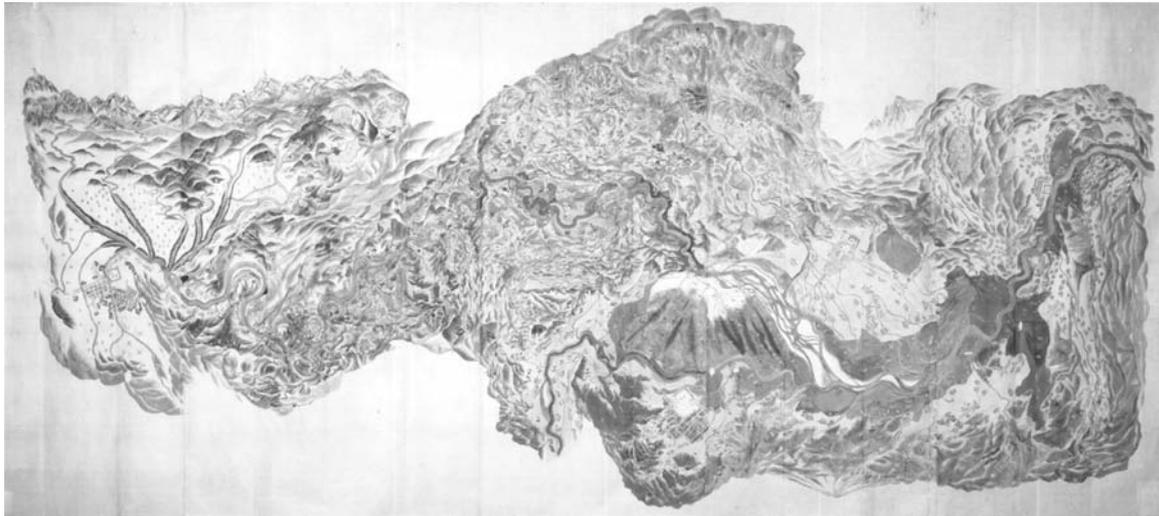


- ・地球はいつでも貧乏揺すり
常時地球自由振動
- ・2003年メキシコ・コリマ州の大地震

- ・絵図から情報を汲む 第6回
信濃国地震大絵図
- ・続・揺れのお話 第8回
東京下町での揺れ

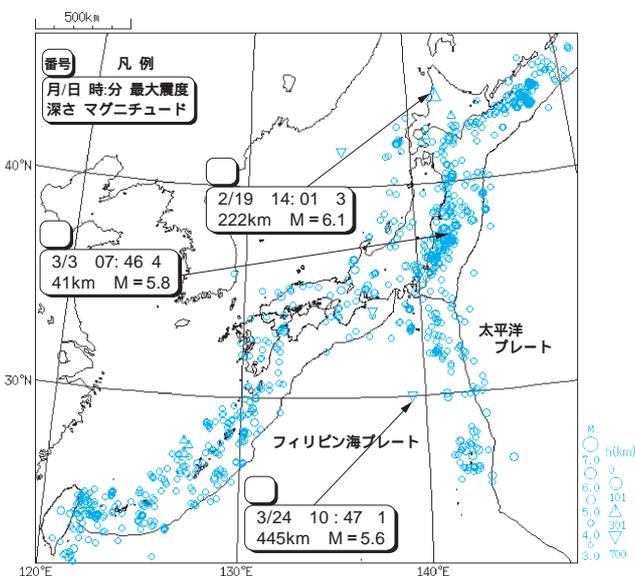


1847年善光寺地震の被害を伝える「信濃国地震大絵図」。松本城下と松代城下がそれぞれ左隅と中央下に見える。左から右に犀川が流れ、ほぼその中央にダムが決壊が描かれている。(詳しくは、p.6の記事「絵図から情報を汲む 第6回 信濃国地震大絵図」をご覧ください)

2003年2月～2003年3月のおもな地震活動

2003年2月～2003年3月に震度4以上が観測された地震は3回でした。図の範囲の中でマグニチュード(M)3.0以上の地震は、943回発生し、このうちM5.0以上の地震は10回でした。

2003年2月1日～2003年3月31日 M 3.0 地震数=943



留萌支庁南部(やや深発地震)

北海道地方から東北地方及び関東地方までの広い範囲で震度1～3を観測しました。この地震は、沈み込む太平洋プレート内部の地震です。

福島県沖

岩手県の矢巾町、宮城県の涌谷町、田尻町、南郷町、金成町、迫町、米山町、桃生町で震度4を観測したほか、北海道から関東・中部地方にかけての広い範囲で震度1～3を観測しました。

