

地震 ジャーナル

29

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——1
- 921集集地震による地震断層の特色 ● 太田陽子——11
- 南米津波と日本沿岸での波高 ● 羽鳥徳太郎——23
- リアルタイムの海域地震観測 ● 金沢俊彦——34
- 自衛隊の地震対策 ● 松島悠佐——45
- 災害に強いまちづくり，人づくり ● 重川希志依——52
- 老人ホームと地震 ● 表俊一郎——58
- 紹介と解説 地中海地域の古地震カタログ ● 金子史朗——64
- 紹介と解説 地震活動総説（宇津徳治著） ● 石田瑞穂——71
- 地震予知連絡会情報 ● 藤井直之——74
- 書評——86
- 執筆者紹介——88
- ADEP情報——90

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

トルコ地震について

本蔵義守

昨年の8月17日、トルコ北西部でマグニチュード7.4の地震が発生した。この地震発生を最初に知ったとき、一瞬我を失った。「え、まさか！」すぐに我にかえたものの、今度はみるみる顔が青ざめていった。「現地で観測中の仲間は大丈夫か！」連絡先のカンディリ観測所に電話を試みたり、FAXを送ってみたり、E-mailを送ってみたり、いろいろやってみたが、なかなか通じない。アンカラの日本大使館にも連絡し、安否確認を依頼したりした。結局のところ、仲間からの連絡が入り、全員無事であることを確認できた。

実は、この地震の震源域は筆者らの長年の地震予知研究フィールドであったのだ。仲間が現地に行ったのも、地震観測体制の強化及び予想震源域での深部活断層構造探査を行っていたからである。筆者も7月末から1週間ほど現地で構造探査のための観測を行っていた。筆者は自分の大学での用務のため8月初めに帰国し、その後は仲間達が観測を続行していた。地震発生前日には、まさに震源域直上（もちろん後で判明したことなのだが）に観測装置を設置し、翌日データを回収する手はずになっていた。こういう状況下で地震が起こったのである。仲間達はたくましく、観測点近傍の惨状を目のあたりにしつつも、観測を継続して貴重なデータをとりつづけた。

イズミット市直下には神戸市と同様、活断層が横たわっており、いずれの日にか地震は必ず起こる運命にあった。この活断層は、トルコ北部を東西に走る北アナトリア断層帯の一部をなしており、非常に活動度が高い。この北アナトリア断層の西部域にいわゆる地震空白域があり、近い将来、マグニチュード7クラスの地震が発生すると考えられていた。そこで、私の恩師の力武常次先生（当時は筆者の所属する東工大の教授）の薦めに従い、1981年からトルコ側研究チームと地震予知共同研究を始めた。何もないところからのスタートで、始めの10年間ほどは苦勞の連続であったが、トルコ側研究者との意思疎通も円滑に進むようになり、観測体制も徐々に充実してきた。この間、トルコ側の学生も数人、東工大に国費留学生として受け入れ、指導してきた。彼らは現在、トルコ側チームのリーダーとして活躍している。

最近では、IZINETと呼んでいる地震観測網が完成し、今回の地震の震源域周辺の地震活動をモニターしていた。こうした筆者達の地道な共同研究は、地震発生後に国の内外から高い評価を得ている。それは、徐々に関心が薄れつつあるなか、20年間にもわたり、近い将来必ず発生する地震に備えた観測の必要性を指摘し、自らも科学研究費による共同研究を実施していたからであろう。もちろん、現状では実用的地震予知にはほど遠く、観測網の充実だけで被害を防止することができたとは思わないが、充実した観測網があれば地震予知研究の進展には寄与できたはずで、無念な思いである。

現在、この地震の西側隣接地域が新たな地震空白域として要注意地域となりつつある。ここはイスタンブールに近く、早急な都市防災対策が必要とされる。地震予知研究面からも、早急に観測体制を強化したいものである。

トルコ・イズミット地震

大志万直人

現地時間で1999年8月17日の午前3:01にM 7.4の地震がトルコの北西部で発生した。その被害地域は、西は、イスタンブール市の西の一部地域から、東は、ドゥズジェのさらに東までおよび、1万7千人以上の人々が亡くなった。地震断層は、長さ150 kmにも達する右横ずれ断層である。そしてさらに、11月12日に8月の地震域の東隣の地域で、再びM 7.2の地震が発生し、多くの被害がでた。この8月の地震は、1970年代から、その発生の可能性が指摘されていた。そのため、この地域では、イギリス、西ドイツ(当時)、日本など多くの国々とトルコとの間で国際的な地震予知に関する基礎的な共同研究が実施されていた地域でもあった。筆者も、1981年から現地に入り各種の調査を実施して来た。そして、昨年も地

震前の7月30日から現地に入り、断層の構造探査を実施していた。8月の地震は、その探査のための観測装置を、まさに地震断層周辺に展開し観測を開始したときに発生した。ここでは、地震発生前後の現地での観測の状況と、それに至る経緯を述べたい。

8月17日03時01分、地震発生

トルコ北アナトリア断層帯の西部域にある、İzmit-Sapanca (イズミット-サパンジャ)断層帯(図1参照)を地震断層とする1999年コジャエリ地震(M 7.4)が、現地時間8月17日の03:01に発生した。そして、1万7千名以上の死者という大規模な震災となった。この地震発生時には、私

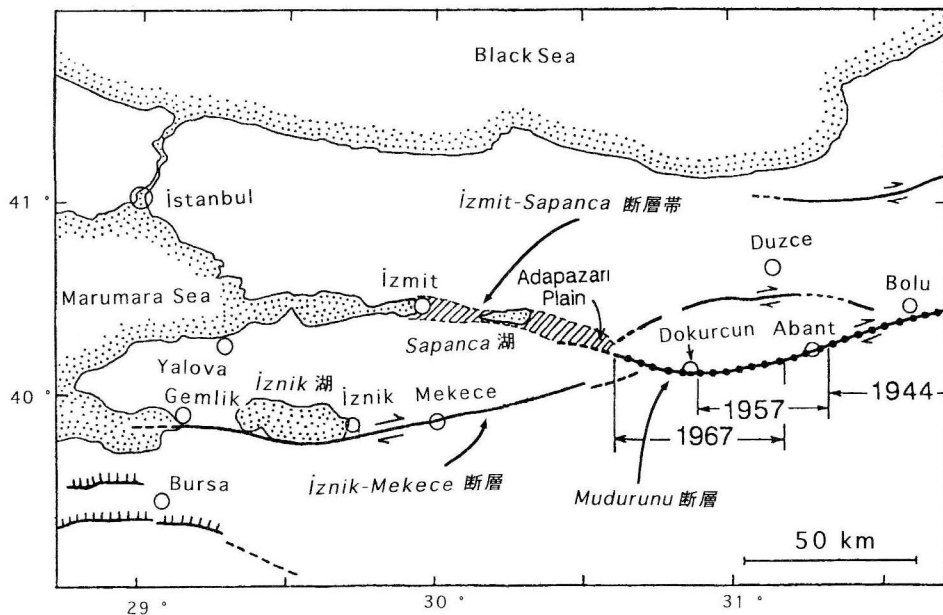


図1 北アナトリア断層西部域の断層構造 [Ikeda et al. (1991) に加筆]

は、震央から約40km南に位置するİzник（イズニック）という町に滞在していて、宿舎としていた、ボアジチ大学カンディリ観測所のイズニック観測施設の3階で眠っていた。

大きな揺れで目が覚めたが、ベッドの上で、上半身を少し起こすのがやっとで、立ち上がれなかった。揺れだけでなく、大きな地鳴りがドッド、ドッド、ドッド、……とする。しばらくの間、頭の中では夢の中の事なのか現実の出来事なのか判断がつかないほどであった。さまざまなことが頭をよぎった。「大変なことになった」、「南側の断層で地震が発生しているのだろうか?」、「おいおい、待ってくれ、まだまだやるべき研究はいっぱいあるぞ」、「この建物は崩壊するのだろうか?」、「これは、夢か?」、……。さらには「ああこれが最後かもしれない」という予感もよぎる。

揺れは1分以上続いた。部屋の中は、もちろん真っ暗である。窓から差し込む月明かりで、ぼんやりと、部屋の様子が感じられる程度である。部屋の壁が、波打っている感じがする。その中で、ベッドがまるで海の上で大波に揺られているように、大きく揺れているのである。短周期の振動は、まったくといってよいほど感じなかった。

揺れがおさまると、あわててベッドを飛び出し、電灯のスイッチを入れるが、もちろん、停電である。そこで、日本から持って来て、テーブルの引き出しに入れてあった、ペンライト型の懐中電灯を取り出してスイッチを入れる。これも点かない（後で分かったことだが、なんと、これは、電球が切れてしまっていた）。

そんなドタバタを暗闇の中でやっていたら、廊下を挟んで向かいの部屋で休んでいた、観測施設副所長のシェリフ助教授が、「大志万さん大丈夫か」と声をかけてくれ、しばらくすると、1階で宿直をしていたタメルさんがロウソクに火を点して3階に持って来てくれたのを、同じ3階で寝ていた大学院生のルザ君が受け取り、私の部屋まで持って来てくれ、やっと、光を得ることができた。ロウソクの光であたりを見る限り、部屋・廊下に損傷は見られない（夜が明けてから、詳細に見回ったところ、部屋のドアの枠周辺で、少し大き

なヒビ割れが一カ所、3階で見つかった程度である）。玄関までロウソクの明かりを頼りに降りる。

観測をするため昨日からこのイズニック観測施設に泊まっていたのは、観測用ランドローバーの運転手のサーミーさんを入れて計5名になっていた。内、日本人は、私のみであった。それと、夜間警備のため宿直していたタメルさんの計6名が、観測施設内にいた。東工大の松島さんと、高橋君は18日に日本へ帰国することになっていた。16日の朝イスタンブール（İstanbul）へ戻っていた。それと、13日にイスタンブールへ戻り、カンディリ観測所の方で仕事をしていた宇都宮大学の伊東さんが、やはりカンディリ観測所のゲストハウスで宿泊していた。

外に出てİzник-Mekece（イズニック-メケジェ）断層が走っている南の方角を見ると、山裾にある村々では電灯の明かりがいつもと同じように見える。そこが震源域であるはずは無かった。大学院生のトルガ君は、しきりに、「イズミット（İzmit）に違いない。」という。しかし、もう少しイスタンブール寄りのどこかかもしれない。その場合、イスタンブールは大丈夫だろうか？一方、もしイズミットならまさに昨日設置した4観測点の間に、地震断層が出現したはずである（一応、İzmit-Sapanca断層帯に入ったということで、周りの地形を考慮して、測点を設置していた）。

地震直後、イズニック市は（少なくとも観測所からは）、市外に対して通信機能が麻痺してしまった。イスタンブールやアンカラなどに電話をかけるが、まったく通じない。最近トルコでも普及して来た携帯電話もまったく通じない。さらに、イズニックの観測所へは、まだIZINET観測網の地震データがテレメータされておらず、全く事態が把握できない状況であった。地震発生後しばらくして、やっと、イスタンブール・カンディリ観測所内に住んでいるシェリフ夫人から電話がかかり、震央はイズミット付近でマグニチュードは暫定値で6.8と知らせて来た。直接確かめる事はできなかったが、少なくともカンディリ観測所内では、被害が出ていない事が確認できた。そし

て、松島さん、伊東さん、高橋君は、どうもカンディリで無事であるようであった（カンディリでの様子は、松島さんが東工大の同窓会誌に記事を書いておられる）。イスタンブールからも、電話がかかりにくい状況であった。少なくとも、観測所では、外からの電話を待つ状態であった。まして国際電話となる日本への電話はまったく通じない。

イズニック市内では倒壊した建物は無く、死者も出なかった。ただし、揺れた時に、アパートの4階に住んでいた1人が、驚いてベランダから飛び出して重傷をおったとのことであった。明るくなってから、そばを通ったときに、城壁（イズニック市中心部は、ビザンチン時代の城壁に取り囲まれていて、我々の宿泊していた観測所は、その城壁の外の南約1.5 kmに位置している）の一部が崩れているのを見た。しかし、幸にも、震央から南に40 km離れたイズニックではそれほどの被害は無かった。

ただ、観測所を含め市内の各所で停電が発生した。どこか変電所が被害を受けたのかと思ったが、その原因は、夜が明けた後に分かったのだが、大きな揺れのため、平行な2本の電線が大きく揺れ、お互いによじれあってショートしたためであった。このような状況を、夜が明け観測点に向かう途中、イズニック市内のあちこちで見かけた。復旧には、ほぼ1日かかったようである。

北アナトリア断層帯の西部域の地震空白域

トルコ共和国は、東西に横長の形をした国土を持つ国である。その国土の北部を東西に横切るように、北アナトリア断層帯が走っている。その長さは1,000 kmにもなる。この断層帯は、北側のユーラシア・プレートと南側のアナトリア・マイクロプレートとの境界として理解されていて、アメリカのサンアンドレアス断層と同様に、陸上に存在するトランスカレント型のプレート境界である。

この断層帯に沿って、1939年エルジンジャン地震をスタートとして、1942、1943、1944、1957年と

M7クラスの地震が西へと移動しながら発生して行き、1967年ムドゥルヌ（Mudurunu）地震（M7.1）の発生後（図1の右側のDokurcunを中心として1976と記されている範囲）、地震を発生させるポテンシャルを持っているにも関わらず、まだ地震が発生していない地域、つまり、地震空白域であるとの指摘が、Toksoz et al. (1979) などにより指摘されるようになった。

そして、この空白域は、1980年にはいり、ユネスコが地震予知のテストフィールドとして指定した全世界3カ所の内の1つの地域となった。そういう状況で、力武常次先生の「どうだい、君達、トルコにいて観測してこないかね。近頃、活断層の電磁氣的調査というのを日本で精力的にやってるのだから、プロトン磁力計でもかっいで行って測量すればおもしろいんじゃないかね。地震だと、地震が起きなきゃ記録が取れないが、地磁気は、どこに行っても測れるからね。」という言葉で、トルコとの共同研究がスタートしたのである（この「地震が起きなきゃ」という言葉は、まったく当を得た言葉で、80年代の後半に2回ほど2~3カ月間の臨時地震観測網を張り微小地震観測を行ったが、日本に比べて本当に地震が無く、データが取れないと地震観測班が嘆いたものであった。ただし、西ドイツから来たチームは、北ヨーロッパに比べて、1年間でこんなに多く地震のデータが取れると喜んでいたが、これは、後日談）。

1981年に、この地域に入った我々日本の研究グループは、東京工業大学の本蔵助教授（当時）、田中秀文さん（現高知大）と私の3名で、おもに電気探査や全磁力測量を断層周辺で実施した。1986年からは、ボアジチ大学カンディリ観測所と共同でこの空白域を対象とした調査・研究を行い、その内容も、地震観測、地形・地質調査等にまで増えて、一緒に現地に出かける日本からの人員も6名を越えるようになって来た（Honkura and Isikara, 1991）。

我々が実施している共同研究のトルコ側の研究代表者は一貫してイシカラ教授である。イシカラ氏は、現在、カンディリ観測所の所長で、本誌28

号(1999年)の萩原尊禮先生への追悼記事に力武先生が書いておられるように、力武先生が、1年半ほどイスタンブール大学で教えられたときの、教え子の一人である。そのような経緯もあり「トルコに行って、観測してこないか」となったのである。1981年に我々日本とトルコの共同研究がスタートしたとき、イシカラ氏はイスタンブール大学の助教授で、81年と82年は、イスタンブール大学の研究者との共同研究であった。その後、イシカラ氏はボアジチ大学所属研究観測所となったボアジチ観測所・地震研究所の教授として移られ、1986年から現在に至る共同研究となっているわけである。1986年の2カ月間の各種観測の状況については本誌3号(1987年)に、本蔵さんが「トルコと地震」という記事を書いて紹介しておられる。

松田先生、さらにはそれを引き継ぎ精力的に調査された東大の池田さんたちの努力により、北アナトリア断層帯西部域の空白域内では、2つのブランチ、つまり、図1に示されるように、北側を走るİzmit-Sapanca断層帯と、南側を走るİzmit-Mekece断層が存在しているということが、80年代の共同研究の中で明らかになって来た(Ikeda et al., 1991)。

北アナトリア断層帯の西部域では、イギリスの地質調査所のクランピンらとカンディリ観測所のグループが、マルマラ海からイズミット・アダパザルに至る地域で、また、チャオを中心とするドイツの研究グループとアンカラ地震研究所を中心としたトルコの研究グループが空白域と指摘されている地域の東に隣接する地域で、それぞれ、共同観測研究を実施して来た。そして、我々日本とカンディリ観測所の対象地域は、英国・カンディリ・グループ地域の南側、独・アンカラ・グループ地域の西側、つまり南のブランチであるİzmit-Mekece断層を中心にして来た。しかし、英国チームは、初期の目的を達したということもあり、80年代後半に空白域内の北のブランチでの地震観測研究から撤退した。ただし英国チームの遺産は、現在、カンディリ観測所の地震の主要観測網であるMARNETとして、現在に至るまで活躍

している。

英国チームが撤退したということ、それに、研究上の観点からも、2つのブランチを含めた空白域といわれる地域で継続的に地震活動をモニターしたいということで、92年から伊東さんが中心となり、イズニック湖南岸にある山の上の観測点を本拠地として、無線テレメータによる定常的な微小地震観測網の設置を開始した。この地震観測網はIZINETと呼ばれている。そして、この観測網により、北アナトリア断層帯西部域の南のブランチであるİzmit-Mekece断層沿いには、微小地震のレベルまで見ても、ほとんど地震活動が見られない。一方、北のブランチのİzmit-Sapanca断層に沿っては、イズミット付近で断続的なクラスタ化した集中的な地震活動が見られるということが分かって来た(伊東, 1999; 本蔵ほか, 2000)。

1999年夏の観測

上に述べた約20年にわたる調査・研究の一環として、昨年の夏は、空白域内に存在する北アナトリア断層帯の2つのブランチ、つまり北側を走るİzmit-Sapanca断層と、南側を走るİzmit-Mekece断層を横切る南北測線でMT(マグネトテルリクス法)観測を実施していた。その目的は、これらの活断層の深部までの比抵抗構造を調べ、93年以降この地域で拡充されてきた微小地震観測網により明らかにされた、これら2つの活断層沿いでの微小地震活動の顕著な違いの原因を、断層下10~20kmの深部比抵抗構造を明らかにすることで、探ろうとするものである。

したがって、少なくとも60kmの長さの測線を2つの断層を共に横切るように南北に設けて、広帯域MT観測を実施し、できるならば、今年度は、2測線での観測を目指していた。そして、その2測線の内、第1測線はイズミット市の東を通り、もう一本の第2測線は、アダパザル付近、つまり、北と南のブランチが合流する付近の地域を通るように観測しようと計画していた。図2に第1測線の測点分布を丸印で示す。図に示された測点の

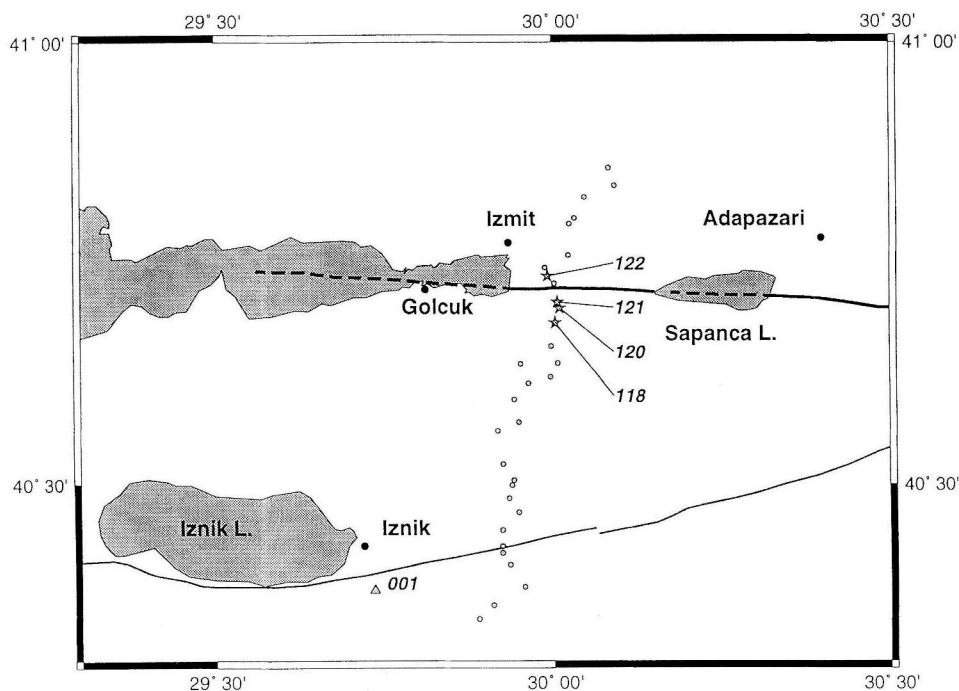


図 2 測線 1 に沿った MT 法観測の測点分布図

内、番号をつけた測点で、地震発生時に観測が行われていた。なお図中北側の太い実線は、池田・Komut (1999) による地表で確認された地震断層のトレースである。

観測は、広帯域 MT 観測システム 5 台を用いた同時観測で、1 測点では 3~4 日の間夜間観測を行い、その測点での観測が終了すると、観測システムを移動させるというものである。5 台の観測システムのクロックは GPS 時計を用い非常に精度の高い同期観測が実施できるようになっている。この観測では、毎日、データの回収とバッテリーの交換のため、観測点に通わなければならない。

このような観測を、この南北測線の南側から開始し、イズミットに向かい北上し、図 2 に星印で示すように、まさに Izmit-Sapanca 断層の挟むほぼ真上の 4 観測点で測定を開始した時に、コジャエリ地震は発生したのである。

イズミット市およびその周辺では、イズミットがトルコ国内でも 5 番以内に入る規模の都市であり、しかも有数の工業都市であるため、商用電源からの漏洩電流によると思われるノイズが、特に

電場に混入し、MT の観測環境は必ずしも良好ではなかった。そのため、観測期間中、基地としていたイズニックの観測施設に近く、アクセスの容易な、イズミットから約 40 km 南に位置するイズニック湖の南東岸にレファレンス点を設け（図中△印の 001）、ノイズ除去の処理を行う観測を実施していた。観測時間帯は、現地時間で夕方の 17 時から翌日の朝の 9 時までである。地震発生時には、断層近傍で 4 観測点、さらに約 40 km 南の 1 地点で磁場 3 成分と電場 2 成分の観測をしていたことになる。

次節でも述べるように、地震発生後、イズミット市およびその周辺は甚大な被害を受けたが、このため、4~5 日間は都市機能が麻痺し、送電等がほぼ完全に止まったと見られ、断層近傍の観測点では、地震発生前と比較して、ほぼ完全にノイズ・フリーのデータを取得することが出来た。この期間に、この地域内でのノイズ状況のため当初予定していなかった測点での MT 観測を実施することが可能になり、かなりちゅう密に断層周辺で観測点を配置した測線を設けることができ、地

震発生直後の断層深部までの比抵抗構造を推定するための精密な情報が得られた。

地震発生後

地震発生当日、イズニックにいても電話連絡もできない状態であったし、観測装置が、まさに震源域内に置いてあったため、いつもとおなじ午前8:30にはイズニックの観測所を出た。イズニックからメケジェ (Mekece) を通り、アダパザル (Adapazarı) に出て、イズミットへ向かった。いま我々に今できることは、観測の継続しかないという判断であった。

観測している場所は、イズミットの東隣のキョセキョイ (Koseköy) 市内であった。イズニックからメケジェまでの道はふだんの交通量はそれほどないが、その日は、多くの長距離バスやトラックが、ほとんど数珠つなぎの状態でもメケジェ方面へ向かっていた。いつもなら、ブルサ (Bursa) からヤローバ (Yalova) に出て、ヤローバからフェリーでイスタンブールへ向かうはずの車がほとんどであった。地震のためフェリーがストップしてしまったのであった。

もちろん、幹線道路であるメケジェからアダパザルまでもかなり渋滞気味であった。昨日までは観測点の関係もあって、途中から幹線道路をはずれ北に進路を取って、山越えをしてイズミット側にぬけていたのであるが、今日は大きな余震もあり、山道の途中での落石を警戒して、アダパザル経由の道を選んだ。しかし、アダパザルの高速道路のインター入り口に近づいた所で、通行止となり細い道を西へ進まざるをえなかった。後で分かったことだが、アダパザル・インター近くの陸橋が落ち、たまたま下を走っていた長距離バスがその下敷きになり、死者が出た。これは、カラー写真で日本の新聞にも報道された(8月19日付の朝日新聞朝刊)。

キョセキョイまでは、結局、サパンジャ (Sapanca) 湖の南岸の山裾沿いの道を走った。所どころでパンケーキ状になった建物を見た。人々が集まり救出活動を行っていた。しかし全般として

は、サパンジャ湖の南岸の山側での被害はそれほどでもなかったように見えた。二方面が連続したガラス張りの窓が、まったく割れていない瀟洒な別荘さえ見られた。このため、キョセキョイ市に入るまで、もしかしたら、それほどの被害が出ていないのではと錯覚したほどであった。これは、もちろん錯覚であった。

正午頃にはキョセキョイに到着した。さっそく、市庁舎に向かう。実は、一昨日、観測がキョセキョイ市内に入ったことから協力を要請しに市長を訪問し、その際、シェリフ氏が、1992年のエルジンジャン地震 (M 6.9) の調査観測のため現地を訪れ被害の状況を見て来た話をし、何故パンケーキ状の建物崩壊の被害が出るかを説明していたばかりであった。

市庁舎は立っているものの、壁にひどい割れが走り電気が完全にだめになっていたため、市長は外に机を持ち出し電話を引き、またハンディ無線機を使用して、救出援助の指揮を取っておられた。周りには市のスタッフがいて、市長の指示を各方面に伝える体制も取られていた。しかし何分あちこちで建物が崩壊しているため、ユンボウなどの重機がすっかり出払っていて、新たな救助要請にはただちに対応できないようすであった。シェリフ氏は、カンディリ観測所に問い合わせれば今後の正確な地震情報を得られると説明して、電話番号を教えていた。

市庁舎を後にし観測点に行き装置を確認したところ、正常に動作を完了していて、データも無事回収できた。電場計測の入力チェックを行ったところ、地震前、このキョセキョイ地域に観測点が近づいてから、あれほど悩まされていた、電場データに含まれる商用電源からのノイズがまったく消えていることに気がついた。そういえば、その時間が来ても、モスクからの祈りに集まるよう呼びかけるスピーカーからの声もまったく聞こえない。イズミット周辺の全域で商用電源の供給が全て止まっていたのである。我々が観測していたキョセキョイ市の地域は、どちらかというと農村の風景という場所であったため、観測点に立ち周辺を見渡しても、遠くに見えるコジャエリ大学新

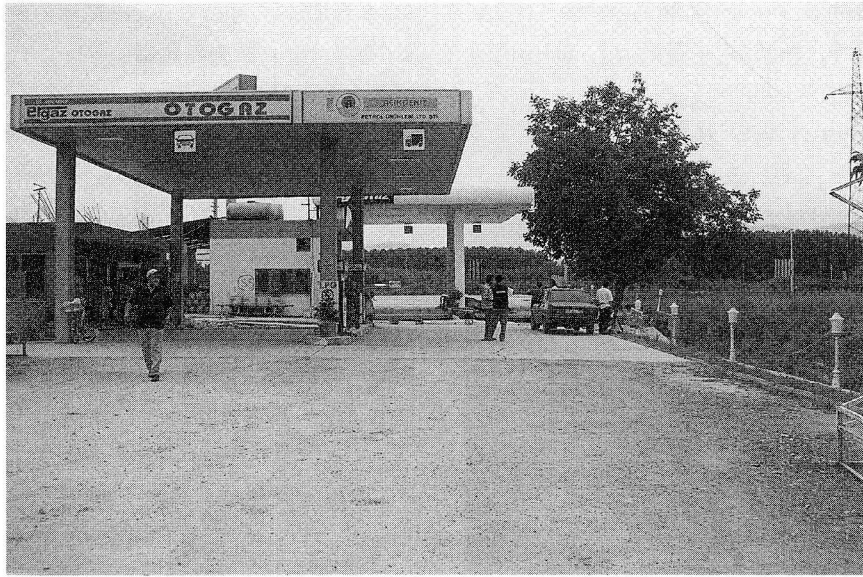


写真1 ガソリンスタンドの建物に残る地震時の右横ずれ運動のあと

キャンパス内の建物が崩壊しているのが見える(写真3)以外は、それほどの変化はなかった。それより、印象的だったことは、あたりが非常に静かだったということであった。まるで震災があったことがうそのように。

結果としては5日ほどで、商用電源の供給が再開され、電場中のノイズレベルも地震前のものに戻ってしまったが、その間、被災しているにも関わらず、観測に来ているよそもの我々に対し地震前と同じように接し、ここで観測させて欲しいという申し出に対し、快く観測の許可を与えて頂いた住民の方々のお蔭で、コジャエリ地震断層周辺で、さらに細かく観測点を設けることができ、特に地震断層周辺での比抵抗構造解析にとって貴重なデータを得た。

地表での右横ずれのようす

コジャエリ地震に伴う断層運動により地表に出現した右横ずれ量の分布は、池田・Komut(1999)により詳細に調査されているが、少し、その実例をここに示す。

写真1は、イスタンブール-アンカラ間的高速道路のアダパザル・インター近くのガソリンスタ

ンドの構造物に記録された右横ずれ運動である。断層を挟んで北側の位置から南側を見ている。右横ずれのために、スタンドの屋根が5m近くもずれた。このため、手前の屋根が5mほど、奥にある屋根より左になっている。元々は、スタンドの右手の柱は一直線状に並んで一致していた。それぞれの屋根の下にあったガソリントankは、断層がちょうどその間を通ったため無傷で、給油装置の壊れなかった手前の所では、9月1日の写真を撮影した当日、すでに営業を再開していた。構造物に残された右横ずれ運動の例であるが、屋根のずれの方向と実際の断層走行は完全には一致していない。この地点は、今回の地震に伴う地表変位が最も大きかった地域になる。

一方、MT観測を実施していた地域であるキョセキョイ市内を走る地震断層の例を写真2に示すが、農作物を出荷する木箱を作る作業場を横切って地震断層が走ったため、右横ずれ運動により作業場の張り出した屋根の柱と礎石が約1mほどずれていた。また、作業場の壁も向かって左へ倒れた。その作業場の敷地の西側にある入り口部分での地表変位量を測定すると、約2mであった。

写真3は、キョセキョイ市より少し東のアスランベイ市にある、コジャエリ(イズミット)大学

の造営中の新キャンパス内の建物の被害（7月17日撮影）を示す。断層からの距離は約500m程度である。

池田・Komut（1999）に報告されているよう



写真2 キョセキョイでみられた右横ずれ運動のあと

に、8月17日の地震では、1967年の地震断層である Mudurunu 断層の北側に平行して走る活断層 ブランチまで破壊が進行し、その約1/3長さの領域部分をも破壊した。そして、3カ月後の11月12日に発生した地震（M 7.2）は、この2/3の割れ残りの部分で発生した。この2/3の割れ残りの部分での地震発生の可能性は、多くの研究者が非常に高いと予想していたが、その地域で地殻変動等の連続観測が実施されておらず、高々3カ月後に発生してしまうことを確信を持って予想することは残念ながらできなかった。日本で、地震発生のニュースを聞いたときには、非常なショックを受けたものである。

北アナトリア断層西部域の深部比抵抗構造

図3に本震および余震の震源分布（伊東，1999による。8月29日までのデータをプロットしたもの）、および、実線で陸域の地震断層の地表のトレース（池田・Komut，1999による）を示す。本震後（8月21日以降）地震断層に沿って緊急展開された臨時観測点（黒三角印）のデータとIZINET（黒四角印）のデータをあわせて震源決定がなされ、余震の震源決定精度は向上している。



写真3 アスランベイ市にあるゴジャエリ大学の造営中の新キャンパス内の建物の被害

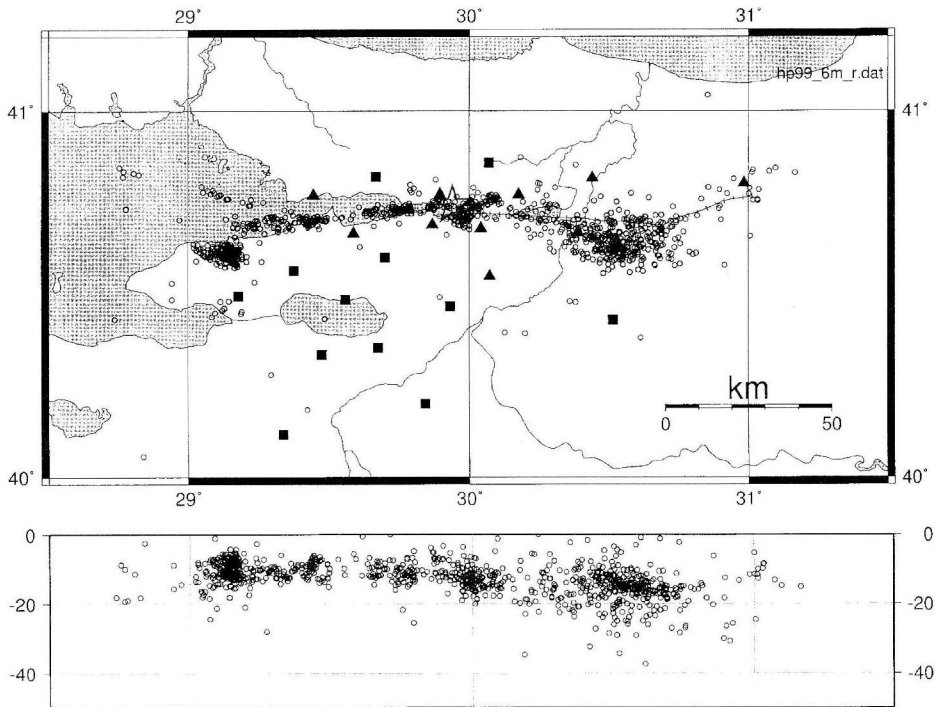


図3 本震発生後から8月29日までの余震分布. 星印は本震の震源, 黒四角はIZINETの観測点を, また, 黒三角は本震後設置した臨時観測点を示す [伊東 (1999) による].

イズミットから西側の海域部分で, 線上に乗った余震分布が見られ, 地震断層に沿った余震活動である. ただし, その断層に沿って同じ密度で余震が分布しているのではなく, 地震の集中している部分と余震の起こっていない部分とがあるのがわかる. 一方, イズミットから東の部分では, イズミットに近い所では, 西側と同じように線状配列が見えるが, サパンジャ湖より東の部分, つまり, 北アナトリア断層帯が北と南に分岐する位置付近のアダバザル周辺では, 地震断層の南側に震央がばらけた分布になっている.

図4に, 昨年夏の間の実施したMT観測データを基にしたインバージョン2次元モデル解析により決定された, 2つの断層を南北に切った深さ20 kmまでの比抵抗構造を示す. 図中の星印は本震の震源を示す(震源データは, 伊東, 1999による). また, 南北断面は東経30度線の位置で作成してある. そしてこの位置から±15分の経度線で囲まれる範囲内に入る余震の震源を丸印でプロッ

トしてある. 得られた比抵抗構造の特徴は, 次のようになる. (1) 北側に位置する今回の地震断層の構造は, 0~10 km付近で, 非常に高比抵抗値から低比抵抗値の値を取る領域に別れていて, 不均質性が非常に高い. また, (2) 本震および余震の震源は, 構造の内, 非常に比抵抗値の高い領域内に分布している. (3) 一方, もともと非常に地震活動が低調であった, 南の断層周辺の構造は, 北側と比較して, 非常に均質であることがわかる. 非常に均質な2つのブロックが単純に接しているような構造が見て取れる. 以上のような, 不均質性の顕著な違いは, 2つの断層への歪み蓄積過程が, 大きく異なっていることを示していると想像している. ここでは結果を示さないが, 第2測線の結果では, 図3に示されたばらけた地震分布に対応して, 南下がりの三角形の高比抵抗領域が存在しているらしいことが見えて来ていて, 余震分布は, この高比抵抗領域内に分布しているらしい.

2-D Model - Line 1 (TM mode only)

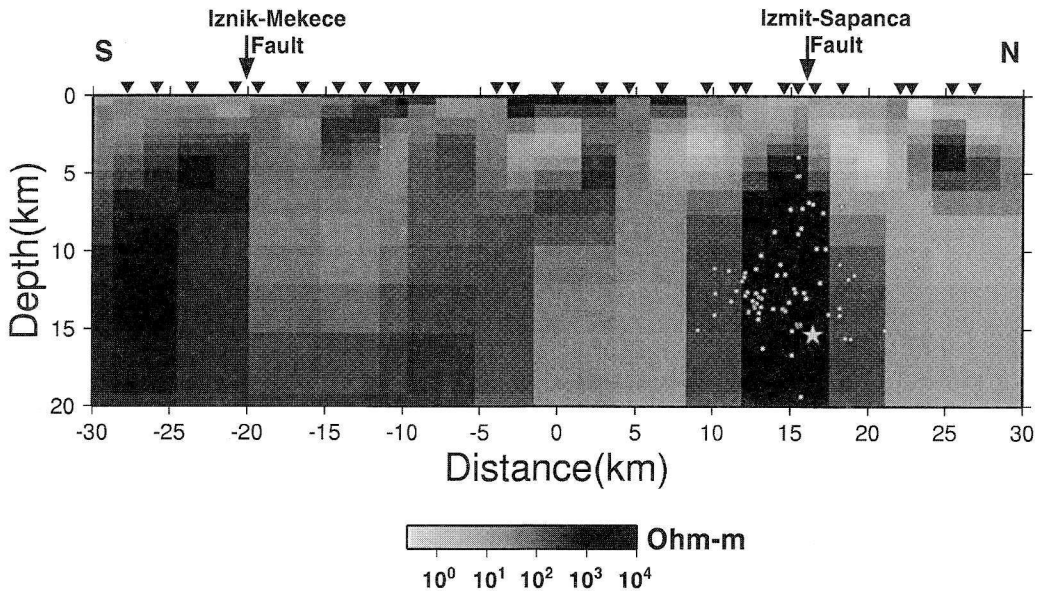


図 4 MT 法観測により決定された比抵抗構造図. 矢印で示した Izmit-Sapanca Fault の位置は, 池田・Komut (1999) によって調査された地震断層の地表のトレースの位置を示す. また, 本震 (星印)・余震 (白丸) データは伊東 (1999) による.

参考文献

- Honkura, Y. and A.M. Isikara, 1991, Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian Fault Zone, *Tectonophysics*, 193, 347-357.
- 本蔵義守・伊東明彦・大志万直人, 2000, 観測網の中で起こった地震 トルコ北西部地震の物理的特徴, *科学*, 70, 109-112.
- Ikeda, Y., Y. Suzuki, E. Herece, F. Saroglu, A.M. Isikara, and Y. Honkura, 1991, Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian fault zone in the Mudurunu Valley, western Turkey, *Tectonophysics*, 193, 335-345.
- 池田安隆・T. Komut, 1999, 1999年8月17日トルコ北西部コジャエリ地震に伴う地表地震断層, *日本地震学会ニュースレター*, 11, No. 4, 5-7.
- 伊東明彦, 1999, 1999年8月17日のトルコ・コジャエリ地震, *日本地震学会ニュースレター*, 11, No. 4, 3-5.
- 松島正貴, 1999, トルコ・コジャエリ地震, *東京工業大学同窓会誌「Kuramae Journal」*, No. 943, 32-33.
- Toksoz, M.N., A.F. Shakal and A.J. Michael, 1979, Space-time migration of earthquakes along the North Anatolian fault zone and seismic gaps, *Pure Appl. Geophys.*, 117, 1258-1270.

