

# なみふる

「なみふる (ナイフル)」は「地震」の古語です。「なみ」は「大地」、「ふる」は「震動する」の意味です。

**p.2 2008 年のおもな地震活動**

**p.6 地震学会論文賞受賞研究の紹介**

- ・震度を用いて昔の地震を調べる
- ・岩手山で地震波伝播速度の時間変化をとらえた

**p.4 南アフリカ金鉱山で見えてきた地震発生の詳細像**

**p.8 地震“鯨”とつきあう秘訣  
第9回 第三の条件**



ムポネン金鉱山の風景。一番左とその隣の塔は、地下に降りるためのエレベータータワー。詳しくは4ページからの「南アフリカ金鉱山で見えてきた地震発生の詳細像」の記事をご覧ください。

**2008年12月～2009年1月のおもな地震活動**

2008年12月～2009年1月に震度4以上を観測した地震は2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718回発生し、このうちM5.0以上の地震は25回でした。「M5.5以上」、「震度5弱以上」、「M5.0以上かつ震度4以上」の条件のいずれかに該当する地震の概要は下記のとおりです。

①、②、③、⑤三陸沖

太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震で、4日のM6.1の地震により北海道の一部から関東地方にかけて震度3～1を観測しました。今回の地震の震源付近はまとまった地震活動が見られるところで、最近では2005年8月24日

と31日にM6.3の地震が発生しています。

⑥、⑦、⑧関東東方沖と福島県沖

震央地名は異なるがひとまとまりの活動。太平洋プレートと陸のプレートの境界付近で発生した地震で、20日のM6.6の地震により東北地方と関東地方を中心に震度3～1を観測し、岩手県と宮城県の沿岸で小さな津波を観測しました。

④台湾付近

この地震により、沖縄県の与那国島と竹富島で震度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 (発生時間は日本時間、Mと震源の深さ、被害は米国地質調査所 [USGS] によるものです (いずれも2月12日現在))。

・1月4日04時43分

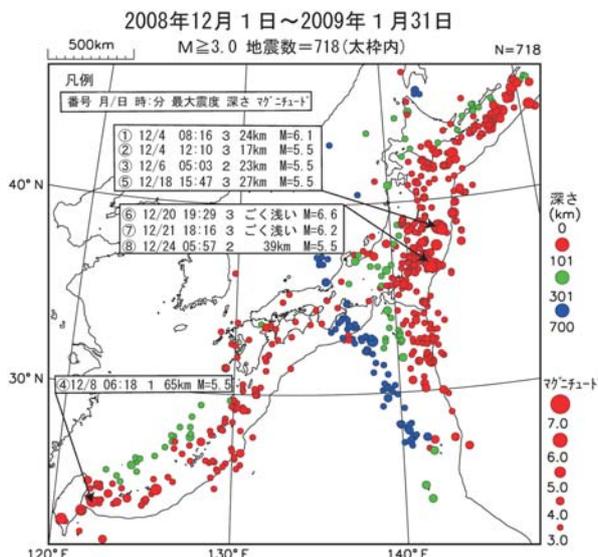
ニューギニア付近 (インドネシア) (M7.5、深さ17km) 太平洋プレートとインド・オーストラリアプレートの境界で発生した地震で、この地震により和歌山県串本町で43cmなど、伊豆・小笠原諸島、関東地方から九州地方にかけての太平洋沿岸及び南西諸島で津波を観測しました。同日07時33分にもほぼ同じ場所でM7.4の地震が発生しました。これらの地震により、現地では死者5人以上、負傷者250人以上等の被害を生じました。

・1月16日02時49分

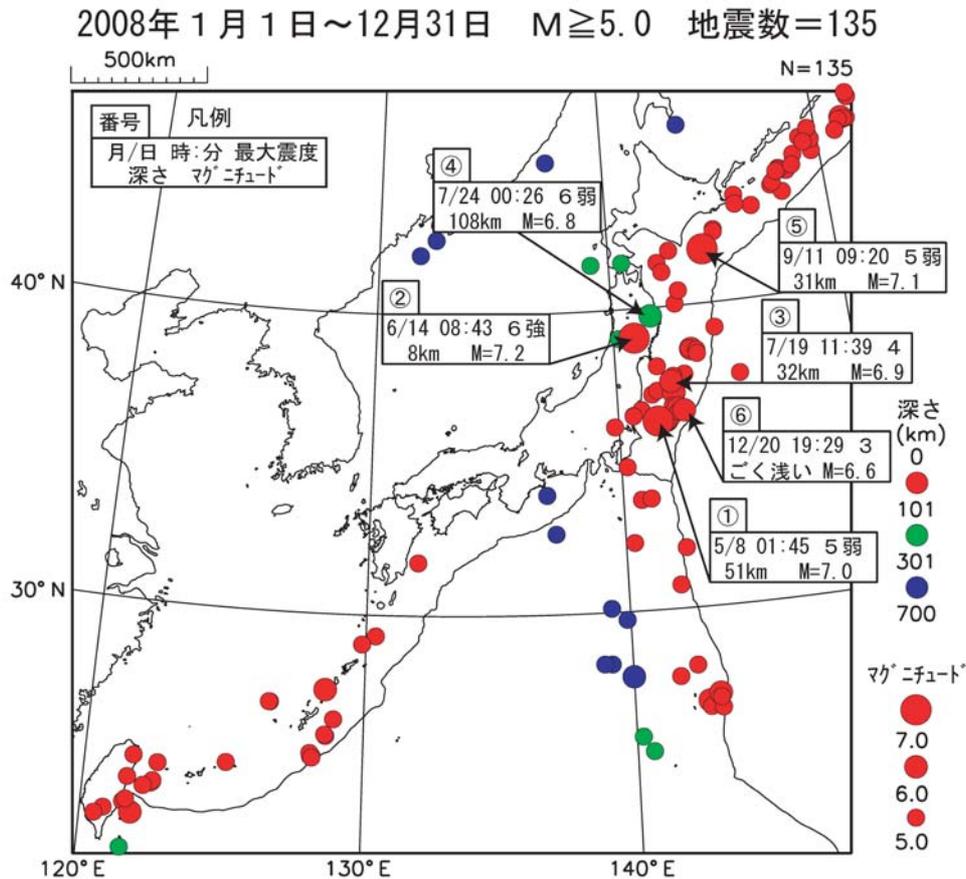
千島列島東方 (M7.4、深さ30km) 太平洋プレートの内部で発生した地震と考えられます。この地震により北海道と東北地方で震度2～1を観測しました。