鳥島近海(深発地震)

東京都小笠原村で震度1を観測しました。

世界の地震

M7.0以上あるいは死者50人以上の被害を伴った地震は以下のとおりです。(発生日は日本時間、Mは米国地質調査所によるものです)

- ・2月24日11時03分
中国シンチヤン南部(M6.3) 死者263名以上、負傷者4,000名以上
- ・3月18日01時36分
アリューシャン列島ラット諸島(Mw7.0) 被害なし
(気象庁、文責：眞坂精一)

図の見方は「なみふる」No.31 p.7をご覧ください。

地球はいつでも貧乏揺すり - 常時地球自由振動 -

地球自由振動ってなに？

釣り鐘や楽器の弦は、ついたり弾いたりすることによって振動します。私たちの住む地球も同じように、ある力が加わることによって数分から1時間くらいの周期で何日も振動します。この現象は1960年に起きたチリ地震のときに初めて観測され、「地球自由振動」と呼ばれています（図1）。地球自由振動は、最近まで、地球全体を揺るほどの大きな地震のときにだけ起こる現象だと考えられていました。そして、地球自由振動を詳しく調べることによって、地震の発生場所で何が起きているのか、地球内部の構造はどのようになっているのかなどの研究が世界中で進められてきました。

新たな発見

1996年の日本惑星科学会において、「地球・火星・金星では大気が惑星の表面をたたくことによってナノガル（nGal: 地表の重力の1兆分の1）ほどの大きさで惑星が振動する」という予測が発表されました。ナノガルとは、ノイズの少ない静かな観測点で、なんとかとらえられる程度の非常に小さな量です。その後、当時名古屋大学にいた筆者らは、南極・昭和基地の超伝導重力計やラコスト重力計によるグローバルネットワークの連続記録を丹念に調べあげました。そして、大きな地震のないときでも「常に」地球自由振動が起きていることを世界で初めて見つけて、1998年に論文発表しました。この「常時地球自由振動」は、1960年のチリ地震以来40年近く、世界の地震学者に見過

ごされてきました。地球は「時折」ではなく、「いつも」貧乏揺すりをしていたのです。

何がわかったの？何がわからないの？

私たちの発見以後、日本だけでなく、アメリカ・フランス・ドイツの研究グループによっても、広帯域地震計ネットワーク記録などの解析からその現象が確認され、常時地球自由振動の存在は揺るぎないものになりました。その後の大きな進展として、日本の研究グループによって、世界中の静かな観測点の10年分の記録が解析されました。そして、季節によって常時地球自由振動の振幅が変化していることが発見されました。地球も暑いとイライラするのでしょうか、北半球の夏の時期に貧乏揺すりが大きくなります。また、ある周期の振幅が異常に大きいことを見つけ、それが大気の振動との共鳴現象で説明できることもわかりました（図2）。

それでは、なにが地球をたたいて常時地球自由振動を起こしているのでしょうか？小さい地震が力の源ではないことは明らかになっています。小さい地震の数は多いのですが、世界中で起きている小さい地震をいくらかき集めても観測されている振動を起こすにはエネルギーが足りません。これまでの観測や理論的な研究から、力の源は大気にあるという説が有力です。定量的な評価をおこなうために、大気が地表全体をたたくことによって起こる地球自由振動の問題が定式化されています。それによる計算結果とこれまでの観測結果は見事に一致します。しかし、力の源が海洋にある

