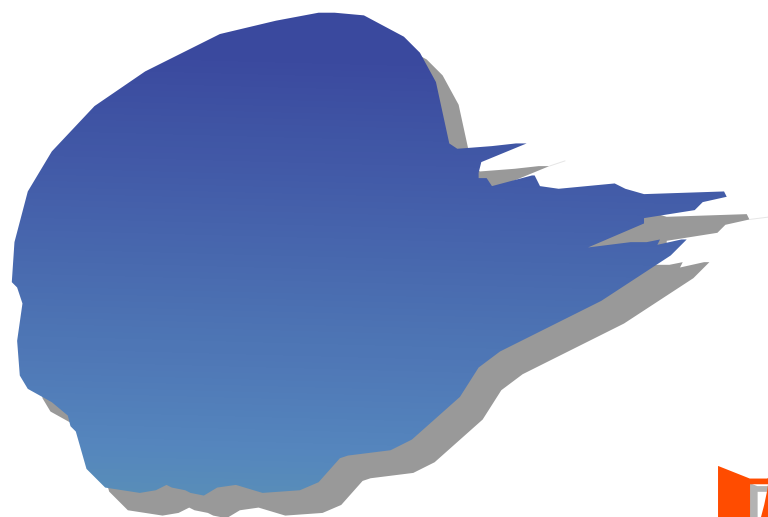


防災

研究



National Research Institute

for

Earth Science

and

Disaster Prevention

防災 科研 NEWS

関東地方で発生する小繰り返し地震

2003年9月26日北海道十勝沖の地震

—繰り返しされた海溝型地震—

住宅は地震のときどのように壊れるか

2004年木造2階建て住宅倒壊実験

『関東・東海』の地震発生に関する国際ワークショップ

フィリピン・マニラでワークショップ

E-ディフェンス協力機関にアメリカNSF

第3回成果発表会のご案内



関東地方で発生する 小繰り返し地震



固体地球研究部門 研究員 木村 尚紀

プレート境界で発生する関東地震

日本周辺のプレートの沈み込み帯では、大正関東地震のような巨大地震が100～200年の周期で繰り返し発生することが知られています。大正関東地震は、関東地方の南方に位置する相模トラフから沈み込むフィリピン海プレートの上面で発生しました。このような地震は、沈み込むプレートと陸側プレートの間に強くくっついた領域が存在し、そこでの応力が限界に達した際に破壊が起こり発生すると考えられています。これは、例えば2枚の板の一部を接着剤でくっつけ両側から押していった時、接着剤で支えられる限界を越えたある瞬間にバリッとのはがれるようなものです。この接着剤でくっつけられた場所に相当する領域はアスペリティと呼ばれています。関東地方では、大正関東地震とほぼ同じ領域で1703年に元禄地震が発生したことがわかっており、およそ200年周期で巨大地震が繰り返し発生してきたと考えられています。最近の理論ではアスペリティの領域における強くくっつけられるという特徴は長い期間続くことがわかってきています。そのため、プレートの運動にともなって応力の蓄積・解放が繰り返され、巨大地震が繰り返し発生することになります。このような地震は同じ場所で繰り返し発生す

ることが大きな特徴で、そのために繰り返し地震と呼ばれることがあります。

小さな繰り返し地震

大正関東地震を起こしたアスペリティは非常に大きなものと考えられていますが、もっとずっと小さなアスペリティを持った繰り返し地震の存在が知られています。このような地震は、起こる位置もメカニズムもまったく同じであるため、観測される波形はそっくりになることが期待されます。そのた

