

# 地震 ジャーナル

30

2000年12月

- 萩原尊禮先生を偲ぶ ● 高木章雄 —— 1
- 地震予知研究こぼれ話—萩原尊禮先生の思い出—  
戦前・戦中の話 ● 力武常次 —— 4
- 桜島噴火と南海地震の頃の思い出 ● 村内必典 —— 8
- 挽詩 萩原尊禮先生 ● 村内必典 —— 11
- 地震予知計画のブループリント ● 力武常次 —— 12
- 日米地震予知セミナー ● 力武常次 —— 16
- コラム 地震予知はむずかしい ● 力武常次 —— 21
- 松代地震のインパクト ● 大竹政和 —— 22
- 地震予知連絡会の発足 ● 田島 稔 —— 25
- 萩原先生とともに—財団設立から訪中団まで— ● 萩原幸男 —— 28
- ブループリントから40年 ● 津村建四朗 —— 32
- 萩原尊禮先生と活断層・古地震 ● 松田時彦 —— 35
- 萩原尊禮先生との7年と3カ月 ● 石原理恵 —— 38
- 伊豆諸島の地震・火山活動（2000年） ● 岡田義光 —— 42
- 地震発生過程におけるAE応答 ● 長尾年恭ほか —— 56
- イスタンブールが強震に襲われる確率 ● 遠田晋次 —— 64
- 地震予知連絡会情報 ● 藤井直之 —— 73
- 書評 —— 94
- 執筆者紹介 —— 97
- 既刊総目録 [21号～30号] —— 100

## 地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION



故萩原尊禮先生揮毫の色紙

(国土地理院蔵)

# 萩原尊禮先生を偲ぶ

高木章雄

萩原尊禮先生がおなくなりになられましたから早一年の歳月がたちました。会長室に入りますと、いまでも、衝立の向こう側の机で論文や地震のマップをご覧になっておられるような気がして、お願いごとをしたり、お考えをお伺いしたことがきのうのこのように思われます。

先生が東京帝国大学理学部地震学科をご卒業(1932年)された1930年代から、教授にご昇任(1944年)されたころの1940年代は、内陸直下型の地震を含む地震災害の頻発した時代でした。

その間、先生は地震の観測や、地震計測技術および傾斜計、伸縮計の連続観測システム等の開発に力を尽くされました。1956年に完成した萩原式電磁地震計(HES)という名器はIGY(国際地球観測年1957年~1958年)から多くの研究機関で使われるようになりました。さらに地震動計測問題の集大成として「振動測定」を出版され、理工学を問わず地震学を学ぶものの必携の書として高い評価を受けられました。

一方、地下構造を屈折波によって調べるための、「萩原のはぎとりの方法」を考案されました。地下の複雑な構造の解析に用いられる手法で、我が国の土木分野における屈折波地震探査の解析は、「萩原の方法」およびその拡張法で、今も広く利用されていると聞いています。

1930年代から1950年代前半にかけて、伊東群発地震・北伊豆地震(1930)、西埼玉地震(1931)、三陸地震(1933)、台湾の地震(1935)、静岡地震(1935)、河内大和地震(1936)、男鹿地震(1939)、鳥取地震(1943)、東南海地震(1944)、三河地震(1945)、桜島噴火(1946)、南海地震(1946)、福井地震(1948)、今市地震(1949)等が続きつぎと起こりましたが、先生は北伊豆地震を除き、全国

にわたる被災地の現地調査に赴かれ、厳しい環境の下で余震観測をされました。生前、これらの地震の調査の苦労話をお聞きするたびに、先生の「地震への思い」に触れ深く感動したことを覚えています。これらのご経験と1960年代のプレートテクトニクス論の登場を背景に先生はご生涯の後半、地震災害軽減のための地震予知研究へと志向されたものと思われます。

1962年に、坪井忠二、和達清夫両先生と共に、地震予知ブループリント「地震予知—その現状と推進計画」をまとめ、その3年後1965年に地震予知研究計画が実施の運びとなり、1969年、地震予知連絡会、さらに1979年には地震防災対策強化地域判定会が発足しました。先生はそれぞれの初代会長を引き受けられ、文字通り地震予知研究の最高責任者としてその後半生を送られました。

この間、地震予知連絡会の会長として先生は極めて重要な役割を果たされました。ともすれば縦割り社会であった大学、国立研究所、そして行政機関を、またその枠を超えられない各学問専門分野を、官学一体、専門分野総合という名のテーブルにのせ、我が国の地震予知研究、ひいては地震学を今日の高いレベルに引き上げ、今世紀の日本地震学史に最も輝かしい一頁を残されました。これは先生の広い視野、専門外の分野にも深い洞察力とバランスを保ったスケールの大きさと、そして後輩を暖かい目でご指導、はげまされる包容力、その結果として、先生の下に多くの人材が集い、先生を先頭に地震予知研究を着実に推進された成果と考えられます。1981年、両会長を退かれました後、新たに、財団法人地震予知総合研究振興会を興され、会長として官・学・民の英知を結集し、地震災害軽減のための地震予知研究の推進、特に研究成果を社会に還元することに鋭意努

力されてきました。

1978年6月12日発生した、宮城県沖地震(M:7.4)は都市機能の地震災害として新たな教訓を残す一方、プレートテクトニクスの基本型である海と陸のプレート境界の地震としてその動態がはじめて明らかにされた地震でした。当時はテレメーターによる高精度観測システムの導入直後でしたので、観測陣は緊張して余震観測を続けていました。地震発生2日目の14日の夜、この地震の余震域(東西約80km、その西端は金華山直下)より遙か東方、日本海溝近くにM5前後の地震が続発しました。三陸海域では、大きな地震の発生後には、やや離れた海底下で、かなり大きな地震が続発するという報告がありましたから、観測陣はその活動に注目していました。夜半22時頃になっても活動が収まりませんでしたので、先生のお宅に電話連絡し、現在の地震の異常な活動をご説明し、今後についてご教示をお願いしました。

先生は即座に、まず明け方までその地震の監視観測を続けること、もし朝まで活動が続くならば、NHKに連絡し、6時の東北地方のニュースの中に現在の地震活動をテレメーター室から実況放送するように依頼すること等をご指示されました。テレメーター観測システムを導入して以来、NHKからテレメーター室をホットラインで結ぶような提案もありましたから、先生のご指示は充分実施可能であり安心しました。

ところが地震活動は夜半12時頃から全く静穏化しましたので、3時過ぎには、監視の要員を残し、しばし休むことにしました。連日連夜の観測で疲労困憊していましたので、私の目覚めたのは翌15日の正午前でした。あわてて先生にご連絡致しましたところ、朝に弱いはずの先生が普段と変わらないお声で、観測の苦労をねぎらわれた後、「私は朝まで休まずにいたよ」との一言で、身が縮む思いと共に、しばし言葉に詰まりました。この先生のお言葉に大学院生をはじめとする観測陣一同、ひとしく萩原先生が遠くに居られても、一緒に金華山沖の地震を見つめられておられたのだと、先生の「地震への思い」を肌で感じた心に残る1日でした。

1981年1月19日金華山遙か沖合、日本海溝近くに、1978年宮城県沖地震の2日後に予測された位置と大きさ(M7.0)の地震が発生しました。早速、先生に報告申し上げたところ、「やはり起こったか」とのお言葉でした。あれから2年半後の出来事でした。

それから10年余を経た1994年12月28日、陸中沿岸の遙か沖に三陸はるか沖地震(M7.5)が発生しました。観測網も一段と整備され、特にGPS観測が導入された後でしたので、この低角逆断層型のプレート境界地震による、陸域の歪の変化がGPSにより見事に観測されました。さらに地震後1年を経たGPSの観測結果によりますと、三陸はるか沖地震はプレート境界における短時間に発生したすべりと、その後に引き続いて起こった短周期地震波を出さずにゆっくりとしたすべりからなっていると結論されました。地震発生様式の多様性を示したもので、プレート境界面での固着の強度分布に関わる重要な知見が得られた地震でした。宮城県沖地震以来20年を経て、その間に発達した宇宙技術等の導入により、プレート境界地震の姿が明らかになりつつあることを実感しました。この観測結果を先生にご説明申し上げた時、先生は「なるほど、大分わかってきたな! やはり観測だな」とおっしゃられ、さらに一言「さあこれからだ」と話されました。先生の米寿のお祝いの後のお話です。

観測を大事にするという先生のお考えはもちろん観測だけで良いという意味では全くなく、第二回の地震予知シンポジウム(1976)で「地震予知への道は、観測(モニタリング)と理論的予測(モデリング)の両輪で歩むもので、モデリングの場合、入力データが良質でない限り信頼性のある答を得ることは難しい」とお述べになりましたが、モデリングのみに逸って腰くだけの地震予知研究にならないように心配されたものです。「あせらず、地道に」という先生のお言葉が思い出されます。

先生の最後の著書「地震予知と災害」(1977)にお述べになられた一節を掲げます。

【「インストルメントは自然の窓である」(レオナルド・ダビンチ)

コンピュータの時代、インプットするデータがきちんとしていなければ、新しい発見はできません。そのきちんとしたデータを得るのが観測であり、いろいろな窓からみた自然現象をインプットすることにより全体像が見えてきます。地震を予知するためには、その現象を十分に知らなければなりません。現象を知るためにはそれをのぞく窓が必要です。地震を起こすものをのぞく窓が地殻変動や地震の観測です。何十年もの観測の蓄積により、初めて「地震」という自然現象の姿が明らかになるのです。】

現在、政府の地震調査研究推進本部によりそれぞれ約 1,000 点におよぶ全国基盤的観測網—高感度地震観測 (Hi-net)、強震動観測 (K-net)、基盤強震観測 (KiK-net)、GEONET (GPS 観測)—が整備されつつあります。先に述べたブループリントの中で、観測が計画通り実行されれば、10 年後には、予知の可能性について言及出来ると言われていましたが、30 年余経た今日、全国規模で高密度観測網の実現を見ることになりました。先生が半生を傾けてこられた地震予知と地震防災への情熱は二十一世紀に向けて着実に引き継がれて行くに違いありません。

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 戦前・戦中の話

#### 力武常次

筆者（力武）が東大理学部地震学科に入学したのは、1940年（昭和15年）で、当時の地震学教室は本郷キャンパス弥生門わきにある古色蒼然とした建物であった。これは明治年間の外国人教師宿舎を改修した建物で、図1は1940年当時の玄関である。新しい学問を修めようと勇躍入学してきた私たち新入生は、この建物にはいささか失望させられた。教室には今村明恒先生（教授在職の年限の関係で名誉教授ではなかった）をはじめとして、立派な先生がたが居られたが、何となく明治・大正の地震学を引きずった感があり、私たちには物足りなかった。



図1 1940年当時の東大地震学教室玄関

これに反して、安田講堂裏の地震研究所は活気に溢れていたように思われる。当時総勢40人くらいの規模であったが、その研究成果は年間1,000ページにも達する地震研究所彙報に発表され、外国でも高く評価されていたようである。若手メンバーには、測地学の坪井忠二、火山物理学の水上武、地球電磁気学の永田武、地震学の萩原尊禮先生などが居られ、これら気鋭の諸先生の研究は学生たちの憧れのまтоであった。

当時の研究レベルでは、地震予知を公然と論じることがタブーであったように思われる。ほとんど不可能と思われる地震予知などはさておいて、もっとアクセス可能な事項を研究して論文を書けというのが学界の風潮であった。しかし、上記の諸先生を含めて、地震予知へのひそかな情熱を抱いている学者も多く、アルコールが入ると予知の可能性がしばしば論じられた。なかでも萩原先生は地震予知への関心が特に深かった。

その頃の萩原先生は、特に地震計測器の開発を得意とされていた。筆者のうかがったところでは、2代目の地震研究所長であった石本巳四雄先生（1893～1940）が制作された加速度地震計を野外観測用に小型化されたのは萩原先生である。改良のために、振子用重りを約半分の大きさにするために2つに切断されたが、石本先生に怒られたそうである。野外用といってもかなり重く、この器械を背負って山の上に運び上げるときなどはかなり参ったものである。

また、この器械のダンパー（減衰器）は調整がむずかしく、萩原先生ほど手先が器用でない筆者

などは大いに苦労したことを覚えている。後年、1965～67年の松代地震の折、この地震計は観測の主演となった。萩原先生はこのほか倍率4万倍の地震探査用光学式地震計（えらくデリケートな器械で、苦労して像が視野に入るよう調節しても、くしゃみをすると、像がとんでしまうといわれた）や徳利と称する倒立振子型変位計なども開発された。いずれも煤書きドラム記録か光学記録方式で、現在の高度に発達した地震計を扱っている人びとには想像もしかねる器械であろう。

地震計といえば、中国で東漢の張衡（Zhang Heng, 78～139）が作った地動儀が最古の器械と伝えられる。今村明恒著「鯨のざれごと」（1941）には、張衡地動儀について「後漢書張衡傳」よりの引用として、つぎの説明文が載っている。

「陽嘉元年、復た候風地動儀を造る。精銅を以て鑄成す。圓徑八尺、合蓋隆起し、形酒樽に似たり。飾るに篆文龜鳥獸の形を以てす。中に都柱あり、傍に八道を行らし、關を施し機を發せしむ。外に八龍あり、首に銅丸を銜め、下に蟾蜍あり。口を張りて之を承けしむ。其の牙機は巧みに制せられ、皆隠れて樽中にあり、覆蓋は周密にして際なし。如し地動あらば樽は則ち振ひ、龍の機發して丸を吐き、而して蟾蜍これを銜む。振聲激しく揚り、伺者これに因て覺知す。一龍機を發すと雖も而も七首は動かず。其の方面を尋ねて乃ち震のありし所を知る。之を驗するに事を以てするに、合契すること神の若し。書典に記する所より未だこれあらざるなり。嘗て一龍の機發して而も地は動くを覺えず。京師の學者は咸其の徴なきを怪しむ。後數日にして驛至る。果して地隴西に震ふ。是に於て皆其の妙に服す。これより以後、乃ち史官をして地動の方に従つて起りし所を記せしむ。」

この地動儀の構造は正確には分かっていないが、この説明文にあるように中に柱があって、地震動で柱が倒れるとレバーが押され、8方向を向いている龍の1つの口が開いて、龍がくわえていた玉が、下の蛙の口に落ちる仕掛けになっている

とされている。この原理が正しいとすれば、S波で柱が倒れたとすれば、中心と玉を受けた蛙を結ぶ線に直角の方向に震源があることになる。地震波には押しの場合と引きの場合があるので、震源方向は1つには定まらない。強い地震ではP波で倒れる場合もあると思われるが、この場合はS波と仮定した場合の方向とは直角の方向に震源が位置することになる。1950年代に王振鐸はこの地動儀を研究して、図2のような内部構造を示すとともにいくつかの模型を製作した。北京の歴史博物館にあるものは1959年につくられた模型である。図3は北京歴史博物館において筆者が1978年に撮影した写真である。

Tang Xiren（湯嘉仁）著「A General History of Earthquake Studies in China」（1988, Lin

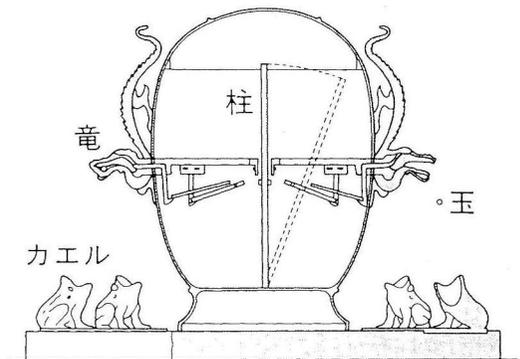


図2 張衡地動儀の内部構造

柱が地震動で倒れると、レバーによって8方位を向いている龍の口からくわえている玉が落ち、下のカエルの口に入るようになっている。



図3 北京歴史博物館の張衡地動儀モデル

Pengxin 訳)には、地動儀に関する日本の研究について、つぎのような記述がある。

「 The Japanese scientist Dr. Fukube Ichisabu (1851~1929 A.D.) is the first one to restore the Zhang Heng Seismoscope. In 1875, he restored the seismoscope in shape, such as the ratio between the height and diameter of the instrument, position of the top-lid, arrangement of the dragons and toads. They are basically consistent with the records in the historical literature. As for the figures and decorations around the seismoscope, it is a very important discovery to put the divinatory versions of the eight diagrams (eight combinations of three whole or broken lines formerly used in divination) on the surface of the instrument. All this shows that he had done a very intense and fine study on the records of the seismoscope. 」

この記述にある Fukube Ichisabu とは、日本地震学会初代会長であった「服部<sup>はっとり</sup>一三」を指すと思われる。外国人に「服部」を「はっとり」と読まざるはむずかしいのかもしれない。Tang Xiren には引き続いて

「 In 1937, a Japanese seismologist, Hagi-hara Takahiro made a further progress in restoring the seismoscope. In his restoration, he found an important structural principle—reversed pendulum inside the seismoscope. Therefore, the mechanism of the Houfeng Seismoscope can be properly interpreted. Two years later, another Japanese seismologist, Aketsune Imamura (1870-1947 A.D.) made some improvements on the restored model of Takahiro. 」

と述べてある。

この文でも萩原先生の「姓」と「名」が逆になっているが、先生が張衡地動儀のモデル実験を實行

されたことは、あまり知られていないが、まぎれもない事実である。前出、「鯨のざれごと」には、この点についてさらに詳しい話がつぎのように載っている。

「 萩原理學士は上記の條件に適する装置を試作して、之を東大地震研究所内に据え付けて実験してみたが、結果は極めて良好であった。但し、此の時、使用した倒立振子は脚端が直径三耗の圓であって、重心の高さが一七糎になつてゐたから、これが正しく据附けられた場合、それを倒し得べき加速度の最小限度は八・七ガルである。据附後間もなく、東京から南微東に當り、羽田邊を震央とした輕震があつたが、此の時、丸は西南のものが落ちたから、振子を倒した震動は主要部をなす横波であつたと見える。 」

以上述べてきたように、萩原先生は根っからの実験物理学者であつたというべきであろう。敗戦後も HES 型電磁式地震計や水管傾斜計などの器械を開発されたことはよく知られていることである。

筆者らの学部学生は、研究所の諸先生の直接の御指導を受けることはあまりなかった。しかし、時には対抗野球試合（萩原三壘手、坪井一壘手、金井 清投手…）などの交流もあつた。特に感心したのは萩原先生が自転車に乗りながら、地面に落ちている物を拾うという芸当を披露されたことである。

1941 年、日本は太平洋戦争に突入し、筆者も大学卒業と同時に、海軍技術士官として兵役に服することになり、1943 年頃横須賀海軍工廠航海実験部で、磁気コンパスなど磁気兵器の研究開発、特に磁気による敵潜水艦探知兵器の開発にたずさわっていた。地震研究所のスタッフも陸海軍の兵器研究に動員され、同所の一般職員の多くは戦地に動員された。前述の萩原・永田両先生は横須賀工廠機雷実験部に囑託として動員され、磁気機雷などの研究を担当された。両先生にはときどき水交社（海軍将校のクラブ）でお目にかかり、当時民間では不足していたお酒を飲んだこともある。

1945年になって、戦局が逼迫してきたので萩原研究室も長野県に疎開することになり、荷物を送り出して間もなく敗戦となったとうかがっている。同年9月海軍から復員した筆者は、焼け残っ

た東大に戻ったところ、地震研究所の助手の身分が休職者として残っていたので、そのまま復職し、以後萩原先生をはじめ諸先輩の御世話になって研究に従事することとなった。

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 櫻島噴火と南海地震の頃の思い出

#### 村内必典

地震研究所にご厄介になったのは、終戦直後の昭和20年10月から、同23年4月までの、2年半でした。地震研究所といっても、萩原尊礼先生の研究室に助手として務めたので、先生に直接ご指導を受けたわけです。震研を辞めた後も、震研の談話会での私の研究発表には、ご紹介をお願いしたり、南極観測事業における、震研の分担分野の地震観測に参加する機会を与えられたり、更に、私の南極観測後は、当時、北海道大学の助教授であった田望君等と、日本で初めて深海地震探査を実行しましたが、この研究でも、先生のご援助を随分得て参りました。大学の同窓の力武常次君（以後、同窓なので敬称は略しますが）は先生の助手、後に助教授であり、明石和彦も萩原研究室に頻繁に出入りしていましたので、私も先生の処へしばしば通ったものです。又何かという、先生と地球物理学教室の永田武先生、それに我々同窓三人、時には、もう一人の同窓の岩間和夫（ソニーの創業者の一人）も交えて、紅燈緑酒の夕を楽しむこともありました。

さて、私の震研に就職した当時の事は、何しろ55年も昔のことで、機械的地震計の制振のことを、研究したようにおぼろげに覚えています、論文になっていないので、よく思い出せません。その間に、櫻島噴火や南海大地震が起り、これについては、先生始め研究室の皆様との共著論文が印刷されてありましたので、それを読み返し、当時を思い出し筆をすすめることに致します。

#### 1. 櫻島噴火

この噴火の時も南海道大地震の時も、現地への観測機械の輸送、鉄道切符の入手等は、進駐軍の許可、手配によったように覚えています。しかし、東京駅までの荷物の運搬は、荷車を皆で引っ張って行きました。今と違って道路上は閑散としていましたから、別に交通の邪魔になるようなことはありませんでした。然し列車に乗車となると、混雑はひどく、二等車（いまで言うグリーン車）の座席でも坐れず、座席の間の床の上に、新聞紙などを敷いて一晩過ごしたものです。櫻島の時か、南海道の時か忘れましたが、先生と隣合わせで、座席の間に坐っていると、座席の人が網走刑務所に18年いた話を大声でするのを、頭の上に聞き、すごい強盗かとビックリしました。この人の話は一晩中止みませんでした。朝になり、大阪で下車して行きました。共産党の志賀義雄氏でした。総選挙の時でしたので、これから街頭演説をブツのしょう。極寒の網走刑務所を生き延びて来ただけはあるなど、感心した次第です。

櫻島火山は大正3年（1914年）に大爆発を行なって以来静かでしたが、昭和21年3月から噴火活動を始め、熔岩流が観測されるようになりました。地震研究所からも、各大学からも大勢観測に馳参じたわけです。萩原研究室では先生はじめ明石和彦、山田重平君、私が出張し、それに、地球物理学教室から、学生の田治米鏡二、杉浦正久の両君の応援があり、更に震研の表俊一郎助教授

も我々のグループに加わりました。私の同窓4人は全部出張しましたが、力武は地球物理学教室の永田 武助教授のグループに参加し、地磁気観測を行い、岩間は震研の水上 武教授の助手でしたので、水上先生と火山地震の観測を、主としてやっていたようです。岩間は許婚(盛田昭夫の妹)との結婚をすることになると、義兄の事業に参加せざるを得なくなるので、結婚か火山学研究かと、櫻島出張中、悩んでいました。結局、帰京後間もなく震研を辞め結婚しました。

さて、萩原研究室の櫻島での調査はどうだったかという、震研彙報 24 巻の我々の研究報告「昭和 21 年 3 月の櫻島噴火」に依ることになるが、我々は携帯用加速度地震計による地震観測を、3 月 26 日から 4 月中旬まで行なっているの、桜島には 25 日到着し、観測基地を熔岩流に近い民家のある、有村とし、地震計を火山を取り巻いて、有村、赤水、武、白浜に設置し、武、白浜の地震計のお守りに、その方面に学生を駐在させた筈です。しかし、加速度地震計でキャッチできるような大きさの地震はありませんでした。数年前の有珠火山噴火の際、頻繁に発生した火山地震を、加速度地震計で観測された萩原先生には、この噴火の火山地震は期待はずれのようなものでした。

一方、火山熔岩の噴出や熔岩流流下の機巧については、非常によく観測できました。特に熔岩は赤く輝くので、日が沈んでから動きが観測しやすく、先生は夜中まで観測に熱中し、我々は腹をすかせて、お付き合いをしたものでした。従って翌日の起床は昼ごろで、これは火山観測がなくとも、先生の習性に合っていたのかも知れません。

尚、先生が我々の為に、食料(主としてサツマイモ)を買い出しされた事等は、先生の著書「地震予知と災害」丸善(平成 9 年)に書かれてありますので、ここでは省きます。

勿論、熔岩流の動きを測量機械で観測するのは、日中の仕事です。更に火山噴火には大きな地形変化が伴うことが一般ですから、海水面を使って地形変化を、連続観測する方法が、先生から指示されました。小池海岸にある海中の杭を利用する方法です。海岸には舟を繋ぐとか、漁の為とか

で、杭がしっかりと海底に、固定されているものです。杭に基準マークをつけ、適当な間隔をもつ 2 本の杭について、基準マークから海水面までの距離を、1 分時間隔で同時に 10 分間位読み取るという方法です。適当な 3 本の杭を使用すれば、二方向の傾斜観測ができます。しかし、この観測には少なくとも二人が必要です。同方面に駐在の田治米、杉浦の両君にやってもらいました。結果は研究報告にあります。南国とはいえ晩春の海は冷たかったろうと、同情し、感謝に堪えません。後に聞いた事ですが、両君の内一人は観測中、腕時計を塩漬けにしてしまったそうですが、時計が今と違って高価な時代のことなので、気の毒なことでした。しかし、あんな幼稚な観測法でも、一応の結果が得られるものだなあと、感心したと言っていたそうです。両君とも、今や地震学や高層物理学の分野で、それぞれ大家になられたことは、皆様ご承知の如くです。

現在の櫻島は立派な県道が島を巡り、バスが走っていますが、当時はテクテク歩くより外に方法はありませんでした。又、今でもそうでしょうが、固結した熔岩流の上を歩くには、岩塊の上を飛んで渡らなければなりません。浅間山の鬼押し出しと同じです。こんなことを一カ月もして、飛びまわっていましたが、火山観測のノウハウをいろいろと勉強出来ました。後に、昭和 25、6 年の大島三原山噴火の際は、私は国立科学博物館に務めていて、頻繁に大島に通って観測しましたが、この時の経験が随分役立ったと思います。

## 2. 南海地震

昭和 21 年 12 月 21 日の午前 4 時 19 分頃おきた南海道大地震は、東京でも多くの人に感ぜられましたが、私は恥ずかしながら睡眠中で気がつきませんでした。起床して知らされて、急いで震研へ出勤すると、研究室に泊まっておられた先生から、出張観測の準備を命ぜられました。余震観測の為、変位地震計(通称、トックリ型)、大小各 1 台、携帯用加速度地震計 5 台、それに地殻変動観測用の水管傾斜計等を準備し荷造りをはじめまし

た。

12月29日に東京駅を出発し、30日に我々の担当地域、四国東部の徳島に到着、翌31日、観測基地と選定した、富岡町（現在の阿南市の一部）に行き、県庁で準備した町一番立派な料亭兼旅館に陣取りました。力武は当時、萩原研究室に移っていたので、一緒でした。1月1日から富岡中学校で地震観測を開始、力武は地電流変化観測を始めました。先生は筑波支所の渡辺政雄君と観測機械を持って室戸町へ行かれ、変位地震計による地震観測を1月5日より開始、翌日から水管傾斜計も設置され、渡辺君はその後半室戸に駐在して、機械のお守りをしました。

我々の富岡の宿舎は、正月ですので、大地震の後ではあるが、町の人によって毎晩宴会が行なわれ、しばらくすると、富岡町で唯一人の万龍という芸者が、昼の調査から帰った我々の部屋に、お銚子を持って遊びにくるようになり、お座敷へ持って行く三味線を、我々の部屋の床の間に一時預けて置くようになりました。其処へ、先生が終戦直後の、しかも大地震直後の混乱した鉄道で、室戸までの往復の旅で疲労されて、ご帰還遊ばれたからたまりません。翌日、早速我々は商人宿へ移され、先生は東京へ帰られました。

一方、地震観測は山田重平君と次第に充実させ、1月中旬までに、富岡町付近で、津峯（つのみね）神社、和食（わじき）、小松島、牟岐と観測点を増やしてゆきました。1月16日11時51分に、富岡で震度4の地震が、和食付近を震源として発生しました。この付近の余震としては最大のものでした。この時、力武は道後温泉の大地震後の湧出量変化の調査に行き、留守でしたので、地電流変化観測は私に任せてありました。力武がこの地震で地電流変化如何と期待して帰り、一週間巻きの記録印画紙を現像してみると、記録像が出てこない。頼まれた私が印画紙の表裏を間違えてセットした事が判明し、とんでもない迷惑をかけたしまったことがありました。話はそれですが、五十年以上たった今ですから、あの時地電流変化があったかどうか、その後の研究で推定出来るのではないかと、門外漢はおもいますが、力武に尋

ねれば昔の失策をひやかされそうなので、きかないままになっています。

調査には自転車を使った記憶がありません。力武と椿泊湾の津波の痕を調べたのも、勿論、テクテクと徒歩でした。論文は震研彙報25巻に力武常次、村内必典の共著で載っています。

四国東部の地震観測、地殻変動観測については震研彙報、研究速報No.5に萩原先生、村内必典、山田重平の共著で報告してあります。

さて、南海道大地震の地震計測学的震源から、遠く離れた四国の西南端に位置する中村町（現在の中村市）が、ひどい震災を蒙ったことを1月に入ってから、我々も知りました。萩原先生は、大地震とは別に中村町付近に、随伴して大地震が発生したのかも知れないと考えられ、もしそうならばこの方面に、余震活動が有るだろうと推察されました。そこで、研究費も充分でないので、私独りで、富岡町方面の地震計を全部中村町方面へ移すことになりました。10個以上の荷物を如何にして運送するかを考え、赤い郵便物車に頼むことにしました。幸い大地震の直後なので協力して頂けましたが、然し、私が助手席に居てはまずいということで、荷物と一緒に荷物室に閉じこめられ、運ばれました。何回か車を替え、幾夜か宿に泊まって、中村町に無事到着しました。

3月下旬より、地震観測をはじめ、観測基地は花屋旅館、地震計設置場所は中村小学校、裁判所、花屋旅館、福永氏宅の裏の横穴で、四万十川の沖積層は小学校で最も厚く、上記の順で薄くなり、横穴は固い白亜紀層中に掘られてありました。

ここでの観測結果は高知県庁発行（1949年）の「南海大震災誌」に萩原先生、村内必典、山田重平、渡辺政雄の共著論文の中に載っています。

中村町ではP-S継続時間よりみて近くに起こる地震は皆無で、観測されたものは、殆ど四国東部に起こったものと考えられました。つまり、この付近では大地震は起こっていなかったようでした。それではどうして、地震災害が四国においてズバ抜けて大きかったかということが、問題になりますが、その原因は町が四万十川の厚い沖積層の上にあるからだろうと思われました。この事は

1カ月中村町に駐在し、地震記録を調べて、私なりに確信するようになりました。

丁度、中村町の町長が、全壊した小学校の再建の件で、高知県庁に交渉に行くとのことなので、町に対して、この町は何処か遠い所で大地震が起きても、大きく振動し、或いはこの度のように大被害をうけるでしょうから、木造の再建でなく、鉄筋コンクリート建築にすべきでしょうと話しま

したら、町長から、それでは、文書にそのことを書いてくれと頼まれ、東大地震研究所助手という肩書きで一文を草して町長に渡しました。数日後県庁との交渉が成功したという事を聞きました。そして、図らずも、一席を設けて頂き、高知の海の幸を十二分に賞味させて頂いたことを、今も懐かしく覚えています。

在家安枕了長生	家 <small>あ</small> に在 <small>やす</small> り安 <small>やす</small> らかに枕 <small>まくら</small> して 長生 <small>ちやうせい</small> を了 <small>おわ</small> （おわ）る
學界方喪當世英	學界 <small>まき</small> 方に喪 <small>うし</small> なう、當世 <small>ちやうせい</small> の英 <small>えい</small>
地震豫知函丈志	地震の予知は、函丈 <small>かんじやう</small> の志 <small>し</small>
推前國策自高名	國策 <small>すいぜん</small> を推前 <small>おのずか</small> して、自 <small>おのずか</small> ら高名

萩原尊禮先生挽詩 己卯孟冬

村内必典

〔学士会会報 2000-II No. 827, 147 頁より転載、一部変更〕

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 地震予知計画のブループリント

#### 力武常次

#### 1. GHQと地震研究

敗戦前後の日本列島はしばしば大地震に襲われて、鳥取 (M=7.2, 1943), 東南海 (M=7.9, 1944), 三河 (M=6.8, 1945), 南海 (M=8.0, 1946), 福井 (M=7.1, 1948) などの各地震では甚大な人的・物的被害が出た。地震学者はもちろんのこと、一般国民も地震発生を予知して災害を軽減することを願っていたが、戦争の打撃によって疲弊した日本社会では、その日暮らしに追われて地震予知研究どころではなかった。

当時占領下の日本は連合軍総司令部 (GHQ) の統治下にあり、地震問題担当の中央气象台 (現: 気象庁) は連合軍第 43 気象隊 (The 43rd Weather Wing) の管理下にあった。1946 年末、地電流観測を主体とする地震予知の名目で当時としては大きな予算を要求しようとしていた中央气象台に対し、GHQ の天然資源局 (Natural Resources Section, 略称 NRS) は、アメリカから高名な地震学者 B. グーテンベルグ (Gutenberg) を呼んで視察して貰った。その報告に基づいて第 43 気象隊より、中央气象台は地震研究所などの協力を強化して地震予知問題に対処するようきびしい指令が発せられた。

このへんのいきさつについては、萩原尊禮著「地震学百年」(東京大学出版会, 1982) や「地震予知と災害」(丸善, 1997) に詳しく述べられている。この GHQ 指令に端を発して中央气象台、地震研究所、東大地球物理学教室、東京天文台、京

大地球物理学教室、…などの代表からなる「地震予知研究連絡委員会」が 1947 年 8 月学術研究会議 (日本学術会議の前身) に設けられることになった。この委員会がまとめた地震予知研究予算は 2,000 万円くらいとなり、当時の日本の科学研究費が年間 15,000 万円程度であったので、あまりに龐大に過ぎて結局のところ何も実現しなかった。この委員会は学術研究会議が日本学術会議に改組されるときには自然消滅することとなった。

#### 2. 未熟な地震説と社会不安

1940 年代後半の頃、地震に先行する地球物理学的異常の出現が比較的容易に捕捉される場合があると考えられていた節があり、下記のような人びと (敬称略) によって、いわゆる地震説がマスメディアに流れた。

- 関東地震説—山口生知 (元海軍技師, 当時地理調査所 [国土地理院の前身] 嘱託) は三浦半島油壺の検潮儀観測によって、三浦半島先端部が急激に隆起しているとし、大地震発生に結びつく可能性を述べた。
- 関西地震説—佐々憲三 (京大教授) は、1947 年末逢坂山地殻変動観測所の傾斜計や歪計が著しい変動を示しているとして、大地震発生の可能性を京都府警に進言した。これがマスメディアに洩れて関西地震説として騒ぎとなった。
- 福井・秩父地震説—1948 年 6 月、地震予知研究連絡委員会の会合で、井上宇胤 (気象研究

所)は1つの大地震が起こった後、つぎの顕著地震が起こる場所は時間-距離グラフによって求められるという学説を述べた。この説が肯定されたわけではないが、萩原尊禮先生がからかい半分に「それではつぎに大地震が起きるのはどこか」と聞いたところ、福井と秩父であるという返事であった。ところが、なんとその2週間後にほんとうに福井に大地震が発生し、3,769人の死者が出た。このことがマスコミに報道されると、秩父方面では大騒ぎとなって、疎開する人もあったという。しかし、過去の大地震について井上手法を適用してみると、必ずしも井上説は成り立たないことが明らかとなり、委員会によってこの説には十分な根拠がないと結論された。

- 新潟地震説—1948~49年、中村左衛門太郎(東北大教授)は地磁気伏角計(dip circle)による測定により、新潟市方面に地球磁場の異常があるので、同方面で近々大地震が起こる可能性を指摘した。今から考えると、この器械の測定精度は地震前兆として期待される地磁気変化を検出するには低いので、地震発生を論じるのは無理であることが明らかである。中村先生は「名前を聞いて驚き、顔を見るとさらに驚き、声を聞くとまた驚く」と言われた一風変わった学者であったが、地磁気と地震の問題についてはきわめて熱心であった。中村説は1949年頃新聞に報道されて、ちょっとした騒ぎとなったが、多くの地震学者の支持を受けることなく、また地震の発生もなかった。

現在では、1~2種類の観測器械が1~2か所で異常を捉えても、直ちに地震発生を想定する学者はいないが、当時のレベルでは未熟な地震説が横行することがあったのである。しかし、秩父地震説などは別として、1964年には新潟地震、1995年には兵庫県南部地震が起こり、時期はずれているかもしれないがかつての新潟地震説や関西地震説は当たったということになるのかもしれない。福井地震では井上説発表後わずか2週間後に実際に地震が発生した。日本のような地震多発国では、

予告しておけばいつかは実際に地震が起こることになるのかもしれない。

それはともかくとして、地震説によって社会不安が起きるたびに、前述の委員会は騒ぎを否定することが役目となり、「地震予知打消し委員会」となってしまった。

### 3. 地震予知計画研究グループの発足と いわゆるブループリント

1960年頃になると、日本の経済状態もだんだんと回復してきたし、地震学者の間で地震予知を真面目に検討してはどうかという気運が盛上ってきた。1960年5月の地震学会総会での和達清夫先生(気象庁長官)の提案をきっかけとして、1961年には「地震予知計画研究グループ」が発足した。グループの世話人は、坪井忠二(東大教授)、和達清夫・萩原尊禮の3先生ということであったが、実際の推進役はもっぱら萩原先生であった。以後、いろいろな困難を切開いて萩原先生は地震予知計画の実現に奮闘されることになった。

筆者は坪井・和達両先生が日本学会会議の地球物理学研究連絡委員会委員長であったとき、幹事として働いた。萩原先生が国内および国際の地震予知関係諸委員会の長であったとき、筆者はたびたび幹事役を仰せ付かった。3先生はそれぞれタイプは違いがいづれもユニークな方がたで、大いに啓発されたし、またしばしば怒られたものである。なかでも萩原先生の地震予知への熱意はたいへんなものであり、私たちは先生のことをひそかに「地震予知の鬼」と呼んだ。先生の熱意と努力がなければ、地震予知の現在の姿はなかったであろう。

地震予知研究計画はいくつかの主要な観測項目ごとに責任者を定めて計画案をつくり、討論の結果を取りまとめて起案された。項目としては、測地、地殻変動連続観測、地震活動、地震波速度、活断層、地磁気・知電流などがあげられた。計画作製の根本的精神としては、地震予知の実現をあせるより、地震予知研究に必要なデータを蓄積しようという考えが強調された。

このようにして、1962年『地震予知—現状とその推進計画』と題するパンフレットが刊行された。これは僅か30ページあまりの小冊子に過ぎないが、その後の地震予知研究に重大な影響を与えた。関係者はこれを地震予知研究計画の「ブループリント」と呼んだ。ブループリントは上田誠也君（現：東大名誉教授）によって英訳され、アメリカをはじめ諸外国にも大きな反響をまき起こした。国内では、ブループリントは地震学関係者ばかりでなく、国会や関係諸機関に配布され、従来星占いと同等のレベルとされていた地震予知が、十分な研究を実施すれば、国民生活に役立つ技術となり得ることをあらためて認識して貰うのに役立つことになった。

ブループリントの最終章には、当面目標とすべき観測として、つぎのような諸点があげられている。

- ◇日本全土をカバーする水準測量を5年、三角測量を10年間隔で反復する。
- ◇検潮所を2年間で整備する。しかし、数年経ないと、データ集積が充分であるとはいえない。
- ◇地殻変動連続観測のために、3年間で6カ所の基本観測所を設立し、観測員の訓練を行う。これらの観測員は、8年間に建設される100カ所の観測所に配置される。
- ◇10年計画で、20カ所の微小地震観測所およびその附属観測点を建設する。
- ◇6年計画で、極微小地震観測のための観測網を、6カ所の特殊地域に展開する。
- ◇6年計画で、定期的人工地震による地震波速度変化検出のためのテスト地域を6カ所に設定する。
- ◇活断層調査を2年で行う。
- ◇3年間で、地磁気・地電流観測所を数カ所の特殊地域に設立する。
- ◇このような計画が順調に実施されれば、かなりの有用なデータが5カ年で得られ、10年後には地震予知上相当に有効となるであろう。いいかえると、ここに提唱する測量や観測が真に発動するには、少なくとも10年を必要

とする。

上記の記述によって明らかのように、ブループリントは、ただちに地震予知にとびつくことを主張してはいない。むしろ、予知を実用化するための基礎データを集積することを強調しているのである。ブループリントには、計画を実現するための経費に関する記述はないが、当時「10年間に100億円を投入すれば、地震予知が可能となる」と世間に伝えられたようである。これは、その程度の経費を投入すれば、「予知が可能であるかどうかはわかるであろう」という関係者の非公式談話が誤って伝えられたのではなからうか。

ブループリント作製後40年近くを経過した今日振り返ってみると、当時の見通しが甘かったり、間違っていたと思われる点が多々ある。例えば測地測量の反復を、ブループリントが示している期間で実施することは、労力および経費を考えると不可能であった。また、ブループリントに述べてあるような地殻変動観測所を100カ所も建設することなどは、到底実現できなかった。その原因としては、日本の高度成長とともに土地価格が高騰して観測所用地の手当ができないなどの学問外の要因もあった。

さらに科学技術の発達を見越して計画を樹立するという面では、決定的に見通しがなかったと言えよう。現在、エレクトロニクス、コンピューター、宇宙技術などの発達は、地震予知関係の技術を全く刷新しつつある。しかしながら何も地震予知ばかりでなく、あらゆる研究で30年先の確に予測して立案するということは困難であったであろうと思われるので、ブループリント立案当時の担当研究者を「見通しが甘かった」と責めることは適当ではなからう。

#### 4. ナショナル・プロジェクトとしての地震予知研究

日本の学術行政組織では、ブループリントのような学界からの提案があっても、簡単には提案が実現することはない。常道としては、まず日本学術会議から政府に勧告されることが必要である。

この会議は専門分野の全く違う学者の集まりであるから、提案の重要性を会員に認識して貫うことはなかなかむずかしいことである。

学術会議のメンバーを説得するのはもっぱら萩原先生の役目であったようである。同会議の会員であった佐々憲三先生の努力もあって、1963年11月7日学術会議総会の議を経て、ようやく「地震予知研究の推進について」の政府への勧告が行われた。また、地球物理学的観測業務を審議する文部省測地学審議会では、学術会議の勧告に先立って1963年6月に地震予知部会が設置されていた。

1964年6月16日にはM=7.5の新潟地震が起これ、4階建ての県営住宅がそれ自体は破壊されないのに、地盤液状化のため傾いて倒壊したり、石油タンクの火災が2週間も継続するなどショッキングな事件となり、地震問題の重要性がクローズアップされることとなった。この地震発生に際して、当時地震研究所長であった河角 廣先生は、恐らくマスメディアの要請によったと思われるが、ヘリコプターで現地を視察されるなどして

いたらしく、研究所からは全く連絡がとれず、緊急調査計画やその予算獲得のための文部省などとの折衝は、もっぱら萩原先生が当たられたようである。

新潟地震のショックもあって、地震予知研究への関心は急に高まりをみせ、1964年7月10日測地学審議会は地震予知研究計画の実施について関係各大臣に建議した。これに基づいて1965年度より、特別事業費として地震予知研究計画への国家予算支出が開始された（初年度約2億1000万円）。

ここまでたどりつくのに、当事者特に計画の中心であった萩原先生のご苦勞はたいへんなものであった。その後計画はだんだんと拡張され、地震予知関係の予算と定員の増加もあった。このような経過を経て、現在の地震研究の人員や予算が獲得されるようになったので、自動的にポストや予算が政府から認められているわけではない。「予算欲しさに予知をうたっている」などという悪口が聞こえてくることもあるが、これは著しい偏見と見なすべきである。

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 日米地震予知セミナー

#### 力武常次

##### 1. 日米地震予知協力の始まり

1960年代の初め頃、アメリカでは地震予知に関心を持つ学者はほとんど全くなかった。しかし、過去に大地震を経験しているカリフォルニアでは人口の急激な増加もあって、地震予知にも目を向けるようになりつつあった。1961年、故J.F. ケネディ (Kennedy) 大統領と故池田勇人首相との会談によって、日米科学協力に関する協定が成立し、その一環として第1回地震予知セミナーが東京・京都で開催された。アメリカ側代表はJ.E. オリバー (Oliver, 当時コロンビア大学教授、後にコーネル大学教授) で、日本側代表は当然萩原先生であった。

このセミナーの冒頭、オリバー教授はつぎのように発言している。

「Those of us from the United States come here, I assure you, with some humility. We know that research related to earthquake prediction is more widespread and in many ways more advanced in Japan than in the U.S.A. We are grateful that you are to share this knowledge with us at these meetings, and we hope that we can in part repay you by providing information from our own efforts in related branches of seismology. Within the U.S.A. There are at present very few seismolo-

gists who devote even a small fraction of their time to direct consideration of the problem of earthquake prediction ……」