921 集集地震による地震断層の特色

太田陽子

1999年9月21日午前1時47分に起こった台湾の集集大地震(M=7.3)は、西側のユーラシアプレートが東側のフィリピン海プレートに沈み込むプレート境界帯のうちの車籠埔断層の活動によって生じ、台湾中部に甚大な被害を生じた。台湾中央気象局によると、震央は北緯23.85度、東経120.81度(集集付近)にあり、その深さは約7kmときわめて浅い。震度は台中、その南の南投などで最高の6(烈震)に達する。地震発生時が深夜であったため火災がほとんどなかったものの、死亡者数2,321名、負傷者数8,739名、全壊建物27,153、半壊建物25,238に及ぶ被害があった(10月11日現在、台湾内政部発表)。これらの被害の中には、本震で生じたもののほかに、本震で傾いたり傷ついた建物が9月26日のマグニチュード6.7の余震によって倒壊したものもある。被害は、後述する地震断層直上および上盤の狭い範囲に集中することに加えて、断層から離れた東勢、集集、埔里などの町でも著しく大きかった。後者はおもに沖積低地にある町で、ここでの被害は建物の性質および地盤と関係する震動の大きさと関係しており、断層上での被害と区別する必要がある。断層は地表に表れ、長さ100kmにも達する地震断層が生じ、鉛直変位量は約10mと世界でも最大級である。

この地震からすでに半年もすぎ、少なくとも日本ではこの地震が一般の話題になることは少なくなった。大災害をもたらした1995年の兵庫県南部地震からは5年の歳月がたった。今年はおおよそ5年目に当たるということで再び活断層と地震とのことがニュースなどでとりあげられたが、その後再びこの問題に関するニュースはあまりきかれない。しかし、日本や台湾のように活断層の多い国では、これらの活断層に伴う地震は今後も避

けられないのである。世間でこのような話題が忘れられた頃次の断層が活動して災害を起こす可能性がある。まさに、「災害は忘れた頃にくる」のである。一つの活断層の再来間隔は人間の生命からみれば途方もなく長いけれども、間違いなく活断層による災害はどこかで必ず起こるのである。その意味で、今回の台湾の地震断層を知ることは日本の活断層を考える上でも重要である。

I. 地震断層の分布と特色

地震断層は、台湾中央部を縦走る中央山脈の西縁を画する車籠埔断層に沿ってほぼ南北方向に表れた。車籠埔断層(図1)は、第2類の活断層(後期更新世に活動したもの)とされていた(張ほか、1998)。今回地表に変位が表れた100kmという長さは、1891年の濃尾地震の際の地震断層の長さの総計よりも長い。北部の大甲溪付近から北では、地震断層は北東または東西方向に向きを変える(図1の太い実線、黄ほか、1999;中央地質調査所、1999による)。活断層としての車籠埔断層は大甲溪以北でも山麓線に沿って南北に続くが、今回の地震断層は表れていない。地震断層のセンスは東西方向の圧縮の場を反映して東上がり(山地側隆起)の逆断層として、断層崖ないしは撓曲崖の形態をとり、田畑を貫き、道路を分断し、橋やダムをこわし、多数の建物を倒壊させた。また地震による震動で大規模な山崩れが発生し、その下に埋もれた家屋も人も多い。山崩れの物質は2月末の長期に続く雨によって泥流として河川を流れてくんだり、二次災害の危険性が憂慮されている。以下にいくつかの地域について地震断層の特色を述べる。なお、観察の一部は太田・山口(1999)、太田(1999)、太田ほか(2000)に示されている。

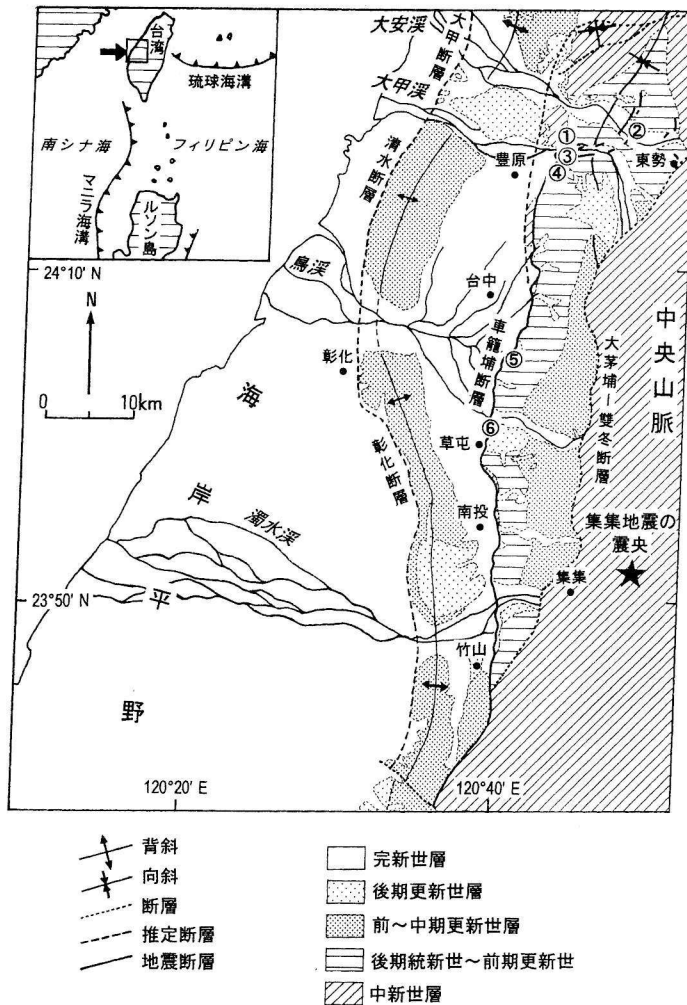


図1 台湾中部での活断層と地質のあらまし (黄ほか, 1999)。本文中に説明した主な地点を付してある。太い実線が今回活動した地震断層。

大甲溪付近：西へ流れる大甲溪にそってその北岸には東西方向の道路がある。そこを通ると、何度か突然急な坂が現れ、登り坂の場合は車やバイクは猛然とアクセルを踏んで轟音をたてて横切る。ある時は逆に急な下り坂となる。注意してみると、東上がりの大きな崖と、その背後の西上がりの比較的小さな崖という一対の地形が数回繰り返され、東は東勢付近に至る幅の広い変位帯をなし、かつ西ほど(車籠埔断層本体に近づくほど)崖の比高が大きい。9月に地震直後にここを訪ねた時、私はこのような地形を東上がりの主断層とその背後の逆向き低断層崖という一対の逆断層に基づく変位地形と考えた。その最大の変位量は鉛

直方向で9mに達する。この値は世界的にみても鉛直変位量としては最大級のものに当たる。

写真1は後述の大甲溪を横切る瀧の延長部に当たり、河川敷にあった養魚池を二つに分断し(地点1)、私が観察した範囲での最大変位を示す場所である。断層崖上にあった建物は崖下に落ちた。断層崖にみられる河床堆積物の下には破砕された第三系が露出しているの、ここではかつても断層運動があったことが窺える。この崖の北東延長の道路では上記のように道路を横切る崖が形成され、その付近では上盤側での家屋の倒壊がみられる。そこではアクセルをふかして上る車のために砂埃でいっぱいであった。この約100m東には逆



写真 1 大甲溪北側（地点）の河川敷を切る地震断層、9m という最大の比高をもち、養魚場を分断した（地点 1）。

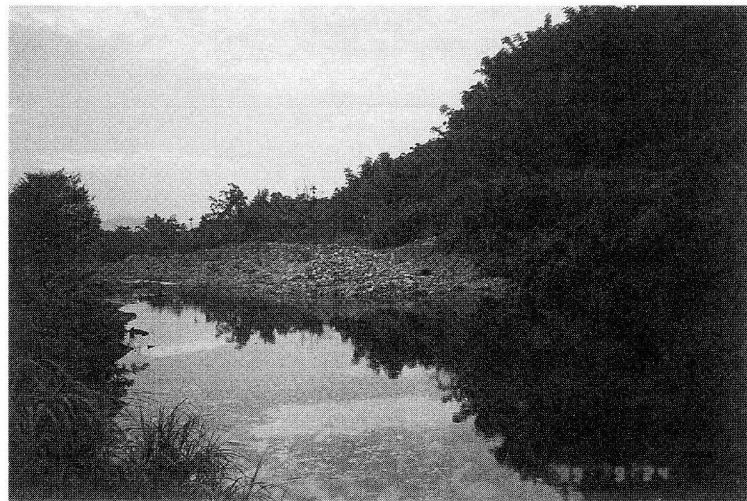


写真 2 大甲溪の支流の河床の下流側を隆起させた地震断層

向き低断層崖があり、そこでも上盤側での建物の倒壊が著しい。主断層から東へ約 4.5 km の所では逆向き低断層崖のために大甲溪の支流の下流側が高まり、上流側に水があふれ（写真 2）、周辺の梨畑が冠水するという被害が生じた。

さらに北東では大安溪の北側の台地上で北東～南西方向の逆向き低断層崖が形成され、つねに上盤側の建物の倒壊が目立つ。この台地にみられる逆向き低断層崖の延長では大安溪の下流側の河床が高まり、その南岸では第四紀層の東への傾動が

顕著である（地点 2、写真 3）。これも断層活動の累積性の証拠となる。

大甲溪を横切る橋の多くは破壊された。写真 4（地点 3）では、壊れた橋のすぐ上流側に瀧が見える。これが河床を通る地震断層のために一瞬にして生じた瀧で、すでに観光名所と化した。これより上流でもいくつかの橋は壊れ、石崗ダムも壊れた。

大甲溪の南：大甲溪以南では地震断層は山麓の狭い範囲に現れる。大甲溪のすぐ南では以下の現象

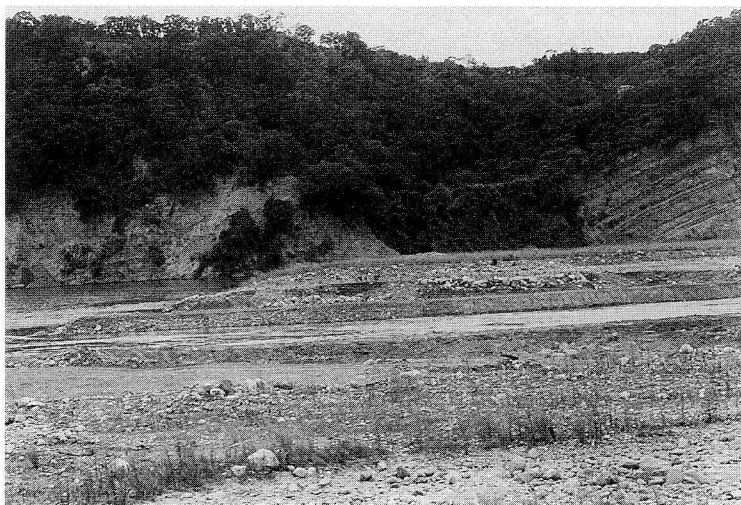


写真 3 大安溪河床に現れた逆向き低断層崖とその南部での第四紀層の傾動（地点2）



写真 4 大甲溪埤豊橋の破壊とその付近の河床に地震断層で形成された瀧（地点3）

が認められる。写真5（地点4）では、水田が地震断層による崖で分断され、平らな道は急斜面となり、周囲の上盤側の建物は倒壊した。その中において、写真上の白い家は上盤にあって断層から至近距離にあるにも関わらず、被害はきわめてわずかであった。所有者にうかがうと、地震の危険性を考えて1階建てとし、しかも密に鉄筋を入れたという。これは、耐震を十分に考えて建物をつくれば被害を最小限にできるというよい例である。またこの家の方の話では、地震後、前に見えなかった景色が見えるようになったという。この

ことは上盤側が絶対的に隆起をしたことを示している。この南では、墓地を地震断層が横切り（写真6）、もと水平であった水田が大きく撓む（写真7）などの変形が顕著である（いずれも地点4のすぐ南）。

霧峰の光復国民中学付近：光復国民中学の裏にあるグラウンドでは明瞭な撓曲崖が出現した（写真8、地点5）。もと水平なグラウンドを切り、さらにその南方延長では道路、堤防はもちろん河川敷にも地震による変形が表れた（写真9）。ここでは崖の平面形はやや湾曲し、崖の断面は凸形で、上盤



写真 5 大甲溪南部の地震断層で生じた崖。上盤側での家屋の破壊がみられるが、耐震設計がされた白い家は無事であった（地点4）。

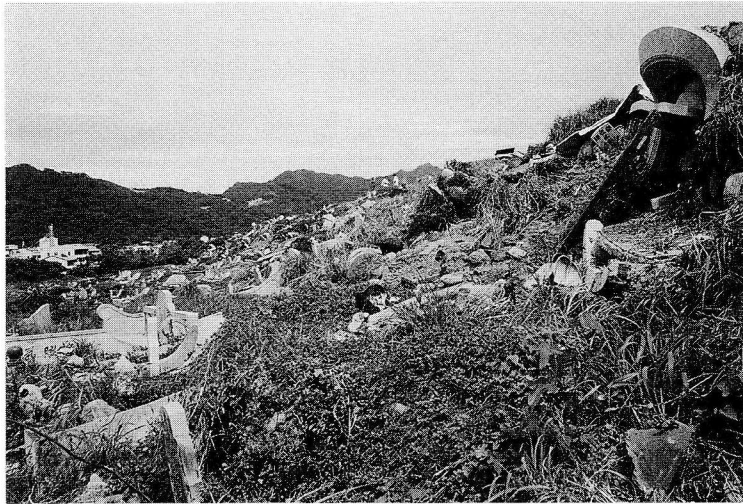


写真 6 墓地を切る地震断層（地点4のわずか南）

側ではより複雑な変形を示し、この崖が低角な逆断層によることを示している。鉛直変位量は2～2.5 m 程度である。ここは現在保存のために立ち入りが禁止されており、フェンスの脇には地震断層とそれによる被害を示す掲示がある。ここにはトレンチ調査の上、博物館が建てられる予定である。この断層は国民中学の校舎を横切る。当然のことながら断層で横切られた校舎およびそれと連続している建物は全壊した（写真10）。しかし、完全に下盤側に位置する国民小学の校舎は無傷で

あった。このことは、学校や病院などを断層上またはその至近距離に建てるべきではないという考えの重要性を認識させる。この地震は午前1時47分に起こったので、生徒はいなかったが、もし昼間であつたら多くの死傷者がでたにちがいない。災難を免れた子供達は、10月にはグラウンドの上盤側に張られた大テントで授業を受けていた。子供達はこの地震をどう受け止めたであろうか。なお、堤防脇の工事で、基盤の破砕帯が約4m 食い違っており、今回の地震の前にすでに変形があっ



写真 7 水田を変形させた撓曲崖（墓地の南）



写真 8 霧峰の光復国民中学裏のグラウンドに現れた地震断層による撓曲崖（地点5）

たことを示している。

草屯東方：草屯東方（地点6）は私にとってもっとも思い入れのある場所である。それは、私はかつて非常にきびしい条件のもとで写真判読をしたことがある（監督官の監視のもとでのみ写真をみることができ、持ち出しはおろかコピーもできず、地形図との照合もできない）が、その際には車籠埔断層では草屯地域でのみきわめて明瞭な2列の活断層を認めることができた（太田，1999b）。それは車籠埔断層の延長にあたる東上がりの主断層と、その背後の西上がりの逆向き低断層崖

をなす枝断層である（図2）。今回その両方において、まさに私が認定した活断層上に地震断層を確認できた。これは私の長い研究生活の中で初めての経験である。東上がりの主断層上においては既存の活断層上に同じ向きの比高2m程度の崖が（写真11）、西上がりの断層では比高約1m程度の崖がともに既存の断層崖上に表れた（写真12, 13）。なお、中央地質調査所の資料ではこの東側の崖にそう地震断層は記載されていなかったが、12月になってやっと認識された（中央地質調査所，1999）。草屯では東西両方の断層において、上盤側

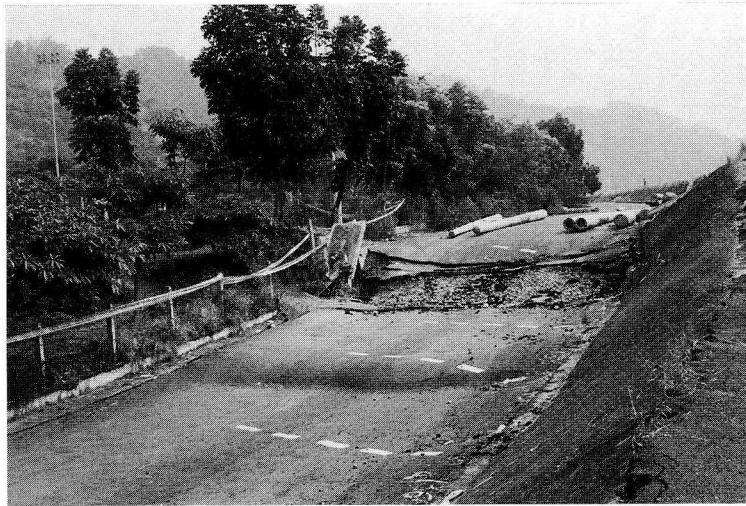


写真 9 写真 8 の崖の南東延長部。道路や堤防を変形させた。

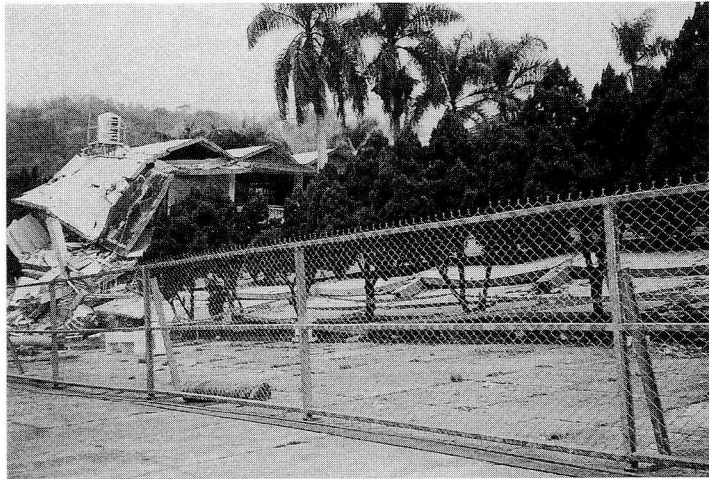


写真 10 大きく破壊した光復国民中学の校舎（地点 5）

での家屋の倒壊が顕著であった。

このような既存の活断層と地震断層との位置の一致に加えて、ここでは古い段丘ほど変位量が大いという変位の累積性が東西両方の断層に認められる。たとえば、段丘Ⅲ面では主断層の変位は 30 m 以上、枝断層による変位は 12 m 以上、段丘Ⅴ面ではそれぞれ 15 m、6 m 以上となり、かつつねに主断層の変位量が大い（図 3）。このようなことから、この地域は古地震研究にとって重要な地点であると思われる。しかし、従来は段丘の年代が不明であったから、累積性は明らかであって

も地震の再来間隔を求めることはできないでいた。したがって、過去の活動史・再来間隔を求めるにはこの段丘の年代を知るとともにトレンチ調査が必要と考え、それらの必要性を提案した（Ota, 1999）。トレンチ調査のためには、私は逆向き低断層崖の基部が最適であると考えた。それは、西に向かって流れる河川は逆向き低断層崖のためにせき止められ、有機物を含む細粒物質が堆積する可能性が大いと思ったからである。その考えを確かめるために、2月に台湾大学の黄教授、東洋大学の渡辺さん、愛知県立大学の鈴木さんと

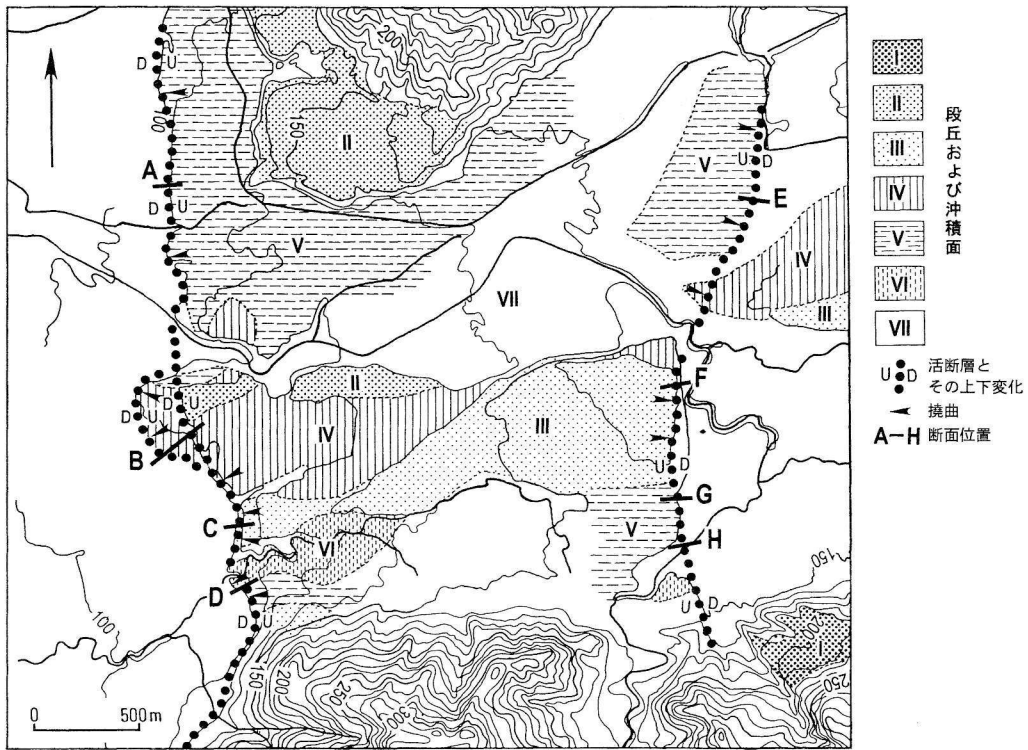


図 2 草屯地域の地形（25,000分の1地形図から等高線を抜き出したもの）に段丘の分布と活断層の位置を示す。1999年の地震断層の位置は活断層のそれと一致する。東側の逆向き低断層崖の東では、西へ流れるはずの河川が断層崖に妨げられていったん北に流れている。



写真 11 草屯商工グラウンド背後の東上がりの地震断層。既存の活断層と一致する（地点6）。



写真 12 草屯東方，富州橋北側の西上りの地震断層．既存の活断層と一致する．

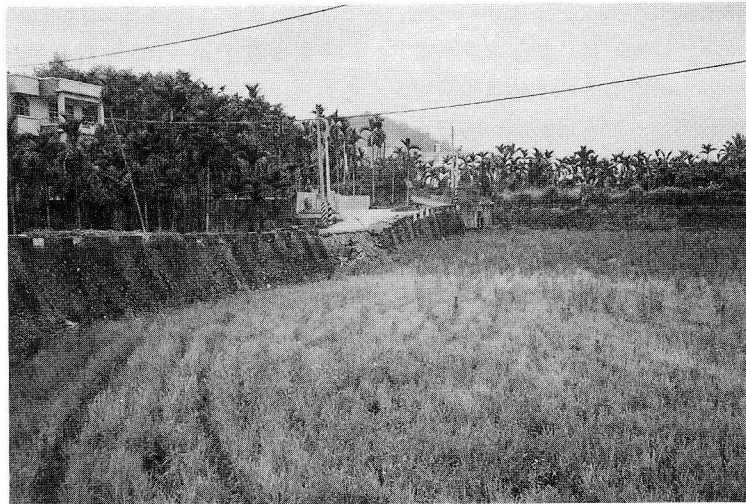


写真 13 草屯東方，富州橋南での地震断層．写真中央部の道路の食い違いから続く地震断層が畑の色の違いとして明瞭に現れている．

予備調査を実施した．現地では，露頭を観察するとともに，ハンドオーガーによる掘削を行い，また地震で乱れた土地の復元のために重機がはいっていたので，一部を掘削することができた．それによって，逆向き低断層崖の下盤側（東の低下側）のみに複数の黒色腐植層があり，とくにその上限とその上の堆積物との境界が明瞭で大きな環境変化を示すこと，崖の基部付近で段丘礫層が撓み下がっていること，一部では断層露頭もみられること，などがわかった．また，段丘堆積物中や，下

盤の黒色腐植層を含む堆積物から多くの年代測定資料を採取することができた．こうして，この地域の調査の妥当性が確かめられたので，4月以降にトレンチ調査を実施する計画をたてている．

II. 既存の活断層と地震断層との関係

上記のように，草屯では既知の活断層と地震断層はみごとに一致している．またそのほかの場所でも両者が一致していることはある程度述べた．

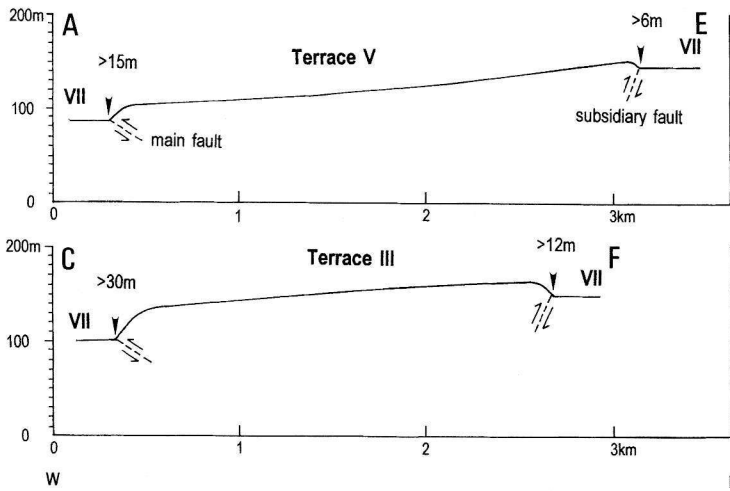


図3 草屯地区での東西両方の断層によって変位した河成段丘. III面とV面での累積的変位を示す.

ではほかの場所ではどうであろうか. 従来の活断層図(たとえば張ほか, 1998)は, かなりおおまかで, 今回の地震断層との対応を示すには十分ではない. 従来の活断層図は, おもに断層が確認された露頭をつなぐという方式で作製され, 地形学的手法はほとんど採用されていない. 地震断層との対応関係を調べるには, 空中写真判読によって断層トレースを正確に追跡することが必要である. といっても相変わらず台湾ではまだ空中写真は自由化されておらず, 大学の研究室内でのみ判読が許されるにすぎない. しかし, 1980年代までと異なり, 25,000分の1の地形図は入手できる. それで11月下旬にわずか3日間であったが車籠埔断層の写真判読に集中し, 25,000分の1地形図上に活断層図をえがいた. 3人(筆者, 渡辺, 鈴木)で別個に判読し, その結果を交換して判読結果をチェックした.

こうして, 以下のことが明らかとなった. 大部分の場所では既知の活断層と地震断層の位置は一致する. しかし, 大甲溪付近で走向が北東ないし東になっている場所では, まだ十分に判読しておらず, このような方向の活断層があったかどうかをさらに今後検討する必要がある. また, 活断層は大部分の場所では中央山脈の西縁を画するが, まれに丘陵部を横切るところもある. そのような場所についての意義についても今後の検討が必要

である. また, 一部では活断層の位置と地震断層のそれが数十m~100m程度ずれることがある. これは, 活断層による崖がその後の侵食で後退したためで, 本来は両者は一致するとみてよい.

このように両者が一致することは, ほかの活断層でも将来地震断層は既存の活断層上で起こることを意味する. 既知の活断層と地震断層との一致は日本でもしばしば確認されている. たとえば濃尾地震の際にはすべての地震断層は既存の活断層上に表れた. 活断層のすべてが1891年に動いたわけではないが, 地震断層のすべては既知の活断層上に起こった. 同じことは北伊豆地震の際の丹那断層についてもいえる. 最近では淡路島の野島断層の例がある. 今後起こりうる地震断層の位置を正確に知るためには, 車籠埔断層以外の活断層について大縮尺の活断層図が必要である. 私の過去での判読によれば, 異なる時代の段丘を累積的に変形させている北部の桃園台地の断層群, 台中西方の台地の隆起の原因となり, 完新世の面を活動させている清水断層, 大甲断層, 彰化断層, 中央山脈の西縁南部で, それよりやや西側で段丘を変位させる東上がりとその背後の西上がりの断層という一対の逆断層(潮州断層), さらに短いが明瞭に沖積面を変位させる仁武, 鳳山断層など(いずれも太田, 1999bに図化)などは, 今後の活動の可能性が高い断層で, とくに活断層の正確な位

置を求めることが必要である。

また、今回の地震においては、地震断層付近についていえば常に上盤側の狭い部分に建物の被害が集中していた。したがって、正確な活断層図は被害の予測図ともなる。

Ⅲ. 集集地震に対する政府の対応と今後の問題

今回の地震の後の政府の対応の早さには目をみはるものがある。地震断層で寸断されていた道路のかなりの部分が10月中旬には車が通れる程度に復旧していた。もちろん完全とはいえ、道路脇まで手が届いてはいなかったとはいえ、地震断層の食い違いの部分は処置され、大甲溪を越えずたずたになった橋の脇にすでに仮橋ができていた。テント生活の人々も10月になかったわけではない。でもそれは余震をおそれて家に戻れない人々であって、家屋を失った人々のほとんどは仮設住宅に移っていた。家屋が全壊した家族には台湾ドルで200万ドル、半壊した家族には100万ドルが政府から支払われたという。

科学的な面でいえば、地震の観測、GPS調査などにより地殻変動に関する多量の資料が集められ、とくに地震関係の研究の成果は顕著であった。地震断層の精査は地質調査所のメンバーをはじめとする科学者の協力により、10月中旬には25,000分の1の地震断層図、70本あまりの地震断層を横切る断面図がつくられ、12月までには5,000分の1の図がまとめられ、そして現在は1,000分の1の地震断層図がまもなく完成の予定ときく。関連する地質学者の協力で短期間のうちにこれらの図が作製された。驚くべきことは、台湾にはいわゆる活断層の専門家がおらず、これらの仕事は地質構造、層位、堆積学などの研究者が行ったという。現在活断層関係のとりまとめに当たっている台湾大学の黄教授も、微化石または地球化学の専門家である。専門の枠を越えた協力体制に感心するとともに、活断層の多い台湾でその専門家のいないことにも驚いた。活断層を研究した人がいないわけではない。筆者が1980年代に台湾をたびたび訪問したおり、ちょうど日本で日

本の活断層を出版した直後であった。台湾師範大学の石教授は活断層に深い関心を示し、空中写真の利用に便宜を図ってくれるとともに、地理学教室のメンバーに活断層認定の方法を伝えることを頼まれ、何回か講義をした。その結果数名の地形学者が活断層をテーマとして博士論文を書いた。しかしそれらの結果は地質学者にはまったく取り入れられていなかった。これはかつての日本での地形学的手法による活断層が地質学者に重視されなかった状態とよく似ている。私は、活断層は地形に表現されているのだから、地形学的手法が絶対必要であることを改めて強調した。草屯地区での経験から、黄教授は私のいっていることを理解してくれているようで、今後の地形学者を含めた研究の発展が期待される。

ふたたび政府の対応に目を転ずると、12月には国家科学委員会による国際ワークショップが開かれ、地震に関するあらゆる分野の専門家が招待された。そして、個々の発表とともに専門ごとに夜に部会が開催され、政府への提案をまとめた。それらを総合的にまとめた提案が最終日に国家科学委員会に提出され、政府としてできるだけそれを尊重して実施する旨が確約された。私は活断層研究者として招聘されたので、地震断層に関する調査結果を話すとともに、政府への提案としてつぎのことを述べた。1) 車籠埔断層の活動歴を知るための古地震研究の必要性。そのために、段丘の年代測定と活断層のトレンチ調査の重要性、2) 車籠埔断層でわかったこと、すなわち、活断層と地震断層との一致はほかの活断層でもあてはまるはずであるから、ほかの活断層の位置の正確な図化の必要、そのためには空中写真の利用が自由化されることが絶対条件である。3) 今回の地震で、逆断層の上盤側での災害が目立つ。したがって活断層の正確な図化に基づいて、公共建築物の建築の規制をすべきこと。

従来台湾ではトレンチ調査はほとんど重要視されていなかった。それは、かつて地震断層のところで掘ったが断層は確認できなかった経験があるからであるという。そしてまたトレンチ調査は経費がかかるからともいう。私は、経費の点からい

えば大きな地震観測の機器を買うよりは安いものであるし、断層の実体と今後の活動の可能性を考えるためには古地震研究は不可欠であると思う。それとともに、従来の失敗は掘削地点選定の問題であり、また侵食・堆積速度の大きいことを考慮してトレンチ調査を行うべきであると考え、今後台湾側と日本側との協力で活断層調査に関する新しい展開を計る予定である。

ここに述べたことは、9月以降5回にわたる現地調査の結果の一部である。経費の一部は台湾国家科学委員会、日本の地質調査所、NHKなどのご好意による。また現地でご協力いただいた台湾大学の黄教授、台湾師範大学の張教授、沈講師、現地調査の一部をとともにされた山口勝、渡辺満久、鈴木康弘、澤祥、柳田誠、宮脇明子さん、など多くの方に謝意を表す。

引用文献

張 微正・林 啓文・陳 勉銘・盧 詩丁編, 1998, 台

湾活動断層概論, 50万分の1台湾活動断層分布図および説明書. 中央地質調査所.

中央地質調査所編, 1999, 921地震車籠埔断層沿線地表破裂位置図(25,000分の1). 中央地質調査所.

黄 奇瑜ほか8名, 1999, 集集地震與台湾中部車籠埔地震断層, 1999, 921集集地震国際研究会野外地質旅行手冊. 国立自然科学博物館.

太田陽子・山口 勝, 1999, 台湾中部, 9.21集集大地震による地震断層の地表形態. 地理, 44, 8-15.

太田陽子, 1999 a, 台湾中部, 9.21集集大地震による地震断層第1報. 地質ニュース, 543, 1-14.

太田陽子, 1999 b, 変動地形を探るII, 環太平洋の海成段丘と活断層の調査から. 古今書院, 214 p.

Ota, Y., 1999, Characteristics of earthquake fault associated with 921 Earthquake, central Taiwan, especially on the relationship between earthquake fault and pre-existing Quaternary active fault. International Workshop on Chi-Chii, Taiwan Earthquake of September 21, 1999. 4-1-4-12.

太田陽子・渡辺満久・鈴木康弘・澤 祥・柳田誠・宮脇明子・金 幸隆, 2000, 日本地理学会2000年度春季大会要旨, No. 57.

ご 案 内

地震ジャーナル 27号

エッセイ 夢を捨てるな地震予知	平野拓也
大きい余震の発生確率の算定	宇津徳治
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 of 現状と将来	坪川博彰
日本人の災害観	廣井 脩
コラム ナマズで町おこし	編集部

記

●ご購入料 1500円 [実費頒布・郵送料共]
 ●お申込先 東京都千代田区猿樂町1-5-18
 財団法人 地震予知総合研究振興会
 ☎ 03-3292-1966, 2217
 [本誌綴込み振替用紙をご利用下さい]

財団法人 地震予知総合研究振興会

南米津波と日本沿岸での波高

羽鳥徳太郎

1. はじめに

1960年5月24日の未明、三陸沿岸各地で潮が異常に引き始め、普段見ることがない港内の海底が露出してきた。これは「津波だ」と、出漁準備中の漁民が異常に気づき、地元の測候所に問い合わせたが津波の情報は入っていない。そのうち護岸から潮が溢れ出し、消防署の望楼から半鐘が強く打ちならされた。遠地津波に対して、気象庁の予報体制が確立されていないときであった。

前日、地震研の研究室で南米チリでマグニチュード M 8クラスの大地震が発生したことをニュースで知り、われわれが管理している宮城県江ノ島津波観測所で観測されることを期待していた。それが、大規模な津波になるとは予想もしなかった。その数年前、東京水産大の三好 寿氏が、1952年カムチャツカ津波のとき、チリ南部のタルカワノの検潮記録がスケールアウトする大振幅であったことに着目し、「チリで大津波が起これば、日本にも影響が出る」と警告していた。が、あまり理解されなかった。当時、遠地津波に関するデータは少なく、調査研究が遅れていたことも事実であろう。江戸時代に、南米の津波で三陸沿岸などに遡上した記録が判明したのは、1960年以後のことである。

チリ津波による被害は日本の太平洋岸全域におよび、死傷者は三陸地方を中心に1,000人を超え、家屋の全半壊数は3,500余戸にのぼった。1つの津波で被害域が北海道から沖縄まで波及したことは、日本近海で発生する近地津波では全くない。

被災直後、地震研究所を中心に全国の大学研究者で合同調査班が組織され、津波波高の測量値を

同一基準のもとに、調査域を細かく分担して実施された。筆者は、宮城県松島～茨城県那珂湊間と八丈島を担当した。塩釜では遡上高が1933年三陸津波を上回り、市街地で床上浸水し、道路上に漁船が押し上げられ流出物が散乱していた惨状が記憶に残る。今年が発生から40周年にあたる。合同調査班の報告(1961)と、気象庁の技術報告(1961)は基礎資料になっている。

本稿では南米地震津波のデータを集め、日本との関連や問題点を整理して解説しよう。

2. チリ津波の指向性

1960年5月22日チリ南部バルジビア沖で発生した地震(震央: 39.5°S , 74.5°W)は最大級の規模であり、地震のモーメント・マグニチュードは M_w 9.5(表面波マグニチュード, M_s 8.5)であった。ちなみに、巨大地震で知られている1952年カムチャツカ地震 M_w 9.0、1964年アラスカ地震 M_w 9.2である。震源付近の約500kmの海岸で地盤が1mほど沈下し、最大級の津波が伴った。波源域を逆伝播図から推定すると(Hatori, 1968)、沿岸にそい南北方向に長さ800kmにもなり、余震域とほぼ合致する。

チリ沿岸での波高は局地的に25mに達しており、太平洋全域に伝播してハワイなど中部太平洋の島々にも大災害をもたらした。図1には、環太平洋を500kmの間隔に分割し、痕跡調査や検潮記録から得られた平均波高の2乗値の分布を示す。波高の2乗値は津波エネルギーに比例し、津波危険度の指標になる。図示のように、日本列島～カムチャツカ間で波高2乗値が他区域より目立って大きい。これは、波源から強い指向性が作用したことを示唆する。

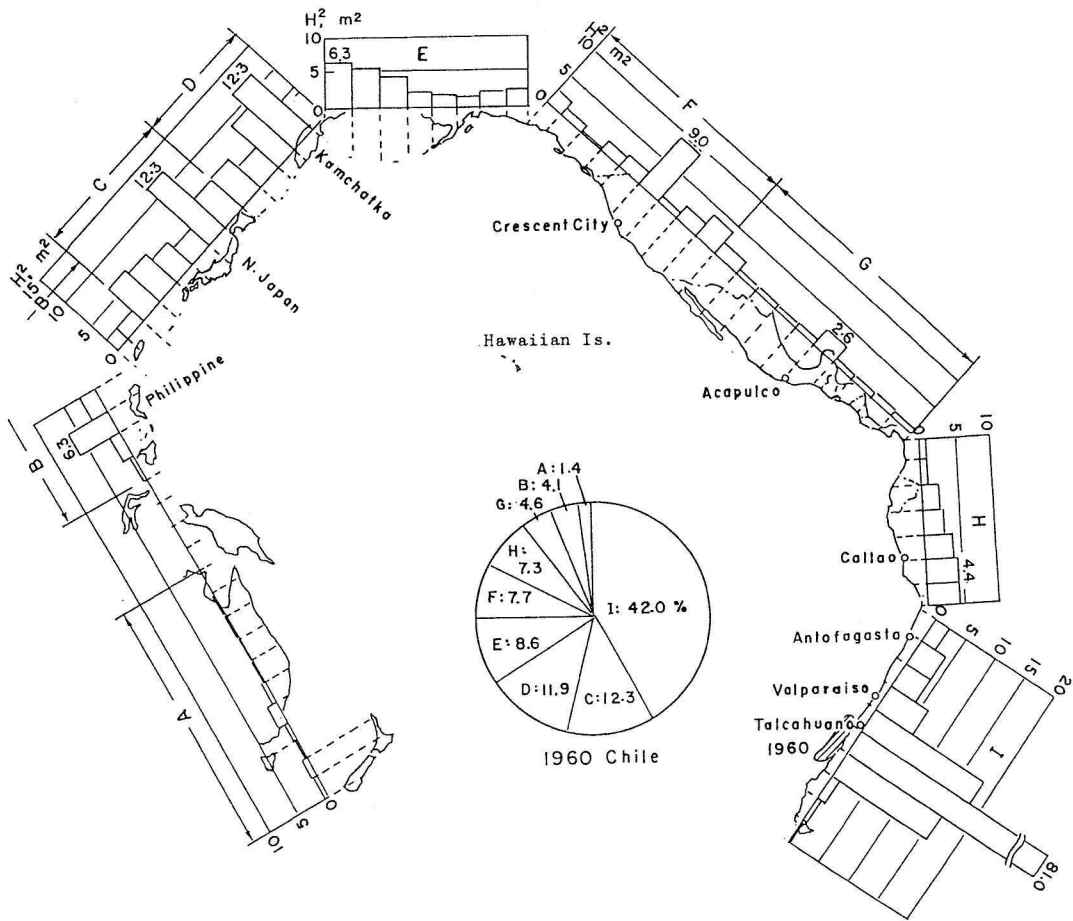


図1 環太平洋における1960年チリ津波の波高2乗値分布. 円内に津波エネルギーの配分率を示す.