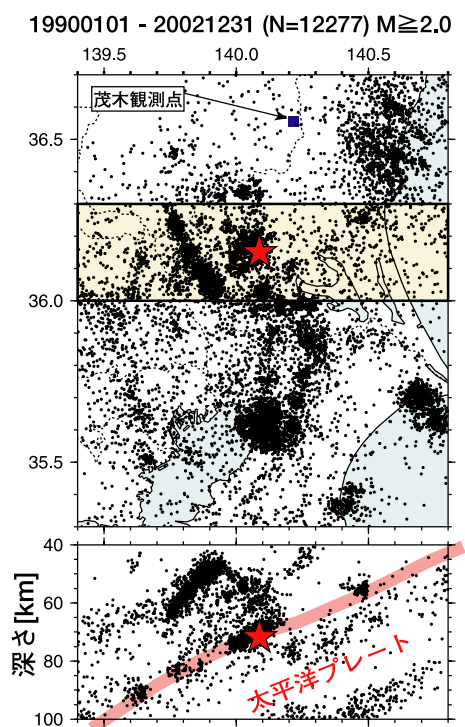


図1 小繰り返し地震(★)および茂木観測点(MOT)(■)の位置。上図の黄色で示した範囲の東西断面を下図に示す。黒点は通常の地震。

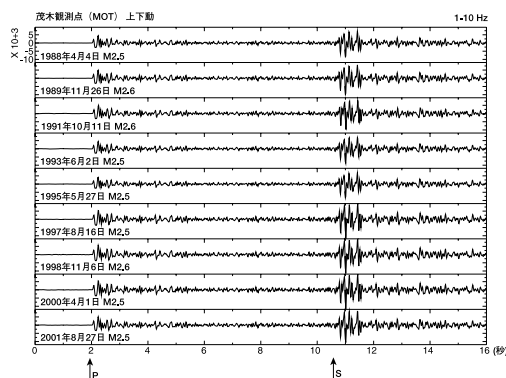


図2 図1に示した小繰返し地震の茂木観測点 (MOT) における観測波形

めに、このような地震は相似地震とも呼ばれることがあります。私たちは、このような性質を利用して防災科研の関東・東海観測網で20年以上蓄積されたデータを用い、関東地方で発生する波形の相似性の極めて高い地震を探索しました。

探索には、非常に膨大なデータを調べる必要があるため、防災科研のスーパーコンピュータを利用して解析しました。その結果、プレートの境界面上で多数の小繰返し地震が発見されました。ここでは、その一つの例として茨城県南西部の深さ約70 kmで発生した小繰返し地震の例をご紹介します。この地震は、図1の星印で示した場所で繰返し発生しました。ここは、太平洋プレートの境界面上に相当し、普段から地震活動が活発な領域です。図2はこの小繰返し地震の茂木観測点 (MOT) で得られた波形です。これらの波形は、一つ一つの山や谷の時刻、形まで含めてお互いにほとんど見分けが付かないくらいそっくりなことがわかります。また、この小繰返し地震と周辺の地震の過去約15年間の活動は図3のようでした。小繰

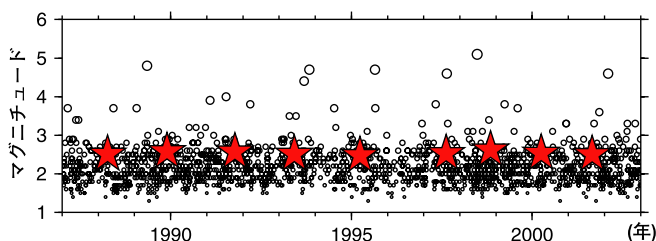


図3 図1に示した小繰返し地震 (★) と周辺の地震 (○) の過去約15年間の活動

り返し地震を赤い星印で、周辺の地震を○で示しています。この図から、小繰返し地震がおおよそ1.7年というほぼ一定の間隔で繰返し発生したことがわかります。通常の地震に混じって、このような地震が人知れず発生していたことは興味深いことです。

プレート境界のセンサー

小繰返し地震は、プレート境界面上でプレートの運動に伴って応力が蓄積することによって発生します。その発生間隔はほとんどの場合ほぼ一定ですが、近くで大きな地震が発生した場合などプレートの滑りが加速された際に発生間隔が短くなる等の影響が起こることがあります。逆に、このような変化を詳しく調べることによってプレートの滑った量やその時間変化を詳しく知ることができます。いわば、小繰返し地震はプレート境界周辺に埋め込まれたセンサーのようなものといえます。これまで、このような変動は主にGPSや傾斜計等の地殻の動きを計測する機器によって調べられてきましたが、新たに小繰返し地震を用いることによって観測精度の低い海域や過去の活動を推測するのに役立つものと期待されています。

