

# 地震 ジャーナル

15

1993年6月

- エッセイ 地震と赤十字の救援活動●近衛忠輝  
神奈川県西部地震は果して起こるか●萩原幸男——1  
めずらしい地震—釧路沖地震●岡田 廣——7  
空白域に地震が起こるか●大竹政和——12  
地震予知:経験論か? 決定論か?●岡田義光——20  
パークフィールドの地震予知●浜田和郎——26  
地震波の到来を待つ●神沼克伊——29  
紹介 大事業所の防災計画と警戒宣言に伴う対応措置●岩田孝仁——32  
聞き書 芝居と地震●三浦布美子——34  
地震予知連絡会情報●青木治三——38  
●書評——43  
●ADEP情報——50

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

# 地震と赤十字の救援活動

## 近衛忠輝

「地震、雷、火事、親爺」と言い習わされてきた通り、わが国において地震は久しく恐ろしいものの筆頭であった。そして、親爺が権威を失墜し、雷に見舞われる野良仕事が減り、防火対策も進んだ今、本当に怖いのは地震だけになったといってもいいかも知れない。地震が何といっても怖いのは、その襲い方がドラマチックであり、かつ受ける被害がショッキングなためだが、その裏返しで、救援の対象として地震は最も人気のある災害である。

災害が起きたとき、マスコミは「絵になる」映像しか送らないから、被害は実際よりはるかに大きく伝わるのが常である。1985年のメキシコ地震では、テレビの映し出す惨状が、一時は人口1800万の大都市が壊滅したかの印象を与え、その結果、世界中から各国赤十字社の分も含め無数の救護班や、救援機が飛来した。実際には、死者1万人以下、大小の被害を受けた建物は9万戸で、全体の0.2~0.3%に留まった。そして多くのボランティアの献身的な活動もあって、救援の現場では程なく救援する側が、される側を上回るようになった。しかし、一度救援フィーバーが冷めた後には、家族や友人や住む家を失くし途方に暮れる10万人にのぼる市民が残され、歴大な復興のニーズは、弱体なメキシコ政府の肩に重くのしかかった。そんな政府に協力して、赤十字は数千戸の住宅の新築、数万戸の修復、病院・学校など公共施設の復旧にも手を貸すことになった。緊急の救援活動を専らにしてきた赤十字が、これほど大規模に復興にまで手を染めたのは初めてであり、その後のコロンビアのネバダ・デル・ルイス火山噴火やアルメニア地震後の活動に前例を開くことになった。スポットライトを浴びて行なわれる緊急の救援活動に比して、被災者の救済や復興にははるかに大きな資源と労力と時間が必要なのは明らかであるが、長期にわたって一般の関心と支持を繋ぎ止めておくことは容易でなく、財源の確保はいつも頭痛の種である。

「絵になる」救援に欠かすことができないのが人の派遣である。実際には大きな地震であっても、多数の人員の派遣を要請されるケースは近年皆無といってもよく、国際会議では、たびたび押しかけの人員派遣を強くいましめる決議が採択されている。にも拘らずそれが繰り返されるのは、災害が起きると血が騒ぐ救援屋の「性」があり、また彼らの活動に期待する大衆の気持ちと、その支持に頼らざるを得ない救援機関の宿命があるからである。

被災者の惨状を知って、一刻も早く救いの手を差し延べたいと願うのは人間として自然な感情であり、赤十字の原点でもあるが、それを大切にすればこそ、人々の純粋な気持ちと善意を、いかに効果的に救援活動に活かすかを関係者は常に心掛けなければならないと同時に、大衆のともすれば情緒的になりがちな反応に媚びることなく、真実を伝える義務があると考えらるものである。



# 神奈川県西部地震は果して起こるか

萩原幸男

はじめに

今年は関東大地震から70年にあたる。幸いなことに、関東大地震のような巨大地震が関東地方を襲うのは百年以上も先のことと言うのが通説である。しかし直下地震はそうはいかない。歴史の教えるところによれば、巨大地震も含めて小田原付近に甚大な被害を及ぼした地震は、およそ70年に一度の割合で発生したとされる。かつて「69年周期説」が世上に取り沙汰されたことがあったが、地震発生に70年の周期が果たしてあるのだろうか。

石橋克彦氏によれば、最近350年間に小田原に甚大な被害を与えた地震は5回ある。1633年寛永小田原地震、1703年元禄関東地震、1782年天明小田原地震、1853年嘉永小田原地震および1923年大正関東地震（いわゆる関東大地震）の5回である。発生間隔は約73年、もし、この間隔をそのまま単純に未来に延長すると、つぎの地震は199X年という勘定になり、事態は緊急性をもつ。

このような背景から、科学技術庁は「マグニチュード7級の内陸地震の予知に関する研究」（1987～1991年）を計画、テストフィールドとして小田原市を中心とする神奈川県西部および相模湾北西部一帯を選定した。本稿では、この研究の成果をベースに、想定される「神奈川県西部地震」について最新の知見を述べてみたい。

なお、この地震には「西相模湾地震」「小田原地震」などの呼称もあるが、なるべく広範囲にとり、しかも内陸だけではなく沿岸海域での発生も考慮して、近頃では「神奈川県西部地震」と呼ぶ傾向にある。

「西相模湾断裂」をさぐる

小田原に被害を与えた5回の地震のうち、1703年元禄および1923年大正関東地震は相模トラフに発生したM8級の巨大地震、他の3回はM7級の中規模地震である。ご存知のように、M8とM7ではエネルギーが約30倍も違う。M7級地震が約30個同時に発生してやっとM8級地震1個分に相当する。当然のこととして、図1に示すように、M8とM7とを同列に並べて議論するのは

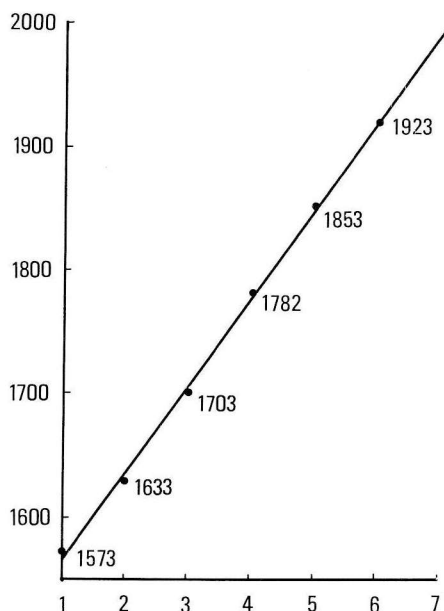


図1 小田原に被害を与えた地震の発生順位（ヨコ軸）と年（たて軸）  
順位2～6が石橋モデル、1573年の地震（順位1）は都司嘉宣氏により追加された天正小田原地震。神奈川県西部地震（順位7）の発生は石橋モデルに従えば1998±3年、天正小田原地震を追加すれば1993±4年と予測される。

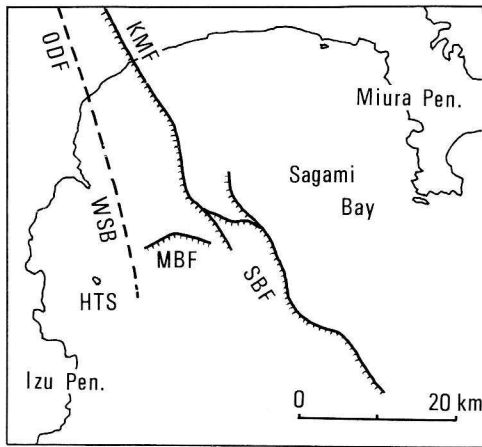


図2 相模湾北西部の断層  
 相模トラフ (SBF) の内陸延長部が国府津—松田断層 (KMF)、西相模湾断層 (WSB) の内陸延長部が小田原断層 (ODF)、SBF の支脈の真鶴海丘南縁断層 (MBF) は WSB の南部へ続き、その活動が 1923 年大正関東地震の際に初島 (HTS) の異常隆起を起こしたものと考えられる。

おかしいとの反論が予想される。

大正関東地震のとき、伊東沖の初島は異常隆起を起こしたが、それは震源である相模トラフの断層運動だけでは説明がつかない。そこで提唱者の石橋氏は「西相模湾断層」の存在を仮定した (図2参照)。5回の地震のうち2回のM8級地震のときには、相模トラフと同時にこの断層も活動し、他の3回の地震のときには断層のみが活動したと考えた。したがって、断層の活動に限定する限り、5回の地震を同列に並べてもよいというのが「石橋説」の根拠である。

3回の中規模地震の被害は主に小田原に集中した。江戸時代の住家がこの城下町に集中していたためであろうが、小田原直下地震とも考えられる。もしかすると西相模湾断層の内陸延長部が小田原付近に伏在するのかもしれない。国土地理院の水準測量によれば、小田原付近を境にして東西の地殻の上下変動のパターンが異なる。これを根拠に小田原付近を南北に走る「小田原断層」がかねてから想定されていた。この断層は西相模湾断層が地上に現れた部分でもあるので、この断層の探査が当面の重要な課題となったのは当然のことである。

る。

足柄平野の東縁には相模トラフの陸上延長部である国府津—松田断層があるが、これは大正関東地震の際には活動しなかったことがわかっている。小田原断層はこれとは対照的に足柄平野の西縁を形成する断層と予想されるが、その存在は地形・地質的に明瞭ではない。それでも物事はあると思って探すと、何らかの発見できるものである。まず地形リニアメント解析から「早川—関本断裂帯」と呼ばれる急崖が、次いでほぼ同じ位置に重力異常の急勾配も指摘された。また人工地震探査の結果から酒匂川の河口付近に南北方向の東側落ち断層が予想された。いずれも解析結果が明瞭とはいえない難かったが、それでも西相模湾断層の内陸延長部、すなわち小田原断層の存在が一時は証明されたかのように思われた。

しかし、この結論はまもなく覆されるに至った。マルチチャンネル反射法音波探査の結果をもとに、海上保安庁水路部は西相模湾断層に対応する海底構造は存在せず、代わって真鶴海丘の南縁を東西に切る顕著な逆断層を発見したと報告した。そして大正関東地震の際の初島の異常隆起は、新たに発見されたこの断層の逆断層運動により説明がつくとした。次いで、陸上においても西相模湾断層の延長部は発見されなかった。足柄平野を東西に横切る測線に沿って、防災科学技術研究所が実施したバイプロサイス反射法探査の結果、国府津—松田断層の逆断層構造が、極めて明瞭に把握されたのと対照的に、小田原断層は痕跡さえも見いだせなかった。

さらに津波モデルのシミュレーションも西相模湾断層活動の周期性に疑問を投げかける結果を与えた。1633年寛永小田原地震の際には、津波が引潮から始まったのに対して、1703年元禄関東地震の際には、いきなり津波が押し寄せたため、多くの犠牲者が出たと碑文は伝える。モデル計算によれば、相模トラフが活動すれば津波は上げ潮から、相模トラフとともに西相模湾断層が活動すれば引潮から始まる。つまり、寛永小田原地震のとき活動した西相模湾断層は、元禄関東地震のときには活動しなかったことになる。この結論は断

裂の存在そのものを否定するものではないが、石橋説の重要なポイントである断裂活動の周期性を否定することとなった。そう遠くない将来に神奈川県西部地震が発生することは間違いないが、当初考えられたような単純なメカニズムで、しかも規則正しく発生するとは限らないのではなかろうか。

### 前兆か？ 1990年M5.1地震

1990年8月5日の日曜日、M5.1の地震が小田原付近を大きく揺すった。震源は箱根湯本の直下約15kmであった。この地方のM5級の直下地震は1933年以来で実に約60年ぶりのイベントといえる。気象庁は館山が震度4、網代、伊豆大島で震度3と発表した。翌6日は新聞休刊日にあたり、7日朝刊の地震記事はごく小さい扱いであった。しかし西相模湾断裂との関連性を重くみた神奈川県温泉地学研究所は独自の調査を実施。その結果、小田原付近一帯が震度5相当の揺れを感じたことを突きとめた。この地域に高密度の地震観測網を展開している防災科学技術研究所の観測によれば、震源断層は東西に走る垂直に近い傾斜角をもつ逆断層で、わずかに左横ずれ成分を伴っている。余震活動もこの断層面に沿って発生した。おそらくフィリピン海プレート内部に生じた断層と考えられる。

この地震で重要なことは、深さ15kmのM5級地震でも十分に小田原付近を震度5に揺らしたことであり、酒匂川下流域の軟弱な地盤によるものであって、西相模湾断裂がなくても、付近の他のタイプの震源断層の活動が小田原付近に歴史的な被害を与えてきた可能性がある。小田原断層のような浅部構造に限らず、さらに広域的に深部構造を探索しなければ、神奈川県西部地震の実体は判明しないのではなかろうか。

防災科学技術研究所は、この地震についてさらに重大な事実を発見した。本震と余震の震源は長さ2km、幅1.5km程度の狭い範囲に集中したことが判明した。これはM5.1地震の震源断層としては非常に狭い面積である。通常M5.0地震

の場合、震源断層の面積は平均的に13km<sup>2</sup>程度である。異常に強いプレート圧縮力がこの狭い面積に作用したために、断層が滑って地震を発生したものでらしい。このことは震源域一帯がきわめて高い応力状態にあることを示唆している。つまりつぎに来る地震発生切迫性を示唆しているものとも考えられる。

しかも注目すべきことは、今回の震源域のすぐ上部、フィリピン海プレート内の深さ10~15kmの範囲に地震活動の空白域が見られることである。地震活動が比較的少ない領域を囲んで、周辺部で活動が盛んになることがある。このような領域を地震空白域と呼ぶ。近い将来、その領域を埋めるような比較的大きい規模の地震が発生する可能性が高い地域として、空白域は地震予知の重要な鍵でもある。空白域の広がり大きいほど、発生する地震も大きいことが予想される。今回発見された空白域の広がりM7程度の地震に相当する。もし遠くない将来に地震が発生するものとするれば、1990年8月5日の地震と類似の発震機構をもち、最大でM7程度の地震と推定される。おそらく小田原市街地も含めて酒匂川下流域では、深度6の揺れを感じることであろう。

### 『地震ジャーナル』 発行とご講読について

本誌は、当面年2回〔6月・12月〕の発行を予定し、第1号を昭和61年6月20日に創刊し、今回、第11号をお届けいたしております。

とりあえず、本誌は当財団に関わりのある方々や機関に無料配布いたしておりますが、ご講読を希望される一般の方々のために、下記のような実費頒布をいたします。お問い合わせください。

#### 記

○講読料実費〔送料を含む〕 1500円

○申込先

〒101 東京都千代田区神田美土代町3  
財団法人地震予知総合研究振興会

☎03-3295-1966 ファクシミリ 03-3295-1996  
〔郵便振替口座〕 東京 1-109120

●地震ジャーナル・編集部●

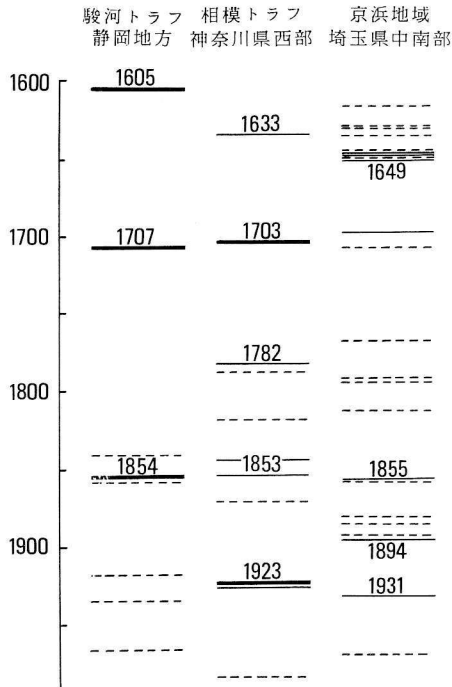


図3 駿河湾北部、相模湾北西部、首都圏の地震活動の対比  
これら3地域の地震活動の間に相互の関連が認められる。

### 神奈川県西部地震は他人事ではない

首都圏や東海地方の住民にとって、神奈川県西部地震はなんとなく「対岸の火事」と思われがちである。しかし油断は禁物、容易に飛び火する。図3は左から右へ駿河湾、神奈川県西部、首都圏と地域分けし、それぞれの地域の地震活動を時代順に対比している。この図から、これら3地域の間地震活動の対応関係を明瞭に読み取ることができる。

まず1633年寛永小田原地震に対応する江戸の地震活動はとくに盛んである。この活動期の最後に1649年川越地震(M7.0)が発生する。しかし対応する駿河湾の活動が見られない。つぎの1703年元禄関東地震は相模トラフに発生した巨大地震、その4年後に1707年宝永東海・南海の二つの巨大地震が同時発生した。相模トラフから駿河トラフへと伝わる地震活動の移動の事実を否定するわけにはいかない。

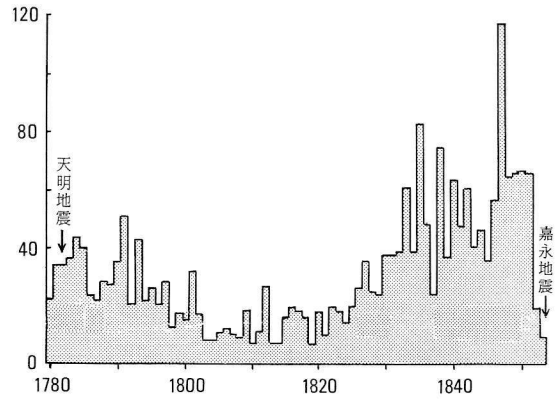


図4 1782年天明小田原地震から1853年嘉永小田原地震までの、南関東の有感地震の数(都司嘉宣氏による)

静穏期(1800~1820)に引き続いて約30年の地震活動期がある。この30年は1854年安政東海地震発生のための準備期間と考えられる。

1703年元禄関東地震の後に、江戸は、70年近い静穏期を迎えた。この期間に対応する図3の範囲に地震がないことから、静穏期の存在が確かめられる。しかし1782年天明小田原地震あたりから、そろそろ静穏期は終わりを告げ、江戸には小さな被害地震が続発するようになる。すなわち天明小田原地震の発生と江戸直下地震活動の開始期との間に同時性が見られる。この事実は1923年大正関東地震の70年にわたって、東京にはさしたる被害地震も無かったという事実と照らし合わせてみる必要がある。近い将来にM7級の神奈川県西部地震が発生することになれば、ほぼ同時に東京は静穏期から活動期に移行することになる。

1853年嘉永小田原地震のときの対応関係はきわめて明らかである。翌1854年に安政東海・南海地震が発生、そして、さらに翌々年の1855年には安政江戸地震が起こり、江戸は大惨事に見舞われた。こうみると江戸と東海地方の地震活動にとって、嘉永小田原地震はあたかも「引き金」の役を演じたかのように見える。しかし「引き金」という用語は適切でない。嘉永小田原地震が原因となって、エネルギー的に数十倍も大きい安政東海地震が結果として発生したかのような誤解を与えるからである。そうではなく、嘉永小田原地震

は安政東海地震という巨大なイベントの一部、あえていえば「つゆ払い」的な存在だったのである。

嘉永小田原地震と安政東海地震との関連を説明するに適した資料を図4に示す。これは、1782年天明小田原地震から1853年嘉永小田原地震までの約70年間における、南関東の有感地震数の時間的推移を示す図である。天明小田原地震後約10年にわたって南関東の地震活動は減少を続け、約20年の静穏期を経て、1820年頃より再び活発化し始めた。そして約30年の歪エネルギー蓄積のための準備期間の後に、嘉永小田原地震を迎えるに至った様子が示されている。しかし、M6.7の嘉永小田原地震に対して30年の準備期間とはあまりにも長すぎる。実はこの30年はM8級の安政東海地震のための準備期間であって、嘉永小田原地震のそれではない。安政東海地震の巨大なエネルギー放出の一部として嘉永小田原地震があり、またそれに続く安政江戸地震があったものと理解される。

このように神奈川県西部地震の活動は首都圏と東海地方を含めた一連の現象として見るべきであって、単に一地方の地震活動としてとらえるべきではない。近い将来に発生が予想されている神奈川県西部地震は、首都圏にとって、静穏期から活動期への移行の時であり、東海地方にとって、もしかすると現在懸念されている駿河湾を震源とする「東海地震」の発生につながるかもしれない。首都圏と東海地方にとって、神奈川県西部地震は他人事では済まされないのである。

### 「空振り」が教えるもの

ここで本題をはなれて、カリフォルニア州パークフィールドの地震予知の「空振り」について述べておきたい。1992年10月19日、パークフィールド付近一帯に地震警報が発令された。警報レベルにはAからDまでの4段階がある。この時の警報は最高レベルのAで、「72時間以内にM6程度の地震の発生確率は37%以上」という内容であった。この地域では1857年以来、20~30年の間隔でM6級の地震が6回発生してきた。図1と

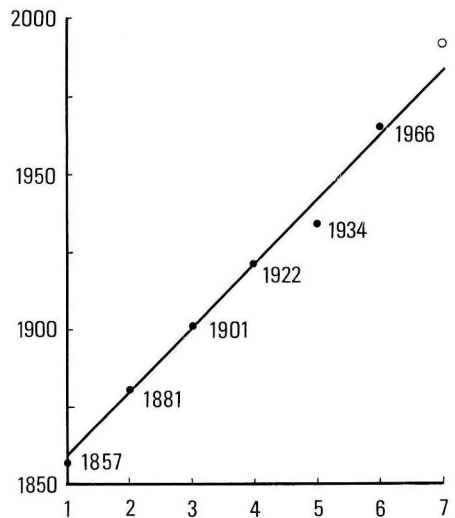


図5 パークフィールドに被害与えた地震の発生順位(ヨコ軸)と年(タテ軸)。図の直線によれば順位7の地震は1983±4年に既に発生していなければならない。白丸は地震警報「空振り」の1992年を示す。

同じ要領で、一連のパークフィールド地震について作成したものが図5である。最小自乗法により直線を引くと、7番目の地震は既に1983±4年に起こっていなければならないことになる。

1992年10月19日の夜半、パークフィールドにM4.7の地震が発生した。前回1966年の地震のときにも、本震発生の直前にM5級の地震が発生した経験から、即座にレベルAの地震警報の発令となったわけであった。結局、刻限がきても地震来らず、警報解除となったのである。地元の住民やマスコミは概してこの「空振り」に対して関心が薄かった模様である。神奈川県西部だったら、こうはいかなかったろう。

パークフィールドの「空振り」は、はからずも中小規模地震の予知の難しさを教えてくれた。過去において何回かの地震がほぼ同じ時間間隔で発生してきたからといって、つぎの地震がその時間の延長上に必ず来るとは限らない、さらに前回の地震のときにM5の前震があったからといって、次回も同じであるとは限らない。そこでは過去の経験が常に活きるとは限らないのである。

図3が教えるように、南関東・東海地方の地震

活動は個々に単独な現象ではなく、つねに周辺部の活動との関連において発生している。巨大地震のためのエネルギー蓄積の過程において、広域的な応力場を背景に中小規模地震は発生する。一連のパークフィールド地震もサンアンドレアス断層の広域的な応力場に支配されながら発生したに違いない。だからパークフィールド付近に地域を限って地震の発生系列に着目しても、完全な予知にはつながらない。

同じことが神奈川県西部地震についてもいえる。西相模湾断層が現実に存在したとしても断裂だけの活動に注目した発生系列は今後も成立するとは限らない。1782年天明小田原地震は1703年元禄関東地震という巨大地震のエネルギー解放後に発生した。これに対して、1853年嘉永小田原地震は安政東海地震のエネルギー解放の一部として、それに先行する形で発生した。明らかに2つの小田原地震は相互に異なる応力場の中で発生しており、単純に同列に発生系列を論じるには無理がある。

1703年元禄関東地震も1923年大正関東地震も同じ相模トラフの巨大地震であることには間違いない。しかし歴史地震津波の研究から、この2つの巨大地震の西相模湾における振る舞いが異なることが指摘されている。つまり近い将来に発生が予想される神奈川県西部地震は元禄関東地震の後に発生した天明小田原地震に対応する地震であると簡単には言い切れない。両者は明らかに異なる力学的条件のもとに発生することが予想される。このようなことから、石橋モデルの地震発生系列を単純に未来に延長して、神奈川県西部地震を予測することはできないように思われる。

### おわりに

物理学の方法においては、ある現象を説明するために、まず簡単なモデルの設定より出発することが多い。多くの検証を重ねていくうちに、当初のモデルでは説明できない現象が出てきて、より複雑なモデルへと改訂していく。神奈川県西部地震の場合にも、まず簡単な石橋モデルから出発し

た。しかし研究の進展とともに、その不都合な箇所が見いだされ、モデルを改訂しなければならなくなつた。しかし研究の現状では、まだ改訂モデルを作れる段階には至っていない。

「いつ」「どこで」「どのくらいの規模」の地震が発生するかを長期的に予知しようとするとき、モデルが下敷きとなる。「どこで」と「どのくらいの規模」はモデルの前提条件に入ってくるので、予知の主目標は「いつ」だけに絞られる。石橋モデルは、神奈川県西部地震の発生を「遅くとも今世紀の終わりか、来世紀の初め」と予測する。改訂モデルが設定されていない現在、これ以上のことは言えないが、たとえそれが設定されたとしても、この予測は大幅に変更されないであろう。

1990年8月M5.1地震の研究成果を根拠に、神奈川県西部地震発生切迫性を指摘する声もある。この地震は人口密集地に発生することと、わが国東西交通の大動脈を一時的にも切断する恐れがあり、その防災対策は緊急を要する。首都圏や東海地方の地震活動と相互に関連を持つことから、神奈川県西部に限った問題として傍観することなく、より広域的に関心を高めていくことが必要であろう。

[はぎわら ゆきお 日本大学教授・東京大学名誉教授]

## ご 案 内

### 地震ジャーナル 14号 特集：追ひくる東京圏直下地震

エッセイ 備えあれども憂いあり	河嶋孝次
南極の地震活動とその観測	神沼克伊
異説：地震予知	力武常次
地震予知—地電流による可能性	小嶋美都子
ある地震誤報の教訓	徐 元耀／訳
早期地震検知警報システム「ユレダス」	石川有三
解説 中央防災会議策定『南関東直下の地震対策』	中村 豊
	小林啓美
企業の防災対策	日機装(株)静岡製作所の地震対策
	福代孝司

### 記

- ご講読料 [郵送料共] 1500円
- お申込先 東京都千代田区神田美土代町3番地  
財団法人 地震予知総合研究振興会  
[本誌綴込みの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



# めずらしい地震—釧路沖地震

プレートのひび割れか?

