



地震予知

現状とその推進計画

地震予知計画研究グループ

世話人	坪井忠二
	和達清夫
	萩原尊礼

1962

K2

55

地震研究所



わが国は古来しばしば大地震に見舞われて、そのたびに多くの人命財産を失つてきた。大地震は今後も同じように起こるであろう。しかし、その災害は我々の手で防がなければならない。地震の予知の達成は国民の強い要望であり、わが国の地震学の絶えまない努力の目標である。そして、現在までの地震学の研究は地震予知の実用化の可能性を示している。ただ、これを達成するためには、今後一層の学者及び関係者のたゆまぬ努力とともに、国家の本問題に対する深い理解と力強い経済的援助とを必要とする。

口絵説明 1923（大正 12）年関東大地震による東京神田万世橋駅付近の惨状

目 次

緒 言	1
§ 1 測地的方法による地殻変動の調査	2
§ 2 地殻変動検出のための験潮場の整備	8
§ 3 地殻変動の連続観測	11
§ 4 地震活動の調査	17
§ 5 爆破地震による地震波速度の観測	23
§ 6 活断層の調査	24
§ 7 地磁気・地電流の調査	25
§ 8 地震予知計画を推進する機関	28
§ 9 期待される成果	31

緒 言

地震の予知は、地震学者特に日本の地震学者に課せられた最も重要な責務である。日本における地震研究は、諸外国に比べてはるかに盛んであり、またすぐれているところが多く、且つ豊富な資料に基いている。しかし、それをもつてしても、適確な予知はいまだに不可能である。地震を予知するといえ、時・所・大きさの3つ要素をかなりこまかく指定しなければ意味が少ない。しかも地震現象は他の連続的乃至可逆的自然現象とちがつて突発的、彷徨的のものであるから、それを予知するには本質的の困難がある。同じく予知・予報といつても、例えば日食・月食の予報や天気予報などとは、その内容を異にするのである。

地震に関する研究が日本において始められてから、すでに80年に近く、1891(明治24)年の濃尾地震後には震災予防調査会が、また1923(大正12)年の関東地震後には地震研究所が設立され、地震研究は着実に進歩した。また各大学・気象庁・国土地理院等においても研究・測定・調査が行なわれ、相互の密接な協力の下に地震に関する我々の知見は豊富となりつつある。

この間、特に地震予知に直接関係する問題も多く取上げられた。そして「地震予知を目的とする測定を行なうとすれば、それはいかなる種類のものであり、いかなる方法によるべきであるか」という点については、日本の研究者は今日ほとんど一致した見解をもつにいたっている。その上「それらの測定は相当に大規模のものであつて、一機関だけの独力で如何ともしがたい。国家的規模において之を効果的に行なうためには、現在の研究業務態勢は必ずしも満足なものではないから、抜本的な検討を必要とする」という点についても一致している。

そこで我々は測定の種類・方法を具体的に検討し実際の計画をたて、その実現をはかるための第一歩をふみだすことがまず必要であると考えた。以来、この問題に特に関心をもつ学界有志数十名よりなる本グループが何回も討議を重ねて、その結果でき上つたのが本書である。

これはいわゆるブルー・プリントではあるけれども、所期の目的を、最も効果的に最も良心的に達成するために、これだけのことはしなければならぬという事項を略述したものである。いわば地震予知問題に関して、我々が現在もっている見解の一応の総決算といふべきものである。

1962年1月

地震予知計画研究グループ

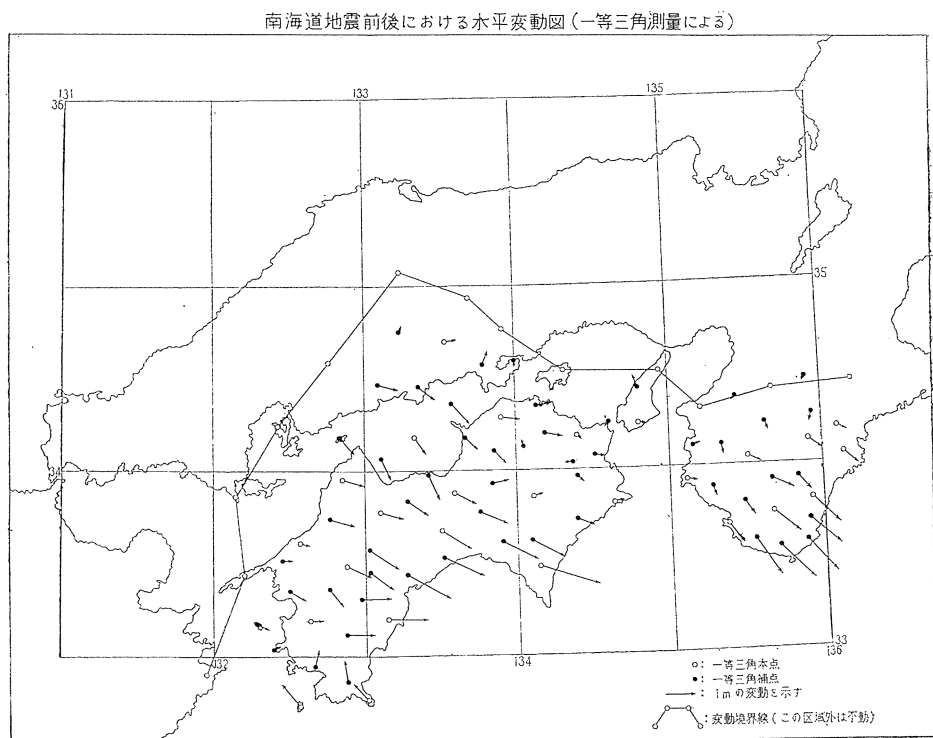
世話人 坪井 忠二
和達 清夫
萩原 尊礼

§ 1 測地的方法による地殻変動の調査

1. 測地事業拡張の必要性

わが国の測地事業（三角測量、水準測量、験潮など）は、現在は建設省国土地理院が実施している。この事業の創設は古く、1871（明治 4）年以來行なわれてきたものであつて、戦前は陸地測量部が担当していた。そして大きな地震が起こり地殻変動が生じたと考えられるような場合には、その地域の復旧測量が行なわれてきたのである。その結果として、地震に伴う水平及び垂直変動に対する多くの貴重な資料が得られた。また大きい地震が起こらなかつた地域についても再測量が行なわれるようになってからは、平時においても地殻変動が緩慢に進行しつつあることが明らかになった。これらの資料は地球物理学者によつて解析され、地殻変動というものの性質が次第に明確にされ、地球物理学上の大きな収獲となつた。

しかし、これ以上進んで地殻変動の実態を明らかにしようとする場合、特に地殻変動と地震発生との関係を知ろうとする場合には、我々は大きな障害に直面する。それは測量の



第 1 図

時間的間隔があまりにも長すぎるということである。例えば、復旧三角、あるいは水準測量が行なわれて、地殻の水平・垂直変動を求める場合に比較にとる旧測量が30年も40年も前の測量であるのでは、算出された変動が地震によるのか、他の原因によるのかという疑問が入って来る。特に大地震の発生に先だつて現われる地殻変動を検出するというような点に対しては全く無力である。地殻変動が、欧米のように、100 年を単位とする時間尺度で測つてもよい場合と違つて、世界有数の変動地帯に属する日本列島では、再測量の時間的間隔は5年乃至10年が許される最大限の間隔である。

東京霞ヶ関にある水準原点と油壺験潮場を結ぶ水準測量は、原点の変動監視の目的から、比較的頻繁（最近では隔年）に行なわれてきたが、測量を行なうたびに三浦半島が顕著な変動を行なっていることが明らかになった。この事実からも再測量の時間的間隔はできるだけ短くなければならないことが分る。地震予知の目的からすれば、できる限り広い地域にわたつて頻繁に測量を繰返し、日本全域の刻々の地殻の変動を捕え、地殻に関する情報を得ることが必要である。このような要望に答えるためには、膨大な作業が必要となるが、実行可能な経費と人員の規模で次のような計画を立案する。

2. 計 画

(A) 全国的規模の反復測量

この測量は、日本の地殻変動の全貌を捕えようとするものであつて、これが実施されれば、日本全域にわたつて、どのように地殻歪が蓄積されつつあるかが分かることになる。これは地震予知計画全体の礎石ともなるべき極めて重要な作業である。

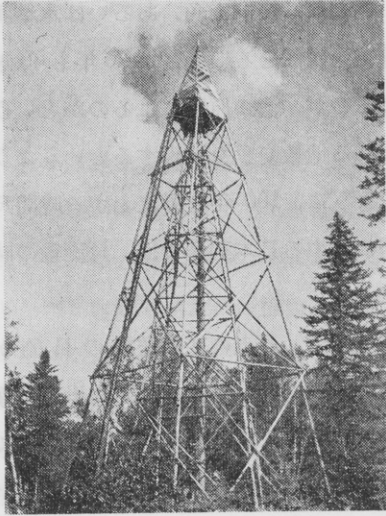
この計画に基く作業は、大きく分けると水準測量と三角測量とになるが、水準測量の精度を確保するためには験潮も必要となる。また、三角測量には、天文測量と辺長測量とが付随する。これらを一括すると次表のようになる。

