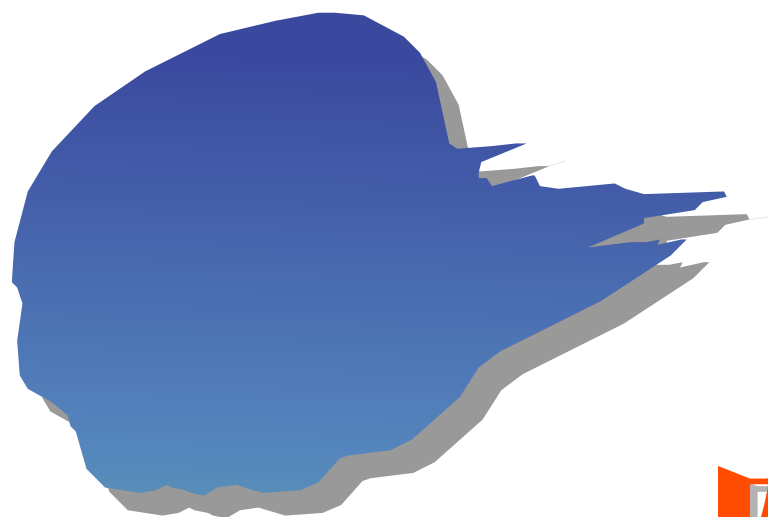


防災

研究



National Research Institute

for

Earth Science

and

Disaster Prevention

防災 科研 NEWS

2003年5月26日宮城県沖の地震
—スラブ内地震による地震動と断層の破壊過程—

強い揺れを正確に測る

雪雲からの便りを読む

東海地域における異常変化

—防災科研の傾斜観測で捉える—

Eーディフェンス 2005年オープンに向けて

7月1日に建設工事の竣工式を挙

IUGG2003に出展

実験取り入れサイエンスキャンプ 中学生ミニ博士コース開催

神戸だより



2003年5月26日宮城県沖の地震 —スラブ内地震による地震動と断層の破壊過程—

固体地球研究部門 主任研究員 青井 真



2003年5月26日の夕方に、宮城県や岩手県などで被害のあった地震が起きたのを覚えている人も多いことと思います。この地震は、2003年宮城県沖の地震と呼ばれており、南三陸海岸直下の深さ72kmで発生したモーメントマグニチュード(Mw)7.0の地震です。

スラブ内地震

主に活断層などに起因する内陸直下型地震やプレート(スラブとも呼ぶ)の境界で発生するプレート境界地震は、皆さんにも馴染みのある地震だと思います(図1)。今回の地震は、これらとは異なるタイプの地震で、日本列島に沈み込む太平洋プレートの中で、プレート自体が割れることにより起こるスラブ内地震と呼ばれるタイプの地震でした。これまでに起きたスラブ内地震の例としては、2001年の芸予地震などがあります。

地震動の分布

この地震では、防災科研の強震観測網K-NET、KiK-net(本号の『強いゆれを正確に測る』を参照してください)の運用が始まって以来、最多の789点でデータが得られました。図2(左)は地表における地震動(最大加速度)の分布を示しています。

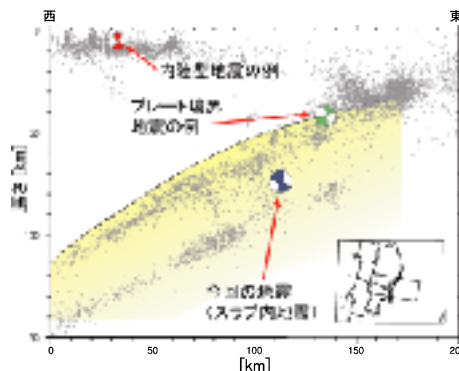


図1 3つの異なるタイプの地震の例。黄色で示した部分が、太平洋プレート。2003年宮城県沖の地震はスラブ内地震。

震源から約30kmの範囲では1G(Gは重力加速度)という非常に大きな揺れに見舞われました。これまで国内・国外で1Gを超える地震動が観測されたことは何度ありますが、今回のように3点もの観測点で1Gを超える波形記録が得られたのは初めてです。稠密な観測によって、ごく狭い地域でのみ観測される大きな地震動が精密に捉えられるようになり、地震動が1Gを超える現象はそれほど珍しい現象でないことも分かりはじめてきました。

