

地震 ジャーナル

2

1986年12月

- エッセイ 地震予知学の実力のほど ● 三木晴男
パークフィールドの地震予知 ● 金森博雄——1
日本がアメリカとなった話 ● 上田誠也——10
地震後10年 唐山を訪ねて ● 高木章雄——19
日本最古の地震 ● 山本武夫——20
瓜生島沈没の謎 ● 柳川喜郎——26
地震予知と“火の玉” ● 力武常次——32
地下核実験探知と地震学 ● 末廣重二——34
地震予知連絡会情報 ● 萩原幸男——41
● 書評——45
● ADEP情報——47

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

地震予知学の実力のほど

三木晴男

“学者の地震予想を検証する”とでもいった内容の本をいま書いている。予想が当たっていない場合をことさら強調して、学者を笑い者にしようとする魂胆だろうと受け取る向きがあるかもしれない。

日頃の行ないが悪いので、そう思われても仕方がないが、それは違う。

地震学者なら、実在の場所で、地震が起こるのか起こらないのか、それとも分からないのか、どうすれば、いつまで待ったら分かるようになるのか、とこんなことについて自分の考えを、研究して発表すべきである、とぼくは思っている。

しかし、そんな学者は少ない。皆さん、あれこれ考えて慎重なのでしょう。なのに、地震の後でもっともらしい講釈をたれる。そんな手合いよりも、ぼくはむしろ、軽率にも予想したがる少数派が好きだ。

たいていの場合、彼らはその時代の学術的常識に従って予測している。特別に奇抜な主張をしていることは、ほとんどない。だから、予測が外れたにしても、その責を負うべきは当時の学術的常識そのものである。つまり、当たり外れの程度は、当時の地震予知学の実力のほどを示す。

現在の地震予知学の実力は？

いま、地震予知に大切なファクターと思われているもののうち、10年昔もそう思われていたものがたくさんある。いや、ほとんどそんなものだけだ、と言ってもよい。よくなったのはデータの精度で、考え方自体は昔とさほど変わっていない。そんなファクターによる地震予測がどんな成績だったかを評価すると、現在の地震予知学の実力のほどが推定できるだろう。ぼくの狙いはそこにある。

問題は学者の地震予想をどこから引き出すかということ。テレビ・ラジオや新聞・雑誌など、先方が編集権をもつところでの発言や記事を取りあげるのは、先生方に失礼である。そんなところでの発言を得々とおっしゃる方もないではないが。

正々堂々たるやり方は、学術雑誌に出た論文をネタにすること、である。都合のよいことに、だからいささか気がひけるのだが、それを検証する作業はぼくの仕事でもある。

困ったことに、学術雑誌の場合、投稿から配布まで普通は約1年かかる。だから、そこで発表される地震予想は長期予測に限られる。地震予知研究の多くの部分が、連続観測による前兆の発見とそれによる短期予知の可能性の研究に向けられていることを思うと、この制限は痛い。

短期予知を検証する際のデータ・ソースの問題や方法は、別に考えねばなるまい。

パークフィールドの地震予知

金森博雄

パークフィールド

カリフォルニア州のパークフィールドはサンアンドレアス断層の上にある町で、ちょうどサンフランシスコとロスアンゼルスのはほぼ中間に位置しています。ここに近いうちに地震が起こりそうだという予知が2年ほど前に出されたので、急に有名になりました。アメリカの事情にそれほど詳しくない地球物理学者に「有名なパークフィールドの人口はどのくらいだと思いますか？」と聞いたら、「多分、小さな町で、1万人くらいのものでしょう」という答がかえってきました。実は、人口は34人（実際には泊まりにきている人や外出している人がいるために正確な数はわからない）です。したがって、地震予知の社会的な影響は殆んどゼロで、この点、日本の東海地震とは全く事情を異にします。このことは、地震予知を行なう上の哲学を考えるのに重要なので、あとでまたふれるこ

とにします。

このように小さな町で、しかも、ここに起こると考えられている地震がマグニチュード6程度なので、普通ならそれほど問題になるはずはないのですが、以下に述べるような事情で、パークフィールドは、地震予知が行なわれる前から、地震学者の間では大変に有名でした。一つの理由は、1966年に日米地震予知セミナーがアメリカで行なわれた際、パークフィールドがフィールド旅行の場となり、日米の地震学者が多数訪れたことです。その際、多数の地割れなどが発見され（笠原さんが最初に見つけられたと聞いています）話題になりました。その後、約1週間たったとき、マグニチュード6くらい（カリフォルニアで標準として用いられているリヒターの M_L スケールでは5.6）

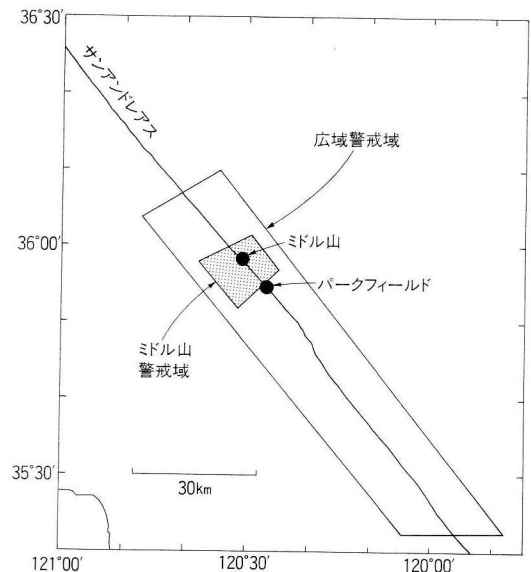
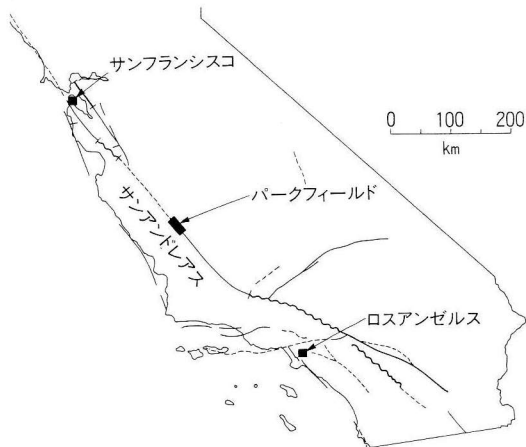


図1 パークフィールドの位置

右の図はパークフィールド地域の詳細図で、パークフィールド広域警戒域と、ミドル山警戒域を示す。ミドル山は1934年と1966年のパークフィールド地震の破壊がはじまった点と考えられている。

の地震が起きました。この地震は $M_L=5.1$ の前震を伴い、近くのハイウェイのセンター・ラインが数センチずれました。私はちょうどこのとき、パサデナのカリフォルニア工科大学にポスト・ドクトラル・フェローとして滞在していましたので、地震の翌日、カリフォルニア工科大学の地震学者アレンさんやスミスさんに連れられて、現場へ行ってきました。たしかにあちこちに断層によるズレがみられましたが、私は全くの新米の地震学者であったため、特別何もせず帰ってきて、そのまま殆んど忘れていました。

パークフィールドが有名になったもう一つの理由は、2つの地震の後で、安芸さんが、断層から80メートル離れた所で記録された強震計記録を使って、断層運動を量的に決められたためと思います。安芸さんは1966年に東京大学からMITに転任される途中、サンフランシスコで大規模なエアラインのストライキにあわれ、飛行機まちの間にパークフィールドを巡検されたのだと思います。これがきっかけで強震計記録の解析をはじめられたのだと思いますが、これはこの種の研究のさきがけとなり、その後、多くの研究がパークフィールドやその他の地震についてなされました。このようなわけで、パークフィールド地震は、地震の大きさのわりには有名でした。ちょっとわき道にそれますが、安芸さんのその後の研究にはいろいろの形でパークフィールド地震が登場します。誰にも気に入った地震というのがあるようで、その地震が後々の研究のスタイルに強い影響を与えるようです。

さて、このようなわけで、パークフィールドは一応の注目をあびていましたが、地震予知という点で特別な対象になってはいませんでした。アメリカの地質調査所（以後、USGSと書く）が小さなスケールの地震計網をもって地震活動をモニターしていましたが、1980年の5月にニューヨークで行なわれた地震予知に関するユーイング・シンポジウムの際に発表された論文では、「データはとれていますから、皆さんどうぞ使って下さい」というような感じで、はっきりとした地震予知研究という形をとっていませんでした。

パークフィールド地震の予知

地震予知という点で、パークフィールドが注目をあびたのは多分1981年ころからで、USGSのバーカンさん他が、パークフィールドに、むかし（1934年、1922年）起こった地震を1966年の地震と較べてからかと思えます。おもしろいことには1934年のパークフィールド地震は大きさも場所も1966年のものとだいたい同じで、しかも、前震の本震に対する時間・位置関係もそっくりなのです。すなわち、1934年にも1966年にも、 $M_L=5.1$ の前震が本震の17分前に起こっています。もしつぎのパークフィールド地震も同じように起こるとすれば、 $M_L=5$ くらいの地震が起こったら、17分後くらいに本震が起こると思えばよいので、地震の直前予知ができそうです。ところが、物ごとはそう簡単でないことがすぐわかりました。1922年のパークフィールド地震は、1934年と1966年と大きさも場所もだいたい同じなのですが、どうも前震（少なくとも $M_L=5$ クラスの）が起こったようすはないのです。したがって、つぎのパークフィールド地震が、1934年～1966年型でなく、1922年型であるとする、本震がやぶからぼうに起こることになり、前震をまっていたのでは、本震を見逃すおそれがあります。

USGSのバーカンさんとカリフォルニア大学（バークレイ）のマキャベリーさんは、この種の調査をさらにおすすめて、パークフィールドにおける歴史地震を調べました。歴史地震といっても、カリフォルニアではせいぜいゴールド・ラッシュのはじまった1850年くらいまで、それ以前は殆んど何もわかりません。1850年以後でも1900年前は人口もまばらで、地震報告のデータはあまり頼りになりません。それでも、カリフォルニア州のトポザーダさんたちは、数少ない資料を調べて、被害地震の表をつくりました。バーカン・マキャベリー組はこの表を調べて、パークフィールドには1857年から1966年までの間に、6つの $M_L=6$ 程度の地震が起こっていることを見つけました。図2に示すように、これらの地震の起こった年は、

1857, 1881, 1901, 1922, 1934, 1966年で、時間間隔はかなり規則的で、平均22年、標準偏差7年となります。実際には、1934年の地震だけが異端児であって、これがもし10年おくれて起こったとすると、地震の間隔は殆んど規則的になり、つぎの地震は1988(1966+22)年くらいと予測できます。1934年がどうして早産であったかはいろいろな説がありますが、結局のところよく判っていません。このような不規則性を考慮した上、バーカン・マキャベリー組は、「つぎのパークフィールド地震が1986年から1989年の間に起こりそうだ」と結論しました。この結論の基礎は図2に示すデータであって、細かい数字は解釈の仕方によって変わるとは思いますが、この予知の大すじは比較的明快と思います。

実際にはただ間隔が一様であるという以上に、少なくとも過去3つの(1992年, 1993年, 1966年)パークフィールド地震が非常によく似ていて、多分断層の同じ場所がくり返し破壊したものらしいということも重要です。どうしてそのようなことがわかるかという点、以上の3つの地震については、オランダのDe Bilt地震観測所のガリツツイン地震計による地震記録があり、これらの記録を比較してみると、大きさも波形もきわめて良く似ていて(図3)、いかにも同じ場所で同じような発震機構で起こった地震のようにみえます。このようなことは何でもないようですが、同一の地震計を同じ場所で長い間観測に使っていたため、このような簡単な比較で重要な結論が得られたわ

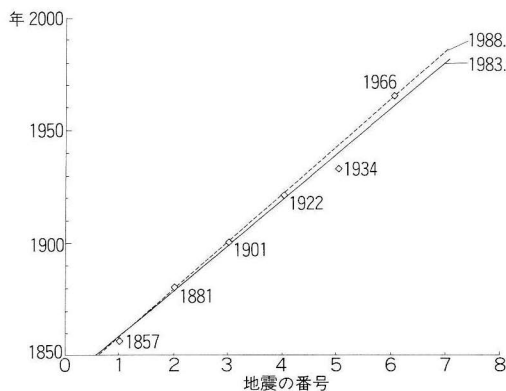


図2 パークフィールド地震の規則性

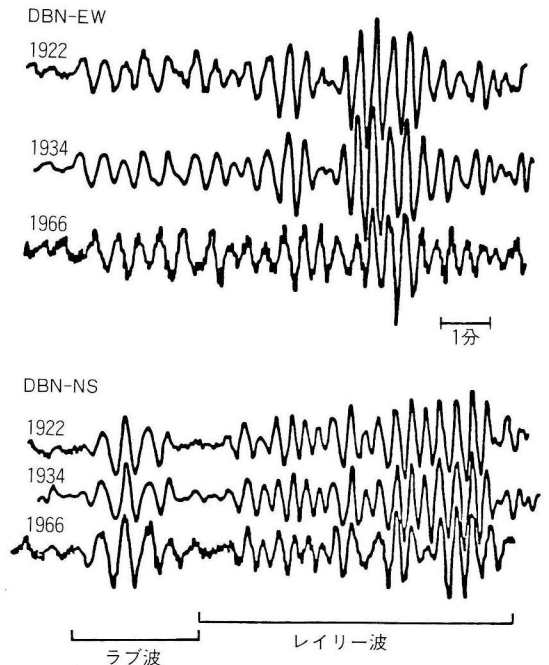


図3 オランダのDe Bilt 観測所で記録された1922年, 1934年, 1966年のパークフィールド地震
図にみられる波は主にラブ波とレイリー波。

けで、地震学では息の長い観測がきわめて重要であるという1つのよい例です。このように同じ場所で同じ機構で起こる地震という意味で、これらの地震は類似地震(英語では Characteristic Earthquakes)と呼ばれます。もし、つぎのパークフィールド地震もこの類似地震であれば、過去の地震とだいたい同じように起こるであろうというのが、基本となる考えです。

以上のような経過をたどって、どうも、経験的につぎのパークフィールド地震の長期予報を出してもよさそうだという雰囲気がUSGSの中に取りはじめたので、USGSの地震学者(多分バーカン、リンドさんとカリフォルニア大学のマキャベリさん)がパークフィールド地震の長期予報の草案をつくりました。これは1984年のことです。

NEPEC の活動

アメリカではこのような予知が出されると、それが科学的にみて妥当であるかどうかを検討する

政府機関があります。これは、連邦地震予知評価会議とよばれるものを、略して NEPEC (National Earthquake Prediction Evaluation Council) (ニーペク) と呼びます。会長はコロンビア大学のサイクスさんで、10人前後のメンバーがいます。半数は USGS の人で残りの半数が大学および他の研究機関およびカリフォルニア州政府の学者です。USGS からパークフィールド地震予知が出されたので、ニーペクは1984年11月に会合を開き、パークフィールドでの地震研究の結果と、USGS から出されたパークフィールド地震予知を詳しく検討しました。その結果、パークフィールド地震の予知はだいたいにおいてよろしいという結論に達し、USGS の所長に、USGS から正式のパークフィールド地震予知を出すようにとすすめました。また、カリフォルニア州にその旨 USGS から詳細を知らせるようにとの助言をしました。

実は、私はニーペクのメンバーなのですが、この11月の会合には、大学院生の面接試験と日が重なったため出席できませんでした。私は、後に述べるようにパークフィールド地震の規則性には多少の疑問をもっているのと、地震発生の確率の計算の仕方もあまり好きでないので、この予知の細かい点には賛成しかねてまいりましたが、いずれパークフィールドで $M=6$ 程度の地震が起こるであろうことはほぼ確かと思われまして、後に述べるように、この予知をニーペクがサポートした哲学そのものには賛成ですから、ニーペクの決定には結局は同調したと思います。

ニーペクは「つぎのパークフィールド地震は、1934年と1966年の地震とだいたい同じ程度の大きさのものと考えられるが、パークフィールドのすぐ南に連なるサンアンドレアス断層の40キロメートルの部分が同時に破壊し、 $M=7$ くらいの地震となる可能性もある」としています。この南の部分は、1857年にフォートテホンの大地震 ($M=8$ 程度) が起こった場所ですが、この40キロメートルの部分ではすべり残しがあるらしいというのが、 $M=7$ 地震の根拠です。このようなトリガー地震の可能性はいつもあり、実際に起こった例がいく

つも知られています (例: 1854年東海地震、1986年メキシコ地震)。しかし、パークフィールド地震予知のこの部分 ($M=7$ の部分) は、それほどきちんとした根拠のあるものとは思えません。要するに、この種の予報には相当大きな不確定さを伴うものなのです。ニーペクは「いずれにしても、パークフィールドにおける種々の地球物理量のモニターと、地震予知実験を最重視すべきである」としています。

ニーペクが発足したのは今から10年ほど前で、これまでもいくつかの地震予知の評価をしていますが、特定の地震の長期予知をサポートしたのはこれがはじめてです。

このような長期予報がでると、つぎは短期予報はどうかという問題になります。これに対するニーペクの見解は「アメリカにおける短期予報は結局は確率的なもの (相当の不確定さを伴うという意味) であって、予知があったらかならず (あるいは殆んど必ず) 予知された地震が起こるといようなものではない」というものです。実際には、その確率はいろいろな観測結果によって短時間のうちに大きくなったり、小さくなったりするものなので (パークフィールドの場合についていえば、 $M=4.5$ から5 くらいの地震が起こると、これは前震とも考えられるので、その後、数時間は確率が高くなります)、その時々事態に応じて、どのような責任体制で対処するかを前もってきちんと決めておく必要があるというのもニーペクの一つの結論です。

このような事態にスムーズに対処するために、USGS パークフィールド計画主任という役職がつくられ、それにはバーカンさんになりました。ニーペクはさらに、USGS は、対策用フローチャートをつくるべきであるとし、これに応じて USGS は1985年9月にその草案をつくりました。これについては後で述べますが、一つの重要な点は、いったん予知が出された後、予知された事象が起こらなかった場合に、その予知を取消す方法が考えられていることです。

このようなやり方は、日本の東海地震の場合と較べると、ずっとひかえめのように見えるかもし

れません。その一つの理由はニーペクが、地震予知、特に短期予報はまだきわめて幼稚な段階にあり、このパークフィールドの実験は進歩のための一段階と考えているためです。十数年前には、アメリカにもきわめて楽観的な地震学者がたくさんいて、時間・大きさ・場所を殆んど決定的に予知できる日は近いと思われていたふしもありますが、現状では、ニーペクの方針にみられるように、地震予知は、たとえできたとしても、かなり大きな不確かさを伴うものであるというのが、多くの地震学者の考えのようです。したがって、つぎのパークフィールド地震の短期予報は出されずとも「予知されたパークフィールド地震(M=6)が24時間以内に起こる確率は20パーセントで、72時間以内に起こる確率は37パーセントである」というような形で出されることになるでしょう。この確率は、新しい観測事実が得られるに伴って増加したり、減少したりします。

パークフィールド観測体制

現在パークフィールドでは、地震・クリープ・地殻歪・測地の4種類の観測網がはられ、データは常時解析されています。

つぎに各観測網の概要を述べます。

・地震観測網 地震の観測網はUSGSの中部カリフォルニア地震観測網の観測点(約20点)でカバーされていますが、カリフォルニア大学(サンタバーバラ)のボアホール地震計と、カリフォルニア州地質鉱山局の強震計がこれに加わっています。だいたい配置を図4に示します。この観測網ではだいたいM=0.8以上の地震をキャッチすることができ、震源要素(位置およびマグニチュード)は地震発生後3~5分くらいで決まります。

強震計は、地震が起こった後に、それがどのような地震であったかを調べるためのもので、予知とは直接の関係はありません。

図5にパークフィールド地震観測網で決められた最近の地震の分布を示します。1983年に起きた

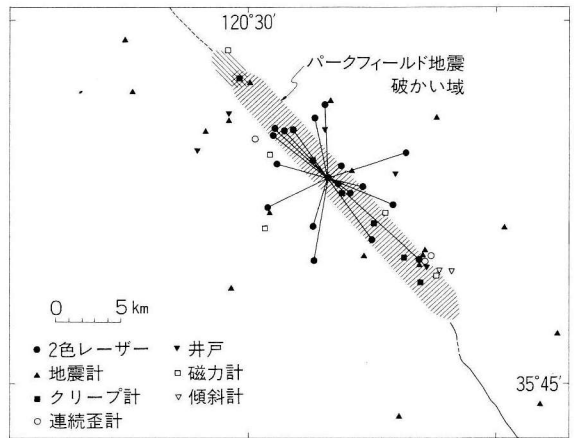


図4 パークフィールドの観測網

コアリング地震の余震が主ですが、サンアンドレアス断層上にはっきりした分布がみられます。

・クリープ 8点のクリープ・メータが配置されています(図4)。データは10分おきによみとられ、通信衛星および電話線でメンロパーク本部に送られています。

・連続歪 2種類の歪計が用いられています。1つは東海でも用いられているサックス・エバートソンの体積歪計で、2点に置かれています。他は、1成分の伸び縮み計で、これは1点です(図4)。データは10分ごとによみとられ、メンロパー

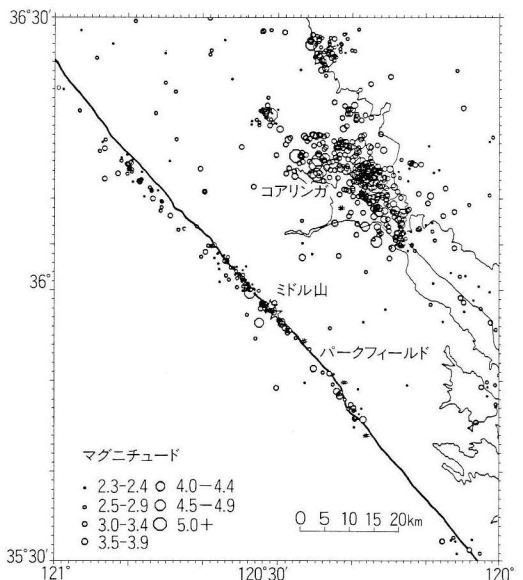


図5 パークフィールド地域の最近の地震活動(1925年から1985年6月まで)

クにテレメータされています。

傾斜観測は4点の浅いボアホール用の傾斜計の観測点で行なわれています。これも10分おきによみとられ、データはメソパークに送られています。

水位は5点でモニターされています。

地球磁場は7か所に置かれた全磁力計でモニターされています。

・測地測量 2色レーザー・ジオディメーター観測網——現在17の基線（平均基線長：5キロメートル）が2色レーザー・ジオディメーターではかられています（図4）。天候条件などがよければ、毎日観測が可能です。だいたいの標準誤差は5キロメートルの基線について、約0.5ミリメートル（ 10^{-7} ）です。

ジオドライト——パークフィールドは約80のジオドライト測量の基線でカバーされています。だいたいの誤差は 10^{-6} というところです。観測網全体を測量するのは大変ですが、少なくとも観測網の1部は毎年発行改測されることになっています。この他にサンアンドレアス断層に沿って、辺長測量用の小さい観測網があり、数ミリメートルの精度の観測を目標としています。

水準測量はパークフィールド付近で4つの測線について年3回程度の頻度で行なわれています。

警報の基準

パークフィールド地震は平均22年に1度の割合で起きていますから、もし、全くでたらめに起こるとすると、ある1日の間にパークフィールド地震が起こる確率は約 $1/10000$ となります（ $1/365$ 日×22年）。勿論、パークフィールド地震は全くでたらめに起こっているわけではありませんから、実際には確率はこれとは異なります。とくに、もし、なにか前兆現象のようなものが現われれば、確率は急に増加すると考えられます。

