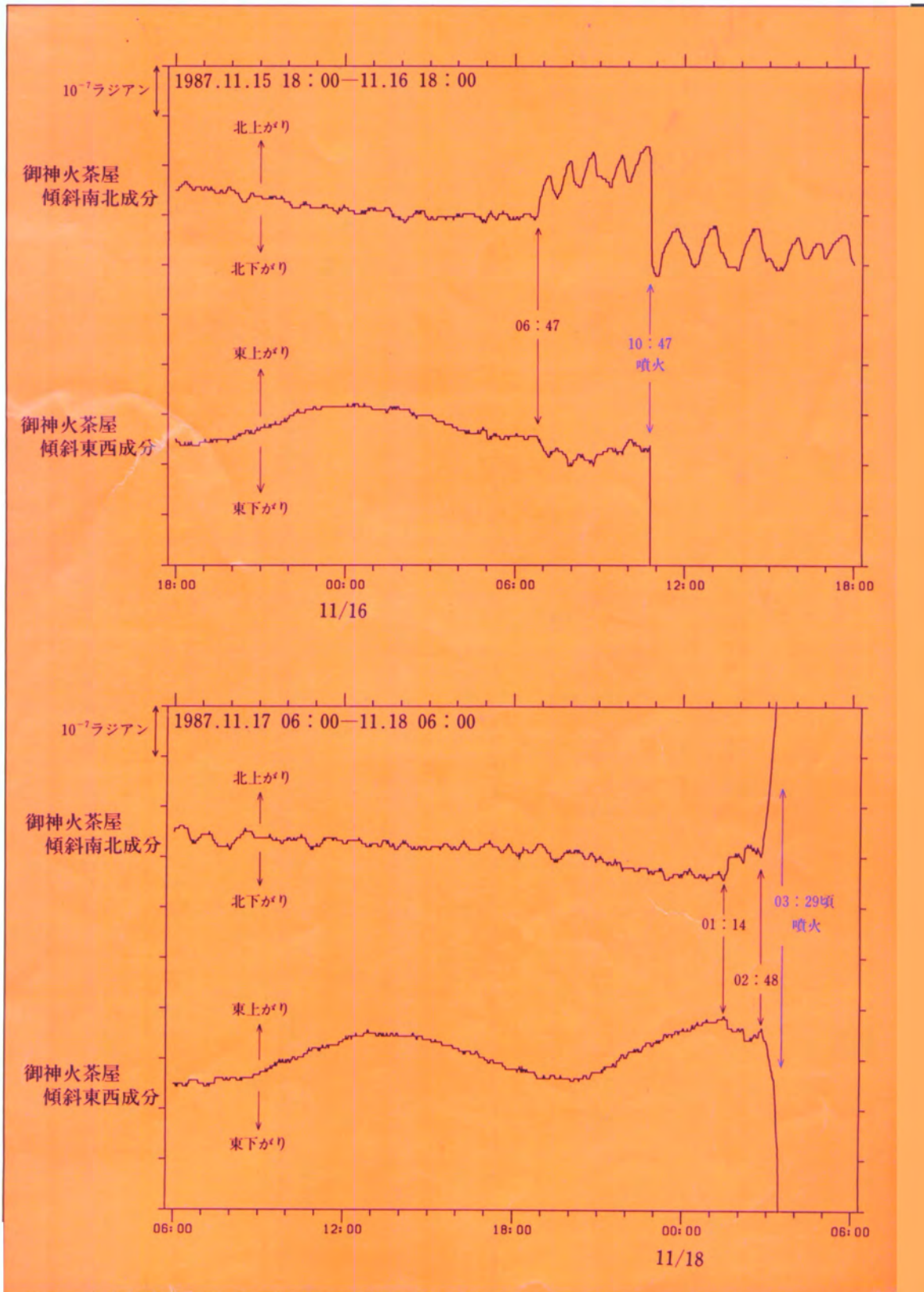
ISSN 0454－1871

防災科学技術 NO.61 1987 Dec.

科学技術庁　国立防災科学技術センター



もくじ

福岡正巳先生　勲二等瑞宝章を授与される …… ・ 1
伊豆大島における噴火前後の傾斜変動 …… 熊谷　貞治 ・ 2
防火守護地 …… 相原　圭二 ・ 8
富士火山 ― 宝永噴火から280年 …… 鵜川　元雄 ・ 9
小田原地震について …… 坂田　正治 ・ 15
コロンビア大学付属研究所での1年間 …… 江口　孝雄 ・ 18
メソスケールの大気現象の観測について ― 1987年7月31日の雷雨を例として …… 真木　雅之 ・ 26
今年の防災技術セミナー研究員の横顔 …… ・ 30
防災技術セミナー10周年 …… 木下　武雄 ・ 31
地中電波発生源のトモグラム作製 …… 藤縄　幸雄・高橋　耕三 ・ 35

表紙説明

― 1987年11月16日・18日の伊豆大島火山噴火の
直前に現われた前兆現象 ―

伊豆大島第1火山観測施設（御神火茶屋）に設置された傾斜計によって得られた，地殻傾斜変動図である。

伊豆大島火山は，昨年11月15日以来大規模な噴火活動を行なったが，昨年12月18日以後は噴火活動はなく，静穏な状態を保ってきた。しかし，本年11月16日よりほぼ1年ぶりに再び噴火活動を開始した。

上図は，1987年11月16日午前10時47分より始まった，最初の噴火の前兆的変動を示したものである。午前6時47分から，ゆっくりとした山頂方向（南南東）下がりの変動と，その上に重なっている，1時間周期で山頂方向が上下する変動が，噴火までの期間に認められる。下図は，1987年11月18日午前3時29分頃より始まった，伊豆大島内だけでなく，伊豆半島にも及ぶような大規模な地殻変動をもたらした噴火の前兆的変動を示したものである。午前1時14分より午前2時48分まで，ステップ的に山頂方向が下がる変動と，午前2時48分以後に見られる，急速に山頂方向が下がっていく変動が認められる。

（第2研究部・福山　英一）

福岡正巳先生　勲二等瑞宝章を授与される

土質工学，地すべり工学の権威者として，世界的に著名な福岡正巳先生が今春勲二等瑞宝章を授与されました。

福岡先生は兵庫県飾磨郡夢前町の御出身で，昭和16年東京大学工学部を御卒業の後，内務省に入られ土木試験所（現建設省土木研究所）に所属，砂防研究室長，千葉支所機械施工部長，千葉支所長を歴任されて，昭和42年土木研究所長になられました。昭和45年に退官されるまでの29年間に，河川，道路，砂防，土質，地すべり等，土や地盤に関連する殆んど全ての分野の研究及び新しい施工技術の開発等に研究者として多大の功績を残されると共に，土木研究所の組織の拡充強化，筑波移転の基本計画策定等にも尽力されました。

建設省を退官された後も，昭和46年５月まで日本道路公団参与を勤められ，同年６月より母校の東京大学工学部土木工学科教授として，道路工学講座を担当され，昭和52年４月に同大学を定年退言後は東京理科大学教授に就任され，理工学部土木工学科において土質工学の講義を担当されています。

先生は建設省，大学での本務を精力的にこなされている中で，国内外の学会等においても多くの功績を残されています。地すべり学会では創立以来運営委員を勤められ，特に昭和42年からは副会長を20年余にわたり勤められています。また，土質工学会においては，昭和51年から２年間会長を，国際土質基礎工学会においては，昭和52年から４年間会長を歴任される等，世界中の土質，地すべり研究の国際協力，国際研究集会の指導・支援に活躍されています。

先生が永年の研究生活を通じて，国内外の土木，土質，地すべり等の分野で大きな功績を残してこられたことは，上に述べたとおりですが，先生は同時に当センターの活動に対しても多くの協力をして下さっています。強震観測の分野では，当センターが日本における観測の推進・調整機構として設置している「強震観測事業推進連絡会議」の委員をお願いし，強震観測事業の発展に貢献していただいていると共に，土木研究所在職時代に土木構造物への強震計設置を推進されるなど，今日の全国強震観測網の充実の一翼をになっていただいています。

また，当センターでは昭和53年から世界に先駆けて三次元振動台の開発に着手することとし，「三次元振動実験装置検討委員会」を設けて，所外の学識経験者の御意見を伺いながら作業を進めましたが，この委員会にも先生に土質工学の専門家という立場で御参画いただき貴重な御指導をいただきました。実際に，当センターに三次元振動実験装置を設置するには至りませんでしたが，この委員会で開発した技術は民間会社において実用化され，三次元振動台で耐震実験が行われる時代になっております。

先生と当センターとの関わりの中で，我々にとって忘れることが出来ないのは，不幸な出来事であった昭和46年の生田の事故であります。当センター職員２名が被告として刑事裁判になった本事故について，先生はひどく心を痛められ，自ら模型実験を実施し，この現象が世界的にまったく新しい現象であることを解明され，この事故が当時の学問レベルでは予測不可能な事故であったことを証言し，今年４月に無罪判決　　の最も強力な証拠となる，筆舌につくしがたい所があります。

このように先生は土質，地すべり研究のパイオニア的存在であると共に，今日尚第１人者であり，今回の栄誉を受けられたことは誠に当然のことと申し上げるべき事であります。

先生の叙勲を心からお喜び申し上げると共に，末永い御建康をお祈り申し上げます。また，今後とも引続き我々を御指導下さいますようお願い申し上げます。

（文責　大谷　圭一）

伊豆大島における噴火前後の傾斜変動

熊　谷　貞　治

昭和62年11月16日，午前11時少し前，関東電気通信監理局において，硫黄島火山に設置されている無線局についての打合せもほぼ終った頃，公共課の方が，「今，大島が噴火したという連絡が警察より入りました。」と知らせてくれた。その瞬間，やはり噴火したかと同時に残念と言う気持がいっぱいであった。と言うのは11月に入って傾斜観測データ等に種々と噴火の発生を予想させる現象が現われており，この日も，通信監理局での打合せを終えたら11時頃より気象庁火山室の担当者と当所で観測したデータを持ち寄って検討することになっていたからである。

ここでは，当所が伊豆大島の御神火茶屋と波浮の2地点で観測している傾斜変化に限って，11月16日及び18日の噴火前に現われた前兆と思われる変化について簡単に報告する。観測点の位置を図1に示す。

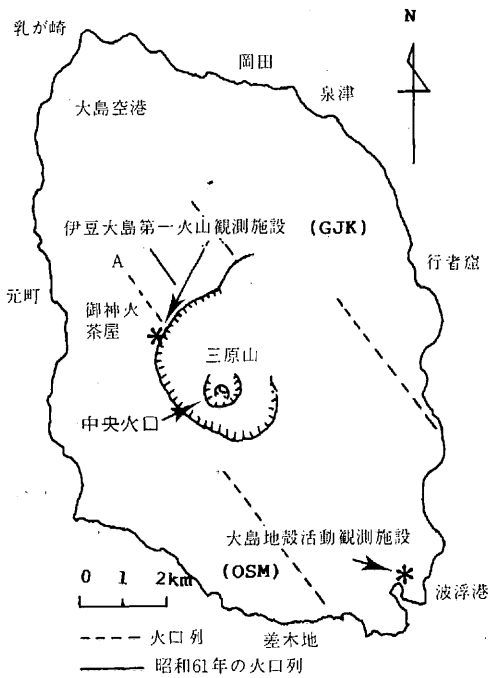


図1　当所の観測点位置図

傾斜観測の概要

御神火茶屋（国立防災科学技術センター伊豆大島第一火山観測施設の略称）の傾斜計受感部は地下80mに，また波浮（大島地殻活動観測施設の略称）は地下101mのそれぞれ地中に設置されて，その精度は0.01μrad.（1,000mの水平に置いた棒があると，その一方が0.01mm垂直方向に変化したものを検出できる）である。この精度は，傾斜計の設置場所の選定，設置方法及び気圧変化等各種の補正等の条件を満たす事によって確立出来るものである。

火山噴火と傾斜変化

火山体内部が，マグマや高温ガスにより圧力が増大すると山体は膨張し，山頂付近で沈み込み，外側では膨らむ傾向を示す。従って，観測点の位置によって噴火前の傾斜変化は山頂上りを，また，山頂下がりを示すものである。御神火茶屋観測点では，昭和61年11月以来発生した噴火では11月15日（設置によるドリフトのおさまる前であり顕著な前兆変化は認められなかった）を除いて，今回の18日の噴火に至るまで4例とも前兆変化は，山頂下りを示した。

11月16日の噴火は，中央火口で10時47分に発生し，しばらく継続し静かになった。噴出したのは岩塊と火山灰でその量は数千トンと推定されている。

16日の噴火前後の御神火茶屋観測点における傾斜変化を図2.1，2.2に示す。この前兆変化は，波浮観測点（噴火に伴なう変化が認められるが，明確な変兆と思われる変化はない。多分，噴火発

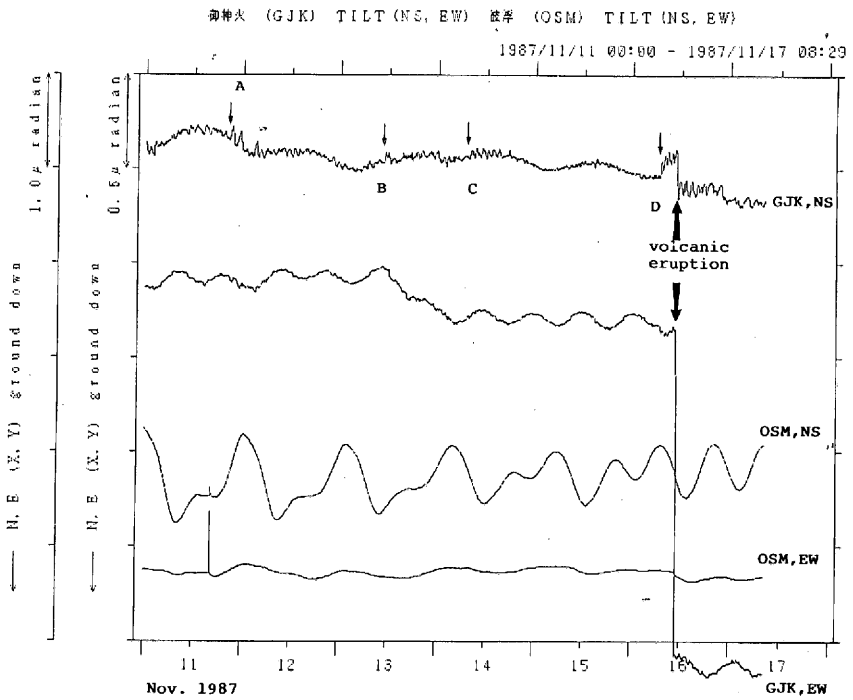


図 2.1　御神火茶屋（ＧＪＫ）及び波浮（OSM）観測点における
1987 年11月11日から17日までの傾斜変化

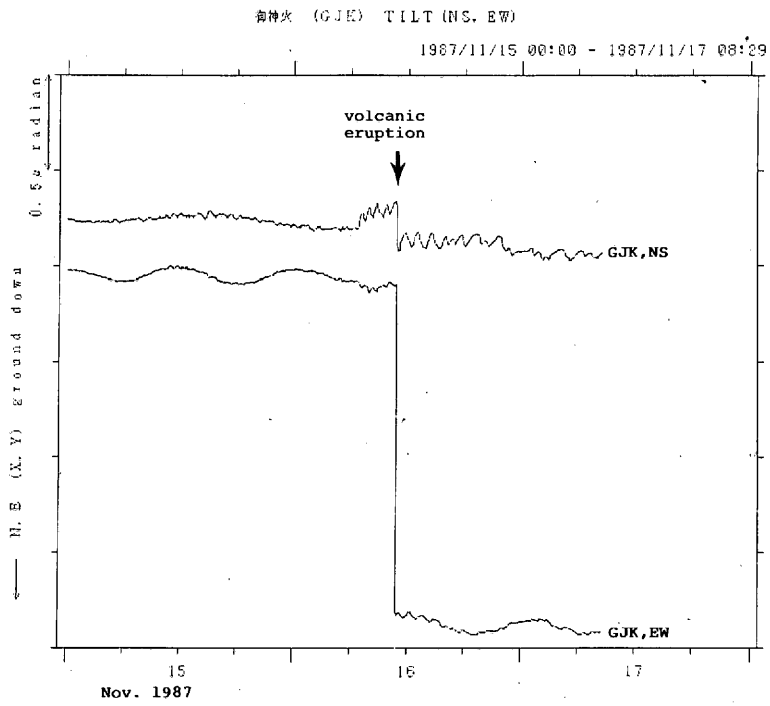


図 2.2　御神火茶屋観測点（ＧＪＫ）における11月15日00時から17日08時29分までの傾斜変化

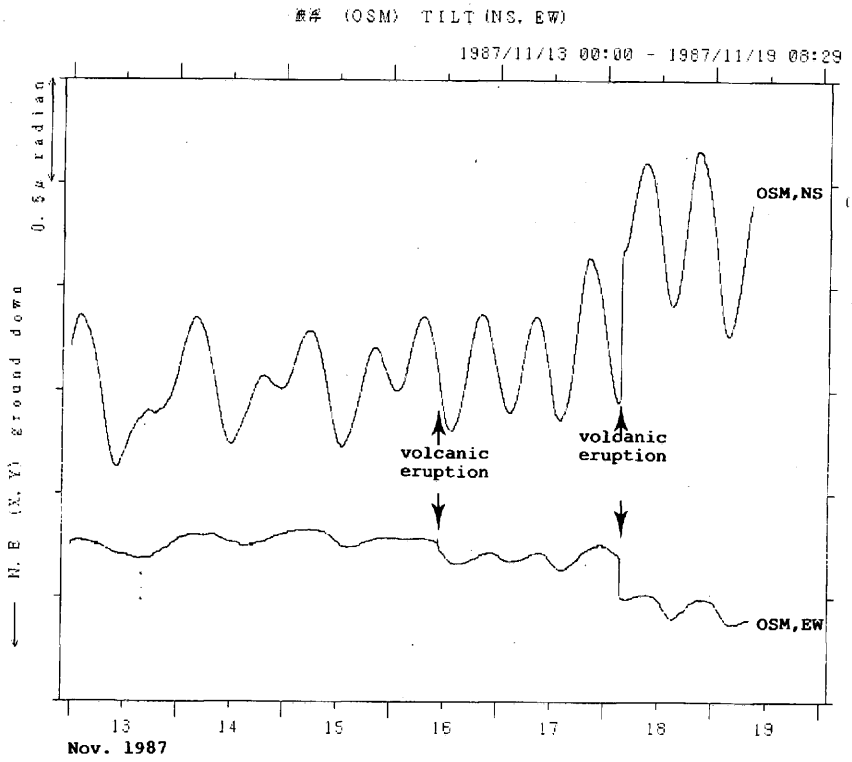


図2.3 波浮観測点（OSM）における11月13日00時から19日08時29分までの傾斜変化

生地点より遠かったためと考えられる，図2.3を参照）及び他の傾斜観測点では，明確には観測されていない。ただし，1986年の噴火活動が治まって以来噴火前の変動にもどる傾向であったが，1987年4月頃より変動幅は小さいが反転していたのが注目される。