KiK-netでは、地表近くの軟弱な地盤の影響を避けて強震観測を行うために、100mから2000mの深さの観測井戸を掘削し、井戸の底にも強震計を設置しています。図2(右)は地中における地震動の分布を示しています。地表における地震動に比べ数分の1から10分の1以下の振幅しかないことから、地表の大きな地震動には軟弱な表層が大きな影響を与えていることが分かります。

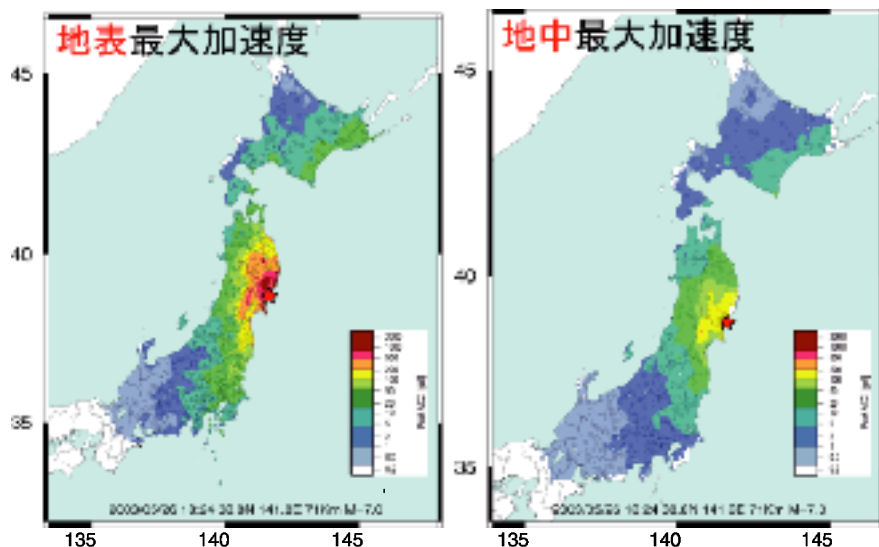


図2 防災科研の強震観測網（K-NE T, K i K - n e t）が捉えた、（左）宮城県沖地震、（右）宮城県北部地震の際の地震動分布。☆印が震央。

断層の破壊過程

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）を知ることが出来ます。図3に2003年宮城県沖の地震の震源における破壊過程の様子を示します。今回の地震を引き起こした震源断層は、東に傾く南側の断層面と、西に傾く北側の断層面との2枚の断層面からなっていることが分かりました。断層面上の矢印はそれぞれの場所で生じた岩盤のすべり

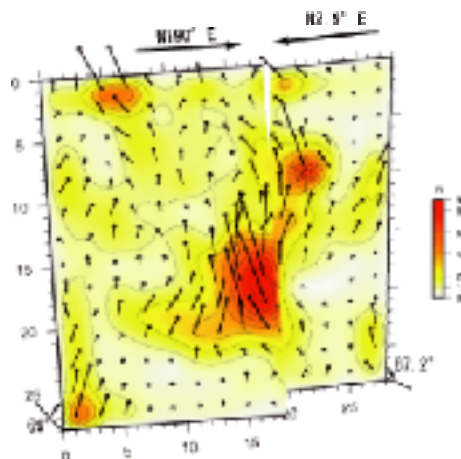


図3 強震波形から推定される2003年宮城県沖の地震の震源破壊過程。

の向きと大きさを示し、色の濃さはすべり量の分布を示しています。

断層破壊は震源である南側の断層面の星印（☆）（深さ72 km）からはじまり、大勢としては北側に進展しました。震源の近傍と、北側の断層面の深いところにそれぞれ濃い色で示された部分が、すべり量の大きかったところです。一般に、地震動は断層破壊が進行した方向に大きくなる性質（指向性）がありますが、今回の地震で北側に向かって地震動の大きな領域が偏っているのは、この指向性のためであったと考えられます。

このように防災科研では、日本全国で稠密な強震観測網を展開しており、そこから得られるデータを解析することにより、地震の際の複雑な断層破壊過程や地震動を推定することが出来ます。その成果は、地震動予測地図（2002年秋号No. 141を参照してください）などを通じて防災にも生かされています。

強い揺れを正確に測る



防災基盤科学技術研究部門 任期付研究員 功刀 卓

強震計とは？

防災科研では、全国1000地点以上に設置された強震計からなる強震観測網（K-NE T）を運用しています。強震計とは建物が壊れてしまうような強いゆれを正確に記録するために特別に設計された地震計です。人が感じる範囲のゆれを守備範囲としますので、みなさんが普通にイメージしている地震計は、実はこの強震計にあたるのではないのでしょうか。強震計の記録は、地震防災の研究や耐震設計などに役立てられ、その役割もみなさんの生活に関係が深いものばかりです。

