

地震 ジャーナル

31

2001年6月

エッセイ ジャーナル編集15年 ● 力武常次

座談会 地震の活動期と静穏期 ● 司会：萩原幸男——1

茂木清夫／尾池和夫／岡田義光／井野盛夫

鳥取県西部地震と兵庫県北部の地震 ● 渡辺邦彦——22

地震工学から見た鳥取県西部地震の被害 ● 伯野元彦——32

富士山の低周波地震（続報） ● 鶴川元雄——37

ハイブリッド重力観測で追う地震・火山活動 ● 大久保修平——47

これからの気象庁マグニチュード ● 上垣内 修——59

地震予知連絡会情報 ● 長谷川 昭——68

● 書評——77

● 執筆者紹介——83

● ADEP情報——85

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

ジャーナル編集 15 年 力武常次

1986 年から、地震予知総合研究振興会の PR 誌として「地震ジャーナル」が刊行されることとなり、故萩原尊禮会長から編集責任者を命じられた。以来、相田勇、故山田隆三、萩原幸男、桑原敦次などのスタッフ諸君とともに、ジャーナル編集に当たってきたが、15 年を経過して私も高齢に達したので、30 号を最後として責任者の立場を辞し、今後は萩原幸男君が中心となって編集に当たることになった。

年二回の発行なので、初めは大したことがあるまいと高をくくっていたが、やってみるとなかなかたいへんな仕事であることが分かった。まず、巻頭言としてのエッセイの著者を選んで、執筆を依頼しなければならない。これはその時々的情勢にふさわしいことが要請されるので、意外に困難な仕事である。本文を構成する論説も同様で、いつもその時々話題性のある著者をつかまえねばならない。ということは、つねに地震情勢や地震学とその関連分野に気を配っていないといけないということで、なかなかしんどい仕事であるし、依頼した著者がきちんと締め切りまでに原稿をくれるという保証もないので困ったこともしばしばであった。

また、むずかしい地震学の話ばかりでなく、読物風のアーティクルを載せるように努め、さらになるだけ多くの女性の著者にも執筆してもらうように努めた。

1993 年秋の園遊会で皇族の方々とお話する機会があったが、秋篠宮妃殿下に「殿下（当日はご欠席）はナマズの研究をされているので、ジャーナルのエッセイにご寄稿をお願いできないだろうか」と申し上げた。これが殿下に伝わったか否かは分からないが、後日桑原君が宮内庁を通じてお願いしたら、ジャーナル 18 号に「河の神様」と題する巨大ナマズについてのエッセイ原稿を頂くことができた。

いずれにしても、学問のむずかしい話ばかりでなく、地震関連のトピックスを中心として、一般の人々にも興味を持ってもらえるようなバラエティに富む記事を掲載するように努めてきたつもりである。

執筆を依頼すると、特に若い著者は、いささか身構えてしまって表現が固くなってしまう傾向があり、編集部の「やさしく、やわらかく」という意図とは離れてしまう恐れがあった。ジャーナルは岩波の「科学」とは違うので、今後ともあまり肩の凝らない文章や表現の論説が載ることを期待したい。

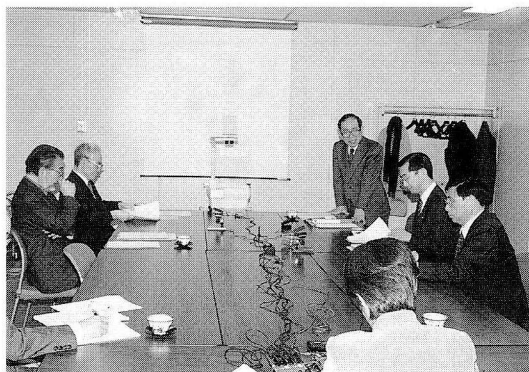
特に、数式や設計図の多い論説は本来のジャーナル刊行の意図とは相容れないのではないだろうか。31 号からの編集スタッフはこの辺の事情をよく心得ていると考えられるので、今後とも比較的手軽に地震の最新情報が得られるジャーナルが刊行されるであろう。編集責任者を辞するに当たり、新しい編集部のご健闘を大いに期待したい。

■座談会

地震の活動期と 静穏期

2001年2月13日 14:00~16:30

地震予知総合研究振興会会議室



出席者 茂木清夫 地震予知連絡会会長
(財)地震予知総合研究振興会理事
尾池和夫 京都大学大学院理学研究科教授
岡田義光 文部科学省防災科学技術研究所
地震調査研究センター長
井野盛夫 富士常葉大学環境防災学部長
(財)静岡県防災情報研究所長 <発言順>
(司会) 萩原幸男 地震ジャーナル編集長

(出席者の役職は
座談会当日のも
のです。)

萩原 『地震ジャーナル』は発刊以来15年、年2回発行で、最近30号を刊行したところです。その間、座談会とか対談というイベントを9回開いてきました。初期のころは、柳川喜郎氏、伊藤和明氏など、NHK解説委員等お歴々の司会で豪勢にやっただのでございますが、ここ5年間、座談会は開いておりません。編集委員会で、この際、座談会を復活したらどうかという話が出まして、今日、開催する運びになったわけでございます。

今回のテーマは「地震の活動期と静穏期」です。安政東海地震の前には中規模地震が内陸地方に起き、また東南海・南海地震の前も同様でした。現在の状況をみますと、兵庫県南部地震が起り、昨年は鳥取県西部が起りました。なにかしら日本列島が騒がしくなったような気がします。また三宅島の噴火があり、富士山も黄色信号などとマスコミに騒がれております。

そういった状況から、この際、日本列島、特に関東地方から西日本にかけての地震活動について、皆さまにお話しいただくことは非常に意

義のあることと思います。

今日は、最初に茂木先生に基調講演を頂き、その後、南海近畿地方は尾池先生、関東東海地方は岡田先生、そして地震防災関連全部含めまして井野先生にお話を頂き、総合討論に入ろうと思います。

では早速、茂木先生にお話をお願いします。

活動期・静穏期はあるか

茂木 私は地震活動に静穏期と活動期があるか、特に大きい地震について、またグローバルな変化についてもお話しをしていきたいと思えます。結論的に申しますと、大地震には、もちろん場所にもよるわけですが、活動期と静穏期が確かに存在すると言えます。

大きい地震の前後はかたまって地震が起こることが多く、東北日本の場合は三陸沖の大地震の前後でM7.5以上の大きい地震が連発しており、これは時空間分布でかたまって起こっています。ただかたまって起こっているというだけ

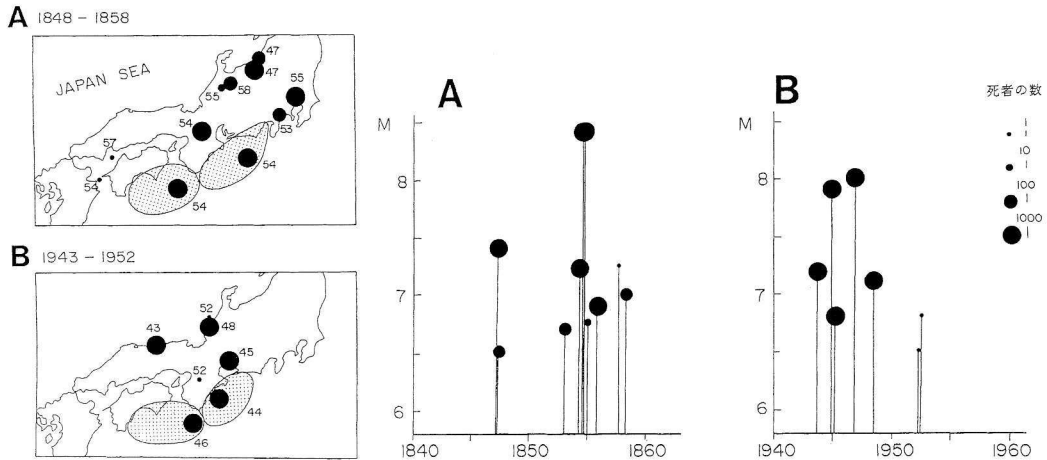


図1 左図A: 安政東海地震 (M8.4) と安政南海地震 (M8.4) 前後に頻発した M6.5 以上の地震の分布図。B: 昭和の東南海地震 (M7.9) と昭和南海地震 (M8.0) 前後の同様の地震分布図。網目で示した所はこれらの巨大地震の破壊域を示し、図中の数字は地震の発生年を示す。
右図 A は安政、B は昭和の巨大地震前後の M-T グラフで黒丸印の大きさは死者の数を示す。この両方の場合に海溝沿いの巨大地震の前後に内陸の大被害地震が集中的に起こった。

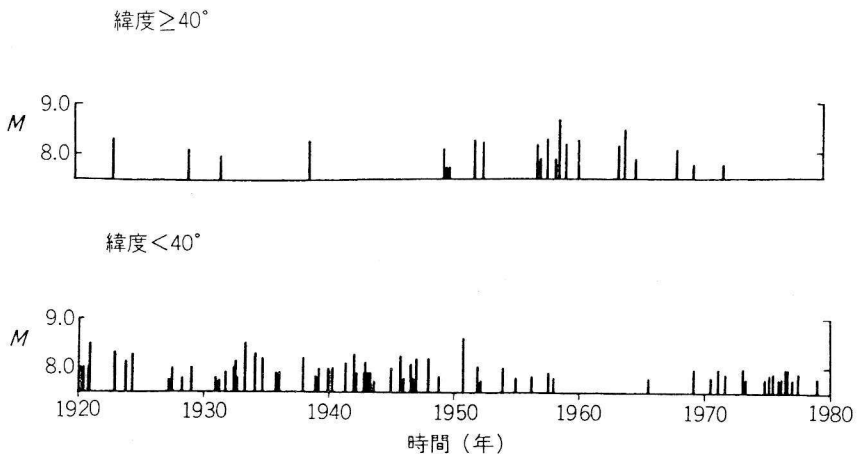


図2 世界の大地震 (M \geq 7.8) の活動の推移を高緯度地方 (40°以上) と低緯度地方 (40°以下) に分けて示す。
この両者は非常に違い、1960 年前後にチリ地震やアラスカ地震などの超巨大地震が高緯度地方で続発したが、逆に低緯度地方は大変静穏であった。大多数の人が低緯度地方に住んでいるので、地震による被害の時間的推移は低緯度地方の活動の変化とよく対応している。全地球の地震エネルギー放出曲線のピークであった 1960 年頃は地震による死者数が極小の時期であった。その理由はこのような地震の活動域の違いによるものである。

ではなくて、2年から3年間隔で地震活動域が移動している、そういう場合があります。

西日本についてはたぶん尾池さんがお話なさるだろうと思いますので、私はごく簡単に事例を挙げます。安政地震のときわずか11年間に、死者の数が1,000人以上の地震が内陸にか

たまって起こりました。昭和の東南海、南海の場合も同様の現象がみられました。

OHP (図1) をご覧下さい。横軸を時間にとれば、安政の場合、わずか10年ぐらゐの間にボンボンと、かたまって起こっている。昭和の場合にも、東南海・南海地震の前後にM6.5から



茂木清夫 先生

7 ぐらいの被害地震が内陸に三つ発生しました。

外国についても、活動期に関する報告がいくつもあります。例えばイタリアの Mantovani は、アルバニアとイタリアで非常に活動的なときと静かなときの繰り返しがあると報告しています。中国の Chen・他の報告でも、山西省や雲南で活動的なときと静かなときが交互に繰り返して起こっているという報告があります。しかも 1700 年、宝永の地震が起こったころ、相模トラフも南海トラフも朝鮮半島も中国北部も、みんなほぼ同時に活動的だったことが判っています。ですから、地震には広域的な活発化という現象があるようです。

私が前に論文に書いたのでご存じだと思いますが、アルプス・ヒマラヤの造山帯に相当するプレート境界の地震活動をみますと、大体 20 年ぐらいの間、非常に活動的な時期があります。次の 20 年はほとんどないが、また活発になる。こういった繰り返しが起こっているようです。日本から千島、カムチャツカ、アリューシャン、アラスカにかけての地域にも、やはり同じような現象が見られます。この場合 M 7.7 くらいよりも大きい巨大地震とわれわれが言っているような大きい地震が次つぎと発生しました。

このように日本から千島、カムチャツカ、アリューシャンは 1950 年から 70 年が活動的。一方フィリピンあたりは 1930 年から 50 年が活動的。アルプス、ヒマラヤのあたりは 1930 年から 50 年が活動的。このように活動期の時期が違うのですが、活動期と静穏期は確実に存在しま

す。

金森さんが 1978 年に JGR に、世界中の地震の活動はどう変わったかという論文を発表しています。地球上で放出した地震の全エネルギーのカーブに対して、地震で亡くなった人の数を対比したものです。それによりますと、1950 年から 65 年ごろが地震のエネルギーはピーク。一方死者の数はそれとまるで逆相関を示します。金森さんはこの二つのカーブの違いについて何も触れませんでした。そこでこれが何を意味するかということについて私は 1979 年に『テクトノフィジクス』に論文を書きました。

OHP (図 2) をご覧ください。上は高緯度地方で下は低緯度地方。マグニチュードは本当は M_w がいいのでしょうけれども、 M_w が必ずしも全部の地震について求まっていないので、普通の M により記しています。これを見ると、高緯度地方では 1960 年のころ、地震活動が非常に活発だったことがわかります。一方、低緯度地方では、そのときは逆に非常に静かだったことがわかります。緯度が 40 度よりも低いところに人間は住んでいます。だから、そこに地震が集中的に起こると死者が増えるのです。エネルギーと死者が逆相関になるのは、地震の起こっている場所が高緯度・低緯度地方と変わるからであるということなのです。

タテ軸に緯度をとりヨコ軸に時間をとって時空間分布にしてみると、さらに色々な事実が判ります。1960 年のとき、チリ地震のような非常に大きい地震が起こると、低緯度地方一帯の地震活動は低調となり、地震が起こらない。このように地震活動にはグローバルな動きがある。一方に大きい地震が起こると、他方はない。同じような傾向はチリ地震だけではなく、アラスカ、アリューシャンの地震でも起こっています。このように地震の起こり方は非常にくせをもっています。

M 7.8 以上の地震の数を数えてみますと、最近、増えています。最近の 10 年が 16 回。その前の 10 年が 5 回です。その前は 7 回。その前は 10 回、11 回、16 回、17 回、13 回、17 回、8 回

と変わっています。1980年代などは非常に少なかったが、1990年代から2000年にかけては活発化しています。だから「最近、地震が多いのではないか」と皆さんがよく言葉に出していることは事実のようです。

アラスカ、カムチャツカ、日本のプレートバウンダリーで起こった地震 ($M_w > 8$) を10年ごとに20年代、30年代、40年代、50年代、60年代、70年代と並べてみると1950年代は多い、60年代もまた多い。しかし70年代に入ると全くない。活動期が確実にあることが判ります。しかも、アラスカ地震 ($M 9.2$) やカムチャツカの地震 ($M 9.0$)、そういう巨大地震の発生は日本国内の地震活動にも関係しているのは当然のことで、それどころではなくて、非常に遠いところにも影響し合っているようです。

日本で1952年の十勝沖地震というのがありますが、あれと一緒にカムチャツカ地震が起こりました。1958年には北海道の東の択捉沖地震というのがありますが、それとほとんど一緒にカムチャツカであり、アリューシャンであり、またアラスカでもありました。一方1959年から63年までではないのです。ところが、そのすぐ後になると1963年、64年、65年と揃って地震が発生しました。63年は択捉沖に起こりましたね。それからアリューシャン、アラスカ地震、続いて68年、69年と日本の北海道にもありました。

日本とアラスカの距離は6,000 kmもあります。それなのにプレート境界に沿って、影響が及んでいる。非常に大きい地震ですと、その影響は何千キロにもわたって関係し合うということです。

ですから、日本の国内ならばいくらかも相互に関連して、あるときは活動的になったり、あるときは静かになったりするということは当然のことです。

萩原 茂木先生のお話は、活動期と静穏期について実例を示されてのお話でございました。しかも、日本列島という範囲を超えてグローバルに地震間の影響をみなければならぬというお

話でございました。

ではこの際というご質問があればお願いします。

尾池 グローバルな話で、アルプスからヒマラヤにかけての地震活動について、昔の論文をよく覚えているのですが、あれの最近版というのはいませんか。この際、書いていただいて2000年までの最近の20年ぐらいを入れると、同じような傾向が再び起こっているのではないかと気がするのですが、先生の論文からもう四半世紀たっていますから、ちょうどいい機会ではないかと思います。

岡田 金森先生の論文で、50、60年代の地震エネルギーは大きいのですが、数にするとむしろ少ない傾向にありますね。

茂木 全体としては地震数は少なくなっています。エネルギーの方はチリとかアラスカ、アリューシャンで稼いでいるのです。

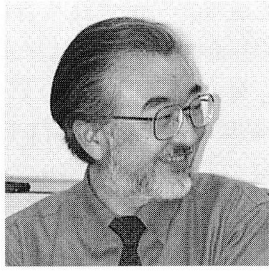
尾池 巨大地震の一つ分だけで、エネルギーはボーンと上がりますから、そのような傾向は当然でしょう。

茂木 単純にエネルギーだけを見て世界中が活動的になったという結論は単純すぎると思います。どこが活動的になったかというのを入れないといけない。アラスカ、アリューシャン地震のときには、日本とか中国とかの低緯度地方では大きい地震はほとんどなかったのです。

萩原 グローバルなお話に対して、これからは少し地域を区切ったお話を頂きます。最初は西南日本ということで尾池先生にお話し頂きます。

西日本の活動期・静穏期

尾池 グローバルな話から一挙に狭い話になりますが、静穏期と活動期の話は相対的なものでありまして、活動期に目をつけて自然現象をみるのか、静穏期に目を集中してみるのかで考え方が変わってきます。しかし、どちらがいいかというのは簡単にわかりません。ここでは四つに分けてお話ししようと思います。



尾池和夫 先生

西日本に活動期と静穏期があるということは、1974年に宇津先生が論文にまとめておられます。約60年の活動期の間、静穏期に比べると約4倍の活動度があるという論文を書かれています。宇津先生の論文によると静穏期のほうは長かったり短かったり一定ではないのですが、活動期はいつも60年ぐらいであるというのが一つの大きな趣旨になっています。

このように静穏期と活動期が確実に西日本にあるということが私の第1番目のお話です。

2番目のお話は、西日本でその活動期の予測として、そのピークが南海トラフの巨大地震であるとみれば、次に予測される巨大地震の発生時期は2040年ごろと予測できるということです。

3番目のお話は、活動の仕方のパターンが、西南日本は中央構造線を境にして、内帯と外帯で活動期における地震活動のパターンが全く違うということです。

最後に4番目のお話は、活動期のたびに内帯の活断層帯に、次々といくつもの地震が起こるのですが、では次の活動期のときはどの断層に地震が起こりそうと目をつけるかという問題です。

なお今日は参考として、月刊『サイスモ』と地震予知連絡会の会報の原稿を用意して頂きました。それらに基づいて以上4点についてお話させていただきます。

ではまず、第1番目の話題に入りましょう。「サイスモ」の図をご覧ください。大雑把に活動期と静穏期があるという立場で、その時の分布図を分けてみたのがこれです。最近3回の活動

期・静穏期の地震分布を示すもので、1回目が1707年の南海トラフの地震を含む時期で、宝永の富士山の噴火もここに含まれます。その次は安政の東海、南海地震、最後の回は濃尾地震から福井地震までの大きな地震の活動期とそのあとの静穏期です。そして1995年の兵庫県南部地震からまた次の活動期が始まった、というふうに分布図を書くことができると思います。このように西日本一帯には静穏期、活動期、静穏期、活動期という繰り返しがはっきりみられることが判ります。

次に京都を中心に古文書に現われてくるすべての地震をデータベース化したものを紹介しましょう。有感地震を全部取り入れています。その10年ごとの数をプロットしたものをOHP(図3)で示すことにします。ここに矢印で記してあるのは、南海トラフのプレート境界の巨大地震ですが、その前50年、あと10年が宇津先生が言った活動期なのです。その時期に京都あたりの有感地震がたしかに増えていることが、OHPの図を見てわかります。大地震だけではなく、小さい地震まで含めてそのような傾向が成り立つであろうと推測されます。

その中でも南海トラフのプレート境界地震を中心にした10年ぐらいが地震数が特に多くみえます。先ほど茂木先生が紹介された集中的に起こるといふ、死者の数の増加については、活断層は盆地や平野を発達させますので、そこにおのずから都市ができ、人が集中します

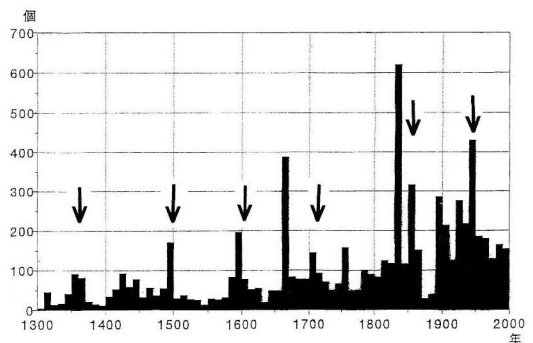


図3 10年ごとの京都周辺の有感地震数。矢印は南海地震。

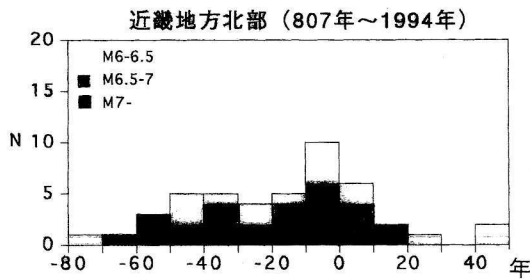
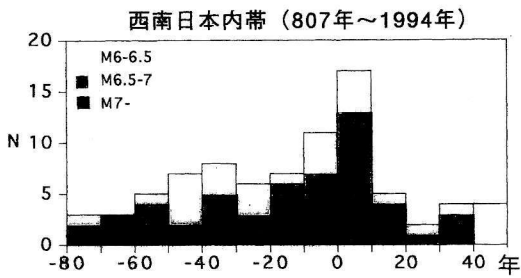


図4 南海地震（横軸の0）前後の内陸地震数の変化。

から、そこが活動期になると死者が多くなるというのはあたりまえかもしれません。内陸の活断層帯が非常に活動度が高いときに死者も増えるということは当然のことでしょう。

では2番目の話題、次に予想される南海トラフの巨大地震の発生時期の予測に話題を移しましょう。OHP（図4）は南海トラフの巨大地震前後の被害地震の回数を、807年～1994年について重ね合わせたものです。横の時間軸の0が巨大地震の発生時です。このパターンを基にして、AICで判定しながら統計モデルをつくりますと、ひと山モデルがベストフィットということになります。しかしよく見ると巨大地震発生50年ぐらい前に有感地震が多く一時的に減少して再び直前に多くなるというふた山モデルともみられます。大地震だけみても、有感地震全部をみても、同じ形の分布が出てくるという事実は、そこに非常に重要な意味が物理的にみられるのではないかと思います。

とにかくベストフィットのひと山モデルを根拠に南海トラフの巨大地震が起こる時期を、統計学的に推定しますと次の南海地震の起こる時期が2040年ごろと求められるわけです。

次の南海地震の予測に関してはいろいろな結果が出ております。ここで用いた統計的モデルによって、M6以上の気象庁のデータから出すと2040の結果が出ますが、M5以上の地震あるいは、M4以上の地震を使ってもそんなに結果は変わらない。これはプラス・マイナスの範囲に入ります。

また力武先生が求められたワイブル分布を用いると、平均2061年プラス・マイナス35年という値が出ます。それから、中田・島崎のモデルで室津の海の港の深さのデータを3回分使って予測すると2035年あたりになります。これはプラス・マイナス2年と、わりあいシャープに出ます。

そういういろいろなモデルの結果からみて、最も可能性のあるのは、非常に大雑把ですが2040年頃となります。そうすると、先ほどの統計モデルのあり方から考えて、2040年の前50年、後10年というのが宇津先生のいう4倍活動度が高い時期で、現在がまさにその活動期に入っている時期になります。

そういう目で過去のデータを基に未来を考えてみますと、西南日本では2040年の巨大地震発生までの間に何発かの活断層性の地震があって、2040年に南海地震があって、あと10年ぐらい活動が盛んな時期が続いた後に静かになる。こういうシナリオとなるでしょう。巨大地震発生前50年と後10年の間にM6.8以上の地震が最大で10回ぐらい起こることも予想されます。

つぎに3番目の話で、活動期の中での内帯と外帯の活動のパターンの違いに移ります。まず空間的な分布をみますと、歴史地震全体をみても、西南日本全体的にバラバラと空間的にばらばらついていますが、ローカルにみると活断層帯に集中して分布するくせがあります。

たとえば20世紀の100年間の分布では、中央構造線から南の地震活動は南海トラフの巨大地震を本震として、それに伴う前後の活動と考えられます。これに対して内帯では、空間的に活断層に集中した地震の塊ができるという特徴

があります。時系列的にみても、いくつもの塊が断層ごとに存在します。例えば、北丹後地震の塊、鳥取地震の塊と、塊がいくつかできていく特徴がみられます。現在は兵庫県南部地震と鳥取県西部地震とそれぞれ塊を形成しています。

これに対して外帯の特徴は、南海トラフの巨大地震をピークとする活動度の高まりが特徴です。

南海地震後の2年間ですが、活断層帯のいろいろなところが誘発されて地震が起きました。そして最後に福井地震が起こって活動期は終わり、静穏期に入る、こういうパターンの変化をしました。これは前回のパターンですから、今後予想されるパターンの推定にもまた参考にはなるものと思われます。

最後に4番目の話で、内帯の活断層でどこで起こる可能性が高かに移ります。これは『サイスモ』に書いてあります。鳥取地震の前の日までの分布図を見ますと北丹後地震が起きている。5年後に福井地震が起こり、50年後には兵庫県南部地震が起こるといふわけで、次に地震が起こるといふ活断層帯には、なにがしかの信号が出ているとみていいでしょう。

これから起こりそうなのを同じような目でみることもできます。これはもう起こってしまったのですが、2000年の10月、鳥取県西部地震の位置にも同様な信号が出ていました。そういう見方で、20世紀の後半1951年から後の地震活動分布の移り変わりを見直してみますと、山崎断層帯とか三峠断層系とか花折断層の南部であるとか、中央構造線の特に紀伊半島西部の部分であるとか、そういうところがいくつかあります。長いあいだ断層が動いてなくて、最近、中小の地震がかたまっただけで起きているというのは、過去の例からみて気をつけたほうがいいのではないかと、注目される活断層というべきではないかという一つの考え方です。

萩原 ありがとうございます。では、何か議論があればここでお願いしたいと思います。

兵庫県南部地震の前1年間に群発地震が琵琶

湖の西に沢山起きましたでしょう。

尾池 丹波山地の中では、1994年に目立って、一般の方が気がつくぐらい有感地震が増えるという形で群発地震が起きました。これは一つの広い意味での前兆現象であると考えられる人が多いと思いますが、目立っていました。

井野 1900年以降、今ご説明いただいた部分の地震の起こり方が、双子地震で起こったという記述を以前読んだことがあるのですが、1925年の北但馬地震のときでしょうか。

尾池 北但馬、それから2年後に北丹後地震の二連発地震が起きました。鳥取地震のときも3月にあって9月にあり、石見の地震のときも昔そうだったと言われます。歴史地震も含めて、山陰、北陸にそういう二連発地震の現象が集中しているという話です。それは、以前、私が書いたのを石川有三君が最近、引用して、鳥取県西部地震が起こったときに、「この地域はそういうくせがあるから、注意するにこしたことはない」という発言をしたという話です。

井野 このあいだ、島根県で講演を頼まれたときに、今の話がかかなり地元では問題になっていました。次の地震が近いうちにくるんじゃないかと思われているのです。

尾池 そのうち、島根県のあるところでは、そんなことを言われると困るといったということです。

井野 地震の名前も問題です。鳥取で起こったので鳥取県西部地震という名前がつけられた。それでいろいろのものが鳥取ばかりいってしまっただけで島根にそういうものが来ないから、島根という字も含めてほしいと、変な話ですけど。

岡田 あれくらいなら「鳥取・島根県境の地震」でもよかったですね。

尾池 特定観測地域の名前でいうと、島根県東部という特定観測地域の、その中では端っこに起こった。実は鳥取県西部地震のさらに西側にもう一つの群発活動があります。だから、双子活動がこういうところに現われる可能性を言い出すと、結構きびしい話になりますね。

茂木 今度の地震は活断層のないところで起こ

りましたね。

尾池 活断層分布というと中部山岳地帯が最高で、西へいくにしたがって、数でいっても、だんだん低くなります。島根県東部はそれのいちばん端っこぐらいで、山も低くなっているし、地震も少ないし、活断層も少ないところに当たります。つまり活動度の高い活断層ではないということでしょうね。地表1キロぐらいのところまで本震の破壊面がきていると思います。だから、未発達の活断層が隠れていると考えられます。

茂木 一般に阪神大震災の後に、地震は活断層で起こるのだという話が強調されたけれども、そうでないところでも結構起こるのだということをお私などは言っていたのです。この地震などはそういう地震ではないかなと思います。

尾池 大地震が起こるのは活断層帯単位であることは事実です。しかし、まだ活断層帯がみつかっていないということもあるでしょう。もう一つは、松田先生がよく言うのですが、非常に多くの地震は活断層でないところに起こる。たまに地震断層が発生すると、それはものすごく珍しい。珍しいから地震断層は特別天然記念物になる。つまり、天然記念物になるぐらい珍しい現象なのだといえ、判りやすいですね。

茂木 でも伊豆半島沖地震 (M6.9)などは、地震の前にまさにこれは活断層だと言われたところで起こっているし、北伊豆地震 (M7.3)もそうですね。松田さんの言うことが変わってきているのでしょうか。

尾池 しかし地震の大きさの概念を入れると、言うことは変わっていないと思うのです。「ほとんどの地震は」というのは、被害を出した地震でM6ぐらいでしょう。一般の人はM6ぐらいでも大地震というから、そういうのでいうと、ほとんどの大地震は活断層でないところで起こっているということになってしまうのではないのでしょうか。

萩原 議論も尽きないようですが、時間も大分経ってきました。では次に、岡田先生にお願いします。

関東・東海の活動期・静穏期

岡田 私には、関東・東海というご下命だったのですが、茂木先生のような雄大な話はなかなかできません。また、尾池先生のお話にあった京都千年の歴史みたいのがある関西地方と違って、関東地方はあまり昔に遡れないものですから、なかなか話は難しいところです。

兵庫県南部地震の後しばらく、わが国では大被害になるような地震とか火山活動がなかったのが、昨年は有珠、三宅の噴火とか鳥取の地震とか、いろいろな事件があったものだから、マスコミ等から日本列島全体が活動期に入っているのではないかという問い合わせを受けました。それで、そんなことを話題にして座談会を開いたらどうでしょうか、という提案をさせていただいたのです。

言い出した手前、まず偏見なしにデータそのものを日本中で眺めたらどうなるかを考えてみました。気象庁の地震カタログは昭和元年からなので、その前は宇津のカタログを使い、最近100年間の日本周辺全体におけるM8、M7、M6、M5の地震の数の積算をとって見たのがOHP (図5)です。M8の地震だと、先ほど茂木先生がおっしゃったように1950年代前後は確かにまとめて起きているように見えるのですが、サンプルがなにせ5個ですから、これで統計的に活動期とっていいのかどうか、これだけでは断言できないと思います。

だから、このクラスの地震を相手にするときには、もっと時間を長くとか、またはアリューションまで含めて空間を広げるか、多分もっと大きなスケールで物を見なくては行けないのだと思います。

M7クラスになりますと、100年間で130個余りですから、1年に1個以上起きています。地震数の積算カーブには多少のこぼこはありますが、概ね直線的で、ですから、そんなに日本中が静かになったりぎやかになったりということは、この傾きの変化からは見えられま

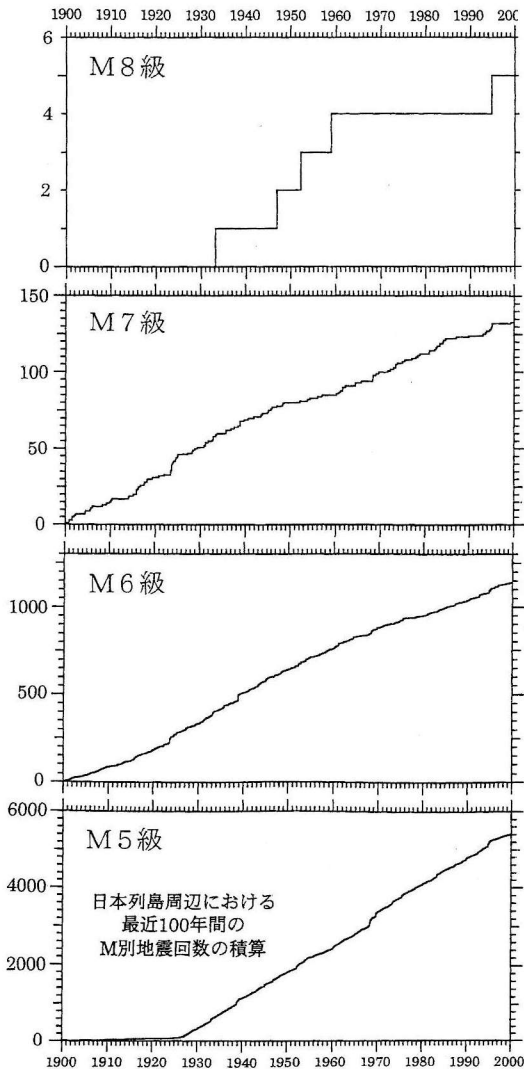


図 5 日本列島周辺における最近 100 年間の M 別地震回数積算 (宇津カタログおよび気象庁カタログによる)。

せん。まして M6 とか M5 になりますとほとんど直線でありまして、特に活動期、静穏期とか、または周期性とかそういったものはカタログからはみえないのです。すなわち M8 クラスを除くと概ね直線的であって、日本列島の地震回数の積算値だけからは、簡単に活動期・静穏期というのはみえないということになります。そういうことで、マスコミさんには「長い目で見ると日本列島全体が活動期になるというようなことは、ないんですよ」といって私はいつも逃げ

ているのです。

というわけで、日本全体に話を広げてしまうところのようになってしまうのですが、地域を限ると固有地震みたいなものがみえてくるはずで、さきほどの関西地方のように活動期とか静穏期とかいう現象が見えてくるようです。そこで、関東地方ですが、ここは大陸・海洋プレートが 4 枚も集まった非常に複雑なところです。しかし、ここでの地震の起こり方は、最近になって、地震観測の蓄積によってずいぶん中が見えてきて、空間的なことはわかってきました。しかし、時間的な変化、活動期とか静穏期とかいうことを論じるには、まだデータの蓄積が十分とは言えません。

兵庫県南部地震の起きる 1 カ月前、たまたま立川断層の近くに、深さ 700 m という、東京の付近では珍しく浅い M4 を超える地震が起きたのです。いくつかの余震も伴いましたが、なにごとかと思って調べ始めたところで兵庫県南部地震が起きたため、あまり十分な解析ができませんでした。

M4 であっても、これだけ浅ければ何か被害が出るはずだと思って、翌日の新聞を見たのですが、何も出ていません。そこで東京都に問い合わせたら、災害対策局の人が、新聞の多摩版をご親切に送っていただきました。震源のすぐ近くでは震度 4 相当の揺れがあり、ガラスがたくさん割れたとかいうことなので、ほんとうに浅い地震だったらしいのです。

気になって、東京周辺に起こった過去の浅い地震を時間順に並べてみました。防災科研がルーチン観測を始めてから約 20 年なのですが、当初は M2 クラスだけだったのが、だんだん M3 クラスが出てきて、ついに M4 の地震が起き始めたという地震活動の増大傾向がうかがわれました。しかし、なにせ 20 年ぐらしか観測がありませんので、とても大きな地震のサイクルには届きません。さらに時間を稼ぐためには、宇津カタログや気象庁カタログに頼らざるを得ませんが、最近 100 年間で見ると、関東地方で M6 以上の地震は年間 1 個ぐらいのペー



岡田義光 先生

スで発生しています。その時系列をとりますと、関東大地震のあと、くすぶるような活動が1930年頃まで続いた後に関東地方は全体として静かになりました。しかし1970年代末頃からは、伊豆半島とか千葉県東方沖とかでM7に近い地震が起き始め、全体としてみるとやはり地震活動は上り調子の傾向にあるようです。

100年間程度のデータでもまだ大きな地震のサイクルは抽出できないので、このあとは古文書の世界になってしまいます。予知連の地域部会報告には江戸（東京）での震度の歴年表がのせられています。そこからピックアップして、江戸時代から最近まで400年間の、震度5、震度6の地震を取り出してみますと、かなりの規則性がみえてきます（図6参照）。

関東地震の前に発生した同じ型の地震は1703年の元禄地震、この間220年ですが、この両地震に先立つ70年とか90年のあいだに直下型の地震がそれぞれ2回起きているということが事実としてあります。先ほど尾池先生が南海地震と内陸地震の関連をお話しされたのですが、全く同じようなことを関東地方にあてはめると、海溝型の地震が起きる前に内陸直下の地震活動が活発化し、M8クラスの地震が起きた後はしばらく静穏化する、概ねこういう繰返しがあるのが判ります。

乱暴な言い方をすると、地震サイクル約200年のうちの前半100年は静穏期で、後半100年は活動期であるといってもいいのかもしれませんが、関東地震のあとはしばらく静かだったのですが、東京が震度5になるという事件が最近二つ起きました。長らく平和だった時代はそろそ

ろ終わり、震度5がこれからいくつかポツポツあって、やがては安政江戸地震のような震度6の事件が起きるだろうというのが、歴史から学ぶべきことかと思っています。

ついで東海地方の話題に移ります。東海地方の歴史資料にまで遡って活動期・静穏期を議論することは私にとって重荷ですし、また東海地方については、活動期・静穏期というよりも、次の地震がさし迫っているという状況がありますので、その現況をご紹介したほうがむしろよろしいかと思ひます。

東海の地震の危険性が指摘されてから4半世紀を経過しまして、そのあいだに静岡県の方では、井野さんがおられたところから防災対策が進んで参りました。一方、データの蓄積も進ん