御神火茶屋観測点において，噴火の開始する約4時間前の06時50分頃から，通常の変化と明らかに異なる変化が始まった（図2.2）。総体的には観測点から見てＳＳＥ下がり（中央火口の西側の地域をほぼ指す）を示し，その変動を中心に大略45分周期で山頂下がり，山頂上りを4回繰返し，5回目の山頂下りのほぼ頂点に達した時期に噴火活動を開始した。噴火後，大きくＥＮＥ下り（カルデラ床，1986年の割れ目を噴火口の方向）を示した後山頂下り，山頂上りを噴火前よりやや長い，70分程度の周期で変動量をやや増加させたが，16日22時頃にはほぼ平常の変化に戻った。

この傾斜変化の原因は，マグマ溜りや火道中をマグマや発泡したガスが移動し，内部の圧力が変化したためと考えられる。また，傾斜変動の方向が中央火口を指さないのは，マグマ溜り等の圧力源が必ずしも中央火口直下でなく，中央火口の西側の地下か，あるいは御神火観測点のＮＮＷ方向であることをうかがわせるものである。

11月18日の噴火は，中央火口で03時29分（気象庁職員が確認した時刻）に発生した。噴出物は主として火山灰でその量は数百トンと推定されている。この噴火前後に，当所の御神火茶屋及び波浮観測点も含めて，島内に設置されている全傾斜計に変動があったと，火山噴火予知連絡会第13回伊豆大島部会に，関係機関から報告されている。また，傾斜及び体積歪の地殻変動に関する観測を行っている伊豆半島の中伊豆，東伊豆，土肥及び神奈川県の湯河原においても，噴火に伴なう変化が記録された。16日の噴出物量と比較し，1桁少ないにもかかわらず，地殻変動が広域に亘ったのは，圧力源の位置が地下深部か，圧力源の規模が大きかったのではないかと推定される。

18日の噴火前後の御神火茶屋及び波浮の傾斜変化を図3.1～3.3に示す。

御神火茶屋の傾斜計は，01時27分頃より山頂下

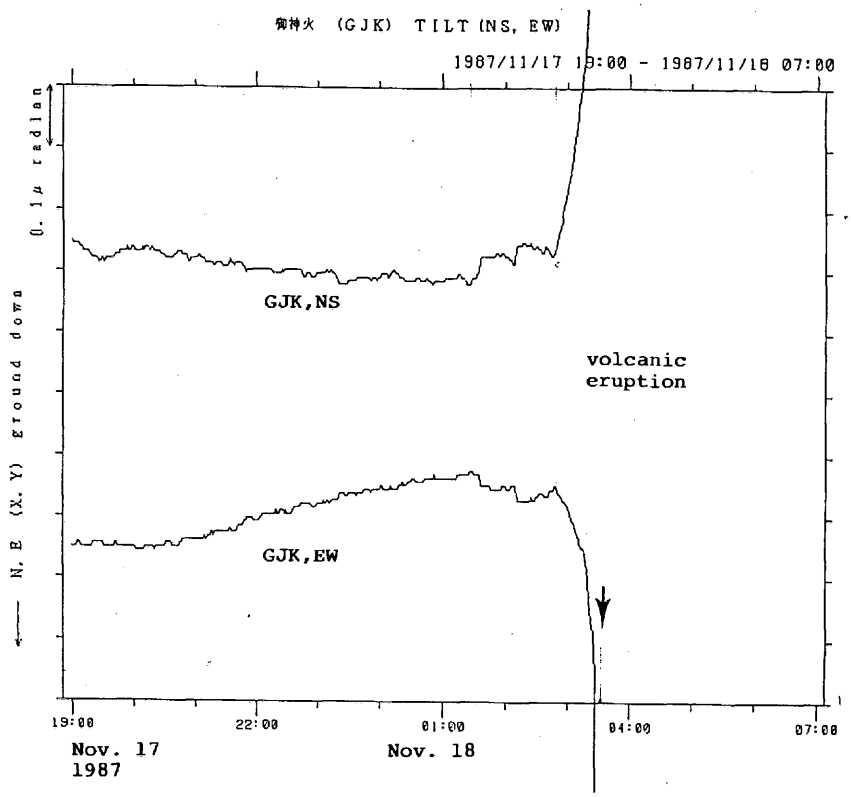


図 3.1　御神火茶屋観観点（ＧＪＫ）における11月17日19時から18日03時30分までの傾斜変化

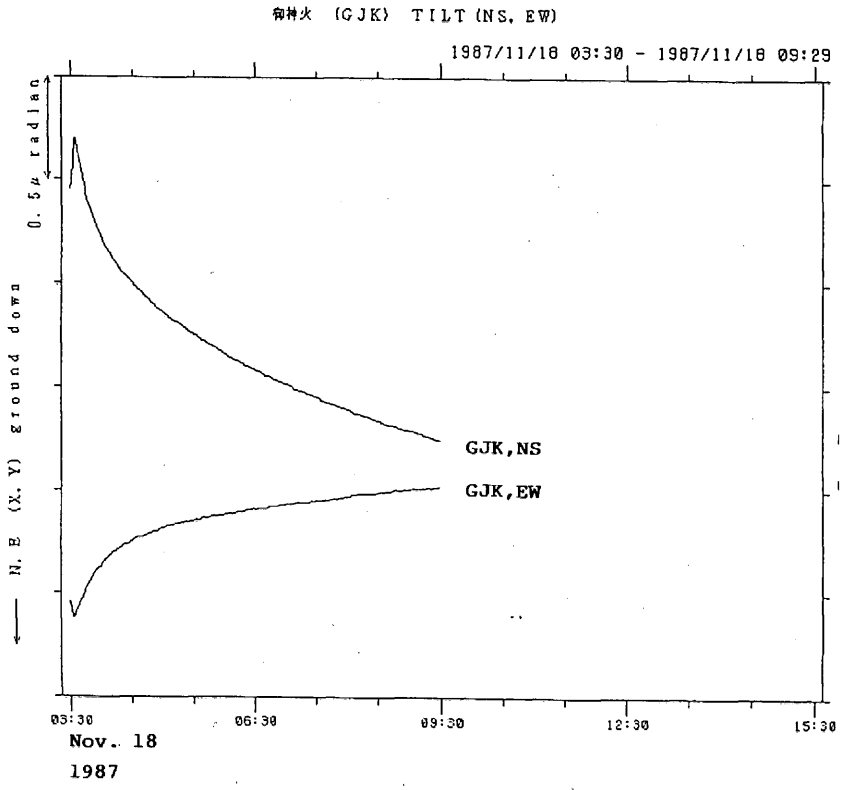


図 3.2　御神火茶屋観測点（ＧＪＫ）における11月18日02始30分から09時25分までの傾斜変化

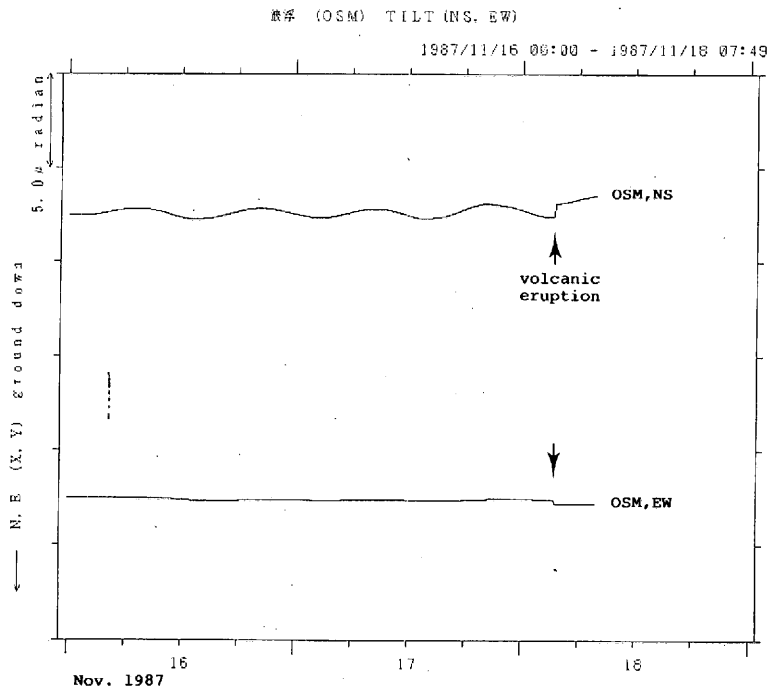


図 3.3 波浮観測点（OSM）における11月16日00時から18日07時49分までの傾斜変化

り，上りの変化を伴ない，総体的にはＳＳＥ下り（山頂下り）の傾向を示し，02時48分頃より急激にＳＳＥ下りの変化が著しく増大し，03時29分頃に噴火した。しかし傾斜変化は，噴火後も噴火前の傾向を保ち，04時06分頃，その方向は反転し,ＳＳＥ上りに転じ除々にその変化は鈍化し，21時頃にはほぼ平常の変化に戻った。

波浮観測点では，18日03時30分頃ＮＮＷ上り（山頂上り）の変化を示したが，明瞭な前兆変化と思はれるものはなかった。

火山噴火予知

火山噴火予知とは，最初の噴火の時期，場所，種類の予測，発生後の噴火活動の予測及び終了の判断を示すものであるが，ここでは，御神火茶屋の傾斜データから，11月16日及び18日の噴火発生の時期の予測可能性について検討した結果を次に述べる。

図2.6の変化において，Ａ，Ｂ，ＣにＤと同じような変化が見られ，筆者らはそれぞれの変化が噴火の前兆ではないかと懸念していた。しかし，結果的には，噴火の明確な前兆変化であったＤの時期は，傾斜の傾向が明らかにＳＳＥ下りに変化し，その変化に伴なって山頂上り，下りの変化をしたというＡ，Ｂ，Ｃとは著しく異なる変化を示した後，噴火に至っている。06時50分にその後の変化を予測することは出来なかったかも知れないが，08時か09時頃には，変化の傾向を把握出来るであろうし，この変化が，従来から噴火前に示していたＳＳＥ下りと一致することなどから，何時とは予測出来なかったかも知れないが噴火が切迫していることは予測可能であったと考えられる。事実，気象庁では06時50分頃よりカルデラ内を震源とする地震が多発していることなどにより，08時10分に臨時火山情報33号を出している。

同様に，18日の噴火に先立って，18日02時48分から03時にかけてＳＳＥ下りの急激な変化から，噴火の発生が切迫していることが予測出来たと推定される。

16日の噴火は，爆発音を伴い，噴出物も18日に比較して多い。18日の噴火は，静かに噴火し，噴出物は数百トンと少ないにもかかわらず，前兆変化量は16日の10倍弱にも達し，大島から約55㎞離れた湯河原でも，噴火に伴なう地殻変動が観測さ

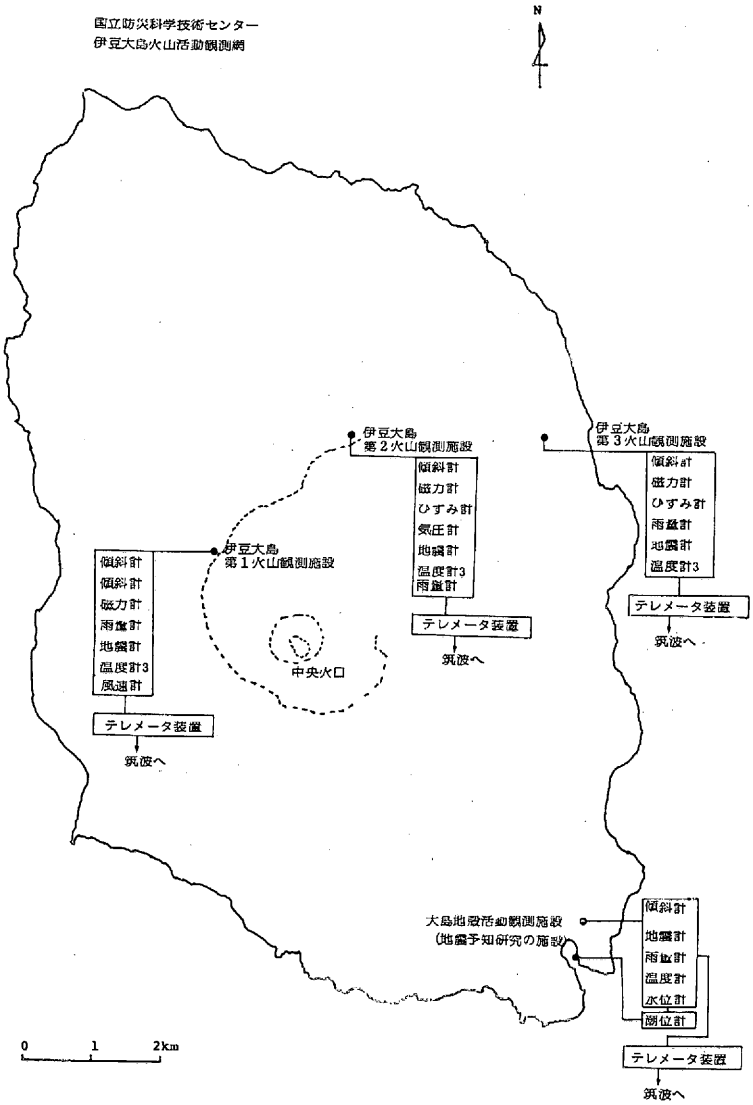


図４　国立防災科学技術センターの伊豆大島における火山活動観測網。第１火山観測施設（御神火茶屋），第２火山観測施設（大島温泉ホテル），第３火山観測施設（大島動物公園）及び地震予知研究のため設置された大島地殻活動観測施設（波浮）の４観測点で観測網を形成，これらのうち第３火山観測施設の磁力計及びひずみ計は昭和63年度以降に整備。第１火山観測施設の傾斜計，地震計，温度計及び大島地殻活動観測施設は昭和61年度までに設置終了，その他は昭和62年度中に整備を終える予定。なお，データは全て，専用回線により筑波の本所へ伝送される。

れるなど，噴火機構に差があることがうかがえる。御神火茶屋で噴火前に観測された傾斜変動は，それぞれの図から判るように明らかに異なっている。この変化の差が，噴火様式を予測する上で一つの目安になることが期待される。

火山噴火予知は，地殻変動の分野からのみでなく，地震学的，熱的，地球電磁気的，地球化学的や地史的手法により得られたデータと，総合的判断が必要であることは言うまでもないが，少なくとも，1986年11月から始まった伊豆大島の一連の噴火に伴なう傾斜変化から，火山噴火の直前予知及び噴火様式の推定についての基礎的知識が得られたと言える。しかし，噴火の場所と規模，その種類，噴火発生の明確な時期等の予測は，現観測体制では目的達成までの道は遠いと思われる。当所では，精密な傾斜観測と磁力3成分，ひずみ3成分及び地震の観測施設を，大島温泉ホテル構内及び大島動物公園内に建設中で，昭和62年度中に概成し，次年度以降，施設の強化を図る予定である。完成時の配置を図4に示す。これらの観測施設による観測データ及び関係機関のデータを利用し，火山噴火予知手法の確立を目指したい。

（くまがいていじ・第3研究部）

防　火　守　護　地

相　原　圭　二

関東大震災の際，町内の人々が協力して防火に努めたため，出火及びあの猛火の中での類焼をまぬがれたことを記した碑が，佐久間小学校（東京都千代田区）にある。

碑文は，

防火守護地
この付近一帯は大正十二年
九月一日関東大震災のときに
町の人が一致協力して防火に努め
たので出火をまぬがれました
その町名は次の通りであります。
佐久間町二丁目　三丁目　四丁目
平河町　練塀町
和泉町　東神田三丁目
佐久間町一丁目の一部
松永町の一部
御徒町一丁目の一部

昭和四十三年四月二十四日
佐久間小学校
地元有志
秋葉原東部連合町会

（あいはら　けいじ・元気象庁松代地震観測所）

佐久間小学校にある「防火守護地」の碑

富士火山 — 宝永噴火から280年

鵜 川 元 雄

1. はじめに

今から280年前の宝永4年12月16日（旧暦11月23日），江戸の人々は時ならぬ雷鳴と雪のように降ってきた白い灰とに驚いていた。富士山の宝永の大噴火による噴出物が，約100kmも離れた江戸まで飛んできたのである。このときの様子は，新井白石の自伝「折たく柴の記」に述べられているが，降灰は16日間続き，昼でもろうそくを灯さなければならなかったという。宝永噴火による火山灰は，折からの季節風により東方に流され，富士山から約90km離れた川崎でも5cm程の厚さになった。噴火口に近い富士山東麓の村々での被害はすさまじく，山頂から十数kmの距離にある裾野の須走村では噴出物が3mも降り積り，村は壊滅している。この噴火による総噴出量は0.85㎦と見積られている。1986年の伊豆大島噴火の噴出量が0.03㎦程であったことに比べると，その30倍ちかくの大量の物質が吐き出されたのである。宝永噴火の噴火口は，現在でも富士山東南斜面6合目付近に宝永第1，第2，第3噴火口として，跡をとどめている（写真1，図1）。このように280年前の1707年に大噴火を起こし，その後今日まで静穏な富士山であるが，それ以前はどのような活動を続けてきたのであろうか。そして，現在はどのような活動状態にあるのだろうか。