作 業 種 別		延 作 業 量	反 復 周 期
水 準 測 量	一等水準測量	20,000 杆	5 年
	験 潮 作 業	27カ所	連 続
三 角 測 量	一等三角測量	330 点	10 年
	天 文 測 量	330 点	10 年
	辺 長 測 量	40 辺	10 年

水準点は既設の標石の中間にさらに一標石を増設し、また今後標石を新設する場合には地質的条件などを考慮して堅固な場所に位置を決めることが望ましい。

(B) 特殊地域を対象とする反復測量

地震前に測量が何回か行なわれ、地震発生前後の地殻変動の詳しい傾向を捕えようとし

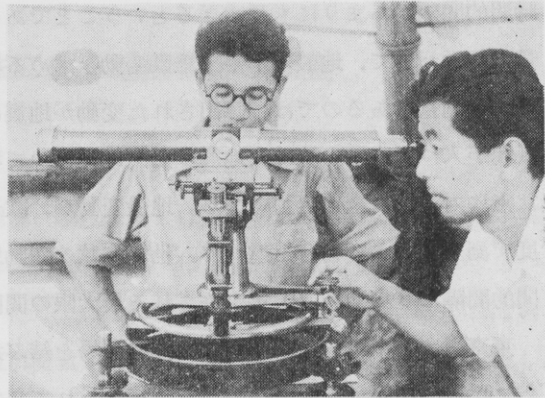


第 2 図 一等三角測量

三角点に設けられた檣の上に標識と経緯儀が置かれる。

でも、従来のような時間的間隔で再測量が行なわれている限り、その実現は決して望めない。たとえ前述の (A) 計画が実施されても、反復期間が長すぎる。地震に遭遇する機会をできるだけ多くして地震と地殻変動との詳しい関係を知るためには、多少精度を犠牲にしても、測量の反復期間を短くし、測点密度を大きくする必要がある。この目的のために、準一等水準、二、三等三角測量、および菱形基線測量を比較的狭い限られた地域で反復して行なうことを計画する。

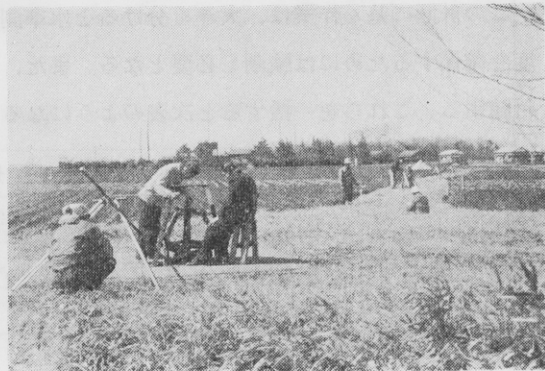
地殻の変動は相当広範囲にわたるものと考えられるから、従来の 100 m 菱形基線（三鷹市東京天文台構内）では短かすぎる。距離も測定方法も、最近実用化されたジオジメーターを用いれば、20 km までは 2×10^{-6} の精度で、しかも迅速に測定できるから、大規模な菱形基線（辺長 10 km ~ 15 km）を必要の地域におきたい。



第 3 図 一等三角測量 檣の上に据えられた経緯儀



第 4 図 一等水準測量



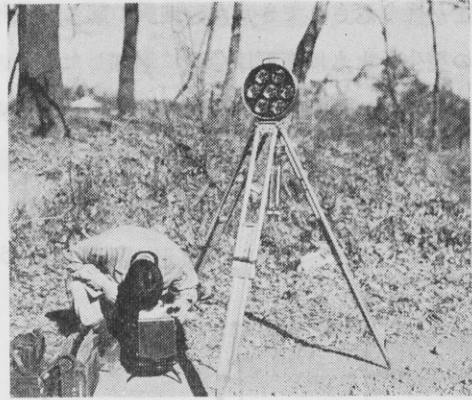
第 5 図

エーデリン尺による辺長測量（三鷹菱形基線）



第 6 図 ジオジメーターによる辺長測量

観測点から高周波で変調した光を送り、反射点からの反射光を受ける。両者の波形の位相差から2点間の辺長を求める。



第 7 図 ジオジメーターによる辺長測量

反射点に置かれた反射器

これらの測量を反復実施して、その地域の地表面の歪の大きさや方向から、地殻の詳しい情報を得ようとするのが、この計画の目的である。これらを一括すると次の表のようになる。

作 業 種 別	作 業 量	反 復 周 期
準一等水準測量	2,000 杆/年	1~2 年
二等三角測量	100 点/年	"
三等三角測量	600 点/年	"
菱形基線測量	12カ所/年	1 年

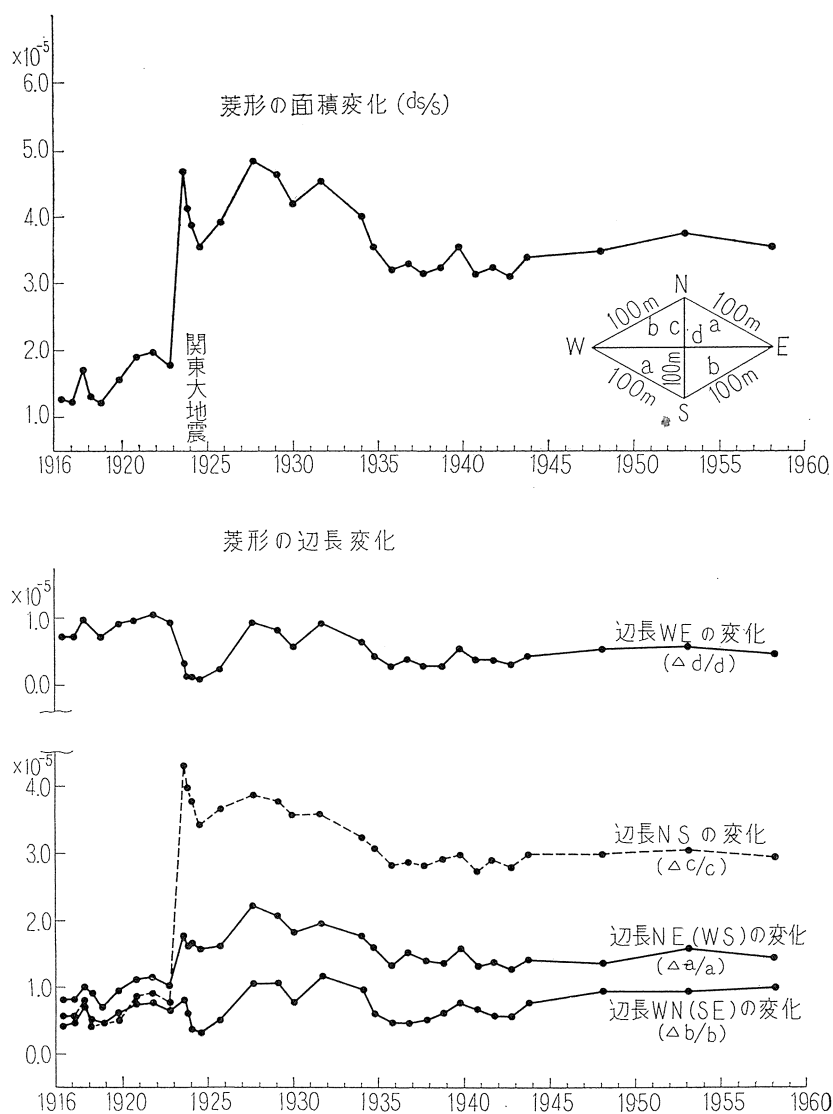
3. 期待される成果

大地震の起こる数時間前に、著しい地殻変動が目撃された例は、1793（寛政4）年の青森県鰺ヶ沢地震、1872（明治5）年の浜田地震など数例がある。

水準測量によつて地震前の地殻変動が検出された例としては、1927（昭和2）年の新潟県関原地震（ $M=5.7$ ）、1955（昭和30）年の二ツ井地震（ $M=5.7$ ）、1961（昭和36）年の長岡地震（ $M=5.0$ ）などがある。いずれも地震の起こる何カ月か前に、偶然のことから震央付近を通る水準路線の改測が行なわれていたものである。しかし、これらの地震は破壊地震としては小規模なものであり、検出された変動量も小さいので、地震の起こる前に前兆として地殻変動が必ず起こるという一般性を結論することは、これだけの資料からでは無理である。

