

地震 ジャーナル

24

1997年12月

- エッセイ 防災ボランティア活動に思う ●井野盛夫
唐山地震その後 ●尾池和夫——1
南海・東海・関東地震の発生時期 ●寒川 旭——8
ジオスライサーとは? ●中田 高——15
VLF電波で地震予知は可能か? ●早川正士——29
文化財保護の盲点, 地震対策 ●大町達夫/黒瀬信弘——39
紹介と評価 地震予知: 科学的挑戦 ●力武常次——45
報告 IASPEI 1997年総会報告 ●浜田和郎——55
翻訳 地震研究は基礎科学か? ●T. H. Jordan 訳 関根真弓 監修 力武常次——61
災害解釈の精神史 ●種村季弘——66
地震と川柳 ●時実新子——74
レポート 津波の町—奥尻島青苗の復興 ●相田 勇——81
連載: その6 地震・津波碑探訪 ●力武常次—84
地震予知連絡会情報 ●石田瑞穂—99
●書評——105
●執筆者紹介——107
●ADEP情報——110

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

防災ボランティア活動に思う

井野盛夫

今年の正月2日、日本海でロシアのタンカーが沈没し積んでいた重油が流失した。荒れる季節風に吹き寄せられ、7日には福井県三国町の海岸が重油で茶褐色に覆われてしまった。日が過ぎるとともに、重油は拡散し日本海沿岸と動物や海産物を汚染していった。

砂浜や岩にべっとりと着いた重油を地元の漁業関係者が竹ベラやスコップで除去し、柄杓でドラム缶に入れている様子がテレビに放映され、まず阪神地区の人々が大地震のお返しにとボランティア活動に立ち上がる。これらの支援活動が報道されると、各地から支援する人々がぞくぞくと北陸に集まった。現地へ行って重油の除去作業をする人のほか、汚れを拭く手ぬぐいを集めて現地本部へ送る人、活動資金を届ける人など次第に輪が広がり、さらに社会福祉団体も積極的な支援活動を続けた。

行政が「事故か災害か」対応を決定できない間に、全国から多数のボランティアが地元が集まったため役場では受入れ体制が整わず、先を越される形で民間の力によって調査やボランティア活動が始まった。組織に入っていない参加者は作業の指示を誰から受けるのか戸惑い、また支援を求める地元漁業者も依頼先に苦慮し、必要に迫られた役場は民間支援団体と調整して本部を一本化した。県庁にボランティア活動の申込があっても、基本的には市町村の業務であるため要請が無ければ身動きできない状況にあったことは残念であった。その後、ボランティア参加者に死亡事故が発生したことから、三国町社会福祉協議会を窓口にして昨年秋スタートしたボランティア保険に全員加入してもらい、県が費用を負担することで落ち着いた。今回は震災と異なり支援業務が単純であるにもかかわらず、行政における対応の遅れが無駄な時間を費やしたようである。

防災ボランティア活動は新しい風潮として盛んになり、積極的な参加は社会の一員としての評価を高め、個々の生き甲斐にすらなっている。延べ130万人のボランティアが阪神地区に集まったが、首都圏直下の地震や東海地震が発生した際にはどれくらいの人々が集まるのか予想がつかない。発生が予想される地方自治体は受入れ体制を整備して置かなければ、善意を持って集まる人々を混乱させるだけである。

自治省消防庁では委員会を設けて、災害時におけるボランティア活動と地方自治体の対応実態を調査し、社会福祉協議会などの地元ボランティア関係組織が中心となって組織を立ち上げ、被災地のニーズとボランティア活動を効果的に結び付けるための調整機能を持つ体制を行政が支援する方法を提案した。明確に地域防災計画として位置付けている自治体はまだ少ないが、大地震の教訓として忘れてはならない事項の一つである。

唐山地震その後

尾池和夫

1. 唐山地震から 20 年

唐山市は今、約 157 万の人口が 1,090 平方キロの市区域に住んでいる。また、唐山市は周辺の 10 市および県と 2 つの農場を管轄しており、それらを合わせると総人口は 675 万余、総面積は 1 万 3,472 平方キロになる。

1976 年 7 月 28 日の唐山地震の前には、唐山市域は約 100 万人の人口といわれていたが、大震災で多くの死者を出した。死者は、唐山市で 14 万 8,000 人、全体で 24 万 2,419 人であった。損害額は 30 億元に達したという。この大地震で市の 97 パーセントの土地建築物に被害があり、55 パーセントの生産設備が破壊された。また、交通網、給水、給電、通信網などはすべて切断され、人口百万の都市は廃墟となった。

昨年、1996 年に、唐山地震から 20 年を記念するさまざまな行事があった。それらは、阪神・淡路大震災から 1 年の、震災の実感をまざまざと残している日本の人々にも、地震や震災に関する多くのことをあらためて教えてくれるものであった。

唐山大地震は午前 3 時 42 分に発生した。市内のほとんどの住宅は倒壊し多数の圧死者を出した。地震予報を出す仕事をしていた専門家もホテルの部屋で圧死していた。

地震直後、中央政府は治安の混乱をおそれ、地震の約 5 時間後には対策本部を設置、10 万人の人民開放軍兵士を投入し、2 万人以上の医療人員を派遣した。現地の混乱は、地震後 2 日目にはおさまったといわれる。

軍は地震直後に 1 万 6,400 人を救出、重傷者 8 万人が市外の医療施設に収容された。国家による

救災策と仕事をなくした人への給料の支払、2,600 人余の震災孤児の国営企業による身元の引き受けなどが行われ、1976 年末までに 35 万戸の家が完成した。社会主義体制のもとでの震災対策の特長が発揮されたといえるだろう。震災孤児たちも今では工場の従業員になっているという。

唐山市の復興は、市域を拡張して旧市街の外側にまず新しい町を建設し、その後、旧市街を再建するという方針で行われた。旧市街区から北へ 25 キロほどの所に人口 6 万人の新しい町が建設され、紡績や車両工場なども、併せて建設された。

また住宅の再建も、地震後 10 年で 1,800 万平方メートルが完成している。震災の 20 年後には、市域の人口 1 人当たりの住宅面積は 12.1 平方メートルとなり、全国平均の 8 平方メートルを大きく上回り、水道やガスの普及率は全国の都市の最先端のレベルに達した。そして震災を教訓に、新しい町での耐震規準は震度 8-9 に改定されている。中国の震度階級は 1-12 であり、唐山地震前の耐震規準は震度 6 であったから、大幅に強化されたといえるだろう。

今、唐山市の中心には唐山地震記念碑が建立されており、その前には唐山地震資料館がある。地震記念碑のある広場の西側の道路は、南北に走る建設南路から建設北路と呼ばれる大通りで、それに沿って広場から北へデパート、市政府、体育館などの大きなビルが立ち並んでいる。このようにして唐山市の市街地は、中国における近代都市のモデルとなった。唐山地震資料館の展示の中にも、生産力の躍進と生活の向上のために進められている都市計画とその成果が、地震や震災のことを展示していたスペースを割いてまで、大きく示されている。今までに復興に要した費用は唐山市全体で 43 億元といわれている。

唐山市は炭鉱の町であるが、その炭鉱の生産量も震災後7年で地震前の50パーセント増に達したという。工業および農業の生産高は、地震後約10年で78億3,000万元となり、地震前の92パーセント増となった。これらの数字から見て、経済面でも順調な復興を遂げていることがわかる。日本の日立製作所は、出力75万キロワット規模の火力発電所建設のため現地に派遣していた3名の社員をこの震災で失ったが、震災後の再建工事に再び技術者を派遣するなど復興にも協力してきた。

このように復興が進む中、中国国務院は1988年3月に唐山市区域とその南部の5県を沿海対外開放区にすることを決定した。1991年8月には、唐山市政府が唐山市高級技術開発区を定め、1992年5月と7月には、河北省人民政府が省レベルの高度新技術開発区および経済技術開発区を定めた。これらの開発区は市中心部から北部および外環状線の南北両側など、約10平方キロを占めている。開発計画は3期に分けて進められているが、現在は第1期が完成、約3平方キロに180万平方メートルの建築面積分が完成した。第2期は2000年まで、第3期は2005年までの予定である。

唐山市は渤海に面した港を持っている。この港の地区は、1993年から2010年までの開発のために区画が指定されており、工業用地、文化用地、科研教育用地、公共緑地、住宅用地などと詳細に指定されている。この「唐山海港」は、省レベルの経済技術開発区にあって、唐山市中心部から南東へ95キロの樂亭県にある。1919年、孫中山はここを「北方大港」と呼んだ。1992年に、この港は外国船籍船舶に開放されている。日本で有名な天津甘栗も実はこの唐山市の産物なのだが、これまでは天津の港を経て日本へ運ばれていた。だが今後は唐山港からやってくるのかもしれない。

近年、日本企業の中国国内への進出が目立っているが、この唐山市への進出計画もいくつか見られ、先にあげた日立製作所などと同様に復興事業にも参加・協力している企業がある。また中国側の新しい製鉄所の建設候補地として唐山市が有力とされているが、その建設にも日本の企業が協力

するものと思われる。

1996年7月28日、唐山市で万里副首相らが出席して震災犠牲者追悼集会が開かれ、中国の新聞各紙はいっせいに唐山地震の記念特集を組んだ。そこでは唐山市が震災の困難を克服して新しい町を建設し、発展をとげたことが伝えられていた。8月1日には、日本から日立製作所の職員を中心とする日立交響楽団が唐山市を訪れ、追悼と復興祝賀演奏会を開いた。

1996年9月、阪神・淡路大震災の被災地である兵庫県のみんづか市長が唐山市を訪れた。唐山市の中心部には鳳凰山公園があり、唐山の人々は唐山市を「鳳凰の町」と呼んでいる。鳳凰は中国の想像上の瑞鳥である。兵庫県にもエジプトの想像上の不死鳥の名を冠した「フェニックス計画」という復興計画がある。

2. 唐山の歴史

唐山市は悠久の歴史をもっている。考古学史料によると、冀東平原は古黄河と濡水と清河と薊運河による沖積層で形成された。新石器時代とその後時代の遺跡の中には、中国人の祖先の栄えた遺跡が多く発見されている。たくさんの遺跡の中で、典型的な龍山彩陶文化の特徴が明らかに見える。母系氏族社会から父系氏族社会へと移る群落の形成を経て、集落が連合して1つの国になった。

殷商時代には、今の龍慮の西にあった狐竹国と山戎国が唐山市東北部の県の地域で活動していた。周朝になると、大規模な封建制が実施され、大小の諸侯が出現した。春秋時代、唐山市一体には、狐竹、山戎、令支、無終などの諸侯の国家が出現した。

中国の東部、渤海湾の沿岸、燕山の南に美しく豊かな地方がある。それは冀東地方として知られている。唐山市は、その大地の上に1つの真珠を埋め込んだような所と、中国の人たちはいう。

唐山市は近代に発展した重要な北方工業都市である。「煤海鋼城」(炭鉱と鋼鉄の城)、「瓷都電邑」(瑤瑯びき鉄器と発電の都市)と呼ばれる。全国で

初めての堅坑巻き上げ装置、初めての鉄道、初めての蒸気機関車、それに初めての生コンクリートが、全部この都市で誕生した。

100年の発展を経過して、唐山の工業、農業の生産は1930年までに長足の発展をとげ、総生産高はすでに全国の都市の中で第20位になっていた。

このような歴史を持つ大都市の直下に、マグニチュード7.8の大規模地震が発生し、唐山の長い歴史は突然、20世紀の世界最大の震災に見舞われることになったのである。

3. 無形の震災

王紹玉と馬春勤が書いた「無形的震災—唐山地震心理行為反応紀実」（無形の震災—唐山地震における心理行動反応の記録、中国科学技術出版社1993年）には、唐山地震直前から10数年後までの唐山市の人々の行動などが描かれている。この本を書いた王紹玉は唐北工程（工業）技術学院の副教授（助教授）で社会心理学者であり、もう1人の馬春勤は唐山市地震局の研究員であり、かつ唐山地震資料館の館長の職を兼ねている。ともに、大地震の現場にあつてずっと調査を続けてきた人たちであり、みずから収集した大量の1次資料をもとに地震発生前の動物や人の異常行動から、大地震後の社会と人の状況にいたるまでを、くわしく記録し、分析している。

この本は、唐山大地震で被災した人たちが自ら語ったことをもとに、唐山大地震の被災者たちの心理行動の変異反応をくわしく描いたものである。本書を通して、唐山大地震が人びとに対して物質的あるいは精神的に与えた災害を全面的に知ることができ、特に、地震災害によって生じる長期にわたる人びとの心理の世界の異変を知ることができる。

この本の初めには、「1976年7月28日の唐山大地震は、全世界を震え上がらせた。今でも唐山大地震の話をする人びとの顔色が変わる。だが、今日にいたるまで、この世で最大の悲惨さとも言えるこの大災害が、人びとの心理の世界に与えた

重大な傷害と、引き起こした人間の心理行動における異常な変化は、多くの人にとっては、まだ未知の謎とされている。『無形の震災—唐山地震における心理行動反応の記録』は、大量の事実と生の素材によって、唐山大地震の中での人びとの心理行動の異常反応を詳細に記述した。」と書かれている。

その内容のくわしい紹介は別の機会にゆずるが、ここではこの本に取り上げられている事項の例をあげて、唐山地震前後にどのようなことがあったかを概観してみることにしたい。

まず大地震の前の動物の異常行動である。ラバの大逃走、動物の絶食、恐ろしい声で犬は吠え、猫は叫ぶ、兎と羊が狂う、水生動物の恐怖行動反応、金魚の夜のダンス、スッポンの悲鳴、青蛙の沈黙の集合、鳥と昆虫の奇怪な行動反応、鸚鵡に驚かされた夜、昆虫の集会、コウモリが白日のもとで飛び回る、鳩は落ちつかない、穴居動物の避難行動、イタチの引っ越し、ネズミは災難を予知、まだら蛇は「警報」、サソリとムカデとアリの大逃走、などの現象が記録されている。

動物だけでなく、地震前に人の異常行動もあった。それらは次のようなものである。地震前に突然あわてて度を失う、地震前に情緒を制御できなくなる、なんともいえない恐怖が身を包む、地震前に奇怪な病気に耐えられなくなる、などの経験をした人の話が収録された。

そして、壊滅の瞬間の人間の心理行動反応が次に収録されている。地震を目撃した人たちの恐怖心理行動反応として、異常な発光を見たり地鳴りの音を聞いた人や二百人以上の遭難を目撃した人のケース、また「地割れが恐い」という人々の恐怖感や、地震のとき坑道にいた労働者の心理などがあげられている。

また地震時の人の避難行動や避難時の心理の記録もある。環境の異変が引き起こした警戒感、犬の異常な吠え方から、井戸水の白噴が危険を示した、窓から逃げ出した一家、借り部屋での一夜で危険を避けたなどである。同様に、地震時の人間の異常行動、震災初期の人間の心理行動反応、平常にはない奉仕行動、災害時の強い救命心理行動

などの例や、震災が変えた環境の中での人の異常と失意の心理も描かれている。目の前の被災者を救助しない人、震災中の窃盗と放火、震災後に露出される人格、震災時の人びとの群集心理、自主意識の弱化など、巨大な震災の打撃が感情を異常にするケースも描かれている。

震災発生時だけでなく、震災から長期間の心理変化の観察も行われている。持続的に地震を恐れる心理行動、地震について噂の衝撃、恐震心理は生活意欲を失わせた、「火災」に対する恐怖、新築の家がもたらす恐怖などの現象が記録されている。非理性的な消費行動というものもある。理解し難い気前の良さ、文化的消費意識の低下などがある。その他にも家の再建の中に現れた公平無私の心理行動や、人の胸をゆすぶる「親密」心理行動、家庭を作るという震災後の婚姻心理、身体障害患者の心理、震災孤児の心理など、震災後の長期にわたってさまざまな場面における人々の心理状態が観察されている。

これらの記録は、阪神・淡路大震災を経験し、今後もその影響が残るであろう日本の震災対策にも大きく役立つに違いないと私は考えている。

4. 地震の予報

中国国家地震局は、この地震の長期予報と中期予報を出していたが、短期予報と臨震予報は出せなかった。この地震の前の年、1975年2月4日の遼寧省海城県と営口県の地下に発生したマグニチュード7.3の海城地震のときには、長中期予報も短期・臨震予報も成功し、多くの人々の生命を守ることができたのに対して、唐山地震の直前の予報が出せなかったことは、地震予報のむずかしさを、中国の市民だけでなく、世界の地震学者に明確に認識させるものであった。

唐山地震の中長期予報は、それにもとづく工場の補強工事などに活かされていたが、短期臨震予報は出されなかったために、その前の年の海城地震の予報の成功と比べて、この唐山地震は予報の失敗例としていつもとりあげられることになった。日本の新聞記事に現れた極端な例では、唐山

地震の予報が出せなかったことから短絡して、海城地震の予報は単なる偶然だったという見方までとっているものさえある。

唐山地震で地震予報に失敗した予報担当者が、被災地の住民から迫害を受けたという報告もある。大地震の発生が近いという感じを持ちながら、大規模な工業地帯に臨震予報を出すことのためらいがあったことも伝えられている。地震後には、専門家の震災の調査に対する妨害、観測機器の破壊、食料の配給拒否、負傷した職員の治療の妨害など、さまざまなことがあったという。

唐山地震のあと、全国の地震関連の観測点は増強され、460か所に増えた。北京・天津・唐山地区では国連開発計画による援助によって観測網が整備されている。唐山市には多数の小動物観測班の活動もあり、市に観察報告が届いている。中国全体では、各省の地震局を中心に、現在も、経験と観測データに基づいて地震予報が出されており、その成果に対して国家地震局から表彰された事例もある。大都市以外の地域では、弱い家に住む住民を、予報の空振りを恐れず、とりあえず前兆現象に基づいて避難させることの効果が、やはり中国では大きい。

大地震から20年以上たったが、とくに唐山と周辺の人々は地震に関してたいへん敏感である。たとえば、唐山市から100キロほどの河北省滄州市で、大地震から20年ほどたった1996年2月29日未明に、地震のデマ情報が流れたことがある。それによって10万人ほどが戸外に避難するさわぎがあった。

デマは午前3時ごろから拡がりはじめ、2時間ほどの間に半数以上の市民に伝わったという。市は警察官と地震関係の職員を動員してデマの打ち消しをはかり、日の出とともに何とかさわぎはおさまったものの、市の地震局にはその間4,000本以上の電話がかかった。2月3日に雲南省で死者300人以上の震災があり、そのあと国家地震局が「今後一両年以内に中国は第5次地震活動期の山場に入り、マグニチュード7クラスの地震が連続する可能性がかなり高い」(朝日新聞)と述べたことが影響したのかもしれないという。

5. 唐山地震の遺跡

1996年8月1日から3日間、国際地震学および地球内部物理学協会 (IASPEI) の第1回アジア地域国際会議が唐山市で開催され、29の国と地域から278人の地震学者が参加して地震学の各分野にわたる研究発表と討論を行った。唐山地震20周年を記念する国際会議であり、アジアと南太平洋地域での地震の研究を進展させようという意志を持つ人たちの集まりでもあった。

唐山には影絵劇がある。唐山皮影劇団という劇団があり、日本にも公演におとずれたことがある。孫悟空やパンダの話が演じられるが、白い大スクリーンに映る影絵の動きがみごとで美しい。国際会議の夜にはこの影絵劇も上演された。

この会議の2日目、参加者全員がバスに分乗し、時間をずらせて出発して、唐山地震の遺跡を2か所と、唐山市の中心にある唐山地震記念碑(写真1)と唐山地震資料館を訪れた。資料館の方は唐山市の復興の状況を主として見学するように展示されている。この資料館では地震と震災そのもののことはわからないが、地震の遺跡のいくつかには、地震断層の水平右ずれのあとが明瞭に残されており、また、建物の崩壊のあとがそのまま保存されていて、震源断層の動きと強震動による

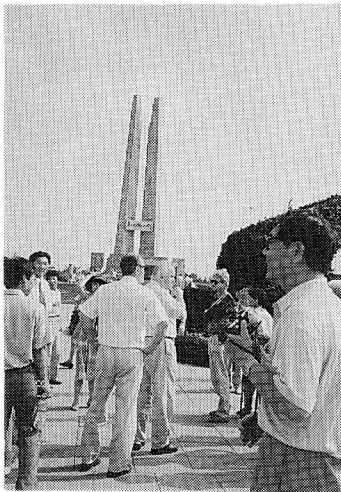


写真1 唐山市の中心部にある唐山地震記念碑

震災の様子をよく理解することができた。

唐山地震のあと、私は唐山市を4回訪れた。第1回は地震の翌々年であったが、唐山市内には入れず、復旧した鉄道で唐山市の駅を通っただけであった。2回目は1980年であり、そのときは時間をかけて地震と震災のあとを見た。1989年に訪れたときには、水平右ずれの跡が遺跡として指定されているにもかかわらず、その一部にゴミが捨てられていたりして、すこし残念に思ったことを覚えている。今回は、20周年を記念する国際会議に出席し、家族とともに訪れることができた。指定された遺跡の一部は柵で保護されており、よく保存されているのを見て、うれしく思った。唐山地震の遺跡は7か所指定されているが、会議中に時間をつくって、全員の見学コースには入っていなかった他の5か所の遺跡を見に行った。この時、唐山地震資料館の館長である馬春勤氏が私たち8人を案内してくれた。

その中の1か所に、もともと一直線に並んでいた並木が水平右ずれの地震断層の運動によってずれた跡があるが、ここにはとくに柵などもなく、20年前の現象をそのままに見ることができた。唐山市の名産の1つであるタイルを作る工場の並ぶ道に立って、並木のずれを見てみると、唐山地震前後の中国の地震予報の仕事の数々が思い出された。1974年に初めて中国を訪れ、中国の地震予報の仕事の現場を、外国人としては最初に見学する機会を与えられた私にとって、その並木のずれは、単にマグニチュード7.8の地震を起こした跡というだけでなく、地震を予報するための研究の目ざす、多くの困難な課題を、あらためて思い起こさせるものであった。

唐山地震の地震断層は、唐山市の市街地を北北東-南南西の方向に走った。それに沿って、道路や並木の水平右ずれが見られた。それらのずれの跡と強震動による被害の跡が地震の遺跡として保存されている。

図1は、唐山市の現在の中心部を示し、数字が保存されている地震遺跡の位置と唐山地震記念碑を示している。それらは以下の通りである。

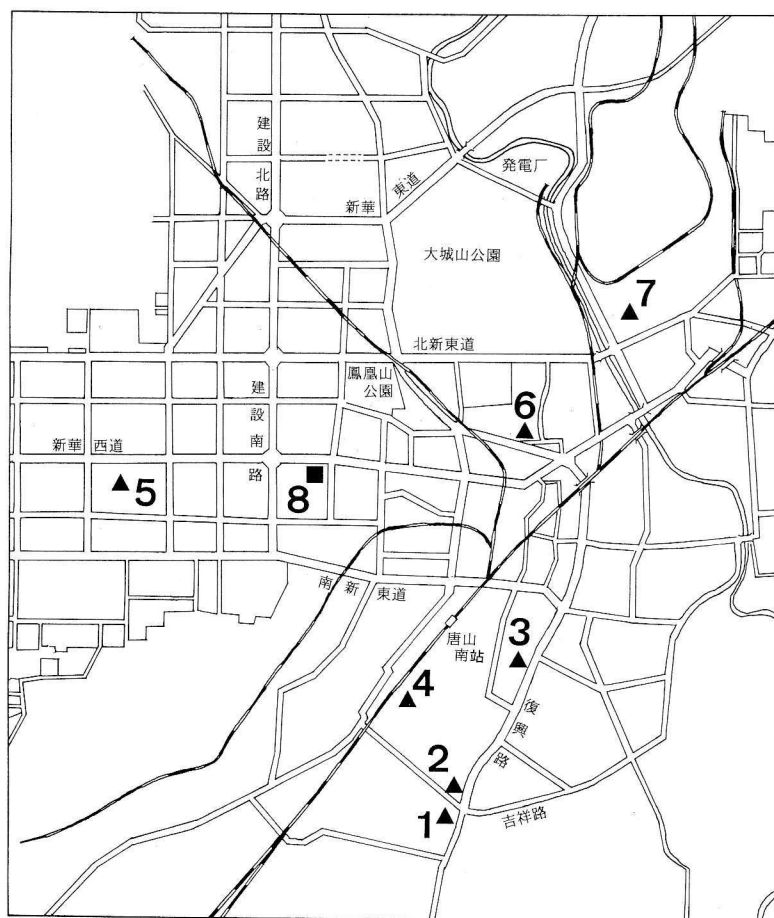


図 1 現在の唐山市の中心部と地震の遺跡など（詳細は本文）

1. 牛馬の小屋の右ずれ。
 2. 吉祥路の右ずれ。ずれの跡がタイル工場の周辺に現在3か所残っている（写真2）。
 3. 旧十中（元第十中学校）の構内に小道のずれと土管のずれが柵に囲まれて保存されている。
 4. 機関車工場の破壊された跡。工場のハリや柱が倒壊したままに保存されており、草におおわれている（写真3）。
 5. 河北理工学院の図書館の倒壊跡。建設中の図書館の建物が倒壊したのをそのまま保存してある（写真4）。
 6. 唐山陶器工場の公舎の破壊。
 7. 唐山鉄鋼クラブの建物の被害。
 8. 唐山地震記念塔と唐山地震資料館。
- 以上の7か所は、地震の遺跡に指定されてい

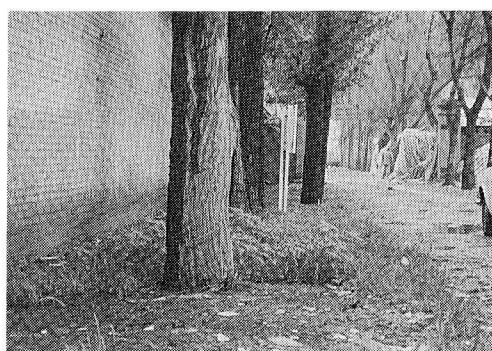


写真 2 吉祥路の並木の右ずれ。看板は地震遺跡の指定の告知

て、永久に保存されることになっている。その遺跡が、将来の震災の軽減に役立つことであろう。今世紀に世界で発生した大規模な震災を死者の

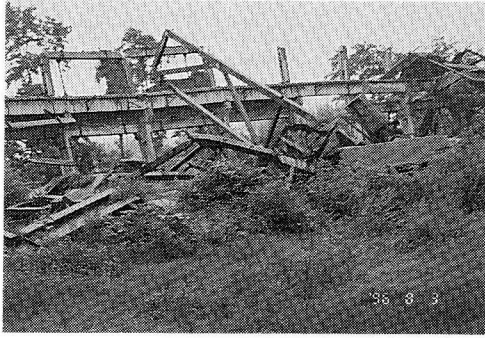


写真 3 地震で崩壊した機関車工場の跡

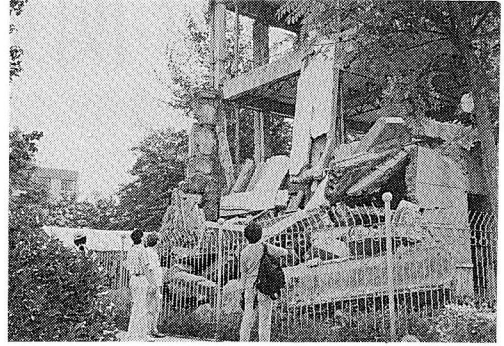


写真 4 河北理工学院の建設中の図書館の倒壊跡

数で多い方から見ると、第1位がこの唐山地震であり、2番目は1920年の中国海原地震（死者20万）、3位が関東大震災、4位は1908年のイタリアのメッシナ地震（死者11万）、5位は1927年の中国古浪地震（死者8万）である。5位までのうちの4つが日本と中国で起こった。

これらの地震はいずれも陸の活断層帯に発生した地震であり、このような活断層帯の発達した地域では、活断層運動によって形成された盆地や平野に都市が発達している。したがって活断層帯で

は都市の直下に大地震が起こる場合が多く、阪神・淡路大震災も同じような条件のもとに発生した。このような陸の大規模地震は、今後もどこかの活断層帯で、くり返し起こるであろうが、将来の地震の際の震災を少しでも軽減するため、過去に発生した自然現象や震災の実例が人々の目に明らかに観察されるよう、唐山地震の遺跡はもちろん、兵庫県南部地震の遺跡もしっかりと保存しておいてほしいと私は願っている。

南海・東海・関東地震の発生時期

地震考古学からのアプローチ

寒川 旭

今年のNHK大河ドラマ「毛利元就」が好評だ。現代人がタイムトラベルしたかのように、ナウい感性を持つ元就。そして、「お杉の方」の松坂慶子はじめ、芝居上手な脇役陣——日曜の午後8時を心待ちにしている人は多い。

一般の人たちは、元就についてあまり知らない。有名なのは「三本の矢」の逸話くらいだ。だから、信長や秀吉の物語と違って、ストーリーの展開をあれこれ推測する楽しみがある。物語の中核をなす「三兄弟と三本の矢」。それを彩るように、多くの人たちが織り成す人間模様は興味津々だ。

この三兄弟は人間の話。地震の世界を覗くと、ここにも三人の兄弟にたとえたいくなるような三つの地震がある。日本列島の太平洋側の海底に潜む「南海」・「東海」・「関東」の巨大地震。いろんな意味で、固い絆で結ばれているように思える。

南海地震と東海地震

日本列島は、地球の表面を覆うプレートがぶつかり合ってできた島国。駿河湾から東海沖を経て、四国沖に至る海底の細長い凹地（南海トラフ）で、フィリピン海プレートがもぐり込みを続けながら、大きな地震を引き起こしている。

南海トラフは東西に分かれ、西半分（図1のA・B）から南海地震、東半分（図1のC・D・E）から東海地震が発生している。共に、M（マグニチュード）8クラスの巨大地震で、日本の地震の中では横綱級の規模を持っている。

1944年12月7日の午後1時35分、東海地域で大きな地震（東南海地震；M7.9）が襲った。日本の敗戦が確実となり、はじめて東京が空襲を受けてから13日目のことである。伊豆から紀伊半島にかけて津波が押し寄せ、波高8～10mの大波に

直撃された三重県の尾鷲では死者・不明者56人という大惨事となった（宇佐美、1996など）。地震は極秘とされ、救援物資も届かぬ中で千人近い生命が失われた。

二年後の1946年12月21日の午前4時19分、昭和南海地震が発生した。まだ、東の空に太陽の光が現れず、一面の真っ暗闇の中、紀伊半島と四国の沿岸には最大波高7mの津波が押し寄せた。被害の著しかった徳島県海部郡海南町の浅川港では、地震の20分後から押し寄せた三回の津波が85名の命を奪った（海南町役場、1986）。太平洋戦争が終わり、新憲法が公布されてから一カ月余りに後に発生した、いまわしい地震（M8.0）によって1,330名が犠牲となった。

太平洋戦争の終結をはさんで発生した二つの地震、どちらも、通常の南海・東海地震より規模が小さかった。1944年の地震は、C・Dで破壊が生じたものの、Eの部分に破壊が及ばず、名前も「東海」でなく「東南海」と呼ばれている。

1853年になると、ペリーが率いる黒船の来航によって国内は大揺れ。それに呼応するかのようには大地も激しく動いた。1854（嘉永7・安政元）年12月23日の午前9時過ぎ、安政東海地震が発生して、太平洋沿岸に大津波が押し寄せた。このとき、伊豆の下田には、日露和親条約締結の使命を帯びたプチャーチンの一行が滞在していた。波高5mの大波は、彼らの乗ったフリゲート艦「ディアナ号」を木の葉のようにもて遊び、満身創痕となったこの船は、一カ月後に海底に没してしまった。

この地震から31～32時間後の1854年12月24日の午後4時頃、安政南海地震が発生し、紀伊半島から四国にかけて大きな津波が押し寄せた。大阪湾にも侵入した津波は安治川をさかのぼり、停泊していた大小の船がぶつかり合い、山のように

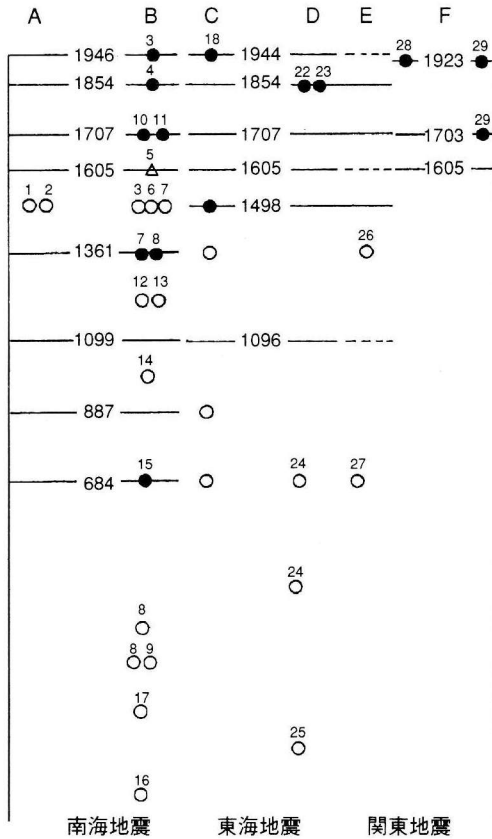
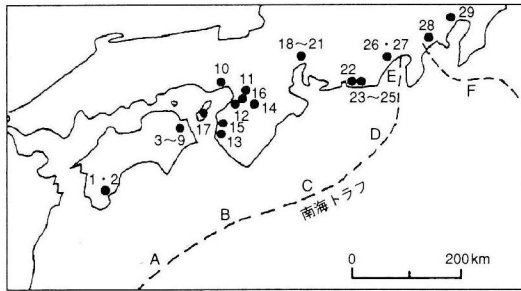


図 1 プレート境界の巨大地震の発生時期 (寒川, 1997) より

(黒丸印は遺跡で地震跡が検出されて史料に対応するもの、白丸印は史料の空白を埋めるもの、三角印は内陸地震の可能性のあるもの)

- 1 アゾノ遺跡 (以下、遺跡省略) 2 船戸 3 宮ノ前 4 神宅 5 黒谷川古城 6 古城 7 中島田 8 黒谷川宮ノ前 9 黒谷川郡頭 10 小坂邸跡 11 池島福万寺 12 石津太神社 13 藤並 14 箸尾 15 川辺 16 田井中 17 下内膳 18 東寺廃寺 19 門間沼 20 地蔵越 21 田所 22 御殿二之宮 23 袋井宿 24 坂尻 25 原川 26 上土 27 川合 28 東町 29 汐留

積み重なった。

相次いで発生した東海・南海地震は、A～Eすべての地域にわたる大規模な地震 (M8.4) であ

た。昭和の両地震が保育器に必要な「小さな赤ちゃん」ならば、今回の地震は「普通の大きさの赤ちゃん」にたとえられよう。

江戸時代の中頃、五代将軍綱吉による「生類憐れみの令」が人々を苦しめていた。これに追い討ちをかけるように、1703 (元禄 16) 年 12 月 31 日には元禄関東地震が発生した。次いで 1707 年 10 月 28 日午後 2 時頃に、宝永の東海地震と南海地震が同時に発生した。さらに、その一カ月余り後、富士山の須走口から噴煙がのぼり、江戸の町はしばらく闇に包まれることになった。わずかの間に、フィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界にかかわる、四大地殻変動が土俵にのぼって「揃い踏み」したことになる。

宝永の東海・南海地震は安政の両地震よりさらに規模が大きく、津波も著しかった。高知県宿毛市の^{ほしたか} 神社には 42 段の石段があり、最近 3 回の津波が達した位置が知られている。これによると、1707 年には下から 39 段まで、1854 年には 7 段まで海水が到達したのに、1946 年の場合は石段まで到達していない。

江戸幕府が開かれてから 2 年後、1605 (慶長 9) 年 2 月 3 日の午後 8 時頃にも東海地震と南海地震が同時に発生し、関東から九州の太平洋沿岸に大きな津波が押し寄せている。この地震、津波だけは立派なのに、地震規模は小さく (M7.9) 地震動も弱い特殊なタイプであった。房総半島での津波の存在から相模トラフの F ゾーンにも破壊が及んだ可能性がある。

江戸時代初頭から昭和に至る 4 回の南海地震と東海地震のうち、1605 年と 1707 年には両地震が同時に発生している。また、1854 年には 31～32 時間、1940 年代には 2 年、共に東海地震が先行している。これらを見渡すと、両地震の間には、(1) ほぼ同時 (少なくとも 2 年以内) に発生する、(2) 90～150 年の間隔で発生する、という二つの性質が読み取れる。

史料の空白と地震考古学

図 1 では、室町時代以前になると地震の発生が

極端に少なくなっている。南海地震については、史料で見る限り、発生間隔が200年余になったような錯覚におちいる。また、相思相愛のはずの南海地震・東海地震が一転して不仲となり、1498年は東海地震のみ、1361年や684年などは南海地震だけが単独で発生したかのように見える。

しかし、地震に関する史料は江戸時代以降のものが圧倒的に多く、室町時代以前になると急減してしまう。だから、当然、南海地震や東海地震が発生しても、史料として残っていない事例が多いのではないか——という疑いを、誰でも抱くはずである。

このような史料の空白を検討する方法の一つに、「地震考古学」があげられる。これは、日本各地で実施されている考古学の発掘現場で、地震の痕跡を見つけて研究する分野。1988年に産声をあげた、まだ若々しい研究領域である。

考古学の発掘調査は、私たちの祖先が生活を営んでいた場所でのみ行われる。言い換えれば、遺構や遺物があって時代のわかる地層だけで実施される。だから、発掘現場で過去の地震の痕跡が見つかり、時代の定まった地層との前後関係から地震の年代を知ることができる。

発掘調査で一番多く見つかるのは液状化現象の痕跡である。これは、人の立っておれないほどの激しい震動に伴う現象で、図2のように、液状化した地層からは噴砂が上昇して地震当時の地表面に広がる。図2のaは地面に広がった噴砂がよく保存された例。bはこれが消失した例。c・d・eは噴砂が地面まで到達しなかった例である。図から、Ⅱ層堆積後でⅠ層堆積前に地震が発生したことがわかるので、Ⅰ層とⅡ層の年代の間が地震の発生年代ということになる。また、液状化した地層には、奇妙な模様（擾乱構造・柱状構造・皿状構造）が現れることがある。

南海地震や東海地震は、広い範囲に激しい地震動を与える。だから、史料の空白をこれらの液状化跡の痕跡で吟味することができる。具体的には、両地震で強い地震動を受けるが内陸の大きな地震の無いところ、あるいは、あっても、その年代が把握できるところで噴砂の跡を探すのである。

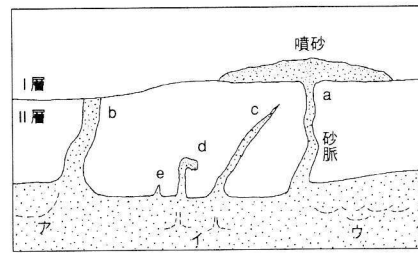


図2 遺跡で見られる液状化現象の痕跡
ア 擾乱構造 イ 柱状構造 ウ 皿状構造

幻の明応地震

1498(明応7)年9月20日の午前8時頃、明応東海地震が発生して津波が襲来した。これまで淡水湖だった浜名湖の南端が切断され、海とつながったのはこの時のことである。

明応東海地震の存在は多くの記録から確実視されるが、南海地震に関する記録はまだ見つかっていなかった。わずかに、和歌山県の湯の峯温泉の湯が止まったこと(『熊野年代記』; 文部省震災予防評議会編, 1941)や、明応年間に和歌山市沿岸を津波が襲ったこと(都司, 1980)が、南海地震の姿をぼんやりと示すわずかな手がかりであった。

ところが、四国の遺跡発掘現場から、この時期の地震の痕跡が次々と発見され始めた。

まず、高知県中村市のアズノ遺跡(高知県教育委員会)では、15世紀末頃の生活面を直接覆いながら地面に広がった噴砂が発見された(図3)。噴砂が発生した直後から、生活の痕跡が途絶えており、地震を機に人々が移転したこともわかる。

一方、徳島県板野郡板野町の宮ノ前遺跡(徳島県教育委員会)でも、14世紀後半から16世紀初頭まで続いた集落のまわりを囲む溝の中から噴砂が発見された(図4)。噴砂は14世紀後半の青磁器や、その前後の時代の遺物を含む層を引き裂いていたが、15世紀末から16世紀初頭の土器を含む層には覆われていた。その他、板野町内で宮ノ前遺跡に近接する古城遺跡や、徳島市内の中島田遺跡でも15世紀末頃の液状化跡が発見された。

このような資料は、15世紀末頃に、四国の東部と南西部が激しく揺れたことを示すものである。

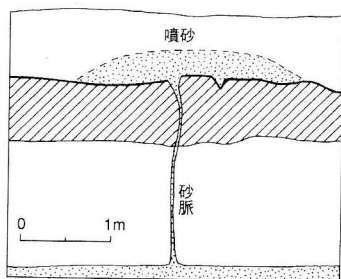


図3 アゾノ遺跡の液状化跡
(斜線部は11~15世紀の遺構・遺物を含む地層)

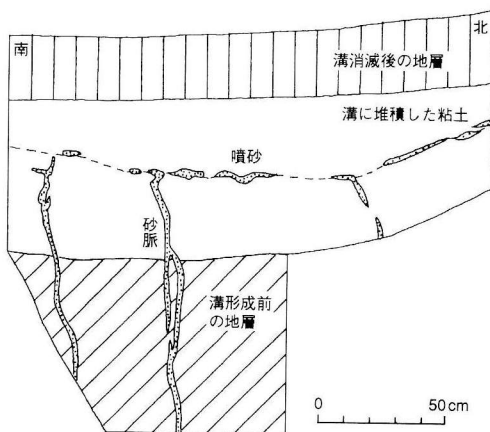


図4 宮ノ前遺跡の液状化跡

そして、これが同一の地震となると、南海地震の存在がクローズアップされる。

このように、考古学の発掘現場で新しい資料が見出されつつある中、愛媛県新居浜市の「黒島神社文書」から「明応七年の震災で本殿拜殿とも破壊して住民が散乱した」という記述が発見された(東京大学地震研究所, 1989)。

さらに、今年になって、都司嘉宣さんと上田和枝さん(東京大学地震研究所)が、明応南海地震の発生した年月日を知る貴重な史料を発見した。これは、中国の上海市の海岸に「津波が内陸の村の川などへ入り込んできた」という記述である。日本の1498年7月9日午後5時頃に当たる日付で、この日の昼過ぎに京都で強い震動の記録があることから、「地震がおきて、5時間くらいして上海に津波が到達する」という事にも矛盾しない

(都司・上田, 1997; 都司, 1997)。

都司さんたちは1854年や1707年の南海地震に対応する津波の記録も上海市内で発見している。このことから、1498年7月9日に明応南海地震が発生したことが確実となった。長い間、神秘的なベールにつつまれていた明応東海地震のパートナーが、はっきりと姿を現したのである。

南海地震と東海地震の痕跡

図1に示したように、様々な時期の南海地震と東海地震に対応できる液状化の痕跡が顔を出している(寒川, 1992, 1997)。

昭和南海地震は徳島県の宮ノ前遺跡(徳島県教育委員会)。東南海地震は愛知県の東寺廃寺(稲沢市教育委員会)など。東寺廃寺では、53年前の濃尾地震の砂脈の一部を通り道として再利用した「賢い砂脈」が見られた。

安政南海地震は徳島県の神宅遺跡(徳島県教育委員会)、安政東海地震は静岡県の御殿二之宮遺跡(磐田市教育委員会)と袋井宿東本陣跡(袋井市教育委員会)。御殿二之宮遺跡では全壊した記録のある中泉陣屋の溝から、東本陣跡では「皆潰之上所々より出火、一宿残らず焼失」という記録がある宿場の焼土の下から噴礫や噴砂の痕跡が顔を出した。

宝永南海地震も、東大阪市の池島福万寺遺跡(大阪府文化財調査研究センター)と、兵庫県の小阪家住宅跡(芦屋市教育委員会)で液状化の痕跡が見つまっている。

これらの地震跡は、時期も考古学的にかなり限定されており、他に対応する内陸の地震も無いことより、ほぼ間違いなく南海・東海地震の爪跡と思える。

徳島県の古城遺跡(徳島県教育委員会)では、西暦1600年前後の時期に絞りこまれる液状化跡が見つかった。この場合、二つの地震の可能性がある。一つは慶長南海地震、他は四国の中央構造線活断層系である。地質調査所の活断層トレンチ調査から、1596年の伏見地震が有馬-高槻構造線活断層系や淡路島の東浦断層・先山断層などの活

動によって発生したことがわかった。一方、この地震と同時、または、近接した時期に、四国の東端の中央構造線活断層系が活動したことが報告されている(岡田, 1992)。慶長南海地震は、津波だけが大きくて地震動の小さい特殊な地震だったので、この遺跡の地震跡はむしろ中央構造線の活動に伴う可能性が高い。

明応南海地震については先述した。一つ前の正平南海地震は、徳島市の中島田遺跡(徳島県教育委員会)で液状化の痕跡が顔をのぞかせた。

正平の場合は、南海地震の記録があるのに東海地震の記録が欠けていた。史料だけ見れば、南海地震の一人旅。しかし、ここでも愛知県葉栗郡木曾川町の門間沼遺跡(愛知県埋蔵文化財センター)で14世紀に限定される液状化の痕跡が見つかり、東海地震の存在が現実味を帯びてきた。

南海地震に関して、1361年の前は1099年。その前は887年、そして、もう一つ前が684年。現在の史料からは、発生間隔が200年余りと、中世以降の倍になってしまふ。「中世になって急に間隔が半分になった」と考える人がいるかもしれないが、普通は「史料に残っていない地震がいくつかあったのではないか」という疑いが生じるはずである。

案の定、それらしい痕跡が発見され始めた。まず、堺市の石津太神社遺跡(堺市立埋蔵文化財センター)で13世紀中頃、和歌山県箕島市の藤並遺跡(和歌山県文化財センター)で13世紀頃の液状化跡が検出された。次いで、奈良盆地南西部にある北葛城郡広陵町の箸尾遺跡(橿原考古学研究所)。ここでは、10世紀後半から11世紀初頭にかけて、2回の洪水で砂が二層堆積しているが、噴砂は下位の洪水堆積物を引き裂き、上位の洪水堆積物には削られていた(図5)。

まだまだ数少ないけれど、皆、古代の南海地震も100年余りの間隔であった可能性を示す語り部たちである。「火の無いところに煙は立たない」ということわざの、火を南海地震に、煙を地震の痕跡にたとえるならば、とにかく煙が少しずつ見つけられ始めた段階と言えよう。

南海地震についての最も古い記録。これは『日

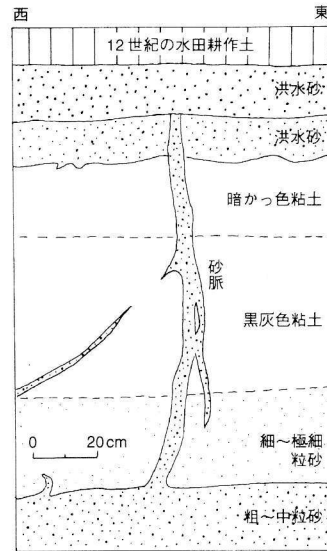


図5 箸尾遺跡の液状化跡
(2層の洪水砂は10世紀後半から11世紀初頭に堆積)

本書紀』の「人定に速りて大きに地震る。国挙りて男女叫び唱ひて不知東西ひぬ。即ち山崩れ河涌く。諸国の郡の官舎、及び百姓の倉屋、寺塔神社、破壊れし類、勝て数ふべからず、是に由りて、人民及び六畜、多に死傷はる。時に伊予温泉没れて出でず。土左國の田苑五十余万頃、没れて海と為る。(中略)土左國司言さく、大潮高く騰りて海水飄ふ、是に由りて、調運ふ船、多に放れ失せぬ。」という記述。684年11月29日に発生した白鳳南海地震である。

南海地震には、①近畿・四国の激しい地震動、②太平洋沿岸の津波、③室戸・足摺半島の隆起と高知平野の沈降、④道後温泉のわきだし停止という4つの特徴があるが、日本書紀の短い文章の中に、これらがもれなく含まれている。

これらの記録は図1のAにかかわるもの。その後、Bにかかわる和歌山市の川辺遺跡(和歌山県文化財センター)で、7世紀後半から8世紀初頭の液状化跡が発見された。さらに、Dにかかわる袋井市の坂尻遺跡(静岡県埋蔵文化財調査研究所・袋井市教育委員会)では、図6のように7世紀後半に限定される液状化の痕跡が顔を出した。この遺跡では、地元の豪族の住居跡(7世紀中頃

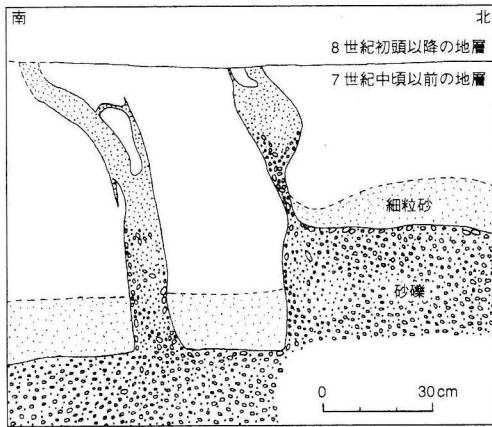


図 6 坂尻遺跡の液状化跡

以前)を砂脈が引き裂き、これを郡衙の建物が覆う状況がはっきりと観察された。地震を境にして地方の行政組織が変化したことは注目される。

さらに、Eにかかわる静岡市の川合遺跡(静岡県埋蔵文化財調査研究所)や、Cにかかわる一宮市の田所遺跡(愛知県埋蔵文化財センター)でも、7世紀後半頃の液状化跡が顔を出した。このように、A~Eにかけて激しい地震の爪後が残されていることから考えても、白鳳南海地震、そして、これとコンビを組む東海地震の存在が考えられる。

古墳時代以前になると、文字記録はなくなるが、図1のように、多くの遺跡から弥生時代・古墳時代の南海・東海地震の可能性が高い爪跡が見出されており、両地震が古くから発生しつづけてきたことを示唆している。

この図はまだ未完成ではあるが、全体を一望した限り、①南海地震と東海地震がほぼ同時に発生する、②両地震の発生間隔が90~150年くらいである、という規則性が、中世以降だけでなく、もっと古くから続いていた可能性が高い——となると、南海地震と東海地震は、いつも一緒に規模もそっくり。まさに、「双子の兄弟」だ！

3人目の兄弟

南海トラフの東端は、伊豆半島のつけ根へと上陸し、今度は相模湾内にプレート境界の凹地(相模トラフ)があらわれる。図1のFである。

ここでは、関東地震が繰り返し発生している。1605年には南海トラフで、「震動は小さいが津波の大きい」特殊な地震が発生している。房総半島での大きな津波の記録から、この時にFでも同じような地震が発生した可能性が高い。

1703年にはFで元禄関東地震(M8.2)が発生し、房総半島の先端が最大4.4mも上昇し、半島南部が北へ傾くような傾動隆起を行った。これに、1707年の東海・南海地震と富士山の噴火が続いている。

1854年の東海・南海地震に対応するような関東地震は発生していない。その代わりに、1855年11月11日に安政江戸地震が発生し、下町を中心に一万近い犠牲者(主に圧死)を生んでいる(宇佐美, 1996など)。江戸の水戸藩邸が倒れて同藩の重臣が圧死したことで、幕府内の勢力地図が大きく変化した災禍である。

1923年9月1日には、F地域から大正関東地震(M7.9)が発生した。被災地から燃え上がった火は首都圏の大半を焼きつくし、死者・不明者15万人の地獄絵図を生み出した。そして、20年余り後、C・Dの東南海地震、A・Bの南海地震が続いて発生することになる。

大正関東地震(M7.9)でも房総半島南端が2m近い隆起を示しているが、元禄関東地震と比べて地震規模や地変はかなり小さい。関東地震については、規模の大きい元禄タイプのものが時々生じ、他は大正タイプである(島崎, 1994など)。

いずれにしても、江戸時代以降の3回、東海・南海地震とかなり近接した時期に、関東地震が発生したことになる。

関東地震と東海・南海地震の関係は「息がぴったり」とは言えないまでも、かなり密接である。だから、東海地震と南海地震が「双子の兄弟」なら、関東地震は「少し年の離れた兄(または弟)」という感じになる。

図1に示したような、3地震の発生の歴史が将来も同じように繰り返すと考えるならば、——21世紀の中頃以降に、A・Bの南海地震とC~Eの東海地震がほぼ同時に発生する。その上、前後する時期に関東地震を含めた関東南部の大きな地震

が発生することも考えられる——という予測が成り立つ。

南海地震については、発生の実年代がはっきりわかっており、さらに詳しい吟味ができる。これに関連して、注目を集めているのが「タイムプレディクタブルモデル (Shimazaki and Nakata, 1980)」——断層にかかる力が一定の値に達すると破壊がおきる。でも、その時のエネルギーの放出量は一定しない。だから、大きな地震をおこすと次の地震まで長い期間が必要。たまたま、地震が小さいと次の地震が早くおきる——島崎 (1994) は、最近3回分の南海地震にこれを当てはめているが、昭和の南海地震が通常より小さかったので、次の南海地震も比較的早く発生することになる。さらに、最近1500年間の南海地震についても考察がなされつつある (Kumagai, 1996 等)。

尾池 (1995)・安藤 (1996) は、これまで、南海地震の発生する数10年前から発生直後まで、内陸の地震活動が活発になっていることに注目している。実際、1891年の濃尾地震の後、昭和の南海地震の前には、1909年の姉川地震、1925年の北但馬地震、1927年の北丹後地震、1936年の河内大和地震、1943年の鳥取地震など大きな地震が頻発し、東南海地震と南海地震の直後には、1945年の三河地震と1948年の福井地震が発生している。

南海・東海・関東の3兄弟が、「固い絆」を保ちながら活動して来たことは、将来の活動の予測に大きな手掛かりを与える。そして、次の活動が考えられる21世紀中頃にをらみながら、学者も行政も一般市民も合わせて、皆で知恵を出しあうことが今、必要ではなかるうか。

文 献

安藤雅孝, 1996, 地震予知の現状, (京都大学防災研究所編) 巨大地震の予知と現状, 創元社, 1-50.
海南町役場, 1986, 宿命の浅川港, p. 114.
高知県教育委員会, 1989, 後川・中筋川埋蔵文化財発掘調査報告書Ⅱ 風指遺跡・アゾノ遺跡, 高知県埋蔵文化財調査報告書, 27, p. 94.