(気象庁地震津波監視課、文責：近藤 さや)

図の見方は「なみふる」No.31 p.7をご覧ください。



# 2008 年のおもな地震活動



## 1. 日本付近の地震

### 【概況】

2008年に発生した地震で、日本国内で被害を伴った地震は8回（2007年は9回）でした。

震度4以上を観測した地震は42回（2007年は57回）でした。M6.0以上の地震回数は21回（2007年は24回）で、過去82年間の平均が17.1回、標準偏差が8.1回であることから、ほぼ平均的な発生回数であったといえます。

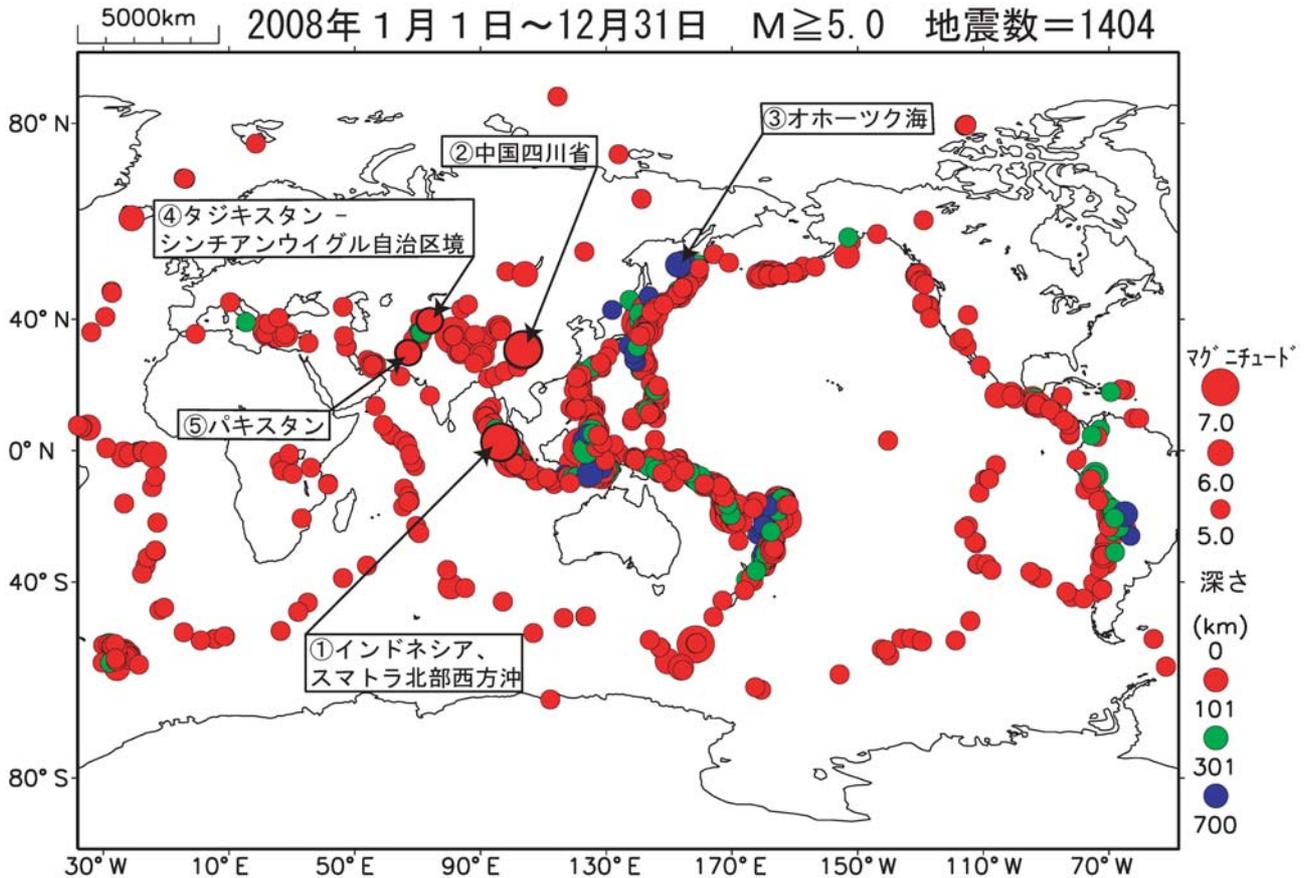
日本で津波を観測した地震は4回（2007年も4回）で、過去82年間の平均が2.4回、標準偏差が2.0回であることから、ほぼ平均的な発生回数であったといえます。