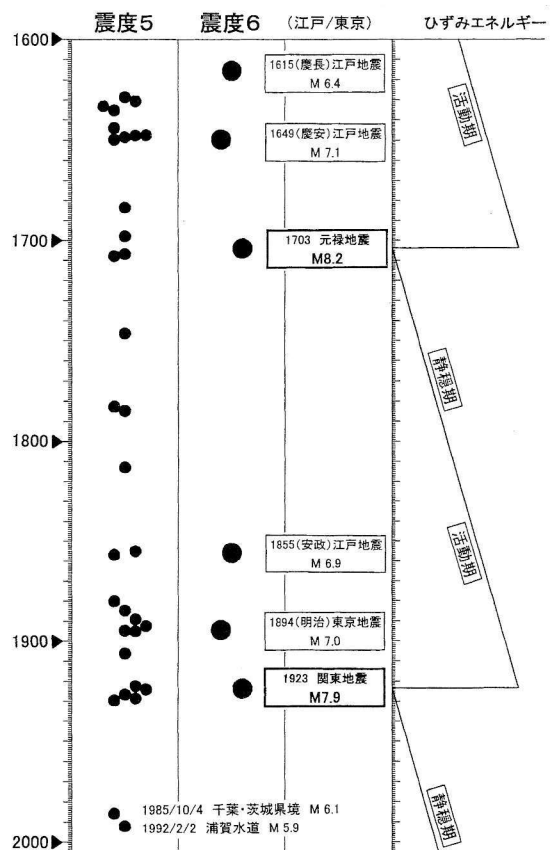


図6 最近400年間に東京（江戸）で震度5および震度6となった地震の系列、および関東地方における地震活動の活動期・静穏期の概念。

できまして、当初の駿河湾断層モデルというもののよりも、もう少し正確なイメージを今、東海地方について持つことができるようになってきています。

東海地方で起きている微小地震の震源分布を、プレート進行方向の垂直断面図で見ると、内陸の浅い地震と深い地震のあいだに白っぽく抜けている空白域が認められます。ここはプレートが固着をされていて、これから地震を起こそうと頑張っているところというふうパターンとしてみえます。単に地震の空間分布だけではなく、プレート内の地震の発震機構を見ますと、浅い部分ではプレートの進行方向に圧縮軸が大体平行していて、深くなるとだんだんこれが立ってくるという特徴があります。これは簡単な弾性論の計算で説明できることで、こういう力学的な考え方からも、ぴたっとくっついている固着域があるらしいということが推測できます。別な言い方をしますと、これが将来の東海地震の震源域だということです。昔は水準測量等のデータから推定した単純なモデルだったのですが、今日考えられるモデルは静岡県にとって、より迷惑な位置になっています。中央防災会議でも、地震防災対策強化地域の再検討を始めるといことなのですが、こういう固着領域が見えてきたということが見直しの根拠だと思えます。

このように、空間分布はわかってきたのですが、問題は時間変化です。実は地震活動をずっとこの20年にわたって見てきたのですが、いくら観測しても定常的な範囲を超える現象は見られませんでした。長期的な意味で東海地震の危険性は指摘されたけれども、特別に異常なことはずうっとないまま20年近くが過ぎてきたのです。ところが、一昨年の1999年8月ごろから、沈み込むプレートの中で発生するM1.5以上の地震の発生率が約半分に落ちてしまうという事件が起きました。

よく調べて見ると、地殻内の浅い地震活動についても4~5年前から20%程度の地震活動低下が見られ、また浜名湖のあたりに発生する特

殊地震群でも、これと同じような時期に活動の低下が始まっています。どうも固着域に絡むところは、ここ最近、なにか地震の起こり方がおかしくなっているのではないかと考えられる節があります。

これに加えて、最近、週刊誌等でいろいろ取り上げられている話として、富士山の低周波地震という話題が一方でございます。富士山近傍での観測結果によりますと、低周波地震という特殊な地震が山頂の北東側、深さ15キロ前後で発生していることが判ります。この低周波地震は、地下でのマグマの動きを示すものと考えられており、富士山が死んではないことを表しています。このような地震が時々発生していることは20年前より知られており、これまでは大体定常的だったのですが、このところ、大変に数が増えてきたのです。

積算の回数をとってみますと1980年から昨秋まではほとんど直線的で、このように一定の現象が起きているうちはなんの心配もなかったのですが、昨年10月ぐらいから発生数が急増しました。全体の数は20年間で460個くらいですから大したことはないのですが、発生レートが2000年10月頃から急に変わってしまったということです。

東海の地震にしましても、この低周波地震にしましても、これまでずっと観測を続けてきて、この20年間で初めての現象です。最近の3年間だけ拡大して積算地震回数を比較したのをOHP(図7)でご覧にいます。長期の積算図も添えてあります。

まず東海の先ほどの地震の固着域、これはプレートがくっついている面の上側と下側とで挙動が違うのですが、上のほうの地震は、4~5年前、川根の付近で起きた地震の頃をきっかけにして、発生率が20%ぐらい減ってしまいました。その減ってしまった状態が、実は昨年の10月ぐらいからさらに静かになっているのです。一方、もぐり込んでいくプレートの中の地震は、一昨年の8月にいったん静かになったので

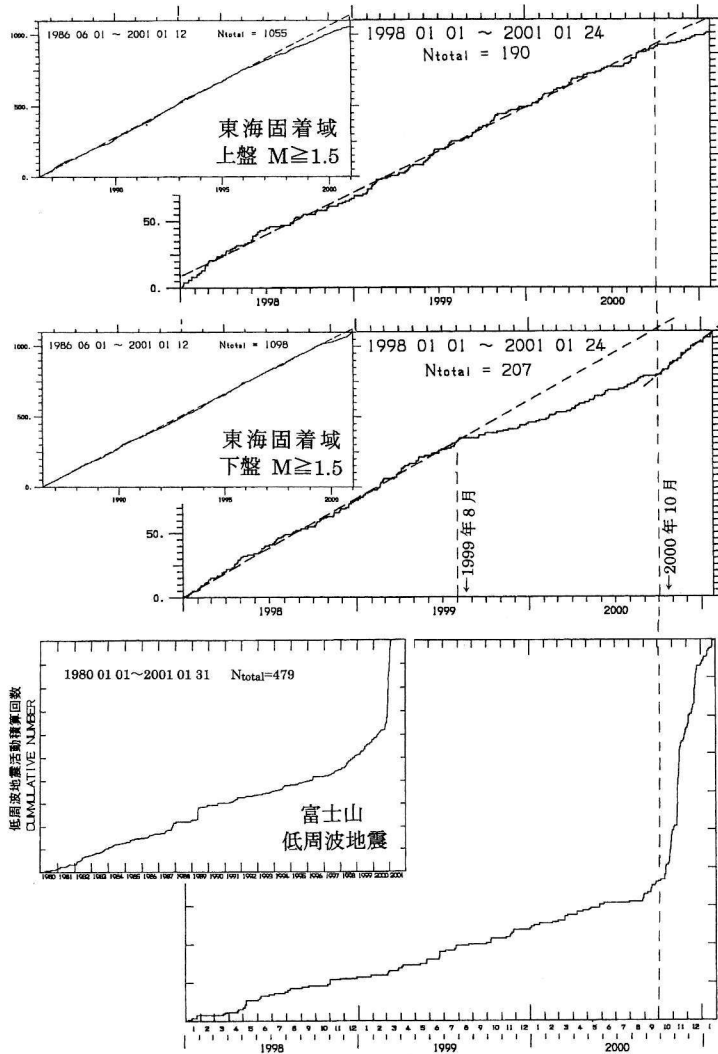


図7 東海地震の想定震源域とされる固着域の上盤側の地震(上段)と下盤側の地震(中段), および富士山直下の低周波地震(下段)の最近3年間における積算地震回数. 各々の左上には, 長期(15年および20年)の変化を示す.

すが, 去年の10月ぐらいからはまた起こり始めて, 今度は昔の状態より逆に発生率が増えてしまいました. ここにきて, 新たな転換点が現れてきたように見えます.

下の図は富士山の低周波地震です. 3年間だけ取り出した図を見ていただきますと, 昨年10月頃からまさに急増しています. こうしてみると, 去年の10月はいろいろなものが全部一斉に変化しているということになりました. 常ならざる事態であります, では一体何を表して

いるのか, これから何が起ころうとしているのか, だれも答えをみつけられないという状況です. 活動期・静穏期とは直接関係ない話となってしまいましたが, 東海地方は異常期に入ったというのが私の結論です.

萩原 ありがとうございます. では, 何かご質問を.

尾池 大体同じ範囲の地震活動がだんだんにぎやかになるというのは, 萩原幸男先生が昔, 祭り太鼓の話学会でしたことを覚えてい

最初ゆっくりで段々にドンドンドンドンドンと早くなるという。先ほどの話は、内容として同じ話なのですね。

萩原 そうかもしれませんね。しかしどうして日本列島全体でみるとなんでもなくて、ローカルにみると静穏期・活動期がはっきりするのでしょうか。ということは、こちらが活動期になると、隣は静穏期になるということになるのでしょうか。

岡田 空間的にみるとそうでしょう。場所を絞ると、特定のプレート境界の地震なり活断層の地震なりと、固有地震的な性格が見えてくるのでしょうかね。日本列島全体に広げてしまうとあちこちでバラバラ起きるので、こちらが活動しているときにあちらは静穏期になっていることがあるので、足してしまうとその効果が相殺して消えてしまうのではないのでしょうか。

尾池 日本列島で世界の約1割ぐらいの地震が起こっているとして、それもかなりの部分を一緒にしている状態ですからね。兵庫県南部地震の起こった日にテレビで解説を求められて、「この地震、どんな地震でしょう」とキャスターに聞かれて、私は「普通の地震です」と答えて、あとでものすごくおこられました。「なにが普通や」と。

だけど、それはそういうデータを日頃から見慣れているからで、M7以上というのは日本の近辺で毎年平均して1.5回ぐらい起こっている地震なのです。たとえば去年も、鳥取県西部地震が一つあるけれど、もう1個、日本の近辺でM7以上があるのです。ところがそれはニュースにならないのです。海に起きたのでだれも知らない。そんな状態で、どこが活動期かによって死者はものすごく変化するのですが、全体としては自然の地震はほとんど定常的に起こっている。

岡田 ターゲットとする地震の大きさによって時間と空間をどう選ぶかによって、見えたり見えなかったりということはあるのでしょうかね。

茂木 地震数でとるとマグニチュードの下限をどこまでとるかで問題が非常に変わってくる。

それから場所によるというのは、南海トラフ沿いの地震とか三陸沖の地震とか巨大地震の場合、大きいのは200~300km壊れるわけだけでも、普通は小さいですね。だから、弱いところに集中してバリバリバリと起こることはあるわけで、そこに着目すると活動期ということになり、ほかには及んでいないというところは静穏期となる。活動期・静穏期には、そういう空間的な広がり関係しているのではないのでしょうか。

尾池 活動を総体的に言うと、大体一つの活断層に歴史上1回しか活動記録はないのです。2回以上確認されるのは北伊豆地震の丹那断層だけでしょう。だから、空間を絞り込んだら地震活動は結構少ないという結論になりますよね。

萩原 では、最後のお話ということで井野先生をお願いします。

行政と住民にとっての「活動期と静穏期」情報

井野 私がここで話をするのは非常に異質ではないかなと思いますが、皆さん方が発表されました情報を、行政といいますか住民はどのように利用していけばいいかというところでお話しをしてみたいと思います。

まず、行政としまして、また住民としまして、地震の静穏期と活動期をどのようにとるか。いちばん私どもが期待しているのは、巨大地震発生の時期が予測できるのではないかとことです。ですから、学会で発表とか、こういう雑誌で紹介されたときに、発生時期の予測という1点に絞られてしまうのではないかと考えています。こういった情報が将来、警報が出せるようなレベルにまできたときに、私ども住民としては、最終的に予知情報を期待をしているわけです。

具体的には、こういった情報が防災対策といった面に利用されていくわけですが、ここがいちばん重要なのですが、責任ある機関によって説明し評価していただかないと、ただ「今は活動期になっている」とか「静穏期になってい



井野盛夫 先生

る」ということだけでは、行政にしても住民にしても利用価値が薄いということになります。

では、この情報の妥当性といいますか根拠についてしっかり責任をもっていただくところは何かということになるわけです。まず一般的に発表する機関の所属が公であることにより、その情報のある程度の信頼度が上がってくると思います。たとえばこれが文部科学省とか、または総務省消防庁から発表するものとか、そういったものになるのではないかと思います。

今度は、それをやや準拠するような形で、公の機関が調査・報告するというタイプです。こちらについては、研究機関の職員または研究者が、または研究機関そのものがいろいろな調査をやって発表するわけです。一昨年、科学技術庁が各都道府県に交付金を出して活断層を調査し、その成果の報告会がありました。その場で、活動期と静穏期、活断層の状況からそままでいうのは大変難しいわけですが、そういったものが発表されます。これも発表する機関、これは国であり、こちらは県であるとか、またはその他の国の研究機関、そういったものを指しております。

今度はもう少し、妥当性を求めるのには非常に問題があると思うのですが、学会での発表という格好です。学会と名がつくものは沢山ありますので、学会と名がついたもので評価されたものが全部、一般的にそのまま利用していいのかどうか問題はありますが、とりあえず学会等で出されたものについては評価されているのではないかと思います。

一番ランクが下になっておりますが、自主的

なグループで研究調査を行い、そういったところで発表をする。そして何か報告書が出される。こういったものも妥当性を求める対象になってまいります。

そこで、これらを行政としてどんなところに生かしていくかということになるわけです。まず、政策まではいかないのですが、施策といえますか、政策が一つあって、その下に、具体的にこういう事業をやっていくという施策があるわけです。そういう施策の位置づけとして今みたいな公的機関が発表したものを使っていく。例えば地域防災計画や予防計画の変更、事業化の順位決定等です。

次に、住民に対して注意を喚起する根拠です。国がこういうふうに言ったのだから、または予知連がこういうふうに発表したから、ここは地震の発生が予測されるので気をつけたい。地震対策として何か着手しなければいけないのではないか、そういった根拠づけに利用されてまいります。

非常に広い意味では、防災対策の目標が設定されていきます。たとえば東海であれば、東海地域に起こる巨大地震を一つの目標にして東海地震対策をやっていく、そういう基礎的なものに利用されていきます。当然、最終的には住民の生命、財産を守るということですから、ここが防災意識の啓発ということになってまいりまして、行政が行う対策の順位になってくると思います。国、県、市町村、そのように下りてまいりまして、最終的には住民に、自分たちの命を守るということまで情報が利用されるようになってまいります。

実際に住民はどのように情報を利用していか。住民自体は防災組織、災害対策基本法の改正によりまして、自分の命は自分で守ることが国の全体の考え方として国民に広く述べられております。そういうところからすると、防災組織の態勢を整えるというのは、県とか市町村であれば、緊急時にどういう対応をとるかということから始まりまして、住民については自主防災組織と、組織化されていないところ

では町内会の中に防災班をつくる、そういった態勢に落ちつくものと思います。

今まで、地震に関する情報についても無関心でございましたが、もし将来発生が近いというようなことになれば、情報の収集を密にする方向に動いてまいりますし、企業や住民は危険個所の点検をする、チェックする。事業所であれば、ここに顧客がおりますので、こういう人たちの生命を守る義務が事業主には問われますので、事務所内、取引先や顧客に対する対応を整えます。わが家では家庭内対策を点検するという格好になってきます。

こういった情報がどのくらい国民に理解されているか、例えば、東海地域に地震情報として観測情報と解説情報と二つの情報が流されることが前々年度に決まりました。県民が実際に観測情報、これは地震の前ぶれが出たときに、まだどのように変化するかかわからないので、行政としてはこの情報について絶えず注意してほしい、というようなことを教えているのですが、このようなときに県民はどのような行動をとるか、アンケート調査を昨年やったわけです。

そういたしますと、約30%弱の人が、今申し上げましたように「情報をずっと追跡する」という行動をとる。あとは「行動しない」「決めていない」「無回答」。約70%ぐらいの人が、いくら情報を出しても行動を起こさない。だから、発信者側と受信者側のギャップがものすごく出る結果となります。この辺の啓発がまだうまく行われていないかもしれません。

アンケートの内容は違いますが、東海地震の発生と伊豆諸島の火山噴火地震活動は関係あるという情報がいったん流れました。その後、地震予知連絡会では、それとは直接結びつかないという否定情報を出したのですが、実際に県民はどのようなふうにとっているかということでは、火山・地震活動のこうした情報について、東海地震と関連はないとしたにもかかわらず、14%の人は「ありそうだ」と思っているわけです。それから、東海地震と「いくらか関係がありそうだ」とこれを足した60%の人は、公には

関連がないよと言ったのですが、あるのではないかと思っているのです。それから、全く素直に「関係ない」と思っている人が3割いる。こういうように、基本的に住民は無関心ですが、いったん擦り込まれてしまうとなかなか住民の頭から消えないということがあるのではないかと思います。

今、紹介しましたように、公の判断としては直接否定しました。こういう否定はどういうふうを受け取られているかという、これはまた報道の受け方にも問題があるのですが、「そのような判断が示されたことを聞いていない」という人が2割います。これは新聞にも出ましたし、テレビ・ラジオでも取り上げて、報道されたのですが、実際には聞いていない。それから、「依然として状況が変化するから注意しなければならない」。これも腹の底には、こういった活動が東海地震と関係するのではないかと思っている人が6割もいる。本当に関連がなくてよかったなという人が、ほんの1割でした。

最後になりますが、行政としてはこういった情報が実際に防災対策に結びつかないと、なんのために情報を出しているかわからないのですが、こういう情報を出したときに、ほんとうに防災行動をしたかといいますと、「防災行動をした」という人が約35%です。何をやったかといいますと、「新聞や週刊誌などをスクラップした」「今回の防災訓練には積極的に参加した」「今までの東海地震に備える準備を再点検した」「東海地震を意識して地震に備える新たな準備行動を始めた」「なんとなく身の周りを整理した」という人がおまして、「特に行動していない」、結局また約6割余りの人が何も行動しないということになります。

いろいろな情報を出して皆さんの防災意識を高めよう高めようとしても、特定の2~3割ぐらいの人はよいとしても、6割ぐらいの人が無関心といいますか、いくら情報を出してもあまり相手に届いていないように感じられます。

どんどん状況が切迫してまいりますと、この比率はだんだん変わっていくのではないかと思

いますが、それぞれの人たちが今、自分の判断で「このぐらいのところにいるのではないか」と思っているのが現在の姿です。

萩原 ありがとうございます。琉球大学の木村先生とか電磁波の串田さんとか、ああいう方々の話には一般に住民の反応が強いですね。ああいう情報は信じやすいのでしょうか。

尾池 ほんとうにどう思っているかというのはわからないですが。

井野 木村先生は明快なのです。「富士山は噴火する」というふうに出してしまいますから、それがいつ噴火するとか、どこで噴火するとか、全く住民は関係ないです。今、静岡で富士山が噴火するというだけで、危険はどこかというのは全然関係ないです。

茂木 それはそうだと思いますよ。たとえば観測情報というけど、私が聞いても、あれはいったい何を意味しているかわからない。やはり「こういう情報を出しますから、あなたたちはこうなさい」、それを行政が決めなければいけない。ところがそれをはっきり決めていないので、行動しようがないのです。せいぜい「関心がある」とか「ない」とかいう反応しかできない。

萩原 「どうしなさい」、そこまで言わなければだめなのですかね。

岡田 「今後の情報に注意してください」というのは言いますね。あれぐらいですね。

尾池 そのときにメディアは翻訳して、これは避難命令に相当するもので、とやっているではないですか。

岡田 井野さんのおっしゃった6割、7割の人が反応しないというのは、いくら言われても、自分の身の周りが大体平和で普段と変わらなければ、なかなか動かないものですね。台風がやってくるといってもだれも動かないけれども、風が強くなってきたり雨が降ってきたりすると、だんだんみんな動き始める。だけど、地震の場合は、直前までほとんど人が感じるようなことが起きないから。

尾池 台風の場合は、繰り返しの間隔が短い。

一生のあいだに何度も体験できる状態です。たとえば例を挙げますと、地震の25年前に神戸市が出した調査報告で「活断層が実在し、将来、直下型地震が起こる。そのときには壊滅的な被害は免れない。」と言い切っています。非常に明快です。明快だけど、誰も全然気にしなかった。

岡田 「いつ」というのが明快に書かれていないからじゃないですか。

茂木 その「いつ」なのです。というのは、東海地震も、東海では巨大地震の可能性があるのだといったのは1969年です。ところが、これでは全然動かない。石橋さんが言ったのはそれから7年後かな。それは何が効いたかということ、「明日起こってもおかしくない」と言ったのです。つまり「明日かもしれない」、「明日だ」となった。だから、時期が指定されないで、ただ注意というのでは、行動しないと思います。だから「東京には地震がきますよ。そのときは壊滅的な打撃を受けて、神戸どころではない」、でも誰も騒がない。それは「いつ」ということは言えないからでしょう。

岡田 東京の地震の切迫性を訊かれた場合、「私は今、50代半ばですが、私が生きているうちに直下型地震に会うか会わないか、そういう感想をもってます」といつも言うのです。そうすると、むこうは狐につままれたようにきょとんとしている。でもそんなものですよ。数十年に1回あるかないかの現象ですから、長生きすればめぐり合うかもしれない、というぐらいでしょう。

尾池 先ほどの私みたいに2040年といたら、だいぶ先になっていて、安心してしまおう。

萩原 「明日起こってもおかしくない」というとき、明日というのは2040年なのですね。

岡田 活断層の評価では、現在を含む500年内などと言っていますよね。

茂木 2040年というのは南海道地震です。

岡田 だけど、東海、南海と今まで連動している。

茂木 それは二つのケースが考えられるので、東南海と南海道はもう起こった。残っているの

は東海だけである。だからそれは切迫している。ただ、それは連動するかもしれない。だから二つのケースがあるのです。

尾池 次まで乗り切ったら、次の東海地震は大きいよ、ということかな。

井野 住民の意識として、東海の発生時期については、岡田さんもほかの方も、ある程度の試算で数字を出されるわけでしょう。たとえば2003年とか4年とか。

岡田 それ以外、何年というのは出したことはないですね。人に聞かれたときには、20~30年ぐらいのスケールで、とかいうことをあいまいには言いますが。

井野 その年数は、今まで東海地震が石橋説であれば、2000年に近いところで起こるのではないかと思っていたのですが、それが起こらない。そして、また新しく2004年とか2006年とかという数字が出てきますと、また先まで安全を保証してくれたのではないか、そういうふうに思っているくらいがあるのです。

そこがすごく問題であって、計算でたくさん数字が出てくる仕掛けがみんな理解されていない。一回数字が出てしまうと、神社のお守りみたいなもので、そこまではずっと安全で、だから何もなくていいのではないか、と思うのです。

尾池 最近では、そんな数字はスッと出てくると思っている若い人がいるのです。地震予知というのは軌道に乗っているものである。この前、ある放送局の若いディレクターと話していて非常に感心しました。ある意味でショックを受けたのだけど、「地震で岩盤の破壊なんてこと、いつ起こるかかわかるわけない」と言ったら「ほんとにわかんないんですか」とものすごく驚いていた。わかるつもりで番組をつくろうとしたのです。ところが「それは無理だ。それは茂木会長に聞いても当然わからない」と言ったら、「わからないんですか」と言って、そこから話が始まって、全然認識が違うのです。それは20代の人です。

むしろ年配の人はいろいろな勉強をしていま

すから、そういうことはわかるのだけど、若い人は触れていないから全く信じている。有珠山でもあんなにうまいこといった。東海地震、ああ、あれは延びたんや、と明快にわかっていると信じています。

私は学会報告に「地震火山庁の設置を政府に対して勧告する」というのを書きましたが、それができるまではそのいい加減な状態はずっと続くと思っているのです。繰り返して繰り返して国民を教育しないと無理だと思います。だから、週刊誌リード型の情報というのはもってのほかだと思っています。

週刊誌現象というのは、ほとんどの人は中吊りの広告と新聞広告だけを見てすませて、その広告のキーワードが出回る。ところが、広告の段階では記事はできていないのです。記事はまともで、非常に熱心な記者がいて書いている。ところが、見出しはいい加減。広告はもっとひどいのです。例を挙げると「活断層の大うそ」という広告が出た。それには「活断層予知は無理」と書いた見出しがあって、島村さんのインタビュー記事で「プラス・マイナス何百年というのは人間にとっては意味ないですね」と書いてある。なにもおかしいことはないですが、「活断層の大うそ」と電車の中に書いてある。

萩原 週刊誌はそれで買わせるのですね

尾池 いや、買わないんだって。ほとんどの人はそれですませて、買わない。だから広告のキーワードだけが世の中に流れていく。ところが中身を反映していない。

茂木 私の体験では判定会長をしていたころ、週刊誌の電車の中吊りに私の写真と一緒に「東海地震は絶対予知できる」とでかい見出し。ところが、一度も電話もかけてこなければ、接触ゼロ。それなのにぶら下がっている。肖像権侵害ですよ。それでぎょっとしてね。ところが中を読んだら、茂木のモの字も出ていない。だから抗議をしました。そうしたら、大変申し訳ございませんと便箋で2枚ぐらい、それでおしまい。

尾池 先ほどの井野さんの話で、公的な機関で

ないといけないとありましたが、それにこたえるには、やはり地震火山庁とかそれが一番大事だと思っています。茂木先生がいらっやって申し訳ないけれど、地震予知連絡会というのは公的機関の情報源という意味では中途半端ですね。

茂木 東海地震の問題で、警戒宣言というのはちゃんと決めてあるわけです。判定会長からの情報で気象庁長官が判断して、内閣総理大臣にいて、警戒宣言を出す。その場合はこういうことをやると、具体的にはっきり決まっている。だからこれは動きます。動くけれども、それは1日7,000億円というような社会的損失、これが何日続くかわかりません。今、東海地震については、人びとを動かす行政的な規則としてはそういう情報しかないのです。それか何もしないかどちらかなのです。

白か黒か灰色か

萩原 白か黒かではなく、茂木先生が提唱された灰色判定はどうでしょう。

茂木 それをやらないとだめだとぼくは思います。その場合は、たとえば新幹線は徐行する。高速道路も徐行する。今の警戒宣言だと、全面交通ストップ。病院の窓口も閉鎖。デパートとか銀行、みんな閉鎖。極端もいいところです。それだと日本列島はマヒですね。そんなのを出せる人はいますか。気象庁長官は責任ととっているけれど、「私、辞めます」と言っても、ああ、そうですかというだけの話で、責任をとれるはずはない。

今のような警戒宣言が出されると、関東圏と関西・中京圏の間の物流も人の流れも全部ストップする。そんな状況が続いたら困るので、たぶん警戒宣言を出せない。これを出す勇気のある人はいないと思う。だから白黒の間、つまり新幹線なら徐行する。徐行すれば、ちょっと遅れる。雪が降っても遅れるわけで、物資にしろ人にしろ、いずれは届く。だからマヒはしない。血液が止まるか止まらないかとい

うのと同じでね。

今度の阪神大地震のときに、幸い、新幹線はまだスタートしていなかった。あれは時間帯として非常によかった。私鉄はもう走っていた。ところが、私鉄はのろのろでそんなにスピードを出さない。だから、それによる死者はほとんど出なかった。スピードがのろければ対応できるのです。

尾池 非常に情報に対してリジッドに対策をとられているから、ガチガチなのでしょうね。許されないという情報なのでしょうね。たとえば政府の出す情報でも、経済予測などはほとんど当たらないではないですか。だけど、まあまあというのでなんとなく許されて、世の中動いているではないですか。その程度の地震情報であれば使えると思うのです。それぞれ自分が考えて対応する。

茂木 灰色判定に対してどういう反対が出たかという、天気予報なら注意報というのがあるけれど雨の場合、たとえば50ミリなら警報を出す、20ミリなら注意報を出すというので、量的に出せる。ところが、地震予知の場合はそういう尺度がないというわけです。たとえばの話、判定会のメンバー6人が全員、これは地震が起こるぞというときは黒。2人は黒だけど4人はそうじゃない、というぐらいなら灰色。そのくらいやればいい。けっこう定量的でしょう。

井野 先生がおっしゃられたその考え方は、だれもみんな理解します。反対はしないのですが、しかし制度上、それを扱う方法が今の法律はできていないわけです。

茂木 原田昇左右さんが国会で、私に注意報のことを質問したことがあります。そのとき、大変ごもったもな貴重なご意見で、ぜひ行政に活かしたい。原田さんは、これは今の地震法運用の範囲でできることですから、とっていました。

井野 運用でもできないと思うのです。たとえば今の新幹線を減速するというのはだれも理解します。けれども、新幹線の運転手が個人で減

速すれば、業務上、訓戒かなにかになってしま
うのです。それをもしJR東海がやるとすれ
ば、計画にきちっと書かなければいけない。だ
から先ほどお話し申し上げたように、公にそう
いうのは認めますよ、ということ言えばいい
のですが、今の制度上、そういうふうには言え
ないのです。そこを変更しない限り、先生がお
っしゃられることはみんな賛成するけれども、
できないのです。

茂木 でも、それをみんな理解してそうすべ
きだといっているのだとすると、東海地震が起
りそうな変化が出たときはどうするのですか。
対応できない。つまり大規模地震対策特別措
置法というのは絵に書いたモチであるというこ
とになりかねない。

井野 そうかもしれない。もし予測ができて警
戒宣言が発せられれば、これは大儲けだと思っ
ています。阪神のように突然やってきて泡を食
うより、今まで20年間やってきたというのは
かなり実績がありますよ。

茂木 みんなもっともだと思っている主張が
これだけあるのに、それで動かないというのは
……。

井野 動かないというのではなくて、そこを動
かすように言う場所が違うのです。たとえばグ
レーを出すときに、だれが出すの、どういう基
準のときにグレーにするの、というところを詰
めていくと、なかなか説明がつかないことにな
ってしまうと思うのです。警戒宣言というの
は、今のルールでは、判定会がある種の決定を
すれば出せるようになっていくわけでしょう。

茂木 だから、6人中2人なら灰色を出す。

井野 灰色というのは決めてないから出ないの
です。

茂木 だからつくるのです。

井野 そうすると、つくるための基準はどうす
るのですかという話になる。どういうときに灰
色にして、ほんとうに白いのが汚れた灰色から
真っ黒くなる灰色まで、いろいろ対応が変わっ
てくると思うのです。それをどうするかという
技術論がなかなかできないのです。

尾池 これは実例がないから決まらないので
しょう。3回ぐらいこんなことがあったら、や
はりこれは必要だということになる。震度だっ
て、一つ大震災が出るたびに変わっている。福
井地震で変わったけれど、そんなものです。だ
から東海地震が起こったときには変わります。

茂木 1回起こったら、日本は沈没する。だか
ら、1, 2回体験したらというわけにはいきな
いでしょう。

井野 私も役人としての返事をしたのではない
ですから。もうちょっと言わせてもらえれば、
今、国で活断層調査などやります。そうすると、
発生の周期が700年とかいう数字が出てきま
すね。今度は調査した地方自治体の人たちに対
策を考えろというふうには話が変わってきてい
る。だけど、調べた国のほうの姿勢がはっきりみ
えない。活断層をまたぐ幹線道路もあり鉄道も
あり、そういったところの対策は何もやらずに、
住民に対して対策をとれとれといっても、国と
か県がそういう対策をやらない限り、住民は信
用しないです。そういうのが今、どこでも同じ
ことで悩んでいます。

茂木 そういう情報を出すから自分で考えな
さいという先ほどのやり方はよくない。自分で
考えてなさいといっても、考えようがない。

井野 そこら辺は一致しましたね。

茂木 そのために私は、灰色に対する国の取り
決めをつくるべきであると言っているのです。
灰色の情報をただ出すのではなくて、国の責任
で取り決めをして欲しい。

井野 もう一つ、今の活断層に付随して困っ
ているのは、たとえば活断層が動いたときの変位
量が7mとか8mという数字が出てまいりま
す。それに対する現在の技術が合わないです。
7m, 8mの変位するものを吸収するような構
造物は今ではつくれない。だからそこで、今度は
技術的にも困ってしまう。

片や、動いた周辺の土地を、たとえばアメリ
カのように規制をするという発想もある。そう
すると、そこに住んでいる人は突然規制され
て、今の民法上、土地の私有権が押さえられて

しまう。そういう矛盾がみんな住民へきてしまっていて、上で実際に調査した機関は情報を提供しただけで終わってしまう。

茂木 行政と研究者がつながっていないからです。それが大きな欠陥だと思います。行政と研究者をつなげなければならない典型的な例は判定会です。われわれには責任がないなどと言っているが、そうではなくて、これは一緒に考える。だから、井野さんが言っているのは現場の悩みですね。

萩原 既に予定の時間が過ぎてしまいました。座長の不手際で、座談会のテーマ静穏期と活動期が灰色問題にシフトしてしまいました。しかしこれはこれで今日の座談会のまとめの一つですね。

尾池 少なくとも問題点が出てきたのを羅列するだけでも、私は意味があると思います。静穏期と活動期の学術的な話から始まって、それが社会に還元されようというときにはこんな問題があるのだというのは、多くの人に知ってほしいことだと思います。

萩原 お話は尽きないものとは思いますが、今の尾池先生のご発言を本日の座談会のまとめとさせていただきます。本日はありがとうございました。

—終わり—

芸予地震に関するコメント（追加）

2001年3月24日の芸予地震では、死者2名を含む被害が発生した。「活動期と静穏期」の視点から、この地震は無視できないものと思われる。座談会終了後ではあるが、座談者から急拠コメントを頂いたので、座談会記事に追加する。

茂木 3月24日15時28分、安芸灘でM6.4（暫定値、 M_w は6.8）の大きい地震が起こり、広範囲にわたって強い震動に見舞われ、死者、負傷者、家屋の倒壊などのかなりの被害があった。不幸中の幸いというべきであるが震央が安

芸灘にあり、深さが50km前後とあまり浅くなかったことで、地震の大きさの割合には被害は大きくなかった。

安芸灘は比較的地震の多い所で、1905年にはM7.3の大きい地震が起こったことがあり、注意を要する所として、地震予知連絡会が「特定観測地域」に指定していた範囲にある。

1995年兵庫県南部地震が発生した翌日臨時地震予知連絡会を開催したが、その直後の記者会見で、会長見解として「西日本が活動期に入った可能性がある」と述べた。南海地震に先行して40～50年前から、その陸側にあたる西日本が活発化し、M7クラスの大きい地震が多発するという特性を考え、兵庫県南部地震はその先行的地震である可能性があると考えたからであった。また、もう少し小さい地震の活動も増加の傾向にあった。

その6年後の2000年10月6日には、鳥取県と島根県の県境の日本海側で、M7.3の鳥取県西部地震が起こった。兵庫県南部地震では活断層で起こった地震ということで活断層が世の注目をひいたが、鳥取県西部地震に対応する活断層は全く見られず、問題を提起している。しかし、その地震活動に注目すると、日本海沿岸に沿う地震帯の空白部に起こっており、このような地震活動に注目して、予知連はこの地域を「特定観測地域」に指定していたのである。

その約5カ月後に今回の安芸灘の地震が起こった。兵庫県から始まり、鳥取県西部、安芸灘にM7級の大きい浅い地震がいずれも「特定観測地域」内で起こったことは、「西日本が活動的な時期に入った」ということを示しており、また地震の長期予測がかなり成功したといえるのではないだろうか。今後も注意してゆく必要があると思う。

岡田 2001年3月24日、瀬戸内海安芸灘の直下約50kmの深さに発生したM6.4（気象庁暫定値）の地震は、南海トラフより沈み込んだフィリピン海プレートの先端部付近で生じたスラブ内地震である。このようなスラブ内地震と南海トラフにおけるプレート間地震との因果関

係については、現在のところ確立した学説はない。

今回の地震は、座談会の本文で尾池先生が説明されている「南海地震前に内陸の地震が活発化する」という対象領域からは、地域的にも震源の深さからも外れたところで発生した。一方、今回の地震の前身と考えられる1905年芸予地震(M7.3)は1854年および1946年南海地震のほぼ中間の時期に発生しており、活動期と静穏期のどちらに属していたかを言うのはむづかしい。いずれにせよ、西日本では全体的に地震活動度が高まっているように思われ、今後の推移に注目したい。

尾池 フィリピン海プレートは西日本の下に南海トラフから北西方向にもぐり込んでいるのだが、そのプレートの境界のかみつき方(カップリングという)は強いので、はずれたとき巨大地震が起こる。そのもぐり込み口のすぐ西、ちょうど高知県西部の沖あたりには、プレート境界の地震が全然起こらないところがある。つまり、その部分ではフィリピン海プレートはするするともぐり込んで安芸灘の下あたりでマントルを押ししている。そのように考えると、西日本の浅い地震の活動期の最初の段階で芸予地震が起こるのは納得できる。南海地震の直後にも、同じ所で起こりやすくなると言える。

井野 今回、人的被害は意外な形で発生した。揺れに驚いて屋外に飛び出した女性が落下した自宅のベランダの下敷きとなって死亡したこと

と、隣家の側壁が壊れ押し潰されて被害にあった例とである。共に側に人が居たのに救出できなかったため、消防の救助も間に合わなかったという。

阪神・淡路大震災以降、災害対策基本法の改定や地震防災対策特別措置法が制定されたほか、被災者生活再建支援法など地震対策全般にわたり飛躍的な制度の改善が行われた。一方、地方自治体が行う職員研修の教材として災害時の危機管理が取り入れられ、さらに緊急時に専門とする人材を確保するための自治体相互応援協定も盛んに結ばれ、一段と災害対策を意識した態勢に整えられつつある。しかし、災害時の対応状況から推察すると、行政ばかりでなく住民側にも大震災の教訓が風化し始めているように思われる。各自治体では被害状況の把握に戸惑い、住民の救援には時間が掛かり、防災責任者も「地域防災計画が現状と合わないの見直したい」という反省もあった。さらに防災計画を行動マニュアルと誤解し、災害発生時の基本的な対応が忘れられかけている点にも注目したい。

大震災後、中国、四国地方の自治体からも職員研修の講師の依頼を受けた際、平常時の地震対策と発災時の応急対策の必要性を説いてきた。そのことは今になってみると、地味ではあるが人材育成が如何に重要であるかを再認識した芸予地震であった。

鳥取県西部地震と兵庫県北部の地震

渡辺邦彦

1. はじめに

2000年10月6日(金)13時30分、鳥取県西部を震源とするMj 7.3(以後、Mjは気象庁マグニチュード)の地震が発生した。鳥取県境港市および日野町で震度6強、西伯町、溝口町で震度6弱が記録された。幸いにして亡くなった方は居られなかったが、怪我をされた方が147名、全壊住家428棟、道路の損壊やがけ崩れ1,000余箇所などの多くの被害があった(消防庁調、平成13年3月6日現在)。

この鳥取県西部地震は発生環境にいくつかの特徴があった。活断層が認められていなかったところに発生したこと、歪の蓄積が少ないと考えられる領域であること、10年以上前からM5級の地震活動が継続的に起きていた同じところに発生したこと、などである。

鳥根県東部から鳥取県西部にかけては、地震予知連絡会によって「鳥根県東部特定観測地域」に指定されている。今回の地震はこの領域の東端に発生した。これが、880年の出雲地震の再来として特定観測地域を埋めたと考えるか、それとも空白域周辺の活動と捉えるかも問題である。

鳥取県西部地震の発生から3か月経過し、余震活動も減衰傾向にあることが認められかけた2001年1月12日08時00分、今回の震源域から東へ約100kmはなれた兵庫県北部にMj 5.4の地震が発生した。兵庫県美方町、温泉町、鳥取市などで震度4が記録され、一部に被害を生じた。

山陰地方を東西に眺めると、東から順に、北丹後地震、北但馬地震、鳥取地震、鳥取県西部地震というように、20世紀に入ってから、内陸の大地震活動が日本海沿いに点々と連なっている。兵庫