もし、1つの観測網からのデータがあらかじめ決められた値の範囲を越える異常を示すと、一種の警報が出されます（これは外部には出されません）。もし、異常が2つの観測網からのデータで

表1 警報レベルと地震発生確率

警報レベル	1日あたりの発生確率	警報発生頻度
d	0.0035から0.014	2か月から6か月に一度
c	0.014 から0.06	6か月から18か月に一度
b	0.059 から0.22	18か月から54か月に一度
a	>0.22	54か月以上

みつかった場合には、警報のレベルが上がります。警報のレベルと、それに対する処置などは表1（図6）に示してあります。問題は何を異常とするかですが、これは現在殆んど経験がないので（地震については、過去のサイスミシティーを基にして多少確率的な議論ができます）、殆んど主観的判断で決め、将来経験をつみ次第、改訂をつづけていくことになると思います。

一度警報が発せられた後、何ごととも起こらなければ、地震発生の確率は時間とともに減少して、警報発生前の値にもどるべきです。それではどのくらいの時間を一つの警報の寿命と考えるべきかですが、これもはっきり決めるデータはありません。1934年の前震活動の継続時間が67時間であったことを考慮して、一応一つの警報の寿命は3日間くらいとされています。

表1で警報発生頻度というのは、多分、警報がこのくらいの回数で発令されるであろうという推定値です。表によれば、警報dは1年に2回から6回発令されることとなります。勿論、パークフィールド地震がそんなにひんぱんに起こるはずはないので、それらはフォールス・アラーム（日本語では“からぶり”か？）となるわけです。こんなに“からぶり”するようでは困ると思われるかもしれませんが、警報dは、パークフィールド研究班の中でのみ出されるものですから、外部に迷惑がかかることはありません。しかし、警報aとなると、これは州の非常事態対策本部に伝わりますから、“からぶり”であると大変です。表1によると、警報aは5年に1度くらいですから、次のパークフィールド地震が起こると考えられている期間の最後、1993年までには1回くらい、この種の“からぶり”があることは覚悟しているわけです。

何をもって前兆現象とするかは、よく判っていませんが、1933年、1966年のパークフィールド地

震が前震を伴ったことを考えると、ある小地震が起きたとき、これを前震と考えて、つぎのパークフィールド地震の発生確率が高くなったとすることができます。南カリフォルニアの地震の統計から、いろいろの仮定をして、表2に示すような基準がつけられています。この表は、実際のものを少し簡略にしたものです。実際には警報dは、ときどき内部で発令されているようです。

パークフィールド地域では常時4mm/年から23mm/年くらいのクリープが観測されています。このクリープの早さが急激に変わったら、やはり地震発生確率が高まったと考えられ、警報が出されます。ただし、地震の場合と違ってデータがありませんので、基準は地震の場合よりさらに主観的です。表2と似たようなものがつけられていますが、例えば、72時間のうちに5ミリメートルのクリープがミドル山まで観測されたら警報b、何点かの観測点で10時間くらいのうちに5ミリメートル以上のクリープが観測されたら、警報aが発令されます。

連続歪については、今のところ経験がとぼしいので、連続歪のデータのみから警報aあるいはbを発令するためのはっきりした目安はまだつくられていません。

測地測量のデータについても同様で、それだけから、警報a、あるいはbが発令されることはありません。

以上は、個々の観測量について述べましたが、

2つ以上の観測量が異常を示せば、全体としての地震発生確率は増加するわけで、それに応じた警報が発令されます。

警報に対するレスポンス

一度警報が出た場合、それに対する対策が前もって考えられています。図6にその概略を示します。まず、2～3の職名を紹介します。USGSの所長ベックさんの下に地震・火山部があり、その部長は現在フィルソンさんです。この下にいる

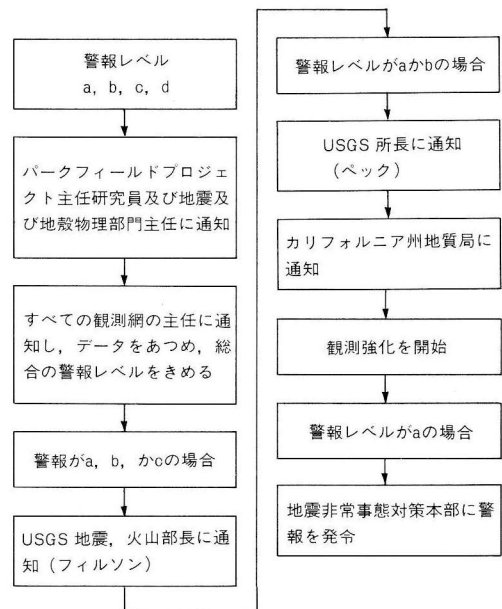


図6 警報に対するレスポンスの流れ図

表2 地震活動による警報のレベル

警報レベル	前兆地震活動	パークフィールド地震発生確率		
		24時間以内	48時間以内	72時間以内
d	(1)M=1.5の地震が、ミドル山警戒域*に起こった場合 (2)M=1程度の地震が、2個以上、72時間以内にミドル山警戒域に起こった場合 (3)M=2.5の地震が、パークフィールド警戒域に起こった場合 (4)M=3.5の地震が、パークフィールド広域警戒域*に起こった場合	0.0035	0.0056	0.0068
c	上の(1), (2), (3)でMをそれぞれ2.5, 1.5, 3.5とする	0.014	0.023	0.028
b	上の(1), (2)と同じでMをそれぞれ3.5, 2.5とする	0.059	0.090	0.11
a	上の(1), (2)と同じでMをそれぞれ4.5, 3.5とする	0.22	0.32	0.37

* ミドル山警戒域、パークフィールド広域警戒域については図1を参照して下さい。

いろいろの部門がありますが、ここで関係するのはエルスワースさんが主任の地震部門と、サッチャーさんが主任の地殻物理部門です。エルスワースさんとサッチャーさんはカリフォルニアのメンロパークに勤務しています。またパークフィールド・プロジェクトの主任は前にも述べたバーカンさんが当たっています。その他、地震・クリープ・連続歪・測地測量の観測網のチーフがいます。これらの人を紹介すれば図6は殆んど説明の必要がないと思います。実際には、この指令系統の原図は、もう少しくわしいフローチャート上になっているのですが、それをよくみると、いくつかの出口なしのループがあります。例えば、警報がdレベルであった場合、上から4つ目の箱から2つ目にもどるような矢印があり、どこにも出口がありません。つまり、警報dは主任研究員たちの間で、いつまでもぐるぐるまわることとなります。これでは皆が忙しくなりすぎて、一見不都合のようですが、実際には前にも述べたように、警報には一定の寿命(3日程度)があり、その間に何も起こらなければ自然消滅するというわけです。

最後に警報レベルがaとなり、地震非常事態対策本部に通報が発せられる際には、そのメッセージはつぎのようなものになると考えられています。

「サンアンドレアス断層のパークフィールド付近25キロメートルでの最近のUSGSの観測結果によると、これから72時間以内に、パークフィールド付近にM=6程度の地震が、50パーセントの確率で起こる可能性があります。M=6程度の地震では大きな被害はないものと思われまます。ただし、これに伴い、パークフィールドの南40キロメートルの地域に、もう少し大きい地震が起こる可能性もあります」。

パークフィールド地震予知に対する批判

以上に述べたように、一応パークフィールド地震の予知のためのいろいろな観測が行なわれ、プランがつけられています。これに対する批判もあります。

例えば、パークフィールド地震の規則性がこの

計画の基礎となっていますが、この規則性に疑問があります。これは多分に私の考えでもありますが、私の他にも同じようなことを言っている人がいます。1857年の地震は、実際には1857年のフォート・テホン大地震(M=8程度)の前震と考えられていて、これをパークフィールド地震の一つとするにはちょっと考えものです。また、このように大きな地震の後ではパークフィールド程度の大きさ(M=5.5から6)の余震がかなりの期間(2~30年)起こったかもしれません。1900年以前の記録はきわめて不完全なので、この程度の大きさの地震が記録もれになっていることは十分考えられます。実際、1985年の暮のアメリカ地球物理連合の会で、トボザグさんは1885年にもパークフィールドに地震があったらしいと述べています。また、彼によると1934年と1966年の地震は、有感域の大きさが、それより前のものと同くらべて約3分の1であることから考えて、ずっと小さい地震であり、「パークフィールドでは同じ大きさの地震が繰り返し起こる」という大前提と矛盾するというわけです。このような疑問は当然のことで、私も図2に示したようなデータから、 21.9 ± 7.2 年というような細かい話をするのはあまり好きではありません。

また、なぜ1934年の地震が10年早産したかということについては、今のところ妥当な説明はありません。南カリフォルニアには1927年にM=7.2、1952年にM=7.7などのパークフィールド地震よりずっと大きい地震がいくつも起こっています。それらの地震が、サンアンドレアス断層の歪の状態に何らかの影響を与え、規則性を見出したと考えることもできます。また、1983年にはパークフィールドからわずか30キロメートルしか離れていないコアリングにM=6.5の地震が起こりました。これも予知されているパークフィールド地震よりはずっと大きく、パークフィールドに何らかの影響を与えたかもしれません。コアリング地震はもう一つの疑問を投げかけます。コアリングとパークフィールドは非常に近いので、地震計のデータがないと、この2つを区別するのはそう簡単ではないのです。実際、1983年のコアリングを

1984年に起きた余震のときには、地震直後にドラム上の地震記録をみて、“さてはパークフィールド”と思った人もかなりいたくらいです。1900年以前にも、コアリング付近に地震が起こったとすると、それらがパークフィールド地震と混同された可能性も多分にあります。

このように考えていくと、どうもパークフィールド地震予知にいまひとつ迫力がないのは、パークフィールド地震が、他の重要なカリフォルニアの地震とくらべてずっと小さいことにあるようです。カリフォルニアには、他にもっと大きな地震が起こっているのに、何もパークフィールドだけにこれほどエネルギーを集中させなくてもよいのではないかという声が聞かれます。このような批判は大変もっともだと思います。要するに、パークフィールドが選ばれた主な理由は、たとえ予知（短期予報）に失敗しても、その社会的な影響が比較的少ないからだだと思います。地震学的には成功・失敗にかかわらず、この実験を通して相当の知識を得ることができると思います。このように書くと、これは地震学者のきわめて身勝手な考えのように聞こえるかもしれませんが、地震予知に伴う大きな不確定さを考えると、現在の段階で、予知そのものがきわめて重要な社会的影響をもつような場所で予知ができる段階ではないという判断によるものです。つまり見切り発車をせずに、小さな地震でまず予行演習をしてからということだと思います。

結 び

パークフィールド地震の予知そのものにはいろいろの問題がありますが、 $M=6$ 程度の地震がパークフィールド付近にいずれ起こるであろうということには誰も異論はないようです。とくに、最近の辺長測量データの解析によると、パークフィールドの断層面はほぼ完全にロックしていて、通常の地震の限界歪に近い歪がたまっていると推定されています。したがって、パークフィールドに配置された種々の観測網で、この先10年くらいの間に種々の前兆および地震後の現象がとらえら



1966年日米セミナー野外巡検の際、パークフィールドで発見されたフレッシュな地割を撮影する浅田敏教授（力武常次・撮影：編集部挿入）

れるでしょう。それらのデータを解析することによって、地震発生過程についての理解が深まり、さらに大きい重要な地震の未知への道がひらけることが期待されます。

つぎの日米地震予知セミナーのフィールド旅行を1988年ころにパークフィールドでやろうという話が一部で出ています。1966年の地震の直前に行なわれたフィールド旅行は、パークフィールド研究の一つのきっかけになりましたが、今度はうまくいけば、日米の地震学者が、つぎのパークフィールド地震が実際に起こるのを目のあたりに見ることになるかもしれません。

[かなもり ひろお カリフォルニア工科大学教授]

『地震ジャーナル』 発行とご購読について

本誌は、当年度2回〔6月・12月〕の発行を予定し、第1号を昭和61年6月20日に創刊し、今回、第2号をお届けいたします。

とりあえず、本誌は当財団に関わりのある方々や機関に無料配布いたしておりますが、ご購読を希望される一般の方々のために、下記のような実費頒布をいたします。お問い合わせ下さい。

記

○購読料実費〔送料を含む〕 1号 1000円
2号 1500円

○申込先

〒101 東京都千代田区神田美土代町 3
財団法人地震予知総合研究振興会

☎03-295-1966 ファクシミリ 03-295-1996
〔郵便振込口座〕 東京1-109120

●地震ジャーナル・編集部●

日本がアメリカとなった話

プレート・テクトニクス 最近の話題

上田誠也

とにしよう。

はじめに

“北米プレートとユーラシア・プレートの境界が日本海東縁部において、東北日本は北米プレートの一部なのだ”という説が話題をさらったのは、つい最近のことに思える。しかし、実はそれはもう3年も前のことで、本件に関してはすでに総括的シンポジウムが開かれ、その成果（月刊『地球』, vol. 6, No.1, 1984）も出版されている。しかも、このドラマにおいては、筆者は interested spectator にすぎなかったもので、適役でないのだが、当事者でないからこそ書けとの編集部よりのご依頼である。弁解が長くなったが、プレート・テクトニクスにおける一つのケース・ヒストリーとして、勝手なことを気楽に書かせていただくこ

Missing Plate Boundary

問題の発端は、日本の北方におけるユーラシア・プレートと北米プレートの境界はどこかということであった。ながらくこれはよく分からなかった。私事にわたるが、小著『新しい地球観』や『岩波講座地球科学』第一巻にみられる世界のプレート配置図などを見ても、日本列島の北方ではユーラシア・プレートと北米プレートの間には境界が書いてない（図1）。もともとこれらの図は Le Pichon (1967) や Dewey (1972) からの引用であるから、筆者の責任ともいえないのだが、これはやはり困ったことだった。異なるプレート間に境界がないのは、論理の矛盾だからである。

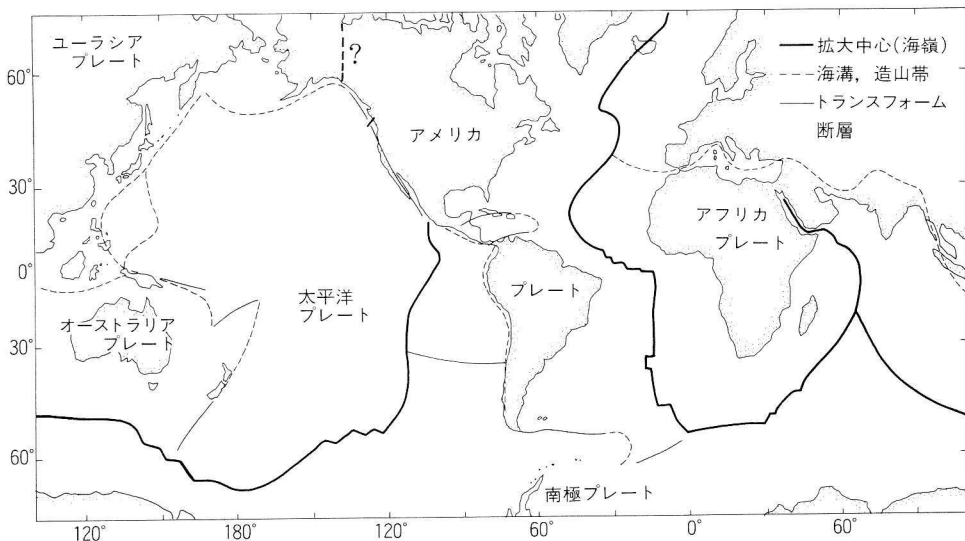


図1 世界のプレート分布

『新しい地球観』より、ルピションなどによる。アラスカの破線と？はブラードによるものを筆者加筆。

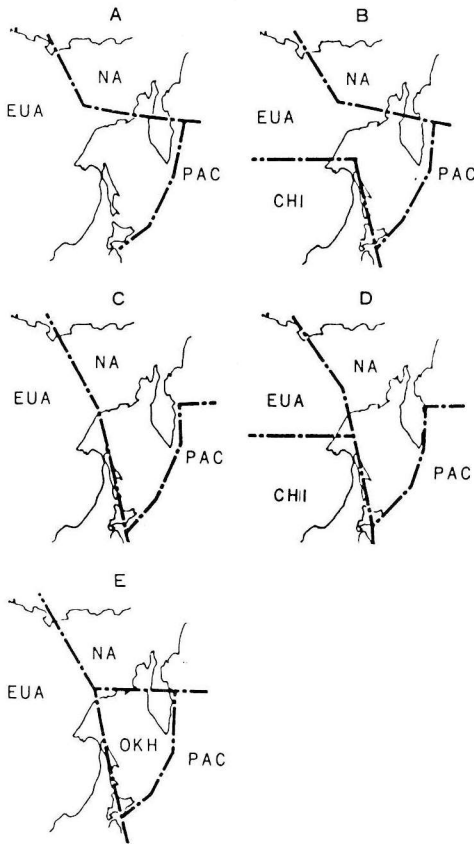


図2 Chapman and Solomon (1976) によるプレート境界の可能性

さすがに Bullaid などは気になったとみえて、Scientific American(1969)では、ユーラシア・北米のプレート境界をアラスカ東部に書込んで(?)を付している(図1)。この問題をもっと気にした Chapman and Solomon (1976) は、図2のようないくつかのケースを想定し、それぞれの当否を検討し、ケースCがもっともよいとした。また、Den and Hotta (1973) などによって、すでに提案されていたオホーツク・プレートなるものの存在を認めるなら、ケースEでもよからうとした。

そもそもプレート境界は、おもに地震の震央の連なりによってそれと認められるものだが、問題の地域では、それが鮮明でないのが難点である。北大西洋の中央海嶺での海底拡大によって規定されるユーラシアと北米プレート間の相対回転のオイラー極は、サハリン北方の東シベリアにあるは

ずである。大西洋側で両プレートが相離れる相対回転をしていけば、太平洋側では収束的となるのは当然の理だが、北極海を貫いて明瞭にみられる地震帯は、東シベリアでは散漫な分布になってしまう。図3はおなじ問題を取りあげた Savostin ら (1982) の示した震央分布である。オイラー極に近いところでは相対運動の速度は小さいはずだから、地震があまり起こらないのは合理的であるが、北極海とのコントラストはそれだけでは説明がつかない。それはおそらく海洋と大陸、発散型

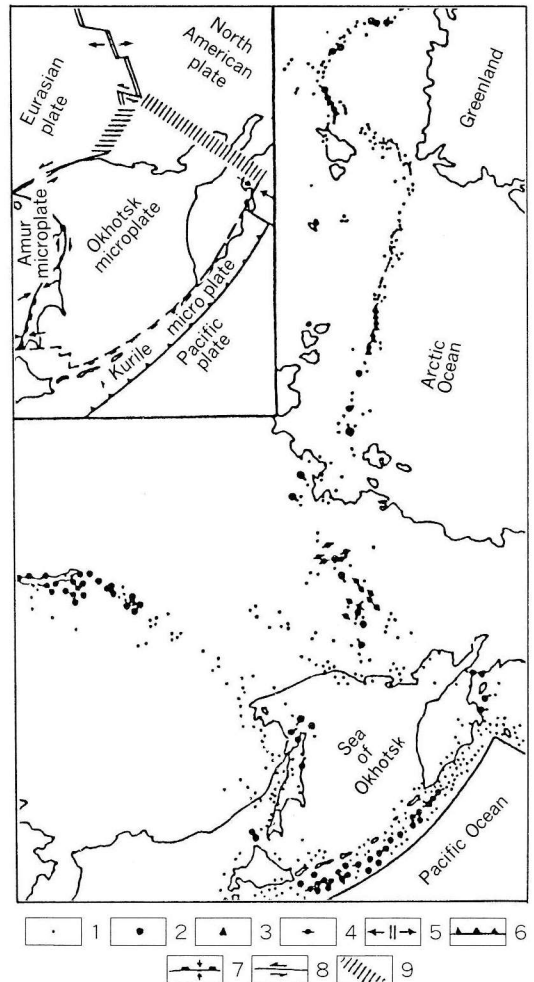


図3 Savostin ら (1982) によるオホーツク地域の地震とプレート境界

- 1) 震央 2) 震源メカニズム 3) 海山対 4) チェルスキ山脈の横ずれ断層 5) 発散境界 6) 収束境界 7) 圧縮型 8) ずれ型 9) 不明型 2)3)は意味不明(筆者)

境界と収束型境界のちがいの相乗効果によるものだろう。大陸内の収束境界とはとりもなおさず、大陸プレート間の衝突帯であって、ヒマラヤ・チベットにみられるように地震は散漫な分布をする特徴がある。

Savostinらはオホーツク・プレート、アムリア・プレートなどを想定したが、それはChapman and Solomon (図2)のDとEを合成したようなものだった。Savostinらのプレート境界は北海道の西側にひかれており、その点では最近の説に近いが、残念なことに北海道以南は彼らの図にはでてこない！（余談ながら、Savostinを含むモスクワの海洋研究所には西欧の急先鋒に勝るとも劣らぬ急進的プレート論者のグループがあって、独創的研究を進めているが、どうも国際的な活躍の場を十分に与えられていないような感がある）。

およそプレートなるものは、それを境として有意な相対運動がみられる境界があってはじめて意味をなす。問題はどれだけの相対運動を有意とみなすかであって、それは物ごとの観測や議論の“精度”にかかわることである。プレート・テクトニクスの誕生段階では、第1近似としてごく少数のプレートで話が進められるという妙味が大きかった。しかし、もっと細かいことを論じようとすると、それでは不十分となる。あまり、めざましくない相対運動であっても、境界がどこにあって、そこでの相対運動のセンスがどうであるかなどは、地域テクトニクス（われわれの場合には日本や周辺域のテクトニクス）にとっては甚だ重要となり得るのである。

日本海東縁での沈み込み

その後も、この問題は全くないがしろにされていたわけではないが、バッチリとした結論もないまま、Chapman-Solomon流の考え、つまり、シベリア東部・サハリンー北海道中軸という線がユーラシアー北米プレート境界だというふうになっていた。それは積極的主張などというものではなく、暗黙の一時しのぎにすぎなかった。筆者もその作成に関わりをもった環太平洋プレート・

テクトニック・マップ (AAPG, 1982) では、北極海ーシベリアと点線で遠慮勝ちにのびてきた境界はオホーツク海の岸辺で消滅、行方をくらましている (図4のP点)。さらに、南方のサハリンや北海道中央部には収束帯は示されているが、それらとつないでプレート境界であると断ずるのははばかられたものと思われる。「はっきり証拠のないものは書けません」と主任編者であられた西脇親雄先生と軽くあいづちを打ったのをかすかに記憶しているに過ぎないが、以下で述べる新プレート境界説の提唱者の一人、中村一明にとっては、この図のオカシサが問題提起のきっかけの一つとなったという。まじめな顔で「非常に教育的だった」とほめてくれるのは、彼のブラック・ユーモアである。

