

なみふる

- ・小中学校の新しい地震・火山・防災教育
- ・気象庁のナウキャスト地震情報

- ・地球シミュレータと固体地球科学大規模シミュレーション



地球シミュレータのコンピュータシステム。50m×65mの部屋に320個のコンピュータの箱が並んでいる。一つの箱には16個のプロセッサが納められており、全部で5120個のプロセッサから構成される。(詳しくは、p.6-7の記事「地球シミュレータと固体地球科学大規模シミュレーション」をご覧ください)

2002年8月～2002年9月のおもな地震活動

2002年8月～2002年9月に震度4以上が観測された地震は4回でした。図の範囲の中でマグニチュード(M)3.0以上の地震は、1000回発生し、このうちM5.0以上の地震は18回でした。

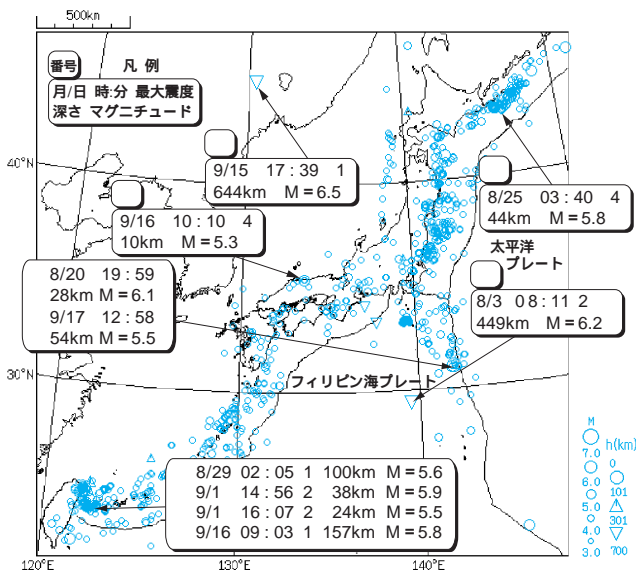
鳥島近海(深発地震)

小笠原諸島の父島と東北地方の南部、関東地方及び静岡県の一部で震度1～2を観測しました。

鳥島東方沖

震度1以上を観測した地点はありませんでした。

2002年8月1日～2002年9月30日 M 3.0 地震数 = 1000



根室半島南東沖

北海道別海町で震度4を観測したほか、北海道及び東北地方の太平洋側の一部で震度1～3を観測しました。なお、北海道で震度4以上を観測したのは2001年4月27日にほぼ同じ所で発生した地震以来です。

台湾付近

この期間この付近ではM5を超える地震が計5回発生していて、9月1日の地震では、沖縄県与那国島で震度2を観測したほか、竹富島、石垣島で震度1を観測しました。

ウラジオストク付近(深発地震)

北海道の浦河町、新冠町、釧路市及び宮城県迫町で震度1を観測しました。

鳥取県中・西部

鳥取県、岡山県及び島根県の一部で震度4を観測したほか、近畿地方から九州地方北部までの広い範囲で震度1～3を観測しました。この地震により鳥取県内で住家一部破損7件、ブロック塀破損4箇所等の被害が発生しました(9月17日現在、総務省消防庁調べ)。

世界の地震

この期間M7.0以上あるいは死者50人以上の被害を伴った地震はありませんでした。

(気象庁、文責：眞坂精一)

図の見方は「なみふる」No.31 p.7をご覧ください。

小中学校の新しい地震・火山・防災教育

「台風が直撃する(休校になる)！」という天気予報が発表されると中学生は飛び上がって喜びます。経験の少ない子ども達は危険を事前に察知できないのです。災害から子ども達を守るには、経験不足を知識で補ってあげるしかありません。その知識を小中学校ではどのように教えるのか…。今年から新しくなった学習指導要領(以下、「指導要領」として網掛け文字で抜粋)と合わせて紹介したいと思います。

小学校の社会科と理科

小学校では、3・4年生の社会科で地震や火山の防災について学習します。

「災害」については、火災、風水害、地震などの中から選択して取り上げ、「事故」については、交通事故や盗難を取り上げるものとする

その後、6年生の理科の「地球と宇宙」という単元の中で自然現象として以下のように学びます。

- (ウ) 土地は、火山の噴火によって変化すること。
 - (エ) 土地は、地震によって変化すること。
 - (ウ)、(エ)については、児童が(ウ)又は(エ)のいずれかを選択して調べるようにすること。
 - (エ)については地震の原因については触れないこと。
- ここで注目したいのは、「(ウ)又は(エ)のいずれかを選択して調べるようにする」という点です。児童が主体的に興味を持った一方を学習するというのが新し