2003年9月26日北海道十勝沖の地震 —繰り返された海溝型地震—



防災基盤科学技術研究部門 特別研究員 本多 亮

日本列島は大陸プレートの下に海洋プレートが沈み込むプレート境界によって囲まれています。西南日本ではユーラシアプレートの下にフィリピン海プレートが、東北日本では北米プレートの下に太平洋プレートが沈み込んでいて、これらの境界付近では巨大地震が繰り返し起こっています。北日本のプレート境界で最近起きたマグニチュード7以上の地震の震源域を図1に示します。

初めて捉えた巨大海溝型地震

2003年9月26日早朝、十勝平野を中心に北海道の広い範囲で強い地震の揺れを記録しました。この地震は2003年十勝沖地震と呼ばれ、1952年にほぼ同じ場所で起きた海溝型地震の再来であったと考えられています。1952年当時は現在ほどたくさ

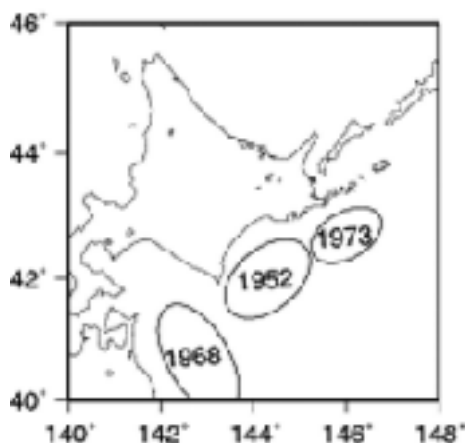


図1 最近のプレート境界で起こった地震（マグニチュード7以上）の震源域。

んの地震観測点が存在しませんでした。この地震は、全国に設置された地震観測網によって捉えられた最初の巨大海溝型地震ということになります。

平野部で大きな揺れ

今回の地震では防災科研の強震観測網（K-NET、KiK-net）のうち655点でデータが得られました。図2は地表における最大加速度（左）と最大速度（右）の分布を示しています。震央の北西約80kmに位置するHKD100という観測点では988Galを記録しました。また札幌から苫小牧にかけての石狩、^{ゆうふつ}勇払平野では、震央から200km以上も離れているにもかかわらず、周囲に比べて大きな加速度や速度が観測されました（図2、右）。特に勇払平野では周期5秒以上の継続時間の長い地震波が観測されています（図3）。苫小牧の石油タンクは、長周期の波に揺らされつづけることでタンク内の液面が大きく変動するスロッシングという現象によって、甚大な被害を被りました。