2008年に観測した最大の震度は、「平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震」（M7.2）で観測された震度6強でした。

最も規模の大きかった地震も「平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震」（M7.2）でした。

以下、M7.0以上、津波を観測した地震、あるいは被害の大きかった地震（負傷者10名以上）を掲載します（被害は総務省消防庁によるもので、2009年2月12日現在）。番号は図の番号と共通です。

- ① 5月8日01時45分、茨城県沖（M7.0、最大震度5弱）  
負傷者6人、福島県と宮城県の沿岸で小さな津波を観測。
- ② 6月14日08時43分、「平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震」（M7.2、最大震度6強）  
死者13人、行方不明者10人、負傷者451人、住家被害2,553棟など。
- ③ 7月19日11時39分、福島県沖（M6.9、最大震度4）  
石巻市鮎川で22cmなど、東北地方の太平洋沿岸で津波を観測。
- ④ 7月24日00時26分、岩手県沿岸北部（M6.8、最大震度6弱）  
死者1人、負傷者451人、住家全壊380棟など。
- ⑤ 9月11日09時20分、十勝沖（M7.1、最大震度5弱）  
北海道、青森県及び岩手県の太平洋沿岸で小さな津波を観測。
- ⑥ 12月20日19時29分、関東東方沖（M6.6、最大震度3）  
岩手県と宮城県の沿岸で小さな津波を観測。



## 2. 世界の地震（日本付近の地震を除く）

震源要素などは米国地質調査所（USGS）によります（2009年2月12日現在）。発生時刻は日本時間（協定世界時間+9時間）です。

### 【概況】

M7.0以上の地震は12回（2007年は20回）、死者50人以上の被害を伴った地震は3回（2007年も3回）ありました。最も規模の大きかった地震は、5月12日に中国四川省で発生したM8.1（Mw7.9）の地震でした。最も人的被害が大きかった地震も、5月12日に中国四川省で発生したM8.1（Mw7.9）の地震でした。

以下に、M7.5以上、あるいは、被害の大きかった地震（死者50人以上）を掲載します。

なお、被害のまとめはUSGSによるものです（2009年2月12日現在）。番号は図の番号と共通です。

- ① 2月20日17時08分、インドネシア、スマトラ北部西方沖（M7.5、死者3人、負傷者25人）
- ② 5月12日15時28分、中国四川省（M8.1、死者69,195人以上、行方不明18,392人以上、負傷者374,177人以上など）
- ③ 7月5日11時12分、オホーツク海（Mw7.7、被害の報告なし）
- ④ 10月6日00時52分、タジキスタン-シンチアンウイグル自治区（中国）境（M6.9、死者74人以上、負傷者140人以上、建物被害数十棟）
- ⑤ 10月29日08時09分、パキスタン（M6.6、死者166人、負傷者370人など）

（気象庁、文責：近藤 さや）

# 南アフリカ金鉱山で見えてきた 地震発生の詳細像

南アフリカ（以下、南ア）の金鉱山では、1994年以降、日本の大学や研究所が南アの人たちと協力して、地震や岩盤変形（ひずみ）の観測を震源の至近距離で行っています（図1）。南ア金鉱山では地下4km近くまで坑道が張り巡らされ、そこを起点に薄板状の鉱脈が広範囲でほりすすめられ、その最中に地震が採掘域のすぐそばでおきます。だから、震源から数十m以内に高感度の観測計器を事前に設置し、地震の発生前から余震が終わるまでを、つぶさに調べることができます。私たちの観測対象は、長さ数cmの断層が壊れて発生するごく小さな地震から100m規模の断層が壊れるマグニチュード（M）3程度までの地震です。南ア金鉱山ではM2～3という小さな地震でも死傷者がでることがあり、南ア全体で毎年数十人が地震で亡くなります。地震の発生機構を理解し、地震による犠牲者をへらすことは悲願で、私たち日本の地震研究者とも利害が一致しています。以下では、最近えられたおもしろい成果について簡単に紹介します。

