

4.1 総合防災研究部門

4.1.1 部門としての活動概要

本部門は、阪神・淡路大震災における複合的都市災害の経験と、近年の都市構造の発展・拡大の現実をふまえ、より総合的かつ長期的な視点に立脚する防災科学の研究を行うことを目的に設置された。特に、災害リスクの評価と防災マネジメントの方法論(安全の質)、多元的な防災社会構造の提示とその形成論(社会の質)、都市空間の安全制御と都市機能の確保の方策(生活の質)、および社会開発と環境変化ならびに防災施策を共生させる開発企画のあり方(環境の質)を研究することにより、災害科学の総合化課題の達成に貢献する。

災害の複合化、都市環境の高度化とともに、自然科学の多分野間の共同研究、自然科学と人文・社会科学の共同研究による総合防災の研究体制が必要不可欠となっている。このような背景のもとに、総合防災研究部門は、上記の課題を全所的な中核に位置づけるとともに、この課題に関する全国共同利用の基本的枠組の構築を担当するものである。

本部門では、各分野独自の研究と相互に関連して、都市を複合的な災害から守るための予防的で総合的な「都市診断」の科学の確立とそのためのシステム科学的方法論を開発することを目的とした共通課題に取り組んでいる。特に、都市診断科学の主要な課題として、1)生活空間の安全管理(都市空間安全制御)、2)都市リスクに対する抵抗力(災害リスクマネジメント分野)、3)都市基盤の診断(防災社会構造分野)、4)環境改善による持続的処法(自然社会環境防災)、を取り上げ、以下の研究を推進している。

1) 都市住民の安全性に最も密接に関係する木造建物について、動的耐震性能の解明と性能向上を

目指した構造力学的解析法の開発と振動実験等の検証実験を実施するとともに、耐震信頼性解析法・設計法の構築を行う。また、都市全体の建物被害予測方の開発と都市の耐震化戦略の策定を目指して、近年の被害地震経験に基づくリスク評価・表示手法を開発する。

2) 都市リスクの生態学的評価法や道路網の多重性の評価方法に関する研究を GIS を用いて発展させるとともに、災害によって生じる被害の合理的なアカウンティング方法に関して考察する。併せて、防災投資が経済成長経路に及ぼす影響を分析するためのモデルを開発する。

3) 都市基盤施設の地震時性能規範を提示することを目的として、これまでのデータ収集・処理・分析結果を用いて、交通施設や都市建築物のフラジリティ評価システムおよび地震工学/交通工学の知見を結合したネットワーク信頼性解析法を開発を行うとともに、時空間 GIS によるリスク対応型地域空間情報システムの開発を目指す。

4) 都市の環境改善による防災・減災のための具体的対策を取り上げる。すなわち、都市の自然・社会環境変化の分析から都市の「ゆとり」としてのオ - プンスペ - スや、都市水循環システムモデルの構築を行う。そして、水資源関連施設の最適配置の計画プロセスならびに開発と環境の時間軸を考慮したコンフリクト解析を研究する。その際、GIS と最適化理論を組み込んだシステムズ・アナリシスの方法論の構築を行う。

4.1.2 研究分野の活動概要

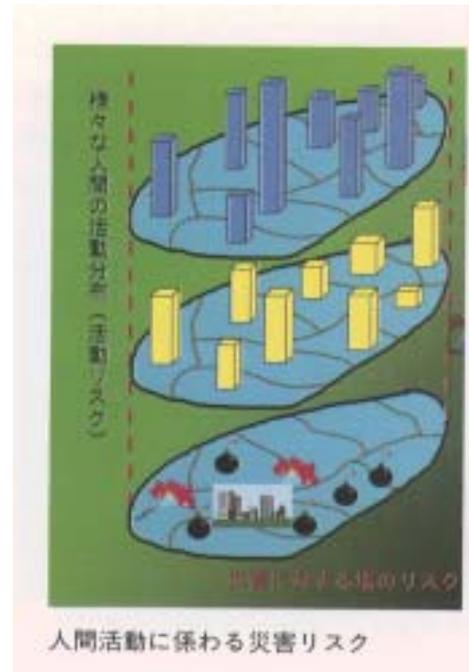
・総合防災研究部門

災害リスクマネジメント研究分野

教授 岡田憲夫, 助教授 多々納裕一

自然災害、環境災害などの災害リスクに対して有効な戦略を打ち立てていくためには、災害マネジメントの戦略についてリスク分析的視点から研究を進めることが必要である。自然・環境等からの外力の発生が被害をもたらす災害として顕在化する過程には人間の様々な活動が介在する。これらの外力と活動との相互作用によって被害の程度や災害からの回復の仕方が異なってくる。人間の活動は民間・社会資本の蓄積を介して被害を受ける客体の分布等を規定するとともに、防災のための社会資本の蓄積や制度等の整備、さらには災害文化の醸成等を介してソフト・ハードの社会基盤が形成される。本研究分野では、社会の「安全の質」を規定するという社会基盤整備の側面に着目し、ハード・ソフトの社会基盤の整備を通じた災害リスクマネジメントの方法論を提示することを旨として研究活動を展開している。同研究分野の研究課題を列挙すれば以下のようなものである。

- 1) 災害リスクの分析・評価方法
- 2) 災害による社会・経済的インパクト
- 3) 災害マネジメントの戦略論
- 4) 社会的合意形成過程



「災害リスクの評価・分析方法」に関する研究

災害が社会的被害を引き起こす過程には人間の活動分布や住宅・産業の空間的集積状況、社会基盤の整備状況、さらにはそれらを間接的に規定する法や制度、文化といった重層的な構造が介在する。そこで、人間活動の分布と災害のリスクとの関連を分析するためにニッチ分析を用いた方法論の開発を試みている。また、社会基盤の整備と災害リスクの関連性に関しては、道路網の冗長性解析手法を提案している。また、住居の空間分布のリスク解析のために、都市経済学的なアプローチに基づいて災害リスク情報の利用可能性と被害の発生可能性に関する理論的検討を行っている。

「災害による社会・経済的インパクト」に関する研究

近年の災害による社会経済的なインパクトは年々増加の一途をたどっている。90年代の平均値と60年代のそれとを比較すると、災害の発生件数は3.2倍に増加し、総経済損失は8.6倍に、保険金支払額にいたっては16.1倍に達している。このことは、災害に対する対処方法を考える際に、社会経済活動への効果を考慮することが極めて

重要であることを示唆している。そこで、当研究室では、ハザードマップの提供による被害軽減の可能性や防災投資の短期・長期効果の計量化および評価方法に関して研究している。

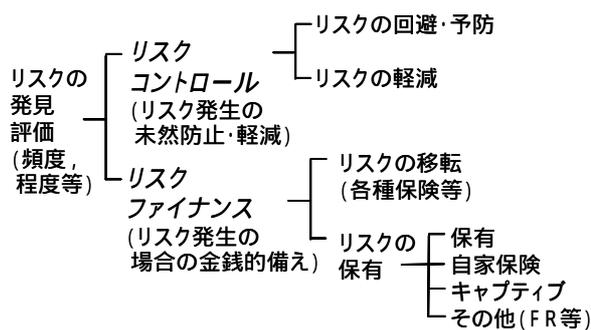
「災害リスクマネジメントの戦略論」

災害のリスクマネジメントの方法は、災害リスクの「コントロール」と「ファイナンス」に大別される。

洪水に備えてダムや堤防を作ったり、建築物や土木構造物の耐震設計を行ったりといった物的なリスクコントロールの他にも、保険、税あるいは情報提供等によって被災危険地域から人口や資産の分散を図るような非物的な手段によるコントロール手段も存在する。また、大規模な災害では被害の発生は避け得ない。このため、災害のリスクを効率的に分担していく仕組みであるリスクファイナンスも極めて重要である。災害リスクマネジメントを実効あるものにしていくためには、これらの施策を有機的に組み合わせることが不可欠となる。そこで、当研究室では、これら災害リスクマネジメントのための施策をいかに組み合わせ、有効な戦略を導くかという政策分析の方法に関して研究を行っている。

「社会的合意形成過程」に関する研究

いかに、理想的なマネジメントの方策が立案されようとも、その施策を実現していくためには、その実施に対して社会的な合意を形成していくことが不可欠である。当研究室では、社会的合意が達成されるプロセスを個々の主体が自己の利益の最大化を目指してゲームを行う結果、自発的に協力関係を形成される過程として捕らえる。さらに、分権的・自発的に協力関係が形成されるようなルールに関してゲーム論的な解析を行っている。この過程において情報の非対称性が重要な役割を果たすことに着目し、不完備情報下の交渉や交渉結果が不変となるような選好の構造に関しても検討を加えている。



・防災社会構造分野

教授 亀田弘行, 助手 田中 聡

分野の研究対象

総合防災における集積化(インテグレーション)とその中心的手段としての防災情報課題を対象として、阪神・淡路大震災における複合的都市災害の分析結果をふまえ、災害現象の時間的把握の中で、多面的な災害対策を備える防災社会構造の姿を描き、その実現への基本プロセスを構築する。特に、物理的課題・社会的課題・防災情報的課題を包含する視点を持つような、「社会の質」を備えた、総合的な防災、体系のあり方を示す。

現在の主な研究テーマ

- 1) 防災対策の多面的構造の解析と総合化
- 2) 防災情報システム論
- 3) 防災地理情報システム
- 4) 災害からの復旧・復興計画論
- 5) 社会基盤施設の地震時性能規範評価

各研究テーマ名

1) 防災対策の多面的構造の解析と総合化に関しては、日米共同研究による都市地震災害の軽減のための研究が実施されており、日米両国における都市地震災害の諸問題についての包括的な研究が実施されている。また、アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減技術の開発とその体系化に関する研究が実施されており、災害抑止技術の開発、災害危険度評価システムの開発、さらに、災害の地域特性の評価についての研究が総合的

に行われている。また、震災の記録・資料に基づく災害過程の体系化と防災シソーラスの開発が行われており、阪神・淡路大震災の被災者や災害対応者の対応行動の記録や資料の実証的な分析を通して、災害過程を構成する基本要素の抽出とシステム論的記述に関する研究が行われている。

2) 防災情報システム論に関しては、阪神・淡路大震災における情報課題を検証するとともに、データベースの構築法や情報技術の問題点の整理を行った。神戸市長田区役所で行った、倒壊家妻屋の解体撤去に関する活動をもとに、行政における情報システムのあるべき姿としてリスク対応型域空間情報システム」の構築を提言している。

3) 防災地理情報システム、4) 災害からの復旧・復興計画論に関連しては、兵庫県南部地震による西宮市の都市施設被害の地理情報システム(GIS)データベース化と多重分析を行っている。また、今後の都市防災におけるライフラインの施設ならびに復旧活動のあり方について機能的に対応できるような資料を提供することを目的として、ライフライン復旧過程の時空間分布と都市生活の回復過程のGIS分析を行っている。ここでは特に上水道およびガス施設に着目してGISデータベースを構築し、上水道とガスの復旧過程や相互連携、さらに市民生活に与えた影響について考察している。木造住宅の耐震性能評価のための実験的研究もおこなった。在来構法の既存木造住宅の耐震性能を静的水平力載荷実験に基づいて評価すると共に、木造軸組構造物の耐震補強効果と変形性能を定量的に評価すべく、実験を実施した。

5) 社会基盤施設の地震時性能規範評価については、地震時における道路交通システムの機能性能評価システムの開発が実施されており、道路交通システムの耐震信頼性を構造損傷と機能被害の両面から検討を行い、評価手法の体系化の研究が行われている。

・都市空間安全制御研究分野

教授 鈴木祥之、助教授 林 康裕

総合防災における物理的課題を対象として、大地震などによる都市空間の危険度評価手法の研究とともに、安全性と快適性を備えた質的に高度な生活空間を実現するための空間安全制御手法、都市空間構成要素の信頼性設計法、生活空間防災計画法に関する総合的な「生活の質」向上の研究を行う。特に、建築物の耐震安全性向上の重要かつ基本的な課題である建築造物の耐震安全性の評価とそれに基づく合理的な耐震設計法の構築と構造制御理論に基づいた制震構造システムの開発を目的として、また都市住空間の地震危険度を評価し、安全性を確保することを目指して、以下の研究を推進している。

都市住空間の総合防災に関する研究

構造物系の信頼性解析・設計法に関する研究

構造物の制震システムの理論的・実験的研究

都市空間の地震リスクマネジメントと地震

被害予測・推定に関する研究

木構造の構造力学的構築と耐震性能評価に

関する研究

都市住空間の総合防災に関する研究

平成9・10年度特定研究特定研究(9P-1)「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」(代表：鈴木祥之)では、都市空間の安全性を向上させる方策を提案することを目的として、都市空間構成要素の主要な位置を占める建築物を単体だけでなく群として捉え、建築物、特に住宅の検査制度・品質管理システムさらに性能保証や保険制度などの検討課題に取り組んできた。また、平成10年度研究集会(10K-8)「被災者の自立と社会的支援に関する研究会」(代表：山口大学・村上ひとみ、所内担当：鈴木祥之)では、災害のリスクを低減するためには、医療現場における「インフォームド・コンセント」のように、市民が地域や住まいにひそむ危機要因

について良く理解し、自らの命や生活を自ら守るべく努力するとともに行政も地域の危険度や防災対策について市民に分かり易く説明することが大切であるとの観点から、災害後の被災者への公的支援と生活再建・自立に関する研究を行っている。さらに、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を行う。

構造物系の信頼性解析・設計法に関する研究

地震外乱、構造物系、耐震性の判定規範等に含まれる不規則性や不確定性を考慮して、構造物の地震時の安全性・信頼性を確率として定量化する方法を確立することが基本的に重要であり、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き出すことを目的とした研究を行っている。また、地震外乱や構造物系に含まれる不規則性、不確定性を考慮し得る信頼度解析に基づいて構造物等の耐震設計を行うことが合理的であるとの観点から、不確定構造物系の耐震信頼度解析法と信頼性設計法の開発に関する研究を行っている。特に、種々の破壊規範や複雑な履歴構造物が不確定パラメータを有する場合にも現実的に解析可能な手法を開発し、典型的な不確定構造物である木造構造物への適用を図っている。

構造物の制震システムに関する理論的・実験的研究

地震時における建築構造物の安全性のみならず機能性・居住性を保持するには、構造物の地震応答を抑制するアクティブ制震が有効な方策であり、都市重要施設・建物や災害弱者用の建物等に適用が望まれる先端技術であり、特に、大地震にも適用し得る制震システムを開発することを目的とした理論的・実験的研究を行っている。

アクティブマスダンパー(AMD)を用いた制震システムの開発を目的として、構造制御理論および制御アルゴリズムに関する理論開発、特に、実用化に際して制御装置の物理的な性能限界は重要

な問題となるため、AMDの動きに応じて制御ゲインを調整する可変ゲイン制御法の開発を行っている。これらの制御アルゴリズムの実用化に際しては、数値シミュレーションによる検証に加えて実験的な検証が不可欠であり、5層鋼構造実大試験架構を対象に地震応答加振システムを用いた制震実験や建物模型を対象にした振動台による制震実験を実施して制御アルゴリズムの有効性を検証する。さらに、大地震における構造物の非線形応答領域での制御は、制震技術の実用化に際して重要な課題であり、非線形制御アルゴリズムの開発を進めている。

都市空間の地震リスクマネジメントと地震被害予測・推定に関する研究

都市域の地震被害想定と地震後の早期被害推定を高い精度と信頼性のもとに行うには、都市の広域的な地震動特性を把握することが基本となる。このような観点から、京都市域における地盤および建物の地震応答を広域的に観測するネットワークを構築し、1996年5月から地震応答観測を実施している。本観測システムは京都市域の地盤特性の異なる14地点で、地表、地中と建物内にも観測点を設けた3次元的地震観測システムである。本観測システムによる観測記録に基づいて、各地点での地盤震動特性の相違などについて調べるとともに地盤モデルの同定や地表地震動の推定に関する研究を進めている。また、都市住空間として、特に住宅を対象に、建物、建物室内および居住者の観点から被害のリスク評価を行うとともに、建物および人命の安全性を確保するための住宅性能保証とそれを補完する補償、保険制度の在り方を研究する。

木構造の構造力学的構築と耐震性能評価に関する研究

阪神・淡路大震災では、木造住宅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、木造住宅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いる。

まず、構造力学的に曖昧なままにされてきた木造住宅の耐力・変形性能などの基本的な耐震性能を把握するために、土塗り壁等の構造要素の実大試験体を用いた耐震性能評価実験、さらに一般的な2階建木造軸組住宅を対象にした一連の実大振動実験を行っている。伝統木造建築は、構法や木組みの複雑さから科学的な解析がなされていない。伝統木造の技法を解明と現代建築への応用を目指して、伝統木造軸組の実大振動実験を実施している。現在、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(平成11年度～12年度、代表・鈴木祥之)の活動として、木構造の構造力学的構築や耐震設計法および補強法の開発など木造住宅の耐震性向上に関する研究を進めるとともに、木造住宅の性能保証に関連する検査制度や保険制度などの社会的な課題にも取り組んでいる。

・自然・社会環境防災分野

教授 萩原良巳、助手 清水康生

本分野では、総合防災における中長期的な環境的課題に取り組むために、自然的(ジオ・エコ)・社会的(ソシオ)環境変化が防災または減災にどのような影響を与えるかを分析し、環境保全型の防災都市・地域づくりについて研究している。このため、災害を「自然災害」「環境破壊災害」「環境汚染災害」及び「環境文化災害」の4つに分類し、その相互関連を分析するとともに、防災という視点から見て、より好ましい都市・地域づくりを環境の創成を通して実現する(自然科学と社会科学を結合した)計画方法論を体系化することが重要となる。以上より具体的な研究テーマを列挙すれば以下の通りである。

自然・社会環境の変化過程に関する研究

地域の自然・社会環境は、災害リスクの危険事情(ハザード)として災害発生時にその被害や影響の大きさを規定する重要な要因である。この自然・社会環境は、都市化等人間活動の影響により時間の経過と共に変化する。それらの変化と災害との関係を分析することは、地域計画を策定するための基礎的な情報となる。このような観点から大阪の北摂地域(吹田市・茨木市・高槻市・摂津市)を対象として自然・社会環境の変化過程について研究を行っている。

都市域の総合環境防災計画に関する研究

従来、個別的に取り扱われてきた防災・減災問題と環境創成問題を総合的に考慮し、総合環境防災計画として地域計画の中で位置付けることが求められている。そのために、で述べた自然・社会環境の変化過程に関する知見を踏まえ、地域の自然・社会環境の変化をも考慮した総合環境防災計画の計画方法論をシステムズ・アナリシスで構成する研究を行っている。

高齢社会における環境防災投資に関する研究

近年、地域のアメニティの違いにより世帯の移住が行われる傾向が見られる。これは、アメニティの地域構造に与える影響が大きくなったことを示している。世帯の属性によりアメニティに対する選好が異なることから、高齢化の地域差が大きな問題となってきた。このようなことから、今後の地域環境政策を考える上で、アメニティと地域構造との関連をシステム論的に分析することが重要になっている。環境防災投資にとって重要となる知見を得るために、以上のモデル構築に関する研究と共にモデルを検証・適用するための京都市上京区における実証的な研究を進めている。

開発と環境のコンフリクトの分析と合意形成に関する研究

河口堰やダム建設など水資源の大規模開発

は、開発の計画決定から建設完了までの期間が長期に及ぶ。そして、この間に自然・社会環境が変化し、このことは住民の価値観に変化をもたらす。この結果、当初の計画が完了する時には、その内容が現在の住民の要望とかけ離れてしまうといった事態が生じる。この計画の自己矛盾は、最近よく話題となっている開発派と環境派の間に発生するコンフリクトとして実社会に表出する。このコンフリクトの展開過程を工学的に分析し、合意形成のためのアプローチについて研究を進めている。

大都市圏の水循環システム計画に関する研究

我が国の都市域の水管理は、河川管理者、水道管理者及び下水道管理者によって別々に行われ、個別の整備率が高いにもかかわらず、震災、環境汚染、渇水など災害が頻発している。個別管理を高めても十分に対応できない問題であり、被害を防止・軽減する有効な対策を講じる計画作成が難しいという構造的な問題を有している。このような従来の枠組みでは捉え切れないリスクを軽減するには、個別的な管理の発想でなく、都市内の水の流れを一体とした水循環システムとして捉えたりリスクマネジメントを行うことが必要である。以上の立場から、都市域の水循環システムの再編成に関する研究を行っている。

4.2 地震災害研究部門

4.2.1 部門としての活動概要

世界有数の地震国である日本において、建築物や土木構造物に代表される都市基盤施設には、大地震による強震動を受けても、崩壊することなくまた期待される機能を保持しうよう、十分な耐震性能が付与されなければならない。それを実現するためには、「強震動がどのように生成され、またそれによって構造物がどう揺れ、そして損傷・崩壊するか」を正しく把握する必要があり、そこにおいて、(1)地震源による強震動の発生と地殻内の地震波伝播メカニズム、(2)表層地盤内の地震動伝播特性、(3)地盤震動特性と構造物の振動特性の相関に依存する入力地震動特性、(4)構造物の弾塑性応答と崩壊特性、を明らかにすることが主要な研究課題となる。また、社会の安寧にとっての究極課題となる、所定の耐震性能を付与するためには構造物をどう組み立てるべきかという「耐震設計」に関わる諸問題が、(1)～(4)の知見に基づいて解決されなければならない。「強震動地震学」、「耐震基礎」、「構造物震害」、「耐震機構」の4分野から構成される当部門は、地震動の発生メカニズム 地震動の伝播特性 入力地震動特性 構造物応答 耐震設計のフローに沿って、理学的と工学的、実験・観測的と理論的、また基礎的と応用的など、さまざまな視点にたった研究手法を駆使するとともに、これら各手法の有機的連携と融合をはかりつつ、地震災害と地震防災に関わる一連の研究課題に先進的に取り組んでいる。4つの研究分野が推進する主要研究課題は以下のようにまとめられる。

強震動地震学研究分野：

震源過程、伝播経路特性、サイト特性を考慮した、強震動の生成伝播メカニズムの解明と大地震時の高精度強震動予測手法の確立。

耐震基礎研究分野：

地震時における地盤の挙動、地盤 - 構造物系の非線形動的相互作用の解明と振動制御法の開発を主眼とした土木構造物の耐震設計法の確立。

構造物震害研究分野：

地震動の構造物への入出力特性と構造物応答、構造物の動的不安定挙動、構造物ならびに構造物群の地震時崩壊挙動の解明。

耐震機構研究分野：

構造物を構成する部材が呈する履歴挙動の同定、地震動を受ける構造物の損傷・崩壊限界状態の定量化、損傷制御を含めたより高度な構造物耐震設計法の確立。

また、より信頼性の高い地震動・地震時応答挙動データを収集するための計測手法・システムの開発・改良を目指した「既設空間構造の耐震性能と計測方法に関する研究」と、構造物の健全度をモニターする計測・解析システムと、地震時における構造物の損傷度検出と損傷度に応じた補修技術を開発することを目的とした「構造物のヘルスマモニタリング技術と補修技術の開発」を4分野の共同研究として行ってきた。更に、防災研究所の共同研究の一環として、過去2年間に共同研究・研究集会を計8件組織し、地震災害と地震防災に関わる先端的な共同研究及び知識と情報の集積・普及にも努めている。

加えて当部門は、国際共同研究にも積極的に参加し、国際防災旬年(IDNDR)に呼応して設けられた、文部省特別事業費による「中国及びインドネシアにおける自然災害の予測とその防御に関する国際共同研究」において主導的な任を負うとともに、研究成果に対しても大きな貢献を果たした他、同じく平成10年度より特別事業費によって開始した「都市地震災害軽減に関する日米共同研究」(平成11年度より科学研究費・特定領域B

に移行)の基本的枠組み作りと、強震動と構造物応答に関する研究においても中心的役割を果たしている。

1999年にはトルコと台湾において巨大地震が発生し、多くの尊い人命が失われるとともに、社会基盤にも大きな被害が露呈した。当部門では、1995年兵庫県南部地震における教訓を踏まえて、強震動の生成メカニズムと構造物被害両面に対して、現地調査や現地の研究者との共同研究を進め、研究情報の発信と国際交流に努めてきた。これら巨大地震に代表される地震災害を教訓とし、地震に強い社会基盤を構築することを命題として、地震災害に関わって当部門が推進してきた研究のさらなる融合を目指したい。

4.2.2 研究分野の活動概要

・強震動地震学研究分野

教授 入倉孝次郎, 助教授 松波孝治

助手 岩田知孝

災害に強い都市づくりにいかすことのできる、来るべき地震の地震動災害を高精度予測するための強震動の予測を目的として、地震動観測記録と震源の物理・地震波動理論に基づく震源、伝播経路、サイトの各特性の評価を行い、合理的な強震動予測手法の確立を目指した研究を行っている。当研究分野の研究課題は以下である。

- 1)地震波発生機構
- 2)地震波の伝播・サイト特性
- 3)シナリオ地震に基づく強震動予測

当研究室では1995年兵庫県南部地震による阪神・淡路域の甚大な地震動災害に関連した強震動の生成メカニズムを解明することを目的とし、震源近傍域での周期1秒程度のやや長周期パルス的波の成因が主に断層破壊過程と深部地盤構造による地震動の増幅的干渉の相乗効果であったことが震源と地盤構造に基づくモデルシミュレーションによって示した。この成果を強震動予測

に生かすためには、震源のモデル化と地下構造のモデル化を実記録に基づいてすすめること、及びそのモデルに基づいて強震動予測を行い、実記録によってそれを検証し、予測の高精度化をはかることが重要な研究となる。当研究室ではこれらの観点にたった課題の解明に取り組んできた。

大地震の震源過程の推定：

1999年トルコ・コジャエリ地震、1999年台湾・集集地震の断層破壊過程が、震源域及びその周辺における強震記録を用いて震源インバージョンの手法によって行われた。また、K-netで得られた記録を用いて、中～大規模地震の震源過程が推定された。これら一連の研究は不均質震源モデルの相似則や震源近傍域の強震動と震源過程の関係、断層の動的特性の解明に重要な貢献をしている。

震源の特性化：

上記の不均質震源モデルの研究成果と、これまでの主に米国カリフォルニア州での大・中地震の不均質震源モデルを特性化し、地震規模に対するアスペリティ(すべりの大きい領域)等不均質震源パラメータの相似則を提案して、強震動予測に用いられる震源のパラメータの相似性を明らかにすると共に、震源近傍強震動記録と不均質震源モデルとの関係を調べ、破壊的強震動の生成メカニズムと断層破壊過程との関係を明らかにした。

表層構造のモデル化：

詳細な地下構造モデルが構築できることによって、特に変化の激しい表層地質の地震動への影響が地震動に及ぼす影響を評価することができる。地下構造モデル構築の1手法として、微動同時アレイ観測の方法を用いた堆積層の地震波速度構造を推定する手法を用いて、1999年台湾・集集地震の震源域における表層構造調査を行った。この構造と震源モデルと組み合わせることによって、地下構造の地震動への影響評価が進められている。

強震動予測レシピ：

震源断層情報や地下構造情報に基づいて想定地震をモデルすることや地下構造モデルし、それらに基づく強震動予測を行う際に重要なパラメータをレシピの形でまとめ、予測手法の明確化した。また、レシピに従って過去の被害地震の震源域強震動評価や K-net など全国展開されている強震観測網記録を利用した想定地震強震動予測を行い、地震記録の活用方法について強い指針を与えるとともに、予測手法の高度化に向けての問題点を研究している。これらの研究成果は当研究室で行っている研究の out reach につなげることができる。

当研究室で積極的に進められてきた、震源及び地下構造モデルにもとづく理論的・半経験的手法による観測地震動の生成・伝播メカニズムが解明され、このような理論的・半経験的手法による地震動の評価の妥当性が示されてきた。この知見をもとにした想定地震における地震動予測を通して、高精度の強震動予測手法に関する研究を推進していく。本研究を円滑にすすめるために、本研究分野及び地震災害部門スタッフだけでなく、研究担当として京都大学釜江克宏助教授、非常勤講師として東京大学瀧澤一助教授(平成 10 年度)、宮武 隆助教授(平成 11 年度から)を招聘し、高精度強震動予測手法の開発及び震源物理に基づく断層破壊過程のモデリングに関しての共同研究を推進している。また平成 11 年度に講師(中核的研究機関研究員)として関口春子博士(現・地質調査所)、学術振興会特別研究員として Andreas RIETBROCK 博士(平成 10 年度)、Anatoly PETUKHIN 博士(平成 11 年度)、リサーチアシスタントとして Nelson PULIDO(現博士)(平成 10 年度)との共同研究を行った。

・耐震基礎研究分野

教授 佐藤忠信, 助教授 澤田純男

助手 本田利器

耐震基礎研究分野は、地震時における地盤の挙動と、地盤 構造物系の動的相互作用の解明、震動制御法の開発を行うことにより、限界状態設計法に基づく土木構造物の耐震設計法を確立し、地震災害の軽減を計ることを研究目的としている。主な研究課題を以下に列挙する。

- 1) 地震動の予測とアイデンティフィケーション
- 2) 地盤震動解析
- 3) 地盤構造物系の動的相互作用
- 4) 構造システムの同定
- 5) ライフライン系の耐震技術
- 6) 地盤構造物の耐震設計法

平成 10・11 年度の研究分野構成員の変更はなかった。平成 10・11 年度は、主に a) 震源近傍の地震動推定法の開発、b) 非線形構造システムの逐次同定手法の開発、c) 地盤の非線形動的挙動の解明、d) 盛土構造物の限界状態設計法などの研究を重点的に行った。「震源近傍の地震動推定法の開発」に関しては、設計用の地震動は応答スペクトルで規定されることが多いが、設計された構造物の照査にはスペクトル準拠の地震動波形を用いる。地震動の模擬にはその振幅特性だけでなく、位相特性が的確にモデル化されていないので、地震動の位相特性に関する研究を行った。地震動の群遅延時間に着目し震源近傍では、断層の破壊過程が地震動の位相特性の支配的要因であることを明らかにした上で、そのモデル化手法を開発した。また、既往の地震観測記録を利用して、群遅延時間の確率的な特性を規定する平均群遅延時間と分散に対する回帰式を、震央距離と地震のマグニチュードの関数として表現した。「非線形構造システムの同定法」に関しては、強震時を対象として構造物が損傷を受けて非線形応答を示すときの、損傷部位の検出法を

確立する必要がある。このために、忘却機能を有するカルマンフィルターならびに H 無限大フィルターの開発を行い、構造物部材の応答が非弾性状態になるときの履歴特性を精度良く同定できることを明らかにし、構造部材の損傷程度を検出するための基本的なアルゴリズムを完成させた。

「地盤の非線形挙動の解明」に関してはまず、液状化に関する研究をおこなった。液状化は最初固体であった砂地盤が液状化の発生により液体状になり流動現象を起し、しばらくたつと固体に戻る相変化の現象である。この問題の解決法に関する研究を精力的に実施した。つぎに、有限差分法と有限要素法を接続し、有限要素法の部分に地盤の表層非線形を取り入れた波動解析法を新たに提案した。また、このような大規模な計算を実施する場合には、しばしば解の発散が見られるが、これを回避する方法として、デジタルフィルターを内蔵した時間積分法を新たに提案している。また、岩盤内での地震波の散乱を解析する方法として、波線理論に基づく解析法についても検討した。また、地震時における地盤内ひずみを直接測定するために、光ファイバーを用いたひずみ測定法を応用した測定装置を考案し、せん断土槽を用いた実験を行って実際に地盤ひずみが高精度で測定できるかを調べた。「盛土構造物の限界状態設計法」に関しては、盛土構造物の崩壊部分と盛土本体間の動的相互作用の影響が小さいことを利用して、非線形 1 自由度系に盛土構造部をモデル化することによりすべり変位を指標とした限界状態設計法を提案した。