北西方向に進んだ断層破壊

強震観測網で得られた波形データを解析することにより、地震の際にどのように断層が割れたのか（破壊過程）を知ることができます。海溝型の地震

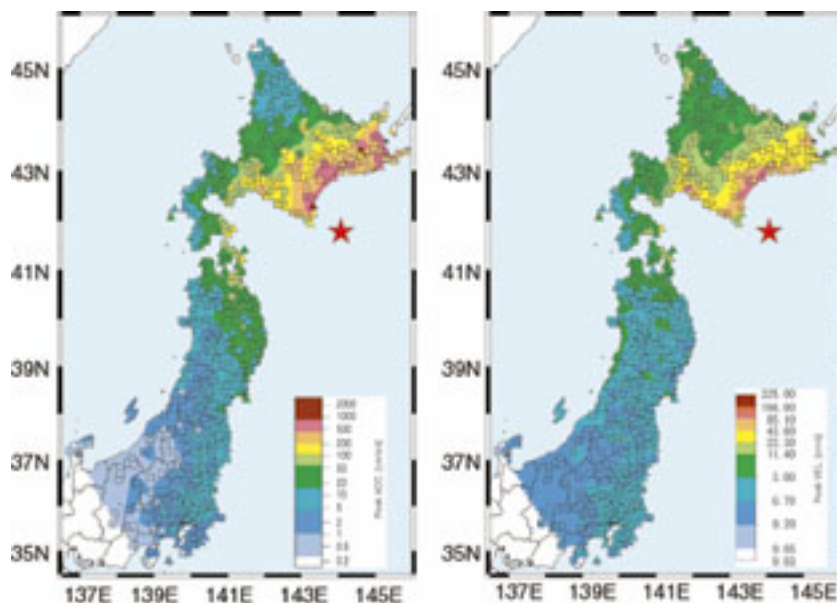


図2 防災科研の強震観測網（K-NET、KiK-net）が捉えた地表での（左）最大加速度、（右）最大速度の分布。印が震央。

にはそのメカニズムによっていくつかの種類がありますが、今回の地震は大陸プレートと沈み込む海洋プレートの境界で発生したと考えられます。そこで、プレート境界に沿うように断層面を仮定して解析を行いました。図4に2003年十勝沖地震の震源における滑り量分布を示します。断層面上の矢印はそれぞれの場所で生じた滑りの向きと大きさを示し、色の濃さは滑り量の分布を示しています。今回の地震では、震源付近と震源より北西のやや深い部分で大きな滑りがあり、最大で5m以上滑ったことが分かりました。主な断層破壊は、印（深さ29km）で示した震源から始まり北西方向（断層面の深い方）に進展しました。また、断層面の北東部の最も深い部分でも、比較的大きなエネルギーを開放したと考えられます。

当研究所では、今後起こるであろうと思われる地震を対象に地震動予測地図を作成して、防災に生かそうとして

います。今回の十勝沖地震の解析結果は、海溝型地震による地震動の予測に大きく貢献をするのではないかと考えています。

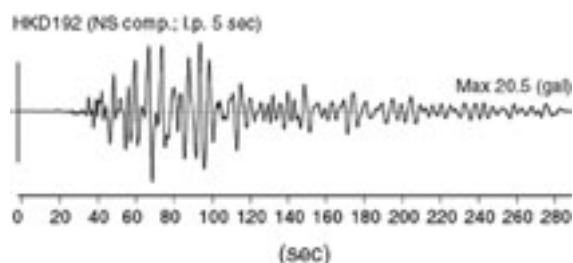


図3 苫小牧で観測された加速度波形（NS成分）から5秒より長い周波数の波だけをとりだした。

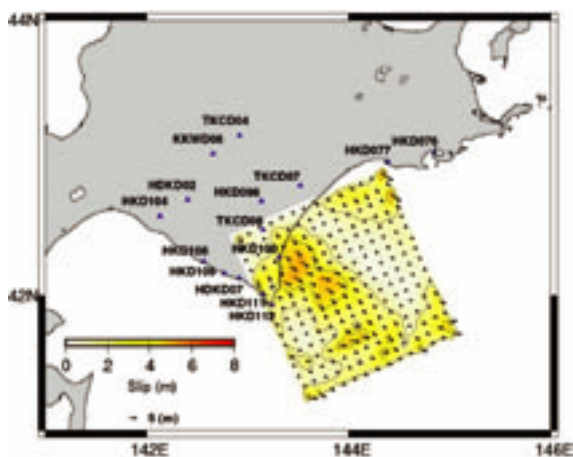


図4 強震記録から推定された2003年十勝沖地震の滑り量分布と解析に使用した観測点の分布。

住宅は地震のとき どのように壊れるか



流動研究員 箕輪 親宏

昨年は大きな地震が3回起こりました。5月26日の岩手県南部の地震では新幹線の橋脚に被害がありました。9月26日の十勝沖の地震では7秒の長周期地震動で苫小牧の石油タンクに火災が起こりました。この2つの地震では木造住宅の被害は目立ちませんでしたが、7月26日の宮城県北部の地震は直下型の地震で木造住宅が潰れる被害が生じています。残念なことに木造住宅に被害があった地区に強震計の記録はありませんでした。阪神・淡路大震災以降も地震で潰れるのは木造の古い家です。日本中には古い家がたくさんあります。大地震はいつ起こるかわかりません。古い木造住宅を耐震補強することが緊急に求められています。