く採用された学習スタイルです。

小学校では、このように今年から6年生の理科で地震や火山について学ぶことになりました。学習内容の削減が多いなかで大きな進歩だと思います。

中学校の理科

中学校の理科では、体験や観察などを踏まえて、地震や火山についてより深く科学的に学びます。

- (ア) 火山の形、活動の様子及びその噴出物を調べ、それらを地下のマグマの性質と関連付けてとらえるとともに、火山岩と深成岩の観察を行い、それらの組織の違いを成因と関連付けてとらえること。
- (イ) 地震の体験や記録を基に、その揺れの大きさや伝わり方の規則性に気付くとともに、地震の原因を地球内部の動きと関連付けてとらえ、地震に伴う土地の変化の様子を理解すること。
- (ア)の「火山」については、代表的なものを二つ又は三つ取り上げること。「マグマの性質」については、粘性を中心に取り上げ、化学組成は扱わないこと。「火山岩」及び「深成岩」については、それぞれ1種類を扱うものとし、代表的な造岩鉱物にも触れること。
- (イ)については、地震の現象面を中心に取り扱い、初期微動継続時間と震源までの距離との関係も取り上げるが、その公式は取り上げないこと。「地球内

1章 さまざまな面からとらえた日本

1. 自然環境の特色をとらえよう

① 世界の地震や火山の分布



出典: ① 長瀬義典(著)『世界 災害大図説』でたどった災害地図 (神戸市、1995年撮影)

② インドネシアの火山の噴火 (ジャバ島、1991年撮影)

③ 台湾でおきた地震 (1999年撮影)

地震や火山が多いのはどこだろう

日本では、写真①のような地震の被害や、火山の噴火が多く発生します。また、これらの災害は、写真②や③のように、外国でもおこります。世界には、地震や火山の噴火が多いところがある一方で、ほとんどないところもあります。図①を見ると、世界の地震や火山が多いところは重なっていて、とくにけわしい山脈がたつた二つの細長い帯に集中していることがわかります。一つは、太平洋をとりまいて、南北アメリカ大陸の西岸からユーラシア大陸の東岸や日本列島を通して、ニューギランドまでつづく山脈や列島で、横太平洋造山帯とよばれます。もう一

写真①、②、③の場所を地図帳で調べ、図①のなかに写真番号をかき入れてみましょう。

④ 温泉地で働く人の話

温泉はむかしから温泉地として栄えてきたんだ。町のまんなかには源泉の湯桶があって、まわりの旅館やホテルは、みんなここからお湯を引いてるよ。お風呂は、まさに温泉のめぐみでささえられていて、観光客がはらう宿泊料やおみやげ代などが大きな収入源になってるんだよ。近くの火山も観光地になってるよ。



⑤ 世界の有名な火山と地震の分布 (デュムクアラウス 1991、ほか)

つは、アルプス山脈からヒマラヤ山脈を通してインドネシアまでつづく山脈や列島で、アルプス・ヒマラヤ造山帯とよばれています。これら二つの造山帯は、地下の活発な活動が何百万年もつづいているところで、地球の長い歴史のなかでは比較的新しい山脈が重なっています。日本列島などの島々も、このような山脈の帯の帯の上にあられたものなのです。もしも太平洋が干上がったしたら、太平洋をぐるりと囲む巨大な山脈の輪があらわれることでしょう。

地震や火山の噴火などは、私たちの生活に時として大きな災害をもたらしますが、上の華津温泉の例のように温泉が多いことと、地熱発電ができることなどのめぐみももたらします。

⑥ ⑦ ⑧ 地震や写真④で、アルプス山脈のようすを見てみましょう。

⑨ ⑩ ⑪ 写真④の、地熱発電のようすを見てみましょう。

図1 社会科中学生の地理「世界の中の日本」最新版 (帝国書院より)

部の動き」については、プレートの動きに触れる程度にとどめること。

新指導要領中の下線部の記述は旧指導要領にはありませんでした。つまり、地震がプレートの活動によって生じるといふことには、触れていなかったのです。もともとあったのは以下の記載でした。

「地震にともなう土地の変化や災害についての認識を深めること。」

「あれっ？」とお思いの方もいらっしゃるのではないのでしょうか。そうです、より科学的に地震の発生メカニズムについて触れられるようになった反面、「災害」という文字が新指導要領の当箇所からは消えてしまいました…。実は、この二文字は場所を変えて「自然と人間」という単元に見つかります。

(ア) 自然がもたらす恩恵や災害について調べ、これらを多面的、総合的にとらえて、自然と人間のかかわり方について考察すること。

(ア) については、記録や資料を基に調べること。「災害」については、地域において過去に地震、火山、津波、台風、洪水などの災害があった場合には、その災害について調べること。

つまり、災害についてはその地域に顕著な現象について学習するという方針です。けれどもこのシステムには重大な問題があります。それは、この単元と「科学技術と人間」という単元のどちらかを学校で選択しなければならないということです。

学校週5日制の導入により、学習内容は大幅に削減されています。そのしわ寄せがここにも来ています。「ゆとり教育」とはいえ、子ども達が災害について学習しないこともあり得るといのは残念なことです。

