

地震 ジャーナル

21

1996年6月

- エッセイ 都市の地震防災 ● 高秀秀信
GPSとは ● 村田一郎 — 1
ボリビア深発地震でわかったこと ● 杉 憲子 — 11
鐘楼の跳ぶ話 ● 大町達夫 / 本多基之 — 18
再び起こるか!? 関東大地震 ● 橋本 学 — 25
新しい震度階級の話 ● 北川良和 — 32
地震防災とマルチメディア ● 和田雄志 — 37
時間予測モデルとは ● 島崎邦彦 — 43
パークフィールド探訪記 ● 大志万直人 — 49
続 阪神淡路大震災と出版メディア ● 川端信正 — 52
連載: その3 地震・津波碑探訪 ● 力武常次 — 63
地震予知連絡会情報 ● 石井 紘 — 71
● 書評 — 76
● ADEP情報 — 82

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

都市の地震防災

高秀秀信

高速道路が落ち、無数の家屋が崩壊する街の光景。近代都市はこんなにも脆かったのかと、専門家の一人として、思い起こしても慙愧の念に堪えない。しかし、阪神淡路大震災を契機に、ある意味での国民全体が、ひとつ大切なことを思い出せたようだ。やっと戦後が終わったというべきか、或いは国全体のテンポが成長から成熟へ移行したというべきか、いずれにしても、追いつけ追い越せで進んできた時代の中で軽視されていた「安全性」という観点、改めて注目されるようになったのである。

神戸でも昭和初期に建造された歴史的建造物が崩壊を免れたと言われているが、大正12年の関東大震災の教訓さめやらない頃に造られたものは、実に頑丈に造られていたようである。数年前、惜しみながらも昭和3年築の市の建造物を取り壊したのだが、作業にあたる方々から「壊すのが大変だ」という声が漏れるほど、基礎が強固であった。それに比し、今日はどうか。惨事より70余年の月日の中で、大切な教訓が薄れていたということであろうか。

今年1月に日本土木学会が耐震基礎見直しへの提言をまとめられたが、この中で「これからは千年に一度の地震も考慮に入れて考えるべき」という視点が盛り込まれている。これまで耐震性というものは、むしろ地震よりも風や振動といった日常的な負荷を中心に決定されることが多かったと思う。これは、数十年に一度の地震のために、コストをかけるのはいかなものかという経済性の理論が優先した故だが、いずれにしても、これからの都市構造物については、安全性と経済性の折り合いをどこでつけていくのか、明確に示していかななくてはならない。その際、指標となるのは個々の構造物の重要性の認定である。鉄道や集客施設のように損壊によって甚大な人命が失われる可能性のあるものや、公共施設など、災害拠点となるものは、特に強固に造るといった、耐震性の基準をランク分けしていくことが必要なのではないかと思っている。関係者のみなさんには、人知を結集して一日も早い新耐震基準の確立に当たっていただきたいと願っている。

余談になるが、昨年11月に、横浜市内で「第23回日米市長商工会議所会頭会議」が開催された。この会議は、都市が抱える多様な課題を、積極的な情報交換により解決していこうという都市間協力のひとつで、日米約50都市の参加者が「都市防災」についても活発な議論を交わした。この会議で、私はロスアンゼルス市の代表団から、今年のノースリッジ地震の救助から復興に至る詳細な記録ビデオをいただいた。ロマブリータ地震・ノースリッジ地震と、ともに阪神淡路大震災と同規模の大地震でありながら、片や死者約60人、日米の生活文化の違いを理由とせず、犠牲者数の大きな開きについて、われわれは真摯に考えていかななくてはならない。ビデオは、地震被害を最小限に食い止めたものが「経験」と「連携」であると、淡々と説いている。

[たかひで ひでのぶ 横浜市長]

GPSとは

日本の現状

村田一郎

GPSの概要

この頃、地震予知事業にも多用されるようになったGPSが人工衛星を利用した地殻変動観測システムであることは、よく知られている。この記事で、そのGPSの現状を解説するが、理解を助けるため、GPS自体をまず簡単に復習しておこう。

1) 測位原理 測位の基本は、衛星と観測点間の距離の測定である。そのために、衛星から発射されている電波の観測点までの伝搬時間を測定する。伝搬時間に電波の速度（光速）を乗じて、衛星・観測点間距離とする。

衛星は地球を周回する軌道上を運行していて、その位置が時々刻々変化していくので、固定観測点の場合でも衛星・観測点間距離は時々刻々変化している。したがって測った距離は、いつの時点での距離であるかを指定しなくては意味がない。当然のことながら、衛星の位置もわかっている必要がある。衛星の電波は、いわば垂れ流し状態で連続的に発射されている。その電波は、コード信号と呼ばれる一種の時刻信号で常時変調されており、受信するとその発射時刻がわかる仕掛けになっている。この発射時刻と観測点における受信時刻との差が電波伝搬時間になる。コード信号には、それぞれ、C/Aコード、Pコードと呼ばれる2種類のコード信号があり、衛星電波は、これら2種の電波で変調されている。距離測定の物差しとみた場合、C/Aコードは1目盛りが約300m、Pコードは30mである。エレクトロニクス技術では、1目盛りの1/100程度の端数を読みとることはさほど難しいことではないので、それぞれ、3m、30cmが理論上の測距精度になるが、あと

で述べる事情があり、現実の精度はこれより1桁程度わるい。

2) 単独測位 これは、GPS本来の使用法である。衛星・観測点間の距離がわかれば、観測点は、衛星を中心とし、測定距離を半径とする球面の上にあるという簡明な事実を利用する。3個の衛星について同様の測定をくり返せば、3枚の球面の（球面同士の交線である円の）交点として観測点の位置が定まる。単独測位法は、一般には、いわゆるカーナビの名で自動車のオプションとしてひろく知られているが、趣味用よりも、船舶・航空機の航法装置として重要な地位を占めている。上に述べたコード信号が距離測定の物差しとして使われる。

3) 干渉測位 地震予知研究に重要な役割を担う地殻変動の観測に利用されるGPSの利用法である。距離測定にコード信号ではなく、搬送波自体を物差しとして使う。搬送波の波長は、約30cmであり、測距精度が単独測位に比べ、格段に高い。干渉測位法では、衛星電波の伝搬時間を測るのではなく、2地点における衛星電波の到達時間の差を測定する。一方が、基準点としてはたらし、他方が測位点である。この差を測定するために、一地点で受信した電波を少しずつずらせながら、他方の地点の受信電波の波形と重ねていき、波形の一致度の高いところを探していく。ずれ量を測るこの信号の重ねあわせ操作を干渉操作とみなし、干渉測位という用語をあてはめている。電波の到達時間の差が対衛星距離の差に対応していることはいうまでもない。

さらに、2個の衛星の電波を同時受信している場合、これらの差をとると、これは、観測点で2個の衛星からの電波の到着時刻の差を測定していることにもなっている。高等学校の数学を思い出

してもらおうが、平面上で、2点からの距離の差が一定であるような点の軌跡は、この2点を焦点とする双曲線になる。このことを利用すると、測位点は、(現実には、3次元空間であるから)2個の衛星を焦点とする回転双曲面の表面のどこかにあるはずということになる。多数の衛星が上空にあるときは、それらの電波を受信すれば、あるいは、衛星数が少ないときでも、時間が経てば天空上の衛星の位置が変化するため、測定をくり返せば、何枚もの双曲面が構成できる。これらの双曲面の共通点として測位点の位置が求められる。これが干渉測位法の原理である。

GPSの現状

衛星(NAVSTAR)の配備が完了している現在では、GPSそのものは、もはや十分実用の段階に達したいえる。GPSは元来、船舶・航空機などの移動体の位置決めを本務とする衛星測位システムであるが、地震予知研究に多少とも関連するGPSの仕事は、たとえば、地震計の設置地点の確定、あるいは、地震計の時計合せなど、GPSという単独測位の利用に関する面と、地殻変動にこれを利用しようとする干渉測位の面とに分けてみることができる。GPS測位の高精度性に関心がひかれるため、つい、干渉測位のほうに目が向かいがちであるが、GPSの利用の主体は、単独測位であり、この面でも相対測位モードが導入され、高精度化がすすんでいる。一方、干渉測位の分野でも、その欠点であった長時間観測の必要性を軽減するため、リアルタイムキネマティック方式などの手法が導入され、それぞれ技術の展開がある。

また、運用の面でも、単独測位については、各国で相対モードシステムが導入されつつあり、干渉測位の面では、IGS(International GPS service for Geodynamics)が運用されていて、参加団体の提供するGPSデータなどの資料が全世界の共有資産となっていて、だれでも自由に利用できる。すでに、GPSの世界では、国境の概念は消滅してしまっているかの感がある。

1) 衛星の見え方の時間変化 1994年3月にもっとも若い衛星である6番衛星(旧衛星に使用されていた番号の再使用)が打ち上げられ、現在、24個の衛星が利用できるようになっている。現在、運用されているGPS衛星は、II型(BLOCK II)に属するもので、さきに打ち上げられた旧型のI型が昨年11月まで、残存使用され、一時、25個が使用できた期間があった。これらの衛星のうち、1, 19, 24, 31番の各衛星が搭載時計の都合で低精度運用中である。表1は、現在運行している衛星の一覧である。

表1 運用中のGPS衛星

衛星番号	PRN番号	軌道上位置	運用開始日(年月日)
14	14	E1	89-04-15
13	02	B3	89-08-10
16	16	E3	89-10-14
19	19	A4	89-11-23
17	17	D3	90-01-06
18	18	F3	90-02-14
20	20	B2	90-04-18
21	21	E2	90-08-22
15	15	D2	90-10-15
23	23	E4	90-12-10
24	24	D1	91-08-30
25	25	A2	92-03-24
28	28	C2	92-04-25
26	26	F2	92-07-23
27	27	A3	92-09-30
32	01	F1	92-12-11
29	29	F4	93-12-05
22	22	B1	93-04-04
31	31	C3	93-04-13
37	07	C4	93-06-12
39	09	A1	93-07-20
35	05	B4	93-09-28
34	04	D4	93-11-22
36	06	C1	94-03-28

註：衛星の名称として、衛星番号とPRN番号と2種ある。PRNは、Pseudo Random Numberの略号で衛星の識別のために、個々の衛星に別々に割り当てるコード信号の種類番号。普通、衛星の名称として、衛星番号ではなく、こちらのPRNが使われる。軌道上位置のアルファベットは、軌道の種別、数字は各軌道上の位置を示す。

衛星の配備が完了しているので、日本上空に限らず、地球上のどの場所でも、いつでも必要最少限の個数の衛星は利用できるようになっている。図1は、東京における96年3月8日の衛星の出現個数と、衛星の天球上の配置による測位精度の低下率の時間変化の様子を描いたもので、国内のGPS利用に関する限り、どこでもこれらと大きな差はないとしてよい。見てわかるように、わずかな時間であるが、衛星個数が4個になってしまう時間帯がある。

最近、衛星がいつでも十分の個数利用できることから、観測時間帯を作業のしやすい日中の適当な時間に設定するなど、安易に作業計画を立てる傾向がまま見受けられる。しかし、観測時間を2

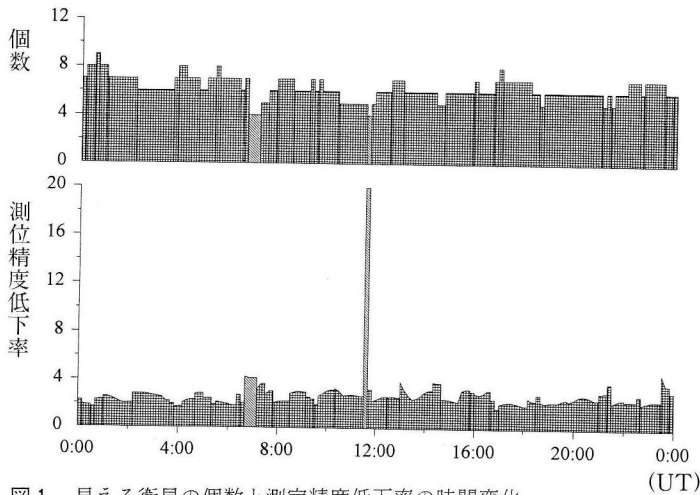


図1 見える衛星の個数と測定精度低下率の時間変化
 地点：東京，緯度：35° 45′ N，経度：139° 44′ E，
 時期：1996年3月8日

～3時間程度に限って観測を行なう場合は、たとえ衛星の個数は十分であっても、衛星の配置が良好な時間帯とそうでない時間帯とは、依然存在し、配置のよい場合と、わるい場合とでは、位置測定に精度低下率が2倍程度の差異が生ずることがあり、図の11時30分頃のように極端な精度低下が生ずることもある。このことは、観測計画をたてる際に依然注意しなくてはならないことである。

2) SA・ASの現状 GPSは、システムとして衛星の配備も整い、一応完成の域に達している。しかしGPSは、元来、軍事システムであり、米国防総省が管理している。GPSの予想以上の高精度に仰天した(?)国防総省は、意図的に衛星電波に細工をして、一般利用者的高精度測定を阻んでいる。その手法に2種類あり、それぞれ、SAとASと呼ばれている。

SAは、Selective Availability(選択可利用性)の略号である。つまり、特定の選民(?)のみがGPS本来の高精度の測定が実行でき、一般の利用者は、精度劣化した状態でのみGPSが利用できるというものである。その手法は、2種類あり、ひとつは、コード信号をわざと不正確にする方法。もう一つの方法は、衛星の位置情報(放送暦)に嘘の情報を紛れ込ませ、正確な衛星位置の計算ができないようにするものである。現在は、コード信号をぐらつかせる方法でSAが実行さ

れている。選民は、ぐらついているコード信号から正確なコード信号を復元する鍵をもっている。ただし、DGPS(Differential GPS, 相対GPS)の手法で、SAの影響はかなりの程度軽減できる。

ASは、Anti-Spoofing(抗欺瞞措置)の意味であり、GPSに対する妨害工作として、にせのPコード信号が紛れこんできた場合、それを識別排除するために、本来のPコードとは別の、Yコードと呼ばれる秘密のコード信号体系に予め切り替えてコード信号を発信する操作である。搬送波は、コード信号で変調さ

れており、そのため(測距の物差しとしての)連続性が損なわれている。コード信号が解読できれば、搬送波の連続性を回復できるが、Yコードは解読できないので、高精度測位も不可能となる。Pコードを利用して搬送波再生を行なう型の受信機では、対AS措置を予め講じてはあるものの、若干の信号品質低下による不利益を被っている。

1991年初頭の湾岸戦争の際に、いったん、はずされたSAは、91年11月15日再び有効措置が施され、現在、事実上すべての衛星にSAがかけられている。しかし、SA、AS措置による不利益は単独測位に大きく作用し、地殻変動観測手段としてのGPS利用である搬送波位相角利用相対測定では、基線測定にわずかの精度低下がある程度で、観測目的の地殻変動観測手段として、実質上、悪影響はほとんど無視できる程度である。

GPS情報の取得

インターネットが普及しつつあり、読者のなかにも利用をはじめた方も多いのではなかろうか。インターネットを利用できる場合、米国海軍天文台(Naval Observatory)のBBSにanonymous ftpでアクセスすれば、GPSに関する最新の情報を入手することができる。ファイルは、ディレクトリ/pub/gpsにある。そこには、たく

さんのファイルがあるが、その中のgpssy.txtはGPSシステムの概要の解説、gpsb2.txtがブロックII衛星の状況説明である。

一例として96年3月5日にアクセスし、gpstd.txtを取得してみたところ、2月23日版であり、そのなかに、

- 16番衛星は、02月06日05時56分(UT)から02月21日16時48分まで、使用不能であった。
- 22番衛星は、02月20日22時04分(UT)から22時59分まで、整備のため使用不能であった。
- 28番衛星は、02月26日16時00分(UT)から12時間、整備のため使用不能の予定。また、03月05日05時15分(UT)から12時間、軌道位置修正のため使用不能の予定。
- 01番衛星は、03月04日16時50分(UT)から12時間、整備のため使用不能の予定。
- 09番衛星は、02月22日23時11分(UT)から23日14時44分まで、軌道位置修正のため使用不能であった。

の旨の記載がみられた。

ちなみに、ファイルgpsb2.txtによると、どの衛星も1年に2回の割合で整備(搭載時計の[マイクロ波]ビーム[共鳴]管のポンプアップ)のため、また、1年に1回の割合で軌道上の位置修正のため、それぞれ12時間程度ずつ、使用不能時間帯がある。

これは、かなりの高頻度というべきであり、GPS利用者が作業計画を立てる際には、前述の精度低下率の変化と合わせて、留意する必要がある。そのためにも、インターネット経由のUSNOへのアクセスが望ましい。

GPSの利用

GPSの利用形態は、さきに述べたようにC/Aコードなどのコード信号を利用する単独測位と搬送波の位相情報を利用する干渉測位(相対測位)

と大きく二つに分けていた。最近、単独測位の分野にも基準点から補正情報の提供を受けて、測位精度をあげる一種の相対測位方式が利用できるようになってきたので、従来の単独測位・相対測位の分類法は、必ずしも現状に妥当するものとはいえなくなってきている。GPSの利用形態は、コード信号利用型と搬送波利用型と利用信号の種別による分類にするのが自然な形になろう。

1) 搬送波利用型 衛星の配備の完了・精密暦の自由使用・基線計算の基準となる基準点の精密座標値の確定・それに基線解析ソフトウェアの改良などの事情があり、現在、相対測位の精度は、水平位置について 10^{-8} を超える。これは距離・角を測定する在来型地上測量と比べ、2桁も良好で、しかもそのような結果が日常的に得られている。これは、驚異的と表現してさし支えないほどの成果であり、近い将来、地震予知研究の面でも、より広く固体地球科学研究の分野にも大きな発展をもたらすことが期待される。

1-1) 観測形態——搬送波利用型観測で最初に開発された静止測量は、最高の測定精度をもっているが、観測に長い時間が必要なのが欠点である。1回の観測に2~3時間、最高精度を追求する場合には、24時間の連続観測も行なわれる。観測に長い時間が必要であるということは、学術目的にはさておき、測量の実務のためには、大きな問題点である。また、別の問題として、相対測位では、基準点で取得したデータと観測点で取得したデータとを組み合わせなくては、基線計算ができないという事情がある。したがって、データ処理は、観測終了後ということになり、やはり、迅速な成果を得るために障害になっている。

前者の問題点に対しては、GPSの測定精度は、実用上十二分のものですでにあるので、その精度を犠牲にして、測定時間を短縮し、実用性を高める方向で数種類の手法が開発されている。また、後者の問題に対しては、無線設備を利用して、基準点のデータを観測点に送り、現場で計算してしまうリアルタイム処理方式が採用されている。これら2種の対策を単独で、あ

るいは組み合わせて使う方式により、以下のような何種かの観測方式がある。

- 擬似静止測量
- 高速静止測量
- キネマティック測量
- オンザフライ測量

これらの各手法と無線伝送利用の有無とを組み合わせて、さらに、

- リアルタイムキネマティック (RTK) 測量
- リアルタイムキネマティックオンザフライ (RTKOTF) 測量

の各手法が開発されている。

擬似静止測量は、本質的に通常型静止測量と変わらないが、同一地点で、1時間程度以上時間を隔てて2回の観測を行なう。2回の観測の間は、もちろんデータはないが、いわば、そこで大きなサイクルスリップが起きたとみなす。むしろ、その間に衛星の配置が大きく変わることを利用する。空いている時間帯を利用して、ほかの観測点で同様な観測を行なうことができるので、時間を有効に使える。

通常の静止測量では、観測開始時点における

表2 総体測位各手法の特徴

	使用周波	限界基線長	精度 (水平方向)	測定時間	初期化 時間	サイクルス リップの影 響
静 止	L1 (L2)	10 km (10 km)	0.5cm+1ppm*D	>1時間	不 要	な し
高 速 静 止	L1 + L2	20 km	2cm+1ppm*D	<20分	不 要	な し
キネマティック	L1 (L2)	5 km	2cm+1ppm*D	数 秒	数 分	あ り
オンザフライ	L1 + L2	5 km	2cm+2ppm*D	数 秒	数 分	な し
リアルタイム キネマティック	L1 (L2)	2-3 km	2cm+2ppm*D	数 秒	数 分	あ り
リアルタイム キネ マティック オンザ フライ	L1 + L2	2-3 km	2cm+2ppm*D	数 秒	数 分	な し

[提供：トリプルジャパン]

測定精度：現実には、表中の値よりよい結果が実現している。

測定可能基線長：多くの場合、表中の値より長い基線でも利用できる。

たとえば、静止測量では、地球規模で基線解析が行なわれている。

100kmを超える基線で、高速静止測量を試み、良好な結果を得ている。

未知数である波数整数値部分を確定するために長時間観測が必要であるが、高速静止測量では、衛星が送信している2種の電波の2周波の間の関係を利用して、この未知数の探索範囲を狭めるなどの工夫をして短時間のデータから初期値を割り出せるよう工夫がこらしてある。

キネマティック測量では、座標値既知点を利用して、あるいは、アンテナ交換法で初期波数を確定し、観測点間の移動中も受信機を受信状態に保持することで、次の観測点で初期波数不確定性が発生しないようにするものである。途中、受信状態が中断するなどして、サイクルスリップを起こせば、既知点への立ち戻りが必要になる。

オンザフライ法では、2周波を利用するが、観測点での取得データのみでその観測点での初期波数値を2周波間のデータの特性と連続取得データの統計的な性質を利用して、リアルタイムで初期値を確定するものである。ちなみに、オンザフライという言葉は、「飛行中」という意味で、宙返りなど激しい姿勢変化と高速運動が特徴である航空機のリアルタイム位置決めを表すことに由来する。

2) 単独測位 コード信号を衛星への測距データとする単独測位は、SAや、AS措置のため、測位精度が100mと大きく劣化している。図2は古い資料であるが、試験的に1地点での単独測位のくり返し測定の結果を表したものである。図から、現実には、100mということはないが、数十m程度の精度であることがわかる。

この分野でも相対測位手法が開発されている。干渉測位と同じように固定基準局で同時観測を行ない、測定座標値の変動として現れる、対衛星測距データのふらつきへの補正量を観測者に送信し、観測者側では、これをつかって、対衛星測距データを補正しながら、位置計算を行なうものである。この手法は、一般に、DGPS(Differential GPS)と呼ばれて

GPS 検討会

日本への GPS 導入の初期段階に GPS 検討会があった。この検討会は、東京大学地震研究所の加藤照之助教授が主宰していたもので、活動の一環として、衛星の打ち上げ状況、各機関団体の活動などを広報してくれる『GPS ニュースレター』を刊行していた。また、例年 12 月に GPS を主題とした研究会を開催し、そこでの発表内容を研究会集録のかたちで出版していた。この検討会では、地震予知の立場からの発表が多いため、内容が地殻変動に関連した精密相対測位が主体になっているが、その方面のその年の国内の GPS 活動を概観するには、もっとも好都合な出版物となっていた。この現状紹介もその研究会集録から多く引用させて頂いている。

残念なことにこの検討会は、GPS 普及という一応の使命を果たしたとして、1994 年末に解散した。解散はしたが、この検討会が GPS 普及に果たした役割は高く評価されてよいと思う。

国土地理院の GRAPES

わが国の GPS 利用の現状を紹介するうえで欠かせないのが、国土地理院が全国に展開した GPS 固定点連続観測網 GRAPES である。GRAPES は、GPS Regional Array for Precise Surveying の略称の由。

国土地理院が国内の測量作業の基準点を整備・維持し、各点の座標値を管理していることは、周知のことである。従来、これらの点は、具体的に、三角点・水準点の形で提供されてきていた。このうち、水平位置座標は、三角点(一等本点 332 点、同補点 637 点、二等点 5056 点、三等点 32770 点、それに四等点 48376 点)で、また高度座標は、水準点(一等点約 17700 点)によりわが国の測量の測量基準体系が維持・提供されてきた。三角点の水平座標値の計算精度は 1 cm と規定されており、各点の水平座標の精度もこの値に制限される。高度座標を規定する水準点の標高精度は、観測上

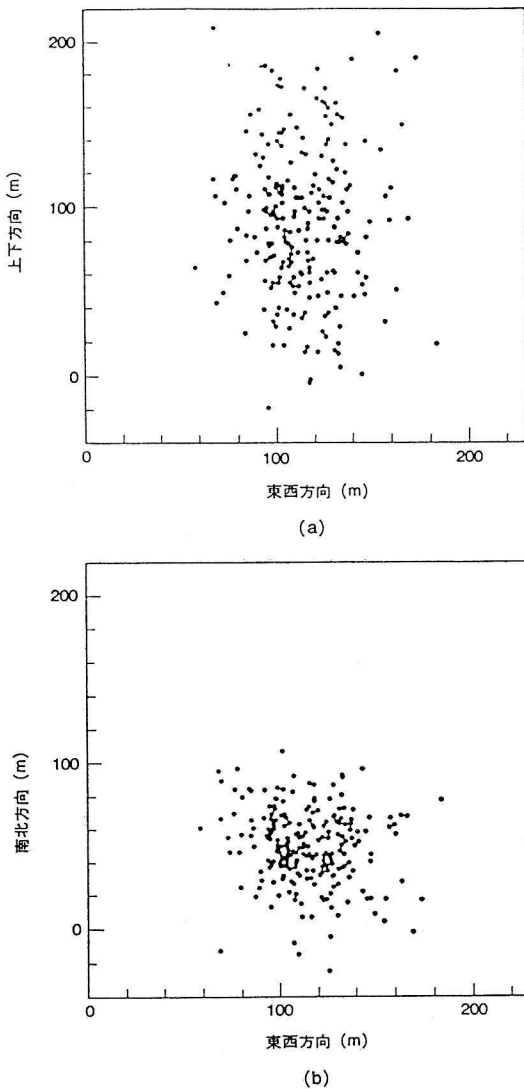


図 2 単独測位をくり返し実行した場合の測定値の分布
いる。図 3 は、その一例で、アンテナを測定者が手で保持しながら、9 m×5 m の長方形に沿って 2 周した場合の結果を示したものである。格子間隔は、1 m。精度は、地殻変動観測には、まったく役に立たないが、船舶の位置決めや土木工事測量には十分に役に立つ。工事測量でいえば、現場でリアルタイムで結果が得られることは、大きな特長で、設計図面を地上に表示する杭打ち作業を高効率で実行することができ、応用のための技術開発が強力にすすめられている。

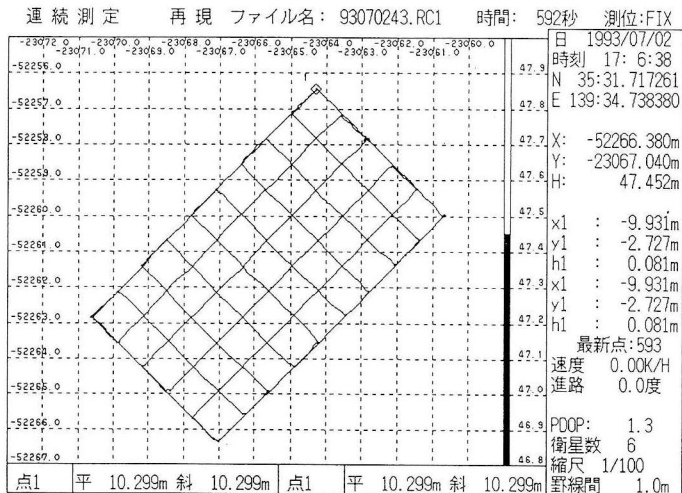


図3 リアルタイムキネマティックオンザフライの例
(提供: ニコンジオテックス株式会社)

の往復差が一等水準点の場合、 $2.5\sqrt{s}$ mm(s は km で表した測線長) で精度が規定されている。

1) **GRAPESの概要** 国土地理院では、水平位置決定精度における在来型測量形態に対するGPSの優位性を認め、1994年度全国に100点余りのGPS観測局を設置した。点間の距離は平均120km程度になる。94年秋から、GRAPESは、実態として、すでに稼動状態にあり、常時連続観測を続けている。このGPS観測網の整備により、一般のGPS利用者は、自分の測量地域の近隣の国土地理院のGPS観測局を基準局として、GPS測量を実行できることになる。点間距離が120kmであるから、間に観測点をおく利用者は、最速でも60kmのところ地理院GPS観測局があるとしてよいことになる。このシステムが導入されて、国内の測量精度は飛躍的に高まるのが期待できる。日本の測量史上画期的なできごとといえる。

GRAPESには、もう一つの使命があり、それは、このシステムで生産されるデータを利用して、日本全域の地殻変動を監視することである。観測が連続観測の形で行なわれるので、地殻変動の解析も連続的に行なわれる。地震予知研究の立場からは、こちらのほうが重要である。これまで、広域の地殻変動は、もっぱら測地測量の担当するところであったが、測地測量では、地震発生して

から測量班を編成し、直ちに復旧測量を行なったとしても、結果が出るのが数ヶ月後、半年後のことであった。GRAPESの運用により、即時性は大幅に改良される。たとえば、図4は兵庫県南部地震時の地殻変動を翌日の18日に作成したものである。また、高精度測位に不可欠な精密暦も地震発生2日後には、作成された。このような即応性は、従来型の測地測量では考えられなかったことである。なにより、連続観測である。運用のしかた次第で、リアルタイム方式を採用し、時間分解能を秒単位にまでたかめることも、地理院担当部署では視野のうちに含めておられるようである。

また、これら全国100点のGPS観測局とは別に、国土地理院は、やはり100点のGPS観測局を地震予知観測強化地域である東海・南関東地域に配備した。全国網に対して、こちらは、この地域に対する地震予知事業の立場からの観測事業であり、観測成果に対しては、高精度性もさることながら、むしろ迅速性の要求が高い。そのため、1日6時間の観測とし、放送暦を使用して、観測直後に成果を算出する形で運用されている。

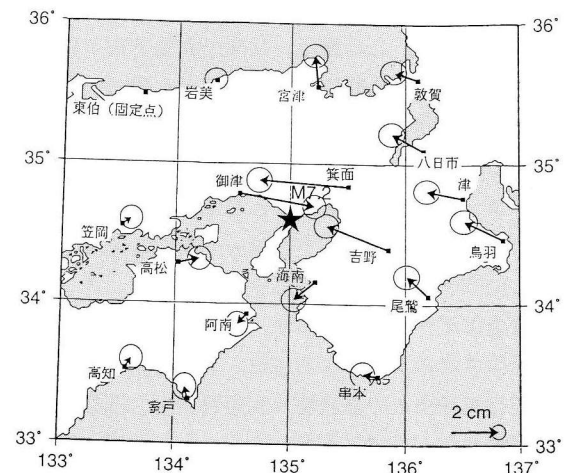


図4 1995年兵庫県南部地震時のGPS点の移動
(鎌田高造: GPS研究会 [GPSシンポジウム1994] 集録, 113ページ)

2) 臨時電子基準点の運用 1995年1月17日の1995年兵庫県南部地震に際し、国土地理院では、GPSによる地震時の地殻変動観測を実施した。地震直後に行なわれた測量作業に使用された測定点のうちの8点がこの電子基準点の試用という意味合いで継続観測を続け、一般の測量作業も、阪神地域での測量作業にこれらの臨時電子基準点で取得された位相データが利用できるようになった。これら臨時電子基準点は、一応、95年9月30日期限で運用されているが、これらは、いわば、GRAPESの試用版であり、今後の全国網の運営の参考になるものと推定している。できることなら、運用期間をさらに延長して、GRAPESの実用化につなげて頂きたいものである。

3) 画期的な資料取得方法 従来型の測量を三角点を基準として実行しようとする場合、座標値・視準点方向角など三角点に関する何種かのデータを国土地理院のしかるべき窓口で閲覧入手する。この際に入手するデータは、改測などによる変更がない限り、原則として、いつでも同じデータであり、かつ、筆記できる程度の量である。

これに対し、GRAPESで提供されるデータは、観測で取得された原データ（搬送波位相データ）である。GRAPES点を基準点として、現場で測量作業に従事する技術者が直接必要とするのは、この原データである。30秒間隔でデータを取得すると、1日分のデータ量は、1メガバイト程度の量になる。この量は、従来の測量で取り扱うデータ量とは、比較にならない莫大な量であり、いままでと同じ手段でデータを提供することは不可能である。この困難に対し、国土地理院では、パソコン通信を利用することを考慮している。パソコン通信ネットワークにフォーラムを開設し、そこにデータを集積しておく。利用者は、そこから自由にデータを引き出す。このシステムが現実運用されるようになるには、データ保安の問題、現行測量法との整合性・利用料課金の問題など、解決しなくてはならないいくつかの問題がある。また、測定データばかりでなく、基線解析の結果も観測データと同じくパソコン通信を介して入手することが可能になると聞いている。

4) 点数の増加 国土地理院では、このGRAPESの100点の観測点をさらに400点増やし、現在、南関東・東海地域に集中配備されている100点のGPS点をも含ませ、合計600余点で全国を覆う観測網を構築することを決定した。1995年すでに、予算措置が講じられ、網の増備が始まった。一般に、相対測位では基準点・観測点で両観測点に共通に入り込む誤差要因の影響を同時観測のデータの差をとることで除去するが、点間距離が長い場合、この効果が薄れる（通常、10km程度が目安とされている）ので、ことに強い誤差因である電離層の影響は、各点の個別2周波観測で除去する必要がある。つまり、長距離基線観測の場合には、2周波受信機を使用する必要があるが、短距離なら、電離層の影響の共通性に頼っても十分に実用になる成果が得られる。この意味で、地理院のGRAPES点が600点に増加し、点間距離が25km程度になることは、2周波受信機に比べれば、大幅に低廉な1周波受信機が実用的な測量にも役立つことを意味し、その意義はきわめて大きなものがあるといえる。

今後、国土地理院ではこれら600点のGPS観測点を測量の基準点として維持していかなくてはならない。従来の三角点が、いわば静的な基準点であるのに対し、GPS基準点(地理院では電子基準点と呼んでいるようであるが)は、いつどこで測量作業を行なうかわからない一般の利用者に対応するために、全点を常時活動状態を維持していかなくてはならないという意味で、動的な基準点ということができる。これら動的な基準点を今後全点を維持していくには、莫大な経費・労力が必要であろうが、国土地理院の精力的な活躍に期待するところ大きいものがある。

大学の活動

日本のGPS活動の中で、大学には、1987年、当時としては大量の100台近くのGPS受信機が導入され、各大学でそれぞれの大学が所属する地域の地殻変動を観測する形で活発な観測が始まった。しかし、国土地理院のGRAPESの導入に

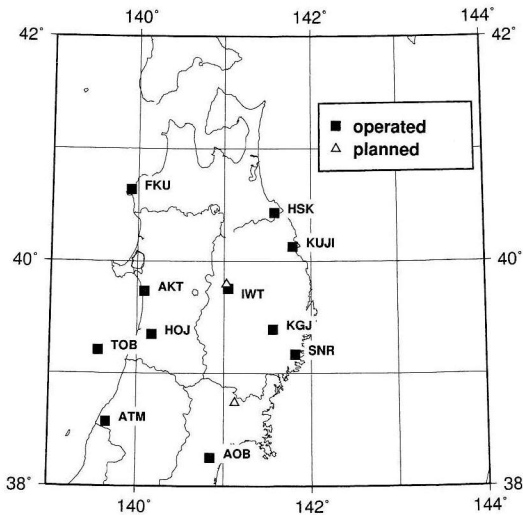


図5 東北大学のGPS観測点
(三浦哲他：GPS研究会 [GPSシンポジウム1994] 集録, 119ページ)

より、全国を対象とした十分に観測点密度の高い地殻変動監視体制が完成するので、地域全体を監視する役割は、GRAPESに担ってもらい、大学は、独自の目的にそって活動を行なうことになる。1994年から95年にかけて、政府の景気刺激策の一環として、大学にもさらにGPS受信機の

増備が行なわれた(『GPSニュースレター』100号94年2月)。これらの受信機のうち、東大地震研究所で入手したものは、同所が全国共同利用研究所へと改組されたのに関連して、全国の諸大学を対象とした共同利用設備として、貸し出しが行なわれ、積極的に利用されている。

1) 東北大学のシステム 大学のGPS活動の一例として、東北大学のシステムを紹介する(GPS研究会 [『GPSシンポジウム』1994] 集録, p. 119)。

同大学では、1988年に観測を始めているが、94年の増備の際にシステムを一新し、11点で、ほぼ東北地方全域を被う形で観測網が設置された(図5)。各点1日24時間の連続観測(データ取得間隔波1分)の形でデータ取得が行なわれ、データは、公衆回線、地域センター、専用回線経由で仙台の中央局に集められる。一方、世界のGPS活動の中心的役割を担っているIGSから、IGS点の観測データ、精密暦を取得し、これらを利用して基線計算が行なわれる。基線解析の一例を図6に示す。1cm/100km級の精度で結果を得ていることがみとれる。

2) 稠密観測 比較的自由に行動できる大学の

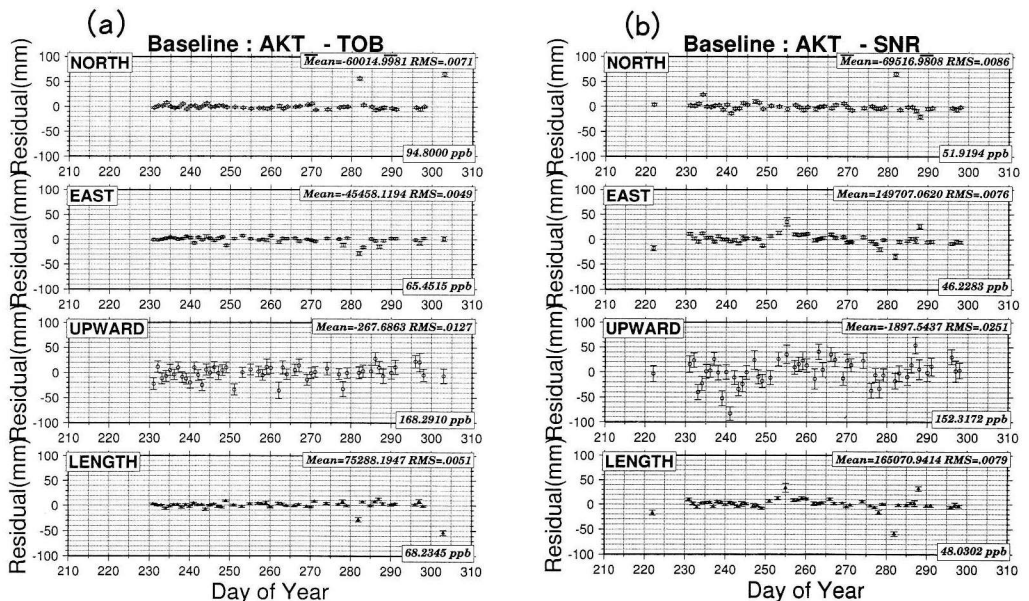


図6 東北大学GPS観測網成果の一例
(a) 秋田-飛島基線, (b) 秋田-三陸基線。
(三浦哲他：GPS研究会 [GPSシンポジウム1994] 集録, 119ページ)

特色を活かした活動の一例として、伊東の稠密観測の例をあげてみよう。伊豆半島域では、「1974年伊豆半島沖地震」以来、断続的に活発な地殻現象が起きているが、活動の中心が次第に北上し、1989年には、伊東市近くの手石海丘噴火をみるに至った。その後もこの地域では、活発な地殻変動が継続していることが在来型の測距・水準測量で明らかになってきたので、GPS 大学連合では、この地域の地殻変動の実態を明らかにするため、稠密 GPS 観測を実行することとした。行動が自由である大学の作業実施のための最大の障害は、資金不足であるが、幸いに、この観測のために日産自動車株式会社から財政的な支援を受けることができた。この作業は、94年度、95年度、さらにできれば96年度とくり返して、この地域の地殻活動の実態を明らかにしていく予定になっている。図7に示すように、比較的狭い領域にこのように多数の受信機を配備しての観測は、あまり行なわれたことがなく、この地域の地殻活動の詳細な実態が明らかになるものと思われる。94

表3 伊東 GPS 稠密観測の概要

観測期間	: 1994年7月5日~8日
観測域の広さ	: 南北20km・東西15km
使用受信機台数	: 27台
観測点数	: 49点
平均点間距離	: 2 km
観測時間	: 6時間

年の観測の概要を表3に示す。

3) 国際観測 また、大学では、海外におけるGPS活動との連携にも積極的に、近隣の韓国・中国・台湾・ロシアの諸国との間で共同観測の計画がすすめている。臨時観測の形で、すでに一部実施された事例もある。

また、現地に出向いて、相手国の研究者と現地で共同観測を行なう形の協力活動も、インドネシア、エジプトなどを相手に実行されている。

そのほかの機関

国土地理院・大学以外にも、防災科学技術研究所・海上保安庁水路部・通信総合研究所・航空宇宙技術研究所など、いくつかの国立研究機関でGPSに関係した事業が推進されている。

日本で入手できる受信機の大部分は、米国をはじめとする外国製、またはそのOEM商品である。エレクトロニクス大国の日本で、これは奇妙なことのように思える。じつは当初、日本でも受信機の開発がはじめられたが開発の中途段階で、米国製の受信機を購入するという条件づきで予算措置が講じられ、政府機関に一齐に当時としては、大量の受信機が導入され、開発が中断した経緯がある。現在、単独測位機は別として、干渉測位型の受信機を製作販売している国内会社は1社のみである。

現在、GPSをめぐる日本の状況は、国土地理院のGRAPESを代表とするような大きな変換期にある。これは97年1月17日の兵庫県南部地震を契機に一気に現実化したものではあるが、GPSに多少とも関係する者は、これから大きな転換を経験することになる。

[むらた いちろう 東京大学地震研究所教授]

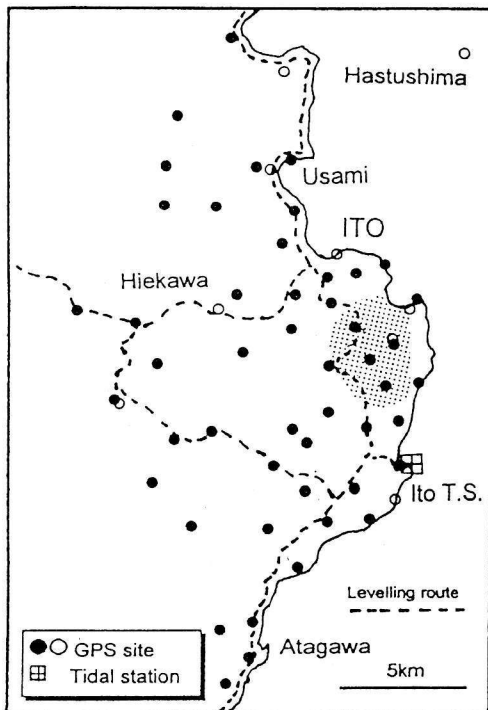


図7 伊東周辺域 GPS 稠密観測網
(GPS 大学連合: GPS 研究会 [GPS シンポジウム 1994] 集録, 117 ページ)

