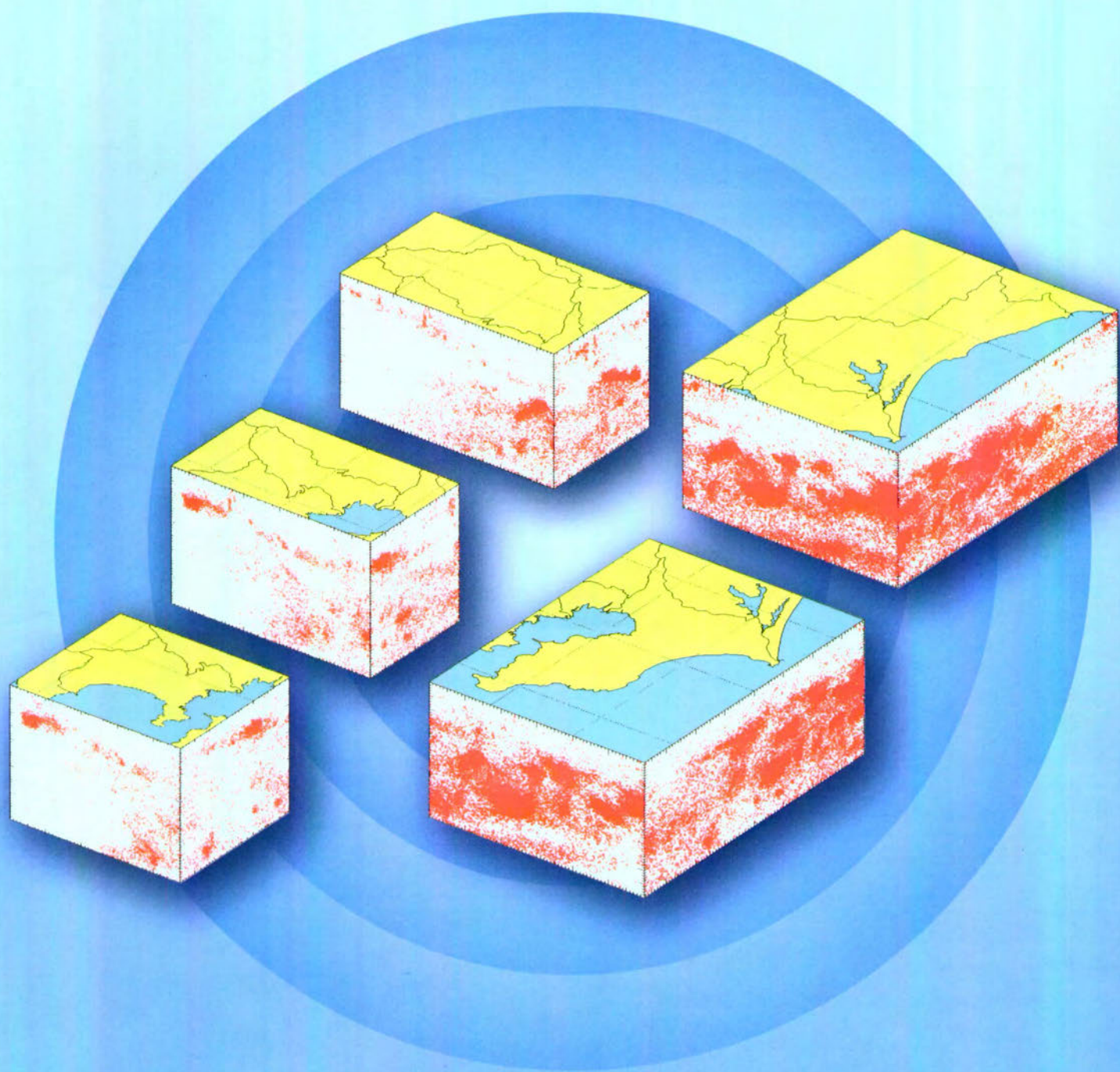
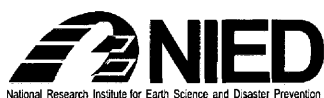


防災科学技術研究所 第4回成果発表会



防災科学技術研究所 第4回成果発表会



独立行政法人
防災科学技術研究所

目次

ごあいさつ	3
講演	
首都圏に大地震は来るか	4
岡田 義光 ◎固体地球研究部門、企画部	
できるか地すべり発生予測	6
福岡 輝旗 ◎総合防災研究部門	
五重塔はどう揺れるか	8
箕輪 親宏 ◎総合防災研究部門	
地震災害から身を守る	10
末富 岩雄 ◎川崎ラボラトリー	
今年の台風はどうなる	12
松浦 知徳 ◎特定プロジェクトセンター総合防災研究部門	
パネルディスカッション	
市民参加でつくる安全で安心なまち	14
長坂 俊成、中根 和郎 ◎総合防災研究部門	
ポスター発表	
全国を概観した地震動予測地図	18
藤原 広行、河合伸一、青井 真、石井 透、早川 譲、奥村 俊彦、森川 信之、小林 京子、先名 重樹 ◎特定プロジェクトセンター	
後続波に隠された震源の情報に迫る～震源決定への応用～	19
浅野 陽一 ◎固体地球研究部門	
関東の中規模地震、いつ？どこで？	20
井元 政二郎 ◎固体地球研究部門	
地震が大地震に成長する確率～緊急地震速報における利用～	21
岩田 貴樹、井元 政二郎、堀内 茂木 ◎固体地球研究部門	
月の引力が地震の「最後の一押し」に	22
田中 佐千子 ◎固体地球研究部門	
断層の年代を測る 野島・跡津川断層のFT年代測定	23
山田 隆二 ◎固体地球研究部門	
火口の深さを知りたい～レーダ影から見る浅間山火口底変化～	24
小澤 拓 ◎防災基盤科学技術研究部門	
ここまで詳細ここまで正確 先端的気象レーダーで雨量推定	25
岩波 越、真木 雅之、三隅 良平、圓山 憲一 ◎防災基盤科学技術研究部門	
雪崩を予測する～積雪変質モデルの応用～	26
山口 悟 ◎雪氷防災研究部門	
温暖化すると台風は多くなる？	27
栢原 孝浩 ◎総合防災研究部門	
気候変動は日本各地の洪水災害に影響する？	28
東 博紀 ◎総合防災研究部門	
災害体験・地域リスク情報の収集と共有～ブログ・相互運用型Web-GISを用いて～	29
長坂 俊成、前川 佳奈子、中根 和郎、福岡 輝旗、佐藤 照子、池田 三郎 ◎総合防災研究部門	
水害の被害軽減にむけて～Pafricsを用いたワークショップ～	30
鈴木 勇、竹内 裕希子 ◎特定プロジェクト「災害に強い社会システムに関する実証的研究」	
E-ディフェンスの性能と今後の計画～地震防災への世界的貢献を目指して～	31
佐藤 正義、井上 貴仁 ◎兵庫耐震工学研究センター	



独立行政法人
防災科学技術研究所
理事長 片山 恒雄

ごあいさつ

独立行政法人として4年目に当たる昨年度は、私たちの研究所が対象とする自然災害のほとんどが起きた年でした。静岡、新潟、福井の各県で豪雨災害があり、10個の台風が日本を直撃しました。これらの豪雨や台風による地すべりで何十人という犠牲者が出ました。浅間山の噴火は幸い小規模で終わりましたが、10月に起きた新潟県中越地震は、中山間部の震災には都市震災とは異なる課題があることを明らかにしました。そして、19年ぶりの豪雪がやっと解け始めたころに起きた福岡県西方沖の地震はまだ記憶に新しいところです。

1995年に兵庫県南部地震が起きてから10年あまりが経ちますが、この間に起きた伊豆諸島の群発地震（2000年7月）、鳥取県西部地震（2000年10月）、芸予地震（2001年3月）、宮城県の地震（2003年5月と7月）、十勝沖地震（2003年9月）、新潟県中越地震（2004年10月）、福岡県西方沖の地震（2005年3月）を頭の中の地図にプロットしていくと、場所にも順番にも何の規則性もなく、もはや、危なくないところはないという感じがします。

このように自然災害が多発する中で、防災科学技術研究所の役割は、以前にも増して大きくなってきました。地震が起きるたびに、私たちの地震計ネットワークが大きな注目を浴び、中越地震の際には防災科研が公開している地すべり地形分布図にたくさんのアクセスがありました。リアルタイム地震情報の利活用に関する開発研究も社会的に認められてきましたし、4年がかりで完成させた地震動予測地図がホームページで公開されています。神戸の震災を受けて、ほぼ10年をかけて建設してきた「実大三次元震動破壊実験施設（Eーディフェンス）」の完成披露式典が本年1月に開催され、これを使った実験がもうじき始まります。

自然現象に対する私たちの知識は間違いなく深まっていますし、自然災害も明らかに減ってきています。しかし、災害は自然現象と人間社会との絡み合いの中で起きるものであり、その性質は時とともに変わります。自然災害との戦いに完勝はありません。これからも続く防災科研の活動に、一層のご助力、ご鞭撻をいただきますようお願いいたします。

首都圏に大地震は来るか

固体地球研究部門、企画部

岡田 義光

okada@bosai.go.jp

1. 首都圏の地震環境

首都圏の直下には、「太平洋プレート」と「フィリピン海プレート」の双方が沈み込み、互いにせめぎあう状況となっているほか、伊豆半島が日本列島へ衝突しているという特殊事情も加わり、きわめて複雑なテクトニクス環境となっています（図1）。このため、首都圏周辺はわが国の中でも地震活動度が大変に高い地域となっており、様々なタイプの地震が色々な深さで発生しています。

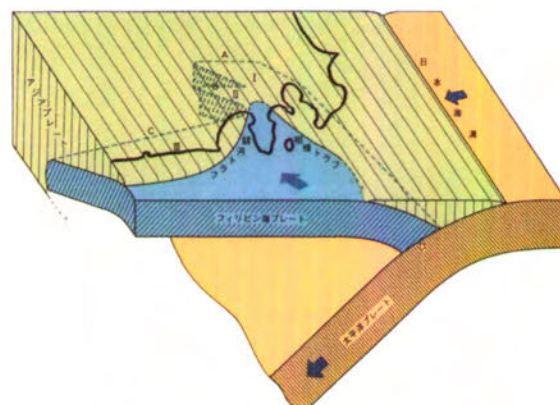


図1 首都圏周辺のプレート構造（笠原敬司，1985）

2. 首都圏で起こる地震

首都圏の地震活動の様子は非常に複雑ですが、防災科学技術研究所が首都圏に展開した深さ2000mから3500mに及ぶ地震観測施設等からの精密なデータが蓄積されるにつれ、その全体像は徐々に明らかになってきました。

単純化して考えれば、首都圏で起こる地震は次の5つの型に分類することができます。

①地表近くの活断層による地震：1931年西埼玉地震M6.9がこの例です。首都圏周辺には立川断層、荒川断層等の存在が知られていますが、日本の他地域に比較すると首都圏の活断層は少ない方です。

②フィリピン海プレート上面のプレート境界型地震：1923年関東地震M7.9がこの例です。茨城県南西部（鬼怒川側）の深さ50km前後で常時発生している地震もこの型であり、今年の2月16日にはM5.4の地震で震度5弱が記録されました。

③フィリピン海プレートの内部破壊による地震：1987年千葉県東方沖地震M6.7がこの典型的な例です。

④太平洋プレート上面のプレート境界型地震：千葉県中部から茨城県南西部（筑波側）の深さ70km～90kmに常時発生している地震がこの型であり、1983年茨城県南西部の地震M6.0のほか、昨年（2004年）10月6日の地震M5.7では震度5弱が記録されました。

⑤太平洋プレートの内部破壊による地震：最近東京で震度5となった2つの地震、1985年千葉・茨城県境の地震M6.1、及び1992年浦賀水道付近の地震M5.9が、この例です。

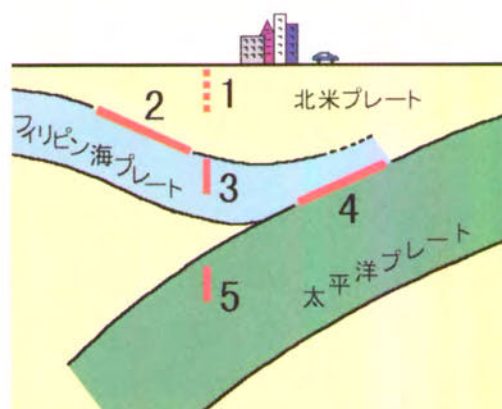


図2 首都圏で起こる地震の型

3. 首都圏直下の地震の切迫性

首都圏にとってもっとも恐ろしい地震は、1923年（大正）関東地震のような、相模湾を震源とするM8級巨大地震です。この型の地震の発生サイクルは概ね200年程度と言われており、前半の100年間は静穏期、後半の100年間は活動期と考えることができます。実際、1923年関東地震の前には、1855年（安政）江戸地震、1894年（明治）東京地震のようなM7級の被害地震が発生しており、とくに安政江戸地震では1万人近い犠牲者を生じました。

この図式に従えば、次の関東地震の発生はまだ100年以上先と考えられますが、それに先立って、安政江戸地震のようなM7級のいわゆる直下地震については、そろそろ警戒すべき時期に入りつつあると言えます。実際、首都圏直下の微小地震や関東地方の中小地震は、起きる地震の規模がだんだん大きくなっていく傾向にあり、また東京では関東地震以来数十年間経験しなかった震度5が最近2回発生しました。

このような認識のもと、首都圏直下の地震の発生については“ある程度の切迫性がある”との判断がなされ、国の中央防災会議では平成4年8月に「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」を發布しています。

4. 中央防災会議による地震被害想定

中央防災会議では、上記の大綱を受け、直下地震による被害想定調査を平成15年度から17年度にかけて実施しています。

想定地震としては、プレート境界型のM7.3の地震3例、活断層型のM7級地震5例、地殻内の浅いM6.9の地震10例の18ケースをとり、さらに地震発生の時間帯や気象条件を変えてシミュレーションを行っています。一例として東京湾北部のプレート境界地震が冬の18時、風速15m/s下で発生した場合、火災による被害が甚大となる結果、建物全壊が約85万棟、死者が約1万1千人、直接・間接の経済損失は112兆円にもものぼると試算されています。

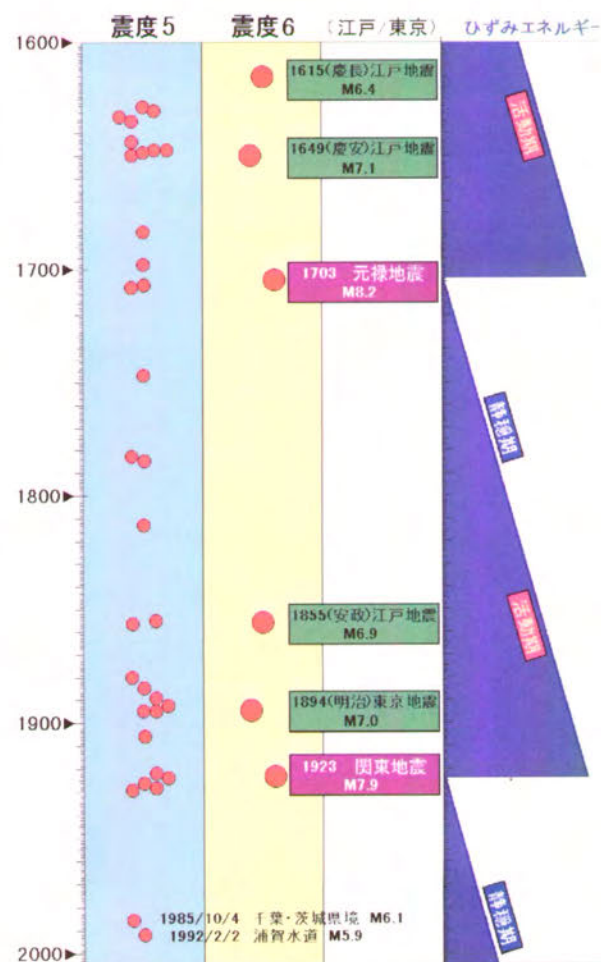


図3 最近400年間における東京での有感地震

出来るか地すべり発生予測

総合防災研究部門

福岡 輝旗

fukuzono@bosai.go.jp

はじめに（予測の3原則—いつ、どこで、どのくらい）

土砂災害（地すべり災害）は毎年のごとく発生しており、特に人命に関わるという点では自然災害の中で最も重要な災害となっています。昨年（2004年）の夏から秋にかけて頻発した豪雨・台風災害、地震災害でも地すべり災害により多くの犠牲者が出たことは記憶に新しいところです。

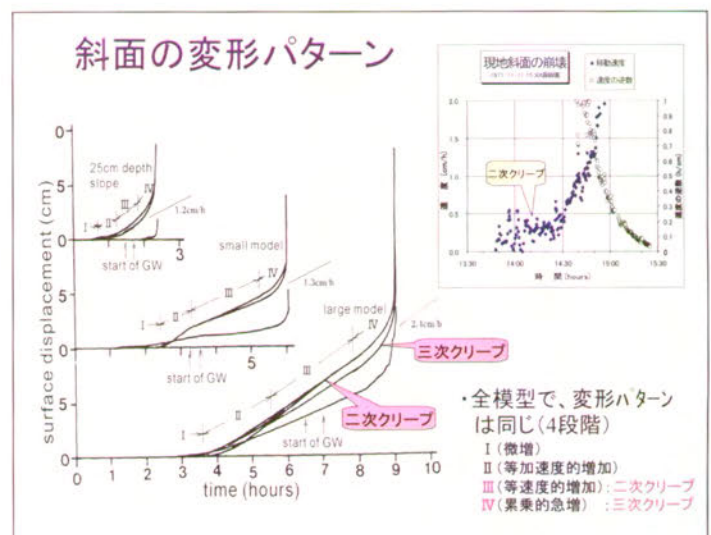
地すべり発生予測には、一般に言われている3原則があります。それは、位置・規模・時間と呼ばれていますが、「いつ」、「どこで」、「どのくらい」の範囲で地すべり（災害）が起きるかの予測が必要であると言えます。防災科学技術研究所ではこの3原則に則り、総合的に研究を進めてきています。