主要な津波エネルギーは、断層の直角方向から出る。言いかえると、波源域の短軸方向から放射される（例えば三好，1977）。チリ沿岸に対して日本列島が真正面に向いており（地球儀で、チリと東北日本を糸で結ぶと理解しやすい）、津波エネルギーが効果的に収束するからである。加えて、太平洋中央部に横たわるハワイ諸島付近が浅海域であることから、レンズ効果も作用している。

環太平洋をA～Iの9区画に分割し（図1）、円内に全エネルギーの配分率を示した。それによると発生域のチリでは当然のことながら、エネルギーの比率は最大で42%に達した。ついで日本で12.3%、千島列島～カムチャツカ間11.9%、最小はオーストラリア・ニュージーランドで1.4%になる（Hatori, 1993）。津波は指向性や地形条件に左

右され、エネルギー値の分布に地域差が生じる。

指向性の効果は、津波のシミュレーション解析から検証された。図2には、逆断層モデルを想定し（長さ800 km、幅200 km、傾斜角10°、すべり量24 m）、地球の自転に伴うコレオリ作用を考慮した津波の最高水位分布（今村ほか，1989）を示す。波源から放射された津波は、波高を低下させながら伝播する。水位0.4 mの等高線に着目すると、ポリネシアを過ぎたところから幅は狭くなり、ハワイ付近から再び幅が広がり、日本列島に集まる。

日本に対して指向性の効果は、発生域の海岸線の方位がキーポイントになる。ペルー以北は小さく、南西方向に向くメキシコ・ニカラグアなど中米で発生する津波では、指向性の強さが著しく減

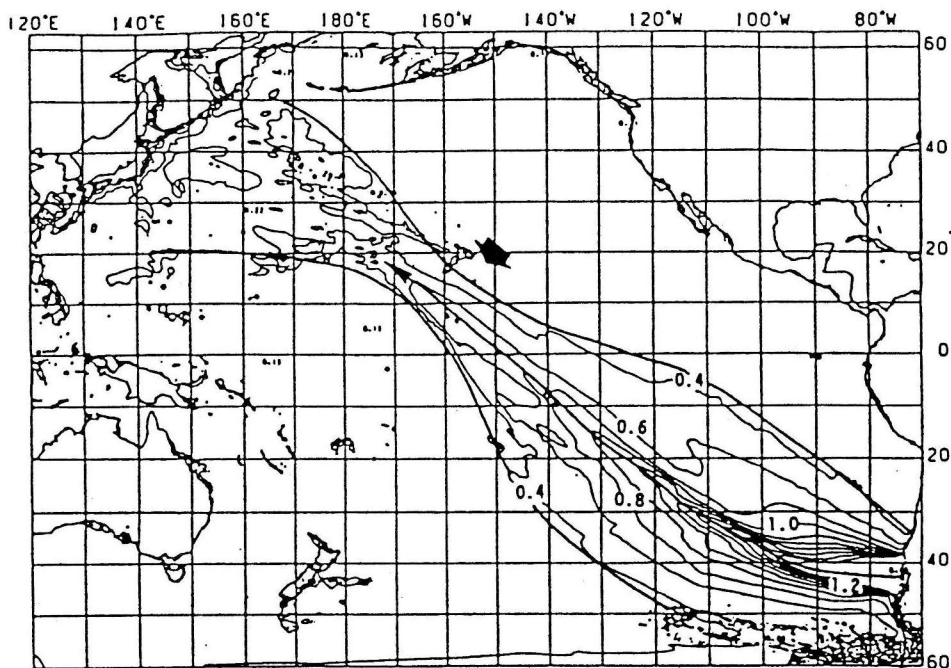


図2 チリ津波のシミュレーション解析による最高水位分布。
単位：m (今村ほか, 1989)

少し、日本での観測数はきわめて少ない。

3. 日本沿岸での波高・伝播時間

図3には、日本沿岸における主な津波の波高分布を示し、津波マグニチュードで区分してある。1960年チリ津波の波高は群を抜いて大きく、平均海水面を基準に北海道東岸2~3m、三陸沿岸3~5m、関東2m、西日本2~3mに達し、津波マグニチュードは $m=4.5$ と格付けられる。特徴的なことは、津波が50分前後の長周期波であった(日本近海の津波は、10~20分周期のものが多い)。三陸の宮古湾・大船渡湾などの大型湾では湾奥で波高が数倍に高まり、小型湾での増幅度は小さい。それを反映し、三陸津波の被害分布とは反転し、遠地津波特有な長周期波の現象を示した。

そのほか図3では、波高値がばらつくが1922年チリ津波のマグニチュードは $m=3$ 、1995年チリ北部津波では $m=2.5$ と格付けられる。なお規模スケールは、太平洋全域の津波データから求めたマグニチュード値(図7参照)と、調和的に区

分されている(羽鳥, 1997)。

日本沿岸における南米津波の波高分布は共通なパターンをとり、三陸沿岸が最大であり、ついで熊野灘岸(三重・和歌山県)、北海道東岸の順になる。波高の2乗累積値分布は、日本近海で発生する津波の分布パターンと共通している。しかし、福島・茨城県と沖縄県では遠地津波の累積値がやや上回る。

つぎに、日本沿岸における南米津波の伝播時間(地震の発震時から太平洋を伝わる所要時間)を見てみよう。図4には、4例の津波について、各地の検潮所で観測された伝播時間(時, 分)の分布を示す。1960年チリ津波の伝播時間は東北日本で22.5時間、西日本ではそれより1時間近く遅れている。1922年地震の震央は1960年地震より1,200kmほど北方に離れているが、日本の伝播時間にはほとんど時間差はない。しかし、震央の位置がペルーからコロンビアに移ると、日本での伝播時間は短くなり、ペルー津波で20.5時間、エクワドル・コロンビア津波では19.5時間になる(羽鳥, 1981)。

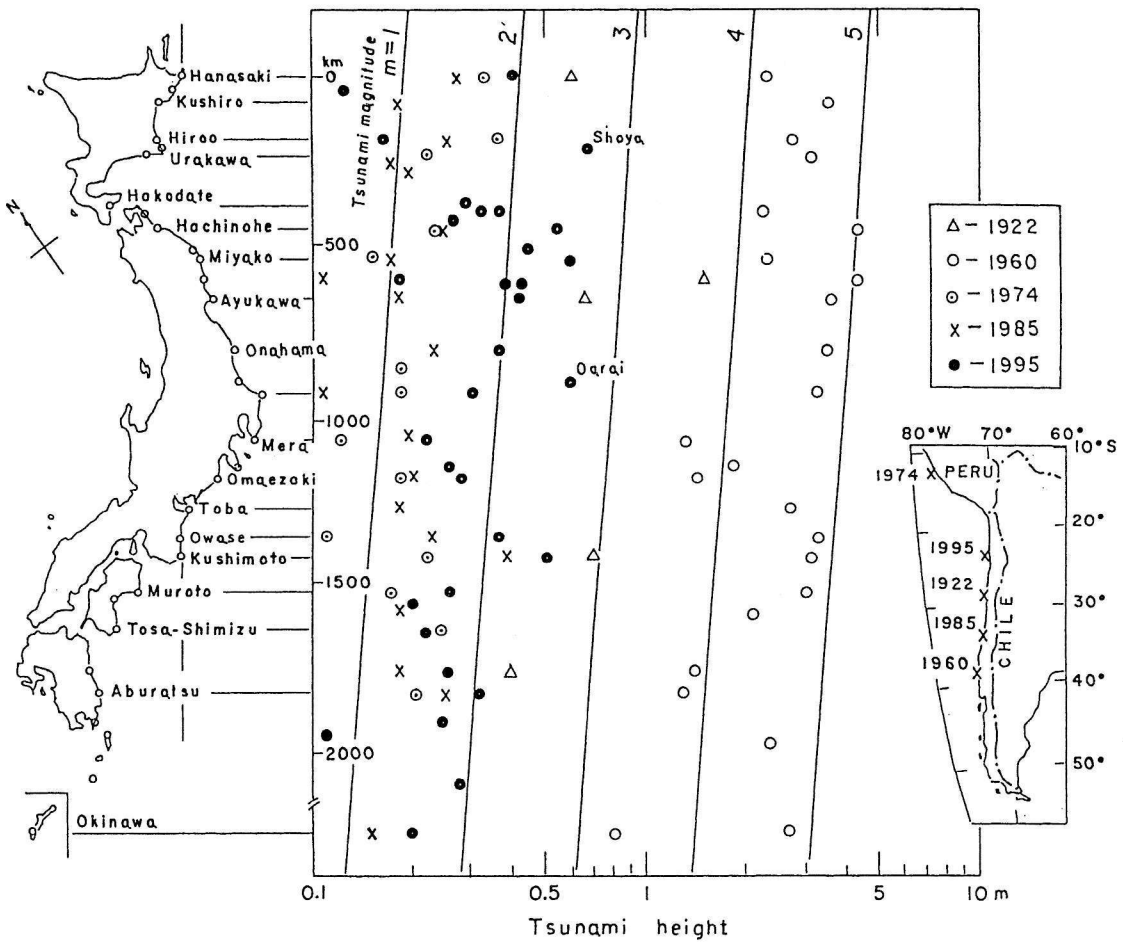


図3 日本沿岸における主な南米津波の波高分布. 津波マグニチュードで区分

一方、ハワイではしばしば南米津波に襲われ (Pararas-Carayannis, 1969), 1960年津波の伝播時間は15.5時間、エクワドル津波では12時間であった。日本にはハワイで津波が観測されてから7時間後に到達しており、日本の津波予報にはハワイの情報がきわめて重要である。ハワイでの津波被害の有無が、日本での津波予報の手掛かりになるからだ。

4. 歴史津波

南米の津波は16世紀中期ころから記録されており、推定された地震の震央・規模や津波の状況が表に整理されている (Lomnitz, 1970; Soloviev and Go, 1985; 宇津, 1990)。日本では1586年

(天正14)ペルーのリマ沖で発生した地震 (M 8.1)に伴う津波で、宮城県本吉郡戸倉の口碑が最初の記録である (渡辺, 1998)。

江戸時代には、5回ほど三陸や沖縄などで家屋や田畑の浸水史料がある。1949年に地震学会誌に発表された「本邦津浪年代表」(今村明恒博士遺稿)には、「波源遠きか」または「風津波(高潮)か」とあり、波源は不明であった。それが1960年チリ津波後、南米の地震カタログから津波を伴う大地震をひろい出し、津波伝播時間の走時を照合した結果、日本に伝播したことが判明したのである。

例えば、1751年(宝暦1)5月24日、チリのコンセプション付近に巨大地震 (M 8.5)があった。約24時間後に岩手県大槌の地震史料には、「浦々

表 1 南米津波による日本沿岸の波高

日	付	マグニチュード		日本 の波高	
		地震 <i>M</i>	津波 <i>m</i>		
Chile					
1730	VII	8	8.7	4	三陸 2~3 m
1751	V	24	8.5	3.5	大槌 3 m, 牡鹿・桃生 1~2 m, 石巻 2 m
1837	XI	7	8.0	3	大船渡 3 m, 陸前高田 2 m, 女川 2 m
1868	VIII	14	8.5	4	函館 2 m, 三陸 2~3 m, 沖繩 2 m
1877	V	9	8.3	4	函館 2.4 m, 釜石 3 m, 九十九里浜 3 m
1906	VIII	16	8.4	2	函館 24 cm, 鮎川 18 cm, 串本 35 cm
1922	XI	10	8.3	3	花咲 60 cm, 大船渡 1~2 m, 串本 70 cm
1943	IV	6	7.9	1	花咲 10 cm, 串本 25 cm
1960	V	22	8.5	4.5	釧路 610 cm, 八戸 582 cm, 串本 308 cm
1985	III	4	7.8	1.5	花咲 27 cm, 八戸 25 cm, 串本 38 cm
1995	VII	30	7.3	2.5	花咲 40 cm, 宮古 58 cm, 串本 50 cm
Peru~Colombia					
1586	VII	9	8.1	4	三陸 2~3 m
1687	X	20	8.2	3	三陸 1~2 m
1906	I	31	8.7	3.5	函館 34 cm, 鮎川 36 cm, 串本 48 cm
1960	XI	20	7.0	2.5	釧路 16 cm, 八戸 25 cm, 宮城江島 34 cm
1966	X	17	7.8	2	函館 18 cm, 八戸 38 cm, 土佐清水 20 cm
1970	VI	1	7.6	2	鮎川 14 cm, 土佐清水 13 cm
1974	X	3	7.6	2.5	広尾 36 cm, 土佐清水 24 cm, 名瀬 30 cm
1979	XII	12	7.6	2.5	広尾 39 cm, 島越 48 cm, 土佐清水 18 cm
1996	II	21	7.1	2	日本で津波観測されず

大潮 7 度, 小潮 5 度指入, 浦々民家へ敷板迄より, 田畑水の下に相成」とある。また, 宮城県石巻では「裏向へ津波打ち寄せ, 湊御米蔵米俵だけ水つく」などとある。1837 年(天保 8) 11 月 7 日, チリのバルジビア付近の地震 (M 8.0) による津波では, 近年陸前高田市で気仙今泉・大船渡赤崎などに遡上した古文書が見出された(羽鳥, 1991)。それには「地震も無之, 津浪有る事不審なり」とある。海岸付近の地盤高をもとに浸水記録から判断すると, 陸上に溢れたところで津波波高は平均海面上 1~2 m 程度, 床上浸水が出たところでは 3 m に達したと推定される。両津波の波高分布と 1960 年チリ津波を比較すると, 図 5 のようになる。1960 年津波は 4 m を超えたところがあり, 突出した巨大津波であったことが理解できよう。

南米で発生した津波について, 日本で記録された資料を集め, 主な地点の波高値を表 1 に示す。ここで cm 単位で示した値は, 検潮記録による最大波の全振幅値を示す。近年では, M 7 クラスの地震で津波マグニチュード m 2 程度のものが伴えば, 日本沿岸の検潮所で振幅 20~30 cm の津波

が観測されている。

5. 地震活動と津波の規模

南米太平洋岸の地震活動はきわめて活発であり, 環太平洋における南米での津波発生率は, 9.5%と言われている(飯田, 1987)。地震カタログから, 図 6 に 1562~1899 年と 1900~1996 年の期間に分け, 震央分布を津波マグニチュードで分類して示す。震央に発生年を付記した地震は, 1996 年ペルー地震を除き, 日本で津波が観測されたものである。

1899 年以前の歴史津波は, 最近 97 年間の津波(右図)と期間が 3 倍ほど長いので, 当然のことながら大津波 ($m > 3$) の発生件数が多く, 12 個(黒丸)のうち 7 津波は日本に災害をもたらした。南米沿岸を 1,000 km の間隔で A~F の 6 区画に分け, 両期間の地震活動の推移を比べると, C 地区(ペルー南部)では近年大規模な津波は起こされていない。D 地区の北半分(チリ北部)も, 最近 97 年間静穏期が続いている。この区間に, 1995 年

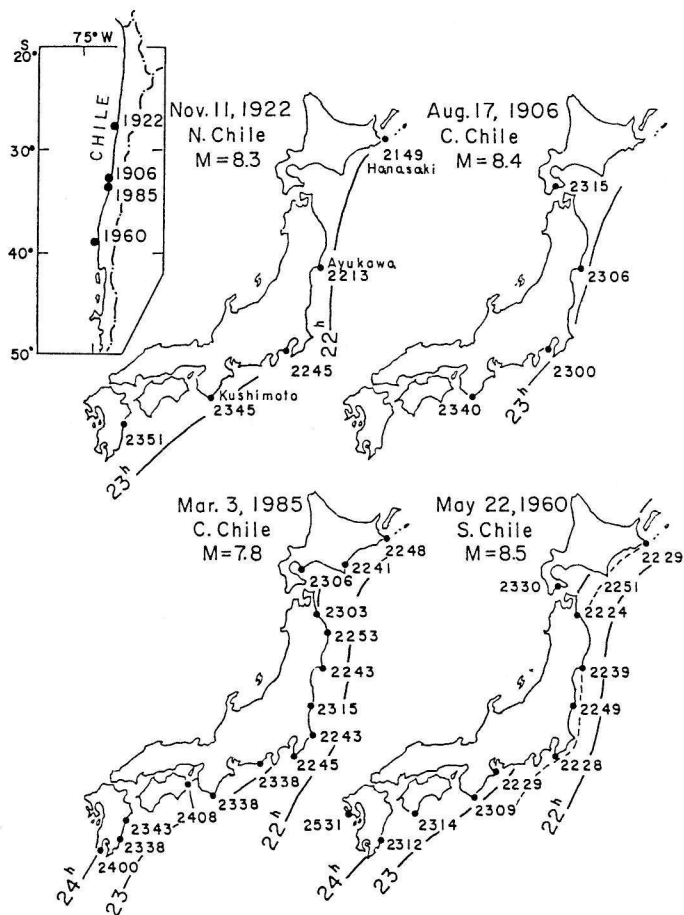


図 4 日本沿岸における各チリ津波の伝播時間 (時, 分)

7月アントファガスタ付近で M 7.3 の地震が発生して注目されたが、津波規模 ($m=2.5$) はやや大きいものの、日本では北海道の庶野で全振幅 66 cm が最大であった。チリ南部の F 地区では大規模な 1960 年津波の 1 例だけだが、歴史的には m 3 クラスの大津波が 5 回も発生している。

さて、これまで津波の規模を表すマグニチュードスケールを述べたが、表 2 のように区分されている。それは、発生域付近の沿岸で波高とその分布の広がりを目安に決められ、マグニチュード値は津波エネルギー (波源での水位のポテンシャルエネルギー) に対応し、5 倍の刻みに分けられる。現在では、広域の検潮記録で得られた振幅値から、定量的に津波マグニチュードが求められており、図 7 に判定例を示す。横軸に震央から観測点

までの距離、縦軸には検潮記録上の最大片振幅値をとる。津波マグニチュードは、波高が距離 $L^{-1/2}$ で減衰するとみなし、2.24 倍の刻みで区分してある。図 7 には 6 例の津波を取り上げ、全太平洋の検潮記録から得られた片振幅値をプロットして示した。1960 年チリ津波のマグニチュードが最大で $m=4.5$ と格付けられる。なお、日本とハワイのヒロで観測値が平均波高より 1~2 階級も突出しており、強い指向性が作用したことを裏付ける。1996 年 2 月のペルー地震 (M 7.1) に伴う津波のマグニチュードは $m=2$ と推定される。これは、地震の規模と比べて波高が数倍も大きく、「津波地震」とみなされたが (渡辺, 1997)。日本では観測されなかった。

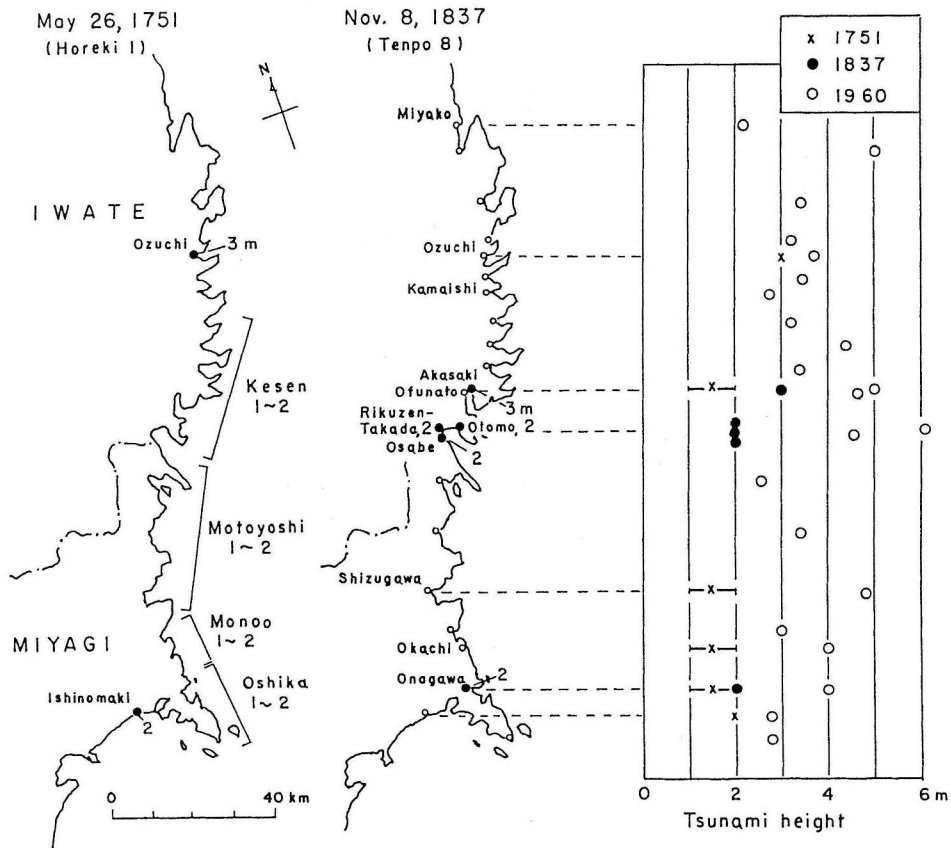


図5 三陸沿岸における宝暦(1751)・天保(1837)チリ津波の波高分布と1960年チリ津波との比較

6. 地震の規模と津波との関係

津波の規模を予報する上で、地震のマグニチュード M 値が主要素になっている。しかし、地震の深さや断層の傾斜角、すべり量、変動時間などで津波の規模は大幅に左右される。チリ沿岸域で発生した地震の M 値と、津波マグニチュードとの関係は図8ようになる。ここで二重丸で示す津波は、日本沿岸で観測されたものである。太い破線は、日本近海の地震と環太平洋の主な巨大地震の観測データから求められた経験式(小山・小菅, 1985)を表す。細い点線は $M \pm 0.2$ の範囲を示した。 $M 7.5$ 以上の地震と津波との関係は経験式とほぼ調和的である。しかし、 $M 7.0 \sim 7.5$ の地震では、津波マグニチュードが2階級(波高にし

て約5倍)も上回るものがある。

一方、ペルー～コロンビア間の地震と津波規模との関係は、同じ経験式で表せるが、 $M 7.0 \sim 7.5$ の地震では津波のマグニチュード値は大幅にばらついている。例えば、1960年11月と1996年2月のペルー津波のマグニチュードは、平均値より2階級も上回った。現状では $M 7.0 \sim 7.5$ の地震に対して、日本近海の地震と同様に津波予報が難しい。

地震と津波の規模との関係を表す経験式において(図8)、 M 値が ± 0.2 の範囲内にある津波のマグニチュードを標準的、上回るもの、および下回る3区分した地理的分布は以下の通りである。図6において、地震のマグニチュード M と比べ、B地区(ペルー北部)の津波規模は標準的であるが、C地区(ペルー南部)とD地区では上回るものが

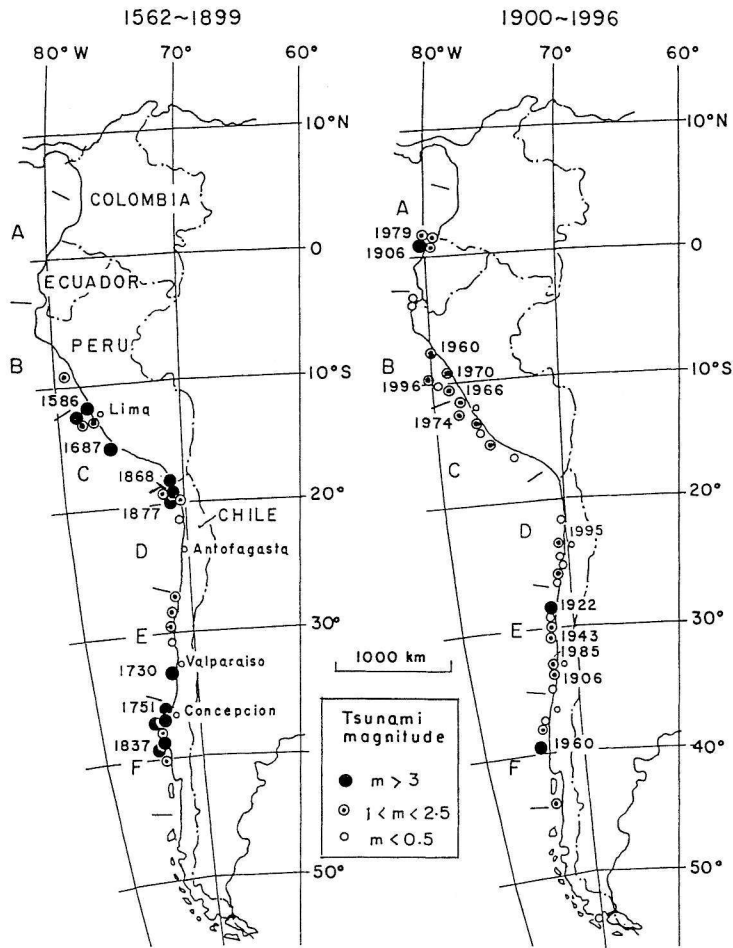


図 6 津波を伴う南米地震の震央分布 (左図: 1562~1899 年, 右図: 1900~1996 年). 津波マグニチュードで区分し, 発生年を記したものは日本で観測された津波

表 2 津波の規模階級 [m]

[m]	記 事	エネルギー (エルグ)
[-1]	波高 50 cm 以下. 検潮器で観測される程度で無被害.	2.5×10^{18}
[0]	波高 1 m 前後で, 漁船・水産施設に被害がでる. 100 km の範囲で波高 50~80 cm.	1.3×10^{19}
[1]	波高 2~3 m で, 海岸の低地にある家屋が浸水被害を受け, 船舶が流される. 200 km の範囲で 1 m 程度の波高がある.	6.4×10^{19}
[2]	波高 4~6 m で, 多数の家屋が流出・浸水し, 死者がでる. 300 km の範囲で 1.5 m 程度の波高がある.	3.2×10^{20}
[3]	波高 10 m 前後, 局地的に 15~20 m に達する. 400 km の範囲で 2.5 m 程度の波高があり, 顕著な被害がでる.	1.6×10^{21}
[4]	波高 20 m 前後, 局地的に 30 m に達する. 500 km の範囲で約 4 m の波高があり, 甚大な被害がでる.	8×10^{21}

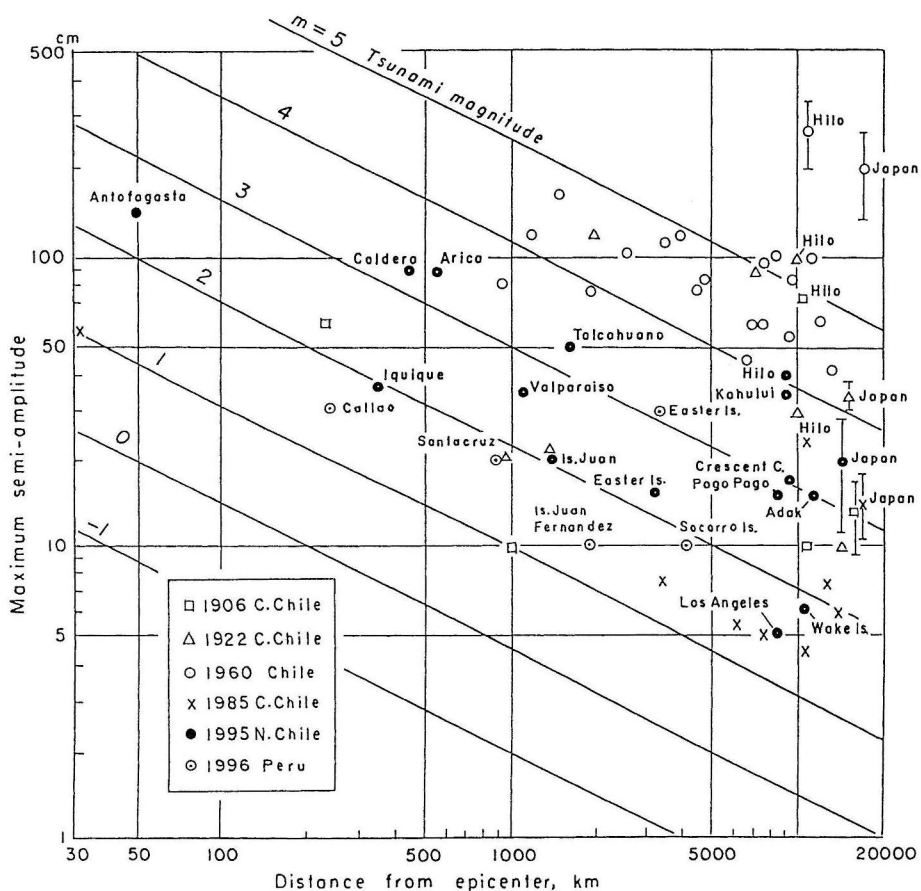


図7 津波の最大片振幅値と震央距離との関係。津波マグニチュードで区分

多い(羽鳥, 1996)。

1562年から1996年までの435年間に、南米沖で放出された津波のエネルギー値はF, C, D, E地区の順で 10^{22} エルグ, A, B地区では 10^{21} エルグのオーダーである。地域別の放出エネルギーの比率は、チリ70%(このうち南部のF地区で35.7%), ペルー24%, エクワドル・コロンビアで6%になり、チリ南部の比率が突出している。

以上、南米太平洋岸域で発生した地震を時系列にまとめると、日本(黒丸、主として三陸沿岸)とハワイ(白丸)の津波波高との関係は図9のようになる。左図に地震のマグニチュードM値の棒グラフに付した記号でC:チリ, E:エクワドル, P:ペルーは発生域を示す。日本で2mを超える被害津波(床下浸水以上のもの)は8回を数え、いずれもM8以上の巨大地震に伴う津波で

あった。またハワイのヒロでは、日本での波高より2mほど上回ることが多い。

7. おわりに

チリ・ペルー近海では、100~120年の間隔でM8以上の巨大地震が発生し、沿岸域ではその都度甚大な地震と津波の複合災害に見舞われてきた。そして日本では、津波の指向性を強く受け過去8回ほど被災歴がある。なかでも1960年のチリ津波は、突出した大規模なものであった。

一方、ハワイ諸島も南米津波で災害が繰り返されてきた。ハワイで津波が観測されてから、7時間後に東北日本に到達するので、ハワイの津波情報はきわめて重要である。1966年に、ハワイに太平洋津波情報センターが設立され、以後太平洋周

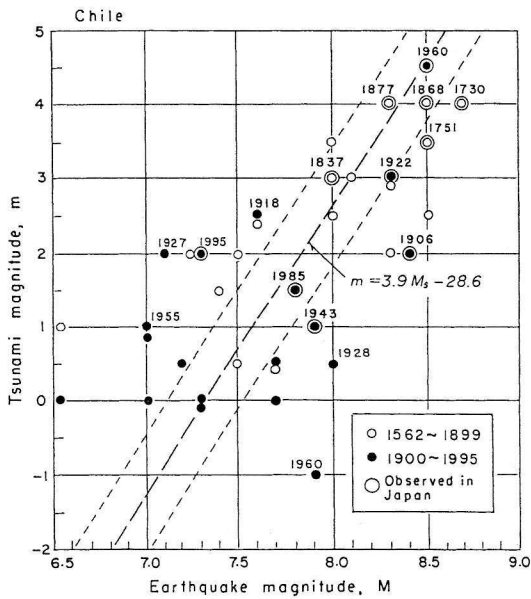


図8 各チリ地震のマグニチュード M と津波マグニチュード m との関係。二重丸は日本で観測された津波。太い破線は環太平洋の主な巨大地震と日本近海の津波データから得られた経験式を示す。

辺域の地震と潮位観測データが集められており、気象庁も観測データを通報して国際協力を行っている。

チリ北部では、1877年（明治10）5月に巨大地震（ M 8.3）で大津波（マグニチュード $m=4$ ）が伴い、23時間後に函館・釜石・長崎などで浸水被害が記録されている。また、千葉県九十九里浜で死傷者もあった。しかし、これらの被災記録は普及せず、また江戸時代の南米津波も認識されることがなく、1960年のチリ津波を甘く判断する結果となった。

以上のように、南米で M 8以上の巨大地震が発生して10mクラスの津波が伴えば、日本に大きな影響をもたらす可能性がきわめて高い。チリ北部では120年間も静穏期が続いており、地震活動の推移に目が離せない。

参考文献

チリ津波合同調査班（代表：東大地震研，高橋龍太郎），

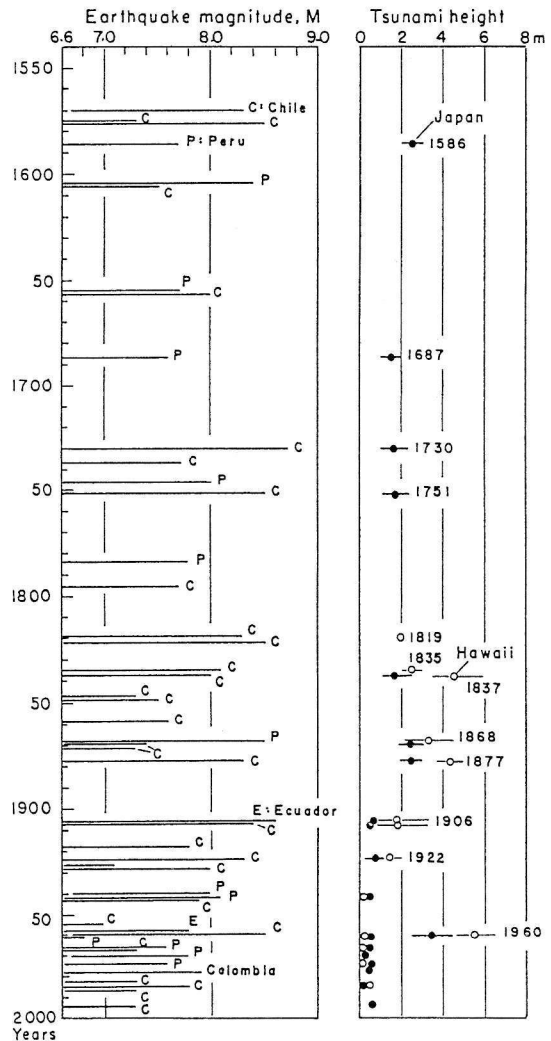


図9 津波を伴う南米地震の時系列。地震のマグニチュード M と日本・ハワイの津波波高との関係

1961, 1960年5月24日チリ地震津波に関する論文及び報告，丸善，東京，397p.

Hatori, T., 1968, Study on distant tsunamis along the coast of Japan. Part 2. Tsunamis of South American origin, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 46, 345-359.
羽鳥徳太郎, 1981, 日本沿岸で観測したコロンビア・ペルー津波（1960-1979年），地震研究所彙報，Vol. 56, 535-546.

羽鳥徳太郎, 1991, チリ・ペルー津波による日本の被災頻度，津波工学研究報告，東北大工学部，No. 8, 133-144.

- Hatori, T., 1993, Distribution of tsunami energy on the circum-Pacific zone. Proc. IUGG/IOC Intern. Tsunami Symposium, Wakayama, Japan, 165-173.
- 羽鳥徳太郎, 1996, 南米における津波規模の特性, 地震 2, Vol. 49, 241-247.
- 羽鳥徳太郎, 1997, 1995年チリ北部津波と日本での南米津波の規模, 津波工学研究報告, 東北大工学部, No. 14, 51-60.
- 飯田波事, 1987, 環太平洋の巨大地震, 月刊地球, Vol. 9 (4), 239-243.
- 今村文彦・後藤智明・首藤伸夫, 1989, 1960年チリ地震津波の再現計算—遠地津波に対する数値予測の可能性, 津波防災実験所研究報告, 東北大工学部, No. 6, 79-111.
- 気象庁, 1961, 昭和35年5月24日チリ地震津波調査報告, 気象庁技術報告, No. 8, 389 p.
- 小山順二・小菅正裕, 1985, 津波マグニチュードと断層パラメータ, 地震 2, Vol. 38, 610-613.
- Lomnitz, C., 1970, Major earthquakes and tsunamis in Chile during the period 1535 to 1955, Geol. Rdsch., Vol. 59, 938-960.
- 三好 寿, 1977, 津波—その発生から対策まで, イルカぶっくす 12, 海洋出版.
- Pararas-Carayannis, G., 1969, Catalog of tsunamis in the Hawaiian Islands, World Center A. USCGS Report WDCA-T, 69-2.
- Soloviev, S.L. and Ch. N. Go. 1985, Catalog of tsunamis on the western shore of the Pacific Ocean (in Russian). Translated by Canada Institute for Scientific and Technical Information National Research Council, Ottawa, Canada KIA OS 2.
- 宇津徳治, 1990, 世界の被害地震の表 (古代から1989年まで), 宇津教授退官記念事業出版, 243 p.
- 渡辺偉夫, 1997, 1996年2月21日のペルー沖の津波, 津波工学研究報告, 東北大学工学部, No. 14, 73-78.
- 渡辺偉夫, 1998, 日本被害津波総覧, 第2版, 東京大学出版会, 238 p.