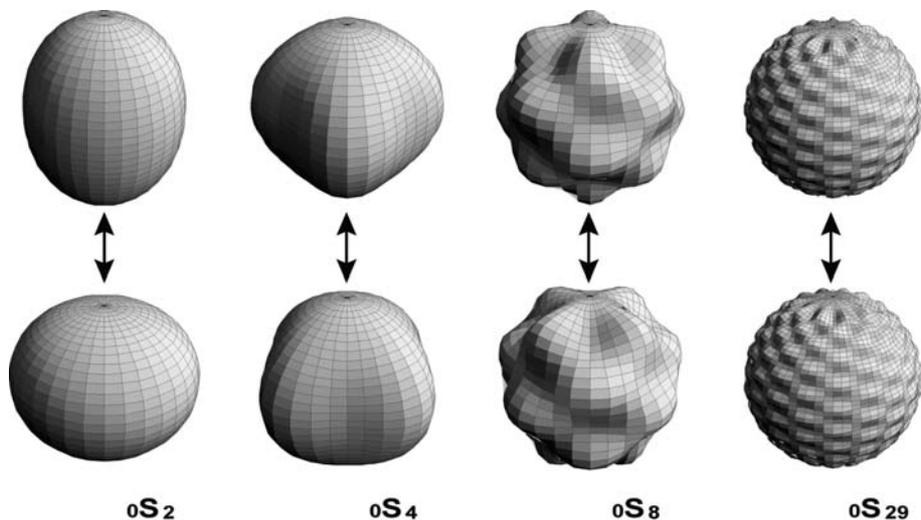


図1 地球自由振動の振動パターン例。それぞれのパターンの周期は、左から54分、26分、12分、4分です。このような振動が同時に起こります。 ${}_0S_2$ などは、振動のモードを表します。

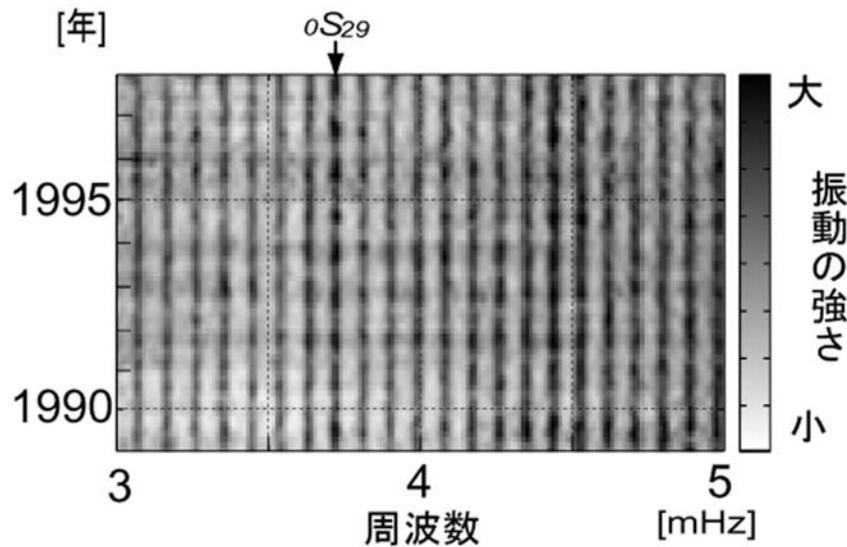


図2 地震のない静かな期間のデータを解析して得られた常時地球自由振動のスペクトログラム。縦軸、横軸がそれぞれ、年と周波数、濃淡（カラー）が信号の強さを表します。縦の縞々がそれぞれ地球自由振動の固有周波数と一致しています。信号の強さが季節変化していることと、 ${}_0S_{29}$ などの振動がほかのモードに比べて強いことがわかります。

という説もまだ捨て切れていません。例えば、南極に近いインド洋で地球が強くたたかれているという研究結果も報告されています。いずれにせよ、力の源は、大気や海洋といった地球の流体部分と固体の地球とが相互に影響を及ぼしあっている地表面付近にあるようです。

これからどうなるの？何の役に立つの？

最近、固体地球物理学を専門とする研究者に、気象学が専門の研究者を加えたあたらしい研究グループが結成されました。2002年3月、この研究グループは、房総半島南部の東京大学千葉演習林のおよそ東西5km、南北10kmの範囲に、30台近くの超高分解能微気圧計（写真）を設置して気圧の変動を観測し始めました。大気の振る舞いを詳しく調べることによって、常時地球自由振動の力の源にかかわる手がかりが得られることを期待しています。

さきほど北半球の夏に常時地球自由振動の振幅が大きくなっていると言いました。しかし、大気や海洋が変化することによって、季節変化に限らず、様々な時間スケールでその振幅は変化するはずですが、現在、人工衛星などいろいろな観測機器で大気や海洋の現象が調べられていますが、重力計や地震計を使って常時地球自由振動を詳しく調べることで、大気・海洋の地球規模の変動を見いだすことが可能かもしれません。

プレートテクトニクスのない火星や金星では、自由振動を起こすような大きな地震はないと考えられています。しかし、これらの惑星にも大気はあります。も



写真 新しく開発した微気圧計システム。気圧センサー、データロガー、バッテリーがひとつの箱に収められています。

しも大気が惑星表面を強くたたいていけば、常時惑星自由振動が起きているはずですが、重力計や地震計をこれらの惑星に持って行くことができれば、きっと観測できるでしょう。実際にフランスを中心とした研究グループは火星に広帯域地震計を持って行くことを計画しています。将来、火星や金星の貧乏揺すりが見つかるかも知れません。