今後の研究課題として以下の項目があげられる。

- 1) 地盤 - 基礎 - 造物系の非線形動的相互作用のモデル化に関する研究
- 2) 地盤 - 基礎 - 構造物系の耐震安全性の適切な配分を考慮した耐震設計法の開発
- 3) 構造物の健全度モニターシステムの開発と、

既存構造物の補強法の開発

- 4) ライフライン網の耐震性評価技術に関する研究
- 5) 耐震設計用地震動の設定法と位相特性のモデル化に関する研究

・構造物震害分野

教授 國枝治郎，助手 諸岡繁洋

構造物震害分野は、建築構造物、主として、震災時の緊急避難施設として使用されることの多い体育館などに代表される都市施設としてのシェル・大空間構造物や、容器構造のような産業施設の地震動に対する応答特性と当該構造物における基礎的学理の究明を行うとともに、地震災害の防止・軽減を図ることを目的とした研究を行っており、主な研究課題は以下の通りである。

- (1) 構造物の動的安定限界解析法の開発
- (2) 大張間曲面構造物の動特性および地震応答性状の解明と設計規範の確立
- (3) 貯蔵タンク等容器状構造物の地震応答性状の解明と耐震設計法の確立
- (4) 構造物の損傷検出手法技術の開発
- (5) 最適化手法を用いた大空間構造物の形状決定法の確立
- (6) 不安定構造物の分類と体系化

平成 10・11 年度に行った具体的な研究課題として、(1)、(2)に関しては「上下地震動を受ける球形シェル」および「水平周期外力を受ける球形シェル」の幾何学的非線形振動応答性状を詳細に調べている。これらは解析解を基にした数値解析を行うことにより、パラメトリックな調査を可能にしており、何れの課題もモード間の連成作用に注目することによる全体系の振動応答予測の試みである。「上下地震動」に関しては、無限継続時間内での不安定現象である Chaos 問題とは異なる、建築工学で重要な有限時間(特に短時間)内に現れる動的不安定現象を予測する試みであ

り、初期不安定現象発生限界外乱強度を算定するための構造・外力特性を明らかにするための解析方法および予測法の開発を目的に研究を行った。「水平方向周期外力」に関してはモード連成作用効果による構造減衰とも呼べる振動応答性状を、時間軸に沿った数値解析を行うことなく予測することが可能となる評価式の導出を行っている。本手法は球形シェルの水平方向周期外力のみを考慮するものであり、一般の構造物にはそのまま適用できるものではないが、本手法を一般的な大空間構造物に使用されているラチス構造に拡張、発展させ、また実地震動との関連性を詳細に調べることで、一般的な構造物の実地震動に対する動的不安定現象の解明に寄与できると考えている。また、円筒シェル構造については「不連続な境界条件による応力集中」の特性を解析により明らかにした。不連続境界部での近似的な解析解として平面応力と平板の解を固有関数展開またはヒルベルトの境界値問題に帰することが出来ることを示し、有限要素法により合応力拡大係数(SRIF)を計算、それを用いて板厚、開角が応力集中に及ぼす影響を考察した。板厚が薄いほど面内SRIFは増大するが曲げSRIFは減少すること、開角が大きいほど曲げSRIFは減少すること、開角の面内SRIFへの影響は他の形状や境界条件の組み合わせに依存することが判明した。(4)に関しては災害時に防災拠点、避難施設としての機能を持つことになる体育館等の既設空間構造物について、例えば地震直後の損傷程度を評価・検出し、早急に修復・復旧すること、また、これら構造物の経年的劣化の判定のための当該構造物の動特性の同定技術の開発を目的として、インパクトハンマー等を利用した模型振動実験、防災研究所所有の人為地震発生装置による加振実験、既設小学校体育館に於ける振動特性実測等を行った。これらの実測値を資料とし、損傷検出手法の開発と、数値実験による損傷位置同定手法の開発に関する研

究を行った。(5)に関係するものとして、「懸垂曲面形態形成の解析的研究」を行った。本研究は、形状決定法として多用される最適化手法を一切使用せず、懸垂曲面軸対称シェルの形態を求めようとする新しい試みであるが、具体的な成果としては挙がっていない。また、上記の研究課題には含まれていないが、「衝撃力を受ける鉄筋コンクリートの脆性破壊過程」について、鉄筋コンクリート梁部材を用い、(a)応答伝播の様子、(b)静的載荷と衝撃的載荷による破壊過程の違い、(c)梁の形状による破壊過程の違い、(d)クラック進展の様子等を明らかにすることを目的とした衝撃破壊実験および数値解析を行った。

・耐震機構研究分野

教授 野中泰二郎，助教授 中島正愛

本研究分野では、建築構造物の地震に対する安全を確保することを命題に、建築構造物の地震時応答特性、崩壊特性などを理論的・実験的に解明するとともに、より高度な構造物耐震設計法の確立に関わる研究を実施している。1998～1999年度においては、(1)構造物の衝撃的破壊、(2)鋼構造建物の耐震性能評価と向上、(3)大型構造物地震応答再現実験手法の開発を中心に研究を展開し、以下の成果を得るに至った。

(1.1)波動伝播理論を用いた応力解析：直下型地震における強震動による構造物の衝撃的破壊現象を解明するための基礎的研究として、棒状部材を伝わる応力波を解析した。特に、縦波の伝播、反射、干渉などの現象に対し、弾性挙動を仮定して特性曲線法によって理論的な一般解を導いた。柱に対する兵庫県南部地震の記録を用いた応用例では、コンクリートの破断や圧潰強度、鋼管の座屈耐力に達する程の衝撃力が発生し得ることがわかった。

(1.2)衝撃的地震力を受ける鋼管の局部座屈挙動：衝撃的地震荷重を受ける鋼管部材の局部座屈

挙動を、軸方向衝撃載荷実験によって検討した。衝撃載荷速度によって局部座屈発生位置が変化すること、またその理由として、波動伝播の影響が挙げられることを実証するとともに、管径方向の材端拘束も局部座屈位置に影響を及ぼし、鋼管中央部での局部座屈を誘発する拘束度が存在することを示した。

(1.3)鋼材料の衝撃的せん断破壊：衝撃的な力を受ける鋼材のせん断破壊特性を、衝撃載荷実験によって検討した。衝撃力を受けるせん断破壊の特徴として、静的せん断破壊に比べて、(1)せん断強度に対する寸法効果が大きい、(2)せん断変形がより支配的になる、(3)ディンプルパターンを有するすべり延性破壊モードを呈することを明らかにした。

(2.1)鋼構造溶接接合部の耐震性能に関する日米比較：ノースリッジ・兵庫県南部地震における溶接接合部被害を受けて提案された日米の改良接合法の優劣と、それぞれの方法がもつ長所と欠点を、米国テキサス大学との共同研究を通じて検討した。両方法とも、地震以前の方法に比べて相当優れた耐震性能をもつことを明示するとともに、日本接合部では溶接施工技量に対するロバスト性が、米国接合部では梁の横捩れ座屈防止のための補剛が、今後の問題点として同定された。

(2.2)鋼構造骨組梁連鎖破断のメカニズム：鋼構造骨組において、一つの梁端破断が他の破断を誘発してゆく現象（連鎖破断）を、弾塑性理論を用いて検討した。ある破断に伴う応力再分配は、特に塑性化が進行している状態では破断箇所近傍に限られていること、応力再分配による連鎖破断は破断回転量のばらつきが小さいほど起こりやすいことを明らかにした。

(2.3)断層近傍強震動を受ける建築構造物に要求される塑性変形：従来の耐震設計で想定されてきた地動速度を遥かに凌ぐ速度をもつ断層近傍強震動に対して、建築構造物が被る最大変形を、

強震動スペクトル特性、構造物固有周期、最大層間変形の層方向分布などの視点から検討し、最大層間変形を予測する手順を提示した。さらに鋼構造骨組の崩壊形式を支配する柱梁耐力比について、梁崩壊機構を満足させるために必要な柱梁耐力比は地震動強さの関数であることを検証し、その原因が弾性高次応答モードの卓越という現象に起因することを理論的に導いた。

(2.4)損傷制御型構造システムの開発：地震荷重下において損傷させる部材を予め指定し、損傷部材を随時取り替えることを可能にする高度化構造システムとして、極低降伏点鋼からなる履歴ダンパーを組み込んだ鉄骨構造システムを考え、極低降伏点鋼履歴ダンパーがもつ複雑な歪効果特性を表現する復元力モデルを提案し、そのモデルを用いた解析から、各層ダンパーへの適正損傷分配規範を導いた。

(3.1)リアルタイム制御オンライン応答実験：コンピュータによる数値解析と構造実験を併用させて構造物地震応答を再現するオンライン応答実験法の新たな展開として、速度依存性の高い復元力特性を有する構造物にこの手法を適用することを想定し、動的アクチュエータによる加力、獲得データの外挿・内挿を駆使した制御変位予測手法、サブストラクチャ法を連動させた、リアルタイム制御によるオンライン応答実験法を開発した。またその有効性を免震構造物地震応答再現実験から実証した。

上記研究課題の遂行に関しては、研究担当として京都大学工学部：上谷宏二教授、非常勤講師として金沢工業大学工学部：高島秀雄教授の協力を得た。さらに、スロベニア・リュブリアナ大学：P. Fajfar 教授、オーストラリア・西オーストラリア大学：K. Kavanagh 上級講師、米国・ワシントン大学：C. W. Roeder 教授（1999年）が当研究分野に滞在し、上記課題を中心とした共同研究を実施した。

4.3 地盤災害研究部門

4.3.1 部門としての活動概要

本研究部門では、平野部における動的現象や人間活動に基づいた各種の地盤災害を防ぐための研究を推進するとともに、山地や都市周辺の傾斜地における降雨・地震・開発に伴う各種の地表変動現象による災害を防止・軽減するための研究を学際的に行っている。

部門の研究対象と方針

人類の生活の場である地球表層陸地部では、豪雨・地震・融雪などの自然的誘因、あるいは開発・産業活動など人間活動によって生じる各種の地表変動現象による災害や地盤汚染など地盤環境の劣化が生じている。このような地盤災害は、20世紀における人口増大と経済成長に伴う都市化と山地・沿岸開発の進展に伴って日本はもとより世界各地で激化してきた。21世紀においては、さらなる人口増大が見込まれており、これに伴う都市化の進展と地域（山地・傾斜地・沿岸）開発は避けられない。地球規模での持続的な発展のためには、開発に伴って発生する各種の斜面災害の防止・軽減と平野部での軟弱地盤の変形や地盤環境汚染の防止等を実行していくことが不可欠であり、そのための学術研究の必要性は、これまで以上に緊急度を増すと考えている。

現在の重点研究課題

日本は、狭い急峻な国土に大きな経済力を有する1億を超える人々が住まざるを得ない厳しい自然・社会環境のもとに、世界に先駆けて地盤災害軽減のための研究が進展して来た。開発と防災・環境保全の適正な調和は21世紀の人類の課題の一つであるが、地盤災害研究部門では、この人類の課題に的確に応えるため、各種の地盤災害の軽減にむけた科学技術・学術・国際協力面で中心的責務を果たすとともに、21世紀に一層重要性を増す地球環境問題の解決に貢献するため、地

盤環境の保全の研究を一層強化する。地盤災害研究部門では、平野部での軟弱地盤と地盤環境を中心として取り組んでいる地盤防災解析研究分野と山地・傾斜地での地すべり・崩壊・落石など各種の斜面災害の予測と防御の研究に取り組んでいる山地災害環境研究分野、地すべりダイナミクス研究分野、傾斜地保全研究分野がある。各分野の現在の具体的な重点研究課題を次にあげる。

・地盤防災解析研究分野

人間活動が集中する平野部での各種の地盤災害に焦点を当て、特に軟弱地盤の変形解析と対策工法の開発等による地盤災害の防止と軽減のための研究を行うとともに、地盤環境の浄化や廃棄物の地盤工学的対応といった環境地盤工学的研究を積極的に推進している。平成10、11年度の主要な研究課題は次の通りである。

- 1) 有限変形理論による地盤大変形問題の解明
- 2) 地盤改良工法の開発と合理的設計方法の確立
- 3) 遠心力载荷装置を用いた地盤・構造物系の相互作用
- 4) 地震時の地盤軟化機構とその対策
- 5) 地盤環境の保全と廃棄物の環境地盤工学的対策

・山地災害環境分野

起伏の大きな山地においては、種々のプロセスによって災害が発生している。当分野では、山地災害の発生ポテンシャルを評価するために、これらのプロセス、例えば岩石の風化、重力による山体の変形、崩壊、浸食、運搬、堆積について研究を進めている。野外での地質・地形調査、リモートセンシング解析、室内における鉱物や地下水の化学分析、および測量などにより、山地災害を長期的地質現象として位置付けた研究を進めてい

る。平成 10、11 年度の主要研究課題は以下の通りである。

- 1) 山体の重力による変形、および大規模崩壊に関する研究
- 2) 岩石の風化メカニズムと速度、および崩壊の免疫性に関する研究
- 3) 土石流などの急速な土石の移動の現地観測とも出るかに関する研究
- 4) 山地の水文環境と地形形性プロセスの研究
- 5) 山地災害の防止・抑制のための土地利用に関する研究

・地すべりダイナミクス分野

地震時や豪雨時に発生する高速地すべりは長距離運動し、特に都市域では規模が小さい場合でも甚大な被害をもたらす。リングせん断試験機等の地すべり用土質試験機を開発するとともに、高速地すべりの発生・運動メカニズムを研究し、地すべりハザードマップ作成のための技術開発を推進している。また、クリープ型、再活動型地すべりの活動予測のための研究を行っている。平成 10、11 年度の主要な研究課題は以下の通り。

- 1) 高速地すべりの運動機構と運動範囲・災害予測の研究
- 2) 地震時地すべりの発生機構、発生予測の研究
- 3) 地すべり研究のための土質強度試験機の開発
- 4) 地すべり発生時間の予知の研究
- 5) 再活動型地すべりの活動予測とその抑制
- 6) 地すべりの危機に瀕する文化遺産の災害予測

・傾斜地保全分野

1996 年(平成 8 年)の改組に際し、旧地形土じょう災害研究部門と地すべり研究部門から割愛された各 1 名の教官定員を原資として、傾斜地保全研究分野が生まれた。その設立目的は、都市開

発に伴い頻発する斜面災害や急傾斜地の崩壊・落石の研究、そして災害を軽減するための危険斜面の判定と監視システムの開発ならびに崩壊災害の社会的影響に関する研究である。平成 10、11 年度は下記の研究テーマを掲げて活動をおこなった。

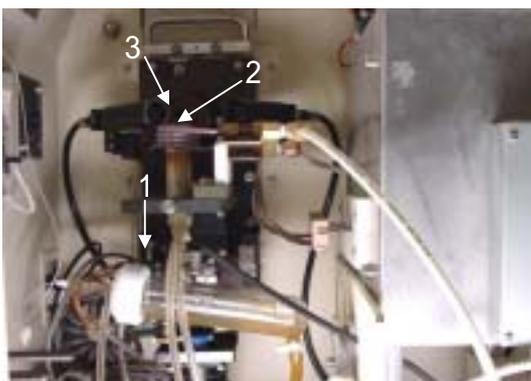
- 1) 急傾斜地の崩壊・落石とその災害防止の研究
- 2) 都市開発に伴う斜面災害の予防に関する研究
- 3) 危険斜面の判定と監視システムの開発
- 4) 道路・鉄道等の斜面保全対策の研究
- 5) 崩壊災害の社会的影響に関する研究

4.3.2 研究分野の活動概要

・地盤防災解析研究分野

我が国の都市の多くは軟弱な河口沖積平野に位置しているため、地盤の沈下や構造物基礎の変形・破壊、地震時の構造物安定性等に対して十分に留意する必要がある。また近年は、各種産業活動に伴い発生する廃棄物の処理・処分問題、有害汚染物質による地盤汚染といった地盤に関わる環境問題も解決求められる緊急の課題となっている。これらの地盤に関する諸問題を受け、本分野では特に重要な課題として、地盤環境災害や軟弱地盤上の構造物災害やなどを防止・軽減するための研究と、それらの基礎となる地盤材料の物性ならびに地盤改良のメカニズムに関する研究を進めている。

近年の研究成果として、平成 10、11 年度には学術論文 46 編(うち審査/査読付き 42 編、第 7 章参照)を発表している。さらには、京都大学防災研究所共同研究会「環境地盤災害の実態と対策の事例研究(平成 9 年)」、「環境地盤災害防止(平成 11 年)」の開催、嘉門教授、勝見前助手による日本材料学会論文賞受賞(平成 8 年度)など、活発な研究活動を行っている。



写真：地盤環境影響物質の微量分析装置；(左)高周波プラズマ発光分析装置による分析。ネブライザ、チェンバ1)より霧化した試料をプラズマ2)内へ導入する。高周波融合プラズマによって試料に電気/熱エネルギーを与えることにより発光させ、放射された光を3)を通して内部の分光器により各元素固有のスペクトル線に分け、スペクトル線の有無と強度から試料中の元素の定性/定量分析を行う。無機汚染物質に適用。(右)ガスクロマトグラフ質量分析計。有機系汚染物質の定性/定量分析に適用。

具体的な研究テーマは以下の通りである。

地盤環境の保全と活用

地盤環境問題の中でも、廃棄物の処理・処分問題、および有害物質による地盤汚染問題は地盤環境の保全と密接に関連し、人間生活への環境災害防止の立場から極めて重要な課題となっている。本分野では以下に示すように、廃棄物の地盤工学的利用に対する新しい提案を行うとともに、廃棄物利用・処分がもたらす環境影響評価技術および対策技術の開発を通して、地盤環境の保全を図っている。

- a. 石炭灰・建設汚泥・砕石粉等の産業廃棄物の地盤材料への有効利用
- b. 地盤中における廃棄物材料からの重金属等の溶出特性の把握
- c. 廃棄物の有効利用に伴う環境影響評価とその対策技術の検討
- d. 酸性雨の地盤および安定処理土への影響把握
- e. 廃棄物埋立地盤の早期跡地利用技術の開発
- f. 地盤中における揮発性有機塩素化合物の挙動の把握

地盤改良技術の評価

軟弱地盤の改質や汚染地盤対策をはじめとし

て、地盤改良工法の地盤防災分野への適用は不可欠なものとなっている。本分野では、多岐に渡る地盤改良工法の中でも化学的安定処理、およびジオシンセティックスの地盤改良への適用を中心として、以下の項目について検討を行っている。

- a. 石灰系安定処理土の路床・路盤材への適用技術
- b. ジオシンセティックス水平排水材による軟弱粘性土補強盛土の構築
- c. セメント改良土からのアルカリ溶出特性とその制御
- d. セメント固化による重金属汚染土の不溶化処理

廃棄物処分場における遮水工の性能評価と処分場設計

有害物質、環境影響物質を含む廃棄物の埋立処分にあたっては、浸出水による周辺環境の汚染が懸念されるため、適正な遮水工の整備が不可欠である。本分野では以下の項目について検討を行い、廃棄物処分場の適正な遮水構造および設計コンセプトの提案を行っている。

- a. 処分場底部遮水工に用いる粘土材料、GCL材料の性能評価
- b. 廃棄物処分場カバーシステムの材料評価と水

分収支のモデル化

- c. 海面埋立処分場の護岸構造の性能評価と適正構造の提案

軟弱地盤の変形と安定性評価に関する研究

軟弱地盤の変形と安定性の的確な評価手法の確立は地盤工学の重要な課題である。特に近年、構造物の大型化が進むとともに、大水深海域の埋め立て、各種地盤改良工法による地盤の複合化が進み、地盤のモデル化や物性値の評価が一段と難しくなっている。本分野では弾粘塑性有限要素解析を用いて以下のような研究を進めている。

- a. 大水深海域における砂地盤のマクロな透水性の評価
- b. 構造を有する洪積粘土の長期変形挙動と構造劣化機構のモデル化
- c. 長期沈下の予測
- d. 近接埋立による相互干渉作用の解明
- e. GHD など補強土地盤の変形解析

砂質地盤の液状化抵抗評価と地盤の流動化現象の解明

埋立地盤と自然堆積地盤の液状化抵抗を凍結試験を用いた室内試験と CPT を中心とした原位試験から評価する手法の開発を課題としている。また重力式岸壁の地震時動的挙動については遠心力載荷試験に基づくモデル実験による研究を行っている。

- a. 構造を有する自然堆積砂と再構成砂の挙動特性の実験による検討
- b. CPT による砂地盤の液状化抵抗の評価手法の開発
- c. 遠心力載荷実験による重力式岸壁の地震時動的挙動の評価

地盤の原位置調査法

1990 年から開発を手がけてきた RI コーン貫入試験装置が実用化段階となり、粘土・砂地盤の検層を非常に正確かつ経済的に行えることが確認された。現在、密度検層結果に基づいた地盤の三

次元モデル化について研究を進めている。また大変形有限要素法によるコーン貫入機構の解明を併せて行っている。

- a. RI コーンによる大規模埋立地盤の経済的な密度管理手法の開発
- b. 密度検層結果を用いた地盤の三次元モデル化に関する研究
- c. 超軟弱土の密度管理
- d. 大変形有限要素法によるコーン貫入機構の解明

山地災害環境研究分野



当分野では、主に山地で発生する地盤災害およびその素因となる地質・地形過程について、下記の項目を中心に研究を進めている。

- 山地災害の地質環境
- 大規模崩壊の発生場所予測
- 表層崩壊の繰り返しと免疫性
- 山地における侵食過程
- 突発的地盤災害の地質・地形学的研究
- 安全で有効な土地利用計画

平成 8 年度から 11 年度の研究実施内容は以下のとおりである。当分野の教官の防災研究所における研究成果については、第 7 章を参照されたい。

山地災害の地質環境

山地災害の発生には、山体が長期間にわたって様々に変形し、また、それを構成する岩盤が劣化することが重要な素因となっている。また、岩石が種類と生成以来の歴史に応じて風化することも同様である。当分野では、地盤災害を理解する上で基本的に重要なこれらの過程について研究を進めている。平成9年度と10年度には、我が国で岩石の風化研究に携わる様々な分野の研究者・実務者に呼びかけ、シンポジウムを開催し、その結果の一部は Engineering Geology の Special Issue として出版された。

大規模崩壊の発生場所予測

大規模崩壊は小規模な崩壊に比べて発生の頻度が少ないが、一旦発生すると甚大な被害を及ぼすことが従来の経験からわかっている。我が国のように地震活動が活発な地域では、その発生場所の予測は緊急の研究課題である。当分野では、その発生場所を地質・地形学的に予測する研究開発を行い、少なくとも一部は予測可能であることを指摘した。平成10年度と11年度には、特定共同研究として大規模崩壊の地質・地形特性の研究を実施し、さらに平成12年度には明治22年の奈良県十津川災害から11周年を記念して、十津川村において特定研究集會を開催した。

表層崩壊の繰り返しと免疫性

表層物質の崩壊が豪雨などにより多発することは頻繁に経験することであり、また、地質によっては崩壊多発が同じ地域に何回も繰り返して起こり、多大の災害を発生してきた。当分野では、地域の長期的防災計画策定に資するため、岩石の急速風化、崩壊の発生と免疫性との関係について研究を進めている。また、崩壊発生の引き金となる降雨、地下水浸透現象について、試験流域を設定して、流出流量と土壌水分特性・斜面地下水位の応答・土塊の移動量などの関係を明らかにするために観測を中心とした研究を進めている。平成

10年度には福島県で、平成11年度には広島県で、それぞれ弱溶結凝灰岩地域と風化花崗岩地域とで崩壊が多発し、これらの崩壊が、それぞれの岩石の特有の風化帯構造に起因していることを明らかにした。

山地における侵食・堆積過程

土石流の発生、流動、氾濫堆積のメカニズムを明らかにすることは、土石流災害の対策を立てる上で重要である。当分野では、独自あるいは共同研究として、焼岳、雲仙、メラピの3火山と、中国の堆積岩山地に試験地を設けて現地観測を行い、上述のメカニズムを明らかにするとともに、土石流発生に伴う谷地形変化の特徴を明らかにして災害対策に資している。また、火山の噴火、降灰時の降雨流出と土砂流出の関係、および植生回復によるこれらの変化について研究を進めている。

突発的地盤災害の地質・地形学的研究

1990年から5年間継続した雲仙噴火災害：土砂流出などの観測・調査によって土石流および火砕流の特性と災害の様相を明らかにした。

1996年中国麗江地震災害：現地調査によって崩壊の分布、崩壊土砂量と地震のマグニチュードとの関係を明らかにした。

1996年蒲原沢土石流災害：現地調査によってその土石流の流下形態と流動特性を明らかにした。

1997年八幡平澄川の地すべり：地形および地質を調査し、地すべりの発達過程と原因を明らかにした。

1998年福島県南部豪雨災害：現地調査によって、多発した崩壊の主たる素因が弱溶結凝灰岩の特有の風化帯構造にあることを明らかにした。

1999年広島県豪雨災害：多発した崩壊の主たる素因が花崗岩の特有の風化帯構造にあることを明らかにした(マイクロシーティング)。

1999年ベネズエラ豪雨災害：豪雨によって多発した崩壊の素因を明らかにした。

・地すべりダイナミクス研究分野

地震、豪雨、開発に伴う地すべり・斜面崩壊の発生は、しばしば家屋の倒壊とそれに伴う悲惨な人的被害を招くとともに、河道の閉塞、鉄道・道路の障害、田畑の荒廃などの経済的被害を発生させる。これらの人的・経済的被害の防止軽減の研究は、福祉の向上と持続的開発・発展のために不可欠の研究である。また、近年は、斜面や山稜部あるいはその斜面直下に建設された城、宮殿、寺院、修道院など一旦破壊されると復旧が困難な文化遺産や自然遺産など非経済的価値をもつ人類の心の財産に対する地すべり危険度評価と保全の研究が、社会的に強く要請されるようになってきた。

近年の研究成果として、平成 10、11 年度には学術論文 66 編(第 7 章参照)を発表している。平成 10 年度から佐々教授をプロジェクトリーダーとして、世界 12 ヶ国においてユネスコ国際地質対比計画「IGCP-425:地すべり災害予測と文化遺産」が実施されている。平成 10 年に文部省の国際シンポジウム開催経費を得て国際林業研究機関連合(IUFRO)第 8 部会全体会議「環境森林科学」を開催(IUFRO Congress Award 受賞)、平成 11 年にパリのユネスコ本部において地球科学部・文化遺産部の協力を得て「文化遺産と地すべり災害予測」会議を開催した。平成 10-12 年度には、分野の研究者を代表とする科学研究費 5 課題を実施し、地すべり関連の京都大学防災研究所一般共同研究及び研究集会 5 課題を実施するなど、国内外の研究者との共同研究、研究協力など活発な活動を行っている。具体的な研究テーマは以下の通りである。

地震時地すべり発生・運動機構の研究

1984 年長野県西部地震で発生した長野県御岳大崩壊、1995 年兵庫県南部地震で発生した西宮市・仁川地すべりや宝塚ゴルフ場地すべり、1792 年長崎県雲仙岳の眉山大崩壊など、地震時に発生

する高速地すべりのメカニズムについて研究するために地震時地すべり再現試験機を開発し、各々の地すべり地で採取した土について飽和非排水条件で地震時の斜面内の応力を再現する試験を実施している。その結果、せん断ゾーン付近で粒子破碎・土粒子構造の破壊が起こり急激に過剰間隙水圧が発生、せん断強度が大幅に減少するため高速運動が始まる「すべり面液状化(Sliding Surface Liquefaction)」の存在が見いだされた。現在、この現象をさらに研究するとともに地震時に発生する過剰間隙水圧を算定する式を提案し、過剰間隙水圧を考慮した地震時斜面安定解析法の研究も行っている。

流動性崩壊の運動機構の研究

1995 年の仁川地すべり以降、1996 年の長野・新潟県境で発生した蒲原沢土石流、1997 年の秋田県・澄川地すべりと鹿児島県・出水市土石流、および 1998 年福島豪雨災害や 1999 年広島豪雨災害により各地で多発した流動性の高い斜面崩壊による災害が目立ってきている。当分野では非排水載荷リングせん断試験、自然排水条件および豪雨時を再現するため間隙水圧を増大させる試験を実施し、流動性崩壊の現象が飽和した土層が自然条件で飽和・非排水条件下のせん断時に過剰間隙水圧が発生し維持されることによって生じていることを確かめた。さらに地すべりの移動距離の簡便な予測法および地すべり運動の準三次元計算機シミュレーション手法の開発・改良と地すべり災害危険地図の作成の研究を進めている。

地すべり地の移動計測法と地下水調査法

地すべり移動計測法として、従来より用いられている伸縮計、パイプ歪計に加えて、水平・鉛直・伸縮の 3 成分を測定する三次元せん断変位計を開発し、これを徳島県内の結晶片岩地すべり地の長さ 575m の測線に 115 台を設置し、実測に基づいて地すべりの横断移動形状の三次元的変化を明らかにした。また、GPS を地すべり移動計測に

用い、特に連続静止観測が行われている怒田地すべり地を試験地として RTK-GPS (リアルタイムキネマティック)法を用いた短時間の地すべり移動計測を行い、斜面変動量を精度よく測量し、定期的に診断するための試験方法を開発している。地下水と地温の差を利用して、地温測定より地下水の水脈を推定する方法を開発し、現在、地すべり地で地下水脈探査に実用的に用いられている。また、ボーリング孔を利用した地下水調査法として、孔内にヒーターとサーミスタを入れて温度分布を測定し、水みちの深度、方向、流速を推定する流向流速計の開発を行っている。

文化遺産と地すべり災害予測の研究と国際的な地すべり研究ネットワークの構築

1991 年より、文部省 IDNDR 特別事業や科学技術振興調整費を得て、中国西安市にある唐時代の離宮である華清池地すべりの災害予測の研究を継続して実施してきている。この研究が評価され、この研究を世界的に拡大する形で、1998 年からユネスコ国際地質対比計画 No.425「文化遺産および社会的価値の高い地区の地すべり災害予測と軽減」が開始されている。また、このプロジェクトのユネスコでの一環として、2000 年より最も著名な世界遺産の一つであるペルーのインカ遺跡「マチュピチュ」の地すべり危険度予測のための現地調査および観測のための共同研究を開始した(写真)。また、この国際プロジェクトをさらに発展させるために京都大学防災研究所と国連教育科学文化機構(UNESCO)との合意覚え書き「21 世紀の最初の四半世紀における環境保護と持続できる開発の鍵としての地すべり危険度軽減と文化・自然遺産の保護のための研究協力(1989 年 12 月～2005 年)がユネスコ事務総長松浦晃一郎と防災研究所所長との間で交わされた。

佐々教授を委員長、本分野を事務局として、(社)日本地すべり学会の国際地すべりニュースレター“Landslide News”の編集を 1986 年から

行っており、毎年海外約 1500 の研究者・機関に配布している。1999 年には No.1～No.10 を編集した Landslides of the World を京都大学出版会より出版した。このニュースレターの運営を通して、国際的な地すべり研究者の組織化および地すべり情報の集約システムの構築を進めている。