県北部の地震は、北但馬地震と鳥取地震に挟まれた、いわば空白域ともいえる領域に発生した地震として注目された。

鳥取県西部地震に関しては、各機関によって多くの臨時観測や調査が実施され、現在鋭意解析中である。兵庫県北部の地震は、規模は小さいが、気象庁や京都大学もそれぞれ臨時観測点を設けて活動の把握に努めている。日本海沿岸の地震活動を長年にわたって調べてきた筆者らは、これら二つの地震活動を、山陰地方全体の広域かつ長期にわたる地震活動の変遷の観点から概観してみたい。

2. 鳥取県西部地震

2-1. 本震と余震活動

鳥取県西部地震の諸元は、京大SATARNシステムによれば、震源時刻は2000年10月06日13時30分18.1秒、震源座標は、東経133.3515度、北緯35.2667度、深さ11.9kmとされる。図1に本震、余震分布と本震のメカニズムを示す。本震も余震の多くも、東西方向ないし東西からやや時計方向に回転したP軸を有する左横ずれ型を示していて、余震の空間分布と総じて調和的である。また、図2に本震から約3か月間の地震活動の時間的推移を示す。その後も現在までのところ、地震活動は順調に減衰している。

余震の空間的分布は、割り算記号型、あるいは%型といわれるように、中央に長く延びる主たるグループとその両側に離れた活動の、計三つのグループに分かれた。主たる余震グループは、米子市、安来市から西伯町、日野町にかけて、北北西～南南東方向に細長く約40kmにわたっている。そのうち、本震から南南東方向の余震が比較的狭い範囲に細長く分布するのに対し、北北西方向の

SATARN.TTT 2000OCT01 - 2001MAR20

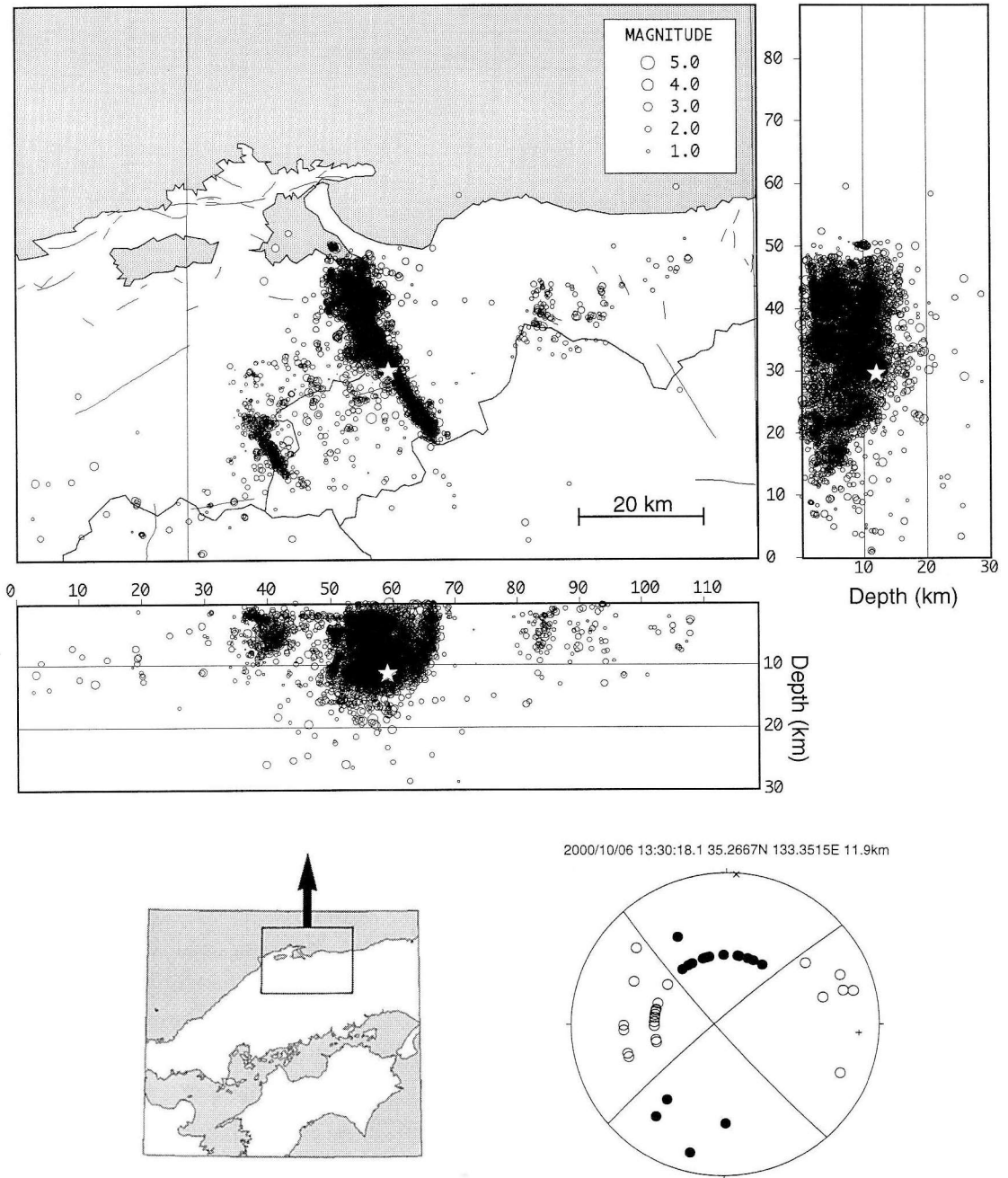


図1 京大 SATARN システムによる本震 (☆) 余震分布 (2000.10. 1~2001.3.20.) と本震の発震機構 (上半球). (片尾, 大見に加筆)

余震は分布の幅が広がり、全体としてやや時計方向に回転している。余震域の時間的拡大を見ると、南南東側に狭く分布する余震は、本震発生から3-6時間後には現在の分布域まで到達したと思

われる。北北西側に幅広く分布する余震は、少し遅れて1日程度でやはり現在の分布域に達している。北北西側に広がった領域は、“米子コールドロン”といわれる火山性陥没構造にほぼ対応し(小

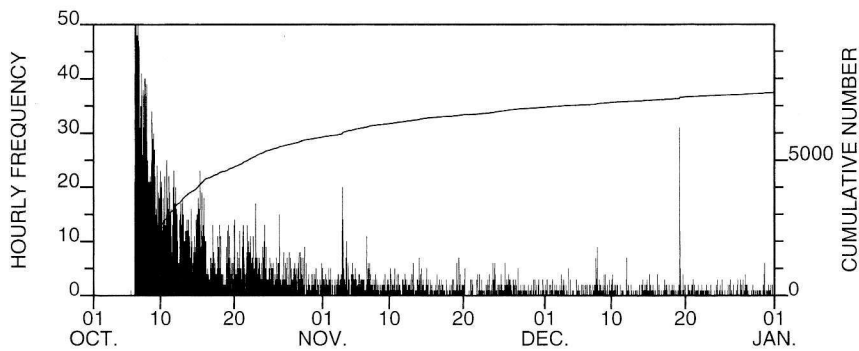


図2 本震後約3か月間の地震活動の推移（時間毎発生数と積算個数，大見による）

室，2000），基盤がいろんな方向に破碎されているとも考えられ，それを反映した余震分布を示している可能性がある。本震の南に東北東～西南西に伸びる鎌倉山南方断層を境にして，地体構造が異なることも考えられる。

このグループから東へ約30 km離れた大山の東麓辺りに，本震からほぼ1日遅れて誘発的余震活動が始まった。この辺りは，1943年鳥取地震の余震活動の西の端にあたる。このグループは全体としては鳥取地震の余震の並びと同じ傾向で，海岸線に平行に東北東に延びているが，仔細に見ると，海岸線に直交するような北北西～南南東の小さなクラスターも認められる。主たる余震分布とこの東側グループの間には，山陰地方で最大の第四紀火山である大山の山体がある。一般的に第四紀火山の山体には火山地震以外の自然地震の発生が少ないという報告（渡辺，1980）もあるが，微小地震観測以来今回まで，大山山体に地震は少ない。

主たるグループから西に約25 km離れた，島根県横田町辺りに，本震から2日後の10月08日13時17分にMj5.5の地震が発生した。この地震が現在までの最大余震である。西側の，やはり誘発的と思われるこの余震活動は，主たる余震活動とほぼ平行で，北北西～南南東の走向を示す。この西側グループと主たるグループの間いくつかの小さな余震クラスターがみられるが，これらはおおむね北北西～南南東と東北東～西南西の互いに共役な走向を示している。

以上から，余震の分布は，北北西～南南東系のいく筋かの並びで構成され，これが割り算型と言

われる所以であろう。この走向と分布パターンは，1943年鳥取地震を除き，山陰地域の主だった地震活動にしばしば見られ，1983年の鳥取県中部地震（M6.2）でも明瞭な割り算型分布が認められている（Nishida，1990）。さらに，今回のように規模が大きな活動の場合，それに直行する東北東～西南西の，すなわち日本海の海岸線に平行な走向の活動も幾分認められる。以上から，山陰地方は表層に活断層は認められにくい，潜在的には，海岸線に平行な東北東～西南西の構造と，それに直交する北北西～南南東の構造とが組み合わさっていて，地震活動もそれを反映しているように見える。

国土地理院（2000）はGPS観測結果に余震分布を加味して，北北西～南南東走向の長さ20 km，幅10 km，西傾斜約86度の断層が地表下1 kmまで達していて，それが約1.4 mのほぼ左横ずれ（滑り角-7度）をしたという断層モデルを示した。しかし，例えば「新編日本の活断層」には，この地震活動に該当すると考え得る活断層は記載されていない。付近には，余震分布に直行する東北東～西南西走向の鎌倉山南方断層（確実度Ⅲ，長さ8 km）が示されているのみである。地震直後の調査で，震源域近傍に地表クラックが見出されたが，震源断層が地表に出現したと考えるには，変位量が小さいように思われる。なお，国土地理院モデルではモーメントマグニチュードは6.6となり，Mj7.3との差異も議論された。また，剪断歪み速度が小さい領域で発生したとの指摘もあった。

2-2. この地域の過去の M5 級地震活動

この地域には 1989 年以來、M5 級地震に伴う地震活動が何度か発生していた。それらと今回の活動を図 3 に示す。要約すると、1989 年 10 月 27 日 Mj5.3、同 11 月 2 日 Mj5.4 に伴う活動は、上記の鎌倉山南方断層の南側に発生した。1 年後の 1990 年 11 月 21 日 Mj5.1、11 月 23 日 Mj5.2、12 月 1 日 Mj5.1 と、M5 級が 3 回連続発生した。これらの活動は鎌倉山南方断層の北側であった。その後数年間は静穏であったが、その間の 1991 年 8 月 29 日にやや西に離れた島根県東部に Mj5.9 が発生した。1997 年 9 月 4 日には、再び今回の活動域に Mj5.4 の地震が発生した。この活動は、鎌倉山南方断層の両側に伸びた。このことから、1989 年、1990 年の地震の際には、鎌倉山南方断層が何らかの意味でバリアーとして働いたため地震活動はこれを越えなかったが、1997 の活動では鎌倉山南方断層はもはやバリアーとして機能しなかったと考えることもできる。

今回の地震活動と、上述の 1989 年以來の M5 級地震活動は、マスターイベント法による精度の範囲内で、殆ど重複した位置に起きている。地震発生数の積算曲線を見ても、1989 年の M5 級地震の発生で活発化が始まり、一つの活動が終結するまでに次々と M5 級活動が続いたように見える。今にしてみれば、10 年前から M5 級地震を核とする前駆的地震活動が始まっていたと考えるべきであったかもしれない。ただ筆者に限れば、この地域は大地震に至るまでエネルギーを蓄積することができず、高々 M5 級地震で解消する特性をもった地域であると漠然と考えていた。

この地震の断層面状での滑り量の分布（岩田ほか、2000）と上述の M5 級地震分布を重ねて図 4 に示す（澁谷ほか、2001）。これによれば、滑り量の大きな領域は、1989 年以來数度にわたる M5 級地震の活動領域を取り囲むように、断層の中央浅部から東南にやや深く伸びている。10 数年の活動で残っていた浅部のアスペリティが一挙に破壊されて M7 級に発展したとも考えられる。また、今回の余震分布と滑り量分布を見ても、滑り量の大きいところは余震が少ないという、相補性が見

られるようである。

2-3. 震源域の深部構造

今回の地震に先立って、震源断層の深部延長上辺りに低周波地震があったことが記録の精査により発見された。数年前以來このかた数個の報告があるが、特に本震の 9 時間前にも約 32 km 深さに発生していたことが確認された（大見、2001）。これは、地殻深部の流動性に伴う応力集中機構を考える上で、有力な示唆を与えるものである。この地震は、震源に比較的近い多里観測点の連続記録から見出されたもので、トリガー方式では検知できなかった。今後の地震観測方式を見なおす上でも重要な例である。

電磁気グループでは従前から、山陰海岸に平行にのびる鳥取地震域に直交する数本の測線で、地殻深部流体が地震活動を規定するとの仮説の検証のための比抵抗構造探査を実施していた。鳥取県西部地震の直後からは、震源域での探査を実施した。その結果、震央のすぐ南の測点では、地殻深部に低比抵抗層が存在する構造が得られた（塩崎ほか、2001）。

従来より地震波反射面の存在が指摘されていたこととも併せて、鳥取県西部地震の震源域の下部地殻には地殻内流体の存在が推察される。このような観点から下部地殻の構造を求めることは、内陸地震を発生させるメカニズムの解明に役立つであろう。そこで得られた知見と計測・解析手法を、既存の空白域に適用することで、その地域の地震発生ポテンシャルが高いか低いかを推測できる可能性がある。

2-4. 諸 調 査

地震の直後から、地元大学をはじめ関係機関による被害調査が実施された。特に、震源域から北へ離れた弓ヶ浜地域等では液状化被害が注目された。また震央付近では住宅被害や斜面崩壊、道路損壊などの被害が多かった。これらの詳細については、各報告書等（例えば、梅田、2001）を参照されたい。

地震発生の 1 週間後からは、全国の大学等の合同によって 70 点余からなる稠密余震観測が実施された。パイプロサイズによる構造調査や本震の

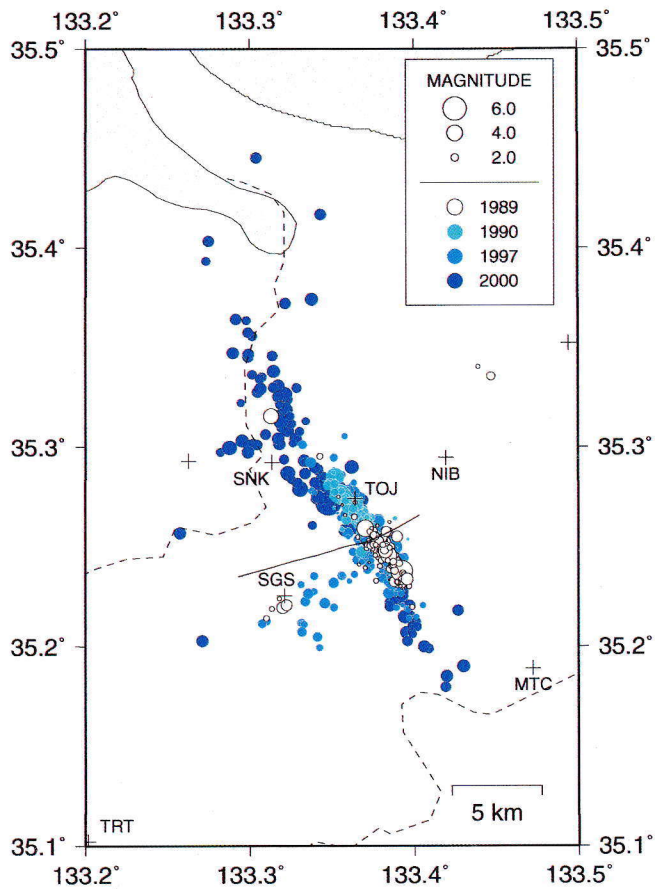


図 3 過去の M5 級活動と 2000 年鳥取県西部地震の震央分布 (澁谷による)

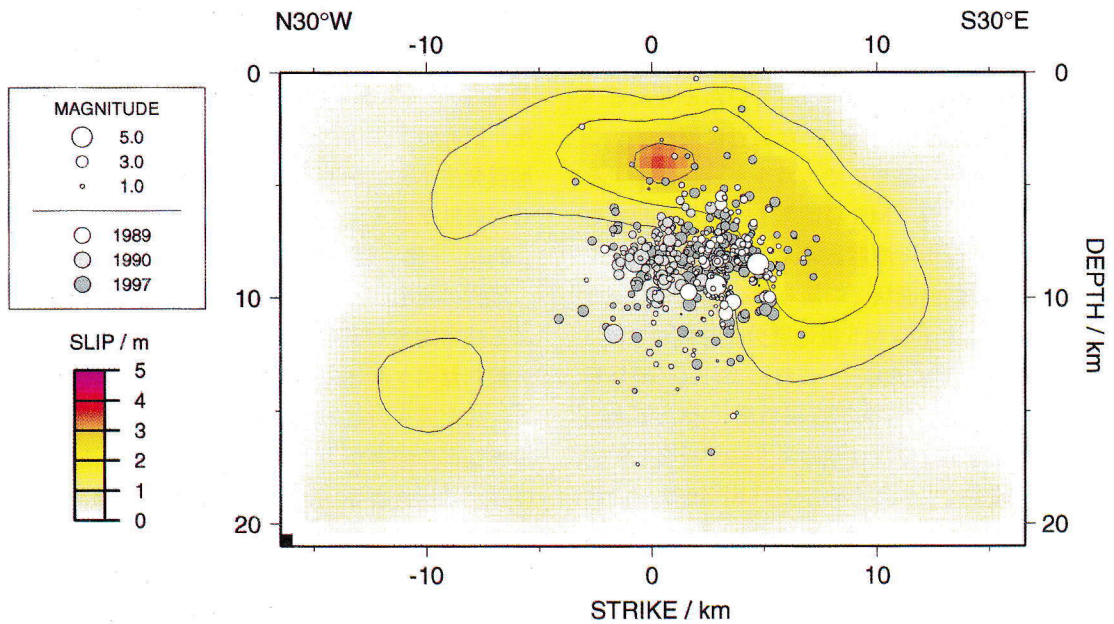
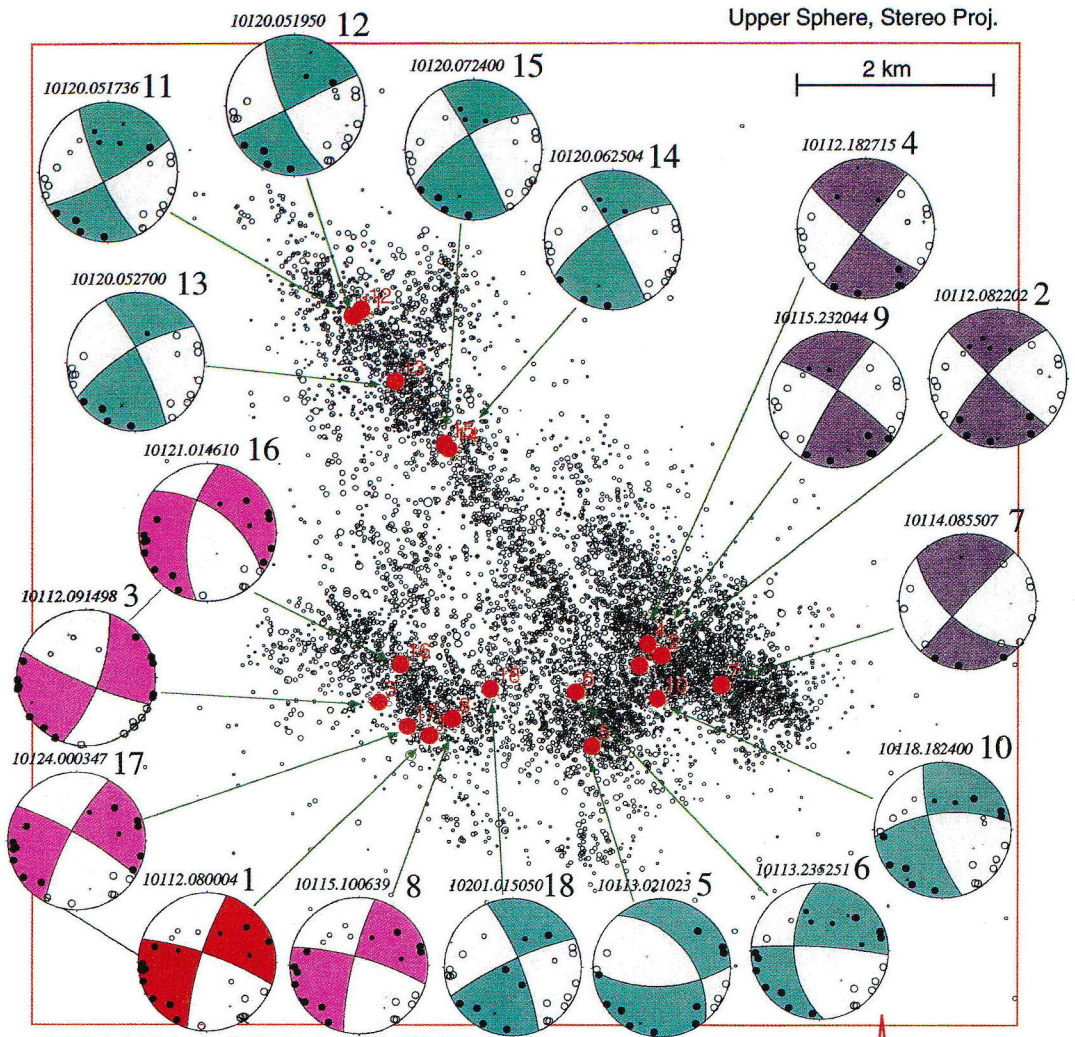


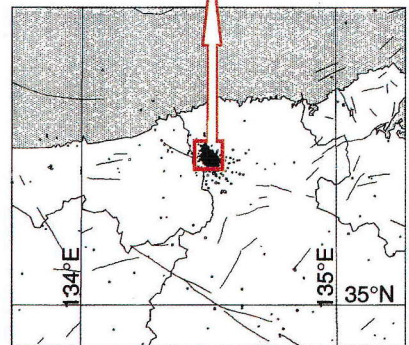
図 4 本震の滑り量分布 (岩田ほか, 2000) と過去の M5 級活動 (澁谷による)

兵庫県北部の地震と主な余震のメカニズム解



2001JAN12-FEB11 (SATARN)

No.	Year	Mo	Dy	hr	mn	sec	Lat.	Long.	Depth	Mj
1	2001	01	12	08	00	04.403	35.45907	134.48935	8.263	5.4
2	2001	01	12	08	22	02.976	35.46650	134.51544	8.923	3.7
3	2001	01	12	09	14	57.038	35.46215	134.48371	5.738	3.8
4	2001	01	12	18	27	15.365	35.46756	134.51387	8.276	3.8
5	2001	01	13	02	10	23.249	35.45807	134.50761	7.933	3.7
6	2001	01	13	23	52	51.729	35.46310	134.50577	8.517	3.6
7	2001	01	14	08	55	07.186	35.46378	134.52202	7.415	4.1
8	2001	01	15	10	06	39.048	35.46062	134.49195	8.532	3.7
9	2001	01	15	23	20	44.704	35.46556	134.51297	9.629	4.4
10	2001	01	18	18	24	00.650	35.46250	134.51494	9.911	3.6
11	2001	01	20	05	17	36.233	35.49777	134.48081	8.781	3.9
12	2001	01	20	05	19	50.620	35.49840	134.48170	10.080	4.7
13	2001	01	20	05	27	00.460	35.49180	134.48550	8.610	4.1
14	2001	01	20	06	25	04.430	35.48560	134.49145	7.876	3.8
15	2001	01	20	07	23	59.692	35.48606	134.49101	8.106	4.5
16	2001	01	21	01	46	10.510	35.46570	134.48610	8.800	3.7
17	2001	01	24	00	03	47.530	35.45990	134.48690	8.930	4.2
18	2001	02	01	01	50	50.310	35.46340	134.49620	9.200	3.9



2001APR12@RCEP, DPRI, Kyoto-u (H. KATAO)

図 5 兵庫県北部の地震活動の震央分布と主な地震の発震機構 (片尾による)

震央近傍でのトラップ波観測，強震観測，GPS 観測班による余効変動観測，電磁気グループによる MT 観測による構造調査等々，多くの項目の調査がなされた。これらの各種観測・調査については，それぞれのグループで現在解析中で，その結果が待たれている。

3. 兵庫県北部の地震

3-1. 震源分布と発震機構

鳥取県西部地震の余震活動がやや落ち着き始めた 2000 年 12 月上旬から，兵庫県北部に小規模の群発地震が発生した。その活動は Mj 3.1 を筆頭に 90 個ほどの地震を記録して 12 月中にはほぼ終了したかと思われたが，2001 年 1 月 12 日，ほぼ同じ場所に Mj 5.4 の地震が発生した。京大 SATARN システムによれば，震源時刻は 08 時 00 分 04.6 秒，震源座標は，東経 134.488 度，北緯 35.461 度，深さ 7.2 km とされる。兵庫県，京都府の北部および鳥取県東部で震度 4 が記録され，土砂崩れや建物の損壊などの被害があった。図 5 に震央分布と主な地震の発震機構を併せて示す。

震源分布は，時間的，空間的かつ発震機構的に三つないし四つのクラスターに分けることができる。狭い領域ながらやはり割り算型のように見える。ただし，本震は中央ではなく西南端のクラスターに含まれる。図 5 から分かるように，本震（赤）とそのクラスター内の主な余震（ピンク）の主圧力軸は，ほぼ南南東～北北西方向を示した。これは西日本の平均的主応力軸に比べてかなり南北に立っている。その後，余震活動は東へ移った。ここでは，西北西～東南東方向の主圧力のグループ（青）とその東隣に位置する東西からやや反時計方向の主圧力軸グループ（紫）とに分けられる。本震から 8 日後には活動の中心が最大余震 M 4.7 を含む北西側に移り，応力軸方向は東西からやや時計方向に回転する（青）。差し渡し数 km の狭い範囲内の地震活動の主圧力軸が系統的に変化することは，局所的な地体構造に支配されている可能性を示唆している。

図 6 に地震活動開始以来の余震の頻度分布

（SATARN システム）と M-T 分布（気象庁マグニチュード）を示す。本震の割に規模が大きな余震が多数発生したことから，群発的活動か本震-余震型かとの議論もあったが，活動は現在まで，順調に減衰している。

3-2. 活断層と過去の地震活動

震源域は，鳥取地震域と北但馬地震域の中間に位置し，比較的低活動の領域として注目されていた。この地域の活断層としては，鳥取県東部から南東方向にのびる確実度Ⅱの雨滝-釜戸断層（鳥取県，2000）と，その南東端から共役に北東方向に向かう確実度Ⅱの扇ノ山北東断層がある。また，震源域の北端から北東方向に湯村地質断層がのびている。山陰地方の構造は，これまで述べてきたように，海岸線に平行な東北東～西南西方向と，海岸線に直交する北北西～南南東方向が卓越するが，その中で，鳥取地震と北但馬地震に挟まれたこの地域だけがこれらと斜交する構造であるのは特異である。ただ，今回の兵庫県北部の地震活動とこれら既存の活断層や地質断層との関係は不明である。

兵庫県北部の海岸近くに 1949 年にいわゆる浜坂の地震（M 6.3）が発生し，小被害があった。その後の当地域の活動は比較的低調であったが，西田ほか（1998）によれば，湯村断層に沿って北東から南西に向かう活動が，兵庫県南部地震の前年 1994 年に認められている。しかし，今回の活動域とは一致しない。

4. 山陰地方の大地震活動と空白領域

図 7 に歴史地震から最近までの山陰地方の大地震分布を示す。880 年の出雲の地震（M 7 級）以来 1000 年ほど大地震の記録はない。その後 1872 年の浜田地震（M 7.1）が島根県沖に発生してから現在まで，山陰地方には内陸大地震が続発している。特に 20 世紀に入って，北但馬地震（1925 年，M 6.8），北丹後地震（1927 年，M 7.3），鳥取地震（1943 年，M 7.2）という M 7 級大地震が相次いだ。これらはいずれも，1944 年東南海地震（M 7.9）および 1946 年南海地震（M 8.0）に先駆けて

HYOGO-KEN HOKUBU SWARM

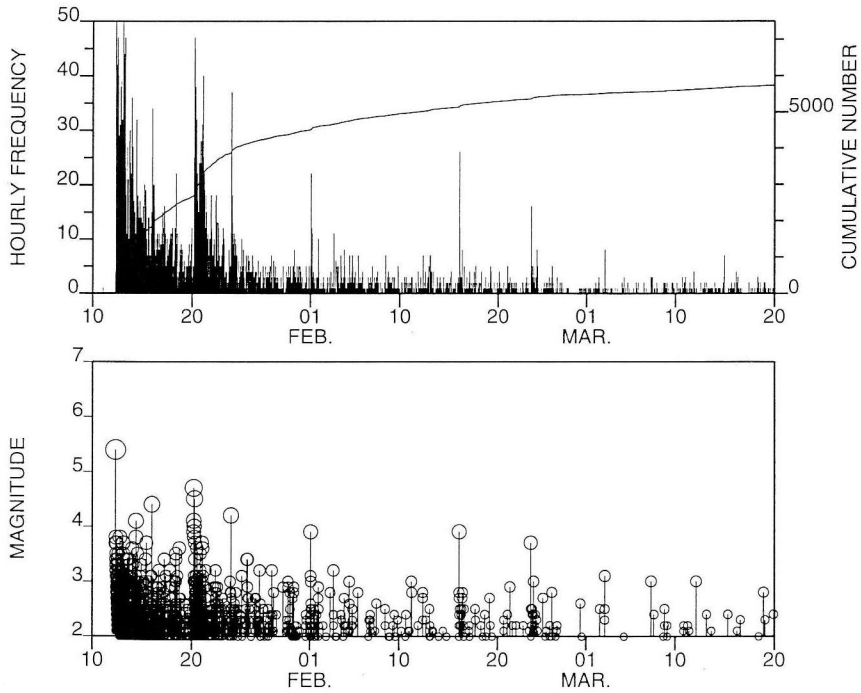


図 6 地震発生数の推移（京大 SATARN システムによる）と Mag. の時間分布（気象庁データ）

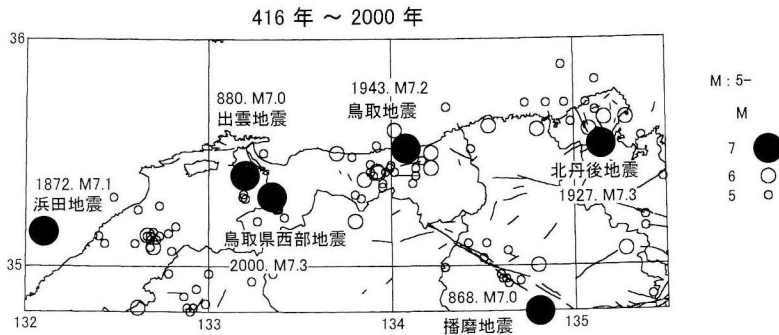


図 7 山陰地方の過去の大地震活動（seis-pc による）. M7 級を●で示す.

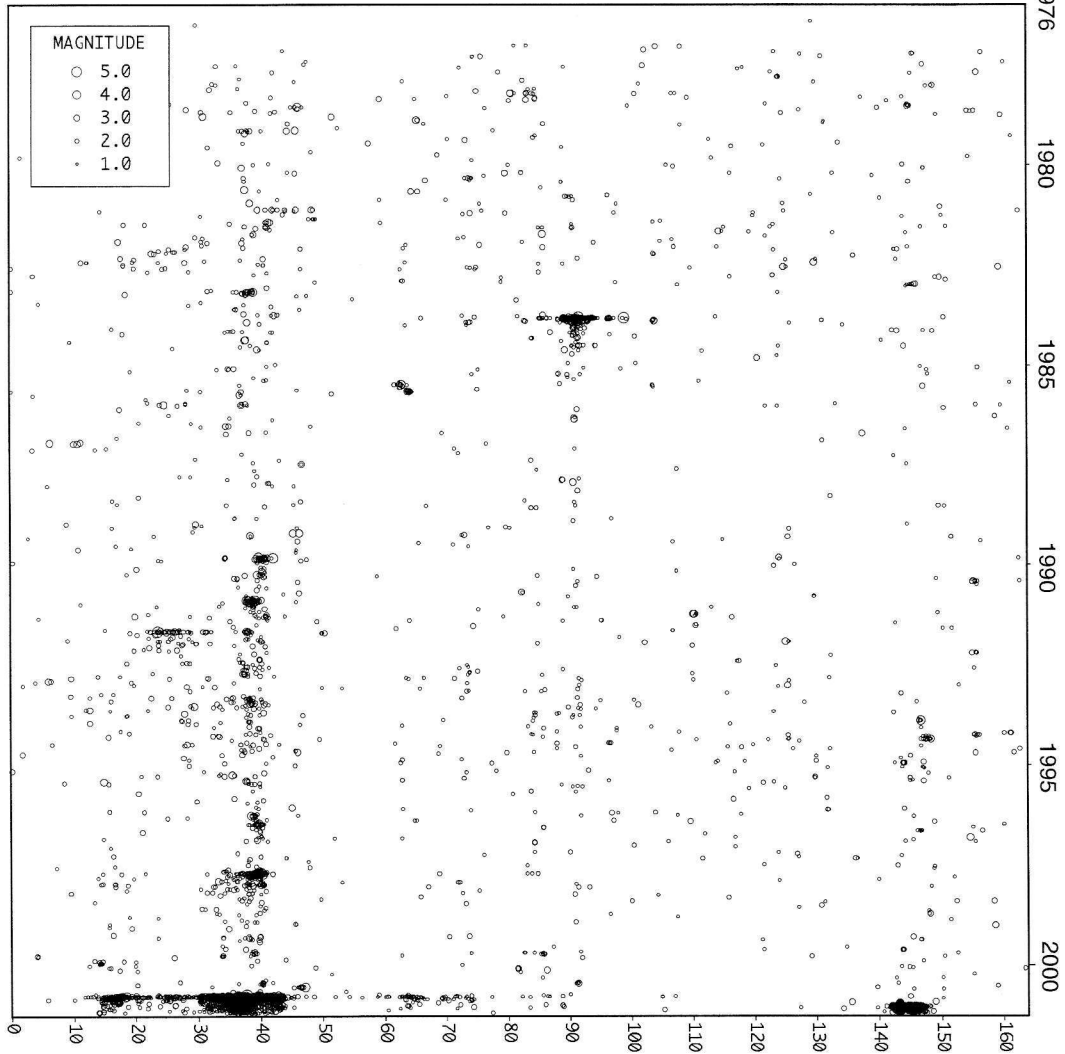
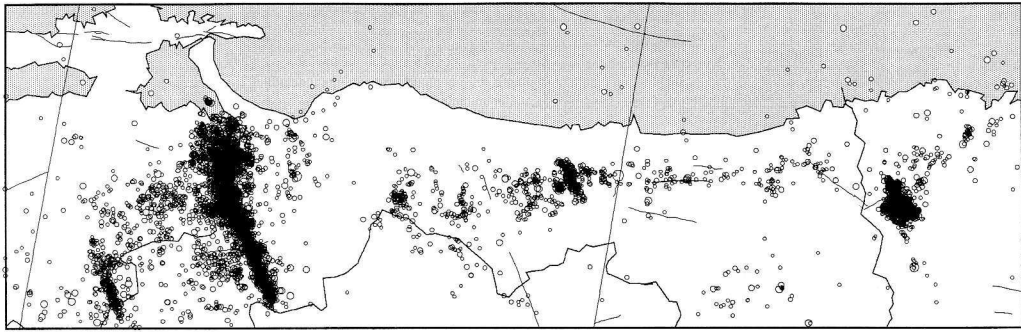
発生している.

しかし山陰地方がこれらの大地震ですべて埋められているわけではない. これらの M7 級地震は大体 70~100 km 間隔で発生しており, M7 級の震源域のディメンジョンを 30~50 km とすれば, 隣接する活動域の間に M6~M7 級地震を起こし得る規模の空白領域が残されている.

東南海・南海地震の後, M7 級地震は発生しなかったが, 1978 年鳥根県中部の地震 (M 6.1), 1983 年鳥取県中部地震 (M 6.2) が起こり, 50 年

後の 1995 年阪神淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震 (M7.3) が発生した. この地震は次の南海地震に先駆ける西日本の内陸地震活発化の始まりと言われた. それから 6 年足らずで今回の鳥取県西部地震の発生をみた. 西日本活発期説を裏づけるような地震であった.

