

DPRI Newsletter

Disaster Prevention Research Institute

Kyoto University

京都大学防災研究所



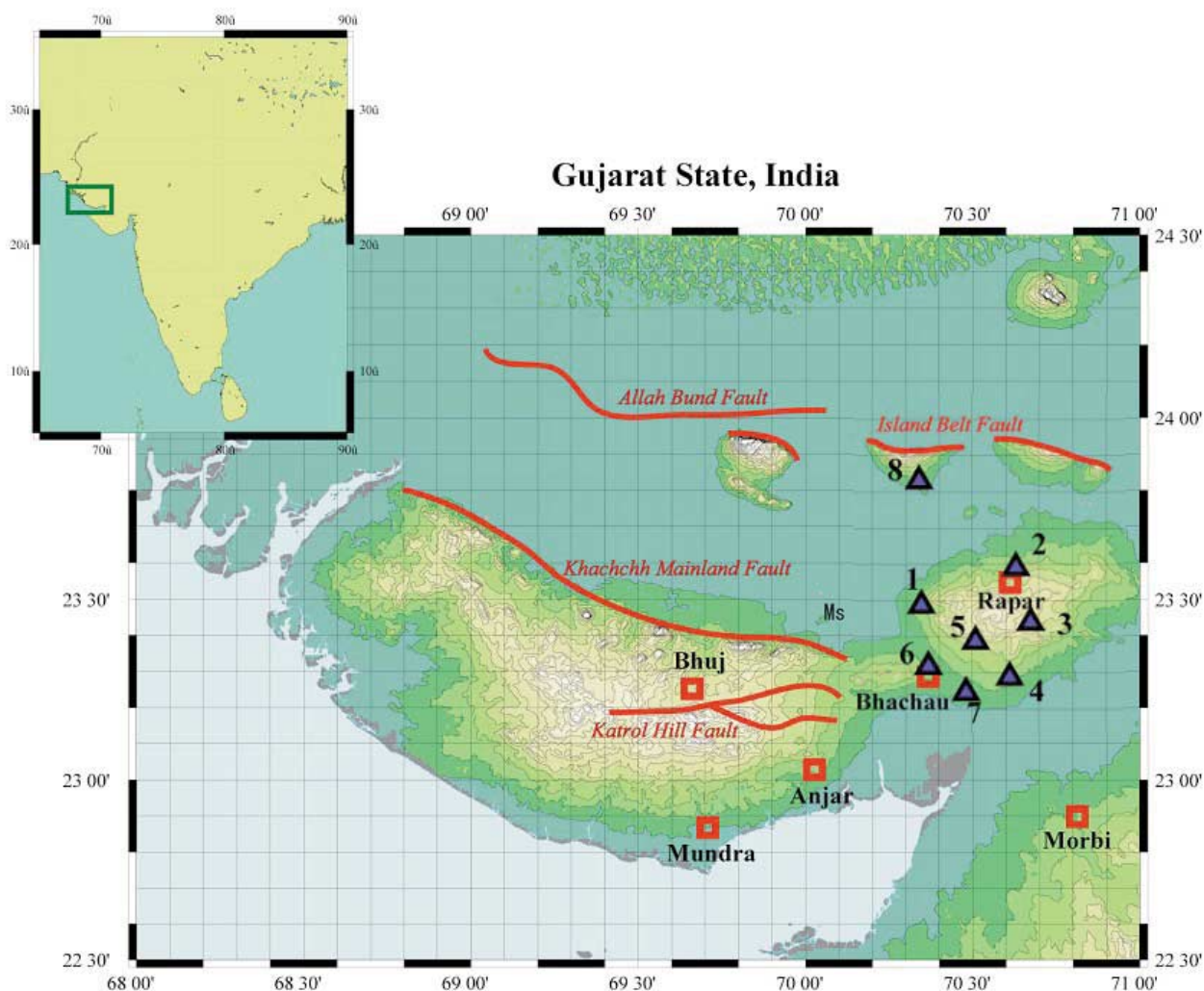
No.21

2001年8月

インド西部地震の断層探し

大地震は大断層の上で起きる。2001年1月26日、インド、グジャラート州で非常に大きい浅い地震（Ms 7.9）が起きたとき、地震や地質の研究者たちは地表に相当な破壊の跡が断層に沿って表れているだろうと考えた。最近の台湾やトルコの地震では

