

# 地震 ジャーナル

60

2015年12月

エッセイ 東日本大震災における地震動特性と建物被害に学ぶ ● 源栄正人

会長就任のご挨拶 ● 阿部勝征 ——— 1

2011年東北沖地震の震源域で何が起きたか？

—東北沖地震の発生機構— ● 長谷川昭 ——— 2

東北地方太平洋沖地震による巨大津波の

メカニズムと被害予測 ● 今村文彦 ——— 16

松代地震から50年—謎のまま残った— ● 松田時彦 ——— 24

サーボ型速度計と強震 ● 横井 勇 ——— 30

地震予知の確率（的中率など） ● 松村正三 ——— 34

● 書評 ——— 37

● 新刊紹介 ——— 39

既刊総目録 [51号～60号] ——— 40

● ADEP情報 ——— 42

囲み記事 1964年5月7日男鹿半島沖地震で発生した液状化

**地震予知総合研究振興会**

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

# 東日本大震災における地震動特性と 建物被害に学ぶ

源栄正人

2011年の東北地方太平洋沖地震から4年半が経過しようとしている。この地震は、わが国で初めてのM9クラスの地震( $M_w=9.0$ )で、多くの地震観測記録が得られた初めての巨大地震であり、観測データを有効に活用した学術貢献・社会貢献が求められている。ここでは、地震動と建物被害の観点からこの巨大地震を経験して学んだこと示す。

K-NET 築館のような短周期・大加速度が観測されても「震度7、犠牲者ゼロ」が話題となった。地震動と被害の関係を論じる場合、地震動のどのような性質が建物や地盤のどのような被害に結びついているのかを分析する必要がある。東日本大震災で観測された多くの地震観測記録と被害の関係をこの視点から見る必要がある。少なくとも「震度」ではなく、「加速度による被害」と「変形による被害」を区別する必要がある。

地盤構造による地震動特性の違いについて、筆者らは、仙台市内に面的に展開された地震観測網の記録を分析している。建物の非線形性を考慮した必要耐力の地盤による差は、6~10階程度の建物で2~3倍、15~20階の高層ビルでも2倍程度の差があることを示した。サイズミック・マイクロゾーニングの必要性と地盤増幅特性に関する法的規制を強化する必要がある。また、東日本大震災では、特定の周期帯ではあるが告示スペクトル(安全限界)の3~4倍の地震動が観測データとして得られており、被害に結びついている。地盤との共振に耐える耐震設計や共振を避ける免制震設計の推進が求められる。

巨大地震は長い継続時間をもたらし、本震だけでなく数多くの余震に伴う繰り返し回数が構造物の累積応答として損傷に及ぼす影響を把握することの重要性が指摘された。長周期地震動については、関東平野や大阪平野のような堆積盆地での振幅とともに継続時間も長くなること、また、その波動伝播は、たんなる距離減衰ではなく、地震の道「地震道」があり、盆地の底に向かって伝播することを念頭に置く必要がある。

地震工学・地震学の分野では、観測データに基づく地盤構造や建築・構造物のシステム同定に基づく揺れの予測の高精度化が求められるとともに、必ずしも信頼性の高くないモデルによる「予測」ではなく、観測と解析の調和運動により状況の変化に対応する「ナビゲーション」が必要であることを指摘したい。

最後に、原発の甚大な被害などをもたらした大震災の教訓として、システムの冗長性の必要性がクローズアップされたのも事実である。早期地震警報関連では、システムの冗長化による誤報対策など、逐次変化する震源情報に対応可能システムの改善や伝播経路の途中の波形情報の有効活用によるシステムの改善・高度化が求められている。



源栄正人

〔もとしか まさと〕

**現職** 東北大学災害科学国際研究所教授

**略歴** 東北大学工学研究科建築学専攻修了後、鹿島建設(株)における研究職、東北大学工学研究科助教授、教授を経て現職

**研究分野** 地震工学

**著書** 「大地震と都市災害」(鹿島出版会、分担執筆)、「緊急地震速報—揺れる前にできること」(東京法令出版、分担執筆)、など

# 会長就任のご挨拶

## 阿部勝征

本年（2015年）6月22日をもって公益財団法人地震予知総合研究振興会の会長に選任され、就任しました。

わが国は、海と陸のプレートが押し合う変動帯の上であり、つねに大小の地震に見舞われてきました。ひとたび大地震に襲われた場合、国民の生命・財産の損失や社会経済への影響はまさに国の命運を左右することにもなりかねません。日本地震学会誌「地震」の発刊（1929年）の辞に、「元来地震は制御できない自然現象であるが、震災は人が自ら招く災いであり、努力しだいで防止できる」と述べられています。これは今日でも変わりありません。少なくとも大地震の発生を予知・予測し、被害を最小限に抑えたいということは、私どもの悲願であります。

このため、斯界の英知を結集し、地震災害の軽減を図るための地震予知および防災についての総合的な調査・研究を推進することにより、科学技術の振興を図り、もって国民の生命・財産の保全に寄与することを目的として、1981年1月に当財団は設立され、2012年4月には公益財団法人へ移行しました。

当財団は、これまで30年以上にもわたって、大学など関連分野の専門的な学術・技術的知見を活用しつつ、政府や民間の地震調査研究を支える一つの器であろうとし、財団自らもまた改善に努力してきました。この間、1995年に兵庫県南部地震、2011年には東北地方太平洋沖地震と、言葉では言い表せないほど悲しく衝撃的な大震災が相次ぎました。このような災害が繰り返されないよう、ここに新たな反省と教訓を肝に銘じ、研鑽をなお一層積むことが私どもに課せられた使命であると考えます。

最近では南海トラフ巨大地震や首都直下地震の発生が懸念されています。わが国の地震災害を最小限にするため、阪神・淡路大震災後に整備された陸域地震観測網に加え、東日本大震災の未曾有の地震・津波災害に鑑みて海域観測網の抜本的な拡充・強化が図られつつあります。これらの観測網に関しても、私どもの知識経験を最大限に活用する所存です。

当財団の機関誌「地震ジャーナル」は財団設立5周年（1986年）を機に発刊され、今回で創刊60号の節目を迎えました。創刊号には、最初に萩原尊禮初代会長の「創刊の辞」があり、拙著の記事「地震学者のみたメキシコ地震」がそれに続きます。そのあとの2編は歴代編集長、お二人の記事です。大先輩に囲まれて実に光栄なことだと感じたものです。それはさておき、この地震ジャーナルが今後も多くの方になりますますお役に立つことを念じます。

最後に、今後も、先代会長の運営方針を着実に引き継ぎ、地震の予知・予測・減災に関する社会的要請に対応して参りますので、よろしくご指導・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

阿部勝征

[あべ かつゆき]

**現職** 公益財団法人 地震予知総合研究振興会・会長、東京大学名誉教授

**略歴** 東京大学理学部卒業、同大学院理学系研究科博士課程修了、理学博士  
北海道大学、東京大学地震研究所を経て現職  
**研究分野** 地震学

**著書** 「巨大地震」（読売新聞社）、「社会地球科学」（共著：岩波書店）、「地震の物理」（共著：岩波書店）



# 2011年東北沖地震の震源域で何が起きたか？

## —東北沖地震の発生機構—

長谷川昭

### 1. はじめに

2011年3月11日14時46分、わが国観測史上最大となるマグニチュード(M)9.0の東北沖地震が発生した。この地震により日本列島全域が強い揺れに見舞われ、とりわけ、この地震が惹き起した巨大な津波が東日本の太平洋沿岸各地に押し寄せ、約2万人の犠牲者を出すなど甚大な災害をもたらした。この地震の破壊域は、東北地方太平洋沖のプレート境界に沿う長さ約500km、幅約200kmに及ぶ広大な領域であり、破壊はおおよそ3分間継続した。なぜこのような超巨大地震が、この地域のプレート境界で発生したかを理解することは、地震災害軽減のうえでもきわめて重要である。ここでは、2011年東北沖地震の震源域で地震前に何が起きたのか？破壊はどのように生じたのか？この地震の発生機構について、これまでの研究で分かってきたことの簡単な解説を試みる。

### 2. プレート境界での破壊(滑り)特性

地震調査研究推進本部によって地震発生確率がきわめて高いと予測されていた宮城県沖の海底には、同本部による研究プロジェクトの基に、複数の海底地殻変動観測点が設置されていた。東北沖地震後に回収されたこれらの観測点のデータは驚くべき観測結果を示した。海溝軸付近の2つの観測点が、地震によって東南東方向にそれぞれ31m、24mも動いたのである(Kido *et al.*, 2011; Sato *et al.*, 2011)。これは、海溝軸に近いプレート境界浅部で大きな地震滑りがあったことを示している。海底地殻変動データと陸上のGPSデー

タを用いて推定された東北沖地震による滑り分布の一例を図1に示す。それによると、最大の滑りは海溝軸に近いプレート境界浅部で生じ、滑り量が50mを超える大きな滑りであった。滑り量が5m以上の領域だけでも450km×200kmの広範囲に及んでいる。図には過去の大地震による滑り域(地震前に固着していて地震で動的に滑った領域、すなわちアスペリティ)も示してあるが、東北沖地震は岩手県沖から茨城県沖にかけてのプレート境界に分布する複数のアスペリティが連動して破壊した地震であることが分かる。すなわち、発生確率が高いと予測されていた宮城県沖および宮城県はるか沖のアスペリティが予測どおりに滑ったものの、地震滑りはそこだけに止まらず、その周囲の複数のアスペリティを巻き込んで、予測をはるかに超えた広い領域に及んだ。加えて、プレート間が固着しているとは予測されてなかった海溝軸に近いプレート境界浅部で、きわめて大きな最大滑りが生じ、結果としてM9.0の超巨大地震となった。