自治体は援助をしますから耐震補強をして下さいと、住民の方々にお願いしていますが、なかなか耐震補強は普及しません。社会的・個人的・経済的な数々の理由で普及しないのかもしれませんが、耐震補強普及を促進させるには、信頼される耐震診断と耐震補強が必要です。木造住宅の耐震診断法、耐震補強法が提案され、それらに基づいて耐震診断がなされ耐震補強が行われています。それら診断法と補強法が適切であるかを調べる必要があり、適切であることが多くの方に認められれば、普及すると思います。

2005年に超大型の3次元震動台、実大三次元震動破壊実験施設（E - ディフェンス）が兵庫県三木市に完成します。E - ディフェンスは阪神・淡路大震災の強震記録を忠実に再現出来ます。木造住宅の耐震診断法および耐震補強法をE - ディフェンスで実際に即した試験体で実験して調べれば、その信頼性が確認されと考えています。

今、E - ディフェンスの実験の前段階として、多くの方々が協力して木造住宅の耐震診断と耐震補強のために研究を行っています。この研究の基本となるのが地震における住宅の壊れ方を調べることです。（地震の時、地面は3方向に揺れ、且つ回転もしていると考えられますが、耐震設計でも、実験で調べるときでも、多くの場合、水平の二方向に分け一方向ずつ別々に考えます。上下方向は重力が作用していますので考えないのがほとんどです。従って、水平一方向の地震動に対し研究するのが一般的です。）木造の立体フレームの倒壊に至る過程を調べる実験を、昨年3月に、神奈川県にある東急建設（株）技術研究所の振動台で行いました。このフレームは写真1のように高さ5.8m、X方向3.6m、Y方向5.4mで、壁量は筋交いの入っている部分とすれば長さにして2階でX、Y方向とも3.6m（4箇所・1

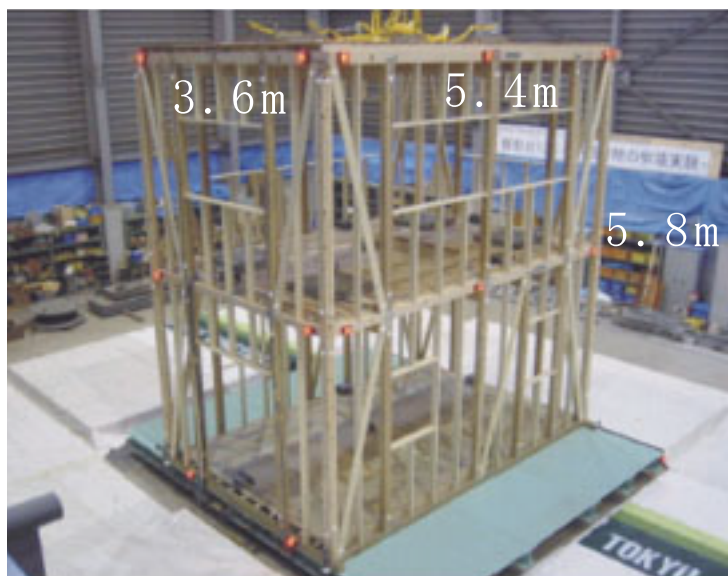


写真1 木造立体フレーム

個所0.9m)、1階ではX方向で2.7m(3個所)、Y方向で4.5m(5個所)で昭和35年の建築基準を満たすものです。さらに1979年の住宅金融公庫仕様(建築基準法改正前)に従い、柱上下端部にT金物、梁端部に羽子板ボルトを用いました。耐力は設計上、筋交い1ヶ所当り2.94KN(300kg)で考えました。重さは屋根が1.5トンのおもりと自重0.8トンで2.3トン、2階が2トンのおもりと自重1.1トン

で3.1トンです。このフレームを阪神・淡路大震災の時にJR鷹取駅で得られた強震記録で実験しました。振動台をX方向に最大速度150cm/s(両変位振幅80cm)、Y方向に最大速度65cm/s(両変位振幅35cm)で動かしました。X方向だけで動かした時と、XとY方向同時に動かした時の2回の実験で木造フレームは倒壊しました。XYZ方向同時に動かしたときは倒壊しませんでした。写真2はXY方向同時に動か