ボリビア深発地震でわかったこと

杉 憲子

はじめに

南米のボリビアで1994年6月、巨大な深発地震が発生した。この地震は発生当初から、震源や地震活動、地球の自由振動や内部構造、南米のテクトニクス、深発地震の発生メカニズムなど、各方面の研究におおいに役立つと期待された。本稿では、このボリビア深発地震の研究がなぜ大切だったのか、それらの研究によって何が明らかにされたのかななどを、各研究分野のレビューを含めて紹介する。

ボリビア深発地震について

ボリビア深発地震は、発生時刻が1994年6月9日0時33分16.1秒（グリニッジ時間なので日本時間では午前9時半過ぎ）、発生場所が南緯13.862度、西経67.540度、震源の深さが637kmであった（米国地質調査所による）。地震の規模を示すマグニチュード M_w は8.3であり、深発地震としては観測史上最大であった。この地震は、ペルー・チリ海溝において南米大陸の下に沈み込むナスカプレートの内部で発生した。南米では、ナスカプレートの沈み込みに関連して地震活動が非常に活発である。南米の震源分布を図1に示す。数値を添えた曲線は等深度線である。今回の地震の震央と、これに先立って1994年1月10日にペルーとボリビアの境界で起こった深発地震（深さ606km、 M_w 6.9）の震央もあわせて記入してある。今回の地震は、これまで地震活動がなかった場所で発生した巨大深発地震であり、研究者たちを驚かせた。

深発地震とは一般に、震源の深さが300km以

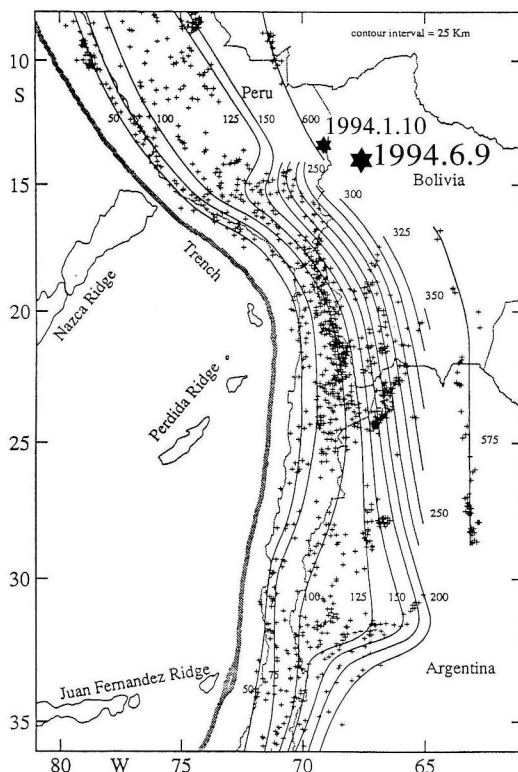


図1 南米の震源分布と等深度線
(Cahill and Isacks, 1992)

等深度線の間隔は25kmである。1994年6月9日のボリビア深発地震と1月10日のペルー・ボリビア境界地震の震央を記入してある。

上の地震である。そして、深さ70kmから300kmまでの地震はやや深発地震、70kmまでの地震は浅発地震と呼ばれることが多い。深発地震の存在は1920年代に和達清夫によって指摘され、その後、深発地震とやや深発地震（あわせて深い地震ともいう）のほとんどは、沈み込む海洋プレートの内部で発生することが明らかにされた。深い地震の発生は沈み込んだプレートの存在を示す直接の証拠なのである。しかし深発地震については、

和達の指摘から70年を経過した現在でも、発生のメカニズムを含めて多くの点が解明されていない(深発地震についてのレビューは、Frohlich, 1989). 浅発地震については、断層面に沿って急激なずれが生じ、弾性波が発生伝播する現象であることがわかっている。しかし高温高压の地球内部では、地震波を発生するような脆性破壊が起こるとは考えられない。これまで岩石実験の結果に基づいて、断層運動に変わるメカニズムが提唱されてきたが、今回のボリビア地震によって、深発地震の原因が明らかにされるのか、注目が集められた。

1980年代後半からアメリカやフランスなどが中心となって、高性能の広帯域デジタル地震計観測網をグローバルに展開してきた。最近では全世界の地震波のデータは、地震の発生直後にアメリカのIRIS(大学間地震学研究連合)のデータセンターに収集され、さらに、遅くとも数時間以内には主な震源情報がルーチン的に求められる。そして世界中の研究者たちは、インターネットを通じて地震波のデータや震源の情報を、いつでもどこでも入手できるようになっている。今回の地震は、短周期の地震動から地球潮汐まで(周期は0.1秒から半日周期まで)に対応するこの観測網によって記録された初めての巨大深発地震である。一般に深発地震の規模は浅い地震に比べて小さい。マグニチュードが8を超える深発地震でこれまでに知られているのは、1970年に起きたコロンビア地震(深さ653km)だけである。当時はアナログ地震計の時代であり、1960年代に世界百カ所余りに設置されたWWSSN(世界標準地震計観測網)のアナログ記録と比較すると、現在のデジタル記録からの情報は量・質ともに格段に改善されている。理論の進歩とあわせて、今回の地震から多くの研究成果が期待された所以である。ところで、このボリビア深発地震の発生後に電子メールで送られてきた震源情報は、予想と大きくかけ離れるものであった。その震源についての研究から紹介をはじめたい。

震源過程

地震波の発生源に関するプロセスを総称して震源過程という。ボリビア深発地震の発生直後にKikuchi and Kanamori (1994)は、IRISの広帯域地震記録を用いて波形インバージョン(Kikuchi and Kanamori, 1991)を行ない、地震のメカニズムや破壊の時空間分布など、震源過程の基本的な性質を調べた。

彼らの解析では、震源過程をサブイベントの時系列とみなし、観測波形に最も良く合うように、各サブイベントのメカニズム・大きさ(地震モーメント)・発生時刻・位置を、最小自乗法を繰り返すことによって逐次決定していく。図2に彼らの結果を示す。用いた記録は、震央距離が30°から100°にある観測点で得られた実体波(直達P波、反射pP波・sP波)である。(c)は断層メ

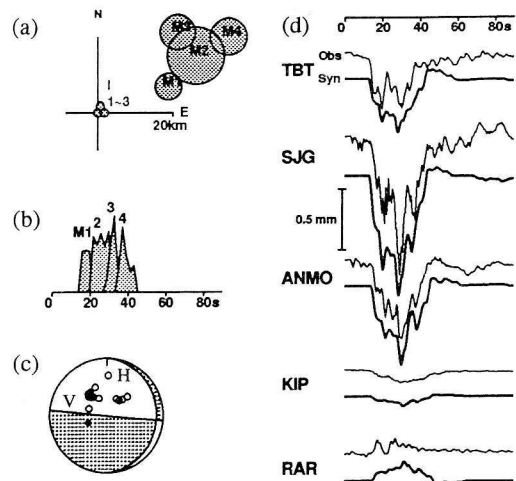


図2 ボリビア深発地震の震源の解析結果(Kikuchi and Kanamori, 1994)

- (a) 水平断層面上のサブイベントの空間分布。I 1~3は初期破壊、M 1~4は主破壊を示す。
- (b) 震源時間関数。M 1~4は(a)に対応する。
- (c) 断層メカニズム解(下半球等積投影)。○印は観測点である。砂目部分は初動が押し、白い部分は引きの領域にあたる。2節面の(走向・傾斜角・すべり角)はHが(1°, 13°, -4°)、Vが(95°, 89°, -103°)である。
- (d) 観測波形(上段)と理論波形(下段)の比較例。Moは 2.9×10^{21} Nm, Mwは8.2。

カニズムを表わす。○印は観測点への震波線を下半球に投影したものであり、砂目部分は初動が押し、白い部分は引きの領域である。押し引き領域の境界面を節面と呼ぶ。2節面のうちの一方は実際の断層面、他方はすべり方向に垂直な補助面となる。この地震では、ほとんど水平な断層面Hに沿って上側が北にずれたか、または、東西に走るほとんど垂直な断層面Vに沿って南側が下にずれたかのいずれかである。いずれが断層面であるかを定めることは、震源過程を理解する上で重要であるが、一般に容易ではない。浅発地震については余震分布・地殻変動などのデータを用いて断層面を決定するが、深発地震はこれらを伴うことが少なく、地震記録が唯一の情報源であることが多い。この地震では幸い、理論波形と観測波形の一致がよりよいこと、破壊が一定の深さで進行したことなどから、水平面Hが実際の断層面と判断される。(a)は水平な断層面上でのサブイベントの空間分布、(b)は震源域全体の時間変化を表す震源時間関数、(d)は観測波形と理論波形の比較例である。この地震のモーメント M_0 は 2.9×10^{21} Nm、モーメントマグニチュード M_w は 8.2 と求められている(ただし、 $\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$)。

震源では、10秒程度の初期破壊 [(a)の I 1~3] が発生し、主破壊 [(a)の M 1~4] はその20km程度東または北東の地点から始まって北東方向に進行した。破壊の拡がり方は扇状と推測され、破壊時間は約30秒、距離は約40kmである。断層面積 S を $40 \times 40 \text{ km}^2$ と仮定すると、平均的な応力降下量 $\Delta\sigma$ は110 MPaとなる(ただし、 $\Delta\sigma = 2.4 \times M_0 S^{-1.5}$)。地震は蓄積された応力を解放する現象であり、地震の前後の断層面上での応力変化(すなわち応力降下量)は、プレート内部の応力状態を反映している。深発地震の応力降下量は浅発地震に比べて高い(たとえば、Fukao and Kikuchi, 1987)、プレート内部地震の応力降下量はプレート同士の境界で発生した地震に比べて有意に高い(Sugi et al., 1989)などの報告がなされている。今回の地震は地震モーメントが大きく、その割合には断層面積が小さいので応力降下量が非常に高い。これは深発地震の特徴といえる。

幸運なことに今回の地震は、ボリビアとブラジルに展開されていたローカルな広帯域地震計観測網(BANJO/SEDA と BLSP)によっても記録されていた。ローカルとグローバル両方の地震記録を用いて、波形の方位依存性を考慮した震源過程の研究が行なわれ、断層の垂直方向の幅が10km以内になること、破壊伝播速度が1~2 km/sと遅いこと(通常はS波速度の60~70%)、破壊面積は $30 \times 50 \text{ km}^2$ であることなどが示された(Beck et al., 1995)。また余震活動(本震から20日以内、マグニチュード2.2以上の余震89個)からは、水平断層であること、沈み込んだナスカプレートの厚さは深さ650km付近で30km余りであること、この地震はプレートを分断する規模であったことなどが示された(Myers et al., 1995)。余震が少なく、これまでその観測が困難であった深発地震で余震データが得られたこと、これをもとにして断層面の決定がなされたこと、余震の減少パターンが浅発地震に類似していることから、深発地震と浅発地震の発生メカニズムの類似が示唆されたことなど、得られた成果は大きい。

Kikuchi and Kanamori (1994) は、実体波による解析とあわせて長周期表面波(周期175~250秒)による解析も行なっている。HarvardやCaltech、東大地震研究所もCMT解を求めており、これらはすべて類似の結果を与えている。また、BANJO/SEDA と BLSP の記録から求められた震源過程ともよく一致する。ここでCMT解とは、セントロイドモーメントテンソル解の略称であり、地震発生メカニズムがモーメントテンソルによって表現される(モーメントテンソルについては、たとえば、川勝, 1991a)。

1994年1月10日にはペルー・ボリビア境界で、今回の地震の前震とみなされる地震が発生している(図1)。震源位置は本震の西北西約200km、深さ606km、 M_w 6.9、そしてメカニズムは本震とほとんど同じで水平断層であった(菊地、私信)。ところで、今回の地震はその前震とともに、得られた震源過程が予想とはおおいに異なっていた。図2(c)のような断層メカニズムの押し領域の

真ん中を主張力軸 (T 軸) が通り、引き領域の真ん中を主圧力軸 (P 軸) が通っている。一般に P 軸・T 軸には、海溝—弧—地震帯 (弧は島弧または陸弧) の走向と直交する傾向がみられ、これまで南米で起こっていた深発地震はこの傾向にそっていた。しかし、今回の地震とその前震は P 軸・T 軸がほぼ南北を向いており、一般的なメカニズムとは異なる。この点を考慮しながら、次に南米のテクトニクスに目を向けよう。

ナスカプレートの形状と応力状態

プレート内部で起こる地震活動は、プレートの形状や状態を反映している。図 1 に示した南米の震源分布からは沈み込むナスカプレートの形状が示され、今回の地震の震源過程からはプレート内部の応力状態が推測できる。

図 3 (a) に、南米で起こった深さ 100 km 以深の

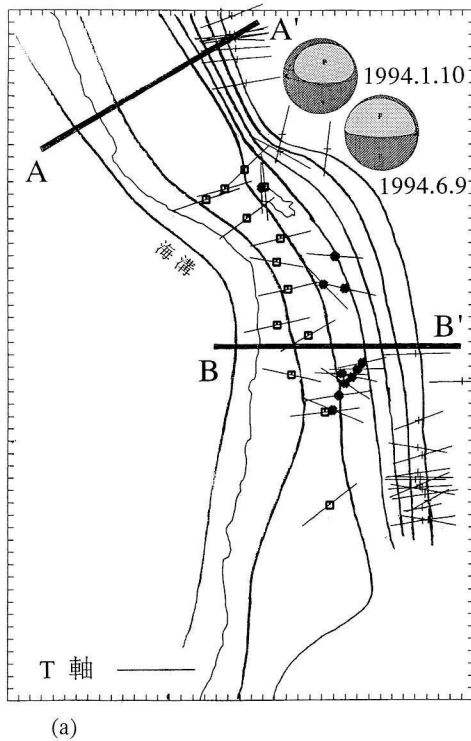
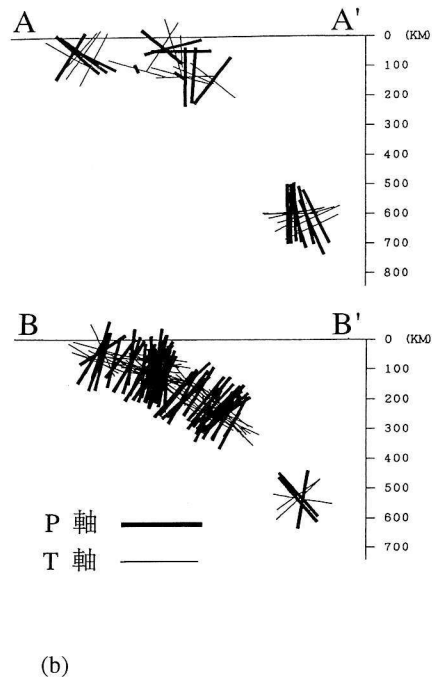


図 3 (a) 南米の等震度線と深さ 100 km 以深の地震の T 軸。1994 年 6 月 9 日のボリビア深発地震と 1 月 10 日のペルー・ボリビア境界地震の CMT 解を記入してある (P・T は P 軸・T 軸)。
(b) (a) の AA' と BB' 地域の P 軸・T 軸の断面図。
(杉・山中, 1994 より)

地震の T 軸を水平面に投影したものを示し、あわせて今回の地震とその前震の CMT 解を記す。(b) は (a) の AA' と BB' に沿った地域の P 軸・T 軸の断面図である (ただし (b) は 100 km より浅い地震を含む)。地震活動は、AA' 周辺では海溝から深さ 150 km 付近まで、BB' 周辺では深さ 300 km 付近まで連続している。ほとんどの T 軸はプレートの傾斜方向にそろっており、沈み込みの方向に引張り力が働いていることを示す (down-dip extension という)。これより深い部分で地震活動はいったん消滅するが、深さ 500 km から 650 km の間で再び活発になる。この深さでは P 軸がプレートの傾斜方向にそろっており、沈み込みの方向に圧縮力が働いていることを示す (down-dip compression という)。今回のボリビア深発地震が発生した地域ではこれまで地震活動がなく、深発地震の活動域はボリビアを境にして南北に分れているようにみえていた。沈み込んだプレートがボリビアの下で裂けている可能性も指摘されていたが、今回の地震はこれを否定する



出来事であった。ボリビアの下にはプレートが存在するのである。しかも断層メカニズムが示すようにP軸・T軸が南北を向いていることは、そのプレートが北向きに傾斜して東西に走っている可能性を示している。その様子を図3(a)に等深度線として記入してある(杉・山中, 1994)。深い地震の活動が途中でいったん消滅することについては、プレートは存在しないのか存在しても地震が起こらないのか議論されてきた。そして、途中で切断されたプレートがマントルの中を自由落下して、堅い層にぶつかり自重で壊れている状態が考えられた(Isacks and Molnar, 1971)が、沈み込んだ海洋プレートの上面で反射したと思われる波が報告されており、プレートが650 km 付近まで連続している可能性もある(James and Snoke, 1990)。本当に切断されていないのなら、沈み込んだプレートが南から北まで、そして650 kmの深さまで連続して存在することになる。

最近では地震波トモグラフィ(地球のCTスキャン)の手法を用いて、地球内部を視覚的に理解することが可能になった(たとえば、長谷見, 1991)。データは主に各種の地震波であり、結果は地震波速度などの3次元構造として得られる。沈み込んだプレート内部では温度が低いために、地震波速度が他より数%程度速く、逆に温度の高い部分では速度が遅い。南米ではこれまで観測点の数が少ないために、解像度が十分でなく詳しい地下構造が求められていなかった。しかし、今回の地震を含む20年分の地震のP波を主として解析した結果、沈み込んだナスカプレートはほとんどの地域で横方向と深さ方向に連続していること、ボリビアの下では、北東方向に急な角度で傾斜したプレートが、北西と南東両方向の深発地震帯につながっていること、南米中部ではナスカプレートが下部マントルまで入り込んでいることなどが示された(Engdahl et al., 1995)。

ローカルな地震観測網でとらえた余震のメカニズムの研究によって、1月10日の前震および6月9日の本震とその後の余震とでは、メカニズムが変化したことが示されている(Tinker et al., 1995)。前震と本震はP軸がプレートの沈み込み

方向を向いている down-dip compression 型であるが、余震(マグニチュード2.7~5.3の余震12個)ではほとんど垂直、T軸は概ね水平である。これは水平な面上で破壊が起こったことを示唆する。また、今回の巨大地震がナスカプレートを分断する規模であり、その発生がプレートの変形による曲げ応力を解放したとの指摘もなされている(Wu et al., 1995)。

この地震から得られた結果は、今後南米のテクトニクスを議論する上で重要な役割を果たすとと思われる。

地球自由振動

地球には弾性体としての性質があるために、地震によって衝撃が与えられると固有振動を起こす。地球自由振動と呼ばれる現象である。振動の周期(または振動数)は地球内部の構造によって決まり、振動の大きさは地震のメカニズムによって決まる。地球振動の研究は、地球内部構造や震源の研究に利用されている。

自由振動には、体積変化を伴う伸び縮み振動とこれを伴わないねじれ振動の2種類がある。2種類の振動にはモードと呼ばれる振動様式があり、それぞれのモードに固有の周期がある。モードは、緯度方向・経度方向・半径方向の節の数を使って表され、半径方向の節の数がゼロの場合は基本モード、1以上の場合には高次モードと呼ばれる。経

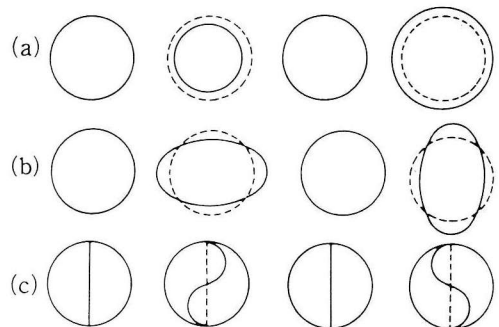


図4 地球自由振動のモード

- (a) ${}_0S_0$ モード: 周期約20分の風船型振動である。
- (b) ${}_0S_2$ モード: 周期約54分のフットボール型振動である。
- (c) ${}_0T_2$ モード: 周期約44分のねじれ振動である。

度方向の節の数はふつう省略される。モードの例を図4に示す。いずれも基本モードである。(a)では20分余りの周期で、地球全体が風船のように膨らんだり縮んだりする。(b)では地球はフットボールのように変形する。周期は全てのモードの中で最も長く、およそ54分である。(c)は周期が約44分のねじれ振動である。

地震記録をスペクトル解析すると、弾性球としての地球の固有振動周期の所にピークのあるスペクトルが得られる。固有周期は地球の内部構造によって決まるので、様々な地球モデルについての計算値と観測値を比較することにより、よりよい地球モデルを選ぶことができる。解析にあたっては一般に、周期300秒(波長は約1500km)以上の波を利用する。

地球自由振動が初めて観測されたのは、1960年チリ地震のときである。自由振動の理論の進歩、観測のための長周期地震計の実用化、スペクトル解析を行なうためのコンピュータの発達などの条件がそろったところで、Mw 9.5(モーメントはなんと 2.2×10^{23} Nm)という今世紀最大の地震は発生した。観測データをよく満足する地球モデルは、上部マントルに顕著な横波の低速度層を含み、計算値と観測値のずれが0.1%以下というモデルも得られた。最近では、PREMと呼ばれる地球モデルがよく使われる(Dziewonski and Anderson, 1981)。これは地球の非弾性的性質に加えて、地震波速度が上下方向と水平方向で異なる異方性を上部マントルに考慮したモデルであり、等方性を仮定したモデルにみられた低速度層はほとんど認められない。今回のボリビア深発地震に関する研究では、伸び縮み振動・ねじれ振動ともに現在の地球の3次元モデルをよく支持する結果が得られている(たとえば、Tromp and Zankeris, 1995)。

深発地震発生のメカニズム

深発地震のメカニズムとしては、断層運動に変わるものとして、沈み込んだプレートの一部で急激な相転移が起こり、その結果ずれやすべりが生

じるという相転移引き金説(たとえば、Kirby et al., 1991)などが提唱されてきた。マントルを構成するカンラン石は、深さ400km付近で相転移してスピネル相というより重い岩石に変わる。深発地震の数はこの深さから増加する。そして680km付近で急に消滅するが、これはカンラン石が分解される深さである。400~680kmの深さの深発地震とスピネル相カンラン石の間には密接な関係があると考えられる。もし震源域で相転移があるならば、体積変化が起こり、モーメントテンソル解の中には有意な等方成分が含まれているはずである。しかしKawakatsu(1991b)は19個の深発地震を解析して、等方成分が顕著ではない(地震モーメントの10%未満)ことを示している。

今回のボリビア地震についても、いくつかの研究報告がなされている。Kikuchi and Kanamori(1994)は2つの方法で等方成分を見積った。実体波のインバージョンで求めたモーメントテンソルの最適解は、10%弱の等方成分(収縮)を含み、一方、周期1226秒の自由振動の S_0 モード(図4(a)参照)の振幅からは、等方成分が2%以下という結果が得られている。彼らは、実体波と自由振動による等方成分について、高圧下での断層運動によってマントル物質が熔融し、そのときの体積増加が相転移による体積減少を打ち消したために、長周期では等方成分が見えなくなっている可能性があるとしている。Hara et al.(1995)は、周期10~1000秒の種々の地震波(実体波・表面波・自由振動)を4つの方法で解析してモーメントテンソルを求め、等方成分はすべての場合で5%以内という結果を得ている。Wu et al.(1995)も非常に幅広い周波数帯域の記録を用いて解析を行ない、同様の結果に達している。以上のように、相転移から予想される体積変化は顕著ではなく、従来の相転移だけでは深発地震の発生メカニズムを説明することは難しいといえる。

おわりに

今回のボリビア深発地震は、研究者たちにく

つかの疑問を投げかけた。その一つは、深発地震としては巨大にすぎたことであったが、今世紀全体を視野に入れば予想される規模と考えられる (Giardini and Lundgren, 1995)。今後に残された問題も多い。プレート内部で起こる深い地震については、縦ずれ断層の場合は重力の効果によって、断層面のほうが補助面よりも急な角度で傾斜することが指摘され (Fukao, 1973)、多くの地震について確認されていた (Fukao and Kikuchi, 1987; Sugi et al., 1989)。ところが今回はまぎれもなく、これまでにあまり例をみない水平断層の地震であった。これは何を物語るのか。沈み込む海洋プレート内部で起こる浅発地震や比較的浅いやや深発地震については、海溝軸の海側への後退などによって説明されている (たとえば、1993年の釧路沖地震について、Takeo et al., 1993) が、深発地震については、これからの研究課題である。また、今回の地震は震源が深いため、南米でも被害は顕著でなかったが、8000 km 以上も離れた北米西海岸で有感であった (Anderson et al., 1995)。観測点付近の地下で地震波の減衰が小さいなどの条件がそろっていたと考えられるが、今後北米も含めた地下構造の詳細が研究される必要がある。

ボリビア深発地震発生直後、1994年秋の日本地震学会や米国地球物理学会総会では特別セッションが組まれ、発生から2年の間に様々な研究がなされた。そしてその成果は、1995年8月に発行された *Geophysical Research Letter* (1995, Volume 22, Number 16) のボリビア地震の特集などで報告された。さらに詳しくはこれを参照されたい。また、深発地震・やや深発地震については、*Journal of Geophysical Research* (1987, Volume 92, Number B13) に詳しい。

参考文献

Anderson, J. G., M. Savage, and R. Quaas, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2293-2296.
 Beck, S. L., P. Silver, T. C. Wallace, and D. James, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2257-2260.

Cahill, T. and B. L. Isacks, 1992, *J. Geophys. Res.*, 97, 17503-17529.
 Dziewonski, A. M. and D. L. Anderson, 1981, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 25, 297-356.
 Engdahl, E. R., R. D. van der Hilst, and J. Berrocal, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2317-2320.
 Frohlich, C., 1989, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 17, 227-254.
 Fukao, Y., 1973, *Geofisica International*, 13, 223-242.
 Fukao, Y. and M. Kikuchi, 1987, *Tectonophysics*, 144, 249-269.
 Giardini, D. and P. Lundgren, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2281-2284.
 Hara, T., K. Kuge, and H. Kawakatsu, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2265-2268.
 長谷見晶子, 1991, *地震ジャーナル*, 11, 10-17.
 Isacks, B. L. and P. Molnar, 1971, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 9, 103-174.
 James, D. E. and J. A. Snoke, 1990, *J. Geophys. Res.*, 95, 4989-5001.
 川勝 均, 1991a, *地震*, 2, 44, 265-277.
 Kawakatsu, H., 1991b, *Nature*, 351, 50-53.
 Kikuchi, M. and H. Kanamori, 1991, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 81, 2335-2350.
 Kikuchi, M. and H. Kanamori, 1994, *Geophys. Res. Lett.*, 21, 2341-2344.
 Kirby, S. H., W. B. Durham, and L. A. Stern, 1991, *Science*, 252, 216-225.
 Myers, S. C., T. C. Wallace, S. L. Beck, P. G. Silver, G. Zandt, J. Vandecar, and E. Minaya, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2269-2272.
 Sugi, N., M. Kikuchi, and Y. Fukao, 1989, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 55, 106-125.
 杉 憲子・山中佳子, 1994, *日本地震学会講演予稿集*, No. 2, 43.
 Takeo, M., S. Ide, and Y. Yoshida, 1993, *Geophys. Res. Lett.*, 20, 2607-2610.
 Tinker, M. A., T. C. Wallace, S. L. Beck, P. G. Silver, and G. Zandt, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2273-2276.
 Tromp, J. and E. Zankeris, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2297-2300.
 Wu, J., T. C. Wallace, and S. L. Beck, 1995, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2237-2240.
 [すぎ のりこ 共立女子大学助教授]

鐘楼の跳ぶ話

直下地震による跳躍現象

大町達夫 本多基之

古くて新しいミステリー

「ゴーン、ゴーン」と鳴り響く除夜の鐘の音をほとんどの人は聴いたことがあるだろう。このお寺の鐘がある建物、つまり釣鐘堂は鐘楼とも呼ばれる。ふつう、4本の太い柱が大きな屋根を支え、中央に鐘が釣ってある。鐘楼は、我々が押してもびくともしそうにないが、直下地震で一気に1mも飛ぶことがある。鐘楼に限らず、直下地震ではさまざまなもの、例えばお寺の山門や神社の鳥居、灯籠の台石、住家、納屋、竹藪などが飛んで¹⁾、昔から人々を驚かせ恐れさせている。このような物体の跳躍現象は奇妙な話題として興味深いばかりでなく、直下地震の強震動特性を解明する上でも貴重である²⁾。

構造物の耐震設計を合理的に行なうためには、地震による構造物の揺れ方、すなわち地震応答の予測が欠かせない。とりわけ最近、極めて強い揺れに対する地震応答を高精度に予測して、構造物被害が人命に危害を及ぼさないように建設することが耐震設計の目標とされている。極めて強い揺れをもたらす地震の代表格が、直下地震であることは誰でも見当がつくが、それで地面がどのように揺れるかについては不明の部分が多い。

1995年兵庫県南部地震では、神戸市周辺を含む震源近傍で多数の強震記録が得られたが、震度7のいわゆる「震災の帯」の中での記録を欠いている。また、阪神地域とともに甚大な被害が発生した淡路島での強震記録もない。強震記録がないと地震応答の予測が困難なため、甚大な地震被害の原因究明が進まないで、専門家は窮地に立たされる。このような場面で役立つのが、鐘楼の跳躍など物体の移動現象である。

直下地震で鐘楼が跳躍すると、静力学的発想から即座に、重力加速度を上回る上下動、言い換えれば地球の引力を越える上向きの地震動³⁾と結び付けられることが多い。それでなくても直下地震では、上下動が水平動より断然強いと信じ込んでいる人が少なくない。しかし鐘楼が地震の上下動で飛ぶのであれば、飛び上がった鐘楼はもとの位置に着地するはずである。また、鐘楼だけが1m飛んで、周囲の他のものが飛ばないのもおかしい。筆者らの考えでは、鐘楼の跳躍には、上下動よりもむしろ水平動の寄与が大きい。しかも、鐘楼を跳躍させるための条件は、直下地震に特有と言える。拙文では、鐘楼の跳躍現象を通じて、直下地震のミステリーに迫ってみたい。

鐘楼の構造

鐘楼の各部分の名称を図1に示す。柱の上部にある井桁状の木杵は台輪、上部の横桁は力貫、下部の横桁は腰貫と呼ばれる。柱と横桁の接合部は柄仕口によるもので、剛接合されているわけでは

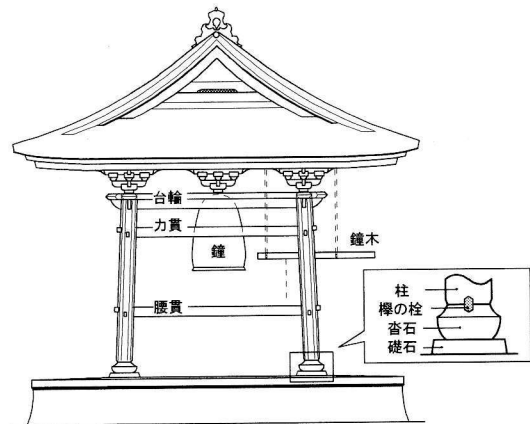


図1 鐘楼の構造と各部の名称

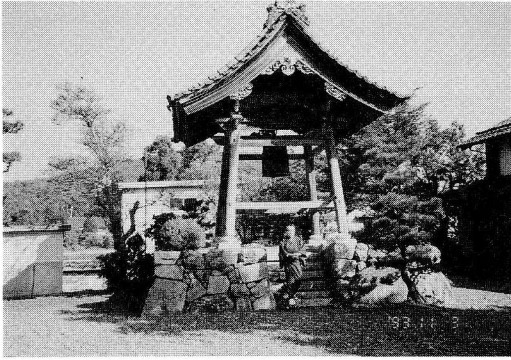


写真1 現在の願教時の鐘楼

ない。柱は杓石を介して礎石の上に置かれている。杓石は礎石の上に置かれているだけであるが、柱と杓石の間には両者がずれないように檜材の栓がはめこまれていることが多い。

後で詳しく述べる願教寺の場合、鐘楼は檜で造られており、屋根は瓦葺である。高さは約5 m、幅は約4 m、重量は約5 tで、その大半は瓦の重量である。また鐘の重量は約400 kgである。鐘楼の柱は半転びと呼ばれるように直径の半分ほど傾いているのが通例であるが、願教寺の鐘楼は45 cmと柱の直径の約2倍傾いている(写真1参照)。

鐘楼や地盤の振動特性を簡単に知るためには、高感度の地震計を台輪や地盤に置いて常時微動を測定してみるとよい。筆者らが行なった願教寺で



写真2 珍しい六角形の鐘楼(東福寺)

の実測結果によれば、鐘楼の並進振動の固有周期は0.5秒強、その減衰定数は約6%、ねじれ振動の固有周期は約0.7秒である。また、鐘の振動周期は約1.8秒、地盤の卓越周期は1秒弱であった。

1995年兵庫県南部地震による鐘楼被害

神戸市中央区国香通の東福寺には、六本の柱を



写真3 プレハブに寄り掛かった光明寺の鐘楼



写真4 倒壊した中勝寺の鐘楼



写真5 満福寺鐘楼の杓石と鉄棒

持つ六角形の珍しい鐘楼があり、写真2の右奥の柱を中心に反時計回りに数度回転しながら、沓石と柱が北側に20 cm程度ずれた。東灘区岡本の光明寺(写真3)では架構方向に倒れ、北側のプレハブに寄り掛かった。この鐘楼の柱は角材で造られており、屋根部の重量に比べ柱はやや貧弱で、このため両者の結合部が破壊したと思われる。東灘区御影町郡家の中勝寺(写真4)でも架構方向(北西)に倒壊した。また、長田区海運町の満福寺では、土台の下方に倒壊した。この鐘楼は、礎石・沓石・柱のずれを防ぐため鉄棒が中心を貫いていたが、鉄棒の上端は全て北北西の方向に曲がっていた(写真5)。この鉄棒の影響で鐘楼は土台と一体化されていたが、強い地震動を受けて架構が変形し、屋根の重さに耐えきれず倒壊に至ったと考えられる。

淡路島では、鐘楼が約75 cm跳躍した。跳躍した鐘楼は、淡路島一宮町郡家の最明寺のものであり、断層の延長線のほぼ直交方向(南南東方向)に跳躍している(図2参照)。この地点は郡家川による三角州性低地上で、震度7の地域の南端に位置する。常時微動測定の結果によれば、地表では周期0.3秒と1秒の振動成分が卓越している。震災後の最明寺鐘楼の様子を写真6に、移動

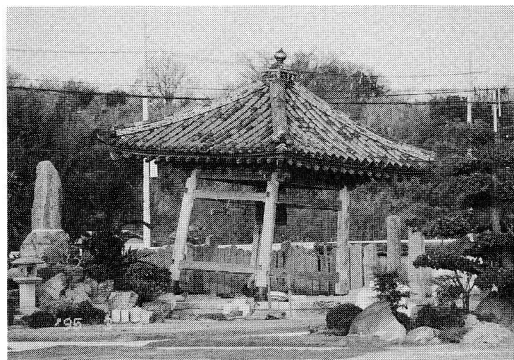


写真6 跳躍した最明寺の鐘楼

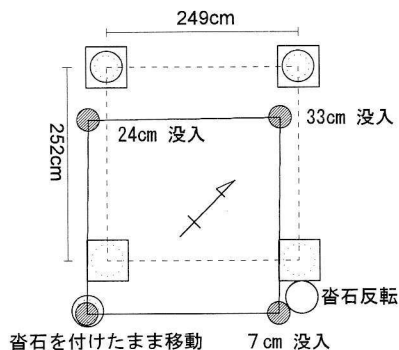


図3 最明寺鐘楼の移動図

図を図3に示す。この鐘楼は、高さ約5 m、柱の間隔は2.5 m四方で、屋根は瓦葺で一部の瓦がずり落ちていた。4本の柱のうち、南側の柱は沓石を付けたまま移動した。北側および西側の沓石は元の位置のままで、着地時に柱下端がコンクリートのたたきを破って地面にそれぞれ33 cm、24 cm 食い込んだ。東側の柱は沓石を反転させながら移動し、地面に7 cmに食い込んだ。

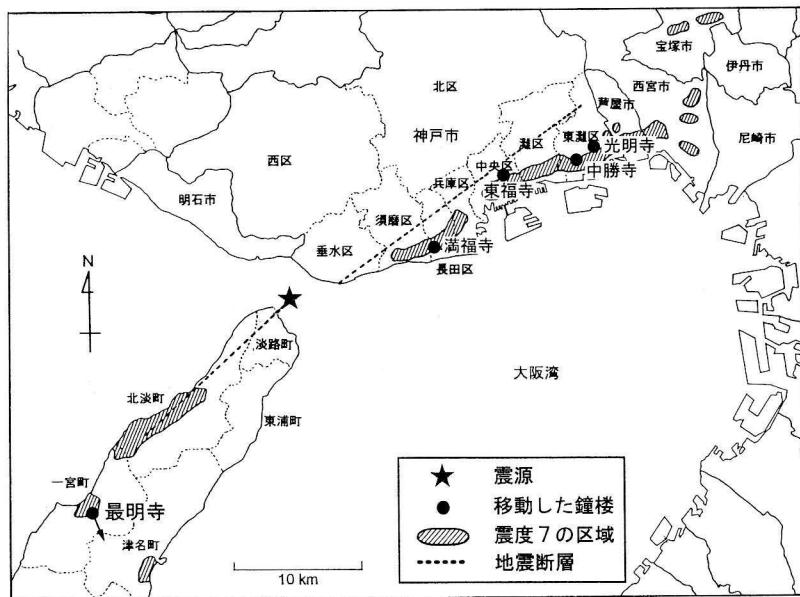


図2 兵庫県南部地震の震源域と最明寺の位置

1909年姉川地震での事例⁴⁾

直下地震で鐘樓が跳躍することは、昔から知られている。以下、姉川地震での事例を紹介する。

1909年8月14日15時31分、滋賀県東部を襲った姉川地震（M 6.8）は、兵庫県南部地震と同様、震源の浅いプレート内地震であり、死者41名、負傷者は774名を数えた。全壊家屋が多かったのは琵琶湖北東岸姉川下流域のほぼ10 km×7 kmの範囲内であるが、その中でも住家全壊80%を越える地区と、被害の軽微な地区とが入り交じっている。住家の全壊率の分布を図4に示す。この地域は伊吹山地と琵琶湖に挟まれた平地で、その中央を姉川が流れ、平地の上流部は砂礫層に、下流部は粘土層に覆われている⁵⁾。この付近には、東から関ヶ原断層・郷野断層、北側に柳ヶ瀬断層が連なっているが、本地震はこれらの断層の活動とは直接関係ないと推定されている⁶⁾。

この地域には寺院が多く、鐘樓も比較的多数存在する。勝円寺および慶徳寺の鐘樓が北東にそれぞれ2尺（60 cm）および3尺（90 cm）ひと飛びに移動したことや、了因寺の鐘樓が北北東に1尺6寸（50 cm）移動したこと、稱名寺や願教寺

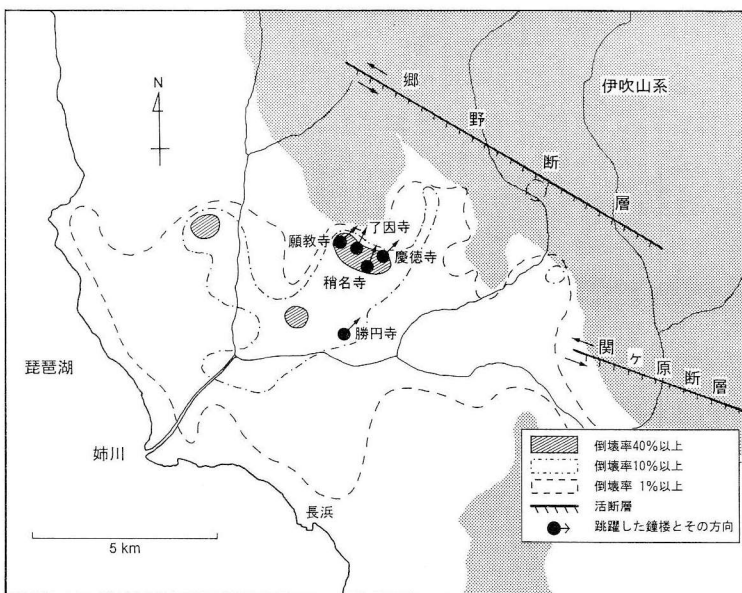


図4 姉川地震での木造家屋の全壊分布図と跳躍した鐘樓の位置（丸印）

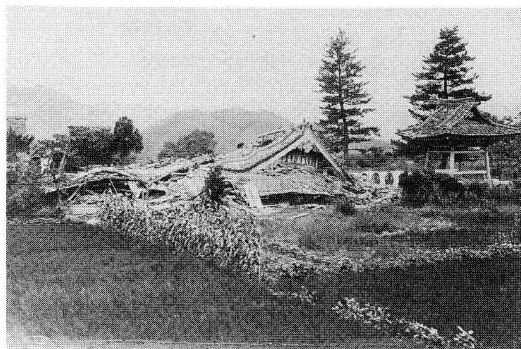


写真7 姉川地震後の稱名寺

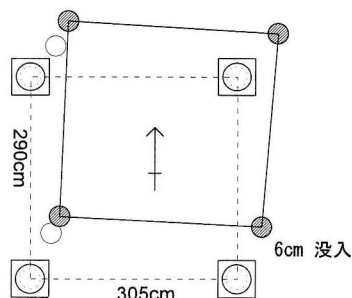


図5 稱名寺の移動図⁷⁾

の鐘樓でも同様な跳躍がみられたことが報告されている⁷⁾。これらの鐘樓の位置を図4に丸印で示す。跳躍した5つの鐘樓は、いずれも北東ないし北北東に50 cm~1 mの移動を示しており、移動方向や距離に類似性がみられる。その他の構造物も北東や北北東に移動したり倒壊したものが多く、この方向の地震動が強かったものと推定されている。

写真7に示す稱名寺は、安永七年（西暦1778年）に建立された。本堂は七間（12.6 m）平方の建坪をもつ美しい建築であったが、地震で本堂は東方に倒伏し、南東隅に立つ鐘樓は北北東のほうに約1 m移動した。そして西側の二柱は中間に一カ所柱底の痕跡を残した（図5参照）。この鐘樓の平面形は正方形に近

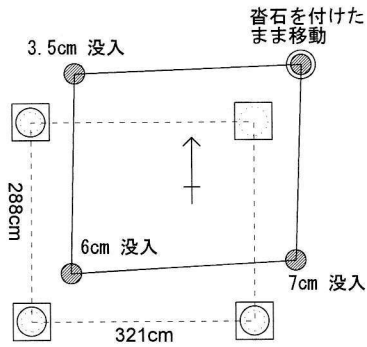


図6 願教時の移動図⁷⁾

い矩形で、長さは東西 305 cm、南北 290 cm で、各辺はほぼ東西と南北を向いていた。なお、現在の鐘楼は昭和 20 年に建て替えられたものである。

前述した願教寺の鐘楼は、安土桃山時代に建立され、姉川地震の後、数回の瓦葺替え工事が施されたが、柱や横桁などは現在もなお当時のままである。姉川地震で北東の柱は杓石をつけたまま北 40 度東に 107 cm 移動し、南東の柱は北 32 度東に 101 cm 移動して柱底は 7 cm の深さに没入した。南西の柱は北 39 度東に 90 cm 移動して柱底は 6 cm の深さに没入した。北西の柱は北 43 度東に 95 cm 移動して柱底は 3.5 cm の深さに没入した(図 6 参照)。