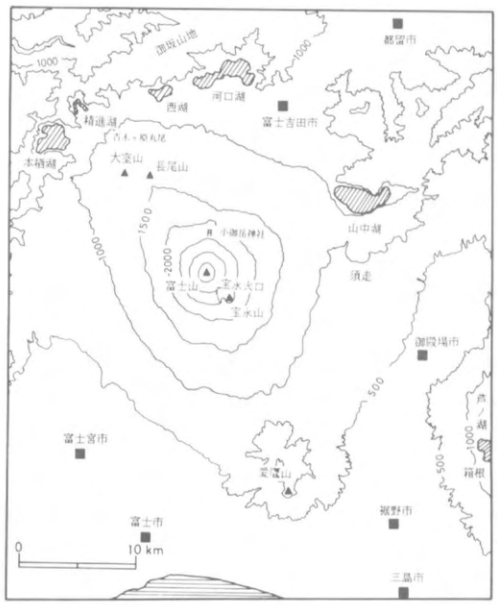


図1　富士山周辺の地形

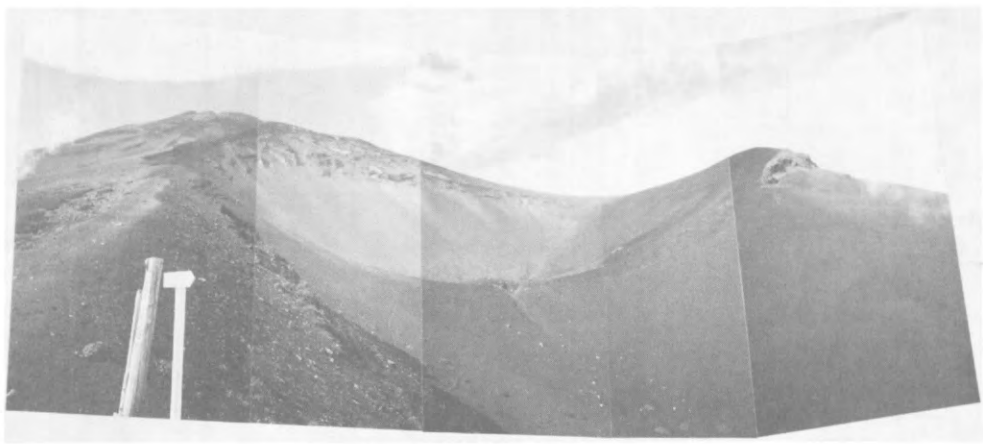


写真1　富士山宝永噴火口

2. 歴史時代の噴火活動

古文書に記載された最古の噴火は781年のものである。それ以後十数回の噴火が記録されているが，表1は噴火を周辺の地学現象とともにまとめたものである。この約1200年間に宝永噴火クラスの大噴火は3度発生している。平安時代前期の800年と864年に発生した噴火と1707年の宝永噴火である。864年の噴火は，富士山北西麓の側火山である長尾山から溶岩が流出し，それまで一つの湖であったセノウミを，今日あるように西湖と精進湖に2分してしまったことで有名であり，このときの溶岩は青木ケ原丸尾溶岩と呼ばれ，現在は青木ケ原樹海に覆われている。

さて表1を見ると富士山の噴火の時間間隔は，規則的なものではないことがわかる。これは，同じく表1に示した伊豆大島の大噴火が，ほぼ百数十年ごとに周期的に発生していることと対照的である。個々の噴火については規則性は見られないが，富士山の噴火活動は9世紀から11世紀にかけての平安時代と，16世紀から18世紀にかけて活発であった。このように活動期と静穏期が，大噴火を核として数百年周期で繰り返している可能性がある。表1によれば，最も長い噴火の休止期間は，1083年から1511年にかけての428年間である。ただし，この期間には2度の噴煙活動があったようである。宝永噴火以降，今日まで続く280年間の静穏期はこれに次ぐ長いものである。

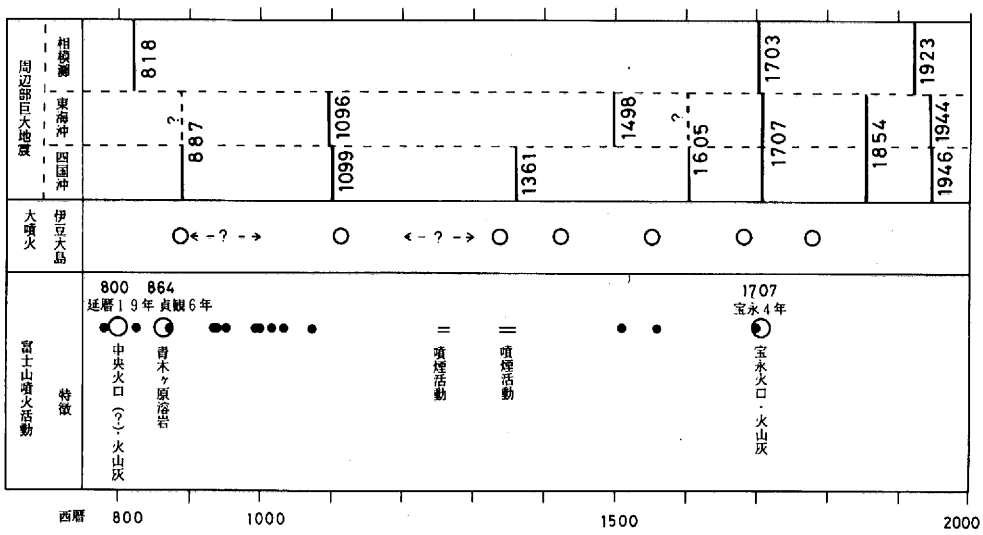
宝永噴火の発生した1707年には，もう一つの大事件が発生した。それは四国から東海地方までを揺り動かした宝永大地震である。宝永噴火は宝永大地震の約50日後に発生し，この両者が関連し合っていることを感じさせる。表1によって東海・四国沖と相模灘で発生した大地震と噴火の関係を見てみると，1707年のような顕著な例はない。しかし，相模灘から東海・四国沖に発生する地震は，フィリピン海プレートが日本列島下へもぐり込む運動であり，その運動自身あるいは巨大地震により引き起こされた振動が，噴火の準備を整えた富士山の噴火の引き金となることは，十分に考えられることである。

3. 有史以前の富士山の活動

標高3776 mと高さにおいて日本最高峰である富士火山は，その円錐状の姿でも日本を代表する火山である。有史以前，どのような活動を辿って今日のような姿になったのだろうか。人間の手による記録のない時代の活動史は，地質学的な調査・研究により明らかにされてきている。

富士山が活動を開始したのは，今からほぼ8万年前と推定されている。それまで愛鷹山と小御岳という2つの火山のあったところに山体を形成し，現在では小御岳を五合目の小御岳神社周辺を除いて覆い包んでしまった。活動開始から今日までの発達史は，大きく3つに分けられている。約1万

表1　歴史時代の富士山の噴火活動と周辺の地学現象（○：大噴火，・：噴火）



年前までの古期富士第Ⅰ期，1万年前から5000年前の古期富士第Ⅱ期，そして最近の約5000年間の新期富士活動期である。それぞれの活動期に形成された山体は，図2の南北断面図のように推定されている。

噴火活動については，主にテフラ（火山灰等の火山噴出物）をもとにした調査がなされている。テフラとして記録を残す噴火は，宝永噴火のような大噴火である。そのような大噴火は，最近の約5～6000年間には12回程度発生したらしい。すなわち，約500年に1度の割合で発生したことになる。それ以前についても，ほぼ数百年間隔で大噴火を起こしてきたと推定されている。

富士山の活動は溶岩流としても形を留めている。そのなかには，桂川を都留市付近を通り過ぎ，大月市まで流下した猿橋溶岩流（約6500年前に発生）など，20km以遠まで流下した例がいくつもある。また，青木ケ原丸尾や剣丸尾など丸尾と呼ばれる溶岩は最新期の活動によるもので，最近の約2千年間に流れ出したものである。

火山噴火に伴って，1985年にコロンビアのネバドデルルイス火山で見られたような，大規模な泥流が発生することがある。富士山においても，今から約2300年前の弥生時代に，大規模な泥流が発生した。これは御殿場泥流と呼ばれているが，富士山東麓で発生し，大量の岩塊や砂礫を取り込

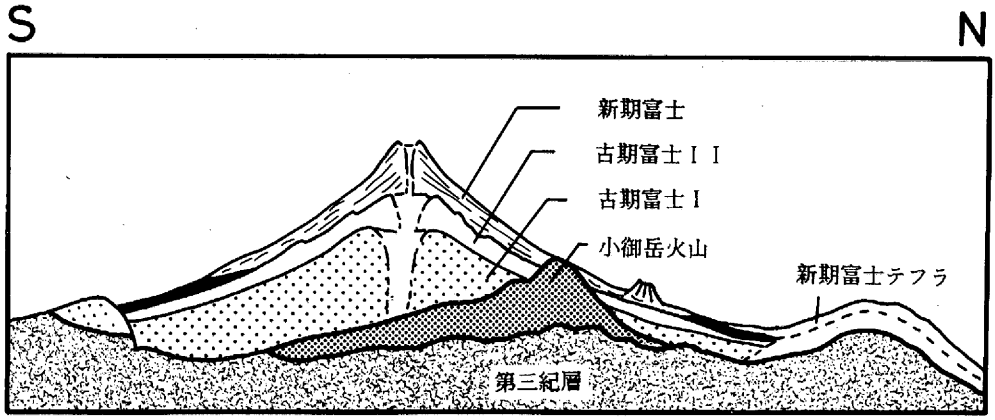


図2　富士山の南北断面図，町田洋（1977）により推定されたもの

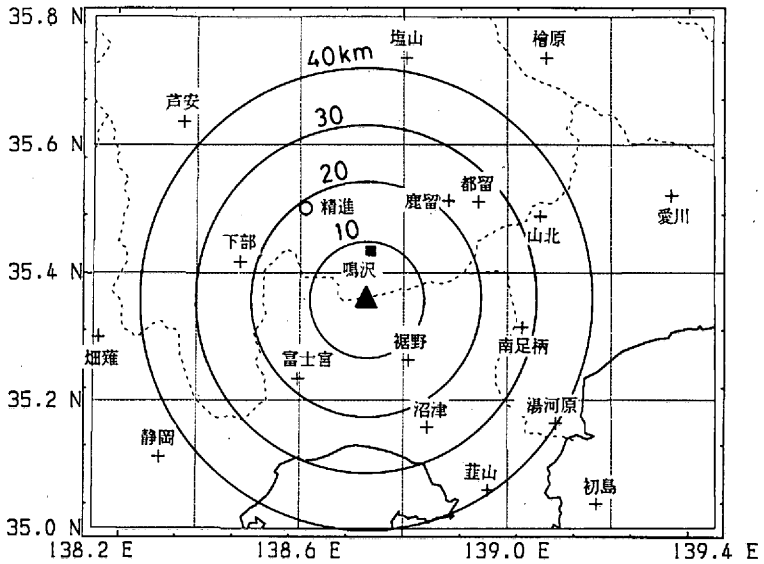


図3　富士山周辺の防災センターの地震観測点。＋印は常設点（湯河原は建築研究所所属），■は臨時点，○は建設中のもの

みながら山腹を流下し，相模湾にまで達している。泥流は酒匂川周辺を埋めつくしたが，その厚さはもっとも厚いところで50ｍにもおよぶ。

4. 現在の活動

富士山は現在，大沢崩れ等で山容は少しずつ変化しているものの，火山活動は宝永噴火以来280年間，静穏な状態にある。過去の活動については噴火活動のような，地表に現われる大きな現象しか知ることができないが，現在の活動については，地震波を観測することによって，内部での活動も窺い知ることができる。富士山は防災センターの関東・東海地殻活動観測網の中央部に位置し，図3に見られるように，山体を取り囲むように地震観測点が配置されている。この観測網により，富士山の内部は現在も活動を続けていることがわかってきた。

図4は，1980年から1987年10月までに観測された富士山周辺の地震の震源分布である。この図に見られるように，富士山の山体下では多数の地震が発生している。このほとんどの地震は，大きさがマグニチュード3以下の微小地震であり，高感度の地震観測によらなければ検知できないものである。地震の発生している深さは，主に十数km以浅の地殻上部であるが，海面上の山体内部かどうかについては，深さの推定精度が不十分でわからない。1987年8月に発生した山頂有感地震は，山体内部のごく浅部と云われている。

この富士山直下で発生している地震の波形を調べると，大きく2つの型に分けられることがわかった。その典型的な例を図5に示すが，1つは高周波が卓越しP波，S波とも明瞭な地震で，この地域に限らず，一般的に見られる型の地震である。他の1つは前者に比べて低周波数の波動が卓越し，そして複数の地震が連続して発生するという特徴をもつ特異な型の地震である。それぞれの型の地震波形の特徴から，前者を「高周波地震」，後者を「低周波地震」と呼ぶことにする。

高周波地震のうち比較的大きいものについては，ほぼ南北方向に圧縮する力により地震が引き起こされていることがわかっている。この力の方向は，伊豆半島付近の地震を引き起こす力の方向と連続

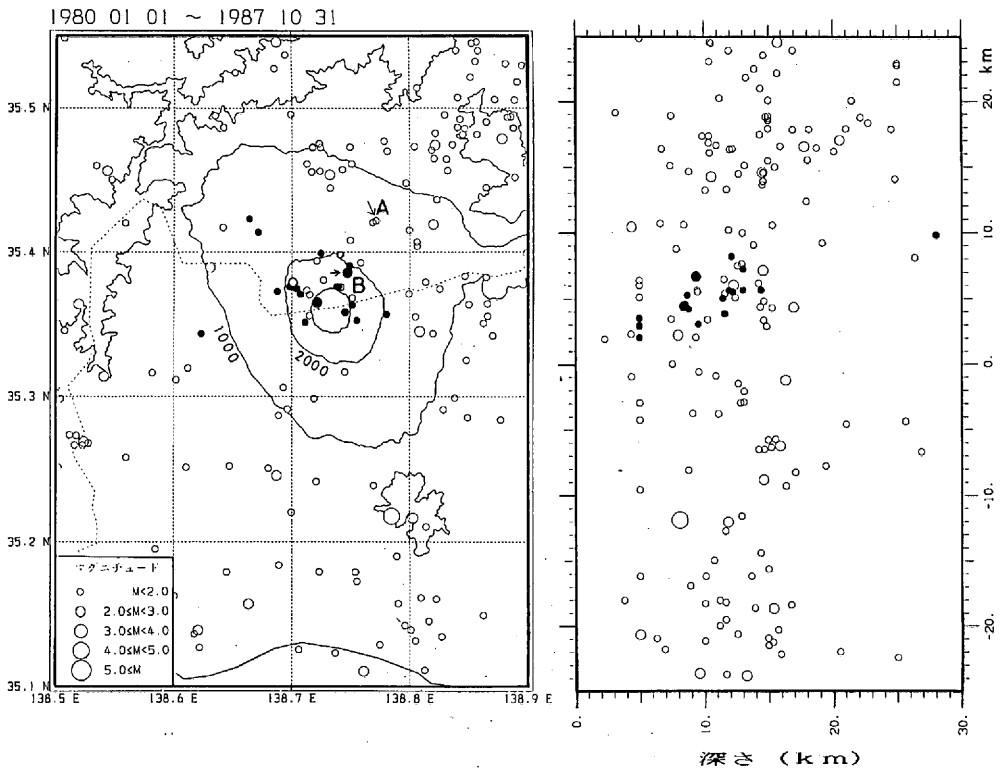


図4 富士山周辺の震源分布（1980年～1987年10月）
左は震央分布，右は断面図。黒丸は低周波地震を示す。

的であり，この地域の大きな力の場（テクトニックな力）により発生していることがわかる。

低周波地震の発生原因は未解決であるが，このような低周波数の卓越する地震は，火山地域で特徴的に発生することから，火山活動，とくにマグマ等の流体と密接に関連して発生していると推定される。図４で黒丸は低周波地震の震源を示しているが，山頂直下を中心に発生し，火山活動とのつながりを示唆している。