図 8 に, 京大鳥取観測網のテレメータ化以降の山陰地方の地震活動を示す. 鳥取県西部地震の主たる余震域では, 定常的に地震活動は活発であったが, 1989 年以降特に活発化していた. さらに詳



1976 - 2001MAR15
 THANKS+SATARN (RCEP, DPRI, Kyoto Univ.)
 Depth < 30km, M>1.5

図 8 山陰地方の 25 年間の微小地震活動 (M≥1.5)

しく見ると、割り算型余震分布の全域で、地震に先だって2000年初頭から活動が低下していたことが伺われる。兵庫県北部の震源域では、1985年頃から活動は低調であったが、1994年頃から活発化した後、今回の活動に至った。

図8で特に目立った低活動域として、鳥取県東部～兵庫県北部地域、大山周辺域、島根県東部域などが挙げられる。これら低活動域には、本来地震をおこさない領域もあるかもしれないし、近い将来に大地震を起こすポテンシャルを有している領域もあるかもしれない。いずれかを見極めることが次の課題である。

5. おわりに

鳥取県西部地震の領域では稠密余震観測が実施された。起震力を生じると考えられる下部地殻流動体に代表される特徴的構造についての情報が期待される。既に、深部低周波地震の存在や下部地殻の低比抵抗帯の存在も示されている。同様の調査を他の空白領域に適用して、鳥取県西部地震震源域で得られた結果と比較検討することで、その空白領域の起震ポテンシャルの評価を行うことが次に実施すべきことであろう。

また、時間変化の指標としての地下水や電磁気に関する調査・観測も有効と考えられる。山陰地方には温泉が多数あり、自治体や地元による管理と諸調査が進んでいる。地下水は地殻活動に敏感であると言われながら、その局所性のゆえか、系統的な調査研究が開始されて年月は浅い。鳥取県西部地震に関しても、断片的ではあるが、興味ある現象が報告されている。今後、地下水調査の面的展開と、地下水物理量の稠密連続観測を実施して、地下水と地震活動に関する時間的空間的な知見を得ることも重要と考えている。

地震の予知や防災は地域社会との連携なくしてなりたたない。そのために筆者らは、定常的に平素の地震活動情報を研究者サイドの言葉で披瀝することを、一部メディアの協力で開始した。これは、情報化社会の宿命である各種・多様な情報の氾濫に対して、社会が自力で判断できるためにも

有効と考えている。

なお、本稿では、気象庁、文部科学省防災科学技術研究所(Hi-net)、関連大学等のデータを適宜使用させていただいた。鳥取大学西田良平教授、京大防災研究所の諸氏には議論と資料の提供をしていただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 小室裕明, 2000, 私信。
渡辺邦彦, 1980, 北陸地方の地質構造と微小地震分布, 地震, II-33, pp. 79-89。
Nishida, R., 1990, Characteristics of the 1983 Tottori earthquake sequence and its relation to the tectonic stress field, Tectonophysics, vol. 174, pp. 257-278。
国土地理院, 2000, 1. 鳥取県西部地方の地殻変動 5) 鳥取県西部地震に伴う地殻変動と断層モデル, 第139回地震予知連絡会資料, p. 5。
活断層研究会編, 1991, 新編日本の活断層, 東京大学出版会。
岩田知孝, 関口春子, 松元康広, 三宅弘恵, 入倉孝次郎, 2000, 2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源近傍強震動, 日本地震学会2000年度秋季大会鳥取県西部地震特別セッション, T06。
澁谷拓郎ほか, 2001, 鳥取県西部地震(2000年10月6日, Mj=7.3)に先行して発生した1989年, 1990年および1997年の群発的地震活動, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究推進費)研究成果報告書(研究代表者:梅田康弘), 平成13年3月。
大見士朗, 2001, 平成12年鳥取県西部地震～微小地震定常観測網による本震と余震活動～, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究推進費)研究成果報告書(研究代表者:梅田康弘), 平成13年3月。
塩崎一郎ほか, 2001, 鳥取県西部地震震源域の深部比抵抗構造調査, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究推進費)研究成果報告書(研究代表者:梅田康弘), 平成13年3月。
梅田康弘(研究代表者), 2001, 平成12年度科学研究費補助金(特別研究推進費)研究成果報告書, 平成13年3月。
鳥取県, 2000, 雨滝-釜戸断層系に関する調査成果報告書(概要版)。
西田良平, 中尾節郎, 石賀 崇, 西上欽也, 1998, 鳥取県東部およびその周辺の地震活動について, 京大防災研究所年報, 第41号, B-1, pp. 1-9。
石川有三, 中村浩二, 1997, SEIS-PC for Windows95, 地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集, p. 78。

地震工学から見た 鳥取県西部地震の被害

地震動と被害は車の両輪

伯野元彦

1. はじめに

2000年10月6日13時30分に発生した鳥取県西部地震(Mj 7.3, M_w 6.6)は色々な話題を各分野に提供した。それは、1) 地表に活断層の存在を予想させるものがなかった地点でMj 7.3もの地震が起こったこと、2) Mj 7.2の兵庫県南部地震よりはるかに被害が軽く、1人の死者も出なかったこと、が主なものであろう。我々地震工学側から見ると、上記2点はなかなか重大な意味を持っているのである。地震工学は、強い地震によっても被害がなるべく小さくなるような対策を考える学問である。したがって、どのような強さの、どのような性質の地震がくるかを予想して、そのような地震が来てもなるべく施設が壊れないように設計しなければならぬし、もし万一壊れても人命の損失はなるべく少なくしなければならない。さらに、何とか生命には被害が無くても、いわゆる電気、水道、などライフラインと称する我々の生活に快適さを与えている施設の機能も何とか維持したい。

現在、1995年の兵庫県南部地震の経験を踏まえて、重要な構造物に対しては、予想される活断層が活動したとして、地震動を予測して耐震設計するという手法が取り入れられつつある。ただ、今回のように予想もしなかった所にMj 7.3もの地震が起こるとは、困ったことではあるが、工学的見地からすると、そのような大きな地震によって

も、岩盤地帯ではこのように被害が小さいのであるということの一つの証拠になったという意味で重要な地震である。

地震学は、地震とはどういうものであるかを探究する学問であり、地震工学はそのような地震が来た時に構造物が壊れるかどうか重要なのであって、たとえMj 8.0の地震が直下で起こってもそれが構造物に被害を与えなければ結構なのである。表題の副題で、地震動と被害とは車の両輪という意味は、地震工学にとってどのような地震がくるかを予想することも大事だが、その地震で壊れるかどうかを知ることの方が、つまり被害の研究も同じくらい重要であるという意味である。前にも述べたように1995年の兵庫県南部地震を契機として、古い耐震規定を見直すという動きが急である。その場合、ここ数十年の地震学の急速な進歩にもとづいて地震動について新しい知見が得られ、また強震計なども高周波まで忠実に記録されるようになって来ている。そのためもあってか、記録される地震の最大加速度は年々上昇し、最近では地盤上で1,000ガルを超えることも珍しくはなくなって来ている。一方、構造物の破壊の研究は、その実験装置に莫大な費用がかかるためもあって世界でたった一台の実大構造物地震破壊実験装置が兵庫県三木市で稼働するのは4年も後のことである。そのため、耐震規定の改定も地震動についてのみとなる傾向が強い。これでは、その1,000ガルを超えた地震を記録した地震計の設置してあった建物は何の被害も無かったという理

由を説明できない。従来の感覚では、地上で1Gを超えるような地震動に対してはどんな構造物も耐えられないというのが常識であった。勿論、この原因としては高周波成分が地震動の加速度を上昇させるのにばかりに寄与して、破壊させる能力は余りないということは定性的には想像できるのだが、きちんとした実証的研究が無いため、耐震基準にまでは反映できないのである。であるから、現在は、地震と被害の特徴についての実例を集めている段階であると思う。其の意味で、鳥取県西部地震は、非常に強い地震であっても岩盤地帯では、構造物はほとんど壊れないという従来言われてきた仮説を実証するものとなった。

2. 現地における強震動

この地震の震源は、35.3°N, 133.4°E, 深さ約9 kmとされ、震度分布や余震分布から北西-南東走行の長さ約20 km, 幅約10 kmの左横ずれ断層とされている。この地震では、兵庫県南部地震以降に強化された、K-net, Kik-net, 気象庁, 自治体などの強震観測網により多数の強震記録が得られた。この断層に沿って、最大加速度の大きい地点があるが(表1), 例えば、震源に近い日野町役場では、EW 1,482 ガル, NS 675 ガル, UD 1,407 ガルという大加速度が記録されているし、西伯町役場の震度計では、EW 802 ガル, NS 607 ガル, UD 1,077 ガルであった。一方、被害地としては北端に近い境港市では、測候所の記録が最大763 ガル、市役所では最大213 ガルとかなり小さくなっている。そして、Kik-netのように地表と地下とを同時に観測するシステムで得られた地下100 mの基盤とみなし得る地点での地震最大加速度は500 ガル強であって、10 mほどの厚さの地表砂礫層によって2倍くらいも増幅したものと思われる。兵庫県南部地震の場合には、あれほど被害が大きいかかわらず、強震観測体制がそれほどしっかりしていなかったためもあるのか、1Gを超えるような記録は得られていない。

表 1 各市町村役場の震度計で観測された最大加速度と計測震度

市町村名	最大加速度 (gal) 卓越周期 (sec)			計測震度	震度階級
	EW	NS	UD		
境港市	213 1.71	113 1.71	93 0.73	5.6	6弱
米子市	383 1.14	314 0.41	307 0.12	5.8	6弱
日野町	1,482 0.45	675 0.41	307 0.10	6.3	6強
西伯町	802 0.49	607 0.31	1,077 0.07	5.9	6弱
会見町	952 0.42	865 0.14	756 0.06	5.9	6弱
溝口町	816 0.35	522 0.37	433 0.08	5.7	6弱
岸本町	593 0.24	445 0.73	541 0.04	5.6	6弱
淀江町	342 0.85	333 0.76	148 0.68	5.6	6弱
日吉津村	326 0.79	258 0.76	145 0.35	5.5	6弱

3. 被害の状況

そのように大変大きい地震加速度で地盤が揺れたにしては、被害が小さい。それは、死者がゼロということに如実に現れているが、倒壊家屋は全体でも10棟かそこらではなかろうか。全壊家屋は400棟以上であるが、全壊家屋は全体を壊して建て替えないとだめだという意味で、倒壊家屋とイコールではないのである。倒壊家屋は、文字通り倒れたり潰れたりしているものをいう。全壊家屋は、倒壊家屋も含むが、そのほとんどは、壁に亀裂が入ったり、全体がゆがんで戸が閉まらなかったり、雨漏りがひどかったりして、倒れてはいないのだが補修の仕様が無いものである。死者は家の下敷きになって発生する。したがって、全壊家屋がいくら多くても、倒壊家屋が少なければ、死者も少ない。図1は非常に強い地震加速度



図 1 1,400 ガル以上の強震動を観測した日野町役場近くの下黒坂の町並み。相当ガタガタになってはいるが倒壊家屋はない。

を記録した、日野町下黒坂の町並みである。この両側の家屋は、ほとんどが全壊家屋であるが、潰れた家は1棟も無い。1G以上の地震加速度を観測した日野町役場から1kmも離れていない場所で家が一軒も倒れていないのである。その他の場所も被害の状況としてはこのようなものであった。ただこれらは、きちんと耐震設計された構造物とは言いがたい、英語で言えば、Non-Engineered-Structureである。きちんと耐震設計された、すなわち Engineered-Structureも震源域に存在していた。それは、震央の北西側の推定断層付近に位置する西伯町の県の賀祥ダムである。このダムは、多目的重力式コンクリートダム

で、堤高46.4m、堤頂長174.0mであり、堤頂と基礎岩盤に近い監査廊において3方向成分の強震観測が行われており、その最大加速度値は、次の通りであった。

監査廊 (EL 87.0m) :	NS	528.5 ガル
	EW	531.1 ガル
	UD	485.2 ガル
堤 頂 (EL 124.4m) :	NS	2051.5 ガル
	EW	1406.2 ガル
	UD	884.2 ガル

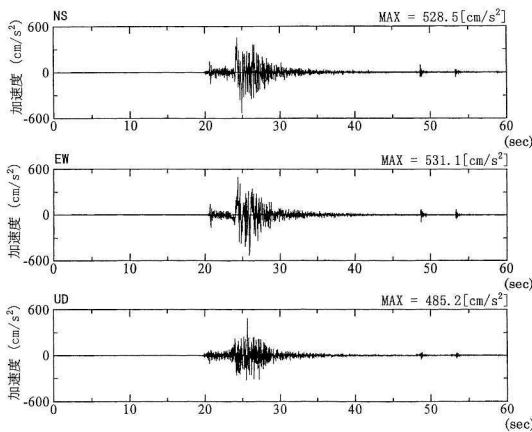
そして得られた、強震記録は図2に示す通りである。

ほぼ基礎岩盤で500ガル以上の水平最大加速度というのは、非常に大きな加速度であるし、構造物の上であっても2,000ガルを超えた記録というのはそうは無い大加速度である。そしてそのような強い加速度を受けたダムはどうなったかという、まったく何とも無かったのである。図3が地震後の賀祥ダムを示しているが、堤頂にある機械室の窓ガラスが割れている以外びくともしていない。

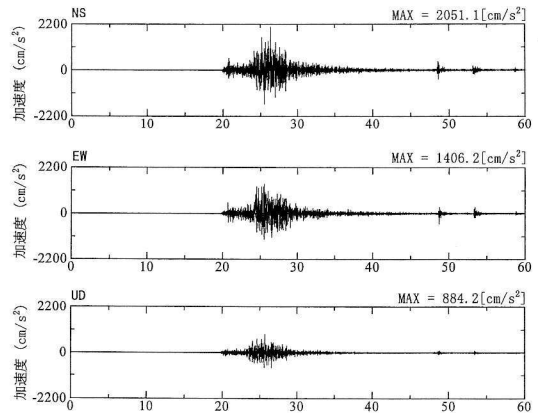
4. 被害の検討

今回の地震被害の特徴を全体として眺めてみると、以下ようになる。

- 1) 震源域は山間部であり、岩盤上の堆積層の



(ダム底部, 監査廊内)



(ダム天端, エレベーター棟上部)

図 2 賀祥ダムにおける加速度波形



図 3 地震後の賀祥ダム，底部に 500 ガル以上の加速度を受けたが，堤頂の機械室の窓ガラスが壊れただけで本体は何ともない。

厚さは薄くせいぜい 10 m 程度であった。そのため地震の高周波成分の増幅のみが大きく，加速度値は大きくなったが継続時間は短く，家屋を倒壊させるまでには至らず，老朽瓦屋根木造家屋の中破と土砂崩壊が目立った。

- 2) なかでも，岩盤に直接基礎を置いていて，きちんと耐震設計されている賀祥ダムはひび一つ入らなかった。これは，兵庫県南部地震において，当時建設中であった明石海峡大橋の主塔が，その基礎を海底の堆積物を取り除いた岩盤に固着されていたため，地震断層が直近を通過したにもかかわらず無被害であったという事実を思い出させる。
- 3) 震源北部は，山地ではなく，米子市，境港市では海岸埋立地の液化化被害が目立った。ただ液化化による構造物被害は，現象がゆっくり進むので死者が出たことは無い。

5. ま と め

鳥取県西部地震から学ぶこと：

- 1) Mj 7.3 の地震が直下で起こっても，きちんと耐震設計された，岩盤上の構造物はびくともしない。
- 2) 被害は，液化化，老朽瓦屋根木造家屋，土

砂崩壊にほとんど限られていた。

- 3) このように被害が少ないことは，固い地盤（岩盤）のためではないだろうか。

鳥取県西部地震と兵庫県南部地震の被害の比較：

- 1) マグニチュードは両者ほぼ等しい。
- 2) 加速度は，鳥取県西部地震のほうがやや大きい。
- 3) 死者は，鳥取県西部地震は，ゼロ。倒壊家屋もゼロに近い。
- 4) 鳥取県西伯町の震源域にあった県の賀祥重力式コンクリートダムは，その基礎岩盤に 500 ガル以上の水平地震加速度を受けながら全く無被害であった。
- 5) この被害の差は，最大加速度の差によるものではない。
- 6) 岩盤地帯のため，堆積層の厚さが薄く構造物の固有周期に近い成分の増幅が少なく，地震動の強烈な部分の継続時間が短いためではないか。
- 7) 兵庫県南部地震でも，地盤の硬い六甲山系の方は，倒壊家屋も死者もほとんど無かった。つまり，被害に関して次氏が成り立つのではなかろうか。

$$(\text{兵庫県南部地震被害}) - (\text{堆積地盤上被害}) \\ = (\text{鳥取県西部地震被害})$$

現在，兵庫県南部地震，鳥取県西部地震などにもとづいて，活断層地図に出ていないようなところでも Mj 7.3 というような直下大地震が起こるのであるから，20 年以上も前に設定された原子力発電所の耐震基準を改定すべきである，との議論が盛んである。現在の原子力発電所の耐震基準では，活断層地図に出ていないような直下地震は，Mj 6.5，震源距離 10 km が想定されている，Mj 7.3 も起こり得るのだからいかにも小さすぎるといのである。確かに，地震に関しては，もっともな主張である。しかし，私はちょっと待ってくださいと申し上げたい。その方たちは，Mj 7.3 の地震が直下で起こると，阪神・淡路大震災の震災の帯地域で起こったような大被害が起こると思っ

ておられるのではないだろうか。震災の帯地域は、厚い軟弱堆積層の上であって、決して岩盤の上ではない。震災の帯地域の隣の岩盤地帯の六甲山系に少しでも足を踏み入れると、地震に弱いといわれるブロック塀ですら何ともなかった。このように、硬い地盤上のちゃんと耐震設計された構造物は非常に地震に対して強いものであって、私は今まで国内外41の地震被害を調査してきたが上記条件を満たしながら地震動によって倒壊した建造物を知らない。既に述べたように、鳥取県西部地震では、震源域にありその底部に500ガル以上の大加速度を受けながら、岩盤上に建設されていたコンクリートダムは何の被害も受けなかった。原子力発電所は岩盤上に建設されるだけでなく、コンクリートダムなどの一般建造物の3倍の強さの地震に対して安全なように設計されるのである。今回の鳥取県西部地震の震源域にあったとしても、耐震強度が3分の1のコンクリートダムですら壊れなかったのだから、亀裂一つ入るわけがない。現在の原子力発電耐震基準を改定するこ

とに反対しているのではない、入力地震のマグニチュードだけを大きくするのに反対しているのである。つまり、Mj7.3、震源距離10kmと直下地震入力を改定するならば、鳥取県西部地震その他の結果を取り入れて、岩盤と固着した基礎が500ガルの3倍の1,500ガルで揺れても原子力発電所には、亀裂一つ入らないように許容応力度を上げて改定すべきである。それでこそ、実際の被害結果をよく説明する改定となろう。マグニチュードだけを増加させる改定は、実際の被害を見ない、余りにも片手落ちの改定と言わざるを得ない。

参考文献

- 清野純史, 2001, 2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告, 1. 地震の概要及び土木構造物関連, 地震工学ニュース, No. 176, Jan. 2001, pp. 2-7.
- 翠川三郎, 2001, 2000年10月6日鳥取県西部地震被害調査報告, 2. 地震動について, 地震工学ニュース, No. 176, Jan. 2001, pp. 8-12.

富士山の低周波地震（続報）

鵜川元雄

はじめに

富士山は日本の最高峰であるとともに、火山としても噴出量、噴出率が国内最大の活動中の成層火山である。歴史上も明確な噴火が10回以上記録されている「活火山」で、特に9世紀に発生した2回の噴火（西暦800年と864年）と1707年の宝永噴火は規模が大きく周辺への影響が大きかった（例えば小山（1998））。宝永噴火後の約300年間、富士山に噴火の記録はないが、富士山の噴火の歴史から考えると将来噴火活動が再開することは明らかな火山である。

富士山の火山活動は表面的には静穏であるが、地下では「低周波地震」という火山に特有の地震が発生し、地下の火山活動は依然として継続していることを示している。富士山の低周波地震については、1995年の地震ジャーナルですでに紹介したことがある（鵜川，1995）。この活動が2000年10月から12月にかけて急激に高まった。ここでは1995年以降、質的に高くなった防災科学技術研究所の富士山観測データをもとに、この活動の高まりについて考察する。

富士山の低周波地震は、深さ15km付近で発生している。このような地震は、低周波地震のなかでも火山の深部、地殻中部からマントル最上部で発生するので深部低周波地震と名付けられ、火山の火口周辺の浅い場所で発生する低周波地震と区別されている。富士山では浅い低周波地震は見られないので、ここでは簡単に低周波地震と呼ぶことにする。

富士山の観測体制

富士山の火山活動の監視や研究のために、防災科学技術研究所、東京大学地震研究所、気象庁が地震や地殻変動の連続観測を行っている。防災科学技術研究所では、4カ所で地震と傾斜変動の観測、東京大学地震研究所は5カ所で地震観測、気象庁は山頂で地震観測を実施している。図1に観測点の配置を示す。このほか地質調査所が山体内部5カ所でGPS観測を最近開始した（須藤，2000）。ここで紹介するのは防災科学技術研究所のデータを基にした観測・研究結果である。

防災科学技術研究所では富士山の火山活動観測強化のために、平成元年度から平成8年度にかけて山頂からほぼ東西南北の方向4カ所にボアホール式傾斜計と地震計を設置した。観測計器に商用電力の供給が必要であったことから、商用電力の供給範囲の限界である山頂から約10km離れた地点が観測点として選ばれた。

観測計器は、深度200mのボアホール底に設置した傾斜計と短周期地震計、また地表下2~6mに設置した長周期地震計である。短周期地震波データは100Hzサンプリング、長周期地震波データは20Hzサンプリング、傾斜変動データは1Hzサンプリングでテレメータ装置により常時つくばへ伝送している。この観測システムにより、約20HzからDC成分までの観測周波数帯域を切れ目なく観測している。

観測されたデータは1995年4月よりワークステーションを軸とした富士山専用のデータ処理装置によって分析している。震源決定には、防災科学技術研究所・関東東海地震観測網の富士山周辺観測点7カ所のデータも併せて使用し、震源決定

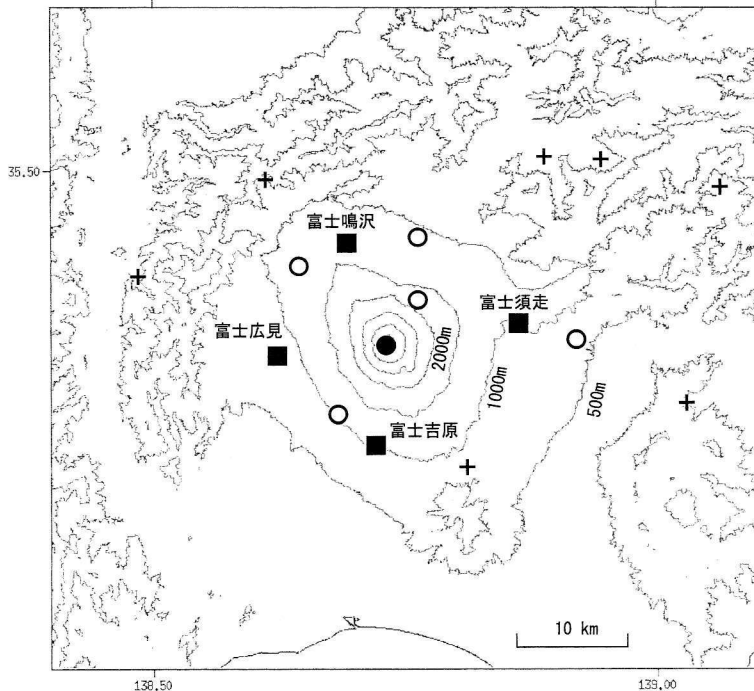


図 1 富士山周辺の観測点配置. 防災科学技術研究所の火山活動観測施設 (■), 地震観測点 (+), 東京大学地震研究所地震観測点 (○), 気象庁地震観測点 (●) が表示されている.

精度の向上を図っている. この観測網により富士山周辺に限れば, マグニチュード 1 以上の地震は確実に検知し, 震源が決められている. またマグニチュード 0~1 の地震もかなりの割合で震源決定されている.

富士山の側火口の分布は, 山頂から北西-南東方向を中心に 20 km 以上にわたり分布している. 将来, 噴火がこの側火口分布域内で発生する可能性が大きいことを考慮すると, 現在の防災科学技術研究所の富士山観測網は, ほぼ噴火の可能性のある領域を取り囲んだことになる. しかし傾斜変動観測については, 山頂から 10 km 離れているため山頂から 10 km 圏内が傾斜観測の空白域となり, 山頂周辺の地殻変動異常検知能力が低い.

低周波地震の特徴

富士山で発生する低周波地震の最大の特徴は, その名の由来となったように, 観測される地震波動が普通の地震と比較して低周波成分に富むこと

である. 図 2 は富士山で発生した低周波地震と普通の地震の地震記象を比較したものである. どちらの地震もマグニチュードが 1 クラスの微小地震である. 普通の微小地震では, 10~20 Hz の波動が最も目立つのに対して, 低周波地震では 2 Hz 程度の波動が卓越している. 富士山の低周波地震の最も卓越する周波数成分は, 地震によって違いはあるが, 概ね 0.5~5 Hz の範囲である.

低周波地震には, P 波も S 波も認められ, 特に S 波が明瞭である. P 波と S 波の振動卓越周波数はどちらも低周波でほぼ等しく, 震源から低周波の地震波が放出されたことを示している. すなわち地震波の伝播過程で高周波成分が吸収されたために低周波振動が卓越しているのではない.

富士山の低周波地震のもう 1 つの特徴は, 小さな低周波地震が連発することである. 図 3 に連続的に発生する地震の様子を示す. 通常, 数分から十数分間, 振動が継続し, この間に数個から十数個の地震が認められる.

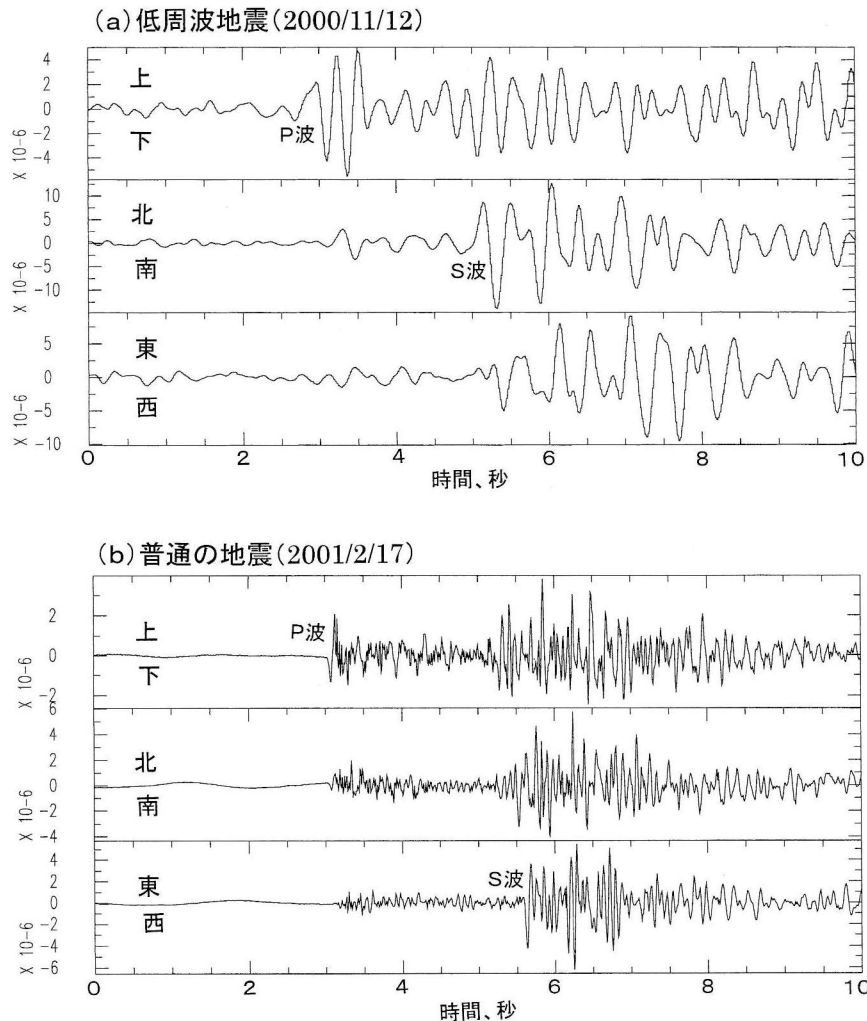


図 2 富士山の低周波地震と普通の地震の地震記象比較. 富士鳴沢観測点での 3 成分地震記象を示した.

低周波地震の活動頻度

低周波地震は連発するという特徴があるので、個々の低周波地震を分離して発生数を計測することが困難である。このため一連の地震群を 1 回の活動として活動回数を数えることにする。図 4 は富士山で発生する低周波地震活動の時間的な推移を防災科学技術研究所の富士山に近い観測点で観測された低周波地震の振動継続時間とその最大振幅を菱形の高さと幅で表したものである。1980 年から 2000 年までの 21 年間に検知された低周波地震活動状況が示されている。1997 年以降、火山観

測施設の整備により小さな低周波地震も認識することが可能になり、小さな菱形の数が増加している。これは人為的な影響であり、実際の活動の増加ではない。

1980 年から 2000 年 7 月の期間を見ると消長を繰り返しながら、活動は定常的に発生している。この期間、活動が時間とともに増加あるいは減少しているような傾向は見られない。2000 年 8 月下旬から始まった活動は、9 月も引き続き、そして 10 月、11 月、12 月に急増した。図 5 に 2000 年 1 月から 2001 年 2 月までの拡大図を示す。10 月から 12 月に発生数の増加だけでなく、規模の大きい低周波地震が発生していたことが読みとれる。

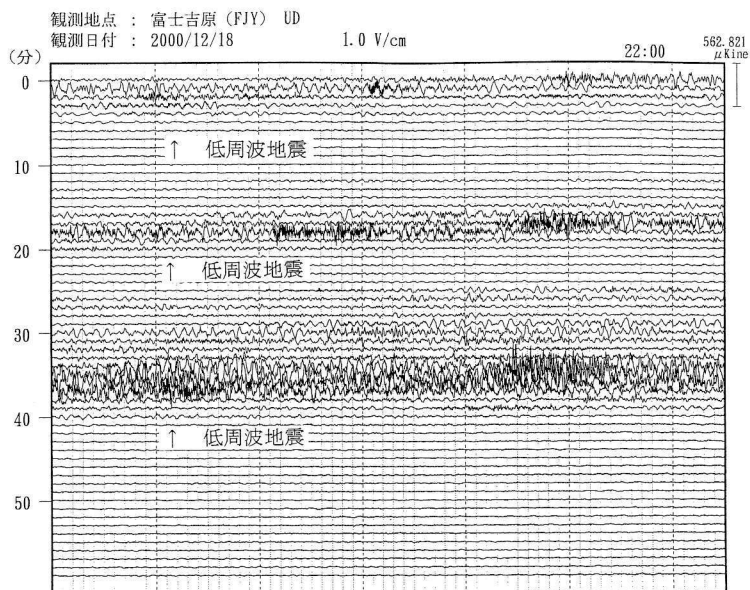


図 3 低周波地震の地震記象例. 富士吉原観測点で記録された2000年12月18日22時の1時間の地震モニター記録. この間に3回低周波地震活動が発生した.

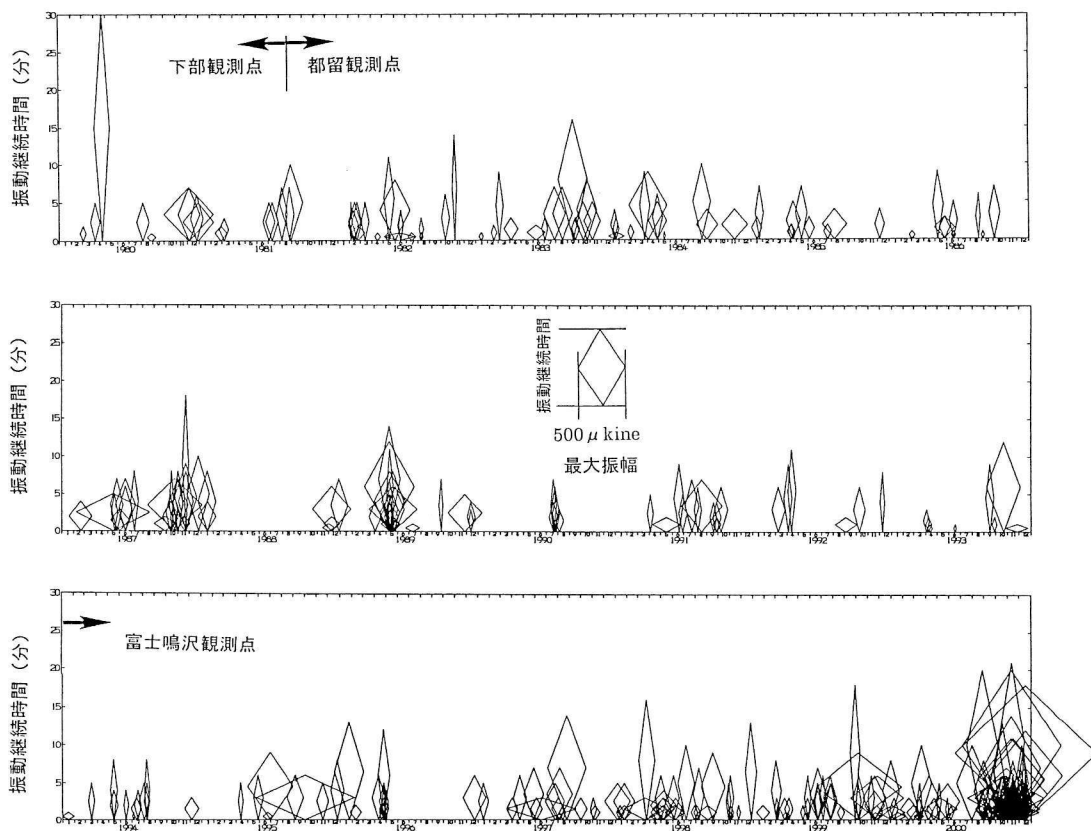


図 4 低周波地震発生状況 (1980年1月~2000年12月).

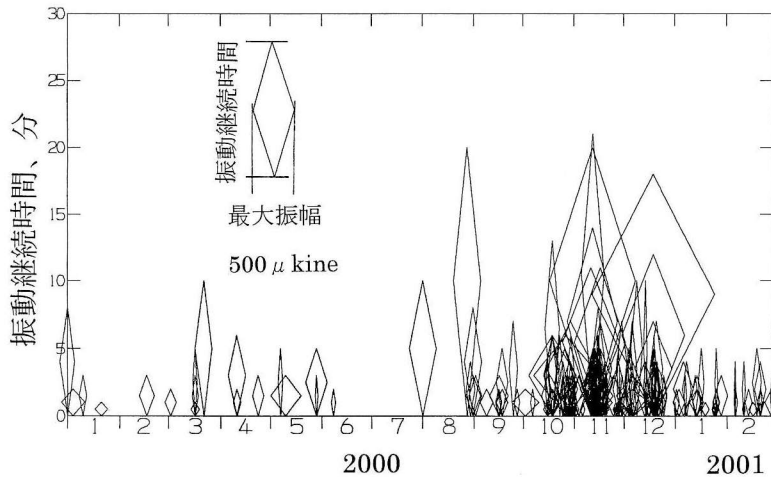


図 5 低周波地震発生状況 (2000年1月～2001年2月)。

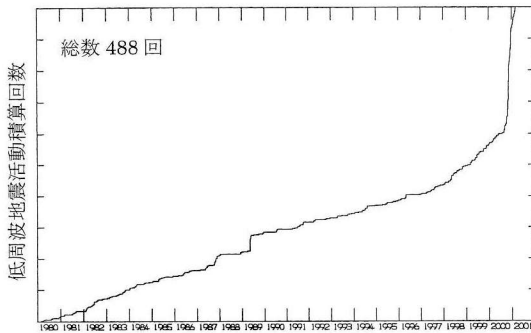


図 6 低周波地震活動積算回数 (1980年1月～2001年2月)。

活動の様子を低周波地震活動積算回数のグラフで図6に表した。2000年8月から2001年2月の6カ月間に1980年からの約21年間の総数の4割が発生した。過去21年間の活動で考えると2000年後半の低周波地震活動は異常に高かったことは確かである。

低周波地震の震源分布

1995年4月から2000年7月までの震源分布と2000年8月から2001年2月の富士山周辺の震源分布を図7に示した。低周波地震は黒く塗りつぶした記号で示されている。中抜き記号で表示された地震の大半は普通の地震であるが、一部に爆破などの人工地震も含まれている。

低周波地震は富士山の山頂から2～4 km 北東よりを中心にして、また深さは15 km 付近を中心にほぼ10 km から20 km の範囲で発生している。震源はかなり広い範囲に分布しているが、この原因は主に低周波地震のP波とS波の初動が検測しづらいことに起因していて、実際の震源はもっと狭い領域に集中しているものと考えられる。

図7に示した2つの期間で、震央と深さの分布ともに明瞭な違いは見られない。2000年後半に急増した低周波地震活動は、それ以前と同じ場所で発生していたことがわかる。

深部低周波地震と火山活動の関係

富士山で発生しているような深部低周波地震は、1980年代から1990年代にかけて日本の火山だけでなく、北米やフィリピンなど多くの火山地域で発生していることがわかってきた。表1は、島弧型火山で深部低周波地震活動の発生報告があるものについて、場所、規模、火山活動との関係などをまとめたものである。ハワイの深部低周波地震活動は、ホットスポット型火山であるため、この表には含めなかった。

日本では20を越える火山地域で、国外では10地域で深部低周波地震が報告されている。震源が10 km より深い低周波地震が選択されているが、

表 1 (a) 深部低周波地震の事例 (国内)

火山名	深さ	活動度	M規模	火山活動・噴火等との関連	備考
屈斜路カルデラ	?	1985/7/23 01h 1個			松島 (1987)
十勝岳	30	1989/8/7 14:59-15:02 5個	≤1.6	十勝岳の噴火の約8 ヵ月後	鈴木 (1992)
下北 (恐山)	35-45	23個 1980-1991	≤2.2		Hasegawa and Yamamoto (1994)
十和田	~40	2個 1980-1991			山本 他 (1990, 1991)*
森吉山	30	22個 1976-1991	≤3		
岩手山	25-35	NE 15個 1976-1991 S 15個 1976-1991 約100個 1997/12-1998/9	≤2.5	1998年4月-5月浅発 地震活動に先行	東北大学 (1999) 山本 他 (1990, 1991)*
栗駒山	25-30	6個 1976-1991	≤2		Hasegawa and Yamamoto (1994)
鳴子		6個 1976-1991	≤2.5		
吾妻-安達太良	20-35	12個 1976-1991	≤2		
燧ヶ岳	30	1個 1982-1991	1.5		
	36	1個 1980-1992	2		鶴川・小原 (1993)
磐梯山		4個 1981-1991	≤2		山本 他 (1990, 1991)*
那須岳	25-35	2個 1981?-1991			山本 他 (1990, 1991)*
高原山	27-37	4個 1980-1992	≤1.8		鶴川・小原 (1993)
栃木県西部 日光白根 男体山	27-39	269個 1.5年間 2個 13年間	≤1.7 ≤1.4		西富・武尾 (1996) 鶴川・小原 (1993)
群馬県中部 榛名山	35-40	7個 1980-1992	≤2.1		鶴川・小原 (1993)
箱根山	20-25	6個 1980-1998	1		防災科学技術研究所 (1999)
伊豆東部火山群	30-40	3個 1980-2000 (2/1995, 1/1998)	≤2	岩脈貫入・群発地震 期間中	防災科学技術研究所 (1995)
伊豆大島	29	1個 1980-2000 (1985/8/27)	2.7	1986年噴火の約1年 前	Ukawa and Ohtake (1987)
三宅島	20-25	15個 1983-2000	≤2.9		藤田・鶴川 (2000)
桜島	22-32	18個 5ヵ月間 1999/5/1~1999/9/30	≤2		気象庁火山噴火予知連絡会提 出資料 (1999年10月18日)

*: 学会発表

25 km から 40 km の範囲で発生している場合が多い。多くの火山では発生数が年間数個以下で、活動度は低い。そのなかで岩手山、栃木県西部地域、フィリピン・ピナツポ火山のように年間100個以上の地震が観測された火山もある。低周波地震の規模は小さく、マグニチュード2以上の地震が観測されることは少ない。

深部低周波地震は、活動度は低いが、地震観測網が整備された多くの島弧型火山で観測されることから、島弧の火山フロント下の地殻中部・深部からマントル最上部で一般的に見られる現象であ

ることがわかる。このなかで少数ではあるが、噴火活動や火山浅部へのマグマの上昇と関連して発生した場合があり、表中に記した。

噴火と関連した例として、最も顕著なものは1991年に発生したフィリピンのピナツポ火山の例である。ピナツポ火山では、1991年4月に噴気活動が始まり、その後噴火活動が活発化して同年6月15日に今世紀最大級の噴火が発生した。6月15日の噴火に先立ち、5月26日ころから深さ30 km 付近を中心にして低周波地震が頻発した。米国内地質調査所が観測を行っていたが、2週間に約

