面のコピー	31	
その他	キャンセル	8	11
	その他	3	
合計			198

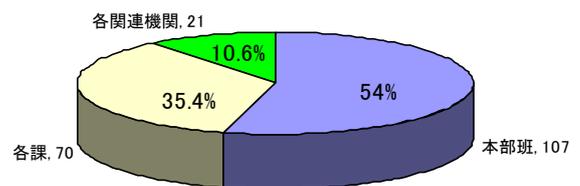


Fig.5 Needs of Maps

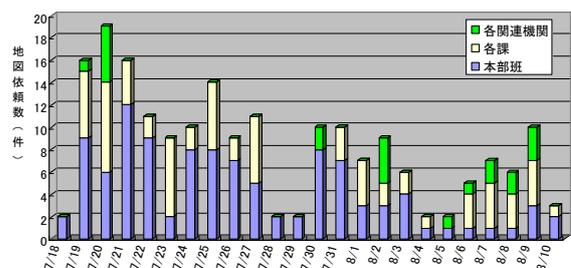


Fig.6 Chronology Change of Needs of Maps

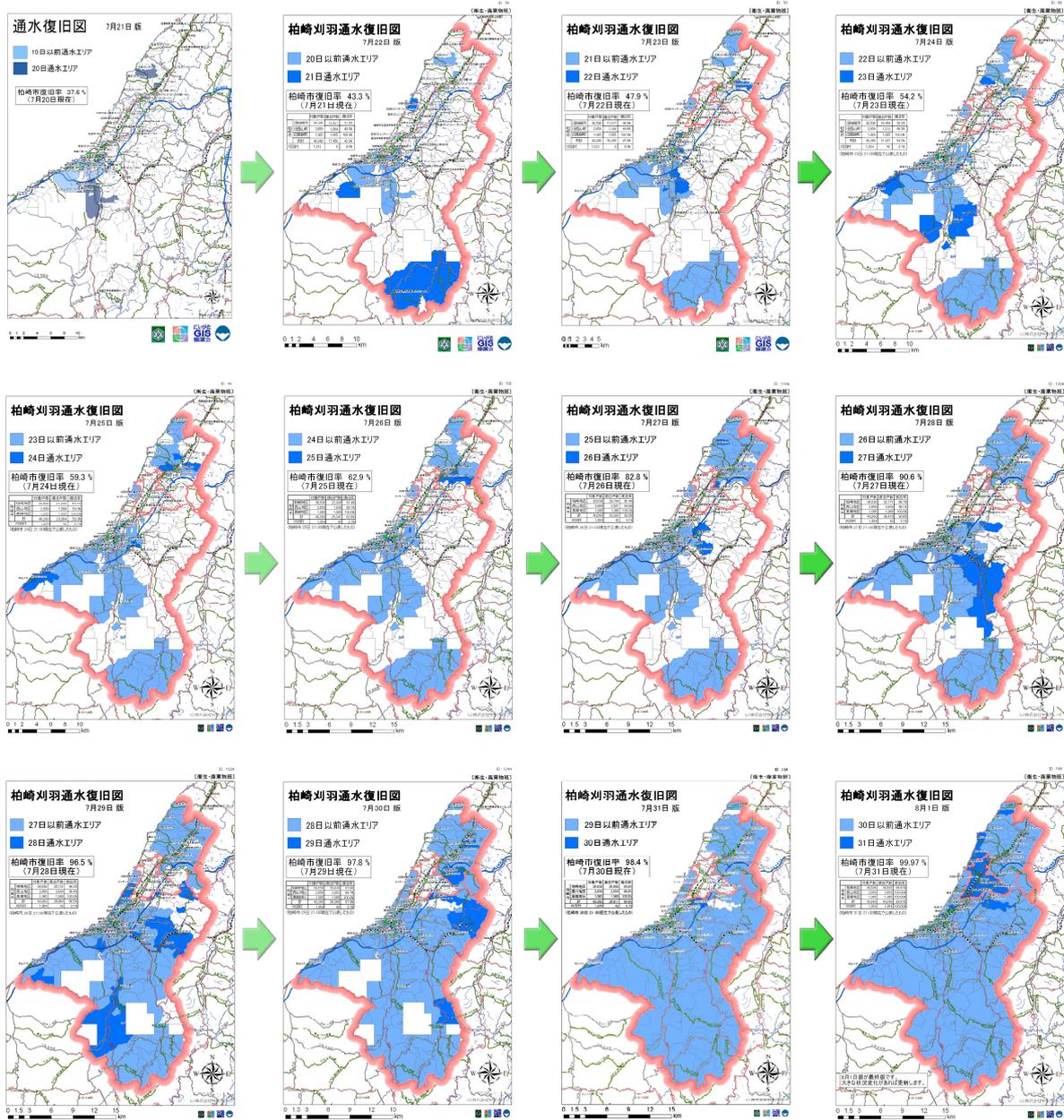


Fig.7 Water Recovery Maps

Fig.8は関係機関の災害対応業務を支援するための代表的な地図であり、警察からの要請を受けて作成した。この地図は、警察管区別に応急仮設住宅の位置と派出所の位置の関係及び2点間の距離を表現したもので、応急仮設住宅のパトロールを検討する上での根拠となる情報となった。その他、災害対策本部会議では、応急仮設住宅の建設予定場所を示す地図、公共下水道や集落排水の復旧状況を示す地図、農業用水の復旧状況を示す地図等が利用された。各課が実施する個別の災害対応業務を支援するための地図では、応急危険度判定結果を街区別に集計した地図や柏崎市の被害認定調査の進捗状況（調査の進捗率、建物の被害程度の日々の集計結果）を示す地

図等が作成された。

地図作成班は、様々な役割の実務者の要望に応え、現場で創意工夫を行い、多くの地図を作成することができた。それらの地図は、災害対策本部班会議の参加者の状況認識の統一を図る情報として有効であったことが地図作成班の具体的な活動実態と成果物から分かる。

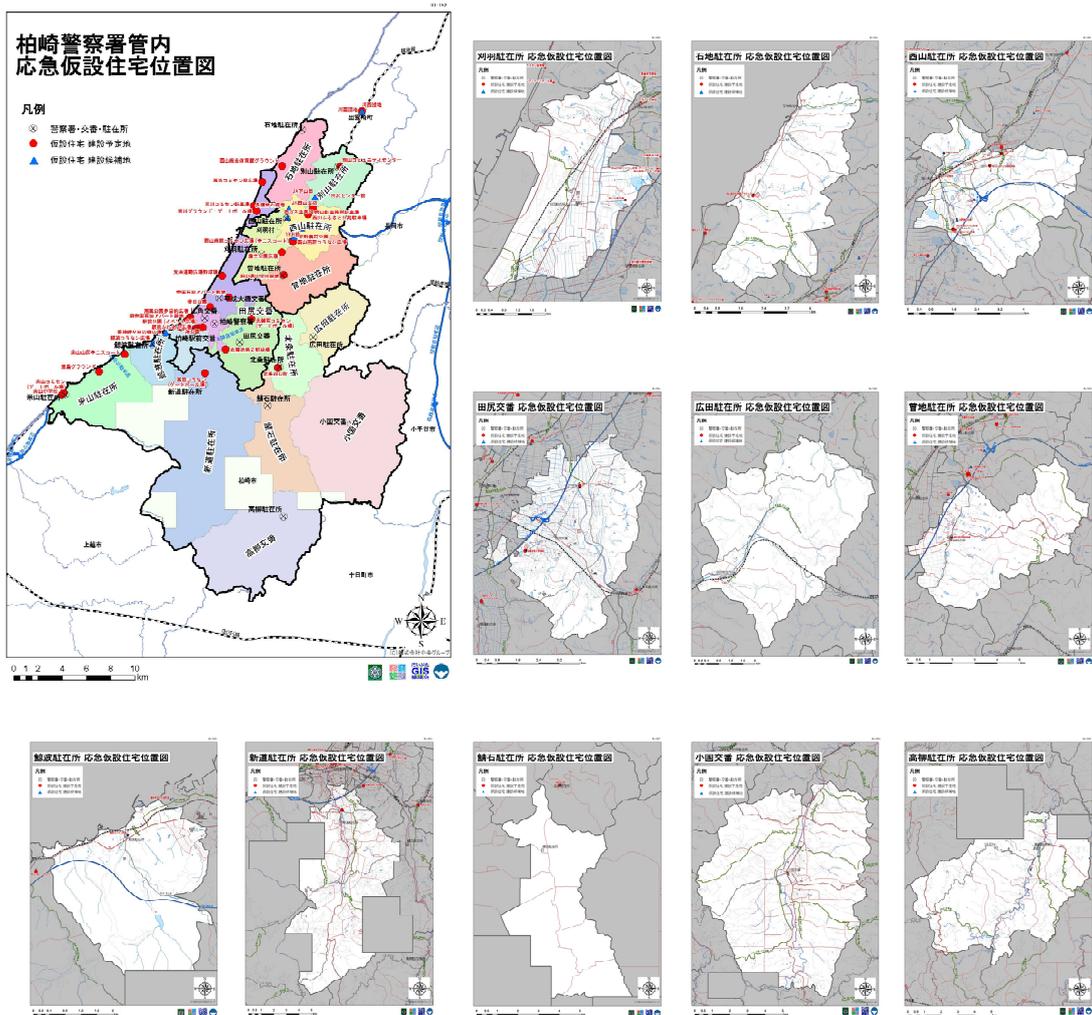


Fig.8 Map of Location between Police Box and Provisional Housing

5. おわりに

本研究では、災害発生後の応急対策期の実務者間の状況認識統一のための地図の有効性と地図作成に関する情報処理について、平成17年7月16日に発生した平成19年新潟県中越沖地震、新潟県災害対策本部地図作成班の現場での実践的な活動を通して述べた。災害対応、特に応急対応、応急復旧時における地図作成は、スピードと正確性（現在の最新の情報を正しく表現する）が求められた。GISを利用した地図作成は、平常時ではGISを操作できれば容易な事である。しかし、災害発生後、被災地において災害対応業務の展開速度、実務者のニーズに応え、限られた時間と人的・物的資源の中で行う地図作成は、その情報処理、地図作成班内部の体制構築と運用、実務者との協働等必要となる機能を整理し、それぞれの機能を有機的に連携させて実行することが重要であった。

本研究で述べた新潟県災害対策本部地図作成班の

活動は効果的な災害対応におけるデジタル地図作成の有効性を証明したこととなる。災害対応に資するデジタル地図の作成には多分野にわたる高度な専門性を必要とする。そうした技術やノウハウをすべての地方自治体が有することは現実的にはきわめて可能性が低い。だからこそ、地図作成班が必要とするタレントを全国規模で集め、被災地からの要請に応じて現地へ赴き、デジタル地図の作成を通して効果的な災害対応の実現を支援する地図作成チーム

(Emergency Mapping Team : EMT) を全国規模で整備する必要がある。医療分野のDMATや救急救命分野での緊急消防援助隊の活躍は有名である。全国規模の広域応援体制の整備は警察庁や国土交通省でも進められている。しかし、これらの広域応援は災害対応現場で必要となる活動を支援する実行部隊の応援態勢である。地図作成班は災害対策本部における状況認識の統一を支援するというスタッフ機能の支援である。国レベルで災害対応における必須の業務あるという認識が確立し、全国でEMT (Emergency

Mapping Team) を編成し、全国の関係者が被災自治体の災害対策本部に集結できる体制が整うことが望まれる。

謝 辞

本研究で述べた新潟県地図作成班の活動は、地震発生直後の混乱した状況の中で我々に地図作成機能を要望した新潟県と地図作成班の立ち上げ、運用を深く支援してくれた新潟県総務管理部情報企画監松下邦彦氏、にいがたGIS協議会の参加団体等多くの参加者の努力の結集によるものである。

また、本研究を進める上で協力して頂いた全ての方々に深く御礼申し上げます。

参考文献

秋本和紀他：GPS搭載の携帯電話による被害情報把握システムの開発，地域安全学会論文報告集，No.4，pp.159-165，2002

林春男：率先市民主義 防災ボランティア講義ノート，晃洋書房，2001

浅野俊幸他：減殺情報共有プラットフォーム環境の構築に関する研究，地域安全学会論文報告集，No.8，pp.127-134，2006

R.w.Greene, *Confronting Catastrophe*, ESRI Press, 2002.6

Gary Amdahl, *Disaster Response GIS for Public Safety*, ESRI Press, 2001

浦川豪他：マルチハザード社会の安全・安心を守るためのGISの活用方策-Enterprise GISを基盤としたCombat GIS-，地域安全学会論文報告集，No.6，pp.305-314，2004

近藤民代他：新潟県中越地震における県災害対策本部のマネジメントと状況認識の統一に関する研究-「目標による管理」の視点からの分析-，地域安全学会論文報告集，No.8，pp.183-190，2006

Dr.Donald W.Wash, *National Incident Management System Principles and Practice*, Jones and Bartlett Publishers, 2005

近藤民代他：米国の地方政府におけるIncident Command Systemの適用実態-ハリケーン・カトリーナ災害に着目して-，地域安全学会論文報告集，No.9，pp.253-260，2007

新潟県ホームページ

<http://bosai.pref.niigata.jp/bosaiportal/0716jishin/gis/index.html>

Common Operational Picture of Emergency Management Center, Niigata Prefecture at Niigata-ken Chuetsuoki Earthquake, 2007

Go URAKAWA* and Haruo HAYASHI

* Institute of Sustainability Science, Kyoto University

Synopsis

The Niigata Chuetsuoki Earthquake with a magnitude of 6.8 shook the Chuetsu region of Niigata prefecture on July 16th, 2007. In order to implement effective disaster response for victims, practitioners should share information to grasp the overall situation of damages and response about disaster related organization as chronological order. Generally, though documents of information submitted the meeting are described by text or numeric value, it is difficult to grasp the overall situation for decision making. This paper presents not only practical efforts to create “Common Operational Picture (COP)” so as to make appropriate decision of EOC, at EMC(Emergency Mapping Center), Niigata Prefecture and discuss the effectiveness of maps using GIS as visualized information.

Keywords: Emergency Operation Center, decision making, Common Operational Picture, Emergency Mapping Center, maps, GIS

2007年能登半島地震の震源モデルと強震動

岩田知孝・浅野公之・栗山雅之・岩城麻子

要 旨

2007年3月25日午前9時41分に能登半島西海岸付近を震源とする M_J 6.9の地震が発生し、震源付近の輪島市等で震度6強となる強い揺れを記録した。本稿では、このような地震被害発生の原因となった強震動生成に関係する震源過程の特徴について、強震記録と測地データを用いた震源モデリングと、震源域からやや離れていたが大きな地震被害が発生した穴水町での地盤震動特性評価についての報告を行う。破壊は断層の下方から上方に伝播し、アスペリティは破壊開始点から浅い、やや陸域にあった。穴水の強震動は、この地域特有の表層地盤構造によって周期1秒程度の震動が増幅されたために生じたと考えられる。

キーワード: 2007年能登半島地震, 震源過程, 強震動, 非線形応答, 微動観測

1. はじめに

2007年3月25日午前9時41分に能登半島西海岸付近を震源とする M_J 6.9の地震が発生し、震源付近の輪島市・七尾市・穴水町で震度6強となる強い揺れを記録した。内閣府による2007年12月28日時点における全壊家屋数は684棟で、これは石川県のみで発生した。揺れによる死者は1名で建物倒壊によるものではないため、建物倒壊による直接的な人的被害はなかった。このような被害の少なさは、強い地震動を受けた地域の大きさの違いもさることながら、明け方に襲われた兵庫県南部地震と比較すると、天気の良い日曜日の午前中に起きたこのイベントであったこととの違いも考えられる。本稿では、地震被害発生の原因となった強震動生成に関係する震源過程の特徴について、強震記録と測地データを用いた震源モデリングについて述べるとともに、震源域からやや離れていたが震度6強の揺れを観測し、地震被害が卓越した穴水町での地震動評価についての報告を行う。

2. 震源分布と余震分布による震源断層の特徴

Fig. 1にはP波初動の押し引き分布(気象庁)およびモーメントテンソルインバージョン(F-net)によるメカニズム解を示している。発震機構は西北西-東南東方向に圧縮軸をもつ形となっている。初動の押し引きから求められている断層面はどちらも垂直

に近く、横ずれ断層のように見えるが、地震の全体像を表すモーメントテンソル解からは、北東-南西方向の走向を持つ断層面もやや南東傾斜の断層面をもっていることがわかる。2000年鳥取県西部地震(例えば、岩田・関口, 2002)や2005年福岡県西方沖の地震(例えば、Asano and Iwata, 2006)でも観測されたように、この地震においても初期破壊と見られる相が主破壊の相に先行して観測されていることが指摘されている(例えばKato et al., 2008)。前述の地震では、初期破壊が主破壊に対して約3秒先行しており、空間的にも主破壊の破壊開始点と初期破壊の破壊開始点は数kmのオーダーで離れていることが示されている。それに対して能登半島地震の初期破壊の先行時間は0.5秒程度であった。2004年新潟県中越地震や2007年新潟県中越沖地震では初期破壊はそれほど顕著ではなかった。初期破壊の特徴が地震発生環境や発震機構と関係しているかどうかについて、データを蓄積して議論していく必要があると考えられる。

地震発生後、能登半島地震合同余震観測グループによる臨時余震観測が行われ、余震活動とこの地域の地殻内地震波速度構造の推定等が行われている(Kato et al., 2008)。

Fig. 2には、Kato et al. (2008)で得られた余震分布を示す。余震分布からは南東傾斜の地震断層面が明らかにみとれる。片川・他(2005)によってこの地域の海底の活断層が調査されている。Fig. 2に余震活動領域といくつかの海底活断層を示しているが、

これからわかるように余震分布の地表への延長に F14 断層が対応していることがわかる。

東京大学地震研究所 (2007) は初期破壊の存在とその発震機構と余震分布から、最初の初期破壊に対応する横ずれ主体の小断層が存在し、それより浅いところで、断層面がやや傾いた (南東傾斜) 断層面での主破壊が起きた模式的なモデルを提案している。後述するように、この模式断層モデルはさまざまなデータを用いた震源モデリングで、主として破壊開始点より浅い部分にすべりがあったことと矛盾しない。

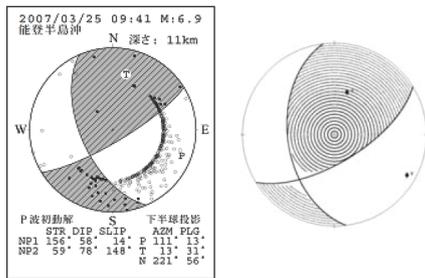


Fig. 1 (Left) Source mechanism obtained from P-wave onset data and (Right) F-net moment tensor solution.

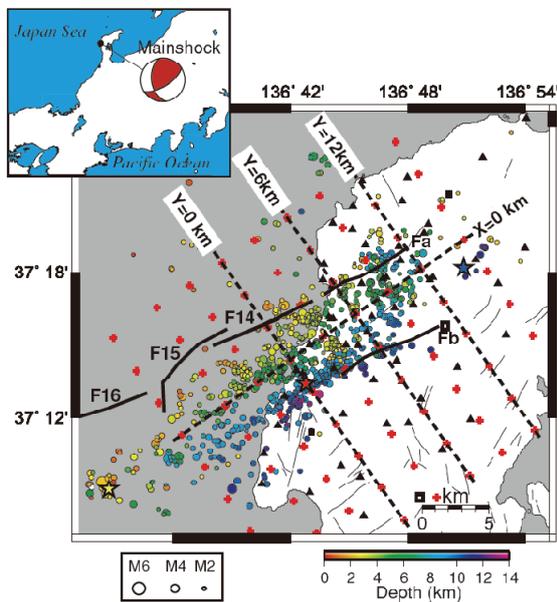


Fig. 2 Aftershock distribution and active fault distribution (Kato et al., 2008)

3. 強震記録と測地データを用いた震源インバージョン

本震の震源破壊過程をマルチタイムウィンドウ線形波形インバージョン法 (Hartzell and Heaton, 1983) によって推定した。強震観測点は K-NET 及び KiK-net の観測点 12 点 (Fig. 3), GPS 観測点は国土地理院の電子基準点 (GEONET) 18 点を使用した。断層面は独立行政法人防災科学技術研究所 F-net によるモーメントテンソル解を参照し、余震分布と調和的な走向 58 度、傾斜角 66 度の面を仮定した。断層面の空間的な広がり、余震分布を参照して長さ 30 km、幅 16 km と設定した。これを長さ 2 km、幅 2 km の小断層に分割し、各小断層の中心に時間幅 0.9 秒の smoothed ramp 関数を 0.3 秒間隔で 8 つ並べた点震源を置くことにより、モーメント解放の時刻歴を表現した。各小断層からの理論グリーン関数は離散化波数積分法 (Bouchon, 1981) と透過・反射係数行列法 (Kennett and Kerry, 1979) によって計算した。

まず、強震観測点のグリーン関数の計算に用いた速度構造モデルについて説明する。地殻・マントル部分の速度構造は、Aoki et al. (1972) による屈折法地震探査結果を参考に、各観測点共通の水平成層構造を仮定した。地震基盤より上の深い地盤構造部分の速度は各観測点に個別の一次元速度構造モデルを与えた。まず、神野・他 (2003) の速度構造モデルを元に基準モデルを作成し、この部分の各層の層厚を余震波形記録のモデリングによって推定した。表層部分は K-NET 及び KiK-net で公開されている検層情報も考慮している。波形モデリングによる層厚の推定では、遺伝的アルゴリズムによる最適化を行った。Fig. 4 には ISK001 (大谷), ISK008 (羽咋), TYM002 (氷見) での観測波形 (3 月 25 日 15 時 43 分の $M_j 4.5$ の余震) とチューニング前後の速度波形の比較を示している。波形は 0.05–1 Hz の帯域通過フィルターを適用している。余震のメカニズムと地震モーメントは F-net を参照し、震源時間関数は観測 S 波初動パルスが再現されるように与えている。

岩盤モデルの波形は振幅と継続時間ともに明らかに過小評価されている。それに対して最適化された地下構造モデルにおいては、直達 S 波部分から、しばらくの後続波群の継続時間や卓越周期といった余震記録の特徴を再現できている。ここで得られた地下構造モデルを用いてグリーン関数を計算してインバージョンに用いる。地下構造モデル構築に関して十分な情報がある場合には現実に即した地下構造モデルに基づく解析がよいと考えられるが、広域な速度構造モデルと観測点のみの情報などといった条件しかない場合に、余震などの記録を用いて観測点毎に一次元速度構造モデルを評価することにより、信頼性の高いグリーン関数を得ることができると考え

ている。一方、GPS 観測点のグリーン関数は、全点に共通の水平速度構造を与えて計算した。

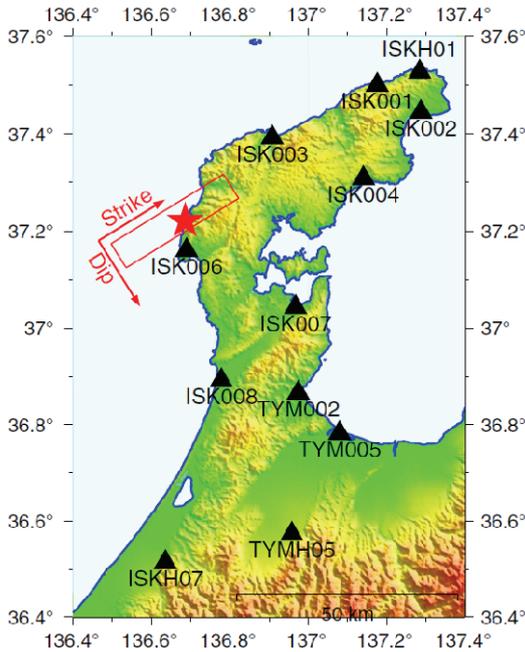


Fig. 3 Assumed fault model and strong motion station used for the source inversion.

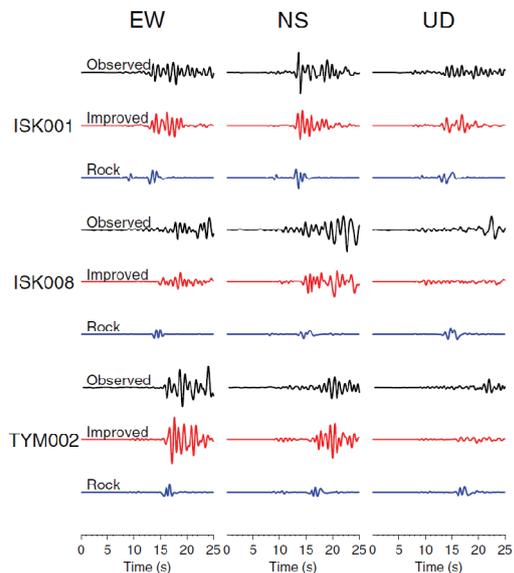


Fig. 4 Aftershock waveform modeling for obtaining appropriate underground velocity structure model. From top to bottom, the observation (observed), the synthetics by the improved model (improved), and the synthetics by the seismic bedrock velocity model (Rock).

Fig. 5 に震源インバージョンによって得られたす

べり量分布を示す。インバージョンでは、時空間的なすべり量の平滑化とすべり方向の拘束を Sekiguchi et al. (2000)に従って行っている。Fig. 5 に示したものは、平滑化の強さと強震記録と GPS 記録の間の相対的重み付けを ABIC 最小化の基準によって決定したときの解である。第 1 タイムウィンドウの破壊伝播速度は 2.77 km/s (震源での S 波速度の 80%) となった。全体の地震モーメントは 1.58×10^{19} Nm (M_w 6.7) であった。破壊は断層面の深部から始まり、浅部に向かって進展した。すべりの方向は右横ずれを主として南東側の上盤が上がる動きを含んでいる。すべりの大きな領域が破壊開始点から浅い側に向かって広がっている。大きなすべりは 6 km × 8 km 程度の領域に集中している。この領域では余震の発生がやや少ないようにも見える (Kato et al., 2008)。Fig. 6 は強震波形の比較, Fig. 7 は GPS 観測点での水平変位の観測値と合成値の比較である。推定された震源モデルによって強震波形, GPS 変位ともに良好に再現されているといえる。

破壊進展が断層の深いほうから浅いほうに伝わったこと、またアスペリティがやや陸側にあったことによって、輪島市方面へ強い震動が伝わったと考えられる。また、内陸地殻内地震の破壊領域やすべりの大きいアスペリティ領域のスケールが Somerville et al. (1999)によって提案されている。今回我々の震源モデルもそのスケールにほぼ合う結果を得ている。

この地震については、本報告で行ったような強震記録等を使った震源のモデリングだけでなく、遠地地震記録や InSAR や GPS などの測地データを使った断層モデルが提案されている (例えば、岩田・浅野, 2007) 破壊開始点や断層面の走向・傾斜角, また断層面のサイズなどは、各研究者が参照する余震分布や震源 (破壊開始点) 情報等によって同じではない。用いる観測点も必ずしも同じではなく、グリーン関数構築のための地下構造モデル, ターゲットとする地震波周波数帯域, またサブ断層サイズが異なっている。

多くのモデルのすべりは、破壊開始点から浅い側に大きいすべりの領域が広がっていることが報告されている。破壊開始点を含むアスペリティはほとんどのモデルで観察される。遠地記録や InSAR+GPS では破壊開始点より浅い側に連続的に分布しているモデルが多いが、強震記録を使ったモデルの中には、いくつかの複雑なすべり領域 (主として破壊開始点より浅い側) 分布となっているものも見受けられる。強震記録を使い理論的グリーン関数を用いる震源モデルは相対的に似ている結果を得ている。一方、経験的グリーン関数法による震源モデルでは複数のす

べり領域の必要性が指摘されているが、輪島市門前町等の被害の大きかった地域の地震動を評価する際には、これらの分析結果を比較検討しながら震源像を評価していく必要がある。

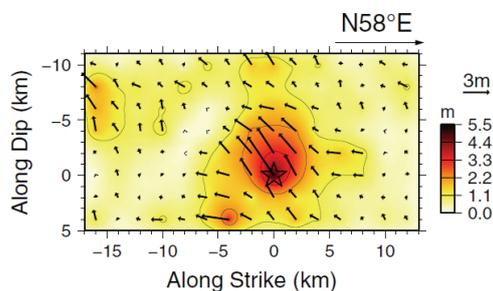


Fig. 5 Obtained slip distribution.

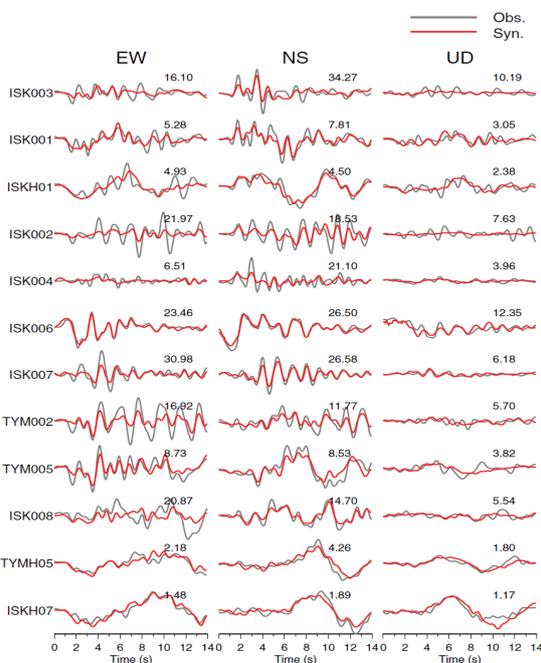


Fig. 6 Comparisons of the observed (gray lines) and the synthesized (red lines) velocity waveforms (0.05-1 Hz).

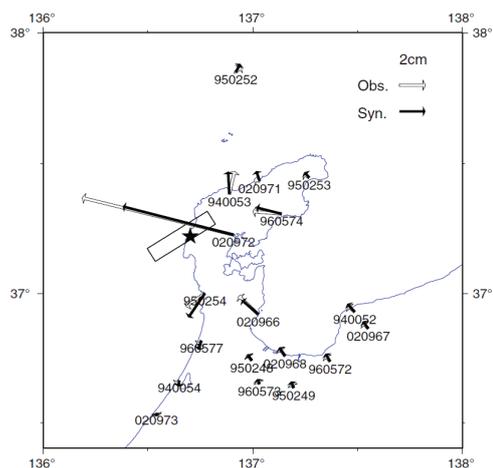


Fig. 7 Comparisons of the observed (open arrow) and the synthesized (solid arrows) horizontal movement at the GPS stations.

4. 穴水町における地震動特性

Fig. 8にはK-NET, KiK-net データを用いた最大速度値の距離減衰を示した。表層地盤の増幅率は、K-NET 及び KiK-net の PS 検層結果から V_{s30} (表層 30m の平均 S 波速度) を求め、Midorikawa et al. (1994) の式から最大速度の地盤増幅率を算出して、観測値を $V_s=600\text{m/s}$ 地盤相当値に変換した。図には司・翠川 (1999) の距離減衰式 (M_w 6.6, 深さ 11km) を示している。震源近傍域では K-NET 穴水で得られた最大水平速度が、距離減衰式のばらつき $+1\sigma$ の上側に顕著に外れていることがわかる。

K-NET 穴水における地震動特性を見るために、本震については H/V を 1 秒ずつ移動させたタイムウィンドウ毎に求め、本震前及び余震イベント記録の H/V と比較した。Fig. 9 にイベント毎、および本震時の時間を追ってのスペクトル比を示している。本震前のイベント記録の H/V に一番顕著に現れている 0.8 秒程度の卓越周期は、本震の強震時には長周期化し、ピーク周期が 1.3 秒程度にシフトしていることがわかる。また本震時の強震の揺れが小さくなった時点で、ピーク周期が 0.8 秒に戻っていることもわかる。さらには本震以降の余震記録でも H/V スペクトルの卓越周期は 0.8 秒程度である。この卓越周期は K-NET 穴水のボーリング情報から得られている表層地盤の速度構造から得られるレーリー波の R/V スペクトル比の卓越周期とほぼ一致している。強震時の卓越周期のシフトについては、輪島市鳳至町について、翠川・三浦 (2007) が本震と他のイベント記録についての比較から指摘している。

地震直後にK-NET穴水を含んで穴水町の堆積盆地を横切るような4地点での余震観測を行った。観測はアカシSMAR-6A3Pで行った。穴水町の中心部は約2 km四方の広がりを持つ堆積盆地の形になっていて、三方を山地に、南は七尾湾に面している。穴水町市街地のほぼ中心にあるK-NET穴水や住宅密集地において、1 kmほど離れた盆地周縁の山地での余震記録との比較をFig. 10に示す。中新世前期の礫岩が露頭している穴水町役場(TWN)を基準とするスペクトル比をとると、K-NET穴水などは、周期1秒程度で10倍以上の増幅があった。

このような増幅特性を示す領域の広がりを知るために、穴水町内で147点の単点微動観測を行った。Fig. 11に穴水町でのH/V卓越周期分布を示す。住宅密集地では卓越周期が約1秒であり、海に向かって長周期になっていることがわかる。また山際には卓越周期が短くなる。

K-NET 穴水のボーリング情報からは、ピート層を含んで深さ15m程度まで、 V_s が100m/sの非常に遅い、やわらかい堆積層が存在する。上述のように、余震記録の比較や微動H/Vスペクトルから、これらのスペクトル特性がこの表層地盤特性と関係していると考えられ、微動のH/Vスペクトルで1秒あたりに卓越周期を持つ領域では本震時にK-NET穴水と同様の表層非線形を含む強い地震動増幅があったと考えられる。実際この周期1秒前後の卓越周期をもつ領域において、建物被害が多いことが指摘されている。

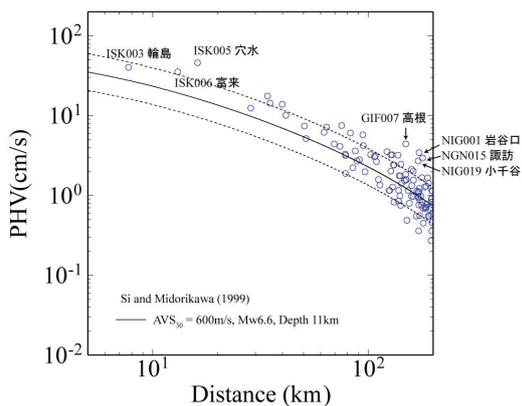


Fig. 8 Attenuation relationships of the observed peak horizontal velocities at K-NET and KiK-net stations. The empirical attenuation relationship is by Si and Midorikawa(1999).

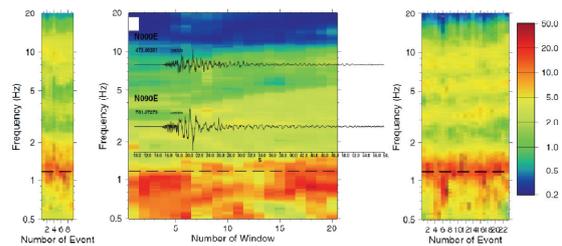


Fig. 9 Temporal variation of H/V spectral ratios of earthquake ground motion data. Left and right panels show H/V of before and after the mainshock. Center panel shows temporal change during the mainshock shaking.

