

地震予知の現状

萩原 尊礼

長期予知と短期予知

最近わが国の地震予知計画では、目標を長期と短期の二つに分けて考えるようになった。予知が実際に役立つという見地から考えると、まず数年先というような年単位のものが考えられる。たとえば、ある地域でM（マグニチュード）7くらいの地震が、3～4年以内に起る可能性が大きいといった類の予知である。これを長期予知と称することにする。このような長期予知は、時間をかけて防災対策を講じるのには大いに役立つが、3～4年先かも知れないが、もしかするともっと早く起るかも知れない、というのでは社会的混乱を起こすことになる。そこで、さらに時間的に切迫した予知、つまり短期予知もどうしても必要になる。短期予知としては、たとえば2～3日以内、または2～3時間以内に起る可能性が大きいといったような、日単位または時間単位の予知が考えられる。

長期予知

このように地震予知は、長期と短期の両方が必要なのであるが、現状では一体どの程度に研究が進んでいるのだろうか。まず長期予知について述べる。わが国の地震予知計画では、長期予知のための作業としては、測量の繰りかえしによる地殻ひずみの検出に重きが置かれてきた。三角測量の繰りかえしによれば、地殻の水平ひずみ（水平面内の主ひずみの大きさとその軸の方位、最大せん断ひずみ、面積変化）などを求めることができる。過去に内陸で起ったいくつかの大地震の前後に行なわれた三角測量の結果を比較すると、地震のとき生じた断層の近くでは、最大水平せん断ひずみが 1×10^{-4} という値になっている。これは、ひずみがこの値に達すると、地殻は破壊して地震を起こすことを意味している。したがって、三角測量によって既に地殻にどの程度の水平ひずみが貯えられているかを知ることが、長期予知に役立つと考えられる。しかし、この 1×10^{-4} という値は、断層の近くの値であり、それもきちんとした値ではなく、地域によって相当のバラツキがある。また、三角測量で得られるひずみの量は、三角点がかこむ三角形内の平均的な値であるから、この面内のある一部に大きなひずみが集中していても、それより小さな値を示すことになる。したがって、測量結果はこれらのことをよく考慮に入れて判断しなければならない。この方法の一つの難点は、わが国の三角測量がはじめて行なわれたのが、1880年代であるから、それより前のことは分らぬことである。相模湾周辺の地域のような場合は、1923年に関東地震が起って地殻のひずみは一応全部解放されたと考えられるから、この地震の直後に行なわれた測量と今日の測量を比較すれば、関東地震以後今日に至る約50年間に、どのくらいの水平ひずみが蓄積されたか、その絶対量を知ることができる。実際には、最近の改測により、相模湾を含むいくつかの三角網内の最大水平せん断ひずみは、最も大きいもので 3.9×10^{-5} という値が得られている。この値は 1×10^{-4} にはまだ遠いから、関東地震が近い将来再発するとは考えられないと判断されている。また、今日問題になっている東海地震の場合は、駿河湾を含む地域の最大水平せん断ひずみは、1884年の一等三角測量と1973年のそれと比較して、最も大きいところで 3.8×10^{-5} という値が得られている。安政の東海地震は1854年に起っているから、仮に安政地震の直後から今日までに等速度でひずみが蓄積されてきたと考えると、今日の最大水平せん断ひずみは 5.0×10^{-5} という値になる。この値は、駿河湾をはさむ三角点間の距離が50kmを越えた長距離であることを考慮に入れると、湾の内部ではもう少し大きい値になっているかも知れない。

他の多くの地域については、かつて大地震が起ったのは遠い昔であって、地震で一たん解消された地殻のひずみが今日までにどれだけ蓄積されたか、その絶対量を知ることがむずかしい。しかし、岩石の破壊実験が示すように、岩石の変形が弾性限界を越えて破壊に近づくと、見かけの弾性率が低下して変形しやすくなって、周辺から加わる力が前と同じ割合で増加していても、変形は前より急速に進行するようになる。したがって、測量を繰りかえし行なっ