岡田 廣

## はじめに

1993年1月15日20時06分ころ、釧路沖で深さ107 kmを震源とするマグニチュード7.8の地震が発生し、北海道から東北、関東甲信越地方にかけて有感、釧路では震度6を記録した。北海道での震度6は1982年浦河沖地震以来のことである。

この地震により、釧路支庁、十勝支庁を中心に大きな被害が発生し、死者も2名出た。被害額は道の管轄部分だけで、2月17日現在、約463億円に達している。

北海道周辺の地震活動は、北海道大学地震予知観測地域センター（以下、観測センターと呼ぶ）の調べでは、1982年浦河沖地震以来最近まで比較的静穏であった。そのために、近々マグニチュード7を越える地震が起こるのではないかと案じる声もあった。そこにこの地震が起こった。しかし、深さ100 kmでこのような大地震が起こるとは誰も予想していなかった。

今回の地震はわれわれに多くの観測データをもたらすとともに、今までにない特異な地震という印象を与え、新しい話題もいろいろ提供した。たとえば、(1)北海道およびその周辺の約20年に及ぶ長い地震活動の静穏期の後に起こった。(2)2重深発地震面の下面の空白域から上面に向かって水平にメスを入れるように破壊が進んだ。(3)隣接ブロックに地震を誘発した。(4)深さ100 kmにしては珍しく大きいマグニチュードだった。(5)マグニチュードの大きい割には、①断面積は小さく、②余震はあまり多くない。しかし、③深さ100 km以深としては、今までにない多くの余震の震源が精度良く求まった。④地震動は短周期成分が

卓越し、継続時間が短い。(6)ワールドワイドのネットワークで決めた震源の位置が前例のないほど大きくずれた。これは主破壊の6秒前にフォアショックがあったからだろう（笠原ほか、1993）。また、(7)世界で初めて「サイスミック・モビリティ」（液状化現象の逆で、地盤を硬化させる現象）に起因すると思われる強震記録がとれた（井合、1993）、等々。

本稿では、地震活動に話題が偏るが、観測センターによって今までに解析された中から、この地震の特徴を紹介しよう。

## 最近北海道の100 km以深の地震、何故か活発

よく知られるように、100 km以深でマグニチュード7以上の地震はめったに起こらない。鈴木（九大・理、私信）は、北海道およびその周辺の数少ないマグニチュード7以上の100 km以深の地震を、①釧路から日高支庁にかけての深さ100～150 kmの地震、②国後島周辺の地震、③オホーツク海の深さ200 km以深の地震、に分けている。今回の釧路沖地震は①のグループに入り、1885年から数えて3番目に当たる。すなわち1981年日高西部地震（M 7.1、深さ130 km）、1987年日高山脈地震（M 7.0、深さ119 km）、そして今回の釧路沖地震（M 7.8、深さ107 km、ただし観測センターでは110 km）である。彼によれば、これらの地震にはいくつかの共通点がある。すなわち、

(1) **メカニズムについて** 1981年日高西部地震、1987年日高山脈地震の2つとも、典型的なdown-dip extensionであり、今回の地震も、ややstrike成分を含むが、やはりdown-dip extensionである。中西ほか（1993）が、フォア

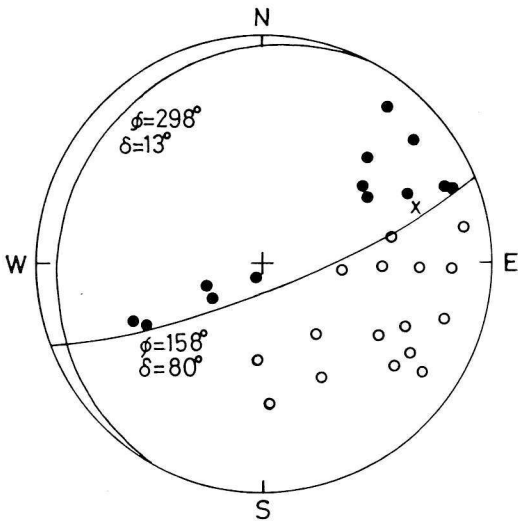


図1 釧路沖地震のフォアショックのメカニズム解  
北大地震予知観測地域センターと気象庁地震観測所の初動データによる。

ショックのメカニズムであるが、北海道内の観測点のP波初動の押し引き分布から求めたものを図1に示す。

(2) 余震分布について 1981年日高西部地震、1987年日高山脈地震の余震分布はややバラついてはいるが両方とも水平方向に広がり、また今回

の地震の場合も、後で見るように、水平方向に広がっている。

(3) 2重深発地震面での位置について 鈴木ほか(1983)によれば、北海道下の深発地震は2重になっているが、上面より下面のほうが活発である。1981年日高西部地震、1987年日高山脈地震、そして今回の地震とこれら3つの地震がいずれも下面で起こっている。

まず、100 km以深の地震として数は少ないが珍しく震源が精度良く決まったこの地震の余震活動に注目しよう。

### スラブはどう割れる？ 水平に分布する余震

観測センターが解析した余震活動の概要(笠原ほか、1993)をしてみる。図2は観測センターにテレメータされている地震観測点(●と■)の分布である(▲印は有珠火山観測所による観測点)。+印は釧路沖の本震の震央で、円は余震域のおおよその広がり示す。今回、この地震の震源決定には日高山脈東側の観測点(■)だけが使われている。これは震源決定に、水平構造から大きくずれる日高山脈下の特異な構造の影響を避けるためである。

図3は、釧路沖地震本震後3月12日までに、釧路から厚岸にかけての沖合いに発生した地震の震央分布である。震央の分布は本震の周囲、すなわち、釧路沖と厚岸沖の2つの領域に分かれ、両者の間に明瞭なギャップが認められる。これら一連の地震群を緯度線に投影して得られる時空間分布(図4)を見ると、今回の一連の地震群は、個数に差はあるものの、本震発生直後から2つの領域で並行して起こっていたことがわかる。しかし、これら一連の地震を一括して釧路沖地震の余震と

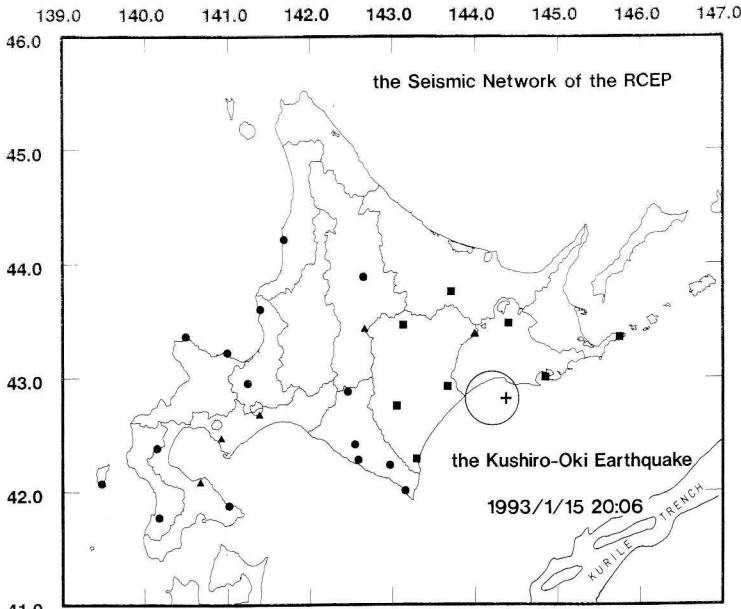


図2 北大地震予知観測地域センターの観測点の分布  
■を震源再決定に使用、+は本震震央、円は余震域のおおよその位置。

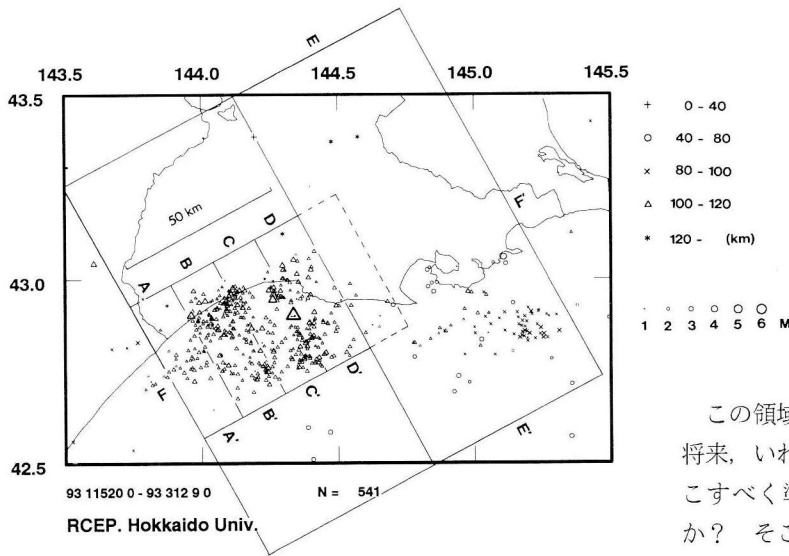


図3 本震から3月12日09時までの余震震央分布

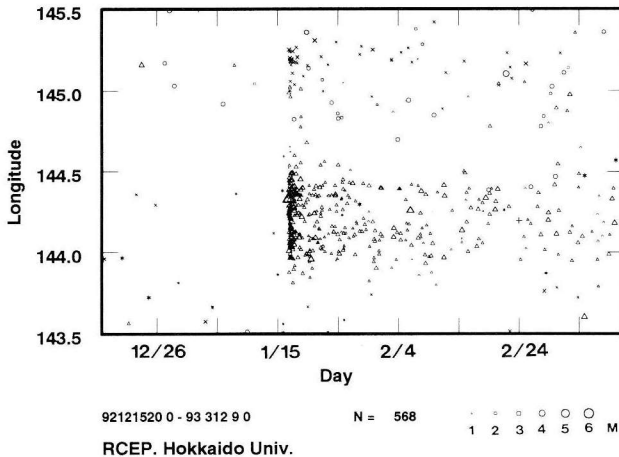


図4 本震1ヶ月前までの地震と余震の時空間分布  
ただし、緯度方向へ投影してある。なお、図中のマーク種別は図3と同じである。

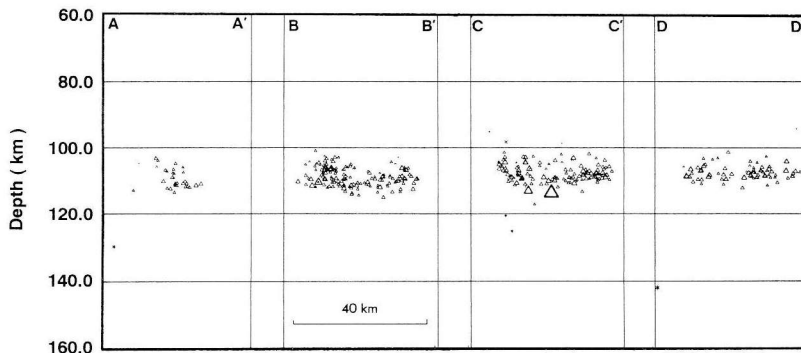


図5 釧路沖 A~D 領域の余震の震源分布  
ただし、図3の E~E' (N 30°W) に投影した。

呼ぶにはどうしてもためらいを覚える。では2つの領域の地震は本来別物で、今回たまたま同時に発生したのだろうか？ ところが厚岸沖の地震群にはいわゆる本震らしい地震が見当たらない。どうも、この地震群は釧路沖地震によって誘発されたようである。

この領域は、釧路沖地震とは別に近い将来、いわゆる本震—余震型の地震を起こすべく準備していたのではなかろうか？ そこにこの釧路沖地震によって急に活動開始を迫られたと想像したくなる。こんな疑問はあるものの、ここでは両領域に起こった一連の地震群を便宜上余震と呼んでおく。もう少し詳細に余震活動を見てみる。

図3の地震を、まず釧路沖地震の余震領域 (A~D) と厚岸沖の地震群の領域 (E) とに分け、これらの領域を含むこの辺のスラブのもぐり込み方向 N 30° W の鉛直断面に投影した震源の詳細な分布図がある。図5は、そのうち釧路沖の余震領域を、1区画 45 km×14 km の矩形の領域 (A~D) に分けて示した各区画内の余震分布である。余震はDからAに向かってわずかに深くなるが、見事に水平に分布している。また各区画の左側、

すなわち北西端に近づくると余震は次第に浅くなる。

これらを一つにまとめ、これに厚岸沖の地震群を重ねてみた (図6)。厚岸沖の地震は互いに深さの異なる2枚の面上に別々に起きている。この2枚の面は、すでに鈴木ほか

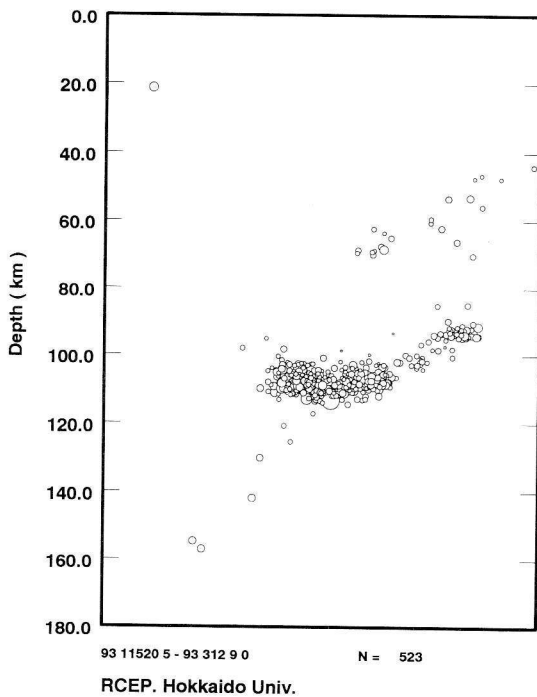


図6 釧路沖の余震, 厚岸沖の地震群すべてを図3のE~E' (N 30°W) に投影した震源分布図

(1983) が明らかにしている2重深発地震面にそれぞれ一致する。

図7は, これらの地震をスラブのもぐり込み方向に直交する鉛直断面に投影したものである。

以上でわかるように, 今回の釧路沖地震は明らかにもぐり込んだスラブ内に発生しているが, では通常地震活動とどのような関係にあるのだろうか?

この地震の発生前約8ヶ月間の同じ領域内の地震活動をこれに重ねてみる(図8)。図では, 釧路沖の余震は白丸, それ以前の地震は黒丸で示す。松澤ほか(1993)は, 今回の地震は地震活動の空白域で発生したと報告しているが, この図はまさにそれを裏付けるように, 白丸・黒丸が相補的に分布している。黒丸で示した地震の分布はこの領域のいわゆる通常地震活動であり, それが今回の地震の直前まで継続していた。

再度 N 30° W 断面へ図8の地震すべてを投影してみると(図9), 今回の釧路沖の余震域がスラブ内に水平に広がった様子が実によくわかる。

しかしよく見ると, 余震域はスラブの上には達していない。また釧路沖地震前の8ヶ月間は余震域になるところの地震活動が低調だったこともわかる。厚岸沖の場合も, 下面の活動は以前の活動と相補的な関係にある。一方, 釧路沖地震の領域では, 上面下面ともに地震活動は低調であった。

なお, 北海道で今回の地震同様深さ100 kmに起こった地震, すなわち1981年日高西部地震と1987年日高山脈地震について, Suzuki (1989) は, これら2つの地震の本震は2重深発地震面の下面にあり, down-dip extensionのメカニズムや余震分布をもとに, 破壊が本震の北, あるいは北西方向にほぼ水平に進んだと推論し, そして北海道下のスラブは深さ100 kmから130 km付近でunbendingを起こしているというモデルを提案した。今回の地震もこれらとかなり似た特徴を持つが, データは今回のほうがはるかに多い。今後, スラブの力学談義はどうか楽しみである。

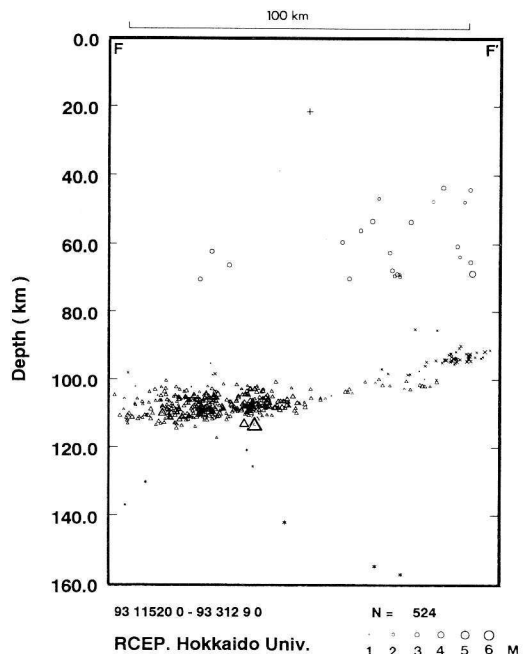


図7 釧路沖の余震, 厚岸沖の地震群すべてを図3のF~F' (N 60°E) に投影した震源分布図

## おわりに

1993年釧路沖地震は今までにない特異な地震で、しかもわれわれにいろいろな話題を提供した。本稿はこの地震の一面・地震活動の一部を速報として記したに過ぎないが、それでも、深さ100 km級の地震の今までにない明瞭な破壊像を、これから想像していただけるのではなかろうか。

なお、本稿は北大の地震予知観測地域観測センターの多数のメンバー、とりわけ同センター長・笠原稔氏の全面的協力によっている。使用した図のほとんどは彼らが作成した。また鈴木貞臣氏(九大・理)から、過去の地震についていろいろ資料の提供を受けた。各位に感謝する。

についていろいろ資料の提供を受けた。各位に感謝する。

## 参考文献

- 井合 進, 1993, 平成4年度文部省科学研究費補助金総合研究(代表:竹内吉弘)研究成果報告書「地震動に与える表層地質の影響に関する総合的研究」254-267.
- 笠原 稔ほか, 1993, 平成4年度文部省科学研究費補助金総合研究(代表鏡味洋史)研究成果報告書「1993年釧路沖地震による被害の調査研究」(印刷中).
- 松澤 暢ほか, 1993, 平成4年度文部省科学研究費補助金総合研究(代表:鏡味洋史)研究成果報告書「1993年釧路沖地震による被害の調査研究」(印刷中).
- 中西一郎ほか, 1993, 平成4年度文部省科学研究費補助金総合研究(代表鏡味洋史)研究成果報告書「1993年釧路沖地震による被害の調査研究」(印刷中).
- 鈴木貞臣ほか, 1983, 地震II, 37, 523-538.
- Suzuki, S., 1989, Abstract in IASPEI Istanbul meeting, 1989.

[おかだ ひろし 北海道大学理学部教授]

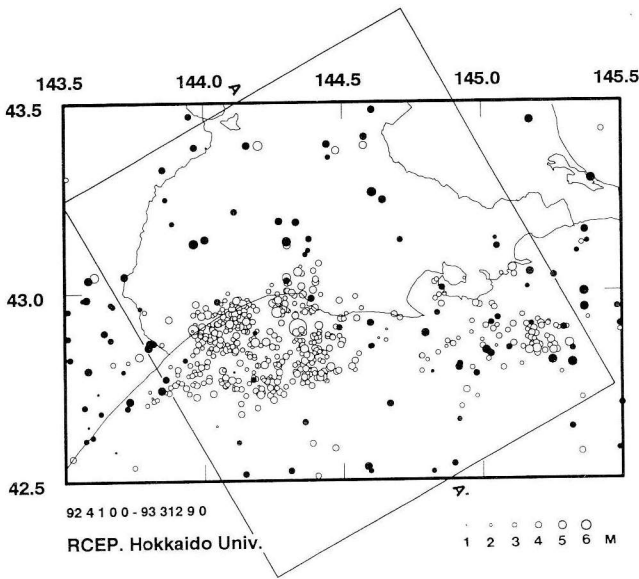


図8 図3に示す領域内の本震前約6ヶ月間の地震(●)と余震(○)の震央分布

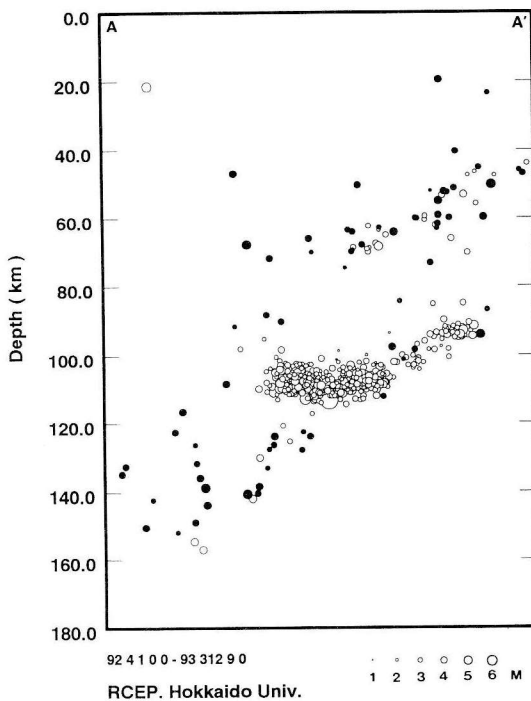


図9 図3に示す領域内の本震前約6ヶ月間の震源(●)を図8の余震の震源(○)分布に重ねたものである。

# 空白域に地震が<sup>3</sup>起こるか

大竹政和

はじめに

地震の空白域という概念はかなり古くからあり、明治・大正期の日本の地震学を指導した大森房吉にまで遡る。大森は、大地震は「地震帯ノ別々ナル部分ヨリ順次ニ起ルベシトノ重要ナル原理」にもとづいて、1915年にイタリア中部の Avezzano を襲ったマグニチュード (M) 7 の大地震を事前に予測し (大森, 1906)、その名を高からしめたという。近年においては、1960年代の日本やロシアの研究者による先駆的研究に続いて、世界中で精力的な調査研究が進められてきた。地震空白にもとづく「次の地震の候補」が次から次に名乗りをあげ、応接にいとまのないのが昨今の状況である。

地震学の世界でも、毎年のように夥しい数の学説が生産され、その大多数はいつとは知れず忘れられてゆく。地震の発生予測も大半はこうした運命をたどり、真剣なアフターケアが行なわれることはほとんどなかった。本誌 (第3号) の書評でも取り上げた三木晴男の『検証 地震予知』は、その意味でも貴重かつ希少な労作である。しかし、ようやく最近になって地震前兆報告の国際的な評価・検証の努力が始まり (Wyss, 1991)、大地震の空白についても、過去の予測を遡って調べ直す検証研究が行なわれるようになった (Habermann, 1988; Kagan and Jackson, 1991)。これを契機に、地震空白研究の現在までの到達点を整理し、今後の研究の発展方向を探る一助としたい。

ところで、上で「地震空白」と呼んだものは、世間ではふたつの異なる意味で用いられている。地震の専門家の中でも、しばしば混同されること

があるので注意が必要である。まず、地震空白の概念をはっきりとさせておくことにしよう。

## 2 種類の地震空白

地震空白の第1は、地震帯のある区間で近年大きな地震が発生していない状態を指して用いられるもので、「(大)地震ギャップ」(seismic gap)と呼ぶのが適切である。プレート境界に沿う地震帯では、大地震が数十～数百年間隔で準周期的に発生し、長期間平均すれば、プレート境界の隣合った区間では同等の断層すべりが進行するものと期待される。したがって、右隣りも左隣りも近年の地震で破断し、プレート境界のある区間だけが取り残された状態になっていれば、そこは次の大地震の候補地と考えなければならない。これが Fedotov (1965) が提唱した地震ギャップ仮説である。プレート内の大規模な構造境界に沿う地震帯についても同様である。

ギャップとして取り残された領域の大きさから来るべき地震の規模が推定できる。また、地震の繰り返し間隔がわかれば発生時期のおおまかな予測も可能になるので、地震の長期的な予測にきわめて有用である。ただし、地震ギャップは地震発生場の変化を反映した地震前兆現象とは全く異なるものである。

地震空白の第2は、大きな地震の前に震源域とその周辺の小さな地震の活動が異常に低下する現象で、正確には「地震活動静穏化」(seismic quiescence)と呼ぶべきものである。「嵐の前の静けさ」の地震版と言ってもよい。静穏化は、震源域周辺の地震発生場になんらかの変化が生じたことを示す地震前兆現象である。この現象は井上 (1965) によって初めて見いだされ、その後、宇



津 (1968), Mogi (1969) をはじめ数多くの研究が行なわれてきた。

ここで大きな地震、小さな地震とあいまいに表現したが、その規模は、対象とする地域のテクトニクス環境ごとに異なる。大地震というのは地震帯の活動を代表する基本的な地震のことで、例えばプレートの沈み込み境界であれば、普通 M8 級の巨大地震がこれに相当する。小さな地震は、バックグラウンドの地震活動ないし余震活動を担うより小規模な地震である。両者を区別する熟した用語はないが、必要に応じて、前者の大きな地震を「基本地震」と呼ぶことにする。

### うまくいった話

ふたつの地震空白は、いずれも地震予知の重要な情報をもたらしてくれる。そのことを鮮明に物語るひとつの実例を示そう。いささか手前味噌で恐縮だが、筆者自身の仕事を引用することをお許しいただきたい。

図 1 (a) は、メキシコ-中米地域のプレート境界に沿う、1973 年なかばから約 4.5 年間分の浅い地震の震央分布を示したものである。メキシコ南部の Oaxaca 付近に明瞭な地震活動静穏化域（四角で囲んだ部分）が存在していることがわかる。もし、この領域が一挙に破壊すれば M8.5 程度の巨大地震となる。しかし、静穏化域の東部と西部は最近起きた 1965 年 ( $M=7\frac{1}{2} \sim 7\frac{3}{4}$ ), 1968 年 ( $M=7.5$ ) の大地震ですでに破壊されており（図の 2 つの楕円）、両者に挟まれた中央部分だけが地震ギャップとして残されていた。こうした観測事実にもとづいて、Ohtake et al. (1977) は、間もなくここに  $M=7\frac{1}{2} \pm \frac{1}{4}$  の

大地震が発生して地震ギャップを解消すると予測した。発生時期は不明であるが、やがて静穏化域内に地震活動が復活し、大地震の切迫を告げ知らせるだろうと予告された。地震活動の復活は、メキシコ-中米地域の過去の大地震の調査で、地震活動静穏化に続いて共通して認められた現象である。