地殻変動データは地震でどのくらい滑ったかの情報を与えてくれるが、地震波データからはどのように破壊した(滑った)かの情報も得られる。東北沖地震では、破壊(滑り)の性質に深さによる顕著な違いもみられた。海溝軸に近いプレート境界浅部では、きわめて大きな滑りが生じ大きな津波の原因となったものの、短周期地震波の放射は弱かった。すなわち、滑り方が比較的単調で、かつゆっくりと滑った。一方、陸に近いプレート境界深部では、滑り量は浅部ほど大きくないが、より高速な滑りで、かつ滑りの加速・減速など複雑な滑りによって強い短周期地震波を放射した。過去に宮城県沖や福島県沖で繰り返し発生した

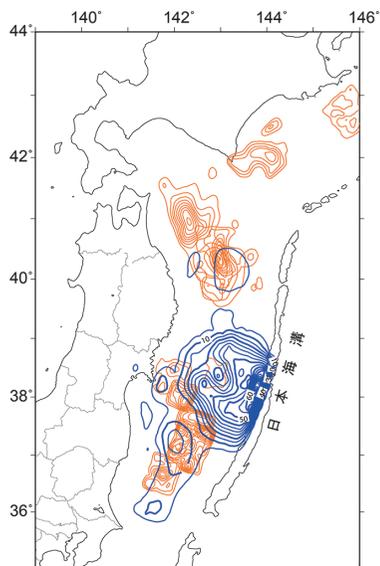


図 1 東北沖地震による断層面（プレート境界面）上の滑り分布と過去の大地震による滑り分布. 東北沖地震の滑り分布 (Iinuma *et al.*, 2012) を青のコンターで、過去の大地震の滑り分布 (Yamanaka and Kikuchi, 2003, 2004; 室谷ら, 2003) を橙色のコンターで示す

M7.5 程度の地震の震源域は、このプレート境界深部に位置する。

このような滑りの特徴は東北沖地震だけに限られるのではなく、一般にも成り立つようである。Lay *et al.* (2012) は、近年の3つの超巨大地震、2011年東北沖地震、2004年M9.2スマトラ島沖地震、2010年M8.8チリ・マウレ地震について調べ、それらすべてに共通して深さによる滑り特性の違いがみられるとした。すなわち、図2に示すように、短周期の地震波は選択的にプレート境界深部から放射され、プレート境界浅部では最大滑りが生じるものの短周期の地震波はあまり放射しない。彼らは、この解析結果に基づいて、プレート境界は、図3に示すように深さに依存した摩擦特性に応じて、それぞれ固有の滑り特性を示し、以下のように区分できるとした。すなわち、①海溝軸近傍のプレート境界最浅部A：津波地震あるいは定常的な安定滑りが生じる。②プレート境界浅部B：短周期地震波の放射は少ないが大きい

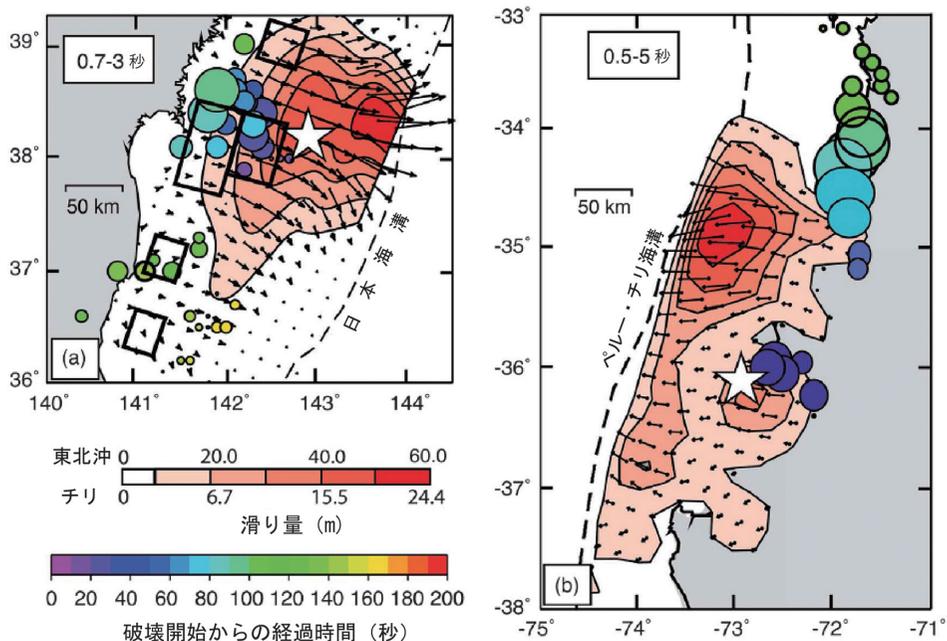


図 2 深さに依存した破壊（滑り）特性 (Lay *et al.*, 2012). (a) 2011年東北沖地震, (b) 2010年チリ・マウレ地震による滑り分布と短周期地震波の励起源. 滑り分布を矢印、コンターおよびカラースケールで示す. 短周期地震波の励起源を丸で示し、色は本震破壊開始からの経過時間に対応する。星は本震震源

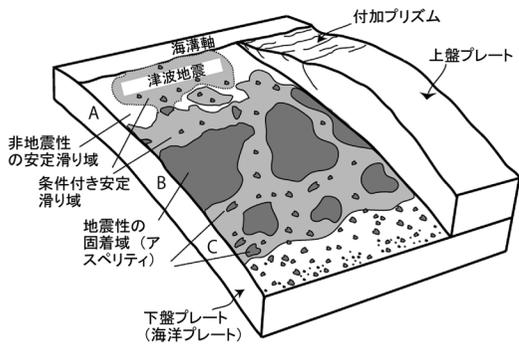


図3 深さに依存した破壊(滑り)特性の模式図(Lay *et al.* (2012)に加筆). 深さに応じて滑り特性が異なるA, B, Cの3つに区分される. 非地震性の安定滑り域: 定常的にゆっくり滑る領域. 条件付き安定滑り域: 場合によって, 間欠的にゆっくり滑ったり高速で地震滑りを起こしたりする領域. 地震性の固着域(アスペリティ): 普段は固着していて地震時に高速で滑る領域

な地震滑りが生じる. ③ プレート境界深部C: 滑り量は普通であるが, 短周期地震波の放射が著しい. そして, それ以深では, プレート間滑りは, 定常的な安定滑りかあるいは間欠的なゆっくり滑りで生じる.

どうやら, プレート境界での摩擦特性の違いに起因して, 深さによる顕著な滑り特性の違いがあるようだ.

### 3. なぜM9になったか?

東北沖地震がなぜM9の超巨大地震になったかについては, 本誌53号で解説したので詳しくはそちらを参照されたい(長谷川, 2012). そこでも述べたが, 現在でもその原因が完全に解明されたというわけではない. ただし, 少なくとも言えることは, 東北沖地震では, 複数のアスペリティが連動破壊しただけではなく, 図1でみたように, 普段から定常的に安定滑りを起こしていると考えられていたアスペリティの外側の非アスペリティ領域(たとえば図3で言えば, 条件付き安定滑り域と記した領域)でも, 大きな地震滑りが生じたということである.

東北沖地震後, 室内実験から得られた摩擦法

則, 速度・状態依存摩擦構成則を用いた数値シミュレーションにより, 東北沖地震のような超巨大地震の再現を試みる研究が, 何人かの研究者によって行われてきた. その結果, 東北沖地震でみられた特徴をおおむね再現することのできるモデルが複数提案されている.

たとえば, Kato and Yoshida (2011)は, 海溝軸に近いプレート境界浅部では, プレート境界に含まれる流体が海底に抜けやすく, そのため間隙流体圧が低くなり, したがって摩擦強度が高く, 固着が強くなると考えた. この考えに基づいて構築された, プレート境界浅部に強いアスペリティが存在する彼らのモデルは, 浅部の強いアスペリティが深部の弱いアスペリティと連動して数百年に一度発生する超巨大地震, すなわち東北沖地震を再現する.

また, Shibasaki *et al.* (2011)は, 滑り速度が低速のうち, 滑り速度強化(滑り速度が速くなると摩擦強度が高くなる, すなわち滑りにくくなる)であっても, 滑り速度がある閾値を超えると一転して滑り速度弱体化(滑り速度が速くなると摩擦強度が低くなる, すなわち滑りやすくなり地震滑りを生じる)に変わるという最近の研究結果を取り入れたモデルを構築し, 東北沖地震のような超巨大地震の発生サイクルを再現した. 彼らのモデルでは, 滑り速度が低~中程度で滑り速度弱体化を起こすアスペリティが, 同じく滑り速度が低~中程度で滑り速度強化を起こす非アスペリティ領域に囲まれて存在する. ただし, どちらの領域も, 滑り速度が高くなると滑り速度弱体化の性質を持つ. このモデルでは, アスペリティが数十年に一度の割合で滑ってM7~8程度の地震を発生させるが, 歪みはそれだけでは完全には解放されない. やがて遂には, 滑り速度がある閾値を超え極端な滑り速度弱体化を起こし, アスペリティも非アスペリティ領域も連動して広域にわたって大きな地震滑りが生じ, 溜っていた歪みがほぼ完全に解放される. このような超巨大地震は900年程度の間隔で発生する.