ご 案 内

地震ジャーナル 28号

エッセイ 震災について感じる事	伯野元彦
追悼 萩原尊禮先生	力武常次
近畿の地震情勢	梅田康弘
地震断層運動論の進展	柔原保人
内陸地震の危険度を探る	隅元 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	翠川三郎
大振幅地震動と地盤	吉田 望
連載: その9 地震・津波碑探訪	力武常次

記

- ご購入料 1500円 [実費頒布・郵送料共]
- お申込先 東京都千代田区猿樂町1-5-18
財団法人 地震予知総合研究振興会
☎ 03-3292-1966, 2217
[本誌綴込み振替用紙をご利用下さい]

財団法人 地震予知総合研究振興会

リアルタイムの海域地震観測

金沢敏彦

1. はじめに

日本におけるリアルタイムの海域地震観測は、想定東海地震の予想震源域である東海沖で始まった。測地学審議会の建議した第3次地震予知計画(1974-1978)に基づいて5カ年の開発研究が気象研究所において進められ、1979年に日本で最初の海底ケーブル式地震・津波観測システムが東海沖に設置された。1985年には同様のシステムが気象庁によって房総沖に設置されている。その後の海底ケーブル利用のリアルタイム海域地震観測システムの設置は、9年のブランクがあったが、伊豆東方沖(1994年)に始まって、ここ6カ年の間に相模湾(1996年)、三陸沖(1996年)、室戸沖(1997年)、釧路・十勝沖(1999年)の海底に、大学、科学技術庁防災科学技術研究所、海洋科学技術センターによって次々に設置された。世界的には1965年頃に早くも米国コロンビア大学ラモン・ト地質研究所により試験的にケーブル式海底地震計が西海岸に設置された。しかし世界的に海底ケーブルの地球科学観測における有用性が認識されるようになったのは、ごく最近である。将来の大地震発生が予想される海域に次々にリアルタイムの地震観測システムが設置されたのは、まさに日本が地震国であるからといえる。まだ日本周辺の海底観測の空白域は十分に埋められたとはいえ、リアルタイムの海域地震観測の今後の迅速な展開と観測システムの一層の高度化が望まれる(図1)。

2. リアルタイム海域地震観測の重要性

海底における観測では、水中音響指令を受けて自らアンカーを切り離して海面に浮上するタイプの機動的な海底観測装置と、ここで述べるケーブル利用のリアルタイム海域観測システムが現在のところ主流である。数秒遅れ程度の準リアルタイムの海底観測は、海底に固定された海面ブイと海底を超音波通信またはケーブルで双方向につなぎ、海面ブイと陸を衛星通信あるいは無線通信で双方向につなぐことによっても可能であるが、信頼性や電源の確保など実用化には課題がこのさされている。

ケーブル利用の海域地震観測システムは、アラール観測データを連続的に即時に利用可能であることと、観測装置への電力供給による常時性の2点が最大の利点であり、地震活動の推移や変化のモニタリング、津波モニタリングはケーブル式において他にない。その有効性を示すため1998年5月に三陸沖で発生したM6.3の地震の例をとる。三陸沖ケーブル周辺の地震活動のモニタリングは、ケーブル式によるデータと東北大学の微小地震観測網のデータの併合処理によって画期的にその精度が向上していた。本震が発生した後、余震域は西側に拡大していった。拡大の様子をモニタリングしながら最大余震の発生するであろう場所が予測された。実際に予測された場所付近で最大余震が発生している。このような活動の推移の予測は、海域地震の震源を高精度に求めることができたことによるもので、リアルタイムの海域地震観測の有効性を示している(図2)。また、この地震では、2台の津波計が地震に伴う津波高1cm

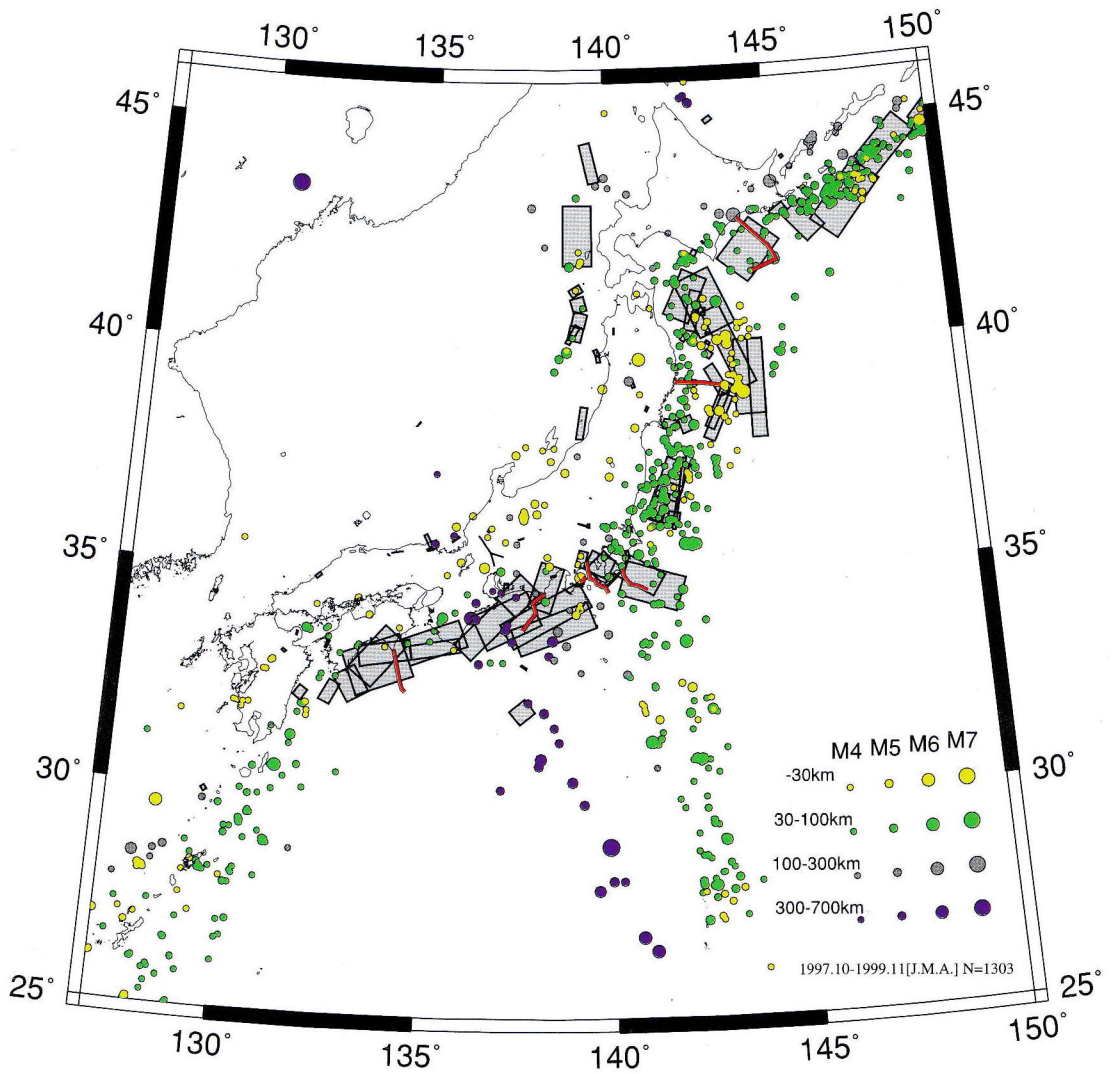


図 1 日本周辺のリアルタイムの海域地震観測システムのケーブル敷設ルート図。赤線がケーブルルートを示す。M4以上の震央分布（1997年10月-1999年11月）および地震断層面（1498年以降のマグニチュード6クラス以上の海域地震）を重ねた。

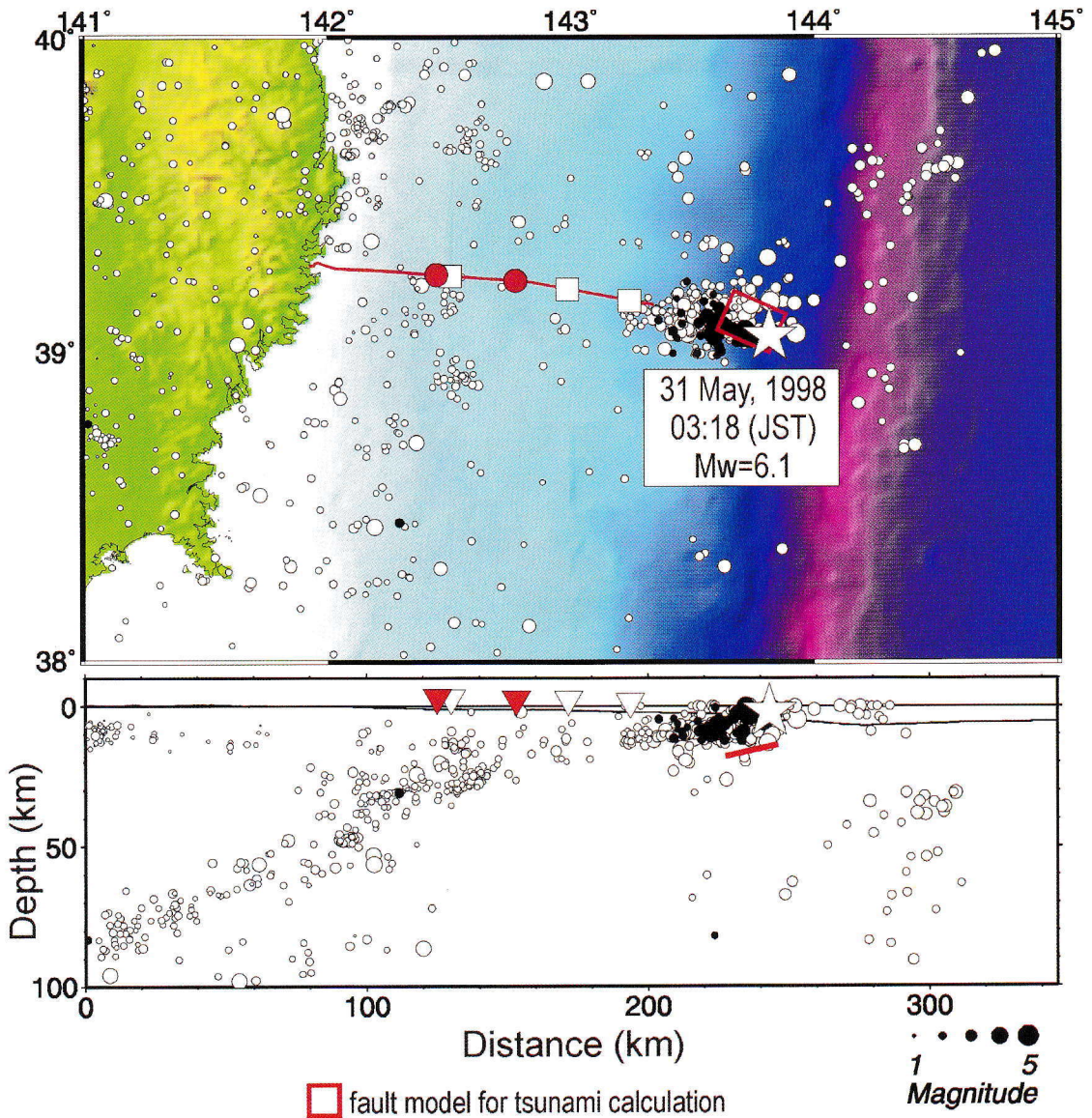


図 2 1998年5月31日に三陸沖で発生したマグニチュード6.1の地震の本震発生後2カ月間の震源分布。東北大学の微小地震観測網と三陸沖のケーブル式海底地震計のデータを用いて決定されたもの。☆は本震の震源、●は本震発生後12時間以内に発生した余震。図3に示した理論津波記象を計算するのに用いた断層モデルを赤枠で示す。本震発生後に余震が西側に拡大した様子が分かる。

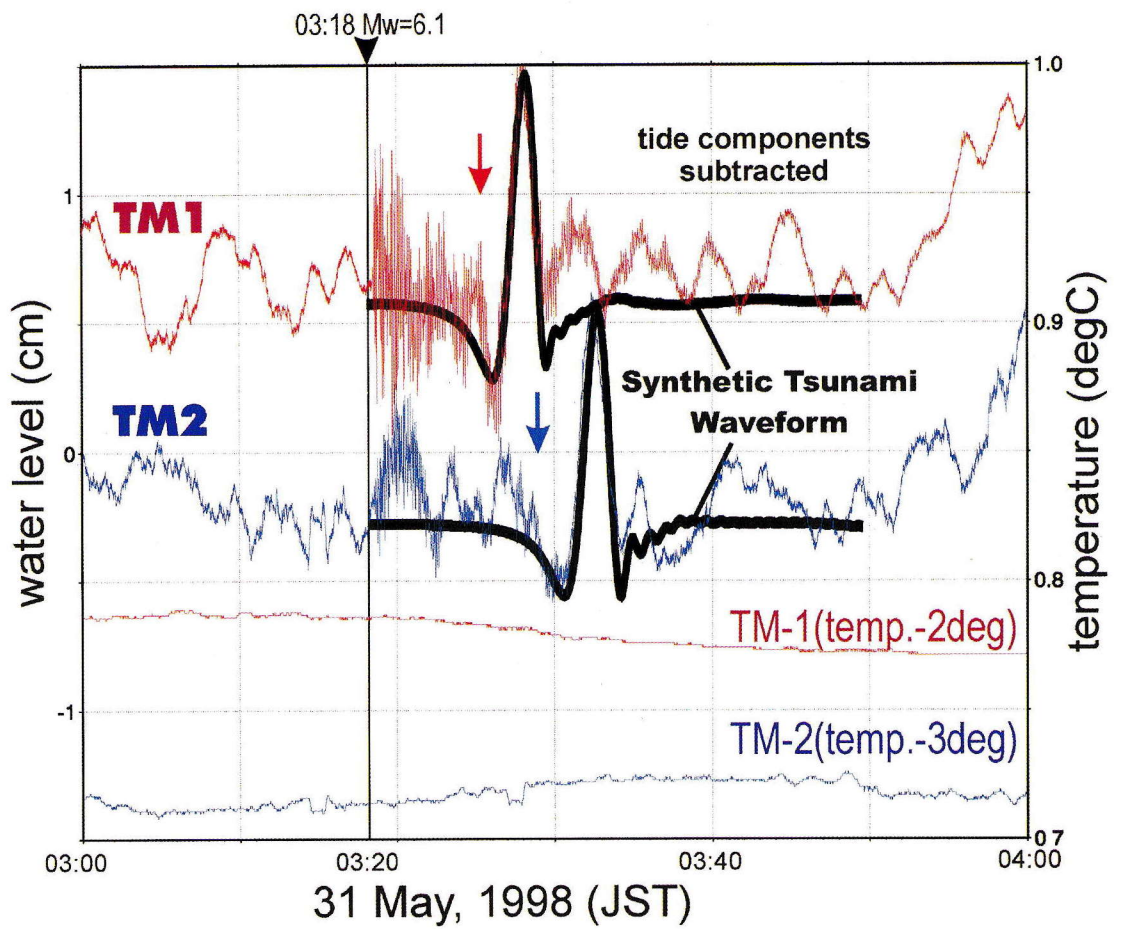


図 3 三陸沖ケーブル式津波計の TM1 と TM2 の記録。温度計の記録も示す。図 2 に示した断層モデルを用いて計算した理論津波記象が観測記録をよく説明している。

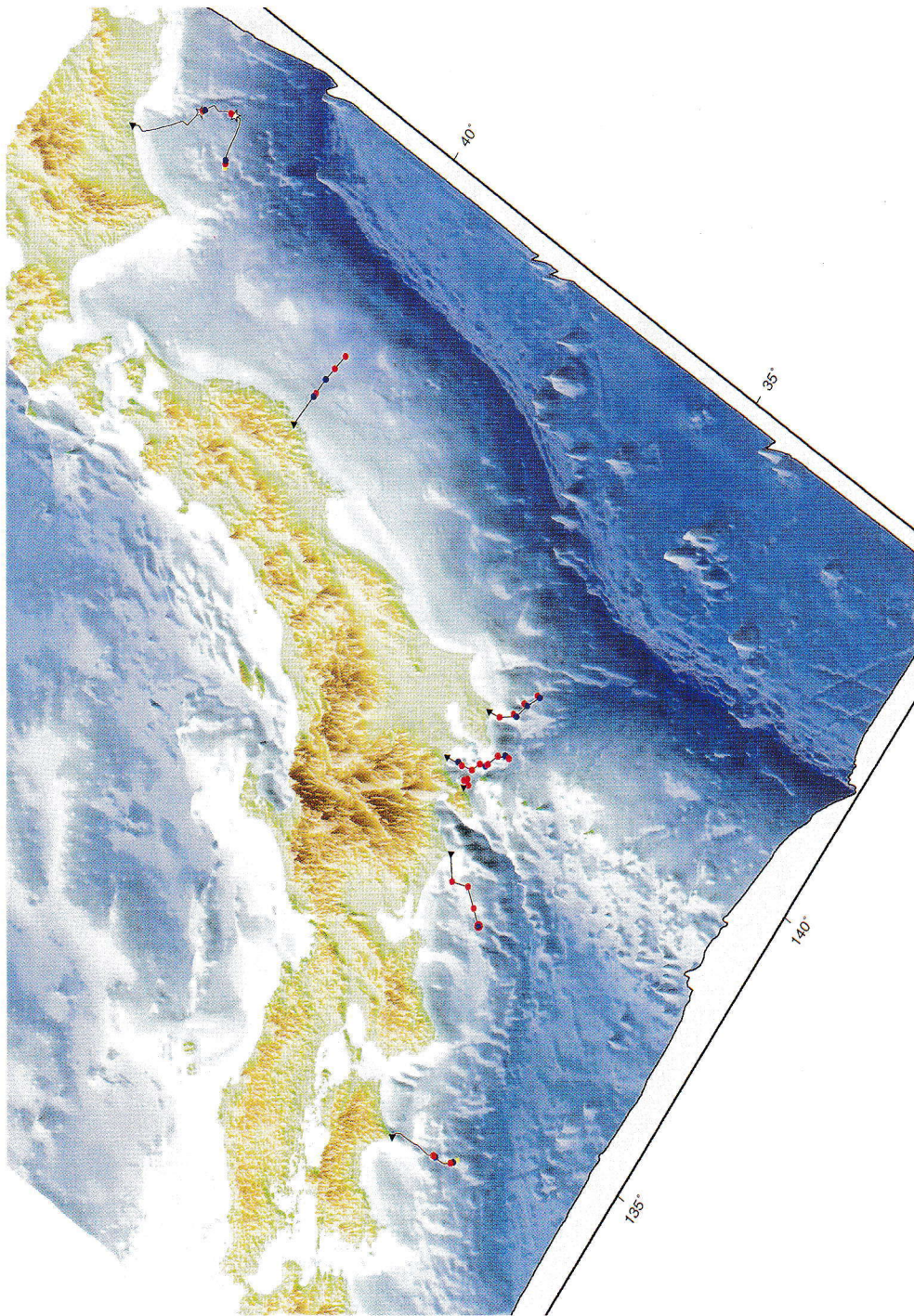


図 4 鉦路・十勝沖、三陸沖、房総沖、相模湾、伊豆東方沖、御前崎沖、室戸沖に、設置されている海底ケーブルの敷設ルートと、観測点の位置。黒三角印がケーブル揚陸地、赤丸印が地震計、青丸印が津波計、黄四角印が先端観測装置、星印が分岐MUX装置を示す。

程度の微小津波を沖合でみごとに捉えている。世界で最初である。地震に伴ってどのように津波が発生し伝搬するのかそのメカニズムの解明につながるデータであり、実際に断層モデルを用いて計算した理論津波記象は観測された微小津波の記録をよく説明できることが分かった(図3)¹⁾。このような観測例の積み重ねによって、沖合でいち早くとらえた微小津波をもとに沿岸での津波高を高確度で予測することが将来可能となり、津波災害の軽減に寄与することができる。ここで述べたようなモニタリングのためには、リアルタイムの海域地震観測システムが有効であり必須である。

3. 日本周辺海域におけるリアルタイムの 海域地震観測システム

ここでは、これまでに日本周辺海域に設置されたケーブルを利用するリアルタイムの海域地震観測システムの概要と特徴等について述べる(図4, 表1)。地震と津波の観測が主であったシステムから、ビデオカメラをつけて、海底下からの栄養供給のある断層割れ目に沿って生息するシロウリガイの生息状況を観察し、その変化から栄養供給源である海底下の変動を把握しようとする観測なども行われるようになった。

(1) 東海沖海底地震常時観測システム(気象庁)

1979年の設置からほぼ20年にわたって想定東海地震の監視に使われてきている日本で最初のリアルタイム海域地震観測システムである²⁾。ケーブル長約154kmの海底ケーブルの中間に3台の海底地震計が設置され、先端の観測装置として地震計と津波計が設置された。地震の観測周波数帯域や感度は、気象庁76型地震観測網の特性と整合するように等化回路によって調整されている。水晶圧力計による津波計は津波高にして約1mmの分解能を持ち、その後のシステムの標準として採用されつづけてきている。海底同軸ケーブルを利用して周波数変調多重伝送(FM-FDM)方式を使うことにより、当時としては満足できるレベルであるチャンネルあたり12ビット相当のダイナ

ミックレンジが確保された。

(2) 房総沖海底地震常時観測システム(気象庁)

1985年に気象庁は房総沖の相模トラフに向かって、ケーブル長126kmのシステムを設置した³⁾。基本的に東海沖のシステムと同等であるが、ケーブルの中間にいれ込むタイプの津波計を2観測点追加している。当時すでに海底光ケーブルを利用することも可能であったが、信頼性の確保の観点から見送られている。

(3) 伊豆東方沖光ケーブル式海底地震観測システム(東京大学地震研究所)

1994年に東京大学地震研究所によって伊豆東方沖に光ケーブル(33km)を利用した海底地震観測システムが設置された⁴⁾。伊豆東方沖では群発地震活動が繰り返されてきており、1989年には伊東沖で海底噴火が発生した。伊東市周辺の稠密な地震、地殻変動、電磁気、重力等の観測網ともリンクしてこの活動の推移をモニタリングするため、活動域を取り囲む形で3地震観測点が配置されている。光デジタル伝送、16ビットAD変換器による8kHzオーバーサンプリング、サーボ型加速度計を採用し、その後のシステムの標準となった多くの技術が開発された。

(4) 相模湾海底地震観測施設(科学技術庁防災科学技術研究所)

1996年に、首都圏に被害をもたらす直下型大地震や関東大地震のような海溝型大地震の発生に關与する平塚沖相模トラフに、光ケーブル長125kmのシステムが科学技術庁防災科学技術研究所により設置された⁵⁾。海底地震計6観測点を陸域の観測網と同程度の20km間隔に配置し、海底津波計3観測点を約40km間隔で配置している。動電コイル型速度計のほか、速度フィードバック型加速度計を装備した点が新しい。また津波計の精度向上が図られた。利用している水圧計は水晶発振子2個を使用して温度変化による計測誤差を小さくする構造をとっている。このため水晶発振子の間に温度差があると計測誤差が増大することになる。周囲の海水移動等による温度ショックの緩和時間を構造的に長くする工夫をこらして水晶発

表 1 釧路・十勝沖，三陸沖，房総沖，相模湾，伊豆東方沖，東海沖，室戸沖に設置

設置海域	設置機関	海底地震計装置	海底津波計装置
釧路・十勝沖 ルート最大水深 4,800 m ケーブル長約 240 km	海洋科学技術 センター	3 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・サーボ型加速度計 3 成分 周波数帯域：0.05～200 Hz 観測範囲：1.8 μ gal～3,000 gal ・ハイドロホン 周波数帯域：5～50 Hz 観測範囲：4.8 μ Pa～8,000Pa	2 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・水晶水圧計 観測範囲：300～4,000 m 分解能：波高約 0.5 mm ・水晶温度計 分解能：0.01℃ 以下
室戸沖 ルート最大水深 3,640 m ケーブル長約 130 km	海洋科学技術 センター	2 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・サーボ型加速度計 3 成分 周波数帯域：0.05～200 Hz 観測範囲：50 μ gal～3,000 gal	2 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・水晶水圧計 観測範囲：300～4,000 m 分解能：波高約 1 mm ・水晶温度計 分解能：0.01℃ 以下
三陸沖 ルート最大水深 2,700 m ケーブル長約 126 km	東京大学 地震研究所	3 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・サーボ型加速度計 3 成分 周波数帯域：0.05～200 Hz 観測範囲：150 μ gal～3,000 gal	2 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・水晶水圧計 観測範囲：300～4,000 m 分解能：波高約 0.5 mm ・水晶温度計 分解能：0.01℃
相模湾 ルート最大水深 2,340 m ケーブル長約 125 km	防災科学技術 研究所	6 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・速度型地震計 周波数帯域：1～30 Hz 観測範囲：2.5 μ kine～83 mkine ・加速度型地震計 周波数帯域：0.05～30 Hz 観測範囲：15 mgal～500gal	3 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・水晶水圧計 観測範囲：140～7,700 m 分解能：波高約 1 mm ・水晶温度計 分解能：0.001℃
伊豆東方沖 ルート最大水深 1,350 m ケーブル長約 33 km	東京大学 地震研究所	3 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・サーボ型加速度計 3 成分 周波数帯域：0.05～200 Hz 観測範囲：150 μ gal～1,100 gal	—
房総沖 ルート最大水深 4,011 m ケーブル長約 126 km	気象庁	3 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・変位計 3 成分 周波数帯域：2～20 Hz 観測範囲：0.05～400 μ m ・速度計上下動成分 周波数帯域：2～20 Hz 観測範囲：20～8,000 μ kine	2 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・水晶水圧計 観測範囲：0～4,000 m 分解能：波高約 1 mm ・水晶温度計 分解能：0.001℃
東海沖 ルート最大水深 2,200 m ケーブル長約 154 km	気象庁	3 観測点 〔1 観測点の構成〕 ・変位計 3 成分 周波数帯域：2～20 Hz 観測範囲：0.02～400 μ m ・速度計上下動 1 成分 周波数帯域：2～20 Hz 観測範囲：0.02～20 mkine	(先端観測装置に組込)

されている海底ケーブル利用のリアルタイム海域地震観測システムの主要な仕様

先端観測装置	特記すべき装置および事項	伝送路と伝送方式	設置時期
1 観測点 <ul style="list-style-type: none"> ビデオカメラ 流向流速計 塩分濃度計 層別流速計 地中温度計 ハイドロホン 水晶水圧計 	<ul style="list-style-type: none"> 分岐 MUX 装置 (2 カ所) 移動型観測装置 (広帯域地震計) 24 ビット 1 kHz サンプリング 	6 心光海底ケーブル ・光波長多重伝送方式 ・光双方向伝送方式 ・光アナログ伝送方式 256 kbps 専用回線	1999 年
1 観測点 <ul style="list-style-type: none"> ビデオカメラ 流向流速計 塩分濃度計 層別流速計 地中温度計 ハイドロホン 	<ul style="list-style-type: none"> 16 ビット 8 kHz サンプリング 	6 心光海底ケーブル ・光波長多重伝送方式 ・信号の多重化 ・光直接増幅中継 64 kbps 専用回線	1997 年
—	<ul style="list-style-type: none"> 16 ビット 8 kHz サンプリング 	12 心光海底ケーブル ・光デジタル方式 64 kbps 専用回線 衛星通信回線	1996 年
—	<ul style="list-style-type: none"> 16 ビット 8 kHz サンプリング 4.5 Hz 動電型加速度計 (ジンバルに搭載) 速度フィードバック型加速度計 (ジンバルに搭載) 	12 心光海底ケーブル ・光デジタル方式 192 kbps 専用回線	1996 年
—	<ul style="list-style-type: none"> 16 ビット 8 kHz サンプリング 	6 心光海底ケーブル ・光デジタル方式 衛星通信回線	1994 年
1 観測点 <ul style="list-style-type: none"> 海底地震計 変位計 0.2~20 Hz 0.05~400 μm 速度計 2~20 Hz (上下動成分) 1~4,000 μkine 海底津波計 (左欄に同じ) 	<ul style="list-style-type: none"> 動電コイル型速度計 (固有周期 3 Hz または 4.5 Hz, 0.8 V/kine) から等化回路により変位出力をつくる ジンバルに搭載 	海底同軸ケーブル ・周波数変調多重伝送方式	1985 年
1 観測点 <ul style="list-style-type: none"> 海底地震計 変位計 0.2~20 Hz 0.04~400 μm 速度計 2~20 Hz (上下動成分) 4~4,000 μkine 海底津波計 分解能 波高約 1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> 動電コイル型速度計 (固有周期 3 Hz または 4.5 Hz, 0.8 V/kine) から等化回路により変位出力をつくる ジンバルに搭載 	海底同軸ケーブル ・周波数変調多重伝送方式	1979 年

振子の間の温度差が小さく抑えられている。

(5) 三陸沖光ケーブルテレメトリ式海底地震・津波観測システム（東京大学地震研究所）

1996年に東京大学地震研究所により、海溝型大地震、群発的地震活動や津波地震の発生過程の解明のため、三陸沖に光ケーブル長126kmで地震計3台と津波計2台の観測システムが、東北大学大学院理学研究科と協力して設置された^{6),7)}（図5、図6）。観測記録の波形解析から破壊過程を明らかにすることなど、海域地震についてはこれまであまり行われてこなかった研究を進めるため、陸域の観測網に明瞭に記録される程度の規模の地震を波形が飽和することなく観測できるような感度設定にするなど、これまでの考え方とは異なるアプローチがとられた（図7）。また12心光ファイバコアが採用され、そのうち6心が将来のケーブル延長に使えるように確保されている。

(6) 室戸沖海底地震総合観測システム（海洋科学技術センター）

1997年に海洋科学技術センターにより室戸沖にケーブル長130kmで地震計2台と津波計2台の観測システムが設置された⁸⁾。ケーブル先端にビデオカメラ、層別流速計などの各種海洋観測機器、地中温度計、ハイドロホンからなる先端観測装置が設置されている点が新しい（図8）。このような多種類の観測機器を搭載する先端観測装置は、海洋科学技術センターが1993年に初島沖の相模トラフに設置したケーブル長8kmの総合海底観測点が最初であり、その実績に基づき新たに開発されたものである。

(7) 北海道釧路・十勝沖海底地震総合観測システム（海洋科学技術センター）

1999年に海洋科学技術センターは、釧路・十勝沖に地震計3台、津波計1台、先端観測装置（津波計を含む）1台の観測システムを設置した。このシステムの特徴は、これまでで最長の240kmの光ケーブルを使って観測点を面的に配置していること、24ビットAD変換器を使って地震観測のダイナミックレンジを飛躍的に改善したこと、そして分岐MUX装置という将来のシステム拡張のための新たな機構をケーブルの中間の2カ所

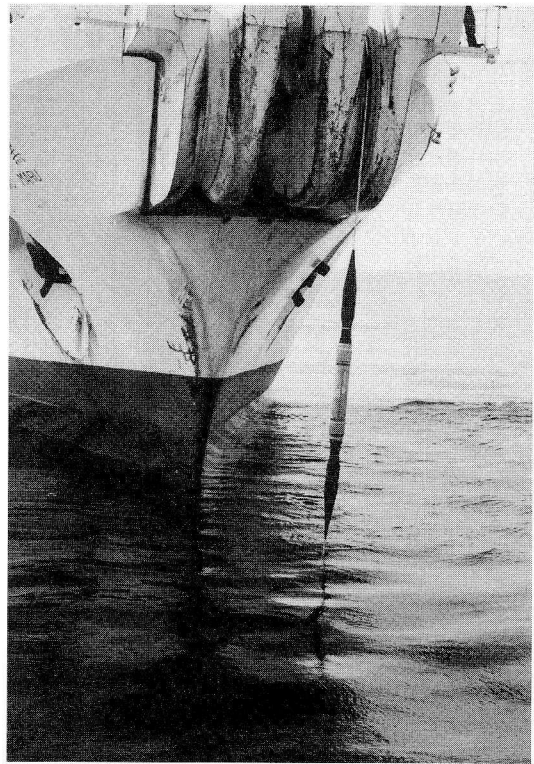


図5 ケーブル敷設船の船首から吊り下げられて海中に突入する直前の海底地震計（三陸沖システム）。海底地震計の両端に上下にのびる白線が海底光ケーブル。



図6 ケーブル敷設船上で設置作業中の海底津波計（三陸沖システム）。

に組み込んだことにある。ROV等を利用して分岐MUX装置に接続される観測装置はリアルタイムでそのデータが陸上に伝送されることが約束

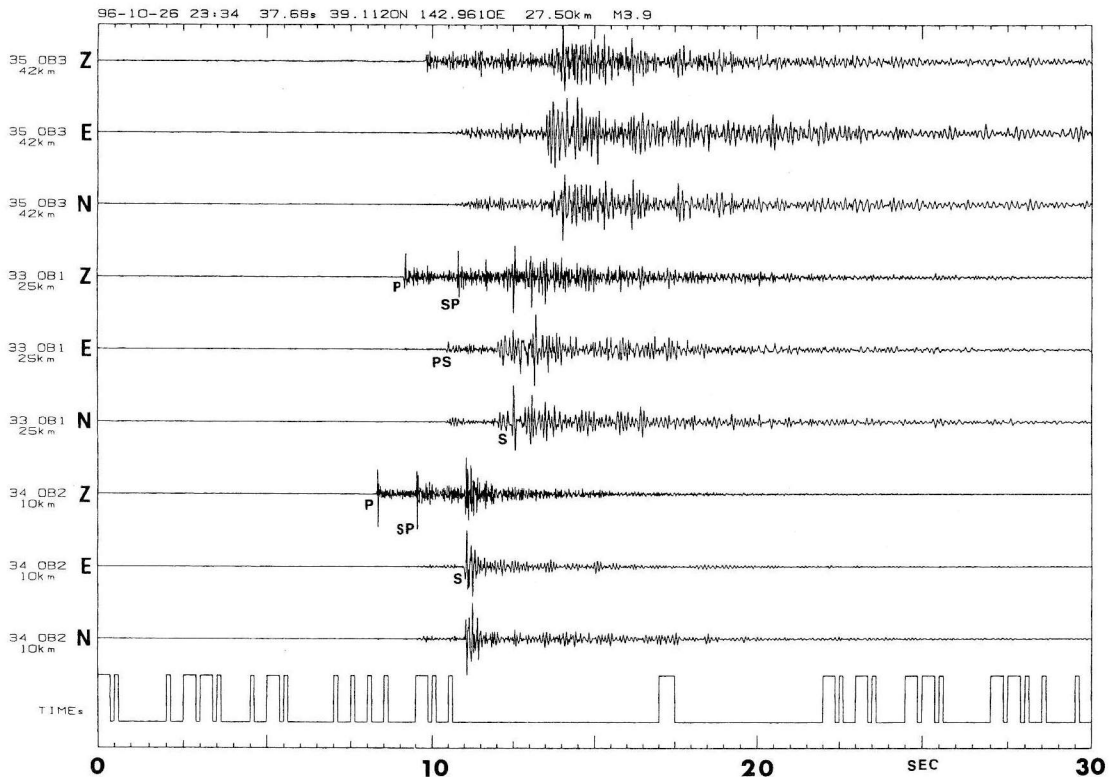


図7 三陸沖ケーブルの中間付近に発生したマグニチュード3.9の地震波形。上から下に向かって、OBS3（ケーブル先端）、OBS1（陸寄り）、OBS2（ケーブル中間）それぞれの上下、東西、南北成分を示す。飽和していない美しい波形記録である。

される。現在、広帯域地震計の接続が計画されている。

4. 今後の展望と期待

海底ケーブルを利用するリアルタイムの海域地震観測システムは、前のシステムの開発成果を生かしつつその時点での先端的技術や地震学の観測技術の進歩をとりいれ、主要な観測空白海域に設置されてきた。最新の釧路・十勝沖のシステムは、他の海域のシステムと比べて、観測項目、精度、分解能、ダイナミックレンジ、システム拡張性などにおいて見るべきものがある。世界に先駆けた東海沖、房総沖のシステムを第1世代とすると、16ビットAD変換器と光ケーブルを使う伊豆東方沖のシステム以降が第2世代であり、24ビットAD変換器と分岐MUX装置を備えた釧

路・十勝沖のシステムが、第3世代といえる。システム拡張のインターフェースである分岐MUX装置を有効に活用すれば、広帯域地震計等によるリアルタイムの先端的観測が可能であるほか、観測点をムカデ状あるいはスター状に面的配置することも可能である。しかしながら現在の分岐MUX装置はデータ伝送機能のみであり、電源の供給というケーブルを使う際の最大メリットを生かすことができない。今後の新技術の開発がのぞまれる。

リアルタイムの海域地震観測システムは、現在、総理府に設置されている地震調査研究推進本部が策定した地震に関する基盤的調査観測等の計画（1997年）に基づき、順次設置海域を選定してその整備がすすめられてきている。室戸沖、釧路・十勝沖のシステムはこの一環であり、あと3海域の選定が進められているところである。これ

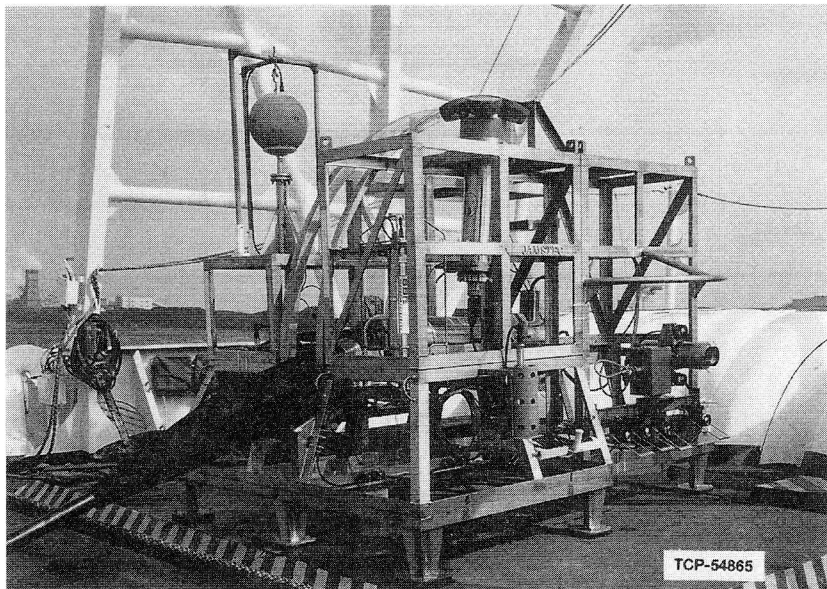


図 8 各種観測装置がフレームに組み込まれている先端観測装置（室戸沖システム）の外観。

らの整備がすんだとしても観測空白域はまだ残される。プレート境界型地震の発生過程を明らかにして災害軽減につなげるためには、設置年度の古いケーブルシステムの高度化も含め、海域におけるリアルタイムの地震観測システムの整備を一層進めていくことが重要である。

また、ひずみ・傾斜・地震等の海底孔内観測、海底 GPS 測位・測距、電磁気観測、地球熱学的観測、地球化学的観測など、今後の進展の期待される観測に対応するケーブルシステムを開発し、ローカルおよびグローバルに展開していくことも重要である。

参考文献

- 1) Hino, R., Nishino, M., Kanazawa, T., Sakai, S., Tanioka, Y. and Suyehiro, K., Micro-tsunami from a local interplate earthquake detected by cabled offshore tsunami observation in north-eastern Japan, *Geophys. Res. Lett.* (submitted)
- 2) 気象研究所地震火山研究部, 1980, 海底地震常時

観測システムの開発, 気象研究所技術報告, 4, 1-233.

- 3) 藤沢 格, 立山清二, 船崎 淳, 1986, 測候時報, 53-3, 127-166.
- 4) 卜部 卓, 溝上 恵, 1996, 伊豆東方沖海底ケーブルシステム, 月刊海洋, 128, 219-223.
- 5) Eguchi, T., Fujinawa, Y., Fujita, E., Iwasaki, S., Watabe, I. and Fujiwara, H., 1999, An on-line observation network of ocean-bottom-seismometers deployed at the Sagami Trough Subduction Zone, Central Japan, *Proc. International Workshop on Seismotectonics in the Subduction Zone* (in press).
- 6) Kanazawa, T. and Hasegawa, A., 1997, Ocean-bottom observatory for earthquakes and tsunami off Sanriku, North-eastern Japan using submarine cable, *Proc. International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables*, 208-209.
- 7) 金沢敏彦, 1997, 三陸沖リアルタイム海底地震・津波観測所, 月刊地球, 19-12, 757-762.
- 8) 門馬大和, 木下 肇, 1997, 室戸沖海底地震総合観測システム, 月刊地球, 19-12, 747-756.

自衛隊の地震対策

松島悠佐

阪神・淡路大震災から5年が過ぎて、震災に対する市民の防災意識も次第に希薄になってきている。当時、自衛隊災害派遣部隊の指揮官として、100日にわたる救援活動に従事してきた体験の中で、市民の皆さんがあまり自衛隊のことを知らないという印象を強く持った。一般市民はもとより県や市の職員、警察・消防の関係者でも、自衛隊がどのような組織になっているのか、どのような災害救援能力を持っているのか、ほとんど知らないのが現実であった。さらにそのことが円滑な救援活動の障害になることもあった。

神戸市が特に自衛隊との接点が少なかったという特色もあったが、しかしその後の調査でこの傾向は神戸に限らず、例えば市周辺に自衛隊の基地がなくて、普段から自衛隊との接触が少ない所や、革新系の首長の指導で意図的に接触を避けている所など、自衛隊に対する認識がほとんど無い都市も案外多いことが分かった。

大規模な震災では、国・地方自治体から民間企業や個人まであらゆる組織が力を合わせて対処することが必要だが、中でも自衛隊の組織的な活動は救援活動の中核となるものであり、それだけに市民からの期待感も大きく、従って市民の皆さんに自衛隊の実情を良く知ってもらうことが大切である。

本稿では、震災の時に自衛隊は何が出来るのか、どういう救援態勢になっているのか、どんな問題があるのか、等の概要を紹介し、さらにその能力を最大限に発揮させるにはどうすればよいかを考えてみたい。

1. 震災の時に自衛隊は何が出来るのか

その能力と限界

自衛隊の第一義的な任務は国土防衛であり、

従って自衛隊の組織・編成・装備は防衛事態対処を主体に整えられている。災害派遣は平時においては重要な任務だが、自衛隊にはそれ専門の部隊があるわけではなく、防衛のために準備した部隊と装備を利用して災害事態にも対処している。

装備については、阪神・淡路大震災の教訓に基づいて若干の改善が行われた。例えば、ヘリコプターにビデオカメラを搭載し、被害状況を撮影して、その映像を中央の司令部まで即時に伝送する「ヘリ映像伝送システム」や、ビル倒壊など瓦礫の中での人命救助作業に不可欠だったエンジンカッターや油圧ジャッキなどを備えた「人命救助システム」が震災後新たに装備された。しかしその他の装備は防衛用のものを活用して対応することになっている。それでも自衛隊は陸・海・空の領域で幅広い作戦機能を持っており、表1にまとめたように震災時の救援活動も多岐にわたって行うことができる。

震災時の救援活動の焦点は時間とともに変化する。地震直後においては倒壊した瓦礫の中での人命救助や行方不明者の捜索が最も緊急な課題であり、そのためになるべく多くの人員と器材を速やかに集結し、48時間以内に救助出来る態勢を作ることが重要となる。

次いで、被災者への食糧・水・医薬品など緊急物資を確保し供給することが重要となり、そのための緊急調達・緊急輸送などの業務が活動の焦点となる。さらに時間とともに支援態勢を拡充し避難所を整備し、より充実した生活救援活動を行う態勢を作るとともに、被災地の復旧に向けた倒壊家屋や瓦礫の処理、あるいは道路の応急復旧に取り組む等、救援活動の焦点は時間とともに変化していく。

これらの諸救援活動の中でも最も緊急性を要求

表 1 自衛隊の震災救援活動

救援活動	陸上自衛隊	海上自衛隊	航空自衛隊
情報収集	—航空機による空中偵察 —ヘリによる映像情報の収集・伝送 —地上部隊による被害情報の収集	—航空機による空中偵察 —ヘリによる映像情報の収集・伝送	—航空機による空中偵察 —ヘリによる映像情報の収集・伝送
人命救助	—航空機、地上部隊による人命救助・行方不明者の捜索 —ヘリによる緊急患者空輸	—航空機・艦艇による人命救助・行方不明者の捜索 —基地周辺での人命救助 —ヘリによる緊急患者空輸	—航空機による行方不明者の捜索 —基地周辺での人命救助 —ヘリによる緊急患者空輸
医療支援	—自衛隊病院および救護所における医療・救護 —防疫支援	—自衛隊病院および救護所における医療・救護	—自衛隊病院および救護所における医療・救護
民生支援	—給水・給食支援 —ヘリ・車両による緊急物資・人員輸送 —入浴支援 —ヘリ・車両による遺体搬送	—艦艇による給水・給食支援 —ヘリ・艦艇による緊急物資・人員輸送	—航空機による緊急物資・人員輸送
土木工事	—瓦礫・障害物の除去・運搬、被災地の整理 —道路の応急復旧 —危険物の保安・除去		
消火活動	ヘリによる空中消火		ヘリによる空中消火
その他	—政府・関係機関要員の緊急空輸 —道路交通規制、避難の指示・警告、広報等諸活動の支援	政府・関係機関要員の緊急空輸	政府・関係機関要員の緊急空輸

されるのは震災直後の人命救助であり、多数の隊員を迅速に動員し、広域かつ組織的な救助活動となるべく早く開始できる態勢を作らなければならない。だが、自衛隊の部隊配置は防衛上の考慮を主体に考えられているため、震災時に大規模な被害が予測される首都圏など大都市に配置されている部隊は比較的少ない。この点、消防署や警察署が人口・産業の密集する都市部を中心に各市町村に配置され、地域の火災・犯罪・事故に常時備えている態勢とは異なっている。

従って、救援部隊の大量集結のためには、被災地周辺をはじめ全国各地から陸路・海路・空路を利用して部隊を移動集中することが必要になってくる。このため、自衛隊が組織的な力を発揮するまでには、部隊の移動・集結にある程度の時間がかかることも、自衛隊の救援活動の特徴として考

えておかなければならない。

人命救助をはじめ生活救援あるいは被災地の復旧などすべての救援活動において、自衛隊に最も期待されているのは、何といってもその組織力である。自衛隊は本来、国土防衛作戦という国家の究極の非常事態に対処することを目的に作られた組織であり、非常事態対処の司令塔となる「指揮組織」、作戦に必要な情報を集める「情報組織」、作戦を実行する「作戦実行組織」、および作戦実行の人的・物的基盤を作る「人事・兵站組織」が完備されている。この指揮・情報・作戦・人事兵站の機能を総合的に発揮することによって、震災直後の混乱した状況を速やかに把握し、今何をしなければならぬかという救援活動の焦点を定め、作戦計画を立て、人事・兵站の態勢を整えて組織的な救援活動を実行する。非常事態においてこの

ような総合的かつ組織的な作戦遂行が出来るという点が自衛隊の救援活動の大きな特色であり、平時の行政を主任務とする地方自治体や、火災・犯罪・交通事故などの対応を専門にする警察・消防など他の災害救援機関との違いでもある。

組織力の発揮でさらに大事なことは、自衛隊は被災地に派遣された部隊だけでなく、その周辺地域に所在する部隊、さらには全国に展開している陸・海・空の部隊や基地が直接・間接に被災地の活動を支援する態勢にあり、必要な場合は直ちに増援ができる全国統合の組織力を持っていることである。