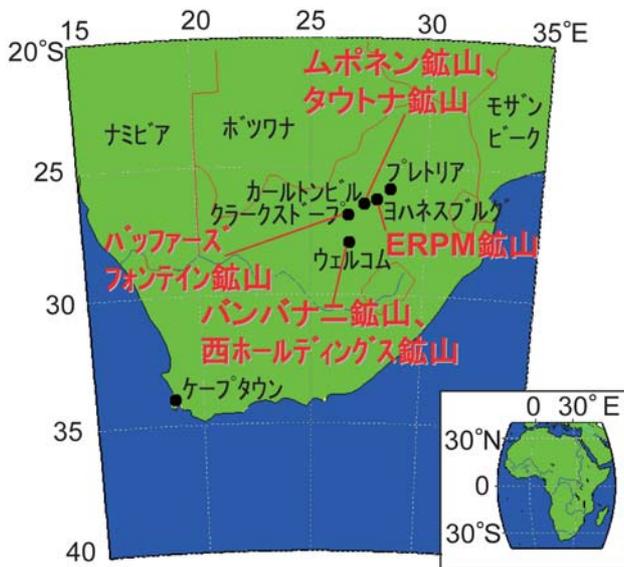


図1 私たちが地震の至近距離観測を行った南アフリカ金鉱山の場所。

## 南アひずみ観測が開いた新しい観測の窓

最初は南ア金鉱山の地震活動域での高感度ひずみ観測（写真）からみつかったゆっくりすべりの話です。

どのサイズの断層がどのくらいの時間をかけてすべるのかを、大小様々な事例について調べ、単にそれをグラフ用紙にプロットするだけでも、その現象を支配している基本法則がみえてきます。例えば、日本のプレート境界などでは、ゆっくり地震、超低周波地震、低周波微動など、一見異なるものが発生していますが、

実はサイズが違うだけで同種の現象ではないかという考えが提案されています（なみふる64号参照）。

南ア金鉱山で記録された高品質のひずみデータから、以下で述べるような、きわめて小さな規模のゆっくりすべりが発見されました。このゆっくりすべりは、自然の地震とも、また、ゆっくり地震とも全く異なるグラフ領域にプロットされました。私たちが新しい観測の窓を開いたこととなります。観測事例が増えると、ゆっくり地震について別の見方ができるようになるかも知れません。



写真 予想震源のごく近傍の岩盤に高感度ひずみ計を埋設する様子。太い鉄柱は落盤防止のためのものです。

## 前兆変動を複数の鉱山で複数例ずつ確認

図2は、ムポネン金鉱山（表紙写真）の地下約2.9kmの断層帯に埋設した高感度ひずみ計によって、世界で最も明瞭にとらえられた断層のゆっくりすべりとその前兆変化です。①の△印付近から約30秒間の前兆変化がはじまり、その後にゆっくりすべりが②の△印付近からはじまっています。この現象の規模（モーメント・マグニチュード； $M_w$ ）は-1程度と非常に小さなものでしたが、観測されたひずみ変化の大きさは、2003年十勝沖地震（M8.0）の際に、震源に最も近い北海道の太平洋岸付近で記録されたものに匹敵します。自然の大地震でも、ノイズを超える前兆を観測することがなかなかできませんが、私たちは、ごく至近距離で、しかも、地下深くの堅固な岩盤に埋設したひずみ計で観測できたため、このような詳細を観察できました。図2の例ほど鮮明ではありませんが、この観測点ではこの他にも複数の事例が記録されました。別の金鉱山でもまた複数例を観測できました。これらの結果は、より大きい自然の地震でも前兆が発生してい

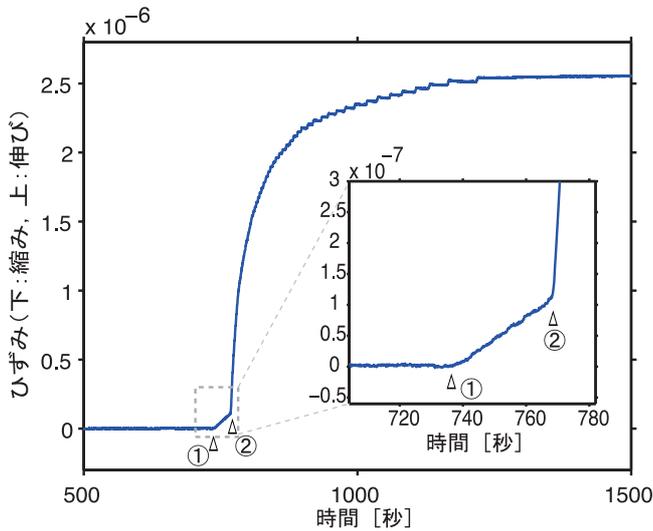


図2 ムポネン金鉱山(表紙写真)の地下2.9kmの断層で、明瞭に観測されたMw-1程度のゆっくりすべりとその前兆。

て観測できるかも知れないことを示し、とても貴重なものです。

### 謎 — 地震性の速いすべりに前兆が検知されず

上に述べたひずみ変化は、地震波をほとんど放出せずにゆっくりと断層がすべったことによって生じました。地震波を放出するような速い断層すべりについても、私たちは、M2級の地震に伴うひずみ変化を数例観測しています。そのひずみ変化の大きさは、図2のひずみ変化よりも約100倍大きく、実測されたものでは世界最大級です。ところが、ひずみ計が震源に非常に近かったにもかかわらず、前震がなかったM2級の地震の場合、ノイズレベルを超える前兆的なひずみ変化が観測できず、非常にショックでした。