発生予測と誘因・素因

地すべりが発生する原因は誘因と素因とに分けて考える事が出来ます。誘因とは地すべりを発生させる自然現象で種々ありますが、主なものは降雨と地震動です。素因は地すべり斜面自体がもっている要因で、斜面の形状や材料、すなわち地形・地質と呼ばれています。地すべりは斜面の一部が壊れ下方へ移動する現象です。地球上では、重力が作用していますので、何万年、何億年という地質年代で考えると、誘因が作用しなくても、斜面はそのうちに地すべりとなって移動することと思われれます。しかしながら、我々の生活年代では、通常、豪雨・地震などの誘因が作用した時に発生します。したがって、地すべり発生予測を行うには、素因の状況に加え、誘因によって、地すべりがどのようなメカニズムで発生するのかを明らかにしておく必要があります。このためには、地すべり発生時の観測データの取得が必要ですが、実斜面での観測は困難です。防災科研では、主として、模型斜面による実験研究を進めてきています。

大型降雨実験施設による地すべりの発生実験

防災科研には世界最大規模の降雨実験施設があり、約3,000m²の範囲に15mm/h～200mm/hの強度で雨を降らせることが出来ます。この施設を用いて、小規模から実大規模まで大小様々な大きさや形状を持つ模型斜面での地すべり発生実験を行っています。一連の実験研究の中から、地すべり現象の基本的な法則（例えば、斜面の変形パターンなど）が明らかになってきています。その結果を利用して、地すべり発生予測に役立つ実用的な方法がいくつか開発されてきています。



時間「いつ」の予測

その一つが、直前予測法の「速度の逆数を用いた地すべり発生時期予測法（通称：逆数予測法）」です。一連の実験研究によって、形状・材料の異なる種々の斜面が破壊する時の共通な（普遍的な）現象として、移動速度の対数と加速度の対数が直線関係にあるという現象が分かってきました。さらに簡単に「移動速度と残り時間が反比例する」という関係が明らかになりました。この関係を利用することにより、地すべりの発生直前においては、速度の逆数を用いて、簡便に発生時期の予測が出来るようになってきています。より早い段階での予測は、実験室レベルにおいて予測モデル（崩壊の最終段階に入ったときの移動速度と残り時間の2乗が比例する）の提案がなされていますが、実用化にあたっては、今後、多くのデータの集積による検証が必要です。また、この他に、発生の危険性、あるいは発生時刻のおおよその検討が付けられる方法なども開発してきています。

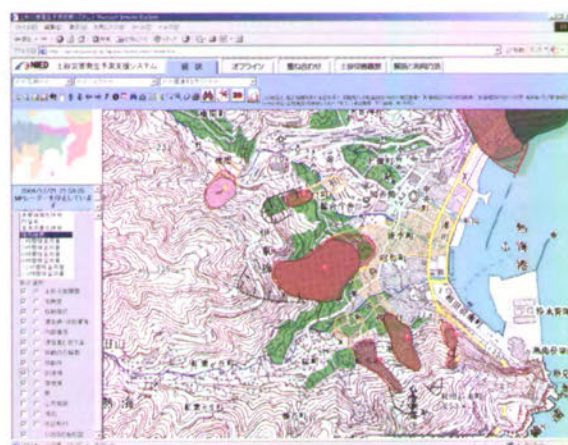
規模「どのくらい」の予測

規模の予測には2通りあり、ひとつは地すべりそのものの大きさの予測です。これに関しては、次節の「どこで」と関連します。もう一つは、地すべりが発生した時にどこまで到達するか、すなわち被災域の予測です。これは時期「いつ」の予測よりも困難と思われますが、地すべり災害を軽減するには解決するべき必要不可欠な課題です。今までに、地すべり発生源の勾配から到達距離を概略予測出来る方法などの開発を行ってきていますが、シミュレーション等を基にした、より精密な予測は研究段階です。

場所「どこで」の予測

場所を予測するには2つの方向があります。ひとつは地すべりが発生する危険性・兆候を前もって何らかの方法で知ることです。この方法の代表が空中写真などを用いて、過去に発生した、あるいは発生しつつある地すべりを判読することです。防災科研では、この方法で、全国の「地すべり地形分布図」の作成を進めており、Webにて一般公開しています。また、これをもとに地すべり地形の危険性評価と到達域の予測を行っています。

もう一つは、主として地すべり発生の兆候がない場所での予測のために、斜面の安定性解析をもとに素因と誘因から危険性を予測する方法です。斜面内での含水量をもとにした斜面の危険度評価法を提案しています。



土砂災害発生予測支援システムの画面例
(地すべり再活動可能性、到達域)

おわりに（土砂災害発生予測支援システム）

土砂災害防止法が施行され土砂災害警戒区域などの指定などが行われてきていますが、現在の研究レベルの範囲であり、今後改良していくべき点は多くあります。特に警報・避難に重要となる被災域と時間的な予測に関しては更なる研究の発展が必要です。

最後に、以上述べたいくつかの研究成果を土砂災害発生予測支援システム（Lapsus）にて公開実験しています（<http://lapsus.bosai.go.jp/lapsus/dosha/top.htm>）。このシステムは「土壌雨量指数」のように広域的な土砂災害の危険性ではなく、個々の斜面、あるいは限定された小区域の危険性を表示し、個々人の防災対策・判断の支援を行うことを目的としています。現在提示している情報は、レーダ雨量分布、地すべり地形、地すべり斜面の再活動可能性、地すべり土塊の到達範囲、表層崩壊の危険度、などです。

五重塔はどう揺れるか

総合防災研究部門

箕輪 親宏

minowa@bosai.go.jp

五重塔に代表される多重塔は千年以上前からあり、法隆寺の五重塔に至っては飛鳥時代7世紀に建てられたものの言われています。街にそそり立つ五重塔の、そのリズム感のある美しさから、我が国を象徴する伝統文化遺産とされ、我が国を海外に紹介するビデオ、パンフレットにその写真がしばしば使われます。また、五重塔が、今、立ち並ぶ超高層建築の可能性を示すものであったことは否めないことと思います。

五重塔は上下方向に基壇、塔身、相輪から構成されています。基壇は基礎に当たるもので、塔身と相輪を合わせた高さは、16世紀に建てられた京都東寺（教王護国寺）の五重塔で約55mに達し、塔身も40mを越えています。7世紀に建てられた法隆寺の五重塔の高さも32mを越えています。1階は高さの1/5程度の幅を有する正方形の平面で、建物周囲の側柱、内部で仏像の周囲に立てられる四天柱があります。上層になるに従い正方形の平面は狭くなっています。相輪の高さはほぼ1層分の高さです。

五重塔は当初、屋根の上に次の層を重ねる方式の「積重構法」により建てられました。時代が進むに従い柱を、屋根を構成する桔木に載せるのではなく、下に伸ばし梁の上に載せて、建て易くする「長柱構法」で建てられ、17世紀には城郭と同じ「櫓構法」で建てられる五重塔が現れました。

五重塔の真ん中には心柱が通っており、心柱の上に相輪が載っています。心柱の下端は、埋め込まれる場合、礎石の上に載せられる場合、1層の天井に載せられる場合があります。また、心柱は日光東照宮の五重塔に見られるように礎石に接しないように吊り上げられることもあります（心柱懸垂式）。当然のことながら、心柱は何本かの木を繋いで作られています。

低層の町並みにそそり立つ五重塔は古くから多くの技術者・学者の興味を引きました。明治25年のシカゴ万国博覧会には日光東照宮五重塔の1/20の模型が展示され、その構造的特質が説明されています。明治24年には濃尾地震があり、五重塔が古来、地震で、相輪が曲がったりした被害例はあるものの、倒壊した記録が無いこと（不倒神話）から、多くの学者が、五重塔の耐震性に言及しています。そこには、地震動の特性と五重塔の揺れ方の関係から説明するもの、五重塔の構造から説明するものなど、多岐に渡っています。実測も行われ、著名な地震学者である大森房吉博士は関東大地震が起こる前の大正8年に心柱懸垂式の日光東照宮五重塔の測定を実施しています。その後も多くの方々が五重塔の微動測定を行い、基本的な揺れの周期を計測しています。今までに、発表されている五重塔の微動測定による基本的な周期は図1の通りです。最長の周期は京都東寺（教王護国寺）で1.81秒、日光東照宮で1.33秒、法隆寺で1.11秒であり、2秒から1秒弱の中に基本周期は入っています。

五重塔の模型実験が前述の方々により行われそれなりの知見を与えたことと考えます。大地震時には五重塔は大きく変形し、微動時と異なることが予想されます。五重塔の不倒神話解明のためには、大変形をする五重塔の性状を調べなければなりません。また、五重塔の複雑な構造は小さな模型では再現することは困難と予想されます。このためには、ある程度の大きさの五重塔に、ある程度の大きさの揺れを与えて調べる必要があります。幸いにも、このような希望に応えるかのように、伊那の棟梁である宮崎忠仍氏が法隆寺を模した1/5の五重塔を実験用に提供していただけることになり、つくばの大型振動台に載せ、揺らせて

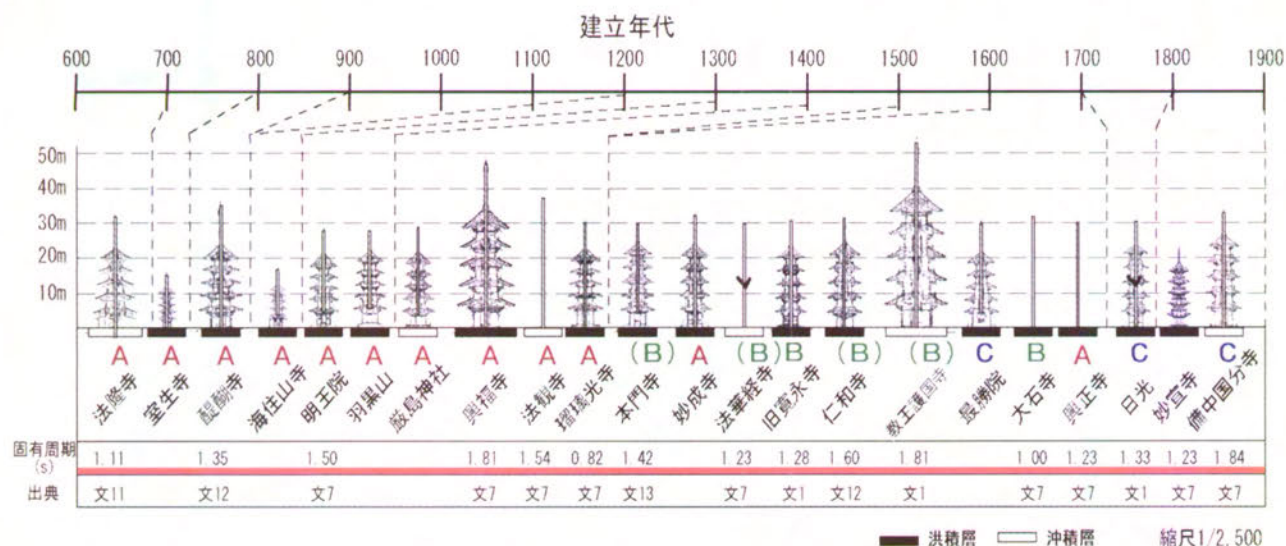


図1 代表的五重塔の微動測定による基本周期（固有周期 秒） A：積重構法 B：長柱構法 C：櫓構法（藤田氏作）

調べることが出来る運びとなりました。1/5の五重塔は高さ6.6m、塔身4.7mで、全体の重さは約2トン（塔身1トン、重り1トン）、積重構法で作られています。側柱、四天柱、心柱の設置は、礎石を敷き、ダボ接合しました。図2は1/5の五重塔の写真です。阪神大震災、中越地震の強震記録等を振動台に入力し、揺れ方を調べました。基本周期は微動レベルで0.37秒、0.1Gレベルの自由振動で0.45秒、周期を連続的に変化させる揺らし方の共振振動で0.52秒となり、揺れ幅の増加による周期の伸びが明らかに見られました。また自由振動では揺れの収まり方を示す減衰定数が約10%と、鉄筋コンクリートとか鉄骨構造に比べ格段に大きい値を示しました。図3は強震記録の時間軸を1/3にした場合とそのままにした場合の揺れ方を図にしたものです。時間軸を1/3にした場合、撓るような揺れ方をするのが分かります。

この五重塔は1/5です。基になった法隆寺の五重塔の周期は1.11秒です。理屈では周期も1/5の0.22秒になるはずですが、この実験では0.37秒でした。50%以上の違いです。この理由について、今後、検討して見なければなりません。やはり模型の限界があり、実物大の実験が必要なのかもしれません。



図2 振動台上1/5五重塔

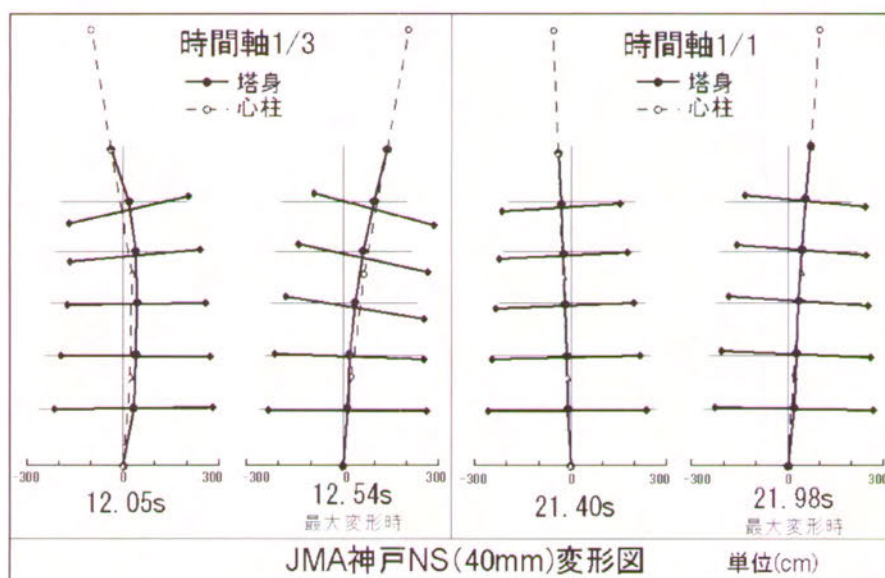


図3 強震記録の時間をそのままと1/3にした場合の五重塔の揺れ方

地震災害から身を守る

川崎ラボラトリー

末富 岩雄

suetomi@kedm.bosai.go.jp

最近、東海地震や首都圏直下地震が起きると、死者1万人などという予測が発表されています。でも、具体的に対策を講じた人は、わずかでしょう。自分は大丈夫という考えと、具体的に何が起こるのか、どうすればいいのかわからない、とうことのためだと考えられます。まず、自分の家は大丈夫か？、避難所は大丈夫か？、どこを歩いていけばいい？、通勤先の建物は大丈夫か？、と具体的な疑問に答える必要があります。川崎ラボラトリーでは、そのようなシステムの開発を進めており、それぞれの人が、開発システムでの疑似体験を通して、地震災害から身を守る方策を見出すことを目指しています。

文部科学省では平成14年度から5ケ年で大都市大震災軽減化特別プロジェクトを進めています。その中で、「Ⅲ.1 震災総合シミュレーションシステムの開発」、「Ⅲ.2 大都市特性を反映する先端的な災害シミュレーション技術の開発」について、川崎ラボラトリーがコア（中心）組織として推進しています。Ⅲ.1の課題では、個別の建物や橋などについて被害を予測し、次に道路が通れるか、火災はどう広がるか、を予測し、さらには人の避難行動や消防の対応までも予測できるシステムの開発を行っています。Ⅲ.2の課題では、地下街や高層ビルなど大都市特有の問題に焦点を当てて、構造物の安全性検証から適切な避難誘導の問題まで、動画による疑似体験などを通して方策を考えるシステムを開発しています。

住宅の耐震性については、もちろん耐震診断を受け正確な判定を行った上で補強の必要性の有無を知る必要があります。しかし、まず簡単なチェックを自分でできるようなシステムがあれば、耐震診断を促すことができるでしょう。避難所がどこであるかは、最近は自治体も広報に力を入れていますから、少し注意していれば知ることができます。しかし、学校建物は決して耐震性が高いものではなく、避難所が使えない可能性も十分にあります。避難経路も重要です。道路が通れず迷っている間に火災から逃げ遅れるかもしれません。事前に安全性の高いルートを知っているか否かが生死の分かれ目になるでしょう。地域の防災訓練に参加すれば、その避難所がどの程度の物資・器具を備えているかを知ることができます。各人の住宅・職場の条件で映画や小説のようにリアルにシミュレーションをしてこそ、何が起きるかを予見でき、いかなる対策を講じるべきか判断することができるようになるのではないのでしょうか？地下街、高層ビルでの火災など大都市特有の問題について、まだ本当の試練を経験していません。

図1は50m四方の領域（メッシュ）ごとに整備した詳細な地盤データに基づいて地盤の揺れを予測し、その結果から建物1棟毎の被害推定を行い、道路が通行可能か否かの判定を行った例です。図2は火災が発生した場合の延焼の様相と、消防車等による消火活動や市民が避難したり救助されたりする様子を同時にコンピュータで予測したものです。これから、避難所や避難ルートが火災に対して安全であるか否かを知ることができ、別の場所へ逃げるなどの方策を知ることができます。自宅だけでなく、勤務先周辺、途中の乗換駅、

休日によく出かけるところなど、いろいろな場所についてこれらの情報を知っておくことが、イザという時、身を守ることにつながるでしょう。時間帯や天候によっても、いろいろな条件は変わってきます。想像力を膨らませることが重要です。

現在、政府の地震調査推進本部による三浦半島断層群の強震動評価を受け、横須賀市と共同で市内の詳細地震マップ及びハザードマップの作成を進めています。また震災対策支援システムの更新を検討している川崎市にも協力を行っています。残る2年弱のプロジェクト期間で、住民に震災を疑似体験できるシステムを利用してもらい、その結果や詳細被害想定を自治体の地域防災計画や防災マニュアルに反映させていく予定です。