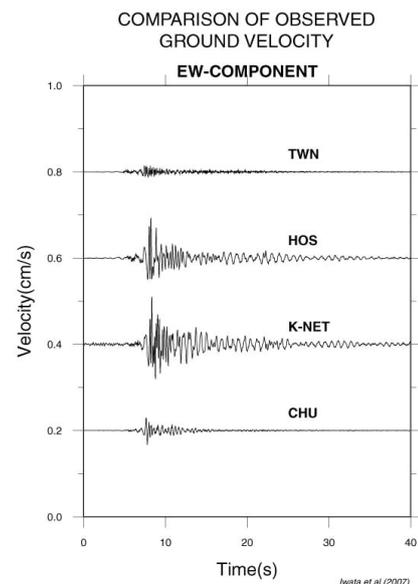
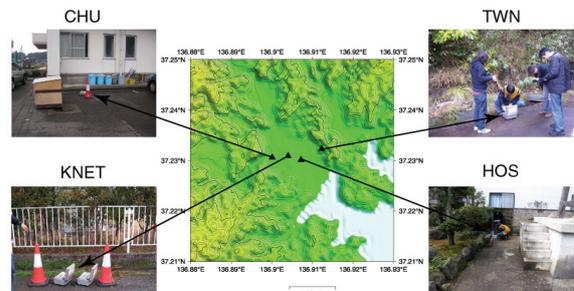


Fig. 10 Comparisons of the observed aftershock data. Upper: station distribution. Lower: EW-components of ground velocities.

参考文献

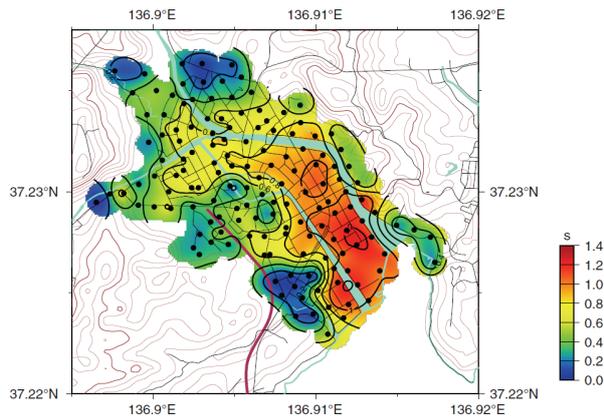


Fig.11 Peak distribution of H/V spectral ratio of microtremors in Anamizu town area.

5. まとめ

2007年能登半島地震において地震被害を引き起こした強震動の生成原因となった震源過程の評価と、経験的な距離減衰式より大きな最大速度が観測され、サイト近傍での建物被害も多かった穴水町の地震動特性について調査を行った。

強震記録とGPSによる水平移動を用いた震源過程のインバージョンを行い、破壊から浅い方向、やや陸よりの方向にアスペリティがあり、浅い方向へ破壊が進んだことを示した。このような破壊過程およびアスペリティ位置が輪島市等への強震動の成因と考えられる。

穴水町で観測された震度6強の揺れには、サイトの表層地盤特性が強く関係しており、強震時に非線形応答したと考えられる。穴水町においては、K-NET穴水強震観測点と同様の表層地盤特性を持つ地域に市街地が広がり、周期1秒前後の地震動を強く増幅したため、震度6強の揺れとなって大きな地震被害を引き起こした。

謝辞

(独)防災科学技術研究所K-NET, KiK-netのデータおよび国土地理院のGEONETのデータを使わせていただいた。関係諸氏の不断の努力に感謝します。地震観測、微動観測には山田真澄博士、Ivo Oprsal博士、鈴木亘博士、大学院生澤崎絵理子さんのご協力を得た。記して感謝します。

Aoki, H., T. Tada, Y. Sasaki, T. Ooida, I. Muramatsu, H. Shimamura, and I. Furuya (1972): Crustal structure in the profile across central Japan as derived from explosion seismic surveys, *J. Phys. Earth*, Vol. 20, pp. 197-223.

Asano, K. and T. Iwata (2006): Source process and near-source ground motions of the 2005 West Off Fukuoka Prefecture earthquake, *Earth Planets Space*, Vol. 58, pp. 93-98.

Bouchon, M. (1981): A simple method to calculate Green's functions for elastic layered media, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 71, pp. 959-971.

Hartzell, S.H. and T.H. Heaton (1983): Inversion of strong ground motion and teleseismic waveform data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 73, pp. 1553-1583.

岩田知孝・浅野公之 (2007): 震源過程からみた特徴、2007年のと半島地震の解明を目指して、第35回地盤震動シンポジウム論文集, pp. 7-12.

岩田知孝・関口春子 (2002): 2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 125-128.

神野達夫・先名重樹・森川信之・成田章・藤原広行 (2003): 金沢平野における3次元地下構造モデル, 物理探査, 第56巻, pp. 313-326.

片川秀基・浜田昌明・吉田進・廉澤宏・三橋明・河野芳輝・衣笠善博 (2005): 能登半島西方海域の新第三紀~第四紀地質構造形成, 地学雑誌, 第114巻, pp. 791-810.

Kato, A., S. Sakai, T. Iidaka, T. Iwasaki, E. Kurashimo, T. Igarashi, N. Hirata, T. Kanazawa, and Group for the aftershock observations of the 2007 Noto Hanto Earthquake (2008): Three-dimensional velocity structure in the source region of the Noto Hanto Earthquake in 2007 imaged by a dense seismic observation, *Earth Planets Space*, Vol. 60, pp. 105-110.

Kennett, B. L. N., and N. J. Kerry (1979): Seismic waves in a stratified half space, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, Vol. 57, pp. 557-583.

Midorikawa, S., M. Matsuoka, and K. Sakugawa (1994): Site effects on strong-motion records observed during the 1987 Chiba-ken-toho-oki, Japan earthquake, *Proceeding of ninth Japan Earthquake Engineering Symposium*, Vol. 3, pp. 85-90.

翠川三郎・三浦弘之 (2007): 2007年能登半島地震における物体の移動事例と強震観測点での地盤特性,

東京工業大学地震工学研究レポート, No. 102, pp. 7-18.
司宏俊・翠川三郎 (1999): 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文報告集, 第523号, pp. 63-70.
Sekiguchi, H., T. Iwata, and K. Irikura (2000): Fault geometry in the rupture termination of the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 90, pp. 117-133.

Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada (1999): Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, *Seism. Res. Lett.*, Vol. 70, pp. 59-80.

Source Rupture Process and Strong Motion Generation during the 2007 Noto-Hanto Earthquake

Tomotaka IWATA, Kimiyuki ASANO, Masayuki KURIYAMA, and Asako IWAKI

Synopsis

The 2007 Noto-Hanto earthquake, occurred on 9:41, 25th March, rocked Noto peninsula area, especially Wajima city and Anamizu town. This manuscript describes the source process of this event and strong motion generation in Anamizu town. Source rupture process was obtained from strong motion and GPS data. One asperity was found just above the rupture starting point and the rupture propagates toward to the shallower part. Analysis of mainshock ground motion data at Anamizu indicates non-linear soil response of the superficial layer. Aftershock and microtremor observation show that the area of this kind of superficial layer almost covers downtown Anamizu.

Keywords: 2007 Noto-Hanto earthquake, source rupture process, strong ground motion, non-linear soil response, microtremor observation

2007ソロモン諸島地震津波災害（4月2日）の被害と社会の対応

牧 紀男・鈴木 進吾・古澤拓郎*

* 東京大学国際連携本部

要 旨

2007年4月2日午前7時40分頃（現地時間）、ソロモン諸島国においてマグニチュード8.1の巨大地震が発生した（USGS, 2007）。この斜面崩壊と津波により、両州合わせて52名の死者が発生し、倒壊・流失家屋3,150棟、被災世帯数4,276世帯、被災人口24,059人という大きな被害が発生した。本稿では、ソロモン諸島国ウェスタン州で発生した地震津波災害における1) 被害の社会的様相、2) 災害対応、3) 復旧・復興対策の現状と課題などの災害過程の社会科学的側面について、現地でのインタビュー調査に基づき報告する。

キーワード: ソロモン諸島、津波、災害対応、復旧・復興・移民

1. はじめに

2007年4月2日午前7時40分頃（現地時間）、ソロモン諸島国においてマグニチュード8.1の巨大地震が発生した（USGS（2007））。震源は同国ウェスタン州（Western Province）の州都であるギゾ（Gizo）から南南東の沖合45km、深さ10kmの地点で、この地震により同州のランonga（Ranongga）島西海岸において多数の斜面崩壊が発生し、また地震に伴う津波が同州に属する島々の沿岸部と同州の北部に位置するチョイソル（Choiseul）州チョイソル島の南岸部に来襲した。この斜面崩壊と津波により、両州合わせて52名の死者が発生し、倒壊・流失家屋3,150棟、被災世帯数4,276世帯、被災人口24,059人という大きな被害が発生した（Government of Solomon Islands, 2007）。

本稿では、ソロモン諸島国ウェスタン州で発生した地震津波災害における1) 被害の社会的様相、2) 災害対応、3) 復旧・復興対策の現状と課題などの災害過程の社会科学的側面に重点を置いて、ソロモン諸島国政府、ウェスタン州政府、被災した村落の避難キャンプの代表者などに対して実施したインタビュー調査の結果について報告する。同災害の自然科学的側面については、（独）港湾空港技術研究所津波防災研究センター（2007）、都司他（2007）、Mastectomy et al.（2007）に詳しいのでそちらを参照されたい。

現地調査は、牧紀男、鈴木伸吾、ならびに古澤拓郎（東京大学国際連携本部ASNET推進室）により2007年5月25日から30日の5日間にかけて実施された。

なお、本報告は鈴木他（2007）に加筆修正を行ったものである。

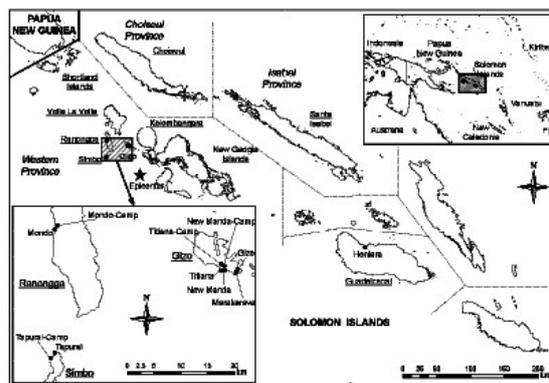


Fig.1 Map of impacted area (Source : 鈴木他（2007）)

2. 地域の社会的背景と被害

ソロモン諸島ウェスタン州の島々は珊瑚礁やラグーンに囲まれており美しい海が広がっている。島々の地形的特徴としては、海岸部まで山が迫っていて海岸部に平地が少ないことがあげられる。しかし、居住地は海岸に近いところに集中しており（大塚

(2004)) , 山と海岸の間の狭い低平地や、海岸付近の高台の上に展開している。ウェスタン州には5,279km²の陸地に62,739人の人口が居住する。ギゾや、ムンダ、ノロと言った大きな「町」をのぞいて、大部分が農村や漁村であり、1999年の統計で数十から400人程度の村落が多数形成されている (National Geographical Information Centre (2007))。村の人々は漁業や農業を行って自給自足的な生活を営み、また魚や作物、加工した食品を「町」の市場へ売りにいき現金を得て道具や燃料などを購入し生活している。

今回の津波で大きな被害が被ったのは、1) キリバス系移民、2) 政府職員、であり、新たに今回の被災地域に「移住」してきた人々であった。この地域は過去には首刈りの風習があった事、海岸部に平地が少ない事から伝統的には海岸部には居住しておらず、今回津波による被害を受けた地域はいずれも新たにこの地域に入ってきた人々の集落であった。

移民・子供に集中した被害

4月2日に発生した地震による津波は、前述のような沿岸部に展開する町や村に襲来し、各地に被害をもたらしたのである。特に人口の集中していたギゾ島での人的被害は大きく、今回の災害で犠牲になった52人のうち33人がギゾ島で亡くなっている (JICA (2007))。死者数の内訳をみると、33人の死者のうち子供が21人となっており、死者の60%を占めている。村別に見てみると死者数の多かったのがギゾ島南岸のティティアナ村とニューマンダ村で、ギゾ島の村の中では人口300~400人規模の比較的大きな村落であった。死者数は人口370人のティティアナ村で10人、人口280人のニューマンダ村で9人であり、これらの村においてもその犠牲者のうちの8人および6人が子供であった (ニューマンダ村トゥマン氏)。ティティアナ村の避難キャンプのコーディネーターをしているAtaria氏によると「地震の後3~5分で海の様子が変わった、津波が来るということに気づかずに海に魚を取りに行った子供がいた。その後襲った第1波はそれほど大きなものではなかったが逃げられなかった。」という。村田 (2007) によるとギゾでは新聞報道やソロモンのNGOの活動によって2004年のインド洋大津波の事例を知っていたようで、大人は地震の後いち早く海面の変化に気づき津波を察知していたが、子供には分からず、また体力的な問題から犠牲になっていることがわかる。

都司ら (2007) によれば、ティティアナ村の津波の遡上高さは最も高いところで5mであった。ティティアナ村の被害事例をPhoto 1に示す。ギゾ島に見られた一般的な住宅は高床式であり、その支柱を残し

て上部の家屋が流される被害形態が多かった。しかし、この高床が津波の第一波をやり過ごし、発生が朝7時であったため津波の視認がしやすく、近くに高台があったため迅速に避難することで被害の軽減が出来たものと考えられる。

ティティアナ村とニューマンダ村は、1955年頃に人口増加による土地不足・水不足問題が深刻になっていたキリバスから、宗主国イギリスの政策により移民してきた人々の集落であった (秋道他 (1996))。いずれの村の土地も、もともと湿地帯ややせた土地であり、ソロモン人が住んでいないところであった。大きな津波による被災も受けず、そこに形成されてきた大規模な集落が、今回被災することになった。このことはその土地の脆弱性を事前に知っておくための情報が必要であったことを示している。



Photo 1 Damage at Titiana Village (May 27, 2007)

2.2 政府系職員の被害

ギゾの市街地から近いマラケラバ村では、高さ2mから3.5m程度の津波が襲来し (都司他 (2007))、高台にある家をのぞいて壊滅状態となった。マラケラバ村の被災地の様相をPhoto 2に示す。しかし、この村では死者は発生しなかった。マラケラバ村は、ティティアナ村やニューマンダ村に比較して、地形的に海岸と背後の山が近接しているため、集落は道路沿いに細長く形成されざるを得なかった。このため、より近くに高台があったことから、津波防災の基本である迅速な高所への避難が容易に実現され、人的被害が抑えられたものと考えられる。

人的被害は無かったが、Photo 2からも分かるように、都市周辺部に位置し資産が集積されている地区であったため、家屋を始めとして物的被害は大きくなった。この地区は州政府や病院のあるギゾに近い地域であったため、住んでいた政府関係者や医療関係者が多く被災したのである。政府が調べたところによると、ギゾ病院の医療スタッフの住宅が多く倒壊・流失し、2ヶ月後においてもスタッフの半数以上が避

難キャンプでの生活を強いられており、業務に戻れない状態が続いている(Photo 2)。



Photo 2 Damage at Marakerava Village, Gizo Island (May 27, 2007)

2.3 その他の被害

タブライ村は、ギゾ島の南西に位置する火山島であるシンボ島の北岸の村で、災害前には、海岸に開けた低地に約40軒の家屋が立ち並び300人以上が住んでいた。タブライ村には最大遡上高さ8.7mの津波が来襲し、7名が犠牲になっている。タブライ村の家屋は浸水域の境界となる高いところにあったものを除きほぼ全てが津波により跡形もなく破壊されていたタブライ村避難キャンプのオーガナイザーをしているリライヤ氏によれば「津波から逃げのびた住民は、1日目は避難場所を探して移動し、災害の危険があるところで1夜を明かし、翌日に現在の避難キャンプに到達した」ようである。避難キャンプはタブライ村から南下したところの海に面した山の上に設営されている (Photo 3)。

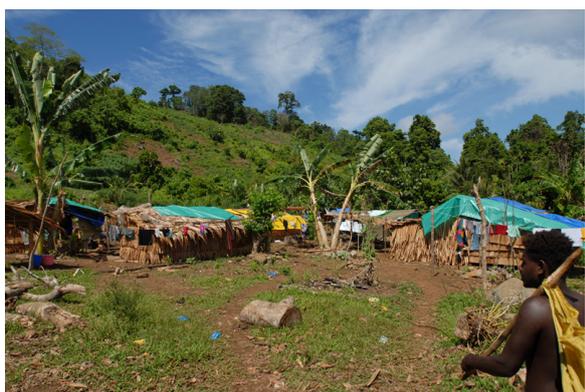


Photo 3 Shelter for Tapurai Village, Simbo Island (May 28, 2007)

ラノンガ島西岸のモンド村は、海岸に面した崖の上に形成されていた人口600人程度の大きな集落である。ラノンガ島西岸は各地でPhoto 4のような斜面

崩壊が続き、この村では地震後に発生した斜面崩壊により下にあった家屋が崩壊土砂に埋もれ、2名が亡くなっている。被害現場は、地震発生から2ヶ月が経とうとしていた時期においても、その中からの生き埋めになった人々の救出作業はされず、そのまま放置されていた。崖の上にあつて崩壊を免れた家々にも人は住んでおらず、村のほとんどの住民が内陸部へ避難し、山麓において再定住地の建設を行っている (Photo 5)。



Photo 4 Landslide in Ranongga Island



Photo 5 Resettlement Site for Mondo Village, Ranongga Island

3. 災害対応の推移

災害対応は、ガダルカナル (Guadalcanal) 島にあるホニアラの中央政府に各省庁の代表者を集めた災害対策本部であるNDC (National Disaster Council) が設置され、内務省下の災害対応組織であるNDMO (National Disaster Management Office) が運営にあたり、また州政府には州災害対策委員会 (PDC, Provincial Disaster Committee) がおかれ、NDMOの地方センターを中心に警察、電力、通信、気象、水道、保健医療サービス、赤十字、建設の各当局が災害対応に当たった。

今回の地震津波災害に対する災害対応の推移を、

Relief Web (2007) の記事をもとにTable 1に示す。NDMOディレクターのLoti氏によると、ウェスタン州とチョイソル州の東に位置するイザベル (Isabel) 州において被害が発生したか否かの確認に時間を要したが、ほぼ2日程度で被害の全体像を把握しており、人的被害の把握も4月4日で初期段階での把握が終了する。Fig.2に人的被害の把握状況の推移を示す。また、災害から10日後の4月2日には復旧・復興に関する検討が開始され、2週間後の4月16日にはUNDACがソロモンを離れる事から考えると、4-日目-2週間目が応急対応期、3週間目以降が復旧・復興期というように、被害が小さかった事もあり順調なペースで災害対応のフェーズが変化していったと考えられる。Photo 5は現地の仮設小学校であるが、我々が調査に訪れた5月27日(被災から1ヶ月半後)には既に学校教育が再開されていた。



Photo 5 Education at temporary school, Evacuation center for Neu Mander People, Gizo Island (May 27, 2007)

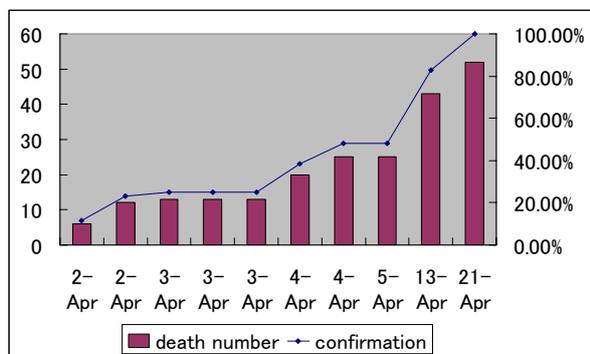


Fig.2 Identification Process of Human Casualties

4. 復旧・復興への取り組み

4.1 復興への課題

どこに集落を再建するのが、ソロモンにおける復興上の最大の課題となっている。Simbo島、Ranonga島(津波ではなく地盤災害)においては高台に集落を移転することが決定され、現在、新たな住宅の建設が行われている。問題となっているのはGizo島で被災した移民の集落である。1960年代にキリバス諸島から移住してきた人々は、津波により被

Table 1 Disaster Response Processes

2-Apr-07	The Natural Disaster Management Office (NDMO) in Western and Choiseul Provinces organized an assessment mission on 2 April.
2-Apr-07	a state of emergency on 2 April. Choiseul, New Georgia Islands and Shortland Islands in Western Province are among the worst affected areas.
4-Apr-07	A state of emergency : Area marge
5-Apr-07	a UN Disaster and Assessment Coordination (UNDAC) team arrived in Honiara
6-Apr-07	UNDAC staff were deployed to Gizo
7-Apr-07	regular coordination meetings with relief stakeholders (NZAid, AusAID, RAMSI, WVI, SCF, Salvation Army, IFRC, Solomon Islands Red Cross (SIRC)) are taking place twice daily, at 0800hrs and 1800hrs.
7-Apr-07	NDMO completed its first situation report on 07 April
7-Apr-07	Japan's in-kind donation of 4,000 blankets and 50 rolls of plastic sheeting will arrive in Honiara on 08 April
9-Apr-07	A high-level mission, including the Prime Minister of the Solomon Islands and a number of High Commissioners
9-Apr-07	the NDMO and UNDAC staff facilitate coordination meetings twice daily, at 0800hrs and 1800hrs.
10-Apr-07	deployed 87 public servants to the tsunami-affected areas
10-Apr-07	The structure of the coordination meetings has been changed: cluster meetings will now be held at 0800 hours and a general stakeholders' coordination meeting at 1800 hours each day. SCF will take-over coordination with the national
10-Apr-07	Focus of coordination meetings in Honiara and Gizo is slowly shifting to early recovery and rehabilitation.
11-Apr-07	Shelter and return of the displaced are the main challenges. Food is available
11-Apr-07	NDMO has taken over from UNDAC the management of a reception center at the Honiara International Airport.
11-Apr-07	Japan donated US\$300,000 to UNICEF and US\$200,000 to IFRC to continue with their relief efforts
11-Apr-07	Assessments completed
12-Apr-07	.In Gizo, a recovery meeting was held on 12 April. The participants agreed that the recovery efforts should focus on quick-impact activities in livelihoods, shelter, governance, environment and psychosocial assistance with the objective of enabling the communities to quickly recover and allowing the Provincial Government to resume service delivery.
14-Apr-07	inter - agency coordination meetings has been reduced to one a day
14-Apr-07	The GoSI requested the Asian Development Bank (ADB) to coordinate infrastructure rehabilitation, in cooperation with JICA and NZAI
15-Apr-07	The Prime Minister of Solomon Islands, Manasseh Sogavare, accompanied by the NDC chairman Fred Fakari'i and other high-level government officials, departed for a six-day visit to the tsunami-affected areas
16-Apr-07	UNDAC Team departs for Honiara on 16 April

災を避けるため、可能ならば内陸部に位置する現在のキャンプの場所で集落を再建したいという意向を持っている。

4.2 復興計画

本災害の復興計画は災害発生から約2ヶ月後の2007年6月18日に公表された。この復興計画では、復興方針として、1) 参画型での復興、2) 地域の多様な文化を活かした復興、3) 災害に強いまちづくり、4) 総合的な復興、5) 実現可能な復興という5つの方針が、重点復興の課題として、1) 住宅、2) 公共施設（インフラを含む）、3) 生業の復興が挙げられている。また、復興を実施するための組織は、Fig.3に示すようなNDCを中心とする復興のための実行組織が構築された。

5. おわりに

復興計画の策定までは、災害から2ヶ月半という早さで終了したソロモン諸島津波災害からの復旧・復興であるが、その後の復興事業の進捗には時間を要しており、Solomon Islands People First Network, PFnet (2008)によると未だキャンプ生活を余儀なくされている人々が居るという事である。災害からの復興からには長い時間を要すると考えられ、今後継続的に調査を実施していきたい。

謝 辞

(独)国際協力機構(JICA)の西村善彦氏には本調査中から調査終了後も、災害対応の状況について多くの有益な情報を頂いた。また、ソロモン諸島国在住のYukio Sato氏には本調査中、現地の状況についてご示唆を、北野建設(株)川口昌隆氏には現地アレンジに多くのご協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。最後に、ソロモン諸島国政府Loti Yates氏をはじめ、今回の調査でインタビューに応じてくださった州政府、村の代表者の方々に、謝意を表す。なお、本研究でソロモン諸島国への現地調査の実施にあたっては、防災研究フォーラムより補助を得た。

参考文献

- [1] 大塚柳太郎編(2004)：島の生活世界と開発1 ソロモン諸島 最後の熱帯林，東京大学出版会，236p.
- [2] 鈴木伸吾，牧紀男，古澤拓郎，林春男，河田恵昭（2007）：2007年4月ソロモン諸島地震・津波災害とその対応の社会的側面，自然災害科学，Vol.26, No.2, pp.203-214.
- [3] 都司嘉宣・西村裕一・谷岡勇市郎・中村有吾・行谷佑一・村田雅彦・Steve Woodward (2007): The Solomon Islands Earthquake-Tsunami of 2nd April, 2007, 内閣府報告会，平成19年4月24日，配布資料.
- [4] (独) 港湾空港技術研究所津波防災研究センター

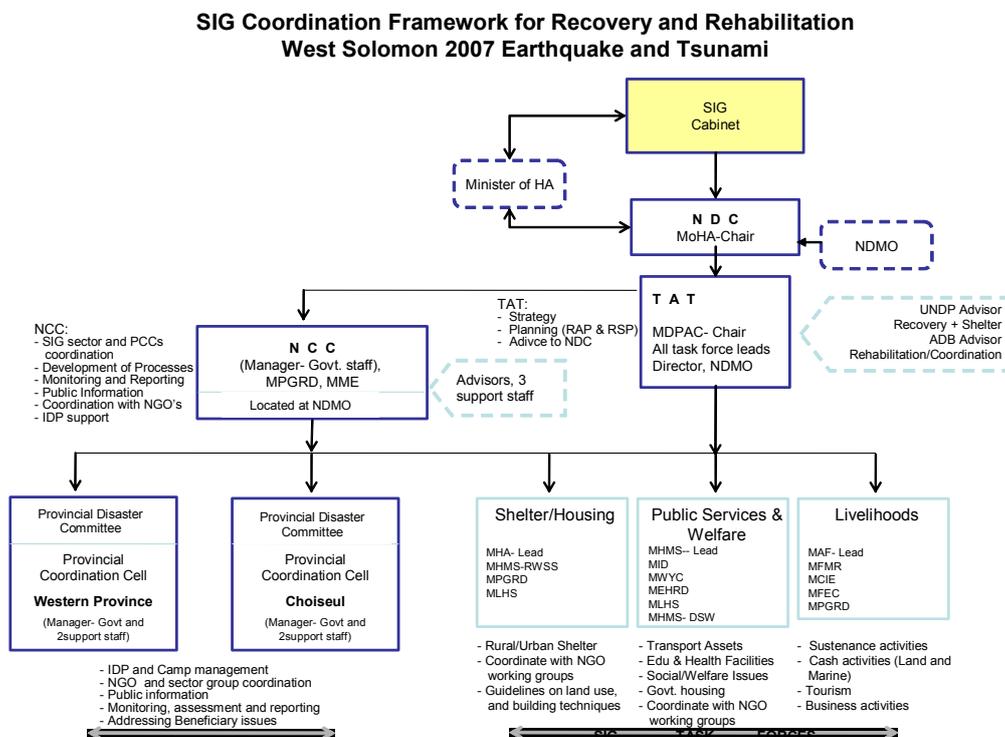


Fig.3 Management Structure of the long-term recovery from the 2007 Solomon Tsunami Disaster (Source: Solomon Islands (2007))

ー：ソロモン諸島地震津波に関する緊急現地調査報告（速報）

http://www.pari.go.jp/information/news/h19d/1/solomon_070418_02.pdf, 2007年7月26日閲覧.

[5] 村田昌彦(2007)：ソロモン諸島地震津波緊急調査報告（北大・東大・ADRC/IRP・産総研合同），内閣府報告会，平成19年4月24日，配布資料.

[6] Government of Solomon Islands (2007): Recovery Action Plan, Draft for Discussion Subject to SIG Cabinet Approval, Western and Choiseul Provinces Earthquake Tsunami, 18 June 2007.

[7] JICA(2007): Rebuilding the Solomon Islands, 23 May 2007,

<http://www.reliefweb.int/rw/RWB.NSF/db900SID/EK0I-73G7KZ?OpenDocument&rc=5&emid=TS-2007-000042-SLB>, 2007年7月22日閲覧.

[8] Matsutomi, H., K. Fujima and Y. Shigihara (2007): Earthquake and Tsunami Disaster in Solomon Islands, 2 April 2007, JAEE Tsunami Survey Team, <http://www.jaee.gr.jp/research/res05/sol2007.pdf>, (2007年7月28日閲覧)

[9] National Geographical Information Centre, Ministry

of Lands, Housing and Survey, Government of Solomon Islands (2007) : NDMO Special Map, Village Population Estimates, Census 1999, Western Province, West New Georgia.

[10] Relief Web (2007): Emergency, Solomon Islands: Earthquake and Tsunami - April 2007, <http://www.reliefweb.int/rw/dbc.nsf/doc108?OpenForm&emid=TS-2007-000042-SLB&rc=5>, 2007年8月4日閲覧.

[11] Solomon Islands (2007): Draft for Discussion Subject to SIG Cabinet Approval Recovery Action Plan West and Choiseul Provinces Earthquake and Tsunami.

[11] Solomon Islands People First Network (PFnet) (2008): Displaced victims still waiting for help, <http://www.reliefweb.int/rw/RWB.NSF/db900SID/MUM-A-7F85CP?OpenDocument&rc=5&emid=TS-2007-000042-SLB>, 2008年6月9日閲覧

[12] United States Geological Survey, USGS (2007): Magnitude 8.1 - SOLOMON ISLANDS 2007 April 1 20:39:56UTC, <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2007/us2007aqbk/>, 2007年7月24日閲覧.

Damage and Societal Response After 2007 Earthquake Tsunami Disaster in Solomon Islands

Norio MAKI, Shingo SUZUKI and Takuro FURUSAWA*

* ASET Promotion Office, the University of Tokyo

Synopsis

On April 2, 2007(local time at epicenter), massive earthquake of the magnitude of 8.1 occurred at the western part of Solomon Islands. The devastative tsunami due to the earthquake struck numerous islands, and slope failures occurred at many place near the epicenter. The tsunami and slope failures killed 52 people, affected more than 300 villages. 24,000 displaced people had been living at inland higher place being afraid of tsunamis for 2 months. This paper summarizes the societal aspects of the disaster such as responses and recovery processes reporting the result of field survey. In this event, newly-immigrated people, children, administration officials and medical staffs were distinctively affected. Immigrated people have severe difficulties to rehabilitate their lives and community.

Keywords: Solomon Islands, Tsunami, Disaster Response, Long-term recovery, Immigrants

バングラデシュを襲来したサイクロン ” Sidr ” による被害について

林 泰一・村田文絵*・Md.Nuzrul Islam**

*高知大学教育研究部理学部門

** SAARC Meteorological Research Centre

要 旨

2007年11月中旬に、サイクロン” Sidr ” によりバングラデシュのベンガル湾沿岸地域では大きな被害が発生した。このサイクロン災害は過去20年で最悪のもののひとつである。死者と行方不明者は4000人を超え、総被災者数は900万人に及んでいる。上陸時の最低気圧は944hPa、最大瞬間風速は69ms⁻¹が観測されている。高潮や高波の高さは5ないし6mに達し、海岸の堤防を越えたことが報告されている。

キーワード: サイクロン, シドル, バングラデシュ, ベンガル湾, サイクロンシェルター

1. はじめに

2007年11月15日21時頃(バングラデシュ標準時)、サイクロン「Sidr」がバングラデシュに上陸し、ベンガル湾沿岸のバングラデシュ南西部を中心として、大きな被害が発生した。死者および行方不明は4000人を超えている。バングラデシュを襲って過去に大きな被害を発生させたサイクロンとしては、バングラデシュ独立のきっかけにもなった1970年11月の30万人ないし50万人の死者が出たもの、さらに1991年4月の約14万人の死者が出たもの(Katsura et al., 1991)がある。この2例に比べると、死者の数は格段には減った。また、感染症などの二次的な被害の発生も少なかった。

2007年12月14日から21日にかけて、バングラデシュの被災地での被害調査を実施した結果の速報を報告する。この調査の主な目的は、サイクロン通過時の気象資料の収集と被害の実態の調査であるが、バングラデシュ気象局では気象資料が十分にまとめられてなく、台風の経路、気圧、風速などの推定値のみ入手できた。主な被害現場はバングラデシュ南西部のベンガル湾沿岸部であり、調査に入った時点では道路などはかなり回復していた。この報告は、すでに速報として報告したので(林ら, 2008)、ここではその報告を簡単にまとめるにとどめる。

2. Sidrの気象状況

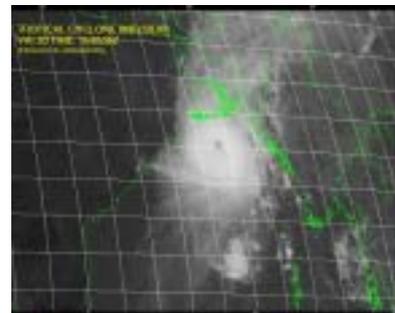


Fig.1 Satellite image of cyclone “Sidr” by Indian Meteorological Department

バングラデシュのベンガル湾沿岸に上陸したサイクロンの衛星画像を Fig.1 に示す。インド気象局の気象衛星 KALPANA によって、11月15日0530 UTC に撮影されたものである。直径が約400 km、非常に発達した状態ではっきりした眼を持っている。

このサイクロンは11月11日06時(UTC)に北緯8度、東経92度のベンガル湾のほぼ中央で発生し、13日の18時(UTC)頃まで北西に進んだ。その後は、ほぼまっすぐに北上し、11月15日15時(UTC)頃にバングラデシュの沿岸に達した。上陸後は北東に進路を変えて、ダッカの南をからバン

グラデシュの北東部を通過して、インドのメガラヤ、アッサムに抜けた。上陸後は勢力が急速に衰え、サイクロンの眼もはっきりしなくなった。バングラデシュ気象局が発表した今回のサイクロン“Sidr”の最低気圧は 944hPa、最大瞬間風速は 69ms⁻¹である。

3. 被害の実態

2007年12月27日現在、バングラデシュ政府の災害管理機関(Disaster Management Bureau, 2007)の発表では、死者3,3363人および行方不明が871人、破損した家屋が約152万戸、被災者の総数は890万人に及ぶことが発表されている。バングラデシュの南西部ベンガル湾沿岸に集中している。とくに、世界遺産にも認定されている世界一のマングローブの林である「シュンドルボン」の東にあたるバゲルハット県、ボルグナ県とポツアカリ県で、死者・行方不明の数が全体の約7割に達している。Fig.2はバゲルハット県のサランコラ村の被害である。この村はベンガル湾に流れ込むバレスワル川の沿岸の西岸の堤防を越える高さ約5-6mの高潮や高波が発生したため、本来守られるべき住宅や田畑で大きな被害が出て、付近の家屋は全滅した。堤防の上にバラックを建てて生活していた。



Fig.2 Barracks on the embankment of the Baleswer River in the Bagherhat District



Fig.3 Damaged house in Sharankhola

Fig.3は家屋の被害でどのような様子を示す。バングラデシュの農家の家は盛り土をした上に簡単な柱を組んで、屋根はトタン葺き、壁は竹を編んだ構造であり、十分な基礎もなくほぼ自重のみで支える。このため、強風や高波などに対しては大変脆弱な構造である。今回のサイクロンのような 70ms⁻¹に達するような強風や高波、高潮では簡単に破壊されてしまった。



Fig.4 Damaged building of resort hotel in the Kuwakata coast

Fig.4はクワカタの海岸に面していたリゾートホテルの被害である。クワカタの海岸は広い遠浅の海岸で、バングラデシュ政府がベンガル湾東岸のココクスバザールとともに、観光地として開発しているところである。この建物は海岸の堤防の外に建設されていて、外周の高さ 1.5m ほどのコンクリートの塀は完全に破壊され、建物の1階部分では窓が割れて海水が進入した。海岸に面しているため、強風が吹いたと考えられるが、2階のサッシ、窓ガラスは破損していなかった。Fig.4はクワカタ海岸から約300m内陸に入った場所の家屋の被害である。この家屋は堤防の内側にあったが、1階部分には海水が進入し、2階は強風によって破壊された。

4. まとめ

今回の被害は、1970年11月の30万人ないし50万人、1991年4月の約14万人の死者数に比べると、今回は格段にその数は減った。サイクロンの強さや規模は1970年、1991年(Hayashi, 1991)のものに比べても、最低気圧や最大風速はほぼ同じ程度であった。その大きな理由として、1991年のサイクロンによる大災害の後、各国の援助によって、Fig.5のような高床式のサイクロンシェルターが約2000個建設され、避難場所としてうまく機能したことが上げられる。しかしながら、その数はまだまだ不足している。被災地の現場では、避難しようとした人々を十分に収容しきれなかったこと、一部のサイクロンシェルターはすでに老朽化していること、管理不行



Fig.5 Cyclone shelter

き届きのためシェルターが開かなかったことなどが被災者への聞き込み調査でわかった。また、1991年以降、今回ほどの大きな災害をもたらすようなサイクロンが上陸せず(Hayashi et al., 1997), 当時の記憶が忘れられてしまったことと、2007年9月に津波予報が出たものの、実際には発生しなかったことなどの事情から避難しなかった人たちに、多くの死者が出た。また、ベンガル湾付近のケプパラで建設中のレーダサイトを Fig.6 に示す。このレーダは運用前であったが、建物はほぼ完成して、付近の住民500名以上が避難することができて、日本の援助に大変感謝している。



Fig.6 BMD Khepupara Radar

バングラデシュ気象局の天気予報は、天気図解析による予報しか行われてなく、数値モデル予報は現在計画中段階で、導入は数年先である。このため、

サイクロンの予報は十分な精度を持ち得ていない。また、気象衛星やレーダの画像がテレビなどのでも放映されず、サイクロンの接近を実感として認識できない。また、避難情報の伝達も十分ではなく、今回の大きな被害が発生した原因であるだろう。先に述べたように、「地震による津波」と「サイクロンによる高潮、高波」の違いは、地方の農民たちは全く理解できていなかった。バングラデシュが洪水、サイクロンに加えて、竜巻などのメソ気象擾乱などによる気象災害の多発地帯であることを考えると、気象や地震について基本的な理解を深める防災教育が必要である。

この被害調査を実施するに当たり、旅費および現地活動費のすべての経費は京都大学理学研究科地球惑星科学専攻の21世紀COEプログラム(KAGI21; 余田茂男代表)、科学研究費補助金(基盤研究(A)安藤和雄代表 No. 17255002)から受けた。ここに感謝の意を表す。このような大きな災害の緊急調査を実施の際に、防災研究所が独自に対応できる予算をもっていないことは大変残念なことであり、将来的には、何らかの対応がなされることを期待する。

参考文献

- 林 泰一, 村田文絵, 橋爪真弘, Islam, M. N.(2008): 2007年11がつにバングラデシュを襲ったサイクロン「Sidr」の被害調査報告(速報), 自然災害科学, 26-4, pp391-396.
- Disaster Management Bureau (1992): Situation report, Summary of Cyclone Sidr Response, pp.9
- Hayashi, T. (1992): Meteorological Characteristics of the 1991 Cyclone of the 1991 Cyclone, Res. Report on Natural Disas. pp.10-37.
- Hayashi, T., Monji, N., Fujii, T., Matsumoto, J., Rahman, M. R. Choudhury, M. H. K. and Qayyum, M. F. (1997): Statistical Characteristics of Cyclones in Bangladesh and Application of Objective Analysis for the Period 1981 to 1994, J. Natural Disas. Sci., No.2, pp.83-100.
- Katsura, J (1992): Storm Surge and Severe Wind Disasters Caused by the 1991 Cyclone in Bangladesh, Res. Report on Natural Disas. pp.101.