（産業技術総合研究所 地質調査総合センター

名和一成）

2003年メキシコ・コリマ州の大地震

2003年コリマ大地震

2003年1月22日02時06分(世界標準時)に、メキシコのコリマ州で大きい地震が発生しました。地元のコリマ州はじめ隣のハリスコ州とミチョアカン州では、約50秒間続いた強い震動で15,000戸を超える住宅が被害を受け、このうち3,000戸以上が大破したり一部は倒壊したりして、死者29名、負傷者約400名という大きい被害が出たと報道されています。また各地で地すべりが起きたり道路がこわれ、海岸に近いところでは地面の液状化現象も起きたとのこと。

この地震のマグニチュードはアメリカ・ハーバード大学の観測ではMw7.4、国立地質調査所の発表では7.8となっています。震源の位置はいくつかの機関の発表で少しずつ違いますが、地元コリマ大学の地震観測網が決めた北緯18.625度、西経104.125度、深さ18-20kmという位置が今のところ最も確からしく思われます。

この地震後、2月5日までの2週間にマグニチュード3.7以上のやや大きい余震が32回、さらに19日までの2週間には7個の余震が観測されました。このうち最大のもはマグニチュード5.8でしたが、被害は報告されていません。その後、余震の活動は急速に減少しています。

震度分布と被害

図1は今回のコリマ地震によるメキシコ各地の震度分布*です。震央に近いコリマ市では震度Ⅷ、北西約55kmのマンサニージョ市でもⅦからⅧでした。マンサニージョ市の海岸の地盤の弱いところでは、水平動の最大加速度413ガル、上下動187ガルという強い震動が観測されました。またここでは地震発生から約8分後に振幅約1mの弱い津波が到来しました。一方、震央から約540km東にある首都メキシコシティでは、約30秒間続いた周期2-3秒の大きい横揺れのためにパニックになった人達もあったようですが、幸い被害は殆どありませんでした。

この地震による被害は震度Ⅶ以上の地域に集中しています。この地域でははじめに述べたように、15,000を超える住宅が被害を受けましたが、このような被害の大部分はメキシコや中南米に特有の家屋の構造によるものです。都市部から離れた地方では、アドベ住宅と呼ばれる、補強支柱のない石造りあるいは煉瓦積み住宅が多く、地震による強い震動には極めて弱い構造だからです。ただ多少でも補強がある場合には被害は軽微で、鉄筋構造やコンクリート補強のある大型建

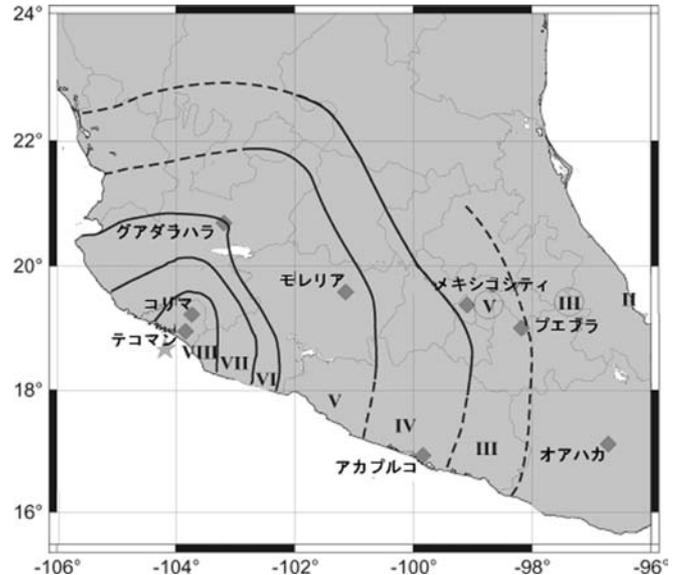


図1 2003年コリマ地震の際のメキシコ南部各地の震度分布。この震度は改正メルカリ震度によっています。震央に近いコリマ市やテコマン町では震度Ⅷ、メキシコシティでは震度Ⅴでした。