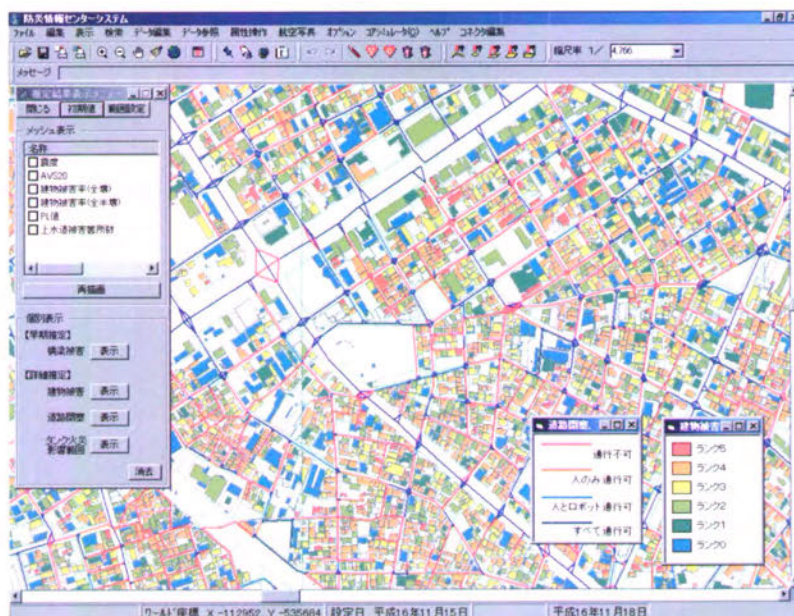


図1 個別建物被害と道路通行可能性の推定

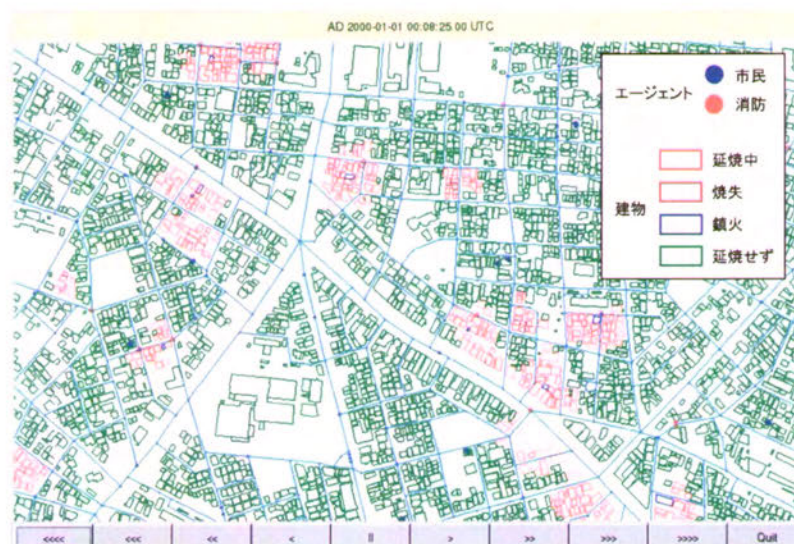


図2 消火活動と住民の救助

今年の台風はどうなる

特定プロジェクトセンター

総合防災研究部門

松浦 知徳

matsuura@bosai.go.jp

記憶に新しいと思いますが、昨年は10個もの台風が日本列島に上陸し、暴風雨による風水害が各地に頻発しました。具体的には、日本国内で死者194人、行方不明者16人、負傷者2,477人の人的被害を受け、多くの家屋や田畑などの浸水や土砂崩れなどを被っています。このような最近の台風活動の年間を通しての変化は、地球温暖化等の気候変動と関連があることが指摘されています。我々にとって、例えば今年の台風活動がどうなるのかを、ある確率の範囲で予測できると、農作物の被害軽減や安全で安心な日常生活を送るために役立つと考えられます。台風予測研究は、21世紀への挑戦として、ある1年または数年間の台風シーズンの進路の平均と分散が例年より大きいかが重要視されると思われます。

台風活動の季節・経年変動予測に関しては米国のIRI、英国のUKMOがテスト的に試みている状況です。一方、日本においては、リアルタイムの台風予測を気象庁が実施しており、台風災害軽減のため非常に役立てられています。しかしながら、通年の台風活動予測のような、長期的視点に立った台風予測に関してまだ手が付けられておらず、先進国の中では遅れをとっています。ここでは、現在我々が行っている台風の長期変動予測研究を紹介すると共に、今年の台風活動をテスト的に予測してみます。

我々にとって重要な台風情報として、発生傾向（個数、場所）、経路、強さなどが挙げられます。これらを予測するために、過去の台風活動の実態把握やそれに基づく活動傾向の解明、数値シミュレーション予測、過去の観測データや数値シミュレーション結果を利用した統計予測を実施しています。過去50年程度の期間における台風発生個数や経路に関して図1に示しましたが、数十年の変動や数年の変動が重なった不規則な変動をしています。2004年は、過去

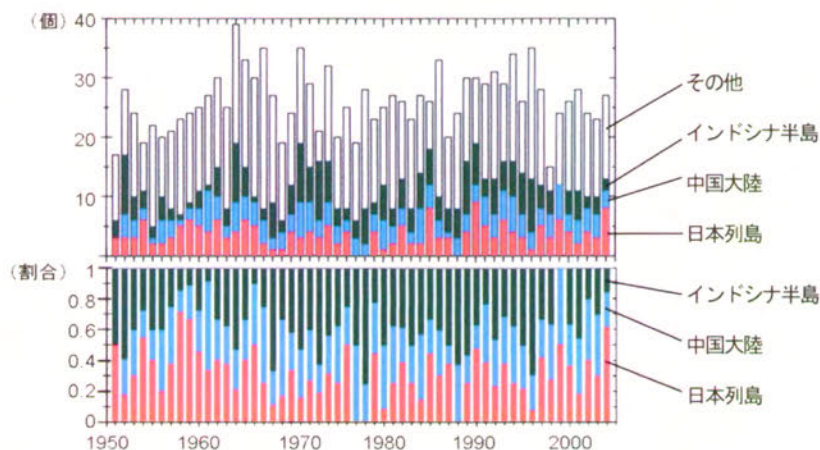


図1 1950年から2004年までの台風の年間発生数とインドシナ半島（緑）、中国大陸（水色）、日本列島（赤）に経路をとった台風の割合

最多の日本への上陸数を記録しましたが、東アジア全土に影響を及ぼした台風の発生数は28個と平年並みでした。海面水温は台風シーズン（7月～10月）において平年より160°E～120°Wの赤道上で高温になっており、海面気圧は関東の東側に高気圧が居すわっている状況でした。

防災科学技術研究所では、エルニーニョや数十年変動といった気候変動と台風や梅雨前線活動のような総観スケールの大気現象を同時に予測できるようなシミュレーションモデルの開発を行い、それを使った台風災害の予測研究を行っています。その中で、2004年の事例として、天気予報で使われる全球の予報数値モデルを使ったアンサンブルシミュレーションをした結果、気圧の偏差の配置及び台風の経路を研究で利用で

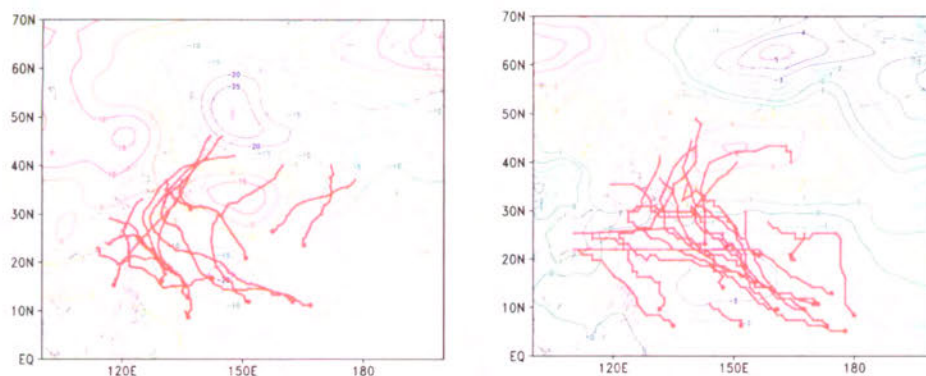


図2 2004年6月～8月の台風経路。
左：観測（6，7，8月平均）、右：モデル（6，7，8月平均）

きるまで再現性を向上することができました。（図2）。

今年の台風活動を予測する場合、気候変動としての数十年変動においてどういう時期なのか、またエルニーニョ・ラニーニャの経年変動においてどういう時期なのか判断する必要があります。実際、エルニーニョの時の台風の経路とラニーニャの時の台風の経路では、特徴のある違いが見られます（図3）。つまり、エルニーニョ期の方が台風の発生位置が 150°E – 170°E 、北西熱帯太平洋のより東を占めており、日本列島に沿ってカーブを描く台風が多い結果となっています。海面水温による今年のエルニーニョ予測は、昨年と同様にエルニーニョ発生前の状況を呈しています。これらの状況を踏まえて、数値シミュレーション、統計予測などを併用した今年の台風活動の予測結果を議論したいと思います。

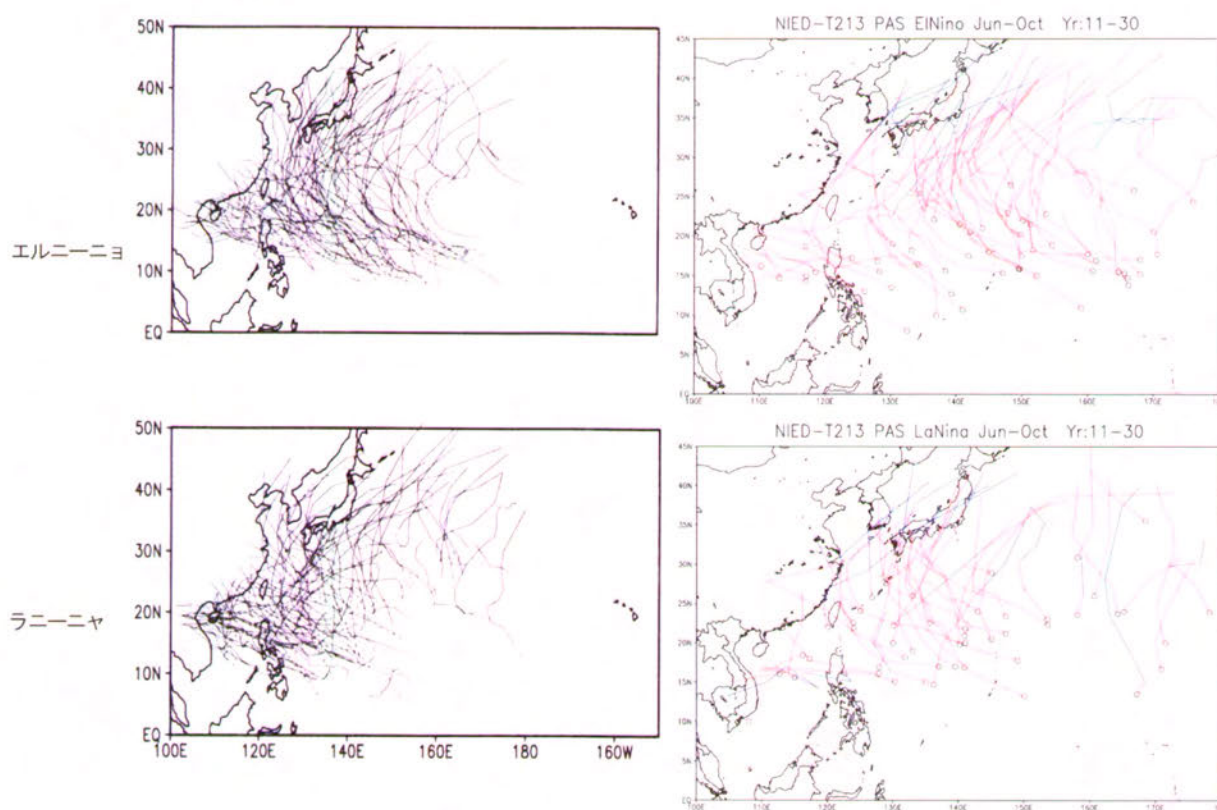


図3 台風シーズンにおけるエルニーニョ期とラニーニャ期の台風経路。左：観測、右：モデル

パネルディスカッション

テーマ：「市民参加でつくる安全で安心なまち」

コーディネータ：池田 三郎（客員研究員・筑波大学名誉教授）

パネリスト：＜敬称略・順不同＞

弘中 秀治（山口県宇部市総務部防災課）

金子 隆（神奈川県藤沢市市民自治推進部）

大塚 昌利（静岡県島田市企画部）

中根 和郎（総括主任研究員）

佐藤 照子（主任研究員）

長坂 俊成（主任研究員）

コメンテーター：桑原 眞二（NPO法人ながおか生活情報交流ネット 専務理事）

【討論の目的】

地域の防災力を高めるためには、行政や個人、地域コミュニティ、NPO、企業などが地域の安全やリスクについて共に考え、日頃から協力・連携して災害に備えることが不可欠となります。その一方で、少子・高齢化、都市化が進むなかで、地域社会の活力と防災力が弱まりつつあると指摘されています。そこで、本セッションでは、地域の防災やコミュニティ振興に関わる自治体、NPOの実務家の方々をパネリスト、コメンテーターに迎え、市民の参加と公民の協働による安全で安心なまちづくりを進めるための方策やそれらの取り組みを支える地域情報化の課題などについてご意見をいただきながら討論します。

【討論の背景】

□ 地域社会のリスク

水害などの自然災害は、個人や地域社会を取り巻く「リスク」として捉えることができます。リスクとは、被害の大きさと、その大きさの被害が発生する頻度（確率）を掛け合わせることで計算されます。頻繁に発生するけれども被害は比較的小さいリスクや、逆に、めったに発生しないけれども一度発生するととても大きな被害をもたらすリスクもあります。水害の場合にも、毎年床下浸水が数件発生するものや、昨年の新潟や福井の水害のように死者や多くの床上浸水により多額の経済被害をもたらすものがあります。

自分の住んでいる住宅や地域がどのようなリスクの特徴を持っているかご存知でしょうか。水害や震災、犯罪、公害などのさまざまなリスクとどのように付き合っていますか。例えば、自宅の耐震補強に予算を割いてしまい防犯対策には手が回らない方もいますし、逆に防犯カメラなどによる防犯対策を優先する方もいます。自宅のハード的な防犯対策よりは「わんわんパトロール」や「こども110番」などのように地域ぐるみの人的なソフトな防犯対策を重視される方もいます。同じ水害リスクがある地域の住民でも、川辺の自然や景観を優先し、50年に一度程度の床下浸水のリスクはやむを得ないとして護岸工事をしないほうがよい

と考える方や、自宅の建て替えの際に盛り土をして水害に備える方、逆に、財政的に厳しくても行政に護岸工事をして欲しいと考える方もいます。地域にある程度のリスクがあってもそれを上回る魅力や経済的なメリットがあるためにそこに住み続けたいと思う方もいます。

□ 市民参加によるリスクコミュニケーション

つまり、個人の価値観によっては、環境と防災が対立することや、リスクよりは便益をより強く意識してリスクとの付き合い方を決めるといったことも起こります。そのような社会的な状況の中で、行政や専門家のみによってリスクをはかりその対策のあり方を一方的に決めるといったこれまでのやりかたが見直されつつあります。市民、NPO、企業が行政や専門家との双方向の対話を通じて、防災に関する専門的、科学的な情報やリスクを巡る社会的な知見を共有し、その対策のあり方を共に考え、公民が連携して災害に備えるためには、どのような社会的な仕組みが必要か、または、どのような地域の情報通信基盤が必要になるかについて研究に取り組んでいます。このようにリスクの特徴を明らかにし、リスクを回避・軽減・移転するなどの対策をめぐる対話と熟慮の過程は、リスクコミュニケーションと呼ばれています。リスクコミュニケーションを通じて、科学的・技術的な知見に加え、個人の価値観や地域の利害関係に依拠する主観的なリスク認知や、リスクの社会的受容レベル、リスクと便益の関係などが考慮され、リスク対策に係る合意形成や意思決定が公正かつ合理的に行われることが期待されます。

また、自然災害のリスクへの備えや減災の取り組みにおいては、阪神淡路地震、新潟・福井豪雨、新潟中越地震などの大災害の教訓から、特に、発災直後には、行政にできることには限界があり、自助、共助による対応が重要であるとの意識は高まりつつあります。地域でリスクコミュニケーションを通じたリスクマネジメントを展開する場合に、日頃防災に関心を持たない一般の市民が、地域のさまざまなコミュニティ活動やまちづくりの取り組みの中で、無理なく自然に地域のリスクに関心を持ち続け、特に、共助による災害対応に参加する仕組みをつくることが重要な課題となります。

【防災科研での水害リスクコミュニケーション研究の紹介】

パネリスト、コメンテーターの方々との討論に先立ち、当研究所の研究者から、水害リスクを中心としたリスクコミュニケーション研究および情報通信技術を活用した地域リスクマネジメントに関する研究の取り組みを紹介します。今回は、特に、神奈川県藤沢市における「地域リスクマネジメント」に関する共同研究と、静岡県島田市で開始しました総合的なまちづくり、地域振興の文脈の中で、公民が参加・協働して地域の安全・安心を高めるといったリスクコミュニケーションに関する共同研究への取り組みを巡りご議論いただきます。

（１）「Pafrics」の開発とそれを用いた参加型の水害リスクコミュニケーション支援に関する研究

一般の市民の方々がインターネットを通じて水害リスクに関する基礎的な知識を理解することを支援することや、対面のワークショップなどによる水害リスクコミュニケーションを支援するために当研究所が開発中の「Pafrics（参加型水害リスクコミュニケーション支援システム）」の内容やワークショップなどにおける活用方策を紹介します。なお、Pafricsの一部は、Webで公開しています（<http://www.pafrics.org/>）。