マチュピチュ遺跡と華清池地すべりブロック (2000 年 3 月 29 日、佐々教授撮影)

傾斜地保全研究分野

都市域の膨張に伴って、居住地や道路、通信線などのライフラインに近接した急斜面の崩落による災害が急増している。本研究室ではこのような災害の防止のため、次のような基礎的研究と総合的な傾斜地防災対策の研究を行っている。

不安定斜面の形成過程の解明および災害危険度の高い区域を予測するための地形発達論的および水文地形学的研究

岩石風化や地表侵食は、徐々にではあるが斜面を力学的に不安定にしている。このようなプロセスを理論的に取り扱うため、特に水文地形学に立脚した地形発達論的研究をおこなっている。このプロジェクトは奥西が中心となり、研究部門の枠を超え、他大学の研究者とも連携しながら研究を進めている。奥西は 1992 年に横浜で開催された国際水文学連盟の大会で水文地形学に関するシンポジウムを組織し、主要発表論文を編集して学

術誌「地形」の1994年発行の特集号に掲載した。また1996年度の防災研究所特定研究集会「災害危険個所の抽出のための地質学・地形学的手法」を主催し、報告書を作成している。

斜面表層の材料物性を明らかにするための地球物理学的探査法の研究

中川を中心に、自然急斜面および人工急斜面の探査法の開発と応用研究をおこなっている。1996年以後は、新しく導入された斜面災害調査設備を六甲山地の山麓部に設置して、1995年兵庫県南部地震によって亀裂が入ったり、劣化した斜面の詳細な探査をおこなっている。

住居地、河川およびライフラインに近接した急斜面の力学的安定度の評価のための理論的および実験的調査研究

毎年各地で発生している急傾斜地災害の実態調査の他、道路の防災データベースに関するを集中的におこなっている。これは路線に沿う地学特性と過去における災害履歴・対策工事の内容を道路管理に特化した特殊なデータベースに収録するもので、研究面においても実務面においても、利用価値が大きいものと考えられる。



急傾斜地災害の地学的ならびに社会的条件と社会的影響をふまえた都市開発法の研究

都市域の山地への拡大や急傾斜地を含む山地の都市的利用においては、災害危険度を無視した開発計画があまりにも多いので、当分野に限らず、傾斜地災害の研究者はその批判に忙殺されてきた。その研究成果で学術誌等に掲載されたものは多くなく、今後研究成果の体系化が必要である。

当研究分野は当初、奥西一夫教授、中川 鮮助手、横山康二助手の体制でスタートしたが、平成9年に横山助手が退職、平成11年に中川助手が退官、平成12年に釜井俊孝助教授が日本大学より着任した。また奥西教授は平成14年に定年退官の予定であり、次の10年間にはこれまでと違った研究活動が展開されることが期待される。

4.3.3. その他重要な活動

(学会活動)

嘉門雅史:地盤工学会、廃棄物の地盤材料としての利用に関する研究委員会、委員長、平成9年度

嘉門雅史:日本材料学会、地盤改良部門委員会、委員長、平成10年4月～

嘉門雅史:International Technical Committee 5 Sub-Committee 7、Charman、International Society on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering、継続中

千木良雅弘:日本応用地質学会、理事、平成12～15年度

佐々恭二:斜面災害研究推進会議、会長、平成10年～

佐々恭二:国際地盤工学会(ISSMGE)、地すべり技術委員会(TC-11)副委員長、平成10年～

佐々恭二:国際林業研究機関連合(IUFRO)、第8部「森林環境」部会長、平成8年～

佐々恭二:国際林業研究機関連合(IUFRO)理事、

平成 8 年～
佐々恭二:国際地質学連合(IUGS)、地すべり作業部会・高速地すべり運動予測委員会、委員長、平成 4～12 年
佐々恭二:(社)日本地すべり学会、副会長、平成 8 年～
佐々恭二:国際部長、平成元年～
佐々恭二:Landslide News 出版委員会、委員長、平成 4 年～
佐々恭二:自然災害総合研究班、突発災害幹事、平成 10 年～
奥西一夫:日本地形学連合、会長、平成 9 年 4 月～11 年 4 月
三村 衛:地盤工学会関西支部、地盤工学広報企画委員長、平成 10 年度～(継続中)
三村 衛:Soils and Foundations、論文報告集編集委員、地盤工学会
三村 衛:コーン貫入試験による地盤の評価に関する研究委員会、分科会主査、地盤工学会、平成 8～10 年度
諏訪 浩:日本自然災害学会、常務理事、平成 11 年度～
諏訪 浩:日本自然災害学会、論文編集委員会委員長、平成 5～10 年度
福岡 浩:日本地すべり学会、Landslide News 編集委員、事務局主幹、平成 9 年度～
福岡 浩:日本地すべり学会、監事、平成 11 年度～
福岡 浩:地すべり情報ネットワーク研究委員会、(社)日本地すべり学会、委員長、平成 10～11 年度
福岡 浩:国際地盤工学会(ISSMGE)、アジア地域技術委員会(ATC-9:文化遺産の地すべり災害からの保全)国内委員会、事務局員、平成 11 年～
福岡 浩:斜面災害研究の推進のためのネットワーク、斜面災害研究推進会議、幹事、平成 10～11 年度

齊藤隆志:日本地形学連合総務、平成 7～11 年度
竹内篤雄:日本地下水学会評議員、昭和 59 年度～
(集会開催)

嘉門雅史:第 3 回地盤改良シンポジウム、実行委員長、平成 10 年 11 月、大阪
嘉門雅史:第 14 回ジオシンセティックシンポジウム、実行委員長、平成 11 年 12 月、大阪
佐々恭二:国際地質対比計画シンポジウム「文化遺産と自然災害」、実行委員長、座長、平成 10 年 11～12 月、東京
佐々恭二:IUFRO Division 8 Conference “Environmental Forest Science” 組織委員長、編集委員長、平成 10 年 10 月、京都市
佐々恭二:UNESCO/IGCP-425 Meeting、組織委員長、平成 11 年 9 月、フランス・パリ市
福岡 浩:IUFRO Division 8 Conference “Environmental Forest Science” 編集委員・事務局長、平成 10 年 10 月、京都市
齊藤隆志:日本雪氷学会、全国大会、幹事長、平成 11 年 10 月、米子市

(社会的活動)

嘉門雅史:建設技術開発会議技術政策部会、委員、建設省建設大臣官房、平成 8 年 12 月～9 年 12 月
嘉門雅史:建設技術評価制度評価委員会、評価委員、建設省建設大臣官房、平成 10 年 2 月～11 年 3 月
嘉門雅史:総プロ等研究評価委員会、委員、建設省建設大臣官房、平成 10 年 8 月～12 年 7 月
嘉門雅史:廃棄物処理技術開発審査委員会、委員、環境事業団、平成 11 年 11 月～13 年 10 月
嘉門雅史:建設技術開発評議会評議会部会、部会員、建設大臣官房技術審議官、平成 12 年 3 月～13 年 2 月
千木良雅弘:原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会地層処分研究開発第二次取りまとめ評価分科会委員会、委員、科学技術庁、原子

力局、平成 11 年 11 月 29 日～現在

千木良雅弘：長崎市三方山産業廃棄物処分場対策協議会技術検討委員会、委員、長崎市、平成 10 年 3 月～11 年 3 月

佐々恭二：道路防災ドクター、ドクター、建設省近畿地方建設局、平成 7 年～

佐々恭二：善徳怒田八畝地区地すべり検討委員会、委員、(財)砂防地すべり技術センター、平成 7 年～

佐々恭二：地すべり防止技術研修、(高速地すべりの運動予測について、佐々恭二)、東京(全国建設研修センター)、平成 7 年～11 年 5 月の第 3 週に毎年実施

奥西一夫：浅川ダム地すべり等技術検討委員会、委員、長野県土木部、平成 11 年 7 月～12 年 2 月

奥西一夫：京都市環境影響評価審査会、委員、京都市環境局、平成 11 年 7 月～現在

三村 衛：安治川水門耐震補強技術検討委員会、委員、大阪府、土木部河川課、平成 8～10 年度

三村 衛：大阪湾地盤情報の研究協議会・大阪湾地盤研究委員会、委員、大阪湾地盤情報の研究協議、平成 10 年～(継続中)

三村 衛：関西国際空港の地盤挙動に関する検討 WG、委員、(財)沿岸開発技術センター、平成 11 年度～(継続中)

諏訪 浩：土石流監視手法検討委員会、委員、建設省、河川局、平成 8 年度

福岡 浩：地すべり学会関西支部講習会(砂質土のリングせん断、福岡 浩)、京都大学防災研究所(宇治市)、平成 10 年 5 月 18 日

竹内篤雄：北陸地質フォーラム、多点温度検層法の活用事例、竹内篤雄、金沢、平成 11 年 6 月

竹内篤雄：北陸地質調査業協会、自然地下水調査法の必要性、竹内篤雄、富山、平成 11 年 12 月

4.4 水災害研究部門

4.4.1 部門としての活動概要

研究対象と方針

洪水、高潮、津波、土石流など、水と土砂に係わる災害の現象解明と予知・予測、およびこれらの災害の防止・軽減を図る方策の科学的基礎を樹立することを目的として、土砂流出災害分野、洪水災害分野、都市耐水分野、および海岸・海域災害分野の4研究分野が有機的連携のもとに研究を進めている。

戦後の混乱期から昭和30年代の中頃までは、大型台風が相次いで上陸し、大規模・激甚な洪水氾濫災害や高潮災害が発生した。これを契機として災害対策のための研究が進められ、また、行政的な対応も図られて、大規模な水災害はその後着実に減少してきたと言える。しかし、大都市とその周辺部での都市化が進む中で、山麓部の急傾斜地や低平な湿潤地帯が市街化され、土石流災害や都市の内水災害が頻発している。現在では、わが国の水害による死者の大半は土石流などの土砂災害によっており、経済的損失の大半は都市の浸水被害によっている。

集中度の高い市街地が増加するとともに、洪水や土砂の氾濫を全く許容しないという方針は実際には困難となってきたといわざるを得ない。すなわち、氾濫する場合もありうるという氾濫を許容する前提に立って、その被害を最小限に抑えるという方策が注目されるようになってきた。また、都市の発展に伴い、地下街その他危険地域や危険物が錯綜する中での氾濫災害を的確に予測し、避難等のソフト対策を含めた耐水都市をつくる必要がある。さらに、地球温暖化の影響で猛台風の襲来や集中豪雨の頻発が心配されているし、海面上昇が懸念される中で、地盤沈下による防波堤の沈下も見られ、来るべき大津波や大高潮に対して、如何にして安全性を確保するかも

問題である。

流域における砂防設備や洪水調節ダムが次第に充実し、利水ダムも方々で設けられるにしたがって、ダム下流の河川の河床低下や河口からの排出土砂の減少等による海岸浸食が方々で顕在化している。激甚な災害を防ぐための施策が、緩慢ではあるがかえって災害を助長する方向にも作用し、また、流域や海岸・海域の環境に悪影響を与えるようにもなっているのである。

現在の重点研究課題

水災害研究部門では、洪水氾濫、土砂氾濫、高潮・津波・高波等による被害のそれぞれの予知・予測や対策の開発、都市耐水システム等の研究等を各研究分野で集中的に進めるのはもちろんであるが、河川流域及び海岸・海域を含めた広い範囲での土砂輸送の均衡を保持し、環境保全及び利水とのバランスを取りながら安全性を確保する方策の開発、低頻度かも知れないがより巨大な災害となる高潮と洪水が重なった場合の氾濫流の大都市内での挙動と災害予測の研究など、部門の各分野が得意とする研究の集積が必要な課題を選定し、プロジェクト研究を活発に推進することにしている。これには、他研究機関の研究者にも適宜参加を依頼している。

平成10・11年度には、淀川および大阪湾といった大規模で、かつ、大都市を抱えている地域に大規模な台風が襲来した場合を想定し、それによって引き起こされる土砂流出、洪水流出、高潮・波浪を総合的に予測する流域一貫した総合型水象シミュレーションモデルの開発を引き続き進展させるとともに、リモートセンシングによる事前予測との結合、予・警報、避難システム、ハザードマップの作成などのソフト的施策への応用についても研究を進めた。この課題は、従来、山間部、平野部、河口・海岸部などのそれぞれの領

域で個別になされる対応では根本的な解決には
いたらず、流域全体を視野に置いた水防災への取
り組みが必要であるという視点からのアプロ
ーチであり、水災害研究部門全体の研究課題として
鋭意、総合的に研究に努めている。また、平成
11年には、水災害シンポジウムを防災研究所で
開催し、上記の課題に関するこれまでの研究過程
をレビューし、学内外の関連の研究者から多くの
示唆を得た。さらに、平成12年には、「21世紀
の水防災研究を考える」という研究集会を開催し、
ベネズエラの未曾有の土砂災害や典型的都市水
害となった東海豪雨災害などの教訓を含めて、今
後の研究課題について学内外の100名以上の研
究者とともに有意義な討論を展開した。

こういった総合的な水防災研究を推進するた
めには、その研究基盤として、土砂・水災害資料
のデータベース化とその共有化を進めることが
非常に重要となる。過去に実施した研究集会での
議論を受け、災害資料のデータベース化にも引き
続き取り組んでいる。

4.4.2 研究分野の活動概要

・土砂流出災害研究分野

教授 高橋 保, 助教授 中川 一
助手 里深好文

流域における土砂の生産過程と輸送・堆積過程
に関わる諸現象を、素過程の力学的機構の解明と
それらが組合わさったシステムとしての現象発
現のシミュレーションを主体として、カタストロ
フィックな土砂災害、および自然的・人工的原因
による流域内土砂配分の不均衡による諸障害の
予測と防止・軽減のための方策を打ち立てるこ
を目標として研究を行っている。本研究分野の研
究課題を列挙すれば以下のようなものである。

- 1) 土砂の生産・流出過程とその予測
- 2) 掃流砂、浮遊砂、土石流、岩屑流、火砕流、

雪崩などの土砂の運動・輸送機構

- 3) 河道・河床の変動機構とその予測
- 4) 土砂流出、河道変動の制御および流域の総合
的土砂管理
- 5) 土砂氾濫災害の予測と軽減

平成10・11年度における各研究課題に関する研
究内容を要約すると以下のようなものである。

課題1) に関しては、わが国有数の土砂流出地
域に立地する高瀬ダム流域を対象として、任意の
降雨条件の下で洪水流出と土砂流出とが同時に
時々刻々の変動量として把握できるシミュレー
ションモデルを作成した。本モデルによれば、崩
壊裸地斜面上での土砂生産量が超過降雨に
応じて求められ、その土砂が一旦谷底に崖錐として堆
積した後、谷に生じる流水あるいは土石流によ
って侵食されて行く過程が定量的に予測される。さ
らに、土砂が貯水池へ流入してデルタが成長する
過程についても、デルタ内の粒度分布を含めて予
測できる。本モデルの適用性については、空中写
真による斜面・河道の変動データ並びに貯水池デ
ルタの実測データによって検証された。

課題2) に関しては、土石流、岩屑流、火砕流、
雪崩といった固体粒子の集合流動に関する統一
的な理論体系を完成させるとともに、とくに比較
的規模の大きい土砂崩壊が流動中に土石流へ遷
移して行く過程に関して、崩壊土塊の底面におけ
る構造破壊による液状化過程に着目し、実験と理
論によって解析モデルを提示した。掃流砂および
浮遊砂に関しては、極めて広い粒度分布を持つ場
での河床砂と流砂の間の粒子交換に与える流砂
濃度の影響に着目した理論を構築した。

課題3) に関しては、継続的に行っている網状
流路の変動モデルと網状流路区間からの流出土
砂量の予測モデルについて、土石流で運ばれてき
た巨大粒子の取り扱い方や、水みちの側岸侵食に
よる拡幅過程に工夫を加えて、実験結果を良く説
明できるモデルを完成させた。

課題 4) に関しては、格子型砂防ダムが土石流先端の巨礫の噛み合わせによって土石流を扨止する過程についての確率モデルを構築し、土石流調節機能の定量的評価を可能にした。また、通常の非透過型砂防ダムからの土石流後の土砂流送が砂防ダム下流の河道へ与える影響の評価法も提案している。流域の総合土砂管理に関連して、実績が出てきている貯水位低下によるフラッシングや単純なバイパストンネル排砂が難しい比較的規模の大きい貯水池への適用を想定して、貯水池貯留水の逆流によるトンネル排砂の可能性について実験的な検討を行い、有望な方法であることを見出した。

課題 5) に関しては、平成 10 年 8 月の余笹川災害、平成 11 年 6 月の広島県の土石流災害、平成 12 年 12 月のベネズエラ災害の現地調査並びに土砂氾濫、河道変動の再現を行い、災害の特徴と今後の対策への留意点を明らかにすると共に、ベネズエラ災害に関しては、砂防ダム並びに流路工設置の効果についての評価も行っている。また、流木の挙動に関しても、それが外洋で帯状に流動する状況のシミュレーションも行っている。

・ 洪水災害研究分野

教授 實 馨, 助教授 立川康人
助手 牛山素行

洪水災害の発生要因と発生機構を究明し、その予測手法および洪水災害の防止・軽減を図る方策を得ることを目標として研究を行っている。主要な研究課題は以下のようである。

洪水流出発生機構の解明とモデル化に関する研究

洪水のリアルタイム予測と制御に関する研究

大陸河川流域の水循環に関する研究

極値水文事象の確率統計解析と治水計画論に関する研究

洪水災害のモニタリング・予測・制御における

リモートセンシングと河川水文情報システムの応用

以下に平成 10、11 年度における各研究課題に関する研究内容を要約する。

洪水流出発生機構の解明とモデル化に関する研究

合理的な河川計画を立てるためには、河川流域の多数の対象地点での河川流量を的確に再現・予測することが重要となる。そのための数値予測モデルが流出モデルである。本研究では、流出モデルの再現・予測精度を向上させるために、地形・土地利用・降水などの空間分布情報を入力とし、流域内部の様々な地点での水移動を再現・予測する分布型流出モデルの開発を継続して行なっている。その一環として平成 10 年年 8 月下旬に発生した那珂川流域の豪雨に関して、レーダー雨量を用いた DAD 解析を行なうとともに、セル分布型モデルを用いた流出解析を行なった。また、分布型システムを実用化する際に問題となるモデルパラメータの決定法および降雨の時空間スケールについてモンテカルロ実験による最適化を試みている。

水のリアルタイム予測と制御に関する研究

土工施設の管理や避難体制を取る上で、実時間での流出予測情報は非常に有効な情報となる。本研究室ではこれまで、時々刻々の水文観測情報を取り込みつつ数時間先の河川流量・水位を予測する実時間流出予測手法を開発してきている。特に、平成 10、11 年度においては、河川の不定流計算手法に、カルマンによるフィルタリング・予測理論を適用した実時間水位流量予測システムを提案するとともに、分布型システムへのフィルタリング・予測理論を導入する手法について考察した。

大陸河川流域の水循環に関する研究

将来の水資源の変動や異常気象による水災害の発生を地球規模で予測するためには、気象予測モデルと連係した地上での水循環を表現するモ

デルが必須となる。このようなモデルを開発するために、気象現象の時空間スケールと地上での水理・水文現象の時空間スケールとの違いを考慮したマクロスケール水文モデルの構成手法を検討して来た。平成 10、11 年度においては、GAME プロジェクトの研究対象流域である中国淮河流域(140、000km²)を対象としてマクロ水文モデルを構築するとともに、現地共同観測によって得た水文気象データを用いてモデルパラメータの同定を行い、大河川流域における河道システムの効果を検討した。

極値水文事象の確率統計解析と治水計画論に関する研究

豪雨や洪水の極値(ある一定期間における最大値、たとえば年最大値)が水工計画や水工設計において用いられる。すなわち、極値データの頻度解析により確率水文学量(T年確率豪雨やT年確率洪水)が推定され、それに基づいて治水計画や施設設計が立案される。本研究では、当該極値水文学量に対して用いられるべき確率分布(経験分布や理論分布)及びそれに対して最適な母数推定法を明らかにするとともに、極値データへの適合度、確率水文学量の推定誤差を客観的に評価する手法を提案してきた。ここで提示した方法が、日本の多くの河川における治水計画立案の基礎的技術として採用されている。さらに、年最大値ではなく、非毎年最大値の系列(年間第2位や3位でもその他の年の最大値を上回る場合はそれを採用する)を用いる方法や、可能最大降水量や可能最大洪水を導入した両側有界の確率分布の利用、また、小標本(データ数が少ない場合)の取り扱いについても検討している。さらには、降雨の時空間分布特性を利用して得られる流域多地点での洪水生起確率に基づいて新しい治水計画論に関する研究を行っている。

洪水災害のモニタリング・予測・制御におけるリモートセンシングと河川水文情報システムの応用

広域の地表面の情報を瞬時に均質なデジタル情報として取得することのできるリモートセンシング技術は洪水災害のモニタリング(監視)に有用である。本研究では、リモートセンシングによって得られた空間情報や他の地理情報・地図情報を地理情報システム(GIS)によって統合的に処理することにより洪水流出モデルの諸定数を決め、洪水流出の予測・制御計算精度の向上を図っている。また、いくつかの河川流域における多地点・長期の降水量、流量などをデータベース化して洪水災害の予測・制御計算に利用するとともに、洪水災害時の情報伝達システム、意思決定支援システムに関する研究を行っている。

都市耐水研究分野

教授 井上和也, 助教授 戸田圭一

わが国では、東京や大阪のように、沿岸域に巨大都市が発達している。このような沿岸域は河川河口部の沖積地でもあるため、これらの都市は、陸性の洪水、内水、あるいは海性の高潮、津波などによる水災害を受けやすい宿命を負っている。とくに、都市が高度にまた多層に発達した今日、水災害による潜在的被害は著しく増大しており、災害の巨大化が憂慮されている。

このような状況の下、本研究分野では、まず、基礎となる沿岸域の水理の研究を進めるとともに、豪雨、洪水や高潮、あるいはそれらが重なった場合の水災害の発生機構を、過去の事例や現在の都市特性を考慮して明らかにしようとしている。また、都市における水災害の防止・軽減のための技術や対策をハードおよびソフトの両側面から立案し評価する方法を研究している。平成 10・11 年度の研究成果は学術論文 22 編(うち審査付き 14 編)にまとめられている。主な研究内容

はつぎのとおりである。

豪雨、洪水、高潮などによる氾濫予測の研究

豪雨による氾濫予測に関して、都市域近郊の山地領域からの流出解析モデルと市街地の氾濫解析モデル、および下水道モデルを統合し、降雨という外力に対して、洪水ならびにその氾濫の時間的応答が得られる「豪雨氾濫解析モデル」を提案している。このモデルを京都市内の中心域に適用し、豪雨時の氾濫プロセスを詳細に表現することが可能であることを確認している。さらにこのモデルを発展させて、山地からの雨水流出とあわせて土砂流出も考慮した氾濫解析法も提案し、神戸市域に適用している。また、洪水や高潮あるいはそれらの重畳により生ずる氾濫に関しては、大阪湾域を対象として2次元平面流れとしての氾濫解析モデルを用いて考察を加えている。

都市特性を考慮した氾濫水理の研究

道路、建造物の存在によって特徴づけられる高度に発達した市街地の氾濫水の挙動、ならびに地下街などの多層な地下空間へ浸入する氾濫水の挙動を取り扱う氾濫水理を、上記と連携して研究してきた。市街地の氾濫解析においては、道路を1次元の開水路のネットワークと見立てた街路ネットワークモデルを新たに開発した。このモデルは、かなり細かい道路の影響を考慮することが可能であり、道路に沿って氾濫水が伝播する様子をより詳細にシミュレートすることに成功している。また領域を任意形状の格子に分割できる非構造格子を用いた氾濫解析法も新たに開発している。地下空間への氾濫解析においては、多層化している地下空間を複数の平面で構成される場として捉え、各平面において地下通路を1次元のネットワークとし、地下通路が管路流になる場合も考慮したモデルを開発した。このモデルを大阪市内の商業地に適用し、複雑な地下空間内の氾濫水の挙動を把握するとともに、浸水防止策の効果などを明らかにしている。

水災害の防御システムの研究

直接的な防御策の一つとして、都市の大深度地下空間を有効利用する地下河川の水理的な設計法を研究した。その結果、高落差の流水の減勢と空気混入量の抑止に関して、螺旋案内条をもつ渦流式立坑および下方に狭窄部を有する渦流式立坑が効果的であることなどを明らかにしている。間接的な防御策としては、住民の避難行動をとりあげ、氾濫の数値解析と結合した避難シミュレーション・モデルを開発するとともに、避難所配置、避難情報の発令時機、住民の危機意識などによって避難の成否がどのように変わるかを解析し、安全な避難にとって何が重要な因子であるかを考察している。

アジア地域の水害の研究

諸外国の水害、とくにアジア地域の水害問題も研究の対象としてとりあげ、上述した氾濫水理の研究や水災害の防御システムの研究のさらなる展開を図っている。氾濫水理研究の応用として、河川網が発達した領域での氾濫解析法をベトナム国のメコンデルタに適用している。

沿岸水理の研究

沿岸域の海水と淡水の混合した汽水性を考慮に入れた3次元解析法により、河口近くの埋立が沿岸域の流れにどのような影響を与えるか、またその影響が河川の流れにどのように伝わるかを解析した。さらに、この解析法により、河口域の河川の水質や生態を大きく支配している塩水遡上の特性を水理的な観点から考察している。

これからの展開として、沿岸域の水災害の基礎となる沿岸水理学を土砂の輸送・堆積問題を含めて継続して研究するとともに、都市水害の予測と対策、GIS技術の応用、諸外国の都市水害などについて研究の高度化と応用を図ろうと考えている。とくに、沿岸域での経済的発展の著しいアジア地域の都市の水害問題は、今後の重要課題の一つとみており、沿岸域の土砂堆積、河口閉塞ある

いは航路維持などの問題も併せて、また時間、空間スケールが広い範囲にわたって分布していることに注目して、精力的に研究を進めることにしている。

・海岸・海域災害研究分野

教授 高山知司，助教授 間瀬 肇
助手 吉岡 洋

周囲を海で囲まれているわが国は、海からの災害、つまり高潮や高波、津波によって多くの人命と貴重な財産が奪われてきた。特に、敗戦で荒廃した国土に災害が多発し、当時は災害から国土を護ることが国の重要課題であった。そのために、沿岸部における高潮や高波、津波の挙動を予測するための研究が精力的に行われるとともに、災害防御の観点から背の高い護岸や堤防が海岸線に平行に建設されてきた。当時の災害対策事業では、災害を効率よく防御することに主眼がおかれた。これは、限られた予算で頻発する災害を軽減しなければならぬ当時の状況ではやむを得ないことではあったが、災害の発生頻度や規模も減少し、成熟した社会となった現在では、単に災害軽減効率だけで護岸や堤防を建設することはできなくなった。災害はまれにしか起きない現象であり、災害のときにだけ役に立つだけでなく、環境にやさしく、日々の生活にも役立つ施設が要請されるようになってきており、防災性に加え快適性や景観性、利便性の高い施設の建設が重要となっている。

防災対策施設を設計するに当たっては既往最大の高潮や津波を対象にしているが、どうしても資料の充実している災害が対象となるために、対象期間は最大でも過去 100 年程度であり、そのために設計対象を越える現象が起きる可能性があり、実際にも起きている。そこで、施設で対応する現象の規模と避難等のソフト的に対処する規模とに分けて、防災対策を建てることが必要とな

り、異常な海象条件がどのような頻度で起きるか、また、施設で対処できる規模以上のものが起きたときにどのような災害状況になるか予め精度よく予測する技術が必要となる。

戦後の頻発した河川洪水災害と工業化に伴う水需要の急増に対処するために、河川改修が行われ、多くのダムが建設された。その結果、従来、河川から海岸に供給されていた土砂は、ダムで堰止められ、海岸線は後退し始め、海浜侵食が顕著になった。さらに、円滑な物流の促進のために、新たな大規模港湾の建設と拡張によって、海岸に沿う漂砂の流れは遮断され、海岸の浸食を助長した。そのため、失われた海浜を取り戻すための人工養浜が積極的に行われようとしているが、これを実行するためには、安定な海浜の造成技術と漂砂の制御技術の確立が急務となっている。

わが国の急速な工業化は、臨海部、特に、港湾内の水質の悪化を招いた。これは環境災害で、自然の猛威による災害ではないが、災害であることには変わりはない。悪化した水質を浄化するためには、外海水との交換を促進させることが重要で、港湾内の流れの状況を把握して、適切な対策を立てることが重要となる。以上述べたような現状認識に基づいて、海岸・海域研究分野では次のような研究を行っている。

- 1) 高潮と高波の算定精度向上と同時生起特性の解明
- 2) 陸上部における津波の挙動特性と構造物に与える影響
- 3) 非線形多方向不規則波の変形計算法の確立
- 4) 海浜の安定化工法の開発と洗掘機構の解明
- 5) 海岸・港湾構造物の確率設計法の確立
- 6) 閉鎖性海域における海水交換特性と水質のモニタリング

平成 10 年および 11 年の研究成果は、著書 4 編(共著)、学術論文 51 編(うち審査付き 36 編)にまとめられる。これらの研究成果のうち約半数は、

他大学あるいは他研究組織の研究者との共著で、他組織との共同研究を活発に行っている。実務で直面している問題に対して研究者の立場から解答を与えることは、工学者としての我々の義務であるとの認識と実際問題との関わりの中で研究しなければならないとの見地から、毎年1課題は実務の問題を取り上げてきた。これによって、大学院生や若手の研究者が陥る実務と研究との乖離を避ける。

今後とも、上述した 1)～6)の研究を遂行し、災害防御に欠くことのできない防災対策施設の設計に必要な技術情報を提供する。

4.5 大気災害研究部門

4.5.1 活動概要

本部門は、災害気候・暴風雨災害・耐風構造の3つの研究分野から構成されている。本部門では、自然災害の一つとしての大気災害の研究と、人間活動による大気環境変動、それに伴って生じる大気災害の研究を2つの柱とし、それらに伴って生じる被害の防止、軽減を目的としている。3つの研究分野は協力して、地球規模から、リージョナル、メソスケール、さらに都市・建物スケールの現象の研究分野をカバーしている。即ち、大気乱流・局地気象・豪雨・台風・大気大循環・大気組成の変化とそれに起因する異常現象や気候変動、および強風・乱気流が建物や構造物に与える影響の研究を実施している。

1998年には、光田寧教授、村松久史教授の定年退官に伴い、災害気候研究分野と暴風雨災害研究分野に岩嶋樹也、植田洋匡が着任し、2000年桂順二教授の定年退官に伴い、同年9月耐風構造研究分野に河井宏允が着任した。

災害気候研究分野では、大気組成の変化や大気・海洋循環の変動に伴って生じる異常気象・異常気候の発現および気候変化・変動との関係の研究を行っている。

暴風雨災害研究分野では、集中豪雨・台風を中心としたメゾ異常気象、これと成層圏や大規模大気運動との相互作用の研究と、地球温暖化、酸性雨など大気環境変動の研究を行っている。

耐風構造研究分野では、構造物に作用する風の性状やそれによる構造物の挙動の研究と風による災害の防止と軽減のための耐風設計法の研究を、野外観測・風洞実験・数値シミュレーションを駆使して実施している。