写真2 XY方向実験

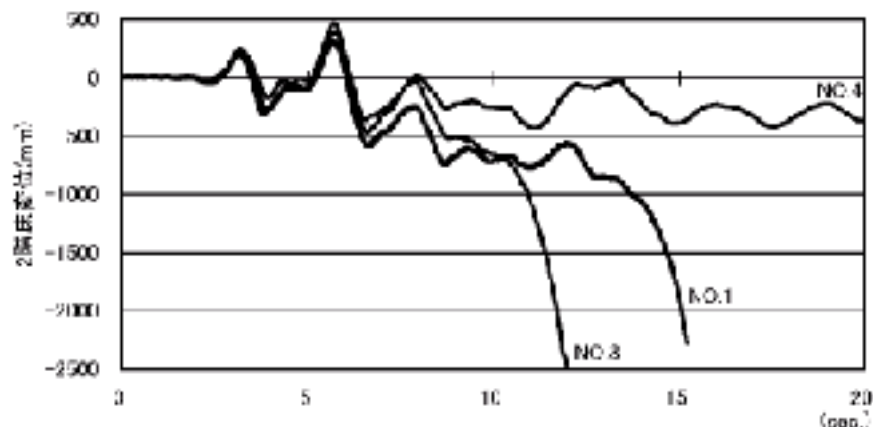


図1 2階の変形波形

した時の倒壊する写真です。僅かですが斜めに倒れ、筋交いが座屈し、外れ落ち、フレームの耐力が無くなり、倒壊した過程が解ります。

X Y Z方向同時実験フレームが倒壊しなかった理由としては、倒壊したX方向フレームとX Y方向同時実験フレームに比べ柔らかく、J R鷹取の入力に対し応答が合わず倒壊を免れたと推測されますが、今後、さらなる検討が必要と考えられます。

第1図はX方向 (No. 1)、X Y方向同時 (No. 3)、X Y Z方向同時 (No. 4) 実験の時の2階の床のx方向の変形の波形です。X方向実験フレームとX Y方向同時実験フレームはほぼ同じに作られており、実験の違いを比較出来ます、この図から見れば、エネルギー投入の多いX Y方向同時実験がX方向実験より先に倒壊しているのが分かります。

加速度に質量を掛けたものが水平地震力 (剪断力) であると考え、大変形における変形と剪断力の関係を第2図に描いてみました。一階のフレームは1.5 m程度の変形まで剪断力が増え、1.5 m以上では剪断力は減少しています。最大で3トン程度の剪断力を示しています。2階のフレームは0.5 m程度の水平変形まで剪断力が増え、0.5 m以上では剪断力が減少し、倒壊に至っています。最大水平耐力は1トン程度でした。