低周波地震の活動状況を，観測が開始された1979年７月以降，1987年10月までについて示したのが図６である。この図では菱形の幅により

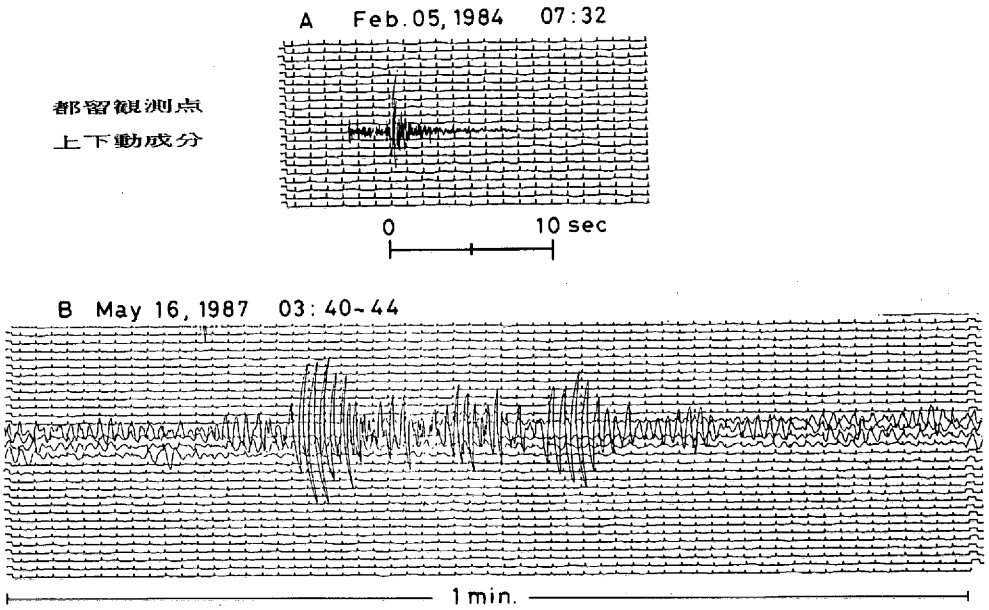


図５　高周波地震（A）と低周波地震（B）の例　それぞれの震源は図４に示す

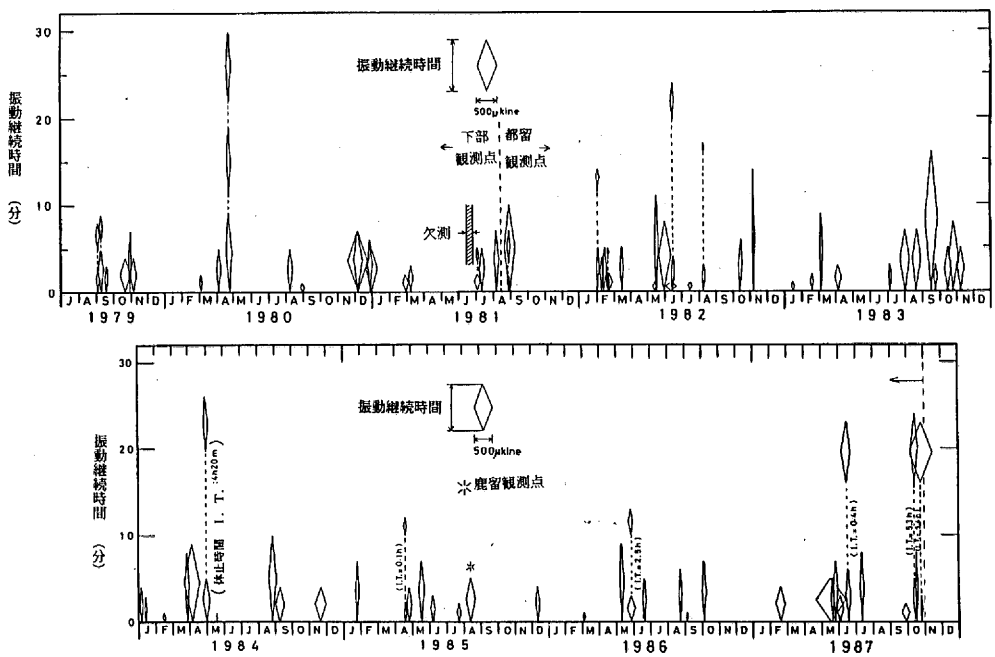


図６　低周波地震の活動状況　都留観測点（1981年８月までに下部観測点）で観測された低周波地震の振動継続時間と最大振幅を菱形の高さと幅で表わしたもの

観測された地震の振幅の大きさを，また高さにより振動の継続した時間を表わした。１年間に十数回の割合で低周波地震が発生し，しかも活動の活発な期間（２～３カ月間程度）と静穏な期間を繰り返しているようである。1987年は５，６月と10月に活発な時期があり，５月16日には観測開始以来最大の低周波地震（M2.2，図５に波形を示す）が発生した。

低周波地震は，火山活動と深い関連があると考えられるが，この９年間ほぼ定常的に発生していることから，噴火に直接結びつくものとは考え難い。しかし，このような地震が発生していることは，とりもなおさず富士火山が，現在も活動を続けていることを示すもので，いわば富士山の鼓動ともいえるものである。

5. おわりに

宝永噴火は，富士山東麓の村々を中心にして，当時の社会に大きな被害をもたらした。富士山が関東と関西を結ぶ大動脈に接して位置していることから，江戸時代に比べて人口，生産活動，交通･情報網等全ての面で，著しい発展を遂げた現代において，同規模の噴火が発生したならば，単に関東地方を中心にした社会生活，生産活動だけでなく，日本全体に大きな打撃を与えることは間違いない。富士山はまだ発達段階にある火山であり，数百年に１度の割合で大噴火してきたことから考え，いつまでも現在のような静穏な状態が続くとは考えられない。さらに火山体の構造から,1888年に磐梯山で発生したような噴火に伴う山体の大崩壊を引き起こす可能性もある。

火山噴火はそれ自身は人間によって制御できるものではないが，噴火を予測することにより，災害を縮減することは可能である。そのためには，過去の活動の周期性や，火山の発達段階に基づいた長期的な活動の予期と，現在地下で進行している火山活動を解明し，観測されるデータに基づいて，今後の活動を推定する短期的な予測とを推し進めなければならない。

富士山は現在，完全に波黙しているわけではなく低周波地震等の信号により，内部の様子を我々に伝えてくれている。我々に必要なのは，この信号の意味を解読することである。また，宝永噴火の際には，約１カ月前から富士山麓で地震が頻発したことが，古文書によりわかっているので，地震観測等の地球物理学的な観測に基づいて，噴火が予測できることは十分期待できる。

今のところ，富士山の観測・研究は，内部での活動状態を解明するところまで至っていない。今後，地震観測，地殻変動観測等の多種類の観測を充実させて，山体直下の内部構造および活動状況を解明してゆかねばならない。

本文を書くにあたり，富士山の過去の活動に関しては主に町田洋「火山灰は語る」（蒼樹書房，1977年）とTsuya, H.「Geological and Petrological studies of Volcano Fuji, V. On the 1707 eruption of Volcano Fuji」(Bull. Earthq. Res. Inst., 33, 341-383)を参考にした。

（うかわ　もとお・第２研究部）

住居表示変更のお知らせ

昭和62年11月30日をもちまして，筑波研究学園都市を構成する６カ町村のうち，４カ町村（谷田部町，大穂町，豊里町及び桜村）が合併し，つくば市となりました。つきましては，下記のように住居表示が変更になりますので，ご承知おきください。なお，電話番号は従来通り変更ありません。

（旧）　〒305　茨城県新治郡桜村天王台３丁目１番地

（新）　〒305　茨城県つくば市天王台３丁目１番地

電話（0298）51-1611代表

小田原地震について

坂　田　正　治

1. はじめに

神奈川県小田原市付近で，地震が周期的に起こっていることは，地震学者の間では以前からよく知られた事実である。たとえば，関東地震直後に中村左衛門太郎は，相模湾付近が地震帯になっていて，1633年，1703年，1782年，1853年，1923年と地震が，だいたい70年周期で発生していると指摘している。戦後になって河角広は，鎌倉に震度5以上を与える地震のくり返し周期について研究し，「69年周期説」を発表した。彼は，このような地震は，主として小田原付近に起きるものだと指摘している。この69年周期というのがあたかも関東大震災についてのことであるように世間に流布されたが，その誤解が解けるに従い，本来の小田原地震まで忘れられてしまう傾向があったのはやや残念である。

また，東海地震説を提唱した石橋克彦氏は，小田原地震が東海地震の「ひき金」として働くのではないかといっている。

ところで，この東海地震説が世に出て10年以上になるが，マグニチュード8級と予想されるこの地震を予知するための方策は，観測網の強化や判定組織の整備などにより一段落したというのが，行政側の公式な態度となっている。そこで地震予知関係者の間では，今度は，より規模の小さいM7級地震の予知を本格的に取り上げようという気運が高まってきた。このような地震予知の研究を行うためには，適切な場所を選び，そこで各種の観測を集中的に行うことが必要である。このような場所としてすぐ思い至るのがこの小田原地方である。

M7級の，あるいはそれ以上の地震が，わかっているだけでも5回，こんなに周期がよくそろって起きている場所は，小田原地方を除いては，国内にも国外にも見当らない。今までに起きた5回の地震の間隔を単純に平均すると73年になる。最近の地震は1923年に起きているから，これに73年を足すと1996年となり，あと10年以内に次回の小田原地震が発生してもおかしくない。昭和62年度から3～5年計画で，科学技術振興調整費による「マグニチュード7級の内陸地震の予知に関する研究」が始まった。ここでは具体的な地名は挙げられていないが，実質的には小田原地方をテストフィールドとしている。この研究を契機として，観測体制を充実させ，次回の小田原地震に伴なう短期・直前の前兆を，確実に把えられるようにすることが重要である。このことは，次の小田原地震を実際に予知し，防災に役立てるという他に，今後の日本及び世界の地震予知の発展にも重要と考えられる。

2. 小田原地震の起こり方

今まで単純に小田原で地震がくり返し起こっているといってきたが，大きくいって二つのタイプに分けられる。1つは，地震が小田原付近だけで起こるもの，いいかえれば，地震断層が小田原付近だけで活動するものと，もう1つは，相模湾から房総沖にかけての大地震の一部として起こるものである。前者を「独立タイプ」と呼び，後者を「連合タイプ」と呼んでもいいと思う。

図1は，今まで小田原付近で起きた被害地震の起こり方をまとめたものである。地震断層の及ぶ範囲を太実線であらわしてある。独立タイプの地震としては，1633年以前のものは，記録が秀吉の小田原攻めの時焼失し，よく分かっていない。しかし，遠く鎌倉時代の史料によると，当地にも地震活動が活発にあったことがうかがわれるから，小田原直下の地震がくり返し起こっていたと想像できる。

一方，相模湾を主とする連合タイプの大地震は，

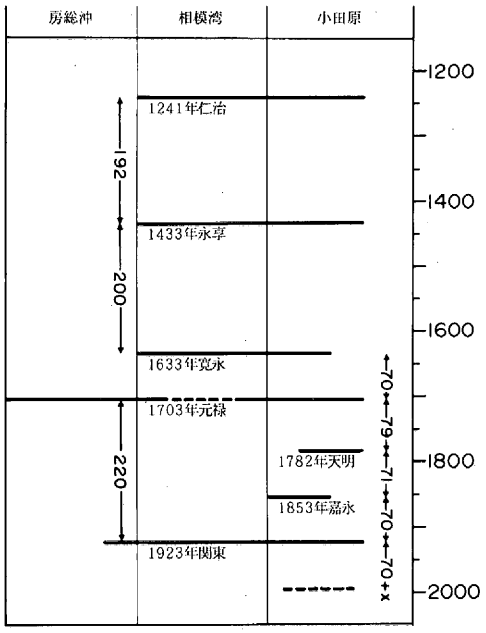


図1　小田原付近で発生する地震の系列とその断層域（主として笠原による）

1703年の元禄地震により，少し調子が狂わされているが，おおむね200年の周期で起きていることも分かると思われる。

ところで，このような小田原地震が起こる機構はどのようなものと考えればよいであろうか。基本は，フィリピン海プレートの本州（ユーラシアプレートに含まれる）に対する運動にある。図2を見ると，2つのプレートの境界が，海底の凹地形としてみられるところが，伊豆半島の東側では相模トラフ，西側では駿河・南海トラフとなっている。このプレート境界は，伊豆半島の北部のどこかを東西に横断しているはずであるが，箱根火山の噴出物で覆われているせいか，はっきりと見ることができない。私は，この境界が，熱海から沼津にかける付近を通っているのではないかと考えている。とにかく2つのプレートが境界を介して押しあっているわけで，押しあう力がある限度を越えると，境界での接着がはずれ，これが地震となる。

図2には，このプレート境界域に起きる，大地震の代表的な地震断層域を示してある。先にのべた独立タイプの小田原地震の断層域は，図中Bで示してある。また，連合タイプのものは，B領域の他に，相模トラフに沿ったA領域が同時にはずれる地震である。B領域が動くのが70年に1回あるのに対し，A領域まで同時に動くのが約200年に1回となっているのは，先にのべた通りである。このように規則正しく地震が起きるということは，プレート相互の運動の速さが定常であることと，プレート境界の接着強度が，時間的にほぼ一定であるからだと推定される。フィリピン海プレート先端部であるB領域での破壊の回数は，そうでないところA領域の約3倍にもなっている。これはくさび状の突端においては応力が特に集中するからだと定性的にいえそうである。

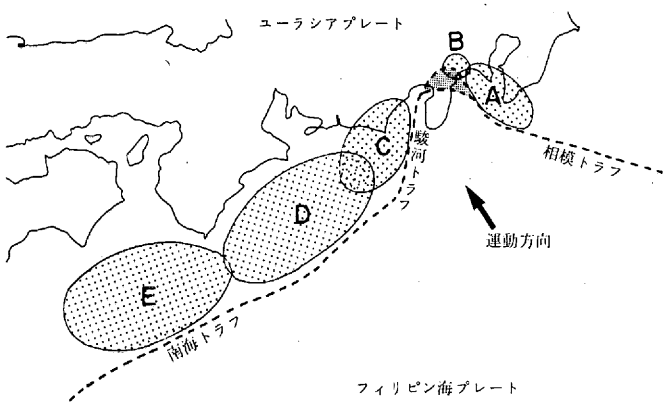


図2　フィリピン海プレート北縁部に発生する大地震

1633	小田原地震（寛永）	A'+B
1703	元禄地震	A+B
1707	宝永地震	C+D+E
1782	小田原地震（天明）	B
1853	小田原地震（嘉永）	B
1854	東海地震（安政）	C+D
1854	南海地震（安政）	E
1923	関東地震	A+B
1944	東南海地震	D
1946	南海地震	E
199x	小田原	B
?	東海	C

3. 小田原地震と東海地震との関連

1703年の元禄地震の4年後，1707年に宝永地震が起こった。これは東海沖から土佐沖まで，ひと続きの断層が走るような巨大な地震であった。また，1853年の嘉永小田原地震に引き続き，1854年には安政の東海地震が起こり，わずか32時間後には南海地震が起こった。これらは，明らかに，小田原地震の発生が，後の大地震に関係しているといえる例である。

また，1923年の関東地震の約20年後，1944年に東南海地震が，1946年には南海地震が起こっている。これらは，先の2例ほどには関係が明白ではない。しかし，駿河および南海トラフ沿いの地震のくり返し期間が，100～200年であることを考えれば，20年余の程度は関連があると見た方がよいかも知れない。

現在，問題にされている東海地震は，主として駿河湾に断層を持つとされており，東海地震としては珍しいタイプである。次回の小田原地震がきっかけとなり，この東海地震が起るという考えもあるが，今後の研究が必要である。

4. 小田原地震予知のための観測

次に，このような小田原地震を有効に予知するために，必要な観測網について考えてみよう。一般に，地殻変動の観測と地震観測が，地震予知のために基本的に重要なものである。

水準測量により，数年前からの前兆としての異常地殻隆起が検出されることがよくある。路線の新設や観測回数の増大が要請されるところである。水平方向の距離測量により，前兆的変化が観測された例は今まではないが，最近わが国に多数導入されたＧＰＳ装置を連続観測的に用いれば，今後は前兆としての広域的水平変動が検出される可能性がでてきた。

地殻変動連続観測は，短期・直前予知のため，微小地震観測と並んで大変重要であるから，その観測網は飛躍的に充実させなければならない。この際大切なことは，ある地点において複数の観測を同時に行うことである。1種類だけの観測だと，「異常らしきもの」を見つけた時，それが本物かどうか常に疑問がまつわりつく。複数の観測すべてに「異常」があった場合，これが本物であると確信できるわけである。

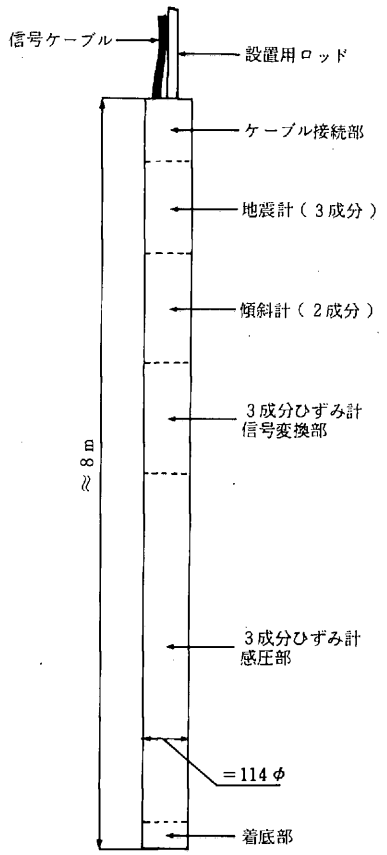


図3 IBOS（ボアホール式複合観測装置）の概念図（坂田による）

私は，このような観測を行うための装置として，新しくIBOS（アイボス）というものを考え，現在製作している。これは，図3に示すように，1本の観測井（ボアホール）の中で，傾斜とひずみ3成分と地震が測れるようになっている。このIBOSを対象地域に密に配置することにより，地震前兆であるプレスリップに伴う地殻変動や，前震としての微小地震が十分つかまえられると期待している。

また，予想される地震断層域は，海域にも及んでいるから，海底でも地震や地殻変動の観測ができればさらに有効である。海底ボーリングによる孔井中に，地震計や傾斜計を設置し，海底ケーブルで信号を伝送する方式のものを設置したいと現在計画中である。

（さかた　しょうじ・第2研究部）

コロンビア大学付属学研究所での１年間

江　口　孝　雄

1. はじめに

私は，1986年９月３日より1987年９月２日迄の１年間，科学技術庁長期在外研究員として，コロンビア大学付属のラモント・ドアーティ地質学研究所（Lamont－Doherty Geological Observatory of Columbia University，略称L－DGO）に滞在した。L－DGOは，ニューヨーク州ニューヨーク市の郊外のロックランド郡（Rockland County）の最南端（マンハッタンから車で約１時間のところ）にあり，例えば1960年代末から70年代にかけてのプレート・テクトニクスの誕生・発展期に重要な貢献をするなど数多くの成果をあげてきた研究所である（図１参照）。ちなみに，ニューヨーク州ロックランド郡は，ハドソン川の西沿岸にあり，ニュージャージー州と州境に面した地域で，文字どうり地表に岩がゴロゴロしている。アメリカ東部海岸のこの地域は，面白いことに，かって（といっても地質学的に見て相当古い時代）はプレートの沈み込み帯だったそうだ。日本海溝周辺になぞらえていうと，ロックランド郡あたりは日本海溝と三陸沿岸とのあいだの領域のどこかの海底に対応するらしい。