部門全体は、気象力学・流体力学・構造力学など「力学」を共通の学問基盤としており、プロジェクト研究を通して有機的な連係を保っている。特

に、大型研究プロジェクトの推進のために、国内及び世界における研究拠点としての役割を果たしている。

1989-1993年度には、国際共同研究特別事業「黒河流域における地空相互作用に関する日中共同研究」(HEIFE: HEIthe river Field Experiment)の研究代表を務め、さらに、残る問題解決のために科研費国際共同研究AECMP(Arid Environment Comprehensive Monitoring Project)を推進してきた。これらのプロジェクトを契機として、現在も「風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究」プロジェクトにおいて、乾燥地域における地空相互作用とダストストームの解明と予測研究に取り組んでいる。

1996年度からは、気候変動国際共同研究計画(WCRP)の大型プロジェクト「全球エネルギー・水循環研究計画」(GEWEX)の一部である「アジアモンソンエネルギー・水循環研究観測計画」(GAME)の推進にも貢献している。このプロジェクトでは、特にチベット高原における大気境界層研究(GAME-Tibet)で中心的な役割を果たすとともに、熱帯気象観測(GAME-Tropics)にも参加している。

大気環境研究としては、「アジアでの酸性雨数値モデル研究プロジェクト(RAINS-ASIA)」の研究代表、「大気汚染長距離越境輸送研究プロジェクト(日中韓3国)」、「アジアのエアロゾル特性研究計画(ACE-Asia)」、科研費特定領域研究「対流圏化学のグローバルダイナミクス」などで中心的役割を果たしている。

大気災害、大気環境の中核的研究機関と全国共同利用の役割を担うべく、研究施設、手段も整えてきた。境界層風洞実験施設と人工衛星受画装置などのハドウェアと、大気拡散予測システムHOTMAC、気象数値予測モデル(MMPM, 3D-SIMPLER,

MM5(NCAR/Pennsylvania State Univ.), ARPS (Oklahoma Univ.)モデル)、ラ-ジエディシミュレーションモデル、酸性雨・光化学・大気汚染の長距離輸送・反応・沈着数値モデルなどのソフトウェアを整備している。また、野外共同観測のシステムとして、ドップラーソーダ、RASSなどの遠隔計測技術と超音波風速温度計、湿度変動計、乱流フラックス計測装置などで構成される気象観測システムや構造物実験を行う際の計測システムの構築に努力してきた。また、防災研究所の一般共同研究・特定共同研究の支援を得て、研究者のネットワークの拠点作りを行ってきた。なお、大規模施設である「境界層風洞」については、建設後17年を経過して、遺憾なことに維持費の支援がなく、運転にも差し支える状況にある。

大気災害関連の防災研究所特別事業として、1998年度、1999年度には「異常気象時の大気境界層構造変化と大気災害に関する研究」、「大気災害をもたらす異常気象時の大気環境に関する研究」を実施した。

さらに、大気災害に係る突発災害調査研究を積極的に推進している。八丈島を襲った台風9617号、九州北部で発生した強風被害、バングラディシユの竜巻、インドネシア森林火災のほか、1998年、1999年度には「1998年9月台風9号による近畿地方を中心とした強風災害に関する調査研究」、「台風9918号に伴う高潮と竜巻の発生・発達と被害発生メカニズムに関する調査研究」を実施した。

4.5.2 研究分野の活動概要

・災害気候研究分野

教授 岩嶋樹也、助教授 田中正昭

助手 寺尾 徹

学内研究担当:理学研究科 教授 木田秀次、

助教授 里村雄彦

産業革命以後の人間活動の爆発的な進展は、様々な規模の気候に影響を及ぼし、それが種々の大気災害を引き起こし、更には経済・社会に大きな影響を与えるまでになっている。来世紀には、そのような影響が更に大きなものになることが懸念されている。このような、将来の気候の変動・変化によって生ずることが予想される災害に対処するためには、これまでに生じた異常気象の発現機構や気候システムの維持・変動の機構をあらゆる角度から検討することが要請されている。災害気候分野では、異常気象とその発現過程、気候変動原因とその機構を解明することを目標にして、次のような研究課題に取り組んできた。

- 1)大気組成の変化とその気候及び災害への影響
 - 2)大気大循環の変動による長雨・旱天・異常高低温などの異常気象の発生
 - 3)大規模な大気と陸面・海面の相互作用とその気候への影響
 - 4)東アジアモンスーンの消長とその異常
 - 5)京都盆地・琵琶湖などにおける地域的・局地的大気循環の解明と霧・海塩による災害
- 平成10・11年度には、以下の研究を進めた。

対流圏大気微量成分の変化に関連しては、以下のような3課題について基礎的研究を進めてきた。

モデルによる研究としては、温室効果気体として重要な二酸化炭素について「**グローバル・モデルによる大気中二酸化炭素分布のシミュレーション**」を行い、対流圏硫黄化合物の収支を明らかにするため、「**対流圏硫黄化合物の3次元輸送 - 化学モデルの開発**」を行い、「**汚染大気における硫黄**

酸化物濃度の季節変化」について研究を進めた。

また、二酸化炭素に劣らず重要な温室効果気体である大気メタンやオゾン(オキシダン)についての観測的・解析的研究を進めてきた。これは、都市域とその周辺の実態や挙動の解明を目指したものである。拡大の一途にある都市域には人間活動が集中し、特有の発生・消滅源が存在しており、また、不明な点がまだまだ多い。愛知県や京都府南部域を研究対象にして、既存の観測網と独自の観測によるデータを活用して「都市域とその周辺における大気メタン濃度とその変動」の研究を進めてきた。特に、海上を含む都市域周辺の大気微量成分(バックグラウンド)濃度分布を明らかにするために、防災研究所一般共同研究 11G-1「伊勢湾と湾岸都市域及びその周辺における大気微量成分の動態解明」を実施した。また、京都府南部域に台風が襲来した際の大気微量成分(オゾン・メタン)の分布と変動について調査した(「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()」、「都市とその周辺の台風襲来時における大気微量成分濃度」)。

異常気象に関連して、日最大降水量極値の解析的研究成果について発表した(『気候変化・変動 - 過去・現在・未来 - 』に関する国際会議 CCV99)。

大気循環の変動に関しては、下記 4 課題について研究を進めた。

1) 南半球における偏西風・高低気圧攪乱の相互作用; 2) 熱帯対流圏温度場とアジアモンスーン・ENSO システム; 3) 中緯度偏西風帯の準定常ロスビー波; 4) 熱帯降雨域における大気構造の観測

局地気象に関する研究では、三次盆地における霧の観測的研究(防災研究所一般研究 11G-5「盆地における霧の発生及び維持機構とその予知に関する研究」)を実施した。

・暴風雨災害研究分野

教授 植田洋匡、助教授 石川裕彦、
助手 堀口光章

本研究分野は耐風構造研究分野、災害気候研究分野とともに大気災害研究部門を構成している。この大部門では、自然災害の一つとして重要な大気災害の研究と、人間活動による大気環境変動とそれに伴って生じる大気災害の研究を 2 つの柱として実施しており、本分野は、リージョナルからメソ、都市スケールの現象を対象としている。すなわち、台風、集中豪雨などによる異常気象現象の構造、発生・発達機構と、乱流、大気大循環など様々なスケールの大気運動間の相互作用の研究を一つの柱にし、地球温暖化、酸性雨などの大気環境変動の研究をもう一つの柱にしている。それらに伴って生じる大気災害を防止、軽減することを目的として、次の課題について研究を行っている。

様々なスケールの大気運動とそれらの力学的相互作用 - 乱流、渦運動

乱流、渦運動、非線形波動を対象に、それらの不安定、発達、成層、回転の効果を中心課題とし、これらの基礎研究を通して「環境流体力学」の構築を目指している。特に、乱流構造と輸送機構に関しては、それらに及ぼす密度成層効果を含めて体系的な研究を実施し、成層の極限状態にも適応できる成層乱流理論の構築を行ってきた。

地空相互作用とアジアモンスーンのエネルギー・水循環

GAME-Tibet、GAME-tropics、砂嵐の大型プロジェクト研究を推進している。1996 年度から 5 ケ年計画で、国際共同研究特別事業「アジアモンスーンエネルギー水循環観測研究計画(GAME)」を研究実施機関の一つとして遂行している。特に、GAME-Tibet では、プロジェクトリーダーを務め、標高 4000m で広大な面積を有するチベット高原上数地点で地空相互作用の観測を実施し、アジア

モンスーンに及ぼす影響、さらに地球規模での熱、水循環に占める役割を明らかにしてきた。GAME-tropics では、降雨の日変化を調べ、東南アジア内での地域特性、早朝豪雨の発生地域の存在を明らかにしてきた。砂嵐の研究では、上空での雨滴、雲粒の蒸発冷却によるコールドプールの形成と冷氣外出流による砂嵐の維持機構の存在を見出し、数値モデルによるメカニズムの解明を行った。

メソ異常気象現象の構造とその発生・発達機構

メソ異常気象として、集中豪雨、台風を重点的に取り上げ、雲物理、降水現象に含まれる力学素過程、気象システムのエネルギー論の基礎研究を行ってきた。

台風の力学的メカニズムに関しては、数値モデルと気象衛星、レーダーなどのデータ解析をもとに、渦運動、乾燥貫入、成層圏との相互作用など新しい観点から研究を実施し、台風の内部構造、発達、温帯低気圧化などについて新しい知見を得た。これらに基づき構成との台風予測モデルの構築を目指している。

集中豪雨研究として、箕面・九州北部豪雨(1997年)、群馬・高知豪雨(1998年)などについて、気象データ、数値モデルを用いた事例解析を進め、豪雨の維持・発達機構として乾燥貫入による蒸発冷却と冷氣外出流の強化機構を提唱し、その予測可能性を検証している。また、白浜空港の竜巻(1997年)、豊橋の竜巻(1999年)、九州北部のダウンバースト(1998年)などの気象災害などのメソ異常気象の調査研究を実施した。

大気境界層の乱流組織構造、雲物理・降水過程

最新の遠隔計測として、境界層レーダー、RASS、ドップラーソーダ、MUレーダー、降雨レーダー、レーザーレーダーを用い、これに人工衛星データとして静止気象衛星「ひまわり」、TRIMM、GPS積算水蒸気測定法などのデータを組み合わせた対流圏気象観測システムの構築を宙空科学研究セ

ンターと協力して行ってきた。それを用いた観測として、大気境界層の乱流組織構造と雲物理・降水現象の研究を実施してきた。

リージョナル、メソスケールの大気環境変動

酸性雨、光化学オゾン、エアロゾル汚染を対象に、これらの輸送、拡散、反応、変質、沈着の素過程の基礎研究を実施し、対流圏大気質の輸送、反応、沈着数値モデルを完成させた。これを用いて、大気汚染問題と環境酸性化と放射(地球温暖化・寒冷化)への影響の研究を実施してきた。対象領域として、都市、メソスケールからアジア全域を含めたリージョナルスケールを扱ってきた。

大型プロジェクト研究として、「アジアでの酸性雨数値モデル研究プロジェクト(RAINS-ASIA)」の研究代表として計画を推進し、「大気汚染長距離越境輸送研究プロジェクト(日中韓3国)」「アジア大気エアロゾル特性研究計画(ACE-Asia)」や「科研費特定領域「対流圏化学のグローバルダイナミックス」」などの研究にも参加している。これらにより、対流圏オゾン、酸性雨の東アジアでの特性、特にこれらの歴史的推移と将来、黄砂飛散とそれによる酸性雨の中和、対流圏-成層圏の物質交換などを明らかにしてきた。

耐風構造研究分野

教授 河井宏允、助教授 丸山 敬

耐風構造研究分野では、構造物に作用する風の性状やそれによる構造物の挙動などの解明を行い、風災害の防止軽減のための研究を行っている。また、強風時の市街地における気流性状、および火災による高温熱気流場の性状に関する基礎的な研究も行っている。

研究課題とその内容は以下の通りである。

強風災害調査

平成10、11年度に起こった強風災害に関しては、台風9907号および9918号に関する被害調査を行い、強風の性状、強風による建築物の被害の

状況と発生原因を明らかにした。また、航空機による映像により被害率を求め、広範囲におよぶ被害状況の把握方法に関する検討をおこなった。さらに、台風 9918 号に関しては付随して起こった豊橋と小野田市における竜巻による被害性状を明らかにした。



台風 9907 号による歴史的建造物の被害

非流線型物体まわりの流れに関する新概念の検討

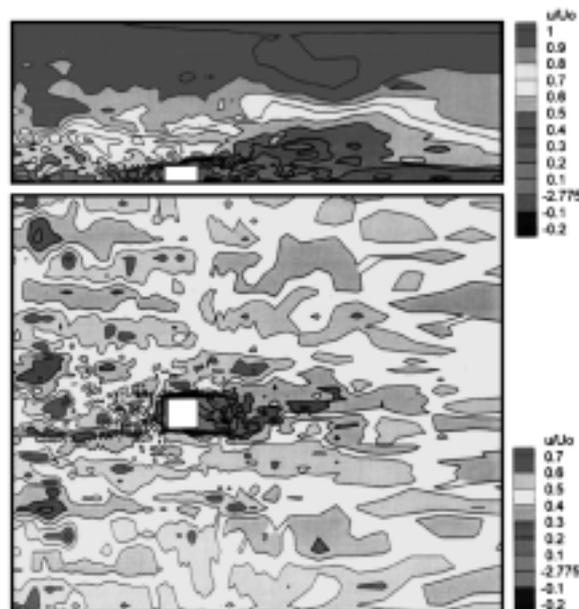
潮岬風力実験所に設置された模型による風圧計測結果の解析を行ったところ、自然風の強い非定常性と再現性の欠如のため、それまでの風洞実験の感覚では理解しがたい結果が得られた。この現象を詳細に検討した結果、物体まわりの流形の形成には時間ではなく距離を要し、その距離は物体の形状に固有のものであることから、物体の部分的にはその近辺の流形形成長さ、物体全体としては流形完成長さという主流に沿った直線的な長さが重要であることがわかった。そこで、基準とする風速ベクトルを時間積分して得られる位置ベクトルの先端を結ぶ、一種の仮想流路である流程という新概念を提案した。この流程という概念を用いると、その直線性の持続が流形形成を支配し、曲率が物体まわりの循環変化をもたらすことを実証した。

角柱周りの非定常流れ場の数値計算

数値的に生成された変動風速場を用いて、角柱周りの乱流場の数値解析を行った。計算結果を実験結果と比較した結果、平均値に関してはかなりよく実験を再現する事が示めされたが、変動値に関しては検討の余地が残る結果となった。また、計算結果を用いて、乱れた接近流に特有な、負圧の発生機構を検討することができた。それによると、接近流のゆっくりとした風速変動が、圧力変動に大きな影響を与えていることが明らかになった。

強風下の高温熱流の実験的研究

市街地上に発達した接地境界層内における火災源を含む高温熱気流場の性状を明らかにするため、洞実験によって火災源下流の速度・温度変動や、地表面・建物表面の温度分布を測定するための計測システムの構築を行い、測定が可能な状態になった。また、対応する高温熱気流場の数値計算を行うための乱流モデルの検討を行い、上記測定データにより、計算手法・モデル定数の検討を行っている。



人工的に生成した流入乱流場を用いた角柱周りの非定常流れ場の数値計算

4.6 災害観測実験センター

4.6.1 センターとしての活動概要

研究対象と方針

観測や大型実験による共同研究を推進し、災害現象の理論的な分析、物理的実験、現地観測ならびに数値シミュレーションの手法を駆使し、自然災害の予測・防止・軽減に関する研究を有機的に行うことを目的として、災害水象・土砂環境・気象海象および地震動の4研究領域で構成され、宇治構内のほか2実験所(宇治川水理実験所および潮岬風力実験所)および4観測所(穂高砂防観測所・徳島地すべり観測所・大湊波浪観測所および白浜海象観測所)を研究活動の場としている。

施設やデータの全国共同利用を原則として、他大学および官・民の研究機関との共同利用を精力的に行っている。また、共同利用成果の学会・論文集・報告集への発表、実験・観測データの公開により研究成果の社会への還元を推進している。

現在の重点研究課題

- ・災害環境の総合観測に関する研究
- ・地震動に伴う海岸流出・海底地すべり災害に関する研究

4.6.2 研究分野の活動概要

・災害水象観測実験

今本博健, 石垣泰輔, 上野鉄男, 武藤裕則
馬場康之

名合宏之(非常勤講師), 大年邦雄(非常勤講師)

藤原建紀(研究担当)

分野の研究対象

豪雨による洪水災害、台風による高潮災害、又は地震による津波災害などのいわゆる水災害の発生機構及び被害の防止・軽減方法について、観測および水理実験の手法を用いた研究を行っている。さらに、自然環境を保全し、適切な開発を

行うために、重力流、風成流、潮汐流、密度流の特性などについても観測・実験を行っている。この領域では、宇治川水理実験所において種々の流れに関する基礎的実験と、実際の水理現象を空間的、時間的に縮小して再現させる模型実験とを行っている。

現在の主な研究テーマ

- (1) 洪水流の観測及び実験
- (2) 湾域・湖沼の流れの観測及び実験
- (3) 水理現象に関する模型実験
- (4) 水理構造物の防災機能に関する実験
- (5) 水理環境保全工の機能に関する実験

各研究テーマ

(1) 洪水流の観測及び実験

(石垣泰輔, 上野鉄男, 武藤裕則)

流れが高水敷に及ぶ洪水時の流れを対象に、低水路を移動床とした複断面蛇行水路における流れの構造とそこに形成される河床形状との関係を実験的に検討している。また、斐伊川において、1993年から洪水時に洪水流況と河床形状の同時観測を行ってきた。観測結果に基づいて、洪水流の非正常特性、河道の抵抗特性、砂州および砂堆の形状の時間変化と移動特性ならびに流砂量の時間変化特性について検討している。

(2) 湾域・湖沼の流れの観測及び実験

(今本博健, 馬場康之, 藤原建紀)

内湾域における潮流を対象とした模型実験や、強風・波浪により引き起こされる流れに関する現地観測などを通じて、沿岸域における流動の実態の把握・理解を進展させる研究を行う。

(3) 水理現象に関する模型実験

(今本博健, 武藤裕則, 馬場康之)

河川流・湖流および潮流の流動特性の把握とそれらの流れに対する水理模型実験法の進展・確立を目的に、大規模模型を含む様々なスケールの水理

模型を用いて河川・湖沼・湾域などの各種流れ場を対象とした実験的研究が行われている。また、模型実験を行う際の模型縮尺の選定法や移動床開水路流れに関する水理相似則に関する検討を行い、水理模型実験法の確立を図っている。

(4)水理構造物の防災機能に関する実験

(今本博健,名合宏之,大年邦雄)

河川における護岸・護床工や防波堤・海岸堤防といった水理構造物の被災機構を解明するため、構造物周辺の流動特性と地盤の変形特性およびそれらの影響下での構造物の変形特性に関する研究を行っている。また、歴史的な河川構造物の再評価に資することを目的として、河川を横断する水理構造物の築造に係る河川工学的な根拠およびその水理機能に関する検討を実験的に行っている。

(5)水理環境保全工の機能に関する実験

(今本博健,石垣泰輔,武藤裕則)

わんど内の流動、主として循環流の形成と主流部との流体交換、およびそれらに基づく物質の輸送機構に関する基礎的な検討として、直線水路の片側に設置した高水敷の一部に矩形の低水路凸部を設け、速度計測と流れの可視化を行う。

・土砂環境観測実験

関口秀雄,澤田豊明,末峯 章

分野の研究対象

地すべり、山崩れ、土石流、土砂流出、測方流動など種々の土砂災害や、山地荒廃及び環境劣化を引き起こしている土砂移動現象について研究を行っている。すなわち、沿岸域における未固結堆積地盤の液状化、流動変形及び粒子移動問題を対象として遠心力場動的実験法を駆使した研究を行っている。さらに、丘陵・山地域における斜面土層の風化・浸食などによる不安定土砂の生成過程と滑動・流動などの移動過程の連続観測、並びに各々の過程における各層の特性に関する現

地観測を穂高砂防観測所と徳島地すべり観測所で実施し、これらの現象の特性と原因の解明に努めている。特に穂高砂防観測所では活火山焼岳を源流とする足洗谷において土砂の生産流出過程、河道特性の変化ならびに土砂流出の制御調達構造物の機能などに重点をおいた観測を実施している。徳島地すべり観測所では、その立地条件を活かして、構造線沿いの破碎帯地すべりの連続観測及び地すべり規模の推定に関する実験などを行っている。

現在の主な研究テーマ

- (1)不安定土砂の生産と流出に関する観測研究
- (2)河道、河床変動の観測研究
- (3)山体変形、土圧変動の計測と山体解体過程の研究
- (4)地すべり地における地下水と土塊移動の観測研究
- (5)水際地盤の液状化、流動変形及び粒子移動
- (6)耐波・耐水構造物の地震時変形と耐震補強

研究テーマ

(1)不安定土砂の生産と流出に関する観測研究

(澤田豊明)

山地流域において崩壊・斜面侵食・渓岸侵食などによって引き起こされる土砂生産の実態を明らかにし、その流出の課程を明らかにする為に、ヒル谷試験流域を設け観測調査を実施している。土砂生産の外力としての降雨、凍上・融解、風等役割を明らかにし、土砂生産に1年を周期とする特性があることを明らかにした。また、生産土砂の流出過程については、出水の特性と河道の特性によって支配されていることが明らかとなった。

(2)河道、河床変動の観測研究(澤田豊明)

山地河道の形態と河道の形成・破壊の過程を明らかにするためにヒル谷試験流域の河道において継続的に観測・調査を行っている。山地において河道はステップ・シュートからなる階段状の形態を有しており、この形態が土砂流出を支配する

とともに水生生物の生育に大きく関与していること、また通常の洪水などによる土砂流出によって河床の変動が生じても1週間から1ヶ月程度で元の河床に近い形態に復帰することが明らかとなった。

(3) 山体変形、土圧変動の計測と山体解体過程の研究 (末峯 章)

斜面の表面に伸縮計を設置し、土中にパイプひずみ計を設置して変形の様子を観測した。また土圧計を設置して、変形時の土圧が、必ずしも斜面上部と下部で本に書いてあるような状態、主働土圧と受働土圧となっていないことを明らかにした。

(4) 地すべり地における地下水と土塊移動の観測研究 (末峯 章)

地すべり地の地下水の流れを解明するために、排水ボーリングからの流出量を観測した。この流出量の地下水流出と中間流出の成分解析から、土塊の移動による地下水の流出の変化が起こっていないことと、道路建設の影響がなかったことを明らかにした。

(5) 水際地盤の液状化、流動変形及び粒子移動 (関口秀雄)

海岸堤防や防波堤など沿岸防災施設の機能確保、ならびに海岸環境保全への適用を視野にいれて、遠心力場実験法を開発し、厳しい波浪負荷のもとにおける砂質地盤の液状化と流動変形過程を明らかにした。

(6) 耐波・耐水構造物の地震時変形と耐震補強 (関口秀雄)

高地震活動域における護岸構造物の耐震性評価や耐震補強デザインに資するために、粒状土の繰返し塑性を考慮した多次元動的有限要素解析コードを開発し、強震動下の飽和水平地盤の液状化過程をはじめ、混成式防波堤の揺込み沈下過程等の予測を可能とした。

・気象海象観測実験

山下隆男, 林 泰一, 加藤 茂

分野の研究対象

気象・海象に関する環境防災論を進展させるため、白浜海象観測所・潮岬風力実験所(和歌山県)、大潟波浪観測所(新潟県)の3観測施設が共同で、気象・海象災害外力、強風災害、沿岸海域環境に関する、以下のような研究を重点的に行っている。台風の気象学的立体構造、季節風時の日本海の海上風特性、およびそれによる高波浪、広域海浜流、高潮の発生・発達機構の解明と予測に関する研究。構造物に対する強風災害発生機構の研究。海浜保全、沿岸域の環境要因と生態系の変動予測に関する研究。

現在の主な研究テーマ

- (1) 台風高潮のダイナミクスと数値予知
- (2) 大気 波浪 海水循環系の3次元解析システム
- (3) 大気境界層における強風時の乱流構造の観測
- (4) 大気 陸面相互作用(エネルギー・物質交換機構)
- (5) 構造物の耐風性の観測
- (6) 構造物の強風災害調査
- (7) 広域海浜流・漂砂循環系と海浜地形変化予測
- (8) 沿岸域環境防災のためのモニタリングと数値予測手法

各研究テーマ

(1) 台風高潮のダイナミクスと数値予知

(山下隆男, 加藤 茂)

(目的・方法) 台風による高潮・高波の予知のための基礎研究。風から波浪へ、波浪から流れへの運動量流束の変換・伝達機構を明確にすることにより、台風の風域場、波浪場(高波)、吹送流場(高潮)の数値予知を行う。

(成果) 碎波せん断応力を導入することにより、高潮と高波との相互作用を入れた高潮数値モデルを提案し、その実用化を行っている。

(2)大気 波浪 海水循環系の3次元解析システム (山下隆男 加藤 茂)

(目的・方法)海上風、海洋波浪、海水流動の数値モデルを結合し、大気 - 波浪 - 海水循環系の3次元解析システムを構築する。このため、白浜海象観測所の高潮観測塔における気象、海洋観測データを用いて、各々の数値モデルの検証を行うと共に、モデル間のインターフェースを構築する。

(成果)波浪の浅水域での海面せん断応力の評価法を確立した。成層を考慮した3次元海水流動モデルを構築し、夏季の田辺湾に適用し水温、塩分、海水流動場の3次元シミュレーションを可能にした。

(3)大気境界層における強風時の乱流構造の観測 (林 泰一)

(目的・方法)大気境界層は、室内実験や数値実験では実現できないレイノルズ数の大きな風速場である。そこで風速変動を観測する事によって、乱流の性質を解明する。このため、潮岬風力実験場で台風や冬季の季節風時に強風の多点観測や音響探査装置を利用して観測を実施する。

(成果)大気境界層における強風の観測を実施し、風速変動の空間構造、空間相関やスペクトルなどの統計的な性質を明らかにした。さらに、強風の発生は非定常であり、強風域は風向方向にのびた領域を持ち、その前面には突風前線が形成されていることを観測によって示した。また、音波探査装置による観測結果から非定常現象の鉛直構造が明らかになった。

(4)大気 陸面相互作用 (エネルギー・物質交換機構) (林 泰一)

(目的・方法)大気接地層における大気と陸面との顕熱や水蒸気、二酸化炭素の輸送過程、熱収支、水収支を観測から明らかにする。潮岬風力実験所の野外実験場で、3次元超音波風速温度計や湿度変動計から構成される大気乱流計測装置や風速、気温、湿度のプロファイルを計測することによ

て、エネルギー交換過程を解明する。

(成果)長期間にわたって、渦相関法をによる運動量、顕熱、潜熱の輸送量を直接測定し、潮岬風力実験所における輸送量の長期変動、季節変動を明らかにした。これらの資料はアジアフラックスネットの観測資料の一環として貴重である。また、乱流簡素句法についても検討を加えより合理的な観測法を確立した。

(5)構造物の耐風性の観測 (河井宏允, 丸山 敬, 林 泰一)

(目的・方法)台風などの強風の構造物に対する風圧や振動などを自然風中で測定し、より合理的な耐風設計法の確立を目指す。このため潮岬風力実験所の野外実験場に構造物の模型を作成し、その壁面の風圧分布や振動を測定する。

(成果)野外模型の風圧分布や挙動を長期間にわたって観測することにより、合理的な耐風設計に対する基礎資料が得られた。

(6)構造物の強風災害調査 (林 泰一, 石川裕彦, 丸山 敬)

(目的・方法)台風や竜巻、ダウンバーストに伴う強風災害の実態を把握し、発生メカニズムを解明し、この種の災害の軽減を目指す。実際に強風災害が発生した際に現地へ赴き、被害の実態を調査し、気象資料の収集をする。

(成果)台風9807号、台風9918号や豊橋市の竜巻、九州北中部のメソ気象災害の発生時に現地調査を行い、気象状況および被害発生の実態を調査し報告書を作成した。

(7)広域海浜流・漂砂循環系と海浜地形変化予測 (山下隆男, 加藤 茂)

(目的・方法)冬季季節風による強風・高波浪時の海岸流(広域海浜流)の観測により、これを再現する数値・数値モデルを構築する。さらに、広域海浜流により発生する広域漂砂の空間変化が海底地形に及ぼす影響を考慮した海浜変形予測法を確立する。

(成果)広域海浜流の 3 次元数値モデルを構築した。観測棧橋を核とした大湊海岸における冬季風浪・広域海浜流観測結果を用いて、数値モデルの適用性を検証すると共に、広域漂砂循環系の理論を構築し、これを基礎とした海岸管理システムを提案した。

(8)沿岸域環境防災のためのモニタリングと数値予測手法 (今本博健, 山下隆男, 芹澤重厚 吉岡 洋, 加藤 茂)

(目的・方法)白浜海象観測所の高潮観測塔の海象観測データと近畿大学水産研究所の海域環境データとを用いて、田辺湾における赤潮発生予測を行う。これにより、沿岸域環境予測のためのモニタリング手法を確立する。さらに、これをと、高潮の数値予知法と結合し、沿岸域環境防災の予測手法を確立する。

(成果)夏季の田辺湾に適用し水温、塩分、海水流動場の 3 次元シミュレーションとプランクトン増殖モデルを結合し、赤潮発生予測モデルを構築中である。波浪による空気の海水への混入過程の観測を行った。

・地震動観測実験研究領域

分野の研究対象

この研究領域は、強震動観測、地震波による地盤調査、大型構造物 地盤系の地震応答、耐震特性の実験研究を目的としているが、現在定員は付いていない。設立後は、災害水象、土砂環境、気象海象の 3 研究領域が地震災害研究部門と共同して研究を行っている。

現在の主な研究テーマ

- (1)耐波・耐水構造物の地震時変形と耐震補強メカニズム
- (2)津波の伝播、陸上遡上の数値シミュレーション
- (3)地震時の河川施設の治水機能

各研究テーマ

(1)耐波・耐水構造物の地震時変形と耐震補強メカニズム

高地震活動域における海岸堤防や防波堤など水際防災施設 地盤系の耐震性能を評価するために、遠心力場振動台や 6 自由度水中振動台を用いた実験的研究を推進している。また、強震動に対する水際防災施設 地盤系の高度に非線形な挙動予測を可能とするために、粒状土の現実的な繰返し塑性を考慮した動的有限要素解析プログラムを開発している。その適用例の一つに、強震動に対する混成式防波堤 地盤系の塑性変形過程の解明がある。

(2)津波の伝播、陸上遡上の数値シミュレーション

 (山下隆男、ギャリー・ワトソン、安藤雅孝)

(目的)数値モデルによる近地津波の伝播、変形シミュレーションとそれによる津波防災対策への支援。

(方法)地震断層によって発生する近地津波の伝播および陸上への遡上の数値シミュレーションモデルの開発と応用。

(成果)1993 年の北海道南西沖地震津波の伝播、青苗地区への氾濫数値シミュレーションを行い、災害調査から明らかにされた津波の挙動が数値計算でよく再現されていることを示した。また、秋田沖仮想地震の場合の日本海全域における津波の伝播シミュレーションを行い、この地震による津波の沿岸分布を示した。