この論文が発表された翌年、予測通りの地震が実際に発生した。1978 年 11 月 29 日の Oaxaca 地震 ( $M=7.7$ ) である。図 1 (b) は静穏化域内の地震発生時系列を示したもので、各地震のマグニチュードが縦棒の長さで表わされている（このような図を「M-T プロット図」と称する）。この図から、空白期間 ( $\alpha$  ステージ) がしばらく続

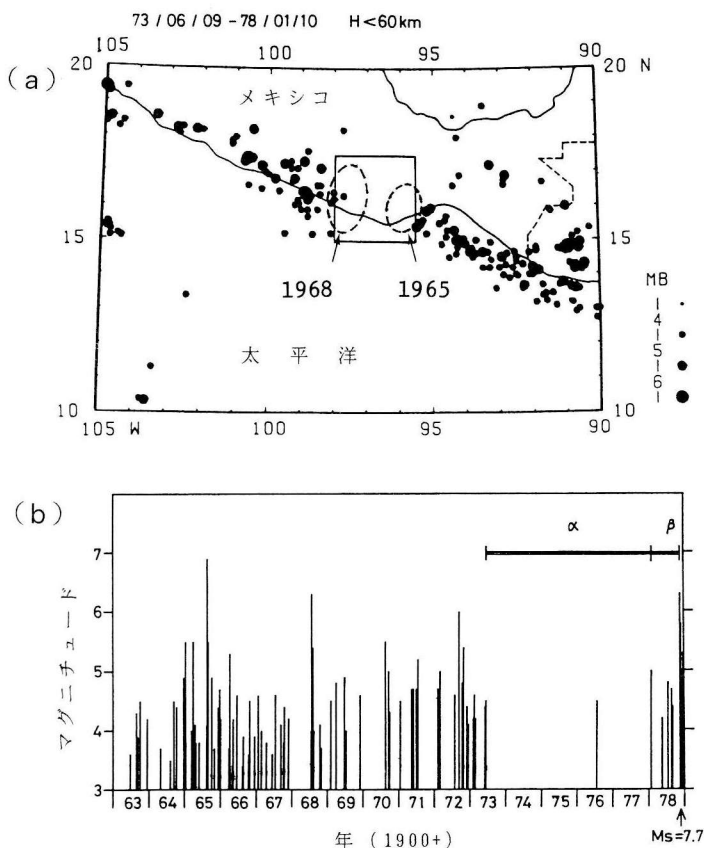


図 1 1978 年 Oaxaca 地震 ( $M=7.7$ ) に先行した地震活動の静穏化と復活 (Ohtake et al., 1981 による)  
 (a) 顕著な静穏化 (四角形の中) が現われた約 4.5 年間の浅発地震の震央分布。  
 (b) 静穏化域内に発生した地震の M-T 図。  $\alpha$  は地震活動の静穏期間、  $\beta$  は復活期間を示す。

いた後、大地震の約1年前から地震活動が復活した(βステージ)ことがはっきりとわかる。ほぼ完璧な事前予測の成功であった。この成果は、地震ギャップと地震活動静穏化の組合せによってもたらされたもので、以後の地震空白研究に少なからぬインパクトを与えた。

以上では、地震ギャップと地震活動静穏化について個別に論ずることとしよう。

### ギャップに地震は起きない?

地震ギャップについては、やや不幸な話をしなければならぬ。ここで取り上げるのは、コロンビア大学のグループによる著名な研究(McCann et al., 1979)で、太平洋をとりまく主要なプレート境界の地震危険度を地震ギャップ仮説にもとづいて予測したものである。これは66ページに及ぶ長大な論文で、結論は1枚のカラー刷りの地図にまとめられている。プレート境界は、長さ数十kmから1000km以上の長短様々な区間に区分され、各区間の今後20~30年間の地震発生危険度がカラーコードで示されている。危険度は、下記のように、同じ区間に前回発生した大地震(M≥7)からの経過年数を基準として判定されている。

- 赤色(R): 危険度最高, 100年以上経過
- 橙色(O): 危険度中間, 30~100年経過
- 緑色(G): 危険度最低, 30年以内

その他にも3つのカテゴリーがあるが、危険度の順位が曖昧なのでここでは省略する。彼らが想定した大地震は、プレート境界に発生するM7以上の浅い地震である。

筆者は、この地図を壁に張って世界中で大地震が起こるたびに見比べていたが、研究室の引っ越しを繰り返すうちにどこかにしまい忘れてしまった。彼らの予測結果は、10年余りの年月

を経た後、カリフォルニア大学のグループによって検証の俎上に乗せられることとなった(Kagan and Jackson, 1991)。その結論は、McCannたちの予測をほぼ完璧に否定するという、大方の予想(期待?)を裏切るものであった。

Kaganらは、予測論文出版後、最近までの約9年間に上記R~Gゾーンのいずれか(ごく近傍を含む)に発生したM7以上の浅い地震(深さ70kmまで)39個をリストアップして、それらがどのゾーンに起きたかを調べた。北太平洋部分の結果を図2に示す。図から明らかなように、地震の大部分は危険度が最も低いGゾーンに起きており、危険度が最も高いとされたRゾーンには全く起こっていない。もっとも、この図では各ゾーンの面積が著しく不均等で公平を欠くおそれがあるが、環太平洋の全域を合わせるとゾーン種別ごとの面積はほぼ等しい。

表1は、USGSの震源カタログにもとづいて環太平洋全領域の統計結果をまとめたものである。地震発生数等に端数がついているのは、ゾーン境界付近の地震を両方に割り振っているためである。各ゾーンとも累計面積はほぼ等しいにもかかわらず、そこに発生した地震の数はRゾーンで著しく少ない。また、GはOよりも危険度が低いとされたにも関わらず両者の地震発生数に有意な差がみ

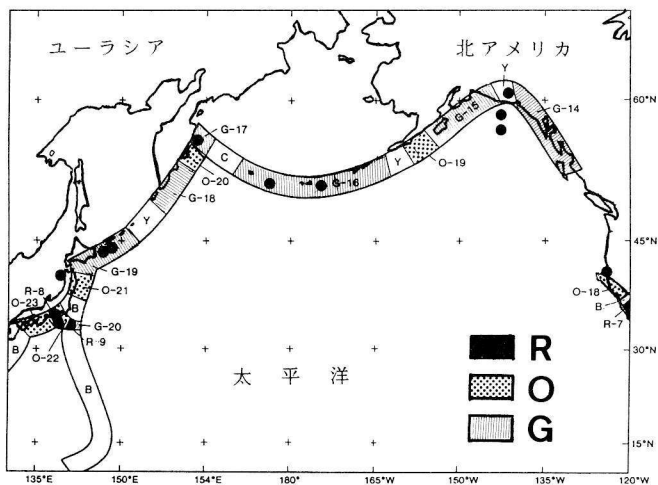


図2 北太平洋の主要地震帯に沿う地震危険度区分(McCann et al., 1979)とその後1988年6月までに発生したM≥7の地震(黒丸)の比較(Kagan and Jackson, 1991による)

表1 ゾーン別の M $\geq$ 7 地震発生状況

種別	ゾーン数	累計面積 (103km <sup>2</sup> )	地震発生数	地震発生ゾーン数
R	17	29	3.5	3.0
O	34	29	16.5	10.5
G	36	32	17.0	9.5
合計	87	90	37.0	23.0

Kagan and Jackson (1991) による。

られない。Kagan らはこれらの数値を用いて統計検定を行ない、地震の発生確率が R, O, G の順で高いという帰無仮説は十分低い危険率で棄却されることを示した。すなわち、McCann et al. (1979) の予測は完全に誤りと結論されたわけである。Kelleher et al. (1973) による同種の予測も同様に否定された。これを受けて、「ニューヨークでは灰色熊に襲われた事例がモンタナ州よりずっと少ないが、これはニューヨークがいま灰色熊ギャップになっていることを示すのだろうか？」(Stein, 1992) といった少々品の悪い評論が科学誌に掲載される始末となった。

Kagan and Jackson (1991) は自らの検証結果にもとづいて地震ギャップ仮説そのものに異を唱えた。しかし、これは勇み足と言うものである。問題は、批判の対象となった研究があまりにも大き過ぎたことにある。M=7 の地震の断層長は 20~40 km 程度だから、このクラスの地震を予測の対象とするならば、危険度のゾーン分けは 10 km オーダーの解像度をもつものでなければならぬ。そもそも、数百 km のゾーン区間に対しては、M7 程度の地震は基本地震とはみなし得ない小さな地震である。

今後の予測研究にあたっては、歴史地震の震源域や現在の地震活動の詳細な調査を基礎に、基本地震の規模、繰り返し間隔などをプレート境界の各区間ごとに評価することが必要不可欠である。実際、地震ギャップによる地震発生予測が成功した事例は、いずれもこうしたきめ細かい検討に支えられたものである。彼らの検証結果は、地震ギャップ仮説の全否定ではなく、その安易な適用に対する警鐘として受け取るべきものである。

## 地震活動静穏化の諸特徴

地震活動静穏化に関しては、圧倒的多数は地震後の調査によるものではあるが、世界中から無数の報告事例がある。大竹 (1980) のレビューによれば、当時までに 81 個の地震について静穏化が報告されている。また、気象研究所地震火山研

究部 (1990) の地震前兆データベースには 119 件の報告が収録されている。この中には M3 級の小さな地震まで含まれ、さらに、室内岩石破壊実験のレベルでも静穏化現象が見いだされている(楠瀬・他, 1982)。

これらの研究を通じて、地震活動静穏化現象のいくつかの特徴が次第に明らかになってきた。これまでに知られているおもな特徴は以下の通りである。

- (1) 地震活動の静穏化は、多くの大地震に先行する普遍性の高い地震前兆現象である。
- (2) 静穏化した領域の周囲で地震活動が逆に高くなり、地震活動のドーナツパターン (Mogi, 1969) を形成することがしばしばある。
- (3) 静穏化域は来るべき地震の破壊域より大きい場合が多く、また、時間とともに拡大する傾向がある (例えば、大竹, 1980)。
- (4) 静穏化に続いて地震活動の復活が生ずる場合がある (例えば、Ohtke et al., 1981)。
- (5) 地震活動静穏化の先行時間は、他の第 1 種地震前兆現象と同様に、来るべき地震のマグニチュードと正の相関を示す (力武, 1986)。

先行時間というのは、地震前兆現象が発現してから本震が発生するまでの経過時間のことである。

これらの諸特徴は、多数の事例を通じてかなり一般的に認められ、静穏化現象のメカニズムを解明する重要な手がかりとなるものである。しかし、この内のいくつかは地震が発生する場所のテクトニクス場の特性を色濃く反映している可能性がある。地震活動静穏化現象を地震の予測・予知に活用するためには、普遍的なメカニズムと同時に、場所ごとの特性を明らかにしていく必要がある。

## どうやって静穏化を見つけるか

地震活動の静穏化現象は、普通、震源分布図上の空白や地震発生頻度の時間変化として示される。しかし、図1のような顕著な場合を別にすれば、目視による静穏化の認定は客観性に乏しく、統計的有意性も明かではない。1枚の震源分布図を前に、「君が主張する空白はあまりはっきり見えない」とか「別な場所にも同じくらいの空白が見えるではないか」とかいった類の、いささか程度の低い議論が真顔で交わされることも希ではない。なんらかの方法で、静穏化の客観的認定を行なうことが必要である。

Oaxaca 地震の予測の際には単純な定常ポアソン過程にもとづく検定が行なわれたにすぎないが、その後、いくつかのより進んだ検定方法が提唱された（例えば、Habermann, 1988; Matthews and Reasenber, 1988）。しかし、これらの方法は余震など群になって起こる地震の影響を取り除くことに主眼を置くもので、余震除去によるデータ数の減少、データセットの歪みなどの問題を残した。

統計数理研究所の尾形良彦は、最近、こうした問題点を克服する新しい解析方法を開発し、実際の観測データに適用した(Ogata, 1992)。この方法では、確率的にあらゆる地震がそのマグニチュードに応じた余震活動を励起するという仮定の下に、地震発生頻度をバックグラウンドの活動と余震活動の重ね合わせでモデル化する。これを ETAS (Epidemic Type Aftershock-Sequence)モデルと呼ぶ。ある時点以前と以

後の2つのデータセットに対して、それぞれのモデルパラメーターの最尤推定を行ない、両者の間に統計的に有意な差が検出された場合に地震発生頻度が変化すると認定される。

Ogata (1992)はこの方法を日本と外国の大地震13個に適用し、いずれについても有意な前兆的地震活動静穏化を検出した。図3に1923年関東地震(M=7.9)の事例を示す。用いたデータは、関東地方を含む $6^{\circ} \times 8^{\circ}$ の領域に1904~1923年の間に発生した $M \geq 5.4$ の浅発地震で、図の上段がその積算頻度の時間変化、下段がM-T図である。ただし、左側は通常的时间軸、右側はETASモデルに従って変換された時間軸を用いている。右側の積算頻度図から、関東地震の約7年前に地震活動の静穏化が始まり、1~2年前からは復活に転じたことが明瞭に読み取れる。通常的时间軸によるプロット(左側)からは、このような変化を見いだすのは困難である。

図4は、Ogata (1992)の結果にもとづいて静穏化現象の先行時間を本震の規模に対してプロットしたものである。ただし、M8級以上の地震についてはモーメントマグニチュードを用いた。比較のために、世界中の第1種地震先行現象および日本の地震活動静穏化現象に対して得られた先行

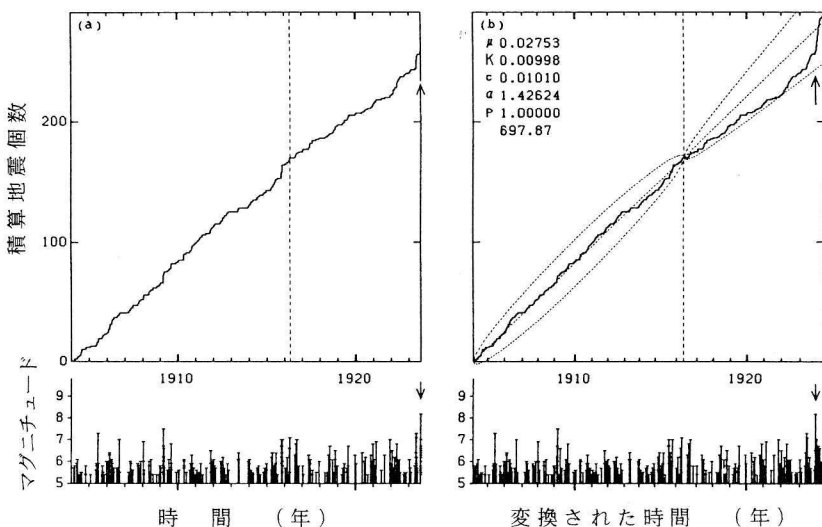


図3 1923年関東地震(M=7.9, 矢印)前の地震積算回数(M $\geq$ 5.4)の推移とM-T図(Ogata, 1992による)  
左側は通常的时间スケール、右側はモデルに従って変換された時間スケールによるプロットで、縦の破線が地震活動静穏化の開始点を示す。

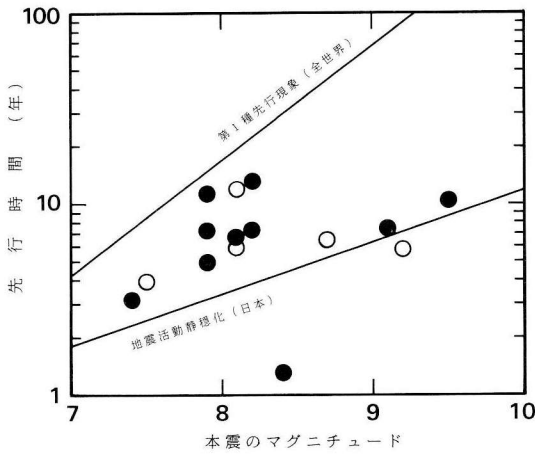


図4 地震活動静穏化の先行時間と本震のマグニチュードの関係  
 黒丸はOgata (1992)の結果(白丸は大地震の続発等のため対応関係が明確ではないもの)、2本の直線は世界中の第1種地震先行現象(力武, 1979)、日本の地震活動静穏化現象(力武, 1986)に対する回帰直線を示す。

時間の回帰直線(力武, 1979; 1986)も示した。このマグニチュード範囲では先行時間と本震のMとの間にはっきりした相関は見られないが、ほとんどのデータが2つの回帰直線の間におさまっている。ただし、1.3年という際だって短い先行時間の地震が1つだけある。これは1933年三陸沖地震で、あるいは、スラブの正断層破断というこの地震の特異な性格と関係があるのかもしれない。

### なぜ地震が起こらなくなるのか

地震活動静穏化をもたらすメカニズムに関してはまだ不明なところが多い。初期の段階では、ダイラタンシー硬化説(Kelleher and Savino, 1975)、中小地震による応力場平準化説(茂木, 1976)、ブロック境界切り離し説(大竹, 1980)などいくつかの考えが提唱されたが、1980年代以後、地震活動の変化を破壊強度の不均質性に帰する議論が盛んに行なわれ

るようになった。その基礎となった Kanamori (1981) のモデルの概念を図5に示す。

図の上段の四角形は、やがて大地震で破壊すべき断層面である。断層面上の破壊強度は一様ではなく、弱い部分と強い部分が存在する。とくに強度が高く、最後まで破壊に抵抗する部分をアスペリティと呼ぶ。図の下段は破壊強度の頻度分布を模式的に示したもので、ふた山型の分布が仮定されている。

初期の段階ではもっとも弱い場所が部分的な破壊(小地震)を起こすが、プレート運動によるせん断応力 $\sigma$ の上昇につれて、破壊はより強度の高い部分に及ぶ。断層面上の破壊状態は時間の経過とともに図の左から右に向かって進み、最後にアスペリティが壊れて断層面の全面的な破壊(大地震)を迎える。図のステージ3が地震活動静穏化の期間に、また、3と4の間が地震活動復活の期間に対応する。このモデルに基づく数値シミュレーション(Mikumoto and Miyatake, 1983)も、地震活動の静穏化をうまく再現することができた。

しかし、断層面上の破壊強度が実際にふた山型の分布をしているかどうかは明かではない。Cao and Aki (1985)は、クラックのクリープ、スリップ・ウィークニングといった非弾性的過程を組み込み、ふた山型分布を仮定しなくとも地震活動静穏化を再現できることを示した。一方、地震発生過程については、Das and Scholz (1981)によって応力腐食による地震核の形成という考えが提唱され、これにもとづく地震発生理論が構築されてきた。Ohnaka (1985)は、静穏化を含む地

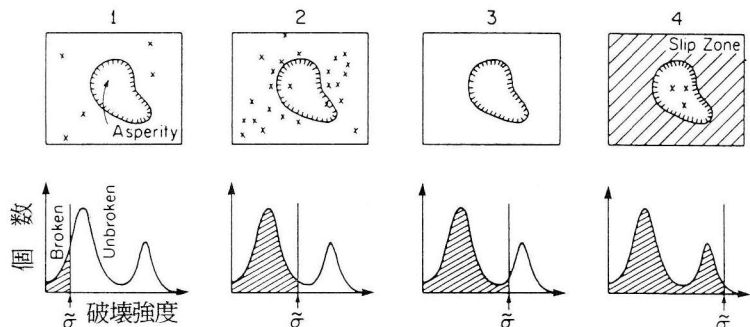


図5 断層面破壊強度のふた山分布によって地震活動静穏化を説明するモデル(Kanamori, 1981による)

震活動の時間的変化においては応力腐食が基本的な役割を演ずるとしている。

このように、地震活動静穏化現象は、大地震発生過程の理論的・実験的研究においても重要な位置を占めつつある。Main and Meredith (1991), Yamashita and Knopoff (1992) など最近の研究にみるように、静穏化現象を大地震準備の全過程の中に位置づけ、理解しようというのが現在の研究の方向である。

地震活動静穏化のからくりが完全に解明されるまでには、理論面からも観測面からも、さらなる研究の進展を待たねばならない。

### おわりに

本稿では、地震ギャップと地震活動静穏化についてその過去と現在を見てきた。最後に、その未来について一言しておこう。

地震ギャップ仮説は、1960年代に完成をみたプレートテクトニクスを基礎としている。最近の批判論文も、仮説の存立そのものを危うくするものではないことを述べた。今後問題となるのは、プレート境界の区間分け、基本地震の規模や繰り返し間隔の想定、非地震すべりの評価といった、地震テクトニクスに関わる諸問題である。

一方、地震活動静穏化は、地震核の形成・発達という地震の発生過程と不可分の現象である。したがって、観測・実験・理論研究のいずれにとっても第1級の関心事であり、今後、各方面からのアプローチを総合した研究がますます重要となる。

地震活動静穏化のメカニズムは、地震発生理論の完成によって初めて全面的に解明されることになる。

もちろん、理論的解明を待たずともこれを地震予知に応用することは可能だし、現に盛んに活用されている。実際、いろいろな地震先行現象の中でも、地震活動静穏化は報告事例も多く、地震予知の有力な手段とみなされている。

この点で、近年の情報理論の発展を基礎に地震活動の変化を客観的に検出する方法が提唱された意義は大きい。前兆的な異常地震活動や静穏化現

象のルーチンの監視も、近い将来現実のものとなるだろう。信頼度の高い観測と理論的研究が互いに刺激し合い、今後の研究がダイナミックに進展することを期待したい。

### 引用文献

- Cao, T. and Aki, K., 1985, Seismicity simulation with a mass-spring model and a displacement hardening-softening friction law, *Pure Appl. Geophys.*, 122, 10-24.
- Das, S. and Scholz, C. H., 1981, Theory of time-dependent rupture in the earth, *J. Geophys. Res.*, 86, 6039-6051.
- Fedotov, S. A., 1965, On regularities in distribution of strong earthquakes in Kamchatka, Kurile Islands and northeastern Japan, *Trudy Inst. Fiz. Zemli*, 36 (203), 66-93 (ロシア語).
- Habermann, R. E., 1988, Precursory seismic quiescence: Past, present, and future, *Pure Appl. Geophys.*, 126, 279-318.
- 井上宇胤, 1965, 新潟地震前における震央付近および隣接地域の地震活動について, *験震時報*, 29, 139-144.
- Kagan, Y. Y. and Jackson, D. D., 1991, Seismic gap hypothesis: Ten years after, *J. Geophys. Res.*, 96, 21419-21431.
- Kanamori, H., 1981, The nature of seismicity patterns before large earthquakes, *Earthquake Prediction: An International Review (Maurice Ewing Series 4)*, Am. Geophys. Union, 1-19.
- Kelleher, J. A., Sykes, L. R. and Oliver, J., 1973, Possible criteria for predicting earthquake locations and their applications to major plate boundaries of the Pacific and Caribbean, *J. Geophys. Res.*, 78, 2547-2585.
- Kelleher, J. and Savino, J., 1975, Distribution of seismicity before large strike slip and thrust-type earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 80, 260-271.
- 気象研究所地震火山研究部, 1990, 地震前兆現象のデータベース, *気象研究所技術報告*, 26, 329 pp.
- 楠瀬勤一郎・西沢 修・小内 薫, 1982, 一軸圧縮下の岩石中に観測された AE 空白域, *地震*, 2, 35, 91-102.
- Main, I. G. and Meredith, P. G., 1991, Stress



- corrosion constitutive laws as a possible mechanism of intermediate-term and short-term seismic quiescence, *Geophys. J. Int.*, 107, 363-372.
- Matthews, M. V. and Reasenber, P. A., 1988, Statistical methods for investigating quiescence and other temporal seismicity patterns, *Pure Appl. Geophys.*, 126, 357-372.
- McCann, W. R., Nishenko, S. P., Sykes, L. R. and Krause, J., 1979, Seismic gaps and plate tectonics: Seismic potential for major boundaries, *Pure Appl. Geophys.*, 117, 1082-1147.
- Mikumo, T. and Miyatake, T., 1983, Numerical modelling of space and time variations of seismic activity before major earthquakes, *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 74, 559-584.
- Mogi, K., 1969, Some features of recent seismic activity in and near Japan (2), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 47, 395-417.
- 茂木清夫, 1976, 地震活動と地震予知, 地震予知研究シンポジウム(1976), 203-214.
- Ogata, Y., 1992, Detection of precursory relative quiescence before great earthquakes through a statistical model, *J. Geophys. Res.*, 97, 19845-19871.
- Ohnaka, M., 1985, A sequence of seismic activity in the Kanto area precursory to the 1923 Kanto earthquake, *Pure Appl. Geophys.*, 122, 848-862.
- Ohtake, M., Matumoto, T. and Latham, G. V., 1977, Seismicity gap near Oaxaca, southern Mexico as a probable precursor to a large earthquake, *Pure Appl. Geophys.*, 115, 375-385.
- Ohtake, M., Matumoto, T. and Latham, G. V., 1981, Evaluation of the forecast of the 1978 Oaxaca, southern Mexico earthquake based on a precursory seismic quiescence, *Earthquake Prediction: An International Review (Maurice Ewing Series 4)*, American Geophys. Union, 53-61.
- 大竹政和, 1980, 地震空白域にもとづく地震予知——1978年メキシコ地震の予知を例として, 国立防災科学技術センター研究報告, 23, 65-110.
- 大森房吉, 1909, メッシナ大地震概況(承前), 東洋学芸雑誌, 26, 491-496.
- 力武常次, 1979, 地震予報・警報論, 学会誌刊行センター/学会出版センター, 371 pp.
- 力武常次, 1986, 地震前兆現象: 予知のためのデータ・ベース, 東京大学出版会, 232 pp.
- Stein, S., 1992, Seismic gaps and grizzly bear, *Nature*, 356, 387-388.
- 宇津徳治, 1968, 北海道およびその周辺の地震活動, 北海道大学地球物理学研究報告, 20, 51-75.
- Wyss, M. (Editor), 1991, Evaluation of Proposed Earthquake Precursors, *Am. Geophys. Union*, 94 pp.
- Yamashita, T. and Knopoff, L., 1992, Model for intermediate-term precursory clustering of earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 97, 19873-19879.
- [おおたけ まさかず 東北大学理学部教授]

『資料・日本の地殻水平歪』  
限定部数複製頒布のお知らせ

本書は、国土地理院の承認を得て、同院の技術資料 F・1No.6 [日本の地殻水平歪] を、当財団が研究資料として研究者の利便を目的とし、その複製版を限定発行したものです。

