

地震予知の現状

Notes on the state of the art of the earthquake prediction

あさ
浅だ
田とし
敏*

1.

地震予知に関する小論を1978年に本誌にのせていただいたのであるが、また編集のかたから地震予知について書くように依頼をうけることとなった。前回からまだ7年しかたっていない。学問の他の分野では7年もたったというべき場合の方が多いのであろう。しかし地震学のような実験の出来難い分野では、自然現象の発生をまたなくてはならない。したがって7年という期間はかならずしも長いとはいえない。しかしその間に全く進歩がなかったということもあり得ないので、進歩のあとを、たとえ僅かであったとしても、注意深くたどって見たいと思う。

ここでまず1978年にどのようなことを書いたか振り返って見たい。大局的予想の話と長期的・短期的（または直前の）前兆という分類のしかたについてはあまり具体的に述べなかつたような気がするが、全体としてあまりに「整然」と書きすぎたような気がする。

整然と書いたとは上手に書いたという意味ではない。いかにも地震予知は整然と進歩をし、既にかなりまとまっている、という印象をあたえかねないように書いたという意味である。勿論地震予知は今日でもそう完全に進歩をしているわけではない。しかし考え方の根本は1978年の時点においても今日とそう異なっていたわけではない。ここでその時の要点を簡単に個条書きにして再録してみよう。

1. 中央海嶺でつくられた海洋底地殻は拡大して結局日本列島のような島弧でマントル中にもぐり込む。そのとき陸側の地殻すなわち大陸地殻はひずみ、そのひずみがある程度の大きさになると平衡がくづれ、地殻ははじめの位置にもどる。これが大太平洋沿岸の巨大地震の発生である。したがって断層は角度の低いすなわち水平に近い逆断層である。
2. 海洋地殻の拡大は連続的であり、地震発生のメカニズムは上述のようであるから、地震は繰り返し発生するものであることがわかる。これは大太平洋沿岸の地震のみならず、いわば2次的に発生する内陸の地震についても多小修正すれば適用され得る考え方である。大太平洋沿岸の地震の再来時間は100~200年であり、内陸および日本海の地震の再来地震は短くて数100年で多

くは1000年以上である。

3. ある地震が起こってから次の地震が起こるまでの間、その地殻中には時をおいて特定の変化が発生する。まず地震が発生する時、同時に地殻変動が発生する。また余震が発生しはじめることはだれでも知っている通りである。余震の発生とともに地震の時の地殻変動を打ち消す方向の地殻変動が発生する。余震が適當年数ののちに終息するとともにこの地殻変動のスピードはよりのろい一定のスピードとなる。このスピードで数十年も（大太平洋沿岸なら）続く。次の地震が近づくとき地殻にはいろいろな変化が起こる。
4. すなわち別の性質の地殻の変動がはじまったり、周辺で中・小地震の活動が盛んになったりする。また逆に次の地震の震源域には中・小地震の発生が少なくなったりする。もっと時間が進みあと数日とか数週間地震が発生する時期になると、いろいろな前兆が起こる場合が多い。前震の発生する場合もある。傾斜計などに記録される前兆の変動・地下水位や化学成分の変化・電波放射を含む電磁気的な異常現象等が起こることもある。
5. 上述の地震の大部前から起こる前兆を長期的前兆、後の方を短期的または直前の前兆と呼ばれている。地震予知はこのような前兆を捕捉することによって行われる。大局的に地震の起こるところを知るためには普通活断層や再来時間の考えが用いられる。
6. 長期的前兆の発生の原因としては岩石破壊の研究であらわれるダイレイタンスという考え方が引用される場合が多い。

以上が1978年の小論に少し内容をつけたして個条書きにまとめたものであるが、上述の説明は根も葉もないことではないことは勿論である。これまでの経験的諸事実に基づいて組み立てられた話であるので話のすじがまちがっているなどということはない。

しかし上述のとおりまとめには地震学にはある限度がある。すでに書いたように地球物理学では実験的研究を行うことがむずかしい。不可能というわけではないが一般には巨額の費用がかかりそのために実現しない場合が多い。したがって地球物理学では自動記録を用いたルーティン観測が、いろいろの量について行われている。

*東海大学教授

論 説

上述の1から6まで、ことに3, 4, 5の内容は長年の観測の結果をまとめたものである。長年といっても長いもので数十年、短いものでは数年の結果をとりまとめたのにすぎない。それであるから、これは数100年の観測の結果をとりまとめたものとはちがう。いわば断片的な知識を上手にまとめたというような傾向があることはいなめない。

2.