東京天文台構内（三鷹市）に辺長 100 m の菱形基線がおかれ、関東大地震以前から測

定が繰り返されてきたが、地震の起こる数年前から僅かながら土地変形が認められ、地震の発生とともに変形は急激に増加した。この地震前の土地変形を地震の前兆と見ることもできるが、ただ一つの資料だけでは、いろいろと疑念を生ずるのはやむをえない。



第 8 図 三鷹菱形基線の測量から求められた土地変形

大きな地震の起こる前に、何か特別の地殻の変動を測定できるであろうという考えを、多くの人が持っている。しかし、それを実証するものとしては、今日では上に示した例だけである。

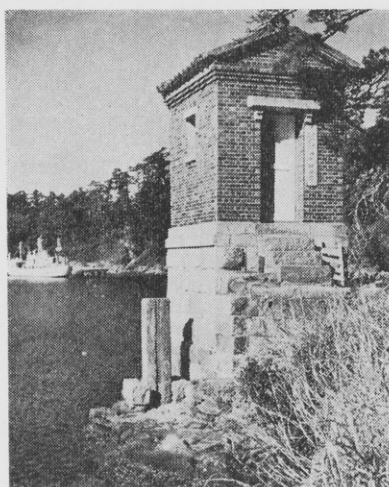
本計画は、地殻の情報としての地殻変動を細密に捉え、その地震発生との関係を究明

し、地震予知への門を開こうとするものであつて、必ずしも地震直前に現われる地殻変動を捕えることに拘泥するものではない。しかし、本計画が実施されれば、前に述べたような地震前兆としての地殻変動は、もしそれが存在するものならば、必ず短い年月のうちに明らかにされることになる。そして、それが達せられる年月は測点が多いほど、そして測量反復期間が短いほど早められることになる。

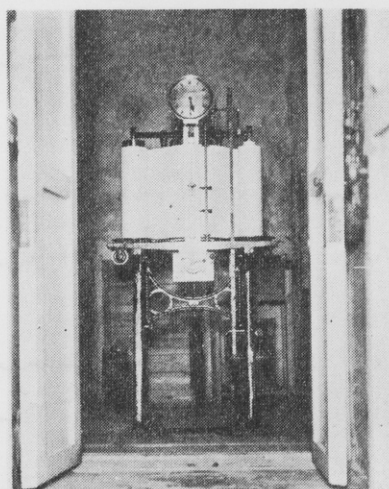
§ 2 地殻変動検出のための験潮場*の整備

1. 験潮場増設整備の必要性

海水面が不動であるならば、これに準拠して地盤の隆起沈降を知ることができるはずである。しかし実際には、海水面は天文潮だけでなく、気象・水温・海流などの影響を受け、これらが混交したものであるから、これを取り去つたいわゆる平均海水面を求めることが必要である。このうち天文潮は計算によつて一応その影響を取り除くことができる。気圧や海水密度の影響は、験潮場付近の気圧、海水温度の測定からある程度除去しているが、遠方の気象、海洋の状態が関与している部分、特に海流の影響はこれを完全に取り除くことは不可能である。しかし、気象、海流などの影響は、隣接した験潮場に対しては、ほとんど同じように効くと考えられる。従つて、日本の沿岸に多数の験潮場を設け、その観測結果を互に比較すれば、気象、海流などの影響は除去されて、相対的な地盤の変動を、我々の目的とする精度で知ることができる。すなわち、験潮場を全国に適当な密度で分布させることにより、日本の沿岸における地殻変動の推移を常に監視することができることになる。



第 9 図 験潮場（神奈川県油壺）



第 10 図 験潮場内部のケルビン式験潮儀

大地震発生の前に平均海水面に異常を生じたという研究報告は既にいくつかある。例えば、関東大地震の起こる数年前から三浦半島油壺の平均海水面が異常な下降を示した。これはそれまで徐々に沈降を続けて来た半島の南端が上昇運動に転じたことを示したと考えられている。また、1900年～1960年の60年間に日本に起こつた地震の規模等級7以上の

* 国土地理院では験潮場、気象庁では検潮所、水路部では験潮所という名称を使っている。

もの 98 箇について統計をとつた結果、地震の起こる数ヶ月前から、震央から 200~300 km 以内にある験潮場の平均海水面に特異な変動が現われる傾向のあることも報告されている。これらの報告は、一験潮場の平均海水面に着目しており、気象、海流の影響が必ずしも十分には取り去られていないので、信頼度に欠けるきらいがあり、最終的結論を出すことができないのが現状である。前述のように、全国的に密な験潮網が整備されれば、このような問題もおのずから解決されるであろう。

2. 計 画

第 11 図に示すように、約 100 km おきに、なるべく河川口からはなれ、またなるべく岩盤上に設けられた 92 の験潮場を活用する計画である。このためには既設験潮場 66 に新設験潮場 26 を加えることになる。既設のものでも記録装置の改良、水温自記計の備付を必要とするものがある。所属機関別の験潮場の数は次のとおりである。

	既 設	新 設	計
気 象 庁	34	3	37
国 土 地 理 院	9	18	27
水 路 部	13	5	18
其 他	10	0	10
計	66	26	92

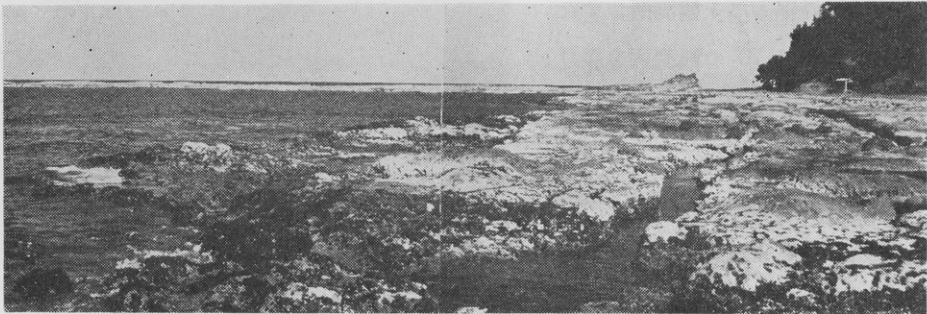
3. データの統一とその処理の近代化

これら多数の験潮場の記録は、これを各月中央局に集め、迅速に読み取り、天文潮、気圧、海水温度の影響を除去する計算を行ない、各月の平均海水面を求める。これは非常に手数がかかり、しかも長年継続する仕事であるから、ぜひともデータの統一とその処理の近代化を図る必要がある。たとえば験潮記録の読取も自動化し、その後の計算についても電子計算機等を使用すべきである。

§3 地殻変動の連続観測

1. 沿革と必要性

§1 に述べた測地的方法は、地殻の変動を確実に検出できるという点において優れているが、一つの測量から次の測量までの時間的間隔には、おのずから制限があり、連続的な情報を得ることはできない。従つて地殻変動の連続的資料を欲するならば、なんらかの器械的観測装置が必要となる。



第12図 地震による海岸の隆起 (浜田市外、豊ヶ浦)

1872(明治5)年島根県浜田の大地震では浜田付近で著しい土地の隆起が起こつた。地震の起こる約15分ぐらい前に海水が著しく後退するのが目撃されたことから、土地の隆起が地震に先立つて現われたものと考えられている。

この目的のためには、土地傾斜計と土地伸縮計とが研究されてきた、東京大学および京都大学では既に20年以上の実地観測の経験を持ち、測定機械、測定方法も次第に改良が加えられている。

傾斜計には水平振子傾斜計と水管傾斜計とがある。水平振子傾斜計は小型で高感度という利点があるが、零線が流れるので緩慢な経年変化の観測には利用できない。水管傾斜計はスペースを必要とするが経年変化の測定には欠くことができない。従つて、両種の傾斜計を併置して、比較的急激な変動を水平振子傾斜計で記録し、緩慢な変動を水管傾斜計で測定してゆくのが最も賢明な方法と考えられている。

伸縮計は、インパール線を懸吊したものと水晶管を水平に支えたものとが研究されてきたが、経年変化も確実に記録するという点から考えて水晶管伸縮計の方が有利である。

従つて地殻変動の連続観測所としては、水平振子傾斜計、水管傾斜計、水晶管伸縮計の三つを併置することが望ましい。現在地殻変動観測所は全国で28あるが、上の条件を備えた所は8に過ぎない。

本計画においては、地殻変動観測所を密に設けて、土地の傾斜と伸縮の変化を連続的に

観測し、測地的方法による地殻変動の検出が時間的にギャップのあることを補おうとするものである。すなわち、測地的方法によりある地域全体にわたる地殻変動を捕え、地殻変動観測所はその地域内の1点において、その変動の時間的推移を連続的に捕えるのである。