ご希望の方々のために、下記のような実費頒布を致しております。お問合わせ下さい。

日本の地殻水平歪 国土地理院編

- 体裁 上製・柾判 本文133頁 2色刷  
付録 カラー歪図 2編
- 頒布実費 [送料を含む] 20,000円
- 申込先  
〒101 東京都千代田区神田美土代町3  
働地震予知総合研究振興会  
☎03-3295-1966 FAX03-3295-1996
- 郵便振替口座 東京1-109120

なお、限定部数のため、在庫も少数となりましたので、お問い合わせ下さい。

財団法人 地震予知総合研究振興会

〒101 東京都千代田区神田美土代町3

# 地震予知：経験論か？ 決定論か？

内陸直下型地震の予知に向けて

岡田義光

## 内陸地震予知の必要性

現在進行している国の第6次地震予知計画のひとつの“目玉”は、内陸地震に関する基礎研究の重要性が「地震予知の基礎研究の推進と新技術の開発」の中でうたわれている点である。

よく知られているように、わが国に大きな災害をもたらす地震としては、海側プレートと陸側プレートの境界浅部で発生するM8級の「海溝型地震」と内陸直下（陸側プレート浅部）に発生するM7級の「直下型地震」とがある（図1）。

海溝型地震の発生する基本的メカニズムは、プレートの定常的沈み込みによる歪蓄積と、それが臨界に達した際の弾性反発であり、したがって、100年～200年のある程度規則的な繰返し性が期待されている。

一方、直下型地震については、プレート間の圧縮力が遠因であるにせよ、実際の地震発生がどのような因子によってコントロールされているのか、地殻の不均質構造と発生する地震の性質とはどのような因果関係にあるのか、直下型地震発生の前兆現象などを検知するにはどのような観測が必要とされるのか、といった多くの諸問題が未解決のままである。その予知研究はまだ初歩的な段階であり、基礎研究の域を出ないとされる所以である。

この内陸直下型地震の予知に対する社会的要請は、海溝型地震と同じかそれ以上に高い。直下型地震は規模が小さいものの、我々の住む足許で発生するため、局地的ながら激甚な災害をもたらす場合が少なくない。図2は、昭和時代（1926～1989）に日本周辺で発生した死者を伴う被害地震を図化したものである。海溝型地震と直下型地震に分けて、M8級からM5級の各地震による死者数

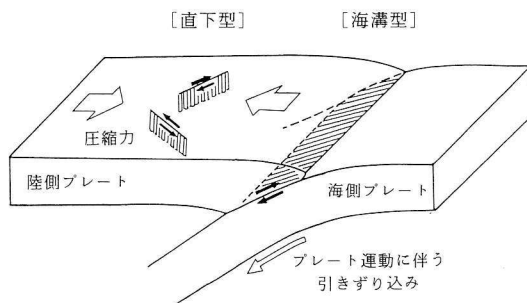


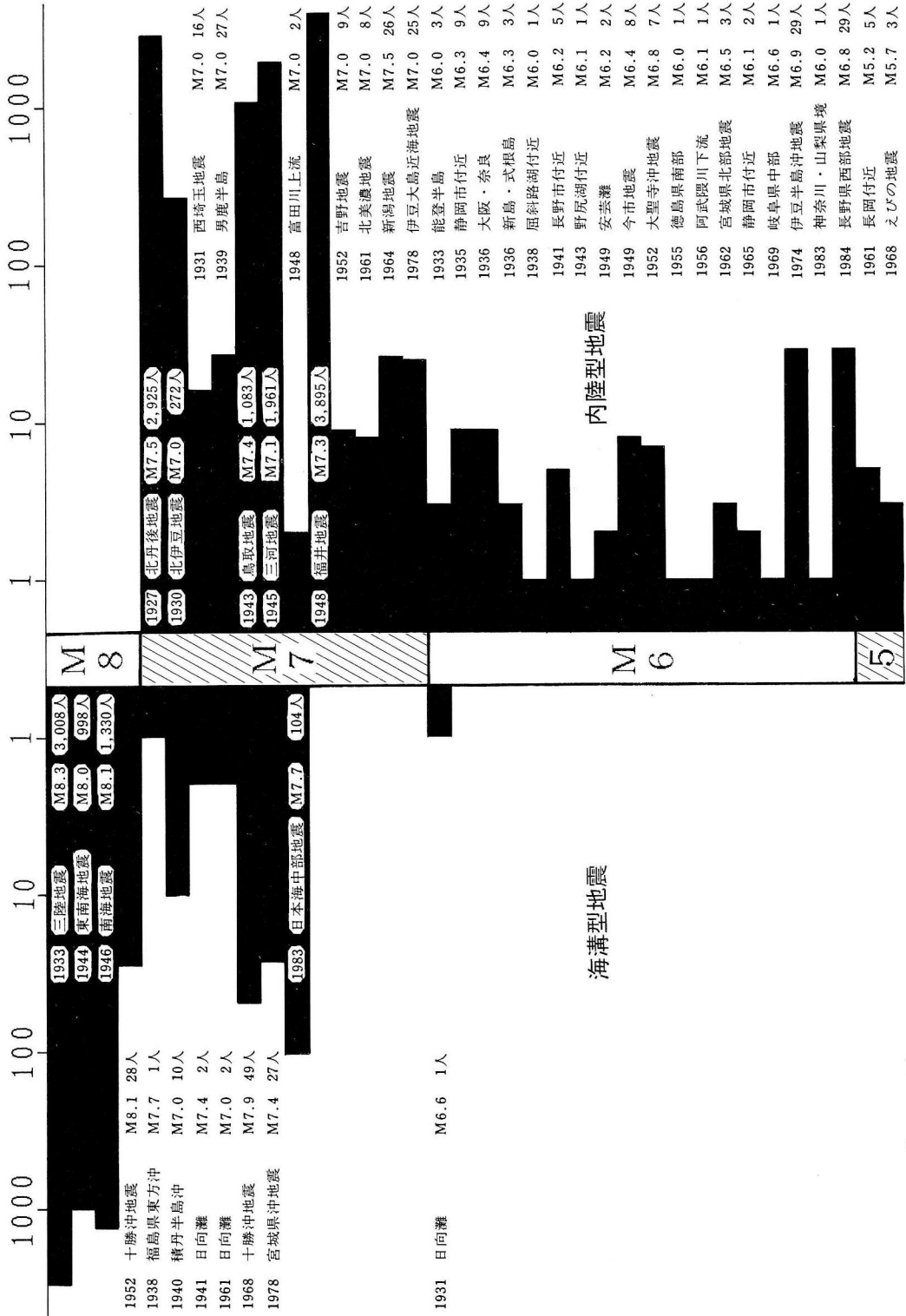
図1 地震発生様式の模式図

を歴年順に対数目盛で表示してあるが、直下型地震による総死者数は海溝型地震の倍となっている。

このように、わが国が直下型地震により蒙る災害は非常に深刻であり、とくに首都圏のような人口密集域においては、その発生による損失は莫大なものになると懸念される。首都圏では、1923年関東地震以降、地震学的に静穏な状態が続き、ここ60年ほど震度5や6の揺れは体験せずに推移してきた。しかし、つい最近発生した、1985年10月4日千葉・茨城県境の地震（M 6.1）や1992年2月2日浦賀水道付近の地震（M 5.9）では、東京で震度5が記録され、首都圏地域はこれまでの均衡状態から直下型地震の活動期に移行する気配を見せている。中央防災会議の地震防災対策強化地域指定専門委員会も、「南関東地域における地震発生の切迫性および予知の見通しについて」（昭和63年6月）において、同地域での直下型地震の発生にはある程度の切迫性があることを警告し、これを受けて、中央防災会議では「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」（平成4年8月）をまとめている。

## 地震予知研究の特殊性

内陸地震が基礎研究の対象であるということか



計 5,560人

計 10,372人

図2 昭和時代(1926~1989)に日本周辺で発生した死者を伴う被害地震(理科年表による)

らか、その予知についても、震源物理に立脚した基礎科学的手法を重視すべしとの声が強くなってきている。これまでの日本の地震予知計画が前兆現象の検出に重きを置き過ぎ、あまりに経験的ないし確率論的な地震予知に偏っていたのではないかという批判に立って、より科学的な物理的・決定論的視野での地震予知を進めるべしとの論調である。

しかし、「経験的地震予知と決定論的地震予知」は対立する命題なのであろうか。大雑把に言ってみると、経験的地震予知は観測オリエンテッドであり、決定論的地震予知は理論オリエンテッドである。観測と理論のどちらが大事かというような議論はナンセンスであろう。一般論で言えば、経験的手法は最もオーソドックスな学問の筋道である。「まず経験（観測・実験）を蓄積し、その中から規則性・法則性を見出し、その法則性に基づいて将来を予測する」というのは科学の常道であって、多くは、この過程の中で、規則性・法則性を支配する物理的背景や決定論的性質が明らかにされてくるものである。この意味で、経験的手法と決定論的手法とは、対立の構図ではなく、表裏一体をなしてともに発展するのが通常の正しい姿である。

したがって、経験的アプローチが間違っているというわけではなく、地震予知の場合、問題点は別にある。それは、以下の2つである。

(1) 経験蓄積速度の遅さ 大地震はめったに起こらないため、法則性を抽出すべき経験の蓄積効率は大変に悪い。実験室で行なえるような物理・化学的研究であれば、研究者の努力次第でいくらかでも経験の事例を増やすことは可能であるが、地震予知の場合、そのようなわけにはいかない。台風の進路予測であれば、毎年いくつも発生する事例を追跡して、綿密な気象観測を10年も継続すれば、かなりの量の経験蓄積が図れるであろう。然るに地震の場合は、とくに地震予知の対象とすべき大きな被害地震は、その発生頻度がきわめて小さい。

近代的な高感度・高密度の地震観測網や高精度の地殻変動観測網が整備されてやっと四半世紀ほどを経過したに過ぎないが、この間に目ぼしい大

地震の発生はほんの数えるほどしかなく、そのような大地震の発生前後にどのような現象が現れるのかに関して、我々はまだ確かな科学的知識をほとんど有していないというのが実情である。地震予知研究の進歩が遅々として進まない最大の原因は、この経験蓄積速度の遅さにある。

しかし、だからといって、今続けている地震予知のための観測が役に立たないということでは決してない。このような観測は何にもまして根幹的であり、いわば植林事業のような重要性を有している。たとえ我々の世代に得るものがなかろうとも、成果は孫子の代に刈り取られる。実際、日本では明治以来100年にわたる地震観測と測地測量の蓄積があり、今日の近代的地震学の大きな礎となっている。「アメリカでは現象論的アプローチの地震予知を殆ど廃止したのに、日本ではまだ継続するのか」との議論も聞かぬが、アメリカは個人の業績を挙げることを重視する国柄であり、日本のように地道な観測を永年にわたって継続することは不向きなのであろう。

(2) 現象の再現性の乏しさ 地震予知のための観測研究は、他の理学的な実験研究と性格が非常に異なっている。たとえば、ある観測で地震前兆とおぼしき信号が捕えられた場合、他の研究者がそれを追試してみるということは不可能である。現象は一過性であり、しかも、似たような事件が他の場所で起ったり、同じ場所で次に起った場合には、以前と違う現象の現われ方をする場合が少なくない。前兆検出報告の真偽は周辺の状況証拠から類推するしかなく、「あの時は確かにそうだった」と主張されれば、否定する根拠はないわけである。

純粹物理学のように、ある実験結果を第三者が追試してその再現を確かめ、時間および空間を超越した普遍的性質を追及していくという科学的手段が、地震予知の場合は非常にとりにくい。その意味では“まとも”な科学とはいえないわけで、このことも、地震予知研究の進展を阻む大きな要因になっていると考えられる。

## 地震予知研究の向かうべき道

前節に述べた経験的地震予知の問題点を克服するためには、以下のような方策が必要であろう。

(1) 質・量両面での観測能力の強化 経験蓄積速度を向上するための最も基本的な施策は、観測能力の強化である。これはまた、複数地点・複数項目での前兆把握がなされる可能性を高めることによってデータの信頼性を向上させ、現象再現性の問題の解決にもつながる。

現在の地震予知は観測に偏りすぎているとの批判があるが、絶対的に観測能力は不十分であり、S/Nの高い高精度の大量データの取得がまだまだ必要である。天気予報の基礎データを与えているアメダスは全国で1313カ所が稼働していると聞かすが、気象庁の地震観測点は全国で150程度でしかない。他の各機関の地震観測点を加えても、アメダスの半分に達しないであろう。予算面でも、天気予報には地震予知より1桁多い手当てがなされ、まして宇宙開発や原子力には百倍から千倍の予算が費やされていると思われる。

地震予知関連予算は、その全体枠をもっと増やす努力をせねばならないはずだが、その一方で、地震予知に“カット”を入れるためには今の予算をいったん10分の1にすべきだとするリセット論を唱える有力者の意見がある。このような考えは、地震予知にとって最も基本となる観測蓄積の重要性を全く無視するものであり、軽々しい発言は大いに問題であろう。

(2) 経験交流の促進  
経験の蓄積速度を早める別の方策として、当然のことながら、国内外を問わず、大きな地震に見舞われた場所での経験を

互いに交流し合うことが非常に重要である。さらに、自分の領域に観測網を作っただけ待っているだけではなく、地震発生が予測される場所には世界中のどこであろうと出かけていって、必要な観測を展開するくらいの積極性が必要かもしれない。

(3) 決定論を踏まえた効率的観測の実施 地震予知研究の質そのものを高めるためには、決定論を組込んだ効率的観測が不可欠であろう。とくに、内陸地震については、ターゲットが小さく、観測網をやみくもには増やせないことから、観測を行なうべき場所、観測項目、解析手法などのすべてにわたって、物理的な地震発生論に立脚した最も効率的な観測手段をみつける努力が非常に期待される。

図3は、地震予知に関する我々の経験／観測／知識の蓄積の推移を感覚的に示したものである。経験的地震予知のみに頼る場合は、これまでの蓄積曲線が観測強化の努力に応じて延長されるだけなのに対し、“有効な”決定論的地震予知の手法が組合わされた場合には、地震予知能力の大幅なジャンプアップが期待される。

ここで注意すべきは、決定論的地震予知を取り入れても、観測能力の強化を怠ると、経験的地震予知のみで観測強化に励んだ場合の曲線に追い越

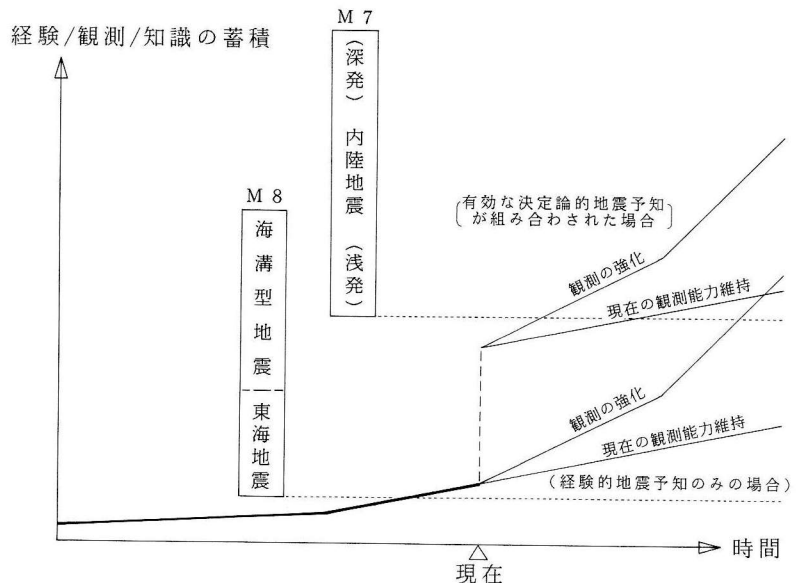


図3 地震予知に関する経験／観測／知識の蓄積とその到達レベルの模式図

されるとしている点である。震源物理に根ざした決定論的地震予知の研究を進めると同時に、観測強化の努力も同時並行的に進める必要がある。

図中の M8、M7 と書いた箱は、観念的な地震予知の難易度を表わしている。アメリカでは「地震予知はできない」と明確に言い切っていることを引用し、そのことを評価する向きがあるが、一口でそう言うってしまうのは、あまりに単純で短絡的であろう。一般に、内陸地震は海溝型地震に比べて予知は困難であり、深発と浅発の場合では必ずと難易度が異なる。M8 級の海溝型地震でも、陸からの速さで予知の難易度は異なるであろう。「東海地震」だけは別格で、現在の到達レベルにおいて、曲がりなりにも予知は可能であろうとの認識がされている。

この、東海地震に対する予知の“実用化”に関しては、どこに学問的根拠があるのかとして、反発する意見が一部にある。しかし、東海地震は、プレート境界が陸上に上陸する非常に特異な場所で、したがって我々の足許で発生する M8 級巨大地震と目されており、きちんとした観測をしていれば何らかのシグナルをキャッチできる可能性は大きいと思われる。行政側＝住民としては、たとえ僅かでも可能性があれば、それに賭けて、できる限りの手を打つことを求めるのが当然である。学問的に 100% の保証が得られなくとも、行政は常に“見切り発車”の面を持っており、東海地震はすでに学問の世界だけで閉じた問題ではなくなっている。関係者は楽観的に前兆を待っているわけではなく、背水の陣でぶっつけ本番の仕事をやらされており、行政の期待を受けて、多くの人々が日夜の観測に従事しているのである。「前兆を待っているだけの観測は駄目だ」とか「地震は予知できないことを国民に知らせるべきだ」などの声もあるが、地震予知の予算を流用して勝手なことをしているならともかく、まじめに観測を続けている者たちが非難されるいわれはないはずである。

## 決定論的地震予知研究に望むこと

前節に述べたように、地震予知研究の質を飛躍的に高めるためには、観測を主体とした従来の経験的手法に加えて、決定論的な地震予知手法の開発を強力に推進することが是非とも必要である。

図 4 は、決定論的な地震予知研究の全体を概念的に示したものである。地球内部という現実の不均質場の中で破壊の核形成・成長・停止が生じ、それが地表面で観測事実として捉えられる。

従来の現象論的アプローチでは、もっぱら、この観測事実の集積に主なウェイトが置かれていたわけであるが、最近の内陸地震に関する基礎研究では地殻内部の不均質構造の解明が重要視され、不均質場と実際の地震発生に関する観測事実との対比から、面白い発見がいくつも出始めている。そして、これからは、この両者を因果的に結びつけているはずの破壊物理を加味した全体的な研究が発展せねばならない。

図 4 の中心部が、狭い意味での震源物理の領域であるが、実際の解を得るには、構造や応力状態といった環境を示す初期条件・境界条件の役割が非常に重要であり、また、期待される前兆現象や破壊様式を現実はどう捉えるかが大問題である。しかし、今のところは、主に数学的ないし計算機

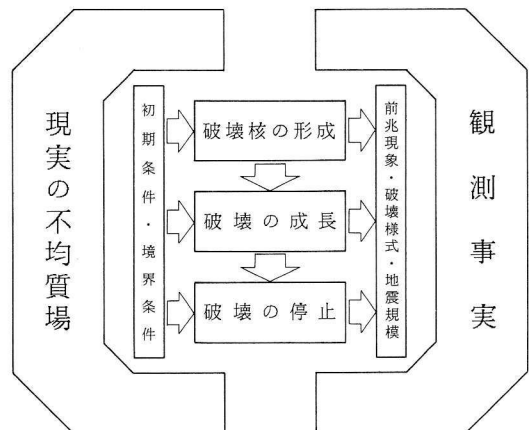


図 4 決定論的地震予知研究の全体図



的な初期条件・境界条件を与えての理論検討が盛んになされている段階であって、震源物理の狭い枠内に閉じこもった議論であるように見える。実際の不均質場の情報をどう取り込むか、理論予測と観測事実とをどう接続するかという、現実世界とのリンクがこれからの重要課題であろう。

以下に、決定論的な地震予知の研究が抱えるいくつかの問題点を指摘し、今後、進むべき方向に関する若干の希望を述べたい。

(1) 「大地震」の震源核形成の判別 決定論的地震予知の研究において、地震発生に至る初期過程はもっとも興味を持たれるところであり、事実、震源核の形成過程や破壊の開始条件などに関しては、数多くの研究がなされている。

しかし、現実の地震予知の立場からは、破壊の開始そのものよりも、破壊が始まったのちに、その地震がどのような大きさにまで成長するかが大問題である。仮に震源核の形成に伴う歪変化や前震活動を検知して地震の発生を予測することが可能となったとしても、その地震の“種”が小さな地震で終るか、それとも大地震に発展するかを判別する手法が同時に開発されないと、地震予知の実用化には役立たない。小さな地震の予知は不要なのである。

(2) 観測可能量による理論組立て 近年の決定論的な地震発生機構や前兆発現機構に関する研究は、主として媒質の強度や応力状態に関する空間的・時間的な不均質性が、発生する地震の性格を支配していることを教えている。しかし、このような知識を実際の地震予知に役立てるためには、定量化が不可欠である。

将来発生する地震の性質を予測するためには、どの程度精密な不均質構造や応力分布などが必要となるのか？ もしそれが、とても観測不可能な

精度の情報（たとえば、10 km の深さにおける m 単位の強度分布であるとか、1 mm 単位の結晶状態）を要するというのであれば、そのような理論は、原理的にはともかく、実用的な意味のある決定論的地震予知の手段にはなり得ない。「原理的に可能」と「現実的に可能」の間には巨大なギャップがある。期待される前兆現象などが地表でどうてい観測不可能な場合も同じである。要するに、現実的な決定論的地震予知の手法は、観測可能量で組立てられていることが、非常に重要な要件となろう。

(3) 理論検証に向けた観測指針の提言 決定論的な方法による地震予知は、最終的には現実の観測による検証を経て、その妥当性・有用性がチェックされねばならない。理論が観測を追いかけて、単に現象を説明しているだけでは、その有用性は薄い。理論が単なる理論に終わらないためには、それを実証する努力が必要である。

素粒子物理学においては、未知の粒子存在の理論予測から、予想される粒子の性質に基づく実験計画が立てられ、最終的には実験によってその存在が確認される。地震予知においても、物理的前兆の理論予測から、予想される前兆の性質に基づく観測計画が立てられ、最終的には観測によってその存在が確認されるべきである。どこでどのような観測をすれば、どのような変化を検知し得るかということ具体的・定量的に示すことによって、理論が観測をリードするような段階にまでならねばならない。

漫然とした観測の継続は確かに批判されるべきであり、このように目的をもった積極的な観測指針が提言されることを大いに期待したい。

付記：本論は、1992年5月12～14日に東京大学地震研究所で開催されたシンポジウム「内陸地震一発生の場合と物理一」（実行委員長：平澤朋郎）において、著者が行った講演内容を基に、筆を加えたものである。

【おかだ よしみつ 防災科学技術研究所 地震予知研究センター長】

### 日本の地殻水平歪 国土地理院編 （助）地震予知総合研究振興会発行

1883～1985年の日本全土の精密計測地網測量一次基準点測量結果を整理して完成した地殻水平歪のデータの集大成。  
[実費頒布：含送料 20,000円]

# パークフィールドの地震予知

警報の空振り

浜田和郎

1985年にパークフィールドの地震予知は「次の地震は1993年1月以前に95%の確率で発生するに違いない」と述べています。この期限が切れようとしていた1992年10月、警報レベルAが初めて出され、日本でも新聞・テレビなど、マスメディアを賑わせました。しかし、地震は発生することなく10月19~20日の警報レベルAの期限終了となりました。筆者は、ここで米国地質調査所のレポートに基づいて警報レベルAの概要をお伝えしたいと思います。

パークフィールドの地震予知実験が開始されるに至った経緯・警報基準・警報に対する対策などについては、本誌2号1986年12月号の金森博雄氏の記事を参照されたい。始めての方のために、ここでは簡単な復習から始めます。

パークフィールドはカリフォルニア州のサンアンドレアス断層沿いの、ちょうどサンフランシスコとロスアンゼルスの間位置した人口わずか30人程度の小さな町です。同じ場所で、同じ発生機構で発生する類似した地震を、米国ではCharacteristic Earthquakesと言いますが、米国地質調査所(USGS)のバーカンさんらが、パークフィールドにおけるCharacteristic Earthquakesの研究を進めたのが事の始まりです。

1966年のパークフィールド地震はその前の1934年の地震と規模 $M=6$ と位置がそっくりで、しかも、前震・本震の位置関係、前震の規模 $M_L=5.1$ および前震・本震の時間間隔17分までそっくりだったのです。こんなことがわかると、「それでは次の地震も…」と予知をしたくなるのは当然の成りゆきかもしれません。バーカンさんとカリフォルニア大学バークレイ校のマキャベリーさんはパークフィールドにおける歴史地震を調査し、その結果1857年以降6個の $M_L=6$ 程度の

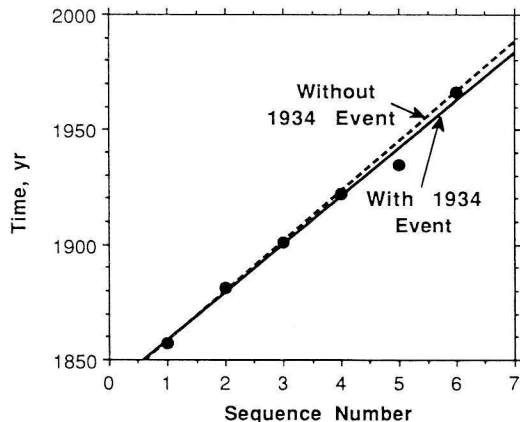


図1 パークフィールドの地震発生順序に対する発生年  
実線は全データに当てはめた直線、点線は1934年の地震を除いて当てはめた直線。

地震を見つけました。それらの発生年は1857, 1881, 1901, 1922, 1934, および1966年です。これらはパークフィールド地震予知の最も重要な基礎資料です。ここで5個の平均間隔は21.9年標準偏差7.2年です(図1)。バーカン・マキャベリーは1934年の地震が1944年であったならば、地震時系列はもっと見事に規則的であったろうと述べています。バーカン・リン(USGS)は、多分1934年の地震は1944年に発生すべき地震の何かの理由による早産の結果であると指摘し、もしそうなら、次の地震が1993年1月以前に発生するであろう確率は95%であると述べています。ただ間隔が一樣なだけでなく、少なくとも3つの地震(1992, 1934, 1966)が非常に良く似たCharacteristic Earthquakesであったらしいということも重要なことです。