さらに、南海道地震津波による紀伊半島、四国沿岸の津波伝播シミュレーションを行い、この結果を参考にして津波防災対策を地元住民と共に検討した。

(3)地震時の河川施設の治水機能

1995 年に発生した阪神大震災によって堤防・護岸などの河川施設が大きな被害を受けたことは記憶に新しい。これらの治水施設には、地震動に対してはまず構造上絶対に破壊されないこと

が要求されるが、万一破壊した場合には治水上要求される水準を最低限満たすような機能が保持されるよう設計されるべきである。本研究は、地震時の河川施設の挙動を水・土・構造物の相互作用という観点から明らかにし、治水施設に要求される強度、および破壊時にも維持されるべき機能とそのための施設の設計方法について検討するものである。1996年に新設された水理構造物3次元強振動実験装置がこれらの検討のために供されている。

4.6.3 その他重要な活動

(学会活動)

関口秀雄:(社)地盤工学会理事、国際部長(平成10年～)、(社)地盤工学会災害連絡会議幹事長代理(平成10年～)、国際地盤工学会日本支部Secretary(平成10年～)、日本学術会議メカニクス、構造研究連絡委員会委員、Soils and Foundations 編集副委員長(平成8～9年)

石垣泰輔:土木学会水理委員会委員(平成11年～)、土木学会論文集編集第2小委員会幹事(平成12年～)

末峯 章:地すべり学会理事

山下 隆 男 :Coastal Engineering Journal、Editorial Board Member(平成4年～)

武藤裕則:土木学会水理委員会環境水理部会委員(平成10年～)、同東南アジア河川域研究小委員会委員(平成11年～)、同河川部会幹事(平成12年～)

(社会貢献)

今本博健:大阪府消防学校防災講演会講師(平成11年及び12年)、京都市伏見消防署防災講演会講師(平成11年)、デ・レイケ記念シンポジウム・ワークショップ分科会セッションリーダー(平成12年)、テレビ(NHK他)・ラジオ(大阪放送)出演による水災害現象の解説

関口秀雄:国際遠心模型実験法シンポジウム座長(平成10年)、国際地盤工学会代表者会議日本代表(平成11年)、国際地盤工学会アジア地域会議パネリスト(平成11年)、国際地盤工学会アジア地域代表者会議日本代表(平成11年)、国際地盤工学会非公式代表者会議日本代表(平成12年)

末峯 章:地すべり学会関西支部における春のシンポジウムや秋の現地検討会の設定、徳島県や高知県等における建設省・県との地すべりの合同調査、徳島県やNHKの取材に対する地すべりや崩壊等の解説

林 泰一:串本町と共催で年1回、防災講演会を実施。気象庁・奈良地方気象台や潮岬測候所の職員と年に数回気象研究会を実施。

(集会開催)

(1)大潟町・防災研究所共催の研究発表会、「大潟海岸に学ぶ」、年1回開催、昭和55年～継続中。(目的)大潟波浪観測所の研究成果を地元住民(大潟町民、新潟県民)に知ってもらおうと共に、地域密着型の研究ニーズを発掘する。

(2)白浜町・防災研究所共催の研究発表会、年1回開催(毎年3月第一金曜日)(目的)白浜海象観測所の研究成果を地元住民(白浜町民、田辺市民、和歌山県民)に知ってもらおうとともに、地域密着型の研究ニーズを発掘する。

4.7 地震予知研究センター

4.7.1 活動概要

研究対象と方針

地震予知研究センターは、地震発生とその予知に関する研究を総合的に推進するために、平成2年6月、防災研究所及び理学部にあった地震予知に関連する研究部門・センター・観測所を統合・再編成し、新たに防災研究所附属施設として設置された。

本研究センターは、固体地球科学を基礎とした多くの研究分野の緊密な協力によって、地震発生のメカニズムの解明、それに基づく地震予知とそのための技術開発を目指して研究を行っている。このための研究組織として、6 専任研究分野(地震テクトニクス・地震発生機構・地殻変動・地震活動・地震予知計測・地震予知情報)、1 客員研究分野(地球内部)、総合処理解析室および総合観測移動班が設けられた。これらに合わせて地震予知の研究には不可欠な8観測所(上宝・北陸・逢坂山・阿武山・屯鶴峯・鳥取・徳島・宮崎)がセンター附属の観測所として配置され、西南日本に展開する地震、地殻変動などの広域総合観測網における多項目観測の総合解析を実施するとともに理論的・実験的研究との有機的連携に努めている。本研究センターは設立当初から、全国共同利用的に運営することに努めており、学内外の研究者で構成される運営協議会が設けられ、また研究面では、全国的な共同研究への参加や、その企画等を積極的に推進してきた。平成8年5月防災研究所が全国共同利用研究所に改組されたのに伴い、総合処理解析室を総合処理解析研究領域に、総合観測移動班をリアルタイム地殻活動解析研究領域に変更し、他の「研究分野」を「研究領域」へと改名したものを合わせて8専任研究領域を構成することになった。これにより本センターはより共同利用としての運営を進めるとともに、巨大災害研

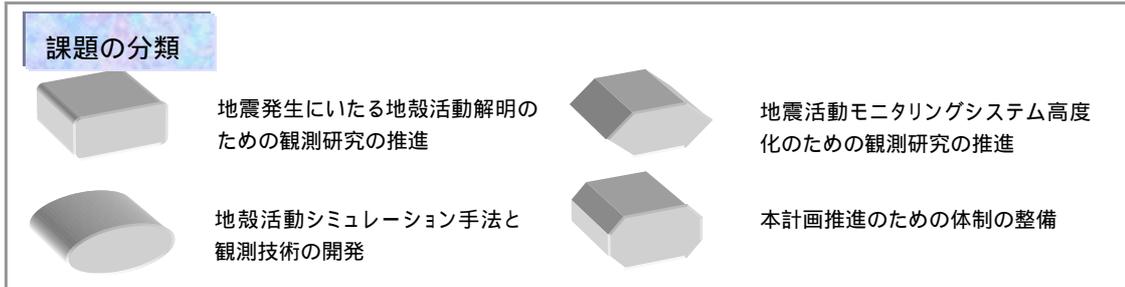
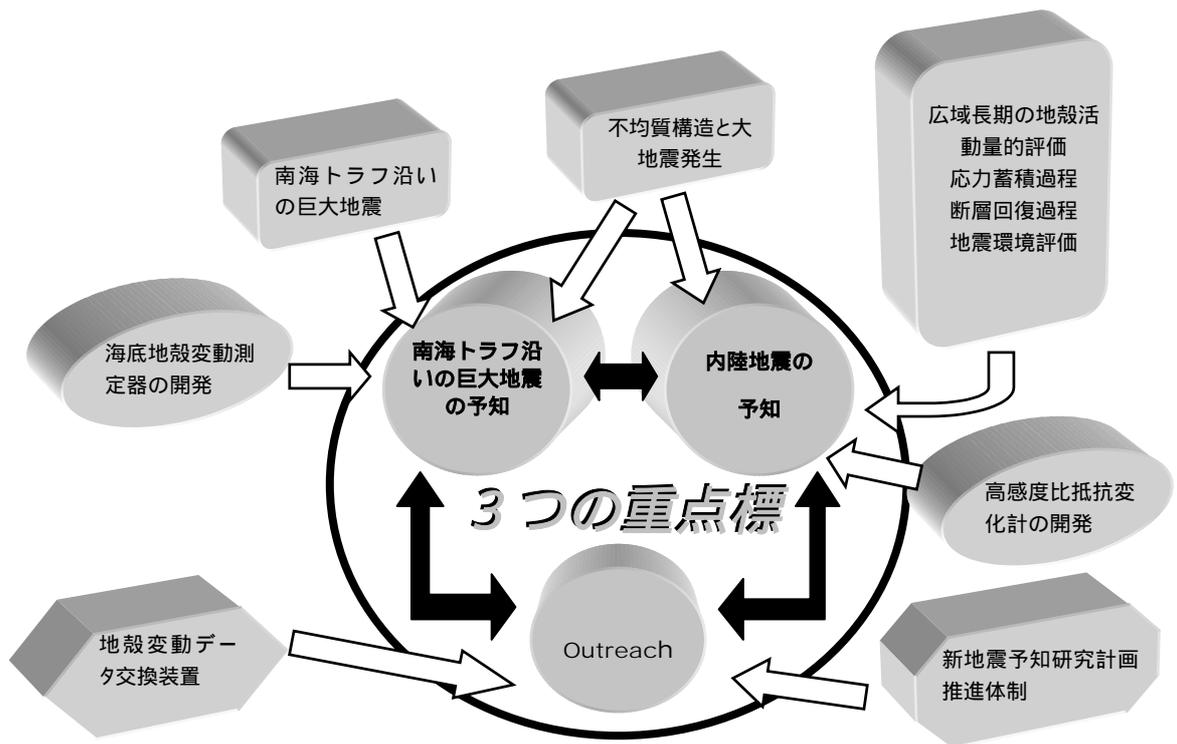
究センターへ助手定員1名を移籍し、地震防災関連の研究との緊密な連携を行うことになった。

現在の重点研究課題

平成7年1月17日の阪神・淡路大震災をもたらし兵庫県南部地震を契機として従来の地震予知計画は大きく見直され、平成10年8月測地学審議会の建議に基づき「地震予知のための新たな観測研究計画」が平成11年度から開始された。現在、それに基づく特別事業(断層の回復過程の研究 野島断層・地殻不均質構造の評価と大地震発生のモデリング・直前過程における地殻活動・地震時及び地震直後の震源過程と強震動)を実施しており、野島断層の回復過程や、大地震発生域での流体の存在による地震波反射層の発見、GPS稠密観測や電磁気学的観測による活断層周辺微細構造の解明など多大の成果を挙げつつある。また、観測所において観測されたデータは全国関連研究者に提供して利用されてきており、観測所の施設そのものもそれぞれの地域における各種観測の基地として、関連研究者に利用されている。

全国の地震予知研究の組織も大きく変わり、地震予知研究協議会(東京大学地震研究所)の下にヘッドクォーターとして企画部および研究推進部会が置かれ、本センターからも多くの研究者が委員を努め、全国の地震予知研究の企画・推進のリーダーシップをとっている。

21世紀半ばには、南海トラフ沿いのプレート間巨大地震の発生確率がピークに達するとされている。それに向けて、内陸被害地震も増えると予想される。これら南海トラフ及び内陸地震の予知研究を強力に推進すると共に、研究成果の社会への有効な普及(Outreach)の3つの柱をもって、地震予知特別事業に対する当センターの現在の重点研究課題としている。同時に、基礎的なものも含めて他の研究活動においても、これらを視野



地震予知特別事業に対する3つの重点目標

に入れて行われている。

また、平成12年10月6日、本研究センターの定常観測網中で発生した鳥取県西部地震については、この観点からも積極的な対応を行っている。

4.7.2 研究分野の活動概要

・地震テクトニクス研究領域

教授 安藤雅孝(平成12年4月転出)

助教授 橋本 学

助手 中西 崇(平成10年度)

分野の研究対象

世界地図を見ると地震が発生する場所は限られている。地震はどこにでも起こるわけではなく、

特別な条件が成り立つ所にのみ起こる、“珍しい”現象と言える。地震は、どのような場所、どのような条件のもとで起こるのか、地球の内部構造やダイナミクスと関連づけて研究するのが、地震テクトニクス領域の研究目標である。したがって、地震に関連するテーマはすべてが本領域に関連するものである。

現在の主な研究テーマ

- 1) 日本列島の変動とプレート運動
- 2) 南海トラフ巨大地震の発生の準備過程
- 3) 海底地殻変動測定機器の開発
- 4) 内陸活断層の変動パターンの研究
- 5) 活断層破碎帯の深部構造の研究

各研究テーマ名

1) 日本列島の変動とプレート運動

(安藤雅孝, 橋本 学)

日本列島はプレート境界に取り囲まれている。この境界は海洋プレートが大陸プレートに沈み込む境界である。駿河湾から東海、四国沖、九州沖ではフィリピン海プレートが沈み込む。このうちでも、南海トラフと呼ばれる沈み込み帯は、巨大地震を引き起こすことが知られている。また、これらプレート運動による応力により、内陸部に歪が蓄積し、内陸地震発生の遠因となっていると考えられている。したがって、日本列島全域の変動とこれを取り巻くプレートの運動の解明は、地震予知あるいは地震発生危険度評価にとって不可の課題である。このため、全国の大学の地震観測網、気象庁、科学技術庁強震ネット等の地震観測データ、国土地理院の GPS 連続観測データ等の公開データ、さらには独自の観測データに基づき、日本列島とその周辺で発生する地震のメカニズム、日本列島のブロック構造とその運動の推定、及び、これらとプレート運動との関連、などに関する研究を行い、日本列島における歪の集中帯とその歪速度を推定した。また、沈み込み帯の変動様式の理解に向けて、世界の他の沈み込み帯との比較研究が、重要である。このため、同じ沈み込み帯に位置するフィリピンの変動様式に関する国際共同研究も実施し、マコロード回廊の地殻変動を明らかにした。

2) 南海トラフ巨大地震の発生の準備過程

(安藤雅孝, 橋本 学)

南海トラフにおいて、最近では 1944 年東南海地震、1946 年南海地震と歴史的に数多くの地震が発生している。次の南海トラフ沿いの地震の予知のために、この巨大地震へ至る準備過程を観測およびシミュレーションを通して理解する必要がある。一方、プレート境界のカップリング状態と内陸の地震の発生が関連を持つことは歴史資

料から知られており、巨大地震による内陸の応力の変化から内陸地震の発生との関連を追跡することも重要である。このため、国土地理院により配備された GPS 連続観測網の公開データ等を使用して、南海トラフのプレート境界断層におけるプレート間カップリング及びその時間的な変化の推定、さらにこれらの結果に基づいた応力の時間変化のシミュレーション、等の研究を行い、日向灘、豊後水道における地震を伴わないすべりを検出した。また、推定されたカップリングの状態から内陸の応力変化を見積もり、多様な地震活動が生じることを示した。

3) 海底地殻変動測定機器の開発

(安藤雅孝, 片尾 浩)

プレート境界がどのようなカップリング状態になっているかを知るには、陸上での地殻変動のみならず、海底での地殻変動の監視が必要である。現在はこのような地殻変動を観測するシステムはない。このため、本領域では海底地殻変動測定システムの開発を行ってきた。このシステムは、海底に設置した固定点の位置を船上から音響的手法で位置を決めると同時に船の位置を GPS で測定し、最終的に海底固定点の位置が決まるものである。これにより、プレート境界面での固着の状態を知ることが出来る。現在は開発段階であるが将来は海底に設置し繰り返し観測することにより観測が可能である。最新の信号技術を用いることにより、10cm オーダーの測位が可能となった。

4) 内陸活断層の変動パターンの研究

(安藤雅孝, 橋本 学)

内陸活断層は内陸地震の震源域となるため、この運動様式を明らかにすることが重要である。すなわち、活断層がどの程度固着して歪を蓄積しているのか、固着している領域はどのあたり、特に深さ方向、を知る必要がある。このため、高密度の GPS 観測により内陸活断層周辺の変動様式を明らかにする観測を、跡津川断層、中央構造線及

び山崎断層で行っている。固着領域の深さは、断層に直交する方向の変位の分布により推定することが可能である。そこで、全国の研究者との共同研究により、上記の活断層を直交して横切るように GPS 観測点を配置して、繰り返し観測することにより変位の分布を明らかにする試みを実施している。跡津川断層では、水平のすべり面の存在が示唆された。一方、中央構造線では、北に傾き下がる固着面の存在が推定されている。

5) 活断層破碎帯の深部構造の研究 (安藤雅孝)

地震を発生させる断層にできるだけ近づき、地震前および地震時、地震後の動きを捉える。地震発生後、断層破碎帯はどの程度のスピードで固着して行くか、そして応力の蓄積がどのように進行するかが、野島断層、神岡鉱山、茂住坑、南アフリカ鉱山で計画が進められている。本領域ではこれらの研究計画に参加して全国の研究者と共同研究を進めている。野島断層においては3本のボーリングが掘削され、注水試験が行われた後、測定機器の設置が行われた。茂住坑には活断層を貫き500mの調査坑が掘られている。この調査坑では断層トラップ波や破碎帯の岩看調査、多項目精密連続観測が行われている。一方、調査坑を取り囲み、地震観測やGPS観測を通して総合的に断層の構造と動きを理解する試みが行われている。

なお、中西 崇は平成10年度南極越冬隊員として、昭和基地にて地震観測、重力観測等に從事している。

・地震発生機構研究領域

教授 島田充彦, 助教授 柳谷 俊

平成11年度COE非常勤研究員 川方裕則

分野の研究対象

当研究領域は、地震発生(地球内部での固体物質の破壊過程)の基礎的メカニズムを解明・理解し、実験・理論を主とする地震予知の基礎研究、すなわち地震発生過程の理論的研究、断層変位と

破壊の研究および岩石破壊の実験的研究を行うことを目的としている。

現在の主な研究テーマ

当研究領域の研究課題を列挙すれば以下のようである；1) 高温高压下の岩石破壊実験による地震発生機構の研究；2) プレート内地震発生機構と断層モデルの研究；3) 岩石破壊実験装置の開発；4) それらによる地震の中期予知の研究。

各研究テーマ名

(1) 高温高压下の岩石の変形破壊機構と地殻の地震発生層の性質 (島田充彦)

地震発生機構の研究に関連する岩石の破壊実験には三軸試験機が用いられる。従来の装置より高い圧力・温度条件下での実験が可能な六方独立駆動式のプレスが開発され、封圧3.7GPa、温度1000 までの実験が行われている。これにより、岩石の破壊の仕方が封圧が高くなると変化するなど新しい知見が得られている。例えば、封圧1.5GPaで花崗岩の強度は、200~280 の温度範囲で異常に低いことが判明した。このことから地殻における地震発生層としてのリソスフェアの強度に対する脆性 延性説の新しい解釈が論じられた。また、高温高压下の変形岩石試料の微細構造の構造地質学的観点からの考察も行われた。これらの成果は、最近刊行されたモノグラフ、Shimada, M., 2000, Mechanical Behavior of Rocks under High Pressure Conditions, A.A. Balkema, Rotterdam の中にも纏められている。

(2) 断層形成過程の実験的研究

(川方裕則・島田充彦・柳谷 俊)

地殻の岩石の断層形成過程を明らかにすることを目的として、地質調査所との共同研究により、精密な荷重制御による3軸圧縮試験が行われた。破壊核形成から最終破壊に至る過程の各段階からの回収試料を用いてX線CTスキャンによる観察が行われ、破壊面の発生と進展が明らかにされた。そこでは世界に先駆けX線CTスキャンの

3-D 解析も行われた。

(3)断層面の固着状態解明の実験的研究

(柳谷 俊)

断層面の固着状態の不均質と不安定すべり発生の関係を解明するため、接触面を透過する弾性波を用いた実験から岩石接触面の固着状態を解明する研究が行われている。

(4)精密比抵抗測定 (柳谷 俊)

地震の前兆現象の一つと考えられている大地の比抵抗の変化の有効性を検証するため、精密比抵抗測定のための装置の開発が行われた。これにより室内の岩石試料を用いた予備実験の後、野外での比抵抗の絶対値と相対的な変化を従来より一桁分解能を向上した観測のテストが行われ、その実用化に向けての研究が行われている。

(5)国際共同研究 (島田充彦, 柳谷 俊)

平成 10 年 10 ~ 11 月には中国長春科学技術大学劉俊来教授が京都大学外国人招へい学者(日本学術振興会招へい)として、「岩石の変形実験による地殻のダイナミック構造」の共同研究を行なった。また、平成 11 年 11 ~ 12 月にはポーランド科学アカデミー地球物理学研究所主任研究員 DEBSKI、Wojciech が「岩盤のトモグラフィー」の研究で外国人共同研究者(日本学術振興会招へい)として共同研究を行った。

・地殻変動研究領域

教授 梅田康弘(平成 11 年 12 月リアルタイム地殻活動解析研究領域助教授より)

助手 重富國宏, 大谷文夫, 土居 光(休職)

地球内部における力学的な過程を示す現象としての「地殻変動」の研究は、地球ダイナミクスの理解のためのみならず、地震予知の実現のための課題の一つとして極めて重要である。当研究領域においては、近畿地方から南西諸島までを対象として、GPS(Global Positioning System: 全地球測位システム)による精密測位、電磁波測距、

地下観測室内における高感度ひずみ観測、傾斜観測、地下水位観測などを実施し、プレート運動をはじめ、地域的、局所的地殻変動の研究を進めている。

地殻変動の高感度連続観測は、とくに大地震前の前兆的変動を検出することにより短期予知を実現できる可能性があるとの観点から重要視されてきた。しかしながら、1995 年 1 月 17 日の兵庫県南部地震の数時間から数日前といった直前には、周辺の観測点ではノイズレベルを越す異常変動が観測されなかったこと、数カ月前から六甲断層系ではおそらく地下水位の異常に関連すると思われる歪み変化が観測されていることなどから、広域地殻変動の正確な把握、地下水など地下流動体と地殻変動との関連性の究明、一層高感度低ノイズの地殻変動観測の実現などを目指して研究を推進している。本研究領域が他の領域と協力しつつ平成 10・11 年度に行った研究の主なものを列挙すれば以下の通りである。

(1)プレート運動に関する研究

GPS による南西諸島におけるプレート運動のモニタリングを継続した。沖縄本島、南大東島および奄美大島における観測からフィリピン海プレートとユーラシアプレートの相対運動をはじめて検出して以来、相対運動速度の一層の高精度決定およびその揺らぎの有無の確認を目指して観測を継続してきた。なお、本観測は国土地理院による定常観測が開始されたため、平成 10 年 3 月で終了し、沖縄本島周辺におけるプレート内変形の観測に目的を移した。

(2)近畿地方における広域地殻変動観測

GPS による固定連続観測によって近畿地方の広域変動の観測を行った。国土地理院による観測と合わせて解析を行った結果から、瀬戸内海周辺を境界とする、南側のフィリピン海プレートによる北西方向への押しと北側の相対的な東進がこの地域の地殻変動の特長として明らかになった。

(3)兵庫県南部地震の余効変動の検出

同地震後の GPS 稠密観測網から得られたデータを解析した結果、地震時の変動とほぼ共通したパターンをもつ余効変動が検出された。

(4)花折断層の観測

近畿地方における顕著な活断層の一つである花折断層の運動を研究するため、平成9年度から稠密GPS観測を開始した。これは年2のキャンペーン観測であり、今後の大きな成果が期待できる。

(5)中央構造線の観測

電磁波測距の反復による中央構造線の観測を継続した。同断層の運動に関する重要な結果を得ることができた。

(6)地殻変動連続観測

「地殻活動総合観測線」を構成する地下観測室を中心として、高感度の地殻変動連続観測を継続している。その結果より、地震活動との関連性、局所的な変動と広域変動との関連性、地下水との関係、などについての研究を推進した。

(7)地下水に関する研究

地下流体、とくに地下水の運動は地殻変動に深く関連する現象であるとの観点に立って、地下水の観測と研究を実施した。周辺における地震活動と地下水位との関係などについて新しい知見を蓄積しつつある。

(8)インドネシアにおける地殻変動および火山体の変形に関する研究

ジャワ島西部のレンバンおよびチマンデリ両断層周辺およびグントール火山においてGPS観測を反復して、同断層周辺の地殻変動および同火山体の変動を検出した。

(9)GPSの高精度化に関する研究

GPSの測位誤差の原因となる大気中の水蒸気に関する研究、マッピング関数に関する研究を進めた。水蒸気分布の異方性、日周変動を検出し、新しいマッピング関数を提案した。

・地震活動研究領域

教授 James J. Mori, 助教授 渡辺邦彦

助手 片尾 浩(平成12年10月リアルタイム地殻活動解析研究領域助教授に昇任)

研究対象

大規模地震から中・小・微小・極微小地震までの発生メカニズムの解明や活動度の評価を行う。プレート境界の構造と活動、活断層や地震発生層の性質と挙動等を総合的に観測・解析し、地震発生に至る応力蓄積・開放の過程を研究する。これらをもとに、地震発生機構の解明と発生の予測を目指すとともに、得られた知見の社会への還元を図る。来るべき南海地震をも視野に入れた総合観測研究を行う。

現在の主な研究テーマ

- 1) 広域的な地震活動の把握と南海トラフ沿いの巨大地震の発生予測の研究
- 2) 直下型大規模地震の中期的発生予測の研究
- 3) 統計的手法による地震発生危険度評価
発生予測の研究

各研究テーマ名

1) 大規模地震の発生メカニズムの解析と震源断層の破壊過程の研究 (James J. Mori)

大規模地震の震源過程を解析し、その発生機構を解明する。将来の大地震発生予測や強震動予測に重要である。地球内部構造の解明にも不可欠である。

平成11年度にはトルコ大地震や台湾大地震が発生した。これらに関する強震動記録の解析から、震源断層での破壊過程の解析を実施した。特に台湾集々大地震に際しては、現地調査を実施して被害状況や断層運動の精査を行い、強震動記録の解析から地震活動の全容の解明に努めた。これらは直下型地震の強震動生成過程の解明に重要な示唆を与えた。また、同じフィリピン海プレートが関与する南海地震の研究にも資する所が大である。

2) 広域地震活動度の量的評価と応力の蓄積・開放過程の解明 (James J. Mori, 渡辺邦彦)

日本全域の地震活動度を時間的かつ空間的に把握することから、地震発生に関わる応力の蓄積と開放の過程を量的に評価することを目指す。これは、将来の地震発生の中期的・短期的予測に繋がる。

震源ファイルをもとに地震活動度密度という量を定義し、GIS を活用して全国の地震活動度を量的に評価する。特に活断層の空間分布や活動履歴と地震活動度を比較して、活断層活動サイクルと応力の蓄積過程の関連を推察し、地震発生の際・中期予測に資する。

現在までの解析の結果、東北から関東の活断層に関わる地震活動度は中部から近畿のそれより低いという地域特性が見出され、プレート運動と内陸地震の関連機構の違いが推察された。これらの解析のために、地震データベースの構築を進めている。

3) 内陸活断層の総合観測と地震発生予測の研究 (渡辺邦彦ほか)

活断層域において地震、地殻変動、電磁気、地下水、重力等の総合観測を実施して、地殻ブロック運動論にもとづく内陸地震の発生予測の研究を行う。

特に山崎断層域において、高感度地震観測に加えて坑道における地殻変動、GPS、電磁気、地下水、重力探査等の総合観測・解析を行い、内陸地震の発生予測を研究している。

山崎断層帯では兵庫県南部地震や鳥取県西部地震に関する特徴的な挙動が観測され、地殻歪が集中するゾーンとして地震活動に敏感な領域とする従来の考えを指示する情報が蓄積されつつある。そのメカニズムの解明が課題である。

4) 研究成果の社会への還元(out reach)

(James J. Mori, 渡辺邦彦ほか)

地震予知は現実には未だ困難である。そのよう

な状況であるからこそ、地震活動の現状や知り得る限りの情報を広く公開して理解してもらうことが地震防災に有効である。

そのために平常時から地震活動状況や各種情報をホームページに掲載するほか、講演会活動、自治体や社会諸団体との共同研究会、新聞への地震活動解説の連載などに努めている。これは地震予知研究センター全体として取り組んでいる課題でもある。

・地震予知計測研究領域

教授 住友則彦(平成 12 年 3 月 31 日辞職)

助教授 大志万直人, 助手 徐 培亮

本研究領域は、発足の当初は、地震の短期予知を目指して、前兆現象発現機構の解明や計測技術の向上を目的とした観測・研究を行ってきた。中でも、地殻テクトニクな応力変化に伴う地磁気異常変化の計測、活断層直下および周辺地域での電気伝導度構造およびその時間変化の観測、地震発生に関連する地下水変動の検出、重力変化の測定等に力を入れてきた。平成 10 年と 11 年度において重点的に実施した研究課題は以下のものである。

- 1)断層近傍での比抵抗変化の検出とその変化の定量的予測シミュレーターの開発
- 2)活断層深部およびその周辺の比抵抗構造の把握
- 3)地殻活動に伴う局所的な地磁気全磁力変化の検出とその評価に関する研究
- 4)地殻流体の検出に関する基礎的観測研究
- 5)観測データの解析・評価に関する論理的基礎研究

上記の研究課題の具体的内容とその成果を、以下に記す。

1)活断層周辺での広帯域 MT 観測による深部比抵抗調査 (大志万直人,住友則彦)

平成 10 年度と 11 年度、千屋断層周辺において

広帯域 MT 観測装置を用いた深部比抵抗構造調査のための共同観測が、大学等 13 機関が参加して実施された。当研究領域では、この観測の企画・立案段階から参加し観測研究を推進してきた。その結果、千屋断層と北上低地西縁断層を含む地域において、地下 20km までの詳細な比抵抗構造が得られ、深さ 10km 付近の構造は、測線中央部(川船断層の下に位置する)で低比抵抗層が盛り上がっていることがわかった。この盛り上がった低比抵抗構造の延長部に千屋断層が存在している。

吉岡・鹿野断層周辺で比抵抗構造調査を実施した。鳥取をほぼ東西に線状分布する地震帯の南端を境界として、地殻浅部の比抵抗構造に極端なコントラストが存在している事がわかった。地震帯の南側ではかなり浅部までが低比抵抗値を示す。一方、地震帯内では、約 20km 以浅は非常に高比抵抗値であるのにに対して、20km 以深の地殻の比抵抗値は非常に低く、微小地震は高比抵抗領域内で発生していることが明らかになった。

2)野島断層電磁気観測 (住友則彦,大志万直人)

野島断層の回復過程を透水率変化として見るために、淡路島北淡町富島にある 1800m ボーリング孔を利用した 2 回目の注水試験が、平成 11 年度に実施された。孔口周辺で地表電場観測網を設置し、流動電位による電場変動の検出を目的とする観測を実施した。観測された電場変動から流動電位係数や透水係数を算出し、前回の注水時に算出された値との比較を行った結果、平成 9 年に実施された第 1 回目の透水率より値が小さくなっている事がわかった。また、立体的に配置された電極を用い高感度比抵抗変化計により、注水に伴う微小な比抵抗変化の検出に成功した。

3)ネットワーク MT 法による観測

(大志万直人,住友則彦)

琵琶湖の北西の朽木村周辺で NTT メタリック線を利用した長基線電場観測を平成 11 年度末ま

で継続した。これは、Network-MT 法による花折断層周辺での広域比抵抗変化連続観測を目指した試験観測である。平成 10 年度と 11 年度、東大地震研、神戸大、鳥取大、高知大と共同で四国西部、中国地方で広域比抵抗分布マッピングのためネットワーク MT 観測を実施した。

4)全磁力連続観測の実施(大志万直人,住友則彦)

全国の全磁力連続観測データを基に日本全体の地磁気標準変化モデル(JGRF モデル)の作成についての基礎研究を行った。また、このモデルの基礎となるデータ取得のための全磁力連続観測を、北淡町、徳島、鳥取、宇治、峰山、鯖江、天生、宝立で継続した。また、地殻活動に伴う局所的な地磁気変化の検出を目的として伊東市周辺での全磁力連続観測を実施し、伊東市北部海岸付近で顕著な全磁力の減少を見出した。

5)トルコ北アナトリア断層帯西部域での調査

(大志万直人)