これを日本語にすると

「私達アメリカからやってきた者は、いずれもなにがしかの恥じらいを抱きながら、このセミナーに出席しました。地震予知問題については、日本がアメリカよりはるかに進歩していることを私たちは知っています。この会議において、日本の知識を私たちが吸収することに謝意を表し、私たちの知識が日本の地震学者にとっていくらかでもお役に立つことを願います。アメリカでは現在のところ、自分の仕事のごく僅かの部分ですら、地震予知にさいている学者はほとんどありません ……」

ということになり、アメリカ側はこのセミナーを通じて地震予知について、かなりの知識を吸収したと考えられる。セミナーは3月9～20日に行われたが、その直後3月27日にはM=8.4のアラスカ地震が発生して、アメリカでは地震予知問題についての関心が急速に盛上がった。

この気運を受けて、1965年には大統領指令によって、F. プレス (Press, マサチューセッツ工科大学 [MIT] 教授) を長とする委員会は地震予知研究に関する10年計画を政府に答申した。このいわばブループリントのアメリカ版ともいべき計画は、137,000,000ドルを見込んでいたが、ヴェ

トナム戦争の影響もあり、結局実行に移されることはなかった。しかしアメリカ地質調査所（U.S. Geological Survey, 略称 USGS）や全米科学財団（National Science Foundation, 略称 NSF）などの予算によって、政府機関や大学などで地震予知研究が発足することになった。

## 2. ラモント研究所における第2回セミナー

第2回日米地震予知セミナーは、1966年ニューヨーク州パリセイズ（Palisades）のコロンビア（Columbia）大学附属ラモント地質研究所（Lamont Geological Observatory）で開催され、日本からは萩原先生を長とする代表団が送りこまれた。当時は1ドル=360円の固定レート時代であり、現在のように猫も杓子も海外に出かける

時代ではなかったため、先生にとっては初めてのアメリカ御訪問であった。図1はこのときのセミナー参加者の集合写真である。

このセミナーの議論の詳細はあまり覚えていないが、セミナーに引続いて行われた野外エクスカージョンについては、後述のようにネバダの断層に関して強烈な印象が残っている。当時ラモント研究所には、もと萩原研究室の松本利松君（後にテキサス大学）が在勤していて、彼の案内で萩原先生はニューヨークのほうぼうを見物されたようである。先生はいわば弥次馬根性が旺盛で（失礼）、日本に居られるときもそうであるが、デパートの地下室などで売っている珍しい台所用品にはたいへん興味がおありのようであった。当時日本ではまだ珍しかった水が沸騰するとヒューと音がる薬缶を買込まれて、当時ラモント研究所に留



図1 ラモント研究所における日米地震予知セミナーの記念写真。

前列左より6番目が萩原先生、2番目はプレス教授、5番目は筆者、後列左端がオリバー教授

学中だった若手の宝来帰一君（後に気象研究所）が、アメリカの野外見学中薬缶をぶら下げて歩くという羽目となった。

萩原先生は事を機敏に運ばれるというタイプではなく、よく言えばじっくり考えられる、悪く言えばスローモーションということであったので、いささかせっかちの筆者はしばしば叱られたものである。しかし、外国では萩原流は必ずしも通用しないこともあった。例えば昼食のためレストランに入ったとして、先生はメニューを眺めて、ほっておけば30分も何を食べるかおきめにならない。そこで筆者は「先生これにしましょう」と勝手に決めて注文し、さっさと代金とチップを払って出てくるということが多かった。もっとも費用は記録しておいて、アメリカを離れる際に「先生のぶんはこれこれです」といって取立てたことはいうまでもない。

野外見学のときには、宿泊先のホテルやモテルを朝早く出発することが多かったが、時間になっても萩原先生が現れないので、アメリカの連中が「萩原はどうした」と筆者にたずねることが多かった。先生は恐らくトイレを使っていたらしいが、筆者はしかたなく「He is doing something」と答えると、相手はにやにやして「分かった」と言って退散した。

こんなわけで、筆者はアメリカ出張中大いに先生の御世話をしたつもりだが、先生に言わせると「お前にはたいへんごかれた」のだそうである。これにはいささか反論もあるが、先生がなくなった今では懐かしい思い出の一つである。

つぎのような逸話がある。1968年7月だったと覚えているが、オーストラリアのF. D. スティンイ（Stacey）教授（断層発生と地磁気変化などの仕事で有名）がやってきたので、萩原先生と2人で赤坂溜池の料理屋に案内したところ、たまたま埼玉県中部を震源とするM=6.1の地震があり、ちょっとびっくりするくらい揺れた（震度4か5弱）。スティンイ先生はあわてふためき、筆者もちょっと腰を浮かすほどであったが、萩原先生は泰然自若たるものであった。スティンイ先生は大いに感心して、「萩原はさすがに地震屋だけあっ

て、立派なものだ」と感想をもらした。ところで萩原先生に伺うと、「いや、俺はスローモーなので突嗟に行動しないだけだよ」とのことであった。

### 3. 地震は断層で起こる

—ネバダ砂漠の断層による実感—

ラモント研究所でのセミナーの後、日米合同グループはネバダ州の断層を見学することになり、まずリノ（Reno）に移動した。よく知られているラスベガス（Las Vegas）と同様に、ここではギャンブルが公認であった。筆者はホテルでスロット・マシーンをいじってみたが、たちまち10ドルくらい損をしてしまった。どちらかというところ、萩原先生はギャンブルを好まれたようであるが、このときどうされたかは覚えていない。考えてみると、当時の地震予知はギャンブルに近かったともいえよう。

翌朝、一行はジープ何台かに分乗して砂漠地帯のプレザント・バリー（Pleasant Valley）やフェアビュー・ピーク（Fairview Perk）地震の際の断層見学に出発した。これは全く不毛の砂漠地帯に踏入るわけであるから、いつも複数の車で行かねばならないそうであった。単独だと故障すれば命にかかわるというわけである。いずれにしても通常の観光旅行では全く行けない場所を訪れることができた。

図2はフェアビュー・ピーク地震（M=7.1, 1954）のとき出現した断層のクローズ・アップで、平均12フィート、ところにより23フィートの落差がえんえん65マイルにわたって延びている。断層の前に立っているオリバー教授とD.B. スレモンズ（Slemons）教授（ネバダ大学）とくらべて、この断層のすさまじさが分かる。このような光景を見ると、地震が断層運動によって発生することが実感として理解できる。

1950年代頃の日本では、「断層は地震の原因ではなくて、地震の結果である」という考え方が有力で、例えば坪井忠二先生などはそのようなお考えのようであった。地震と断層との因果関係は、「鶏が先か、卵が先か」という議論に似ているが、



図2 フェアビュー・ピーク地震の断層。  
人物はオリバー教授(左)とスレモンス教授(右)

ネバダの断層を見ると地震が相当な強震動をもたらしても、このようにすさまじい割れ目を発生させるのは困難と思われ、地殻が何かのストレスにより歪んで、遂に破壊して断層を生じ、そのときに地震波が発散されると考えるほうが妥当性があるのではなかろうか。

このすさまじい光景を見て、萩原先生と筆者は「この断層は、ぜひ当時若手だった活断層研究の大家松田時彦君(現:東大名誉教授)や中村一明君(故人)に見せるべきである」と話し合ったことを覚えている。

#### 4. パークフィールドの地割れと ホルスターの断層クリープ

ネバダ断層の見学をすませた一行は雄大なシエラネバダ(Sierra Nevada)山系を眺めながら、オーエンス・バリー(Owens Valley)を南下し

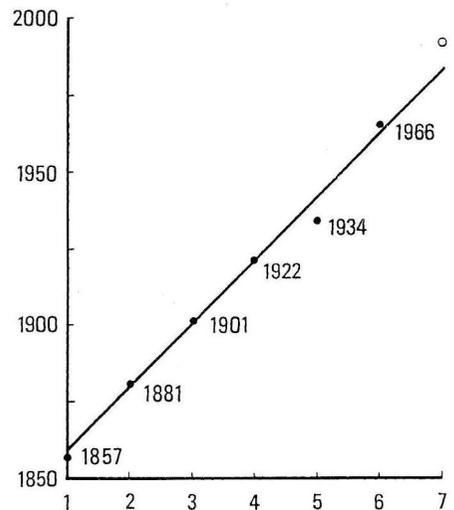


図3 パークフィールドに被害を与えた地震の発生順番(横軸)と年(縦軸)。  
図の直線によれば、順番8の地震は1988年±3年に既に発生していなければならない。  
白丸は地震警報「空振り」の1992年を示す。



図4 ホリスターの断層クリープと萩原先生

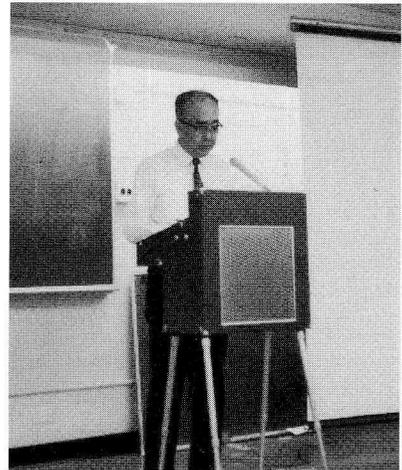


図5 ボールダーの日米地震予知セミナーで講演される萩原先生

てベークースフィールド (Bakersfield) を経てカリフォルニアに入り、サンアンドレアス断層の見学に向かった。ロサンゼルスとサンフランシスコの中間に、パークフィールド (Parkfield) という集落があり、ここで1週間前には存在しなかったフレッシュな地割れを発見した。パークフィールドでは、図3に示すように過去に6回もほぼ22年間隔で  $M=6$  の地震が起こっていて、もしその傾向が持続するならば、1966年にはつぎの地震が起こるはずということになっていて、一行は「いよいよ地震だぞ」と冗談を言い合った。ところがわれわれが帰国したとたん、10日くらいして  $M=5.6$  の地震がパークフィールドで起こり、日米地震予知グループはまさに地震を予知した格好となった。ちなみに順番8の地震は1988年頃起こることになっているが、未だに起こっていない。1992年10月には  $M=4.7$  の地震があり、州当局よりパークフィールド地区に地震警報が発令されたが、結局のところ地震は起こっていない。6回もほぼ等しい間隔で繰り返したのに、つぎはそうはいかないというのは地震予知が如何にむずかしいかを示している。

パークフィールドから北上して、サンフランシスコの南150 km くらいのところにホリスター (Hollister) という町がある。このあたりはカリフォルニア・ワインの産地であるが、ホリスターのワイン小屋の壁にひびが入り、いくら修理して

もまたひびが入るという事件が起きた。よく調べてみると、この小屋はサンアンドレアス (San Andreas) 断層の真上にあり、断層が年間4 cm くらいのスピードでクリープしているので、このようなことになるのであり、ホリスターは地震の名所となった。地震屋は断層クリープ見学の名目でここを訪れ、ついでにワインにありつくというわけである。図4はワイン小屋横で溝の割れ目を指さしている萩原先生である。しかし、ここではクリープでストレスが解放されるためか、 $M=3 \sim 4$  の地震はあるが大地震は起こらない。

## 5. ボールダー・セミナー

萩原先生は1969年に御定年で東大を退職されたが、その後も地震予知連絡会会長として、日本の地震予知に重要な寄与をされたことは衆知の通りである。

1973年には第4回日米セミナーがコロラド州ボールダー (Boulder) の環境科学研究所 (Cooperative Institute for Environmental Science, 略称CIRES) で開催され、このときは筆者が日本側代表をつとめたが、特にお願ひして萩原先生にも御出馬していただいた。図5は先生がCIRESで講演されている光景である。先生はこの頃はたいへんお元気で、セミナーのあとグランド・キャニオンなどに立寄られたようである。

# 地震予知はむずかしい

## —当事者の自嘲的告白—

1970年代には地震予知はバラ色のように見えた。1975年中国遼寧省の海域地震(M=7.3)が予知され、地震発生直前に行政当局より避難指令が出されて、多くの住民の生命が救われたという報道は、世界各国の地震予知関係者を勇気づけた。そのほか、1966年のカリフォルニア・パークフィールド地震(M=5.4)の直前、日米地震予知セミナーの野外見学パーティー一行が現地フレッシュな地割れを発見するなど、地震の前兆を捕捉する可能性はかなりあると思われるようになった。

ところが、1980～90年代になると、目ぼしい前兆を観測することなく、大地震が発生する例が多くなった。これは日本だけでなく、アメリカでもそうであり、アメリカの地震予知熱は急速に冷却し、研究者数や研究費も著しく減少したようである。きわめつけは、阪神・淡路大震災を起こした兵庫県南部地震(M=7.2)で、この地震を直前に予知しなかった地震学界には批判が集中することとなってしまった。

地震予知担当の当事者側からは、マスメディアに代表されるこのような批判についていると反論もあるが、それはさておいてここでは、なかなか仕事が順調に発展しない当事者のいらだつ心境のほどを表わした川柳・狂歌のたぐいを紹介しよう。

### 「川柳」

#### ○ 地震予知連絡会

予知連を 思い出すのは ゆれたあと  
予知連は 地震のあとで 予知をする  
あと予知も 予知のうちなり 地震予知  
あと予知が やっと可能な 予知観測  
テレメータ なければいつでも 事後の予知

#### ○ 予 知 情 報

ときたまは いい線を行く 地震予知  
予知したら どうしましょうと 学者言い  
ただなのは 水と空気と 地震予知

#### ○ 予 算 不 足

地震予知 やってみせなきゃ 金は出ぬ  
国防と 同じ予知だが 金はなし  
じり貧の 予算どうする 地震予知  
地震予知 金がなければ 知恵を出せ  
直下型 みな予知しろと 人は言う

### 「狂歌」

地震予知 来たれし道は 険しけり  
今たどり着く 事後の予知かな  
地震ふれば いつものよりの 連絡会  
またも述べるか 事後の解説  
金なくて 何が頼りの 地震予知  
知恵もたりねば 兵力もなし  
テレメータ ありせばきつと つかめしに  
あとからわかる 地震前兆  
ふらふらと 上がり下がり の 御前崎  
その判定に 学者苦しむ  
男なら 予知してみせよ 直下型  
今ぞ問わる 予知の真髄  
ひたすらに 予知をめざして 判定会  
その実力は 未だ知られず  
しのぶれど 今やもたれる 予知情報  
社会不安は とどまることなし  
(詠人不知)

これらの川柳や狂歌は、地震予知に従事している担当機関や担当者を非難中傷しているわけではなく、ことがうまく運ばない当事者の自己批判をこめた自嘲的的心境を吐露したものである。

それならば、地震予知には全く望みがないのであろうか。最近の学問、技術の進歩を踏まえると、決してそんなことはなさそうである。岩石の非線形摩擦構成則などによる新しい震源過程論、GPSなどによる地殻変動のリアルタイム・モニタリング……etcの最近の発展は目ざましい。これらを取り入れることによって、何とか地震予知のすばらしいブレークスルーを21世紀早々には達成したいものである。

(R)

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 松代地震のインパクト

#### 大竹政和

##### 1. はじめに

松代群発地震は、不思議な星の下に生まれ合わせた地震である。1965年（昭和40年）8月、長野県松代町の気象庁地震観測所（現在の精密地震観測室）で世界標準地震計の観測が開始され、そのわずか3日後に地震が起こり始めた。お陰で、群発活動の全容をそもそもの発端から完璧に捉えることができたわけだが、これはあまりにもタイミングのよい偶然と言うほかない。

それだけではない。この1965年という年は、世界に先駆けてわが国の地震予知計画がスタートした記念すべき年である。さらに、同年の4月には萩原尊禮先生が東京大学地震研究所の所長に就任された。松代地震は、舞台が整うこの時を密かに待ち構えていたのだろうか。これらの偶然は単なる暗合に終わらず、以後の地震予知計画の進展に有形無形の大きな影響を与えるところとなった。

##### 2. 松代地震の概要

松代地震は、長野県の北部一帯を席捲した、わが国の内陸部では今世紀最大規模の群発地震活動である。地震研究所は、萩原所長の陣頭指揮の下に、文字通り全所をあげて松代地震との取り組みを展開した。実施された調査・観測は、地震、地殻変動、地球電磁気、地質、地変、地震被害など広い分野に及ぶ。その主要な成果は、地震研究所彙報の6号にわたる別冊に収められている。この

群発地震の全容を知る上で、気象庁（1968）、長野県（1969）などの出版物も貴重である。これらの資料に基づいて、地震活動の経過をかいつまんで振り返っておこう。

今から35年前の1965年8月、現在は長野市の一部となっている松代町で、鳴動を伴う微小な地震が頻発し始めた。地震活動は日を追って活発化し、翌年の4月には、1日に最高661回の有感地震を記録するに至った。実に2分に1回の割合で、大地は休みなく揺れ続けたことになる。1967年の後半にはさしもの群発活動も衰退に向かった。同年末までの間に松代で有感となった地震は6万回余り、うち9回は震度Vを記録した。最大地震はM5.4で、地震波放出エネルギーを積算するとM6.3の地震1個分に相当する。

群発活動の初期には、震源は松代町の真中に位置する皆神山（みなかみやま）の付近に限られていた。しかし、群発域は時間とともに主に中央隆起帯の軸に沿って拡大して行った。1967年頃には、震源域は北東-南西方向に長さ約35kmの長軸をもつ広い範囲に及び、松代と言うよりは北信群発地震とでも称すべき広域活動を呈した。

地震活動と同時に、皆神山を中心とするドーム状の地盤隆起が進行し、隆起量は最大70cmに達した。また、皆神山の北東側に松代地震断層が生成し、地表の割れ目からは大量の地下水が湧出した。このため1966年9月には住家6棟を巻き込む大規模な地すべりが発生したが、現地調査に当たっていた地質グループの適切な警報により、幸いにも人命の損失は免れた。松代地震全体を通じ

て、死者は皆無であった。

松代地震の原因については様々な仮説が提出されたが、現在では中村（1971）の「水噴火説」が広く受け入れられている。詳しくは大竹（1976）の総合報告を参照されたい。

### 3. 微小地震と地盤傾斜の観測

1965年の10月には松代周辺の3カ所に地震計が設置され、群発活動の活発化に伴って次々と観測点が増設されて行った。その主力となったのは石本式加速度計とHES（Hagiwara Electromagnetic Seismometer）である。並行して高感度地震計が投入され、トリパートイト方式による極微小地震観測が威力を発揮した。

1966年4月初旬のある日、助手に採用されたばかりの私にも出勤命令が下った。「上田辺りで至急極微小観測をやってくれ」との早口の指示に何かただならぬものを感じ、夜の10時頃には観測資材の取りまとめを終えて翌日の出発に備えていた。そこに萩原先生が現れ、「まだ出かけてないのか、ぐずぐずするな」と一喝された。明日の午後にならないと運転手が…などと抗弁するもの聞かず、「今すぐ事務長を呼び出せ」と手がつけられないお怒りである。結局、地震研究所の事務長は夜中に自宅から駆けつけ、私も翌日の早朝に東京を出発するハメとなった。

萩原先生が観測を急がせた理由は間もなく明らかになった。上山田温泉付近で微小な地震が散発し始めていたのである。上田市西方の川西村（現在は上田市の一部）で観測を開始するや、足下でも微小地震が頻発していることが判明し、直ちに研究室に急報した。

先生がもうひとつ特に重視されたのが地盤傾斜の観測である。研究室の山田重平助手（故人）は、松代の地震観測所の横坑内で、水管傾斜計の変化を3時間ごとに読み取る任務を与えられていた。数分おきにドーンとやってくる地震の中で、岩の壁が崩れてこないか身の縮む思いだったに相違ない。そのさなかに、萩原先生から「山田君を殺すわけにいかないから坑内の安全を調べて来い」と

の指示があった。どうしたらよいか途方に暮れた挙句、とりあえず坑壁の岩の割れ目にマイクロフォンを差し込んで音を聞くことにした。今なら、微小破壊音の現場測定とでも言うところであろう。山田さんと一緒に暗闇の中で聞いたキーン、コーンという音が今も忘れられない。

こうした観測データに支えられて、萩原先生は微小地震と地殻変動の観測が地震予知の鍵を握るとの確信を深めて行かれた。後になって、自らこう記されている。「微小地震の活動を注意深くみていると、次はどこに地震が起こりだすか、あるいは大きな地震が起こりそうだとかいう予測ができるようになりました。」（萩原，1997）。こうした松代地震の経験は、地震予知計画の観測整備の内容に色濃く反映されている。

### 4. 北信地域地殻活動情報連絡会の設置

いつ果てるとも知れぬ地震の中で、住民は緊張の日々を強いられていた。「皆神山が噴火する」というまことしやかな風説が駆け巡ったこともある。松代地震の調査・観測には、地震研究所だけでなく、気象庁、国土地理院、国立防災科学技術センターなどの国の機関や多くの大学が参加しており、その動静は地元住民の関心の的となっていた。

しかし、マスメディアを通じて伝えられる各観測陣からの情報は個々ばらばらで、相矛盾する見解が行政を混乱させ、住民の不安をかき立てることも少なくなかった。こうした状況を打開するために、1966年5月、気象庁の地震課を事務局とする「北信地域地殻活動情報連絡会」が設置された。これ以後、国の機関と大学の調査・観測結果を総合して統一した見解を取りまとめ、一元化された情報が長野地方气象台から発表されるようになった。今では当たり前のように聞こえるかもしれないが、国の機関と大学が情報を交換し合って対処するという体制は、かつてない画期的な出来事であった。現在の地震予知連絡会は、松代地震の経験に学び、この情報連絡会をモデルとして発足したものである（国土地理院，1979；萩原，1997）。

## 5. おわりに

萩原先生が亡くなられて間もなく、信越放送取締役の麻場栄一郎さんから電話を頂いた。地元信濃毎日新聞に萩原先生の訃報が掲載されたが、そこに松代地震の「マ」の字も出てこない、という嘆きの声であった。麻場さんは、松代地震の当時信濃毎日新聞の新進気鋭の記者で、この地震を始めから終わりまで精力的にカバーしたジャーナリストである。萩原先生も「麻場青年（時には少年）」と呼んで大変頼りにしておられた。この大事な地震ドクターをこともあろうに地元紙が忘れてしまうとは、というわけである。

考えて見れば、35年というのはそういう年月なのである。間もなく6年目を迎えようとする阪神・淡路大震災の惨禍も、やがては同じ運命を辿ることだろう。地震の災害は言うまでもなく、そ

の時々地震学の状況についても肉声で語り継がれるべきことは少なくない。萩原先生は、最後のご著書となった「地震予知と災害」（萩原，1997）を通じて、地震学の語り部としてもひとつの範を示された。

## 参考文献

- 萩原尊禮，1997，「地震予知と災害」，丸善，174 pp.  
気象庁，1968，松代群発地震調査報告，気象庁技術報告，62，556 pp.  
国土地理院，1979，「地震予知連絡会10年のあゆみ」，262 pp.  
長野県，1969，「松代群発地震記録」，453 pp.  
中村一明，1971，松代地震から学んだこと，科学朝日，31（10），127-133.  
大竹政和，1976，松代地震から10年，科学，46，306-313.

# 地震予知研究こぼれ話

—萩原尊禮先生の思い出—

## 地震予知連絡会の発足

田島 稔

昭和43年5月24日の閣議了解と同年7月16日の文部省測地学審議会の第2次地震予知計画に関する建議の趣旨にそい、昭和44年4月、地震予知観測センター（東大、地震研究所）、地震活動検測センター（気象庁）と共に、地殻活動検知センターが国土地理院に新設された。このセンターの正式名称は地殻活動調査室で、水準、三角、検潮、地磁気、重力等の測地測量のくり返しから得られる地震予知に必要な情報をとりまとめる仕事と、国土地理院長の私的諮問機関として発足した地震予知連絡会の事務を行うための組織で、総勢7名、初代室長に小生が任命された。また同時に、国土地理院に参事官職が初めて認められ、檀原毅さんが初代参事官として萩原会長を補佐し、我々地殻活動調査室の仕事を指導することとなった。

調査室の最初の仕事は、第1回の地震予知連絡会を1日も早く開催することで、そのため尾之内建設事務次官から関係各省庁の事務次官あて、地震予知連絡会の発足にあたり、今後とも一層の連絡・協力をお願いするむねの公文起案から始まり、会場の設営、地震予知連絡会運営要綱の案文作り、第1期の委員および参与名簿、議題の処理等々すべて萩原先生の意を受け、会のルール敷き作業を行った。

第1回地震予知連絡会は、昭和44年4月24日、日比谷の松本楼で開催された。始めに尾之内建設事務次官の挨拶があり、次いで第1期委員(26名)の互選により萩原会長の選出、また参与に、宮地、永田、佐々、坪井、和達の各先生に委嘱し、引き続き、地震予知観測センターを力武委

員が、地震活動検知センターを諏訪委員が、地殻活動検知センターについて田島が説明を行った。質疑応答に入り、永田参与から予知連の性格と予算に関して質問があり、会長から、測地学審議会の建議からもこの連絡会は情報の交換とその総合的判断を行うのがたてまえであり予算までやらない旨の答弁があり、また情報発表等に関する気象庁および国土地理院の業務分担等についての覚書についての説明や、全国の特定観測地域について、これらの地域を選定した基準を示してもらいたいとの鈴木(次郎)委員からの質問があり9地区について具体的な説明が行われた。

特定観測地域は、過去に大地震の記録がある地域、活断層地域、地震多発地域、東京を中心とする地域を基準に、会長を中心に主だった委員により決定された。会長から、小生の学位論文(地磁気永年変化の局地異常)も多少参考にされた話をいただいた記憶がある。

さて、地震予知連絡会の委員は予知に関係する研究や連続観測・調査測量等を行っている国立大学と国の試験・研究機関から30人以内の委員で組織することとなっており、第1期の委員は表に示した通りである。

会の運営について、見本あるいは下敷きとなったのは、昭和41年から事務局を気象庁において始められた、松代群発地震に関する「北信地域地殻活動情報連絡会」で、関係機関の情報交換と総合的判断を行い、現地に無用の不安や混乱を無くすことを期すため見解を統一し情報の一元化を図るのが目的で始められた。そのような意味で、地

## 委員名簿

第1期（昭和44年4月24日～昭和46年3月31日）

所 属	氏 名	摘 要
北海道大学理学部	宇 津 徳 治	
東北大学理学部 "	鈴 木 次 郎 高 木 章 雄	
東京大学理学部	浅 田 敏	
東京大学地震研究所 " " " "	宮 村 撰 三 力 武 常 次 佐 藤 泰 夫 坪 川 家 恒 森 本 良 平	
名古屋大学理学部	飯 田 汲 事	
京都大学理学部 "	一 戸 時 雄 三 木 晴 男	
京都大学防災研究所	岸 本 兆 方	
科学技術庁 国立防災科学技術センター	高 橋 博	
文部省緯度観測所	須 川 力	
通商産業省地質調査所	佐 藤 茂	
気 象 庁 " " "	諏 訪 彰 関 谷 溥 末 広 重 二 柳 原 一 夫	
海上保安庁水路部	歌 代 慎 吉	
建 設 省	萩 原 尊 禮	
建設省国土地理院 " " " "	原 田 美 道 檀 原 毅 田 島 稔 藤 田 尚 美 鈴 木 弘 道	昭和45年2月9日井上英二に    昭和45年2月9日委嘱

震予知連絡会は松代の情報連絡会の運営を学び、これを全国版に発展させたものともいえよう。4月の第1回連絡会に引き続き、第2、第3回の連絡会は5月および6月と、連続して毎月、東大地震研究所で開催された。特に第3回の連絡会では、地理院から房総半島についての最近の水準測量の結果が発表され注目された。それによると房総半島は関東大地震による急激な隆起の後、最初の10年間で50 mm以上、次の34年間でも同程度の沈下を示し、さらにその後は、よりゆるやかな沈下になっていたが、最近の5年間で水準原点

を不動として2～3 cmの隆起が半島南部にみられる発表があった。これに対して、地震研究所からも、油壺、鋸山の地殻変動連続観測の発表があり、測量の結果と良く調和している内容のものであった。当時は、ダイラタンシー理論や新潟地震前の異常変動などの例から、房総南部の隆起は注目され、次回までに三浦半島の測量結果を加えてさらにくわしい報告をすることとなった。

その年の7月8月は休会とし、萩原会長、力武先生、重兼地理院長、檀原、田島の面々で黒四ダムの見学旅行を行った。重兼院長は河川畑の土木

出身で、当時、黒四ダムの変形を監視する傾斜計、伸縮計、微小地震計などが稼働を始めており、その分野の権威である萩原会長のご指導をいただくと共に、4月からの無報酬の連絡会のご指導に対する院長としての心ばかりのお礼をかねた旅行であったと思う（重兼院長は平成3年4月逝去された）。

さて暑さも峠を過ぎた9月26日、第4回の連絡会が気象庁で開催され、三浦半島の最近の上下変動が房総半島と同様、南上に逆転したことが報告された。ここで我々事務局は予知連発後最初の失敗をすることになる。第4回終了後、地殻活動調査室に読売新聞の記者がおとずれ、何か面白そうな話題はないかなどと話し込み、房総、三浦両半島の隆起の情報をつかみ、28日の朝刊に、房総・三浦両半島の異常隆起を大々的に報じた。収まらないのは他の新聞社で、事務局の代表として小生が建設省記者クラブに引っぱり出され大勢の記者からおしかりを受けた。そのような事もあって、翌9月29日、萩原会長以下委員5名と地理院長が建設省記者クラブにおいて約40名の記者に対し、変動現象の説明や連絡会の活動状況など連絡会として最初の公的なレクチャーが行われた。記者側から今後連絡会の開催ごとにレクチャーを行うよう希望が出され、その後、レクチャーの習慣は引き続き行われている。

関東南部は先に関東大地震を経験し、首都に最も近い最重要地域であるから、異常隆起を受けて「特定観測地域」より1ランク上の「観測強化地域」に指定されることになった。開店したばかりの地殻活動調査室としても独自に次の2つの研究活動を開始することとなった。その1つは、房総半島の南端に地殻変動観測場を新設することで、館山市近くの山の横穴をさらに深く掘り、地理院としては初めての水管傾斜計や水晶管伸縮計の連続観測を開始することとなった。もう1つの研究テーマは、当時ようやく実用化され脚光を浴びつつあった光波測距儀(ジオジメータ8型)の精度を向上させるため、大気上空の温度をカイツーンという風船にサーミスターを取りつけ測定することである。周知のように、2点間の距離を変調

された光を往復させて測定するとき、光速度の温度補正が最大の課題で、そのためには、両端点の地上で気温を測るだけでは充分ではない。むしろ辺長の中間点で光が通過する高さの大気の温度が重要であるが、通常の地形では、その高さは数10mになり、カイツーンやラジコンの模型飛行機が必要となる。そのため、三浦半島南端と大島灯台間の辺長測定にあわせて、釣り船を借り上げ、中間の海上でカイツーン観測を行ったりした。房総半島の辺長観測でもカイツーン実験を行ったりしたが、結局、試験観測の域を抜けだせなかったと記憶している。しかし房総半島でのレーザー光波測距による地殻水平歪の調査は、その後の関東南部全域の「精密変歪測量」へと発展し、さらに日本全国の「精密測地網測量」へと飛躍した。平成の時代に入り、GPS電子基準点網が全国に張りめぐらされ、一等三角測量やレーザー三辺測量をはるかに上まわる精度で地殻水平歪に関する情報を提供できるようになった。一方、地殻の上下変動については主役の精密水準測量およびGPSとも未解決の環境的誤差源をかかえており、例えば東海地方における掛川-御前崎間の1年周期の上下変動やGPSの上下成分におよぼす気象的影響の除去など未解決の問題を残している。

さて話を元にもどして、地震予知連絡会の最初の1~2年は思い出に残る事も結構多かったと思っている。連絡会、そして記者へのレクチャーが終わったあと、新宿あたりのバーに会長以下よく行ったものであった。そのとき必ずついて来たのが国立防災研の高橋博さんや東北大の高木先生で、小生も「アカシヤ」とか「ポッポ」とかの名前を今でも記憶している。また年に1回、参与会を開き前述した参与の大先生をまねき1年間の報告と懇親会を行って来た。しかし参与の大先生は、いずれも個性が強く懇親会の終わり頃は大荒れになることが多かった。大先生方が無事お帰りになることを念じている事務局として、参与会は最も気を使うひとときであった。今でも多くの先生方の顔が目には浮かぶが、参与の大先生方や萩原会長以下当時の委員の先生方で多くの方々が他界された。ご冥福を祈る次第です。

# 地震予知研究こぼれ話

—萩原尊禮先生の思い出—

萩原先生とともに

—財団設立から訪中団まで—

## 萩原幸男

時の頃は定かではない。おそらく1979年秋の頃だったように思う。萩原尊禮先生と神田美土代町の狭い裏通りを神田駅に向かって歩いていた時のことである。先生は「財団の名称を考えているのだが、地震予知振興会では重みがない。何かいい名称はないかね」と切り出された。「研究の2文字を付け加えたらどうでしょう」とお答えすると、「大学の連中を集めるには、研究の2文字が大事なことはわかる。しかし予知研究と続けると視野の狭い予知法の研究だけと思われやすい」と申される。「では総合研究としては如何ですか。五、七、五となって調子がいいです」。「なるほど地震予知総合研究振興会か。ちょっと字余りだが、これでいくか」。先生は街角に立ち止まり、何度も指を折って数えておられたが、やおら手帳を取り出してメモをとられた。こうしてはからずも私は財団の名称決定に参画してしまった。

その後萩原先生のご指示により、財団の主管である科学技術庁を訪れ、担当の生活科学技術課の平野課長（後の科学技術庁事務次官、現海洋科学技術センター理事長）にお会いした。名称の件を告げると、「地震予知」はマニアの集団と混同されやすいからと代案として「地震環境」を提案された。しかし萩原先生の地震予知への執念は堅く、名称の件は原案どおりに落ち着くことになった。また課長は文部省との共管が望ましいと言われたが、先生はこれには強い難色を示された。震災予防協会との関係が浮上すると、事が面倒になると

危惧されてのことである。後任の倉持課長から「文部省との共管が困難ならば、科学技術庁単独でいきましょう」との内諾を得たので、早速財団設立準備会が正式に発足、事務局長に佐藤昌武氏が赴任された。氏は日銀から明石システム販売株式会社社長として出向中であつたこともあり、株式会社明石製作所（明石電気株式会社）の故明石和彦社長を通して萩原先生とコンタクトがあつたものと思われる。

佐藤事務局長の1980年6月11日付きメモに、私からの電話が詳しく記されている。私自身忘れ去っていた内容であつたが、メモを見て当時のことを思い出した。あらまはつぎのようである。

6月11日の地震研究所教授会の席上、財団設立趣意書（案）を配布し説明を行った。席上とくに意見はなかったが、教授会終了後、大沢教授（故人、当時震災予防協会理事）が研究室に來られ、つぎの2点について質問された。(1)震災予防協会との関係はどうなっているか。この趣意書をはじめ見たが、すでに協会に送付済みか。まだならば自分から見せて差し支えないか。(2)現在財団法人地震工学振興会（仮称）の設立を科学技術庁に申請する準備を進めている。これは防災が主目的であるが、地震予知総合研究振興会の業務内容と重複するおそれもある。両者間の線引きについてお伺いしたい。

佐藤メモには本件に対する萩原先生の意見が付記されている。震災予防協会に関しての大沢教授

への正式な回答はいましばらく保留し、設立がもう少し具体的に固まった段階で改めて回答することにした。また地震工学振興会については、科学技術庁の倉持課長はまったく聞いていないと言っている。建設省所管の間違ひではなかろうか。とにかく財団の業務内容との重複はあり得ない。

1980年12月1日、経団連会館で財団設立発起人会を開催、議事録には土光会長の設立協力への呼びかけがあったと記されている。1981年1月22日、財団設立が正式に認可を受け、2月10日には経団連にて第1回理事会、3月12日には第2回理事会の後、設立祝賀パーティーが開催された。これらの陽の当たる場所には、駆け出しの私は出席できるはずもないが、前記のように設立の重要な場面で活躍の機会が与えられた喜びは、いまは亡き先生への感謝の気持ちと重なっている。

それにしても財団発足の前後には、よく先生は銀座・神田・新宿と飲み歩かれたものである。その度に拙宅へ呼び出し電話が掛かった。時には先生みずから電話口に立たれることもあった。あたふたと駆けつけると、あふれんばかりの笑顔で迎え入れて下さった。いま思い出すと懐かしさがこみ上げてくる。佐藤良輔先生も同じく呼び出され仲間であった。時には東北大の高木先生（現振興会理事長）や防災科学技術センターの故高橋所長の顔もあった。名誉なことに萩原先生と同姓であるため、私は飲み屋でいつも「ジュニア」と呼ばれた。「いいか萩原の名を汚すなよ」と先生によく言われたものである。汚しかねないと思われてか、振興会では今でも「幸男先生」といって大先生の御名を使うことはしない。「萩原君」と呼んでくださるのは力武先生だけである。

さて発足直後の振興会の事業は萩原先生を団長とする「日本地震代表団」の中国訪問であった。萩原先生に訪中団の秘書長を命じられた私は、高木先生とともに訪中計画の作成にあたった。団の構成は萩原団長、高木副団長、大学側の団員には順不同で貝塚、宇津、三雲、佐藤の各教授、静岡県から越井、大村の両氏、NHKから井辺、永見の両氏、それに私の計11名であった。

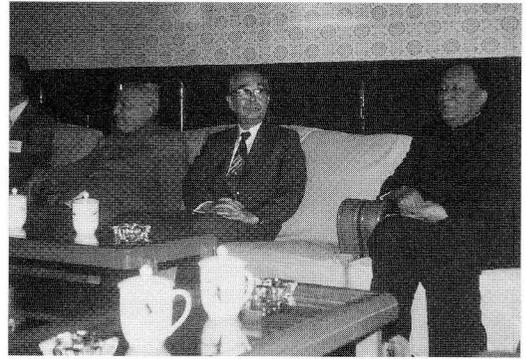


写真1 1981年5月28日、北京友誼賓館において、左から顧功叙地球物理研究所長、萩原尊禮団長、安啓元国家地震局副局长。

1981年5月27日16時15分成田発JAL、上海経由で現地時間21時15分北京新国際空港着。空港には国家地震局外事処の許厚德、弁室主任の曹樹民、余徳紅の各氏、それに東北大卒で国家地震局地震予知中心で活躍中の鄭斯華氏と通訳の趙萍女史が出迎えた。友誼賓館泊。28日午前、友誼賓館において地球物理研究所顧功叙所長、国家地震局安啓元副局长、地質研究所徐煜堅教授らと会見した（写真1）。席上萩原尊禮先生の公式招待状により10月上旬に安副局长を団長とする訪日団が派遣されることで合意を得た。午後には国家地震局新庁舎を訪問、地球物理研究所三里河地震観測施設を視察、夜は人民大会堂にて歓迎晩餐会が盛大に催された。

5月29日午前、顧所長による地球物理研究所の説明と案内、午後同所所属の白家瞳北京基準台を視察。夕方王府井を散策した。30日午前日本側講演、宇津教授「地震活動と地震予知」、三雲教授「西南日本の地震活動と発震機構」、佐藤教授「震源パラメーターとマグニチュード」、講演途中で停電がありスライド使えず、宇津先生は大弱り。午後は頤和園を遊覧した（写真2）。31日（日）午前には故宮、午後には天壇公園、友誼商店。

6月1日午前、人民大会堂において方毅副総理と会見、会見の様子は翌日の人民日報に写真入りで報道された。午後大灰廠地形変観測所を訪問、八宝山断裂の地殻変動観測を視察した。6月2日地質研究所訪問、3日八達嶺（写真3）と十三陵を

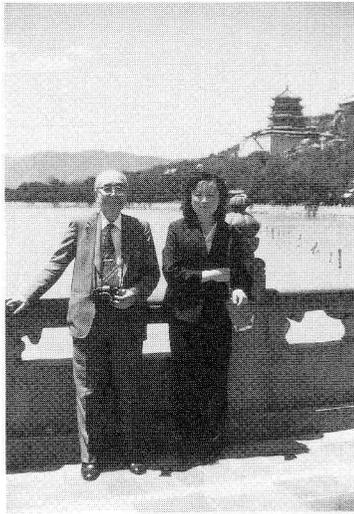


写真 2 5月30日午後、頤和園遊覧。萩原団長と通訳の趙さん。



写真 3 6月3日、八達嶺（万里長城）を登る萩原団長。転ばれては大変と国家地震局の随員が支え、趙さんは後押し。

遊覧。4日列車にて唐山着、唐山市政府秘書長（市長）魏順昌、同弁公室主任趙風鳴、同地震局付局長徐自然の各氏の出迎えを受けた。唐山地震による犠牲者は14万人、重傷者8万1千人、7200家族が壊滅、現在も1700名が病院にて治療中とのこと。地震を予知できなかったのは「四人組のせい」との説明を受けた。なおNHKの2人は唐山

市訪問を遠慮し、北京に滞在した。

6月5日午前汽車工場の廢墟、第2中学大衆觀測点、大学図書館の廢墟等視察、午後は復興された住宅、小学校、陶器工場等を訪問。唐山駅から列車で北戴河着、西山賓館泊。北戴河は風光明媚な海岸地帯で、政府要人の避暑地として有名である。静岡県の越井・大村両氏は北戴河に寄らず、唐山から北京經由帰国した。6日午前には山海関第一中学校内の群測点を視察、天下第一関遊覧。

6月7日（日）列車にて10:06北戴河発16:25北京着。旅装を解く間もなく再び20:04北京発、翌日17:01西安着。夜型人間の萩原団長はもちろん、夜中飲んで騒いだ高木・佐藤両先生も昼間はぐっすり、19時間に及ぶ列車の旅を楽しんだ。19時から李政文陝西省地震局副局长主催の晚餐会。人民大厦泊。

6月9日午前、秦始皇帝兵馬俑参観、華清池にて昼食（写真4）。午後西安子午地震台視察。10日、西北大学にて學術講演会、聴衆約100名。夕刻観劇。11日大雁塔参観、午後西安人民大厦にて學術座談会。18:36西安発、列車は予定より数時間遅れて翌日の夜やっと上海駅に着いた。旅疲れより酒疲れの27時間半の列車の旅であった。錦江飯店北棟泊。

13日再び列車にて上海から杭州へ。雲隱寺（写真5）、中山公園を遊覧。上海市地震局弁公室主任王祖康、同係員蔣德乾、藩元振の各氏が同行した。杭州花港飯店泊。14日（日）西湖遊覧、午後列車にて上海へ（写真6）。15日午前友誼商店、上海空

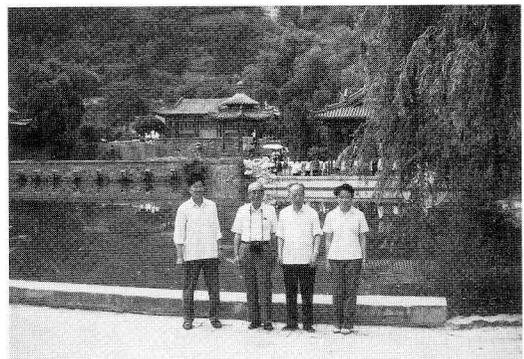


写真 4 6月9日、華清池にて。陝西省地震局員とともに。



写真 5 6月13日，杭州靈隱寺にて。左から趙さん，萩原団長，上海市地震局の2人，右端は高木先生。

港にて昼食。上海市地震局をはじめ多くの人々の見送りを受けた。JAL 17時05分 成田着。

14日朝，杭州のホテルでの出来事である。階段を降りて来られた団長先生が最後の一段を踏み外されそうになった。この時趙さんと上海市から来



写真 6 6月14日，杭州-上海間の車中にて。通訳の趙さんと並ぶ萩原団長。

た随員はとっさに飛びついて先生の体を支え，大事に至らなかった。「もし先生が怪我でもされたら，私達はクビになる」と2人とも青ざめていた。

写真3を見ても，先生をどんなに大切に扱っていたか判るであろう。行く先々で先生に対して払う礼儀は最大級，さすが礼節の国との印象を受けた。団員の間でも「我々の尊敬の仕方は足りないのではないか」と反省の声も出る始末。「こんなに大切に扱われたのは生まれてはじめてだよ」と団長先生は大満足のご帰国であった。

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### ブループリントから40年

#### 津村建四郎

##### ブループリントの頃

私が萩原先生に最初に接したのは、1961年6月5日に東大安田講堂の裏にあった地震研究所旧館で開かれた地震予知計画研究グループの第2回会合のときであった。地震予知に関心のある地震学会員有志は誰でも参加できたので、国土地理院の一係員に過ぎなかった私も、狭い会議室の後ろの席で、錚々たる大先生方の議論を拝聴することができた。分野別のリポーターの報告があり、当時私は、潮位データに基づく地殻変動の研究をしていたので、検潮についての報告（リポーター山口生知先生）に興味があった。微小地震観測のリポーターは、鈴木次郎先生で、全国の精密常時観測には1200点必要であるが余りに膨大すぎるということで、ずっと縮小した案を提案された。萩原先生は一連の会合の司会を務められ、かなりばらばらな表現の分野別素案を精力的に整理された。また、大学間、省庁間のいろいろな思惑うまく調整されて、「地震予知——現状とその推進計画」（いわゆる「ブループリント」）をとりまとめられた（翌年1月に刊行）。なお、地震学会は1962年4月の総会において、萩原先生の提案により、「今回地震学会有志よりなる地震予知計画研究グループは、地震予知達成のための推進計画を作成した。この計画は国家的規模において効果的に行われることが必要である。我々はこの計画が一日も早く実現することを強く望むと共に今後計画が推進されてゆく場合にできる限りの協力を惜