1984年11月のNEPEC(National Earthquake Prediction Evaluation Council)ではパークフィールド地震予知の大筋については正しいということになりました。しかし、パークフィー

ルドの地震予知について、重要なことは、地震発生確率の問題よりも、パークフィールドにおいて種々の地球物理観測を集中し予知実験を行なうことが地震予知研究を効果的に進めることになることと判断したことです。発生時期については議論のあるところであり、特に、周辺の地震活動、1857年フォート・テホン大地震 ( $M=8$ )、1927年南カリフォルニアの地震 ( $M=7.2$ )、1952年南カリフォルニアの地震 ( $M=7.7$ )、1983年コアリング地震 ( $M=6.5$ ) などとパークフィールド地震の相互関連・影響については未知の問題です。しかし、パークフィールド地震がいずれまた来ることについては誰も異論を持ってはいません。

現在、パークフィールドは日本の東海地方のように種々の観測・調査(地震・クリープ・地殻ひずみ・測地測量・地下水・地磁気など)が集中して行なわれ、殆どすべてのデータはメンロパークにテレメータで送られ常時監視の体制がとられています。

次にパークフィールド・レベル-A 警報の概要について、10月23日付け USGS レポートになるべく忠実にお伝えします。

- (1) レベル-A 警報の期限終了 10月19日月曜日に出示されたレベル-A 警報は、 $M=6$ の地震が発生することなく、10月22日10:28 P. M. PDT (Pacific Daylight Time これ以降省略) 期限終了となった。警報レベルの約束に従えば、警報-A は3つのうち2つは誤りという割合で55ヵ月に1度の割合で期待されるものである。このように、警報期間中に $M=6$ の地震が発生しなかったことは、予想されていなかった結果ではない。パークフィールド実験は、追加の異常信号が無い限り10月25日10:28 P. M. までDのレベルにとどまるであろう。
- (2) 位置、マグニチュード ( $M$ )、フォーカルメカニズム 警報レベル-A を出した地震( $M=4.7$ 、深さ10 km) は1992年10月19日10:28 P. M. に発生した。このイベントのフォーカルメカニズムはきっちりと決められて鉛直断面上の Right-Lateral Strike Slip Motion でサンアンドレアス断層のその場所の方向に極めて

近い。このようにフォーカルメカニズムはサンアンドレアス断層のその場所の地震活動の典型的なものである。

- (3) 余震活動  $M=4.7$ のイベントはその後の75分間に数個の小さな余震を伴った。最大の余震は10:47 P. M. の $M=2.4$ であった。この余震活動は、数・大きさ・持続時間において顕著なものではない。 $M=4.7$ のイベントとその余震は、サンアンドレアス断層の破壊された部分を表している約1 km<sup>2</sup>の広さを形成している。
- (4) その後の地震活動 余震活動の後、次のパークフィールドで記録された地震活動は10月21日09:00 P. M. からの8個のイベントで10月22日03:15 A. M. まで続いた。これらの $M$ は0.9から1.4で10月19日月曜夜の活動よりも浅く、また警報レベルに影響を与えるものではなかった。
- (5) 過去のパークフィールドの前震との比較 1934と1966年の $M=6$ のパークフィールド地震の前震は北西方向へ伝播する破壊であった。このたびの $M=4.7$ 地震のすべての余震がその北西で発生したと言う事実は、10月19日の地震もまた北西方向へ伝播する破壊であったことを示唆している。北西への破壊伝播の別の証拠は、震央の北のステーション BSG ではソースタイム・ファンクションが南側のステーション、PGH と PMG に比べてより短いということである。19日月曜のパークフィールドの地震は1934と1966年のパークフィールド地震の前震の共通の位置から5 km 南東で発生し(図2参照)、またそれらのどの地震よりも小さいものであった。パークレイのウッド・アンダーソン地震計が過去に記録した $M=4.5\sim 5.0$ のパークフィールドでの地震(余震を除く)のうちで、月曜夜の地震の波形は、その後により大きいパークフィールド地震を伴わなかったところの1975年1月5日の地震 $M=4.5\sim 4.6$ の波形にもっとも良く似ている。
- (6) 10月19日のイベント後の他のシグナル パークフィールドのボアホールストレインメータは、月曜夜の地震の時に $20/10^9$ のステップを

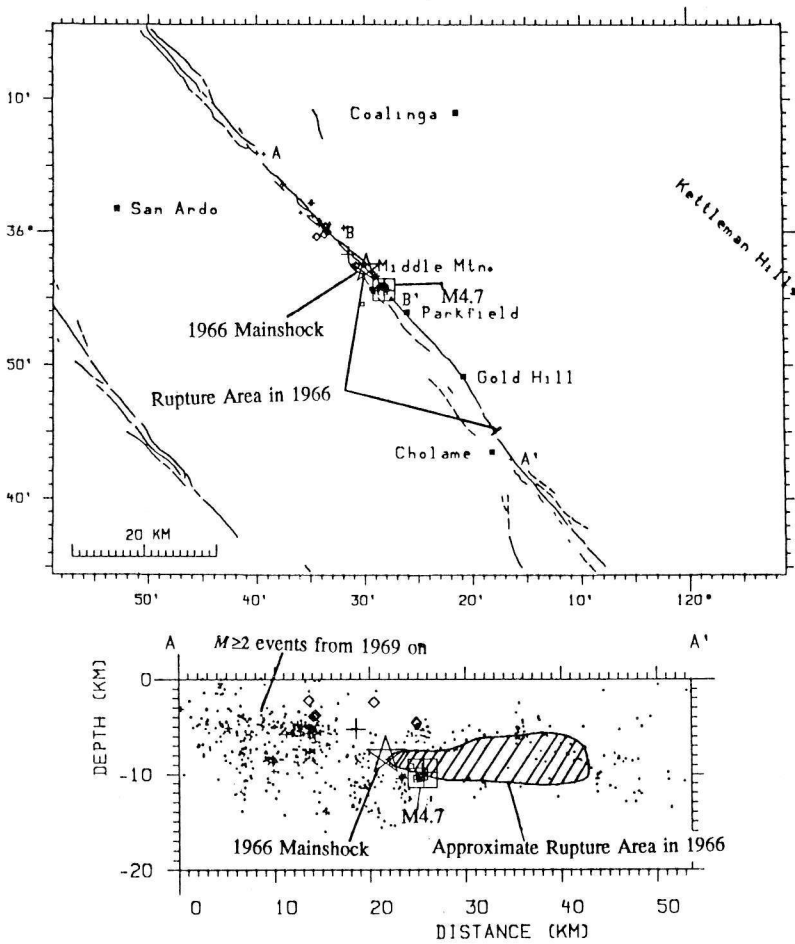


図2 1966年パークフィールド地震(☆)とその破壊域(Rupture Area in 1966)および1992年10月19日M=4.7の地震(□)の位置関係  
 下図はサンアンドレアス断層沿い北西(A)南東(A')方向の鉛直断面図。  
 図中のプロットは1969年以降のM $\geq$ 2の地震。

記録した。これは、地震がサンアンドレアス断層の1 km<sup>2</sup>の部分について37 cmのRight-Lateral Slipを仮定して計算した値に一致する。2つの井戸の水位は19日のイベントについて僅かに変化した。1つの井戸ではわずかに警報レベルを超えたが、地震後では、これは異常なことではない。

- (7) 10月1~4日に加速された断層クリープとの関係  
 10月1~4日の期間に断層のクリープは加速され、つづいてM=2.5と2.7の地震が4日と7日に発生した。このクリープは警報レベルをAにした地震と関係があったかもしれない。この断層クリープは19日夜のM=4.7の地震の震源の真上で発生しており、10月4日から7日

の地震活動は19日夜の地震と殆ど同じ場所で発生している。1988年にパークフィールドのクリープメータ・ネットが完成して以来8回のクリープが観測されているが、この度の一連のクリープは振幅と時間間隔の点で過去の8回のものに似ている。ただし、8回のうち1回だけがクリープメータ直下の地震を伴った。13 cmの地下水位の低下と10ナノストレインのストレイン・ステップは10月始めのクリープを伴ったが、これは警報レベルをCにした。

- (8) 他のネットワークの信号  
 地震計以外ではM=4.7地震の前の12日間にパークフィールドにおいて異常な信号を記録した機器はなかった。これらの機器は、クリープメータ・ボアホールス

トレインメータ・ティルトメータ・地下水位・2色測地網・地磁気網・比抵抗監視網・2個の磁気活動インデックス・ゼネレーターおよび土壌ガスセンサーを含む。

以上がGSのレポートであるが、その後現在まで変わったことがあったとは聞いていない。筆者の感想は、もう、あとほんの少しでパークフィールド地震の発生に至ったのではないかと思う。つまり、10月19日月曜夜の地震のMがもう少し大きかったら、かつまたは、もう少し北西で発生していたら、パークフィールド地震は発生していたのではなかろうか。

[はまだ かずお 防災科学技術研究所地圏地球科学技術  
 研究部長]

# 地震波の到来を待つ

神沼克伊

## はじめに

本誌14号で南極・昭和基地(69°S, 39°E)の地震観測について紹介したが、1993年1月15日の釧路沖地震も、もちろん昭和基地で観測されている。当時、昭和基地で越冬し、地震観測をしていた京都大学防災研究所の金尾政紀さんは、さっそく、昭和基地の新聞にその報告を書くとともに、発生直後に地震の起こったことを知らせてもらえたら、地震波到達を待ち受けることができた指摘してきた。この指摘は、25年にもわたり昭和基地の地震観測に関係している私には、いささか衝撃的であった。恥を書くようだが、これまで私には、そのような発想は一度もなかったからである。

## 発震時

1月15日、民放テレビを見ていた私は、地震発生のテロップを見るとすぐチャンネルをNHKに切り替えた。そのとき、画面には北海道や東北部の震度がでていた程度だったが、釧路、八戸が震度6ということから、少なくともマグニチュード7クラスの地震が北海道の南東付近(多分、海上)で起こったと推定した。八戸の震度は後日訂正されたが、とにかく震央付近ではかなりの揺れであることは、震度分布からすぐに理解できた。東京の震度3が報じられるに及び、かなり深い地震であることも予想できた。そのときの時間は20時10~11分頃だった。この時点で「北海道で大地震が起こったので、注意深く観測してほしい」と昭和基地に電話することも可能であった。

地震学会の用事でたまたま電話で話をした気象研究所の石川有三さんに伺った震源情報をもとに、昭和基地への釧路沖地震のいろいろな位相の到達時刻を計算すると、つぎのようになる。

●震 央: 42°51'N, 144°23'E

- 深 さ: 107 km
- マグニチュード: 7.8
- 昭和基地との距離: 14,943 km
- 発震時: 1993年01月15日20時06分39秒(日本標準時)

PP	20時28分49.6秒	[走時22分10.6秒]
PPP	31 44.5	25 5.5
PS	39 3.8	32 24.9
SP	39 17.1	32 38.1
SS	46 48.9	40 09.9
SSS	51 48.2	45 09.2
SKS2	33 35.7	26 56.8

図1は、金尾さんが昭和基地からファックスで送ってきたSTS-3成分のデジタル記録の出力である。横軸の原点(0)は11時00分(UT)である。昭和基地は、シャドーゾーンに入るので、この記象でも明瞭な初動はわからないが、20時25分(現地時間14時25分)頃から、地震の揺れは記録され始めている。

## 昭和基地の事情

電話を受けた昭和基地ではどんな状況になるのだろうか。昭和基地の電話事情は南極にある基地の中で、決し



写真 空から見た冬の昭和基地

手前のドームは大型アンテナが設置されている。太陽高度が低いので影が長くのびている。

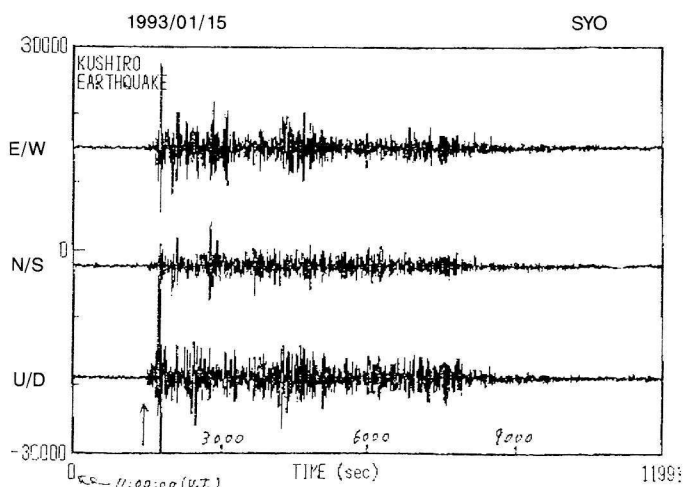


図1 昭和基地のSTSで記録した釧路沖地震のデジタル記録の出力  
昭和基地より極地研究所にファックスで送られてきたもの。

て設備の良いほうではない。基地内の電話は自動的に公衆電話としては使えない。互いに隣接しているアメリカのマクマード基地とニュージーランドのスコット基地では、1970年代には、すでに基地内電話はスコット基地の公衆電話と接続されており、日本から南極にかけられた電話をスコット基地を経由してマクマード基地の自分の研究室で受けることができた。現在の昭和基地は1970年代のマクマード地域と同じ状況である。

昭和基地の公衆電話は通信棟と呼ばれる建物にあり、通信担当隊員が受話器をとり、本人のいる近くの基地内電話に接続するのである。本人が電話の近くにいればともかく、いないときは10分も待たされる。「大地震発生」というニュースを伝えてもらうだけで十分である。あらかじめ、そんな電話もあることさえわかっていたら、「〇〇さん、大地震発生の電話あり」という基地内放送で、こちらの意図は伝わる。

地震担当者が自分の職場、つまり地震記録システムの設置してある地学棟にいれば、ただちに電話を受けられるし、必要な観測にも対応できる。基地内の自分の部屋や食堂など、居住区域内にいても5~10分で地学棟に駆けつけることは可能である。基地の建物から離れたところになれば対応できないのは、国内でも同じ事情である。基地内にさえいれば、電話を受けてから、10分以内に担当者が地震レコーダーの前に立てる。

1月15日は昭和基地は建設期間の最中で、休日返上で働いていたはずである。地震の起こった午後8時は昭和基地では午後2時、屋外で何かの作業に従事していたとしても、10分もあれば十分に地学棟に行けたと思う。釧路沖地震の初動部分の到達は本震発生後19~20分である。もし、私が「大地震」と判断した地震発生から5

分後に、昭和基地に電話をしていたならば、彼は昭和基地のモニター記録を見ながら、釧路沖地震の地震波を昭和基地で待ち受けることができたのである。

### 地震波を待つ

これまで津波の到来を待ち受けるということはあっても、地震波の到達を待つことはあり得なかった。通信手段の発達した国々の間では、実施しようとするれば、必ずしも不可能なことではないと思われるが、地震波を待ち受けたという話は聞いたことがない。

地震観測の仕事は地味な業務である。いつ起こるともわからない地震を観測するために、24時間休むことなく記録を

とりつづけている。実際、大地震が起こってから、記録をとろうとしても余震活動はともかく、本震に対しては役に立たない。

それでは「地震波の到来を待つ」のは無意味なのだろうか。待つことによって、少なくともより良い地震記録を得ることは可能になる。大地震の後、世界中の観測点から地震記象を集めると、必ず欠測している点がある。大きな故障で欠測をすることもがあるが、つまらない人為的ミスで何年かに一回しか起こらない巨大地震を記録できなかったというような話は、それほど珍しいことではない。

これからの地震研究には、デジタル地震記録が主要なデータになる。デジタル記録をする場合、1秒間に何個のデータをとるか、大きな問題である。サンプル数が多いことは望ましいが記録媒体にも限度があるので、研究上の要求をも考えて、そのサンプル数は決められている。1秒間のサンプル数を増やす工夫はなされているが、地震波を待てれば人間の手によってスイッチを切り替えたりして、確実に記録をとれる可能性が高いのである。

さらに、待って記録することにより得られた質の高い地震記象から、地震発生メカニズムや地球内部構造に対する重要な情報が得られる可能性もある。明確な研究課題に対しては、それなりの対応をして待つことも可能になる。

### 昭和基地と日本の地震

昭和基地と日本付近の距離は1万3000~1万5000kmである。多くの地震のP波がいわゆるシャドーゾー



D/U

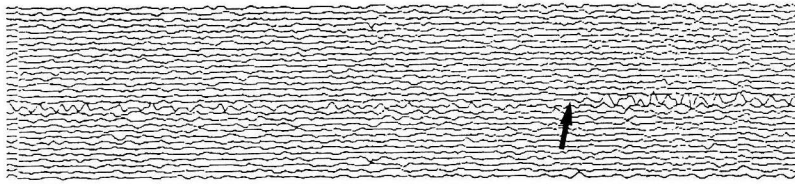


図2 昭和基地のHESで記録した能登半島沖上下地震のアナログ記録  
矢印は初動付近を示す。同じくファックスで送られてきたもの。

ンになってしまう。それだけに昭和基地でS/N比の良い観測をすることによって、地球の中心核付近について、今まで気がつかれなかった情報を得る可能性がある。

学問的に意義があるからと、少し大きな有感地震があったからといって、そのたびごとに昭和基地に電話をして地震波を待ち受けてもらっても、あまり意味はない。それどころか昭和基地の地震担当隊員に多くの徒労を課すだけである。釧路沖地震の後に起こった能登半島先端付近の地震の気象庁発表による、その震源要素は以下の通りである。

- 発震時：1993年02月07日22時27分
  - 震源：37°39'N, 137°120'E
  - 深さ：29 km
  - 昭和基地との距離：14,120 km
- PPの到達時刻 22時48分[走時 21分13秒]
- |      |    |    |      |
|------|----|----|------|
| SKS1 | 53 | 26 | 20.1 |
| SKS2 | 53 | 26 | 24.9 |

気象庁発表のマグニチュードは6.6である。

図2に現在、昭和基地で越冬し、地震観測を担当している東京大学理学部の岡野憲太さんが送ってきたHES

地震計のモニター記録上下動成分の記象を示した。このファクシミリで昭和基地から送られた地震記象からマグニチュード6程度では、昭和基地での振幅がきわめて小さいことに気づかれるであろう。やはり待ち受ける地震はマグニチュード8に近い地震ではないかと考える。

釧路沖地震の例に示されたように、大地震が起こったときのNHKや気象庁の対応はすばやく、まだ、いろいろな批判はあるようだが、このシステムは世界に誇れるものだと私は考えている。そして、このシステムが正常に稼働し、関係者がただちに対応すれば、本震が発生して十数分後に到達する地震波を待つことができるのである。人工衛星を利用した通信手段が発達した今日、外国にある観測点を日本から直接コントロールすることも夢ではない。しかし、実際には日本付近で起こった地震については本震発生後十数分で波が到達し、日本人が自由に操作できる観測点は多くはない。このようなことが簡単にできると思われるアメリカでは距離が近すぎ、現在の状況では時間的にきわめて難しい。

その点から、昭和基地は東京からでも1万4000 km離れているのに、日本人の手で維持されている観測点である。通信手段も確保されている。「地震波を待つ」のには、大変都合のよい観測点といえる。

## ご 案 内

### 地震ジャーナル 10号 特集：迫りくる東京圏直下地震

<p>エッセイ 10周年記念号の発刊に際して カラー口絵 版画と文 地震と瓢箪と鯨 江戸-東京の直下地震 首都直下のプレート構造 どうやって予知する？ 直下地震の危険度は？ 川崎市と直下型地震 直下型地震に備える 液状化対策は？ ライフラインの安全性 そのとき社会は？ 金融・経済へのインパクト 損害保険はどうなる？ 災害は進化する</p>	<p>萩原尊禮 井野盛夫 萩原尊禮 石田瑞穂 萩原幸男 力武常次 杉山孝志 荒 孝一 浜田政則 片山恒雄 廣井 脩 織田 薫 長島秀隆 柳川喜郎</p>
--	--

●ご購読料◇1500円〔郵送料を含む〕  
●お申込先◇(財)地震予知総合研究振興会  
[本誌綴込みの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

## あ と が き

1992年の1年間、昭和基地で地震記象を見つづけた金尾政紀さんが最後に観測した大地震の報告に刺激され、考えたことをまとめてみた。昭和基地で地震波の到来を待つことは、ぜひやってみよう。

しかし、それは日頃から、きちんとした観測をしていてこそ可能となるのであることも、十分心得ているつもりである。定常的な観測は同じ観測の繰り返しで何の進歩もないように見えるのか、近年は予算的にもきわめて苦しい状況にあるのは昭和基地ばかりではないようだ。しかし、このような平凡な観測の繰り返しで得られた地震データを使った多くの研究により、地震学は発展してきたのであり、また発展しつつあることを改めて指摘して筆を措く。

[かみぬま かつただ 極地研究所教授]

# 大事業所の防災計画と警戒宣言に伴う対応措置

## 岩田孝仁

### はじめに

事業所の防災計画は、何か事故でも起こらない限り一般の目に触れる機会は非常に少ない。

防災計画は2つの要素から構成され、一つは安全確保に対して整備すべき水準や具体的な防災対策事業の内容である。もう一つは事故や災害が起きたときの対処計画であり、個別事項の対応責任者や応急対応を実施する行動計画が記載されている。実際に中身を読んでみると、「…を、しなければならぬ」「…に、努める」「…を、することができる」などの定型的な表現が非常に多く、責任の所在や義務、努力目標などが使い分けて記述されていることに気づく。また防災計画の本編に記載されている内容は概括的な記載が多く、このため本編を受けて細かく計画されている個別マニュアルまで紐解かないと、なかなか計画の全貌が理解できないことも多く、防災計画書を一般から疎遠な存在にしている一因でもある。

良く言えば、事故や災害が発生したときの状況を予測し、どのように対処すれば最善の対応がとれ、また事故の責任がどこに存在するのかを明確にするものである。悪く言えば、自ら自分の行動を予め規定する偽善的な戒めが防災計画でもある。

紹介する2冊は、東京都の震災予防条例で防災計画の作成を特に強く義務づけられている、ガス、電気、鉄道、道路に関する事業者の防災計画を掲載している。それぞれの機関は都市を形成する重要な基幹施設の管理者であり、その一つの施設でもひとたび事故が発生すれば、他の機関にも影響を与え、甚大な複合災害に至る可能性を持っているだけでなく、都市機能そのものがマヒする可能性をも秘めている施設である。ここでは予想される東海地震に関する判定会の招集や警戒宣言発令時の対応など、防災計画の中でも特徴のある内容や、また一般にはあまり知られていない計画を以下に紹介する。

なお、以下に出てくる強化地域（正式には「地震防災対策強化地域」とは、大規模地震対策特別措置法により各事業者に緊急計画の作成を義務づけられている地域で、静岡県、神奈川県など6県168市町村が強化地域に指定されている。

### 事前対策 災害予防計画

(1) ガス 一部のガス施設が被災しただけでも大きな事故につながる可能性があり、また復旧に多くの日数を要することから、供給停止区域を最小限に囲い込めるように供給エリアのブロック化が進められている。首都圏の大半を供給エリアに持つ東京ガス(株)では、

- 中圧導管網を対象とした9つの大ブロック（約300 km<sup>2</sup>/ブロック）
- 低圧導管網を対象とした約100の中ブロック
- 需要家約3000件単位の復旧ブロック

に細分化し、被害程度に応じてガスの供給停止を行なうブロックと継続すべきブロックを仕分けすることにより、二次災害の防止を図るとともにガスの供給停止を極力避ける手段がとられている。

(2) 電気 東京電力(株)の最大供給電力の3割に相当する約1500万kwが東京都内へ供給されている。施設そのものは関東大地震程度の地震では大きな被害を受けることがないよう設計され、仮に施設そのものの被害が発生しても、電力需要側の被災がそれ以上になると推定し、電力供給不能分はいくつかの局部的地域に限られるとの前提にたった計画が組み立てられている。大規模な地震を想定した具体的な被災のイメージは、次の通りである。

- 変電所：地上変電所の4～5%は一時送電停止。地下変電所は上水道の停止により冷却水の不足を起こし、数日後には運転を中止せざるをえない。
- 送電線：架空送電線の2～3%、地中送電線の約10%程度が送電不能。
- 配電線：全体の約10%前後が送電不能。被害の主な原因は、構造物そのものの破壊ではなく、地割れや地盤沈下、火災などによる二次災害にあるとの想定。

(3) 鉄道 耐震設計が未熟であった古い時代に構築された鉄道施設は、ある程度の被害が想定されるものの、新幹線や地下鉄などの施設は十分な耐震性が確保されていることが計画の前提になっている。

(4) 高速自動車道 道路施設は地質や構造物などの

状況に応じ、十分な安全を見込んで施設が建設されているとの前提であるが、盛り土部分などで道路の亀裂、土留擁壁の損傷も有り得る（日本道路公団では「部分的な損傷」と想定）、また地震動により通行中の車両はハンドルをとられたり、接触や追突事故を生じる事も有り得るとの前提で計画が組まれている。

### 警戒宣言発令前後の対応計画 地震防災応急計画

(1) ガス ガスの供給は継続されるが、危険を回避するため震源に近いガス製造工場の製造量は極力下げ、震源から離れた工場の製造量を可能な限り上げるなどの製造、供給調整が行なわれる。

(2) 鉄道 警戒宣言が発令されると、いわゆる強化地域内の鉄道はすべて運休となる。一方、強化地域には該当しない東京都内での対応は次のとおりである。

- 警戒宣言発令当日：減速運転または混乱状況により危険がある場合は運行停止。
- 警戒宣言発令翌日：地震ダイヤ（鉄道業界ではこのように称し、いわゆる間引き運転）による運行が行なわれ、当然、減速運転である。
- 減速運転：時速 50 km/h 程度（各社路線ごとに多少速度は異なる）で列車運行。

なお判定会の招集時では、強化地域内の長距離路線を持つ JR 各社は強化地域内への運行抑止（新たに強化地域内へ列車を入れない）を行なう。

(3) 高速自動車道（首都高、東名高速） 強化地域内のインターチェンジからの流入は当然制限されるが、強化地域外のインターでの流入制限は明確には記載されていない。首都高では必要な交通管制、車両の通行を抑制する措置を行なうなどの計画が記されている。いずれにせよ事前に一般通行を規制して、緊急輸送活動を優先する計画となっているが、一般車両のインター流入をストップするのか、または単なる制限なのかについては曖昧な表現がとられている。