この場合もまた、観測所の数としては、できるだけ多いことが望ましいが、実行可能の点を考慮して次のような計画を立てる。

2. 計 画

(1) 観測所を密にすること

100 軒平方に1観測所、すなわち全国で70の観測所を設ける。この他に、特定の地域には50軒平方に1観測所の割合で設けることとし、これに30の観測所を予定する。従つて全国に合計100の観測所を設けることになる。

(2) 各種計器の併置

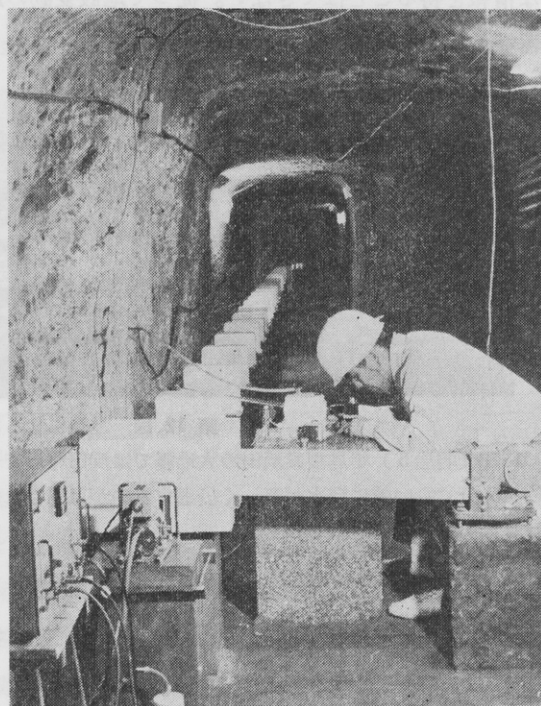
各観測所に、I) 水平振子傾斜計(2成分)、II) 25 米水管傾斜計(2成分)、III) 25 米水晶管伸縮計(3成分)、IV) 微気圧計、V) 精密温度計(大気中、地中各6カ所)、VI) 雨量計、VII) 重力変化計を併置し

て、あらゆる角度からの資料を集める。

計器を設置した坑内の温度変化を避けるため、観測者の出入を制限し、計器はすべて自記(1週間1回取換)、または遠隔記録または遠隔読取とする。この他、精密水準測量器、標尺、ジオジメーターなどを備える。

(3) 観測所付近で測地的方法による測定を反復して行なうこと。

各観測所付近の狭い区域に少くも40点(間隔250m)の水準点を設け、年1回以上、精密水準測量を反復して行ない、傾斜計による観測結果をチェックする。また、観測所の付近を基点として少くも3方向に長さ15km程度の基線を取り、ジオジメ



第13図 地殻変動観測所

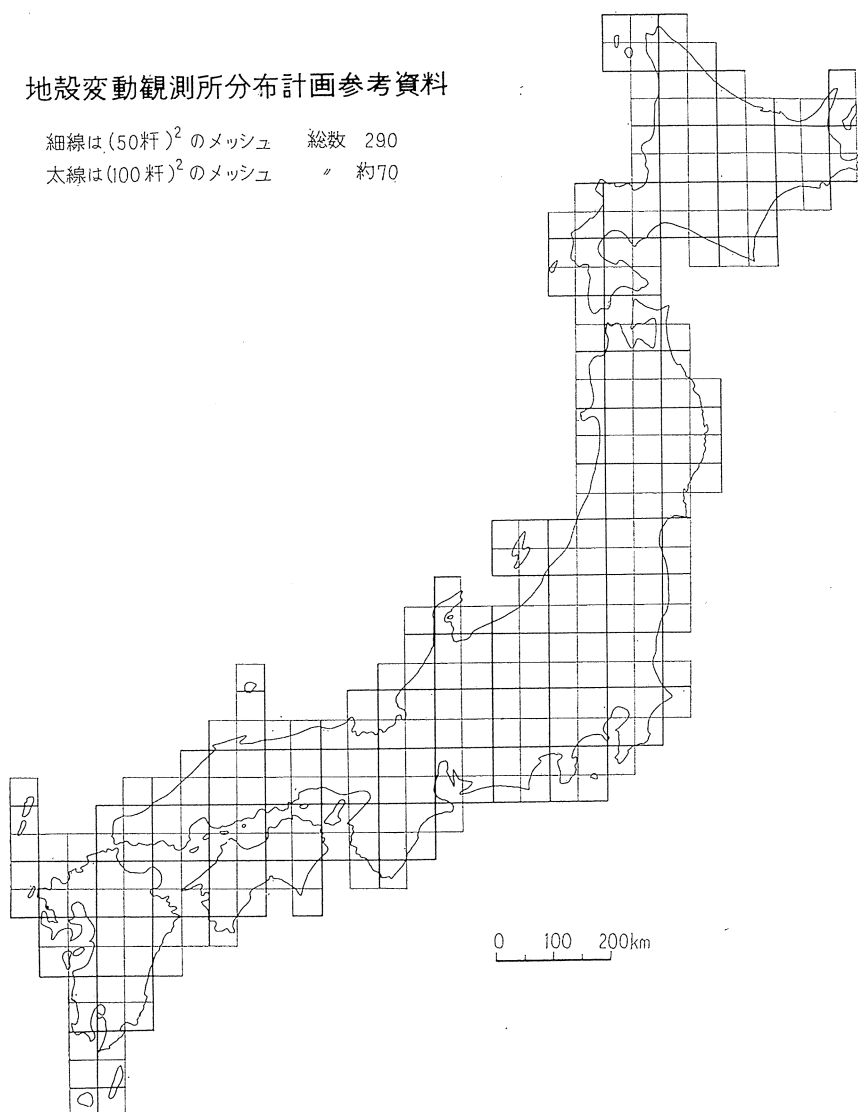
横坑内に据えられた25m水管傾斜計と25m水晶管伸縮計 (地震研究所鋸山地殻変動観測所)



第 14 図
 既存の地殻変動観測所

地殻変動観測所分布計画参考資料

細線は $(50\text{ 軒})^2$ のメッシュ 総数 290
 太線は $(100\text{ 軒})^2$ のメッシュ " 約70

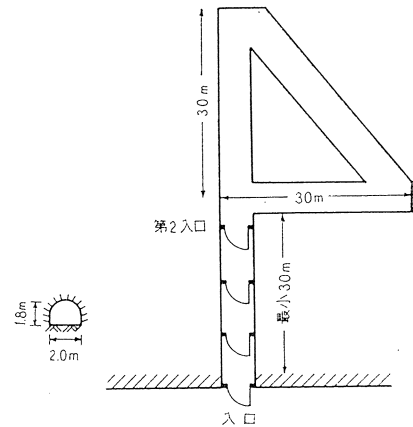


第 15 図

ーターにより基線長の変化を随時測定し伸縮計による観測結果（経年変化）をチェックする。この作業は §1 の計画とは一応独立して考えている。

(4) 観測所の構造

傾斜計、伸縮計などは地下の坑内に設置する。従来は、鉱山の廃坑、防空ごうの跡、廃止されたトンネルなどを利用したものが多いが、ぜひとも最も適した土地に基準の横坑を新たに掘ることが大切である。横坑は第 16 図のような形にしたい。条件のよい場所ならば、坑の入口から第 2 入口までの距離は 30 m でよいが、場合によっては相当長くする必要があろう。この他、坑外に記録室(30坪)と観測員の宿舍とが必要である。電力としては、100 ボルト 5 キロワットの供給が望ましい。



第 16 図 観測坑の構造

(5) 基準観測所の設置

全国 6 カ所に基準観測所を設け、管内観測所を指導、監督できる技術者を置く。ここでは、また新しい計測器の性能試験、標準化などを行なう。

(6) 中央局の設置

全国観測所を統轄する中央局を設け、全国の観測資料を集め、これを整理解析し、その結果により、ある地域の測地的方法による作業の反復期間を早めるなどの処置を講じる。ここでも亦データ処理法の近代化が望まれる。

3. 期待される成果

従来の傾斜、伸縮の観測結果を見ると、数個の例であるが、 $M=6\sim7$ 程度の地震では、震央が 50 軒以内の場合に、地震の 1~2 カ月前から土地の異常な傾動や歪が認められた。特に、数日前、数時間前に急激な変動が認められた場合もある。この種の観測は、気圧変化や降雨など気象状態の影響を受けることがあり、また水平振子傾斜計のように器械自身が零線移動を起こすこともあるので、観測された変動が間違いなく地震の前兆現象であると断定するには充分な吟味が必要である。

ここに計画した地殻変動の連続観測は、§1 の測地的方法と平行して刻々の地殻の情報を得ることによつて、地殻歪の蓄積と地震発生との関係を究明し、地震というものがどのような過程において発生するかを知ろうとするのが主眼であつて、地震直前の前兆を捕えることにのみこだわるものではない。しかし、本計画が実現すれば、前に述べたような地