ここでは例として2つのモデルを紹介したが, 他のモデルも含め, 東北沖地震で確認された非ア

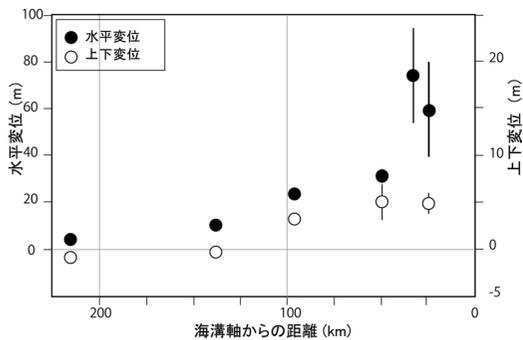


図 4 東北沖地震に伴う水平および上下変位。本震震源付近を通り海溝軸に直交する測線に沿って示す。海底地殻変動観測および陸上 GPS 観測によって得られた値 (国土地理院, 2011; Sato *et al.*, 2011; Kido *et al.*, 2011; Ito *et al.*, 2011) を示す

スベリティ領域での大きな地震滑りは、実験室で得られた摩擦構成則を用いておおむね再現することができる。どうやら、この地域のプレート境界では、数十～百数十年程度の間隔で繰り返す M7～8 程度の地震だけではプレート境界の滑り遅れをすべて解消することができず、500～1,000 年程度の間隔で東北沖地震のような超巨大地震が発生することによって、それを解消しているようである。

#### 4. 海溝軸近傍のプレート境界最浅部での大きな滑りとその原因

すでに述べたように、プレート境界浅部で大きな滑りが生じたことが明らかにされたが、それは主として GPS—音響測距方式 (海上の GPS 測位

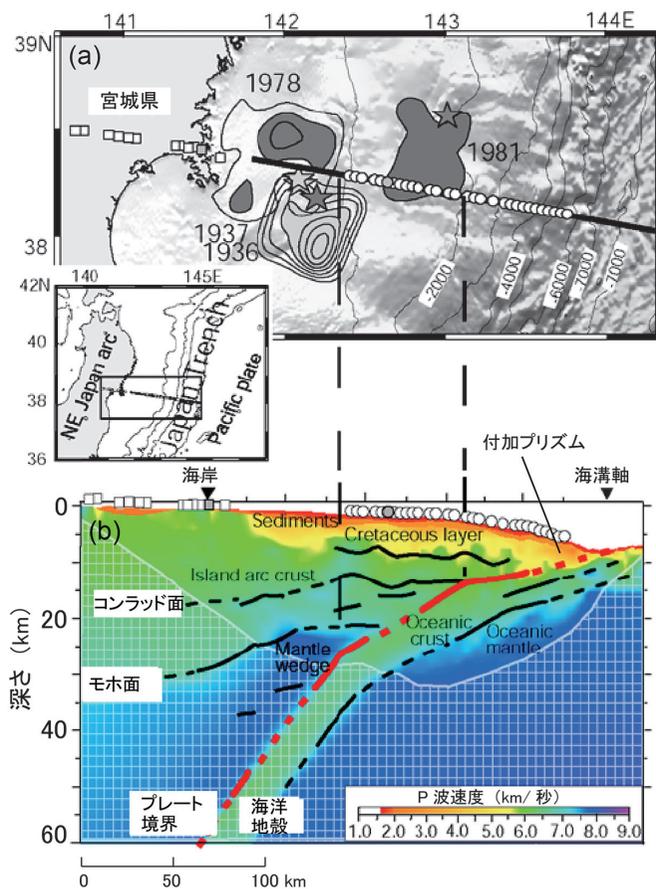


図 5 地震探査によって得られた地震波速度構造 (Ito *et al.*, 2005). (a) に示す東北沖地震の本震付近を通り海溝軸に直交する測線に沿って、(b) に P 波速度の鉛直断面をカラースケールで示す

と海中の音響測距を結合させて海底に設置した観測点の精密測位をする方法)による海底地殻変動観測点のデータによる。東北沖地震で主たる滑り領域となった宮城県沖には、それに加えて海底圧力計や海底地震計も密に設置されていた。GPS—音響測距方式に比べて精度はかなり落ちるものの、これらのデータからも、本震に伴う海底地殻変動の情報が得られた。それらも含め、観測された地殻変動を、本震震源付近を通り海溝軸に直交する測線に沿って、図4にまとめて示す。本震に伴う水平変位、上下変位のどちらも、海溝軸に近づくにつれて単調に増加する傾向がみてとれる。

このような変位の分布は、いったい何が原因でつくられるのだろうか？もし、これらの観測値のすべてが本震によるプレート境界での食い違い(滑り)に対する弾性応答であるとする、本震前のプレート境界における固着は最浅部で最も強かったことになる。非常に浅い部分の固着を推定するためには、それなりの精度を持った海底地殻変動観測点が高精度の海底地殻変動観測点の位置は、近くても約100kmと、海溝軸からはだいぶ遠い。したがって、これらのデータでは、プレート境界最浅部が固着していたか否かは分からない。

一方、この地域のプレート境界最浅部ではプレート間滑りは非地震性の定常的な安定滑りで賄われ、地震発生層はそれより深い場所から始まると考えられてきた。最浅部は、上盤プレートが剛性率の小さい未固結の層から成る付加プリズム(海洋プレートの上の堆積物がはぎ取られて上盤プレート側に付加して形成される楔状の領域)であり、柔らかすぎで固着は生じないと考えられていたからである。地震探査により得られた本震付近を通り海溝軸に直交する測線に沿った地震波速度構造を、図5(b)に示す。海溝軸から陸側に25km程度までは上盤プレートはP波速度3km/s未満の付加プリズムであり、上盤プレートがP波速度5.5km/s以上になるのは海溝軸からおおよそ32kmである。この付加プリズムの幅は、海溝軸に沿って変化し、この地域で最も狭くなって

いる(Tsuru *et al.*, 2002)。このように上盤プレートが付加プリズムであるプレート境界最浅部で、本震前に固着が最も強かったとはとても考えにくい。東北沖地震前のプレート境界地震の分布をみると、プレート境界最浅部では発生せず、海溝軸から陸側に35km程度になってから発生している。また、東北沖地震後に密に設置した海底地震計で求めた精密な余震分布によると、上盤プレート内の地震は、海溝軸の近くでは発生せず、海溝軸から陸側に45km程度離れてからようやくその発生がみられる(Obana *et al.*, 2013)。これらの観測事実は、海溝軸から陸側に少なくとも30~35km程度まではプレート間固着は強くないであろうこと、したがって、図4に示した観測点のうち、海溝軸に最も近い2つの点でのきわめて大きな変位は、本震による断層面での食い違いに伴う弾性的な静的応答のみでなく、その他の非弾性的な応答や動的応答も含まれたものであろうことを示唆する。

東北沖地震でみられたプレート境界最浅部での異常に大きな滑りについては、何人かの研究者により、速度・状態依存摩擦構成則を用いた地震の動的シミュレーションに基づいて、その原因が説明されている。たとえば、Ide *et al.* (2011)は、動的シミュレーション結果を念頭に置いて、最浅部での大きな滑りは、きわめて低角で、かつ上盤側の剛性率が小さいプレート境界での動的過剰滑り(dynamic overshoot)によるとした。また、地震滑りによって摩擦熱が発生するので、断層面に含まれる流体が膨張し間隙流体圧が上昇し、その結果、摩擦強度が低下することが期待される。Noda and Lapusta (2013)は、東北沖地震でこの効果(thermal pressurization)が生じ、それがプレート境界浅部で完全な応力解放をもたらし、そこよりさらに浅部側での大きな滑りの原因になったとした。Duan (2012)やFukuyama and Hok (2013)は、プレート境界浅部にきわめて強いアスペリティがあつて、それが滑ったため完全な応力解放をもたらし、その結果、海溝に向かって動的過剰滑りが生じ大きな滑りになったとした。東北沖地震の発生によって応力がほとんど解

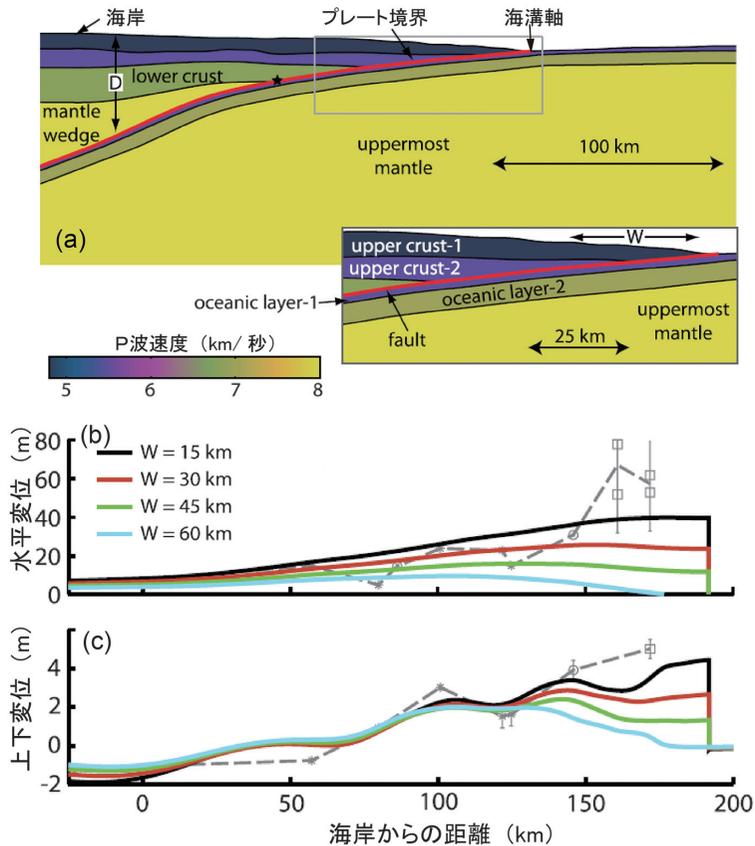


図 6 東北沖地震を模した2次元動的破壊シミュレーション (Kozdon and Dunham, 2013). (a) 仮定した地震波速度構造. 海溝軸に直交する測線に沿った鉛直断面にP波速度をカラースケールで示す. 右下は上の図で四角で囲んだ領域の拡大図. (b) 地震に伴う水平変位と (c) 上下変位. 付加プリズムの幅  $W$  を 15 km (黒), 30 km (赤), 45 km (緑), 60 km (空色) と変えて計算した結果を実線で示す. 薄い破線で結んだ記号が観測値