### 災害発生後の対応計画

#### 災害応急活動計画、災害復旧活動計画

(1) ガス 各社とも震度 5 の地震発生が非常体制への移行基準として定められており、被害状況に応じ、各ブロック単位で供給停止措置がとられる。唯一、青梅ガス圏では震度 6 以上になると、すべてのガス供給を停止すると明記している。これは供給エリアの大小と耐震設備のレベルの違いにもよると思われる。

(2) 電気 災害時においても原則として送電は

継続する。また災害復旧計画には復旧の優先順位が概ね定められており、水道、新聞、放送、ガス、電鉄、排水設備、県市庁、区役所、警察、消防、NTT、広域避難場所などの重要施設には優先的に送電するよう復旧にあたとされている。

(3) 鉄道 地震が発生したときには、橋梁や盛り土、トンネル出口付近を避けて非常停止を行ない、震度 4 以下と判断されると安全を確認しながら徐行レベルで運転を再開する。

非常停止の基準については各社まちまちで、大きくは震度 4 以上、震度 5 以上の 2 種類で、また非常停止手段も、乗務員が自ら地震を感知してから、ATS などの自動停止装置によるものまでさまざまである。この違いは安全設備や路線、建造物の耐震的な面での特徴により定められているようである。

(4) 高速自動車道 東名高速道路などでは、震度 5 以上になると通行止めの措置をとりあえずとる。また震度 4 程度の地震では速度規制措置がとられる。

以上各計画の内容を簡単に整理したが、各事業所とも他社の計画と足並みを揃えているため大きな特徴はなく、安全対策の考え方はほぼ標準化している。災害の程度については予測がつかないと言いながら、各社とも耐震対策の充実により、「対策は万全である」「十分な対応が可能」「被害は少ない」、との記述が多く目立つ。しかし、災害は予期せぬ状況を生み出す可能性も有り、安全対策への過信だけはぜひ避けておきたいものである。

一方で災害時の各機関の対応については、一般市民も知っておかなければならない事項も多くある。

- ガスや電気は供給されるのか？ またどの程度の被害を受けるのか？ いつ復旧するのか？
- 鉄道はいつの時点で止まるのか？
- 高速道路は通行可能か？

災害時における混乱を少しでも軽減するためには、一般市民の的確な認識や対応に期待するところが多くあり、協力を得るためにも実際に即した場面を想定した各機関の対応についてもっと十分な広報活動を行なう必要がある。

[参考] 本書に計画が掲載されている事業所。

ガス：東京ガス、武陽ガス、昭島ガス、青梅ガス

電気：東京電力

鉄道：東日本旅客鉄道、東海旅客鉄道、日本貨物鉄道、帝都高速度交通営団、東京都交通局、西武鉄道、京王帝都電鉄、小田急電鉄、東京急行電鉄、京浜急行電鉄、京成電鉄、東武鉄道、東京モノレール  
道路：首都高速道路公団、日本道路公団

[いわた たかよし 静岡県地震対策課主査]

# 芝居と地震

## 三浦布美子

### 根室地震直後に

**編集部** それでは、さっそくお聞かせ頂きましょうか。

**三浦** 今から20年も前になるのかしら、なんて自分ながら驚いているんですけど、あれは根室沖の地震でしたね。

ちょうど天候も悪かったんでしょうかね。飛行機が釧路の目的地へ着かなくて帯広に降りようかと、それも駄目で、そして札幌へ降りちゃったんです。それで、札幌からトコトコ電車で釧路へ向かったんですけれど。

**鈴木** 最後は、もう着けなかったんですよ。釧路の手前で…。

**三浦** 途中から車で行ったんだっただかしらね。

**鈴木** みんなは車中で寝るということになったんだけど、僕と三浦さんだけはタクシーで行っちゃったんですよ。行かなかったら火事にあわなかったんだけど、何か運命というのはおかしいものですね。やっぱり、釧路の1時間くらい手前で止まっちゃったんです。タクシーで1時間で行くのなら、ホテルへ行ってゆっくり寝たほうがいいんじゃないかというて…。

**編集部** 大変でしたね。

**三浦** ええ、その電車に乗っている最中に、私はそのひどい揺れは経験しないで、電車の中だったんですけど、先発隊で着いていた人はみんな10人ほど。私のバックで踊る連中が、その大揺れにあってひどい目にあっただけなんですけど、こっちは電車で、それこそ向こうが地震

なものだから、なかなか着かないんですよ。止まり止まりで、もう何時間電車に乗ってたんでしょうかね。

やっと着いたのが、12時を回ってたんです、夜中の…。

**編集部** もう、12時間も…。

**三浦** そうですよ、そして、ホテルに入ったときに何か薄暗くて、嫌な予感がしたんですけど…。

**編集部** 電気なんかは、ついてましたか。

**三浦** 電気はついてたんですよ。でも、地震があったっていうし、いつもそんなことしないのに、左へ何歩で非常口なことだけ確認したんです。

**編集部** 何階？

### ホテルの火災

**三浦** 5階でした、ホテルのね。それで、ちょっと一杯飲んで、それで女のプロデューサーが一人いたものですから、その人たちと2~3人で飲んで、2時頃寝たんですよ。そして、明け方の4時頃ね。それは消防車のサイレンの音で、寝入りばなだったんで、目が覚めてカーテン開けたら、もう燃えてるんです。ホテルの1階から火が出て、パーッと広がるようにね。5階でしたんですけども、ちょうどそこへ火が届くように思うんですね。それほどではなかったんです、事實は…。ですけど、やっぱり下が燃えているとびっくりして、それでまず調べておいた非常口に、人も誘わずに一人で飛んでいったんですけども、屋内の非常口のドアだったもので、すごい煙、黒い煙でしたね。フワッと吸い込ん



だんで、急いで閉めてロックして戻ってきたので…。まだ5階は良かったんですけどね。

結局ね、地震のために1階の自動販売機のコードがショートしたとかが原因だったらいいですね。そのときは亡くなった方も2人かな。飛び降りた人とお酒に酔って洋服のまま寝てた人が、2人とも男の方だったのね、確か…。

**編集部** 同じグループの？

**三浦** いえ、そうじゃなくて…。私たち全員無事だったんですけど、とにかく黒い煙を吸ってしまったんで、怖くてまた部屋に戻ってきたんです。それから10人ほど他の部屋に散らばってますので、私と一緒にいた女性のプロデューサーが、寝るときには必ず懐中電灯を枕元に置くように、親からしつけられて、20年ほど前ですから、絶対に懐中電灯が部屋に1個あるというのじゃなかったのですね。その懐中電灯で床のほうを照らして、私が一番大きい部屋でしたので、みんなとそこに誘導して入れたんです。

ところがね、12人こっちのメンバーが入ったなと思った。ところが頭数はいたんですが、2人違う人が、まったく知らない方が2人入ってきて、でももう、これ以上ドア開けたら煙が充満して駄目だということで、中からロックして開けさせなかったんです。私の付き人がタオルをお風呂で濡らせて、隙間に詰めたりして、そして、もう消防車は来てたから、大丈夫でしたんですけれども…。階段は使えない、窓が開かないんです。それで、このマネージャーの鈴木君が、しょうがないから電話機くらいの按摩器で窓をぶち割って、そこから梯子を下からかけてもらったんです。

### ホテルからの脱出

三浦 ところが、その当時には長い梯子車がまだなくて、消防車は近かったらしく直ぐ来たんです。ちょうど1階の屋根みたいなものがベランダになってて、そこから上に4階分あるわけ…。だけど、そのベランダが邪魔して、その頃の梯子車では届かないので、普通の梯子乗りの梯子みたいのを何本かつなぐのに、上からシーツを投げたり、欠けたガラス窓の所からシーツやなんかをちぎっては投げ、ちぎっては投げして、それで梯子を結び、その結んだ箇所消防夫の方がそこまで乗って押さえてってくれるんですね。

そして、まずお年寄り2人降ろし、それから次に私が降りて、あとはみんな降りたんですけどね。

そのときに私の付き人がしっかりしていて、隙間をふさぎましたでしょう。それから、私にタオルでマスクさせて、そしてみんなのハンドバックを預かったら荷物になるんで、お財布だけを出して下さいと、その子が集めて自分のハンドバックに一括して、そして物はどうでもいいから、私なんか「そんなものはいいか

ら、体さえ逃げればいいんだから」と言ったんですけどね。そしたら、みんな私の真似してマスクをしようとしたんですね。そしたらね、それはちょっと笑い話になるんですけどね。私が脱いでおいたブラジャーね、ブラジャーをマスク代わりにして逃げた人もいますよ、とっさの場合だったもんで…。

編集部 何もないというか…。

三浦 とにかく、何でもトラックか何かに乗せられちゃうんですね。怪我している人も、していない人も、集合場所に連れていかれるらしいんですよ。その1階のベランダまで梯子車で「後ろ向きに降りて下さい。怖くないですから…」と言って下さって、表へ出られたという安心感であんまり怖くなかったです。後ろ向きに一歩一歩降りて、そしたら1階のベランダの所からは消防夫の方がおんぶして下さい、トラックまで運んで下さった。

それで、とにかくいろいろなお医者さんに分担して連れていかれちゃうんです。それでメンバーもバラバラになってしまって、私は木造の整形外科の先生のお家へ行ったんです。そしたらもうすぐ、後から後から運ばれてきましたけれども、明け方ですよ、4時頃。看護婦さん方も寝ぼけ眼なものですから、私なんかちょっとかすり傷しかしませんのに、この鈴木君は親指のところ、いまだに傷があるくらいの大怪我したんですけどね。ガラスを割った所へ毛布をまいて逃げたけれども、やっぱり慌ててますからね。

編集部 そのときは、わからないんでしょう。

鈴木 向こうのガラスっていうのは冬、寒さに耐えるようにしてますから厚いんですよ、厚くて窓が絶対開かないんですよ、ホテルは…。

編集部 二重にはなってなかったんですか。

鈴木 二重にはなってません。す

ごい厚いガラスなんですよ。

編集部 それで、余震とかそういうのはなかったんですか。

三浦 あったんです。それで、木造建ての整形外科へ連れていかれて、火事から逃れてほっとしたら、またグラグラ、何度もきましたね。怖かったです。気持ち悪かったですね。

鈴木 2〜3日、続いてましたね。

三浦 木造だから、いやに揺れるんです。そして私は、それこそブラジャーを踊りの人がマスクにしちゃったものだから、ブラジャーなしで…。6月頃のことだったんでブラウスがレースのブラウスで、それだけしか着てないものだから、とにかく寝巻じゃなくてブラウスとパンタロンだけはいいたんですけれど、前がすけちゃうんですね。それで、みっともないから、整形外科の先生の所で毛布を出して下さい、その毛布をキュッとたくし上げて隠していたんです。それが新聞に出ちゃって、大怪我のように新聞に写ってしまっただけで、皆さんに心配をかけたんですけれど、怪我はほとんどなかったですけどね。

でも2〜3日揺れてて、ひどかったですね。変な話、お風呂に入っても、顔洗っても、何でも目の下が黒くなって、汚い話ですけど鼻の穴の煤が入ったのがしばらく取れないんですね。すごいものですね。

### 備 え は

三浦 そんな目にあいましてから、2〜3年の間は何するにも怖くて、新幹線乗っても、ここで何かあったらどうしようとか…。例えばこうやってお話しても、今グラッときたらどうしようとか、火事になったらどうしようとか、そういう少し恐怖症というのか、ノイローゼ気味になって、そして、大きく新聞に火事のとときのあれが報道されたものですから、いろいろな業者さんから贈り物



があったんです。これは6階から伝わって降りられる綱ですとか、そのとき軍手をはめて下さいとか、8分間このままでちますという酸素ボンベの携帯用とか、そういう業者さんがプレゼントして下さって、それを一つのバッグにその道具ばかりを、いつも仕事に持って行ってたんです。その荷物が1個だけいつも増えるわけです。2~3年そうしてました。

私は非常袋は作ってありますけれどね。でも、中のお水とか食べ物とか、そういうものを年中替えておかなきゃならないでしょう。それはもう入れてありませんけどね。ただ、もし冬だとしたら寒いだけは嫌だから、ちょっと着るものと、それからお金を少しとラジオと、電池を別にして、懐中電灯と、それくらいは入れてあります。常に…。

編集部 我々よりずっとちゃんとなさっていますね。

三浦 食べ物には年中替えておかなきゃならないし、面倒くさいから入れておきません。でも、水を持って逃げると重いでしょう。

編集部 ご家族との取り決めは…。

三浦 どんなにはぐれても“めぐりあいの塔”で会いましょう、ということにはいつもなってますけれど…。

鈴木 ご自宅で2階から降りる練習かなんか…？

三浦 2階の鴨居に吊って、1階まで降りてみました。大変なもので、あれは…。

## 地震の恐怖

編集部 そうですか。今はどちらにお住まいですか？

三浦 今は浅草のほうですけど、この頃、いくらかノイローゼはおさまりました。我々、戦争にあっただけでしょう、生まれてはいますけれども…。あんまりよく覚えてない

んですよ。ですから弱いですね。そういういざというときの心構えが…。東京で地震があるとき、ついこの間亡くなった母なんですけれども、生前中は地震がきたというと、台所の大きなテーブルがあって、その中にすぐ入るんですけども、その手際のいいことね。

地震だっっていったら、ガスをパッと消してテーブルの下に、狭い家なものですから、ちょっといろいろなものをパッパとどけて、シュッと入るんですよ。私と2人分どけてね。「こっちこっち」って、その素早いこと、私なんかもうおろおろしてます。ガスを消して玄関を開けて、そしてテーブルの下へ入ります。

その釧路の地震のときも、私は動揺する、仲間はまだ泣いたりする人もいるしね。「こんな所へ来なきゃよかった」って、来なきゃよかったって今さらしょうがないし…。

編集部 何人くらいで、いらしたんですか。

三浦 そのときの仕事は12~3人の仲間だったんですけどね。いろいろな性格が出るものですね、ああいうとき…。

編集部 そうでしょうね。

三浦 冷静にはこぶ人と、それからみんなを誘導する人と、一人で泣きわめいている人と、私はもう何にもいらないからと、逃げ場を探しましたね。

編集部 でも非常口を、まず当たったというのは？

三浦 行ってみたんですけど駄目でしたね、結局、それで2人はぐれてしまいましたでしょう。その2人は屋外の非常階段みたいな、外にある螺旋階段、そこへ新婚の2人に誘導されて一緒にそっから降りたと、もう、ひどい鉄板が熱かったらしいですね。一時は、ドアを閉め切っちゃったのに、どんどん外から叩くわけですよ。入れたかったけど、一瞬開けたらもう煙が入ってきちゃう

し、開けないでっっていいたら、そのうち声がしなくなっちゃったから、これはもしかしたら殺したかと思って、もうすごい心配したんです。したら、いろいろな病院に分かれていたのが、今度、ボーリング場へ集まるという指示があって、みんな集まったんですよ。そのときにその2人がいたもんで、もう抱きついて喜んだんですけどね。本当にいざというときに、我々は弱いですよ。戦争にあっている人は強いですね。

編集部 それで、公演はなされたんですか。

三浦 ええ、その夜からしたんです。目の下が青くて、いくらお化粧しても隠れなかったんです。地震は揺れてましたよ、しばらく…。

小さい余震みたいなのが、本当に何回も、10分とか15分おきにあるんですよ。

## 舞台と地震

編集部 劇場なんかでの、ご体験はどうですか？

三浦 私ね、劇場に出演している場合、一番怖いのは、せりだしというのが地下から舞台の上へ上がりまです。大体一人ですよ、乗るの…。それである程度、途中まで上げておいて、出のきっかけまでそこで待っているわけですよ、一人、孤独に…。その最中に地震が来たらどうしようと思うんです。あれが一番怖い。上には行かないんですよ。上れる距離じゃないんですから、すごく高いんです。下はもう持ち上がっちゃっているんですから、自分だけが、それでこういう檻に入れられているんですから、危ないから開かないですよ、落ちると危ないから…。その途中でスタンバイしているときに地震が起きたら、私だけ置いていかれるなと思ってます、いつも…。

編集部 どこにも逃げ場がない。



三浦 ないんです。檻の中へ入れられちゃって、ガチャンって閉められちゃって、宙にいるわけですからね。あれは、もし助けてくれる人があっても、電気が動かなかった日にはもう駄目だし…。

編集部 そうですね。これはちょっと大変ですね。

三浦 何か変な予言をした人がいて、何年か前に、この日に大地震がくるみたいな、ありましたでしょう。そういうのを気にしないつもりでも、何となく頭の中であってその日は嫌でしたよ。本当に、せりに乗るのが…。

編集部 なるほどね。

三浦 あれは一番怖いですね。舞台上でやっているときは、どっかみんなと一緒に逃げるとか、楽屋にいても、非常口なんかはありますけど、あのせりの途中っていうのが一番…。

その日の時間も予言していたんです。その時間の近くにどうしてもせりに乗らなきゃならなかったんです。あれは嫌でしたね。でも、何もありませんでした。

編集部 そうですか。他に何かございますか。

三浦 その地震の起きるときに、どこにいるかの問題ですよ。家にいるときばっかりの備えをしてあっても、どこにいるか、旅先かもしれないし、電車の中かもしれないし、タクシーの中かもしれないし…。

編集部 昼、夜でも違いますね。

三浦 高速道路の上なんて、一番嫌でしょうね。

ときどき錯覚するのはね、舞台は回り舞台というのがありまして、そこで前でお芝居しているときに、円形を半分に仕切って後ろは他の道具立てをしているわけです。前の半分でお芝居していることが多いんですよ。全部使うこともありますけど、大体、半分ずつ使って、そうすると1つの場面が切れて、半分回せば次の道具がすぐ出てくるという…。時間の節約でそういうふうになっている

んですけど、後ろで道具立てしているのが、回り舞台の盆の上でやりますので、どうしても揺れているんです。後ろでガタガタ大道具さんが動いたりしているのが、それを前でお芝居しているとゴトゴト揺れるわけで、それがときどき「あっ、地震じゃないかな」と、こう思ったりするんです。嫌いだから、もう大嫌いだから…。

それでときどき、お芝居しているんだけど、自前の顔になっちゃうんです。「あっ」と思うものだから、役の顔じゃなくて自前の顔になっちゃうんです。相手の人もびっくりしますけどね、何だろうって…。そんなことがあります。

編集部 やっぱり釧路のあれが…。

三浦 それも恐怖症になっているんですね。大地震には、私、あってもいけないけど、他のことはとっても勘が悪いくせに、地震だけは勘が働くんです。揺れる前から予感がするんです。

編集部 どういう？

三浦 寝てて地の底で、何かこう変な感じがするんです。それでパッと布団の上に起きちゃうんですね。そうすると、揺れてくるんです。ほんの2〜3秒前から予感があるんです。

編集部 勘ですかね。

三浦 勘なんですか。他のこと、とっても勘が悪いくせに、本当にそれだけ…。

編集部 舞台なんていうのは非常に簡単なセットを作るから、地震のときに…。

三浦 倒れてきますよ。そうじゃなくても倒れるんですから…。恐いですよ。みんな張り物でできていますでしょう。一枚の板をいろいろ、家を作ってみたり、いろいろなことをするわけですよ。それが、みんな上に吊ってあるわけですよ。綱で…。スペースがないから下に置いておく。この前、それがズドンと

落っこってきたんです。それも暗転という舞台転換、真っ暗にしますでしょう。その最中に暗い中でズドンと、私の目の前に落ちてきたんです。あれは頭だったら大変。だけど鼻だけをかすったんです。白塗りのお化粧をしていますでしょう。鼻だけをシュッとこすれたものだから、鼻の頭だけ白粉がピュッと剥げたんです。そしたら真っ白い顔のところへ肌が出たものだから、血だと思って、みんな大騒ぎしたんですけれど、すりむける手前くらい。白粉だけが剥げたんです。そんな微妙なことがあるんです。みんな吊ってありますからね、恐いですよ…。

それとか、道具、一枚板をどンドン重ねて立てかけてありますから、地震なんかあったら、すぐ倒れます。編集部 火事なんかは起きませんか。

三浦 火事もだいぶ、劇場ありましたよね。今日の行く明治座だって、火事2回、あってますし、宝塚劇場も火事にあってますし…。

鈴木 日劇もありますしね。

三浦 日劇もあるし、火災に関しては随分神経使ってますね。舞台上で火を使っちゃいけないとか、楽屋も電気製品は全部コンセント抜いて帰ってくれとか、そういうことは…。

編集部 地震に対しては無防備ですね。体、大事にしないと…。

三浦 それと、大きな衣装を着てますでしょう。仕事中…。あの最中ね、花魁のなんて、こんな大きいのが着てますでしょう。逃げられませんね。いろいろくくりつけて「さあ、荷造り始めましょう」なんて冗談言うくらいですからね、体じゅう…。荷造りみたいなものですから、それをほどしている間はないし、怖い仕事ですね、思ってみれば…。

編集部 おもしろいお話を、どうもありがとうございました。 [完]

〈注 鈴木伸二：蛭川企画制作部長〉  
[みうら ふみこ 女優・蛭川企画所属]

# ■ 地震予知連絡会情報 ■ 青木治三 ■

1993年2月15日に第103回、5月17日に第104回の地震予知連絡会が開催され、昨年11月から本年4月末までの観測結果の報告があった。第104回は第13期の初回で委員交代があり、官庁関係で2名減らし、学識経験者を2名追加した。会長には前回に引続き茂木清夫日大教授が選出された。強化地域部会長に高木章雄東北大名誉教授、特定部会長に宇津徳治東大名誉教授が指名された。

今回は釧路沖地震、長野県西部の群発地震など、話題が豊富で、第103回で78件、第104回では63件の報告があった。特に注目を集めたのは御前崎—掛川間の水準測量の結果である。したがって、今回は話題性のある項目にしばり報告する。

## 東海地方の地震活動

沿岸地域の地震活動は、静岡付近でM3クラスが1992年11月1回、2月2回連発、3月1回発生した程度で特に大きな変動はない(第103、104回：名大、気象庁資料)。内陸では1月11日、愛知・岐阜・長野の県境直下40~50kmのプレート内部にM4.9の地震が発生した。地震メカニズムは、このあたりの特徴である東西引張型で、今回は横ずれ型である。2月になっても余震が発生していた(第103回：名大資料、第104回：気象庁資料)。この地域でのプレート内地震は、浜名湖から北西方向に伸び北緯35度付近で北上する帯状を呈し活発である(第103回：防災科研資料)。しかし、M5の発生は珍しい。海域においては、1993年2月から3月にかけて、M3.1を2個含む群発が紀伊半島南東沖南海トラフ近くに発生した。1944年東南海地震の余震域東端にあたる。1965年にも最大M5.9の地震が南北列状に発生したところである(第104回：気象庁資料)。伊勢湾から南に伸びる構造線であるかも知れない。

## 掛川—御前崎間水準測量

掛川—御前崎の水準測量の結果は東海地震に直結するかも知れない異常として大きな注目をあびた。精密水準測量は1970年以来、1981年からは年4回の頻度で実施されてきた。測量結果は、原因不明であるが明瞭な年周変動を示し、その補正を加えると、御前崎は掛川に対し

て滑らかに沈降し続けていることが知られている。このような状態が長く続き、沈降の様子が変われば何らかの注意信号として受け止めようという姿勢が、いつの間にか定着していた。第103回地理院の報告では、掛川からみて御前崎の水準点2595付近は2mm程度の下がりで、従来の年周変化が現れなかった。見方によっては御前崎の定常的沈降を否定する材料であった。年周変化を補正すれば逆に上昇となる。ここ5~6回ほどの傾向はやや上がり気味に見えるのも気になる要素である。内浦検潮所を基準にした水準路線の結果、あるいは駿河湾検潮所間の潮位差も同様の結果を示している。しかし、静岡県庁による菊川—小笠町の高頻度短水準の結果では、異常は認め難い。御前崎、浜岡の辺長測量では北西—南東方向の縮みが従来通り進行している(第103回：地理院資料)。御前崎の沈降停滞が本当の地殻変動か、あるいは降雨が少なかったためか判断できる段階ではなかった。

第104回の国土地理院の測量結果は、図1に示すように、御前崎の異常を印象づけるものであった。年周変化を補正した値は若干の沈降を示すが、1991年からのデータを見る限り、御前崎の沈降は止まったように見える。見方によっては小笠町の水準点2601の沈降も停止の傾向にあるとも読み取れる(第104回：地理院資料)。しかし、傾斜計や体積歪計による観測には異常は認められない。

これらについて種々意見が出された。1985~86年にも御前崎沈降停止の傾向があったが、それは1896年伊豆大島の火山活動に関係したものかも知れないとの説。一方では、異常を想定してその範囲を探る調査も必要、などとの議論があった。いずれにしても、今回の再測定の結果が待たれるところである。

## 伊豆半島周辺の地震・地殻活動

本年1月に入って川奈崎沖に群発地震が発生した。有感地震は35回、1989年の活動よりは規模が小さいが久しぶりの活動である。地震研は伊豆半島に高密度のテレメータ地震観測網を展開していたので詳しい観測ができた。

川奈崎沖で深さ10kmで群発地震活動が1月10日から始まり、震源は南東方向に移動、M4の地震発生後止まった。12日になると深さ3~4kmとごく浅いところにも発生した。今回の活動においても地下の溶融体を示唆

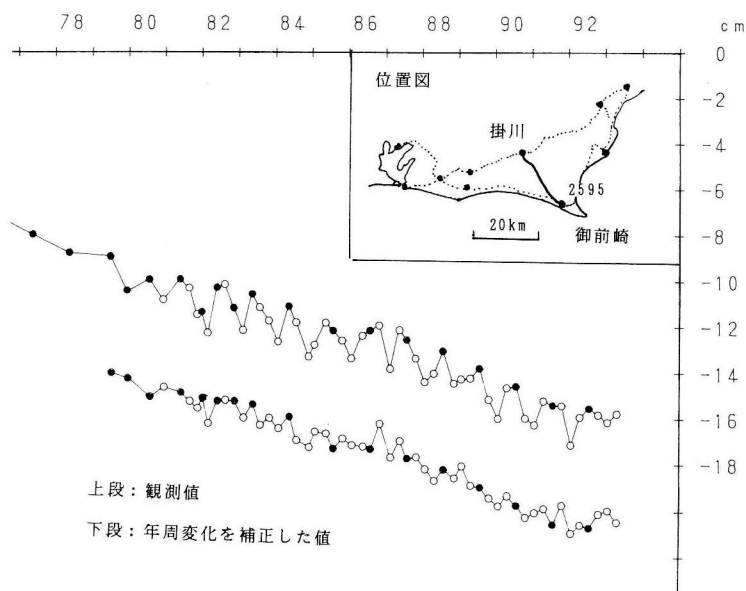


図1 掛川—御前崎間で毎年4回の水準測量が行なわれている。水準点2595(浜岡町)における1962年以後の沈降量を掛川の水準点140-1を不動として図示してある。黒丸は網平均計算値で信頼性が高い、下図は年周変化を補正した値である。1991年頃から水準点2595の沈降は止まったように見える(第104回:地理院資料)。