（２）藤沢市における「地域リスクマネジメント」に関する共同研究の取り組み

MPレーダを活用したリアルタイム雨量の情報提供およびそれを用いたリアルタイム浸水シミュレーション、被害予測について、地域にどのように適用してゆこうとしているかを紹介します。また、災害体験を共有する参加型のデータベースづくりと地域防災への活用策について紹介します。

藤沢市は、2004年7月に、当研究所との共同研究をきっかけに、地域リスクマネジメントのための市内横断的な研究推進組織として、防災や河川、下水、土木などの担当課に加え、都市計画、企画、情報推進、市民自治推進などの担当課から構成される「地域リスクマネジメント研究プロジェクトチーム」を発足しました。当初は、都市部における集中豪雨などによる水災害リスクを中心的な研究課題としながらも、地震や津波などのマルチハザード、さらには化学物質などによる産業災害、犯罪などを含むマルチリスクに対応するマネジメント手法や支援技術の研究に取り組むことを中長期的な目標としています。

具体的には、まず、スタートとして2004年度から、地上の降雨計による補正を行うことなく高精度の雨量分布を求めることを可能にした世界最先端のマルチパラメータレーダから取得される雨量観測情報や、藤沢市内の河川、道路、下水道等のネットワークデータ、標高等詳細地形、土地利用等のデータを用いたシミュレーションによるリアルタイム浸水被害予測情報を、藤沢市が開発した電縁マップ（市民参加型の地理情報システム）などに配信し、都市計画情報や防災情報、ハザードマップなどと重ね合わせて表示できるプロトタイプシステムの構築に着手しています。このプロトタイプシステムを用いて、2005年度以降は、コミュニティポータルサイトや市民電子会議室などのネットワークコミュニティと連携するリスクコミュニケーション手法を開発する計画です。市民や企業が、マルチハザードで、町内会などの地域コミュニティや世帯・個人ごとに電縁マップを用いた動的なハザードマップや、住民参加による災害シナリオ作成、リスク対応マニュアルや防災計画などを作成することを支援することを目指します。

（３）静岡県島田市「eコミュニティしまだ」における共同研究の取り組み

静岡県島田市は、市民の参加・協働、公民のパートナーシップによる魅力ある地域づくりや安全で安心なまちづくりを目指して、2004年のクリスマス伊布から、インターネットなどの情報通信技術を活用して、市民相互のコミュニケーションや地域情報の共有、自発的な市民活動とその相互交流の促進、コミュニティビジネスの起業などを支援する実験がスタートしました。

島田市は、本実験を推進するため「島田市eコミュニティプラットフォーム研究会」を設置し、防災科学技術研究所の社会システム研究ならびに風水害情報システム研究の両プロジェクトの他、静岡県ネットワークコミュニティ研究会、静岡大学工学部システム工学科前田研究室、地域リスク共同研究機構（島田市内の民間企業などから構成される）、慶應義塾大学eコミュニティプラットフォーム研究会、東海大学文学部河井研究室などと連携して研究に取り組んでいます。

本実験のために「eコミュニティしまだ」という愛称で呼ばれるコミュニティサイトをインターネット上に開設しました。このeコミュニティしまだでは、市民の誰もが数名のグループ単位で登録（無料）すると、ブログとよばれる簡単なホームページを持つことが出来ます。それぞれのグループのブログを相互に参照・投稿することができることから、「ブログつながり」によって、従来の地縁や血縁を超えた「もうひとつの地域コミュニティ」が形成されることが期待されます。ブログを通じて、グループ間で活動内容や思い、知恵などが共有されることも期待されます。場合によっては、異なるグループ同士が協力・連携して共に考え活動することで、結果的に地域の魅力が高まることや、これまで単独では解決できなかった課題が解決する

ことが起こるかもしれません。さらには、個々のブログ、または、地域のブログの束（コミュニティサイト）が、インターネットを介して地域の外にしみだすことで、地域を越えてゆるやかにネットワークが広がり、地域の外にある知恵や資源を利用できるようになります。eコミュニティはまだ、地域の課題解決の質や地域の価値をより高めるといった可能性を秘めています。

このブログは、これまでのホームページとは異なり、文書や写真などのコンテンツを作成して公開するために特別な知識や技術が要らないため誰もが簡単に利用できるといった特徴があります。また、ブログに投稿されている記事や写真などに、グループ参加者以外のゲスト利用者が意見を書き込んだり（コメント）したり、自分のブログに他人の記事を引用して引用したことを相手に通知するしくみ（トラックバック）があり、これらを利用することで、単なる情報発信の道具としてではなく、グループウェアまたは双方向のコミュニケーションツールとしても活用できます。その他、このブログには、記事や写真に地図などの位置情報を付けて投稿したり、地図上からその場所のイベント情報などを閲覧する機能があります。それ以外の機能としては、検索、分類、掲示板やカレンダー、写真のアルバムなどがあり、それらの機能を選択して設定すれば簡単に利用することができます。

「eコミュニティはまだ」では、既に、環境、育児、音楽、食、水害などに関心のある市民活動団体や市民グループなどの11グループが登録し、グループ内の情報共有や連絡のためのグループウェアとして、または、地域の内外への情報発信の手段として利用されはじめています。

防災科研では、この「eコミュニティはまだ」を活用し、地域振興、まちづくりの視点から、または、身近な生活の視点から、地域が抱える安全・安心をめぐる市民の認知や地域の課題を明らかにするとともに、その対策のあり方を巡り地域コミュニティとネットワークコミュニティとの連携により議論を深めるというリスクコミュニケーション手法の開発のための実験に取り組んでいます。

【外部パネリスト・コメンテータの御紹介】

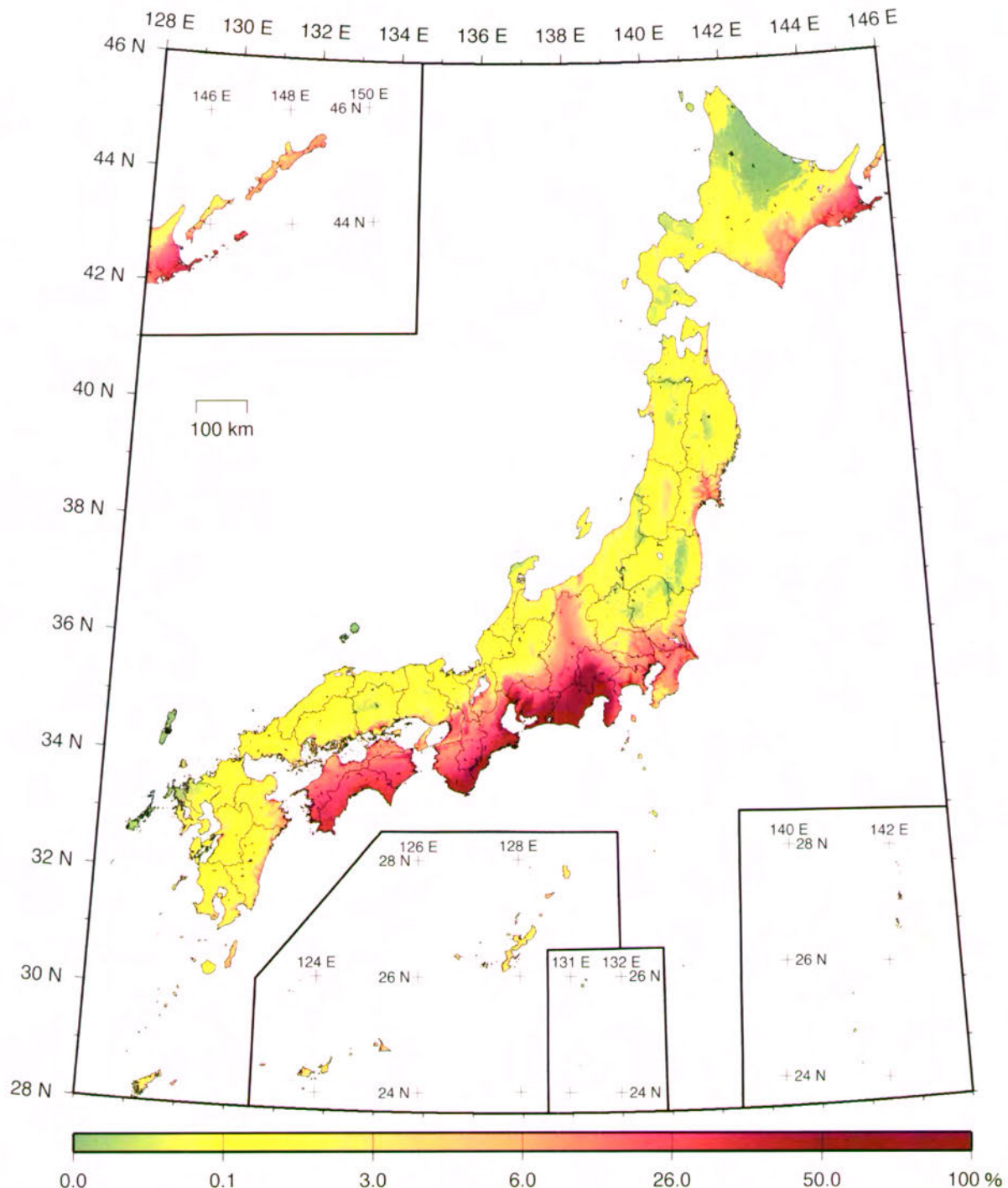
弘中氏は、宇部市の防災・危機管理のご担当をされるとともに、大学や地域の災害関係の専門家とともに自ら運営する防災NPOや、FM放送を利用し、地域の防災力向上に取り組まれています。防災科研が開発中の「Pafrics」（参加型水害リスクコミュニケーション支援システム）を用いた市民参加によるワークショップの実践者でもあります。

金子氏は、藤沢市で、市民電子会議室や電縁マップ（住民参加型の地理情報システム）などを活用し、住民の参加・協働によるまちづくりを支援する事業に従事されています。防災科研との共同研究「地域リスクマネジメント」のメンバーでもあります。

大塚氏は、島田市で、インターネットを活用した住民参加による地域振興の事業のご担当です。産官学連携による「地域リスク協働研究機構」の事務局として、また、防災科研はじめ多く研究機関や関係団体との共同研究のコーディネータとして活躍されています。

桑原氏は、新潟県長岡市で、「そいが」とよばれる地域ポータルサイトを運営するNPOの代表です。同サイトは、平時は長岡市周辺の市町村までカバーした市民生活情報を双方向で共有する場として運営され、また、災害時には被災地を支援する情報発信・共有の場として運営されています。新潟・福井豪雨、新潟中越地震でのブログによる災害情報支援の実践も高く評価されています。

全国を概観した地震動予測地図



今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率（基準日：2005年1月1日）

（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2005年3月23日公表）

詳しくは「地震ハザードステーション J-SHIS」(<http://www.j-shis.bosai.go.jp>) をご覧ください。

藤原 広行、河合 伸一、青井 真、石井 透、早川 譲、奥村 俊彦、森川 信之、小林 京子、先名 重樹

特定プロジェクトセンター E-mail: j-map@bosai.go.jp

後続波に隠された震源の情報に迫る

～震源決定への応用～

要旨

地震の震源位置や断層の形状を正確に知ることは重要です。たとえば、海域の浅いところで規模の大きな逆断層型の地震が発生すると、大きな津波が発生する恐れもあります。しかしながら、海域で発生した地震の震源、とりわけその深さを精度良く決めることは一般的に困難です。

海域の地震のように陸域の観測点から遠くで発生する地震の場合には、“P波初動やS波の走時が震源の深さにあまり依らなくなり、逆にそれらの走時から震源を深さを決めることも困難になる”というのがその理由です。

本研究では、通常の震源決定に使われるP波初動やS波のみならず、走時が震源の深さに敏感なsP変換波（地表付近で反射変換した波）を使うことによって、震源の深さを精度良く推定することに成功しました。このようなsP変換波の検出が容易になったことも、高密度の観測網（防災科研Hi-net）の整備によるものと言えます。

防災科研 Hi-net による sP 変換波

2004年9月5日に紀伊半島南東沖を震源とする M7.4 の地震が発生しました【図3】。この地震の余震を防災科研Hi-netで観測した記録のP波初動とS波との間に、明瞭なsP変換波が観測されました【図4】。この波の現れ方（振幅など）は、震源からのエネルギー輻射特性や地下の構造に強く依存します。高密度観測網の記録を使った検出と解析が有効です。

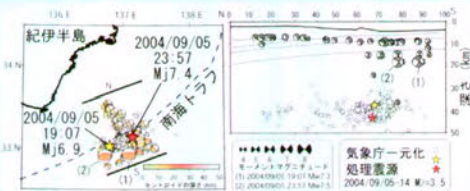


図3. 紀伊半島南東沖の地震とその余震分布 (F-netによるCMT解と気象庁一元化処理震源)

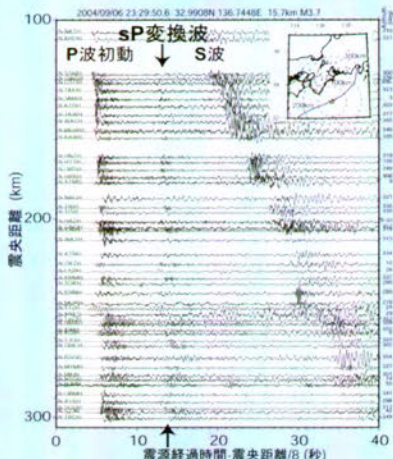


図4. Hi-netによって捉えられたsP変換波 (紀伊半島南東沖の地震の余震記録)

海域の地震の震源決定はなぜ難しい？

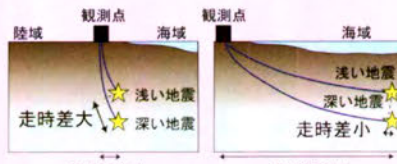
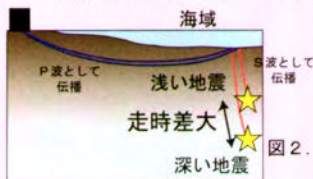


図1. 直達P波およびS波の伝播経路

sP変換波は震源の深さに敏感



sP変換波は震源からS波として上方に射出され、地表でP波に反射変換した後に観測点に到達する相です。一般的に震源から高角度で射出されるこの相の走時は、震源の深さに強く依存します【図2】。逆に、このsP変換波の走時を調べることで、震源の深さを精度良く推定することができます。

モデル計算によるsP変換波の走時計算と震源決定



図5. 解析に使用した地震波速度構造モデル

sP変換波の走時を使った震源決定をするには、理論走時計算が必要です。sP変換波の走時は、海底直下の堆積層とよばれる地震波速度が遅い層の影響を強く受けるため、より正確なモデルを仮定した走時計算が重要です。本研究では、従来は困難だった2次元速度構造を導入しました【図5】。震源の深さを推定する際には、sP波とP波初動の走時差を記録波形から読み取り、この観測走時差が理論走時差を説明するような震源の深さを推定します。

推定された震源断層

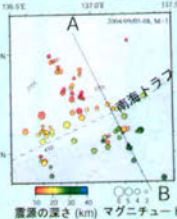


図6. sP変換波の解析による余震の震源分布

- 推定された余震分布【図6】によると、
- (1) 南海トラフから約20km以内で発生する余震は、南南東に向かって深くなる面に沿って分布します。これらの地震の震源は、気象庁一元化処理震源よりも有意に浅い深さ約10～30kmと推定されました。これらの結果はCMT解析の結果と調和的で、sP変換波を使った本解析によって震源の深さがより正確に推定されたことを示唆しています。
 - (2) 上述の領域よりも陸側で発生する地震の震源は、約10～15kmと推定されました。これらの地震は、本震とは異なる断層面上で発生した地震であると考えられます。

このように、sP変換波を使った震源決定は、海域で発生する地震の震源決定に威力を発揮することが示されました。

浅野 陽一

固体地球研究部門 E-mail: asano@bosai.go.jp

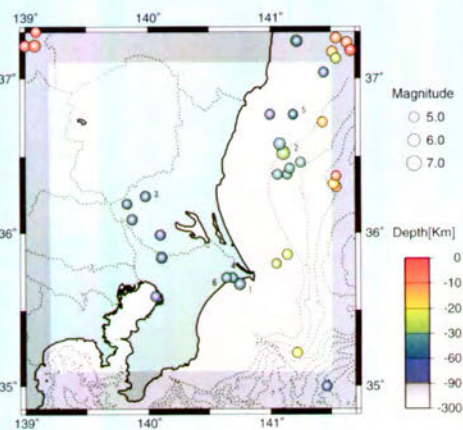
関東の中規模地震、いつ？どこで？

目的概要

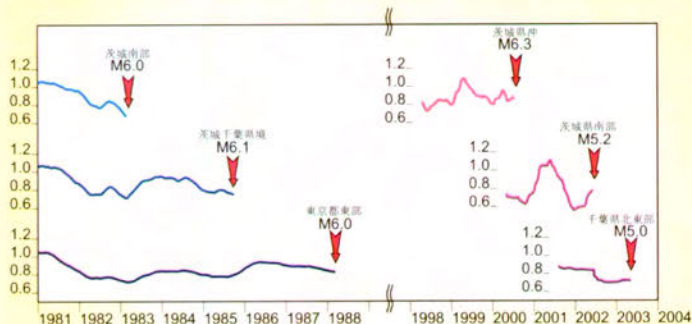
関東地域では、関東大地震（1923年）が甚大な被害を引き起こしました。この地震再来は将来のことと考えられていますが、一回り小さいM7級地震の発生が危惧されています。