造物の被害は全く報告されていません。

図1の震度は震央から遠くなるにしたがって減少しており、地震動の加速度が距離とともに減衰して行くことを示しています。震央距離800kmで観測された加速度は2ガル以下でした。首都メキシコシティでの震度が周りに比べて大きいのは、この付近が昔の湖を埋め立てた弱い地盤であるため、地震波が増幅されるためと考えられています。

テクトニクスと地震活動

メキシコ南部の太平洋岸の沖合には、西北西から東南東方向に長さ約1,000kmにわたって、中央アメリカ海溝(MAT)とよばれるプレートの沈み込み帯が伸びています。ここからココスプレートがメキシコ大陸をのせた北米プレートの下に沈み込んでいるために、長くのびる海岸沿いの各地域にこれ迄にも何度も大地震が発生してきました(図2)。1985年にメキシコシティに大きい被害を出したマグニチュード8.0のミチョアカン大地震がこの1つの例です。この図の中の楕円形の場所は、これらの大地震の震源域(断層が破壊した地域)を表わしており、この大きさはその時の余震が起こった地域や震度分布から推定されたものです。今回のコリマ地震が起きたのは、このプレート沈み込み帯のなかでも西北西の端に近いところですが、この付近では、すぐ西側に隣接するリベラプレートと呼ばれる小さいプレートが東北方向に進んで

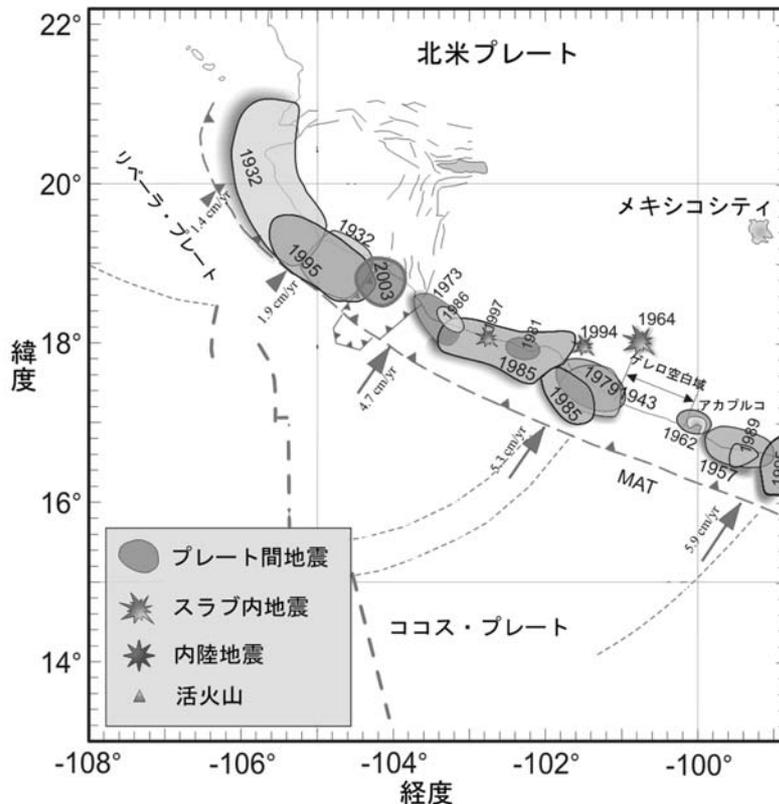


図2 メキシコ南部の太平洋岸にあるプレート沈み込み帯の中央アメリカ海溝(MAT)と近年の大地震。ココス・プレートとリバーラ・プレートの2つの海側のプレートが陸側の北米プレートに衝突していますが、矢印は海側のプレートの進む方向と1年間の進行速度を示しています。年号を入れた楕円形の地域がこの境界で起こった大地震の震源域(断層が破壊した地域)を表わしています。2003が今回のコリマ地震の震源域です。

北米プレートと衝突しており、上の3つのプレートが会う複雑な構造を持った場所です。

この地域では20世紀に入ってから次のように大きい地震が起こっています。1932年6月3日にはマグニチュード8.2で震源域の長さ220 kmという巨大なハリスコ地震と、その半月後の6月18日にはマグニチュード7.8の大地震がすぐ南東に隣接して起こりました。この2つはリバーラ・プレートの沈み込みによって起こったものと考えられています。さらに63年後の1995年10月にはこの2つの地震の震源域に重なるように、再びマグニチュード8.0のコリマ・ハリスコ大地震が発生しました。この1995年大地震の震源域は、余震が起こった面積から170 km x 70 kmという広い範囲に及んだと推定されています。この震源域からさらに東南へ約60 km離れたところでは、1973年にマグニチュード7.5の地震、さらにその東南では先の1985年ミチョアカン大地震とその余震の1986年地震が起こっています。この結果1973年と1995年の2つの地震の震源域の中間が、まだ地震が起こっていない空白域として残っていました。今回の2003年コリマ地震の震源域は、地震波の解析や余震が起こった面積から、半径約30 kmのほぼ円形の範囲(図2)と考えられま