Kumagai H., 1996, Time sequence and the recurrence models for large earthquakes along the Nankai trough revisited, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1139-1142.
埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会, 1996, 発掘された地震痕跡, p. 825.
文部省震災予防評議会編, 1941, 増訂 大日本地震史料, 1, 鳴鳳社, p. 945.
奈良県立橿原考古学研究所, 1996, 箸尾遺跡第16・17次発掘調査概報 (分析編), p. 56.
尾池和夫, 1995, 活動期に入った地震列島, 岩波書店, p. 115.
岡田篤正, 1992, 中央構造線活断層系の活動区の分割試案, *地質学論集*, 40, 15-30.
寒川 旭, 1992, 地震考古学 遺跡が語る地震の歴史, 中央公論社, p. 251.
寒川 旭, 1997, 揺れる大地 日本列島の地震史, 同朋舎出版, p. 272.
寒川 旭・大西浩正・福家清司, 1990, 徳島県古城遺跡で認められた地震跡, *地震*, 43, 3, 451-452.
島崎邦彦, 1994, 海の活断層を探る, 地震と断層, 東京大学出版会, 63-84.
Shimazaki, K. and T. Nakata, 1980, Time-predictable recurrence model for large earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 7, 279-282.
徳島県教育委員会・徳島県郷土文化会館, 1991, 埋蔵文化財資料展 掘ったてよ阿波, p. 29.
徳島県埋蔵文化財センター, 1991, 徳島県埋蔵文化財センター年報, 2, p. 132.
東京大学地震研究所編, 1982, 新収 日本地震史料, 第2巻, p. 575.
東京大学地震研究所編, 1987, 新収 日本地震史料, 第5巻, 別巻5-2, p. 2528.
東京大学地震研究所編, 1989, 新収 日本地震史料, 補遺, p. 1222.
都司嘉宣, 1980, 明応地震・津波の史料状況について, *海洋科学*, 12, 504-526.
都司嘉宣, 1997, 昭和21年南海道地震の正体, *南海道地震から50年*, 和歌山県, 38-51.
都司嘉宣・上田和枝, 1997, 明応(1498)南海地震の存在とその日付けについて, *地球惑星科学関連学会1997年合同大会予稿集*, 169.
宇佐美龍夫, 1996, 新編 日本被害地震総覧, 増補改訂版 416-1996, 東京大学出版会, p. 493.

ジオスライサーとは？

活断層研究への応用

中田 高

はじめに

自分達の足下がどのような地層から成り立っているのか、簡単に地層を取り出して観察したいというのは、地球科学にかかわる多くの人々がいただく夢であろう(図1)。筆者は、これを実現するためには、地層を薄く抜き取る方法が最も現実的であると考えてきた。特に、活断層のトレンチ調査にかかわるようになってから、これに代わる安全かつ効率的な調査法を具体的に検討し、試行錯誤を重ねてきた。最近、ジオスライサー(Geo-slicer)と名付けた地層抜き取り装置によって地層を抜き取り、地上で観察する調査方法を考案した(中田・島崎, 1997)。暫くこの装置のテストを重ねて来たが、ようやく新たな調査法として確立する目的がたつたのでその概要について紹介する(写真1)。

現在、活断層調査の主流となっているトレンチ掘削法は、Sieh(1978)によって確立された調査法で、断層露頭を人工的に作り出し、地層の堆積時期や変位変形状態から過去の地震活動の時期と変位量を直接明らかにしようとする優れた研究方法である。日本でも、1978年に鹿野断層と山崎断層のトレンチ調査(岡田ほか, 1981)が行われて以来、各地でトレンチが掘削されてきた。特に、1995年の兵庫県南部地震発生以降、主要な活断層について地震危険度の判定のためにトレンチ調査が集中的に実施されている。しかしながら、トレンチ掘削調査法には、実施上のいくつかの避けがたい問題点がある。

(1) 調査用地の確保 日本のような地下水面の浅い地域では、トレンチの崩壊をさけるために側壁の角度を45~60度程度に保つ必要がある。

このため、ある程度の深さの地層を観察するためには、かなり大規模なトレンチを掘削することになり、掘削および掘削土砂置き場のために広い土地を必要とする。また、調査適地が水田などの低湿地となることが多いが、土地破壊を伴う調査に地主の了解を得ることが難しい場合が多い。このため、任意の地点で自由に調査を実施することは困難となる。また、市街地ではこの調査に必要な広い用地を見いだすことすら難しいことが多い。

(2) 調査経費と調査期間 トレンチ調査は重機による大規模発掘になることが多く、調査にかかる期間も長くなり、調査経費が数百万円~数千円となり、限られた研究費と時間のなかで自由に調査を実施することは困難となる。

(3) 軟弱地盤におけるトレンチ調査作業の困難性と危険性 地下水面の浅い場所では、たとえ壁面に傾斜を付けても軟弱地盤の崩壊を防ぐことができない場合が多く、常に安全性の問題が生じる。地下水の処理や壁面の保持にも多くの労力を使い、壁面上部からの落石もあって、観察作業には常に危険がつきまとう。さらに、ヘドロ状の軟弱地盤では、トレンチ掘削そのものが極めて困難であるか不可能なケースもある。

(4) 地質学的証拠の消滅 トレンチ調査では観察壁面の掘削の過程で重要な地質学的証拠を失うことが多く、断層の三次元的構造の把握や横ずれ変位量の復元などの重要な研究課題が解明されないまま現在に至っている例がほとんどである。また、広範な破壊によって、一度調査した地点で、調査結果を追認・検証することはほとんど困難である。

(5) 傾斜壁面観察の制約 傾斜した観察法面では、地層の変位形態を歪んだ状態で観察することになる。これは、断層の変位形態の観察や変位

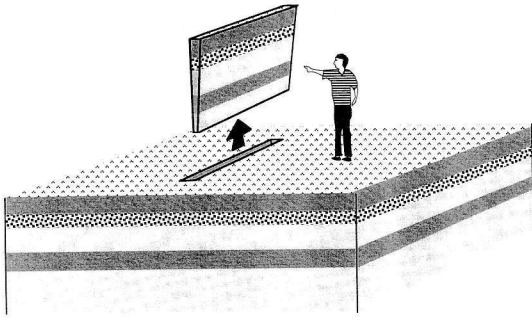


図 1 地層抜き取り調査の基本的なアイデア

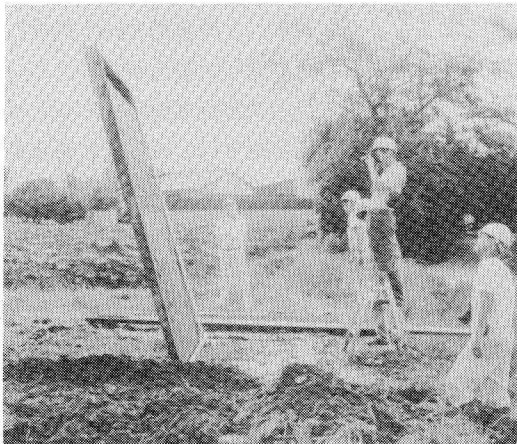


写真 1 図 1 に示したアイデアをジオスライサーでほぼ実現している事例

量の計測にとって極めて不都合である。また、イベントの認定では複数の研究者による現場での検討が望まれるが、不安定な場所のためこの作業が制約されることもある。これらの問題点は、トレンチ調査法が持つ基本的・宿命的なものであり、活断層研究の発展に支障をきたしていると言っても過言ではない。

このようなトレンチ調査法の問題点を解決し、より詳細な活断層調査法として、中田・島崎(1997)は地層の垂直断面を不攪乱状態で取り出し地表で観察する新しい調査法と、このために未固結の第四紀層浅層部を面的に薄く抜き取る装置(ジオスライサー)の開発に成功した。この装置を用いた調査手法は、従来の地面を掘って地層を観察する手法とは発想を全く異にするものであり、活断層研究をはじめとする第四紀研究に飛躍的な

発展をもたらすものと期待される。また、深さ数十メートルまでの第四紀層を採取するために、この手法を応用した長尺鋼矢板にシャッターそして不攪乱試料を面的に連続採取する方法が考案された(原口ほか, 印刷中)。

本報では、今回考案した調査手法の特徴とジオスライサーの構造および動作を解説し、中央構造線や糸静線などにおける調査結果について紹介する。

ジオスライサーの構造

ジオスライサーの基本構造は、幅広いコの字状の金属製の箱型の本体と、金属板からなるシャッターで構成される極めて単純なものである(図2)。本体やシャッターは、地中に打ち込み易いようにできるだけ薄い金属板で作成した。打ち込み時の衝撃と引き上げ時の試料の荷重による歪みを防ぐために、一枚の鉄板/ステンレス板を折り曲げ、シャッターの背面には数本のアングルを溶接した。ただし大型の装置は、複数の部材を溶接によって接合して製作した。これまでに製作した装置は、厚さ 3.5 mm から 4.5 mm の鋼鉄板あるいはステンレス板を加工した幅 1 m から 1.5 m、長さ 1.5 m から 4 m、厚さ 7~20 cm の試料の採取を目的とした様々の大きさのもので、装置の重量は 50~500 kg であるが、抜き取られる試料を含めると引き抜き時の重量はほぼ倍になる。

ジオスライサーの地中への打ち込みと引き抜き

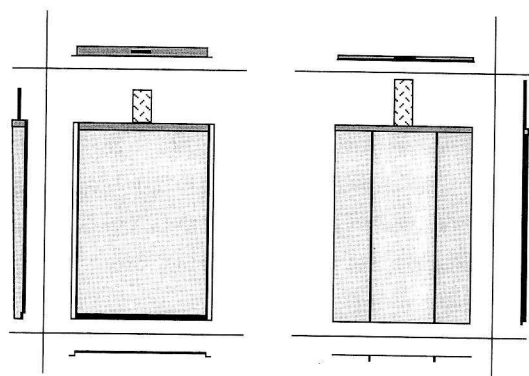


図 2 ジオスライサーの基本構造

には、バイプロハンマーとこれを吊り下げる重機が必要である。まず、本体を地中に垂直的に打ち込んだ後に、シャッターをガイドに沿って別個に打ち込み、地層を断ち切って開口部を覆うとともに、本体との間に試料を格納する。本体とシャッターは接合された状態で引き抜かれ、本体は試料を抱き込んで持ち上げる箱となる。

本体の構造にはその機能を十分に発揮させるようにいくつかの工夫を施した。本体の側面は上部に向かって徐々に幅広くなるようにテーパ状になっており、採取される試料は上部に比べて下部（打ち込み口）が3~10cmほど狭くなっている。側部にはシャッターをさし込むための溝（ガイド）を付けた。箱型の本体の打ち込み口の内側（試料の接する面）には、試料の脱落を防ぐために厚さ2cmの刃先を溶接した。このため、シャッターが刃先の位置まで達すると、打ち込み口はその分絞り込まれることになり、本体のテーパ状の形状と相俟って試料の脱落はほとんど無くなる。さらに、大型のジオスライサーには背面にパイプを溶接し、これに圧搾空気を送って引き抜きの際に打ち込み口周辺で発生する真空状態を回避し、引き抜きが容易に行えるようにした。

シャッターのさし込み溝（ガイド）は、いくつかの異なるタイプのもを試作し（図3）、どれが最も適切かをテスト作業をとおして検討した。小型のジオスライサーに用いたガイドを本体の外側にもうけたタイプは、本体の側面やシャッターが大きく歪むと本体とシャッターが分離する可能性が懸念された。中型のジオスライサーではシャッターの脱落を防ぐために多少複雑な構造にしたが、これには強度と操作性に多少の不安があった。大型のジオスライサーに採用したガイドは、本体の内側にもうけられたシンプルな構造を持つが、打ち込みの際に資料と本体との間のまさつ抵抗が大きくなり、試料が引きずり変形をうけるおそれがあった。試験的調査ではいずれのタイプの差し込み溝も十分にその機能を発揮し、構造的にも十分な強度を持っていることがわかった。したがって、小型のジオスライサーのタイプのガイドが試料と本体側面との摩擦が最も小さく、また構

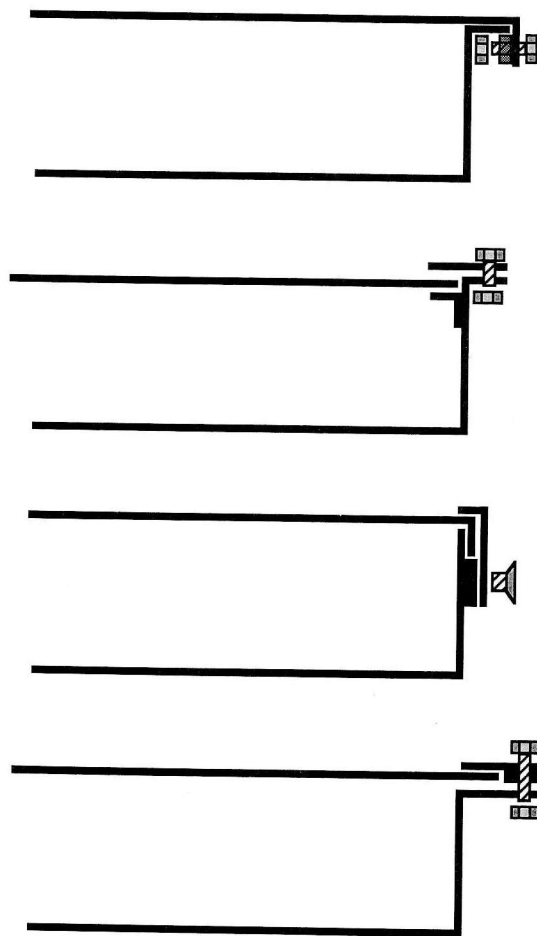


図3 シャッターガイドの構造

造がシンプルであるため、その後に製作したさらに大型のジオスライサーでもこのタイプを採用した。

矢板型地層抜き取り装置の構造

幅広い大規模な地層断面を採取するためには、ジオスライサーを大型化する方法が考えられるが、強度や重量などの制約がある上、採取作業が大規模になるため調査経費も高額になると予測される。これを解決する方法として、幅の狭い地層断面を連続して採取し、これを地表で横方向に接続して広い地層断面を得る方法が現実的であると考えられる。このために、長尺の鋼矢板を本体として利用し地層を抜き取るロングジオスライサー

(Long Geo-slicer) と呼ばれる装置によって、深さ数十メートルまでの第四紀層の不攪乱試料を面的に連続採取する方法が考案された(中田・島崎, 1997; 原口ほか, 投稿中)。

試料採取作業は、幅の広い時をスライサーと同じく、バブロハンマーで鋼矢板を地中に打ち込んだ後に、金属製のシャッターを別個に打ち込み、地層を断ち切って鋼矢板の開口部を覆うとともに、矢板との間に試料を格納する(図4)。これによって、シャッターが十分に打ち込まれ刃先の位置まで達すると、打ち込み口がその分絞り込まれることになり、試料の脱落はほとんどなくなる。

ただし、地層がある程度固結している場所では、打ち込みの際にこのキャッチャーが抵抗を増し作業の障害となることがあり、この場合はキャッチャーを取り外して作業する方が賢明である。

シャッターには、基本的に二つのタイプ(A・B)がある。Aタイプは鋼矢板の開口部を取り囲

むように「コの字」状に折り曲げられており、打ち込みや引き抜きの際に薄い金属板が歪むことを防いでいる。シャッターの「コの字」状の折り曲げ部分には、内側に向かってボルトが数十 cm から 1 m 間隔で立てられており、鋼矢板の耳の部分を抱き込む爪の役目をする(図4)。これは、シャッターが打ち込みや引き抜きの際に鋼矢板と分離しないように、また引き抜き後に鋼矢板から分離し易いようにするための工夫であり、この装置の重要な考案の一部となっている。ボルトにはボルトの径より太めのスペーサーが設けられており、シャッターと鋼矢板の間の抵抗を減少し、打ち込み作業をスムーズにする。あまり長尺のシャッターは変形するおそれがあるため、長さ 5 ~ 6 m のものを溶接して継ぎ足しながら打ち込み作業を行う。継ぎ足されるシャッターにはあらかじめフラットバーを溶接しておき、シャッターの継ぎ足し作業を正確かつ迅速に行う。しかし、ボルトの脱着やシャッターの溶接にかなりの時間を

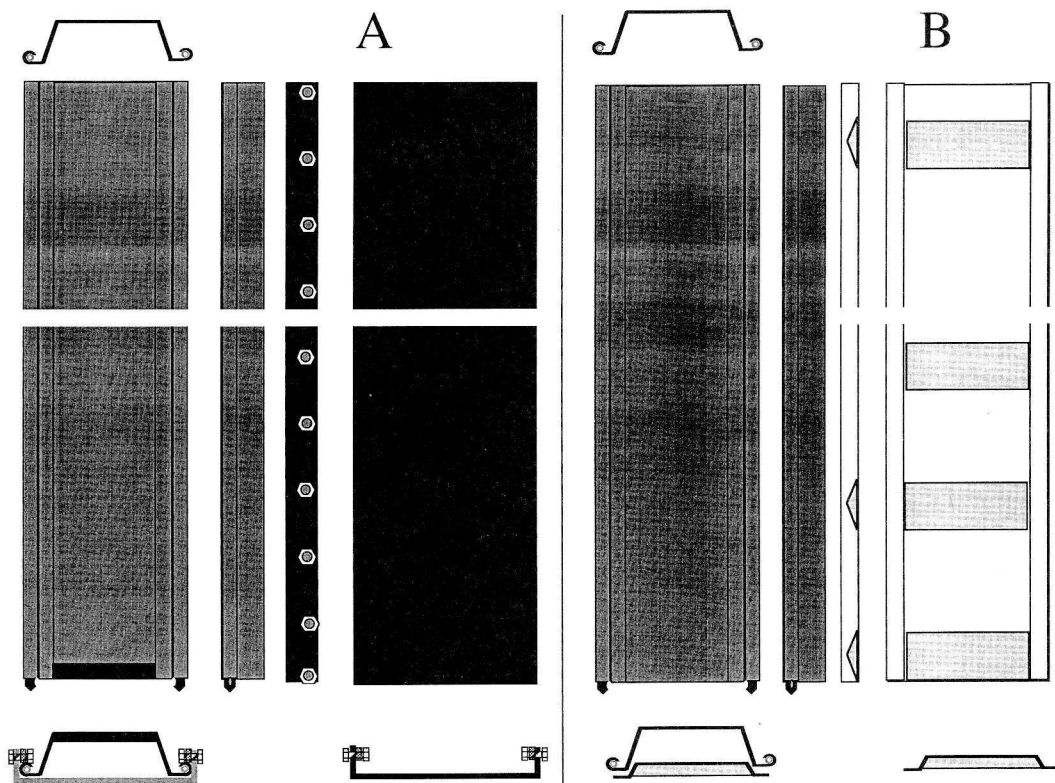


図4 ロングジオスライサー (Long Geo-slicer) の基本構造とシャッター (A・Bタイプ)

要することから、作業効率が高いとはいえない欠点がある。

Bタイプのシャッターは、作業効率の向上を図ろうとするものである。このシャッターは、矢板の凹状の開口部には浅くはめ込まれるように凸状の断面形を持つ簡便なもので、その背面に半凸レンズ上の金属板が数メートルおきに溶接されている(図5)。このため、シャッターの打ち込みや引き抜きの過程で、この金属板の周辺では土圧によってシャッターが矢板側に押しつけられるため矢板と分離せず、試料が矢板内に保持されることになる(原口ほか、印刷中)。

ジオスライサーによる活断層調査

(1) 中央構造線活断層系におけるテスト結果

今回開発したジオスライサーの性能を確かめるために、1996年9月に愛媛県伊予三島市中之庄町の中央構造線活断層系の活断層トレンチ調査地点においてテストを実施した。この地点は池田断層の西端部に位置し、事前のトレンチ調査によって活

断層の存在が新たに確認された場所である。トレンチ壁面には出現した断層露頭からは少なくとも2回のイベントを認定することができ、古いもの(イベントⅢ)は約930~100 B.C.と推定できる証拠が得られた(後藤ほか、1997)。しかし、壁面上部において層相の変化が乏しく、自然堆積層と人工改変層との区分が困難であったため、最新活動時期に関しては十分な成果を得ることができなかった。したがって、最新イベントの検討にジオスライサーがどの程度効果的であるかを知ること今回テストの目的であった。

テストには、幅1m、深さ1.5m、厚さ10cmの面的な地層断面を抜き取ることができる小型のジオスライサー、幅1.3m、深さ2m、厚さ15cmの地層を採取できる中型のジオスライサー、幅が1.5m、深さ3m、厚さ20cmの地層を採取できる大型のジオスライサー、および幅20cm、厚さ10cmの地層が5mにわたって採取できる矢板型のジオスライサーを準備した。小型、中型のジオスライサーは、抜き取って試料とトレンチ壁面の露頭との比較を行うため、トレンチ掘削調査の際に

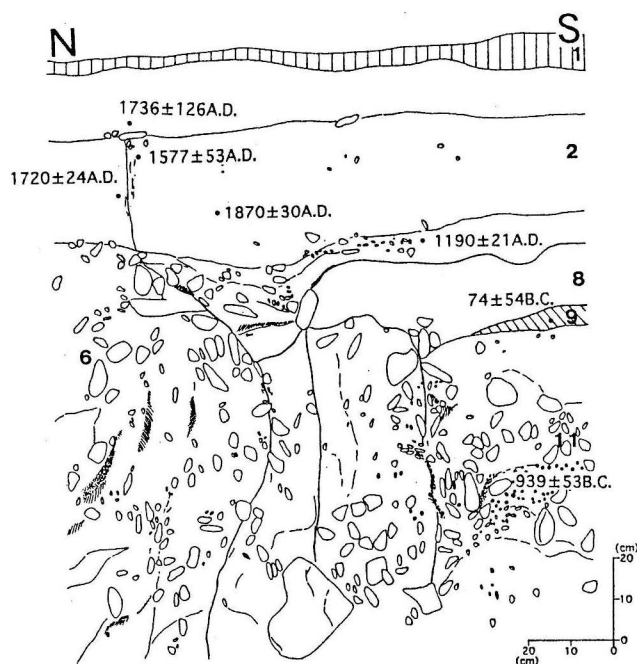


図5 矢板型地層抜き取り装置(ロングジオスライサー)の試験風景写真4の地層断面のスケッチ

掘った2本のトレンチ調査溝の間や横で実施した。大型のジオスライサーや矢板型のジオスライサーのテストは、断層の北側で古い固結した礫層の分布する場所をさけて、未固結層の分布する場所で実施した。

作業には、 0.5m^3 のパワーシャベルに10馬力のバイプロハンマーを吊り下げ、ジオスライサー本体とシャッターを地層中に打ち込んだ(写真2)。小型のジオスライサーの本体は、約1分で打ち込みを終わり、シャッターの貫入には20秒もかからなかった。装置の抜き取りも10数秒で終わり、全体の作業時間は5分以内であった。これによ

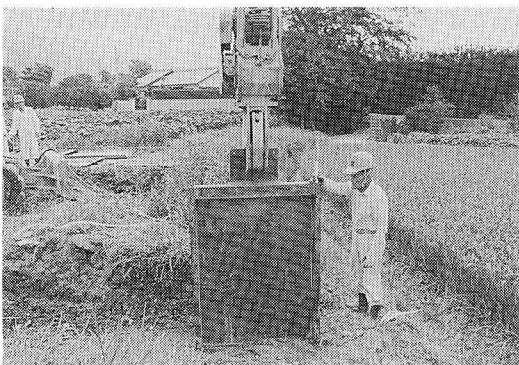


写真2 小型ジオスライサーの打ち込み作業
小型のパワーショベルに5馬力~10馬力のバイプロハンマーを吊り上げてジオスライサーを打ち込んでいるところ。

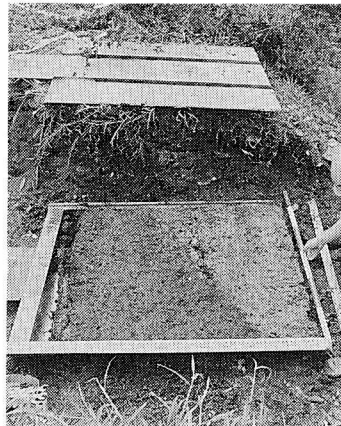
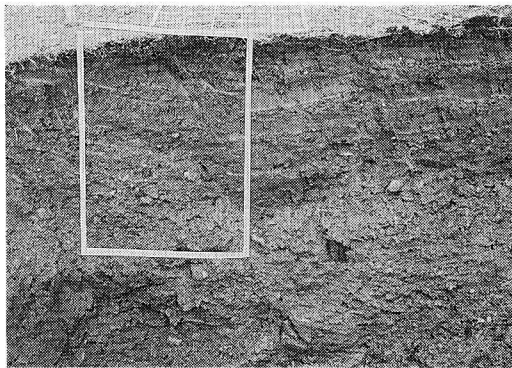


写真3 トレンチ断面とジオスライサー断面の比較

左の写真の白枠内がほぼジオスライサーで抜き取った部分(右の写真)に対応するが、互いに左右が逆になっていることに注意。

て、抜き取った地層断面には、見掛け上南から北に腐植土層が砂礫層に衝上しており、前回のトレンチ調査で観察された様子がよく復元されていた(写真3)。

中型のジオスライサーで抜き取られた地層は腐植土層や砂礫層から成り、断層変位の状況をはっきり示し、先のトレンチ調査の結果を追認することができる。砂礫層の中には直径10cm前後の礫も含まれており、断層変位を受けた流水堆積物の中にはドングリの集積や縄文土器の破片が認められる。トレンチ壁面のスケッチや写真と比較しても、抜き取った地層に引きずりや乱れが生じていないことがわかった(写真4)。このように、幅1.3m、深さ2m、厚さ15cmの断層変位を示す地層が、乱れもなく採取できたことは、予測していたとはいえ大きな驚きであった。

トレンチ調査では60~80度で南に傾斜した断層面が出現した。少なくとも数回のイベントを認定でき、古いもの(イベントⅢ)は約930~100 B.C.と推定できる証拠が得られた。壁面上部において層相の変化が乏しく、自然堆積層と人工改変層との区分が困難であったため、最新活動時期に関しては十分な成果を得ることができなかった。

上述の中型のジオスライサーの断面には2回以上のイベントが認められた(図5)。最も古いものはトレンチで認められたイベントⅢに相当し、イ

ベントIIは約100 B.C.~1200 A.D.である。表層直下の層準(第2層とする)において断層の上部への延長部で色調と粒度が異なる地層の境界面が認められることから、最新活動時期は、 1577 ± 53 A.D.~ 1736 ± 126 A.D.とも推定されるが、この境界面は断層と断定できるほど明瞭ではなかった。

最終イベントについてさらに詳細な検討を行う



写真4 中型ジオスライサーの抜き取り断面

ために、推定断層の西側延長部で小型ジオスライサーによって地層を抜き取った(図6)。前回の調査で認められた第2層での境界面は、地層断面が西になるにしたがい北側にかなり傾斜し、やや湾曲した境界へと変化しており、断層面の連続性は悪くなる。このことから、断層変位の可能性が指摘された第2層は盛土であり、断層状の境界面はその中の人工的な境界面である可能性が強くなった。一方、第2層以下の断層による切断を受けている層準から中世の盆の一部と思われる木片が出土したが、これと木片の包含層の年代測定とやや不調和であり、その解釈についてはさらに検討を加える必要がある。このように、調査結果は必ずしも明快な結論を引き出すまでには至っていないが、ジオスライサーを利用すれば活断層の活動時期などについても検証作業を比較的簡単に繰り返すことができることが明らかとなった。

大型のジオスライサーは抜き取る地層の幅が1.5m、深さ3mになる本格的なもので、トレンチ調査に代わり得るものとして製作した。最初の打ち込みテストでは、断層の北に分布する固結した古い礫層に達したところで貫入が困難になり、そ

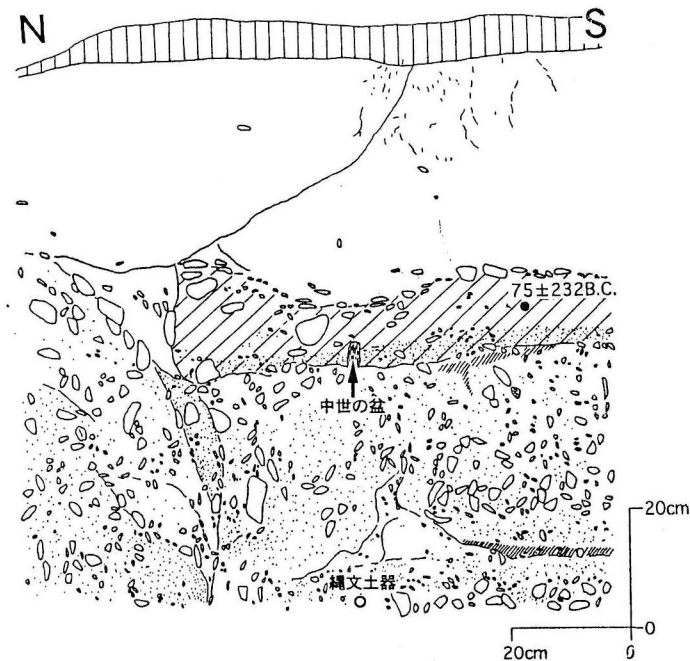


図6 小型ジオスライサーによる最新イベントの調査断面

れ以上の打ち込み作業を中止した。このため、断層の南側の地層を抜き取ることとし再度打ち込みを行った結果、幅 1.5m、深さ 2.7m の地層断面を得ることができ、この抜き取り装置が新たな調査法として極めて有望なものである確信を得ることができた (写真 1)。

このテスト作業では、矢板型のジオスライサーの試作品として、上述のような僅かな加工を施した長さ 5m の軽量鋼矢板を準備し、幅 20cm、厚さ 8cm の不攪乱の連続試料を採取することに成功した (写真 5)。

10 馬力のバイブロハンマーを用いた打ち込み作業は、長さ 5m の鋼矢板の打ち込みは約 1分、シャッターの打ち込みには 20 秒もかからなかった。装置の抜き取りの際には、刃先に圧搾空気を送り、抜き取り作業は 10 数秒で終わり、全体の作業時間は 5 分以内であった。

(2) 糸魚川-静岡構造線北部の長野県白馬村神城での大規模抜き取り調査 糸魚川静岡構造線系活断層の神城断層 (長野県白馬村) では、トレンチ調査では、完新世初期の湖成堆積物とアカホヤ降下以降の泥炭や腐植質粘土層が大きく西に向かって撓曲し、これを切る低角逆断層の見事な露

頭が出現した (図 7 (奥村ほか, 1996))。この逆断層をジオスライサーやを長尺の地層抜き取り装置 (ロングジオスライサー) を用いて、地下 10m に達するこの断層の内部構造を明らかにし活動履歴を解明するために大規模な方位連続試料の採取を試みた (原口ほか, 1997; 今泉ほか, 印刷中)。

60 馬力のバイブロハンマーを大型のクレーン車を用いた作業の結果、大型のジオスライサーでは幅 1.5m、長さ (深さ) 4m、厚さ 20cm の撓曲

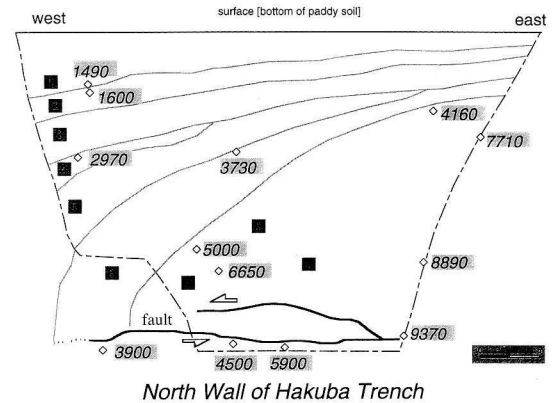


図 7 神城断層 (長野県白馬村) のトレンチ断面 (奥村ほか, 1996)

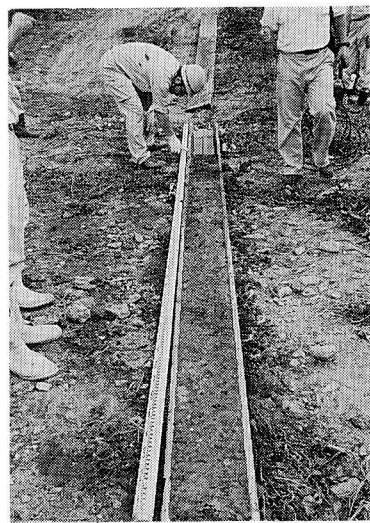
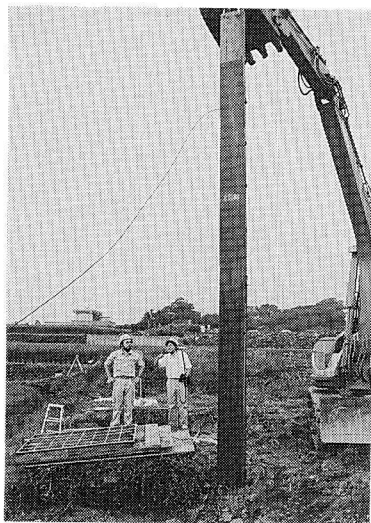


写真 5 矢板型地層抜き取り装置 (ロングジオスライサー) の試験風景
左: パワーシャベルと 10 馬力バイブロハンマーを使って、長さ 5m の自作のロングジオスライサーを打ち込んでいるところ
右: テストの結果得られた長さ 5m の不攪乱試料

構造を抜き取ること成功した(写真6)。ここでは、抜き取った地層を後から観察するために、トレーに移し換えて観察ヤードに移送した(写真7)。

また、ロングジオスライサーでは、幅40cm、厚さ12cm、深さ約11mの連続する定方位地層断面の地層が2本採取された(写真8)。そのうち

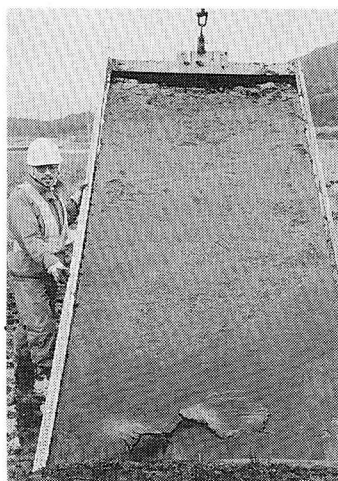


写真6 大型ジオスライサー(幅1.5m、長さ(深さ)4m、厚さ20cm)による神城断層の抜き取り断面。図7のトレンチ断面の西半に見られる撓曲構造が観察される。



写真7 大型ジオスライサーで採取した試料をトレーに移し換えて保存。背後に、ジオスライサーの本体とシャッターが見られる。

の1本では地層の傾斜が明瞭に確認されるとともに、深度10.5mで西に急傾斜する地層を切る断層が捉えられた(原口ほか, 1997)。さらに、ボーリングを加えた調査結果から、低角逆断層の活動に伴う未固結堆積物からなる地層変形の様子を読みとることが可能となった。

2地点におけるロングジオスライサーのサンプルとボーリングコアの観察結果に両地点を結ぶ表層約1.5mの地質断面を加え、両地点を結ぶ地下約20mの地質断面(図8)が得られ、この断層にともなう地層変形が次のように捉えられている(今泉ほか, 印刷中)。

A地点では地層は幅35cmの矢板の中に欠落することなく11mまで採取され、地表下6m付近までは泥炭層・黒泥、腐植質粘土層などの軟弱層が、1mから数10cmの厚さで繰り返す。腐植質粘土層にはところどころに砂層が挟まれており、これらの砂層の傾きから、この泥炭層・黒泥、腐植質粘土層のうち3mより下方は、西に緩く傾斜していることがわかる。

6m付近には厚さ20cmほどの砂礫層(亜円礫、礫径10cm~数cm)が下位の黒泥を削り込む。この黒泥より下には、やや締まった均質なシルト層、砂層、腐植質粘土層が数10cm毎に何枚も繰り返す。灰白色と黒褐色の縞模様を呈する。8mより下では、古神城湖に堆積した湖成層と考えられる均質なシルト層、砂層、腐植質粘土層が矢板の内壁に沿って上下に激しく引きずられているが、ボーリングコアと詳細に比較すると、シルト層、砂層、腐植質粘土層がつくる灰白色と黒褐色の縞模様はぴったり一致し、少なくとも矢板中心部付近では地層の上下の攪乱は全くないことがわかった。

B地点ではA地点と同様に地表下11mまで幅35cmの露頭断面が採取できた。矢板内壁に沿う引きずりと蓋板との摩擦で表面が引きずられた箇所が一部あったが、削り込むことによって地層観察は支障なく行えた。

盛土直下の砂礫層(亜角礫、礫径5~10cm)は、雑然と地下2.5mまで堆積し、下位の腐植質粘土層との境界(および腐植物の内部構造)の傾

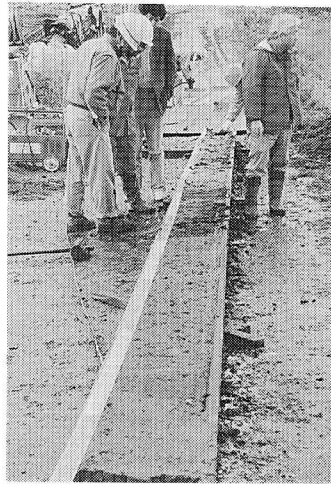


写真 8 白馬村神城におけるロングジオスライサーを用いた地層抜き取り作業
 左：大型クレーンを使った抜き取り作業
 右：採取された長尺の地層断面（約 12m）

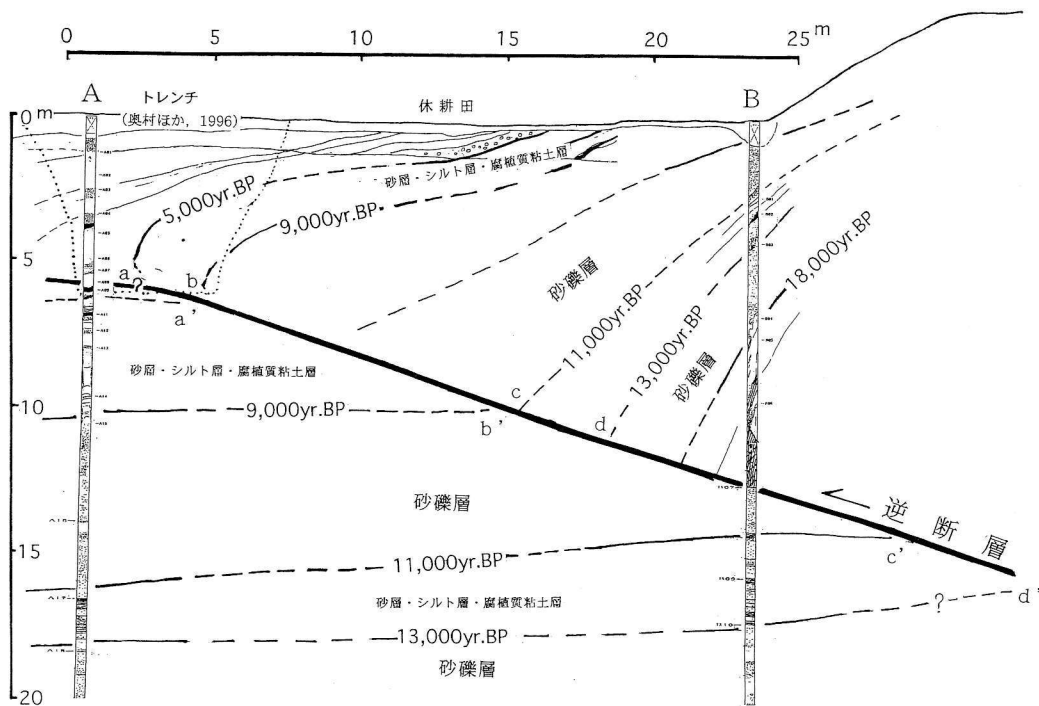


図 8 神城断層のジオスライサーとボーリングによる地質断面（今泉ほか，印刷中）

きから本砂礫層は西に 45 度傾斜していることがわかる。この砂礫層の下は、砂、シルト、腐植質粘土の互層が約 4 m 付近まで西に約 50 度傾斜して分布する。その下約 7 m 付近までは、砂礫層（垂

円礫、礫径 10 cm）が 60~70 度で西へ傾斜している。さらに 11 m までは砂、シルト、腐植質粘土の互層が続くが、地層面は傾斜 70~80 度とほとんど直立する。深度 10.5~11 m に、この直立する腐

植質粘土とシルトの互層を切る断層が観察されたが、この直下はかなり締まった砂礫層があり、これ以深には矢板を打ち込むことができなかつた。

(3) 旧江戸川河床における試料採取 日本のように沿岸平野の発達する国では、多くの大都市は堆積作用の活発な沖積平野に位置し、地表は著しく人工改変され過去の地震の証拠を微地形に基づいて探すことには著しい困難を伴うことが多い。したがって、沖積平野に伏在する活断層を調査することは地震防災上重要な意味を持つ。

このような活断層の調査では、浅海底の活断層調査手法を応用して音波探査によって川底に活断層を見だし、音響反射断面に異常が確認された地点を跨いで地層断面を抜き取る調査手法が有効である。首都圏の地震断層調査の一環として、1997年3月に旧江戸川河床の断層と推定される構造を挟む地点（水深約6m）でロングジオスライサーを用いて地層断面を採取する調査が実施されている（原口ほか、印刷中）。

調査は、大型のクレーンを設置した作業台船を川底に見いだされた断層と推定された異常構造に直交する方向に係留し、陸上の地層抜き取り作業と同じようにバイプロハンマーを使用して試料を採取する方法がとられている（写真9）。また、株式会社技研製作所の無振動の油圧式杭圧入・引き抜き機（Zeropiler）を用いて、連続的に試料採取をする方法も試みられた。

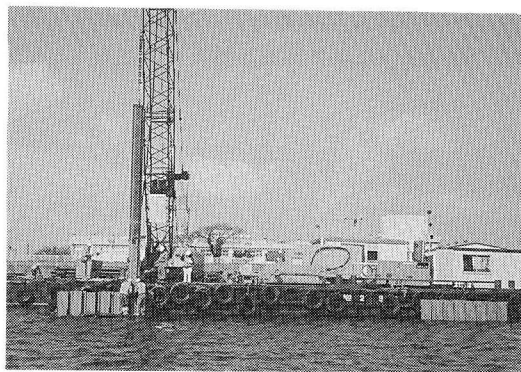


写真9 旧江戸川河床の沖積層異常堆積構造解明のためのロングジオスライサーによる地層抜き取り作業。川面に作業台船を係留し、矢板を打ち込んでいるところ。

作業効率を考慮してこの調査ではAタイプのシャッターを使用した。引き抜きの際に矢板の本体とシャッターが空中で分離しないように大型のシャコマン（G-clamp）で緊定し、これらを台船上に横たえた後に開放して矢板内部に採取された試料を観察した。河床下の沖積層は未固結の軟弱な泥層を主としており、バイプロハンマーを用いた10mの矢板の打ち込み・抜き取り作業は数分以内で完了した。Zeropilerによる試料採取は、沖積層が軟弱すぎたために半力をとる矢板が装置の重量に十分に堪えられるだけの支持力がなく、クレーンによってZeropilerが傾かないように保持する必要があったが、無振動で矢板の圧入・引き抜き作業を実施することができ、不攪乱の連続試料を採取することができた。

その結果、川底から深さ約9mの連続地層断面が採取された（写真10）。こうして上下流方向に延長幅約20m区間で、断続的ながらも、完新世の軟弱な未固結堆積層を幅30cmの地層断面と

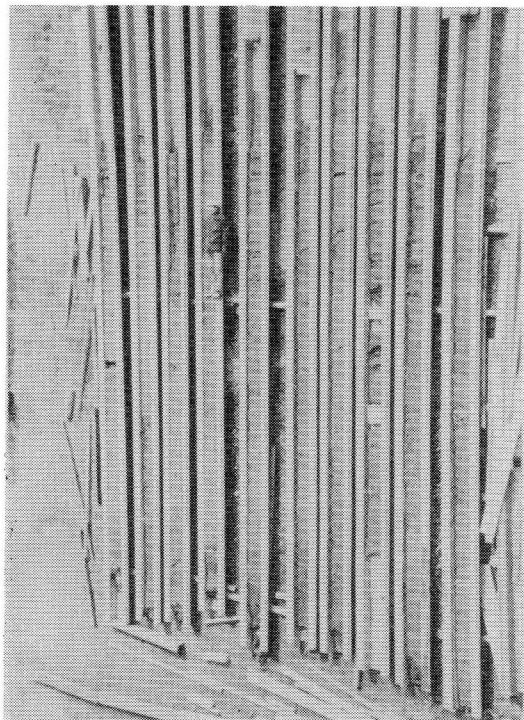


写真10 旧江戸川河床の連続地層断面（原口ほか、印刷中）
深さ9mに達する地層断面が連続的に採取されている。

してほとんど不攪乱状態で採取することができた。採取された堆積物からは堆積構造や生痕化石などが詳細に観察でき、さらに縦ずれ量約30cmの正断層状の地割れを跡(写真11)を含む地層断面を採取した。