実際には、日本海東縁部や東北日本西縁部の地学的研究から、折にふれて日本海の沈み込みを示唆するような結果が得られてきてはいた。このあ

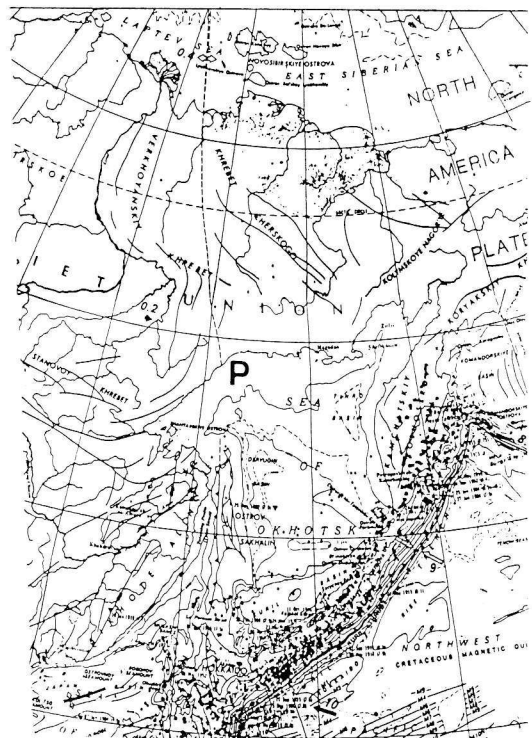


図4 環太平洋プレート・テクトニック・マップ (AAPG, 1982) の一部
P点は筆者記入

たりの事情は、上記シンポジウムに寄せられた瀬野徹三の概説（1984）や中村一明（1986）にもいろいろ書かれている。筆者の見聞した限りでは、かつて乗富一雄が1970年秋田市で行なわれたシンポジウム「日本列島下の熱的構造」において、1969年10月の秋田市沖地震の余震分布が東に向かって深くなり、日本海の沈み込みが起きているのではないかと述べたことがある。Fukao and Furumoto（1975）は、日本海東縁に沿って起こる大地震（図5）の発震機構に着目し、それらが高角の逆断層型であること、また1970年積丹沖地震が、リソスフェアを貫く断層運動を伴うゆっくりした津波地震であることなどから、日本海のプレートと本州プレートとが力学的に分離している可能性を指摘したが、明らかに日本海の沈み込みは主張していない。しかし、この仕事は後に日本海沈み込み論者に影響を及ぼした。

1976年頃、中村一明・吉井敏尙・渡部暉彦など東大地震研究所の仲間が、期せずしてコロンビア大学ラモント研究所に同時に長期滞在していたことがあった。彼らは集まっては何かやかと議論にあけてくれていたらしいが、日本海沈み込みもしばしば話題にのぼったとのことである。筆者も偶然ラモント研を訪れた折に、彼らからそのことを聞いた記憶がある。そのときの論拠の一つに、かねて渡部暉彦と筆者などで描いた日本列島の熱流量分布図に、秋田県の日本海岸部に熱流量がまわりよりやや小さい地域があることがとり上げられていた。それに対して、筆者は熱流量測定に直接かかわってきたものとしては、その low HF のコンターに過大の信をおくことには消極的だったような気がする。思えば浅はかだったのだろう。

やや別な見地からは、茂木清夫（1981）は東北日本西側からフォッサマグナ-東海・伊豆へかけての地震活動帯を、東北日本と西南日本の衝突といった形でとらえる議論を展開した。これは伝統的な瑞穂-フォッサマグナ褶曲（Otsuka, 1937）をおなじような見地で把握した Huzita（1980）と整合的であり、何かあるなどと思わせるものだった。

Seno and Eguchi（1983）は、国際ジオダイ

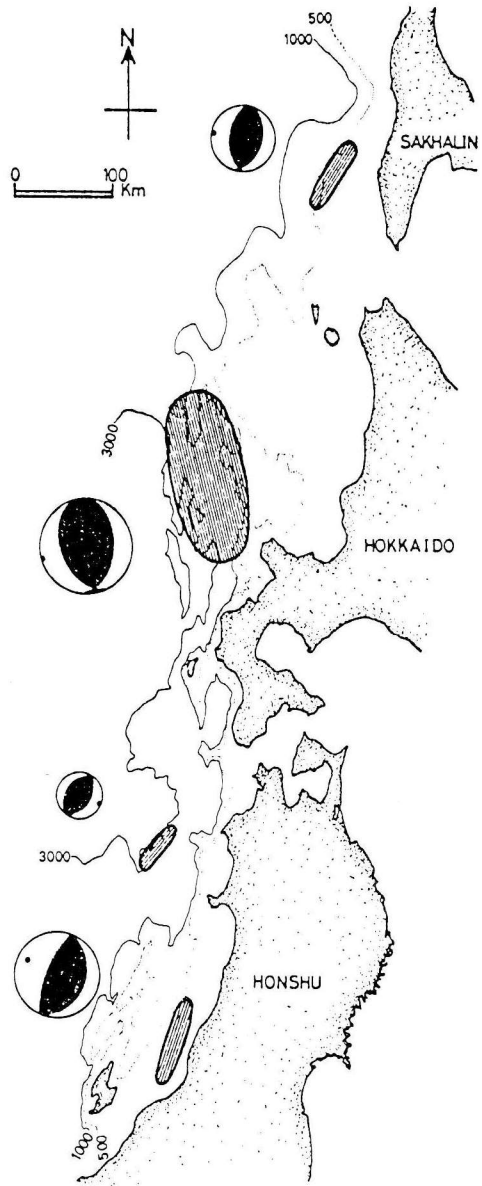


図5 Fukao and Furumoto（1975）による日本海東縁の大地震の余震域と震源メカニズム

ナミクスの最終報告にのった「西太平洋地域のサイズモテクトニクス」という総合報告の中で、日本海東縁部の地震活動や東北日本の東西圧縮テクトニクスを、南シナ海東縁部のテクトニクスと比較しながら、将来日本海の沈み込みが始まるであろうとしている。国際ジオダイナミクスの最終報告のうち、Seno-Eguchi 論文を掲載した巻は、原稿が集まってから出版までに2年ぐらいかか

たので、彼らの示唆は1981年頃に行なわれたわけである（この巻はT. Hildeと筆者が編者であったので、おくれの責任の一端は筆者にもある。一端というのは原稿が集まってからの実務はHilde側で進められたからである）。しかし、このあたりまでの考えでは、物ごとの原動力は基本的には東方からの太平洋プレートの沈み込みに伴う水平圧縮応力であろうとされていたようである。

一挙に沸いた議論

これが、1982年秋から1983年春にかけての、小林洋二と中村一明によるプレート境界としての日本海の沈み込み説という積極的な主張となる。これら2人は、ともにしばしば新しいユニークな考えを生む研究者であって、この場合もほぼ独立に考えが進められたものであったらしい。

どちらが先かは不問にして、まず、1983. 2. 26の「明日の地球科学を考える会」での小林洋二の考え（1983）から紹介しよう。小林の出発点は沈み込みがどうして始まるか、という問題であった。この問題はプレート・テクトニクスにおける難問の一つである。ひとたび冷たいプレートが熱いアセノスフェア中にもぐり込んでしまってから、すなわち沈み込みが進行中なら、スラブの自重による負浮力が沈み込みの原動力として納得がゆくが、沈み込みの開始時にはどうなのかは自明ではない。古い海洋プレートが重いということだけが沈み込みの理由なら、なぜ大西洋両岸とか、西太平洋全体が沈み込まないのか。それやこれやで、これは議論ずきな連中のかっこうのテーマとなっている。

この問題についてかつて、Turcotte et al. (1977)がおもしろい考えを出している。沈み込みは短縮テクトニクスの場において始まるのだらうという一般的通念とは逆に、彼らは伸張テクトニクスの場で始まるとした。この考えにはマントル・ジオイドの考えが基礎となっている。もしリソスフェアに穴をあければ、アセノスフェア物質がもり上がってきてリソスフェアの上に噴出して広がる。冷却固化とか流体抵抗などが無視できるときは、それは一定の水準（マントル・ジオイ

ド）にまで達するはずであり、中央海嶺系の高さ、つまり水深がほぼ3000メートルであるのはこの理由による。リソスフェアは、こうして上にのった“アセノスフェア”によって、沈没させられる。鋼鉄船を沈めるには底に穴をあけるというわけである。さて、アセノスフェアまでの穴（あるいはさけ目）が生じるには伸張テクトニクスが必要であろうが、噴出してくるアセノスフェアに歩調を合わせて海洋プレートが相離れてゆけば、ふつうの海底拡大となる。なにかの理由でそれが起こらないときは沈み込みとなるわけである。ひとたび沈み込みが始まるとアセノスフェア物質はより上昇しやすくなり、事態は加速される（図6）。この場合、一方のプレートが陸的であれば、沈むのは海側プレートであろう。

小林洋二は藤井直之とともに、1982年春の地震学会で、南海トラフの沈み込みが3Ma程度の新しい時期に開始されたとし、その頃の南海トラフ地域での地質現象をしらべ、沈み込み開始時には応力場は張力的であり火成活動もあったことを主張していた。小林はこのアイデアを日本海東縁部に応用したのである。古応力場と火成活動、さらにはFukao and Furumoto (1975)の地震メカニズムなどがその根拠となった。しかも、ここで

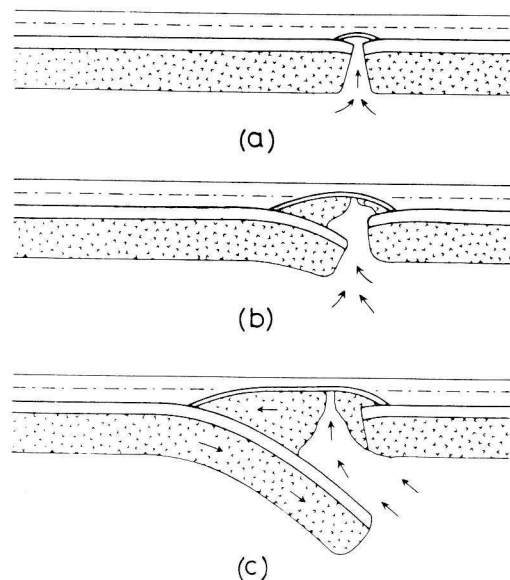


図6 Turcotteら(1977)によるプレート沈み込みの開始機構

日本海東縁部の沈み込みは、グローバルには北米プレートとユーラシア・プレートの境界での収束運動であって、東北日本や北海道は北米プレートに属すると提案したのである。しかし、それにしても初期の伸長帯はどうして生まれ、それと現在、収束境界であることの因果関係はどのようなのだろうか？ 新しいアイデアを出す人は、そんなことは気にしないでよいのかも知れない。

一方、中村一明の発想の源は、構造地質学の立場から、東北日本の日本海側に連なる瑞穂-フォッサマグナ褶曲帯の短縮テクトニクスが、太平洋側のそれとは独立のものであって、単なる太平洋プレートの沈み込みでは説明がつかないという感触にあったらしい。

それには、太平洋側からの圧縮力は、東北日本西側にまではとどくまいという考えが基礎になっているらしい。しかし、応力がどこまでとどくかということは、むしろ“事実”のほうから推定すべき段階なのであって、とどくはずがないという論理はやや危険ではないだろうか？ だから筆者などは、東北日本弧は中新世は伸長テクトニクスの場合であり（日本海拡大をもたらした）、最近数百万年間短縮テクトニクスの場に転じたのは、太平洋側の沈み込みのマリアナ型からチリ型への転換によるものと考え、そのメカニズムとしては、陸側プレート（つまり、ユーラシア・プレートないしはアメリカ・プレート）の絶対運動方向が“海向き”に変わったためと考えていた。この考えは、日本海東縁部の海底地形から、短縮テクトニクス、沈み込みの始まりを論じ、その原因をインドの衝突によるアメリカ・プレートの東進によるものと示唆した、Tamaki and Honza (1985) やその後の発展に生かされているようにみえる。推論の根拠はどうか、日本海沈み込みというアイデアが有効であればよいのだから、そのアイデアの生まれたことが重要なのである。

とにかく中村は、ほんの2-3Ma から一斉にはじまった各地の短縮テクトニクス（飛騨山地・木曾山地・赤石山地などの急激な隆起を含めて）の原因をつねに気に病んでいたところが、研究室の壁にかけた上述のプレート境界が途中で消滅して

いるプレート・テクトニック・マップを朝夕眺めているうちに、あるときハッと気づいたものらしい。ひとたび、日本海東縁部での沈み込み開始を2-3Ma に設定してみると、同海域の複雑な海底地形堆積構造、地震活動などのデータをも、明快に説明できることになった。また、沈み込み帯はプレート境界だから、まわりのプレート境界と連結していなければならない。北はサハリン・シベリアから北極海・北大西洋中央海嶺へと連らなるが、南はフォッサマグナの南端で駿河トラフ北部で三重点をつくる（図7）。すなわち、東北日本と北海道は北米プレートとなるという小林の考えと同じことになるわけである。

因みに、中村（1983）によれば、発想を具体的に発展させた直接の動機は、国際深海掘削計画の活動的縁辺域パネルの会合（1983.1.5~8）で、外国勢に対して日本海の地学的重要性を強調するための問題提起を行なうことにあったという。そ

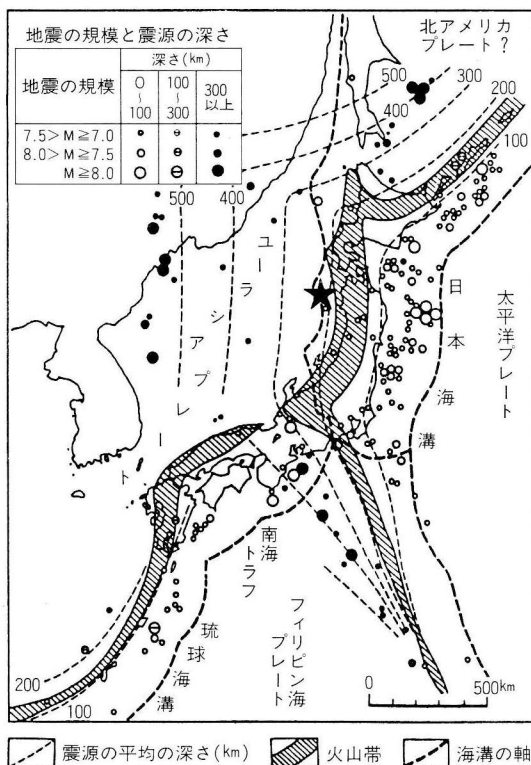


図7 日本列島付近のプレート分布ほか（東京書籍 KK, 高校地学教科書より）
星印は筆者記入。

の時点で関わりをもった玉木賢策や瀬野徹三などは、それぞれの見地からこれにインパクトを与え、かつ自らもこの問題に積極的に取組みだしたものと思われる。丸山茂徳は1983年5月の海洋研でのシンポジウムで、新しいプレート境界は、約2Ma前に日高衝突帯から日本海東縁に移転し、その結果、中部日本が衝突帯となったとする考えを彼自身の見地から主張した(丸山, 1984)。

こういう“新説”が“横行”しはじめた頃合いを見はからったように、1983年5月26日の日本海中部地震(M7.7)が起こった(再び余談ながら、この地震の名前はどのような事情があったにせよ、いかにも不適當でないだろうか、このような不適當な命名は科学の進歩に害をなすものである。図7星印が震央)。この地震は、プレート内地震としては例がないとはいえないまでも異例に巨大であり、メカニズムは東落ち低角逆断層型で、東西短縮をあらわすものであったから、“新説”は俄然広い関心を喚起したのである。その結果として、前記のシンポジウム“1983年秋田・青森西方沖地震(つまり“日本海中部地震”)とテクトニクス”となった。ここで発表された多くの論文は、いずれも“新説”にかかわるもので大にぎわいであり、1983年秋の地震学会などとともに、ちょうど、1967年頃に「海底拡大説」にかかわる論文がAmer. Geophys. Un.の年會に殺到したときのbandwagonのミニチュア版の観を呈した。これは「新しい地球観」の發展段階に特徴的なことで、いくつかの試論が先見の明のある人々によって唱えられては立消えになっていたものが、ある段階で“強力”な主張となって提出されるや、それまでうまく説明できなかった、しかも互いに脈絡のつきにくかった多くの事実が、スラスラとまとまりのあるストーリーに組立てられるということである。このシンポジウムでの論文をとり上げて紹介するのは、瀬野による「概論」を繰返すことになるので控えるが、その中で瀬野自身の論文だけを取上げさせていただく。「東北日本は北米プレートか?」という問題を日本海溝・千島海溝・日本海東縁部沿いの地震、南関東の地震のスリップ・ベクトルなどと、プレート・テクトニク

スの与える北米・太平洋・ユーラシア・フィリピン海などのプレート間の相對運動のベクトルなどを比較することから論じている。一応の結論としては、「東北日本は完全には北米プレートになりきっておらず、あるときはユーラシア・プレートの如く、またあるときは北米プレートの如く振舞うのであると考えたい」としている。いずれのプレートにも完全に属していないということは、一つのマイクロ・プレートとして存在することも示唆するが、ここではものごとの“視点”と“精度の限界”とが問題となろう。前述のようにプレート・テクトニクスの妙味は、数少ないプレートを設定することによって、大規模テクトニクスを明快に論ずる点にあるが、中村(1986)の指摘するように大きいプレート間の地域のテクトニクスを詳しく論ずるには、より多くのマイクロ・プレートを想定する必要があるのかも知れない。これは世界情勢をごく大局的にみれば、米ソの対立という構図になろうが、二大勢力の間にはさまれた数多くの小国にも、いろいろ事情があるということに似ている。しかし、そこでは現在の観測精度では情報不足のことが多い。局地的テクトニクスは、そう簡単にグローバル・テクトニクスでは説明できるものではないぞ、という伝統的(?)地質学者のニンマリ笑う顔が頭に浮かんでくる側面である。ごく最近(1986年9月)、筆者は、イタリアはウルビノなるラファエロの生まれた田舎町で行なわれた“Origin of Arcs”というシンポジウムに出席してきた。Arcとか沈み込みは太平洋地域の専売特許かと思うとそうではなく、ヨーロッパの研究者はアルプスなどのテクトニクスを、Arc概念で理解するのに苦心しているのが印象的であった。ここでもユーラシアとアフリカという二大勢力の間にはさまれて、多くのミニ・プレートやミニ沈み込み、ミニ衝突が複雑に展開されているのである。因みに、土地の急激な隆起や沈降——山脈や盆地の形成——と、衝突・褶曲や伸長とは“同時”ではないという数多くの実例が示されたのも印象的であった。インドとユーラシアの衝突は4000万年くらい前から起こっているのに、ヒマラヤが高くなったのは、ほんの数百万年

来のことだという！ orogeny と mountain-building とは同等ではないらしいのだ。単純な機械的プレート・テクトニクスは、いよいよその限界を露呈しはじめた感があり、ここでも伝統的構造地質学者のニンマリとする顔が想起された。

たしかに、日本列島のテクトニクスにおいても、もう一つ脱皮すべき点があるし、古くからの“上下運動論”も再評価をうけるべき時機がきたように思われる。

しかし、ひとたびプレート・テクトニクスの洗礼をうけた段階でのそれは、古い地球観の復帰とは趣きを異にするものであろう。科学の進歩とはそうしたものである。

陸的プレートの衝突とか、海溝へもちこまれた海山・海嶺による衝突など、“衝突事件”は今やプレート・テクトニクスの最大トピックスの一つの観がある。日本海東縁部の沈み込みも北海道での衝突、あるいはインド・ユーラシアの衝突と無縁ではなさそうである。衝突において注目すべき点の一つに、衝突によって火山活動がとまったり巨大地震の発生がとまったりすることがある。後者の点は McCann や Kelleher らが繰返し主張している（例えば、McCann et al., 1979）ところであって、今回は議論できないが、かなり重要な点であろう。伊豆半島の衝突は来るべき（？）東海大地震を起さぬ働きをしないでもなさそうだからである。

話をもどそう。日本海東縁部で一つ気になることに“日本海中部地震”の震源域の“異常”がある。科学技術庁・海洋科学技術センターの「なつしま」は、1983年9月（地震後、約4か月）に深海曳航TVなどによって震源域の海底観察調査を行なったが（堀田ほか、1985）、本震の震源域には多くの地割れや盛り上がり地形がみられ、震源域の北方40キロメートルの海域では、多くの黄色の斑点が見出され、低温型の熱水噴出の可能性が指摘された。一方、震源（40.4° N, 138.9° E, 気象庁）の東方約50キロメートルの「久六島」は地震に伴って30～40センチメートルほど沈下したらしいが、この島の西方1～2キロメートルの海

底にも黄色の変色帯が見出され、ごく最近死んだと思われる貝類が存在することが見出された（福留および山科、1985）。これらの事実は、日本海中部地震の震源域に何らかの熱水活動が存在することを意味しよう。

一方、地質調査所の調査でも、DELPの若潮丸航海（1985年）でもこの海域での測深記録には、ガス噴出とおぼしい反射がみられている。水路部（1984）の sea beam 調査では、泥火山ともみられる高まり（比高約50メートル、麓径1キロメートル程度）が十数個も見出されているので（加藤ほか、1986）、ガス噴出とみられた反射はそのような高まりによるサイド・エコーである可能性もあるが、それでも小さな高まり自体の存在が何ごとかを意味しよう。本年（1986）夏、筆者の研究室では、舞鶴海洋气象台と協力し、清風丸によってこの海域での熱流量測定を行なった。十分の調査とはいえないが、日本海としては、局地的に変化の大きい熱流量の存在が認められ、熱水活動を支持した。これらは比較的若い日本海底が沈み込みにあたっての曲げのために、引張り割れ目を生じ、熱水活動をもたらしているとも考えられよう。木村政昭（1985）は、ハバロフスクでの日ソ会議で、沖縄トラフから大和海盆・日本海東縁部・タータル海峡と連なる背弧拡大系と想定しているが、いろいろ難点はあっても、無下に否定し去るべき考えではないかも知れない。第2 stageのプレート・テクトニクスは、今はじまったばかりなのだ。

おわりに——1つの注文

ここに紹介した“新説”は、少し停滞気味だった日本のテクトニクス研究に注目すべき一石を投じた。1983年のいつだったか、瀬野徹三が筆者に「これは最近のプレート・テクトニクスにおける重大事件である」といったとき、筆者は「たしかに面白いことだが、この程度のことなら、カリブ海のプレート境界がどうなっているとか、ニュージーランドがどうだとかの“新説”のかずかずと似たようなもので、地域テクトニクスにとっては

重要だが、世界的にはどんなものだろうか」と答え、瀬野はチラと不満そうな顔をした記憶がある。筆者のこの答えは今では正しくなかったような気もする。地域テクトニクスにとって真に重要であれば、それは、テクトニクス一般にとっての重要性が含まれているだろうからである。今の問題についていえば、沈み込み開始、衝突とプレート境界の転移、衝突テクトニクスそのもの、などである。

では、“新説”はそれにふさわしいインパクトを世界的に与えたであろうか？ どうも、その答えは否定的である。その原因は幸いなこと(?)に新説の内容にあるのではなく、やや形而下的なことにあるように見える。つまり、“新説”の創始者たちが、それについてバッチリとした欧文の論文を書いているからである。「日本語で書けばよいではないか」というのが現時点ではひとりよがりすぎないことは明らかだし、欧文論文を書かない人たちでもないのだから、これには何か他に原因があるのかも知れない。創始者たちが奥床しくて、お互いに遠慮しあってこういうことになった面があるのではないか、というのが筆者の好意的解釈であるが、何となくサボったのだとしたら残念なことである。とくに“新説”についてのその後の発展については、欧文論文も出はじめているが、それをよんだ外国の研究者は、“新説”の出発点の引用文献が、和文であることで行きづまるであろうから、いよいよ残念なのである。内容や事情は異なるが、似たような例として「松代地震」がある。多くの刊行物は出たが、「松代地震」とは何であったのかを、ある時点でキチンとまとめた欧文論文はどうもお目にかかりにくい。一つの有意な地学現象であり、多大の国費や人員を投じ、多くの研究がなされたのに、それが無いというのは全く残念という他はない。「外国になんぞ知られなくてよい」というのであれば、何をかいわんやであるが、そういう知的閉鎖性は今や許されまい。われわれも世界に何かを“与え”なければなるまいからである。

- Chapman, M. E. and S. Solomon, 1976, North American-Eurasian Plate boundary in North-east Asia, *J. Geophys. Res.*, **81**, 921-930.
- Fukao, Y. and M. Furumoto, 1975, Mechanism of large earthquakes along the eastern margin of the Japan Sea, *Tectonophys.*, **26**, 247-266.
- 福富高明・山科健一郎, 1985, 久六島西方海底の熱水活動, 秋田大学鉱山学部研究報告, No.6, 151-157.
- 堀田宏・門馬大和・大塚清・橋本淳・田中武男, 1985, 昭和58年日本海中部地震震源域の目視調査, 海洋科学技術センター試験研究報告, JAMSTECTR **14**, 37-53.
- 加藤茂・柱忠彦・浅田昭・春日茂, 1986, 1983年日本海中部地震震源域の海底地形・地質, 水路部研究報告, 第21号, 1-20.
- 小林洋三, 1983, プレート“沈み込み”の始まり, 月刊地球, vol.5, No.9, 511-514.
- 丸山茂徳, 1984, 北米・ユーラシアプレート境界の歴史, 月刊地球, vol.6, No.1, 29-37.
- McCann, W., S. Nishenko, L. Sykes and J. Krause, 1979, Seismic gaps and plate tectonics: seismic potential for major boundaries, *Pageoph.*, **117**, 1082-1187, Birkhäuser Verlag, Basel.
- 中村一明, 1983, 日本海東縁新生海溝の可能性, 地震研究所彙報, **58**, 711-722.
- 中村一明, 1986, 昭和60年度科学技術庁委託地震テクトニクスに関する総合研究, 第5章, 304-312.
- Savostin, K. A., A. I. Verbitskaya and B. V. Barranov, 1982, Holocene plate tectonics of the Sea of Okhotsk Region, *Doklady Akad. Nauk, USSR*, **266**, 961-965.
- 瀬野徹三, 1984, 概論: 日本海東縁—地震とテクトニクス, 月刊地球, vol.6, No.1, 4-8.
- Tamaki, K. and E. Honza, 1985, Incipient subduction along the eastern margin of the Japan Sea, *Tectonophys.*, **119**, 381-406.
- Turcotte, D. L., W. F. Haxby and J. R. Ockendon, 1977, Lithospheric instabilities, in “Island Arcs, Deep Sea Trenches and Back-Arc Basins”, M. Talwani and W. C. Pitman III (eds.), *Amer. Geophys. Un.*, 63-69.