1982 年から東京工業大学などと共同して地震空白域と指摘のあるトルコ北アナトリア断層帯西部域での調査・研究を行なって来た。平成 11 年夏には、空白域内にある北と南に平行して走る北アナトリア断層帯 2 つの活断層ブランチを対象とした深部比抵抗構造調査のための広帯域 MT 観測を実施した。得られた 2 つの活断層ブランチである Izmit-Sapanca 断層と Izmit-Mekece 断層周辺それぞれの比抵抗構造には明瞭な違いがあり、コジャエリ地震を発生させた前者の断層は、20km までの比抵抗構造の不均質性が非常に高く、一方、後者周辺の比抵抗構造はかなり均質であることが判明した。

6)観測データの解析・評価に関する理論的基礎研究 (徐 培亮)

観測データ解析のためのフィルター処理、各種の地球物理学的モデルのパラメータを決めるためのインバージョン手法に関し、さまざまな理論的基礎研究を行った。平成 11 年度に徐培亮は

「Biases and accuracy of, and an alternative to, discrete nonlinear filters」と題する論文により、国際測地学協会より「The best paper award for 1999」を受賞した。

・地震予知情報研究領域

教授 古澤 保, 助教授 松村一男
助手 森井 互

分野の研究対象

地震予知に関するさまざまな項目の観測データを効率よく解析処理するシステムの開発と、地震予知に有意となり得る情報の検出と前兆現象として判定する方法の開発、さらに、得られた情報を地震防災に役立つように関係諸機関に迅速に伝達するシステムの研究。

現在の主な研究テーマ

- 1) 各種データの集録・処理システムの開発に関する研究
- 2) 地殻変動・地震活動の観測データの多変数時系列解析による地殻歪場の時空間変化に関する研究
- 3) 前兆現象の事例の収集と地震予知情報のデータ・ベースの構築
- 4) 連続データからの異常変化の抽出と評価に関する研究

各研究テーマ名

- 1) 地震波形記録と一次処理データとしての震源情報のデータベース化とその効率的検索システムの構築 (松村一男)

地震データの伝送方法が従来の電話線利用の有線テレメータ方式から衛星通信利用のシステムに切り替えられ、それに伴う集録システムの大規模な変更とそれに適合するデータ処理システムの構築を行った。関係する観測所及び総合処理室との密接な協力の下に、従来各観測所別に独自に行っていた地震データの解析処理を一元化することにより地震活動に関するデータ処理の効率

化と統合処理による震源決定の高精度化を実現することができた。

長期間にわたる地震の研究には、最近のデジタル記録だけでなく、長期間観測されてきたアナログ地震波形記録も有用である。部分的にはこれまでにデジタル化されてきたが、平成10年度より、上宝観測所の地震波形記録をまとめて処理をした。アナログ地震波形を高速でAD変換し、そのファイルから、個々の地震を取り出すソフトを開発した。種々の解析が容易におこなわれるように、個々の地震波形記録はWINフォーマットに変換し、CD-ROMに蓄積した。上宝観測所のデータ1000巻以上を処理し、20GB以上のデータからCD-ROM42巻を作成した。

地震予知研究センター設立に伴い、それまで各観測所で個々に作成されてきた微小地震震源ファイルを統合し統合ファイルを作成する必要性が生じ微小地震統合ファイル(THANKS)が作成されてきた。新しい総合処理システム(SWARMS)導入後も、時間的な変化を研究するためのデータの連続性を保つために、微小地震統合ファイルの追加更新を行ってきた。

また、そのファイルをもとに、3ヶ月毎に開かれる地震予知連絡会で地震活動の報告をしてきた。

- 2) 地殻変動連続観測データの一元的データベースの構築と統合処理 (古澤 保)

これまで各観測所での個別のデータ解析による降雨・気圧等の影響を明らかにして観測点固有の擾乱を除去した局所的な地殻歪変動の把握に留まっていたのを、一元的データベースを構築して統合処理を行うよう改良した。これに基き広域的歪場の時間変化の検出に向けた解析方法の検討を行っているが、十分な結果を得るにはなお若干の時間を要する。平成10・11年度は解析システムの適用として伸縮変化に見られる気圧変化の定量化として台風通過時の急激な気圧変化によ

る観測坑道内歪変化について解析し、気圧による荷重変形に密閉坑道の体積の断熱変化に伴う坑内気温の変化による伸縮計基準尺の熱膨張変化が重畳していることを明らかにした。また、30分間隔のデータベース化されている伸縮計連続記録を用いて、天ヶ瀬観測室の地球潮汐歪の解析を行い、理論潮汐と比較した。

3) 定常連続観測からの予知情報の抽出

(古澤 保, 松村一男, 森井 互)

大地震前後の地震活動の時空間変化を量的に捉え、大地震発生の予知情報としての有為性を検討するための試みとして、微小地震統合ファイルをもとに中国地方東部 近畿地方西部地域について兵庫県南部地震前後の地震活動の時系列と空間分布に基き、 b 値の時間変化の地域の地殻応力変化に対する量としての可能性、発生した大地震によるせん断応力の増加量と摩擦応力の増加量との差 CFF の有効性を検討し、ある程度までの有効性を示した。また、山陰地方の地震活動の時空間的変動の特徴について調べ、その中で、地震のマグニチュード別頻度分布曲線の変動が、少し大きめの地震の活動に関連があることを指摘した。

1966年10月と12月に日向灘で45日の間隔で連続して発生したM6.6の地震について、日向灘地殻活動総合観測線で得られたデータより2つの地震を含む期間の歪変化が解析され、各々の地震に伴う歪変動とそれに続く余効変動に関する情報は明らかにされたが、直前の前兆的歪変化および一連の地震活動を特徴付ける歪の解放様式を見出すことはできなかった。長期変動の解析では、震源に最も近い宮崎観測所の伸縮歪に1995年4月頃から1976年の観測開始以来の経年変化と異なる変動が現れていることが示された。現在の観測網による前兆現象の検出可能性の検討は地震予知研究の大きな課題でもあり、本研究領域の重要課題として推進する必要がある。

4) スペクトル解析の新方法の開発 (森井 互)

特定の周波数成分の信号強度の時間的変動を検出する方法として、計算機上でAM受信機のエミュレートを行う手法を開発した。この方法では、信号強度の時間変化は狭帯域フィルターとPLL回路に相当する信号処理により推定される。フーリエ変換、MEMと比較した結果、ラインスペクトルの強度変化に対しより良い時間分解能を持つことが分かった。

この方法を天ヶ瀬観測室の伸縮計の1年間の連続記録に適用して解析した結果、地球の常時自由振動の日周変化を検出することが出来た。

・総合処理解析研究領域

助教授 竹内文朗、助手 大見士朗

分野の研究対象

伝送方式による地震データの計算機処理。地震の発生場所、時間変化、地形や地下構造との対応、波形の研究など。

現在の主な研究テーマ

鳥取県西部地震、兵庫県南部地震、火山域での地震発生場所、時間変化、などを中心とした研究。

各研究テーマ名

鳥取県西部地震、兵庫県南部地震、火山域での地震発生、時間変化。

防災研究所の微小地震連続観測は、古くは鳥取・北陸・上宝の3観測所の観測網でスタートした。内陸での大地震が起こった地域を選びドラム記録方式で高倍率の観測が始まった。昭和51年度(1976年度)になってテレメータ化が始まり、オンライン・リアルタイムのデータ収録が始まった。テレメータでは各観測所に数点の観測点からのデータが集まった。そのうちの一部は宇治構内にも送られた。昭和56年度(1981年度)からは、宇治に於いて自動処理化が始まりほとんどの観測点上下動が各観測所からリアルタイムで宇治へ送られた。また、当時理学部所属の阿武山地震

観測所とも一部のリアルタイムデータが交換された。

平成 2 年度(1990 年度)には、地震予知研究センターの設置に伴い、鳥取・北陸・上宝・阿武山の 4 観測網を統合した。総合処理解析室(後、総合処理解析研究領域)は、平成 6 年度(1994 年度)の等センターの新しい研究棟完成に従い移動した。

これと相前後して兵庫県南部地震(1995 年 1 月)が発生し、以後データの一元化政策が進んだ。その一つに大阪管区気象台との連続地震波形の交換も考慮され、平成 9 年度(1997 年度)には大阪管区内の気象庁データと国立大学のデータの相互交換が実現した。また平成 8 年度(1996 年度)に「衛星通信テレメタリング地震観測設備」が導入された。

データの収録、処理解析方法も東京大学で考案され全国的に利用が進む WIN 方式を採用し、京大用に改良している。平成 8 年度(1996 年度)には徳島観測網を加え、上記と合わせて西南日本の相当部をカバーすることになった。またデータの処理システムの全体をまとめて SATARN (Seismic wave Automatic Triggering And Recording Network)システムの名で呼ぶことになった。

平成 8 年度、9 年度(1996 年度、1997 年度)には、SATARN 始め各大学や気象庁のリアルタイム地震観測データが衛星通信テレメタリングで結ばれるようになった。これにより各大学からの全ての送信データは東京大学地震研究所の地震予知観測情報センターで収録されると同時に、宇治センター、各観測所へ送信されている。各受け手でのこれら全ての受信が可能であるが、SATARN システムでは西南日本の相当範囲に限り宇治センター、各観測所で同様に受信されている。これらは平成 12 年度(2000 年度)現在、おおよそ 277 の地震観測点からの計 669 成分程度に及び、その

波形記録をディスクに収録している。また以後、それぞれの観測所は、その地域の地震を人力で正確に読み取り、最終的なデータファイルを CD-ROM に収録している。

また、地上テレメータの 30 秒程度の時間遅れが課題であったが、GPS の時刻を直接採用する装置を自力開発して 2~3 秒以内の遅れにおさえた。これによりデータの前処理保存時間を短縮でき、京大データを利用する各機関の受信機能向上に貢献した。

我々は現在、当センターの観測点のみならず、近傍の他大学、気象庁などのオンライン地震波形データを集め利用して、かつてのデータについても波形にまで遡って参照することが可能になった。各種データについては、センター内はもちろん、他大学等の研究者に対しても、原則として公開の方向で進めている。

・リアルタイム地殻活動解析研究領域

助教授 梅田康弘(平成 12 年 10 月地殻変動研究領域教授に昇任)

片尾 浩(平成 12 年 10 月地震活動研究領域助手より)、助手 中村佳重郎

分野の研究対象

地震発生や異常な地殻活動が発生した場合、緊急に現場へ出勤し諸観測を展開する。それと同時に取得したデータをリアルタイムで解析処理し、大地震発生の予測に関する研究を行う。異常地域や異常発生をいち早く発見するため、定常的な地震・測地観測に加え GPS や重力観測等を、観測強化地域や特定観測地域を中心に定期的に行っている。

現在の主な研究テーマ

上記のような緊急観測の実施と同時に本研究領域では地震の成長過程とそれを支配している地殻の環境場に関する研究に重点を置いた新しい地震予知戦略をめざしている。

この戦略を研究テーマとして箇条書きにすると以下のとおりである。

1)小地震や微小地震は日常的にたくさん発生している。そのうち極めて希なものが大地震に成長する。それは何故か。この問題に関して本研究領域では以下の3つの重要な研究成果を得た。

A)大地震の前には初期破壊という小さな破壊が先行する。B)初期破壊の継続時間が長いほど地震は大きく成長する。C)初期破壊は本震には付随するが、余震や群発地震にはほとんど見られない。B)は地震の成長には因果関係があることを、C)は初期破壊の存在、すなわち本震にはそれを成長させる地殻の環境場があることを示唆している。

2)クラック間の動的相互作用をシミュレーションした結果、破壊の種としてのクラック密度が地震の大小を決定していることがわかった。すなわち本震発生の環境場は地殻の不均質度に帰着する。不均質度が高いと地震は多く発生するが、相互作用が強くいずれも大きくは成長できない。これが群発地震であり、逆に不均質度が低い方が大地震に成長しやすい。

3)地殻の不均質度と大地震発生に関して次の重要な発見をした。

A)地震発生層の下限は地域的に変化しており、大地震はその下限が急変するところから出発する。これは兵庫県南部地震でも立証する事ができた。

B)地震発生層の下限は地殻下部の温度構造と相関があり、高温層の上面は地震波の反射面として検出できる。

このふたつの発見により、地震波の反射面の凹凸から大地震発生の場所を予測できる可能性がある。

4)地震波の反射面は流動体と考えられており、これと地殻不均質度は相関関係がある。反射面が顕著で浅い所にある場合は、上部の地震発生層の不均質度は高く、群発地震は起こるが大地震には成長しない。

5)流動体反射面は時間的に変化することを、1984年長野県西部地震で確認した。本震前は反射波の明瞭な地震の割合が多く、また反射面も浅いところにあった。この傾向は本震の前3月間特に顕著であった。しかし本震と共に反射波の見えない地震の割合がふえ、また反射面も深くなった。

以上の大地震発生に関する決定論的な予測戦略をより深く議論するため、平成9年12月に研究会「地殻の不均質構造と内陸大地震の発生」を防災研究所で開催した。また、この地震予知の新しい戦略を実証するため、全国の大学や関係機関に呼びかけて、兵庫県南部地域、中部山岳飛騨地域において合同の地震観測を実施した。前者の観測では阿武山観測所、後者に置いては上宝観測所を拠点とし、技術室より技術支援を受けた。引き続き平成9年度からは東北脊梁山地において「島孤地殻の変形過程と内陸地震発生の解明」を目指し、また平成11年度からは北海道日高地域において、衛星通信を利用した新しい観測網を全国大学と共同展開している。

・地球内部研究領域（客員）

平成9～10年度客員教授 松浦充宏
(東京大学大学院理学系教授)

平成11～12年度客員教授 入船徹夫
(愛媛大学理学部教授)

分野の研究対象

地震発生にかかわる最も基礎的な研究として、地球内部の構造と物性の研究を行う。そのため、国内第一線の研究者を順次客員教授として招き本センターの研究のより一層の進展を図るとともに、大学院生への関連領域における最新の研究についての教育を積極的に行う。

現在の主な研究テーマ

- 1)地殻及びマントル構造の地震学的研究
- 2)高圧実験による物質及び物性構造の研究
- 3)地殻及びマントルの力学的性質の研究

1)平成 9～10 年度、地震発生モデル化の研究

(松浦充宏)

地震発生および地震予知に関する理論的モデル化の最先端研究を、集中ゼミナールと集中講義により、地震予知研究への重要な指針を与えた。

2)平成 11～12 年度、地球内部物性の研究

(入船徹夫)

高温高压実験による地球内部構造の最先端の研究を、集中ゼミナールと集中講義により、地震予知研究への重要な指針を与えた。また、SPring-8での実地見聞を通して世界の最先端の研究現場に触れる機会も得られた。

上宝観測所

助教授 伊藤 潔

分野の研究対象

地殻変動、地震活動、全磁力変化など

現在の主な研究テーマ

- 1)地殻変動連続観測、GPS 観測による地殻歪、傾斜変化と地震発生との関連
- 2)地震観測による地震活動調査
- 3)全磁力の観測による地磁気変化

各研究テーマ名

- 1)地殻変動連続観測による地殻歪、傾斜変化と地震発生との関連 (伊藤 潔,和田安男)
- 2)地震観測による地震活動調査 (伊藤 潔,和田博夫)
- 3)全磁力の観測による地磁気変化 (伊藤 潔,和田安男,大志万直人)

1)地殻変動連続観測による地殻歪、傾斜変化と地震発生との関連 (伊藤 潔,和田安男)

当観測所は第1次地震予知計画に基づき、昭和40年に上宝地殻変動観測所として設立された。それ以来、蔵柱観測壕において、歪計、傾斜計による観測が継続されている。これらは温度、気圧、降雨などの影響を受けるので、同時に気象要素の観測も実施されている。これらの観測はその後、総合観測線として拡張され、宮川、西天生、立山、

須坂などの観測点でも連続観測が実施されている。地震に関連する地面の微小な変化を観測するのが目的であり、有感地震の前後の変化を地震予知連絡会に報告し、地震発生との関連を探っている。近年ではGPS観測が実施されるようになり、当観測所も早くからGPS観測点の一つとして、連続観測が実施され、当該地域の観測網の基地となっている。また、跡津川断層を横切る稠密GPS観測網のデータ収録地にもなっている。予備的には跡津川断層を境として、変位ベクトルの向きが変わるような結果が得られている。また、跡津川断層では光波測量による調査も実施されているが、この結果では変位は検出されていない。

2)地震観測による地震活動調査

(伊藤 潔,和田博夫)

当観測所では微小地震の観測も開始され、1976年にはテレメータによる短周期高感度観測網が設置された。当初3点で開始された観測網は、徐々に観測網が拡充され、1996年には9点になった。さらに、周辺観測網とのデータの交換が行われ、衛星通信利用の観測網の設置によって、現在では50点ほどの観測点のデータを取得・解析している。初期の観測網で、跡津川断層沿いには地震が集中して発生していること、飛騨山脈には多数の小地震が発生すること、その間に地震活動が非常に低い地域があることなどが分かった。最近では多数の観測点による観測網によって、1998年飛騨群発地震が詳細に解析され、応力場なども解明されつつある。さらに稠密な臨時観測網によって跡津川断層の地震分布、特に深さの分布が精度良く求められ、クリープ運動との関連が議論されている。長期間のデータでは低周波地震、S波のスプリティング、Q値の時間変化、統計的解析などの研究も実施されている。さらに、広帯域地震計および強震計も設置されており、この記録の波形も利用されている。

3)全磁力の観測による地磁気変化

(伊藤 潔, 和田安男, 大志万直人)

プロトン磁力計による全磁力の観測が2点(西天生、宝立)で実施されている。これらはノイズが少ない地点を選んで設置され、全磁力測定の良い観測点となっており、長期間データを提供している。1994年能登半島沖地震の際に約30km離れた宝立において磁力の変化が観測されたが、その後の観測で広域における変化との区別がはっきりしないことが分かった。

北陸観測所 助教授 竹内文朗

地震ネットワーク観測関係者、
特に satarn システム(Seismic wave Automatic Triggering And Recording Network) 関係者
観測用トンネルでの地殻変動観測解析、
渡辺邦彦、和田安男、京都教育大学谷口慶裕氏
観測用トンネルでの長周期地震波形観測解析、
澁谷拓郎

分野の研究対象

北陸地域に発生する地震群の空間分布、時間変化。

現在の主な研究テーマ

微小地震の発生場所、断層との関連、時間変化、伸縮変化、長周期の地震波形解析等、福井平野と周辺での重力分布。

各研究テーマ名

以下2件、日本地震学会秋季大会発表予定

- 1)福井地震の余震分布の海側の深さについて
(平野憲雄、他)
- 2)平成12年6月に福井周辺で発生したM4.7、M6.1 (JMA)のイベントに関連して (岡本拓夫、他)

平成2年6月、「北陸微小地震観測所」は官制が廃止され、地震予知研究センター 附属の観測所となった。当初は、「地震予知計画」に基づいて、昭和45年度防災研究所 附属施設として設置され、旧地かく変動部門教授岸本兆方が所長を併任(昭和45年~平成2年6月)し、助手には渡辺

邦彦(昭和45~53年)があたった。その後、竹内文朗(昭和53~60年)、見野和夫(昭和60~61年)、西上欽也(昭和61年~平成2年)が順次助手を勤めた。現在は総合処理解析領域の竹内文朗が所長を併任し、平野憲雄技官と協力している。

当観測所は現在、隣接して総延長560mに及ぶ地下観測坑を有している。また、本所及び数十km離れた6カ所の観測点にセットされた地震計の出力がリアルタイムでテレメータによってあつめられ、記録・処理されている。更にこれらのデータは衛星へ打ち上げられて全国でも受信可能になっている。宇治の地震予知研究センターで衛星から受信されたデータはリアルタイムで自動処理されている。この他、広帯域地震計、伸縮計や傾斜計による観測が地下観測坑内で行われている。関係する観測網では、1948年の福井地震の余震活動が顕著である。細かい探査によってこの地下には200mほどの段差を持つ断層がみつき、地震の繰り返しを想像させる。そのほか、1891年濃尾地震の余震や柳ヶ瀬断層系の地震活動などが目立つ。

しかし、これらの地域には観測所開始から大きな地震は起きていない。微小地震活動もほぼ定常的である。地震活動の変化を追跡するには最適な地域と言えよう。一例として、1976年の観測開始から、地震活動の特徴に応じて地域分けを行い、各サブ地域の地震活動の変化を調べ、どのサブ地域の地震活動と関連あるかを分析した。この結果、琵琶湖西岸を境に東側の各サブ地域の地震活動の消長が極めて似ていることがわかった。この傾向は、さらに西では突然なくなり、相関がないことがわかった。このことから、地震発生または応力区域が存在し、同じ応力区域では地震活動はほぼ同様であると考えたい。また、地震発生の深さの下限は白山火山周辺から真下に向かって浅くなる傾向があり、地下の熱流量が大きいほど微小地震の下限が浅くなる傾向がここにも見られた。

福井地震断層沿いの地震分布は日本海へ向かって深くなっており、その理由の解明は興味深い。今後の研究のため臨時観測点を設置するなど努力している。

北陸観測所では、自治体等への地震情報公開のソフトやシステム作りに、早くから取り組んできた。このサービス提供のための機器設置等も積極的に進めて来ている。

現在は、鯖江市、福井県をはじめ、10 機関に情報を提供している。

阿武山観測所

教授 梅田康弘

高槻市の山手の中腹に建つ阿武山観測所は昭和 5 年の設立である。当時、本部構内にあった地球物理学実験室の近くを市電が通ることになり、精密観測に支障を来すことから、原奨学金をもとに高槻市奈佐原に地震観測所として設置され、地球物理学教室の実験室及び研究室の一部が移された。昭和 29 年 3 月には教授定員を持つ教育実習施設となった。昭和 40 年からの地震予知研究計画の実施に伴い、定員増と観測研究設備の充実がはかられた。昭和 48 年には建物の一部に地震予知研究センターが設立され、さらに昭和 54 年の改組に伴い当センターに教授 1、助教授 1、助手 6、技官 3、事務官 1 が配置され、阿武山観測所は助手 1、技官 1 となった。平成 2 年 6 月、理学部と防災研究所の地震予知関連施設・部門が統合され、防災研究所に地震予知研究センターが設置された。これに伴い当観測所は官制が廃止され、当センター附属の観測所となった。

阿武山観測所は従来から国際的な地震観測事業を実施するため、各種の地震計を稼働させ大地震の発生過程の研究や地球内部構造の研究を推進してきた。近畿北部には 12 点の衛星観測点を持ち微小地震の研究も精力的に行ってきたが、地震予知研究センター発足に伴い地震データを順次宇治に統合した。平成 6 年、地震予知研究セン

ターに建物が新営され、翌年には阿武山観測所の研究室は宇治の新営建物に移転した。昭和 46 年に観測所のある山の中腹に全長 250m の観測用横坑が掘削され、現在も微小地震から強震観測まで各種地震計及び地殻変動連続観測が行われている。現在、観測所長には地殻変動分野の梅田康弘が併任し、技官 1、研究支援推進員 1 が勤務している。

逢坂山観測所

教授 古澤 保、助手 重富國宏

分野の研究対象 地殻変動

現在の主な研究テーマ

地殻変動・地下水位連続観測による地殻歪、傾斜変化及び地下水位変化と地震発生との関連

各研究テーマ

(1)地殻変動・地下水位連続観測による地殻歪、傾斜変化及び地下水位変化と地震発生との関連
(古澤 保、重富國宏)

当観測所は昭和 45 年「地震予知計画」により、理学部附属逢坂山地殻変動観測所として発足したが、平成 2 年 6 月、防災研究所に統合され、地震予知研究センター附属の観測所となった。理学部地球物理学教室では、第二次大戦後間もなく、大津市にある旧東海道本線逢坂山トンネル内において地殻の歪・傾斜等の地殻変動の観測を開始した。観測計器を独自に創案開発し、地球潮汐歪の研究では世界的に先駆的な成果をあげた。また地殻変動と地震発生との関連についても先駆的研究がなされた。現在、伸縮計・傾斜計・地下水位計等による連続観測が実施されている。歪及び地下水位変化については、地震予知連絡会報に報告されている。

兵庫県南部地震に際しては、伸縮計及び地下水位計において顕著な co-seismic な変動と余効変動が観測されたが、とくに地殻変動と地下水位変化に関する研究からは興味深い成果が得られて

いる。逢坂山の地下水位は特徴的な低下を示すことがあり、これは近接地域における地震発生と有意に関連していると考えられる。これまでに、数例の地震に先行する水位変化が観測されており、鋭敏な地殻歪センサーとしての地下水位変化の研究に力を注いでいる。兵庫県南部地震発生の139日前にも急激な地下水位低下が観測されている。また、1999年3月16日に発生した滋賀県北部の地震(M=4.9)の際にも、それに先行する同年3月3日急激な地下水位低下が観測された。このほか、co-seismic な地下水位変化、潮汐変化についても研究を進めている。

・鳥取観測所

助教授 大志万直人, 助手 澁谷拓郎
助教授 渡辺邦彦

分野の研究対象

鳥取県、兵庫県北～中部、岡山県北部地域の地震活動と地殻構造

現在の主な研究テーマ

鳥取県西部地震の全容解明

各研究テーマ名

鳥取県西部地震全容解明 (澁谷拓郎ほか)

平成12年10月6日に発生した鳥取県西部地震(気象庁 M7.3)は、活断層としては報告されていないが、最近10年間にM5の地震が数個群発した場所で発生した。今回の地震活動と1997年までの先駆的群発地震活動との関係、また今回地震活動について余震分布と本震の破壊過程の関係、地震活動域の近くで近年発生した深部低周波地震と深部地殻構造と地震活動との関係などについて、地震、電磁気、GPSなどの定常観測および臨時観測のデータを総合的に解析して、この地震の全容解明に挑戦したい。過去の活動と今回の活動との関係については、地震の臨時観測や定常観測の結果を基にほぼ同じ断層上で発生していることを明らかにした。

地震活動の定量的評価 (渡辺邦彦ほか)

鳥取観測所は、昭和39年に開設されて以来、36年間にわたり当該地域において高感度地震観測を継続し、微小地震の震源データを蓄積してきた。この豊富なデータとGISソフトを用いて、内陸活断層の活動度を定量的に評価する手法を開発した。

鳥取県東部地域における比抵抗構造探査

(大志万直人ほか)

地殻の比抵抗構造は、地震の発生に重要な役割を果たす深部地下水を検出する可能性をもち重要である。鳥取県東部における地震活動帯とその地下の比抵抗構造との関係を明らかにするため、東西にのびる地震活動帯を南北に横切る測線においてMT比抵抗探査を行った。その結果、地震活動帯の南側において比抵抗値が低いことがわかった。

・徳島観測所

助手 許斐直

全国の大学を結ぶ微小地震の流通システムは阪神大震災以後、衛星テレメーターシステムの導入によるデータ流通の一層の推進と気象庁とのデータ交換へ発展し、さらにこれらと連携した科学技術庁による基盤観測網の整備も進められ地震観測の環境は大きく変わってきた。1997年以降は上記システムの整備の中、徳島の微小観測網は京都大学の地震予知研究センターのサターンシステムの一部として機能するようになった。現在の観測点はテレメーター観測以降の石井、上那賀、塩江、池田の4点で中央構造線を跨いだ配置を取っている。又微小地震以外の観測項目としては上那賀、塩江での速度型強震観測及び本所石井に於けるSTSによる広帯域地震波形観測が挙げられる。また、科学技術庁防災科学技術研究所のFreesia計画に協力して、広帯域地震観測と速度型強震観測を行っている。

1997年には南海観測網の研究結果が公表され、

南海トラフの活動と関連した陸側へ傾斜する上部マントルの地震面の形状と起震応力の地域的特徴が詳細に求められフィリピン海プレートに関する議論に重要なデータを提供した。兵庫県南部地震以後、西日本の地震活動は活動期に入ったとの指摘もあるが中央構造線の活断層としての振る舞いについては未解明の点が多く、南海地震の発生予測に対しても重要な関わりがある。そのためには四国東部の起震応力場の変化をの把握と地体構造の解明の為に基礎研究が不可欠である。その一環として地震活動を詳細に監視し、空間的な分布の特徴や、時間的な変化を明らかにしてきた。また、広帯域地震波形を用いた地殻構造の研究や、GPS 観測による起震応力場の変化についても研究を展開中である。中央構造線の構造については、地質学的、地震学的側面からのアプローチを試みてきた。

・ 屯鶴峯観測所 助手 尾上謙介

当観測所は「地震予知研究計画」に基づき昭和42年に防災研究所附属屯鶴峯地殻変動観測所として新設され、助手1・技官各1名が配属された。その後、平成2年、官制が廃止され地震予知研究センター附属の屯鶴峯観測所となった。設立時に尾上謙介が助手となり現在にいたっている。屯鶴峯観測所では、地震と地殻変動の関係を明らかにし地震予知の手がかりを得る目的で、防空壕の一部を利用して、伸縮計、傾斜計等により、地殻変動の連続観測を行っている。この他、地震計による地震観測も行っている。

観測所の開設以来33年が経過した。地殻変動の連続観測の結果から東西圧縮によると考えられるひずみ変化のトレンドと、22~23年周期の長周期の変動が示された。長周期性の変動は観測所周辺での光波測量結果とも一致している。1週間から数時間の気圧変化や潮汐変動による短周期の地殻変動については、観測所周辺の地質や地

形効果による影響を受けていることが示された。

観測所を中心とする半径50km以内ではM6以上の地震の発生はなく、前兆と認められる地殻変動は観測されていない。しかし、平成7年1月17日の兵庫県南部地震を含むいくつかの地震についてはコサイスマックな地殻変動が観測された。これらの主にストレインステップとして現れる変化は地震観測から求められた震源機構から推定されるひずみ変化と調和することが示された。

1946年の南海地震では数日前から井戸の水位の低下が報告されている。地下水位の動向と地殻変動の関係を調べることで重要であるので、屯鶴峯観測所では、6成分伸縮計による体積ひずみ変化と坑内ボーリングによる井戸の水位や間隙水圧との関係についての研究を計画し準備を行っている。

観測所から南約10kmには最大級の活断層からなる中央構造線が位置する。屯鶴峯観測所を基地として、紀伊半島の五条、粉河、四国の阿波池田、川之江地区で中央構造線を挟んで定期的に光波測量を実施している。四国地域では右横ずれの断層運動の可能性が示された。

・ 宮崎観測所 助手 寺石眞弘

分野の研究対象

九州東・南部地域の地震予知の研究

現在の主な研究テーマ

地殻変動連続観測および地震観測による大地震の準備過程における地殻活動の研究

各研究テーマ名

(1)日向灘地殻活動総合観測線による地殻変動連続観測 (寺石眞弘,古澤 保,大谷文夫,園田保美)

昭和59年から宮崎観測所を中心に宿毛、槇峰、高城、串間、伊佐、大隅の7点よりなる日向灘地殻活動総合観測線を設置して、日向灘を中心に九州東・南部地域の地震活動と地殻変動を総合的に研究している。データはテレメータにより宮崎観

測所に集中して集録している。全成分について1分値を光ディスクに記録し保存している。また、NTTのISDNデジタル公衆回線網を利用して宮崎観測所から宇治市の本所へ1日に1回全成分のデータを転送し、宇治本所での集録を行っている。

長期間の地域の歪蓄積過程を明らかにし、地震発生に関係する異常変動検出のbackgroundともなる経年変動や季節変動について10年余りのデータに基づき解析し、各観測点毎の特徴を明らかにした。これにより、1996年10月19日と12月3日に日向灘で続けて発生したM6.6の地震に際して、地震前の異常変動は観測されなかったが、長期変動では震源に最も近い宮崎観測所の南北伸張歪が1995年から非常に大きくなり始め地震後も継続していることが明らかになった。