中学校の社会科

社会科では地理的分野で自然災害と自然の恵みについて学びます。

(ア) 自然環境から見た日本の地域的特色

世界的視野から見て、日本は環太平洋造山帯に属し大地の動きが活発であること、温帯の島国、山国で降水量が多く、緑におおわれた国であること、自然



図2 学校内での救急救命訓練。

災害が発生しやすく防災対策が大切であることといった特色を理解させるとともに、国内では地形、気候などにおいて地域差がみられることを大観させる。

例えば、帝国書院の社会科の教科書(図1)を見ると、地震や火山の噴火がもたらす自然災害とあわせて地熱による発電や温泉などの自然の恵みについて写真や挿し絵を使用して分かりやすく解説しています。

総合学習における防災教育の可能性

最後に紹介するのは、今年から本格導入の「総合的な学習の時間」についてです。誤解を恐れずに言うのならば総合学習とは、大学で行う卒業研究のようなものです。子ども達は、学習したいテーマ探しから始まり、取材・調査・研究・発表までを一貫して行い、学び方や調べ方・自ら学び考える力を身につけます。地震・火山・防災教育に関して言えば、総合的な学習の時間には無限の可能性ががあります。なぜなら、学習指導要領の枠に当てはまらない学習ができるからです。まだどの学校も手探りでスタートですが、既に防災をテーマにおいて地域ぐるみで学習を進めている世田谷区立太子堂中学校の実践は高く評価されています(図2、3は、平成13年度防災づくり大賞 総務大臣賞「地域防災の担い手をめざした中学教育の取組と実践」より)。

総合的な学習に期待する動きもあります。内閣府の中央防災会議(平成14年7月4日)では、防災に関する総合的な学習活動の充実が提言されました。今後、どのような形でこの提言が生かされてゆくのか、期待されます。私たち教師も、子どもたちの「生きる力」を「生き抜く力」と考えて研究を重ねてゆきたいと思います。

(平塚市立山城中学校 佐藤明子)

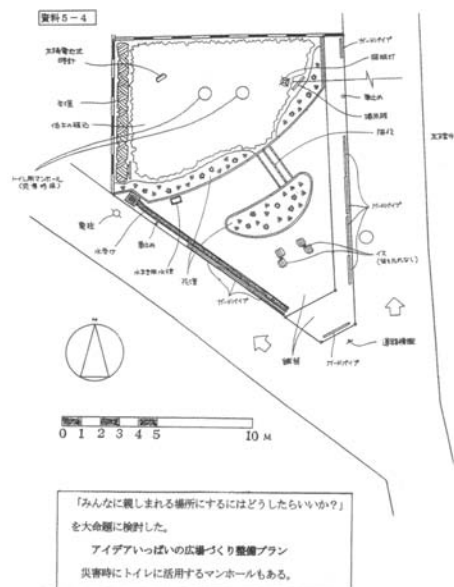


図3 災害時の緊急避難も想定した生徒による広場の整備プラン。

気象庁のナウキャスト地震情報

1. はじめに

地震災害が恐ろしい理由のひとつは、突然襲ってくることにあります。大きな揺れがやってくることを事前に知ることができれば、心構えや準備ができますので、防災効果は非常に大きいと言えます。その意味で、地震の直前予知は究極の地震防災対策と言えますが、残念ながら現在の地震学の技術では一般の地震についての直前予知は非常に困難です。しかし、現在の技術でも「大きな揺れの到来を事前に知る」方法があります。それによって地震災害の軽減を目指すのが、気象庁のナウキャスト地震情報です。

2. ナウキャスト地震情報の原理

地震の揺れは最初ガタガタとした縦揺れから始まり、やがてユサユサとした横揺れに変わります。これは、P波と呼ばれる縦波が、S波と呼ばれる横波よりも地面の下を早く伝わるためです。一般に、横揺れの方が縦揺れよりも揺れの振幅が大きいため、地震災害のほとんどが、後からやってくる横揺れによりもたらされます。従って、P波を検出し、それがある振幅以上の場合には、同じ場所に「やがて大きな揺れが来る」と推定することができます。これは、エレベータの緊急停止などに実際に用いられている方法です。これをさ

らに発展させると、以下のようなことが可能です。すなわち、地震計の観測網を張り巡らせておき、地震発生直後に、震源近傍の地震観測データから速やかに震源の位置と規模（マグニチュード）を割り出し、それから予想される各地の震度を、S波の到着以前、さらにはP波すらも到着する前に最新の通信技術を用いて伝達するというものです。これが気象庁が目指すナウキャスト地震情報です（図1）。