また、自衛隊の部隊は自隊管理能力に優れており、自ら移動し、宿営し、自給自足で救援活動を行うことが出来る。この自己完結性によって、被災地に入った部隊は、交通が途絶し救援物資も枯渇しがちな激甚地区においても、自給自足しながら継続的な活動が可能となり、この点も警察・消防などの他の機関と基本的に違うところである。

だが他方、自隊管理能力に優れているということは、予め部隊の活動拠点を作って管理態勢を整えなければならないということであり、そのためには相当の時間と地積を必要とすることも認識しておかなければならない。

例えば、陸上自衛隊の1個連隊約500～600人、車両約100両の活動拠点としては、野球場ぐらいの大きな地積が必要となる。隊員宿営用の小型テント約100張り、指揮所や倉庫に使用するやや大きめのテント約20張り、駐車場・整備場・炊事場などを準備し、部隊の集合場所を設けたり、毎日の補給品の受け入れ・払い出しに必要なスペースを作るなど、自己完結型の態勢を整えるにはそれなりの活動拠点を準備する必要がある。

このように震災時における自衛隊の救援活動には種々の機能があるが、そのいずれにおいても大規模、組織的、継続的、かつ自己完結性をもって行動できるところに自衛隊の救援活動の特色がある。この特色を最大限に生かすためには自衛隊を単に作業力として活用するのではなく、自治体が設置する災害対策本部に自衛隊の指揮組織を組み込んで、自衛隊が主導性をもって救援活動に取り

組める態勢を作り、その組織力を十分に引き出すように配慮することが肝要である。

2. 自衛隊の出勤態勢や救援計画はどうなっているのか

自衛隊は国土防衛ならびに災害警備の視点から全国的な警備態勢を採っている。地域災害特に震災対処の観点からは、都市部など市民生活圏における人命救助・行方不明者の捜索、被災者への生活救援、あるいは崩壊した道路・建物の処理など陸上自衛隊が救援活動の主体となるため、全国に展開した陸上自衛隊の部隊がそれぞれの担当地域を受け持って震災に備える態勢を採っている。

陸上自衛隊は図1のように、全国を「北海道」「東北」「関東・東海・北陸」「近畿・中京・中国・四国」「九州・沖縄」の5個「警備区域」に区分し、北部・東北・東部・中部・西部の5個方面隊を編成して当該地域の防衛警備に責任を持たせている。方面隊は、その警備区域をさらに数個の「警備地区」に区分して、隷下の師団等に担任させている。師団等は「警備地区」をさらに行政区画に合致した県・郡単位に区分し「警備隊区」として連隊等に指定している。この連隊等が「警備隊区担当部隊」として災害対処の初動において第一義的かつ直接的な救援活動を行うことになっている。

ただここで良く認識しておかなければならないことは、これらの「警備隊区担当部隊」は概ね各県に1個連隊、東京や大阪などの大都市圏でも2個連隊程度であり、その勢力に限界があるという点である。しかも陸上自衛隊の1個連隊の実勢力は700～800人であり、災害時に駐屯地に残って管理支援にあたる人員を考慮すれば、災害出動できる人員は1個連隊でせいぜい500～600人程度であり、連隊といっても決して大きな規模ではない。例えば東京都を担当する初動対処部隊は、練馬と大宮に駐屯する2個連隊（約千人）であり、もし駐屯地周辺で震災が起こったような場合には、周辺地域の応急対応に精一杯となり、とても都内全域に対応することなど出来ないだろう。その時には当然ながら被災地周辺から救援部隊を移

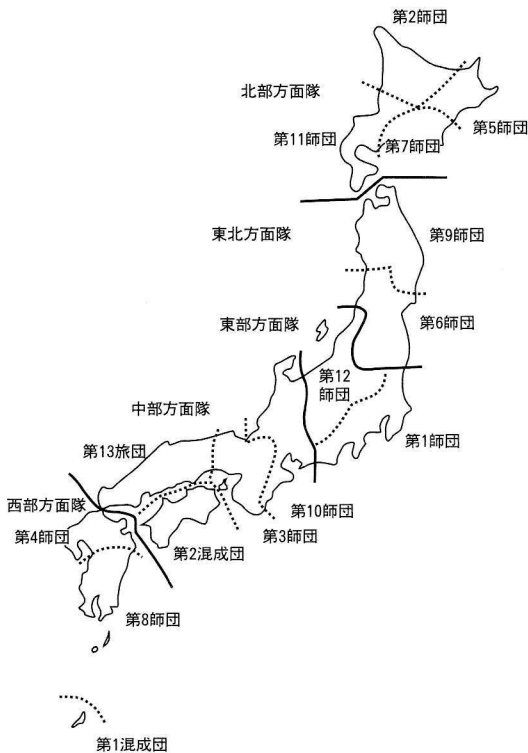


図1 方面隊警備区域、師団等警備地区

動集中して対処しなければならない。

このような部隊の集中計画は、各方面隊ごとに種々の震災を想定して作られており、今最も懸念されている南関東地域（東京・神奈川・埼玉・千葉）に大震災が発生した場合には、陸上自衛隊が次のような部隊集中を計画している。

- ・初動対処の救援部隊としては、関東・東海・北陸を警備区域としている東部方面隊の主力部隊（第1師団・第12師団・第1空挺団等）約2万人が即日集結する。

- ・第1次増援部隊は、第6師団（東北南部）、第10師団（東海・北陸）等約1万人が1～2日で集結する。

- ・第2次増援部隊は、第2師団（北海道北部）、第5師団（北海道東部）、第9師団（東北北部）、第3師団（近畿）、第13旅団（中国）、第2混成団（四国）、第8師団（九州南部）等約4万人が2～4日で集結する。

この部隊集中・展開をいかに迅速に行うかが、震災初動における人命救助の成否に大きな影響を

与えることは言うまでもない。そのためには自衛隊自らが速やかに出動態勢をとるとともに、部隊を迅速に被災地に移動集結させることが重要である。

自衛隊の出動準備に要する時間的な目安は、出動当日の部隊の勤務状況や出動時刻等によって差はあるが、概ね次のようなものである。

- ・偵察部隊の出動（ヘリ偵察・地上偵察）
30分～1時間
- ・1個中隊（人員約100人、車両約20両）
2～3時間
- ・1個大隊（人員約200人、車両約40両）
4～6時間
- ・1個連隊（人員約500人、車両約100両）
5～8時間

従って、被災地の近くに部隊が駐屯していれば、地震発生から数時間で、駐屯地所在の部隊が応急的な救援態勢をとることが出来る。反面、被災地近傍に部隊がない場合には他の地域から部隊を移動させて対応しなければならない。この場合には、移動距離・輸送手段・交通状況などにもよるが、1個師団（人員4千～5千人、車両8百～千両）が集まるのに1～2日、数個師団規模（人員約2～3万人）が集結するには2～3日くらいが必要になると見ておかなければならない。この移動時間をいかに短くするかということが、震災初動における救助活動成功のための重要な要件であり、輸送手段・輸送路の確保、飛行場・ヘリポート・港湾ならびに部隊の集結地の確保など迅速に移動集中ができる態勢を整えることが極めて重要になる。

輸送手段については、航空機や艦艇による輸送、ヘリによる輸送、車両輸送など陸・海・空自衛隊が相互に調整し、利用可能なあらゆる手段を接続した計画を立てている。またこの際、陸・海・空の統合運用が必要な事態になれば、統合幕僚会議の計画に基づいて運用されることになっている。この統合運用計画は阪神・淡路大震災の教訓を得て、今年（2000年1月）新たに作られたものである。

またこの他、フェリー等民間の輸送機関の利用

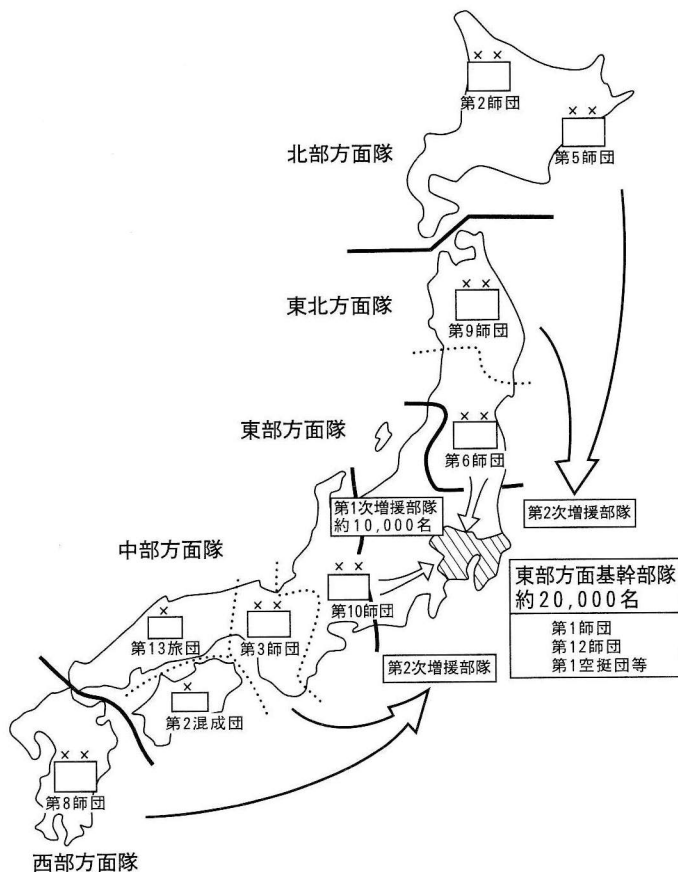


図 2 南関東地域への部隊集中計画

や民間の飛行場・港湾施設の利用についても関係機関とよく調整して計画しておかなければならない。

さらに、ヘリポートや人員・物資の集結地などの準備にあたっては、単に地図上の検討や地形・地積の状況から判断して選定しても、実際に利用検証しておかないといざという時に使用できないこともある。ヘリポートも実際に降着してみると、電柱や高層ビルの局地的な障害があって使用が制限されることもあり、人員・物資の集結地も大型車両の進入進出などアクセスに問題があることもある。さらに激震地周辺では、被災者の利用する避難所との競合もあり、その時になると自衛隊が計画どおりに移動・集結できない状況も起こってくる。このように、部隊を迅速に移動・集結させるためには、関係機関とよく調整して都道

府県・市区町村の地域防災計画に組み込む等、種々の分野において事前に詳細な準備をしておくことが必要となる。

阪神・淡路大震災の時に、約2万人の部隊が神戸市内外に集結したが、それでも上述のような種々の問題が発生した。南関東・東海大震災の計画のように被災地に6万～7万の部隊を集結させるに際しては、これらの活動拠点を確保するために自治体や関係機関と連携して相当強力な施策をとることが必要になると思われる。自治体が管理する公園、公立学校のグラウンド等は、既に住民の避難場所として指定されていることから、大規模震災等において、企業の保有する遊休地や私立学校のグラウンド等を自衛隊の活動拠点として一時的に使用できる法的枠組みを検討することも一案ではないかと考える。

現在自衛隊では作成した震災対処計画を、警備を担当する各方面隊・師団等を通じて各地方自治体に提示しており、これに基づいた具体的な調整と実行性の検証が必須となっているが、未だ十分な連携が出来ていない点が危惧される。

次に、自衛隊がどういう事態になったら派遣されるのかという問題もある。

自衛隊の災害派遣は自衛隊法に定められており、知事等の要請を受けて派遣されるのが通常の形になっている。しかし、緊急の場合で知事等の要請を受ける暇のない場合には、地域の警備を担当する方面総監・師団長・連隊長等が独自の判断で部隊を派遣することも可能になっている。

阪神・淡路大震災の時に、知事の要請が遅れ、結果的に自衛隊の派遣が遅れたとの指摘もあり、その後の検討で要請のやり方など一部法規の改正が行われた。その一つは、被災時に市町村長が知

事に対して自衛隊の災害派遣要請を要求できることになった点である。さらに、状況によって知事に要求できないような事態では、直接自衛隊に災害の状況を通知することもできることになった。従って、知事等の要請はなくても、市町村長の被害通知に基づいて自衛隊が自主的に出動することも可能になった（災害対策基本法第68条）。その他、知事等の派遣要請手続きも一部簡素化されている（自衛隊法施行令第106条）。

また、自衛隊の自主的な派遣についての判断規準を具体的に示して、部隊長の決心を容易にするように改正もされた（防衛庁防災業務計画）。

しかしながら都市における震災時に、仮に自衛隊だけの判断で出動したとしても、被災地の交通渋滞通過のための道路交通規制には警察の協力が必要だし、集結地やヘリポートの使用にも土地の管理者との調整が必要であり、地方自治体が自ら災害対処の態勢を採らなければ処置しえないことが多く、自衛隊の救援活動は自治体の災害対処の一環として行うのが本来の形である。

3. どうすれば自衛隊の力を最大限に発揮できるのか

1, 2項で見てきたように震災時に自衛隊が出来る救援活動には種々のものがあり、その救援態勢も国土防衛を基本とした現態勢の中でそれなりに整えられている。だがしかし、これまでも度々触れてきたように、自衛隊には救援活動実行上の制約も多く、地方自治体など行政機関や警察・消防などの関係機関と密接に連携を採らないと、自衛隊独自では効果的な活動が出来ない事も多い。

まず第一に、情報活動の一元化、共有化の問題がある。震災直後に最も重要な情報は、激甚地区はどこなのか、被害はどの程度なのか、どのくらい広域にわたっているのか等、救援態勢を作るための基本となる情報である。自衛隊も独自に航空偵察や地上偵察で情報収集に努めるが、その能力は限られたものであり、やはり市民の生活圏に密着した警察・消防、更にそれをまとめる地方自治体が情報を収集し総合化して提供することが、組織的な救援活動の大前提である。

この点が阪神・淡路大震災の時にも自治体の災害対策本部に欠けていた機能であり、自衛隊・警察・消防などの各機関はそれぞれ独自に情報活動を行っているだけで、結局情報を一元化・共有化することが出来なかったが、地方自治体の情報に対する意識改革と機能の強化こそ、第一に必要なことである。

また、被災地への迅速な部隊の移動・集結に際し、長距離輸送のための民間の航空機・フェリー・鉄道の利用において、如何にして民需との競合を解決するかという問題もある。救援部隊輸送のため優先的な便の割り当てや臨時便の運行など、関係輸送機関の協力を受けなければ円滑な輸送が出来ないし、また民間の飛行場や港湾の利用についても自衛隊機・艦艇の利用には制約を設けている所もあって、災害派遣の際にも利用調整に時間がかかることがある。

さらに、激甚地区周辺での道路交通網の途絶・混乱・大渋滞の中で、自衛隊の救援部隊が迅速に目的地に移動するためには、道路障害の排除・交通規制などの処置を講じなければならない。阪神・淡路大震災の教訓から、災害出動した自衛隊にも道路障害の応急的な執行権限が与えられることになったが、これも警察官が不在の場合の緊急避難的な対応であり、基本的には関係行政機関へ依頼することになっている。さらに、交通規制・統制は警察しか出来ない権限であり、結局は警察の誘導がないと自衛隊の救援部隊も円滑な移動は出来ないのが実態である。

また、救援部隊が公園などに集結したり、ヘリポートを開設したりする場合には土地や施設の管理者の許可を受けなければならないが、このような手続きはその地域の行政権を持っている自治体の協力が不可欠である。

さらに、人命救助や行方不明者の捜索の実施に際し、活動の前提となる死傷者の発生状況、道路やビルの倒壊などの被害は110番や119番で通報され、警察・消防が状況を把握している。従って、自衛隊の救助部隊も警察・消防と緊密な連携をとらないと、どこにどのような被害が出ているのか、行方不明者の状況はどうなっているのか等が

分ならず、捜索活動に支障を生じる。実際の救出作業においても、瓦礫の中での生存者の発見・救出において特殊な技術や装備を必要とする場合には消防のレスキュー隊の応援を得なければ出来ないこともあり、また、遺体発見の際の検視作業は警察官でなければ出来ない仕事である。阪神・淡路大震災においても、現地で自衛隊・警察・消防・地域住民等がチームを組んで救援活動を実施したことにより成果を上げたことも多い。

阪神・淡路大震災の教訓から、災害派遣を命じられた自衛隊に与えられる権限も、災害対策基本法の改正によって一部強化された。救助活動の際の警戒区域の指定、立ち入り制限・禁止などの権限、緊急車両の円滑な通行のための妨害車両等の移動、災害の発生・拡大防止のための土地・建物等の一時使用、工作物・物件等の除去、現場の住民を応急措置業務に従事させる権限等が自衛隊の災害派遣出動部隊にも与えられることになった。しかしこれはあくまで警察官等不在の場合の応急的な権限であり、本格的な救援活動は関係機関の協力が無いと出来ないのが実状である。

このように、自衛隊の救援活動を効果的に行うためには、関係機関との連携、総合力の発揮が欠かせないものである。しかしながら、地方自治体の行政組織や警察・消防ならびに自衛隊は、それぞれ活動の根拠となる法令が違ふし、具体的な編成・装備ならびに指揮系統や行動規範も違ふので、一口に協同連携といってもなかなか難しい問題がある。加えて、わが国では非常事態において各行政機関を強力に統制する法律が整備されていないし、司令塔も組織されていないので、各機関の総合連携という問題を解決するのは簡単には出来ない。

阪神・淡路大震災における救援活動の最大の反省点は、各機関の総合連携した行動が採れなかった点にあった。震災直後から国も地方自治体もこの問題点を認識してその改善策を検討し、災害対策基本法をはじめとする関連法規を改正したり、災害対策本部の組織や災害対処の実施マニュアルの改善も行われた。だが、その改善も部分的なも

のに止まっており、平成10年4月に内閣安全保障・危機管理室が設置されたものの、非常事態で最も大切な総合一元的な指揮・各機関の協同連携の態勢は依然として不備な状態である。

例えば、被災地で活躍するヘリも、自衛隊・警察・消防・報道機関など各機関から相当の機数が集中すると予測されるが、この運用一つを考えても、飛行管制を管轄する運輸省航空局は被災地上空の飛行自粛の注意喚起を示すに止まり、各機関のヘリ運用を統制・調整するシステムは出来ていない。約200機を越す多数のヘリを動員する自衛隊は、自衛隊機に対しては自ら管制を行うことが出来るが、他の機関のヘリに対する管制は法制上出来ないことになっている。従って、警察・消防・報道機関など民間のヘリは全く独自の運行計画で飛行し、被災地上空でのヘリ運用も錯綜し統制がとれないままニアミスなど二次災害の危険も伴うことになる。このことは阪神・淡路大震災の際にも発生していた状況であり、震災後に問題点が提起されながら結局現在までに処置された改善策は、運輸省が出した「被災地上空の飛行に対する自粛勧告」だけである。

震災対処の最大の課題は、各機関の総合連携態勢を如何にして実行性あるものにするかという点にある。なかでも組織的な力を発揮して救援活動の中心となる自衛隊との連携を強化して、その力をいかに効率よく発揮させるかを考え、その実行性を検証しておくことが極めて大切である。

今年の9月に予定されている東京都の防災訓練には陸海空自衛隊が大規模に参加して、自衛隊を含めた救援活動の実行性を検証することが計画されている。このように自衛隊が大規模かつ組織的に自治体の防災訓練に参加するのは初めてであり、各機関との総合連携の実が上がることを期待したい。

わが国の不十分な危機管理の態勢の中で、震災に備える唯一の方策はこのような訓練を重ねて、救援活動の実行性を検証するとともに、そのような機会を通じて各機関が平素から相互理解を深めておく以外にはなさそうである。

災害に強いまちづくり，人づくり

重川希志依

かにする。

1. はじめに

阪神・淡路大震災から5年が経過した。その間日本各地で豪雨災害，台風，火山災害等の自然災害が発生している。阪神・淡路大震災発生と同時に，国や地方公共団体では，防災計画の見直しや災害対応マニュアルの検討を開始した。震災の教訓がその後の災害対応に活かされているのか，あの震災から市民が学ばなければならなかった一番大切な事を，一人一人の市民は気づいているのだろうか。

兵庫県は，阪神・淡路大震災からの創造的復興を目指して，人と自然，人と人，人と社会が調和する共生社会づくりを基本理念とする「ひょうごフェニックスプラン」を策定した。この計画の達成目標年次は震災からちょうど10年目の2005年に置かれている。

震災から10年を一つの区切りとして，住まいや街や暮らしの再建と，新たな市民生活の創造を目指した対策が進められている。近代都市部を直撃した巨大災害からの復興は，わが国のみならず世界にも他に例を見ない取り組みであり，それは現在も進行形で続いている取り組みである。

ちょうど折り返し地点となったこの5年の間，被災地と被災者らがたどってきた災害過程を明らか

2. 何が起こったのか

災害に遭い家族や自らの住まいを失った被災者の感じる痛みは，災害の種類や規模には関係なく共通のものである。

しかし，災害後に行われる災害対応は，被害の容量によってその困難さが大きく左右される。「未曾有の大災害」と形容される阪神・淡路大震災は，日本にとってどのような災害であったのか。単純に比較をすることには問題もあろうが，災害発生当時の日本の国力と被害の規模を比較したのが表1である。

阪神・淡路大震災は，日本のGDPの約2%に達する資産が一瞬にして失われた巨大災害であったが，1923年に発生した関東大震災はそれとは比較にならないほど，わが国にとって大きな損失を与えた災害であったことが分かる。

人的被害に関しても，関東大震災による被害者数は阪神・淡路大震災の約20倍に達しているが，ただし，死者の95%は地震の後に起きた市街地大火によって発生している。最も被害の大きかった東京府では圧死者の数は3,000名であり，阪神・淡路大震災時の死者数のオーダーとして大差のないことが分かる。

表1 過去の地震時における被害等

災害名	被害額	全半壊建物棟数	災害対策予算	一般会計予算	GDP
関東大震災 1923年	55億円	701,627棟	9億2,686億円 (国・東京府・東京市)	13.7億円	121億円
宮城県沖地震 1978年	2,690億円	7,500棟	157億8,464億円 (県昭和53年度)	34.4兆円	204兆円
阪神・淡路大震災 1995年	10兆円	248,388棟 (446,474世帯)	8兆円 (平成6~9年度)	75.1兆円	503兆円

表 2 各都市域における経済状況¹⁾

圏 域	預貯金残高比 (1997/1995)	地方税収入額比 (1996/1994)	地方税伸び率 (1994/1993)	地方税伸び率 (1996/1995)
札幌エリア	1.11	1.09	96.7	104.0
仙台エリア	1.09	1.11	97.1	104.8
東京狭域エリア	0.99	1.05	93.6	100.9
名古屋狭域エリア	1.05	1.08	95.4	103.5
大阪狭域エリア	1.05	1.08	95.5	104.5
神戸エリア	1.09	1.04	93.9	111.0
広島エリア	1.04	1.08	96.4	102.8
福岡エリア	1.09	1.11	97.3	103.7

一方、阪神・淡路大震災は、被災地の経済にも多大な影響を及ぼしたと言われる。神戸市の大型小売り店舗販売額は、1995年2月には前年同月比で18.6%減に落ち込んだが、震災から2年後の1997年3月に主要百貨店の全面的再開に伴い、順次売り上げは回復した。しかし1998年3月時点において全国の百貨店と比べると依然としてマイナス14%程度の差がある。

これに比べスーパーの販売額は震災後の回復が早く、1997年1月以降は震災前よりもプラスを維持しており、全国のスーパー販売額と比較しても格差はほとんどなくなってきている。

様々な面において被災地の経済には震災によるマイナスの影響が現れているが、一方、預貯金残高や地方税収入など個人の経済力を表す指標を用いて被災地の状況を他の都市域と比較してみると、震災によるマイナスの影響が顕著に表れている状況は見受けられない(表2)。

一方、人命という観点でこの震災を見たときに、最も大きな影響を及ぼしたのは住宅の被害であった。生命を失った犠牲者の9割は、地震に対して脆弱な住まいによって生命を奪われた。市民の感覚として、高速道路や地下街、高層建築物などの心配はしても、自らの生活に最も関わりの深い住宅、とりわけ木造住宅の耐震性に対する関心は、極めて低かった。

我々の関わってきたこれまでの防災都市づくりでも、道路、鉄道、港湾、ライフライン施設、公園など、都市の骨格をなす施設、都市のメインフ

レームの耐震性や安全性をいかに向上させるかということに主眼がおかれてきた。

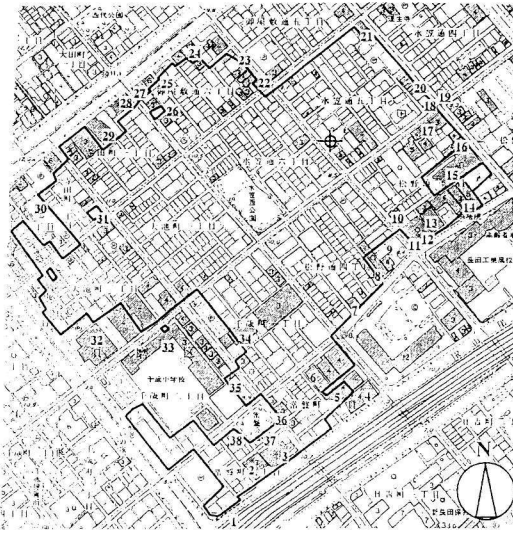
ところが、阪神・淡路大震災で明らかになった課題は、耐震性の低い住宅であり、狭隘道路の存在であり、小さなオープンスペースをも持たない街並みの存在だった。都市のメインフレームではなく、市民にとって最も身近なストック、足もとのストックが地震に対する備えを全く忘れていたことが、被害を拡大させた大きな要因となった。

さらに全壊した木造住宅が、4メートルに満たない狭小な道路上に崩れ出し、消防車はおろか、人ひとり通ることも不可能な状態に陥った。耐震性の低い木造密集市街地が地震により多大な被害を受けた場合、その被害は住宅の持ち主だけにとどまるのではなく、地域全体へと波及していく。崩れた瓦礫により道路が閉塞し、緊急車両や救助に向かう人の行く手が阻まれ、消火活動や救出救助活動阻害を引き起こし、結果として地域社会全体で被るダメージが大きくなるのが、改めて証明された。

さらに、「住まい」という人間の生活の基本の場が大量に破壊されるということは、被災者と被災地にとって長期間にわたり多大な苦労を強いることになる。避難所生活から仮設住宅での生活、さらに復興のための街づくり、被災者の生活再建と、数年から十年の長きに渡る震後対応が求められるからである。

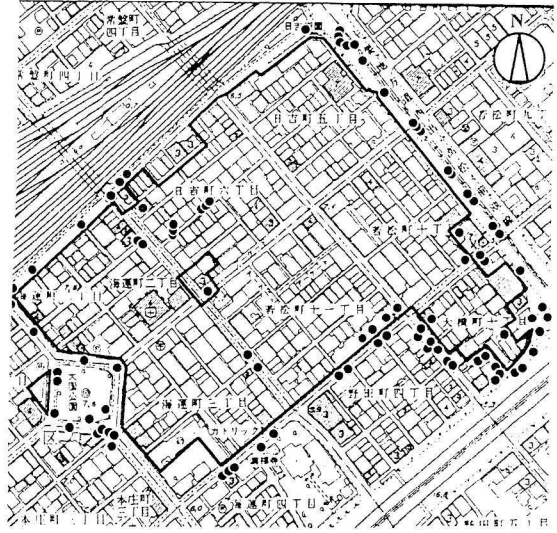
「阪神・淡路大震災でも、地震の発生する時間帯が異なっていたら、もっと大量の死傷者が発生

ケース 1 水笠西公園周辺地区（長田区・須磨区）



焼失面積：111,440㎡，焼失棟数1,302棟

ケース 2 高橋病院周辺地区（長田区）



焼失面積：58,372㎡，焼失棟数：997棟

ケース 1 地区の市街地構造

建 べ い 率		46.8%
混 成 率	木 造 率	64.1%
	防 火 造 率	4.9%
	耐 火 造 率	31.0%

ケース 2 地区の市街地構造

建 べ い 率		40.5%
混 成 率	木 造 率	75.1%
	防 火 造 率	0.4%
	耐 火 造 率	24.5%

東京 23 区の平均値

建 べ い 率		37.7%
混 成 率	木 造 率 + 防 火 造 率	62.8%
	耐 火 造 率	37.2%

東京都墨田区の都市構造

建 べ い 率		46.7%
混 成 率	木 造 率	9.2%
	防 火 造 率	57.8%
	耐 火 造 率	33.0%

していただろう」という議論を良く耳にする。確かに、地震の起こる時間が違っていたら、高速道路や鉄道や繁華街などでもっと多くの死傷者が発生していたかもしれない。しかし同時に、耐震性の低い住宅が大量に破壊されることに変わりはない。我々が生きていくための基本の場である住まいや住み慣れた街並みが災害に対して脆弱な構造のままであれば、何時に地震が起こったとしても、その後の被災者の人生の再建と地域の復興のために、行政も被災者も膨大なエネルギーを費やさなければならないことになる。

地震災害に対して脆弱な市街地は、日本の至る

ところに存在している。阪神・淡路大震災で延焼火災が発生した2地区を例にその市街地構造を調べて見ると、建ぺい率が40数%、木造率+防火造率が70%前後という値を示しており、極めて延焼危険性の高い構造を有していたことが分かる。

延焼火災により多くの財産と人命を失った地区の市街地構造とほぼ同様な街並みは東京にも存在する。例えば東京23区の平均の構造は、建ぺい率=37.7%、〔木造+防火造〕率=62.8%、耐火造率=37.2%であり、ケース1、ケース2よりもさらに延焼危険度の高い市街地も存在している。

建物の不燃化や耐震性強化のために個人住宅へ

の助成制度があるにもかかわらず、阪神・淡路大震災以降、その利用者は一向に増える気配がない。

3. 人はどのように対応したのか

災害過程の推移に関して、主に災害対応従事者の視点からいくつかの提案がなされてきた。その代表的な例として、緊急期、復旧期、再建期という三つのフェーズが存在することが明らかになった²⁾。

緊急期とは、生命を守る活動が中心となるフェーズであり、救出救助の限界時間である災害発生後当初の72時間をさす。復旧期は社会のフローシステムの機能を回復させる活動が中心となるフェーズであり、ライフラインの応急復旧完了までをさす。再建期とは社会のストックが回復するフェーズであり、ライフラインなどの完全復旧が完了し、住まいや暮らしが再建され平常期に戻るフェーズをさす。

このようなフェーズの存在は、災害対応を行う行政や事業者にとっては、対応の転換点を表す目安として有効な情報である。これに対して、災害対応というサービスを受ける被災者の視点から見た災害過程については、ほとんど明らかになっていない。例えば、自宅の被害が少なく、地震の後に自宅に住み続けることが可能な被災者にとっては、ライフラインの復旧は自宅に戻って生活の回復を図るために重要な情報である。

しかし自宅が全壊して避難を余儀なくされた被災者にとっては、住まいの再建に関わる情報が最も重要な情報であり、ライフラインの回復は二次的な重要性を持つ情報に過ぎない。個々の被災者がどのようなニーズを持つのか、さらに、この判断をどのような順序で、いつまでに行うのかを

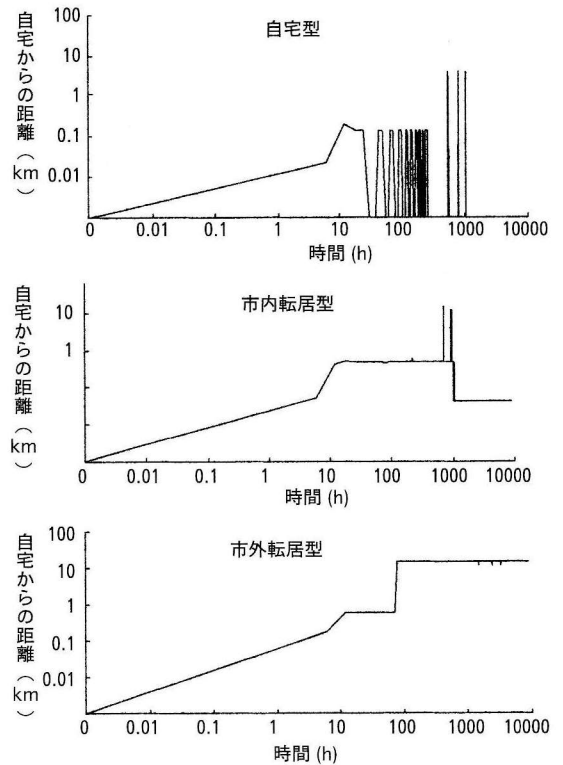


図1 被災者の立場から見た三つのフェーズ

正確に知ることは、災害対応を効率的に行い、その質を高めるためにも必要な情報である。

青野らは^{3), 4)}、被災者の対応行動には時間的に三つのフェーズが存在することを明らかにした。震災発生から10時間、100時間、1,000時間というフェーズである(図1)。

この三つのフェーズは、兵庫県西宮市を対象に実施された被災家族インタビュー調査によって明らかとなった。このインタビュー調査は、震災発生当時の家族構成や生活環境、被災状況、避難所生活や仮設住宅での生活の有無、住まいの再建状況等を考慮し、32世帯の対象家族を対象に実施さ

災害対応従事者から見た三つのフェーズ

フェーズ1	人命の安全確保を目的とした対応。救出救助活動、消火活動、緊急医療活動など。
フェーズ2	被災者の生活の安定を図ることを目的とした対応。ライフラインや食物など社会のフローの安定。
フェーズ3	地域の再建と人生の再建を目的とした対応。住宅等の構造物や人的資源など、社会のストックの再建。

れた。

32世帯の被災家族が体験してきた災害過程を抽出するために、延べ60時間に渡る詳細なインタビューを行い、被災直後の行動から約1年後に至るまでの対応状況に関する情報を得た。得られた情報はデジタルデータベース化し、また時空間上の行動履歴をGIS上に展開した。

GISデータベースを用いて被災者の居住地の変遷を分析すると、被災から1年間の居住地は、1) 自宅に戻る(自宅型)、2) 市内の別の場所に転居する(市内転居型)、3) 市外へ転居する(市外転居型)、の三つに分類されることが明らかになった。さらに、いずれのタイプにおいても、発災から10時間、100時間、1,000時間で、居所の移動があることが分かった。

第1のフェーズである「10時間」までは、状況の把握ができず、目の前に展開する様々な事態に対症療法的に対応する「失見当期」である。次に「100時間」までは、概ね状況を把握し、避難所の開設、応援部隊や救援物資の到着など、被災地社会を構成する要素が出そろった「被災地社会の形成期」である。

またこの間被災者は、被災した家屋からの家財の取り出しや、様々な縁をたよった「住まい」の確保など、生活再建への方策を練る活動が特徴的である。さらに「1,000時間」まででは、ライフラインなどの応急復旧工事が進み、ボランティアの流入などにより、いわゆる災害ユートピアが出現する「被災地社会の安定期」と言える。またこの時期までに、被災地を離れる人も多く、被災の程度による差が顕在化する時期でもある。

最後に「1,000時間以降」では、被災地に残った多くの人々も、ライフラインの復旧により日常生活のルーティンが復活し、会社へ出勤するなど「平常期への移行期」と言える。

阪神・淡路大震災の被災者は、この三つのフェーズに応じて柔軟に助け合いの輪を変化させていたことが明らかとなった⁴⁾。ここで、各フェーズごとに被災者らがどのような災害対応を行っていたのかを記す。

(1) フェーズ1での対応 阪神・淡路大震災で

は、生命を守るフェーズで最も大きな力を持っているのは市民自身であることが明らかとなった。生き埋め者の救出や消火活動等で市民が果たした役割は非常に大きかった。

24万棟の住宅が全半壊した被災地では、数万人の人が生き埋めとなり救助が必要だったと推計されている。このうち、自衛隊が救出した生存者は176名、消防職員(神戸市消防局)が救出した生存者は733名、消防団(神戸市消防団)が救出した生存者は819名だった。これに警察の救助活動を加えると、被災地全域で制服を着た救助活動の専門家が救出した生命は約5,000人前後であったと考えられている。ということは、残りの大部分の生き埋め者は市民が自ら救出していたことになる。

また消火活動に関しても同様で、西宮市では地震により発生した41件の火災のうち約7割にあたる29件の火災で、市民の初期消火活動が行われた。41件の出火があったにも関わらず焼損棟数が90棟で抑えられた一つの要因に、この市民の初期消火活動があげられる。

市民が災害直後から地域を守る活動に携わるためには、まず自分自身が無事であったことが前提となる。多数の被災者に対して実施したインタビュー調査の結果からも、地震発生直後の行動は、「自分自身の生命を守る」→「同居している家族の安全を守る」→「向こう三軒両隣の安否を確認する」というパターンが多かったことが確認されている³⁾。

災害時の互助、隣近所での助け合いには、自分と家族の安全が確保されていることが大前提となる。生き埋め者の救出や初期消火活動など、生命を守るための災害対応は、向こう三軒両隣という小さなコミュニティの中で行われていた。さらに何か所かで同時に助けを求められたときには、

24万棟の住宅が全半壊、数万人の生き埋め者が発生

自衛隊が救出した生存者	176名
消防(神戸市)が救出した生存者	733名
消防団(神戸市)が救出した生存者	819名
残りは全て市民自らが救出	

日ごろからよく見知っている人、仲良くしている人を優先している。人の生死がかかった極限状態では、「その人のことを大切に思っているかどうか」で人は動く。自分のことを気遣ってくれる顔見知りか地域の中にどれだけ存在しているか、言いかえれば、日常生活の中で、地域に暮らす人たちとどのようなコミュニケーションを培っているか、それがいざという時に自らの生命を守るために重要な鍵となる。

(2) フェーズ2での対応 生命の危機が去った後の避難生活期になると、もう少し広い範囲での助け合いが必要となった。避難場所では、隣り合った何世帯かがお互いに助け合う姿が見られた。一方、すべての避難場所で助け合いが行われたわけではなく、被災者から見ても「何であんなに自分勝手なことをする人がいるのだろう」と思えるほど、全く他人のことを考えない被災者も存在した。

震災による被害を受けても、生活を守るために必要な物が全て失われたわけではない。壊れた建物の中には食料、衣料、その他生活必需品が大量に残されている。被災者自身、「地域の中に残った貴重な物をみんなで分け合えば、外部からの救援物資が遅れたとしても、1週間や10日は生き延びていくことができた」と当時を振り返っている。

また避難場所へ行かなかった在宅の被災者の場合には、行政からの広報の配布や様々な情報連絡を行う単位として、日常的に回覧版を回しているコミュニティが一つのまとまりとなった。

一方、地縁に基づかない様々なコミュニティの存在が大きな力を発揮し始めるのもこのフェーズである。血縁はもとより、職場縁（職場の仲間）、学縁（同学の友人）、仕事縁（取引先等）、趣味を同じくする仲間の縁など、個人が持つコミュニティチャンネルの全てが役立った。水や食料を届けてくれる、一時的に住む場所を提供してくれる、子供を預かってくれる、金銭的支援をしてくれるなど、直接的・間接的に被災者の災害対応を支援する大きな力となった。

(3) フェーズ3での対応 苦しい被災生活を続けながら、住まいを失い、街が破壊されたところでは、地域の再建を図っていかなければならない。

この時点では、マンションや街区など、街づくりに必要なコミュニティで協力し一つの目標に向かって進んで行く必要がある。しかし、震災以前から街づくり協議会等が結成され、何らかの活動をしていた地区は非常にまれであり、震災によって住まいを失い茫然としているところに、復興街づくりと言われても、すんなりと理解できるものではない。とりわけ、復興街づくりは被災者個人が何らかの代償を払わなければならない。

皆が最も望ましい形で再建するためには、全体の利益のために個人の利益が侵されることもある。しかし自分だけは痛みを伴うことを避けようとするならば、復興街づくりは進まないことになる。現在、復興街づくりが進み、被災者らが新たな生活環境に適応し生活の再建がなされているのは、自らが解決策を見出し、協調して住まいと街の再建に積極的に取り組んできた地区である。

4. おわりに

地震予知の技術や都市構造の安全性が高まったとしても、そこに暮らす人間の知恵と防災力が向上しない限り、災害後に被災者が経験する苦しみは軽減しない。阪神・淡路大震災以降、我々市民の災害を乗り越える知恵はいったいどの程度高まったのであろうか。技術者や行政を攻めているだけでは何ら進歩はない。これからも、被災者となる人間の防災力を高めるためのより一層の努力を続けていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 地域経済総覧, 1996, 1997, 1998, 東洋経済.
- 2) 林 春男, 1998, 阪神・淡路大震災調査研究委員会報告書, 大地震に学ぶ, 土木学会関西支部, 第2巻, 第7編.
- 3) 青野文江ほか, 1998, 阪神・淡路大震災における被災者の対応行動に関する研究—西宮市を事例として—, 地域安全学会論文報告集, No. 8, pp. 36-39.
- 4) 田中 聡ほか, 1999, 被災者の対応行動にもとづく災害過程の時系列展開に関する考察, 自然災害科学, 18 (1), pp. 21-29.