Damage of the cyclone “Sidr” in Bangladesh in November, 2007

Taiichi HAYASHI, Fumie MURATA* and Md. Nazrul ISLAM

* Department of Applied Science, Kochi University, Japan

** SAARC Meteorological Research Centre, Bangladesh

Synopsis

Bangladesh was seriously damaged by the cyclone “Sidr” in the middle of November, 2007, which is one of the severest cyclones in the last two decades years. The total number of died and missed persons was more than four thousands, and the damaged persons about nine million. The minimum pressure of 944hPa of the cyclone and the peak gust of 69ms^{-1} were observed at the time of landing on the coast of Bangladesh. The height of the storm surge and the high wave were more than 5 to 6m above the sea level and the peak water level was higher than the altitude of the embankment. The most of the houses were destroyed completely near the coast of the Bay of Bengal and the river.

Keywords: Cyclone, Bangladesh, the Bay of Bengal, Sidr, Cyclone shelter

防災問題における資料解析研究 (35)

河田恵昭・林 春男・矢守克也・牧 紀男・鈴木進吾

要 旨

巨大災害研究センターでは、所員それぞれの研究テーマ以外に、センター全体に関わる活動を継続し、研究成果のアカウンタビリティの向上に貢献している。本年は、1) 巨大災害研究センターセミナー、2) 第13回地域防災計画実務者セミナー、3) 災害対応研究会、4) 第8回比較防災学ワークショップ、5) 第6回ワークショップ「災害を観る」、5) データベース「SAIGAI」について内容を紹介する。

キーワード: データベース、巨大災害、比較防災学、セミナー、ワークショップ

1. 巨大災害研究センターセミナーの開催

研究所巨大災害研究センター・客員教授)

巨大災害研究センターでは防災研究所内にて不定期にオープンセミナーを開催している。本セミナーは本学情報学研究科の特別講義としても位置づけられている。各回話題提供者は1名で、出席者は、毎回当センターの関係教官、学生をはじめ、所内の他のセンター、部門の教官、情報学研究科の大学院生などであり、活発な議論を重ねている。開催日と講演者名及びタイトルは以下の通りである。

- ・ 第1回 (2007年11月9日)
「津波災害軽減に向けた数値解析等情報の活用」
鈴木進吾 (京都大学防災研究所巨大災害研究センター・助教)
- ・ 第2回 (2007年12月14日)
「市民と行政の災害対応プロセスを学ぶ」
重川希志依 (富士常葉大学大学院環境防災研究科・教授/京都大学防災研究所巨大災害研究センター・非常勤講師)
- ・ 第3回 (2008年2月8日)
「Multi-hazard Risk Mitigation & Climate Change: Coastal Mega city Mumbai; Lessons & Priorities」
Bijay Anand MISRA (Professor Emeritus and Consultant, School of Planning & Architecture, New Delhi, India/京都大学防災研究所巨大災害研究センター・客員教授)
- ・ 第4回 (2008年3月12日)
「1596年伏見地震の痕跡」
寒川 旭 (産業技術総合研究所関西センター関西産学官連携センター・招聘研究員/京都大学防災

2. 第13回地域防災計画実務者セミナー

「地域防災計画実務者セミナー」は、自治体の防災担当職員を主たる対象者として都市防災・地域防災についての理解を深める一助として、阪神・淡路大震災が起こった1995年8月に3日間にわたって第1回セミナーを開催して以来、毎年開催を続けている。セミナーでは、自然災害の外力の特性を理解すること、災害対策を危機管理の立場から実施すること、およびその実例を紹介することを目的として、毎年講演題目を組み立てている。第13回目を迎えて、本年度は初日にハザード系の研究成果と災害対応の問題を、2日目には新潟県中越沖地震における具体的な災害対策本部の運営を、最終日には最近の政府の取り組みを紹介した。芝蘭会館に於いて3日間にわたって以下のプログラムで開催した。セミナー参加者の関心も高く、初日79名、2日目97名、最終日60名の参加をえた。

- ・ 第1日目 (平成19年10月29日)
13:00 挨拶
(巨大災害研究センター長 河田恵昭)
13:10 講義1 「震災対策の課題」
(巨大災害研究センター長 河田恵昭)
14:30 講義2 「風水害対策の課題」
(巨大災害研究センター長 河田恵昭)
16:00 講義3 「自治体の災害対応の課題」
(巨大災害研究センター長 河田恵昭)
17:00 終了

- ・ 第2日目（平成19年10月30日）
 - 《災害対策本部運営のノウハウ-新潟県中越沖地震の新潟県災害対策本部に学ぶ》
 - 9:30 「災対における最大の事務処理をこなすために『資源管理班の必要性』」
 - （新潟県防災局防災企画課・政策企画員 山本晋吾／名古屋大学災害対策室・助教 木村玲欧）
 - 10:40 「限られた空間を効率的に利用するために『災害対策本部の機能と空間配置』」
 - （新潟県防災局危機対策課・参事 高橋 静／京都大学防災研究所・准教授 牧 紀男）
 - 11:40 昼食
 - 13:00 「効果的な災対会議を運営するために『災害対策本部会議の実際』」
 - （新潟県・危機管理監 斎田英司／新潟大学災害復興科学センター・准教授 田村圭子）
 - 14:10 「災害対応における状況の認識を統一するために『地図作成班の必要性』」
 - （新潟県総務管理部・情報企画監 松下邦彦／京都大学生存基盤科学研究ユニット・助教 浦川豪）
 - 15:20 パネルディスカッション：効果的な災害対応を実現するために「産官学民の連携のあり方」
 - モデレータ：巨大災害研究センター 林 春男
 - パネリスト：話題提供者全員
 - 17:00 終了
- ・ 第3日目（平成19年10月31日）
 - 09:30 「緊急物資調達の調整体制・方法」
 - （総務省消防庁国民保護・防災部防災課・震災対策専門官 中地弘幸）
 - 10:20 「防災教育支援について」
 - （文部科学省研究開発局地震・防災研究課・防災研究地域連携推進官 滝 明）
 - 11:10 「国交省のBCP」
 - （国土交通省河川局防災課災害対策室・課長補佐 山後公二）
 - 11:55 閉会の挨拶
 - （巨大災害研究センター 林 春男）
 - 12:00 終了

3. 災害対応研究会

3.1 概要

平成10年4月17日から、災害発生後の災害過程について体系的な理解を確立することを目的とし、毎年4回、セミナーを開催してきた。話題提供者は各回2名で、出席者は、毎回、当センターの関係教官をはじめ、行政の防災関係者、研究機関の教官、医療関係者、教育関係者、防災関係企業、NPO、マスコミ

関係者等と多岐にわたり、活発な議論を重ねている。平成19年度の講演のキーワードは、「静脈系応急対応」、「法学者のみの防災」、「平成19年（2007年）能登半島地震での対応をふりかえる」、「災害対応で何に困り、何が役に立ったのか—2007新潟県中越沖地震の事例に学ぶ、技術的ポイント—」であった。開催日時と講演者名及びタイトルは、以下の通りである。ただし、平成20年1月には、神戸国際会議場で行われた神戸市主催の第1回「災害対策セミナー in 神戸」に参加し、公開シンポジウム形式で研究会を実施した。

3.2 開催日程

- ・ 第1回＜静脈系応急対応＞
 - 日時：平成19年4月27日（金）13:00～16:00
 - 参加者数：40名
 - 「なぜ『災害と排泄』を考えるのか？—排泄ケアにおける当事者意識の重要性—」
 - 吉川羊子（泌尿器科医師・名古屋大学医学系研究科・助教）
 - 「災害廃棄物の発生抑制」
 - 岡山朋子（名古屋大学エコトピア科学研究所・講師）
- ・ 第2回＜法学者のみの防災＞
 - 日時：平成19年7月27日（金）13:30～16:30
 - 参加者数：33名
 - 「日本の防災法制—行政法学の視点から」
 - 野口貴公美（中央大学法学部・准教授）
 - 「防災政策と法—被災者支援を中心に」
 - 山崎栄一（大分大学教育福祉科学部・准教授）
- ・ 第3回＜平成19年（2007年）能登半島地震での対応をふりかえる＞
 - 日時：平成19年10月26日（金）13:30～16:30
 - 参加者数：40名
 - 「平成19年（2007年）能登半島地震における輪島市の被害と対応」
 - 倉本啓之（輪島市総務部総務課災害復興支援室・復興支援係長）
 - 「富士常葉大学チームがめざしたこと・やったこと」
 - 田中 聡（富士常葉大学環境防災研究科・准教授）、高島正典（富士常葉大学環境防災研究科・准教授）
 - 「京大チームがめざしたこと・やったこと」
 - 吉富望（京都大学防災研究所・研究員）、井ノ口宗成（京都大学防災研究所・博士課程）
 - 「研究者チームとともにめざしたこと・感じたこと」
 - 宇羅良博（輪島市建設部都市整備課・建築係長）
 - 「討論」

ファシリテーター：田村圭子（新潟大学災害復興科学センター・准教授）

- ・ 第4回「災害対応研究会」公開シンポジウム
テーマ：「災害対応で何に困り、何が役に立ったのか」—2007新潟県中越沖地震の事例に学ぶ、技術的ポイント—

日時：平成20年1月15日（火）13:00～17:00

場所：神戸国際会議場 5F 501号室

趣旨：「2007年に発生した新潟県中越沖地震における災害対応では、京都大学防災研究所巨大災害研究センターを中心とした研究チームが新潟県柏崎市で災害対応における効果的な情報処理技術を提供し、その有効性が明らかになった。本研究会では、こうした活動を行政・研究者、双方の立場から検証し、応急期と復旧・復興期の災害現場で役立つ情報処理技術について体系的に紹介する。」

（当日の配布資料より）

参加者数：94名

プログラム：

13:00 「開会の挨拶」

林春男（京都大学防災研究所・教授）

13:10 「全体像の把握」

細貝和司（柏崎市市民生活部・復興管理監），浦川豪（京都大学生存基盤科学研究ユニット・助教）

13:55 「り災証明の発行」

小池正彦（柏崎市財務部税務課・課長代理），吉富望（京都大学防災研究所・研究員）

14:40 （休憩）

14:50 「被災者支援」

藤村和良（柏崎市市民生活部復興支援室・生活再建係長），井ノ口宗成（京都大学防災研究所・博士課程）

15:35 「GISの活用」

本間努（柏崎市総合企画部企画政策課情報政策係・主査），藤春兼久（京都大学防災研究所・博士課程）

16:20 「総合討論」

全発表者，牧紀男（京都大学防災研究所・准教授）

17:00 終了

4. 第8回比較防災学ワークショップ —みんなで防災の知恵を共有しよう— 8th Workshop for “Comparative Study on Urban Earthquake Disaster Management”

4.1 開催趣旨

自然災害は、自然現象であり、同時に社会現象でもある。阪神・淡路大震災をきっかけとして、「災害に強い社会」を作るためには社会現象としての災害

についての研究の必要性が明らかになった。

阪神・淡路大震災をはじめ、米国・ノースリッジ、台湾・集集、トルコ・マルマラ地震災害による都市地震災害、2001年の911WTCテロ災害や国内での有珠山、三宅島、雲仙・普賢岳などの噴火災害、2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖地震、10月23日に発生した新潟県中越地震、12月26日に発生したスマトラ島沖地震・津波災害、1998年と1999年の全国的な氾濫災害と土砂災害、さらに、2004年に日本各地を襲った風水害に見られるように、被害様相は国や地域によって大きく異なる特徴をもっている。

このワークショップは地域によって異なる様相を示す災害について、さまざまな角度から比較・検討する場を作ろうとする試みである。地域、文化、時間、季節、立場、年齢、男女等の比較を通じて、生活と防災に関する新しい発見が生まれることが期待されている。

2001年から始まったこのワークショップは、当時進行していた都市地震災害に関する日米共同研究の成果を共有する場として、特に災害の社会的側面に焦点を当てた研究に関するワークショップとしてスタートした。第1回比較防災学ワークショップは神戸国際展示場で、2001年1月18日・19日に、第2回は、神戸国際会議場で2002年2月14日・15日、第3回は、神戸国際展示場で2003年1月30日～31日に開催した。

都市地震災害に関する日米共同研究の終了後も、比較防災学の推進の必要性は何ら減ずる訳ではなく、むしろこうした機会を継続する必要性は一層高まったと考え、以下に述べるようにこのワークショップの性格を明確化した上で、今後も毎年1月、または2月に神戸で開催することを決定した。

[1] 従来のワークショップと違い、講演を中心とするのではなく、広く会場から意見の提出を求め、それを集約するやり方で会場運営し、全参加者の能力向上を目指すユニークな試みである。

[2] 比較防災学に関するワークショップは世界で初めての開催であり、21世紀の初めにそれを開催するインパクトは大きい。

[3] 会場が毎年、同じ場所に固定されており、継続性の高いワークショップである。

[4] メモリアル・カンファレンス・イン神戸（現在、「災害メモリアル神戸」として継続中）とセットで、1つの震災記念事業として位置づけられる。

[5] 研究者のみならず、行政の防災担当者、災害情報分野の民間企業の社員などが、これまでになかったオープンな雰囲気活発な意見交換ができる。

以上の方針にもとづいて、第4回を神戸国際展示場で2004年1月29日～30日、第5回を神戸国際展示場で2005年1月20日・21日、第6回を神戸国際展示場で

2006年1月17日・18日、第7回を神戸国際会議場で2007年1月18日・19日に開催した。今年度も第8回として、神戸国際会議場にて2008年1月16日に開催した。

4.2 開催日時

2008年1月16日(水) 10:00～17:00

4.3 開催場所

神戸国際会議場5階501会議室

4.4 プログラム

2008年1月16日

「比較防災学の実例」

10:00 「開会にあたって」

河田恵昭（京都大学防災研究所巨大災害研究センター長）

10:10 「NY同時多発テロ事件からハリケーンカトリーナへ」

林春男（京都大学防災研究所巨大災害研究センター・教授）

10:40 「新潟県中越地震から中越沖地震へ」

田村圭子（新潟大学災害復興科学センター・准教授）

11:10 「阪神・淡路大震災以後我が国の震災対策はどう変わったのか」

河田恵昭（京都大学防災研究所巨大災害研究センター長）

11:40 「内閣府ですすめている防災対策とその方向性」

池内幸司（内閣府政策統括官（防災担当）付参事官（地震・火山対策担当））

13:00 「ハリケーンカトリーナ以後」

牧紀男（京都大学防災研究所巨大災害研究センター・准教授）

13:50 休憩

14:00 全体討議

「比較防災学によって何が見えてきたのか」

コーディネーター：林春男

パネリスト：池内幸司、河田恵昭、田村圭子、牧紀男

17:00 終了

4.5 研究成果

[1] 延べ約60名が参加した。

[2] 今年度のワークショップは、「比較防災学の実例」と題し、日本からアジア各国に対して、災害対応、復旧・復興といった災害発生後の支援、また、災害による被害軽減を目指した活動を行っている大学の研究者、政府機関の方から、その活動

と活動を行う上での課題について発表が行われた。また、発表された方への質疑応答、および2001年9月11日に発生した米国同時多発テロ後のNew Yorkの復興の現状、2005年8-9月にハリケーンにより市域の8割が水没するという壊滅的な被害を受けたニューオリンズの復興における今後の課題についての議論が行われた。

[3] 研究成果の詳細をまとめた第8回比較防災学ワークショップ Proceedings を刊行した。

5. 第6回ワークショップ「災害を観る」

巨大災害研究センターでは1998年から2年に1回「災害を可視化する」をキーワードに災害・防災研究における「可視化」に関する様々な事例について共有するワークショップを実施しており、今回で第6回目となる。2008年2月21～22日にキャンパスプラザ京都において大学関係者、民間企業の技術者、自治体の防災担当者等71名が参加して「災害を観る6」が開催された。このワークショップでは災害だけにかかわらず「可視化」を行う際の有効なツールであるGISの新技术等の紹介も行われた。

1日目は「災害とGIS」、「GISの新たな試み」、「災害とリモートセンシング」、「災害とデザイン・文化」、「防災の未来を「見える化」する」という4つのセッションが行われ、緊急地震速報を用いた被害の可視化、土地利用の変遷と被害の関係の可視化、風の流れの可視化技術と適応事例、都市内の人間移動の可視化、遺跡の発掘調査結果を利用した鴨川の氾濫履歴の可視化、データのGIS化の最先端技術、リモートセンシングを用いた津波被害の可視化や建物インベントリの作成技術、京都の文化財の被害履歴に関する発表が行われた。

また、「防災の未来を「見える化」する」では「文部科学省「防災分野の研究開発に関する委員会」の委員が、男性委員・女性委員に分かれ紅白対抗戦として、立命館大学教授の土岐憲三先生をコーディネーターとして、ジェンダーを切り口に、今後の防災分野の研究開発のあるべき姿についての議論が行われた。

2日目は「災害とデザイン・文化」、「災害対応」という2つのセッションが行われ、地震災害時の京都の経済被害算定の試み、実際のまちに、既往の浸水深・推定浸水深を揭示する「まるごと・まちごとハザードマップ」の試み、災害対応業務の可視化、能登半島地震・中越沖地震における被災者カルテ構築の試みについて発表が行われた。最後に全セッションの座長がパネリストとして「災害の見える化」の将来像について議論が行われた。

- ・ 第1日目（平成20年2月21日）
 - 10:00-10:30 開会挨拶
巨大災害研究センター長・教授 河田恵昭
 - 10:30-12:00 災害とGIS
〈座長：浦川豪・吉富望（京都大学）〉
 - 10:30-11:00 「地震被災度予測GIS システムの開発」
南部世紀夫（清水建設株式会社技術研究所）
 - 11:00-11:30 「過去100年間における福岡県の土地利用図の作成と変遷分析」
池見洋明（九州大学工学研究院建設デザイン部門）
 - 11:30-12:00 「GIS上で風の流れの解析ができる「Airflow Analyst」の紹介」
荒屋亮（有限会社 環境ジーアイエス研究所）
 - 13:00-14:30 GISの新たな試み
〈座長：中谷友樹（立命館大学）〉
 - 13:00-13:30 「都市内の滞留者と移動者の時空間分布を観る」
大佛俊泰（東京工業大学大学院情報理工学研究科）
 - 13:30-14:00 「発掘調査から得られる地質情報を活用した古洪水の可視化」
河角龍典（立命館大学文学部）
 - 14:00-14:30 「健康危機現象に関わる地域空間情報の分析とその表現」
片岡裕介（東京大学空間情報科学研究センター）
 - 14:30-15:30 災害とリモートセンシング
〈座長：松岡昌志（産業技術総合研究所）〉
 - 14:30-15:00 「高解像度衛星画像から判明した津波被害の実態」
越村俊一（東北大学大学院災害制御研究センター）
 - 15:00-15:30 「リモートセンシング技術による建物インベントリと地震被害想定」
三浦弘之（東京工業大学大学院 総合理工学研究科 人間環境システム専攻）
 - 15:30-16:00 災害とデザイン・文化
〈座長：牧 紀男（京都大学防災研究所）〉
 - 15:30-16:00 「文化財の自然災害の被災史を可視化する」
土岐憲三（立命館大学歴史都市防災研究センター）
 - 16:00-18:00 パネルディスカッション
「防災研究の未来を『見える化』する」
〈主旨：原文のまま〉
「科学技術立国をめざすわが国では、重点分野のひとつとして社会基盤をかかげ、防災に関する科学技術研究推進を図っています。その推進主体として、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の下に文部科学省地震防災課が主管する「防災分野の研究開発に関する委員会」が設置され、防災に関するさまざまな分野の代表が参画して、防

災コミュニティや研究予算のあり方について総合的に検討しています。今期の委員会から立命館大学教授の土岐憲三先生を座長に迎えるとともに、たくさんの女性委員が参画され、防災分野の研究開発にこれまでに新たな視点が導入されていることが特徴です。この企画ではあえて紅白対抗戦として、ジェンダーを切り口に、今後の防災分野の研究開発のあるべき姿について自由に討論したいと思います。」

モデレータ：土岐憲三 立命館大学（「防災分野の研究開発に関する委員会」座長）

パネリスト：文部科学省「防災分野の研究開発に関する委員会」委員

〈紅組〉 碓井照子（奈良大学文学部）、大牟田智佐子（毎日放送ラジオ局）、国崎信江（危機管理教育研究所 危機管理アドバイザー）、重川希志依（富士常葉大学環境防災研究科）

〈白組〉 寶馨（京都大学防災研究所）、中島正愛（独立行政法人防災科学技術研究所）、林春男（京都大学防災研究所）、渡邊淳（文部科学省防災科学技術推進室長）（50音順）

- ・ 第2日目（平成20年2月22日）

9:30-10:30 災害とデザイン・文化

〈座長：牧紀男（京都大学）〉

9:30-10:00 「大地震が京都を襲った場合の経済被害想定を試み」

水田哲生（立命館大学歴史都市防災研究センター）

10:00-10:30 「まるごと・まちごとハザードマップの実施と今後の展開」

ト部兼慎（NPO 法人防災デザイン研究会）

10:30-11:30 災害対応

〈座長：田中聡（富士常葉大学）〉

10:30-11:00 「災害対応の見える化」

竹内一浩（京都大学防災研究所）

11:00-11:30 「被災者の生活再建過程を観る」

高島正典（富士常葉大学）

11:30-12:30 パネルディスカッション「災害の見える化」

コーディネーター：林春男（京都大学防災研究所）

パネリスト：座長全員

6. 自然災害データベース

6.1 背景

巨大災害研究センターでは、その前進である旧防災科学資料センターの設立当初より、国内における災害史資料の収集・解析を行い、これらの資料をもとに比較災害研究、防災・減災などに関する研究を実施してきた。これらの実績を踏まえて、昭和57年

度よりデータベース "SAIGAIKS" を構築し、旧防災科学資料センター所蔵の論文ならびに災害関連出版物を登録してきた。この "SAIGAIKS" は、平成元年度に科学研究費（研究成果公開促進費）の補助を受けて全国的な文献資料情報データベース "SAIGAI" として拡充された。現在、本センターを中核として、全国各地資料センター（北海道大学・東北大学・埼玉大学・名古屋大学・九州大学）の協力のもとでその構築作業が継続されている。登録されているデータは、平成20年3月現在で8万8185件に達している。文献検索に資するため、昭和58年に科学研究費・特別研究「自然災害」の補助を受けて「自然災害科学キーワード用語集」が刊行された。さらに平成6年には、キーワードの追加・体系化を行った改訂版が「自然災害科学キーワード用語・体系図集」が刊行された。

また、災害史料データベースに関して、平成16年度の科学研究費補助金の交付を受けて公開用プラットフォームが作成された。これは昭和59年度にスタートした歴史資料に現れる災害及びその関連記事をデータベース化するプロジェクトの成果として蓄積されてきたものを検索、表示させることを目的とするものである。

6.2 データベース“SAIGAI”の概要

データベース "SAIGAI" の検索サービスは、平成2年3月より京都大学大型計算機センターのデータベースへ移行しており、大学間ネットワーク（N1シス

テム）に加入している大学であれば、日本語端末を用いて資料の検索が可能であった。しかし、最近の情報通信環境の発展にともないワークステーションやパーソナル・コンピュータを用いた検索が増えており、より直感的な検索システムの導入に対する要望が強くなっていた。すなわち、従来のコマンドを主体としたキャラクター・ユーザー・インターフェース（CUI）ではなく、webサービスなどを利用したより操作性の高いグラフィカル・ユーザー・インターフェース（GUI）による検索方法の実現が期待された。

このような要望を受け、平成10年度における巨大災害研究センターのホスト・コンピュータ更新では、グラフィックス処理能力の極めて高いシリコングラフィックス社製Onyx2を中心としたデータベース・システムを導入した。また、平成20年度には計算機の更新を行い、より多くのデータを収納可能なシステム構成へと変更された。新検索システムはWWW上に構築され、各ユーザーはパーソナル・コンピュータなどのwebブラウザから自由にアクセスが可能となっている。なお、データベース "SAIGAI" (<http://maple.dpri.kyoto-u.ac.jp/saigai/>) には、巨大災害研究センターのホームページ (<http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp>) からリンクがはられている。

従来のCUIによる検索システムも並行してサービスを行っているが、利用者のほとんどはwebブラウザを利用したアクセスに移行している。

Information Analysis in the Field of Natural Disaster Science (35)

Yoshiaki KAWATA, Haruo HAYASHI, Katsuya YAMORI,
Norio MAKI, and Shingo SUZUKI

Synopsis

The objectives of this paper are to summarize the research activities of Research Center for Disaster Reduction Systems, DPRI. They are systematically organized by not only our staff members but also many researchers and practitioners who do voluntary work in some workshops and symposia. Open symposia were held monthly with large audience. The 13th Seminar for Regional Disaster Prevention Plan was held focusing on the civil protection planning. The 8th Workshop on Comparative Disaster Studies was held to provide an integrated review of the Japanese efforts to reduce vulnerability of the world, and to discuss reconstruction both in United States and Japan. The 6th Workshop on Visualization of Disaster Process provided audience with a chance to learn GIS and some other visualization technologies. We are also upgrading and expanding the database SAIGAI.

Keywords: database, catastrophic disaster, comparative disaster studies, seminar, workshop

京都大学防災研究所 平成19年度 共同研究報告

平成8年度に、防災研究所が改組され、全国共同利用研究所と位置づけられたことに伴い、共同研究を実施することになった。共同研究の内容は、共同研究と研究集会に大別できる。全国の研究者から研究課題を募集・選定し、一般共同研究、萌芽的共同研究及び研究集会の3種目の共同研究について、所内および所外の各11名の研究者で構成される防災研究所共同利用委員会で、採択課題の選定が行われる。

なお、特定共同研究は、平成17年度の応募で終了したが、継続分が平成19年度まで行われた。

平成19年度の各種目についての、応募件数、採択件数および研究費配分額は次の表のとおりである。

	採択数	応募件数	共同 研究費 (千円)	共同 研究旅費 (千円)	合計
特定共同研究 (平成17-19年度)	2		680	1,320	2,000
一般共同研究 (平成18-19年度)	8		3,400	2,872	6,272
一般共同研究 (平成19-20年度)	14	35	6,923	5,205	12,128
内訳	2		912	476	1,388
平成19年度					
平成19-20年度	12		6,011	4,729	10,740
萌芽的共同研究	3	3	443	157	600
研究集会	9	11	1,951	4,049	6,000

以下の報告は、平成17～19年度に実施された特定共同研究2件、平成18～19年度および平成19年度に実施された一般共同研究10件、平成19年度に実施された萌芽的共同研究3件、研究集会9件の報告である。特定共同研究、一般共同研究及び萌芽的共同研究の参加者は204名、研究集会参加者は529名である。

なお、平成19～20年度に実施される一般共同研究12件の報告は、研究期間終了後になされるが、ここでは中間報告を掲載することとした。

また、これらの共同研究等の採択課題名は、防災研究所ニュースレターに掲載される。

本研究所では、施設・設備のいくつかを所外研究者の利用に供している。それらの利用状況を本報告書の終わりに掲載した。

特定共同研究（課題番号：17P-01）

課題名： 降雨による崩壊危険度広域評価－崩壊実績と地質・地形に基づいて－

研究代表者： 千木良雅弘

所属機関名： 防災研究所

所内担当者名： 千木良雅弘

研究期間： 平成17年4月1日 ～ 平成20年2月28日

研究場所： 京都大学防災研究所

大学院生の参加状況：9名（内訳修士6名，博士3名）

参加形態 [実際に博士論文・修士論文のテーマの一貫として研究したものが，それぞれ2名。その他に，研究打ち合わせ会に参加したものが5名]

研究及び教育への波及効果

学生が自らの研究を共同研究の一貫として実施することができ，大きな研究の枠組みの中での自分の研究の位置づけが理解できた。また，一線の研究者の生の議論を聞くことができ，学生にとって大変良い刺激になった。

研究報告

（1）目的・趣旨

本研究の目的は，降雨による崩壊危険度広域評価を，詳細調査をせずとも可能にする論理を構築することにある。近年の1998年福島，1999年広島，2003年の九州の災害に示されるように，豪雨で数多くの崩壊が発生し，人命を奪い，多大の被害を引き起こしてきた。ところが，従来主に行われてきた決定論的手法による危険斜面特定技術は，地盤の多様性を克服できないため限界に達している。一方，我々の経験は，同様の降雨履歴を有していて，かつ同様の強雨を受けても崩れやすい地質とそうでない地質があることを教えている。また，発生する崩壊のメカニズムは地質によって異なっていることも明らかになりつつある。本研究では，このような過去の降雨と崩壊実績に注目し，地質－表層地質構造－降雨浸透－崩壊の発生，を論理的に結びつけ，詳細調査をせずに崩壊危険度を基盤の地質と地形によって広域的に評価する手法を確立することを目的とした。

（2）研究経過の概要

2005年7月30日に第1回の研究集会，2006年7月31日に第2回の研究集会，そして2007年12月22日に第3回の研究集会を行い，研究分担者相互の研究成果の報告と議論を行いながら研究を進めた。

（3）研究成果の概要

表層崩壊

- 表層崩壊発生場の危険度評価には，1災害イベントだけでなく，長期的な崩壊発生頻度を評価することが必要で，そのために，航空レーザースキャナ技術が最も有効である。さらに，この方法によって過去の崩壊の集中帯，すなわち，最も危険度の高い場所として削剥前線を特定できる場合がある。
- 降雨による表層崩壊発生を統計的に予測するには，フラジリティカーブやSHALSTAB (Dietrich et al., 2001)と多変量解析による方法が見込める。
- 埋没谷の崩壊が多発しており，その地形的特定には航空レーザースキャナが有効である。

大規模崩壊

- 斜面の発達過程上での位置と崩壊の前兆的な地形を鍵にした決定論的方法，また，地形パラメータを説明変数にした多変量解析による統計的方法が有効である。
- 防災科学技術研究所が出版してきた「地すべり地形分布図」は数年後には日本全土を覆う予定で，非常に有用なデータであるが，近年の降雨による崩壊の半数は抽出されていなかったため，崩壊予測のためには改善の余地がある。そして，AHPなどの方法で危険度のエキスパートジャッジを加えていくのが实际的である。
- 火山岩地域では，地形，地質，水文から発生場所の候補地は絞り込むことができそうである。

崩壊と降雨

- 降雨パターンと崩壊の発生の有無とは，降雨浸透と斜面安定解析とを連立させることによって，かなり精度良く予測することができる。問題は崩壊前に地質構造と物性とをどの程度把握することができるか，である。

その他

- 近年の道路災害の分析によれば、規制区間外でも災害が多く、調査精度の向上の余地がある。
- 産業技術総合研究所では、地質情報検索インデックスシステムを構築中であり、その中に地すべりの分析についても組み込まれる予定である。
- 崩壊発生場の予測手法が確立していない段階では、地質・地形で場所を予測するよりも、堆積物から災害履歴を読み取ったり、リアルタイムの警報システムを構築することも同時に考えるべきである。