3. 震源をどうやって推定するか

震源を速やかに決定するために、「個々の観測点単独で震央を決定する方法」と「観測網として震源を決定する方法」を組み合わせる用います。

個々の観測点単独で震央を決定する方法

P波の到着から3秒間の地震波形の包絡線に $Bt \cdot \exp(-At)$ という関数を当てはめます。AとBは係数、tは時間です。多くの地震の調査から、Bの値（波の立ち上がり部分の傾きに相当）は震央距離が大きくなるにつれて小さくなることがわかりました。この関係（経験式）に、測定したBの値を取り入れて震央距離を推定します（（財）鉄道総合技術研究所との共同開発）。震央の方位は、P波の振動方向が震央方向と一致するという性質を使って推

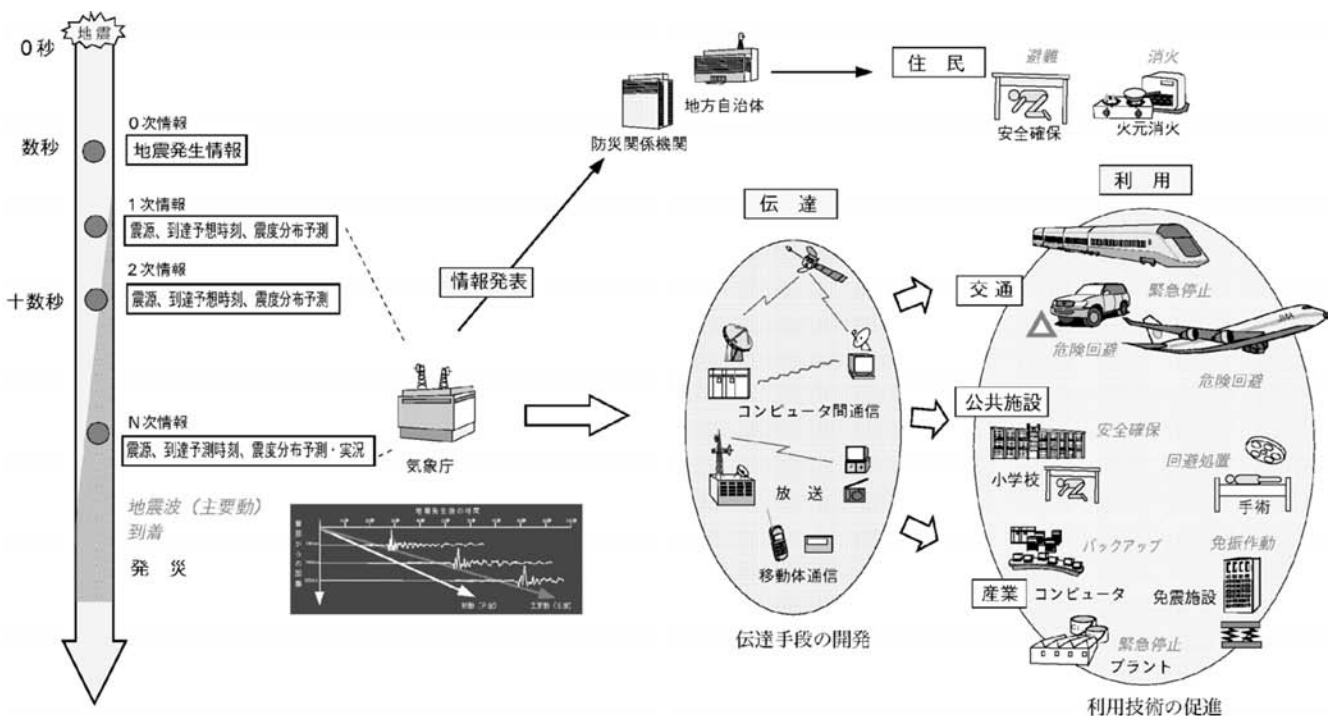


図1 気象庁ナウキャスト地震情報の提供。

定します。専門的には、「主成分分析法」という手法を使います。これで、ひとつの観測点からでも震央の推定が可能です。

観測網として震源を決定する方法

一番最初にP波を検出した観測点の近傍に震源が存在するという極単純な考え方をいいます。P波検出点が2点に増えると、震央として取り得る範囲が狭まり、推定精度が上がります（territory法）。さらに、P波検出点が3点から5点になると、より精度・信頼度の高い方法が使えます。つまり、震源候補領域内に多数の格子点を置き、実際に観測されたP波の到着時刻差を一番良く説明する格子点をしらみつぶしに探し、震源とします（grid search法）。以上のような解析方法の併用によって、P波を検出した観測点が増える毎に、震源推定精度・信頼度を向上させることができます（図2）。

4. マグニチュードはどうやって推定するか

地震は地下の岩盤の破壊現象です。大きな地震ほど破壊完了に要する時間が長くなり、地震波の最初の部分だけを使って最終規模を推定するのが困難になります。そのため、時間とともに信頼度が上がる前述の震源推定結果と、1秒毎に更新される波の最大振幅の値に基づき、逐次マグニチュードの値をアップデートすることとします。「これでほぼ最終値」という判断も自動で行います。