放されたことは、本震前後の地震のメカニズム解を用いた応力解析からも示されている (Hasegawa *et al.*, 2011). また、Kozdon and Dunham (2013) は、図 6 に示すように、地震探査で得られたこの地域の地震波速度構造を模した沈み込みプレート境界モデルを構築し、2次元の動的シミュレーションを行って、観測された海底地殻変動と比較した。そして、速度強化の性質を持つ付加プリズムの幅を変えて行った動的シミュレーションとの比較の結果、付加プリズムの幅を 30 km としたモデルが観測された海底地殻変動を説明するとした。彼らのシミュレーション結果によると、破壊は、プレート境界の深部に位置する速度弱化域で始まり、それにより励起された地震波が浅部の速

度強化域に大きな応力変化を生じさせ、そこでの破壊をもたらし、その破壊が海溝軸まで突き抜ける。

これらの研究結果が示すことは、速度強化の性質を持ち普段定常的な安定滑りをしていると考えられていた上盤側が付加プリズムであるプレート境界最浅部 (図 3 で言えば、領域 A あるいはその浅い側の部分) であっても、東北沖地震のような巨大地震の際には、動的に滑り得るということである。

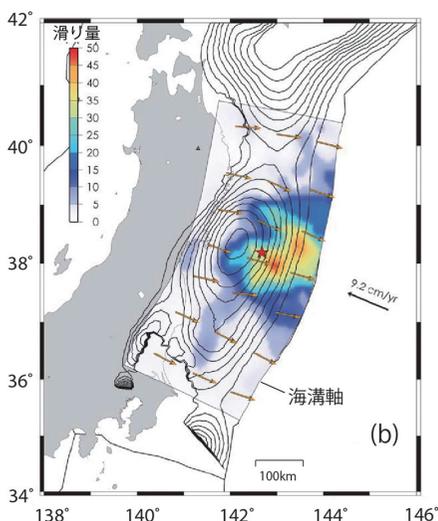
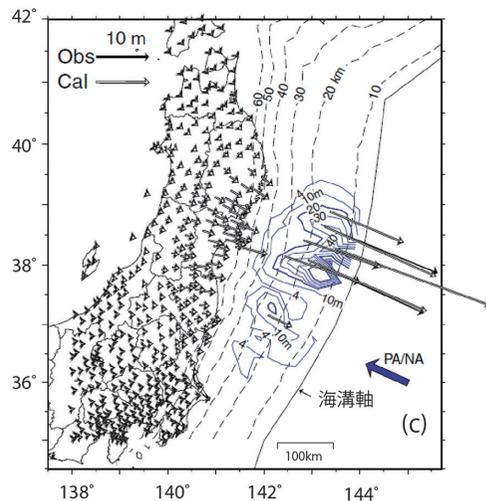
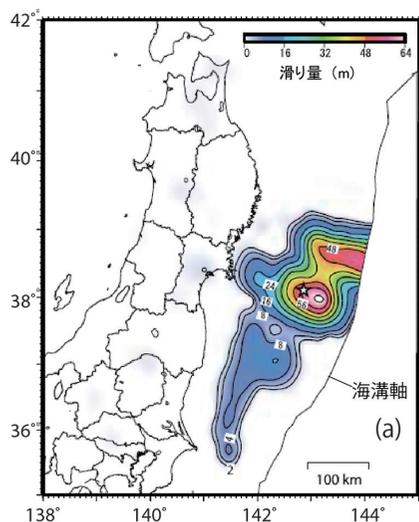


図7 海底地殻変動データも含めて推定された東北沖地震の滑りモデル。(a) Ozawa *et al.* (2012), (b) Romano *et al.* (2012), (c) Sato *et al.* (2013) による。滑り量をカラスケールあるいはコンターで示す。星は本震震源

## 5. プレート境界浅部の南北2つの強いアスペリティ

プレート境界浅部できわめて大きな滑りが生じたことを明らかにした海底地殻変動データは、実は、さらに詳細な滑り分布の特徴をも明らかにした。

陸域のデータだけでなく、震源域直上の海底地殻変動データをも用いて推定された東北沖地震の滑り分布を、図7に示す。これら3つの滑りモデルには、共通した特徴が認められる。すなわち、

いずれのモデルでも、宮城県沖のプレート境界浅部で大きな滑りがみられるが、さらに詳しくみると、本震震源のすぐ浅部側とそれより80~90km程度北側の2つの顕著な大滑り域とに分かれ、その間に滑り量の相対的に小さい領域が存在する。また、推定された滑りのピークが、最浅部の海溝軸に沿って(図3で言えば、領域A)ではなく、それより少し陸側(図3で言えば、領域B)に位置する。なお、図1も陸域のGPSと海底地殻変動データとを用いて推定された滑りモデルであるが、このモデルでも南北2つの大滑り域に対応する滑りの大きい領域が認められる。ただし、この

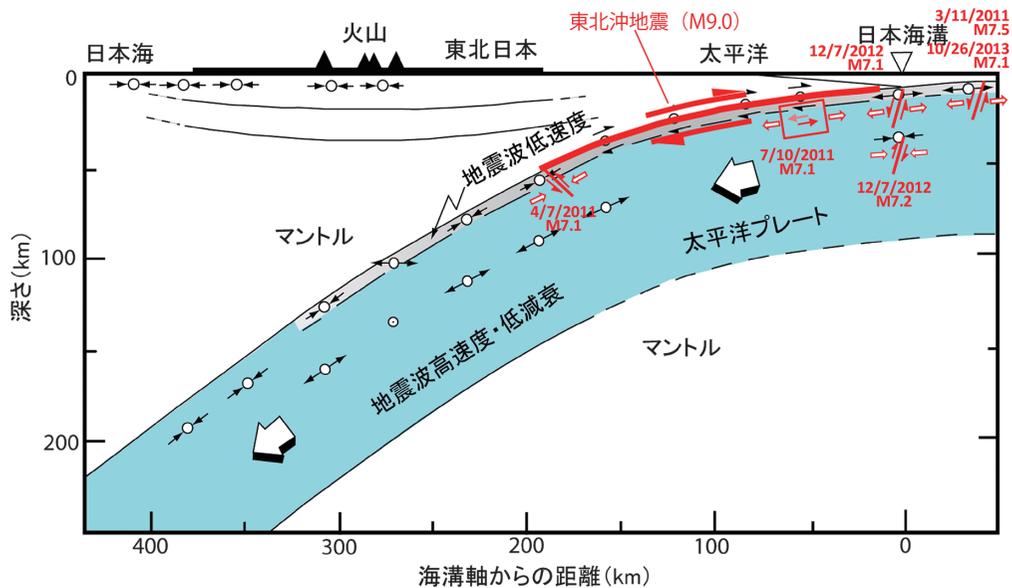


図 8 東北沖地震後に太平洋プレート内で発生した M7 以上の地震の震源断層. 東北沖地震の震源断層とともに、島弧横断鉛直断面上に模式的に示す. 2012 年 12 月 7 日の地震は、浅部の M7.1 正断層型地震と深部の M7.2 逆断層型地震が連発したもの (Lay *et al.*, 2013) なので、2 つに分けて示してある. 断層面での食い違いの方向を赤の対の矢印で、力の方向を白抜き矢印で示す

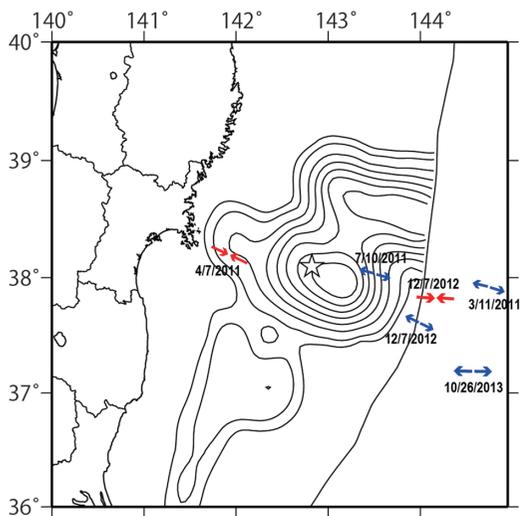


図 9 東北沖地震後に太平洋プレート内で発生した M7 以上の地震の主圧力軸および主張力軸の方位分布. 主圧力軸 (P 軸) を赤矢印で、主張力軸 (T 軸) を青矢印で示す. コンターは東北沖地震の滑り分布 (Ozawa *et al.*, 2012)

モデルでは、滑りのピークは海溝軸に沿ってプレート境界最浅部に位置する. 海溝軸直近の観測

点の圧力計データを除いて滑り分布を求めると、図 7 に示す他のモデルと同様に、滑りのピークは少し陸側に寄る (飯沼卓史, 私信). 前節で述べたように、海溝軸近傍の観測点のデータは、本震の滑りに対する静的弾性応答を示すものではないと考えられることから、恐らく滑りのピークは、図 7 の 3 つのモデルにみられるように、海溝軸から少し陸側に寄った位置にあると推定される. また、モデルによって若干の違いはあるものの、いずれのモデルもそのピーク滑り量は 40~50 m を超える. この地域のプレート沈み込み速度は 8 cm/年程度なので、滑り量 40~50 m 以上ということは、宮城県沖のプレート境界浅部に、500~600 年以上の長期間にわたって固着していた南北 2 つの強いアスペリティが存在することを意味する.