しまないものである」との決議を大多数の賛成で可決している（鈴木次郎、「地震予知Ⅱ」（共著）、1985による）。

##### まぼろしの新潟地震の前兆現象

1964年9月22日の地震研究所談話会で、6月に発生した新潟地震の前兆に関する注目すべき二つの報告が部外者からあった。いずれも萩原所員の紹介で、一つは、国土地理院の坪川家恒・林哲郎氏による「水準測量から求めた新潟地震前の地盤変動について」で、今も前兆的異常隆起の代表例としてよく引用されるものである。もう一つは、北陸農政局新潟地盤沈下調査事務所の北村孝次郎氏による「新潟地震時の地盤沈下計の記録について」で、複数地点の複数の地盤沈下計で地震の約9時間前から0.3-0.4ミリメートルの異常な地盤膨張が記録されたという報告であった。これは、F. PressによってSCIENCE誌（1966年6月号）の地震予知に関するレビューにも、もっとも信頼できる前兆例として大きく引用された。私は、談話会で、深度にかかわらずほぼ同量の変化を記録しているので大部分が表層数メートルの変化とみられるという報告を聞いて、奇妙な現象だと思った。しかし、当時の地震研では、他の研究室のことに口出しできるような雰囲気ではなかったので、そのままにしていたが、ずっと気になっていた。1971年になって、なにかの機会に、萩原先生に、「再調査したいのですが」とお伺いをたてたところ、「大事なことから是非調べて下さい」

とおっしゃって、交渉先などもご紹介下さった。早速、当時院生だった安藤雅孝さんと二人で新潟に赴き、原記録を調べ直した。すぐに、同様な変化は強い雨のたびに起こっており、新潟地震の前にも強い雨が降っているの、前兆ではなかったことが分かった。結局、先生には、残念な結果のご報告になってしまった。この結果の報告は、地震学会講演（予稿集、1972 春）だけで済ませてしまって、論文にしなかったの、ここに経緯を記して謝辞とさせていただく。

### 伊豆半島の異常地殻活動をめぐって

私は、1971 年 6 月から約 10 年間、地震研究所の関東地域の微小地震観測データの処理を担当し、3 カ月ごとの地震予知連絡会に、月ごとの震央分布図や顕著な活動についての解析結果を報告した。特に、伊豆半島周辺では、1974 年 5 月の伊豆半島沖地震をはじめとして、1978 年伊豆大島近海地震、一連の伊豆半島東方沖群発地震等が起こり、定例の連絡会以外にも、関東部会などの会合が頻繁に開かれた。これらの会合に当初はオブザーバーとして、後には委員として出席させていただき、萩原会長のご指名で記者レクチャーにもたびたび同席させていただいた。当時、会長と記者との絶妙のやりとりを脇で聞きながら学んだことが、後に気象庁時代の記者会見などで大変役立った。

この間、顕著な現象に気づいた時は、深夜でも、休日でも電話させていただいた。

1975 年 10 月 26 日ころから、伊豆半島東部の遠笠山付近で微小地震が群発していることに気づいて（当時は現地記録は郵送で回収していたため発見は 11 月上旬）、早速報告した。これが伊豆半島東部の異常活動の始まりで、念のためにと行われた国土地理院の水準測量で冷川峠の異常隆起が発見され、翌年 5 月の予知連での「伊豆半島東部で異常地殻活動」の公表につながった。当時、地震研は、4 年続いた紛争の後遺症で、「南関東東海特別観測経費」は差し止められたままになっていた。このとき、先生のご配慮でいただいた東京海

上各務記念財団の研究助成金は、まさに干天の慈雨であった。これによって、地震研による伊豆半島の各種の観測調査が続けられ、異常活動初期の重要なデータが得られた。

1978 年 1 月 14 日の伊豆大島近海地震の余震活動を、神定健二さんと徹夜でモニターしていたところ、翌早朝の 3 時台に伊豆半島中部でやや M の大きい地震が連続して発生し始めた。4 時半頃「異常な活動のように思う」むねを先生に電話した。「では、関東部会を開きましょう」とのご返事があり、当時としては異例の迅速さで、同日午後実際に開かれ、M6 程度の余震の可能性があると判断された。残念ながら、その前の 7 時 31 分に M5.8 の最大余震が、私が懸念した付近で発生して被害も出てしまったが、予知できる地震もあると実感した例であった。

1979 年 5 月 20 日、地震研の観測室でテレメータ記録を見ていたところ、12 時ころから伊豆半島東方沖で地震が頻発し始めた。M も急速に大きくなり、現地では有感地震頻発の状態になっているのではないかと思われたので、萩原会長と茂木関東部会長に電話した。1 時間以内にお二人とも駆けつけて下さったが、その頃には、活動はかなり収まってきており、FAX で送られてきた関係機関の地殻変動データにも異常はなかった。結局、とんだ空さわぎに終わってご迷惑をおかけしてしまった。当日は日曜日で行楽日和。先生は、「こんな日に急に注意を呼びかけたら大変な騒ぎになっただろうな」とぼつりともらされて帰られた。幸いマスコミにも知られずに済んだが、予知の難しさを実感させられた日であった。

### 阪神・淡路大震災以後

萩原先生は、「地震予知連絡会 10 年のあゆみ」（1979, p. 15）の中で、今村明恒先生の次のようなエピソードを紹介されている。

「昭和 22（1947）年 7 月 10 日、学士院内で開かれた「地震予知問題研究連絡委員会準備会」第 2 回会合に出席した今村明恒は、会に先立って次のような挨拶を行った。『ご承知のように、自分は地



# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 萩原尊禮先生と活断層・古地震

松田時彦

地震予知の「ブループリント」が世に出る1年前、1961年に、私は萩原尊禮先生のおられた地震研究所に勤めることになりました。まもなく、当時の最新器械である光波測量を導入しようとした笠原慶一先生が部屋にお見えになり、科研費申請の仲間に誘われました。これをきっかけに萩原先生を中心に研究会が生まれました。その研究会はやがて月例となり先生が定年になられ震研紛争が激化するまで、地震研の会議室で約8年間70数回も続けました。メンバーには萩原研、笠原研、森本研、宮村研、河角研、技術部などの先生・若手のほか、学内の地質、地理、地物、資源工学の諸教室、さらに地理院、地調、ときには国外からも加わって、話題は極めて多彩でした。私たちはその会をちょっとハイカラな気分で「ネオテクトニクス研究会」と名付けました。ネオテクトニクスという言葉はまだ珍しく、その語を冠した研究会は我が国で初めてでした。このようないくつもの研究室や専門分野を横につないだ勉強会が和気あいあいと永年続いたのは中心におられた萩原先生の広い視野と包容力のお陰です。

この会は合同調査と称してしばしば現地視察に出かけました。松代地震、三河地震、北伊豆地震の地震断層や糸魚川静岡線、阿寺断層、六甲断層帯、中央構造線など当時すでにホットになっていた有名活断層を訪ねました。合同調査では丹那断層での萩原先生が印象的です。先生は地質の若手とともに丹那の断層崖を草をかき分けて下りて来られました。先生は地質の者にひどいところに連れ込まれたとお思いだったかもしれません。笠原

先生からは「地質屋さんは歩きながらもの考えることができる」と意外なところをひどく感心されました。現地視察の夜は未来のネオテクトで解決すべき課題を考え毎回議論が弾みました。それらの議事録はいまでもつづく語り草の基になっています。例えばプレートテクトニクスが生まれてまもなくの1970年の諏訪湖荘での夜には、飛び入りの若きドン・マッケンジーさんも加わって「5年前には海洋底拡大説からプレートテクトニクスへの概念変更があった。これから5年後にはプレートよりもさらに適した概念が現れるだろうか？が議論された」（世話人岡田義光さん文責の議事録より）。それからすでに30年が過ぎ去ってしまいました。

1960年代といえば新潟地震と松代地震です。新潟地震での栗島のこと、萩原研のスタッフが煤書きのドラムなどを小屋で準備していました。電気がまだきません。東京へ報告すると、それならドラムを「手で回せ」という「おやじ」の指令が返ってきた、といって郎党があきれて苦笑していました。萩原研一同の観測への執念を感じました。

1970年代は伊豆半島での地震と隆起です。萩原先生は地質のことに強い関心をお持ちで、しばしば声を掛けて下さり、そのたびに畏まってお答え致しておりました。地質の話として、箱根の北の丹沢山地は地層がひどく変形していて断層も多く地殻変動の激しい地域です。それに反して伊豆半島は多少の断層はありますが地層は僅かに傾いているだけで第三紀以来の安定地塊です、などとご進講申し上げておりました。ところがそれから数

年後、東伊豆で地震活動が活発になりました。萩原先生は「君は伊豆は安定地域といったではないか」と少し咎められました。ちゃんと覚えておられたのです。

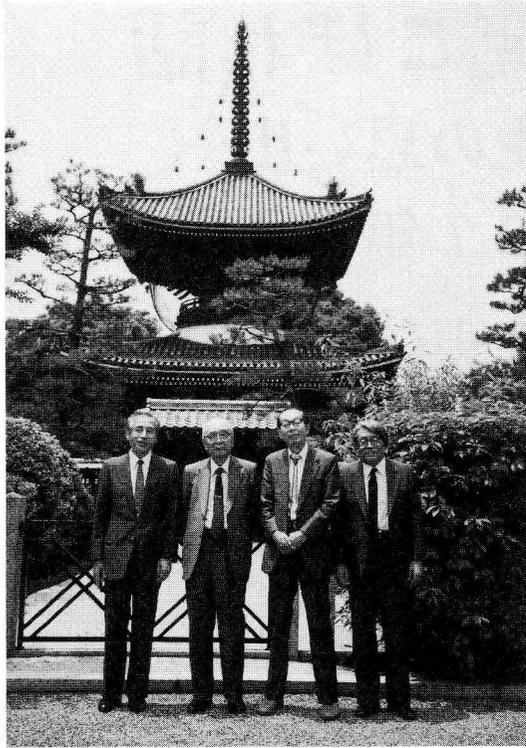
地震予知連絡会では1978年にそれまでの特定観測地域などの見なおしを行いました。見なおしメンバーにはもちろん萩原先生がおられましたが多分先生の口利きで私も加わっておりました。特定観測地域の中に「島根県東部」があります。特定観測地域の選定方針は①「過去に大地震があつて最近大地震が起きていない地域」、②「活構造地域」、③「最近地殻活動の活発な地域」、④「社会的に重要な地域」でした。この時の見なおしによって活断層の密集する阿寺断層を含む中部地方が新たに指定地域となり、また既設の神戸地域は京都・名古屋を含むように拡大されました。しかし島根県東部は上記の選定基準のいずれにも明確には該当しておらず、僭越にもこの地域は選定理由があまり顕著ではないように思いました。陰では萩原先生の直感があるに違いないとも思いました。それが今年の10月6日、この指定地域の東南隅でM7級の鳥取県西部地震が起きました。地質学者は先生の勲に脱帽です。

1970年代は活断層が象牙の塔から社会へ出た時代です。1974年伊豆半島沖地震で、石廊崎付近の既知の活断層が動いた、と新聞は大きく報道してくれました。またその頃、原子力発電所がいくつも計画されあるいは稼働しはじめました。その安全問題に活断層がしばしば登場しました。活断層という言葉が「現代用語の基礎知識」の中に収録されるようになったのもこの時代です。「活断層」という言葉が急に世に出たので、地学的な意味での「活」がなかなか理解されず、今にも動く断層あるいは今でも動いている断層という誤解だけが広まろうとしていました。「活断層」という言葉は一般の人々にいたずらに不安をあたえるから好ましくない。火山でいえば休火山に相当するのだから休断層と呼ぶべきだ、という声も少なからず耳に入りました。それはわが萩原先生の御意見でもあり直接それを伺うこともありました。この点だけは私も譲りませんでした。世界で通用して

いる active fault をなぜ日本でだけ「活」ではなく「休」断層としなければならないのか。日本国民の地学的時間視野の欠如の象徴ではないか、と憤慨しました。それから大分たってから、お手本とすべき火山で、それまで死火山とされていた木曾御岳が噴火して活火山となったり、気象庁の活火山の定義がより地学的な活断層のそれに近づいたりして、反抗した甲斐があつたと密かに満足しました。

しかし、萩原先生の地学びいきは相変わらずでした。1970年代の終わり頃、漸く出版にこぎ着けた「日本の活断層」の出版予告ビラの表紙に、地震予知連絡会会長の萩原先生から、その肩書き付で「推薦のことば」を頂きました。「地震予知計画がスタートしてからはや15年になろうとしている」という書き出しで始まるそのお言葉の中には「我が国の地震予知研究の一つの成果として諸外国に対しても誇ってよいと思う」「活断層は大地に刻まれた貴重な地震史であつて、これについての知識は、とくに、これから進められるべき内陸のいわゆる直下型地震の予測や防災対策を行うに当たって、極めて重要である」と述べておられます。当事者以外の、しかも地震予知のリーダーからでた20年も前の文章です。意義を的確に把握し未来を予測しておられます。私たちの感激は忘れられません。

1980年代は活断層に対するトレンチ調査開始の世代です。外国に遅れじと丹那盆地を掘ることになりました。地主さんの了解ももらい私たちはその地下に埋まっている夢を掘り起こす日を待っていました。準備はすべて整いましたが、しかし一つだけまだ欠けているものがありました。それは土地を掘るお金でした。その時、萩原先生は私たちの意気に感じて下さいました。各務記念財団からの援助によってそれが実現しました。これが、以後の地震予知計画による計画的トレンチ調査の魁となりました。翌年私たちが深さ7m、掘削土量1,000m<sup>3</sup>の大型トレンチを作ったとき、いち早く丹那盆地の現場に見えた大先生は萩原先生でした。丹那断層は横ずれが千米もあることを日本で初めて見出した久野久先生の舞台でありまし



萩原先生，古地震研究会メンバーとともに。  
（京都 安楽寿院にて，1988年7月。  
大長昭雄氏撮影）

たが，その後の私たちにとっても萩原先生とともに活断層調査事始めの地であります。

萩原先生との楽しい思い出は1970年代から1990年代まで10年以上も続いた古地震研究会のことで，この研究会は古地震解明へ向けての萩原先生を中心とする地震学者，歴史学者，地質学者，工学者などからなる文字通り学際的なユニークな小さな研究会でした。史料をよりよく読むため，しばしば各地の「古地震」の現場を訪れました。紀伊，鈴鹿，伊賀，大和，河内，京都，滋賀，若狭，丹後，阿波，伊予，相模など，旅行好きの先生との10年間の旅のあれこれの思い出が，「古地震」（1982），「続古地震」（1989），「古地震探究」（1995）などの成書とともに，今でも私たちの間に残っています。

ネオテクトニクス研究会といい古地震研究会といい，いずれもそのネイミングは時代を先取りしていました。その中心に先生がおられました。先生が生涯追究された「観測」の中には，活断層と古地震の世界も含まれていたのです。

先生は活断層のよき理解者でありました。40年にわたる先生から頂いた暖かい御配慮と御援助に心から御礼申し上げます。まことに至らぬ小生を，この長い間，常に励まして下さった先生。ご冥福を心からお祈りいたします。

# 地震予知研究こぼれ話

## —萩原尊禮先生の思い出—

### 萩原尊禮先生との7年と3カ月

#### 石原理恵

神田美土代町時代

私が（財）地震予知総合研究振興会に入りましたのは、平成4年8月でしたので萩原先生が84歳のときです。当時の振興会は、神田美土代町のビルの2フロアに、10数名の役職員だけという、極めてこぢんまりとした職場でした。先生と最初にお会いした時のことは覚えていません。恐らくあまりに緊張していたためだと思います。

あの頃の先生は、毎日午後2時くらいまでにご出勤されていました。いらっしゃると、まず、先生専用の湯呑にお茶を入れて、お持ちします。最初の頃は、地震界の大御所、重鎮、大先生と周囲から聞かされて、先生が恐れずではないのですが、近寄りたく、なかなか慣れませんでした。お茶をさっさとお出して、何かお知らせする事があっても、用件のみをお伝えして、済めばすぐに出てくるという状態でした。前事務局長の松本さんから、のちに伺ったのですが、先生が「今度の女性はあまり会長室に入りたがらないね。」と洩らされていたそうです。

3時頃になりますと、「先生、お食事はどうなさいますか。」と伺います。すると「いつものでいいよ。」とおっしゃいます。いつものとは、ホットコーヒーとチーズケーキです。このお食事は、私の入る前から続いているとのこと、毎日召し上げられていましたので、よほど好きなのだともほかの方々も思っていました。何年かのちに「先生は本当にチーズケーキがお好きなんです



写真 1 会長室にて  
平成11年4月20日

ね。」と言いますと、意外なお返事が返ってきました。「だって、いろいろ言うとお悪いだろ。」とおっしゃられたのです。そういわれてみれば、喫茶店では、チョコレートケーキなどを注文されていたことを思い出しました。先生のご配慮に長い間、気がつかず本当にこの時は、頭が下がりました。

時折、気が向かると「今日はラーメン食べてくるよ。」とお一人で出かけられました。お帰りが遅い時など心配で、そっと様子を見にいけますと、カウンターに座られて、ラーメンのおつゆなど、すすっていらっしゃいます。帰っていらして、「お味はいかがでしたか。」とお聞きしますと、「うまかったよ。」とアツアツを召し上がったばかりの赤いお顔で満足そうにいらっしゃいました。

神田界隈の地理はよくご存知で、「ちょっと、神田あたりの店をひやかしながら帰るよ。」と振興



写真 2 東濃地震科学研究所開所式  
平成 9 年 7 月 29 日

会をいつもより、早めに出られて、神田駅西口商店街の安売りショップや、文房具店などをまわって、商品をご覧になったり、気に入った物があれば買われたりしながら、お帰りになることもありました。いつでしたか、ワープロに興味をもたれて、ご自分でもやってみようと思われたようで、卓上用のものを買われました。誰かに操作方法を教わらなければと言う時に、このようにおっしゃいました。「こういう機械の使い方を教わるときには、いとも簡単に覚えてしまった人に教わってもだめなんだよ。苦労してやっと、覚えた人に教わるのがいいんだ。」このお言葉には、とても感銘を受けました。その後、そのワープロを使いこなされたのかどうかは、不明です。

美土代町におりました頃はよく原稿を書かれていて、急ぎのときなど、「今日書けなかった分は、うちで書いてファックスで送っておくから、明日来るまでに打つてね。」といわれて、お帰りになることが、時々ありました。翌朝、先生から届いているファックスを見ますと、送信時刻が午前 2 時とか 3 時、4 時と入っています。いくら学者さんとはいえ、84 歳を過ぎた方がこんな明け方まで原稿を書かれているなんてと、驚いてしまいました。のちに、奥さまから「昼夜逆転なんです。」と伺って納得いたしました。



写真 3 東濃出張  
平成 7 年 4 月 5 日

### 楽しいお話

勤めはじめて 2 年 3 年と経ち、徐々に慣れてまいりまして、先生といろいろなお話ができるようになってきました。先生は明治生まれの男の方にしては、とてもユーモアのセンスがおありで、楽しいお話や、お言葉がたくさんありました。その中にはまるで、時候の挨拶のように毎年繰り返されたものもあります。

毎年、冬の間は帽子をかぶられて、ご出勤なさいます。11 月下旬か 12 月上旬の肌寒くなってきた頃、その冬最初に帽子をかぶってご出勤された日、私は決まって同じ事を申し上げます。「先生、帽子、暖かそうですね。」すると先生も決まって「うん、チョッキ 1 枚違うよ。」と、ニコニコしながらおっしゃいます。「チョッキ」とおっしゃるところがいかに先生らしく、私は先生が帽子をかぶってこられた、最初の日に交わされるこの会話がとても好きで、毎年楽しみにしていました。この会話は平成 10 年の冬まで続きました。

「初めて頭にハエが止まったのがわかったときは、ショックだったよ。」とおっしゃられて、意味がすぐに理解できませんでしたが、よく考えてみて、吹き出してしまいました。何歳のときは伺いませんでしたが、「それは、きっと大変なショックだったのでしょね。」と、笑いかみ殺しながら、おなぐさめ(?) 申し上げました。

たまたま、会長室に入ったときに、どなたかと



写真 4 会長室にて  
平成 11 年 4 月 20 日

こんな艶っぽいお話をされていたこともありまし  
た。「女性の鎖骨ってのはね、出すぎていてもいけ  
ないし、隠れすぎててもいけないんだよ。」「は  
あー、そんなものなのですか。」と感心して、どの  
程度が理想的なのかと、考えてしまいました。

この他にも、筑波の観測所時代のタヌキに化か  
された話し等、楽しいお話の数々は私の大切な宝  
物となりました。

### 猿楽町時代

平成 7 年 1 月の阪神淡路大震災以降、急に会長  
室の人の出入りが増え、私などの計り知れないと  
ころで、何やら事が動き始めているのを感じまし  
た。11 月には地震調査研究センターが発足しまし  
た。平成 8 年 4 月、本部も猿楽町へ引っ越してま  
いりました。古本屋街も近くなって、いろいろな  
お店を見て歩くのをとても楽しみにしていらした  
のですが、先生はご出勤なさると、ほとんど会長  
室からお出になりませんでした。このビルは、大  
変わかりにくい場所にあり、タクシーの運転手さ  
んや、会議にいらっしゃる若い研究者の方も迷う  
ほどです。この年の 5 月、88 歳になられた先生に  
は、新しい地理に慣れることは容易ではなかった  
ようです。そして、やはり白内障の手術が期待に  
反してうまくいかず、慣れないところを歩かれる  
のは、億劫で、行動範囲が大分狭くなられたよう  
に思われました。平成 8 年の秋に一度だけ、古本



写真 5 米寿の会での萩原先生ご夫妻  
KKR  
平成 8 年 5 月 20 日

屋街を散策されました。4時から5時45分まで1  
時間45分もの間、一度も休まれずに、古本屋、骨  
董品屋、文房具店と歩き、ひとつひとつの品物を  
じっくりとご覧になっていらっしゃいました。お  
供した私も疲れたほどですから、さすがにお疲れ  
で、翌日1日だけお休みされました。

### 年寄り扱い

先生は姿勢、お肌のつやなどの見た目、そして  
お気持ちもとてもお若く、実際のお歳ほどには見  
えませんでした。また、ご自身も年寄り扱いされ  
る事、年寄りくさく見られる事をとても嫌がられ  
ておられました。

美土代町の頃も、猿楽町に来てからも、お帰  
りはいつも遅く、ほかに寄る用事がないかぎり、明  
るいうちにお帰りになることはありませんでした。  
夜7時過ぎには、正面玄関が締まってしまう  
ので、薄暗い、裏口の階段のある方から、出なく  
てはなりません。特に白内障の手術後、眼の具合  
も悪く、よくご自分のことを「片目、片耳なんだ  
よ。」とおっしゃっていたように、暗くなると、と  
ても見えにくそうでした。ビルの階段は手摺もな  
く、危険なので腕を出して、「先生つかまってくだ  
さい。」と申し上げても、「大丈夫だよ。」と決  
してつかまろうとはなさいません。他に見ている  
人などいないのに、人の腕につかまって階段を降  
りることなど、先生自身のお気持ちが許せなかつ

たのでしょうか。平成8年5月に予知連の関係者を中心に、先生の米寿の会が行われました。先生のご挨拶が長くなり、あんなに長く立ってらして大丈夫かしらと、ハラハラしておりました。ご挨拶を終えて歩かれたときは、足が少し突っ張っているように見えました。2~3段ある階段の下で待っておりましたら、そのときばかりはしっかりと私の腕をつかんで、かなりの体重をかけて降りられたので、相当お疲れだったのが伝わってまいりました。また、何十人もの方の前で、つかまって降りる姿など見せたくなかつたろうに、とも思いました。

昨年(平成11年)の春頃、お宅にお邪魔した折の事です。先生がお宅にいらして椅子に腰掛けて、いねむりばかりしているので、足が弱ってしまうと、奥さまはとてご心配されておりました。ご近所をお散歩されるよう勧められても、億劫がられて、なかなか動かない。足元が明るいうちでないと危ないので、暗くなる前に、「時は今よ。」と奥さまが発破をかけられても、やはり動こうとなさらない。結局、日が沈んでしまい、その日もお散歩ができない。「いつもこの繰り返しで、困ってしまいます。」と奥さまがお話しされておりました。すると、そこで90歳の先生が大真面目なお顔で申されますには「だってね、眼が悪いと年寄りくさく見えるだろ。」奥さまと顔を見合わせて大笑いしてしまいました。

5月11日の91歳のお誕生日にお電話で「おめでとうございます。91歳ですね。」先生、つまらなそうに「随分、高齢になっちゃったよ。」

## お別れ

平成11年にご出勤されましたのは、1月の新年会、4月の20日、26日の計3日間だけでした。4月20日はお電話で「きょうは、お天気が良いのでお散歩がてら、いらっしやいませんか。」とお誘いすると、思いがけず「では、行きましょうか。」とおっしゃったので、早速お迎えにまいりました。

この日、解析部の方が写真を撮りましたが、その写真が数カ月後に葬儀・お別れの会等で使われることになるとは、思いもしませんでした。私の日誌には、この日の先生の印象として、「少し、小さくなられたよう。」と、メモされていました。

4月26日が振興会への最後の出勤日となりました。当日、理学の方との打ち合わせの後、東濃地震科学研究所の会議の終わりに少しだけ委員の先生方の前に顔を出されました。

そして、私にとっては、10月4日に带状疱疹で入院された先生をお見舞いしたのが、先生とお会いした最後でした。

亡くなる4日前の11月10日には、お宅に書類を持ってお邪魔するつもりで、お電話いたしました。「大変ですから、お送りください。」と奥さまが話されている電話の向こうから、「特配で。」とおっしゃっている大きなお声が聞えてきました。あんなに大きな声が出せるほど、お元気なんだと、安心いたしました。

11月14日、日曜日、朝7時半に自宅の電話が鳴り、先生が亡くなられたとの、お知らせを受けました。

11月15日、お宅へ伺った日の日誌にはこう書かれています。

「先生は仙人のような、おだやかな、神々しいお顔だった。やはり、涙が出てしまった。」

先生が亡くなられて、もうすぐ1年になります。昔は、とても怖い先生だったと、よく伺いましたが、私の知っている先生はいつもニコニコしていらして、どなたのお話しもじっくりと、静かに聞かれていらっしやいました。偉ぶる事もなく、構えたところのない、常に自然体でいらした方でした。私のような者が7年と3カ月の間、お任せさせていただきましたことを大変幸せなことに、感謝いたしております。今も、会長室の写真の中の先生は、やさしく微笑みかけてくださっています。

# 伊豆諸島の地震・火山活動 (2000年)

## 岡田義光

### 1. 2000年伊豆諸島イベントのはじまり

西暦2000年伊豆諸島の地震・火山活動は6月26日夕刻に始まった。折しも東京の代々木で地球惑星科学関連学会合同大会が開かれた初日であり、19時過ぎ、小会合に出席していた筆者の携帯電話が鳴った。研究所に残っていた笠原敬司氏から、「三宅島で小さな地震がたくさん起き始め、島内に設置された傾斜計がどんどん動いている」という。第1発見者は地震予知総合研究振興会から派遣され火山データ処理にあっていた菊池昌江さんであり、彼女は18時30分を過ぎてそろそろ帰宅しようと思っていた矢先に異変に気付いたそうである。

電話を受けた際の第一印象は「大変なことになった」というよりも「信じ難い」という気持であった。三宅島は約20年周期の噴火という先入感があり、数年のうちにはそろそろと思っていたも、今日始まるという心構えはできていなかった。電話を受けても妙に現実感がない。周囲は静かであり、まわりの人達は誰もこの事実を知らない。ともかく気象庁に電話を入れてみたところ、何やら慌しい雰囲気があり、「これから緊急火山情報を出す準備をしている」という。ここで初めて現実に戻った。三宅島は短期決戦型の火山である。前回(1983年10月)の噴火では、群発地震が始まってからわずか1時間半で山腹噴火を生じた。そして今回は、伊豆大島噴火や伊東沖の地震火山活動でその有効性が実証された傾斜計という武器が、はっきりとしたシグナルを示している。噴火は間近いと実感でき、長い夜が始まった。

### 2. 活動初期の傾斜変動

防災科学技術研究所では、次の三宅島噴火に備えるため、数年をかけて島内の5地点に観測施設を整備してきた。主たる功労者は鶴川元雄、藤田英輔、山本英二の3名である。各施設では深さ約100mの観測井に高感度地震計と傾斜計が埋設され、また地磁気やGPS等の観測機材も併行して設置されている。問題の6月26日、18時30分頃より山頂部付近で小さな地震が起き始め、これと同期して傾斜計が動き始めた。19時を過ぎる頃には地震の回数が増え、傾斜計の動きも大きくなる。図1は、活動開始前後の24時間におけるMKE(伊豆)、MKS(三ノ宮)、MKK(神着)、MKT(坪田)、MKA(阿古)の5点(観測点の位置については図2を参照)における傾斜変動の時系列を示す。各々の観測点には東西・南北2成分の傾斜計が設置されているため、ここには計10成分のトレースが表示されている。全体はゆったりとした動きに見えるが、図中のスケール20 $\mu\text{rad}$ は通常時の傾斜変化表示に較べて100倍大きな値であり、きわめて激しい変動を示している(Ukawa et al., 2000)。

図1では、傾斜のトレンドが変わる節目をとらえて全体を4つの期間(Phase I~IV)に分けており、この各期間における傾斜下降ベクトルの分布図を描いてみると、図2ようになる。最初の2時間ほど(Phase I)は、まず三宅島南東部のMKT(坪田)においてのみ、東北東下がり約40 $\mu\text{rad}$ の大きな傾斜変化が見られた。6月26日19時33分に気象庁から緊急火山情報が出された時点では、このような傾斜の状況と島南西部での震源集中を根拠として三宅島南部が危険地帯である

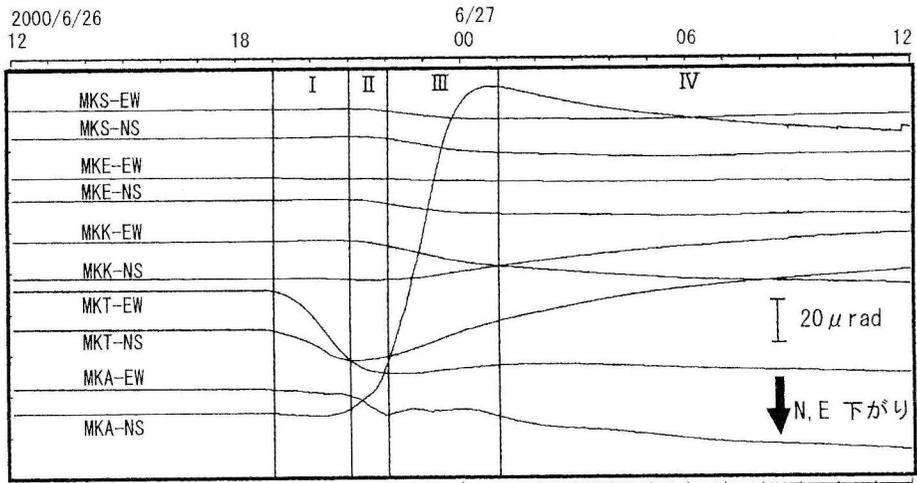


図1 三宅島内の5点における2000年6/26 12h~6/27 12hの傾斜変動 (防災科研)

との認識がなされ、住民の島北部への避難が開始された。これに続く Phase II (6/26 21h~22h の1時間) では、MKT の傾斜方向が東に転じると同時に傾斜速度が鈍化してくる。しかし、それと入れ替わるように、島南西部の MKA (阿古) では南南東下がり約  $20 \mu\text{rad}$  の傾斜変化が現れた。Phase III (6/26 22h~6/27 01h の3時間) に入ると MKA の傾斜はどんどん進み、ほぼ真南下がりに  $160 \mu\text{rad}$  もの巨大な変化に達した。この時期には MKT も南下がり約  $20 \mu\text{rad}$  の傾斜を見せ、それまで動きの小さかった北側3点の傾斜計も、ほぼ北下がりに  $10 \mu\text{rad}$  前後の変化を示した。

このようにめまぐるしい傾斜パターンの変化は、地下におけるマグマの貫入位置が時間とともに大きく変動したことを表わしている。図2の推移を見ると、当初のマグマ貫入はまず三宅島南東部に向かって試みられ、その後、島南西部への新たなマグマ貫入が始まってこちらの方が優勢になったものと見られる。6月26日23時頃に MKA の傾斜は  $100 \mu\text{rad}$  を超え、同時に、他の4点の傾斜もどんどん進んでいた。この状況は「今夜中にきっと噴火が起こる」との確信を抱かせるのに十分なものであった。しかし、その後、事態は思わぬ方向に二転三転する。

### 3. 地震活動の西方移動と海底噴火

6月27日に入って Phase IV (6/27 01時~12時の11時間) になると、MKA の傾斜は北東下がり急転して約  $30 \mu\text{rad}$  の傾斜量となる。この頃には、地震活動の中心が島内から三宅島西方の海域に移ったことが確認されており、また、同日午前8時半頃には三宅島の西方沖合いで海水の変色域が発見され、海底で小噴火のあったことが推察されるに至った。このため、島内での火山活動に関する危険性は当面去ったと判断され、住民に対する避難勧告も解除された。

図3は、今回の活動の初期における震源分布の推移を示す(気象庁, 2000 a)。当初は三宅島の中心部から南西部にかけて発生していた地震は次第に西方海域へと活動の中心を移し、6月27日の午後には、震源がさらに西方海域へ遠のいていったことがわかる。その後の海上保安庁水路部による海底地形調査によれば、島西岸に位置する大鼻の西方  $1.5 \text{ km}$  の海底に3つの重複する火口地形が認められ、また潜水艇を使った観察により、同海底には西北西~東南東方向に卓越する新鮮な割れ目が複数発見された(白尾ほか, 2000)。これらの調査結果に基づき、6月27日の午前に、噴出総量  $1000 \sim 3000 \text{ m}^3$  程度の海底噴火が三宅島西方のす

Phase I  
2000/6/26\_19:00-21:00

Phase II  
2000/6/26\_21:00-22:00

Phase III  
2000/6/26\_22:00-27\_1:00

Phase IV  
2000/6/27\_1:00-12:00

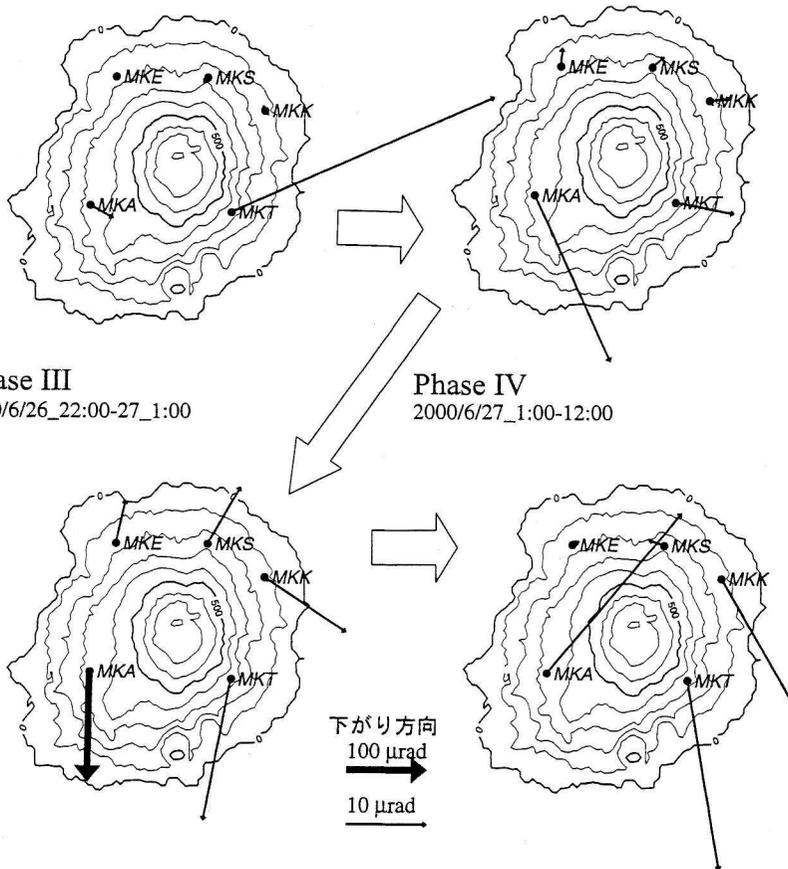


図2 図1中の4期間 (Phase I~IV) における傾斜下降ベクトル図

ぐ沖合いで生じたことが推定された。

#### 4. 神津島・新島周辺の地震活動

今回の一連の活動でもっとも特徴的、かつ事態を複雑にした事柄は、事件が三宅島の火山活動だけにとどまらず、神津島・新島周辺における激しい地震活動を誘発したことである。三宅島と神津島の中間海域まで移動した地震活動域の中で、6月27日午後からはM4以上、28日にはM5以上の地震が発生し始め、さらに29日には新島・神津島近海でもM5級を含む地震活動が生じた。

7月に入ってから地震活動はますます活発さを

増し、7月1日に神津島の東方沖でM6.4、9日にも神津島東方でM6.1、15日には新島北西岸近くでM6.3など、9月末までにM6級の地震5個を含む、我が国の地震観測史上例を見ないほど大規模な群発地震活動に発展した。図4に、三宅島・神津島・新島を含む海域で6月26日から8月31日までの期間に発生した地震の震央分布と時空間分布(気象庁, 2000c)、および6月26日から9月21日までに発生したM3.5以上の日別地震回数(気象庁, 2000d)を示す。M6以上の地震については発生日とマグニチュードが添えられている。東西方向および南北方向の時空間分布を見ると、初期の頃には地震活動が三宅島を出発して南東か

## 5. 三宅島雄山の噴火

神津島・新島近海での地震活動が活発化する中、静かになったはずの三宅島でも7月4日から島内を震源とする小地震が再び起こり始め、やがて7月8日18時41分には三宅島雄山でM5.1の地震が発生し、それと同時に山頂から初めての噴煙が上がった。この時、雄山の山頂では直径約1000 m、深さ約200 mの巨大な陥没を生じていたことが、明るくなってからの航空機による調査で判明する。この陥没火口は7月14日の噴火でさらに拡大し、直径1200 m、深さ500 mに及んだ。

この間、地殻変動でも大きな異変が続いていた。図1に示した島内の傾斜計記録はPhase IVで落ち着く方向にあるように見えるが、実は、このあと単調ながらもどんどん傾斜量を増し、島全体が大きく南西方向に傾く動きを見せた。この頃には、国土地理院によるGPS観測からも地殻変動の全容が見え始め、海底噴火の後、島全体の収縮と南部の沈降が速いスピードで進んでいることが確認された。今回の事件が始まる前の6月25日から9月中旬までの累積では、島の直径の短縮量および南岸の沈降量はいずれも1 mを超えている(国土地理院, 2000 b)。

図5には、2000年6月25日～8月23日の60日間における傾斜変動の時系列と、GPSによる北西～南東方向(三宅1～三宅2)の基線長変化および南西岸の基準点(三宅4)の上下変化とを並べて示す。火山活動の変化に伴って傾斜変動のパターンにも時間的な変遷が見られ、図5では全体を4つのステージに分けている。これらのうち、図1に示した当初24時間の変化は、「第1ステージ」と書かれたパルス的な部分に相当している。第2ステージ(6/28 12:00～7/7)では、各地点が緩和型のカーブを描きつつ単調な一方向への傾斜を増し、その量は数10 $\mu$ radに達した。傾動の方向は図6のベクトル図に示されるように複雑だが、全体としては島全体が南西方向に傾くセンスである。

第3ステージ(7/8～8/18)の傾斜記録には、特

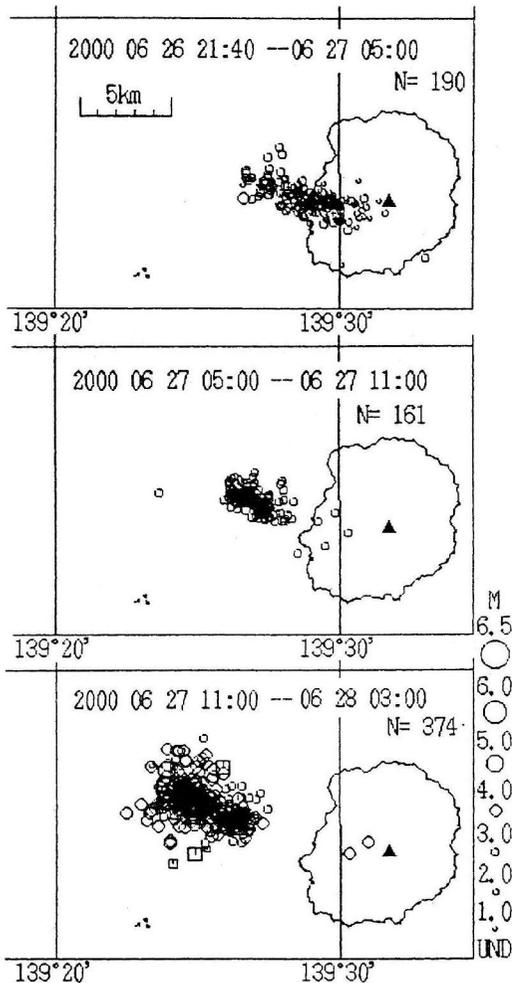


図3 三宅島周辺における2000年6/26 21:40～6/28 03:00の震源分布(気象庁)

ら北西へと移動していったことが明瞭に読み取れる。また、主な地震活動域は真っ黒になっている三宅島と神津島を結ぶ帯状領域であるが、7月以降その活動は北西端から北に伸び、新島・利島近海に達する一方、7月末には中心活動域の南東端から南へも地震活動が拡大し、7月30日には三宅島南西沖でM6.4の地震が発生した。このように激しい地震活動は約2カ月間継続したが、図4にあるM3.5以上の地震の日別回数変化に示されるとおり、三宅島雄山で最大の山頂噴火があった8月18日頃を境として、全体の地震活動は衰退していった。

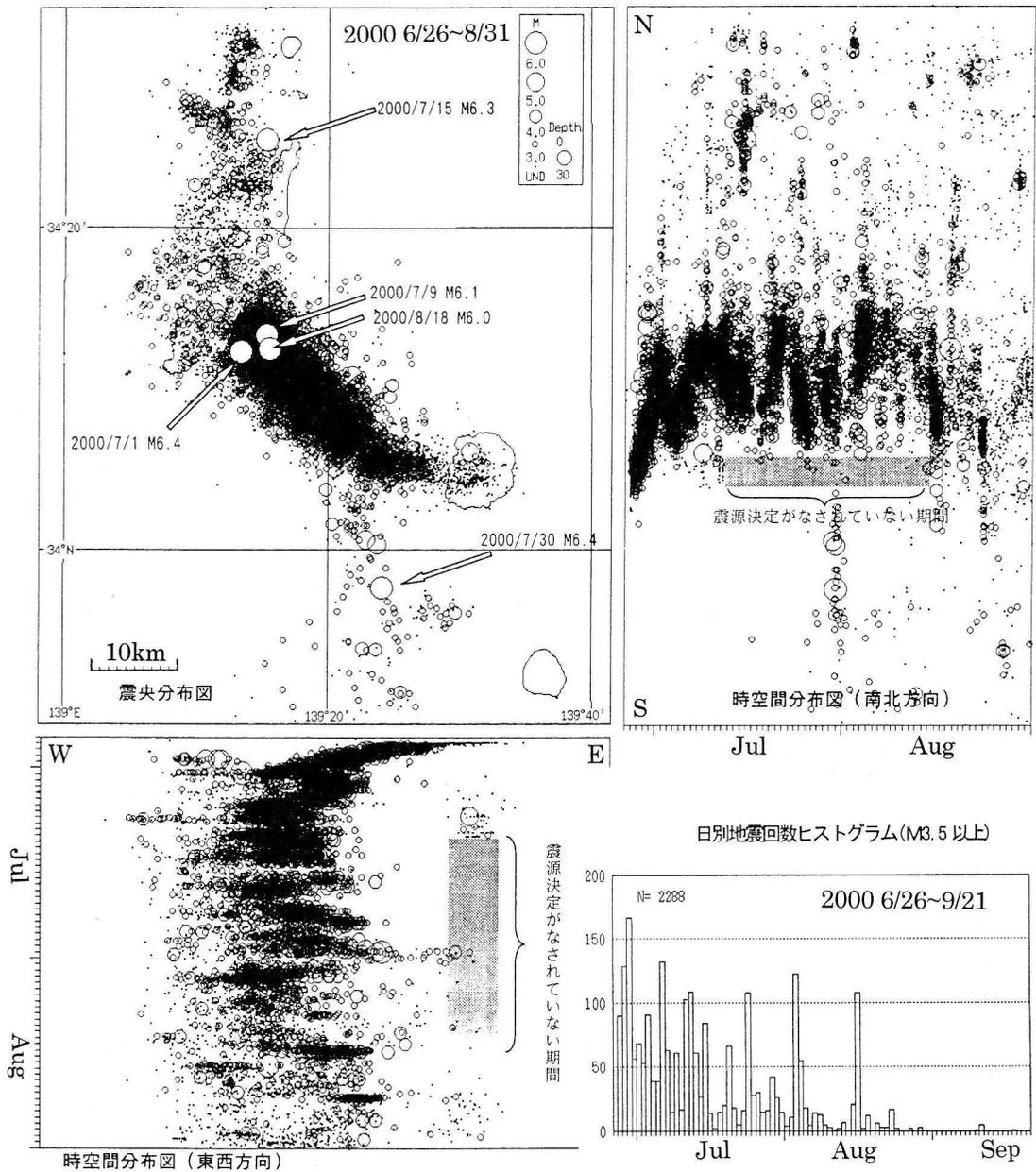


図 4 三宅島・神津島・新島近海における 2000 年 6/26~8/31 の震源分布と時空間分布, および 6/26~9/21 における M3.5 以上の日別地震回数 (気象庁)