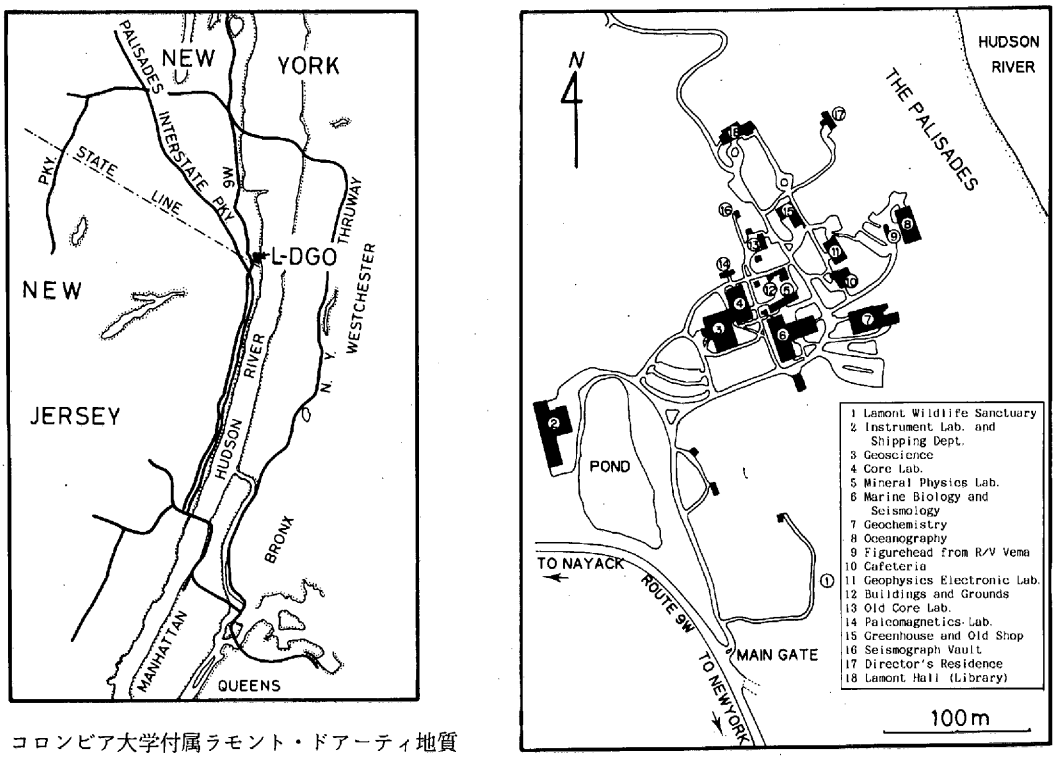


図１　コロンビア大学付属ラモント・ドアーティ地質学研究所（L－DGO）の位置（左図）と研究所構内の案内図（右図）。

私が在外研究機関としてL-DGO を選んだ理由としては，L-DGOの輝かしい歴史が，まずあげられる。これに加えて，私が当センターに勤務してから，特別研究「海溝型巨大地震の予知研究」や科技庁科学技術振興調整費「インド洋・太平洋プレート境界海域における島弧・海溝系の地質構造に関する研究」などの研究プロジェクトに参加し，プレート沈み込み帯周辺における地震活動や地震テクトニクスの観測・研究に携わってきたことも理由の一つである。

以下では，L-DGOのスタッフや滞在期間中のできごとなどを紹介することにしましょう。

2. L－DGO について

L-DGOの年間研究予算総額は，約2300万ドルにのぼるそうである。地震関係研究予算に限ると550万ドル位になるらしい。最近の米国の国家予算の編成方針では，なかなか研究予算を増やすのは難しいらしい。このため，研究所の看板教授らは研究プロジェクトを幾つも打ち上げてお金集めに奔走しているようだ。現在の所長は，レーリー博士（Prof. C.B. Raleigh）である。研究部門としては，私がお世話になった地震・地質・テクトニクス部門の他，海洋（底）の地質・地球物理，地球化学，海洋学がある。

地震関係部門の入っている建物は２階建て（写真１）だが，最近雨漏りがひどく，今年８月になって古い屋根を新しい屋根で覆う（!）という非常に珍しい工事が行われた。ブロックを使って簡単に造られたこの建物は，当初，臨時のオフィスだったそうだが，いつの間にか正規の建物の工事計画はなくなったと聞いた。

写真１　ラモント・ドアーティ地質学研究所（L-DGO）の建物の一部。地質とテクトニクスの研究部門を含めた地震関係部門は，向かって右側奥の２階建て部分に入っている。左側手前の平屋部分は，海洋生物部門。

地震・地質・テクトニクス部門の長は，誘発地震の専門家のシンプソン氏（Dr. D.W. Simpson 写真２）である。ちなみに，地球化学部門の長は，タロウ・タカハシ教授である。彼は，35年前に東大工学部を卒業してからアメリカに渡った（元）日本人である。

地震研究の分野では，サイクス教授（Prof. L. R. Sykes，地震活動や地震予知，プレート・テクトニクスなどが専門，写真３），リチャーズ教授（Prof. P.G. Richards，弾性波動理論），ショルツ教授（Prof. C.H. Scholz，岩石破壊，地震予知，プレート・テクトニクスなどが専門，写真４），メンケ教授（Ass. Prof. W. Menke，地球内部構造，数値計算）の４人が主な教育スタッフ

写真２　ダム貯水等による誘発地震の研究家であるシンプソン博士。彼は，ソビエトやエジプトのアスワンへたびたび出張している。

写真３　一般公開（昨年10月18日）の時に訪問者に説明しているサイクス教授（向って右側の人）。この日は，数多くの子供を含め，約2000 名の見学者がL-DGOを訪れた。

写真4　約15年前に，地震予知に関する「ショルツ理論」を発表して，日本でも知られているショルツ教授（彼の現在の奥さんは，かって東大地震研究所に勤務していた人である）。

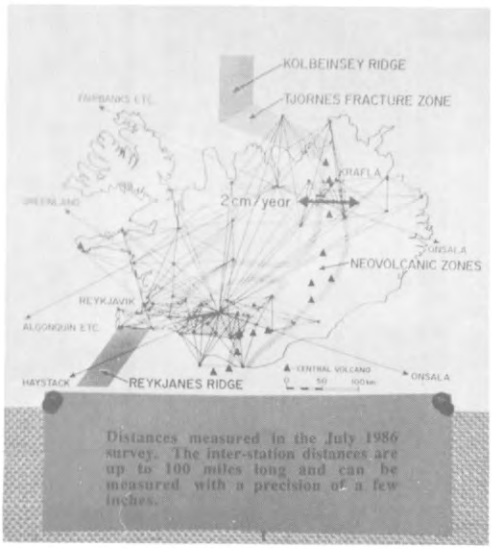


写真5　大地が裂けつつあるアイスランドにおいて実施された測地研究プロジェクトの掲示パネルの一部。この研究では，Global Posi－tioning System（略称ＧＰＳ）を利用している。

である。又，ジェーコブ氏（Dr　K.H. Jacob，アラスカ・アリューシャン地域や米国東部での強震計による地震観測と地震予知）とシンプソン氏の両氏は，教授相当の上級研究員（Sen. Res. Scientist）である。研究員（Res. Scientist）としては，声の大きなダス女史（Dr. S. Das，破壊力学を応用した地震の震源過程モデル計算など，インド系）がいる。さらに“Ass. Res. Scientist”と“Post－Doctoral Fellow”とが数名いる。従って，地震研究部門の教育・研究スタッフの総数は，約15名である。

この部門では他に，地震専攻の大学院生（留学生を含む）が約10名，データ解析技術者（地震学者も何人か含まれている）が約10名，計算技術者等が数名いる。地震学専攻の大学院生の大半は，コロンビア大学以外からやってきた人々である。日本では，普通他大学の大学院へ進学する者は少ないのだが，アメリカでは状況が違う。

サイクス教授は，研究以外にも政府・州関係の委員会などで非常に忙しいようだった。ショルツ教授は，学生と一緒に岩石実験研究をしたり，ＧＰＳ（Global Positioning System）を使ってアイスランドでのプレートの拡大を検証するなどの観測プロジェクト（写真５参照）を進めたりで，結構手広く仕事をしているようだ。

リチャーズ教授はというと，最近，３次元傾斜層構造を伝播する弾性波の理論計算に熱中しているようだった。「計算アルゴリズムは非常に簡単ですよ」と言っていた。おそらく，マルチ・チャンネル地震探査データの解析からヒントを得て始めた研究だと私は思う。参考のため，彼の経歴を紹介しょう。彼は英国で生まれ，ケンブリッジ大学（数学専攻）を優秀な成績で卒業した後，米国カリフォルニア工科大学（ロサンゼルス）の大学院に進んだ。当初，物理学専攻を望んだそうだが，試験に落ちたため仕方なく（?）地震学を専攻することになったそうである。

サイクス教授も元々は数学専攻だったと聞いた。又，タロウ・タカハシ氏は，前述したように工学部出身だ。世の中には，この他にも，似た例がたくさんある。一般に，物理学や数学を理解していればどんな分野の研究者にでも成り得ると考えられる。従って，当面自分に向いた専門分野がわからない学生は，しばらく物理か数学を勉強したほうがよいと言うこともできよう。

指導教官としての各教授達は，定期的に（かなり頻繁に）内輪のセミナーなどで自分たちの学生の研究進行状況をチェックしているようだ。放任主義で教育しているのでは，と思っていたのだが，これには少し驚いた。

筆者の滞在期間中のおもな人事異動（地震関係）としては，メンケ氏が弱冠約32歳の若さにしてオ

レゴン大学（Oregon Univ.）から助教授（又は準教授）としてL-DGOに赴任し，代りに若手(?)のホープとして期待されているナベレック氏（Dr. J. Nàbělek，現在36歳位か，写真６）が，オレゴン大学へ助教授（又は準教授）として異動したことである。メンケ氏は，MIT出身だが，L-DGOで学位（Ph. D.）を取った人である。彼は，日系人のモリ氏（Dr. Jim Mori）と同様，大学院在学当時は，地震関係の学生の中でかなり目だつ存在だったそうだ。メンケ氏の奥さんは，アボットさん（Dr. D. Abbott）で，プレートが生まれつつある海底拡大系のテクトニクスなどの仕事をしている。ところで，モリ氏は，数年前に東大地震研究所に滞在していたことがあったが，現在は，パプア・ニューギニア共和国ニュー・ブリテン島のラバウル火山観測所に勤務している。彼は，1983年頃から火山性地震が多発しているラバウル火山の活動を監視したり，ニュー・ブリテン島周辺の地震の震源過程を研究しているようだ。

一方，ナベレック氏は東欧出身の人で，ＭＩＴで修士号を取得したものの思うところがあり，一時的にハワイ大学の大学院に移った。彼は，ハワイ大学で海底地震観測などの海洋観測航海にも参加したようだ。しかし，自分が船に弱い（船酔しやすい）ことに気付き，海洋観測から手を引いて，MITに戻った。MITに戻ってからは，長周期地震波形を使って地震の震激過程を研究するという道を選んだ。MITで学位（Ph.D）を取得したのは1984年初頭である。彼の指導教官は，地震学の他にマントル対流もてがけているトクソツ教授（Prof. M. Nafi Toksöz）であった。

写真６　地震の震源過程を研究しているナベレック氏（彼は，1987年８月にオレゴン大学へ異動した）。左手前の人は，地震データ解析技術者のウム氏（Mr. Jinho Um，漢字名は巌 俊浩，韓国出身）。

ナベレック氏が開発したといわれる地震波形解析プログラムは，全米（特に，東部）各地の若手研究者や学生に利用されている。彼のプログラムを使いこなすには多少のノウハウが必要なのだが，直接的，或は間接的に利用している人の総数は40名以上らしい。これは，カリフォルニア工科大学の金森博雄先生を頂点とする「金森グループ(?)」に匹敵する数である。

L-DGOは，プレート・テクトニクスの発展にこれまで最も貢献したと思われる研究所なのだが，プレート・テクトニクスに引き続く，いわば，次世代「プレート・テクトニクス」とでもいうべき仮説になるか，或は全く別のものになるか，私にはいまのところよく解らないが，L-DGOにもこのような新しい凡地球的変動論の萌芽を生み出そうとして苦悩している人がいるのではとちょっと様子をうかがってみたのだが，「私こそは……」という方は残念ながら見当たらなかった。人目にさらすところまではまだ発展していないので公表しないだけだということだろうか。

このような新しい変動論が生み出されてこない背景としては，精度の高い観測データがまだ十分ではない，と分析することもできようが，はたしてそれだけが理由なのだろうか。ひょっとすると，"凡地球的地震学"（Global Seismology）を発展させている，ハーバード大学のジボンスキー教授（Prof. A.M. Dziewonski）のグループが先に考えつくかも知れない。この場合，マントルの流動と，その下の外核・内核のなかの流動との相互作用に重点を置いた考え方が基礎になるであろう，と私には推測される。

一般的にみて，陸地より面積の広い海洋における観測データは，海洋観測船により全世界の海域から集められることが多い（最近は，各種の人工衛星データも共用されてきている）のだが，良質のデータを得るのはなかなか大変そうにみえる。

一方，地震データの場合は，じっとしていても向こうの方（地震）が勝手に凡地球的領域で起きてくれるので，それほどの労力なしでも観測データが得られる。しかもこのデータは地球内部構造の情報をも運んでくれるという，我々にとっては非

常に都合のよい特徴がある。新しい凡地球的変動論を押し進めるためにも，この利点を生かし，地震観測点の密度を凡世界的に高めることにより，凡地球的地震学の精度を向上させるべしという指摘は各方面からなされている。

L-DGOでは，毎週，月曜日と金曜日との午後に，それぞれＳＧＴセミナー（Seismology-Geology-Tectonophysics Seminar）と地球科学コロキューム（Earth Science Colloquim）とが催される。月曜日のセミナーでは，文字通り，地震学（又は，地質学かテクトニクス）のトピックスが紹介される。招待される講演者は，L-DGOはもちろん，米国内外を問わず，博士になりたての若手研究者から引退寸前の老教授まで幅広い。

最も印象に残っている講演者は，クラック理論の応用で有名なコストロフ教授（Prof. B.V.Kostrov，ソビエト）である。彼には，多少"ガンコ・ジイサン"の雰囲気があるものの，最近流行の凡地球的地震学に辛らつな批判を加えていた（部分的には賛成）。セミナー参加者は，ビールとおつまみとで快い気分でお話に聞き入る。日本でならさしずめお茶を，という気分で，ビールをいただいているようだ。

金曜日のコロキュームの方は，L-DGO全体を対象にしており，海洋学，地球化学の話題も紹介される。このコロキュームでは禁酒なのだが，コロキューム終了後には必ずパーティーがあり，金曜日ということもあり，皆さん楽しい時間を過ごしているようだ。

3. その他の出来事

この米国滞在期間中，"AMTRAK"という鉄道を利用してボストン（ニューヨークから電車で約5時間の距離）に出かけた。ボストンでは，マサチューセッツ工科大学の地球・大気・惑星科学部（Dpt. Earth Atmospheric and Planetary Sciences, MIT），及びハーバード大学応用科学部（Div. Applied Sciences,Havard University）を訪問した。

マサチューセッツ工科大学の地球・大気・惑星科学部は，高層ビル（写真7参照）に入っている。このビルは，普通グリーン・ビル（Green Bld.）と呼ばれる。ちなみに，1984年4月から1年間，当所の佐藤春夫氏がこのビルで研究生活を送っている。ここでは，まずバーグマン氏（Dr. Eric A. Bergman）らに面会し，われわれの海底地震観測の成果を紹介するなどの研究交換をした。バーグマン氏は，ナベレック氏と同時期（1984年）にPh. D. を取得した人で，もっぱら海洋プレート内やプレート境界での浅発地震の震源過程を解析している。

ところで，何人かの話によると，「最近のMITは活気がない。特に，K. Aki（安芸敬一）教授が南カリフォルニア大（Univ. of Southern California）に異動してからだ。安芸教授の後任として，ジョーダン教授（Prof. T.H. Jordan）がカリフォルニア大サン・ジエゴ校（University of California, San Diego）からやってきたのだが，安芸教授の抜けた穴は非常に大きい」というのだが，果してどうなのだろう。

又，MITでは，ソロモン教授（Prof. Sean C. Solomon）をリーダーとするグループが所有する，デジタル型自己浮上式海底地震計なども紹介していただいた。彼らの海底地震計のセンサー部とレコーダー部を写真8，9に示す。国立防災科学技

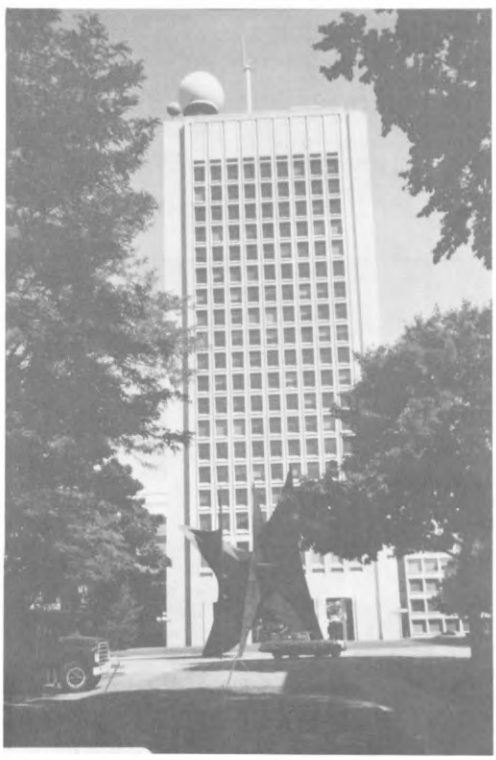


写真7　マサチューセッツ工科大学地球・大気・惑星研究部の入っているビル。

術センターで開発した海底地震計は，地震センサーやアンプ，記録装置などを一個の耐圧容器に収納するタイプだが，彼らの海底地震計はセンサー部の入った小型耐圧容器と他の構成品（アンプ，記録装置など）の入った大きな耐圧容器とに分けられる。海底地震計が海底に着底すると，それまで閉じていたアームが横に倒れ，アームの先端に取り付けられたセンサー部は，記録装置などの入った耐圧容器から少し離れたところに設置される仕組みだ。このような海底地震計は約10年前から開発されてきたもので，よくみると使用されている電子部品は古いものである。この型の海底地震計は合計３台あり，地震探査や自然地震観測に使用されてきたという。