### 微小破壊観測による地震性破壊の詳細像

ムポネン金鉱山の地下約3.5kmにおいて、幅数十mの溶岩が割り込んで板状に固まったダイクでM2.1の地震が発生しました。この震源断層から数十m以内に事前に設置された9台の微小破壊センサーによって、余震として発生した2万個近い微小破壊(-2 > M > -4)をとらえることに成功しました(図3)。断層に最も近いセンサーは、断層からわずか6mでした。鉱山の地震観測では数個の余震しか記録されず、震源断層の姿が全くわかりませんでした。微小破壊の震源は、震源断層を鮮やかに浮かび上がらせ、鉱山関係者たちを非常に驚かせました。しかし、この地震の直前に微小破壊は急増しませんでした。

### おわりに

最大数十cmの岩石試料を対象にした室内岩石実験とそれに基づく理論から、地震の前に震源断層でゆっくりすべりが発生すると信じられていますが、南アでのひずみ観測の結果はこの予想を裏切るものでした。

室内岩石破壊実験では、岩石の破壊の前に微小破壊

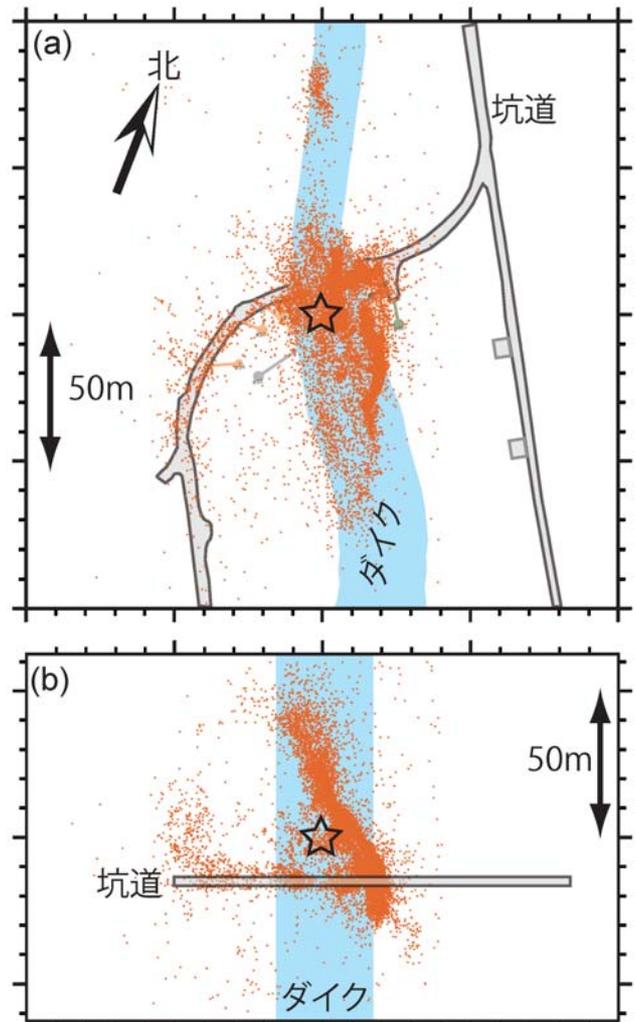


図3 ムポネン金鉱山地下3.5kmの微小破壊観測で浮かび上がったM2.1の震源断層の(a)平面図と(b)鉛直断面。水色に塗った部分がダイク。

が急増しますが、南アでの微小破壊の観測ではこの現象が再現されませんでした。

これらと、南アの前兆をとまなうゆっくりすべりをどのように折り合わせるべきか、そして地震のより深い理解にどのようにつなげるべきか、南アグループでは盛んに議論をしています。でもまだまだデータが足りません。

南ア金鉱山では、地震活動が時空間的に集中すると大きめの地震が起きやすくなるという経験に基づき、死傷事故防止のための直前地震予知をしばしば成功させています。一方で困難であった事例もあります。私たちはこれらもより詳しく学ばねばなりません。

幸い、鉱山の人々が私たちの高感度観測と同時観測しようと、最近をよく声をかけてくれるようになりました。南アでしかえられない良質なデータをより多く集めて、地震の発生過程をより明らかにし、直前予知や強震動対策をより確実なものにすることで、人口数千万人の南アの基幹産業と日本や世界の地震防災に役立てることができればと考えています。

(立命館大学理工学部 小笠原宏、南アフリカ 金鉱山半制御地震発生実験グループ)

# 平成 19 年度地震学会論文賞受賞研究の紹介

## 震度を用いて昔の地震の震源を調べる

### 震度インバージョン解析とは？

地震が起きると気象庁から発表される震度は、各地の揺れの大きさを示す最も身近な尺度で、防災に役立てられています。この震度は、現在は計測震度と呼ばれ震度計で算出するようになっていますが、1996年以前は体感や被害の程度から人間が評価していました。さらに歴史地震については、古文書に書かれた被害の状況を分析し、当時の建造物の強さも考慮して震度分布が推定されてきました。このように、震度は地震の揺れの強さの尺度として最も長期間で膨大なデータが蓄えられてきました。