5. 震度はどうやって推定するか

震源とマグニチュードが求まると、ある距離離れた地点での最大速度振幅が予想できます。それに各地点毎の増幅率を掛け、さらに我々に馴染みの深い震度の値に換算することができます。これら震源・マグニチュード・予想される震度をまとめて、ナウキャスト地震情報として発信します。

6. これから

このように、ナウキャスト地震情報は、時間とともに精度・信頼度を上げながら複数回発信される「刻々と進化する」情報になります（図1）。もし、計算機接続されたシステムになっていれば、ライフライン・交通やプラントのオンライン制御に利用できます。一般の方に対しては、テレビやラジオを通じてお伝えすることになるとと思いますが、放送で何度も情報が切り替わるのは混乱のもとですので、最適なタイミングでお伝えすることになるとと思います。大きな揺れの前に机の下に隠れることも可能となるでしょう。気象庁では、迅速な情報伝達手段や、精度・信頼度に応じた利用方法などにつき検討を進めて行きます。平成15年秋からは、ナウキャスト地震情報の試験配信を開始する計画です。

（気象庁地震火山部地震予知情報課 上垣内 修）

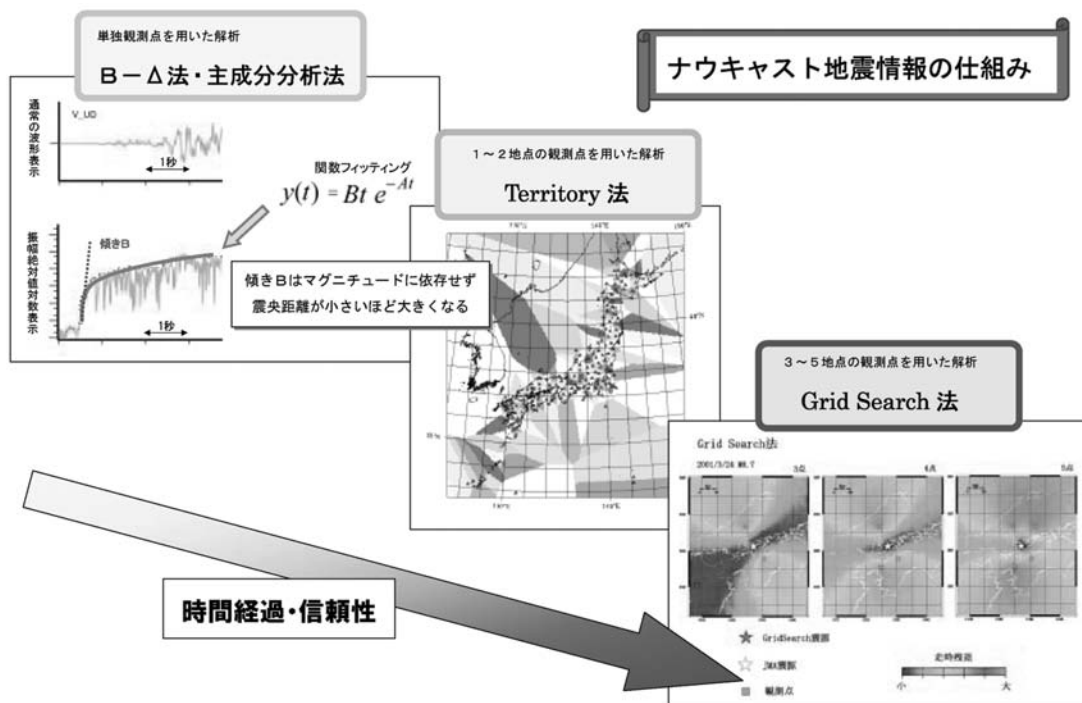


図2 「進化」する震源推定。

地球シミュレータと固体地球科学大規模シミュレーション

はじめに

今年の3月に海洋科学技術センター横浜研究所に世界最高速のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」が完成しました。4月には、1秒間に35兆回という計算速度を達成して、名実共に世界最高速のスーパーコンピュータになりました。ここでは、この地球シミュレータについて簡単に紹介し、地球シミュレータを使って地震学および固体地球科学の分野でどのような研究が行われるかについて解説します。

地球シミュレータとは

地球シミュレータ計画は、1996年に当時のスーパーコンピュータの1000倍の速度で計算ができるスーパーコンピュータを作ること为目标として始まった計画です。

地球科学における「地球規模の変動現象を解明する」という課題は、私たちの日常の暮らしとも密接な関係をもっています。例えば、気候変動や地球温暖化はその機構の解明と影響の正確な予測が待たれていますし、地殻変動現象や地震の発生メカニズムの解明は災