鐘楼の跳躍メカニズム

鐘楼が跳躍するメカニズムを把握するため、鐘楼模型を作り振動実験を行なった。模型は、現存している願教寺の鐘楼を手本に縮尺 1/15 で一辺の長さ 20 cm のものを 2 個作成し、振動台に載せて水平に揺すり、その挙動を観察した。2 個の模型は構造的にかなり相違していたため、それぞれの揺れ方にも大きな違いが表れた。

最初の模型は予備実験用で、全重量は約 1.5 kg であるが、屋根部の円盤枚数を変えることによって頭部重量が調整可能である。架構は、写真 8 に示すように横桁(力貫と腰貫)を木の棧で作成し、その両端を柱の穴に埋め込んで糊づけした。この結果、柱と横桁は剛に接合され、模型全体は固有振動数が約 28 Hz の剛構造物となった。模型を振動台に設置し水平加速度を徐々に増してい

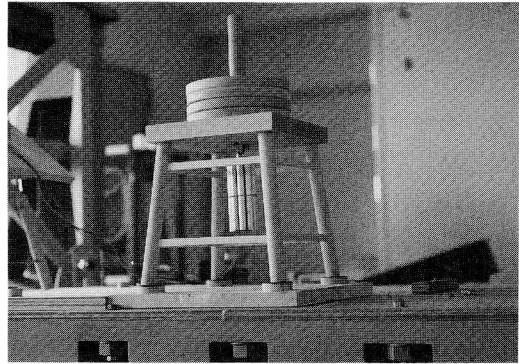


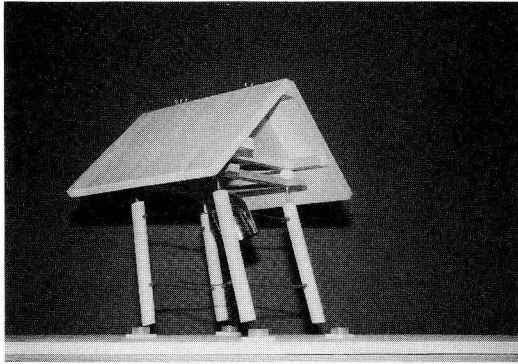
写真 8 予備実験用の剛な模型

くと、カタカタとロッキング振動を開始し、礎石模型からずり落ちた。そして、さらに加速度を上げても小刻みにロッキング振動を繰り返すだけで、全く跳躍らしい挙動を示さなかった。

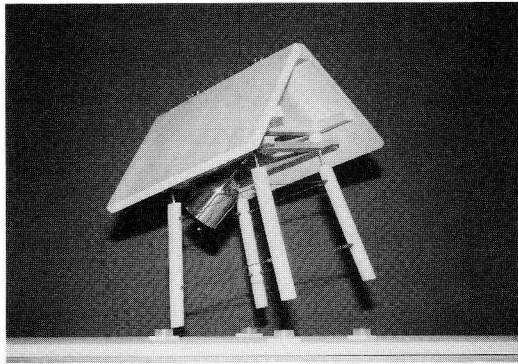
二番目の模型は、架構を撓み易くして固有振動数を下げることが念頭に置いて作成した。模型が跳躍する振動数や加振方向などがあらかじめわからないため、固有振動数を調節できるように、柱と台輪の付け根や横桁を交換式にし、いろいろな素材の横桁を使って模型を組み立てたり、屋根裏の部分に重りを取りつけて重量を調節できるようにした。その結果、固有振動数は 1~10 Hz の範囲で調整可能となった。

試行錯誤の結果、架構の対角線方向に、模型の固有振動数と同程度かやや低い振動数で約 400 cm/s² 以上の水平加速度を急激に与えると、3本の柱が少し浮き上がり(写真 9(a))、やや上向きに飛び出して(写真 9(b))、3 cm 程度跳躍することがわかった。対角線方向でなく架構の方向に振動を与えると跳躍せず、大きくロッキング振動して礎石模型からずり落ちるだけであった。

一連の模型振動実験から推理される鐘楼の跳躍メカニズムは、次のようである。すなわち、地震で地面が架構の対角線方向に急激に強く揺れると、3本の柱が浮き上がって鐘楼全体が 1 本柱のみで支持され、架構がパンタグラフのように菱形に撓んで、多量のひずみエネルギーを蓄積する。そして、それが大きな初速度に変換されて斜め上方に跳躍する。この状況は、4 本足の動物が前足を上げ、後ろ足で地面を蹴って跳び出す様子に似てい



(a)



(b)

写真9 振動実験による鐘楼模型の跳躍状況

るが、鐘楼の場合は後方の柱底から着地する場合が多いところが動物と異なる。なお、3本の柱が浮き上がるとき、跳躍する前方の柱底は地面の抵抗をほとんど受けないので、杳石をつけたまま浮き上がり跳躍することがある。

姉川地震で跳躍した5つの鐘楼の移動方向が、いずれも北東ないし北北東で、鐘楼の架構の対角線方向におおむね一致すること、淡路島の最明寺鐘楼の跳躍方向は野島断層の走向に直交する方向で、地震動の推定卓越方向とほぼ一致すること、跳躍後に後方の柱底が地面に貫入し、前方の杳石が柱底とともに移動していることなどは、上の推理とよく符合している。したがって、このようなメカニズムで鐘楼は跳躍するものと考えられる。

直下地震の地震動特性

鐘楼の跳躍条件を裏返せば、直下地震の地震動特性がわかる。つまり地震で鐘楼が飛んだとき、

その地震動は架構の対角線方向に急激に強く揺れ始め、その卓越周期は鐘楼の固有周期に近いが少し長いはずである。鐘楼は当初、4本の柱で支持されているが、3本の柱が浮上し1本の柱で支持された状態になると、固有周期は当初より2~3割長くなる。鐘楼が跳躍に必要なエネルギーを十分蓄えるためには、架構が大きく撓むことが必要で、地震動に鐘楼の固有周期成分が卓越していることが最も都合よいからである。

次に、地震動強さを推定してみる。礎石や杳石の高さを考え、鐘楼が25 cmの高さから15度の角度で射出され1 m移動したとすると、射出時に毎秒約3 mの速度が必要である。実験結果より鐘楼と地盤の最大速度比を1:3程度と考えれば、地動の最大速度は毎秒1 m程度となる。この推定最大速度は、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台における観測値と同程度で尤もらしい。

断層運動との関連性

図7は、兵庫県南部地震での鐘楼の移動あるいは倒壊した方向を、大まかに記したものである。震源の右側(阪神側)における鐘楼の移動方向は、阪神高速道路の深江の高架橋が600 mにわたって倒壊した方向とも一致する。鐘楼と高架橋は、頭部が重い構造物であるという点で共通している。

横ずれ断層の種類と断層の破壊伝播方向を組み合わせると図8(a)~(d)の4つの場合に区分できる。兵庫県南部地震での物体の移動は、淡路島側と神戸市側が、この図の(a)タイプと(b)タイプに相当する。すなわち、右横ずれ断層の場合、断層破壊が右から伝播すると、物体は断層から遠ざかる方向に移動し、左から伝播すると、断層に近づく方向に移動しやすいと推測できる。

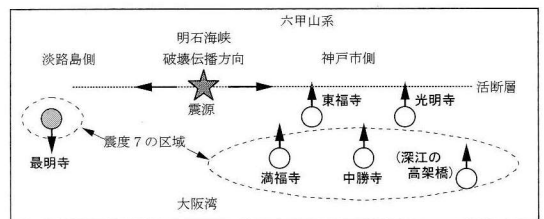


図7 地震断層と鐘楼の移動方向の模式図

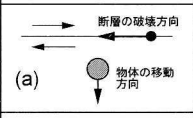
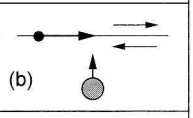
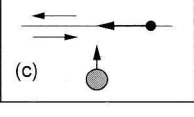
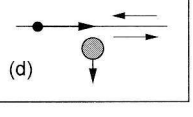
破壊の伝播方向 横ずれ断層の種類	破壊の伝播方向	
	右から破壊	左から破壊
右横ずれ	(a) 	(b) 
左横ずれ	(c) 	(d) 

図8 横ずれ断層の破壊方向と物体の移動方向との関係

1909年姉川地震については、震源の位置や活動した断層などは明確にされていないが、付近を走る郷野・関ヶ原断層や柳ヶ瀬断層と同様の左横ずれ断層が伊吹山地の下で動いたとすると、鐘楼は断層に近づく方向に移動しているので、(c)タイプと推定できる。したがって、断層破壊は南東から北西の方向に伝播した可能性が高いことになる。

おわりに

鐘楼の跳躍について研究し始めたのは、阪神淡路大震災が起きる2年前であった。その数年前に行なった跳び石の研究で、水平動だけで地面に埋もれた石が大きく跳び出す状況を簡単な模型振動実験で再現し⁸⁾、人を驚かせた快感が忘れられなかった。それで初めから、鐘楼模型を水平動だけで飛ばすことを計画した。

最初の模型は、どんな揺すり方をしてもロッキング振動しかなかったが、4本柱の外側下端に薄い木枠をはめてロッキング振動の発生を抑えると、わずかに枠から飛び出した。そのビデオを願教寺の住職に見て頂いたら、「うちの鐘楼には枠が無い」と一蹴された。

二番目の模型を作成し試行錯誤で、鐘楼は対角線方向に飛ぶことがわかったときには、目から鱗が落ちる思いがした。この模型実験のビデオは、今までに何回も人に見てもらったが、そのたびに驚き喜ばれた。拙文を書く機会を与えられたのも、本誌編集人にビデオを見て頂いたのが発端と思う。

淡路島の最明寺鐘楼が飛んだことを聞いたのは、

兵庫県南部地震が起きてから半月後であった。3月初めに現地を訪れたときには、既に本堂は撤去され周辺にも更地化した空き地が多かったが、鐘楼は移動したままであった。5月の連休に再度訪れたときにもそのまま、職人が被災家屋の復旧に追われ鐘楼の復元まで手が回らないとのことをお話を住職からうかがった。

阪神淡路大震災で、鐘楼の跳躍が示唆する情報の量は、予想以上に豊富であることを知った。直下地震の地震動強さや主要動の立ち上がり状況のほか、地動の卓越方向や卓越周期などが推定可能である。拙文では、横すべり断層の破壊伝播方向まで言及したが、確信はもてない。いずれにしても、直下地震のミステリーの謎解きに、わずかも役立てば望外の幸せである。

謝辞 本研究に関連し、願教寺住職：千田浄信氏、最明寺住職：松井本正氏、東京工業大学教授：翠川三郎氏に種々ご協力頂いた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 翠川三郎, 1994, 地震時に物体の跳躍現象が生じた事例の調査, 地震第2輯, 第47巻, pp. 333-340.
- 2) 大町達夫, 1995, 直下地震による物体の移動と地震動強さ, 土と基礎, 43-1, pp. 36-39.
- 3) 石橋克彦, 1994, 大地動乱の時代——地震学者は警告する, 岩波新書, No. 350, p. 41.
- 4) 大町達夫・翠川三郎・本多基之, 1995, 1909年姉川地震での鐘楼の跳躍から推定した地震動強さ, 構造工学論文集, Vol. 41A, pp. 701-708.
- 5) 齊田時太郎, 1936 OK 明治42年江濃地震による震害と地盤との関係, 地震, Vol. 8, pp. 563-569.
- 6) 佐藤良輔他, 1989, 日本の地震パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会, p. 44.
- 7) 今村明恒, 1911, 明治四十二年姉川地震調査報告, 震災予防調査会報告, No. 70, pp. 1-63.
- 8) 大町達夫・荒井靖博・竹田尚史, 1987, 地震による半埋没物体の跳躍について, 構造工学論文集, Vol. 33A, pp. 595-606.

[おおまち たつお 東京工業大学大学院
総合理工学研究科教授]

[ほんだ もとゆき 研究当時：同大学院生,
現在清水建設㈱]

再び起こるか!?! 関東大地震

橋本 学

一紀州人の見た関東の地震

私は和歌山県海南市の和歌浦湾に面したひなびた漁村で生まれ育った。この村のはるか沖合いには淡路島が浮かび、背後には紀伊山地の末端が迫っている。住民の足であるJR紀勢本線は、ここから南、潮ノ岬をまわって多気に至るまで紀伊山地と太平洋との境を縫うようにして走るので、その車窓から見える風景は荒々しく、また絶えず変化して飽きることはない。その点、関東地方は平坦で景色に変化が乏しく、特に私が毎日乗っている常磐線などはもう一つ面白味に欠ける。

よく知られているように、和歌浦湾は日本でも有数の地震の巣であり、一晩に震度Ⅲが3回、ということもあった。また、紀伊半島の沖合いでは、100~150年ほどで南海地震が繰り返し発生している。両親や祖母からは、1946年南海地震の体験談を幾度となく聞かされた。ちなみに、1946年南海地震の震動は長周期の横揺れだったそうである。私の好きな紀伊半島の風景はこのような大地の活動の贈り物である一方、その活動が私の先祖に恐怖と災厄をもたらしてきたことは言うまでもない。そういうことを肌で感じてきた人間には、こののんびりした風景の関東地方で大地震が起きるとは、およそ実感できない。しかし、実際は関東地方のほうが地震活動は高く、1923年関東地震のような大地震も起きているのである。このことは大きな驚きであり、それゆえ地球に対する興味は尽きないのである。もちろん、1923年関東地震の震央付近の小田原一熱海の地形はそれなりに変化に富み、紀伊半島にいたときと同様に地震を実感する。

さて、「関東大地震は再び起こるか」との命題

を与えられたわけであるが、これを「1923年大正関東地震型のM8級の地震は再び起こるか」と勝手に変えさせていただく。M7級のいわゆる「南関東直下型地震」についても問われているのかもしれないが、日本列島のような沈み込み帯の主役はやはりM8級のプレート境界型地震であり、これについてさえ十分な知識がなく、しかも関東平野下の地震を実感できない私が、スケールの小さいM7級の地震について語るのとは間違いの元だ。実感できるプレート境界型、特に大正関東地震型の地震についての話としたい。

1923年大正関東地震型のM8級の地震は再び起こるか?

この命題に対する答えは、まず99%以上の確率でYesであろう。残る1%以下は、これまでのテクトニクスが大きく変わり、南関東地域で歪の蓄積がなくなる場合である。まず、こんなことがあり得るのか、考えてみよう。

(1) テクトニクスは不変か? 本当にこれまで考えられていたテクトニクスがこの先ずっと継続するのであろうか。答えは、明らかにNoである。私たちは、地球の死に向かう壮大な非可逆過程を見ているのである。非可逆過程である以上、現在見られる現象が将来も見られる保証はない。では、どのくらいの期間過去と現在の変動から得た知識を未来へ外挿できるのか? 松田(1995)によれば、日本の活断層の活動開始時期は、第四紀になってかららしい。一体その時期に、どのような異変が起きたのであろうか? そのような異変は、どんなメカニズムで、どのくらい頻繁に起きるのか? どのくらい長い間継続するのか? そもそも

も日本列島のテクトニクスをコントロールしている太平洋プレートなどの沈み込みが、どの程度“安定”なのか？ こういった疑問に対する満足いく答えを私は知らない。最近の日本周辺で発生した大地震は、これまでの私たちのテクトニクス観をあざ笑うような変動を起こしている。1993年北海道南西沖地震は、第四紀には隆起しているとされていた奥尻島を1 mも沈降させた。1995年兵庫県南部地震は、右横ずれ運動が卓越した地震であり、とて六甲山の第四紀の大きな隆起を説明できるものではなかった。1993年釧路沖地震や1994年北海道東方沖地震は、これまで知られていなかった沈み込む太平洋プレート内の巨大破壊だった。このような地震がどのような頻度で発生しているかは、現在のところわからない。過去の被害地震にもこのような地震があったかもしれない。もし、これらが過去に例のない地震ばかりであるならば、私たちのテクトニクス観を大幅に変更する必要があるだろう。今問題としている南関東地域では、伊豆半島の取り扱いが焦点となるだろう。伊豆半島の南側に新たな沈み込みが始まっているとの説もあり [例えば, Lallemand et al., 1989], フィリピン海プレート北端部のテクトニクスも時間的に、恐らく非可逆的に、変化していると考えるほうがよさそうである。後述の Hashimoto and Jackson (1993) の測地データのインバージョン結果でも、伊豆半島をフィリピン海プレートの剛体部分から切り離したほうが、日本列島の測地データをよりよく説明する、との結論がある。伊豆半島の南側に沈み込みが移動すれば、相模湾奥のプレート境界が不活発になることが予想される。そうなると大正型の関東地震は起きにくくなるだろう。実際、伊豆半島南方の新島・神津島から銭州海嶺周辺では繰り返し群発地震活動が起きており、何らかの変形の集中があるようだ。ただし、これらの地震は正断層型ないしは横ずれ型で [例えば, 溝上, 1994], 新たな沈み込みを示すようなものではない。最近のGPS連続観測の結果を見ても、新島と神津島はフィリピン海プレートのユーラシア・プレートに対する相対運動とはかけ離れた方向に動いている [鷲

谷・他, 1995]。私たちの感覚では、テクトニクスが人間の一生程度の短い間に大きく変化することは考えられない。しかし、それも私たちがそう思い込んでいるだけかもしれない。

(2) 200年で繰り返すか？——測地データからの推測 さて、Yes という答えは、多くの人の意見の一致するところだろう。問題は「いつ発生するか」である。一般に1923年大正関東地震型の大地震は200年程度で繰り返すといわれているが、この数字だって怪しいものだ。なぜなら、相模湾を震源とするプレート境界型の大地震は、その一つ前は1703年の元禄関東地震であるが、この地震は大正型とかなり断層運動が異なるようなので [例えば, 都司, 1994], この2つの地震を用いて単純に繰り返し間隔を計算していいものかどうか？ 石橋 (1995) によると、1433年、1293年、878年にも相模湾に大地震が発生した可能性があるが、これらがどのような地震であったのかは良くわかっていない。

このように、歴史を遡って繰り返し間隔を推定することはむずかしいので、現在ある測地データに基づいて次の地震の発生時期を予測してみよう。大正関東地震で解放された地殻の歪が、その後の70年間でどの程度回復しているだろうか？ まず、三角測量とその後の光波測量で得られた丹沢山と鹿野山の距離を比べてみる (図1)。大正関東地震前の測量は、19世紀末に1度行なわれ、約76070.7 mの値が得られている。地震後の1924年に実施された測量では、約76072.0 mと約1.3 m伸びている。最近の光波測量の結果では、この距離は約76070.8 mに戻っており、70年間に約1.2 m縮んでいる (平均短縮率17 mm/yr)。地震前も同じ率で縮んでいたとすると、30~40年で約0.5~0.7 m縮むと考えられ、地震時には2 mほど伸びた計算になる。そうすると、あと0.8 mほど縮めば (約50年ほど) 地震前の歪状態、言いかえれば歪の満期時期になる。このデータを見る限り、あと100~200年などと悠長なことは言ってもらえない。しかし、明治と大正のデータはエラーバーが大きく、この見積もり

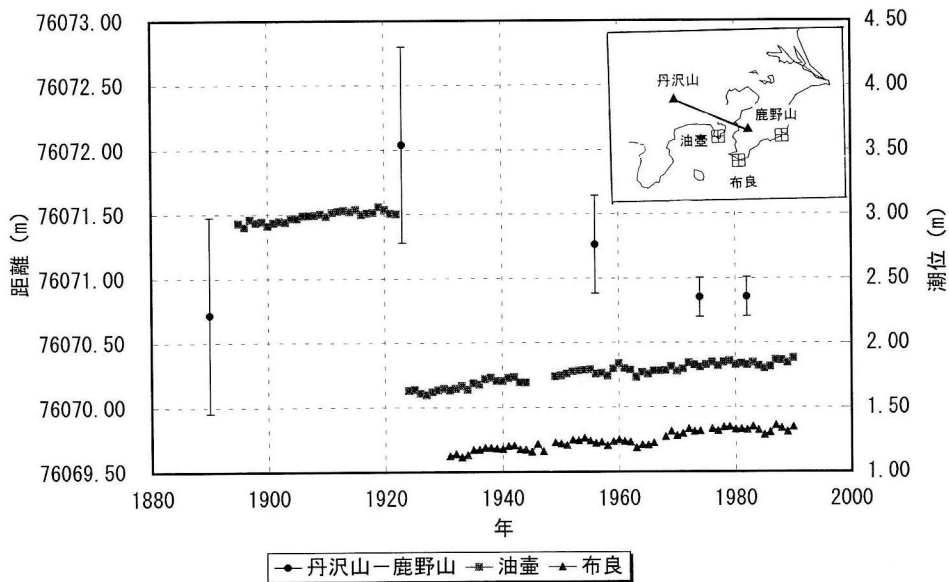


図1 南関東地方の代表的な測地データの時間変化
 上から丹沢山-鹿野山の距離，油壺および布良の年平均潮位。距離は橋本（1990），
 潮位は国土地理院・海岸昇降検知センター（1991）による。

もかなり怪しい。さらに、地震直後の測量が、1924年のたったの1回しか実施されていないことも問題だ。地震後には余効変動が付き物なので、発生からわずか2年以内に観測したデータを使って求めた平均短縮率は、余効変動が収まってからの短縮率とは違うだろう。

では、上下変動からは何が言えるだろうか。地震をはさんで連続的に取られているデータとして、油壺の潮位がある（図1）。油壺は1923年関東地震に伴って、約1.4m隆起した。その後、約60年間で0.2~0.25m程度沈降した。この沈降率を仮定すると、関東地震直前のレベルに戻るまで、あと300~400年かかることになる。問題は、永久変位の大きさである。例えば、永久変位を1mとすると、あと0.2mで満期になるわけで、そうするとあと約60年しかない。房総半島ではどうだろうか。布良検潮所の潮位データでは、こちら年間約3~4mmで沈降しているようである（図1）。しかし、陸地測量部の測量結果では房総半島先端部での隆起は約2mであり、地震前に沈降していた分を除いても、この隆起量を蓄積するには500~700年かかることになる。永久変位を1mとしても、250~350年かかることに

なり、当分は安心ということになる。

これは一体どういうことであろうか？ データによって導き出される結論がバラバラである。ローカルなデータを溺愛すると、とんでもない結論を引き出すいい例である。前述のように、①地震後の余効変動、②永久変位の見積もり、③測量の誤差などの問題があって、これらの予測は非常に誤差が大きい。これでは、長期評価などにはとても使えない。では、どうすればよいのか？

(3) 測地データのインバージョン結果に基づく予測
 個別のデータをもとに考えていたのでは、どうにも話がまとまりそうもないので、何とかして地震を起こすプレート境界断層のすべり量を直接推定できないか、そしてその推定結果と1923年関東地震の断層運動の推定結果を比べると、もっともらしい再来間隔がわかるのではないかと研究者は考える。実際に、近年確立した感のあるインバージョンのテクニックを存分に使って、プレート境界断層のすべり量の推定が試みられている。Yoshioka et al. (1994) は、ここ20年間の関東地方の光波測量および水準測量結果から、太平洋・フィリピン海・ユーラシア（あるいは北

米) プレートの境界面上のバックスリップを推定している(図2)。また, Hashimoto and Jackson (1993) は, 北海道を除く明治以来の日本列島の三角・光波測量データと VLBI のデータからブロックおよび断層運動の推定を行なっている。そこで, 両者の推定による蓄積率で地震モーメントが時間的に線形(一定の割合)で蓄積すると仮定して次の地震発生時期の予測を行ない, 比較してみるのは面白い。

Yoshioka et al. (1994) は, バックスリップからモーメントの蓄積率を計算し, 1923 年関東地震と同じモーメント 8.4×10^{20} Nm (Matsu'ura et al., 1980) が蓄積するまで 245 年かかるとしている。Yoshioka et al. (1994) は, 関東地震後の約 70 年間のデータを用いているので, 次の地震まであと 175 年ということになる。Hashimoto and Jackson (1993) の相模平野から相模湾にかかる 2 つの断層面(長さ約 70 km, 単位長さ当たりのモーメント蓄積率約 44×10^{12} N/yr)を震源断層と仮定すると, 1923 年からの約 70 年間に 2.2×10^{20} Nm の地震モーメントしか蓄積していない(図3)。Hashimoto and Jackson(1993)の見積もりでは, 次の地震まで約 270 年かかり, 1923 年からの 70 年を引くとあと 200 年ということになる。

これらのインバージョンは, 異なるデータセットを用いた解析であるが, 見積もった再来間隔の差は 25 年程度であるので, インバージョンとしてはともに信頼できる結果といえよう。しかし, 25 年という差は人間の生活感覚からいって大きな差である。データセットの時間的な長さが両者では異なるので, その間に歪の蓄積率が変化したのかもしれない。実際, 潮位のデータ(図1)を見ると, 時間的に線形であるという仮定は, あま

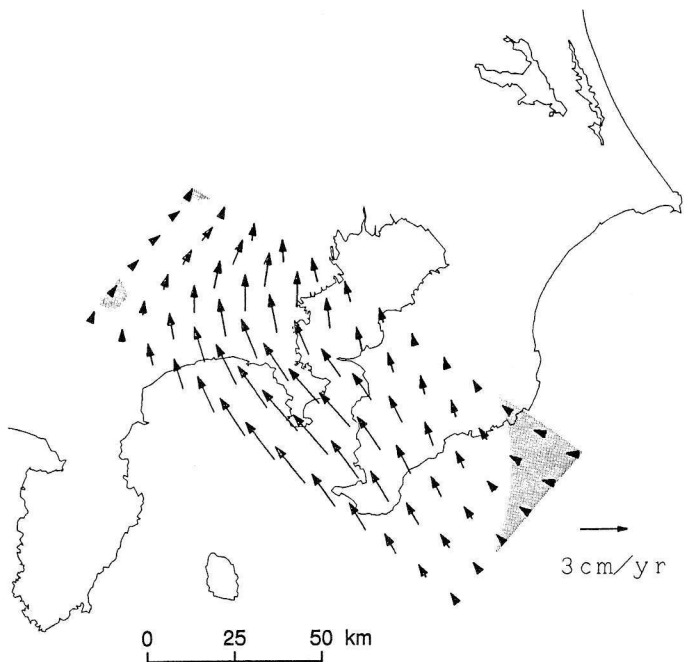


図2 Yoshioka et al. (1994) により推定されたフィリピン海プレートと北米プレート間のバックスリップ

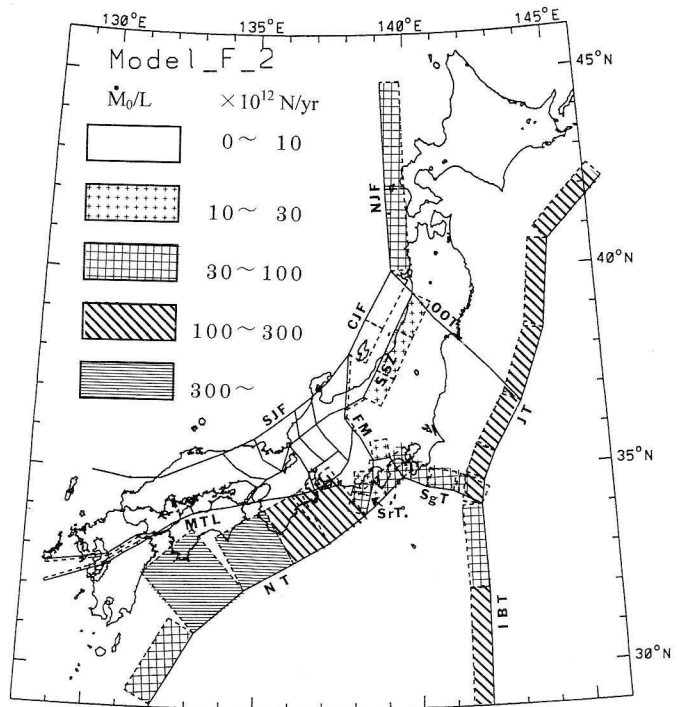


図3 Hashimoto and Jackson (1993) により推定された日本列島周辺のブロック境界の単位長さあたりの地震モーメント蓄積率内陸の鉛直な断層はすべて 10×10^{12} N/yr 以下であるので特に表示されていない。

りにもナイーブのように思える。では、より信頼性を上げるにはどうするのか？ 力学的な考察に基づいた時間変化のパターンを知らなければならない。そんな方法はあるのだろうか？

(4) シミュレーションからの推測 力学の基礎方程式を解いて、地殻変動や応力を計算する試みはこれまでもたくさんなされているが、時間変化を扱えるモデルというのは非常に少なかった。最近、断層の力学の基本法則——摩擦構成則に関する研究が進み、コンピュータ・プログラムに取り込むことができる定式化もなされている。最近の研究成果から、測地データを見直すヒントを得たい。

一方、断層モデルによる応力計算から地震活動

との関連を考えるための指標となる量——クーロン破壊関数が提案されている。相模湾では、伊豆半島から伊豆大島にかけて活発な地殻活動が続いている。このクーロン破壊関数を計算し、これらの活動が及ぼす影響を見てみよう。

(4)-1 摩擦構成則に基づく推測 Dieterich, Ruinaらの研究により、コンピュータ・プログラムに取り込むことのできる断層面の摩擦構成則が提案されている。この摩擦構成則を用いて、Stuart (1988) は南海トラフの地震サイクルを再現することを、また加藤・平澤 (1996) は東海地方についてこのモデルを適用し、地殻変動の計算を試みている。場所や地震のメカニズムは異なるが、相模トラフでの地震サイクルにも参考になるであろう。図4は、加藤・平澤 (1996)

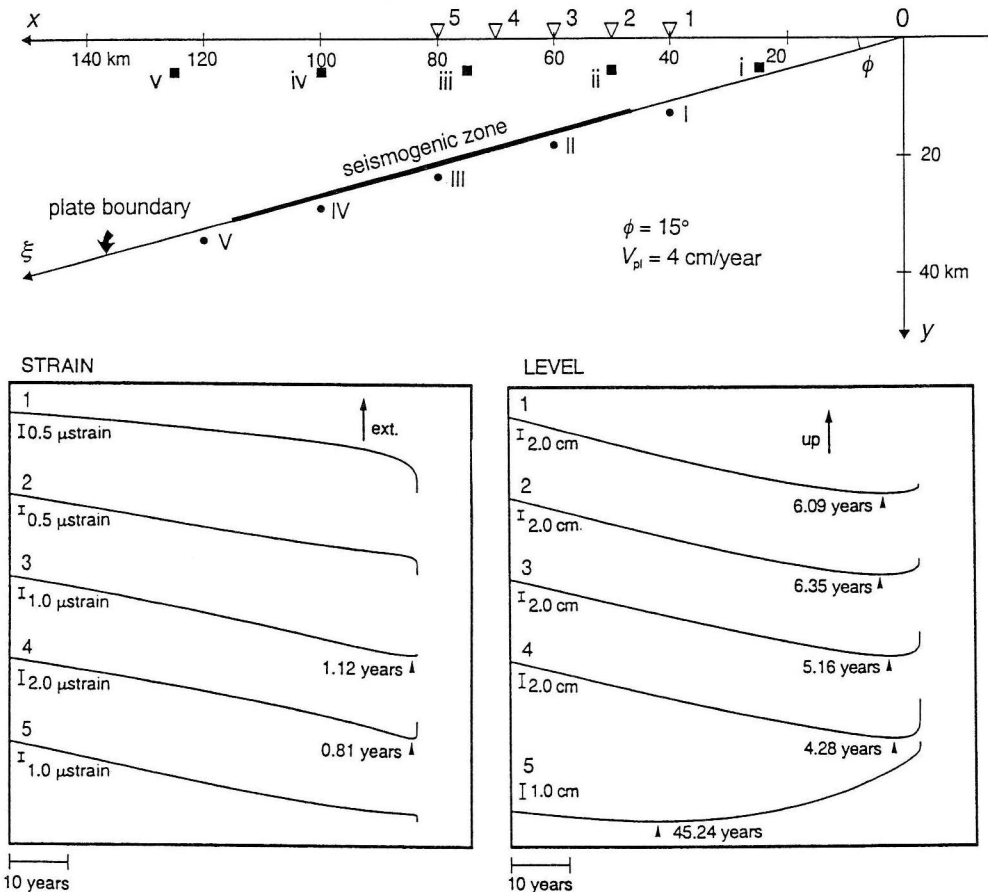


図4 加藤・平澤 (1996) の摩擦構成則に基づく仮想東海地震前の歪・上下変動の時間変化の計算結果モデルの断面図(上)と、代表的なモデル計算による地表の1～5の地点での歪(下左)および上下変動(右)

による東海地方の歪と上下変動の時間変化の計算結果であるが、長期間には時間変化はおおむね直線的である。これは、プレート運動を一定と仮定しての計算であるので、当然といえば当然である。Stuart の計算も同様である。しかし、地震が近づくと直線的な変化からずれてくる。この直線の変化からのずれは場所により変わるので、単純に全地域で線形の仮定で次の満期時期の計算をするのは、いかに危険かよくわかる。さらに問題は、相模トラフの場合縦ずれ成分より横ずれ成分のほうが大きいことである。前述の計算は二次元であるため、縦ずれしか考えていない。横ずれの成分が入

てくると、どうなるのか？ 境界条件・初期条件、断層の形状など、モデルに注文が多いであろうが、とやかく言うよりまずいろんな計算をどんどんやるべきだ。

(4)-2 伊豆半島の活動はどんな影響を与え得るか？
南関東周辺で最近の最も大きな地殻活動は、伊

Assumed Fault Planes
Strike : 296
Dip : 23
Rake : 138
Depth = 20 km

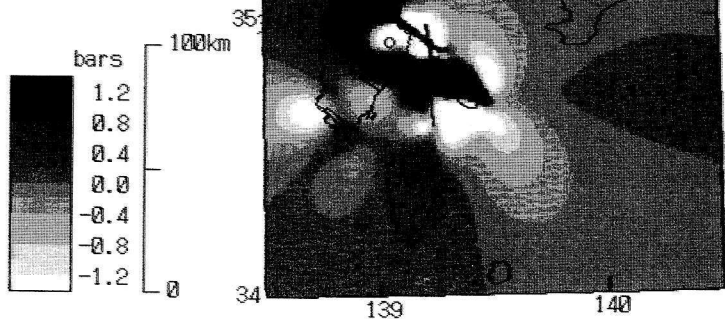


図5 1974年から1990年までの伊豆半島周辺の地震・火山活動のモデルに基づく、大正関東地震型の断層運動を促進するクーロン破壊関数の深さ20 kmでの変化。

豆半島から伊豆諸島にかけての群発地震・火山噴火であろう。特に、伊豆大島噴火や伊豆半島東方沖の海底噴火のように、マグマが地殻を押し広げた活動は、相模トラフに想定される関東地震の断層にも影響を与えたに違いない。Stein et al. (1992) をはじめとして、アメリカでは精力的に行なわれているクーロン破壊関数の計算を試みて、その影響を評価してみよう。図5は、伊豆半島周辺で1974年から1990年までに発生した地震の断層モデルや火山活動の圧力源・開口割れ目モデルを用いて推定した、1923年関東地震型の断層運動の発生を促進するクーロン破壊関数の深さ20 kmでの増減の分布である。この図から明らかなように、深さ20 kmでは震源の相模平野から三浦半島・房総半島南部にかけて0.2 bar以下の減少の領域にある。平均的なプレート境界型地震の応力降下量30 barsとすると、0.2 bar近い応力の減少は伊豆半島の活動がなかった場合より歪蓄積期間を1%近く(再来間隔を300年とすると2年)長くする。このモデルは、かなり理想化された断層モデルを用い、さらに構造的不均質や粘弾性の効果なども考慮に入れていない単純な

ご案内

地震ジャーナル・20号

エッセイ	地震学会会長に就任して	石田瑞穂
座談会	女性地震学者大いに語る	
	司会：石田瑞穂／長谷見晶子／久家慶子	
	山中佳子／松浦律子〈発言順〉	
最近の大地震を考える		阿部勝征
発光現象——宏観異常現象の検証		佃 為成
地震災害復興計画の問題点		渡辺 実
「地震予知は不可能」論文への所感		飯尾能久
阪神大地震と出版メディア		川端信正
企業の防災対策 東京海上保険の地震対策		指田朝久
追悼文 久保先生のご冥福を祈って		片山恒雄
地震予知連絡会情報		田中寅夫

記

ご購入料(実費頒布:送料共) 1500円
お申込先 ㊚101 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
☎ 03-3295-1966, 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

ものであるが、一つの目安を与える。

このように周辺の地震・火山活動がある地域の歪蓄積過程にいろんな影響を与えることは十分に考えられることであり、中長期的な地震発生危険度評価には避けて通れない課題である。また、媒質の不均質や非弾性的な効果を十分に評価することも必要であり、いきおい数値シミュレーションに頼らざるをえない。断層も含んだ日本列島の大規模な構造モデルをスーパーコンピューターのメモリー内に構築し、プレート運動やGPS連続観測による地殻変動データから近未来の応力場を予測することができるようになれば、と願っている。

終わりに

以上、相模トラフでのM8級の地震の発生について考えてきた。南関東にはM8級の地震の発生の前に、M7の地震がいくつか発生すると考えられている[例えば、石橋, 1995]。これまでの南関東で発生したM7級の地震については、その実像がはっきりとつかめていない。そのため、ここで述べてきたような測地測量データに基づく推論は不可能である。潜在活断層の調査など、地下構造の探査をもっとくわしくやって候補となる断層を探し、測地データと突き合わせその運動を推定するしかないであろう。しかし、測地のデータにはM8級のプレート境界型地震のエネルギー蓄積に伴う歪も含まれている。むしろ、こちらのほうが大きいだらうから、まずM8級の地震発生の可能性の評価をしないことには、何もわからない。ところが現時点でも、沈み込むフィリピン海プレートの形ですら、いまだ研究者間で意見の相違がある。M8級のプレート境界型地震の発生可能性の評価には、プレートとその境界の形が大きく影響するはずだ。また、フィリピン海プレートは関東平野の下で太平洋プレートに乗り上げたようになっていると考えられ、そうなるとう力のバランスはどうなるのか？ 私たちは、このような基本的なところに立ち返って検討した上でモデルを固め、再出発すべきであろう。

参考文献

- 国土地理院・海岸昇降検知センター, 1991, 日本列島沿岸の年平均潮位とそのグラフ, 明治27年~平成2年, 83p.
- 橋本 学, 1990, 測地測量により求めた日本列島の地震間の平均的な地殻水平歪速度(I): 本州・四国・九州, 地震第2輯, 第43巻, 13-26.
- Hashimoto, M. and D. D. Jackson, 1993, Plate Tectonics and crustal deformation around the Japanese islands, *J. Geophys. Res.*, Vol. 98, 16149-16166.
- 石橋克彦, 1995, 大地動乱の時代——地震学者は警告する, 岩波新書, 350, 234p.
- 加藤尚之・平澤朋郎, 1996, 仮想東海地震に先行する非地震性すべりと地殻変動の予測, 月刊地球号外14, 126-132.
- Lallemant et al., 1989, Zenisu Ridge: A deep intraplate thrust related to subduction off southwest Japan, *Tectonophys.*, 160, 151-174.
- Matsu'ura, M., et al., 1980, Statical and dynamical study on faulting of the 1923 Kanto earthquake, *J. Phys. Earth*, 28, 119-143.
- 松田時彦, 1995, 活断層, 岩波新書, 423, 242p.
- 溝上 恵, 1994, 新島・神津島近海の地震活動, 地震予知観測の成果(2)——関東・中部地域, 地震予知連絡会地域部会報告, 第5巻, 297-308.
- 鷲谷 威・他, 1995, COSMOS-G2 ネットワークによる関東・東海地方の地殻変動 Berner/BPE による解析結果(序報), 日本地震学会講演予稿集 1995年度秋季大会, C77.
- Stein, R. S., et al., 1992, Change in failure stress on the southern San Andreas fault system caused by the 1992 magnitude=7.4 Landers earthquake, *Science*, Vol. 258, 1328-1332.
- Stuart, W. D., 1988, Forecast model for great earthquake at the Nankai trough subduction zone, *PAGEOPH*, Vol. 126, 619-641.
- 都司嘉宣, 1994, 津波と断層運動, 『地震と断層』(島崎・松田編), 188-209.
- Yoshioka, S., et al., 1994, Interplate coupling in the Kanto district, central Japan, deduced from geodetic data inversion and its tectonic implications, *Tectonophys.*, Vol. 229, 181-200.