表 1 (b) 深部低周波地震の事例 (国外)

火山名	深さ	活動度	M規模	火山活動・噴火等との関連	備考
Mount Pinatubo	28-40	600 個 2 週間 1991/5/26-1991/6/8	3.8	Pinatubo 山噴火活動中 最大噴火の 1-2 週間前	White (1996)
Mammoth Mountain Long Valley, Calif.	10-28	44 個 1989-1994 >100/mid 1995 >300/mid 1997	1.8	CO ₂ の噴出と時間的関連	Pitt and Hill (1994) Hill (1996) Pitt (1997) *
Mono Cones, Calif.	25-35	10 個 1989-1992	1.5		In White (1996)
Mt. Lassen Calif.	13-22	34 個 1984-1992	2.4		Pitt (1997)*
Medicine Lake, Calif.	16	2 個 1984-1992	2.9		In White (1996)
Clear Lake, Calif.	16-25	29 個 1984-1992	2.7		Pitt (1997)*
Mt. Spurr, Alaska	15-40	250 個 1991-1992	1.8	1992 年の噴火後急増	Power et al. (1995)
Mount St. Helens	20-30	3 個 1980-1997			Malone and Moran (1997)*
Mount Baker	20-30	3 個 1980-1997			Malone and Moran (1997)*
Mount Rainier	11-14 22	4 個 期間不明 5 個 期間不明			Malone and Moran (1997)*

*: 学会発表

600 個の低周波地震が検知され、最大の地震の規模はマグニチュード 3.8 とこれまでに世界中から報告されている深部低周波地震のなかで最大のものであった。この現象は地下 30~40 km から新たな玄武岩質マグマが上昇してきて浅部マグマ溜まりに供給され、これが刺激となって 6 月 15 日の大噴火に至ったと解釈されている (White, 1996)。

ピナツボ火山の場合ほど明瞭ではないが、1986 年伊豆大島噴火 (Ukawa and Ohtake, 1987)、1988 年十勝岳噴火 (鈴木, 1992)、1992 年アラスカ・スパー火山噴火 (Power et al., 1995) でも噴火と関連したと考えられる低周波地震の活動が観測された。伊豆大島の噴火では噴火の約 1 年前に低周波地震が発生、十勝岳では噴火のほぼ 1 年後に低周波地震が観測された。またスパー火山では、噴火を契機として低周波地震が活発化している。

噴火には至らなかったが、地殻浅部へのマグマの上昇と深部低周波地震が関連して発生した例もある。1998 年 4 月から 5 月にかけて岩手山では浅

部での地震活動の活発化やマグマの上昇を示す地殻変動の異常が観測された。この地殻浅部でのマグマ活動の活発化に数日先立ち、深部低周波地震が深さ 30 km で活発化した (東北大学理学部, 1999)。伊豆東部火山群では 1995 年と 1998 年の群発地震時に深さ 30~40 km で低周波地震が発生している。この活動はマグマが地殻浅部に貫入してきたために発生しているので、浅部でのマグマの動きと深部低周波地震が関連して発生した例と言える (鶴川・小原, 1993)。

上述のように深部低周波地震は、一般に火山の深部で発生し、そのうち少数ではあるがマグマの浅部での活動と関連して発生する場合があることが分かる。深部低周波地震の発生機構は解明されていないが、地下のマグマの移動が低周波地震発生の原因となっているようである。

2000 年の活動の解釈

低周波地震の発生機構がまだ解明されていない段階であるが、富士山の低周波地震も地下のマグ

マグマ活動によって引き起こされていると考えるのが妥当であろう。防災の見地からは、このマグマ活動がマグマの上昇を意味するかどうか重要である。低周波地震からだけではその答えは導き出せない。しかし噴火を引き起こす程度に大量のマグマが上昇してくる場合は、上昇するマグマ周辺の地殻に応力場の変化が生じ、これにより群発地震が発生する。また地殻変動にも異常な変化が現れることが期待される。さらに浅部にマグマが到達すると火山性微動も発生するであろう。現在のところこのようなマグマの上昇を直接示す現象は観測されていないことから、噴火を引き起こすようなマグマの上昇は起こっていないと言える。

終わりに

富士山は活火山であり、富士山の形成史を見ると古富士火山形成から8万年、新富士火山形成が始まってからはまだ1万1千年しか経っていない。火山の年齢としては、まだ若い火山で今後も噴火活動を繰り返すことは確実である。新富士火山期の活動様式は溶岩を大量に噴出した時期や山頂噴火が中心であった時期等、1,000年から3,000年くらいの時間スケールで噴火様式が変化している(宮地, 1988)。このため将来、富士山でどのような噴火が発生するかを長期的に予想することが難しいとされている(宮地, 2000)。富士山の噴火予知においては、観測に基づき、火山活動の異常を早期に検出し、正しく評価し、起こりうる火山活動を予測する短期的予知が重要である。

富士山で近代的な観測が始まって、まだ20年しか経っていない。噴火の間隔から考えると、まだほんのわずかな期間しか活動の様子がわかっていない。今回のような地下深部での活動の活発化を繰り返しながら、噴火の準備が整っていくと考えられるが、どのような段階を経て噴火に至るのか観測データがなく、過去の経験に頼れない。富士山の噴火予知を成功させるには観測結果を正しく評価できる能力を築くための研究を推進しなければならない。低周波地震は、富士山の地下の様子を知るための数少ない手がかりの1つである。

富士山の噴火災害軽減のために、低周波地震の発生メカニズムの解明は大きな課題である。

参考文献

- 防災科学技術研究所, 1995, 伊豆半島東方沖群発地震に伴った低周波地震と微動(1995年10月), 火山噴火予知連絡会会報(気象庁), 63, 19-20.
- 防災科学技術研究所, 1999, 箱根火山直下の地殻中部低周波地震, 地震予知連絡会会報(建設省国土地理院), 61, 212-214.
- 藤田英輔・鶴川元雄, 2000, 三宅島で発生した深部低周波地震, 火山, 45, 295-299.
- Hasegawa A. and A. Yamamoto, 1994, Deep, low-frequency microearthquakes in or around seismic low-velocity zones beneath active volcanoes in northeastern Japan, Tectonophysics, 233, 233-252.
- Hill, D.P., 1996, Earthquakes and carbon dioxide beneath Mammoth mountain, California, Seismological Research Letters, 67, 8-13.
- 小山真人, 1998, 歴史時代の富士山噴火史の再検討, 火山, 43, 323-347.
- 松島 健, 1987, 北海道東部で発生した“単色地震”について, 北大地球物理学研究報告, 49, 45-52.
- 宮地直道, 1988, 新富士火山の活動史, 地質学雑誌, 94, 433-452.
- 宮地直道, 2000, 富士山の地質学的研究の課題と今後のハザードマップ作成に向けて, 月刊地球, 254, 503-506.
- 西富一平・武尾 実, 1996, 栃木県西部地域モホ面付近に発生する低周波地震の活動とその発震機構, 火山, 41, 43-60.
- Pitt, A.M. and D.P. Hill, 1994, Long-period earthquakes in the Long Valley caldera region, eastern California, Geophys. Res. Letters, 21, 1679-1682.
- Power, J.A., A.D. Jolly, R.A. Page, and S.R. McNutt, 1995, Seismicity and forecasting of the 1992 eruptions of Crater Peak Vent, Mount Spurr volcano, Alaska: an overview, U.S. Geological Survey Bulletin 2139, 149-177.
- 須藤 茂, 2000, 火山災害評価のモデル 火山としての富士火山の研究, 月刊地球, 254, 524-528.
- 鈴木貞臣, 1992, 十勝岳付近のモホ面付近に発生した低周波微小地震——震源とスペクトル, 火山, 37, 9-20.
- 東北大学理学部, 1999, 岩手山の地震活動と地殻変動(1998年2月~1998年5月), 火山噴火予知連絡会会報(気象庁), 71, 3-15.

東北大学理学部, 1999, 岩手山の地震活動と地殻変動 (1998年6月~1998年9月), 火山噴火予知連絡会会報 (気象庁), 72, 3-21.

鶴川元雄, 1995, 富士山の低周波地震, 地震ジャーナル, 19, 60-67.

鶴川元雄・小原一成, 1993, 関東地方の火山フロント下のモホ面付近に発生する低周波地震, 火山, 38, 187-197.

Ukawa M. and M. Ohtake, 1987, A monochromatic earthquake suggesting deep-seated magmatic activity beneath the Izu-Oshima volcano, Japan, J. Geophys. Research, 92, 12649-12663.

White, R.A., 1996, Precursory deep long-period earthquakes at Mount Pinatubo : spatio-temporal link to basaltic trigger, Fire and Mud, ed. C.G. Newhall and R.S. Punongbayang, 307-326.

ハイブリッド重力観測で追う，地震・火山活動

2000年三宅島火山活動と伊豆諸島群発地震活動

大久保修平

1. はじめに

2000年6月26日に三宅島の火山活動は始まった。この活動に先立つ過去3回の噴火（1940年，1962年，1983年）が21年程度の規則的な間隔で生じているので，多くの研究者は「そろそろ」と考え，今回の噴火に備えるべく観測態勢を整備してきた。例えば，防災科学技術研究所のボアホール傾斜計連続観測や，国土地理院によるGPS連続観測の地殻変動観測の充実はすばらしく，これらの準リアルタイム・データは，2000年火山活動が始まった初期の推移予測に大きな貢献をした。これらのデータについての解説は岡田（2000）に詳しく述べられているように，リアルタイム監視の威力が十二分に発揮されたものといえる。

しかしどんな観測であっても，それだけで全てがわかるというものではない。地震観測や地殻変動観測は地下の「力源」の推定に威力を発揮するけれども，「源（ソース）」の物性の推定には無力であることが多い。たとえば火山体の膨張をとらえる地殻変動データがあったとしよう。このデータを茂木モデルで説明する場合，力源の強さや向きは推定できても，それがマグマの発泡によるガス圧の上昇によるものなのか，それとも溶融した液状マグマの充填によるものかは区別ができない。両者は力源としては等価だから，地表変位およびその微分量を見ている限り，区別ができないのである。他方，電磁気や重力は，比抵抗や密度などに敏感な測定であるので，地殻変動観測からは得られないソースの「物性」に関する貴重な情報を与えてくれる。地震研究所の重力グループも1998年ごろから三宅島での観測態勢を整えていた。

本稿では，(1)火山活動状況，(2)現場での観測実施状況，および(3)重力観測を通じて明らかになった事実について述べることにしたい。そこから，火山活動にともなう物質移動（マグマ等の流体移動）と地震の発生メカニズムについて，何らかの知見を得られれば幸いである。

2. 火山活動の経過—きわめて特異な現象

過去の噴火はいずれも一週間程度の短期間の側噴火を行った後にすみやかに終息している。したがって，今回の活動も早期に終息すると誰もが考えていた。実際，地震活動が開始した翌日の6月27日以降，震源は三宅島の西方にどんどんと遠ざかっていき，火山活動はシナリオどおりに早期に終息に向うかに見えたのである。この状況を受けて，6月29日に火山噴火予知連絡会から終息宣言に近いコメント（臨時火山情報第8号）が発表された。多くの研究者は格別の違和感をもたずに，これを受け止めたのではないだろうか？ 例えば，筆者らのグループが絶対重力計を三宅島に送って観測を始めようとした6月30日には，「三宅の活動はもう，終わったんじゃないの（今ごろ行って，どうするの？）」と二人の著名な教授にひやかされていることも，その裏づけになるかもしれない。

ところが現実には，三宅島の活動が短期に終息するという予想は大きく裏切られ，本稿執筆中の2001年3月現在もなお火山活動は継続中である。この火山活動は，中田ほか（2001）にしたがって4つの活動期に分けるのが妥当と思われる。最初のマグマ貫入期（2000年6月26日-7月8日）には，三宅島西方海域でのマグマ貫入にともなう海底噴火が生じている。ダイクの貫入によって生じ

る地殻変動も観測されている。2番目の陥没期(2000年7月8日-8月上旬)は、小規模の水蒸気爆発を繰り返しつつ、山頂カルデラの陥没が進行した時期である。3番目の爆発期(2000年8月中旬-8月下旬)は、50cm径の噴石を山頂から数キロ離れた人家まで飛ばすような大規模な爆発が発生したり、低温火砕流が流れ下ったりした時期である。最後の脱ガス期(2000年9月以降)には、日量数万トンの二酸化硫黄が放出されている。以上の第1期および第3期の活動は、他の火山でも見られることであるのに対して、第2期と第4期のそれは、以下の点できわめて「特異」である。

- 1) 溶岩・火山灰などの噴出物がわずかしか放出されていないのに、直径1,500mもの巨大な山頂カルデラが形成されたこと。量的な比を考えれば、噴出物の体積(1,000万 m^3)に対する、山頂の陥没量(6億 m^3)は60倍にもなっている。これは世界の火山活動全体からみても稀有の事例である。陥没で失われた物質はどこへ行ったのだろうか？
- 2) 三宅島の山体サイズ(5-10km)に比して、15-35kmと遠方に位置する神津島・新島・式根島海域で、2000年7月-8月に激しい群発地震活動が生じたこと。地震活動と火山活動とを結びつける要素は何なのだろうか？
- 3) 一日当たり30,000トン程度の二酸化硫黄の放出を2000年9月以降、2001年3月現在まで続けている。一日当たりの放出量が世界記録並であるばかりでなく、それが6カ月以上も継続することも、世界的にみて稀有の事例である。かくも長期に大量の火山ガスの放出が継続可能となるには、どういうメカニズムがはたしているのだろうか？

これらの特異な現象に付随する数々の疑問に対し、従来とは一味違った重力観測を通じて、その一部なりとも解明することを目指す。

3. 重力観測の概要

3.1 重力観測の新しい波—ハイブリッド重力測定

従来から行われてきた重力測定では、変動域から離れた場所に不動点を仮定する必要があった。その仮不動点を基準として、小型軽量(10kg程度)のラコステ重力計などによる相対測定以外には、重力の時空間変動を求める手段がなかったからである。しかし三宅島火山の場合には、島内に不動点を求めることはできない。したがって島内の相対測定のみからでは、島全体として重力が増えているのか、減っているのかわからない。つまり、このままでは質量の移動の議論は無理ということになる。この問題をクリアーするために島外に不動点を設置しても、重力計のドリフト(ばねのクリープによる測定値の見かけ上の変化)があるために、高い確度での重力値を求めることは困難である。

幸い1990年代になって、1マイクロガル(= 10^{-6}cm/sec^2)の精度を持つ、絶対重力計FG5が商業ベースで提供されるようになった。FG5は小



図1 ハイブリッド重力測定の構成要素。FG5本体(最後部の三脚)、同コントローラ(左)、オペレータ、およびその手前にラコステ重力計。

型（といっても総重量 300 kg）であるので、2名の要員がいればワゴン車に積んで、日本全国どこでも測定が可能である。筆者のグループでは1994年から絶対重力測定と従来型の相対重力測定とを同時期に実施し、これをハイブリッド重力測定と称してきた（図1）。ハイブリッド重力測定では絶対重力点での重力値を測定しつつ、その点を基準とした相対測定を周辺地域で実施する。こうすれば仮不動点を設定することなく、重力の時空間変動を「絶対値で」とらえることができる。とくに重力の時空間変動と稠密な地殻変動の観測とを組み合わせれば、地震・火山活動と流体移動との関わりについて手がかりがえられる。ハイブリッド測定によって初めて、火山活動にともなうトータル物質移動量を議論することができるようになったといえる。

3.2 三宅島における重力観測の実際

2000年三宅島火山活動が始まった際には、定期貨物船が運休する状況の中で、FG5絶対重力計をどうやって離島である現地に輸送するかが最大の懸案となった。幸いFG5は6-8個のコンテナに分割して梱包でき、重量も300kg程度なので、海上保安庁のSAAB機で輸送していただくことができた（図2）。

7月8日の山頂陥没以降は、測定点が崩落し火口に吞み込まれてしまう危険を考慮しつつ、細心の注意をもって進める必要が出てきた。実際、7



図2 海上保安庁航空機で絶対重力計を三宅島へ空輸。1個60kg程度の部品に分解してコンテナに梱包。機内に人力で運び上げるのが大変だった。

月6日に測定したカルデラ内の点（雄山サウナ）は7月8日の陥没で失われていたし、山頂駐車場の水準点も8月初めには吞み込まれて失われている（図3）。同時に、噴火の危険には十分に注意しつつ、安全な観測計画を立案していった（図4）。

2000年9月に全島避難が始まると、事態は急転回した。これまでのような、商用電源や観測基地が確保された観測とは異なり、電力が遮断された中で、しかも陸域から孤立した島における観測という困難な状況となったのである。これ以後、研究者はみな、無人島における困難で効率の悪い観測研究を余儀なくされている。FG5の主要構成要

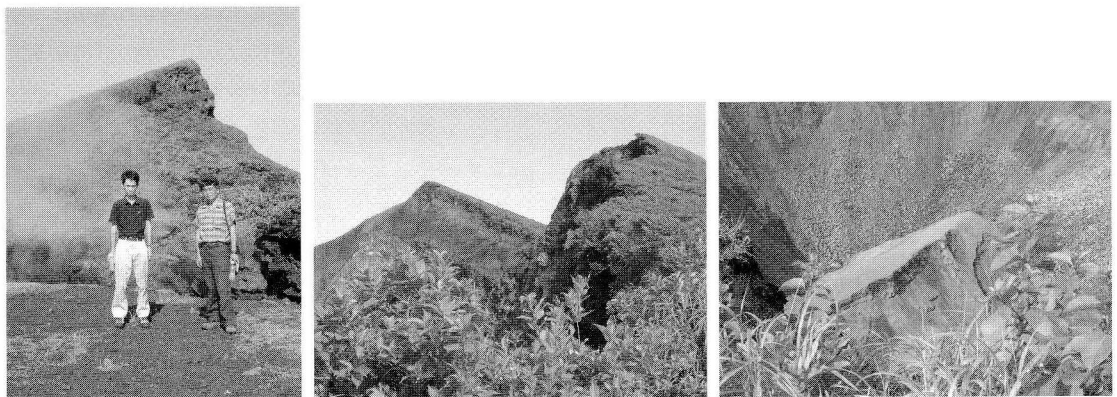


図3 2000年7月6日に重力測定を行った。カルデラ内の噴気地点「雄山サウナ」（左）は、その2日後の山頂陥没で火口に吞み込まれた。中央は抉り取られて残った地形。かつては見上げたピーク（左の写真）が、右の写真では眼下の陥没孔に見える（7月11日撮影）。



図 4 (左) 7月8日の陥没によって飛ばされた噴石が、登山道終点の駐車場（アスファルト舗装）にめり込んでいた。このときはまだ、アスファルト舗装面は95%露出し、トイレの建物も無事であった（7月11日撮影）。(中央) 7月14-15日の水蒸気爆発で飛ばされた無数の噴石は、登山道終点の駐車場を爆撃した。アスファルト舗装面は厚さ50cmほど噴石で覆われ、トイレの建物および背後の立ち木の破壊が生々しい（7月31日撮影）。引き続き陥没により、この場所も数日後には火口に呑み込まれて、今はない。(右) 北部の三宅島測候所から見た8月10日の噴火。火砕サージが山腹を流れ下っている。中央には火山雷が写っている。

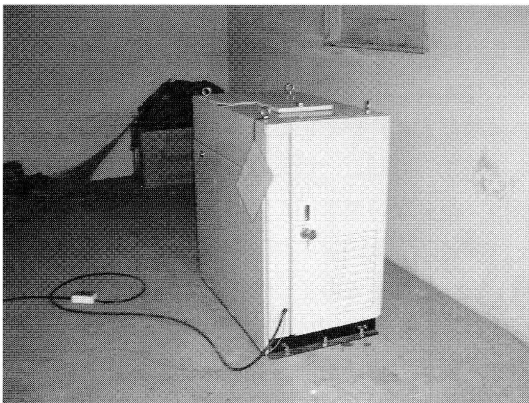


図 5 絶対重力計のために、気象庁により設置された発動発電機（500 kg）。泥流で荒れた無人島での設置のために、道路啓開用のパワーショベル1台、クレーン1台、大型トラック1台、連絡用4輪駆動車1台が投入された。

素であるレーザーも原子時計も、電源がなければただの箱に過ぎない。そんな中で、2000年10月には、72時間連続運転可能な大型発動発電機を気象庁の好意で設置していただくことにより困難を回避できたのは朗報であった（図5）。「発電機を設置」と簡単に書いたが、道路も泥流でズタズタに寸断された無人島での設置である。気象庁の払っていただいたご努力には、われわれ重力観測班の胸を熱くさせるものがあった。停電は9月以降、常態化し各種の地殻変動観測が途絶えてい

る。この間も、われわれのハイブリッド重力測定は毎月1度というペースではあるにしても、火山活動推移予測の基礎データを提供し続けた。

2000年9月中は各機関とも、三宅島に停泊させたチャーター船を基地としての観測を行ったが、気象・海況ともに日増しに厳しくなり、10月には神津島に現地災害対策本部を移した。これ以後の観測は、神津島を基地として、漁船（10月、11月）もしくは小型客船・ヘリコプター（12月-）による“通勤”を経て、行われることとなった（図6）。観測にともなう苦闘の様子は大学三宅島総合観測班報告 <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/MIYAKE/KANSOKUHAN.html> に日誌形式で述べられている。全ての観測グループとも、上陸時間に関する制限（2ないし6時間）と、上陸確率の低さに悩まされた。15時間の作業時間を確保するために、出張日数が9日に及ぶこともあった。長期間待機を余儀なくされる観測者にかかるフラストレーションは相当なものである。

それに加えて、泥流による道路状況の悪化（泥の堆積・路面陥没）により都道に甚大な被害が出ている。道路の損壊箇所は、現地対策本部によって随時補修されたが、一方で降雨の度に生じる泥流によって道路損壊も引き続いて生じている（図7）。通行不能箇所の迂回や、泥濘にスタックして脱出するのに要する時間などに、観測時間が奪われていく。



図 6 (左) 2000 年 10 月-11 月は 15 人乗りぐらいの小型漁船で、基地とする神津島から三宅島まで片道 1 時間半程度かけて観測に出かける。波シブキを浴びつつ、激しい揺れに重力計も人もひたすら耐える。(右) 12 月から一部ヘリコプターが投入されると、重力計を輸送中の振動がかなり軽減され、測定精度も大幅に向上した。

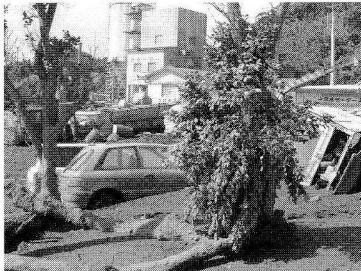


図 7 山腹に積もった火山灰は、雨が降るたびに泥流となって流れ下る。数十 cm の厚さの泥で道路が覆われると、4 輪駆動車でも通行が困難となる (ガードレール、人の足、車のタイヤに注目)。

また、島内の各地域には、火山ガスおよび火砕流・噴石に備えた立ち入り規制が引かれている。例えば、山頂付近に立ち入るには 11 月-12 月にかけては、酸素ボンベを携行したレスキュー隊員および耐熱消防車が同行することとされた。一周道路沿いの比較的安全な場所での観測にも、警察・消防などの関係者が観測班に同行し、現地対策本部との連絡をとりながら、火山ガス濃度に注意を払いつつ慎重に進められている (図 8)。その一方、三宅島を出航・離陸する時間は決められているし、気象条件で早められることも多い。限られた時間内にどこまで作業を進められるか、ぎりぎりの所で判断を迫られる場面も多い。

4. 重力データから見た火山活動の推移

2000 年の活動の 4 つのフェーズについて、これまでに得られた重力データを見てみることにしよう (図 9, 10)。

4.1 マグマ貫入期

マグマ貫入期の重力変化を図 9a に示す。これは 2000 年 7 月 1 日-7 月 6 日の間の島内 30 箇所の測定データと、1998 年 6 月の測定結果とを比較して求めた変動量である。この変動パターンには 3 つの特徴がみとれる。

- (1) 山頂部に局在した (水平スケール 1-2 km)、約 150 マイクロガルの重力減少。
- (2) ダイクが貫入したと推定される島の西海岸の軸対称な重力増加。



図 8 (左上) 火口から山腹に流れ下る青白いガスは二酸化硫黄である。(右上) 火山ガス濃度が一定値を超えるとガスマスクを着用。(左下) 山頂に接近するときは、耐熱設備のある消防庁の防災機動車が同行した。(右下) 島内の山麓での観測にも、防災関係者(警察、消防、東京都職員等)が同行し、安全確保の任にあたっている。

(3) 島の南東部を中心とする、やや広い範囲(水平スケール 5 km 程度)の重力増加。

GPS 観測で見ても、この期間には数十 cm をこえる地盤の上下変動が島内各地で観測されている(図 11)。したがって、島内に重力不動点を求めることは不可能である。もし、FG5 による絶対重力測定がなければ、重力変化には 100 ないし 200 マイクロガル程度のバイアス不確定性が残るので、上述の 3 つの特徴を果たして指摘し得たかどうか、はなはだ疑問である。

さて、これらの変動を説明するモデルを構築してみよう。まず地震研究所の GPS 測量によって得られた島内の変位場を見ると、山頂部は 1 m 程度沈降している(図 11)、特徴(1)から山頂直下で空洞生成などの質量欠損が生じたことがいえる。自然なモデリングとして球形の空洞を仮定す

ると、その深さは変動の水平スケールと同程度の 1-2 km と見積もられる。そんなに簡単に、地下に空洞が形成されるのだろうか？ ところが、測定わずか 2 日後に自然は答えを出してくれた。7 月 8 日 16 時ごろ、わずか 4 分程度のうちに、山頂カルデラが一気に 200 メートル以上も陥没するという事件が生じたのである。

次に特徴(2)からは、北西-南東もしくは東西方向に走向を持つダイクの貫入が想定される。活動初期の震源の分布からもこの走向のダイク貫入が示唆されるし(酒井ほか, 2001)、地表に生じた多数の亀裂も同じ走向を持っていた。また、三宅島西方沖には変色海域が認められているし、海底地形調査でも海底噴火が起きていることがわかっている(中田ほか, 2001)。そこで、矩形断面面上の一樣な開口変位でモデル化することとした。最後

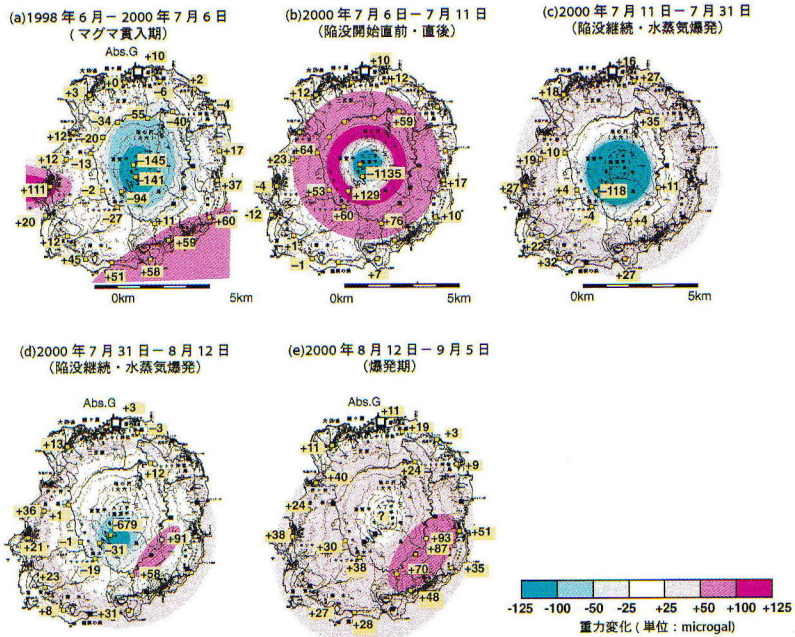


図 9 2000年9月までの三宅島火山の重力変動。単位はマイクロガル。(a) ダイク貫入期。山頂部の150マイクロガルの減少は陥没の前兆。(b) 陥没期前期。7月8日の陥没開始をさむ前後数日(7月6日-7月11日)の重力変化。山頂部で1,000マイクロガルを超える超ド級の変化は、陥没の一層の進行を指し示す。(c) 陥没期後期。陥没地形の重心が下がるに連れて、同心円状パターンが島の中心から拡散していく。(d) 爆発期前期。南東部の重力増加が顕著になってきた。(e) 爆発期後期。

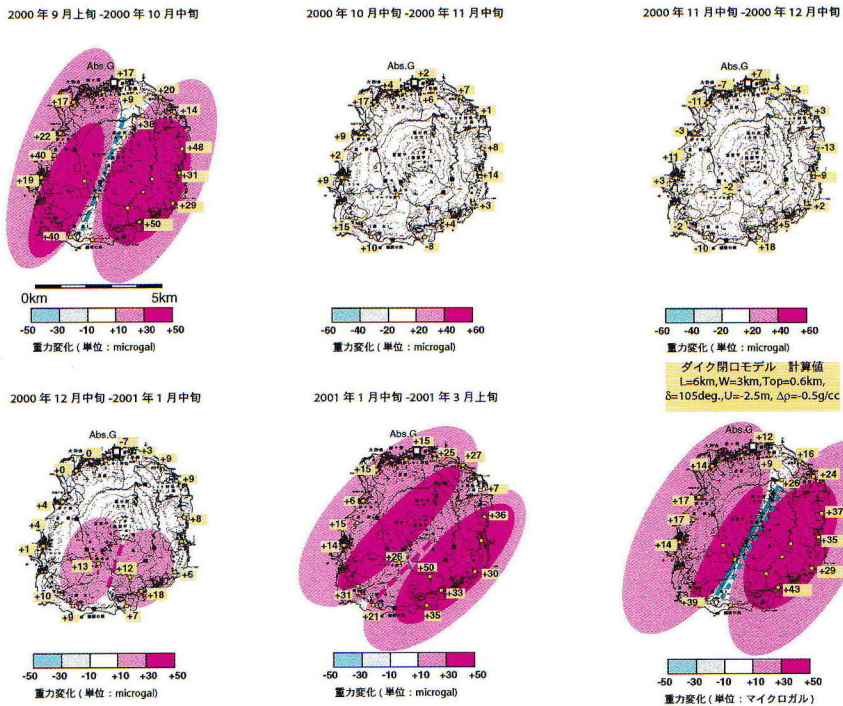


図 10 脱ガス期の三宅島火山の重力変化(2000年9月から)およびそれを説明する1つのモデル。単位はマイクロガル。

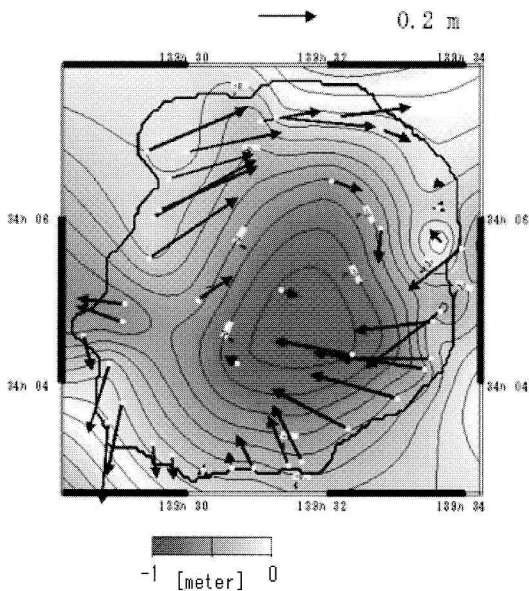


図 11 1999年8月から2000年7月2日までの変位。東京大学地震研究所のGPS観測による。矢印は水平変位、コンターは上下変位。

に特徴(3)は、深さ5 km程度におかれた圧力源の減圧によって、島の広い範囲で沈降が生じたためと考えられる。実際、地震研究所のGPS観測によると、50 cmの沈降が島の南部で生じている(図11)。また、三宅島西方に貫入したマグマを蓄えていたマグマ溜りでは、マグマの流出で減圧が生じるはずであるから、物理的にも自然な要請といえる。

GPS観測で得られた変位および重力変化データにインバージョンを施して、このモデルのパラメータを決めたところ、図12のような結果が得られた。事態は、次のようなシナリオにしたがって進行したと思われる。

- (1) 山頂下、深さ5 kmあたりのマグマ溜りから、マグマが三宅島西方海域へダイク状に貫入した。マグマの流出によって、マグマ溜りは減圧し収縮する。
- (2) マグマ溜りの減圧は、それより上部の岩石を支える圧力の低下をひきおこし、山頂火道を中心とした崩落が始まる。7月初めに山頂直下で始まった筒状の震源分布をもつ微小地震活動は、これをみていると思わ

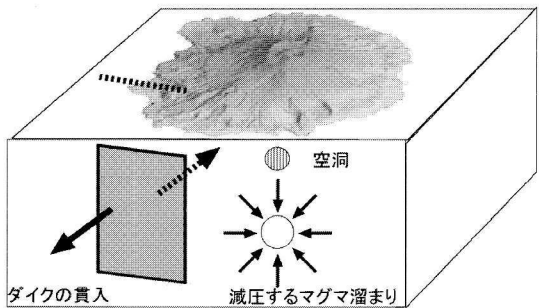


図 12 マグマ貫入期の地殻変動と重力変化とを説明するモデル。三宅島西方でのダイク貫入が起きた(長さ10 km、幅15 km、開口量1.5 m程度)。山頂下5 kmのマグマ溜りはマグマの流出で減圧し、8千万 m^3 程度、体積が減少する。その結果、火道上部を支えきれずに崩落をはじめ、深さ2 kmに空洞を生じる。この空洞はダルマ落しのように、次第に上方に移動し、ついに地表に陥没を起こす。

れる。深さ2 kmには、実質上、空洞とみなせる領域が形成される。

- (3) 空洞域は、ダルマ落しのように、次第に浅い部分に上昇する。これは地磁気の全磁気変化からも、裏付けられている(笹井ほか、2001)。また陥没直前の山頂直下の震源分布とも符合する(酒井ほか、2001)。

4.2 山頂陥没期

2000年7月8日の山頂陥没については、陥没の2日前および3日後に測定データをとるという奇跡的な幸運に恵まれた。データの比較から、わずか5日間のうちに、山頂部で1,200マイクロガルの重力減少が生じていることが判明した(図9b)。当初はこの異常な重力変動に単純に興奮していた。しかし、陥没にともなう地形変化がデジタルデータとして国土地理院から公表されると、意外な事実が判明した。当初の山頂陥没地形に基づいて重力変化量を計算してみると、山頂部での重力変化量は-100マイクロガルにしかなかったのである。山頂部では、陥没で失われた質量がほとんど真横に位置することとなるので、欠損質量はほとんど水平方向に引力減少をもたらすだけで、鉛直方向の重力成分に対する効果が小さいのである。現実に生じている陥没量だけでは観測さ

れた重力減少が説明できないことから、山頂下にはまだ空洞が伏在していることが考えられた。その量は1億 m^3 以上と推定された。

この指摘どおり山頂部は陥没を続けると共に、いわゆる「傾斜ステップ」が繰り返され(Ukawa, et al., 2000), また7月14-15日には水蒸気爆発が起こった。陥没による質量欠損が拡大し、その重心が深くなるにつれて、重力減少域・増加域も山頂から広がっていった(図9bおよびc)。欠損重心より高い地点では、下向き引力の減少(=重力減少)が起こり、低い地点では逆に上向き引力の減少(=下向きの重力増加)がもたらされるからである。この重力変動パターンの時間変化は、ちょうど恒星の最期に、中心から大量のガスを撒き散らす超新星爆発を見る思いがする(図9b, c)。この後、8月10日までは噴火を起こすことなく、陥没が進行したのである。これは、「溶岩・火山灰等の物質放出によって生じた質量欠損を埋めるようにカルデラ(山頂陥没地形)が形成される」という火山学の常識とは相容れない衝撃的な事実であった。

4.3 爆発期

2000年8月10日に高度6,000mまで噴煙を上げて以来、大規模な爆発が8月末まで断続的に続いた。8月10日には火砕サージが発生し、火山雷も起きている(図4)。8月18日の最大規模の噴火では、高度15,000mに噴煙が達し、1mサイズの

噴石が火口から1-2kmの範囲に降り注いだ。幸い人命は失われなかったが、牛舎などの建物は噴石により、かなりのダメージが出た。また、8月29日には低温(50度以下)の「火砕流もどき」が北部の海岸まで流れ下っている。この間、山頂陥没は拡大を続けている。

爆発期初期には、島の南東部に顕著な重力増加地域が認められた(図9d)。この南東部の重力増加は、噴火後期には、さらに顕著になっていることがわかった(図9e)。これは2つの可能性を示している。1つは南東部の直下に流体(マグマか地下水)が充填された可能性である。他の1つは、噴火によって生じるマグマ溜まりの減圧で地表が沈降した可能性である。いずれが正しいのか、現在、さまざまな資料を検討しているところである。

4.4 脱ガス期

2000年9月初めから徐々に二酸化硫黄の放出量が増え、9月中旬には1日あたり数万トンの放出レベルに達した(図13)。二酸化硫黄の放出は、本稿執筆の2001年3月末現在も継続しており、住民の帰島を阻む最大の要因となっている。

なぜ、これほどまでに長期にかつ大量の火山ガスの放出が続くのだろうか？恐らく、内部対流で浅部に上昇したマグマが減圧を受け、そのとき内部にマグマ中に溶融していた二酸化硫黄が脱ガスし放出されるからであろう。脱ガスに關与する

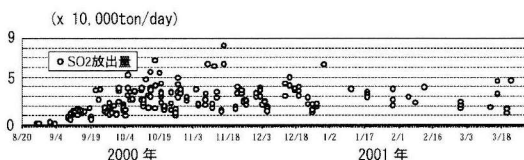


図13 (左) 三宅島からの二酸化硫黄の1日あたりの放出量(気象庁火山情報による)。(右) 神津島から望む三宅島(2000年10月)。三宅島山頂から放出される噴煙ブルームは南東の風により拡散しつつ、神津島方向へ移流した。この日は神津島でも強い刺激臭を感じた。

マグマの位置および量を推定するために、大学総合観測班も全力をあげてきたが、3.3節で述べたような極めて厳しい環境下ではなかなかデータの集積が進んでいない。脱ガス期の重力変動パターンは、島の南東部に中心を持つ同心円パターンか、もしくは北東-南西方向に対称軸をもつバタフライ・パターンを示している(図10)。ほとんどの観測が火口から離れた一周道路沿いでなされており、山頂付近での観測データがほとんどないために、どちらのパターンが正しいのか見極めが難しい。島の南東山腹に見られる、大きな重力増加の目玉の存在は確実である。ちょうどこの地域の直下に地震波の減衰域が発見されているので、巨大なマグマ溜まりの脱ガスにともなう活動を図10はとらえているのかもしれない。残念ながら現時点では、山頂付近の地殻変動データが皆無であるので(ごく限られた期間の干涉合成開口レーダデータはあるが)、一意的な解釈をするのは難しい。限られた資料を鋭意、収集中である。

5. 地震学的な議論—山頂陥没で失われた物質は、群発地震活動域に移動したか?