地震に伴う歪変動としては、1987年3月18日の日向灘中央部に発生した地震(M6.6)の6時間前から、宮崎観測所のN1.5W方向のひずみが異常な伸びを示していることが明らかにされた。また、宮崎・宿毛におけるストレイン・ステップは発震機構から計算される理論値と一致していた。1994年4月30日の日向灘南部の地震(M6.4)に際しては、宮崎観測所のデータに顕著なストレイン・ステップと余効変動が観測された。1996年10月19日と12月3日のM6.6の地震では、コサイスマックな変動が全観測点で観測され、観測線の地震観測データより求めた震源と発震機構による歪場と調和的である。

(2) 測地測量に基づく広域地殻変動の検出

(大谷文夫, 寺石眞弘, 園田保美, 古澤 保)

宮崎観測所周辺と延岡市周辺に最長20kmの長距離光波測量基線網を設け、1981年以来定期的に改測を行い、連続観測データによる変動と調和的な広域変動を得ている。

(3) 日向灘・九州東南部地域の地震活動

(古澤 保, 寺石眞弘, 森井 互,
大谷文夫, 園田保美)

日向灘地殻活動総合観測線の各観測点に地震計を設置し、1987年以来地震観測を行っている。データは100Hzサンプリングで宮崎観測所にテレメータ伝送され、トリガー方式で集中記録されている。さらに南九州の地震検知能力と震源決定精度を高めるため、桜島火山活動研究センターと共同でパソコン通信を利用した地震観測網を展開している。

九州南部の地震活動は日向灘に集中していたが、1997年の鹿児島県北部地域のM6.3の地震以後この地域の活動が現在も続いている。日向灘地域の地震は北部・中部・南部にブロック分けされ、それぞれの地域で塊となって分布している。また、1961年にM7.1の地震が発生した地域で1987年の観測開始以来地震活動が殆ど見られず、空白域となっている。1996年の2つのM6.6の地震の後、余震活動は急速に減少したが、活動域周辺及び日向灘全域の活動は地震発生前の1.5倍の発生率となって活性化したままである。

(4) 観測計器の開発

(園田保美, 古澤 保, 寺石眞弘, 大谷文夫)

坑道内での高感度連続観測だけでなく、屋外での観測に実用的な感度を有する地殻変動観測計器として野外トレンチ観測用ハーフフィールド水管傾斜計の開発を行い、火山活動研究センターの協力を得て、桜島およびインドネシア、グントール火山に設置し、連続観測を実施している。現在のところ、1マイクロラジアン以下の変動を十分検出可能な結果を得ており、火山活動の監視等への有効性を示す。

4.7.3 その他重要な活動

(学会活動、社会貢献、集会開催など)

他の項目に記載

4.8 火山活動研究センター

4.8.1 センターとしての研究活動 センターの研究対象と方針

霧島から桜島、薩南諸島に至る地域は、わが国でもっとも火山活動の活発な地域である。火山活動研究センターは、火山学、火山噴火予知および火山災害軽減の研究に関する全国レベルでのフィールド・ラボラトリーとしての役割を担い、所内外の他分野の研究者と共同で、島弧火山活動のダイナミクス、噴火機構および噴火予知の研究を行うことを設置目的としている。単一の研究領域「火山噴火予知」からなる。

(到達点)当センターの前身である桜島火山観測所設置の発端となった桜島火山の山頂爆発は現在まで45年間継続しているが、この間の研究により、噴火に先立つ長期的、短期的及び直前の前駆現象の地震・地殻変動観測による捕捉手法はほぼ確立した。その結果、地殻変動データを利用した山頂噴火の直前予知システムが開発され、システムとデータが気象庁や日本航空等へ提供され、火山活動の監視や噴煙による航空機の被災回避に活用されている。しかし、火山活動・火山噴火にかかわる様々な現象、火山体構造、火山体の形成史、およびマグマ供給系の実態についての理解は未だ不十分であり、定量的な噴火予知・噴火災害の予測ができるまでに至っていない。また、桜島で得られた知見の普遍性・限界や予知手法の有効性を他の火山において検証することが今後の課題である。

(研究方針)これまでの成果を踏まえて、島弧火山活動および噴火機構に対する理解を深め、より実用的な噴火予知および火山災害軽減に関する研究を進展させるためには、研究対象を時間・空間的に広げると共に、多面的な研究調査手法を取入れる必要がある。当センターでは、各教官が複数の観測手法を駆使できることを前提とし、相互に

協力して野外調査・観測を行い、得られたデータを相互に比較検討しつつ研究を行うこととしている。

しかし、専任教官数が限られているため、地質学・岩石学、岩石年代学、地球化学、地球電磁気学を中心に研究担当、非常勤講師、非常勤研究員として、あるいは、防災研究所のプロジェクト研究・共同研究、火山噴火予知計画に基づく集中総合観測を通して、学内外の研究者の協力をえて研究を行っている。また、火山噴火機構の比較研究の場としてインドネシアを選び、インドネシア火山調査所との間でジャワ島の火山において共同観測を継続するとともに、同調査所のスタッフを留学生、研修生として受入れ、研究の推進を図っている。

(研究資料の蓄積)当センターの研究は、野外での観測・測定を基本としていて、また、所外の研究者の研究を支援するため、常時観測機器の保守とデータの読み取り・整理、写真等の研究資料、岩石等のサンプル試料の保管、更に所外研究者の観測・実験機器の保守等が重要である。そのため、これらの作業は技術職員と非常勤職員が主に担当しているが、人員と経費上の制限から、専任教官もこれら作業に従事している。

現在の重点研究課題

現在、センターとして、所内外の研究者と共同して、重点的に取り組んでいる課題は、以下の通りである。

- 1) 活火山の浅部マグマ供給系・熱水系(主として、特定共同研究、防災研究所プロジェクト研究による)
- 2) 活火山の集中総合観測および火山体構造探査(火山噴火予知計画による)
- 3) 始良カルデラおよび桜島の火山活動史の復元(非常勤講師、非常勤研究員との連携)

4) 島弧火山の噴火機構に関する比較研究(インドネシア火山調査所・地震予知研究センターとの共同研究)

4.8.2 研究領域の活動概要

・火山噴火予知研究領域

教授 石原和弘

助教授 井口正人

助手 西 潔, 味喜大介, 山本圭吾, 神田 径

非常勤講師 宇都浩三(平成 10~12 年度)

非常勤研究員 周藤正史(平成 11 年度)

領域の研究対象

平成 10~11 年に研究対象とした火山地域は、岩手山、伊豆大島、桜島及び始良カルデラ、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島、グントール山、メラピ山である。

現在の主な研究テーマ

(1) 桜島火山における爆発地震の震源過程

(井口正人)

(目的) 桜島の爆発の力学的な機構を地震学的な観測から明らかにする。

(方法) 地中及び広帯域地震計による観測と波形インバージョンによる発震機構の推定

(成果概要)

(1) 爆発地震の発生モデルとして等方膨張力源がしばしば用いられてきたが、これまでに観測からその事実が確認された例はない。本研究では、SN 比の良い地中地震計のデータを用いることにより、爆発地震の初動は、火道内の深さ 2km 付近における等方膨張により発生することを観測事実として確認した。

(2) 等方膨張に引き続き、円筒形の収縮が火道内でおこる。

(3) これまでほとんど解析されていない最大振幅付近の波は、Reyleigh 波からなる事がわかった。観測波形と理論波形のフィッティングから、

Reyleigh 波を発生させる震源は火口直下の深さ 300m という浅い場所にある等方膨張力源でなければならないことがわかった。

(4) 火口直下の深さ 300m における等方膨張は、爆発に伴う空気振動の発生時刻、すなわち、火口底での爆発とほぼ同時に発生しており、最大振幅付近の波は、火口底での爆発によって励起されたものであることがわかる。

(2) 桜島火山および始良カルデラ周辺における地盤変動の研究 (井口正人, 味喜大介, 山本圭吾)

(目的) 桜島火山におけるマグマ供給系の推定

(方法) 桜島および始良カルデラ周辺で GPS による連続および繰り返し測定、および水準測量の繰り返し測定を実施する。

(成果概要)

(1) これまで繰り返されてきた水準測量による始良カルデラ周辺および桜島の地盤の上下変動から、始良カルデラ直下のマグマ溜まりには、年間 1000 万立方メートルのマグマが定常的に供給されている事がわかっている。GPS による連続観測により、より時間分解能の高い数ヶ月オーダーのマグマの供給率の見積もりが可能となった。1995 年から 1996 年前半には 500 万立方メートル/年であったマグマの供給率が、1996 年後半から 1997 年にはほとんど検出不可能な供給率にまで落ち込んだが、1998 年から 1999 年には 1800 万立方メートル/年とこれまで推定されている平均的な供給率の 2 倍程度に増加したことがわかった。数年の時間オーダーでは定常的とみえる始良カルデラへのマグマの供給率も数ヶ月の時間間隔で見ると、変化していることが明らかとなった。

(2) 始良カルデラ周辺の地盤の上下変動については、約 100 年間のデータの蓄積があり、その力源は、茂木モデルを用いて始良カルデラ直下の深さ 10km にあることが推定されている。水平変動については、これまで十分な測定がなされていないが、始良カルデラを取り囲むように GPS の繰り返し

返し測定をおこなった結果、その力源の位置は、これまで地盤の上下変動から推定されている位置に一致することがわかった。

(3)桜島の火山活動にともなう山体内部の密度変化 (山本圭吾,石原和弘)

(目的)桜島周辺域では、ラコスト重力計を用いた相対重力測定が過去 20 年以上に渡り繰り返され、桜島中央部では鹿児島湾周辺を基準にして 200 マイクロガルにも及ぶ重力増加が観測された。山頂噴火活動期にゆるやかな地盤沈降と並行して、山体内部でダイクの貫入・マグマからの揮発性成分脱ガス後の高密度物質付加等の密度増加現象が進行してきたものと考えられている。本研究では、桜島火山において高精度絶対重力測定を行い、重力変化の定量的な見積もりから山体内部で起こっている現象を理解することを目的とする。

(方法)東京大学地震研究所の絶対重力計を用い、1998 年 7 月から約 1 年間隔で桜島火山の山麓および山腹の 2 箇所において高精度絶対重力測定を行う。同時に、この 2 点を含む桜島周辺域の精密重力測定点では、ラコスト重力計を用いた相対重力測定を行い、それぞれの測定点における絶対重力値を求める。これらの測定点における重力値の時空変動を追跡し、山体内部で起こっている現象を解明する。また、微弱な重力変動を正確に検出するために、精密な海洋潮汐補正の手法を研究する。

(成果概要)1998 年 7 月と 1999 年 7 月に行った絶対重力測定結果の比較から、桜島火山山麓および山腹の双方の測定点で、約 15 マイクロガルの重力の減少を検出した。上記 2 測定点間の重力差は、1998 年から 1999 年の 1 年間で増減が無く、過去に観測されていた桜島中央部での重力増加はほぼ停止した可能性がある事が分かった。また、重力測定値に精密な海洋潮汐補正を施すことに成功し、今後の微弱 (1~2 マイクロガル) な重力変動検出に道を開いた。

(4)桜島火山および南九州の深部構造に関する基礎的研究 (石原和弘,山本圭吾,西 潔)

(目的)地殻変動観測から推定されている桜島および始良カルデラのマグマ溜り、フィリピン海プレートの南九州への沈み込みに関連した地震波の異常伝播領域の分布を調査する。

(方法)桜島および南九州に展開した火山活動研究センターおよび地震予知研究センターの地震観測網および臨時観測点のデータを用いて、走時異常および地震波振幅異常を引き起こす領域を推定する。

(成果概要)桜島の北西約 50 k m 付近で発生した鹿児島県北西部地震の地震波の伝播を調べ、桜島南岳直下のマグマ溜りの存在が推定されている直径約 2 k m の範囲を通過する直達 P 波の初動の振幅が 1/10~1/100 に減衰する一方、到達時刻が 1/10 秒程度早まることが分かった。この結果から、桜島直下のマグマ溜りは固化した溶岩の殻に囲まれていると推定された。南九州で発生するやや深発地震の走時異常を調べた結果、火山フロントより東側の観測点に到達する地震波の走時は早く、火山列にそって伝播する地震は走時がおくることが判明した。この結果から、地震波速度の大きい沈み込みスラブの上面に接して低速度の領域が存在すると推定された。

(5)火山地域用地震波腺追跡法の開発と火山の地震波速度構造の研究 (西 潔)

(目的)マグマ供給システムを理解するために火山および火山地域における地震波速度構造を明らかにする。

(方法)地震波走時データのインバージョンによるトモグラフィーにより 3 次元の地震波速度構造を求める。このためには、速度構造が不均質な火山地域においても地震波の走時と伝播経路を求めることができる火山地域用の 3 次元地震波腺追跡法を開発する必要があり、これを用いて走時データのインバージョンを行う。

(成果概要)不均質速度構造に対応する波線追跡法としてはグラフ理論に基いた最短経路法がある。この方法は計算に長時間を要するので数値構造モデルの解析に用いられてきた。この方法を最適化法の一つであるシンプレックス法と併用することにより実データを用いた 3 次元の速度構造解析に実用的に使用できるように改良した。計算時間は速度構造により異なるが従来の最短経路法と比較して 1/10 から最大で 1/10000 程度に短縮された。また、従来の方法では解消できない計算上の格子点の位置と実際の観測点、震源の位置との不一致をシンプレックス法を用いて最適化することにより解消することができ、実データへの適用の道が開けた。(a)この波線追跡法を用いたインバージョンにより従来の波線追跡法を用いた結果より解像度の高い速度構造が得られることが阿蘇火山における構造探査データを用いて示された。(b)構造探査データを用い霧島火山、雲仙火山の深さ 2 km 以浅の速度構造が得られた。(c) 南九州における自然地震の走時データを用いた解析からは霧島火山西側の地熱地帯、始良、阿多カルデラに対応した低速度領域が認められているが現在解析および検討中である。

(6) 薩摩硫黄島火山における火山活動の研究

(井口正人)

(目的)薩摩硫黄島火山のガス噴火と鬼界カルデラのマグマ溜まりの基礎的研究を行う。

(方法)薩摩硫黄島で臨時地震観測を行い、火山性地震の震源および発震機構を調査するとともに、同島内および竹島で GPS 測量を繰り返し、硫黄岳山体および鬼界カルデラの地殻変動を調査する。

(成果概要)薩摩硫黄島火山でも桜島火山と同様に、その火山性地震は A 型および B 型に分類される。A 型は、火山体周辺に、B 型はガス噴火が連続的に発生している山頂火口直下において発生する。また、そのメカニズムも A 型は正断層型と推定されるのに対し、B 型は震源での体積変化を

伴う。したがって、薩摩硫黄島でも桜島と同様に、常時火山ガスがとおる火道が確立していることがわかる。

(7) 南九州の活火山における自然電位の比較観測研究 **(神田 径)**

(目的)火山噴火現象と密接な関係があると考えられている地下熱水系の活動を明らかにする。また、観測で得られた自然電位の正異常の大きさを火山活動度の異なる火山で比較することによって、火山活動度と自然電位正異常との関連性を調べる。

(方法)海岸から山頂までの自然電位を 50m 毎に測定し、地下熱水系の活動度の指標となる、自然電位の正異常の分布や大きさを明らかにする。観測から得られた自然電位プロファイルを、線形の地形効果を組み込んだ等価双極子電流源モデルでフィッティングさせ、電流源の大きさと火山活動度とを、その他の地球物理学的・地質学的・地理学的情報などと併せて比較検討する。

(成果概要)桜島、開聞、薩摩硫黄島、諏訪之瀬島で自然電位の測定を行ったところ、いずれの火山でも山頂火口に中心があると思われる正異常が見つかった。活動中の諏訪之瀬島、薩摩硫黄島では、大きさは異なるものの全島規模の正異常が観測された。桜島では、極めて高い活動度のため、山麓しか測定が行えなかったが、やはり全島規模の正異常分布が推定されている。一方、現在活動を行っていない開聞でも山頂付近に異常が観測されたが、そのスケールは小さい。モデルを用いた自然電位プロファイルの評価の結果、電流源の大きさの違い、つまり地下熱水系の活動度は、火山活動度(桜島>>諏訪之瀬島>薩摩硫黄島>>開聞)と良い相関があることが現在までにわかっている。また、やはりモデルで仮定した線形の地形効果の勾配は、活動中の 3 火山では、ほぼ同程度の大きさであるのに対し、開聞ではその 2~3 倍の大きな値であった。火山を構成する岩石の物性の

違いを反映しているのかもしれないが、熱水系の活動が地形効果の勾配に影響を与えている可能性もあると考えている。

(8)古地磁気学的手法による桜島火山の活動史に関する研究 (味喜大介 宇都浩三)

(目的)有史・先史時代にわたる桜島火山の長期的な噴火史を明らかにする。

(方法)地表あるいはボーリング・コアから得られた火山噴出物試料、特に放射炭素法などの年代測定法が直接適用できない溶岩試料等について、古地磁気方位・古地磁気強度を求め、地磁気永年変化との比較によってその噴出年代を推定する。また、古地磁気方位・強度や岩石磁気学的特徴から噴出物相互の対比を行う。これらの結果やテフラ層序その他の地質学的情報を元に噴火史を編む。

(成果概要)桜島の地表に分布する噴出時期の明らかになっている溶岩流の古地磁気測定から、古地磁気学的年代推定が有効であることを示し、他の桜島南岳起源の3つの溶岩流についてその噴出時期を明らかにした。また、ボーリングコア試料の古地磁気測定からは、桜島東部の黒神観測井の深度約70m以浅の溶岩流がその南方の地表に露出する8世紀後半の溶岩流に対比できることや、桜島南部の古里観測井の深度約40m以浅の溶岩流が約二千年前または約三千年前に噴出したことを明らかにした。また、黒神観測井の最下部から得られた安山岩質礫と古里観測井最下部の安山岩は始良カルデラ形成前後のK-Ar年代を示し、この時期に安山岩質マグマの活動があった可能性を示す。

(9)始良カルデラの形成史に関する年代学的・岩石学的研究

(石原和弘, 周藤正史, 宇都浩三, 味喜大介)

(目的)わが国では、数千~1万年間隔で珪長質マグマによる巨大噴火が発生していることが知られている。約2万5千年前に桜島北方で生じた巨大噴火は、数百立方キロメートルの噴出物を放出

し、始良カルデラを生じた。始良カルデラを例として、巨大噴火発生に至る過程の火山活動の特徴を解明することを意図した。

(方法)始良カルデラ周辺の直径約30kmの範囲から過去数百万年の溶岩流のサンプルを採取し、そのK-Ar年代を最新の分析方法で決定し、溶岩の性質と噴出の時空間的変遷を調べた。

(成果の概要)始良カルデラ周辺では、既に300万年以前から火山活動が始まっている。50~100万年の間では、カルデラ西縁部で安山岩を主体に玄武岩から流紋岩までの溶岩流と火砕流が噴出、10~50万年はカルデラ南縁部で流紋岩溶岩流が流出、2万5千~10万年の間はカルデラ北縁部で火砕噴火と北及び南縁部で流紋岩溶岩流を流出するという経過を経ていることが分かった。特に、始良カルデラ形成の巨大噴火の1万年以内に、約20km離れたカルデラ北縁部と南縁部でほぼ同時期に同じ岩石学的組成を有する流紋岩質溶岩流が噴出したことが新たな知見として得られた。これは、始良カルデラを形成した巨大噴火を引き起こし、現在も地球物理学的データからその存在が推定されるマグマ溜りが既に3~4万年前に存在していたことを示唆する。

(10)インドネシア・グントール火山およびその周辺における火山性地震の研究 (井口正人)

(目的)インドネシア・グントール火山における構造とマグマ供給系を地震学的研究から推定する。

(方法)常時および臨時地震観測による火山性地震の震源決定と発震機構の解析、及び水準測量・傾斜観測による変動観測。

(成果概要)

(1)グントール火山及びその周辺では、火山性地震は山頂付近と西方の地熱地帯に分布する。

(2)西方の地熱地帯において発生する地震は、その深さが5~10kmであり、これまでの地質調査により推定されている断層に沿って発生する。また、そのメカニズムは東西圧縮の右横ずれ型であり、

バンドン南部地域において推定されている広域応力場に一致する。このように、西方の地熱地帯において発生する地震は、内陸の地殻浅部において発生している構造性地震の特徴を持っている。(3) 一方、グントール火山の山頂付近で発生する地震は、異なる特徴を持つ。震源は2-4kmと浅く、北西から南東にならぶ火山列に沿って分布する。また、メカニズムは、正断層あるいは逆断層であり、いずれにしても、応力の方向が垂直であるという。

点が西方の地熱地帯において発生する地震と異なる。

(4) 山頂付近で発生する地震の活動度が高まるときには、山頂付近の地盤が隆起する(1997年、1999年)。このことから、山頂付近での火山性地震の活動度の高まりは、火山直下の圧力増加によってその直上の地盤が持ち上げられ、その結果として火山性地震が発生している可能性が高い。

4.8.3 その他重要な活動

学会等での活動

- ・日本火山学会評議員(石原：平成8～11年度、井口：平成12年度～)
- ・日本火山学会編集委員(井口：平成10～11年度)
- ・国際火山学及び地球内部化学協会・世界火山観測所機構委員会委員(石原：平成8年～)
- ・火山学研究連絡委員会委員(石原：平成6年～)

社会貢献(防災面)

(データ等提供)

- ・桜島の傾斜・伸縮リアルタイムデータの提供：鹿児島地方气象台、建設省大隅工事事務所および日本航空鹿児島空港事務所
- ・口永良部島の火山性地震リアルタイムデータの提供：福岡管区气象台
- ・桜島および薩南諸島の火山の活動資料および

評価結果：火山噴火予知連絡会(年3回)

- ・火山活動異状時のデータ提供：気象庁および関係自治体

(委員等)

- ・火山噴火予知連絡会委員・幹事
- ・第十管区海上保安本部沿岸防災情報図作成委員会委員長(平成10～11年度)
- ・鹿児島市防災専門委員会委員(平成11年度)
- ・火山活動度のレベル化に伴う防災対応のガイドライン作成に関する調査委員会委員(平成11年度)

社会貢献(教育・啓蒙活動)

- ・鹿児島市主催「アジア活火山サミット」基調講演(石原：平成10年11月)
- ・鹿児島市：中学生向けの副読本「火山ハンドブック」総監修(石原：平成11年度)
- ・東桜島公民館「学区公民館：成人講座」講師(石原：平成10～11年度)
- ・NHK鹿児島放送局「防災コラム」解説委員(石原：平成10年度、井口：11年度)
- ・尚古集成館文化講座講師(石原：平成11年度)

資料等の利用・提供

平成10、11年度の相手からの申し出による施設及び資料等の利用・提供状況は以下の通りである。

1)写真

- ・M. Morrissey(米国地質調査所)
- ・桜島町長
- ・納 光弘(鹿児島大学医学部)

2)ビデオソフト

- ・J. Gray(英国グラナダテレビ)

3)観測データ

- ・田平 誠(愛知教育大学)
- ・松井孝典(東大理学研究所)
- ・D. Pyle(英国ケンブリッジ大学)
- ・小池克明(熊本大学工学部)

4)岩石等サンプル試料

- ・山本浩平(京大エネルギー科学研究科)

5) 観測実験施設利用

- ・ 松坂理夫 (熊本大学理学部)
- ・ 松井孝典 (東大理学研究科)
- ・ 野津憲治 (東大理学研究科)
- ・ 田中 譲 (鹿児島大学理学部)

4.9 水資源研究センター

4.9.1 センターとしての活動概要

研究対象と方針

日本学会議は第 58 回総会の議に基づき、昭和 46 年 5 月 1 日付で政府に対して、全国科学者の共同利用の研究所として水資源科学研究所(仮称)の設立を勧告した。その結果として、昭和 53 年 4 月 1 日付の文部省令第 10 号により、全国科学者の共同利用の性格をもつ水資源研究センターが防災研究所に設置された。

その当時、我国の経済成長は特に目覚しく、都市と工場が急膨張して水の需要が急増していた。その結果、水量の不足、水供給の安定度の低下、水質の悪化等が大きな社会問題としてクローズアップされるようになった。ひところ経済大国ともいわれた我国のこうした水資源問題は、砂漠化で食糧不足を来しつつある地域におけるそれとはかなり違った側面もあるが、人々が利用し、又は利用しようとする水を人間と水との結びつきという観点からすると相通ずるものがあった。水資源研究センターは、こうした問題に関連する課題を科学的かつ学際的に研究することも目的としている。即ち、地球規模及び都市・地域規模での水資源を取り巻く自然・社会現象とその変化を多角的にとらえ、ジオシステム・ソシオシステム・エコシステムの総体としての水資源の保全と開発のシステムを総合的に研究することを目的としている。

現在の重点研究課題

現在、次の 3 課題について重点的に研究を行っている。

- (a) 地球規模での水文循環の予測技術の開発及び過去から現在にわたる長期的水文循環の変遷を明らかにし、地球規模の水・熱循環に関する総合研究。
- (b) 都市化による流出形態の変化・熱収支の定量

的評価、及び都市域で逼迫している水資源の開発・保全・永続的利用に関する研究。

- (c) 今後の都市域に求められる水循環の保全・向上を目的とした水利用システムのマネジメントの方法に関する研究。

また、当センターは、客員教授・助教授による水資源共同ネットワーク研究領域を有しており、期間を限ってその時々的重要な水資源問題の解決に取り組んでいる。平成 10・11 年度は水資源に関する生態系評価手法に関する研究が集中的に行われた。

更に、専任・客員教官が共同して学内外から研究協力者の参加を求め、いくつかのプロジェクトと研究を実施している。平成 10・11 年度には、地下水の利用と保全、琵琶湖プロジェクト、AI 技術による水資源システムの管理支援、メソスケール降雨現象の解明・予測、21 世紀の水利用のあり方、流域における水量・水質・生態系評価手法の開発、水資源と環境のリスクマネジメントの 7 課題が取り上げられ積極的に研究が進められた。

4.9.2 研究分野の活動概要

・地球規模水文循環研究領域

教授 池淵周一，助教授 中北英一

助手 大石 哲

地球規模水文循環研究領域では、地球規模での水文循環の予測技術の開発、過去から現在にわたる長期的な水文循環の変遷を明らかにし、地球規模における水・熱循環を学際的・総合的に研究することを主目的として、以下のような研究を行っている。

(1) 琵琶湖水資源・水環境の研究

昭和 50 年より国際水文学計画 (IHP、1975～) の一環として、引き続き琵琶湖を含めた近畿地方

の水害、水資源、水環境の総合的調査研究を推進している。とくに平成3年度以降、琵琶湖プロジェクトの名のもとに進められている、水文陸面過程の衛星同期全国共同観測研究ではその中心となって精力的に進めている。一方では、琵琶湖流域での歴史洪水や渇水を抽出して現在の状況と将来の予測とを結びつけて行くために、古水文学や古気候学の成果をベースに、古文書や木の年輪を調査することにより、琵琶湖流域の水環境の変遷を明らかにしてきている。

(2)水収支と渇水の研究

水不足を起さないための貯水池容量、緊急時の補給水の確保とその安全率との関係、さらに異常渇水対策一般についての提言を行うとともに、平成6年度の全国的な大渇水については、気象・水文データを過去のものと比較しつつ、その構造・被害の調査・解明を大学・省庁とともに中心的な役割を果たしながら進め、とくに政府や被災者の対応の調査・分析に基づき渇水被害に対する一般的な対応策を提案している。

(3)降水分布の物理的および確率・統計的特性的研究

降水の変動は気象擾乱のスケールとその消長に起因し、気象学上の研究課題であって、関連分野の研究者との共同研究も進めている。一方、水資源の技術的立場からは降水量分布の変動の統計的・確率論的特性を知ることが重要であり、これまでの降水量の時系列特性や空間的集中特性、相関構造などについて、多くの知見を得ている。これらの知見を、サンプリング問題として人工衛星による地球規模の降水分布の推定の精度評価に応用したりしている。また新たに多雨年の生起を条件付きとした少雨年の出現特性に着目し、そのモデル化を試みている。一方では、降雨予測に関する基礎研究として、3次元レーダー情報を用いた大気物理量の推定法の開発、雨滴粒径分布の鉛直構造の観測とモデル化、GPSによる水蒸気可

降水量の推定法の開発、長期レーダー観測情報による降雨分布特性の地形依存性とスケール効果の解明、山岳地形が豪雨に与える影響や狭域・短時間の可能最大降水量の推定に関する数値実験的研究など、降雨分布や関係諸要素の観測を実施するとともに、雲物理過程を含めた豪雨の物理的数値シミュレーションを行い、数々の有用な基礎的知見を得ている。

(4)陸域 - 大気相互作用の解明

大気圏と陸域圏との水の授受は降水と蒸発という現象によって行われるが、このうち蒸発現象は直接測定することが困難なため、基礎的研究は少ない。このため、観測研究にも力を注ぎ、特に、(1)に掲げた琵琶湖プロジェクトにおける全国共同観測や中国淮河流域での水文・気象国際共同観測に中心的な役割を果たしている。また、モデル解析的研究としては、陸面水文過程モデルのスケールアップに取り組むために、都市や水体を含む複雑な土地利用の地表面に適用できる生物圏モデル(SiBUC)を提案し、都市域・水体をも考慮した陸面過程モデルの開発に努めてきた。さらに、広域複合場からの蒸発散量推定のための数値解析的研究として、大気だけでなく地中の水循環過程をも詳細に表現した2次元モデル、3次元モデルを用いて、一連の数値シミュレーションを実行し、日蒸発散量に関する時間的・空間的平均化に関する基礎的な知見を得ている。

(5)貯水池制御エキスパートシステムに関する研究

洪水や渇水時の貯水池等の制御には判断を伴う。そこには、熟練者の経験・知恵をも未経験者に示すというシステムとしての意味も重要なものとして含まれる。これらの具体的なものとして、情報工学的推論手法(定性推論)を用いた洪水制御支援システムに関する研究や、定性推論を用いた短時間降雨予測支援システムに関する研究を、現象の観測をも重視した形で精力的に進めてき

た。こうした研究の一環として、人間が気象学的知識を用いて状況を予測する方法をシミュレートした短時間降雨予測手法を提案した。この手法によって、一般的なメソモデルより小さな降雨分布である流域内の降水分布について、雨域の運動学的外挿手法以上の精度で降雨予測ができる可能性を示した。

(6)流域水環境の変化に関する研究

水質に関しては、21世紀の環境問題の1つとして大きく挙げられている酸性降水、特に酸性雪とそれによるアシッドショックといわれる現象の観測、モデル化を進めてきている。生物との関わりとしては、水資源共同ネットワーク研究領域(客員)と共同して河川の底生動物の調査を進めるとともに、洪水や河川水の利用と自然、社会、歴史とを総合的にとらえ、人工物を含めた河川及びその流域のあり方を模索してきた。また一方では、文部省科学研究費国際学術研究として「水・人間・地球の相互作用を考慮した持続可能な水資源環境に関する国際水文学研究」という国際的学術調査研究の中心的役割も果たしてきた。