ジオスライサーによる活断層研究の 新たな展開と問題点

ジオスライサーを使った調査の特徴は、調査に要する土地が狭くてもよいこと、調査に伴う土地の破壊が小規模にとどまることである。このため、トレンチ調査の際に特に問題となる用地確保の苦勞が大いに軽減されるという特徴がある(図9A)。深さ3mの断面を観察するために抜き取る土量は 0.5m^3 前後で、トレンチ掘削調査で掘削する土量の優に100分の1以下である。トレンチ掘削調査は、都市内部のように土地利用の高度化した場所では、よほどの条件が整わない限り不可能であったが、この地層抜き取り装置を使えば調査が可能となる。断層の位置を確認するような単純な調査はどこでも実施できるので、都市域のように従来調査が困難な場所での調査が可能となり、防災対策や安全な土地利用の実現にとって有力な手段となる。地層抜き取りにかかる時間は、装置の設置時間を入れても1地点1時間程度であり、トレンチ調査とは比較にならないほど調査効率が高く、これに伴って調査経費も大いに節減される。また、軟弱地盤は細粒堆積物からなり年代測定試料が得られる可能性が高いが、トレンチ調査は重機の搬入が困難であり、またトレンチを掘削しても地下水面が浅く出水に悩まされ、法面の保持も難しいことから調査が断念された例が多かった。今回開発した装置をクレーンなどで吊り上げ、遠隔操作により作業を行えば、これらの問題

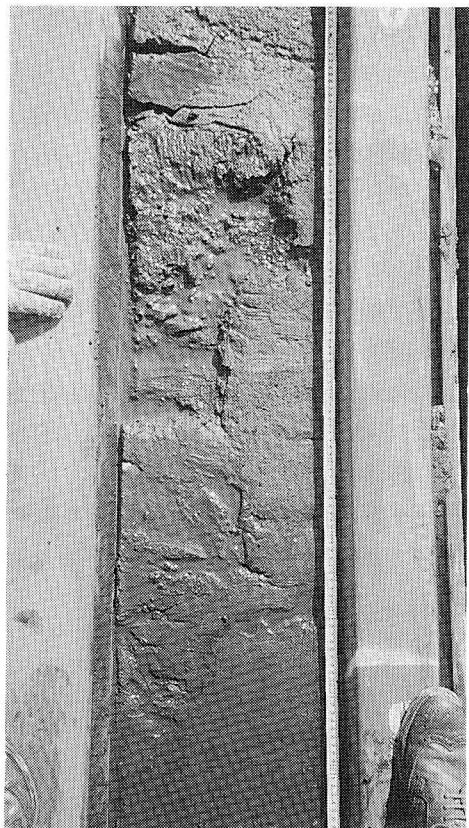


写真11 ロングジオスライサーによって採取された正断層状の地割れ
約30cmの正断層状のずれが川底下数十センチの地層に認められた。

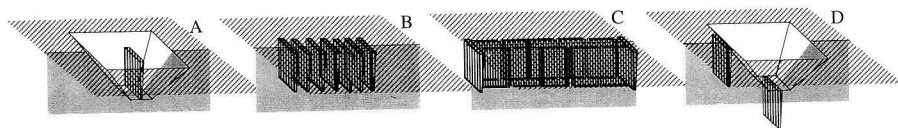


図9 ジオスライサーを用いた活断層調査の実施案

- A: トレンチ調査に比べてジオスライサーによる調査がいかに自然破壊が少ないかを示している。
- B: 断層線に直交して地層を刺身状に抜き取り、活断層の三次元構造を明らかにする。
- C: 断層線を挟んで、互いに平行する地層断面を抜き取り、横ずれ変位量を明らかにする。
- D: トレンチ調査と併用して、断層の最終活動時期を検討する試料を抜き取ったり、トレンチ底からさらに深部の断層構造を明らかにする。

も解決され、効果的な調査が可能となる。

このような地層抜き取り装置を使えば、これまでのトレンチ調査法では困難であった以下のような活断層研究の新たな展開が可能となる。

1. 仮説立証型の調査の実施

任意の地点で調査が行える可能性が高まったため、問題解明に適した場所で仮説立証型の調査が実現でき、そのメリットは大きい。採取される地層は垂直断面であり、地下の状態を容易に地表において観察できるので、従来より正確なスケッチや試料採取が可能となる。また、複数の研究者が露頭を囲んで断層変位基準などの詳細な検討が行える。さらに、抜き取った地層はそのまま保管した後で再び取り出して観察したり、一度調査した地点を再調査することが可能なため、追認調査や調査結果について第三者による評価を受けることができる。

2. 活断層の三次元構造の解明

これまでのトレンチ調査では、断層の三次元構造の解明を目的としてE型や日型のトレンチが掘られた例はあるが、トレンチ壁面の間隔が広いことため所期の目的を達した調査は極めて限られている。アメリカでは乾燥地域に発達する活断層を対象に、Wesnousky ほか (1991) が約 30 cm 間隔で地層を垂直に削ぎ落しながら活断層の断面を観察するトレンチ調査を試みた例はあるが、日本のような湿潤で地下水面の浅い地域では、このようなトレンチ掘削は極めて困難であり、この種の調査が実施された例を筆者は知らない。本調査法では断層を横切って刺身状に多数の地層抜き取りを行うことが可能なため (図 9 B), 活断層の三次元構造の解明を行うことができる。これによって、断層変位の累積過程を詳細に復元し、地震の繰り返し発生の特徴や活断層地形の形成過程を明らかにすることができる。

3. 横ずれ変位量の解明

日本の各地でトレンチ調査によって多くの横ずれ断層のトレンチ発掘調査が行われてきたが、大部分のトレンチは活断層に直交する溝状のもので、変位量の解明に適したものではなかった。従って、中央構造線活断層系の伊予西条のトレン

チでの調査例 (Tsutsumi and others, 1991) のほかには、日本で横ずれ変位量が解明されたものはない。この調査装置を使えば、断層を挟んだ両側で断層のごく近傍で平行して地層の抜き取りを連続的に行うことができるので、断層変位によって横ずれしたチャンネル堆積物などの変位基準を見だし、横ずれ変位量と断層活動時期を解明することが可能となる (図 9 C)。

4. トレンチ調査との併用による掘削深度の拡大と調査精度の向上

地層抜き取り装置による試料の採取は、トレンチ調査と併用することによってもその威力を発揮する (図 9 D)。これにはトレンチ掘削によって確認された断層の垂直断面の観察や、トレンチ底からさらに深部の断層変位構造を知るための抜き取り、最新イベント判定のための浅層の断層断面の抜き取りなどがある。目視観察でははっきりしない構造については、極薄層断面の抜き取り装置によりソフト X 線解析などのための試料を得ることができる。

5. 活断層の浅部構造の解明

矢板を用いたロングジオスライサー調査の特徴は、これまでボーリングやシンウォールサンプラーでは困難であった未固結の地層を不攪乱試料を、簡潔な作業によって深さ十数メートルにわたって短時間で連続的に採取することが可能となることである。このため、トレンチ調査法では調査が困難な活断層の深部構造の調査、特に低角度の逆断層の構造解明には重要な調査手段となる。矢板型地層抜き取り装置を水平方向に連続的に展開することによって、地下の様子を幅広い断面で観察することも可能である。このほか、第四紀層の堆積構造の解明にとって、地層の面的な観察は極めて重要な情報を提供することになり、津波堆積物や液状化現象の確認、土壌調査、考古学的調査の予備トレンチなどには極めて効果的な調査法として大いに威力を発揮するであろう。

しかしながら、ジオスライサーを用いた地質調査法には未だ改良すべき点がないわけではない。ロングジオスライサーでは、堆積物が均質な細粒の砂層の場合は、打ち込み時のバイプロハンマー

による振動に伴う変形や、矢板内部での地層との間の引きずり変形は早急に解決すべき問題である。前者については、上述した無振動の油圧圧入・引き抜き装置と組み合わせた簡便な地層抜き取り法を開発するなど、調査実施作業の改善も考慮したより完成された調査システムにして行く予定である。また、後者については、幅広く浅い矢板を本体として利用するか、ロングジオスライサー専用の矢板型の本体を作って対処すれば解決できると考えている。いずれにしても、これらの問題は技術的に解決が可能であり、活断層調査の新たな手法として威力を発揮するためにジオスライサーがさらに進化していくことが期待される。

おわりに

ジオスライサーの基本的なアイディアは島崎邦彦氏との共同研究によるものである。装置の製作には、西谷機工株式会社専務の西谷義数氏に格別のご協力をいただいた。ジオスライサーの調査手法の開発では、原口 強氏らと共同研究を行っている。伊予三島市の中央構造線のトレンチ現場での調査手法のテストでは、地主の守谷氏には再度にわたる土地の使用をお許しいただいた。また、旧江戸川における調査では株式会社技研製作所の全面的なご協力を頂いた。この装置のテストにおいて山梨大学教育学部の今泉俊文氏、広島大学大学院の後藤秀昭氏、動燃東濃地科学センターの石丸恒存氏など多数の方々のご助力を得た。記して感謝したい。

文 献

- 今泉俊文・原口 強・中田 高・奥村晃史・東郷正美・池田安隆・佐藤比呂志・島崎邦彦・宮内崇裕・柳 博美・石丸恒存, (印刷中), 地層抜き取り調査とボーリング調査による糸静線活断層系・神城断層のスリップレートの検討, 活断層研究, 16.
- 岡田篤正・安藤雅孝・佃 為成, 1981, 鹿野断層発掘調査とその地形・地質・地震学的考察, 京都大学防災研究年報, 24-B, 105-126.
- 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・澤 祥・東郷正美, 1996, 糸魚川-静岡構造線活断層系北部の最近の断層活動, 日本第四紀学会講演要旨集, 26, 110-111.
- 後藤秀昭・中田 高・高田圭太・熊原康博, 1997, Geoslicerによる中央構造線活断層系・池田断層西端部の最新活動時期の再検討, 日本地理学会発表要旨集, No. 52, 212-216.
- 中田 高・島崎邦彦, 1997, 活断層調査のための地層抜き取り装置 (Geo-slicer), 地学雑誌, 106-1, 59-69.
- 原口 強・今泉俊文・小島圭二・池田安隆・佐藤比呂志・中田 高・奥村晃史・石丸恒存・東郷正美・上田圭二・井上 基, (印刷中), 活断層調査における定方位連続地層採取方法と神城断層の変位速度, 土と基礎
- 原口 強・中田 高・島崎邦彦・今泉俊文・小島圭二・石丸恒存, (印刷中), 未固結堆積物の定方位連続地層採取方法の開発とその応用, 応用地質, 38.
- Sieh, K. E., 1978, Pre-historic large earthquakes produced by slip on the San Andreas fault at Pallet Creek, California, J. Geophys. Res., 83, B8, 3907-3939.
- Tsutsumi, H., Okada, A., Nakata, T., Ando, M. and Tsukuda, T., 1991, Timing and displacement of Holocene Faulting on the Median Tectonic Line in Central Shikoku, Southwest Japan, J. Structural Geol., 13, 227-233.
- Wesnousky, S. G., Prentice, C. S. and Sieh, K. E., 1991, Offset Holocene Stream Channel and Rate of Slip along the Northern Reach of the San Jacinto Fault, San Bernardino Valley, California, Geological Society of America Bulletin, v. 103, p. 700-709.

VLF電波で地震予知は可能か？

早川正士

1. ま え が き

地震の短期予知の重要性は万人が認める所であるが、本年6月に文部省測地学審議会の報告として「地震（短期）予知は不可能」とする見解が出され、多くの波紋を呼んでいる。特に、地震の短期予知を目指して努力している研究者（世界的には極めて少数であるが）にとっては死活問題となりつつある。しかし、近年従来の地殻変動等を測定する方法とは異なり、地震の短期予知の候補として電磁気現象や地球化学的現象が有望であることが注目され、多くの研究が精力的に進められている（Hayakawa and Fujinawa, 1994; Hayakawa, 1996）。直流の地電流測定（通常VAN法）やULF電波、VLF/LF電波、HF電波など直接的に発生するものを受信しようとする方法も提案されている（Hayakawa and Fujinawa (1994)中の種々の論文を参考されたし）。本論文では全く新しい方式を提案する。即ち、前述のいろいろな周波数での電磁波は震源（ないしは地上面近くかも知れないが）から直接的に発生したものを捉えようとするものであるが、オメガ局などのVLF/LF送信局からの電波を用いた方法では震央上での大気や電離層の異常を検出するものである。このような既存電波の伝搬を用いる手法では、前述した自然電波のように雑音（雷からの空電や人工衛星）の影響が著しく少なく、又その送信場所、送信電力、送信電波数が既知であるという特点がある。本論文ではこの方法による過去の結果をレビューし、最近の神戸地震での信頼できるデータを提示することにより、この方法の有望さを紹介する。次に、約10年程度にわたる対馬-犬吠パスでの統計的結果及び宇宙開発事業団

(NASDA)/電通大による地球リモートセンシングフロンティア計画での最新の結果も紹介する。本現象のメカニズムや将来の研究方針にも触れる。

2. VLF送信局（オメガVLF送信局）の使用について

VLF (10~20 kHz 前後) 帯の周波数においては多数のVLF送信局が世界中に存在している。そのうち最も良く知られているのがオメガ局である。その送信周波数は10 kHz 前後である。世界中のどの地点においても複数のオメガ局が受信され、それらの方位を測定して自身の位置を決定することが可能で航行（ナビゲーション）用に用いられて来ている。本来オメガVLF局電波は航行用電波であるが、地球物理的にも1970~1980年にかけて下部電離層の電子密度を測定するために永らく有効に使用されて来た（Wait, 1970）。下部電離層はロケットなどでも測定が困難であり、VLF波の使用が有効と考えられて来た。即ち、高度が1 km 程度変化しても、電離層・大地導波管伝搬での位相が極めて敏感に反応するためである。しかし、1980年以降この研究はほとんど終息した。

しかし、1980年以降は全く別の観点からVLF送信局電波の使用がまた注目されている。雷からのVLF電波が電離層を透過し磁気圏に侵入し、磁気圏内荷電粒子と相互作用し、それらの粒子を下部電離層へ降下させる。すると、その降下電子により下部電離層中に局所的な異常電離が発生する。このような異常電離の検出にオメガ局などVLF/LF局伝搬が有用であることが明らかになって来ており、近年のスペースの最先端の学問

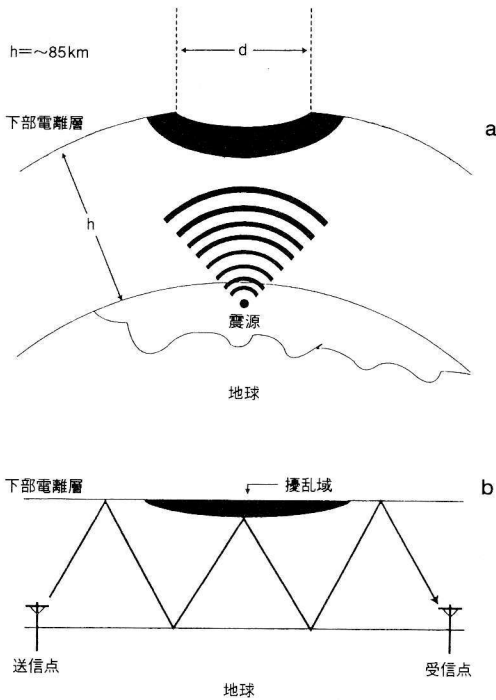


図 1 (a) 地震に伴う電離層擾乱のモデル図 (地震の前兆として下部電離層が擾乱され、電離層下端が数 km 低下する.)、(b) 電離層擾乱による伝搬異常 (電離層擾乱が発生すると、電離層・大地導波管内を伝搬して来る VLF 局電波に伝搬異常 (振幅や位相異常) が起こる.)。

となっている。磁気圏波動・粒子相互作用の定量的評価として電離層への降下電子を VLF 電離層・大地導波管伝搬異常 (Trimpi 現象という) により研究するものである (Armstrong, 1983; Inan et al., 1988; Rycroft, 1991)。

本論文では VLF 電離層・大地導波管伝搬の全く新しい使用を提示するものである。即ち、地震に伴う電離層擾乱を VLF 波により検出しようとするものである。しかし、原理的には、VLF 伝搬路上にて伝搬異常 (電離異常) が存在すれば、VLF 波の特性 (振幅や位相) には異常が起こる点では前述したスペース物理での現象と全く同様である。電離層擾乱の原因が磁気圏内の波動・粒子相互作用の帰結による電子降下 (Trimpi 現象) でも、地震に伴うものでも同じ現象として検出できるということである。図 1 (a), (b) を参照せよ。勿論、VLF 伝搬異常の諸特性 (発生特性、継続時間など) は異なることが予想される。

3. 地震に伴う VLF 伝搬異常に関する過去の研究

先ず従来の結果を紹介しよう。実際の伝搬異常の例を図 2 に示す。このイベントは 1983 年 12 月 30 日に発生したコーカサス地方の地震 (M=7.2, オメガ局と受信点を示す図 3 において×にて示し

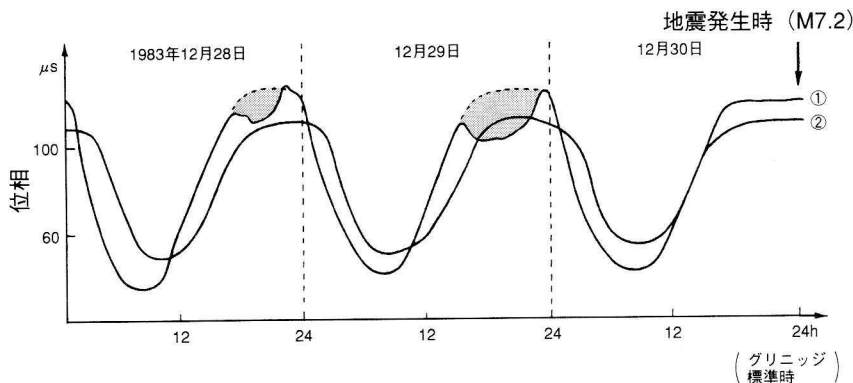


図 2 オメガ波の捉えた地震の前兆。この地震の震央の位置は図 3 に示してある。カーブ 1 はレユニオン-オムスクパスでの位相変化を示し、地震の数日前には位相に異常が現れている (破線は地震のない日の平均的な日変化パターン)。カーブ 2 は同時刻のリベリア-オムスクの位相変化。図 3 からわかるようにこのパスは震央から充分離れているため、何の変化も認められない。

である。)に対する位相変化を示したものである (Gufeld and Marenko, 1992). 図2中のカーブ1は図3でのレユニオン-オムスクパスに対する結果で、実線は地震の数日前での変化を示す。他方、破線は普通の日(地震のない日)の位相の平均的日変化パターンである。この地震の震央はレユニオン-オムスクを通る大円からの距離がほぼ500 kmで、これは第1フレネルゾーンの端にあたる(大円からどの程度離れたものまで感ずるかの一つの目安として、第1フレネルゾーンを考える)。それに対して震央から充分離れたリベリア-オムスクパスでは何の擾乱も観測されないことがカーブ2より理解されよう。筆者も図2の結果をはじめて見せられた時にはどうしても信ずることは出来なかったのを覚えている。

図2のカーブ1のような変化が異常か否かは統計的な手法により決定する。このような異常には、(1)太陽爆発によるもの、(2)2節で述べた磁気圏内での効果によるもの、(3)その他(地震に関係する)が考えられる。先ず、(1)の太陽フレアの効果はフレアの時刻がわかっており、しかもすべてのパス(世界中)に発生するので、すぐに分離できる。(2)の効果は主として中高緯度(磁気緯度

45°以上)にて発生するが、同時に雷やホイスラその他が受信されるし、又その継続時間が30秒以下と短いので、これも容易に分離できる。次に、(3)の地震に関するものは日本のような低緯度にて発生することや、その継続時間などから(1)、(2)ではないことは明らかである。

その後、1988年12月7日のアルメニアのスピタック地震(Ms~7.0)に対して顕著な伝搬異常が見出された(Gufeld and Marenko, 1992)。この観測結果はオメガ局 VLF 電波の電離層・大地導波管伝搬波をロシア国内にて受信したものである(図3参照)。図4はスピタック地震での位相変化を描いたもので、破線はレユニオン-レニングラード経路の結果、実線はリベリア-オムスク経路の結果である。震央は両パスから500~600 km 離れているが、第1フレネルゾーンのぎりぎりである。位相の異常(図中にて斜線の部分)が1週間前程度より出現しはじめ、数日前にはその異常の発生頻度が著しく上昇しているのが理解されよう。異常(正常)の判定の客観性は重要な要素であり、その判定はその月の平均値、標準偏差などの詳細な解析に基づいている。図4では 2σ (σ : 標準偏差)を超えているという極めてきびしい基

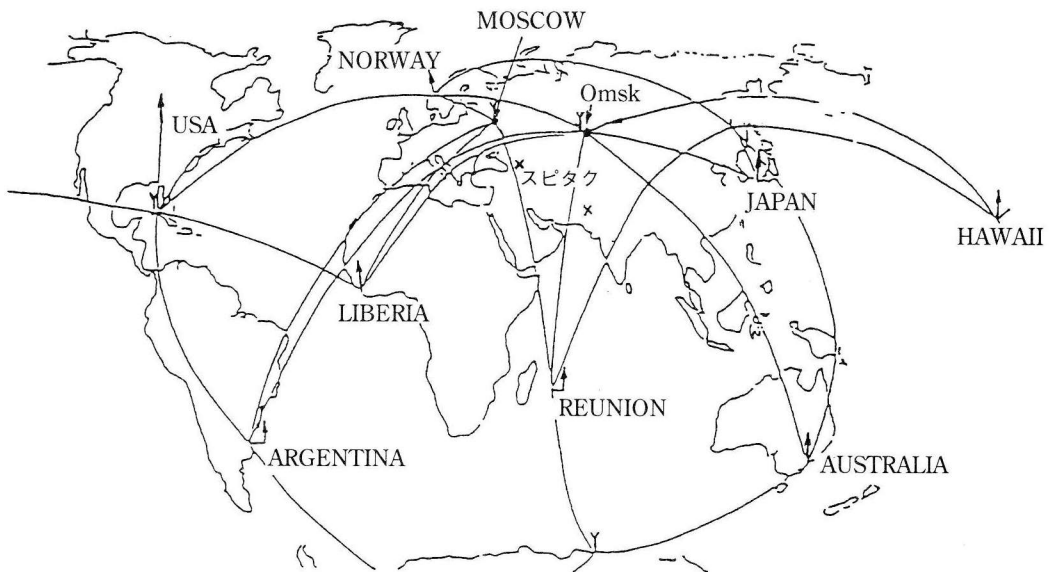


図3 オメガ送信局の配置図とロシアの受信観測点(モスクワ、オムスク)。スピタック地震とコーカサス地震の位置が×にて示されている。

準を用いている。スピタク地震後の長期間のデータは示していないが 2σ を超えるような異常は全く観測されていない。この結果は大変説得力のある事実であると思われる。これを見た時点で、筆者も何かあると感ぜざるを得なかった。

その後、ロシアのグループ (Gufeld et al., 1994) のより多くのイベントに対する研究及び早川・佐藤 (1994) の日本近傍 (関東近傍) での研究も行われている。早川他はハワイのオメガ局を

愛知県豊川市にて受信したデータを用いて、関東近傍の7ヶの地震に対して振幅異常があることを見出している。以上の日本、ロシアでの研究はVLF波を用いた地震予知の可能性を示唆している。

4. 神戸地震でのVLF伝搬異常の検出

1995年1月17日の阪神大震災 (M=7.3) (震源

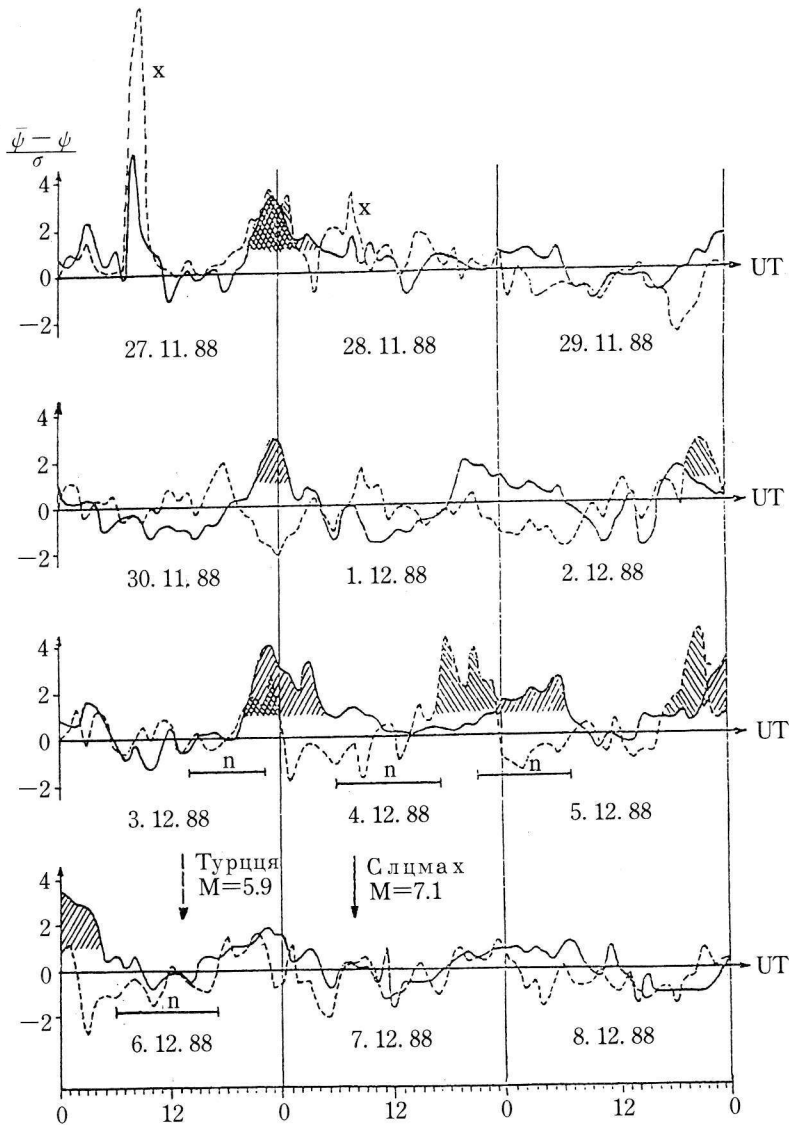


図4 スピタク地震に伴う位相の擾乱を示す図。 $\bar{\phi}$, ϕ は位相の月平均値とその時刻の値。
 σ : 標準偏差。破線はレユニオン-レンングラードパスの変化、実線はリベリア-オムスクパスの変化。12月7日にM=7.1のスピタク地震が起こっている。

の深さ 20 km) に対する VLF 伝搬異常の最新の結果を紹介しよう。対馬オメガ VLF 局を通信総合研究所犬吠電波観測所にて受信した結果を紹介しよう。このデータ解析は通信総合研究所との共同研究である。図 5 は対馬と犬吠とを結ぶ大円及び地震の震央との関係を示す。即ち、震央が大円に極めて近い(大円からの距離 100 km 以下)ため極めて好都合である。前述したロシアや我々の解析では伝搬距離は 5,000~9,000 km という長距離伝搬であったが、対馬-犬吠の伝搬距離は 1,000 km 前後であり、VLF 電離層・大地導波管伝搬としては近距離伝搬と言える。我々の解析の重要な諸点を列記してみよう。

(1) 従来の Gufeld らや早川らの解析では長距離伝搬(伝搬距離は少なくとも数 1,000 km 以上である)を取り扱い、図 2, 4 のように夜間での位相変動として観測される。そこで、同様の解析を対馬-犬吠データに対して行ったが、夜間における位相変動が大きくなっていることは確

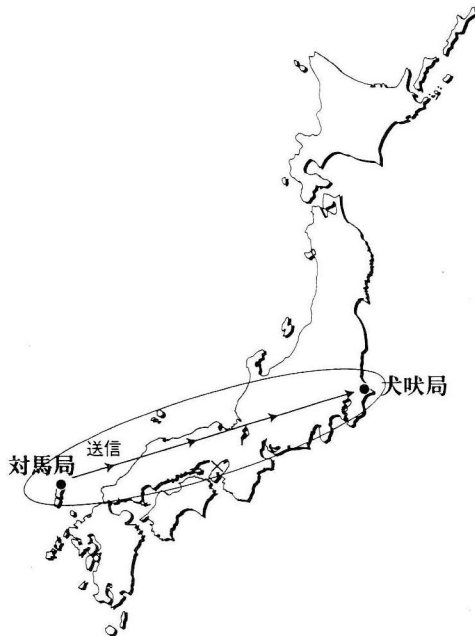


図 5 オメガ局 VLF 電波による神戸地震の際の伝搬異常の観測(×印は神戸地震の震源。対馬局と犬吠局を結んだ大円から 100 km 程度ずれているが、観測のためには十分な近さである。図で楕円の範囲であれば、異常を検知できる。)

認されたが、それほど著しいものではなかった。このことは、本パスの様な短距離伝搬では従来の解析方法はそれほど有効でないことが判明した。

(2) 我々のような短距離伝搬路では、夜間よりも日出、日没時間が最も顕著な変化を示すことを発見した。即ち、長距離伝搬では単一モード伝搬であるが、近距離伝搬では多モード伝搬で、日出、日没付近において著しい変化が期待できる。図 6 は犬吠観測所での 10.2 kHz の位相変化の日変化プロットを地震前後二週間ほどに対して描いたものである。一日毎の位相変化がすべての日に対して同じスケールにてプロットしている。日出、日没付近に位相最小の時刻が見出せる。この位相最小点は短距離伝搬による多モードの干渉によるものである。位相最小を示す時刻(ターミネータ・タイムと呼ぶ)(日出付近の t_m , 日没付近の t_e) の変化を見よう。地震の数日前より t_m は早くなり、 t_e は遅くなっている。即ち、電波の感ずる日中の時間が長くなっているのが理解されよう。この影響は地震後数日すると、全体の変化は地震二週間前の変化に戻っていることがわかっていく。図 6 は地震前後二週間程度の変化であるが、更に長期間の結果を示そう。我々は地震の前後±4ヶ月のデータを調べているが、図 7 はその t_e に関する結果である。実線は±1日の平均値をプロットしている。地震の数日前の所における t_e の変動ピークは 2σ を大きく越え、この異常が偶然ではないことを物語っている。更に、図には示さないが、振幅での最小を示す時間も全く同様の特性を示している。それでは、この異常が地磁気擾乱と関係するのではないかも調べる必要がある。例えば、地震の数週間前は ΣK (K は柿岡での 3 時間地磁気活動指数, Σ は一日和を示す) は 15 以下で、地磁気的には極めて静穏である。このことはこれらの異常が磁気圏効果(磁気圏内波動・粒子相互作用による粒子降下)によるものでないものと言える。結論として、本報告での新しい異常は地震に関係すると考えざるを得ない。

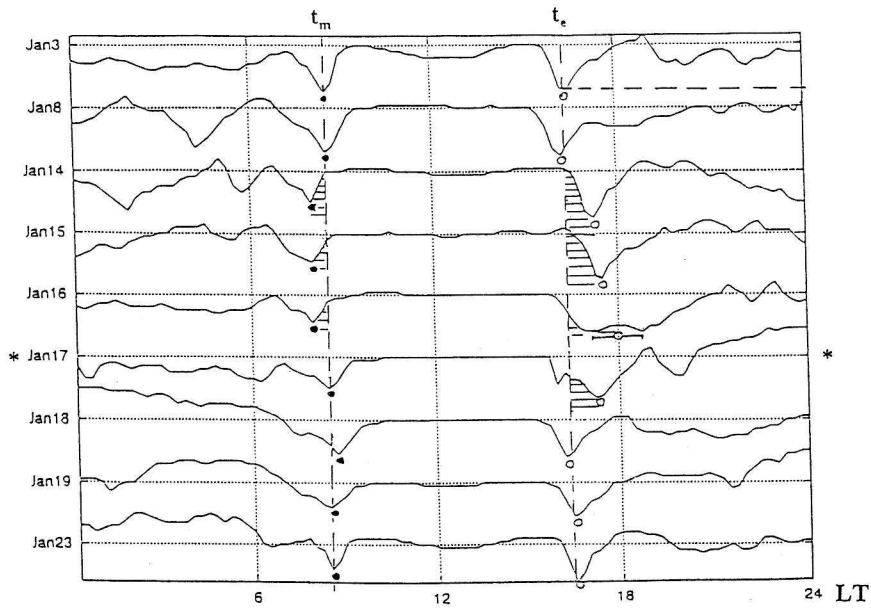


図 6 神戸地震に対するオメガ VLF 電波 (対馬-犬吠経路) の異常. 位相 (10.3 kHz) 変化を地震の前後で連続的に示したグラフ. ○, ● は日出及び日没付近の位相最小の時刻 (ターミネータ・タイムと呼ぶ) で, 斜線の部分が異常を示す.

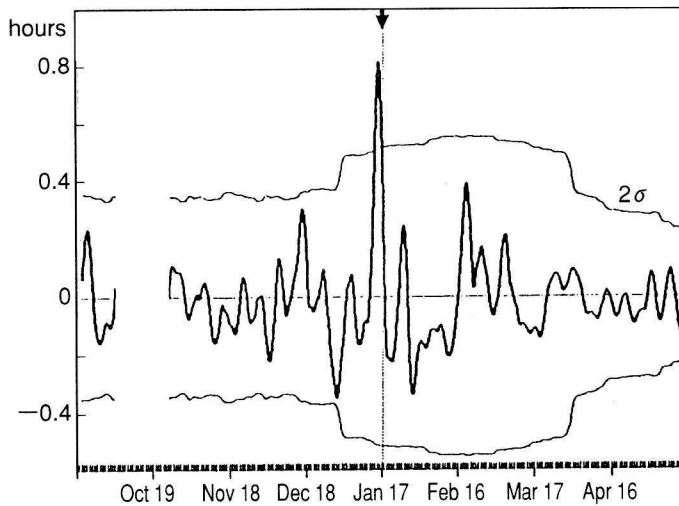


図 7 神戸地震前後のターミネータ・タイム (t_e , 10.2 kHz の位相の日没前後の最小となる時刻) の変動を ±4 ヶ月にわたって描いた図. 0 は月平均値を示し, 2σ (σ : 標準偏差) も示してある. 実線はその前後 1 日の平均値を描いている.

図 6, 図 7 の (t_e , t_m) の異常は如何なる機構によるものであるかを考えよう. 詳細は Haya-kawa et al. (1996 a, b) を参照していただくとして, 大まかな解釈を示そう. 電波伝搬の観点から

すると, 1 次~4 次モードを考え, 下部電離層の VLF 反射高度が数 km 下がるとすると, 図 6, 図 7 (t_e , t_m) の位相最小の時刻の異常は説明できることが明らかになっている. 何らかの機構により

下部電離層が低下しているのであろう。

5. 長期間データに基づく解析と 電離層擾乱の発生機構の示唆

神戸地震でのターミネータ・タイム法による結果は大変勇気づけられるものである。そこで、過去の犬吠データを徹底的に調査した。犬吠観測所で保存されているデータは(1)1978年1月～1983年12月(6年間)と(2)1989年1月～1995年12月(7年間)の13年間のデータであった。比較的大きな地震を対象として、(i)マグニチュード(M) ≥ 6.0 , (ii)震央が対馬-犬吠に対して第1フレネルゾーンの内にあるものとした。従って、ほとんどの地震は日本列島周辺である。比較のため、日本列島から400 km程度離れた海の中での強い地震2例も解析した。全部で11イベントが見出されたが、これらの11例に対して前述したターミネータ・タイムに異常が出現しているか否かを調査した。その結果は以下の通りである。

- (1) 深さ(d) < 30 kmの浅い地震に対しては、5例のうち4例に対しては神戸地震同様のターミネータ・タイムの異常が明瞭に認められた。
- (2) dが30 km～100 kmのものについては1.5/2でターミネータ・タイムに異常が認められた。1.5とは1例ははっきりしていたが、もう1例がありそうではあるが、はっきりと結論できなかったためである。
- (3) d > 100 kmの地震に対しては4例中すべて異常は認められなかった。うち2例の海の強い地震2例に対しては異常はなかった。

次に、ターミネータ・タイムの異常を引き起こす物理機構を示唆する図を1例示そう。図8(a)は上述した11例のうち1例(1978年6月4日、M=6.1, d=0 km, 鳥取地方)に対するターミネータ・タイム(t_e)の変化を示したものである。地震の前に t_e に異常(黒く描いた部分)が認められる。図8(b)にはターミネータ・タイム(t_e)の長期間にわたる調和解析による変動成分の時間変化を等高線表示したものである。後の▲の時刻がこの地震の発生時刻である。縦軸は変動成分が

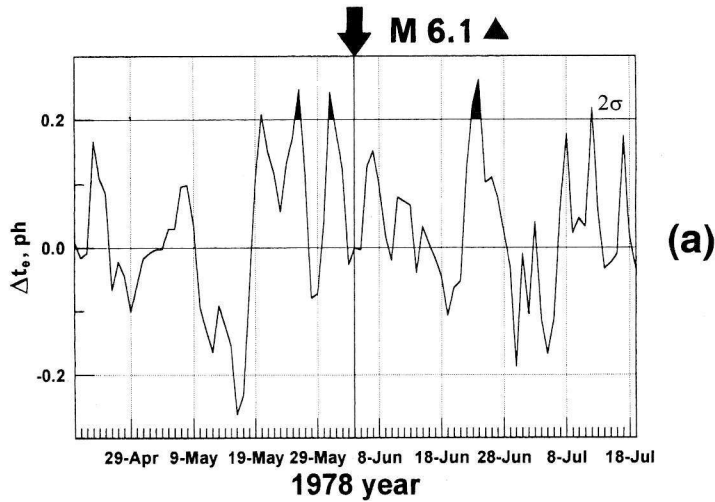
日単位で示してある。この図からターミネータ・タイムに異常が出る時には、地震の前に5日周期又は10日周期(図8(b)の左の▲の地震に対しては出ている)が存在していることがわかる。すべての11イベントに対する解析から、ターミネータ・タイムに異常が出るには次の条件が必要であることが判明した。

- (1) 5日又は10日周期の大気振動が地震の前に存在していること。
- (2) 浅い地震(深さが30 km程度より浅い)であること。
- (3) 震央が第1フレネルゾーン程度の中にあること。

VLF送信局電波によるターミネータ・タイムの異常は上層大気の臨界状態でのトリガー現象と考えられ、この臨界状態の標識となるのが大気重力波の共鳴振動(5日又は10日周期)である。この臨界状態にて浅い地震からの影響が下部電離層へ伝わり、電離層下端での低下を引き起こしているのであろう。この大気振動は主としては風によると考えられているが、地震が関係している可能性も否定できない。この我々の発見は地殻-大気-電離層までの強い結合を示唆するものと考えられる。

6. 宇宙開発事業団/電通大地震リモート センシングフロンティア計画による結果

平成8年度より宇宙開発事業団(NASDA)は地震リモートセンシングフロンティア計画を開始したが、平成8年度、平成9年度の最重要観測項目はVLF/LF送信局電波を用いた方法である。平成8年度には(1)調布(電通大)と(2)春日井(中部大)の二拠点を設置した。我々のプロジェクトでは、各観測点では従来のように特定の局を受ける(犬吠のように)のではなく、5～6局を同時に受信できる新システムを開発した。又、第3章でも述べたスペースでのTrimpi現象をも研究したいという要望から、時間分解能として400 msを可能としている点も新しい特徴である。両拠点では、(i)オメガ対馬、(ii)オーストラリアNWC



Dynamic periodogram
October 31, 1977 - September 4, 1978

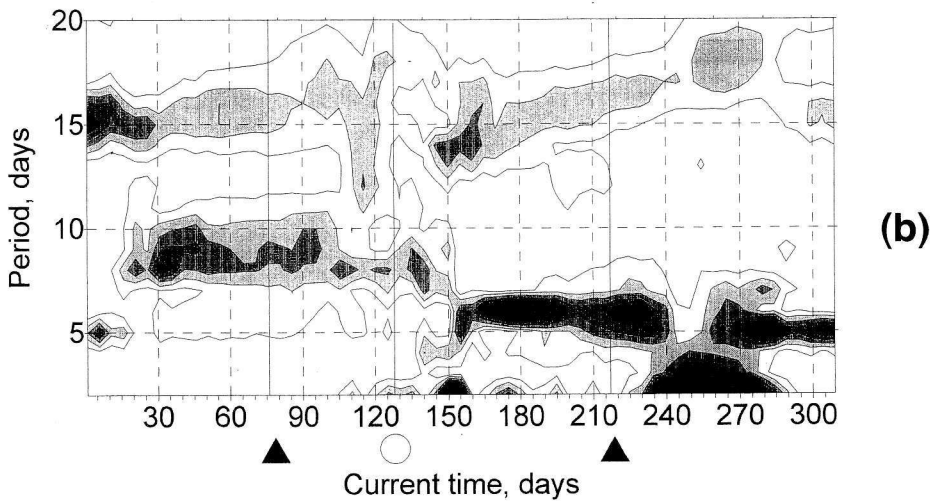


図8 (a) 1978年6月4日の地震 (M=6.1, d=0 km, 鳥取地方) に対するターミネータ・タイム (t_e) の変化。明らかに異常が認められる。(b) ターミネータ・タイムでの調解析結果。5日前後と9~10日前後の成分に注目せよ。

局, (iii) 中国 CHI 局, (iv) アメリカ NSS 局を受信している。観測は本年1月より順調に進んでいる。

以下では、これらの観測結果中の本年の3月の調布での結果を示そう。図9ではオメガ局(対馬)受信データ中の t_e (振幅) の値がその日の短冊の先端として表示してある。実線は図7と同様に、ある日の前後±1日の平均値を表示したもので、

大きな地震を対象とする時有効である。神戸地震のように大きな地震の際には異常が数日続き、このような平均でも異常が出るからである。図中の三角形は特定の日の地震が起こった時刻に、マグニチュードに比例した大きさで地震が表示してある。又、選んだ地震は対馬-犬吠を結ぶ大円に対して第1フレネルゾーン程度(正確に第1フレネルゾーンとはしてない。明らかに感じない場所の地

(千葉と仙台又は新潟)である。更に、40 kHzでは地上波、スカイ波(電離層反射波)を分離することや、電離層擾乱域の場所決めを行うシステムも開発中である。

本方式の有効性を確立するためには、基本的な物理的考察も不可欠である。例えば、対馬-犬吠データや地震リモートセンシングフロンティア計画によるデータを用いて、VLFデータと地震との関連性を統計的に調査する。地震の諸特性と位相変動(t_m , t_c)との関連性、地震位置やマグニチュードと位相変動などの関連性、更には第5節で行ったような変動成分の解析などを徹底的に行うことが不可欠である。これらを通して、地震に伴う電離層擾乱の発生機構の解明を目指す。第5節にて示した新事実は地殻-大気-電離層間の相互作用を示唆するもので、結合系での研究が不可欠となる。極めて学際的研究であることを最後に強調したい。

参考文献

- Armstrong, W. C., 1983, Recent advance from studies of the Trimpf effect, *Antarctic J.*, 18, 281-290.
- Gufeld, I. L. and V. F. Marenko, 1992, The short-time prediction for the time of strong earthquakes with the help of radiowave technique, *Doklady RAN*, 323, 1064-1070.
- Gufeld, I. L., G. Gusev and O. Pokhotelov, 1994, Is the prediction of earthquake date possible by VLF radio wave monitoring method?, in "Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction," Ed. by Hayakawa, M. and Y. Fujinawa, *Terra Sci. Pub. Comp.*, Tokyo, 381-390.
- Hayakawa, M., 1996, Electromagnetic precursors of earthquakes: Review of recent activities, *Rev. Radio Sci.*, 1993-1996, Ed. by W. Ross Stone, 807, Oxford Univ. Press.
- Hayakawa, M. and H. Sato, 1994, Ionospheric perturbations associated with earthquakes, as detected by subionospheric VLF propagation, in "Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction," Ed. by Hayakawa, M. and Y. Fujinawa, *Terra Sci. Pub. Comp.*, Tokyo, 391-398.
- Hayakawa, M. and Y. Fujinawa, Eds., 1994, *Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction*, *Terra Sci. Pub. Comp.*, Tokyo, pp. 677.
- Hayakawa, M., O. A. Molchanov, T. Ondoh and E. Kawai, 1996 a, On the precursory signature of Kobe earthquake in subionospheric VLF propagation, *J. Comm. Res. Lab.*, 43, 169-180.
- Hayakawa, M., O. A. Molchanov, T. Ondoh and E. Kawai, 1996 b, Anomalies in the subionospheric VLF signals for the 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake, *J. Phys. Earth*, 44, 413-418.
- Inan, U. S., D. C. Shafer, W. J. Yip and R. E. Orvill, 1988, Subionospheric VLF signatures of nighttime D-region perturbations in the vicinity of lightning discharges, *J. Geophys. Res.*, 91, 11455.
- Molchanov, O. A. and M. Hayakawa, 1995, On the generation of ULF seismogenic emissions by microfracturing, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 3091-3093.
- Rycroft, M. J., 1991, Interactions between whistler-mode waves and energetic electrons in the coupled system formed by the magnetosphere, ionosphere and atmosphere, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 53, 849-859.
- Wait, J. R., 1970, *Electromagnetic Waves in Stratified Media*, Chap.9, Pergamon Press.