新しい震度階級の話

北川良和

はじめに

1984年以來、震度観測は幾多の変遷のもと、気象官署の担当官が体感と周囲の状況から震度を判定するという方法で行われてきた¹⁾。すなわち、(i)「地震報告」第5条による時代(1884～1897年)、(ii)震度が分割されたが無定義の時代(1898～1907年)、(iii)『中央気象台年報』「地震の部」による時代(1908～1935年)、(iv)「地震観測法」による時代(1936～1948年)、(v)「地震観測法」による時代(1949年～)である。(i)の時代では震度階は微震・弱震・強震・烈震の4段階に、(ii)の時代では微震(感覚ナシ)を追加し、強震を強震(震度弱き方)に変更し、更に弱震を弱震(震度弱き方)と弱震に、烈震を強震と烈震に分割し、震度階級を7段階としているが、その定義はない。(iii)の時代では(ii)での震度階を定義している。(iv)の時代では弱震(震度弱き方)を軽震に、強震(震度弱き方)を中震にその名称を変更している。(v)の時代では新たに震度階 vii として激震を追加し、定義の追加、修正を行なっている。なお1978年以降、各震度階の定義に参考事項が追加されている。

1988年2月の震度観測検討委員会の報告に基づき、1991年から震度観測は順次震度計を用いた機械観測へと移行されている。折しも1995年1月17日、兵庫県南部を震源とするマグニチュード7.2の都市直下地震が発生した。この地震は震源域を中心に6000人余という戦後最大の人命を奪い、甚大な物的被害をもたらした。気象庁は神戸・洲本を震度6、その後の現地調査により、神戸市須磨区・長田区・兵庫区・中央区・灘区・東灘区、芦屋市、西宮市、宝塚市の一部および淡路島の北淡町・一宮町・津名町のそれぞれに震度

7を適用した。これは1948年福井地震以後に震度7が設定されて以来初めてのことである。このような状況のもと1995年3月、気象庁震度階級の見直しについて検討を行なうため震度問題検討会(座長：宇津徳治・東京大学名誉教授、以下12名)が発足し、同年11月最終報告、1996年2月『官報』告示²⁾された。

ここでは新しい震度階について建物の被害との関係から、その内容を述べる³⁾。

1. 震度について

今回の地表での震度7の地域は、神戸市の海岸線と六甲山麓のちょうど中間に位置し、東西に帯状に広がっている。これまでの震度7の判定方法では被害の詳細な調査を必要とするため、震度7を判定するまでに約3週間の調査期間を要している。これは災害応急対策などに震度を利用するための防災情報として適当な方法とは言えない。また都市部においては、人口の集中、社会経済の拡大に伴い都市域の拡大や地下部の高度利用、構造物の大型化・多様化、建物の過度な密集、避難経路の未整備、ライフラインやコンピューターネットワークへの依存度の拡大などが進んでいる。このような状況に、これまでの震度階級の説明文の内容では対応できないこと、震度5以上の説明文では、実際に発生する被害状況に大きな幅があることなどの問題点が生じている。これらの問題を解決するため、気象庁は震度を震度計によって計測された連続量として地震動強さの程度を数値化したものとし、この計測値を計測震度として表し、震度階級を計測震度の値(計測震度の少数第1位を四捨五入した整数値)で定義した。これらの考え方に基づき計測震度6.5以上を震度7と定義し、

更に、震度5,6については計測震度の値によって等分割し、例えば震度5強、5弱と呼称している(表1参照)。

ここで、震度7は最大級の被害をもたらすもので、防災対応も最大級の措置がとられること、計

測震度7.0以上を観測した例がなく、実際上どのような被害が発生するか不明確であることなどにより分割されていない。また、これまで震度階級表にある各階級の名称(微震・軽震……激震)を震度階級から除いている。

表1 計測震度と震度階級との関係(気象庁震度階級関連解説表:抜粋)

計測震度	震度階級	人 間	屋 内 の 状 況	屋 外 の 状 況
0.5	0	人は揺れを感じない		
	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる		
1.5	2	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。眠っている人の一部が、目を覚ます	電灯などのつり下げ物がわずかに揺れる	
2.5	3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。恐怖感を覚える人もいる	棚にある食器類が、音を立てることがある	電線が少し揺れる
3.5	4	かなりの恐怖感があり、一部の人は、身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが、目を覚ます	つり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立て、座りの悪い置物の多くが倒れることがある	電線が大きく揺れる。歩いている人も揺れを感じる。自動車を運転していて、揺れに気付く人がいる。
4.5	5弱	多くの人が、身の安全を図ろうとする。一部の人は、行動に支障を感じる	つり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の多くが倒れ、家具が移動することがある	窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのがわかる。補強されていないブロック塀が崩れることがある。道路に被害が生じることがある
5.0	5強	非常に恐怖を感じる。多くの人が、行動に支障を感じる	棚にある食器類、書棚の本の多くが落ちる。テレビが台から落ちることがある。タンスなど重い家具が倒れることがある。変形によりドアが開かなくなることがある。一部の戸が外れる	補強されていないブロック塀の多くが崩れる。据付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。多くの墓石が倒れる。自動車の運転が困難となり停止する車が多い
5.5	6弱	立っていることが困難になる	固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。開かなくなるドアが多い	かなりの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する
6.0	6強	立っていることができずはわないと動くことができない	固定していない重い家具のほとんどが移動、転倒する。戸が外れて飛ぶことがある	多くの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる
6.5	7	揺れにほんろうされ、自分の意志で行動できない	ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある	ほとんどの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されているブロック塀も破損するものがある

2. 解説表について

震度情報が、災害応急対策等防災対策を実施する上で有効な情報となるためには、ある震度が観測されたとき、実際にどのような現象が発生するか示す必要がある。このため震度計の整備が始まった1991年以降の被害地震について、観測された計測震度とその付近の地震被害との対照、および従来の震度に関する経験などを参考として『気象庁震度階級関連解説表』が作成されている。

ここで、従来の震度は説明文で記述されている事象によって定義されているが、新しい震度階は計測震度によって定義されている。このため「気象庁震度階級」ではなく『気象庁震度階級関連解説表』という名称を用いている。すなわち、震度と説明文との関係が反対になっている。また種々の目的のため、体感や被害調査などから揺れの強さを推定することは、今後他の機関などによって実施される可能性が考えられる。これは計測震度から決まる震度とは異なるため、別途適当な名称を用いるべしとしている。

一般に同じ地震動であって

も対象物の性質，例えば建物の種類・規模・耐震性能・固有周期などが異なれば発生する被害状況などの現象も異なる。更には，複雑な地震動強さを計測震度という一つの数値で表現することは無理な面が生じる。このため解説表を使用するにあたっては，(i) 各震度に対応して発生する現象は同じではなく，ある程度の幅があることから，各震度階の解説内容は通常一般的に発生する現象を示したもので，これより大きな被害が発生したり逆に小さい被害にとどまる可能性があること，(ii) 解説内容は1993年釧路沖地震以降の被害地震の事例を主として参考として作成されているため，今後，事例の蓄積に応じて内容を再検討する必要があることに留意する必要がある。

3. 計測震度の算出方法について

計測震度の算出にあたって，これまでの方法との修正点は以下の3点である。すなわち，①構造物被害との相関を考慮して，震度算出に用いる地震動の周期範囲を長周期側に広げる，②計測震度の値が連続量として扱えるよう継続時間考慮の方法を改める，③これまでは各成分ごとに震度を算出していたが，今度はベクトル量として扱う。計測震度は加速度計(0.1~50Hz，特性一定)のデジタル記録3成分を用いて周期，継続時間から以下の手順で算出する。

(1) フーリエ変換 各成分の加速度記録をフー

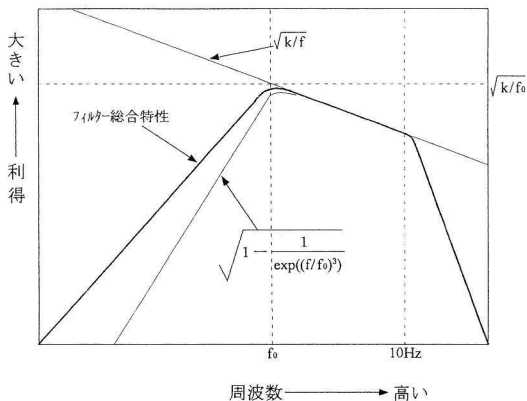


図1 フィルターの総合特性
両対数スケール， $K=1.75$ ， $f_0=0.5\text{Hz}$

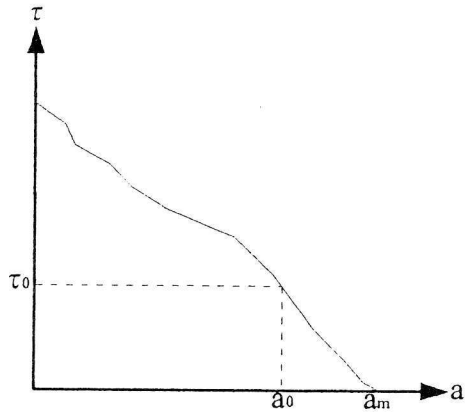


図2 継続時間 τ と数値 a との関係

- リエ変換し，スペクトルを求める。
- (2) フィルター処理 上記スペクトルに3種類のフィルター(体感による震度と一致するよう周期の影響を考慮した項に対応するフィルター，ハイカットフィルター，ローカットフィルター)をかける。各フィルター特性及び総合特性を図1に示す。
- (3) 逆フーリエ変換 フィルター処理した加速度波形を求める。
- (4) ベクトル合成 フィルター処理された各成分の加速度波形をベクトルの的に合成する。
- (5) 継続時間を考慮した振幅の決定 上記ベクトル波について，その絶対値があるレベル a 以上である時間の合計 $\tau(a)$ とする。またベクトル波の絶対値の最大値を a_m とすると，

$$\tau(a_1) > \tau(a_2) \quad (0 < a_1 < a_2 < a_m)$$

$$\tau(a) = 0 \quad (a_m < a)$$

となる(図2参照)。このとき適当なパラメータ τ_0 について $\tau(a_0) = \tau_0$ となる値 a_0 を求める。ここで $\tau_0 = 0.3$ 秒とする。

- (6) 計測震度の算出 (5)で求めた a_0 を河角の式($I = 2 \cdot \log a_m + 0.7$)に基づく下式に代入し，計測震度 I を求める。

$$I = 2 \cdot \log(a_0) + 0.94$$

これらの手順によって得られた主な強震記録の最大加速度・計測震度を表2に，兵庫県南部地震の神戸地域での計測震度を図3に示す。

表2 各強震記録から算定した計測震度

Site	Original Peaks ¹⁾ (gal)			Filtered Peaks ²⁾ (gal)			I ³⁾
	X	Y	Z	X	Y	Z	
40 El Centro	341.7	210.1	-206.3	237.6	170.9	74.9	5.4
52 Taft	175.9	152.7	102.9	-116.6	93.2	60.5	4.9
68 Hachinohe	229.7	180.2	114.2	177.8	156.6	64.0	5.2
78 Tohoku Univ	258.2	202.6	-153.0	209.7	-163.2	81.1	5.5
93/01/15 Kushiro (BRI)	-711.4	-637.2	363.4	-350.7	-367.6	156.2	5.9
93/01/15 Kushiro (JMA)	-922.2	817.5	466.9	498.0	481.0	219.0	6.3
94/10/04 Kushiro (BRI)	314.1	-392.2	-189.2	-183.2	-219.4	-69.0	5.4
94/12/28 Hachinohe (BRI)	-415.9	319.7	118.7	-309.7	235.8	-71.9	5.8

1)原波形の最大加速度、2)フィルター後の最大加速度、3)計測震度。

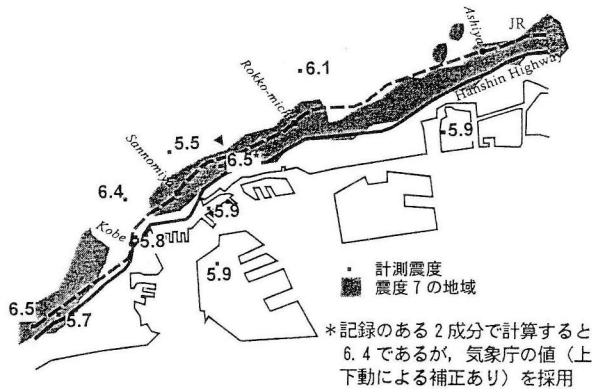


図3 1995年兵庫県南部地震の記録による計測震度

4. 建物被害の解説の作成にあたって

2節で述べたように、ある震度が観測されたときにどのような建物被害が平均的に生じるかあらかじめ示すために『気象庁震度階級関連解説表』内に解説文がある。この解説文を作成するために木造・鉄筋コンクリート造建物での現象と震度階級との関係について耐震工学の専門家10余名にアンケートを行なった。このとき、両建物の耐震性能はその建設年代などによって異なることから耐震性の“高い”“低い”で分類し^[注1]、各対象物に対する現象の説明内容は小破・中破・大破・倒壊を想定した。アンケート結果を表3に示す。表からわかるように木造・鉄筋コンクリート造建物の被害程度から推定される震度階級は±0.5程度

ばらついている。耐震性の高い建物と低い建物との差は木造建物で0.5~1.0程度、鉄筋コンクリート造建物で0.5程度となっている。これらの結果を基にした震度階級(案)を表3中に示す。

おわりに

震度は計測震度によって示されることから、同じ震度であっても地震動の性質、建物の種類や耐震性能などが異なれば被害の様相は異なることに留意する必要がある。

また、建物の耐震性能の向上など、実情に合わない場合には、解説内容は変更されるべきものである。

[注1]

●木造の場合、建設時期をその仕様から分類すると以下のようなになる⁴⁾。

第1期(昭和30年頃以前) 土塗壁に漆喰・下見板張りまたは金属板張り、ふき土を有する瓦屋根が多い。この時期の建物は改築され、外壁にモルタルなどが施されている場合が多い。耐震性低い。

第2期(昭和30年~40年後半) 土塗壁に木ずり・モルタル塗。筋かいを有することが多い。屋根はふき土を有する瓦屋根が多い。

第3期(昭和50年以降) 外装は木ずり・モルタル塗またはサイジング張り。内装はラスボード下地・石膏ボード張り。土塗壁は一般に用いられず、断熱材が用いられることが多い。一般に筋かいが用いら

表3 アンケート集計結果(単位:%)

項目	対象物	現象	階級(案)	4+	5-	5+	6-	6+	7
木造建物	耐震性の低い住	壁や柱が破損するものがある	5-	17	50	33			
		壁・柱がかなり破損したり、傾くものがある	5+		14	57	29		
		倒壊するものがある	6-			17	67	16	
		倒壊するものが多い	6+				14	72	14
	耐震性の高い住	壁や柱が破損するものがある	6-		16	17	67		
		壁・柱がかなり破損したり、傾くものがある	6+			16	50	34	
		倒壊するものがある	7				16	50	34
		倒壊するものが多い	—				16	17	67
鉄筋コンクリート造建物	耐震性の低い建物	壁などに亀裂がでるものがある	5-		63	37			
		壁・梁・柱などに大きな亀裂がでるものがある	5+			86	14		
		壁・柱が破壊するものがある	6-				71	29	
		倒壊するものがある	6+				12	88	
	耐震性の高い建物	壁などに亀裂がでるものがある	5+		14	72	14		
		壁・梁・柱などに大きな亀裂がでるものがある	6-			14	72	14	
		壁・柱が破壊するものがある	6+		12	13		50	25
		倒壊するものがある	7					14	86

れ、釘打ち張り面材などが用いられることもある。在来工法の他に枠組壁工法や木質系プレハブ工法などがある。耐震性高い。

●鉄筋コンクリート造建物の場合

昭和56年以前 旧基準で要求されている高さ方向の設計用せん断力係数は現行基準と異なり、建物の上層階程ほど耐力不足となっている。このとき最小配筋規定などにより最上階およびその近傍の階はかなり強度を有していることから、中間層では強度不足の可能性はある。耐震性低い。ただし、昭和46年以降の建物については建築学会の基準改訂により建物の耐力は1.5倍以上となっている。

昭和57年以降 剛性率や偏心率に対する構造性能の要求値は低いという欠点はあるものの、全体として耐震性は高い。

参考文献

- 1) 三浦, 1964, 気象庁震度の変遷, 測候時報, 31巻, 第6号, pp. 134-138.
- 2) 気象庁告示第4号, 平成8年2月15日官報, 第1831号.
- 3) 北川・岡田・鹿嶋・関田, 1996, 新しい震度階と建物被害, 日本建築学会大会梗概集.
- 4) 平成7年兵庫県南部地震被害報告(速報), 1996, 建築研究所.

[きたがわ よしかず 前・建設省建築研究所, 建築研究振興協会技術参与: 工博]

ご 案 内

1995年兵庫県南部地震における液状化、地盤の永久変位、地盤条件 [ベクトル図・地盤変状]
The 1995-Hyogoken-nanbu(Kobe) Earthquake Liquefaction, Ground Displacement and Soil Condition in Hanshin Area

著 者 ● 濱田政則・磯山龍二・若松加寿江
発 行 ● 財団法人地震予知総合研究振興会
早稲田大学・日本技術開発(株)
体 裁 ● A3判/カラー図版/194頁
和文・英文併記
頒布価格 ● 20,000円(送料共)

〈問合せ・申込先〉
〒101 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
☎ 03-3295-5344
FAX 03-3295-1996
担当者: 池田または野坂

財団法人 地震予知総合研究振興会

地震防災とマルチメディア

和田雄志

阪神大震災と情報メディア

阪神大震災では、発災直後の情報不足により、初動対応が致命的に遅れた。たとえば、発災時、兵庫県庁に設置されていた衛星通信システムの自家発電装置の冷却装置が破損したため、当日の午前7時50分から正午過ぎの最も重要な時間帯に、装置が機能しなかった。また、兵庫県知事は発災当時、県庁から4 km離れた公舎で寝ていたが、県庁との電話がつながらず、迎えの車で県庁に到着したのは、地震発生3時間後の8時半すぎであった。さらに、全国から安否問い合わせ電話が被災地に殺到した結果、最大ピーク時で通常の約50倍に達した。その後も数日間は通話マヒ状態が続いた(図1参照)。

一方、商用パソコン通信やインターネットは、被害状況・復旧情報・安否情報など、テレビや新聞報道とは一味ちがったきめ細かい情報交流の場となった。たとえば被災直後、神戸市役所の職員が8ミリビデオで撮影した災害現場の映像は、最寄りの公衆電話からISDN回線で送られ、後にインターネット経由で文字どおり世界中の人々が、

神戸の惨状を知ることとなった。また、携帯電話は、被災地で小回りのきくメディアとして活躍した。

阪神大震災は、災害時の情報メディアの重要性を再認識させるとともに、今後は複数の情報メディアを組み合わせることで活用することにより、被害を軽減し、復旧を早めることが期待される。本稿は、首都圏の複数の自治体、国の防災機関、それに様々の情報システムを構築・企画している企業8社の参加を得て、未来工学研究所が昨年8月から実施している「災害とマルチメディア・フォーラム」での検討経過を踏まえて、災害時のメディア活用方策について、近未来シナリオを紹介するものである。したがって、以下で紹介するシステムはいずれも現在、あるいは1、2年以内に実現可能なものである。

地震災害の時間フェーズと情報システム

災害時の情報ニーズは、時間とともに変化する。それに対応して整備すべき情報システムも異なるものとなる(図2参照)。

阪神大震災では、様々の教訓が指摘されたが、

情報システムの側面からは、1) 発災直後の情報不足による初動対応の致命的な遅れ、2) 高齢者・外国人などの情報弱者の孤立化、3) 避難場所での情報不足、4) リアリティが不足した地域

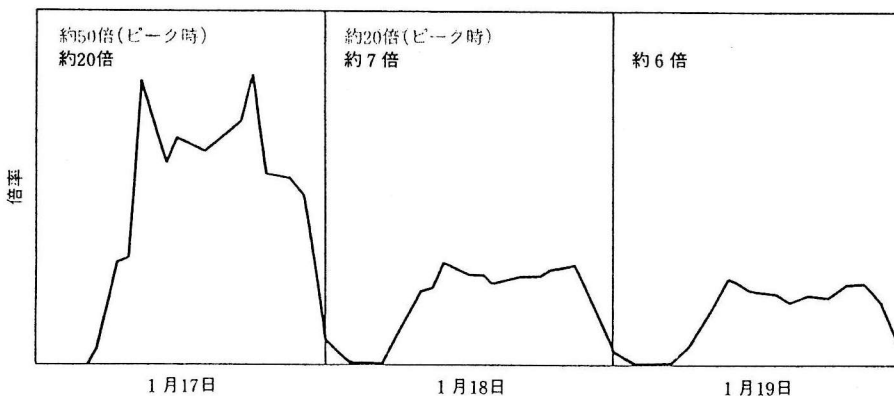


図1 阪神大震災後の通話混雑状況 [出典：武井，1996.1，電子情報通信学会誌]

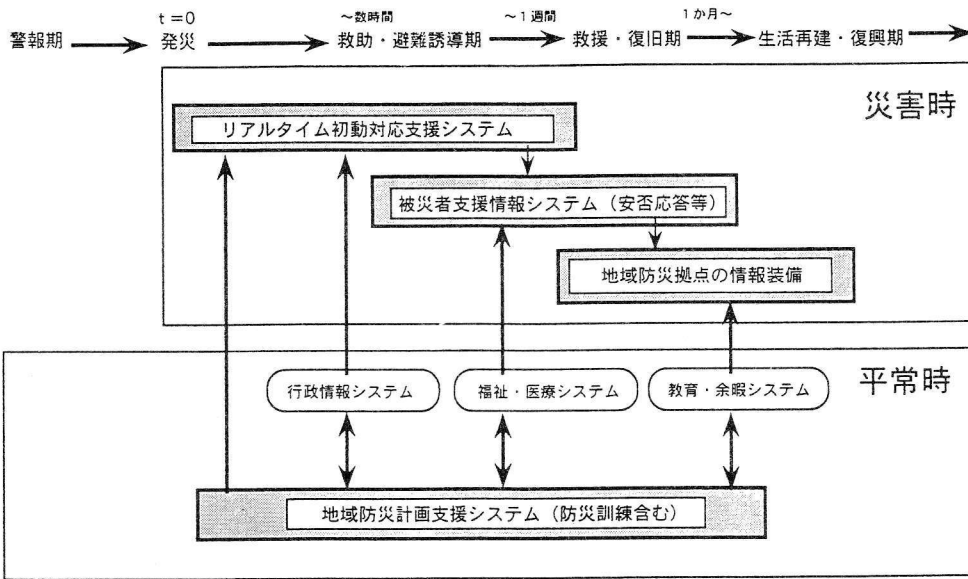


図2 地震災害の時間フェーズと情報システム [出典：災害とマルチメディア・フォーラム中間報告]

防災計画，があげられよう。以下では，そのうちのいくつかの課題と具体的システムを紹介する。

安否応答システム

阪神大震災は，早朝に発生したため，犠牲者の大半は自宅被災している。しかし，発災時刻が平日の昼間の場合は，あらたな問題が予想される。大量の「帰宅難民」の発生である。

たとえば，父は会社，母はパート先，子どもは学校，祖母は自宅，といったように，家族が別々の場所で被災する可能性は否定できない。

特に勤め先や学校が離れていて交通機関がストップした場合は，事態は深刻である。東京都立大学の中林一樹教授は，東京で平日の昼間に発生した場合は，帰宅難民は285万人と推定し

ている。大量の帰宅難民の避難誘導，食料・水の確保とならんで安否情報システムが重要になってくる。

このような，広域の安否問い合わせニーズに応えるには，マスメディアの対応だけでは限界がある。パソコン通信やインターネットといったテキスト蓄積型のメディアに加えて，図3のようなボ

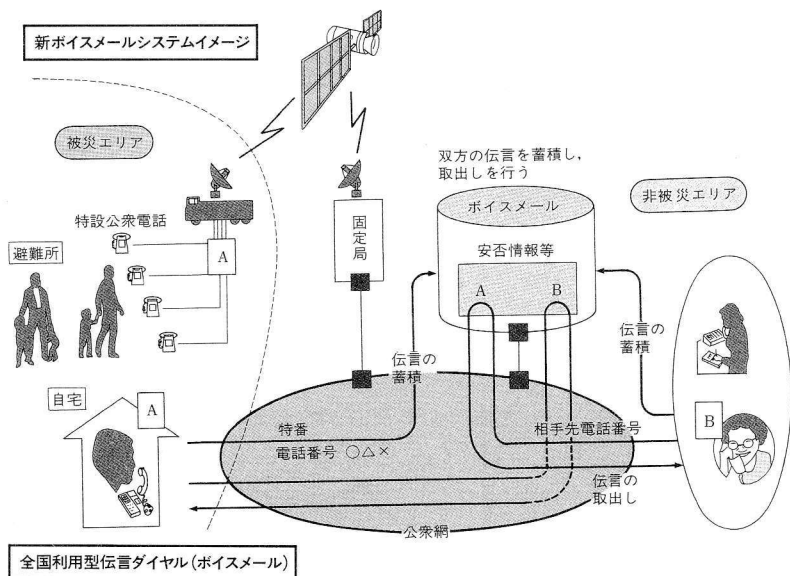


図3 全国利用型伝言ダイヤルのシステム例 [出典：高島他，1996.1，電子情報通信学会誌]

イスメールシステムの開発も検討されつつある。

一方、東京のラジオ局のひとつであるニッポン放送は、かねてより、都心のオフィスビル管理者や私立高校などとタイアップして、「お勤め先安否情報」や「学校安否情報」を放送する体制をとっている。今後は圏域を超えた複数の報道機関による広域安否システムの確立が不可欠であり、すでにその方向での訓練も実施されている。

災害弱者への対応

「災害弱者」という言葉がある。災害時において弱い立場におかれる可能性の高い人たちのことで、具体的には、高齢者・身体障害者・外国人・慢性病患者・妊産婦などが該当する。このような人たちは、普段の生活においても様々の不便を被る可能性が高いが、災害時にはさらにそれが加速されるのである。避難所や仮設住宅ですごした高齢者の何人かは、震災生活のストレスが原因で亡くなっている。

災害弱者は、同時に「情報弱者」でもある。目や耳が不自由な人にとっては、通常の情報伝達手段は役に立たない。日本語のわからない外国人にとっても事態は同様である。

前者については、阪神大震災時に、ボランティアによる点字翻訳サービスなども行なわれたが、今後のシステムとしては、FM放送に文字を表示する「見えるラジオ」の活用、あるいは音声やテキストを点字に自動変換するシステムなどがすでに実用化されつつある。後者の外国語対応は、震災時に神戸のFM局が24時間の在日外国人向け放送を実施している。現在、いくつかの自治体では、256チャンネルの文字放送が可能なコミュニティFM多重放送を検討しており、そのなかで、複数の言語での放送を行なうことが可能である。ここでのポイントは、外国語放送を担当する専門スタッフの確保である。

地域防災拠点としての学校の情報装備

阪神大震災で、ピーク時には32万人の被災者

が、近隣の学校や公園などに避難し、開設された避難所は1200箇所に及んだ。地震直後は、避難者は、食料や物資の不足だけでなく「情報空白域」におかれていた。

避難者が持ち込んだ携帯ラジオやカーラジオから流れてくる情報は、死者の数や被害の拡大を伝える全国向けの放送ばかりである。家族や知人の安否が知りたい、自分の避難場所にいつ救援物資が届くか、この地区の電気・ガス・水道などのライフラインはいつ復旧するのか、といった被災者のニーズに根差したきめ細かい情報は、情報ボランティアなどによる支援が本格化する時期までは一切入ってこなかった。

主な避難場所には、NTTの臨時公衆電話なども設置されたが、学校には、電話回線が1校あたり2回線程度しか敷設されていないのが実状である。また、各学校でパソコンは急速に整備されつつあるが、ネットワークに接続している機器はほとんどなかった。

震災以後、いくつかの自治体では、学校に携帯電話を配備するなどの対策を講じているが、ポイントは、発災時のシステムの運営体制と平常時利用との連携である。

発災時のシステム運用については、特にパソコン通信を介した安否確認や情報連絡体制など、学校職員の対応だけでは限界があり、地域ボランティアやPTAなどとの連携プレイが不可欠である。地域によってはコンピュータ操作に習熟した企業ボランティアの活用も考えられる。また、平常時の学校教育のカリキュラムの中に、地域防災活動プランなどを積極的に取り込んでいくことも必要である。いずれにせよ、日常の利用でシステムの運用に習熟しておくことが不可欠なのである。

フォーラムでは、学校での被災者情報提供システムとして、パソコンネットワークとテレビを組み合わせた「被災者生活支援情報システム」を提案している。学校の各教室に備えつけのテレビ受像機を校内映像LANの端末として積極的に活用しようとするものである(図4参照)。将来的には、学校にインターネットが整備されれば、これらをネットワークの中核として利用することにな

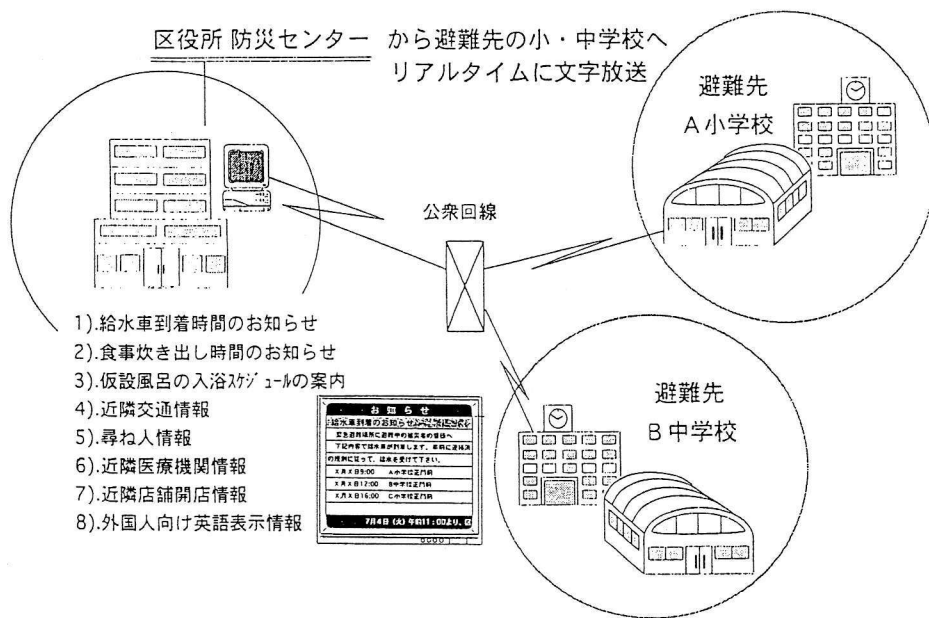


図4 学校被災者情報提供システム例 [出典：災害とマルチメディア・フォーラム中間報告]

ろう (すでにモデル実験は一部で始まっている)。

バーチャル・リアリティ活用の防災訓練

防災対策のひとつに防災訓練がある。消火訓練・救急訓練・避難誘導訓練といった防災実技・スキルを身につけるための訓練から、毎年9月1日の「防災の日」に多くの機関が参加して実施される「総合防災訓練」まで様々なスタイルがある。問題は、訓練にリアリティが不足しがちになることである。とすれば、訓練自体が形式化し、筋書き通りの行動を実施するだけというケースも少

ならず見うけられる。

そこでマンネリ化した防災訓練に、少しでも変化とリアリティをもたらすために、未来工学研究所では、科学技術庁の委託で、「バーチャル・リアリティ (VR)」を防災訓練ツールとして利用できるソフトを開発している。VR 自体は、本来、ゲームやバーチャル・ショッピング、オンライン教育ツールとして開発されてきたが、様々なシナリオや空間構造を自由にデザインできるため、非日常的な災害の擬似体験ツールとしても十分機能を発揮することが期待されている。リアルかつ安全な訓練ツールとして地域防災センターや消防学校などでの導入から先行するであろう。

現在開発中の VR ソフトは、NTT ヒューマン・インターフェース研究所でプロトタイプが作られたもので、通信回線を通じて遠隔地から最大20人のプレイヤーが参加できるのが特色である。ゲーム感覚で簡単に操作できるため、子どもの防災教育ツールとしての利用も考えられる。



図5 仮想地下街での災害シミュレーション [出典：未来工学研究所資料]

危機管理能力を育てる

以上、地震災害時に活躍が期待されるいくつかの新しい情報メディアを紹介してきたが、忘れて

ならないのは、これらのメディアの効用が発揮されるか否かは、扱う人間の資質・能力に帰するということである。

確かに、阪神大震災の発災直後には、様々の情報入手が困難で、当時の首相や自治体の首長に、より早くより多くの情報が届いていたら、もっと適切な初動体制がとれたかもしれない。しかし、今、国や自治体で整備されつつある各種の災害情報システムがすべて整備されれば、適切な対応が保証されるかという点、必ずしもそうとは限らない。

情報が少ないときの判断は確かに難しいが、情報が多すぎても、かえって混乱を引き起こす可能性がある。たとえば、発災直後、災害対策本部の映像モニターに同時に 100 個所の被害情報が飛び込んできた場合、即座に適切な判断を下すことができる人間はどのくらいいるだろうか。少なからぬ人が、「情報洪水」によりパニック状況に陥る可能性がある。「情報収集」システムの整備に加えて、人間の側の「情報判断」能力を訓練する必要がある。この能力は、座学では体得が困難であり、実践の中で獲得していくしかない。現実の災害体験から学ぶことは多いが、それも繰り返し体験できるとは限らない。

そこでこれらの能力を育成する手法として、「災害危機管理システム」が必要となってくる。これは、防災図上演習・被害予測シミュレーション、それに戦略シミュレーションゲームの組み合わせで構成される。

まず、防災図上演習であるが、本来は軍事活動の一環として、作戦実施に先立ち、様々の戦闘状況（危機シナリオ）を想定して、机上で適切かつ迅速な判断と行動を決定・評価するための手法である。この手法を防災訓練に本格的に応用したのが、東海地震の警戒宣言発令を想定した図上演習である。静岡県下各地で実施された地震防災図上演習は、地域の実状にあわせて、津波避難・学童帰宅・観光客誘導などの問題点を実証的に検証した。当時は、大きな地図の上に、被災箇所や避難人員を書き込むとともに、防災要員や資器材の投入状況をコマやミニチュア模型で表示するという手法が採用された。

次に、被害予測シミュレーションである。阪神大震災を契機に脚光を浴びており、川崎市や東京消防庁などでは、以前から導入されている。システムのベースは、GIS（地理情報システム）である。GIS も、最近では、3次元立体表示の地図も使われはじめている（図6参照）。

川崎市の震災対策支援システムは、地震計と連動して、地域ごとの火災発生・液上化現象・家屋倒壊といった被害予測データが地図上に表示されるシステムである。ただし、現行システムでは、地震動の初期データをもとに、被害予測の初期値を表示するだけであり、その後続く消火活動・人命救助といった対策効果をリアルタイムで取り込めるようなプログラムには至っておらず、次期システムへのバージョンアップを期待したい。

そして最後は、戦略シミュレーションゲームで

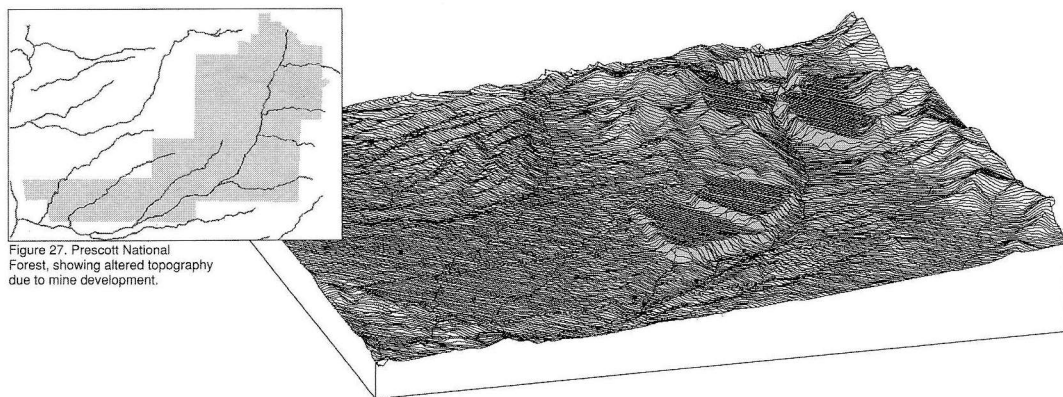


図6 三次元 GIS の例 [出典：USGS 資料]

ある。すでにゲームソフトの一分野として、歴史上の人物や架空の人物を主人公として、戦争・国土拡大、都市や鉄道の経営などを競うソフトがある。災害への対応は、「破壊」に対する「回復」活動であり、戦争と都市経営の2つの活動を短時間に経験することでもある。

先に述べた防災図上演習・被害予測シミュレーションに、戦略シミュレーションゲームの手法を加えることにより、より実践的な災害危機管理システムが構築できる。時々刻々と変化する災害事態に対して、防災担当者が迅速かつ的確な判断と行動を起こすためのツールの開発は、これからの防災対策を推進する上で不可欠のものとなる。

参考文献

未来工学研究所編, 1995. 10. 25, 災害とマルチメディア・フォーラムシステム提案中間報告.
 武井 務, 1996. 1, 阪神・淡路大震災における通信サービスの状況, 電子情報通信学会誌, Vol. 79, No. 1.
 高島秀行・石川 弘, 1996. 1, 阪神・淡路大震災における通信サービスの課題, 電子情報通信学会誌, Vol. 79, No. 1.
 貝原俊民, 1995. 3, 兵庫県知事からの発言, 文芸春秋三月特別号.
 山根一真, 1995. 3, マルチメディアが救った情報空白

の危機, 文芸春秋三月特別号.
 神戸都市問題研究所, 1995. 10, 大都市直下型震災時における被災地域住民行動実態調査, 総合研究開発機構.
 未来工学研究所, 1996. 3. 31, 防災教育・訓練ツールとしてのバーチャル・リアリティの開発.
 未来工学研究所, 1980. 3, 東海地域における地震予知に関する情報システムについての調査研究.
 未来工学研究所, 1982. 5, 都市機能の複合化と防災性に関する研究.
 太田 裕・和田雄志・清水正信, 1995. 11, 兵庫県南部地震における人的被害の発生時刻依存性に関するシミュレーション, 1995年度秋季地震学会.
 阿倍北夫他編, 1982. 7. 15, 都市災害の科学.
 M. W. クルーガー, 1991. 11, 人工現実.
 学校等の防災体制の充実に関する調査研究協力者会議, 1995. 11. 27, 学校等の防災体制の充実について.
 早稲田大学社会科学研究所, 1994. 3. 31, 地域災害における高齢者問題とその対応.
 高秀秀信, 1995. 5. 30, 大震災 市長は何ができるのか.
 和田雄志, 1995. 4, 地震災害と想像力, 月刊消防.
 和田雄志, 1996. 4, マルチメディアを活用した防災システム, 技術と経済.
 Emergency Management Institute, Catalog of Activities 1995-1996.
 国土庁, 1995. 3, 諸外国の防災体制に関する調査.
 国土庁, 1995. 3, 南関東地域直下のシナリオ型被害想定手法検討調査報告書.
 [わだ ゆうじ 未来工学研究所未来メディア研究室長]

当振興会本部事務所：移転のお知らせ

前号において、当振興会に新設した地震調査研究センターの事務所を千代田区猿楽町にある千代田本社ビル5Fに設置したことについて、ご紹介しました。

当振興会は引き続き、従来からの本部を地震調査研究センターとの業務の連携と円滑化を図る観点から、この4月8日に本部事務所を、同じく千代田本社ビル8F（案内図参照）に移転致しましたのでお知らせ申し上げます。

《新所在地》

☎101 東京都千代田区猿楽町1-5-18
 千代田本社ビル 8F
 [電話番号には変更ございません]
 (地震調査研究センターは5F)



時間予測モデルとは

島崎邦彦

はじめに

この小文では時間予測モデルを、なるべくわかりやすく紹介してみたい。時間予測モデルとは、同じ震源域から繰り返し発生する地震について提唱されたある種の規則性で、筆者と中田さん（現在：広島大学文学部教授）がタイムプレディクタブルモデル（time-predictable model）と名づけたものである。発生時予測可能型という難しい翻訳名を考えたが、いつのまにか時間予測モデルと呼ばれるようになった。

この問題について最初に小報告¹⁾を書いた時点では、筆者は単に「モデルa」と呼んだ。これでは不便なので、中田さんとの共著論文²⁾を書いた時点で time-predictable model と命名した。モデルには個人の名前がついたほうが良いという人もいる。しかし、私たちの拙い造語を本場の人たちが使ってくれるのは、気持ち良いものだ。

時間予測モデル適用の一例をあげよう。南カリフォルニア地震センター（Southern California Earthquake Center=SCEC: スケックと呼ばれる）は、地震学のセンターオブエクセレンスで地震のマスターモデルの作成を目標としている。ここでつくられた南カリフォルニアの地震動危険度マップ³⁾では、地震発生時を予測する手法の一つとして、時間予測モデルが使われている。

時間予測モデルとは

時間予測モデルについて説明しよう。

地震発生に至るエネルギーの蓄積と、地震によるエネルギー放出とは、しばしば貯金と買い物にたとえられる。こつこつ貯金して、ときどき買い物をする人がいるとしよう。貯金といえば、図1の下の図を思い浮かべる人が多いかもしれない。貯金国日本ではそうかもしれないが、あくまで使うための貯金として、ここでは図1の上の図を見ていただく。毎日一定額を貯金するとすれば、その残高は直線状に増えていく。図1の上の図は3種類あるが、いずれも鋸状のグラフとなっている。右肩上がりの直線が貯蓄を表していると考えて頂きたい。横軸はいずれも時間を示す。実際は、お金ではなく無理な力が地殻に溜まりつつある状態を示している。より正確に言えば、応力の蓄積過程を表している。ストーンと下がる場所が買い物をした日、すなわち地震の発生時である。地震発生によって応力が降下する。買い物をすると貯金

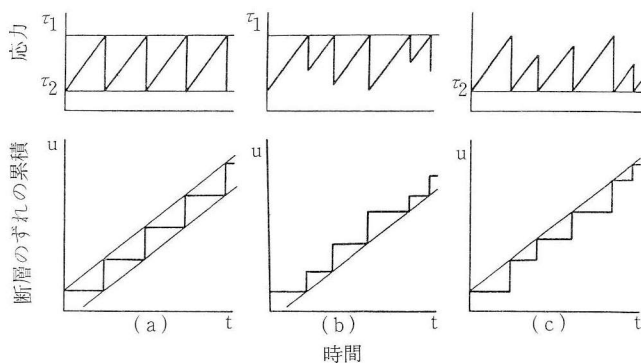


図1 地震の繰り返し発生モデル²⁾

上段は応力の時間変化、下段は地震時のずれの量の累積を示す。なお、応力は一定の割合で蓄積すると仮定されている。地震発生前後の応力レベルが一定の場合が(a)、地震発生前の応力レベルのみが一定の場合が(b)、地震発生後の応力レベルのみが一定の場合が(c)、それぞれ示されている。(b)の下段の折れ線グラフが図2に示すデータと調和的である。このタイプの繰り返しを時間予測モデルと呼ぶ。

が減るように、地震が起こると地殻の無理な力も減るのである。

左端の(a)を見てみよう。これは、几帳面な人に違いない。貯金が一定額になるまで買い物をしないで我慢する。また、買い物はいつも同じ金額の買い物である。とすると、買い物の日も決まってくる。かならず何日かおきに買い物することになる。下の図は、買ったものの額を足し合わせたものを示す。実際には、下図の縦軸は断層のずれの量の累積を示している。左端の(a)では地震時のずれの量がいつも一定、すなわち同じ震源域の規模を持つ地震が発生する。また、地震の繰り返し間隔も一定となる。これは完全に周期的な地震発生モデル (strictly-periodic model) になっている。地震が几帳面に繰り返す場合である。

几帳面と言えば、昔の偉い先生は几帳面であった。原稿の締切りは必ず守る。多くの場合、締切り前にかかなりの余裕をもって原稿を提出される。老人は気が短いためかとも思ったが、そうではないようだ。筆者らの世代が年を取っても、決してそうなるようには思えない。一般的にだらしがないのは、世代の特徴なのだろうか？ 原稿を書きながらふとそんなことを考えてしまう。いつも原稿(借金)に追われているような気がする筆者には(a)の几帳面型より、つぎの(b)のほうがよくあてはまる。

図1の上の図の真ん中の(b)では、貯金のたとえよりも借金のほうがわかりやすいだろう。借金をして買い物をする。この借金を返すまでは借りられないので、こつこつ返す他はない。そして、完済するとまたすぐ借金で買い物だ。(a)のように几帳面ではないから、買い物もその時々で違うものを買う。そして借金の額も異なる。しかし、借金が多ければ返すまでに時間がかかるので、次の買い物までが長い。逆に借金が少なければすぐに返せるから、次の買い物がすぐできる。地震について言えば、応力降下量が大きい地震、すなわち震源域の規模が大きい場合、応力の回復に時間がかかり、次の地震までの間隔があく。これは、地震前の応力レベルが一定と考えたためである。断層面の面積が同じならば、応力の降下量とずれの量

とは比例するので、上図から下図が描ける。すなわち、大きなずれの後では次の地震までの間隔が長く、小さなずれでは間隔が短い。下図の階段状のグラフでは下側が直線に乗るようになる。