K - N E T

K - N E Tは阪神・淡路大震災を教訓として平成8年度までに整備されたものです。使われている強震計（K - N E T 9 5 型）は、当時としては最新のものでしたが、近年の電子機器や通信技術の発展はめざましいものがあります。そこで、最新技術に対応した新型強震計と置き換えることになりました。現在、データ収集システムとともに新型強震計の開発を進めているところです。

高性能モデルを開発

それでは、開発中の新型強震計（K - N E T 0 2 型）を紹介しましょう。ポイントとなる機能が3つあります。

1 震度計算機能

K - N E T 9 5 型強震計は、強震計本来の機能を確保するために、計測震度計としての機能はもっていませんでした。計測震度計とは強震計に震度計算機能をつけたものですが、震度計算を確実にを行うことを最重要視して設計されているため、強震計本来の機能を充実するには限界があります。これまでは、高性能強震計と計測震度計の両立は難しいと考えられてきましたが、新型強震計は高性能強震計としての機能と気象庁の検定を受けた正式な計測震度計としての機能を併せ持ちます。大きな地震が発生した時には、震度分布のいちはやい推定に活躍してくれるでしょう。

2 データ転送の高速化

強震計は地震が起きたときにだけデータ転送を行うために、一般電話回線を使って、通信を行います。ちょうどF A Xやモデムでデータをやり取りするような感じです。現在は防災科研から各地の強震計に電話をかけてデータ回収を行なっています。この方式は、特別な回線を使わずにすむために通信費が少なく大変経済的ですが、地

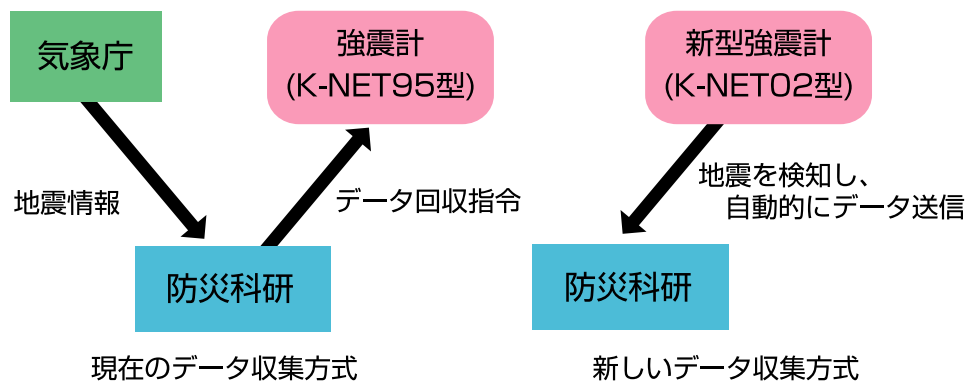


図 現在のデータ収集方式と新しいデータ収集方式

震が起きた地域への電話が集中して輻
そう 輳（通信回線の渋滞）すると、データ
 回収ができなくなってしまいます。こ
 の対策として、新型強震計は、地震に
 よるゆれを検知すると防災科研に自動
 的に電話をかける機能を持っています。
 テレビに地震速報が流れる頃にはデー
 タ転送が完了してしまう予定です。現
 在のデータ収集方式と新しいデータ収
 集方式の違いを簡単な図にしましたの
 で、参考にしてください。

3 基本性能の向上

K - N E Tの本来の目的は、地
 震のゆれを振り切れずに正確に記録す
 ることです。強震計としての基本
 性能の向上をおこたるわけにはいきま
 せん。新型強震計が計測できる最大の
 ゆれは、加速度に換算すると4 Gです
 （1 Gは地球の引力の強さである重力
 加速度をあらわす）。スペースシャト
 ルの打ち上げ時の衝撃が最大で3 Gと

いいますから、非常に激しいゆれでも
 測れることになります。記録の正確さ
 という面では、人が感じることができ
 ないゆっくりとした微小なゆれの計測
 も可能になっています。この部分には
 地震の正体である断層の動きに迫るた
 めに必要なデータが含まれていますの
 で、新型強震計は、地震による災害の
 研究だけでなく、地震そのものを対象
 にした研究にも役立つことでしょう。