1～8メートルもの地表のずれが断層に沿って観察されたが、インド地震の最初のマグニチュードはこれらの地震よりも大きかったからである。インド西部地震はグジャラート西部地域を暴力的に襲い、2万人以上の死者と、ブージおよび周辺の村に大被害



1. 2001年インド西部地震発生地点周辺の地図。はこの研究のために携帯用地震計が設置された場所



2 . Chobari付近で、あたかも断層のずれのように見えたところ



4 . 被災したBhujの寺院

をもたらした (DPRI Newsletter No. 20)。

大地震を引き起こした断層の規模、位置、方向を知ることはいくつかの理由で重要である。たとえば、その地域でいつまた地震が起きるかを考えるためには、どの断層が地震を引き起こしたかを正確に知らなければならない。また、断層からどのくらい離れているかわからなければ地震の被害程度を推測することもできない。

世界中の地質学者たちは断層探しのためにインドに集結した。空中査察を行ったり、地上を慎重に踏査したりしたが、はっきりとした断層の形跡はなかなか見つからなかった。地面が隆起していた場所があって断層かと思われたが (写真参照)、これはただ表面の土が横に動いて盛り上がったただけだとあとでわかった。地表に断層の形跡がないので、地震学者は余震の観測による断層探しに走った。余震は普通、大きな地震でずれた断層の上で起きるから、余震の位置を正確に出せば、問題

の断層の位置、規模、方向がわかるのである。これには断層を三次元的に捉えることができるという利点もある。ずれを地質学的に観察するだけでは断層が地球表面のどこを破壊したかということしかわからないが、余震の位置がわかれば断層の深さもわかるのである。



3 . Adhoi付近で地震計を設置しているところ

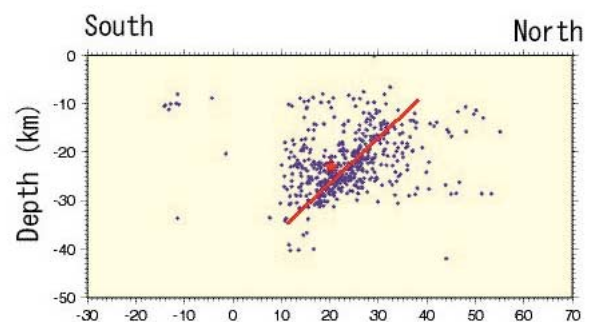
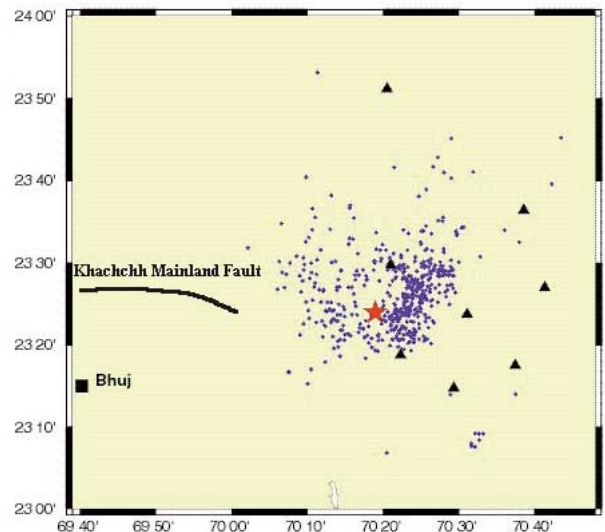
我々のチーム（佐藤魂夫 = 弘前大学、James Mori = 防災研究所、根岸弘明 = 防災科学技術研究所）は余震の位置から断層を探そうと、2月25日、携帯用地震計を詰めたたくさんの箱を持ってインドへ出発した。文部科学省平成12年度特別研究促進費研究「2001年インド西部大地震の総合的調査研究（研究代表者：佐藤魂夫教授 = 弘前大学）」の調査団のひとつ、余震観測班である。我々はIndian Institute of TechnologyおよびWadia Institute of Himalayan Geologyの研究者たちと合流し、翌26日、被災地域に到着した。地質学の地図によるとこの地域にはKhachchh Mainland Faultなどいくつかの断層が記されており、Kachchhは地震原因の有力候補と思われた。しかし、グジャラートでは地震を起こした断層の位置に関する情報はほとんどなかった。唯一、信用できたのは震源の位置だけ（これも世界中のデータから割り出したものだから20～30キロメートルの誤差はあった）。あとは、断層はおそらく、ほぼ東西方向にのびているだろうという一般的概念しかなかった。断層の方向が東西だという考えは遠地地震から得られたメカニズム解から来たもので、これはこの地震が東西方向の逆断層の上で起きたことを示していた。また地質学的にも、この地域は東西方向の地勢に特徴がある。