この地域は、地震活動が活発であり、年に数回のM5級地震（中規模地震）を観測しています。

M7級地震の予測の手掛かりとするため、中規模地震確率予測の研究を行っています。



b 値低下の例



1980年から1999年のデータを用いて、b 値の変化から中規模地震の確率を求める経験的モデルを構築しました。

図は、地震前における b 値低下の例です。

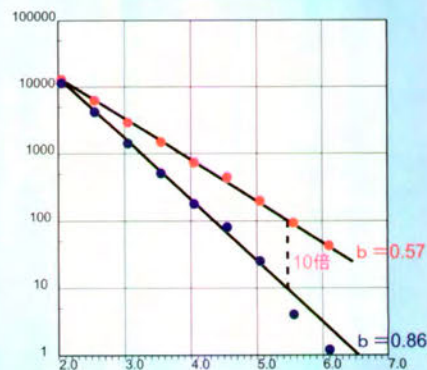
確率分布図は10日毎に自動更新され、Web上でモニタできます。

予測手法の原理

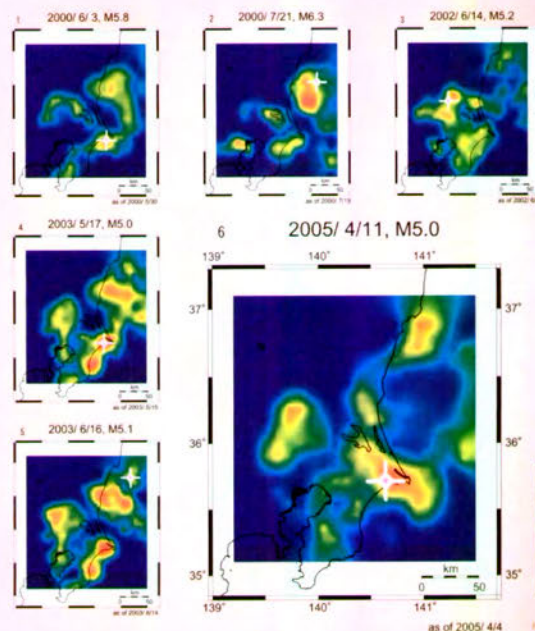
ある一定の時間空間で発生した地震を集めると、大きな地震は数が少なく、小さな地震は数が多くなります。

地震の規模Mとその数は
 $\log_{10} N = a - bM$
の関係があります。

b値が小さいと、
大きい地震の可能性が高くなります。



地震確率の分布図



図は、中規模地震直前の確率分布図です。確率値が平均値の倍数で表示されています。地震発生場所の確率は平均値の2～4倍となっています。

井元 政二郎

固体地球研究部門 E-mail: imoto@bosai.go.jp

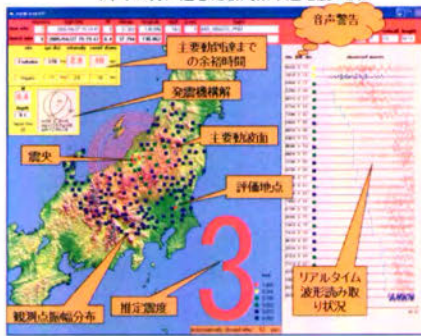
地震が大地震に成長する確率

～緊急地震速報における利用～

1. 即時地震情報提供システムについて

防災科学技術研究所では「即時地震情報提供システム」と呼ばれるシステムの開発を行っています。このシステムは、大きな地震が発生した際、大きな揺れをもたらすS波より先に到着するP波を利用して震源位置やマグニチュードを即時的に求め、S波到着前に震度等の推定を行います。ここで開発されたシステムは気象庁にインストールされ、気象庁が発表する緊急地震速報に利用されています。

地震情報の受信・表示の例
(昨年10月に起きた新潟県中越地震の例)



2. 数十秒を要する大地震の破壊

「大地震」と呼ばれる大きな被害をもたらす地震のマグニチュード(大きさ)は8前後になりますが、その始まりは小さな破壊だと考えられています。そして、最終的に「大地震」に成長するまでには数十秒を要します。これに呼応して、「即時地震情報提供システム」で推定されたマグニチュードも最初は小さく、徐々に大きくなっていく現象が見られます(図2-1)。

もし、地震が成長する途中で、「今、検知している地震は、大地震に成長するかどうか」を見極めることが出来れば、警報を受けてから、被害をもたらすような大振幅の地震波が到達するまでの猶予時間を増やすことが出来ます。

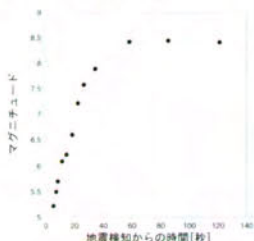
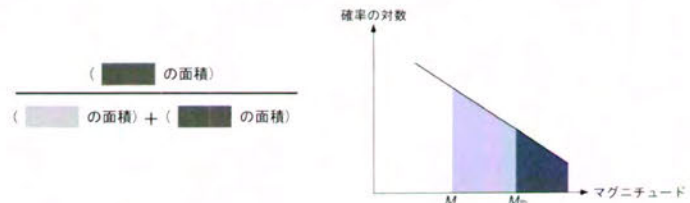


図2-1 即時地震情報提供システムによるマグニチュードの推定例(2003年9月に起きた十勝沖地震の場合)。

3. 検知した地震が大地震に成長する確率の推定

もし、地震のマグニチュードがどのような確率分布に従うかが分かっていたら、今、検知した地震のマグニチュードがMの時、最終的にこの地震が成長し、大地震のしきい値となるマグニチュード M_{th} を超える確率は右下図の



から得ることが出来ます。

問題は、地震のマグニチュードが従う確率分布をどのようにして求めるかです。これは、対象とする地域の、過去の地震活動などを用いて求めます。

4. 東南海・南海地震への適用

3.に記した考え方を東南海・南海地震の想定震源域(図4-1)で発生する地震に適用します。まず、この地域で起きる地震のマグニチュードが従う確率分布を、過去の地震から推定します。

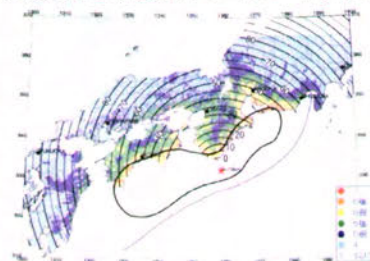


図4-1: 東南海・南海地震の想定震源域と、東南海・南海地震が同時に発生した場合に予想される、「即時地震情報提供システム」が警報を出してから大振幅の地震波が到達するまでの猶予時間(単位は秒)の分布。陸上に塗られた色は予想される震度を表します。

図4-2に、17世紀から現在までにこの想定震源域で起きた地震のマグニチュード(M)別頻度分布を示します。通常、この頻度分布は、対数軸に対して直線になることが経験的に知られています。しかし、東南海・南海地震の震源域での過去の地震はMの大きな範囲で直線関係からずれています。これは、「固有地震」と呼ばれる、通常の地震活動とは異なる地震が含まれている可能性があるためです。このことを考慮に入れた上で、Mが従う確率分布の推定を行いました(図4-3)。さらに得られた確率分布を基に、地震が大地震へと成長する確率を見積もりました(図4-4)。ここでは大地震のしきい値となるマグニチュード M_{th} を7.5としました。

例えば、Mが6.5に達した場合、この地震が大地震へと成長する確率は45%になります。この時点で「今、発生している地震は大地震である可能性が高い」という情報配信を行えば、図4-1に示した従来の猶予時間が20秒ほど増え、より有効な被害軽減に結びつけることが出来ます。この考え方を応用することで、内陸の直下型地震にも有効な警報を発することが出来る可能性があります。

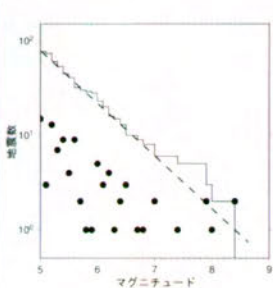


図4-2 17世紀から現在までに東南海・南海地震の想定震源域で起きた地震のマグニチュード別頻度分布。黒丸は実際の地震数を表し、太線は積算個数を表します。また、点線は、通常のマグニチュード別頻度分布が従う分布を表します。

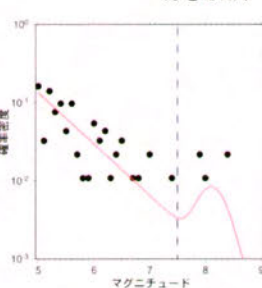


図4-3: 赤線は「固有地震」の存在を考慮に入れた上で推定された、マグニチュードが従う確率分布を表します。黒丸は17世紀から現在までに東南海・南海地震の想定震源域で起きた地震のマグニチュード別頻度分布を確率密度に直したものを表します。青の点線は図4-4に示す「大地震に成長する確率」を計算した際に設定した「大地震のしきい値となるマグニチュード(=7.5)」に対応します。

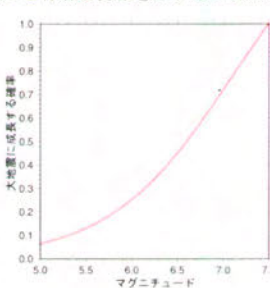


図4-4: システムによって推定されたマグニチュードと、その地震が大地震へと成長する確率との関係。

岩田 貴樹、井元 政二郎、堀内 茂木

固体地球研究部門 E-mail: iwata@bosai.go.jp

月の引力が地震の「最後の一押し」に

地球潮汐と地震発生

月の引力は海水にはたらいって潮の干満を引き起こすだけでなく、地球自身にもはたらき、地球全体を1日2回大きく変形させます。「地球潮汐」とよばれるこの現象は、地表面に約20センチメートルの上下変位をもたらし、変形した地殻には数十～数百ヘクトパスカルの力が生じます。この力は地震を引き起こす地殻のひずみの千分の一程度ですが、ひずみが十分にたまった断層では引き金としてはたらき、地震発生の「最後の一押し」となることが期待されます。

地球潮汐と地震発生の関係は、統計的な手法を用いた「p値」とよばれるパラメータで評価します。p値は0と1の間の値をとり、p値が小さいほど、地球潮汐の特定の位相付近に地震が集中している、つまり、両者の相関が強いことを表します。

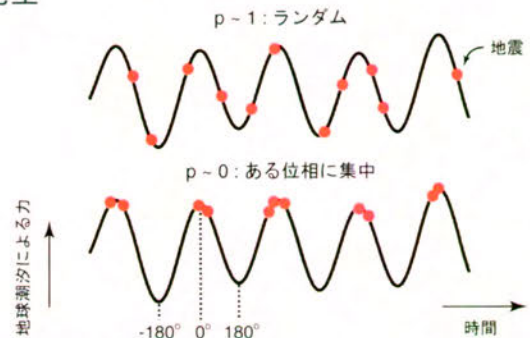


図1. 地球潮汐と地震発生の関係

トンガ・ケルマデック地域の解析

世界中の約1万個の浅発地震(1977年～2000年、モーメントマグニチュード5.5以上、深さ70km以浅)を用い、地域ごとにみると、南太平洋のトンガ・ケルマデック、北太平洋のアリューシャン、東北日本など、いくつかの地域で有意な相関が確認されました。とくに、トンガ・ケルマデック地域では0.48%という小さいp値が得られ、偶然とは考えられない高い相関関係があることがわかりました。トンガ・ケルマデック地域は、太平洋プレートの沈み込みにもともなう地震活動の活発な地域です。1982年12月には、トンガ南部でモーメントマグニチュード7.5の大地震が発生しています。

時間変化

南トンガ地震の前後でp値の変化を追跡すると、p値は地震の前から徐々に低下し、大地震の直前に極小値に達していたことがわかりました。地震の発生後、p値は再び大きくなり、無相関の状態に戻っています。

南トンガ地震の発生前には、地球潮汐による力が断層のすべりを助ける方向に最も強くはたらく時刻(▲)前後に地震は多発していましたが、地震の発生後には、その傾向がみられなくなっています。

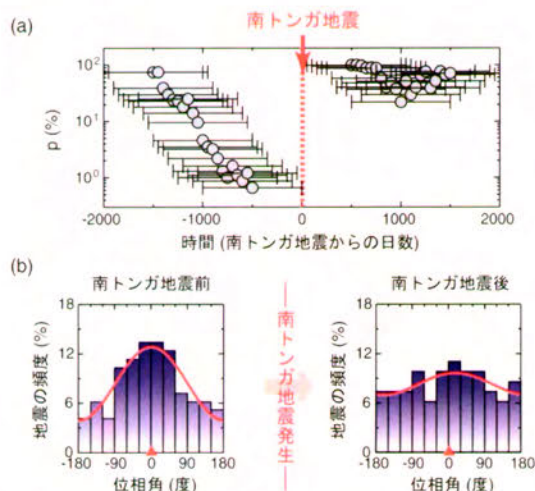


図2. 南トンガ地震発生前後の(a)p値の時間的推移と(b)地球潮汐による力と地震発生時刻の関係

空間分布

地球潮汐と地震発生の相関には、時間的な変化だけでなく、空間的な分布にも興味深い特徴がみられました。南トンガ地震の発生前の期間を抜き出してp値の分布を調べると、p値の小さい領域は南トンガ地震の震源域付近だけに限られていることがわかりました。

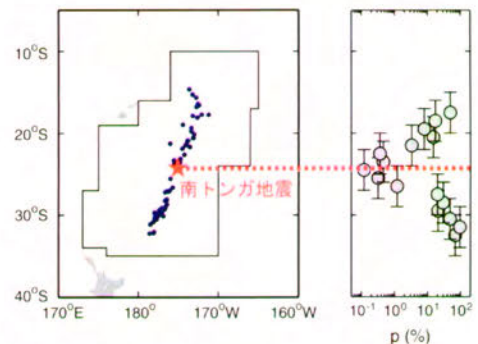


図3. 南トンガ地震発生前のp値の空間分布

まとめ

地震データの解析から、地球潮汐が地震発生に無視できない影響を与えていることが明らかになりました。とくに興味深いのは、地球潮汐の影響の強弱が大地震の発生と時間的・空間的に密接に関わっていることです。地球潮汐と地震の相関を系統的に監視することによって、将来、大地震の長期的予測にも役立つ可能性が期待されます。

田中 佐千子

固体地球研究部門 E-mail: tanaka@bosai.go.jp

断層の年代を測る 野島・跡津川断層のFT年代測定

地震による被害の軽減にあたって地震発生の予測は重要です。過去に繰り返し活動している活断層による地震や海溝型の地震について活動履歴などに関する調査研究が行われています。しかし、地震の起こる時間を予測し得るほどの確かさで予測することは、現在の科学技術の水準では一般的に困難です。断層ごとの活動履歴を明らかにするための手法の開発や実例の研究を地道に積み重ねる必要があるのが現状です。

断層の活動履歴を知るために年代測定が欠かせません。年代測定で最も大切なことは、得られる年代値がどのような現象に対応しているかを理解することです。断層の年代測定の場合には、特有の物質の生成やシグナルを検出し、もとより存在する岩体や地層の年代と見分けする必要があります。いったんこの理解が出来ると、断層が活動を始めた時期や、破砕帯の過去の範囲、周囲の地形・地質の形成史、さらには、断層活動で発生する熱量＝エネルギー収支に対する情報を得られるようになります。ここでは、断層の年代測定法の概要と、放射年代測定法のなかで特に有望なフィッシュ・トラック法を用いた研究の実例を紹介します。

相対年代と数値年代

地層の重なりや化石の分布など、事象の前後関係に基づく年代を相対年代と呼びます。一方、各現象が起こった年代を数値で与えたものを数値年代と呼びます。数値年代は測定する手法によって異なるので、絶対年代と言う用語は現在使われません。特に放射性同位体核種の放射線現象などを利用して得られる年代を放射年代と呼びます。

年代測定に利用できる断層活動時の現象

・地層の乱れ

古典的な地質学的手法による現象の時系列解析
トレンチ調査に主に用いられる。年代既知の地層のずれをもとに現象の前後関係を考察する
→年代の正確さはその年代測定精度に依存する

炭素14法（炭化物）FT法（火山灰）

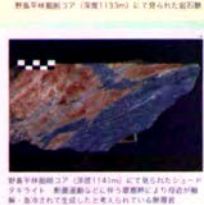
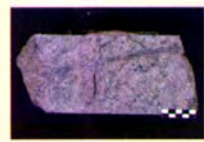
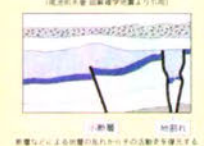
・鉱物の形成

新たに形成された破砕部（割れ目）を通過する
地殻内流体による充填物の形成年代を測定する
ウラン・トリウム放射平衡分析（方解石脈）
カリウム-アルゴン法（粘土鉱物）

・発熱現象

シュドタキライトの分布による推測
その生成には室内実験では約1000℃の温度が必要
放射年代測定：冷却年代

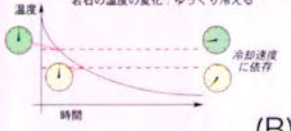
図1 断層活動に伴う地層のずれと地層の乱れ（トレンチ調査による年代測定）



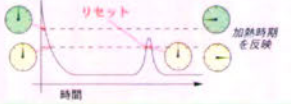
放射年代の解釈

放射年代測定によって得られる年代値は用いる放射線現象および鉱物によって解釈が異なります。一般的に、岩石・鉱物が冷却する過程で、放射線現象の結果生じる核種が蓄積される温度以下に冷却してから時間を示します。この温度を閉鎖温度と呼び、測定手法・鉱物ごとに異なります。したがって、異なる閉鎖温度を持つ手法・鉱物を組み合わせて年代を測定すると、異なる年代値が得られる場合があります。これは、主に、冷却速度が遅い場合と二次的な加熱があった場合があります（図）。

不一致年代が得られる場合 (A)



不一致年代が得られる場合 (B)



フィッシュ・トラック (FT) 法

放射年代測定法の中で、フィッシュ・トラック法は鉱物の中に含まれるウランの核分裂現象を利用します。FT法は以下の特徴を持ちます。
1. 用いる鉱物（ジルコン、アパタイト）は普遍的に存在し、硬度が高く風化等への耐性が高い。
2. 閉鎖温度が比較的低い（ジルコンで約250℃、アパタイトで約110℃）
3. 鉱物の温度を直接光学顕微鏡を使って観察し、その長さ分布を求めることによってさらに詳細な温度履歴解析が可能。
断層の履歴を解析する手法としての利点は、1. の特徴により、断層活動時の激しい力学的破砕および地殻流体による変質などによる影響が少ないこと、2. の特徴により、温度上昇に対する感度が高いこと、あげられます。