す。この範囲は、これまで残っていた上の空白域の一部だけではなく、1932年と1995地震の震源域東南の一部まで広がっています。しかし1995年地震の震源域と比べるとかなり小さく、やや小型の地震だったといえるでしょう。なおこのような空白域はゲレロ地方(図2)にも残っており、ここでは1911年以来大きい地震が発生していません。将来ここに大地震が発生することが心配されており、これに備えて加速度計観測網やGPS観測網などが設置されています。

今後の研究

今回のコリマ地震は、地元のコリマ大学地震観測網のほか、メキシコ国立自治大学地球物理研究所の広帯域地震観測網や、世界各地の地震観測点で観測されました。今後このような観測結果の詳しい解析などを通じて、今度の地震の全体像が明らかになるものと思われれます。

(メキシコ国立自治大学地球物理研究所 三雲 健)

*外国で使用されている改正メルカリ震度階級の震度は、気象庁震度階級の震度5にほぼ相当します。

1847年（弘化4年）に長野県北部を震源として善光寺地震が occurred。その規模はマグニチュード7.4と推定されています。この地震は山国特有の被害である、山間地における山崩れなどの土砂崩落をもたらしました。この土砂崩落によって松本市方面から長野市に向けて南北に流れる犀川が20日あまりせき止められました。その後このダムが決壊して長野市南部の川中島平に流れ出し、大洪水を引き起こしたことはよく知られています。

さて、この善光寺地震の状況を松本藩領から長野県北部の飯山藩領までの広範囲を、詳細かつ正確に描いた災害絵図が松代藩主・真田家に伝わっています。「信濃国地震大絵図」の名で知られるこの絵図は、現在、真田家に伝来した多くの品々とともに長野市に寄贈され、真田宝物館に収蔵されています。タテ190cm、ヨコ420cmの大きな絵図で、もとは「信州地震大絵図」と書かれた袋に細かく折りたたまれて収納されていました。破損がはなはだしかったため、昭和58年に裏打ちがほどこされ現在は巻装となっています。

この絵図は、近年、俄かに脚光を浴び始めています。これまでも善光寺地震の被害状況を詳細に示していることから、様々な概説書に取り上げられてきました。近頃は、この絵図の成立について、殊に絵図の作成過程を復元しようとする試みや、あるいは、災害絵図全般の中からその意味を見出そうとする研究も見られるようになりました。こうした研究はまだはじまったばかりで、今後の成果が期待されます。

一方、「信濃国地震大絵図」がどのように利用されたのかを考えることも重要です。真田家に伝来した古文書類のなかには、藩主の動向をこと細かく記した日

記、『御側御納戸日記』があります。この日記のなかで、地震後数年間の記事のなかには、非常に多く「地震之絵図」に関するものを見出すことができます。これらは「地震之絵図」の貸し出しがあったことを示すもので、すでに震災の年10月には玉振院という人物に貸し出されています。その後も大名家などに貸し出されていることが確認できます。震災後、「地震之絵図」の貸し出しによって、善光寺地震の被害状況が伝えられたことが確認されるのです。

『御側御納戸日記』にあらわれる「地震之絵図」が、はたして「信濃国地震大絵図」そのものを示すものかどうかは即断しかねます。ただ私は、「地震之絵図」は「信濃国地震大絵図」を指すものと考えています。これは次の理由からです。

「信濃国地震大絵図」の伝来経緯については、現在までのところ、明治13年の『御掛物仮入記』と題する目録にその名が見えます。ここには、伝来の掛軸が列挙され、「江戸大絵図」とともに「地震大絵図一枚」と記載されています。このことから、真田家にあつては、「信濃国地震大絵図」を書画類に分類し、利用していたということが推測されるのです。この絵図は松代藩が幕府へ震災復興のための様々な便宜を得るために作成されたというよりも、公開・活用を目的とした地震についての様々な情報を盛り込む記録資料として成立した可能性が考えられるのです。