この程度の乏しい知識で観測点を決めるという暴挙に出たのである。我々は携帯用地震計を狭い地域に配置したいと思っていた。そうすれば震源の位置と深さをかなり正確に計算できるからである。しかし、どこで余震が起きているかさえわからないのだから計器をどこに持っていか、どうにも決めかねる。情報不足もここまでくると、この計画に対する疑念さえ湧き起こってきた。もっとも、これは余震観測に対する意欲をかきたてる状況といえなくもなかった。我々が余震の分布に関して得るデータは、ほとんどどんなものでも、この地震に関して新しい情報を付け加えることになるのである。結局、我々は8カ所の観測点を震源の東の比較的小さな地域に設定した。この決定はあまり科学的でない理由による。道路が通じているとか、どうも東側の方に余震が多いらしいという噂など。

地震計の設置には2日かかり、2月28日から余震の記録が開始された。その後、1週間ほど観測を続けて、我々は数千の地震の記録を得ることができた。あとでわかったことだが、我々は幸運だった。観測点は余震がたくさん発生した場所に近かったのである。

収集したデータから、我々は800ほどの余震の正確な位置を計算することができた。この結果、インド西部地震に関していくつかの重要な点がわかってきた。

1. 断層面はほかの同規模の地震に比べて小さい



5. この研究の結果わかった余震の分布。下図の線は、南側に傾斜している断層面の方向を示している

（ほぼ40km × 40km）。最も被害が大きかったブージの東の地域は断層の真上に位置している。ブージにも相当な被害があったが、ここは断層から約40キロメートル離れている。

2. 地震を引き起こした断層は地下35～10キロの深さにあり、地表には達していない。地表で断層のずれが観察されなかったのはこのためである。
3. 断層面は南側へ約45度傾斜している。これを地表へ延長した場合、地図に記されたKhachchh Mainland Faultの北東に出ることになり、この地域でこれまでに知られていた断層とも一致しない。

現在、地震の災害予測の研究が日本やアメリカをはじめ、世界中で行われている。これらの研究は主に地表に表れた大きな活断層による地震の歴史を調べることを基本にしている。しかしインド西部大地震はひとつの重要な教訓を与えた。地表に大きな断層を示唆する形跡が何もない場所でも大被害をもたらす大地震は起きるとのことである。

（地震予知研究センター MORI, James Jiro）

芸予地震における被害と今後の課題

2001年3月24日15時27分に安芸灘付近を震源として芸予地震が発生した。消防庁災害対策本部によれば、

震 央：北緯34度7.2分、東経132度42.5分

震源の深さ：51km

気象庁マグニチュード：6.7

(修正後、モーメントマグニチュードは6.8)であり、広島県、愛媛県、山口県を中心として広域で被害を生じた。京都大学防災研究所では、建築物と土木構造物の地震被害状況を調査することを目的として、被害調査を実施している。

芸予地震は、気象庁マグニチュードで見れば、鳥取県西部地震の7.3に比べて小さかったものの、震源の深さは鳥取県西部地震の約11kmに対してかなり深かったことが、被害を広域にしたことの原因であるとされている。計測震度値で見ると、震度4.5以上(震度階では5弱以上)を記録した地域は鳥取県西部地震に比べてかなり広いものの、逆に計測震度値6.0以上(震度6強)の地点はなかった。観測された地震動も比較的高振動数成分が卓越していて、最大地動加速度が大きいので、瞬間的な慣性力として構造物に大きな力は作用するが、最大地動速度は30cm/s程度以下であり、破壊を進展させるエネルギーとして見ると決して大きくはなかった。

このような地震動の特徴は、構造物被害をも特徴付けている。すなわち、比較的被害程度は小さいものが多く、もろい壊れ方をしやすい箇所被害に至っている。

土木構造物では、臨海部の護岸のはらみだし、吊り橋におけるセンターステイの破断(写真1)、新幹

線ラーメン高架橋中間梁のせん断破壊(写真2)など、随所で損傷が確認されたが、構造物全体の安全性を脅かすような大きな破壊には至らず、一応の機能保持はされたと考えて良いのではないだろうか。