2章で指摘したように、6億 m^3 (約12億トン)もの山頂陥没が生じた以上、空隙を作るためには三宅島山頂付近にもともとあった物質はどこかへ移動したはずである。2カ月程度の短期間に空隙が生成されているわけであるから、移動した物質は固体ではなく、流体であるのはほぼ確実である。火口から飛び出した噴出物の総量が高々1,000万 m^3 であるから、固体地球内部での流体の移動が生じたに違いない。問題は、どこへ移動したかである。その手がかりは、三宅島の中でも比較的地殻変動が小さかった北部における、絶対重力観測データから得られる(図14)。

この時期の重力変動を引き起こす要因には、(1)陥没によって生じた質量欠損による引力減少、(2)観測点の隆起・沈降によって生じるブーゲー効果(-2マイクロガル/cm)、(3)流体が移動先から及ぼす引力増加、(4)地殻変動で生じる地球内部の密度変化による引力変化がある。観測される重力変化は(1)から(4)の要因による効果の総和となるはずである。

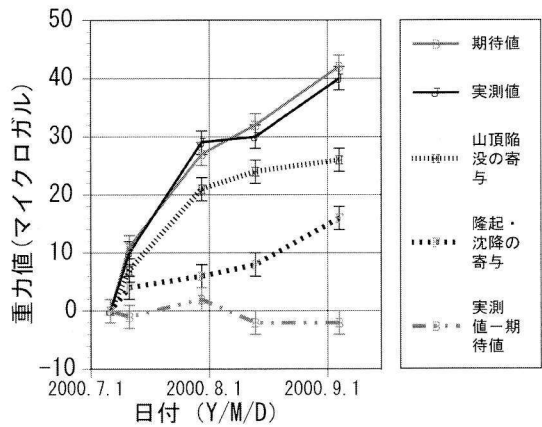


図14 三宅島測候所における絶対重力変化。縦軸には重力値を979799740マイクロガルからのズレとして表示。山頂陥没と隆起沈降の効果を足し合わせた期待値は、実測値と2マイクロガル以内で一致する。マグマが流出先から及ぼす引力は、実測値から期待値を差し引いた値となるはずである。

ずである。通常(4)は(2)の2割程度しか寄与がないので以下の議論では無視することができる。この場合には、観測値から(1)および(2)を差し引くと、流出先から及ぼす引力が得られることになる。その大きさは、陥没期全体を通して±2マイクロガルという小さな量であることがわかった(図14)。

これは、以下に見るように流出先に関する強い拘束条件を与える。陥没によって失われた質量10億トン(陥没期をとおして平均した、質量欠損の概略値)が三宅島から水平距離R、深さDに移動した場合に、それが及ぼす引力を図15に示す。流出先として許される領域は、枠内の数字が2マイクロガル以下の値となる領域に限られることに注意しよう。図15からは、三宅島のマグマは山頂直下にドレインバックしたのではないことがわかる。なぜなら、三宅島直下30kmまでドレインバックしたとした場合には、7マイクロガルの引力が生じてしまうからである。これよりさらに深部にドレインバックさせようとしても、マグマ(密度2-2.7g/cm³)はマントル(密度>3g/cm³)よりも軽いので、浮力のために浮き上がってしまうだろう。したがって、図15のシャドウをつけた

		水平距離								
		35km	30km	25km	20km	15km	10km	5km	0km	0km
深さ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.2	0.4	0.8	2.0	6.6	50.3	6670.0	1km	
	0.0	0.7	1.3	2.4	5.6	17.6	100.9	741.1	3km	
	0.1	1.0	1.6	3.1	7.1	21.4	101.6	416.9	4km	
	0.1	1.2	2.0	3.8	8.4	23.9	94.3	266.8	5km	
	0.1	2.1	3.4	6.0	11.4	23.6	47.7	66.7	10km	
	0.2	2.7	4.0	6.4	10.5	17.1	25.3	29.6	15km	
	0.2	2.8	4.1	5.9	8.5	11.9	15.2	16.7	20km	
	0.2	2.8	3.8	5.1	6.7	8.5	10.1	10.7	25km	
	0.2	2.6	3.4	4.3	5.3	6.3	7.1	7.4	30km	

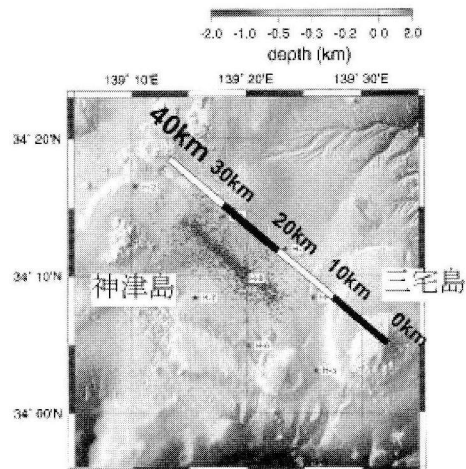


図 15 (左) マグマがどこに流出するか行先別に見積もった、重力への寄与。想定質量は 10 億トン、単位はマイクロガル。影をつけた許容領域ならば、図 14 と矛盾しない。(右) 2000 年 7 月-8 月の群発地震震源分布 (震源の深さは 5-20 km) (海上保安庁 2001a)。震源域はちょうど左図の許容領域に収まる。

領域、すなわち三宅島から水平方向 15 km 以遠にマグマの流出域を想定するのが妥当と思われる。面白いことにこの領域は、2000 年 7 月から 8 月に三宅島-神津島の海域で生じた群発地震域と重なるのである (図 16)。三宅島のマグマが群発地震域に流れ出したと考えると都合のよい事実はもう 1 つある。それは、この海域で生じた地殻変動 (海上保安庁, 2001b) を説明するのに必要な、開口断層の開口体積である。GPS 測定からインバージョンで求めたパラメータとしては、水平方向の長さ 15 km、深さは上端 3 km、下端 10 km で開口量 6 m が想定されているので、開口体積は 6.7 億 m^3 と見積もられる (加藤照之, 私信)。この体積は三宅島で失われた 6 億 m^3 と、気味悪いほど符合している。

三宅島のマグマが、神津島海域へと流れ出したとして、その原動力は何であろうか？ すぐに思いつくのは、マグマの発泡による、三宅島のマグマ溜まりの圧力増加である。しかし、この考えには物理学的に難点がある。マグマ溜まりの増圧が原因なら、三宅島の火道を使った山頂噴火を起こすほうが、地殻をバリバリと割りながら水平方向に貫入させるよりも容易なはずだからである。百歩譲って、水平方向に流出するとしても、なぜ三

宅島の北西方向に流出しなければならないか説明できない。これらのことから、むしろ、神津島海域にマグマが吸い出されていったと考えるほうが合理的である。これは、クラックの生成によって、その先端に生じた真空域が吸引源となっていると考えれば良い。マグマが水平方向に吸引されると、クラック先端では実効封圧が下がり、ますますクラックが成長し、真空領域も増殖する。このような正のフィードバックがはたらいて群発地震が起きるという可能性を示しているのではないだろうか。

6. まとめ

新世代のハイブリッド重力測定によって、火山活動および地震活動について、物理的な拘束条件を与えることができるようになった。いうまでもないが、電磁気データ、地震データ、地殻変動データなどのデータと重力データとがその持ち味を生かしながら、互いに補い合った総合観測を行うことが肝要である。総合的な解釈を今後は進めていくつもりである。

謝辞 重力観測には古屋正人・孫文科・渡辺秀

文・田中愛幸・及川純（東京大学地震研究所）および前川徳光（北海道大学・有珠火山観測所）の各氏の参加を得た。絶対重力計の空輸および設置については、海上保安庁および気象庁三宅島測候所に格別のご支援をいただいた。全島避難後の三宅島での観測にあたっては、関係機関（気象庁、警視庁、消防庁、海上保安庁、防衛庁、内閣府、東京都庁、三宅村など）から成る、三宅島火山活動現地災害対策本部の支援を受けた。気象庁地震火山部には、無人の測候所に発動発電機を設置していただいた。また、地震予知総合研究振興会理事長の高木章雄先生、同地震調査研究センター長の平澤朋郎先生および日本大学教授の萩原幸男先生には、研究の遂行にあたって温かい励ましとご支援をいただいた。本研究の一部は、東京海上各務記念財団から受けた研究助成によって実施された（課題名「重力変化の観測に基づく、マグマ活動と群発地震の相互作用に関する研究」）。以上の方々に心からの謝意を捧げる。

参考文献

海上保安庁，2001a，第88回火山噴火予知連絡会資料。
海上保安庁，2001b，<http://www.jhd.go.jp/cue/>

KOHO/kouhou/001214/oonohara.html
国土地理院，2000，<http://www.gsi.go.jp/WNEW/LATEST/MIYAKE/tochijoken/kanbotsuryou.htm>
中田節也，長井雅史，安田 敦，嶋野岳人，下司信夫，大野希一，秋政貴子，金子隆之，藤井敏嗣，2001，三宅島2000年噴火の経緯：山頂陥没口と噴出物の特徴，地学雑誌，110，168-180。
Niebauer, T.M., G. Sasagawa, J.E. Faller, R. Hilt and F.J. Klopning, 1995, A new generation of absolute gravimeters, *Metrologia*, 32, 159-180.
岡田義光，2000，伊豆諸島の地震・火山活動（2000年），地震ジャーナル，30，42-55。
酒井慎一，山田知朗，井出 哲，望月将志，塩原 肇，卜部 卓，平田 直，篠原雅尚，金沢敏彦，西澤あずさ，藤江 剛，三ヶ田均，2001，地震活動から見た三宅島2000年噴火時のマグマの移動，地学雑誌，110，145-155。
笹井洋一，上嶋 誠，歌田久司，鍵山恒臣，2001，地磁気・地電位観測から推定される三宅島火山の2000年活動，地学雑誌，110，印刷中。
Ukawa, M., E. Fujita, E. Yamamoto, Y. Okada and M. Kikuchi, 2000, The 2000 Miyake-jima eruption: Crustal deformation and earthquakes observed by the NIED Miyakejima observation network, *Earth Planets Space*, 52, xix-xxvi.

これからの気象庁マグニチュード

上垣内 修

1 マグニチュードとは

マグニチュードとは、地震の規模を簡便に表現した指標値である。長さや重さのような物理的実体（真値）が存在するわけではなく、ある種の「決め」と言えるが、簡便さや歴史的継続性から、地震の実体（＝断層運動）についての理解が進んだ現在においても計算され、広く利用されている。

あらためて紹介するまでもなく、南カリフォルニアの地震をローカルな地震観測網で観測していた Richter によって 1935 年にローカルマグニチュード (M_L) として定義されたものが最初のマグニチュードである。以降、同様の概念を異なる地震計、異なる規模の地震観測網、異なる地質構造を持つ地域にも拡張して適用するため、様々な定義のマグニチュードが考案されてきた。

様々な定義が存在するが、基本は最大変位振幅の対数である。マグニチュードをよりエネルギーと結びつけて考えられるよう、最大変位振幅を周期で割ったものの対数を基本とする定義もある。 M_L や後述の気象庁マグニチュードは前者に、mb や M_s は後者に該当する。

当然のことながら地震波の振幅は伝播途上で減衰を受けるので、振幅値に基づいて地震の規模を表現するためには距離減衰補正を行う必要がある。距離減衰補正項としては、減衰が震央距離ないしは震源距離のべき乗で近似できるとして、これらの対数にべき数（の符号反転）を掛けた形をとるものと、震央距離と震源の深さを独立変数とする「表形式」で与えられるものに大別できる。

さらに、既存の「基準となる」マグニチュードと値がおおむね一致するよう、定数調整項によって他の定義との整合が図られている。

以上をまとめると、マグニチュード定義式の一般形は次のとおり。

$$M = \underbrace{\log A}_{\text{基本項}} + \underbrace{a \log(\Delta \text{ or } R)}_{\text{距離減衰補正項}} + \underbrace{c}_{\text{定数調整項}}$$

$\log(A/T)$ $\beta(\Delta, h)$

where A : 最大変位振幅, T : 周期, Δ : 震央距離, R : 震源距離, h : 震源の深さ

2 現在の気象庁マグニチュードの定義

気象庁マグニチュードも前述の例外ではなく、日本規模で展開された固有周期 5～6 秒程度の変位型地震計による最大変位振幅を用いて、当時の「標準」と考えられていた M_s と附合するように考案された次の坪井式（坪井（1954））を根幹とする。

$$M = \log A + 1.73 \log \Delta - 0.83$$

A : in μm (水平 2 成分の合成値), Δ : in km

坪井式は深さ 60 km よりも浅い地震について定義された式であり、かつ低～中倍率の地震計による最大振幅を用いるため、小さな地震についてはマグニチュードを決定することができない。そのため気象庁では、60 km よりも深い地震についても適用できるよう次の勝又式（勝又（1964））を、

$$M = \log A + K(\Delta, h)$$

A : in μm (水平 2 成分の合成値)

より小さな地震についても適用できるよう高感度速度型地震計による最大速度振幅を用いた次の EMT 式（神林・市川（1977））を、

$$M = \log Av + 1.64 \log \Delta + 0.22$$

Av : in $10 \mu\text{m}/\text{sec}$ (上下動成分), Δ : in km

順次導入し、適用可能な地震の範囲の拡張を図り、現在に至っている。

特に、変位振幅を用いる方法については、検測値が保存されている1926年に遡って計算し、気象庁マグニチュードとして公表しており、国内のみならず国際的にも他に並ぶものがない程の永年にわたる一貫性から、現在の地震活動を過去の同地域の活動と直接比較可能な、代表的な地震規模スケールとして利用されている。また、古文書等による歴史地震のマグニチュードの研究においても、気象庁マグニチュードに準拠するよう値が推定されてきた。さらに、地震工学の分野においては、地震による被害等との対応が良いとの評価を得ており、耐震工学的な基準を作る際の最も基礎となるデータベースとして幅広く活用されてきている。

3 現行の気象庁マグニチュードの問題点

気象庁では、1993年の北海道南西沖地震を契機として、地震検知能力の向上、震源決定の精度向上や迅速化、低周波地震対応の強化等を目的として、津波地震早期検知網と呼ばれる新しい地震観測網の整備を行った(1994年～1995年)。これにより、それ以前の気象庁の地震観測網は一新された。

気象庁マグニチュードの根幹を成す坪井式に関連するポイントとしては、従来の平野部を中心とした気象官署に設置された機械式1倍強震計、59型地震計(固有周期5～6秒)からなる観測網(図1)から、山間部の硬い地盤に設置された加速度計(2階積分して変位波形を得たのち、 $T_c=10 \text{ sec}$ の3次バターワースハイパスフィルター処理を行う)からなる観測網(図2)に完全に置き換わった。すなわち、地震計応答特性と地盤震動特性が同時に変化したことになる。変位特性で見た場合の両者の地震計応答特性の違いを図3に示す。

観測網一新後も、従来と同じ式を用いてマグニチュードの計算を行っていたが、しばらくしてマ

グニチュードの値が以前よりも系統的に小さく求まるようになったのではないかと指摘が内外から上がるようになった。

また、従来から気象庁マグニチュードについて指摘のあった問題点もあわせて解決すべく、平成9年から気象庁内にワーキンググループを設置し、地震学会等とも連絡をとりながら改善策の検討を進めた結果、以下のとおり改善方針がまとまったので、平成11年3月12日の「気象庁Mの計算式改訂についての説明会」にて説明したうえ、業務化のための準備作業を進めていたところである。

改善策を検討するうえで最も重視したのは、根幹と位置付ける坪井式に関する過去との一貫性、整合性の最大限の確保である。勝又式及びEMT式については、坪井式との整合性に問題があることが明らかとなったため、全面的に見直すこととした。

【速度振幅を用いる方法】

問題点 1) 変位振幅を用いる方法とのマグニチュード4～5での接続が滑らかでない(図4左)。

2) 深さ60 kmよりも深い地震に対して計算式が定義されていない。

改善策 変位振幅を用いて計算されたマグニチュードと滑らかに接続し(図4右)、かつ60 kmよりも深い地震に対しても適用可能な新しい計算式を導入する。

なお、EMT式は基本項である $\log Av$ の係数を1.0とするところから出発しているが、最近の研究では、速度振幅を用いる場合、基本項となる対数関数の係数は1.0とは異なるべきであることが理論的にも示されている(たとえばKatsumata(2001a)、干場(2001))。新しい速度マグニチュード式はその考え方にならない、次の渡辺式(渡辺(1971))

$$0.85M - 2.50 = \log Av + 1.73 \log R$$

Av : in cm/sec, R : 震源距離 in km

と同様の1/0.85を基本項の係数とする予定である。従って、速度振幅による式は次のような形とな

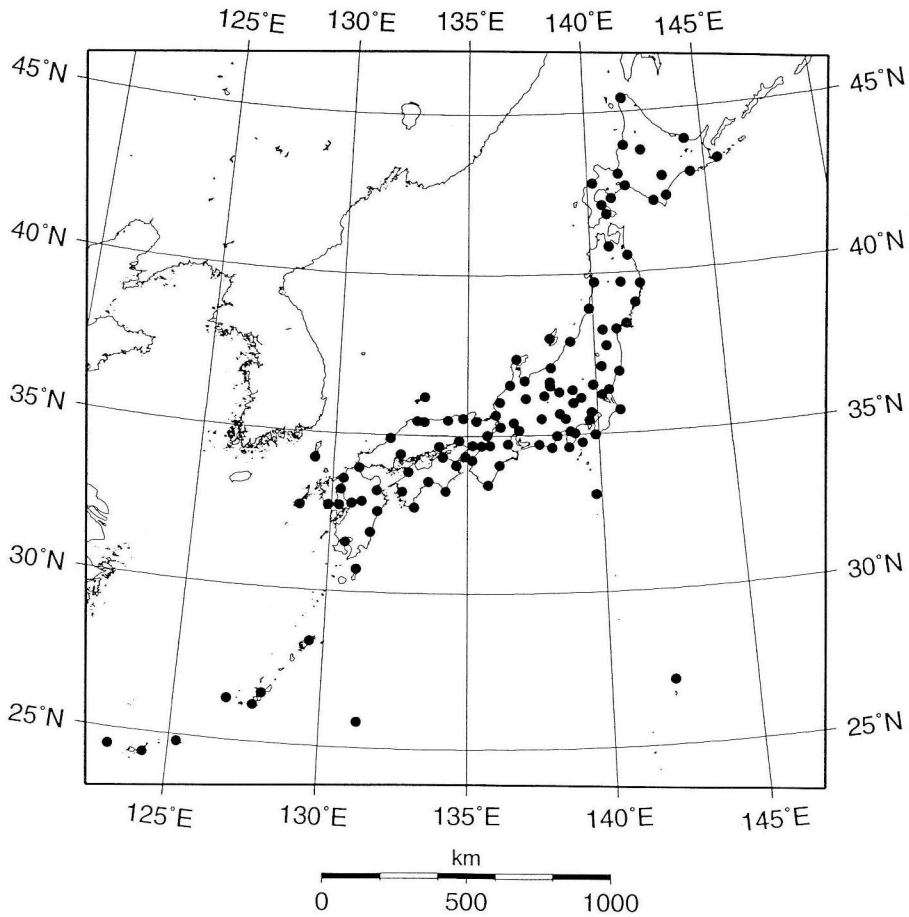


図1 1993年1月時点（津波地震早期検知網整備以前）での気象庁地震観測網（変位型地震計）、気象官署に計117点。

る (Katsumata (2001b)).

$$M = \alpha_v \{ \log Az + \beta_v (\Delta, h) \}$$

Where $\alpha_v = 1/0.85$

【変位振幅を用いる方法】

問題点 津波地震早期検知網の整備により地震計及びその設置環境が一新された以降、マグニチュードが系統的にやや小さく決定されるようになった(図5)。また、勝又式による値は、他のマグニチュードよりも系統的に大きな値を与える(図6)。

改善策 津波地震早期検知網以前と以降とで、統計的な接続を行うため、振幅の距離減衰補正項(定数調整項を含む)を別な式とする。また、深さ別にふたつに分けて定

義されていた計算式を、坪井式に整合するよう、ひとつの式に統合する。

従って、変位振幅による式は次のような形となる (Katsumata (1999)).

$$M = \log A + \beta (\Delta, h)$$

4 平成12年10月6日鳥取県西部地震の発生

平成12年(2000年)鳥取県西部地震の発生(10月6日)に際して、特に変位振幅を用いる方法につき、次のような新たな課題が明らかとなった。

鳥取県西部地震の気象庁マグニチュード7.3(暫定値)に関する指摘事項

指摘① 気象庁マグニチュードという同一尺度と

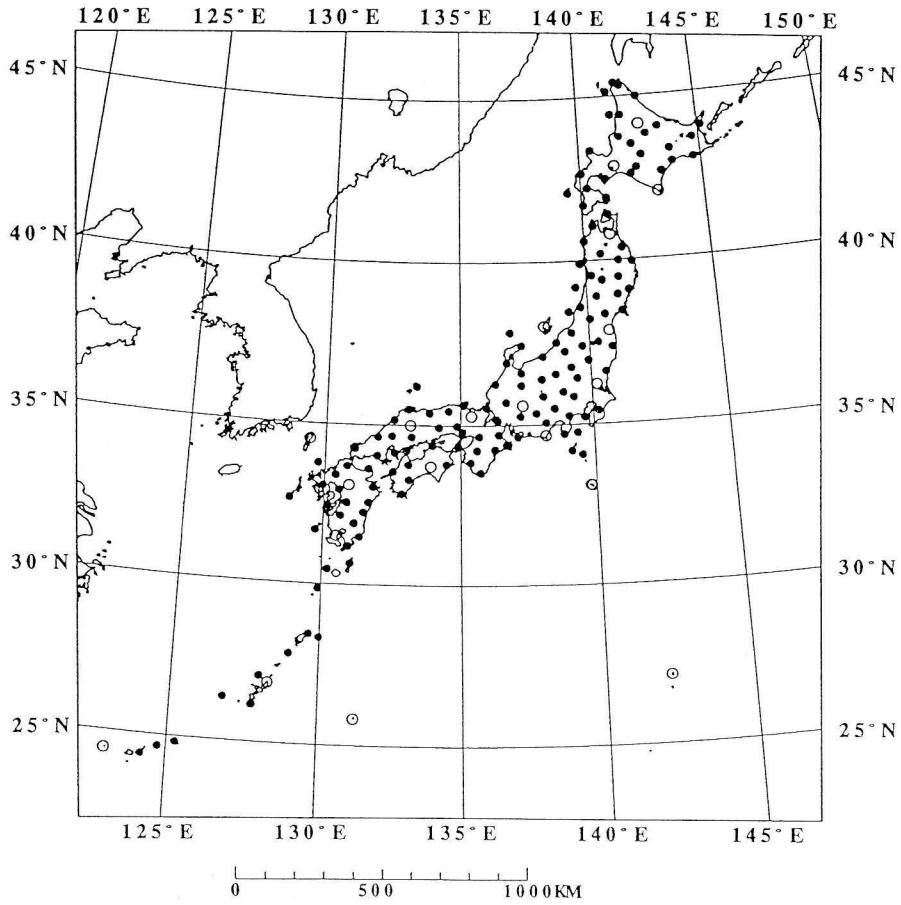


図2 現在の気象庁地震観測網（津波地震早期検知網）。
計180点。白丸はSTS-2地震計も併設されている観測点を示す。

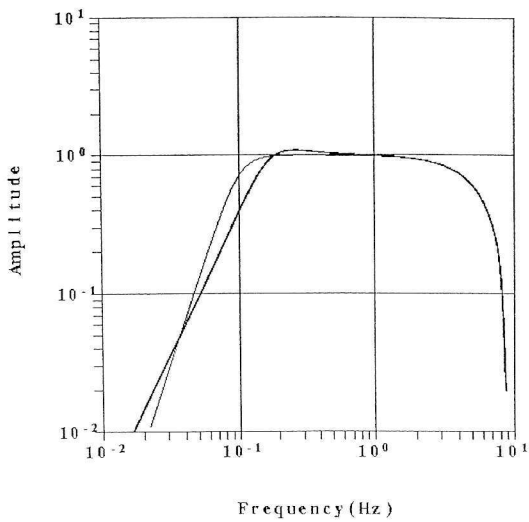


図3 機械式1倍強震計と現在の変位記録の変位振幅応答特性。
太線が機械式1倍強震計の、細線が現在のD93型加速度計から得られる変位記録の、振幅応答特性を表す。機械式1倍強震計の特性は、固有周期6秒、 $h=0.55$ として計算したもの。

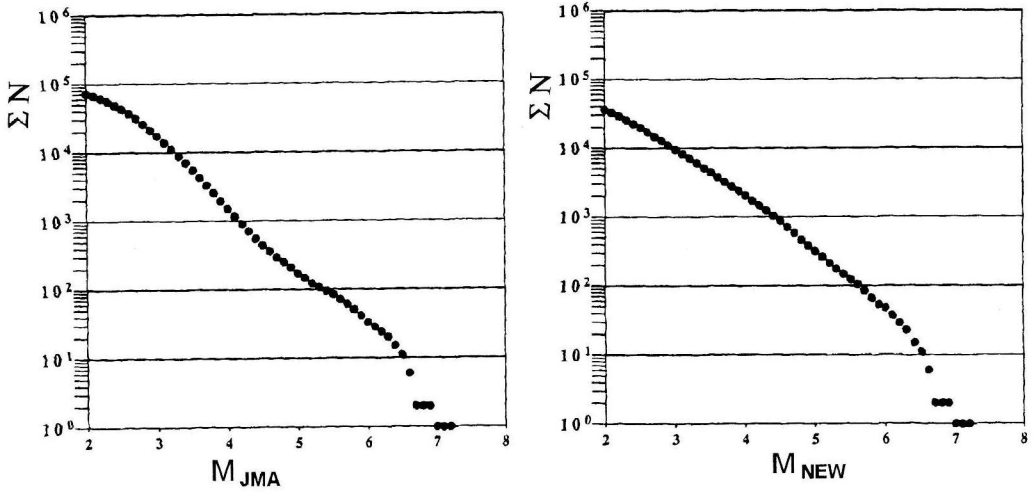


図4 マグニチュード累積頻度分布。
左が現行で、累積頻度分布が直線からずれている。右が改善案、ほぼ直線に乗っている。

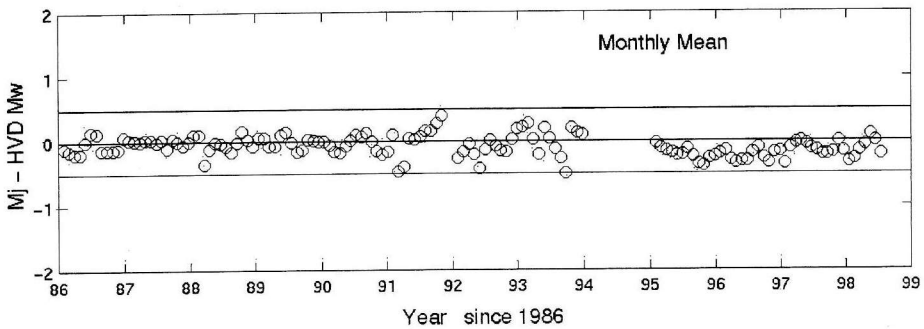


図5 1986年以降の日本周辺で発生した地震に対する現行気象庁マグニチュードとハーバード大学によるモーメントマグニチュードの差の月平均値の時間変化。
1994年以前は平均としてゼロのまわりにばらついていたが、それ以降は系統的に気象庁マグニチュードが小さく決定されているのがわかる。

しての一貫性

平成7年1月17日の兵庫県南部地震の気象庁Mは7.2であるが、余震分布の拡がりや同一機関が計算した両者のMw（モーメントマグニチュード）の大小関係を見ると、兵庫県南部地震のほうが大きかったのではないかと推察される。

指摘② 異なる定義の地震規模の尺度との差

地震の規模を示す他の観測量、モーメントマグニチュード（Mw）や余震分布から推定される断層の大きさ等を勘案すると、マグニチュードの誤差を考慮しても7.3という値は大きすぎるのではないかと推察される。

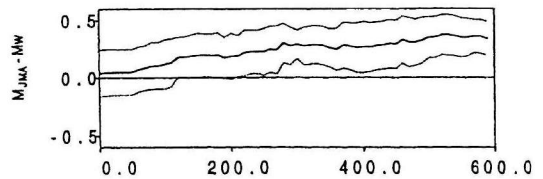


図6 変位振幅による現行気象庁マグニチュードとハーバード大学によるモーメントマグニチュードの差の深さ別分布。太線が平均値、細線が標準偏差を表す。浅い領域ではおおむね両者は一致しているが、深い領域（60 km 以深）では勝又式のMが系統的にモーメントマグニチュードよりも大きく決定されている。

表1 「気象庁マグニチュード検討委員会」委員構成（敬称略）

座長： 阿部 勝征	東京大学地震研究所教授
委員： 入倉 孝次郎	京都大学防災研究所教授
委員： 菊地 正幸	東京大学地震研究所教授
委員： 緋田 一起	東京大学地震研究所助教授
委員： 武村 雅之	鹿島建設(株)小堀研究室地震地盤研究部長

これらの指摘も踏まえ、前述の従来から検討されてきた改善方策に加えてあらためて精査を行うとともに、部外の学識経験者の意見も広く採り入れるために「気象庁マグニチュード検討委員会」（委員構成を表1に示す）を平成13年1月24日と同年4月23日の2回開催し、気象庁が発表するマグニチュードのあり方につき検討を行った。

5 気象庁マグニチュード検討委員会の検討結果

5-1 気象庁マグニチュード (Mj)

平成11年3月12日の説明会までの検討では、ハーバード大学のM_wを時間的に均質な基準マグニチュードと仮定し、それを介在させて新・旧観測網でのM_jを接続するよう、マグニチュード定義式の係数を調整するという方針をとった。

鳥取県西部地震の発生を機に行った精査では、より直接的な新・旧観測網でのM_jの接続を行うこととした。すなわち、気象官署に唯一残された地震観測測器である震度計を活用する。震度計は本来「震度」という指標値を迅速に中枢に通報することを目的として展開されたが、高性能な加速度計でもある。新観測網整備後も、ある程度大きな地震については、震度計で記録された加速度波形を後日バッチ処理で中枢に回収し保存するという業務が行われてきており、その波形に機械式1倍強震計を再現するフィルターを施すことにより、旧観測網の地盤震動特性と地震計応答特性をほぼ忠実に再現することができる。同時に、地震計応答特性と地盤震動特性の新・旧観測網での違いがマグニチュード計算値に与える影響につき、おのおの分離して評価することができる。

今回の精査で、1994年以降気象官署の震度計の波形データにより旧観測網時代のマグニチュード

表2 1994年以降現在までの主な地震の気象庁マグニチュードの変更

		現行	修正後
気象庁マグニチュード検討委員会の検討結果に基づき、1994年の津波地震早期検知網展開以降調査した地震の内、主な地震のマグニチュードを、過去の気象庁マグニチュードに整合させるため、次のように修正する。			
1994/10/04	22:22 北海道東方沖地震	8.1	8.2
1994/12/28	21:19 三陸はるか沖地震	7.5	7.6
1995/01/07	07:37 岩手県沖	7.1	7.2
1995/01/17	05:46 兵庫県南部地震	7.2	7.3
1996/02/17	00:22 福島県東方沖	6.5	6.8
1996/09/11	11:37 銚子付近	6.2	6.4
1996/10/19	23:44 日向灘	6.6	6.9
1996/12/03	07:17 日向灘	6.6	6.7
1997/06/25	18:50 山口県北部	6.3	6.6
1999/01/24	09:37 種子島近海	6.2	6.6
2000/01/28	23:21 根室半島南東沖	6.8	7.0
2000/06/03	17:54 銚子付近	6.0	6.1
2000/07/15	10:30 新島・神津島近海	6.3	6.3
2000/07/21	03:39 茨城県沖	6.0	6.4
2000/07/30	21:25 三宅島近海	6.4	6.5
2000/10/06	13:30 鳥取県西部地震	7.3	7.3
2001/03/24	15:27 芸予地震	6.4	6.7

決定（坪井式を使用）が再現できた地震は17例（表2）あった。これらの事例を用いた評価結果は次のとおり。

1) 地震計応答特性の影響

地震計応答特性の変化は、今回精査した事例を平均すると、新観測網になって従来より約0.05大きな値を与える効果として影響していることがわかった（図7）。

2) 地盤震動特性の影響

地盤震動特性の変化は、今回精査した事例を平均すると、新観測網になって従来より約0.2小さな値を与える効果として影響していることがわかった。しかし、この影響はマグニチュードが小

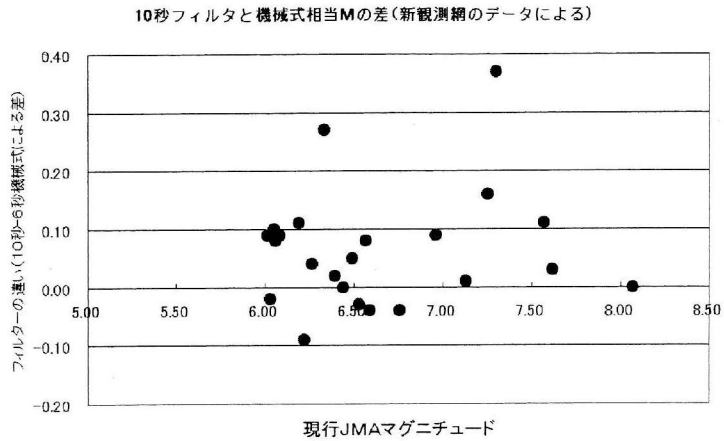


図7 津波地震早期検知網の波形データを用いた、現行の変位振幅特性（10秒3次バターワース）による坪井Mと、機械式1倍強震計の特性による坪井Mとの差。横軸は現行の気象庁M（前者）、縦軸は前者-後者、地震計応答特性の差のみを分離評価した結果に相当。

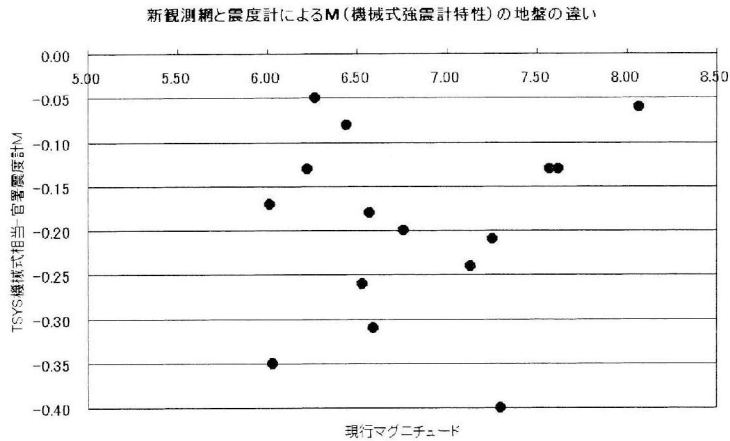


図8 機械式1倍強震計の応答特性を再現した、津波地震早期検知網データによる坪井Mと、気象官署震度計データによる坪井Mの差。横軸は現行の気象庁M、縦軸は前者-後者、新旧観測網の地盤震動特性の差のみを分離評価した結果に相当。

さい範囲では定数とみなせるが、マグニチュードが大きくなると、新旧観測網での地盤震動特性の差が小さくなる傾向が認められた(図8)。ただし、大きな地震の事例数が少ないため、マグニチュード依存性については明瞭に定式化することができなかった。

この結果を受けて、今後の気象庁マグニチュードの決定方式及び過去のカタログの変更方針は以下のとおりとする。

今後の気象庁マグニチュードの決定方式

1) 地震計応答特性の影響の補正

影響量はわずかであるが、将来にわたって一貫した気象庁マグニチュードを計算していくという趣旨を貫くため、今後は新観測網で得られる波形データに、旧観測網の地震計応答特性を再現するフィルターを施したうえで、最大振幅の検測を行うこととする。

2) 地盤震動特性の影響の補正

前述のとおり、小さな地震については定数調整によって補正可能であるが、大きな地震について

は定数調整の適用の可否について不確定な要素が残ったため、

a) 大きな地震については

気象庁マグニチュードの一貫性の確保のための最も安全かつ確実な方法として、気象官署の震度計波形データが十分に得られるような地震については、地盤震動特性のマグニチュード依存性を定量的に評価するに足るデータが蓄積されるまでの間、今回の精査と同様の手法で旧観測網時代のマグニチュード決定法を再現し、その結果をもって最終的な気象庁マグニチュードとする。

b) それ以外の地震については、

旧地震計の特性を再現するフィルターを施した新観測網のデータに対して、+約0.2という定数調整を行った結果を気象庁マグニチュードとする。

現在定義式の係数の最終調整を行っており、それが完了した段階で業務として導入する。

過去のカatalogの変更方針

1994年以降現在までの地震について、以下のとおりカatalogを書き換える。

a) 今回の精査で旧観測網時代のマグニチュード決定法が再現できた表2の17地震については、別表の値をもって気象庁マグニチュードの値とする。これについては、これ以上旧観測網を忠実に再現する方法はないことから、本年4月23日をもって値の書き換えを行った。

b) それ以外の地震については、新観測網の波形データから読み取られた最大振幅検測値を、旧観測網に適合するマグニチュード式に代入した結果に、前述の1)と2)の差である定数調整を行った値をもって気象庁マグニチュードとする。

これについては今後の決定方式と同様、式の係数の最終調整を行った後に値の書き換えを行う予定である。なお、勝又式及びEMT式の適用対象であった地震については、検測値が存在する過去のすべての期間に対して再計算を行い、書き換えた結果は地震火山年報CD-ROM等で公表する予定である。

5-2 モーメントマグニチュード (Mw)

地震の規模を表す指標としては、地震を起こした断層の面積とすべり量に直接翻訳可能な量であるモーメントマグニチュードが、国際的な地震規模の比較基準として通用しはじめている。ちなみに、Mwは以下のとおり定義される。

$$\log Mo = 1.5Mw + 16.1$$

$Mo = \mu DS$ (in dyne*cm); μ : 震源での剛性率, D : 断層すべり量, S : 断層面積

気象庁でも近い将来業務に取り込むことを前提として、既に試験的なMwの計算を開始している。今後とも技術開発を進め、MjとMwのおおのの長所を生かす形で、地震火山月報への併記等により発表していくこととする。Mjは周期数秒までの周期帯で見た場合の地震の規模を、Mwは長周期の極限で見た場合の地震の規模を、おのおの表しており、異なる切り口で地震規模を評価することで、より地震像が浮かび上がってくると考える。

なお、内陸の浅い地震については、気象庁マグニチュードは系統的にモーメントマグニチュードよりも大きくなるのが武村(1990)により指摘されており、鳥取県西部地震のMjとMwの関係もその指摘と整合している。

参考までに、MjとMwを比較すると以下のようになる。

	Mj	Mw
歴史的蓄積	◎	△
速報性	◎	△
計算可能下限M	◎	×
物理的明解さ	△	◎

以上の検討結果に沿って業務化のための作業を進め、本年度中のできるだけ早い段階で実行に移す予定である。気象庁から公表されるマグニチュードの利用者の方々のご理解を賜りたい。

参考文献

坪井忠二, 1954, 地震動の最大振幅から地震の規模を定めることについて, 地震2, 7, p. 185-193.