一般に、インバージョン解析とは結果から原因を推定する解析手法です。震度インバージョン解析では、震度分布（結果）から震源の規模や短周期地震波の発生域（原因）を推定します。最大の利点は最近の地震だけでなく歴史地震についても同じ方法で解析ができることです。繰り返し発生してきた地震を比較し考察することによって、将来の地震の想定にも役立ちます。

解析の際には、各地点の地盤の違い等による揺れ易さを補正した震度を使います。この各地点の揺れ易さの分布（図1）は、これだけでも防災上重要な情報です。揺れ易い場所は、地震被害が生じる可能性が高くなります。

### 震度インバージョンで分かってきたこと

日本では海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込んでいて、その境界でたびたび大地震が発生してきました。このような歴史的に繰り返すプレート境界地震に対して震度インバージョン解析を行いました。代表的な地震でその結果の特徴を見てみましょう。

1923年大正関東地震では、断層面上に短周期地震波の発生域が2箇所あり、いずれも、すべりの大きい領域の東側にあることが分かりました（図2上）。これはすべりの大きい部分の終端部に相当します。この現象は十勝沖、三陸沖、宮城県沖、南海地震などの他のプレート境界地震でも見られました。

次に宮城県沖地震を見てみましょう（図2下）。この領域はM7.5程度の地震が平均37年という間隔で発生しています。これらの地震では、ある程度共通した場所で短周期地震波が発生しています。しかし、詳しく見るとその広がりはずいぶん異なっています。1861年、1897年2月、1978年の地震では、陸域に近い部分で短周期地震波が発生しています。一方、1936年、2005年では短周期地震波の発生域が沖合にのびています。その他の地震では、上記の地震とは異なる所で短周期地震波が発生していることが分かります。

現在、内陸の浅い地震などへの適用も試みており、更なる発見があるかもしれません。

（鹿島建設 神田克久）

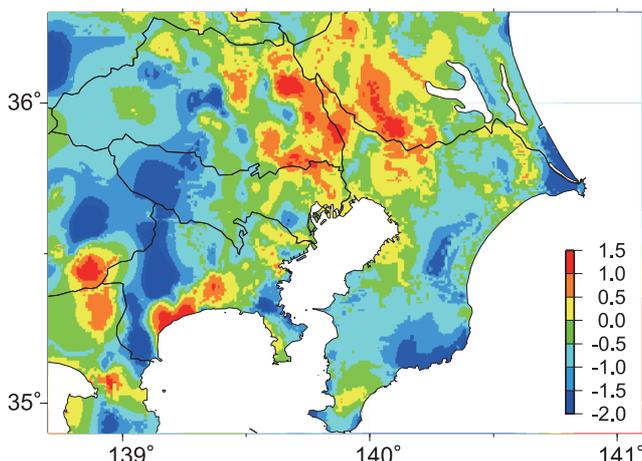


図1 各地の揺れ易さの分布（関東南部の場合）。

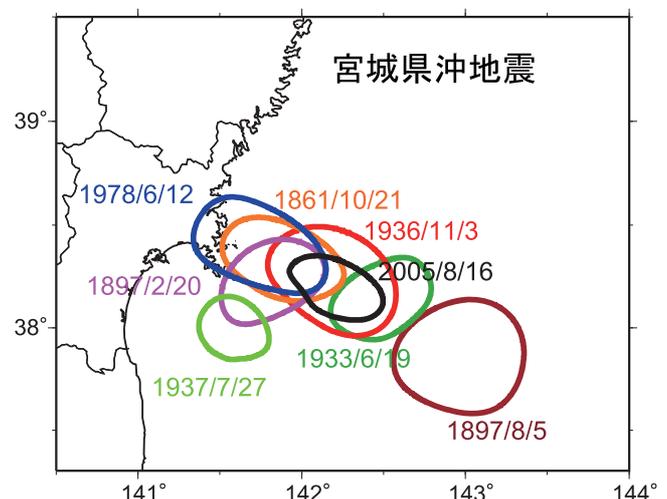
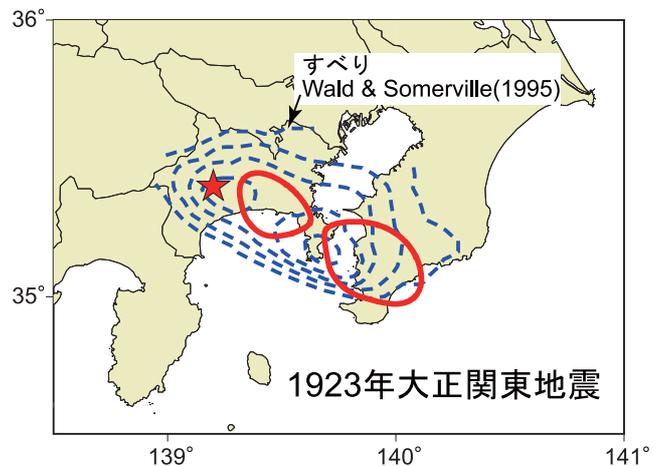