この実験結果から得られた知見をもとにコンピュータシミュレーションプログラムを開発し、木造住宅の地震時倒壊予測に役立てる計画です。

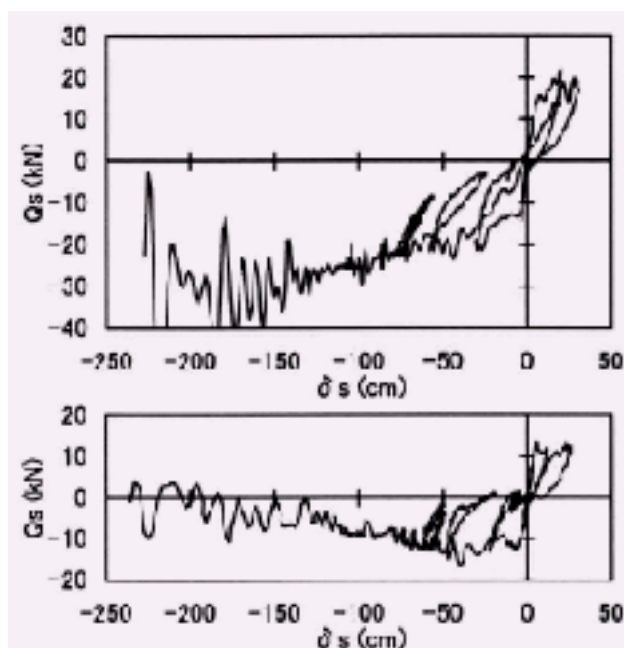


図2 変形と水平地震力の関係

2004年木造2階建て住宅倒壊実験

前ページでお伝えした木造住宅倒壊実験に引き続き、今年の3月23日には、同東急建設（株）の振動台で、同様の木造2階建て住宅に壁の下地となる板（木ずり）で筋交いが外れないよう補強し、阪神・淡路大震災時のJR鷹取波で倒壊実験を行ないました。結果は1回目の加振で倒壊しました。1階部分からまず倒れて、続いて2階も崩れました（右写真）

また、3月31日には、石膏ボード壁で補強した木造住宅で実験を行い、こちらも1回目の加振で倒れました。この実験結果は、昭和56年の建築基準法改正前の構法で建てられた住宅の耐震性評価などに役立てられます。



木造2階建て住宅倒壊の様相（2004.3.23実施）

『関東・東海』の地震発生に関する国際ワークショップ

防災科研のプロジェクト研究「関東・東海地域における地震活動に関する研究」では、2004年3月9日～11日の3日間にわたり、つくばの本所・研究交流棟で「関東・東海地域における地震活動と地震の予測に関するワークショップ」を開催しました。海外から10名の招待者を含め、総数28名による講演が行なわれ、世界各地で報告が相次いでいるスロースリップや断層のアスぺリティといった最新の話題、また、確率論に基づいた地震の発



生予測など、他国の状況も交えた興味深い成果が紹介されました。

明日起きてもおかしくないと言われている関東・東海地域の地震は国際的に注目を集めている研究分野です。そのため今回の国際ワークショップは海外の研究者からも大きな関心が寄せられており、延べ200名を超える参加者により活発な議論が行なわれました。

フィリピン・マニラでワークショップ

防災科研地震防災フロンティア研究センター（EDM）は2004年3月4日に、フィリピンのマニラでワークショップを開催しました。これは「アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減化技術の開発とその体系化に関する研究（EqTAP）」の一環として行なわれた防災技術のマニラへの移転（Metro Manila Case Study）のための方策を検討するワークショップです。1999年から5ヵ年計画で進められ、今回は最後の集大成として、フィリピンの防災研究機関や行政機関の関係者など97名が参加し、活発な意見交換が行なわれました。

耐震実験や建物の被害予測、震源分布などの防災技術がEDMによってマニラで適用され、防災のための方法論

を示されたマニラが、今後それをどのように活かしていくのかという点は非常に興味深いところです。

また、基礎的研究を続けてきた防災科研としても、開発した技術を社会へ還元していくプロセスに焦点をあてる、そのような新しい研究の方向性を見出したことは意義のあることです。

このプロジェクトはこれで一応の終わりとなりますが、今後ともマニラとの密接な交流は変わることなく、むしろ、これが始まりとなって移転された防災技術がマニラ市で活かされていくことでしょう。



ワークショップの感想を述べる
亀田EDMセンター長



フィリピン火山地震研究所所長、マニラ首都圏開発局局長らが出席

E-ディフェンス 協力機関にアメリカNSF

実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を利用した日米共同研究の実現を目指した会合が、4月6日～8日に神戸市の新神戸オリエンタルホテルで開かれました。この会合には、日本側から防災科学技術研究所を中心とした耐震研究者と文部科学省の担当者、アメリカ側からは全米科学財団（NSF）と研究者団体のNEES Consortium Incorporated（NCI）の関係者が参加しました。会合では、コンピューターシミュレーションによる研究とE-ディフェンスによる実大規模実験の統合による耐震研究の新しい方向性をさぐることで基本合意しました。

E-ディフェンスは、来年1月17日のお披露目に向けて、兵庫県三木市で着々と工事が進んでいます。現在は24本の加振機の動作テストをしている段階で、今年5月には震動台をピットに組み込み、その後は試験・調整に入ります。本格的に実験を開始するのは平成17年度からになります。最初の2年間は防災科研も参加している文部科学省の「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の実験が予定されており、鉄筋ビル、木造住宅、基礎地盤の耐震実験が行なわれます。実大の構造物を載せることが可能な20m×15mの世界最大の震動台により、耐震技