震に前駆する比較的急激な土地の傾動や歪変化がある場合には、この観測網によつて確実に捕えられることになる。

土地の傾斜・伸縮変化の観測を行なう場合、わが国のように海に近い場所では、海洋潮汐による海水荷重の変化が地殻に弾性変形を起し、この歪が1日2回の周期的な傾斜・伸縮の変化となつて記録される。もし、ある地域の地殻内部の物性的性質が変化する場合は、この変形の度合がかわつてくるはずである。従つて、潮汐荷重による傾斜・伸縮の変化を精密に観測するならば、地殻内の物性的性質の変化を知る手段となる。潮汐荷重による土地の変形の度合が時と共に変化し、それが付近の地震活動と関係があるという観測例は、これまでにいくつか報告されているが、現在ではまだ十分な信頼性がない。もしそれが事実ならば、このような現象は、地震予知には重要性をもつものである。本計画が実現すれば、この問題もおのずから解決することになる。

§ 4 地震活動の調査

1. 地震の大きさ

地震予知を目的として地震活動の調査を計画するに当って、先づ調査の対象とする地震の大きさを明確にしておくことが大切である。ここでは地震の大きさ別のよび方を次のように決める。Mは地震規模等級である。

大地震	$M \geq 7$
中地震	$7 > M \geq 5$
小地震	$5 > M \geq 3$
微小地震	$3 > M \geq 1$
極微小地震	$1 > M$

ここにいう大地震は、震源が特別に深い場合を除き、すべて破壊的地震である。中地震は震源が浅い場合には破壊地震となるが、その被害区域は比較的狭い。小地震以下の地震では被害を生ずることはない。

小地震・微小地震・極微小地震は規模等級によつて区別してあるが、たまたまその観測技術の上にも相違が見られる。これらの地震の観測に用いられる地震計の倍率、探知できる範囲（震源距離）、記録される波動の振動周期は、だいたい次のような値である。

地震	地震計の倍率	探知可能の限界	波動の周期
小地震	$< 2,000$	200 km	$> 1/10$ sec
微小地震	1 万～20 万	60～80 km	$1/20 \sim 1$ sec
極微小地震	100万～1,000万	20～30 km	$1/20 \sim 1/100$ sec

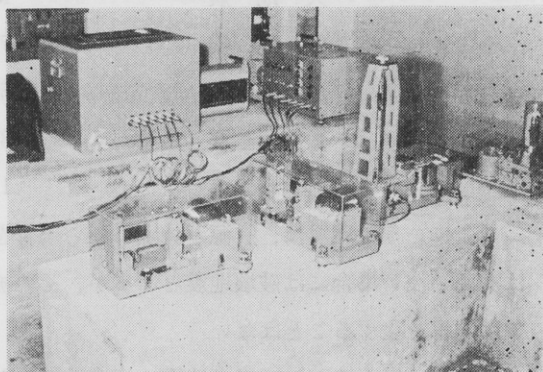
2. 大地震と中地震に関する活動調査

過去に起こった大地震および中地震に関する資料は、現在までにほぼ出揃つたと言える。日本の有史以来の地震に関する古文書の蒐集は震災予防調査会が行なつた大きな業績の一つであつたが、近年さらに増補されて“日本地震資料(416～1867)”として刊行されている。その要約ともいふべき大地震年代表は“理科年表”に記載され、現在までの破壊地震につき推定された規模等級も付されている。明治以後の大・中地震に関する資料は気象庁（古くは中央気象台）の刊行物に記載され、年と共に内容は詳細になつていく（1885～現在）。最近気象庁から発行された“日本付近の主要地震の表(1926～1956)”は大・中地震以上の地震につき震央・深さ・規模等級を記載してある。1951 年以後気象庁から発行されている“地震月報”には、小区域地震以上の詳しい観測資料が載っている。これらの観測資料

は気象庁の業務として、今後も刊行が続けられるであろうが、大・中の地震活動の調査には欠くことのできないものである。このように、大・中地震の資料に関する限り、調査に必要な資料はほぼ出揃っていると言つてよいであろう。

3. 小地震 ($5 > M \geq 3$) の活動調査

気象庁発行の“地震月報”に詳しく記載される観測資料は、いわゆる小区域地震以上の地震であつて、これは大体 $M > 5$ の地震と見てよい。これよりも小さい地震については気象庁はさしあつて $M > 5$ を $M > 4$ にする計画を持つている。これは気象庁管下の全観測所のウィヘルト地震計の記録を再読取することにより、ある程度過去にさかのぼつて資料を提供できるであろう。現在気象庁は全国観測所の地震計の近代化を図り逐次高感度電磁地震計を据えつつあるが、これが完結すれば日本の小地震の観測はさらに向上することになる。本グループとしては、気象庁がこの地震計近代化を $M \geq 3$ の地震を目標として



第 17 図 気象庁管下の観測所の近代化を担う
59 型電磁地震計 (水戸地方気象台)

進め、一日も早く何らかの形式で、全国の大・中・小の地震の観測資料が洩れなく報告され、地震予知計画の一環となることを切に望むものである。

4. 微小地震 ($3 > M \geq 1$) の活動調査

微小地震の観測は高倍率 (1 万～20 万) 地震計を必要とし、その設置場所も堅い岩石の露出した所に限定される。微小地震の常時観測は、現在では、筑波山 (震研)、阿武山 (京大)、松代 (気象庁) などで研究観測として行なわれているが、地震予知の立場からは、この観測網を全国的に拡げて、微小地震の活動の消長を詳しく知る必要がある。この場合も、観測点の数はできるだけ多いことが望ましいが、実行可能の点を考えて次のような計画を立案する。

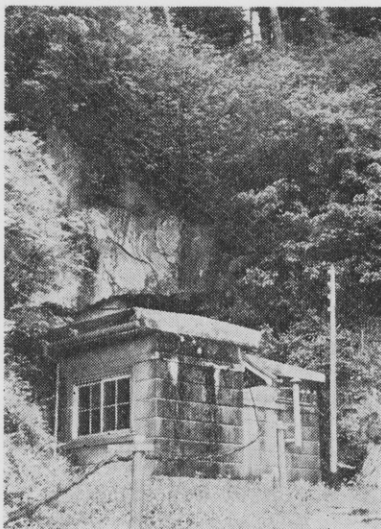
微小地震観測網の組織

次のような組織のもとに観測網を設ける。

(a) 中央局

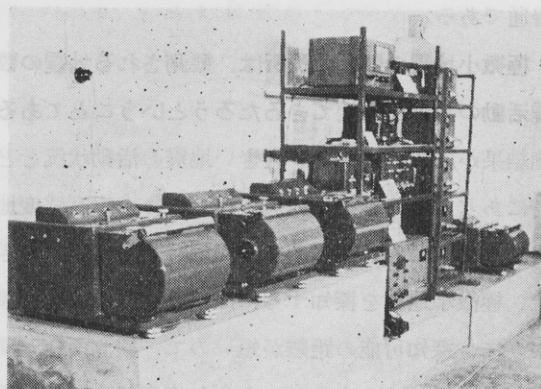
(b) 支 所

全国に 20 の支所を置く。場所は交通便利な所を選び、原則としては観測は行なわず、管下の観測所の保守と監督、観測資料の処理を行なう。



第 18 図 微小地震観測用の地震計室

堅い岩盤上に電磁地震計の換振器が置かれる。地震動は電流変化に換えられ別棟の記録室（第19図）に送られる。



第 19 図 微小地震観測用記録室

中央より左 記録装置（3成分用）3台
中央より右 水晶時計、記録ドラム駆動用電源装置、時報受信機等

（地震研究所筑波山観測所）

（c） 1級観測所

1支所の管下に1級観測所を3カ所に設ける。この観測所には2種類の高倍率電磁地震計（各3成分）を置く（例えば、 $T_p=1\text{ sec}$, $T_g=1\text{ sec}$ 及び $T_p=1\text{ sec}$, $T_g=0.2\text{ sec}$ ）。

この観測所は地震の震源位置決定のみならず、その規模（M）、発震機巧等の情報をうるために完全な波動記録をとることを目的とする。したがって振巾のスケール・アウトをふせぐため数種の倍率の記録を行なうか、何等かの特別の工夫を加えることが必要である。

（d） 2級観測所

1支所の管下に2級観測所を6カ所に設ける。使用地震計は高倍率電子地震計1成分とし、適時場所を移動することも考えられる。主として震源位置決定と局地的地震活動度の監視を目的とする。

このような組織をいかなる機関に付属させるべきかについては §8 で改めて考える。

5. 極微小地震（ $1 > M$ ）の活動調査

極微小地震の観測は電子増巾器を使用した超高感度の地震計で行なわれる。観測場所は特に土地のノイズの小さい堅い岩盤の所を選び、多くの場合地表を避けて横坑の中などに換振器を置く。観測される地震の数は短時間でも相当な数に上るので、観測を連続的に行なわず、1日に数時間抜取り試験式に行なう。観測時間はノイズの小さい夜半を選ぶのが