以上、開発中の新型強震計を紹介し
 ました。今回開発される強震計は、世
 界的にみても最高レベルの性能をもつ
 と言えるでしょう。K - N E T発足当
 時、私は大学院の学生でした。日本全
 国の強震データをだれもが自由に利用
 できるシステムの登場に、地震データ
 流通の革新を感じたことを覚えていま
 す。いま、自分が新型強震計の開発を
 担当していることを思うと感慨深いも
 のがあります。

雪雲からの便りを読む



雪氷防災研究部門 副部門長 石坂 雅昭

雪をよく見ると

雪と言うと多くの方はおそらく美しい姿の結晶を想像されるかもしれませんが、実際の雪雲からもたらされる降雪粒子中にその姿を見ることは希です。多くはたくさんの雪結晶が集まってできた雪片です。また、結晶単体に近い粒子でも写真2のように、透明感のないごつごつとした白い肌を持っています。この白いものは落下中に雲をつくっている小さい水滴（雲粒）が凍りつ

いたもので、乱反射によって白く見えています。

あられは雲粒ばかりできた塊で、やはり白く見えます。雪片の中の白く見える部分も同様で、雲粒がつくことによって雪は重くなり結晶形は不明瞭になります。

このように、実際の雪は、雪の結晶のようにきれいなものではなく、多種多様で、何と呼んでよいかわからないものも多いのです。写真は少し見づらいことを承知で、スケールを同じにし

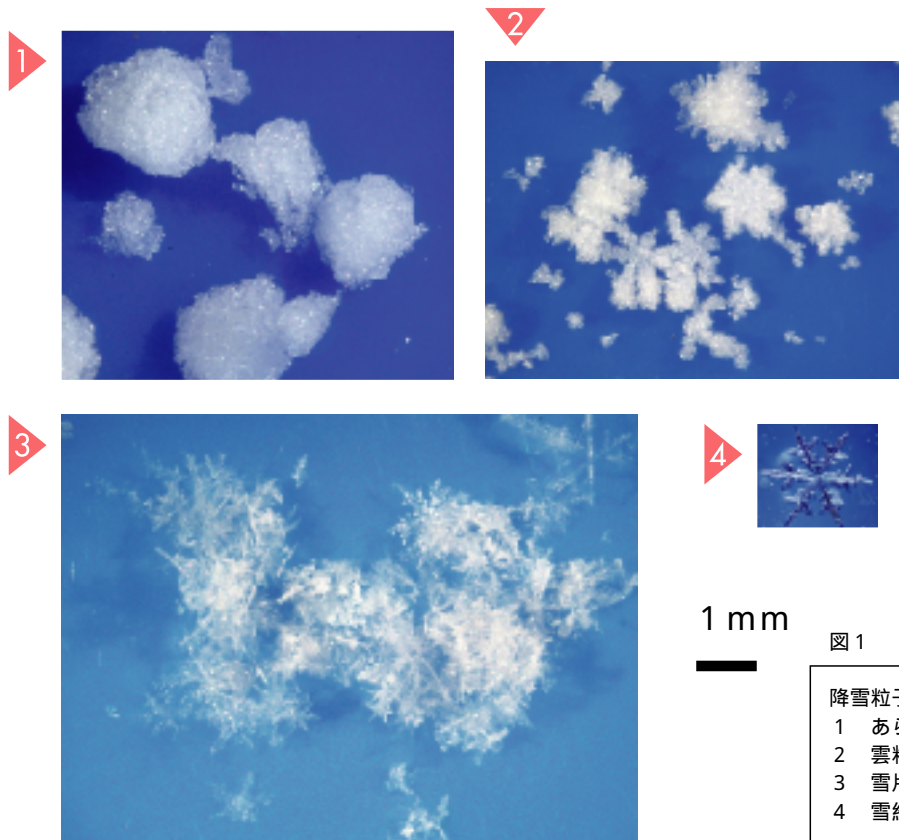


図 1

- 降雪粒子
- 1 あられ
 - 2 雲粒付結晶など
 - 3 雪片
 - 4 雪結晶



図2 コンピュータで処理された落下中の雪

てありますが、人はどうしても気に入ったものしか見ないので、おそらく皆さんの頭の中の雪は、雪結晶のイメージの方が大きく、写真の比率とは逆転しているはずです。

乱文？をどう読み取るか

雲からの便りは、かように雑多ですから、これを丹念に人手で調べることは限界があります。これを乱文と言う人もいますが、難しい字が多すぎて読む努力をしないためのいいわけにも聞こえます。こういう仕事こそコンピューターの出番です。目のかわりにビデオカメラで降っている雪を撮影し、その一方で読み込まれた画像をコンピューターで処理していきます。カメラからの映像は図2のように瞬間、瞬間の映像の連続です。雪とそれ以外の空間を白黒二つの色で表現し、位置、大きさ、輪郭など、画面にあるすべての