一方、建築構造物についても、全半壊率としては小さかった。しかし、被災した地域が広く、被災建物の棟数も多かったので、地震動や地盤の特性、建物の特性やメンテナンスの状態など、不利な条件が重なった場合に選択的に全半壊などの大きな建物被害が発生している様である(表1)。

また、人的被害については、2名の死者が出ている。ただし、建築物の主構造体の破壊によるものではない。隣接建物の外壁が屋根を突き破って下敷きとなってしまった場合と、自宅ベランダが落下して下敷きとなってしまった場合で、いずれも脆性的破壊に原因がある。

芸予地震では、この他にもコンクリートブロックの転倒やシステム天井の落下など、非構造部材の損傷が多く報告されているが、最も目立ったのは、木造住宅の屋根瓦のずれ(写真3)である。瓦屋根の被害は計測震度値と非常に良い相関を示し(図1)、5.0(震度5強)以上から確認できるようになり、5.5以上(震度6弱)を越えると5%以上の家屋でずれが明瞭に見られた様である。また、瓦のずれは、最大地動速度よりも最大地動加速度との方が相関が良く、大きな慣性力が作用し、十分な耐力が確保されていなかった箇所が損傷を受けたと考えられる。

それでは、芸予地震の様な地震に対する対策はどのように考えればよいだろうか。この程度の破壊力を持った地震動を経験する事は、構造物の供用期間



写真1 西瀬戸自動車道(しまなみ海道)の最も四国よりの橋である来島海峡大橋の大島側の吊り橋のセンターステイが破断(撮影・本田利器)

中に2~3度経験しても不思議ではない。しかし、兵庫県南部地震などの場合とは異なり、破壊力そのものはそれ程過大ではなく、耐震技術の観点からは十分に対処可能な場合が殆どで、弱点をなくせば、機能上支障がない程度の被害に低減できるから、地震対策が実施された場合の実効性は高い。土木構造物に代表される様に公共性の高い構造物の場合には、管理者の責任において安全性・機能が確保される様に対処されるべきである。一方、建築物の場合には、被災地を広域にまわって見ると、a) 弱点は分かっているが耐震技術以外の問題で対策が難しい場合（急傾斜地被害（写真4）など）、b) 弱点が住民も分かっているはずで、対策も容易なのに放置されている場合、c) 対策は容易ではあるが、住民が危険性を認知していない、あるいは関心がないとしか思えない場合など、状況は様々であった。しかし、耐震技術的な対応が実施可能な場合には、個人（所有者/管理者）の責任で防災対策が実施されるべきである。問題は、どの様な対策を個人で行っておくべきなのか、行わなくても良いのはどの様な場合か、もし必要な対策を実施していなかった場合に第三者を傷付けてしまった場合に、どの様な責任が発生す



写真4 呉市の急傾斜地崩壊危険区域の被害

るのか、等を明確にしておき、社会的なコンセンサスを得て制度化・義務化していくことも必要なのではないだろうか。

（総合防災研究部門 林 康裕）



写真2 新幹線ラーメン高架橋中間梁のせん断破壊・三原市
（撮影・本田利器）

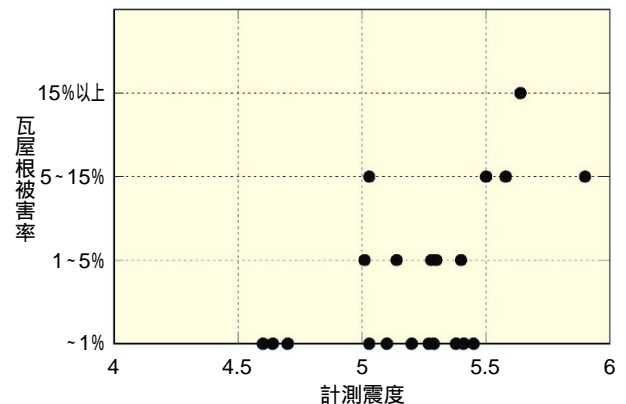


図1 観測記録の計測震度値と周辺家屋の瓦屋根被害率の関係



写真3 木造住宅の瓦屋根の被害（松山市）

	鳥取県西部地震	芸予地震
保険金支払い（見込み）額*	31億円	160億円
死者数	0人	2人
負傷者数	182人	288人
全壊棟数	430棟	49棟
半壊棟数	3065棟	306棟
避難勧告（最大時）	44世帯	234世帯
	116人	561人