害予測のために重要な課題です。しかし、このような現象の予測を正確に行うためにはその当時のスーパーコンピュータでは十分とはいえませんでした。そこで、それまでのスーパーコンピュータと比べて飛躍的な計算速度を持つ地球シミュレータを開発し、地球変動予測をひじょうに高い精度で実行することを考えたのです。

地球シミュレータは1秒間に80億回の計算ができるプロセッサ(CPU)を5120個も使用して、最大で1秒間に40兆回の計算ができるように設計されています。それぞれのプロセッサは16ギガバイトのメモリーを備えており、全体のメモリー量は10テラバイト(ふつうのWindowsパソコンが256メガバイトのメモリーを持つとすると、その32万倍)になります。5120個のプロセッサは16個ごとに1つの箱に収められ、全部で320個の箱が表紙の写真のように体育館のような建物の中に並べられています。

大規模シミュレーション

地球内部は、物性の異なる地殻とマントルとコアの

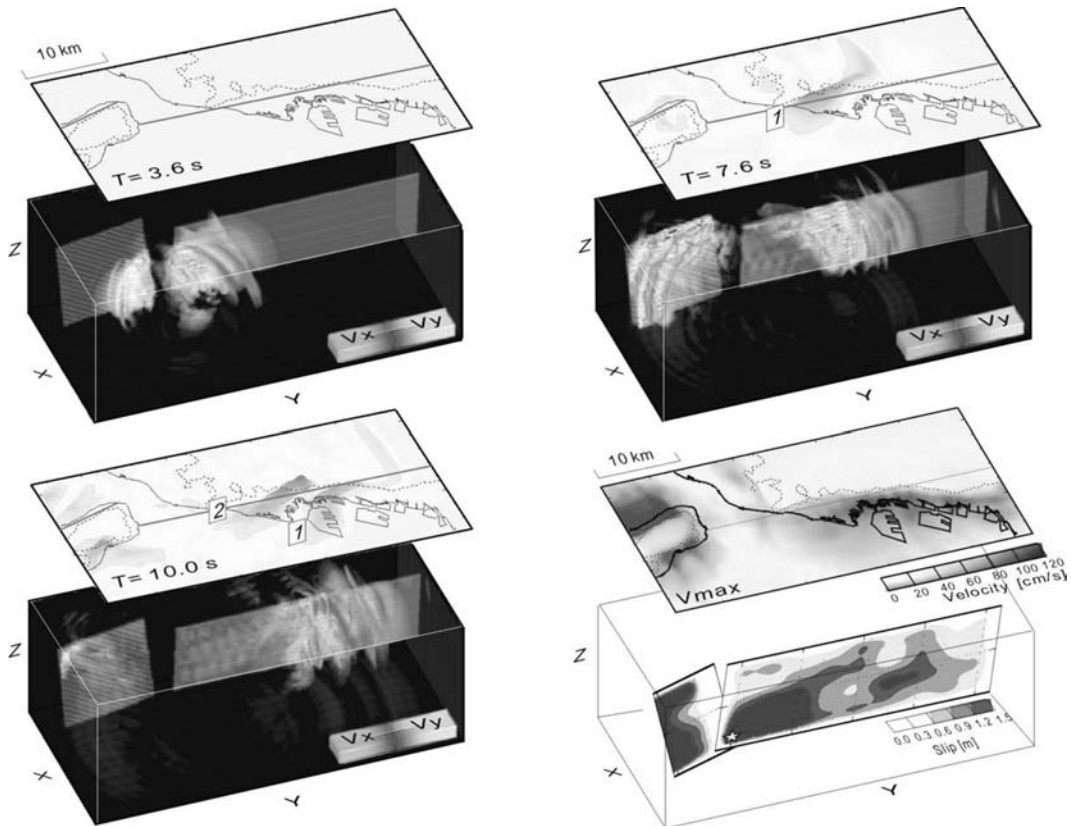


図1 1995年兵庫県南部地震の強震動シミュレーション。地震波の伝わり方を示すスナップショット(左上・右上・左下)と地面の揺れの大きさ(最大速度分布)及び震源断層面上の最終すべり量分布(右下)

各圏からできている大規模で複雑なシステムです。固体地球科学の目的は、こうした複雑な地球内部の構造と組成及び状態を明らかにし、そこで起きる様々な時間・空間スケールの物理・化学プロセスを解明し、さらにはその将来の発展を予測することにあります。

固体地球の変動は、本質的には地球形成時に蓄えられた熱エネルギーと地球内部の放射性元素の崩壊による熱エネルギーの地表への流れによって支配されています。地球内部の熱的非平衡状態の結果として生ずる重力不安定はマントルやコア内部に対流運動を引き起こし、マントルの対流運動は、海嶺でのマントル物質の化学分化によって地球表面を覆う新たなプレートを作り出し、それらを水平方向に動かします。20世紀に確立したプレートテクトニクス理論により、固体地球表面で起きる地震・火山活動や造山運動などの地殻活動現象のほとんどは、相対運動するプレート同士の相互作用の結果として生じていることが分かったのである。