この(b)のモデルが時間予測モデルである。前の地震のずれの量から、次の地震までの間隔がわかる。すなわち地震の発生時が予測可能となるので、time-predictable と呼んだ。基本は、地震前の応力レベルが一定ということである。すなわち、断層を破壊させて地震を発生させるのに必要な応力が一定、すなわち断層の破壊強度が時間によらず一定という、物理的にもっとらしい仮定である。この仮定が満たされれば、時間予測モデルが成り立つことになる。

次の(c)のモデルは、やはり貯金にたとえられる。これは心配性の人かもしれない。いつもある一定の残額を必ず残すように、買い物をする。いつ買い物をするにせよ、買い物の額は、貯金額で決まってしまう。長いこと買わずに我慢すると大きい買い物ができる。地震の場合には、地震後の応力レベルが一定という仮定に対応する。この場合、前の地震からの経過時間によって、応力降下量(買い物)が決まる。よって前の地震から長く経過するほど、応力降下量が大きく、断層のずれが大きい、震源域の規模の大きな地震が発生する。ずれの量が予測できるので、slip-predictable model と名づけた。いわば、ずれの量予測モデルである。このモデルがなぜか、一般の人の考える地震の起こり方になっている。しばらく地震が来ないので、今度の地震は大きいとか、前の地震から時間が経っていないので、大きな地震にならないなど、聞くことがある。

残額一定というのは、あまり現実的ではなさそうだ。残額が零になるまで、すなわち有り金すべて使って買い物をすると考えたほうがわかりやすいかもしれない。すなわち蓄積された応力すべてが地震で解放される。この場合には、地震が起こるたびにこれまで蓄積されたことが御破算になる。

これは時間予測モデルとは反対だ。時間予測モデルでは過去(の地震のずれの量)が将来(の地

震までの期間)を支配する。一方、ずれの量予測モデルでは履歴によらない、過去をもたないモデルである。

ここで断りしておかなければならないことは、これらのモデルはあくまで同じ震源域から地震が繰り返して起こる場合のモデルであることだ。決してある地域全体の地震活動や、ある地域に被害を与える様々な震源域の活動全体に適用されるモデルではない。

ちょっと横道にそれるが、かつて関東の地震が69年周期で起こる、東京に被害地震をもたらす地震も周期性があると言われたことがある。関東地方には様々なタイプの地震が発生するが、この69年周期説はどのタイプかは構わずにつくられた、いわば味噌も糞も一緒にした仮説である。社会学者の清水幾太郎氏が、統計学で信頼度99.9某%の数字が出るのは稀で、69年周期説はよほど信頼できる学説に違いないと書かれていたのを筆者は学生時代に読み、興味をもった。そこで調べてみたところ、この99.9某%の数字は統計学的手法を誤って用いた初歩的なミスによることがわかった⁴⁾。はるか昔、1971年のことである。信頼度99.9某%の数字のせい、筆者の反論の後もずっとこの説は効力をもっていたようである。

関東大地震の69年後(1992年)前後まで、防災意識の高揚のために用いられていたと、最近都内のある区の防災関係者から教えていただいた。地震発生メカニズムが異なるにもかかわらず一緒にして統計をとることの意味が本来問題にされるべきであるし、たとえそれを良いとしても統計的に誤っているのだからと思うが、いったん広まった説はなかなか消えないようだ。

もう一つ脱線すると、そもそも地震を集団として扱う場合と、個々の震源域のレベルで取り扱う場合とでは、全く事情が異なる⁵⁾。集団としてとらえるか、個々を見るかで、物事ががらっと変わる例としては猿学が最も有名だ。日本の猿学が世界をリードしたのは、猿の個体識別を行なったからだと言われる。猿を集団として見るかぎり見えてこないことも、一匹一匹に名前をつけて見るうちに様々なことが見えてくる。地震に関しても集

団として扱うかぎり見えてこない統計的性質があり、筆者は地震の集団的性質と個別的性質との区別が重要であることをこれまで強調してきた。時間予測モデルは地震の個別的性質である。同じ震源域から繰り返して地震が発生するという事実に基づいて、それでは何か繰り返して規則性はないだろうかと考えたことに始まる。

時間予測モデルはまた、地震という現象を震源域での断層のずれという短い時間の過程だけでなく、その原因である応力の蓄積過程とともに長い時間幅でとらえた。このような観点が、それまでの見方とは異なる。応力の蓄積から放出までの全過程は地震サイクルと呼ばれる。この地震サイクルがどのように繰り返すかがこのモデルの問題とする点である。そして地震の繰り返しを、地震発生前の応力レベルと、地震の発生後の応力レベルという二つのパラメーターで単純化してとらえた。同じ震源域から繰り返して発生する地震に関して考え方の枠組みを作ったというのが、筆者と中田さんのモデルに関するこれまで頂いた最大の賛辞⁶⁾だと思っている。

地震の起こり方

実際の地震の起こり方は、果してこのようなモデルにあっているだろうか? 図1の(a)のような、完全に周期的な発生が実際にあるとは思えない。とすると二つの応力レベルのうち、どちらか一方が一定でないというのが、次の段階で考えるべきモデルであろう。実際の現実、(b)の時間予測モデルと(c)のずれの量予測モデルとの中間にあるのかもしれない。しかし、そのどちらにより近いだろうか? というのが、そもそもの問題提起であった。

図1の上の図の応力レベルを、直接、精度良く測ることは難しい。そこで、図1の下の方の図を使って、モデルと観測とを比べることになる。といっても、断層のずれ、そのものを測ることも実は難しい。一回の地震ならばとにかく、同じ場所で繰り返して起こる地震のずれの量を測定するには、地震サイクルの数倍の時間がかかる。日本の大地

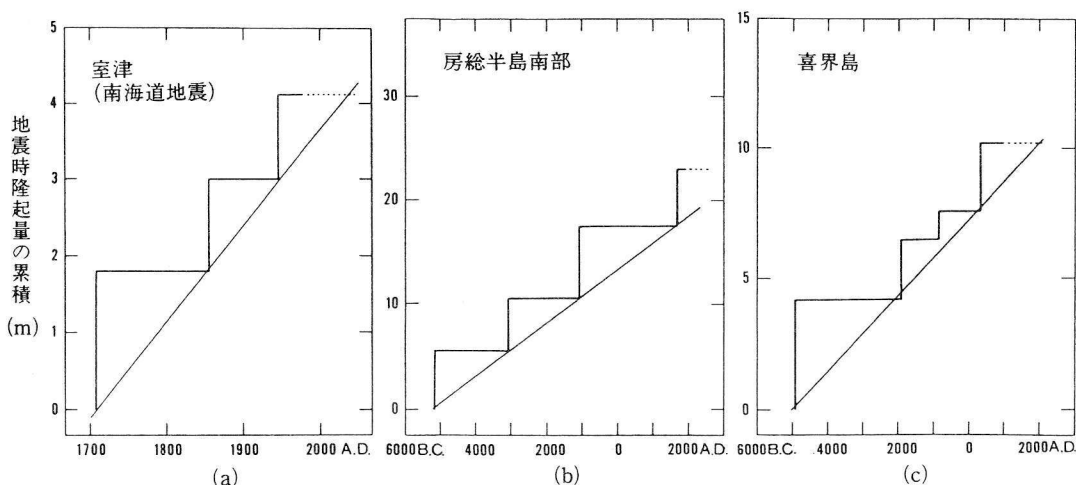


図2 過去に繰り返し起きた地震の大きさと間隔との関係⁷⁾ [2] の図を修正
年代に対して、地震時の土地の上昇量の累積を示している。階段状の折れ線の下側がほぼ直線に乗っている。
(a)南海道の地震による室津港の上昇、(b)房総半島南部の海岸段丘の上昇、(c)喜界島の珊瑚礁の上昇。

震の場合、太平洋沖合の地震で数十年から百年、内陸の地震で千年以上というのが、地震サイクルの長さだ。そこで、断層のずれに比例する量を測ることになる。図2には、地震時の土地の上昇量が使われている。

これらのデータについては他の機会に詳しく述べた⁷⁾ので、ここでは簡単に触れる。

(a)は、室戸岬の近くの室津と呼ばれる港の、地震時の土地の上昇量を示している。この港は紀貫之の時代からある古い港で、江戸時代には港役人がいて、港の潮位（水深）を測っており、その日記から1707年の南海道地震（宝永の地震と呼ばれる）と1854年（安政）の南海道地震時の土地の上昇量が求められた。昭和21年、すなわち1946年12月の南海道地震の土地の上昇量は地震学者によって測定されたものである。

南海道の地震の繰り返しだが、ずれの量予測モデルのような一般的な常識からはずれずれることは、津村さん（現在：山形大学教授）に教えて頂いたように記憶している。いわゆる69年周期説が統計上の初歩的な誤りによることを筆者が指摘した際に、地震の繰り返し発生が話題となったのだと思う。実際、室津のデータでは、ずれの量を足し合わせていくと階段の下側が直線に乗る。

同じような繰り返しだが、カリフォルニアのクリ

ープ現象（地震を起こさずゆっくり断層がずれる現象）や、地震発生をモデル化した室内実験で見られるので、これらをまとめて簡単な報告を行なった¹⁾。これは、東海地震に関連した地震予知に関する会合でのことである。他にデータがないだろうかと考えていた矢先、東京大学海洋研究所のシンポジウムで講演をすることとなった。このシンポジウムで講演された中田さんが、筆者と同じ考えをシンポジウムで話されたのである。中田さんのデータと合わせて、時間予測モデルの論文ができあがった。

中田さんのデータに基づく結果を(b)と(c)に示す。これらは地形の証拠（海岸段丘）から求められた地震の間隔と地震時の土地の上昇のデータである。(c)は喜界島の海岸段丘で、最近（昨年10月）比較的大型の地震が喜界島の付近で発生したので、島の位置はご存じの方が多くかもしれない。奄美大島の東数十kmで、より琉球海溝に近い位置にある。この島で海拔十数mより低い土地は、すべて過去6000年の間に島が地震で上昇したためにできた。もっとも、島の土地を何メートルも上昇させるような地震は、島に近い逆断層の地震と思われる。去年の喜界島地震は正断層の地震で、沈み込むフィリピン海プレートの中で起こった地震であり、(c)でとりあげられた地震とは異なる。

階段状のグラフの下が直線にのっており、時間予測モデルを支持する結果となっている。なお、最後の段が直線と交わっているが、まだこのような地震は発生していない。地震の発生間隔は千年、二千年の長期であり、地震発生時の予測の誤差も百年、二百年の程度と考えられる。差し迫った危険という訳ではないだろうが、基本的にこのような大地震が発生する可能性を持つ地域であることは間違いない。

(b)は房総半島の海岸段丘から推定された地震発生時と土地の上昇のデータを示している。いずれも階段状のグラフの下がほぼ直線にのっている。時間予測モデルを支持する結果である。最後の階段は、1703年元禄の関東地震であり、房総半島の一部では5~6mも海岸が上昇した。

モデルの検証

中田さんと筆者が偶然続けて講演をした東大海洋研のシンポジウムの後で、図2に示した3種類のデータを使って、論文をまとめることになった。室津港の南海道地震のデータなどに基づく筆者の報告¹⁾を、笠原先生(当時:東大地震研教授)が岩波書店の地球科学講座⁸⁾でとりあげてくださったことは筆者を勇気づけた。そして国際学術誌に発表された時間予測モデルの論文は、比較的多くの人々の注目を集めた。

まず、このモデルを使ってコロンビア大学のサイクス教授とクイットマイヤー氏が世界の多数の地震の繰り返し間隔を論じた⁹⁾。そして、ずれの量予測モデルより時間予測モデルのほうが、データを良く説明することを示した。サイクス教授は世界的な地震学者で、彼らの結果から時間予測モデルがより広く受け入れられるようになったと思う。もっとも、同じ震源域で繰り返し起こる地震のデータは数多くない。対象とした地域は広いが、結論の決め手となったデータは少ない。また、その中にはやや質が疑問のものもある。

筆者らは最も精度の高いデータを使って議論し、そのことに満足していた。しかし世の中は広く、考え方は様々である。あるモデルが普遍的である

ならば、どんなデータでも成り立つはずである。そう考えて、いわばやみくもにモデルをあてはめようとする人もいる。そんなことをすれば、必然的に質の悪いデータを使うことになって、真実が見えなくなるのではないか、というのは日本人の発想なのかもしれない。

時間予測モデルへの強力な援軍となったのは、茂木先生(当時:地震研究所教授、現:地震予知連絡会会長)の研究¹⁰⁾である。南海道で繰り返し起こる地震と関連して、内陸で地震活動が活発になる。この内陸の地震が起こる期間の長さから、時間予測モデルとずれの量予測モデルのどちらが成り立つかを検証した。その結果は、時間予測モデルを支持するものであった。

時間予測モデルという言葉は使わなかったが、このような規則性の地震の繰り返しを初めて指摘したのは、米国地質調査所のビュッフェ博士らである。カリフォルニアで有名なサンアンドレアス断層の支断層にあたるカラベラス断層の小地震について、同様な規則性を示し、実際に地震予知を行なって成功した¹¹⁾。しかし、さらにその次の地震を予知したものの、あたらなかった。付近でやや大きな地震が起こり、これまでの規則性が壊れてしまったらしい。ビュッフェ博士らの研究では、震源域の規模を表わすマグニチュードが基本データで、これから経験式を使って断層のずれを計算した。このため、本当に断層のずれが時間予測モデルに合っていたのかどうか、多少問題が残る。しかし、初めてこのような結果を示したこの研究は、同じことを考えていた筆者をやや慌てさせた。

外国の地震学者によっても、このモデルが成り立つかどうか、世界各地で検討されてきた。しかし、地震の大きさと起きた時期の両方を同時に推定できないとモデルの検証ができないため、検証例の数は少ない。これまでの例では、タイムプレディクタブルモデルに都合の良い結果が多く、モデルを否定する証拠はない。

中田さんと筆者の時間予測モデルの論文では、地震による土地の上昇のデータを使って、断層のずれの量を推定し、モデルが成り立っていることを示した。しかし、できることならば直接、断層

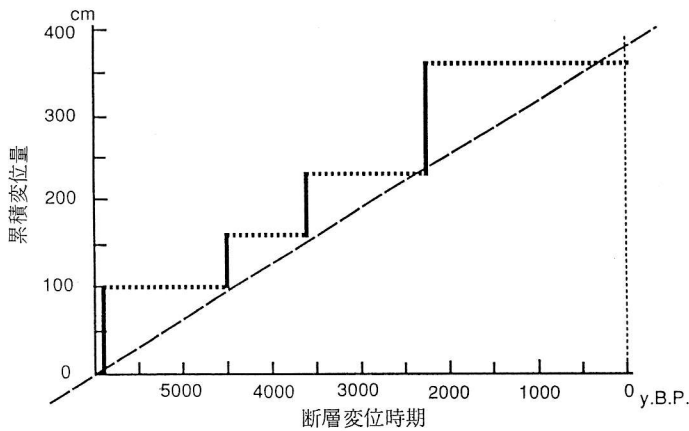


図3 別府湾豊岡沖断層の変位の累積史¹²⁾

階段状の折れ線の下側が直線にのり、時間予測モデルと調和的である。すなわち断層変位量は、次の地震までの期間にほぼ比例している。

面上のずれの量を測って、モデルを検証したい。また、これまでは海外の例を含めて、プレート境界の地震に対して成り立つことが示されている。これも可能ならば、プレート内で起こる地震について成り立つかどうか調べてみたい。

そこで、中田さんとさらに研究をすすめることになり、別府湾での海底活断層の研究が始まった。これについては別に詳しく書いた⁷⁾ので、ここでは結果のみを紹介する。

図3は、別府湾の豊岡沖断層についての結果である¹²⁾。図2と同様に横軸が時間(放射性炭素年代、すなわち1950年より何年前かを示す)、縦軸は地震ごとの断層のずれの量を足し合わせたものを示す。階段状のグラフが得られ、その下端がほぼ直線上に乗っている。すなわち図1(b)の時間予測モデルが実証できた。ただし図に見られるように、まだ起きていない5番目の地震が既に発生してしまっている(斜めの直線と階段が交わっている)点など、事実には合わない点も残っており、さらに細かな検討が必要と思われる。一応暫定的な結果であるが、時間予測モデルが成り立つことを示すことができたと考えている。

文 献

1) 島崎邦彦, 1977, 地震の繰り返し発生単純なモ

デルと東海地域の地殻変動, 地震予知連絡会東海部会資料, 32-40.

2) Shimazaki, K., and T. Nakata, 1980, Time-predictable recurrence model for large earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 7, 279-282.

3) Working Group on California Earthquake Probabilities, 1995, Seismic hazards in Southern California: probable earthquakes, 1994 to 2024, *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, 85, 379-439.

4) 島崎邦彦, 1971, 地震発生周期性について, *科学*, 41, 688-689.

5) 島崎邦彦・長浜浩幸, 1995, 地震はでたために起こっているか?, *科学*, 65, 241-256.

6) アメリカ地球物理学連合「断層の挙動と地震発生過程に関するチャップマン会議」(1982年10月11-15日, 米国ユタ州スノーバード)の討論におけるカリフォルニア大学ロスアンゼルス校ジャクソン教授の発言。

7) 島崎邦彦, 1994, 海の活断層を探る, 島崎邦彦・松田時彦(編)『地震と断層』, 東京大学出版会, 63-84.

8) 笠原慶一, 1978, 地震とテクトニクス, 笠原慶一・杉村新(編)『変動する地球I』, 岩波書店, 33-88.

9) Sykes, L. R., and R. C. Quittmeyer, 1981, Repeat times of great earthquakes along simple plate boundaries, In "Earthquake Prediction", Maurice Ewing Ser., *Amer. Geophys. Union*, 4, 217-247.

10) Mogi, K., 1981, Seismicity in Western Japan and long-term earthquake forecasting, In "Earthquake Prediction", Maurice Ewing Ser., *Amer. Geophys. Union*, 4, 43-51.

11) Bufe, C. G., P. W. Harsh, and R. O. Burford, 1977, Steady-state seismic slip—a precise recurrence model, *Geophys. Res. Lett.*, 4, 91-94.

12) 中田 高・島崎邦彦, 1993, 海底の地震の巣を探る, *科学*, 63, 593-599.

[しまぎき くひこ 東京大学地震研究所教授]

パークフィールド探訪記

大志万直人

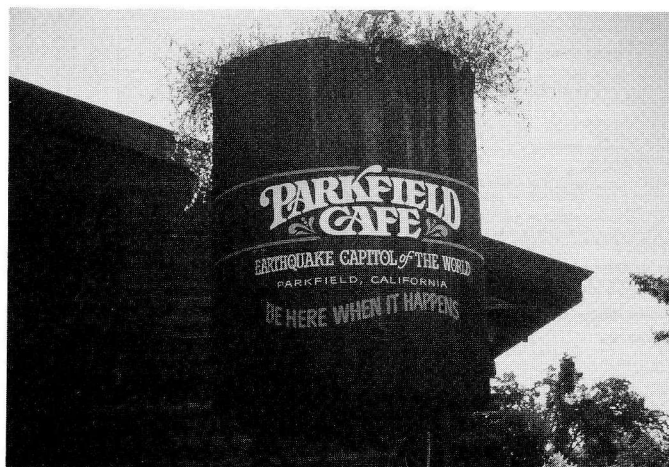
昨年7月、アメリカ合衆国 Colorado 州の Boulder で開かれた IUGG に参加した帰りに、USGS の Bill Stuart 氏の案内で、San Andreas 断層沿いの観測点、とくに Parkfield (パークフィールド) での地震予知のための観測網についての見学旅行をする機会を得た。

パークフィールドでは、すでに本誌2号(1986年12月発行)に金森博雄氏も書かれているように、地震予知実験が行なわれている。そして、本誌15号(1993年6月発行)で浜田和郎氏が詳しい経緯を解説されているように、1992年10月に、初めて「警報レベル-A」が出されたが、予想された M6 の地震は、結局発生せず、警報レベルは平常のレベルまで戻ったことは、まだ記憶に新しいことである。

パークフィールド そこでは カウボーイと地震が大地を揺らす

我々は、朝、サンフランシスコの Menlo Park にある USGS を Stuart 氏の運転する車で出発し、一度 Hollister に寄って、住宅街の舗道が Calaveras 断層のクリープ運動でずれているのや、ワイン工場の建物の壁などが San Andreas 断層のクリープ現象により変形しているのを見た後、パークフィールドへ向かった。

King City で昼食を取り、3時頃パークフィールドに着く。



パークフィールドの住民は総計 34 人程度。San Andreas 断層沿いに続く道路を走り、パークフィールドに近づいても、人家がほとんど目に入らない。やっと町(村?)のようなところに出た。パークフィールドの中心地である。西部劇に出てきそうな「パークフィールド・カフェ」と言う名のレストラン兼バーは、そこにあった。

建物のわきにある木製の水のタンク(これがまさに、西部劇でよく見るような水タンクであった)には、「Parkfield Cafe」「Earthquake Capitol of the World」の文字がある。この「パークフィールド・カフェ」で、各種の観測の面倒を見ているリッチ氏の到着を待った。その日は日曜日だったため、本来休みであったのを、我々の到着に合わせて、自宅から出て来てもらうことになっていた。

自分自身がカウボーイになった気分で店の中に入ると、煙草をくわえてカードをしている男達の視線こそ無かったが(実際、客は一人もいなかった)、店の中も、まさに西部劇そのものだった。

内部には、昔使われていた、道具類が壁一面に展示してある。さらに別の一角には、パークフィールドで現在行なわれている地震予知実験のための各種の観測とその成果についての写真・図・説明のパネルが展示してある。もちろん USGS が用意したものである。

さらに見回すと、「Earthquake Dance '95」の看板が目に入る。日付を見ると、2~3 日前にダンスパーティーが開かれたばかりの様子。また、カウボーイの格好をした人形型のスロットマシン(年代物か?)も飾ってある。

リッチ氏の案内で、1932年に建設され、1934年と1966年のパークフィールド地震で被害を受けたというパークフィールド橋を見た後、Car Hillにある観測施設を見学。クリープ計・STS地震計、Park氏らが行なっている断層周辺での比抵抗変化検出のための電場観測装置。データは、衛星を用いて Menlo Park にある USGS にテレメータされている。逆に観測所からも、コンピュータのデータリンクにより USGS のコンピュー

夕を呼び出し、San Andreas 断層沿いのデータを含めた観測データを画面上で見ることができる。

おもしろかったのは、断層近傍での地震動そのものの動きをビデオカメラで記録するための装置で、白色のクイが十字の形に断層を挟んで列状に配置されていて、2方向からビデオカメラでコマ撮りし、これらのクイの動きを記録しようというものであった。夜間でも記録ができるように、装置にはライトも備えてあった。リッチ氏がクイのそばにカメラを向いて立ってみろというので、そうしたところ、後で、そのときの様子のテープを再生して見せてくれた。

あたりが薄暗くなって来たころ、我々は、Car Hillの最も高く、見晴らしの良い場所に位置する観測小屋を見学した。この小屋の内部には、2色レーザー・ジオジメータが据えつけてあり、精密距離観測が定期的に行なわれている。観測の実施は、高校の先生に依託して、頻繁に行なっていると、か。

小屋の外には、GPSによる位置の連続観測のためのアンテナも、映画『スター・ウォーズ』に出てくるR2D2のような格好の容器に入れて、セットしてあった。

色々説明を受けているうちに、外はすっかり暗くなってしまっていた。リッチ氏は懐中電灯で、遠く(557 km)に設置されている2色レーザー・ジオジメータ用の反射ミラーの位置を示してくれた。はっきりとそのミラーからの反射が確認できる。

みんなで夕食をということになり、“パークフィールド・カフェ”へもどる。さて何を食べようかとメニューを頼むと、下図のような、一見新聞のようなメニューを渡された。メニューを見ると、左から「HIGH NOON」「SUPPER」「BREAKFAST」とある。たしかにメニューだ。しかし、このメニューは非常に変わっていることに気がついた。変わっているというよりも、なるほどここは、パークフィールドだったんだ、と改めて、気がつくという感じである。

「BREAKFAST」の部分は比較的普通のメニューである。しかし、よくよく見ると「FORESHOCKS(前震)」とある。何だろう？

「Coffee, Tea, Iced Tea,……」？

目を左に移して、「SUPPER」の下の部分を見ると、「AFTERSHOCKS(余震)」とあり、「Pie, Pie a la mode, Ice Cream,……」で、やっと理解した。食事を地震活動に例えた洒落だ。「AFTERSHOCKS(余震)」は本震の後の地震活動、つまり、メインディッシュ(本震)のあとのデザート。

「SUPPER」に書かれているメインディッシュのメニューの名前もかなり凝っている。

●「THE BIG ONE」これは、もちろん約450gの大ステーキの意味もあるが、大地震の意味も掛けてある。仮想ロサンゼルス地震の予知と災害に関するテレビ映画の題名でもある(本誌16号[1993年12月発行]の力

9 M J C V 6 K G → 4 Fs Z I @ W C, N OR H 11 Ω

HIGH NOON

ALERT LEVELS (all sandwiches or BBQ and include homemade fries)

LEVEL A

- Burger Basket \$4.95
- Bacon Cheese Burger \$5.95
- Ortega Burger \$5.95
- Scoutdog Burger \$5.25
- Chili-Size (two patties w/beans & cheese) \$6.95

LEVEL B

- 6 oz. Tri-Tip Sandwich \$5.95
- Ranch Style Tri-Tip Sandwich w/beans \$5.95
- Tri-Tip Sandwich smothered w/BBQ sauce \$5.95
- Linguisa Sandwich \$5.95
- Rib Basket (2 ribs w/BBQ sauce & garlic bread) \$5.95

LEVEL C

- Chicken Breast Sandwich \$5.95
- Chicken Breast Sandwich w/ortega & jack \$6.50
- 1/2 Chicken Basket w/garlic bread \$6.50

LEVEL D

- Tri-Tip Salad w/garlic bread \$5.95
- Chicken Salad w/garlic bread \$5.95
- Chef Salad w/garlic bread \$4.95
- Garden Salad w/garlic bread \$4.25
- Hot or Cold Tuna Sandwich \$5.95
- Hot or Cold Ham & Cheese Sandwich \$4.95
- Hot or Cold Turkey & Cheese Sandwich \$4.95
- BLT \$4.95
- Chili Dog w/cheese & onion \$4.50
- Grilled Cheese Sandwich \$3.50
- Hot Dog \$3.00

SOUTH OF THE BORDER (but still on the fault)

- Tri-Tip Burrito w/rice & beans \$5.95
- Chicken Burrito w/rice & beans \$5.95
- Bean & Rice Burrito \$4.95

SUPPER

We serve only choice quality meats cooked over an oak pit BBQ. All dinners include fresh raw vegetables with ranch dressing, garden salad, homemade ranch style beans, wedged potatoes, salsa and garlic bread.

THE BIG ONE
A full pound of Top Sirloin Steak \$13.95

NORTH AMERICAN PLATE
12 ounce New York Steak \$14.95

PACIFIC PLATE
BBQ Halibut Steak w/tartar sauce \$14.95

ROCKIN' RIBS
1/2 rack of BBQ Beef Ribs \$10.95

MAGNITUDE "P" (a good size steak, a good size Quake)
12 ounce Top Sirloin Steak \$11.95

BIG CHICKEN
1/2 BBQ Chicken w/BBQ Sauce \$10.95

FAULTLESS CHICKEN
6 oz. Chicken Breast w/BBQ Sauce \$9.95

RICHER PORK CHOPS
Two 6 oz. BBQ Pork Chops \$10.95

SAN ANDREAS COMBO PLATE (reserve the plates meet)
6 oz. Chicken Breast, 4 oz. Linguica, 8 oz. Top Sirloin \$17.95

PARKFIELD SHAKER
8 oz. Top Sirloin, Two BBQ Beef Ribs, 4 oz. Linguica \$17.95

YOUNGSTERS (full dinner for children 12 and under)
Small Top, One Beef Rib, or Tri-Tip steak \$3.95

SMALL QUAKES Choose one:
Fresh Vegetables with Ranch Dressing, French Fries, Dinner Salad, or a Bowl of Ranch Style Beans \$2.50

AFTERSHOCKS

- Pie \$2.50
- Pie a la mode \$2.95
- Ice Cream \$1.50
- Fruits \$2.00
- Milshakes \$2.50
- Fresh Fruit Shakes (seasonal) \$2.95
- Sundae \$2.50

BREAKFAST

BE HERE WHEN IT HAPPENS

SUNDAYS 9am-12pm

All egg breakfasts include: homefries and biscuit or toast

- Top Sirloin Steak & Eggs \$5.95
- Tri-Tip Steak & Eggs \$5.95
- Two Pork Chops & Eggs \$5.95
- 4 oz. Linguica & Eggs \$4.95
- Sausage & Eggs \$4.95
- Ham & Eggs \$4.95
- Bacon & Eggs \$4.95
- Hamburger & Eggs \$4.95
- Two Eggs \$3.95
- Short Stack Pancakes \$2.50
- Pancakes \$3.00

YOUNGSTERS (children 12 and under)
One egg, one slice of bacon or sausage and one pancake \$2.75

SIDE ORDERS
Choose One:
Biscuits & Gravy, Fresh Fruit Plate (seasonal), Homefries & Gravy, or your choice of Ham, Bacon or Linguica \$2.50
Side of Gravy, Toast, Biscuit or One Egg \$1.50

FORESHOCKS
Coffee, Tea, Iced Tea and Hot Chocolate \$1.80
Root Beer, Coca-Cola, Sprite, Diet Coke, Pink Lemonade, Mineral Water, Orange Juice and Milk \$1.00

BEER, WINE & CHAMPAGNE

- Domestic Beer \$1.75
- Imported Beer \$2.50
- O'Douls (Non-Alcoholic) \$1.75
- White Zinfandel \$2.50
- Chardonnay \$2.95
- Californian Sauvignon \$2.95
- Wine Coolers \$2.50
- Champagne \$2.00

Historic Parkfield Earthquakes With Magnitudes of About 6.0:

Date	Magnitude
January 9, 1877	6.0
February 7, 1881	6.0
March 3, 1901	6.0
March 10, 1922	6.0
June 8, 1924	6.0
June 20, 1966	6.0

EARTHQUAKE ALERT LEVELS

Level	Probability of when in next 24 hours
A	3%
B	11 to 17%
C	2.6 to 11%
D	0.7 to 2.6%
E	0.03 to 0.7%

PARKFIELD: WHERE COWBOYS & EARTHQUAKES SHAKE THE GROUND

武常次先生の解説記事「アメリカ版二つの地震予知騒動」でも、この映画にまつわる話が出て来る。

●「NORTH AMERICAN PLATE」と「PACIFIC PLAT」 San Andreas 断層は、この2つのプレートの境界である。地球物理でいう「プレート・テクトニクス理論」の「プレート」と「皿、つまり料理」の意味も掛けてある。「北アメリカプレート」にのっている料理は、“New York Steak”（多分、牛肉のステーキ）、一方、「太平洋プレート」にのっているのは、“Halibut”（カレイの一種）。つまり、料理の産地をうまく表現している。

●「MAGNITUDE “6”」 これは、パークフィールドで起こると予想されているM6の地震そのもの。

●「FAULTLESS CHICKEN」 断層の意味の“fault”と「完全無欠」を掛けたもの？

●「RICHTER PORK CHOPS」 これは下に書かれている“Two 6 oz. BBQ Pork Chops”の6がミソ。M6と掛けて洒落たもの。もちろん、“RICHTER”は、地震の規模を示すマグニチュードを最初に定義した地震学者の名前から来ている。

●「SAN ANDREAS COMBO PLATE」 これには次の注釈が入っている。“where the plates meet”[そこではプレート（もしくは、料理）が出会っている]料理（プレート）の中身は、チキンとサーロインステーキとタン。

次は、なぜぞ。

●「PARKFIELD SHAKER」とは？ それは、地震とカウボーイたち。メニューの一番下に、次のように書いてある。“Parkfield: where cowboys and earthquakes shake the ground”[パークフィールド、そこでは、カウボーイと地震が大地を揺らす]。

結局、無難と思われる（アメリカでは、値段と量が比例関係にあることが多いので）「ROCKIN' RIBS」と、「SMALL QUAKES」の内からサラダと“a Bowl of Ranch Style Beans”を注文した。それと、もちろんビールを。

ビールが出て来た。グラスは出てこない。当然グラスに注がず、瓶から直に飲む。

“a Bowl of Ranch Style Beans”は、いかにも西部の感じの、予想通りの豆料理。

いよいよ、メインディッシュのおでまし。大きな皿の上に、その皿からはみ出さんばかりの大きな肉の付いたリブが3本。パーベキュー（BBQ）とある通り、十分に焦げ目も付いている。味は、肉の表面に何かタレが付いているため、少しあま目。スパイスも効いている。十分西部を堪能した。

メニュー一番左の「HIGH NOON」は、見てわかるとおり、パークフィールドでの地震発生に関する警報レベルを基にしたものである（これに関しては、本誌2号[1986年12月発行]に金森博雄氏の記事「パークフィールドの地震予知」や本誌16号[1993年12月発行]の力武常次先生の解説記事「アメリカ版二つの地震予知騒動」を参照されたい）。

メニューの「HIGH NOON」の下の部分に、その警報レベルの意味を正確に説明しており、単にジョークではなく、警報に関しての啓蒙の役割も、このメニューには持たせてあるのかもしれない。

実際にメニューの中から注文する機会が無かったため、どのような理由で、レベルDからレベルA（レベルAが、72時間以内に地震が発生する確率が37%以上と、警報の段階が最も高い）まで、それぞれに対応させて、メニューに書かれているこれらの料理を分類しているのか不明だが、それぞれの料理の値段から判断すると、レベルAに分類されている料理が、最もボリュームがあるのだろう。つまり、腹の減り具合の程度と重ね合わせているのであろう。「非常に腹が減っていたら、レベルAからお選びください」と。

なお、メニューの周りに飾りのように並んでいる記号のようなものは、パークフィールドに住む人達全員の使用している、各個人を示す「紋章」のようなサイン記号である（多分）。

楽しい夕食を終えた後、我々3人は、Paso Roblesまで行き、そこで1泊した。

翌日は、Paso Roblesを出て、46号道路を走り、再びSan Andreas断層沿いに南下して、Carrizo Plainに向かった。

途中、パークフィールドから断層沿いに南下している道路が46号の道路とぶつかる地点から、2kmほど西に行った地点を通る。そこは、映画『エデンの東』で有名なJames Deanが1955年9月30日午後5時59分に交通事故で死んだ場所である。記念碑が立ち、土産物売っていた。地名はCholame。これまで、私は、世間で騒ぐほどJames Deanに思い入れがあったわけではないが、映画の1シーンが浮かぶ。

途中の観測点を見ながら、Wallace Creekと呼ばれている地点に到着。地形学者でも地質学者でもない私にも、San Andreas断層の活動の記録が、そこから詳しく読み取れそうなほど明瞭な地形である。

しばらく時間をここで過ごした後、サンフランシスコへの帰路についた。

[おおしまん なおと 京都大学防災研究所助教授]

続 阪神淡路大震災と出版メディア

川端信正

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は死者6千人を超え、一般に「阪神・淡路大震災」と呼ばれる大災害となった。この大震災に関連して多数の出版物が刊行され、そのリストを本誌前号(20号、1995年12月発行)に報告した。その後も関連の出版物が相次いでおり、今号にリストの続編を報告する。取り上げた出版物は、いずれも一般書店で手に入るもの。雑誌など定期刊行物は原則としてこのリストには入れなかった。

防災総論・ドキュメント・記録・文集など

- 『阪神・淡路大震災誌—1995年兵庫県南部地震』(朝日新聞大阪本社阪神・淡路大震災誌編集委員会編、朝日新聞社刊) 朝日新聞の大阪本社編集局と総合研究センターの企画で、多くの学者・研究者の参加を得て、朝日新聞の記者チームと共同で執筆した記録誌。朝日新聞社は関東大震災の後も被災の実相を網羅した『関東大震災記』を刊行しており、これに続くもの。兵庫県南部地震がどのような地震だったか、そのメカニズムから被害の実態、救出・救援、危機管理、ボランティア、災害情報、避難所・仮設住宅、保険、そして復興と今後の防災にまで触れている。
- 『都市崩壊の科学 追跡・阪神大震災』(朝日新聞大阪科学部編、朝日新聞社刊) 朝日新聞が、阪神大震災後27回にわたって科学面に掲載した企画記事を基にまとめられたもの。「兵庫県南部地震は、関東大震災の約10分の1の規模だった。長い日本の歴史からみると、ごくありふれた地震にしか過ぎなかった」と「まえがき」は述べる。そして「大きな被害を出したのは、都市直下で地震が起きたからだ。加えて大きな地震が来ることを想定しないで都市づくりを進めてきたからだ」「少々コストが高くとも地震対策をきちんとすることがいかに大切か今回の地震は証明してくれた。同時に、最新の耐震基準も万全でないことが明らかになった」と科学部記者は指摘。「地震対策は、起こりうる最大級の地震を考えて被害想定を立てるところから始まるのが普通だ。甘かった。備えが足りなかったのは行政に限らない。きちんとした危機管理マニュアルを持っていた企業とそうでないところでは、対応に大きな差が出た」ときびしい。本書は被害の特徴、ライフラインの問題点、心のケア、混乱した医療機関、耐震基準の不備、活断層と書き進め、最後に教訓として、「予知よりも地震動観測の充実を」と京都大学入倉孝次郎教授は提唱する。

- 『阪神大震災 もう1年 まだ1年』(阪神大震災を記録しつづける会編、神戸新聞総合出版センター刊) 震災体験記『阪神大震災、被災した私たちの記録』(朝日ソノラマ刊)に続く体験記第2集。阪神大震災を記録しつづける会に寄せられた224の原稿から68編を収める。1年たった今も地震の夢を見るという主婦。2棟続きの賃貸マンションに住む主婦は、部屋が半壊状態なのに役所は一部損壊の証明書しか発行してくれない、棟ごとに被害程度が異なっても集合住宅は同じ証明しか出せないのはおかしいと訴える。淡路島に住むお年寄りも、震災直後、牙をむき出しにしていた野島断層も行くたびに風化し、鋭く切り立っていた割れ目の角がそげてきていると感想を語る。
- 『くやし涙うれし涙 神戸』(古屋和雄著、PHP研究所刊) NHK大阪放送局に勤務し、ニュースや安否情報を伝えたアナウンサーの1年間の報道記録。ボランティア・仮設住宅・障害者・高齢者・失業など、「震災は終わっていない」という。
- 『大震災 その時、わが街は』(神戸新聞社編、神戸新聞総合出版センター刊) 神戸新聞連載の「大震災 私たちのそれから」を単行本にしたもの。
- 『生きる 大震災ゼロからの出発』(神戸新聞社編、神戸新聞総合出版センター刊)・『生きる 阪神大震災の現場から』(京都新聞社編、京都新聞社刊) 非常時の相互援助協定を結んでいる神戸新聞と京都新聞の合同企画で両紙に連載された企画記事を単行本にまとめたもの。瓦礫の中から立ち上がる姿や日常生活を取り戻す努力など、被災地の人々に焦点をあてる。「生きる」のタイトルで49回にわたって掲載されたこの企画記事は、平成7年度の新聞協会賞を受賞した。
- 『震災と人間 あれから1年・教訓と提言』(黒田清・黒田ジャーナル編著、三五館刊) 「地震は“水と安全は無料”という認識が過去のものであることを教えてくれた。震災から1年、非常事態から日常生活を取り戻していく人間の営みを通じて、生きることの意味を探

ろうとした」という、『週刊金曜日』の連載に一部加筆した書。

●『**神戸震災日記**』（田中康夫著，新潮社刊） 地震発生4日後の1月21日，著者は関西入りした。50ccのバイクに乗って神戸へ，背中にはリュック，物資の仕分け作業や輸送。地震発生から1年間，ボランティアを続けた著者の震災レポート。

●『**大震災，主婦の体験**』（三浦暁子著，講談社刊） 主婦でエッセイストの著者は神戸市在住。地震の1カ月前，大きなゴイサギがやって来て，自宅のベランダにしまった池の金魚をとって食べてしまった。池に覆いをかけた後も，サギは執拗にやって来て奇妙に感じたという。六甲山にはイノシシがときどき出没するが，地震の前の年の秋からイノシシの被害にあう話が増えたという。さらに，著者のご主人の奇妙な行動。秋も深まったころから，今まで言わなかったバイキング料理に行きたいと再々いう。地震の2日前には食べ放題のシャブシャブに行き，店の人が呆れるくらいにおかわりを繰り返す。そして1月17日の朝を迎えた。自宅は一部損壊，平凡な「日常生活」が「日」常でなくなった。

●『**西宮からの発想一阪神大震災記**』（吉井貞俊著，岩田書院刊） 西宮神社権宮司である著者の震災エッセイ。神社は地震の被害を受け，絵馬殿は崩壊，室町時代に造られた重要文化財の大練塀も崩壊，倒れなかった本殿・拝殿も大修復することになった。境内に沿った阪神高速道路では橋桁が落下しバスが宙づりになった。著者のスケッチによる被害図はみごたえがある。

●『**阪神大震災 食のSOS被災地芦屋の食の記録**』（災害と食の会編，KKエピック刊） 災害時に栄養士が何をしたかをまとめた書。芦屋市だけでも一時2万人の避難者が出た。この人たちに食事を賄うのは大仕事だった。震災直後から避難所が解消する6月中旬までの半年を配食状況から見ると3期に分けられるという。第1期は全国から続々送られて来る救援物資をとにかく必死で配布した時期。第2期は2月はじめに災害救助法が適用されて県災害対策本部が業者に発注した基本食1日850円で，とりあえず生きるための食事を確保した時期。そして3月に入って1日1200円の食費になって副食が2品になった第3期。食事の面から避難生活を分類する。本書は障害者施設や老人ホーム・保育所・学校給食・事業所寮の給食状況にも触れる。仮設住宅向けに1口コンロでのおすすめ献立も載せる。

●『**大震災100日の記録 兵庫県知事の手記**』（貝原俊民著，ぎょうせい刊） 激震地兵庫の県知事が語る大震災発生から100日間の記録。巻末にさまざまな教訓を一覧表に反省点や今後の対応方向などを記している。この中で全市町村への地震計の設置や系統だった活断層調査，

地震・津波情報の一次的提供システムの確立などを訴えている。

●『**地震171（イナイチ）7匹の猫**』（大島喜平著，近代文芸社刊） 171（イナイチ）とは西宮から尼崎・伊丹・豊中・箕面を経て京都へ抜ける主要幹線道路171号の愛称。地震は西宮から171号に沿って北上し被害が展開したからタイトルにしたという。その171号に沿って被害地帯を往く。筆者は医師。「7匹の猫」は飼い猫。一緒に大地震を体験し，以後ともに余震におびえた仲間である。筆者は171号沿いに，家屋の傾きの方向をメモした。「震度5，強震…，壁に割れ目が入り，墓石・石灯籠が倒れたり，煙突・石垣などが破損する程度の地震動。こんな文学的な表現では揺れを楽しんでいるように思えるだけで，ピンと来ない。災害や防災に結び付けては考えようがない」「被災地では精神的にも極地に立った人間がいることを忘れないで，地震予知情報は慎重に言葉と時期を選んでほしい」という。また「17日の前夜に西の空に青く光る陽炎のようなものを見た，地震の直前に空が青く光ったと言う。これらの現象は意味のないはずがない」と地震にはわからないことが多すぎると述べる。さらに「地震前年の夏の終わり，夜な夜な1羽のホトトギスがやって来て大きい声で鳴いていた。もしかして地震の前触れだったのだろうか。もし来年来なければそう言えるかもしれない」。