微的な鋸歯状の変化が重畳している。これは、図 6 の代表例に示すように、概ね山頂下がり方向のゆっくりとした傾動が数時間~数 10 時間続いたのち、突然、山頂上がり方向に数  $\mu\text{rad}$  の急激な「傾斜ステップ」を生じる現象が 46 回にわたって繰り返された結果である。このステップ現象は、

山頂直下での急速な膨張運動を表わしているものと推定されるが、きわめて珍しい記録である。最初のステップは 7 月 8 日の山頂初噴火と同時に出現し、これに先立って MKT では山頂方向 (北西) 下がり約  $20 \mu\text{rad}$  の傾斜変化が見られた。その後、1 日に 1~2 回の頻度でこのようなステップ現

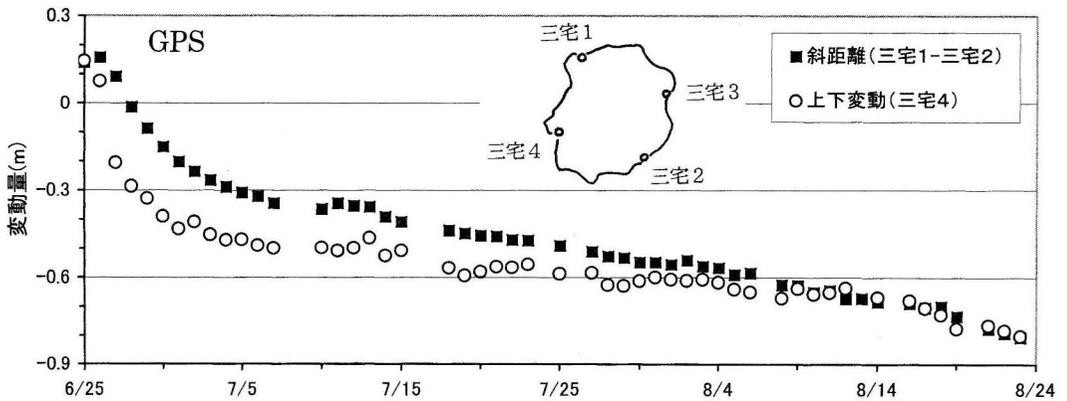
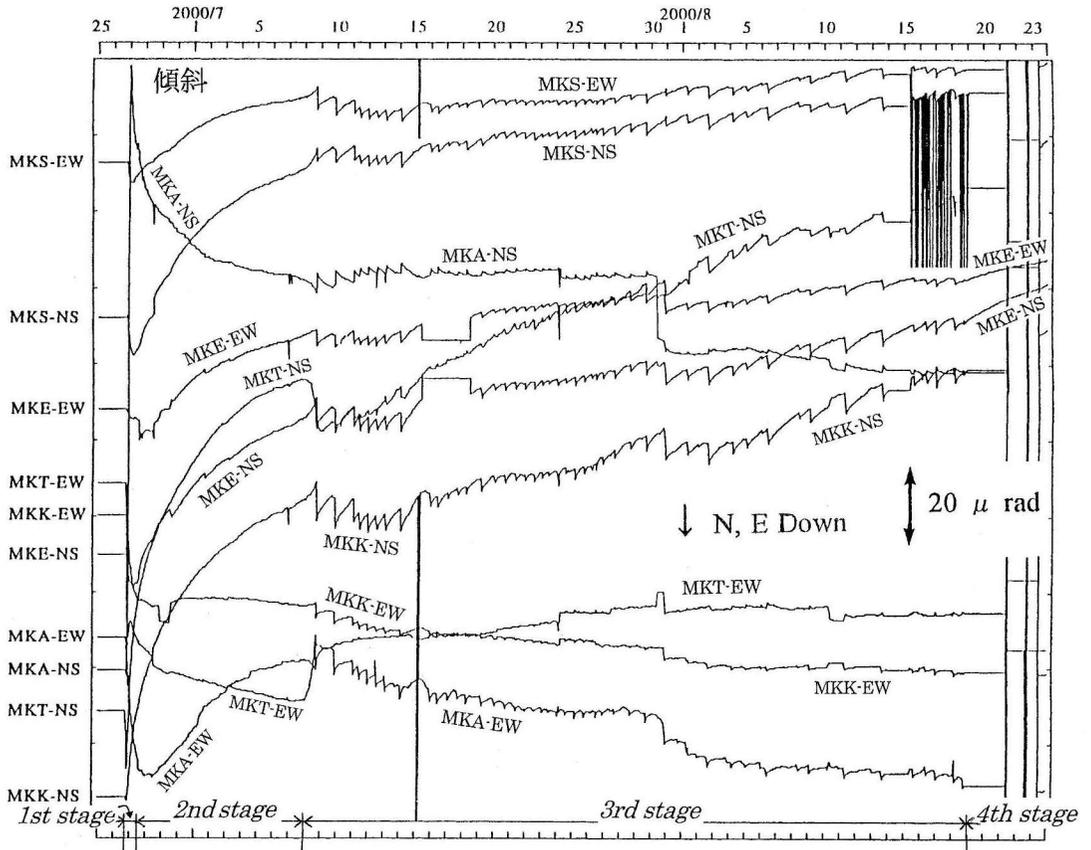


図5 三宅島内の5点における2000年6/25~8/23の傾斜変動(防災科研:上段)と、GPSによる同期間の北西~南東方向の基線長変化および島南西部の沈降(国土地理院:下段)

象が間欠的に繰り返されたが、8月18日に発生した最大噴火以降は、このような現象が現われなくなった。ステップを生じる時間間隔は当初12時間前後であったが、7月末頃からは間隔が長くなるなど不規則に変化しており、とくに明瞭な周期性は見られない。また、高感度地震計や広帯域地

震計による観測結果によれば、ステップが発生する直前の期間には低周波地震の発生頻度が急増し、ステップ時には周期100秒程度の大振幅地震波が放出されたのち、地震活動が突然静かになるという現象が繰り返確認された。なお、最初(7月8日)と最後(8月18日)のステップを除いて、

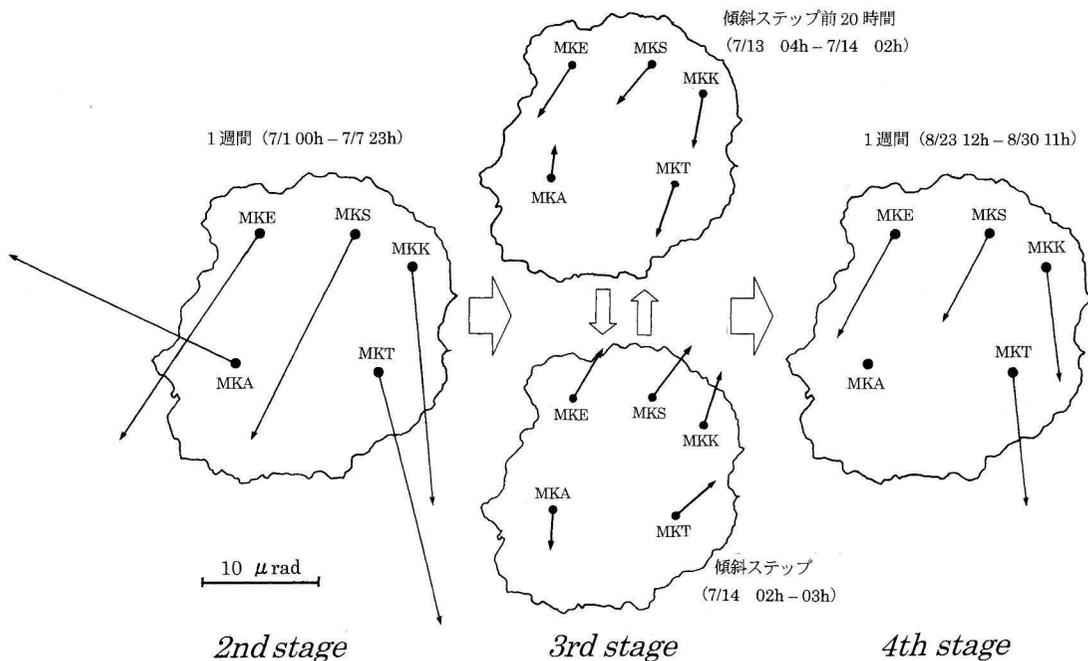


図6 図5中のステージ2~4における代表的傾斜下降ベクトル図

上記ステップ現象と山頂噴火の発現時刻とは同期していない。

第4ステージ(8/19~)の当初、すなわち8月18日の大噴火直後から数日の間は、MKEを除く4観測点が通信障害のため欠測状態となってしまった。しかし、その回復後最近までのデータによれば、この期間の傾斜変動パターンは第2ステージと非常によく似ており、その傾動速度は第2ステージにおける値の約半分であるという観測結果が得られている(図6)。

これらの複雑な地殻変動、とくに傾斜ステップを生じるメカニズムについては、地下に閉じ込められた水蒸気爆発であるとか、上下の地下隔室をつなぐサイホン構造であるとか、いくつかのモデルが提案されているが、まだよくわかっていない。8月18日以降も山頂噴火は断続的に繰返されているが、これらに伴っての傾斜変化はほとんど観測されていない。また、島内の地震活動もめっきりと少なくなった。マグマが岩盤をバリバリと割って貫入してきた当初の時期には、地震計や傾斜計等によって地下の動きをはっきりと捉えることができたが、山体直下の舞台が出来上がり、主

役が固体部分の動きから地下水や水蒸気・火山ガスといった流体部分に移ると、表面現象の派手さとは裏腹に、固体部分の動きは微かなものになってしまうようである。よく準備された高感度観測の体制を敷くことによって、火山噴火の始まりを検知することはかなり確実にできるようになったが、その先の推移を予測することは、やはりまだ大きな難問として残っている。

## 6. 伊豆諸島地域における過去の地震活動

本節では、伊豆諸島地域におけるこれまでの地震活動について概観する。図7は、1885年から1999年までの115年間に伊豆半島周辺および伊豆諸島近海で発生した、M5以上で深さ30km未満の地震の震央分布を示す。この図を見ると、今回の地震活動を生じた場所は歴史的にも地震活動の高い地域であったことがわかる。とくに、今回M6級の地震が集中した神津島東方海域では過去にも2つのM6級地震が発生しており、それらは1890年4月16日のM6.8および1957年11月11日のM6.0である。

図7に示された地震のうち、伊豆諸島地域で発生した被害地震として知られているものを理科年表から抜き出してみると、以下のような事例がある。

- (1) 1890年4月16日三宅島付近の地震 (M6.8) : 三宅島で海岸が崩れ、道路を埋め、亀裂を生じた。
- (2) 1900年11月5日御蔵島・三宅島付近の地震 (M6.6) : 4日より前震があった。御蔵島、三宅島・神津島で家屋半壊や海岸の崩壊があった。
- (3) 1936年12月27日新島近海の地震 (M6.3) : 新島・式根島で死3、家屋全壊39、半壊473、崖崩れが多く、26日頃から前震があった。
- (4) 1957年11月11日新島近海の地震 (M6.0) : 新島・式根島で石造家屋に被害があった。6日頃より前震。
- (5) 1962年8月26日三宅島の地震 (M5.9) : 8月24日に三宅島噴火、これに伴い地震があり、住家破損141。翌年8月まで続いた。
- (6) 1967年4月6日神津島近海の地震 (M5.3) : 神津島で傷3、式根島で住家全壊7、半壊9。

以上の記述を見ると、地震活動は群発的な性格であった傾向が強く伺われる。なお、(1)と(4)は、それぞれ三宅島付近および新島近海と書かれているが、上に述べた通り、これらはいずれも神津島すぐ東方の地震である。また、上記の中で唯一死者の記述があり「新島地震」として知られる(3)は、その震央位置が図7では新島と伊豆半島南端の石廊崎との間にプロットされているが、気象庁(2000a)の浜田信生氏による震源再計算によれば、この地震は新島南部直下のごく浅い地震であったとの推定がなされている。

次に図8は、防災科学技術研究所の微小地震観測網による観測結果に基づく、伊豆半島から伊豆諸島にかけての最近約20年間の浅発地震活動の様子を示す。ただし、1980年代前半は観測網の建設途上であったため、地震の検知能力は十分でない。また、2000年7~8月についてはデータの未処理部分が多く、ここでは抜き取りで決められた震源のみがプロットされている。

図8では、伊豆半島の伊東沖と伊豆諸島地域に

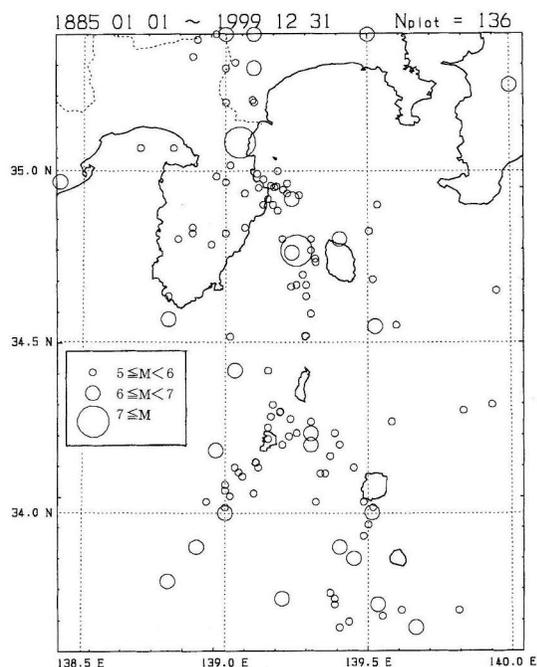


図7 1885~1999年に伊豆諸島地域で発生したM5以上、深さ30km未満の地震の震央分布

おける地震活動がひとときわ顕著である。伊東沖では1978年6月より群発地震活動が繰り返されてきたが、1998年4月のイベントを最後として活動は沈静化している。伊豆半島東部で長年続いてきた地殻隆起も現在はほぼ止まっており、長かった伊豆半島東方沖群発地震活動も、ちょうど20年を経過して終息を迎えたように見える。

一方、新島・神津島から銭州海嶺に連なる海域では、図8の時空間分布に見られるとおり1991年頃より地震活動が活発化し、年に1~2回の割合で断続的に群発地震を繰返してきたことがわかる。この図に表わされている顕著な地震を発生順に示すと、以下のようなものがある(Mの値は気象庁による)。

- (1) 1980年6月27日 伊豆半島東方沖地震 (M6.7)
- (2) 1983年10月3日 三宅島南方沖 (M6.2)
- (3) 1986年11月22日 伊豆大島南方沖 (M6.0)
- (4) 1989年7月9日 伊豆半島東方沖 (M5.5)

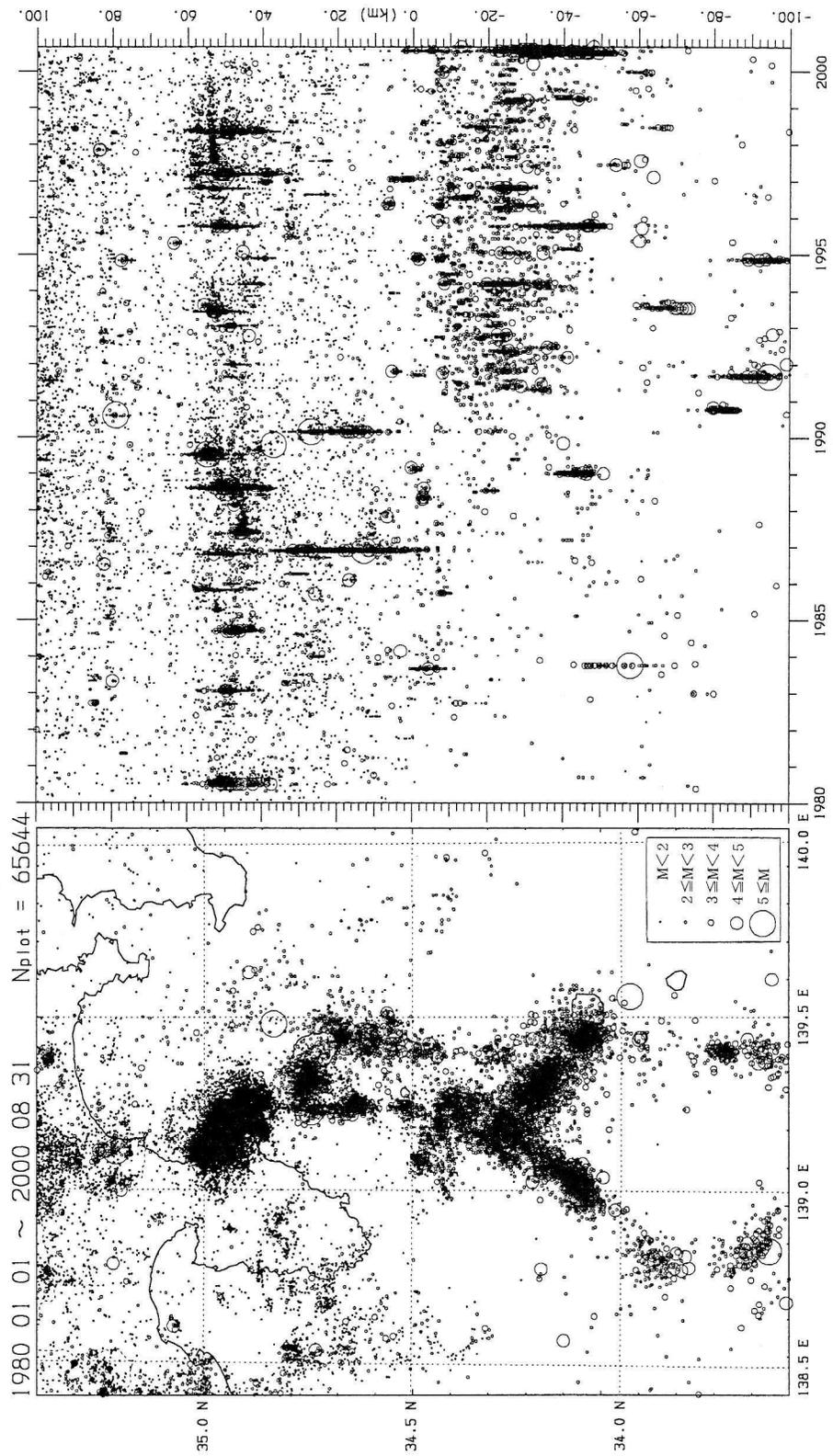


図 8 1980年1月から2000年8月までの期間に伊豆半島・伊豆諸島地域で発生した深さ30 km未満の地震の震央分布と時空間分布 (防災科研)

(5) 1989年10月14日 伊豆大島北東沖 (M 5.7)

(6) 1990年2月20日 伊豆大島近海 (M6.5)

(7) 1990年8月5日 小田原付近 (M5.4)

(8) 1991年9月3日 銭州海嶺付近 (M6.3)

これらのうち、(1)と(4)は伊東沖群発地震の震源域の中で発生した地震であり、また、(2)と(3)はそれぞれ1983年三宅島噴火、1986年伊豆大島噴火に伴った地震である。ところで、図8の震源分布全体は頭・腕・腰・両脚を備えた巨人のように見える。うつむいて東海地方に向かおうとしているのか、それとも、顔を上げて関東地方をめざしているのか、それは定かでない。

## 7. 過去の群発地震や大地震との比較

伊豆諸島地域における今回の地震活動は大変に活発なものであるが、その活動度を、我が国にお

ける過去の大規模群発地震や大地震の余震活動と比較してみよう。

群発地震といえば、我が国では1965～1967年に長野市松代町付近で発生した松代群発地震と、1978～1998年に生じた伊東沖群発地震が有名である。どちらの活動もおびただしい数の有感地震を発生させ、また、地震活動に同期して伸縮や傾斜などの顕著な地殻変動を伴ったことが、共通の特徴として知られている。

この2つの群発地震のほか、近年における大地震として、ここでは1983年日本海中部地震 (M7.7)、1993年北海道南西沖地震 (M7.8)、1994年北海道東方沖地震 (M8.1)、1995年兵庫県南部地震 (M7.2) の4つを取り上げる。いずれの地震も大量の余震を伴ったことは周知のとおりである。

これらの群発地震活動や大地震の余震活動を今回の神津島・新島近海の群発地震活動と比較するため、気象庁(2000b)の資料にならって、活動期間

表1 過去の群発地震活動および大地震の余震活動と2000年神津島・新島近海の群発地震活動との比較 (M4以上の地震数)

	M≥4 個数	期 間	範 囲
2000 伊豆諸島群発地震	590	2カ月間 (2000/6/26～8/25)	33.7 N～34.6 N 139.0 E～139.6 E H=0～30 km
1965-1967 松代群発地震	225	2年間 (1965/8/1～1967/7/31)	36.3 N～36.7 N 137.9 E～138.5 E H=0～30 km
1978-1998 伊東沖群発地震	125	20年間 (1978/6/1～1998/5/31)	34.8 N～35.1 N 139.0 E～139.3 E H=0～30 km
1983.5.26 日本海中部地震 M7.7	314	2カ月間 (1983/5/26～7/25)	39.9 N～41.6 N 138.4 E～139.6 E H=0～60 km
1993.7.12 北海道南西沖地震 M7.8	195	2カ月間 (1993/7/12～9/11)	41.5 N～43.5 N 138.5 E～140.1 E H=0～60 km
1994.10.4 北海道東方沖地震 M8.1	792	2カ月間 (1994/10/4～12/3)	42.5 N～44.2 N 145.8 E～148.7 E H=0～90 km
1995.1.17 兵庫県南部地震 M7.2	50	2カ月間 (1995/1/17～3/16)	34.3 N～34.9 N 134.7 E～135.5 E H=0～30 km

中の M4 以上の地震数で比較してみると、表 1 のようになる。今回の群発地震では、活動開始から 2 カ月間における M4 以上の地震数は約 600 回に達しており、これは、松代群発地震の 2 年間の総計や伊東沖群発地震の 20 年間の総計をはるかに上回っている。発生した地震の数としては、M8 級巨大地震である 1994 年北海道東方沖地震の余震数に匹敵しており、今回の地震活動が如何に大規模なものであったかということがわかる。少なくとも、群発地震としては、我が国の地震観測史上最大のものであったということができよう。

### 8. 元凶はマグマか？

ところで、今回伊豆諸島地域で発生した稀に見る大規模群発地震の元凶は何なのであろうか？三宅島の地震活動や火山活動が同島下より供給されたマグマによるものであることは異論のないところであろう。しかし、それに続いて、神津島・新島近海、そして利島の付近にまで拡大した地震活動の原因はどこにあるのか。当初、地震活動が三宅島から西方沖合いに移動してゆき、ついに M6.4 の地震が神津島東方沖に発生した 7 月 1 日頃までは、三宅島の火山活動が周辺地域を刺激したため、という程度の解釈しかなされていなかった。しかし、その後も M5 級、M6 級の地震が次々と発生するに及んで、単なる影響説では済まされなくなってきた。

地震の原因を考える場合に、震源分布だけ眺めてあれこれ想像していても埒はあかない。地震というのは、地殻内に蓄えられた歪エネルギーが限界に達して、岩盤を破壊させる現象である。地震の発生は地震の一生の最後の瞬間の姿であって、地震現象の本質は、むしろそこに至るまでの間に歪が蓄えられていく過程にある。したがって、地震を起こす場がどのように変形していくか、すなわち地殻変動を把握するということが重要になる。元来、地殻変動の測定は大変に骨の折れる作業であったが、近年、我々は強力な武器を手に入れた。言うまでもなく GPS である。

活発な地震活動に同期して新島・神津島周辺で

は顕著な地殻変動が現われ、国土地理院 (2000 a) の GPS 観測結果によれば、2000 年 6 月 25 日から 8 月 15 日までの間に、神津島は南西方向へ 55 cm、式根島は南東方向へ 20 cm、新島は北北東方向へ 25 cm、利島も北北東方向へ 10 cm、それぞれ水平移動していることが認められた (図 9)。このように大きな変動は、浅い M7 級以上の地震に伴う永久変形として現れることがあるが、その場合は地震をはさんだ不連続的な変化として観測される。しかし、図 9 の水平変動は 1~2 カ月をかけて成長してきたものであり、これは火山性の地殻変動と考える方が妥当である。

一般に火山性地殻変動を解釈するモデルとしては、膨張源や開口断層が用いられる。膨張源は球状マグマだまりの増圧に、また開口断層は岩脈状マグマの貫入に対応しており、それぞれ、山頂噴火と側噴火のモデルとして用いられる場合が多い。図 10 に膨張源および垂直な開口断層による地表面の上下変動および水平変動の様子

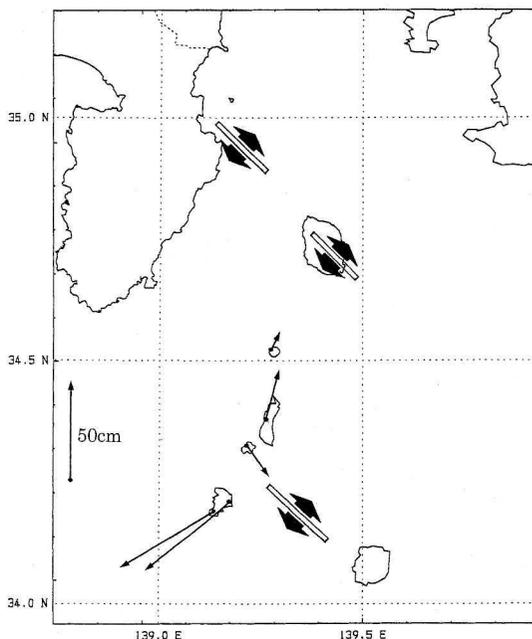


図 9 GPS で検知された新島・神津島周辺における 6/25~8/31 の間の水平変動と、これを説明する概念的岩脈貫入モデル。1986 年伊豆大島噴火と伊豆半島東部の異常隆起に対する岩脈貫入モデルも同時に示す。

(Okada, 1992) を示すが、膨張源による変形場が単純な点対称パターンとなるのに対し、開口断層による変形場はより複雑なパターンとなる。上下変動については、開口断層の直上に小判形の沈降領域が現われ、その両側が大きく隆起する。また、水平変動については開口方向に大きな伸びが現われ、それと直交する方向には若干の短縮が現われる。このことから、図9に見られる変位場は、三宅島と神津島間の震源配列に沿って開口断層を置くことで、すなわち、マグマ貫入による岩脈の形成を考えることで第1近似的には説明できることがわかる。ただ、このマグマの起源については、三宅島から横に移動したとする説と、神津島近くの新たなマグマが上昇したとする説があり、どちらが適当であるかは決着がつかない。

図9には、2000年伊豆諸島イベントに関する岩脈貫入モデルとともに、1986年伊豆大島噴火に対する岩脈貫入モデル(橋本・多田, 1988)および伊豆半島東部の異常隆起を説明するために提出された岩脈貫入モデル(Tada and Hashimoto, 1991)も示してある。1989年7月に伊東沖で小規模なマグマ水蒸気爆発が起こり、手石海丘を誕生させた事件に対して提出された岩脈貫入モデル(Okada and Yamamoto, 1991)も、断層の走行は

これと同じである。これらの開口断層の走向は、いずれもフィリピン海プレートの進行方向、すなわち当地域における最大主圧力方向に平行している。これは、マグマ貫入による開口が、もっとも抵抗の少ない最小主圧力方向(最大主圧力方向と直交する)になされるためである。

図9のような岩脈貫入があると、北東～南西方向への効果的な地殻伸長が生じる。このため、房総半島の南端あたりでも北東方向への水平変位が期待される。図11は、通信総合研究所(2000)が首都圏に展開するVLBI観測網によって検知された、鹿嶋～館山間の基線長変化を示す。伊豆諸島での地震活動に同期して1.5カ月間に約4cmの明瞭な短縮を見せたのち、8月中旬頃からは変動が鈍化している。館山は伊豆諸島地域から約100kmの位置にあり、伊豆諸島で起こっている活動の全体を見渡すのに最適な場所である。広帯域地震計で遠方の地震を点震源とみなしてCMT解や地震モーメントを求めるのと同様に、館山の変位は、伊豆諸島で起きている出来事の全体を積分的に眺める良い指標となる。館山の北東進が鈍化してきていることは、伊豆諸島地域の地震活動が全体として終息に向かっていることを示すひとつの証左といえよう。

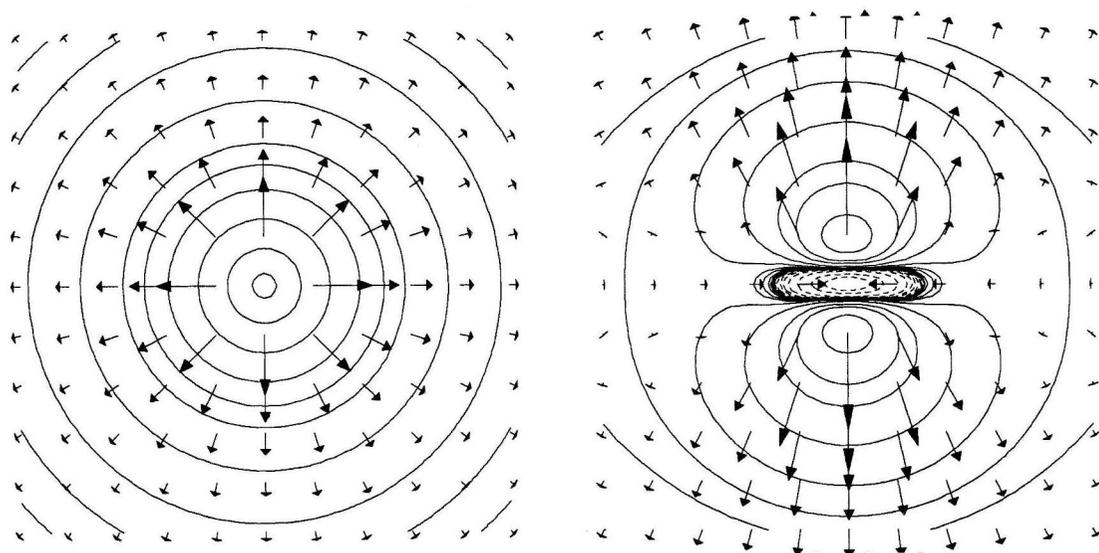


図10 膨張源(左)および開口断層(右)による地表面の変形パターン。コンターの実線は隆起、破線は沈降を示し、矢印は水平変動を表わしている。

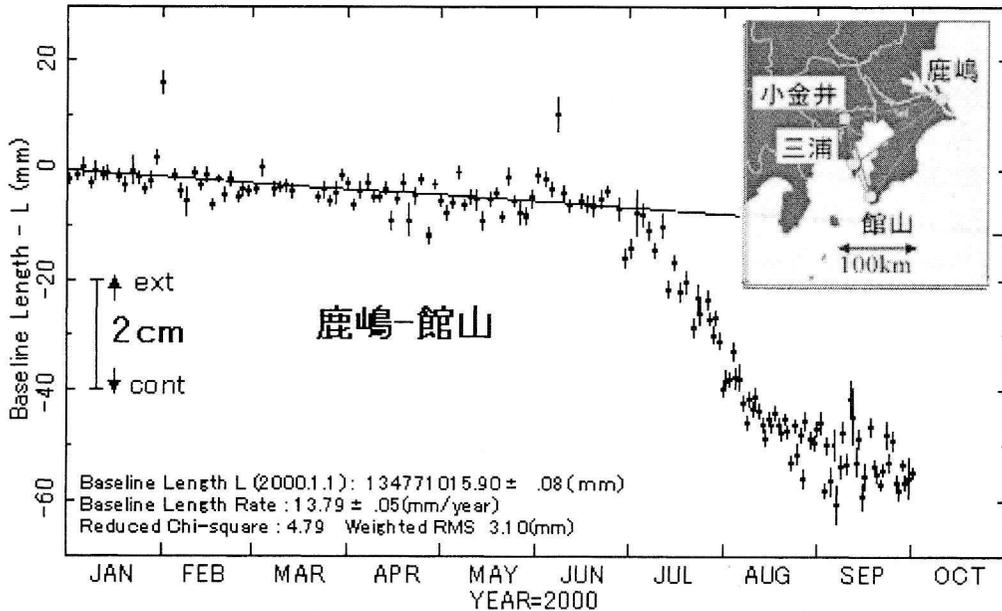


図 11 VLBIによって検知された2000年1月～10月2日における茨城県鹿嶋と千葉県館山間の基線長変化 (通信総研)

### 9. 周辺への影響は？

最後に、今回の新島・神津島周辺地域で発生した地震活動が周辺地域に及ぼす影響について言及する。三宅島の火山活動に重なって、神津島・新島近海で大規模な群発地震活動が続くという異常な事態となったため、世上では不安感が増幅され、これらの活動が首都圏や東海地方における大地震の発生につながるのではないかとの懸念が広まった。

前節にも述べたように、地震は歪の蓄積が限界に達した際に生じる岩盤の破壊現象である。歪の蓄積に影響を及ぼす自然現象としては、主に次の3つがある。(1)プレート運動：広い範囲に歪を貯めてゆき、プレート境界では100～200年、活断層では数千年で臨界値に達する。(2)地震発生やマグマ活動：近傍の領域に歪を再配分する。影響を及ぼす側と受ける側の位置関係に応じて、地震の発生を促進する場合と抑制する場合とがある。(3)月および太陽の引力：潮汐現象として、あらゆる場所に周期的な歪を加えたり除いたりする。

今問題となるのは(2)であろうが、近傍の領域というのはどのくらいの範囲を指すのか？ それは、概ね地震・火山活動を生じている源の広がり程度の範囲と考えてよい。地震による揺れの大きさは震源からの距離に逆比例して小さくなり、また永久変位は距離の2乗に逆比例して小さくなるのに対し、歪はもっと急速に、距離の3乗に逆比例して小さくなる。現象の起きている場所から遠ざかると、そこから及ぼされる歪はあっという間に小さくなるのである。

今回の活動の中で最大の地震はM6.4であり、その断層長は12～13km程度であるから、影響の及ぶ範囲も15kmくらいまでである。また、おびただしい数の地震をすべて加え合わせても、そのエネルギーはM7.0の地震1個分くらいであるから、影響を及ぼす範囲はせいぜい30km程度と考えられる。これがM8の地震であったならば、その影響は100kmくらいの範囲にまで及ぶであろう。実際に、神津島東方で発生したM6.4の地震モデルによって東海地震への影響を正確に見積もった結果によれば、その大きさは日常的に生じている潮汐力による影響の数分の1に過ぎず、し

かも、低角逆断層としての地震発生を抑制するセンスであった。今回のように激しい群発地震や火山活動があっても、その影響はごくローカルな範囲にとどまり、遠隔地へ飛び火するようなことを不必要に恐れる必要はないと言える。

ただ、日本は世界有数の地震・火山国であり、それぞれの地域がそれぞれの事情によって足元に火種を抱えている。周辺で何が起こったかということにはかかわらず、個々の足元の状況に応じて、次の地震・火山活動への準備は着々と進められていることを忘れてはならない。

### 参考文献

- 橋本 学・多田 堯, 1988, 1986年伊豆大島噴火前後の地殻変動, 火山, 33, S136-S144.
- 気象庁, 2000 a, 第176回地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会(平成12年7月3日)提出資料.
- 気象庁, 2000 b, 第138回地震予知連絡会(2000年8月21日)提出資料.
- 気象庁, 2000 c, 平成12年8月地震・火山月報(防災編).
- 気象庁, 2000 d, 第178回地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会(平成12年9月25日)提出資料.
- 国土地理院, 2000 a, 第138回地震予知連絡会(2000年8月21日)提出資料.
- 国土地理院, 2000 b, 第178回地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会(平成12年9月25日)提出資料.
- Okada, Y. and Yamamoto, E., 1991, Dyke intrusion model for the 1989 seismovolcanic activity off Ito, central Japan, *J. Geophys. Res.*, 96, 10361-10376.
- Okada, Y., 1992, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82, 1018-1040.
- 白尾元理・中田節也・金子隆之・長井雅史・鴨野岳人・下司信夫・野上健治・平林順一・金沢敏彦, 2000, 三宅島2000年噴火でできた海底火口群の潜水艇観察, 日本火山学会講演予稿集, No. 2, A 05.
- Tada, T. and Hashimoto, M., 1991, Anomalous crustal deformation in the northern Izu Peninsula and its tectonic significance —tension crack model—, *J. Phys. Earth*, 39, 197-218.
- 通信総合研究所, 2000, 要石計画ホームページ (<http://ksp.crl.go.jp/>)
- Ukawa, M., Fujita, E., Yamamoto, E., Okada, Y. and Kikuchi, M., 2000, The 2000 Miyakejima eruption: Crustal deformation and earthquakes observed by the NIED Miyakejima observation network, *Earth Planets Space*, 52, xix-xxvi.

# 地震発生過程における アコースティックエミッション応答

アンドレー ゴルバチコフ オレグ モルチャノフ  
早川正士 上田誠也 服部克巳  
長尾年恭 アレクセイ ニコラーエフ

## はじめに

最近、地震に関連するアコースティックエミッションを検出する試みがいくつかなされている。しかしながら、アコースティックエミッションの振幅は周波数が高くなるとともに急激に減衰するという性格をもつ極めて弱い信号のため、これまでに報告されている結果は説得力があるとはいえない。本論文では、長野県松代の気象庁精密地震観測室大坑道の中で観測されたアコースティックエミッションについて報告する。センサは坑道内のかぶり方が約 100 m の場所に設置してあり、感度が周波数の 3 乗に比例して高くなるような特性をもつ特殊な磁気弾性型検出器を用いている。震央距離が観測点から 20~150 km で、マグニチュードが 3~5 の地震に関して、30, 160, 500, 1,000 Hz の 4 周波数帯にてアコースティックエミッションを解析した。その結果、近傍で発生したいくつかの地震の約 12 時間前からアコースティックエミッションの活動度が上昇し始め、また地震の約 12 時間後にそれが減少することが発見された。

## アコースティックエミッションとは

岩石内の微小破壊から生じるアコースティックエミッションは、室内の岩石破壊実験により発見

された (Mogi, 1962 ; Brace et al., 1966)。室内実験で生じるアコースティックエミッションの周波数領域は  $f=0.1\sim 40$  MHz であり、 $f\sim C_s/L$  という大まかな評価式で説明することができる。ここで  $C_s$  は地震波の速度で 3~6 km/s、 $L$  は破壊のサイズで 1-10 mm 以下である。フィールドにおいて地震と関連するアコースティックエミッションを観測する試みも Nikolaev and Troitsky (1987) や Diakonov et al. (1990) の手で行われている。しかしながら、自然界のアコースティックエミッションすなわち周波数が 20-30 Hz 以上の高周波の地震ノイズは、地震起源のみではなく潮汐、人間活動や地表の温度圧力変化などの要因でも発生する (Mykkeltveit et al., 1983 ; Harjes, 1990)。高周波の地震ノイズの振幅スペクトルは周波数  $f$  の  $-\gamma$  乗に比例することが観測されている。ここで理論的なモデルによると  $\gamma$  の値は 2~3 となる (Aki, 1967 ; Hanks and Johnson, 1976)。800-1,200 Hz 帯においてアコースティックエミッションの異常変化が 1988 年アルメニアで発生した M7 のスピタク地震の 16 時間前に、震央から 80 km 離れた観測点において検出されているが、地震とそのアコースティックエミッションとの関連はあまり明らかではない (Morgounov et al., 1991)。本論文の目的はこのような状況に鑑み、地震とアコースティックエミッションの関連をより明らかにすることにある。

## 観 測

本研究ではアコースティックエミッションを観測するために特別に設計された磁気弾性特性を利用した検出器 (Belyakov and Nikolaev, 1994) を用いている。このセンサの主な特徴は感度が周波数の3乗に比例して高くなるような特性をもち、アコースティックエミッション信号の振幅が周波数の3乗に比例して減衰することを補償している。なおシグナルの抽出には $\Delta f/f=0.23$ の特性をもつフィルタが用いられている。フィルタの中心周波数は30 Hz, 160 Hz, 500 Hz, 1,000 Hzの4周波数である。アコースティックエミッション信号はフィルタを通過した後、積分器で平滑化され、30秒ごとに平均され、データ収録用計算機のハードディスクに保存される。各周波数帯のデータのサンプリング周波数は1 Hzである。

アコースティックエミッション観測システムは、長野県松代にある気象庁精密地震観測室の大坑道に設置された。坑道内の温度変化はほとんどなく、14°Cでほぼ一定である。また、大坑道は最も近い日本海の海岸から60 km以上離れているので、波浪によるノイズの混入は全くない。アコースティックエミッションセンサは、大坑道のほぼ中心に設置されており、温度の日変化による張力や風雨の影響は検出されていない。このようなほぼ理想的な条件下において、先の4周波数において3成分のアコースティックエミッション信号の包絡線を調査した。解析した期間は1998年2月から9月である。この解析期間中に観測点の周囲(半径150 km以内)でマグニチュード3以上の地震が27個発生した。アコースティックエミッション信号を受信する可能性はマグニチュードとともに増大し、震央が離れるにつれて減少すると仮定し、図1に示されているようにマグニチュード4以上の10個の地震および観測点近傍で発生したマグニチュード3.7の地震について解析を行った。解析に用いた地震のパラメータを表1に示す。表1のN6-N11の地震は同じ場所で発生しており、焼岳付近の群発地震活動によるもの

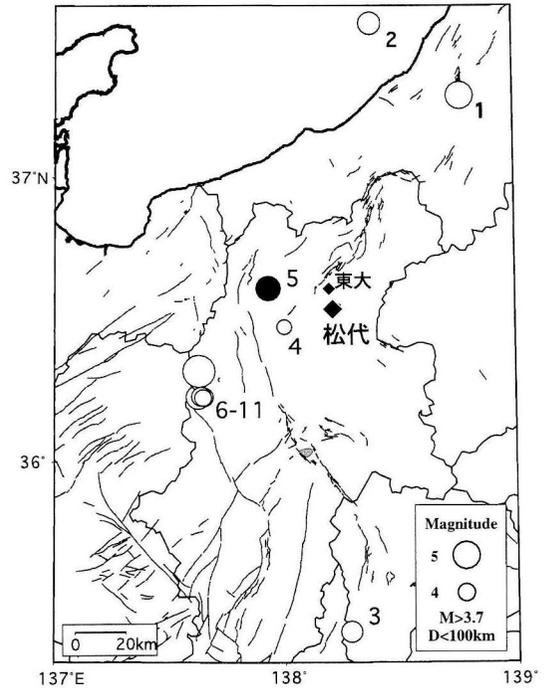


図1 長野県松代の気象庁精密地震観測室付近で発生した $M>3.7$ の地震の分布

である。

アコースティックエミッション信号の記録に含まれる主なノイズは、継続時間30分未満の短いものである。したがって、30分間のデータセットについて標準偏差を求め、このデータセット内のサンプルとの偏差が大きい場合についてのみ、30分間データの平均値をサンプルデータの値として置換した。このフィルタの効果は図2に示されている。図2aではノイズの影響により、1998年2月21日に発生したマグニチュード5の地震(N1)に関して、30 Hzのアコースティックエミッション信号強度の増加とノイズとを弁別することが困難である。しかしながら、上記のフィルタリングをした後では図2bのようにアコースティックエミッション信号強度の増加がわかるようになる。160 Hzのデータに関する同様な結果が図2cおよび図2dに示されている。また、図3に示されているようにN4の地震(1998年6月10日発生;以降EQ980610と表記する)についてもほぼ同様なノイズ除去フィルタリング効果が得られている。

表 1 解析に用いた地震のリスト

N	Date, Hour : min	Lat. Long.	Depth (km)	Distance (km)	M	P=MM*	Visual result
1	02/21 09 : 55	37.3 138.8	20	108.4	5.0	1.06	+
2	04/04 01 : 40	37.5 138.4	30	109.9	4.7	0.99	-
3	04/05 10 : 54	35.4 138.3	10	125.9	4.6	0.95	-
4	06/10 12 : 32	36.5 138.0	10	22.4	3.7	1.05	+
5	07/01 02 : 22	36.6 138.8	10	23.5	4.5	1.26	+
6	08/08 19 : 52	36.2 137.7	10	66.5	4.0	0.91	-
7	08/09 12 : 45	36.2 137.7	10	66.5	4.1	0.94	-
8	08/12 09 : 40	36.2 137.7	10	66.5	4.1	0.94	-
9	08/12 15 : 13	36.2 137.7	0	66.5	4.6	1.06	+
10	08/14 14 : 06	36.2 137.7	10	66.5	4.1	0.94	-
11	08/16 03 : 31	36.2 137.7	0	66.5	5.2	1.19 (1.08)	+