固体地球科学の研究グループでは、地球シミュレータを用いてこのような固体地球内部の大規模シミュレーションを進めるために以下の8件の研究課題を地球シミュレータセンターに申請して認められました(今年度地球シミュレータの利用が認められたすべての研究課題は27件)。

- (1) 実地球環境での地球磁場・変動シミュレーション
- (2) 固体地球シミュレーションプラットフォームの

開発

- (3) 日本列島域の地殻活動予測シミュレーション
- (4) 3次元不均質場での波動伝播と強震動シミュレーション
- (5) 全地球弾性応答シミュレーション
- (6) 全地球マントル変動の力学過程
- (7) マントル対流と地球内部物性のシミュレーション
- (8) 複雑断層系の地震発生過程シミュレーション

これらの研究課題は、大きくまとめると次のように三つのグループに分けられます。日本列島全体の地殻変動と地震発生過程を研究するグループ((2)、(3)、(8)が対応)、地震波の伝わり方を研究するグループ((4)、(5)が対応)、マントル及びコア内部の対流運動を研究するグループ((1)、(6)、(7)が対応)といった具合です。これらのグループは、まずそれぞれのシミュレーションで用いるプログラムを地球シミュレータの性能を最大限発揮できるように最適化し、図に示したような地球の表面や内部で生じる変動現象を解明していくこととなります(図1、図2参照)。今年の日本地震学会秋季大会では、これらの研究グループからの発表を集めた特別セッションも開催され、最新の成果と今後の展望が議論されることでしょう。

(海洋科学技術センター

固体地球統合フロンティア研究システム 坪井誠司)

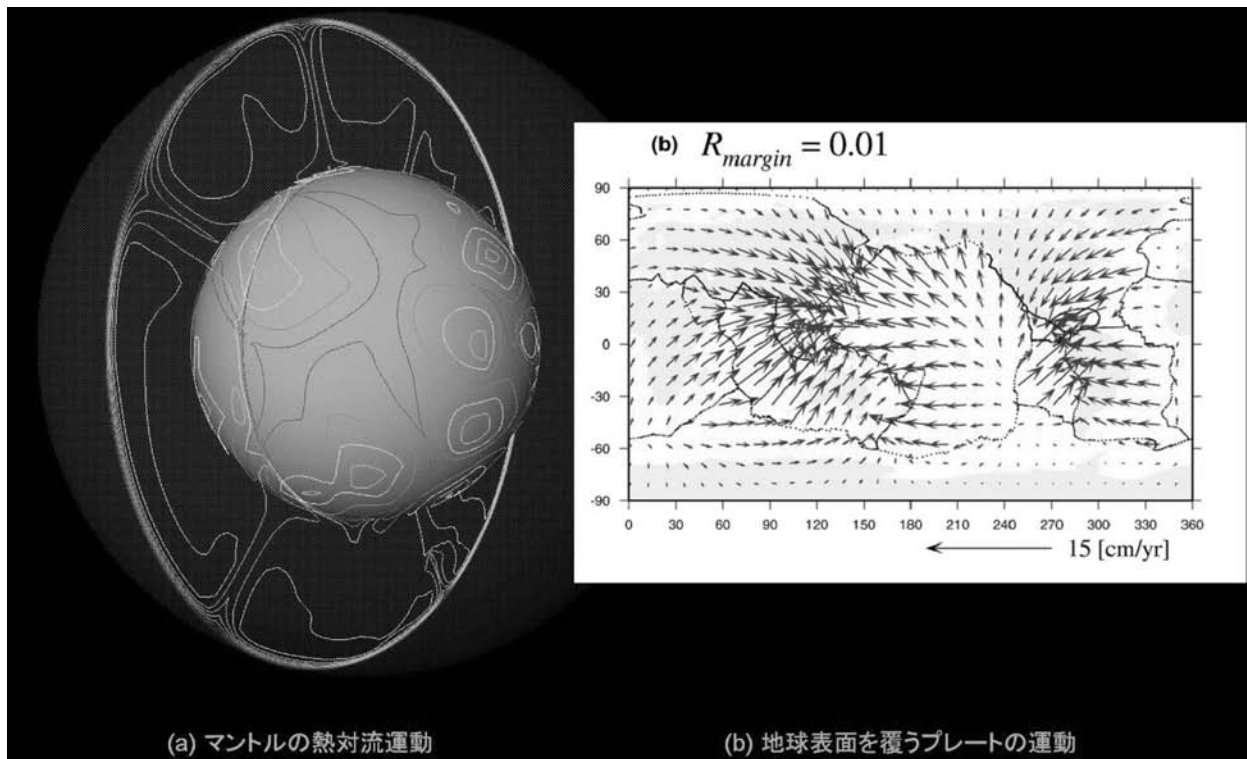


図2 マントル対流シミュレーション。(a) 放射性元素の崩壊による熱エネルギーと核からマントルに流入する熱エネルギーにより、温度異常(図の細線)が生じて熱対流運動が起こります。(b) 熱対流運動の結果として地球表面ではプレートが水平方向に運動します。