以上のことから、「信濃国地震大絵図」は親交のあった大名へ、地震の被害状況を伝えるための手段として作られた絵図と考えています。各大名はこの絵図をもとに、自藩などの防災対策を考えたのでしょうか。

（松代藩文化施設管理事務所 原田和彦）



図 ダムの決壊による扇状の土砂の流跡。（「信濃国地震大絵図」の一部を拡大）

最近では、9月1日の防災の日が、関東大震災が発生した日であることを知らない人も増えているようです。9月1日は関東大震災が発生した日であるとともに、暦の上の二百十日に当たり、台風シーズンを迎える時期でもあります。このため昭和35年に防災の日と定められました。意外に知られていないことですが、関東大地震が発生したお午頃、東京では台風の余波で風が強く、そのことが地震後の大きな火災に繋がる要因の一つになりました。当時の東京は東京市と呼ばれ15の区よりなり、第5回でお話したように、ほぼ山の手線の内側が山の手、東側の隅田川の周辺が下町と呼ばれる地域です。下町の地域は大火災でほとんど焼けてしまいましたが、焼ける前に当時の警視庁が各警察署に命じ、命がけで行った調査によって、揺れによる建物の被害状況もある程度知ることができます。

第6回でお話したように、このようなデータを用いると、木造住家の全潰率から当時の町丁目毎に揺れの強さを示す震度を評価することができます。図1は下町の浅草公園周辺の地域の拡大図で、点線は山の手台地と下町低地の境目を示します。また数字が町丁目毎に決められた震度です。隅田川の東側の本所区や深川区では総じて震度が高く、ほとんどが震度6-(6弱)以上で、震度6+(6強)から7の地域も多いことが分



図1 浅草公園周辺の震度分布。

かります。これに対して隅田川の西側の浅草区と下谷区では、上野公園と浅草公園を結ぶ線より北側では震度が高いのですが、下町低地にもかかわらず南側では震度が低いことに気づきます。

下町低地の地下構造を見るために、図1の①の線に沿って求めた表層地盤の東西断面図を図2に示します。図の左端に僅かに見える高まりは、西郷さんで有名な上野の台地です。色の濃い部分が洪積層で堅い地盤、白っぽい部分が沖積層で軟弱な地盤です。上野台地の縁から墨田川にかけては、同じ下町低地でも沖積層が10m以下で非常に薄く、その下にすぐ台地上と同じ洪積層が現れることが分かります。この部分は上野台地の延長上で、最終の氷河期が終了した約1万年位前から6千年位前にかけての急激な温暖化の時期に、海の進入によって上野台地が波で削られてきた波触台地であると考えられています。地下構造から見ればこの埋没台地（浅草台）の縁に当たる隅田川より東では軟弱な沖積粘土層が急に厚くなり、30m近くに達します。この縁が地震動の強弱を分ける境界を形成しているのです。このように下町低地で震度の低い地域はさらに南に下って日本橋区や京橋区へと続いています。東京の中心、銀座もその中に含まれます。

日本橋から銀座にかけては、江戸時代から続く東京の中心地ですが、下町低地でも比較的地盤が良いところに中心地が形成されているのは偶然でしょうか。このように同じように見えていても地下構造が異なることもあります。地震防災の観点から言えば、自分の住む土地の地価ばかりでなく、地下にも多少の関心を払われることをおすすめします。

(強震動委員会 武村雅之)

参考文献

武村雅之、1923年関東地震による東京都中心部（旧15区内）の詳細震度分布と表層地盤構造、日本地震工学会論文集、第3巻、第1号、2003。

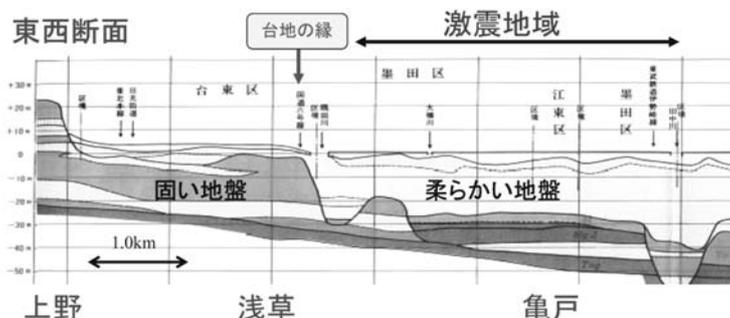


図2 図1の①に沿った地下構造の断面と震度の高い地域（激震地域）の関係。
(断面図は東京都土木研究所(1969)東京都地盤地質図23区内による)