[うえだ せいや 東京大学地震研究所教授]

この秋、北京で日中地震予知シンポジウムが開催され、26名の日本側参加者をはじめ、多くの中国学者が出席して大変有意義な研究交流が行なわれた。このシンポジウム終了後、国家地震局の好意ある按配により丁国瑜先生案内のもと、中国語で言えば、唐山市の“新城新貌”を親しく見学することができた（丁国瑜先生は、このシンポジウムの中国側責任者、日本側は鈴木次郎先生）。

唐山地震は、1976年7月28日未明発生したが、都市直下の地震のおそろべき災害として、なお記憶に新しい。筆者は唐山地震後、1978年9月力武常次先生を団長とする訪中地震団の一員として訪中したが、そのときは海城地震の視察が主で、唐山市を通過するのみで訪問することができなかった。その後、萩原訪中地震団（団長萩原尊禮先生）が1981年訪中の際、一員として参加し、復興計画最初の槌音が鳴り始めた唐山市を訪問することができた。その当時と今回の新都市唐山——地震断層の西北側に建設路と新华路を中心とした壮大な街造り——を比べ、ただ驚嘆するとともに抗震救援復興というエネルギーに改めて敬意を持った。とくに、アパート群の中心に教育施設があり、そこの幼稚園を見学したが、復興の目安として、これらの施設を

重要視していることがよく理解できた。上、下の写真に見られるように、新都市の中心に高い唐山抗震祈念碑が建てられている。その正面には地震直後の被災混乱の状況を、向かって左の

面には救援活動、裏面には復興活動、右面には戸外で子供が遊戯し、内では家族とともに幸福な日常生活をしているようすが、それぞれ彫刻されている（上の写真）。

最近、長野県王滝村で制作された長野県西部

地震を記録した“崩壊への挑戦”というビデオを見たが、ここでも同じように、あの直下型地震の大災害で茫然自失した村民たちが、災害後も無邪気に遊ぶ子供たちを見て、この子たちのため

に奮起一番、復興への道に向かったことが強調されていた。

自然災害に対し、その復興への道は、現在の困難を解決することは勿論であるが、次代のために大きく力を尽くすことは古今東西まったく変わらないものであることが、よく理解できる。地震予知への道もまた同様で、地震後10年経過した唐山市を訪問し、改めてわれわれの使命の重さを痛感する。

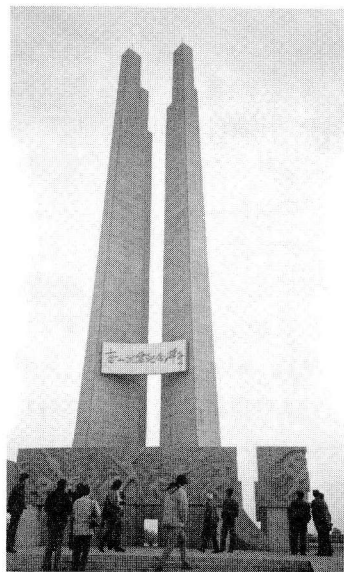
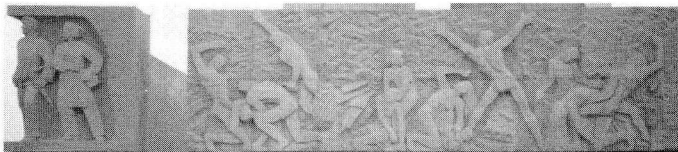
唐山に
襟を正して
汽笛きく

【たかぎ あきお

東北大学理学部地震予知観測センター教授】

地震後10年 唐山を訪ねて

高木章雄



日本最古の地震

允恭天皇五年の地震文献

山本武夫

普通、年表は全項目にわたって通読されることは少ない。必要な年度項目のみ探索される場合が多いが、第一項目は事の初まりでもあるので、必要の有無に拘わらず注目される。『理科年表』の「地震年代表」もその例に漏れない。その初項は、

番号	日本暦 西暦	北緯 東経	M	地域・被害摘要
1	允恭 5 VII.14 416 VIII.23			河内

となっており、これが記録に見る日本最古の地震となる。最古となると関心をもつ人も多いことであろう。「オヤッ」と思うのは地域が河内となっていることである。なぜ河内と認定したのか、筆者のような門外漢には不審を感じる。

震源要素への疑問

この日の地震は、文献に記述された最初の地震であるので、地震番号1に採用され、その出典は日本書紀のようである。書紀の該当記事を読んで、果して河内として良いのであろうかと単純素朴な疑念が残った。允恭期を五世紀初め頃とすれば、今日、原史料の出現を期待するのは絶望に近いので、古事記・日本書紀に拠るのは当然である。もっとも、この時期の実証の困難性の故に、紀・記二書の記述を否定するか、理論上このような地震はあり得ないとすれば別である。その場合にはそれぞれ根拠が要求されるし、この最古の地震は消滅する。一方、肯定するとして、地震学上では河内と判定する理由はどういうことであろうか、非常に興味をそそられる。ところが非専門の悲しさで、筆者は今日の進んだ地震学の知識は皆無であり、河内地震とする根拠についても、どのよう

な理学上の考察がなされたのか全く知らない。ともかく、この地震については、どのような判断があるのか、手取早く筆者の披見し得たものだけを一応並べてみることにする。

イ. 大日本地震史料 (昭和16)

允恭天皇五年七月十四日 (西暦416. 8. 23)

河内国地震フ

雄朝津間稚子宿禰天皇^{○允恭天皇} 五年秋七月丙子朔、己丑、地震

ロ. 新收日本地震史料第一巻 (昭和56)

允恭天皇五年七月十四日 (416. 8. 23) 河内

(日本書紀、允恭紀五年秋七月條引用)

ハ. 資料日本被害地震総覧 (宇佐美龍夫, 1979)

—416. VIII. 23 (允恭 5. VII. 14) 河内

「日本書紀」に「地震」とのみあって被害程度不明、ある政治的事件の発端として書かれている。疑しい。

ニ. 国史大辞典 6 (吉川弘文館, 昭和60)

地震 (宇佐美龍夫執筆)

「記録に残る最古の地震は允恭天皇五年七月十四日の河内の地震で、『日本書紀』に載っている。……」

ホ. 歴史地震事始 (宇佐美龍夫, 昭和61) 附録. わが

国における被害地震の表

遠飛鳥宮附近 (大和? 河内?) 河内国 疑わしき点あり。

以上であるが、管見の故か河内国とするのが多く、(ホ)では疑いを表明しているが、震動の強いと見た^{とおつあすかのみや}遠飛鳥宮を大和・河内ともに疑問符を附されると、如何様に理解してよいか混乱せざるを得ない。結局はどこだかわからないということなのであろうか。何分にも五世紀初めの自然現象を、八世紀初期成立の史書を唯一の手がかりとし

て、考究するのであるから、微細なことまでは判然とししないのが当然である。が、できる限り確度への追求と訂正は古地震の調査に要求されることでないだろうか。そこで、地震の科学的解明には門前雀の囀りか鯨のうわ言に過ぎないかも知れぬが、雑音を述べることにする。

遠飛鳥は大和国内

さて、日本書紀の原文は次の通りである。

「五年の秋七月の丙子の朔己丑に、地震る。是より先に、葛城襲津彦の孫玉田宿禰に命せて、瑞齒別天皇の殯を主らしむ。則ち地震る夕に当りて、尾張連吾襲を遣して、殯宮の消息を察しむ。時に諸人、悉に聚りて聞けたることなし。唯玉田宿禰のみ無。吾襲、奏して言さく、殯宮大夫玉田宿禰、殯の所に見らずとまうす。則ち亦吾襲を葛城に遣して、玉田宿禰を視しむ。是の日に、玉田宿禰、方に男女を集へて、酒宴す。吾襲、状を挙ひて、具に玉田宿禰に告ぐ。(下略)」(日本古典文学大

系、日本書紀上、岩波書店)

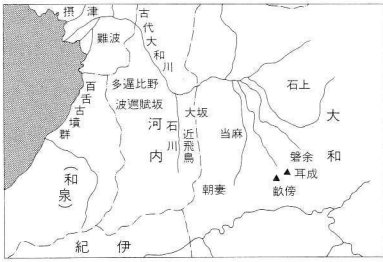
重複するようであるが、要点を敷衍して述べてみたい。五年七月十四日に地震があった(この月の朔日は丙子であるから己丑は十四日)。これより前に、強力な氏族であり外祖父でもある葛城襲津彦の孫の玉田宿禰が、命じられて殯を管掌していたのである。地震のあった日の夕に、遠飛鳥宮から殯宮に尾張連吾襲が、地震被害が生じたか否か、状況視察に派遣された。殯宮に着いてみると、奉仕の人々は全員勤務場所に集っていて、欠勤者はない。ただ、玉田宿禰だけが不在である。吾襲は遠飛鳥宮に引返して、「殯宮の長官玉田宿禰は殯宮に居りません」と奏上する。すぐさま、吾襲は葛城の玉田宿禰の自邸に派遣される。長官は一体何をしているのだというわけである。ところが、この日、玉田宿禰邸では男女が集って酒宴が催されていた。吾襲は、今日のできごと、すなわち“地震があって自分が殯宮に派遣されたこと、長官である貴方は勤務地に不在であるので折返し当地(葛城邸)に派遣されたこと”を詳しく玉田宿

禰に告げた、云々という内容である(殯については23頁および註5参照)。原文では、これにつづいて、玉田宿禰が自分の立場の不利を察して吾襲に礼物を贈り、とりなしを依頼したが、なお恐怖心からかその帰路に暗殺をする。そして、玉田宿禰誅殺へと物語が進む。

一読して明らかのように、地震の具体的な描写は一切なく、葛城氏の勢力が後退していく過程の一を物語るものである。吾々は、外祖父葛城襲津彦に支援されていた雄浅津間稚子が、大和の平野部で即位し允恭天皇となった時には、忍坂系の支援に取りまかれていたことを知らされるのである〔註1〕。しかし、事件は、反正天皇殯の行事中のできごとでもあり、大地震ではないとしても、都では強く感じたために何らかの記録として伝えられたのではないであろうか。紀編纂者による全くの附会的な創作とも思われぬ。ただ、震度、震域、被害を示す直接の表現はない。吾々は僅かに都・殯宮の所在を推測して、それぞれの状況を比較考究(葛城の当日酒宴という状況も併せて)することしか手掛りがない。

允恭天皇の皇居は、古事記によれば「遠飛鳥宮」という〔註2〕。これは宮殿名であるが、難波高津宮、石上振神宮、磐余稚櫻宮、丹比柴籬宮、石上穴穗宮等の用例から土地名をも想見させるものがある。勿論、何郡何村とまでは限定困難であるが、漠然とした範囲はすでにいくつかの註釈書にも指摘されている。また、古事記によれば、「大坂の山口」(河内側)が近飛鳥であり、生駒山系を越えて大和に入り、石上に至る途中の地を遠飛鳥と称したという。これは紀・記ともに履中天皇紀に記載されている。

この説話を要約し必要箇所を整理すると、次のようになる。事は仁徳天皇崩御後、即位前の皇太子去來徳別皇子(後の履中天皇)に住吉仲皇子がクーデターを起した事件である〔註3〕。難波高津宮焼討の寸前に、平群木菟宿禰・物部大前宿禰・阿知使主らによって救出され、去來徳別皇子は難波宮から脱出して丹比野→埴生坂→大坂山口に到り、紀では竜田山を越え、記では当麻道を経て大和に入り石上に達し、反撃の態勢を整えた。そし

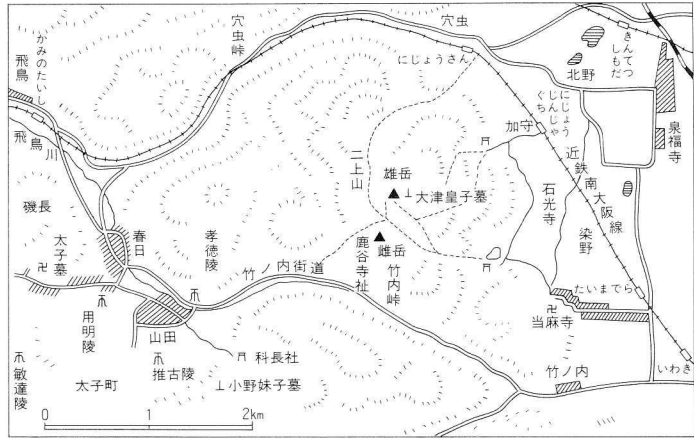


て河内の丹比を根拠地としていた瑞齒別皇子（後の反正天皇）は履仲側に意を寄せ、その命を受けて仲皇子を討つ物語がつづく。その記述によれば巧妙に仲皇子を殺した瑞齒別は、大坂の山口に一泊し、大和に入り更に遠飛鳥に一泊し、翌日石上に参上したとなっている。この説話では、遠飛鳥は明瞭に大和側である〔註4〕。

次に允恭42年正月、天皇崩御され、新羅の甲使の来日の記事がある。それによると、調船80艘他を持参して、対馬→筑紫→難波津→京（遠飛鳥）・殯宮（允恭）の経路を採っている。殯の行事は10月に無事終了し、御陵は河内の長野原陵とされている。葬礼終了後に、皇太子木梨輕皇子と第二子穴穂皇子との間に争いが起り、結局、穴穂皇子が12月に即位して安康天皇となり、石上穴穂宮を皇居とした。新羅使は、葬礼終了後の11月に帰国するが、その状を次のように記してある。

「冬十一月、新羅の甲使等、喪礼既に闕みて還る。爰に新羅人、恆に京城の傍の耳成山・畝傍山を愛づ。則ち琴引坂に到りて、顧みて日はく、うねめはや、みみはや、といふ。是風俗の言葉を習はず。故、畝傍山を訛りて、うねめと謂ひ、耳成山を訛りて、みみと謂へらくのみ（下略）」（日本古典文学大系）

新羅使の往路の経路は簡単な記述であるので、遠飛鳥宮の所在地の推定手掛りは全くないが、この帰路には大まかな位置を示唆するものがあると思う。上記の文章の大意は10月に允恭天皇葬礼が終り、11月に新羅使は帰国することになる。京に滞在仲、近傍の耳成山・畝傍山を常に憧憬していた。帰途に着いて琴引坂に行きついたところで、後をふりかえり耳成・畝傍両山を望み、「私の愛



するウネメ（ウネビ）よ、ミミ（ミミナシ）よ、（名残り惜しいことよ）」と嘆じたという。これは、新羅人は日本の言葉に習熟していないので、畝傍山を訛ってウネメといい、耳成山を訛ってミミと言ったまでである。というのであるが、この記述では、遠飛鳥宮は耳成山・畝傍山の近傍でなければならない。

また、「琴引坂に到りて云々」の記述は大和三山を望見し得る限界の地を示している。この琴引坂も現在のどこかとなると明確ではないが、景行天皇紀に載せる白鳥三陵の説話中に在る倭の琴彈原（御所市富田近辺）に関連させて、大和葛城方面に比定する見解が多い。一応、琴引坂は琴彈原に接続する坂道だとすれば、名柄付近を南進する

いわゆる葛城古道か、同地を西進して水越峠を越えて河内に入る道となる。いずれも上り坂であるが、水越峠はかなり険峻な道であり、河内へ入ってからは石川・古代大和川の舟運を利用して難波津へ出ることになる。難波津へ赴くのであれば、陸路の竹内峠越えか穴虫峠越えをして河内に入り、古代大和川の舟運利用の旅程も考えられる。ところが、この方面には琴引坂に該当する条件が見出せない。葛城古道は一見遠廻りのようであるが、道は険峻ではなく、沿道には小集落が点々と連なり、五條方面に出れば紀ノ川筋の舟運を利用して海に出ることができる古墳時代のメインルートの一である。しかも、このルートは葛城氏の勢力範囲であり、強力な海上権を持つ紀氏と連携すればよい。葛城氏は襲津彦当時から新羅とは特殊関係を維持していたようであり、新羅渡来人も住居していたらしく、新羅使の帰路と想定しても奇妙ではない。現在、その地を歩いてみると、名柄附近では確実に大和三山を望見できる。更に上り坂を進みつつふりかえりみると、両山は木立に見えたり隠れたりして、その望見し得る限界の地は北窪・西北窪附近である。因みに、ここに隣接して朝妻の集落がある。允恭天皇は紀・記では雄朝津間稚子宿禰皇子の名称（アサツマの若君）で登場し、母の磐之媛（仁徳天皇皇后）は葛城襲津彦の娘である。葛城氏の許で生長し、平野部に進出するまでは、この地に何らかの縁りがあったのではないかと想像されている。横道に外れてきたが、少なくとも遠飛鳥宮は耳成・畝傍の近傍であるという記述は、紀・記の編纂時にはその所在を大和平野部の南と認識していたのである。

また、允恭紀には、允恭天皇と衣通郎姫との恋物語が記されているが、ここからも手掛りとなる点を抽出すると、

1. 近江の坂田に居住されている衣通郎姫を迎えるくだりに、春日から並の行程で半日を要して遠飛鳥に到着している表現がみられる。
2. 次に「然るに皇后の色平くもあらず、是を以て、宮中に近けずして、則ち別に殿屋を藤原に構て居らしむ」ということで、衣通郎女の殿屋を藤原宮と称している。この藤原

の地は、橿原市高殿町附近や高市郡明日香村小原附近を想定する註釈があり、後の藤原京のあった地域内であろう。そして、遠飛鳥・藤原両宮殿は当然近い距離である。

3. 更に、皇后の御産の夕に、允恭天皇が藤原宮に赴くということもあって、以後、皇后の嫉心止まず、トラブルも生じたので、衣通郎女の「冀はくは王居を離れて遠く居らむと欲ふ」との申出のため、河内の茅淳（後の和泉国一帯の地域）に宮室を造営したとあり、その後、たびたび日根野（大阪府泉佐野市日根野付近か）に遊獵を催し、茅淳宮に赴いていることを記しているが、前項と併せ考えると、遠飛鳥宮は生駒金剛山系の東側である。

などの諸点を挙げることができ、蛇足の感もあるが附記したい。要は、遠飛鳥宮を大和に想定するのは、事新しい見解ではないのである。

反正天皇殯宮の所在

次に、「地震云々」の允恭五年の原文にみえる殯宮、被害の有無視察の対象となった反正天皇殯宮の所在は如何であろうか。これも正確にはわからない。例の如く紀・記に手掛りを求めることにする。反正天皇は多遲比瑞齒別の名称で、京は河内の丹比柴籬宮という。したがって殯宮は柴籬宮か、その周辺であろう（前述の反正天皇の次の允恭天皇の場合は“京のうちの殯宮”である）。殯宮は遺骸を仮りに安置し、モガリの儀式を行なった喪屋である。モガリはいうまでも古代社会の葬制上の行事で、死を確認し同時に鎮魂的な意図も含まれたという〔註5〕。殯の制は、大化2年の詔（「凡そ王以下庶民に至るまで殯を営むを得ざれ」）で禁止されるまで行なわれたとされている。その埋葬地（反正陵）は耳原陵（延喜式では百舌鳥耳原北陵）といい、現在、百舌鳥古墳群（大阪府堺市）の一で仁徳陵の北方に治定されている。

また、前述の如く、住吉中王のクーデターの際には、河内の中央部を掌握しており、履仲側に協力して住吉中王を討って河内の支配権を維持し、大和の王権を支持していたことも考慮に入れれば、

反正殯宮は河内国の内であると見て、間違いはあるまい。参考までに、丹比柴籬宮址は大府松原市上田町（旧丹比郡松原村大字上田町）に想定する見解がある（谷川土清『日本書紀通証』、吉田東伍『大日本地名辞書』）。

震度の相対的比較

允恭期の京が^{みやこ}大和であり、反正殯宮が河内であると解すれば、允恭五年のこの地震の数少ない記述も、一応素直に理解することができるのではないか。この地震記事は、大和の遠飛鳥宮でかなり強い震動を感じ、河内の反正天皇喪屋の安否を気遣い、急ぎ使を派遣したことになる。被害の記載はないが、器物の落下破壊程度は少なくともあったのであろう。12世紀初めの成立とする『扶桑略記』は、「五年丙辰七月、大地震動、舎屋悉崩」とオーバー表現をしているが、これはそのまま採用することはできない。大きい地震とも思われぬが、急使派遣であるから、一部の舎屋の破損もあったのかもしれない。この幅で判断してよいであろう。

一方、使者が河内の殯宮に着いてみると、大夫（長官）の葛城玉田宿禰のみが不在で、「諸人悉に^{あつま}聚りて^か闕けたることなし」とあるように全員そろっていた。この「闕無」を、「闕無し」（岩波文庫本）と読んでも、奉仕者全員支障なく任務に就いていたと理解し得る。

長官の勤務地不在という失態は、不意の大和よりの使であった^{ため}に露頭したのであるから、当然河内側から強震・被害報知の注進がなされたのではないこと明白である。また、殯宮に被害が生じていれば、奉仕員から急ぎ葛城の大夫の自邸に報告したであろうし、報知を受けたにも拘らず、大夫がそれを無視して男女を集めて酒宴を催していたとは考えられない。いかに強力を誇る葛城氏でもそれはできないであろう。したがって河内側では報知するに及ばない程度の震動か、それ以下で

あったと見るほうが順当である。震度・震域の判断の直接素材は、書紀の記述からは容易に掘り難いが、少なくとも生駒金剛山系の東側と西側の比較強弱は認めてもよいのではないか。