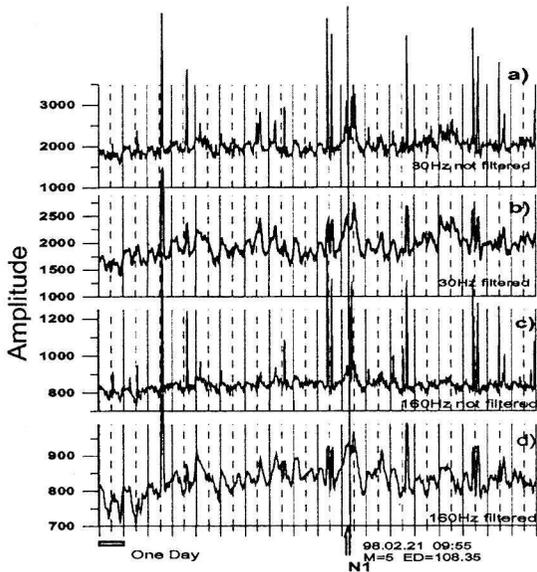


図 2 N1の地震について、フィルタをかける前 (a, c) と後 (b, d) を比較したもの。地震発生前の -10 日間で発生後 8 日間で示されている。地震が発生したときは矢印で示しており、縦軸はアコースティックエミッションの出力振幅である。a), b) は 30Hz, c), d) は 160Hz に対応する。

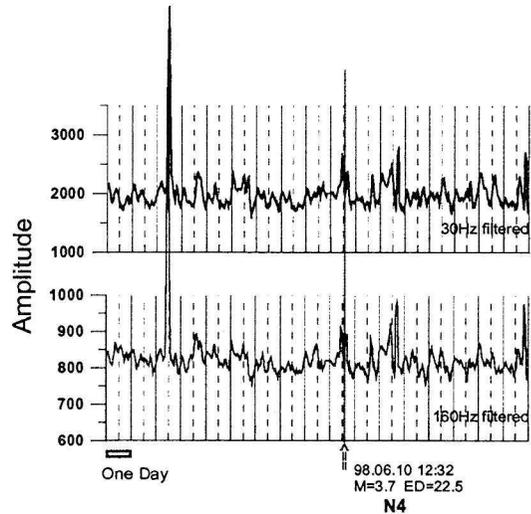


図 3 N4の地震に対する  $f=30$  Hz と 160 Hz のフィルタ後の記録

EQ980404 (N2) および EQ980405 (N3) に関してはアコースティックエミッション信号の増加は全く認められなかった。EQ980610 (N4) に関してはアコースティックエミッション信号の増加が認められた。EQ980701 (N5) では、4つの全ての周波数帯にてアコースティックエミッション信号の

顕著な増加が観測された。図4にデータを示す。図3および図4で示された結果と同様な応答がEQ980812 (N9) およびEQ980816 (N11) について認められる。図5は焼岳付近の群発活動の期間

を含むデータで、N6-N11が示されている。

### アコースティックエミッションに関する マグニチュードと震源距離の関係

アコースティックエミッション強度は大まかにいって震源から観測点までの地震波の振幅に比例すると期待される。すなわち、震源のサイズを $L$ 、破壊領域を $(L/D \ll 1; D$ は震央距離)とし、散乱が無視できると仮定すると、地震に関連するアコースティックエミッションの振幅は対応する地震のエネルギーの平方根に比例し、震央距離 $D$ あるいは震源距離 $R = (D^2 + H^2)^{1/2}$ のべき乗に反比例すると期待される。ここで $H$ は震源の深さである。金森とアンダーソン(1975)によると地震エネルギー $E$ とマグニチュード $M$ の経験的な関係は次のように与えられる。

$$\text{Log } E = 1.5M + 4.8 \quad (1)$$

(1)式を用い、さらに一次近似として $D \sim H$ を代入すると、地震に関連するアコースティックエミッションの振幅は(2)式ようになる。

$$S = AE^{1/2}/D^\alpha = A 10^{3M/4}/D^\alpha \quad (2)$$

ここで、 $A$ と $\alpha$ は周波数に依存するパラメータで、前者の $A$ はアコースティックエミッションの放射効率に比例するパラメータで、後者の $\alpha$ は地形的および非弾性的な減衰効果と関連するパラメータである。ノイズライクな応答を仮定すると、アコースティックエミッション信号 $S$ は(3)式ようになる。

$$S = (U^2 - N^2)^{1/2} \quad (3)$$

ここで $N$ は主に地震に関連しないアコースティックエミッションの平均振幅であり、 $U$ は地震に関連するアコースティックエミッションの最大値である。

$\alpha$ の値を推定するために異なる地震 $N_i$ と $N_j$ に関して $S$ の比をとることによって、未知のパラメータ $A$ を消去する。(2)式を用いると(4)式の関係が容易に得られる。

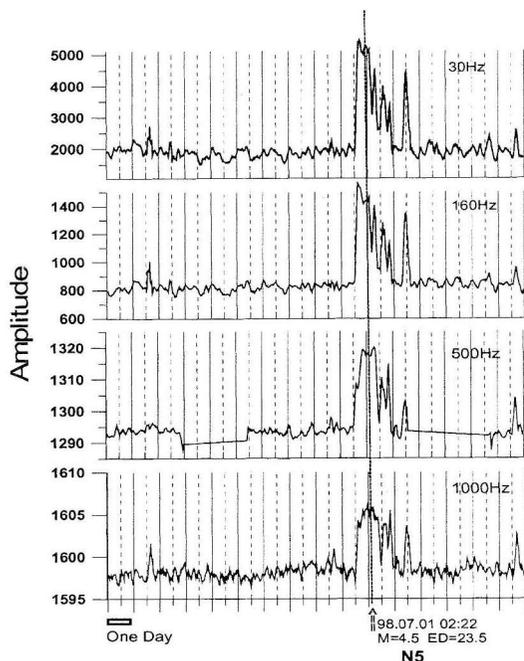


図4 N5の地震に関する全4チャンネル ( $f=30, 160, 500, 1,000$  Hz) の記録

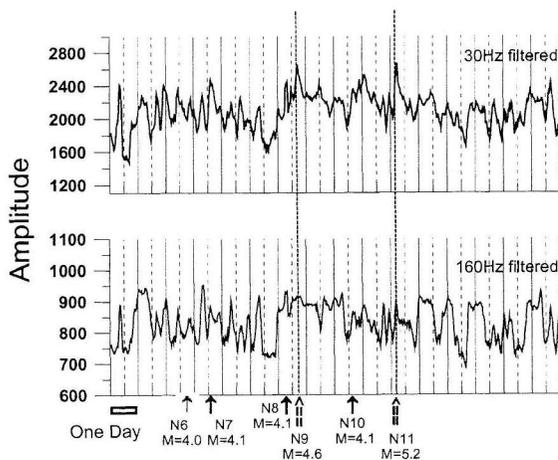


図5 N6-11の焼岳付近の群発地震活動に関する記録。160 Hzでは何も地震に関する異常変化は見られない。しかし、30 HzではN9, N11, 図2-4で見られるものと同様な異常変化が認められる。

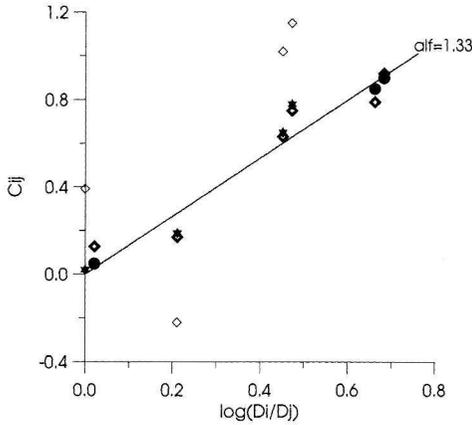


図 6 パラメータ  $\alpha$  の推定.

$$\alpha \log (D_i / D_j) = \{0.75 (M_i - M_j) + \log (S_i / S_j)\} \equiv C_{ij} \quad (4)$$

ここで  $i$  および  $j$  は 30 Hz に関しては表 1 の  $i, j = 1, 4, 5, 9, 11$  の地震番号, 160 Hz に関しては  $i, j = 1, 4, 5$  である. 図 6 に結果を示す. 30 Hz に対する値は◇でプロットされ, 太い◇は  $i, j = 1, 4, 5, 9$  に対応する結果で, 細い◇は N11 を用いた組み合わせに対応する結果である. ●は 160 Hz に対する結果である. N11 に関するポイントを除く除外すると, 破線で示すように  $\alpha = 1.33$  となる. とここで, N11 に関して信号の振幅を 2.8 倍に増加するか, あるいはマグニチュードを 4.7 に減ずると, 図 6 で細い◇は★で示した点に移り, 他の結果とよく一致するようになる. このことは, 群発活動が進むにつれて地震に関連するアコースティックエミッションの応答が弱くなることを反映しているのかもしれない.

次に観測された地震に関連するアコースティックエミッションについて, その感度のしきい値の推定を試みる. しきい値に関して (5) 式で表される関係を用いる.

$$U(M, D) \geq U(M^*, D^*) = N + 2\sigma \quad (5)$$

ここで,  $\sigma$  は記録されたアコースティックエミッション信号の標準偏差であり,  $M^*$  および  $D^*$  はそれぞれマグニチュードおよび震央距離のしきい値である. (2) 式より, 地震に関連するアコース

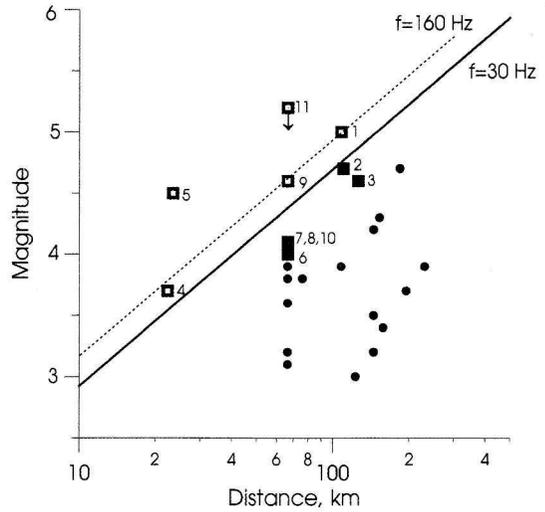


図 7 解析した地震の地震マグニチュード・距離の関係. 黒丸および黒四角はアコースティックエミッションが観測されなかったケースに対応する. 四角は表 1 で示された本論文で選択された地震を示す. 白い四角は, SAE が観測された地震を示す. 推定されたスレッシュホールド感度は,  $f = 30$  Hz は実線,  $f = 160$  Hz は破線で示されている.

ティックエミッションが観測された場合, (6) 式の関係を得る.

$$M^* = (4/3) \alpha \log D^* + M_k - (4/3) \alpha \log D_k + (4/3) \log (S / S^*) \quad (6)$$

ここで \* はしきい値条件を意味する. さらに, (2)-(6) 式を用いて

$$M^* = (4/3) \alpha \log D^* + B \quad (7)$$

ただし,  $B$  は (8) 式のとおりである.

$$B = \langle M_k - (4/3) \log (D_k^\alpha (S_k / N_k)) / \{(1 + 2\sigma / N_k)^2 - 1\}^{1/2} \rangle \quad (8)$$

(8) 式において  $\langle \rangle$  は地震に関連するアコースティックエミッションが観測された全ての場合の平均を意味する. 周波数が 30 Hz および 160 Hz に関するマグニチュード  $M$  と震央距離  $D$  に関するしきい値が図 7 に示してある. 図中には観測期間中に発生した地震も同時にプロットしてある. 重要なパラメータである  $B$  は観測値から直接求

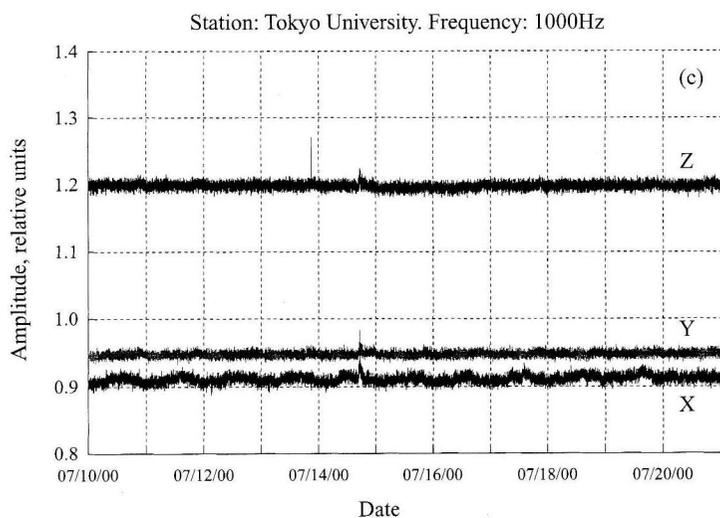
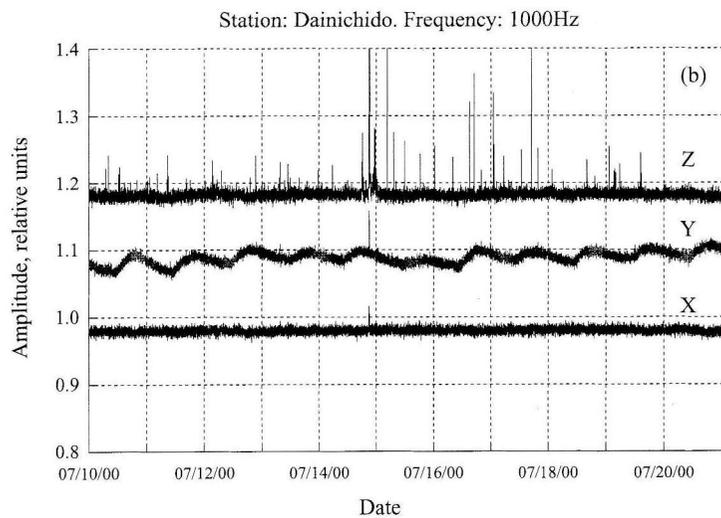
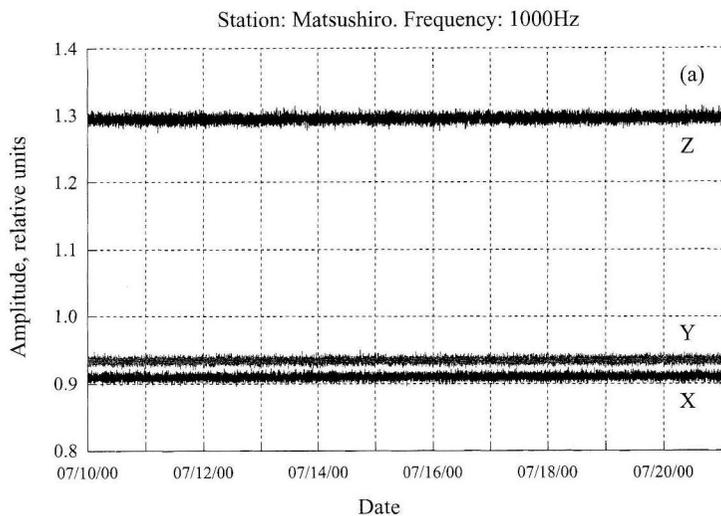


図 8 3点での AE 観測例 (1,000 Hz). 表示期間は 2000 年 7 月 10 日から 20 日までの 10 日間. X, Y, Z の 3 成分がプロットしてある. a) 気象庁精密地震観測室大坑道内の記録. b) 大日堂ボアホール内の記録. c) 東京大学地震研究所信越観測所坑道内の記録.

められ、30 Hzでは $B=1.13\pm 0.15$  (N11では上述の★に修正した値を利用)、160 Hzでは $B=1.40\pm 0.05$ となる。将来の地震に関連するアコースティックエミッションの観測が成功するかどうかを1つのパラメータ $p=MM^*$ のみで予測することができるように見える。すなわち、 $p>1$ では信号が観測され、 $p<1$ の場合信号が観測されないことを意味する。

### 3点によるネットワーク観測結果（速報）

アコースティックエミッション観測をより充実させるため、気象庁松代の大坑道の周囲に大日堂（ポアホール観測）および東京大学地震研究所・信越観測所の坑道内の2つの観測点を2000年6月に追加した。

3点による同時観測は2000年6月26日から開始された。設置したシステムの特性は全て同じであり、サンプリングレートは1秒である。図8a, b, cに観測例を示す。30サンプルの平均を1点としている。この図8ではノイズを取り除くフィルタリングは実行していない。3点による同時観測により、さらに地震とアコースティックエミッションの関係が明らかになると期待される。

### 結論および議論

観測結果をまとめると次のようになる：

1. 地震の準備/緩和過程に関するアコースティックエミッションの存在に関してより説得力のある証明がえられた。その基本的な特徴は、これまでの観測では地震の約12時間前からアコースティックエミッションが始まりその後ほぼ同じ時間をかけて消失する。
2. 得られた結果はアコースティックエミッションの検出能力に関する簡単なマグニチュード・震央距離モデルとよく一致する。つまり、アコースティックエミッション信号は、地震エネルギーの平方根と $D^{-\alpha}$  ( $\alpha=1.33$ )で示される減衰に比例する。

3. 本論文で用いた測定系におけるアコースティックエミッションの検出能力は $M=5$ の地震では半径約150 kmに達すると期待される。

短期地震予知に反対する多くの議論があるが (Main, 1997 など)、時にこれらの意見のなかには前兆活動全てを否定する極端な批判まである。しかしながら、適切な場所および測定機器を選べば、地震に先行するアコースティックエミッションが観測される可能性のあることを示すことができたと考える。我々の観測結果では、アコースティックエミッション応答が増加している継続時間はおよそ1日で、多くの他の短期的な非地震学的な地震に関連する現象の出現する時間的な長さや前震・余震の関係とよく一致する。しかしながら、地震波伝搬に関する現在の知識からは、震源から数十 km 離れた場所で1,000 Hzという高周波数のアコースティックエミッションが観測されることは、何らかの原因による散乱の影響を仮定しないで説明することはとても困難であるように思える。もしそうであるならば、このアコースティックエミッションの起源は観測点の近くにあるかもしれない。複数の観測点によるネットワーク観測を行うことで、この解決の糸口をつかまえることができるかもしれない。

**謝辞** 本研究で使用したデータは気象庁精密地震観測室および東京大学地震研究所信越観測所坑道内で観測されている。観測に多大なご協力をいただいた気象庁および東京大学地震研究所の関係者各位に感謝する。なお地震カタログについては気象庁による一元化データセットを使用させていただいた。

### 参考文献

- Aki, K., 1967, Scaling law of seismic spectrum, *J. Geophys. Res.*, 72, 1212-1231.  
Belyakov, A.S. and Nikolaev, A.V., 1994. Seismo-acoustic detectors with magnetoelastic transfor-

- mation, *Physics of the Solid Earth*, English translation, 29, 629-635.
- Brace, W.F., Paulding, B.W. and Scholz, C.H., 1966, Dilatancy in the fracture of crystalline rocks, *J. Geophys. Res.*, 71, 3939-3953.
- Diakonov, B.P., et al., 1990, Manifestation of earth deformation process by high frequency seismic noise characteristics, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 63, 151-162.
- Hanks, T.C. and Johnson, D.A., 1976, Geophysical assessment of peak accelerations, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 66, 959-968.
- Harjes, H.P., 1990, Design and sitting of a new regional array in Central Europe, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 80, 1801-1817.
- Kanamori, H. and Anderson, D., 1975, Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 65, 1073-1095.
- Main, I., 1997, Long odds on prediction, *Nature*, 385, 19-20.
- Mogi, K., 1962, Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous material and its relation to earthquake phenomena, *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, 40, 125-173.
- Mogi, K., 1985, *Earthquake Prediction*, Academic Press, p. 355.
- Morgounov, V.A., et al., 1991, Geoacoustic precursor of Spitak earthquake, *Volcanology and Seismology*, 4, 104-107.
- Mykkeltveit, S., Astebol, K., Doornbos, D. and Husebye, E., 1983, Seismic array configuration optimization, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 74, 2313-2333.
- Nikolaev, A.V. and Troitsky, P.A., 1987, Lithospheric studies based on array analysis of P-coda and microseisms, *Tectonophysics*, 140, 103-113.
- Rikitake, T., 1982, *Earthquake Forecasting and Warning*, Tokyo Center for Academic Publications, Japan, D. Reidel Publishing Co.

# イスタンブールが強震に襲われる確率

## 遠田晋次

### はじめに

地震は時空間的に全くランダムに発生しているのではなく、クラスターをつくり相互連鎖的に発生している場合が多い。これは余震活動、群発地震活動などで顕著であるが、大地震についてもいえる。つまり、震源断層運動によって隣接地域に大きな歪みが生じ、それが引き続く余震活動をもたらしたり、周辺活断層の運動を誘発したり、その活動時期を早めたり遅くしたりするためである。ところが、このように地震活動は相互に連鎖しているにもかかわらず、これまでの地震危険度評価では、地震がランダムに発生すると仮定するポアソン過程を用いた確率が、地震更新過程を考慮し活断層を単独に扱う条件付確率が用いられてきた。断層（地震）相互作用を考慮した評価は行われていなかった。

トルコの北アナトリア断層で1939年以降続発している大地震は断層相互作用の典型例である。1999年8月17日に発生したイズミット地震（M7.4）と同年11月12日に発生したデュズジェ地震（M7.1）ではあわせて約18,000もの人命が失われ、100～250億ドルもの経済的損失が報告された。イズミット地震は、北アナトリア断層沿いに続発してきた大地震の1つであり、断層活動が連鎖的に西に移動した結果とみなされている。このような状況で周辺地域の地震危険度評価を的確に行うには、超長期的な断層活動性評価のみならず、短～長期的な地震の連鎖性も考慮しなければならない。本稿では、地震の連鎖性・断層相互作用という新しい考え方を取り入れた地震確率算定方法をイスタンブールに適用した結果について紹介する。イスタンブールは近年急速に発展してき

た都市で、現在の人口は約1000万人にも達する。過去1500年間に12回も大地震による深刻な被害を被ってきた歴史的事実や、続発する大地震が隣の大都市イズミットまで達したことを考えると、イスタンブールの今後の地震危険度評価を的確に行うことが急務となってきている。

なお、本稿はUSGSのParsons博士、Stein博士、Dieterich博士、イスタンブール工科大学のBarka教授とともにまとめた研究成果（Parsons et al., 2000 a, Parsons et al., 2000 b）をもとに多少平易に書き下したものである。数式やその他の詳細については上記文献を参照していただきたい。

### 北アナトリア断層と

#### 1999年イズミット・デュズジェ地震

北アナトリア断層は、ユーラシアプレートとアナトリアブロックを境するプレート境界であり、その全長は1000kmをこえる。断層運動は主として右横ずれであり、その変位速度は20-30mm/年にも達する。また、アナトリアブロックの反時計回りの回転運動にもなって、断層西部のマルマラ海では正断層も複数分布している。

イズミット地震、デュズジェ地震をはじめ、多くの大地震が既知の断層沿いに明瞭な地表地震断層をともなって発生してきた（図1）。図2に示されるように、部分的にオーバーラップはみられるものの、1939年のエルジンジャン地震（Ms7.8）以降、ほぼ断層沿いをくまなく埋めるように破壊が進行してきた。全体としては、エルジンジャン地震から年とともに西へと破壊が進んでいる傾向がみられる。イズミット地震はまさしくその西端に位置している。

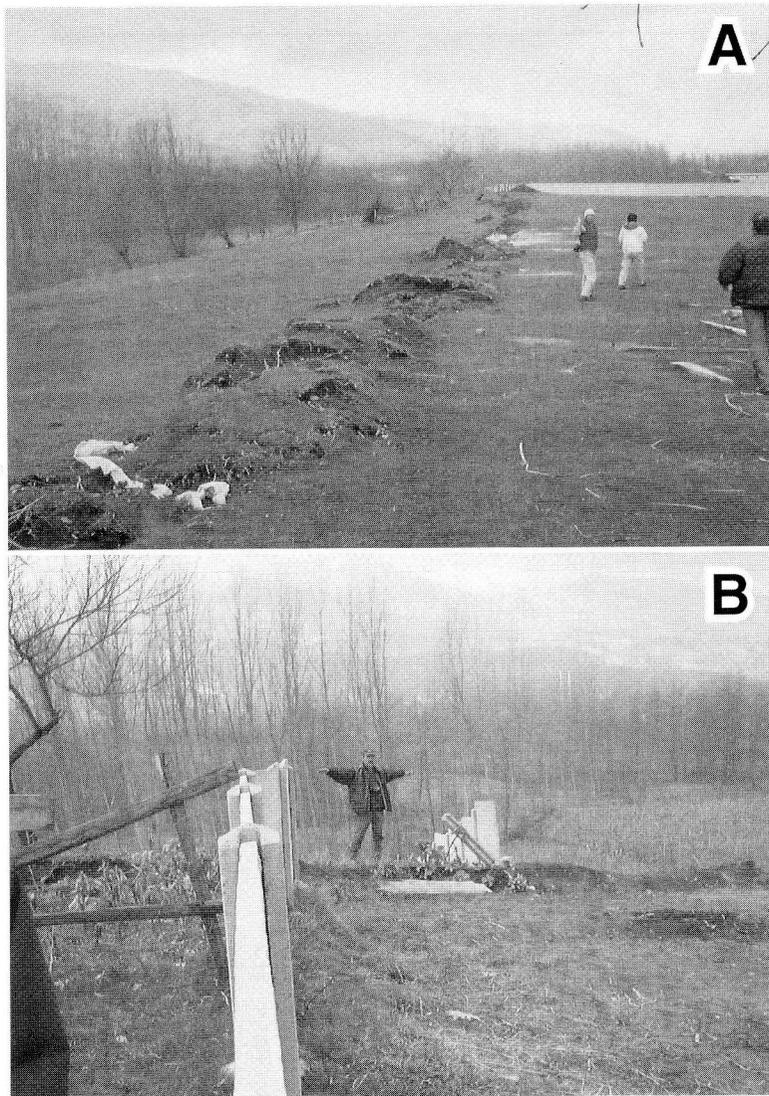


図 1 1999年11月12日デュズジェ地震 (M7.1) による地表地震断層. 断層中央部アイディンパナール地区. A) 民家庭に出現したモルトトラック, B) 右横ずれ変位量約4mを示すフェンス.

地震後の応力変化による次の地震の誘発現象 (ストレストリガリング, stress triggering) は, 過去約60年間の北アナトリア断層での大地震の続発過程を説明する. Stein et al. (1997) は, 北アナトリア断層沿いの各地震による静的応力変化を計算して, 1つの地震が隣接する断層にあたえる影響を検討した. その結果, 断層沿いの10個の地震のうち9個までが1~10 barの応力増加により1年から数10年後に誘発されていたことを明

らかにした. すなわち, 断層沿いの1つの大地震 (断層運動) がその近傍の次の断層運動を促進してきたといえる.

大地震に限らず, 地震活動全般も地震後の応力変化の影響を受けているようである. 図3Aでは, 北アナトリア断層西部での1900年~1998年までの被害地震によるクーロン破壊応力変化 (以下 $\Delta CFS$ ) と1993年~1999年7月に記録された小・中規模の地震をプロットしたものである. ち

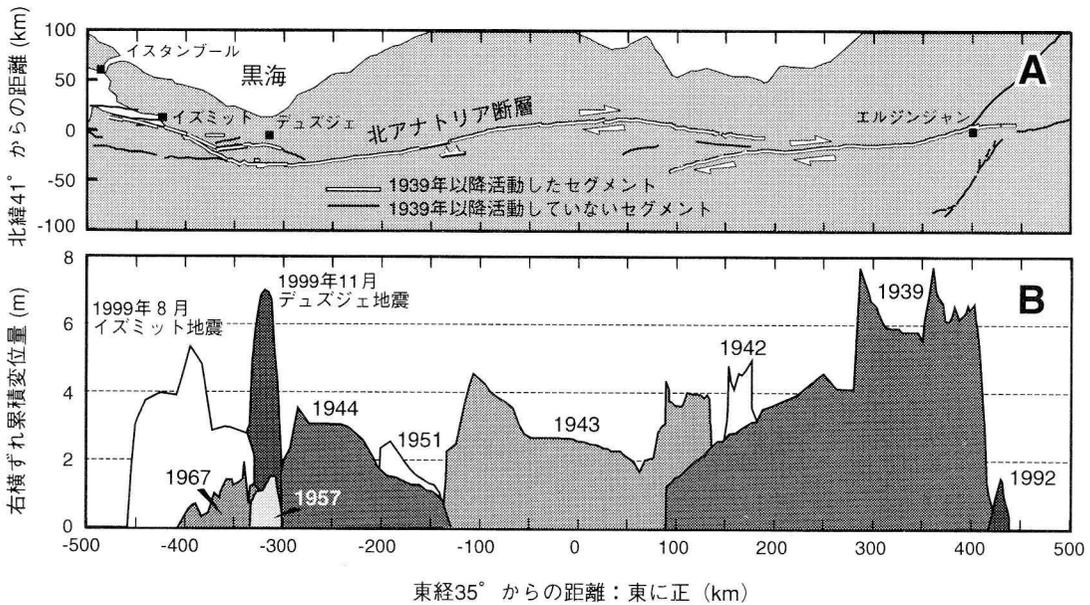


図 2 A) トルコ北部北アナトリア断層の分布, B) 1939年以降の大地震の破壊域と右横ずれ累積変位量分布.

なみに、クーロン破壊応力とは、既存の断層面に加わる剪断応力と、法線応力に摩擦係数を掛けたものの和で、断層面上のすべり破壊の起こりやすさを示す指標として用いられるものである (King et al., 1994 などの解説を参照)。ここでは、半無限弾性体 (例えば, Okada, 1992) で震源断層の変位を与えて変化した  $\Delta CFS$  を示している。図 3A から、地震活動は  $\Delta CFS$  が増大した地域で活発となり、減少した地域で不活発となっているのがわかる。1999年8月に発生したイズミット地震の震央付近は  $\Delta CFS$  増加域で地震活動も活発であった。全体としてイズミット地震は、歴史地震によって 0.5~2 bar 応力が増加した地域で発生した。図 3B は、イズミット地震の本震による  $\Delta CFS$  の計算結果と余震の分布を示している。余震のほとんどが  $\Delta CFS$  増加域で発生している。また、デュズジェ地震の震央域では 1~2 bar の  $\Delta CFS$  の増加が計算された。これにより約3カ月後にデュズジェ地震が誘発されたと考えられる。また、イズミット地震の震源断層の西でも 0.5~5 bar 程度  $\Delta CFS$  が増加しており、実際の地震活動も活発 (余震のクラスター) になっている。このように、近年の多くの研究結果と同様、応力変化

と大小の地震の発生との間に顕著な相関が認められる。このことは、応力変化をその後の地震危険度評価に取り入れることが可能であることを示すものである。

### 歴史地震の再検討と イスタンブール周辺の断層活動履歴

断層相互作用を考慮した地震確率を算定する前に、従来のように地震活動や活断層の活動性パラメータから危険度を評価する必要がある。確率論的地震危険度評価では、これまでの研究結果から、“ある断層の最後のイベントから時間が経過すればするほど、次のイベントの確率が高くなる”という地震発生の更新過程 (条件付確率) が支持されている。これは時間依存性のないポアソン過程を考慮した確率 (以下ポアソン確率) と異なり、より現実的とされている。ただし、条件付き確率を計算するには、各断層沿いで複数の大地震発生サイクルを記録したカタログが必要となる。各断層から発生する地震の規模、平均活動間隔、最新活動時期などのパラメータを抽出するためである。この場合、歴史地震カタログとともに

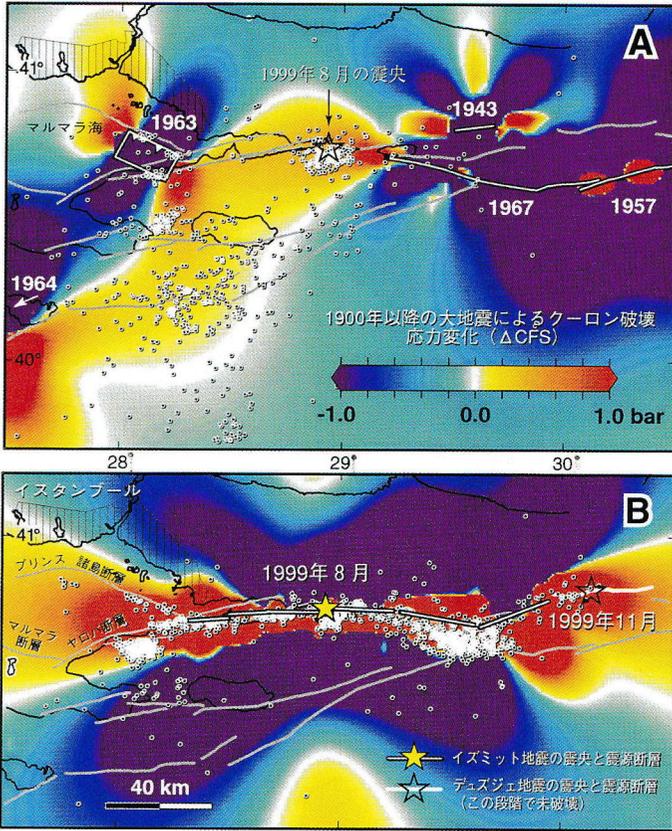
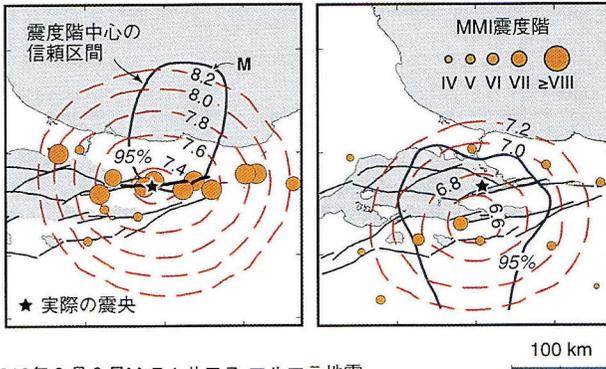


図 3 A) 1900 年以降の大地震によるクーロン破壊応力変化 ( $\Delta CFS$ )。摩擦係数 0.2、北西-南東最大水平圧縮場 ( $N 55^\circ W$ , 100 bar の差応力) での地殻内の鉛直横ずれ断層について計算した。B) 1999 年 8 月イズミット地震 ( $M 7.4$ ) によるクーロン破壊応力変化、 $\Delta CFS$  増加域で余震活動が顕著である。11 月に発生したデュズジェ地震の震央付近でイズミット地震によって 1~2 bar  $\Delta CFS$  が増加している。

1999 年 8 月 17 日  $M 7.4$  イズミット地震    1963 年 10 月 18 日  $M_s 6.4$  ヤロバ地震



1912 年 8 月 9 日  $M_s 7.4$  サロス-マルマラ地震

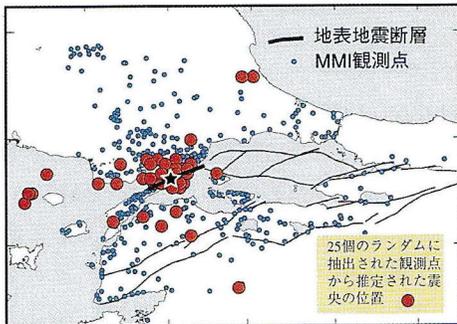
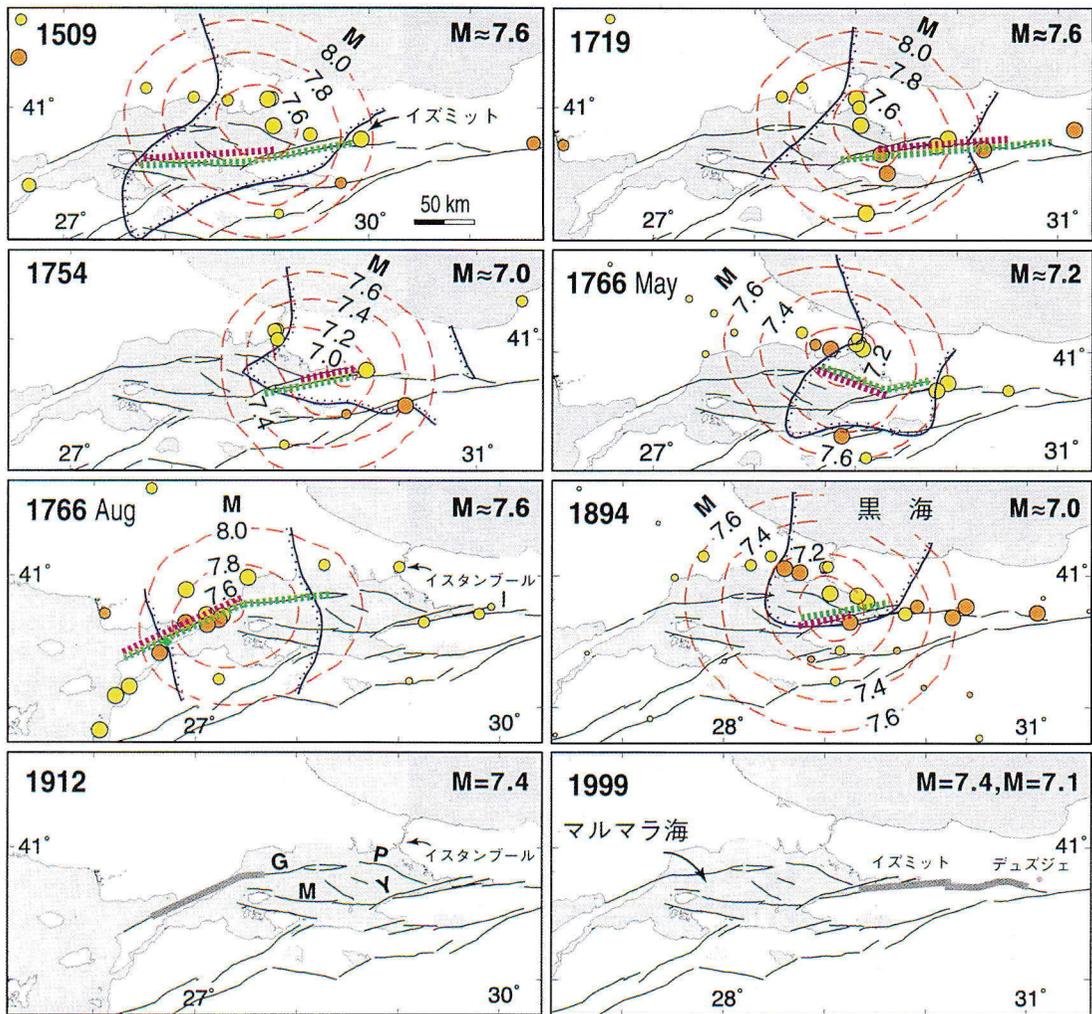


図 4 Bakun and Wentworth (1997) の手法を用いたマグニチュード  $M$  と地震規模推定のテスト。歴史地震に適用する前に既知の地震でテストをおこない、補正に用いた。  $M$  を大きくすると推定震央位置を広く推定することが可能であるが、震度階ごとの整合性を考慮した信頼区間内に位置する必要がある。



○堆積物 ○基盤岩 ○IV ○V ○VI ○VII ●≥VIII 歴史記録に基づいて割当てた改正メルカリ震度階  
 震央位置の95%信頼区間 推定される最小震源断層長 推定される最大震源断層長  
 1912,1999年震源断層

G: ガノス断層, P: プリンス諸島断層, M: 中央マルマラ断層, Y: ヤロバ断層

図5 西暦1500年以降の歴史上の大地震のマグニチュードMと震源断層の推定。Ambraseys and Finkel (1990, 1991, 1995) の記載をもとに各地点のMMIを割当て、Bakun and Wentworth (1997) の手法とWells and Coppersmith (1994) の経験則から震源断層を推定した。

活断層のトレンチ調査など地震地質学的手法を用いて、できるだけ多くの地震サイクルを検出することが望ましい。ただし、北アナトリア断層の場合、イズミット地震の後に本格的に調査が始まったばかりである（例えば、Rockwell et al., 2000）。歴史地震については、マルマラ海周辺で西暦1500年以降比較的地震被害を詳しく記載した

記録が残っており、Ambraseys and Finkel (1990, 1991, 1995) によりまとめられている。

ここでは、これらの歴史記録を活断層の活動性パラメータ抽出のために用いた。まず最初に、西暦1500年以降の約200の被害記録に対して改正メルカリ震度階(MMI)を割り当てた。それをもとに、Bakun and Wentworth (1997) の手法を

用いて、経験的地震減衰率から歴史地震の予想されるMとその震央の位置を推定した。Bakun and Wentworth (1997)の手法とは、割当てられた震度階ごとに震度階中心(予想震央)を求め、それを全ての震度階を通じてより矛盾なく最小誤差となるように決めるものである。ここでは、5 km×5 kmのグリッドサーチで震央の信頼度を決めた。予想されるマグニチュードを大きく見積もることも可能であるが、その場合、震央の信頼区間を考慮すると震央範囲がかなり限定される。なお、より正確な推定値を得るために、最近の地震について、実際に観測されたMと震央の位置と、上記手法から得られた推定値を比較した。これを補正值として用いた。図4では、震央の位置と震源断層のわかっている1999年イズミット地震、1963年ヤロバ地震、1912年サロス-マルマラ地震でテストした結果である。イズミット地震とヤロバ地震の場合、推定されたマグニチュード範囲の最小値と信頼区間内でのその位置が震央として推定できることを示している。サロス-マルマラ地震の図では、震度階を割当てた全記録のうちランダムに25地点を選んでMと震央を決める過程を50回繰り返した結果を示している。その結果、震度階の中心は95%信頼区間で±50 kmに入り、Mで±0.3以内に推定できることがわかった。

以上の手法を歴史記録に用いた結果、西暦1500年以降マルマラ海地域は9つのM≥7地震が発生していたことがわかった(図5)。地震観測体制が整う以前に発生した6つのイベントでは、上記補正の結果として、95%信頼区間のうち最小のMを選び、その中に含まれる活断層を地震発生源として考慮した。断層の活動区間と地震時の変位量については、横ずれ断層の長さMの経験則(Wells and Coppersmith, 1994)を用いた。マルマラ海に分布する断層の位置とジオメトリについては不明な点が数多いが、ここでは既存の海底地形データや音波探査結果に基づいて、イスタンブールに強震を与えることが予想される4つの断層、ヤロバ(Yalova)断層、イズミット(Izmit)断層、プリンス諸島(Prince's Islands)断層、中央マルマラ(central Marmara)断層を抽出した。

イズミット断層からは1719年と1999年(イズミット地震)の2つの大地震が発生しており、活動間隔は約280年、ヤロバ断層では1509年、1719年、1894年の3つの地震が推定され、その活動間隔は約190年となる。プリンス諸島断層と中央マルマラ断層からは1766年と1509年の地震がそれぞれの最新活動として推定されるが、活動間隔は直接カタログから抽出できない。そこで、近年のGPSデータから推定される断層の変位速度と上記地震時の推定変位量から、プリンス諸島断層と中央マルマラ断層の活動間隔をそれぞれ、210年、540年と推定した。したがって、考慮すべき4断層のうち2つの断層が地震サイクルの後半に入っている。また、1719年から1766年にかけては、1900年代の活動にみられるような、破壊の西進現象がマルマラ海周辺の断層に認められる。

なお、上記の地震規模と震源断層区間、断層の活動間隔の推定については、以下の2つの検証(確認)から支持される。1) これらのカタログから得られた地震分布のb-値が1.1となり、グローバルカタログのb=1に近くなること。2) 上記の推定震源断層から計算された過去500年間のマルマラ海沿いの断層帯沿いの右横ずれ変位速度(23±8 mm/yr)とGPS観測結果(22±3 mm/yr)の値がほぼ一致すること。

### ポアソン確率

もっとも簡単な地震確率算定は、“地震はランダムに発生する”という仮定のもとにポアソン確率を計算することであろう。イスタンブールにMMI≥VIIIの強震を与える3つの断層(ヤロバ断層、プリンス諸島断層、中央マルマラ断層)の活動間隔のみを考慮して計算した結果、30年間に被害地震が発生する確率は29±15%となる。この算定値と比較するために、過去約1500年間にイスタンブールにおいてMMIがVIII以上を記録した地震を抽出して過去のポアソン確率を求めることにした。図6には、イスタンブールに強震を与えた12個の歴史被害地震(横軸)とそれぞれの地震の間隔(縦軸)を示す。平均して約100年

に1度程度被害地震が発生してきたことがわかる。これをもとに計算された30年確率は $20 \pm 5\%$ となり、上述の3つの活断層の活動間隔を考慮したものとほぼ同様の値となる。したがって、主にこの3つの断層がこれまでイスタンブールに被害を与えた歴史地震の発生源とみなし、条件付確率に展開していくことができる。