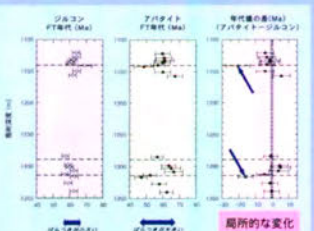
ジルコン結晶のフィッシュ・トラック。トラックの幅は約10nmと非常に細い。光学顕微鏡で観察できるように化学的エッチング処理を行う。トラックの長さを測定することで年代値を得る。



室内加熱実験により短縮するジルコンのフィッシュ・トラック。写真に見られる様子は地質時代ではおよそ200-300℃に対応する。長さの分布を解析することで、冷却速度などの詳細な温度履歴を明らかにできる。

野島断層掘削コアにおける検証 —異なる鉱物のFT年代値の比較—

1995年1月に起こった兵庫県南部地震では野島断層が活動し、地表に明確な断層面が現れました。この断層の地質学的・化学的性質を調べるために、防災科学技術研究所は、地下断層でこの断層面を貫通する掘削調査を行いました。断層帯等から採取した岩石が変化する様子を見ることができるといへば貴重な試料です。深さ約1140、1300mで見つかった破砕帯でも、ジルコン・アパタイトの結晶は残っていました。この両方でFT年代値がどのように変化するのかを系統的に測定しました。



不一致年代の解釈
2つの鉱物から得られた年代は、全体としては、この地域を構成する地層の年代値にほぼ一致している。2つの破砕帯中心部の下部のみで見られる年代の不一致は、(B) 2次の加熱が原因であると判断できる。

2次の加熱の熱源

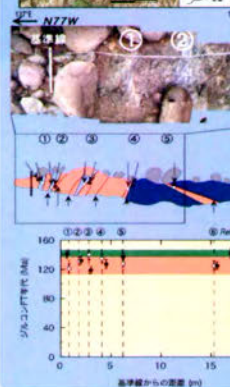
ジルコンFTでは影響が見られず、アパタイトFTのみで若返ることから、熱源の温度は110～250℃。熱を受けた断層は1m程度。破砕帯中心に1000℃の熱源（シュドタキライトの生成条件）を設定しその熱伝導を計算すると、摩擦発熱だけではこれほど広範囲に熱影響を与えない。地殻内流体による熱移導の可能性。

発熱の時期

アパタイトの年代値から、約4500万年の可能性がある。しかし、2次の加熱の温度上昇が十分でない場合にはより最近の（たとえば最近100万年）の可能性もある。FTの長さ分析で判断が可能。

跡津川断層破砕帯露頭における検証 —断層粘土とその周辺のFT年代値の比較—

中部日本の主要な断層の一つである跡津川断層のクレープ域（断層帯の中で微小地震が頻発する特異領域）における特性を調べるために、防災科学技術研究所では様々な調査研究を行っています。そのなかで、断層粘土を含む破砕帯の破砕帯露頭が跡津川右岸沿いに発見されました。これらの破砕帯における断層活動による熱の影響を見るために、破砕帯の内部と周辺において熱源発熱のFT年代測定を行いました。



跡津川断層露頭
防災科学技術研究所による掘削調査地点近傍の跡津川右岸沿いで見つかった露頭は複数の破砕帯露頭、断層粘土は非常に新鮮で柔らかい。これらの断層粘土の分布（N30-47°E）は、跡津川断層（N60°E）とは明らかに異なっている。

ジルコンFT年代分布

得られた年代値は、破砕帯の少ない領域では約1億4000万年であるのに対して、破砕帯の中では約1億2000万～1億4000万年とはほぼ同じかやや若い値が得られた。しかし、現在の活動を示す年代値は得られなかった。断層粘土を含む破砕帯中心部とその周辺の破砕帯との間では、どちらがより若くなるという特徴的な傾向の違いはなかった。このことは、断層粘土の分布と2次の加熱の発熱源が直接対応しないことを示す。

断層破砕帯内部では、その周辺部に対して年代値が若返る傾向があり、その幅は数mに及びます。年代値の乱れは破砕帯内部の局所的なものであることから、その原因は2次の加熱による熱異常であると考えられます。断層中心部における摩擦発熱のみでは、このような広い範囲に熱異常をもたらすことはできないため、断層活動に伴う非定常的な100-250℃程度な地殻内流体が熱源であると考えられます。これは、必ずしも破砕帯中心の方がより若くない（跡津川断層の例）ことも調和的です。これらの破砕帯の中心部に産する断層粘土が比較的最近の活動によってできたと考えられるため、非常に古くから存在する破砕帯が、繰り返し断層活動時に動いていることが示唆されます。

山田 隆二

固体地球研究部門 E-mail: ryamada@bosai.go.jp



独立行政法人
防災科学技術研究所

火口の深さを知りたい

～レーダ影から見る浅間山火口底変化～

なぜ火口の深さを知りたいのか？

浅間山の火口底は、マグマの噴出などによって、数 100 メートルの範囲で昇降することが知られています。このような火口の深さ変化は、火山活動と密接な関係があることが古くから指摘されており、火山活動を把握するための情報の一つとして、私たちは火口の深さを定期的に知りたいと考えています。しかし、活発に噴出する噴煙に遮られるため、容易に火口底を見ることはできません。そこで、噴煙を透過して火口底を観測することが可能な合成開口レーダ（SAR）を利用し、SAR 画像上に現われる火口縁の影から火口底の深さの検出を試みました。

なぜ影から火口の深さがわかるのか？

SAR は、人工衛星などに搭載されたアンテナからその進行方向に対して横斜め下方向にレーダ波を照射し、地表面から跳ね返ってきた散乱波を観測することによって、地表画像を数メートルの分解能で得ることが出来るアクティブセンサです。斜めに観測するという観測幾何から、火口縁のような切り立った地形を観測すると、その直下に影が生じます（レーダ影、図1）。レーダ影の長さ p は、目視でトレースしたレーダ影の境界と地形データから計算した火口縁との相対位置から求められます。さらに、入射角 i は正確に求めることが可能なので、図1に示す幾何から、レーダ影の境界の深さおよび水平位置を求めることが出来ます。

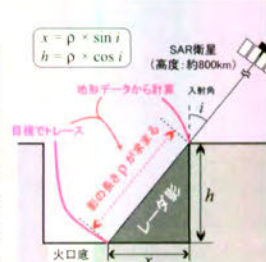


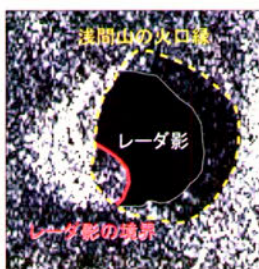
図1. 火口内におけるSARの観測幾何

浅間山火口底はどのように変化したか？

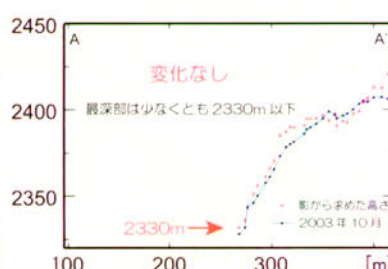
2004年9月7日

右に示す SAR 画像はカナダの RADARSAT 衛星によって取得されたものです。この画像から得られた高さと 2003 年 10 月に観測された地形データを比較すると、ほとんど変化は見られません。この画像のレーダ影の境界は南半分しか見えていないので、北半分における高さは得られませんでした。少なくとも火口底の最深部は 2330m 以下であったことは間違いありません。本噴火活動は9月1日の爆発から始まりましたが、9月7日までは、火口底の大きな上昇は無かったと考えられます。

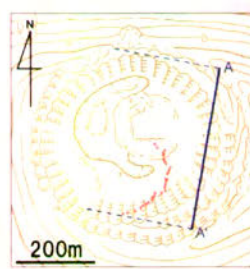
浅間山火口周辺の SAR 画像



レーダ影の境界の高さ

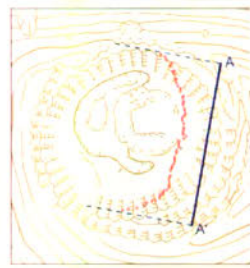
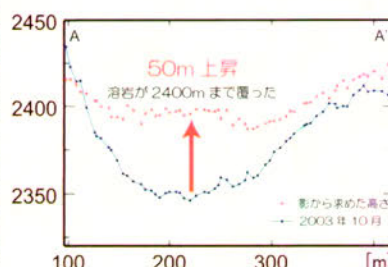
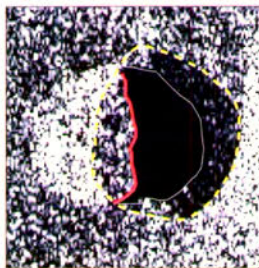


レーダ影の境界の水平位置



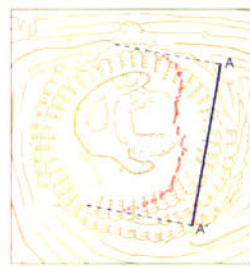
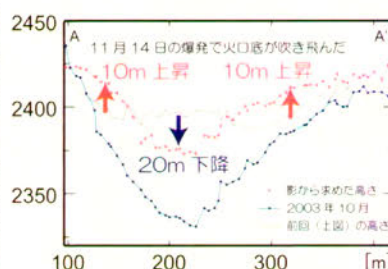
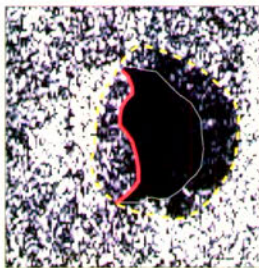
2004年10月1日

10月1日の画像から得られた高さや2003年10月に観測された地形データを比較すると、レーダ影境界の中心付近が、約 50m 上昇したことが明らかになりました。9月14-16日に断続的な噴火が発生しましたが、この間に火口底にドーム状の溶岩が出現していたことが報告されています。本結果は、その溶岩が10月1日までに2400mまでせり上がったことを明らかにしました。このことから、この時点までに噴出した溶岩を計算すると、その体積は約 260 万 m^3 と見積もられました。



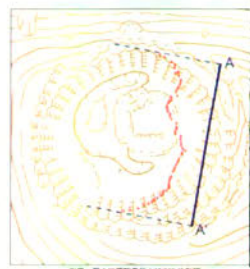
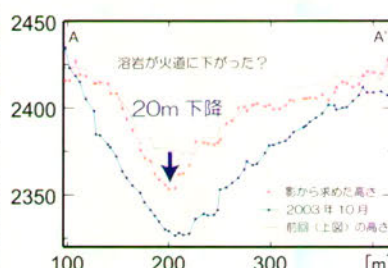
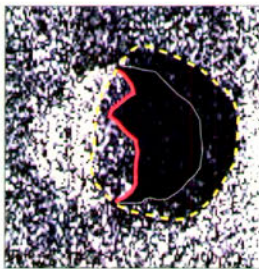
2004年11月18日

11月18日の画像から得られた高さや10月1日の画像から得られた高さを比較すると、中央付近で 20m 下降、その両側で 10m 上昇の変化が得られました。比較したこれらの水平位置はわずかに異なるので、推定した高さ変化に誤差が含まれる可能性がありますが、昇降の傾向については間違いありません。11月14日には、中規模の爆発が発生しており、この変化は、この爆発によって中央付近が吹き飛ばされ、その周りに堆積したことによるものと推測されます。



2005年1月29日

1月29日の画像から得られた高さや11月18日の画像から得られた高さを比較すると、中央付近が 20m 下降したことを示す変化が得られました。この期間に大きな爆発は発生していないので、この変化は爆発によるものではありません。一方、干渉 SAR という技術を用いて、この期間に地下のマグマだまりが収縮したことを示唆する地殻変動結果が得られました。このことから、この変化は、マグマだまりの減圧に伴って、溶岩が火道に下がったために生じたものと解釈することが出来ます。



謝辞：本研究は国土地理院の村上亮氏、矢来博司氏との共同によるものです。また、本解析においては国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所が取得したレーザスキャナーデータの DEM を使用させて頂きました。本研究で用いた RADARSAT データは CSA、CCRS によって運用・受信され、RSI によって処理・配布されたものです。

小澤 拓

防災基盤科学技術研究部門 E-mail: taku@bosai.go.jp

ここまで詳細ここまで正確 先端的気象レーダーで雨量推定

はじめに

洪水、土砂崩れなどの大雨に伴う災害を予測するためには、雨量を正確に知ることが大変重要です。気象レーダーは、瞬時に広範囲の雨の情報を得ることができる優れた測定機器ですが、従来のレーダーとそれを使った雨量の推定方法では、いろいろな理由でその正確さには限界があり、地上の雨量計による補正を加えながら使われているのが現状です。

私たちのグループでは、先端的な気象レーダーであるXバンド(波長3cm)のマルチパラメータレーダー(以下MPレーダー)によって、地上の雨量計の助けを借りずに、雨量を細かく正確に求める手法の開発、応用に取り組んでいます。

2003年から神奈川県海老名市に設置して降雨観測を行っている、MPレーダーによる雨量の推定結果をご紹介します。

図1 防災科研XバンドMPレーダー(通称MP-X)とその観測範囲。



原理

気象レーダーはアンテナから電波を送信し、雨粒に当たって返ってきた電波を受信します。この受信電波の情報から、雨の強さを推定します。従来の方法では受信電波の強さ(a)を用いていますが、MPレーダーでは水平偏波、垂直偏波という2種類の波を送受信して、その位相差(Φ_{DP})を使います。

この方法は、雨粒が大きくなるほど、空気抵抗によってその形が「お供え餅」のようにつぶれるために、水平・垂直偏波の伝わり方に差が出ることを利用しています。

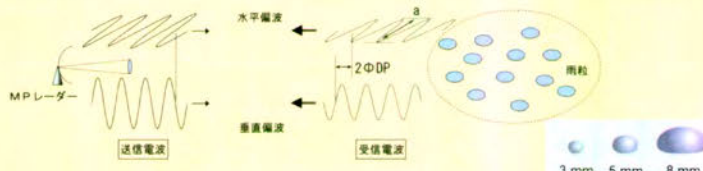


図2 MPレーダーによる雨の強さの推定原理

図3 雨粒の直径と形

雨量を詳細に

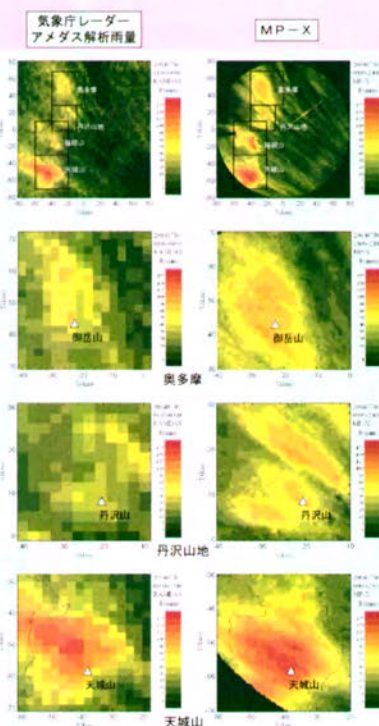
現在、一般に利用されている気象庁のレーダーアメダス解析雨量は、30分間隔、2.5km四方メッシュの全国の雨量分布情報です。

一方、神奈川県海老名市で実施しているMP-Xによる降雨観測では、500m四方メッシュで1分間隔の雨量分布を求めました。

右の図は2004年7月30日の24時間雨量分布を比較したものです。概略は一致していますが、MP-Xでは場所による雨量の違いが、とても細かくとらえられています。また、MP-Xはより低い高度を観測できるので、山地で起きやすい地面に近い高度での雨量の増加も知ることができます。

このような詳細な雨量分布は、しばしば災害を引き起こす数km離れただけで雨量が大きく異なるような「局地的な豪雨」をとらえることにも役立ちます。

図4 気象庁レーダーアメダス解析雨量(左)とMP-X(右)による2004年7月30日の日雨量分布の比較。



雨量を正確に

MP-Xでどの程度正確に雨量を推定できるか検証を進めています。

2001年につくば周辺で行った予備観測結果で、MP-Xの雨の強さの推定値は、地上雨量計の測定値の時間変化を大変正確に再現できました(図5)。

気象庁レーダーアメダス解析雨量とMP-X推定雨量の1時間雨量についての比較結果が図6です。比較対象は国土交通省河川局の雨量計の測定値です。これらの雨量計の測定値はレーダーアメダス解析雨量の中で、レーダーデータの補正に利用されています。しかし、MP-Xの推定雨量の方が、相関係数が大きく(0.895と0.791)、RMS誤差は小さいという結果から、MP-Xは雨量計による補正無しでレーダーアメダス解析雨量と同等もしくはそれ以上の精度を達成できていると考えています。

さらに、現在は自治体が設置している数多くの雨量計データを入手して比較を始めています(図7)。±20%以内の精度を目指して、改良を進めていきます。

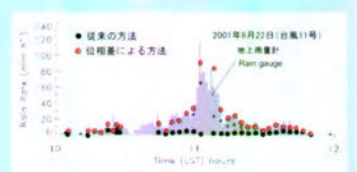


図5 2001年8月22日10-12時の地上雨量計の測定値(棒グラフ)とMP-Xの推定値(●)の比較。●は従来の方法(降雨減衰未補正)による推定値。

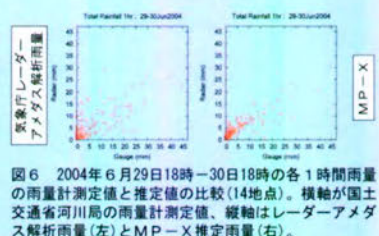


図6 2004年6月29日18時-30日18時の各1時間雨量の雨量計測定値と推定値の比較(14地点)。横軸が国土交通省河川局の雨量計測定値、縦軸はレーダーアメダス解析雨量(左)とMP-X推定雨量(右)。

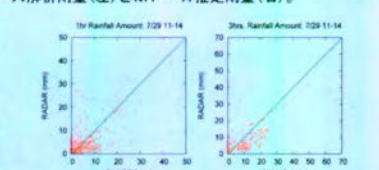


図7 2004年7月29日11-14時の各1時間雨量(左)と3時間積算雨量(右)について、自治体とアメダスの雨量計約180地点の測定値(横軸)とMP-X推定雨量(縦軸)との比較。