このように考察してみると、他の視点からこの地震を抹消するのであれば別であるが、河内に震源を求めるのは首をひねらざるを得ないし、「大和？ 河内？」とするのも、混乱のみを残し、徒らに五里霧中に迷わせることになるのではなかろうか。

[註1] 中西進著『河内王家の伝承—古事記をよむ4』（昭61、角川書店）には、「そもそも仁徳という巨大な王者の後に即位したと記されるのは、履中・反正・允恭という仁徳の三子であり、履中は石上に、反正は河内王朝をそのままひきついで形で河内に、そして允恭は飛鳥に都する。

古来、古代史をいるどる三つの王権の中心が河内と石上と南大和、飛鳥から^{いわに}磐余にかけてであったとみれば……」（90頁）として、允恭は葛城から大和に進出した政治勢力としている。

[註2] 古事記下巻「男浅津間若子宿禰命、遠飛鳥宮に坐しまして、天^{あめ}下^{した}治^{しめ}しめしき」（岩波文庫本）

[註3] 直木孝次郎氏は、この説話を「衰えゆく住吉地域の勢力の難波勢力に対する反抗の物語と解することもできよう」（『日本歴史』昭61年1月号、住吉津と難波津）とされている。

[註4] 遠飛鳥・近飛鳥の地名は古事記下巻に「故其地（大坂の山口）を近飛鳥と謂づく、倭に上り降りまして、詔りたまはく、今日は此間に留りて、^{はる}祓禊^ひ為て、明日参る出で、^{かみのみ}神宮^{あまのみ}を^ま拝^まむとすと^のりたまひき。故其地を遠飛鳥と謂づけき。……」とある。

[註5] 齋藤忠「黄泉国神話をめぐって——日本古典考古学の一問題」（UP 165号、東大出版会）参照。

[附] この随想を草するに至った発端は、古地震研究会〔萩原尊禮・藤田和夫・松田時彦・大長昭雄・山本武夫〕の定例討議の席上での話題からである。今後の検討の資料としてまとめたのであって、一々の参考文献は省略させて載いてある。また、その後、相似の地震として萩原より、那須信治・萩原尊禮「昭和11年2月21日河内大和強震調査報告」、齋田時太郎「昭和11年2月21日河内大和強震被害の地質及地形的考察」、宮部直巳「昭和11年2月21日河内大和強震に関する調査報告」（いずれも震研彙報）の呈示があった。また、葛城古道における境界地確認を主とし、反正陵・允恭陵および生駒葛城越えの諸古道の実地調査には、大長昭雄・翠川文子・山本が当たった。

[やまもと たけお 元東京大学史料編纂所教授]

1923年（大正12年）9月1日、関東地方南 味深いものがある。

部は巨大地震に襲われた。『理科年表』によると、死者99,331人、行方不明43,476人、家屋全壊128,266、半壊126,233、焼失447,128となっており、この関東大震災は、まさに日本最悪の地震であった。



この地震の直後、“大日本雄弁会講談社”より『大正大震災大火災』というかなり分厚な本が発行されている。奥付によると、9月27日印刷、10月1日発行となっており、大地震後の混乱のなかで、かくも迅速に大震災の概要が取りまとめられたことは驚嘆に値する。

内容としては、9月12日に発布された撰政名による詔書をはじめとして、被害概要・政府施策・被災者談話・地震発生メカニズム・前兆……etc

が記載されていて、当時の状況を知る上で興

上記の諸点は、いずれ機会をみて紹介することとし、今回は、この本に収録されている歌人と謝野晶子による「天變動く」と題する10編の短歌を紹介することとしよう。

これらの短歌には、繁栄をきわめた都が一瞬にして壊滅したようすや、そのような運命に会わねばならぬ人生のむなしさが、いみじくもうたわれているといえよう。

「休みなく地震して……」

「なほも地震揺れば……」

など、余震活動が継続した様相も詠み込まれており、関東大地震後の東京の状況がよく伝えられている。

また、北原白秋の短歌

「世を^{こぞ}拳り心^{おご}傲ると歳久し^{あめつち}天地の^{いかり}譴怒い^{ただ}きにけり」にあるような天譴思想がみられない

[R]

天變動く

与謝野晶子

もろもろのもの心より掻き消さる天變動くこの時に遭ひ
 天地崩ゆ生命を惜む心だに今しばしにて忘れはつべき
 生命をばまたなく惜しと押しつけにわれも思へと地の揺らぐ時
 大正の十二年秋一瞬に滅ぶる街を眼のあたり見る
 休みなく地震して秋の月明にあはれ燃ゆるか東京の街
 燃え立ちし三方の火と心なるわがもの恐れ渦巻くと知る
 頼みなくよりどころなく人の身をわが思ふこと極りにけり
 都焼く火事をふちどるけうとかるしろがね色の雲におびゆる
 人は皆亥の子の如くうつけはて火事と對する外濠の土堤
 なほも地震揺ればちまたを走る人生き遂げぬなど思へるもなし

ような点も、さっぱりしている。

瓜生島沈没の謎

柳川喜郎

沈島の伝承

SF—サイエンス・フィクションがあるのだから、SR—サイエンス・ロマンというものがあってもいいだろう。

その昔、南蛮船や中国のジャンクが訪れて繁栄した九州・別府湾の瓜生島が地震と津波で水没したという話は、歴史的ロマンをかきたてるだけでなく、科学的にも興味がある。

「慶長元年丙申閏七月十二日晡時天下大地震。豊亦所々地裂山崩。……時又鉅海大鳴動諸人甚驚奇之。……村里井水皆悉尽之。尔時從巨海洪濤忽起来。洋溢于府内及近辺之邑里。……且勢家村二十余町北有名瓜生島。或又云沖浜町。……其瓜生島之境内皆悉沈没而成澗底。……」

瓜生島沈没の様を語る『豊府紀聞』の一節である。大分地方にはこのように瓜生島水没を伝える伝説的史料や民話、伝承が数多く残っている。

『豊府紀聞』など伝説的史料によると、沖ノ浜ともよばれていた瓜生島は、東西36丁（約3.9キロ）、南北21丁（約2.3キロ）、東西にのびる町筋が3本あって、約千戸の民家のほか、1つの寺と3つの神社があった。府内（現在の大大分市）の城下町の外港になっていて、各地からの船が寄港する大きな港町であった、という。

慶長元年（1596年、文禄5年10月に改元して慶長）閏7月12日午後2時すぎ（または午後4時ごろ）、大地震が発生し、豊後地方では地割れや山崩れが起き、海が大鳴動して、人々は四方に逃れた。村々の井戸は水が涸れて、しばらくすると海が盛りあがって大波が襲来し、府内の町とその周辺は浸水した。瓜生島は水没し、島民で助かった

のは7分の1であった。これが、『豊府紀聞』など野史ともいふべき伝説的史料の瓜生島沈没の記述である。

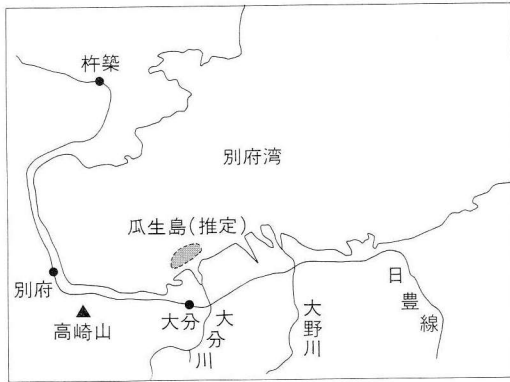
当時、豊後・岡藩中川家の船奉行として、沖ノ浜港に駐在していた柴山勘兵衛重成の記録（『柴山勘兵衛記』）によると、もっとリアルに状況が描かれている。

「閏七月九日（注：記録によって、日が多少違う）大地震シテ、沖浜ノ浦ヨリ潮ヲビタダシクセキ上、大波立テ、両賀（文禄の役で朝鮮出兵中の父親）ノ屋敷海中ト成ル。重成イソギ家ノ系図ト度々ノ感状ノ入タル扱箱ト持鍵バカリヲ取出シテ、内室トタダ二人、家ノ屋根ヲ脇差ニテ切ヤブリ、二人共ニ屋根ノ上ニ居テ有リケル所ニ、七尋バカリ有ル舟板、家ノ上ニ流レカカリタリ。是ヲ幸ノ事ト思ヒテ、二人共乗テ有ケルバ、引潮ニ沖ニ引出サレテ、危キ事度々有リ」大地震と津波で港が水没したなかで、勘兵衛夫妻は九死に一生をえたのである。

冒頭から古めかしい引用がいささかながびいたが、地震が起きたのは豊臣政権の末期で、この地震の翌日、畿内に大地震が起きる。歌舞伎『地震加藤』で有名な伏見地震で、かつては、この「瓜生島地震」と混同されていたが、明らかに別の地震である。

余談だが、豊臣政権から徳川政権にかわる大激動の慶長年間には、慶長9年の慶長地震をはじめ、各地で大地震が頻発している。黒船来航で揺れ動く時期の安政東海地震、江戸地震、それに第2次世界大戦終戦前後の東南海地震、南海地震などと考えあわせると、奇妙とはいえない符合である。

地上の激動が地下の激動を誘発するはずはないが、その逆は十分考えられる。追ってみたいテー



瓜生島の古地図〔江戸時代〕

中央瓜生島は大きく誇張して描かれている。

マではある。

沖ノ浜と瓜生島

余談はさておき、現在の大分市、当時の府内に沖ノ浜という港があったことは史実といえる。

府内城主大友家は、「瓜生島地震」の3年前に秀吉によって所領を没収され滅亡したが、大友家資料によると、天正14年（1586）、秀吉が大友家の武将に与えた朱印状などに、沖ノ浜の地名がみえる。さらに、大友家のあとに沖ノ浜を領したさきの岡藩中川家の史料のなかにも、沖ノ浜の地名がしばしば登場する。

外国の記録にも、沖ノ浜は紹介されている。

弘治元年（1555）、来日した明使鄭舜功は府内に3年間滞在して、大友宗麟に会ったりしているが、帰国後に書いた『日本一鑑』のなかで、たとえば、「飄飄入澳濱策馬往見豊後君」（船が漂流し

て、澳濱に入港し、馬に乗って、大友宗麟に会いに行った）というように記述している。澳濱の説明として、鳥氣法邁と日本語の発音を注記しているので、沖ノ浜にまちがいないといわれる。

また、永禄6年（1563）、来日して34年間にわたって布教活動したキリシタンのイルマン、フロイスが記した『日本において1596年に起こったいくつかの奇蹟の概説』には、「府内の近くにオキノファマという港町があったが、突然おそってきた大波のために深い海の下になってしまった」と、オ

キノファマに住んでいた日本人キリシタンからの伝聞を紹介している。

このフロイスの記述は、地震と津波の災害で豊後地方一帯で大被害がでたが、キリスト教徒は被害から免れた、という神の奇蹟について書かれたものだが、沖ノ浜に入港していた船は一隻残らず沈没したこと、大波の高さは7ブラッチョ（4メートル90センチ）以上もあったことも記されている。

こうした文献を見てくると、現在の大分市の近くに、外国船や国内の船が入港して、かなり殷賑をきわめた沖ノ浜という港町があって、そこが地震と津波のために水没したということは事実と断定してもよいだろう。

だが、沖ノ浜が瓜生島であったかとなると、にはわかには断じがたい。

たしかに、瓜生島についての伝説や伝承は数多くあるが、記録の上で瓜生島の地名がでてくるのは、冒頭に紹介した『豊府紀聞』である。沖ノ浜は瓜生島の別名としているが、『豊府紀聞』は元禄12年（1699）、瓜生島地震から103年後に書かれたものであり、決定的な史料とはいえない。

信頼できる文献記録の上で、伝説・伝承の瓜生島が、どうして実在した沖ノ浜と結びつかないのか、それは当時が動乱の時期で藩替えなどが行なわれ、記録が散失したためであろう。

謎にせまる瓜生島調査会

この瓜生島と沖ノ浜を結ぶミッシング・リンク＝幻の島水没の謎＝を科学的に解明しようと迫っているのが、地元、大分の瓜生島調査会である。

瓜生島調査会は、大分新産業都市と防災の関連から「瓜生島地震」に関心をもち、しだいに幻の島のロマンに惹かれていったという、大分大学の加藤知弘教授（西洋史）を中心に、昭和52年に発足した民間の有志による団体である。メンバーは大分大学をはじめ、京都大学・琉球大学・九州大学などの歴史・地球物理学・地質学・地理学・土木工学などの専門家で、いずれも手弁当で調査に参加している学際グループである。

実地調査は、この10年間、毎年のように行なわれ、これまでにアクア・ラングによる潜水調査、魚群探知機による海底異物の検出、超音波による海底地層探査、海底地層のコア・サンプリングなどが行なわれている。これまでの調査でもっとも成果があったとみられるのは、超音波による海底地層探査で、大分市春日浦の海岸から沖合2キロにかけて幅約3キロにわたって、おむすび状の海底地崩れ跡を発見したことである。春日浦沖合は水深10メートルぐらいから40メートルぐらいにかけて、急なところで傾斜が9度もあり、そこから沖は水深50メートルの平らな海底がつづく。沖合から2キロ以上先の平らな海底の地層は整然とした地層になっているが、傾斜のあたりは“地層がもめている——乱れている”ことがわかったのである。

このほか、この海底地層調査の結果、地崩れ跡の先端で段差2メートルの断層、別府湾北部日出町沖で2つの断層にはさまれた陥没地帯があることが発見されている。また、春日浦沖合、旧海岸線から500メートルほど埋立てた埋立地の岸壁から30～50メートル沖合の水深2～3メートルの海底で木柱約20本を発見した。この木柱はヒノキとマツで、年代測定をした結果、約230年前のものとうわかった。これはおそらく、瓜生島沈没後も残った砂洲（その後水没——後述）に、江戸時代

につくられた護岸のものと推定されている。

瓜生島調査会の調査とは別に、数年前から地球物理学者や地質学者の間で、別府—島原地溝帯説が有力になってきている。

それによると、別府湾から九重・熊本・島原にかけて、東北東—西南西に約150キロにわたって、地殻が南北に分裂する変動がつづいていて、大きな陥没構造——地溝となっている。この地溝は沖縄トラフにつながっていて、年間数ミリずつ拡大しており、数百万年後にはこの地溝を境いに九州は2つに分かれるだろう、という壮大なスケールの説である。

この別府—島原地溝のなかには、数多くの断層が走っており、浅い地震が発生している。瓜生島地震（M6.9）、明治22年（1889）の熊本地震（M6.3）、昭和50年（1975）の大分西部地震（M6.4）が、それにあたるといわれている。現に、東京大学地震研究所が別府湾北部の日出町沖合で、海底の断層調査をしているが、断層から同じところで何回もの地震が起きていることを確認している。

やはり瓜生島は沈んだ？！

瓜生島水没の謎に自然科学の立場から最初に接近したのは、東京帝国大学地震学教室の大森房吉教授である。明治から大正にかけて驚くほどの精力的な調査研究活動をした、この地震学の泰斗は、大正5年、『大分県気象年報』で、「瓜生島沈没は陥没ではなく、軟弱地盤の地震による沈下である」と発表した。

これに対して、陥没説を主張したのは、大森教授の後任者で、宿命的なライバルでもあった今村明恒教授である。

今村教授は、昭和21年の『帝国学士院紀事』で、「地盤の純然たる大沈降を伴った大地震は実例が極めて少ないが、大宝元年の丹後地震と慶長元年の豊後地震がある。発生地は若狭湾と別府湾で、いずれも著名な陥没地帯にあたり、沈下量は10メートル以上」としている。

先輩と後輩の関係なのに、大森と今村の確執は有名だが、瓜生島沈没のメカニズムをめぐるても

二人は真向から対立しているのである。

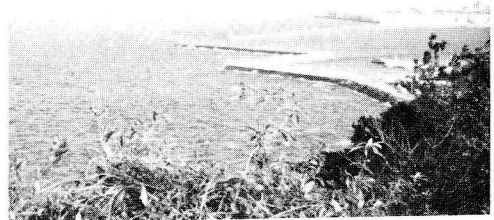
同じ論文のなかで、今村は「大森博士の如き、前者（丹後地震）に就ては単に“丹後国地震ふこと三日”として震源の位置さへ弁ずることなく、又後者（豊後地震）に就ては、日付を誤るのみならず（注：大森論文は、地震発生の日を7月9日としている）、瓜生島の陥没を誇張に過ぎる言として海浜の柔軟なる土地の揺下りを主張し……」と、大森説を論難している。

これも余談だが、今村がこの論文を書いたときは、大森が関東大地震のあとに世を去ってから20年以上も経過している。だが今村の大森説論難の筆致には、怨念のようなものが感じられる。大自然をめぐる二人の優れた学者の人間の葛藤、これも興味あるテーマである。

ところで、瓜生島沈没のメカニズムはまだ完全に解明されていないが、瓜生島調査会では、調査の結果や最近の知見から、幻の島の水没の謎を、つぎのように推定している。

- (1) 沖ノ浜は瓜生島と考えられ、慶長元年7月12日午後、別府湾北部を震源とする直下型地震によって水没した。
- (2) 瓜生島は現在の大分市勢家町の北にあった陸繋島で、砂洲で陸地と結ばれていた。島には標高10メートル前後の丘があった。
- (3) 島は大分川の堆積作用で形成された沖積層で、トンボロ現象——波や潮流によって生じた漂砂が堆積して砂洲となり、島と陸地をつなげる——で陸繋島となった。
- (4) 島には約500戸の人家、寺や神社があり、内外の船が出入りしていた港は、大友氏の経済を支えていた。
- (5) 島は砂質土でできており、地下水位も高い。地震の震動で地盤が液状化現象を起こし、地崩れを生じて水没した。砂洲は残ったが、天保年間に水没した。

この瓜生島調査会の推定はリーズナブルなものと思われる。たとえば、瓜生島がトンボロ現象で陸地とつながった陸繋島であるとするユニークな推定は、明使鄭舜功が府内城まで馬で陸行したという文献記録と符合する。



別府湾西岸から大分市をのぞむ。

前方に白くのびる埋立地沖合が瓜生島推定地。

また昭和39年の新潟地震以来、にわかに脚光を浴びることになった新知見、液状化現象で瓜生島沈没のメカニズムを説明すると、よく理解できる。

今年8月、NHK 西日本特集『中央構造線900キロの旅』の取材で、リモコンの水中ビデオ・カメラが瓜生島沈没推定地域の海底に潜った。そこは、超音波探査機による調査で、泥の下に船のような形のものがあることが、わかっているところである。水深は40メートル、ヘドロが舞い上がり、水の透明度はよくなかったが、10～15センチの焼物の破片らしいもの、海底から突き出た木の根のようなものが撮影された。瓜生島調査会の話によると、海底から3メートルほど下の泥のなかにあるものは、サイズや形状からみて沈船ではないだろうか、という。

水中考古学の調査に使うカラー・ソナーか、あるいは泥の下の異物を引き揚げる機器があれば、船かどうか確認できるのだろうか、瓜生島調査会は資金不足で、大がかりな調査ができないのが、最大の悩みである。

海底から南蛮船、あるいは伝承にある神社の鳥居、寺の遺構などが発見されれば、歴史のロマン溢れるニュースになるのだろうか……。

いま、のどかな別府湾に面した大分市では、広大な埋立地に石油タンクが並び、高い煙突がそびえている。昭和38年、新産業都市の指定をうけて以来、製鉄所・火力発電所・石油コンビナートなど151社が進出して、一大工業地帯になっている。もとより、瓜生島があったころの400年前の姿など想像もできない。

最近では、テクノポリス、ニューメディア・コ

コミュニティ、インテリジェント・シティといった21世紀をめざす高度情報化社会の中核都市づくりが計画されている。地元の人にとって、いま、瓜生島は伝説やロマンの対象として、ときどき記憶をよみがえさせるだけの存在になっている。

だが、瓜生島沈没は現代への教訓でもあるはずだ。別府一島原地溝帯が年間数ミリとはいえ、拡大しているかぎり、瓜生島を沈めたような地震が、またいつの日かやってくるにちがいない。

また、このあたりは地球物理学・地質学・地震学の研究者にとって、絶好のフィールドでもあるという。

礼砲を鳴らしながら入港する南蛮船、絹の旗を先頭にトランペットやフルートを奏しながら行進するポルトガル人、そして、日本史の大転換期に沈んでいった島。

私はこうしたロマンにとり憑かれた一人で、数回も現地に通ったが、発展する大分新産業都市の姿を見るにつけ、痛感されるのは現代の防災対策の必要性である。

歴史の解明、都市防災の対策づくり、それに、地球物理学の研究のためにも、瓜生島沈没の本格的な学際的調査を望みたいのだが……。

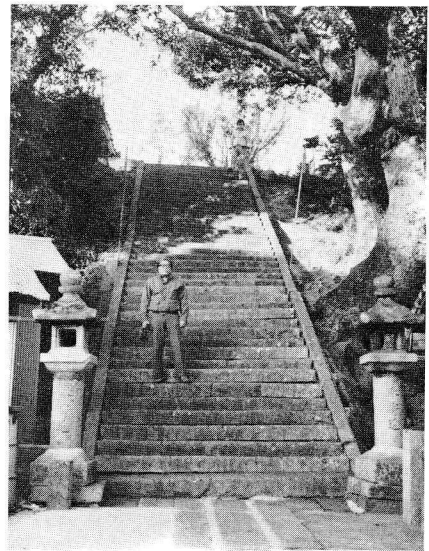
[やながわ よしろう NHK 解説委員]

高知県宿毛の津波

宝永（1707）、安政（1854）および昭和（1946）の南海道地震に伴う津波の高さを比較するには好適な場所として、高知県宿毛湾奥の大島にある 鶴神社の石碑がある。

宝永津波については、『宿毛市史』にもあるように、大島の庄屋『小野家々譜』に「当浦鶴社の石垣踏段三ッ残」とある。石段の数は42段である。また、貝塚浜田家の『甲寅大地震御手許日記』などに基づいて、『市史』に安政津波の際、「津波は鶴神社の石段七段まで上り、洞泉寺の障子端まで来た」と書いてある。昭和津波に関しては、ちょうど地面の高さまで潮が上がったと報告されている。

写真は、その鶴神社の石段であるが、上段の人物・田中秀文氏（東京工業大学）の立っている所が39段目で宝永津波の高さ、



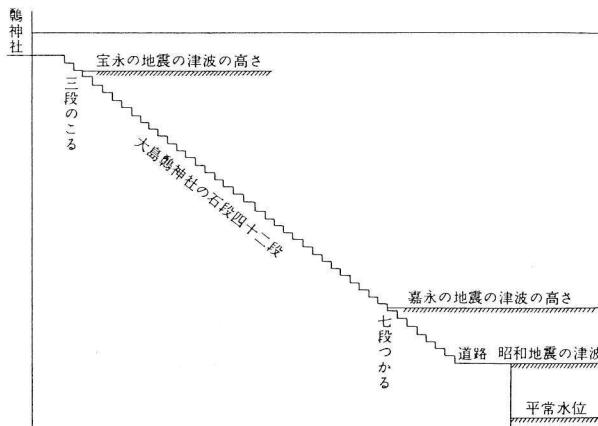
高知県宿毛市大島の鶴神社の石段
宝永地震の津波は石段3段を残す高さまで襲ってきたという。

ている7段目が安政津波の高さ、石段の始まる路面が昭和津波の高さということになり、実例によると、それぞれ約9.3および2メートルの高さだったということになる。

このような3つの津波の高さを比較した模式図を『宿毛市史』より引用させていただくと、図のようになり、宝永地震津波が断然大きく、ついで安政南海地震津波の順となり、これらに比べると昭和南海津波はあまりたいしたことはないという結論になる。