特定共同研究（課題番号：17P-02）

課題名： 歴史的建築物の強風被害の実態と対策について
研究代表者： 河井宏允
所属機関名： 京都大学防災研究所
所内担当者名： 河井宏允
研究期間： 平成17年4月1日 ～ 平成20年3月31日
研究場所： 京都大学防災研究所
大学院生の参加状況： 3名（内訳修士 3名、博士 0名）
参加形態 [風洞実験]

研究及び教育への波及効果

本研究で行った見いだされた研究成果、特に木造層塔建築物に関する風洞実験結果は、歴史的建築物の強風による被害低減に役立つのみならず、一般の建築物の耐風設計においても新しい視点と考え方を与えるものであり、今後の風工学と強風災害低減の研究の発展に寄与すると考えられる。

研究報告

本研究では、歴史的建築物の強風被害の実態を明らかにし、その強風対策を検討するために次の項目に関する研究を実施した。その結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 歴史的建築物の強風被害の実態

日本災異史を初めとする歴史的資料によって、寺院や神社の強風被害の実態を明らかにするとともに、四天王寺五重塔が倒壊し、京都府、奈良県を初めとする関西諸県で国宝、重要文化財の多くが被害を受けた室戸台風による強風災害について文献に基づいて調査した。

(2) 歴史的建築物の強風被害

台風0418号によって大きな被害を受けた厳島神社について、現地に出向き被害の実態を把握するとともに、被害と強風の関係を気象資料および数値シミュレーションによって検討した。その結果、厳島神社周りの流れ場のシミュレーションから、厳島神社周辺に強風が吹く状況が明らかになった。

(3) 木造層塔建築物に作用する風荷重

強風被害が多い五重塔などの木造層塔建築物に作用する風荷重を風洞実験によって検討した。実験では薬師寺三重塔、法隆寺五重塔、醍醐寺五重塔、法起寺三重塔、石山寺多宝塔について、塔全体に作用する風力及び各層に作用する風力を風洞天秤によって測定した。測定の結果、塔に作用する風力は同じ見付け面積の角柱より若干小さいこと、塔の頂部の屋根では吹上力(揚力)が、塔の下部では押下力となることが明らかとなった。これらの事実は、石山寺多宝塔を用いた風圧測定によっても確認された。

(4) 木造層塔建築物の風による振動

法隆寺の空力振動模型を製作し、その静的および動的特性を調べるとともに、風洞において空力振動実験を実施した。製作した模型は、ほぼ実物の荷重-変形曲線を含めてほぼ実物の構造特性を模擬していると推定された。空力振動実験の結果、ある風速以上では風方向の変動変位が急速に増大することが明らかとなった。また、変動変位が増大する時の振動周期は、微小変位時の2倍程度に増大することも明らかになった。また、ウェーブレット解析によって、大きな変位となるときの状況が明らかとなった。

(5) 木造層塔建築物周りの流れ場

薬師寺三重塔及び法隆寺五重塔および同等の見付け面積と高さを持つ角柱の周りの流れ場をPIVによって測定した。その結果、時間平均流れ場では、塔および塔の背後には一對の馬蹄形渦が形成されることが確認されるとともに、塔の頂部を超える流れは後流では下降流に、地面付近の流れは塔の後流で上昇流になり、塔の後流の中間によどみ点が生じることがわかった。この結果は、風力実験や風圧実験によって明らかになった、頂部の屋根の揚力は下部の屋根の押下げ力を合理的に説明するものである。

課題名： 震動台による鉄骨建物の完全崩壊再現実験技術の構築
研究代表者： 山田 哲
所属機関名： 東京工業大学統合研究院
所内担当者名： 中島 正愛
研究期間： 平成 18 年 4 月 1 日 ～ 平成 20 年 2 月 29 日
研究場所： 京都大学防災研究所 強震応答実験室
大学院生の参加状況： 3 名（内訳修士 2 名，博士 1 名）
参加形態 [実験の遂行，実験結果の分析]

研究及び教育への波及効果

完全崩壊再現実験の遂行に必要な試験体設計，計測・載荷技術，載荷装置の防護策，完全崩壊挙動の予測解析手法などを構築・検証したもので，その成果は 2007 年に E-Defense で実施された実験に反映され，また参加大学院生などにも構築された実験技術が教授された。

研究報告

(1) 目的・趣旨

現在の耐震基準に則って設計・施工された鋼構造建物が強震動を受けて完全崩壊に至る挙動を再現し，崩壊までの安全余裕度を明らかにする目的で 2007 年に E-Defense で計画されている完全崩壊再現実験を実施するために必要な実験技術を確立する。その目的のために小型鉄骨建物による震動台実験を通じて崩壊実験の試験体設計，計測・載荷技術，載荷装置の防護策，完全崩壊挙動の予測解析手法を構築・検証する。

(2) 研究経過の概要

平成 18 年度：実大建物の崩壊実験に先立ち，以下の実験技術を小型鉄骨建物による震動台実験を通じて検証し，実大実験の実実施計画に反映させる。その実現のための事前検討を行い，京都大学防災研究所強震応答実験室の震動台を用いて加振実験を実施した。

- 1) 鉄骨ラーメン骨組の設計と崩壊予測解析技術の確立：所定の耐震性能を保有しつつ，震動台の加震能力の範囲内で完全な崩壊に至る鉄骨骨組の設計手法の確立
- 2) 完全に崩壊に至らしめる加震方法ならび大変形動的挙動を計測する手法の確立
- 3) 試験体の完全な崩壊から装置を保護するための防護装置の設計技術の確立
- 4) 鉄骨ラーメン骨組の完全な崩壊挙動を模擬する解析手法の確立

平成 19 年度：前年度の震動台実験から得られた完全崩壊実験に必要な技術的知見を踏まえて，現在の耐震基準に従って設計施工された鉄骨ラーメン建物が崩壊に至るシナリオを予測し，E-Defense の加震能力の範囲で想定シナリオに従った崩壊再現実験が可能な鉄骨建物を設計し，あわせて加震計画，計測計画を構築した。

(3) 研究成果の概要

平成 18 年度：2 層 1 × 1 スパンの立体架構小型骨組を 2 体製作し，JMA 神戸（1995）記録波による 1 方向加振，3 方向加振の 2 つの震動台実験を実施してそれぞれ 1 層層崩壊にて倒壊に至らしめ，その挙動を捉えた。動的な倒壊過程における大変形域での立体的な変位挙動の取得，歪ならびに加速度計測に基づく骨組および部材に作用する力の取得を行い，自重支持能力を喪失して倒壊に至る瞬間を捉え，実験手法の妥当性を確認した。

平成 19 年度：実大 4 層 2 × 1 スパンの鉄骨造建物を対象とする完全崩壊実験を計画するにあたり，倒壊までの挙動を追跡する変位，応力の測定方法の策定，崩壊挙動の予測と倒壊に至りやすい加振波の選定，倒壊から加振装置を保護する防護策の設計などを行い，加震実験にて想定どおりに実大建物の完全崩壊を実現した。

課題名： 台風の数値シミュレーションを用いた強風予測手法の開発
研究代表者： 内田 孝紀
所属機関名： 九州大学応用力学研究所
所内担当者名： 丸山 敬
研究期間： 平成18年4月1日 ～ 平成20年2月28日
主な研究場所： 京都大学防災研究所，九州大学
大学院生の参加状況： 0名

研究及び教育への波及効果

メソスケールモデルおよびLESを用いた台風の数値シミュレーションにより強風分布を求め、予測結果と建物被害率との相関が高いことを明らかにし、建物の強風被害率予測の可能性を明らかにした。今後、強風災害以外の台風時の災害を含めて、被害予測システムへの実装が期待できる。

研究報告

（1）目的

台風に伴う強風災害はその範囲が広範囲に及び、一度強い台風に襲われると社会的なダメージが大きく、事前に風の強度分布を求め、被害の程度が予測できれば事前の防災・減災対策へ大きく貢献できる。本研究では、台風による強風被害発生の予測を行うことを目的に、上述の狭域スケールを対象に開発した非定常・非線形風況シミュレータ RIAM-COMPACT およびメソスケールの気象解析・予測のために開発された PSU/NCAR MM を用いた手法をもとに台風の数値シミュレーションによって強風分布を予測する手法の開発を以下に行った。

（2）研究経過の概要

平成18年度には2004年の台風18号を例に取り、広島県および宮島の厳島神社付近における台風通過時の強風場に関する再現計算結果に関する検討を行い、RIAM-COMPACT と PSU/NCAR MM5 の接続方法に関する検討や、計算結果の精度検証を行った。また、九州全域をカバーする高密度風観測ネットワーク NeWMeK により同台風通過時の強風データを取得した。

平成19年度には、平成18年度に明らかになった問題点に関して計算結果の評価方法の検討・改良を行い、予測された台風の中心進路と実際の台風の中心進路との偏差の影響を調べた。最後に、これらの結果を用いて強風分布と強風被害との対応関係を明らかにし、本研究で開発した強風の予測結果を用いた被害予測精度の検証を行った。また、平成19年3月13日には広島県廿日市市宮島支所内会議室において、成果の社会還元として、「2004年の台風18号による広島県および厳島神社の強風災害を中心に、強風災害の現状と防災対策等に関して」と題し、地元住民や行政職員の方々を対象として講演会を行った。

（3）研究成果の概要

本研究では台風時の強風場をメソスケールモデルおよびLESを用いた局地風況場をシミュレーションし、強風分布を予測する手法の開発を試みた。予測結果と観測値、また、建物被害率との比較から、予測された風速と建物被害率との相関が高いことを明らかにし、建物の強風被害率予測の可能性を示した。本研究の成果は台風時の強風災害予測システムへの実装が期待できる。また、メソスケールモデルおよびLESを用いた局地風況場のシミュレーションに関する問題点等を幾つか明らかにした。

課題名： 市町村合併に伴う地域防災システムの再構築に関する研究
研究代表者： 牛山 素行
所属機関名： 岩手県立大学総合政策学部
所内担当者名： 寶 馨
研究期間： 平成18年4月1日 ～ 平成20年2月28日
主な研究場所： 岩手県立大学総合政策学部，京都大学防災研究所
大学院生の参加状況： 0名

研究及び教育への波及効果

これまで定量的に明らかになっていなかった防災ワークショップの効果検証に関する新たな実証的データが得られた。調査結果の一部は、研究代表者が担当する講義、演習の資料として活用された。

研究報告

（1）目的・趣旨

広域的な合併が進む現代の市町村における防災体制，防災計画再編上の諸課題について実証的に分析する。また，自治体が大きくなると逆に相対的に重要性を増す集落・自治会単位の防災関連集会に注目し，その実態把握や，有効な活用法について検討する。現代の防災技術・情報を市町村行政にいかに応用しうるか，その方向性を事例研究から提案し，社会の防災力の維持・向上に貢献する。

（2）研究経過の概要

以下のような調査，検討を行った。

- A) 岩手県内市町村を対象とした住民参加型防災活動の実施状況についてのアンケート(全 35 市町村)及び聴き取り調査(5 市町村)
- B) 岩手県沿岸部を事例地とした，住民参加型防災ワークショップによる地域の変化に関する継続的な観察
- C) 平成18年7月豪雨によって被災した長野県岡谷市を対象とした災害時の情報伝達に関する聴き取り調査。その他，先進的自治体に対する聴き取り調査
- D) 全国市町村役場防災担当を対象としたアンケート調査に基づく，市町村規模と豪雨災害情報活用の関係に関する分析
- E) インターネット利用者を対象とした，豪雨災害情報に対する認知度，利用意向などについてのアンケート調査

（3）研究成果の概要

D)の調査からは，リアルタイム水文情報に対する認知，ハザードマップ作成，防災メール導入，休日・夜間の防災訓練実施など，質問に用いたほとんどの項目について，人口規模の大きな自治体ほど認知率・実施率が高い傾向が明瞭であった。また，C)の調査からは，比較的大きな土砂災害を経験した自治体が，20年ほど前に隣接市で発生した同様の事例を全く認識していなかったことが明らかとなった。自治体の空間的，人口的規模が大きくなるのが防災体制の充実に関連することが示唆されるが，D)の結果では市相当の自治体と町村相当の自治体の間で明瞭な差が見られる項目もあり，大規模な合併でないと効果が現れない可能性もみてとれる。

A)からは，過去に実施されたワークショップ事例のほとんどで，既存のハザードマップ情報以外の新たな発見など，何らかのオリジナル情報が発掘されていたことが確認された。一方，誤った解説が付記されている，成果物として「防災マップ」が残されるのみで議論・検討の過程の情報が不明であるなどの懸念事項も確認された。B)からは，体系的，継続的なワークショップが実施されたにもかかわらず，その後の地域に明確な変化が見られていないことが確認されている。E)からは，現在整備公開されている雨量情報等の災害情報の認知率がきわめて低いことが確認され，ワークショップのような機会に対する期待が持たれるが，その効果は限定的であり，今後は実施目的の明確化，実施手法の改善などが必要である。

課題名： 大規模災害時に対応可能な遺体の修復・保存に関する研究
研究代表者： 西尾 齊
所属機関名： 近畿大学医学部法医学
所内担当者名： 牧 紀男
研究期間： 平成18年4月1日 ～ 平成20年2月28日
主な研究場所： 滋賀医科大学 病理学講座 疾患制御病理学部門
横浜市立大学医学部 法医学講座
近畿大学医学部 法医学教室
大学院生の参加状況： 2名（内訳修士 0名，博士 2名）
参加形態 [実験実施における補助]

研究及び教育への波及効果

一般的に、遺体の経時的変化についての認識は低く、今後、周知していかなければならない課題である。一方、遺体の所有権と遺族の心情と言ったデリケートな対応を必要とされる分野に踏み込んでしまうというリスクがある。よって、慎重に啓発活動を行っていく必要がある。と言うのも、医学教育を受けた者でも、死後の遺体の経時的変化というものを、正しく理解している者が少ないからである。本研究をもとに継続した研究を行うことによって、施術方法のマニュアル化、補助装置の開発、トレーニング・プログラムの開発等を完了した場合、将来的には、2つの事業のベンチャー企業化が考えられる。すなわち、新エンバーミングの施術サービスとトレーニング・スクールである。これらを大学発のベンチャー企業化することで新エンバーミングの施術サービスを市民に提供するとともに、トレーニング・スクールでスタッフを養成することで新たな教育（研究）の分野の拡大・事業規模の拡大等が望めるものとする。

研究報告

（1） 目的・趣旨

従来のエンバーミング（遺体保存法）は、大がかりな設備と施設を使用し血液と遺体の固定液を入れ替える灌流固定をするため、電源の確保、抜き取った後の血液の処理等の問題があり、災害時の遺体安置所での実施は困難であった。また、ドライアイスは、温暖化ガス発生のため大量使用は控えるべきであろう。本研究では、電力を必要とせず、血液などの汚染物質を体外へ出さない、大規模災害時に発生する多数の遺体に対応可能な、簡便で安価な遺体の修復・保存方法の開発を目的とする。

（2） 研究経過の概要

研究代表者らが新たに開発した遺体保存用固定液（以下、固定液とする）（特願 2004-280440；特開 2006-89445「遺体保存用固定液及び遺体保存固定方法」）に対して固定液の保存用のための安定性試験、遺体保存固定方法の人への応用を試みた。本固定液は、従来のエンバーミングで使用されている劇毒物であるホルマリンを主体としたものではなく、非ホルマリン系のアルデヒドを主成分としたものを使用しており、施術時には人体に安全で、かつ、地球環境に配慮したものである。

（3） 研究成果の概要

1) 固定液の保存用のための安定性試験

災害時の応急対応物資として備蓄するためには、少なくとも3年間の保存期間が必須である。本固定液を種々の温度条件に保存し、成分をガスクロマトグラフィーで測定し、各々の劣化程度を検証した後、加速試験による成分劣化の程度を検証した。さらに実験用小型動物で、本固定液の固定効果を肉眼的観察および組織学的観察で検討を行った。また、大腸菌培地を用いて殺菌効果の検討を行った。これらの結果から、現段階で長期保存用に最も適した各成分の含有量を決定した。

2) 遺体保存固定方法の人への応用

真冬に発生した阪神・淡路大震災でも遺体安置所における腐敗臭は著しく、また、遺族感情を鑑むれば、遺族と遺体を早期に分離することは困難であることから腐敗臭対策は極めて重要である。本固定液を用いて、滋賀医科大学病理学講座・横浜市立大学医学部法医学講座・近畿大学医学部法医学教室で、病理解剖後および司法解剖後の遺族の同意・承諾が得られた遺体に対して保存処置を行い、腐敗臭が抑制できただけでなく死後の経過時間による表情の変化が抑制できた。また、施術の手技の検討を行い、現段階で最も適した注入箇所・注入量・注入方法などを決定した。

3) 今後の課題

固定液に関しては、保存安定性確認できたので、次の段階の安全性を確認するための皮膚刺激試験が新たな課題として生まれた。

施術の手技などに関しては、現在行っている手法は、ある種の職人技であり、遺体の状態によっては必要となる場合もあるが、オーバーキオリティを否定できない。よって、このコアとなる手技を抽出するとともに、施術を助ける装置の開発、これらを図示・解説したマニュアルの作成、実際の施術に参加する実習を加えた、トレーニングのプログラムの作成、エンバッキングを含めた新しい手技による施術サービスならびにトレーニング・スクールの設立などが、新たな課題として生まれてきた。

発災が秒読み段階と言われている東海・東南海・南海のプレート境界型地震や関東直下地震に発生すると予測される多数の遺体に対しても対応可能と思われるので、継続した研究開発が必要と考える。

課題名： アジアの山間発展途上国における地すべり災害危険度軽減のための能力開発に関する研究
研究代表者： 丸井英明
所属機関名： 新潟大学
所内担当者名： 福岡 浩
研究期間： 平成 18 年 4 月 1 日 ～ 平成 20 年 2 月 28 日
主な研究場所： 新潟大学災害復興科学センター
大学院生の参加状況： 2 名（内訳修士 0 名，博士 2 名）
参加形態 [ネパールにおける地すべり災害と対策の現況に関する報告発表]

研究及び教育への波及効果

我が国の優れた地すべり研究の成果に基づいて、アジアの山間地域に位置する発展途上国に対し、地すべり災害軽減を目的とした地すべり防災技術の効果的な移転をはかる上で多大の効果が期待される。また、留学生の教育上の波及効果も大きい。

研究報告

（1） 目的・趣旨

アジアの山間発展途上国において地すべり災害の軽減は社会的に重要な課題である。本研究は、当該国の防災担当技術者並びに政策決定関係者を対象とし災害軽減に関する能力開発を推進するため、有効なカリキュラム並びに訓練方法を確立することを目的とする。防災研斜面災害研究センターと共同で行ってきた地すべり災害危険度評価に関する研究成果を海外に移転し、発展途上国の地すべり災害軽減に寄与しようとする点に意義がある。

（2） 研究経過の概要

平成 18 年度実施状況：

- 平成 18 年 9 月 25～30 日に掛けて新潟大学において、ネパール及びパキスタンの研究者を招聘し、複数の研究集会と現地討論会を実施した。
- 9 月 25 日～30 日に掛けて新潟大学で開催中のインタープリバント国際シンポジウムに参加し、口頭発表並びにポスター発表セッションにおいて意見交換を行った。
- 9 月 26 日には、[GIS ワークショップ]に参加し、発展途上国における GIS の適用可能性について意見交換を行った。
- 9 月 27 日には、[中越地震による斜面災害]をテーマとするパネルディスカッションに参加し、意見交換を行った。
- 9 月 28 日には、中越地震により甚大な斜面災害を被った山古志村を中心とする被災地を対象とした現地視察を行い、復旧現場で意見交換を行った。
- 9 月 29 日には、[パキスタン地震による斜面災害]をテーマとするワークショップに参加し意見交換を行った。
- 9 月 30 日には、総括ワークショップを行い、本研究プロジェクトにおけるこれまでの活動を総括すると共に、今後の活動計画について審議した。特に、能力開発のためのトレーニング用ガイドブックの内容に関する検討を行った。

平成 19 年度実施状況：

- 平成 19 年 12 月 27～28 日に掛けて新潟大学において、ネパールの研究者を招聘し、具体的なトレーニング・コースとガイドブックの内容に関する追加検討を行った。
- 平成 20 年 2 月 23 日に東北学院大学において、ネパールの滞在研究者を交えて、成果報告書の取り纏めに関する検討を行った。

（3） 研究成果の概要

当該研究期間に開催した数次のワークショップを通して以下の研究成果を得た。

- アジアの山間発展途上国における地すべり災害の現況、災害の防止軽減のための組織体制、トレーニングを通じた能力開発の期待される効果等に関して共通認識を得ることができた。
- 能力開発のためのトレーニング・コースとガイドブックの内容に関する材料を収集し、内容項目を整理した。
- 地すべり災害においても、近年地震に起因する大規模な地すべり災害が多発していることに鑑み、特に地震地すべりを対象として、将来予想される災害を軽減するための施策に関する整理を行った。

課題名： 屋外防災照明の必要諸要件に関する検討
研究代表者： 土井 正
所属機関名： 大阪市立大学
所内担当者名： 田中哮義（社会防災研究部門）
研究期間： 平成 18 年 4 月 1 日 ～ 平成 20 年 2 月 28 日
主な研究場所： 大阪市立大学大学院生活科学研究科および京都大学防災研究所社会防災研究部門
大学院生の参加状況： 0 名

研究及び教育への波及効果

本研究は、従来防災研究や教育であまり検討されてこなかった、大規模災害が夜間発生した場合の円滑な避難行動、救助活動を担保する屋外防災照明の必要性について明らかにした。防災行政上の施策には法的規制が不可欠であり、その整備に向けた議論の契機となるものと期待される。

研究報告

（1）目的・趣旨

現行の防災照明設備は、大震災などにより発生する広域停電下での緊急避難や救助活動に必要な屋外の明かりの確保については想定していない。本研究は H17 年度に発足した照明学会屋外防災照明研究調査委員会の研究活動の一環として、緊急避難時の行動や救助活動を担保する屋外防災照明設備の諸要件の検討を行い、同照明設備の法的整備に向けた活動を行うことを目的とする。

（2）研究経過の概要

①災害時の照明変化や煙状態を設定可能な実大避難経路を作成し、被験者による歩行速度実験を実施した。②高知県高知市および室戸市・徳島県美波町・和歌山県串本町・御坊市広川町、静岡県静岡市、沼津市、焼津市の行政防災担当者に対してヒアリングを行い、夜間時の津波避難対策や照明設備の設置状況、夜間避難訓練の実施状況の調査や現地で路面照度、誘導標識の輝度などを実測した。③東南海・南海地震防災対策推進地域及び東海地震防災対策強化地域の地方自治体を対象に屋外防災照明の整備に関するアンケート調査を実施した。④夜間天空漏れ光の少ない地方都市において蓄光型避難誘導標識や LED 誘導灯及びバッテリー搭載型門灯による屋外避難誘導実験を実施した。⑤2008 年 3 月 27 日に照明学会主催のシンポジウムを大阪において開催し、本研究成果を報告した。

（3）研究成果の概要

①避難環境下での視認性（避難者視力）・照度変化率・煙濃度から歩行速度や避難時の心理状態を予測する関係式を抽出し、これによって潤滑な避難が行えるための避難経路の必要照度レベルが予測できるだけでなく、災害弱者である高齢者（低視力者）が、災害時にどの程度避難困難になるか予想することが可能になった。②自治体アンケート調査及びヒアリング現地調査の結果、災害時の住民避難における夜間対策に工夫を凝らしているが、法的規制がないため予算が獲得しにくいいため、設置しても維持管理が不十分になる、避難者を対象とした誘導標識などを国道等へ設置するには管轄が異なること、道交法上の制約等、誘導に有効なものになりにくいことなど、法的規制のないことの障害が明らかになった。③被験者実験等から蓄光標識、LED 標識などは夜間停電時の屋外避難誘導に有効に機能することが明らかになった。

課題名： イベント堆積物に着目した海岸低平域の災害環境過程の復元に関する研究
研究代表者： 原口 強
所属機関名： 大阪市立大学大学院理学研究科
所内担当者名： 関口秀雄
研究期間： 平成 18 年 4 月 1 日 ～ 平成 20 年 2 月 28 日
主な研究場所： 和歌山県田辺湾
大学院生の参加状況： 2 名（内訳修士 1 名，博士 1 名）
参加形態 [海域音波探査補助，海上ボーリングコア分析等]

研究及び教育への波及効果

本研究では、南海地震津波の影響を強く受けてきた田辺湾周辺を対象に堆積物調査を行い、津波堆積物の同定およびイベント過程の復元を目標としている。本研究により、昭和南海地震津波堆積物が初めて特定され、さらに歴史記録にない津波イベントの知見が得られた。この成果はイベント堆積物に着目した海岸低平域の災害環境過程の復元を具体的事例に基づいて解明することを示すとともに、今後の同分野の研究及び教育への波及効果は大なるものがあると確信する。

研究報告

（1）目的・趣旨

本研究では、イベント過程を織り込んだ、数十年から数百年オーダーの海浜地形変化を高解像度で予測し得る方法論の確立を目指す。その事例研究として、南海地震津波の影響を受けてきた田辺湾周辺を対象に津波堆積物の同定およびイベント過程の復元を目標とする。

（2）研究経過の概要

平成 18 年度の実施状況。①田辺湾奥の内之浦干潟において、浅層堆積物を採取し粒度分析および各種同位体に着目した年代測定を行ったが、同干潟には津波堆積物として明瞭な痕跡は認められなかった。②海象号を利用して田辺湾全域で 20 測線、延べ 30km の音波探査と海底表層の堆積物を採取した。解析の結果、会津川河口域から十分に離れた南側の湾奥域では複数の海底谷を細粒土が埋積し、内部に津波堆積物の可能性が高い音響反射断面が数枚認められた。

平成 19 年度の実施状況。①18 年度音波探査結果と内之浦漁港区域内で詳細音波探査からボーリング地点を絞りこみ、海底磁気探査によるボーリング地点の安全確認後、海上ボーリングを実施した。②採取コアの観察、堆積相解析、年代測定を実施し、解析の結果、1946 年昭和南海地震津波による海底イベント堆積層が特定され、さらに歴史記録にない津波イベントの知見が得られた。

（3）研究成果の概要

和歌山県田辺湾は南海トラフ沿いに位置しているため、この海域で発生する巨大地震に伴う津波の被害を歴史上繰り返し受けてきた地域である。またこれまでに南海トラフ沿岸域では三重県鳥羽市や高知県須崎市などにおいて津波イベント研究がいくつかなされているが、紀伊半島西岸部の白浜から田辺湾周辺では研究報告例がない。

本研究では音波探査を用いたイベント堆積物の絞込み、代表地点の内之浦湾奥、埋積海底谷筋の水深約 13m 地点で海上ボーリングにより連続コア採取、堆積相解析、堆積物中のサンゴの生息深度の同定、 ^{14}C 測定や ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 測定などの年代測定結果、堆積物から認定できる津波イベントの再来間隔の推定と歴史津波との対比を行った。

堆積物は海底面からの深度約 10m までは海成泥質堆積物主体で、サンゴ片を多量に含む粗粒堆積物が 10 層確認された。約 7.8m で鬼界アカホヤ火山灰、約 10.2m からは非海成有機質シルト層が分布し 15.1m で基底泥岩層に達する。最新イベント層はトゲイボサンゴの個体を含む粗粒堆積物で、上下の泥層を用いた ^{210}Pb ・ ^{137}Cs 法による堆積年代から 1946 年の昭和南海地震に対比される津波堆積物である可能性が高いことが示された。この結果は堆積物としてはじめて 1946 年昭和南海地震津波による海底イベント堆積層が特定された例である。さらに歴史記録にない津波イベントの知見が得られた。

課題名： 伝統的木造建築物の防火性能向上を反映した密集市街地延焼シミュレーション手法の開発
研究代表者： 北後 明彦
所属機関名： 神戸大学都市安全研究センター
所内担当者名： 田中 喆義
研究期間： 平成18年4月1日 ～ 平成20年2月28日
主な研究場所： 神戸大学都市安全研究センター
大学院生の参加状況： 2名（内訳修士 2名，博士 0名）
参加形態 [補助者]

研究及び教育への波及効果

木造密集市街地の地震火災リスク評価法の開発を行うきっかけとなった。

研究報告

（1）目的・趣旨

伝統的木造建築物が群として存在する歴史的な街区は、木造密集市街地であり延焼危険性が高い。そこで、景観を損なうことなく各建築物の防火性能を向上することによって防災性を向上する必要がある。本研究では、歴史的な街区の住民に受け入れられる軒裏や外壁などの防火性能の向上が、市街地防災性をどの程度高めることができるかを、街区形態や建物配置を考慮したミクロな延焼シミュレーションシステムによって推定することを目的とする。

（2）研究経過の概要

1）歴史的な街区の住民意向調査及び市街地データの収集・整備

歴史的な木造密集市街地の中から、多数の伝統的建築物が残る街区を3カ所（和歌山県湯浅地区、京都市産寧坂地区、岐阜県岩村地区）選び、住民による消火活動の可能性について調査を行った。また、同時に、ケーススタディで用いる市街地データの収集・整備を行った。

2）延焼シミュレーションモデルへの防火改修等の延焼阻止効果の組み込み

防火改修等の延焼阻止効果について、街区形態や建物配置を考慮したミクロな延焼シミュレーションに組み込んだ。

3）伝統的市街地でのケーススタディによる市街地防災性向上効果の推定

1）で市街地データを収集・整備した街区について、延焼シミュレーションに基づき歴史環境と調和した市街地全体の火災安全性能向上方法を検討した。具体的には、火災安全対策として外壁の防火改修及び地域住民による消火活動の2案を取り上げ、検討の結果、それぞれの対策による延焼遅延効果を地震時の火災リスクとして定量的に評価した。

（3）研究成果の概要

伝統的な木造密集市街地で、効果的な火災安全対策を立案するために、延焼シミュレーションを用いて、対策の効果を定量的に把握した。伝統的構法を生かした建物の防火改修と、地域住民による消火活動の反映、の2案について検討を行ったが、いずれも一定の延焼遅延効果を確認することができた。消火活動は、実際に従事する地域住民の人的要因によって変化しやすく、その効果は確実に期待が持てるものではない。一方、建物の防火改修は、確実に延焼遅延効果が期待できるものである。今後の火災安全対策としては、建物の防火改修というハード面での整備と、地域住民の消火活動体制の確立というソフト面での整備、その双方向から防災性能を向上させることが適切である。

一般共同研究（課題番号：19G-13）

課題名： 台風時の力学的コンタミネーションが海面せん断応力に及ぼす影響に関するフィールド実証研
研究代表者： 杉原 裕司
所属機関名： 九州大学大学院総合理工学研究院
所内担当者名： 芹澤 重厚
研究期間： 平成19年4月1日 ～ 平成20年2月28日
主な研究場所： 流域災害研究センター・白浜海象観測所
大学院生の参加状況： 5名（内訳修士 5名，博士 0名）
参加形態 [フィールド観測およびデータ解析の補助]

研究及び教育への波及効果

本研究の結果は、波の発達状態やうねりの存在が、海面での運動量伝達を乱す力学的コンタミネーションとして作用し、その影響は海面せん断応力の評価において無視できないほど大きいことを示している。このことは、台風時のような非局所平衡性の強い海象条件下では、従来用いられている海面せん断応力式の推定精度が低下することを示唆しており、高潮・高波の数値モデルの高精度化において有用な知見を与えるものと思われる。また、本研究を通して、大学院生の計測機器に関する知識、フィールド観測の実施能力、データ解析のプログラミング能力が飛躍的に向上した。大学院生の研究教育の視点からも教育効果の高い共同研究であった。

研究報告

（1）目的・趣旨

海面せん断応力は海面境界過程を記述する上で最も基本的な特性量であり、その定量化は海岸防災研究における重要な課題である。代表的な海面せん断応力の測定方法として渦相関法(ECM)と慣性散逸法(IDM)が挙げられる。理想的な接水大気境界層においてはそれぞれの測定法によって求められた海面せん断応力の値はよく一致するはずであるが、実海洋上では両者の値が一致しないことが多い。これは、海面上の接水大気境界層の乱流構造が、波浪状態に依存して IDM の前提条件（乱流場の局所平衡性）から大きく変化するためであると考えられる。このような力学的コンタミネーションの作用は、特に台風時のような非局所平衡波浪場において増大するものと思われる。本研究の目的は、田辺中島高潮観測塔においてフィールド実験を行い、両者の適合度と波浪状態との関係を検討することによって、海面運動量伝達を乱す力学的コンタミネーションとしての波浪場の作用について明らかにすることである。また、逆に、適合性の高いデータを選別することで、海面せん断応力（海面抵抗係数）の波浪依存性に関する信頼性の高い知見を得ることも試みる。本研究では、波浪状態量として、風波の発達状態を表す波齢、うねりと風波の相対関係およびそれに起因して生ずる海面せん断風応力の作用方向の偏向度に着目する。

（2）研究経過の概要

和歌山県西牟婁郡白浜町の田辺湾沖合 2 km に位置する田辺中島高潮観測塔（京都大学防災研究所・流域災害研究センター・白浜海象観測所）においてフィールド実験を実施した。平均海面から高度 12.5m の位置に超音波風速温度計を設置して海上風速の乱流変動と温度変動の計測を実施し、ECM と IDM に基づいて海面せん断応力を評価した。また、WAVEADCP を観測塔から 20m 離れた海底に設置して水面変動の測定を行い、有義波高、ピーク波周期および波の方向スペクトルを算定した。得られた波の方向スペクトルから、うねりの成分波と風波成分波を同定した。平均風向に対するうねりの伝播方向の偏角に基づいて、波浪場におけるうねりと風波の相対関係を定量化した。以上の総合観測データの結果に基づいて、ECM と IDM の適合度がどのような波浪状態において低下するのかについて詳細に検討した。また、適合度の高いデータセットを用いて海面抵抗係数の波浪依存性についても検討した。なお、本年度は観測サイト付近での台風通過数が比較的少なかったため、データ不足を補うために台風のない期間の観測データも併せて解析対象とした。ただし、台風時とその他の期間のデータを比較した結果、波の発達やうねりの作用が海面せん断応力に及ぼす効果については定性的に同じであることを確認している。

（3）研究成果の概要

(a) ECM と IDM によって算定された海面せん断応力（摩擦速度 u^* ）の適合度は、風波が卓越する波浪場（Pure windsea）のデータの方が高く、うねりが混在する波浪場では低下する。(b) Pure windsea においては、波齢がある程度大きくなると IDM の値が ECM に比べて増大する。これは波動境界層の発達によって乱流場の局所平衡性が破れるためである。(c) ECM と IDM の適合度の高いデータセットに基づいて、海面抵抗係数を算定し、その波浪依存性について検討した。その結果、抵抗係数と海上風速の関係においては、波齢が

小さいほど（波風径数が大きいほど）、抵抗係数はより大きな値を示すことを確認した。また、うねりと風波の相対関係が抵抗係数に及ぼす影響について検討した結果、その効果は系統的ではなく、非常に複雑であることがわかった。(d)うねりと風波が混在する波浪場においては、平均風向に対する海面せん断応力の作用方向の偏向度が大きくなるにつれて IDM の値が相対的に増加する。この偏向度は平均風向とうねりの伝播方向の相対関係に支配されており、データの分散から見てうねりの影響は海面運動量伝達を乱す最も重要な因子であると推察された。このことは、台風時のような海象条件下では、従来用いられている海面せん断応力モデルの推定精度が低下することを示唆している。