この南北 2 つの強いアスペリティの存在は、以下に示すように、本震後の太平洋プレート内の地震の起こり方からも確からしいことが分かる. 東北沖地震後、太平洋プレート内で M7 以上の大きな地震が 6 個発生した. 図 8 に、これらの地震の

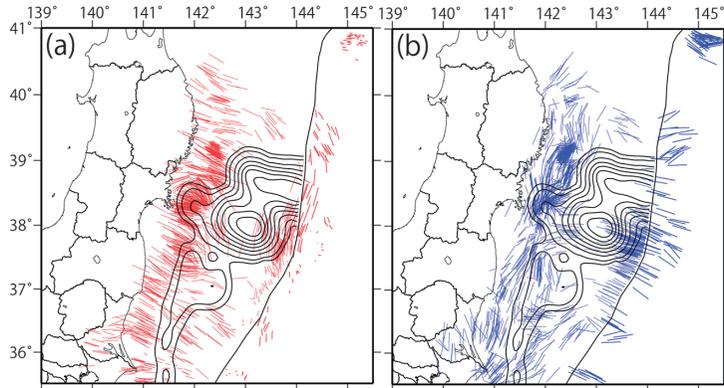


図 10 東北沖地震後の応力場 (Hasegawa and Yoshida, 2015). (a) 最大主応力軸 (最大圧縮応力軸), (b) 最小主応力軸 (最大引張応力軸) の方位をメカニズム解の決まった地震の位置にそれぞれ赤および青の線分で示す. コンターは東北沖地震の滑り分布 (Ozawa *et al.*, 2012)

断層面を、海溝軸に直交する鉛直断面に示す。図から、二重地震面の下面付近で発生した 2012 年 12 月 7 日 M7.2 の逆断層型地震を除くと、他の地震はいずれも、本震の滑りによりつくられる応力、すなわち静的応力変化で、せん断応力が増加し滑りやすくなって発生したことが分かる。なお、M7.2 の逆断層型地震は、東北沖地震の滑りによりプレートの沈み込みが進行し、それに伴うプレートの曲げ応力の増加で発生したと推定される。

図 8 は 2 次元的にみた図であるが、より詳しく 3 次元的にみると、これら太平洋プレート内で発生した M7 以上の地震は、以下にみるように、本震の滑りによる静的応力変化で加えられたせん断応力がより大きい場所で発生したことが分かる。これらの地震を惹き起した主圧力軸 (P 軸: 圧縮の力の軸) あるいは主張力軸 (T 軸: 引っ張りの力の軸) の方向を、東北沖地震の滑り分布とともに、図 9 の平面図に示す。滑り分布としては、代表として図 7 (a) のモデルを示してある。図 9 から、滑り量の最も大きかった南のアスペリティを中心として、T 軸が本震の滑り方向 (西北西～東南東) に平行な地震がその海溝側 (東南東側) に発生したのに対し、P 軸が平行な地震がその陸側 (西北西側) で発生したことが分かる。すなわち、これらの地震は、本震による静的応力変化で

せん断応力の増加量が最も大きい位置で発生した。このことは、逆に、推定された本震の滑り分布の確からしさを示すものでもある。

この顕著な傾向は、M7 以上の大地震だけでなく、より小さい地震でも明瞭に認められる。東北沖地震後に太平洋プレート内で発生した多数の地震のメカニズム解を用いて応力場を推定し、得られた最大主応力 (最大圧縮応力) 軸と最小主応力 (最大引張応力) 軸の方向を各地震の位置にプロットして示したのが、それぞれ図 10 (a), (b) である。この図に示す小さい地震の場合でも、滑り量の最も大きかった南のアスペリティを中心にして、その海溝側に、最小主応力軸が本震の滑り方向を向く正断層型 (あるいは横ずれ断層型) の地震が、一方、その陸側に、最大主応力軸が本震の滑り方向を向く逆断層型の地震が集中して発生している。すなわち、これらの地震のメカニズム解から推定された応力場が、本震の滑りによってつくられる応力場 (静的応力変化) とおおよそ一致する。

図 9 に示した M7 以上のスラブ内地震のメカニズム解、図 10 に示したより M の小さい多数のスラブ内地震のメカニズム解から得られた主応力軸方向の空間分布の特徴は、海底地殻変動データから推定された本震の滑り分布の確からしさを示している。とりわけ、南北 2 つのアスペリティのう

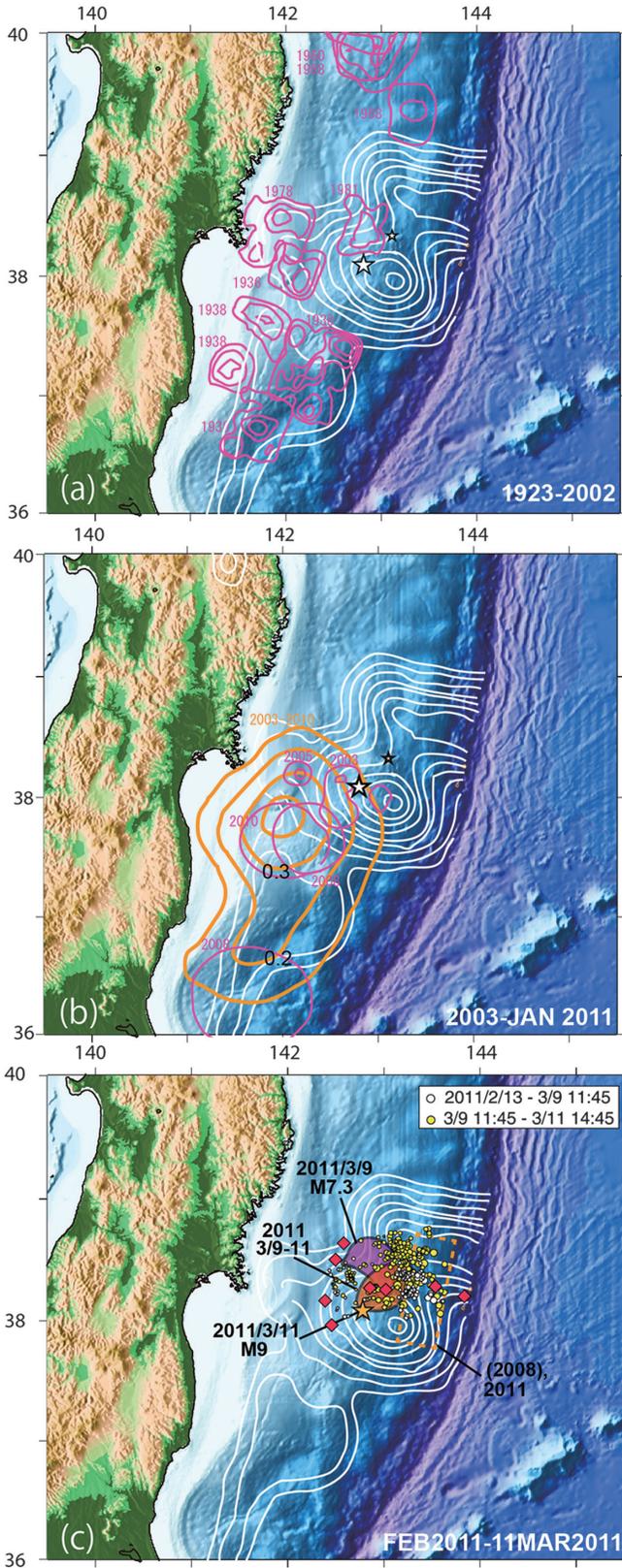


図 11 東北沖地震に先行する地震滑りと非地震性すべり (Hasegawa and Yoshida, 2015). (a) 1923~2002年, (b) 2003~2011年1月, (c) 2011年2月~3月11日の本震発生まで. ピンク色のコンターは地震滑り, 橙色のコンターは非地震性滑り(ゆっくり滑りイベント)を示す (Yamanaka and Kikuchi, 2003, 2004; 室谷ら, 2003; Ozawa *et al.*, 2012). 東北沖地震の滑り分布 (Ozawa *et al.*, 2012) を白のコンターで示す. (c) でピンク色および橙色の楕円は3月9日M7.3の最大前震の滑り域およびその余効滑り域 (Ohta *et al.*, 2012). 白丸および黄丸はそれぞれ2月13日からの前震および3月9日からの前震の震源, 赤菱形は海底圧力計の観測点