地震予知の方法論は正直に言えば断片的なデータないしは知識をつぎはぎしてまとめたのであるから、そのすじ書きがいかに整然としていても、実力には問題があるといわれてもしかたがない面がある。もっと具体的にいうと次のようになる。

すなわち前兆にはあらゆる種類、あらゆる型式のものがあり得るが、どんな地震のときにどんな前兆があらわれるのか、あるいはどんな地震のときに前兆があらわれ難いかというような知識はまだない。したがって今日の地震予知は前兆を捕捉しそうなネットワークを出来るだけ多敷く敷設して、ひたすら前兆のひっかかるのを待つということになる。しかしどのような時にどのような前兆が出るかという知識はほとんどないのであるから、地震予知の技術の現状はあまり高いものとはいえないだろう。

地震予知の技術について整然と説明して満足しているというような時代は過ぎてしまった。地震学者にとって目下のところ最も気になるところは自分達の知識が案外貧弱であるということ、気になりだしたのはこの数年というところであろう。学問が少しずつ進歩するにつれてこのようなことが気付かれて来た。

今のところ地震予知はいわば反省の時代に入ったといえよう。ここに反省というのは東海地震のように大きな地震も予知出来ないというのではない。もっと小さな内陸の地震などを適確に予知するには我々の知識や技術は不十分であると考えはじめたことが「反省」の成果の一つであろう。今日の地震予知の state of the art を簡単にいえば巨大地震の短期的予知が出来るといふにとどまる。

3.

この小論の最後の部分に、それでは、どの様な点が改善されるべきかまとめておきたいと思う。それによって読者は地震予知の現況を理解されるであろう。まず大局的予知(超長期的予知という人もいる)からはじめよう。

今村明恒氏が関東地震(1923)と東南海(1944)および南海地震(1946)のことを予言したのは、あるいは予想したのは有名な話であるが、前者もその予言より十数年たって、後者は更に20年たっていずれも同博士の存命中に発生した。

今日ではたとえば東海地域については測量が繰り返し行われておりひずみの進行が追跡されている。古文書による

歴史上の地震の調査も当時よりはずっと進んでいるから『大局的予知』も今村先生の時代より大部すすんでいるといえよう。

しかし内陸の地震については話はことなる。これは一部の例外をのぞいては、マグニチュードは高々7.3位である。M7.0または6.9位のものでも場合により大被害を生じるから油断は出来ない。内陸の地震については再来時間をたよりにして大局的な予知をすることは事実上出来ない。活断層をいわゆるトレンチ法によって調査するよりしかたがないであろう。また今日の微小地震のサイスミシティの知識のたすけをかりて、歴史上の地震の系列を調べることも必要だろう。

一部の例外とは濃尾地震である。これはマグニチュード8をこえるといわれ、深発地震の分布を立体視して見るとあらわれる構造の上に発生している。もう一つの例外は新潟地震(1964)・日本海中部地震(1983)・積丹沖地震(1940)をつなげる地質構造線上に発生する地震で、マグニチュードの大きいものは7.7に及ぶ。これらの地震は規模も大きく地学的意味合もはっきりしているが、「小さな」内陸の地震が次はどこに起こるか見当をつけることは今後の大問題であろう。

いわゆる長期的予知はあと何年位すると地震が起こるかという問題をとりあつかう予知であって、長期的前兆の継続期間が地震のマグニチュードと関係のあることに基づいている。といってもこの関係は非常にばらつきの大きいものであるからそう精密なことはいえない。

それよりもっと重大な問題はやはり長期的前兆をいかに効率よく捕捉するかということであろう。根本的には測量の繰返し頻度を高めること、地理的な密度を高くすること、なるべく広い範囲の測量をすることが必要である。多色ジオディメーター^{注1)}・VLBI^{注2)}・GPS^{注3)}などを取り入れることを急ぐべきである。

長基線(数100m)の水管傾斜計も有力な武器となるであろうと考えられはじめている。いろいろと基礎的な研究が必要であるが、これは見込みがあると筆者も考えている。ただ1か所あたり千万円以上の費用がかかるので、特に予知を必要とする特定の地域に設置するというような考え方がよいであろう。内陸の地震は莫大な被害を生じることも多いが、多くの場合被害を生じる範囲はせまい。小被害を生じる内陸の地震は数年に1回、大被害を生じる内陸の地震は10~30年に1回位である。したがって日本中にこの種のネットワークをベター面に敷設するのは経済的には合理