課題名： 岩石からの電磁波放射実験
研究代表者： 筒井 稔
所属機関名： 京都産業大学
所内担当者名： 柳谷 俊
研究期間： 平成 19年4月1日 ～ 平成 20年2月28日
主な研究場所： 京都大学防災研究所
大学院生の参加状況： 4名（内訳修士 0名，博士 0名）
参加形態 [測定実験および測定データの検討に参加]

研究及び教育への波及効果

地震前兆の電磁波の有無が議論されている中、その発生を圧電現象によるものとの考えにもとづいて行った確認実験で、岩盤中での電磁波パルス励起と伝搬が可能であるとの結果を得ており、今後の研究の出発点となると考えている。

研究報告

（1） 目的・趣旨

本研究代表者が突き止めた「地震に伴う地中電磁波パルスの励起」に関して、検出した電磁界の持続時間が数ミリ秒と極めて短いことから、その励起機構として、地中岩盤における「圧電現象」と考え、岩石への衝撃印加実験を行い、その時に実際に電磁波が励起されるか否の観察と検証を試み、地殻変動に伴う電磁波励起の解明研究を目的としている。

（2） 研究経過の概要

岩石における圧電現象に関しては、その中に含まれている二酸化珪素がその中心的役割を担っていると考えられるので、まず、その純粋な結晶としての水晶を用いて、それに対する衝撃時の電磁界発生の確認実験を試みた。この時の電磁界の確認としては、直線型微小ダイポールアンテナを用いて電界成分を検出し、磁界成分については、パーマロイ合金をコアとし、それに線径 0.2mm の銅線を 10000 回巻いたサーチコイルを用いて検出を行った。被測定対象の水晶としては、電気軸が既知である直径 25mm 厚さ 5mm の平板と、直径 25mm 長さ 50mm の円柱状の 2 種類を用いた。それらの水晶を直径 25mm 長さ 50mm のアルミナ円柱で挟み込み、その上部に直径 1.0mm のガラスビーズ球を置き、それに圧力を加えて破壊させ、圧力消滅時での負の衝撃を水晶に印加させて実験を行った。測定では、電界および磁界成分の時間波形の取り込みを行い、衝撃印加時の電界と磁界の位相関係を調べ、電磁界発生に関する基本的情報を得る事に重点をおいて実験を行った。

（3） 研究成果の概要

これまで他の研究者の水晶における圧電現象の実験的検証としては、水晶に測定用電極を貼り付けて、衝撃に対する電気信号を取得するのが殆どであった。しかし、自然界の岩盤からの電磁界放射現象を解明する本研究では、電極を貼り付ける事無く、空間電磁界の測定を行う事が重要であると考え、水晶の近傍にセンサー類を配置し、電磁界発生に伴う周囲の空間でのそれら成分を非接触で検出する事を基本とした。

この測定実験で検出した電磁界成分は平均 20 μ 秒の周期的時間変動が主であり、それが更に長い周期変動に重畳している波形として得られた。これは圧力衝撃により、水晶結晶内で発生した分極電圧の発生消滅周期と考えられる。そして長さ 50mm の中央部と両端において検出したこの 20 μ 秒周期成分の振幅の大小関係から、水晶内軸方向に伝搬する衝撃波（約 5km/秒）が水晶端面で反射し、往復伝搬の繰り返しによって発生した定在波の存在をも確認した。

円柱状水晶の側面の軸に沿った各部分での電磁界成分の測定から、水晶周辺の空間での電磁界の存在を明らかにしたが、検出した電磁界は空間を介しての測定である事から、電磁波として放射されている可能性もある。岩盤内には、一般的にこのような圧電現象を生じる二酸化珪素を含んでいるので、上に述べた過程が天然の岩盤内でも生じている可能性がある。岩石中での電磁波伝搬の状況については、新たに申請した 20 年度からの共同研究で取り組む計画である。

萌芽的共同研究（課題番号：19H-01）

課題名： 地震の規模予測高度化のための強震動地震学と活断層研究の成果統合手法の開発

研究代表者： 隈元 崇

所属機関名： 岡山大学大学院・自然科学研究科

所内担当者名： 岩田知孝

研究期間： 平成19年4月1日 ～ 平成20年2月28日

主な研究場所： 岡山大学大学院・自然科学研究科

大学院生の参加状況： 2名（内訳修士2名，博士0名）

参加形態 [計算の補助と防災研究所での共同ゼミナールへの参加]

研究及び教育への波及効果

修士の院生にとって、他大学で著名な先生と議論する機会を頂いたことは、修論への意欲の増進につながり、結果として研究機関への就職を果たすなど大変有益であった。

研究報告

(1) 目的・趣旨

内陸地殻内地震の地震動予測の震源断層モデル構築のためには、強震動地震学と活断層研究の間で、それぞれ用いられる地震スケール則の物理的背景や、モデル構築のための観測データの精度やモデルの適用限界、計算結果への影響などを議論して課題を整理することで、両分野の成果の統合の可能性を探ることを具体的な検討事項として作業を行った。

(2) 研究経過の概要

断層長(Ls)をパラメータとする規模予測の経験式ではその規模を十分に見積もることができないという問題や、強震動の計算に重要な震源断層のパラメータの評価について、本研究では、(1)国内外の地震・活断層データを用いて、統計的に規模予測式を検討すること、(2)アスペリティのデータが得られている国内外の地震データを用いて、活断層の地表パラメータと震源断層パラメータの関係性を示し、活断層の地表パラメータを用いて規模のばらつきを説明可能なモデルの作成を行うこと、について作業を行った。

(3) 研究成果の概要

地震・活断層データを整理・統合したデータベースに基づいて、活断層の進化・発達モデル(Wesnousky,1999)を定性的な根拠として、活断層の成熟度に関係して震源断層面の摩擦特性が異なり、断層すべりを起こしたときの応力降下量に相違が生じると仮定した。これに、予測の観点から、応力降下量($\Delta\sigma$)を直接のパラメータにせず、それと正の相関を示している活断層の平均活動間隔(R)をパラメータとし、重回帰分析を行った。その際には、活動間隔の推定誤差と多重共線性の評価のためにシミュレーションも行い、以下の規模予測式を得た。

$$M_w = (1.13 \pm 0.02) \log L_s + (0.16 \pm 0.02) \log R + (4.63 \pm 0.09) \quad (1)$$

これによると、例えば平均活動間隔 R が 10 倍になると、発生する地震の規模は M_w として 0.2 大きくなる。

次に、活断層の地表パラメータと震源断層パラメータの関係性について、地震規模は L_s から決定される基本量と断層の成熟度に関係する調整量で表されると仮定した重回帰式を検討した。サンプル数がまだ十分ではなく、現時点では統計的に有意な成果とは言えないが、地表の断層形態に切れ目が多く断層が未成熟なほど、観測された応力降下量と幾何的に求めた応力降下量の差($\Delta(\Delta\sigma)$)が大きくなる傾向を認めた。

これらの萌芽研究の結果より、過去および将来の地震の活断層と震源断層のパラメータのさらなる取得とデータ取得時の精度検証により、活断層の地表形態の指標から震源断層の微視的パラメータの設定を目指すことが、強震動予測の高度化につながる可能性を示した。

萌芽的共同研究（課題番号：19H-02）

課題名： 生体計測技術による地下空間浸水時の災害時要援護者避難に関する研究
研究代表者： 石垣 泰輔
所内担当者名： 戸田 圭一
研究期間： 平成 19年4月1日 ～ 平成 19年2月29日
主な研究場所： 宇治川オープンラボラトリーおよび関西大学環境都市工学部
大学院生の参加状況： 10名（内訳修士 9名，博士 1名）
参加形態 [実験および解析]

研究及び教育への波及効果

本研究において、防災研究所が所有する世界的に見ても稀有な地下浸水を再現できる実物大階段模型を用いる機会が与えられたことは、参加した研究者にとっては研究の進展に大きく役立つとともに、大学院生および避難体験実験に加わった学部学生が得た水害の実体験は防災教育に非常に有益であり、その教育の波及効果は大である。

研究報告

（1）目的・趣旨

都市域の地下街・地下鉄などの地下空間からの避難困難度が検討され、安全避難の限界水深が示されてきた。しかしながら、その結果は自力避難が可能な人を対象としたもので、高齢者や年少者など災害時要援護者に対する指標は示されていない。本研究では、自力避難が可能な被験者の筋電位計測を行った結果と、生理人類学分野で得られている年齢と筋電位の関係を用い、高齢者や年少者の安全避難の限界水深を検討することを目的とした。

（2）研究経過の概要

防災研究所宇治川オープンラボラトリー内に設置された実物大階段模型（階段部 20段と 10m の通路部で構成されている）および関西大学環境都市工学部水理実験場内の通路模型（幅 1m で長さ 30m 区間の通路で構成されている）を用い、浸水時の避難体験実験を実施した。実験は、主に学生被験者の協力のもと、2通りの方法で行った。一つは、高齢者体験セットを使用した場合としない場合を対象に、種々の浸水深および流速の条件下で避難所要時間の計測を行うものである。もう一つの実験は、歩行および歩行時のバランス保つために使用される下肢の筋肉である大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋、腓腹筋、前脛骨筋、中殿筋の筋電位計測を行うものである。これらの実験は、いずれも平均年齢約 22 歳の被験者を対象としてのものであり、得られた結果を用いて年齢と歩行速度あるいは筋電位の関係より災害時要援護者の避難安全度について検討している。

（3）研究研究成果の概要

本研究で得られた結果を用い、災害時要援護者である高齢者の浸水時避難に関して現時点で得られている成果の概要を示す。

1) 避難体験実験結果より、地下浸水時の避難困難度は、流れの速さと水深に関係していることが知れ、避難困難度の指標として流速と水深の両者の影響を考慮することが可能な単位幅比力 M_o が有用であるとの結論を得た。また、 $M_o=0.125$ が成人男性の安全避難の限界指標値として得られた。

2) 高齢者体験セットを用いた避難体験実験結果より、22 歳前後の被験者が高齢者体験セットを装着することにより 70 歳程度の高齢者の歩行速度となり、高齢者の避難困難度を検討することが可能なことが知れ、現在、検討を行っている。

3) 生体計測技術を用いた浸水時の歩行実験を行った結果、腓腹筋、前脛骨筋の活動度が高いことから、特に足関節筋に負担がかかることが知れた。また、流速が 1 m/s 以上になると、前脛骨筋は足関節の背屈を行うことができずに転倒する危険性があり、転倒をさけるために歩き方に変わることが示唆された。本実験は、平均年齢約 22 歳の被験者を対象としたものであり、現在、ここで得られた結果を用いた高齢者等の災害時要援護者の避難危険性について検討を行っている。

萌芽的共同研究（課題番号：19H-03）

課題名： Google Earth と CG の合成画像を用いた地球温暖化に伴う水文・水資源環境変動評価
研究代表者： 市川 温
所属機関名： 京都大学大学院工学研究科
所内担当者名： 浜口 俊雄
研究期間： 平成19年4月1日 ～ 平成20年2月28日
主な研究場所： 京都大学大学院工学研究科・京都大学防災研究所
大学院生の参加状況： 1名（内訳修士 1名，博士 0名）
参加形態 [一時的協力者]

研究及び教育への波及効果

水文流出量・水資源量の空間分布が数値地形図ならびに地形写真上にオーバーレイで描ける基礎作業が完了し、まずは分布の二次元図が可能となった。現在は同一手法で立体を描けばよい段階であるが、二次元だけでも水資源管理に関する授業で視覚的な訴えが可能となった。

研究報告

（1）目的・趣旨

世界の衛星写真閲覧ソフト Google Earth を用いて、数値地図情報の地表を立体化し、任意スケール・任意グリッドの3Dデータを作成して水文解析に応用する、また、温暖化の影響がある水文・水資源環境評価結果を二次元の数値地図または Google Earth 上にオーバーレイするシステムの構築を目的とする。このシステムは水文・水資源環境解析における結果の視覚化ポストプロセッサとして長く活用可能である。また他の防災分野にも活用なポテンシャルを持ちうる。

（2）研究経過の概要

Google Earth をダウンロードし、水文解析に適するようにプラグインをプログラムした。同時に、数値地図 25000 や USGS のデータフォーマットに合わせて、流域のグリッドデータが得られるようにプログラムを開発する。Google Earth の3D表示画像上に、現象をオーバーレイで描写できるソフトを開発し、自作の水文解析計算ソフトとの連携を調整する。その後、具体的に淀川流域の流出解析に対して、その成果を試し、その視覚化効果を確認した。

（3）研究成果の概要

数値地図上において、流出量分布や水温分布・蒸発散量分布など水文物理量の空間分布をはじめ、それを用いた魚類の生息場適性度分布や植生適性度分布など生態環境評価の空間分布も視覚化されるように自動で描けるようなシステムの構築が成功した。それを枚方より上流の淀川流域に対して適用したところ、琵琶湖も含めて非常に明快な視覚化分布図が得られ、空間分布の構造を把握する補助としての自動描写ツールが完成した。Google Earth 上へのオーバーレイも同じ手法で可能となったが、二次元にとどまっている。支給された資金では三次元化のためのプログラムが購入できなかったため、現在はそれを三次元的視覚化するようにハンドメイドでプログラムを鋭意作成中であり、当初予定したよりも時間がかかっている。ただし、現段階でも自動化された視覚化ポストプロセッサとして十分に機能しており、成果公表に挙げた論文の研究に活用し、このシステムで作成した図を用いて考察検討した。現段階でも当初の目的を十分果たしており、今後も更に発展進化させながら活用していく予定である。

研究集会（課題番号：19K-01）

集会名： 防災計画研究発表会—様々な視点から防災計画論を考える
(第2回防災計画研究発表会/以下、研究発表会と略す)
(第2回防災計画ワークショップ「中越ワークショップ」/以下、WSと略す)

共催の場合： 主催者名(防災計画研究発表会実行委員会（研究発表会）、Japan CASiFiCA（WS）)

研究代表者： 高木 朗義

所属機関名： 岐阜大学工学部

所内担当者名： 多々納裕一

開催日： 平成19年10月26日～平成19年10月27日（研究発表会）
平成19年12月10日～平成19年12月11日（WS）

開催場所： 京都大学生存圏研究所・木質ホール，京都市国際交流会館（研究発表会）
長岡市山古志地域，小千谷市塩谷集落公民館，長岡市蓬平温泉（WS）

参加人数： 延べ約100名＝約70名（研究発表会）＋32名（WS）

大学院生の参加状況： 延べ10名（内訳修士8名，博士2名）
参加形態 [発表2名，運営補助8名]

研究及び教育への波及効果

防災計画に携わる土木，建築，心理学，社会学などの研究者および実務者が一同に集い，実践的・理論的な研究発表を行い，それらについて様々な視点から討議するとともに，防災計画に関する今日的課題や今後の展開について議論した。ここで得られた知見が各地域に還元されることにより，全国各地の地域防災力が向上することが期待できる。また，本研究集会を通じて構築された研究者・実務者間におけるネットワークにより，平常時から広く地域防災力に関する情報交換を行い，研究上の課題を継続的に発見して対応し，その成果を共有化することが期待できる。さらに，これらの情報は防災計画の研究者や実務者を志す学生達にとっても有用なものにもなっている。

研究成果の公表：

(仮題) 地域防災力向上のための防災計画の役割，土木学会論文集（特集論文）
第2回防災計画研究発表会—様々な視点から防災計画論を考える—，防災計画研究発表会 HP，
<http://www1.gifu-u.ac.jp/~ceip/iDRiM/forum-index.htm>
中越ワークショップ，中越復興市民会議 HP，<http://www.cf-network.jp/jigyokangaeru.php?itemid=1226>

研究集会報告：

(1) 目的

防災計画に携わる土木，建築，心理学，社会学などの研究者および実務者が一同に集い，相互に知恵を出し合い，また連携することによって，多岐に亘りかつ複雑である今日的な課題の解決に向けて，必要な社会技術を構築するとともに，防災計画の体系化を目指す。

(2) 成果のまとめ

2007年10月26日(金)～27日(土)の2日間，京都大学生存圏研究所・木質ホール(26日)および京都市国際交流会館(27日)にて，「様々な視点から防災計画論を考える」をテーマとした「防災計画研究発表会」を開催した。また，2007年12月10日(月)～11日(火)の2日間，新潟県中越地震の被災地である長岡市山古志地域，および小千谷市塩谷集落開発センター，長岡市蓬平温泉において，「地域災害復興」をテーマとして「中越ワークショップ」を開催した。

防災計画に関する今日的な課題は多岐に亘りかつ複雑であるため，その課題解決には様々な分野の研究者が個々に取り組みだけでなく，相互に知恵を出し合い連携しなければならない状況になっている。そこで，本研究集会では，防災計画に携わる土木，建築，心理学，社会学などの研究者および実務者が一同に集い，実践的・理論的な研究発表を行い，それらについて様々な視点から討議するとともに，防災計画に関する今日的課題や今後の展開について議論した。ここで得られた知見が各地域に還元されることにより，全国各地の地域防災力が向上することが期待できる。さらに，本研究集会を通じて，平常時から広く地域防災力に関する情報交換を行い，研究上の課題を継続的に発見して対応し，その成果を共有化するとともに，社会に還元していくための研究者・実務者間のネットワークが構築できた。

(3) プログラム

第2回防災計画研究発表会

10月26日(金)

9:30-9:35 オープニング／高木朗義

9:35-10:45 災害復興ガバナンス(高木朗義):坪川博彰,近藤民代,横松宗太

10:55-12:05 BCP・被害想定(横松宗太):小路泰広,森本浩之,小池淳司

13:05-14:35 災害対応支援(多々納裕一):佐藤慶一,中尾吉宏,吉川耕司,畑山満則

14:45-16:15 リスクコミュニケーション(畑山満則):金井昌信,竹内裕希子,山田文彦,小田勝也

16:25-17:55 防災まちづくり(岡田憲夫):加藤孝明,松本美紀,田中尚人,多々納裕一

10月27日(土)

9:20-10:50 住民防災意識(牧紀男):秀島栄三,及川康,高木朗義,藤見俊夫

11:00-12:30 災害地域復興(渥美公秀):渥美公秀,関嘉寛,宮本匠

13:30-14:40 災害被害波及(上田孝行):武藤慎一,土屋哲,大西正光

14:50-16:20 協力と連携(秀島栄三):牧紀男,二神透,高島正典,岡田憲夫

16:30-18:00 全体討議『防災計画の体系化に向けて』/多々納裕一・高木朗義

18:00-18:10 クロージング/多々納裕一

第2回防災計画ワークショップ「中越ワークショップ」

2007年12月10日(月)

9:00-12:00 被災地視察

13:30-17:30 研究討議(1)「“非”研究者としての復興支援」

司会・進行:稲垣文彦(中越復興市民会議)

発表者:鈴木隆太(中越復興市民会議),阿部巧(中越復興市民会議)

18:30- 食事会という名の討議(闘議)

司会・進行:渥美公秀(大阪大学)

2007年12月11日(火)

9:00-12:00 研究討議(2)「研究者としての復興支援」

司会・進行:多々納裕一(京都大学防災研究所)

第2回防災計画研究発表会

—様々な視点から防災計画論を考える—

概要:防災計画に関する今日的な課題は多岐に亘りかつ複雑であるため,その課題解決には様々な分野の研究者が個々に取り組むだけでなく,相互に知恵を出し合い連携しなければならない状況になっている。そこで本研究発表会では,防災計画の体系化を目指して,防災計画に携わる土木,建築,心理学,社会学などの研究者および実務者が一同に集い,実践的・理論的な研究発表を行い,それらについて様々な視点から討議するとともに,防災計画に関する今日的課題や今後の展開について議論した。また,ここで得られた知見が各地域に還元されることにより,全国各地の地域防災力が向上することが期待できる。さらに,平常時から広く地域防災力に関する情報交換を行い,研究上の課題を継続的に発見して対応し,その成果を共有化するとともに,社会に還元していくためのネットワークの基礎が構築できた。

主催:防災計画研究発表会実行委員会

後援:京都大学防災研究所研究集会,日本ケースステーション・フィールドキャンパス研究連合(Japan CASiFiCA),土木学会・土木計画学研究委員会・防災計画研究小委員会,日本自然災害学会,日本グループダイナミクス学会,地理情報システム学会 防災 GISSIG

協力:(特)日本災害救援ボランティアネットワーク,(特)レスキューストックヤード,中越復興市民会議

日時:平成19年10月26日(金) ~ 平成19年10月27日(土)

場所:京都大学生存圏研究所・木質ホール,京都市国際交流会館

プログラム :

10月26日 会場：京大生存圏研究所・木質ホール（京都大学宇治キャンパス内）

9:30-9:35	オープニング		
9:35-10:45	災害復興ガバナンス／高木朗義	坪川博彰	2007年7月新潟県中越沖地震にみる災害リスクガバナンスの実践事例に関する調査報告
		近藤民代	ハリケーン・カトリーナ災害後のニューオーリンズ市復興計画の特徴
		横松宗太	災害復興援助における援助供与国と国際機関の連携の枠組みに関する基礎的研究
10:55-12:05	BCP・被害想定／横松宗太	小路泰広	業務継続計画における被害想定役割とあり方に関する考察
		森本浩之	地方自治体におけるBCP
		小池淳司	空間的応用一般均衡モデルによる災害の経済被害計測～結果と課題
13:05-14:35	災害対応支援／多々納裕一	佐藤慶一	マイクロシミュレーションによる災害後の応急居住状況の描画
		中尾吉宏	橋梁被災情報の速やかな共有策に関する予備的な検討
		吉川耕司	自治体GIS構築において検討すべき災害対応力の増進方策について
		畑山満則	災害対応を視野に入れた自治体統合型GIS構築に向けての技術的課題
14:45-16:15	リスクコミュニケーション／畑山満則	金井昌信	発展途上国での防災教育の実践から得られた防災技術の海外移転の課題
		竹内裕希子	地震災害を想定した宿泊型避難体験の評価
		山田文彦	水害リスクコミュニケーションによる地域防災力向上のための実践的研究
		小田勝也	新たな津波被害予測に関する研究
16:25-17:55	防災まちづくり／岡田憲夫	加藤孝明	「防災まちづくり支援システム」の現状と課題～密集市街地のまちづくりの側面から
		松本美紀	子どもを主役とした住民・行政・大学一体型防災まちづくり
		田中尚人	防災文化に根ざした地域防災力形成
		多々納裕一	能登半島沖地震からの復興過程におけるビジョン共有の重要性～穴水町における参与観察を通じて

10月27日 会場：京都市国際交流会館（京都・蹴上）

9:20-10:50	住民防災意識／牧紀男	秀島栄三	防災学習における教材とその使用方法に関する考察
		及川康	自然災害に対する住民意識の弾力性に関する検討
		高木朗義	地域住民の洪水災害に対する事前の備えの現状と課題、そして促進策
		藤見俊夫	所得変動リスク下における災害保険加入行動の実証分析
11:00-12:30	災害地域復興／渥美公秀	渥美公秀	中山間地の集落復興過程に関する定点観測研究～新潟県小千谷市塩谷集落の事例
		関嘉寛	中山間地の集落復興過程に関する歴史的民俗的研究～新潟県小千谷市塩谷集落の事例
		宮本匠	災害復興における物語と外部支援者の役割について～新潟県中越地震の事例から
13:30-14:40	災害被害波及／上田孝行	武藤慎一	計量厚生分析に基づく大規模災害による道路寸断の影響評価
		土屋哲	産業規模を考慮した一般均衡モデルに関する一考察
		大西正光	家計の流動性制約が水害被災家計の復旧過程に及ぼす影響
14:50-16:20	協力と連携／秀島栄三	牧紀男	地方自治体における防災戦略計画策定の試み～職員参画と計画の評価

		二神透	要援護者避難支援プラン策定プロセスとアンケート評価による考察
		高島正典	被災自治体の生活再建支援業務への「くらしの再建カルテ」の導入
		岡田憲夫	多主体間の知識と行動の協調的同期過程としてみた実践適応(インプリメンテーション)プロセス～鳥取県智頭町早瀬集落コミュニティの総合的な災害マネジメントを事例として
16:30-18:00	フリーディスカッション『防災計画の体系化に向けて(仮題)』／多々納裕一・高木朗義		
18:00-18:10	クロージング		

第2回防災計画ワークショップ「中越ワークショップ」

日時：2007年12月10日(月)～11日(火)

場所：新潟県長岡市・小千谷市

主催：DRH & Japan CASiFiCA, 京大防災研共同研究集会 共催

概要：中越地震に対して地域災害復興に携わってきた中間支援組織のスタッフ、被災住民、研究者が一同に集い、様々な意見交換を通して、地域災害復興支援として必要な方法やプロセスについて討議した。

プログラム：

2007年12月10日(月)

9:00-12:00 被災地視察

場所：長岡市山古志地域, 長岡市山古志支所

13:30-17:30：研究討議(1)「”非”研究者としての復興支援」

場所：塩谷集落開発センター2階

司会・進行：稲垣文彦(中越復興市民会議)

発表者：鈴木隆太(中越復興市民会議), 阿部巧(中越復興市民会議)

内容：中越復興市民会議のスタッフとして常に復興現場にある二人。二人の活動報告はすでにあちらこちらでなされているし、活動そのものと活動に関わる感想などは中越復興市民会議のホームページでも知ることができる。そこで、今回は、活動報告では「なく」、様々な活動から、何ができてきたか、研究者でない者として何ができる(はずな)のか、研究者には何ができる(はずな)のか、今後の集落とご自身の動きに関する展望、などを自由に、しかし「体系的に」語ってもらった。二人に同じテーマで、しかし、別々に話してもらった。二人に”非”研究者というお立場から話してもらった後、二人および被災住民を交えて、地域災害復興支援について議論した。

18:30：食事会という名の討議(闊議)

場所：長岡市蓬平温泉福引屋

司会・進行：渥美公秀(大阪大学)

内容：中越地震の被災地である塩谷集落と木沢集落からそれぞれ数名を招き、食事をしながら直接話を伺い、地域災害復興支援について議論した。

2007年12月11日(火)

9:00-12:00 研究討議(2)「研究者としての復興支援」

司会・進行：多々納裕一(京都大学防災研究所)

場所：長岡市蓬平温泉福引屋

内容：全日の討議を受けて地域災害復興支援について議論した。

研究集会（課題番号：19K-02）

集会名： 伝統構法木造住宅を地震災害から守るための知恵と技術
研究代表者： 斎藤幸雄
所属機関名： 広島国際大学
所内担当者名： 鈴木祥之
開催日： 平成19年8月20日，平成19年12月26日
開催場所： 京都大学宇治キャンパス 生存圏研究所 木質ホール 3階
参加人数： 合計68名 別紙様式のとおり
大学院生の参加状況： 2名（内訳修士 1名，博士 1名）
参加形態 [会場の設営や資料の準備の手伝いをお願いした]

研究及び教育への波及効果

伝統構法木造住宅の耐震性に関する研究は、研究者独自で行われている場合が多いが、今回の研究集会の特色は、主として伝統木造の住まい手と造り手からの問題提起を受け、研究者と共に地震災害から守るための手法・技術について検討を行ったことにあり、今後の研究に大いに役立つと考えられる。

研究集会報告

（1）目的

町家など数多く現存する伝統構法木造住宅は、これまで建築基準法の外に置かれ、耐震診断や耐震補強設計において多くの課題を有している。また、生物劣化、経年劣化など耐久性においても診断法が確立していないのが現状である。研究集会では、伝統構法住宅の耐震性、耐久性に関連する多くの課題について研究者、住まい手、大工棟梁、設計者、行政側等が一同に集まり検討するとともに、大地震での災害を最小限にするための解決策を探る。

（2）成果のまとめ

第1回目は、伝統構法住宅に現在も居住している住まい手や耐震改修を手がけている大工棟梁などから生の声を聞き、耐震改修の問題点を明らかにするのが主たる目的である。普段、研究者が直接話を聞ける機会が少ないので貴重な機会となった。

最初に斎藤から研究集会の趣旨および、これまで限界耐力計算に取り組んできた中で、伝統構法建物の法的な位置づけおよび今後の検討事項等について説明があった。

小島氏からは、京町家に長年住んでいて、その住み心地に関することや維持管理の大変さについて、実際にあったことを交えた話があった。新しくマンションが建設されるなど、周囲の環境が急速に変わって行く中で、住み続けるための苦勞がにじみ出るものであった。その中で特に印象に残ったのは、耐震改修に関する住まい手の気持ちである。長年住んでいる家を耐震改修のためとは言え、簡単に手を付ける気持ちにはならないということである。このことは今後耐震改修を進める上で十分に考慮しなければならない問題である。

耐震改修を手がける荒木棟梁や木村棟梁からは、具体的な現場での苦勞話が多く語られた。昔と違って今では住まい手の知識がなくなっているため、すべてを話さないと理解が得られない。耐震補強のみのケースはほとんどなく、他の改修工事を伴うので工事費が問題となる場合が多く、そのために工事を断念する事も多い。設計者に対しては、特に構造をどう直すのか具体的に示すようにしてほしいという注目が提起された。

菅谷氏と小笠原氏からは、京都市六原学区における地域の安全への取組や家屋の調査および地震防災と耐震改修に関するアンケート調査の結果が報告された。家屋については持ち家と借家はほぼ半々であること、一戸建が約70%を占めるが、徐々にマンションが増加している現状が報告された。建物の構法別年代では、伝統構法の8割が建築基準法制定以前のものであり、築後、長期間が経過しており傷みが目立つこともあって、改修歴のある建物が90%となっている。ただ今後については資金の問題や今後住み続けられるのかの問題等から、改修を行わないとの答えが過半になっている。このような結果から設計者の側からの耐震改修促進のための課題が浮かび上がってくる。

林氏からは、今後のまちづくりの参考とするため、京町家の調査結果（別紙参照）について説明があった。京町家の現状確認、居住者の意向、住み続ける上での問題点、過去の修繕・改修などに関して調査したものである。この調査から京町家の現状が明らかになっている。

鈴木氏からは、予定を変更して能登半島地震および新潟県中越沖地震の被害調査報告があった。能登半島地震では、蟻害による劣化が顕著であり、木造建物の被害を甚大化させる原因となっていることが指摘された。新潟県中越沖地震では、地盤の変状が目立ったことが一番の特徴である。

第2回は、1回目の問題提起を受ける形で、研究者、設計者や行政側からこれまでの研究成果や、行政の対応および改正建築基準法への伝統構法の適用について講演がなされた。

中尾氏からは土塗り壁の実験に関する報告があり、神奈川県厚木と京都深草では深草土の引張り強度が相当高いことが明らかになっている。また、土塗り壁のせん断抵抗機構およびせん断耐力に関する評価法が提案されているが、今後全国的に異なる土塗り壁の評価法への適用が期待される。

中治氏からは、長年取り組んできた木造耐震要素に関する実験の研究成果に関する報告があった。土塗り壁については、京都・豊橋・徳島の実験結果とその特徴が示された。また、三河での伝統構法木造住宅の水平加力実験の結果についても報告があった。

藤井氏からは、長年取り組んできた研究成果をもとに、「生物劣化対策から見た維持管理しやすい木造住宅とは」について説明があった。最初に住宅のリフォームの動機等にふれ、次に本題である生物劣化について、特にシロアリの特性と被害の状況や腐朽は菌類によって発生することおよびその状況について説明があった。次にシロアリ対策や腐朽対策について具体的な方法について言及したが、シロアリについては完璧な駆除や予防対策はないので、定期的な点検に基づく維持管理や早期発見と早期対策が重要であることを強調した。

後藤氏からは、能登半島地震での木造建物の被害調査と震災後の取組について報告があり、被災した建物について具体的な事例を交えた報告があった。その中で、構造的配慮に欠けていたもの、維持管理が十分でないもの、および増改築時の配慮に欠けるものの被害が目立ったとの説明があった。

斎藤氏からは、伝統構法建物を限界耐力計算に適用するにあたって、耐震性能評価の現状について、建築基準法の改正に伴う改正告示への対応やEーディフェンスでの実大震動実験での成果および残された問題点についての報告があった。また、新潟県中越沖地震等における社寺建築の耐震補強の問題点にもふれた。

増淵氏からは長年情熱を傾けてきた「違反建築をゼロにする」取組について、神戸市での事例を中心に紹介があった。阪神・淡路大震災で倒壊した家屋には違反建築や施工不良があったという国の公式見解を受けて、「中間検査と完了検査は受けよう、工事監理はキッチリやろう、違反建築はやめよう」運動に取り組んできた。その結果、神戸市では違反建築が漸減しており大きな成果が上がっている。その他、伝統構法の建物では文化財になっている建物も含めて限界耐力計算を適用することで、違反建築になることを未然に防止し、文化財を守ることになっている例の紹介があり、限界耐力計算は違反建築対策からも有効であるとの見解を示した。

寺嶋氏からは、6月20日の建築基準法の改正以降、伝統構法木造建築に限界耐力計算を適用した事例について、確認検査機関として初めて確認を下ろした経緯について説明があった。適合性判定への取組についても詳細が報告された。

伊藤氏からは、建築基準法の改正以降初めて伝統構法木造へ限界耐力計算を適用して、確認申請を取得した事例として、その経緯について報告があった。確認申請の厳格化による審査の遅れが問題化している中で、いかに確認を取得するまで大変だったか、また、その間審査での様々な要求に屈することなく最後までやり抜いた事を切々と述べた。

鈴木氏からは、「研究集会のまとめと今後の課題および新しい耐震設計法」に関する認識が示された。これまで限界耐力計算を伝統構法木造へ適用するために様々な取組をしてきたが、未解決の問題も残されている。特にEーディフェンスでの実験で柔床に伴う問題や柱脚の移動現象等が明らかになり、これらを設計にどう反映させるか検討が必要である。また、これまで実験データをもとに耐震要素の復元力特性等を構築してきたが、伝統構法は接合部をとっていても様々な手法があり、すべてを実験で明らかにすることは不可能であり、解析的な手法も取り入れた新たな設計法の開発が是非必要である。

(3) プログラム

京都大学防災研究所・研究集会

(課題番号：19K-2)

「伝統構法木造住宅を地震災害から守るための知恵と技術」

－ 1 回目 －

日時：2007年8月20日(火) 13:00～17:00

場所：京都大学宇治キャンパス 生存圏研究所 木質ホール 3階

プログラム

開始時刻	終了時刻	タイトル	講演者
－主として住まい手と造り手からの問題提起－			
13:00	13:20	研究集会の趣旨と問題提起	斎藤幸雄（広島国際大）
13:20	13:45	京町家に住まいして	小島富佐江（京町家再生研究会事務局長）
13:45	14:05	六原地区の安全への取組	菅谷幸弘（六原自治連合会事務局長）
14:05	14:25	京町家の耐震改修について	荒木正亘（京町家作事組副理事長）
14:25	14:45	京町家の耐震改修について	木村忠紀（京都府建築工業協同組合副理事長）
14:45	15:05	まちづくりセンターの役割について	林道弘（京都市景観まちづくりセンター課長）
15:05	15:30	密集市街地における耐震改修と住民意識	小笠原昌敏（小笠原・林建築設計研究室）
15:30	16:00	伝統木造建物における最新動向	鈴木祥之（京大防災研）
16:00	16:10	－休憩－	
16:10	17:00	－討論－	