てゆき、もし地殻のひずみの進行が加速されてきたら地震の発生が近づいたと考えてよいであろう。実際に、1964年の新潟地震（M7.5）の場合にこのことがはっきり示されたことは有名な事実である。この地震は日本海の粟島と本州の中間に起ったが、震源域に近い本州の海岸沿いにひん繁に行なわれていた水準測量によると、この辺の土地は1889年の最初の測量以来毎年1mmくらいの割合で、ごくゆるやかに上昇を続けていたが、地震の数年前から上昇速度を増し、所により約10倍にも増加した。

このように、三角測量または水準測量または距離測量の繰りかえしによって、既に蓄積された地殻ひずみの絶対量あるいは進行速度を絶えず検出してゆくことによって、地震の長期予知はできものと思っている。わが国の地震予知計画では、日本全国の一、二等三角点（合計約6,000点）を5年ごとに改測し、特定の地域や観測強化地域ではさらにひん繁に改測することになっている。水準測量は、全国の主要道路に沿って2kmごとに設けられた約1万点の標石につき5年ごとの改測を行ない、特定、強化地域については三角測量と同じく、さらにひん繁に改測することになっている。

このように、わが国の地震予知計画では、長期予知については測量による地殻ひずみの検出に重きが置かれてきた。数年前からこれと平行して地殻応力の測定法を早く開発すべきであるという気運が起ったが、なかなかはかどらなかった。おくれればながら昭和53年度からは、かなり組織的に開発が行なわれることになる。地山応力の測定は、既に工学方面で開発されて多くの成果があげられているから、これを地殻応力の測定に応用してゆくことになるが、地殻の応力である以上地表からかなりの深さで測定を行なわねばならないであろう。したがって、測定はすべて深井戸の底で行なうことになる。

アメリカでは、地震あるいは地質構造に関連して、Hydraulic fracturingの方法で地殻応力を求める実験が盛んに行なわれているが、まだ地震予知のためにルーチン的に行なう段階には来ていないようである。中国は1966年以来、地震予知を国家的事業として、研究を飛び越えて一気に実施に移してしまった。失敗してもその中から教訓を学びとればよいという中国式の行き方である。中国では、地震予知のための地殻応力の測定は非常に盛んである。装置も見どころ、いたって簡単であるし、測定の深さも余り深くないが成果をあげているという。中国では地震予知への一般住民の奉仕の協力が盛んであり、井戸水の変化や動物の挙動の異常などを政府に刻々報告することになっており、その数は十数万人に達する。アマチュアによる地殻応力の観測もまた盛んで、これは長期予知というより短期予知をねらったものらしいが、深さ僅か数mの孔の底に計器を挿入して土山の応力変化を測っている。この計器は、孔径変化法に似たもので、径の変化を測る代りに径方向の圧力変化を測る。管状のゴムの中に炭素粒をつめたものを径方向に置き、圧力変化による接触抵抗の変化を電流変化にかえて簡単な電流計で読取る。こんなことでよいのかと思うが、何百カ所で行なわれ成果があがっているという。

これまで述べた地殻ひずみや地殻応力の検出のほかに、長期予知に有望なものとして小地震や微小地震の監視がある。大地震の発生が近づいたとき、その地域あるいはその周辺部の地震活動のパターンが変わることが期待されている。つまり、大破壊に先立って小破壊が先行するわけである。また、平素発生している小地震、微小地震を利用して、ある地域の地殻を伝わる地震波の速度に変化が起っていないかどうかを監視してゆくことも長期予知に有望と考えられている。