普通である。

極微小地震の観測の長所は、観測される地震の数が非常に多いので、比較的短期間に地震活動の状況が推定できるだろうということである。しかし、このような極微小地震の観測結果がはたして、より大きい地震の活動状況とどのような関係にあるかは、なお研究段階にあり、かつ極微小地震観測のための超高感度地震計を置くことのできる場所は、かぎられた非常に静かな場所で、観測時間も夜間のかぎられた時間という制限を受ける。また、極微小地震を探知するには、3点以上の観測網を設ける必要があるが、前にも述べたように、探知可能の距離が短いので、観測所相互間の距離が20~30 kmを越えることはできない。従つて、もしこのような密度で全国的に観測網をしくとするならば、観測所の数は何千という龐大な数になる。

このような点を考慮して、現段階における最も適当な案として次のような計画をたてる。すなわち、6カ所の特殊地域を選び、ここに固定した5点観測網を設けるが、他の地域は観測車により随時移動して観測してゆくという方法である。その詳細は次のようである。

計 画

(1) 基本観測所の設置

5点観測網のうちの1点を基本観測所(Base)として内容を充実させる。ここには
建物・付帯設備(電源設備などを含む)、
地震計(3成分3種 1組, 1成分 6個)
を置く。これらの地震計を7カ所(相互の距離は数百m程度)に分散配置する。

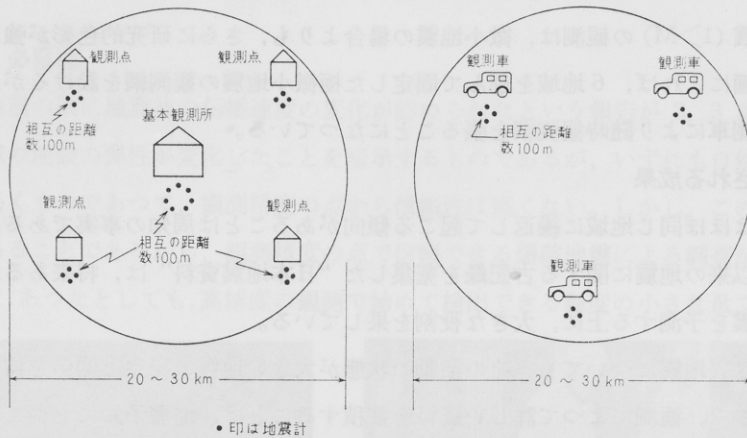
(2) 4観測点の設置

基本観測所のほかに4観測点を設け、各観測点にそれぞれ
建物・付帯設備、
地震計(3成分2種 1組, 1成分 3個)
を置く。これらの地震計は4カ所(相互の距離は数百m程度)に分散配置する。

(3) 移動観測車

基本観測所に移動観測車(自動車)3台を置く。観測車には1台毎に
地震計(3成分2種 1組, 1成分 3個)
を備える。これらの地震計は目的地で4カ所(相互の距離は数百m)に分散配置する。3台の観測車は行動を共にし、目的地で径20~30 kmの区域に配置され臨時観測網を作る。以上を分りやすく図示すれば第20図のようになる。

観測車では磁気テープ記録方式の利用も考えられる。全国の観測網を総括するには中央局が必要であり、記録の整理解析には特に今後適当な方法を考える必要がある。



第 20 図

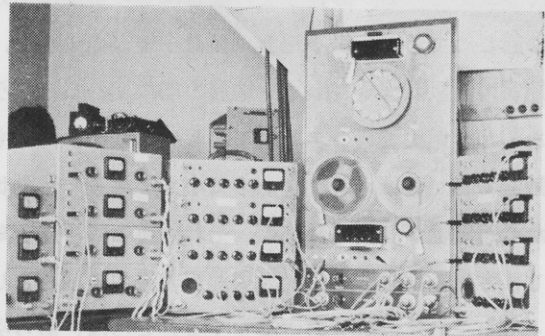
6. 総括

上には各大きさの地震別に、その観測計画を述べたが、ここではこれを総括してみることとする。

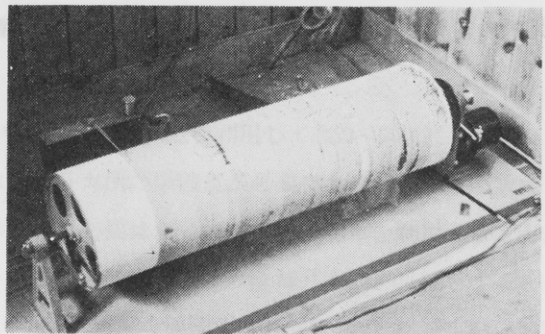
大地震 ($M \geq 7$) と中地震 ($7 > M \geq 5$) については、既に資料は出揃った感があり、今後起こる地震については気象庁の業務として資料の十分な集積が行なわれてゆくであろうから、これに関しては新しい計画を必要としない。

小地震 ($5 > M \geq 3$) については、現在気象庁が計画している記録再読取の作業と管下の全観測所の近代化とが実現すれば、充分の資料が得られることになる。従つて、本グループとしては特に計画を立てる必要はなく、気象庁の計画実現を促進するのみである。

微小地震 ($3 > M \geq 1$) の観測は、現在気象庁で行なっている業務観測とは異なつた性格のものであり、多分に研究観測の色彩が強い。一方、本計画によれば、新設する常時観測



第 21 図 極微小地震観測用地震計



第 22 図 同上記録ドラム

所は 180 という大きな数になるので、事業的な性格を持つことになり、従来の研究観測の概念には当てはまらない。

極微小地震 ($1 > M$) の観測は、微小地震の場合よりも、さらに研究的色彩が強くなってくる。本計画によれば、6 地域を選んで固定した極微小地震の観測網を設けるが、他の地域は移動観測車により随時観測網を張ることになっている。

7. 期待される成果

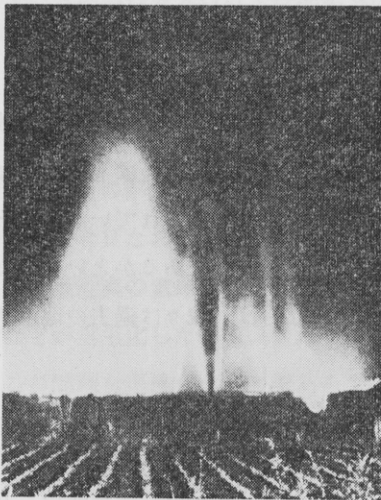
破壊地震はほぼ同じ地域に繰返して起こる傾向があることは周知の事実である。この意味で、有史以来の地震に関する古記録を蒐集した“日本地震資料”は、将来ある地域に起こる破壊地震を予測する上に、大きな役割を果たしている。

さらに小さい地震についても、その活動の状態が大きい地震の発生と関係を持つことが期待されるので、観測によつて詳しい資料を蓄積することは、地震予知にとつてきわめて重要な意義をもつ。実際、大きい地震の前に、小さい地震を頻繁に感じたという報告はいくつかある。しかし、多くの場合はこのような前兆はなく、大きい地震が何の予告もなしに起こってきた。微小地震や極微小地震のような、最近まで観測が行われなかつた小さい地震の活動状況が、大きい地震の前に変わるかどうか、これは誰でも興味をもつところであるが、観測資料のきわめて乏しい現在では何とも言うことはできない。本計画によつて観測資料が蓄積され、きわめて小さい地震の活動状況と大きい地震の発生との間に、何らかの規則性が見出されれば、それは直ちに地震予知に役立つことになるであろう。しかし、本計画は必ずしも大きい地震の発生の前兆としての小さい地震の調査にのみ重きをおくものではない。その主眼とするところは、あらゆる大きさの地震の活動状況や発震機巧などの調査を行ない、前章に述べた測地的方法、地殻変動連続観測などを総合して詳しい地殻の情報をそろえることによつて、地震予知に着実に到達しようとするところにある。

§ 5 爆破地震による地震波速度の観測

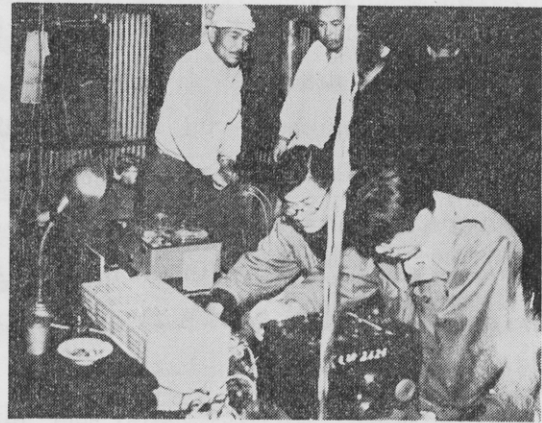
1. 必要性

大地震の前に地震波の伝播速度の変化が認められたという報告が 2, 3 ある。これはその地域の地殻の弾性が変化したことを暗示するものであるが、いずれも自然地震の観測結果に基くものであつて、観測精度の点から信頼性は高くない。しかし、このような現象は興味あることであるから、観測精度の点で信頼できる爆破地震による調査が要求される。変化は、あつたとしても、高精度の観測で始めて検出できる程度の小さな量であろう。