文化財保護の盲点, 地震対策

大町達夫 黒瀬信弘

1. はじめに

我が国には多くの文化財があり、千年もの年月を越え現在に伝わるものも多い。文化財は人間の歴史・伝統・文化を語る人類共有の財産であり、後世に伝え残すことは現代に生きる我々の責任であると考えられる。

文化財は、非常に長い年月にわたって保存されるため、大地震に遭遇し、破損する確率は決して低くない。実際、関東大地震や兵庫県南部地震では、多くの人命とともに文化財もまた多数失われ、地震対策の不備が明らかになっている。それにもかかわらず、文化財の地震対策は一向に普及していない。いわば、地震に対する文化財の保護対策の欠陥が、多くの文化財の反故（ほご）化を招いている。欠陥が明らかであるのに、なぜ状況が改善されないのか？ これには何らかの理由があるはずである。

この理由を知るために、古都鎌倉を対象に文化財の地震対策の現状と問題点を調査してみた。鎌倉を取り上げたのは、多数の貴重な文化財があること、神奈川県西部地震の発生が切迫していると言われていること、過去に関東地震などの大地震を経験していること、及び筆者らの居住地に近いこと、等の理由による。

2. 現行の文化財保護法の概要

ひとくちに文化財といっても、有形のお寺の五重塔から無形のお祭りまで様々の種類がある。ここでの地震対策の調査対象は、建造物や彫刻などの有形文化財である。

表1は、文化財の分類と、鎌倉の指定文化財の

件数を示している。指定文化財とは、国・県・市町村が文化財として指定したものである。

表1 鎌倉市の指定文化財

| 種別 | 国宝 | 国指定 | 県指定 | 市指定 | 合計 | |
|-----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 有形文化財 | 建造物 | 1 | 15 | 14 | 24 | 54 |
| | 絵画 | 4 | 28 | 9 | 35 | 76 |
| | 彫刻 | 1 | 34 | 25 | 62 | 122 |
| | 工芸 | 6 | 21 | 12 | 20 | 59 |
| | 書跡 | 3 | 46 | 2 | 14 | 65 |
| | 典跡 | | | | 4 | 4 |
| | 古文書 | | 5 | | 3 | 8 |
| | 考古資料 | | 5 | | 3 | 8 |
| | 歴史資料 | | | | 1 | 1 |
| | 無形文化財 | | 1 | | 2 | 3 |
| 民俗文化財(資料) | 有形 | | 2 | 21 | 23 | |
| | 無形 | | 1 | | 1 | |
| 記念物 | 史跡 | | 26 | 2 | 8 | 36 |
| | 名勝 | | 3 | | | 3 |
| | 天然記念物 | | | 1 | 31 | 32 |
| 合計 | 15 | 184 | 68 | 228 | 495 | |

平成7年(1995年)11月1日現在

文化財の保護や管理は、文化財保護法によって規定されている。それによると、文化財所有者と行政は図1のような関係にある。すなわち、行政側が文化財に指定すると、文化財所有者は保護・管理する義務が生まれる。行政側は所有者に対し保護・管理に当たって指示・命令・勧告をすることができるが、同時に経費負担等の補助をするよう決められている。

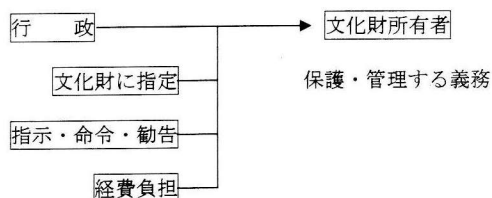


図1 文化財に関する行政と所有者の関係

現在の文化財保護法は、昭和25年に制定された。防災面では防火対策や盗難対策に主眼が置かれている。しかし、文化財が大地震に遭遇する確

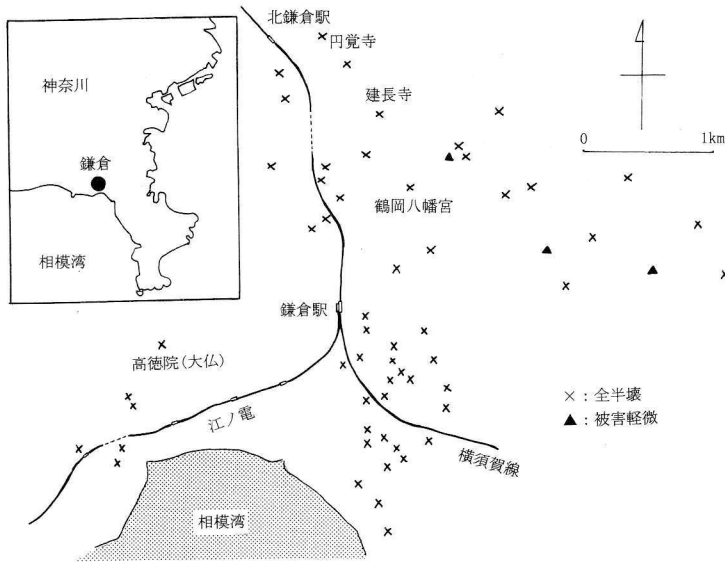


図 2 関東大震災による鎌倉の寺社の被害 (文献 1 より)

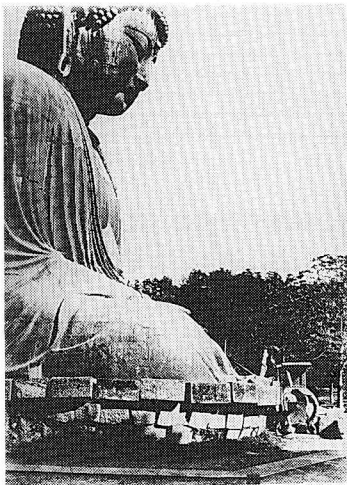


写真 1 関東大震災で傾斜した大仏

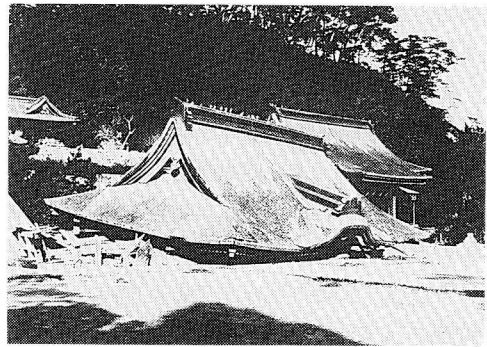


写真 2 関東大震災でつぶれた鶴岡八幡宮の神楽殿

率は高く、実際に地震での被害例も多いのに、地震対策が組み入れられていない点は不可解であり、明らかに本法律の欠陥と思われる。

3. 文化財の地震被害例

(1) 関東大地震^{1), 2)} 鎌倉は、過去に何度も地震被害を受けている。例えば 1923 年の関東地震で、鎌倉は壊滅的な被害を受けた。神社仏閣の被害は相当なものでほとんどが全半壊した。図 2 は鎌倉で被災した寺社の被害分布である。

写真 1 は鎌倉の大仏の被害で、台座前部が約 30 cm 沈下し、大仏本体が約 40 cm 前進し傾斜した。写真 2 は鶴岡八幡宮の神楽殿で、多くの寺社の本殿や山門がこのようにつぶれる被害を受けた。

なお現在建っている数々の寺社建造物の多くは、震災後、再建あるいは修復されたものである。

(2) 兵庫県南部地震^{2), 3), 4), 7)} 1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震で阪神地区の文化財がいくつも被災したことはよく知られている。例えば神戸市の生田神社の拝殿や西宮神社の大練塀が写真 2 と同様に倒壊した。

この地震による文化財の被害は阪神地区にとどまらず、東は愛知県、西は島根県までの広い範囲にわたったとの報告がある。図 3 は被災した文化

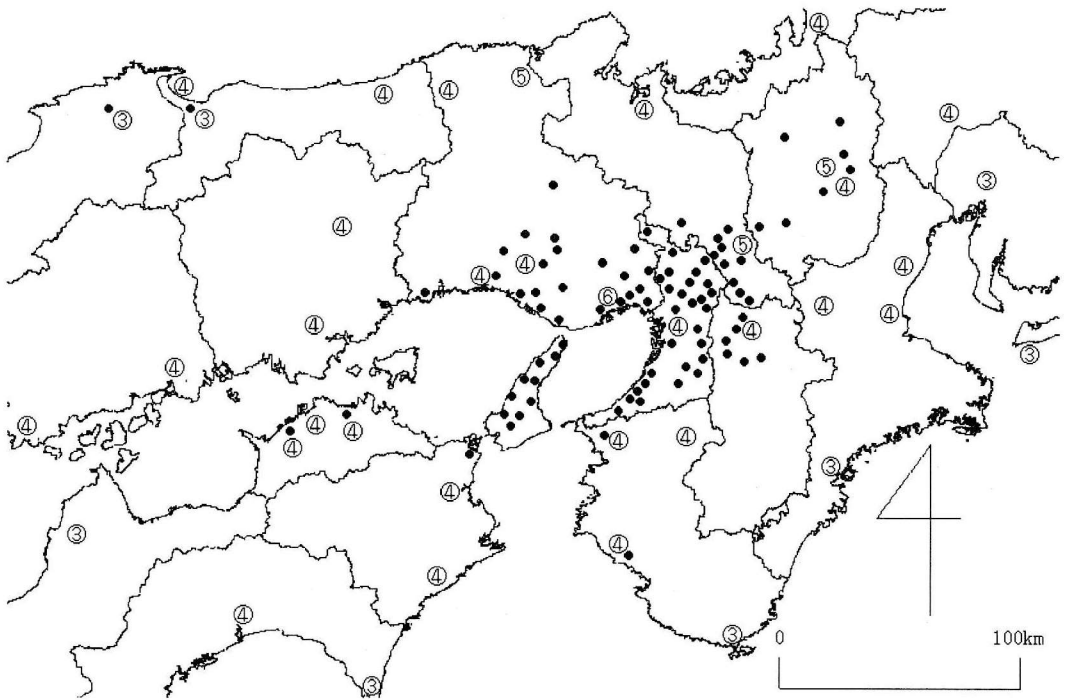


図3 兵庫県南部地震で文化財に被害が生じた市町村（文献3より）

財があった市町村の分布と各地の震度である。震度4~5となると文化財にも被害が発生することがわかる。震源から80 kmほど離れた京都（震度5）では、国宝あるいは重要文化財に指定された仏像が落下、転倒し破損している。

4. 文化財の地震対策のアンケート調査

文化財の地震対策の実態と問題点を把握するため、アンケート調査を行なった。調査対象は鎌倉市の文化財所有件数の多い文化財所有者（社寺・博物館）10ヶ所と鎌倉市文化財課及び文化庁とした。

なお、ここで調査した10ヶ所の文化財所有者の有形文化財所有件数は、図4に示すように、鎌倉市内の全有形文化財（397件）の45%に相当する。

(1) 文化財所有者へのアンケート

文化財所有者に対しては、主に2つの質問をした。第一は、文化財に地震対策をしているか？、第二は、地震対策をしないのはなぜか？、という

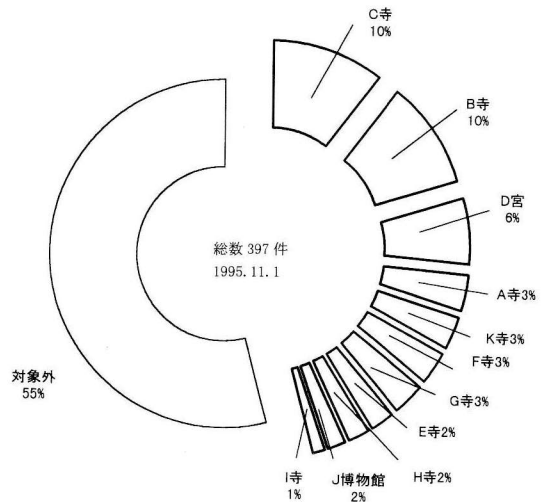


図4 アンケート対象の有形文化財所有件数割合

質問である。

第一の質問に対しては、どこも大地震を想定した対策は行っていない、という回答であった。第二の質問に対する回答を要約すれば、表2、3の通りであった。このほか、次のような興味深い解答もあった。

表 2 地震対策が進まない理由（建造物）

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 文化財の価値がなくなる | | ● | ● | ● | | | | ● | ● | | |
| 経済的に負担が大きい | | | | ● | | ● | | | | ● | ● |
| 技術が未発達 | | | | | | | ● | | | ● | ● |
| 人命が優先 | | | | ● | | | | | | | |
| あまり重要な文化財でない | | | | | | ● | | | | | |
| 地震に備える必要性はない | | ● | ● | | | | | | | | |
| 火災の方が重要 | | | | | | ● | | | ● | | |

表 3 地震対策が進まない理由（美術工芸品）

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 文化財の価値がなくなる | | | | | | | | | | ● | |
| 経済的に負担が大きい | | | | ● | | ● | | | | ● | ● |
| 技術が未発達 | | | | | | | ● | | | ● | |
| 人命が優先 | | | | ● | | | | | | | |
| あまり重要な文化財でない | | | | | | ● | | | | | |
| 宗教上したくない | | ● | ● | | | | | ● | ● | | |
| 法律で規制されている | ● | | | | | | | | | | |
| 収蔵庫を建設したので十分 | | | | | ● | | | | | | |
| 地震に備える必要性はない | | ● | ● | | | | | | | | |

イ. 今ここにあるものはたまたま存在するものであって、いつかなくなるのが本来、自然なことである。また、建造物の場合、これまでの改修で純粋に建築当時のままであるものはない。

ロ. 壊れるものは、いつか壊れるのではないだろうか。地震に対してヒステリックにならなくてもいいのでは。保存することが文化ではなく、精神的なものを大事にすべきではないだろうか。仏像は信仰の対象として使えば十分である。

ハ. 地震対策は十分でない。ただ人命が優先であり、文化財の地震対策までは手がまわらない。（建造物の場合、手を加えることで）文化財としての価値が無くなる。助成を行政に頼んでも助成が出ることは期待できない。行革などで文化財保護費などは削られやすい。

ニ.（文化財を）博物館などに預けると返ってこないのでは預けたくない。

ホ. お寺として、一般の人に（地震対策費としての）寄附は求められない。

ヘ. 保管のために宝物殿を造る場合は補助が出るが、造るほど文化財は持っていない。

ト. 鎌倉市は休日の道路の渋滞が最大の問題で、万一の際、消防車や救急車が来られない。明治時代に火災に遭ったことがあるので、火災が一番怖い。

(2) 行政へのアンケート

一方、行政機関に対して主に2つの質問をした。第一は、地震対策の指導はしているか？という質問、第二は、地震対策の助成をしているか？また、助成は可能なか？という質問である。

第一の質問に対しては、指導はしていないという回答であった。第二の質問に対しては、現地震対策のための助成システムはなく、また助成しようにも財源に限りがあるから難しい、また火災対策が優先である、という回答であった。

5. 地震対策が進まない理由

アンケートによる実態調査を通して、文化財の

地震対策が進まない理由として以下の5つの問題点が浮上した。

(1) **文化財保存方法の問題** 文化財の保存は、原形のまま製作当時の資材を用いて残すことが原則であり、見えないところで補強することさえ問題にされることがある。世界遺産にもこの原則が通用している。しかし建造物の場合、居住空間として考えられている場合を除いて、構造上の不適格があっても人命への危害は考慮されず、地震で壊れたら修復すればよいという、安易な判断が基本にあるように思われる。

重要文化財は必ず収納庫に入れるという現在の保存方法に対しても仏像の場合には後述の(4)と関連して異論がある⁶⁾。文化財のスマートな保存方法について、国民の合意形成が必要である。

(2) **経済的な問題** 行政の現行システムの中に地震対策費というものがないことも問題である。正確な地震予知が不可能とはいえ、鎌倉を大地震が襲う確率は高い。しかも関東大震災や阪神・淡路大震災の経験から文化財にどのような地震被害が出るか十分予測できる。にもかかわらず事前に地震対策を行うシステムがない点は、文化財の保護・監督者としての義務を問われていることにもなる。

文化財の地震対策を実施するには経費が必要であり、文化財所有者、行政ともに問題を抱えていることも事実である。文化財所有者側には、対策を独自に行うには経済的負担が大きく不可能であり、行政から十分な予算が下りるわけがない、というあきらめに近い認識がある。一方、行政側には、予算に限りがあり、他に優先すべきことがあるため、文化財の地震対策まで手が回らないという状況や、地震対策よりも火災対策の方が重要であるという認識もある。

また、現在の耐震技術がまだ開発途上で十分普及していないこともあり、経費が必要以上に大きいこともある。地震対策が浸透し、広く普及すれば、経費は低減し、負担も軽減される可能性は大きい。

(3) **技術的な問題** 文化財の地震対策として免震化等の技術の実用化が始まったのは最近のこ

とであり、普及しはじめたのは阪神・淡路大震災以降にすぎない。ある程度の規模の博物館や美術館は、耐震技術に関する情報は持っているが、寺社関係者までは浸透していない。帯広の寺院で本堂に免震装置を設置する例(1997年11月完成予定)もあり⁵⁾、関連情報の衆知も必要と思われる。

火災対策重視ということで防火対策が優先されているとはいうものの、大地震発生時にはこれら防火装置が機能しないこともある。阪神・淡路大震災で震度5を記録した京都でも防火装置が誤作動を起こした。大地震時に防火装置が役立たず、無防備状態になり火災が発生することは避けなければならない。

したがって、従来の文化財保護対策をもう一步進めて、地震対策としても有効なものに転換することが必要である。

(4) **宗教的な問題** 多くの寺社からの回答には、多数の文化財は信仰の対象であり、手を付けるべきでないという意見があった。行政機関の回答も、信仰にかかわる文化財には宗教の自由を守るため、指導ができないという回答があった。双方でアンタッチャブルと考え、手をこまねいている間隙について、地震被害は発生する。地震で損傷する前に、信仰の妨げにならない方法で補強や保護策を施す必要性は高い。

(5) **地震防災意識の問題** 大地震はめったに起きない、また、もし大地震が発生して文化財が破損しても仕方がない、という意識が根強い。これでは果たしてどの程度、阪神・淡路大震災の教訓が生かされているのか疑問である。この震災で京都・奈良で多数の被害があったことがあまり知られていないことも、意識の低い原因の一つと考えられる。

所有者から申し出がないから動かないという行政側も、震災を積極的に予防しようという意欲に欠けている。関係者全般の地震防災意識あるいは意欲の低さが根底にある。

6. 改善策の提案

文化財保護法では、所有者(管理団体)が文化

財を保護することになっている。しかし所有者が文化財に地震対策を行うには経済的に負担が大きく、また地震防災意識が(特に寺社の場合)低い。一方、行政側も保護監督の立場にありながら、予算の壁があるという理由で積極的に地震対策を進めるに至らない。火災や盗難に対しては、所有者、行政機関ともに保護責任を果たしているが、地震災害に対しては双方ともやぶにらみと言わざるを得ない。この現状を打開する方策として、次のような案が考えられる。

(1) **一般市民の支援促進** 文化財は国民あるいは人類の共有財産である。現状でこれを所有者と行政のみで保護しようとするには限界がある。宗教的な色彩の濃い文化財もあるが、文化財保護を進める上で広く一般市民の支援を得て現状を打開する方策を進めるのも一案である。

例えば、一般市民が参加し、出資することで何らかの利益を受けるような仕組みをつくる方法がある。現在、このような例として、ナショナル・トラストのような例が知られている。これは、自然や文化財などの保全のために、出資者に入場料の割引・免除、また税金の軽減等の便益を得る仕組みである。この場合、出資者は税金の一部が軽減されるため、結果的に行政が一部を負担することになるが、出資しようとする者に行政が便宜を図ることに問題はなからう。

(2) **補強・保護方法の開発・普及** 文化財である建造物に地震対策を行う場合、外観上変化を伴う補強は、現在は認められていない。しかし文化財は建築基準法の適用外とされているため、構造上問題のある建造物も多く、震災時に人命へ危害を及ぼすことは十分考えられる。文化財保護と人命保護を併せて行わなければならない。外観の変更を伴わない補強や信仰や鑑賞の邪魔にならない保護方法を早期に開発し、実用化することが必要である。

(3) **地震防災意識の向上** 文化財を地震から守るには何よりも先に震災に対する認識を高めることが必要であるが、文化財所有者、行政側とも地震防災意識が薄い。また阪神・淡路大震災で京都・奈良の文化財が被害を受けたこと、またその修復に多大な費用を要したことなどが知られていない。文化財に適用可能な種々の耐震技術が開発されているが、それらが普及していない。被害想定などを実施して、震災で失うものの大きさを認識し、防災意識の向上を図ることが必要である。

(4) **文化財保護法の見直し** 文化財保護法が制定されたのは昭和25年である。この前年の昭和24年には法隆寺金堂が、昭和25年には金閣寺が火災にあった。おそらくこのような当時の背景から、この法律は火災対策中心となったものと考えられる。阪神・淡路大震災で多数の被害が生じたことを契機に文化財の地震対策を盛り込むことこそ、今回の震災の教訓を生かす我々の世代の最低限の責任であろうと思われる。

謝 辞 年末のご多忙な中、アンケート調査にご協力いただいた鎌倉市の寺社、博物館、鎌倉市の文化財課、文化庁の方々に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 鎌倉町, 1930, 鎌倉震災誌, pp. 99-111.
- 2) 芸術新潮, 1995年5月号, pp. 3-37.
- 3) 奈良大学文学部文化財学科保存科学研究室, 1995, 地震から文化財を守る—阪神・淡路大震災による考古学資料の被災と防衛—, pp. 85-99.
- 4) 日本建築学会近畿支部, 1995, 阪神大震災歴史的建造物被害調査, pp. 12-23.
- 5) 日経産業新聞, 1996年10月21日.
- 6) 瀬戸内寂聴, 1997. 3. 30, 寂聴古寺巡礼, 新潮社, pp. 226-227.
- 7) 損害保険料率算定会, 平成9年3月, 阪神・淡路大震災資料集, pp. 18.

地震予知:科学的挑戦

アメリカからの報告

力武常次

はじめに

表記のタイトル(原題 Earthquake Prediction: The Scientific Challenge)で、アメリカ国立科学アカデミー(National Academy of Sciences)が主催したコロキウムに発表された論文集が刊行された。この集会は、L. ノボフ(主査)、K. アキ、C. R. アレン、J. R. ライスおよびL. R. サイクスによって組織され、1995年2月10日-11日、カリフォルニアのアーヴィン(Irvine)で開催された。論文集はProc. Natl. Acad. Sci., 93, 3721-3842, 1996に収録されているが、National Academy Pressより分冊として発売されている(定価\$19.25, 送料\$0.75)。

最近日本では、地震予知は著しく困難であるとする見解を述べる学者が多く、例えば最近発表された文部省測地学審議会の「地震予知計画のレビュー」などでも、このような立場に立って計画の進め方を再検討しなければならないとしている。また、マスメディアには予知計画を予算の無駄使いときめつけたり、予知研究そのものをやめてしまえなどという極端な暴論を吐く論説が横行したりもしている。

紹介者は、反省すべき点は多々あるにしても、1965年以来実施されてきた日本の地震予知計画は相当な成果をあげたと評価し、特に地震前兆らしき現象の性質は、その発生の物理的メカニズムの解明には至っていないが、かなり明確化されたと考えている。この成果が計画に注ぎ込んだ予算に見合うか否かは、見解の分かれるところかもしれないが、計画発足当時の五里霧中の状態を考えると長足の進歩を遂げたものと思える。

したがって、最近の「予知不可能論」や「無用

論」一辺倒の風潮はいささか行き過ぎであろうと判断される。マスメディアのなかには、「アメリカでは地震予知は全く顧みられなくなった」などと書いているものも見られるが、果たしてそうであろうか。幸い、ここに取り上げたような地震予知論文集が刊行されたので、これを通覧して、アメリカの有力研究者の地震予知へのスタンスを知り、日本におけるアプローチに反映させることは有意義であろうと考えて、この稿を企画した。

この論文集は、必ずしも分厚いとは言えないが、変形A4判で122ページにわたって細い字でびっしりと印刷されていて、これを読破するにはかなりのエネルギーと時間を要する。紹介者のような定年教授はともかく、多忙な現役の研究者諸君には、商売とは言え、これはなかなかたいへんであろう。そこで、地震ジャーナルの紙面を借りてその骨子を紹介しようというわけであるが、単なる「書評」ではいささか物足りないので「紹介」という形をとることにした。

つぎに述べる組織委員会の主査であるノボフの序文にもあるように、この論文集では地震予知に関する前兆捕捉を主とする従来からのアプローチ、および最近発展した断層破壊論的アプローチがほぼ平等に扱われ、予知の可能性についても楽観論から悲観論までをバランスよくカバーしているので、日本の地震予知にとっても大いに参考になると考えられる。

論文集の内容目次

各論文の内容を逐一詳しく解説するわけにはいかないのですが、とりあえずここには原文のままの目次を掲載しておく。

Earthquake prediction: The scientific chal-

- lence 3719-3720
 L. Knopoff
- Earthquake prediction : The interaction of
 public policy and science 3721-3725
 Lucile M. Jones
- Initiation process of earthquakes and its impli-
 cations for seismic hazard reduction strategy
 3726-3731
 Hiroo Kanamori
- Intermediate- and long-term earthquake pre-
 diction 3732-3739
 Lynn R. Sykes
- Scale dependence in earthquake phenomena
 and its relevance to earthquake prediction
 3740-3747
 Keiiti Aki
- Intermediate-term earthquake prediction
 3748-3755
 V. I. Keilis-Borok
- A selective phenomenology of the seismicity
 of Southern California 3756-3763
 L. Knopoff
- The repetition of large-earthquake ruptures
 3764-3771
 Kerry Sieh
- Hypothesis testing and earthquake prediction
 3772-3775
 David D. Jackson
- What electrical measurements can say about
 changes in fault systems 3776-3780
 Theodore R. Madden and Randall L.
 Mackie
- Geochemical challenge to earthquake predic-
 tion 3781-3786
 Hiroshi Wakita
- Implications of fault constitutive properties
 for earthquake prediction 3786-3794
 James H. Dieterich and Brian Kilgore
- Nonuniformity of the constitutive law para-
 meters for shear rupture and quasistatic nuc-
 leation to dynamic rupture : A physical model
 of earthquake generation process 3795-3802
 Mitiyasu Ohnaka
- Rock friction and its implications for earth-
 quake prediction examined via models of
 Parkfield earthquakes 3803-3810
 Terry E. Tullis
- Slip complexity in earthquake fault models
 3811-3818
 James R. Rice and Yehuda Ben-Zion
- Dynamic friction and the origin of the com-
 plexity of earthquake sources 3819-3824
 Raul Madariaga and Alain Cochard
- Slip complexity in dynamic models of earth-
 quake faults 3825-3829
 J. S. Langer, J. M. Carlson, Christopher R.
 Myers, and Bruce E. Shaw
- The organization of seismicity on fault net-
 works 3830-3837
 L. Knopoff
- GEOPHYSICS
 Geometric incompatibility in a fault system
 3838-3842
 Andrei Gabrielov, Vladimir Keilis-Borok,
 and David D. Jackson

主査ノボフの序文

まず論文集の内容を通覧するために、主査ノボフの序文の大略を以下にかなり詳しく採録する。

●L. ノボフ (Knopoff), 地震予知 : 科学的挑戦
 わずか 20 年ほど前には、地震予知研究は大小の地震に先立つ前兆を取りまとめるというアプローチであった。これらの前兆は、全部ではなくとも、多くの地震に先行すると希望的に考えられていたのである。ところが、この願望は雲散霧消してしまった。P 波と S 波の速度比、地磁気、比抵抗、傾斜や希ガス濃度などの異常についてのトピックはもはや目下の関心の主流ではなくなってしまった。これらの分野への関心はときどき盛り上がるが燃えさかることはなく、最近ではこれら

の分野への研究努力および研究費投入は必ずしも多くはない。

今日のところ、われわれのアプローチは前とほぼ同じである。つまり、強い地震の発生に結びつくようなイベントを調べることを続けている。現在でも、折にふれてロマプリエタ地震に先立つ地磁気変化のような新しい前兆現象や、この論文集にあるように、神戸地震に先行する塩素および他のイオン濃度の増加などの報告がある。これらの新しい発見が普遍的なものであるか否かは、将来の研究によって明らかにされるであろう。しかし、つぎのような現象論的方法はなお追求されるであろう。それらは地震活動の集中または反集中、クリープ測定、地震波減衰度変化、および古地震学的方法などである。

従来の地震予知研究の2番目の拠りどころは、小地震は大地震の単なる小型化であるとする点であった。したがって、グーテンベルグ-リヒターの法則またはそれにかわる法則の支配のもとに、小地震の研究は前兆や余効をも含めて大地震の諸性質を明らかにすると考えられていた。しかし、このような考えは近年の研究によって変更され、より数多く起こる小地震の研究よりは大地震そのものの研究への移行を余儀なくされてしまった。

予知の公表とは、地震の発生期間とマグニチュード範囲の確率を確実に算定することである。このような期間と範囲をせばめることはなかなか困難なことである。用いられる方法が異なるために、地震予知研究の対象期間は3つに分けられる。すなわち1~100日を先行時間とする短期予知、1~10年に対応する中期予知および10年以上の先行時間を考える長期予知である。通常は予知といえば短期予知を意図している。現在のところ、問題があまりに局地的であるために、前兆が出現したとしても、観測装置から離れていることが多く、短期予知はあまり期待できない。

アメリカならびに他の先進国においては、中期予知は建造物の耐震化を進めるために重要な意義をもっている。この場合でも観測器械がよく整備されていることが大切である。

長期予知は、ある断層特に大地震を発生させる

断層が周期的に活動するか否かを調べることである。したがって、カリフォルニアでは1933年のロングビーチ地震以後発足したにすぎない地震計測による地震カタログだけからデータを集めるわけにはいかない。長期予知のための証拠は、大昔の断層活動記録やいわゆるトレンチ法による年代決定によって得られるだけである。

ここ10~20年間に、多くの平穩無事の場合をも含めて、大地震前の前兆の様相に関するケースヒストリーを詳しく調べることは長足の進歩を遂げた。特に密度の高い地震計、クリープメーターおよびその他の計器群が置かれているカリフォルニアでは、ロマプリエタ(1989)、ランダース(1992)およびノースリッジ(1994)地震などに先行する前兆現象を捕捉することに成功している。観測器械や解析方法の進歩によって、かつて考えられていた前兆のあるものは否定され、あるものは生残るとともにさらに追求され、また全く新しい方法が現われてきた。

しかしながら、事態はいまだに大地震に先行する前兆の集中を調べるというケースヒストリーの段階にとどまっている。しかも、臨床例が少ないためにこれらの前兆集中は統計的に立証されていない。

これに反して、コンピュータによる計算能力の発展もあって、現象のモデル化は著しく進歩した。実験室における実験によって、特にあらかじめ破壊されている岩石の再破壊に関する知見は大いに進歩した。主として数値的モデル化であるが、すでに破壊を受けている系のさらなる破壊進行によるストレス場の自己組織化についてきわめて著しい進展がみられる。特に既に存在する非一様な断層の破壊についての知見は大幅に増加した。

とはいうものの、上記のやや楽観的見解に反して、個々についても統計的処理についても地震予知の能力は全く不十分である。一般的には工学的ともいえる日常的予知がなされる前には、科学的予知が十分に理解されなければならないことは当然である。

このコロキウムで議論されなかった地震予知の

側面がある。それらは地震予知の国家計画、工学的問題ならびに社会的反応である。この報告では、予知のいわゆる科学的部門について、最近強調されている実験ならびにモデル化に関する分野と従来からの前兆観測に重点を置く分野とをほぼ平等に取扱っている。また、収録されている論文は悲観から楽観までの広い範囲をカバーしている。

地震予知に対する社会的ならびに工学的反応は、科学的な問題が解けなければ解決には至らないことは確かである。このような事態の打開は数十年前に困難であったと同様に現在も困難であり、今日より明瞭に指摘されたに過ぎない。われわれは今日の科学的問題が簡単でないことを認める。

前兆捕捉による予知

「はじめに」および「ノボフ序文」にあるように、論文集は10編の前兆捕捉的アプローチによる予知研究と8編の断層の破壊モデル化研究とに大別されるので、ここではこれらの論文を2つのグループに分けて、その内容を概観しよう。紹介者の趣味もあり、また日本で知られている程度をも考慮して、紹介の詳しさに差があるかもしれないが、この点は御容赦を願いたい。

●L. M. ジョーンズ (Jones), 地震予知: 社会政策と科学の相互作用

社会との関連を考えると、地震特に予知に関することがらはずの2つに分類される。1つは情報提供的現象 (informational phenomena) で、もう1つは因果律の前兆 (causal precursors) である。前者は住民に対し地震災害情報を提供し、後者は地震発生過程の解明に資する。この2つの事象が図1のようにオーバーラップした部分が予知指向的前兆で、地震予知としてはもっとも重要な目標である。

このことは、気象学の気候と天候との関係に似ている。情報提供的現象は、一般的な天気についての知識を与える気候に相当し、地震災害の平均

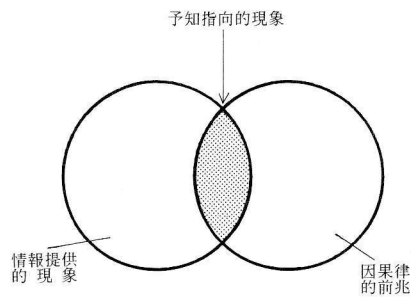


図1 地震関連現象の分類

的予測のよりどころとなる。これに対し、因果律的前兆は例えば台風の前ぶれとしての風雨の変化のように特定の天候変動に対応する。したがって、これらの2つがオーバーラップした部分は平均的気候から期待される高確率の天候異変を予測させる。これが図1の予知指向的前兆とされる部分に対応する。

上述の情報提供的現象としては、地震発生率、測地学的断層スリップ率、マグニチュード-頻度法則、余震・前震発生率などがあり、因果律の前兆としては長期的地震発生確率、地震サイクル、前震、静穏化、地震活動パターン、地球電気・化学的現象などがあるが、予知指向的前兆として確立されたものはない。

ジョーンズによる分類は、概念としてはまことにもっともであるが、どれほどの実用的価値があるであろうか。

●H. カナモリ (Kanamori; 金森博雄), 地震の初期過程とその震害軽減への関連

一般の人びとにとっては、予知と言えば直前予知を意味する。そのような予知のためには、短期的前兆に依らなければならない。ところが、大地震直前には、ときには前兆的地殻歪変化が出現することがあっても、いつでも出現するとは限らないことがわかってきた。前震や地震現象以外の前兆についても同様である。

不確かな短期予知は予知の空振りが許されるような社会的経済環境下では有用かもしれないが、多くの高度に工業化された都会地においては許されない。有効な地震災害軽減は近時発展した地震

学、コンピュータ科学、情報通信などの知識をフルに取入れることである。高度発展社会においては、地震情報をきわめて早期にキャッチして、危機管理的対応を必要とする地点をすばやく決定することがもっとも重要である。

長期的予知は、現実的な建築基準、既存構造物の耐震強化、土地利用などに大いに有用であるが、誤解を避けるために短期予知と長期予知とは全く異なることを世間一般に明瞭に知らさねばならない。

紹介者の考えでは、金森の所論はまことにもっともであるが、いつでも出現するとは限らないにしても、直前前兆らしきシグナルを捕らえて、地震発生確率を算定することにはやはりかなりの意味があるのではなかろうか。

●L. R. サイクス (Sykes), 中・長期的地震予知

アメリカの地震予知研究は、ヴェトナム戦争のためにソ連、中国、日本などよりも発足が遅れて、1970年代なかごろようやく始まった。サイクスはこの問題に25年間も取り組んでいて、1984-1988には国立地震予知評価委員会 (National Earthquake Prediction Evaluation Council, 略称 NEPEC) の委員長を努めた。このような経験を踏まえて、中期的 (2~3月-10年) および長期的 (10-30年) 地震予知について述べている。

カリフォルニアのサンアンドレアス断層における中・長期予知に特に役立つ事実として、来たるべき大地震を起こす断層破壊域周辺の $5 \leq M < 7$ の地震回数が著しく増加するという現象がある。例えばサンフランシスコ地震 ($M_w = 7.7$, 1906) に先立って、1872-1906年の期間についてこの傾向が顕著である。同様にヘイワード地震 ($M_w = 6.8$, 1868) やロマプリエタ地震 ($M_w = 6.9$, 1989) について、それぞれ1855-1868および1955-1989の期間について、この傾向が明らかにみられる。さらに問題の領域から開放された地震モーメント (M_0) の総和 ΣM_0 をつくると、それは4-11年の時定数で地震前に指数関数的に増大する。

断層の特定部分はいわゆる「固有地震」(時間予測モデルを含む) を発生するという考え方が近似

的に取入れられ、最終地震発生時期、繰り返し時間間隔の平均値と標準偏差、スリップ・レートならびにその断層部分から発生する地震の予想マグニチュードなどに基づいて、ある時期から例えば30年以内に地震発生となる確率を計算する手法が開発された。この手法によって、サンフランシスコがその周辺の4つの断層から発生する $M \geq 7$ の大地震に襲われる確率は、1990年から30年以内に67%に達することがアメリカ地質調査所 (U.S. Geological Survey, 略称 USGS) の作業委員会から発表されている (地震ジャーナル, 11, 43-45, 1991)。

アメリカにおける地震予知は、1960年代後半以前の大陸移動論や古地磁気学に相当する疑いの目をもってみられている。現在のところ、中期予知の研究者は10-20人に過ぎない。しかも予知といえは直前予知しか社会的価値がないと思われている。しかし、目下のところ不十分ではあるが、大地震に5年先行する予知は、重大な災害軽減対策が実施できるので、きわめて有用である。

●K. アキ (Aki; 安芸敬一), 地震現象におけるスケール依存性とその地震予知との関連

最近幅50-200mの低Q(高粘性)・低速な部分が1992年のランダース地震の断層帯にあることが発見されている。この部分は断層帯にトラップされて伝わる地震波の観測によって明らかにされ、地殻の非弾性的な深い部分まで届いている。これは割れ目の分布からわかるはずりストレスを蒙っている部分と一致し、南カリフォルニアの種々の地震現象に影響する長さ100mくらいの特徴的スケールの存在を支持する。このことは、地震の頻度とマグニチュードの関係で $M = 3$ あたりにある折れ曲がり、 $M > 3$ の地震についての一定のコーナー周波数および地震波スペクトルのパワーが急激に変化するいわゆる f_{\max} (5-10 Hz) の存在によっても証拠づけられる。

さらにはコーダ波(地震波のうち、P、Sおよび表面波のあとに現われる残響的部分)の Q^{-1} (粘性または非弾性指数) と $M = 3-3.5$ の地震発生回数との相関がよいことは、このM範囲から考え

て、地殻の非弾性部分における 100 m くらいの特徴的スケールを想定させる。コーダ Q^{-1} の増加 (b 値低下に対応) は地震予知に使えるかもしれない。

この論文集のどの論文にとってもそうであるが、従来からの関連論文を読まないと、内容を完全に理解することは困難であろう。このアキ論文などは特にその傾向が強いが、勉強しようという向きには 61 編にのぼる文献リストが役立つであろう。

●V. I. ケーリス・ボロク (Keilis-Borok), 中期地震予知

マグニチュード M でその震源域の代表的長さが L (M) である地震は、その周辺の $5L-10L$ の範囲における $M-3$ 程度以上の地震の活動の数年にわたる先行を伴う。このような先行的地震活動を定量化するために、いわゆるパターン認識的アプローチが発展してきた。この論文では、ケーリス・ボロクとそのグループによるパターン認識による予知方法が述べられている。

パターン認識による方法については、井元政二郎 (地震ジャーナル, 17, 1-7, 1993) によって詳しく解説されているので、ここには繰り返して述べることをしない。この論文では、M8 アルゴリズム、CN アルゴリズム、メンドチノ・シナリオアルゴリズムなど、いろいろなアルゴリズムが開発されているとして、いかにも自慢げに述べられている。井元論文にもあるように、ロマプリエタ地震 ($M=7.1$, 1989) は M8 アルゴリズムにより予知されていたという。非常に正確に予知するというわけではないが、M8 アルゴリズムは地震発生率が相対的に高いところを選別するといえよう。

ここでは、パターン認識による予知方法を詳しく解説する紙面はないので、特に御関心のある向きは、井元論文を参照して戴きたい。また、このアプローチには物理的モデルは一切導入されていない。この点は利点であるとともに欠点であろう。しかし何となく、「ほんとかね」と思わせるような予知論であり、紹介者は全面的に信頼する気にはなれない。

●L. ノポフ (Knopoff), 南カリフォルニアにおける地震活動の選択的現象論

グーテンベルグ-リヒター (G-R) 則のような地震活動の平均的特性を用いて、大地震の予知を行うことはできない。過去 60 年以上にわたる空間的、時間的あるいは両者の結合を考えたスキームで南カリフォルニアの地震活動を調べた結果、単なる G-R 則の延長による予測では大地震の発生を多く見積り過ぎることになる。

地震活動度のゆらぎは、主として中小の地震の発生率の変動による。大地震に先立って、その地震を起こす活断層はきわだって静穏化し、やや離れた周辺の地域の地震活動度が増加する。断層はきわめて不均質であり、このことは地震活動度の自己組織化的性質に重要な影響を及ぼす。ここに述べられているような考察は重要ではあるが、具体的にどのようにして地震予知に役立つかは紹介者にはわからない。

●K. シー (Sieh), 大地震による地殻破壊の繰り返し

ある断層は繰り返し破壊に際して、いわゆる「固有の」特性を示す。すなわち、地震マグニチュードや断層スリップの分布や形態がいつもほぼ同じである。例えば南カリフォルニアのスーパースティション・ヒル (Superstition Hills) 断層は過去約 300 年間に数回数十 cm のスリップを繰り返している。アイダホのロースト・リバー山脈 (Lost River Range) 断層では 1983 年の $M_s=7.3$ の地震の際の正断層スリップは 2.6 m に達し、約 7,000 年前の活動のときもほぼ同量である。他にもいくつかの同様の例がある。

他のいくつかの例では、このような関係はもっと複雑であるが、ある特定の断層についてはほぼ一定である不変の物理的特性のために、スリップ量が支配されているらしい。

ここに述べたシーの所論はいささか漠然としているので、地震予知の問題にどのように具体的に適用できるのか、紹介者にはよくわからない。

●D. D. ジャクソン (Jackson), 仮説テストと地

震予知

地震予知に関するいろいろな仮説をテストする方法についての一般論である。Y. Y. カガン, D. D. ジャクソン, L. ノポフなどのグループがしばしば展開する確率論であるが, 紹介者にとってはあまりに形式論理的であるように思われ, 実際の問題に適用することに意味がありにくいと考えられる。要は, であらめに起こるとした場合の確率とある仮説による地震発生確率を比較してテストすることにある。したがって, 確率が与えられていない地震予知をテストすることは困難である。

●T. R. マドン (Madden), R. L. マッキー (Mackie), 電気的測定によって断層系の変動に関して何が言えるか

地殻上部の地震地帯は周辺よりも導電的である。したがって, 電気的測定はこのような地帯を同定するのに用いられる。マグネト・テルーリック (MT) 法もまた重要である。下部地殻は通常抵抗が高いが, その部分に抵抗の低下があれば, MT 法により検出可能である。ロマプリエタ地帯では, 地震後に太平洋からの電流が流れ込んでいることを示し, 地殻下部が通常より導電的である。このことは, ふだんからその部分にあったが, あまりよく連結されていなかった水分の連結が良くなったためと考えられ, このような水圧変化は地殻上部の断層帯の強度を変化させるであろう。南カリフォルニア・バームデール地域での 1979-1990 の期間の観測によると, 1985 年頃から断層の西と東とで地電流シグナルが変化してきたことが注目される。

この論文に述べられているように, 地震断層帯の地殻の状態を電気的観測によって把握することは有用であるが, 長中期的にも短期的にも, そのものずばりで予知に結びつくというわけにはいかないようである。

●H. ワキタ (Wakita; 脇田宏), 地震予知への地球化学的挑戦

日本の地震予知計画によって検出された有名な伊豆大島近海地震の前兆的ラドン変化や兵庫県南

部地震に先行する地下水中の塩素イオンの変化などを報告してある。日本における地球化学的立場からの地震予知研究については, 脇田による数多くの報告がある。また, 最近では野津憲治 (地震ジャーナル, 23, 1-8, 1997) などの報告もあるので, ここでは詳細を紹介することはしない。

断層破壊論的アプローチ

●J. H. ディータリッヒ (Dieterich)・B. キルゴア (Kilgore), 断層構成特性の地震予知とのかかわり合い

速度依存性および状態依存性の断層構成法則は, 多くの断層スリップの様相を特徴づける。この法則は, ずり破壊の臨界すべり変位量, 破壊先端部の破壊エネルギー, スリップ後の応力回復などを規定する。岩石実験と理論モデルは, ともに爆発的スリップの前に長期的に地震破壊核が形成されることを示す。

このようなモデルは, 余震の大森公式や前震の発生を説明することができる。

この論文を含めて, 当論文集後半の論文は岩石破壊室内実験を主とする研究成果であり, 地震破壊核の形成の重要性を導出するなど, 最新の震源論の傾向を知る上で重要である。

しかしながら, きわめて新しい分野なので, 比較的簡潔に書かれた論文を読んだだけで, ことがらを完全に理解することは困難である。また, 地震学のこのような部門に不馴れである紹介者にとっては, 要領よく紹介することができなかった点は御容赦願いたい。

なお, 震源の問題については, 平澤朋郎 (司会), 梅田康弘, 山下輝夫, 松浦充宏, 大中康馨による「震源で何が起きているか」と題する座談会 (地震ジャーナル, 23, 1-14, 1996) が最新情報を知る上で大いに役立つ。

このような次第であるので, 以下の各論文の紹介は簡単にならざるを得なかった。これらの論文を深く, 正しく理解するためには, 原論文ならびに関係文献を詳しく調べなければならないと思われる。

●M. オーナカ (Ohnaka; 大中康馨), ずり破壊の構成法則パラメータの非一様性と動的破壊に至る準静的破壊核形成: 地震発生過程の物理的モデル

この論文の内容は, 大中による既発表の「実験室でみる断層運動」(島崎邦彦・松田時彦編, 地震と断層, 東京大学出版会, 149-172, 1994) や大中・山下輝夫, 「地震はどう始まりどう終るか」, (科学, 65, 219-229, 1995) などとほぼ同じであるので, 紙面の制限もあり解説は省略する. 要点は, 実験によって, 断層の破壊領域や破壊核の大きさが, 断層面の不規則性を表わす特徴的長さが規定する臨界すべり変位量によって決定されることが明らかになった点である. 破壊核形成は地震直前前兆にほかならないので, 短期的予知のためにはこの形成過程を深く理解しなければならない.

●T. E. タリス (Tullis), パークフィールド (Parkfield) 地震のモデルによって明らかになった岩石摩擦と地震予知とのかかわり合い

室内実験で得られた岩石摩擦構成則をカリフォルニア・パークフィールドの予想地震域に適合するモデルにあてはめて, 地震予知の可能性を検討している. 本震発生に先行して地殻歪の変化が発生するが, その地表におけるレートは $10^{-11}/s$ 程度であり, 検出は困難であろう. 断層のスリップ・レートが微小地震活動で表わせると考えるなら, 震源におけるこのレートの対数と時間(対数)との直線関係より, 地震発生時期を予測できる. したがって, 予知にとっては微小地震活動の加速を捕え, しかもこれが前震であることを確かめることが大切である.

本論集のなかでも, この論文は予知に関してもっとも重要な論文の1つであろう. この論文にあるようなモデル化が, 実在の断層のパラメータを適切にとることによって, 地震発生過程の解明, したがって予知の可能性に結びつくことを期待したい.

日本でも, 断層面の摩擦構成則を潜り込むプレート面に適用して, 地震発生およびそれに先行

する過程を論じる研究(例えば, 「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」, 加藤尚之・平澤朋郎, 月刊地球, 号外 No. 14, 126-132, 1996) が行われているが, 予知実践の作業仮説として, このような数値シミュレーションは実務遂行のガイドラインとなるであろう.

●J. R. ライス (Rice)・Y. ベンジオン (Ben-Zion), 地震断層モデルのスリップ複雑性

比較的滑らかな断層のスリップでは, 摩擦則は特徴的な長さに支配される. そのために特徴的な破壊核の大きさ h^* が規定される. 数値計算のためのセルの大きさが h^* より小さい場合のモデルでは, 周期的またはカオス的な大破壊を生じるが, グーテンベルグ-リヒター (G-R) 則のような冪乗法則に従う小破壊とはならない. セルの大きさが h^* より大きい場合は G-R 則に従う小破壊となる. スリップ開始と同時に強度が急激に減る古典的摩擦の場合は $h^*=0$ である.

この論文に限らず, この論文集の断層摩擦に関する論文には, 通常地震学以外の用語が数多く用いられ, 紹介者のようなバックグラウンドの者にはきわめて難解である. したがって, 上記の紹介文だけでは論文内容を十分に表現できないので, 御関心の高い向きには原文を読んでいただくねばならない. しかしながら率直に言ってこのような内容の論文が実用的予知問題に直接役立つとは思われない.