・都市・地域水文循環研究領域

**教授 岡 太郎, 助教授 城戸由能
助手 石井将幸**

都市・地域水文循環研究領域では、都市化による流出形態の変化、水環境とそれに重大な影響を及ぼす水・熱収支を定量的に評価し、とくに都市域で逼迫している水資源の開発・保全・持続的利用を計ることを主目的として以下のような研究を行ってきている。

(1)丘陵山林域の雨水流出モデルと洪水の実時間予測

内水氾濫は、流域内の丘陵山林域や高位部からの流出水の集中によってもたらされる場合が多く、これらの流出特性を把握し、洪水予測の手法を開発、確立することが肝要である。このため、

昭和43年以来、古川流域高位部、小畑川流域などを対象として、表層条件に配慮しつつ、雨量・水位の観測網を逐次整備し、毎年数回の洪水観測を実施するとともに、一部の地区で土壤水分の追跡調査・浸透能の測定を並行して行ってきた。こうした観測調査結果に基づいて、流出に及ぼす土性・地形効果と流出モデルへの反映法、流出モデルの最適化手法についての研究を進めるとともに、洪水・低水流出解析が連続して行える集中型の長短期流出両用モデルを開発し、全国各地のダム流域に適用して、その適応性を吟味するとともに、カルマンフィルターを利用した1~3時間先の洪水予測法に関する研究を行った。

(2)内水の挙動とその解析モデル

低平地域の氾濫流は下流条件の影響の大きい緩流であり、その適切な解析モデルの開発が待たれていた。この問題に基礎的に対処するため、山科川下流域・巨椋流域などにおいて低平地氾濫水の実態観測を続けるとともに、数値シミュレーションモデルの開発を行った。まず、不定流の基礎式に基づく数値計算法を各種条件下で検討し、流域モデルの集中化方式とその効果を明らかにするとともに、次いで不等流式と連続式に基づく低平地タンクモデルを開発して内水災害の解明に役立てられた。さらに外水氾濫が併存する場合に対処するため、昨今は水理学的諸特性の解明と有限要素法を適用した平面解析法の研究に重点がおかれている。

(3)都市化に伴う雨水流出形態の変化と水環境整備

近年、自然丘陵地の開発に伴って流出形態が変化し、いわゆる都市水害が頻発している。この問題に対処するため、前述の自然山林流域の他に京都・宇治市内の都市河川及びゴルフ場などに水文観測施設を整備して観測研究に力を注いできた。とくに、近年名木川流域(宇治市)の都市化の進展を不浸透域の拡大に着目して明らかにするとと

もに、過去 30 年余の水文観測資料を整理して流出解析を行い都市化に伴う雨水流出形態の変化を明らかにした。また、開発段階毎に設置された洪水調整池の効果を吟味し、その規模・配置の妥当性を検討した。さらに、他地区で行った調査をまじえて、短時間降雨予測に基づく緊急排水を実施すれば、強降雨時の浸水防止効果を保持しながら小降雨時の汚濁負荷をほぼ 100%貯留・処理できることを明らかにしている。また、各種衛星・航空機によるリモートセンシングデータを用いて画像データの分解能が土地被覆分類に及ぼす影響を明らかにするとともに、土地利用の経年変化の定量的表示について基礎的な研究を進めた。こうした結果を利用して、都市化に伴う水害ポテンシャルの変化の研究を行っている。さらに、自然丘陵地、住宅地での雨水の浸透問題を実験的・理論的に究明するとともに、住宅地の流出抑制と地下水涵養を目的として、埋管浸透法・礫間貯留浸透法などの開発研究を行っている。

(4) 地下水の利用と保全

土砂災害・地盤災害・水資源問題と深い係りを持ち、土地利用変化に伴う環境アセスメントの面でも重要な意味を持つ地下水問題に対処するため、昭和 43 年度より琵琶湖東部の高時 - 姉川扇状地に試験流域を設定して観測研究を行うとともに、数値シミュレーション法の開発研究を行ってきた。その後、差分法の他に有限要素法の応用手法、地盤沈下地帯での可能揚水量の推定のために準 3 次元モデルの開発に関する研究を行ってきた。

さらに、沿岸帯水層における塩水浸入は地下水利用を脅かすものとして、その予測防御技術の確立が求められている。高知大学・九州大学・宮崎大学などと共同して、高知県春野町に調査・試験流域を設定し、水文観測を継続するとともに、電気探査・電気伝導度測定・各種水質調査および数値シミュレーションを行い、塩水浸入の防御技術

に関する調査研究を進めている。

また、離島・半島では、地下ダム以外に水資源を確保する旨い手立ては見当たらない。地下ダムが設置される事によって発生する地下水位の異常上昇の定量的予測及びその対策法、多孔体中の流況変化に伴う揚水量の減少機構、海水(塩水)浸入地区での塩水排除、地盤統計学と情報統計量に基づく地下水流況の最適同定について基礎的な検討を行っている。

(5) バングラデシュの洪水発生機構と対策

バングラデシュはガンジス・ブラマプトラ・メグナ河が合流する低地部に位置しており、毎年洪水災害に見舞われている。文部省科学研究費のもとに国際協力事業団の協力を得て、バングラデシュ北東部で水文観測を 1995 年より継続している。本研究では、バングラデシュ及びインドアッサム・トリプラ地方の気象特性を明確にするとともに洪水災害発生機構・洪水と住民生活との関連を究明することを目的としている。近年、GMS 低解像度画像とニューラルネットワークによりトリプラ地区の雨量推定を試みるとともに、その結果を用いて洪水流出解析を行いメグナ河上流域の出水特性を明らかにした。さらに、一次元不定流 - 貯留モデル、差分法・有限要素法を適用した洪水氾濫解析を行い洪水災害防止軽減のための基礎的な研究を行っている。

(6) 植物の成長と水消費を考慮した水文素過程

宇治川水理実験所に設置されているウエイイングライシメータ(重量測定式浸漏計)にトウモロコシ・プロッコリー・カリフラワーなどを植栽し、植物の生育過程と水・肥料消費・土壌の浄化機能・地下水流出成分の水質変化等について観測研究を開始した。イオンアナライザーによる水質測定結果より、表層土に加えられた肥料のイオンが約 2 ヶ月後に地下水流出成分に混じって検出されるなど興味ある結果が得られている。

・地域水利用システム計画研究領域

(旧水資源システム研究グループ)

教授 小尻利治, 助教授 友杉邦雄

地域水利用システム計画研究領域では、今後の都市圏に求められる水環境の保全・向上を計画目的に加えた水利用システムのマネジメントの方法について研究することを主目的として、以下のような研究を行ってきている。

(1)地域水資源計画におけるリスクマネジメントに関する研究

一般に地域住民の防災意識はリスクマネジメントにとって重要な要素のひとつである。そこでまず、防災意識の形成・消長過程についての研究がおこなわれた。過去の災害経験に依存して、地域によって防災意識が異なるが、ここでは、長崎大水害や平成 6 年度の大渇水時及びその後につき、聞き取りや新聞調査を行って、災害意識の伝播、消長のシステム論的分析を展開し、とくに渇水に対する社会的関心の活性度の指標化とその変動過程に関する考察を平成 6 年大渇水を事例に展開している。一方、阪神・淡路大震災を事例に複合災害下におけるライフラインのリスクマネジメントに関する研究として、どのようにすればライフライン(上下水道・ガス・電気・通信など)の被害を抑止し、ひいては生活への影響を最小限にできるかについて、ライフラインの管理者や生活者をプレイヤーにみたててゲーミング・シミュレーションを行い、これにより安全な対応等を検討するための有効なツールを開発するための知見を得た。さらに、ニッチ分析による都市診断のための複合災害リスクの評価法に関する実証的研究や都市直下型地震の直後における水系ライフラインのリスクマネジメントに関する基礎的考察も行い、それぞれ有用な知見を得ている。

(2)水利用プロジェクトの費用割り振り法に関する研究

水利用プロジェクト、例えば多目的ダム

にあたっては複数の用途(治水、利水、親水(観光・レクリエーション))や都市・事業体間で事業費をどのように公平に割り振るかが問題となる。このような問題をゲーム理論及びミクロ経済学に基づいて分析する訳であるが、その一環として、例えば、観光・レクリエーションがもつ経済的効用の測定法の開発を目指しており、これまでに環境目的を含む多目的ダムの費用割り振りのゲーム論的解析を行い、一つの方法論を提示している。

(3)都市排水再利用に関する研究

水源の開発が困難になっているため都市排水再利用は益々増大する要求であるが、そこには様々な問題がある。まず、都市排水再利用の水質改善効果に関するゲーム論的研究では、環境管理者が現行の河川の水質環境基準をさらに向上させることを計画している状況を想定し、その手段として下水の環境利用と高度処理を考える場合、どの手段が効果を持ち、その費用はどのように負担すべきかをゲーム理論を援用して考察する方法を提示した。また、排水の再利用を伴う都市用水給水システムの安定解析を行い、最適再利用率を算定する方法を提案した。さらに排水の再利用を伴う都市用水給水システムの操作と維持における費用とエネルギーについても比較・考察を行っている。

(4)地域の持続的マネジメントに関する研究

この研究のサブテーマのひとつとして、持続的発展プロセスとしてみた山間過疎地域の活性化に関する研究がある。山間過疎地域の活性化は、山間地域が果たす環境ストックならびに災害リスク回避能力としての価値を、下流域の都市との関わりから総合的に評価することなしには不可能と考えられる。本研究ではこのような観点から、超長期的な時間スパンの下で山間過疎地域をどのように持続的にマネジメントすればよいかについてシステム論的にケーススタディ(鳥取県智

頭町・熊本県小国町)を行ってきた。また、開発地の空間基盤整備における計画過程の協調化に関する基礎的研究、都市拠点開発の基盤整備における利害対立の構造とその解消に関するモデル論的考察も行ってきた。

(5) 水文量の時空間分布特性の把握と予測

地域水利用システムの計画・管理にとって、降水量や河川流量などの水文量の時間的、空間的分布特性を様々なスケールで把握し、また実時間あるいは計画論的に予測することは基本的に重要である。このため、以下のような研究がなされている。

まず、月単位でみた河川流量の時系列について、パターン分類技法とファジィ推論をもちいて欠測流量を補完する方法が提案され、またわが国のいくつかの河川におけるパターンの分析により、それらの時系列の模擬発生の可能性が示された。さらに月単位の気温、降水量時系列についてもパターン分類を行い、パターンとしての発生確率の評価手法を提案している。一方、洪水に関わる短期流出問題では、レーダーデータとニューラルネットワークによる降雨のカオス的予測の試みもなされており、また、いわゆるスケール問題と流出機構のより深い理解という観点から、わが国の全国河川の年最大流量の平均値、変動係数と流域スケールとの関係の解析を行いつつある。さらに、異常少雨現象の時間的・空間的分布特性の把握と予測を目指して、少雨をもたらす気象要素として気圧と海面水温の分布に注目して時空間パターン分類化手法による降水量予測の試みがなされ、またアメダスの日降水量データに基づき、統計解析によるわが国の降水分布特性別地域分類やDAD解析による近年の異常渇水時の降水分布の評価などを試みつつある。

なお、地球温暖化が及ぼす広域利水安全度への影響を評価すべく、多地点の降水量と流量を模擬発生する多地点確率マトリックス法を利用した

方法論の提案も行っている。

(6) 総合的流域計画・管理

流域における水循環を健全なものとする計画・管理にとって、流域内の水量、水質の時間的、空間的分布を把握し、予測することがまず必要であり、またその水量、水質(濁質、水温なども含む)およびそれに関連する環境要素(生態系、親水性、景観など)をいかに総合的に評価するかが問題となる。こうした観点から以下のような研究がなされている。

すなわち GIS ベースでの流域シミュレーションと環境評価モデルの開発、流域シミュレーションを利用した流域化学物質の環境運命予測、多層メッシュタイプの流出モデルによる水量・水質の流域シミュレーションと空間アセスメント、シミュレーションモデルでの流域環境評価手順の開発、分布型短長期流出モデルによる流域水循環とその評価に関する研究、流域シミュレーションとGA にを利用した総合流域管理計画に関する基礎的研究などである。これらの流域モデルとしてはいずれも多層メッシュタイプが基本で、総合評価にはファジィ推論を用いており、それぞれ改良すべき点が残されているが、黄河レベルの大河川流域への適用の可能性も検討しようとしている。

(7) 水資源管理における人工知能の応用

本研究領域においても AI(人工知能)をダム の操作などの管理問題に応用する研究を行っている。渇水時の貯水池実時間操作のための意志決定支援システムの研究では、精度は低い貴重な情報である長期気象(降水)予報と過去の類似流況から、パターン分類とファジィ推論を利用して、節水率(放流量)を求めめるものである。また、知識獲得型の貯水池操作支援システムのモデル化の研究では、現在のところ台風性の降雨を想定し、洪水調節を主目的とした予備放流の決定支援システムの開発を行いつつある。

・水資源共同ネットワーク研究領域

水資源共同ネットワーク研究領域は外部の研究者を客員として迎え、一定期間集中的に行う特定プロジェクトの研究を目的としているが、専任教官および共同研究協力者との共同研究も行っている。平成 10・11 年度の客員教官と課題は以下の通りである。

1)客員教授

氏名、職名(当時)研究課題、客員期間

萩原清子:東京都立大学都市研究所教授、水環境の経済分析と評価、平成 8～9 年度

福島武彦:広島大学工学部教授、水域物質循環機構の解明と水質モデルの開発、平成 10～11 年度

2)客員助教授

氏名、職名(当時)研究課題、客員期間

竹門康弘:大阪府立大学総合科学部助教授、河川の浸食・堆積環境と生物の棲み場所構造、平成 8～9 年度

東海明宏:北海道大学大学院工学研究科助教授、水量・水質・生態を考慮した総合的環境リスク指標の開発とその流域水資源計画への応用、平成 10～11 年度

源環境に関する国際水文学研究」(代表:池淵周一教授)、平成 11 年度から「バングラデシュ国における氾濫湖の消長に関する気象・水文学的研究」(代表:岡太郎教授)について文部省科学研究費(国際学術研究)の交付を受け、東南アジア・南アジアの水文・水資源に関する調査研究を積極的に行っている。さらに、当センターの教官は国際協力事業団から開発途上国の洪水・水資源対策について研究を指導するために短期専門家として数多く派遣されている。

4.9.3 その他重要な活動

当研究センターに関係する研究者相互の総括を行う場として年 1 回の研究集会(平成 4 年度からは水資源セミナーと改称)を開催している。また、研究成果の総括的報告、水資源セミナーで発表された話題の内容、紹介記事、資料等を載せた「水資源研究センター研究報告」を昭和 55 年度より毎年発行している。

平成 9 年度には「東南アジア・太平洋地域の流域水利用実態及びデータ環境の国際共同研究」(代表:池淵周一教授)、平成 10 年度から「水・人間・地球の相互作用を考慮した持続可能な水資

4.10 巨大災害研究センター

4.10.1 センターとしての活動概要 センターの研究対象と方針

近年の急激な社会構造の複雑化・高度化は多様な自然災害の発生をもたらし、巨大災害に繋がる危険性を大きくしている。そこでは、自然災害の性質ばかりでなく、人為的な要因によって被害が連鎖的に拡大して、社会に未曾有の衝撃を与える。従って、自然科学と社会科学を融合した共同研究体制が必須であり、それによって初めて総合的な減災システムの構築が可能となる。

平成 8 年度発足した巨大災害研究センターではこれらの研究を更に発展させ、3つの柱、即ち、巨大災害過程(Information and intelligence)、災害情報システム(Preparedness and Societal Reactions)、被害抑止システム(Urban Design and Planning)の領域の共同研究を推進してきている。これらの研究分野は複合的であって、専任の教授 3 名、助教授 2 名、助手 2 名は、本学の工学研究科、理学研究科、情報学研究科にそれぞれ属しており、現在、修士・博士課程の大学院生の研究指導は、それぞれの研究科からの合計 11 名について実施している。なお、これ以外に、国内客員教授、助教授各 2 名、外国人客員教授 1 名の定員の他、現在、非常勤講師 3 名、学内研究担当教官 4 名によって共同研究を実施してきている。当センターは発足当時より所内共同研究センターに位置づけられており、毎年、防災研究所年報 A に『防災問題における資料解析研究』として、研究成果を要約したものを刊行しており、平成 12 年度で 27 号を数えている。また、昭和 57 年度より自然災害科学データベース『SAIGAI』の構築と公開は、このセンターと全国 5 地区の資料センターの共同作業の中核的な成果である。現在約 6 万件が登録され、科学研究費公開促進費によって毎年約 6 千件ずつの増加を図っている。

特筆すべきは平成 7 年に発生した阪神・淡路大震災に関する調査研究であって、これに関する当センター専任教官による自然・社会科学分野の論文、報告が平成 12 年 9 月までに 500 編以上発表され、招待講演は延べ数百回に達している。

更に、過去 2 年間だけでも、1998 パプアニューギニア津波災害、1999 年コロンビア・アルメニア地震災害、台風 18 号による高潮災害、1999 年トルコ・マルマラ地震災害、台湾・集集地震災害、2000 年有珠山噴火災害、三宅島噴火災害、東海豪雨災害、鳥取県西部地震災害の災害調査を主体的に実施してきた。特に阪神・淡路大震災では、発生直後の緊急対応期から復旧・復興期の全過程について、地域防災システム研究センター、そして平成 8 年度新設後の巨大災害研究センターは総力を挙げて組織的研究に取り組んできた。この間、当センター所員は、政府の関係機関はもとより被災、或は近隣自治体の地域防災計画策定の専門委員会などに積極的に参加し、また、多くの講演会、シンポジウム、ワークショップの企画・運営更に招待講演の形で研究成果の社会への還元を図っている。

現在の重点研究課題

当センターが実施している重点的な研究課題は、次の通りである。

1. 阪神・淡路大震災の復興過程の追跡調査と被災者の生活再建
2. 東海・南海地震と津波災害を視野に入れた広域巨大災害の被害評価と減災策
3. 環太平洋地域の地震・津波災害ポテンシャルの表示と減災策
4. 都市地震と都市水害の危機管理
5. 災害情報のデジタル・シティによる表示と解析
6. 日米共同研究による比較防災学の構築

である。更に、当センターで所管している事業は、

1. Memorial Conference in Kobe の開催
 2. 地域防災計画実務者セミナーの実施
 3. 災害対応研究会の開催
 4. 東海・東南海・南海地震津波研究会の開催
 5. 大規模災害対策セミナーの実施
 6. 「災害を観る」ワークショップの隔年実施
 7. 巨大災害セミナーの開催（毎月）
- などであり、現在、日本自然災害学会の事務局を置き、学会活動を支援している。

4.10.2 研究分野の活動概要

・巨大災害過程研究領域

教授 河田恵昭, 助手 高橋智幸

分野の研究対象

わが国のような社会構造が高度化、複雑化した社会では、巨大災害は、異常に大きな自然外力の作用のみならず、極めて人間的な要因によって発生・拡大することがわかっている。さらに、発展途上国においては、自然外力を直接抑制する社会インフラの整備が遅れていることや、カースト制度に見られる階級社会に根ざした脆弱性が歴史的に存在していることもあって、しばしば巨大災害が発生してきた。このような巨大災害の発生には、自然科学と社会科学の両面の特徴を踏まえた研究が必要であり、防災科学資料センター、地域防災システム研究センターの時代から、この視点に立って研究を推進してきた。この研究の方向性は、平成8年度に新設された巨大災害研究センターによっても継承されているが、とくに巨大災害過程研究領域においては、発展系の形で研究を実施してきた。

これまでに実施してきた研究内容を要約すると、以下の6点に集約される。すなわち、1) 巨大災害の復元による変遷予測、2) 巨大災害の伝播・拡大過程解析、3) 人的被害予測理論と抑止方法、4) 減災社会システムの設計論、5) 津波防

災論、および6) 阪神・淡路大震災の全過程の追跡と都市災害予測である。

現在の主な研究テーマと成果

(1) 巨大災害・都市災害

阪神・淡路大震災における阪神地区の被災者数約500万人に対して、地震直後の死者数が約5000人であって、住民千人に一人が犠牲になった。この数字は江戸時代のもと同じである。すなわち、住民個人を対象とした地震災害の被害においては、地震による住宅倒壊・全壊による人的被害の危険度が江戸時代のままに放置されてきたことを意味している。この割合は、1999年に発生したトルコ地震、台湾地震でも同じであることも確認できた。これらの研究によって、長期的な視点から災害による犠牲者を減らすには、巨大災害の発生を抑止すればよく、巨大災害対策、あるいは超過外力対策が今後、わが国で極めて重要な課題であることを指摘してきた。

(2) 危機管理

従来、わが国では危機管理をリスクマネジメントと狭義に解釈する傾向があった。これを事前対応中心のマネジメントとし、発災直後からをクライシスマネジメントと分けて定義して、全過程をエマージェンシーマネジメントとする考えを普及させた。そして、わが国のリスクマネジメントは、米国連邦危機管理庁(FEMA)の危機管理の時計モデルにおけるミティゲーション(被害抑止)、プリペアドネス(被害軽減)の2つからなり、前者が関東大震災以降のわが国の伝統的な防災の方法であり、土木工学による社会インフラの整備と建築学による耐震性のすぐれた建物の設計・施工の形で貢献してきたことを示した。一方、阪神・淡路大震災では情報の収集、解析、共有、発信機能が極めて弱く、これを抜本的に見直したソフト防災が提唱され、とくに計画外力を超える超過外力対策で大きな効果を果たすことを示してきた。その結果、防災地理情報システムの開発と全国的

な設置につながった。

(3)津波・高潮・洪水防災

2035 年前後に発生が予測される次の南海地震・津波対策はその被害の巨大さと、その対策の困難さを考えるとき、現時点でも残念ながらかなり絶望的といえる。そこで、津波や危機管理、総合防災システムに関する研究成果を実際に役立てる方法や研究者として何ができるかを考え、具体化する努力を継続してきた。

前者の成果は、たとえば、平成 11 年度から始まった気象庁の津波の量的予報において反映されている。また、当センターで開発した津波ハザードマップの作成や、チリ地震津波に代表される遠地津波の数値計算方法は、気象庁から早晚実用化されると期待されている。

また、後者の成果として、東海・東南海・南海地震津波研究会の発足が挙げられる。平成 9 年 10 月に発足した研究会は、現在、約 350 名によって構成・運営されており、すでに毎年の報告書も 3 冊刊行されている。この研究会の目的は、これらの地震津波による被害を軽減することであって、とくに自治体関係者の継続的な意識啓発を大きな課題としている。また、台風 18 号による八代海、周防灘の高潮災害調査や東海豪雨による大規模浸水被害調査も実施しており、総合的な水防災システムの構築を図っている。

・災害情報システム研究領域

教授 林 春男, 助教授 西上欽也

研究目的

わが国は世界でももっとも高い被害抑止力を持つが、それでも現在の防災力では災害を完全に防ぐことはできない。とくに、阪神淡路大震災のように低頻度だが被害が巨大化する都市型災害に対する災害低減システムの整備が急務である。そのため、災害予測力の向上による被害の回避や、災害発生後の効果的な対応によって被害を極小

化し、災害からの社会の速やかな回復を可能にするための研究を行う。

災害は急激で大規模な環境変化の一例であり、人々に新しい環境への適応をせまり、多くの苦しみを与える。こうした環境適応過程をうまく乗り切り、災害による人々の苦しみを軽減するためには、災害による新しい現実についての情報収集・意思決定・情報共有が必要となる。そこで当研究領域では災害対応を情報処理過程としてとらえ、災害低減のための情報の役割を社会レベルと個人レベルの 2 つの水準で検討している。

研究課題

(1)災害発生から復興に至る災害過程の理論化

自然現象としての災害は力学法則に支配される。しかし社会現象としての災害を説明する一般法則は見出されておらず、現象そのものとしても依然として未知な部分が多い。したがって、非常に多くのパラメーターによって支配される複雑系である社会現象としての災害については、その学理究明を目指した基礎研究を体系的に推進する必要がある。一見迂遠に見えるが、社会現象としての災害の学理究明を先端的な基礎研究として位置付けることが、総合的な防災研究の発展の基礎となると確信している。現在次のような研究を推進している。

- 1) 災害エスノグラフィーの構築
- 2) 阪神淡路大震災における生活再建過程の理論化
- 3) 阪神・淡路大震災からの「すまいとくらし」の復興に関するパネル調査
- 4) 総合的な被害評価手法の開発

(2)災害過程の可視化

防災は、学問領域としては多分野の専門家から構成される複合領域である。同時に、災害低減を目指した社会と密接な関連性を持つ実践的な学問領域である。とくに 90 年代に日米両国を襲った大規模災害は、専門家だけの防災が持つ限界を

明らかにし、市民の防災力の向上が 21 世紀の防災のカギを握ることを明らかにした。そのためには、防災科学技術の側がその透明性を確保し、研究開発の過程や成果を積極的に社会に公開することが不可欠になる。情報公開にあたっては、人々の直観的な理解を促進する災害過程の可視化が重要な手段となる。また、災害は一般に発生頻度が低い。とくに被害規模が大きい災害にこの傾向が強い。その中で人々の防災能力の向上をはかるには、シミュレーションが大きな役割を果たす。その結果を標示するためにも災害過程の可視化がはたす役割は大きい。

災害過程の可視化という観点から、どの時点でどのような情報をどのような手続きで収集・評価・共有すべきかを、事前対策から事後対策まで一貫して検討できる枠組みを構築する。その一環として、外力についての理解を深めるための情報提示方略を検討している。

災害過程を可視化する

- 1) 西宮 BUILT ENVIRONMENT データベースの構築
- 2) 防災ピクトグラムシステムの開発

(3) 防災 CALS の確立

防災に携わる機関の間で、災害対策の法制度、防災計画、被災想定・推定、防災アセスメント、被害抑止計画、危機管理計画の各要素についての総合的なデータベース構築と標準的な災害対応過程の採用によって、災害対応の効率化をはかることを目的としている。阪神淡路大震災を契機として、災害時の情報力の大切さが認識され、さまざまな災害情報システムが開発された。しかし、それらのシステム相互には使用の共通性がなく、各システムが個別に存在している。巨大災害は広域的な災害であることを考慮すると、各防災情報システム相互の広域連携も、効果的な災害対応のために不可欠な要素である。90 年代から利用が本格化しているインターネット技術は、人類が手に入れた新たなしかも強力なコミュニケーション

ン手段であり、情報共有手段としてインターネット利用が今後ますます有力になると予想される。そこで、インターネット上での情報共有を促進するための規格の標準化、災害対応手順や防災計画の標準化のための検討を行っている。

- 1) 災害対応状況のリアルタイムモニタリング
- 2) 防災計画の電子化支援
- 3) 災害対応のためのグループウェア
- 4) 地震防災のためのデジタルシティ

(4) 内陸活断層における地震発生メカニズムと地震災害の研究

内陸大地震の発生メカニズムを解明するため、個々の活断層の深部構造、活動様式を調査する手法開発を行う。さらにそれに基づいて、現実的な強震動予測、被害予測を行い、災害軽減のための有効な地震情報利用について考える。

(方法) 活断層における構造調査として、断層トラップ波、散乱波を用いた 2 次元構造トモグラフィー、また応力蓄積過程調査として断層注水試験等の手法開発を行う。断層不均質構造と破壊過程の関係を過去の地震データ等から推定し、特定の断層構造に対する将来の地震破壊様式を予測し、強震動予測に用いる。

(成果概要) 野島断層、茂住・祐延断層において明瞭な断層トラップ波を検出し、断層破碎帯構造を推定した。茂住・祐延断層においては人工地震実験により、浅部破碎帯構造を推定し、断層トラップ波を用いた 2 次元構造トモグラフィーの可能性が示された。断層の深部不均質構造を知るうえで散乱波トモグラフィーが極めて有効な手法であることがサンアンドレアス断層において確認され、断層不均質と M7 クラス地震発生メカニズムとの関係が推定された。また、野島断層における繰り返し注水試験(1997 年、2000 年)を行い、活断層において大地震が繰り返し発生するメカニズムを解明しつつある。

・被害抑止システム研究領域

教授 田中喙義, 助教授 赤松純平
助手 北原昭男

領域の研究対象

災害による社会的被害を軽減するための研究、特に大都市圏地震災害の被災構造とその時系列展開、施設・建造物の被害予測とその経済損失の評価に関する研究を行う。また地震被害軽減の観点から地域・都市構造を解析し、安全な地域・都市づくりのための計画手法の構築に関する研究を行う。

現在の主な研究テーマ

本研究領域の研究内容に即した研究課題として、現在下記のようなテーマを設定して研究を実施している。

- 1) 建築物の性能的火災安全設計法に関する研究
- 2) 物理的市街地火災延焼モデルの開発
- 3) 都市地震の Hazard Map と Micro-zoning
- 4) 建築建造物の地震時応答の解明
- 5) 都市建築物群の地震被害推定手法の構築
- 6) 建物内部空間における地震時安全性評価

(1) 建築物の性能的火災安全設計法に関する

研究

(田中喙義)

建築物の火災安全設計を従来の仕様書的基準によるものから性能的基準と工学的手法に基づくものに転換することを目的とし性能的火災安全設計法の確立に関する研究を実施した。その内容は性能的火災安全設計体系の枠組みの構築、性能的基準の作成、火災性状予測計算手法の開発、及び火災安全設計ケーススタディーの実施である。これらの研究の成果は、建築基準法の性能規定化に寄与した。

(2) 物理的市街地火災延焼モデルの開発

(田中喙義)

地震火災による被害及び火災被害低減のために図られる種々の対策の効果を適切に評価するために必要となる市街地火災延焼モデルを、従来

の統計的「浜田式」に拠らず、火災の物理現象に基づいた物理的延焼モデルとして開発するために、基礎的な検討を行い、モデルの数学的定式化を行った。

(3) 都市地震の Hazard Map と Micro-zoning

(赤松純平)

(a) 中国雲南省麗江盆地の特異な地震被害分布の原因を明らかにすることを目的とする IDNDR 特別事業・日中共同研究(平成6~10年度)において、工業技術院地質調査所、他大学と共同して、盆地の活構造・基盤構造を屈折法地震探査と重力測定により調査した。

(b) 微動や地震動の観測資料、重力データ、GPS 測位データなど、地球物理学的データをマイクロゾーニングの精度と確度向上に利用することを目的として、京阪神および奈良を含む都市域の細密重力測定を他大学などとの共同で実施し、地域一帯の詳細な重力異常図のデータベースを蓄積した。

(4) 建築建造物の地震時応答の解明 (北原昭男)

各種木造骨組の動特性・応答特性を明らかにするために、総合防災部門と共同で、実大の木造住宅、伝統木造骨組などを対象とした振動台実験を行い、各種構法毎の建造物の振動特性、復元力特性、破壊性状などを明らかにした。

(5) 都市建築物群の地震被害推定手法の構築

(北原昭男)

建築物の経年劣化に伴う耐震性の低下を考慮した都市内建築物群の地震被害を推定する手法を確立することを目的として、一般入手が容易な統計量を基に、都市域における建設年代別・構造別の建物分布を求める手法を示し、また地震応答解析によって京都市の各種建造物の地震被害の地域的分布特性を解析した。

(6) 建物内部空間における地震時安全性評価

(北原昭男)

地震時における室内空間の安全性の総合的評

価手法の構築を目的として、建物被害・家具の転倒や散乱などの室内被害の実態に関するアンケート調査し、また3次元振動台を用いた振動実験によって、地震発生時における家具の振動・転倒の性状・メカニズムを明らかにした。