老人ホームと地震

表 俊一郎

1. 緒 言

地震ジャーナルの編集部から標記の題目で一筆しないかとお誘いを頂いた。今私が移り住んでいるこのサンシティ神奈川においても、地震の話は折りに触れて、よく出てくる話題であるので、これは面白い題目である、一つ何か書いて見ようかとの気になって、はいお引き受けいたしますと、気軽にOKのお返事をしてしまったのであるが、さて原稿用紙を広げてこれと向きあったトタン、之はしまったと気が付いたが、もう後の祭り、エライ事になったぞと臍を嚙んでみても、最早如何とも致す術も無く、徒に天を仰いで秋嘆これを久しくする羽目となった。原稿用紙を広げてさて何処から書き始めようかと考えて、ハッと気が付いたことは、何はともあれ、この題目に対してお前は一つとして資料を持っていないでは無いかと云う事であった。

1995年1月17日の兵庫県南部地震による余りにもひどすぎる大被害に触発されて、筆者は最近夢中になって地震災害防止軽減対策に関する文章を、年寄りの冷や水と野次られながらも、成り振り構わず、書続けて来た。元々耐震構造と地震被害ともなれば、既に多くの先人達により、素晴らしい調査研究が山のように発表されているので、今更慌てて自分でコンピュータをまわしたり、実験に取り組んで見たりしなくても、高級頭脳を誇る先生方より提出されている資料を漁り廻って適当に頂戴する事とすれば、震災防止対策の論を組み立てることは出来たのであったが、今地震ジャーナルのご要求に応じ何かお答えを書こうとしてトタンに気付かされたことは、老人ホームと地震などと云う問題に対しては、そこら中を探し

ても資料らしきものが何一つ転がっている筈は無いことを悟らされるのが落ちであった。

2. 標題の問題に答えを出すためには、 先ず第一にアンケート調査の実施が 必要であるとする提案

さてそうなると、先ず手始めとして取組まなくては成らない第一着手は、資料集め、材料探しと成らざるを得ない。之は正に無から有を創り出す一大難事業。とても片手間にチョイチョイとやれる様な代物では無い。どう考えて見ても先ず第一着手に大掛かりなアンケート調査を実施して、人々の心の底を覗いて見る事が必要不可欠の事であるのは間違いなさそうである。先ず最初に実施するアンケートとしては簡単な質問で十分であると考えられる。例えば：

「質問1」

あなたは地震についてどの様にお考えですか。

回答

1. とても怖い
2. 可なり怖い
3. 騒いでいる人も多いが大した事には成るまい。
4. 多分大地震はこないであろう。
5. 関心なし

以上の質問に対しお答えを頂くことが出来れば、これだけで、地震に対する人々の気持ちは充分に知ることができる。考えてみれば広く国全体として、地域別に、住民の年齢別に、又は性別に、一般市民が地震に対してどの様な意識をもっているかと云うことは、地震災害対策を議論する上からは、極めて基本的な資料である筈のものであるので、既に何方かが、何処かの機関で調べられた

ものがある筈と考えられるが、私の勉強不足の為、探しだせないようである。それでは仕方が無い。ひと踏ん張りして自分でアンケートを実施して資料を作るかと云うのが次の手段となるべきであるが、残念至極ながら今の私にはこのアンケート調査を実施する能力も、手立てもなくなっている。しかしこの調査は非常に沢山の有益、有能且つ内容豊富な情報を色々と内蔵している宝の山と成り得る資料であるので、是非共何方かが大奮発をして、大々的に調査を実施して頂きたいと念願している。

例えば神戸およびその周辺にお住まいの方々は、神戸から遠く離れた所にお住まいの方に比べ地震の怖さについての考え方に違いがあるであろう事は当然であろうが、その差が何%と数字で表現されることは大変に意義深いことである。地域の地震歴により怖さの程度が何%と表現されれば更に有意義な情報が得られた事となるであろう。老人とサラリーマン、主婦と子供などでどの様に違って居るかを数字で現す事ができれば、それらの情報から新しい知見を引き出す可能性も格段に増加する筈である。少しく余談に拘り過ぎたようであるが、地震防災を進めるためには絶大な価値を持つ資料であるので、是非何方かが至急この類いのアンケート調査を実施して頂きたいと念願して止まない者である。

3. 2000年2月11日山梨県東部地震 に関連する経験

さて閑話休題、本題に戻らなくてはならない。去る2月11日夕方、神奈川県在住は久し振り震度3の地震を経験した。しかし筆者は偶々その日私用で新宿で夕食を食べて、8時半か9時頃文京区千駄木の家に帰ってきたのであったが、帰り付いたトタン家内がおや地震ではありませんかと廻りを見まわしている。ああそうかと云ったトタン震動はお終いになったらしい。テレビを入れようとしたが、間の悪い事にリモートコントロールが電池切れらしく作動してくれない。マ、大した地震ではなさそうと、あまり気にも止めなかった

のであったが、翌日午後の小田急でサンシティに戻り、夕食の為食堂に出たトタンに、非常に沢山の方々に囲まれ、昨夕の地震は酷かったですね、大きかったですよ、大地震はこないでしょうね、と詰問される始末であった。話を聞くと可成り大きく揺れたらしく本当に怖いと思われた方も相当沢山おられたようである。近頃こんなに揺れたのははじめて、後大丈夫なのでしょうか、と可成りの方が地震の怖さを実感しておられると云う事を身を以て感じさせられた。気象庁に出向いて調べた所、2月11日20時57分山梨県東部、深さ18km、M:4.2、横浜市、山梨県大月市、静岡県小山市などで震度3を観測したほか、関東地方南部から静岡県、長野県に掛けて有感と出ている。秦野市曾屋でも震度3を観測している。サンシティでは相当の揺れを感じた筈、7階、8階など高い階にお住まいの方々の中には怖い目に会ったと思われる方も多数おられたのも当然であろう。

さてそこで早速商売気を出しては申し訳無いが、今度のことを通して筆者が深刻に考えさせられた事は、人々が感じておられる地震に対する怖いと云う思いと、地震災害防止への思いとがどのように繋がっているであろうかの問題であった。確かに地震を怖いと思う事は、地震に対して可成り大きな関心を持っていると云うことに他ならない。しかし私共長年、地震災害防止軽減の問題に取り組んで来たものから見ると、地震に対して関心を持つと云うことと、地震災害を防止しようと云うこととは、どう見ても、人の心のなかで繋がっている考えとは全く見えないとの感を深くせざるを得ないことである。一般的に考えれば、地震を怖いと思うならば、地震の場合には地震災害から免れようと念願するのは当然であり、そう思えば常日頃から地震の日に備えて準備をしておくのは当然中の当然と考えられるのであるが、色々皆様の様子など伺って見ると、この二つの問題の間には大断層が存在していて、二つの事柄の間には繋げるべき橋がずっと昔から落橋した儘になっていると云う状態が続いているのが現況となっているようである。

私もこの件については大変深い関心を持っている

るので、是非共どなたか専門の方に一大調査をお願いしたいと念願しながら自分自身では何も努力していないので、あまり立派な事が云える立場にいる訳では決して無いが、自分の回りにおられる手近かな方々について聞き取り調査を行った結果によれば、ここのサンシティの方々についても、大地震に備えて大きな箆笥や食器棚、本箱の転倒防止対策をきちんと実施しておられる方はどうも殆どおられないようである。尤もここの住居の建前としてそれ程大きな家具は持ち込まれていないとか、倒れても大丈夫な家具配置が可能であるとかの理由から転倒対策は不要であるとお考えの方もおられるようである。非常時の備蓄食料についてはサンシティの会社で用意しているようなので自分ではしなくてよいと考えてあまり準備されていないようである。いずれにせよ、ここの施設の皆さんにとっても、地震は怖いと云う感情と、地震災害から自分の身を守ると云うことは全く関係の無い事柄、全く結び付いて来ない事柄であることが明らかであるようである。

4. 防災訓練を通して地震は怖いとの感じと地震災害防止を自分で進めようとの決意とを結び付ける方法を考える

次に話題は変わるが、当施設においても他の同類の施設と同じように、年に一度は秦野市の消防署から出張してきて頂いて防火訓練の実習を実施して頂いている。住民の何%かが実際に之に参加して、適当な小火災を発生させて、消火器を自分で操作して実習を体験させ、有事の時に備えようとの訓練が行われている。それが終了すると、消防署の方による防災に関する講演会が行われる事になっている。出席率は仲々良くて講堂は一杯になるのが常である。講話の内容は地震災害防止を基本から教育しようとするものらしく、驚いた事には、地震の原因は全地球を覆っている十数枚のプレートと呼ばれる物のギシギシとした衝突によって起こされている、との説明から始まるので誠にもって恐れ入る次第であるが、消防署も仲々良く勉強しておられると、只々感心するばかりで

ある。予想される東海地震、足柄地震、南関東直下地震を引き合いに出して、一時間半に亘る大講演が終わる訳であるが、その終わりにはもう一つおまけがあって、最近の先生方のご研究によれば、と云うわけで太田陽子先生一派による洪沢断層、秦野断層の地図が出て来て、A級の活断層と云うお説でありますので、皆様、何分にも充分なご用心、ご準備を夢々お忘れになりませんように、と結んでお開きになると云う仕組みに出来ているようである。変な活断層がすぐ近くにあるようで、嫌ですネ、怖いですネ、と云われる方は沢山おられるけれども、それでは此所は危ないから、安全な場所に移った方が良いと云ってここを出て引っ越して行くなどと云う人が現れるなどと云うことは、決して生じることは無い。先にも書いたように、此所でも地震が怖いと云う事と地震災害に備えて準備をすると云う事とは全く結びついて来ると云うわけには行かないものらしい。これでは、いくらプレートテクトニクスの高説を教え込んだとしても、地震災害防止には少しも役に立ってはいない。誠に不思議な現象と云わなくてはならないであろう。

5. 活断層の問題と関連して

このように地震災害対策の問題は、何時地震が起こるのか、地震は来るのか来ないのか、をはっきり云ってくれる人が居ないとこの事が躓きとなって、どちらを向いても一向に進展しないとの状態が続いている。しかし極く最近新しい芽生えが出て来たようであるぞとの嬉しい話しが聞こえて来ているようである。活断層の話である。1960年代初めは日本では初めて原子力発電所を建設しようではないかとの話しが漸く実行の可能性を帯びて来た頃であった。建設予定地に将来発生するであろう最大地震動として如何程の大きさを予定すればよいのであろうか。当時の地震学はこの問いに答えを出すためには、殆ど未だ理論が整備されていなかった。サイト付近の過去の地震歴、地震の再来性等を拠り所として、将来を予見しようとして、苦心惨澹している状態であった。その時始

めは小さな松明、段々その松明を大きくして、道案内の役を買って出てくれたものが、活断層研究グループであった。活断層こそは昔の大地震の傷跡、将来又再び大地震を発生させる可能性を秘めた正にその場所と云う訳で、何やら将来生じるかも知れない最大地震動を指し示す魔法の杖よろしく、原子力の世界の中に踊り出てきた代物となった。しかし当時の活断層の定義は、活断層とは第四期以後に活動したことのある断層で将来又再び活動する可能性のあるもの、と云う建前が厳然として打ち立てられていた。第四期の始めと云えば今から200万年前の昔、そんな昔に起こった地震が又今起こると考えなくてはならないとは、いくら原子力の安全の為とは云え、一寸無理だなと地震屋は違和感を感じたが、何にせよ当時の地震屋は将来発生すべき地震の問題にたいしては、1500年の地震歴表以外には資料を持っていない弱みもあった為、溺れる者は藁をも掴むとの譬えに漏れず、原子力サイトに期待される最大地震動の問題については活断層屋の軍門に下らざるを得なかったようである。しかしながら、時が経過して行くにつれて、松田時彦、垣見俊弘を始め多くの研究者による活断層に関する研究は物凄い発展成長を遂げ、原子力の安全性を充分考慮しても10万年、更には1万年以降に活動した活断層を考慮すれば予想される最大動を推定するには十分な安全性を保つ事が出来るとの結論が得られるようになって来た。

特定の一つの活断層から発生する地震の再来年数はそれぞれの断層ごとに特性があるであろうことは当然のことであるが、大体の平均として、之が10万年位であろうと云うことが一般的に信頼性のある事として受入れられるように成ったと云うことは確かに大進歩、大発展と書いて憚らぬ大成功であった。しかしさて次に、之を実社会に適用する問題となると、勿論人それぞれによって、お考えが違うので一概に勝手な結論を引き出して人様に押し付ける等と云うことは、最も慎まねばならない事であるのは、当然であるが、若し意見を求められたとするならば、一つの活断層の地震再来年10万年、更には1万年と云う長さはそれ

だから地震災害に備えて準備をして下さいよと世間様をお願いするには、何としてもまだまだ長すぎる。とても実用の範囲にまではいるには遙かに遠すぎる、との感である。しかし活断層研究の先生方もこの点に関する認識を深くして大勉強を進めて下さったので、この問題に関する調査研究に多大な進展が見られるようになった。その結果活断層から発生する地震の再来年数を推定する技術にも格段の成果が現れて来るようになり、最近発表された研究によれば、例えば中央構造線の中の沢山な活断層の内、信州松本を通るものについて、地震の再来年500年(又は数百年)と云う数字が出されるようになった由である。活断層研究の大成果に万雷の拍手を送りたい思いである。徒らに望蜀の願いを至しては成らぬとの戒めは深く承知している者であるが、地震災害防止の大願が成就される為には無理を承知でもう一声お願いを申し上げることをお許し頂きたい。即ち再来年数500年の数字をもう一桁引き下げて500年を50年に変貌させる大研究を推進させる努力を押し進めて頂きたいとお願ひして止まない者である。以上のようにすれば活断層は地震災害防止の問題と実的に繋がるのは、最早あと一歩の所まで進んで来たこととなる。しかし最後の一步は未だ未だ大分先の話と成らざるを得ないようである。地震が怖いと云う話と、震災防止準備を怠り無く実行に移すと云う話とを結び付ける為には、結論を急がなくてはならない。

6. 災害防止対策が立派な成果を挙げている分野が沢山ある中で、地震災害防止対策だけが、何故成果を挙げることが出来ないのだろうか

地震以外の災害を考えて見ると、例えば大洪水、又は大火災等に付いては、災害対策事業は随分立派に進展しているようである。きちんと統計資料を提示すること無しに、うろ覚えの自分の感じに基づいて議論を進めようとするのは誠に恐縮の至りであるが、只管お許しを願うこととして、大洪水等は昔は日本のあちこちで年に何回も繰り返されるのは常識であると言って通用する程

の当たり前の事となっていた。又大火災も、函館の大火災、酒田の大火事など、強く印象に残る大火災は日本では可成りしばしば発生していた。これらに対して、河川改修、堤防強化等毎年多大な予算が投じられて、例え少々の台風の来襲があったとしても、滅多な事では洪水に寄る大災害は易々とは発生しない所まで災害対策は進展して来ている。火災に付いても大部分の自治体は性能の良い消防車を持つようになって来たり、大都市においては巨大構造物、高層ビル等の建設が進んだ事に対応して種々高性能、特殊任務に活用出来る重装備の高級消防車が配置されるように成った為、大火災の発生はここ数年見られていない。大洪水災害発生防止、大火災発生防止の為に当局が払われた努力の成果は非常に高く評価されるべきであろう。

このように見て来ると、災害防止に対し立派な成果が挙がっている分野が幾つもあるにも拘らず、地震災害防止だけが何故一向に成果が挙がって来ないかに付いては、その理由を充分に探求する事が厳しく求められなくてはならない。しかし考えて見るまでも無く、両者の間には極めて大きな差異があって、両者を同一の目で見るとは出来ない相談であることが一目瞭然である。その差異とは何であるかと云えば、洪水や火災は毎年と云っても良い程の激しい頻度で来襲して来るのに反して、地震となると、一度地震にやられたとしても、次の大地震は何時くるのやら見当も付かない、地震災害に備えよと忠告されても、何年先に来るものやら、来るか来ないかも知れたものには無い、とあっては地震災害対策などやる気が起らないと云う方が、寧ろ当然では無いかと思われる程の事柄になって来る。地震ジャーナルの中であまり難しい話をするつもりはないが、地震は怖いと云う皆様の気持ちが何故地震災害対策を自分でやろうとする行動に結び付かないのであろうか、と論じている内に、フト気が付いて見たら小さなこのサンシティで問題だとしているこのことは正に、地震災害対策を専業のしている専門家が悩み苦心して、重荷として背負わされている大難問とそのルートを共有する問題にぶち当たっている

事が指摘される結末になっている。それでは如何にすればよいであろうか、この難問を乗り越える方策は見つかるのであろうか、之を探してこの小文の結びとする事としよう。

7. 地震予知が出来るようになれば、 地震災害防止の問題は、直ちに、 確実に解決される

先にも述べたように、洪水や火災、その他色々の災害に対し、災害の防止軽減の対策は着々として立派な成果を挙げている。これに対し地震災害対策だけが、遅々として一向に進展して行かないのは何ゆえであろうか。その理由を挙げよと云われれば、勿論色々沢山あるであろうが、その主要な原因となっているものは、極めて単純明快であると筆者は考えている。世上大多数の方々も皆同じお考えであろうと断言して憚らない。地震と云う現象は超低頻度発生現象である。地震災害は滅多には発生しない現象である。之に尽きている、と断じて間違いでは無さそうである。年中行事のようにして発生する現象であれば、それによる災害対策は確実に充分に実施されて、その結果として立派な成果を挙げて目的達成を果たしているのであるが、地震だけは私の間尺に合わないのですよ、地震災害防止には手を出す気持ちが沸いて来ないので、之こそが日本人の本音であるのでは無からうか。

さてそれでは、どうすれば地震災害対策の問題を、洪水対策や、火災対策と同様に実施可能な問題の場に引き出す事が出来るのであろうか。地震が怖いならば、地震に関心を持っておられるのならば、地震災害対策こそが何よりも重要ですよと、幾ら口を酸っぱくして説教を繰り返しても、それだけでは最早何人も動いてはくれないことは、既に充分経験済みである。今は発想の大転換こそが要求されている。様々な可能性を並べ立てて、この壁を乗り越える方策が考えられた末に只一つ残ったものは、地震予知と地震災害防止とを確かりと結び合わせ、と云うこの方策だけであった。簡単に地震予知と云う表現を用いている

けれども、地震予知には勿論色々な予知がある。時の流れの中で言えば、長期又は中期の予知、短期予知、更に直前又は臨震予測など色々な分類されている。場所に付いて云えば、日本の全地域の中のどの場所、どの都市と指定されなくてはならない。地震の大きさに付いても、例えばマグニチュード幾ら幾らの地震であるとか、震度6又は7の地域の広がり場所は地図の上でどこ、どこになるとか、その規模の大きさが示されることも極めて大切である。大変難しい事のようなのであるが、どの様な形であるにせよ、きちんとした表現で地震予知が実用になって来たとするならば、地震災害対策の問題は立ち所に面目を一新して、少しく誇張した表現が許されるとするならば、理想的な、完全に近い地震災害対策が直ちに実施されるに至るであろう事は火を見るより明らかである。

8. 結 語

只今の時点で地震災害防止対策進展の度合に関する実情を勘案して見ると、人工構造物に対する地震災害防止に関しては、先の阪神大震災の際の甚大な被害を考慮してもこれ等構造物の耐震強化

安全性向上は確実に進展すると考えられるので心配は無いが、それ以外の地震災害、1. 地震に伴う火災災害防止の問題、2. 多数人命損失の元凶となる老朽木造建物建替えの問題、3. 津波による浮上流出する木造を廃し海岸に鉄筋家屋を建造し津波災害を防止する問題、4. 危機管理体制を確立して震災対策政策を変貌させる以外には新時代に即応出来る震災対策は無い事を当局に認知させる問題等、人工構造物以外の地震災害を防止させる対策は、洪水、火災等の災害防止対策に較べ著しく進展が遅く実績は全く挙がっていない。その原因を追求した結果、その原因は唯一つ、地震と云う現象が超低頻度発生現象であるからであると判明した。そうなることを乗り越える方策は地震予知を実用化させる以外には全く他に方策が無い事も明らかであるので、一日も早く地震予知の大事業が完成することを待ち望む者である。今日の日本においては、老人施設は勿論、他の全ての施設、学校、病院、工場、店舗、オフィス、住宅等から地震災害に対する心配、危険、恐怖の感じを取り除く事は安全な日本を築き上げる為には焦眉の急を要する事柄である。この事が実行される為、万難を排して地震予知の研究を推進させて、一日も早くこの大事業が完成することが待たれている。

地中海地域の古地震カタログ

「Catalogue of ancient earthquakes in the
Mediterranean area up to the 10th century」

金子史朗

本書はイタリア語地震カタログの英語版（改訂新版、1994年）で、504頁の大著（サイズ21.5×27.5 cm）。E. Guidoboniが編集協力者を得てIstituto Nazionale di Geofisicaから刊行した労作であり、登録された大小の地震は古代地中海地域で300個に達している。期間は紀元前760/750年から995年までの約1,800年間にわたっている。

古代地中海地方の自然に興味を寄せてきたひとりとして、このような本が世に問われたことをまず喜びたい。本書刊行の意義は測り知れないほど大きなものがあると思う。たんなるカタログを脱却、充実した内容にも興味津々たるものがある。始めにざっと構成をみよう。古代の地震を読み解くうえで、歴史的背景の理解がいかに必要不可欠であるかがまず具体的に論じられ（約80頁）ついで300頁がカタログにあてられる。このあと古代諸語にみる「地震」を表わす言語の紹介、カタログの要約、登録地震の時代別分布図（三葉）が続く、さらに古代の地名集、地震の記録を残した著者らの簡便な紹介（たとえばローマの歴史家タキトゥスとかギリシアのヘロドトスなど）、古文献資料集、現代の研究論文目録というぐあいである。

本書の母胎はイタリアの地震のみを扱ったカタログ（1989年版）にあるが、のち1991-93年にプランは拡大され、地中海全域の地震を収録することになった。ギリシア、エジプト、ヘブライ、エチオピア、シリア、アラブ、アルメニアなどが含まれている。このことが、じつは本書の企画に与った共同研究者たちの考えを大いに変革させ、歴史的アプローチの重要性を再認識させる結果と

なったのである。

あえて「歴史地震学」の確立を主張するまでもないと思うのだが、なに分、この地域は紀元前10世紀以前に遡る歴史史料のある文明先進地域でもあれば、もっともな主張なのかも知れない。史料類には歴史書などのテキストのほか、各地各国の年代記、編年史、碑文、宗教関係文書があり、さらに書簡集、旅行記類などが使用できるのは大きな強みである。

それゆえ史料の吟味考証は徹底して行われた。必要とあらば各国語原文の引用も行われ、このあたり従来のカタログの慣行を打破したものと言えよう。

しかし歴史家や科学者がたがいに相手の仕事を尊重し、認めあう結果、ときには相手の誤りを黙認してしまうこととなる。耳が痛いगतしかに頂門の一針であろう。編著者らはなによりも、この種の研究に大きな変化を期待している。いや、変革してゆかなくてはならない、と主張する。本書に新しい息吹を感ずるのもその辺りにあるらしい――。

思いがけぬ第1の関門

さて地震カタログ作成にあたっては当然の手続きなのだが、問題の地震がいつ、どこで、どの程度の被害を生じたのか、がまず問われる。ところが古代では、この「いつ」の確定が難物なのである。地中海地域では各地で長年異なったカレンダーを用いて時をはかり、記録していたからである。おいそれとは標準時に転換できない結果、混乱もおこるのである。

幸運にも各地で記録された広域大地震も、うっかりするといくつものほぼ同時的な、ローカルな事件と解釈されかねない。逆に実際は多数の地震が、年代があやふやだとあたかも一つの大地震であるかのように人為的に合成されることだってあり得るのである。

ギリシアでは長いことオリンピア紀（前776年から4世紀中頃まで、4年ごとのオリンピック開催年をもとに数える）を用いていたし、ビザンティン地域の伝統的な15年紀（インディクチオ〔Indiction cycle〕といい15年ごとに行われる財産査定が基準）を使用していた。キリスト教東ローマ帝国では王の治世（在位年）に即して数える regnal years があるという具合である。つまり問題の地震が「いつか」との問いにとって、これはつねに直面する危険—constant hazard という訳である。

ところで、地震とはなにか古代の人びとも真剣に問い、理解なり解釈を試みてきた。本書では古代の地震観—地震原因論の短いレビューが紹介されているが、一言だけ記せば、自然哲学者の説はアリストテレスやローマの大プリニウス、同セネカの著書のおかげで後世に伝えられたのである。

理性にもとづいて理解しようとする naturalistic な姿勢と、古代とくに中世の文化を特長づける宗教的観点からの説明に2大別できよう。

後者についてみると、古代ギリシアでは地震を示すのに「the God shock…」と用いていたし、ビザンティン年代記^{クロニクル}では「divine wrath」、つまり神は罰せられたという表現をとる。キリスト教では、地震は自然の法則をこえる神の存在のしるしだった。コーランの世界では、地震のイメージは「世界の終焉」の警告と言うよりむしろ、終りそのものの表現、と考えられてきた——。

さて、これまでに27人の編著者の手になる地震カタログ29点（重複があるので）が作成されてきた。その中では最古の地震は前2800年とされてきた。しかし、ピラミッド・テキストの地震は根拠にとぼしいし、また古王国第6王朝の前2220年、ナイルデルタ地方を揺がしたという地震も、裏付けがとれず、本書では却下されている。ギリ

シア神話・伝説のなかには、事実に根ざしたとしか考えられないものもずいぶんあるが、時代と場所の特定が難しく、やはりカタログから落ちてしまった。残念だがやむを得ないことである。

地震と built environment

地震カタログには主な被災都市名が上げられており、地震の起こった場所の見当はつく。もっとも、自動的にそこが震央とはいえない。たまたま、歴史記録が残っていたばあいもあるし、軟弱地盤でひどい震災が人びとの目を奪ったこともある。また、記録を残した著者の知性と、物の見方、背景にある同時代の文化の程度などとも無縁とはいえない。

もう一方で、震災の程度は、建造物自体についてのさまざまな属性が反映されているはずなので、震央の特定にはいちがいに被災の見かけの大きさだけでは判定し難い。本書では、こうしたことが慎重に吟味、評価されている。

機械観測のなかった古代の地震全般の理解には、都市まるごとの歴史や建造物のデザインから材料・工法など建築史についての配慮が必要だろう。ところが建築史一つをとり上げても、これまでは歴史家などの徹底した分析なり検証はほとんどなかった。

古代の町の大きさは？人口集積度（密度）は？と問えば、信頼できるデータはまずなにもない、ということがじきに理解されるのだ。

たとえば、古代ギリシアのポリスについてどのくらいのことが知られているだろうか。なるほどアリストテレスは理想的なポリス居住者を1万人と書いているが、これは町（都市国家）の総人口ではない。女性や外国人、奴隷は含まれていないからで、トータルということになればまったくの推定になってしまう。

紀元前464年のスパルタ大地震では、スパルタ人2万人以上が死亡したというが、はたしてどんなものだろう。というのはスパルタは他のギリシアの都市国家^{ポリス}と違い、都市的（urban）なセンターは発達せず、村落の集合体とふつう考えられ

てきたが、実態は不明である。具体的記述を誰も
のこしてないのである。

オリエントの都市のばあい、町はいく度、破壊
されても、不死鳥のごとく再建されてきた。その
秘密は政治体制—アジア的専制君主制などと深い
関係があって、地震後の都市放棄はあり得なかつ
た。それにローマ帝国領に編入されるや、町再建
のために皇帝は税を免除するとか相当な下賜金が
提供され、ときには工人などの派遣も行われた。

ところがイタリア国内では、しばしば町が消滅
する、放棄されたなどという記述に出あう。土地
がマーシ (marsh, 湿地) に変わったからだとい
うのだ。これは私の推測になるが、地震で河川
中・上流域などで山崩れ、地すべりが多発、下流
域に流送された土砂が河床をたかめ、排水不良の
後背湿地が生じたのだろう。そこがマラリア蚊な
どの生息地となれば (当時原因は判っていなかつ
た)、放棄もやむを得なかつたのだと思う。

話は変わるが、これまで考古学者の関心はもっ
ぱら大都市の公共ビルなどに向いていた。が、都
市内部は遺構が重層的で、発掘困難、知識も断片
的ならざるを得なかつた。そういう点では、ベス
ビオ噴火に先立つカンパニア地震 (62年) による
ポンペイ、ヘルクラネウムの民家の埋没は、建造
物と地震との関係を知るうえで、測りしれない価
値があった (後述)。

イスラム文化圏では、今日でも依然 8-10 世紀
の頑丈な石造建築物が残っている。建造物は石、
スタッコ、レンガ、木材を巧みに組み合わせ、多
彩であり幻想的な美しいものだ。特別なばあい、
その基礎は 10-11メートルに及ぶ。ドームやアー
チ、ミナレット (尖頭) の建設には丸太 (tie-rod)
を強化材として使っている。断定はできないとし
ても、木材を取り入れているのは耐震性を高める
ためらしい。

地震発生年代を限定するためには、地面を剥ぐ
だけでなくトレンチを切って層位学的手法をふま
えた地震考古学的調査の推進が必要だ。また古代
の建造物自体のなかに、どのような風土—土地に
見あった建築文化があったのか、それは古代の地
震の評価—震度の推定にもつながっている。本格

的な建築史の追究が待ちのぞまれているのだとい
う。

地震の語彙をめぐって

あと先になるが、古代地中海地方で用いられて
きた「地震」を意味する語彙の紹介は、たった 1
ページだが私たちの想像力を大いに刺戟する。

エジプトのヒエログリフ (象形文字) には 4 つ
の表現がある。ところがコプト人は 9 つもの表現
を持っていた。かれらはエジプト在の保守的キリ
スト教徒である。

紀元前 15 世紀には早くも地震神にして海神で
あるポセイドン信仰を持っていたギリシアでは、
3 種の表現しかない。もっとも古典期後期と中期
ギリシア語には合わせて 4 種類が用いられていた。

ついでに数だけあげると、ラテン語で 4 種類、
アラビア語も同数。エチオピア、シリア、アルメ
ニア語が各 3 種であるが、ヘブライ語は 2 種類に
とどまる。

各言語にふさわしい英訳を見くらべているうち
に、私はあることに気づいた。コプト語もふくめ
てエジプトでは、震えるとか揺らぐ、ふらつく、
動く、ぐらつくの類で、みな似たり寄ったりの意
味である。ピラミッド・テキストに “The God
earthquake” という表現があるだけ。これは強い
地震を彼らが体験したことがなかつた、というこ
とを語っているのではなからうか。

ところがエジプトと対照的にギリシア語には、
荒廃した町とかその残骸を意味する ruin とか、
大地に生じた深い裂け目を意味する chasm など
の訳語の当てられたものがある。また calamity
などひどい惨事、災難を示す訳語も見受けられ
る。これも私の勝手な想像になるが、ギリシアで
はこの数千年内に、震源の浅い、地震断層の出現
したような比較的大きな地震をたびたび体験した
結果ではなからうか。そういえば、イタリアでも
地面に大きな亀裂を生じた表現があるし、大地に
cleft の生じたことが語られている。

東アフリカ地溝帯が横断するエチオピアにも、

地震を表わすのに breaking 相当の言葉が用いられている。現在の地学的状況に思いめぐらせると、なるほどという気がするのである。

なお、地震と津波を示唆するような言葉はいずれの国でも知られてない(?)ようだ。この辺りについては言語学に通じた研究者に大いに探ってもらいたいところである。意外な事実が浮かんでくるかも知れない。

さて 300 ページのカタログの内容をどう紹介したらよいか、頭をかかえてしまった。約 1800 年間に裏付けのとれた地震は 300 個、まず一枚の地図にプロットし直したり、図にアルプス造山帯とかプレートのサブダクションの行われている海溝系を記入してみた。よくみるとカタログに載った被災した代表都市名のわきに、surface faulting とか seismic sea-wave (国際語になった津波を用いず)、などの地震の特徴を示す言葉がついている。前者は地表に地震断層が出現したのでは? また地すべりが発生したとみえるのは 13 件 (水平に 4~5 キロも移動、ニワトリ小舎もこわさずに、などというのもあった)、escape of Gas というのは 4 件、イタリアはポー河中流南岸で泥火山出現という見出しもある。島の湧出とか、地盤の沈降とあるのもあり、じつに興味ぶかい。紙数の関係もあるので、ここでは 2, 3 を紹介する。

コンスタンチノーブルかアンタオキアか

黒海の門ボスポラス海峡西岸にあるコンスタンチノーブル (現イスタンブール) が本書に顔を出すのは西暦 363 年の地震以後で、989 年までの 626 年間に 32 回にもなる。

平均 21 年に 1 回の割で地震を経験したということだ。アジアでこれに匹敵する地震の町といえば、シリアのアンタオキア (現トルコのアンタキア市) である。こちらは前 148 年くらい 859 年までの間ざっと 90 年おきにゆれ、徹底して破壊を受けた点では前者を上回る。すでに 5 世紀に、地震は 60 年おきにやってくる、などと言われていたのだという。

コンスタンチノーブルの大震災では、まず市壁

の倒壊と寺院あるいは修道院が被災するのがおきまりである。神の加護を求めて人びとが教会に集まり、本震か大きな余震で全員が司教ともども生き埋めになるのは毎度のことだった。こうして圧死者が多くなるのは東洋のアンタオキアも同様だった。

コンスタンチノーブルでは 447, 477, 526/27, 557, 740 年の地震が大きなものだった。447 年のばあいの記事を読むと、「大地が裂け多くの村々が呑み込まれた」、「かなり広い範囲が水没した (地盤沈下?)」、「根元から剪断した樹木が空中に放り上げられた」、「山が生じた」、「泉の水が涸れた」、「魚が浜に打ち上げられた (津波の来襲?)」などの記述がみられる。多数の建物の倒壊はむろんのことである。被災範囲は相当広範で、マルマラ海 (地図参照) の南の出口ダーダネルス海峡周辺にも及んでいる。ニコメディアという古代の町は現在のイズミル市で、その被災状況は 1999 年 8 月の震災を髣髴させる。西へのびた北アナトリア断層がマルマラ海海底でずれを起こしたのでは、などと思わず勘ぐりたくなってしまふのである。このときの地震のあと、ローマ皇帝テオドシウスもはだして祈りの列に加わった、とか。その目で見記事を読むと、先の 477, 526/27 年とりわけ 557 年の大地震や 746 年に 12 カ月揺れ続けた地震の背景に、北アナトリア断層が見え隠れする気がするのである。

紹介が寸足らずであるが 458 年のアンタオキアの被災描写をよむと、兵庫県南部地震のそれとだぶってくる。石や泥レンガの建物の崩壊で多数が生埋めとなった。阿鼻叫喚は凄まじい。115 年の地震は、ローマのトラヤヌス帝滞在中のことだった。ローマ属州とあって早速、免税措置が取られ、多大な援助復興資金が下賜された。別な地震でも、カリグラ帝他が同様の処置をとっている。

972 年の広域大地震ではローマ皇帝は 1 万 2,000 人の労働者、レンガ積み職人を派遣している。この東洋の町は犠牲者の多いことで際立っている。前 65 年には 17 万人が死亡した。しかしこの都市の政治的、軍事的、経済的重要性が奇蹟的に町を再興させ、決して消滅してしまうことがな

かったのである（なおこの辺りについては著者『ソドムとゴモラの滅んだ日』に詳述）。

西暦 62 年 2 月 5 日のカンパニア地震

ネロ帝治下の 62 年、ナポリ市などをふくむカンパニアに大きな地震があった。歴史家タキトゥスは簡潔に「カンパニアの有名な町ポンペイが地震で相当な被害を受けた」と記した。冬には地震はないと言われてきたが、カンパニアは荒廃したとも――。

哲学者で政治家のセネカがポンペイについて詳しい記事をのこして有益だ。ちょっとしたエピソードだが、ある尊敬に価する人が入浴中揺れた。彼の観察によると、振動が始まると床のタイルはバラバラになり、水は地下に抜けたのだが揺れ返しが来るとタイルは元の位置に収まり、水がぶくぶくと湧き出した。地震後、町は復興に着手したがネロ帝は平然というか、まったく無関心だった、という。つまり市民は資金の調達やら復興事業をみずからの手で進めなくてはならなかった、ということである。

町の再建は 79 年のベスピオ噴火直前まで続行していたが、未完だった。発掘で明らかになったことは、埋没直前市はさながら工事現場の観を呈していた。その理由として、本書ではじめて紹介されたが別な第 2 の地震があったのではないか、という疑いがある。ローマ皇帝伝で有名なスウェトニウスは「……ネロ（皇帝）はナポリで初舞台に臨んだ。劇場は突然、地震に襲われたが、彼は小曲を歌い終わるまで歌うのをやめなかった」ネロが地震に動ぜず歌い終わったことで、拍手喝采を受けた。タキトゥスによると聴衆が劇場をあとにしたとき崩壊したが、誰一人として怪我人はなかった。

話を戻す。ポンペイが工事最中に埋没したことは後世の私たちからみると、地震の影響や復興作業がどのように行われたのかを知るまたとないチャンスを与えることになった。

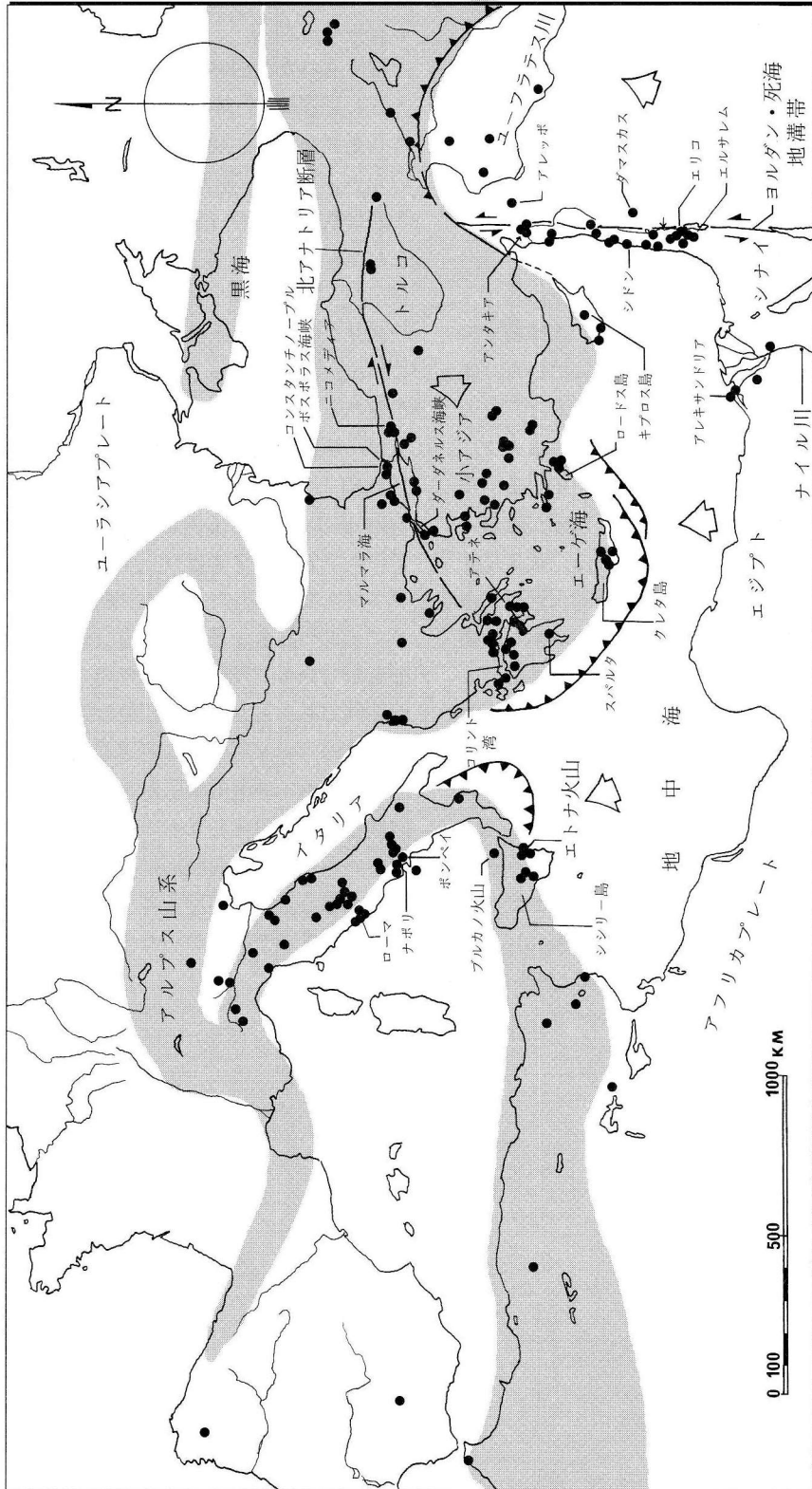
たとえば、壁は拾い集めた陶器片、小石、モザイク片を用いて補修が行われた。どの場所が破損

したかも判る。もし、しっくり最後の仕上げが行われてしまったら、こうしたことは判らない。なお有名なポンペイの水道は、一部では使用できたが、全面的復興は未完だった。地震後、市民の経済的窮迫を示唆するさまざまなサインが明らかになった。富裕クラスが没落、居間を改装して貸店舗に設えるとか、たくさんの仕切り部屋を設けて間貸するなど、窮余の策も読み取れるのである（著者、『ポンペイの滅んだ日』参照）。案外、ローマ政府が冷たく、ヴェスパシアヌス神殿の再建に力を借した程度だったらしい。ポンペイ市も、かつての交易事業の再建に熱意はなく（？）、レジャー施設（公衆浴場やオディオンとか円形劇場など）に力をそそいでいたという様変わりも見てとれる。

地震断層と津波地震

登録された地震の見出しの下に surface faulting とか seismic sea-wave（津波の表現はない）と記入のある例があり、気になった。記事を慎重に当たってみると、地表に地震断層が現われた場合も少なからずあったようだ（8 件？）。津波は 24 件。2, 3 紹介したい。