粒子についての情報を数値に変えて保存していきます。これを絵のままで記録すると後から調べる時に、撮っただけの時間がかかりますし、情報量も膨大ですから、その場で処理済みの情報に変えるのです。こうしてコンピューターは、人とは違い、どの雪粒子もわけへだてなく愚直に記録してくれます。

雪の種類の情報を取り出す

このような処理はコンピューター画像処理という分野で、以前から雪の大きさや空間密度などの量的計測に威力を発揮してきましたが、雪の種類を細かく見るのには使われていませんでした。ところが、ここ二冬ほどの観測から画像情報から一つ一つの粒子の大きさと落下速度を正確に求めることによって、降ってくる粒子の種類を特定できることがわかってきました。速度は1画像からは直接読み出せないで、1 / 60秒後の次の画像から同じ特徴を持つ粒子を探し出して、その落下距離から算出します。これも画像処理で行います。そして、このような自動観測のかたわら、可能な限り雪の種類を顕微鏡で観察して、画像処理から得られた情報と対応させてみました。例えば、あられが観測された時の大きさと落下速度のグラフと重い雪片が降った時のグラフでは、ずいぶん違うことが

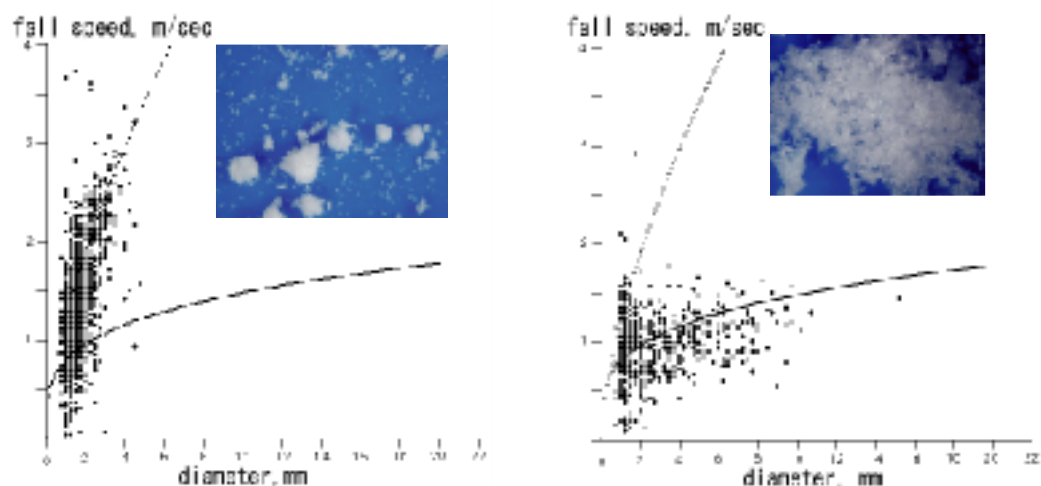


図3 あられと雲粒付雪片の粒径（横軸）と落下速度（縦軸）、一点が一つの粒子に対応。
写真は同時に撮影された顕微鏡写真

わかります（図3）。一方は小さくても大きな落下速度を持っています。もう一方は、それに比べて大きい粒子が多いのですが、落下速度はあまり大きくはありません。粒子は重力と空気抵抗が釣り合った状態でほぼ一定の速さで落ちてきますが、隙間の多い雪片では重さの増え方が少ない割に大きくなった分の抵抗が増えるので落下速度があまり大きくならないのです。グラフに描かれている曲線は、それぞれあられと重い雪片に対応する特性曲線ですが、それとよく対応していることがわかります。このようにして、映像を確認しなくても、処理された数値情報からどんな雪が降っているかを判断することができるようになりました。

2003年、年頭の大雪から

例として、一晩に50cmを超える大雪となり、長岡で樹木の枝折れや電話線不通などの着雪害が多数発生した今年1月4日の夜から翌5日の朝にかけての観測を紹介します（図4）。図5は降雪の強い時の1時間のデータです。下方の曲線を中心として分布していることから、重い雪片が降っていたことがわかります。ひろがりを持つ雪片は着雪しやすく、かつ雪片の中でも重いものが大量に降って被害を大きくしたことが推定されるわけです。このように、雪の種類がわかることは、発生する災害の種類を判断するのに役立ちます。