会合の様子（新神戸オリエンタルホテル）

術の飛躍的向上が期待されています。

E-ディフェンスでは、免震・制震技術の開発、橋梁や原子力施設などの耐震性の研究など、様々な産業界や研究機関で多様な実験に利用されることを前提としており、外国の機関との共同研究もその一つです。今回の会議では、NEESgridと呼ばれるアメリカにある15の大型実験施設を結ぶネットワークとE-ディフェンスを結び、共同実験を行うための方策などが議論されました。

E-ディフェンスについては、つくばの本所にあるスーパーコンピューターを通じて、日本の耐震研究者がデータを共有できるEDネットワークの開設が決まっています。NEESgridとE-ディフェンスの連携が決定すれば、日本と米国の研究者が相互にデータを共有できるようになります。



32ブロックに分割している震動台の組立



実大4階建て鉄筋ビルの実験イメージ

第3回 防災科学技術研究所成果発表会

日 時：平成16年5月25日(火) 13:30～17:00 (13:00より受付)

場 所：防災科学技術研究所 研究交流棟 和達記念ホール(茨城県つくば市天王台3-1)

参加費：無料

定 員：300名

参加申し込み：URL <http://www.bosai.go.jp/> より5/17(月)まで受け付けています。

(定員になり次第締め切らせていただきます)

講 演

E - ディフェンスで何に挑むか	佐藤正義
火山—観測、噴火予知、防災へ—	鶴川元雄
雨と風の観測に新兵器 - Xバンドマルチパラメーターレーダー -	真木雅之
雪崩の悲劇をなくすために	阿部 修
防災研究の革新 - E q T A P 国際プロジェクト -	亀田弘行

ポスター発表

西南日本の深部で何が起きているか - 低周波微動とスロースリップ -	廣瀬 仁、小原一成
2003年十勝沖地震、強震動評価手法を検証する	森川信之、本多 亮、青井 真、藤原広行
関東・東海地域で生じているプレートの怪しい動き - 傾斜の連続観測で捉える -	山本英二
阪神・淡路大震災の直前の地下において - 地殻応力場と断層強度の推定 -	山下 太
2000年三宅島噴火、三宅島直下で何が起きたのか	上田英樹
冬道の安全確保を目指して - 道路の雪氷状況を予測する -	小林俊市
ニセコ山系における雪崩発生予測に向けて	西村浩一
地すべり地形を航空機搭載レーザーで調べるために	内山庄一郎、井口 隆
リスクコミュニケーションで水害を軽減する	佐藤照子、福園輝旗
台風災害、データからつかむ危険性	湯本道明
風水害を地域別にさぐる	中根和郎
1月完成へ、E - ディフェンスの現況	小川信行
劣化した産業施設配管の健全性	中村いずみ
深部流体の循環機構と地震発生を同位体比で調べる	吉田則夫
シミュレーションによる地震断層破壊の再現	福山英一
阪神・淡路大震災のデータを使い家屋被害を評価する	堀江 啓
微弱振動から地盤をさぐる - アジアでの国際貢献 -	新井 洋
大地震、あなたの住まいの揺れ具合を教えます	末富岩雄
自治体、住民、政府が防災情報を共有 - リスク対応型時空間情報システム -	浦山利博

問い合わせ先：企画部企画課

TEL: 029-863-7787 FAX: 029-851-1622 E-mail: plansec@bosai.go.jp

お詫びと訂正◆前号2004 No.146のP11

フィリピンでの既存住宅の破壊実験実施中の文章に誤りがありました。

地球フロンティア研究センター → 地震防災フロンティア研究センター

編集・発行／ 独立行政法人 防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1 ☎029-851-1611(代)

企画課直通☎029-863-7789 Fax.029-851-1622

E-mail◆plansec@bosai.go.jp インターネット◆<http://www.bosai.go.jp>

発 行 日／2004.4.16