*は日本損害保険協会による。その他は、消防庁発表（6月4日現在、鳥取県西部地震については6月5日現在）

防災研究所創立50周年記念 第2回 防災フォーラム

防災研究所創立50周年記念行事の一環である「防災フォーラム」の第2回講演が、6月8日（金）に国土交通省北陸地方整備局河川部部長（前内閣参事官 内閣官房副長官補（安全保障・危機管理担当）付）関 克巳氏を迎えて「危機管理体制の強化と課題」と題して行われた。関氏は講演の中で、阪神・淡路大震災前後で国の危機管理体制がどの様になったのか。そして、その変化が鳥取西部地震や有珠山噴火、JCO事故などにおいてどの様に生かされたのかを説明されるとともに、具体的事例から現行の体制の問題点をご自身の経験を踏まえて指摘された。そして、今後さらに柔軟で実効性のある危機管理体制を目指す必要があることを強調された。講演終了後は関氏を囲んだ懇親会が開かれた。

（巨大災害研究センター 柄谷友香）
（大気災害研究部門 荒木時彦）



叙勲の受章

吉川宗治名誉教授紹介



吉川宗治名誉教授は、平成13年4月29日勲二等瑞宝章を受章されました。

先生は昭和21年9月に京都帝国大学理学部をご卒業後、同理学部副手を経て、昭和24年6月京都大学理学部助手に任命されました。昭和32年6月京都大学防災研究所助教授、昭和37年2月教授に昇任され、地震動研究部門を担当されて、応用地球物理学の教育、研究に努められ、また理学と工学の学際的立場から災害現象の解明とその対策のための新しい研究分野を開拓し、なかでも地震学の研究成果を地震工学研究に応用することにより、地震災害軽減のための応用地震学研究に関して多くの業績をあげられ、黎明期の自然災

害科学の発展に貢献されました。昭和48年5月から2年間防災研究所長及び、京都大学評議員として大学の管理運営及び発展に貢献するとともに、防災研究所附属桜島火山観測所長、附属徳島地すべり観測所長、附属防災科学資料センター長として防災研究所の発展に寄与されました。

1984年福井地震、1960年新潟地震、1980年アルジェリア・エルアスナム地震や1980年イタリア・イルピナ地震など災害調査を通して、地震災害軽減のために地震学・地震工学・都市防災学などの学際的研究を行い、多くの業績をあげられました。日本物理探査学会会長、日本地震学会評議員など関連学会の活動を通して同研究分野の発展および若手研究者の養成に指導的役割を果たし、また研究成果の社会への還元のため通商産業省、科学技術庁、大阪府、大阪市など国・地方公共団体の防災行政に多大の貢献をされました。

（地震災害研究部門 入倉孝次郎）

寶 馨教授 土木学会論文賞を受賞



防災研究所水災害研究部門の寶 馨教授は、平成13年5月25日に開催された社団法人土木学会通常総会において平成12年度土木学会論文賞を受けた。この論文賞は、大正9年（1920年）に創設された学会賞以来の伝統を持つもので、毎年7部門の最優秀論文各1編に授与されている。受賞論文「水文頻度解析に関する研究（総合題目）」は、第2部門（水関連分野）における1988年以後の7編を含んでおり、そ

の内容は、水工計画・設計に必要な確率水文量を決定する基礎となる水文頻度解析について、豪雨や洪水の極値データに確率分布を当てはめ適合度と推定精度を客観的に評価する実際的な方法を提案したものである。提案された方法は、現在、一級河川をはじめとする全国各河川流域の確率雨量・確率流量算定の標準的な手法として採用されている。一連の研究が、当該分野の学術・技術の進歩、発展に大きな刺激を与え、かつ社会的にも大きく貢献しているとして高く評価され、土木学会論文賞にふさわしいものと認められた。

宇治キャンパス公開2001における防災研究所の一般公開

日 時	平成13年10月6日（土）	9：30～16：30
会 場	京都大学宇治キャンパス	
総合展示	木質科学研究所木質ホール	9：30～16：30
公開ラボ・公開実験	10：00～16：00	
大気災害研究部門	：境界層風洞実験室「風を感じる」	
地盤災害研究部門	：地すべり実験室（本館1階D144）「遺跡を地すべりからまもる」	
地震災害研究部門	：強震応答実験室「建物の揺れ、崩壊、そして耐震技術」	
地震予知研究センター	：「地震活動を見る」	