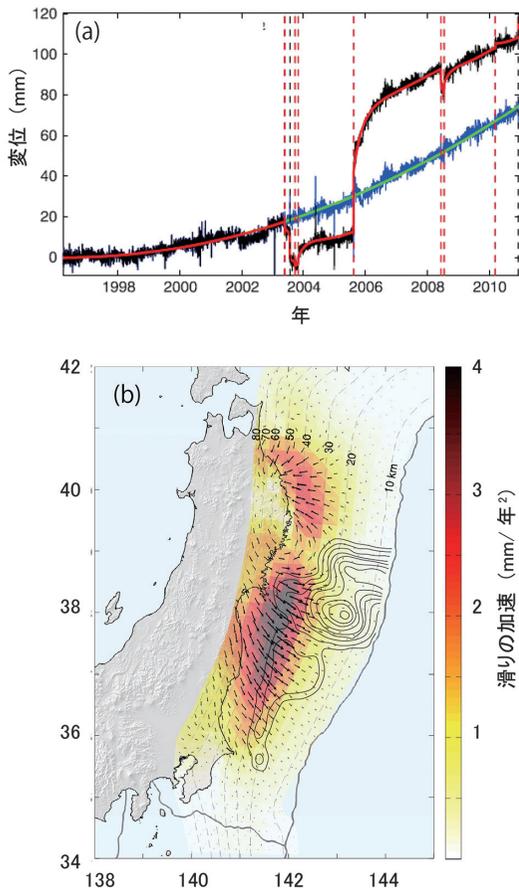


図 12 (a) 東北沖地震に先行した滑りの加速. 女川観測点における GPS 時系列を示す. 黒: 観測値, 赤: 地震滑りと余効滑りをフィッティングした計算値, 青: 地震滑りと余効滑りの効果を除いた時系列. (b) 推定された先行滑りの分布. 滑りの加速の大きさをカラースケールで, 滑りの加速の方向を矢印で示す. Mavrommatis *et al.* (2014) による. 薄い黒の線は東北沖地震の滑り分布 (Ozawa *et al.*, 2012)

ち, 南のアスペリティの海溝側に顕著にみられる正断層型 (あるいは横ずれ断層型) の地震の発生は, そこより陸側, すなわち深部側に, 本震の滑りのピークがあったことを示している.

## 6. 地震前に何が起きたか?

東北沖地震に先行して, その震源域では, 2つのアスペリティを取り巻くように地震性および非地震性滑りが生じた. その様子, すなわち東北沖

地震に先行する地震性滑りと非地震性滑りの時間発展を, 3つの期間に分けて図 11 に示す. 本震の滑り分布は, 図 7 (a) のそれを代表させて示す.

東北沖地震の震源域では, 1936年と1939年に宮城県沖, 1938年に福島県沖, 1978年と1981年に宮城県沖で, それぞれ M7 クラスの本震を含む活発な地震活動があった. そして, 1981年の地震以降, 活動はいったん沈静化して2003年10月まで約22年間にわたって比較的静かな時期が続いた. 1923~2002年に発生した M~7 以上の大きな地震の滑り域を, 図 11 (a) に示す. 図から, 東北沖地震に先行する約80年間のこの時期では, プレート境界浅部の南北2つのアスペリティの周囲の領域で, 地震滑りが生じたことが分かる. そのうち, 1981年の宮城県沖はるか沖の地震では, 2つのアスペリティの間の領域で滑りが生じた.

1981年以降比較的静かであった地震活動は, 2003年10月に M~7 の地震が発生し, それを契機に2010年末までの期間にさらに4個の M~7 の地震が続発するなど, 顕著に活発化した. GPS データの解析から, これら M~7 の地震では, 地震滑りのモーメントと同程度かそれ以上という異常に大きな余効滑り (地震後に震源域の周囲で発生するゆっくり滑り) が検出された (Suito *et al.*, 2011). 地震毎に分けずに, 2003年以降2010年末までの期間における余効滑り全部をまとめて推定すると, そのモーメントは, 地震滑り全体のモーメントの約2.5倍にも達する (Ozawa *et al.*, 2012). 推定された余効滑り全体の滑り分布を, 5個の M~7 の地震による個々の地震滑りと合わせて, 図 11 (b) に示す. これらのプレート間滑りが, その後起こる東北沖地震の震源域での固着の剥がれを生じさせたことになる. 図から, この期間に固着の剥がれが生じた領域は, 東北沖地震の震源域で, かつその深部であることが分かる.

東北沖地震前にみられたこの固着の剥がれは, 実は, 東北沖地震の発生に向かって時間的に加速したプレート間滑りであったようである. 異常に大きい余効滑りは, 広域にわたって同時に進行していた滑りの加速も一緒に試みていたからということになる.

Mavrommatis *et al.* (2014) は、1996 年以降の GPS データを用いて、東北沖地震に至るまでの非地震性のプレート間滑りを調べた。彼らは、M6.5 以上の地震の地震滑りと余効滑りをそれぞれモデルに基づいて推定し、それらを除いて得られた各観測点の GPS 時系列データには、データの始まりの 1996 年から東北沖地震の発生に向かって加速する有意な地殻変動がみられるとした。図 12 (a) には、一例として、女川観測点における GPS 時系列を示す。図に青線で示した時系列から、東北沖地震の発生に向かって滑りがしだいに加速する様子がみてとれる。各観測点の時系列データを用いて推定された滑りの加速の空間分布を図 12 (b) に示す。図から、プレート間滑りの加速が生じたのは、宮城県沖～茨城県沖にかけての領域であることが分かる。東北沖地震の震源域のうち、その深部に相当し、図 11 (b) で橙のコンターで示した余効滑りとして推定された領域とはほぼ一致する。ここでは、データの始まりの 1996 年を基準として加速する滑りが推定されたが、それがいつ始まったかまでは分からない。少なくとも十数年間に及ぶ滑りの加速があったということになる。なお図 12 (b) で、岩手県沖にみられる滑りの加速が大きいもう一つの領域は、逆向きの滑り、すなわち滑り遅れであり、1995 年三陸はるか沖地震以降回復しつつあるこの領域のプレート間の固着に対応する。

このように、震源域の深部で比較的長期間にわたるプレート間滑りの加速があった中で、東北沖地震の約 1 カ月前、2011 年 2 月中旬から、顕著な前震活動が本震の震源付近で開始した。さらに、2 日前の 3 月 9 日に M7.3 の前震が発生、その余震活動が継続する中で、3 月 11 日に最終的な破壊に至った。2 月 13 日からの前震活動、3 月 9 日からの M7.3 を主震とする前震活動の震源を、図 11 (c) に示す。Kato *et al.* (2012) は、地震波形の相関解析による小さな地震の検出とそれらの震源再決定により前震活動を詳細に調査し、東北沖地震の震源、すなわち破壊の開始点に向かう前震活動の震源の移動を見出した。本震の破壊開始点への震源の移動は、2 月 15 日頃から 2 月 29

日頃までの前震活動、および 3 月 9 日 M7.3 の最大前震の発生から本震まで続いた前震活動の 2 つの活動の両方にみられた。

東北沖地震の震源域である宮城県沖には、図 11 (c) に示すように海底圧力計が密に設置されていた。それは、本震直前にこの地域で生じた非地震性滑りの検出にも重要な役割を果たした。この海底圧力計と陸上 GPS のデータとから推定された 3 月 9 日 M7.3 の前震の滑り域およびその余効滑り域を図 11 (c) にピンクと橙色の楕円で示す。Ohta *et al.* (2012) によると、余効滑りは、地震滑り域に隣接してそのすぐ浅部側から始まり、東北沖地震の破壊開始点に向かってしだいに南に移動し、遂には東北沖地震の発生に至った。ほぼ 2 日間という短い期間であるにもかかわらず、この余効滑りのモーメントは大きく、モーメントマグニチュード Mw で 6.8 に達した。Ito *et al.* (2013) は、海底圧力計のデータの解析から、2 月中旬から始まった前震活動に対応しても、Mw にしておよそ 6.8 となる非地震性滑りが生じたことを明らかにした。推定された非地震性滑り域を、図 11 (c) に橙色の破線で囲んだ矩形で示す。彼らによれば、さらに、その 3 年前の 2008 年にも、同じ領域で同様な非地震性滑りが起こっていたらしい。また、滑りは、前震と同様に北から南に本震の破壊開始点に向かって伝搬したようである。

以上をまとめると、(1) 1923~2002 年の本震前のおよそ 80 年間で、プレート境界浅部に存在する南北 2 つの強いアスペリティの周囲の領域で、M7~8 クラスの地震を含め、複数の地震による地震滑りが生じた (図 11 (a))。 (2) 2003~2011 年 1 月の本震前のおよそ 8 年間になると、2 つのアスペリティに隣接してその深部側で、5 個の M~7 の地震を伴いながら、非地震性のゆっくり滑りイベントが生じ (図 11 (b))、その滑りは本震発生に向かって加速した (図 12 (a))。 (3) 本震の約 1 カ月前、2 月中旬から、2 つのアスペリティの間の領域、かつその浅部側で、前震活動を伴いながら継続時間が 2 週間程度のゆっくり滑りイベントが発生した。このゆっくり滑りは、より

大きい南のアスぺリティに向かって伝搬した。なお、同様なゆっくり滑りイベントは、2008年にも同じ領域で発生した。3年間程度の間隔で、このようなゆっくり滑りイベントが、この場所で何回か繰り返していた可能性もある。そして、直前の2日前、3月9日に、2つのアスぺリティの間の領域、かつその深部側で、M7.3の前震が発生し、その後それに隣接してそのすぐ浅部側で、余震を伴いながら余効滑りが生じた(図11(c))。この滑りもまた、より大きい南のアスぺリティに向かって伝搬した。そして遂に、この滑りの伝搬した先の地点、図11(c)の橙色の星印の地点から本震の破壊が始まった。

このようにしてM7級の大きな地震をも伴いながら発生した複数のゆっくり滑りイベントによって、500~600年以上の長期間にわたって固着してきた南北2つの大きなアスぺリティ、とりわけ南のアスぺリティに、繰り返し応力が加えられ、最後にはそれに堪えられず南のアスぺリティが破壊した。この最も強いアスぺリティの破壊が、隣接する北のアスぺリティの破壊を誘発し、それにより周囲のより広い領域を巻き込んだ巨大な破壊、すなわちM9.0東北沖地震の発生に至ったと考えられる。