この3つの津波に関する大きさの順位は、四国の他の場所での調査でも同様であり、宝永地震が超特大の地震で、それに伴う津波も超特大であったことがわかる。

[R]



宝永・安政・昭和の各地震による津波の高さ
（『宿毛市史』による）

下段・山田隆三氏（地震予知総合研究振興会）の立っ

高知県西部の宝永（1707）、安政（1854）および昭和（1946）の各津波を調査した羽鳥徳太郎氏（地震研究所彙報、56、547-570、1981）によると、宝永津波では「七所、潮は越浦境の小坂を越す山間の家少し残る。鹿島流る。津波今の村役場床に上る。石段を下より七段迄の所に及ぶと伝え、又蓮光寺の石段を上より三段の所に及ぶとも言えり」という記事が『土佐清水市史』にあるという。

蓮光寺の石段は83段あり、上記の言い伝えを信じると、宝永津波の高さは13.5メートルにもなるので、羽鳥氏はこの伝承は相当に誇張されているのではないかと、としている。事実、旧役場のデータなどによると、津波の高さは6.4メートルと求められている。

問題の蓮光寺石段の現況は写真のようになっていて、よくみるとコンクリートで造られている。宝永年間にコンクリート工法があったはずはないので、当時の石段が後年、コンクリートに改修されたと考えるべきであろう。そうすると、津波の高さ13.5メートルというのは意味のない数字となるであろう。

羽鳥氏の調査では、安政および昭和の津波の土佐清水における平均海水面よりの高さは、

それぞれ3.3および2.2メートルとなる。蓮光寺のデータはあやしいにしても、旧役場などの6.4メートルという高さを考えると、宝永津波は安政および昭和津波にくらべて断然大きかったといえよう。

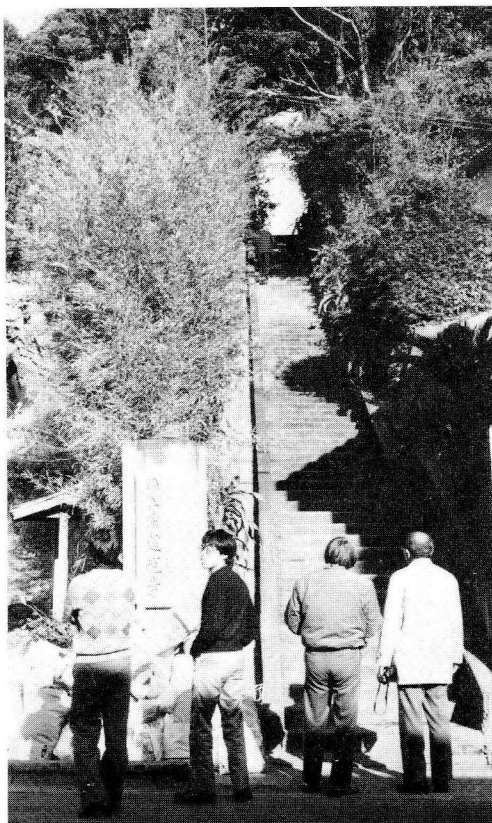
これは、本号別項「宿毛の津波」（前頁）に述べたこととよく一致する。

宝永の南海地震はとてつもない巨大地震だったらしい。『理科年表』によると、紀伊半島沖に震源が与えられているが、震度分布などからみても1つだけの震源とは考えられない。相田勇氏によると、東海-南海沖合に5個の断層が発生し、断層の長さの総和は600キロメートルを超えるとされている。そのうち、四国足摺岬沖合の断層の変位は14メートルもあったとされ、土佐清水や宿毛の津波が大きかったのも当然だということになる。

四国沿岸には、宝永、安政および昭和の南海地震に伴う津波碑がたくさん残されていて、

過去の津波を研究するのに大いに役立っている。しかし、現実に津波碑を訪ねてみると、碑建設後の人間活動によって、後日、移転させられてしまった例がいくつか見つかった。これは、場合によっては津波の浸水域の同定に影響しかねないので注意を要する。[R]

土佐清水の津波



土佐清水市浄土宗蓮光寺の石段
宝永津波のとき、上から3段目まで海水がとどいたとされている。

地震に伴って、または先立って、俗に“光り物”とよばれる発光現象があるらしいことが知られている。北伊豆地震（マグニチュード7.0、1930）のときには、プロの地震学者の目撃談などもある。1965～1967年の松代群発地震のときには、現地の人々が撮影した発光現象のカラー写真も発表されている。しかし、筆者は震源地の

中心にある皆神山で観測をしていたが、どういふわけか自分では見ていないので、無条件に信じるわけにはいかない。

従来からの報告を大別すると、この現象は電光・火柱および火球の3種類に分類されるようである。はじめの2つはともかくとして、火球についてはかなり信憑性があると思われる報告があるので、ここに紹介しよう。

四川省の火球

1976年8月、四川省の松潘—平武地区にマグニチュード7.2の地震が2つ、6.7の地震が1つ発生した。この地区は成都から北へ300キロメートル以上も離れたところで、パンダが野生しているところである。1978年、筆者らの日本地震代表団はこの地区を訪れたが、外国人と



図1 松潘—平武地震に先行して地下水位が下がり、餌の笹が枯れたので餓死したジャイアント・パンダ（四川省地震局による）

しては最初の訪問者というわけで、現地の住民

はわれわれをパンダなみに見物にやってきたことであった。

四川省地震局によると、この地震に先行していろいろな前兆的異常が報告されている。地下

水の水位が下がり、泉の水が干上がってしまった。したがって、笹が枯れ、餌を失ったパンダが餓死した（図1）。養魚池は泡立ち、ふだん

は深山にすむセキレイが人里に移動、ウサギが屋根に登った……etc、いずれも証拠写真つき

の報告がある。この地震に1～2か月先立って、地面から火球が上昇するのを見たという報告が各地の人民公社から地震局に集まってきた。同局職員の朱階佐氏は実地調査に出かけて、火球出現を実際に目撃したそうである。

一例をあげるならば、7月22日21時30分、綿竹県玉泉人民公社での例がある。地面から洗面器くらいの大きさの火の玉が出て、10メートルくらいの高さに彗星のように尾を引いて上昇した後、放物線を描いて落下し、ピンポン玉くらいの大きさとなって消えたという。途中で一度暗くなったが、また光った。その色は紅、青、白のまざった色であったが、おもに紅色であった。

火球出現に伴って、地電流

などには何の異常もなかった。図2の証拠写真

のように、火球によって瓜の蔓が焼け焦げたとのことである。出現に伴って、硫黄かニンニクのような妙な臭いがして、気持ちが悪くなった人があるそうである。出現地域は断層と川の交叉点に集中し、7月中・下旬に150例ほどの報告があった。察するに、地殻内のストレスが高まると、天然ガスがしばり出されて、摩擦電気か何かの原因で発火するのではなからうか。火球出現時の異臭などを考え合わせると、このような説明には説得力があるし、この地方では天然ガスが豊富にあることも事実のようである。

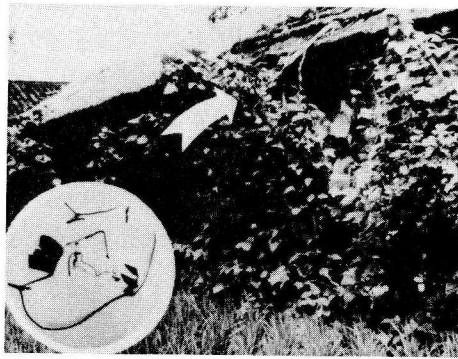


図2 火球により焼け焦げた瓜の蔓
(四川省地震局による)

日本の火球出現例

●関東地震 筆者の調

査では、関東地震（マグニチュード7.9、1923）の先行的異常として、33例の発光現象が報告されているが、その多くは電光として解釈できそうである。当時、関東地方の天候は相当に不安定であったらしいので、気象学的要因による発光現象が多く含まれているのではなからうか。いわゆる火球出現と考えられるのは、つぎの2例だけである。

「〈先行時間不詳〉…当時在住の叔父のいうには、秩父の堂平（現在、天文台の方向）にて火の玉の如きものが飛んだという」（埼玉県比企郡小川町、野口喜久三郎）。

「祖母が関東大地震の半月ほどまえ、二階の物干場で涼んでおりましたら、南西の方角で大きな火の玉が、地面から空へ向かって飛んでいったそうです。びっくりした祖母は、急いで人を呼び…〈後略〉」（横浜市中区、亀井淑子）。

●東南海地震 東南海地震（マグニチュード7.9、1944）の前兆調査では、下記の2つの明

瞭な報告がある。場所はいずれも浜松市天竜川駅前広場である。

「〈20時間前〉…12月6日5時30分頃？（うす暗くなった頃）。赤色 ○— いわゆる火の玉というか、赤くて進行方向がマルくて尾を持った様な物体が東から西に向かって流れるように通過、一ツ、ゆっくりと浮び、流れるように、時間的には30秒位だったと思う」（掛川市、鳥居信夫）。

「〈20時間くらい前？〉…19年10月から20年3月の間の日、月日は正確に記憶がない。夕方うす暗くなってからの時刻、国鉄東海道線天竜川駅前広場から見た。北方100～350メートルぐらいの感じ、高さ100メートルぐらい、

下のような感じ〈略〉の火の玉が東から西へ動く。色はオレンジがかった赤、大きな鳥がとぶような感じで動いた。頭部の直径30センチぐらい、100～150メートル動き、30秒～1分間で消えた。列車が遅れ100人ぐらいの乗客が騒ぎながら見たので、私一人の錯覚ではない（磐田市、佐野尚男）。

この2つの報告は、同一現象を2人の観測者が、まったく独立に観測したものと判断され、信頼性が高い。しかし、日本のデータは中国四川省のデータに比較すると、いささか迫力に欠けている。

結 論

上記のような中国と日本のデータより判断して、前兆であるか否かはともかくとして、地震に先行して“火の玉”が出現する可能性があることは本当のようであり、今後とも注目するべきことがらであろう。

地下核実験探知と地震学

末廣重二

核実験の開始

1945年7月のことである。米国ハーバード大学の地震学者ドン・リートは政府から目的も告げられず、ポータブル地震計を持って、ニューメキシコ州にやってくるようにとの命令を受けた。人類史上最初の核爆発が同月16日に行なわれ、彼の地震計は爆発による地面の振動を記録するためのものであった。爆発は砂漠に設けられた約200メートルの鉄塔上であったが、その威力はTNT火薬の19,300トン相当であったので、地面の振動も相当なものであったに違いない。核実験と地震観測はそもその始めから関係があったのである。

約半月後テニヤン島を進発したB29爆撃機エノーラゲイ号が史上第2発目の核爆弾を広島市に投下し、引きつづいて第3発目が長崎に投下された。第2次世界大戦はこの直後に終り、それ以来核爆弾が人間殺傷を目的として用いられたことはない。

最初米英の独占下にあった核兵器は、4年後にはソ連も開発に成功し、各国は核兵器の開発と威力テストのため核実験を開始した。1945年の人類最初の核爆発から、その後10年間に行なわれた実験はすべて大気中、地表、あるいは海中で、その回数は61回に及んだ。

核爆発は化学爆発とは全くその性質を異にし、一過性ではない。残存する有害な放射性物質を発生する。こうしたことから無制限の核実験続行は地球環境の汚染を増大させるという認識が全世界的に強まり、核兵器保有と核実験の制限についての各種交渉が行なわれるようになってきた。こうした世界的世論の高まりを背景として、米国は地

球の大気海洋環境に与える影響が無いとされる地下での核実験を1957年9月にネバダの実験場で行ない、ソ連・英国・フランスも地下での実験を開始するようになった。

一方、1950年代には大気中の放射能レベルが有意に増加しているとの観測結果も報告され、核実験による環境汚染の問題はさらに深刻化してきた。

このような状況下で、1963年、米国・英国・ソ連の間に、大気圏・宇宙空間・海中での核実験をすべて禁止する Limited Test Ban Treaty がモスクワで締結された。

部分核実験禁止と検証

この条約がすんなりと合意された最大の理由は、条約の遵守を保証する検証に、さしたる技術的難点が無かったからであろう。ソ連最初の1949年の原爆実験はカスピ海とアラル海の間で行なわれたのであるが、この爆発の探知は、なんとほかに離れた米海岸で採集した雨滴中の核分裂物質から行なわれたのである。中国がロブノル高原で大気中の核実験を行なうと、その威力にもよるが、日本上空での浮遊塵放射能濃度および降水放射能降下量は2,3日後に平常時の100倍前後に増加する。また爆発の衝撃は数千キロ遠方まで微気圧変動となって伝播し、ソ連ノバヤゼムリヤの大気圏内実験も日本国内で微気圧変化として観測され探知可能である。

1981年4月のソ連原発事故による放射能は約10日間で全北半球に拡散し、その中にはセシウム134のように自然界には存在しない物質があるので、人工核分裂であることは直ちに「ばれ」てしまう。海中における実験についてもほとんど同様

のことがいえる。

一方、地下における実験には制限はないので、多額の費用は要するが、実験続行は依然として可能という事実も核保有国がこの条約締結に踏み切った一因であろう。フランスと中国はこの制限条約には加盟していないが、最近10年間は地下実験しか行っていない。

地下核実験の検証とその歴史

1957年に地下での核実験が開始されて以来、その検証ということが大きな問題となった。1963年の部分核禁では、実験の結果、他国のいかなる環境にも放射能塵の影響が及んではならないと定めてある。大気は常に流動しているので、これは実験の結果、放射能塵を自国の大気にも漏らしてはならないことを意味する。

1961年12月米国ニューメキシコ州で行なわれたGnome実験のときには、直径2メートルの穴が地下1000メートルまで掘削され、核爆発装置をその底部に置き、発火用のケーブルのみ地上まで引いて、穴は地表面まで岩石とコンクリートで完全に埋め戻してしまったそうである。

爆発の結果、地下で瞬間的にたいへんな衝撃が発生するが、空中に吹き上げることはなく、爆発点から四方に衝撃が伝わる。もちろん爆発の起こったその地点ではたいへんな高熱のために付近の岩石は気化して、大きな空洞ができる。それから、ある一定の距離までは、とくにスピードの早い衝撃波が伝わるが、その外側は、通常の岩石中を伝わる弾性波があらゆる方向に広がっていくのが爆発の結果である。少なくとも10キロメートルかそれ以上離れた所から見ている限り、爆発の結果は、その衝撃により発生し地中を伝わる弾性波のみである。これは一種の人工地震であって、それ以外の影響はすべて地表面下に封じ込められてしまうため、大気中の放射能の増加や微気圧変化は全く発生しない。

1958年、東側・西側・非同盟の物理学者と地震学者がジュネーブに集まって、地下核爆発の探知検証問題に関する最初の専門家会議が開かれた。

ここで地下核爆発の唯一の結果たる人工地震波の観測による検証の可能性が、どの程度であるかについて意見交換が行なわれた。その結果、いわゆる現地査察をしない限り地下核爆発実験を探知・識別する手段は地震学的方法以外にはないことが確認された。

その後、スウェーデン——これは非同盟の旗頭でたいへん軍縮に熱心な国であるが、このスウェーデンの提唱の下に、日本・カナダ・インド・アラブ連合・オーストラリア・ポーランド・ルーマニアから専門家が、1966年5月に再びストックホルムで、この問題につき討議を行なった。その結果、やはり地震観測以外に手段はないことが確認されて、この時機を前後に各国は観測能力の向上と自然地震との識別に大きな努力をはらうようになったのである。

核実験と地震観測

核実験のそもそもの始めから地震観測と縁があったことは前に述べた。戦後の初期の実験は1946年と1948年米国により西太平洋で行なわれた。国内の環境に対する影響を避けるためだったらしい。とくに1946年に行なわれたビキニ環礁近くのベーカーという実験は世界で初めての海中爆破であった。これにより発生した地震波が、世界の多くの地震観測所で記録されたのである。また1952年10月31日には、太平洋エニウェトク環礁で、米国は初めて核融合エネルギーの解放に成功して、水爆なるものがこの世に出現するに至った。とくに1954年2月28日に行なわれた最大の水爆ブラーボは空中爆破であったが、その威力はTNT14メガトンに相当し、巨大なエネルギーが地震波となって遠方の地震観測所で鋭い地震波初動が記録された。

その後、各国は各地で続々と核実験を行ない、それにより発生した地震波は人工遠地地震として記録されるようになった。ここで私は1950年岩手県石淵でダム採石のために行なわれた57トンの核実験に比べれば実に微々たる火薬爆発を思い出さずにはいられない。

そもそも地震観測には大別して2つの目的がある。1つは地震現象そのものの解明であり、もう1つは各種地震波の到達時間と減衰の状況から地球内部構造を研究することである。自然地震を用いれば、震源時の位置と深さ、それに発震時は未知であるので、観測から定めなければならず、当然誤差を伴う。しかし、人工地震を用いるとこの4要素は既知の量であるので、第2の目的には大きな長所となる。当時わずか57トンの爆発であったが、われわれはこれに飛びつき、これが日本における爆破地震動研究グループ結成のきっかけとなった。しかし、この程度の爆破ではその後測器の著しい改良はあったが、地震波の記録可能距離はせいぜい数百キロメートルである。地域的な構造研究の域を出るのは困難であった。

これに比べると核実験は巨大な人工地震のエネルギー源である。1956年9月27日英国は豪州のマラリング実験場で鉄塔上から吊され、広島型と同程度の威力の実験を行なった。この実験による人工地震波を観測して豪州中南部から西部にかけての地下構造を決定すべく、ナラボー高原の東端から豪州西部のパスにかけて地震計が配置された。このときは地上爆発であったため、地震波が記録されたのは約1000キロ離れた地点までであったが、地殻中とその下部の上部マントルを伝わった波が明瞭に記録され、これにより南半球での大陸の地殻の厚さとその中での地震波速度が正確に決定された。私は最近このナラボー高原を列車で横断し、往時を思っただけに感無量であった。とにかく、これが核実験が地震学に利用された最初であった。1954年の米国の水爆実験のときには地球内核を通ったPKP波すらすでに観測されていた。

こうして1957年、カナダのトロントで開かれたIASPEIの会長演説で、豪州の著名な地震学者K. ブレンは「核の知識の進歩は、地震学と地球内部構造解明の重要問題に対して、非常に新しい研究方法を提供するに至った」と提案した。しかし、なにぶんにも10万人以上の生命を一時に奪い、将来の人類に対して非常に危険をはらむ核爆発を平和的であるべき研究のために用いることには反対が多く、国際的な賛成を得るには至らなかった。

ただし、主に米国は殆どどの核爆発について、爆発の正確な場所と時刻を公表したので、これを用いてそれまで自然地震にのみ頼っていた遠距離の地震波走時の精度が格段に向上したことは事実である。

地震観測技術の改良

核実験が地下だけに限られるようになり、しかもその探知・識別方法は地震学的方法によるしかないという事実を背景に、各国とも1950年代から地震観測測器と観測技術の改良に力を入れるようになった。

探知・識別といっても、第一歩は自然であれ、人工であれ震源から発した地震波をノイズ・レベル以上の大ききで記録し、これを探知することである。かつての機械式地震計の倍率を大きくするためにはその振子の重さを大きくすることしか方法がなかった。しかし、電磁式地震計の発明により周期0.2秒の短周期領域においては倍率40万倍、周期15秒から30秒の長周期領域においては倍率数千倍が得られるようになった。これは地球上表面の殆どどの場所の自然ノイズを拡大するに十分な倍率である。探知能力を高めるための技術的目標は、いかにして自然ノイズの小さい場所を探すか、あるいは特殊な方法でシグナル対雑音比(SN比)を向上させるかという点に向けられるようになった。

まず最初に試みられたのが、地表から1000メートルとか2000メートルの穴を掘って、その底部に地震計感部を置き、地表面に主に集中しているノイズがある程度減衰した所で地震波を測定する方法であった。しかし、やや周期の長いノイズは、深さによる減衰が思ったほど顕著でないこと、シグナル自体にも若干の減衰があることなどからして、SN比の改善は期待されたほどではなかった。かといって全く意味がないわけではないので、現在ボーアホール中に埋設された短周期地震計は数多く用いられている。

一方、長周期の地震計が拾うノイズは地面からのものより、温度変化による地震計自体の歪み、

大気の微気圧変動によるもののほうが大きいことがわかり、長周期地震計を温度一定の横穴の中に置き、その上内部を真空に近くした気密容器の中に封じ込めることにより、相当のノイズの削減が可能となった。

さらに、この時代に開発された観測方法として群列観測がある。地表面のノイズは地域的にランダムであり100メートルから200メートル離れると、お互いに関連性はほとんどなくなってしまうが、地震波のほうは組織的に伝わってくるから、相当離れてもシグナルには類似性がある。したがって、地震計を500メートルおきとか1キロメートルおきに、例えば10個置いてその出力を足し合せると、ノイズの方は必ずしも10倍にはならず、大略 $\sqrt{10}$ 倍にしかならない。一方、シグナルのほうは完全に類似性があれば10倍になる。つまり、多数の地震計を一定の区域内にばらまいて出力を足し合せると、ノイズは \sqrt{n} 倍にしかならないが、シグナルは n 倍となって、SN比を向上させることができるという方法である。1962年英国のスコットランドに十字形に配列された最初の群列観測所ができたが、地震計間隔は1キロメートル、十字の長さは10キロメートルの小型のものであった。その後、このスコットランドの群列観測の成功に見習って、カナダのイエローナイフ、インドのガウリビダヌア、オーストラリアのワラムンガにも群列観測所が配置された。

そのうちでも最も大規模のものは、米国モンタナ州ビリングス付近にあり、200キロメートルにわたり同心円状にばらまかれた525台の短周期地震計からなっていた。地震計はすべて地中に埋設され、その表面は牧草地で、牛がゆうゆうと草をはんでいるそうである。

シグナルである地震波が西方向から伝わってくるとすると、直径200キロメートルの円ともなれば、一番西の端にある地震計がシグナルを記録する時刻と、東の端の地震計が記録する時刻には当然差ができてくる。その差も震源地の遠近によって変わってくる。シグナルが遅れてキャッチされる分だけ時間差をつけて足し合わせてやる方法をとらねばならない。

しかもシグナルである地震波が、どの方向からどのくらいの速度をもって伝わってきたのかは不明である。360度すべての可能性と速度を考えて、一番よいSN比を見つけてやらねばならない。これは、大型のコンピューターで初めて可能なことであって、このような群列観測をシグナルの方向と速度に合わせてやることをビーミングと呼んでいる。

ロケーション

このように地震波の探知技術は向上したが、これだけでは、自然地震と人工地震——つまり核爆発との識別は容易にはつかない。まず、地震波の発生源の決定が大切である。地球上の地震の震源決定作業は、核実験が問題になる以前から国際的に行なわれてきた。しかし、核実験の検証という立場から再検討が必要となった。その他、関連した問題の討議のため、1976年国連軍縮委員会の下に地震専門家会議が設けられ、これには西側・東側・非同盟など、20か国以上から参加して、まさにグローバルな場となった。この会議での検討によれば、世界中で約50個の精密な観測所があれば、現在のSN比で可能な範囲での震源決定が行なえるであろうという結論が出された。

「もちろん、震源決定には観測データの交換が不可欠である。しかも、こうした目的のためには郵便による交換では遅すぎる。データの迅速な交換をどうやるのかを問題にしなければ、検証網の現実的な運営ができないではないか。しかも、実際にデータ交換のテストをしてみる必要がある」という日本の主張を各国が認めるところとなり、それまではややアカデミックな論議が主であった会議の内容に、現実的な要素が盛り込まれることとなった。