●『**Chronicle The Great Hanshin Earthquake（英文一記録「阪神大震災」）**』（読売新聞大阪本社編，IBH Communications刊） 英文による大震災の記録。兵庫県知事・地震工学者から被災したタレント・在神戸外国人・新幹線運転士・警察官・消防士・NTT社員など，そのとき，さまざまに震災と関わった関係者のドキュメント。

●『**阪神大震災遺児たちの1年 黒い虹**』（あしなが育英会編，廣済堂刊） あしなが育英会は，病気や災害で親を亡くしたり，重度後遺症害のため働けない家庭の子どもらに進学援助と物心両面の支援をする民間ボランティア団体。本書は震災遺児たちの叫びを綴った作文集と家族が瓦礫の中の体験を語った証言集。

●『**心の軌跡 阪神大震災**』（浜畑啓悟ほか著，KKエピック刊） 小児科医や女子大教授が経験した震災，芦屋市在住の一家の手記など。

●『**女たちが語る阪神大震災**』（ウイメンズネット・こうべ編，木馬書館刊） 望まぬ震災同居・震災離婚，高齢女性の犠牲者が多い現実など女性たちの声。

●『**阪神大震災と外国人**』（外国人地震情報センター編，明石書店刊） 外国人地震情報センターにかかわったボランティアは400人。震災に際して外国人救援に活動した人たちの調査執筆。

●『私に権限を下さい 阪神大震災六甲アイランド災害対策本部の記録』（北浦浩著、PHP 研究所刊） 行政の救援はすぐには期待できない、民間サイドでできる限りの対策を練らねばいけない、「私に権限を下さい」と訴える。

●『大震災 地下で何が なぜ地震は起こったか』（神戸新聞社編、神戸新聞総合出版センター刊） 神戸新聞 1974年6月26日付夕刊に「神戸にも直下型地震の恐れ 大阪市大表層地質研究会が指摘 臨海部に破碎帯？ 地震帯、市街へ延長も推定」の記事が掲載された。また、1980年1月18日の神戸新聞には「神戸大地震可能性あり 神大教授が警告 震度5で大被害 地質学的に不安定な材料 早急に防災対策を」の記事、三東哲夫神戸大教授（当時）が指摘したものであった。

●『大震災 100 日の軌跡』（神戸大学震災研究会編、神戸新聞総合出版センター刊） 地震発生から被害・避難・救援・支援・健康・住宅・経済・法制・復興計画など、神戸大学震災研究会のメンバーが執筆。

●『都市大災害 阪神・淡路大震災に学ぶ』（河田恵昭著、近未来社刊） 大震災で露呈した都市災害の実態を踏まえて、都市災害・巨大災害の研究成果を紹介する。

●『なぜヘリコプターを使わないのか』（西川渉著、中央書院刊） 日本にはいま1000機余の民間ヘリが存在する。災害・緊急時の初動救援や人命救助・消火活動にヘリコプターの活用、「防災・救急ヘリコプターシステム」の構築を訴える。筆者は地域航空総合研究所所長。

●『神戸からの伝言 瓦礫に響いたバッハ』（河内厚郎著、東方出版刊） 音楽家・文楽人形遣い・食の専門家などの震災体験記。

●『被災の思想 難死の思想 被災神戸を忘れるな』（小田実著、朝日新聞社刊） 震災の復興は建物や道路をつくることではなく、人々が安心して住める社会をつくること。まず公的援助金で困窮者の生活基盤の回復をはかることだという。

●『ナンギやけれど…… わたしの震災記』（田辺聖子著、集英社刊） 田辺氏は伊丹市在住。大震災チャリティ講演会の講演収録と書き下ろしの体験記。

●『瓦礫の中の群像 故郷を駆けた記者と被災者の声』（栗野仁雄著、東京経済刊） 高校まで西宮・宝塚で暮らした共同通信社記者が故郷を歩く。フォト・ルポルタージュ。

●『ボクらの大震災 中学生 170 人の証言』（進研ゼミ中学講座編、ベネッセ刊） 被災地中学生が寄せた手記。

●『いのちの贈り物 阪神大震災を乗り越えて』（鈴木秀子著、中央公論社刊） 聖心女子大教授が書いたヒューマンドキュメント。

●『いま、阪神被災地で』（破防法研究会編、アール企画刊） 被災地長田の現状、被災労働者の座談会記録など。

●『あしたの家族 阪神大震災』（朝日新聞神戸支局編著、鷹書房弓プレス刊） 朝日新聞兵庫県版など地方版に連載された同名の企画記事をまとめ、一部加筆したもの。11組の家族を取り上げる。

●『阪神大震災で学んだこと わたしの仕事 別巻』（今井美沙子著、理論社刊） 阪急電鉄の駅長、畳屋・不動産賃貸業・石材業・葬祭業・弁護士・靴職人・歌劇団プロデューサーなど、さまざまな職業の人たちの震災体験、地球物理学者として田中豊氏が登場。神戸新聞は1980年に「無防備地帯、SOS 神戸地震」の記事を掲載したが、この記事で田中氏は神戸に直下型地震の可能性を指摘。本書でも「地震が予知できるという考えは今も変わりません」と田中氏。

●『兵庫県南部大地震と山崎断層』（寺脇弘光著、神戸新聞総合出版センター刊） 播磨地方の地震を概観。山崎断層の地震対策を訴える。

●『大震災サバイバル・マニュアル 阪神大震災が教える 99 のチェックポイント』（朝日新聞社編・刊） 『週刊朝日』臨時増刊 95年3月15日号を文庫に。

●『大震災から家族を守る アウトドアのグッズと知恵』（荒川じゅんべい著、中央公論社刊） アウトドアの「達人」が地震発生から救援までの3日間を生き抜く知恵と技術を“伝授”。

●『ああ、阪神大震災 蘇れ！ 我が故郷』（田中正恭著、ああ、阪神大震災義援金有志の会刊） 神戸市出身の広告マンが書いた手記。

●『阪神・淡路大震災 赤いポスト白書』（白川書院新社刊） 震災に際して郵政マンの活躍をまとめる。小包、封書・葉書、郵便貯金、簡易保険などにわたってグラフで紹介。「ふんばったポストたち」と題して、倒れかかった家やブロック塀を郵便ポストが支えた例などを写真で示す。

●『はげましをありがとう 子どもたちの震災報告』（西宮市 EWC 子ども委員会編、小学館刊）

●『大震災 そのとき地質家は何をしたか』（柴崎達雄・植村武・吉村尚久編、東海大学出版会刊） 95年7月に行なわれたシンポジウムの講演内容をとりまとめたもの。「大地震に際して地質家は何をすべきか、地質家は自らに問いかけ、自らこれに答えて行こう」とシンポジウムの主旨が述べられ、現地緊急調査の報告などをまとめる。

●『地震』（地震・教団編集委員会著、日本キリスト教団阪神大震災救援活動センター刊） 被災地神戸からの地震文化論。

- 『詳細 阪神大震災 1995年1/17からの復活』(毎日新聞社刊) あれから1年、町はどうなったか、写真を多数掲載し、53地点の定点観測も。
- 『1995年兵庫県南部地震』(海洋出版刊) 月刊『地球』号外として発行。地震・活断層・地下構造・地殻変動・電磁気・発光現象・地下水・被害の論文集。
- 『あなたもできる地震対策 兵庫県南部地震での地盤災害の復旧現場から』(地質ボランティア編、せせらぎ出版刊)
- 『子どもたちに贈る二十一世紀への証言 11 阪神・淡路大震災』(福中都生子編著、平和問題研究所刊)
- 『職場の、自動車の、家庭の救急 地震・病気などに備え薬箱にぜひ一冊』(横山孝雄:文・絵、ナショナル出版刊)
- 『震災の思想 阪神大震災と戦後日本』(藤原書店編集部編、藤原書店刊)
- 『それでも夜は明ける』(舟崎克彦著、秋書房刊)
- 『大都市直下型震災時における被災地域住民行動実態調査』(総合研究開発機構編・刊)
- 『ドッカンぐらぐら 阪神淡路大震災兵庫県下児童作文集』(兵庫県国語教育連盟・兵庫県小学校教育研究会国語部会編、甲南出版社刊)
- 『花散るとも 阪神大震災に妻を失いて』(東薫著、近代文芸社刊)
- 『1995年兵庫県南部地震 液状化、地盤変位及び地盤条件』(浜田政則ほか著、地震予知総合研究振興会刊) 5万分の1地形図に亀裂・噴砂・変位量などを加筆。液状化による側方流動の解明に有用な情報を提供する。
- 『障害者と阪神・淡路大震災』(障害者情報ネットワーク編、現代書館刊)

マスメディア

- 『震災報道いまはじまる 被災者として論説記者として1年』(三木康弘著、藤原書店刊) 自宅が全壊し実父は圧死、勤務先の神戸新聞社が被災した。論説委員長として震災に立ち向かった筆者が1年間に書いた震災関連の原稿をまとめたもの。社説・コラム・エッセイを集める。
- 『コラムニストが見た阪神大震災』(三木康弘・中元孝迪編著、神戸新聞総合出版センター刊) 神戸新聞1面のコラム「正平調」は地震翌日から震災をテーマに書き続けた。被災者を力づけ、復興の在り方を模索した101日間を採録。
- 『放送学研究 46 特集・阪神大震災と放送』(日本放送協会・放送文化研究所刊) マスメディア研究6編の論文を掲載。

- 『阪神大震災と出版 33名の報告と証言』(日沖桜皮編、日本エディタースクール出版部刊) 損傷商品から推定した出版業界の震災被害は約13億円になるといふ。被災した書店・取次ぎをはじめ、運送会社・出版社・図書館などの報告。

新聞縮刷版

- 『阪神大震災 復興市民まちづくり Vol. 3』(阪神大震災復興市民まちづくり支援ネットワーク事務局編、学芸出版社刊) ネットワークニュース「きんもくせい」「明日の西宮」「ANN NEWS」や地元協議会の「深江地区まちづくりニュース」「真野っこガンバレ」など、95年8月から10月までを収める。同書第2集が29種の資料を集録したのに対し、第3集では58種を収めるなど、地元では組織の結成が本格化してきたことがわかる。
- 『阪神大震災 復興市民まちづくり Vol. 4』(阪神大震災復興市民まちづくり支援ネットワーク事務局編、学芸出版社刊) 上記縮刷版の続編。95年11月から96年1月までを収める。紙面からは区画整理や再開発地区でのまちづくり案の検討・提示などの活動が活発になっていることが読み取れる。

地図・航空写真

- 『京阪神広域道路地図 阪神大震災被災地域掲載』(人文社刊)
- 『阪神大震災被災地航空写真町名入り』(日経大版PR企画出版部編、東方出版刊)

写真集

- 『阪神大震災』(BAIZUAI編集室編、バースアイ出版刊) 地震発生の1月17日から10日間、カメラとフィルムをリュックに入れ、西宮・芦屋・神戸と歩き撮影した長島義明氏の写真と大震災に遭遇した63人のメッセージを収める。「ゴトゴトさんがパパをつれていってしまった」という4歳のまさみちゃんの言葉も。集録した写真はCD-ROMでも発売された。
- 『この街に生きる 阪神大震災神戸・長田区から』(牧田清著、解放出版社刊) 「被災の街に生きる在日外国人や被差別の人たち、高齢者らの再生への営みを追い続けた」1年間の記録。
- 『阪神大震災被災町名入り航空写真集 第1弾』(東方出版刊) 震災100日目撮影の航空写真。住宅1戸規模で視認できる。

- 『阪神大震災被災町名入航空写真集 第2弾』(東方出版刊) 震災後1年の96年1月撮影の航空写真、住宅1戸規模で視認できる。
- 『報道写真全記録 大震災一年』(朝日新聞社刊) 朝日新聞記事に見る1年間の記録も採録。
- 『KOBE 1995 After the Earthquake』(Miyamoto Ryuji 著, Workshop for Architecture and Urbanism 刊) 被害写真集。
- 『津高家の猫たち 阪神大震災に見舞われて』(吉野晴朗:写真, 津高一:文, 東方出版刊)

画 集

- 『阪神・淡路大震災スケッチ集』(竹中信清著, ジェンク書店刊) ボランティア活動の合間をぬって被災地のスケッチをはじめ、完成した作品は80点にのぼったという。

ボランティア

- 『ボランティア革命 大震災での経験を市民活動へ』(本間正昭・出口正之著, 東洋経済新報社刊) 震災ボランティアの活動状況と問題点などを説く。
- 『ボランティアとNPO アメリカ最前線』(マスコミ情報センター編・刊) ロマプリエータ地震・ノースリッジ地震でのボランティア活動のレポート、アメリカにおける障害者や高齢者に対するボランティア活動などに触れ、阪神大震災に言及。
- 『わたしたちの医療ボランティア 阪神大震災が残したもの』(戸松成編著, KK ジャパンタイムズ刊) 24人の医療ボランティアの体験記。
- 『ボランティアとよばれた198人』(ながた支援ネットワーク編, 中央法規刊) 高齢者・障害者の救援活動をめざしたグループの記録とコラム。
- 『匠人の災害ボランティア奮戦記 阪神大震災にまなぶ これからの住まい伝統の技, 今よみがえる』(岐阜県産直住宅建設促進連絡協議会編, 岐阜日々新聞社刊)

教 育

- 『阪神・淡路大震災と学校 教育現場からの発信』(阪神・淡路大震災と学校編集委員会編, 兵庫県教職員組合刊) 避難所となった学校の状況報告, 教育再開に関する問題点などをまとめる。
- 『阪神大震災を教育に生かす』(社会科の初志をつらぬく会関西ブロック編著, 黎明書房刊) 震災時の学校の状況と奔走する教師の姿, 震災体験を風化させない

ために災害の教材化を提唱する。

- 『激震 そのとき大学人は 阪神・淡路大震災関西学院報告書』(阪神・淡路大震災関西学院報告書編集委員会編, 日本経済評論社刊) 学生・教職員ら23人が亡くなり, 同窓生を含めると60人以上の尊い命が失われた関西学院がまとめた学内被害の状況。そのときの学生・教職員の安否確認から入試・定期試験の措置, 留学生対策, 学生の住居確保, また学部ごとの対応状況なども詳しく記述。学生のボランティア活動にも触れる。
- 『甲南大学の阪神大震災』(藤本建夫・森田三郎編, 神戸新聞総合出版センター刊) 大学は化学実験室と生物学研究室から出火, 大正13年に建築された当時, 日本の旧制高等学校では初の鉄筋コンクリート造りだった管理棟が損壊するなど大きな被害を被った。そうした大学の被災状況をはじめ, 学生の被災体験, 犠牲になった16人の学生たちのプロフィールと追悼などをまとめる。理学部の地学教室には約30年前に設置したウィーヘルト型地震計があり, これまで現役として多くの遠隔地地震を記録してきたが, 今回の地震で大きな損傷を受けてしまったという。
- 『ギャルたちの被災 阪神大震災に学ぶ子育ての知恵』(三浦太郎著, 女子パウロ会刊) 著者は私立大学の助教授。震災体験に基づいた教育書を, との求めに応じて書いたエッセイ。友人の死, 心の傷, 地震で何が変わったか, 神戸市在住の著者は幸い被害が軽微だった。目に映った震災の姿を考察。
- 『次の冬まで 淳心学院卒業生の阪神・淡路大震災』(淳心学院同窓会会報委員会編, 淳心学院同窓会刊) 大震災の隣接地, 姫路にある淳心学院の卒業生44人が, そのとき見たもの, 感じたこと, 行動したことを綴る。医師・国家公務員・地方公務員・バス会社社員・銀行員など, さまざまな立場の手記。
- 『かがやく笑顔ふたたび 教職員の声・組合の記録』(全教西宮教職員組合著, 清風堂書店刊) 教職員組合員たちの手記と座談会記録。
- 『その時学校は 検証と未来への提言』(神戸市PTA協議会復興委員会編, 六甲出版刊) そのときの学校の対応, 被災校PTA役員の座談会, 子どもたちの作文集, 未来への提言で構成。

政府・行政

- 『防災基本計画 平成7年7月』(中央防災会議・国土庁防災局編, 大蔵省印刷局刊)
- 『危機管理宰相論』(佐々淳行著, KK文芸春秋刊) 村山内閣の震災対応と国家危機管理の在り方を論じた諸論文に加筆しまとめた書。「危機は我々が対応出来ない

状況に限って起きるケースが多い。阪神大震災は午前5時46分、地下鉄サリン事件は午前8時10分、浅間山荘事件は土曜の午後3時ごろ、湾岸戦争のきっかけとなったクウェート侵攻は8月2日、ソ連崩壊は8月19日と夏休みの時期に起きている」と著者は語る。「東京に直下型大地震が発生したら、阪神大震災の愚と不幸を繰り返してはいけない」。官邸機能強化を著者は訴える。

●『阪神・淡路大震災における消防活動の記録 神戸地域』（神戸市消防局編、神戸市防災安全公社・東京法令出版刊）地震発生とほぼ同時に、118回線ある神戸市消防局の119番受信専用回線はすべて受信状態となった。それ以降も、119番通報は止むことなく鳴り続け、受信件数は7時までに41件、17日だけで6千件を越えた。消防局の火災覚知第1報は、地震発生7分後の午前5時53分、長田区の建物火災であった。6時15分、消防局長が北須磨出張所に到着。6時25分、消防局に向け緊急走行中、阪神高速道路の倒壊や各地の炎上火災を把握したという。被害状況、消防機関の対応などに加えて、消防活動に従事した現場職員の手記、大学研究者の研究レポートなどをまとめる。

●『阪神・淡路大震災 大阪市消防活動記録』（大阪市消防局編、大阪市消防振興協会刊）消防職員と家族の手記も収める。

●『阪神・淡路大震災の記録』（消防庁編、ぎょうせい刊）消防や自治体の活動から国会、各省庁の対応、各種研究機関の調査・報告などの集成。

●『阪神・淡路大震災の熱くて長い一日』（滝実著、日本法制学会刊）前消防庁長官の著者は長官就任当日に大震災が発生、急遽ヘリコプターで神戸に飛ぶ。都市では空中消火は無理だという。消防の実態と今後の防災の在り方に言及。

●『情報、官邸に達せず 情報後進国日本の悲劇』（麻生幾著、KK文芸春秋刊）大震災に際して首相官邸に被災地の情報が届かなかった事態を追うドキュメンタリー。サリン事件や北朝鮮問題などのケースも詳しく記述し、危機に臨んでリーダーシップを発揮できなかった官邸筋の現実を検証し、日本の情報機能に構造的な欠陥があると指摘する。

●『阪神大震災と自治体の対応』（高寄昇三著、学陽書房刊）被災自治体の体験から安全都市対策を考える。著者は前神戸市市長室参事、現甲南大学経済学部教授。

●『大震災と地方自治 復興への提言』（大震災と地方自治研究会編、自治体研究社刊）大震災と地方自治研究会は都市計画・財政学・経済学・政治学・法学・福祉・医療などの専門家で構成されており、復旧・復興をめぐる問題点などを指摘してきた。本書は研究会が行なったシンポジウムの報告を基礎にまとめたもの。都市計

画・防災計画・復興計画・まちづくり・障害者・高齢者などについて提言する。

●『阪神大震災 日銀神戸支店長の行動日記』（遠藤勝裕著、日本信用調査KK刊）阪神大震災では金融面の混乱が回避された。日銀神戸支店が震災当日から平常通り窓口を開け「カネはいくらでもある」状態を作り出した。その上、いち早く「金融特別措置」をとり、被災者に不安を与えなかったことによるという。そうした日銀神戸支店の対応を克明に記す。巻末に資料として地震当日の業務日誌や銀行券の発券状況、臨時窓口の顧客受け入れ状況推移などの表がつく。

●『防災担当者の見た阪神・淡路大震災』（日本気象協会刊）

●『神戸黒書—阪神大震災と神戸市政』（市民がつくる神戸市白書委員会編、労働旬報社刊）「神戸復興計画に異議あり、避難所や仮設住宅で暮らす市民生活をよそに進められる開発優先の市政を問う」と、まとめる。なぜ神戸空港計画なのかと呼びかける。

●『先例に挑む誰がための法と行政か 阪神大震災 復興行政を検証する』（システムファイブ刊）総合法学誌『ジャスティス』の第1号として刊行。大学教授や弁護士らが各種問題点を指摘し提言を寄せる。大揺れを体験した関西在住者の執筆が多い。

●『防災白書 平成7年版』（国土庁編、大蔵省印刷局刊）

●『防災白書のあらまし 平成7年版白書のあらまし』（大蔵省印刷局編・刊）

企 業

●『企業のための震災対策マニュアル』（オーム社編・刊）阪神・淡路大震災を教訓に、企業が地震対策を講じるうえでの参考書籍。地震の基礎知識から事前対策、発生時の対策をQ & A方式で記述。

●『大地震からの企業防衛マニュアル』（大津良司著、中央経済社刊）

●『阪神・淡路大震災に学ぶ銀行の事務対応』（さくら銀行編、ぎんざい刊）震災直後の対応を検証し緊急対策への指針を示す。

●『大災害時の救済と復興の税務 大震災に学ぶ危機管理』（山田淳一郎・垂井英夫ほか著、財経詳報社刊）企業・個人の税務と実務対策を網羅。所得税・相続税・贈与税など、個人編をはじめ、法人の部では申告期限の延長や震災関係費用の特例など、また資料として関連法令や政令ものをのせる。

●『神戸被災企業に学ぶ 地震防災管理マニュアル』（阪神大震災危機管理研究会編、日本能率協会マネージ

メントセンター刊)

- 『経営者たちの大震災 稲盛和夫と経営者たちが語る』(盛和塾神戸・播磨刊) 京セラの稲盛和夫会長に経営と人生の哲学を学ぼうとする若手経営者の集まり「盛和塾」は、全国に2500人の塾生を抱える。その塾生のなかで震災に遭遇した35人が、経営者として非常事態に際して何を考え、どう行動したかの体験記。
- 『セーフティオフィス ソフト&ハードの震災対策』(イトーキ耐震対策チーム編著、ダイヤモンド社刊) オフィスの震災対策をまとめる。
- 『マルチメディアと危機管理システム』(吉川英一編、中央経済社刊) 災害など緊急時の危機管理を迅速・的確に行なうには、マルチメディアとそれを結ぶネットワークを有効に活用することが必要だと説く。
- 『大地震からの企業防衛マニュアル』(大津良司著、中央経済社刊) オフィスの地震対策・防火対策などを解説。
- 『防災・震災管理ハンドブック』(産労総合研究所編、経営書院刊)
- 『リスクアセスメント ET・FT 法による企業の危機管理、地域災害対策』(平田周著、日刊工業新聞社刊)

ライフライン・環境

- 『繋ぐ 阪神大震災、「電話」はいかにして甦ったか』(中野不二男著、プレジデント社刊) 未曾有の大災害に立ち向かったNTTの現場の人たちの物語。電話と電話をつないでいるのは電話線ではなく技術者たち、つまり人間であったとノンフィクション作家の筆者はいう。
- 『阪神大震災 トイレパニック 神戸市環境局ボランティアの奮戦記』(日経大阪 PR 企画出版部編、東方出版刊) 大震災のトイレドキュメント。地震の後、夜が明けて少しずつ落ち着くと誰もが急にトイレに行きたくなった。水分を控えても緊張で回数は普段の2、3倍。役立ったのは新聞紙とビニール袋、芳香剤、便・尿をビニール袋に入れたまま道端に捨てる人がいたので見張りを立てた避難所があったという。「時間経過ともなうトイレ環境の変化」というまとめがある。それによれば、被災直後は「水洗トイレが便で山盛り」、3日後は「水を確保し水洗トイレを利用」、1週間後「仮設トイレを利用」と変化していった。地震後、何時間でトイレに行きたくなったか、水洗トイレが使えないと知ったときの対処法、水の調達方法などの調査データも興味深い。仮設トイレの写真集には、立木を利用して扉をつけたトイレ、ふたを開けたマンホールの上に身体障害者用歩行器具を置いたトイレなど、震災直後、避難者が自分たちの手で作り上げたトイレの写真が並ぶ。

法律・税務

- 『大震災の法と政策 阪神・淡路大震災に学ぶ政策法学』(阿部泰隆著、日本評論社刊) 神戸大学法学部教授の著者は、「地震予知は学理的にはともかく法的な意味のあるほど具体的な内容を伴っているであろうか。法的に言えば、地震予知とは、単なる研究ではなく、人々に避難行動・予防行動・警戒行動を要求する前提になるものである。法的意味における予知とは、人間にこうした行動を起こさせる程度に、時と場所・期間を限定して、その大きさを具体的に明らかにすることが必要である」といい、「こうした意味の予知は東海地震にかぎってもまずできるわけがないのが現段階の研究状況であろう」「大規模地震対策特別措置法は即刻廃止すべきである」と述べる。
- 『被災市街地復興特別措置法の解説』(都市計画法制研究会編著、ぎょうせい刊)
- 『被災不動産の法と鑑定』(丹治初彦ほか編、三省堂刊)
- 『地震問題解決 Q & A』(不動産研究会編著、住宅新報社刊) 借地・借家の法律問題やマンションの被害にどう対処するか、登記・税金・相続税・贈与税などにも触れる。
- 『大地震に伴う借地借家法 Q & A 131 選』(高木佳子編著、日本法令刊)
- 『新しい借地借家契約の書式と手続き 罹災都市借地借家臨時措置法書式収録』(河内保ほか著、清文社刊)
- 『Q & A 阪神大震災に伴う税金の救済措置』(奥村真吾著、清文社刊)
- 『災害をめぐる税金・財産・保険の実践対策』(石黒進ほか著、六法出版社出版事業部刊)
- 『税務ハンドブック 改正税法のあらまし・国税・地方税・震災特別』(宮口定男著、コントロール社刊)
- 『大災害をめぐる税務 阪神・淡路大震災 法人税消費税に関する質疑応答事例 125 収録』(大村雅基編、大蔵財務協会刊)
- 『阪神大震災と税務 震災税務の解明 疑問点回答システム採用』(災害税務救済研究会編、税務経理協会刊)

建築・土木・都市防災

- 『1995年兵庫県南部地震災害調査速報』(日本建築学会編・刊)
- 『1995年兵庫県南部地震災害調査速報(英文版)』(日本建築学会編・刊)

- 『新訂版 よくわかる杭基礎の設計』（矢作枢・五十嵐功著，山海堂刊） 大震災後の新しい耐震設計基準に準拠した解説書。
- 『建物を強くする新しい知識』（七星建築懇話会著，学芸出版社刊） 阪神・淡路大震災を教訓に地震に強い建物の構造をあきらかにし，補強法などを説く書。
- 『これからの安全都市づくり 阪神・淡路大震災の教訓を踏まえて』（日本都市計画学会関西支部震災復興都市づくり特別委員会編著，学芸出版社刊） 大震災被災の実態を踏まえ，これからの安全な都市形成の指針とする書。
- 『建築思潮 04 破壊の現象学—戦後建築と阪神・淡路大震災』（建築思潮編集委員会編，学芸出版社刊） 建築とその周辺の諸問題に関して踏み込んだ検討を加える。
- 『阪神大震災の教訓 検証建造物はなぜ壊れたのか』（山室寛之ほか著，第三書館刊） 大震災で日本の「安全神話」は崩れ去ったと，その原因を究明し建築業界と行政の責任を追求する書。
- 『液状化はこわくない メカニズムと対策 Q & A』（渡辺具能著，山海堂刊） 液状化とは何か，発生のメカニズム，被害の特徴，液状化の予測・対策と具体的に説明。日本と世界の主な液状化被害事例も。筆者は運輸省に入省し，最初の勤務地で新潟地震を体験。以来，液状化対策を手がける。
- 『提言都市創造』（伊藤滋著，晶文社刊） 「ただ単に都市を不燃化すれば，それで十分というわけではない。市街地における人間の生き方，経済のメカニズムなどを細かく頭に入れて都市計画を考えねばならない」今回の震災は，ふつうの人々と都市計画に携わる専門家たちが，公ぬきで，新しい都市計画の結論を導き出すことが出来るかどうか，それを問う試金石のようなもの」と語る。
- 『地震に強い新・住宅の条件 阪神・淡路大震災からの教訓』（住宅情報関西版編集部編，KKメディア・ファクトリー刊） 『週刊住宅情報』関西版に連載されたシリーズをまとめ直したもの。
- 『地震・火災に強い家の建て方・見分け方』（設計協同フォーラム著，講談社刊） 18の建築事務所の共同執筆。丈夫な家91のアドバイス。
- 『亀裂 阪神震災が暴いた建築の構造欠陥』（建築基準法を考える会著，成星出版社刊） 1級建築士や弁護士らで構成された会が，神戸市の9階建てのあるビルを徹底調査，構造的な欠陥を指摘する。
- 『安心の住まい学 もしもの災害から家族を守る』（くらし文化研究所編，トソー出版刊） 京大：河田恵昭，神戸大：室崎益輝，大阪市大：宮野道雄氏らの執筆。

- 『安心思想の住まい学』（早川和男著，三五館刊） NHK ラジオでの放送をベースに住まいを語る。震災に関する記述は著者の被災体験を通してのもの。
- 『危ないマンションを見抜く方法』（染谷英人著，雄鶏社刊） 阪神大震災を例にひきマンションの安全を検証する。
- 『住まいの論理 安全と豊かさを求めて』（早川和男ほか編著，嵯峨野書院刊）
- 『ゼネコン都市の虚構 欠陥ビルはこうしてつくられる』（竹島清著，ディーエイチシー刊）
- 『宅地擁壁復旧技術マニュアルの解説』（宅地防災研究会編，ぎょうせい刊）
- 『建物の耐震と診断・補強』（吉松正行ほか著，オーム社刊）
- 『建物を強くする新しい知識』（七星建築懇話会編，学芸出版社刊）
- 『地域・地区防災まちづくり』（三船康道著，オーム社刊）
- 『どうなる？ マンション価格 大震災後の超予測マイホームで2億円貯める方法』（大野幸一著，住宅新報社刊）

医 療

- 『大震災 生かされたいのち』（高木慶子著，春秋社刊） 心の傷を癒すケアとは何か。筆者は大学の助教授・修道会会員。「毎年9月1日の防災訓練だけでなく，災害によって受ける心の傷とそのケアに関する教育を常日頃から行って欲しい」という。
- 『心のケアと災害心理学』（藤森和美・藤森立男著，芸文社刊） 被災者の心のケア活動は北海道南西沖地震から始まり，阪神・淡路大震災を通じて大きな社会的広がりを見せたという。この書はこの2つの地震で実践した心のケア活動や実証的研究を通して明らかにされた問題に触れ，災害に対する人間や社会の取り組みの在り方を提言する。本書は，これまでのわが国の災害心理学は，「災害から人間をいかに守るかという防災に関する研究に力点が置かれており，防災しきれなかった場合，被災者がその後の立ち直りの過程でどのような苦しみや悲しみを体験するかという科学的なデータの蓄積はほとんどなされてこなかった」と，被災者の心のケアの必要性を訴える。
- 『心を甦らせる』（河合隼雄・日本臨床心理士会・日本心理臨床学会著，講談社刊） こころの傷はどのような形であられるか，海外の災害と PTSD などに触れる。
- 『被災者の心のケア』（岡堂哲雄編，至文堂刊） 心

的外傷が心に与える影響、被災者の行動と心理、回復への道筋など、阪神・淡路大震災や北海道南西沖地震をケースに述べる。

●『震災の真ん中で 東神戸病院・4 診療所地震後 31 日間の記録』（神戸健康共和会刊） 震災後 1 カ月間の記録。

●『続・震災の真ん中で いま神戸から 東神戸病院・4 診療所からの報告』（神戸健康共和会刊） 上記の第 2 報としてまとめる。

●『ドキュメント救急医療の試練 阪神・淡路大震災』（日本救急医学会災害医療検討委員会編、メディカ出版刊） 医療従事者体験報告会の中から、現場の生々しい声を収録。

●『事例から学ぶ災害医療 進化する災害に対処するために』（鶴飼卓ほか編、南江堂刊） 大震災や地下鉄サリンなど、近年日本に起きた 15 災害を考察する。

●『集団災害救急 1995 阪神・淡路大震災とサリン事件』（ヘルス出版刊） 医学雑誌『救急医学』の別冊として刊行。

●『大震災とこころのケア』（河野博臣編、日本評論社刊） 雑誌『こころの科学』96 年 1 月号、大震災を特集。

●『震災でわかった歯と食のはなし 歯科医師からのレポート』（神戸市歯科医師会編・刊）

●『病医院の防災対策チェックポイント 50』（玉川雄司著、日本医療企画刊）

●『病院防災の指針 医療人の危機管理 阪神・淡路大震災に学ぶ』（岸田良平：企画・編集）

復興計画

●『阪神復興 被災地発 21 世紀の都市再生論』（吉田和男編著、PHP 研究所刊） 学界人の団体である 21 世紀日本フォーラム研究会のメンバーが分担執筆。地方自治体が行なっている震災復興の基本は中央依存、地方自治の考えから進めなければならないと訴える。また被災地域経済の中核をなす神戸港の復興に触れ、さらに都市計画は街区単位での住民の意思決定によって行なうべきであると提案。具体的な復興問題に言及する。

●『経済学者による震災復興への提言』（叶芳和著、日本経済新聞社刊） 研究グループや経済学者の政策提言、そして復興に関する円卓会議の収録。

●『震災が時代を拓く 神戸は世界最大の都市になる』（西大條学著、出版文化社刊） 整形外科医としての知識をもとに経済を分析。

●『安藤忠雄の夢構想 震災復興と大阪湾ベイエリアプロジェクト』（安藤忠雄著、朝日新聞社刊）

●『これからの安全都市づくり 阪神・淡路大震災の教訓を踏まえて』（日本都市計画学会関西支部震災復興都市づくり特別委員会編、学芸出版社刊）

●『阪神淡路大震災緊急提言』（小室豊允編著、六甲出版刊）

●『復興への提案 阪神・淡路大震災から学ぶ』（後藤正治ほか著、日本社会党機関紙局刊）

詩集

●『神戸・一月十七日未明 たかとう匡子詩集』（編集工房ノア刊） 神戸市在住の詩人、たかとう匡子氏の詩集。消息、火災、長い 1 日などをうたう。

●『詩集・阪神淡路大震災 第 1 集』（詩画工房刊） 被災地の詩人 155 人がつづる。

●『詩集・阪神淡路大震災 第 2 集』（詩画工房刊） 被災地の詩人 129 人のうた。上記の書の続刊。

文学

●『瓦礫の下の小説 大震災が押し潰した 20 歳の夢と青春』（重松克洋著、集英社刊） 関西学院大学 2 年重松克洋君は小説家をめざしていた。地震でアパートが倒壊、遺体のそばに泥にまみれた 200 枚の原稿。重松君が残した短編小説 6 編。この遺稿集には野坂昭如氏の文が寄せられている。

●『神戸殺人レクイエム』（山村美紗著、光文社刊）

児童

●『まっすぐに西へ 阪神大震災 そのとき、かあちゃんはい！』（かつまたかづえ：作・勝間としお：絵、汐文社刊） 大阪に住むイラストレーター夫妻が書いた震災神戸の物語。

●『雨の日は二人 阪神大震災を生きた一人の少女』（岸本進一：作・おぼまこと：絵、汐文社刊） 震災で父を失った少女の物語。

●『チコちゃん一家の地震ボランティア』（佐々木智子：作・大浜朋子：絵、かもがわ出版刊）

●『いのちが震えた』（岩田健三郎：えと文、小さな出会いの家刊）

●『とべないホタル』（小沢昭巳：作・内藤あけみ：画、ハート出版刊）

●『まけるなしんちゃん 阪神大震災の子どもたち』（東海林のり子著、ポプラ社刊）

マンガ

- 『マンガ 新くらしの地震対策』（消防庁震災対策指導室：監修，酒井ゆきお：作画，ぎょうせい刊） 阪神・淡路大震災や過去の地震災害から得た教訓をマンガにする。
- 『シティ・サバイバル』（さいとうたかお著，西東社刊） 巨大地震に備え，いかに生き抜くかをマンガで教える。
- 『シティ・サバイバル (CD-ROM & BOOK)』（さいとうたかお著，アスキー出版局刊） 前記書籍をCD-ROMにしたもの。
- 『大地震のなぞ 東京大地震』（望月利男監修，講談社刊）
- 『じしんだ！ そのときどうする？ 教育劇画のかみしばい6点セット』（田沢梨枝子ほか著，教育劇画刊）
- 『地底大魔王の謎 地震・火山と資源・環境がわかるゲームコミック』（藤子不二雄ほか原作，小学館刊）

大震災をきっかけにした地震対策一般

- 『日本を地震から守る新しい地震防災対策』（原田昇左右著，山海堂刊）
- 『活断層とは何か』（池田安隆ほか著，東京大学出版会刊） 『新編日本の活断層』を一般の人たちが多数買いたい求めたのは「脳天をぶち割られるような出来事だった」という。そこで活断層研究会が一般書をと企画，でき上がったのがこの本。研究・教育・防災をどう進めていくかにも言及する。
- 『活断層』（松田時彦著，岩波書店刊） 兵庫県南部地震から説き起こし，活断層の性質，日本各地の要注意断層，防災対策に触れる。
- 『写真と図で学ぶ地盤と地震被害』（田村重四郎著，山海堂刊）
- 『活動期に入った地震列島』（尾池和夫著，岩波書店刊） 兵庫県南部地震の仕組み，これからの地震活動の見通しなどを述べ，著者は地震庁の設置，活断層法の制定，強震観測網の整備，地震予知研究の見直しと充実を訴える。
- 『地震の活動期にどう備えるか』（藤井陽一郎著，新日本出版社刊） 著者は雑誌などに寄せた論文を一部加筆し1冊にまとめた。地震の科学から地震予知・都市防災などに触れ，原子力発電所にも言及する。
- 『自然災害と防災』（下鶴大輔・伯野元彦編，日本学術振興会刊） 6年間にわたって行なわれた重点領域研究「自然災害」の成果をまとめ『学術月報』に掲載し

た内容を1冊にまとめた書。地震学・火山学・地震工学・災害社会学などの研究者が執筆，発行されたのは95年8月だが，各項は阪神・淡路大震災前に書かれた。しかし数人が「震災の後，書き直しも考えたがあえて手をつけず，私が考えていたことの評価を読者にゆだねたい」などと述べており，そうした観点で読むと興味深い。

- 『五重塔はなぜ倒れないか』（上田篤編，新潮社刊） 法隆寺から日光東照宮まで日本人の知恵，五重塔の不倒神話を解説。建築構造学・建築史などの専門家が執筆。
- 『わが家の防災読本』（廣井脩監修，木馬書館刊） 地震をはじめ，火災・風水害・噴火などから身を守るノウハウ集。
- 『わが家を地震から守る「収納と工夫」』（小学館刊） 神戸の教訓も取り入れ，安全のためのチェックリストも添える。
- 『東京は焼失する 初期消火を忘れた第2関東大震災対策』（石井竜生編著，あゆみ出版刊） 住民の手で火勢を止めた神戸市松本通りなど3例，人命救助と初期消火を住民の手で行なった淡路島・北淡町のケースなどを紹介。
- 『大地震の前兆』（グループE編，双葉社刊） ほ乳類・魚類・鳥・昆虫・植物から大地の変化など，地震の「前兆」といわれる事例を取り上げる。ありとあらゆる動物が逃げた紀元前373年の地震など，古代ローマ時代にまで筆を進める。
- 『震災の生存術』（柘植久慶著，中央公論社刊） フランス外人部隊教官やアメリカ陸軍特殊部隊大尉の経験もあり，かずかずのサバイバル・ブックを書いてきた著者が災害下の行動と自衛術を解説。倒れて来る家具から身を守るにはソファなどを防御物として近くに伏せる，倒壊家屋から人を救出する際は屋根を抜いて上から助けるなど。
- 『都市型災害を生き抜く術』（須藤真啓著，ビジョン企画出版社刊） 洋画家・エッセイストがイラストをいれて，いざというときの実践的な対処法を説く。
- 『地震災害 防災の手引き』（小学館刊） 阪神・淡路大震災の教訓も取り入れたサバイバル・マニュアル。
- 『鯨絵 災害と日本文化』（里文出版刊）
- 『災害・防災の本 全情報』（日外アソシエーツ編・刊）
- 『石川は安全か 徹底検証地震と防災』（北国新聞社出版局編，北国新聞社刊）
- 『江戸・東京の地震と火事』（山本純美著，河出書房新社刊）
- 『沖縄でも地震は起きる』（加藤祐三著，ボーダーインク刊）
- 『マイホームこの買い方・選び方ならば万全だ 資金

その他

- 『「殺すな」と「共生」大震災とともに考える』（小田実著、岩波書店刊）大空襲の体験を思索の出発点とし阪神大震災を体験した著者が、戦後50年にあたり、「殺し、殺され」ることなく「共に生きる」社会をどう作っていくべきか考える。
- 『あなたの家庭の危機管理 災害、事故を生き抜く知恵と方法』（牛場靖彦著、KK ジャパンタイムズ刊）本書のプロローグに「阪神大震災に学ぶ」の記述。
- 『来るべき巨大地震 地震発生のメカニズムと規則性』（木村政昭著、悠飛社刊）
- 『大地震第三の予知 いま、知らねばならないこと』（木村政昭著、青春出版社刊）
- 『カウントダウン首都圏大地震』（相楽正俊著、出帆新社刊）
- 『東京大地震はいつ起こるか 阪神大震災が引き金になる』（江戸雄介著、ジャパンミックス刊）著者は『中国大崩壊』や『戦略国家アメリカが倒産する日』などの著作がある国際ビジネスマン、ジャーナリスト。本書の表紙カバーに「フリーのジャーナリストだから出来る大胆な東京大震災Xデーの予測」。
- 『つぎの巨大地震はいつ起こる？』（馬淵浩一著、KK ショパン刊）著者は技術史・博物館学を専門とする名古屋市科学館の学芸員。「次の巨大地震は房総沖」と自説を展開。
- 『宇宙と地震のメカニズム』（中松義郎著、泰流社刊）
- 『列島震断 大地震 いつ、どこが危ないか』（征木翔著、ごま書房刊）つぎはここが危ないとフリーライターが執筆。
- 『日本が危ない40のクライシス』（征木翔著、同文書院刊）天変地異・国際関係など、幅広く私たちの回りにある危険をとりあげる。天変地異に関しては、阪神・淡路大震災、東海地震、富士山、雲仙普賢岳などに焦点を当てた。
- 『あなたが思っているより早く関東にM7以上の大地震がやってくる』（地震科学研究班編、東京創文社刊）
- 『危険 活断層地図 あなたの家は、大丈夫か』（石川勝利著、データハウス刊）
- 『激震の警示 M・7のメッセージ』（藤田敏彰著、近代文芸社刊）
- 『次の大地震衝撃の「完全予知」法 各県別・時期・場所、地震の規模まで危険度を厳密判定』（加治木義博著、ロングセラーズ刊）