図2 求められた短周期地震波の発生域。

## 岩手山で地震波伝播速度の時間変化をとらえた

地震波の伝播速度の時間変化は、地震予知や火山噴火予知にも結びつくかもしれない魅力的な研究テーマです。我々、東北大学のグループは偶然も幸いして、岩手山の地震でその変化を捉えることに成功しました。

岩石に圧力をかけると破壊が起きる前に微小な割れ目が多数生じ、地震波の伝播速度（地震波速度）が変化します。同様に、地震の発生前や火山噴火の前にも地震波速度が変化するので、世界各地で地震波速度構造の時間変化に関して、多くの研究が進められてきました。自然地震を利用した解析では、広い範囲の地震波速度を測定できますが、正確な発震時がわからないため、測定精度を上げることは容易ではありません。一方、ダイナマイト発破を利用した人工地震では発震時を正確にコントロールできますが、近い将来に大地震や火山噴火の起きる場所がわからないため、その発生前に地震波速度を測定することは容易ではありません。

東北地方の代表的な火山である岩手山の活動が、1998年初頭に活発化しました。ちょうどこの頃から、GPSの登場により観測の刻時精度が向上するとともに、高分解能のデジタルデータを比較的容易に臨時地震観測で得られるようになってきました。東北大学のグループは、地震計を多数展開し、噴火予知研究の一環として岩手山周辺の観測を強化していました。これとは独立に、内陸地震研究グループと爆破地震動グループが人工地震や自然地震を使って東北地方の地殻・マントルの詳細な構造を調べていました。このさなかの1998年9月3日に岩手山南部でM6の地震が

発生しました。

ダイナマイト発破を利用した人工地震の実験は、地震発生のおよそ1ヶ月前に、後に推定された地震断層の南端で行われました。また、地震断層の北端にあたる岩手山の山腹には、東北大学のグループの定常観測点（GNB）や臨時観測点（MTI）がありました（図1）。つまり、地震の発生前に、断層付近を伝播する人工地震による地震波記録が得られていたわけです。この機を生かし、内陸地震および爆破地震動グループは、地震発生後2ヶ月後に同じ人工地震をもう一度起こしました。発破点の位置やダイナマイトの薬量を1回目と同じにすることにより、1回目と2回目の地震波データの違いから地震波速度構造の時間変化を調べるためです。震源から直接伝わるP波に比べて、遅く観測点に到着する地震波ほど、より長い距離を伝播してくるため、観測点に到達する時間の差が次第に大きくなります（図2）。この差を、精密に読みとった結果、地震の発生前後で地震波速度が最大1%減少したことが明らかとなりました。このような大地震発生前後の変化を捉えた例は世界を見渡しても非常に数が少なく、貴重なものです。その後、同様のダイナマイト発破を毎年行い、地震波速度の変化を継続的にとらえることに成功しました。この結果は、地殻の性質を理解する上で重要な手がかりとなります。

最近になって、このような地震波速度の変化が世界各地で確認され、報告されるようになってきました。時間変化しないものとして捉えられてきた地球内部構造も、これからは空間的にだけでなく時間的にも変化する4次元構造として議論されることがますます増えていくと考えられます。

（東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻  
西村太志）

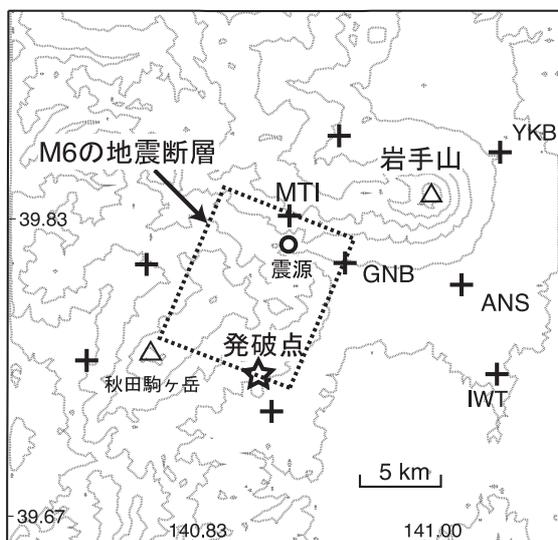


図1 M6の地震断層の位置（破線）、ダイナマイト発破点（星印）と地震観測点（プラス印）の位置。

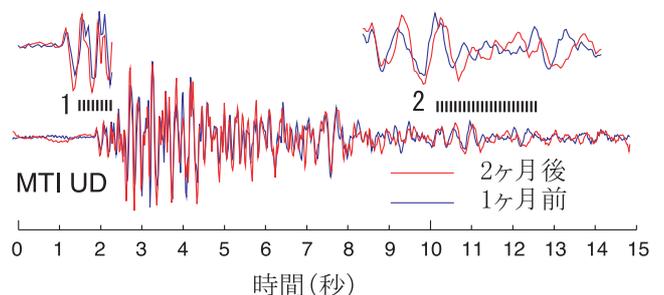


図2 MTI観測点でとらえた地震発生前（青）と後（赤）の地震波形。破線で示した部分（1と2）を上にも拡大しました。P波部分（1）は地震波形が互いによく一致しています。一方、後続波（2）は、地震波速度が遅くなったため、地震発生後の記録が少し遅れています。