日本地震学会秋季大会のお知らせ

日本地震学会は、2002年度秋季大会を11月11日(月)~13日(水)に横浜市のパシフィコ横浜会議センターで開催します。今回の秋季大会では以下のよう
な5つの特別セッションを設けています。

地震波減衰構造と強震動予測

日本付近の地震波減衰構造を比較検討し、それらを強震動予測にどう取りこむかを議論します。

内陸地震発生予測の学問的課題

活断層の意義を中心として

活断層調査から内陸地震の地震像・発生確率・強震動がどの程度予測できるのかなどを議論します。

新・地震波形解剖学

高密度観測から見えてきたこと

高い空間密度で配置した観測点群から得られるデータに対する新しい解析手法や、それらの解析から得られた地球の構造などを議論します。

固体地球科学と大規模シミュレーション

地球シミュレータがもたらすブレークスルー

最近完成した世界最速の計算機「地球シミュレータ」が、固体地球科学分野の大規模シミュレーションにもたらす可能性を議論します。

地震予知のための科学情報の総合化 - その2 :

素過程と巨視的過程の統一にむけて

地震発生に至る変形の素過程や、地殻変動などの巨視的過程を統一的に理解するための課題について議論します。

また、今大会から新しいセッション「学校教育と知識普及」を設けました。学校教育への取り組みや、地震学の知見を社会に普及するための活動についての研究・報告・議論の場を定常的に設けるためです。これらの特別セッション・新セッションに加えて、従来の

セッションでの研究発表も行います。

(日本地震学会 大会・企画委員会)

「地震に関するFAQ集」 ホームページにて公開中!!

「明日××で地震が起こるって聞いたけれど、本当?」、「どうすれば地震にかかわる仕事に就ける?」、「日本とその周辺で発生する地震の数はどのくらい?」、これらは、日本地震学会広報委員会に寄せられる代表的な問い合わせの一例です。みなさんも日常生活で地震と関わり合いながら、ふと疑問に思ったり、人から尋ねられた経験をお持ちかもしれません。

広報委員会では、よく寄せられる質問とそれに対する回答や「なみふるメーリングリスト」(詳しくは、「なみふる」No.30, 31などをご覧ください)でしばしば取り上げられる話題を昨年度からまとめ始め、作業内容をホームページ上で公開しています。この内容は地震学会のホームページ(<http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/>)から、「地震に関するFAQ集」のボタンをクリックしてご覧いただけます。選出されている質問は、『大地震』の読み方などの初歩的なものから、地震関連の職業・地震学の学問的レベル・地震予知や防災行政などに関わるやや高度なものまで多岐にわたっています。現在までに回答数は20を超えています。皆さんの日頃の疑問を解決する回答も見つかるかもしれません。どうぞ、お気軽にFAQ集を覗いてみてください。

なお、「地震に関するFAQ集」の管理・運営の大部分はボランティアによって支えられており、その内容は地震学会の公式見解を示すものではありません。ご了承下さい。また、ご意見・ご感想がありましたら、地震学会広報委員会(e-mail: zisin-koho@ml.asahi-net.or.jp)までお寄せ下さい。今後とも、さらに充実したホームページにしていく予定です。どうぞご期待下さい。

(日本地震学会広報委員 山田知朗)

広報紙「なみふる」購読申込のご案内

日本地震学会の広報紙「なみふる」は、隔月発行(年間6号)しております。「なみふる」の購読をご希望の方は、氏名、住所、電話番号を明記の上、年間購読料(日本地震学会会員:800円、非会員1200円、いずれも送料込)を郵便振替で振替口座00120-0-11918「日本地震学会」にお振り込みください(通信欄に「広報紙希望」とご記入ください)。なお、「なみふる」は日本地震学会ホームページ(<http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/>)でもご覧になれば、pdfファイル版を無料でダウンロードして印刷することもできます。

日本地震学会広報紙「なみふる」 第34号 2002年11月1日発行 定価150円(郵送料別)

発行者 (社)日本地震学会/東京都文京区本郷6-26-12 東京RSビル8F(〒113-0033)

電話 03-5803-9570 FAX 03-5803-9577(執務日:月~金)

編集者 広報委員会/

末次大輔(委員長)、吉本和生(編集長)、五十嵐俊博、石井透、加藤護、桑原央治、小泉尚嗣、武村雅之、東田進也、中川和之、中村浩二、山田知朗

E-mail zisin-koho@ml.asahi-net.or.jp

印刷 創文印刷工業(株)

本紙に掲載された記事等の著作権は日本地震学会に帰属します。