- 『天・変・地・異を科学する 大地震や異常気象はいつ・なぜ起こる？』（吉岡安之著、日本実業出版社刊）
- 『天災・人災大救済 世紀末に生き残る方法』（福永法源著、アースエイド刊）
- 『兵庫県南部地震はなぜ発生したか 次は神奈川県—東京都地震M7.4に続いて、南海道—山陽道超巨大地震M8.7が発生する』（正村史朗著、新風社刊）
- 『日本断層地帯』（鎌田慧著、筑摩書房刊）「日本のいい加減な政治が作りだした社会の奥底にある断層を怒りをもって報告する」と訴える。災害関連は雲仙普賢岳の災害対策と阪神大震災の復興問題をとりあげる。
- 『動物の超不思議能力 大災害の「予知」と動物たち』（実吉達郎著、日本テレビ放送網刊）

追 補

[本原稿の締切後、新たに収集した書籍を追加する]

- 『1996年版 住宅白書 阪神・淡路大震災とすまい』（日本住宅会議編、ドメス出版刊）震災を詳しく記述、住宅はどのように壊れ、人々はどのようにして死亡したか、避難所生活、住宅の再建から復興まで。
- 『神戸の教育は死なず 阪神・淡路大震災に学ぶ学校危機管理』（神戸市教育委員会編著、小学館刊）被災状況から学校避難所の運営、教育の再開、被災児童生徒への支援、心のケア、学校防災と多岐にわたる内容を盛り込む。
- 『瓦礫の中のほおずき 避難所となった小学校の教師の体験』（小崎佳奈子著、神戸新聞総合出版センター刊）神戸市灘区の稗田小学校は地震直後から数千人の避難者を迎えた。そこでのさまざまな出来事を児童とともに受けとめながら、教師として見つめ続けた記録。
- 『阪神・淡路大震災 神戸の教育の再生と創造への歩み』（神戸市教育委員会編、神戸市スポーツ教育公社刊）被害状況、応急対応、復旧への取り組み、今後の教育の方向など、教育の記録。
- 『阪神大震災・ガレキのなかを生き抜いた子猫 しっかり生きるやでエンちゃん』（藤沢昇：作・森田あずみ：絵、猫の手帖編集部編、どうぶつ出版刊）震災からおよそ1カ月後、東京で開かれた「猫の日フェスティバル」に1匹の子猫が参加、それは神戸で保護された子猫のエンちゃん、飼い主とはぐれ懸命に生きようとする小さな命をテーマに感動物語が展開される。
- 『ガレキ＝都市の記憶』（ガレキ・プロジェクト100編、樹花舎刊）震災の形、見えあるガレキに託す復興への想い。

[かわばた のぶまさ 静岡放送報道制作局付部長]

地震・津波碑探訪

力武常次

千代田区の地震モニュメント

●駿河台の震災記念碑 [千代田区神田駿河台 3-2]

「本連載：その1」(地震ジャーナル, 18, 39-47, 1994)に千代田区神田和泉町の「防火守護地」碑を紹介した。関東大震災の災禍が大きいにもかかわらず、千代田区の地震モニュメントは意外と少ない。

神田小川町から御茶の水、聖橋方面に坂を登って行くと、右手の総評会館の一角、営団地下鉄「新御茶の水」駅出口裏に「震災記念」碑(図1)がひっそりと建っている。広い本郷通りに面してはいるが、気をつけないと見逃してしまう存在である。碑の位置を図2の地図に示す。

石碑には、つぎのように刻んである。

「 震災記念

大正十二年九月一日正午大震大火災アリ焼失家屋三十萬死傷亦十萬ヲ超エ實ニ古今未曾有ノ大惨事ナリ 時ニ燒土ト化セシ帝都ノ中央神田ニ巍然トシテ雄姿ヲ殘セシハ實ニ山下谷次君ノ設立セル鐵筋混凝土四階建ノ東京商工學校ナリキ吾人ハ之カ爲ニ或ハ家財ノ安全ヲ保チ或ハ通信ノ便ヲ得或ハ居住ノ急ヲ救ヒ或ハ配給ノ惠ヲ受ケ眞ニ天佑トシテ感激措ク能ハサル所ナリ茲ニ公孫樹壹株を植エ以テ謝恩ノ意ヲ表シ此ノ碑ヲ建テテ紀念トス

大正十三年九月一日 淡路町壹 公友會 隣 町 有志

碑文から明らかなように、当時、震害を被らなかつた鉄筋コンクリート4階建の「東京商工学校」を記念した碑である。非常に堅牢につくられていたらしく、その後何回かの所有者変更を経て、最終的に取りこわすのに骨が折れたという話である。

「震災豫防調査會報告第百號(丙)」の「関東大地震調査報告文建築編(下)」には「永田念郎、鐵筋『コンクリート』造被害調査報告」があり、震害のなかつた建物の一覽表に、つぎのように報告されている。

碑文中の「公孫樹(いちよう)は碑の背後に現存している。建立者である「公友會」が

震害のなかつた建物の一覽表

淡路町一丁目一番地 東京商工學校	校 舎	鐵筋混凝土造 帳壁鐵筋混凝土造	地下付 三	一五九、一四 坪	震害ナシ、内部一階ノ一部 火災ニ罹リタルモ被害輕微
同 上	附屬建物	同 上	—	六、四〇 坪	震害ナシ 火災ニヨリ内部焼失



図1 駿河台の震災記念碑

どういう団体であるかについては、千代田区役所に尋ねてもはっきりしない。

◇ 駿河台 ひっそりと立つ 震災碑
ただしき由来 知る由もなし

●震災いちよう [千代田区大手町 1-4] 営団地下鉄

「竹橋」駅をお壕端のほうに出たところに、「国体擁護碑」と和氣清麻呂銅像があり、その前に「震災いちよう」(図3)がある(図2の地図参照)。図4のように、その由来を示す立札があって、つぎのように記してある。

「 震災いちよう
樹齡一五〇年を超えと思われるこの公孫樹は、昔の文部省敷地(旧竹平町・現在のパレスサイドビル・住友商事ビル・日本電信電話公社一帯)から移植されたものです。大正一二年(一九二三年)の関東大震災によって、一面焼野原となった東京の都心に奇跡的に生き残り、この樹の緑



図2 「駿河台震災紀念碑」と「地震いちょう」の位置

は当時の人びとに復興への希望を与えました。復興事業に伴う区画整理で、この樹が切り倒されることになったとき、当時の中央気象台長岡田武松氏がこれを惜しんで、なんとかこの樹を後世に残したいと思い、帝都復興局長官清野長太郎氏に申し入れたところ、長官もその意義を心から理解



図3 震災いちょう



図4 震災いちょうの由来

し、ここに移植されたといわれる大変由緒のある巨木です。」

なお、この木の保存に尽力した岡田武松・清野長太郎両氏の略歴を説明文の後段に記してあるが、ここでは省略する。この木は地震に関係深い気象庁のすぐ前にもかかわらず、筆者を含めて地震関係者にほとんど知られていないのではなからうか。

◇ 震災の思い出残す 公孫樹
ビルをバックに 壕端に立つ

台東区の地震モニュメント

●大音寺（浄土宗正覚山）の安政地震碑〔台東区竜泉1丁目21〕 あまり多くはないが、台東区内にも地震碑がいくつか残っている。戦前・戦中に地震学会より刊行されていた雑誌『地震』（第1輯）には毎号「雑録」と称する記事があり、なかなか面白い話が載っている。ここで同誌15巻（1943）14～15頁の武者金吉による記事を引用しよう。

「安政2年江戸地震の碑 地震津波に関する碑は寶永安政の大津波に襲われた地方や三陸海岸には少ないが、東京に地震の碑が存すると云ふ事は殆ど知る人がないやうである。東京府編纂の東京府史蹟にも載せてないし、東京市史稿變災篇にも記されて居ない。

東京に存する地震の碑は、筆者の知る限りに於て、二箇所にあつて、共に安政2年10月2日の大地震に関するものである。其の一は下谷區龍泉町大音寺の境内にある。石造の角柱で正面には六字の名號を刻み、向つて左の面には“安政卯年十月二日當町村亡靈爲地震横死菩提”の20字を3行に刻し、其の側に若干の戒名が彫りつけてある。向つて右の面には上部に一大梵字を刻み、其の下に“吉原町六百八拾五人之靈”と記されてあつた。

この地震の時に最も悲惨を極めたのは吉原で多数の惨死者を出した。齋藤月岑の武江地動之記には、“五日の調に死人六百三十人とありしは彼地の人別によりて大略しのみ。客の人数其外諸方より入込しを加へなば千人にして猶足らずといへり”と記され、畑銀鷄の時雨の袖には、“遊

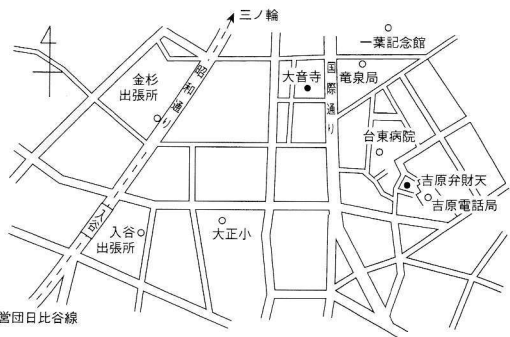


図5 大音寺・吉原弁財天周辺図



図6 大音寺の安政江戸地震碑

女死する者八百三十八人、客其他此處に來りしもの四百五十四人餘、惣ノ死人二千七百人餘”とあり、名主からの書上には633人とあつて死者の数が明かでないが、この碑によつて685人であつた事が分る。併しこの中に嫖客其他を含んで居るや否やは明かでない。

この碑は現在も舊位置に存在するが、惜しい哉大正12年の震火に遭つて死者の数を刻んだ面は剝落して了つた。爰に掲げた寫眞は震災前に撮影したものである。』

なお上記記事中にある関東大震災前の写真は戦時中の印刷につき不鮮明なので、ここには再録していない。

現在の大音寺は広い国際通りに面して、図5の位置にあり、多くの墓標のうち、ひときわ古くて大きい碑が問題の安政江戸地震のモニュメントである(図6)正面の「南無阿彌陀佛」、向かつて左面の「爲地震横死…」などの文字は一応読みとれるが、上記記事にもあるように、右面は剝落してしまっている。この境内にある、その他の墓標には吉原関係のものが多いようである。

◇ 安政の 地震碑あわれ 大正の

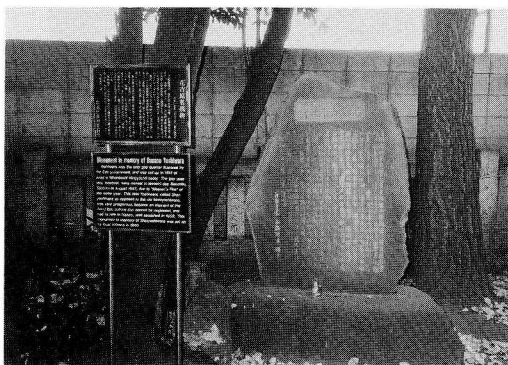


図7 「花吉原名残碑」とその和文・英文説明板

●吉原弁財天の地震供養塔 [台東区千束3丁目22-3]
大音寺より国際通りを横切つて、南東数百メートルのところに吉原電話局と並んで吉原弁財天がある(図5の地図参照)。ここにはかつての歓楽街を想起させる「花吉原名残碑」があり、英文の説明板(図7)までである。きわめて狭い敷地に多くのモニュメント類が建っていて、生い茂る樹木のために、おめあて“関東大震災の犠牲となった遊女の霊を弔う供養塔”[大震災災焼死者追悼記念碑](図8)の撮影が困難なほどである。なお、写真では読みにくいので、前記、英文説明板の文章をここに採録しておこう。

「 Monument in memory of Hanano Yoshiwara

Yoshiwara was the only gay quarter licensed by the Edo government, and was set up in 1617 at what is Nihonbashi Ningyōchō today. The gay quarters, however, were moved to present day Senzoku, Taitoku in August 1657, due to “Meireki’s Fire” of the same year. This new Yoshiwara, called Shin-Yoshiwara as opposed to the old Motoyoshiwara, was very prosperous, became an element of the florid Edo culture that cannot be neglected, and has its role in history, until abolished in 1958. This monument in memory of Shinyoshiwara was set up by local citizens in 1960.」

前記、大音寺に関する武者金吉の記事中に、安政江戸地震で吉原で多数の死者を出したことが記されているが、安政地震のときの様子については、後出の浄閑寺のところで、より詳しく述べよう。この地区では安政地震のと



図8 関東大震災の犠牲となった吉原の女性を弔う供養塔

きばかりでなく、関東大震災でも多くの死者を出している。吉原地区の火災の状況については、たくさん文献があるようだが、ここでは吉村昭著『関東大震災』（文芸春秋、1978）より、つぎの文を引用して多くの遊女が犠牲となった惨状を伝えることにしよう。

「当時、新吉原は贅をこらした大厦高樓が立ち並び、その中に二千五百名にも及ぶ娼婦が起居していた。彼女たちは娼家に金銭で買われた商品であり、廓外に出ることは許されなかった。

明治四十四年四月九日に、新吉原で大火が発生したことがある。火元は江戸町二丁目の娼家美華登楼で、その家の一娼婦が揮発油で拭き清めた襦袢の掛襟を火鉢にかざして乾かそうとし引火したことが、発火原因であった。

この火事で廓は全焼したが、その大火の折に娼家側では娼婦が火災にまぎれて逃げることを恐れ、自由行動を許さなかった。中には、地下の倉庫におしこめられ、そのため焼死した娼婦たちもあった。

関東大震災の折にも、それに似た傾向は見られた。

娼家の中には、火災発生後も娼婦たちを廓内にとどめた家が多く、それらの家の娼婦たちは逃げる機会を失ってしまった。それに、娼婦たち自身にも、機敏に逃げる能力が欠けていた。それは廓外に出ることを厳禁されている彼女たちが方向感覚に乏しかったからで、地震につぐ火災に身の危険を感じながらも廓外に逃げ出すことができなかったのだ。

火に追われた彼女たちは、自然に吉原公園に押しかけた。時刻が時刻であっただけに、彼女たちは一人残らず寝巻姿であった。素足のままの者が多かった。

やがて火が急速に迫って、公園内に持ちこまれた家財に火がつき、娼婦たちは熱さに堪えきれず園内の弁天池に飛びこみはじめた。

池は泥深く、中心部は四メートル近い深さがある。池に入った娼婦たちは、泣き叫びながら池の水を体にかけた。

そのうちに園内を逃げまどう娼婦たちの衣類に火がつき髪油の塗られた頭髮に火がついて顛倒する者も多くなった。そうした現象が、一層池に飛びこむ者の数を増した。

初めの頃、娼婦たちは岸辺にとりすがっていたが、池に入る者が多くなるにつれて池の中心部へ押し出されてゆく。

池の広さは二百坪ほどしかなく、たちまちのうちに池の水面は娼婦たちの体でおおわれた。

すさまじい混乱がはじまった。深い部分に押し出された娼婦たちは、他の娼婦にしがみつき沈んでゆく。池に飛びこむ者は跡をたたず、人の体の上に身を投げる。辛うじて杭につかまった者の肩にはかの娼婦がつかまり、さらにその娼婦の肩にはかの者がしがみついて数珠つなぎのようになった。

死の苦痛からのがれようと、娼婦たちは必死に争った。溺死した者の上に死者が重なり、池は人の体でうずまった。そして、その上を踏んでわずかな空間を見出し、水に身を漬ける者もいた。水は、すでに湯のようになっていた。

その間にも火災は、絶え間なく池の表面を^な焼いていた。…吉原公園の死者は四百九十名で、男五十二名、女四百三十五名、性不詳三名と女性が大半を占めている。その女性のほとんどが、新吉原の娼婦たちであったのだ。」

「本連載：その2」（地震ジャーナル、19、81-91、1995）には、関東大震災のとき各警察署で検死した焼死者数が示してあるが、浅草区吉原公園は490人（日本堤署調べ）となっていて、第5番目に多い場所である。

- ◇ 安政の 悪夢再び 吉原の
震火に死せる ^{によし}女性あわれむ
- ◇ 震災の 惨劇語る 供養塔
忘れまじきは 大正の変

● 昭和天皇復興巡視記念碑〔台東区上野公園〕 関東大震災直後の大正12年9月15日、当時の摂政の宮（後の昭和天皇）は総理大臣山本権兵衛、内務大臣後藤新平、東京市長永田秀次郎らの先導で被災状況の視察をされた。図9は「本連載：その1」（地震ジャーナル、19、39-47）に紹介した墨田区横網町公園内の復興記念館に陳列されている摂政殿下ご視察の光景を示す絵（徳永柳洲筆）である。

殿下は上野台上西郷隆盛銅像前より、焦土と化した下町一带をご展望になり、都民の上に深い憂慮を払われたとされている。その後、7年を経過して昭和5年3月24日、昭和天皇は再度同地に立たれて東京の復興状況をご覧になった。

このことを記念して、図10および11のような記念碑が西郷銅像傍に置かれている。現在では多くの観光客がここを訪れるが、この碑に関心を示す人は少なく、殆どの人が西郷銅像をバックに写真撮影などを行っている有様である。

碑文は樹木の影になるせいもあって、きわめて読みにくいので、以下に採録しておこう。



図9 摂政殿下が震災状況を視察される光景（財団法人東京都慰霊協会発行の『大震災記念絵葉書』より、同協会の許可による）

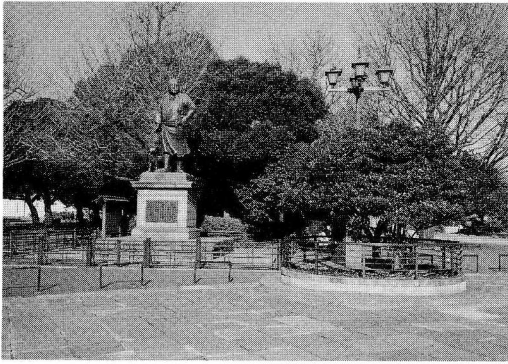


図10 上野公園の西郷隆盛像（左）と昭和天皇復興巡視記念碑（右）

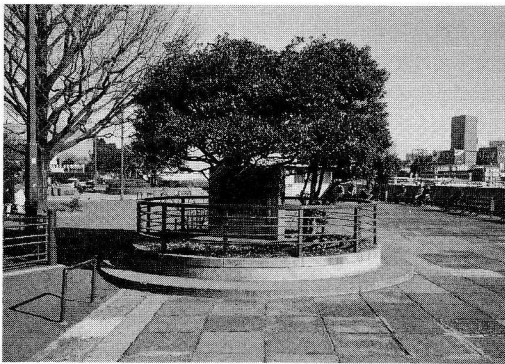


図11 天皇陛下復興巡視記念碑

「 大正十二年九月十五日
 攝政殿下大震災ノ慘状御
 視察ニ際シ畏クモ此地ヨ
 リ御展望遊サレ被害ノ情
 況ヲ聞召サル超エテ七歳
 昭和五年三月二十四日
 天皇陛下此ニ臨御アラセ
 ラレ親シク街衢ノ復興ヲ
 看ハセ給フ乃チ石ヲ此處
 ニ樹テ以テ 聖思ヲ不朽
 ニ傳ヘントス 」

それにしても、昭和天皇はきわめて多くの住民が犠牲となった関東大震災ならびに昭和20(1945)年3月10日の大空襲による戦災を視察されたわけだが、いかばかりのご感慨であつたらうか。

◇ ふり返る 人もまれなり 震災の
 碑 立つは 銅像のわき

荒川区の地震モニュメント

●浄閑寺の新吉原総霊塔〔荒川区南千住2丁目1-12〕
 前出の武者金吉の記事（大音寺の項参照）にもあるように、安政江戸地震のときの新吉原における死者の多くは、隣接の浄土宗栄法山清光院浄閑寺に葬られたという、図12の位置にあるこの寺は営団地下鉄「三ノ輪」駅から

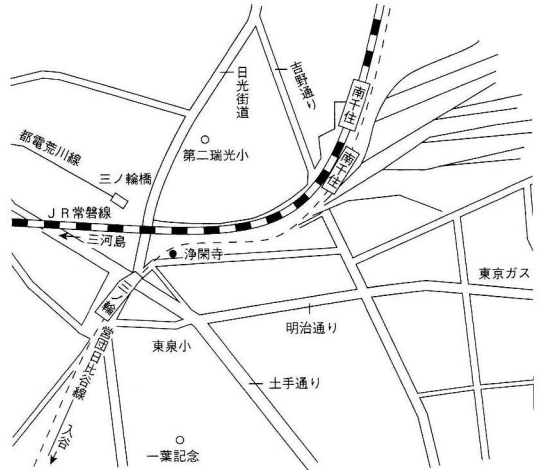


図12 浄閑寺周辺図

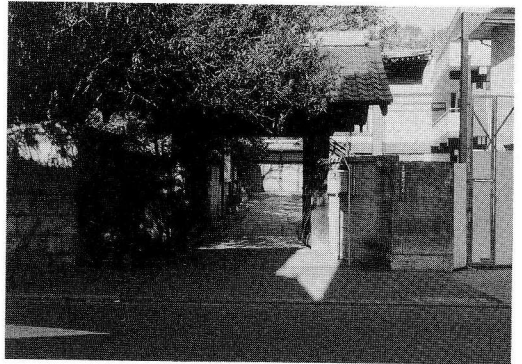


図13 浄閑寺山門



図14 浄閑寺山門傍の説明板

徒歩1分の距離にある。山門(図13)入口の向かって右手には寺の説明板(図14)が立っている。山門から本堂正面に向かって左手に寺の境内各所の紹介(図15)、右手には無縁塔と刻んだ無縁仏供養像(図16)がある。

本堂の裏側には、ひときわ大きくて背の高い「新吉原総靈塔」(図17)がある。武者の記事によると、以前は



図15 浄閑寺境内の史蹟案内板



図16 浄閑寺内の無縁塔



図17 浄閑寺の新吉原総靈塔

「新吉原無縁塔」と彫ってあったという。昭和4年に改修され、関東大震災横死者の遺骨も合葬され、現在の形になったようである。印刷不鮮明のため、大正10年武者の撮影になる写真をここに再録できないのは残念である。

安政地震のときの新吉原の状況は、武者の引用している『武江地動之記』や『時雨袖』にも出ているが、より詳しいものとしては、例えば武者金吉著『日本地震史料』(毎日新聞社、本文757頁、年表350頁、1951)の522頁に、「江戸大地震末代嘸之種、卯年十一月出版絵入本式冊、奇談四條」よりの引用として、つぎの文がある。

「新吉原五ヶ町は地震鳴動するとひとしく、娼家一同ゆり潰れ、火炎々として八方より燃出し、廓中一画の火事となる。されば裏々の反橋を下すに暇なく、又たまさか下さんとするもの有ても、反橋損じて渡す事かなはず、大門一方の出口となるゆゑ、煙にまかれ、火に焼れ、家に潰され、又幸におしをまぬかれたるも、家根をこぼち壁を破りて助け出すの人なければ、空しく火の燃來るを待つて焼死す。斯の如くなれば、手負、死人夥しく、實に目も當てられぬさま也。其中遊女死するもの八百三十一人、客其外此處へ來りしもの四百五十餘人、茶屋并廓中の諸商人藝人等凡千四百餘人、總ノ死人貳千七百餘人と云。且土藏は一つも残らず、只々西河岸の家少少残り、又五拾間道の片側残ると云。(以下割注)此焼死人の數前に出せし書上と相違せるは 全く表向と内實との差別ならんか、」

また、古文を読むのが面倒な向きには、荒川秀俊著『実録大江戸壊滅の日』(教育社、297頁、1982)に、つぎのような現代文の解説がある。

「さて新吉原のあたりは昔の千束池の近くの地盤の軟弱なところであって、遊廓の周囲は、いわゆる『おはぐるどぶ』と呼ばれた溝によって外界から遮断されていて、出口は大門だけで、北東へくの字にまがった衣紋坂を越えて、有名な日本堤へ通じていた。

安政二年十月二日、遊廓にとってはまだ育の口の戌の下

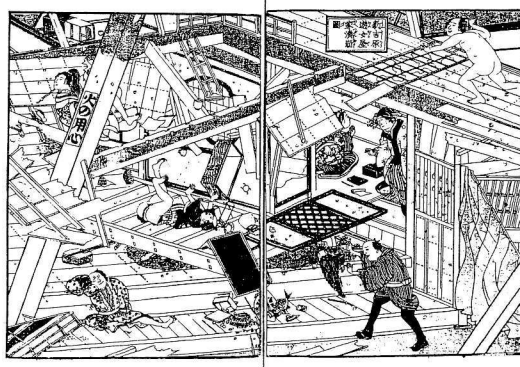


図18 新吉原遊女家崩壊(『安政見聞誌』より)

刻(午後九時)ごろ、入口に近い江戸町一丁目で火事があった。その火事がまだ盛んなころに運命の大地震が起こったのである。そのため出口の火災によって遊廓内の人々は逃げ路を断たれた。さらに地震で潰れた家からも出火し、おはぐろどぶの笕橋を下ろすいとまもなく、新吉原では最も多数の死者を出し、潰家の数とともにその被害は最大のものとなってしまった。(中略)

新吉原がこんなありさまになったのには理由がある。第一に遊女は風俗取締りのため、公的には遊廓の中にとじこめられ、軟禁状態のもとにおかれて、みだりに外出することも禁ぜられていた。第二に遊女屋は青楼などしされた言葉で呼ばれていたが、遊女は実は楼主に買い取られたものであり、遊女の働きは、だいたいそのまま楼主の収入になっていたから、遊女が逃げ出すのを防止するため、外出にはことにきびしかった。

それで新吉原に多く用いられた火災対策として、遊女屋では戦時中に使われたような防空壕まがいの地下壕を備えていた。遊女が火事のどさくさにまぎれて逃亡するのを監視するために、このような壕の中へ簡単にとじこめたものらしい。こうした壕はいたって粗末なものだったから、地震につづいて起こった大火には耐えられないで、火が入ったのであろう。大火がすんでから壕を開けて見ると、とじこめた遊女らはみな死んでいたのである。

こうして焼死者が多く出て、安政江戸地震死者数の第二回調べでは、新吉原では、男一〇三人、女五二七名、ほかに不明の者四四四名もあった。江戸全体の死者合計が四、七一四人、ほかに不明の者四五六人であるのに、新吉原だけで行方不明をふくめて一、〇七四人もの死者が出たのは、まったく驚くべきことであった。

これらの遊女たちの死骸は、現在荒川区南千住二丁目の浄閑寺境内の穴の中へ、だいたい物同然に投げこまれたという哀話が伝えられている。この浄土宗法山浄閑寺には、寛文四年(1664)以来、新吉原五町の遊女二万人余の霊が眠っているといわれている(江戸町一丁目・二丁目、京町一丁目・二丁目・三丁目、角町、揚屋町、仲の町を普通吉原五町と読んでいた)。

現在、浄閑寺には安政二年十月二日の江戸大地震と、それにつづいて起こった火災のため横死した人々の過去帳が厳然として残っている。

◇ 安政の 伝えも悲し 浄閑寺
二万有余の 遊女葬る

総霊塔の台座部、向かって右側には図19のように、花又花酔の

「 生れては 苦 界
死しては 浄閑寺 花 酔

という川柳が刻んである(昭和38年11月建立、川柳人クラブ・横浜川柳懇話会)。筆者はこの句の由来を知らない。

総霊塔の前には、『墨東綺譚』などで有名な文学者永井荷風(1879~1959)の詩「震災」を刻んだ黒御影石の

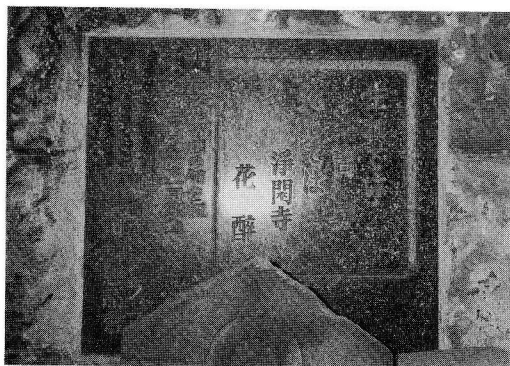


図19 新吉原總霊塔にはめ込んである花又花酔の川柳

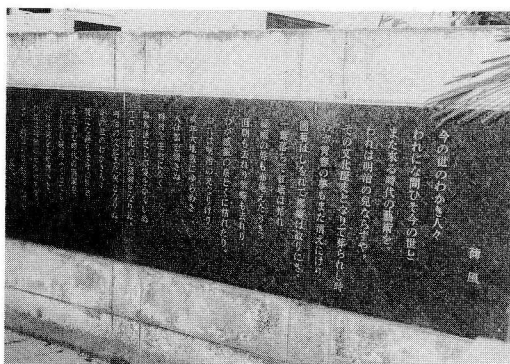


図20 新吉原總霊塔前の永井荷風「震災」碑

大きな碑(図20)があり、つぎのように刻んである。

「 荷 風
今の世のわかき人々
われにな問ひそ今の世と
また来る時代の藝術を。
われは明治の兒ならずや
その文化歴史となりて葬られし時
わが青春の夢もまた消えにけり。
團菊はしをれて櫻痴は散りにき。
一葉落ちて紅葉は枯れ
緑雨の聲も亦絶えたりき。
圓朝も去れり紫蝶も去れり。
わが感激の泉とくに枯れたり。
われは明治の兒なりけり。
或年大地俄にゆらめき
火は都を燬きぬ。
柳村先生既になく
鷗外漁史も亦姿をかくしぬ。
江戸文化の名残烟となりぬ。
明治の文化また灰となりぬ。
今の世のわかき人々
我にな語りそ今の世と

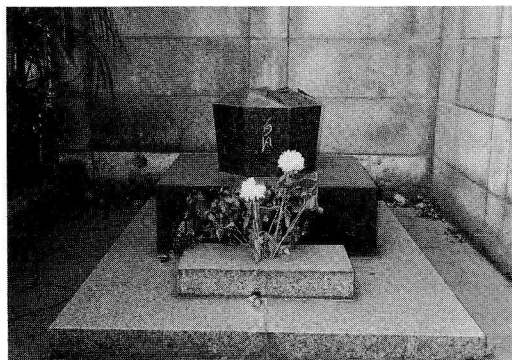


図21 「震災」碑前にある永井荷風の花壘型筆塚

また來む時代の藝術を。
くもりし眼鏡ふくとも
われ今何を見得べき。
われは明治の兒ならずや。
去りし明治の世の兒ならずや

「震災」
「偏奇館吟草」より

明治・大正・昭和三代にわたり詩人・小説家・文明批評家として荷風永井壯吉が日本藝林に遺した業績は故人没後益々光を加へその當高風亦やうやく弘く世人の仰ぐところとなった。谷崎潤一郎を初めとする吾等後輩四十二人故人追慕の情に堪へず故人が生前「娼妓の墓亂れ倒れ」(故人の昭和十二年六月二十二日の日記中の言葉)であるのを悦んで屢々杖を曳いたこの境内を選び故人ゆかりの品々を埋めて荷風碑を建てた

荷風死去四周年の命日
昭和三十八年四月三十日

荷風碑建立委員会

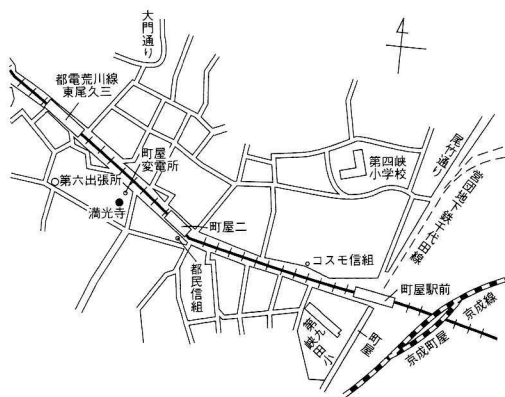


図22 満光寺周辺図

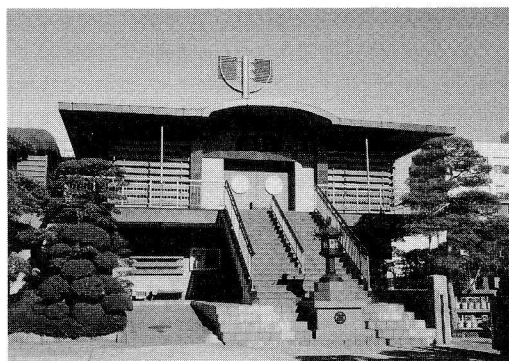


図23 満光寺本堂

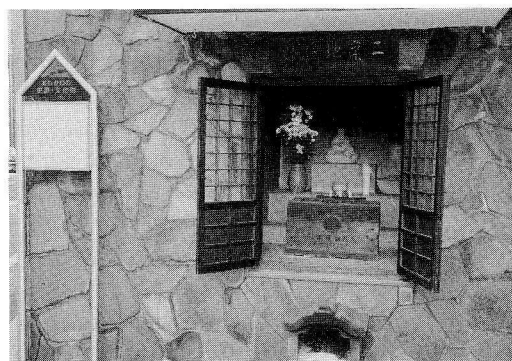


図24 満光寺門前の子育て地藏(二葉地藏尊)

晩年の荷風は市川市で独身・自炊の生活を送り、浅草・江東方面の散策を好み、この浄閑寺をしばしば訪れたという。「震災」の碑前には花壘型筆塚がある(図21)。

この地は史蹟案内にも詳しく紹介されているので、訪れる人がかなり多いようである。筆者らが写真撮影などをしていただけの時間にも、結構多くの人びとが訪れていた。

◇ 三ノ輪なる 投込寺を たずぬれば
荷風を偲ぶ 石の彫文

●満光寺の子育て地藏[荒川区東屋久3丁目2] 都電荒川線「町屋二丁目」駅の西約50mのところ(二葉山満光寺(図22,23))がある。高田隆成(故人:先代満光寺住職)・荒川史談会著『荒川区史跡散歩——東京史跡ガイド⑱』(学生社,1992)によると、図24に示す門前の子育て地藏は藍染川の工事請負人手島助次郎が関東大震災犠死者の追善のために奉納したものとなっているが、詳しいことはわからない。

[りきたけ つねじ 東京大学・東京工業大学名誉教授]

■ 地震予知連絡会情報 ■ 石井 紘 ■

地震予知連絡会は第 118 回 2 月 19 日、第 119 回が 5 月 20 日に開催され、それぞれ 82 および 84 件の報告がなされた。取り扱われた地震のルーチン観測の解析期間は 1995 年 11 月から 1996 年 5 月であったが、特に大きな被害地震はなかった。東海地方の地殻活動については 2 回の会において合計 39 件の報告がなされ、注意深く検討が行なわれた。

東海地方

東海地方の地殻活動に関しては、御前崎の沈降の鈍化や駿河湾における地震活動の増加などが指摘されており、注意深く検討を要するところである。水準点の経年変化(図 1、第 119 回: 国土地理院)は、1995 年 7 月の網平均計算値以後、年周变化的な動きを示しており、上下変動の停滞が解消されたようにも見えるが、毎年 6~7 月に測量されている網平均のプロット(図の黒丸)の 1996 年の結果ができれば明らかになると思われる。1994 年頃から年周的な変動の大きいことは浜岡の地下水変動(第 119 回: 地質調査所資料)や光波測量の結果(第 119

回: 地震研)にも観測されており、原因は明らかにされていないが注目すべきことである。

水平変動のベクトルも、国土地理院の GPS ネットにより容易に見ることが可能になってきた。暫定資料であるが、最近 1 年間の水平変動が図 2(第 119 回: 地理院)に示されている。このパターンの時間変化に、今後注目することが重要である。上下変動の空間パターン(地震研究所: 会報 55)とともに比較することが重要である。

駿河トラフ付近の地震活動も注目する必要がある、1980 年からの石花海堆を含む地震観測結果が図 3 に示されている(第 119 回: 気象庁)。1995 年から急激に地震の発生が増加しているのが M-T 図と地震回数積算図において明白である。図 4 には、図 3 と若干範囲は異なるが石花海堆を含む地域の 1980 年からの地震の震央分布と b 値の時間変化を示している(第 119 回: 防災科研)。b 値は、前震的な活動においては値が小さくなるともいわれている。3 期間、1987~1990、1990~1994、1994~1996 においても、b 値はそれぞれ 1.25、0.80、0.73 となり、最近値が小さめであり、粒の大きな地

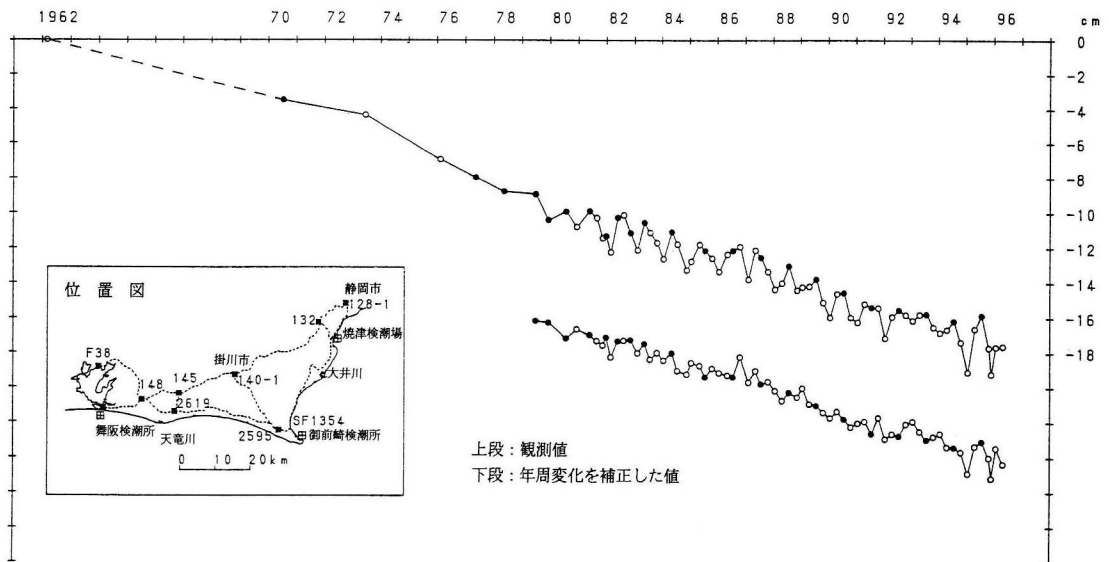


図 1 掛川に対する浜岡町の水準点 2595 の変動(第 119 回: 地理院)
上段は観測値、下段は年周変化を補正した値を示す。黒丸は網平均計算した結果。

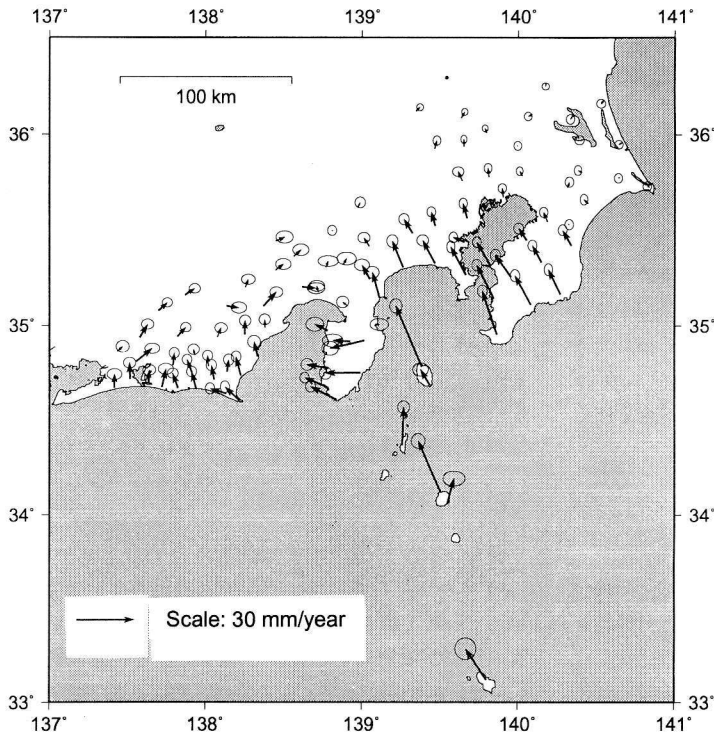


図2 GPS ネットにより観測された関東・東海地域における水平変動の年変化 (第119回:地理院)

震が増えてきたことを示しており、気になるところである。

錢州海嶺南方の地殻構造がマルチチャンネル音波探査により報告されている (第119回:水路部)。

伊豆地方

伊東市鎌田における日別頻度回数および震央分布によると、伊東沖の群発地震活動は沈静化しているが、まだ地震が起っており、活発であった1995年9月以前の状態までには戻っていないようである (第119回:気象庁)。新島・神津島付近では、活発な地震活動が継続している (第118回, 第119回:気象庁, 地震研)。この付近の活動は1990年頃から活発になっている。1995年11月以降、20個以上のマグニチュード3.0以上の地震が発生している。

関東地方

1996年3月6日に、M5.8の山梨県東部地震が発生し、気象庁による震源の深さは19.5kmであった (第119回:気象庁, 防災科研, 地震研)。この地震のメカニズムは、ほぼ西北西・東南東圧縮の逆断層型であった。

の地震が発生した (第118回:気象庁)。

松前の群発地震活動は減少してきているが、まだ1日に数個程度は起こっている (第119回:北大)。

東北地方

秋田県沖から山形県沖にかけて地震活動の静穏化していることが指摘されているなかで、最近、粟島付近に地震が発生した (第119回:東北大)。しかしながら飛島におけるボアホール観測装置の傾斜・歪には、その後異常は観測されていない。1996年5月13日には仙台市内直下深さ7kmにM2.2の地震が発生した (第119回:東北大)。1995年11月から1月31日までに三陸はるか沖を含むM5以上の地震が6個発生し、最大はM6.3であった (第119回:気象庁, 東北大)。

中部・北陸地方

福井県嶺北地方に1996年2月7日にM5.0の地震が発生した (第118回:気象庁)。この地震は宝慶寺断層の端に位置しており、約50km離れたところには過去に福井地震 (1948年, M7.1) が発生している。1995年以後の地震活動から新潟平野における静穏化が指摘さ

余震活動は2日間ではほぼ収まっており、M3.0を越える地震は、その後発生していない。1980年以降、この付近ではM5以上の地震は3回発生しているが、いずれも、それ以前に活動のなかった領域に発生している (第119回:防災科研)。東京周辺において浅発地震活動のグループに分けられる7カ所において、1980年からの時空間分布および積算地震回数などが報告された (第119回:防災科研)。

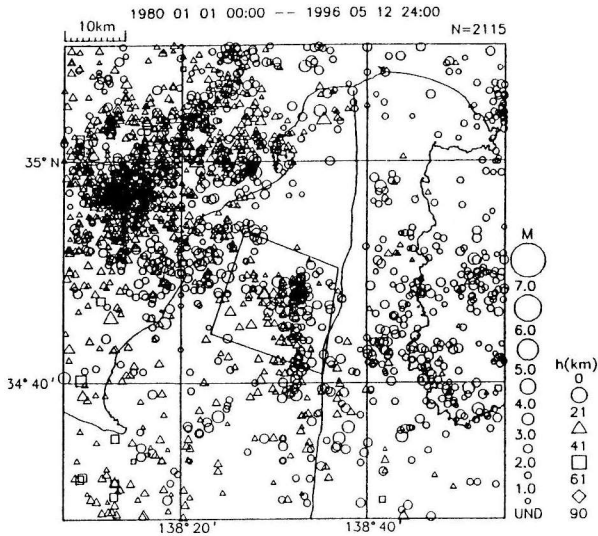
首都圏広域地殻変動観測システムのVLBI連日観測によると、鹿島基準にすると三浦半島にある三浦局は有為な位置変化を示しており、北方に20mm/Year (第119回:通信総研) との観測結果を得ている。

北海道地方

1995年11~12月の間に択捉島中にM6.6, M6.8とM7.2の地震が発生し、1996年2月にはM6.7

れた(第119回:地震研).