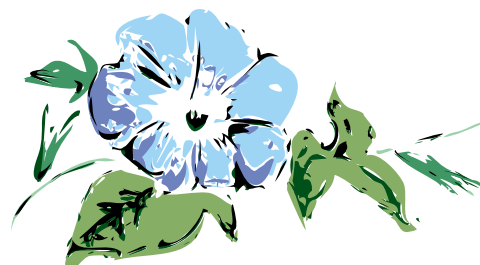
（詳細は京都大学宇治キャンパス公開 2001 のホームページ<http://food.food.kyoto-u.ac.jp/campus/index.html>をご覧ください）

防災研究所創立50周年記念第3回防災フォーラム

日 時	平成13年10月12日（金）	16：00より
場 所	防災研究所本館5階 D - 570	
講 演 者	内閣府政策統括官（防災担当） 吉井一弥氏	
講演題目	未定	

防災研究所公開講座（第12回）

日 時	平成13年11月22日（木）	9：30より
場 所	建設交流館（大阪市西区立売堀2の1の2）グリーンホール	



防災研究所新スタッフの紹介



地震災害研究部門 助教授
吹田 啓一郎

平成13年7月1日付けで工学研究科生活空間学専攻から異動し、地震災害研究部門の耐震機構分野の助教授に着任いたしました。建築の鉄骨構造学が専門で、特に実験的なアプローチで接合部に関係

する研究を手がけてきました。1995年の兵庫県南部地震では、これまで地震被害が比較的少ないとされてきた鉄骨構造にもかなりの被害が見られ、特に接合部が破断する被害が多数報告されたのは深刻な問題でした。以来、防災研究所の耐震構造実験室にある動的載荷装置をお借りして実大の建築鉄骨接合部の破壊実験を毎年のように行ってきました。このようにご縁の深い防災研究所を拠点に研究ができることとなり嬉しく思っております。構造物の耐震設計技術は高度な理論と情報に基づいて築かれていますが、実際の建築工事現場は、一部の大規模なものを除けば、様々なレベルの技能者が携わる極めてローテクの世界であり、これらが両立する形になれば耐震技術はより広く、より早く普及するものと思います。防災に関わる様々な分野の方々との交流を通じて研究ができるのを楽しみにしております。よろしくお願いいたします。



大気災害研究部門 助手
井口 敬雄

平成13年7月1日付けで理学研究科（地球惑星科学専攻）から大気災害研究部門の助手に着任いたしました井口です。大学院では数値モデルを用いて大気中二酸化炭素の収支の研究を行ってありまし

た。二酸化炭素やメタンといった温室効果気体の濃度の動向は地球温暖化への懸念から世間一般の関心も高いですが、大気科学の分野においてもこの問題を通じて大気と海洋や陸上生態系等との間の相互作用や人間活動が大気にもたらす影響を考慮に入れることの必要性が強く認識されるようになり、新しい領域が切り開かれたといえます。今後も地球のシステムの理解を深めていくという気持ちで研究を進めていきたいと思っております。



人事異動

(平成13年8月1日現在)

転入

(平成13年7月1日)

吹田啓一郎 助教授（地震災害研究部門）昇任
(京都大学大学院工学研究科助手)

井口 敬雄 助手（大気災害研究部門）採用
(京都大学大学院理学研究科博士後期課程)

転出

(平成13年8月1日)

嘉門 雅史 教授（地盤災害研究部門）配置換
(京都大学大学院工学研究科教授)

編集後記

梅雨明け宣言が出されたと思ったら各地で大雨が降り、しばらく涼しい日が続いたのも束の間、今年は記録的な猛暑になりそうです。祇園祭の山鉾巡業も終わり、大暑も過ぎていよいよ夏本番、今回はみなさんからの原稿提出も早く、おかげさまで汗はかいても冷や汗はかかずにすみました。

編集：防災研究所ホームページ

ニューズレター編集委員会

編集委員：上道京子、片尾 浩、城戸由能、小泉 誠、清水康生、高橋智幸、多河英雄、谷川為和、中島正愛(委員長)、福岡 浩、丸山 敬、吉田義則

発行：京都大学防災研究所

連絡先：京都大学宇治地区事務部総務課防災研究所担当事務室

〒611-0011 宇治市五ヶ庄

TEL：0774-38-3348 FAX：0774-38-4030

ホーム・ページ：<http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/>