－2回目－

日時：2007年12月26日（水）10:30～17:00

場所：京都大学宇治キャンパス 生存圏研究所 木質ホール 3階

プログラム

開始時刻	終了時刻	タイトル	講演者
－主として住まい手と造り手からの問題提起－			
13:00	13:20	研究集会の趣旨と問題提起	斎藤幸雄（広島国際大）
13:20	13:45	京町家に住まいして	小島富佐江（京町家再生研究会事務局長）

13:45	14:05	六原地区の安全への取組	菅谷幸弘（六原自治連合会事務局長）
14:05	14:25	京町家の耐震改修について	荒木正亘（京町家作事組副理事長）
14:25	14:45	京町家の耐震改修について	木村忠紀（京都府建築工業協同組合副理事長）
14:45	15:05	まちづくりセンターの役割について	林道弘（京都市景観まちづくりセンター課長）
15:05	15:30	密集市街地における耐震改修と住民意識	小笠原昌敏（小笠原・林建築設計研究室）
15:30	16:00	伝統木造建物における最新動向	鈴木祥之（京大防災研）
16:00	16:10	－休憩－	
16:10	17:00	－討論－	

研究集会（課題番号：19K-03）

集会名： ワークショップ「災害を観る」
共催の場合： 主催者名（京都大学防災研究所巨大災害研究センター）
研究代表者： 田中 聡
所属機関名： 富士常葉大学環境防災学部
所内担当者名： 林春男・牧紀男
開催日： 平成20年 2月21日 ～ 平成20年 2月22日
開催場所： キャンパスプラザ京都 4階 第2講義室
参加人数： 71名 別紙様式のとおり
大学院生の参加状況： 10名（内訳修士 5名，博士 4名）
参加形態 [発表，聴講，運営補助]

研究及び教育への波及効果

防災は専門家の努力だけで実現するものではなく、市民一人一人の協力が不可欠であり、市民や防災担当者に防災をわかりやすく、かつ体系的に紹介する上で、災害の可視化は有力な手段であり、総合的な防災研究のための共通基盤構築に大きく寄与した。

研究集会報告

（1）目的

このワークショップは、総合的な防災研究のための共通基盤を構築する事をめざし、地震や台風といった自然現象としての災害から、被害軽減対策、災害対応策、防災教育といった社会現象としての災害まで、防災に関するさまざまな分野における「可視化」の試みを共有する事を目的とするものである。

（2）成果のまとめ

1日目のセッションでは、緊急地震速報を用いた被害の可視化、土地利用の変遷と被害の関係、風の流れの可視化技術と適応事例、都市内の人間移動の可視化、遺跡の発掘調査結果を利用した鴨川の氾濫履歴の可視化、データのGIS化の最先端技術、リモートセンシングを用いた津波被害の可視化や建物インベントリの作成技術、京都の文化財の被害履歴に関する発表が行われた。「防災の未来を「見える化」する」では「文部科学省「防災分野の研究開発に関する委員会」の委員が、ジェンダーを切り口に、今後の防災分野の研究開発のあるべき姿についての議論が行われた。2日目のセッションでは、地震災害時の京都の経済被害算定の試み、「まるごと・まちごとハザードマップ」の試み、災害対応業務の可視化、能登半島地震・中越沖地震における被災者カルテ構築の試みについて発表が行われた。最後に全セッションの座長がパネリストとして「災害の見える化」の将来像について議論が行われた。

（3）プログラム

- 災害とGIS<座長：浦川豪・吉富望（京都大学）>
 - ①地震被災度予測GISシステムの開発、②過去100年間における福岡県の土地利用図の作成と変遷分析、③GIS上で風の流れの解析ができる「Air Flow Analyst」の紹介
- GISの新たな試み<座長：中谷友樹（立命館大学）>
 - ①都市内の滞留者と移動者の時空間分布を観る、②発掘調査から得られる地質情報を活用した古洪水の可視化、③健康危機現象に関わる地域空間情報の分析とその表現
- 災害とリモートセンシング<座長：松岡昌志（産業技術総合研究所）>
 - ①高解像度衛星画像から判明した津波被害の実態、②リモートセンシング技術による建物インベントリと地震被害想定
- 災害とデザイン・文化<座長：牧紀男（京都大学防災研究所）>
 - ①文化財の自然災害の被災史を可視化する、②大地震が京都を襲った場合の経済被害想定を試み、③まるごと・まちごとハザードマップの実施と今後の展開
- 「防災研究の未来を『見える化』する」モデレーター：土岐 憲三 立命館大学
パネリスト：文部科学省「防災分野の研究開発に関する委員会」委員
- 災害対応<座長：田中聡（富士常葉大学）>
 - ①「災害対応の見える化」、②「被災者の生活再建過程を観る」
- パネルディスカッション「災害の見える化」コーディネーター：林春男（京都大学防災研究所）

研究集会（課題番号：19K-04）

集会名： 斜面災害および関連する地球システム災害危険度解析に関する研究集会
研究代表者： 福岡 浩
所属機関名： 京都大学
所内担当者名： 福岡 浩
開催日： 平成 20 年 1 月 22 日 ～ 平成 20 年 1 月 23 日
開催場所： 国際連合大学
参加人数： 61 名
大学院生の参加状況： 2 名（内訳修士 1 名，博士 1 名）
参加形態 [討議参加と会議運営サポート]

研究及び教育への波及効果

斜面防災研究分野の最新の研究の企画調整のための新たな枠組みについて討議が行われた。また、初の世界的会議を日本で開催することが決定され、日本の斜面災害研究者がその主導的役割を發揮することができ、国内、海外からの学生、研究者、技術者の注目を集めることができた。

研究集会報告

（1）目的

本研究集会は、2008 年 11 月に国連大学で開催予定の「第 1 回斜面防災世界フォーラム」の準備委員会として、斜面災害および関連する地球システム災害危険度解析と持続できる災害管理に関する研究及び学習の推進に関する方策を研究するための集会である。

（2）成果のまとめ

本会議が開催されることにより、斜面災害及び関連する地球システム危険度解析と持続できる災害管理に関する研究と学習に関して、幅広い研究発表と総合的な検討が行われ、2005 年国連防災世界会議（神戸）の成果である「兵庫行動枠組み」を斜面防災分野における実現するため 2006 年に策定した項目の実施と日本が国際的な共同研究推進と学習面において目に見えるリーダーシップを發揮することができた。国際斜面災害研究計画として現在約 40 件の研究が進行中であるが、その成果の評価を行い、さらにそれらの共同研究のカウンターパートを国際的に広げることで、地球規模の課題にも対応できるようにすることが検討された。

この会議の開催は、第 1 回斜面防災世界フォーラムの準備委員会としても開催され斜面災害および関連する地球システム災害危険度解析と持続できる災害管理に関する研究及び学習の推進に関する世界的プラットフォームの構築にむけて大きな成果が得られた。2015 年（国連防災世界会議+10 年）までの期間における防災研究所のイニシアティブの下での地すべりはじめ各種の地球システム災害の危険度軽減の研究と学習の推進の貴重な礎を築くことができたと思われる。

（3）プログラム

Tuesday, 22 January 2008

Discussion on Organizing the First World Landslide Forum, chaired by Kyoji Sassa, Srikantha Herath, Kaoru Takara

- (1) Budget Plan for the Forum, Outcome document of the First WLF, Keynote addresses and keynote lectures in Opening and Closing Sessions, and Morning, Plenary sessions on 19-20 November 2008, Panel Discussion “Toward WLF-II in 2011”.
- (2) Venue and organizer of the 2nd WLF 2011
- (3) Plenary Sessions: Open Forum “Progress of IPL Activities”,
- (4) Plenary Symposium “Global Landslide Risk Reduction”,
- (5) Parallel sessions
 1. Public forum “Protection of society and cultural and natural heritage from landslides in Japanese
 2. Monthly Exhibition of Landslides and Risk Mitigation of the World” by UN Information Centre
 3. UNU-GOV-NGO High level round table discussion,
 4. Dialogue on Country Landslide Issues and Consultation on Specific landslides

(6) Discussion on the proposed parallel sessions as below.

(6a). Discussion on Topics of Parallel Sessions

1. A look from space / 2. Case Studies in Regions/Types / 3. Catastrophic slides and avalanches / 4 Climate change and slope instability / 5. Cultural Heritage and Landslides / 6. Education for Disaster Reduction / 7. Environmental Impact of Landslides / 8. International Cooperation Initiatives / 9. Landslides in General / 10. Landslides and multi-hazards / 11. Mapping: Inventories, Susceptibility, Hazard and Risk / 12. Monitoring, prediction and early warning / 13. Rainfall, debris flows and wildfires / 14. Risk Management Strategies in Urban Areas / 15. Structural landslide disaster mitigation measures / 16. Watershed and Forest Management for Risk Reduction / Other parallel activities (PA) / 1. Exhibition of Landslides and Risk Mitigation of the World on 1-30 November / The exhibition of landslides and risk mitigation of the world is displayed by the United Nations / Information Centre (UNIC) at the Exhibition Hall on the second floor of the United Nations University which is open for public. Photos, posters, videos, model for landslide mechanism, investigation, risk mitigation measures are requested to present. Free of charge for this display but cooperation is requested to present good one-month exhibition for public awareness and learning on landslides

(6b). Public Forum “Protection of Society and Cultural and Natural Heritage from Landslides”.

In order to publicize the significance of Landslides for citizens and young people supporting next generation in Japan, a public forum free of charge is conducted in Japanese. Talks from international leaders and experts are planned to present “Significance of Research and Learning on Landslides and their risk reduction”, “What is Landslide?”, “How to investigate?”, “How to mitigate those disasters?”. The room is directly adjacent to the Exhibition hall for the Exhibition of Landslides and Risk Mitigation of the World”

(6c). High Level Round Table Discussion

Round table discussion on the direction of further activities and the outcome documents is conducted within major participants from United Nations Organizations, Governments and Non-governmental organizations.

(6d). Dialogues on country landslide issues

Those who have been involved in landslide issues as government officers, developers, managers of entities in planning of development and management of lands may join free talk and information exchange on country landslide issue. Preparation of papers are not necessary.

(6e). Consultation of specific landslides

Those which are involved in or suffered from specific landslides which are difficult to solve, good to tackle with international cooperation are invited to have an introduction. Outline documents (free format) on the landslide are requested to present in advance, possibly in together with types or names of expected cooperating organizations or groups or individuals from participants. Landslide experts are requested to attend it as volunteers.

Wednesday, 23 January 2008.

Discussion on IPL Achievements and Planning

Chaired by Nicola Casagli, Alexander Strom and Hideaki Marui

Presentation of project by Proposers

研究集会（課題番号：19K-05）

集会名： 台風に伴う強風、豪雨などの気象災害の被害軽減に関する研究集会
研究代表者： 野村卓志
所属機関名： 日本大学理工学部
所内担当者名： 林 泰一
開催日： 平成19年11月26日 ～ 平成19年11月27日
開催場所： 京都大学生存圏研究所 木質ホール
参加人数： 103名
大学院生の参加状況： 計 29名
京都大学以外の院生 19名（内訳修士 17名、博士 2名）
京都大学所属の院生 10名（内訳修士 10名、博士 0名）
参加形態 [発表 6件、運営補助6名が参加した。]

研究集会報告

（1） 目的

平成16年度の日本本土への台風の異常な上陸に続いて、平成17年度のアメリカで、カテリーナやルナなど異常に発達したハリケーン、平成18年度の台風0613号の際の延岡の竜巻の発生など、台風の豪雨、強風など気象災害に関心が高まっています。とくに、台風に伴って発生する竜巻、強風や突風、豪雨などのメソ気象現象を主な対象として、その現象の理解および発生する被害のメカニズムや実態について検証し議論を深めます。気象学、大気科学を専門とする理学系の研究者と、災害に関係した風工学や土木、建築を専門とする工学系の研究者が最新の知見を持ちよることによって交流し、観測、予測、対策についての集中的議論を進め、災害軽減につなげる方策を検討します。

（2） 成果のまとめ

研究集会では、前田潤滋氏（九州大学）による基調講演「山岳地での風観測－送電線網を利用した風観測ネットワークの運用－」、上杉泰洋氏（延岡市）による招待講演「竜巻時の行政対応と市民力による防災体制の整備」、および一般講演25件が発表された。今回の主題とした竜巻や突風に関する研究報告では、市街地の竜巻の貴重なビデオ画像、精緻な風洞実験や工学的数値流体解析による竜巻状旋回気流の生成、延岡や佐呂間の特定の竜巻を対象とする気象シミュレーションによる発生環境場の再現、風速が急変する気流がもたらす変動空気力の考察、JR羽越線の横転事故が起きた地域に張り巡らされた突風探知システムなど、多岐にわたる興味深い報告がなされました。予測、観測、再現のいずれをとっても困難な対象に対して、果敢な取り組みが行われている状況が如実に現れており、今後の実りある研究の進展がおおいに期待できます。100名を越える参加者があった。

（3） プログラム

京都大学防災研究所一般共同研究集会 19K-05

台風に伴う強風、豪雨などの気象災害の被害軽減に関する研究集会
－特に台風時の竜巻などのメソ気象災害について－

場所：京都大学宇治キャンパス木質ホール（JR奈良線黄檗駅下車、徒歩10分）
日時：2007年11月26日（月）、27日（火）

11月26日（月）

13:00-13:10 主旨説明

野村卓史(日本大学理工学部)

座長 野村卓史(日本大学理工学部)

13:10-13:40 【基調講演】山岳地での風観測－送電線網を利用した風観測ネットワークの運用－

前田潤滋(九州大学大学院人間環境学院)

13:40-13:55 局地風「広戸風」発生に対する台風の影響

筆保弘徳((独)海洋研究開発機構地球環境観測研究センター)

- 13:55-14:10 平成 19 年 8 月 29 日に徳島市で発生した竜巻について
○野田稔・長尾文明(徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部)
- 14:10-14:25 2006 年台風 13 号に伴って宮崎県内 5 箇所で発生した突風被害
宮城弘守(宮崎大学工学部)
- 14:25-14:40 小型ドップラー気象レーダーによる鉄道安全運行のための突風探知システムの基礎的研究
○楠 研一 1), 今井俊明 2), 鈴木博人 3), 竹見哲也 4), 別所康太郎 1), 中里真久 1), 益子涉 1),
林修吾 1), 星野俊介 1), 猪上華子 1), 福原隆彰 2), 柴田徹 2), 加藤亘 3)
1) 気象研究所, 2) 鉄道総合技術研究所, 3) JR 東日本防災研究所, 4) 京都大学防災研究所
- 14:40-14:50 休憩

座長 石川裕彦(京都大学防災研究所)

- 14:50-15:05 竜巻の地表面付近の構造 佐々浩司(高知大学理学部)
- 15:05-15:20 竜巻をもたらした台風 2006 年第 13 号周辺の環境場
○榎本剛・吉田聡(独立行政法人海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター)
- 15:20-15:35 雲解像モデルを用いた台風と竜巻の高解像度シミュレーション
坪木和久(名古屋大学地球水循環研究センター)
- 15:35-15:50 2006 年台風第 13 号に伴う竜巻の数値シミュレーション 益子 涉(気象研究所)
- 15:50-16:05 竜巻状の渦を LES により作る 丸山 敬(京都大学防災研究所)
- 16:05-16:20 強風下の海面粗度変化による台風構造への影響に関する数値的研究
○宮本佳明・石川裕彦・竹見哲也(京都大学防災研究所)

16:20-16:30 休憩

座長 佐々浩司(高知大学理学部)

- 16:30-16:45 風速が急変する場合の Bluff Body に作用する揚抗力の変動特性について
○松本 勝, 橋本三智雄, 八木知己, 白土博通(京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)
- 16:45-17:00 突風を引き起こした台風内部の微細構造
—2004 年関東に上陸した台風のドップラーレーダー解析より—
○山内 洋・鈴木 修・益子 涉(気象研究所)
- 17:00-17:15 地球観測衛星 Aqua 搭載のマイクロ波放射計 AMSR-E が観測した台風の風速場と
気象庁ベストトラック最大風速
齊藤貞夫(宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター)
- 17:15-17:30 台風域内における上空風の非対称性分布について
○藤井 健・田中基裕・土屋香奈(京都産業大学 理学部)
- 17:30-18:00 【招待講演】竜巻時の行政対応と市民力による防災体制の整備
上杉泰洋(延岡市総務部防災推進室)
- 18:30-20:30 懇親会

11月27日(火)

林 泰一(京都大学防災研究所)

- 09:45-10:00 自然対流時に生じる鉛直旋回流の物理機構について
○飯島遼太・田村 哲郎(東京工業大学大学院総合理工学研究科)
- 10:00-10:15 2004 年の MJO と台風発生
中澤哲夫(気象研究所)
- 10:15-10:30 宮古島試験線での台風観測について
菊池直志(㈱ビスキャス技術本部送電開発部)
- 10:30-10:45 多良間島における台風観測
○隈部康晴・林 泰一(京都大学防災研究所)
- 10:45-11:00 8 年間の散乱計観測による台風域内の海上風分布の統計解析
別所康太郎(気象研究所)

11:00-11:15 台風時の海面での乱流輸送のバルク係数について

○林 泰一・水島彰宏・芹澤重厚(京都大学防災研究所)

11:15-12:30 昼食

座長 坪木和久(名古屋大学地球水循環研究センター)

12:30-12:45 気象モデルで再現される風とは何か? -地上付近の突風予測へ向けて-

竹見哲也(京都大学防災研究所)

12:45-13:00 二重眼を伴う台風の数值シミュレーション

○玉井恭平・林泰一(京都大学防災研究所)

13:00-13:15 雲物理過程が台風の構造に及ぼす影響について

○沢田雅洋・岩崎俊樹(東北大学大学院理学研究科)

13:15-13:30 CReSS による台風の再現と評価

○加藤 雅也・坪木 和久(加藤 雅也名古屋大学 地球水循環研究センター)

13:30-13:45 CReSS を用いた台風 T0416 に伴う高潮の再現実験と温暖化 SST のもとの数值実験

○鈴木真一・佐々木 亘・松浦知徳・清水慎吾(防災科学技術研究所水・土砂防災研究部)

座長 野村卓史(日本大学理工学部), 林 泰一 (京都大学防災研究所)

13:45-14:30 総合討論

閉会の挨拶

研究集会（課題番号：19K-06）

集会名： 気候変動と異常気象—メカニズムと予測可能性—
研究代表者： 山崎 孝治
所属機関名： 北海道大学
所内担当者名： 向川 均
開催日： 平成 19 年 11 月 1 日 ～ 平成 19 年 11 月 2 日
開催場所： 京都大学宇治キャンパス内 木質ホールセミナー室
参加人数： 67 名
大学院生の参加状況： 20 名（内訳修士 14 名，博士 6 名）
参加形態 [発表：7 名，聴講 13 名]

研究及び教育への波及効果

研究発表では 20 分間の講演時間を確保できたため、学会とは異なり、新しい研究成果をもとにした熱心な議論や、研究者間の率直な意見交換が活発に行われた。また、大学院生によって大変優れた研究成果が数多く発表されたことから、本研究集会が日本における異常気象研究の推進と、次世代の若手研究者の育成に大きな役割を果たしていると考えられる。

研究集会報告

(1) 目的

近年、集中豪雨や豪雪など災害をもたらす異常気象が頻発しているが、そのメカニズムと予測可能性、地球温暖化や気候システムの内部変動との関連の解明等を目的とし、全国の大学・研究機関や気象庁の第一線の研究者を一同に集め、研究発表と討論を行う。

(2) 成果のまとめ

平成 19 年 11 月 1 日・2 日に、対流圏における大気大規模運動の力学と予測可能性や、気候変動及び、成層圏。対流圏の力学結合などに関する研究を行っている、全国の大学、気象庁及び、研究機関や企業の研究者・大学院生 67 名が参加し、平成 19 年度京都大学防災研究所研究集会(19K-06)「気候変動と異常気象 -メカニズムと予測可能性-」を、京都大学宇治キャンパス内の木質ホール大セミナー室において開催した。2 日間で、26 件の研究発表と、それに対する大変活発な質疑応答と意見交換とが行われ、盛会のうちに終了した。これらの発表では、対流圏-成層圏力学的上下結合、新しいアンサンブル予測手法、熱帯大気循環の力学と予測可能性、PNA パターンなどテレコネクションパターンの形成メカニズム、中高緯度域における気候形成の力学と地球温暖化による影響、平成 19 年の猛暑の力学的要因、夏季北極海での近年の海氷面積急減の要因など、非常に幅広い分野について、大変興味深い研究成果が報告された。また、各研究発表では 20 分間の講演時間を確保し、各セッション間の休憩時間も増やしたため、学会とは異なり、それぞれの新しい研究成果をもとにした熱心な議論や、研究者間の率直な意見交換が活発に行われた。

今回の研究集会は、平成 15 年度に行われた防災研究所特定研究集会(15S-3)「対流圏長周期変動と異常気象」の第 5 回目に相当する。今回は特に、大学院生など若手研究者によって大変優れた研究成果が数多く発表されたことは、大変印象的であった。従って、若手研究者育成という観点からも、このような研究集会をこれからも毎年定期的に開催していくべきであると考ええる。

(3) プログラム

平成 19 年度京都大学防災研究所研究集会(19K-06)

「気候変動と異常気象—メカニズムと予測可能性」講演プログラム

開催日時 2007 年 11 月 1 日(木) 13:30-18:20, 2007 年 11 月 2 日(金) 9:40-16:40

開催場所 京都大学宇治キャンパス木質ホール 3 階大セミナー室

2007 年 11 月 1 日

セッション 1 司会：山崎孝治(北大・地球環境)

13:30 趣旨説明山崎孝治(北大・地球環境)

13:40 真冬の北極振動的な循環の前兆として観測される惑星波活動の変化

高谷康太郎(地球環境フロンティア)・中村尚(東大・理)

14:00 中立特異モードによる NAO/PNA と成層圏卓越変動の励起メカニズム
麻生祥仁・伊藤久徳(九大・理)

14:20 ブロッキング高気圧と成層圏突然昇温に関する事例解析
風本圭佑(京大・理)・向川均(京大・防災研)

14:40 2006 年と 2007 年の南極オゾンホールと循環場
小林ちあき(気象庁・オゾン層情報)

休憩 15:00～15:20

セッション 2 司会：中村尚(東大・理)

15:20 熱帯積雲対流活動に対する成層圏突然昇温現象の影響: 2001 年 12 月の突然昇温予報実験結果から
小寺邦彦(名大・環境)・向川均(京大・防災研)・黒田友二(気象研・気候)

15:40 突然昇温に伴うプラネタリー波の予測可能性
一丸知子・廣岡俊彦(九大・理)・向川均(京大・防災研)

研究集会（課題番号：19K-07）

集会名： 地球規模データのダウンスケーリングと流域水資源環境の解析
研究代表者： 小尻 利治
所属機関名： 京都大学 防災研究所 水資源環境研究センター
所内担当者名： 田中 賢治
開催日： 平成19年11月30日
開催場所： メルパルク京都（旧ばるるプラザ京都）
参加人数： 45名 別紙様式のとおり
大学院生の参加状況： 10名（内訳修士 9名，博士 1名）
参加形態 [運営補助および討議に参加]

研究集会報告

「地球規模データのダウンスケーリングと流域水資源環境の解析」

（1）目的

地球規模での気象・水文観測データや全球気候モデル(GCM)での出力結果を利用して、世界の異常気象の推定と地球温暖化の影響分析の現状と方向性を探ること。また、流域へのダウンスケーリング手法の比較、温暖化による社会経済活動と影響回避・軽減策について議論する。なお、本研究集会は同時期に大分で開催された第1回アジア太平洋水サミットのオープンイベントとして各地で開催されたワークショップの一つとしても位置付けられていた。

（2）成果のまとめ

集会の前半は主に影響評価グループへのデータ提供の立場から3件の講演をいただいた。気象研究所からは、平成19年度より5ヶ年計画で開始された環境省の「地球環境研究総合推進費」S-5-3の概要が紹介された。近年の気候モデルの発展は目覚ましいものがあるが、それにも増して、気候予測情報の利用者側の求める解像度や精度も高まり、モデルが提供可能な情報のレベルと利用者側が必要とする情報のレベルには依然ギャップが存在する。これまでは、モデル側から利用者側へほとんど一方向的な情報の流れであったが、モデル側と利用者側の情報交換を促進し橋渡しをすることが、S-5-3の重要な役割になるということが強調された。地球フロンティア研究センターから、領域気候モデルWRFを用いた地球温暖化情報の力学的ダウンスケーリングが紹介された。「疑似温暖化」と呼ばれるダウンスケール手法についての詳しい解説とともに、日本の冬期の積雪への影響について説明があり、12月の降水量の増減は10%程度であるにも関わらず、積雪水量は日本全域でおよそ半減することが示された。東京大学生産技術研究所より、水文分野への応用のための降水量の統計的ダウンスケールに関する話題提供がされた。モデル検証のための降水量観測データそのものの信頼度や利用上の注意点についての報告もされた。集会の後半は、影響評価グループの立場として京都大学防災研究所から2件の話題提供があった。1件目は温暖化と関連した異常降雨現象に関する統計的解析として、例えば年最大3日雨量といった極値水量の全球的な分布やその経年変化傾向に関する解析結果が紹介されるとともに、今後の災害環境影響評価への取り組みとして、推進費S-5と同じく平成19年度から5ヶ年計画で開始された、文部科学省の「21世紀気候変動予測革新プログラム」のサブテーマ「流域圏を総合した災害環境変動評価」が紹介された。本プロジェクトには京都大学防災研究所の大気・水グループの多くのスタッフが参画しており、土砂災害、洪水・氾濫災害、渇水災害、高潮・高波災害、強風災害等、これまで研究開発してきた災害環境の評価手法群を発展・連携させて、流域圏すなわち山地斜面～沿岸域の災害環境の変化をその不確実性とともにより予測することを目指している。2件目は分布型流出モデルHydroBEAMを用いた河川流量や水温、積雪水量の影響評価の例が紹介されるとともに、ファジー理論をベースに魚類や流域植生、農作物の将来気候における適性を評価する試みが紹介された。各発表に対する質疑から総合討論に至るまで、かなり踏み込んだ形で活発な討議が展開され、温暖化影響評価研究への皆の関心の高さを再認識させられるとともに、さらに多くの分野の人々と連携させていただきながら本問題に取り組んでいく必要があることを実感できた集会となった。

(3) プログラム

13:00～13:10 開会挨拶

第1部 ダウンスケーリング技術の現状と今後の動向

13:10～13:50 高藪 出 (気象庁気象研究所)

推進費 S-5-3「温暖化影響評価のためのマルチモデルアンサンブルと
ダウンスケーリングの研究」の概要

13:50～14:30 原 政之 ((独)海洋研究開発機構 地球フロンティア研究センター)

領域気候モデル WRF を用いた地球温暖化による日本の冬期積雪の影響評価

14:30～15:10 鼎 信次郎 (東京大学生産技術研究所)

水文分野への応用のための降水量の統計的ダウンスケールについて

第2部 流域水資源環境の解析と予測に向けて

15:30～16:00 中北 英一 (京都大学防災研究所)

温暖化と関連した異常降雨ならびに今後の災害環境影響評価の取り組み

16:00～16:30 浜口 俊雄 (京都大学防災研究所)

地球温暖化に伴う日本流域の将来水資源・生態シミュレーション評価

16:30～17:00 総合討論

研究集会（課題番号：19K-08）

集 会 名： 土砂生産の地域・地質的な特性とそのモデリングー土砂生産に関する比較研究の進展に向けてー

研究代表者：地頭 隆

所属機関名：鹿児島大学

所内担当者名：藤田正治

開催日： 平成 19 年 9 月 27 日 ～ 平成 19 年 9 月 29 日

開催場所： 穂高砂防観測所

参加人数： 31 名 別紙様式のとおり

大学院生の参加状況： 7 名（内訳修士 5 名，博士 2 名）

参加形態 [発表，聴講，運営補助]

研究及び教育への波及効果

地域差の大きい土砂生産現象に関して、北海道から九州まで、全国各地から研究者が終結し、それぞれの研究成果について発表を行うことで、情報を共有することができ、この分野での研究発展が期待される。また、先端の研究成果について聴講することで、大学院生の研究推進にも貢献できた。

研究集会報告

（１）目的

土砂生産現象は、土砂災害源として、また流砂系への土砂供給源として重要である。防災研究分野では、現象解明に向けた観測やモデル化が各研究機関により行なわれている。それらの成果を共有し、各研究機関が連携して効率的に研究を推進することを目的とする。

（２）成果のまとめ

研究集会への参加者は、総数 31 名であった。1) 土砂生産の地域特性，2) 大規模土砂生産，3) 諸形態の土砂生産に関わる検討の 3 つのセッションに分けて、計 15 件の口頭発表がなされた。それぞれの口頭発表に対して、活発な議論が展開され、当初の目的通り、参加者間での貴重な研究成果の共有がなされ、気候・地質・地形等が異なる様々な地点での諸形態を呈する土砂生産現象に関して理解が深まり、今後もこれら現象に対する観測・モデル化等の研究を継続的に実施する必要性が認識された。

（３）プログラム

セッション 1：「土砂生産の地域特性」

丸谷知己	流域スケールでの土砂の生産ー滞留ー流出プロセス
笹原克夫	四国山地における豪雨時の土砂生産とその後の土砂流出
今泉文寿	赤石山脈における凍結融解による土砂生産の推定
堤 大三	気象観測データを用いた凍結深度と土砂生産量の推定

セッション 2：「大規模土砂生産」

山越隆雄	新潟県中越地震後の芋川流域における土砂生産特性
高岡広樹	2005 年宮崎県鰐塚山で発生した土石流災害について
多田泰之	花崗岩地帯で発生した表層崩壊と節理系について

セッション 3：「諸形態の土砂生産に関わる検討」

松岡 暁	レーザースキャナーデータの差分処理による流域土砂動態把握の試み
水垣 滋	水文観測と同位体トレーサーによる土砂生産・流出過程の解析
大石 哲	X 線回折を用いた富士川流域における土砂生産源推定に関する基礎研究
渡邊康玄	北海道の河川における河床低下等の諸問題（仮題）
中谷加奈	GUI を実装した土石流一次元シミュレータ開発

Laurentia Lestari Dhanio

Evaluation of Sabo Dam Effects on the Improvement of Turbid Water: A Preliminary Survey for Future Monitoring

里深好文 不飽和浸透を考慮した土石流の発生に関する数値計算

小杉賢一朗 土壌水分計付貫入抵抗試験機を用いた表層崩壊発生危険斜面の探査手法の検討

研究集会（課題番号：19K-09）

集会名： 探査工学最先端技術の地球科学，地震学，地震防災科学への応用
研究代表者： 西澤 修
所属機関名： 独立行政法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門
所内担当者名： 柳谷 俊
開催日： 平成 19 年 8 月 27 日 ～ 平成 19 年 8 月 28 日
開催場所： 京都大学宇治キャンパス木質ホール3階セミナー室・会議室
参加人数： 44 名 別紙様式のとおり
大学院生の参加状況： 8 名（内訳修士 6 名，博士 2 名）
参加形態 【聴講】

研究及び教育への波及効果

研究への波及効果：物理探査研究者と地震研究者とが同一の会合で議論しあう機会を得た。今後の両分野の研究協力にとって有意義であり，探査技術が防災研究に生かされることが期待できる。
教育への波及効果：理学部系研究室所属の学生が探査工学に接する機会を得て視野を広げた。

研究集会の意義・目的

地震や防災に関する研究プロジェクトの報告会ではなく，地震波を用いた地下探査技術の学問的基礎と応用に関して議論するものである。

地震波探査技術の学問的基礎は地下の地震波伝播メカニズムである。その応用分野は石油資源探査のような国家・社会の経済活動と直接関わるため，諸外国では国や企業から基礎研究に多額の資金が投入され，石油探査業界では地下を3次元で詳細にイメージングする技術が開発され，大規模調査が行われている。しかし，こうした成果が自然地震を主要研究対象とする日本の地震学研究者の間ではあまり知られていない。

自然地震・地震防災研究者と物理探査分野の研究者・技術者が同席し，近年の探査技術の成果を自然地震・地震防災研究に生かす手法を議論し，自然地震研究に携わる若手研究者にも物理探査について知ってもらうことが，本研究集会の趣旨である。

内容

次ページプログラム参照

1. 上記趣旨説明：代表者
2. 近年の物理探査技術動向の概説（三次元精密構造探査と地下状態の時間変化の把握）：京都大学大学院工学研究科教授・准教授
3. 上記2の実例紹介（地下状態時間変化調査手法の理論的基礎と実例2件：① グリーン関数のビジュアル的理解，② 波の実質的広がりを考慮する有限波長理論と実体波トモグラフィ，③ 地震波干渉法）：東北大学准教授，海外研究員（オランダでルフト工科大学），民間会社研究員（石油探査会社）
4. 各種物理探査手法の適用事例・問題点の紹介（① 大都市大震災軽減化特別プロジェクトにおける技術的課題，② 微動による地下構造把握，③ 浅層地震波探査，④ CO₂ 地中貯留における物理探査モニタリング手法，④ 海底地震計記録による地殻深部構造探査）：京都大学防災研究所教授，防災科学技術研究所研究員，土木技術研究所研究員，民間会社研究員（海域調査会社）

まとめ・成果

自然地震研究者には，「物理探査」は工学の一分野という印象が強い。しかし，基礎研究分野では互いに連携が可能であることが認識できた。

研究集会参加若手研究者・学生には，地震学とのつながりを理解していただき，物理探査技術の研究に興味を持っていただけたのではないかと。

本研究集会が地球物理分野の工学と理学の融合，および，民間，大学，研究所等の研究者・技術者の交流を促進する第一歩となれば幸いである。

講演の一部および関連研究を付け加えた論文集を計画中であり，候補となる雑誌の編集委員会と交渉中である。

参考：プログラム

8月27日（月）

13:10-13:30 西澤 修（産総研）・柳谷 俊（京大・防災研） 研究集会の目的と概要

13:30-14:10 三ヶ田 均（京大院・工） 近年の物理探査の技術動向 ―時空間スケールの重要性―

14:10-15:00 松岡俊文（京大院・工） 三次元反射法探査技術の基礎とその展開

15:00-15:20 休 憩

15:20-16:00 渡辺俊樹（名大・環境） タイムラプス地震波探査法の基礎と応用

16:00-16:40 J. Spetzler (Delft 工科大) The Effect of Finite-Frequency Wave Propagation: Theory and Applications in Seismology and Exploration Geophysics. (英語)