### 断層相互作用を考慮した地震確率評価

より現実的な地震発生確率を算定するために、以下では各断層上での地震更新過程を取り入れた条件付確率を計算するとともに、応力変化を考慮した確率算定を試みる。まず、各活断層から発生することが予想される今後の地震確率を計算する。条件付き確率を求めるには、確率密度関数を仮定し、断層の平均活動間隔とそのばらつき（標準偏差）を入力する必要がある（Working Group on California Earthquake Probabilities, 1988；

隈元, 1999などを参照）。ここでは、確率密度関数をブラウン経過時間関数（Brownian passage time function；Matthews, 2000）と対数正規分布の2つを用いて検討し、活動間隔は前述の最近の1サイクルのみの値を用いた。標準偏差は0.5とした。計算結果を表1に示す。各々の断層から発生する地震の今後30年間の確率は、10～30%程度であるが、これら3つの断層のいずれかにより発生する地震確率は $49 \pm 15\%$ となる。前節のポアソン確率と比較すると、きわめて高い値であることがわかる。これは、イスタンブールから50 km以内に位置する3つの断層のうち2つが、それぞれの地震サイクルの後半にあたるためと考えられる。

次に、イズミット地震による影響を取り入れる。すなわち、イズミット地震による応力の増加が一時的な（時間とともに減少する）発生確率の増加をもたらす効果を考慮するものである。応力のステップ状の急激な増加に伴う地震発生確率の一時的な増加は、断層面の速度・状態依存摩擦構成則の効果であり、室内実験や自然地震現象（地震シーケンス、クラスタリング、余震発生）等で認められている。応力増加ステップ後の地震発生減衰時間、すなわち定常の地震活動に戻るまでの時間、は主に断層面の拘束条件（地学的環境により決まる定数と法線応力）と応力蓄積速度で決まる。また、地震発生数、すなわち地震発生確率の増減は各断層面上で変化する $\Delta CFS$ に対応して決まる（計算式等の詳細はStein et al., 1997；Toda et al., 1998を参照）。ここでは、各断層面上での $\Delta CFS$ を計算するとともに、減衰時間を実際の1939年以降のトリガリングとその時間間隔か

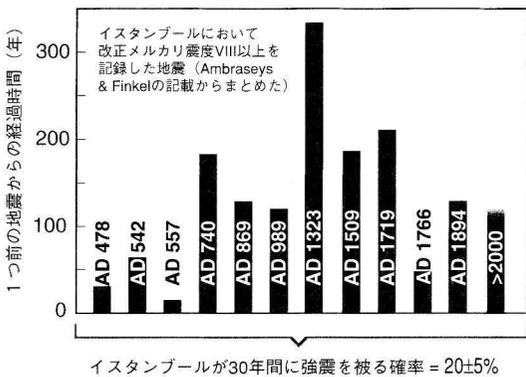


図6 過去約1500年間にイスタンブールで強震を記録した地震とその間隔。平均して約100年で大地震が再来していることがわかる。

表1 主要活断層によってイスタンブールが強震に襲われる確率

断層	30年確率 (%)		10年確率 (%)		1年確率 (%)	
	相互作用を考慮	条件付のみ	相互作用を考慮	条件付のみ	相互作用を考慮	条件付のみ
ヤロバ	33±21	22±18	14±11	7±7	1.7±1.7	0.8±0.8
プリンス諸島	35±15	26±12	16±9	10±6	2.1±1.6	1.1±0.7
マルマラ	13±9	11±8	5±5	4±4	0.6±0.7	0.5±1.0
上記のうち少なくとも1つ	62±15	49±15	32±12	20±9	4.4±2.4	2.3±1.5

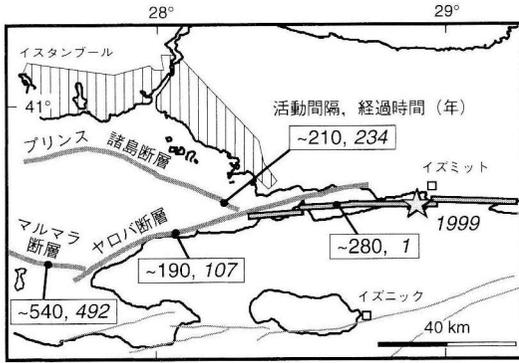


図 7 歴史地震記録より推定されるイスタンブール周辺の活断層の活動間隔と最新活動年からの経過時間。これらは条件付確率に用いられるパラメータとなる。

ら直接求めた(図8 A)。応力蓄積速度は0.1 bar/年と仮定した。いくつかの必要なパラメータは近似的に計算に用いられるので、ここでは各パラメータの不確定性(誤差)も考慮して、モンテカルロ法を用いて確率計算を行った。

計算された確率関数は、図8 Bに示されるように最新活動年から徐々に増加し、イズミット地震が発生した1999年8月に大きくジャンプし、徐々に減衰する。表1に今後30年間、10年間、1年間の計算結果を示した。3つの断層すべて $\Delta CFS$ の増加が認められることに対応して、地震確率も条件付き確率と比較して高い値を示す。特に、イズミット地震の震源断層に近いヤロバ断層では30年確率で約1.5倍も上昇している。ちなみに、1年確率では2倍以上確率が上昇しているが、これは地震発生が減衰効果に伴うものである。3断層全てを考慮して今後30年間(2000年5月~2030年4月)にイスタンブールに $MMI \geq VIII$  (0.34-0.65 g)の強震を与える確率は $62 \pm 5\%$ と計算された。これは地震の相互作用を考えない場合の確率 $49 \pm 15\%$ の1.3倍もの確率の増加となり、イズミット地震によってさらにイスタンブールが強震に襲われる確率が高まったと考えられる。

### おわりに

過去1500年間にイスタンブールに被害を与え

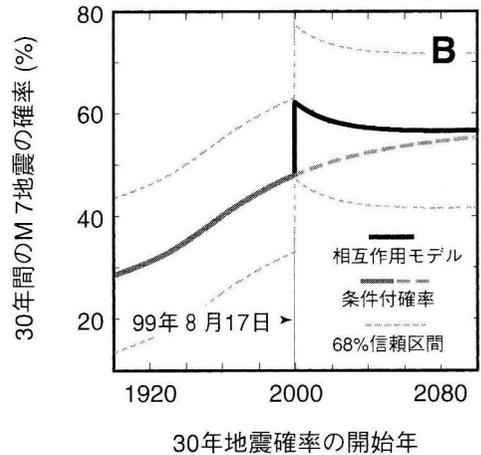
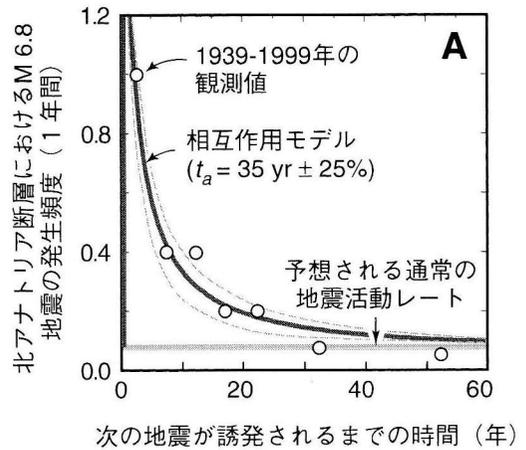


図 8 A) 北アナトリア断層での1つの大地震から次の大地震までの誘発時間とその発生頻度。北アナトリア断層で発生した13個のM 6.8以上の地震を対象にプロットした。濃い実線は相互作用を考慮したモデルに基づく曲線。地震減衰時間( $t_a$ )を35年に設定した場合に観測値と良く合う。B) イスタンブールに強震を与えるM 7以上の地震の30年確率の変化。断層相互作用を取り入れた場合、イズミット地震の後に確率が急激に上昇する。

た12個の地震はイスタンブールが地震危険度の高い都市であることの証拠であり、時間依存性のない30年ポアソン確率は15-25%と見積もられた。また、イスタンブール近傍の複数の活断層が地震サイクルの後半にあり、1894年以降顕著な被害地震がなかったことから、地震更新過程を考慮した今後30年間の条件付き確率は $49 \pm 15\%$ もの

高い値になる。一方、応力計算結果から、イズミット地震はM7.2のデュズジェ地震を誘発し、ヤロバ断層沿いの余震活動を促進してきたことがわかった。マルマラ海に分布する複数の断層でも同様のことが予想されるので、断層相互作用を考慮した地震発生確率は $62 \pm 15\%$ とわけて高い値となる。この確率値が分かりにくい方は、天気予報の降水確率を想像されるとよい。降水確率30%以上になると大多数の人が傘をもって外出することを考えると、この地震確率はきわめて深刻である。

筆者は、1999年8月のイズミット地震が発生した直後、暫定的に発表されているメカニズム解や地表での断層変位量を使って $\Delta CFS$ の計算をし、周辺地域への影響を見積もろうとした。ところが、日頃の雑事に紛れてそれを怠っていたところに11月のデュズジェ地震が発生した。筆者のような日本の一研究者の声が届くはずもないが、あの時点でデュズジェ断層への的確な評価をくかせていたらと後悔している。イスタンブールは人口密集の大都市である。我々の研究が多少なりとも今後のイスタンブールの地震災害軽減のために貢献できればと思う。

## 参考文献

- Ambraseys, N.N. and C.F. Finkel, 1990, The Marmara sea earthquake of 1509, *Terra Nova* 2, 167-174.
- Ambraseys, N.N. and C.F. Finkel, 1991, Long-term seismicity of Istanbul and the Marmara sea region, *Terra Nova* 3, 527-539.
- Ambraseys, N.N. and C.F. Finkel, 1995, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A historical review, 1500-1800, Muhittin Salih EREN, Istanbul.
- Bakun, W. H. and C. M. Wentworth, 1997, Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 87, 1502-1521.
- Barka, A.A., 1996, Slip distribution along the North Anatolian fault associated with large earthquakes of the period 1939 to 1967, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 87, 1502-1521.
- Dieterich, J.H., 1994, A constitutive law for rate of earthquake production and its application to earthquake clustering, *J. Geophys. Res.*, 99, 2601-2618.
- King, G.C.P., R.S. Stein and J. Lin, 1994, Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 84, 935-953.
- 隈元 崇, 1999, 内陸地震の危険度を探る, 活断層トレンチ調査の成果, *地震ジャーナル*, 28, 13-26.
- Matthews, M.V., 2000, A stochastic model for recurrent earthquakes, *J. Geophys. Res.*, in press.
- Okada, Y., 1992, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 82, 1018-1040.
- Parsons, T., S. Toda, R.S. Stein, A. Barka and J.H. Dieterich, 2000a, Heightened odds of large earthquakes near Istanbul: An interaction-based probability calculation, *Science*, 288, 661-665.
- Parsons, T., A. Barka, S. Toda, R.S. Stein and J.H. Dieterich, 2000b, Influence of the 17 August 1999 Izmit earthquake on seismic hazards in Istanbul, *The 1999 Izmit and Duzce Earthquakes: preliminary results* edited by A. Barka, Istanbul Technical University Press, 295-310.
- Rockwell, T., A. Barka, S. Akyuz, T. Dawson, K. Sieh and T. Gonzalez, 2000, The North Anatolia fault around the Marmara Sea, and pre- and post-earthquake research after the August 17, 1999 Kocaeli earthquake, *Proceedings of the Hokudan International Symposium and School on Active Faulting*, 587-592.
- Stein, R. S., A. A. Barka, and J. H. Dieterich, 1997, Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering, *Geophys. J. Int.*, 128, 594-604.
- Straub, C., H.-G. Kahle and C. Schindler, 1997, GPS and geological estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia, *J. Geophys. Res.*, 102, 27587-27601.
- Toda, S., R.S. Stein, P.A. Reasenber, J.H. Dieterich and A. Yoshida, 1998, Stress transferred by the 1995 Mw=6.9 Kobe, Japan, shock: Effect on aftershocks and future earthquake probabilities, *J. Geophys. Res.*, 103, 24543-24565.
- Wells, D.L. and K.J. Coppersmith, 1994, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 84, 974-1002.
- Working Group on California Earthquake Probabilities, 1988, Probabilities of large earthquakes occurring in California on the San Andreas fault, USGS Open-File Report, 88-398, 62 pp.

# ■ 地震予知連絡会情報 ■ 藤井直之 ■

平成12年5月15日に第137回地震予知連絡会が開かれた後、6月20日には「6月8日の熊本県熊本地方の地震について」を議題として特定部会が開かれ、これまでの群発地震活動のまとめとともに、日奈久断層の活動度とトレンチ調査の結果について詳細な検討が行われた。また7月2日には「新島・神津島付近の地震について」を議題に強化地域部会が開かれ、三宅島の西側山麓から始まり北東に伸展した新島・神津島付近の群発地震活動と7月1日に発生した神津島東方沖の地震(M6.4)についての検討がなされた。その後、8月21日には、定例の第138回地震予知連絡会が開かれた。また、10月6日の鳥取県西部地震(Mj7.3)を受けて第139回が10月10日に、第140回が11月24日に開催された。

第138回地震予知連絡会では、2000年5月から7月の全国の地震活動、地殻変動の概況に関する報告と質疑に続いて、各地域についての詳細検討に入り、東海・中部地域についての観測研究成果が報告され議論された。また、トピックスとしては、2カ月余りも続いた新島・神津島付近の群発地震や三宅島の噴火活動が継続している最中のこともあり、伊豆諸島の活動が取り上げられた。第139回地震予知連絡会では、GPSからは歪み蓄積の少ない領域で、かつ地表に活断層がないところで発生した鳥取県西部地震(Mj7.3)の速報的資料が提出され、1989年以来続いていた群発地震との関係、Mjとモーメントマグニチュード(Mw=6.6)の違い等の検討がなされた。第140回地震予知連絡会では、2000年8月～11月の全国の地震活動、地殻変動の概況に関する報告と質疑に続いて、トピックスでは予定されていた課題を変更して「鳥取県西部地震(Mj7.3)にまつわる諸問題」というテーマで議論がなされた。

## 1. 全国の地震活動・地殻変動

2000年5月-2000年10月の半年間の全国の地震活動は、M5以上の100km以浅の地震が神津島東方海域の群発地震活動や鳥取県西部地震域を除いて見ても、その前の半年に比べてやや活発であった。三陸沖～茨城県沖の地震活動は、6月3日の千葉県北部(M6.0)の地震発生とも関連して今後の推移が注目される。また10月2日からの悪石島近傍の群発地震(M5.7, M5.2)、10月31日の三重県中部地震(M5.5)などは久しぶりの活動である(図1)。

GEONETによる連続観測から求めた全国の水平地殻変動速度(1999年10月～2000年10月の1年間及び

2000年7月～10月の3カ月)の特徴は、有珠山のごく近傍、三宅島を始めとする伊豆諸島、および鳥取県西部地震による変動が顕著に現れているが、その他の地域については特に顕著な変動は見られない。

## 2. 東海地域の地震活動・地殻変動

東海地域の地震活動については、想定固着域の上盤側における地震発生率が1996年を境に約20%減少している。防災科学技術研究所の資料によれば、国土地理院による浜岡-掛川間の水準測量結果(第137回地震予知連絡資料)に基づき、1996年以降、御前崎の沈降速度が20%減少したと仮定する折れ線を当てはめると地震発生率の現象と良く呼応する(図2)。また、想定固着域下盤側の地震活動(M1.5以上、Declustering後)と御前崎における潮汐の関係を、満潮・干潮のピーク前後2時間と残りを下げ潮・上げ潮に区分して地震数を比較した。1986年6月1日～2000年7月9日の期間に発生した総数は1058個で、満潮=175、干潮=168、上げ潮=357、下げ潮=352、判別不能=6個であった。過去180日間における(上げ潮期間中の地震数)/(下げ潮期間中の地震数)を図3に示す。2000年3月頃に有意に鋭いピークが存在することが分かった。

## 3. 熊本県熊本地方の群発地震活動

6月8日の熊本県熊本地方の地震(M4.8)は、北西-南東方向に張力軸をもつ横ずれ断層型で余震分布は日奈久断層系の走行に一致する。6月20日に開かれた特定部会では、1999年10月に発生した群発地震活動により臨時観測点が設けられており詳しい余震分布(深さは約7～11km)が得られるなど詳細な検討がなされた(図4)。また、この日奈久断層系のトレンチ調査結果から、今回の地震の震源域を含む北部では1300～1500年前に活動した痕跡が認められ、変位が2mほどであることからM7クラスの活動の可能性が指摘されたが、その間隔は不明である(図5左)。また、今回の地震の南西部に隣接する断層系に沿って、地震活動の空白域が見られる(図5右)。GPS連続観測から見たこの地域の変動は、1996年の日向灘地震(M6.6が2回)、1997年の鹿児島県北部地震(M6.3, M6.2)や豊後水道の「ゆっくり地震」などの発生のために大きな影響を受けたが、1998年からは定常的な状態となった。この日奈久断層系北部は、変動速度ベクトル分布が急変する地域にあたり、推定した歪み速度成分の連続的な分布から、ずれ歪みの大きい地域の

境界部にあたる(図6)。

今回の地震は、M7クラスの大地震発生のポテンシャルをもつ日奈久断層系の北部4km程を破壊したものである。この断層系の活動性から見て次のM7クラスの大地震が迫っている可能性は低い、M6クラスの中規模地震発生の可能性が考えられるので、とくに今回の地震の南西に隣接する地震空白部の活動の推移には十分な注意が必要であるという議論がなされた。

#### 4. 鹿児島県悪石島付近(奄美大島近海)の地震活動

鹿児島県悪石島近海の地震活動は、10月2日14時21分にM4.6、16時29分にM5.2、16時44分にM5.7とM>4.5が群発した。10月29日にやや大きな地震が発生したが活動は徐々に収まりつつある。この活動は、定常観測網の端であったため鹿児島大学による臨時観測点が悪石島と宝島に設置されて、既設観測点のみで決定された震源位置が東南東方向に最大25kmもずれることがわかった。臨時観測点を含めた震源再決定によれば、悪石島の南西10km付近のほぼ火山列上で深さ8kmほどに集中している。1995年にも今回とほぼ同じ地域に地震活動があった(12月17日M5.4、18日M5.3)が、当時の震源位置も今回と同様に25kmほど東南東にずれて火山列上に集中すると考えられる(図7)。

#### 5. 三重県中部の地震活動

三重県中部地域では、M>5の地震は非常にまれで1964年のM5.3以来である(図8左上)。10月31日に発生した地震(M5.5)は、沈み込むフィリピン海プレートの上面付近のスラブ内地震で、震源位置は気象庁では深さ44kmと決まったが、名古屋大学で求めると33km程度になり推定されたスラブの上面にごく近い(図8)。1999年4月から始まった三重県西部の浅い群発地震のために臨時テレメータ観測点が密に展開されていたので(図8左下)余震をかなり詳しく検出できた。主な余震は本震から深い方に向かってスラブの運動方向に並ぶので、断層面は垂直に近い面(スラブが縦割れした)と考えられる(図8,9)。

#### 6. 伊豆諸島の活動

6月26日の夜から三宅島西部で火山性地震が始まり、活発な活動を続けながら次第に西方から北西方向に向かって活動中心が移動していき、7月1日には北西端の神津島東方のおよそ5km沖でM6.4の地震が発生した。また、6月29日にはこの活動域とは少し離れた神津島の北方数km付近でM5.2の地震も発生した。7月2日には第1回地震予知連絡会強化地域部会が開かれ、活発化しつつある群発地震活動について議論した。この地震活動は長さ20km余りで幅の狭い地域に集中し、M $\geq$ 5が40個以上も発生するなど世界的にも例を見ない激

しい群発地震が、その後2カ月あまり続いた。

新島・神津島は伊豆大島の南部から銭洲岩礁にいたる北東-南西方向の地形の高まりの中央に位置し、新島北端の玄武岩質マグマから神津島の流紋岩質マグマまで粘性の極端に異なるマグマが噴出して形成された。そして、この北東-南西方向に細長い地域は過去10年間には群発地震活動が頻発してきた(図10右)。新島・神津島と三宅島付近にはこれまでもM $\geq$ 5.5の地震活動がしばしば発生してきた(図10左)。また、今回の群発地震が分布する海域である新島・神津島と三宅島の間は水深が400~600mと浅くなっており、深海底から見れば伊豆大島-三宅島と続く火山フロントと新島・神津島の火山列との間の鞍部となっている(図11)。

6月26日~7月1日の初期地震活動は、三宅島西岸から10kmほどは西に向かい、その後北西に方向を転じて神津島・式根島に向かって伸展した(図12)。大学を始めとして多くの機関の協力のもとに海底地震計が10~20数台も設置され、詳しい震源分布が得られた(図13)。海底地震計のデータを加えて得られた震源分布によると、震源が7kmより深くなると幅が非常に狭くなることやクラスターの分布していることが示され、ダイク状とはいえ浅いところではかなり複雑な形状と考えられる(図14)。一方、GPSによる地殻変動は、主たる活動が海域にあるため利島・新島・神津島の変動から推定するしかない、やや間接的なデータしか得られない。しかし、国土地理院のGPS連続観測網は、地震時の変動と継続的な変動を区別するために非常に重要な鍵となった。例えば、南伊豆-神津島間や新島-神津島間の東西分布は(図15左)、M6.4(7月1日)の地震後から急速に新島-神津島間が広がり始め8月半ばまで連続的に続いた。この変動は、三宅島島内の収縮を示す変動と呼応しているように見える(図15右)。ただし、三宅島は島内の変形が非常に大きくモデルの制約には多くの仮定を必要とする。地震の発震機構から推定されるこの地域の広域応力場は北東-南西方向に最小主応力が向いているので(図16)、今回の神津島東方海域における震源分布とGPSの結果から、北東-南西方向に伸展するダイク状の貫入モデルが考えられている。しかし、ダイクの頂部の深さが何kmなのかは正確には不明で、この海域の海底面にダイクが直接顔を出したという証拠は海底音波探査や磁気探査からは得られていない。

この地域に長さ15~20kmで深さ方向には数~十数km、開口量が3~6m程度のダイクの貫入を想定するという点では、多くの研究者の見解が一致している。例えば、名古屋大学のモデルは、定常的な変形の中に体積変化せずにクリープ変形する領域を想定するので、推定される開口量(体積にして7.5億 $m^3$ )は少な目に見積もられていることになる(図17)。地震時のGPSの変動を推定することに多少の曖昧さがあるが、最終的に開口した割れ目の総体積は7~14億 $m^3$ と推定され、三宅島の山頂陥没量とか三宅島全体の収縮量とほぼ同じ量であること

は注目に値する。さらに、絶対重力計と相対重力観測網による繰り返し測定も8月中までは三宅島島内で精力的に行われ、数億 $m^3$ ほどの質量が島内から側方遠くに移動したと推定されている。しかし、このダイクを開口させたマグマが直接三宅島直下のマグマだまりから横方向に移動したのか、あるいはダイク直下のマントルから上昇したのかについては、未だに決着が付いていない。

一方、地下のマグマが西方に移動して火山活動が終わったと思われた三宅島は、7月に入ってから山頂直下の地震活動が加速度的に増加して8日の爆発とともに山頂部が陥没し、直径約1km、深さ450mもの火口が形成された。三宅島島内に設置してあったGPS観測網によれば、ほぼ定常的な山体全体の収縮変動が9月始めまで継続した。また、7月8日の噴火から8月18日の噴火に至る間、防災科技研による三宅島島内のポアホール傾斜計にはステップ的変動が総計46回も顕われた。これらの傾斜ステップは振幅によらず周期が約40秒の超長周期振動に対応していることが長周期地震計の観測網で分かり(図18)、山体内部での流体移動が関与した現象の発見として世界的に注目された。火山噴出物が極端に少なかったこの火山活動は、前回(1983年)の噴火様式とは違って新たなカルデラ形成に伴う様式となり、火口の拡大と爆発的噴火を繰り返し、亜硫酸ガスや炭酸ガスを噴出する活動に変化して現在も続いている。

## 7. 鳥取県西部地震 (Mj7.3)

山陰地方に発生する地震活動の特徴は、活断層、活火山などの上部地殻構造と密接に関連して、いくつかの地震活動帯に分かれている。今回の地震はMj=7.3と兵庫県南部地震より大きな規模であったが、モーメントマグニチュード(Mw)は6.6とされており、地表に対応する活断層は存在しない。余震は素直に減少していったが、この地震をきっかけに、学問的にも社会的にもいくつかの問題が明らかになった。規模の割には被害が少なく、兵庫県南部地震と好対照となっている。余震分布は北北西-南南東に伸びており、断層面はほぼ垂直な左横ずれであった。2日後には、およそ20km西に離れた島根県東部にM5.5の地震が発生し余震分布もM7.3の余震分布と平行である(図19)。

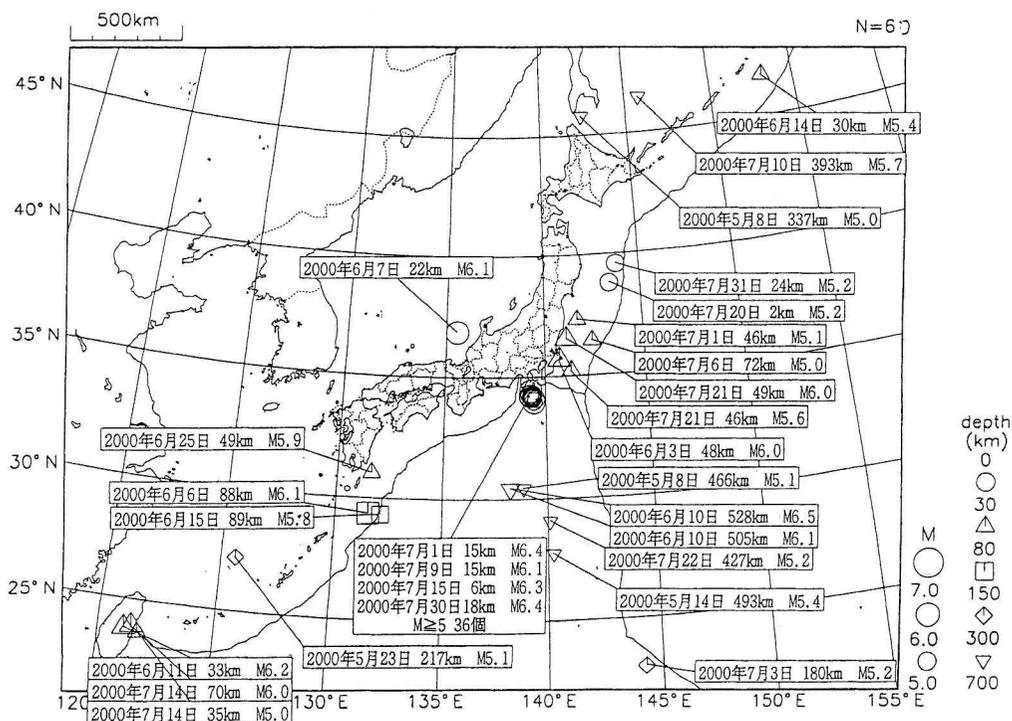
これまでに発生した山陰地方周辺のM6.5以上の地震のうち主なものは、1872年浜田地震(M7.1)、1927年北丹後地震(M7.3)、1943年鳥取地震(M7.2)で、それより前では880年出雲地震(M7.0)のみであり、島根半島周辺では1000年以上もM $\geq$ 7の地震発生はない(図20)。一方、島根県東部-鳥取県西部地域のこれまでの群発地震活動は1989年以来かなり頻繁に発生している(図21左)。もう少し広く山陰地域をみると、こうした群発地震活動が空間的な「空白域」を残しつつパッチ状に分布している(図21右)。M7クラスの大地震の余震がまだ続いている場合もあるが、大地震にならずに小地震

や粘性的に歪みを緩和するといった相補的な活動もあり得る。今回の地震が発生した場合は、最近数年のGPS観測における地殻変動だけでなく、明治以来の三角測量による百年間の歪蓄積から見ても、日本の中でも非常に小さい地域に相当する(図22)。この震源地域には対応する活断層がないことから地質学的時間スケールでも近くの歪みエネルギーが分かるわけではないが、平均的に見ればM7クラスの地震発生は非常に希な地域であるといえる。今回の地震の直前の2000年6月14日には、鳥取県西部地震の震源の深さ30kmで低周波地震が発生し、その震央は本震のやや西側で余震分布が屈曲する場所に対応する。また、ほぼ同じ場所の深さ15kmほどにはP波反射面があることも臨時観測から推定されている。その他にもいくつか今回の地震の前に観測された現象があるが、ここでは詳しくは触れない。

高感度地震観測網(Hi-net)による本震・余震の分布では、深さ10kmほどに震源が集中しているように見えるが(図23上)、京都大学(SATARN)によると北に行くほど深くなり幅が広がる傾向が見られる(図23右下)。また、初動極性分布から求めたP軸方位分布と主な地震のメカニズムから、余震域の南端ではほぼ東西圧縮だが、北に向かって次第に北西-南東方向の圧縮場に変化していく。図21左からも分かるが1989年、1990年、1997年に発生した群発地震の震源は今回の余震分布域とほぼ重なるが、詳しく見ると震源の集中度合いは多少異なり、また1997年の時はこれと直交する方向にも伸びている。したがって、この地震断層ではこれまでの地震活動によって蓄積されてきた歪みを解消できていなかったことになる。一方、本震のすべり量分布と余震分布を比較すると、滑り量が大きい領域の周囲に余震が多く、周辺の滑りが少ない部分に集中するようにみえる(図25左)。断層面のアスペリティ分布を知る手がかりとして重要な情報である。震源での破壊の進行過程から破壊が深部から浅部に向かい地震断層の浅部で大きなずれがあった(図25右)。しかし、地表に亀裂が現れるかどうかは別の問題であろう。気象庁マグニチュードが主に表面波によっていることから(図26)、震源での破壊過程が表面波の励起と直接関わるので兵庫県南部地震と鳥取県西部地震のMの違いを考えるとときに重要である。GPS観測による地表面の変動から地震断層での変位量が見積もられてモーメントマグニチュード(Mw)が6.6と得られた(図27左)。また、ランドサット衛星のCバンドの合成開口レーダー干渉法(干渉SAR)による地表の変位量マッピングと調和的であった(図27右)。地震断層の延長としてのずれが地表に出ない今回のような地震では、断層直上で観測を行いたい(例えばトラップ波の観測などの)場合には、干渉SARによる地殻変動のイメージングが有効となるはずである。

# 日本とその周辺の地震活動

(2000年5月~2000年10月)



2000 08 01 00:00 -- 2000 10 31 24:00

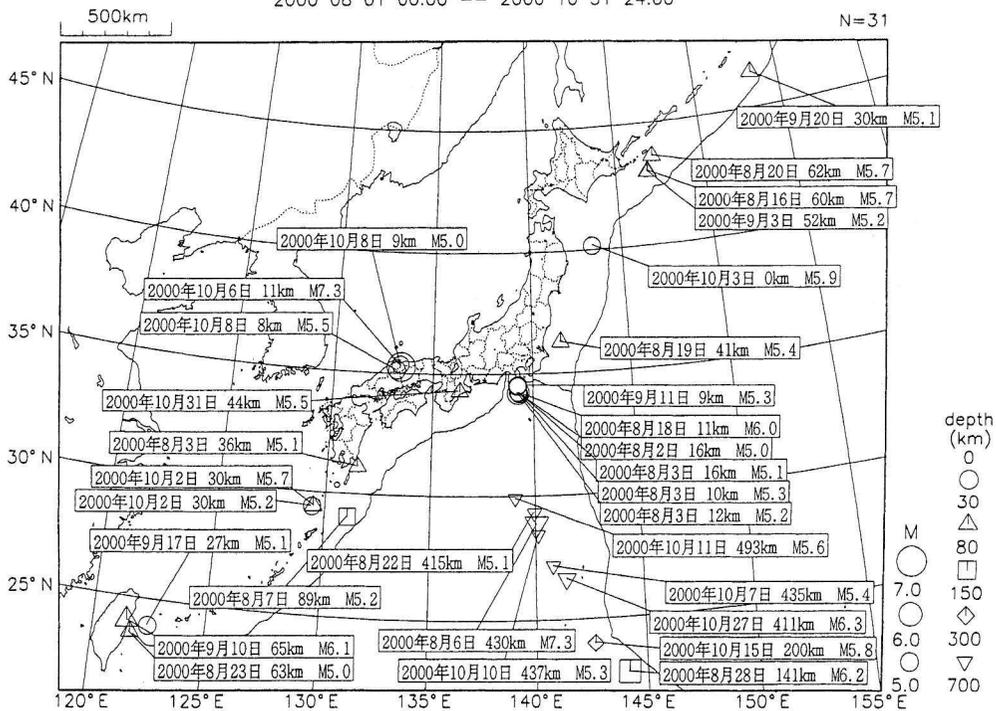


図1 日本とその周辺の地震活動 (上: 2000年5月~2000年7月, 下: 2000年8月~2000年10月)  
(気象庁資料)

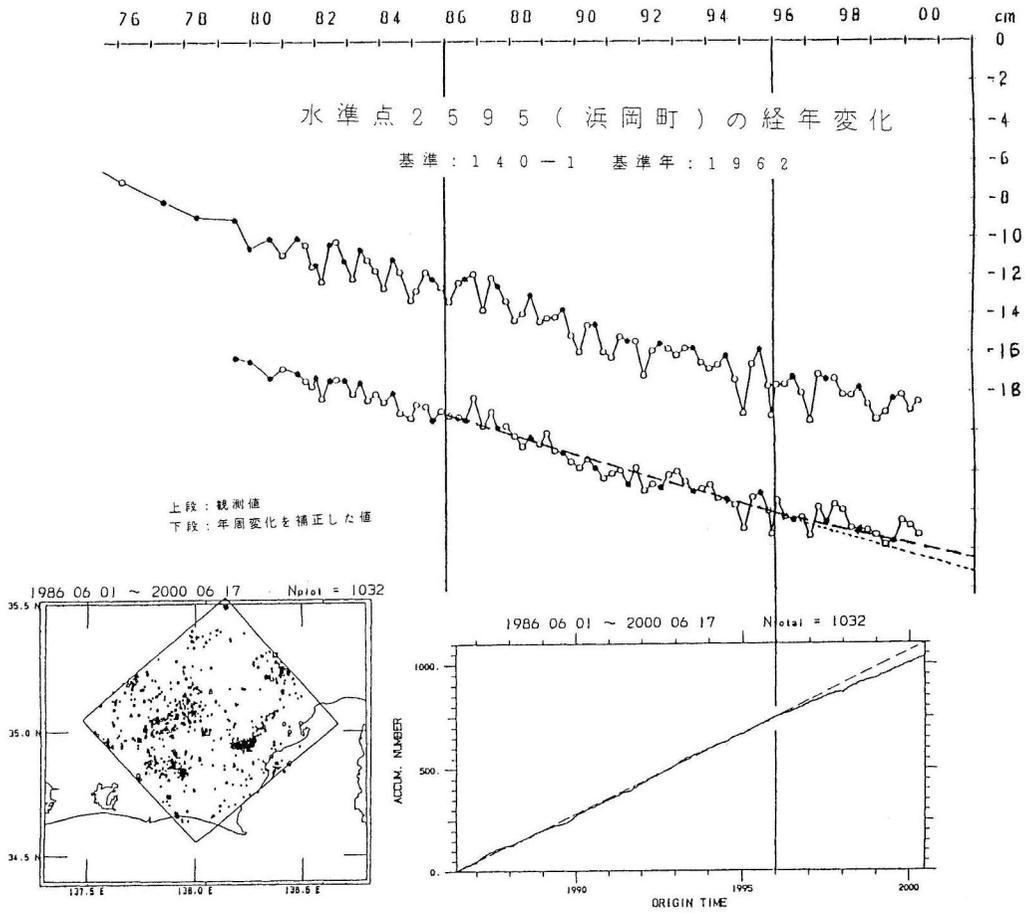


図 2 想定固着域の上盤側における地震発生率と浜岡-掛川間の水準測量結果  
 (第 137 回地震予知連資料)  
 1996 年を境に地震発生率が約 20% 減少していることは、御前崎の沈降速度が 20% 減少したとする折れ線 (破線) と呼応している。  
 (防災科学技術研究所資料)

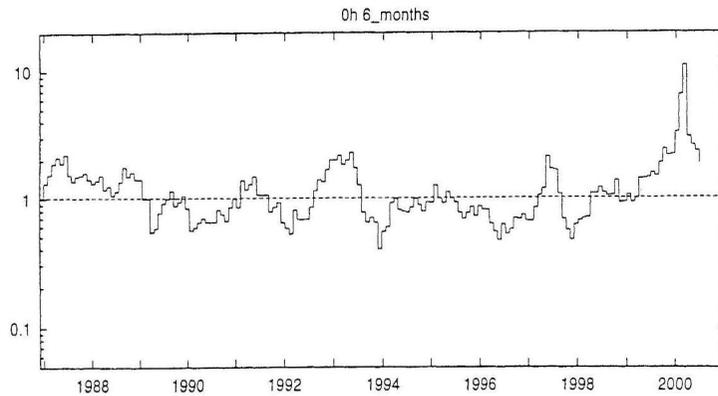
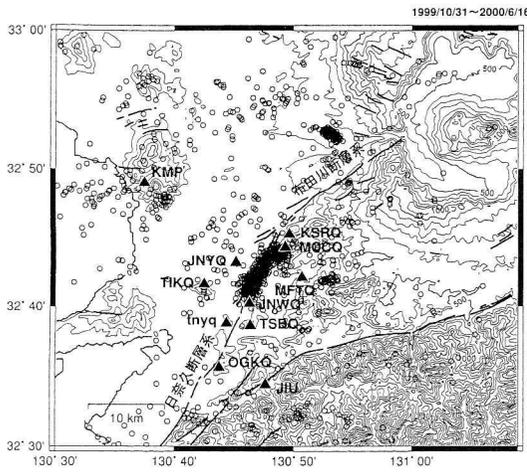


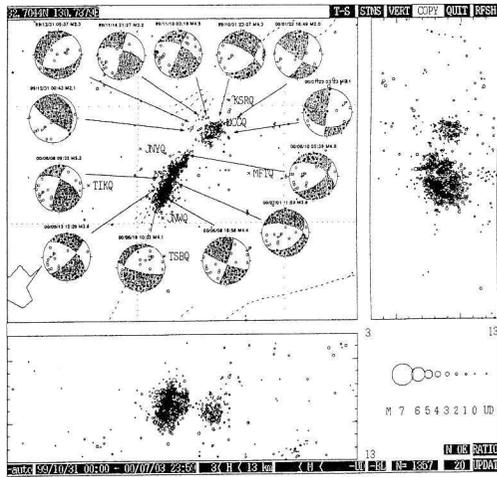
図 3 想定固着域下盤側の地震活動と潮汐の関係: 過去 180 日間における (上げ潮期間中の地震数)/(下げ潮期間中の地震数) の変動。時間区分は本文参照。  
 (防災科学技術研究所資料)

熊本県中部で発生した地震について



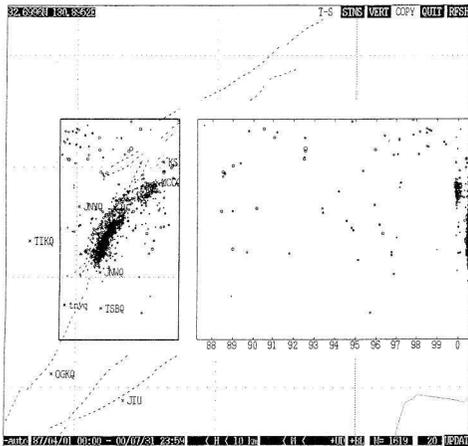
熊本県中部の観測点配置図

震源分布図と主な地震の発震機構(下半球等積投影)



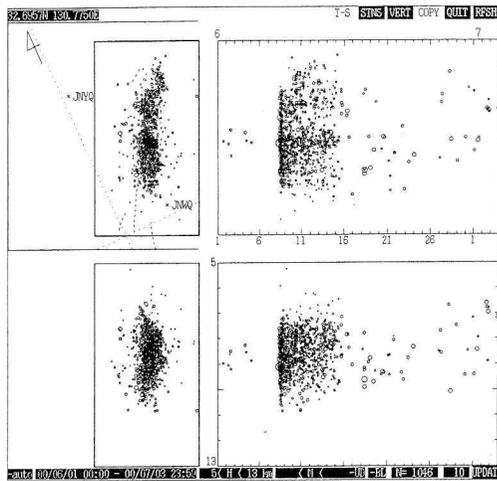
1999/10/31~2000/7/3

1987年からの時間分布図



1987/4/1~2000/7/31

時空間分布図



2000/6/1~7/3

図 4 熊本県熊本地方の地震について。(九州大学・鹿児島大学資料)  
 (上左) 熊本県中部の地震観測点配置, (上右) 震源分布と主な地震の発震機構(下半球等積投影), (下左) 1987年からの地震活動の時空間分布,  
 (下右) 今回の地震活動の時空間分布.

(1987年4月~2000年6月) M4以上

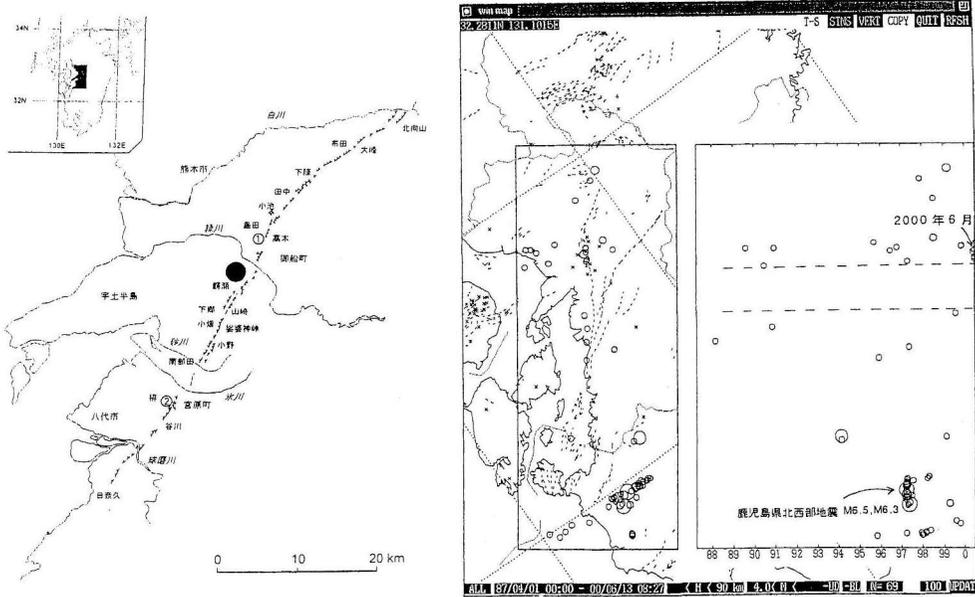


図5 (左) 日奈久断層系のトレースとトレンチ調査地点位置図(地質調査所資料)。  
 (今回の地震の南西部に隣接する地域は地震空白域)  
 ①: 御船町高木地点(熊本県上益城郡)  
 ②: 宮原町椿地点(熊本県八代郡)  
 (右) 日奈久断層系及びその周辺の地震活動の時空間分布(九州大学資料)

### GPS連続観測から推定した九州地方の水平歪速度分布

観測データ: 1998年1月~1999年12月の日産標値

Sagiya et al. (2000)の方法により、各観測点の地殻変動速度ベクトルから、歪速度成分の連続的な分布を推定。距離減衰定数は25kmとし、計算点から50km以内の観測点のデータのみを用いて計算を行った。

参考文献  
 Sagiya et al. Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan, PAGEOPH, in press, 2000.