戦中・戦後にかけて日本は多くの自然災害に見舞われました。特に、戦争が激しくなった昭和18(1943)年から昭和23(1948)年の6年間に、死者・行方不明者が1000名以上に達した地震が5つもあります(下表)。地震の発生だけ見れば最近も同様ですが、死者・行方不明者数は格段に少なくなっています。

実質賃金指数とよばれる経済指標(社団法人日本リサーチ総合研究所『20世紀における日本人の生活変化の諸相』)を見てみると、終戦を挟むこの5年間に、日本人は20世紀のうちで、もっとも貧乏だったことがわかります。特に、三河地震が起こった昭和20年1月頃には、若者や働き手が全て戦争に狩り出され、生活は終戦間際のどん底状況にありました。疲弊しきった国民に追い討ちをかけたのが地震だったのです。

そのような状況が、建築基準法が制定された昭和25年頃になると、戦前よりも実質賃金指数の高かった昭和5年頃とほぼ同じ水準にまで回復し、さらに昭和40年から昭和50年ころにかけては高度経済成長で急激な伸びを示し、新耐震設計基準ができた昭和56年頃には昭和25年頃の約4倍、その後も徐々に増えて20世紀の終わりに当たる平成12年には約5倍となっています。

昭和25年に建築基準法が定められた際に、前々年の福井地震の被害を考慮して、設計震度の設定にあたっては、さらに高い数値にする必要があるとの議論がありましたが、戦後復興の足かせとならないように、また当時の地震動に対する研究段階ではそこまで議論

和暦	西暦	月	日	地震名	M	死者・行方不明者数
昭和18年	1943	9	10	鳥取地震	7.2	1,083
昭和19年	1944	12	7	東南海地震	7.9	1,223
昭和20年	1945	1	13	三河地震	6.8	2,306
昭和21年	1946	12	21	南海地震	8.0	1,432
昭和23年	1948	6	28	福井地震	7.1	3,728
平成15年	2003	7	26	宮城県北部地震	6.4	0
平成15年	2003	9	26	十勝沖地震	8.0	2
平成16年	2004	10	23	新潟県中越地震	6.8	68
平成17年	2005	3	20	福岡県西方沖地震	7.0	1
平成19年	2007	3	25	能登半島地震	6.9	1
平成19年	2007	7	16	新潟県中越沖地震	6.8	15
平成20年	2008	6	14	岩手宮城内陸地震	7.2	23

平成の地震の被害は平成19年末現在の集計、岩手・宮城内陸地震は7月現在の集計(何れも総務省消防庁)

ができるだけの資料がないということで見送りになったと聞きます。つまり経済力、技術力が伴うようになるまで待とうという判断だったようです。地震に強い社会をつくるためには、第一の条件として経済力、第二の条件として技術力が必要という点で納得できる判断だったと思われます。その意味でも、昭和56年の新耐震設計基準の制定は、それらが整った段階で当然なされるべき改訂であったと言えるかもしれません。

ところが、ここで問題にしたいのは、第三の条件が忘れられてきたのではないかとということです。第三の条件とは市民一人一人の防災意識を高めることです。高度経済成長で日本人は経済的に豊かになった反面、自然環境と共生して暮らしてきたという伝統・文化をどこかに置き忘れてきてしまったのではないかと心配です。

文科省が発表した、平成20年4月1日現在の公立小中学校の耐震化率は62%で、まだ4割近くの学校が新基準で定めた耐震基準を満たさずに放置されています。一般建物の耐震化率がすでに75%にも達しているのに、何故でしょうか。この現状に異議を唱えて行動する保護者はほとんどいません。役所の問題と他人事のように思っているか、状況さえ知らずに無関心でいる方が大半です。日本がどのような自然環境にある国で、そこで大事な我が子を安全な環境で教育するためには、何が必要かということに思いを巡らせれば、すぐにわかるはずだと思うのですが。これこそ日本人の防災意識の低さを端的に表す事例ではないでしょうか。

被害が減少したと言っても、地震で命を落とす人は絶えません。地震に対する備えははまだ万全ではないのです。その中で、今一番必要なことは、第三の条件、つまり我々一人一人が地震に関心を持って防災のために行動を起こすことではないかと思えます。真に地震と共生する社会を築くためには是非必要な条件です。

(鹿島・小堀研究室 武村雅之)

#### 参考文献

武村雅之著『地震と防災：“揺れ”の解明から耐震設計まで』中公新書

### 広報紙「なるふる」購読申込のご案内

日本地震学会の広報紙「なるふる」は、隔月発行(年間6号)しております。「なるふる」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、「なるふる」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、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「なるふる」第72号 2009年3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/  
 田所敬一(委員長)、矢部康男(編集長)、五十嵐俊博、川方裕則、小泉尚嗣、下山利浩、末次大輔、武村雅之、西田 究、古村孝志、八木勇治、山崎太郎  
 E-mail zisin-koho@tokyo.email.ne.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。