ここで，もう少し彼らの地震計について，解説させていただくとしよう。まず，地震センサーで捉えられた信号は，A/D変換され，バッファ・メモリー（128キロバイトのＩＣメモリー）に送られる。そこで，送られてきた信号がイベントかどうかの判定がなされ，イベント信号については時刻信号と共に記録装置（40メガバイトの磁気テープ型デジタル・レコーダー）に保存される。観測終了後，回収されたデータは，専用の再生装置を経て，パーソナル・コンピューター（IBM P/C）によりフロッピイ・デイスケットに取り込まれる。その後は，大型の計算機により最終的な解析がなされる仕組みだ。

最近，デジタル・メモリーが高容量化していることをふまえ，我々のグループでも近い将来デジタル型海底地震計を開発したいと考えている。海溝周辺海域での地震観測データが，海溝型巨大地震の予知技術を高める上で最も基本的なデータの一つであることを考慮すると，効率よくかつ迅速にデータ処理・解析の可能なデジタル型海底地震計を開発することは，当センターでの海底地震研究部門の充実のために是非とも必要な課題である。この件につきましては，これからも皆様のご協力をお願いしたいと思います。

ハーバード大学では，ドモースカ女史（Dr. Renata Dmowska，写真10）らに会った。彼女は，破壊力学の理論家として高名なライス教授（Prof. James R. Rice）の現在の奥方である。彼女は，1980年頃，ポーランドから米国に渡った人で，前述のコストロフ教授と共著論文を書いたこ

写真８　マサチューセッツ工科大学で開発された海底地震計のセンサー部（ジンバルにより吊り下げられている３成分型感振器は，高粘性シリコンオイルで満たされた円筒型耐圧容器に収納される）

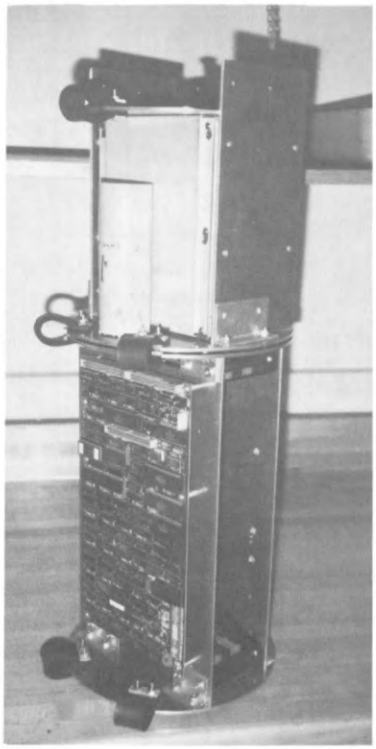


写真９　マサチューセッツ工科大学で開発された海底地震計の主要部（アンプ，時計，記録装置など）

写真10 ハーバード大学のドモースカ女史（向かって右側の人）。左の女性は，彼女の学生（イタリア出身）。

ともある人だ。又，彼女には，約10歳の息子がいるそうだ。亭主が余りにも研究熱心なので時々不満を感じるという。結構仕事熱心な彼女でもそう思うというのだから，ライス氏は相当な仕事人なのだろう。

又，1年間の滞在期間中に米国地球物理学連合（American Geophysical Union）の秋季大会（1986年12月，サンフランシスコ市にて）と春季大会（1987年5月，メリーランド州ボルチモア市にて）とに参加した。秋季大会では，1984年に南太平洋のトンガ海溝の西側にあるラウ海盆で実施した海底地震観測の成果を発表した。春季大会では，1985年に東海沖の銭洲海嶺で実施した海底地震観測の成果を発表した。ハーバード大のドモースカ女史らは，この春季大会での私の発表に非常に興味を示してくれ，彼女のお世話により7月31日にハーバード大のセミナーで研究を紹介することになった。これが，ボストンに出向いた理由である。

1987年1月末の厳冬期に，吉岡直人氏（横浜市立大）が家族連れ（奥さんと子供2人の計4人）でL-DGOにやってきた。彼は，ショルツ教授のもとで，岩石摩擦の実験を行っていた。実験装置が思う通りに動くまでいろいろ試されているのを見て，岩石実験の方々も大変だなあと感じた。彼には，しばしば夕食にご招待していただいたりして，ずいぶんお世話になった。

私は，滞在期間中，最初の1ケ月間は研究所構内のゲストハウスに厄介になったが，その後は研究所から約10kmのところにあるアパートを借りた。アパートといっても一般の個人住宅（木造2階建て，写真11）の1階部分である。家賃は，当初690ドル／月欲しいといっていたのだが，少し値切って625ドル／月にしていただいた。

アパート周辺はニューヨーク市郊外の住宅地とみることもでき，建売り住宅の値段の上昇率はここ数年2割から3割位だそうだ。一戸建ての家を借りる場合は，物件や場所にもよるが毎月1300ドル以上払わなければならないそうだ。かっては，L-DGOの周辺の人口は少なかったらしい。滞在期間中にも，L-DGOの近くにＩＢＭの工場（又は，研究所か）が建設されることが決まり，工事が始まった。この影響で周辺の地価が一層上昇していると聞いた。

ところで，私が住んでいたアパート周辺には小さなショッピング・センターがあるものの，充実した教養・娯楽施設は特になく，独身者にとっては多少魅力に欠けるところであった。従って，気分転換したり，日本食料品を購入するなどのため，学生から1000ドルで買った古い日本車を20～30分飛ばして大規模ショッピングセンターに行ってみたり，バスと地下鉄を乗り継いでマンハッタンのミッドタウンへ時々出かけたものだ。

写真11 昨年10月から11カ月間，お世話になったアパート（最も寒い2月頃の風景）。手前の車は，私が愛用した日本車。

米国からの帰路途上，ハワイ大学地球物理研究所（Hawaii Institute of Geophysies，Univ.of Hawaii）に立ち寄り，テイラー助教授（Ass.Prof. B.Taylor,写真12）らと研究交換した。テイラー氏は，日本へ何度も来たことのある海洋地球物理学者だ。彼は，現在もなお活動的に海底が拡大しているとされる背弧海盆（例えば，我々が1983年に海底地震観測を実施したビスマルク海など）

写真 12　ハワイ大学地球物理研究所（オアフ島）のテイラー助教授。

でのテクトニクスに非常に関心があるという。

彼らのグループは，我々が海底地震観測を行った後，ビスマルク海におもむき，私どもの観測結果（遠地地震データでは解明することのできなかった微細な海底拡大様式が判明した）を参考にして，海底拡大が起きている場所を調査したのだが，彼によると，「あなた方が海底地震観測によって明らかにした，海底拡大に伴う横ずれ断層の位置などは，ハワイ大学の調査結果と（約1㎞以内の精度で，と彼は言っていた）ぴったり一致しますね」ということのようだ。海底地震観測の威力を再確認した気がする。ハワイでは，この他，ハワイ諸島で最も東側に位置するハワイ島を訪れ，キラウエア火山を見学した（写真13，14参照）。

4. 終わりに

L-DGOでは，滞在期間中にやり遂げようと計画していた研究のすべてが順調に進んだわけではないが，これまでの研究生活を総括したり，新しい研究課題の糸口をつかむなど，今後の研究を考える上で非常に意義のある生活を送ることができたと思う。

最後に，L-DGOに1年間滞在したいという，私の申し入れを快諾されたサイクス教授以下，L-DGOのスタッフの方々にはいろいろお世話になった。又，科学技術庁振興局，ならびに同国際課の皆様をはじめとする方々には大変ご尽力をいただいた。ここに，深く感謝の意を表します。

（えぐち　たかお・第2研究部）

写真 13　キラウエア火山山麓の道路（昨年11月の噴火による溶岩流で通行不可となった）。

写真 14　ハワイ島の活火山であるキラウエア火山の火口の一つ（キラウエア・イキ・クレーター）。

1987年7月31日に関東地方を襲った雷雨
— メソスケールの大気現象の観測について —

真木雅之

1. はじめに

今年の夏，日本の各地で雷雨による災害が多発した。7月25日と7月31日には，関東地方の各地で激しい雷雨が発生し，突風による死傷者のほかに，浸水，停電，交通機関のマヒ，落雷や降ひょうによる被害がでた。また，8月5日には高知県東部の海岸で泳いでいたサーファーを落雷が襲い，12名の死傷者がでた。このような雷雨は気象学的にはメソスケール（中規模）の現象とされ，予報するのがむずかしい現象の一つである。

我々が日常体験するさまざまな大気現象は，その水平的なひろがりと，寿命をもとにして図1のように分類される。図に示されたように，メソスケールとは水平スケールが数100 mから200 km程度で，寿命が数10分から1日程度の大気現象のスケールを言う。メソスケールの大気現象としては，積雲対流，トルネード，雷雨等があり，我が国に毎年のように水害や土砂災害をもたらしている集中豪雨もメソスケールの現象である。

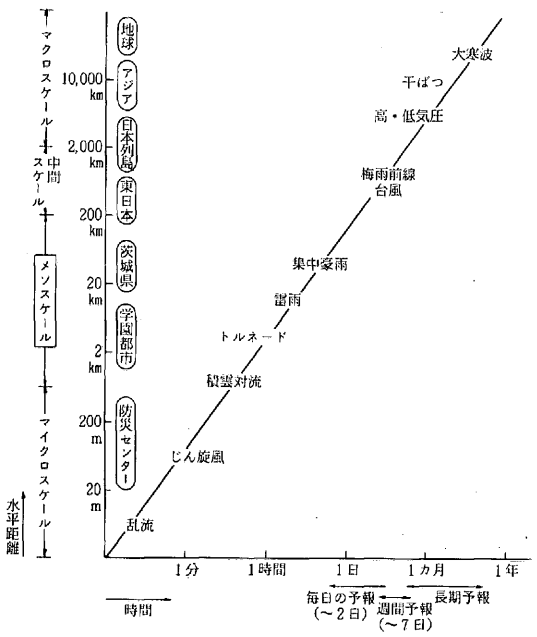


図1　さまざまな大気現象の特徴的な時間・空間スケール

災害の発生予測のためには，その災害をもたらす大気現象の，時間・空間スケールをはっきりと認識し，それに合った観測体制なり手段をとる必要がある。現在，気象庁が展開している観測体制は図1に示した毎日の天気予報（～2日），週間予報（～7日），長期予報（1カ月，3カ月，暖候期及び寒候期予報）のためのものであり，台風や高・低気圧といった中間スケールからマクロスケールの大気現象の予報に適したものとなっている。したがって，時間的にも空間的にも，スケールの小さいメソスケールの現象は，現在ルーチン的に行なわれている観測にかからない場合がしばしばあり，メソスケールの大気現象の予測をむずかしくしている。

ここでは，静止気象衛星，気象レーダー，地上観測といった現在用いられている観測手段・体制で，メソスケールの現象がどのように捕えられるかを，メソスケールの代表的な現象である雷雨を例にとり議論することにする。

2. 1987年7月31日の雷雨

1987年7月31日15時の地上天気図を図2に示す。秋田県沖の低気圧から，本州の南岸沿いに伸びる前線が関東地方を通過中であり，この時間，関東地方の各地では激しい雷が発生した。地上天気図及び高層気象観測から，この雷は日中，地表面が日射によって強く熱せられて発生する熱雷と，前線付近の上昇気流によって発生する界雷が合わさった熱界雷であったと推定された。以下では，この熱界雷が既存の観測体制でどのように捕えられたかを，気象衛星「ひまわり」，富士山レー

ダー，地域気象観測システム（AMeDAS：アメダス）及び東京都の５kmメッシュの雨量計ネットワークを例にとり見て行くことにする。

図２と同時刻の「ひまわり」の赤外画像を写真１に示す。東京・埼玉・栃木・茨城の各都県にまたがる白い塊が雷雲である。なお，写真には茨城県沖の雷雲も捕えられている。「ひまわり」の空間分解能は可視画像で約２km，赤外画像で約８km（いずれも日本付近）であるため，空間スケールについては，メソスケールの現象を十分観測できる。しかしながら，気象衛星による観測時間間隔は衛星の寿命を考慮して，基本的には３時間間隔となっており，雷雲の寿命（～１時間）と比較して不十分であり，雷雲の形成・発達・衰弱過程の把握は困難である。

気象レーダーはこの問題を解決してくれる。気象レーダーは，気象衛星のように，数1,000kmにわたる領域内の雲分布を同時的に観測することはできないが，一般に数100kmの領域内の降水分布を，空間分解能数100mで，任意の時間間隔で観測することができる。写真２は富士山レーダーによって捕えられた，７月31日の12時05分から17時06分までの１時間毎のエコー分布を示したものである。東京地方を襲った雷雨は，写真の矢印で示されているが，13時頃発生した雷雨が，14時から15時にかけて発達し，16時から17時にかけて衰弱しながら太平洋へ移動したことが明瞭に表われている。

このように，気象レーダーは時間的にも空間的にも，十分な分解能でメソスケールの現象を捕えることができるが，得られるデータが反射されて帰ってくるレーダー電波の強さ（レーダー反射因