まとめ

XバンドMPレーダーと雨量の新しい推定方法により、500m四方メッシュの詳細な雨量分布を1分間隔で正確に求めることができるようになりました。今年も6-11月にレーダー観測を実施して、リアルタイムの雨量情報やこの雨量情報を利用した表層崩壊危険域を、土砂災害発生予測支援システム(Lapsus)で公開する予定です(<http://lapsus.bosai.go.jp/>)。

また、防災により役立つ情報提供を目指して、首都圏に複数台のMPレーダーを設置して、雨量だけでなく風の情報も提供できるような「首都圏MPレーダーネットワーク」を構想中です。

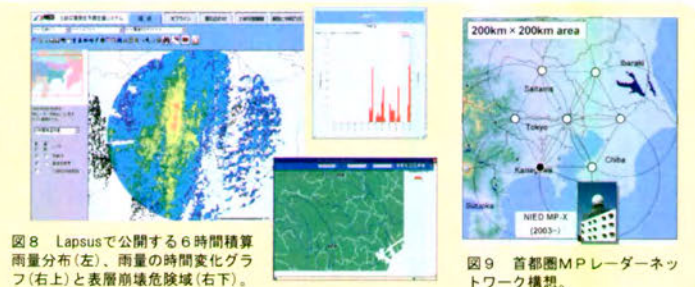


図8 Lapsusで公開する6時間積算雨量分布(左)、雨量の時間変化グラフ(右上)と表層崩壊危険域(右下)。

図9 首都圏MPレーダーネットワーク構想。

岩波 越、真木 雅之、三隅 良平、圓山 憲一

防災基盤科学技術研究部門 E-mail: iwanami@bosai.go.jp

雪崩を予測する

～積雪変質モデルの応用～

はじめに

雪崩や吹雪などの雪氷災害を予防することは、雪国の生活の安全のために非常に重要なことです。雪氷防災研究部門では、いくつかの数値モデルを組み合わせることで、雪氷災害が、いつ、どこで起きやすいかを予測するシステムの開発を行っています。

今回はその中で積雪の変質を計算するモデルとそれを用いた雪崩予測に関する研究を紹介します。

積雪変質モデル

降り積もった雪は、気象条件によって雪質や密度、含水率などが時々刻々と変化し、それに伴い雪崩のおきやすさ等も変わります。したがって雪氷災害を予測するためには、積雪の状態の時間変化を知る必要があります。

積雪変質モデルとは、低温実験や野外観測で明らかになった積雪変質の物理過程を基に、コンピュータ上で積雪の状態を計算するモデルです。



低温室実験風景



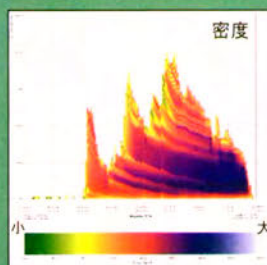
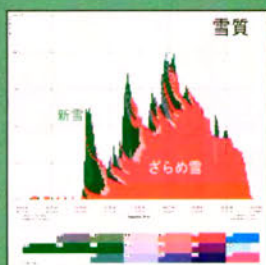
岩手県源太ヶ岳の雪崩
2002年1月13日発生 1名死亡

積雪変質モデルをつかった雪崩予測

<雪崩予測の流れ>

積雪変質モデル

気象条件を入力することにより積雪の状態（雪質・密度等）の時間変化を計算します。



さまざまな雪質



新雪



しまり雪



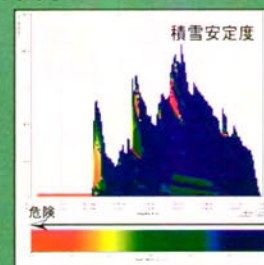
しもざらめ雪



ざらめ雪

雪崩発生予測

・どの層が弱いのか（弱層の位置）
・どれくらい危険なのか（積雪安定度）を予測します。

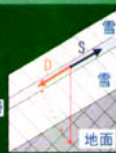


積雪安定度 (SI)

$SI = \text{せん断強度 (S)} / \text{せん断応力 (D)}$

SIが小さくなると雪崩発生危険度大

Sは雪質、密度の関数
Dは上載荷重の分力



<計算結果>

長野県上高地乗鞍スーパー林道の雪崩

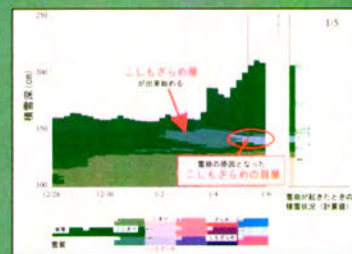
2003年1月5日に起こった複数の雪崩は、死者こそでませんでしたが、車20台以上を巻き込む災害となりました。

近くのスキー場の気象データを用いて、積雪の変質過程の計算を行った結果、モデル内でも雪崩の原因となった“こしもざらめ層”が形成されました。また今回の雪崩は、雪崩発生の前日からの降雪により“こしもざらめ層”の弱層の上に多量の新雪が積もり、弱層がその重さに耐えられなくなり発生したものであるとモデルの計算結果より推定できます。

このように積雪変質モデルを使うと、断面観測等ができないような場所の積雪内部の構造を計算によって求めることができます。



雪崩発生現場における調査風景



モデルによる計算結果

山口 悟

雪氷防災研究部門 E-mail: yamasan@bosai.go.jp

温暖化すると台風は多くなる？

はじめに

台風は平均すれば毎年3個程度が上陸し、なんととなく人的・物的に大被害を引き起こしてきました。地球温暖化にともない台風の発生数や強度がどのように変化するか、21世紀の自然災害を考える上で非常に重要です。温暖化により大気に含まれる水蒸気量は増加し、水蒸気凝結量（降水）は増加すると予測されていますが、台風は増加するのでしょうか。

なお「台風」とは西北太平洋域の熱帯低気圧に限定して使用される用語ですが、ここでは全球で発生する熱帯低気圧を台風と呼ぶことにします。

方法

温暖化にともなう台風の発生数や強度の変化を研究するためにいくつかの手法が用いられています。

1. 熱力学の理論モデルの利用
2. Gray (1979) による経験的な関係式の利用
3. 全球気候モデルの利用
4. 領域気候モデルの利用

発生数の変化

台風発生数変化の研究には2と3が使われています。2については、過去に発生した台風の発生数と発生地域をそのときの大気・海洋の大規模な状態によって表現する関係式が提案されています。Ryanら(1992)は全球気候モデルにより予測された温暖化時の大規模場データをこの関係式に適用し、発生数が2倍以上になるという結果を得ました。増加の主な原因は海面水温(SST)の増加に関係するものであり、温暖化時においても同じ関係式が成立するかどうかは不明であり、過剰見積もりであろうとしています。

ここでは3の方法を用いた実験を行いました。水平解像度約100km程度の全球水循環(大気)モデルを使用しています。二酸化炭素倍増(2xCO₂)実験は、地球流体力学研究所(GFDL)による全球気候(結合)モデルにより予測された二酸化炭素増大時のSSTと通常時のSSTとの差を観測値SSTに加えたSSTにより計算を行いました。図1にGFDLモデルによる、1月と7月のSST偏差の分布を示します。熱帯、中緯度域では約1度程度、高緯度域の一部は2度を超える正偏差があります。東部太平洋熱帯域では偏差の極大が見られます。

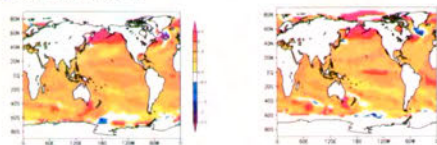


図1 SST偏差分布図。左:1月、右:7月。

2通りの積雲対流方式を用いた実験を行いました。KUO方式とArakawa-Schubert(AS)方式です。台風を構成する積乱雲をパラメタライズする方式の違いが、モデル台風にどのような影響を与えるかを調べました。図2は観測された台風と対照実験におけるモデル台風の発生位置を表します。モデル台風は現実の台風の発生位置をかなりよく再現していることがわかります。しかし、KUO方式、AS方式それぞれの違いもあります。観測と比べても西北太平洋域において、KUO方式では西側での発生が少なく、また北側での発生も少なくなっています。KUO方式、AS方式とも発生域が東部に延長しているといったバイアスが見られます。とくにAS方式では東部太平洋熱帯域全域で発生しています。また両方式ともに、観測では見られないブラジル沿岸での発生が見られます。

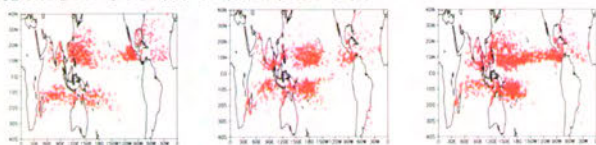


図2 現在気候における10年間の台風発生位置。左:観測(1986-1995)、中: KUO方式、右: AS方式。

表1に海域別の1年あたりの平均台風発生数を示します。平均期間は図2と同じです。信頼水準95%で有意差がある場合色付けしています。観測と比べて、対照実験において、KUO方式は東北太平洋域、北大西洋域で少なく、北インド洋域、南太平洋域で多くなっています。AS方式では北大西洋域、南インド洋域を除いた海域で大幅に多く発生しています。2xCO₂実験において、KUO方式ではブラジル沿岸を除いた全域で、発生数が減少しています。AS方式では、北インド洋域、北太平洋域、南太平洋域で増加、北大西洋域、南インド洋域で減少しています。ただし南太平洋域を除き、有意な差ではありません。

他機関での全球気候モデルによる温暖化時の発生数の変化として、高解像度モデル(Bengtssonら, 1996; Sugiら, 2002等)では発生数が減少する結果が得られる傾向

向にあり、より低解像度モデル(Broccoli and Manabe, 1990等)では増加するという結果が得られている場合もあります。

表1 海域別の1年あたりの平均台風発生数。平均期間は図2と同じ。

	KUO方式					AS方式				
	観測	対照	2xCO ₂	2xCO ₂ -対照	割合(%)	対照	2xCO ₂	2xCO ₂ -対照	割合(%)	
北インド洋 40-100E	4.5	9.4	5.1	-3.3	60.7	9.7	10.7	1.0	110.3	
西北太平洋 105E-135E	30.4	39.4	26.9	-10.5	73.4	68.4	73.3	4.9	107.2	
東北太平洋 135E	15.9	7.2	6.4	-0.8	88.9	22.3	25.6	3.3	114.8	
北大西洋 135E	9.7	5.7	4.8	-0.9	84.2	10.7	7.5	-3.2	70.1	
南インド洋 30-105E	11.8	13.7	10.0	-3.7	73.0	10.2	8.0	-2.2	78.4	
南太平洋 105E-135E	13.3	28.5	22.3	-6.2	78.2	37.1	46.2	9.1	124.5	
その他南緯 135E-	0.0	1.4	2.8	1.4	200	0.2	0.5	0.3	250	
北半球	60.5	61.7	45.2	-16.5	73.3	111.1	117.1	6.0	105.4	
南半球	25.1	43.6	35.1	-8.5	80.5	47.5	54.7	7.2	115.2	
全球	85.6	105.3	80.3	-25.0	76.3	158.6	171.8	13.2	108.3	

最大風速の変化

台風強度変化の研究には1,3や4が使われています。1の方法では温暖化に伴い最大風速は強まるとされています。2の全球気候モデルを用いた場合は、ほぼ変わらない(Bengtssonら, 1996)、わずかに強まる傾向が見られる(Sugiら, 2002)という結果が示されています。全球気候モデルでは水平解像度の荒さのため最大風速は観測より低めになってしまうことから、3の水平解像度の高い領域気候モデルを用いて個々の台風の強度変化を調べると、最大風速は増加する(Knutsonら, 1998等)という結果が示されています。図3に2のグループに属するモデル結果を示します。モデル台風の最大風速は850hPaでの値です。

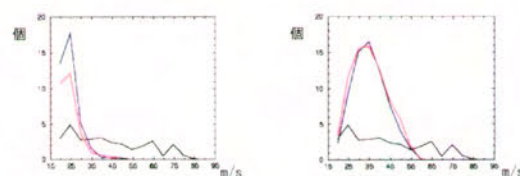


図3 西北太平洋域における各台風の最大風速に関する頻度分布。左: KUO方式、右: AS方式。黒: 観測、青: 対照実験、赤: 2xCO₂実験。

AS方式はKUO方式に比べ、より風速の強いモデル台風を再現しています。表1で見たとおり2xCO₂実験において、KUO方式では発生数が減少し、AS方式では発生数変化が小さいことがわかります。AS方式では強い風速の台風がわずかに増加する傾向が見えていますが、温暖化による大きな影響は当モデルでは見られません。

降水量の変化

モデル台風を中心とする7.875度x7.875度の箱内の最大6時間積算降水量に関する頻度分布を図4に示します。AS方式はKUO方式よりも降水量が多いモデル台風を再現しています。2xCO₂実験においてKUO方式では最大降水量が少ないモデル台風が減り最大降水量の多いモデル台風の個数はほぼ変化がありません。AS方式では、最大降水量の少ないモデル台風が減り、最大降水量の多いモデル台風が増加している傾向が見られます。



図4 図3と同様。ただし西北太平洋域におけるモデル台風中心近傍の最大6時間積算降水量。

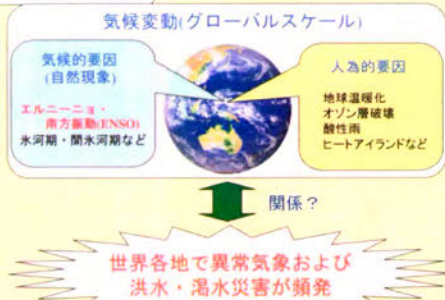
温暖化にともなう台風中心付近の降水量変化については、他機関の全球気候モデルを用いた実験において降水量が10~30%程度増加するという報告(Yoshimuraら, 1999)や、3の領域モデルを用いた実験では、降水量が28%増加する(Knutson and Tuleya, 1999)という結果が報告されています。

栢原 孝浩

総合防災研究部門 E-mail: kayahara@bosai.go.jp

気候変動は日本各地の洪水災害に影響する？

研究背景・目的



本研究では、気候変動が日本の気象・水災害に及ぼす影響を明らかにするための一研究として、エルニーニョ・南方振動(ENSO)と日本における台風の接近・上陸による豪雨発生との関係について調べました。さらにそれが治水計画にどのように影響するか検討しました。

地域別に見た台風性豪雨の発生頻度とENSO



図1:42年間(1961~2002年)において2日間降水量上位42個の降雨のうち台風の接近・上陸によるものが占める割合(西日本)

図1は各観測地点における記録的な豪雨42個のうち台風の接近・上陸を原因とするものが占める割合を示しています。九州山脈を境にして東側では豪雨の発生は主として台風・熱帯低気圧を原因とするもの、西側では温帯低気圧・前線の通過・停滞によるものであり、地域差が大きく見られます。ENSOによる気候への影響はこれまでに多くの地域を対象に議論されており、日本についても台風の発生個数や移動経路が変化するなど多くの影響が認められています。台風性豪雨の年発生回数およびENSOの指標である南方振動指数(SOI)とNiño 3およびNiño 4海域の平均海面水温(SST)についてそれぞれスペクトル解析を行い、検出された変動周期を表1に示しています。12~14年、4.7~4.9年、3.5~3.7年、2.6~2.8年などENSOと台風性豪雨の年発生回数には共通の変動周期が多く見られます。

表1:スペクトル解析で検出された台風性豪雨の年発生回数の変動周期

	周期(年)	6.1	4.8	4.1	3.6	2.8	2.5	2.1
SOI								
Niño-3	12	4.9	4.9	3.6	2.8	2.6	2.3	2.1
Niño-4		4.9	3.6	2.8	2.6	2.3	2.1	
平均	43	12	8.5	5.8	4.7	3.6	2.7	2.2
熊本	44	16	7.5	4.7	3.6	3.0	2.6	2.3
鹿児島	41	12	8.0	5.6	4.7	3.7	2.5	2.3
多摩川	64	12	8.0	5.6	4.7	3.6	2.5	2.3
豊前川	12	8.5	4.7	3.7	2.8	2.5	2.3	2.2
高知	32	12	8.5	5.6	4.6	3.7	2.5	2.3
濃尾	31	9.1	5.8	4.7	3.6	3.0	2.4	2.2
濃尾	12	8.5	5.8	4.7	3.6	3.0	2.4	2.2
宇和島	12	8.0	5.6	4.7	3.5	2.7	2.5	2.3
大分	12	8.5	5.6	4.7	3.6	3.0	2.4	2.2
福岡	32	16	8.5	6.4	4.7	3.2	2.7	2.5
京都	32	16	8.5	6.4	4.7	3.2	2.7	2.5
京都	32	16	8.5	6.4	4.7	3.2	2.7	2.5

ENSOと豪雨発生確率の関係は？

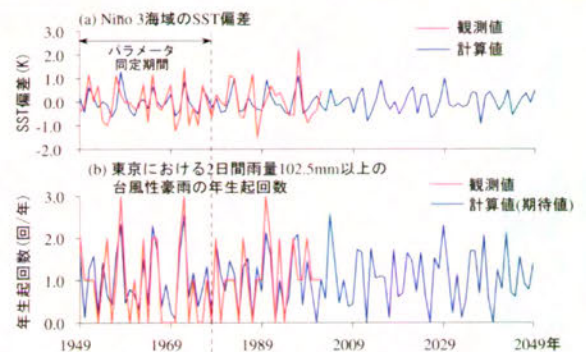


図2:Niño 3海域のSSTと東京における台風性豪雨の年発生回数の時系列予測

図2はNiño 3海域のSST偏差と東京における台風性豪雨(2日間雨量102.5mm以上)の年発生回数の時系列予測結果を示しています。両者ともに計算値は観測値に近い結果が得られています。

実際の治水計画では確率降雨量が広く用いられています(例えば、「この堤防は100年に1回起きる確率の降雨に耐えられる」など)。表2は先の計算結果と過去のデータを用いてSSTの変動と年発生回数および確率降雨量の関係を調べた結果を示しています。台風性豪雨の年発生回数はSST偏差が正のとき(Series 3, 4)に多いのですが、確率降雨量は1降雨あたりの降雨量が各seriesによって異なるため、series 2が最も豪雨が起きやすい結果になっています。