結局、各観測所で検出され数字の羅列になったデータ（これをパラメトリックあるいはレベル1データと呼ぶ）のは世界気象機関が調整している国際気象専用回線網（WMO/GTS）を用いることになり、若干の予備実験の後に、1984年10月に1か月間37か国76の観測所が参加してデータ交換

実験を行ない、さらにモスクワ・ワシントン・ストックホルムの3か所で震源決定作業も行なったのである。

このローケーションを行なうことにより、実はほとんどの地震は核実験ではないと決定できる。例えば日本の付近の地震であれば、核実験の可能性はゼロである。つぎは震源の深さであって、地下核実験といっても、深さはせいぜい1000メートルから2000メートルであるから、地表面と変わらない。したがって、震源の深さが十分な精度で、例えば20キロメートル以上であると決定できれば、たとえ核実験場付近の地震でも核実験である可能性は、これまたゼロである。したがって、震源の緯度・経度と深さは核実験の検証上、きわめて重要な要素である。

要するに、問題はカザクスタンとかアリュシャンとか、あるいはネバダのように自然地震も起こるが核実験もやっている場所で、きわめて浅い地震が発生した場合、どうやって識別するかということになる。

アイデンティフィケーション

いかにして自然地震と地下核爆発を識別するかについては、1950年代から実に多くの研究が行なわれてきた。前述のように、深さも含めた震源位置決定で、大部分の地震は自然のものと決定できるのである。しかし、これには十分な精度が必要であって、この研究のために多くの費用が投入され1968年には全世界の改訂P波走時表が出版された。このように核探知のための研究は、地球内部構造の研究にも大きな寄与をなした。

しかし、最終的な識別の根拠は、両者の発生のメカニズムの差にあると考えられている。自然地震は有限の長さの断層が有限の時間かかって、しかも速度の変化する破壊進行によって発生する。一方核実験のほうは殆んど一点から瞬間的にエネルギーが発散する。この差によって、前者の記録は複雑でしかも比較的大きな振幅の表面波を発生する。後者の記録は深発地震のように単純で、表面波を発生しにくい。このような識別のためには、

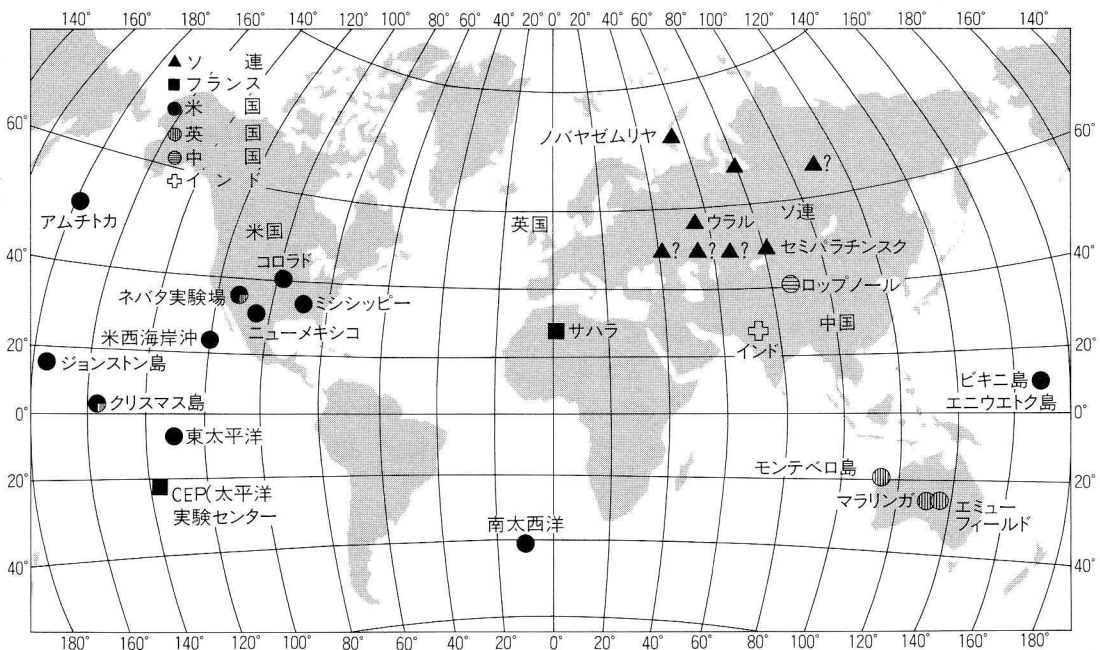


図1 1945年より1974年までの主な核実験地点
その分布は広く、ほとんど全世界に及んでいる。

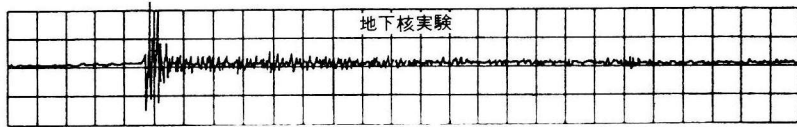


図 2 (a) 1984年10月27日ソ連領セミパラチンスクで行なわれた地下核実験による地震波
波形は簡単で振動はすぐ収まっている。

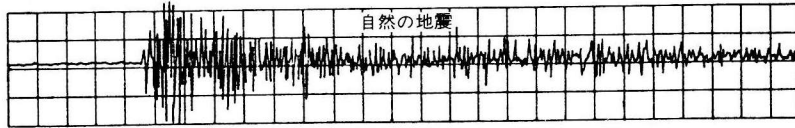


図 2 (b) 同年10月30日フィリピン、ミンダナオ島付近の自然地震
波形は複雑で振動継続時間も長い。茨城県柿岡での気象庁による観測。

パラメトリック・データ（レベル1データ）では不十分であって、地震波の波形を解析して震源のメカニズムの差を突き止めねばならない。この波形データ（レベル2データ）の交換が最終的には必要で、現在ジュネーブの専門家委員会では、この波形データの能率的な交換方法を検討している。

しかし波形データの解析をやったから、完全に識別がつくとは必ずしも断言できない。つまり核実験くさい自然地震と、その逆もあるようなのである。この辺の識別精度の問題になると、核探知研究にたずさわっている学者によって認識が若干、異なっているのが現状である。

最後に地震学的方法による限り、つぎに述べる偽装と秘匿の問題を別にしても、2つの限界がある。第1は観測ノイズにマスクされた信号は検出できない。実験場の近くに地震計を設置しない限り、検出できる信号には下限がある。第2には、われわれは観測により発生した地震のエネルギーはほぼ正確に推定できるが、その地震を発生させるに必要とされた核爆発の威力の推定は精度があるかに悪くなる。核爆発の行なわれた地下の地質状況に左右されるからである。もし爆発規模の最大上限値を設けるような条約ができたとしたら、この点が問題となるかもしれない。

イベージョン [偽装と秘匿]

何らかの地下核実験禁止条約ができたとしても、

実験探知を著しく困難にするような手段が取られるかもしれない。これらについても幾つかの研究がなされ、ごく一部ではあるが実験も行なわれた。

・実験の威力を小さく見せかける方法 どのくらいの威力の実験を行なったかは、非地震学的な現地査察を行なわない限り当事者以外には解らない。観測された地震波から求められた地震の規模と、その地震を起こした爆発の威力の間には一定の関係があるが、前述のように実験場の地質環境により10倍くらいは違いうる。さらに地下に空洞を作り、実験装置をその中央に吊して爆発させると、周囲の空気が緩衝となって、発生する地震の規模は一層小さくなる。ある場合には探知不可能にできるかもしれない。

この方法は有効であることは間違いないが、実際の実験は1KT以下の実験で行なわれただけである。10KT、100KTという威力の実験にこの方法を適用するためには、爆発深度にもよるが、直径80メートル、200メートルという空洞を地下に造らねばならない。このような大工事は困難であるし、まず空中査察で見つかってしまうであろう。また小実験で試された結果が、そのままより大きな威力の実験に適用できるという保証もない。

・実験を自然地震で覆ってしまう方法 ある程度以上の地震になると、全世界の高感度の地震計の針は大きく振れる。もしそのような自然地震発生直後に実験を行なえば、実験による地震はより大きな自然地震にマスクされて、分離して検証

することは著しく困難になる。

しかし、この方法にも大きな難点がある。地震の発生は予知できない。実験によって発生する地震の規模を十分に上回る自然地震の発生を、実験準備完了の状態待ちつづけているというのは現実的でない。さらに、たまたま発生した自然地震が、目的にかなうものであるか否かを短時間に判定することも容易ではない。

・震源の複雑化により自然地震らしく見せかける方法　いくつかの爆破をある時間差をもって行なえば、自然地震の断層発生に似たメカニズムにすることができるかもしれない。しかしこれにもいろいろと問題点があり、このような実験を行なったという報告は一つもない。

いずれのイベージョンを行なうにしても、その有効性を予め十分に試しておくことは不可能である。地震学的あるいは空中査察などの非地震学的方法で探知される危険性が十分にある。イベージョンは大きな賭にならざるをえないであろう。

む す び

地下核実験開始以来、地震学研究への投資はそれぞれの時代の政治情勢と密接なかかわり合いを持つようになった。1945年以来の政治的な事件と、地震学上の出来事を並べて見てみると実に興味深いものがある。とくに、日本に関係が深かったのは、米国が1960年から1970年の間にベラ・ユニフォーム計画として地下核実験の探知と識別の研究に支出した2億5000万ドルであろう。この計画の重要な事業の一つとして、世界標準地震観測網(WWSSN)が東欧諸国・中国・オーストリア・スイスなどの国を除く世界中に設置され、日本の3点を含めてその地点は約125か所に上った。短周期地震計は固有周期1秒のベニオフ型地震計と、周期0.2秒のガルバノ・メーター、長周期地震計は固有周期15秒または30秒の振子と周期100秒のガルバノ・メーターの組合せで、両地震計共直結式である。さらに、この観測システムの長所は、きわめて時刻精度のよいことであつた。記録は光学式で、記録紙は一度米国のセンターに送られる

が、縮小されたフィルム・コピーがつくられた後は原観測所に戻される。しかも、このコピーは世界中の人がセンターから実費で、全く自由に行なうことができる。現在のデジタル記録式と比較すれば、波形解析には問題はあるが、同じ周期レスポンスを持つ標準地震計であることと、時刻精度が高いこと、世界中の観測所のコピーが容易に入手できることは非常な魅力であつた。このため核探知技術に限らず、一般の地震学がどれほど進歩したか計りしれないものがある。

地下核探知技術は、核兵器の開発とは直接の関係は全然ない。このために費やされた莫大な費用は、地震観測技術の向上、自然地震のメカニズムの解明、地球内部構造の研究にそのほとんどが投入されたといえる。要するに地震学の進歩に役立ったのであり、それなくしては地下核探知技術の開発はありえなかつたのである。

核実験全面禁止という政治的問題は、将来どう展開するか予測は困難であるが、地震学と無縁になることはありえないと思う。日本は地震防災という身近な大問題を抱えているので、諸外国とは若干事情が異なるかもしれない。しかし、この問題にも日本の技術力を投入すべきと考える。

現在もジュネーブで約25か国の地震専門家の集まるグローバルな会議が年2回開かれている。そしてその焦点は世界的観測網を一定実験期間を限ってであるが、実際に稼働させてみようという段階まできている。思考実験より、このような現実的な観測とデータ交換の事実が積み重ねられることのほうが、検証能力の現状をよりよくアピールすることになる。幸いこのような方向決定が参加国の全会一致になされたことは誠に心強い。地震学が進歩し、しかも危険な兵器がこの世から姿を消せばこれに越したことはないではないか。

地下核実験探知はここには書き切れない多くの興味ある問題をもっている。さらに興味ある方はBruce A. Bolt 著の“Nuclear Explosions and Earthquakes”をお読みいただきたい。小林芳正監訳の『地下核実験探知』という日本語訳が古今書院から発行されている。

[すえひろ しげじ 元気象庁長官]

■ 地震予知連絡会情報 ■ 萩原幸男 ■

前回に引きつづき、今回は第76回地震予知連絡会（昭和61年8月18日）と第77回（同年11月17日）に提出された報告のうち、とくにめばしいものを選んで解説する。

東海地方の地殻変動（御前崎の沈降）

国土地理院では御前崎の沈降を年4回の水準測量によって監視しつづけている。御前崎から焼津・清水にかけての駿河湾沿岸一帯はおよそ0.5cm/年の割合で沈降をつづけているが、これはフィリピン海プレートの沈み込みに伴う「正常な」沈降である。しかし陸側の地殻はいつまでもズルズルと引き込まれているわけではない。弾性をもっているので、弾性的に反発して沈降から立ち直ろうとする。この反発作用の結果として地震が発生する。国土地理院は反発に入る前に現れる御前崎の異常な挙動を見落とすまいと監視しつづけているのである。

第77回予知連において発表された御前崎の挙動は、これまでの「正常な」沈降とは多少違った様相を示した。図1の曲線Aは掛川の水準点BM140-1を基準とした、御前崎に近い浜岡の水準点BM2595の沈降のようすを示している。1962年に実施された最初的水準測量以来24年間に、掛川に相対的に御前崎は最高14cm近くも沈降したことになる。しかも沈降は一様な速度で進行するのではなく、夏期に隆起、冬期に沈降という季節の変動を伴いながら進行していく。

そこで御前崎の純粹にテクtonicな沈降だけを抽出しようとするには、この季節変動を計算によって除去してやらなければならない。図1の曲線Bはこのようにして季節変動を除去した沈降曲線である。多少ともまだ除去しきれない変動は残っているものの、曲線Bはほぼ純粹にプレート運動に関連した御前崎の沈降とみてよからう。

ところが曲線Bを見ると、最後

の1点が僅かに11mmほど上側に飛び離れているのに気づく。すなわち、今年秋になって御前崎は「正常な」沈降よりもいくぶん隆起に転じたことになる。掛川と浜岡の中間地点で、静岡県は独自に短い距離の水準測量を毎週反復しているが、その結果も曲線Bと同様な傾向を示した。つまりこの御前崎の「異常な」挙動は測量の誤差などではなく、自然現象であることが実証されたのである。

地震学者の多くは、東海地震の前兆に関して、つぎのような予想をもっている。“10年くらい前から、御前崎付近の沈下傾向がにぶり、数年前には反転する”（力武常次、「起こるか？ 東海地震！」、『地震ジャーナル』、No.1）。曲線Bにみられるものはこの“反転”にあたるものではなかろうか。しかし、第77回予知連の結論はおおよそつぎのようであった。「現在のところ、付近に異常な地震活動は起こっていない。国土地理院と静岡県の次回測量成果を待った上で、一過性の現象であるか、あるいは本当に異常なものかを判断するべきである」。

東海地方の地殻変動（地殻の圧縮）

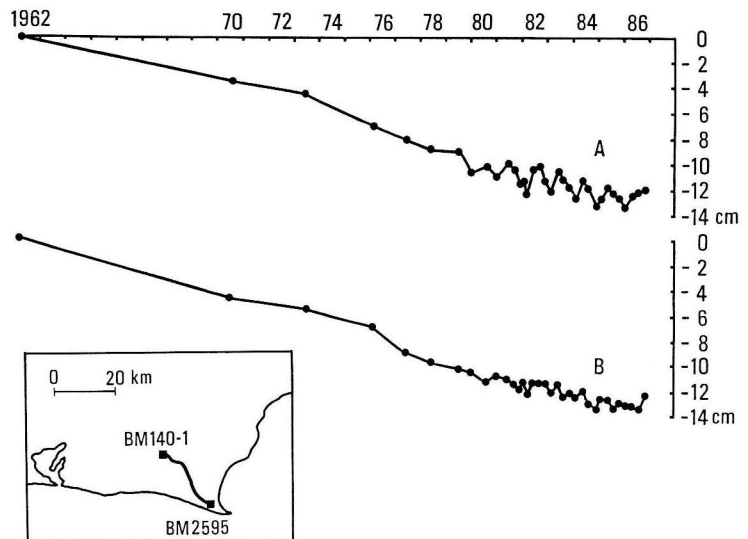


図1 御前崎の沈降（第77回予知連、国土地理院資料）

A：掛川からみた御前崎の沈降曲線。

B：年周変化を除去した沈降曲線。

東海地震の前兆的地殻変動は、単に御前崎付近一帯の沈降だけではない。三角点間の異常な距離変化としても現われる。フィリピン海プレートの沈み込みに伴って、地殻は駿河トラフ（あるいは南海トラフ）に直交する方向に圧縮を受ける。もし、この方向に一直線に三角点が並んでいれば、三角点間の距離は地殻の圧縮とともに短くなるであろう。この距離の短縮の度合いがいったん速まった後、東海地震が近づいてくると、逆に伸びを示す公算が大きい。それは、ちょうど「御前崎付近の沈下傾向がにぶり、その後反転する」現象に対応するものである。

名古屋大学は、御前崎付近に駿河トラフとほぼ直交する光波測量基線を設定し、1978年以来、年数回の割合でその距離変化を測定してきた。渥美湾を横切る基線でも同様な測定を反復してきた。後者の基線は、駿河トラフの延長部である南海トラフにほぼ直交している。第76回予知連では、これら両基線長の短縮する割合が、1985年以降、速まる傾向を示すことが指摘された。

図2の直線AおよびBは、それぞれ渥美湾を横切る基線（三ヶ根-蔵王基線）および御前崎付近の基線（粟ヶ岳-女神基線）の平均的な短縮を示すものである。短縮率はAの場合 0.16×10^{-6} /年程度、Bの場合 0.06×10^{-6} /年程度である。しかし、1985年以降の短縮率はともに 0.5×10^{-6} /年以上になっていることがわかる。一時的な

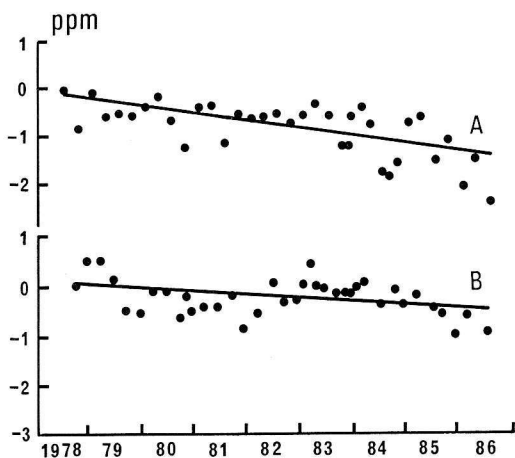
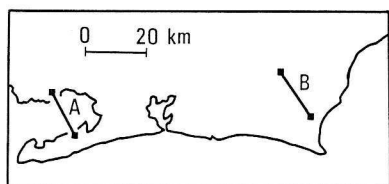


図2 東海地方の辺長変化
(第76回予知連, 名古屋大学資料)
A: 三ヶ根・蔵王基線の歪変化。
B: 粟ヶ岳・女神基線の歪変化。

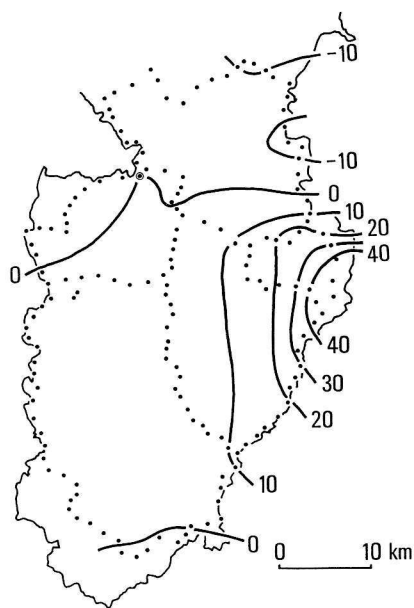


図3(a) 伊豆半島の上下変動 [1984~1986年, 単位mm]
(第76回予知連, 国土地理院資料)
◎は内浦基点, ・は水準点。

現象であれば問題はないが、今後も大きい短縮率がつき、しかも急に反転して伸びを示すようであれば、前述した国土地理院の測量結果と同様に、注意を要するであろう。とにかく、東海地震監視の重要性はますます高まりつつあるといえよう。

伊豆半島の地震・地殻活動

1974年伊豆半島沖地震(M6.9)を皮切りに、伊豆半島における一連の地震活動は1978年伊豆大島近海地震(M7.0)を経て1980年伊豆半島東方沖地震(M6.7)まで、半島東岸に沿って北上してきた。もし、このまま北上がづくものとすれば、つぎは小田原付近となるであろうが、幸いにも今のところ北上は止まり、伊東市の東にあたる川奈崎沖に地震活動は定着したようにみえる。

一方、伊豆半島の隆起も1974年以来つづいている。隆起の最初の段階では、伊東市の西に位置する冷川峠を中心に隆起していたが、最近では隆起の中心が伊東市の南に移ってきている。図3(a)は1984年5~7月から2年間の隆起量を示すが、隆起の中心付近ではこの2年間に5cm近くも隆起したことになる。川奈崎沖の地震活動はちょうどこの隆起の北東側の傾面に位置する。

この隆起の原因に関して、現在では火山性マグマ説が有力となっている。この隆起域一帯には、大室山に代表されるような地質的に新しい火山が点在することからして、隆起の原因を地下の火山活動に帰するのは自然であ

伊豆大島の火山活動

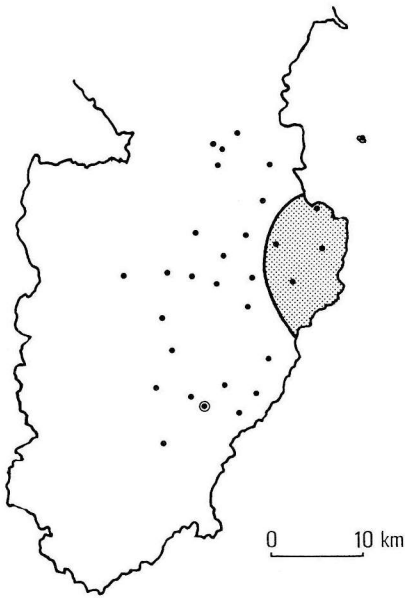


図3(b) 伊豆半島の全磁力変化 [1984~1986年]
(第77回予知連, 東京大学地震研究所資料)
◎は河津基点, ・は測定点, 陰影は-2nT
以下の全磁力減少域 (最低値-9.6nT)。

ろう。第77回予知連には、火山原因説を支持する有力な証拠が提出された。東京大学地震研究所地磁気移動観測室は、この隆起域一帯の地磁気が減少しつづけていることを発見したのである(図3(b))。

温度が数百度より高くなると、物質が磁性を失うことはよく知られている。磁性を失う温度をキュリー点という。火山性マグマが上昇することによって、周囲の岩石の温度がキュリー点より高くなると磁性がなくなる。伊豆半島の隆起域における地磁気の現象は、まさにこのような現象であろう。

伊豆半島の地震活動は現在のところ川奈崎沖に停滞している。しかしこのまま居座りつづけるものか、それとも近い将来に小田原方面に飛び火するものか予断をゆるさない。

第76回予知連資料によれば、7月9日、小田原付近にM4.2の浅発地震が発生した。国立防災科学技術センターの観測によればM1未満の4個の余震があり、7月23日にはその北部に17個の浅い地震(最大M2.6)が発生した。地質調査所が小田原北部の国府津・松田断層で観測しているラドン濃度は1983年以来増加し始め、昨年あたりから著しい増加がみられたという。

これらの現象はすぐさま異常に結びつくものではないにせよ、不断の監視と防災対策が必要であろう。

伊豆大島の三原山は11月15日に噴火を開始した。噴火から5日目、熔岩は内輪山の縁を越えてあふれ、外輪山との間のカルデラを埋め始めた。そしてさらに、21日には外輪山の外側に延びる大規模な割れ目噴火を起こし、島民1万余は緊急避難するに至った。火山活動は火山噴火予知連絡会の取り扱いであるが、関連事項として地震予知連絡会においても報告されているので、ここでは報告事項の一部を紹介したい。