●R. マダリアガ (Madariaga), A. コチャード (Cochard), 動的摩擦と震源の複雑性の原因

速度および状態に依存する非線形摩擦がある場合の震源複雑性の原因を調べるために, 等方均質な媒質中の有限長(2次元)の直線状断層の一樣なずりストレスを加えた場合の破壊を調べた. 古典的な速度に依存しない摩擦の場合には, 破壊は周期的である. 速度依存性が弱い場合には, 大破壊はなお周期的だが, 小破壊は非定期的となる. 依存性が大きい場合には, 破壊は非周期的に起こり, その大きさはまちまちである. このような結果は, Burridge-Knopoff モデルでも知られてい

る。

●J. S. ランガー (Langer), J. M. カールソン (Carlson), C. R. マイヤース (Myers), B. E. ショウ (Shaw), 地震断層の動力学的モデルのスリップ複雑性

2次元の板バネとスライダーによる有名な Burridge-Knopoff モデルの無次元化した運動方程式を

$$\ddot{U} = \nabla^2 U - U + \mu t$$

とし、断層におけるスティック・スリップ Φ を

$$\frac{\partial U}{\partial y} \Big|_{y=0} = \Phi$$

とする。この論文では Φ が velocity weakening (ただし1次元) のとき、slip-weakening の場合について、変位 U がどうなるかを数値的に調べている。上式の各種記号の意味の詳細は原論文を参照していただくことにする。

この2つのモデルのいずれも、小さい変動については、自然地震のゲーテンベルグ-リヒター (G-R) 則に適合し、大変動については頻度が同則より大きくなる傾向を示して、実際の地震発生の様相をよく説明するものと考えられる。

これらのモデルによって発生させた地震のカatalogについて、本論文集に紹介したケーリス・ボロクのアルゴリズムを適用して、かなりの成功が得られたとしている。

●L. ノポフ (Knopoff), 断層網における地震活動度の構成

この論文はここまで述べてきたいいくつかの論文の趣旨の取りまとめとも言える。均質な断層系モデルはゲーテンベルグ-リヒター則に従う地震活動をもたらす。しかし、境界の影響を強く受ける非均質なモデルでは、大きめの固有地震が起こる。この場合には非均質性が強く影響するので、地域ごとの大地震発生の統計則は大いに異なる。

地震活動の静穏化や中規模地震活動の増加などの中期的前兆は、断層地帯への水の注入による断層強度の低下によってよく説明することができる。

●A. ガブリエロフ (Gabrielov), V. ケーリス・ボロク (Keilis-Borok), D. D. ジャクソン (Jackson), 断層系における幾何学的非調和性

複数の断層が1点で交わる場合の力学的安定性を調べた。 n 個の断層の速度ベクトルを $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \dots, \vec{u}_n$ として

$$G = [\vec{u}_1, \vec{u}_2] + [\vec{u}_2, \vec{u}_3] + \dots + [\vec{u}_n, \vec{u}_1]$$

によって、非調和量 G を定義する。ただし、 a, b の2成分を a_x, a_y および b_x, b_y として

$$[\vec{a}, \vec{b}] = a_x b_y - a_y b_x$$

とする。

プレート・テクトニクスのトリプル・ジャンクションの平衡性と同じように、 $G=0$ ならば系は安定である。ストライク・スリップ断層の場合には、 G が負のときにはブロックが重なることになり、1つの断層が他方の断層をしめつけることになるし、正のときにはその反対になる。ランダース地震の場合は後者、ノースリッジ地震では前者となる。

総合的評価

長・中期的地震予知については、アメリカでも最近相当な進歩があるので、地震発生確率の算定も可能となってきたことがこの論文集からわかり、これは地震防災上きわめて有用であるとされている。この点は日本でも全く同様であり、地震予知計画の成果と言うことができよう。したがって、アメリカでも日本でも予知研究が予算の無駄使いであったとする最近の論調は不当である。アメリカでは、大地震前の地震活動の静穏化や特定地域への集中が重視されていて、日本での地殻変動を重視した評価とはやや異なる。

短期・直前の予知に役立つ前兆現象については、アメリカでも日本と同じようにケースヒストリー的アプローチにとどまっていた、信頼できる予知は達成されてはいない、この種の前兆がいつでも観測されるというわけではないのが最大の難点である。アメリカでは前兆の種類も地震学的現象に偏っていて、日本のほうが地殻歪、電磁気現象(電磁放射を含む)、地球化学的異常、宏観異常

現象などあって多彩である。この種のシグナルはノイズが多く、その点を心得て処理しなければならないが、臨床例を多く集めれば一般的法則を経験的に抽出し、最近特に発展してきた地震発生モデルから期待される前兆と対比して議論することが可能となるであろう。

この論文集から受ける印象としては、断層の破壊論に基づく地震発生メカニズムの研究がアメリカではさかんである。近時、日本でもこの種の研究が進歩しているが、アメリカのほうが研究者数などでも多いらしい。これまでの研究結果はなかなかのもので、本震発生前の前震活動、頻度-マグニチュード法則などなど、現実の地震活動の特性をかなりよく説明できるモデルも提出されている。したがって、地震発生過程を記述する方程式(当然非線形)がある程度確立される日はそう遠

くはないのかもしれない。本論文集のタリス論文によるカリフォルニア・パークフィールド地震のモデルによるシミュレーションは、当該地域における地震予知の実行計画についての指針を与えるものであろう。この点は日本の予想東海地震のシミュレーションの場合と同等であるが、モデル化に含まれる各種パラメータの選択には注意しなければならない。いささか楽観的ではあるけれども、長い間全く不明であった震源付近の地震発生メカニズムに立入った議論が可能となりつつあると考えられ、前兆事例収集ならびに断層モデル精密化の双方を平行して推進すれば、より実用的な短期・直前予知への道が開けるものと期待したい。このような見地から、巷間流布されている地震予知無用論は行過ぎた論議であると判断される。

● 報 告

IASPEI 1997 年総会報告

付ギリシャにおける地震の広報活動

浜田和郎

阪神淡路大震災の教訓の一つとして、地震に関する知識の普及等地震に関する広報活動の強化が痛感された。筆者の所属する地震予知総合研究振興会、地震調査研究センターにおいても、昨年から、科学技術庁の委託を受けて、種々の広報活動、月刊誌サイスマの発行、パンフレット・便覧の発行、地震に関するセミナー・研修会の開催が行われているところである。このような事情のために、筆者は、IASPEI 総会の機会に、ギリシャにおける地震に関する広報活動についての調査に行くことになった。そのために、ここでは、特に、筆者がコンピーナーを務めた、地震予知シンポジウムとともにギリシャで収集した地震の広報活動に関する情報も合わせて報告をさせていただきます。

1. IASPEI GENERAL ASSEMBLY 1997

上記会議は8月18-28日にかけてアテネにつぐギリシャ第2の都市テサロニキ (Thessaloniki) で開催された。プログラムの全体は23のシンポジウムと23のワークショップで構成され (末尾の参考資料参照)、合計約1,500の口頭およびポスターでの発表が行われた。現地の組織委員会の集計によると、参加者の合計は1,200-1,300人くらいで、申込み発表件数の多い順に、ロシア、米国、日本、中国、とのことである。参加者数はIASPEI 総会としては過去最多かもしれないとのことである。発表取り消しも少なく無かったであろうが、その数は不明である。なお、専門的に会議の内容を知りたい方は、各シンポジウムとワークショップのコンピーナーによる Summary Reports が10月末にIASPEI の Home Page (<http://www.csd.net/~bergman/iaspei/>) に出される予定なので、そちらを参照されたい。

地震予知シンポジウム

開催日: 1997年8月25日 (月), 26日 (火)

開催場所: ギリシャ テサロニキ大学

コンピーナー: 浜田和郎, 副コンピーナー: C. Yong (中国), E. Papadimitriou (ギリシャ)

議長: 浜田, Papadimitriou, Sovolev (ロシア), Yong

(中国)

地震予知シンポジウムでは総発表数約1,500のうちの87を占めるので、数の上では大変盛況なセッションの一つであった。87編の論文の発表申込みに対して、30が口頭発表として受理され、残りはポスターセッションとして受理された。国別にみると発表数の多い順に、ロシア、中国、アルメニア、日本、ドイツと続き、この5カ国で70%の60を占める。なお、米国からの発表は無かった。

口頭発表は、阪神淡路大震災後の日本における国の特別な努力をはじめ、アイスランド、アルメニア、日本、中国における地震予知・予測研究を含む全体計画の紹介からはじまった。

研究発表は大変バラエティに富んだものであった。前震・群発地震・地震活動の静穏化・地震活動の同時性 (synchronization) のような地震活動のパターンを取り扱ったものや、地下水に関連した現象・高密度のGPSアレー観測による地殻歪みのモニタリングを扱ったものが発表された。また、プロポーザルを含め、或る特定の手法やアルゴリズムに関するもの、Seismolap法・RTL予測パラメーター法・SVO法・VAN法に基づく研究も発表された。また、いくつかの発表は地域の地震活動に関するもので、日本の南関東、インディアン・プレート境界域の北部とインディアン・シールド地域、およびギリシャ等における地震の予測や地震ポテンシャルの評価に関するものであった。なかには、微小地震のフォールト・プレイン・ソリューションのストレス・テンソル・インバージョンを使った地殻の応力変化のモニター法の提案とか岩石破壊における実験によるAEデータの log-periodic modulation という発表もあった。

もちろん、未だ、どの手法も確立されてはいないが、地震の予知・予測の手法には着実な進歩があった。時と場所と周辺環境によって、地震の前兆現象の性質は複雑に変化するために、いくつかの予知・予測手法は或る場合には有効であるが、他の場合には有効でないのが現状である。また、現在までのところ、決定論的手法は見当たらぬ確率論的である。

最近の地震予知・予測の研究の中に一つの傾向があ

る。即ち、地震のデータを使った定量的かつ客観的評価手法の研究である。この傾向は特に中国とロシアにおいて見られるが、このたびのシンポジウムでも同様であった。一つの予知・予測手法が提案されると、どのくらい「有効か」「駄目か」を追求しようとする態度の現れのような気がする。日本では特にこのような傾向はない。情緒的な日本人は白黒をつけたがらないのであろう。

日本からは次のような発表があった。(発表の時間順)

- 日本における地震防災対策特別措置法に基づく新しい地震研究体制(浜田和郎, 地震調査研究センター)
- 日本における地震災害の長期予測のための努力(島崎邦彦, 地震研究所)
- 1923年関東大地震(M=7.9)後の長期の地震活動静穏化に続く, 日本の南関東地域における特徴的な地震活動の回復(溝上恵, 東大名誉教授)
- 高密度GPSアレイによる地殻歪みのモニタリング(加藤照之, 地震研究所)
- 日本の和歌山で観測される電位差の標準偏差に基づく地震の短期警報を住民に発する可能性(宮越潤一郎・塩崎一郎, 鳥取大学)
- 日本の伊豆半島沖群発地震の場合に見られる, 多成分ボアホール型機器で観測された異常な地殻変動(石井紘, 地震研究所)
- NASDA地震リモートセンシング・フロンティア研究(児玉哲哉, 宇宙開発事業団)
「ギリシャにおけるVAN法による地震予知は偶然でも説明がつくのか否か」の問題はこれまでに何度も蒸し返されてきたが, 地震予知シンポジウムではVarotsos氏本人がこの問題に対する発表を行った。内容は, VANに対する批判者の有意性をテストするための統計的手法に, 100%予知が成功し失敗は0という仮定のデータを当てはめた場合, 種々の矛盾が生じるので, 批判者の手法は正しくないという主旨であった。しかし, 例によって, 猛烈に批判意見が出されたが, 「マグニチュードの決め方が問題だ」とか「マグニチュード5以下の小さい地震に対しても有意に予知が出来なくてはならない」等々であるが, 中には地震予知不可能論まで飛び出した。マスコミは大いに興味を示し, 議論に加わった人を講演会場の出口で捕まえてはインタビューをするという騒々しい事態が発生した。取材後その日のうちにテレビで放送されたのであるが, その内容がまた物議をかもし出した。理化学研究所の上田誠也氏が東大理学部でグラロバート氏に対して公開で詰問をし, 関心のある人も加わって, e-mail networkを通じた応酬が続いた。

地震防災に直接関連するIASPEIのシンポジウムおよびワークショップ

IASPEIは地震学と地球内部の物理学に関する国際的学会であり, この種のものの中では最大規模の学会である。主な活動は学術研究であるが, その性格上, 防災の問題とは切っても切れない関係にある。このたびのIASPEI GENERAL ASSEMBLYの中から防災に直接関わるものを拾うと次のようなものがある。

シンポジウム

- S1 地震のシナリオ, 地震のリスクと損害評価
- S4 テクトニクスの異なる地域の強震動
- S7 期間に依存する, または依存しない地震活動度のモデルとそれらの地震災害評価への応用
- S13 地震予知

ワークショップ

- W1 早期地震警報システム
- W5 地震災害評価における新しい概念と手順
- W7 地震動のサイト・イフェクトと評価のためのモデル
- W8 ヨーロッパ地中海地域における最近の大地震
- W9 地震の災害とリスクに関する一般公衆への教育
- W11 強震動: ネットワーク化における最近の傾向, データベースとデータ処理
- W14 地震災害とリスク評価のための最新の地学情報工学
- W17 全地球の地震災害評価計画1992-1997
- W21 東地中海地域における地震災害軽減

日本の地震学会の場合は防災に関連するものはあまりセッションのテーマとしては取り上げられていない。良く言えば, 日本は分業が進んでいることになるのかもしれないが, 地震学会は防災の問題を重視していないと見られてしまうかもしれない。筆者は, これは単に表現上の問題ではなく, 学会の体質から来るものとおもっている。

Public Relationsに関連するワークショップ

「地震の災害とリスクに関する一般公衆への教育」

コンピーナー: Ms. Jill Andrews (Southern California Earthquake Center, University of Southern California, USA), 副コンピーナー: Gu. Jian-hua (China), K. Ioannides (Greece). K. IoannidesはEPPO (Earthquake Protection and Planning)のDirectorであり, EPPOは地震の災害とリスクに関する一般公衆への教育を行っているギリシャの国の機関である。

口頭発表が8件、ポスター発表が6件。国別の発表件数は、米国：5；国連：2；カナダ：2；タイ：2；中国：1；フランス：1；インド：1

広報活動の点から注目されるものを幾つか取り出すと次のようなものがある。

- World Seismic Safety Initiative による地震災害軽減の全地球的協力 (H. C. Shah, 米国)
- RADIUS-IDNDR のためのプロジェクト：地震災害に対する都市域の危険度評価の手法 (K. Okazaki, 国連)
- 地震学者は地震後の人々の精神的外傷を軽くする事を助けることができる (P. Basham 他, カナダ)
- 中国における地震災害に対する緊急対応 (Z. Sun, 中国)
- 学校による学校のための地震計 (A. Deschamps, フランス)
- 地震に対する準備のための触媒としての隣組組織 (D. M. Simpson, 米国)
- 効果的な地震の教育と情報原理 (J. H. Andrews, 米国)
- 南カリフォルニア地震センター教育と探究プログラム (M. L. Benthien, 米国)
南カリフォルニア地震センターが採用している、研究結果をユーザーに知らせる方法に焦点を合わせた発表。その方法は Newsletters, Scientific Journal に公表された結果、World Wide Web pages, workshop, seminars, および field trips を含む。
- 地震災害の学校教育：日本の経験 (H. Kaji, 国連地域開発センター, 名古屋市)
最近日本で実施された学校における地震災害についての教育計画を調査した結果、1983年の日本海中部地震で経験した秋田県教育委員会 (Board of Education) の指摘している教育上の問題についての考察。最後に、学校教育の中での地震災害の現在の計画を進歩させるための幾つかの提案。
- インドにおける地震の教育と対応戦略 (H. N. Srivastaba, インド)
- コミュニティレベルでの地震のリスクマネジメント：デリーにおける低所得居住者の場合 (K. Kishore, タイ)

所 感

IASPEI の活動は、名前の示すとおり、主に、地震学と地球内部物理学に関連する科学者・技術者の国際学会である。しかし、同時に、地震の問題はその災害の軽減へと不可避的に繋がっていて、地震災害軽減の問題がますます大きく取り上げられつつあるのは最近の傾向であ

る。広報活動については、既にワークショップが計画されていたことは、ここで報告したとおりであるが、このようなワークショップはIASPEIの活動の広さを示している。地震調査研究センターからこのワークショップに参加出来なかったのは誠に残念である。本来ならば、阪神淡路大震災を契機に地震についての広報活動の重要性をあらためて認識した日本から、とくに広報活動を始めた地震調査研究センターから参加したかったし、また諸外国の現状も知りたかった。今後機会があれば、広報活動に関する国際的なワークショップの提案なども積極的に検討してみたい。

2. アテネにおける広報に関わる情報収集

EARTHQUAKE PLANNING AND PROTECTION ORGANIZATION (EPPO) 訪問

EPPOのDirector Ioannides氏を訪問したが、話の初めに、Ioannides氏から「最近日本からは地方自治体等いろいろのチームがEPPOに来て視察等をして、今後の情報交換や協力等についても話しあわれるが、その後は何の音沙汰もなく、残念である。」「せっかく来てくれたのだから、今後も、情報の交換などは続けたい。どうか、忘れないでほしい。」と言われた。その後、情報交換等に移ったが、時間の半分は阪神淡路大震災後の日本の状況についての先方からの質問であった。以下は先方から得た情報である。

EPPOの役割：EPPOはギリシアにおける地震にたいする計画とその災害防止に責任を持っている機関である。主な仕事は地震災害の防止に関する政策について指導すること又政策の実施のために国と個人の資源を調整することである。EPPOは地震の災害防止に関する研究について指定や調整を行う。また、個人や国の機関と同様に、外国の公共機関・科学者のコミュニティとも協力をする。

EPPOの組織体制は大きくEARTHQUAKE PLANNINGとEARTHQUAKE CIVIL DEFENCEの二つのDIVISIONに分けられており、前者にはSEISMOTECTONICSとEARTHQUAKE ENGINEERINGのDEPARTMENTがあり、後者にはTRAINING AND PUBLIC INFORMATION, EMERGENCY PLANNING, EMERGENCY RESPONSEのDEPARTMENTがある。職員数は総勢で約50名である。5つのDEPARTMENTにはそれぞれ10名前後の学識経験者からなるアドバイザーとしての委員会(Scientific Committee(SC))等が置かれている。また、DEPARTMENTの仕事とは別にSeismic Risk Assessmentの特別な委員会も置かれていて、地震の予知・予測の情報が出てきた

場合には、種々のデータを基にその評価をする事になっている。各 DEPARTMENT の仕事の内容と委員会名は以下のようになっている。

DPT. SEISMOTECTONICS

サイスマテクトニクスの委員会

- 国立地震観測網のオペレーションセンター
- ネオテクトニクスのマッピングの国の計画
- 地震のマикроゾーネーションの詳述

DPT. EARTHQUAKE ENGINEERING

エンジニアリングの委員会

- 耐震についてのギリシャ（とユーロ）の建築基準
- 建築物の損害評価
- 耐震のための都市計画

DPT. TRAINING AND PUBLIC INFORMATION

教育と情報の委員会

- 学校での教育とトレーニング
- 災害のマネジメントについての公共機関のトレーニング計画
- 広報

DPT. EMERGENCY PLANNING

緊急計画の委員会

- 地震時の緊急計画についてのガイドライン
- 地方・地域レベルにおける地震時の緊急計画についての調整
- トレーニング、練習、ネットワーキング

DPT. EMERGENCY RESPONSE

迅速な災害評価のための科学者チーム

- 技術支援とレスキュー活動の調整
- 緊急対応と援助の準備の調整

特に教育について：EPPO ではポスターやパンフレットも作成しているが、それらは直接各家庭や然るべき機関に配布している。日本ではまだないが、ハイスクールの教師を各学校から1-2名ずつ集めて、教師のトレーニングを試験的に始めている。

EPPO の President Papanikolaou 教授訪問

ここでも、時間の半分は先方からの質問で、筆者のIASPEIでの発表（日本における地震防災対策特別措置法に基づく新しい地震研究体制）のアブストラクトを見ながら内容の説明などを求められた。

Papanikolaou 教授は EPPO の現在の仕事である次の

6項目に関し簡潔な説明を行った。

1. 国立の地震観測網の増強：地震発生の仕組みを研究し、正確な震源を決定して、情報を公表する。
2. 耐震のための新しい建築基準の検討を、専門家の委員会を設置して行う。
3. ネオテクトニック・マップの作成：詳細な地質図のみならずギリシャ全土の活断層の情報も含める。活断層分布図は10万分の1のスケールで計画しているという。ネオテクトニック・マップは現在までに3枚発行済みで、残りは19枚の予定である。
4. マイクロゾーネーション：この仕事は地方政府の協力を得て、特に、都市域に力を入れて行われている。これは耐震のための建築基準作成の仕事と連動している。
5. 地震防災のジェネラルプランの実施：この仕事は国の内務省と地方政府との協力で行われる。ギリシャは島が多く、防災対策や危機管理の具体的問題は地域ごとに大変複雑である。
6. 教育（情報）の問題：最近スタートしたばかりであるが、学校を目標にしている。ハイスクールの教師を集め、大学教授の協力を得て、教育をし、その先生を中心に学校での地震防災の教育を進める。試験的に開始されたところ。

その後、VAN 法による地震予知の評価が話題となった。Papanikolaou 氏は現在は実用の技術としてではなく、「研究として見ている」とのことであった。

VAN 法による地震予知の研究グループ訪問

アテネ大学物理学科、Varotsos 教授を中心とする上記のグループを訪問した。8年前に筆者が Varotsos 氏を訪問した時には無かった新しい研究棟で、米国からの研究者も加わった新しい研究グループが、観測と実験と理論の分野で仕事をしていた。観測システムは大変近代化され、On Line Digital Telemetry System を使い、観測点には衛星観測点をもうけ多数の電極による詳細な観測が行われている。SES 信号の実験的裏付けを目的とした岩石破壊の実験を見学した。又、「Selectivity」（観測点が前兆的信号 SES を地域を限って選択的に観測するという性質）を説明するモデルとして、地震の断層モデルそのものを考えているとのことであった。「断層のところでは比抵抗は非常に低く周辺の岩石に比しておよそ1/1,000と推定される。こういう状態では、Selectivity は断層の方向により説明できるかもしれない。」というのが Varotsos 氏のその日の話であった。

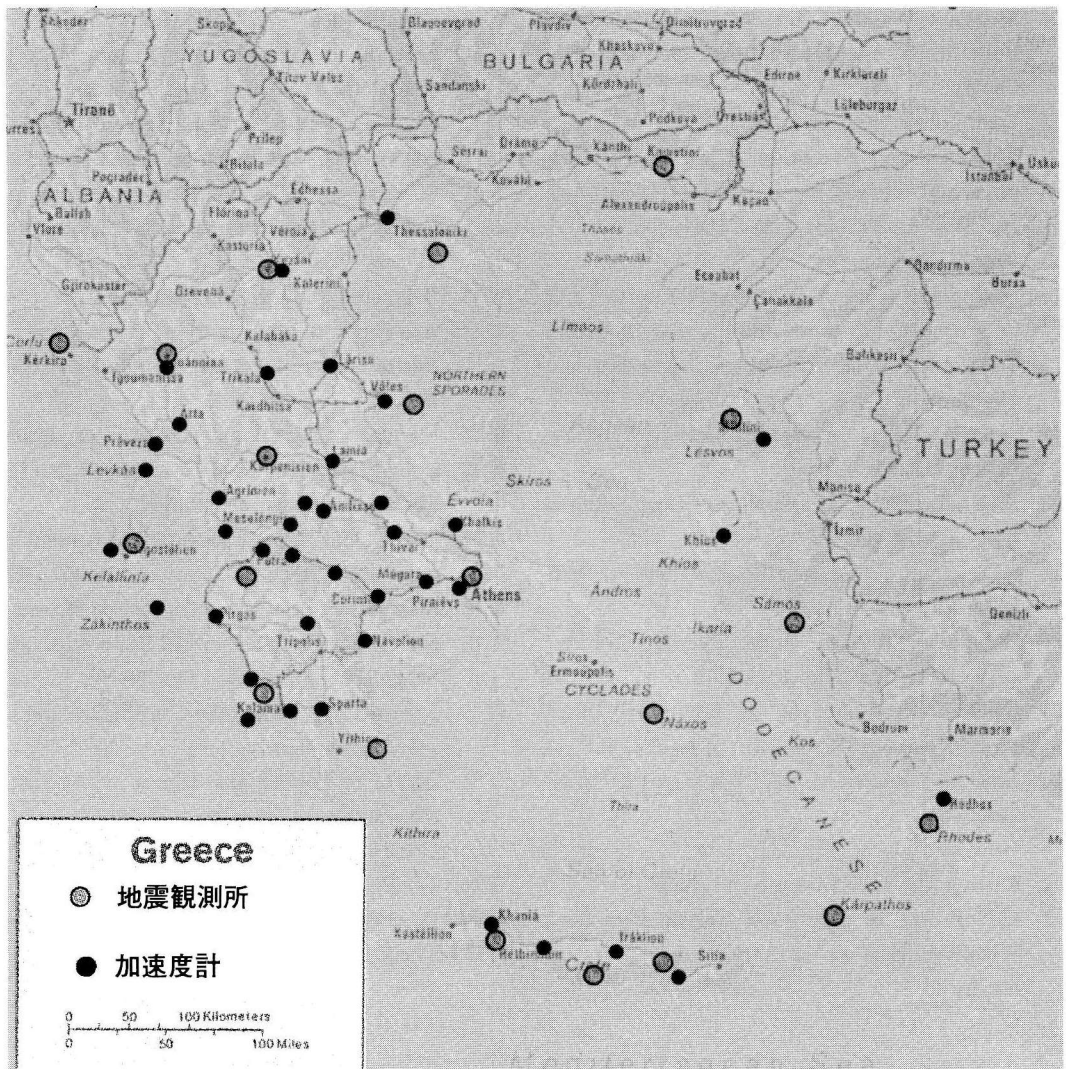
Geodynamic Institute, National Observatory of Athens 訪問

ここでは Dr. G. Papadopoulos と会う。

Geodynamic Institute, National Observatory of Athens の大事な仕事は地震観測である。地震観測点は 22 の永久観測点と 40 の加速度計(強震計) からなり、島嶼を含めてギリシャ全土に分布している(図参照)。日本の気象庁地震課と似たところがあり、3 交替で 24 時間勤務である。ここでは、或る設定レベル以上の地震が観測された場合は、直ちに関係機関に連絡し、一般にも情報を公開する。マグニチュードは発表するが、インテンシティは発表しないという。互いに取り違えられて誤解の基になるからであるという。

参考資料: IASPEI 1997 シンポジウム (S) およびワークショップ (W) 一覧表

- S1 Earthquake Scenario, Seismic Risk and Loss Assessment
- S2 Are the Oceanic Plates Rigid?
- S3 Geodynamics of the Alpine-Mediterranean Collision Zone (Co-Sponsored by ICL/ILP)
- S4 Strong Ground Motion in Different Tectonic Regions
- S5 Continental Crust and Lithospheric Models From Seismic and Non-Seismic Data: Frontier Regions and Revisions to Accepted Models
- S6 Stochastic Seismology: Waves in Complex



Media

- S7 Time and Non-Time Dependent Seismicity Models and Their Application in Seismic Hazard Assessment
- S8 Mantle Rheology and Geodynamics: Inverse Problems and Geophysical Phenomenology (Co-Sponsored by CMG and SEDI)
- S9 Heat Flow, Seismic Structure and Seismicity in Active Tectonic Regimes
- S10 Earthquakes, Paleoseismology and Active Tectonics (Co-Sponsored by ICL/ILP)
- S11 Structure in the Lithosphere, Geodynamic Processes and Anisotropy (Co-Sponsored by ICL/ILP)
- S12 Achievements and Future Perspectives After 30 Years of Global Travel Time Data on the Bulletins of the International Seismological Centre
- S13 Earthquake Prediction
- S14 Structure and Evolution of the Earth: Geophysical Observations, Laboratory Constrains, and Modeling (Joint with SEDI)
- S15 Volcano Seismology
- S16 Earthquake Nucleation, Dynamic Rupture, and its Arrest: Observation and Physical Modeling
- S17 Subduction Zones: Structure, Dynamics and Magmatism
- S18 Seismic Waves in the Elastically Nonlinear Energy-Saturated Earth
- S19 Slab Structure and Dynamics of Deep Subduction
- S20 Seismological Data and Practice-Beyond Year 2000
- S21 Hotspot and Plumes: Origin, Ascent, and Interaction With the Lithosphere
- S22 Geophysical Future of the Urals and Other Mountain Belts (Co-Sponsored by ICL/ILP)
- S23 New Approaches to the Estimation of Earthquake Size
- W1 Earthquake Early Warning Systems
- W2 Elaboration of Historical Earthquake Data With Emphasis on the Aegean and Surrounding Area
- W3 Towards Reference Earth Models (Co-Sponsored by SEDI)
- W4 Lithospheric Structure: A Key for Understanding Seismotectonics and Seismic Hazard of the Carpatho-Balkan Region (Co-Sponsored by ICL/ILP)
- W5 New Concepts and Procedures in Earthquake Hazard Assessment
- W6 Electromagnetic Signals Related to Tectonic Processes
- W7 Earthquake Site Effects and Modeling for Assessing the Site Response
- W8 Recent Strong Earthquakes in European-Mediterranean Region
- W9 Educating the Public About Earthquake Hazards and Risk
- W10 Earthquake Preparation Process: Quantitative Method and Hypothesis Testing
- W11 Strong Ground Motion: Recent Trends in Networking, Database and Data Processing
- W12 Comparison on Techniques for Computing Synthetic Seismograms for 3-D Global Earth Models
- W13 Triggered/Induced Earthquakes
- W14 Advanced Geoinformation Technologies for Earthquake Hazard and Seismic Risk Assessment
- W15 Manual of Seismological Observatory Practice
- W16 Long Period Studies of Lithospheric Structure and Engineering Seismology
- W17 The Global Seismic Hazard Assessment Program 1992-1997 (Co-Sponsored by ICL/ILP)
- W18 Instrumentation Prospects for the Future
- W19 Multi-Parameter and Multi-Scale Analysis of Seismicity and Related Fields
- W20 Thermal Regimes in the Continental and Oceanic Lithosphere
- W21 Reducing Earthquake Losses in the Eastern Mediterranean Region (Co-Sponsored by UNESCO)
- W22 Tsunami Sources
- W23 Exploiting Massive Seismological Data Sets: Theory and Practice

翻訳

地震研究は基礎科学か？

原題：Is the Study of Earthquakes a Basic Science?

Thomas H. Jordan

(関根真弓訳，力武常次監修)

アメリカ地震学会刊行の *Seismological Research Letters*, 68, No. 2, 259-261, 1997 の“Opinion”欄に，上記標題の T. H. ジョーダンのエッセイが載っている。近頃日本では，地震予知の困難性に関する論議が行われ，予知は不可能であるから，予知研究などやめてしまえという暴論(?)も聞こえてくる。アメリカでも，地震予知が易しくないことは十分に認識され，予知研究についてはさまざまな論議があるようである。

このような情勢のもとに，予知研究を含めて地震研究のあり方を示す1つの意見がこの著者によって提出され，大いに示唆に富むと思われるので，ここに邦訳して読者に提供する。著者ジョーダンはマントル構造，プレートテクトニクス，地震過程などに関して重要な寄与をしている学者で，現在 MIT (マサチューセッツ工科大学) の地球・大気・惑星科学科主任であり，その意見は傾聴すべきものがある。原文は非常に格調高く書かれているので，訳文が十分に適切であるとはいえない。著者の意図により迫りたい読者は原文にアクセスされることを望みたい。

(地震ジャーナル編集部)

現在の情勢は科学のリーダーシップをとる上で並外れた可能性を我われに与えている。事実，地震の研究で我われが直面している全く非妥協的な問題点は，科学の限界を拓げるほかないとしている。

どれほどの科学者が同意するかは分からないが，私はこの質問の答えは YES であると信じている。例えば，私の MIT の同僚で，物理や化学や生物学の人びとは厳密に言えば地震の研究は応用科学だと特徴づけることと思われる。彼らは当然地震の研究は応用科学としてすばらしい成果をあげていると素直に認めるだろう。彼らの多くは活断層のマッピングや，南カリフォルニアや北西太平洋沿岸のような地域での古地震史を明らかにす

ることに顕著な進歩があったと認めている。そしてそのうちには被害を引き起こした地震から得られる地震学的なデータのすばやい収集・解析・普及の能力の進歩に気づいている人もいる。その一方，年輩の人びとは応用地震科学としての全体的成果は30年前の高い期待の完全な成就に達していないことをたぶん知っている。30年前というのは短期地震予知がもうすぐ可能になったと思われる時期である。

1964年のアラスカ大地震の被害を受けて、Frank Pressを長とした委員会が「地震予知：10年間の研究計画に関する提言」“Earthquake Prediction: A Proposal for a Ten Year Program of Research” (White House Office of Science and Technology, 1965)を発行した。この報告のタイトルに反映されている楽観的考えは、いくつかの経験的な予知の手法やそれらの基礎となる物理過程のモデル（例えばデイラタンシー・拡散モデル）によって1970年代初期により推進された。1976年までにNational Research Councilの委員会はつぎのように述べた。

「委員会は満場一致で確実な地震予知は到達可能なゴールであると信じている。我われは今後5年間のうちに、カリフォルニアに起こる少なくともマグニチュード5の地震を、一般の人びとがそれを認め効果的な対応を行えるような科学的方法で、場所と時期との不確実度を十分に小さくして予知するであろう。」

しかしながらその後20年間のうちにカリフォルニアでマグニチュード5以上の地震が100個以上発生したが、この約束はいまだかなえられていないままである。事実、カリフォルニアや日本のようによく設備が整った地域での観測ではがっかりするばかりである。以前に提案された短期地震予知の手法はまだ成功に達せず、モニタリングの能力の実質的な向上にもかかわらず、有効な短期予知に役立つ判断となる明白な前兆現象は明らかにされていない。

地震研究を推し進める力や統一的なテーマとしての地震予知の挫折は重大な危機をもたらした。反動の1つとして予知の問題は本質的には解決済みと断言する立場がある。長期的な観点で見ると地震活動の予測は可能であっても、地震は一般大衆が求めるレベル、つまり大地震について場所や時間や大きさが詳細に分かるという意味では決して予知はできないというのである。この主張は活断層が無秩序であるという考えに基づいている。あるシステムのある瞬間の状態が如何によく知られていようとも、つまり地震核が形成されつつある状態が如何によく分かっている、ほんの少し後

の振舞いを予測するには十分でないということである。例えば破壊が止まる前にどれくらい地震核が大きくなるか分からないのである。この考えはある大きさの地震、カリフォルニアでの中くらいのサイズの地震に適応できるだろうが、全ての大きな地震の振舞いについて一般化することは時機尚早であろう。さらに言えば我われはまだつぎの質問の答えを知らない。「かりにあるとしても、どのタイプの地震が短期予知可能なものだろうか？」これについて言えば、我われは少なくとも短期での決定論的な予知の実行能力については楽観的な姿勢でいることはできない。

そうすると、地震研究を推進すべき問題は何かのだろうか？ もちろん我われがぜひしなければならずまた可能である災害軽減につながる興味深い問題のメニューがある。これらはリアルタイム地震学や主要なイベントに対する強震動予測や迅速な対応のテクノロジーを進歩させ、近代的な地質学のおよび測地学的技術によって地震被害マップを改良している。これらの問題はそれ自体科学的な挑戦であり、拡大した社会に対する重要性は論をまたない。実用的な地震の研究は健全で活発な応用科学であり、連邦予算当局の強力なサポートをうけ続けるに値する。

けれどもこのような応用科学的メニューは地震研究全体を維持するには貧弱すぎる。例えばもっとも優秀で頭脳明晰な学生は主として技術者に対するコンサルティングサービスとなる純粋な応用科学には興味をもたないだろう。（残念ながらこれが地球環境科学の現況である。）将来有望な若い研究者達はもし彼らがマイクロゾーニング（microzonation）を主とするキャリアを予期するとなれば相当に面白くなく思うことだろう。さらに社会はそのような平凡な研究にはすぐに興味を失ってしまう。健全であるためには、地震科学は純粋な基礎科学から導き出されるものでなくてはならない。

正確な基礎科学の定義はむずかしいが、その役目の3つだけは明らかである。その1つは応用科学の方法論、この場合は地震災害軽減に向けた実用的な見方を改良するのに必要な知識の基盤を提

供することである。そしてこのこと自身があらゆる種類の面白い研究を行うにあたっての大きな要請なのである。例としての地球の地殻や上部マントルのような不均質で非等方的な物質内での地震波の散乱という難題を取りあげてみよう。この問題はたまたま最近の私の研究課題となっている。私はこの仕事に関してこう論じることができる。それは地震災害の中心的な問題からは遠く離れているが、最終的には破壊過程のイメージを作り、強震動の予測をモデル化するアルゴリズムを改良するかもしれない。このような長期的知識に基づいた戦略は20年前に地震災害軽減計画(National Earthquake Hazard Reduction Program, 略称 NEHRP)を設定するのに用いられた。そしてこの計画は実用的利益をもたらすことに多大な成果をあげた。最近の NEHRP に対する外部の批判に対しては、地震学界はこの点についてもっと積極的に主張すべきである。地震被害の問題、特に災害ポテンシャルの予測の基本的なアプローチに向けて力強く進むことができるしまたそうすべきである。

基礎科学の2つめの役割は基礎および応用科学の他の研究分野に役立つよう根本的な理解を深めることにある。例えば、地震の破壊過程と断層の摩擦に関する室内実験の結果は、ダイナミックなモデルや材料工学に適用されるような本質的な関係を導き出してきた。現在、偶発的変形の理論的な研究は地球やその他の惑星リソスフェア内に存在する歪集中という基本的な問題に直面している。また我われは地震の科学がプレートテクトニクスの改革において重要な役割を果たしたことを忘れてはいけない。プレートテクトニクスは20世紀科学の主要な成功の1つと数えられる。地震の研究は地球科学の基本的な分野としてこの役割を続けて行くであろう。

地震科学を何とかしていわゆる科学の本質的なものとしてとどめることはさらに困難である。このことについて考えてみよう。この議論の鍵は基礎科学のスペクトルが2つの極端な範囲の間に位置することを認識することである。一方の端は還元主義のゴールであり、その偉大なテーマは宇宙

の基本法則を発見するという名目で400年前に始まった。還元主義者の方針は、世界の複雑性を分解して、それを基本的な力に分解し、ついには、本質的な調和が得られるまで単純な状態に帰せしめることである。この壮大な企ては続いているが、自分を含め、多くの人には不可視な影の中に退いてしまっているように見える。

科学的スペクトルの他方の端は自然界のとても複雑な系を理解するところにゴールがある。この系は属性の接近性と規模によってグループ化されている。その範囲は各有機体の生物系と有機体のグループの生態系にはじまり、地球や他の惑星系、さらに星や銀河を越えるような天体系にまで至る。自然界のシステムへの科学的アプローチはほとんどがいわゆる「構成派プログラム」と呼ばれる還元主義者の協議事項にしたがっている。このプログラムはつぎのようにまとめることができる：すなわち系を構成するものの中の基礎的なプロセスを特徴づける基本法則によって我われは系の振舞いについて本質的な見方を量的に記述する方法を探すことである。還元主義の大きな失望の1つは、このアプローチが概念的に失敗であったことである。1972年に Philip Anderson が Science 誌の中に“More Is Different”という論文を書き、その中でこう主張している。

「還元主義者の前提は決して‘構成主義者’のそれを意味することはない。全てを単純な基本法則にまで分解する能力は、それらの法則を集めて世界を再構築する能力を意味しているわけではない。事実、多くの素粒子物理学者が基本法則の本質について語れば語るほど彼等は残りの科学の抱える非常に現実的な問題については関係がなくなり、社会に対してはさらに関連が少なくなる。構成主義者の仮説は規模と複雑性という2つの難題に直面すると崩壊してしまう。」

この失敗は科学哲学者が存在論の不一致と呼んでいるものに起因している。科学史家 Silvan Schweber は1993年11月の Physics Today の中の論文で、この状況を以下のように述べている。

「20世紀の理論物理学の特質であった還元主義者のアプローチは突発事態の調査にとってかわられつつある。これらの概念の発達には物理学界の階層構造を示す。それぞれの階層は上手に存在しているがその他の階層との大きな不一致は残ったままである。」

別な言葉を使えば、それぞれの科学のレベルは、大概が近似的であるとはいえそれ自身の「基本」方程式を持っているのである。けれどもこれらの方程式を知るだけでは十分ではない。なぜなら物理的現象の数学的な記述を提供するのは方程式ではなく、その解であるからである。「緊急事態」は方程式から容易に得られるものではなく、その解の特質に依存する。そのもっとも重要な例は決定論的カオスである。

気候やマントル対流や地球ダイナモといった巨大なシステムから、局地的石油貯留層やハリケーン、活断層系に至る地球系は、突発事態の最良の例を提供してくれる。エネルギー消費的なシステムでカオスを最初に系統的に扱ったのは、Ed Lorenzの1963年の論文“Deterministic non-periodic flow”（決定論的な非周期的流れ）であった。この論文では大気対流の単純なモデルを調べた。普遍性と自己組織化のような概念は地震現象に対して物理学者や地球物理学者がよく適用するが、複雑系の新しい科学に関する雑音を急増させた。

現在、物理学者が複雑系について語るとき、大概は複雑な振舞いをするとともに単純なシステムを引き合いに出すだろう。地球系は我われが「構成派フロンティア」と呼ぶそのはるか向こう側にあるほどに実に複雑で、それゆえ観測、解析、推理でも解けない問題があるという特別な状況にある。地震の科学は科学のスペクトルのこの端で知的発展をリードするべきなのだ。競争を見てみなさい。生物学的には明らかに複雑性に対して正当な権利があるにもかかわらず、生物学の大半は遺伝情報の実行として生物を見るという還元-構成主義の問題に今もとらわれたままである。事実、最近の分子生物学は構成主義者の計画がほぼ成功

を納めた科学である。というのも主たる分子のDNAがほとんどの生物学的プロセスの基礎であり、純粋に決定論的なテンプレートと規定されているからである。生態学者や進化生物学者といった非構成主義者は、近代的な遺伝学的方法論をどれほど取り入れられているかで判断して、重要でないとされている。あるいは天文学をとりあげてみよう。天文系は明らかに複雑であるが天体物理学者がもっとも重要と考えている問題は宇宙論、すなわちもっとも基礎物理に直結している分野なのである。多くの天体物理学者はこのように古い還元主義プログラムに組み入れられているのである。

現在の状況は科学におけるリーダーシップをとる並外れた機会を我われに与えている。実際、地震の研究で直面している問題のまったく妥協することを許さない事実は、我われに選択の余地なく科学の限界を広げることを求めている。活断層系はモデル化するのにもっとも厄介な地球系である。なぜならば断層の相互作用の本質的な原動力が時間的にも空間的にもスケールが幅広いからである。さらにそれは非常に不透明なものである。対照的に気候システムは非常に複雑ではあるが透明で観測しやすい。データが不完全で不正確、さらにほとんどのシステムは視界から隠されている地球系の理解をどうすれば高められるだろうか？この無知がリモートセンシングという新しいテクノロジーや、インバージョンやデータの融合への新しい手法、演繹理論の新しい概念等の発達をうながしている。これは我われを科学の最前線に押し進めているのである。

この努力の重大な点は予測する能力の問題である。なぜなら地球系の振舞いを連続的に予測することはどれほどそのことについて理解しているかを示す最も正確な指標である。ここでは私は地震予知に限定せず、もっと一般的な活断層系全体の振舞いを動く前に先験的にシミュレートする能力と、どちらの見方がもっとも決定的かを知る能力について考えてみたい。地球系の予測の可能性についての研究はごく初歩段階で、他の自然のシステムにも広く応用できる未発達な大躍進の余地が

大いにある。我々はこの方向での研究をより急いで進めなければならない。

このことは私に3つめの基礎科学の問題を示す。それは人類に世界で置かれている位置を明らかにすることである。天文学と進化生物学が通俗科学の二大分野になったのは決して偶然ではない。それらは我われの文明を囲む物理的および時間的な環境を規定するものとして一般大衆に価値を認められているのだ。地震研究者としての我われの仕事はこの点で、天文学者や恐竜の専門家よりも困難なものである。なぜなら大地震はたいていが思ってもみない形のとて悪いニュースとなるからである。それにもかかわらず、完全に理解することもできず、また我われが制御することも不可能な自然の力に支配された不安定な地球上に住むために、合理的な環境を用意するのが我われの責任なのである。将来の展望への必要性を聞くために、Bill McKibbenが著書The End of Natureで述べている苦言に耳を傾けよう。

「世界の悲劇はそこから逃げ出す人間のいないことにある。何十年にわたって文明は地球から略奪し、地球を汚染してきた。かつてはそのような攻撃は比較的一部の地域に限られていた。けれど今は温室効果ガスとオゾン層の浸食による大きな変化によって、人間は至るところで生活の本質的なプロセスを変え、戸外に目を向ければ、自然そのものが巨大な暖房された部屋と化している。自然の基本的な力は、かつては人の手の届かぬところにあった。これから先も永久に人の支配の課題以上のものでありつづけるだろう。

McKibbenのビジョンは私にIsaac AsimovのTrantorに関する記述を思い出させる。Trantor

はFoundation三部作に出てくる銀河帝国の中心にある地球型惑星である。その星は非活動的で、巨大都市に周囲を完全に覆われている。ここでは生物が全てを制御し、自然の基本的な力はどこにも見当たらない。対照的に我々の地球は地質学的に大変活動的でその内部の力は決して支配することはできない！ 人間社会がこの現実に適応するよう手助けすることは、地震研究者の重要な役割である。

地震の研究を志す若き科学者への直接のアピールでこの文章を終わりにする。君たちは運のいいことに科学における基礎と応用が非常に近い研究分野を選んだ。どちらの見方から学問を追究しても非常に価値があり十分なキャリアを得られるだろう。けれどもこの文章で述べたような好機を開発するには、君たちは個々において深く考えることが大切で、地震現象の最も根本的な見方を探求できるようにならなければいけない。君たちが危険軽減の実用的な問題に自分の技術を生かすすべを探しているときでも、狭い意味での応用科学に偏ってしまうことは避けなければならない。大きな問題にぶつかり、難しい質問に答えなさい。それが地震科学の本当の挑戦なのだ。NRCは最近私が議長をつとめるCommittee on the Science of Earthquakeにこのような挑戦について発言し、そのために必要とする手段を論じることを委嘱した。この仕事のためには、我われには君達の助けが必要である。これらの質問についてよく考えて君たちの考えを聞かせてほしい。

トーマス H. ジョーダン (Thomas H. Jordan)
地球・大気・惑星科学科
マサチューセッツ工科大学
ケンブリッジ、マサチューセッツ 02139,
アメリカ合衆国
thj@mit.edu

災害解釈の精神史

クライストの地震小説について

種村季弘

カタクリスム
天変地異，とりわけ地震に関する事後的な記録（文学）は決して少なくありませんが，ではそれが精神的な地殻変動を促すほどの影響を及ぼした歴史的事件を挙げるとなると，思い浮かぶのは，さしずめ一七五五年十一月一日午前九時四十分ポルトガルの首都リスボンを襲った地震とその災害結果ということになります。

この地震は，直後にジャン・ジャック＝ルソー，ヴォルテール，カント，ヘルダーのような当代の思想家たちの発言を促しましたが，そればかりか，論争の仮想敵として呼び出されたやや前代のライブニッツ，ヴォルフ，ポープのような哲学者，詩人の言説をも巻き込み，のみならず地震以後ほぼ半世紀を経て成立したハインリヒ・フォン・クライストの小説『チリの地震』（種村季弘訳，河出文庫）に至るまでの余震を生じさせ，どうかすると現在にまで及ぶ余震＝後遺症を残していると考えられます。

当時まだ六歳だったゲーテもリスボンの地震に驚愕した一人でした。『詩と真実』の冒頭近くに，リスボン地震のくわしい報告とともに，少年ゲーテが受けた衝撃と，それに続く深刻な懷疑が次のように語られています。

「天地の創造者，維持者たる神，信仰箇条の第一条の説明によって，聡明で慈悲深いものとして彼（少年ゲーテ）に紹介された神は，義人と悪人とをあけて，ひとしく破滅に陥らしめたことによって，万有の父たる実を示さなかった。（略）哲学者や神学者自身が，こうした現象をいかに見るべきかということについて，一致することができなかったのだから，なおさら少年の心を取り直すことのできるわけはなかったのである。」（小牧健夫訳，ただし一部引用者により変更。）

全知全能の神とその神の手になる天地創造の無

謬性という神話が，幼いゲーテの場合にも，リスボンの地震とともに崩壊したものでした。先に名を挙げた哲学者や詩人の場合にも事はまったく同断です。なかでも最後に名を挙げたクライストの十九世紀初頭にかけて成立した小説『チリの地震』は，小体ながらも，十八世紀後半までの災害解釈の言説すべてを一身に受け止めて，そのいくつかの課題を今日の精神状況にまで引き継がせる重要な文学＝精神的な作品と申せましょう。タイトルこそ新大陸が舞台の『チリの地震』ではありますが，申すまでもなくこの物語のモデル表象は旧大陸のリスボンの地震でした。そこで以下しばらく，リスボンの地震とはどのようなものであったかを，簡単に述べてみようと思います。

リスボンは当時世界に覇を唱えたポルトガルの首都，ヨーロッパ各国はいうまでもなく，ブラジル，アフリカの大部分，果ては極東の国々にまで通じる，世界貿易の中心地として繁栄の絶頂を謳歌した大港湾都市でした。人口二七万五千。その富と貿易量はいうまでもありません。しかし一方では，カトリック教会を中心とする市民の信仰心の篤さでも知られていました。

一七五五年十一月一日は万聖節の当日でした。地震勃発の午前九時四十分，市民のほとんどは市内にいくつもある大小の聖堂のどれかのミサに集まっていました。そこへ地下から雷鳴のような轟音がつき上げ，次いで二分間に及ぶはげしい震動が続いて，家々，商店，教会，王宮が，耳を聳せんばかりの音を立てて崩壊しました。地震の衝撃は前後三回に及び，ミサに参列していた人びとの大多数が崩壊する石造の教会の下敷きになって死傷しました。

たまたま市の後背地の丘から地震の瞬間のリスボンをながめていた人の目撃したところでは，市

内の建物は、まるで「ライ麦が風にゆれる」ようにゆらぎながら崩壊したといいます。建物の崩壊とともにもうもうたる土埃が空を覆い、白昼夜なお暗い闇が廃墟にたちこめました。やがて土埃がおさまると廃墟のいたるところから火の手が上がる。火を逃れる人びとは本能的に水をもとめて港へ殺到します。と、そこに待ち受けていたのは津波でした。崩壊する教会の瓦礫に埋まって即死しなかった、または生きながらにしての焼死を免れた人びとは、逃げに逃げて最後は津波の水に呑まれる末期を遂げたのです。リスボンの全家屋二万戸のうち一万七千戸が壊滅し、人口二七万五千人のうち死傷者は六万人を数えました。

史上ヨーロッパにおける地震は主として南ヨーロッパに集中してはいますが、さほどめずらしい災害ではありません。南イタリアの古代ポンペイのヴェスヴィオ噴火・地震をはじめ、中世では一二二七年のエクス-アン-プロヴァンス地震、一五三一年のイスタンブール大地震、一六九四年と一七〇三年のシチリア大地震、当面の対象たるリスボンにしても一七五五年の地震が初めてではなく、一五三一年にも多数の死者を出した地震を経験しています。

では、中でもリスボン一七五五年の地震がどうしてこれほど名高いかというと、リスボンが当時世界最大の貿易港として高度に都市化されていたこと、ということは地震災害とは本質的に都市の問題であることに起因します。あらためていうまでもなく、無人の砂漠や極地でたとえどんなに大規模な地震が起こったとしても、それは純粋に地球物理学的現象であって、主として人間に、したがって精神文化に関わる問題にはなりません。

しかし災害史上リスボンの大地震を画期的なものたらしめたもう一つの出来事は、時のポルトガル宰相ド・ボンバル侯爵が市内の各地区にただちに指令を発して、地震の衝撃の時刻、持続時間のデータをくわしく報告させたことです。これは事後に震度を測定した最初の試みとされ、いわば近代地震学の礎をなす壮挙として記憶されています。

だからといってこの地震は、近代的科学精神に

よる冷静な測定の対象になっただけではありません。同時に、(おそらく最後の)古き宗教的狂信の口実ともなりました。

生き残った人びとはただちに廃墟に応急の仮設住宅を建て、都市再建に乗り出しました。しかし作業は遅々としてはかどりません。とりわけイエズス会士を中心とする狂信的な司祭たちが妨害の挙に出たのです。彼らにいわせるなら、地震は罪を犯した市民たちに神が怒りを発して下し給うた懲罰にほかならず、市民一同、ここで懺悔をしなければまたしても懲罰が下るのは必定、徒な復興作業などはすべからく後回しにすべし、と。毎日何百回となくこの手の脅迫がましいお説教を聞かされるうちに、さしものリスボン市民も鈍重な無関心に見舞われて都市再建作業に手がつかなくなり、日常復帰に重大な支障が生じてきました。そこでついに敬虔さにおいてその名も高いリスボン市民たちが、あろうことか、狂信的司祭たちを牢に押し込めてしまったのです。

神は罪のある者を罰し給うがゆえに災害を下されたという。それならしかし、どうして罪のない女子供が瓦礫の下敷きになり、火に焼かれ、海に呑まれなければならなかったのでしょうか。それよりも悪や背徳の勝利を物語るような、次の事実をどう解釈すべきでしょうか。そう、多くの善良にして敬虔な市民が崩壊する教会に押し潰されて死んだというのに、ほとんど無傷のままに残った娼家街で朝っぱらから娼婦相手に浮かれていた遊蕩児どもはちゃっかり助かってしまったのです。どう見ても、この瞬間には、司祭たちの狂信よりはド・ボンバル侯爵の合理主義的精神が、ミサ参列者の神信心よりは箸にも棒にもかからないリベルタンどもの唯物論のほうが、神の御心にさえ適うように思えたのです。

これを要するに、司祭たちの投獄という前代未聞の神聖冒瀆的な措置とともに、伝統的=旧約聖書的な災害解釈に亀裂が生じたのです。もはやソドムとゴモラのような道徳的に退廃した都市に対する神の黙示録的懲罰という災害解釈は、強制通用力を持ち難くなりました。

そこに着目したのがヴォルテールです。ヴォル

テールがリスボン大地震に触発されて『リスボンの崩壊についての詩』を書き上げたのは、地震の翌年（一七五六年）とはいえ数週間後のことでした。彼がリスボン大地震に「(メタフィジカルな)^{オプティミズム}楽天主義の死」を見て、静観的な啓蒙主義者たちと袂を分かったことはよく知られています。

「欺かれた哲学者たちはわめく、『いっさいは善である』と、/ 駆けつけて、この恐ろしい廃墟を見るがいい、/ この残骸、この瓦礫、この無残な燃滓を。」

ヴォルテールが「欺かれた哲学者」とか、別のところではまた「ソフィスト」とも呼んでいる人物、または人物たちにはモデルがあります。百科全書派の哲学者たちです。しかしこの場合、とりわけ矢面に立たされたのはジャン・ジャック＝ルソーです。『告白』第九巻には、ヴォルテールからこの詩を送られたときのルソーの反応が次のように語られています。

「わたしはこの哀れな男（ヴォルテールのこと）が、幸運と栄光にいわば圧倒されながら、しかもこの世の悲惨を手きびしくののしり、いっさいは悪であると依然として言いはるのを見て、ひどくおどろいた。そこで、彼を本心に立ちかえらせ、いっさいは善であると彼に証明してやろうという、常識はずれの企てを思いついたのだ。」（桑原武夫訳）

ルソーはそれからヴォルテールに宛てて手紙を書きますが、応答はなく、代わりにヴォルテールはその書簡を彼に無断で公刊してから、「わたし（ルソー）に約束しておいた返答」であるところの小説『カンディード』を公刊した、とルソーは書いています。しかし、『カンディード』はルソーのもとには届かず、こうしてリスボンの地震をめぐる両者の論争そのものは不発に終わります。しかし「わたしに約束しておいた返答」であるところの『カンディード』において、果たせるかなヴォルテールは問題の所在を明らかにしました。つまりこの（未発の）論争の背後には、やや前代のライプニッツやヴォルフ、あるいはポープらの「弁神論」に対する、両者それぞれの対応という問題が隠されていることが判明したのです。「哲学者