西暦 17 年、小アジアのリディア地方の激震については多数の記事が後世に伝えられている。12 の都市が潰滅。大きな山々が沈み（？）、反対に平野部が持ち上がった（具体的意味は不明だが）。避難民は大きく開いた割れ目にのみ込まれたとの表現が目立つ。ローマ皇帝ティベリウスは 1,000 万セステルス（ローマの貨幣単価）の義援金を送り、被害調査のため執政官を派遣している。タキトゥスの記述を読むと、この地方の地溝帯をつくる正断層の一部が動いたようである。178 年には近くのイズミル一帯でやはり激震があったようで、アウレリウス帝は再建のため、10 年の免税措置を取った。518 年にはギリシアの内陸部（マケドニアの現スコピエ地方）で長さ 44 キロ、幅 3.6 メートルの割れ目が生じ、その中に建物や住民が没した、とある。また 601/02 年のシリアのオロンティス川上流部の地震では、「大地が沸き立ち、裂



地中海地域の古地震（期間は760/750 B.C.-995 A.D.）の分布略図

原図はレリーフマップを使用，時代を3期に分けて地名，発生年を記入してある．原図にプレート収束帯ほか主要大断層（北アナトリア断層，右横ずれ）およびヨルダン・死海地溝帯などを記入，白矢印はプレートの移動方向，アミ目はアルプス造山帯

け目が開いた」。私の推測では、ヨルダン・死海地溝帯の一区間がずれを生じたと考えてよいと思う。同地方の749年の地震では、バールベク一帯で地面は3キロにわたり張り裂け、「その割れ口からきれいな白と砂質の土とが噴き出した」という。

アリストテレスの地震観

かねがねアリストテレスのユニークな地震学説—地震は地中の風が原因—が気になっていた。本書のなかにその鍵となるような記述がある。その1つはシシリー島の沖のブルカノ火山の噴火で、彼は自分の学説を支持する例だと書いている。噴火に先立ち大地は上方へふくらみ、頂部が破れると火山灰・噴石が勢いよく放出される。噴火に先立ち、あるいは地震を伴いつつ同時に進行する噴火の様相が、彼に大地の中に孕まれる風が地震を起こすとの確信となったようだ。アリストテレス存命中の前373年のアカイア地方（コリント湾南岸）がもう1つの例である。地震のあと津波があったが、彼はこう説明する。「一方の風は海を越えて南から、他は陸を越え北から吹く。そのあと無風状態となって、その間に風が大地の中へ送り込まれる（……the wind was “channelled” into the earth……）。これが激しい地震と seismic sea-wave を生じた」原因である、と。幸いか不幸か、

この考え（学説）は以後1800年も世界を風靡することになった。

与えられた余白は尽きているがもう一言。淡々とした記述だが、本書は興味津々たるエピソードにこと欠かない。疑いの余地のないと信じられていたベスビオ79年8月の噴火は、新しい発掘で季節は秋ではなかったか、という。避難者が厚着をしているのと、果実は十分に熟していたからだ。

ユリアノス帝治下の365年の大地震では、各地に津波が生じナイルデルタの地形はすっかり様子が変わった、という。コプト教徒の伝えるところでは、6世紀後半まで300年以上もこの大災害を忘れぬよう記念行事が行われていた（Alexandrine feast of 27 Epeiph）。このとき、アンタオキアの人アムミアヌスはローマへの旅の途次、ペロポネソスで難破したスパルタ船を見聞、ついでダルマチアへ赴き土地の古老立会いの津波の現場検証をしている。現代人顔負けのこうした人物は、他の例でもあった。また印象に残るのは、危機に際してのローマ皇帝らの迅速な決断と行動力で、当時政治的・軍事的緊張があったとはいえ、その危機管理能力は大したものだったと思う。また属州といえども、弱者救済にも奔走している姿は立派だと思う。余白が尽きて、神話・伝説については割愛せざるを得なかったのが少々残念である。

「地震活動総説」 宇津徳治著

石田瑞穂

本書は総ページ数が本文で829頁（B5サイズ）、目次、解説、人名索引、事項索引をいれると894頁という大作です。しかし、「地震学総論」ではなく「地震活動総論」という限られた分野に焦点があてられています。地震活動という言葉には厳密な定義はありませんが、本文中にありますように「ふつうはある地域における地震の発生状況を、発生する地震の大きさや頻度、ときには地震の空間的分布の模様などを念頭において考える時」などに使われます。このような地震活動は、地球内部の構造や、地球内部で起こっている運動や変形を反映する現象と考えられています。従って、私たち地震学に携わる者たちだけでなく、固体地球分野に携わる者たちが、最初に基本として学ぶ事象といえます。

まず、この本を開いて驚くのは、文字ばかりがぎっしり並んでいることです。地球科学関連の書物は、大抵の場合図が多いのが特徴です。それは著者自身も前書きでふれていますように、自然現象の説明は、たくさんの言葉を費やすより、「一見は百聞にしかず」とばかりに、図を示すと大変理解しやすくなるからです。ところが、本書は全部で図が54枚、表が66枚ですから、15～6頁に1枚の図と12～3頁に一つの表ということになります。しかし、著者は見事にこの少ない図と表をもって、地震活動について記述しています。勿論、図は理解を助けますが、記述が的確ならば図がなくても大丈夫という事を示しています。

また、通常こうした本は、何人かの著者がその得意とする分野を受け持つことで一冊にまとめられることが多いのですが、当書は一人の著者により9年間の努力の末に完成されました。46年間にわたる著者の研究活動が結実した結果と言えますが、決して気負わないで大勢に流されない視点が

全体を通して伺われ、本書を単なる参考書でなく奥行きのあるものにしてあります。これは、“まえがき”の「…たとえば地震活動は地震発生場所の応力の状態の現れであるとみることがある。そういう面も確かにあるがそれだけで済む問題ではない。」というような記述や、“二重地震面の成因”の項の「なぜアンペンディングが起こるのか自明ではない」という記述のように、さらりと書いていることです。このように研究者が今や前提として捉えている現象にたいしても、原点に立ち戻って考えることを示唆する記述が随所でみられます。著者は、1990年に「地震活動・地震予知文献目録」と「世界の地震被害の表」を出版致しましたが、本書はさらに1997年までの資料を加え、それらを背景としてまとめられたものです。従って、引用される論文、書籍などの多さに驚かされますが、さらに印象的なことはこれらの多くが著者により読破されていることが伺われることです。その結果が、それぞれの課題の研究の流れと現状についての記述だけでなく、著者自身の視点に立った見解として表現されています。

本書は、16章からなり、第1章“序説”には地震現象を理解するために必要な事項が説明されています。第2章以降は、第1章で取り上げられた基本的事項を展開する形で、それらの事項がどのような流れで研究されてきたのか、現在どんなことが研究の中心であるのか、問題点としては何が残されているのか、などが文献を提示して詳しく説明されていきます。そして、これらの事項が一連の流れとして末尾に近い第14章“地震の発生確率・地震危険度”と第15章“地震活動と地震予知”に、地震活動が関係する範囲内での地震危険度推定および地震予知の問題として収束されます。

第1章“序章”では、地震、地震活動、テクトニクス、震源の意味、地震の大きさ、震度をもつ意味と使われ方、における問題点などが取り上げられています。それに対して、第2章“震源の決定”では震源位置の問題と誤差および震源決定方法などが詳しく記述されています。第3章“地震の大きさに関連する諸量”ではマグニチュードに関してその種類、決め方、震度や加速度との関係、他の物理量との関係などが論じられています。マグニチュードの決め方に関しては30種類以上の方法とそれらが表す特徴などについて示されています。これらの問題は第11章“地震の大きさ分布”の中で、その用い方と表す意味などとして論じられます。今までに、こうした基本的事項に関して、これだけ多くのページを割き、これほど多くの引用文献とともに、その活用の仕方と限界までを記述した例を筆者は知りません。第1章で地震活動の時空間パターンについて、「集団として地震発生の性質を数理的に調べ科学的推論を下すことは必要であるが、問題によっては誤った結論を導くことがある」とか、ランダムということについても、「時間的にランダムな事象であっても多くの人は起こり出すと続いて起こるような気がし、起こらないときにはなかなか起こらない気がし、同様に空間的にランダムな事象でも多くの人は密度にある種の規則性があるような気がする」とか、まず疑問を投げかけます。その後で、これらの課題については、第9章“地震の空間分布”の震源分布に見られるパターン、ランダムな分布・非ランダムな分布、フラクタルと震源分布あるいは第10章“地震の時間分布”のポアソン過程、地震の偶発性・続発性・間欠性、地震活動の長期的安定性・変動性、地震の繰り返し発生、群発性などを取り入れた点過程モデル、周期性などの項に引き継がれ、様々な例題とともにそれぞれの視点から問題が展開されています。

第4章“地震のメカニズム概説”では地震波の発生源に関する初期の議論から最近の断層の不均質性破壊核形成の仮説に至る議論までを総括して論じています。震源過程の複雑性に関しては、地表付近の地質構造の複雑さだけでなく、断層運動

の不規則・不均質性にも言及し、これらに起因するだろう加速度の大きい高周波成分が地震工学の分野で重要な対象となることを指摘しています。

これらに関する引用文献は、Imamura (1937) から始まり極最近の研究者までの論文が示されますが、浅い地震については特に1969年以前の地震(48編)、1970年代の地震(54編)、1980年代前半の地震(40編)、1980年代後半の地震(64編)、1990年代の地震(78編)とに分けて示されています。第5章“地震活動の資料・関連する地学現象”では、地震カタログの成否を論じるだけではなく、欧米のカタログの1730年12月30日北海道の地震(死者13.7万人)は、1703年12月31日南海道地震(元禄地震)の誤記で、12月30日はUTによる日付であり、北海道となったのはEdo(江戸)とEzo(蝦夷)の取り違えで、Ezoでは解らないので北海道となったのだらうというような推論も交えて歴史地震・古地震が論じられています。

さらに、議論は浅い地震と各種地学現象との関連やプレート沈み込み帯の構造と地震の分布にまで及びます。また、多くの場所では火山前線が深発地震面の100~150kmの等深線と一致するが、逆に深発地震があっても火山が無い場所(ペルー北部中部やチリ中部)もあるなど、例を挙げながら読者に地震活動の複雑さを示します。第6章“地震の群・群発地震・地震の続発”では、研究者により分類が異なるとしながら、第一の分類、I;最大地震が飛び離れて大きい前震・本震・余震系、II;最大地震と次に大きい地震の大きさに大差がない群発系、第二の分類、A;時間分布パターンが単純な前震・本震・余震系や群発系、B;単独系が重なって時間的分布パターンが複雑になった系に大別し、これらの組み合わせで4種の系列の地震活動の特徴を捉え解釈を加えています。第7章“余震”では、「余震系列のいろいろな特性は本震の性質やその地域のテクトニクスとも関係しており、余震の研究から本震に関する重要な情報が得られることが多い」という基本的観点から問題が捉えられています。余震の震源分布に関する研究論文の引用文献リストは、日本と外国を合わせて7頁余に渡っています。第8章“前震”

では、余震に較べて前震は事例ごとに起こり方の相違が著しいとしつつも、時間的にどのくらい本震に先行していたかで区分し、日本の巨大地震の前震、深い地震の前震、空間的分布の性質などの項目に分けて、特徴を示します。ここでも、一つの地震が起こったとき、さらに大きな地震がある距離・時間の範囲内に起こる確率は、ある地震に前震が先行する確率とは違うなどという著者の見解共々記述されています。第9～11章は、上記で少しだけ言及しましたので、ここでは省きます。

第12章“地震活動の時空間パターン”では第6～8章の前震、余震、群発地震等に関する問題や、第9～11章の時間あるいは空間分布の特徴を表すパラメータ値の空間あるいは時間的変動に関してではなく、これらに取り上げられなかった、時間と空間を分離できない問題が扱われています。二つの地域の地震活動の相関や浅部・深部間の転移などが国内・国外の観測例で説明されています。震源転移の機構としては、地震による別の地震のトリガー作用があることは確かだが、これが地震活動においてどの程度の役割を占めるかの評価は難しいし、逆の作用つまり発生抑止効果もあるはずだが、この方は目に付きにくいなど、一般に疑問に思っても言えないでいることが指摘されています。第13章“トリガー作用と誘発地震”では、地震の原因とは言えないが地震発生を促進する方向に影響を及ぼすものをトリガー作用として取り上げています。それらは、地球潮汐、海洋潮汐、海流の変動、湖の水位変化、気圧変化・特定の気圧配置の形成、降雨・雪解け、地震の発生や火山活動による周辺の応力や間隙水圧の変化などです。山はね・鉾山地震に関する理学系論文だけでも1頁(92編)以上が挙げられ、驚かされます。第14～15章は、上記で触れましたのでここでは省きます。最終章は、“日本各地の地震活動”です。前章までの基礎となった各地の地震活動とテクトニクスについて、多くの引用文献と一緒にまとめられています。

以上は、全体の極々一部の紹介にすぎません。本書は、これから地震活動について研究を始めようとする人達に必見の書であるばかりでなく、既

に地震学に携わっている人々、あるいは地震活動についてもうちょっと詳しく知りたいことがあるという門外漢の人々にとっても必見すべき書です。第16章には“地域別日本の被害地震の表—古代から1997年まで”もあり、一般の人々には一種の地震百科事典的役割を果たすでしょう。地震学に携わる方たちは、手許にこのような本があり参照できると、大変有用であることがきっと解ります。地震活動に関して、本書を越える内容の本が出版されるのは、そう簡単ではないと思われま

●新刊紹介

日本地質学会 編著

地震列島日本の謎を探る

東京書籍、2000年3月発行、B6判、236頁、1500円。

日本地質学会の中に設置された普及教育実行委員会
の拡大学校教育ワーキンググループによって編集され
た。地質学の普及を根底において、一般の読者が最も興
味を持ちやすい「日本にこんなに地震が多いのはなぜ
か」をテーマに、地震の実態、地震の原因、もう一つ日
本を特徴付ける火山、日本列島の山河の成り立ち、そし
て、日本列島の生い立ち、の順に解説されている。それ
ぞれの章は、一つ一つ完結した話を数個から十数個とり
まとめる形で編集され、どこからでも読めるような形を
取っているのが特徴である。

■ 地震予知連絡会情報 ■ 藤井直之 ■

地震予知連絡会は第136回が平成12年2月21日、第137回が5月15日に開催された。第136回地震予知連絡会では、1999年11月から2000年1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・北海道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、第134回に続いて2回目となる「GPSによる地殻変動検出2」が選ばれ、GPS連続観測の最近の成果（豊後水道付近で1997年に起きた異常地殻変動、GPSによる上下変動）と豊後水道のSlow Thrust Slip Event (STS event)「ゆっくり地震」について報告があり質疑応答がなされた。また、その他の話題提供の中で、深部ボアホールにおける新しい応力測定システムと応力解放法についてや海底地震観測網データによる相模トラフ周辺の地震活動、大気遅延勾配と首都圏VLBI基線の変動等について報告と意見交換がなされた。

第137回地震予知連絡会では、2000年2月から2000

年4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、東海・中部地域についての詳細検討が行われた。そして、トピックスとしては、3月31日に噴火した有珠山の活動と活断層（その2）が取り上げられた。また、「地震年報 (CD-ROM) 平成9年 (1-9月)」(気象庁、「地震予知連絡会報第61-62巻 (CD-ROM)」(国土地理院)、「地震予知30年のあゆみ」(国土地理院)が配布された。

地震予知連絡会在り方検討WGによって、地震予知連絡会の任務や検討すべき課題についての報告があった(第1次報告/第136回)。また、第137回では、「トピックス」運営の改善についての提案があった。議論を活発にすべく世話人を決め、毎回1課題のみ準備することとし、当面1年間のトピックス課題として、(1)兵庫県南部地震の前兆と予測性：—M7内陸地震の予測性—、(2)地震予知における電磁気現象(2)：—判断基準・地震との相関・メカニズム、(3)日本海東縁部地域の地震活動：—

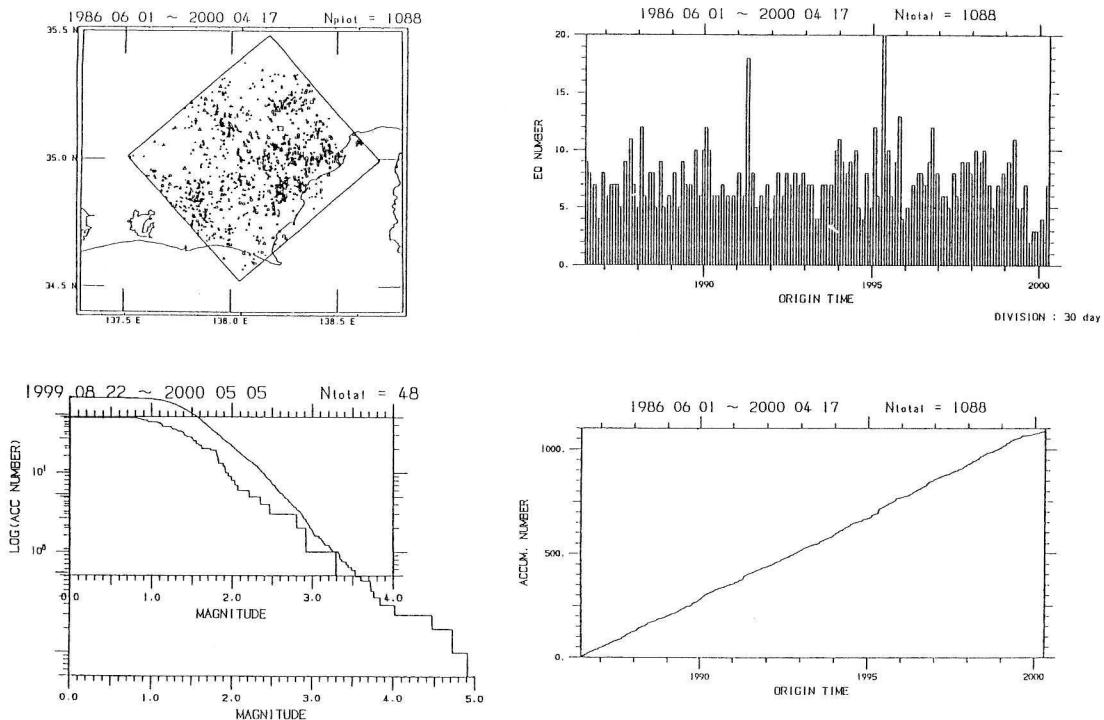


図1 「東海地震」の推定固着域の地震活動（クラスター発生を補正）(防災科技研)

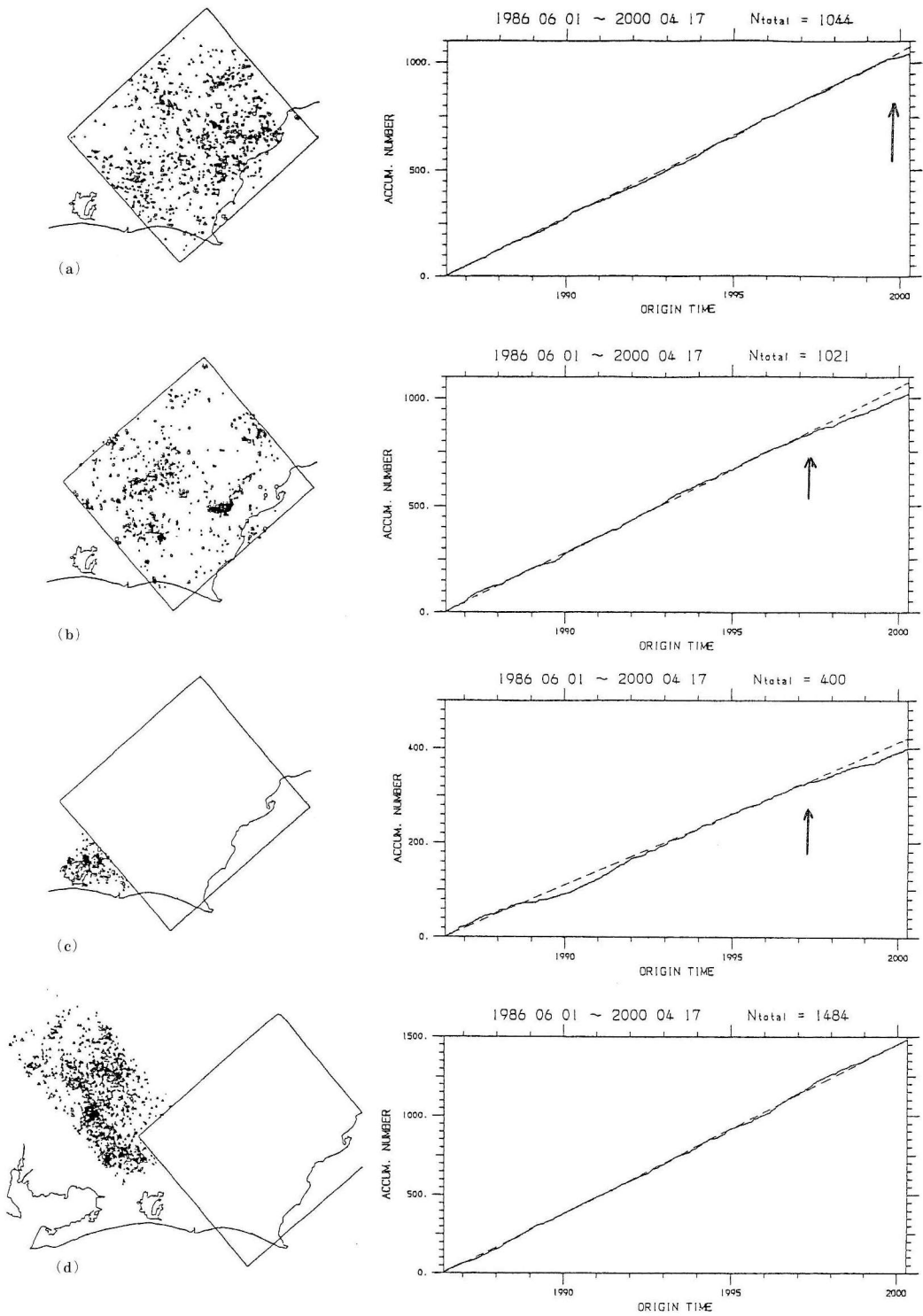


図2 推定固着域周辺の領域を4つに分けて比較した地震活動変化
 (図2-a) 推定固着域の直下, (図2-b) 同直上, (図2-c) 浜名湖下スラブ内, (図2-d) スラブ内非固着域 (防災科技研).

水準点 2595 (浜岡町) の経年変化

基準：140-1 基準年：1962

●：網平均計算値による。

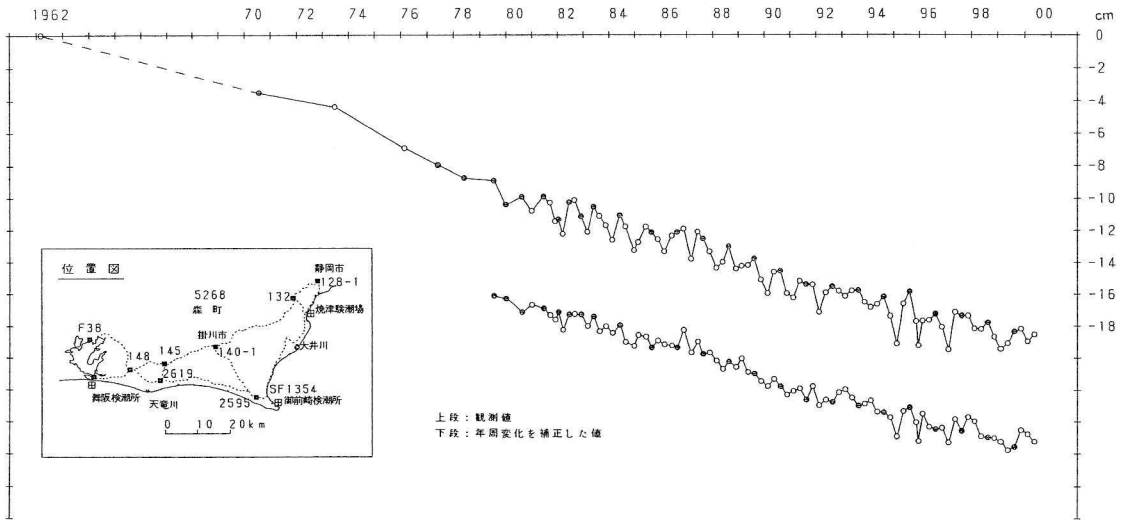


図3 森町-御前崎間の水準測量 (国土地理院)

空白域・プレート境界・活断層一、(4)強震動予測：一強震動予測に必要なもの(予備課題)，とすることが了承された。

1. 全国の地震活動・地殻変動

全国の地震活動の特徴として、過去40年間の10年毎のマグニチュードの累積頻度分布によれば、M7クラス以上の地震が1980年代の10年間は比較的少ないように見える。1999年11月-2000年4月の半年間の全国の地震活動は、M5以上の浅い地震(100km以浅)についてみると非常に静かに経過しており、東北地域の三陸はるか沖地震の余震域である日本海溝近傍と宮城・福島県沖に発生した地震が目立つ程度である。伊豆半島東部(東方沖)の群発地震活動の休止期間は710日を越えて、これまでの20年余りでもっとも長い89年9月からの期間に迫っている。また、有珠山噴火の直前の2日間にはM4クラスの地震が7個も集中的に発生した。

GEONETによるGPS連続観測から求めた全国の地殻変動の特徴については、トピックスで詳細をのべるが、その他の地域の変動については従来の傾向と異なる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

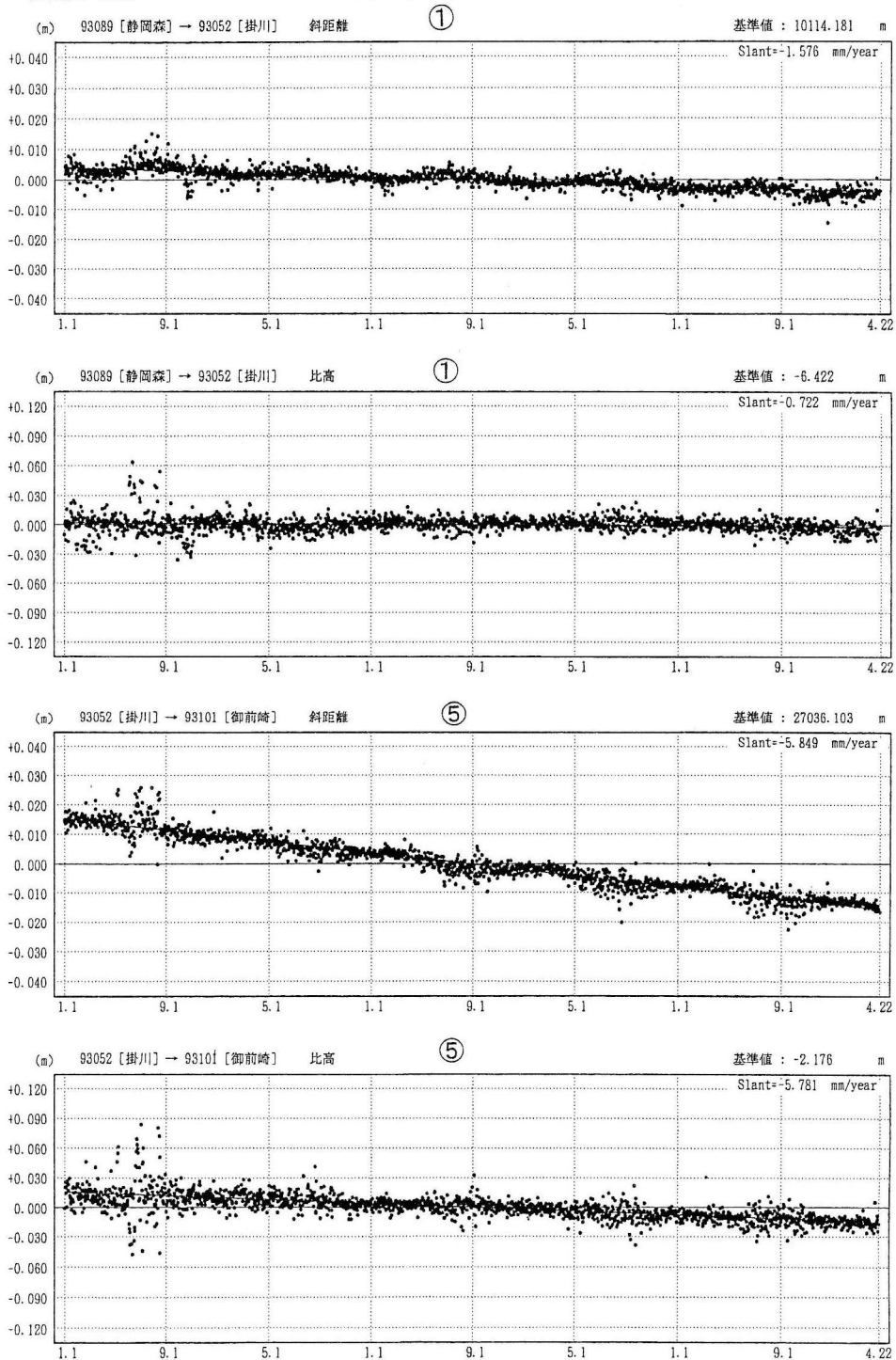
東海地域の推定固着域付近における地震活動については、固着域直下のフィリピン海スラブ内の地震回数が1999年8月以来2000年3月まで、明瞭な活動度の低下が見られた(図1)。M \geq 1.5の発生回数で見ると過去15年間の平均は6.3個/月であるが、この半年間は2~4個/月が連続しており、ポアソン過程での発生確率を仮定すると非常にまれなこととなる。3月以降少し活動的になったが統計的に有意に回復したとは言えない。この活動度の低下は、推定固着域周辺の領域を4つに分けて比較してみると、推定固着域の直下(図2-a)では1999年8月から、同直上(図2-b)では1997年から、浜名湖下スラブ内(図2-c)でも1997年から見られるが(図中の矢印)、スラブ内非固着域(図2-d)では変化無しという傾向が読みとれる。

年4回の繰り返しによる森町-御前崎間の水準測量のデータでは(図3)、最近10年間の掛川-御前崎間の沈降は-4.7cm/年と見積もられているが、目立った沈降の鈍化は見られない。一方、GPS連続観測による掛川-御前崎間の比高変化は、最近の5年間ではおよそ-3.0cm/年と有意に小さいように見える(図4)。水準点2595(浜岡町)と御前崎の電子基準点93101との間の違いは

期間: 1995年1月1日 ~ 2000年4月22日
座標系: WGS84

精密暦

基線長変化グラフ



2000年1月1日分データより基線解析プログラム設定変更

● --- Bernese[IGS暦]

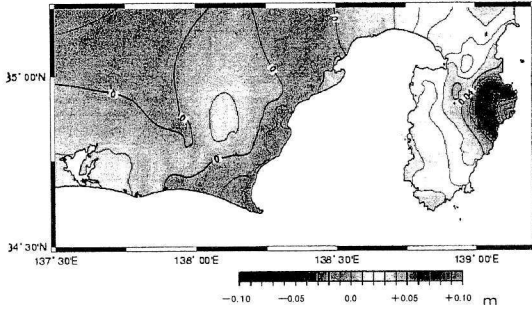
建設省国土地理院

図 4 GPS 連続観測による掛川-御前崎の地殻変動 (国土地理院)

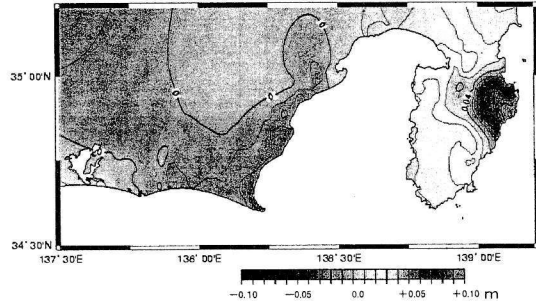
伊豆・御前崎地方の上下変動の推移

固定点:No.5368(森町)、No.43-1(小田原市)

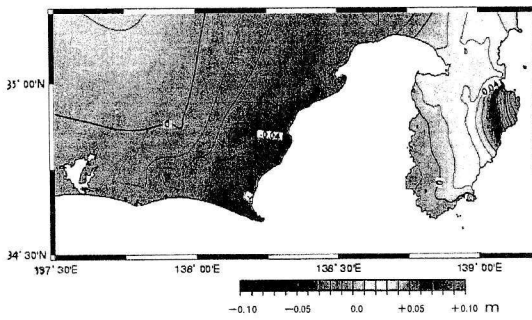
① 1979-1984年(5年間)



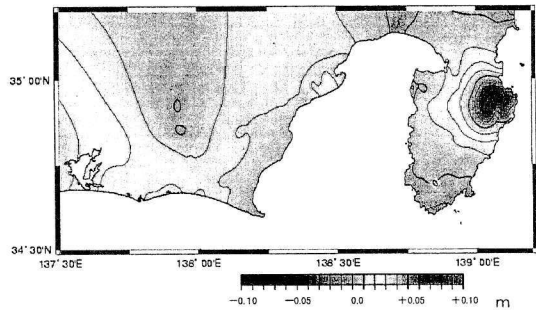
② 1984-1988年(4年間)



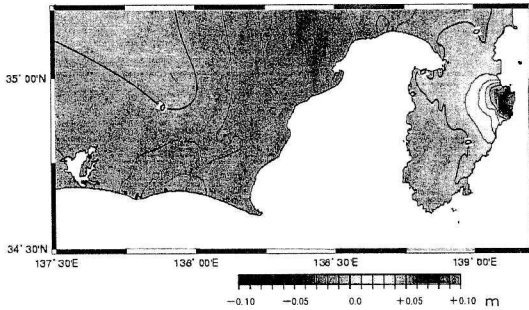
③ 1988-1993年(5年間)



④ 1993-1995年(2年間)



⑤ 1995-1997年(2年間)



⑥ 1997-1999年(2年間)

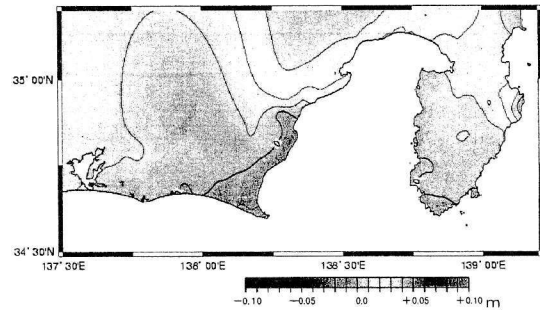


図5 最近20年間の伊豆・御前崎地方の上下変動の推移(国土地理院)

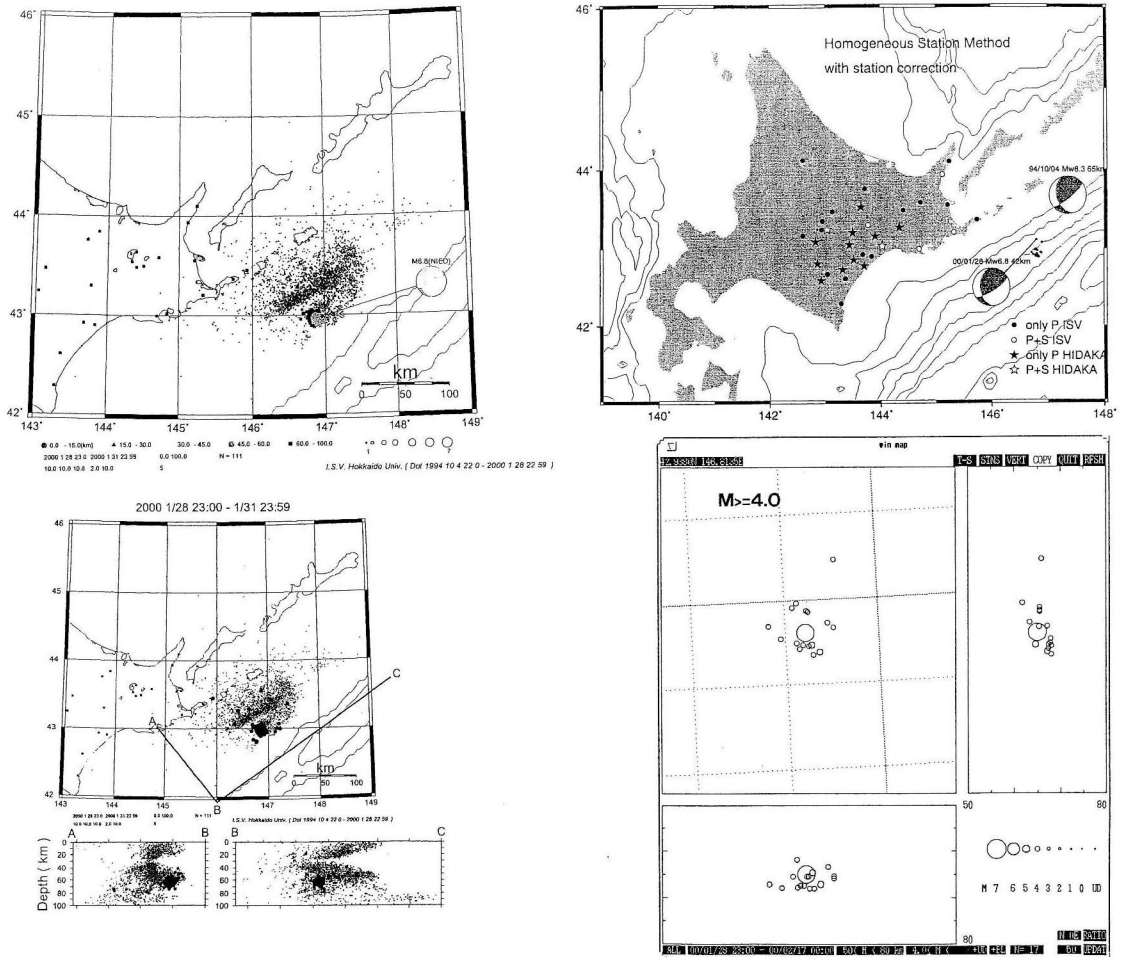


図6 北海道根室半島南東沖の地震（北大）

あるものの、この差は解決されるべき問題とされている。さらに、最近20年間の伊豆・御前崎地方の上下変動の推移(図5)からも分かるように、今後、御前崎の沈降は周辺地域の変動パターンの2~5年変動の一部としてとらえていくことにより、一層理解がすすむと期待される。

3. 北海道地域の地震活動

北海道地域では、根室半島の南東沖で1月28日にM6.8の地震が発生した。これは、1973年根室半島沖地震(M7.4)の最大余震(M7.1)の起きた場所の近くであり、1994年の地震(M8.1)の余震域の端にあたる(図6)。この地域の地震については、断層すべり面が高角か低角かを明らかにすることが、沈み込む太平洋スラブ内の破壊

様式を決めるためばかりでなく、沈み込み過程のダイナミクスにとっても重要なので、余震分布の確度向上が望まれる。

4. トピックス

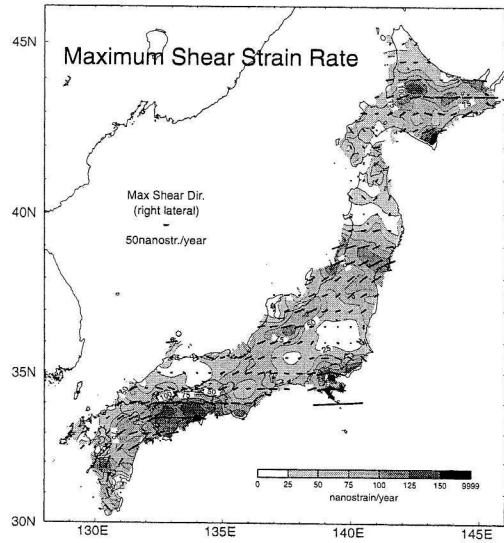
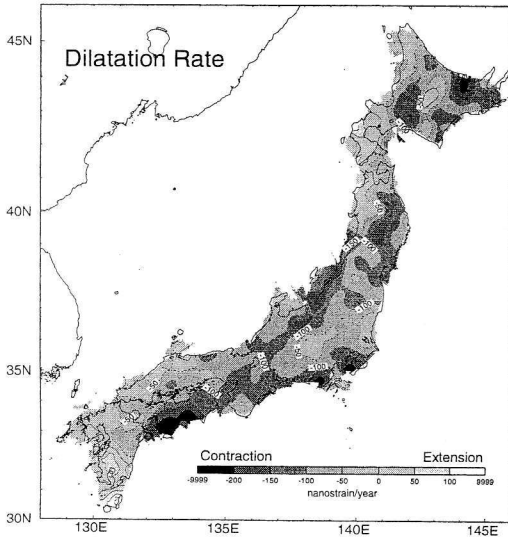
GPS連続観測の最近の成果(第136回、国土地理院・名大)では、およそ2.5年間の全国のGPS連続観測結果から日本列島の歪み速度分布を推定した。従来考えられていたプレート境界とはやや異なって、新潟から神戸にいたる幅数十kmの地域が面積歪・ズレ歪ともに顕著に大きく、「新潟・神戸地震帯」と呼ぶことを提唱した(図7)。また、1996年5月の房総半島と1997年の豊後水道付近でスローアースクエイクと呼べるイベントが検出された。後者については、1997年4月~98年4月の1年