①震央分布

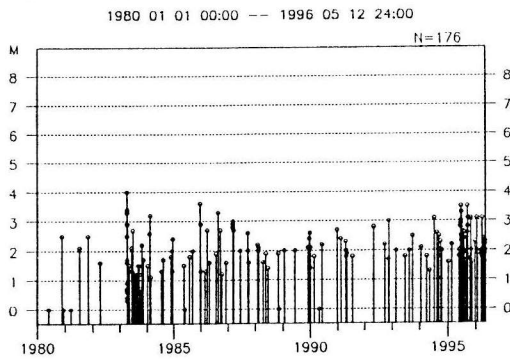


近畿地方

兵庫県南部地震の余震活動は減少してきているが、5月11日淡路島北部でM4.0の地震があった(第119回:気象庁)。兵庫県南部地震震源域および周辺の8機関により総数約7000点の重力測定が行なわれ、結果がまとめられ報告された(第119回:名大)。また、兵庫県南部地震震源域近傍における地殻応力繰り返し測定(第118回:防災科研)が報告され、平均応力に対するせん断応力の比が地震後の測定では減少しており、それ以前の応力レベルに戻ったと考えられている。

兵庫県猪名川町において1000mボーリング孔を用いた水圧破砕法による地殻応力測定(第119回:地調)が行なわれ、西北西-東南東方向の応力値などが得られた。淡路島における野島断層をはさんだアレイ観測によりトラップ波を観測し、野島断層の幅は数十メートル(第119回:地調)との報告がされた。

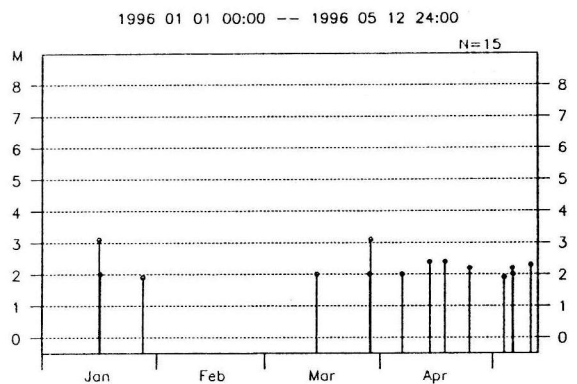
②M-T図



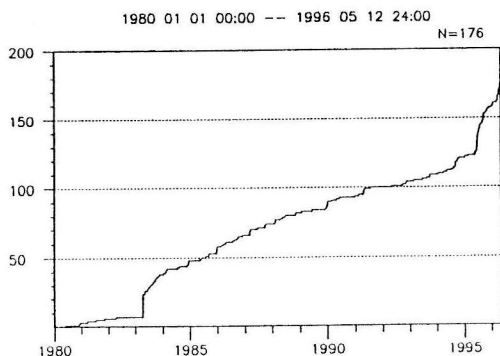
中国・四国・九州・沖縄地方

雲仙における地震活動はほとんどなくなったが、有明

④1996年1月~5月のM-T図



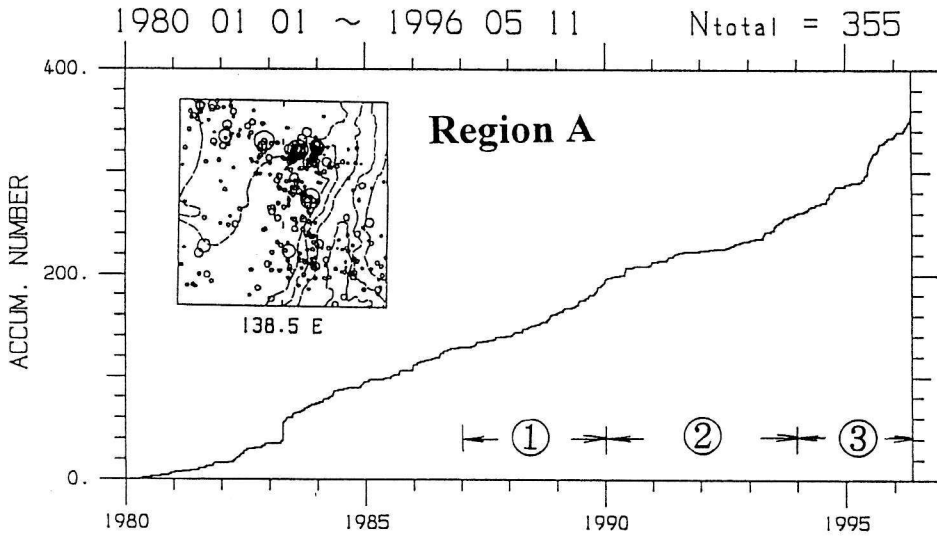
③地震回数積算図



1994年10月から地震が増加し、1995年5月に急増した。1983年にも活発化した時期があった。1996年3月からやや頻繁に地震が発生している。

[暫定] (気象庁, 東京大学, 名古屋大学および防災科学技術研究所のデータを使用)

図3 石花海堆付近の1980年からの地震活動図・M-T図・地震活動積算図(第119回:気象庁)



b 値の時間変化 (Region A)

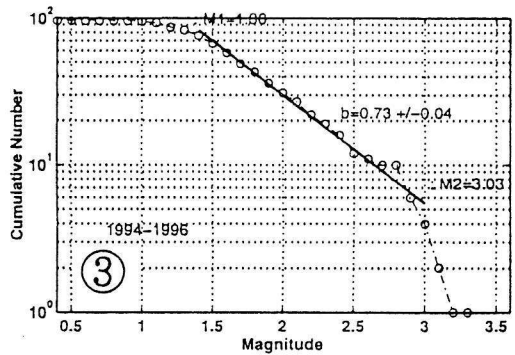
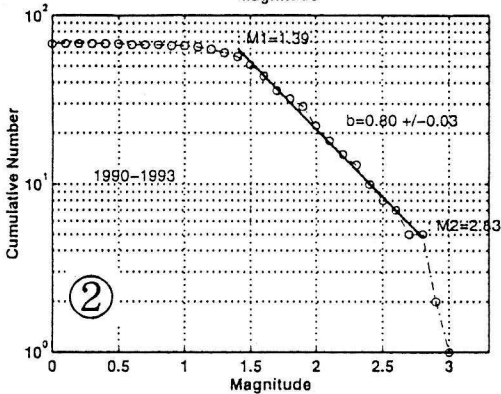
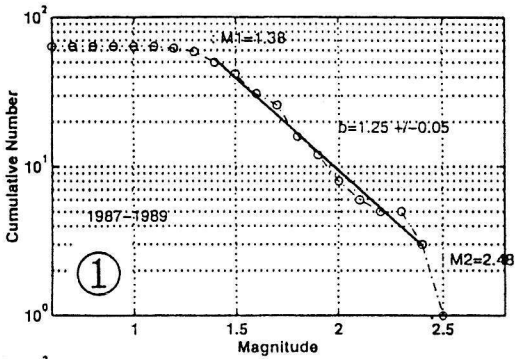
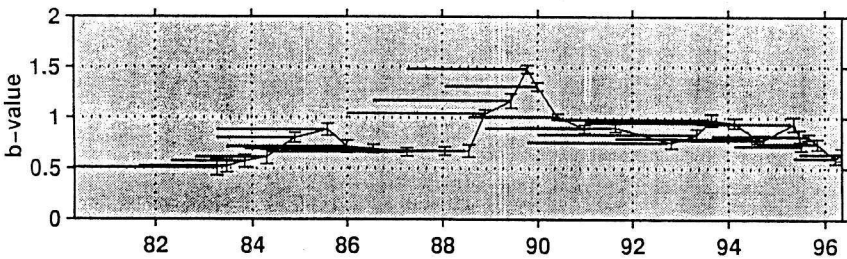
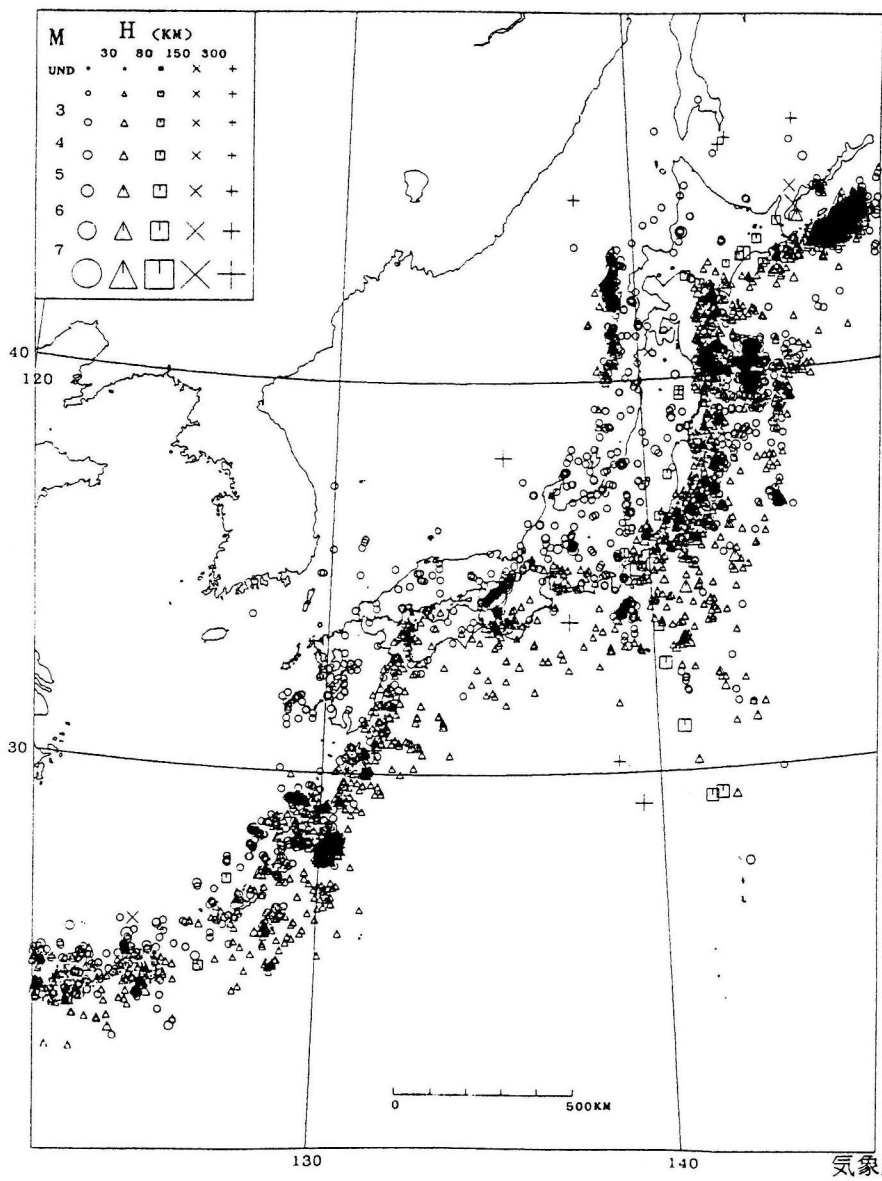


図4 1980年から1996年5月までの石花海堆付近の地震回数積算図・b値の時間変化図・3期間のb値 (第119回:防災科研)



気象庁作成

M ≥ 3

図5 1995年1年間の日本付近に発生したM3以上の地震の震央分布(第119回:気象庁)

海(島原湾東部)にまとまった地震活動が見られた(第119回:気象庁, 九大)。水準測量結果からも変動がなく、雲仙における地殻活動の低下は確認されている(第119回:地理院)。日向灘でも5月1日にM5.2の地震が発生し若干の地震活動があったが、今回の地震のやや北側でこのような逆断層の地震(M6.6)が1987年3月にもあった(第119回:気象庁, 九大)。

喜界島における地震活動は減衰しているが、まだ活動が続いている(第119回:鹿児島大)。

その他

1995年1年間の日本周辺の地震活動が報告された(第119回:気象庁)。図5は、そのうちM3以上の震源分布である。気象庁で決定された地震総数は52,362個であり、M6以上は28個、M5とM6の間は113個、M5とM4の間は852個、M4とM3の間は9610個であった。日本全国のGPS連続観測により、年平均ベクトルの分布が得られた(第119回:地理院)。

[いしい ひろし 東京大学地震研究所教授]

■ 書 評 ■

●理学・工学研究科生に推薦の書

赤池弘次・北川源四郎 編
時系列解析の実際 I

評者 川崎一朗

「地震波の記録を見て、いつP波やS波が到達したかを決める」、こんな単純なことはコンピューターで自動的にやらせればよいと思う。ところが、意外なことに、これが非常にむづかしい。地震学がAIC(Akaike Information Criterion)の恩恵を受けるようになるまで、むしろ不可能と言ってもよい状態であった。

10年ほど前、高波(時系列解析の実際I、第5章)と北川(編者)が、複雑な微小地震の記録を自己回帰モデルで表現しようとする努力の中から、AICを使って、「P波の到達の高精度の自動識別」に成功した。当初は、多くの地震専門家も意味が良くわからなくて戸惑ったが、その成功には目をみはるものがあった。

私がAICのほんの入り口を勉強させてもらってます感銘したのは、AICが「複雑極まる理論」ではなく、「原点に帰る(何となく無視してきた項をきちんと考え直し、取り込む)」という側面であった。

恐れ多いことであるが、この本を見て多少不満に感じたのは、赤池先生ご自身が経験してこられた発見のドラマや、AIC(や、その発見のベイズ法、状態空間モデル法)の恩恵にあずかってきた多くの研究者達に感激を、読者が追体験するのがむづかしいように思えることである。このようなことは、基本的には、別の本に求めるべきなのかもしれない。しかし、この本にも多少はないと、初学者に、最初に生じる壁を乗り越えて何とか読み通してみようと言うモチベーションがなかなか生まれないの

である。

私があえてこのようなことを言うのは、AICはすっかり有名になってしまったとは言え、それぞれの分野で最前線の仕事をしながら、「MEMでスペクトル計算しても、見たいシグナルがなかなかうまく見えて来ない」というレベルで悩んでいる友人が、地震学の内外を問わず、私の身の回りでも意外と多いからである。

また、筆者達は、学生達の基礎知識の欠如が、大学教育における大きな悩みの一つになっていることを御存じないのであろう。ゆとりある授業とかで、高校における教科選択パターンが多様化し、そのため、一見むづかしそうな確率・統計などの教科は勉強しないまま理学部に入って来る学生が増えている。地球科学ということもあるが、私の教えている学生の30%は「標準偏差って何ですか?」と聞く。60%は逆マトリックス計算の原理を習ったこともなく、90%は複素数すら習っていない。

そのような学生に、何とか「データから情報を読み取るのは楽しいと思わせたい」と思うのだが、そのために大事なものは、「成功の感動」や「直感的にイメージしやすい実例」「直感的にイメージしやすい説明の仕方」などであろう。

私が学生から受ける質問のベスト3は「何故、自己回帰だとうまく行くのですか」「何故、有限次数なのですか」「何故、今までの方法はダメだったのですか」である。できれば、これらのキーポイントについての「直感的にイメージしやすい説明」の一章が欲しい。

とは言え、最初の壁を乗り越えれば、自分で問題を解く経験をした学生なら、この本のもつ魅力にすぐ気がつくであろう。また、大学や研究所で、何らかの形で時系列データを扱っている研究者や学生が読めば、ここで述べられている豊富な実用例が、実に驚くべき生産性を秘めていることに気づくであろう。

そのような意味で、この本を、理学研究科や工学研究科の学科の壁を超えた研究科共通講義や、卒業研究に取り組んでいる学部4年生の学部共通講義などに最適である。強く推薦したい。

この本に、『時系列解析プログラミング』(岩波)を併せ読めば、鬼に金棒と思われる。

〈朝倉書店、1994年6月、B5版、218頁、3502円〉

〔かわさき いちろう 富山大学理学部教授〕

注：同書のⅡも、すでに出版されている。

資料：日本の地殻水平歪 ●国土地理院編

体 裁	上製・紙判 本文：133頁 2色刷 付録：カラー歪み図 2編
頒布実費	20,000円 [送料共]

財団法人 地震予知総合研究振興会

●災害時にはテレビよりラジオだ!

毎日放送 著作

阪神大震災の被災者に ラジオ放送は何ができたか

評者 川端信正

阪神・淡路大震災の際、神戸・大阪の各放送局は、ラジオ・テレビとも、長時間にわたる地震特別番組を編成した。MBS 毎日放送のラジオも、地震発生時から、12日間、249時間にわたる特別番組を放送した。

本書はMBSラジオの特別番組の放送内容を活字にしたもので、1月17日から7日間の放送内容を採録し、あわせて放送に携わった記者やアナウンサー・プロデューサーら、関係者12人のコラムを掲載した。

MBSラジオは地震発生時、東京TBSからのネット番組『榎さんのおはようさん』を放送中で、第一報は東京のスタジオからであった。「いま、5時50分なんですけれど、めまいかと思ったら地震。震度は1と、東京のスタジオの震度計に出ています」。

この第一報に続いて、5時52分、「さきほど大きな揺れがありました。これは東海から関西地方にかけて大きな地震があったものです。震度5の強震は京都から彦根、(以下略)」と東京から地震情報が続く。そして、6時1分、大阪・MBS毎日放送に切り替わった。「ここでニュース。震度5の強震が京都、豊岡、彦根。震度4の中震が大阪、和歌山、姫路、徳島、高知などとなっています。スタジオでもかなりの揺れを感じました」と、大阪からの続報。

本書はこうした地震発生当初、ラジオが何を伝えたか記録したものである。MBSラジオの引き続き放送内容をみよう。

午前6時半、朝のワイド番組の時間だが、レギュラー出演の男性キャスターが地震の影響でスタジオにたどり着けない。アシスタントの女性アナだけで番組がスタート。しかし、そこは小回りの利くラジオ放送。男性キャスターは途中の車から携帯電話で被災状況を報告。そのレポートに「阪神高速道路が落ちました」とあった。高速道路の崩壊をいち早く報じたのである。それはどの放送局よりも早い衝撃的なレポートとなった。本書は「まえがき」で「もし、この電波が官邸に届いていたら、対応遅れの問題も改善されていただろうと惜しまれます」と語っている。

地震発生当初、放送局が入手する情報はきわめて少な

く、断片的である。情報は輻輳し、真偽を確かめるのは難しい。こうしたハンディを抱えつつ適切な情報をどう届けるか、人々に行動指針を示すことで、激震地域の住民を安全に導くことができるかどうか、放送の役割はきわめて重い。災害時、被災地住民にとっては、テレビよりもラジオである。

放送の在り方をもう一度考え直してみる上で、本書は重要な意味を持つ書籍である。

〈同朋舎出版、1995年6月、A4判、244頁、1500円〉

[かわばた のぶまさ 静岡放送報道制作局付部長]

●地震庁の必要性を提言

尾池和夫 著

岩波科学ライブラリー 33

活動期に入った地震列島

評者 松浦律子

本書は兵庫県南部地震直後に緊急に企画され、約1カ月後の2月22日に宇治で行なわれた講演を基に、その後約半年の間に著者が西南日本の各地の啓蒙のためにいろいろの機会を捉えて積極的に行なった講演に、学会・予知連絡会で発表された最新の研究成果を加えてある、一般向けの地震活動解説書です。

1章で日本列島周辺のプレート構成やその動き、大地震の分布や再来間隔、断層と震源の関係などの地震の基礎的事項が要領よく述べられ、2章で内陸直下型地震を発生させる活断層についてこれもわかり易くかかれています。

3章では、いま人々に最も関心のある兵庫県南部地震が、どういう場所でどのように発生したか、そのときに何がどのように足りなかったが書かれています。かねてより評者は、気象情報を一般の人にわかり易く伝えられる倉嶋厚氏に対抗して、地震活動の解説者としてすぐに世間に通用するのは尾池先生が筆頭であろうと思っていましたが、その面目躍如というところです。わずかな頁の中に、地震学のごく普通の地震であったこの本震の科学的なことに加えて、震災を大きくしてしまった社会的不備のいくつか、明確に書かれています。防災面の不備による被害までも地震学者の警告不足が原因のようにいわれ、「矢面」に立たされた状態でありながら、直後から情報発信のために奮闘した著者が、さらりと、しかし、しっかりと、言うべきことを書いてあります。

4章と5章では、今回動いた断層の近隣の活断層で地震発生危険度が上昇していること、次の南海トラフで

の巨大地震が発生するまでの今後数十年間は、これまで静穏期にあった西南日本でも地震活動度の上昇が見込まれることを書き、人々に今後の注意を促しています。この本を日常的な有感地震とは無縁であった地域の住民が通読してくれば、「不意打ち」による被害の増幅を無くせるのではないのでしょうか。

6章が最も重要であり、地震の予報を長期・中期・短期に分けて、それぞれの手法や実現方法が提言されています。特に短期予報は、都市の耐震化が順調に進展していったとしても被害軽減には不可欠であり、この実現に必要な大地震の直前前兆としては、有望な電波異常や地下水成分の変化などがあることから、地震予知研究の一層の充実のためにいくつかの提言がされています。とくに、地震関連観測業務と情報提供の一元化として「地震庁」設立が提言されています。地震国日本に地震庁を設置するのは至極当然のことでしょう。

他にも「活断層法」制定、強震観測の充実、予知研究の見直しと充実への提言がされていますが、多くの方がこの本を一読し、地震庁設立への理解が浸透すればと願ってやみません。

〈岩波書店、1995年11月、B6判、120頁、1000円〉

[まつうら りつこ 地震予知総合研究振興会地震調査研究センター主任研究員]

●今後の都市防災の基礎的資料

渡辺 実 監修

震災そのときのために(1)

評者 岩田孝仁

阪神・淡路大震災を契機に、各地で防災対策の見直しが急ピッチで進められることとなったが、ふりかえれば近年、日本各地で地学現象に起因する災害が少しずつ目につくようになってきた時期でもあった。特に1983年の日本海中部地震、1993年の北海道南西沖地震は津波などの地震災害の猛威を目の当たりに見せつけてくれた。また1989年から始まった雲仙普賢岳の噴火災害は、災害の長期化に伴う防災対策上の様々な課題を投げかけていた。ちょうど、このような時期に発生した阪神・淡路大震災は、現代の過密都市が大規模地震により壊滅的な打撃を受けたケースとしては、1923年関東大震災以来初めてで、今後の防災体制の確立に多くの教訓を残すものと考えられる。

このような中、一般個人向けや災害対策の専門家向け

など、災害現象や防災対策に関連する多くの図書が出版され、書店を賑わしている。本書は、今回の阪神・淡路大震災の現状から見た都市防災の基本的な課題に触れ、各界の防災専門家の手により直下型地震災害の現状認識や今後の地震防災対策のあり方について解説されている。その内容は大きく前段・中段・後段に分かれ、前段では、①直下型地震や災害パターンに対する理学的見知からの認識、②阪神・淡路大震災の教訓から見た「災害に強いまちづくり」への指標、③震災対策の現状などが述べられている。

中段では、①最近各地方公共団体で取り組まれている地震被害想定に言及し、災害応急活動のあり方を見据えた新たな被害想定のある方についての提案、②自衛隊の危機管理体制も含め、災害時における自衛隊の役割などについて、③災害医療の現場から見た救済・救護活動の実態、④市民レベルの目を見た震災の教訓、⑤ボランティア先進国であるイタリアやイギリスの防災ボランティア体制について丁寧な解説がなされている。

また後段では、①各都道府県の防災対策への取り組みの現状や、②国の防災基本計画など、基礎的資料が掲載されている。

ただし、本書が当初目的としている都市防災の基本的課題の解決策については、少し踏み込んだ解説が望まれる箇所も見られ、また各種解説に簡単な図表などがもう少しふんだんに添付されていれば、ふだん馴染みの少ない防災対策も少しわかりやすくなると思われる。

一方、本書が、国会資料編纂会という一般には少し馴染みの少ない出版社の発行のため、書店の店頭で目にする機会はほとんど無いが、都市防災の今後の進め方など、地道な検討のための基礎資料として、また行政機関などの防災担当者向けの資料としての意義は大きく、続編も含め、基礎的資料や、課題解決の方策などについての充実が期待される。

〈国会資料編纂会、1995年11月、A4判、344頁、16,990円〉

[いわた たかよし 静岡県地震対策課主査]

●地震防災に役立つ一般向解説書

松田時彦 著

活断層

評者 池田安隆

昨年1月に発生した兵庫県南部地震を契機に、「活断層」という言葉がマスコミによって頻繁に紹介されるよ

うになり、にわかに一般の人々にも普及した。日本列島の活断層分布の全貌は、『日本の活断層——分布図と資料』（東京大学出版会）が出版された1980年にはほぼわかっていたし、近畿地方が活断層の分布から見て地震危険度の高い地域であることは、活断層や地震の研究者の間では常識であった。にも関わらず、兵庫県南部地震後に聞く一般の人々の声は、この「専門家にとっての常識」が如何に社会に伝わっていないかを示すものばかりであった。振り返ってみるに、それまで活断層に関してわかりやすくかかれた解説書はなかった。地震後1年余りの間に出版された活断層に関する本や雑誌の記事はかなりの数に及ぶが、中にはいかかわしい内容のものも見受けられた（無断引用と誤った内容により、出版後すぐに回収された本も実際にあった）。このたび『日本の活断層』『新編：日本の活断層』（東京大学出版会）の編者の一人で、日本の近代的な活断層研究の黎明期から今日まで一貫してこの分野の研究をリードしてきた松田時彦氏により、一般読者向けの平易で正確な内容の解説書が出版されたことは、極めて意義深いことと言えよう。特に重要なのは、この本が岩波新書の一冊となったことにより、一般書店の目につきやすい場所に今後長期間にわたって並ぶであろうことである。永六輔氏の『大往生』シリーズを買いに来た人がついでにこの本を買っていかないと限らない。この本が我々活断層研究者と社会をつなげる接点としての役割を末永く果たしてくれることを願って止まない。

本書は6つの章からなる。第1章「活断層が動いた」では、兵庫県南部地震を例に引いて、断層と地震の関係を解説する。第2章「活断層をさがす」では、地形学や地質学の方法を用いて如何にして活断層を見つけたり過去の地震発生の履歴を調べるかを示す。第3章「どんな動きをするか」では、ずれの量や活動間隔など、地質学的にわかる断層の諸性質とその規則性について解説する。第4章「大地震を予測する」では、地震の発生場所・規模および断層の活動サイクルについて、主として過去の地震断層の事例から経験的にどんな予測が可能かを解説する。第5章「地域を診断する」は、おそらく一般の読者が真っ先に読む章であろう。日本列島を7つの地域に分けて、活断層の分布と活動性の特徴を述べる。第6章「防災のために」では、活断層の知識を地震防災に役立てるためのいくつかの提言をしている。

断層が動いて地震が発生するという現象は、降って湧いたような天変地異ではなくて、地質学的な時間の流れの中でみれば、ごく当たり前の自然現象である。しかし、この当たり前の自然現象も、ひとたび人間の社会の中で起こると深刻な災害をもたらす。避けることのできない活断層とどのように付き合っていけばよいのかを学ぼう

えで、本書に勝るものはないであろう。

〈岩波書店、1995年12月、新書判、242頁、650円〉

【いけだ やすたか 東京大学理学部助教】

●『新編日本の活断層』活用の手引き

池田安隆・島崎邦彦・山崎晴雄 著
活断層とは何か

評者 垣見俊弘

兵庫県南部地震以降、専門用語だった「活断層」は、マスコミに乗って流行語となってしまった。最近の新聞に「泣く子も黙る活断層」（2月18日付：朝日・書評欄）とあったのには仰天したが、同じ欄の「恐怖の活断層が独り歩きしている」という感想には、同感といわざるを得ない。

本書を発行した東京大学出版会編集部も、その怖れを強く感じたことであろう。同会が1991年に発行した『新編：日本の活断層』は、図・表を主とした資料集で、高価（3.6万円）なばかりか、重くて（4kg近い）かさばる（B4判）代物であり、専門家の間でこそ「日活」と呼ばれて活用されていたものの、当然のことながら初版2500部はまだ売り切っていない。それが大地震後は、いくら増刷しても需要に追いつかず、昨年未までに13刷を重ねたという。もはや買い手は専門家ではなく自治体、マスコミ、中・高校、さらには専門家でない個人などに移ったと思わざるを得ない。同会が、増刷された「日活」は有効に利用されているだろうか、何万円もする本が何の役にも立たなかったのではあとが怖い、と懸念するのも無理のないところであろう。

「はしがき」によれば、本書は大地震後、「日活」の編著者である活断層研究会が、活断層に関する一般向けの解説書として、著者等に大急ぎで執筆してもらったという。本書の題名からして、アカデミックな出版社としては珍しく、そのものズバリという感じで、非専門家に活断層を解ってもらおうとする意図が強く感じられる。評者が本書を「日活」の手引き書、副読本であると思う所以である。

執筆者のうち島崎氏は、著名な地震学者であると同時に、活断層についても最先端の業績を挙げている“奇特な”ひとである。山崎・池田の両氏は変動地形の専門家として、活断層の発見から評価に至る幅広い研究業績を持っている。3氏とも活断層研究者としては第二世代の先頭を走る学者であるだけに、大地震後の超多忙ななか

での執筆は容易でなかったろうと推察される。

各章の表題と執筆者は、それぞれ以下の通り。1：地震はなぜ起こるのか（島崎）、2：活断層とは何か（山崎）、3：活断層をどう見つけるか（共同）、4：活断層から何がわかるか（池田）、5：活断層が起こした地震災害（共同）、6：研究・教育・防災をどう進めていくか（共同）。各章とも活断層と地震に関する基礎的事項を、無駄な回り道をせず、簡潔に歯切れよく述べている。至るところに兵庫県南部地震の事例を挿入しているため、読者の関心を引きつけるのに成功している。かといってセンセーショナルな記事にはせず、現在、まだわからないことにも正直に言及している。全体として、活断層をいたずらに恐れず、かといって軽視もせず、活断層といかにうまく付き合っていくべきか、を基調として書かれているように思える。

評者も活断層が専門であるため、本書はまったく抵抗感なく読めた。それだけに、本書の目的としている一般の人々にわかり易いかどうかを判断するには、評者は不向きかもしれない。大抵はわかり易いと思うが、3、4章の挿入図のなかには、やや難解な図もあるかとも思う。唯一残念なのは、2章と4章の間できわめて僅かながら、内容の重複や用語の不統一がみられることだが、これも読者を混乱させるほどではなさそうである。

兵庫県南部地震以来、活断層に関するきわめて多くの単行本や雑誌記事が新刊・復刊された。その中で評者が感銘を受けたのは、金子史朗『活断層と地震』（中公文庫）と、松田時彦『活断層』（岩波新書）である。著者はいずれも活断層研究に関しては第一世代の指導者であるだけに、内容・文体ともに一種の風格があり、文科系の読者にも受けそうである。それに比べると本書の記述は些かそっけないが、これから活断層というものを系統的に理解しようとする人々には最適の書といえよう。このことを目的として、巻末に参考書や、8ページに及ぶ索引までも付いているのであろう。

〈東京大学出版会、1996年1月、四六判、220+8(索引)頁、1854円〉

〔かきみ としひろ 〓原子力発電技術機構特別顧問〕

●人類発展に伴う危険度増大の指摘

力武常次 監修
近代世界の災害

評者 植原茂次

本書が発行される一年前、関東地震以来、最大の地震

災害となった阪神・淡路大震災によって、我々日本人は深い衝撃と実に多くの教訓を学んだ。しかし、自然災害に関する十分な理解は、この一つの大災害のみの事例だけで尽くされるものではなく、広く世界的な視野と歴史的な観点から多くの災害事例を学ぶならば、わが国における災害事例と比較しつつ、自然的並びに社会・経済的条件の異なる世界の国々の災害の特性・多様性について、より深い理解を得ることができる。また、人類の発展と深く係わって深刻の度合いを増している地球環境変化による災害の激化、あるいは変容の現実と将来への危惧、更には人類生存の惑星である地球の自然の変遷・変動、太陽を中心とする惑星系および銀河系との係わりまでその視野を広げるならば、災害は人類の存亡にも係わる大問題をも含んでいるという認識にも到達する。このような災害全般に係わる深い認識を空間的にも時間的にも広範にわたって解説したのが本書であり、視野の広さから、また世界的な豊富な事例解説から、防災の専門家はもとより、災害に関心を持つ人々にとって、ぜひ座右に置いて参考とし、また熟読玩味することをお勧めしたい良書である。

本書の構成は、第1章：地震災害を力武常次、第2章：火山災害を荒牧重雄、第3章：津波災害を相田勇、第4章：気象災害を竹田厚、第5章：土砂災害を中村浩之、第6章：環境災害・第7章：宇宙・地球規模災害を萩原幸男、第8章：磁気嵐災害を本蔵義守といった錚々たる方々が分担執筆されており、筆者の豊かな学識・経験・個性を遺憾なく発揮しておられるのも読者としては興味もあり、その意味でも味わい深い解説書となっている。

各災害についての解説の中で、特に共通的に捕らえられる問題として、災害発生の人為的要因の重要性と人類の発展に伴う危険度の増大の指摘、防災対策の困難性、特に文化的要素・経済的要素、人口の爆発的増加などによる問題が指摘されている。更に、地球環境悪化の傾向と災害激化については、その予測について不確定な要素を掲げながらも、資源・環境問題と災害問題との緊密な関係を指摘し、早急な対策の必要性を強調している。固体地球のダイナミクスと気候変動との関連、磁気嵐による電子機器・通信・送電システムなど、近代社会のインフラストラクチャーへの影響も注目すべき指摘である。

〈国会資料編纂会、1996年1月、A4判、415頁、17,000円〉

〔うえはら しげつぐ 防災科学技術研究所所長〕

●列島各地の地震・津波危険度を定量化

力武常次 著

新版：日本の危険地帯

地震と津波

評者 高橋 博

昨年発生した兵庫県南部地震（M 7.2）により、神戸とその近隣一帯は目を疑うような甚大な損害を被り、直下で発生する大地震によりわが国の大都市がいかなる状態になるかを如実に示された。そのため、国・地方自治体・企業から関連学会などにおいて、地震対策の根本の見直しが、今日進められている。

著者は、昭和 63 年発行の旧版において、神戸は全国主要都市の中で震度 6 以上の地震動を被る確率が 3 番目に高い所であることを示し、折あるごとに警告してきたが、「関西に大地震はない」と、その警告は聞き流されてきた。この「関西に大地震はない」との流言を神戸市自身も信じていたことは驚きである。なぜなら、昭和 45 年 2 月 20 日、地震予知連絡会は阪神地区を、①過去に大地震があつて久しくない所、②活構造発達地域、③社会的に極めて重要な所であることから、M 7 級地震の発生の恐れのある所として、特定観測地域に指定していたからである。

著者は、地震予知の定量化に長年努めてき、その予測が今回ためされたことと、上記の社会的背景から、旧版以後の地震予知学の進歩と累積されたデータを踏まえ、日本列島各地の地震危険度を再検討することを目的として新版を著した。内容としては、旧版を全面的に改訂するとともに、読者の理解を一層深めるために次の章を加えた。

：近畿地方には歴史上、数多くの地震があつたにもかかわらず、その事実を一般の人びとにあまり知られてなかったことが阪神大震災の被害を、より大きくしたと思われることから、「地震列島総点検——歴史データは語る」と付録「都道府県別の地震カタログ」、被害に関連して「地震動と被害」と「地震被害想定」。

本書は、豊富な事例により、数式を一切用いず、図と表によって具体的に解説されており、地震動の予測などは数値で示されている。上記と末記の目次からわかるように、本書は、今日地震対策にたずさわっている人にとっては必携の書であり、また地震や津波、その防災に関心のある方々にはわかり易い恰好の本として推薦できる。

内容：一章「阪神・淡路大震災——関西には地震がな

いというウソ」、二章「活断層とは？——直下型地震の元凶」、三章「列島を襲う巨大・準巨大地震——プレート境界地震とは？」、四章「地震列島総点検——歴史データは語る」、五章「地震情勢の見直し——長期予知はこうして行う」、六章「短期・直前予知の可能性——前兆をモニターせよ」、七章「短期予知の定量化——震央・マグニチュード・発生時期の予測」、八章「宏観前兆とは？——果して病的科学か」、九章「地震動と被害——新時代の地震被害」、十章「地震被害想定——第 2 次関東地震で死傷一五万人」、十一章「津波の脅威——津波パワーのすさまじさ」、十二章「地震危険度——あなたの町は大丈夫か」、十三章「津波危険度——東海地方沿岸が最危険」、付録「都道府県別被害地震カタログ」。

〈新潮選書、1996 年 5 月、四六判、301 頁、1300 円〉

[たかはし ひろし 佐藤工業株式会社顧問・元国立防災科学技術センター（現研究所）所長]

●新刊紹介

朝日新聞社 編

阪神・淡路大震災誌——1995 年兵庫県南部地震

朝日新聞社、1996 年 2 月発行、B 5 判、733 頁、4300 円

1995 年兵庫県南部地震によってもたらされた、阪神・淡路地域の大震災の記録であり、つぎの 5 部および資料からなる。

- 第 1 部 どんな地震だったか（地震現象の主として理学的記述）
- 第 2 部 被害の実態（人的被害をはじめ、多様な都市災害の工学的調査記録）
- 第 3 部 どう対応したか（救出・救護、危機管理、救急医療、ボランティア、情報など、新しい災害への対応の記録）
- 第 4 部 被災後の暮らし（31 万人に上る避難者をはじめとする、さらに多数の被災者の暮らしに関する記録）
- 第 5 部 復興と今後の防災（復興計画と提言）
資料（震災データと日誌）

住 明正・平 朝彦・鳥海光弘・松井孝典 編

岩波講座 地球惑星科学 全 14 巻

第 1 巻 地球惑星科学入門、1996 年 4 月発行
A 5 判、287 頁、3600 円。

第 2 巻 地球システム科学、1996 年 5 月発行
A 5 判、220 頁、3400 円。 [岩波書店]

ADEP情報

地震観測施設要覧

予知も含めて、地震の研究のためにまず第一に必要なものは地震観測である。どこで、どんな観測をしているかを知ることは、現在どんなデータが得られているかを知り、また、これからの研究の発展のため、その基礎となる観測データを集める計画を立てるための出発点でもある。しかし、これまであった観測点一覧といったものは、機関別であるとか、或いは大学関係のみといったものが多く、それも簡単な表形式のものしかなかった。全機関を通じて詳しく記載したもの、特に所在地の地図を掲載したものはなかった。

このたび、国土地理院の依頼により、全機関を網羅した『地震観測施設要覧』を作成した。1994年度と1995年度の2カ年度にわたって調査と編集を進めた結果、1996年1月に完成を見るに至った。1995年秋までにわかった変更・訂正は盛り込んだ。

日本国内で、定常的・継続的に観測を行なっている観測施設をとりあげた。火山観測を主目的とする観測点は含まないが、他の地震観測点と統合して震源決定などを行なっている観測点は含まれる。強震観測のみを目的とする観測点は含まない。掲載観測点で、強震計などを含めるか否かは、各機関の担当者の判断に一任した。

掲載されている観測点は、気象庁約200点、防災科学技術研究所約100点、大学約270点、地方自治体50点弱など、総計約620点で、総ページ数は815ページとなったが、取り扱いの便を考えて上・下2巻に分けた。

現在では、複数の観測点が観測網を形成し、主としてテレメータにより集中的に記録・解析されているのが普通である。まず観測網の表を掲げ、その後に観測網に属する個々の観測点について掲載してある。

内容は3部分からなる。その1は、所属機関、所属観測網、観測点名称、コード、ローマ字、所在地、緯度・経度・標高、地質などである。その2は、地震計の特性（成分、周期など）、記録方式（媒体、連続かトリガー式かの別、アナログかデジタルか、振幅軸のダイナミックレンジ、分解能など、時間軸の分解能など）に関する表である。その3は、観測点の所在を示す1/25000地形図である。観測機器の特性曲線などは省略した。

付録として、大学観測ネットの概要、観測点コード一覧表（ABC順、2つ以上コードがある場合は重複掲載）、緯度・経度の度の小数表示と度分秒表示との対照表を掲載した。

この要覧が、日常のデータの処理や、研究の伴侶として、また、新たな観測計画の基礎として役立つことを期待している。

既に新しい観測点の設置や観測機器の変更など、改訂すべき点が続々出てきている。

紙に印刷した「要覧」というのも、恐らくこれが最後で、この次は、電子媒体かなにかになるであろう。

なお、これは1992年度に作成した『地殻変動観測施設要覧』の姉妹編とでもいうべきものである。[Ka]

編集後記

本誌は21号、11年目にはいった。その間、6月20日、12月20日の発行日を厳守して、順調に経過してきた。これには、お忙しい中で原稿を書いて下さっている諸先生のご協力による力が大きい。幸い編集長の顔が広いことから、毎号パラエティに富んだ掲載記事の題目が決まる。それから原稿締切日まで、先生方との窓口であるKuの活躍と苦悩がはじまる。本誌に寄稿して頂く先生方は、なにかの形で地震に関わっておられる。地震関係者の最近の忙しさは殺人的である。したがって遅れがちな原稿

が多くなる。Kの苦悩の所以である。

原稿の到着を手ぐすねひいてまっているのはYである。このごろはほとんどの原稿をフロッピーディスクで頂けるが、図や写真と組み合わせようまく頁におさめるよう、印刷所との往復が重ねられる。

編集がほとんど終わった頃、最後の原稿「地震予知連絡会情報」が頂ける。この原稿は会議後1週間程度で頂かないと、20日発行の原則が守れないという厳しいものである。1年ごとに代わって書いて頂いており、この号から地震研究所の石井紘先生にそのご苦労をお願いした。[A]

地震ジャーナル 第21号

平成8年6月20日 発行

発行所 〓101 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 萩原尊禮

編集人 力武常次

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

●印刷・製本/理想社 ●装丁/鈴木 堯