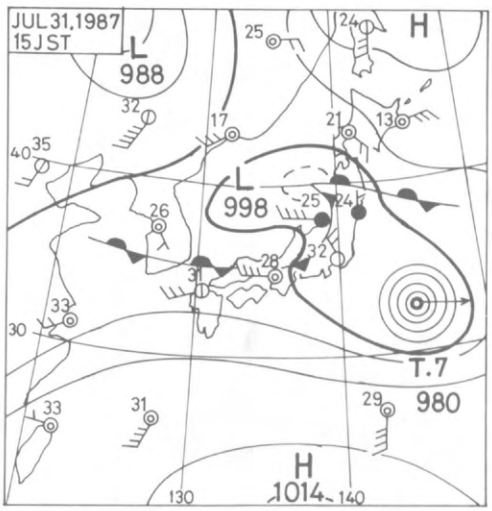


図２　1987年７月31日15時の天気状況

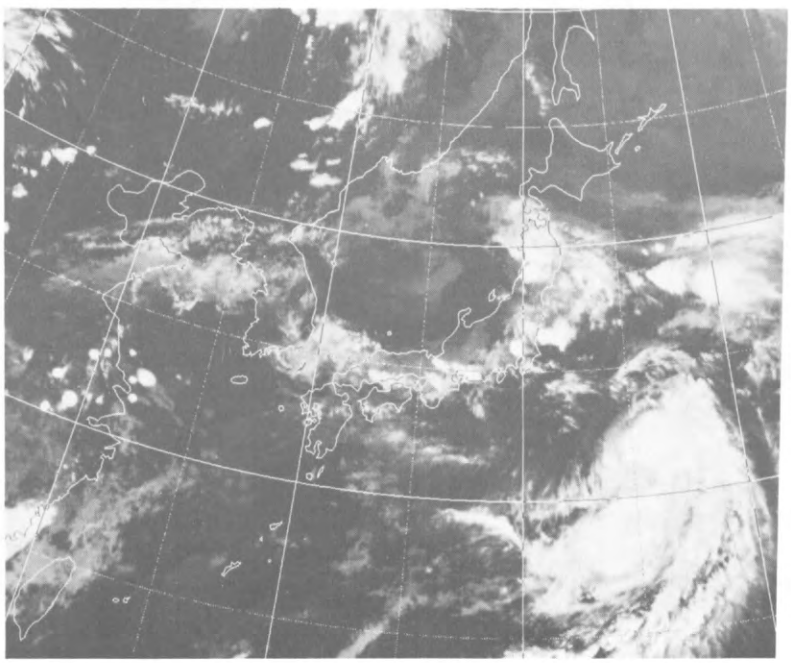


写真１　気象衛星「ひまわり」の赤外画像（1987年７月31日15時）

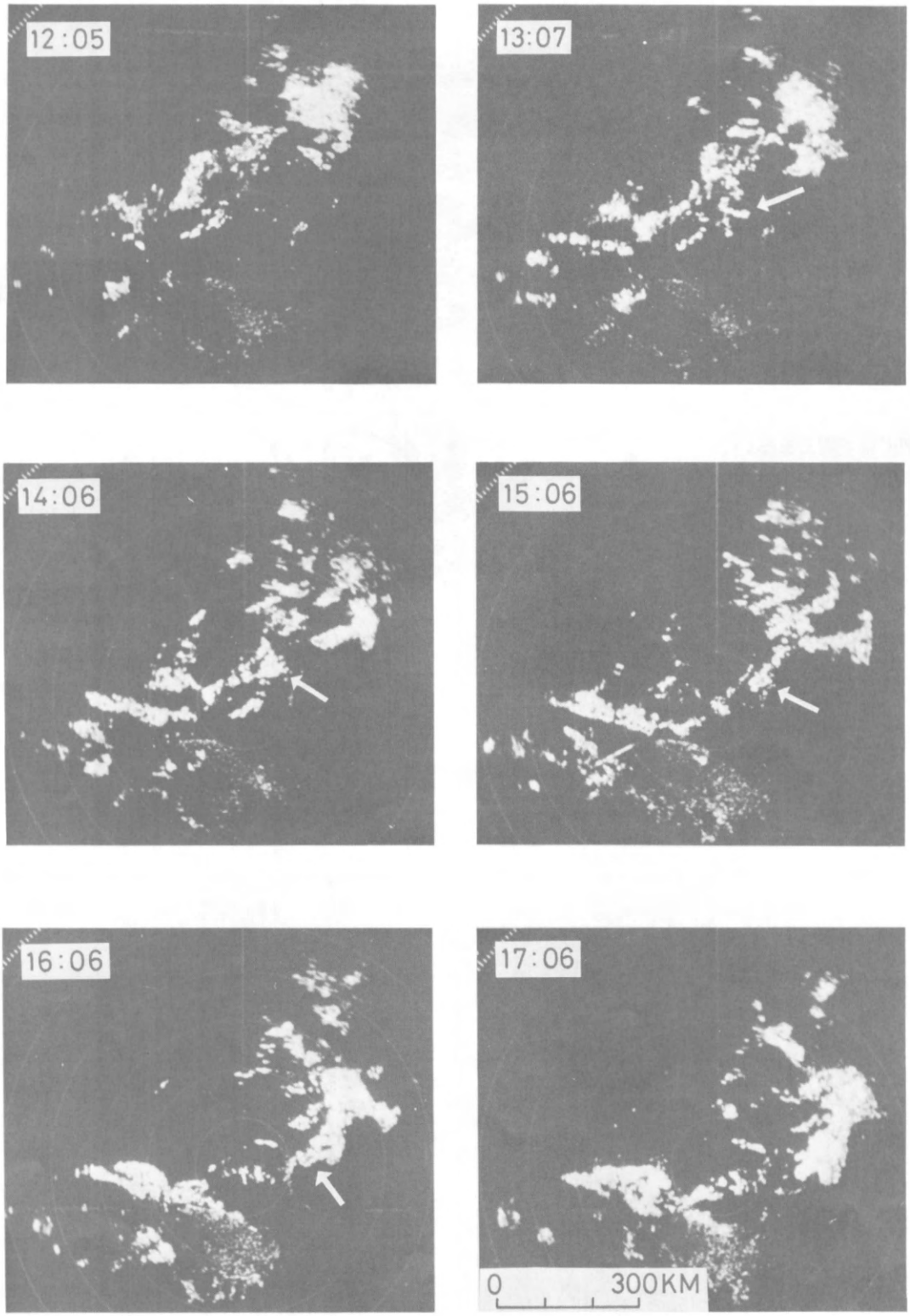


写真2　富士山レーダーのエコー画像（1987年7月31日）。レーダーの高度角は－0.5度

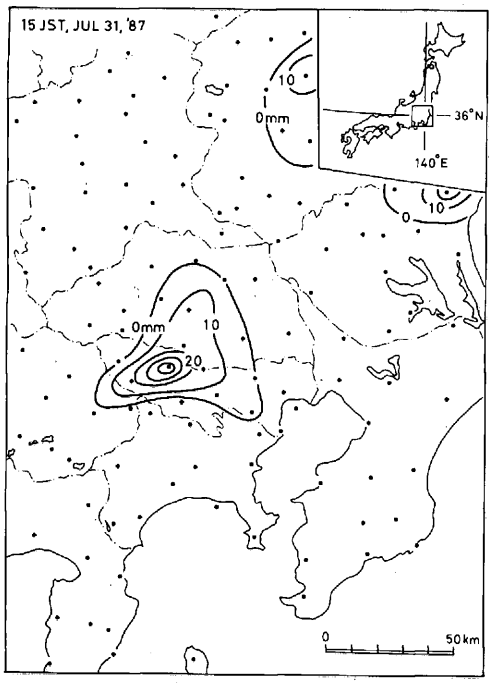


図3　アメダス雨量観測から求めた1時間降水量の分布（1987年7月31日15時）

子）であるために，いわゆるZ－R関係から求められるレーダー雨量は，地上で観測される雨量とは異なるのが普通である。

雷雨の発生・発達・衰弱過程，あるいはその移動の観測には気象レーダーが最も適しているが，地上に配置された観測点網で捕えられることもある。図3はアメダスの雨量観測から求められた1時間降水量の分布である。アメダスの雨量観測点は，平均して約17km毎に配置されているため，集中豪雨のようなメソスケールの中でも比較的スケールの大きな現象については捕えられるが，雷雨のような現象には空間分解能が不足している。東京都では，独自に5kmメッシュの雨量計ネットワークを展開し「災害情報システム」を構成しているが，そのネットワークのデータを用いると，雷雨の移動が見事に捕えられる。図4は14時20分から15時20分までの間の10分間降水量の分布を示したものである。雷雨による降水域が強まりながら東進したことがわかる。

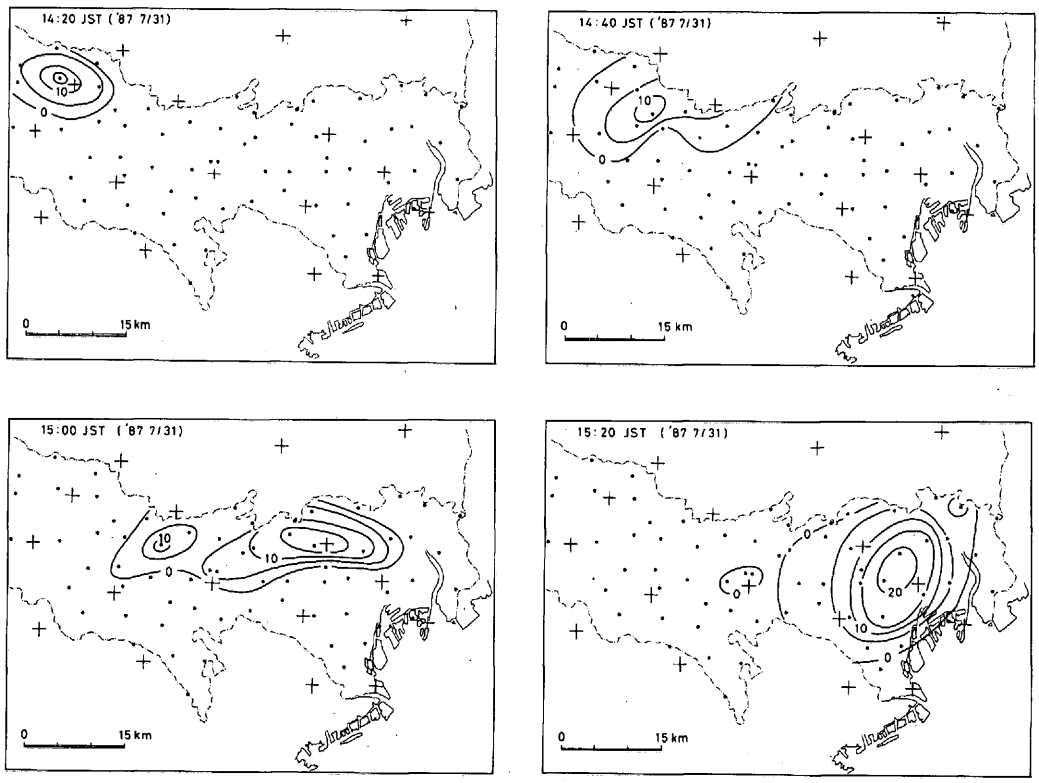


図4　東京都の5kmメッシュの雨量計ネットワーク（黒丸印）から求めた10分間降水量の分布。十字印はアメダス雨量観測点である。

3. おわりに

以上，7月31日の雷雨を例にして見て来たように，現在行なわれている観測体制でも，メソスケールの観測は，ある程度までは可能である。しかしながら，前にも述べたように，ある現象を理解するためには，その現象の時間・空間スケールがどの程度のものであるかを認識し，それに合った観測手段なり体制をとる必要がある。その意味で，メソスケールの現象に対しては，既存の観測体制はまだまだ不十分であると言える。特に，現在の観測体制は，現象の立体的な構造の把握という点が欠落している。本来，気象用レーダーは降水域の3次元的な分布を測定するものであるが，雷雨のように時間変化の激しい現象を観測するためには，高速性が要求される。現在，我が国にある高速性を備えた気象レーダーとしては，研究用に使用されている，北海道大学低温科学研究所の降雪観測用レーダー1台であることを考えると，メソスケールの現象の本格的な観測はまだ始まったばかりである。

最後に，解析を行うに当り，東京管区気象台からは富士山レーダーのフィルムを見せていただいた。また，東京都建設局からは雨量データを見せていただいた。ここに記して感謝します。

（まき　まさゆき・第1研究部）

今年の防災技術セミナー研究員の横顔

アハマド（ブルネイ：消防庁通信局指令官）産油国のブルネイは，税金も無く，国民は豊か。

アルバロ（メキシコ：災害評価監督官）若いエンジニア，毎日ジョギングに励み，日本滞在中にマラソンに参加したいと物色中。

アントニオ（エルサルバァドル：公共事業省地質構造研究センター部長）エルサルバァドル地震研究所部長の陽気な中米人。わが国には1982－83年に続いて2回目の研修来日。

アンヘル（フィリピン：市民防衛庁セブ地域官）市民防衛庁の行政官，政治談義に花を咲かせている。

カルロス（ヴェネズエラ：鉱山エネルギー省）地形学者，何ごとにも熱心で，特に日本語の習得に一生懸命。

ジャスマナ（スリランカ：総理大臣補佐官）皆なから，将来のスリランカ首相とあだなされている紳士。

スマリー（タイ：気象庁気象官）物静かで読書好きの女性，地震学が専門の才媛，2回目の研修来日。

スワンドヨ（インドネシア：公共事業省居住局）建築の専門家，日本語が出来，スライド・ビデオなど，どんな機器の操作も自由自在。

ディック（パプアニューギニア：公共事業省事業課長）土木工学のエンジニア，ユーモアに溢れ皆んなを湧かせている。民族衣裳で歌う姿は圧巻。

フォアン（コロンビア：国家救助隊）専門は地質屋。将来は，国連ボランティアとして，国際的災害求助活動に携わるのが夢。

マニュエル（ペルー：開発公社災害復旧部長）寡黙にして，買物天才のエンジニア。

ロキヤ（マレーシア：環境庁環境監理官）母性愛溢れる若きお母さん，明るい性格で，ラテン系の仲間と気が合う。

輪中堤決壊地見学（大垣市曽根町）

防災技術セミナー10周年

木　下　武　雄

1. こんばんは

「こんばんは」と頭を下げて一人のガイジンがわが家にはいって来た。その晩は防災技術セミナーの研修員を招いて，小さなホームパーティをすることになっていたとは言え，家内がその流暢な日本語と，日本的しぐさに驚いたのは無理もない。防災技術セミナーとは国際協力事業団（JICA）の支援の下に当センターが実施している国際協力研修事業のことである。今年の研修員（これはJICA の用いる日本語で，英語では心ずParticipant(参加者）と称する）は皆，日本語が堪能で，よく日本を知っている。さらによく知ろうと努力する人たちばかりだ。一人でわが家へはいって来た彼もその一人だ。ホームパーティのためわが家まで私が案内するから一緒に行動してくれとはじめ頼んだのに，彼は別の用事があり，別行動で行くと言いだした。これまでの他の例では，別行動でという人は結局来なかった。日本人の家なんかに行けないから婉曲に断ったものとか，来たくても道がわからなかったとか，理由は色々あろうが。

この防災技術セミナーははじめてから10年，今回が第11回目のセミナーである。この10年間の様変りは全く目を見張るものがある。10年前は日本の習慣がのみこめず，こっちも手こずったが，向こうも苦労したろうと思う例，日本へ来て始めて日本語に接したが，日本語を知ろうとは決して思わなかった例……。私はJICAの研修事業とは日本を知らない発展途上国の人に来てもらって，日本を知ってもらえばいい，技術移転など2の次だと思っていた。しかし，これが5年ほど前から変って来た。日本のことはすでに知っているから，余計なことは言わんでいい。ちゃんと研修してくれと。今回はほとんどが日本語を学んで来た。たゞし日本語が話せるとは言え，勿論たどたどしいし，日本語のもつあいまいさを避けたいために，講師の方々には英語でお願いしているが。ひとりでやって来た彼は，街の人に日本語で途中の道を尋ねながらわが家へ楽に着いたわけだ。

2. ことのおこり

1976年国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）は東京の外務省講堂で「地域防災セミナー」を開いた。詳細は国連出版物№E.78，Ⅱ.F.13にのっているし，私も「防災科学技術」（№33）に紹介し，またこの呼称（日本語訳）が正しくないこと，何故正しくないか等について「人と国土」（国土庁，Vol. 8，№3）に述べた。ここでは防災とは生々しいもので，その経験の交流が大事なことが語られて大成功であったが，引きつゞいて来年も同様なセミナーを開くかとの問いにESCAPは否定的であった。その直後にJICAの集団研修に新しい提案をする機会があったので，「防災技術セミナー」を言い出した。それまでJICAがOTCA と称していた時代から洪水予警報セミナー（建設省・気象庁）の準備と実施とに参加していたし，それが河川・ダム工学研修と衣がえするのにも係わっていたので，集団研修の実施にはどんな問題点があるかは一通りわかっていた積りだった。

そこで次の点を基本方針とした。

(1) 日本の国際協力事業として国立防災科学技術センターが実施するものであること。現在では当り前でしょう，と言う人も多いが，当時はその主張することさえむづかしい情勢にあった。

(2) セミナーと称すること。JICAでは研修という用語を用いていたが，発展途上国と日本とが同じレベルの上に立って経験を交流するという立場であるべきで，一方的に研修してやるのではない。特に防災の分野では，経験の交流とは当センターにとっても有意義である。

(3) 防災全般を論ずること。特定項目例えば地震予知を3年実施して，次の3年を別の項目例えば地すべりとするようなことはしない。防災はもともと総合的に理解されなければならないから。
(4) とは言っても防災技術に集中すること。防災は社会・政治・経済・心理等々と関係が深いし，広げれば暴動・内乱の鎮圧も含むがそれは除き，対象を自然現象に限り，その技術的対応に限る。
(5) 講師は当センターの職員がこれに当たること。もしできないテーマには他機関からのご協力は仰ぐが，下手でもいいから当センターの職員が汗をかくこと。

3. 手順・内容・成果

手順は今のところほゞ確立されているが，はじめは色々の行き違いがあった。その手順・内容・成果を簡単に示す。
(1) 前年の7月頃研修員をどの国から招くかを決める。本庁を通してリストを出すが，外務省すなわち日本の外交的立場，他の研修コースとの関連もあり，こちらの案通りには行かない。当センターの立場としては，相手国で日本と似たような災害が起こっている場合が経験交流等の研修効果を上げる上で望ましいわけである。災害のない国から招くのは意味がないが，それをわかってもらうことは大へんである。地域ごとに凡その割当て率は当センターとして決めている。
(2) 当年3月前に募集の要綱（ＧＩと呼ぶ。4(3)参照）の原稿を作成して，ＪICAで印刷してもらう。前年同様として，ＧＩを変えないということもあるが，それまでの経験に基づいて徐々に改訂して来た。実施について新しい提案を積極的に入れられるのもこの時である。
(3) ＧＩは外交ルートを通して当該国へ送られる。国によって色々だが，技術協力の窓口官庁，例えば国家経済開発庁というような所からその国の防災機関へ配られる。各機関は候補者を選ぶ。候補者はＡ2，Ａ3と呼ばれる願書を書く。願書はさきの窓口官庁へ集められ，そこで順位がつけられる。
(4) 7月頃を締切として，願書は外交ルートにより日本の外務省へ，さらにＪICA，それから当センターへ送られる。当センターでＪICAのアドバイスを容れつつ選抜を行う。その結果をＪICA へ伝えると再び外交ルートにより本人に伝えられ，航空券が日本から支給される。この手順で，(1)の招く国の決定，(2)ＧＩの原稿作成，(4)選抜，(5)プログラム作成等は当センター企画課招集による各部の関係者の会合で合意に達し，所長の承認をえ，また要所々々で所議に報告されている。
(5) 他方4月頃からセミナーのプログラムを決め講師にお願いし，テキストの原稿を書いてもらう。講義の仕方，原稿作成には指針を作ってある。原稿は英文で作成し，そのまゝ印刷にまわせるようにする。印刷等の費用はＪICAによる。
(6) 決められた日，1987年の例では9月28日に研修員は来日する。出むかえ（同様に帰国の時の世話まで）はＪICAが行う。宿舎，当センターまでの送迎もＪICAが準備する。講義をどこで行うかは大切な点である。ＪICAはつくばインターナショナルセンター（ＴＢＩＣ）に立派な視聴覚教育施設をもっているが，本セミナーでは当センターの会議室を用いている。質問・討論などに際し，具体的な参考資料を直ちに揃えるためである。
(7) セミナーはＪICAオリエンテーション，当センターの開講式に始まり，講義・討論・見学・特論・最終討論より成る。見学は凡その対象地域を決め，同行する当センター職員を決め，彼の学識に応じ，研修員の専門も考えに入れて訪問先を決めて，訪問先の同意をえて準備される。特論は研修員の希望を容れてテーマを決め，2～3のグループに分け，ワークショップ・実習などの形で行う。最終討論は，研修員の書いた最終レポートに基づき行われる。各国の防災システムの改善への提言という形をとるが，むづかしい事情も多々ある。なお最終レポートは印刷して，研修員と国連の防災関係機関など関係方面とに配って，高い評価を得ている。
(8) 最終日には厳かな閉講式をＴＢＩＣで行う。卒業証書を授与した後なごやかなお別れパーティがあって，翌日帰国という次第である。
(9) 成果としては防災技術の経験の交流と国際友好という大きい結実があるが，目に見えるものとしては毎年一巻ずつのテキスト（緑表紙）と研修員の最終レポート（白表紙）ができる。本日現在で緑：11巻，白：10巻である。

4. これまでの実施状況

表1　参加人数・参加国数一覧

地域	参加人数			参加国数
	ジェネラリスト	スペシァリスト	合計	
東南アジア	19	24	43	9
西・南アジア	16	10	26	9
ヨーロッパ	0	2	2	1
アフリカ	2	2	4	2
中南米（メキシコを含む）	16	12	28	9
計	53	50	103	30