や神学者自身が、こうした現象をいかに見るべきかということについて、一致することができなかった」と、ゲーテが証言したのはまさにこのことです。

ライプニッツがそのエッセイ集『神の慈しみ、人間の自由、ならびに悪の起源についての弁神論』を書いたのは十八世紀も初頭のことですから、むろんリスボンの地震に直接の関係はありません。しかしここには神の創造した、「全体として善」であるこの世界における、災害という「部分的な悪」の問題が論じられています。リスボンの地震に際して百科全書派やルソーが依拠したのは、明らかにこのライプニッツの弁神論でした。

ライプニッツによれば、すべての現象には神によって自由に選ばれた予定調和のシステムが組み込まれており、見かけの上での悲惨きわまる災害もシステムの一部ですから、神の天才的な計画においては災害も一定の役割りを果たしているのです。神は道徳的禍も物理的災害もこの世から排除し得ないし、また排除しようと思ってもいません。地上の有限性には神のごとき完全性は許されないからです。しかしその代わり、「あり得るすべての世界のうちの最善の世界」は許されます。「すべての世界のうちの最善のもの」。これが弁神論者のモットーでした。天地創造という神の地上の設計のなかにあらかじめ組み込まれた、予定調和としての最善の世界。しかしそれがあらかじめ組み込まれているなら、放っておいてもやがて予定調和になるのですから、すなわち人間は何もしなくていい、というか、なまじ手を出して神の美しくも数学的に均整の取れた計画をかき乱してはならない、ということになりかねません。ヴォルテールの怒りを誘ったのは、この、ともすれば機械論に墮しかねない弁神論の弱点でした。

ライプニッツの論点は、一七三三年頃『人間論 An Essay on Man』なる教訓詩を書いた英国の詩人アレクサンダー・ポープに引き継がれました。ポープのモットーは「何であれ、あるものは正しい。Whatever is, is right.」であり、災害も部分としての悪にすぎなくて、世界は全体としては「いっさいは善」。要するに、「いっさいは部分

的に悪、全体としては善、All partial Evil, universal Good.」

ルソーがヴォルテール宛てに書いたと称する手紙にも、ライプニッツ=ポープをそっくり踏襲したような文言が出てきて、なるほどこれではヴォルテールがルソーの逆行を批判したのも無理ないと思わせます。すなわち、『人間よ忍耐強くあれ』とポープやライプニッツは私にいう、『災害は自然の必要な働きであり、世界のしきたりなのだ。自然を支配する、永遠の、人間に好意的なもの(神)は、できるものなら災害を防ぎたいのは山々であろう。だからこそ、そのものは、すべてのあり得る計画のなかで、最少限の災害と最大限の善とを一つにするものを選ばれたのだ。』

フランス人たちがこのようにライプニッツ哲学をめぐって応酬し合っている間に、ドイツでも当初は穏やかながら、しだいに強度を増してくる反神論批判が現われはじめました。その先陣を承ったのがカントです。リスボン地震の一七五五年、カントはまだ三批判のカントではありません(『純粹理性批判』第一版は一七八一年発行)。カントが奉職していたケーニヒスベルク大学は人材不足で、カントはいわば何でも屋的に講義をしなければならず、なかでも主に地理学の講座を受け持たされていたので、リスボン地震にも当然議論が及んだわけです。それが地震直後の一七五六年、しかしヴォルテールの詩とは無関係に発表した講義論文、『一七五五年末に地球の大部分を揺るがした、地震というまことに注目すべき出来事の事例ならびに自然記述』でした。ちなみにカントは三つの地震論を発表していますが、これは第二論文に当たります。

上記の論文のカントの論点はかならずしも「哲学的」ではなく、むしろ(ニュートン)物理学的ないし地震学的に注目すべき問題に的をしぼっています。ちなみにタイトル中「地球の大部分を揺るがした」とある「地球」とはむしろ「ヨーロッパ」のこと、「大部分」をもうすこし正確に言えば、ヨーロッパのおよそ三分の一ということになります。

ここでもう一度、当時の記録からリスボン以外

のヨーロッパ各地の地震の規模の報告を見てみましょう。震動はまず国境を越えてフランスに及び、シャラント県のアングレームでは地割れが起こり、ラインの向こうのハンブルクでは教会の鐘という鐘がひとりでに鳴りだしました。オランダの運河や河川では水面に強い波動が起こり、係留してあった船のなかには纜がちぎれたものもありました。湖沼にも異変があり、スイスの湖からスコットランドのロホ・ロモンドまでの湖面は一時間に及んではぼ一メートルの水位差を記録したということです。『詩と真実』のゲーテは、各地で温泉の泉脈が涸れた事例を報告しています。震動の余波は大西洋を越えて新大陸にも達し、小アンティル諸島海岸、ということはカリブ海沿岸地帯を、高さ七メートルの津波で洗いました。

大西洋のかなたの最後の事例までは知らなかったにもせよ、カントの耳にはリスボンのもとより、スイス、マドリッド、南ドイツ、フランスなどのヨーロッパ各地の異変は届いており、そこからカントは当時行われていた「地球内部の空洞にある騒然たる火の発酵が地下の他の可燃性物質と混じり合って」地震を醸成するという地震生成説にしたがいながら、ヨーロッパ中に四通八達する「地下道」が地震を用意したと考えます。震動の余波もこの同一の竈から枝わかれした地下道を通してヨーロッパ各地に姿を現したのだ、と。

ここまでは物理学的な観測ないし仮説であるとして、ここから先でカントは後年のライプニッツ批判を思わせるような、いささか風変わりな反神論的災害解釈を述べています。地震の震動はボヘミアにまで達したが、ボヘミアでは地震がむしろ住民に恵みを与えたというのです。

「水を駆り立てる力は、その古い(地下)道を拡張し、おかげで水はこれまでより強力に流れ込むようになる。片やリスボン市民たちがまるで正反対の声を上げたというのに、この都市(ボヘミア)の住民たちは思わず神の賛美を歌った。人類に降りかかる偶然というのはそういうものなのだ。一方の歓びと他方の不幸には共通の一つの原因がある」

リスボンその他が貧乏籤を引き、ボヘミアがい

いところを独り占めしたのですから、これは弁神論者の All partial Evil, universal Good. の意図せざるパロディーとして、All universal Evil, partial Good. ということになりかねません。その意味でカントは『純粹理性批判』のライプニッツ批判以前に、すでにヴォルテールとはまた別の文脈で独特の弁神論批判を行っていたとさえ申せましょう。

さて、ここらで最初に触れておいた、ハインリヒ・フォン・クライストの地震小説に立ち戻りたいと思います。「一方の歎びと他方の不幸には共通の原因がある。」というのは、まさにクライストの小説のモチーフだからです。

クライストはカントの著作をほとんど読破していました。のみならずジャン・ジャック＝ルソーにも深く傾倒していましたから、リアルタイムで地震を経験してはいなくても、彼らの著作を通じてリスボンの自然災害の何たるかは熟知していました。ですからモチーフばかりではなく、時としてカントの地震論文の一字一句そっくりの引用さえこの小説には散見します。たとえば上記の「一方の歎びと他方の不幸には共通の原因がある。」は、物語の流れに即していえばこうなります。「二人が幸福になるのに、この世にどれだけの悲惨が到来しなければならなかったことか！」

これは死を宣告された不義の恋人どうしが、地震による都市壊滅のために奇蹟的に死刑台と牢獄を脱走して再会し、一方、ごくふつうの多くの市民が悲惨な死を遂げたことを意味します。しかし個々の場面を解説する前に、ここでひとまず『チリの地震』の冒頭部分を読んでみましょう。

「チリ王国の首都サンチャゴで、何千という人間が落命した一六四七年のあの大地震のまさにその瞬間、さる犯罪のために告訴された、その名もジェロニーモ・ルグェーラという一人の若いスペイン人が、監禁されていた牢獄の柱の下に立ってしましもしみずから首をくびろうとしていた。」

その瞬間に地震が発生して、すべてが崩壊してしまいます。おかげで「さる犯罪のために告訴された」というからには犯罪者であるジェロニーモ・ルグェーラは、奇しくも一命を取り止めま

す。一方で「何千という人間が落命した」のですから、これはまさに「一方（ジェロニーモ）の歎びと他方（何千というサンチャゴ市民）の不幸」が、地震というただ一つの「共通の原因」から生じたこととなります。サンチャゴ市民にこれといった道徳的退廃があったと記されていませんから、罪あるものに神の罰が下されるという伝統的災害解釈は、むしろここでは問題になりません。しかしこれに代わる、All partial Evil, universal Good. の弁神論的世界観も、partial Evil であるジェロニーモが助かって、universal Good のはずの一般市民があえなく落命するのですから、これまたもののみごとに失効しています。

ということは十八世紀末までに提案されたすべての災害解釈が完全に失効したところから、この地震小説は書き起こされているということです。これをいい換えれば、（リスボンなり、チリなりの）地震をどう見るかという認識の基盤、在来の価値観を規定する精神構造そのものが大震動とともに崩壊してしまったのです。後には秩序の全面的崩壊と混乱、カントのいわゆる「人類に降りかかる偶然」のとめどもない連続と、その果てに姿を現す虚無という精神の廃墟しか残っていません。後にハイネがカントのライプニッツ＝ヴォルフ批判を目して「精神界のテロリズム」と称したのも、もっともな話でした。

もはや伝統的災害解釈におけるように厳しい神が一切に君臨しているのでもなければ、弁神論的災害解釈におけるように自然にあらかじめ予定調和を組み込んでいる、慈しみ深い神が宰領しているのでもありません。かといって悪や悪魔がこの世を支配しているのでもなく、ショーペンハウエルの考えたように、この世は「あり得る世界のなかの最悪の世界」というのでもありません。むしろ神でも悪魔でもなく、「不可解なもの」、理解の及ばない存在が一切に君臨しているのです。こう見てくると、カントの認識論的不可知論の経験的基盤はリスボン大地震にあったとさえいえそうです。しかし哲学者ではなくて劇詩人であるクライストは、これとはまた別の対応に迫られていました。

ここでいましばらく『チリの地震』の主人公たちのその後の運命を追ってみましょう。ジェロニーモ・ルグェーラは崩壊する街と劫火のなかをくぐり抜けて市の郊外に逃げ込みます。そこで恋人のジョゼフェがすでに処刑されたとの誤報に接して、いままでの飲びもどこへやら、「自然の破壊力があらためてこの身に勃発するがよい、と思った。」彼にとって、この世はふたたび「あり得る最悪の世界」と化したのです。しかしもう一度気を取り直して探しあるくうちに、とある谷間の泉のかたわらで子供の身体を洗っている（幼児洗礼）ジョゼフェに出会います。ジェロニーモ、ジョゼフェ、乳のみ児のフィリップは奇蹟的な再会をこほぎます。

のみならず親子三人が奇しくも落ち合った谷間には、さながら墮罪以前の楽園、「エデンの谷」がそっくり再帰してきたかのようにでした。人びとは互いに助け合い、足りないものを融通し合います。たとえばジョゼフェは、病のために乳が出ないドン・フェルナンド夫人に代わってその子ホアンに母乳を授けてやり、ドン・フェルナンド夫妻のほうはジェロニーモたちが、地震がなければとうに処刑されていた、いわゆる「犯罪者」と知りながら朝食に招待します。逆説的にもこの世の終わりのようなこのときにこそ、その野原にはあたかも美しい無権力状態が花咲いたかのようにでした。

「人びとの地上の財がことごとく壊滅し自然がまるごと滅亡してしまいかねなかったあのおそろしい瞬間の只中にこそ、人間の精神そのものがあたかも美しい花のように花開いたかのようにだった。あたかもあの共通の不幸がそこからのがれ出た人びとすべてを一つの家族と化せしめたかのように、野原には目路のとどくかぎり、領主と乞食、貴婦人と農婦、官吏と日雇人夫、僧院長と尼僧、とあらゆる階層の人間がごたまぜにまじりあい、同情を寄せあい、たがいに助けあい、生命を保つよすがとなりそうなものをよるこんで分かちあうさまが目撃されたのである。」

大災害の直後には、現実にもこの種の楽園復帰の状況がしばしば報告されます。一切がご破算に

なり、それまでの身分格差や富の差が一時的に解消されるために、一種の「集団的エクスタシー」状況が醸成されるのです。一九八五年のメキシコ大地震の調査でも、震災被災地で「集団的エクスタシー」が観察されたことをアメリカの社会心理学者グループが報告しています。また私たちに身近なところでは、先頃の阪神淡路大震災に際しても、神戸在住の精神医中井久夫氏の報告によるなら、「貨幣経済と階層社会の一時的停止」によって「文字通りの『コミュニケーション』の感情が成立した」そうです。

しかし通常はその反動がかならずやってきます。ゲーテの報告によれば、リスボン地震でも「この出来事で解放された犯罪者が荒れ狂い」、「生き残った不幸な人々は、掠奪、殺戮、あらゆる凌辱の憂き目にさらされた」といいます。関東大震災におけるような大虐殺がここでも起こったのです。『チリの地震』でも「副王が……略奪行為をやめさせるために絞首台を建てさせざるを得なかった」事の次第が述べられています。それよりも恐ろしいのは宗教的狂信の暴威でした。リスボン地震の際の司祭たちと同様、サンチャゴの聖職者たちも、道徳的退廃が神の怒りを誘発せしめたのだと、おらび声を発して暴徒を煽動しました。あたかも伝統的＝旧約聖書の災害解釈が逆流してきたかのようにです。あげくにミサの現場に居合わせたジェロニーモとジョゼフェは暴徒に惨殺され、のみならず同行したドン・フェルナンドの子ホアンもまたジョゼフェたちの子フィリップと見間違えられてむごたらしい死を遂げます。そして不義の子フィリップのみが、ホアンの代わりにドン・フェルナンド一家の養子となって混乱を生き残ります。

この物語には、カント哲学のパロディーともいえそうな趣向がいくつも組み込まれています。たとえばホアンとフィリップが見間違われて、名家の子ホアンの代わりに不義の子フィリップが生き残ってしまうという、認識の錯誤が不運をではなく（不義の子フィリップにとっての）幸運を招くというパラドックスがそれです。クライストの小説や戯曲では、他にもしばしばこうしたカントの

認識論を逆手に取った、認識の錯誤がもたらす喜劇の状況が描かれています。喜劇『アンフィトリオン』はギリシャ神話の、ゼウスが化けた偽の夫アンフィトリオンをめぐる取り違えのお芝居ですし、『こわれ甕』は何でもない旅人を役人と取り違える、これまた認識の錯誤による喜劇です。

クライストの戯曲や小説では、むしろ多くは認識の錯誤によって悲劇の状況に深入りして行くのですが、ときにはこうして認識の錯誤が喜劇を構成し、あまつさえ思わぬハッピーエンドを招く場合もなくはありません。『チリの地震』の、ホアンではなくてフィリップが生き残る結末が喜劇なのか悲劇なのか、またそもそも何を意味するのかは、研究者によってさまざまに解釈されています。しかし認識といえば、錯誤以前にそもそも認識というものにまったく無縁な、乳のみ児フィリップが災害とその結果の暴行殺戮を免れたという運命には、何か深長な意味が秘められていそうです。

クライストには、ヒステリーの少女が火に包まれた家に飛び込んで主人を救出す『ハイルブロン少女ケートヘン』や、不感無覚のうちに輝かしい戦功を立ててしまう（とはいえ認識の錯誤のために、軍律違反で死刑になる）『ホンブルク公子』のような、戦争や災害をヒステリー性もしくは癲癇性の、外界に対する無感覚ゆえに切り抜ける人物を主人公にした作品がすくなくありません。

無感覚な存在といえば、その極限は人間的意識からもっとも遠い物質ということになりましょう。そこで思い起こされるのが、やはりクライストのエッセイ『マリオネット芝居について』に登場する関節人形のマリオネットです。そのマリオネットについてクライストはこう語っています。「意識は人体の動きの自然な優美さに混乱を惹き起こしますが、「有機的世界においては反省意識が冥く弱くなればそれだけ、いよいよ優美がそこに燦然とかつ圧倒的にあらわれでるのです。」「ですから優美は、意識がまるでないか、それとも無限の意識があるか、の人体の双方に、ということ

のです。」

反省意識のほとんど無きに等しい嬰兒のフィリップがなぜ勞せずして、文字通りの火事場の混乱をくぐり抜けて助かったかの秘密がここにありそうです。混乱と無秩序に対抗して、それを理性や力で押え込むのではなく、混乱と無秩序と、この場合なら地震の振動と、身体的に共振し、ともに戯れ遊ぶことによって（成人という意識的人間には失われた）優美さを取り戻しながら危機を切り抜けること。これはもはやカント哲学をなぞるのではなくて、カントとクライストから半世紀遅れてやってきたニーチェの哲学を予告しています。たとえば『ギリシャ人の悲劇時代の哲学』のニーチェの次の言葉が、ここにはすでに先取りされていないでしょうか。

「子供や芸術家が遊ぶように、そのように永遠に生きる火は遊び戯れ、無垢のうちに構築し破壊する——この遊戯をこそ永遠は己れを相手に戯れるのだ。それは水や土に変身して、子供が海辺で砂山を築くように、たえず築き上げては破壊しつつ、時々刻々たえず遊戯に手を染める。飽きる瞬間がある。と、また、新たに欲求にとらえられる。あたかも創造のために欲求が芸術家を強いるように。不埒な見がではなく、たえず目覚める遊戯衝動が、いまある世界とは異なる世界を打ち立てるのだ。子供は玩具を放り出す。だがすぐにまた気まぐれに取り上げる。子供はしかし構築しはじめるや、合法的に、また内的秩序に即しつつ、結びつけ、継ぎ足し、形作る。芸術家を見、また芸術作品のでき上がるのを見て、多くの衝突があるにもかかわらずそれみずからのうちにいかに掟と法とを担うことができるかを、芸術家が芸術作品に対して瞑想的に、また芸術作品において活動的に、その位置をどのように占めるかを、必然と遊戯、抗争と調和が、ともに芸術作品の産出には対にならなければならないかを知る、美的人間のみが世界をこのように見るのだ。」

子供と美的人間（芸術家）。それは最悪の災害にも共振して、いわば悪を相手にしてさえ遊戯するすべてを心得ています。もう数十年前のことで題名も覚えていませんがアメリカの怪獣映画が何か

で、海のほうに怪獣が上陸し、その足踏みで地震が起こると海浜のリゾートホテルの客たちがパニックに襲われ、人びとが一斉にバタバタ倒れて行くシーンがありました。そのなかでたった一人、バーのカウンターでへべれけになっている酔っ払いのみは、千鳥足が地震に共振してふらふらと、しかしそれのみがこの場合の正しい歩き方で歩きながら、どこ吹く風とばかりパニックをいなし^{かわ}躲しておりました。

彼の変則的な歩行は期せずしてきまじめな人びとのパニック現場における、ユニークな逃走線を形成したとはいえないでしょうか。ゆくりなくもリスボン地震の娼家で遊びほうけていた連中の命拾いが思い出される、といえは——いやはや、これはもちろん冗談。

おもしろいことに、身体運動における上記のようなマネリスムの逃走線形成を都市計画に適用した例があります。南イタリアのシチリアやカラブリアは十七、十八世紀の間に頻繁に大地震に襲われたために、諸都市はそれぞれに耐震性の都市再建計画を構想しました。それらはしかし伝統的都市計画に反して、都市の中心の象徴性や街路システムをしばしば「意識的に攪乱する」ように設

計されたものでした。その消息を、『迷宮』（和泉雅人監訳）の建築史家ヤン・ピーパーが述べています。

たとえばシチリアのパレルモ西方の地震都市テラニシやチニシでは、都市の厳密な平面幾何学性が一部でふいに不規則な扇形の出現によって意識的に攪乱されており、またカラブリアのフィラデルフィア市では、都市の中心である広場の周囲には何ら意味のある建物は存在しておらず、四つの教区教会が広場の角に建ってはいても、それぞれその入口は「広場に向かう方向とはちょうど逆の側に、それぞれ四つの方角に向いていて、いわば広場からそっぽを向いている」といいます。ということは、まるで冗談のような都市計画がこれらの地震都市を特徴づけているのです。

自然（災害）の巨大な力をいわばロゴセントリックな対抗力によって圧服せしめるのではなく、ときには荒らぶる自然と共振し共戯しながら変則的な逃走線に沿って力をズラし、力線をはぐらかすこと。災害解釈の精神史が行きつく先にこのような遊戯精神の奇想が出現してくるのは、まことに意味深長ではありますまいか。

地震と川柳

阪神大震災の被災体験

時実新子

記憶というものは年々薄れたり、美化されたりしていくものなのに、あの、阪神淡路大震災ばかりはシコリとなって、今も色濃く心をさいなむ。

平成七年一月十七日 裂ける

私が激震のさなかに作った川柳である。

あれはもう、揺れたのではなく、裂けたのだ。街も建物も鉄道も、もちろん人間も、あらゆる生き物すべてが裂けた。

震災体験は口々に語られる。

梁の下から「うちはもうええ、早よう逃げや、泣くんやないで！」と、孫にさげんで息絶えたおばあちゃん。

「何でや、え、何でやねん。この子五つになったばっかしやで。どないしてくれるねん!？」と、死んだ男の子を腕から離さなかった若い父親。

老いたる父は酒に溺れ、老いたる母は呆けて路地をさまよい。急に広く抜けた冬空の下で「アハハ、アハハ」と笑いつづける人もいた。慟哭の果ての空虚な笑いだった。

無敵を誇った高速道路は飴のごとくねじれて倒れ、ビルはばったと突っ伏して道をふさぎ、火災の匂いに死臭が混じった。そうした大都市地震の凄まじさを、ひとり月光だけがしらしらと照らしていた。

私はというに、震度は6か5の強かは知らず、午前三時から机に向かっていたペンも佳境の五時四十六分、真正面から地の怒りと対峙した。

机の下から這い出て壁づたいに玄関へ行ってブーツを履いた。夫にもゴム長を履かせ、百匁ローソクを点して見ると、散乱の部屋に牛がいるではないか。三十三インチの大型テレビがコードを切って部屋の中央にいる。

私は水道の栓という栓をひねった。ジャリジャ

リと砂混じりの水が少しだけ出て、やがて止まった。夫はちょうど前日買い置いていた水のボトルと、ローソクを近所へ分けに行った。みかんやチョコレートも配り歩いたらしい。

夫婦で物も言わずにリビングに座ると、ホットカーペットが尻の下で冷えていくのが妙にリアルに感じられた。

「お叱りよ、天の」

「バカなこと言うんじゃないよ、これだけの地震だ。きっと死者も出たはずだから」

「言わないわ」

天焦げる 天は罪なき人好む 新子

日が経つにつれて被害は想像をはるかに超えて増えつづけた。

夫と私はリュックを背負ってやみくもに街を歩いたが、六十代の夫婦に何ができたというのだろう。

「川柳集を出そうや。元気になってくれるかも知れないよ、みんな」

「そうね、今日花屋さんが花を地べたに並べて売ってたわ。一本十円か五円で。南京町も押すな押すなの人波よ、紙の器で立って食べてた。私たちは、そう、書かなきゃね！」

それで仲間に呼びかけて川柳作品を集め、東京へ送って友人に小冊子を作ってもらった。神戸の印刷所は物のみごとに潰れていたのでもうせざるを得なかったのだ。気は急ぐが思うに任せず、川柳集『悲苦を超えて——阪神大震災』が出たのは三月十五日。

作品の質はともかく、「命のさけび」は新聞にも取り上げられ、思わぬ反響を呼んだ。二刷り、三刷り。一冊一冊送っていた夫と私も二千五百部で力が尽きた。ちょうどそのとき、東京の大和書房

から改めてハードカバーの本にしたいとの申し出
があって、お願いすることにした。

『阪神大震災——悲苦を超えて』と、タイトル
が逆になったのが私としては残念だったが、お商
売なら文句は言えなかった。

震災直後の仲間の作品を少し紹介する。実際に
被災した人にはなかなか連絡がつかず、遠方の友
にも声をかけたので、その温度差は致し方がな
い。私はこの距離感もそのまま後世に残したいと
思って選に当たった次第である。

震度7古家みじめさひしと知る
ふり向くとあとかたもない むごさ
夜半二時一個のおにぎりにありつく
保健所へ引き取られゆく車椅子

作者は神戸市長田区で全壊の永井乃里文。重度
の身体障害者である。しかし、この人の明るさに
我々はどれほど励まされたことか。震災二年の作
品にも登場するが、誰よりも早く更地に家を建
て、ワープロ印刷の家業に戻ったのも彼である。
七十歳のパワーに敬服する。

無事か無事か受話器びっしょり濡れている
余震しきりにいま何日の何曜日
二リットルの水を貰いにともあれ走る
難民の足ひきずりてゆく廃墟

作者は神戸市東灘区で被災の島村美津子。坂の
多い山手での水運びは六十半ばの彼女にはつらい
毎日だったろう。当時、電話は公衆電話しか使え
ず、いずれも長蛇の列。泥と汗と涙で受話器は
びっしょりのどろどろだった。

明けの星不気味なまでに輝けり
寒風に樞の山は晒されて
恩師を悼む身元判明函形から
目が合えば生の喜びわかちあう

作者は尼崎市在住の坪井篤子。活断層は線路沿
いに東へ走った。大阪までの各市の被害は神戸に
劣らなかった。

死体検案す即死であったこと願い
水運ぶ人々懺悔するように

半壊の医院の電話切れば鳴り
長年の通院患者圧死する

作者は西宮市で半壊被災の大西俊和。作品でお
察しの通り、神経内科の医師である。あの横倒しの
阪神高速道路のすぐ横にその医院はあった。「死体
検案」の句には彼の万感の思いがこめられている。

仏壇の中もやっぱり修羅場なり
不揃いの食器で何を食べたやら
物忘れみんな地震のせいにする
めっきりと無口になった地震から

ユーモア作家で知られる寺西文子は尼崎市で被
災した。夫とひしと抱き合ったのは五十歳半ばに
して初体験だったと笑わせたが、体調を大きく崩
した。

ひとり身の老軀避難の杖もなし
老齡者毛布一枚雪が舞う
神ならぬ身は断層上に家がある
地獄とや激震人をあざわらう
神戸市北区在の奥村精三は、この地震以後未だ
に姿を見せていない。耳の不自由さがいっそう増
したと人づてに聞いた。

昭和ひとけたは咄嗟に覚悟する
あの顔この顔生きてくれ夜になる
計算は虚^{むな}し残高「いのち」とは
若者よ記憶喪失するななれ

作者は曾我碌郎、神戸市西区在。小冊子の発行
人でもある。中学二年で乙種予科練の少年兵だっ
た彼は、敗戦時に死のうとした。それに等しい衝
撃を受けたと語っている。

解体の爪 人間の手の形 新子

日が流れて、街では早くも復興の槌音が響いて
いた。寸断された道を瓦礫の土埃を巻きあげてト
ラックが走り、ぐわらぐわらと解体されるビルは
複雑骨折して傾き合い、一体どのビルがまっすぐ
なのか、自分自身が傾いている錯覚を覚えた。ビ
ルをがっきと摺んでは壊していく機械の爪は、人
間の五指にそっくり。人が積んだビルを人が壊し

ている。何のために？ 何の科^{とが}で？

そうした中で戦争とは違う光景に私は気付き安堵していた。電車の走れない鉄路を人々が列を作って歩いている。それは戦後によく似ていたが、手に手に提げたビニール袋からは、葱がのぞき大根がのぞき、弁当やパンが豊かに詰まっていたからである。

ボランティアが続々と街に入っていた。が、せっかく足にマメを作って神戸にたどり着いても、どこで何をしてよいのやら右往左往しただけで途方にくれる人も大勢いたと聞く。受け入れ側も混乱していて対処できなかったのだろう。日本のボランティア元年といわれるこの大震災は、その意味でも多くの事を教訓として残した。

梅雨に入って、仮設住宅の孤独死が数を増していく。どうしてさしあげる術もない。

死なないで！ あとは絶句の原稿紙 新子

電話が通じるようになってから、私は話の聞き役になった。とにかく聞いてほしい人の気持ちがよくわかる。一時間でも二時間でも聞いた。

「こわかった」

「そう、こわかったわね」

「孫が死にました」

「……………」

「娘が圧死したんですよ、圧死。どんなに苦しかったことかと。私も死にたい」

「……………」

朝から風呂をたてて入浴サービスもした。一家族ずつ、山のような洗濯物。洗濯機もフル回転である。「はい次、はい次の方どうぞ」。湯上がりのビールと焼き肉と。そんな些細なことにも人々は涙を流されるのだった。

私自身も、神戸に住んでいるというだけでたくさんのお慰めの便りをもらった。どんなにかうれしかったが、その文面でふと気になることがあった。「私は無力。何もできませんが、ひたすらに神戸の復興を祈っています」というお定まりの文句である。

そうだろうか。人はほんとうに無力なのだろうか。

避難所にも仮設住宅にも、物は溢れた。大いに助かった。しかし、二度目の冬を迎えようとしている被災者がもっとも欲しいもの、求めているものはお金ではなからうか。

どんなに粗末な物でもよい、自分のお金で物を買う。それが日常回帰の最良の道だと私は考えた。恵まれることのありがたきは被災直後のこと。この点も戦後と大いに異なるところである。手の届くところに物はあるのだ。「買って暮らす」、そのために必要なのがお金である。

私は友人たちに呼びかけて、義援金集めの協力を頼んだ。日本人はなぜか物は出すが金は出し惜しむ。そのところを何とかと依頼しつづけた。かなりの金額が集まった。私は感謝し、弾み思いで公的窓口へ持参する。ここでの不快感は、私だけが感じたのではないと思う。

「どの団体へ贈りますか」

「できれば親を亡くした子どもたちに」

「はいこの用紙に記入して」

「何という団体名を書けばよいのですか」

「パンフを読めばわかるでしょう」

窓口もいそがしく、まだ殺気立っているのはわかる。被災者に代っていちいちお辞儀などしているゆとりのないこともわかる。しかし、みんなの貴重な真心の義援金を、あまりにも事務的に扱われると意欲を削がれてしまう。たまたま私の選んだ窓口が、たまたまそうだったのだろうけれど。

それからの私は封筒に一万円ずつ入れて常に持ち歩き、友人、知人に直接手渡すことにした。ささやかだけれど、皆喜んでくれた。

そこではいい話をいっぱい聞くこともできた。

配布された毛布に小袋が縫い付けてあって、中にはメモとペンシルとティッシュペーパーとソーイングセットが入っていたそうである。「私は北海道で地震に遭った者です。その時困ったのを思い出して」という便りも。やはり体験者はあたたかい。私もあわててリュックの中身に文房具を詰めた。——人はパンのみにて生きられないのだと学んだ。

平成八年一月十七日 生きる 新子

日が経つにつれて不満の声や怒声も耳に入ってきたが、不公平は世のならい。「今」を受け入れ、適応して生きていくしかないという前向きの姿勢が街の大方に漲ってきていた。

ある女性ドライバーのタクシーに乗ったことがある。その人は「私は人を当てにしません。くよくよしたって何も始まりませんからね。ハイ、地震後すぐタクシー会社へ入って二種免許を取らせてもらって、何とか母子三人仮設住宅で生かしてもらってますよ。亭主ですか、地震のせいじゃないですがケンカしましてね、出て行きました。ハハハハ……」と淡々と語った。

街の槌音はいっそう高くなっていった。

そのころの川柳を紹介しよう。「がんばろう神戸」というテーマで募集した二千数百句の中からの入選句の一部である。

一年間、耳にこびりついた「がんばれ」コールは、時に却ってつらい思いをかき立てたが、「がんばろう」は自分から発する声なので、抵抗なく、思ったよりも明るい句が集まってほっとした。

新しい涙を溜める新聞紙 佐藤 雪
話したり聞いたり幾度幾度でも 河野基樹
仮設の灯同じ想いで春を待つ 大黒政子
泣きながら「元気元気」と神戸っ子

棒谷智津子
耳慣れぬ方言もあり棟上がる 宮本允子
茶髪お兄さん背をまるめてブロック積む

井上知子
電話線とても疲れたことだろう 寺西文字
あれ以来開き直った切り株だ 河島いち子
さよならで終えてはならぬ日記買う 春名恵子
生きていこうねきっといいことあるはずだから

横山依子
合同慰霊祭が各地で行われた。あの白菊の向こうの五千（のちに六千を超えた）の死者の中に、私がいても少しも不思議ではない。紙一重で拾ったいのちなら、懸命に生きなければ、死者に申し訳のないことだ。そういう思いに拍車をかけた一年だった。

花降れと一月十七日を揺する 情野千里

立ち上がる馬力を貯めている瓦礫 中川与之助
ひとつずつ好きな茶碗が並ぶ日々 久保田清美
混沌の街 人間が試される 芳賀博子
被災地の子ら皆強し寒椿 藤本羊子
ああ地震 みないい人になっていた

足羽りょう
お帰りなさい向こう三軒両隣 坪井篤子
ともに夫死なしめし身のさくらんぼ 久川良子
夜明けのうたが神戸の街にいま似合う

七字博子
神戸とや誰も後ろをふり向かぬ 助川助六
人間のエンジンふかす都市砂漠 舟辺隆雄
あの時計こちこちこちと一周忌 荒田興胤
被災して用無き鍵が捨て切れず 秋山シメ子
仮店舗シートの下で意地を見せ 濱田征秀
大国日本^{ひまし} 庇もつかぬ仮設家か 石垣 健
何ごともなかったように楠繫る 三田知子

「活断層」「液状化現象」「仮設住宅」などなど、思えば耳新しい言葉を私たちはすんなりと受け入れて日常語として使っていた。

中でも「仮設」で通じる行政が建てた仮りの住居は、震災の落とし子のように神戸近郊から、かなり遠くの市町村にまでぎっしりと建っている。

石垣 健作品にも見えるごとく^{ひまし}庇がない箱のような長屋造りの集落だ。小高い丘の上のそれなどは老人にはつらい坂の上り下りである。夏は暑く、冬は寒い。

仮設へ入るぐらいならここで頑張る、と、公園のテント村や、学校の避難所から出ていかぬ人たちもいた。市役所に座り込む人もあり、一年間はまだてんやわんやだった。

仮設住宅の人々はおおむねひっそりと、声無く暮らしていたが、自治会を作って行政に対して物申そうという気運がたかまってきたのもこのころからだった。

平成九年一月十七日 微笑 新子

私のこの句を見て、笑うとは何かと言った人もいたが、「微笑」の深い思いをわかってほしいと私は願う。

「裂けて」「生きて」、やっと掴んだ「微笑」である。あきらめもある、涙も混じる、けれども、そこはかとなき微笑が頬にひろがるのは、二年という歳月のありがたさである。

平成九年四月七日現在、仮設住宅での孤独死は兵庫県内だけでも百四十人を数えた。

「ほらみろ、結構な家のあるおまえに仮設のつらさがわかってたまるか」

と、またしても言われそうだが、四万人ともいわれる仮設住宅の人々の中には「微笑」を受け止めてくださった人もいた。

その一人、A夫人と町角での立話。

「やっと仮設を出て長男の建てた家に引越すことになりましたの」

「まあ、それはようございました」

「ええ、喜ばねばなりません。でも私、何だか仮設に心が残りましてね」

「それはそうでしょうとも。二年間もお暮らしになったのですもの。お友達との別れも」

「それももちろんありますが、実はね、私、夫と二人っきりの暮らしは生まれて初めてだったので、とても楽しゅうございましたの」

そう言って、ぽっと頬を染めるA夫人に、私は美しい「微笑」を見た。

物は思いよう、考えようだなあと学んだ気がした。羽根ぶとんに寝ていて全壊というA夫人が、もしも被災なさらなかったなら、失礼ながら「羽根ぶとん、絹づくめ」の生活しか知らず、他人への思いやりも薄いままの人生だったかもしれない。A夫人は地震から大きな大切なものを享受した人だと思う。

◇待っていたような気もする地の怒号 新子

この句も誤解を生みそうだ。「地震を待っていたとはけしからん」と。しかし、文芸は時に現実を超える。深層心理が飛び出す。

地震直後に「天のお叱りよ」「今は言うてはいけないよ」「言わないわ」と交わした夫との対話以来、消すことのできない私の実感である。

それは、たとえばバブルで奢侈に流れていた社会や政治悪などに対する公憤ではない。あくまでも私個人の、もしも加えるとすれば人間の原罪の

ようなものに対する天地自然の警鐘なのかもしれないと、あの瞬間に感じたのである。

そうとでも思わないことには、あまりにも大きな地震にどう立ち上がり、どう立ち向かえばよいのか、見当もつかなかったと思う。天災をバネに、人間の力を結集することでしか復興への道は展げなかったであろう。

地震は街も人も裂き、たくさんの犠牲者を出したが、その死者の無念をも力として、人々は立ち上がったのである。

また、巷では地震学者たちの「予知」について云々する向きもあったが、天災とは人知をも超えるものだし、よしんば近い将来、地震予知が出来るようになったとしても、ではどうやって警戒し、回避するのか。せいぜいが耐震の建物を造り、非常食や貴重品を枕許に置くことぐらいしか対処の仕様があるまい。

人は常に自然に対して畏敬と謙遜の念を忘れてはいけないと思う。

神戸にしても類焼の樹はあったが、倒木の例を私は知らない。樹々は根を張りめぐらせて、あの揺れにもびくともしなかった。そして焼跡からも芽を吹いた。

さて、二年経って、川柳も甦った。

冒頭で紹介した車椅子の永井乃里文さんの作。

五月棟上げ七月やっど荷を運び

古希ここに木のぬくもりをとり戻す

永井さんは、「老人ホームへ行くつもりで貯めたわずかなお金があった」そうである。その予定をくつがえさせたのは、町の大工さんの一言だった。「老人ホーム？ そんな年寄りみたいなこと言わんと、もう一ぺん頑張りなはれ！」と、肩を叩いてくれたそうだ。

吉田定正さんの家も元の更地にまもなく完成する。

「あの時、落ちてきた物とベッドの隙に三角形の空間が出来てね、気がつくとその中にいました。足？ 手の届くところに私の足があってねえ、これも神サンのおかげです」

吉田さんは戦争に片足を捧げた人、つまり義足なのだ。暗闇の中で義足を装着する手が震えたそ

うである。よくぞ助かった……その吉田さんを助けた人が今の奥さんである。地震が結びの神となったのだ。よかった、ほんとうに。

靴二足履きつぶしたぞ地震以後 定正
断酒して月がまともな色で見え “
杭四本立ててわが家という更地 “

マンションで暮らせばゆっくりできるのだが、
敢えて借金をしての「わが家」。それは若い奥さん
やその子どもたちのためだと朗らかに笑う吉田
さんである。

三崎規正さんは退院したばかりの被災だった。
天井が落ちてきた。二階には娘が寝ている。「おー
い大丈夫か」「助けて父さん、動かれへん!」「動
いたらあかん、ワシを呼びつづける」「父さーん、
父さーん!」

父さんと呼ぶ声娘生きている 規正
と、娘を連れて外の立ち木を伝って逃げながら川
柳が浮かんだそうである。その、「父さーん」とい
う声を力として三崎さんも昨年秋に元の場所へ家
を建てて戻ってきた。

あと少し生きる地震の罅の身で 新子

せっかく命びろいをしたんだから、「あと少し、
もう少し、生かしてもらおやないか」と、今、神
戸はキラキラ輝いている。

そして神戸の人は、地震をまだきのうの事よう
に、寄るとさわると話し出す。運命共同体の同
じ体温が伝わってくるからだ。

近ごろ、タクシーの運転手さんが変わってき
た。もともと神戸のタクシードライバーの質は他
の街に比べて良い方だが、「地震からこの道へ入
りました」と言う人が多い。元フランス料理店の
シェフだった人、元中小企業の社長、元、元と聞
くほどに転身組が多い。「店も会社もつぶれまし
た。それでタクシー乗ってますのやが、ノルマき
びしいけど気ィは楽ですよ」と、みんな明るい。

しかし、地震で裂けた心身のヒビはまだ十分
には癒えていない。

私にしてからが、ストレス太りで血糖値がどー
んと三百を超え、デコボコ道で何べんも捻挫しな

がら、まだ医者へ通っている。

夫は夫で、四年前に入院手術した神戸市立西市
民病院が被災して主治医もどこかへ移られてしま
い、身体の不調を訴えながらも自分を騙し騙し仕
事に追われているうちに、再発した直腸腫瘍はど
んどんひろがった。手遅れ寸前の今年の年明けに
中央市民病院で大手術の果てに人工肛門の身にな
ってしまった。

どの病院も押すな押すなの現状を、地震のせい
だとは言わないが、たくさんの病院や医院の再建
不能も一因ではあろう。

心を病む人、体を病む人。われに返ったとたん
にヒビが口をあけたのは事実である。

そうして、ひとり人間だけではない。

飼主を失った犬や猫も被災者である。それを句
にした人もいる。

食べ物を与えないでと書かれた犬 天根夢草
愛犬ハッピー闇におびえる地震以後 森崎大青
沈思する猫の眉間にある悲傷 佐藤 雪
冬毛立て猫は詩人になる焼野 “
瓦礫から瓦礫へ猫の声わたる “

犬も猫もさしうつつむいて、月に吠え、風に哭い
て、さまよった。どこでどうしているだろう。心
やさしい人にしばらくは庇護された彼らも、あま
りの数の多さにふたたび野に放たれたか、飢えて
死んだか。あるいは……と、それ以上のことを私
は描くのが恐ろしい。

彼らもいのち。われらもいのち。

実に不思議な手紙をいただいたことを思い出し
た。

「無力有力」と題した私の句の中に、

その刹那

バラわっと咲く

わっと散る

がある。これをどこかで知った学者（たぶん地震
に関連した研究をなさっているお方だと思っ
た）から、「もっとその時の状況を詳しく教えてほ
しい。どのような衝撃でバラは花開いたのか、そ
してどのくらいで散ったのか」といった意味の内

容だった。

私は——目をぱちくりさせたことである。

申しあげるまでもなく、これは私の心象風景で、現実ではない。

科学者の目と文芸する者の目はかくも異なるのかと、新鮮なおどろきを感じると共にもし万一、私の部屋にバラが百本もあったなら、きっと、わっと咲き、わっと散ったであろうと、科学と夢幻のドッキングを信じた。

書店には地震の本があふれた。

写真、絵、詩、短歌、俳句、川柳など。そして、消防士や医師やボランティアの人たちのレポート。報告として、または記録として書かれた本は、後世に多くの教訓を残すであろう。

文芸もそれぞれに心のさけびと、体験を作品化した、それぞれの表現で以て。たとえば優れた短歌、詩、俳句の多くに私も接した。そうした中で、川柳は正直稚拙である。しかし、飾らぬ表白、あるがままの姿、一気に思いを吐く一呼吸の詩である川柳の、小ゆえに大なるインパクトを私は自賛する。

死者はただ黙す無力な月は照る 新子

不思議な静寂が訪れる日がある。

周りは機械音ばかりなのに、である。

私たちは未曾有の大震災に遭遇した。大正十二年九月一日の関東大震災を私は知らないが、阿鼻叫喚は手に取るごとくわかる。七十年の歳月を経て襲った地震、受けた都市はどれほどの差異を見せたのだろうか。

「これがもしも東京だったら」

の声をよく聞く。そのあと人は口をつぐむ。

たまたま神戸に住んでいて、それが平成七年の出来事だっただけなのだ。

私はこの事実を、ありがたいことだった、とはさすがに思えないけれど、貴重な体験だった、とは思ふ。

私は、他人のために初めて心から泣いた。抱き合う人間の素顔を知った。家族の和を見た。不和も見た。——一年経ち、——二年経って、不平を鳴らす人を見た。行政批判、学者批難の声も聞いた。

何かに縋ろうとする人、黙々と立ち上がる人。儲けた人、損をした人。さまざまな人間模様がヒビ割れた街でくりひろげられた。

九月一日の防災の日に、一月十七日は加えられていない。

けれどもその夜、月は照る。冷たく白く。

神戸はいま長針だけの時計

神戸はまだ笑えない吉本のコント

神戸よ立ち上がれあなたに貸したものがあ

センター街でいつか美味しい珈琲を飲もう

と、川柳集の中で励ましてくれた情野千里と先日、美味しい珈琲を飲んだ。

「早いものですね、もう二年経ったなんて」

「港の灯がきれいよ、出船入船、すっかり港も甦ったわ」

「大阪が近くなりましたよね」

「そう。二年前はずいぶん遠かった」

「神戸の顔、大分変わりましたね」

「港と同じなのよ、まだ帰ってこない船もあるし、新しい船も入ってくるしね」

おわりに

私の視野は狭いので、阪神淡路大震災の川柳のすべてを見ることはできない話である。時事川柳などには、もっと鋭い切り口で、もっとリアルに「震災と行政」を衝いた句もあるだろう。たとえ報告であるにしろ。

しかし私は、文中でも書いたごとく、地震という現象を全身全霊で受けとめた結果、喪失したものと得たものは半々という思いで二年間を過ごした。

そうして残された大自然への畏怖と人間の底力をいまさらにみつめている。それは、私という一個人の目でしかない。川柳もまた然りで、生身の心を披瀝するに傾いた。

科学に無知な私は、このように得体の知れぬ大敵と日夜闘っておられる地震研究者の方々を心から尊敬する。予後よりも予知の勝る日を信じて——。

津波の町—奥尻島青苗の復興

相田 勇

1993年7月 北海道南西沖地震

1993年7月12日、午後10時17分、北海道南西沖にマグニチュードM7.8の大地震が発生した。1983年5月に、秋田・青森県沖に日本海中部地震(M7.7)が発生してからわずか10年目の出来事である。地震直後日本海沿岸の各地は大きい津波に襲われ、その被害は遠く隠岐諸島や朝鮮半島にまで及んだ。震源域に近い北海道南西部沿岸、中でも奥尻島は津波警報も間に合わないほどの短時間の内に、猛烈な津波に襲われるところとなった。そのため島の南端に位置する青苗地区では、まず西側から津波が押し寄せ、ついで岬の南側を回った津波が東側から押し寄せ、低地にあった集落のほとんどを破壊・流出させることになった。さらに悪いことに、2ヶ所から出火した火災が延焼し、一部では津波の被害を免れた家屋も火災で焼失するという悲劇となってしまった。

日本海側今世紀最大の津波死者

1993年11月25日現在の数字で、この地震の死者・行方不明者は北海道全体で230名、その内奥尻島のそれは197名で、津波によるもの169名、土砂崩れによるもの28名であって、いかに奥尻島の、そして津波による被害が大きかったかがわかる。しかも、夜であったこともあり、大部分が住居乃至はその近傍で遭難している。その10年前の日本海中部地震の津波では、全体で死者104名、うち津波によるもの100名であった。そのうち、海岸で作業中の人40名、魚釣り中の人21名、遠足の児童13名、など昼間であることもあったが、住居地域での死者は皆無であった。したがって、当時は海岸でのレジャーを楽しむ人々や、海岸で作業をする人々への津波警報の伝達が、いかに確実にいけるかといった点に関心が集まった。

奥尻島での津波は住居地域を直撃したことで、はるかにその対策は深刻なものにならざるを得ない。太平洋側三陸地方では、明治29年、昭和8年の2度にわたって大津波に襲われ、それぞれ死者約2万2千人、3千人という大きな被害を出したので、その後の津波防災対策の最も徹底したものとして、居住地の高台への移転が叫ばれ

た。そして実際にそれが多くの場所で実行された。しかしその後も、日本各地でいくつかの津波に襲われ被害を受けているが、防災対策として実行されたものは、住居の高台移転ではなくて、海岸に防潮堤を築くことであった。これによって防潮堤の高さまでの津波は防げることになり、通常は住居地域までの津波の侵入はないはずである。しかし、海岸の町でありながら海が見えず、景観を害するとか、日常の活動が不便であるとかの不満があり、さらに防潮堤を越える津波が来たときはどうするか、防潮堤への過信がかえって人命の被害につながることはないかなど、防潮堤一辺倒の風潮に対する反省が議論を呼ぶようになった。

このような時に発生した奥尻島の津波災害で、その復興と、防災対策がどのような形で行われるかは、大いに関心が持たれるところであった。こんな折、奥尻島へ足を延ばす機会があり、現地の復興状況を見ることができたので、その一端を報告したい。

奥尻島の津波被害

奥尻島へは、コンピューター航空の「エアー北海道」が就航している。その日出発地の函館は霧に包まれていたが、マイクロバスの屋根に翼をつけ、2つのプロペラエンジンをつけた様な、DHC-6型という飛行機で40分、割に天気の良い奥尻空港に到着することができた。

奥尻島は北海道の南西部渡島半島の西にある南北27km、東西11kmのやや細長いがかなり大きい島で、人口はおよそ4,500人といわれる。最北端には稲穂岬があり、賽の河原と呼ばれる大小の岩石の堆積した嘴状の地形となっている。この部分には居住区はなく、その西側に稲穂、野名前、東側に勘太浜の集落があり、7~11m程度の津波に襲われたため、人命、家屋に被害を生じている。また南端には青苗岬があり、ここでは岬の低地部分まで青苗5区として居住地域となっていた。また岬の東側の低地にも青苗港施設および青苗の居住地域が広がっていた。そのためここでは、逃げ遅れた多くの人が命を失い(死者・行方不明107名)、多数の家がその土台から流されるという、甚大な被害を受けた。この様子は、当時のテレビの映像や、新聞の写真などで報道されたから、今でも覚えておられる方が多いと思う。島の東側、

北海道本島に面した海岸には奥尻町役場がある奥尻の集落をはじめ、多くの集落が形成されているが、津波は南北の岬地区よりはやや低く3~7m程度にとどまった。ただ南部、青苗の北側に隣接する初松前の集落では、10~13mと津波の高さは非常に高く、死者・行方不明33名にのぼった。島の西側には大きい集落はなかったため、死者6名の被害を生じた藻内地区の津波の高さ、最高値30.6mをはじめ、7~23mと非常に高かった割には、被害が少なくすんでいる。