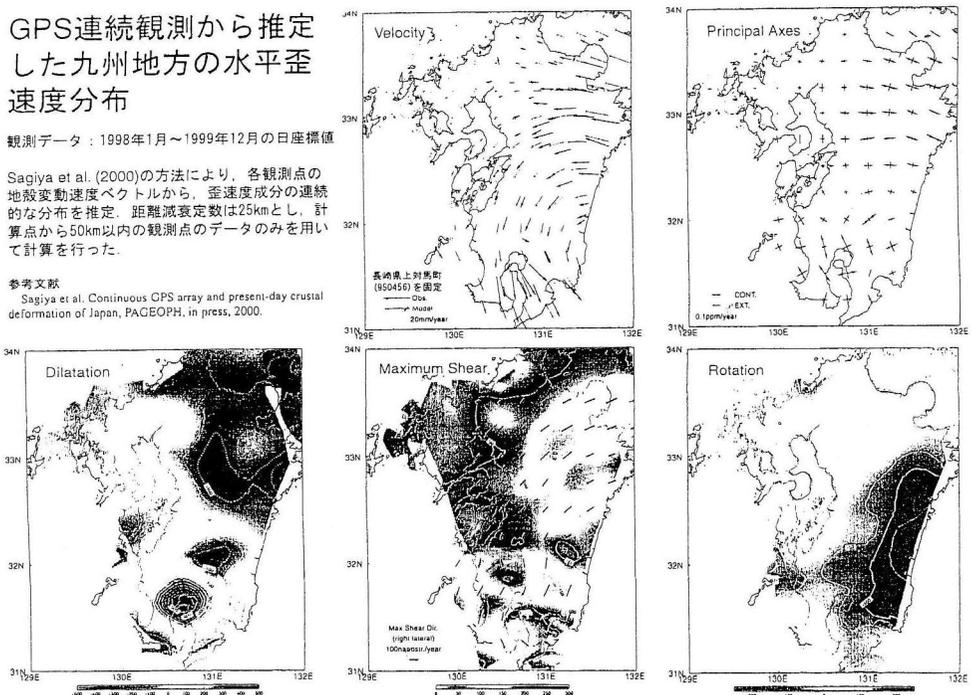
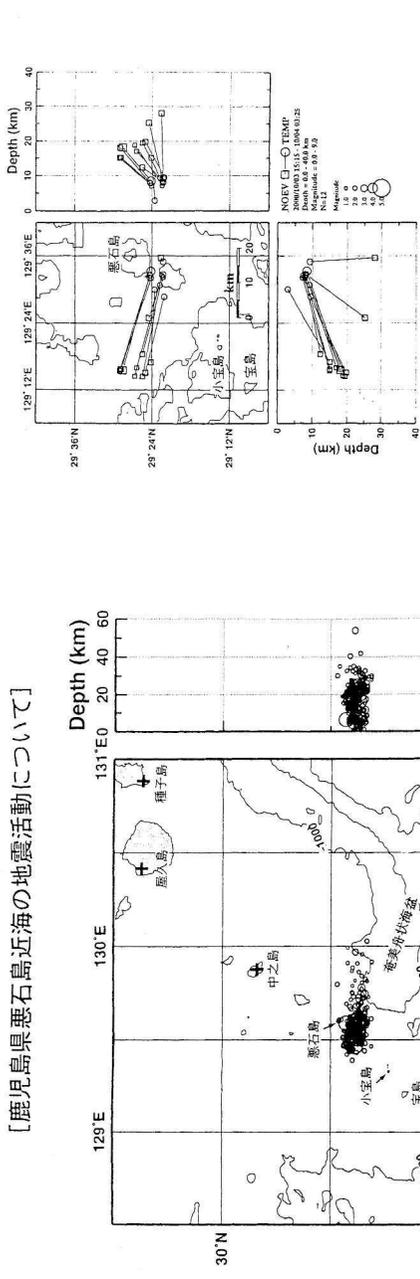


図6 GPS連続観測から推定した九州地方の水平歪速度分布(国土地理院資料)

〔鹿児島県悪石島近海の地震活動について〕



2つの震源分布の比較

□印は既設観測点のみで決定された震源分布、○印は臨時観測点と既設観測点で決定した震源分布、震源は東南東方向に25km程度移動し、悪石島の南西10km付近(ほぼ火山列上)の深さ約8kmとなっている。

図7 鹿児島県悪石島近海の地震活動(鹿児島大学資料)(左)震源分布、+印は気象庁・鹿児島大学の既設観測点、鹿児島大学の臨時観測点は悪石島と宝島に設置、余震は奄美中央海盆が中之島・悪石島・宝島と続く火山列に切れ込む延長線上に分布している。(右上)既設観測点のみで決定された震源(□印)と臨時観測点を加えて決定した震源(○印)の比較、東南東方向に最大25kmほど移動し、悪石島の南西10km付近の深さ8kmほどに集中する。(右下)10月2日に発生した主な地震の発震機構解

主な地震の発震機構解  
 下半球等積投影(●:押し、○:引き)である。



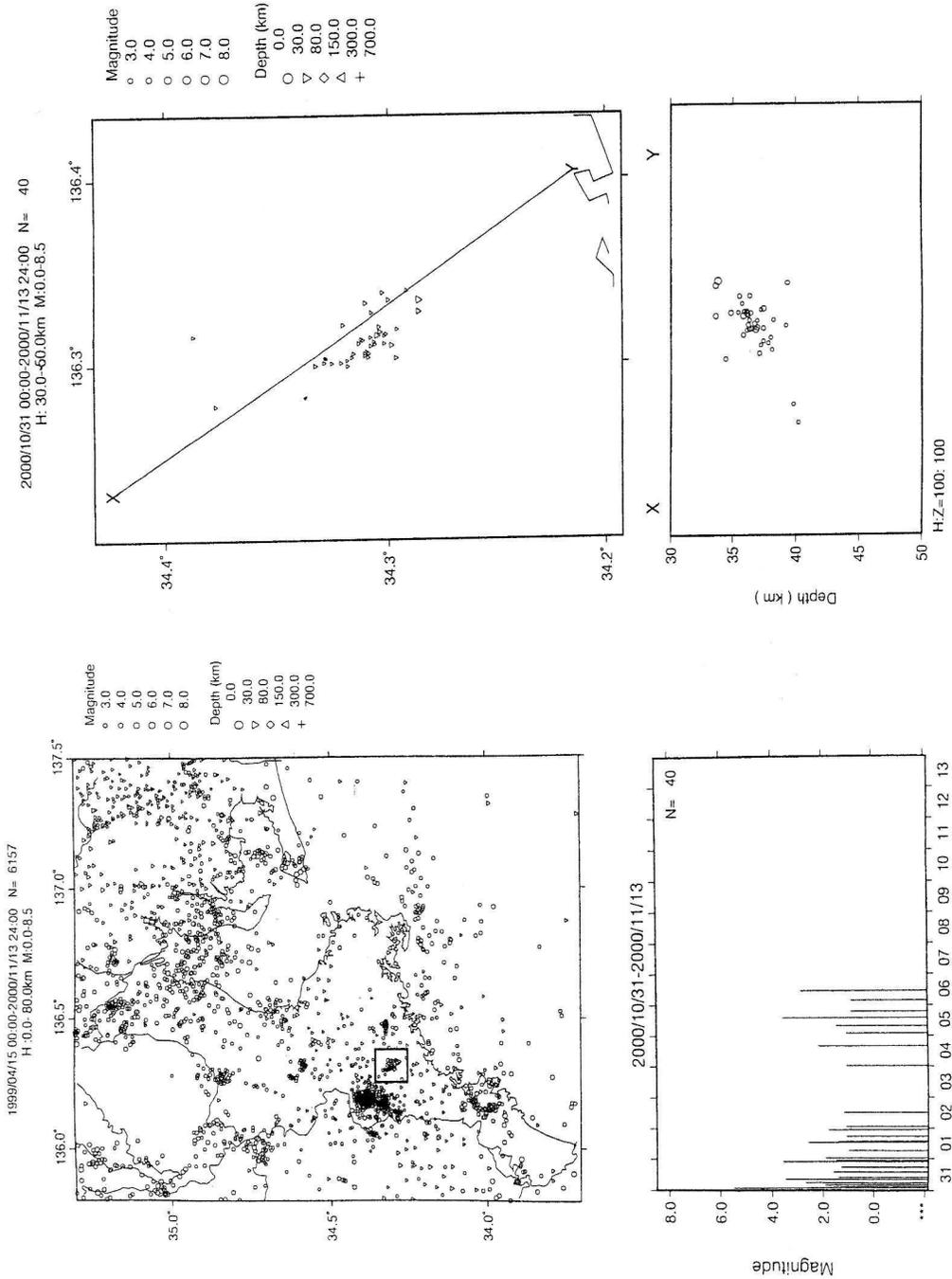


図 9 大学による臨時観測点を加えて決定した三重県中部地震 (M5.5) の余震分布 (名古屋大学資料)。(左上) 過去 1.5 年間の微小地震分布と今回の地震の余震分布 (枠の内部の地震を拡大して右に示す)、余震の M-T 図 (左下)、震央分布 (右上) と X-Y 面に投影した深さ分布 (右下)

1991.1.1 ~ 2000.6.29 12h10m

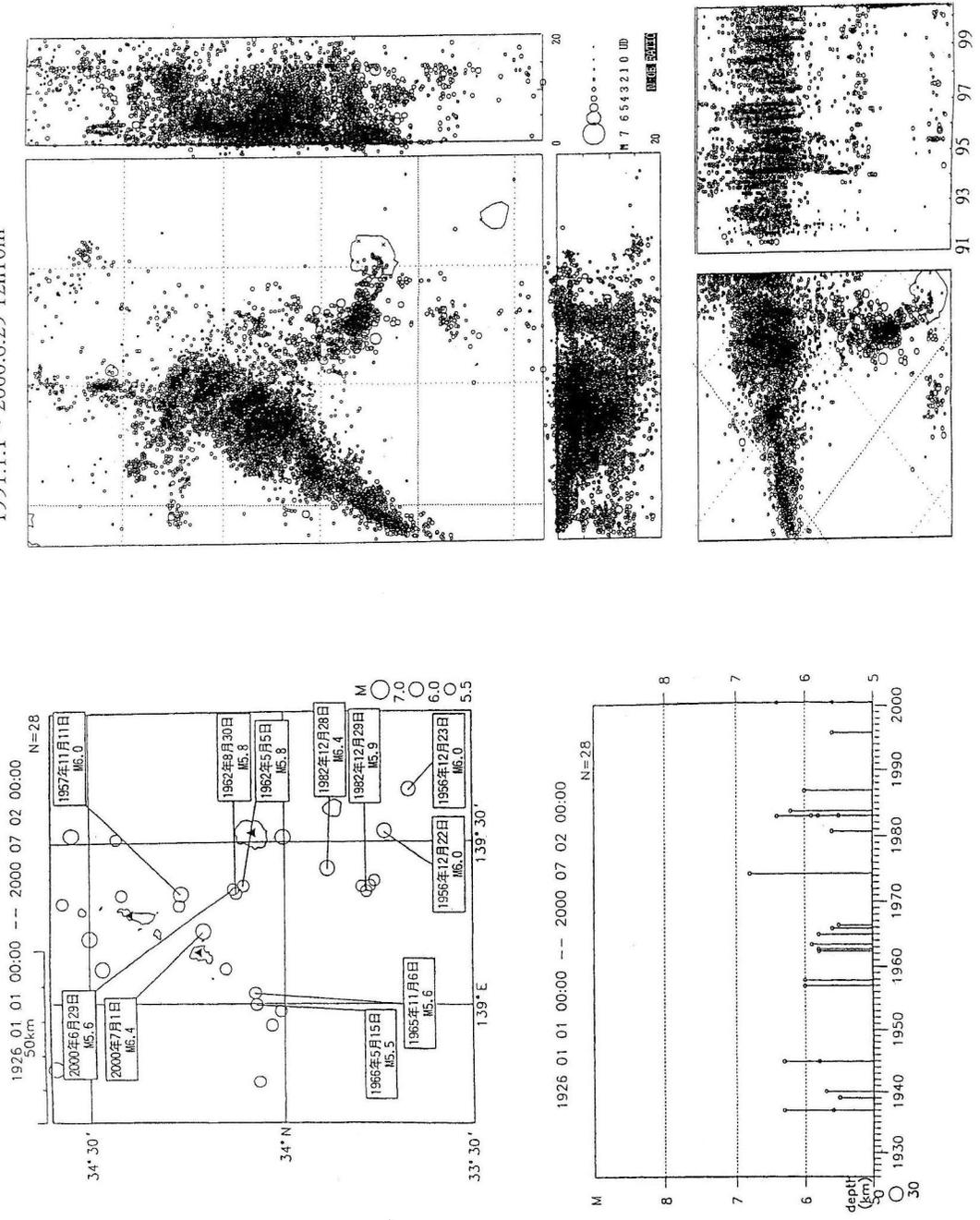


図 10 伊豆諸島付近の過去の地震活動。(左)  $M \geq 5.5$  の地震分布 (気象庁資料) と (右) 最近 10 年間の微小地震活動 (地震研資料)

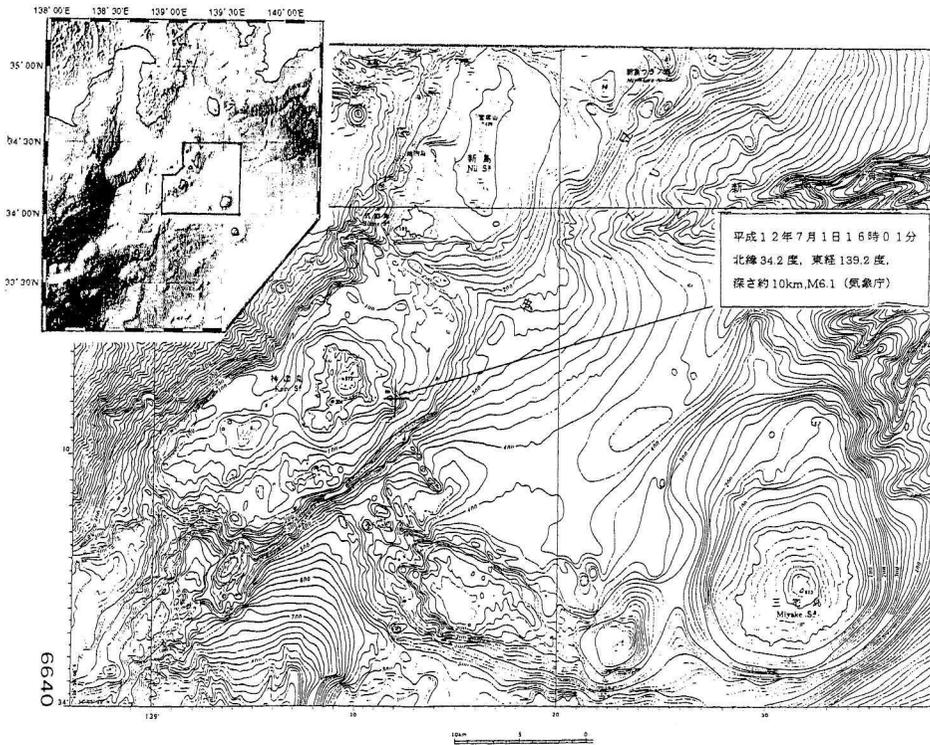


図 11 伊豆諸島海域の地形 (海上保安庁水路部資料)

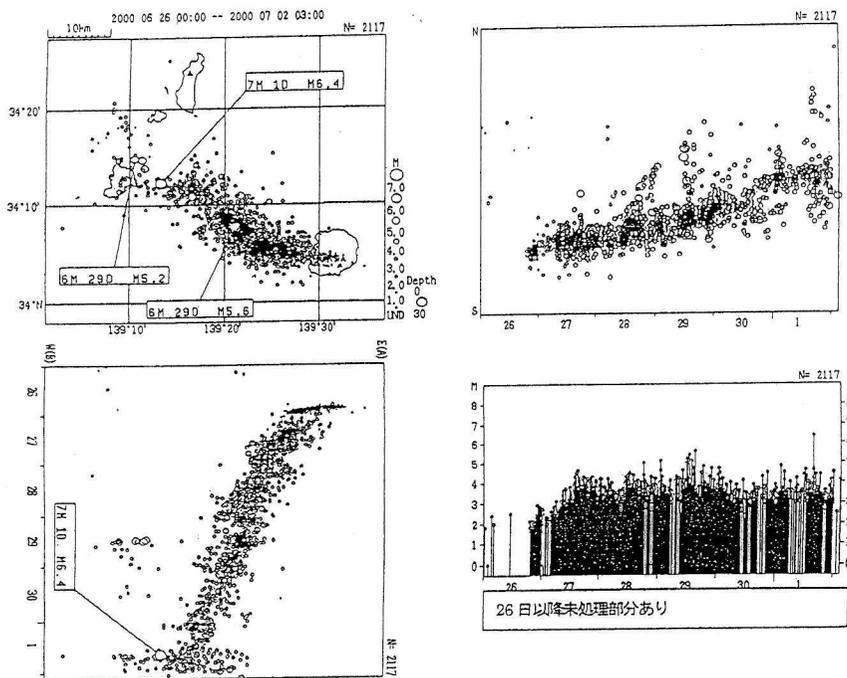


図 12 新島・神津島及び三宅島近海の地震活動  
(6月26日～7月1日の時空間分布) (気象庁資料)

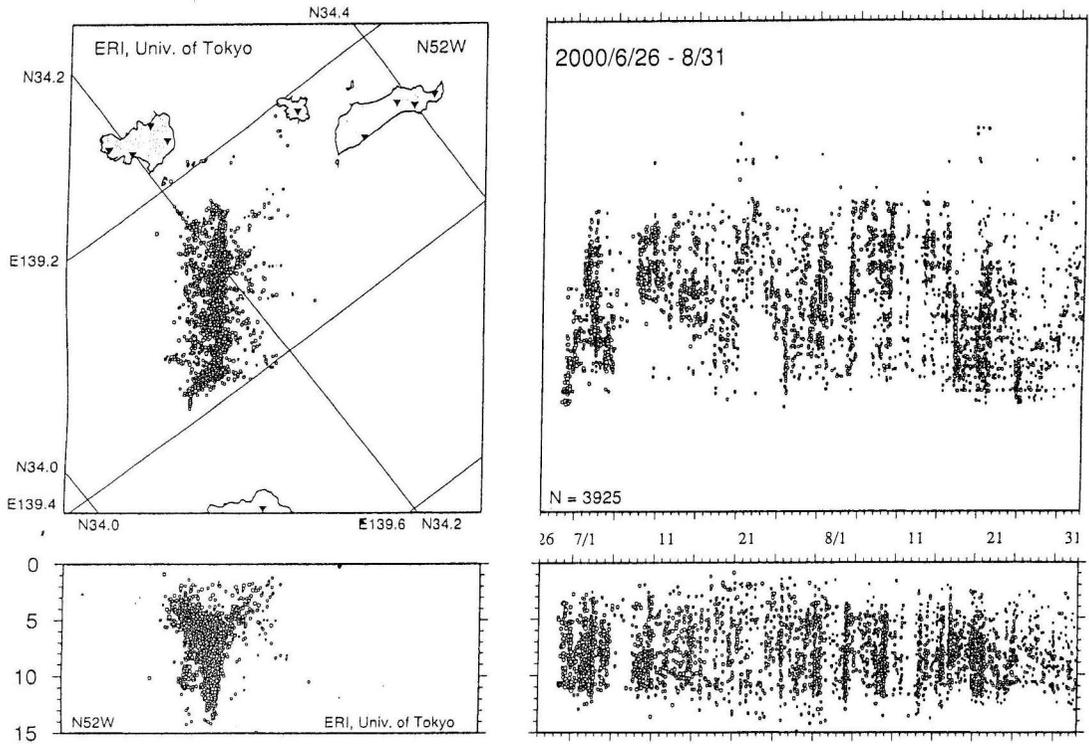


図 13 海底地震計のデータを用いて補正した比較的精度の良い震源分布とその時系列（地震研資料）

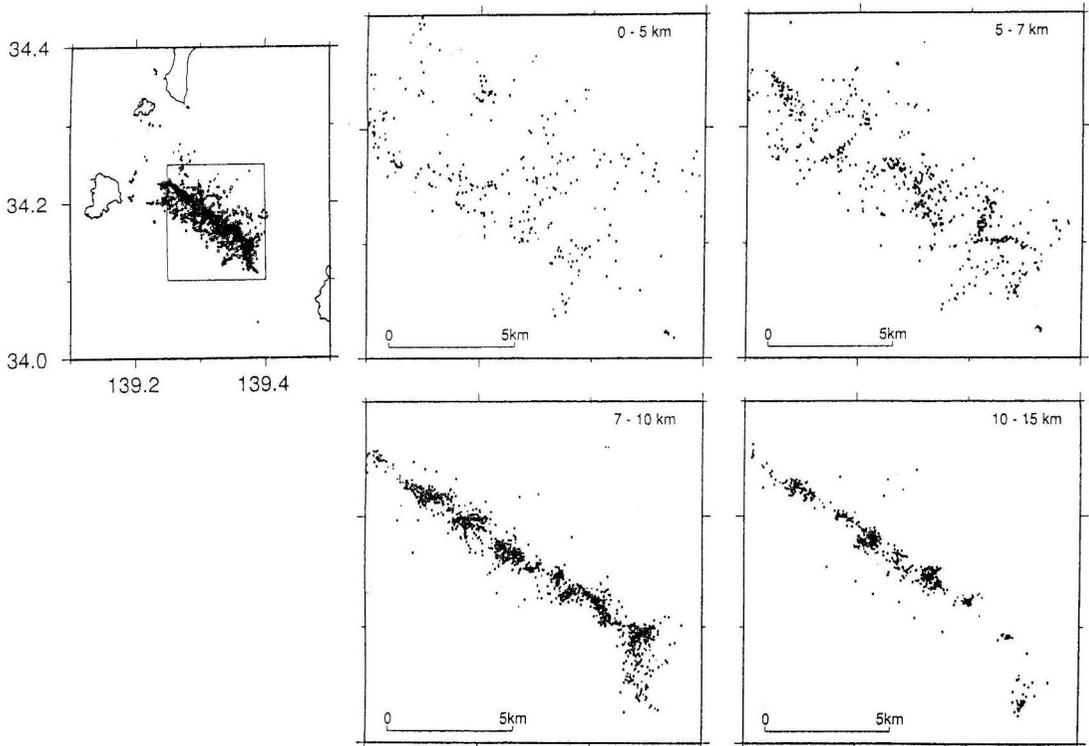


図 14 海底地震計のデータを用いて補正した震源の深さごとの分布（地震研資料）

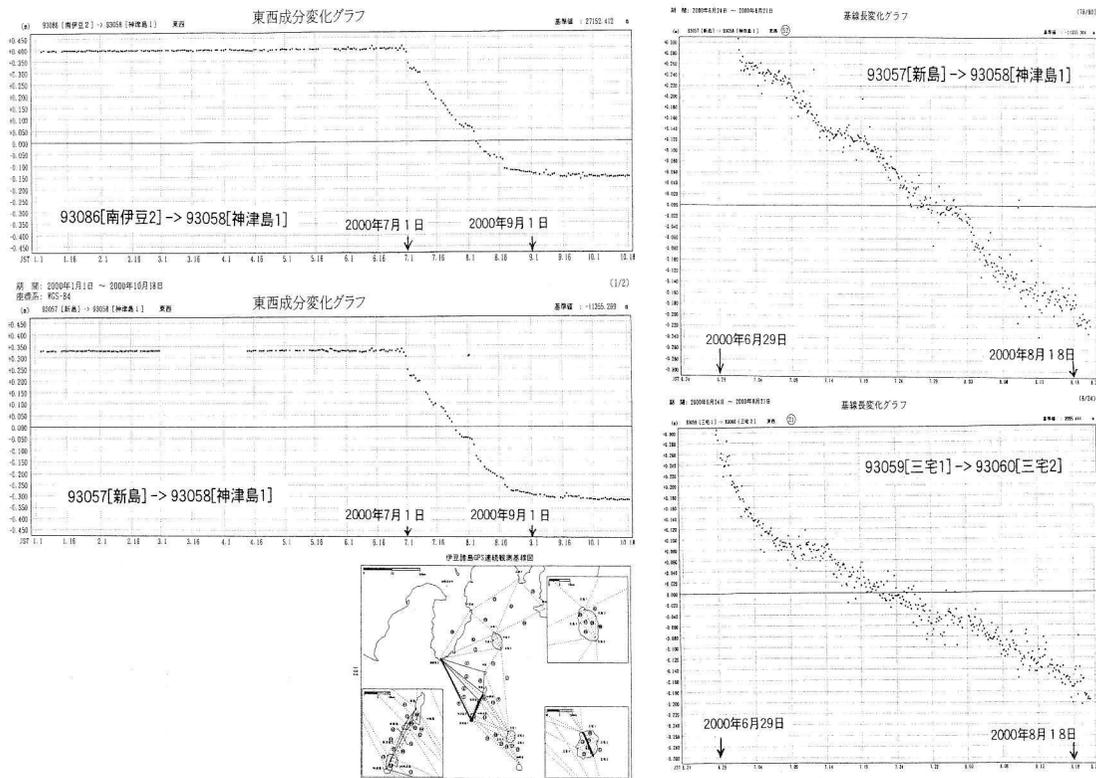
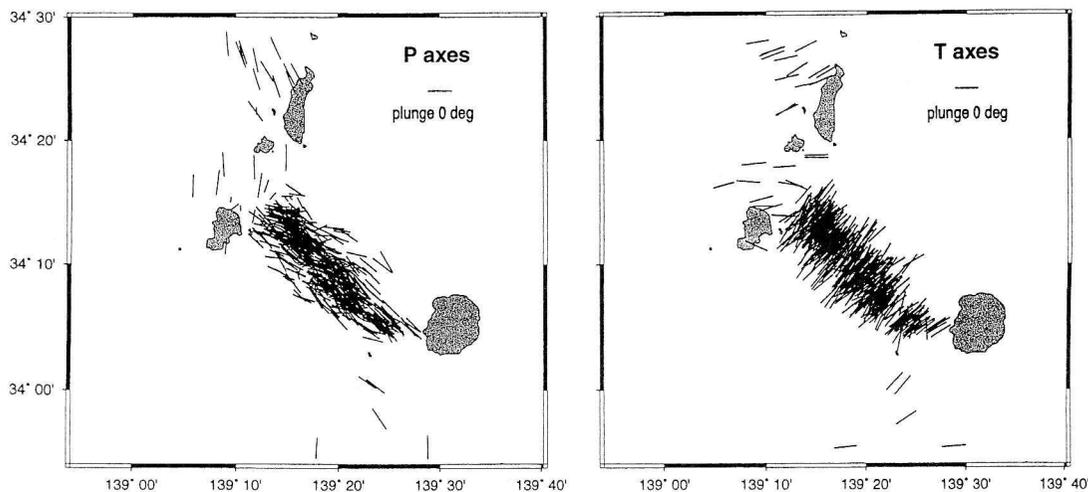


図 15 GPS 連続観測による基線長変化の結果 (国土地理院資料)

(左下) GPS 観測網基線図

(左上) 南伊豆-神津島間の東西成分と新島-神津島間の東西成分 (1 div = 5 cm / 15 days)

(右上) 新島-神津島間と (右下) 三宅島 1-三宅島 2 (島内の南北) の東西成分変化 (1 div = 2 cm / 5 days)



Number = 666  
 Mw(NIED) >= 4.0  
 VR >= 80 %

2000/06/27/00:00 -2000/08/15 23:59(JST)  
 (震源情報は気象庁一元化震源による)

図 16 地震の発震機構から推定されるこの地域の広域応力場 (防災科技研資料)

2000年三宅島・神津島における地殻活動と推定されるダイク貫入・クリープモデル

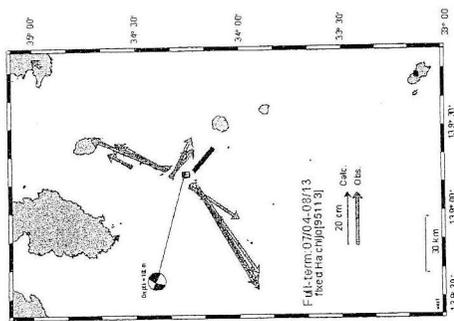


図17-1.

観測された水平変動と推定したダイク貫入と組成変形モデルと組成変形モデルと組成変形モデルから地理院や名古屋大学で観測した地殻変動から地震に伴う変動を除いた。国土地理院八丈島観測点に対する変動として示す

ダイク 20km x 15km 開口量2.5m  
震源球 M7.0 (NW:  $2 \times 10^{-19}$ )

図17-2.

国土地理院による三宅島1と三宅島2、および南伊豆と神津島間の基線長の時間変化

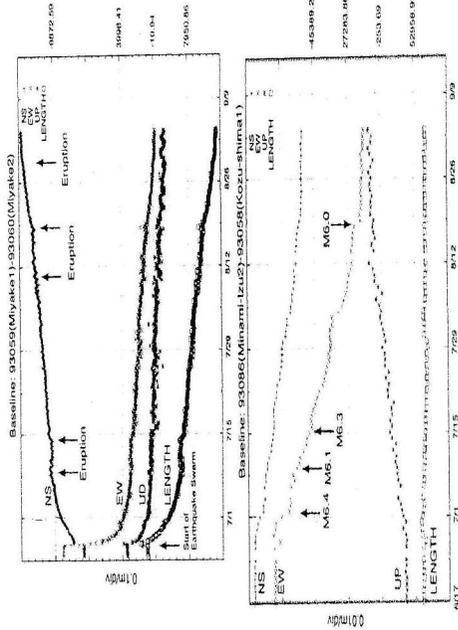


図17 ダイク貫入・クリープモデル (名古屋大資料)。図17-1 地震時のステップ的变化を除いたGPSによる総変動量。図17-2 南伊豆と神津島間及び三宅島間のGPS連続観測による変動。図17-3 新島・神津島・三宅島域におけるダイク貫入・クリープモデルの時間的経過。

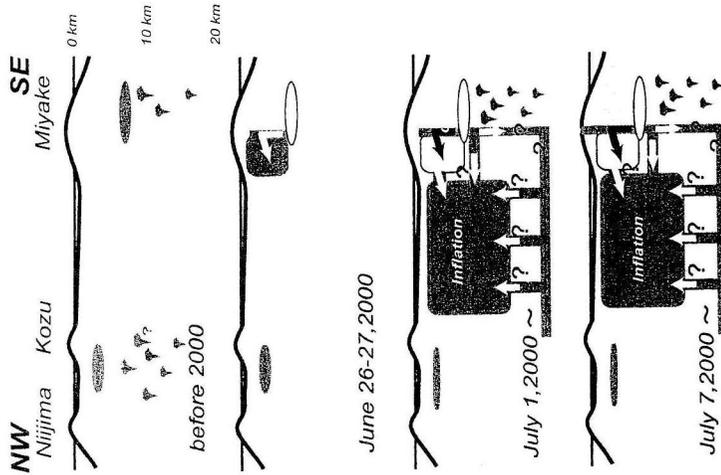
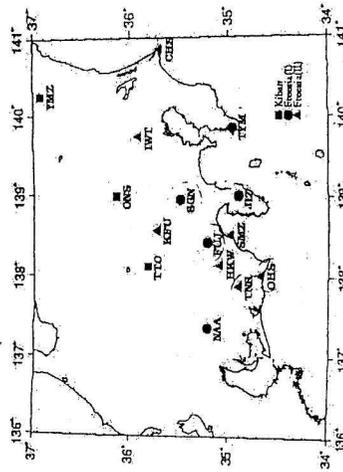


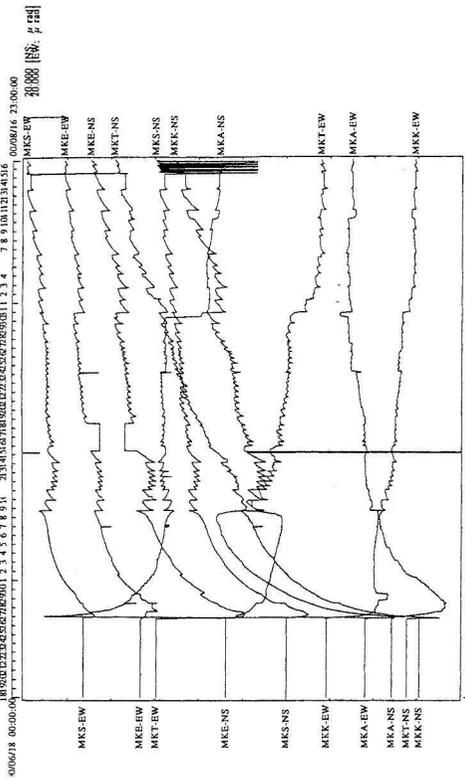
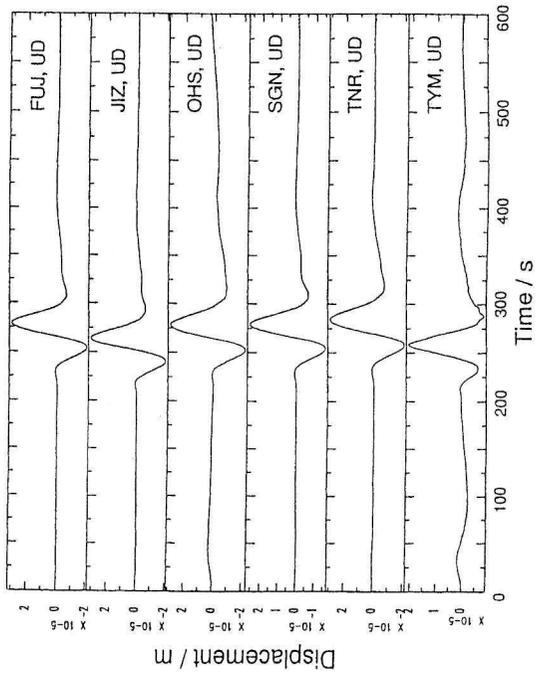
図17-3.

新島・神津島・三宅島域におけるダイク貫入・クリープモデルの時間的経過  
 2000年前 神津島・新島間と三宅島南部に膨張の地殻変動がGPS観測で検出されていることから  
 増圧の圧力源が推定される  
 2000年6月26-27日 三宅島西岸でのダイク貫入と南部での減圧  
 2000年7月1日以降 三宅島・神津島間におけるダイク貫入と三宅島南部における減圧  
 2000年7月7日以降 三宅島雄山の噴発・噴火による火道の閉口

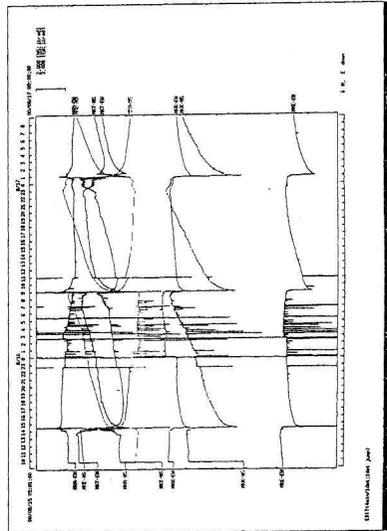
Moment tensor and/or single force inversions for the VLP signal (00/07/14 02:12)



Bandpass 0.005-0.025 Hz

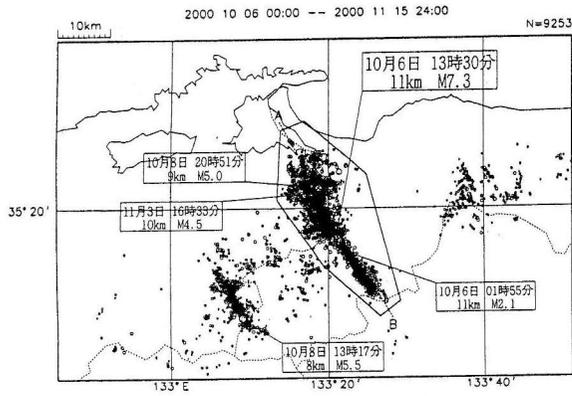


三宅島傾斜変動データ 6 0 日分 (2000/6/18 ~ 8/16 : 時値)

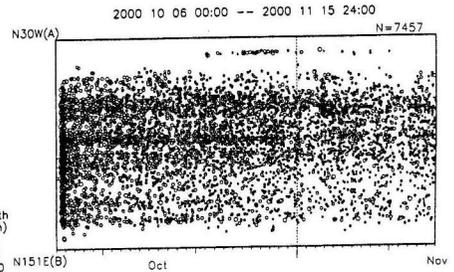


三宅島傾斜変動データ 2 日分 (2000/8/15 12:17 ~ 8/17 12:16 : 分値)

図 18 三宅島の傾斜スナップと超長周期振動(防災科技研資料)。(左)三宅島内5カ所の傾斜データ(上: 60日分, 下: 2日分), (右)長周期地震計の観測点分布(上)と超長周期振動(下)

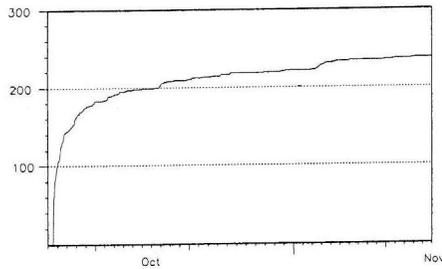


### 鳥取県西部地震の活動概要



### M3.3以上の回数積算図

2000 10 06 00:00 -- 2000 11 15 24:00



2000 10 06 00:00 -- 2000 11 15 24:00

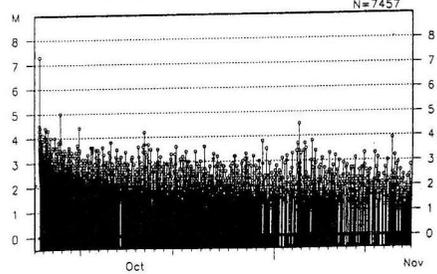


図 19 鳥取県西部地震の概要 (気象庁資料)、余震の震央・時空間分布図、M3.3以上の回数積算図、M-T図

### 山陰地方周辺のM6.5以上の地震

0700 01 01 00:00 -- 2000 10 08 24:00

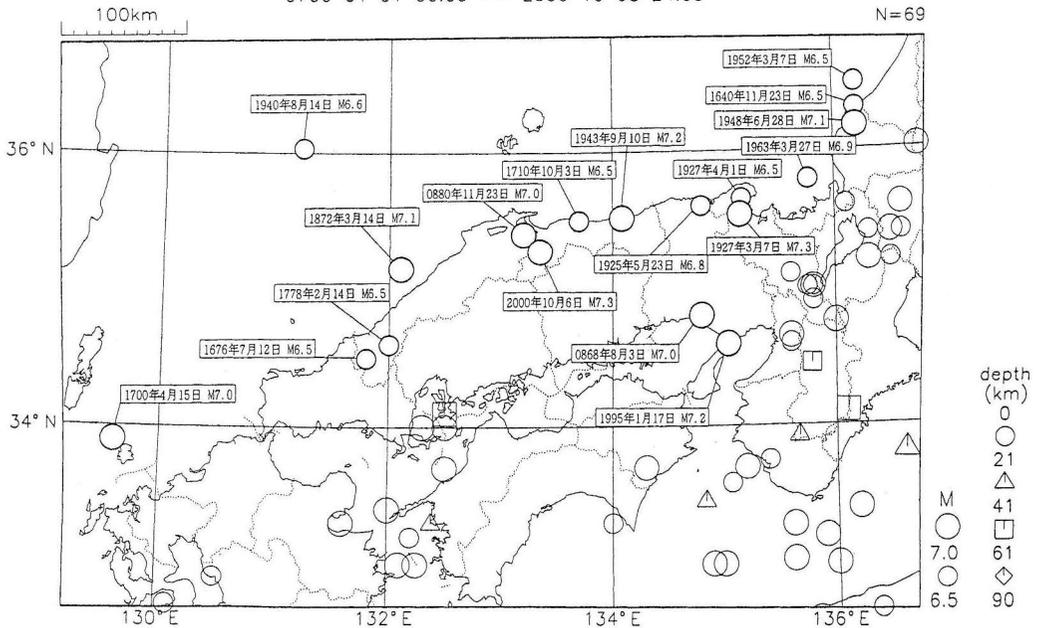


図 20 山陰地方周辺の M6.5 以上の地震 (700 年~2000 年 10 月) (気象庁資料)

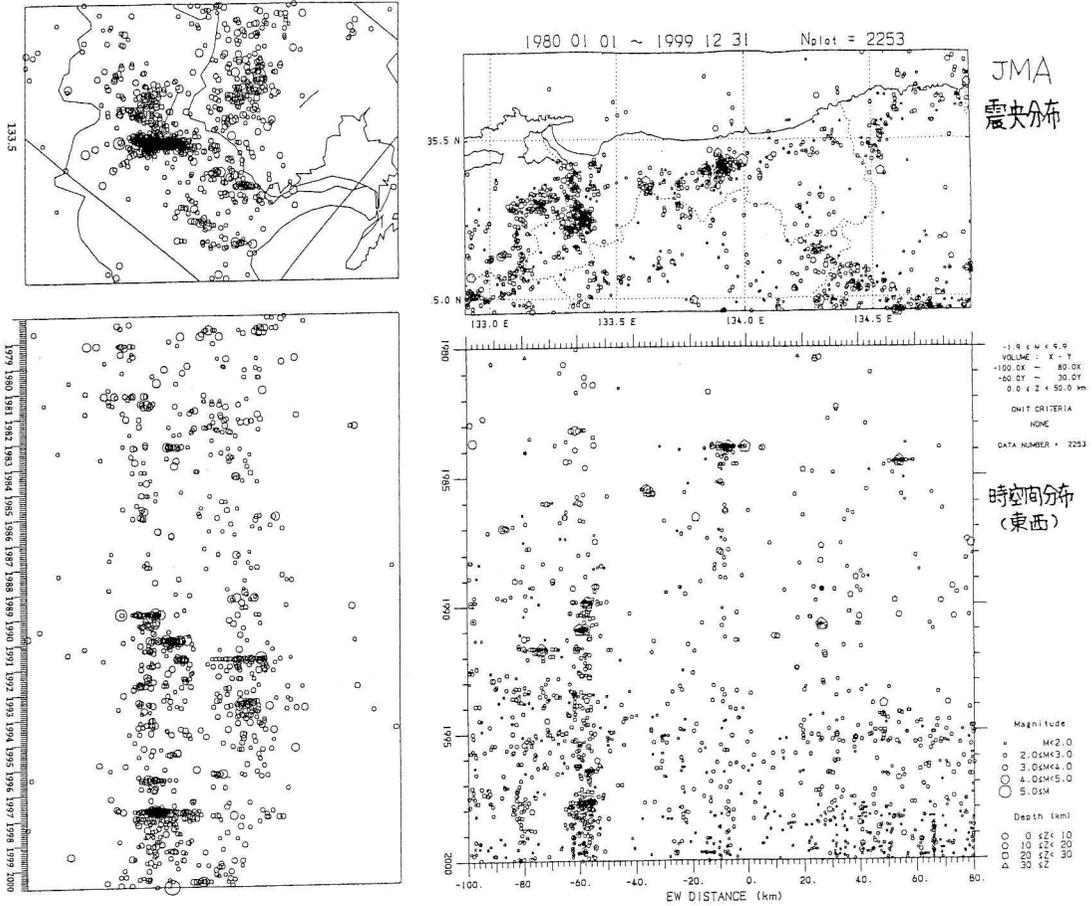


図 21 (左) 島根県東部-鳥取県西部のこれまでの群発地震活動 (京大防災研資料)  
 (右) 山陰地方 (北部) の震央分布と時空間分布 (気象庁/防災科技研資料)

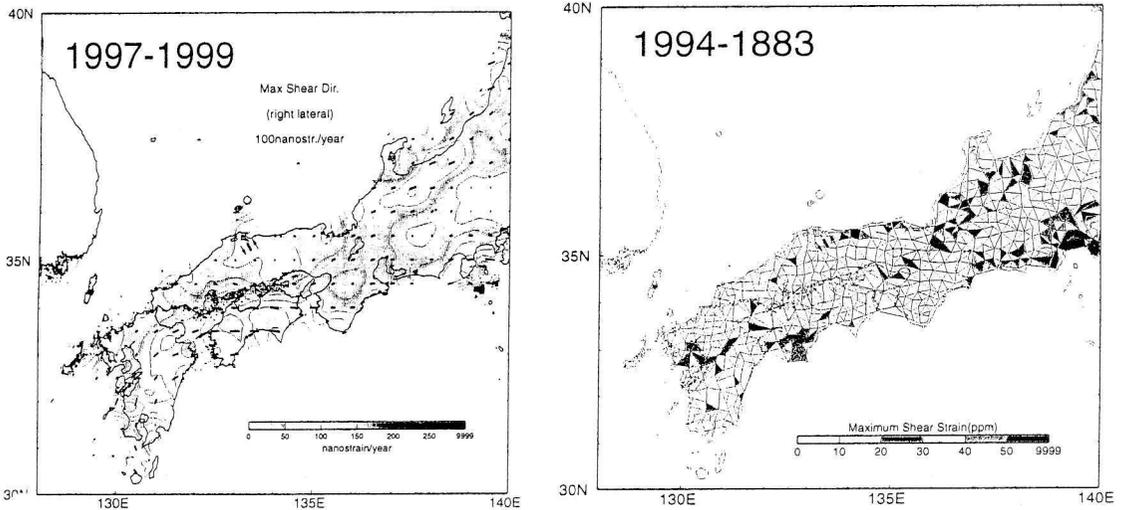


図 22 GPS (1999-1997) と三角測量 (1994-1883) による最大剪断歪速度分布 (国土地理院資料)

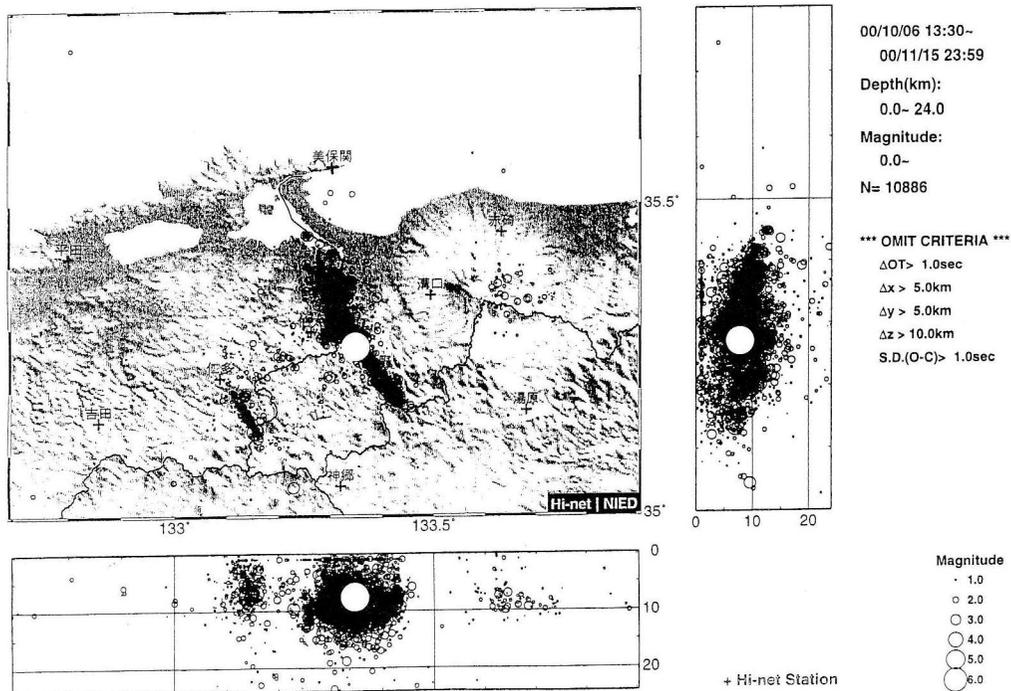


図 23 (上) 高感度地震観測網 (Hi-net) による本震・余震の分布 (防災科技研資料)  
(右下) 京都大学 (SATARN) による余震分布 (10.06-10.10/JST)