- 勝又 護, 1964, 深い地震の Magnitude を決める一方
法, 地震 2, 17, p. 158-165.
- 神林幸夫・市川政治, 1977, 気象庁 67 型地震計記録に
よる近地浅発地震の規模決定について, 験震時報,
41, p. 57-61.
- Katsumata, A., 2001a, Relationship between displace-
ment and velocity amplitudes of seismic waves
from local earthquakes, EPS, 53, accepted.
- 干場充之, 2001, 私信.
- 渡辺 晃, 1971, 近地震のマグニチュード, 地震 2,
24, p. 189-200.
- Katsumata, A., 2001b, Magnitude determination of
deep-focus earthquakes in and around Japan with
regional velocity-amplitude data, EPS, 53, accept-
ed.
- Katsumata, A., 1999, Attenuation function of dis-
placement amplitude for magnitude calculation,
Pap. Meteor. Geophys., 50, p. 1-14.
- 武村雅之, 1990, 日本列島およびその周辺地域に起こる
浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係,
地震 2, 43, p. 257-265.

■ 地震予知連絡会情報 ■ 長谷川 昭 ■

平成 13 年 2 月 19 日に第 141 回地震予知連絡会が開かれた。2000 年 11 月から 2001 年 1 月の期間の全国の地震活動と地殻変動の概況が報告され、それに対する質疑応答が行われた。続いて、東海・伊豆諸島、関東地方、近畿地方の地殻活動についての観測研究成果が報告され議論された。トピックスとしては、「日本海東縁部地域の地震活動」がとり上げられた。各機関から地震活動、地殻変動、活断層・活構造などの調査研究成果が報告され、それを基に議論が行われた。

第 142 回地震予知連絡会は 4 月 13 日に開催され、最初に第 17 期の委員の役員選出を行った。会長に大竹政和東北大学大学院理学研究科教授が選出され、副会長に島崎邦彦東京大学地震研究所教授と岡田義光防災科学技術研究所企画部長が指名された。続いて、2001 年 3 月 24 日に発生した芸予地震および 4 月 3 日に発生した静岡県中部の地震について観測研究成果が報告され、それを基に議論された。

5 月 21 日には、第 143 回地震予知連絡会が開催された。はじめに 2001 年 2 月から 4 月の期間の全国の地震活動と地殻変動の概況が報告され議論された。続いて、関東・東海地方、北海道、近畿・中国地方の地殻活動について観測研究成果が報告され議論された。さらに、2001 年芸予地震と花折断層に関する観測研究成果、気象庁マグニチュードの変更と今後のマグニチュード決定方針が報告され、これらについて質疑応答があった。トピックスとしては「地震予知における電磁気現象(2)―判断基準、地震との相関、メカニズム―」がとり上げられ、東海大学および千葉大学から研究成果が報告された。その後、質疑応答があった。

1. 全国の地震活動

日本列島およびその周辺で発生した M5 以上の地震は、2000 年 11 月～2001 年 1 月の期間に 14 個、2001 年 2 月～4 月の期間に 21 個であった。陸域の浅い地震としては、2001 年 1 月 4 日に新潟県中越地方で M5.1、1 月 12 日に兵庫県北部で M5.4 の地震が発生した。この期間では、フィリピン海スラブ内の地震の活動が目立った。2001 年 3 月 24 日には安芸灘の深さ 51 km を震源として 2001 年芸予地震 (M6.7)、4 月 3 日には静岡県中部の深

さ 33 km を震源として、M5.1 の地震が発生した。また、3 月 23 日には静岡県西部の深さ 40 km を震源として、M4.9 の地震が発生している。

2. 東海地方の地殻活動

水準測量の結果によると、浜岡の水準点 2595 は掛川の水準点 140-1 に対して、今期間も沈降を続けている。年周変化を補正後の結果をみても、以前からの沈降傾向から変化しているとは言えず、通常の変動の範囲であると考えられる (図 1)。国土地理院は東海地方の上下変動の観測を強化するため、掛川から御前崎に至る水準路線に沿って、GPS による高精度比高観測点を整備した。2000 年 7 月から 2001 年 3 月の期間の高精度比高観測の結果によれば、掛川に対して御前崎側が相対的に沈降しており、水準測量の結果ともほぼ一致する。

東海地方下のプレート境界面の推定固着域周辺の地震活動については、上盤側では 1996 年頃からの静穏化の傾向が現在も続いている (図 2)。一方、下盤側では 1998 年頃から活動が低下していたが、2000 年 10 月頃から活動度が上がって元のレベルに戻りつつある (図 3)。詳しくみると、活動が戻り始めた 2000 年 10 月頃から、上盤側で既に低下していた活動度がさらに低下した。

2000 年 2 月 23 日に、静岡県西部浜名湖付近の深さ 40 km を震源として M4.9 の地震が発生した。フィリピン海スラブ内で発生した地震で、発震機構は東北東-西南西に主張力軸を持つ正断層型である。その後の余震活動は低調のまま推移した。

4 月 3 日には静岡県中部の深さ 33 km を震源として M5.1 の地震が発生した。これもフィリピン海スラブ内の地震で、発震機構はほぼ東西の主張力軸をもち横ずれ成分を伴う正断層型である。余震の震源は北北西-西南西に伸び、長さおよそ 8 km であった。震源分布から、東に傾斜した高角の断層面であることが推定される (図 4)。その後、余震活動が続いたがそれも次第におさまり、地殻変動などに特に変化はみられていない。

3. 伊豆諸島の地殻活動

2000 年 6 月末から始まった極めて活発な地震活動は

水準点 2 5 9 5 (浜岡町) の経年変化

基準 : 1 4 0 - 1 基準年 : 1 9 6 2

● : 網平均計算値による。

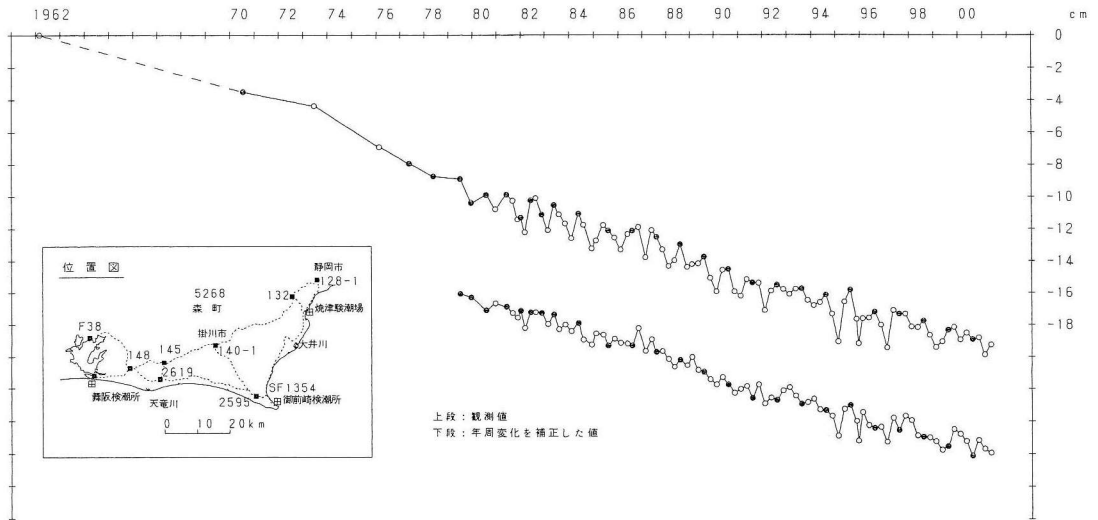
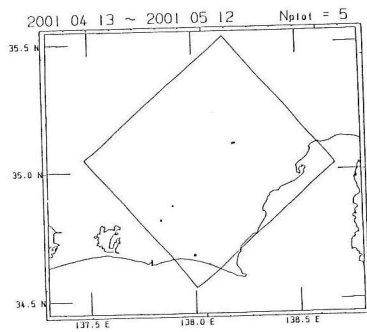


図 1 水準測量に基づく浜岡 (水準点 2595) の上下変動の経年変化 (国土地理院資料)



上盤の declustering 後の地震回数図。
最新区間の個数は 5 個。

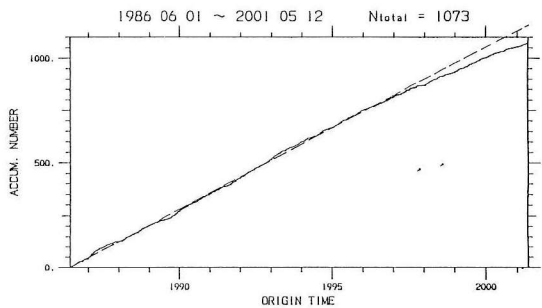
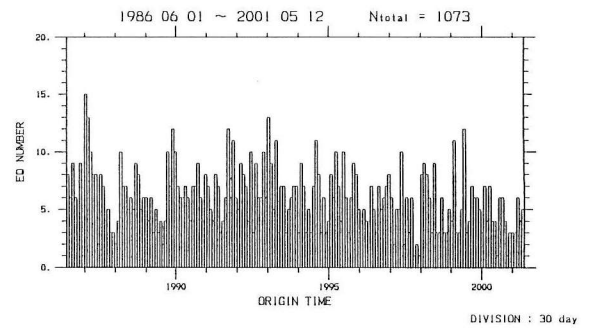
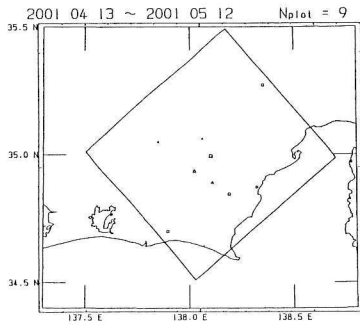


図 2 東海地震の推定固着域上盤側の地震活動 (防災科技研資料)

東海地域の推定固着域付近における地震活動変化について（その6）

2001.5.21 地震予知連絡会資料



下盤（推定固着域直下フィリピン海スラブ内）の30日毎の地震回数（M1.5以上、declustering後、以下についても同様）。最新区間（2001/4/13-5/12）の個数は9個。

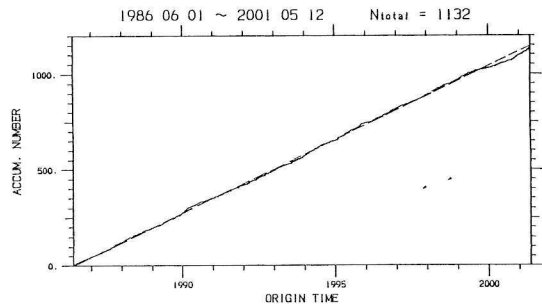
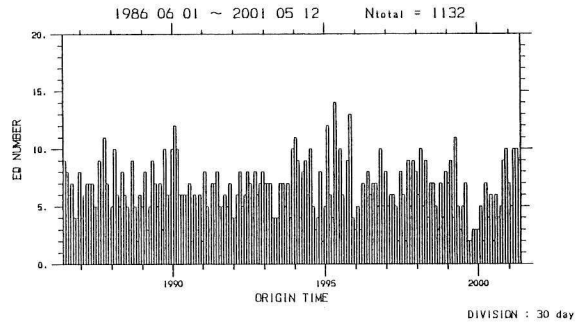


図3 東海地震の推定固着域下盤側の地震活動（防災科技研資料）

次第に沈静化してきていたが、2001年5月に入って再びやや活発化している。GPS観測の結果によると、新島-神津島間が開く傾向は2000年11月～2001年4月の期間でも、割合は小さくなったが依然として続いている。

震源域を横切る屈折法地震探査が行われ、この地域の詳細な地殻構造（P波速度構造）が推定された。得られたP波速度構造と陸上の地震観測点・海底地震計の走時データに基づく震源分布とを比較することにより、今回の地震活動が6 km/秒のP波速度を持つ層内で発生していたことがわかった（図5）。

4. 兵庫県北部の地震活動

兵庫県北部で、2000年12月上旬からM3.1を最大とする小規模な地震活動が始まり、2001年1月12日にはM5.4の地震が発生した。その後、震源の拡がりや東西5 km、南北5 km程度の領域に拡大した。地震発生回数が徐々に減少する中で、M5.4の地震の約5 km北で、M4.7の地震が1月20日に発生し、震源域はさらに北側に拡大した。最終的な震源域の拡がりや東西約6 km、南北約8 kmで、複雑な形状をしている（図6）。震源の深さ

は5～12 kmの範囲に分布する。地震発生回数の時間経過をみると、本震-余震型の活動が2つ（それぞれM5.4とM4.7を本震とする活動）重なったものと解釈される（図7）。本震および主な余震のメカニズム解は、発生場所により異なるという特徴を示す。すなわち、2000年12月の活動とM5.4の地震を含む南西の領域では、主圧力軸が北西-南東に向く横ずれ断層型である。一方、その東側の領域およびそれから北西に伸びる領域では、この地域に一般にみられる主圧力軸が東西を向いた横ずれ断層型である。M4.7の地震はこのグループに属する。

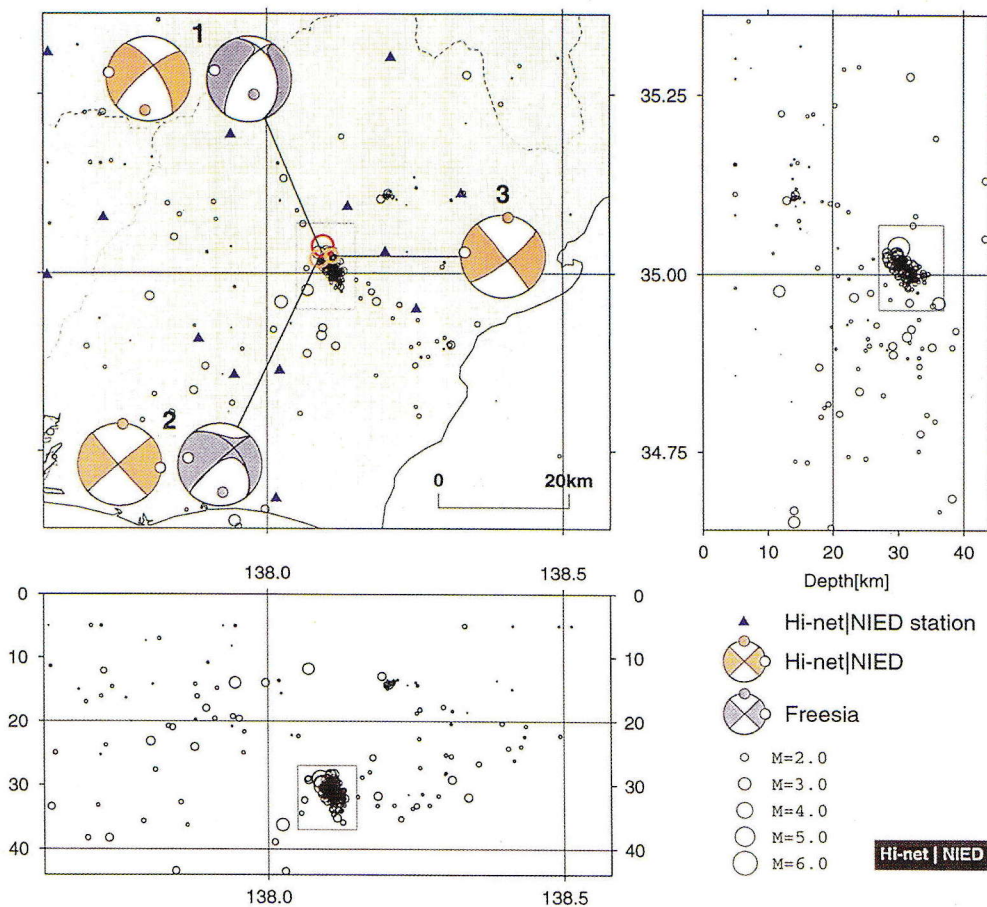
今回の活動域とはほぼ同じ場所で、過去にも小規模の活動が何回かあった。そのうち顕著なものは1976年、1982年、1994年の活動であり、1994年のM3クラスの地震の発震機構は主圧力軸が東西方向の横ずれ断層型であった。

5. 2001年芸予地震

2001年3月24日に安芸灘で深さ51 kmを震源とするM6.7の地震が発生した（2001年芸予地震）。発震機構はほぼ東西に主張力軸をもつ正断層型の地震であった。余

2001年4月3日 静岡県中部の地震活動

2001/04/03 23:57 - 2001/05/14 23:59 (N=245)



Hi-net自動処理システムによる震源分布（一部再検測結果を含む）

		発震時	緯度(度)	経度(度)	深さ	マグニチュード
Hi-net NIED	1	2001/04/03 23:57	35.039°	138.095°	30.11 km	M 5.4
	2	2001/04/04 00:04	35.021°	138.088°	29.02 km	M 4.3
	3	2001/04/04 00:29	35.025°	138.111°	29.98 km	M 3.4
Freesia	1	2001/04/03 23:57	35.0°	138.1°	35.0 km	Mw 5.2
	2	2001/04/04 00:04	35.0°	138.1°	32.0 km	Mw 3.9

図 4 2001年4月3日静岡県中部の地震 (M5.1) とその余震の震源分布とメカニズム解 (防災科技研資料)

震は南北に伸び、長さは25 kmほどで、深さ40~55 km程度の範囲に分布する。余震の分布は高角度で西に傾斜しており、本震のメカニズム解の一つの節面と一致する。この地震はフィリピン海スラブ内の地震であり、震源域の南西側でフィリピン海スラブの傾斜角が急激に大きくなるという特徴がある。この地域では1905年M7.3、1949年M6.2など、今回の活動と似た活動がおよそ

50年間隔で発生している。GPS観測により、震源近傍でおよそ1 cm程度の地殻変動が観測された。地震波形のインバージョン解析により推定された本震時のすべり分布とdouble difference法により推定された余震分布とを比較すると、他の多くの地震の場合にみられるように、余震は本震時にすべりが少なかった場所として発生している。特に、破壊域内の南と北にすべり量の

図5(a)

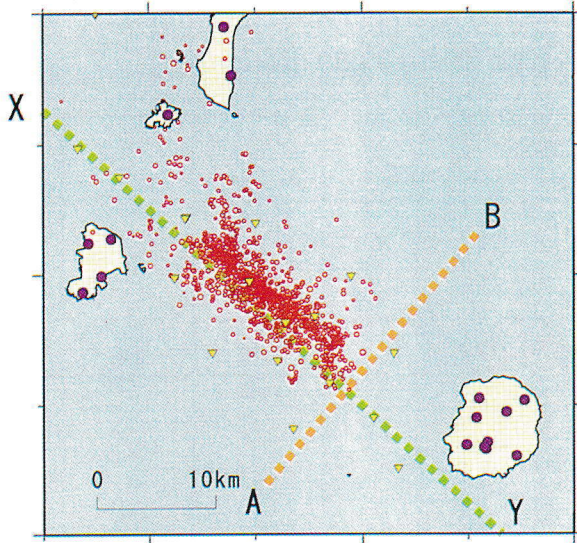


図5(a) 海底地震計の読み取りデータを使って求めた震央分布図。▽が海底地震計、○が陸上のテレメータ観測点、破線 (X-Y) は海洋科学技術センターが行なった屈折法探査の側線。

図5(b) この探査から得られた速度構造を基にした1次元速度構造を使って震源決定を行なっている。

図5(c) 破線 (A-B) での断面に投影した震源分布。北から50度回転した南東側から見ている。浅部では広がり、深部では薄い板状になっている。

東京大学地震研究所
地震地殻変動観測センター

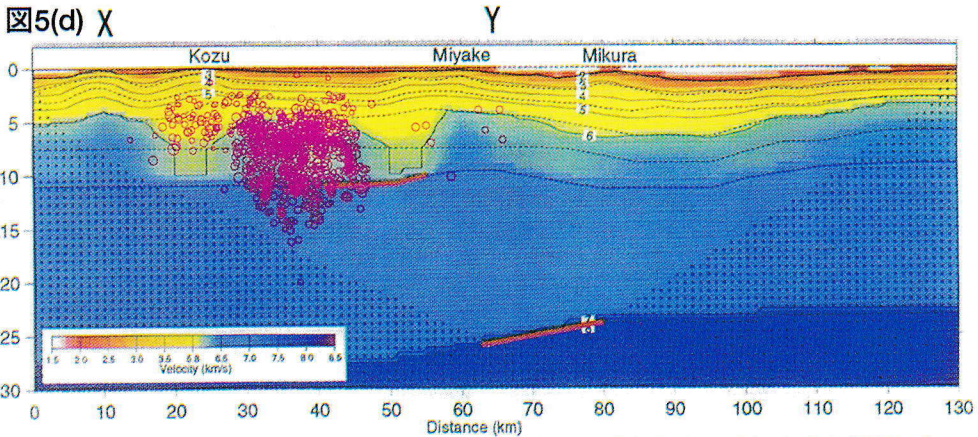
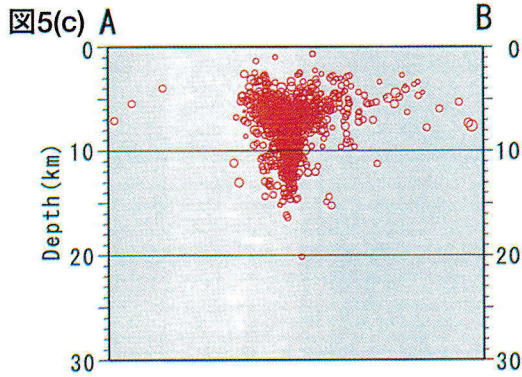
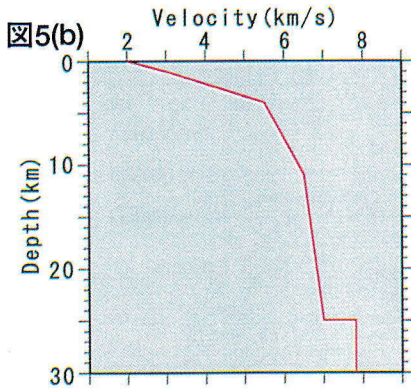
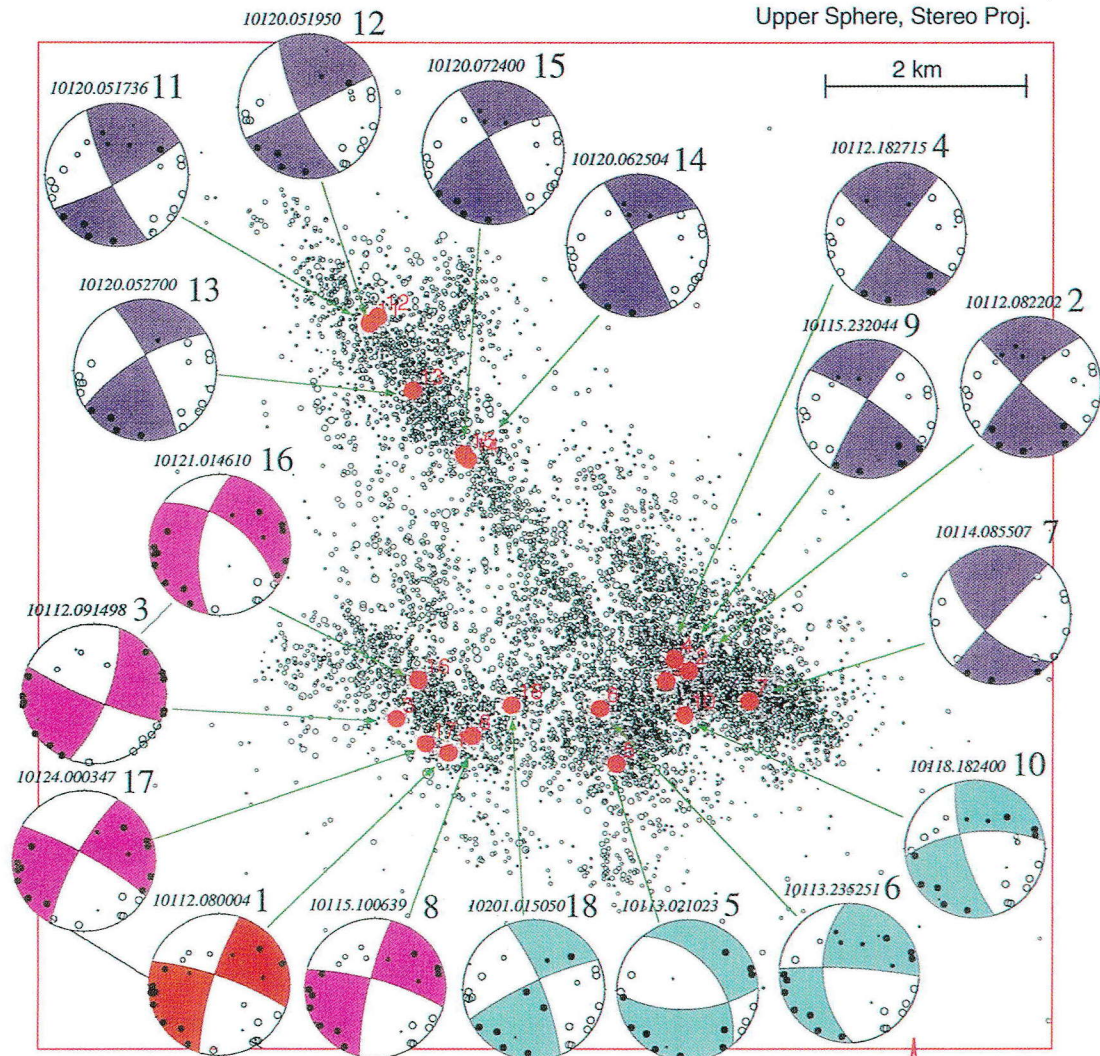


図5(d) 海洋科学技術センターが屈折法探査で求めた速度構造に震源分布を投影した。震源は6km/sのP波速度をもつ層にほとんど限定される。

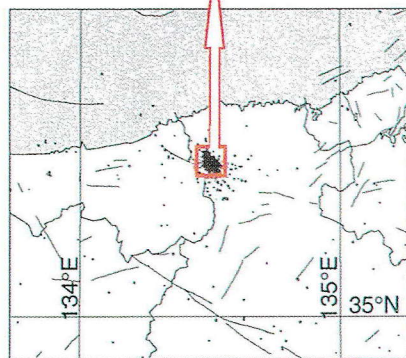
図 5 伊豆諸島の地震活動（震源分布）と地殻構造（P波速度構造）（東大地震研資料）

兵庫県北部の地震と主な余震のメカニズム解



2001 JAN 12 - FEB 11 (SATARN)

No.	Year	Mo	Dy	hr	mn	sec	Lat.	Long.	Depth	Mj
1	2001	01	12	08	00	04.403	35.45907	134.48935	8.263	5.4
2	2001	01	12	08	22	02.976	35.46650	134.51544	8.923	3.7
3	2001	01	12	09	14	57.038	35.46215	134.48371	5.738	3.8
4	2001	01	12	18	27	15.365	35.46756	134.51387	8.276	3.8
5	2001	01	13	02	10	23.249	35.45807	134.50761	7.933	3.7
6	2001	01	13	23	52	51.729	35.46310	134.50577	8.517	3.6
7	2001	01	14	08	55	07.186	35.46378	134.52202	7.415	4.1
8	2001	01	15	10	06	39.048	35.46062	134.49195	8.532	3.7
9	2001	01	15	23	20	44.704	35.46556	134.51297	9.629	4.4
10	2001	01	18	18	24	00.650	35.46250	134.51494	9.911	3.6
11	2001	01	20	05	17	36.233	35.49777	134.48081	8.781	3.9
12	2001	01	20	05	19	50.620	35.49840	134.48170	10.080	4.7
13	2001	01	20	05	27	00.460	35.49180	134.48550	8.610	4.1
14	2001	01	20	06	25	04.430	35.48560	134.49145	7.876	3.8
15	2001	01	20	07	23	59.692	35.48606	134.49101	8.106	4.5
16	2001	01	21	01	46	10.510	35.46570	134.48610	8.800	3.7
17	2001	01	24	00	03	47.530	35.45990	134.48690	8.930	4.2
18	2001	02	01	01	50	50.310	35.46340	134.49620	9.200	3.9



2001FEB13GRCEP DPR1 Kurosu(H KATAO)

図 6 2001 年 1 月 12 日兵庫県北部の地震 (M5.1) とその余震の震央分布とメカニズム解 (京大防災研資料)

兵庫県北部の地震活動の減衰状況

1.地震活動域全体

M2.2以上の地震

データ期間: 2001/1/12 08:01-2001/2/12 24:00

$b=1.02$ $p1=1.1482$ $p2=1.661$

本震・余震活動が2個重なっているとして解析した。地震活動域全体の地震で減衰を見ると、M4以上の余震の発生確率は2/13 現在でも3日間で10%以上あり、M4以上の地震の発生確率はまだまだ高い。

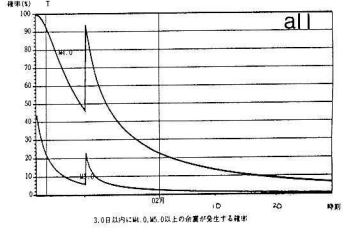
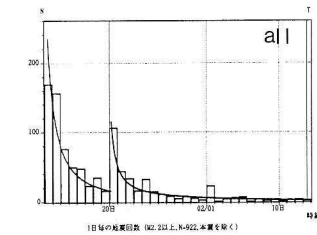
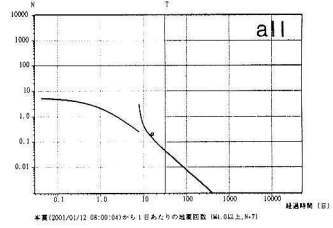
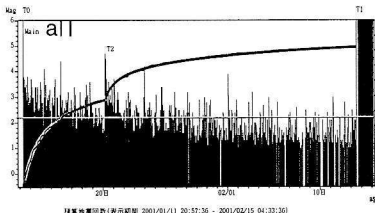
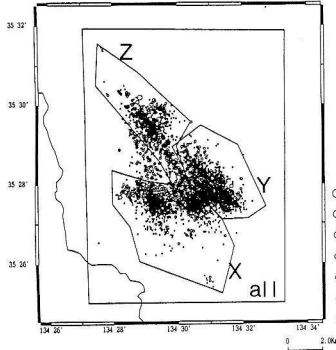
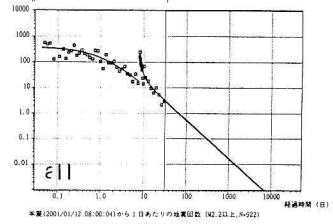
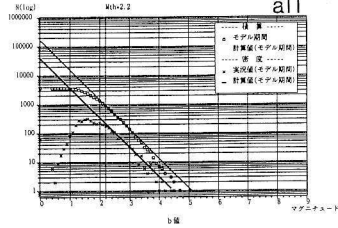
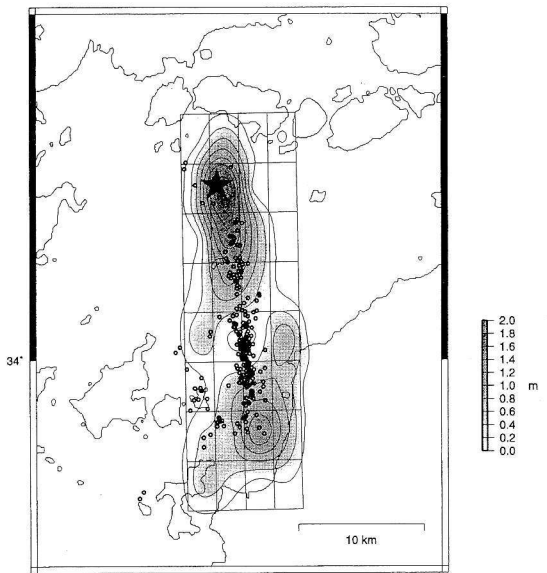


図7 2001年兵庫県北部の地震(M5.1)の余震数の時間分布(気象庁資料)



本震の滑り分布(Yagi and Kikuchi, 2001)と余震分布との比較。余震は、本震の滑りが少なかった場所で発生していることが分かる。

特に、余震分布は、南北2つの滑りの領域の間に集中している。また、余震域の最深处は、この図では、余震域の西端に対応して、この部分でも本時の滑りの少ない領域に対応している。

図8 2001年芸予地震(M6.7)のすべり量分布と余震の分布の比較(東大地震研資料)

きな領域が分布し、余震の多くはその中間に起こっている(図8)。また、今回の地震発生後、震源域の南西側の豊後水道・日向灘に向けて地震活動が拡大したかのようにみえる。

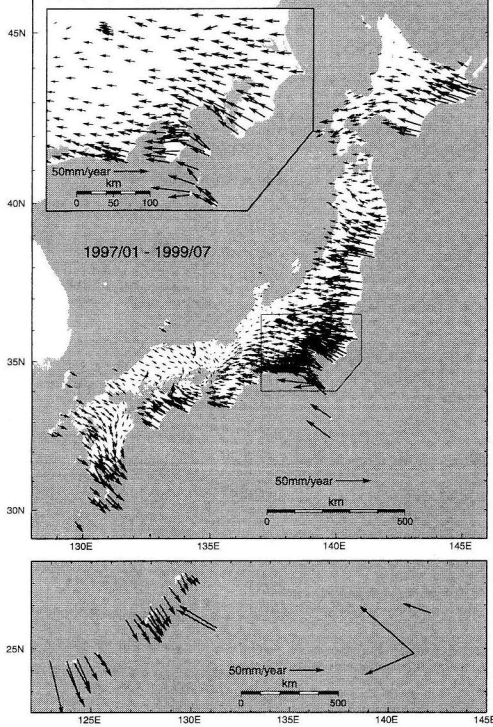
6. 富士山周辺の低周波地震

2000年8月~12月にかけて活発化した富士山周辺の低周波地震の活動が、2001年4月以降再び活発化した。低周波地震の震源は、富士山直下の10km~20kmの深さ範囲に分布する。この領域ではそれほど活発ではないが以前から活動があり、震源の分布範囲は今回の活動で特に変化していない。

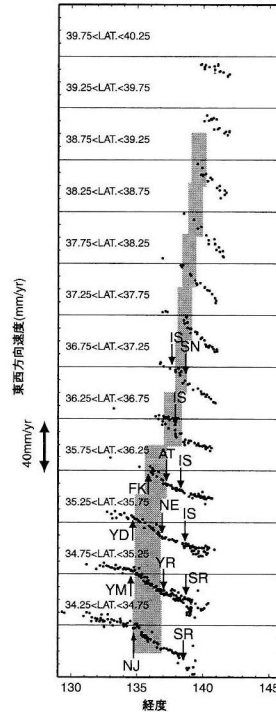
7. 栃木・群馬県境の地震

2001年3月31日からM4.9を最大とする活発な地震活動が、日光白根山のすぐ北側で発生した。震源の拡がり、東西5km、南北3km程度であり、深さ約1~5kmの範囲に分布する。震源域は東西2つの領域に分かれ、最大地震は西側のグループに属する。最大地震の発震機構は北西-南東方向に主圧力軸をもつ横ずれ断層型

GPSによる日本列島の水平地殻変動速度



地殻変動速度東西成分の経度方向プロファイル



1997年1月～1999年12月までの日座標値データに基づく。歪集中帯の位置に影をつけて示す。

IS: 糸魚川静岡構造線
SN: 信濃川断層帯
FK: 福井地震断層
AT: 阿寺断層
YD: 山田断層
NE: 根尾谷断層
YM: 山崎断層
YR: 養老断層
NJ: 野島断層
SR: 駿河湾

図9 GPSによる水平地殻変動速度(左図)とその東西成分のプロファイル(右図)(国土地理院資料)

であり、他の地震の多くも同様のメカニズム解をもつ。

8. 日本海東縁部の地震活動

第141回地震予知連絡会で、トピックスとして日本海東縁の地震活動がとり上げられた。図9左図は、GPS観測に基づく1997年1月から1999年7月の期間の水平地殻変動速度である。日本列島の水平地殻変動速度の空間分布から、東北地方の日本海東縁部から新潟県・長野県を通過して大阪湾付近にぬける帯状の領域で、変動速度が急変していることがわかる(図9右図)。すなわち、この帯状の領域で現在、歪が集中していることを意味する。図10は、地質学的な調査に基づく東北日本弧内帯における歪集中帯を示す。これらは鮮新世末から第四紀にかけて形成されてきた逆断層や褶曲帯で、南北に帯状に分布している。地質学的にみると、互いにはほぼ平行な複数列の帯状の領域でプレート収束を分担しているようである。

地質学的調査に基づく歪集中帯(図10)の一部は、GPS観測で得られた歪集中帯(図9)と一致する。また、これらの歪集中帯の幾つかは、微小地震活動が集中する帯状の領域とも一致する。例えば、北海道南西沖地震・

日本海中部地震の震源域を通り、佐渡に至る領域、北海道北部からサハリンに至る領域などである。後者については、GPS観測に基づく調査により、歪速度の急変帯ともなっていることが報告された。

1983年日本海中部地震(M7.7)とほぼ同じ位置で、それに19年先立つ1964年に男鹿半島沖地震(M6.9)が発生している。男鹿半島沖地震とその余震の震源再決定の結果、この2つの地震は断層面を共有すること、断層面上で男鹿半島沖地震により既にすべった部分では日本海中部地震の際にすべり量が小さかったことが報告された(図11)。

9. 地震予知における電磁気現象

第132回地震予知連絡会でトピックスとして電磁気現象がとり上げられた。その第2回目として、第143回地震予知連絡会で再びこの話題がトピックスとしてとり上げられた。東海大学・千葉大学より電磁気学的な地震予知研究の取り組みとその成果が報告された。はじめに現在日本で行われている電磁気学的な地震予知研究の取り組み、および異常発現のメカニズムについて現在提唱されている種々の仮説について紹介があった。続いて地震