復興計画への取り組み

この災害が発生した直後から、北海道庁および奥尻町双方で復興対策への取り組みが始まっている。ここでは主として青苗地区に関する計画について述べるが、道の計画として、①被災地域の全戸を高台に移転する案と、②一部は低地に残す案とが、1993年9月末頃素案として作成され奥尻町に示された。これをうけて奥尻町では復興対策室を中心に、町民全体会議、町民説明会、アンケート調査などを経て、町議会の災害対策特別委員会で

②の案を基本方向とすることで合意された。一方道側でもまちづくり検討委員会で検討されていたが、12月、奥尻町に対して②案を基本とした復興計画素案が示され、ほぼこれにそった実施計画のもとに現在復興事業が行われている。

青苗地区の復興計画

青苗地区の復興計画の概要を図1に平面図、図2に横断面図として示した。図1に点線と斜線の影で示した地域は津波の浸水域である。岬地区のすべてと漁港の西側低地が浸水したことがわかる。この津波の高さは場所によって異なっているが、ほぼその最大の高さに近い11.7mを津波対策高としてあり、現在港の地盤の上に、写真1に示すような表示塔が立てられている。岬地区(旧青苗5区)は、日本海中部地震の際にも津波の浸水があった所でありここにあった住居は全面的に高台に移転する。そして跡は公園、公共用地などにして、一般住居用家屋は建設しないことになっている。港西側低地は6mの高さの防潮堤を築き、その背後に盛土して市街地を形

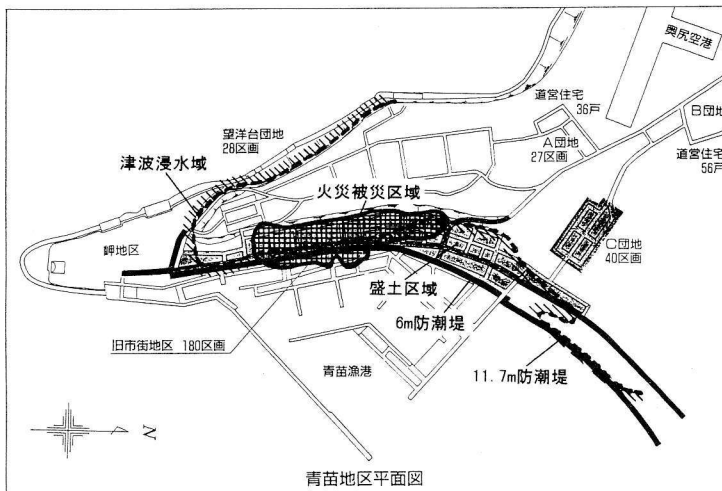


図1 青苗地区の復興計画概要 平面図

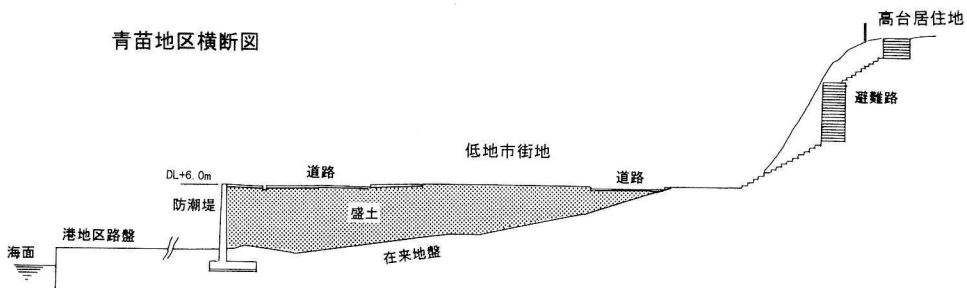


図2 青苗地区の復興計画 横断面図

成する。この状況は図2の断面図によって理解されよう。写真2はこの6mの盛土市街地地盤上に復興した町並みを示し、右側は一段下がって港の地盤上の倉庫など非居住施設である。この盛土地域の利用は、9月の計画の段階では漁業関係者の宅地、関連施設に限定する予定であったが、実施段階では一般住宅・商店街・民宿施設なども含めて180区画形成されることになった。しかしこの市街地の高さは津波対策高よりはるかに低いから、津波の際は当然避難が必要であり、そのためさらに高台への避難路が整備されている。写真3にその避難路と避難路の表示灯（太陽電池付き）を示した。高台の居住地には道営住宅、A、B、C、望洋台各団地等で、岬地区からの移転者など盛土市街地に収容し切れない住民の居住地とする。

奥尻島の津波対策施設の特徴

全戸高台移転が津波の被害に遭わないために最善であ

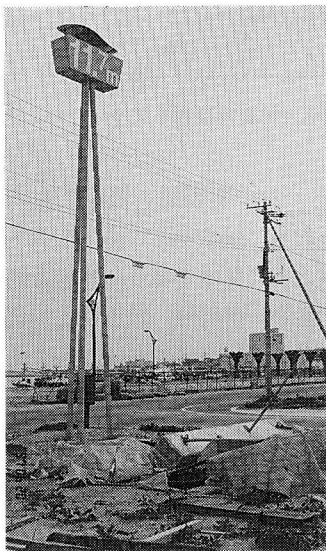


写真1 津波対策高さの表示塔

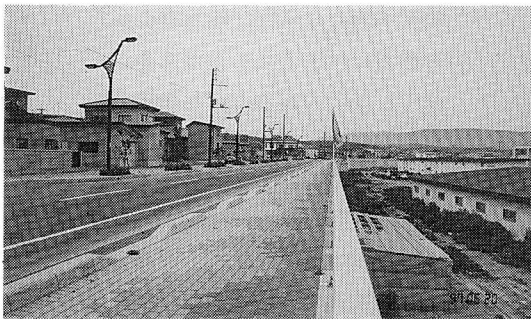


写真2 完成した防潮堤・道路・低地市街地町並み

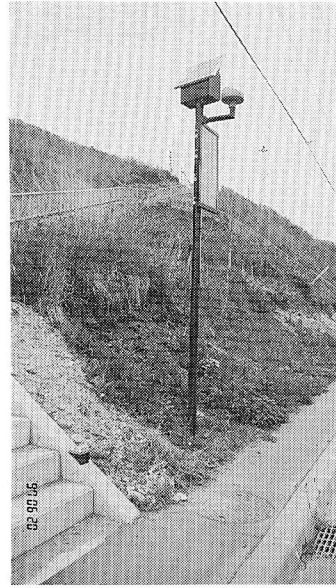


写真3 避難道路とその表示灯

ることは言を待たないところであるが、平常時の社会活動の利便性や、町の発展計画等との絡みで考えれば、一部に多少のリスクを伴う低地市街地を残すことは、やむを得ない選択であったものと思われる。ただし、この場合地震発生時の津波予報体制、避難行動のプログラム、などソフト面での防災対策が重要であることを忘れてはならない。

青苗地区以外でも主に東海岸で防潮堤の建設が盛んに行われていた。ここの防潮堤の特徴は、背後の地盤を盛土で高くしていることで、海側からは非常に高い防潮堤であるが、陸側から見ればそれほど高く感じない事であろう。またこの盛土部分が道路の拡幅に使われ、道路事情が大幅に改善されていることが注目された。

むすび

役場の担当の方の話によるとまだ復興事業が完成したのではないとのことであり、また駆け足の外見だけの観察であるので、このレポートは不完全な見聞記にすぎないが、津波後の凄惨な写真に比べて、美しく復興した奥尻島の現状を報告した次第である。

謝辞 「奥尻町発行、蘇る夢の島！北海道南西沖地震災害と復興の概要（1996）」と「文部省科学研究費突発災害調査研究成果、平成5年北海道南西沖地震・津波とその災害に関する調査研究（1994）」を参考にさせていただきました。

地震・津波碑探訪

力武常次

関東地震と神奈川県

大正12年(1923)9月1日の関東大震災の東京都(当時府)の被害を物語るモニュメントについては、当連載「その1-5」に述べてきた。しかしながら、東京の被害はもっぱら火災によるものが多く、震害としては神奈川県や千葉県南部のほうが激烈であった。

図1は気象庁による関東大地震の震度分布であるが、神奈川県全域が震度6となっている。図2は地震波や地殻変動記録の解析より得られている震源モデルである。北西方向に走る長さ85キロメートル、北東方向に30度で傾く面に沿って幅

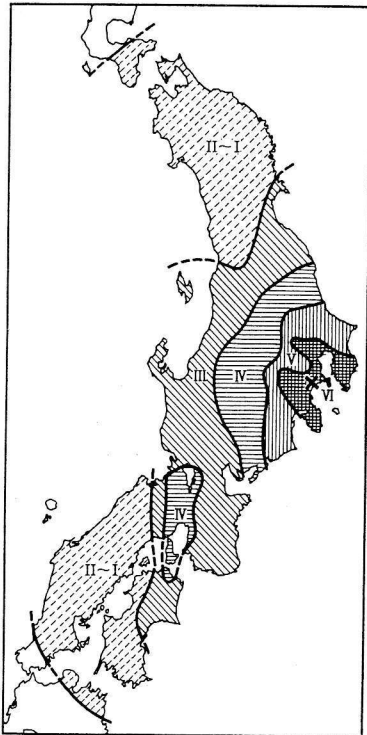


図1 関東大地震の震度分布
(気象庁による)

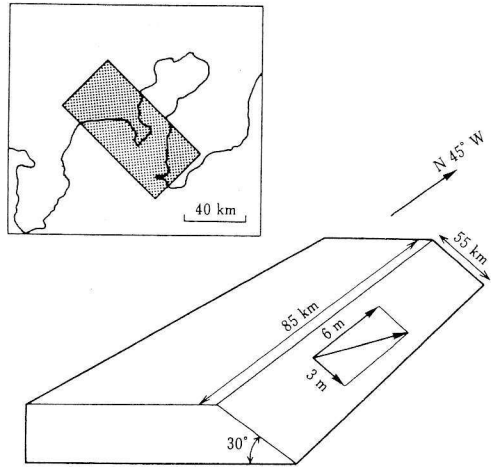


図2 関東大地震の震源モデル

55キロメートルの断層面が相模トラフ沿いに水平に6メートル、傾きの面に沿って3メートルずれたということになっており、断層面の上部に近い小田原、秦野、伊勢原、館山などでは強烈な地震動となったことは当然である。

震災直後(大正12年10月1日発行)に大日本雄辯會・講談社より刊行された「大正大震災大火災」(300ページ)には神奈川県下の状況について、つぎのような記事がある。

「震災当時の帝都の惨況は、悲惨は即ち悲惨だが、若しこれに伴なふ大火の惨害を除くならば、横濱其の他地方の惨状には及ばぬものがある。

就中、地震の猛烈だったのは神奈川県下で、横濱、横須賀の如きは、地鳴りと同時に、モクリと持ち上げられ家毎と空中に吹き飛ばされたかと思はれた次の瞬間、大抵の家屋は叩き潰されてゐたといふから、寧ろ呆れざるを得ないものがある。

横濱 縣廳所在地たる横濱は、帝都の關門として貿易港の筆頭を占め、國際市場の重任を帯び、大廈高樓軒を並べてゐたが、第一震で地盤數尺陥没し、橋脚より低くなつた路上には地割れ縦横、グランドホテル、オリエンタルホテル、東洋汽船會社其他、海岸通りの大建築悉く潰倒し、此處ばかりで數千の壓死者を出し、イギリス波止場や防波堤は、海中に没して、港口の燈臺のみが昔を偲ばせ、市中は地震と同時の水道破裂で忽ちの水攻め、横倒しとなつた家屋の間から飛び出した人々は、先づ膝より腰に及ぶ水中を、逃げ惑はなければならなかつた。次で襲ひ來たつた猛火に、六大都市の一だつた人口四十五萬の都會は、文字通りの燒野ヶ原となり、死者二萬三千（十五日迄死體判明の分）倒壊家屋二萬四千を出し、六十年前の横濱村のそれよりも寂しい昔に返つたのである。

以下横須賀、鎌倉、…と続くが、ここでは省略する。

●厚木市の地震モニュメント

関東地震の際の中部相模方面の地震動は猛烈をきわめたらしく、前出の「大正大震災大火災」によれば、

「 厚木、伊勢原、秦野等の中部相模地方は、大龜裂至る所にあり、恐ろしき山崩れで、山谷全く一變した山々も少なからず、厚木町は千戸倒壊、百五十の死者を出した。」

と記述されている。

したがって、死者を悼む記念碑・供養塔も数多く残されている。厚木市教育委員会・生涯学習課の藤野氏の御好意により入手できた「厚木の石造物（記念碑）・厚木市文化財調査報告書第拾貳集」

（厚木市教育委員会発行、89 ページ、1970 年 3 月）には、これらモニュメントに関する記載があり、今回の調査に大いに役立った。厚木市当局に御礼申し上げたい。

図3と4はそれぞれ厚木市南半部および北半部

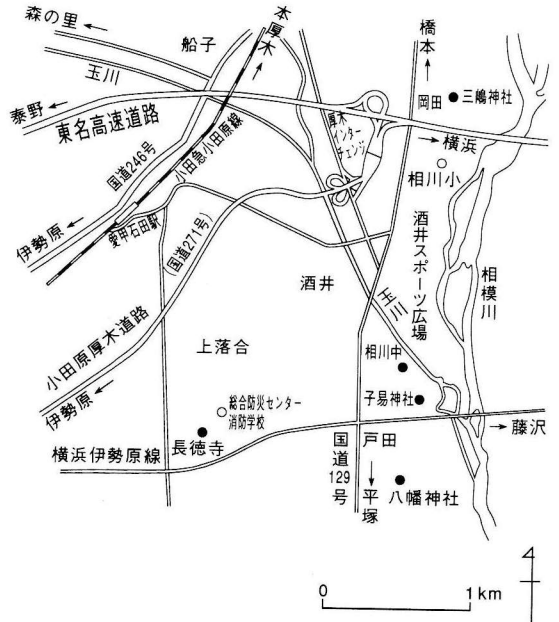


図3 厚木市南半部略図

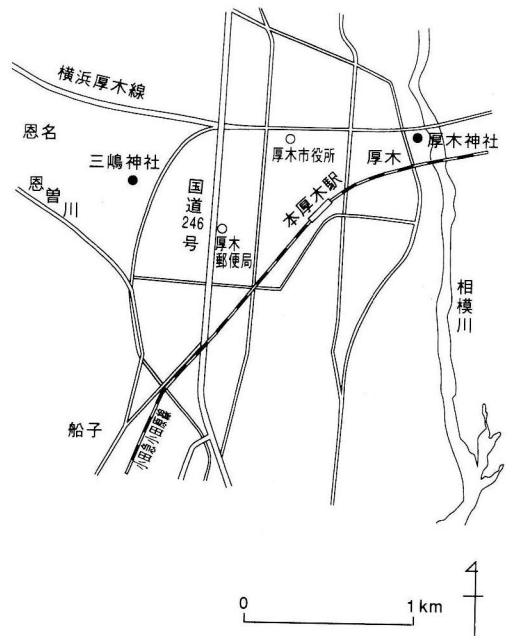


図4 厚木市北半部略図

の略式地図で、記念碑所在地を示している。ただし宝増寺だけは、市中心部より北西方向にかなり離れた場所にあるので、図 22 に別に示す。

●長徳寺（真宗大谷派喜楽山）の震災横死者供養塔〔厚木市上落合〕 市の中心部より南に約 4 キロメートル、総合防災センター・消防学校の傍に長徳寺がある（図 3）。図 5 の本堂の右手前には、震災横死者供養のため図 6 のような地蔵尊石像があり、蓮座の下の台石の正面に

「慈悲哀愍」

と刻み、左側面には

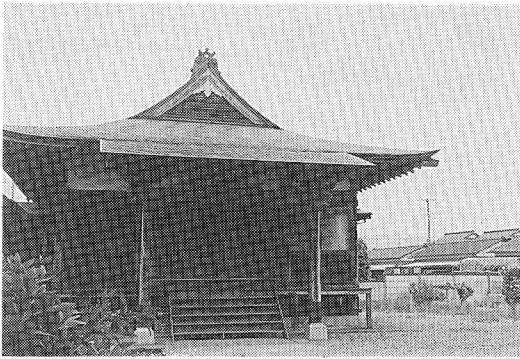


図 5 長徳寺本堂



図 6 震災横死者供養の地藏尊

「 大正十二年九月一日
大震災横死者
第三年忌供養
願主
當山往持
米山賢誠 』

と彫ってある。この高さ 2 メートルの供養塔は大正 14 年 9 月 1 日、当時の住職米山氏の建立によるものがこれでわかる。

なお右側面には、建立に協力した人の氏名が彫られ、

「 供徳主 戸田 小鹽八郎右衛門
戸田 大貫太三郎
戸田 米山嘉三郎
長沼 柏木新之助
小嶺 鈴木 彌吉 』

とあり、背面には、

「 石工、高部屋村峰岸 細野長平 』

の名が刻まれている。

◇ 横死者の ^{なぐさ} 霊慰める 地藏尊
今に伝える 大正の変

●八幡神社の震災記念碑〔厚木市中戸田〕 長徳寺から東へ約 1 キロメートル、相模川に近いあたりに（図 3）中戸田八幡神社（図 7）があり、現在の境内は児童遊園地となっている。境内入口の本殿に向かって右手に、図 8 のような高さ 122 センチメートル、幅 85 センチメートルの震災記念碑が建てられている。

碑文には

「 大正十二年九月一日正午前二分俄然響アリテ大地震撼シ山河崩レ屋宇倒レ死傷算ナシ特ニ此地ハ震源ニ近シト云フ惨烈想フベシ今茲恰モ七周年ニ當ル相川村戸田中分ノ人相謀リ禮位ヲ設ケテ死者ノ魂ヲ祭り併セテ文ヲ石ニ勒シ以テ不慮ノ天災ニ備フ

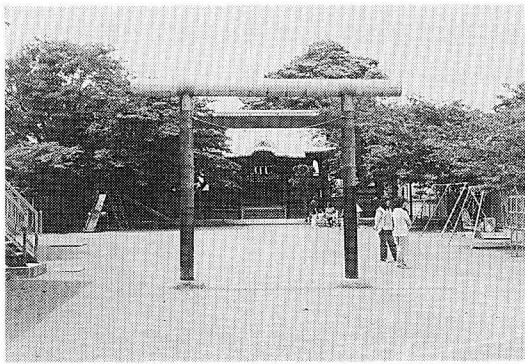


図 7 中戸田八幡神社

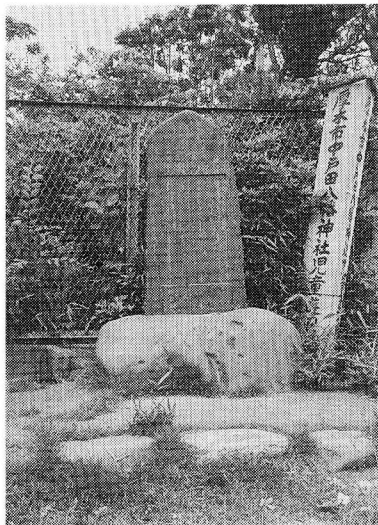


図 8 八幡神社の震災記念碑

ルノ用意ヲ来者ニ促ス

昭和四年九月一日

とあり、背面にはつぎのように彫ってある。

「 罹災死者十名

二見友吉 二見ハナ 岩崎菊松 岩崎リン
 岩崎 順 小鹽一平 小鹽 寛 西山キク
 剣持シゲ 剣持ヒサ

◇ 震災の 思い出遠く 遊園地
 幼な子遊ぶ 記念碑の前

● 子易神社の震災記念碑 [厚木市上戸] 前述

の八幡神社の北方約 500 メートルに子易神社がある (図 3)。社殿 (図 9) に向って右奥に図 10 のような震災記念碑 (高さ 80 センチメートル幅 64 センチメートル) がある。碑文は

「 記念碑

大正十二年九月一日午前十一時五十八分俄然大地震動シ瞬間山河崩レ全村家屋悉ク倒レ死傷者夥シ殊ニ本村ハ県下ノ最激震地ニシテ惨状極ナシ然ルニ各人ノ辛苦ニ依リ漸ク舊ニ復シ茲ニ恰モ十三年ニ當ル村人相謀リ碑ヲ建テ犠牲者ノ靈ヲ慰メ併セテ

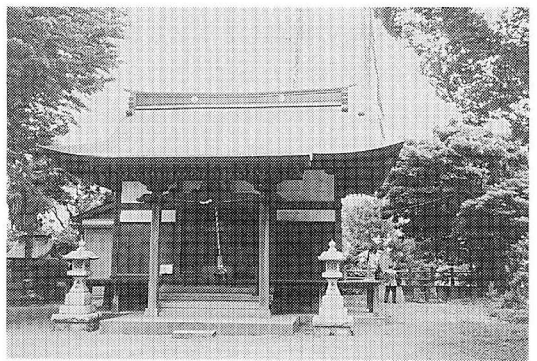


図 9 子易神社社殿

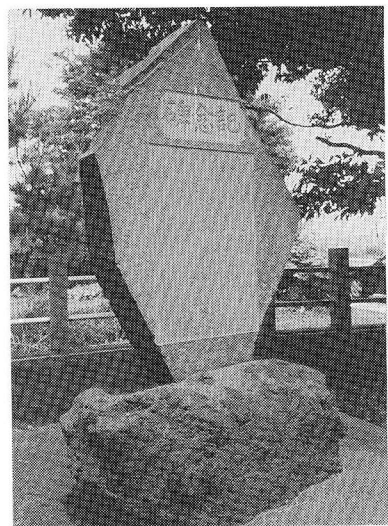


図 10 子易神社の震災記念碑

文ヲ石ニ刻シ以テ不時ノ天災ニ具フ
ルノ用意ヲ後世ニ傳フ

昭和十年九月一日」

となっていて、八幡神社の碑文とよく似ている。
この二つの碑は、建立年月は異なっているけれど
も、同様の趣旨のもとに建立されたのではなから
うか。

背面には

「 罹災者氏名
小泉軍三 大貫キヌ 大貫ヤエ 大貫ミツ
大貫ユク 大貫ハナ 大貫トリ
相川村上戸田講中 建之」

とあり、八幡神社の場合もそうであるが、わずか
10名ならずの犠牲者のために、これらの碑が建立
されている点は、当時現地の人びとの悲しみが深
かったことを物語っている。

◇ 震災の惨禍を^{しの}偲ぶ^{いしづみ} 碑は
子易神社の 森かげに建つ

● 相川中学校の大震災記念碑 [厚木市中田]
子易神社北方約200メートル、神田通信工業の工
場のすぐそばに相川中学校がある(図3)。相模川

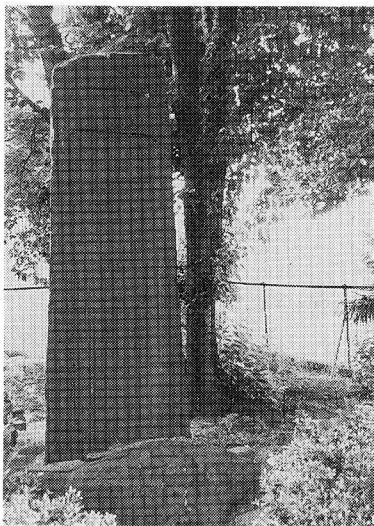


図11 相川中学校の大震災記念碑

の支流玉川と本流との合流点付近で、厚木市と平
塚市を結ぶ道路脇の中学校に隣接した区画内に、
図11のような碑が忠魂碑(日露戦争)、殉国碑
(支那事变、太平洋戦争)と並んで建てられてい
る。高さ200、幅72センチメートルの碑面には、
細い字で碑文がぎっしりと彫られているが、風化
していることもあり、現場で読むことは困難で
あった。

「 嗚呼維レ時大正十二年九月一日午
前十一時五十八分忽焉トシテ地大ニ
震ヒ山崩レ地裂ケ道路橋梁ハ破壊埋
没セラレ到ル処家屋ハ倒潰シ加フル
ニ東京横浜其ノ他各地ニ大火災起リ
テ数十万ノ生命ト巨億ノ貨財トヲ失
ヒ実ニ有史以来空前ノ大惨事タリ震
災ハ東京神奈川静岡千葉埼玉等諸府
県ノ地ニ及ヒタリシカ中郡ノ地最モ
激震ニシテ我が相川ノ如キ殊ニ甚シ
住家全焼一全潰三百六十九半潰五十
其他建物ト倒潰数約五百ニ及ヒ神社
社殿全潰七半潰三寺院堂宇全潰二村
役場小学校巡査駐在所伝染病院隔離
病舎等ノ建造物亦悉ク倒潰シ死者三
十一名重傷者三十四名ヲ出セリ学者
ノ言ニ依レハ大震源地ハ伊豆大島ノ
東方海底ニシテ上下動トスル地ナリ
若シクハ陥落的地震ナリト而シテ
余震踵テ到リ震後三日間ニ大小千七
百余回ヲ算シタリト云フ畏クモ聖上
陛下軫念斜ナラス金ヲ下シテ救恤シ
給フ本村ノ拜受額三千八百十六円ニ
及ヘリ因ニ大正十三年一月十五日払
曉再度激震アリ震度ハ前者ニ比スレ
ハ頗ル劣リタルト雖モ本村ノ被害復
少ナカラサリシヲ以テ茲ニ附記ス」

幸い前出の「厚木の石造物」には、碑文の全文
が載せられているので、ここに引用させていただ
く。碑の背面には

「 大正十三年建焉

中郡相川村村長 大貫弥七 撰文並揮毫
 相川村 川崎久治
 玉川村七沢石工 中村重治

とある。ただし、この文献には碑文は「本字」であるのに、現在使用されている「略字」が用いられている。なお、同出版物には相川「小学校」となっているが、現在は中学校となっている。

◇ 民族の 思い出悲し 震災碑
 並び建てるは 大戦の碑

● 岡田三嶋神社の復興記念碑 [厚木市岡田 4-20]

東名高速道路厚木インターチェンジから数百メートル東よりに、この神社がある(図3)。実は、ここより約1.5キロメートル西北方の恩名地区にも三嶋神社(後出)があり、いささか混同しやすいので、注意する必要がある。

神社入口に図12のような標識があり、この地区の鎮守である。社殿(図13)の右手に高さ220、幅75センチメートルの復興記念碑(図14)が建てられている。

これは関東大地震によって倒壊した社殿が氏子によって昭和3年(1928)に復興したことを記念したものである。

碑文は



図12 岡田三嶋神社の標識

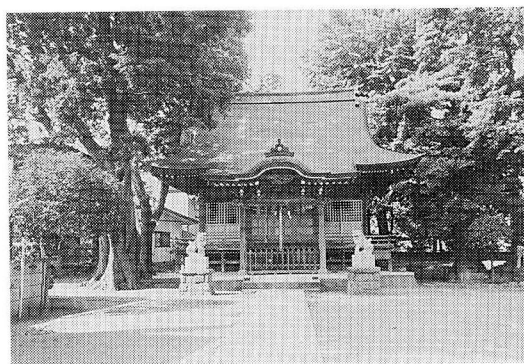


図13 岡田三嶋神社の社殿

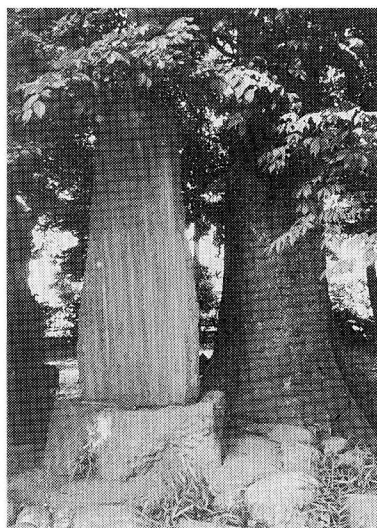


図14 岡田三嶋神社の震災復興碑

「 復興
 記念

噫維時大正十二年九月一日午前十一時五十八分前古未曾有ノ大地震ハ突如関東ノ天地ヲ震撼シ十万ノ人命ヲ奪ヒ数十万ノ家屋ヲ催キ且巨億ノ物資ヲ灰尽ニ帰セシム当宇亦災厄ヲ免ル、能ハス家屋悉ク潰滅シ惨状言語ヲ絶ス時也哉サシモ質実堅牢ヲ誇リシ当三島神社ノ社殿モ亦倒潰シ昔日ノ觀無キニ至リヌ歳閱五星霜偶々社殿復興ノ議起ルヤ氏子喜ヒ勇ミテ寄

進シ昭和二年十一月二十三日工同
 三年四月十八日日出度落成ス依テ同
 日遷宮ノ盛典ヲ挙ク社殿ハ規模広大
 堂々旧ニ倍シ神巖ノ気漲ルスシテ神
 靈ヲ安ゾルヲ得タリ是全ク氏子一
 同ノ赤誠処禱以テ子孫鎮守ノ神祐ヲ
 恭承センコトヲ望ムニ外ナラズ茲ニ
 再建ノ由縁ヲ記シテ永ク後世ニ伝ス
 横山真兄選文

となっている。この全文は「厚木の石造物」に記載されていて、碑文の「本字」はここに引用したように「略字」化されている。ただし、仔細に点検すると、碑文の文字が脱落している場合や写し間違いらしい箇所がある。気がついた点は上記の文章では訂正してある。

なお、神社の入口付近には図15のような水準点があり、その標識には「水準点 No11 厚木市」、「大切にしよう水準点」、「標高一六米一六三、平成九年一月」などと書かれている。

◇ 東名の 喧騒避けて ひっそりと
 三嶋神社の 復興の碑

● ^{おんな} 恩名三嶋神社の鳥居跡 [厚木市恩名 1000]
 厚木市の中心部近く、市役所の西方約1キロメートルの恩名地区(図4)に三嶋神社がある。今回の

調査に際しては、はじめはこの神社と前出の岡田三嶋神社とを混同していたため、いささか混乱を生じた。この恩名三嶋神社のモニュメントについては、厚木市教育委員会発行の「厚木の石造物」には記載がない。

当社は岡田三嶋神社にくらべてはるかに立派であると言えよう。図16のように、拜殿に登る石段の手前に広場があり、ここは幼稚園児童の遊園地となっている。社務所もあり、無人の岡田三嶋神社とは対照的である。

社殿の向って左手には、「三嶋神社造営記念碑」(図17)があり、神社の由来が詳しく記されている。この碑文は図からは読みにくいので、つぎに記載することしよう。

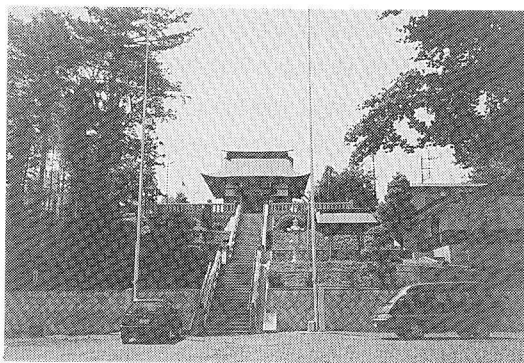


図16 恩名三嶋神社の拜殿と石段



図15 岡田三嶋神社の水準点



図17 恩名三嶋神社造営記念碑

「 三嶋神社造営記念碑

所在 厚木市恩名 1000 番地
 武御名方命
 祭神 積羽八重事代主命
 大山咋命
 末社 淡路島 天神山王八幡
 稲荷 大六天社 金比羅

由来

三嶋神社は静岡県三嶋大社の流れをくみその起源は定かではありませんが今を去る四百二年前の天正拾九年（一五九一）拾壹月徳川家康公より御朱印状が下附され又百五拾四年前の天保拾年（一八三九）九月に修復されたことが文献に残されておりその後今日まで幾多の先人の努力により守護継承されてまいりました。

旧社殿の位置は今の石段の踊り場附近にあったものを地域住民の要望もあり広場を造成する為に現在の位置に移設新築したものである。

碑の背面には、つぎのように工事の概要が記されていて、現状の神社が平成 5 年 9 月に竣工したことがわかる。

「 工事の概要

地鎮祭 平成四年四月貳日
 上棟式 拾壹月貳拾四日
 遷座式 五年四月参拾日
 宮 司 毛利 覺
 設 計 厚木市佐藤（国）設計事務所
 社殿擁壁 愛川町内藤建設
 石段擁壁 厚木市小島組
 玉垣手水舎 会田石材店
 総工費 壹億貳千九百九拾壹萬貳千圓
 平成五年九月参日竣工
 氏子中 」

図 16 ではよくわからないが、社殿に向かって右手の柵の外れ付近に、図 18 のような鳥居の一部と思われる円柱が立っている。中央に「震災記念」

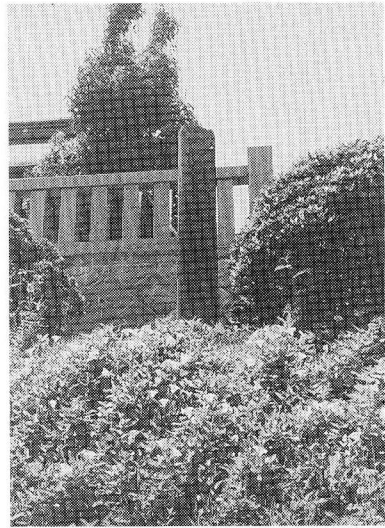


図 18 恩名三嶋神社の鳥居跡

とあり、その右側に

「 大正十二年九月一日 當〇〇谷〇… 」

左側に

「 維時天保十二年〇立
 初夏摩訶日 再建焉 」

と読める。全体は著しく風化を受けていて、〇印のところは判読不可能である。

結局のところ、よくはわからないが造営記念碑の記述とともに合せて判断すると、天保年間に建立された鳥居が、関東地震の被害を受けた残骸ではないかと想像される。これ以上詳しいことは、今回の調査では不明である。

◇ 震災に 残れる跡か 恩名なる
 社に立てる 鳥居の柱

●厚木神社の「あゝ九月一日」の碑および大震災倒壊記念石鳥居 [厚木市厚木町] 厚木市役所の東方約 1 キロメートル、小田急電鉄が相模川を渡るあたりの川岸近くに（図 4）厚木神社（図 19）がある。社殿のある境内とは、道路を距てて別の敷地に、「あゝ九月一日」と刻んだ高さ 225、幅 83 センチメートルの石碑（図 20）がある。前出文献

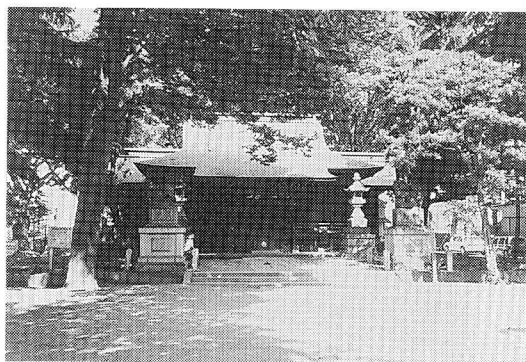


図 19 厚木神社社殿

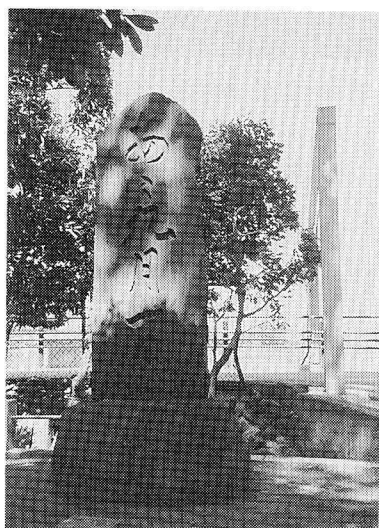


図 20 厚木神社の「あゝ九月一日」の碑

「厚木の石造物」によれば、この碑の題文は町内より募集したもののうちより選ばれたもので、天王町清水弘之の作で、はじめは厚木町役場の東側であったが、後に現在地に移されたとのことである。

背面には

「大正十二年九月一日午前十一時五十八分激震あり、火各所に起り余震間断なし、千八百戸のうち全潰五百四十九戸半潰二百八戸焼失二百五十一戸に上り、歿死者二十八名、負傷六十四名を数ふ、これに一周年に方り死者の霊を弔ひ、碑を建て其の災害を記念す。

大正十三年九月 厚木町有志 』

とあり、震災一周年の大正13年9月に建立されたことがわかる。なお、この碑文の写しでは「厚木の石造物」にならって漢字を「略字」としている。同文献には「全潰五百四十九戸半壊二百八戸…」の部分が欠落しているので、碑文より読み取った文章を上記してある。

碑の傍には、図21のような破壊された石の鳥居があり、

「大正十二年
大震災倒壊記念」

と彫ってある。そのそばに

「郷社厚木社」

と記した石柱があり、その背面には

「明治六年七月三十日」

と記してある。つまり、明治年間の初めに建てられた鳥居が関東大地震で破壊した残骸であろう。

◇ 相模川 厚木神社の 震災碑
碑銘に刻む 「あゝ九月一日」

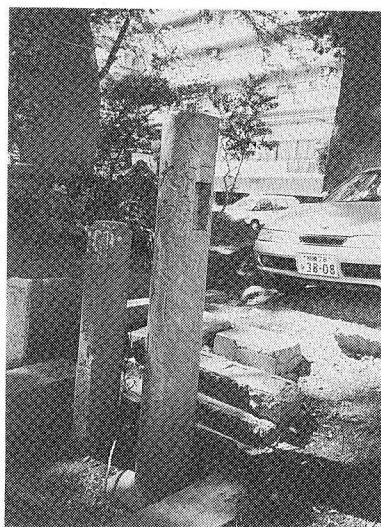


図 21 厚木神社の大震災倒壊記念石鳥居

●宝増寺（曹洞宗浄土山）の大震災供養塔〔厚木市上古沢〕 厚木市中心部の西方数キロメートルの新興住宅地森の里地区よりさらに奥まった丘陵地帯に宝増寺がある（図22）。当寺（図23）には、本堂前の広場を距てて図24に示すような大震災供養塔（高さ316センチメートル）がある。

地藏尊立像の蓮華の下部の台石の向って右側面には

「 嗚呼天災地変何レノ世カ是レ無カ
ラン大正拾二年九月一日正午関東一



図22 宝増寺周辺略図

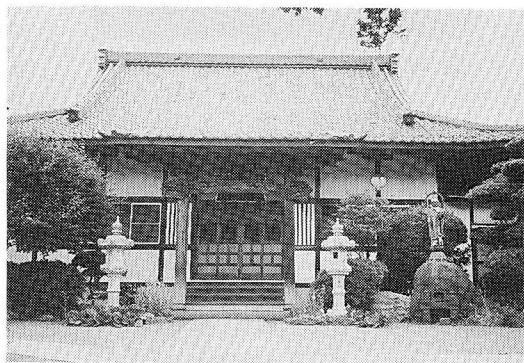


図23 宝増寺本堂



図24 宝増寺の大震災供養塔

帯大地震動シ到处劫火生シ京浜ノ如キ殆ト焦土ト化ス犠牲者幾十万タルヤソノ数ト処明カナラズソノ惨害大ナル恰モ安政ノ地震ニ明暦ノ大火ヲ併セタル観アリ拙納当時横浜ニ在リシモ幸ヒニ危難ヲ免レ不慮ノ最後ヲ遂ゲタル精霊ヲ巡悼シ哀愍ノ情禁ズル能ハス仍テ慈ニ兩人ト相謀リ浄財ヲ投ジテ是塔ヲ建立シ以テ歿死各靈ノ冥福ヲ資助スルト共ニ一面社会教化ノ機関ニ充テ不言ノ警告ヲ百世ニ垂レント欲スル者也記シテ以テ誌トナス

維時大正十四年大祥忌命日

宝増現住得禅謹誌

と刻まれている。ここには文献「厚木の石造物」を引用してあるので、文中の文字は「略字」となっている。

背面には

建塔主 渡辺馬吉 漆谷得禅 石井留三

とあり、左側面には

俗名 渡辺ムラエ

智眼妙照信女

東京被服廠跡ニテ

俗名 石井 セン

蓮室妙浄信女

長後製糸工場ニテ

とある。なお立像の背面には

「彫刻師 北原兼太郎」

と彫ってある。

ここに供養されているこの2人の女性は東京に女工として出稼ぎに行つて、気の毒にも震災の災厄に遭つたと思われる。

◇ 隣れなり 故郷遠く 大震災
死者の名残す 宝増寺の碑

●伊勢原市の地震モニュメント

厚木市の西南に隣接する伊勢原市でも、関東大地震に際して当然猛烈な地震動を被つたが、当時は人口も多くなかつたためか、供養塔の資料はあまり知られていないので、今回の調査ではわずかに1箇所のみを訪れることができたのであった。

●大田小学校傍の大正震災記念碑 [伊勢原市下谷]

伊勢原市の中心部より約2キロメートル東南方の小田原厚木道路伊勢原インターチェンジにほど近いところに大田小学校があり(図25)、その校庭脇の一面に記念碑群が立ち並んだ区画がある。厚木市相川中学校の場合と同様に忠魂碑や殉国碑と並んで、図26の「大正震災記念碑」が建立されている。ちょっと異色なのは同じ区画内に「平和之誓」と題するモニュメントがあることである。

この高さ2メートル余の碑の正面には、図26にみられるように

「大正震災記念碑」

と大きく彫ってあり、その左の彫刻は

「博愛書 印 印」



図 25 大田小学校の位置を示す略図



図 26 大田小学校の大正震災記念碑

となっている。しかしこれだけからは、如何なる人物の書であるかわからない。

碑の背面の文字は

「 大正十二年九月一日竝翌年
一月十五日武相之地突如大
震災本郡亦被害頗多死者及

三十余名凄惨不可名状矣有
志相胥欲爲建碑慰其靈以後
日之記念及叙其梗概

中郡大田村青年団建立」

と読める。また建立年月日は「大正十三年三月」
「大正十二年死者熊澤清次郎 龜井寿夫 石田晁
新倉森吉…」などの文字もある。

上記の碑文で注目されるのは、厚木市相川中
学校の記念碑と同様に、1924年1月15日の地震
(M7.3)の記事がある点である。理科年表によ
ると、関東大地震の余震ともみられるこの地震
(震央 35.5°N, 139.2°E)について

「丹沢山塊：東京・神奈川・山梨・静岡各県に
被害があり、死 19, 家屋全壊 1,200 余。特に神奈
川県中南部に被害が著しかった」

とある。余震とはいえ、M7.3の大地震で、震度6
に達した場所もあり、前年の地震の被害が未補修
であったことも被害を大きくしたとされる。

◇ 震災の 悪夢再び 年越して
余震に揺れる 伊勢原の里

● 秦野市の地震モニュメント

秦野市の石造モニュメントとしては、つぎの龍
法寺の碑を調査することができたほか、天然のモ
ニュメントとして震生湖について述べる。

● 龍法寺(曹洞宗^{きこく}龍谷山)の震災歿死者供養塔

[秦野市南矢名 1533] 秦野市中心部より2キ
ロメートルあまり東方伊勢原市よりの山中に当寺
がある(図27)。ここは国道246号と東名高速道
路とのほぼ中間に位置し、樹木がうっそうと茂っ
た山林に囲まれている。

寺の入口には、図28のような案内板が立てら
れていて、当寺が平安時代以来の由緒のあること
を示している。この案内板には

「 龍 法 寺
山号を龍谷山と号す。古くは眞言宗で
あったが、大永・享禄のころに陽始間甫

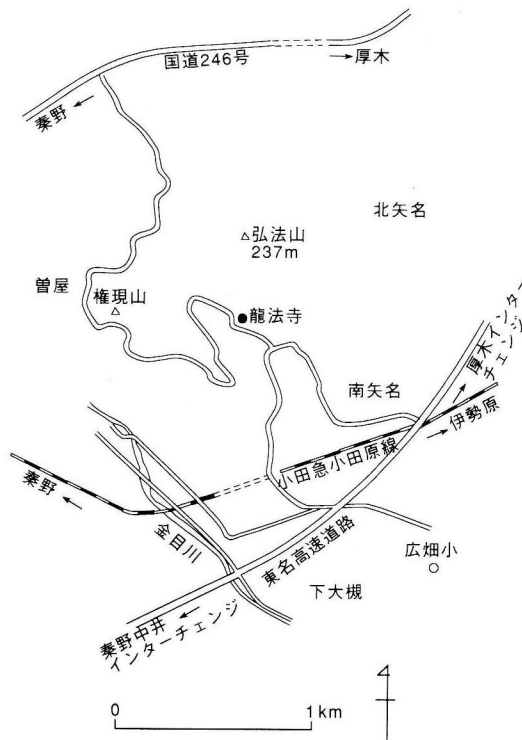


図 27 龍法寺の位置を示す略図

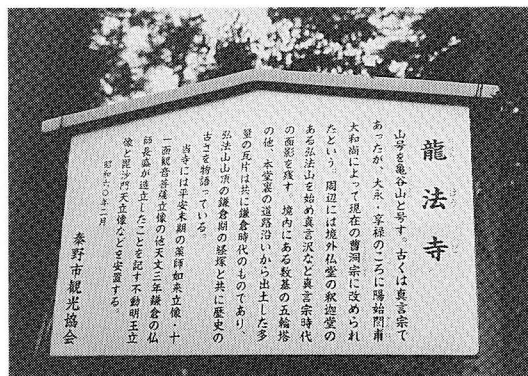


図 28 龍法寺の案内板

大和尚によって現在の曹洞宗に改められ
たという。周辺には境外仏堂の釈迦堂の
ある弘法山を始め眞言沢など眞言宗時代
の面影を残す。境内にある数基の五輪塔
の他、本堂裏の道路沿いから出土した多
量の瓦片は共に鎌倉時代のものであり、
弘法山山頂の鎌倉期の経塚と共に歴史の
古さを物語っている。

当寺には平安末期の薬師如来立像・十一面観音菩薩立像の他天文三年鎌倉の仏師長盛が造立したことを記す不動明王立像と毘沙門天立像などを安置する。

昭和六〇年二月

秦野市観光協会」

とある。図 29 は奥まった本堂を示す写真であるが、木が生い茂っていてよく見えない。秦野市指定重要文化財の指定標識がある。

当寺の境内に図 30 のような供養塔がある。碑面には



図 29 龍法寺本堂と秦野市指定重要文化財を示す標識

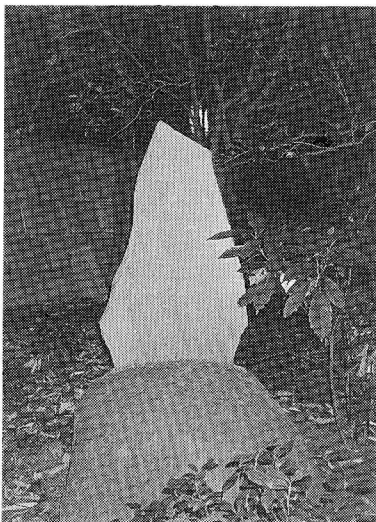


図 30 龍法寺の震災歿死者供養塔

「 震 災
歿 死
者 供
養 塔 」

とあり、

「 妙禪予覺居士 川口豊吉 父
法善院妙道真女 尾澤爲吉 母
…… 以下省略 (8 人分) 」

と彫ってある。背面には

「瓜生野一同
昭和十年九月建立」

と刻んであるが、これ以上のこの碑の詳しい由来は不明である。

◇ 風化せる^{いしぶみ} 碑 残る 龍法寺
善男善女の 歿死弔う

●震生湖——天然の地震モニュメント——〔秦野市南部今泉地区〕 秦野市と中井町の境あたりのいわゆる渋沢丘陵地区は起伏の多い地形である。関東地震の際に起こった山崩れのために、土砂によって小川が堰き止められ、新しく湖ができた。図 31 にこの震生湖の位置を示す。

大地震の際の崖崩れによって湖が形成された例は、国の内外を問わず数多く知られている。例えば善光寺地震 (M=7.4, 1847, 死者 3,000 人以上) の時には、長野県犀川右岸の岩倉山の崩壊により、水深 70 メートル、延長約 34 キロメートル、水幅 120~3,600 メートルに及ぶ湖が出現したが、地震後 20 日を経て土堤が決壊し下流に大水災を生じた。

比較的最近では、台湾の嘉義地震 (M=7.0, 1941 年 12 月 17 日, 死者 358 人) によって、当時の台南州北部阿里山溪の下流に「清水潭」(面積 5.6 平方キロメートル、水深 160~180 メートル) と呼ばれる震生湖が形成された。この湖については、川田三郎 (地震研究所彙報, 21, 317-325, 1943) の「臺南州斗六郡草嶺の震生湖」と題する詳しい報告がある。

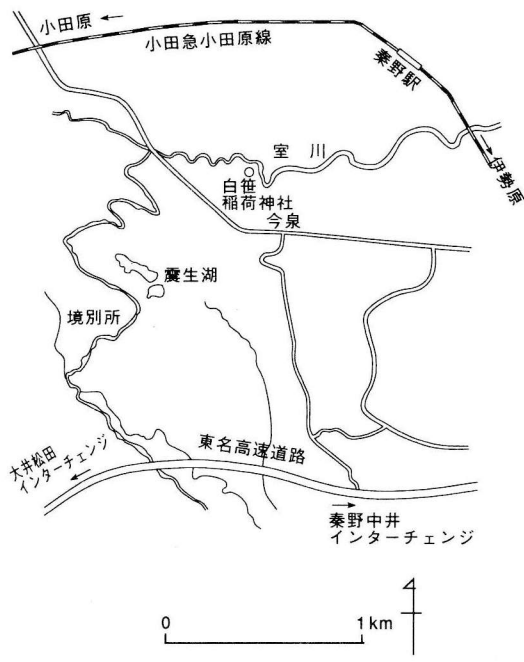


図 31 震生湖の位置

秦野の震生湖については、寺田寅彦・宮部直己の調査があり、「秦野に於ける山崩」(地震研究所彙報, 10, 192-199, 1932)という論文が出されている。この論文などによると、山崩れ現場は第三紀の凝灰岩の上にローム層が堆積した地形で、ほぼ東西に走る谷(標高差約40メートル)の北岸が長さ約250メートルにわたって馬蹄形に崩壊したとなっている。現在現地は「震生湖公園」(図32)となっているが、秦野市による図33のような説明板がある。これは