『皆様のなみふる』を目指して

おかげさまで、日本地震学会広報紙の「なみふる」は今春の第37号をもって発行7年目を迎えました。皆様の温かいお力添えに、心よりお礼申し上げます。

さて、同紙の編集にあたっては、ご愛読いただける紙面作りのために、定期的なアンケート調査を実施しています。ここでは、昨年度後半に、主に、マスコミ、防災行政、学校教育関係の方々からいただいた回答やメッセージを抜粋して紹介いたします。

配布媒体について

近年のインターネットの普及にあたり、電子媒体での情報提供も盛んに行われるようになってきました。日本地震学会でも、ホームページ上で「なみふる」(pdfファイル版)などを公開しています。そこで、以下のような質問にご回答いただきました。

Q1. 地震学会のホームページをご覧いただける環境ですか？

Q2. pdf版なみふる(数Mbyte)をダウンロードいただける環境ですか？

はい いいえ わからない

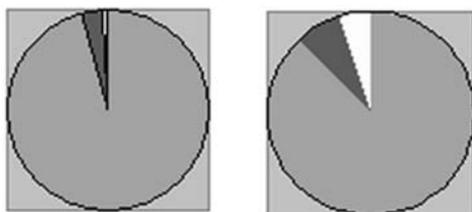


図 Q1とQ2の回答(それぞれ、左側と右側)

多くの読者がインターネットに接続できる環境にあります。ダウンロードが困難な環境も少なからず見受けられます。また調査では、「なみふる」のホームページへの掲載時に、電子メールでの連絡を希望される方が約半数いらっしゃいました。

「なみふる」の利用方法

お手元での「なみふる」の利用方法を伺ったところ、主に以下のような回答が寄せられました。

- ・ ニュース報道の参考資料
 - ・ 理科の授業や夏休み自由研究の資料
 - ・ 科学館の企画展・特別展・常設展示の情報
 - ・ 地方自治体の広報紙や防災説明会での引用
- 各号は8頁ほどの小冊子ですが、バックナンバーを一覧ファイルとして保存して、「地震事典」のように活用されている読者も多いようでした。

ご意見・ご要望

以下に載せるメッセージを含めて、貴重なご意見・ご要望を数多くいただきました。

- ・ できるだけ専門用語を使わないか注釈を入れるかして素人でもわかりやすくしてほしい
- ・ 最近のトピックス的な情報を含めて早めの情報掲載をよろしくお願いします
- ・ 最新の地震学の知見や防災行政に役立つ情報をどんどん発信してください
- ・ 現場では活字情報が大変有効なことから印刷物での配布を続けてほしい

このように、用語の解説から専門的な情報などを含めて、「さらに読みやすい紙面」を求められてのコメントを多くいただきました。

今後とも「なみふる」では、より分かりやすい情報の伝達を心がけるとともに、地震防災、自然科学、一般解説などの話題を幅広く取り扱っていきたいと考えています。皆様のご意見・ご要望を、下記の連絡先まで手紙や電子メールでお気軽にお寄せいただければ幸いです。編集者一同、心よりお待ちしております。

(日本地震学会広報委員 吉本和生)

広報紙「なみふる」購読申込のご案内

日本地震学会の広報紙「なみふる」は、隔月発行(年間6号)しております。「なみふる」の購読をご希望の方は、氏名、住所、電話番号を明記の上、年間購読料(日本地震学会会員:800円、非会員1200円、いずれも送料込)を郵便振替で振替口座00120-0-11918「日本地震学会」にお振り込みください(通信欄に「広報紙希望」とご記入ください)。なお、「なみふる」は日本地震学会ホームページ(<http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/>)でもご覧になれば、pdfファイル版を無料でダウンロードして印刷することもできます。

日本地震学会広報紙「なみふる」 第37号 2003年5月1日発行 定価150円(郵送料別)

発行者 (社)日本地震学会/東京都文京区本郷6-26-12 東京RSビル8F(〒113-0033)

電話 03-5803-9570 FAX 03-5803-9577(執務日:月~金)

編集者 広報委員会/

末次大輔(委員長)、吉本和生(編集長)、五十嵐俊博、加藤護、桑原央治、小泉尚嗣、武村雅之、東田進也、中川和之、中村浩二、古村孝志、山田知朗

E-mail zisin-koho@ml.asahi-net.or.jp

印刷 創文印刷工業(株)

本紙に掲載された記事等の著作権は日本地震学会に帰属します。