する反射波が観測されている(第103回:地震研資料)。

東伊豆の体積歪計は異常を示した(第104回:気象庁資料)。防災科研川奈ボアホール傾斜計は川奈崎沖の群発地震でいつも北東下がりの傾動を示すが、今回の変化量は予想より小さかった(第103回:防災科研資料)。火山活動が不発に終わったのかも知れない。その他、地磁気若干の異常(第103回:地震研資料)があったかも知れないが、地球化学、地殻変動観測等に明瞭な異常報告はなかった。

### 関東地方の地震・地殻活動

1992年11月は静かであったが12月は広域に活性化している。12月9日千葉県北部、深さ70~80 kmにM4.5の地震が発生した。前震は2個である(第103回:防災科研資料)。12月27日町田市周辺、11月19日川崎市周辺で、M4を超える地震が発生した。珍しいことである。東京湾北部に群発地震が発生すると50日以内、半径150 km以内に東京で震度Ⅲ以上になるような地震発生の可能性が高い。町田市付近の地震がこれにあたるようである(第103回:防災科研資料)。

長野県北部にも11月から群発が発生している。12月27日、新潟県津南町付近にM4.5が発生し南北2 kmのごく狭い範囲に被害が発生した。これには前震があった

(第103回:地震研資料, 第104回:気象庁資料)。これら一連の地震活動は広域地殻活動の現れかも知れない。また3月19日から茨城沖にM5クラスの地震が連発した。この辺りは地震空白域であった(第104回:気象庁資料)。

### 1993年釧路沖地震

気象庁によれば、本震は1993年1月15日20時06分、釧路市の直下、東経144度23分、北緯42度51分、深さ107 kmに発生した。マグニチュードは7.8、最大加速度は釧路で東西動900ガル、最大級の地震であった。東北から北海道に展開した87型電磁式強震計では質のよいデータが得られた(第103, 104回:気象庁資料)。

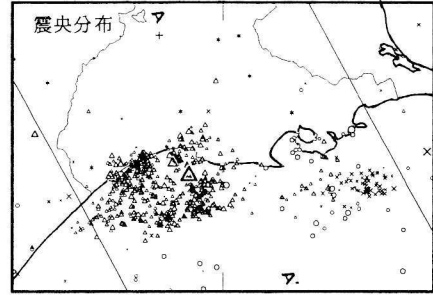
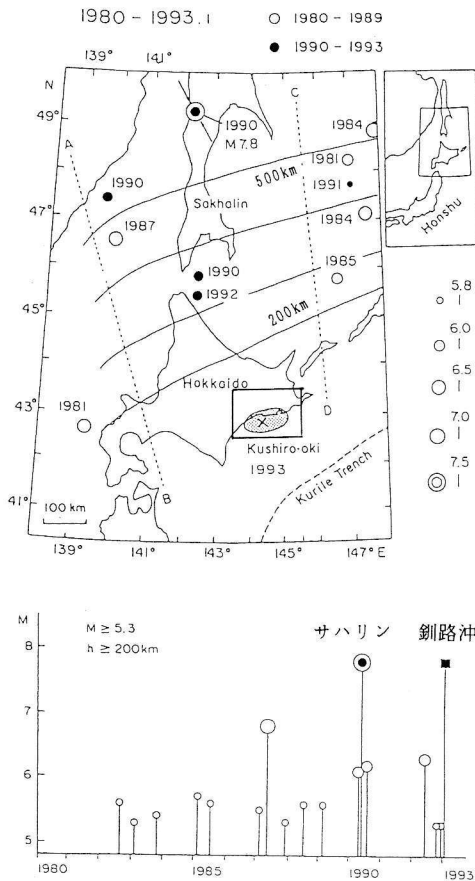
この地域では1973年根室沖地震(M7.4)以来の地震である。地質調査所によると、沖積地より台地で

の被害が大きかった。

この地震では、本震のほかに厚岸沖にも多数の小地震が同時発生したが、それはともかく、震源過程の特異性が注目された。釧路沖地震は北海道の深発二重地震面の下面に発し、断層は水平方向内陸側に走り、上面に到達する寸前に停止した。発震機構は、沈み込んだプレートを引きちぎる方向に働いていた(第103, 104回:北大、気象庁、京大資料)。

ここ1年、千島列島南部の深発地震は活発であった。北大の調査によると、1952年十勝沖地震と同様、1990年5月のサハリン南部深さ600 kmの巨大深発地震(M7.8)が釧路沖地震を誘発したととれる(図2)。この件につき茂木会長から、他地域の例も含めてまとめの資料が提出された(第104回:日大資料)。また、サハリンの深発地震の頃からエトロフから國後側にかけて地震活動が低下していたことが指摘された(第103回:北大資料)。

北大の調査によれば、北海道で全体として地震活動が低くなると、周辺を含めて北海道のどこかに大地震が発生しやすい。今回も1990年に入ってからたびたび危険レベルを超える地震活動の低下があり、その傾向は1992年の半ばまで継続した。この間、浦河沖にM6.4、エトロフ島沖にM6.4、ウルップ島沖に最大M6.7の群発地震活動があった。釧路沖の地震はその後であった(第103回:北大資料)。



93 11520 0 - 93 5 62359 N = 679

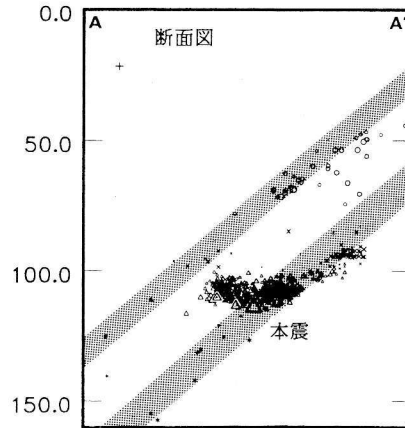


図2 1993年釧路沖地震の余震と本震以前の深発地震。右上図は、左図北海道東部の四角枠内に発生した5月6日までの余震分布である(第104回:北大資料)。三角印が本震、余震は釧路沖だけでなく厚岸沖にも発生した。それを南南東からみた断面図が右下である。2本の砂目帯は、北大、弘前大、東北大の4年間のデータで決めた深発二重地震面の位置を示す。左図は、深発地震の発生と釧路沖地震の関係を示す。上図が震央分布、下図は深発地震の発生時系列である(第104回:茂木資料)。

### 東北地方の地震・地殻活動

三陸沖で12月28日のM5.9をきっかけに、M5以上5~6個を含む活動があって、5月に入っても若干尾を引いている。場所は岩手県沖の大地震空白域と1978年宮城県沖地震の領域との境にあたる。1993年2月5日下北半島に浅い群発地震が発生、最大は2月11日のM3.7であった。山形県東部では3月13日のM4.1が活断層上に発生した(第103, 104回:東北大, 気象庁資料)。地殻変動連続観測では、1990年から宮古で東下りの傾斜がでているが伸縮計には異常はない(第104回:東北大資料)。

なお、5月6日岩手県沿岸の深発二重地震面の下面に発生した地震(M5.9)解析結果の速報が東北大から提出された。

### 能登半島、長野県西部の地震活動

1993年2月7日、能登半島先端約20 km沖にM6.6の地震が発生し、能登半島先端に若干の被害がでた。本震付近は、1992年12月10日から群発があったところである(第103回:京大資料)。地震メカニズムは、北西-南東圧縮であるが、微小地震観測では横ずれ、広帯域地震計では逆断層の解が得られた。珍しい食い違いである。先駆的な小地震と本震のメカニズムに差があり、前者を微小地震観測で、後者を広帯域の地震計で見ていたのであろう(第103回:地震研資料)。潮位記録をみると、この地震で弱いパルス状の津波(輪島で片振幅12~13 cm)が発生していた(第103回:地理院資料)。

長野県西部では、1992年頃から御岳南東の山麓に群発地震再発の兆しが見えていたが、1993年3月半ばよ

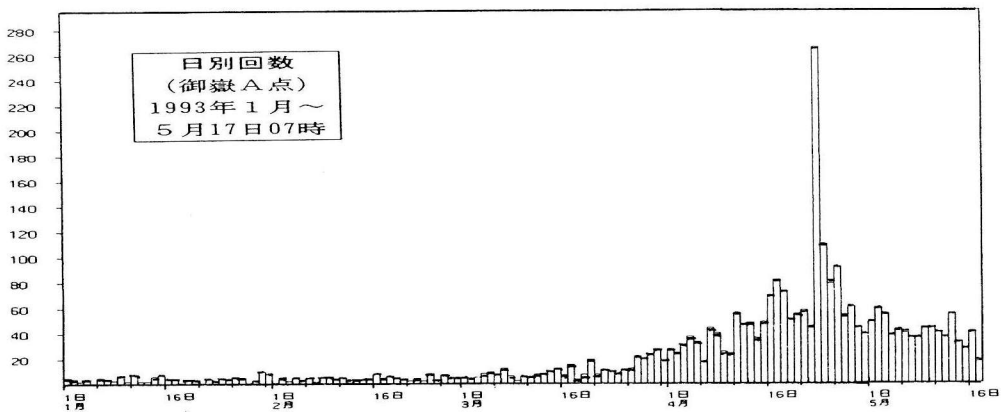
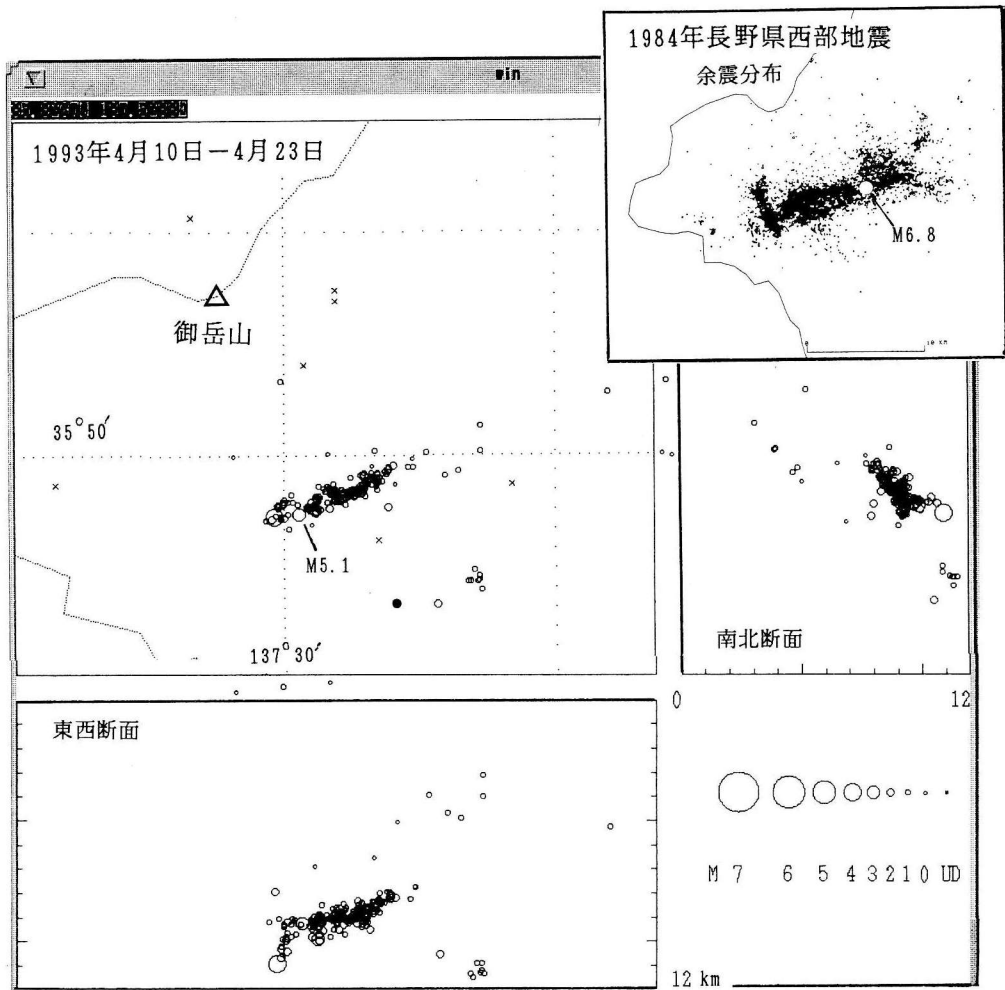
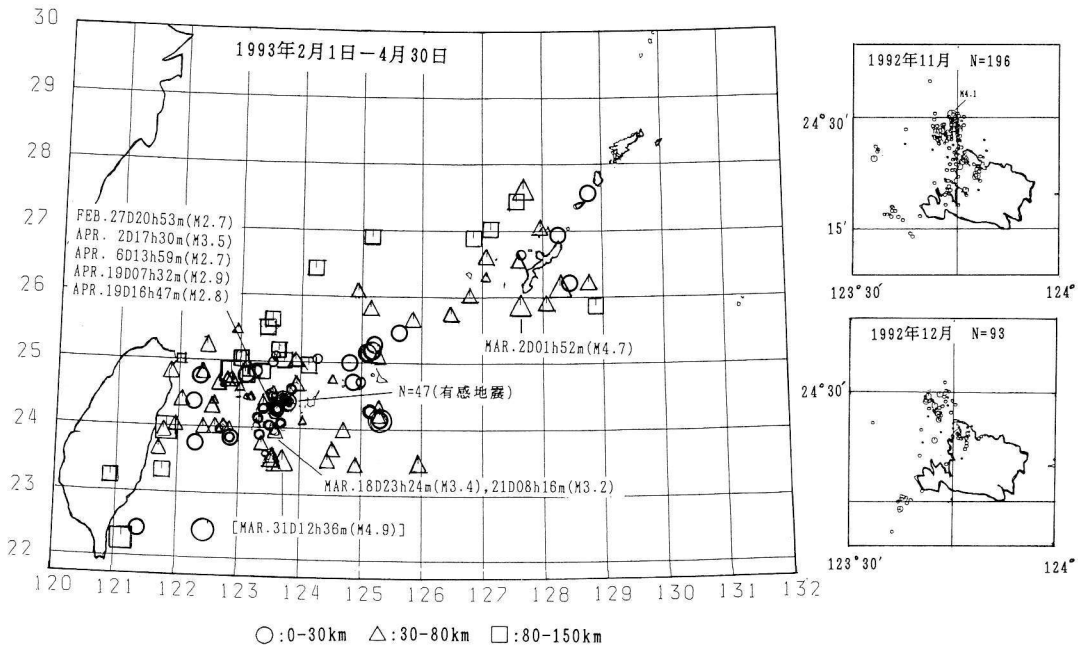


図3 1993年長野県西部の群発地震活動は3月末に始まり、4月23日M5.1の主震が発生、その後も活発な群発地震が続いた。上図は名大の臨時観測の結果で、主震M5.1以前の群発地震である。これらは、右上図1984年長野県西部地震(M6.8)の垂直断層面の底辺に集中したらしい。主震後も同じ分布である(第104回:名大資料)。下図は御岳山にある気象庁観測点での地震日別回数である(第104回:気象庁資料)。



○:0-30km △:30-80km □:80-150km  
 図4 石垣島周辺で小規模の地震が多発している。図の右側は西表の群発地震であるが、最近の活動は10月がピーク、11月には減少しだし、12月を過ぎると非常に少なくなった(第104回:気象庁資料)。

り地震数が増え、4月中旬に急増した(図3)。大部分は微小地震でM3を超える地震は少ないが現地では有感が多かった。この地域は、1976年、1978年の群発地震、1979年御岳山噴火、1984年長野県西部地震など、地殻活動のときに活発な地域である。その後も活動は続き、1988年に群発地震があり、1991年5月には極めて小規模の御岳噴火が観測されたため、気象庁や名大のテレメータ地震観測網が御岳山を中心に展開されていた。この観測網は群発地震観測にも有効であった。特に名大は、地震発生頻度急増を基に4月上旬にM5程度の地震発生の可能性大として観測を補強した。実際にM5.1が4月23日に発生した。1993年5月現在でも群発地震は活発であるが、M5.1の前駆的群発地震の分布は極めて特異であった(第104回:名大資料)。群発活動は御岳南東山麓だけでなく御岳を取り巻く広い範囲で発生したが、主たる活動は御岳南東山麓である。これまでの群発地震は塊状に発生し、線条配列や面状配列はなかったが、今回は1978年と同じ場所であるにもかかわらず、1984年長野県西部地震(M6.8)の垂直断面の底辺をマークする形で直線状に配列していた。主震M5.1の地震メカニズムは1984年のM6.8と同じである。これを説明するため、地下のマグマ活動などによる地殻上部の膨張により既存の断層面の摩擦が減少して滑りが発生する、というモデルが提案された(第104回:名大資料)。

なお、能登半島と長野県西部の間の地域でも今年なって全般的に地震活動が高まっているとの報告があった

(第104回:京大資料)。

#### 四国地方の地殻変動

京大防災研等は、1946年南海道地震の次のプレート境界地震を意識した観測の必要性を説いている。すでに室戸崎の急速な傾動運動が注目されているが、足摺岬でも水準測量を継続している。前回の測量1985年以降、土佐清水で年間5mmの沈降となった。四国の検潮結果でも土佐清水、室戸は沈降の傾向を示している(第103、104回:地理院資料)。

#### 西表および周辺の地震・地殻活動

西表の群発地震は沈静化しつつある。昨年、10月に活発であった群発地震は11月には低調になった。しかし、図4にあるように、広域を見ると南西諸島西部から台湾にかけて全般的に地震発生が多い(第103-104回:京大、気象庁資料)。

西表の基線長6~12km GPS観測では水平距離で±1cm、高さで±2cmの誤差という高精度が得られている(第103回:地理院資料)。西表で全磁力連続観測を2点で実施している。11月から1月の間に2nT程度の変化がでた。しかし2月以降は落ち着いている(第103、104回:京大資料)。

[あおき はるみ 名古屋大学理学部教授]



# ■ 書 評 ■

## ●平成東京大地震と世界経済

マイケル・ルイス 著 東江一紀 訳

### マネー・カルチャー

[原著: THE MONEY CULTURE, by Michael Lewis]

### 力武常次

著者マイケル・ルイスは新進気鋭の経済ジャーナリストである。本書の第一部と第二部は、それぞれアメリカおよびイギリスの最近の経済（証券・金融）界の動向を皮肉なタッチで論評したものであり、それはそれで面白いが、本ジャーナルの興味とは無関係である。

第三部は日本の経済を論じているが、特に「東京の地震、ウォール街を揺るがす」の項に注目したい。東京が地震で壊滅した場合に、その経済的影響は日本ばかりでなく、世界各国に深刻な打撃を与えるであろうことは、本ジャーナル 10 号に東海銀行の織田薫氏が述べているところであり、同じく 12 号の書評で取り上げられた P. ハドフィールド『世界を変える 60 秒』〈副題：来たるべき東京地震〉などでも強調されている。

本書の論点は、いわば上記の論説の亜流であるけれども、東京大地震をフィクション化して、その経済的影響をより生々しく描写している。かりに東京をひとつの国とみなすと、その GNP は 7300 億ドルに達しイギリスを上回る。大資本の企業の大部分、金融の中心、複雑な行政機構などがすべて東京に集中しているので、東京が壊滅すれば日本の経済は半身不随に陥ることは明らかである。

現実に地震が起こると、まず再保険を引き受けている各国の保険会社の株が暴落する。この影響は、当然他業種の株価の低落につながる。ついで震災復興のために必要な 1 兆 3000 億ドルを調達すべく、ニューヨークやロンドンでいわゆるジャパン・マネーの回収が始まる。いわば、かねてからの貸金の取り立てである。日本からの外国株式やアメリカ国債の売り出しに伴って世界金融市場はミニ崩壊ともいうべき状況となって、株式や債券市場の暴落、それに続く金利の暴騰など各国の著しい景気

後退を招く。このためにアメリカでは GNP が年平均 2.7% 下落、債務国である南米などでは 13% の下落をもたらすという。

このようにして、東京地震の影響は日本そのものはもちろんだが、世界各国を巻き込んでとんでもない恐慌を引き起こすことになるであろう。この本は、いわゆるバブル経済が盛んだった頃書かれたのだが、現在でもそれに近い状況が考えられると思われる。ところで本書の著者は、現在、アメリカの投資銀行の若手アナリストが東京支店に赴任し、大地震にあうというフィクションを書いているそうであるが、どんな話になるか大いに興味がある。  
〈角川書店、1992年、310ページ、1700円〉

## ●イタリアの地震予知

MICHELE DRAGONI AND ENZO BOSCHI 編

### EARTHQUAKE PREDICTION

Proceedings of the International School of Solid Earth Geophysics, 5th Course

### 力武常次

この本は、1989年7月16～23日、イタリア・シチリア島エリジェ（Erice）で行なわれた第5回固体地球に関する夏の学校の報告で、主題は地震予知である。全部で27の論文を含むが、その内訳は、日本：3、中国：4、旧ソ連：2、旧ソ連とイタリア共著：1、イタリア：17であり、もっぱらイタリアで地震予知について何が行なわれているかを知るのに役立つ。

日本からは茂木清夫の地震予知概論、浜田和郎の日本における地震予知システムの他、上田誠もおよびそのグループの地電流による地震予知観測の報告が記載されている。上田らの論文に問題があることは、本誌14号の小嶋の論説に述べられている通りである。

Y. T. Chen, Z. L. Chan and B. Q. Wang は、中国の地震予知研究について 39 ページにもなるレビューを述べているが、地震予知は極めて複雑な問題でなかなか困難であるとしている。G. D. Lin and Z. X. Lu は海城および唐山地震の震源付近の地殻・マントル構造を報告し、いずれもモホが隆起している部分の端に地震が

起こったとしている。地震波屈折・反射法、マグネトテリク法などによる探査のほか、98点の熱流量測定を用いたとしているが、そのような多数点の観測がどのようにして行なわれたかについての具体的記述はない。

G. Areshidze, F. Bella その他の旧ソ連とイタリアの研究者共著の論文によると、イタリア中部ではM=3~5級の地震の前兆が120 km離れた傾斜計によく出ること、および1988年12月7日のスピタク地震(M=6.9)に先行して、80 km離れたグルジアの観測点において地下水変化が顕著にあらわれたことが述べられている。旧ソ連からの報告として、地震動および長期的地殻ストレスによって地殻物性が変化することや地電流変化の原因として流動電位が有力であるなどがあるが、結論の導出方法が必ずしも明瞭でない。

B. De Simoni はイタリアの Rete Sismica Nazionale Centralizzata (National Centralized Seismographic Network) について述べている。約70点に達する同規格の地震計による観測によって全土がカバーされ、ローマの中央局にテレメータされている。

E. Mantovani らはイタリアのサイスモ・テクトニクスについて述べ、アフリカ・プレートの運動に起因するアドリア海プレートの振舞いが重要であるとし、バルカン半島などのアドリア海周辺の地震活動に続いてイタリア半島が活動的となり、活動は南部から北部に移行している。この傾向は中期の地震予知に役立つとされる。

A. Amato and M. Cocco は南部イタリア・アペニン山地の地震活動について述べ、1980年のイルピニア地震(M=6.9)は1694年の地震とほとんど全く同じ地域に発生したとし、かつて大森房吉が「地震は同じ場所に起こらない」と言ったのは嘘であることを強調している。アペニン山地では、北西-南東の線上に200 kmにわたって地震発生区があり、正断層型である。

イタリアでは傾斜変化観測が結構盛んであり、水平振子や気泡傾斜計による観測が報告され、1976年北イタリア・フリウリ地震(M=6.5)などに関連して前兆的变化があったとされているが、観測結果はもう一つはつきりしない。

I. Vinci らはイタリア全土の地震危険度を1542~1987年の地震カタログによって調べ、フリウリ、南部イタリアおよびシチリア東部で危険度が高いことを指摘している。南部イタリアについては、ワイブル分布解析によって震度IX (Mercalli-Cancani-Sieberg 震度階) を超える地震動を被る平均繰返し時間間隔は20±12年となる。

上記のほかにはストレス拡散、アスペリティ・モデル、地震活動クラスタリングなどに関する理論的研究論文もいくつかある。

また、地電流、地磁気、地球化学、地下水変化などに関する論文が数編あり、火山の多いイタリアの特徴として、火山ガス中のヘリウム、ラドンなどの含有量が火山・地震活動に関連して変化することを詳しく述べた報告は、この方面の専門家にとって重要であろう。

<ISTITUTO NAZIONALE GEOFISICA VIA DIVILLA RICOTTI, 42 00161 ROMA e IL CIGNO GALILEO GALILEI EDIZIONI DI ARTE ESCIENZA PALAZZO RICCI P. ZZADE'RICCI, 129 00186 ROMA, 1992, pp. 610>

[りきたけ つねじ 東京大学・東京工業大学名誉教授]

## ●貴重な“生きた”歴史を刻む

松沢武雄 著

### 横目でみた地震学 上・中・下巻

## 佐藤良輔

松澤先生が逝去されたのは1989年4月、私事で申し訳ないが、ちょうど私が東大を退官した年の春であったので忘れることができない。お生まれになったのは1899年5月で(先生はよく“皆さんは私を前世紀の生まれというが、生まれたのは今世紀のちょっと前で今世紀とあまり変わらないのですヨ”とっておられた)、満90歳を迎えられる直前に亡くなられたことになる。ご長命といってよいのであろうが、毎年のように「松研コンパ」でお元氣な先生のお顔を拝見していた私にとっては本当に突然のことであり、もう少しあの穏和な先生のお話を伺いたかったとつくづく思う。改めてご冥福を祈りたい。

大勢おいでの松澤先生の弟子のハシクレというせいもあって、今回、先生の『横目でみた地震学』の書評を書くよう仰せつかった。この題名を見て直ぐ思いだしたのは、先生の「坂井論文を懐手して読む人のために」(もしかすると題名は正確ではないかも知れない)という論文(?)である。先生は非常にウィットに富んだ方であった。“いろいろ奇態なことがある”プレート・テクトニクスのことを「板論」と呼ばれていたのも多少の皮肉を交えたウィットのあらわれであったらうと思う。