16:40-17:00 休 憩

17:00-17:40 新井 洋（防災科研） 微動による表層地盤探査と地震工学への応用

18:00-19:30 懇 親 会 （京大生協宇治食堂）

8月28日（火）

09:30-10:10 中原 恒（東北大・理） 地震波干渉法の理解のためのグリーン関数入門

10:10-10:50 白石和也（石油資源開発(株)）・松岡俊文（京大院・工） 地震波干渉法による仮想震源記録合成と地下可視化技術

10:50-11:10 休 憩

11:10-11:50 伊藤 潔（京大防災研） 大都市圏地殻構造調査研究と地震波探査成果 および技術的問題点

11:50-13:20 昼 食

13:20-14:00 笠原順三（日本大陸棚調査(株)） OBS・制御震源による新しい精密地殻解析手法の概要

14:00-14:30 稲崎富士（土木研） 浅層反射法探査技術とその応用

14:30-15:00 薛 自求（RITE） CO₂ 地中貯留技術開発への物理探査の応用

共同研究以外の施設・設備等利用状況		
利用者氏名・所属機関名	施設、設備・装置・機器、資料	
中西 茂	鹿児島県危機管理庁危機管理防災	資料
長澤 雅博	向日市商工会事務局	浸水階段実験・ドア実験
神園 浩二	(有) 鹿児島文化企画	実物大階段模型、浸水体験実験装置 (ドア模型)
胡 明鏗	中国科学院武漢岩土力学研究所	徳島地すべり観測所
新井場 公德	消防研究センター	徳島地すべり観測所
内野 英宏	㈱富士ビー・エス 技術製造本部事業開発グループ	桜島南岳の爆発的噴火の夜景
大倉 敬宏	京都大学理学研究科	阿蘇火山自然地震構造探査において地震観測点に設置する
大倉 敬宏	京都大学理学研究科	阿蘇火山周辺に衛星テレメーター観測地点を設置する際に使用する
河井 宏充	京都大学 防災研究所	潮岬風力実験所・風圧計・風速計・データ収録装置 (計測用コンピュータ)
余田茂男	京都大学理学研究科	白浜海象観測所、高潮観測塔
余田茂男	京都大学理学研究科	白浜海象観測所、高潮観測塔
石垣泰輔	不明	実物大階段模型、浸水体験実験装置 (ドア模型)
山本 真行	名古屋大学	潮岬風力実験所の屋上
吉岡 洋	愛知県立大学情報科学部	高潮観測塔、観測船
小松 亮	地熱エンジニアリング (株) 探査部	ハルタ山観測室の地震計室、水管傾斜計の観測記録
山崎 健一	東京大学	全磁力観測記録 (1994年から現在まで)
家村 浩和	工学研究科	多目的造波水路
河井 宏充	防災研究所	風圧・超音波風速計・データ収録装置
深川 良一	立命館大学	宇治川ホープラトリー
深川 良一	立命館大学	第一実験棟 高濃度流実験水路
石垣泰輔	関西大学	実物大階段模型、浸水体験実験装置 (ドア模型)
石垣泰輔	関西大学	2m幅基礎実験水路 (第4実験棟)
河井 宏充	防災研究所	ダブルスキンコマ・変位計・データ収録装置
橋本 学	京都大学防災研究所	潮岬風力実験所、LAN接続装置、GPSアンテナおよび受信機
森 厚志	朝日新聞佐久支局	桜島爆発の写真4枚
小川力也	大阪府立西野田工業高等学校	洪水流実験水路
河井宏充	京都大学防災研究所	潮岬風力実験所、風圧計、風速計、データ収録装置
塩崎 一郎	鳥取大学工学部	広帯域電場磁場観測装置
西村太志	東北大学大学院理学研究科	桜島火山噴火の写真
Olivier Jaquet	Colenco Power Engineering Ltd	桜島の爆発的噴火の日時データ
河井宏充	京都大学防災研究所	潮岬風力実験所、風圧計、風速計、データ収録装置
遠藤 徳考	金沢大学自然科学研究科	流砂基礎実験水路
古屋和男	サイスマテック株式会社	ハルタ山設置伸縮計・傾斜計のデータと写真郡山・加治木・錫山・福山に設置した水管傾斜計のデータと写真有村観測施設内設置の伸縮計と水管傾斜計のデータと写真
松島 健	九州大学大学院総合理学研究院附属地震火山観測研究センター	イリジウム衛星携帯電話、無線電話2台
森 俊哉	東京大学大学院理学研究科	火山活動研究センター
芦見 建朗	東梅田地下総合共同防火管理協議会	階段模型・ドア模型
森 俊哉	東京大学大学院理学研究科	火山活動研究センター
日本放送協会 鹿児島放送局	日本放送協会 鹿児島放送局	桜島火山観測所黒神観測室
池之上 博行	鹿児島市市民局市民部安心安全課	・桜島の地盤変動と降下火山灰、爆発回数との関係 ・昭和火口写真
鳥羽 良明	京都大学大学院工学研究科理工学専攻	白浜海象観測所の観測塔観察資料 (風速3成分、波の方向スペクトルおよび周波数スペクトル、波高、周期、気温、水温)
鶴本 慎治朗	大隅河川国道事務所	PPT、昼の爆発映像
櫻川 稔	宇治地区事務部総務課	地上洪水氾濫実験模型
樺山美喜子	KKB鹿児島放送 報道部	桜島・昭和火口の爆発的噴火の映像資料 (平成20年2月3日撮影分)
原 洋平	テレコムスタッフ 制作3部	火山学会のホームページの方に提供されている火山雷の写真
稲田 清	NHK鹿児島放送局	平成20年2月3日に井口正人准教授が撮影した桜島の動画
角 哲也	京都大学 工学研究科	第一実験棟
遠藤 絵美	丸善株式会社 出版事業部	貴研究所 桜島火山観測所2006年版パンフレットより、「観測井・観測坑道を用いた高品位データに基づく桜島浅部におけるマグマの動態把握と噴火予知」の図
大平 仁史	鹿児島市議会事務局	火山活動研究センターのホームページ中の資料
林 泰一	防災研究所	気象観測塔及び観測室
林 泰一	防災研究所	第4棟セミナー室
LEE Jong Soo	韓国放送コーディネーター	実物大階段模型、浸水体験実験装置、地下空間浸水実験装置
田嶋 房生	伏見警察署長	実物大階段模型、浸水体験実験装置 (ドア模型)
東尾 登志子	大阪市立城南中学校長	実物大階段模型、浸水体験実験装置 (ドア模型)
南 隆明	京都駅周辺防災ネットワーク協議会	浸水体験実験装置

葵 宗潔	雲林科技大学	地上洪水氾濫実験模型他
羅 鐘權	韓国放送会社	実物大階段模型、浸水体験実験装置（ドア模型）
田中 淳則	NHK福岡ニュース	実物大階段模型、地下空間浸水実験室
武田 誠	中部大学	氾濫現象に関する水理実験施設
Heon-Tae Kim	Rukyong National University	都市耐水関連施設、水制土砂制御実験水路、流砂関連施設、流水階段、堤防破堤実験水路、不規則波浪水槽
正木 俊文	兵庫県大気環境保全連絡協議会阪神南支部、阪神地域兵庫県瀬戸内海環境保全連絡会	地上洪水氾濫実験模型、地下空間浸水実験装置、ドア模型、雨水流出実験装置
斎藤 元治	(独) 産業技術総合研究所	「Iguchi, M., Saito, E. Nishi, Y. and Tameguri, T. (2002) Evaluation of recent activity at Satsuma-Iwojima-Felt earthquake on June 8, 1996-. Earth Planets Space, 54, 187-196.」の Fig.6(p191), Fig.7(p192)および Fig.9(p194). 「井口正人,石原和弘,高山鐵朗・為栗健・篠原宏志・斎藤英二(1999) 薩摩硫黄島の火山活動 -1995年~1998年 -. 京都大学防災研究所年報, 42, B-1, 1-10.」の Fig.2(p3)およびFig.3(p3). 「井口正人(2002) 薩摩硫黄島火山における最近の火山活動 - 1975年~2001年 -. 薩摩硫黄島火山・口之永良部島火山の集中総合観測平成12年8月~平成13年3月, 1-11.」の 図1 (p2), 図3 (p3), 図4 (p4) および図8 (p8). 「井口正人,高山鐵朗,為栗健,西祐司,松島喜雄(2002) 薩摩硫黄島における火山性地震の特徴. 薩摩硫黄島火山・口之永良部島火山の集中総合観測 平成12年8月~平成13年3月, 13-23」の 図5 (p17). 「西 祐司・松島喜雄・井口正人(2001) 鬼界カルデラにおける地震学的マグマ探査についての検討. 京大防災研報告「鬼界カルデラのマグマ溜りとその探査法に関する基礎的研究」」の Fig.2および Fig.4.
日本放送協会 鹿児島放送局	技術	京都大学防災研究所桜島火山観測所黒神観測室
友田 博人	堺商工会議所 総務課 会員サービス課	地上洪水氾濫実験模型、地下空間浸水実験装置、ドア模型、雨水流出実験装置、実物大階段模型、多目的造波水路
橋本 学	京都大学防災研究所	GPSアンテナおよび受信機

京都大学防災研究所 平成19年度 防災研究推進特別事業

- ・研究課題名：物質微細構造解析による災害・環境評価に関する研究
- ・研究代表者：千木良雅弘
- ・共同研究者数：所内7名，所外2名
- ・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日
- ・大学院生の参加状況：博士課程の学生2名，修士課程の学生2名が，それぞれの学位論文の研究の一環として研究に参加した。
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

災害をもたらす自然事象は固体の微細な構造を反映して発生する場合も多いし，また，災害事象の履歴や環境変遷は微細な固体組織に刻印されていることも多いと想定される。本研究では，それらを解き明かし，防災研究に新たな展開をはかることを目的とした。そのために，高倍率かつ迅速処理が可能な機動的走査型電子顕微鏡を導入して駆使し，また，他の分析・実験・計算法と組み合わせた研究を展開した。

研究対象としては，土の微細構造形成過程と崩壊メカニズムの解明，海浜土砂の挙動解明と土砂収支評価，凍結融解による土砂生産メカニズムの解明，土の強度変形特性に対する粒子形状及び骨格構造の影響評価，水域の懸濁態粒子の起源解明と環境評価，災害年代学としたが，本研究は，固体の構造が原因あるいは結果になっているその他様々な研究に展開させることが可能である。

(2) 研究経過の概要

研究課題採択の後，本研究の主要部を担う走査型電子顕微鏡を5月に導入し，その後研究推進方法について打ち合わせを行った。その後，それぞれの分担項目について研究を進め，研究代表者が研究推進の統括をはかった。

(3) 研究成果の概要

土の微細構造形成過程と崩壊メカニズムの解明に関する研究では，2004年新潟県中越地震の時に発生した初生的崩壊性地すべりのすべり面は砂質凝灰岩層に形成されたこと，その構成物質は，繊維状の間隙に富む火山ガラス片であったことが明らかとなり，火山ガラスが高間隙のまま変質して弱くなっていたために，地震動で破壊し，すべり面液状化に至ったことが支持された。

地すべりの挙動に対する粒子形状および骨格構造の影響の研究では，地すべり時のせん断に対して微細組織が大きく影響していることが明らかになった。また，地すべりの多発してきた泥質片岩の微細組織を観察した結果，短冊状に含まれる石墨が濃集した層に沿って初期的な亀裂が形成され，また，石墨と密接に伴って産する黄鉄鉱の酸化が泥質片岩の風化に重要な役割を果たしていることが明らかになった。

土の乾燥湿潤・凍結融解による土砂生産メカニズムの解明に関する研究では，急速に風化・侵食を受ける泥岩が，急激に続成作用を受け，自形の石英結晶を生ずるに至っていたことを見出した。

本研究によって物質の微細構造が土の様々な性質に関与していることを示すことができ，この研究成果を防災研究所が持つ様々な知見および施設・設備と合わせることによって全国共同利用施設としての機能を強化することができる。地盤関係の力学実験装置と鉦物，化学，微細組織の分析装置を合わせ持つ研究所は少ないため，今後研究ネットワークとしての展開が十分期待される。また，防災研究所内では，同一グループにあっても横断的連携は不十分な場合が多々あったが，本研究によって物質科学と物性科学との連携をはかることができた。今後，様々な防災研究にあたって物質科学の重要性を示して行くことが期待される。本研究には，博士課程の学生2名，修士課程の学生2名が実際に自らの研究課題の推進のために参加しており，十分に教育効果があった。

- ・研究課題名：伝統木造建築物の耐震・耐風・防火設計法の構築に関する総合的研究
- ・研究代表者：鈴木祥之
- ・共同研究者数：所内5名，所外20名
- ・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日
- ・大学院生の参加状況：修士3名，博士4名。本学ならびに他大学，他研究機関等の研究者とともに共同で実験，調査，解析を行った。
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

我が国の木造建物は，気候・風土等に適応して地域の木造文化とともに地域特有のまちなみを形成してきた歴史を有しており，木造建物の多くは伝統構法で建てられてきた。社寺建築物はもちろんのこと住宅においても伝統構法による木造住宅を建てたい，住みたいとのニーズは高まってきている。しかし，現代的な在来構法やツーバイフォー工法などとは異なり，伝統木造建築物は，木材特有の材料特性のばらつきや木組み接合部の複雑さなどから，構造解析が難しく，詳細な検討がなされていないため，構造的な耐震設計法，耐風設計法，さらに防火設計法は確立されていない。一方では，1995年兵庫県南部地震以後も伝統木造建築物は甚大な被害を受けており，

木造建築物のなかでも伝統構法木造建築物は、建築基準法上の構造安全性や防火性を確保できていないものも多いことが指摘され、伝統構法に適した耐震・耐風・防火設計法や補強法の開発が急務となっている。本研究では、伝統軸組や仕口・接合部などディテールを含めた総合的、統一的な設計法を構築し、伝統木造建築物が合理的に新築できるとともに既存建物の改修を促進させる。

(2) 研究経過の概要

伝統構法の技法、技術の良さを生かし、木組み仕口・接合部などの構造ディテールの設計法とともに、伝統木造建築物に高い耐震・耐風・防火性能を与える構造設計法を構築することを目的として行った。主な研究課題として、構造ディテールの力学的解明と設計法、伝統木造建築物の構造解析法と設計法であったが、木造建築物に甚大な被害を及ぼした2007年能登半島地震および2007年新潟県中越沖地震が発生したため、これらの地震での木造建築物被害調査を実施した。特に伝統構法木造建築物の構造詳細調査を行い、地震被害と建物の構造特性との関連を調べた。また、2007年9月24日に京都市下京において木造2階建ての京町家から出火し、建物が崩落し、京都市消防局隊員が負傷する事故が発生した。このような消火、救助活動中の重大な事故を踏まえ京都市消防局と連携して、木造住宅の火災による崩壊メカニズムに関する調査研究を実施した。

(3) 研究成果の概要

本研究では、伝統構法木造建築物の技法、技術の良さを生かし、木組み仕口・接合部などの構造ディテールの設計法とともに、伝統木造建築物に高い耐震・耐風・防火性能を与える構造設計法を構築することを目的として行った。その成果として、1) 伝統構法の木組み仕口・接合部の力学的特性を抽出するとともに仕口・接合部のメカニズムを解明するために、仕口・接合部の要素実験を行い、仕口・接合部の回転めり込みと摩擦の解析法の開発を行った。また、伝統構法木造建築物に適した耐震補強要素の開発し、耐震補強要素の設計が容易な設計式を提案した。2) 伝統構法木造建築物の耐震性能を評価する際に、伝統構法特有の柔な水平構面、柱脚を固定しない足固め構法など構造力学的に未解明な課題に対して、解析モデルの手法開発を行い、地震応答解析結果を実大振動台実験の結果と比較検証した。解析的に追跡が難しい柱脚の滑り現象を詳細に調べるために、防災研究所強震応答実験装置を用いて軸組模型の振動台実験を実施して、軸組の挙動が柱脚の滑りに加えて軸組のせん断変形とロッキング現象からなることを明らかにすることができ、柱脚滑りを伴う木造軸組の応答解析手法を開発した。3) 2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震で大きな被害を受けた伝統構法木造建築物について、構造詳細調査を実施して耐震性能評価を行い、実被害との比較を行うなど耐震性能評価法を検証した。4) 伝統構法木造建物の火災時の建物安全性について、実際に火災した京町家の建物を調査し、また木材の燃焼実験を実施して、建物の崩壊メカニズムを明らかにした。この成果を京都市消防局の火災時活動マニュアルに生かした。

本研究では、都市空間安全制御研究分野、教授耐風構造研究分野、教授都市防災計画研究分野、准教授次世代ユニットなど分野間連携とともに、修士、博士大学院生との共同研究と併せて多くの大学、研究機関等とも共同で実施することにより、多くの研究成果とともに多くの学会や国際会議での論文発表に繋がった。

今後、伝統構法木造建築物の耐震・防火性能のもとに、要求される構造性能を有する構造ディテールを決定することができる総合的な耐震・防火性能に対する性能規定型設計法への展開を図る。このような設計法を実践的に使える簡便な設計マニュアルとして提案できれば、設計者、大工職人など実務者に広く普及を図ることができ、伝統構法木造建築物の復活につながる。

- ・ **研究課題名**：ケースステーション・フィールドキャンパス方式による災害リスク診断型フィールド調査法の提案と多国間比較分析-日本・ネパール・インドを対象として

- ・ **研究代表者**：岡田 憲夫

- ・ **共同研究者数**：所内4名、所外19名

- ・ **研究期間**：平成19年4月1日～平成20年3月31日

- ・ **研究集会名**：いくつかの関連研究集会を行ったが、以下主要なものを二つ掲げる。

- (a)：CASiFiCA Seminar on Nepal-Japan Knowledge Exchange

- (b)：International Seminar of IEDM (International Environment and Disaster Management) in Collaboration with DPRI, Kyoto University.

- ・ **研究集会の概要**

- (a)ネパールのカトマンズのNESTとその近郊アルパットの中学校で行われた一連の交流セミナー(2007年3月17日～18日)を通じて、コミュニティ減災のための地域取組み能力向上成功事例づくりに焦点を当てたCASiFiCA-Nepalの立ち上げが可能となった。なお本企画が計画・実行された背景には、NSETのBijay Upadhyay氏が京都大学防災研究所に約2ヶ月間招聘されたことが足がかりとなっている。NSETの代表のAmod Dixit氏と協力しあいながら、Bijay Upadhyay氏が本セミナーの企画・運営に大きく貢献した。特に、CASiFiCA-Japanの一つの拠点であるCASiFiCA-智頭(鳥取県)に滞在中に体得した四面会議システム技法(参加型で実効性の高い行動計画を立てるためのワークショップ技法)をアルパットの中学校でのコミュニティ防災の取組みに導入するための条件づくりが可能になった。

- (b)：インドのAnshu Sharma氏を招き、以下の観点から、Case Station-Field Campusのインドでの推進の方策について議論した。

- (i)Community based field learning experiences from India

- (ii)Components of school earthquake safety initiative as a learning and education tool

(iii) Post disaster community based reconstruction learning experiences

- ・研究集会参加者数：(a)約24名，(b)4名および大学院生14名
- ・大学院生の参加状況：修士課程学生の参加 約10人，博士課程学生の参加 約15人
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

本研究は、これからの時代にわが国に求められる新しいタイプの災害軽減のための災害リスク診断型フィールド調査法の提案とその多国間比較による分析・検証を目的としている。対象地域としては、アジアを重点地域と考え、災害被害が多くまたわが国との共通点が少なくないネパール、インドを重点的に取り上げる。多様な災害に繰り返し見舞われるたびに、その国の被災地に駆けつけて事後的に、しかも短期間のみ調査を行ってそれを日本に持ち帰って整理・分析するという、これまでの災害調査のやり方では、上記の目的は達成できない。そこで本事業では、災害軽減のための地域診断を科学的に行うための「ケース・ステーションとフィールド・キャンパスの組み合わせ方式」という新しいフィールド研究の方式を提案するとともに、地域性を踏まえた「実践成功モデル」を特定し、検証するための実践的科学(implementation science)を試行する。

(2) 研究経過の概要

本研究ではネパール、インドを重点的に取り上げて「ケース・ステーションとフィールド・キャンパスの組み合わせ方式」を実践することとした。なお研究の実施の過程で、インドネシアも補助的試行モデルとして取り上げることにして実行した。

(3) 研究成果の概要

①民間の組織として防災・減災に貢献しているネパールのNSETと、名古屋のレスキューストックヤード(RSY)の共通性と相違性について同氏の眼を通して比較検討することを求めた。同時にRSYの代表である栗田氏や、そのスタッフからみたネパールのNSETの役割の意義や、Bijay Upadhyay氏の果たしている仕事の意味について意見とアドバイスを得た。その結果は、RSYより簡単な報告書が提示されている。

②マドラス大学との間で防災教育に関するノウハウの共有とサクセスモデルの形成の可能性について検討を行った。またデリーのSEEDのAnshu Sharma氏を京都大学に招聘し、インドにおける地域コミュニティレベルでの減災や災害復興、防災教育と組み合わせた学校耐震化の成功事例について議論し、我が国や他国との今後の比較検討も含めて継続的に観察・検証していくこととした。

③ニュージーランドのPaton教授によって開発され、岡田教授らによって京都市の中京区の近隣コミュニティにも適用されている取組み能力評価モデル(Social Resiliency Model)をインドネシアのメラピ火山周辺山間地域にも適用して、多国間比較を試みた。

④全国のいくつかの大学の共同研究グループをサブのケース・ステーション(地元のネットワーク研究推進拠点)として連携し、全体として「減災対策成功事例検証のための多地域同時進行研究」という学際融合的なフィールド研究を行うことが可能であることが確認できた。また学際融合的な実践研究に携わる未来の研究者や実務者予備軍の教育プログラムとして戦略的に展開することが可能であることも示された。

- ・研究課題名：マスメディアを通じた災害リスク・コミュニケーションと減災文化の構築に関する実践的研究
- ・研究代表者：河田恵昭
- ・共同研究者数：所内1名，所外3名
- ・研究期間：平成19年5月15日～平成20年3月31日
- ・研究集会名：＜防災・減災と報道の役割＞ ～発生が憂慮される巨大災害に向けて～
- ・研究集会参加者数：82名
- ・研究集会の概要

全国から報道関係者約80名が集まり、防災研究者と自治体関係者も参加して、防災・減災と報道の役割について講演とパネルディスカッションを実施した。

- ・大学院生の参加状況：4名(内訳：博士2名，修士1名，学部1名)
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

首都直下地震や東海・東南海・南海地震などの巨大広域災害が発生したときに、被災自治体が情報過疎にならないように新聞・ラジオ・テレビなどのメディアがどのように協力すればよいかを明らかにする。

(2) 研究経過の概要

防災研究者とマスメディア関係者が定期的に会議を開催して意見を交換し、最後に講演とパネルディスカッションを実施して、情報の共有化を図り、継続的に取り組むことを確認した。

(3) 研究成果の概要

2007年に発生した能登半島地震や新潟県中越沖地震の災害対応に見られるように、自治体の長のリーダーシップの欠如や実効性の乏しい地域防災計画によるぎこちない対応が余りにも目に付くのが現状である。一言で言えば、いろいろな取組を事前実施していても、いざ起こると慌てふためいて右往左往するというのが実態である。このような閉塞した状況の中で、マスメディアの役割がますます大きくなってきている。それは、災害対応を円

滑に進めるには自治体の努力には限界があり、自治体の乏しい資源をどこに集中しなければならないのかが問われていることにもつながる。このような状況下で、災害時の報道の役割、とくに新聞、ラジオ、テレビの分担とか災害報道と防災報道をどのように組み合わせるのか、被災者や被災地域の再建をどう進め、何が課題かなどということが災害対応の質の向上には欠くべからざる視点である。そして、東海・東南海・南海地震や首都直下地震災害は広域に被害が拡大することは必定であり、政府と複数自治体やボランティア団体、NPO、企業などとの連携が必須となっているが、ほとんどそのような連携が期待できない。これは、これまでのように自治体に任せていては、連携などとても準備できるような状況ではないということである。そこで、マスメディアによる情報連携が非常に重要なことがわかってきたので、災害前にどのような準備をすればよいのか、防災研究者はどういうことを明らかにしなければならないのか、などについてブレインストーミングを実施し検討してきた。その結果、まず、活字、音声、映像からなるデータベースを情報プラットフォーム上に構築することが大事であり、そのためには各メディア内で関係者が十分に話し合っ、それぞれが報道直後に検索できるシステムを開発することが重要であり、そのためには既存の懇話会メンバーなどによる取組から始めることがよいという合意を得た。

- ・研究課題名：巨大地震による長周期地震動に対する構造物の耐震対策に関する基礎研究
- ・研究代表者：澤田純男
- ・共同研究者数：所内5名、所外1名
- ・招へい外国人：1名
- ・研究期間：平成19年5月11日～平成20年3月31日
- ・研究集会名：巨大地震による長周期地震動と構造物の耐震性
- ・研究集会の概要

2007年1月23日10:30～17:00、京都テルサにおいて開催された。開催の目的は、構造物の耐震化を進めるうえで、理学・建築・土木の各分野の連携が重要であり、本研究集会は各分野の研究動向の把握と相互理解および情報交換を行うことにあった。本研究集会は14名の講演者によって、1. 長周期地震動の予測、2. 長周期地震動に対する地盤・杭基礎の応答と構造部材の耐震性、3. 長周期地震動に対するPC斜張橋や超高層建物などの大規模構造物の耐震性について、話題提供が行なわれた。

- ・研究集会参加者数：約70名
- ・大学院生の参加状況：7名（内訳：修士2年5名、博士1年1名、博士3年1名）
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

今後50年間に東南海・南海地震の発生が確実視されている。これらの巨大地震に対して、大阪などの大都市圏では、周期1秒程度の比較的短周期の地震動による影響よりも、高層建築物、長大土木構造物、石油タンクなどに対する周期数秒以上の長周期地震動による影響が大きな問題となることが指摘されている。このような問題に対処するのは、地震工学や地震学それぞれの専門家だけでは無理であり、入力地震動、基礎構造物、上部構造物や機械の専門家のネットワークを確立して初めて可能となる。すなわち本研究は、従来の研究フレームを大きく超えて、理学と工学が融合するものであり、複合融合的研究アプローチである。これらは、防災研究所の中期目標における「防災知識技術の洗練」および「21世紀を見据えた社会ニーズの特定とその視点に立脚した防災プロジェクトの実践」に相当するものである。

(2) 研究経過の概要

本研究では、防災研究所内の横断的連携のみならず、国内外の研究者とのコミュニティ作りに重きを置いて実施した。2007年1月23日京都テルサにおいて開催された研究集会「巨大地震による長周期地震動と構造物の耐震性」は、地震学、建築学、土木工学などの研究者約70名が参加し、研究者コミュニティが順調に構築されつつあることを物語っている。所内研究者が実施した研究は、研究者コミュニティに新しい概念、解析結果、装置を提案するための研究である。つまり研究者コミュニティに対して京大防災研がイニシアティブをとり、耐震対策研究におけるリーダー的地位を獲得するために実施したものである。

(3) 研究成果の概要

本研究で所内研究者が実施した研究は、1)長周期強震動予測の高度化、2)予測強震動において基礎部に作用する土圧の強非線形応答の実験的評価、3)石油タンクのスロッシングダンパーの開発、4)高架橋システムのダンパー補強評価、5)長周期地震動下における超高層建物の応答と損傷、から成り、それぞれ確実な成果を上げた。これらの研究は、数多くの大学院生の寄与によって実施され、教育効果としても十分評価できるものである。今後さらに研究コミュニティを活性化させ、所外の研究者との共同研究を進めることによって、東南海・南海地震に対する数多くの対策が提案され実現するものと考えられる。

- ・研究課題名：強震時における盛土造成地盤の変形・破壊と震動の空間的性状に関する研究---2007年能登半島地震時の輪島市門前町震下地区を対象として--- (B-6)
- ・研究代表者：松波孝治

- ・共同研究者数：所内4名，所外4名
- ・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日
- ・大学院生の参加状況：修士：3名，地盤構造調査，余震観測
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

地盤下部が水で飽和され上部は不飽和のいわゆる飽和 - 不飽和型盛土造成地盤として2007年能登半島地震 (Mj6.9, 最大震度6強) の際に甚大な被害を受けた輪島市門前町道下地区を選定し，反射法地震探査・ボーリングによる地盤構造調査，余震観測による地震動分布特性評価，及び衛星「だいち」搭載PALSARデータの干渉解析 (InSAR) による1次元地表面変位分布 (液状化による地盤変動分布) 等から同地区での地盤・建物被害の空間的变化の原因を検討した。

(2) 研究経過の概要

道下地区の集落は，八ヶ川最下流部の左岸の谷底低地に位置しているが，南側の山地の谷部出口から張り出すように形成された微高地 (八ヶ川支流の護摩堂川による地すべり土塊崩積土から成る扇状地) に立地している。扇頂及び扇中央部分は砂層と崩積土の互層になっていると考えられる。中でも，旧八ヶ川河道沿いの標高の低い扇端部ではその表面の砂層下1～2mまで盛土・埋土の人口地盤であり，その下は約G.L. 20mまで川砂，砂礫の互層であり，地下水位が地表から約1～2mであることが簡易ボーリングから確認できた。このように，旧八ヶ川河道沿いの扇端部は典型的な飽和-不飽和型盛土造成地盤と考えられる。

表層地盤構造を把握するためにP/S波反射法探査を行った。八ヶ川を挟んで2測線が展開された。特に旧八ヶ川河道沿いでは，地表面から4m付近までVs (S波速度) が90m/s前後の層，その下部深さ15m付近までVsが180m/sの層がそれぞれ確認できた。上述のボーリング結果と総合すればこのVs=90m/sの層が液状化層と考えられる。

地震動特性を調べるために，余震観測 (4観測点，S1, S2, S3, S4) が行われた。S2は道下扇状地上部，S3は中央部，S4は八ヶ川旧河道沿いに夫々位置する。サイト増幅特性の分析結果によると，周辺山地の軟岩上S1を基準とした場合，道下扇状地上部，中部，及び先端部での増幅度は夫々3～4倍と殆ど変わらず，規模の小さい余震の波形解析により得られた増幅度からは全く被害の違いは説明できない。一方，地盤の卓越周期は扇状地上部，中部，及び先端部で夫々0.3秒，0.4秒，及び0.7秒となり扇端部へ行くほど長くなっている。

InSAR変位量と現地地盤調査に基づく実地盤変動との関係についてのGIS分析結果から，InSAR変位量分布は甚大な建物被害や顕著な地盤変位があった道下地区旧八ヶ川河道沿いで面的に顕著な地盤変動を示しており，この旧八ヶ川河道沿い一帯が液状化発生域と推定できる。

(3) 研究成果の概要

本震時，旧八ヶ川河道沿い扇端部での地盤変位は地表面から4m付近まで存在するVs=90m/s層内の液状化によるものである。同扇端部では強震動による地盤の非線形化により通常0.7秒の地盤の卓越周期が1秒程度に伸びたと考えられる。一方，木造2階建て家屋の固有周期も通常およそ0.2～0.5秒であるが，強震動により損傷・破壊を受けて非線形化し固有周期が1秒前後くらいに伸びたと考えられる。この様に，扇端部の飽和-不飽和型人工地盤では地盤及び木造建物が共に非線形化し固有周期1秒の地盤-木造家屋振動系が生成され，周期1秒程度の強震動により共振状態が発生し甚大な建物被害に至ったと考えられる。地盤変位と建物倒壊との関係は今後の課題として残された。

- ・研究課題名：衛星搭載型合成開口レーダーを用いた地震・火山災害ポテンシャル評価手法の高度化・効率化と適用
- ・研究代表者：橋本 学
- ・共同研究者数：所内3名，所外5名
- ・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日
- ・招へい研究者数：3名
- ・研究集会名：衛星搭載型合成開口レーダーを用いた地震・火山災害ポテンシャル評価手法の高度化・効率化
- ・研究集会参加者数：45名
- ・研究集会の概要

ALOS (だいち) 他の衛星による観測データを用いた干渉SAR技術 (InSAR) 等の高度化・高精度化，GPSとの結合，SARデータを用いた地殻変動のモデル化など国内の研究者による最新の研究成果の発表に基づき，これからのSAR研究の方向性について議論することを目的として開催した。今回，オランダ・デルフト工科大から，Ramon Hanssen教授とPetar Marinkovic氏，アメリカ・マイアミ大からFalk Amelung博士を招聘し，それぞれ欧米の最新の研究進展状況の紹介をお願いした。前記3名のほかにロシアからの研究者の参加者も含め，総計45名の参加者があり，28件の研究成果の発表とそれに対する活発な議論が行われた。

- ・大学院生の参加状況：修士1年1名，修士2年1名，博士2年2名，学部4年2名
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

効率的・系統的・包括的に災害ポテンシャルの評価をおこなうため，人工衛星搭載型合成開口レーダー干渉法を用いた解析方法と災害ポテンシャル評価方法の高度化・半自動化システムを構築する。

また、西日本の沈み込み帯・活断層帯や活動的火山などのターゲット領域について、データ解析による災害ポテンシャル評価もおこない、システム定常運用を視野に入れたノウハウを蓄積し、システム構築にフィードバックする。

(2) 研究経過の概要

上記の目的に向け、本年度、以下の3つの項目を重点的に実施した。

- ①Pixelと連携した地震・火山噴火に関連する地殻変動の解析および解析手法の高度化
- ②SARデータ時系列解析手法等新技術の調査および導入
- ③Pixelと合同の研究集会の開催

(3) 研究成果の概要

- ①Pixelと連携した地震・火山噴火に関連する地殻変動の解析および解析手法の高度化

全国のSARによる地震・火山研究者のコンソーシアムPixelを通じて取得した「だいち」のデータを用いて2007年3月2日の能登半島地震、2007年春の桜島の噴火前後の変動などの顕著なイベント時の変動を解析した。さらに、解析処理を自動化し、連続する複数の画像を同時に自動解析できるシステムを構築した。これをJAXAとの共同研究協定を通じて取得したデータに適用し、紀伊半島~若狭湾など日本列島を縦断する帯状領域の変動を得た。

- ②SARデータ時系列解析手法等新技術の調査および導入

2007年10月、福島助教をアイスランド大学に派遣し、時系列解析ソフトウェアStaMPSの開発者Hooper博士から直接指導を仰いだ。これを用いて、新潟県中越地方の2004年から2007年のEnvisatデータを解析し、面的な地表変動の時間的な変化を明らかにした。

2007年11月に開催された欧州宇宙機関主催のFRINGE2007に橋本教授と福島助教が出席し、欧米の研究動向について情報収集した。

2008年1月17~18日、オランダ・デルフト工科大Ramon Hanssen教授らによるSAR解析ソフトウェアDORIS講習会を開催し、解析実習を行った。この講習会には20名を超える参加者があった。

- ③Pixelと合同の研究集会の開催

干涉SAR技術等の高度化、GPSとの結合、地殻変動のモデル化など、これからのSAR研究の方向性について議論することを目的として、2008年1月15~16日、Pixelとの共催で「衛星搭載型合成開口レーダーを用いた地震・火山災害ポテンシャル評価手法の高度化・効率化」と題する研究集会を開催した。国内外から46名が参加し、28の講演と総合討論を行った。時系列解析研究を進めるため、生起する現象やGPS連続観測点の密度を考慮しつつ地域を選定し、組織的に研究を進めるべきとの提案がなされ、具体的な計画立案に向けた議論を始めることとなった。詳細については、下記URL参照されたい。

http://www.rcpep.dpri.kyoto-u.ac.jp/~hasimoto/Manabu/InSAR_WS2008/Program.htm

- ・研究課題名：次世代型地震観測システムの開発
- ・研究代表者：飯尾能久
- ・共同研究者数：所内6名，所外3名
- ・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日
- ・大学院生の参加状況：修士3人が地震計に用いる非線形バネの特性評価に参加した。博士1人が、稠密観測網の性能評価のシミュレーションを行った。
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

自然災害研究において、計測データの量と質は、結果の成否を左右する最も重要な要因である。しかしながら、地震観測においてはこれまで、電源や通信、記憶容量等の制約により、千点以上の観測点で数ヶ月以上の長期間にわたってデータを記録することが出来なかった。1,000~10,000カ所の地震観測点を、数百m~1km程度の間隔で、10km~100km四方の領域に展開できる次世代型の地震観測システムを開発することが本研究の目的である。