G P S連続観測データから推定した日本列島の歪速度分布

観測データ：1997年1月～1999年7月

(1) 面積歪速度

(2) 最大剪断歪速度

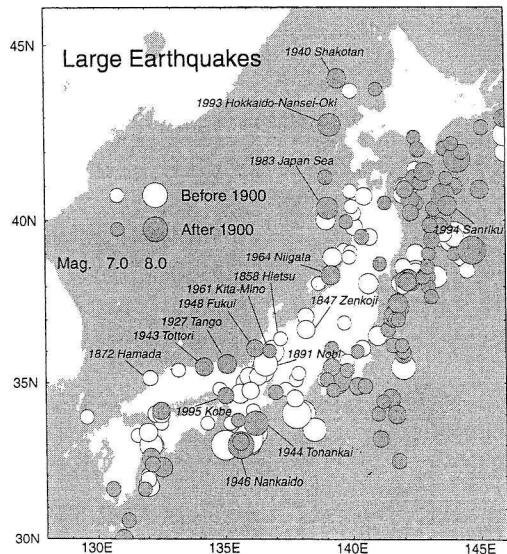
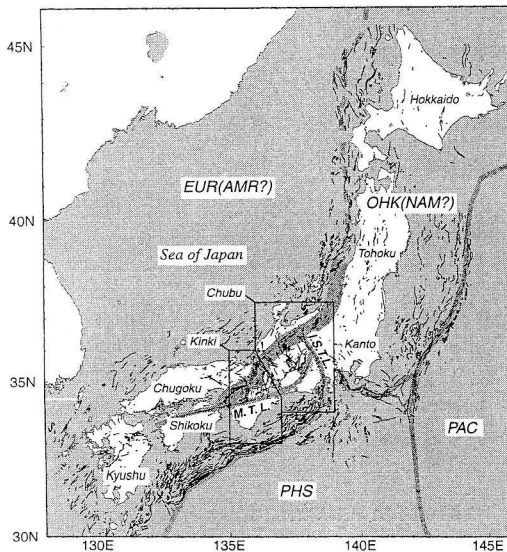


(Sagiya et al., submitted to PAGEOPH)

新潟・神戸地震帯の提唱

(1) 日本周辺のテクトニクスマップ

(2) 日本周辺の大地震

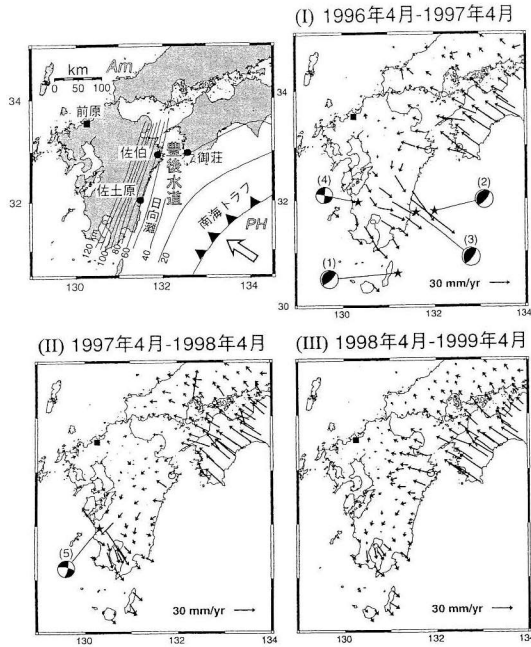


灰色の線でプレート境界、主な構造線を示す。
灰色の太い線が新潟・神戸地震帯。

(Sagiya et al., submitted to PAGEOPH)

図7 新潟・神戸地震帯の提唱(国土地理院)

1997年豊後水道ゆっくりイベント (1)



南海トラフ沿いに、アムールプレート (*Am*) 下に沈み込むフィリピン海プレート (*PH*)。コンターは、沈み込むフィリピン海プレートの等深線。左上図中の佐伯、御荘、佐土原は図9 (上) の観測点位置を示す。(I) 1996年4月-1997年4月、(II) 1997年4月-1998年4月、(III) 1998年4月-1999年4月の期間の、前原観測点 (■) に対する年平均速度ベクトル。また、それぞれの期間に発生した $M \geq 6$ の地震の位置とメカニズム (CMT 解) も示した。四国沖ではプレート間カップリングが強く、この期間を通じて四国では *PH* の進行方向と同じ北西の速度ベクトルを示す。しかし、南九州ではこのような *PH* の進行方向のベクトルは見られず、カップリングは弱い。中間に位置する豊後水道付近では、期間 (II) において北西向きのベクトルが見えなくなって、定常状態とは逆向きの動きが現れていることになる。

図8 西南日本における GEONET による3年間の速度場の変化 (1996.4-1999.4) (国土地理院・名大)

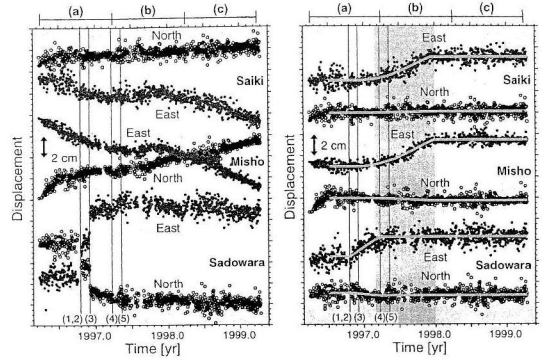
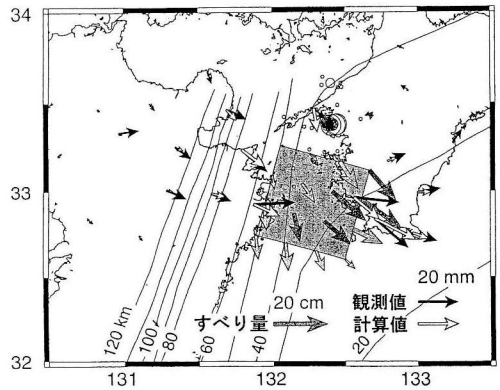
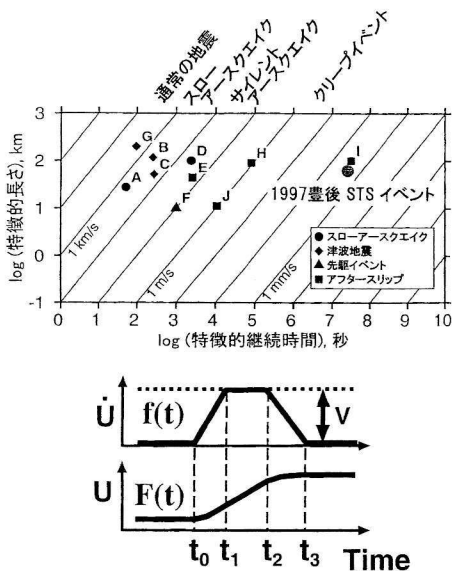


図9 中の期間 (I)-(III) における、佐伯、御荘、佐土原の3観測地点 (図8 (左上)) での、GPS で決められた日々の地面の動きの東西、南北成分を表す。元データ (左図) から直線成分と年周期成分を除去した非定常成分を右図に示す。(1)-(5) は図8 (I), (II) に示した地震の発生した時刻を示す。



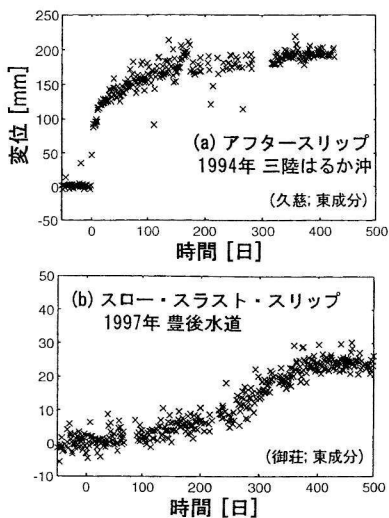
グレーの四角が推定断層領域で、その上のグレーの矢印が推定されたすべり量ベクトルを示し、下盤に対する上盤側のすべりを表す。また、黒矢印が観測された地表変位のイベント成分、白矢印は推定された断層面上のすべりから求められる地表変位の計算値を表す。海域に示した矢印が変位量のスケールで、地表変位と断層面上のすべり量でスケールが異なることに注意。

図9 (上) 佐伯、御荘、佐土原の3観測点位置の時間変化の例と (下) STS イベントによる地表変位とそのモデル (名大)



(上) 横軸にイベントの特徴的な継続時間（時定数）、縦軸にその特徴的な長さの対数で示す（A, 1978年バングラデシュ地震；B, 1896年三陸地震；C, 1946年アリューシャン列島地震；D, 1960年チリ地震；E, 1978年伊豆大島地震；F, 1976年フリウリ地震；G, 1992年ニカラグア地震；H, 1992年三陸地震；I, 1994年三陸はるか沖地震；J, 1997年愛知県東部地震）。Beroza and Jordan (1990) に加筆。(下) STS イベントで仮定した断面での変位の時間変化（震源関数）。

図 10 (左) ゆっくり地震の特徴のまとめと (右) 余効変動と STS イベント



(a) 1994年三陸はるか沖地震の余効変動（アフタースリップ）と (b) STS イベント、ともに GEONET でとらえられたデータを示す。イベントの始まりから約 500 日間の変化を示しているが、余効変動と STS イベントでは変位の立ち上がりと減速の部分が大きく異なることが分かる。縦軸のスケールが両者で違うことにも注意。

間がその前後と非常に異なる変化を示したことから発見され（図 8）、STS イベント（Slow Thrust Slip Event）と呼ばれた。このイベントのすべり量はプレート境界面の逆断層運動によると仮定すると M6.5 の地震に相当し（図 9）、日向灘で発生した通常の地震と比較して震源過程の特異さが顕著である。とくに、特徴的な滑りの継続時間と特徴的な大きさ（長さ）から、この STS イベントのすべり速度変化はサイレントアースクエイクやクリープイベントと類似しており、余効変動とは著しく異なることが強調された（図 10 右）。

第 137 回のトピックスでは有珠山の活動と活断層について説明と質疑が行われた。有珠山の噴火活動に伴う地震活動・地殻変動は、暫定的なものであるが図 11～13

に示す。地震活動は噴火の 4 日前から開始したが、噴火 1 日目の 3 月 30 日に活動のピークを迎え、噴火後は急激に減衰した（図 11）。震源の大部分は深さ 3～8 km で山頂の南西部（小有珠直下？）を中心としたものであった。噴火口につながるような地震活動はわずかに見られたが、詳細はまだ不明である。地殻変動については、噴火の前後で継続的に測定していた点は極わずかであるものの、変動量は噴火口周辺の 2 km に集中しており、最大数 m/日の大きさであった。噴火後 2 カ月になる現時点では、地殻変動は局所的となり地震活動も減衰したため、今後の噴火活動の推移予測が難しい。また、第 2 のトピックスとして、活断層、とくに西南日本の活断層とその深部構造についての概略説明があった。

有珠山周辺の地震活動（期間別の震央分布図（再計算震源））

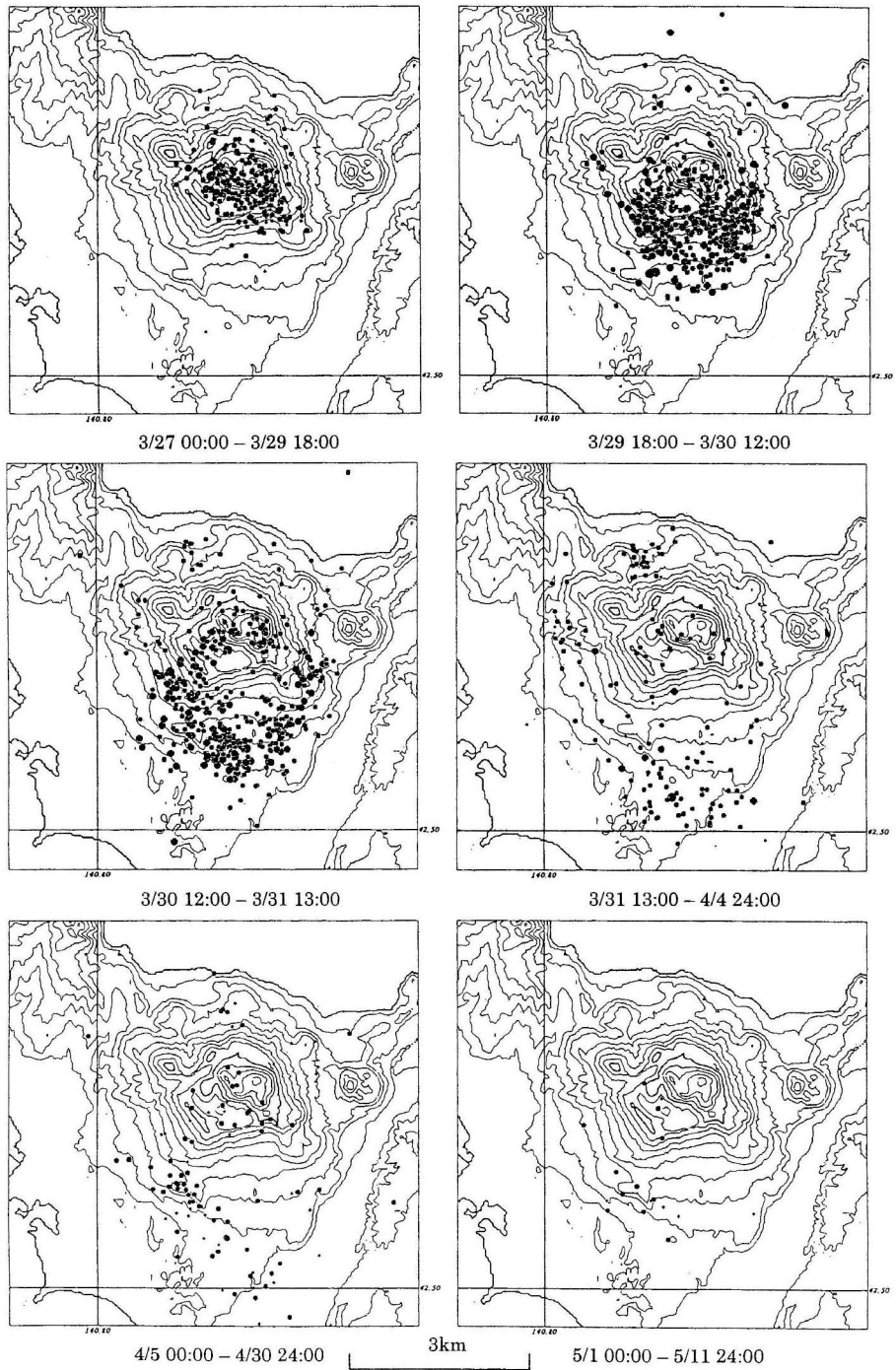


図 11 噴火前後の有珠山周辺の地震活動（気象庁・大学）

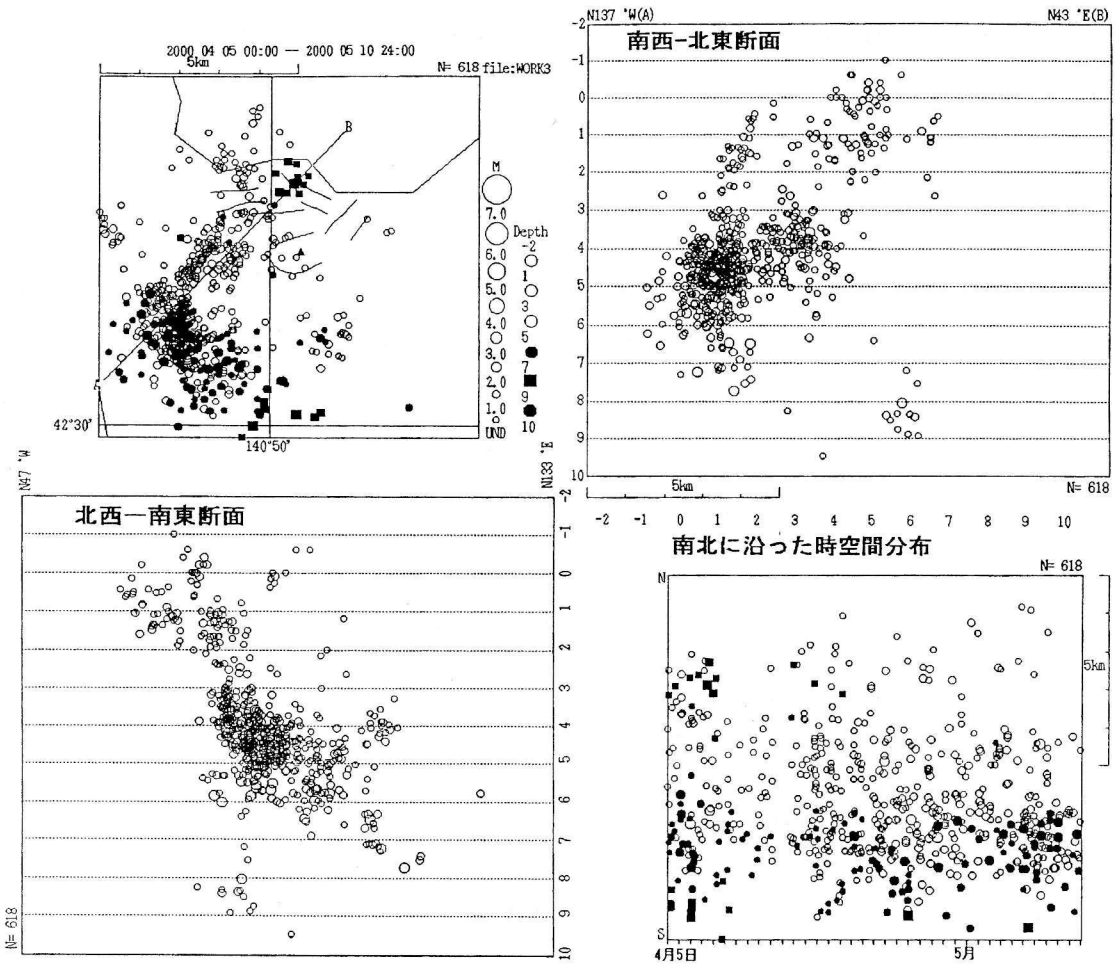
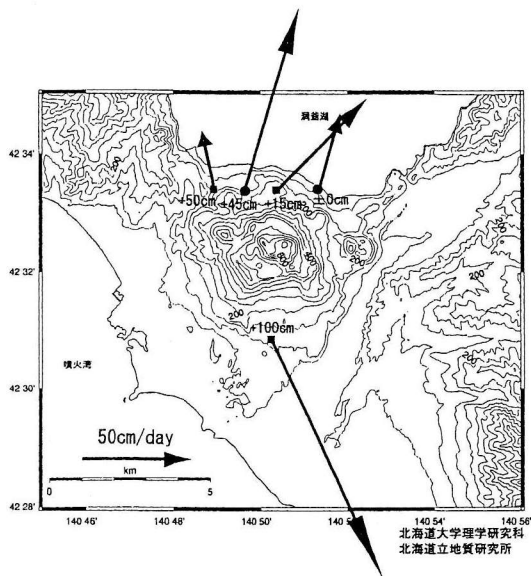
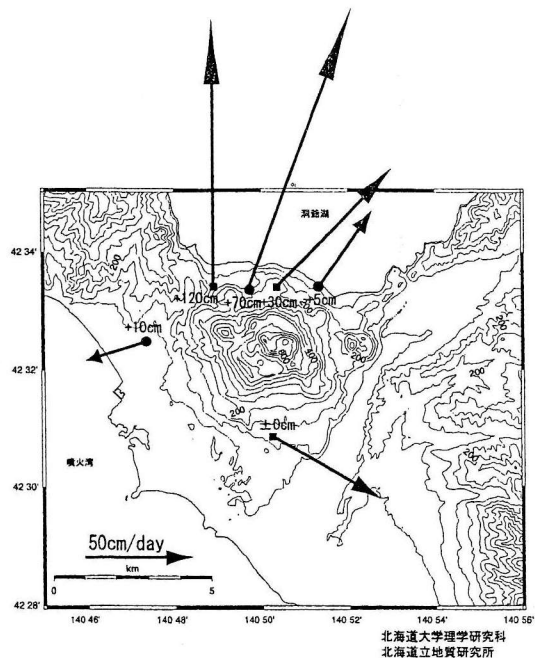


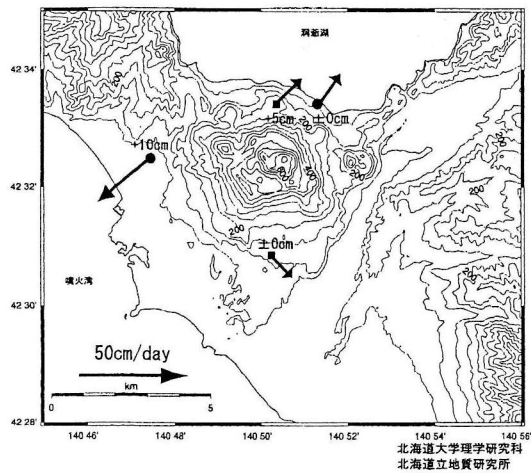
図 12 噴火後の震源分布 (気象庁・大学)



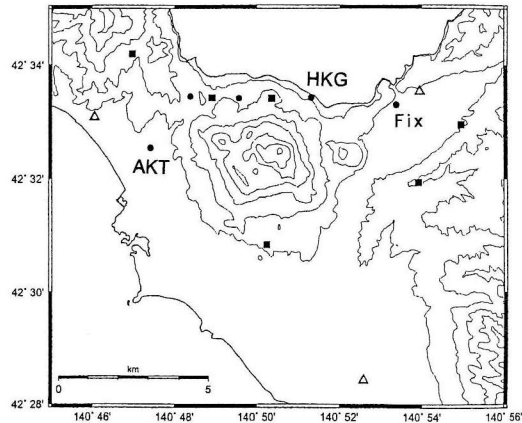
(a) 3月29日09^h00^m～3月30日09^h00^mの変動(室蘭固定)



(b) 3月30日09^h00^m～3月31日09^h00^mの変動(室蘭固定)



(c) 3月31日09^h00^m～4月1日09^h00^mの変動(室蘭固定)



(d) 噴火前(3/28-30)に設置したGPS観測点

(a)-(c) 水平変動ベクトルと隆起量(数値で示す)

図13 GPSによる有珠山噴火前後の地殻変動(北大・有珠山総合観測班)

3月31日分は、3月31日09^h00^mより4月1日09^h00^mまで最初の西山西火口での噴火は3月31日13^h10^mに発生。

■ 書 評 ■

● 地震はどうしておこる

茅野一郎 著
環境と人間 地震をしらべる

評者 浅野俊雄

1995年1月17日兵庫県南部地震が起き、大きな被害が出た。日本は世界でも地震の多い国である。日本に住んでいる人で地震を体験していない人は、まずいないだろう。ところが、日本では地震はある意味で非常に身近なものであり新聞でも大きく取り上げられたりして話題にのぼることが多いわりには正しく理解されていない。

それは、今まで適切な地震解説書がなかったため、一般の人はなかなか理解できなかった。その点、本書は“地震はどうしておこる”“どこにおこる”“おこったらどうなるか”“どうしたらいいか”という観点で書かれている。さらに、平易に書いてある（文字にはルビがふってある）ため、中学生から一般の人にもよく理解できるであろう。

本書は、大きく5章から成り立っている。地震全般の説明として、震度・マグニチュードの説明と地盤による震度の違い、地震計の原理と地震波のP波、S波を説明している。さらに、地震にともなう、先立ついろいろな現象として地鳴り、井戸水・温泉の変化など地震の前兆を紹介している。しかし、この前兆現象は紹介だけでよくわからない。具体的な地震の前兆現象でも紹介されていればよい。

次に、地震のおこるところでは、世界の震源の分布と日本の地震の分布を示している。そこで、主に東日本の太平洋側では関東大地震のような超大型の地震がたびたび起きている。静岡県の沖から紀伊半島や四国の沖では100年から200年に一度、大地震が起きており、次の地震に対する準備をする必要があると強調されている。

また、兵庫県南部地震の際生じた野島断層のような地盤のうごきは、水準測量、三角測量によってわかる。現在ではGPSにより日常的に観測されている。潮岬、室戸岬は地震の度ごとに隆起し、過去の海岸線から地震の頻度を推測できる。そして、地震をおこす原因がプレートテクトニクスによると書かれている。

このような地震は予知できないか。しかし、地震予知（いつ、どこで、どんな地震がおこるか）は難しい。地殻の伸び縮み、傾き、ねじれなどの地殻の変形から地震の予知を知ろうとしているが、1,000mについて1cm以下の変形であるため測定は難しい。さらに、地震は余震、群発地震などが本震の前後に頻発するが、大地震の前触れかどうかの判断は難しい。今までの地震のおこり方を詳しく調べなければならないと書かれている。

そして本書の特徴として、最後に地震による災害をまとめている。関東地震（1923）の被害を紹介し、現在での被害予想をしている。さらに、地震の災害をなくすために、あわてて外に飛び出さない、自動販売機・ブロック塀・墓石に気をつける、火を消す、安全なところへ避難するなど地震にあったときの心得を紹介している。

<小峰書店、1999年12月、103頁、本体1,300円>

● 生々しい地震防災対策

井野盛夫 著

抗震

—東海地震へのアプローチ—

評者 柳川喜郎

のっけから私事で恐縮だが、私は昭和51年11月、NHKの海外特派員から帰国した。時差ボケがのこっているうちに、「東海地震の放送対策の責任者をやってくれ」と、おおせつかった。

新潟地震などの災害報道の経験はあったが、まだ発生していない地震の放送対策とは？、げげんに思った。話をきいてみると、駿河湾を震源とする巨大地震がおきそう、それが予知できそうだというのである。

公共放送、災害時の指定公共機関として、防災放送や災害報道はNHKの重要な任務で、さっそく事情をつかむために取材をはじめた。

その年の夏、「東海地震説」がいわれるとともに、にわかには地震予知の実用化が現実性をおびて、翌年春には「判定会」なるものが発足するというのである。

しかし、いくら「判定会」が地震を予知しても、それを社会に伝達しなければ、実用化にはならない。だが、

危険さわまりない？地震予知情報をメディアとして、どう伝えたらいいのか、ほんとうに途方に暮れてしまった。こうして私は「東海地震」の渦に巻きこまれていたのである。

『抗震—東海地震へのアプローチ』の著者、井野盛夫さんも、私と同じように東海地震の渦中に巻きこまれた一人である。前代未聞の地震予知を前提とした防災対応にあたる行政担当者として、おそらく当時は暗中模索の日々だったにちがいない。あれから四半世紀、『抗震』の第二章、地震予知体制、第三章、大規模地震対策特別措置法あたりに、その間の経緯が淡々と書かれているが、井野さんにとって手探りのなかで思い悩む毎日であっただろう。

野心的で、かつバラ色に見えた地震予知は最近ではやや色褪せた感じだが、絶望的ではない。少しでも予知の可能性があれば、果敢に、そして周到に賭けてみる価値はある。

また、「東海地震」のおかげで静岡県の防災体制は格段に進んだ。『抗震』の第九章、自主防災組織の育成、第十章、静岡県の地震防災対策に紹介されているように、静岡県の防災対応はおそらく世界でも類例がないほど、といってもよいだろう。井野さんはその構築にあたってきた中核であり、それだけに簡潔な表現ながら説得力がある。

井野さんが「あとがき」のなかでふれている静岡県立大学の防災総合講座もユニークな存在で、たぶんこれも世界で例がないだろう。「東海地震」を風化させないためにも、ぜひ続けるべきだろう。

私は「東海地震」の渦からスピン・アウトしたが、井野さんはひきつづき「東海地震」の渦中にいつづけるらしい。次回はエピソードなどを混ぜて、ぜひ「東海地震と私」を書いてほしい。歴史の語り部として。

いずれにせよ、『抗震』は、「東海地震」とはどんな地震であったのか、どうなりそうな地震なのかを知ることができるハンディな書である。

<静岡新聞社、2000年2月、167頁、本体2,500円>

● 新しい近畿地方の活断層台帳

岡田篤正・東郷正美 編

近畿の活断層

評者 今泉俊文

阪神淡路大震災から5年が経過した。活断層が国民的関心を集め、国も地方自治体も大学の関係者も、活断層の調査に奔走する日が続いている。そんな中で近畿地方の活断層の台帳とも言うべき本書が新たに刊行された。あの野島断層をはじめ、神戸・大阪・京都の大都市部にもしっかりと「赤い線」が記されている。近畿地方が世界でも有数の活断層密集地域であることがわかる。

本書は、『新編日本の活断層』（活断層研究会、1991）の詳細版（地域編）ともみることができる。本の体裁・構成（第Ⅰ部：解説、第Ⅱ部：分布図と資料、および付図）や資料の提示（分布図、解説、資料表）が同じ形式である。しかし、いろいろな点で違いがあることに気づく。

第一に活断層の「定義」である。一般には、活断層は第四紀（過去約200万年間）に繰り返し活動した断層として理解されているが、本書では、これを第四紀中・後期（約30万年前）以降に繰り返し活動したものに限って「活断層」（赤色）としている。この認定基準にあわない場合には、「紫線」（30万年以前にのみ活動した断層）や「黒線」（断層組織地形とみられるリニアメント）で表示されている。近畿地方の「活断層」の特徴を熟知した著者ら、ならでの考えがはっきりと示されている。今後、他地域の活断層調査の一つの指針となるであろう。

また、「活断層」については、その認定の確からしさ（確実度）を2段階に分けており、著者らの判読作業の過程が見えてくる。そして、全ての図幅（5万分の1地形図86葉）について、各種の地形面（段丘面分類や地すべり）の分布が青色と淡紫色で示されているが、これは活断層（ではないものも含め）と判読した根拠や、判読された活断層の特徴を、利用者が理解する上でも役立つ。基図が大縮尺という利点を十分に活用したもので、『九州の活構造』（九州活構造委員会、1989）にならっている。

さらに、どの頁にも従来の研究成果に加え、兵庫県南部地震以降行われた最新（1999年まで）の調査結果が豊富に盛り込まれている。第Ⅰ部解説には、近畿地方の活断層から起きる大地震の危険度評価として、地質調査所の研究成果や科学技術庁地震調査委員会長期評価部会の考えが詳しく紹介されている。本書が、単に近畿地方の活断層データブックにとどまらず、国や地方自治体、さらに地震防災対策に携わる民間企業が、本書を災害軽減策の柱として活用して欲しいという著者らのあつい思いが、この本の重さ（3.6kg）から伝わってくる。

最後に、立体地図や空撮写真が、口絵から所狭しと並んでいるが、これも地元への理解を第一に考えた心憎いばかりの配慮であろう。

<東京大学出版会、2000年3月、395頁+付図4葉、B4判、30,000円>

執筆者紹介

<掲載順>

氏名 本蔵義守

[ほんくら よしもり]

現職 東京工業大学
理学部長

略歴 東京大学理学
部地球物理学科卒

業、東京大学大学院理学系研究科博士課程修了、東京大学地震研究所助手、東京工業大学理学部助教授、同教授、東京工業大学大学院理工学研究科教授を経て現職

研究分野 地球物理学

著書 *Solid Earth Geomagnetism* (共著, Terrapub), 『地球内部ダイナミクス』(共著, 岩波講座) 他



氏名 大志万直人

[おおしまん なおと]

現職 京都大学防災
研究所助教授
理学博士

略歴 東京理科大学理学部物理学科卒業、東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了、日本大学文理学部助手、同専任講師を経て現職

研究分野 地球内部電磁気学



氏名 太田陽子

[おおた ようこ]

現職 横浜国立大学
名誉教授
理学博士

略歴 東京教育大学理学研究科博士課程修了、横浜国立大学教育学部講師、助教授、教授、専修大学教授を経て現職

地質調査所非常勤職員、Royal Society of New Zealandの名誉会員、国際第四紀学連合海面変化研究委員会副委員長、日本学術会議第四紀研究連絡委員会委員長

研究分野 変動地形学



著書 『新編日本の活断層』(共編, 東大出版会), 『古地震を探る』(共編, 古今書院), 『火山』(オリエール著の翻訳, 古今書院), 『変動地形を探るⅠ, Ⅱ』(古今書院)

氏名 羽鳥徳太郎

[はとり とくたろう]

現職 津波研究家
理学博士

略歴 東京高等工学院卒業(現東京工大附属)、東京大学地震研究所講師を経て現職

日本地震学会会員

研究分野 津波工学, 歴史津波

著書 『歴史津波—その挙動を探る』(海洋出版), 『自然災害を知る・防ぐ』(共著: 古今書院), 『津波波源域データ』(CD-ROM: ジオデータサプライ, 札幌) など



氏名 金沢敏彦

[かなざわ としひこ]

現職 東京大学地震
研究所附属地震地殻
変動観測センター教
授(センター長併任)
理学博士

略歴 東京大学理学部地球物理学科卒業、東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程単位取得退学、東京大学理学部助手、同助教授を経て現職

研究分野 海底地震学

著書 「地震」(東京化学同人, 翻訳)



氏名 松島悠佐

[まつしま ゆうすけ]

現職 ダイキン工業
顧問

略歴 防衛大学校卒
業, 陸上自衛隊に入



隊, 幹部学校・指揮幕僚課程に入校, ドイツ連邦軍指揮大学校に留学, ドイツ連邦共和国・防衛駐在官, 陸上幕僚監部・防衛課長, 北部方面総監部(札幌)・幕僚副長, 陸上幕僚監部・防衛部長, 第八師団長(熊本), 中部方面総監(伊丹)を経て現職

研究分野 危機管理, 防衛問題

著書 『阪神大震災・自衛隊かく戦えり』(時事通信社), 『震災自衛マニュアル, 大震災が教えた生死の分かれ目』(大村書店)

氏名 重川希志依

[しげかわ きしえ]

現職 富士常葉大学
環境防災学部助教授

略歴 東京理科大学建築学科卒業、東京大学工学部都市工学科研究生、(財)都市防災研究所研究員、同主任研究員、同研究部長を経て現職

研究分野 都市防災, 防災教育, 災害弱者

著書 『学校防災読本』(共著), 『新学校安全読本』(共著), 『新時代の都市計画』(共著)



氏名 表俊一郎

[おもて しゅんいちろう]

現職 九州産業大学
名誉教授

理学博士(東京大学)

略歴 東京帝国大学理学部地震学科卒業、東京大学助教授、同教授地震研究所、建設省建築研究所国際地震工学部長、九州大学教授建築学科、九州産業大学工学部長、同大学長を経て現職

原子力委員会原子炉安全専門審査委員、原子力委員会専門委員、通商産業省原子力発電技術顧問、日本地震学会会長、物理探査学会会長、ユネ



スコ主催地震及び地震工学に関する
政府間会議日本代表員

1968年建設大臣表彰、1982年科学
技術省原子力安全功労者表彰、1975
年イスタンブール工科大学賞状、
1992年勲三等旭日中綬章

研究分野 地震工学、地震災害工学
著書 『振動便覧』(分担執筆、技報
堂)、『原子炉施設の耐震設計』(分
担執筆、産業技術出版)、『都市直下
地震』(久保寺章と共著、古今書院)

氏名 金子史朗

[かねこ しろう]

現職 科学ジャーナ
リスト

略歴 東京文科大学
地学科卒業、同研
究科中退、東京都立立川高校教諭を
経て現職

理学博士

研究分野 構造地形学

著書 『世界災害物語』I-III (胡桃
書房)、『ボンベイの滅んだ日』、『活
断層と地震』、『ソドムとゴモラの滅
んだ日』以上、中公文庫、『人類の
絶滅する日—ある日突然、星が墜ち
て』(原書房)、『科学が明かす古代
文明の謎』(『中央公論』)など

氏名 石田瑞穂

[いしだ みずほ]

現職 科学技術庁防
災科学技術研究所総
括地球科学技術研究
官

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修了、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)研究員、地震活
動研究室長および地圏地球科学技術
研究部長を経て現職

研究分野 固体地球物理学(地震学)

著書 『日本列島の地震』(共著)他

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 浅野俊雄

[あさの としお]

現職 東京都立豊島
高等学校教諭

略歴 東京都立大学
理学部地理学科卒
業、公立中学校(理科)教諭、公立
高等学校(理科地学)教諭を経て現
職

研究分野 地形学、地学教育

著書 『新版 東京都 地学のガイド』
(編集担当、共著、コロナ社)

氏名 柳川喜郎

[やながわ よしろう]

現職 御嵩町長

略歴 名古屋大学法
学部法律学科卒業、
NHK入局、東京本
局社会部勤務、ジャカルタ支局長、
ニューデリー支局長、解説委員を
経て現職

研究分野 防災、環境、廃棄物

著書 『最後の大陸を行く』『桜島
噴火記』(NHK出版)、『火山列島日
本』(NHK出版、共著)『情報産業

の未来像』(日刊工業新聞社、共著)

氏名 今泉俊文

[いまいずみ としふみ]

現職 山梨大学教育
人間科学部教授
理学博士

略歴 東北大学理学

部地学科(地理学)卒業、同大学院
博士課程中退、東京都立大学理学部
助手、山梨大学教育学部助教授、同
教授を経て現職、

研究分野 自然地理学・変動地形学
著書 『日本の活断層』、『新編日本
の活断層』、『九州の活構造』(いず
れも共著、東大出版会)

地震予知総合研究振興会

人事異動のご紹介

(平成12年4月)

- ・東北大学教授を定年で退官さ
れた平沢朋郎氏が本振興会の理
事・地震調査研究センター所長
に就任されました。高木前所長
は理事長職に専念されます。
- ・東京大学名誉教授・地震予知
連絡会会長の茂木清夫氏が本振
興会の理事に就任されました。
- ・理事高橋 博氏は去る平成
12年1月17日逝去されました。
謹んで哀悼の意を表します。
- ・なお、事務局長松本 功氏は
平成11年7月1日付けで監事
に就任され同日鎮守芳久氏が事
務局長に就任されました。

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

兵庫県南部地震以降、活断層による内陸直下型地震の社会的重要性が認識され、国の主導の下に全国的な活断層調査が実施され、活断層の危険度の評価が行われている。しかしながらその調査に基づく地震の再発生までの予測期間の精度は、最小数百年以内に止まり、直接的な防災対策の推進に十分反映できない現状にある。

本研究は、これまでの地震予知研究の蓄積の成果として、断層深部における地震の発生限界深から、地殻内の脆性-塑性境界領域におけるすべりの発生を作業仮説として、震源に迫るものであり、その過程をモデ

ル化して、地震発生の予測精度を高めようとする新しい挑戦である。

地震発生に関するモデル化の試みは従来からも進められてきたが、海洋プレートからの押しに対して、内陸地殻はその上部プレートの弾性ひずみのみによって地殻内応力の蓄積が進み断層の限界強度を超えた時、地震が発生するとされてきた。

本研究の作業仮説では、上下地殻とも海洋プレートの沈み込みによる応力を受け、下部地殻では変形が断層延長部分に集中し緩慢な断層すべりが生じる。これにより上部地殻の断層に応力が蓄積し、上下地殻境界付近に震源核が形成され、それが急激に成長して断層が破壊し大地震が発生する、としている。

このような作業仮説を実証し、モデル化する研究は、現在震源核が形成されつつあり、また、最近のGPS観測により、全国的にも地殻ひずみの集中が大きいと見られる、長町-利府断層、糸魚川-静岡線北部を対象に関係機関が協力して実施している。

研究の内容としては、まず、断層深部のすべりの地質学的、物質科学的研究による深部地殻のすべり機構を解明するため、断層深部が露頭と

して観察できる福島県畑川破碎帯、山梨県内の糸静線を対象とした現地での断層破壊・すべりの解明が行われる一方、室内での高温・高圧変形破壊実験による深部すべりの機構が研究される。断層深部の構造探査は、対象地域において、地震探査、電磁気学的探査が大規模に行われる。地上では対象地域及びその周辺において、高密度のGPS、地震観測網による地殻活動の精密観測・解析が実施される。また、既往の大地震を対象とした前駆的事象に関する調査・研究も文献資料などを含めて行われ、これらを総合的に検討して深部すべり過程のモデルの構築とその検証・高度化の研究が実施される。

本研究は科学技術振興調整費により推進され、平成11年度を初年度とする第I期3年間の研究成果に対する評価により第II期2年間の研究が継続されることになっている。

参加研究機関は、国の研究機関として、地調、防災科技研、地理院、建研、気象研。大学としては東北大、東大地震研、筑波大、愛媛大、早稲田大。民間としては地科研、近計システム、地震予知振興会等が参加している。 [SU]

編集後記

昨年8月17日にトルコ・イズミット付近で大きな地震が発生した。たまたまその地域に研究のため滞在しておられた、京都大学大志万直人先生に、その際の研究成果を紹介して頂いた。断層直近での学問的成果はもとより貴重なものだが、専門家が大地震を体験された記述は興味深い。あとで建物ほとんど被害がなかったことが分かったそうであるが、人間の行動の自由はほとんど奪われてしまうようである。兵庫県南部地震のテレビの映像でも、大震動時には人間が何もできないことを目にしたが、あらためて地震の揺れ

の恐ろしさを認識させられた。反面、建物は意外に強いのだなとも思える。

そして9月21日には台湾で、大地震が起こったが、この集集地震の断層の恐ろしさを太田陽子先生が原稿にしてくださいました。写真で見ると地盤の崩壊は、人工の構造物はどうな堅固なものでも、まったく無力で壊されてしまうことを示している。

表先生の老人ホームと地震に関する記事は、周囲に多数のお年よりが住んでおられる環境での防災に対するお考えで、一般にも通じる心構えを説いておられる。 [A]

地震ジャーナル 第29号

平成12年6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