第 23 図 爆破地震

爆破は夜半に行われる。強い振動に続いて井戸から高く水が噴きあがる。
(朝日新聞社提供)



第 24 図 爆破地震
爆破点の作業

(中日新聞社提供)

2. 計画

夜間、薬量 1~2 トンの爆破を行ない、静かな観測点を利用して 250~300 軒の距離まで観測を行なう。全国をカバーするには最少 6 カ所の爆破点が必要である。観測点の数は 1 爆破に対して 20 点とする。観測点は固定の必要はないので移動観測車を利用することができよう。同じ爆破点で爆破を行なう間隔としては、はじめは毎月 1 回を目標とする。

観測点としては、§ 4 に定義した大・中・小地震の観測所は利用できないが、微小地震観測所の多くは利用でき、極微小地震観測所はすべて利用できる。

使用する地震計は、極微小地震観測と同種のものである。従つて、本計画は § 4 の微小地震観測計画と重複する点があるが、両計画の間である程度の調整を行なうことができるであろう。各爆破点には、さく井機、発火器など爆破に必要な器具を備える。

§ 6 活断層の調査

1. 研究の必要性

破壊的地震に断層を伴うことが多いのはよく知られたことである。一方、長期間における地震活動の分布状態を知ることは、地震予知にとつて最も必要であるにもかかわらず、歴史時代以前となると震動そのものの記録は残されていない。従つて、新しい地質時代に活動した断層（以下活断層とよぶ）の分布や性質を調べることは、地震予知の問題で先づとりあげなければならないことと考える。しかも、「予知のために地殻変動の精密観測をどこでなすべきか」に関しても重要な参考資料を提供するにちがいない。

2. 研究の手がかり

わが国では、明治以後だけでも 10 例以上の地震断層がある。一方、同じ地域には多数の地質学的断層がある。両者のうちあるものはたがいに似ており、あるものは似ていない。いずれにせよ両者はおそらく何らかの関係にあることは一般に考えられているところであるが、たとえば多数の地質学的断層のうちどれが地震断層と同類であるかということは、現在必ずしも適確に指摘できない。もし、それができるならば、我々は過去の地震断層を推定することができることになる。

例えば、根尾谷・福井の地震断層は、北西—南東方向に走り、西盤が南へ移動したものである。この付近の北西—南東方向に走る地質学的断層について調べてみると、地震断層と地質断層の間に多くの規則性を見出すことができる。このような規則性は、活断層の分布の研究が、地震予知あるいは地震の本質探究のために、何らかの役にたつことを教えている。

3. 研究の計画

明治以来日本にできた地震断層 10 のうち 8 までは、東経 133.5° ~ 139.5° 、北緯 34.5° ~ 36.5° のなかにおこっている。この範囲内の地質学的断層のうち大きいものについて、断層面およびその周辺の岩石の性質を、地震断層と比較調査する。そのようにして地質学的断層のなかから過去の地震断層とおもわれるものを抽出する（第 1 段階）。

それらが海岸平野・河岸平野をよこぎる地点において地形学的調査をして、いつごろに運動したかなどを知る（第 2 段階）。

このほか活断層以外に、活動褶曲、造盆地運動、その他の第 4 紀地殻変動を日本全国にわたつて調査し、その量的な分布を調べることは、現在の地殻変動を知るうえに重要である。歴史時代、先史時代の地形変動の資料を調べる史学的、先史学的研究も望ましい。

§7 地磁気・地電流の調査

1. 従来の研究

地震の前駆現象としての地磁気・地電流の変化の研究の数は多い。ここに地震予知の計画を立てるに当つては、まず過去の研究につき十分検討し、何が最も適当であるかを判断し、これを開発してゆくことが大切である。次に従来の研究の概要を述べる。

(1) 地磁気の局所的变化

多くの大地震の震央付近での地磁気伏角の測量から、地震前後の局所的变化が研究されてきた。この変化の原因としては、岩石磁気の研究からみて地下温度変化を重視している人もある。しかし、測定精度の点からみて、地磁気の変化として報告されたものが果して地震発生に伴つて起こつたか否かは、今日なお議論の対象となつているところである。最近真の意味の絶対測定であるプロトン磁力計などが実用化したので、これらの磁力計を活用してこの問題を再検討すべきであろう。

(2) 地磁気・地電流の急変化

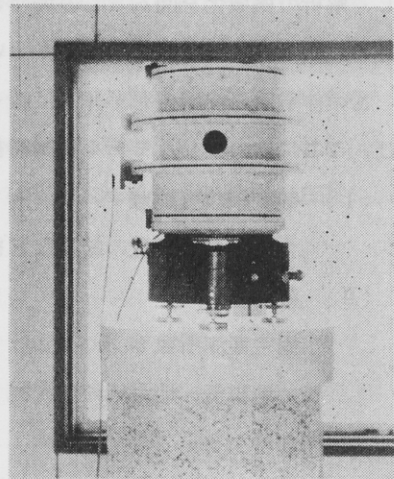
地電流と地震の関係の研究の一つとして、地電流が地磁気よりも浅い表層の構造により左右される特性のあることを利用した次のようなものがある。

同じ方向でも電極距離が異なると、単位距離当りの地電位差に差が生ずるが、この地電位差の局所的分布の差を自動的に記録してみると、大きい地震のなかには、地電流の特別の変化と関係を示すものがしばしば見られると報告されている。この地電流変化が地震以外の原因によるか否かの検討はまだ充分とは言えないが、今後研究を進める価値があると思う。

一方、高木式無定位磁力計が地震前に特殊な地磁気変動（周期は1秒以下といわれる）を記録するということが報告されている。このような変動が果して地震と関係があるか否かについては論議の対象となるところであるが、現在気象庁等においてその検討を計画し、実施を進めつつある。

(3) 地下の電気電導度の変化

地磁気変化と地電流変化の観測を比較することから、ある仮定によつて地下の電気電導



第25図 プロトン磁力計の本体
(国土地理院鹿野山観測所)

度を推定し、その変化と地震との関係を調べようとする方法が行なわれているが、このような方法は現在の観測精度の点からみて、地震と関係のある変化を検出できるかどうか問題である。

一方、大地比抵抗が潮汐荷重による土地の伸縮に伴って著しく変化することが報告されている。この種の測定は地震予知としては興味あることであるから、さらに検討を進めるべきであろう。

2. 将来の研究計画

上に述べた従来の研究結果を再検討し、合理的と思われるものにつき地震予知の立場から開発してゆく。採用された項目については、近代的方法と装置を採用し、観測網を充実し、解析の機械化を図る。この場合いくつかの項目は同一地点で同時に行なう。また他分野の観測も併せ行なうことが望ましい。

この作業は研究的色彩が非常に強く、方法研究の段階にあるので、まず特殊地域を選び、ここに次のようなモデル観測網を設けることを計画する。

(I) 観測網設置地域

全国地磁気測量の結果などを考慮して選ぶ。

(II) 観測点

固定観測所数カ所を設けて、地磁気、地電流の連続観測を行なう。

(III) 反復測定

地磁気の反復測定は、国土地理院の1等点については10年に1回、2等点については5年に1回行われることになっているが、本計画では上記の固定観測所の間をぬつてさ

らに頻繁に地磁気の反復測定を行なう。その際、国土地理院の1、2等磁気点における定期的磁気測量はできるだけ利用する。



第26図 標準磁気儀室

鉄釘など磁氣的物質を一切使わない
(気象庁柿岡地磁気観測所)

3. 期待される成果

地磁気・地電流の変化と地震との関係については、今日までたくさんの研究報告があるが、いずれも測定法に信頼性が欠けていたことや、両者を関係づける際の統計学上の吟味に欠けていたことなどが議論の対象となり、はつきりした結論が得られないまま今日に至

っている。上記の計画が行なわれるならば、比較的短い年月でこれらの問題点に対し最終的結論が得られるであろう。

地磁気・地電流の変化は元来いろいろな現象に起因するものであるから、その中から特に地震に関係ある変化だけを抽出することは容易なことではないはずのものである。それにもかかわらず、昔から多くの人が地磁気・地電流の測定から地震を予知しようと試みたのは、次の理由によるものと考えられる。