「
震生湖
 この湖は、一九二三年(大正十二年)九月一日の関東大震災の時、渋沢丘陵の一部が崩壊し、その土砂が谷川を堰き止めてできた堰止湖で、自然湖では日本で最も新しい湖であるといわれ、北西部の主湖盆と南東部の副湖盆の二つから形成されている。
 海拔 一五〇メートル
 面積 一三、〇〇〇平方メートル
 最大巾 八五メートル
 長 径 三一五メートル

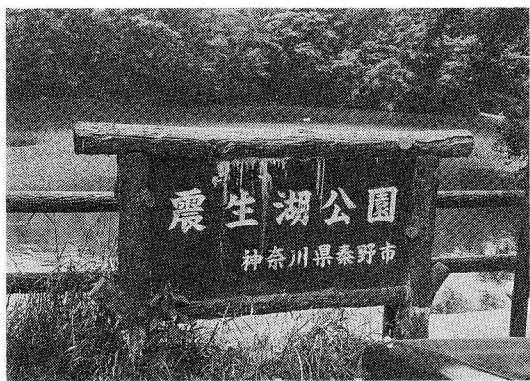


図 32 震生湖公園の標識



図 33 震生湖の説明板

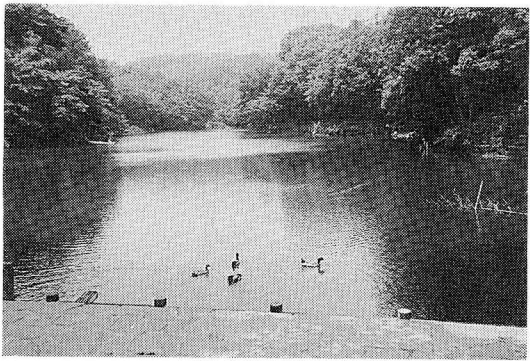


図 34 震生湖の風景

周囲 一、〇〇〇メートル
 平均水深 四メートル
 最大水深 十メートル

と読める。
 湖は図34のようにのどかな風景で釣りをする



図 35 寺田寅彦の句碑

人も多く、付近にはゴルフ練習場もあり、震災の悲惨な状況を想像することは難しい。

湖畔の売店近くには、寺田寅彦が調査の際に詠んだという

「山さけて 成しける池や 水すまし」

の句を刻んだ碑（図 35）がある。碑の背面には

「 碑の句は、故理学博士寺田寅彦先生
で、書は漱石同門の現学習院大学教授
小宮豊隆先生である

昭和三十年九月一日

秦野市 』

とあり、秦野自然研究会発行の案内パンフレット「震生湖の自然」（平成 4 年 2 月 8 日発行、26 ページ）によれば、この句碑は昭和 30 年 9 月 1 日の震災記念日に宮本信義、杉山茂夫、小宮豊隆氏の協力により秦野市が建立したものである。

◇大いなる 地震伝える 震生湖
今に残れる 揺れの爪あと

◇のどかなり 野鳥の遊ぶ 震生湖
湖畔に建つは 碩学の句碑

■ 地震予知連絡会情報 ■ 石田瑞穂 ■

地震予知連絡会第125回は、8月11日に、第126回は11月17日に開催され、それぞれ68および74件の報告事項があった。取り扱われたルーチン観測の期間は、1997年5月から1997年10月であった。そのうち本稿では、東海地方の地殻活動の最近の傾向、伊豆半島の地殻活動、関東地方の地殻活動、釧路沖の地震活動、山口県東部の地震活動、鳥取県西部の地震活動、鹿児島県北部の地震活動、などに触れる。3月26日の鹿児島県北部の地震(M6.3)による地殻変動については、干渉合成開口レーダー(SAR)で検出した結果とGPSの観測結果をもとに地震断層パラメータが推定され、活発な議論が交わされた。また、GPS観測点600点の1年間の観測結果が示され、議論された。

東海地方の地殻変動・地震活動

1997年7月の水準測量結果によると、森町を基準として掛川の140-1及び浜岡の2595は、前回と比較して共に僅かに沈降していることが示された。しかし、10月の水準測量結果によると、前回と比較して僅かに隆起の傾

向を示すことが報告された。浜岡2595の上下変動をみると、経年的な傾向として最近は少し沈降の速度が鈍っているようにも見える。(図1, 図2)。水準測量の結果によると、伊豆半島内浦を基準として御前崎は0.83 cm/年の沈降を示しているが、御前崎と内浦の驗潮データによる沈降量0.82 cm/年とほぼ一致している。

御前崎の水準測量には季節変動が見られる。浜岡観測井(浅井戸, 深井戸)の地下水位と浜岡の水準点2595の

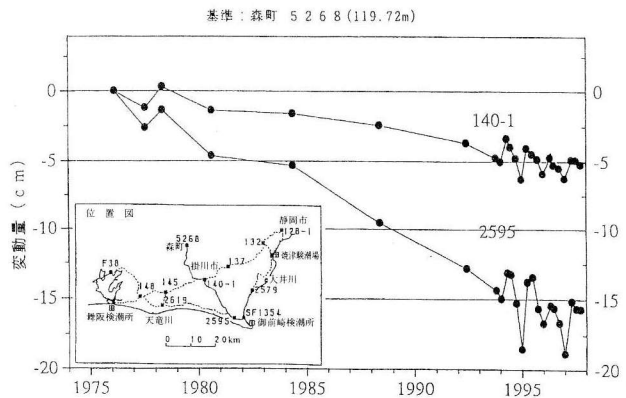


図1 水準点森町5268を基準とした掛川140-1と浜岡2595の経年変化(第126回: 国土地理院)

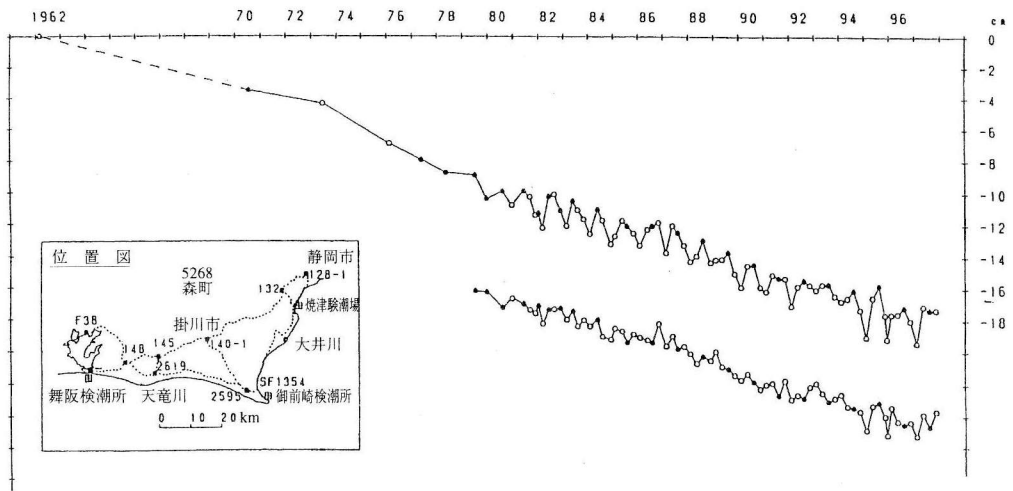


図2 水準点掛川140-1を基準とした浜岡2595の経年変化(第126回: 国土地理院)
上段は観測地、下段は年週変化を補正した値を示す。黒丸は網平均計算をした結果、1962年を基準とした水準点の変化を示す。

比高を比べてみると、冬季の水位低下時に水準点の比高も低いというように、水位と比高の年周変動には関連性があることが示された (図3)。

東海・南関東地方において1995年から1996年のGPS連続観測で得られた変位速度ベクトルに基づき、フィリピン海プレートの沈み込みに伴って陸側プレートが引きずり込まれる、その相互作用の大きさの推定が成された。御前崎周辺での沈み込み速度は、フィリピン海プレートの沈み込み速度3cm/年とほぼ一致し、この地域で陸側プレートが海側プレートと強い相互作用をもっていることが報告された (図4)。

東海地方の地震活動に関しては、1997年9月26日と10月11日に御前崎沖でM4クラスの地震が発生し、また10月21日には静岡県内陸部でM4.3の地震が発生したことが報告された。御前崎沖の地震の初動による発震機構解は北西-南東伸張の正断層型で、沈み込むフィリピン海プレート内の地震と推定された。また、10月21日の地震もほぼ東西伸張の正断層型であり、陸側プレート内地震と考えられた (図5)。

東海地方の微小地震観測網から得られた地震波形データの解析に基づき、微小地震の卓越周波数の時間空間分布が示された。この分布から推定される駿河湾周辺のプレート固着域における応力の変化に基づいて、推定固着域の中央部ないし深い側で応力の変化率が大きいことが推定された。御前崎における潮位変化と東海地域の地震活動を比べると、東海地域でやや大きめの地震が発生する時期には、御前崎の沈下がやや停滞する傾向があることが示された (図6)。

伊豆半島の地殻変動

伊豆半島東部では、最近六か月間は特に顕著な地震活動は見られなかった (第125~126回: 気象庁)。水準測量の結果からも、伊東周辺の隆起も収まっていることが示された (第126回: 国土地理院)。経年的変化を追ってみた結果、1989年の手石海丘の噴火前後で隆起の中心がやや北側に移動した傾向が示された (図7)。

関東地方の地震活動

東京都周辺の地震活動については、1990年以降観測された35km以浅の地震についてみると、1992年頃からやや大きめ(M4以上)の地震が増加している傾向が見られる。こうした背景において、7月14日にM3.9の地震が発生した。震源はこの地域の震源分布の最深位置に相当する深さ34kmに発生したことが報告された。

11月の初めから、神奈川県西部で最大M4程度の地

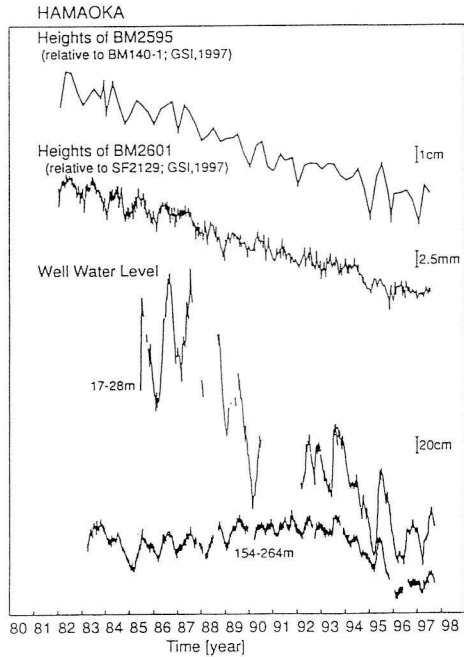
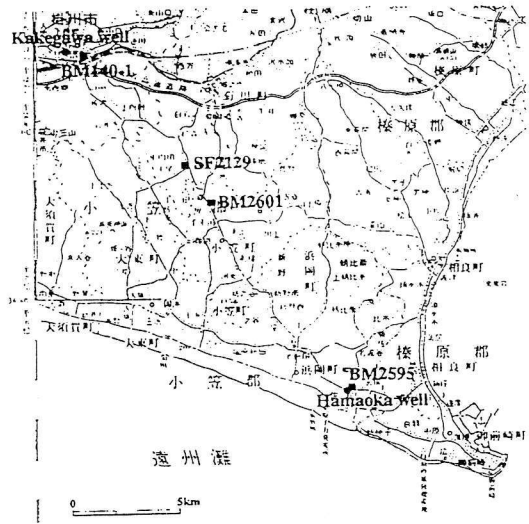


図3 上図: 比較に用いた水準点と観測井の位置。下図: 上から、水準点140-1を基準とした水準点2595の比高(第125回: 国土地理院)、基準2129を基準とした水準点2601の比高(静岡県による)、浜岡観測井の浅井戸の水位と深井戸の水位。水位のグラフの左側の数字は、浅井戸および深井戸のストレートナ深度を示す。比高変化の単位はcm。

震を含む小規模な群発地震活動が観測された。この震源域は、最近地震活動が見られなかった地域であるが、今回の活動は、すぐに沈静化した。

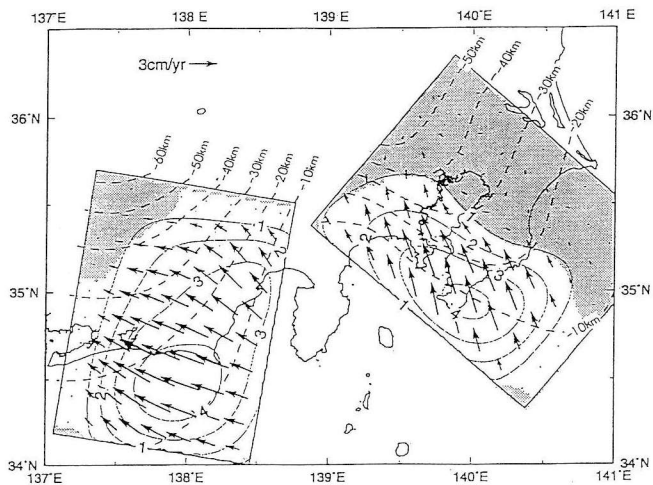


図4 関東・東海地方におけるプレート間相互作用 (第125回:国土地理院)

図中の矢印は、プレート境界面における1年分のバックスリップベクトル(すべり欠損量)の大きさを示し、陸側プレートがそれだけ引きずり込まれていることを示す。関東、東海各地域のバックスリップベクトルは、それぞれの陸側プレートを固定して表している。陰影を施した領域は、推定されたバックスリップベクトルの推定値が推定誤差より小さい部分を示す。

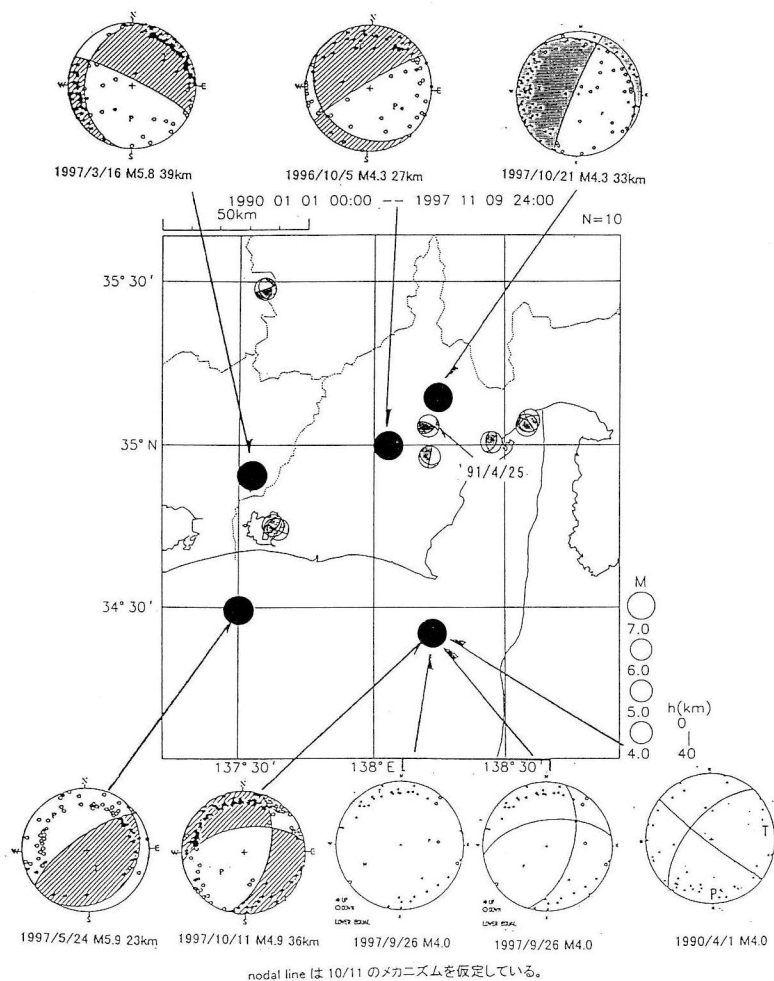


図5 静岡県周辺における最近の地震のメカニズム (1990年~1997年, $M \geq 4$: 気象庁, 東京大学, 名古屋大学, 防災科学技術研究所のデータを予知使用) (第126回: 気象庁)

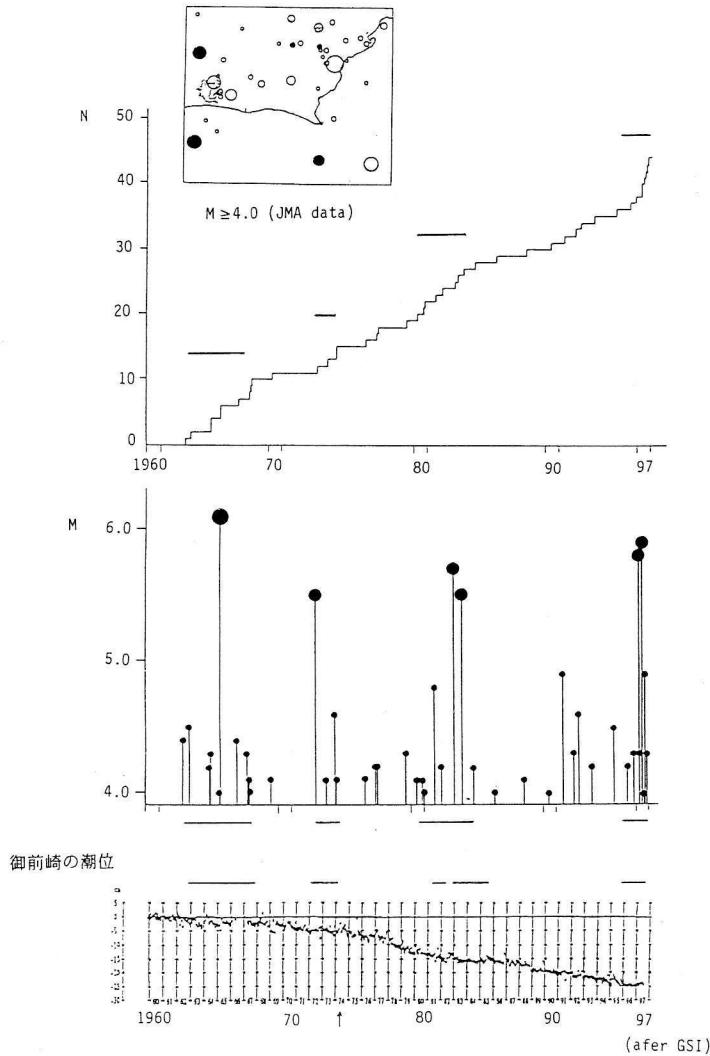


図6 東海地方の地震活動と地殻変動 (第126回: 茂木清夫)
 横棒で示した期間は、大きめの地震の発生時期 (上図, 中図) と沈下停滞する時期 (下図) を示す。

釧路沖の地震活動

北海道釧路沖では、1952年十勝沖地震 (M8.2) の震源域の中央付近で、10月9日にM5.6の地震が発生した。この地震の発震機構解は北西-南東圧縮の逆断層型であった。今回の活動では、2日間のうちにM5クラスの地震が4個続けて観測された。

山口県東部の地震活動

山口県東部では6月25日にM6.1の地震が発生した。この地震の発震機構は東西圧縮、南北伸張の横ずれ断層

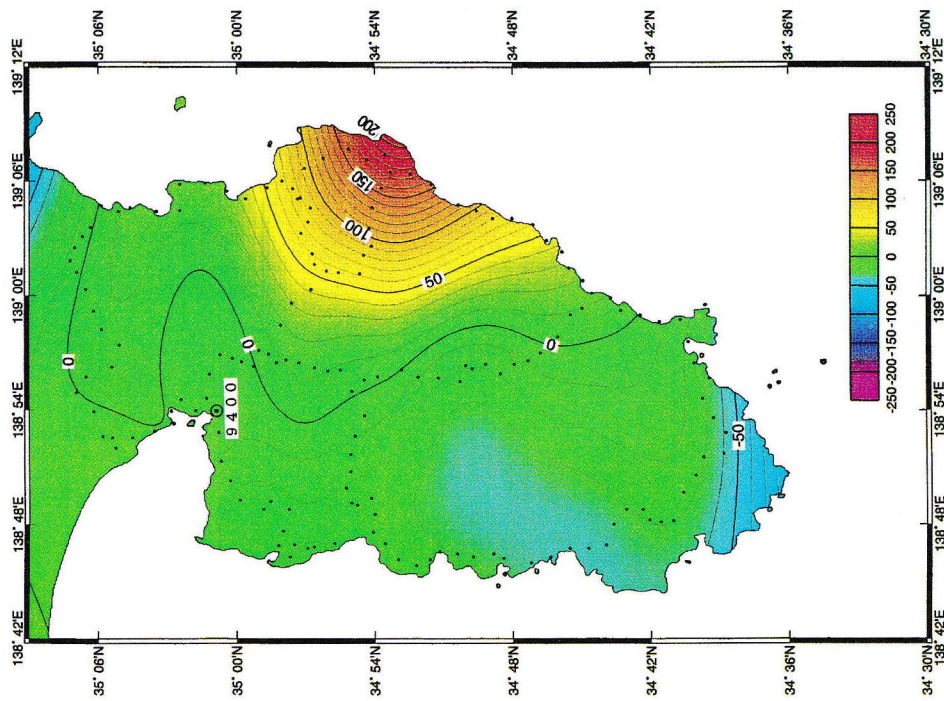
型であった。この地震の余震分布は北東-南西方向に連なっており、地震断層の方向を示すと考えられる。この地震の余震回数は順調に減少している。この地震に伴う地殻変動がGPS連続観測で確認されており、地震の発震機構解と調和的であることが示された。

鳥取県西部の地震活動

鳥取県西部では8月23日にM4.0の地震が発生した。それとほぼ同じ箇所、9月24日もM5.2の地震が発生した。また、9月の地震の発生3分前には、M4.6の地震が観測された。9月の地震の発震機構は2つとも東西に圧縮軸をもつ横ずれ断層型を示し、主な余震は北北

伊豆半島の上下変動

1980. 6~12-1988. 5~7
基準：9400 (内浦)
単位：mm



伊豆半島の上下変動

1990. 6~7-1997. 6~8
基準：9400 (内浦)
単位：mm

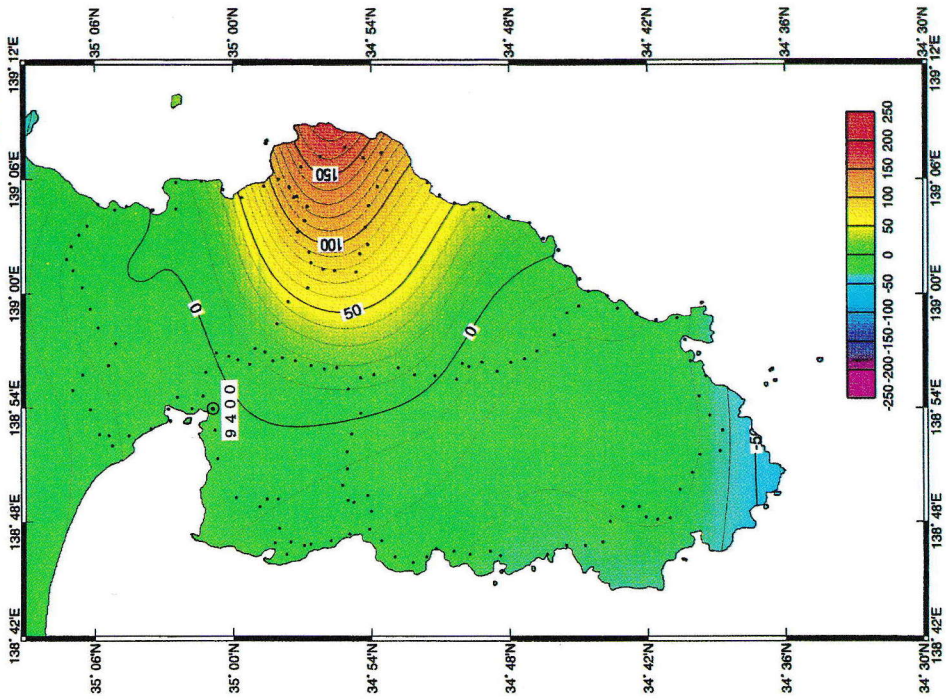


図7 伊豆半島の上下変動 (第126回：国土地理院)
左図：1989年噴火前、右図：1989年噴火後

鳥取県西部付近の地震活動

1977/1/1 00:00-1997/11/13 12:59

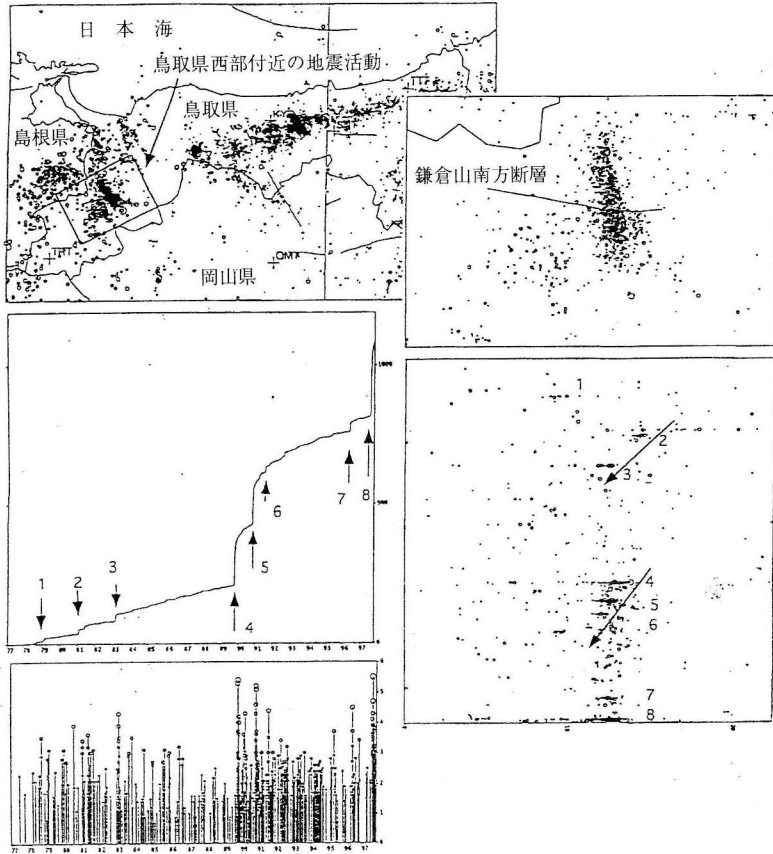


図8 鳥根-鳥取県境付近の地震活動(第126回:京大防災研究所)
北西に地震活動の移動が見られる(2→3, 4→5→6), 但し, 今回の地震(7, 8)は, こうした移動は見られない。

西-南南東方向に分布していることから, これらの地震は左横ずれ型の断層によると推察された。余震活動は順調に減衰している。この地震の震源域近傍では, 1989年および1990年に複数のM5クラスの地震を含む活動が観測されている(図8)。

鹿児島県北部の地震活動

鹿児島県北部では3月26日及び5月13日に, それぞれM6.3, M6.2の地震が発生した。5月13日の地震では, 余震は東西と南北方向に分布しているが, 本震発生直後の東西分布に加えて, その後の3日間で南北方向に並ぶ余震が次第に南側へ広がっていった様子が示された。

3月26日の地震の余震域では, 断続的に余震が発生しながら, 全体としてはほぼ順調に余震回数が減少している。宇宙開発事業団から提供された, 日本の地球資源衛

星「ふよう1号」(JERS-1)の干渉合成開口レーダ(SAR)のデータ解析により, 3月26日の地震による地殻変動が捉えられた。使用したSARデータは地震前の3月2日と地震後の4月15日である。この期間の地殻変動は図9に示される。また, 地震観測とGPSの観測結果とに基づき地震パラメータが推定され, 地殻変動が求められた。この結果とSARから求められた結果は非常に良い一致を示した。

その他

600観測点による1年間(1996年4月-1997年4月)のGPS観測の結果が示された(図10)。ユーラシアプレートの安定部に対してつくばの速度ベクトルを固定して求められたベクトル図が示された。

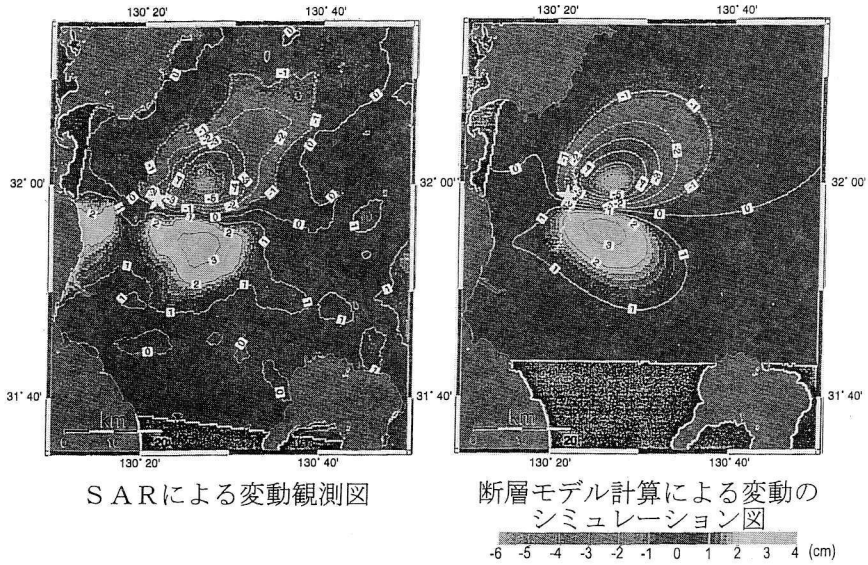


図9 SARによる変動観測図(左図)と断層モデルから求められた変動図(右図)(第125回:国土地理院)
 左図:人工衛星-地表間の距離変化(単位:cm)で等変動線を示す。マイナスの数字は、人工衛星から遠ざかる変動(沈降または西向きの変位)を、プラスの数字は、人工衛星に近づく変動(上昇または東向きの変位)を示す。
 右図:断層モデル計算による変動のシミュレーション図

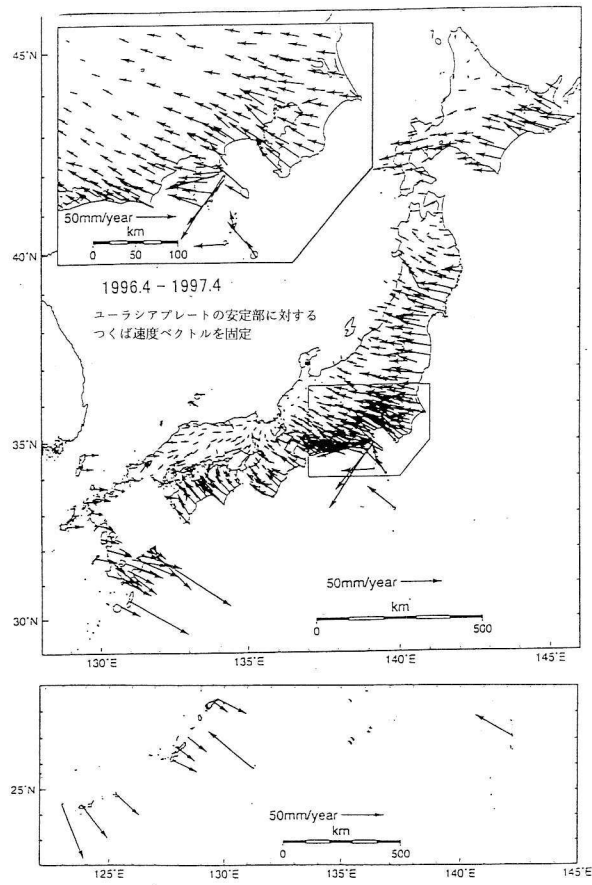


図10 GPS観測(600点)による水平変動ベクトル図(第126回:国土地理院)

■ 書 評 ■

● 東海地震対策の現状

土 隆一 編

東海地震の予知と防災

評者 加藤照之

本書は編者が毎年静岡市で開催してきた「東海地震防災セミナー」の最近4年間の講演内容をまとめたものである。このセミナーは1984年から毎年開催されており、1993年にも同様の刊行物がある。評者もこのセミナーに招かれ、その会場の熱気に変感銘を受けた思い出がある。まずは、編者のこれまでの努力とその成果に敬意を表したい。ことに、兵庫県南部地震以来叫ばれている専門家と一般住民の意識の乖離の問題に対し、編者がこのような専門的な研究成果を地域住民に啓蒙する、という努力は極めて重要である。

本書は3章からなり、第一章では「東海地震はどのように近づいているか」と題して5編の論説が収録されており、最近の理学的な研究成果や地震活動の概況が手際よく紹介されている。第二章では「東海地震の津波をどう防ぐか」と題して津波発生のメカニズムとその対策に関連する節が2編、第三章は「東海地震を乗り越えるにはどうすればよいか」と題して4編の防災の観点からの論説がある。各節とも各界の権威による延べ11名による書き下ろしである。ことに、災害の観点からは最近の事例すなわち1993年北海道南西沖地震による津波と1995年兵庫県南部地震による都市型災害に題材をとった論説が繰り返し詳しく記述されている。

過去の経験に学ぶことは重要であり、実際上記2例は東海地方の住民が自らの災害を考えるうえでも極めて重要な題材であろう。ただ、このような体裁ではやむを得ぬことではあるが、もう少し内容を整理して繰り返しを避け、過去の例から「東海」で何を学ぶかという問題にもう少し論点を引き寄せたほうがよかったように思われる節が見受けられる。また、最新の研究成果が手際よく紹介されている箇所もあるが、中には若干古い理解に基づく記述も見られた。最近は地震発生に至る機構に関する基礎的な研究が急速に進みつつある。至難の業ではあ

ろうが、これらの最新の研究成果をわかりやすい形にまとめられるよう、編者らの今後の一層の努力に期待したい。

＜静岡新聞社、1993年8月、A5判、182頁、本体1942円＞

● 今、東海地震に備える

読売新聞静岡支局編

迫る！東海地震

阪神大震災の教訓とあすへの備え

評者 渡辺 実

阪神・淡路大震災から早いもので、来年の1月17日で3年目を迎える。この間、地震に関する書籍が山ほど出版され、我研究所にも4つの新しい本棚が震災関連書籍で全て埋まり、震災関連の書籍は出し切ったようにも思われる。

本書は、こうした数ある震災関連書籍の中で、阪神淡路大震災と東海地震対策を同じ土俵に載せて、阪神淡路大震災から見えてきた東海地震対策の問題点をまとめ上げたユニークな書籍であり、東海地震説が出されてから20年が経過した静岡県下の地元新聞社である読売新聞静岡支局が、この大震災以降3年間に取り上げてきた記事や連載企画を1冊にまとめたものである。

まず、序章では石川静岡県知事の談話が掲載されており、「酒を飲むにしても、常に緊急時を意識している」との知事の言葉には敬意を表したい。そして、この大震災以降に災害応援協定を締結した小嶋静岡市長と笹山神戸市長の対談へと続くが、この対談は大変興味深かった。神戸市長の自戒の念を込めた今回の大震災の課題を述べ、これを受けて静岡市長は静岡市が大震災後にとった様々な対応を具体的に述べている。まさに、被災した市長と、これから東海地震を迎える市長の立場の違いがこの対談の中に鮮明に表れている。

そして、第一章「あすに備える」では、1996年10月5日に発生した県中央部地震(M4.4)を検証し、迫り来る「あす」の正体についてわかりやすく解説し、20年が経過しても「あす」へ向けて事態は進行していることを警

告している。

第二章は「その時あなたは」と題し、阪神淡路大震災の現場からの報告をまとめ、そしてこの大震災以降進められている予知なしの体制や対策を多角的にまとめている。

さらに最終章である第三章「20年目の東海地震説」では、阪神淡路大震災の教訓をふまえた県防災対策や県民意識を検証し、この大震災以降起きている地震予知に関する議論や東海地震に関する新しい見識を掲載し、そして最後に東海地震発生のシナリオや1998年頃が要注意時期とする溝上判定会長のコメントを掲載して閉じている。

本書は、東海地震と真正面から向き合う地元新聞ジャーナリズムの目で阪神淡路大震災を見据えつづけ、この大震災で一時高まった県民の防災意識が風化し始めている危機感を抱きながら、阪神大震災は他人事ではなく静岡県民自らの問題として捉えるために書かれた、静岡県民必読の書である。また、研究者にとっても阪神淡路大震災以降、この3年間の東海地震対策に係わる流れが多角的に整理された資料としても価値がある。

<羽衣出版、1997年8月、A5判、206頁、本体1600円>

ご 案 内

地震ジャーナル 23号

エッセイ 災害は忘れないうちにやってくる 佐々淳行
地球化学の視点からの地震予知研究 野津憲治
電気抵抗で見る地下構造 歌田久司
マグマはどこから来るか 佐藤博樹
地震による人的被害の予測と実際 諸井孝文/宮村正光
山名宗真の明治三陸津波調査記録 菊池万雄
天災と人災と 近藤信行
連載：その5 地震・津波碑探訪 力武常次
地震予知連絡会情報 石田瑞穂

記

ご購入料 1,500円 [実費頒布：送料共]
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
[本誌綴込の振替用紙をご利用ください]

財団法人 地震予知総合研究振興会

執筆者紹介

<掲載順>

氏名 井野盛夫

[いの もりお]

現職 (財)静岡県
防災情報研究所所
長, 中央防災会議専
門委員, 地震調査研
究推進本部専門委
員, 静岡県立大学客員教授
理学博士

略歴 東京教育大学理学部地学科卒
業, 静岡県防災局長を経て現職

研究分野 地下水探査, 防災行政
著書 『今だから知りたい東海地震』
(共著・静岡新聞社), 『名水を科学
する』(共著・技報堂出版), 『地震
予知がわかる本』(共著・オーム社),
『地域防災計画の実務』(共著・鹿島
出版社)等



氏名 尾池和夫

[おいけ かずお]

現職 京都大学大学
院理学研究科教授・
研究科長
京都大学理学博士

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

研究分野 地震発生機構, 地震テク
トニクス, 地震予知

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



氏名 中田 高

[なかた たかし]

現職 広島大学文学
部教授
理学博士

略歴 広島大学教育
学部卒業, 広島大学
大学院文学研究科修士課程修了, 東
北大学大学院理学研究科博士課程修
了, 東北大学理学部助手, 広島大学
文学部助教授を経て現職

研究分野 自然地理学(活断層など
の変動地形学の研究)



氏名 寒川 旭

[さんがわ あきら]

現職 通産省工業技
術院地質調査所大阪
地域地質センター地
域地質研究官
理学博士

略歴 東北大学大学院理学研究科博
士課程修了

研究分野 地震考古学・地震地質学
著書 『地震考古学—遺跡が語る地
震の歴史』(中公新書), 『揺れる大
地—日本列島の地震史』(同朋舎出
版)



氏名 早川正士

[はやかわ まさし]

現職 電気通信大学
電子工学科教授
工学博士

略歴 名古屋大学工
学部電気工学科卒
業, 同大学院博士課程中退, 名古屋
大学空電研究所助教授を経て現職

研究分野 電波理工学
著書 『波動工学』(コロナ社),
『宇宙からの交響学』(コロナ社)他



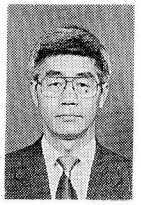
氏名 大町達夫

[おおまち たつお]

現職 東京工業大学
大学院総合理工学研
究科人間環境システ
ム専攻教授

略歴 東京大学工学
部土木工学科卒業, 同大学院博士課
程修了, 電源開発株式会社, 東京工
業大学大学院総合理工学研究科助教
授を経て現職

工学博士

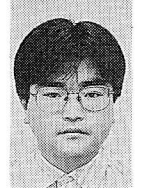


氏名 黒瀬信弘

[くろせ のぶひろ]

現職 東京工業大学
大学院総合理工学研
究科人間環境システ
ム専攻修士課程1年

略歴 1997年3月東
京工業大学工学部土木工学科卒業
研究分野 防災



氏名 力武常次

[りきたけ つねじ]

現職 財団法人地震
予知総合研究振興會
理事

東京大学・東京工業
大学名誉教授
理学博士

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

研究分野 地球物理学(地球電磁気
学, 地震予知論)専攻

著書 *Electromagnetism and the
Earth's Interior, Earthquake
Prediction* (いずれも, Elsevier),
『地球電磁気学』(岩波書店), 『なぜ



磁石は北をさす』(講談社),『地震予知』(中央公論社),『地震前兆現象』(東大出版会),『固体地球科学入門』(共立出版)他

氏名 浜田和郎

[はまだ かずお]



現職 財団法人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, 原子力安全委員会核燃料安全専門審査会審査委員
理学博士

略歴 北海道大学理学部地球物理学科卒業, 北海道大学大学院理学研究科地球物理学専攻, 博士課程修了, 東京大学地震研究所助手, 米国コロンビア大学ラモント研究所研究員, 国立防災科学技術センター(現在の防災科学技術研究所)主任研究官, 室長, 同研究所地圏地球科学技術研究部長を経て現職

研究分野 地震学, 地震予知, 地震前兆現象の統計的研究

著書 『地震予知』(森北出版)など

氏名 Thomas

H. Jordan



現職 MIT(マサチューセッツ工科大学)地球・大気・惑星科学学科主任

略歴 1972年にCaltech(カリフォルニア工科大学)にて地球物理と応用数学のPh. Dを取得。1984年にMITに入るまでは, Princeton大学とScripps海洋研究所に勤め教鞭をとる。プレートテクトニクス・測地学・海洋地質学といくつかの分野にわたって, 100以上の論文を発表。主な研究分野は地震の発生過程と, マントルダイナミクスに関連するような大きなスケールでの地震学的な地球構造の研究。1983年にAmerican Geophysical Union

(アメリカ地球物理学連合)よりJames B. Macelwane Medalを授与される。

氏名 関根真弓

[せきね まゆみ]



現職 財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター研究員

略歴 千葉大学理学部地学科卒業, 千葉大学大学院理学研究科修士課程修了, 東京大学大学院理学系研究科博士課程単位取得退学

研究分野 地球物理学専攻

氏名 種村季弘

[たねむら すえひろ]



現職 國學院大学独語教授

略歴 東京大学文学部卒業

研究分野 ドイツ文学

著書 『ビンゲンのヒルデガルドの世界』

氏名 時実新子

[ときざね しんこ]



現職 川柳作家・エッセイスト, 月刊「川柳大学」主宰・全日本川柳協会理事

著書 『有夫恋』, 『川柳新子座』, 『一萬句集』, 『愛ゆらり』, 『悲苦を超えて——阪神大震災(選)』, 『悲しみにありがとう』等

氏名 相田 勇

[あいだ いさむ]



現職 財団法人地震予知総合研究振興会主任研究員
理学博士

略歴 電機学校高工

科卒業, 東京大学地震研究所助教授を定年退官後現職

研究分野 津波・地震テクトニクス
著書 『沿岸災害の予知と防災』(分担執筆・白亜書房), 『日本列島の地震—地震工学と地震地体構造』(分担執筆・鹿島出版会)

氏名 石田瑞穂

[いしだ みずほ]



現職 日本地震学会会長, 科学技術庁防災科学技術研究所総括地球科学技術研究官
理学博士

略歴 お茶の水女子大学理学部物理学科卒業, 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了, 科学技術庁国立防災科学技術センター第2研究部首都圏地震予知研究員, 同主任研究官および地圏地球科学技術研究部地震活動研究室長を経て現職

研究分野 地球物理学

著書 『日本列島の地震』(共著・鹿島出版会)

氏名 加藤照之

[かとう てるゆき]



現職 東京大学地震研究所助教授
理学博士

略歴 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専門課程修了

研究分野 固体地球物理学(地殻変動)

著書 『GPS—人工衛星による精密測位システム—』(共著)他

氏名 渡辺 実

[わたなべ みのる]



現職 株式会社まちづくり計画研究所代表取締役所長

略歴 工学院大学工学部建築学科卒業,

(財)都市経済研究所を経て現職
研究分野 都市計画, 地域計画, 都市防災計画, 地域防災計画, 災害情報, 防災ボランティア
著書 『都市計画図集』(共著・技法堂出版), 『都市計画マニュアル』(共著・ぎょうせい), 『都市における総合的地下利用方策の研究』(共著・NIRA), 『震災そのときのために』(共著・監修・国会資料編纂会), 『FEMAに学ぶ災害時の危機管理』(訳著・監修・近代消防社)

ご 案 内

「日本の地殻水平歪図」の複製頒布について

このたび、財団法人 地震予知総合研究振興会におきましては、建設省国土地理院、東京大学出版会および活断層研究会のご好意により、「日本の地殻水平歪図」を複製して一般の専門家の方々に提供することをご承認を得ることができました。

本図は、建設省国土地理院が1883年(明治16年)に日本全域にわたって測量を開始して以来、約110年間の測量成果の集大成であり、「日本の地殻水平歪図」としてとりまとめられたものです。また本図は、日本全域にわたる地殻の歪が活断層とともに重ね合わせて印刷されておりますので、わが国の地震予知研究および地震防災分野の専門家にとって貴重な資料ではないかと存じます。

本図は100万分の1の歪図、3面ずつ2期間、計6面からなっています。

- ① 最近約100年間(1883年~1994年)の水平歪
(1)北海道, 東北地方 (2)関東, 中部, 近畿地方及び東北, 中国・四国地方の一部 (3)中国・四国, 九州地方
- ② 最近約10年間(1985年~1994年)の水平歪
(1)北海道, 東北地方 (2)関東, 中部, 近畿地方及び東北, 中国・四国地方の一部 (3)中国・四国, 九州地方

いずれも赤と青の直線の長さや向きで、歪の大きさと向きをあらわし、緑色で活断層の位置を示しています。

なお、1987年(昭和62年)に「日本の地殻水平歪」を発行しております。本書は、1883-1985年までの約100年間にわたる測量成果で、今回が「100万分の1」の図に対し、本書の図は「20万分の1」で、全国を約100等分して構成されており、実費頒布しております。

- 頒布実費 9,000円(今回「100万分の1」の図)
- “ 20,000円(前回「20万分の1」の図)

財団法人 地震予知総合研究振興会

ADEP情報

伊豆東部火山群の活動 現状の分析調査

伊豆半島では、1930年に伊東沖の群発地震活動とそれに引き続く北伊豆地震の発生という、被害を伴う地震活動があったが、その後40年余りは概して平穏な日々が続いた。しかし、1974年になって、伊豆半島の先端付近の石廊崎断層が動いた「伊豆半島沖地震 (M6.9)」が発生し、静穏な地震環境が一変した。その後は、「1978年伊豆大島近海地震 (M7.0)」「1980年伊豆半島東方沖地震 (M6.7)」と地震活動が活発化し、引き続いて毎年のように群発地震活動が起こっている。ことに1989年7月の活動では、海底噴火に伴って伊東市の沖約3.5kmの海底に手石海

丘が出現するというショッキングな出来事が起こった。

静岡県では、これら一連の群発地震の災害に備えて、防災対策・警戒態勢などを充実させているが、近年の活動が地下のマグマの動きを反映していることから、1996年度の時点での伊豆半島東部火山群の活動の現状を把握し、さらに今後の防災対策に資するための検討を行うことになり、調査を本振興会に委託された。

振興会では、火山物理学、火山地質学、地震学、測地学、重力論、地球電磁気学、地球化学、津波論および宏観異常現象論の各方面から調査を実施することにして、各分野の専門家を委員に委嘱した。この調査の結果は、今年3月報告書にまとめられた。あたかも3月には、またもや群発地震活動が発生し、緊急に章を追加することになったが、幸いその活動はあまり拡大することなく、すでに収束している。

東京大学の久野久教授は、今より約40年も前の論文で、伊豆半島東部の地下7~8kmより深いところにはマグマ溜まりがあり、大室山などの火山群は、それから上方に延びる岩脈を通じてマグマが供給されたものであるとした。さらに1930

年の伊東沖の群発地震活動は、地下からのマグマが地上までには達しないまま収束した火山活動であることを、概念図として示している。

1989年の手石海丘の出現は、まさにこのマグマ溜まりからの岩脈が、海底まで(あるいは海底付近まで)到達したことを示すもので、この状況は、当時実用化されたばかりのGPSによる地殻歪の追跡や、群発地震の震源の移動、それに、それらの観測事実を説明できる量的な開口割れ目モデルのシミュレーションなどによって、久野の概念が現実のものとして証明されることになった。

このように、伊豆半島東部の群発地震活動や、火山活動のメカニズムが解明されてきたことにより、地震の震源の移動や、地殻歪の状況から、マグマの上昇を監視できることになる。これは極めて単純化した話であり、報告書ではさらに細かい議論がつくされている。しかし、いずれにしろ、今後どのような場所に活動が始まるにしても、その活動の推移を監視することによって、災害に対する警戒態勢をとり、防災対策を講じることが、以前に比べて格段に向上していることは指摘できる。

[A]

編集後記

本誌の創刊以来誌面上のわりつけ、校正、印刷所との折衝などの実務を引受けてこられた山田氏が、今回体調を崩されてジャーナルの仕事から手を引かれることになった。長い間ご苦労さまでした。それに伴って、原稿段階から印刷までの仕事を、学会誌刊行センターに委託することになった。本号はその最初の号である。誌面の感じが多少変わるかも知れないがご了承をお願いします。また、取り上げる内容の一層の充実を図るため、外部からの編集委員として、日本大学の萩原幸男教授に加

わって頂くことになった。さらに興味深く有意義な記事が誌面を飾るようになることに「乞ご期待」である。

さて、今号も標準ページを超過して多くの記事が誌面を飾ることになった。とてもこの後記で全部の記事に触れることはできないが、文学と地震の関わりを取り上げているのは、本誌の特色ではなかるうか。編集者として、文科系の先生方の原稿にふれ、理科系の先生方のそれとは違った雰囲気感激したりしている。

今年も無事、年末12月20日号の発行にこぎつけた。来年もご投稿に、ご愛読に変わらぬご声援を。 [A]

地震ジャーナル 第24号

平成9年12月20日 発行

発行所 101 東京都千代田区猿楽町1-5-18

☎ 03-3295-1966

財団法人

地震予知総合研究振興会

発行人 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。

●製作/ (財)学会誌刊行センター