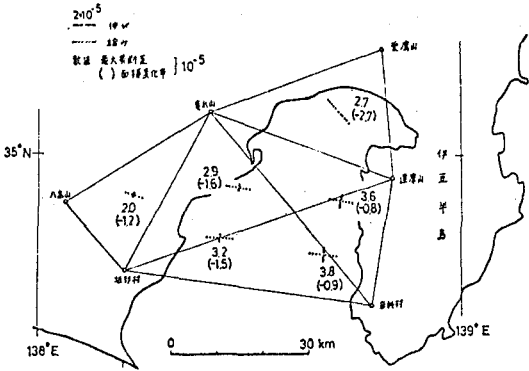
このように長期予知については、その実用化について、かなりははっきりした見通しがあるが短期予知の方はどうかだろうか。

短 期 予 知

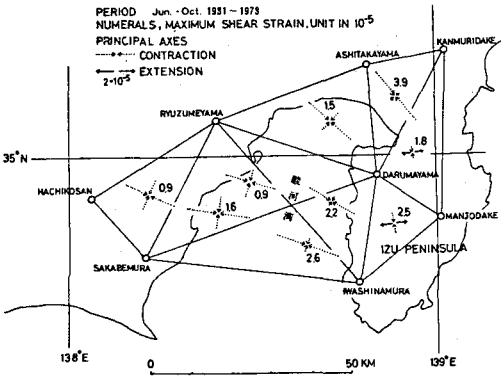
大地震が起る数日前から顕著な前震を生じた例として、1854年（安政元年）の伊賀上野を中心とした地震（M6.9、3日前から）、1896年（明治29年）の秋田、岩手県境に起った陸羽地震（M7.0、8日前から）、1930年の北伊豆地震（M7.0、19日前から）などがある。地震警報に大きな成功を収めた1975年の中国の遼寧省海域の地震（M7.3）の前震はきわめて顕著であった。5年前海域に近い営口に設けられた地震観測所は、大地震の3日前に設立以来はじめて一つの地震を記録したが、翌日になるとその回数は急にふえ、有感地震さえ混じるようになった。

また、1872年（明治5年）の島根県浜田の地震（M 7.1）のように、大地震が起る数十分前に、海岸で著しい退潮が認められた例がいくつかある。また、1943年の鳥取地震（M 7.4）のとき、震源から60km離れた生野に据えてあった傾斜計が、地震の6時間前から急激な土地の傾斜変化を記録した。1946年の南海地震の数日前から、紀伊半島や四国の太平洋岸に近い場所の井戸水が著しく減少したり涸れたりした。1944年の東南海地震の前日、静岡県掛川付近で水準測量が行なわれていたが、後に原簿の調査からその頃土地に急激な傾斜変動が起っていたことが分った。また、地震の起る30分くらい前から水準儀のレベルがフラついて作業ができなくなった。ソ連の中央アジアではM 5程度の地震が起る前に、微小地震の縦波の速度が横波の速度に比べて減少し、地震の起る直前にその値が元に戻るという事例が20ほどあったと報告している。1966年中央アジアのタシケントの直下でM 5.5の地震が起り、この町は壊滅したが、この地震が起る数年前から深井戸から湧き出る炭酸水の中に含まれるラドンの量が次第に増加し、地震直前に急激に増加した。

このように、地震の短期予知については、いくつかの有望と思われる方法が考えられるのであるが、どうも普遍性がなく、あるときにはある現象が前兆として現われるが、他のときには現われないというように思われる。つまり万能薬はなさそうである。その地域の地殻の性状や地質構造に大きく左右されるのであろう。したがって、短期予知については、いまのところ長期予知のようにはっきりした見通しがない。それゆえ、現在取るべき手段としては、まず長期予知に成功し、予知された地域に有望と思われるあらゆる種類の観測を投入して、短期予知に成功することに努力すべきであろう。一方、前に述べたように過去の大地震、特にM 7以上の地震の場合は、顕著な短期的前兆を伴った例も多いのだから、短期予報が発せられた場合の防災対策を予め十分定めておき、予知の効果が発揮できるようにすべきである。



第1図 東海地方水平歪（1973～1884）



第2図 東海地方における水平歪（1931～1973）