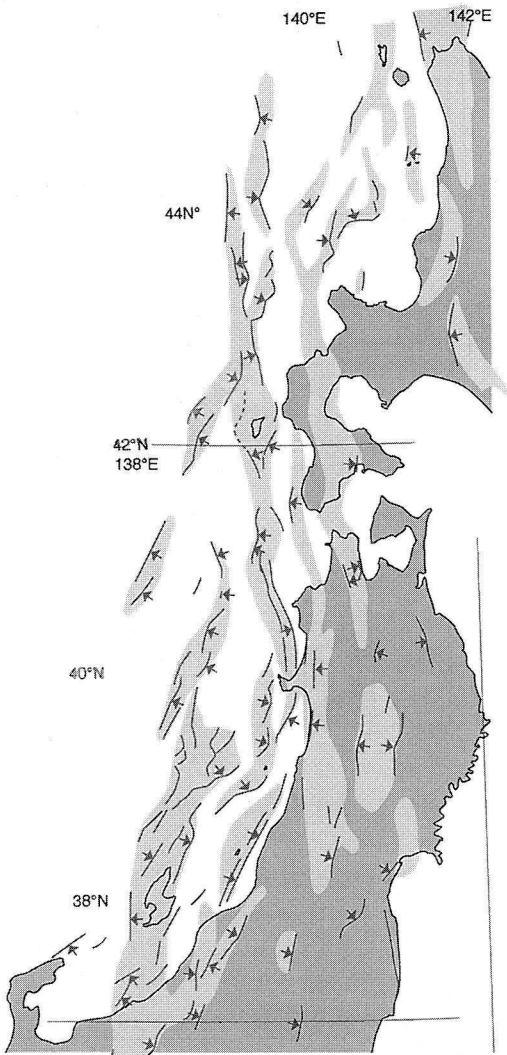


図 10 地質学的調査に基づく歪み集中帯（地質調査所（現産総研）資料）

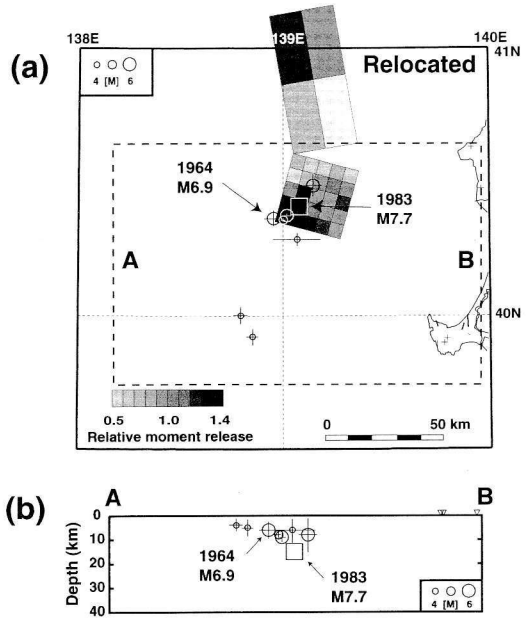


図 11 1964年男鹿半島沖地震（M 6.9）とその余震の震源分布と1983年日本海中部地震（M 7.7）のモーメント解放量の分布の比較（東北大資料）

国際フロンティア研究での取り組みが紹介され、伊豆諸島の地震活動に先行した電磁気異常など、最近得られた観測事例が報告された。電磁気異常の発現メカニズムが未解明であること、特に地震発生時ではなくそれに先行して大きな異常シグナルが観測されることなどについて質疑応答があった。

■ 書 評 ■

● 地震予知学の集大成

力武常次 著

地震予知

発展と展望

評者 井野盛夫

地震予知と防災対策は車の両輪のようなもの、と言われた時期がある。ブループリント（地震予知 現状とその推進計画）が発表された1962年以降、アメリカ、旧ソ連での研究は著しく、中国でも1975年と翌年大地震の予知に成功したとの報道は世界中を驚かせた。地震予知が研究段階からさらに進んで実用段階に入ったのではと思われた頃、我が国でも「大規模地震対策特別措置法」（大震法、1978年）が公布され、予知を前提とした災害対策が法制度として初めて動き出した。しかし、1992年の警報は出したが失敗に終わった米国加州パークフィールドの例や、1995年兵庫県南部地震では直前予知ができなかったという誤解が、地震予知研究にとってまさに厳冬期を迎えることとなるのである。

著書「地震予知」は、まず地震災害を概観し、地震学進展の経緯、ブループリント作成を含めて地震予知計画発足に至った経緯、地震予知計画による成果、計画以外の前兆現象、地震予知の方法、地震予知の学問並びに研究行政についての考察、予知警報に伴う問題点、地震発生確率と地震危険度の予測、地震警報とまがい情報による社会の反応、今後の地震予知進展への提言、付属資料と地震予知に関する幅広い分野にわたってまとめられたA4判619ページの重厚な内容の著書はまたと現れないと思われる。

「地震予知論」に多くを当て、統計による予測手法、前兆現象による解析、前兆特性によるマグニチュードの予測、発生時期の確率算定、パターン認識理論等について論述している。中でも、宏観異常現象について「従来荒唐無稽で科学とは無縁であるとされてきたデータが、出現場所と地震震源との関係、出現の先行時間などに関する経験則を一般法則化することによって、科学的な結果を導き出せるようになった」と評価し、「地球科学的な前兆

データと平行してリアルタイムで処理すること」の提案は、巨大地震の発生が予測されている東海地域住民にとっては朗報である。

「地震警報とその問題点」の章では、東海地震の発生が切迫していることが公式に認められた経緯、静岡県庁に全国で初めて地震対策専門の課ができた状況、国に地震予知推進本部が設置された経過、そして世界でも希な地震予知を前提とした大震法が制定されたいきさつ等が紹介されている。その中でも地震前兆現象の研究が進むにつれて、地震発生確率は徐々に高まっていくと考えられ、いわば「注意報」的な警告を出せる法律に改正する必要があると述べている。さらに地震発生の確率を算定し、確率値の大小に応じて警戒レベルを設定し、各レベル毎に対応をマニュアル化しておくべきであるとの提案を、未解決の大きな課題として重く受け止めなければならない。

「地震警報と社会対応」は、東海地震が発生する数年前から直前までを3つのステージに分け、ステージ毎に変化する中央政府の対応を多少なりとも住民に影響を与えるものと考え、関係者にとって考え方や行動を知るためには必見の価値があり、地方自治体や事業所には是非とも常備しておきたい本である。

<日本専門図書出版、2001年1月、617頁、本体18,000円>

● 地震前兆は電磁波で起こる？

池谷元伺 著

大地震の前兆 こんな現象が危ない

評者 力武常次

本書著者の前著『地震の前、なぜ動物は騒ぐのか』（NHK ブックス、1998）の大志万直人君による書評が、本誌25号107～109ページに載っていて、「読者はワクワクしながらこの本を読み始めるのではないだろうか」とある。本書の「はじめに」には、NHK ブックスをさらに一般向きにやさしくしたのが本書であるとしているの

で、評者は「ワクワクしながら」本書を読むことになった。

本書では、いわゆる地震宏观前兆として「動物の異常行動」、「異常気象」、「家電製品の異常」、「植物異常」などが報告されていることが述べられている。記載されている報告例はいささか断片的であるが、近年のトルコ・イズミット地震（M=7.4, 1999年8月）や台湾・集集地震（M=7.7, 1999年9月）などに関するデータは、地震後に著者自身が現地で収集したものである。鳥取県西部地震（M=7.3, 2000年10月）に関する宏观前兆データをも含めて、これら最近の地震に関する宏观前兆データの取りまとめが欲しいところである。

しかし、著者自身が述べているように、著者の狙いは宏观前兆データの完璧な収集ではなく、現象を統一的に説明することのできるモデルをつくることにあつている。評者の立場からは、現象の一般的特性をより明瞭に把握してから、説明のためのモデルを導き出すべきではなかろうかと考えられ、この点著者はいささか功を急ぎ過ぎている恐れがあるのではなかろうか。

本書に述べてあるような動物やハイテク機器などに関する実験に基づいて、地震宏观前兆のほとんどすべてが地震に先行して発生する「電磁波」によって説明できるというのが本書の趣旨であるが、この「電磁波」という言葉には若干の抵抗を感じる。この言葉は常識的には通信やラジオ・テレビなどに用いられる電波を想起させる。もちろん、地震に先行して異常電波が発生する場合があると評者も考えているが、現象の主役は地殻内におけるピエゾ電気による準静的電場であると思われる。この電場によって放電が起これば、当然通常の意味における電磁波が発生することになる。全くの素人には、一括して「電磁波」でよいのかもしれないが、上記のような記述は誤解を招く恐れがある。

著者が積極的に宏观前兆を説明しようと、実験の努力を重ねていることは高く評価されるが、果して地震前に発生すると思われる異常電場に等価的な刺激が用いられているのだろうか。詳しいことは省略するが、ヴァン・デ・グラフによる実験など、評者には実際より大きい電場を用いているように思えてならない。

本書の記述中には、いささか疑問の点もある。27ページに、イスタンブール魚市場の漁獲量のグラフがあるが、日量が数千トンになっている。これはちょっと多過ぎるのではなかろうか。用いられている単位は正しいのだろうか。また、中国の松潘—平武地震（M=7.2, 6.7, 7.2, 1976）に先行して笹が枯死し、それを餌としていたジャイアント・パンダが餓死したのは、尖った葉をもつ笹にかかった電場のためであるという話が出ているが、1978年評者が四川省の現地で聞いたところでは、付近の

泉が涸れたことから分かるように地下水の水位が低下したため笹が枯れたとのことであった。

東南海地震（M=7.9, 1944）直前の静岡県掛川付近における水準測量に際して観測された水準儀の気泡の揺れも静電場によるものとしているが、御前崎測候所における地震計のゼロ線のふらつきや精密工作機械と取組んでいた人びとの経験から判断して、やはり地面が不安定化したと考えるべきではなかろうか。

このように若干の問題点はあるが、著者とそのグループの地震宏观前兆解明への努力は、いわゆる正当派の地震学者も敬意を払うべきであろう。願わくは、著者およびそのグループが、あまり「牽強付会」的解釈に走らないで欲しい。いずれにしても、現在の宏观前兆研究に致命的に欠如しているのは、リアルタイム・データの取得である。地震発生後に収集されたデータによる議論には限界があるので、何とせよリアルタイム・データを取得するシステムを作らねばならない。

<青春出版社, 2000年11月, 266頁, 本体870円>

● 地震・火山活動理解への新しいアプローチ

山下輝夫 編著

大地の躍動を見る

新しい地震・火山像

評者 力武常次

藤井敏嗣所長の「あとがき」によると、本書は東大地震研究所の75周年を記念して、その刊行が企画されたものである。内容は多岐にわたっているが、1~9章の各章を武尾実、島崎邦彦、山下輝夫、森田裕一、大久保修平、中田節也、藤井敏嗣、川勝均および深尾良夫の各教授・助教授が分担執筆している。これらの著者はいずれも現役の錚々たる研究者であり、近時画期的に発展しつつある地震・火山像を紹介するには、ふさわしいメンバーであると言えよう。本書では省略されているが、できれば著者諸君の略歴や業績の紹介が欲しいところである。

まず地震は地殻内の断層活動によって発生することが確かとなったことが述べられ、インターネットなどで収集された地震波記録データに基づいて、断層運動の詳細が短時間で求められることが記述されている。評者のような1時代前の研究者は、学生のときには「断層は地震によって起こる」などと教えられたものであるが、今や断層発生によって地震が起こることが確立されたのであ

る。しかも、医学のCTスキャンにも似たインバージョンの方法によって、断層運動の始まり、伝播、変位などが稠密な地震計ネットで得られたデータによって詳細に決定されるようになった。まことに驚くべき進歩である。

本書では、このようなインバージョンの手法について、やさしく解説しようとしているが、使用する言語はやさしくとも、ことから自体が難解であるので、果して高校レベルなどで十分な理解が得られるであろうか。この傾向は本書後半の火山活動に関する記述でも同様である。

また、歴史地震学や考古地震学が、現在の大地震発生の見通しや確率算定に役立っていることも解説されている。さらには、最新の地震記録を得るための地震計測技術も紹介されている。評者のように、大森式地震計をいじったり、石本式加速度計など煤書き地震計のお守りをした者にとっては、まさに隔世の感があり、地震学者といえども広く世の中のテクノロジーの進歩に注意しなければならないことは明らかである。

本書後半に述べられている火山噴火のメカニズムは、いささか時代遅れの評者にとっては、新しい知見であった。もっともショッキングであったのは、2000年7月の三宅島雄山の噴火に際し、わずか2日前に観測を実施した火口底が陥没して、大きなカルデラ生成となったなどと報告されていることである。評者は1940年の三宅島噴火に際し、学生の分際で現地を訪れた経験があるが、今回の噴火の様相は全く予期しないタイプであって、自然との取組みはなかなか困難なことであると言えよう。

なお、本書には地球全体としての地震波伝播解析による地球内部構造解明や地球自由振動の問題なども最新の知識に基づいて解説されている。

<岩波書店、岩波ジュニア新書、2000年10月、201頁、本体740円>

● 切迫！ 東京直下 & 東海地震

溝上 恵 著

東京直下大地震

評者 力武常次

2000年には、三宅島噴火活動を伴う新島、神津島近海で群発地震活動が起り、相当な被害が出た。これら伊豆諸島の地震活動が隣接している首都圏に飛び火し、切迫しているとされる東京直下地震が起るのではないかと

と心配する向きも多い。

このような地震情報を、一般の人々に正しく理解させるために書かれたのがこの本であろうが、著者は東海地震のための地震防災対策強化地域判定会会長という責任ある立場にあるので、その見解を重く受けとめる人も多いと思われる。

まず、第1章『うごめく伊豆諸島』の警鐘』では、上記の伊豆諸島を含む銭洲（ぜにす）海嶺の地震活動が西日本の地震活動、とりわけ南海トラフの巨大地震との関連性が高いことを述べてある（28ページ）。このことは33ページに述べてある「気象庁は今回の活動は、現状では東海地震と直接的な関係は考えられない」という記述とどう調和させるのであろうか。

銭洲海嶺の地震活動を重視するのは、従来からの著者の持論のようであるが、もう一つ定量的解釈に欠けているのではなかろうか。二つの異なる地域の地震活動の相関を論じるための手法はもっと数量的であって欲しい。このことは、著者の指摘する茨城県南西部地震と茨城県沖地震の関連性（148ページ）についても言えることである。

それはさて置き、東京圏直下地震の発生が差し迫っているらしいことは評者も同意するところであり、東京都の被害想定に基づいて予想される被害を解説していることは、一般の人々の役に立つであろう。第2章「ケーススタディ『東京直下の大地震』で首都はこうなる」に述べられている地震被害のシミュレーションあるいは仮想ドキュメンタリーは、著者のオリジナルか、もともと東京都の想定にあるのか、それとも出版社の創作かは分からないが、読者にとってはかなり有用であろう（ただしいささかオーバー気味）。300万人以上の帰宅難民を生じるなどの点はまことにショッキングな話である。

本書の記述でいちばん説得力のあるのは、第5章「東海地震へのシナリオ」にある6段階の予知過程のシミュレーションであろう。潜り込むフィリピン海プレート上面の固着域の概念形成、近年発展しつつある断面における非線形震源過程に伴う地殻歪み変化の検出可能性、GPS観測の普及発展などによって、東海地震発生を直前に判定する根拠は相当に合理的また具体的になってきたと思われ、評者が判定会委員を務めていた約10年前と比較すると、長足の進歩があったと考えるべきであろう。

<小学館文庫、小学館、2001年1月、220頁、本体476円>

● 予知への新しいアプローチ

長尾年恭 著

地震予知研究の新展開

評者 力武常次

この本の著者は東海大学海洋研究所・地震予知研究センター長で、理化学研究所の「地震国際フロンティア研究」の重要メンバーである。本の内容は

- 第1章 なぜ電磁気学的手法か？
- 第2章 阪神大震災の時、何が起こったのか？
- 第3章 地震予知研究とは？
- 第4章 地震に関連するさまざまな周波数による電磁気学的研究
- 第5章 そのほかの最近の試み
- 第6章 地震予知学のススメ

となっていて、特に最近発展してきた電磁気学的手法による短期・直前の地震予知研究の解説に重点が置かれている。

著者が直接係わっているいわゆる「VAN法」（地電流観測）を初めとしてULF、VLF、LFなどの各周波数帯における異常電磁放射や電離層異常、さらには見通し外FM電波による地震発生直前の異常観測の現状が詳しく記述されているのがこの本の特徴であろう。これらのアプローチのそれぞれは従来やや断片的に報告されてきたので、この本で一まとめにして記述されているのは、評者のような最近の進歩にややうとくなっている者にとってはまことに有り難いことである。

これらの新しく報告された事柄には、いささか信憑性に欠けるものもあるようだが、大地震の際または直前に震央上空の電離層が異常を来す場合があることなどほとんど疑いの無い事実と認められるようになったと判断して宜しいのではなからうか。このような電磁気学的アプローチをさらに強化してゆけば、短期・直前の地震予知達成のブレーク・スルーになるかも知れないと大いに期待される。このような新しい発見を重視することは重要であるが、いわゆるブループリント以来の日本の地震予知計画が電磁気学的手法を全くないがしろにしていたような印象を与えかねないのは、計画の初期以来この分野の発展に努めてきた評者としては、いささか残念であり、先人の努力をバックにして新しい分野が発展したことを忘れてほしくない。

それはともかくとして、その本には電磁気学的手法のほか、短期的地震前兆らしき地下水変化、地球

化学的变化、アコースティック・エミッション（acoustic emission, 略称AE）などについての新しい知見が述べられている。特に最後のAE（この場合周波数帯は30～1,000 Hz）の観測は将来重要になるのではなからうか。

なお、評者の知らないようなロシアや中国における最近の研究結果（なかにはいささかお粗末なものもある）も述べられていて、最近の地震予知研究の動向を知るには大いに役に立つ本である。

<近未来社、2001年2月、200頁、本体2,381円>

● 地形は地学情報の基本

貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・

山崎晴雄・鈴木毅彦 編

日本の地形4「関東・伊豆小笠原」

評者 佐藤比呂志

親しい人の顔色から体調が瞬時に判断できるように、地形には固体地球や大気圏の営みが表現されており、興味のつきない対象である。とくに日本列島のような変動帯の地形には、過去の地殻変動・地震・火山活動の様子が保存されている。日本列島の地形は、地殻の活動を知る上で、また災害を予測する上でも重要な手がかりを与えてくれる。

21世紀を期して「日本の地形」の出版が始まった。その第一段が、関東地方と伊豆小笠原弧を扱った本書であり、今後も引き続いて総説を含めたそれぞれの地域の刊行が予定されている。本書では総説の他、地域ごとに地形や地形面の特徴・火山地形の特徴やその形成史などが詳述されている。とくに本書では、地形面の編年に大きな役割を果たした火山灰層序や、地形面の発達を支配する第四紀後期の海水準変動について、総説において分かりやすく研究史も含め解説されている。代表的な火山については、火山体の形成史・活動史が記述されており、過去の火山活動について基本的な情報を得ることができる。

専門用語については、右側の欄に注として基本的な説明がなされており、初心者にも分かりやすい。専門書としても豊富で適切な引用文献が掲載されており、理解を深めたい読者にとっても十分な情報を提供している。また、所々に設けられているコラムは、話題性のあるトピックスを簡潔にまとめたもので、読み物としても面白い。1783年浅間山の噴火に伴う岩屑なだれで犠牲になった母を背負った娘さんの遺体が発掘された話など、無味

乾燥になりがちな専門書を少しでも読みやすくする試みがなされており、好感がもてる。

1995年の阪神淡路震災以降、地震調査推進本部体制で活断層の活動歴に関する調査量が飛躍的に増大している。これに対応して内陸活断層の活動性の評価について、地形学・第四紀地質学的な情報にもとづく記載も多くなっている。また、近年の有珠火山や三宅島火山災害にともなう、ハザードマップの話題もマスコミをにぎわすようになった。こうした情報の基礎を理解するためには、地形・第四紀また火山地質についての情報は不可欠であり、これらの情報を地域ごとにまとめ平易に解説している本書は、誠に適切なものである。専門家のみならず一般読者にも購入をすすめたい一冊である。

本書はあくまでも地形地誌が中心となっており、地球科学の複合的な意味で地形を論じたものではない。日本列島の現在の地形の根本は、第三紀におけるアジア大陸からの分離を抜きにしては語れない。この意味では関東山地の屈曲構造の形成や、関東平野における中央構造線の意義づけや活断層との関わりなどについても言及がなく、引用資料も古い。また地形や地質構造の議論にとって基本的な地球物理学的データの紹介など、地形学以外の議論も紹介すれば、よりダイナミックな日本の地形が描き出せたのではないかと感じる。こうした点については、総説での議論や続刊に期待したい。

地形学・第四紀地質学の知見は、地震・火山災害・都市防災の観点からも重要であり、本書はこれらを分かりやすく解説した良書である。一読を勧める。

<東京大学出版会, 2000年11月, 376頁, 本体6,000円>

● 複雑系としての地震現象

J.B. Rundle, D.L. Turcotte, W. Klein 編 地球複雑系と地震物理学 GeoComplexity and the Physics of Earthquakes

評者 大中医譽

本書は、アメリカ地球物理学連合が刊行する『地球物理学モノグラフシリーズ』の最新刊(120号)で、編者のJ.B. Rundle, D.L. Turcotte および W. Klein の3教授は、いずれも標題の分野で活躍する第一線の研究者であり、評者にとっても「地震物理学」に関連する国際会議等で何度かお目にかかって来た馴染みの研究者である。

本書に収められている論文は、前書きによればアメリカ地球物理学連合大会における「地震物理学」に関する一連の特別セッションで発表されたものが主で、総数16篇である。地球複雑系の科学は、地球内部に生起する現象を、互いに強く相関する複雑系の時間および空間領域における進化の過程で出現する創発的(emergent)現象としてとらえ、これを包括的、統計物理学的立場から研究する学問分野である。地震現象は地球複雑系で生起する創発的現象の典型的な例とされる。地震現象がこのような認識に基づいて研究されるようになったのは比較的最近のことで、それ故に本書の編者序文や収録論文の一部からは、自分たちは新しい分野を切り開き、その中心にいるのだという高揚した気分を垣間見ることができる。

本書の標題に「地震物理学」の文字が含まれるが、編者も序文で断っているように、本書は最近発展の著しい地震物理学全般をカバーしているわけではない。上述したように、あくまでも地震現象を地球複雑系で生起する創発的現象としてとらえ、この立場から地震現象を統計物理科学的に論じた論文を主として収録したモノグラフである。この点標題から誤解を受けないように注意したい。

本書に収録されているのは、地球複雑系における断層間相互作用をモデル化したスライダブロックモデルおよび類似のアプローチによるカオスの挙動の発現やグーテンベルグ・リヒターの相似則および大森の余震公式に代表される地震学における古典的な統計法則等を論じた論文、粒状体モデルに基づく断層ガウジの物理のモデル化や数値シミュレーション上での擬似地震活動の時空間クラスターの再現を試みた論文、地殻の応力場や歪み場は地震活動の時空間パターンに反映されるとの前提の下に、地震活動の時空間パターンから大中規模地震の発生時期を推定する理論的手法と応用を論じた論文、地震中期予測モデルとして注目される臨界点モデルと相関距離、地震危険度評価や予測アルゴリズム等について論じた論文などである。

以上に加えて、エネルギー収支を考慮した震源過程のモデル、断層強度の回復、間隙弾性体と間隙水の効果を論じた論文も収録されている。更に、地震発生過程や地殻活動の現実的なモデル構築上、計算機シミュレーションが如何に有効かつ強力な武器となり得るかが強調され、計算機地球科学におけるWebを基礎にした計算手法を扱った論文が含まれている。

本書で注目されるのは、現実的な地震活動シミュレーションのためには、構造不均一性と粘弾性の性質を考慮することの本質的重要性が米国のシミュレーション研究者の間でも認識されるようになってきたこと、複雑系と

いう前提の下でも地震危険度評価や大地震の予測が可能であることが認識され、その予測手法の開発を目指した研究が台頭してきたこと、計算機によるシミュレーションの有効性と重要性が強調されていることなどであろう。

読者は、本書から、地震現象を地球複雑系の進化過程で生起する創発的現象としてとらえる立場からの研究の現状を、将来の発展の可能性とその限界も含めて、読み取ることができるであろう。この意味で本書は、この分野の研究の現状や動向を理解する上で役に立つ格好の出版物といえるであろう。一読をお薦めする。

(なお、評者は本書評を草するにあたり、本書にやや遅

れてスイス・ビルクホイザー社から刊行されたモノグラフ“Microscopic and Macroscopic Simulation : Towards Predictive Modelling of the Earthquake Process” (編者 : P. Mora, M. Matsu'ura, R. Madariaga and J.-B. Minster) を想起し、これと対比せざるを得なかった。これは、Pure and Applied Geophysics 誌特集号 (2000 年 157 巻) をモノグラフ形式で刊行したもので、地震物理学の本書に含まれてない領域もカバーしているので、本書を補完する意味でも併読することをお薦めしたい。)

< American Geophysical Union, 2000 年, 284 頁 >

執筆者紹介

<掲載順>

氏名 力武常次

[りきたけ つねじ]

現職 (財)地震予知総合研究振興会理事, 東京大学・東京工業大学名誉教授
理学博士

略歴 東京帝国大学理学部地球物理学科卒業, 東京大学地震研究所助教授, 同教授, 同所長, 東京工業大学理学部教授, 日本大学文理学部教授を歴任, 現在に至る

研究分野 地球物理学(地球電磁気学, 地震予知論) 専攻

著書 *Electromagnetism and the Earth's Interior, Earthquake Prediction* (いずれも, Elsevier), 『地球電磁気学』(岩波書店), 『なぜ磁石は北をさす』(講談社), 『地震予知』(中央公論社), 『地震前兆現象』(東京大学出版会), 『固体地球科学入門』(共立出版社) 他



氏名 尾池和夫

[おいけ かずお]

現職 京都大学副学長, 京都大学大学院理学研究科教授
京都大学理学博士

略歴 京都大学理学部地球物理学科卒業, 京都大学防災研究所助手, 助教授を経て現職

研究分野 地震発生機構, 地震テクニクス, 地震予知

著書 『中国の地震予知』(NHKブックス), 『中国の地震・日本の地震』(東方書店), 『アジアの変動帯』(藤田和夫編・海文堂), 『インドネシアの旅—ジャワとバリの火山を訪ねて』(吉井書店), 『地震発生のしくみと予知』(古今書院), 『日本地震列島』(朝日文庫), 『活動期に入った地震列島』(岩波科学ライブラリー) 等



氏名 井野盛夫

[いの もりお]

現職 富士常葉大学環境防災学部学部長, (財)静岡県防災情報研究所所長, 中央防災会議専門委員, 地震調査研究推進本部専門委員
理学博士

略歴 東京教育大学理学部地学科卒業, 静岡県防災局長を経て現職

研究分野 地下水探査, 防災行政

著書 『抗震』東海地震へのアプローチ(静岡新聞社), 『今だから知りたい東海地震』(共著・静岡新聞社), 『名水を科学する』(共著・技報堂出版), 『地震予知がわかる本』(共著・オーム社), 『地域防災計画の実務』(共著・鹿島出版会) 等



氏名 茂木清夫

[もぎ きよお]

現職 (財)地震予知総合研究振興会理事, 東京大学名誉教授
理学博士

略歴 東京大学理学部地球物理学科卒業, 東京大学地震研究所教授, 同所長, 日本大学教授を経て現職

研究分野 地震学, 岩石力学

著書 『地震—その本性をさぐる』(東大出版会), 『日本の地震予知』(サイエンス社), 『Earthquake Prediction』(Academic Press), 『地震予知を考える』(岩波書店) 他



氏名 岡田義光

[おかだ よしみつ]

現職 独立行政法人防災科学技術研究所企画部長
理学博士

略歴 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専門課程博士課程中退, 東京大学地震研究所助手(富士川地殻変動観測所勤務), 科学技術庁国立防災科学技術センター(現防災科学技術研究所)地殻力学研究室長, 地震前兆解析研究室長, 地震活動研究室長, 地震・噴火予知研究調整官, 地震予知研究センター長, 地震調査研究センター長を経て現職

研究分野 地震学, 地殻変動論

著書 『日本の地震断層パラメーター・ハンドブック』(共著, 鹿島出版会), 『現代測地学』(共著, 日本測地学会) 他



氏名 萩原幸男

[はぎわら ゆきお]

現職 日本大学客員教授

略歴 東京大学大学院数物系研究科修士課程修了, (株)日本鉱業中央研究所勤務, 東京大学地震研究所教授, 科学技術庁防災科学技術研究所長, 日本大学文理学部教授を経て現職

研究分野 測地重力

著書 『地球重力論』(共立出版), 『測地学入門』(東京大学出版会)



氏名 渡辺邦彦

[わたなべ くにひこ]

現職 京都大学防災研究所助教授
理学博士

略歴 京都大学理学部地球物理学科卒業, 同大学院理学研究科修士課程地球物理学専攻修了, 同博士課程中退, 京都大学防災



研究所助手を経て現職

研究分野 地殻活動, 内陸地震

氏名 伯野元彦

[はくの もとひこ]

現職 東洋大学工学部環境建設学科教授工学博士

略歴 東京大学工学部, 土木工学科卒業, 同大学院博士課程修了, 東京大学生産技術研究所助手, 東京工業大学理工学部助教授, 東京大学地震研究所助教授, 同教授, 同所長を経て現職

研究分野 地震工学

著書 『被害から学ぶ地震工学』(鹿島出版会), 『破壊のシミュレーション』(森北出版)等



氏名 鶴川元雄

[うかわ もとお]

現職 独立行政法人防災科学技術研究所総括主任研究員理学博士

略歴 名古屋大学理学研究科博士課程中退, 科学技術庁国立防災センター(現防災科学技術研究所)研究員, 同火山噴火調査研究室長を経て現職

研究分野 地震学, 火山学



氏名 大久保修平

[おおくぼ しゅうへい]

現職 東京大学地震研究所教授理学博士

略歴 東京大学理学



部地球物理学科卒業, 同大学院理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了, 同博士課程単位取得退学, 東京大学地震研究所助手, 同助教授を経て現職

研究分野 測地学・固体地球物理学
著書 『EARTH REVEALED—地球を探る』(共著, 丸善), 『大地の躍動を見る—新しい地震・火山像』(共著, 岩波書店)

氏名 上垣内 修

[かみがいち おさむ]

現職 気象庁地震火山部地震予知情報課課長補佐

略歴 東京大学理学部地球物理学科卒業, 同大学院理学系研究科修士課程修了(地球物理学), 気象庁観測部地震予知情報課, 気象研究所地震火山研究部主任研究官等を経て現職

研究分野 地殻変動



氏名 長谷川 昭

[はせがわ あきら]

現職 東北大学大学院理学研究科教授理学博士

略歴 東北大学理学部天文及び地球物理学第二学科卒業, 東北大学大学院理学研究科博士課程中退, 東北大学理学部助手, 助教授を経て現職

研究分野 地震学

著書 *Magmatic Systems* (M.P. Ryan 編, Academic Press) (分担執筆)



氏名 佐藤比呂志

[さとう ひろし]

現職 東京大学地震研究所助教授

略歴 東北大学理学部地質学古生物学教室卒業, 東北大学大学院理学系研究科博士課程後期中退, 茨城大学理学部地球科学教室助手, 東京大学地震研究所助手を経て現職

研究分野 地質学



氏名 大中康譽

[おおなか みちやす]

現職 ロンドン大学ユニバーシティカレッジ名誉教授

略歴 東京大学理学部物理学(地球物理コース)卒業, 同大学院理学系研究科地球物理専攻博士課程中退, 東京大学地震研究所助手, 助教授, 教授を経て, 同地震予知研究推進センター教授(センター長併任)

研究分野 地球物理学(地震発生物理学, 岩石物理学)専攻

著書 *Theory of Earthquake Premonitory and Fracture Processes* (共著), *Earthquake Source Mechanics* (共著), 地震の辞典(分担執筆), 地震と断層(共著)など



ADEP情報

(財)地震予知総合研究振興会 (ADEP) は、平成13年前期に下記の人事異動があった。

○退職 (平成13年3月31日付)

本 部	主任研究員	茅野 一郎
地震調査研究センター	参 事	菊池 俊一
研究業務支持機構	主任研究員	高橋 末雄
研究業務支持機構	参 事	宮本 誠

○採用 (平成13年4月1日付)

本 部	総括主任研究員	佐々木 俊二
地震調査研究センター	参 事	吉田 孝二
東濃地震科学研究所	副主席主任研究員	石井 紘
研究業務支持機構	参 事	小林 光男
研究業務支持機構	主任研究員	智田 明夫
研究業務支持機構	主任研究員	久保 信吾
研究業務支持機構	主任研究員	五十嵐 征宏

○退職 (平成13年4月30日付)

研究業務支持機構	主任研究員	唐鎌 郁夫
----------	-------	-------

編集後記

「地震ジャーナル」は30号を数え、15年にわたり編集長を務められた力武先生から、私はその職を引き継ぐこととなった。その間、ジャーナルを通して、先生は地震情報の流布、地震知識の普及と啓蒙、地震研究の平易な解説等に力を注いでこられた。先生の「地震予知」にかける情熱がつねにジャーナルに新鮮味を加えつづけた。誌面のそこそこに、先生の持ち前の個性が反映されているのであろう、「力武ジャーナル」と呼ぶ人さえもいる。

しかし編集長を引き受けた私が、力武先生にかわって新しい個性を打ち出せるかという、まったく自信はない。そこで「三人よれば文殊の知恵」、人数で埋め合わせをしようと、有力な二人の助っ人を編集陣に加えた。まず岡田義光氏、独立行政法人防災科学技術研究所の企画部長であり、地震・地殻変動研究の第一人者。地震だけではなく火山活動にも造詣が深い。二人目は伯野元彦氏、地震工学の代表的研究者。東京大学名誉教授であり、現在東洋大学工学部教授、財団法人震災予防協会

の理事長でもある。私にとっては東大教養学部と同級生。

お二人に編集陣に加わって頂いた理由をもう少し詳しく述べてみる。昨年三宅島の噴火と同時に、新島と神津島に被害地震が頻発したことは記憶に新しい。宝永東海地震の直後に富士宝永山が噴火した史実を知らぬ人は少ない。地震と火山活動は一体性をもっている。地震予知と火山噴火予知と分けるのは元来おかしな話である。本誌は「地震ジャーナル」ではあるが、地震との関連で火山活動にまで手を伸ばしたとしても非難される筈はない。地震予知連絡会と火山噴火予知連絡会の双方の委員を兼ねる岡田氏が編集陣に参加された理由はまさにこの点にある。

もう一つは地震工学分野への積極的な参入である。これ迄本誌は地震工学や社会・心理学関係の論文も掲載してきた。だが主流はつねに理学サイドにあった。ところが読者層からは、理学よりはむしろ工学的なアプローチを期待する声がある。我が家の防災、我が町の防災、そういった身近な問題への関心が高い。「地震ジャーナル」をより一般の読者層

に広げるためには、工学サイドへの接近が是非とも必要である。伯野氏が参加された理由はここにある。

「地震ジャーナル」の年間予算は500万円、年間2冊発行するから、1号あたり250万円。これで編集費、原稿料、印刷製本費、発送費までまかなうのだと長い間思ってきた。ところが私が編集長就任直後、財団事務から「実は500万円のうち100万円はオーバーヘッド、実際は400万円です」と申し渡された。平成13年度から急に400万円に減額されたわけではなく、前々からそうだったのだと言う。

1冊200万円であげるとなると、論文原稿は5~6編、刷り上がり70ページがおよその限度となる。これは編集上の大きな制約である。だが「地震ジャーナル」の支出を少しでも抑えたいという財団の方針には従わざるを得ない。「武家の商法」は21世紀には持ち込めない。それにしても、えらい時に私は編集長を引き受けたものである。

「地震ジャーナル」を継続的に発行するための当面の措置としては、毎号の刷り上がりを70ページに抑

える、発行部数を従来の1,500部から1,000部に減らす、在庫品を一掃する等の内部的な努力からまず着手する。そして究極的には、購読者層を広げることで、赤字発行に歯止めをかけなければならない。購読者を増やすためには、形式・内容ともに新しい「地震ジャーナル」への転換が要求されるであろう。今回の編集陣の再編成はこの種の転換を意図してのことである。

新生「地震ジャーナル」としての31号のトップ記事には、座談会がふさわしいのではないかと力武先生の示唆があった。過去に9回ほど座談会や対談を開いたが、ここ5年間は開いていない。初期のころは、柳川喜郎、伊藤和明氏など、NHK解説委員の司会で、ホテルの一室を借りて豪勢にやったものである。今回は財政緊迫の折りということで、場所も振興会の会議室でこぢんまりした座談会を企画することにした。

テーマは「地震の活動期と静穏期」とした。安政東海地震の前には中規模地震が内陸に続発したし、また東南海・南海地震の前にも同様な現象が見られた。現在の状況もこれに似て、兵庫県南部地震が起こり、昨年には鳥取県西部地震が起こり、何かしら日本列島が騒がしくなった。実は今回の座談会の直後に芸予地震が発生した。また火山活動でも、三宅島の噴火があり、富士山も黄信号などとマスコミが騒いでいる。

こういった状況から今回のテーマが浮かび上がってきたのである。「地震の活動期と静穏期」に造詣の深い茂木先生に基調講演をして頂き、次いで南海近畿地方を尾池先生、関東東海地方を岡田先生、そして地震防災関連ということで井野先生にお話を頂き、終わりに総合討論ということで座談会を開催した。

各先生方の講演はスムーズに運んだが、総合討論に入るや、活動期や静穏期はどこかに行ってしまった。

予知情報は白か黒ではなく、黄信号が是か非かという論点に話が集中し、白熱した議論になった。討論者はいずれもそうそうたる理系の大学者、しかし蓋を開けてみると共通した関心事は理系のテーマではなく、社会系のテーマであったというのは皮肉なことである。本誌の今後の動向を暗示しているような気もする。座談会記事の編集には経験がなかったこともあり、これをまとめるに四苦八苦した。とにかく新生ジャーナルと気張って編集長を引き受けたものの、散々な幕開けとなってしまったというのが編集の実感である。

(Y.H.)

ご 案 内

地震ジャーナル 30号

萩原尊禮先生を偲ぶ	高木章雄
地震予知研究こぼれ話	
一萩原尊禮先生の思い出一	
戦前・戦中の話	力武常次
桜島噴火と南海地震の頃の思い出	村内必典
挽詩 萩原尊禮先生	村内必典
地震予知計画のブループリント	力武常次
日米地震予知セミナー	力武常次
コラム 地震予知はむずかしい	力武常次
松代地震のインパクト	大竹政和
地震予知連絡会の発足	田島 稔
萩原先生とともに	
一財団設立から訪中団まで一	萩原幸男
ブループリントから40年	津村建四朗
萩原尊禮先生と活断層・古地震	松田時彦
萩原尊禮先生との7年と3カ月	石原理恵
伊豆諸島の地震・火山活動(2000年)	岡田義光
地震発生過程におけるAE応答	長尾年恭ほか
イスタンブールが強震に襲われる確率	遠田晋次

記

- ご購読料 1,500円 [実費頒布・郵送料共]
- お申込先 東京都渋谷区猿楽町1-5-18
財団法人 地震予知総合研究振興会
☎ 03-3292-1933, 2217
[本誌綴込み振替用紙をご利用下さい]

財団法人 地震予知総合研究振興会

地震ジャーナル 第31号

平成13年6月20日 発行

発行所 ☎101-0064
東京都千代田区猿楽町1-5-18
☎ 03-3295-1966
財団法人
地震予知総合研究振興会

発行人 高木章雄

編集人 萩原幸男

本誌に掲載の論説・記事の一部を引用される場合には、必ず出典を明記して下さい。また、長文にわたり引用される場合は、事前に当編集部へご連絡下さい。

●製作/ (財)学会誌刊行センター