図4 着雪で折れた木

雲を調べると言えばレーダーですが、降雪が雪雲からの便りだとすれば、レーダーは主としてその文字量に注目し

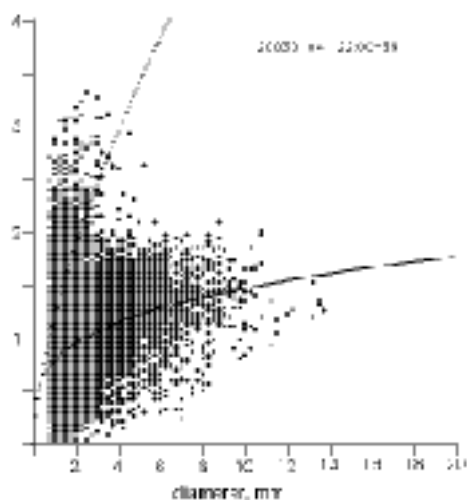


図5 2003年1月4日22時から23時までの降雪データ

て雲の動きを読みとります。降雪粒子は文字の種類にあたるでしょうか。文字の種類がわかって初めて便りを正確に読み解くことが可能になるはずです。そうなれば、送り主の雲の性格がより明確になり、降雪予測、ひいては想定される災害予測に役立つと考え、研究を進めています。

東海地域における異常変化

—防災科研の傾斜観測で捉える—



固体地球研究部門 主任研究員 山本英二

東海地震の想定震源域西端に位置する三ヶ日観測点（静岡県三ヶ日町）における傾斜観測で東海地震に関連した異常な変化を捉えました。また、過去のデータを調査分析した結果、約10年前にも今回と同じような異常が生じていたことが明らかになりました。

地震の空白150年続く

海側のプレート（板状の岩盤）が陸側のプレートの下に沈み込んでいる場所では陸側のプレートが引きずり込まれ、境界付近に歪みが蓄積されます。両プレートが固着しているためにこのような現象が生じますが、歪みが限界に達した時に陸側のプレートが急激にはね返り、地震が発生します。静岡県から高知県にかけての沿岸から沖合域ではこのような地震がおおよそ100年から150年の間隔で繰り返し発生していますが、東海地域では1854



年に発生した安政東海地震以来、150年にわたって地震の空白状態が続いており、その発生が懸念

写真1 傾斜計の受感部。
この部分を観測用の井戸の底に設置して観測を行っている。井戸の深さは100～200m。

されています。

私たちの研究所ではこの「東海地震」の予知を目指した研究のため、東海地域で傾斜の連続観測を特別な方法で実施しています（写真1）。

月や太陽の引力で海面が周期的に変化しますが（海洋潮汐）、この傾斜観測では同じ原理で生じる地球のわずかな変形（地球潮汐）も明瞭に記録しています（図1）。

2000年から進行中

三ヶ日観測点における傾斜及び国土地理院の浜北観測点（静岡県浜北市）におけるGPS記録では、図2中の破線Aで示す時期から異常な変化が認められます。また、浜名湖周辺で発生する地震の積算回数もこの時期から減少（活動の静穏化）しています。

観測点が多いGPS観測では複数の

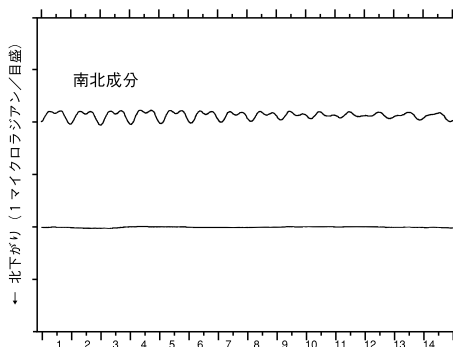


図1 三ヶ日における傾斜記録の一例。記録長は2週間。上側が生記録で、周期的な変化が地球潮汐。下側は計算により潮汐成分を取り除いた記録。1マイクロラジアンは1km先の地盤が1mm上下した時の角度に相当する。

観測点でこの異常を捉えています、この解析結果からは浜名湖の直下付近で陸側プレートが通常とは逆の方向に運動したことが報告されています。三ヶ日観測点における傾斜変化はGPSの結果と良く調和しています。