### SATARN (Kyoto Univ.)

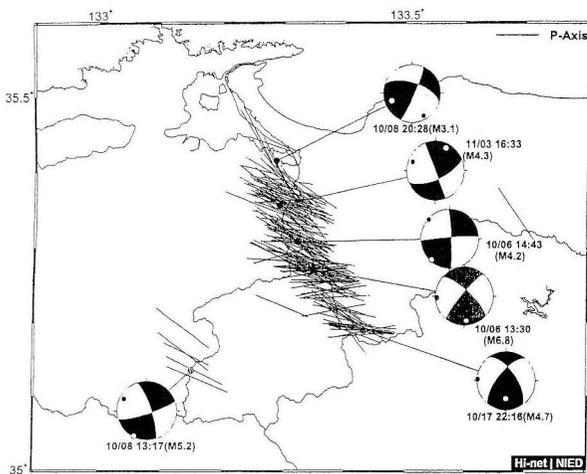
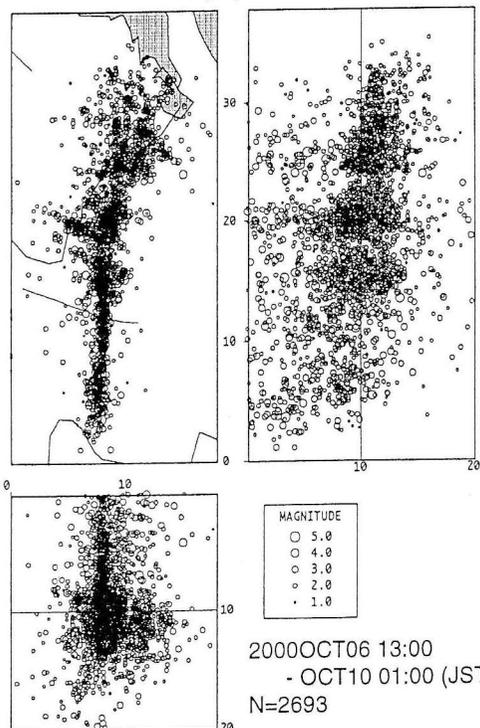


図 24 初動極性分布から求めた P 軸方位分布と主な地震のメカニズム  
(防災科技研資料)

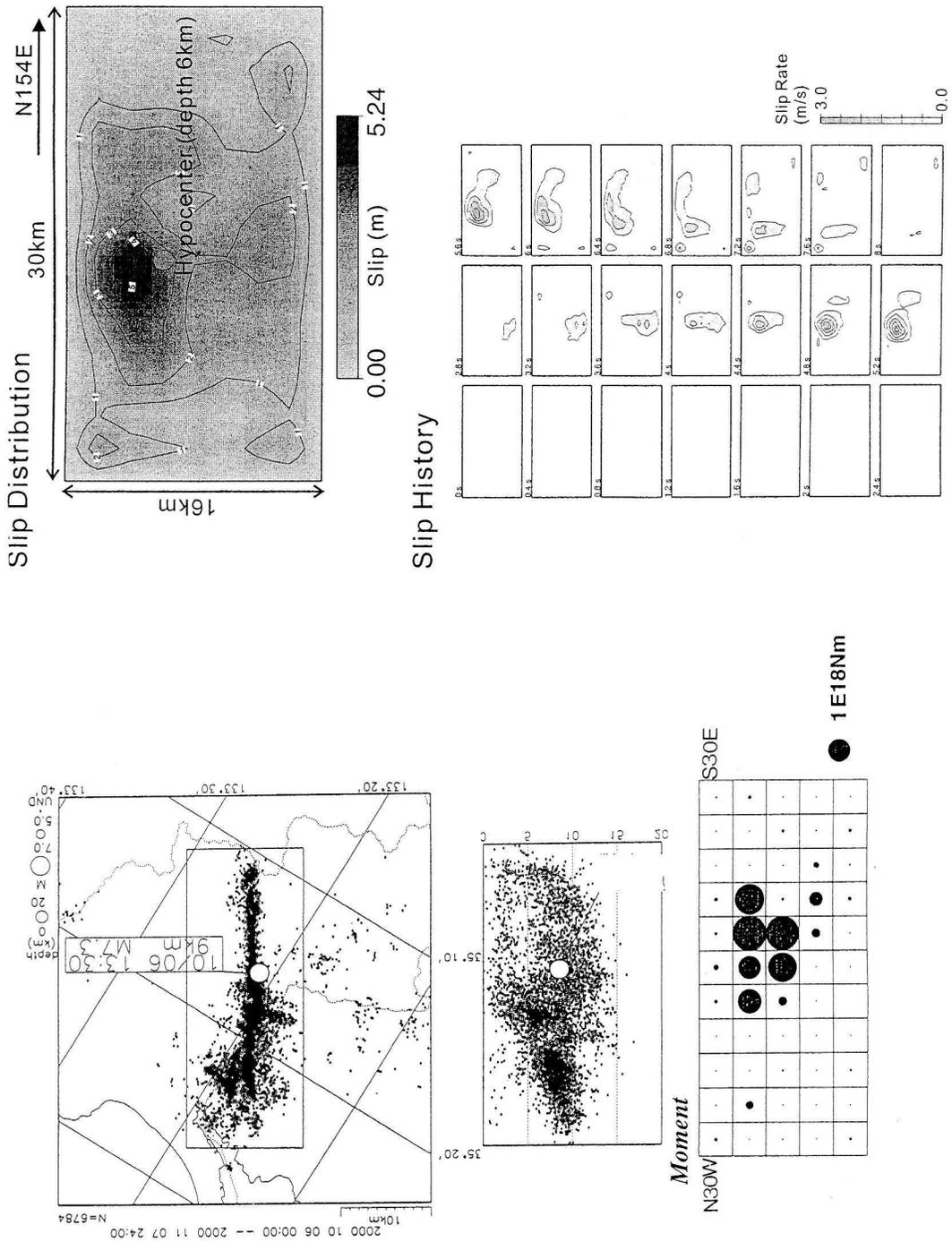


図 25 (左) 震源破壊過程と余震分布 (気象庁資料), (右) 強震波形から求めた断面のすべり分布の進行過程 (京大防災研資料)

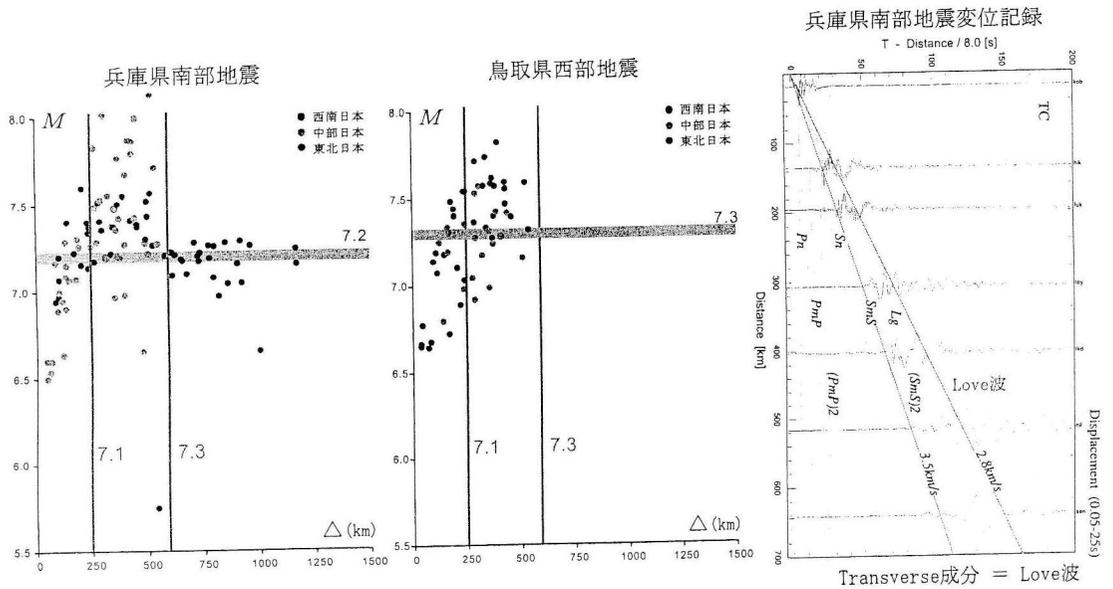


図 26 地震観測点で計算された M の距離による変化 (地震研資料) 鳥取県西部と兵庫県南部地震との比較

平成12年10月6日鳥取県西部地震に伴う地殻変動と断層モデル

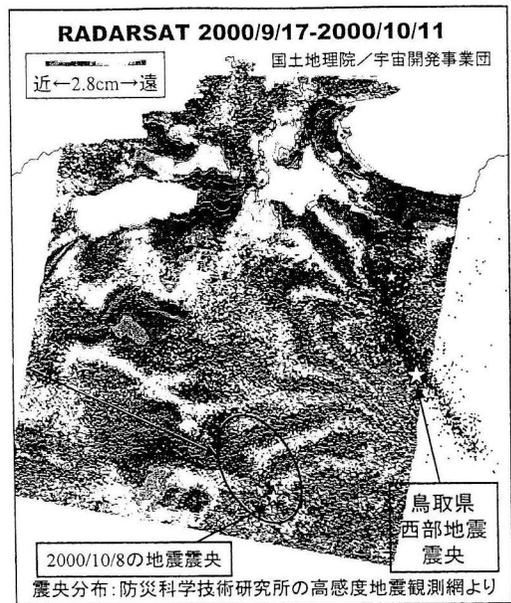
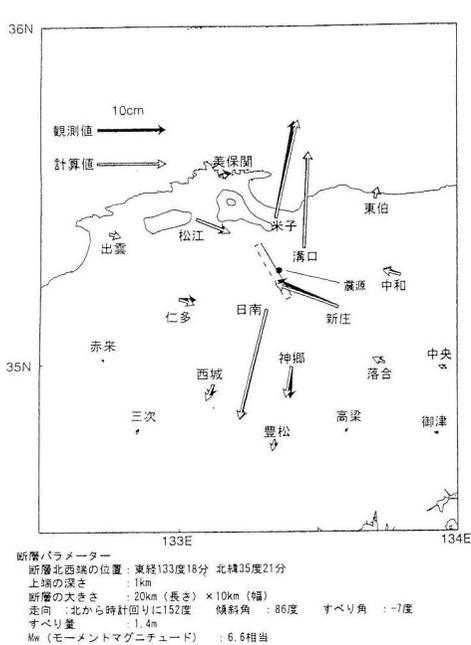


図 27 (左) GPS から得られた地殻変動と断層モデル (地理院資料), (右) 干渉 SAR による地殻変動マッピング (国土地理院・宇宙開発事業団資料)

# ■ 書 評 ■

## ● 予知連創設 30 年

### 地震予知連絡会 編 地震予知連絡会 30 年のあゆみ

評者 窪田 将

地震予知連絡会からは 10 年ごとに「あゆみ」が発刊されている。この「地震予知連絡会 30 年のあゆみ」では主として 1989 年以降、10 年間に発生した地震の調査結果と予知連での討議がまとめられている。

また、最近の出来事だけではなく、第 1 部の冒頭で予知連発足以来の経過にかなりの頁を割いている。巻末の年表も参考にして、予知連設立の背景、その後の経緯を詳しく知ることができる。

巻頭のカラーページには予知連及び、強化地域判定会打合せ会の模様や、兵庫県南部地震の被害状況に加えて、最新の観測手法の施設、成果の写真、図表が掲載されている。VLBI、GPS 等の宇宙、衛星技術を取り入れた観測技術のほか、合成開口レーダーなど、いずれもこの 10 年間の発展と成果を一望することができる。

第 1 部、第 2 章では予知連発足以来の主な地震、地殻変動の概要と、これら諸現象に対する予知連の取り組みが示されている。また、1997～1998 年に活動した、予知連ワーキンググループの設立と、その議論の結果として、予知連の役割と運営方針が確認されたことが述べられている。第 3 章では各関係機関の活動が記載されている。兵庫県南部地震以降の著しい変化、発展を概観することができる。

第 2 部では 1990 年代の主な地震と地殻活動を、北海道から南西諸島までの各地域に分けて、各種観測体制とその成果が解説されている。当然のことながら兵庫県南部地震についてはかなり詳細に述べられている。当時活発に議論された震度 7 の帯と、断層の位置関係も結論が示されている。

「予知連のあゆみ」という表題からは、会議資料の収録集という印象を受けるかも知れないが、予知連発足以来に発生した個々の地震の総合的な解析結果を知ることができる。また、各関連機関の観測体制、取り組みの発展、変遷の経過を追うことができ、地震学、地震防災の参考

書としても価値が高い資料である。

第 3 部では測地学審議会の経緯、役割が述べられ、地震予知推進本部から地震調査研究推進本部への移行の経緯等、国の地震予知、および地震防災に対する体制、組織がまとめられている。末尾に判定会招集要請基準の変遷が添付されている。

第 4 部の資料集には 1989 年以降の委員名簿が掲載されているが、評者の氏名も散見されて当時を思い起こした。伊豆半島東方沖の群発地震に伴い手石海丘の海底噴火が発生し、しばしば火山噴火予知連との合同打合せ会が開催された。地震と火山の現場が従来よりも密接に連携をとるきっかけになったイベントであった。

最後にブループリントの全文が復刻されている。いうまでもなくこれは、萩原予知連名誉会長ほか 2 氏の大先輩の執筆によるものであるが、萩原先生が逝去されてすでに一年が経過した。ブループリント以後、国の予知計画、予知連、判定会等すべてにわたり先生のご尽力、影響力の偉大さを今さらながら回想しつつ、ご冥福をお祈りしたい。

<建設省国土地理院、2000 年 2 月、540 頁>

## ● 新しい地震学テキスト

Peter M. Shearer 著

### Introduction to Seismology

評者 長谷見晶子

著者はカリフォルニア大学サンディエゴ校で 10 年近くの間、学部学生や大学院 1 年目の学生に地震学の入門を教えてきた。その講義内容をもとにして書かれた教科書である。地震の物理に関する基礎事項全般が取り上げられている。地震の物理は、啓蒙書に近い教科書ではあまり書かれていないし、かといって数式がきっちり書かれた本ではかえって本質をつかみづらいこともある。その点、本書の記述はとてもバランスが良く、入門クラスだけでなく、地震学をすでに勉強した人にとっても知識を整理するのに役に立つと思われる。

次のような点がこの本の特長である。一つは、「理論や手法の物理的な意味を初学者が直感的に理解しやすいこと」を第一にして書かれていることである。そのため、

式を導く詳しい過程は省略され、難解な数学は登場しない。(式の導出過程について参照する本として、Aki and Richard "Quantitative Seismology" と Lay and Wallace "Modern Global Seismology" を挙げている。) もう一つは、一貫して地震の物理だけに内容を絞っていることである。たいていの本で取り上げられるプレートテクトニクスはイントロダクションで少し触れられているだけであり、震度表も載っていない。

構成は、イントロダクション(観測と理論の発展の歴史)、応力と歪み、弾性波動方程式、走時、走時のインバージョン、振幅、反射法、表面波、震源理論、地震予知、その他の話題(地震計、地球ノイズ、異方性)、付録(数学、フォートランプログラム)となっている。理論を応用する計算問題やプログラミングの演習問題がそれぞれの章末についている。

著者は、実体波の伝播に関連する研究を数多く行っている。そういう背景もあって、内容のうちで最も詳しく書かれていて分量も多いのは、波線理論に基づく走時と振幅に関することである。たとえば、速度構造を求める方法として Herglotz-Wiechert 法、屈折法、 $\tau$ -p 法、トモグラフィ法が書かれているが、手法だけでなく、実際のデータに適用する場合の留意点も記述されている。反射法の内容も、波の伝播経路や波形に関する説明が主となっている。

弾性論、表面波と自由振動、震源の物理については少ないページ数の中で、古典的地震学から近代的地震学までの事項が要領よくまとめられている。震源パラメータ、震源スペクトル、遠地波形のあいだの関係は、簡潔で分かりやすい記述である。ただし、詳しい解説は講義の中ですることを前提としているようなので、地震学の多少の知識を持った上で読む方がよい。地震予知の章は、震源物理の視点から書かれている。予知の可能性に関して紹介されている理論は、否定的なものが多い。

<Cambridge University Press, 1999年, 272頁, 18.95STP>

## ● 地震予知はできる(!?), できない(!?)

① 串田嘉男 著

地震予報に挑む

② 島村英紀 著

地震は妖怪 騙された学者たち

評者 力武常次

2000年8~9月, ①「地震予知はできる」とする本と

②「できない」とする本がほぼ同時に刊行された。それぞれの表題は異なるが、端的には「できる・できない」の論点にしばられる内容とも言える。

前者①は八ヶ岳山麓における流星観測を目的としたFM放送エコー観測が、地震に先行するペンレコーダー基線のうねり状変動や基線幅変化を捕らえたというのである。要するに地震に先行して電離層の電子密度が変化し、そのためにVHF放送波散乱の程度が影響されるのでこのような現象が起こるとするのである。

この報告が事実であるとするれば、まことにすばらしいことであるが、本書の記述だけから著者の主張を完全に受入れることはむずかしいように思える。観測は主として仙台のFM局を対象としているため、電波伝播経路にあたる関東地方の地震の多くをモニターしている。しかし、ときにははるか遠方で発生した北海道東方沖地震やサハリン地震などの前兆もキャッチしたとし、きわめつけは1995年の兵庫県南部地震の約2日前から異常を認めたとしている。このような場合のアンテナの指向性の問題はないだろうか。

地震前の電離層電子密度異常はごくわずかなため、通常の電波打上げ観測では検出できないが、この場合には伝播の大距離について積分するため検出できるとしているが、果たしてそうであろうか。この点については、もう少し定量的議論が欲しいし、何とか直接電子密度変化を調べられないものだろうか。近年明らかにされたように、地震に先行するあるいは伴う電離層変化は確かな現象であるらしく、場合によっては人工衛星によっても観測されている。

評者の専門外であるのでよく分からないが、この際可能ならば、FM放送波異常と対応する直接の電離層電子密度変化の同時観測が実現することが望ましい。

本書に述べられている地震予知公開実験については大いに問題がある。資金を提供しているからといって、特定の機関や個人にだけ地震予知情報が流されるのはいかがなものであろうか。ファックス送信とのことであるが、この手段では情報は容易に外部に漏れるであろう。かりに重大な災害をもたらすと予想される地震が予知された場合でもこれでよいのであろうか。

1983年ユネスコおよび国際地震学・地球内部物理学協会の作業部会は、ハンブルクにおける会合において、「地震予知の実施基準(Code of practice for earthquake prediction)」を起草している。その条項のうちに「地震予知は地震学界の適切な支持をえるべきである。したがって、地震予知にかかわる科学者は、予知情報を公開する前に、同僚科学者にその情報を批判して貰うべきである。地震予知に関する評価機関の存在する国においては、予知を指向する科学者は、その情

報を当該機関にあらかじめ提供しなければならない」という記述がある。このような点を本書の著者も十分考慮していただきたいものである。

繰り返しになるが、本書に述べてあるポイントをさらによく理解させるためには、著者の言うように電子密度変化の直接観測が困難であるにしても、どれだけの範囲の電子密度がどれだけ変動していることが要求されるのかを定量的に示すことが必要であろう。本書の随所に挿入されている図の多くは、説明不十分で分かりにくい。例えば145ページの図4-7に見られる多くの曲線のそれぞれが何を表しているか全く分からない。これらの点は改良を要する。

②の本はその特異な表題や表紙の帯に記されている「地震予知など夢物語だ!!」などのフレーズにつられて、何かとても画期的に斬新な見解が記載されているかと期待して読んだが、評者を含む多くの地震予知関係者の抱いている意見と大差がないようなので、いささかがっかりしたところである。しかし、一般の読者に地震予知の現状を知らせるには役立つのかもしれない。

本書全体としては、いわば地震問題を中心とする科学随筆のようなもので、特に著者の得意とする海底地震観

測に重点が置かれているが、いささか宣伝臭が強過ぎるようでもある。いわゆる「筆の立つ」著者は、「地震妖怪」とか「カタツムリ妖怪」などのやや珍奇な言葉を多用しているけれども、その効用は果たしてどうであろうか。

安政江戸地震の元凶の活断層が見当たらないなどの記事があるが、目下の通説としてはこの地震は通常のプレート内活断層ではなく、潜り込むフィリピン海プレートの上面の深さ20~30 kmに起こったプレート境界地震であるということになっている。また、福井地震の年代が1949年（正しくは1948年）と誤記されているのも気になる。

いくつかのマイナーな誤りもあるようであるが、本書はあまり肩のこらない地震についての「読み物」としては結構興味を持って貰えるかもしれない。湾岸戦争の際、GPSの精度がよくなったこととかクジラの行動を地震計でモニターする話などは、一般の読者にはうけるかもしれない。

<①PHP新書、PHP研究所、2000年9月、  
254頁、本体740円>

<②講談社+α新書、講談社、2000年8月、  
205頁、本体780円>

# 執筆者紹介

<掲載順>

氏名 高木章雄

[たかぎ あきお]

**現職** (財)地震予知総合研究振興会理事  
長, 東北大学名誉教授  
理学博士

**略歴** 東北大学理学部地球物理学科卒業, 東北大学理学部助教授, 教授, 鹿児島大学理学部教授を経て現職  
**研究分野** 地震学

**著書** *Earthquake Prediction Techniques—Their Application in Japan* (with T. Asada et al., Univ. Tokyo Press) 1982, 『東海地震の予知と防災』(共編, 静岡新聞社) 1997



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 村内必典

[むらうち さいのり]

理学博士

**略歴** 東京帝国大学理学部地球物理学科卒業, 戦時中海軍兵学校教官, 終戦時海軍大尉, 地震研究所助手, 国立科学博物館主任研究官, 千葉大学理学部地球物理学講座教授, 第1~3次日本南極観測隊隊員, 第三次越冬隊員

**研究分野** 主たる研究: 海洋底地震探査, JGR に投稿論文(共著)十編



氏名 大竹政和

[おおたけ まさかず]

**現職** 東北大学大学院理学研究科教授  
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修士課程修了(地球物理学専攻), 東京大学地震研究所助手, 建設省建築研究所主任研究員, 科学技術庁国立防災科学技術センター研究室長等を経て現職

**研究分野** 地震学

**著書** 『地震と対策—大地震の疑問に答える—』(共著, 白亜書房), 『地球は生きている』(小峰書店), 『半導体生産工場の地震・防災対策ハンドブック』(共著, サイエンスフォーラム)他



氏名 田島 稔

[たじま みのる]

**現職** 学校法人中央工学校 中央実務専門学校校長, (財)測量専門教育センター  
会長  
理学博士

**略歴** 第二高等学校(理)卒業, 東



京大学理学部地球物理学科卒業, 建設省地理調査所入所, 建設省国土地理院院長を経て現職  
**研究分野** 地球物理学, 測地学  
**著書** 『最小二乗法の理論とその応用』(東洋書店)

氏名 萩原幸男

[はぎわら ゆきお]

**現職** 日本大学文理学部次長

**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 津村建四郎

[つむら けんしろう]

**現職** (財)日本気象協会相談役  
理学博士

**略歴** 京都大学理学部地球物理学科卒業, 建設省国土地理院, 東京大学地震研究所助手, 助教授, 気象研究所地震火山研究部室長, 気象庁地震予知情報課長, 気象庁地震火山業務課長, 福岡管区気象台長, 気象庁地震火山部長, 山形大学理学部教授を経て現職



氏名 松田時彦

[まつだ ときひこ]

**現職** 西南学院大学文学部教授, (財)地震予知総合研究振興会副首席主任研究員  
理学博士

**略歴** 東京大学理学部地学科卒業,



東京大学地震研究所教授，東京大学名誉教授，九州大学理学部教授，熊本大学理学部教授を経て現職

**研究分野** 地震地質学

**著書** 『活断層』(岩波書店)，『動く大地を読む』(岩波書店)，『火山と地震の国』(共著，岩波書店)，『新編日本の活断層』(共著，東京大学出版会)，『地震』(共訳，古今書院)

**氏名** 石原理恵

[いしはら りえ]

**現職** (財)地震予知総合研究振興会事務局職員(平成4年8月より萩原会長在任中秘書)

**略歴** 秋草保育専門学校卒業，幼稚園教諭，会社勤めを経て現職



**氏名** 岡田義光

[おかだ よしみつ]

**現職** 科学技術庁防災科学技術研究所地震調査研究センター長(防災研究データセンター長併任)

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** ゴルバチコフ  
アンドレー

**現職** ロシア科学アカデミー地球物理学研究所研究員

**略歴** モスクワ大学物理学部地球物理学科卒業

**研究分野** 地震学



**氏名** モルチャノフ  
オレグ

**現職** 宇宙開発事業団地震リモートセンシングフロンティア研究研究員

**略歴** レニングラード大学理学部電波物理科卒業，IZMIRAN教授，IPE教授，電気通信大学教授を経て現職

**研究分野** 超高層物理学



**氏名** 早川正士

[はやかわ まさし]

**現職** 電気通信大学工学部教授  
工学博士

**略歴** 名古屋大学工学部卒業，同大学空電研究所講師，助教授を経て電気通信大学工学部教授，現在宇宙開発事業団地震リモートセンシングフロンティア研究チームリーダー

**研究分野** 超高層物理学，大気電気学，環境電磁工学

**著書** 『波動工学』(コロナ社)，『宇宙からの交響楽』(コロナ社)，『最新・地震予知学』(祥伝社)など



**氏名** 上田誠也

[うえだ せいや]

**現職** 理化学研究所地震国際フロンティア研究グループグループディレクター  
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を経



て現職。現在東京大学名誉教授，東海大学教授，日本学士院会員

**研究分野** 固体地球物理学

**著書** 『新しい地球観』(岩波書店)，『地球・海と大陸のダイナミズム』(NHK出版)など多数

**氏名** 服部克巳

[はっとり かつみ]

**現職** 理化学研究所地震国際フロンティア研究グループ地殻電磁現象観測チームリーダー  
工学博士

**略歴** 名古屋大学工学部電子工学科卒業，名古屋大学大学院工学研究科博士課程後期課程修了，富山県立大学工学部電子情報工学科助手，国立群馬工業高等専門学校電子情報工学科講師を経て現職

**研究分野** 電波物理学，超高層物理学，地震電磁気学



**氏名** 長尾年恭

[ながお としやす]

**現職** 東海大学地震予知研究センター長  
理学博士

**略歴** 千葉大学理学部卒業，東京大学大学院理学系研究科博士課程修了，金沢大学理学部助手，東海大学海洋学部助教授を経て現職

**研究分野** 固体地球物理学

**著書** 『最新地震論』(共著，学習研究社)など



**氏名** ニコラーエフ  
アレクセイ

**現職** ロシア科学アカデミー地球物理学研究所教授

**研究分野** 地震学



氏名 遠田晋次

[とくだ しんじ]

現職 東京大学地震  
研究所地球流動破壊  
部門助手  
理学博士



略歴 鹿児島大学理学部地学科卒業、東北大学大学院理学研究科修士課程修了、(財)電力中央研究所地質部を経て現職

研究分野 地震地質学

氏名 藤井直之

[ふじい なおゆき]

現職 名古屋大学大  
学院理学研究科附属  
地震火山観測研究セ  
ンター教授(セン  
ター長)  
理学博士



略歴 東京大学理学部物理学科(地球物理コース)卒業、東京大学助手理学部(地球物理学科)、神戸大学助教授理学部(地球科学科)、名古屋大学理学部(附属地震火山観測地域センター)教授、現在に至る

研究分野 固体惑星科学:火山物理学

著書 『マグマとその上昇』(横山泉・荒牧重雄・中村一明編)、岩波講座(1979)、『火山の制御』東京大学出版会(1997)

氏名 窪田 将

[くぼた すずむ]

現職 (財)地震予知  
総合研究振興会主任  
研究員  
理学博士



略歴 北海道大学理学研究科大学院

修士課程修了、東京大学地震研究所助手、気象大学校助教授、同教授、大阪管区気象台技術部長、気象庁地震火山部地震津波監視課長、同地震予知情報課長、地磁気観測所長、鹿児島地方気象台長、札幌管区気象台長、気象大学校長を停年退官後現職

研究分野 地震学

著書 『1989 サンフランシスコ湾岸地震の記録』(共著)

氏名 長谷見晶子

[はせみ あきこ]

現職 山形大学理学  
部教授

略歴 東京大学理学  
系研究科地球物理学  
専攻博士課程中退、山形大学理学部  
助手、助教授を経て現職



研究分野 地震学

# 地震ジャーナル・既刊総目録

[21号~30号]

## 21号・1996年6月

**エッセイ** 都市の地震防災 高秀秀信  
GPSとは 日本の現状 村田一郎  
ボリビア深発地震でわかったこと 杉 憲子  
鐘楼の跳ぶ話 直下地震による跳躍現象

再び起こるか!? 関東大地震 大町達夫/本多基之  
新しい震度階級の話 橋本 学  
地震防災とマルチメディア 北川良和  
時間予測モデルとは 和田雄志  
パークフィールド探訪記 島崎邦彦  
続 阪神淡路大震災と出版メディア 大志万直人  
**連載: その3** 地震・津波探訪 川端信正  
地震予知連絡会情報 力武常次  
石井 紘

◇第118回 [1996.02.19] ◇第119回 [1996.05.20]  
書評・赤池弘次・北川源四郎編 時系列解析  
の実際 I 川崎一朗  
・毎日放送著作 阪神大震災の被災者に  
ラジオ放送は何かできたか 川端信正  
・尾池和夫 岩波科学ライブラリー 33  
活動期に入った地震列島 松浦律子  
・渡辺 実 監修 震災そのとぎのために (1)  
岩田孝仁  
池田安隆

・松田時彦 活断層  
・池田安隆・島崎邦彦・山崎晴雄  
活断層とは何か 垣見俊弘  
・力武常次監修 近代世界の災害 植原茂次  
・力武常次 新版:日本の危険地帯  
地震と津波 高橋 博  
茅野一郎

ADEP 情報 地震観測施設要覧

## 22号・1996年12月

**口絵** 兵庫県南部地震に伴う地殻変動を表す干渉図  
「ふようー1号合成開口レーダー・データを干渉処理し  
て作成」

**エッセイ** 大震災に学ぶ 三木克彦  
**座談会** 震源で何が起きているか  
震源核とその力学  
司会・平澤朋郎  
/梅田康弘/山下輝夫/松浦充宏/大中康馨

合成開口レーダー その地震研究への利用 村上 亮  
測地観測センター GPS連続観測システム  
について 矢口 彰  
アメリカ版GPSアレー 地殻ごと活断層 力武常次  
飛び跳ねる自動車 兵庫県南部地震での激震動 翠川三郎

VAN 論議の顛末 不毛の論争か 力武常次  
地震と短歌 岡井 隆  
首都高速道路の地震防災 勅使河原 勝  
滋賀県の地震防災対策 今堀治夫  
**連載: その4** 地震・津波探訪 力武常次  
**コラム** 富士山の身代金 力武常次  
地震予知連絡会情報 石井 紘  
◇第120回 [1996.08.19] ◇第121回 [1996.11.25]

書評・小松左京 小松左京の大地震 '95 井野盛夫  
・杉山英男 地震と木造住宅 渡辺孝英  
・パリティ編集委員会編 地震の科学 松澤 暢  
・京都大学防災研究所編 巨大地震の  
予知と防災 松浦律子  
**コラム** 前回の体験 相田 勇

ADEP 情報 材料・構造物の衝撃的破壊現象  
とその防止に関する調査 植原茂次

## 23号・1997年6月

**エッセイ** 災害は忘れないうちにやってくる 佐々淳行  
地球化学の視点からの地震予知研究 野津憲治  
電気抵抗で見る地下構造  
地球内部現象との関連 歌田久司  
マグマはどこから来るか  
マントル部分溶融の3次元分布 佐藤博樹  
地震による人的被害の予測と実際  
住家被害と死者数の関係を中心として

諸井孝文/宮村正光  
山奈宗真の明治三陸津波調査記録 菊池万雄  
天災と人災と 近藤信行  
**連載: その5** 地震・津波探訪 力武常次  
地震予知連絡会情報 石田瑞穂  
◇第122回 [1997.02.17] ◇第124回 [1997.05.19]

書評・M.B. Gokhberg, V.A. Morgounov, and O.A.  
Pokhorelov EARTHQUAKE PREDICTION  
Seismo-Electromagnetic Phenomena 行武 毅  
・早川正士 最新 地震予知学 住友則彦  
・吉井博明 都市防災 尾池和夫  
・寒川 旭 揺れる大地  
日本列島の地震史 吉井敏尅  
・萩原尊禮 地震予知と災害  
理科年表読本 濱田和郎  
・野口武彦 安政江戸地震  
災害と政治権力 都司嘉宣  
植原茂次

**コラム** 東濃地震科学研究所の発足  
ADEP 情報 南海トラフの巨大地震と  
全地球ダイナミクス 浅沼俊夫

## 24号・1997年12月

**エッセイ** 防災ボランティア活動に思う 井野盛夫  
唐山地震その後 尾池和夫

南海・東海・関東地震の発生時期  
地震考古学からのアプローチ 寒川 旭  
ジオスライサーとは? 活断層研究への応用 中田 高  
VLF電波で地震予知は可能か? 早川正士  
文化財保護の盲点, 地震対策 大町達夫/黒瀬信弘  
**紹介と評価** 地震予知: 科学的挑戦  
アメリカからの報告 力武常次

**報告** IASPEI 1997年総会報告  
付ギリシャにおける地震の広報活動 濱田和郎  
**翻訳** 関根真弓訳, 力武常次監修 Is the Study of  
Earthquakes a Basic Science?  
地震研究は基礎科学か? Thomas H. Jordan

災害解釈の精神史  
クライストの地震小説について 種村季弘  
地震と川柳 阪神大震災の被災体験 時実新子  
**レポート** 津波の町一奥尻島青苗の復興 相田 勇  
**連載: その6** 地震・津波探訪 力武常次  
地震予知連絡会情報 石田瑞穂  
◇第125回 [1997.08.11] ◇第126回 [1997.11.17]  
書評・土 隆一編 東海地震の予知と防災 加藤照之  
・読売新聞静岡支局編 迫る! 東海地震  
阪神大震災の教訓とあすへの備え 渡辺 実  
ADEP 情報 伊豆東部火山群の活動現状の  
分析調査 相田 勇

## 25号・1998年6月

**エッセイ** 行政とボランティア活動 石原信雄  
東濃の地震を探る 青木治三  
南アフリカ金鉱山における地震活動予測  
実用化されている“地殻応力天気図” 高野雅夫

次の南海トラフの地震はいつ起こるか？

西南日本の地震活動からの予測 堀 高嶺

阪神・淡路大震災直前の家屋のゆがみについて

主婦の日記より 伯野元彦

レポート イラン・ガエン地震 伯野元彦

漁獲と地震 友田好文

地震予知と人間行動 村井健祐

阪神・淡路大震災の医療対策の実例 甲斐達朗

阪神・淡路大震災と地震保険

保険金支払状況と今後の課題 吉村昌宏

メーカーから見た地震計の今昔 鳥越良三

連載：その7 地震・津波碑探訪 力武常次

地震予知連絡会情報 清水 洋

◇第127回 [1998.02.16] ◇第128回 [1998.05.18]

書評・Jack Oliver Shocks and Rocks

Seismology in the Plate Tectonics

Revolution 吉井敏尅

・東京都防災会議編 東京における直下

地震の被害想定に関する調査報告書 田中貞二

・総理府地震調査研究推進本部地震

調査委員会編 日本の地震活動

被害地震から見た地域別の特徴 田村和子

・山下文男 津波 tsunami 今村文彦

・阿部勝征 巨大地震

正しい知識と備え 長谷見晶子

・Bruce A. Bolt 著 金沢敏彦訳 地震

Scientific American Library 19 宇津徳治

・池谷元伺 地震の前、なぜ動物は

騒ぐのか 大志万直人

・Robert L. Iacopi EARTH-

QUAKE COUNTRY (4th ed.) How,

why & where earthquakes strike

in California 力武常次

ADEP 情報 (財)地震予知総合研究振興会の現状

相田 勇

26号・1998年12月

エッセイ 平田森三先生のこと 有馬朗人

摩擦構成則に基づく地震発生サイクル

シミュレーションコンピュータ

地震ナマズの飼育法 平原和朗

東海地震のシミュレーションと予知への

新たな取り組み 吉田明夫

南極の巨大地震 南極で初・M8級・有感地震

神沼克伊

短期地震予知 VAN 法の評価

上田誠也/K.S. Al-Damegh/吉田 均

要石と大地の柱 大林太良

コラム 鹿島神宮の要(かなめ)石 桑原敦次/力武常次

電気を感じする魚—ナマズ 浅野昌充

地震と温泉 長瀬和雄

地震と建築物の安全性

アンケート意識調査結果と若干の考察 長能正武

連載：その8 地震・津波碑探訪 力武常次

地震予知連絡会情報 清水 洋/本谷義信

◇第129回 [1998.08.17] ◇第130回 [1998.11.24]

書評・国会資料編纂会編 力武常次・

竹田 厚監修 日本の自然災害 植原茂次

・「科学」編集部編 室崎益輝・

藤田和夫ほか著 大震災以後 柳川喜郎

・Robert S. Yaets, Kerry Sieh, and

Clarence R. Allen The Geology

of Earthquakes 池田安隆

・表俊一郎・久保寺章 都市直下地震 河田恵昭

・力武常次 予知と前兆

地震「宏観異常現象」の科学 弘原海 清

ADEP 情報 雲火山：科学掘削による

噴火機構とマグマ活動解明

に関する調査 窪田 将

27号・1999年6月

エッセイ 夢を捨てるな地震予知 平野拓也

写真 JR 吉川駅前の巨大ナマズ・モニュメント

力武常次

宇津徳治

大きい余震の発生確率の算定

バプアニューギニア・シッサノ津波から

分かったこと 今村文彦

紹介 津波予報の新しいシステム 相田 勇

世界最大の震動台をつくる 片山恒雄

Kyoshin Net 木下繁夫

地震被害想定の実状と将来

日本人の災害観 坪川博彰

コラム ナマズで町おこし 吉川市の場合

力武常次/丸茂美子

地震予知連絡会情報 金沢敏彦

◇第131回 [1999.02.15] ◇第132回 [1999.04.16]

◇第133回 [1996.05.17]

“地震の前、なぜ動物は騒ぐのか” 書評へのコメント

池谷元伺

書評・上田誠也 地球・海と大陸のダイナミズム

それでも地球は動く 秋本俊一

・Christian Goltz Fractal and

Chaotic Properties of Earthquakes 平田隆幸

・茂木清夫 地震予知を考える 津村建四朗

・John E. Farley Earthquake Fears,

Predictions, and Preparations In

Mid-America 三上俊治

・神沼克伊 地震学者の個人的な地震対策

川端信正

・東海沖活断層研究会編 東海沖の海底活断層

中田 高

青木治三

ADEP 情報 東濃地震科学研究所だより

28号・1999年12月

エッセイ 震災について感じる事 伯野元彦

故会長のお写真 萩原尊禮先生の近影

追悼・萩原尊禮先生 力武常次

近畿の地震情勢 兵庫県南部地震前との比較

梅田康弘

地殻断層運動論の進展 桑原保人

内陸地震の危険度を探る 活断層トレンチ

調査の成果 隈元 崇

地震関係古書談義 金子史朗

宏観異常現象の報告を歪める認知的要因

菊池 聡

本当の「リアルタイム地震学」実現に向けて

山中佳子

リアルタイム地震防災システム 現状と課題

翠川三郎

大振幅地震動と地盤 非線形化の問題

吉田 望

連載：その9 地震・津波碑探訪

力武常次

地震予知連絡会情報 金沢敏彦

◇第134回 [1999.08.23] ◇第135回 [1999.11.15]

書評・F.A. Dahlen and Jeroen Tromp

Theoretical Global Seismology 松浦充宏

・菊池 聡 1. 予言の心理学—世紀末を

科学する—2. 超常現象をなぜ信じるの

か—思いこみを生む「体験」のあやうさ 小山真人

・M. Hayakawa (ed.) Atmospheric and

Ionospheric Electromagnetic Phenome-

na Associated with Earthquakes 歌田久司

・R.A. Langel and W.J. Hinze The

Magnetic Field of the Earth's Litho-

・中田 高・岡田篤正編 野島断層  
[写真と解説] 兵庫県南部地震の地震断層

ADEP 情報 日本海東縁部における地震発生  
ポテンシャル評価に関する総合  
的検討 植木保吉  
茅野一郎

29号・2000年6月

エッセイ トルコ地震について 本蔵義守  
トルコ・イズミット地震 大志万直人  
921 集集地震による地震断層の特色 太田陽子  
南米津波と日本沿岸での波高 羽鳥徳太郎  
リアルタイムの海域地震観測 金沢敏彦  
自衛隊の地震対策 松島悠佐  
災害に強いまちづくり、人づくり 重川希志依  
老人ホームと地震 表俊一郎  
紹介と解説 地中海地域の古地震カタログ 金子史朗  
紹介と解説 宇津徳治著「地震活動総説」 石田瑞穂  
地震予知連絡会情報 藤井直之  
◇第 136 回 [2000.02.21] ◇第 137 回 [2000.05.15]  
書評・茅野一郎 環境と人間 地震をしらべる 浅野俊雄

・井野盛夫 抗震—東海地震への  
アプローチ 柳川喜郎  
・岡田篤正・東郷正美編 近畿の活断層 今泉俊文  
ADEP 情報 陸域震源断層の深部すべり過程の  
モデル化に関する総合研究 植原茂次

30号・2000年12月

萩原尊禮先生を偲ぶ 高木章雄

地震予知研究こぼれ話—萩原尊禮先生の思い出—  
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—財団設立から訪中団まで—

ブループリントから 40 年 萩原幸男  
萩原尊禮先生と活断層・古地震 津村建四朗  
萩原尊禮先生との 7 年と 3 カ月 松田時彦  
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  
地震予知連絡会情報 藤井直之  
◇第 138 回 [2000.08.21] ◇第 139 回 [2000.10.10]  
◇第 140 回 [2000.11.24]

書評・地震予知連絡会 30 年のあゆみ 窪田 将  
・Peter M. Shearer Introduction to  
Seismology 長谷見晶子  
・串田嘉男 地震予報に挑む/  
島村英紀 地震は妖怪 騙された学者たち  
力武常次

## 編集後記

21 世紀の 1 月 22 日は、当振興会の創立 20 周年を迎えます。地震ジャーナル誌も 15 周年になり第 30 号を発行致しました。創刊の辞に故萩原尊禮会長は当財団の活動報告と日頃関心のある事象を取り上げて地震予知・予測・防災のために役立つことを念じて地震ジャーナル誌を発行したと述べられています。1 号から編集委員長の力武常次先生は、会長と共に時代に即した論説や斬新な情報を企画し多くの愛読者をつくられました。30 号は、昨年、逝去された故萩原尊禮会長の思い出として「地震予知研究こぼれ話」を 10 編、力武編集長の企画で特集し、昔から萩原先生とともに地震予知に協力された高木章雄、村内必典、大竹政和、田島稔、萩原幸男、津村建四

朗、松田時彦の諸先生と紅一点の石原理恵さんに寄稿して頂きました。従来の論文も 3 編あり、今、話題の三宅島の動向についてご多忙の岡田義光先生に執筆して頂きました。また、この号をもって力武常次編集長はご高齢を理由に辞任され、31 号から萩原幸男先生に委任されました。萩原新編集長はこれを受けて、地震工学に明るい伯野元彦・岡田義光両先生を新たに委員にお願いし、編集委員会を強化することになりました。1 号から 30 号まで、理工学、防災など、時の話題を適切に捕え、特に編集長の地震・津波碑探訪の連載は好評なので、ぜひ継続をお願いし、更に知恵とご指導を、われわれ編集部一同に賜らん事を、お礼と共に申し上げます。 [K]

## 地震ジャーナル 第 30 号

平成 12 年 12 月 20 日 発行

発行所 ☎101-0064  
東京都千代田区猿樂町 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 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。

●製作/ (財)学会誌刊行センター