なお、プレート境界浅部の2つの強いアスぺリティがどのように形成されたのか、その成因については、まだ分かっていない。これらのアスぺリティの場所では、地震波速度が高速度であるという地震波トモグラフィによる解析結果もある(Zhao *et al.*, 2011)。そうだとすると、そこでは、堆積層が相対的に薄く上盤と下盤のプレートがより強く噛み合っている様子を想像させる。ただし、陸上観測点のデータを用いての推定なので、解像度という点で少々不安が残る。海底地震計を用いた構造探査など、今後のより詳細な調査が待たれるところである。

## 7. おわりに

M9.0の東北沖地震の発生は事前に予測されておらず、多くの地震学者にとって驚きであった。

この超巨大地震が、世界で最も高品質で稠密な観測網が構築されている沈み込み帯で発生したこともあり、本震発生後、世界中の地震学者が精力的に研究を進め、その結果、超巨大地震の発生機構の理解が格段に進展した。本稿では、それらの研究結果に基づいて、東北沖地震前に震源域で何が生じたのか、本震でどのように破壊が生じたのか、この地震の発生機構の概要を記した。なお、岩手県沖の海溝軸付近のプレート境界浅部で大きな滑りがあったか否か、あるいは本震後に顕著に現われ現在もまだ継続している大きな余効滑りなどについては、紙数の都合で触れることができなかった。これらも、東北沖地震の発生機構を考えるうえで重要であることに変わりはないが、別の機会に譲ることとしたい。

## 参考文献

- Duan, B. 2012. *J. Geophys. Res.*, **117**, B05311. doi:10.1029/2011JB009124.
- Fukuyama, E. and Hok, S. 2013. *Pure Appl. Geophys.* doi:10.1007/s00024-013-0745-z
- 長谷川昭. 2012. 地震ジャーナル, **53**, 1-9.
- Hasegawa, A. and Yoshida, K. 2015. *Geosci. Lett.*, **2**, 6. doi:10.1186/s40562-015-0025-0.
- Hasegawa, A., Yoshida, K. and Okada, T. 2011. *Earth Planets Space*, **63**, 703-707. doi:10.5047/eps.2011.06.007
- Ide, S., Baltay, A. and Beroza, G.C. 2011. *Science* **332**, 1426-1429.
- Iinuma, T., Hino, R., Kido, M., Inazu, D., Osada, Y., Ito, Y., Ohzono, M., Tsushima, H., Suzuki, S., Fujimoto, H. and Miura, S. 2012. *J. Geophys. Res.*, **117**, B07409. doi:10.1029/2012JB009186
- Ito, A., Fujie, G., Miura, S., Kodaira, S. and Kaneda, Y. 2005. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L05310. doi:10.1029/2004GL022307
- Ito, Y., Tsuji, T., Osada, T., Kido, M., Inazu, D., Hayashi, Y., Tsushima, H., Hino, R. and Fujimoto, H. 2011. *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L00G05. doi: 10.1029/2011GL048355.
- Ito, Y., Hino, R., Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Inazu, D., Ohta, Y., Iinuma, T., Ohzono, M., Miura, S., Mishina, M., Suzuki, K., Tsuji, T. and Ashi, J. 2013. *Tectonophysics*, **600**, 14-26. doi: 10.1016/j.tecto.2012.08.022

- Kato, A., Obara, K., Igarashi, T., Tsuruoka, H., Nakagawa, S. and Hirata, N. 2012. *Science*, **335**, 705-708.
- Kato, N. and Yoshida, S. 2011. *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L00G04. doi:10.1029/2011GL048565
- Kido, M., Osada, Y., Fujimoto, H., Hino, R. and Ito, Y. 2011. *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L24303. doi:10.1029/2011GL050057
- Kozdon, J.E. and Dunham, E.M. 2013. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **103**, 1275-1289. doi: 10.1785/0120120136
- Lay, T., Kanamori, H., Ammon, C.J., Koper, K.D., Hutko, A.R., Ye, L., Yue, H. and Rushing, T.M. 2012. *J. Geophys. Res.*, **117**, B4, B04311. doi:10.1029/2011JB009133
- Lay, T., Duputel, Z., Ye, L. and Kanamori, H. 2013. *Phys. Earth Planet. Int.*, **220**, 73-78. doi: 10.1016/j.pepi.2013.04.009
- Mavrommatis, A.P., Segall, P. and Johnson, K.M. 2014. *Geophys. Res. Lett.*, **41**. doi:10.1002/2014GL060139
- 室谷智子・菊地正幸・山中佳子. 2003. 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, S052-0003.
- Noda, H. and Lapusta, N. 2013. *Nature*, **493**, 518-523. doi:10.1038/nature11703
- Obana, K., Kodaira, S., Shinohara, M., Hino, R., Uehira, K., Shiobara, H., Nakahigashi, K., Yamada, T., Sugioka, H., Ito, A., Nakamura, Y., Miura, S., No, T. and Takahashi, N. 2013. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **382**: 111-116. doi 10.1016/j.epsl.2013.09.007
- Ohta, Y., Hino, R., Inazu, D., Ohzono, M., Ito, Y., Mishina, M., Iinuma, T., Nakajima, J., Osada, Y., Suzuki, K., Fujimoto, H., Tachibana, K., Demachi, T. and Miura, S. 2012. *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L16304. doi:10.1029/2012GL052430
- Ozawa, S., Nishimura, T., Munekane, H., Suito, H., Kobayashi, T., Tobita, M. and Imakiire, T. 2012. *J. Geophys. Res.*, **117**, B7, B07404. doi: 10.1029/2011JB009120
- Romano, F., Piatanesi, A., Lorito, S., D'Agostino, N., Hirata, K., Atzori, S., Yamazaki, Y. and Cocco, M. 2012. *NPG Sci. Rep.*, **2**, 385. doi:10.1038/srep00385
- Sato, M., Ishikawa, T., Ujihara, N., Yoshida, S., Fujita, M., Mochizuki, M. and Asada, A. 2011. *Science*, **332**, 1395.
- Sato, T., Hiratsuka, S. and Mori, J. 2013. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **106**, 3104-3114. doi: 10.1785/0120130042
- Shibazaki, B., Matsuzawa, T., Tsutsumi, A., Ujiie, K., Hasegawa, A. and Ito, Y. 2011. *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L21305. doi:10.1029/2011GL049308
- Suito, H., Nishimura, T., Tobita, M., Imakiire, T. and Ozawa, S. 2011. *Earth Planets Space*, **63**, 615-619. doi: 10.5047/eps.2011.06.053
- Tsuru, T., Park, J.-O., Miura, S., Kodaira, S., Kido, Y. and Hayashi, T. 2002. *J. Geophys. Res.*, **107**, 357. doi: 10.1029/2001JB001664
- Yamanaka, Y. and Kikuchi, M. 2003. *Earth Planets Space*, **55**, e21-e24.
- Yamanaka, Y. and Kikuchi, M. 2004. *J. Geophys. Res.*, **109**, B07307. doi:10.1029/2003JB002683
- Zhao, D., Huang, Z., Umino, N., Hasegawa, A. and Kanamori, H. 2011. *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L17308. <http://dx.doi.org/10.1029/2011GL048408>

長谷川昭

[はせがわ あきら]

**現職** 東北大学名誉教授  
理学博士

**略歴** 東北大学理学部卒業。東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻修士課程修了。東北大学理学部助手、助教授、教授を経て、現職。米国地球物理学連合フェロー、日本地球惑星科学連合フェロー。

**研究分野** 地震学、特にプレート沈み込み帯の地震の発生機構

**著書** 「地震学」(共立出版、共著)、「Magmatic Systems」(Academic Press、分担執筆)など



# 東北地方太平洋沖地震による巨大津波の メカニズムと被害予測

今村文彦

## 1. はじめに

2011年3月11日14時46分、宮城県沖を震源としたマグニチュード9の巨大地震および津波が発生した。気象庁により「東北地方太平洋沖地震」と命名された地震により、広域で強震動が記録され宮城県北部では震度7を観測した。津波については被災地域での主な験潮所の機器が破壊されたため最大波に関して記録されていないが（初動の記録はあり）、浸水痕跡から最大39m以上もの遡上高さが報告されている。今回の大震災はわが国での歴史上最大の規模であり、沿岸各地で特に壊滅的な被害を与えた。その影響は、人間社会だけでなく、沿岸地形さらには生態系へも影響を与えた。

津波を発生させた巨大地震の震源は宮城県沖であり、以前から予測・評価されていた、いわゆる「宮城県沖地震」域の少し沖であった。発生場所および時期については長期評価などで予測されたものであったが、その規模はまったく異なっていた。主な断層活動の範囲は南北約500km東西約200kmに至り、すべり量は30mを超えたと推定され、この運動による海底変動が海面の変化をもたらした。巨大な津波が発生した。しかも、単一ではなく、時間を変え段階的に発生したと解析され、複雑な様相を呈している。過去、この地域は、三陸沖、宮城県沖、福島県沖、海溝沿い、など個別地域で地震および津波それぞれ評価されていたが、今回、一気に連動し超巨大地震・津波が発生したことになる。

当時の記録や現在まで解析された成果をもとに、巨大津波の研究についての概要と今後の課題

の整理を試みた。とくに、低頻度巨大イベントに対する評価方法についてはいまま重要な論点であり、国内外で可能性がある同規模の災害への備えおよび減災対応に対して総合的な科学技術がどのように貢献できるかが問われている。