表2:Niño 3海域のSST変動と確率降雨量

	平均年生起回数(回/年)		確率降雨量(mm/2日)		
	観測値	計算値	50年	100年	200年
Series 1	0.92	0.46	295	324	353
Series 2	0.88	0.83	415	460	504
Series 3	1.00	1.23	398	439	481
Series 4	1.21	1.66	399	440	481

Series 1(ラニーニャ年): SST偏差<-0.5K, Series 2:-0.5≤SST偏差<0.0K, Series 3:0.0≤SST偏差≤0.5K, Series 4(エルニーニョ年): 0.5K<SST偏差

洪水氾濫リスクは？

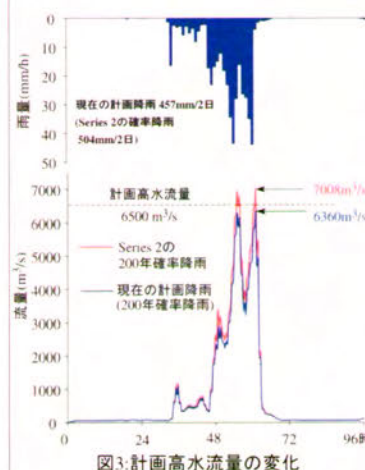


図3:計画高水流量の変化

確率降雨量の変化が河川の洪水氾濫リスクにどれくらいの影響を及ぼすのでしょうか？

図3は多摩川を対象として現況の計画降雨量(200年確率)457mm/2日とseries 2の確率降雨量504mm/2日より算定される洪水流量を比較したものです。ピーク流量はそれぞれ6360、7008m³/sとその差は10%ほどですが、後者は計画高水流量を500m³/sほど上回るることになります。実際には堤防の余裕高など計画規模を上まわる流量にもある程度耐えられるように施工されていますので、必ずしも氾濫するとはいえませんが、series 2は比較的洪水氾濫の危険度が高い年といえます。

東 博紀

総合防災研究部門 E-mail: higashi@bosai.go.jp

災害体験・地域リスク情報の収集と共有

～ブログ・相互運用型Web-GISを用いて～

これからの地域防災

防災科学技術研究所では、地域が持続的に発展し、かつ安全で安心して生活できる地域社会を実現するという観点から、自然災害や産業災害、交通事故、犯罪などの様々なリスクに対応する統合的な地域リスクマネジメントに関する研究に取り組んでいます。特に、自然災害リスクは不確実性を伴い、さらに個人や社会の価値判断が多様化する現代社会においては、国や自治体、防災関係機関のみによるリスク管理ではなく、行政や個人、地域コミュニティ、NPO、企業などが地域の安全やリスクについて共に考え、日頃から協力・連携によって災害に備えるという社会の取り組みが不可欠となります。これをリスク・ガバナンスと呼んでいます。

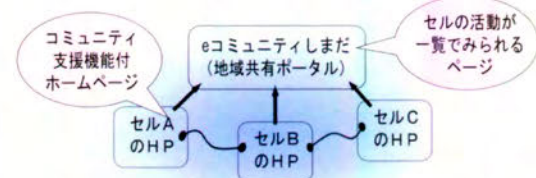
静岡県島田市での取り組み

防災科学技術研究所は、静岡県島田市にてリスク・ガバナンス、リスクコミュニケーションに関する実証実験を行っています。具体的には、地域振興やまちづくりの視点から、身近な生活の視点から、地域が抱える安全・安心をめぐる市民の認知や地域の課題を発見し、その対策のあり方について従来の地域コミュニティとインターネットで集うコミュニティとの連携によって議論を深めていくという実験を行っています。この取り組みを「eコミュニティしまだ」と呼んでいます。

eコミュニティしまだは・・・

- 地域の魅力や課題、リスクなどを発見・共有・解決できる場
- 既存の市民活動や産業活動などの様々な活動が結びつく場
- eコミュニティから新たな活動が生まれる場

地域に関心のある各グループはそれぞれ「セル」と呼ばれています。



- ◇各セルでは参加者同士でコミュニケーションを図れます
- ◇他のセルとのコミュニケーションもでき、連携して活動を行うことができます

eコミュニティしまだ画面イメージ (共有ポータル)

各セルポータル画面イメージ (水のワークショップ)

安全・安心ワークショップの様子

紙地図を利用して災害体験や現在危険な箇所を特定します



一付箋に地域リスク情報を書き、地図上に張ります

地図上に張られた → リスク情報について意見交換をします

ワークショップで交換された意見はeコミュニティしまだへ登録



当日参加できなかった人も、後日、いつでもインターネット上で情報を追加登録できます。また、情報を参照して情報共有したり、他の人の登録情報にコメントをつけることもできます。

場所と時間に拘束されずに多様な市民が出会い、様々な活動に相互に参加可能となります

長坂 俊成、前川 佳奈子、中根 和郎、福岡 輝旗、佐藤 照子、池田 三郎

総合防災研究部門 E-mail: nagasaka@bosai.go.jp

水害の被害軽減にむけて

～Pafricsを用いたワークショップ～

水害に対して安全で安心な社会を築くためには、住民・地域・行政が協働して、ハード的対策とソフト的対策などの組み合わせによる統合的な水害リスクマネジメントを行っていく必要があります。このためには、個々人の防災に対する意識の向上と住民・地域・行政間による水害リスクコミュニケーションが重要になります。このような水害リスクコミュニケーションを支援するツールとして、「参加型水害リスクコミュニケーション支援システム（Participatory Flood Risk Communication support System＝Pafrics）」を開発しました。ここではWeb版PafricsとPafricsを用いたワークショップについて紹介します。

Pafricsとは・・・

Pafricsは、リスク論的視点による水害リスクマネジメントの考え方を普及し、水害リスクやその管理について学ぶワークショップ等における水害リスクコミュニケーションを支援することを目的としています。Pafricsは、①水害リスクリテラシー学習支援機能、②水害対策選択リスクコミュニケーション支援機能、③ワークショップ支援機能の3つの機能から構成されています。

Web版 Pafrics

2004年11月29日より<http://www.pafrics.org>にて、Web版の公開を始めています。ワークショップ開始までのスケジュールや準備内容などの解説、ワークショップシナリオの提供など水害リスクコミュニケーションを行うワークショップの開催支援をしています。現在下記の6テーマのワークショップシナリオを用意しています（各シナリオ60分間）。

1. 水害リスク軽減策と地域住民の役割について学ぶ
2. 参加型の統合的な水害リスクマネジメントの考え方を学ぶ
3. 地域の水害リスクとハザードマップを学ぶ
4. 水害リスクの認知と住民による水害対策を考える
5. 水害リスクとその被害の性質について考える
6. 確率降雨と水害のリスクについて

各シナリオには、解説文・配付資料・アンケート用紙がセットになっています。



Web Pafrics 入口画面



Pafricsを用いたワークショップ風景



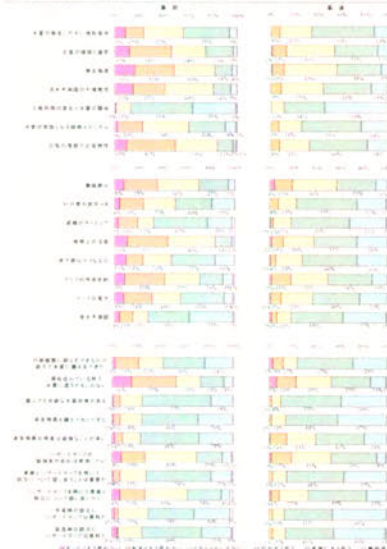
各シナリオには解説書・配付資料・アンケート用紙がセットになっている

Pafricsの使用例

例1

日時：2004年6月1日
テーマ：統合的な水害対策とハザードマップを学ぶ
参加者：大学生（93名）
実施者：防災科学技術研究所

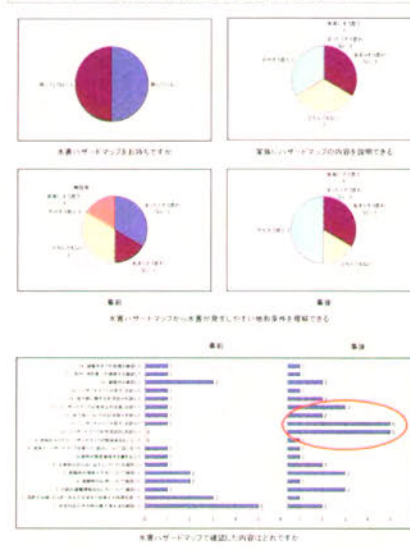
多くの学生は、ハザードマップに示されている様々な情報の中で浸水予測図を注目していたが、講義後にはそれ以外の情報にも注目のようになり、さらに、水防意識にも変化があらわれた。



例2

日時：2004年10月3日
テーマ：地域の水害リスクとハザードマップを学ぶ
（Web版シナリオ3）
参加者：住民（6名）
実施者：防災科学技術研究所 他

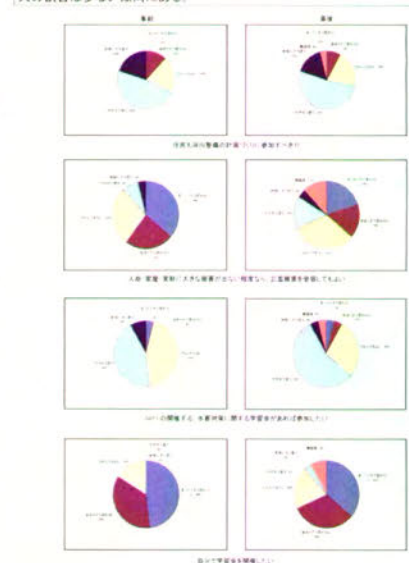
半数が水害ハザードマップを持っているが内容を理解することは難しい。ワークショップによって、水害が発生しやすい地形条件が理解できるようになり、ハザードマップの「見方」や「作成目的」に目を通すようになった。



例3

日時：2005年1月25日
テーマ：水害リスク軽減策と地域住民の役割について学ぶ
（Web版シナリオ1）
参加者：住民（25名）
実施者：Web閲覧者

住民も河川整備の計画作りに参加すべきだと考えている。ワークショップによってある程度なら氾濫被害を受容してもよいと考える人が増えた。NPOの勉強会への参加意欲は高いが、自分で学習会を開催したいと考える人の割合は少ない傾向にある。



Pafricsを使用したワークショップを実施するには・・・

Pafricsを用いたワークショップの開催をご希望の方は、Web版Pafricsにアクセス頂くか、防災科学技術研究所 特定プロジェクト「災害に強い社会システムに関する実証的研究」へご連絡下さい。Web版へのアクセス：<http://www.pafrics.org> E-mailでのお問い合わせ：pafrics@bosai.go.jp

鈴木 勇・竹内 裕希子

特定プロジェクト「災害に強い社会システムに関する実証的研究」
総合防災研究部門 E-mail: suzuki@bosai.go.jp takeuchi@bosai.go.jp

E-ディフェンスの性能と今後の計画

～地震防災への世界的貢献を目指して～

はじめに

大地震によるいろいろな構造物の破壊現象を実証的に研究するための「実大三次元破壊実験施設 (E-ディフェンス)」が今年4月に竣工しました。E-ディフェンスはこれまでにない性能をもった超大型の震動台すなわち地震の再現装置であり、いろいろな種類の構造物、例えば、コンクリートや鉄骨のビルディング、木造住宅、高速道路の高架梁、石油タンク、地盤・基礎構造などが大地震によって壊れてゆく様子を、実物大の実験によって詳細に調べます。これによって、構造物を大地震から守るための方策を立てることが出来ます。

施設全体の概要と基本性能

ビルなどの試験体を搭載できるテーブルのサイズは、300平方メートル(縦20m、横15m)の大きさで、試験体の重量は1200tまで可能です。構造物が地震で破壊される時には、地震の加速度よりも速度や変位の影響が大きいためです。この震動台ではこれまでに観測された地震よりも大きな速度と変位で構造物に振動を与えることができるので、構造物が破壊する様子を調べるのに最適です。

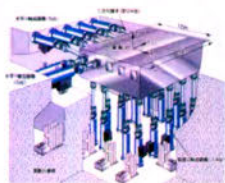


図2 震動台の主要構造

表1 E-ディフェンスの仕様

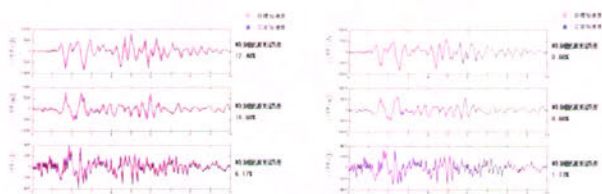
項目	仕様
最大搭載質量	1,200 t
最大変位	±200 mm
最大速度	±200 mm/s
最大加速度	±0.5 g
最大トルク	±15,000 kN・m
最大電圧	±15 kV
最大電流	±1,500 A
最大電力	±15 MW
最大電圧変動率	±1%
最大電流変動率	±1%
最大電力変動率	±1%



図3 震動台に木造住宅を搭載



図1 E-ディフェンスの外観



(a) 基本制御のみ (b) 応用制御

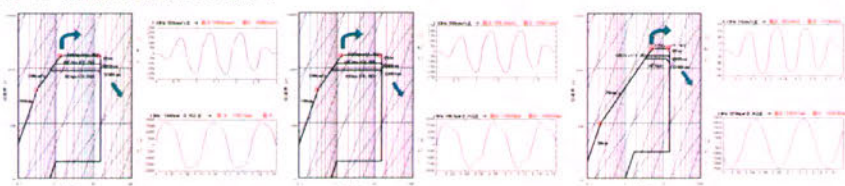
図4 地震波の再現性試験の結果
(阪神淡路大震災の神戸海洋気象台での観測波)

震動台性能試験(試験体無し)の結果

震動台は昨年11月に完成しましたが、今年の3月末までその性能確認のため試験体無し状態で様々な振動パターンを想定して試験を行いました。

震動台実験では、実際に発生した地震の動きで構造物を振動させることが必要です。図4(a)は基本制御という震動台を通常の制御方法で動かしたもので、(b)は応用制御という加振精度を向上させるための制御方法であります。(b)の応用制御は(a)の基本制御よりも地震波再現性が向上していることがわかります。

図5はこの震動台が設計どおりの性能を有しているかを正弦波を用いて試験したものです。図の(a)、(b)、(c)はそれぞれX軸、Y軸、Z軸方向の加振限界線図であり、黒い太線の枠内の範囲が、この震動台で再現可能な正弦波の周波数と加速度・速度・変位です。X軸、Y軸、Z軸方向の図とも赤丸で示したところが震動台性能の限界であり、そのときの震動台の速度と加速度の時刻歴はいずれもほぼ性能を達成している結果が得られています。



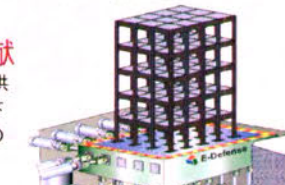
(a) X軸の加振性能 (b) Y軸の加振性能 (c) Z軸の加振性能

図5 正弦波加振限界性能試験の結果

研究成果の実用性と次世代技術・学術への貢献

E-ディフェンスで実施された実験はこれまでにないデータを我々に提供してくれます。この、希有な実験データを有効に利用することにより以下のような貢献ができ、ひいては構造物の耐震性向上に結びついてゆくものと考えます。

- ① 構造物破壊過程説明の重要データの取得と、より高度で合理的な設計法開発への貢献
- ② 実験データの公開により、広範囲の研究者・技術者が成果を利用出来るシステムによる貢献
- ③ 既存構造物の耐震評価・補強技術の開発・高度化に貢献
- ④ 三次元シミュレーション解析手法開発への貢献
- ⑤ 実験の公開、マスコミでの報道による、耐震強度の弱い建物の地震時被災状況と耐震補強の必要性の国民へのアピール



今後実大実験を実施するためには、試験体を載せた状態で震動台が所定の性能を発揮できるかを調べておく必要があります。鉄骨の試験体を製作して、今後の実大破壊実験を実施するためのデータを取得します。試験体の大きさは、縦15m、横10m、高さ20m、重量600トン、転倒モーメント15,000t・mです。

標準試験体による性能試験



木造建物の耐震補強の比較実験



鉄筋コンクリート建物の破壊実験

地盤と基礎の実験をするのは、昨年の新潟中越地震でもあったように、地震災害は地盤災害といわれるほど、地盤に係わる問題が多いからです。地盤の実験をする場合、地盤そのものは振動台上には造れませんから、土槽という大きな容器に土を入れた人工地盤を作り、地震で地盤液化が発生したときの地盤の動きを再現、地中にある建物基礎がどのように壊れるかを調べます。

阪神淡路大震災の約6400人の犠牲者の約80%の方が木造住宅の倒壊で亡くなっていますので、木造住宅の耐震性向上は絶対に欠かせないとして採り上げます。築30年ほどの実際に建っている木造住宅をE-ディフェンスに移設して実験します。同じ様な建物を二棟使い、一つは耐震補強し、一つは補強しないまま、二つ並べて地震動を加える計画で、耐震補強効果を調べます。

鉄筋コンクリートビルは我々の住む街の至る所で見られその数は膨大ですので、この建物に対する耐震性向上は国民の生命・財産を守るという意味で重要です。建物の大きさは縦15m、横10m、高さ16mの6階建ての比較的小規模なビルですが、試験体重量は約950トンになります。このビルに実際と同じ地震を発生させ、どこから、どのように、どこまで壊れるかをつぶさに観察します。

佐藤 正義、井上 貴仁

兵庫耐震工学研究センター E-mail: m.sato@bosai.go.jp dinoue@bosai.go.jp

第4回成果発表会

2005年（平成17年）6月7日（火）

編 集／独立行政法人 防災科学技術研究所

発 行 所／株式会社イセブ

お問合先／独立行政法人 防災科学技術研究所

企画部 企画課

〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1

TEL（直通）029-863-7787・7789

FAX029-851-1622

印 刷／株式会社イセブ



独立行政法人 防災科学技術研究所