この書は、松澤先生が財団法人深田地質研究所に席をおかれていた頃、20年近くにわたって同研究所の所内報に載せられたものだそうである。弟子の一人として恥ずかしいことではあるが、実は私は先生がこのような後進への書を残されていたことを全く知らなかった。書は

文庫版上・中・下3冊で、発行所は上述の研究所であるが、値段はどこにも書いてない。この書は、同研究所の理事長をされている増田秀夫先輩が所内報をもとに「手造り」されたものと聞く。先生の弟子の一人として、また後輩として、この場をかりてお礼を申し上げたい。

「温故知新」という言葉がある。先輩達から、地球物理学の進展過程の話、過去の地震の話、我々が名前だけでしか存じあげない先達の話、などを伺うことは、それがたとえ逸話・挿話であっても、“生きた”歴史であり、非常に貴重なものである。この書には、過去の地震、地震予知、板論、地震研究所や地震学教室、地球物理学教室の設置、などを含め、到るところに、先生がじかに耳で聞き、体で感じられたことを、先生独特の軽妙なタッチで書かれてある。各所に見られる「閑話休題」として書かれてあるあたりが特にオモシロイ。先生の講義でもしばしば閑話があったことを思い出した。時に「老いの一徹」を感じられるような面もないではないが、それよりも先生のチャリチクリに我々若い者(!)の耳が痛くなるような所が多々ある。多額の予算ゆえの多忙、膨大な情報量に追われる短距離競争の研究、などで、とかく温故知新を忘れがちなのではあるまいかと反省した次第である。

私が教えを受けた諸先生で既に故人となられた方は数多い。亡くなられて暫くすると、その先生方の貴重なノート類や写真などが四散してしまうであろうことは、やむを得ないことではあるが、大変残念である。今、ご存命の先生方と雑談していても、録音にとっておきたいと思うことがしばしばある。誰方か、この種のものを集めるような努力をして下さる奇特な方はいないものであろうか。

最後に蛇足を一つ。先生が書かれている「松澤の法則」と編集の方がチュウされている「松澤過程」とは違うものと思います(「上」p.170)。

<(財)深田地質研究所, 1993年1月, 文庫判, 上:216頁, 中:206頁, 下:212頁, 非売品>

[さとう りょうすけ 東京大学名誉教授]

## ●多才な科学ジャーナリストによる新しい地球観

Walter Sullivan 著

### CONTINENTS IN MOTION:

The New Earth Debate

## 上田誠也

これはウェゲナーに始まった固体地球科学の革命史を非専門家を対象に描いた本だ。いまやその類の本は数多

あるし、かくいう評者もこの本のサブタイトルと語呂あわせをしたみたいなお本を2冊もだしている。しかし、この本には他書にない特徴がある。それは著者もまた非専門家だという点だ。非専門家が勉強してわかったことを語るのだから、わかりやすいことになるのだろうが、地球物理や地質学上のかかなり突っ込んだ議論を“それはこういうことなのだ”と素人にわかりよく説得する腕前は立派なものだ。

著者 W. サリヴァンは、20年以上もニューヨークタイムズ紙のサイエンス編集者を勤めた人で、科学の他の多くの分野でもこの本に匹敵する著作をものにし、全米科学アカデミーや全米科学財団などから出版賞を受けている。よほど、多才な人にちがいない。

ウェゲナー物語から、大陸移動にからめでの極移動、ヴェリコフスキーの“衝突世界説”などのカタストロフィー論、“地球膨脹説”などを語った上で、H. ヘス、R. ディーツの海底拡大説、古地磁気学、ヴァインーマシウス説、これらに対する反対論と言った具合に話は進むが、これではあまり本書の特徴を伝えることはできそうもない。これらの話の中に、“Mohole” or “Nohole”、南極の地学、古生物学、地震予知、地熱利用、などのトピックをかなり入念に織りこみ、その上、古くはギリシャ神話、旧約聖書からの引用、新しくは“地球観革命”にかかわった人々とのひろい交遊などからむ個人的なエピソードなどが百出して、読者を飽かせない。新しい事実や考えをエンジョイする積極派と、そんなことは不可能だと決めてかかるブレイク学者のやりとりは、いつの世にも事欠かないドラマのようだ。

実は評者は、初版(1974)を1980年頃に読んだ。今回、裏表紙に“Now thoroughly revised and up-dated”とあったのでまた読んだ。また面白かった。しかし、そのあとで初版と比べてみたら、これは誇大広告だと思った。up-date 部分は極くわずかであり、このため全体としては1970年代初頭のレベルにあり、したがって実はプレートテクトニクスはまるでまともには取り扱われていない。読者はすべて私のような健忘症ではあるまいに、もう一つ苦言。“革命”に大きな寄与をしたのがアングロサクソン学派だったことは隠れもない事実だが、日本人の貢献があまりにも無視されているのはどうだろうか。“革命”の基礎ともなった深発地震、岩石磁気、地震メカニズムを取り扱いながら、和達、永田、本多の名もでてこないのはどうしたことか? 第2次大戦中、駆逐艦の艦長として戦功をあげたという著者は日本人嫌いなのだろうか?

<American Institute of Physics, New York, 1991[1973], Second ed., A4判, 431頁, 6300円>

[うえだ せいや 東海大学教授: Texas A & M 大学教授]

## ●活断層研究の普及、啓蒙の書

松田時彦 著

### 動く大地を読む

#### 衣笠善博

本書は、我々が日頃何の気も留めずに接している自然の景観から、自然の壮大な営みを読み取る手助けとして企画された『自然景観の読み方』シリーズの一つである。そのなかで本書は“山や谷の風景から大地の動きを読む本”として、風景の中から地震に伴う諸現象を読み取った多くの事例を示しながら、地形・地質学が地震学や地震予知に果たす役割が平易に記述されている。

まず第1章で、本書の主題である地震とその発生源である断層についての概説が記されており、第2章以後を読むための基礎知識が与えられる。以後、第2章では“ゆれた大地の跡”として、斜面崩壊、せき止め湖、湖底の堆積物、さらには岩に付着した地衣類から地震の痕跡を読み取った例が示されている。第3章では主として崖の地形から過去に発生した地震を読み取る方法が、第4章では谷の地形から断層運動の歴史を読む方法が示されている。

第5章と第6章は、それぞれトレンチ調査と空中写真判読にあてられている。これらは“山や谷の風景”ではないが、活断層研究の重要な手段であり、第7章へ進むためには不可欠な章立てである。

最終の第7章は“傷だらけの日本列島”として、西南日本と東北日本の活断層の特徴の比較、第四紀あるいはその中ごろから繰り返し同じ方向のずれを繰り返してきた断層を活断層と呼んでいることが記されている。さらにまとめとして、活断層の分布から地震の発生場所が、その平均変位速度から地震の発生時期が、長さからは地震の規模が予想できることが述べられている。

記述は平易であり、活断層研究の普及書・啓蒙書として多くの人に読まれ、活断層研究に対する理解が深められることが期待される。

また、活断層研究が本書で述べられたような分布調査や、活断層が規則的に繰り返し活動するとするモデル、活動にあたってはその全長が一度に活動しエネルギーを一度に放出するとする一括放出モデルなどから次の段階に進もうとしている現在、本書は基本的な知見の整理には格好の入門書でもある。

本書の意図が“山や谷の風景から大地の動きを読む”ことにあるとしても、日本における活断層研究の先駆者であり、長く研究を指導してこられた著者に、活断層研究が直面しているこれらの課題を含めた体系的な専門書の執筆を望んでいるのは評者だけでは無いことも記しておきたい。〈岩波書店、1992年、B6版、158頁、1200円〉

## ●過去の地震の実証的な解明に資する

寒川 旭 著

### 地震考古学

#### 衣笠善博

地震予知の研究のため、日本全国のさまざまな場所で地震や地殻変動の観測が行なわれている。そして、わずかな変動が検出されるたびに、地震学会や地震予知連絡会の話題となる。しかし、それらの変動は何らかの意味のある異常を示すものか、定常的な地殻変動の一部にすぎないのかを知るすべはない。一方、地質学は何万年、何十万年の間に起きた現象の積分値は示せても、個々の現象を具体的に解明するには分解能が粗すぎる。

この間隙を見事に埋めたのが、古地震学の新しい分野である考古地震学である。本書はその産みの親自身による生い立ちの記である。もっとも、その産みの親は考古地震学とは呼ばずに、地震考古学と呼んでいる。著者によれば、その違いは“地震考古学は地震学の成果を考古学に生かし、考古地震学は考古学の成果を地震学に生かす”とされている。

地震考古学の内容として著者は“過去の地震を実証的に解明しながら、人々の歴史の中に位置づけ、将来の生活に役立てる”としていることから、両者に基本的な相違は無い。

この地震考古学の内容である“過去の地震の実証的な解明”については、著者がこのような研究を始めるきっかけとなった1510年の摂津河内の地震を始めとして、15世紀中頃の幻の明応南海地震、684年の白鳳南海地震と対をなす白鳳東海地震や、古文書に頼る従来の古地震学では手の及ばない有史以前の多くの地震が見事に実証的に記述されている。

“人々の歴史の中に位置づける”ことに関しては、多くの考古学者の協力を得て、一つ一つの地震があたかもそれを体験した当時の住民から聞き取り調査を行なったかのように、生き生きと記述されている。

“将来の生活に役立てる”に関しては、南海トラフ沿いの地震の発生を有史以前までさかのぼってその発生の周期性を具体的に明らかにしていることや、砂地盤のみならず、砂礫層の液状化を多くの事例で示しており、地震予知や地震工学の取り組むべき課題が示されている。

本書は新書版という体裁をとり、必ずしも専門家を対象としてはいないが、その記述には十分説得力がある。さらに、エピローグとして、地震考古学の展望と地震考古学入門という節が設けられており、地震考古学を理解する上で参考となる事項が手際良くまとめられている。

本書の刊行を機に、地震考古学が一層発展するとともに、微分的地震学と積分的地震学の間隙が埋められることが期待される。

〈中公新書、1992年、新書判、251頁、700円〉

[きぬがさ よしひろ 地質調査所地震地質課長]

### ●日米著名地震の液状化被害事例を收集整理

M.Hamada and T.D. O'Rourke 編

## CASE STUDIES OF LIQUEFACTION AND LIFELINE PERFORMANCE DURING PAST EARTHQUAKES

Vol.1 Japan Case Studies:Vol.2 United States Case Studies

### 根岸七洋

液状化に関する研究の進歩は、我々、地震防災対策に従事しているものにとって最大の関心事となっている。本書は、その液状化について、日米の有名地震の被害事例をかつて無いほどの正確さ、詳細さで收集整理したものであり、今後、この分野のすべての研究者や防災技術者のバイブルとも呼ぶべきものであると考えている。表に本書で取り上げられた地震と執筆された方々を示した。日本の執筆者編と米国の執筆者編の2巻からなっている。日本側では、関東地震からはじまって新潟地震から比較的近年の日本海中部地震、フィリピン地震に至るまで、米国側からは、アラスカ地震、ロマ・プリエタ地震などの液状化の被害で著名な地震が一件ごとにたいへんわかり易くまとめられている。担当された方々は、いずれもこの分野の第一線で活躍されている先生や研究者であり、たいへんお忙しい中、このような基礎的で地味な作業に貴重な時間を割かれたことに対して、改めて敬意を表したい。

きわめて個人的な見解であるが、ただひとつ難点を言わせて頂ければ、日本語版が無いことである。研究者にとっては英語の理解には何の難点も無いであろうが、本

書の性格上、できるだけ現場に近いところにいる技術者にも見てもらいたい。その場合、残念ながら十分な理解が得られるかについて少し疑問がある。

しかしながら、今回担当された先生方だけに、これ以上の個人的な負担をおかけすることはできない。関係者全体の間で課題となっている地震ごとの各種構造物の被害統計や被害に係った地盤条件や変位量の実測値などの詳細データベースの構築とも併せ、関係者の総力で組織的に取り組んでいく枠組みをつくるべきであろう。

我々、企業の防災担当も、本書を執筆された先生方の真摯な努力にお答えし、できる限りの努力をしたいと考えている。

#### ◇調査対象地震と執筆者◇

##### 日本側 (Volume 1)

- ① Liquefaction-Induced Ground Deformations During the 1923 Kanto Earthquake
  - M. Hamada, Professor, Tokai University
  - K. Wakamatsu, Research Associate, Waseda University
  - S. Yasuda, Associate Professor, Kyushu Institute of Technology
- ② Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines:1948 Fukui Earthquake
  - M. Hamada, Professor, Tokai University
  - S. Yasuda, Associate Professor, Kyushu Institute of Technology
  - K. Wakamatsu, Research Associate, Waseda University
- ③ Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines:1964 Niigata Earthquake
  - M. Hamada, Professor, Tokai University
- ④ Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines:1983 Nihonkai-Chubu Earthquake
  - M. Hamada, Professor, Tokai University
- ⑤ Liquefaction-Induced Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines During The 1990 Luzon, Philippines Earthquake
  - K. Wakamatsu, Research Associate, Waseda University
  - K. Yoshida, Head of Research, Sato Kogyo Co., Ltd.
  - N. Suzuki, Senior Research Center, NKK Corporation
  - T. Tazoh, Senior Research Engineer, Shimizu Corporation

##### 米 国 側 (Volume 2)

- ① Large Ground Deformations and Their Effects on Lifeline Facilities :1906 San Francisco Earthquake
  - T. D. O'Rourke, Professor, Cornell University
  - P. A. Beaujon, Engineer, GZA GeoEnvironmental, Inc.
  - C. R. Scawthorn, Vice President, TQE, Inc.
- ② Case Histories of Lateral Spreads Caused by the 1964 Alaska Earthquake
  - Steven F. Bartlett, Research Assistant, Brigham Young University
  - T. Leslie Youd, Professor, Brigham Young University
- ③ Large Ground Deformations and Their Effects on Lifeline Facilities :1971 San Fernando Earthquake
  - T. D. O'Rourke, Professor, Cornell University
  - B. L. Roth, Senior Engineer, GAI Consultants
  - M. Hamada, Professor, Tokai University
- ④ Liquefaction and Ground Failure in the Imperial Valley, Southern California During the 1979, 1981 and 1987 Earthquakes
  - R. Dobry, Professor, Rensselaer Polytechnic Institute
  - M. H. Baziar, Assistant Professor, University of Tehran
  - T. D. O'Rourke, Professor, Cornell University
  - B. L. Roth, Senior Engineer, GAI Consultants
  - T. Leslie Youd, Professor, Brigham Young University
- ⑤ Large Ground Deformation and Their Effects on Lifeline Facilities :1989 Loma Prieta Earthquake
  - T. D. O'Rourke, Professor, Cornell University
  - J. W. Pease, Graduate Research Assistant, Cornell University

〈The National Center for Earthquake Engineering Research/地震予知総合研究振興会, 1992, 21.5×27.8 cm, Vol. 1; 420 pp., Vol. 2; 580 pp., \$55.00〉

[ねぎし しちひろ 東京ガス(株)防災・供給センター副理事]



## ●世界に例を見ない中国3000年の地震データ

GU GONGXU 他 編

### CATALOGUE OF CHINESE EARTHQUAKES

(1831 B.C.-1969 A.D.)

## 尾池和夫

この本は、顧功徐主編『中国地震目録』(科学出版社, 1983)の英語版である。UNESCOの支援を得て、1989年に出版された。

中国は、地震学者にとって内陸地震の宝庫である。インドオーストラリアプレートの北上により、ヒマラヤから青海チベット高原にいたる高地が形成され、そこに逆断層や正断層の地震が起こる。また、東からは太平洋プレートやフィリピン海プレートの沈み込み運動による影響で中国東部に水平ずれの断層運動による地震が起こる。両者の間にある南北地震帯にも活発な地震活動がある。

中国の地震のカタログは、いくつかの種類のもので出版されている。この本のもとになった『中国地震目録』は、紀元前1831年から1969年までのものが地震出版社から、1970年から1979年のもので科学出版社から出ている。最近の地震計による観測データは、中国東部地震目録(1970~1979年, M1以上)、中国西部地震目録(1970~1975年)および(1976~1979年)にまとめられており、いずれも国家地震局分析予報センター編で地震出版社から出ている。また、20世紀最大の被害を出した唐山地震に関する地震観測結果のカタログ、唐山地震目録が河北省地震局編で、同じく地震出版社から出ている。

これらのカタログは、中国の地震を調べるために重要なデータとなっているが、いずれも中国語による出版であるために、漢字を理解する研究者に用いられるだけであった。今回、歴史資料から得られた地震カタログが英語に翻訳されて出版されたことの意義は大きく、世界の地震学者がそれを使うことができるようになった。

中国の歴史地震資料の整理は、中国科学院で1953年から系統的に始められ、8000余の文献が調査されて、地震に関する1万5000余の記載が収集された。それらから約9000の地震が判別されたが、その中に破壊的地震が6~7パーセント含まれていた。

中国では、殷時代(紀元前1400年)以来、中央政府

に史官が置かれた。甲骨文の中にも地震の記載が残された。漢以降、統治者は、地震は政治に対する天の戒めであると考え、王朝の盛衰に深く関係があると信じていた。そのため地震の記載は克明に残されることとなった。それらの中には、1556年の陝西省華県の、世界史上最大の震災の記録もある。

中国で出版された目録のほかに、慶松光雄による中国の地震の資料があり、その成果の一部は『理科年表』に載っている。今後とも、これらのデータの比較や新しい資料の発掘を続ける必要はあると思うが、ともあれ3000年にわたる長期間の地震のデータが、しかも広い地域で得られるのは、世界的にみても他にはない。地震活動の長期変動をはじめ、内陸地震のさまざまな面からの研究が、このカタログの出版によって一段と進むであろうと、わたしは期待している。

<SCIENCE PRESS, 1989, 7-1/2×10-1/2, 888 pp., \$234.00>

[おいけ かずお 京都大学理学部教授]

## ●地震と地震被害の真の姿が理解できる

伯野元彦 著

### 被害から学ぶ地震工学

## 浜田政則

きわめてユニークな著書である。今までの地震工学の分野で、このような本が出版されたことはなかった。実際の地震によって生じた地盤や構造物の被害状況を注意深く観察することが地震工学の出発点であることは言をまたない。本書は、改めてこの大原則を読者に問いかけている。

著者の伯野元彦先生は東京工業大学、東京大学地震研究所に勤務され、昨年退官されて現在は東洋大学において教鞭をとられているが、この間、日本はもとより世界に発生した多くの地震による被害を永年にわたってつぶさに調査されてきた。世界のどこかで地震があって、一日後か二日後にニュース番組を見ていると、被災地でインタビューに答えているのはきまって伯野先生である。時には報道陣より先に被災地へ行かれたこともあったと聞く。「一番乗りの伯野」と言われるゆえんであるが、先生の行動のすばやさや旺盛な研究心にはいつも感心させられてきた。

本書は、この被害調査の結果の集大成とも言うべきものである。単に各々の地震で生じた被害を羅列紹介する



のではなく、地震動、地盤被害、建物被害などといった横糸で整理し、地震とは何か、地震によってどのような被害が生ずるか、ということが極めてわかり易く端的にまとめられている。

伯野先生はわが国における地震工学研究のリーダー的存在であるが、天才的なひらめきを感じさせる論文を数多く執筆されている。特にランダム振動論や最近の固別要素法に関する研究などは地震工学の理論的分野において多大な貢献をなしてきたといえよう。このように、どちらかというと伯野先生は理論派とみられがちであるが、常に実際の地震による被害に立脚して研究を進めるといって、側面をもっておられるのである。

本書は、地震工学分野の研究者に研究の原点となる資料を提供する専門書というばかりでなく、一般の読者が地震と地震被害の真の姿を理解する上で恰好な啓蒙書でもある。豊富な写真、図表、平易な記述は一般の読者にも十分理解できる内容となっている。巨大化する大都市の地震防災対策の緊急性が指摘されているが、地震防災は専門の研究者のみで達成されるものでなく、多くの一般の人々の地震に対する意識を高めることが肝要である。この意味でも、本書の果たす役割は大きいと考えられる。専門分野以外の人々にも、ぜひ一読してもらいたい本である。

写真・図表のタイトルおよびすべての記述は和文・英文の併記になっており、わが国のみならず世界においても数多くの読者を得るものと考えられる。特に地盤、構造物などに関する豊富な被害写真は、世界の地震工学分野の研究者にとっても貴重な研究材料を提供することになる。

本書の要所々に収められている“Coffee Break”には地震被害の調査で得た経験談などが面白く紹介されており、本書を一段となじみ易く興味深いものとしている。被害地における人々との交流、珍しい現地の食事の話など、いずれも著者の旺盛な好奇心と暖かな人柄がしのばれて、地震被害の深刻さの中にも心がなごむ思いがする。

〈鹿島出版会、1992年、B5判、155頁、8240円〉

[はまだ まさのり 東海大学海洋学部教授]

## ●新刊紹介

萩原幸男 編

### 災害の事典

朝倉書店、1992年11月発行、A5判、400頁、12360円

防災科学技術研究所の専門研究者を中心に、各種の自然災害の実体を解説し、予知・防災についても記述している。1章—地震災害、2章—火山災害、3章—気象災害、4章—雪氷災害、5章—土砂災害、6章—リモートセンシングによる災害調査、7章—地球環境変化と災害、8章—地球災害・宇宙災害、とから成り、巻末に日本の主要災害年表および世界の主要災害年表が載せられている。

## ご 案 内

### 地殻変動観測施設要覧の完成

- 内 容 北海道大学・東北大学・東京大学・名古屋大学・京都大学など国立11大学と気象庁・防災科学技術研究所・国土地理院など7つの公的機関を合わせて18機関が現在設置している地殻変動観測施設（観測所、観測点観測線などを含む）は、全国で211個所に及んでいる。この要覧は、これら地殻変動観測施設について、第1部では各観測施設の位置を示す地理的情報、第2部では地殻の歪みの蓄積や、地盤の隆起・沈降・伸縮・傾斜変化などを測る計器に関する情報を中心に記述している。
- 体 裁 A4判 491頁 並製本
- 価 格 実費頒布 9000円（送料を含む）
- 申込先 ☎101 東京都千代田区神田美土代町3  
地財団法人 地震予知総合研究振興会  
『地殻変動観測施設要覧』担当  
問合せ先 ●電話：03-3295-1966  
FAX：03-3295-1996  
担当者：事務局松本または茅野

# ADEP情報

## 余震活動の特性と災害応急活動

大地震の後、かなり長期にわたって余震がつづき、被災者を恐怖におとし入れることはよく知られている。しかし本震で災害が発生した場合、この余震の恐怖にもかかわらず、応急災害対策は即時に開始される。このとき余震は応急活動をどのように妨げるのか、また二次災害は防止できるのだろうか。

東海地方は、“東海地震”発生の危険性が指摘され、その予知体制や防災対策が着々と整えられている。また地震発生後の地方自治体の対応計画も整備されているが、上述の懸念を解消する合理的な方法はないだろうか。

## 編集後記

地震予知連絡会  
情報は今回から

名大の青木先生にお願いすることになった。いつもながら、短時間に原稿を作成していただくご無理をお願いしている。

さてその情報のなかで、御前崎の水準測量データは、その沈降傾向がにぶったのではないかと、マスコミにも大きく取り上げられた。これが「東海地震」の前兆現象かもしれないというわけである。

アメリカでは、パークフィールドで警報レベル-Aが出され、空振りに終わった。この間の事情を、浜田

今回当振興会では、静岡県からの委託によって、「東海地震発生に伴う余震活動の特性とその対応に関する基礎調査」を行なった。

そこではまず、本震から最大余震までの時間、同じく距離、本震のマグニチュードと最大余震のマグニチュードとの関係など、余震活動の重要な性質を、1926～1992年の期間に発生した $M \geq 6.5$ の地震116個について新たに調べ直した。また本震とマグニチュードが同じような大地震の続発するケースについても調べた。

つぎに過去の地震の際の災害応急活動の実例について、現地でのヒアリングの結果を中心にとりまとめた。そこでは地震被害による混乱と、頻発する余震の恐怖が生々しく語られている。結果として余震が災害応急活動を遅らせることがあり得ることも含めて、余震対策を災害応急活動計画に取り入れる必要性が指摘された。

ついで“東海地震”の余震活動を予測する。方法は余震の減衰に関する改良大森公式と、地震の規模別頻度分布に関するグーテンベルグ・リヒターの式を組合せたものであるが、そのパラメーターの決定にあたっては、1969～1992年に発生した $M \geq 6$ の

先生が解説して下さった。警報が出された背景として、かなり異常現象があったことがわかる。浜田先生によれば、「もう、あとほんの少いでパークフィールド地震の発生に至ったのではないか」ということである。というのは、地殻の中で地震の準備がかなり進行しても、それが地震発生に至る場合と、そのまま終息してしまう場合があるというのであろうか。

今号は、そのほか地震予知や、将来の地震予測に関する論説を多く頂いた。異常現象の判断のむずかしさが、強く感じられる。 [A]

地震を用い、その全体、および発生場所別に分割して求められた。

これらのパラメーターを用いて、“東海地震”発生時、およびその後ある時間経過した各時点(12時点)から、24時間以内に $M \geq 7.5 \sim 5.5$ (0.5間隔)の余震が1個以上発生する確率および発生個数が計算された。また各時点間の発生確率も計算された。実際には、余震の起こる確率だけでなく、ある震度以上に達する確率が必要である。余震が本震震源断層上のどこで起こるかによって異なるので、断層の端や中央を選んで、簡単な予測を行なってある。また震源域の外周に生ずる誘発地震についてもコメントした。

最後に以上の知識を総合して災害応急活動を安全に実施するためにとるべき方策についてまとめる。まず“東海地震”に伴う余震発生確率の時間的変化を算定し、災害応急活動の緊急度クラス別に、行動基準に余震発生確率の限界値を設定することを提案した。またこれは震度に換算して適用することができる。このように余震についてある程度定量的な見積りが可能になったことにより、災害応急活動の安全性に合理的な指標が得られることになった。 [A]

## 地震ジャーナル 第15号

平成5年6月20日 発行

発行所 ㊟101 東京都千代田区神田美土代町3

☎ 03-3295-1966

財団法人

地震予知総合研究振興会

発行人 萩原尊禮

編集人 力武常次

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。

●印刷・製本/理想社 ●装丁/鈴木 堯