(2) 研究経過の概要

本研究は、平成18年度総長裁量経費「超多点フィールド計測システムの開発」の成果を引き継いだものである。総長裁量経費では、野外で計測を行う様々な分野で共通に用いることができる、安価で取り扱いの容易な記録装置を開発した。本研究では、記録装置を地震観測に特化した使い勝手のよいものにアップグレードするための基幹の技術開発を行った。加えて、地震観測システムには、地面の動きを検出するセンサー(地震計)の開発も必要であり、本研究により、センサー筐体を含めた全体の設計を行い、上下・水平成分の試作器を完成させた。

(3) 研究成果の概要

地震計：マークプロダクツ社製L-22Dは、固有周波数2Hzの可搬型の地震計として、30年以上にわたってほぼ独占的に使用されてきた。このスタンダードな地震計と比較して、より小型軽量で取り扱いが容易な地震計の試作器を開発した。

記録装置：低消費電力型でかつ時刻精度が必要とされる記録装置における一番の問題は、GPS衛星からの時刻信号の受信に要する電力である。そこで、本研究では、GPS信号をできるだけ受信しなくて済むような、内蔵時計の水晶の発振周波数の管理方法を開発した。これにより、著しい低消費電力化と、長期間のGPS信号の中断でも時刻

精度を保つことを可能とした。

観測システム：このような技術開発により、小型軽量で取り扱いが容易な地震観測システムを構築することが出来た。本システムを、学生が用いることにより、これまで大勢の研究者が集まって行っていた全国規模の大規模観測を、修士の研究テーマとして行うことも可能となると期待される。この地震観測システムは、今後十年程度、世界のオフライン地震観測の中心的役割を果たすことになるとと思われる。

- ・研究課題名：地殻変動連続観測の全国実時間ネットワーク化による地殻歪研究基盤整備
- ・研究代表者：大谷文夫
- ・共同研究者数：所内7名，所外2名
- ・研究期間：平成19年4月15日～平成20年3月31日
- ・大学院生の参加状況：なし
- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

趣旨：西日本各地に分布するセンターの地殻変動連続観測点では地殻歪や傾斜などの1秒～1分サンプリングのデータを宇治や基幹観測所にNTTのISDN回線でバッチ処理で伝送している。これを、サンプリング間隔を1秒にそろえ、常時接続回線によるLANで宇治にリアルタイム伝送し、さらに光ファイバで全国の基幹大学に配送するようにする。また同様に他大学から送られるデータも宇治で受信し全国の大学の地殻変動連続観測データのモニターを可能とし研究ならびに院生の教育に資する。データ公開は、メンテナンス作業データなどが付随させなければならないため公開が進んでいなかったが、データ発生と同時に流通させる形で生データをとりあえず公開することになる。これによりいままでの閉鎖的な運用体勢を大きく転換させ、連続観測データを使用した今後の研究遂行の革新を図る。

(2) 研究経過

全国データ伝送は稼働中の地震データ伝送ネットワークを利用するので、独自に開発する部分は各観測点から宇治などへデータを収集する部分となる。京大独自仕様でメーカーと共同開発した多チャンネルロガーをデータ出力側の一部改造のみで使用する予定であったが、今後の展開を考え、サンプリング周波数を10倍にすることにしcpu廻りの大幅な変更をしたため完成納入が研究期間の末尾になった。別途開催された、本件と同一代表者の東京大学地震研究所共同研究会「地殻変動連続観測記録の一元化と公開・利用」は本研究をサポートすることとなった。ここでは将来的には他機関ともデータ流通することを目指して気象庁など大学以外の関係機関にも現状紹介の依頼をした。さらに公開・交換についての規定整備も進めた。解析面では京大全観測点のデータに対し季節調整モデルを適用し経年変化の抽出と共に擾乱としての季節変化振幅を評価した。

(3) 研究成果

当初目標を大幅に上回る10Hz観測網が実現することとなった反面データ公開が少し遅れるが、全国のデータを受信する体制は整い、順次受信態勢を立ち上げている。地殻変動データの全国ネットワークの形成と実時間によるデータ流通が実現することは画期的といえる。全国統一データベースの誕生により、地震やGPS網などと併合させた解析に障壁がなくなってくることが期待される。内陸地震は比較的ローカルであるが海溝地震に対しては広域的な視点を欠かせないし、地球規模のダイナミクスを研究するという点からの全国ネット化の利点は著しい。

- ・研究課題名：気象・水象災害評価予測体系の構築と長期海浜変形評価への適用
- ・研究代表者：間瀬 肇
- ・共同研究者数：所内14名，所外2名
- ・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日
- ・大学院生の参加状況

直接このテーマとしては参加していないが、修士論文や博士論文の研究テーマとして間接的に各研究分野、領域の学生が関わった。

- ・研究報告

(1) 目的・趣旨

本研究は、防災研究所中期計画の研究課題と方法の1)地球規模での気候、水循環、社会変動による環境災害に関する研究、を推進するために行ったものである。

(2) 研究経過の概要

共有のVLANを設定し、各研究分野(研究領域)で既に収集しているデータをミラーリングアーカイブしたデータベースを作成することにより、KUINS-III内部のVLAN間通信機能を用いて分野(領域)間のデータ共有をはかり、各分野(領域)が作成したプロダクトをワークベンチ(WB)におき、これを他分野(領域)からも利用できるようにした。

(3) 研究成果の概要

ワークベンチを利用した個々の研究および長期海浜変形評価に関する研究成果は以下のとおりである。

1) 成層圏循環に関する研究

2007年3月初旬に成層圏でプラネタリー波が反射した事例について詳しく解析を行い、成層圏で反射し、成層圏から対流圏に下方伝播するプラネタリー波が、対流圏循環にどのような影響を及ぼすのかを調べた。

2) 気象モデル出力を用いた建物の強風被害予測に関する研究

全球、領域気象モデルからの出力を用いた建物の強風被害予測手法の開発を試みた。はじめに、メソスケールモデルを用いてシミュレートされた台風の最大風速と建物被害率の関係を求め、両者の間には十分な相関が有ることを確かめた。

3) 偏波レーダを用いた降水粒子の識別、降水量推定・降雨予測に関する研究

総務省NiCTの沖縄偏波ドップラーレーダーを利用して、同期観測を実施した。高度ごとの降水粒子種別、数濃度、質量濃度をベースにメンバーシップ関数を構築し、偏波レーダーにより観測されるレーダー反射因子Z、反射因子差ZDR、偏波間位相変化率KDP、偏波間相関係数 ρ_{HV} から、降水粒子の判別する手法を開発し、検証を行った。また、精度の良い降雨量推定手法の開発、アンサンブルカルマンフィルターを用いた数値実験による同化手法のプロトタイプを構築した。

4) バイアス補正を施したGCM出力利用による流域温暖化評価に関する研究

流域の温暖化影響を水文学的に評価するため、WBに置かれたデータベースからネットワークを介して、所望期間・所望範囲の降水量と気温のGCM出力値を自動的に切り出し、これらを入力データに加工して所望流域の空間流出量を算出し、再びネットワーク経由で同データベースに自動保存するシステムを構築した。

5) 長期海浜変形評価に関する研究

上越地域海岸を対象として、中・長期の海浜変形評価に供する長期間の波浪・風特性をモデル化した。また、ある暴風時を想定し、海浜変形の計算を行った。本研究を通して、モンテカルロ法により得られる時系列と海浜変形計算を通して長期海浜変形評価をするモデルの第1歩が構築できた。

・研究課題名：水・気象災害軽減のための統合型リアルタイム情報発信基盤の開発

・研究代表者：寶 馨

・共同研究者数：所内7名、所外2名

・研究期間：平成19年4月1日～平成20年3月31日

・大学院生の参加状況

潮岬風力実験所および白浜海象観測所における活動の際に、理学研究科修士4名、博士1名が計測機器データ収録機器の設置に参加した。さらに、現地と宇治構内の間のデータの交換の作業に参加した。

・研究報告

(1) 目的・趣旨

本研究では、淀川流域および京都大学防災研究所フィールドステーションをデモンストレーションサイトとし、気象・水象観測情報を対象としたリアルタイム減災情報発信のための情報基盤をさらに発展させることを目的とした。具体的な研究・開発項目は以下の4項目である。

①淀川流域を対象としたリアルタイム河川流量予測情報システムの発展とその自治体対応モデルの開発、②京大防災研フィールドステーション（白浜・潮岬・大潟）を対象としたリアルタイムデータアーカイブ・解析システムの開発、③淀川流域におけるリアルタイム河道流況画像・観測データカップリングシステムの開発、④上記1)から3)で生成される情報を統合的にウェブページから発信する統合型リアルタイム情報発信基盤の開発。

(2) 研究経過の概要

①では、淀川流域を対象として、水位予測計算とその評価を行い、さらに実時間河川水位予測の構成法を導入した。②では、潮岬風力実験所と白浜海象観測所に導入された光ファイバーの高速ネットワークを利用して、ライブカメラの充実、データ転送に無線LANに更新して効率化を図った。③では、宇治川オープンラボラトリー内に設置されたITVカメラの画像を取り込み、将来の河川情報取得システムへの展開を目指している。④では、防災情報と共に関連した位置情報を集約的に管理できるデータベースと、防災情報と関連の深い位置情報を視覚的に分かりやすい形でのWeb発信する仕組みを低コストで実現できる統合型リアルタイム情報発信基盤システムの開発を行った。

(3) 研究成果の概要

(1)に示した4つの開発項目すべてについて、ほぼ初期の目的を達成した。①では6時間先までの河川流量予測値をホームページを通して発信し、②では紀伊半島の潮岬、白浜の隔地観測所の現状をモニタできるシステムを開発した。③では河川情報を可視的に発信できる可能性を示した。④では防災情報の利用を促進するシステムを開発した。

平成19年度 京都大学防災研究所公開講座（第18回）

“防災研究の新たな地平”

—新任教授が熱く語る—

平成19年9月28日（火）
キャンパスプラザ京都 5階 第1講義室

司会

京都大学防災研究所 教授 中北 英一

パネリスト

京都大学防災研究所 教授 飯尾 能久

京都大学防災研究所 教授 釜井 俊孝

京都大学防災研究所 教授 石川 裕彦

京都大学防災研究所 教授 間瀬 肇

京都大学防災研究所 教授 堀 智晴

総合討論

（司会） 皆さまからいただきました質問事項をベースに、ご講演いただいた皆さんにお答えいただきながら進めたいと思います。

まず、飯尾先生に質問です。内陸部の地震発生域を、ひずみ集中帯・中央構造線・山陰側に三分した場合、過去の発生回数を基に、今後の発生域や空白域と呼ばれる地域を解説・説明できるでしょうか。もう一つ、能登半島地震、新潟県中越沖地震の発生メカニズムについて、簡単に教えていただけますか。

（飯尾） 一つ目のご質問は非常に難しい問題で、現時点でのベストな回答は、冊子の14ページに地震調査研究推進本部のホームページアドレスが書いてありますが、そこに全国の98主要活断層の評価結果が出ています。マグニチュード7.5を越えるような地震についてはそれなりの評価結果が出ていますので、それを見ただけならば、ひずみ集中帯や中央構造線について現時点でどういふことが言えるか分かりますと思います。

簡単にお話ししますと、「新潟—神戸ひずみ集中帯」では、最近ですと濃尾地震が1891年、それから少し北の方の富山・岐阜県境にある跡津川断層では1858年、また少し東に行きますと善光寺地震が1847年、濃尾地震の東の

方では天正地震が1586年だと思います。つまり、500年以内ぐらいに大きな地震がたくさん起こっており、少なくとも西の方ではそれほど大きく滑り残しているところはないと思います。一番大きいのは、例の*確率的予測マップ*で、内部で真っ赤になっていた糸静線の13%です。13%というのは、高い方で13%ではなく、低い方で13%ということで、結構履歴が正確にまともまっていますので、その確率が一番高くなっています。それから中央構造線については、釜井先生がお話になった例の慶長伏見地震で、四国から淡路島にかけて10m近く滑っていますので、ほとんど起こる確率はないのですが、実は紀伊半島の方は確率が高いと思います。問題は山陰地方で、その辺りはGPSでもひずみ速度はあまり大きくないのですが、恐らくは1万年に1回程度ですので、能登半島地震などもそうなのですが、いつ起こったという歴史記録はほとんど意味がありません。従って、鳥取地震や北丹後地震のところでは起こらないことは明らかなのですが、残念ながら次にどこで起こるのかということとはよく分からないというのが現状です。

（司会） もう一つ、震源は若狭沖で深さ370km、震度分布が東北だったという地震が今年の夏にあったのですが、それも含めて、分かる範囲でお答えいただければと思います。先ほどの日本海の分と併せてお願いいたします。

（飯尾） 能登半島の地震や新潟県中越沖地震は逆断層型の地震で、右横ずれや左横ずれではなく、片方の地面が片方地面に乗り上げるという地震です。それがなぜ起こるのか。実はこの二つの地震はマグニチュード7を超えていないような小さな地震で、地表にも大々的に痕跡を残していないのですが、現時点での調査結果によりますと、やはりどちらの地震も地殻側に*尾ひれ*がありまして、やはりそういう弱いところが下にあるために起こったのではないかと推定されています。そういうものを地震前にとらえられると非常にいいのですが、そういうことを目標に観測網を充実させるという計画を進めて

います。

最後に、震源の深さ 370km の地震なのですが、これは沈み込む大洋プレートの中で起こった地震で、沈み込むプレートは冷たくて固いために地震波が伝わりやすく、真上のマントルウェッジは温かくてマグマの切れ端のようなものがあつたりして、そこでは地震波が減衰します。つまり、真上に来るよりもプレートを通って浅い方の東北地方へ行った方がよく揺れるということです。これは異常震域と呼ばれる現象で、遠いところの方が震度が大きいという現象が起こることが知られています。

(司会) もう一つご質問があります。間隙水圧の関連の話の中で、ダム(貯水池)ができたことにより地震が発生したとのコメントがありました。具体的な事例はありますか。

(飯尾) 日本では至るところで微小地震が起こりますので、ダムで貯水したことによって地震が起こったという因果関係は必ずしもはっきりしていないのですが、例えば世界では地震がほとんど起こらないところがありまして、一番有名なのがインドのコイナというところ。年代は忘れましたが、20~30年前に湛水が始まると微小地震が次々と起こり始めました。それは震源の深さからいいますと確か 1~3km と非常に浅いところで、マグニチュードも最大で 5 ぐらいだったと思います。また、ブラジルなど、普通は地震が起こらないところで、それほど大きな地震ではないのですが、ダムによる湛水が始まったことにより地震が起こると例はあちこちで知られています。

(司会) ありがとうございます。次に釜井先生へのご質問です。新潟県中越地震では、新しい工法で開発された台地の端部で擁壁が破壊し、住宅被害が多数発生していると、京大防災研 21 世紀 COE 授業の講座でお伺いしました。ご存じでしたら簡単に解説をお願いいたします。

(釜井) 恐らく長岡市郊外の高町団地のことをおっしゃっているのだと思います。そこはもともと 90m ぐらいあった山地を標高 70m のところで水平に切り、テーブル状の台地を造って、切った土を周辺の地域に捨てて盛土し、その端は全部コンクリートの擁壁で押さえるという工事を行いました。結果的に被害は台地の盛土の部分に集中したのですが、問題は、そのうち 5カ所ぐらいでは擁壁が完全に崩壊しまして、かなり大きな被害が出たことがありました。そういった崩壊を起こした場所に共通した特徴としては、いわゆる谷頭、ある種の谷埋め盛土であったということです。つまり、*コクセイ*に切りますから、かつて谷であったところはへこむわけです。そこに土を盛っていますから、動いてしまったということです。

その工学的な原因としては、そのとき設計時に予想し

ていたものよりも、より大きな動圧がかかったことは明らかで、それまでの基準を超えるものがあつたということは確かにあるわけです。ただ、その擁壁は、実際には数十年前のものでして、そういう意味では現在の基準に照らすと、もう少し現代の方がいいのかなという気がします。ただし、このことがきっかけになりまして、住宅地の盛土の耐震基準を見直すといえますか、それをより厳格に適用するというように法律が改正されました。それが去年 9 月から施行されています改正宅造法で、それによって耐震性をより考慮した宅地造成を行うというようになっています。

(司会) ありがとうございます。続きまして、石川先生へのご質問です。中国の気象観測衛星で、インド洋北部の海層のデータを取得することにより、モンスーンとチベット高気圧の動向予測ができると思います。そして、チベット高気圧と北極寒気との相互作用で起こる豪雨の予測(2006年7月豪雨)、または熱波の予測(2007年)ができるようになると思います。今後、日本での異常気象の予測にどの程度有効になるのでしょうか。

(石川) 最初に海面温度の予測ですが、実は海面温度の変化はあまり大きくないので、もう少し低いところを飛んでいるノアという衛星を使った観測等によって、既にかかなりよく見えています。

チベット高原の温度は、実は私どものところの博士号を取った学生が、最初にひまわりのデータを使って、6年間分ぐらいのチベット高原の地表面温度をずっと算出していました。それを見ますと、やはり6年間で地表面温度が若干上昇しているという傾向をディテクトしまして、これは「Journal of Climate」という国際的な気候の雑誌に載っています。そういうことで、地表面温度の長期的なモニタリングという意味では、ひまわりや風雲 2号などでは非常に良い結果が出ていると思います。

チベット高気圧の件ですが、チベット高気圧はユーラシア大陸の地表面で出てきた熱と、モンスーンによって運ばれてきた水蒸気が上空で雲になるときに放出される潜熱の二つで発達するものなので、そういう意味では地表面温度だけでなく、水蒸気輸送のデータも必要になってきます。それをどうするかといえますと、今日、FD DA(4次元データ同化)という方向等を述べましたが、あのような解析システムの中にデータをどんどん入れ込むことによって、エネルギーと水蒸気の循環を明らかにしていくということも、今、私たちの仲間で行っています。そういう中で、温暖化に伴って蒸発量が変わったり、地表面温度が上がったりして、そういう熱量がチベット高原の方に輸送されていくということ解析することによって、例えば今年の夏のように、チベット高気圧が通常よりも非常に東西に広く発達する様子などをディテクトする、あるいはどうしてそうなったか、水蒸気輸送・

エネルギー輸送の観点から解析するという事を通じて、何が起きているのかということをはっきりとさせていくためのツールとして非常に大事なものだと思っています。

(司会) ありがとうございます。あとお二方の先生への質問もさせていただきます。特に終わってから異常に多くの質問が参りましたが、基本的には皆さん全員が共通に興味のある部分を優先させていただき、質問させていただければと思います。

次に間瀬先生へのご質問です。堤防に関連する部分で、吹き寄せによる高潮偏差は潮位が高いと小さくなるということでしたが、温暖化に伴う海面上昇を堤防等の設計に反映させる場合、海面上昇分を上げなくてもいいということでしょうか。あるいは逆もありまして、海面上昇分だけ、日本全国の防御柵を強化するには膨大な費用が掛かると思われますが、それを説得できる程度の定量的なリスク評価はできるのでしょうか。

(間瀬) 水位が高くなると高潮偏差が小さくなると言いましたが、その理論的な根拠は、非常に浅い海域が続いているということです。日本のように急に深いところから浅くなるような地形ですと、例えば潮位が10cm上がっているので高潮偏差が小さくなるということは、それほどありません。浅海域が非常に長く続いている場合には水深が浅いほど潮位が大きくなりますが、水深が深いと高潮偏差が小さくなるということは程度問題で、日本のような場合には、海面上昇による潮位の上昇が大きくなりますと、その分の方が心配です。東京や大阪で何センチ上がるかは予測によってだいぶ変わりますが、それを全部第一線の堤防で防ぐには非常に莫大な投資が要りますので、何らかの別の問題、内陸にできている二線堤とか、道路をかさ上げするか、今後新しく造る施設を第一線の補助にするというやり方をしないと、投資する費用が大きくなりますので、難しいかと思えます。だから、二線堤や道路を造るときに、その分堤防になるように盛土で造るか、今あるものをすべて、地球温暖化で潮位が上がる分だけ上げるといふより、別の方法が必要ではないかと思えます。

(司会) もう一つよろしいですか。津波関連の話です。東南海・南海地震の場合、和歌山から四国から大阪湾のイメージで、大阪だと1時間程度余裕があると思えます。しかし、太平洋沿岸では、迅速に予測伝達して避難する余裕はあるのでしょうか。

(間瀬) 津波というものは、水深が分かればどのぐらいの速さで伝わってくるかが決まりますので、どこの地点で何分後に来るということは大体分かります。ですから、内湾であればあるほど、神戸などですと1時間半以上余裕がありますが、例えば太平洋岸の串本ですと5分

ほどになります。とにかく大阪湾の内部へ行けば行くほど、到達するまでに時間があるということで、それは水深だけでほとんど決まります。串本や潮岬などでは5～10分です。

(司会) 基本的にどのような対策をしようとしているのですか。

(間瀬) あちらの方は山が迫っていますので、逃げる場所もありません。また、背の高いビルもないので、串本では避難タワーを造るとか、例えば新たに公的な病院を造るときには4階建て以上で頑丈にし、その病院を避難所にするとか。今ある施設ではもう持たないので、新たに何か公共施設を造る場合には、避難場所が確保できるような強固なビルを建てるとか、そういう方法しかないのではないかと思います。太平洋沿岸というか、震源地に近い場所です。

(司会) ありがとうございます。次は堀先生にお伺いします。「基本的には人の心理・行動を含めたシミュレーションモデルが有効だと思います」というご意見をたくさんいただいています。その中で、啓発に活用している例や、あるいは逆に、10分前に避難するためのソフト対策に関してはどうですか。ハードがあって、避難時間の問題があって、それをソフトで対策するとしたら、どうすればいいのでしょうか。

(堀) 実際に啓発に活用した事例はあるかということですが、自治体や地域に持ち込んでということはまだやれていません。というのは、街路のモデルや、ぱっと見た感じで本当に現実的な場が表されているかどうかということは、結構信頼性に関係すると思ったからです。つまり、シミュレーション結果を信用してもらえるかどうかということです。それで、場のモデルというものを考えて、シミュレーションのグラフィック表現ができるようになったのがここ2年ほどの話です。できれば今回、情報伝達のことなどでお話を伺ったような自治会などに持って行って、いろいろ見てもらうと同時に、そういうツールを持ち込むと皆さんの意識がどう変わるのか、調べてみたいということも考えています。現状ではそういうところです。

また、10分早く逃げるためにはどうしたらいいかというご質問に、こうしたらいいと答えられるとすごいのだろうと思えますが、なかなか難しいです。ただ、少し詭弁のように聞こえるかもしれませんが、10分早く逃げることに、ハードにこれぐらいのお金が掛かるといふ対策を、この地域だとこんな関係があるのですと具体的に見せることが第一なのかなと思います。そうすると、やはり受け取り方が違います。「早く逃げましょう」と一般的に言うのと、「それは早い方がいいでしょうね」ということ

になって、議論や感覚が上滑りするのですが、具体的な話を見せる、あるいは計算して示す、それを見てもらって実際に議論してもらおうということが、逆に10分早く逃げてもらうために役に立つのかなと信じてやっています。

(司会) ありがとうございます。あとは関連で、出水時などの情報の在り方とか、そういうところまで、このシミュレーションを使って評価できるのか。あるいは今、防災では高齢化の問題がクローズアップされていますが、その辺への対応、あるいはその表現、その辺についてはいかがでしょうか。要するに男女別とか、年齢別とか、もう少しいろいろな個人情報を取り込んでいくことによって、そういう方向も可能かどうかということ、最後にお伺いしたいと思います。

(堀) 個人情報の問題は、例えば10年ぐらい前ですと住民基本台帳を見に行くと、この地域のモデリングをしようということが割合簡単にできたのですが、今はそう簡単にはいきません。もちろんそうやって保護されないといけない部分もあるのですが、特に今おっしゃった災害時に援護を必要とされる方の情報はすごく大切なことだと思います。個人情報保護法そのものについてはあまり詳しくありませんが、基本的に自治体が災害時のために、そういうデータを収集して使うということは認められるべきではないかと思います。これも場所によって違うのですが、例えば自主防災会や自治会でそういう情報を集めて、役員さんが持っているということまでやっておられる地域は現実にあります。

ただ、今日のプレゼンの中では扱わなかったのですが、同じようにマイクロに人の動きを見ようというタイプのモデルで、災害対応する側、行政の人や自治会などの援護する側の人があるのかというモデルもつくりかけています。そうすると、資材や人材がこれだけで、例えば寝たきりのお年寄りを避難場所に連れて行ってあげないといけないという場合には、それなりの人的資源、あるいは物的資源が要るわけで、時間もかかります。そういう情報を集めることも大事ですが、その情報が分かったときに、次にどういう時間、例えば昼間だったらそれをやる人がいるのかどうか、夜だったらどうかというようなことを机上シミュレーション、もちろん頭の中である程度考えることもできますが、そういうことも同じようなやり方でシミュレーションできるようにしていきたいと思っています。ただ、もう少しお時間をいただかないと、きちとした答えは出せないのかなと思います。頑張りたいと思います。

(司会) ありがとうございます。まだ幾つかテクニカルなことをご質問をいただいておりますが、今日ご回答を申し上げられない分に関しましては、後日、Webの中でQ&Aという形で、基本的にはここにいらっしゃる方に、

Webに載せていますということをお伝えしていきたいと思っております。併せて、ご講演された皆さんの許される範囲で、著作権のある部分はカットしていただくことになるかもしれませんが、PDF化したパワーポイントも防災研のWebの方からたどれるようにさせていただこうと思っておりますので、ご了解いただきたいと思います。それでは先生方、Q&Aなどで少々ご労力をおかけしますが、引き続きよろしくお願いたします。どうもありがとうございました(拍手)。

閉会のあいさつ 中北 英一 教授

本日は一日ご聴講、またはご質問いただきまして、ありがとうございます。今回は「新任教授が熱く語る」という形で企画させていただきましたが、今ある最新のものだけでなく、今後こうしたいということ、あるいは防災研の中でこういう横のつながりができ始めていますということ、ご紹介いただきたいという形で皆さまにお願いしました。

最後になりますが、次年度も新しい教授の方が、既に二人おられるのですが、今年度中にまた新しく教授に就任される方が出る予定ですので、合わせて5人の新任の方にバージョン2、シリーズ2という形で、同じく「新任教授が熱く語る」という企画をさせていただきたいと思っております。皆さま、またふるってご参加いただきますよう最後にお願申し上げます、閉会とさせていただきます。今日は本当にありがとうございました(拍手)。

組 織

所 長 石 原 和 弘 副 所 長 橋 本 学・千木良 雅弘・中 川 一 (平成20年10月1日現在)

研究グループ・部門・センター名	教 授	准教授	講 師 (非常勤)	助 教	研究担当
総合防災研究グループ グループ長：宝 馨					
社会防災研究部門	部門長：多々納裕一				小松 幸平
都市空間安全制御	川瀬 博		斎藤 幸雄		小林 潔裕
都市防災計画	田中 哮義	関口 春子	大窪 健之		林 康裕
防災技術政策	宝 馨	山敷 庸亮	篠田 昌弘	佐山 敬洋	立川 康人
防災社会システム	多々納裕一	畑山 満則	梶谷 義男		椎葉 充晴
[客員研究部門]	ABUSTAN Ismail Bin				市川 温
					大西 正光
					原田 和典
附属巨大災害研究センター センター長：河田 恵昭					
巨大災害過程	河田 恵昭	矢守 克也	山崎 登	鈴木 進吾	水山 高久
災害情報システム	林 春男	牧 紀男	重川希志依		松林 公蔵
災害リスクマネジメント	岡田 憲夫	横松 宗太	村瀬 誠		ショウ ラジブ
[客員研究部門]	武田 文男※	吉川 肇子※			中川 大
[客員研究部門]	田中 淳※	石田 寛※			
[客員研究部門]	FANG, Liping				
地震・火山研究グループ グループ長：川崎 一朗					
地震災害研究部門	部門長：澤田 純男				
強震動	岩田 知孝	松波 孝治	福山 英一	浅野 公之	釜江 克宏
耐震基礎	澤田 純男	高橋 良和	香川 敬生	後藤 浩之	清野 純史
構造物震害	田中 仁史	田村 修次	新井 洋		河野 進
					川辺 秀憲
地震防災研究部門	部門長：中島 正愛				
耐震機構	中島 正愛	日高 桃子	北村 春幸		辻 聖晃
地震テクトニクス	大志万直人		後藤 忠徳	吉村 令慧	
地震発生機構	MORI, James Jiro	大見 士朗		宮澤 理稔	
附属地震予知研究センター センター長：川崎 一朗					
地殻活動	川崎 一朗		山中 佳子	徐 培亮	家森 俊彦
海溝型地震	橋本 学	澁谷 拓郎	堀川 晴央	福島 洋	中西 一郎
内陸地震	飯尾 能久	深畑 幸俊		大谷 文夫	平原 和朗
地震予知情報	西上 欽也	竹内 文朗		加納 靖之	福田 洋一
地球計測		柳谷 俊		森井 互	久家 慶子
リアルタイム総合観測		片尾 浩			三ヶ田 均
[客員研究部門]	日置 幸介※				加藤 護
					東 敏博
					堤 浩之
上宝観測所					
北陸観測所					
阿武山観測所					
鳥取観測所					
徳島観測所				許斐 直	
屯鶴峯観測所					
宮崎観測所				寺石 眞弘	
附属火山活動研究センター センター長：大志万直人					
火山噴火予知	石原 和弘	井口 正人	野上 健治	味喜 大介	鎌田 浩毅
				山本 圭吾	恒山 恒臣
				神田 径	古川 善紹
				爲栗 健	大倉 敬宏
					宇津木 充
					石川 尚人
地盤研究グループ グループ長：釜井 俊孝					
地盤災害研究部門	部門長：SIDLE, Roy Carl				
地盤防災解析	井合 進	三村 衛	小堤 治	飛田 哲男	竹村 惠二
山地災害環境	千木良雅弘	諏訪 浩	小口 高	斉藤 隆志	岡 二三生
傾斜地保全	SIDLE, Roy Carl	寺嶋 智巳			嘉門 雅史
					木村 亮
					大津 宏康
					谷 誠
					酒井 治孝
					勝見 武
					乾 徹
					稲積 真哉
附属斜面災害研究センター センター長：釜井 俊孝					
地すべりダイナミクス	釜井 俊孝	福岡 浩	RAGHAVAN, Venkatesh	汪 発武	堤 浩之
			蔡 飛	王 功輝	堤 昭人
地すべり計測 (徳島地すべり観測所)		末峯 章	吉松 弘行		
			上野 将司		
大気・水研究グループ グループ長：小尻 利治					
気象・水象災害研究部門	部門長：間瀬 肇				
災害気候	向川 均		小寺 邦彦	井口 敬雄	余田 成男
暴風雨・気象環境	石川 裕彦	竹見 哲也	富田 浩文	堀口 光章	白土 正行
耐風構造	河井 宏允	丸山 敬	西村 宏昭	時彦	田村 博通
沿岸災害	間瀬 肇	森 信人	河合 弘泰	安田 誠宏	橋口 浩之
水文気象災害	中北 英一	城戸 由能	真木 雅之		里村 雄彦
					沖 和哉

附属流域災害研究センター 都市耐水 [宇治川オープンラボラトリー(宇治川水理実験所)] 流砂災害 河川防災システム 沿岸域土砂環境 流域圏観測 潮岬風力実験所 白浜海象観測所 穂高砂防観測所 大瀧波浪観測所	センター長：戸田 圭一 戸田 圭一 藤田 正治(宇) 中川 一(宇) 関口 秀雄(宇) 武藤 裕則(白浜) 堤 大三(穂高)	米山 望 竹林 洋史(宇) 川地 健司(宇) 林 泰一 武藤 裕則(白浜) 堤 大三(穂高)	石垣 泰輔 清水 義彦 原口 強 寺尾 徹 多田 光宏(桜島) 和田 安男(上宝)	馬場 康之(宇) 東 良慶(宇) 張 浩(宇) 芹澤 重厚(白浜)	藤原 建紀 細田 尚 山田 道夫 田村 正行 白山 義久 後藤 仁志 牛島 省 白土 博通 角 哲也 根田 昌典 八木 知己 音田 慎一郎
附属水資源研究センター 地球水動態 地域水環境システム 社会・生態環境 [客員研究部門]	センター長：小尻 利治 堀 智晴 小尻 利治 萩原 良巳 吉川 勝秀※	田中 賢治 竹門 康弘 谷本 圭志※	大石 哲 坂本麻衣子	野原 大督 浜口 俊雄	小林慎太郎
技 術 室	[技術室長] [企画情報班長] [企画運営掛長]	吉田 義則 中尾 節郎	松浦 秀起 [コンピュータシステム掛長] 浅田 照行(阿武) 辰己 賢一(宇) 園田 保美(宮崎) 志田 正雄(穂高) 藤木 繁男 三浦 勉 富阪 和秀 市川 信夫 [実験機器運転掛長] 藤原 清司(宇) 清水 博樹 加茂 正人 高山 鐵朗(桜島) [観測第一掛長] 近藤 和男(徳島) 山崎 友也 米田 格(白浜) 西村 和浩 澤田麻沙代 藤田 安良(屯鶴) 多田 光宏(桜島) 和田 安男(上宝)	細 善信 和田 博夫(上宝)	和野 博夫(上宝)
広 報 出 版 企 画 室	[室 長] [副 室 長]	中川 一(兼務) 多々納裕一(兼務) 松浦 秀起(兼務)	古瀬由紀子	葛井有希子	
宇 治 地 区 事 務 部	[各部局担当事務室] 防災研究所担当事務室 専門員	鈴木 良平	上道 京子	吉山 孝子	
	[総務課長]	[総務・企画広報グループ] [給与・共済グループ] [人事グループ]			
	[事務部長]	[経理課長]	[旅費事務センター] [財務企画グループ]		
		[研究協力課長]	[経理・資産管理グループ] [本館耐震改修準備室] [研究支援グループ] [外部資金グループ] (執行担当) [外部資金グループ] (受入担当)		
			[施設環境課長]	[ユニット担当事務室] [附属図書館宇治分館] [施設環境・安全衛生グループ]	
			総合環境安全管理センター		

(注) ※は客員教員を示す。

(U) 宇治地区、(宇) 宇治川オープンラボ、(白浜) 白浜海象観測所、(穂高) 穂高砂防観測所、(上宝) 上宝観測所、(北陸) 北陸観測所、(阿武) 阿武山観測所、(徳島) 徳島観測所、(屯) 屯鶴峯観測所、(宮崎) 宮崎観測所、(桜島) 桜島火山観測所勤務を示す。

防災研究所年報

和文、A4版、年1回刊行、平成19年度に第50号を刊行

DPRI News Letter

欧文及び和文、A4版、年4回発行、必要によってSpecial Issueを発行

防災研究所自己点検・評価報告書

和文、平成6年度から隔年毎に刊行、第1回発行「世界から災害をなくすためにー平成5年度ー」

防災研究所外部評価報告書

和文、A4版、平成16年5月に刊行

阪神・淡路大震災報告集

和文、「阪神・淡路大震災ー防災研究への取組み」、平成8年1月に刊行

防災研究所要覧

和文、英文、A4版、和文・英文交互に毎年刊行