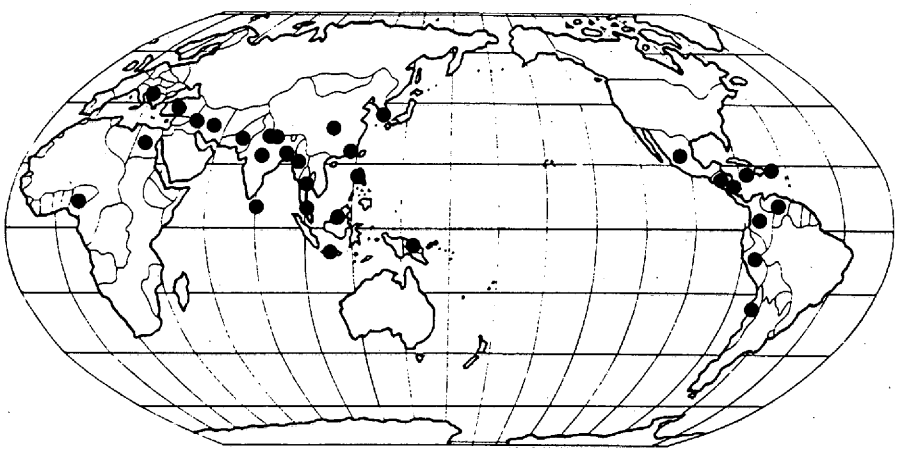


図1　参加国の分布

(1)　1977年より1987年までの11年間に103名の研修員を受け入れた。地域別，専門別のまとめは表1の通りである。地域としては，アジア，アフリカ，中南米，ヨーロッパとしたが，アジアは特に関係が深いので，タイ，マレーシア，インドネシアより東（すなわちマラッカ海峡以東）を東南アジアとし，ビルマより西を，西・南アジアとした。専門別はジェネラリストとスペシアリストに分けた。これはセミナーを実施していく間に自然にできた分類で，災害全般に関する調整官，法律専門家，救助・救援の専門家などをジェネラリストとし，気象・水文・地理・地質・地震・火山などの専門分野をもった科学者・技術者をスペシアリストとする。人によっては明快に分類できない場合もあるが，独断で決めたことは許してほしい。

表1によると東南アジアが多い。これは地質・気候が似ていることもあり，災害が日本と似ていて，討論しやすいこともあるが，災害の対応のしかた，つまり風俗に何等かの共通性があり，「話が通じる」ためである。数としては次に中南米が多い。ここは今後，日本が大いに協力をして行かなければならない地域であるが，スペイン語圏なので困難がある。アフリカ，ヨーロッパは少い。ジェネラリストとスペシアリストとの割合はほゞ同数である。これは，そうなったと言うことで，意図したのではない。

(2)　これまで受け入れた国は30である。東南アジアの国々はすべてと言えるのではなかろうか。ある国は日本と似た気候・地質だから，我々の防災科学技術が役に立つだろうと，ＧＩを送っても，なかなか応募して来ない国がある。聞くところによると，ある国では官庁の組織上，防災をテーマにして，英語で行うコースには出席しにくいとか

いうこともある。又，国交関係のよくないA国とB国とを同時に呼ばないという配慮のため国数の割には人数が多くないこともある。

(3) 参加する研修員は将来のある若い人に来てもらうため，GIには大学卒で防災実務経験7年以上，年令40才以下，英語がしゃべれて，セミナーについて行けるだけの健康な人と記してある。しかし，これは必ずしも守られてはいない。若い人は大学卒1年程度の若くて優秀な火山学の研究者が来たことがあるし，40才を越えた高令者も参加している。この点が国連地域開発センターの同種のセミナーとは異なるところである。10年，20年後に花が咲くためである。

5. 彼らとつき合うことは世界への窓である

(1) 発展途上国 のそれぞれの状態は，日本人が推察するよりはるかに厳しいものがある。来日予定の直前に取消しの連絡のあった場合がある。新聞などにも明記されないが，断片的な情報をつなぎ合わせて，どうも出国できるような状態ではなかったらしいことがあとからわかったことがある。逆の場合もある。某国では激しい内戦を続けているという報道なのに，ちゃんと来日してくれる人もいる。内戦といっても，家族づれで戦っているし，首都にマーケットは一か所しかないから，夕方になると，戦は止め，両軍入りみだれてマーケットへおかずの買い出しに行くなんていう国もあるとか。

(2) 遠交近攻 ― つまり遠い側の国とよく交際して，近い国を両側から攻める。中国の戦国時代に唱えられた政策で，その例は唐が新羅と結んで百済を滅したとか枚挙にいとまがないが，一人一人の研修員が裸になってつき合うのはやはり近隣の国々の人である。急速に国交が悪くなった隣接のA，B両国の研修員は実に仲よくつき合っていた。遠交近攻は権力者の知恵で，国民のレベルになれば，国外へ出てまず頼りになるのは，国はちがっていても肌の色の近い人たちであることは容易に理解できる。このことは素朴な意味で，すべての人が争いを好まないのだということをよく示している。

(3) 研修員は国へ帰ればそれぞれが上流階級である。召使が3人なんていう人も珍しくない。東南アジアからは女性の研修員も多く，その場合もおばあちゃんと女中とが子供の面倒をみているというような例が多い。高等教育を受けた女性が，男性と肩を並べてオフィスで働く姿を東南アジアではよく見かけるが，女中・召使が多いまゝで社会が近代化へ走って行く様相は，日本とは若干ちがうようだ。

6. 終 り に

ここ10年で我々は世界に103名の友人を持つことができた。彼らはそれぞれの分野で活躍し，成功を収めている。たまたまではあるが，筆者が海外へ出張し，彼らに会うと，「ボーサイセンター」を忘れないで，社会の中心として働いていることがよくわかる。そして我々の旅行を陰から日なたから支援してくれる。空港の入国審査所まで迎えに来てくれて，あとの手続きは免除してくれたり，ちょっと普通では近づけないような奥地の災害現場まで官用車で案内してくれたり。そんなご利益は小さいことで，彼らとうまく連繋をとり乍ら，防災研究のコアを各地で作って行き，いつまでも「ボーサイセンター」を語り広めてくれることこそ，我々にとって大きな財産だと思う。

これまで通りのセミナーだけでなく，JICAも多彩なメニューを用意している。例えば①フォローアップ：帰国して活躍する卒業生を追跡調査して研修の評価と今後の改善に資する。すでに一回フィリピン・インドネシアを巡った。②再研修：何年か経ってから再び招待する。③第三国研究：どこかの国でホスト役を引きうけてもらい，日本からも出向くし，近隣の国々からも呼んでセミナーを開く。

さらに，各国で独自の防災科学技術の発展をはかるため，われわれの主要災害調査のようなケーススタディを各国で行うとか，災害統計の充実とか，彼らが日本の防災態勢を研究し，技術移転を行えるようになり，各国が地域特性に合った「ボーサイセンター」を設立し，それらとわがボーサイセンターががっちりとスクラムを組んで，世界をボーサイセンターの輪で繋ぎ，世界・人類の防災に貢献することこそ，国立防災科学技術センターの使命ではないだろうか。

（きのした たけお・第1研究部）

地中電波発生源のトモグラム作成

藤縄幸雄・高橋耕三

1. はじめに

高度に進んだ情報化社会に移行しつつある我が国においては，災害予防・軽減の施策は今後益々重要性を増して行くであろう。自然災害の中でもいったん発生すると人的・社会的被害が甚大なものとなる可能性のある，地震・火山噴火に対する備えは，万全を期して行かなければならない。

地震・火山噴火に伴う災害の軽減を図る上で有力な方法の一つは，災害をもたらす自然現象の前兆を捉えて，いちはやく警報を出し，災害に備えることである。地震や火山噴火の予知の手法は，地殻活動を，地震・地殻傾斜・地殻歪・地下水位・地下ガス等の観測により調べ，当の自然現象が何時，どこで，どのような規模で発生するかについて総合的に判断することを骨子としている。当面の研究課題は，数多くのケース・スタディによる前兆現象の判別方法の研究，各観測項目の精度向上の為の研究と技術開発であるが，新たな項目の発掘とその評価にもかなりの努力をさいて行くべきであろう。そのようなものの一つに，地殻変動に伴う電波がある。長らく有望とは思われていたが，未だ本格的な取り組みがなされていないものである。

ここでは，地殻変動に伴う電波を計測して，地殻歪・応力の変化を精度よく求める方法の提案を行うものである。

2. これまでの経緯

地震に伴う発光現象を見たという報告は，東洋・西洋において古くから伝えられており，地震古資料で名高い武者金吉は，昭和初期にそれまでの報告を集大成して「地震に伴う発光現象の研究及び資料」を著し，又随筆家としても名高い寺田寅彦は，地震研究所彙報において，地殻表層の水の運動が発光現象の原因である，という説を述べている。又安井豊は，昭和21年の南海道地震，昭和36年の日向灘地震に伴った発生現象について調査報告を行っている。

一つの例として，日向灘地震の際の発光現象を，地震の前・地震時・地震後のものに分類して，その目視方向を示したものを図1に示す（安井，1968）。バラツキがあるものの，到来方向が大むね破壊域に向いており，発光現象が直接・間接に地震と関係していることを推測させる。

他の例では，昭和40年から始まった，北信郡発地震（松代地震）に伴って，発光現象が数多く観測されており，代表的な写真が防災科学技術第4号の表紙をかざっている。

近年この様な目視観測より，一段進んだ手法による電波ノイズの測定が，ソビェト連邦のゴクベルクにより1979年になされ，一部の人達に強い印象を与えた。図2は，電波ノイズの強度を，3つの周波数帯域において示したものであり，一番

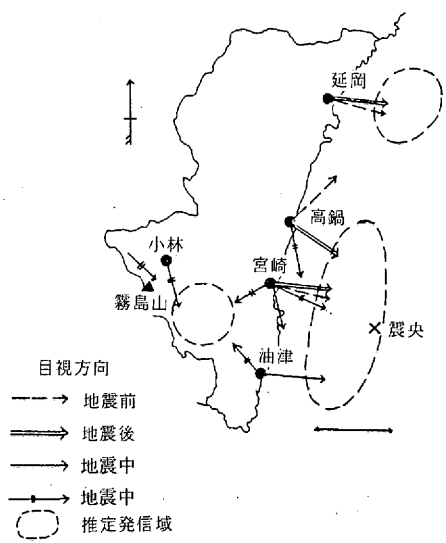


図1　日向灘地震（1961年2月27日，M7.0）の際の発光現象の目視方向（安井，1968より）

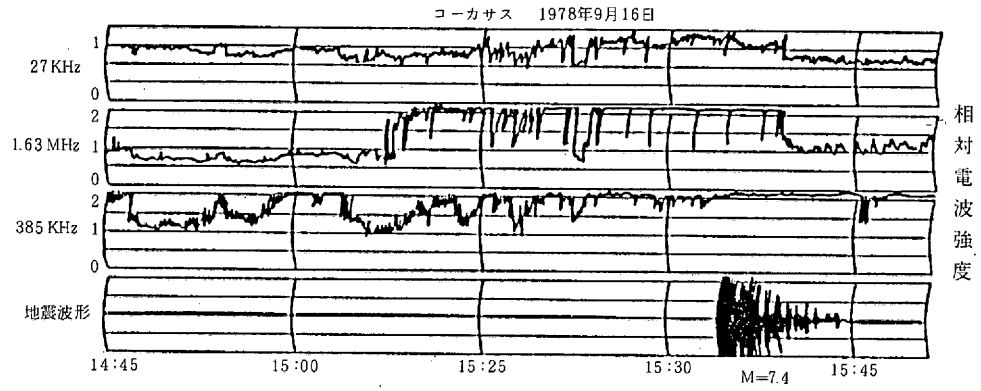


図2　地震前兆と思われる電波ノイズの観測の例（ゴクベルクら，1982より）

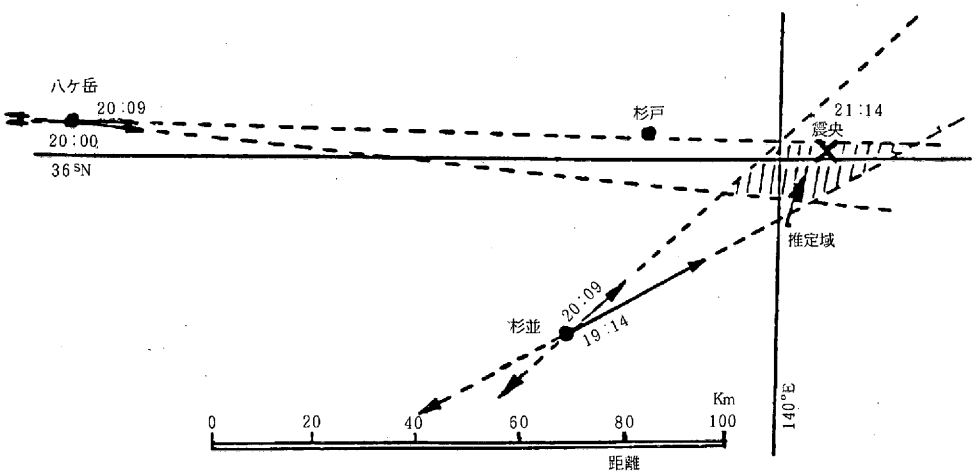


図3　2点での電波の到来方向から発信源を推定し，震央(X)との良い一致が得られた例（芳野ら1985より）

下には地震動を示している。地震の約30分前に受信レベルが有意に増大し，地震後には平常値にもどっている。発信源と出われる地震は，1978年中央イランで起きたもので，マグニチュードは7.4，震央距離は，約1200kmであった。

我が国では，電気通信大学の芳野教授らが観測を行い，例えば多点における方位計測により，電波の到来方向の測定に成功している（図3）。

3. 新しい観測の提案

従来の観測の方法では，空電等の自然起因のノイズや人工のノイズの多い状況下で，精度の高い計測が困難であるばかりではなく，地中から空中に出た電波を計測しているため，電波の到達径路を推定できず，ために電波発生源の分布を詳細に知ることは不可能であった。

我々が計画しているのは，地中又は海域にアンテナを設置して，到来する電波を，直接地中で計測しょうとするものである。このような計測用のアンテナを，4点以上設置することにより，医療の分野では今や日常的に使われている，3次元断層図（トモグラム）を電波発生源，ひいては地震ないし火山噴火に関連する地殻内の歪あるいは応力の分布に対して作ることが出来るはずである。電波の地中伝播速度が一様でないため，位置の絶対値の誤差は大きくても，相対的な分布はかなり

精度よく求まろう。歪の蓄積過程を調べることにより，破壊域の近ぼうで，地震の前にどういう変化が起きているかを知ることさえ不可能でなくなる。

図４は，計画中の電波計測の概要である。図４は，内陸又は沿岸において使用するもので，当初の試験観測用のアンテナとして，地中に掘った井戸のケーシングパイプをモノポールアンテナとし，電波の捕捉を行う。すでに当センターの府中の観測井を用いた実験では，落雷によるパルス状のノイズは，地中では大幅に除去されることが確かめられ，昭和62年春の地震学会で報告された（高橋博ら，1987 ）。

海洋では，海底に布設したケーブルを，ダイポールアンテナ又はループアンテナとして用い（例えば第５図），空中からのノイズは，海水の大きな減衰により，取り除くことが出来るはずである。

電波の到来方向の決定には，VLBIの手法を取り入れる。すなわち２点の観測点における電波信号の，時間相関の最大となる時間の差を求める。それに電波伝播速度を掛けて得られる長さを，距離の差とし，二つの観測点を焦点とする双曲面上に，電波発生源があるはずである。４点以上の観測によりこのような面を３つ以上作り，交点を求めると，震源決定と同じく，電波源決定を行うことが出来る。

当面の計画は，陸上における計測の候補地の選定と，来年度海域に予定している計測の方法の検討を行うことである。

（ふじなわ　ゆきお・流動研究官
たかはし　こうぞう・電波研究所）

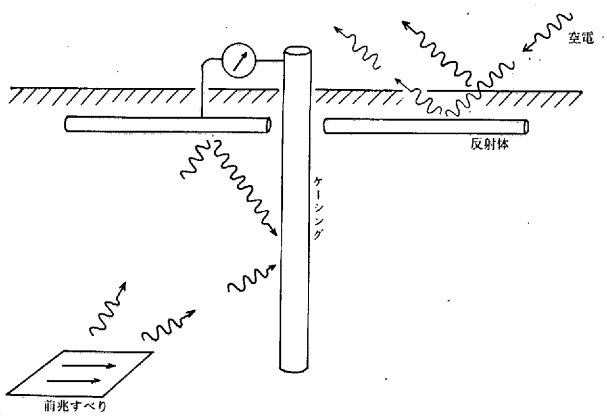


図４　地中電波計測用のアンテナの概念図

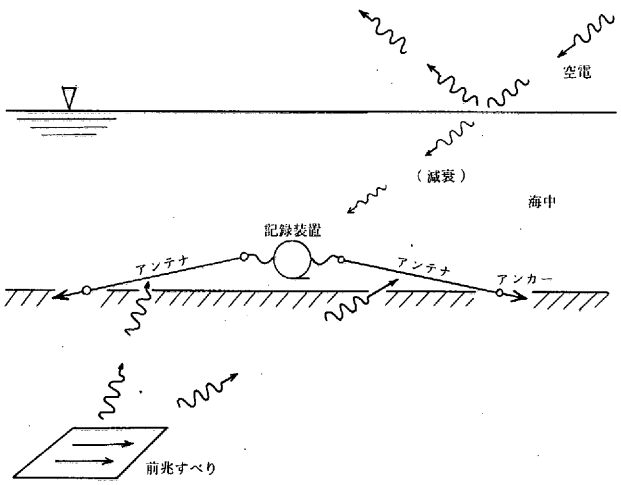


図５　海底における電波計測用のアンテナの概念図

防災科学技術　No.61　1987 Dec.

昭和62年12月21日　印刷
昭和62年12月26日　発行

編集兼
発行人　国立防災科学技術センター
茨城県つくば市天王台3－1
TEL.(0298) 51－1611(代)

印　刷　日青工業株式会社