時間を遡って傾斜記録を見直すと、図2中の破線Bで示す時期から傾斜の異常変化が認められます。変化の方向がAの時期とほぼ同じであることや、地震の積算回数もこの時期から減少していることなどが先の異常時と共通しています。今回と同じような現象が1988年から2年程度にわたって発生したものと考えられます。この時には何事も起こらずに変化が終わっていますが、2000年半ばからの異常変化はその出現から3年経過した2003年9月現在でも進行中です。なお、地震活動の異常については既に本ニュース141号で紹介しています。

直前に発生するシグナル

プレート間の固着の程度は場所によって異なりますが、今回の異常は固着の弱いところではね返り方向にゆっくり動いたことによるものと推察されます。このような動きは最終的な“すべり破壊（地震）”の発生を加速させる方向に作用します。すべり破壊が発生する直前には固着の強い所でも部分的なすべりが生じることがこれまでの研究で明らかになっています。この前駆

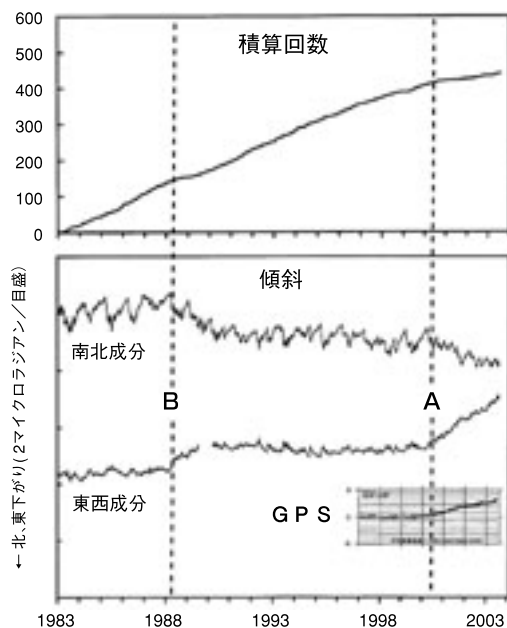


図2 下側：三ヶ日における傾斜記録と国土地理院の浜北におけるGPS観測結果（右下の挿入図）。上側：浜名湖の東側で発生した地震の積算回数。

的なすべりに伴って生じる地盤の変化を捉えれば、地震の直前予知が可能となります。傾斜の連続観測は観測精度が極めて高いので、このような短期的な異常変化の検出に最も有効な手段の1つです。私たちの研究所では各種プロジェクトの中で観測施設の整備を進めてきていますが、東海地震の想定震源域周辺では、現在は図3に示す地点で傾斜観測を行っています。

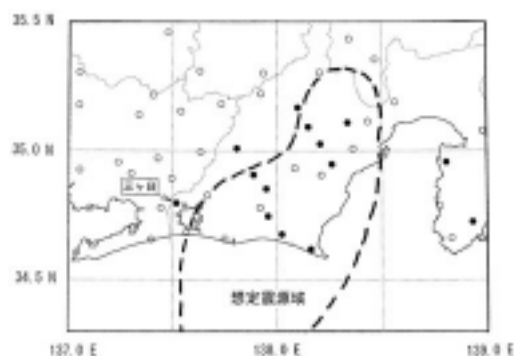


図3 東海地震の想定震源域周辺で防災科研が傾斜観測を行っている地点。この内白丸は全国的に展開している高感度地震観測点。

—E-ディフェンス 2005年オープンに向けて—

7月1日に建設工事の竣工式を挙行



計測制御棟玄関でのテープカット

世界最大の規模と性能を誇る実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）の建設工事は、平成12年3月4日の、震動台基礎外工事の安全祈願祭でスタートしました。その後、1213日を経た今年7月1日に竣工式を行いました。

竣工式当日は、あいにくの梅雨空でしたが、約200人が見守る中、世界最大の震動台に因んでイチイの木を受変電棟前に記念植樹した後、計測制御



竣工記念植樹

棟玄関でテープカットし、式典に移りました。式典には、会場の都合で約120人が参列しましたが、早山理事が「日建設計の設計管理の下、各社の技術力を総結集していただき、複雑困難な工事が無災害で完成したことに感謝します」との理事長挨拶を代読した後に、震動台基礎外工事他15件の工事に尽力いただいた各社へ感謝状を贈呈しました。