注1) 変調されたレーザー光を用いて距離を測定するものをジオディメーター(商品名であるが)という。1色では大気中の湿度等の影響を受けやすいので2または3色を用いて精度を上げたものもある。

注2) Very Long Base Interferometerの略。電波星からの電波の位相差(各地点での)を測定し地点間の距離を出す。

注3) Global Positioning Systemの略。これは数個の人工衛星よりなり、それぞれ電波を放射しながら地球を回る。それを受信してある地点の位置を出すシステムである。

的でないであろう。

次にとり上げるべきことは、直前の前兆を捕捉するためのネットワークはどうあるべきかということである。この項目について論じるべきことは際限もなくたくさんある。しかし紙数の制限もあることだしごく簡単にまとめると次のようになる。直前の前兆の現れる自然現象はいろいろあるがそのすべてに共通の問題である。

1. 前兆のスペクトルについて知る必要がある。その知識に基づいて不要の帯域をきり捨てる。それによって信号雑音比をたかめる。もっと具体的にいうと感度をたかめる。ものによっては100倍もたかめることが出来るであろう。
2. 信号雑音比をたかめる方法は何も帯域を必要最小限に制限することのみではない。観測点のえらび方・岩盤と測器との結合・群列による観測等々の工夫が必要である。
3. データの自動処理も大切であろう。気圧や温度による影響をとり除くこと、地球潮汐をとり除くこと等は自動的になされていないと、異状現象の判定の自動化は出来ない。

以上に述べた様なことはまだ組織的には行われてはいない。地震予知のように社会にとって重要なことの基礎的研究がこの程度であるというのはおどろくべきことであるが、この方面の研究者の人数の少ないこと等のためそのような状態にある。直前の前兆を捕捉するためのネットワークも特に必要な地域にのみまず敷設するのが合理的であろう。

4.

最後に東海地震のことに一言ふれておこう。

この地震は大局的予想という言葉で説明した方法によって考えられたもので、次に起こる太平洋沿岸の大地震はまず東海地域、もっとくわしくいえば駿河湾西岸を含む地域に起こるという考え方である。いずれこの地域に東海地震が発生するのであるから、直前の前兆の捕捉する観測網をととのえておくことによって、予知をすることが出来るというのが基本的な考え方である。

東海地震が注目されてからすでに10年たった。人間の生活から考えると10年というのは十分長い期間であるが、大地震の発生というような自然現象からみると、特別ないみのある期間ではない。すでに述べた今村先生の予言と関東

大地震、東南海地震、南海地震の発生との間の時間間隔を考えて見れば事情は似たようなものである。10年も起こらなかったからもうないのだというような考え方は見当はずれである。

駿河湾沿岸の測量は最近では毎年繰返し行われているからひずみは着実に進行していることがわかる。御前崎付近の沈降は年間3~4mm位であり、伊豆半島西岸と駿河湾西岸はほぼ年間1cm位ずつ近づいている。このような大きな変動が100年も200年も続いて地震なしですむとは考えられない。地震直後、つまり1854年の東海地震の直後の地殻変動はスピードがはやかったことを考えると、変動の総計は、単に今日得られる値を外挿して総計したものよりはかなり大きくなる。この様にして評価した地殻変動の値、1854年から今日までの値はすでにそう小さな値ではない。

駿河湾付近一帯での測量の繰返しはこの10年位で行われ始めたものであるし、地震観測も1960年位より以前は感度が低かった。御前崎沖の海底地震計が敷設されてからも数年しかたっていない。したがって長期的前兆がいつはじまったとか、またはまだはじまっていないのではないかなどということ判断することは出来ない。したがって東海地震については直前の前兆を捕捉するための観測網をととのえて短期的な予知をすると云う作戦がとられている。

1944年の東南海地震のときには水準測量で検出出来るような傾斜変動が地震発生前の1~2日前から発生したので、この程度の大規模の地震には容易に検出出来るほどの前兆が伴うのだと考えられている。我が国のように人口密度が大きく進歩した社会においては地震予知はある程度以上の精密さをもっていなければならない。

そのためには多様な観測網を十分な密度で敷設しなければならないと考えられているので、そのような考えの下に計画がすすめられている。また直前の前兆に関する知識をふやすために東海地域以外の中小地震の多発する地域での直前の前兆を捕捉する「練習」を繰り返すことが何より大切であろう。

人間のすることであるから絶対にまちがわないということとはあり得ないかもしれないが、東海地震の予知については、みのがしとか空振りというような間違いを極力小さくしたい。

(原稿受理 1985.8.5)