地震予知に関係ある他の分野の測定や観測は、地殻変動にせよ地震活動にせよ、いずれもみな大規模な作業となる。これに反し地磁気あるいは地電流の測定は、はるかに単純であり、経費、人手も少なくてすむ。このような作業の単純さは、誰にとつても、すこぶる魅惑的である。この魅惑こそ多くの人に地磁気・地電流の研究に関心を持たせたものであろうが、魅惑的であればあるほど、これまでの疑惑を早く解決することは、他の分野の計画を推進する上にもすこぶる大切なことになつてくる。そもそも、単純な作業や研究者の個人プレーにいつまでも頼つていては、永久に地震予知の実現は望めないということを、多くの人が痛感するに至つたのが、本グループの成立となり、大規模な予知計画の立案となつたのであるからである。

§ 8 地震予知計画を推進する機関

本グループの目的は、地震予知計画のブルー・プリントを作り上げることにあつた。これまでの7章にわたつて述べたことは、このブルー・プリントに相当する。実際にこの計画を推進するに当つては、関係する各機関がそれぞれの作業を分担してゆくことになるが、特に人員の配置や予算要求などについては、作業を分担する機関が、このブルー・プリントに基いてさらに詳しく具体案を練る必要がある。本章においては、我が国の地球物理学関係の諸機関の現状からみて、上に計画したい通りの作業を、どの機関が、どのような形式で分担するのが適当であるかについて考えてみる。

まず測地的方法による調査は、すべてが国土地理院の担当する測地事業の拡張と考えられる。§1に述べた計画は、地震予知の立場から立てたものであるが、この計画は同時に亦わが国の正確な測量成果の維持と国土の保全に対する要請にも応えることができるものであるから、国土地理院の事業として行なうことが最も適当である。

現在わが国の驗潮場の維持は、気象庁、国土地理院、水路部、その他の機関がそれぞれの目的から行なっている。従つて、本計画においては、驗潮場の増設整備を、これらの機関が分担して行なうことになつてゐるが、データ処理に関しては、適当な機関内に中央局を設け、近代化された方法で迅速に作業を行なう必要がある。

地殻変動の連続観測については、本計画によれば全国に100の観測所を設けることになる。この計画に述べられた規格の観測所で既設のものは、東京大学地震研究所と京都大学防災研究所が研究観測を行なつてゐる8観測所があるに過ぎない。100に及ぶ観測所の維持は、一つの大きな事業であつて、従来の概念による研究観測の域を越え、業務観測としての性格を持つてくる。しかし、作業の内容から見ると、業務観測としては、研究的色彩が強いので、これをそのまま現業官庁の業務とすることはできにくい。そこで考えられることは次の二つである。

(1) 大学研究所を画期的に強化すること。

従来の考えからすれば、このような大規模な事業、特に業務的色彩の強い観測事業を大学研究所で行なうことに異議を生じることになる。しかし近年科学の急速な進歩につれて研究の方法は次第に大規模になりつつあり、特に地球物理学においては、大規模な観測による資料と多数の研究者の協力がなくては、十分な研究の成果をあげ得ないものが多くなつてゐる。従つて、この際これまでの古い考えを捨て、大学研究所でこのような事業までも行なうという新しい方針に踏みきるのも一案である。

- (2) 関係官庁の付属研究所で行なうこと。

他の方法は、関係官庁、例えば国土地理院のような機関に付属研究所を設け、この研究観測として行なうことである。

次に地震活動の調査であるが、§4 に定義した大・中・小地震の調査については、現在気象庁が業務として行ないつつあるか、または近い将来これを行なおうと具体的に計画しているものであつて、いずれも気象庁の既設観測網の整備拡充により調査できるものであるから、特にここで論じる必要はない。ここで問題となるのは、微小地震と極微小地震の観測をどの機関が担当すべきかということである。この場合も、前に述べた地殻変動の連続観測と全く同じように、大規模な研究観測と言える。従つて、具体案としては、つぎのようなものが考えられる。

- (1) 気象庁に研究観測をおこなう部門をつくる。しかし、微小・極微小地震の観測は特殊な場所を必要とするので、気象庁管下の既設観測所で利用できるものは、ほとんどなく、すべてが新設になる。従つて、現実の問題としては、既存の観測所が利用できない現状からみて、気象庁がこの業務を担当することが特に有利とはならない。
- (2) 前述の地殻変動の連続観測と全く同じ見地から、大学研究所を副期的に強化して、ここで全国の微小・極微小地震の観測網を維持する。
- (3) 国土地理院に新しく研究観測を行ない得る部門をつくる。もし、地殻変動観測とむすびついた形でこれを行なうような場合は、微小・極微小地震の観測を、気象庁の従来の地震観測と全く別の性格なものと考えることができるから、気象庁の業務と重複することはないであらう。

爆破地震による地震波速度の観測は、前述の地殻変動観測や地震観測に比べて、それほど大規模なものではないが、従来の大学の研究としては大事業であり、業務的色彩が強すぎる。現在大爆破による地殻構造の調査は、全国の地球物理学者の協力による爆破地震動研究グループの手によつて行なわれているが、ここに計画した事業は、もはやこのような方法ではできない。作業の内容からみて、極微小地震観測と共通点が多いので、極微小地震の観測体制を具体化する際、その移動班として考えることも一案であらう。

活断層の調査は、さし当つては大学研究者の手によつて進められている程度の作業であるから、現段階ではその組織についてまで論じる必要はない。

最後に地磁気・地電流の調査であるが、これは前述の地殻変動の調査や地震活動の調査とややちがった点がある。それは現在どのような観測方法が最も適当で有意義であるかを、できるだけ早い時期に検討し、しかる後にこれを全国的に拡張しようとするものである。従つて現段階においては、まず適当な地域を選んで、ここに各種の計器を備えたいく

つかの観測所を設けることを計画している。従つて、現段階においては、気象庁柿岡地磁気観測所、国土地理院鹿野山測地観測所、及び水路部下里観測所の観測業務を主体として、これらに各大学が協力すればよいであろう。

本章においては、地震予知計画を推進するための機関について述べたが、いずれも、現に存在する機関を念頭に置いて考えてきた。しかし、相次ぐ各種の災害に悩まされている我が国の現状からみて、国土省と言つたような大きな機関が新たに設けられ、そこであらゆる災害の総合的対策と予防を行つてゆくことがきわめて必要なことと考えられつつある。もし将来このような防災を一手に司る国家機関が設けられた暁には、本計画の大部分はそこで最も適切且つ効果的に行われるであろう。

§9 期待される成果

本計画が実施された場合の期待される成果については、それぞれの章において述べてあるので、ここでは全体的に見た成果について述べることにする。また、このような計画によつて何年後に地震予知が実現できるのか、という質問は必ず出ることとされるので、このことにも触れておかねばならない。

まず、測地的方法による調査は、全国的の測定の反復周期として、水準測量が5年、三角測量が10年を計画しているから、この作業が完全に軌道に乗るのは、大体10年後と考えねばならない。ただし、特殊地域を対象とする反復測量は、5年後にはかなりの測定資料が得られることになる。しかし、最初の5年間は、測量器械の整備、要員の養成などに大きな努力がはられることを考慮すれば、作業が順調に軌道にのるのは5年後とみるべきであろう。験潮場の増設は2年間で完了できるであろうが、観測資料が役立つには数年間の蓄積が必要である。

地殻変動の連続観測は、まず6カ所の基準観測所を3年計画で建設し、ここで観測技術者を養成し、この人たちの手によつて全国100の観測所を8年計画で建設するとすれば、全観測所の設置を早ければ11年後に完了することになる。

微小地震の観測は、20の支所およびその管下の観測所を10年計画で設置する。

極微小地震の観測は6カ所の特殊地域に小観測網を設けることを6年計画で行なう。

爆発地震による地震波速度の観測は6年計画で6カ所の爆破作業が順調に引続いて行なわれるようにする。

活断層の調査は、2年間で一応完了するようにする。

地磁気・地電流の調査は、特殊地域における数個の固定観測所を3年間で設置を完了する。

このような早さで計画を進めれば、5年後にはある程度の、10年後にはかなり充分の地震予知に必要な観測資料が得られるようになる。すなわち本計画による測量や観測が完全に軌道に乗るには早くても約10年を要するということになる。それから後は資料蓄積の時期に入る。しかし、規模等級6以上の地震を予知の対象とするならば、統計上日本の陸地または陸地にごく近い海中で、目標とする地震は毎年約5回の割合で起こることになり、そのうち破壊地震は毎年約1回になる。従つて、本計画による数年間の観測資料蓄積によつても、目標とする地震の発生と観測された現象との関係を明かにできる公算は大へん大きいと言える。

地震予知がいつ実用化するか、すなわち、いつ業務として地震警報が出されるようになるか、については現在では答えられない。しかし、本計画のすべてが今日スタートすれば、10 年後にはこの間に十分な信頼性をもつて答えることができるであろう。

附 記

本計画書の印刷は文部省科学研究費（災害科学の総合的研究）によるものである。ここに記して関係当局に厚く感謝の意を表する次第である。