また、代表謝辞では日建設計、大成建設とも、「世界最大の震動台建設に参加できたことは大変名誉」と述べていました。



式典会場での来賓と受賞者

最後に行われた懇親会には、式典に参列できなかった人も参加し、苦労話が進む内に、飛び入りで、建設現場従事者一同からの志として、緑化樹一式目録の贈呈を受けるという、うれしいエピソードもありました。今後、E-ディフェンス建設現場では、震動台などの実験装置の据付工事が加速され、2005年1月のオープンを目指すこととなります。

IUGG2003に出展

7月1日～11日に札幌市で開催された第23回国際測地学・地球物理学連合総会（IUGG2003）併設展示会に出展しました。震源分布や地震動の波、火山噴火を3Dで見ることができ、アニメーションを上映し、国際学会ということもあって、防災科研を世界にアピールする良い機会となりました。

7月2日には天皇・皇后両陛下が防災科研ブースをご覧になられ、片山理



事長の説明で地震観測網と実大三次元震動破壊実験施設、雪氷防災研究を紹介しました。最後に皇后陛下より、石田研究主監の紫綬褒章受賞についてのご質問があり、関東・東海地域のプレート構造モデルの研究内容について説明しました。

実験取り入れサイエンスキャンプ 中学生ミニ博士コース開催

7月30日～8月1日に高校生を対象としたサイエンスキャンプ、8月6日～8日に中学生ミニ博士コースを開催し、各10数名の参加者が防災科研を訪れました。

両イベントとも、実験を多く取り入れ、地震計の工作・雪崩のミニチュア実験・土壌の浸透実験などをしました。これらの実験をとおして、災害を身近



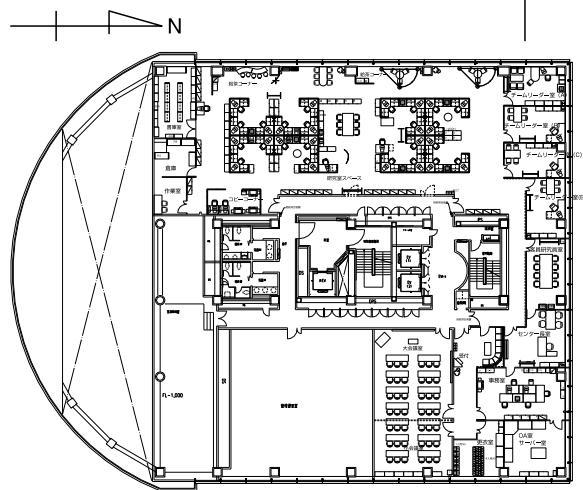
に学ぶことができたと思います。特に、土壌の浸透実験は砂で手を汚しながら行い、まるで砂場で遊んでいるかのように童心に返って楽しんでいました。

初めてのつくば・初めての友達とあって、1日目は緊張などがあり、なかなか話が進まなかったようですが、最終日には、仲良く話している姿を見ることが出来ました。このような出会いも、サイエンスキャンプと中学生ミニ博士コースの魅力だと思います。





これまで、地震防災フロンティア研究センター（E D M）が本拠としてきた三木山森林公園（兵庫県三木）は、優れた自然環境とともに、のびのびと研究活動を行う場所として、申し分のないものでした。しかしながら、神戸市中心から北西に約30kmという距離のハンディキャップは、ヒューマンネットワークを生命とするE D Mにとっては、相当に大きく、今回の神戸市の東部新都心のH A T神戸への移転は研究環境の改善につながるものと期待しています。さらに、H A T神戸には、アジア防災センター、国連地域開発センターなどの防災関連機関が入居しており、移転にともないこれらの研究機関ならびに各大学との協力関係がますます深まり、多分野との融合された研究が展開されるものとして期待しています。



地震防災フロンティア研究センター（神戸）

E D Mの新施設は「人と防災未来センター」の第2期施設「ひと未来館」4階に約900m²の面積で確保されており、図に示すように、北東側に大会議室・サーバー室・事務室・センター長室を配して、西側に計4チームの研究室を集約することで、外部からの訪問者および研究員の動線を十分に意識した平面配置を検討しました。そして、これは移転後に、気がついたことなのですが、E D Mの窓から眺める景色は、南側に大阪湾を望み、北側には六甲山系を仰いで、三木山公園の頃にも劣らないすばらしい景観に恵まれています。

そして、亀田センター長をはじめ各研究員に至るE D M全職員は、このすばらしい環境を提供していただいた兵庫県に感謝するとともに、今後のE D Mの発展と防災分野における貢献を常に念頭に置いて、日々努力していこうと話合っています。

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／2003.10.1