三原山の噴火はかなり前からある程度予想されていた。第76回予知連において、気象庁体積歪計の異常な動き、火山性微動の振幅の増大と発生間隔の短縮などが報告され、噴火の徴候が指摘されていた。とくに、東京大学地震研究所は、今年3月以来の顕著な電気抵抗変化によって、マグマの上昇を示唆していた。また、1982年頃より火口付近の全磁力が減少し始め、噴火の直前には現象量は-50nTに達した(第77回予知連, 東京大学地震研究所資料)。マグマの上昇によって山体の温度がキュリー点以上となり、磁性が消失したのと考えられる。

このほか、国立防災科学技術センターの傾斜計は、11月のはじめに島の中央部が突然隆起したことをつきとめた。マグマの上昇に伴って、噴火の前に山体が徐々に隆起するのが普通であるが、今回の噴火では最終段階になって突然隆起したものらしい。この隆起は、噴火後になってほとんど回復した。

伊豆大島の火山活動は、日本列島の地震活動の前触れであるといわれる。1923年関東地震の前にも火山活動があったし、1974年伊豆半島沖地震の数日前にも小規模な火山活動が発生した。和歌山の地震活動と伊豆大島の火山活動の間には関連性が認められるという。地震予知の観点から、今回の火山活動の消長を慎重に見守る必要がある。

6月24日房総半島南東沖地震

6月24日11時53分、房総半島南東沖にM6.5の地震が発生した。ちょうど気象庁の海底地震計設置点付近であったために、余震活動などが正確にとらえられた。震源の深さは73km(気象庁)と推定される。推定された発震メカニズムはまちまちであり、地震研究所が逆断層型としたのに対して、気象庁は水平ずれ断層型、国立防災科学技術センターは水平ずれに若干垂直ずれが加わったものとした。

この地震と同時に、房総半島鴨川の体積歪計(気象庁)は、ステップ状の地殻歪変化を示した。千倉の歪計

(国立防災科学技術センター)は、6月18日に始まる前兆的变化を記録した。また、地質調査所の筑波観測井(深さ62m)では、地震の数時間前から異常な推移変化がみられたことが報告された。6月24日の地震は、近ごろまれにみる前兆現象の豊富な地震であったといえる。

長野県東部(丸子町)の地震

8月23日から、長野県丸子町付近で顕著な群発地震活動があり、8月24日と9月5日に活動のピークがあった。8月24日の最大地震M4.9では、丸子町とその周辺地域は震度IVとなり、軽微な被害が発生した。余震域は直径3km程度の範囲内に限定される。この地域にみられるリニアメントは東西方向であるが、発震機構から推定された断層は、むしろ南北方向で逆断層型であるといわれる(第77回予知連、東京大学地震研究所資料)。この群発活動は10月に入るとほとんど消滅した。

和歌山の地震活動

和歌山市付近における地震活動は、1930年以来ほぼ10年間隔で活発になっている(図4(a)参照)。最後の活動は1977年であったから、そろそろ活動期を迎えるものと予想される。

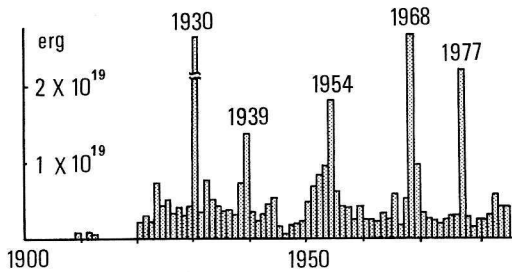


図4(a) 和歌山付近における年別地震活動度
縦軸は地震によって解放されたエネルギー。

地震活動空白域と呼ばれる現象がある。地震活動が周辺部を埋めてしまうと、中央部に地震活動の低い地域、つまり空白域が残ることになる。この空白域は、いずれ比較的大規模な地震が発生する予定地域とされる。東京大学地震研究所によると、現在、和歌山市東部に地震活動の空白域がみられ(図4(b)参照)、おそらく近いうちに、M5程度の地震が発生するものと考えている。被害が出るにしても、軽微なものと予想される。

きわめてローカルな地震であり、しかも被害をほとんど伴わないと予想されるために軽視されがちであるが、内陸の地震予知には、このような経験の積み重ねが貴重

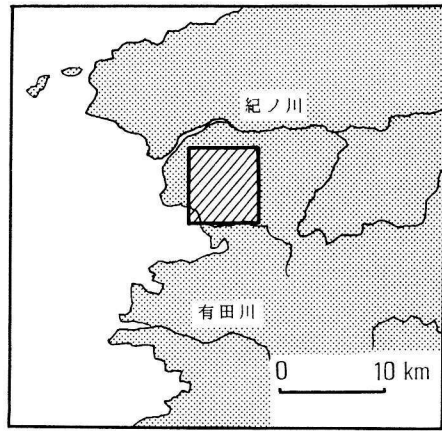


図4(b) 和歌山市東部の地震活動空白域
(第77回予知連、東京大学地震研究所資料)
図の中央部斜線の部分。

である。伊豆大島の項で述べたが、和歌山の地震活動と伊豆大島の火山活動とは関連をもつといわれるので、この際、両者の活動を注意して見守っていききたい。

[はぎわら ゆきお 東京大学地震研究所教授]

ご案内

本誌の第1号(1986年6月発行)は、まだ少数ながら在庫がありますので、ご希望の方はお申込み下さい。内容およびお申込先は下記のとおりです。

地震ジャーナル 1号

エッセイ 関東大地震と安否情報	岡部慶三
創刊の辞	萩原尊禮
地震学者のみたメキシコ地震	阿部勝征
対談 地震予知計画発足のころ	萩原尊禮
	[聞き手] 力武常次
起こるか? 東海地震!	力武常次
予知連情報	萩原幸男
書評 『日本被害津波総覧』	梶浦欣二郎
ADEP情報	編集部

●購読料実費[郵送料を含む] 1号 1000円

●申込先と郵便振込口座

東京都千代田区神田美土代町3

(財)地震予知総合研究振興会

郵便振込口座番号 東京1-109120

地震ジャーナル・編集部

書評 ■ 広瀬弘忠編『巨大地震—予知とその影響』

浜田和郎著『地震予知—どこまで可能か』

T. Rikitake, "Earthquake Prediction Research", Vol. 4, Nos. 3, 4.

社会科学の対象としての 巨大地震予知

広瀬弘忠編『巨大地震—予知とその影響』

力武常次

1974～1975年、評者はアメリカ・コロラド大学で仕事をしていたが、J. E. ハース氏を中心とするコロラド大学の社会学者グループの訪問を受けた。彼らによると、地震予知は近いうちに現実のものとなるであろうから、地震予知の社会的影響を研究することが大切であるので、日本における松代地震や川崎市異常隆起の経験を教えろとのことであった。

評者が帰国した直後、アメリカ科学アカデミーから『地震予知と公共政策』と題する本が出版され、評者は問題の重要性を考えて日本語版の出版を講談社に依頼するとともに、社会学者・社会心理学者がこの問題を積極的に取上げることが期待したのであった。いささかスタートがおくれたとはいえ、1976年ころの東海巨大地震説を契機に、東京大学新聞研究所や東京外国語大学などのグループによって、地震予知を地震警報に変換する際の諸問題に関する社会科学的研究が始まったことは喜ばしいことであった。

本書は、そのような予知警報の社会的影響についての、わかりやすい解説書である。すでに新聞研究所などからは、この問題について、いくつかの専門的報告が出されているが、世間一般の人々にとっては、やや近づきにくいと思われるので、本書はその点を補うものといえよう。

1章には、静岡県の被害を中心に、過去における東海—関東の巨大地震、伊豆方面の大地震の描写がなされている。この記事は、それなりに役立つことはもちろんであるが、このような地震そのものの解説は、地震学者による既存の記述もあるので、あるいはもっと簡略化し、本書の本来の目的である社会科学的問題のために紙面を留保してもよかったのではなかろうか。

2章は、東海地震説が「大規模地震対策特別措置法」施行に至る行政に組込まれる過程を、新聞報道を中心に取りまとめたものである。

3章は、アメリカ・カリフォルニア州に発生した過去

の大地震の概説であり、4,5および6章においては、日本の東海地方とカリフォルニアにおける諸施策を比較しながら、いわば「比較地震予知影響論」が展開されている。生活環境や地震活動度が異なるので、地震に対する住民意識には相当の差があり、カリフォルニアの住民は、より楽観的であるらしい。

いずれにしても、長期的地震予知情報が出されても、それにつづく期間では、時間の経過とともに住民の緊張がゆるんでいくような傾向が、日米ともに認められることが明らかにされた点は心配な点である。今後とも、アンケートやインタビューによる調査をきめ細かく行なって、その結果を地震防災行政に反映させていくことが必要であると思われる。

〈東大出版会、212ページ、1986年、四六判、2,200円〉

〔りきたけ つねじ 東京大学名誉教授・日本大学教授〕

近未来技術としての 地震予知

浜田和郎著『地震予知—どこまで可能か』

力武常次

近年、地震の予知に関する本が、その時どきの発展をふまえて、しばしば刊行されるようになった。ここに取上げた浜田君の著書も、地震予知技術の新しい進展にふれているという点で歓迎すべき本であるといえよう。

先年、静岡県地震対策課は日本における地震前兆現象を網羅的に調べることを企画し、浜田君や評者などが参加して作業を行なって、『地震前兆現象分析の現状』と題する報告書が公刊された。浜田君はこの仕事を通じて、地震前兆現象への関心を高め、そのことが本書を物することに繋がったように思われる。

1章においては、当然のことながら地震現象の解説がなされている。著者は、本書の“はじめに”において、「一般の中学生・高校生にも容易に分かる」ような本にしたいと書いているのだが、本章の発震メカニズムや断層モデルの話はなかなかむずかしい。これは、ことごらの性質上やむを得ないことかもしれない。

全般的に記述はきちんとしているが、「海城地震」が「海上地震」となっていたり、「本多弘吉」が「本田弘

吉」(3か所もある)となっていたりする点は、ちょっと気になる。

2章にまとめられている日本の地震前兆の説明は、データが豊富な点で既存の本よりもすぐれている。地震学的前兆だけでも417例あり、測地学のおよびその他の前兆事例も163例に達して、1965年に日本の地震予知計画が発足してからのデータ取得能力の著しい強化がうかがえる。ここでは、これらのデータの詳細を紹介する紙面はないが、一見、複雑怪奇な地震前兆の特性や出現パターンが、徐々に解明されつつあることは心強いことである。なお、日本の地震予知計画の概要は3章に述べられている。

“近未来の地震予知技術”と題する4章において、浜田君は「地震予知工学」ともいうべき新しい分野を開発することを提唱している。これは従来の厳密な理学としての地震研究ではなく、新しいデータ取得・処理システムや予知理論に基づき、総合判断による地震予知を実現しようという分野である。その第一歩として、浜田君の所属する国立防災科学技術センターが開発中の「地震前兆解析システム」が紹介されている。このようなシステム工学的アプローチは当然のことといえるが、若手の地震予知研究者にとっては魅力的な仕事であるに違いない。

最後に、宇宙技術を地震予知に導入することの必要性が述べられている。SLR, VLBI, GPS など、アメリカでは実用化されている宇宙技術による測地的手法は、一刻も早く導入されるべきで、前兆的地殻変動の検出のための強力な手段を提供することになるであろう。

以上述べてきたように、本書は地震予知の現時点における最先端の状況を解説したものであり、予知に関心をもつ向きにとっては一読の価値があるといえよう。

〈森北出版、239ページ、1986年、四六判、定価1600円〉

日本の心臓部における地震予知

T. Rikitake, "Earthquake Prediction Research",
Vol. 4, Nos. 3,4.

井野盛夫

EPR (Earthquake Prediction Research) という英文の季刊誌は、1982年に創刊された地震予知を主体とする学術雑誌であるが、今回の第4巻は“日本の心臓部における地震予知”の特集となっている。これは、日本大学の力武常次教授 [地震予知連絡会副会長・地震防災強化地域判定会委員] によるレビューである。

全体は11章で構成され、I章で、この本の書かれた経

緯と各章の紹介がされている。東海・伊豆半島・関東地域に焦点を絞り、地震構造論、地震観測と地震活動、地殻変動、活断層、爆破地震と重力測定による地殻構造、地磁気と地電流、地下水と地球化学、地震予知への総合的アプローチ、地震予知と警報による社会・経済問題、歴史巨大地震の前兆調査について章を立て述べている。

II章からVIII章までは、3地域での巨大地震構造を概論し、地球化学などの観測データと現状を、図をふんだんに駆使して簡潔にまとめている。

地震予知は社会・経済などの仕組みの中で生きてこそ評価されるべきものであって、自然科学の分野だけにとどまるべきではない、との視点で述べられている。

地震予知への総合的アプローチとして、IX章に地震予知連絡会の組織、大地震特別措置法の内容と指定地域、異常現象発見のための地震予知観測体制と地震防災対策強化地域判定会の招集基準など、世界に類を見ない戦略とシステムが紹介されている。さらに、地震予知の時間を長期・短期・直前と分け、それとおぼしき現象を抽出している。東海地震についても、地震ドーナツ・パターン説や震源の移動集中説など、少なからず注目される事項についても紹介されている。学説が公表されたとき、情報の受取り手である関係住民は、さまざまな反応をするとともにどの程度信頼すべきか戸惑いを感じるようである。また、巷間の憶測の域を出ない発表との区別もなかなか困難である。例えば、過去の「富士山噴火説」の例でも住民側は信用できる説として受けとってしまっている。住民と接する地方自治体が地震に関する学説を受入れて、政策に盛り込むことには、かなりの決断を必要とすることである。1978年の伊豆大島近海の地震後に、静岡県が出した余震情報によって住民がとった行動は、災害時の住民心理も考慮しなければならないという、さらに困難な課題を行政に与えた。1981年に、平塚市では機械の故障のため警戒宣言を誤って報じたが、市民の24.3%の人が信じていないという状況も、別の意味で地震予知が住民生活に活かすことの困難さを示している。こうした問題をX章でもっとも頁をさいて述べている。文献の洗い直しや手紙を使った精力的な前兆調査によって得られた事例がXI章に紹介されているが、仮りに東海地震が前回と同じように前兆を伴って起こるならば、予知観測ネットに必ず捕らえられると期待される。

地震予知観測が強化されている国内3地域の現状紹介の部分において、著者は、日本の予知技術が完成したものでない指摘しているが、地震予知の発展の現状と問題を理解するためには恰好の資料となる本である。

〈D. Reidel Publishing Co., Earthquake Prediction
Research, Vol. 4, Nos. 3,4, pp.213-486, 1986.〉

[いの もりお 静岡県地震対策課技監・理博]

ADEP情報

●60年度受託研究から 本振興会では、本年度も継続あるいは新規の多くの調査・研究を受託しているが、ここでは昨年度受託研究の中から2つを採り上げ、トピックスとして紹介したい。

東南海地震の全体像

なぜいま、東南海地震なのだろう？ ご承知のように東南海地震は、太平洋戦争で敗色がようやく深くなってきた昭和19年12月7日に、熊野灘の海底下を震源として発生したマグニチュード7.9の大地震である。地震動による被害は、遠州灘から伊勢湾の沿岸部に集中し、とくに中京圏の軍需工場は大被害を受けて、日本の戦争遂行能力に致命的ともいえる支障を生じさせた。そんな情勢にあったので、この地震に関する学術的な調査も十分には行なわれず、調査資料も“秘”として埋もれてしまった。

しかし、これを90年前に起こった安政東海地震と比較すると、震源域が西側の半分に止まっている、駿河湾付近は、その後も地殻の歪が年々蓄積されつづけているといわれている。そのことから、駿河湾を中心とする“東海地震”の発生が切迫していると信じられるようになった。このため、東南海地震のより詳しいデータを収集し、震源域が及んでいる範囲の確定などを中心として、この地震をさらに追求する必要が生じ

てきたのである。

ことに静岡県では、“東海地震”がまさに同県をすっぽり震源域とする地震であるので、その対策に手を尽くしてこられたのであるが、この際、東南海地震の震源域の拡がりの推定と、従来知られていた中遠地方の地震被害のほかに、県東部での地震や被害程度の調査を行なって、東南海地震の性状を明らかにすることを企図されたのである。

まず地震験測の面からのデータのとりまとめを行なったが、これには「遠州灘沖地震調査報告」という御前崎測候所で作された手書き、未公開の資料も含めることができた。

地震の被害の調査では、旧清水市および旧興津町の家屋被害状況が、新しく発見された資料で明確になった。ことに興津町の資料は、全壊・半壊の家屋が一軒一軒指摘できるもので、これによって地震被害が局所的に集中していることが認められた。このことは、被害を全戸数に対する率で表現する場合には、地域を広くとると被害がごく僅かであるかのように表わされるが、被害地域近傍では全滅に近い被害を受けている場合もあり得るので、被害率の統計には注意を要するところであろう。

それ以外の駿河湾地域、とくに伊豆半島では、地震の記憶も残っていないほどに震度も小さかった。

一方、静岡県在住の当時中等学校2年生だった方を主として、地震時の状況についてアンケート調査をおこなった。その結果でも、前述の被害調査の結果とよく一致した状況があらわれている。例えば中遠地方では地震時立って歩くことが著しく困難であったとした人の割合が85%を超えているのに対して、伊豆地方では50%以下の低率であった、というように、行動の自由が地震により相関をもっていることが示された。

さて、東南海地震の震源域が駿河湾内にも達していたのではないかと

とする議論がある。その根拠に駿河湾沿岸で地殻変動があったことと、津波が駿河湾奥の内浦へ地震後13～14分で到達したということが挙げられた。しかし、震源域と地殻変動域は異なっていて、地殻変動は震源断層のまわりに大きく広がる。津波の数値実験の結果によれば、震源域が御前崎以西の遠州灘沿岸に止まっている、駿河湾内に数センチメートルの地殻変動が生じ、内浦への津波の到達時間が早かったことも説明できることがわかった。

駿河湾沿岸の地殻変動も、水準測量のデータからは数センチメートル程度であり、駿河湾内に震源断層を考える必然性は少ないこともわかる。

このようなことで、東南海地震の震源域は、いままで考えられてきたように、安政東海地震の際に活動した震源域の西側の部分に限られていて、東側駿河湾内には及んでいないことが再確認された。したがって、“東海地震発生の可能性が切迫している”という事態がつついていることになる。それでは、その危険性はどの程度か。地震の再来期間と、地殻歪の蓄積の割合の両面から、今後10年以内に“東海地震”が発生する確率が計算されたが、それはほぼ30%ということであった（これについては、前号『地震ジャーナル』に詳しい解説がある）。

最近、“東海地震”に対する警戒心が風化していることを心配されている。この研究の結果は、そのような風潮に対して警鐘を鳴らしたものであると受けとめられている。〈東南海地震の全体像——静岡県における再調査、静岡県地震対策課、昭和61年2月、pp. 256〉

津波の危険度

“三陸海岸は津波の常習地帯である”とよくいわれる。これは暗に、三陸海岸の津波の危険度が高いとい

うことを意味している。しかし、そのほかに危険な場所はないのだろうか。また、ほかの場所にくらべてどのくらい危険なのか。それからまた、その“危険”の定義は何かなどと追求していくと、まだ十分な研究が行なわれているわけではない。

そこで、3年計画で日本の津波の危険度マップを完成することを目標に、初年度の研究が行なわれた。まず津波被災予測の観点からの諸問題について、整理が行なわれた。それは、津波を再現する数値シミュレーションの精度や方法の改善、わが国の沿岸地帯、漁港・港湾・都市などの現況と防災対策、津波災害の種類・形態とその発生要因などの分析等々を含んでいる。そして、これらの被害予測手法の現状がレビューされた。

ついで具体的な津波被害の実態として、日本海中部地震が調査された。津波は浅海域で増幅・変形されるか

ら、海岸付近の形状で、津波の高さに著しい局地性を生じる。危険度のようなある範囲の地域に関しては、普遍的な量で議論する必要がある場合、ひじょうに局地的な値をそのまま採用することは適当ではないだろう。そこで津波の高さとして、沿岸約40キロメートルの間隔のセグメント内の対数平均値を求めた。この平均値の統計的な性質は、すでに知られている太平洋側のそれとほぼ同様であることがわかり、津波高さの空間分布をあらわす上での普遍性が認められた。

そこで、日本海中部地震津波による人・建物・船舶の実際の被害と、この平均津波高さとの関係を調べたところ、被害はほぼ津波高さの3乗（船舶のみは2乗）に比例していることが認められた。例えば、建物の被害状況をくわしくみると、津波の高さのみでなく流速が著しく関与していることがよくわかるが、この3

乗というのは、定性的にこの事実と調和的である。

さて、津波は地震に伴って起こるのであるから、“津波を発生する地震”の生起確率と、その地震による津波波源から海岸へ到着する津波の高さと組み合わせることによって、海岸が、ある高さの津波を受ける確率が計算される。さらに、その地点に影響を与えるいくつかの地震についての総合確率が求められる。今回の試算では、例えば、西暦2000年から10年以内に下田で5メートル以上の津波を被る確率は41%、1メートル以上とすると58%であることが明らかにされた。

津波の危険度が確率で、しかも時間のスケールを入れて表示されたことは、いままでになかったことであり、今後、さらに日本全体にこの試みがなされれば、津波危険度マップの作成へ期待が持てることになりそうである。〈津波危険度に関する研究、その1、損害保険料率算定会、昭和61年10月、pp. 124〉 [A]

●職員移動 昭和61年8月1日付、新事務局長に佐藤豊が就任した。今後ともよろしくご指導・ご鞭撻をお願いしたい。

地震ジャーナル 第2号

昭和61年12月20日 発行

発行所 101 東京都千代田区神田美土代町3

☎ 03-295-1966

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。

●印刷/株式会社理想社印刷所 ●装丁/鈴木 竜

編集後記

暮れがひと月早く来たようなあわたしきで、いま、『地震ジャーナル』の第2号発行への作業が追込みに入っている。第1号発行の直後、担当者の一人が、不慮の交通事故で急逝するという不幸に見舞われた。そのため、第1号の配布が遅れたり、手違いを生じたりして、失礼なことも多かったと思う。それにもかかわらず、わが“ジャーナル”に対する反響は、概してご好評をいただいたようで、熱心な購読申込みを受けたりしている。

プロ野球の新人に、2年目のジンスクというのがある。いわば、新人の創刊号にくらべ、第2号のでき映えは、いかがだろうか。本号では、「日本がアメリカとなった話」「パークフィールドの地震予知」「地下核実験探知と地震学」と、現在の地震学の最先端の問題がとり上げられたが、それと対照的に史料にあらわれた「日本最古の地震」、いわゆる“允恭天皇5年の地震”、沈島伝説で有名な

「瓜生島沈没の謎」と、ぐっと古い話題も登場している。この辺のとり合わせの妙を、味わっていただきたいものである。

◇

さてここで、本誌の印刷について一言。先生方の原稿は、すぐ普通のワープロでフロッピー・ディスクに入力される。これを印刷所に持ち込み、IPS(Integrated Publishing System)なる装置を使って、紙面の割付け、字体の変更など、すべての編集を行なう。さらにレーザー・ビーム・プリンターで出力された印字は、そのままオフセット印刷原版になる。つまり、いわゆる活字による文字でなく、電子的に構成された文字である。本号の山本先生の論説のむずかしい漢字、複雑なルビも見事にこなしている。

◇

本誌がお手元に届くのは、いよいよ暮れも押しつまった頃であろう。どうぞ、良いお年を……。そして、また来年もよろしく。 [A]