## 2. 常襲地域での巨大地震と津波発生の概要

東北および関東での太平洋沖は、過去においても津波を伴う地震が発生し、被害を繰り返してきた地域である。代表的な地震・津波としては、869年貞観、1611年慶長奥州、1896年明治三陸、1933年昭和三陸などがあげられる。とくに、1896年明治三陸地震による津波では、地震による揺れが小さいにもかかわらず、最大遡上高さ38mを記録し、当時で2万2千名の犠牲者を出した。「TSUNAMI」という日本語が世界語になった理由の1つでもある。大災害のたびに、沿岸各地で復旧・復興が図られたが、高地移転しても元の場所に戻るなど、数十年後さらには数百年後には、津波による大災害を受けることを繰り返してきた歴史がある。したがって、約400年間であるが、繰り返し性（サイクル）も地域ごとに評価され、長期評価においても、真っ先に成果が公表された場所でもある。しかし、今回の東北地方太平洋沖地震は、通常のサイクルではなく、400年以上（地震本部では600年、津波堆積物評価によると約1,000年）のスーパーサイクルで発生したものと解釈される。

M9地震によって発生した津波は巨大であった。500km×200km以上の範囲で地震による海底変動がある時間帯で持ち上げられた膨大な水塊は、波紋となって各地へ伝播した。その結果、

500 km<sup>2</sup>を上回る浸水域が生じ、これは初期の津波に対して約1割の水塊が沿岸部を襲ったことになる。

現在まで、地震および津波の発生を再現するモデルを、さまざまな観測値を使って検討されている。測地（地殻変動）データ、地震波観測データ、津波観測データ（沖側と沿岸部、痕跡値）、被害データなどに分類される（地震調査研究推進本部、2012）。現在までの解析結果を見ると、一般的傾向としては2つあり、（1）地震モデルよりも津波モデルのほうが発生範囲は広い、また、（2）津波の大すべり域がより海溝に近い、（3）宮古より北側では局所的な津波増幅があり、地滑りなどの特別な発生メカニズムも指摘されている、などの差が指摘されている。

1983年日本海中部地震および津波の発生から今日まで、さまざまな観測値によりインバージョン推定され、モデルの比較が行われているが差はまだ埋まらない。

### 3. 観測された津波の波源モデル

#### 3.1 推定された波源モデル

現在、とくに津波波形を利用した断層運動の推定（たとえば、杉野ら、2013；藤井・佐竹、2011；東北大学、2011；Satake *et al.*, 2013）が行われているが、特徴としては図1に示されたように、（1）段階的に各セグメント（断層）で破壊が生じたこと、（2）震源付近で初期の津波が発生しその後海溝沿いに移動していること、（3）宮城・福島沖での海底変化（断層のすべり量）が大きいこと、しかも、（4）日本海溝沿いの値が大きいことが示唆されている。深い海域で大きな海底変化が生じると、それだけ大きな規模の津波が発生することになる。

図1の下図は、暫定波源モデルであり、地殻変動および沖合の津波観測波形を用いた推定結果である。また、上図は、暫定波源モデルを使って沿岸での痕跡値（広域の津波特性）を再現するために修正した結果である。ここでは、暫定モデルでのすべり量を1.2倍にしている。このように、津

波だけの場合でも、推定された結果に差が生じている。この理由としては、データ自体がもっている特性の他に、推定手法としてのインバージョンに用いたグリーン関数の精度や津波による地形変化などの影響があると考えている。

#### 3.2 2段階での津波発生

各地で津波が観測されたが、海域で5m程度（釜石海底津波計やGPS波浪計）、沿岸で10m以上の規模が記録されている。図2に示されたように釜石沖での海底津波計の記録は興味深く、30分程度の押し波の成分（2m程度）の上に、5分程度の短い成分（3m程度）が重なった波形（2つの段階）が見られる。これは、海溝沿いでの大きなすべり量を起こしており、津波地震タイプまたは副次的な断層（分岐断層）が高角度で発生した可能性がある。図1においては120秒から300秒にみられるすべり分布がこれに相当する。なお、第一段階がこの前に発生したもので比較的広域ですべり量は小さい。これらの2つの成分（または複数）が、三陸沖に伝播する中で、押しのピーク（波の山）を一致（位相）させて、来襲した可能性もある。

同様に、海底津波計（図2参照）に加えてGPS波浪計による記録でも確認できる（港湾空港研、2011）。岩手県北部から福島県沖に設置された6つのGPS波浪計は、2段階の津波の発生を捉えていた。地震発生から10分後にはゆっくりとした海面の上昇がみられ、そのさらに約10分後には急激な水位上昇が生じており、ここでも2段階の津波が来襲したことが分かる。第1段階の津波は、1m程度の波高で周期が1時間程度（長周期成分）であると推定されるが、第2段階の津波は、波高にして3m以上、周期が10分以下（短周期成分）であると読み取れる。岩手沿岸では、このように、2段階の成分が明瞭に見られるが、宮城県北部では変化している。図1のように多段階でしかも時間差を伴った発生により、場所によって位相差が生まれたものと考えられる。

このような津波の発生メカニズムについては、現在さまざまな解析がなされ、議論されているところであるが、もっとも重要であることが、海溝

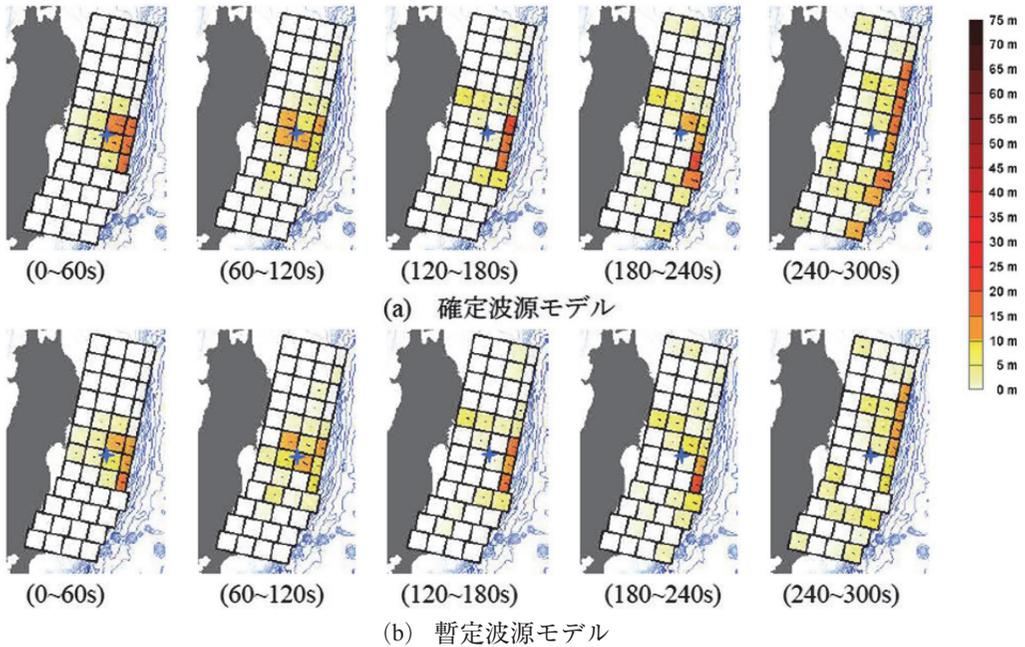


図 1 津波波源モデルのすべり量分布とその経時変化 (杉野ら, 2013)

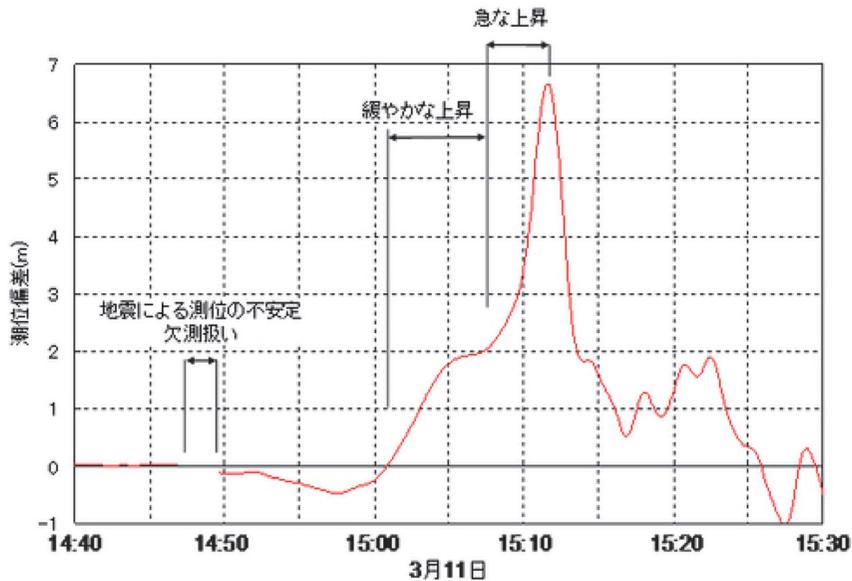


図 2 海底津波計 (TM2) で観測された津波波形 (東大と東北大の観測によるもの)

沿いの幅の狭い範囲で急激な海面上昇があったことである。これは超大すべり域と呼ばれており、この原因としては広く考えると、津波地震タイプ、海底地滑り、さらには副次的な断層 (分岐断層) が高角度で発生した可能性などがある。とく

に段階的の発生または移動メカニズムとして注目されているのが、ダイナミックオーバーシュート (動的過剰すべり) と呼ばれる現象である (Ide *et al.*, 2011)。このすべりは地震以前に蓄えられていた力を 100% 解放するだけでなく、さらに「すべ

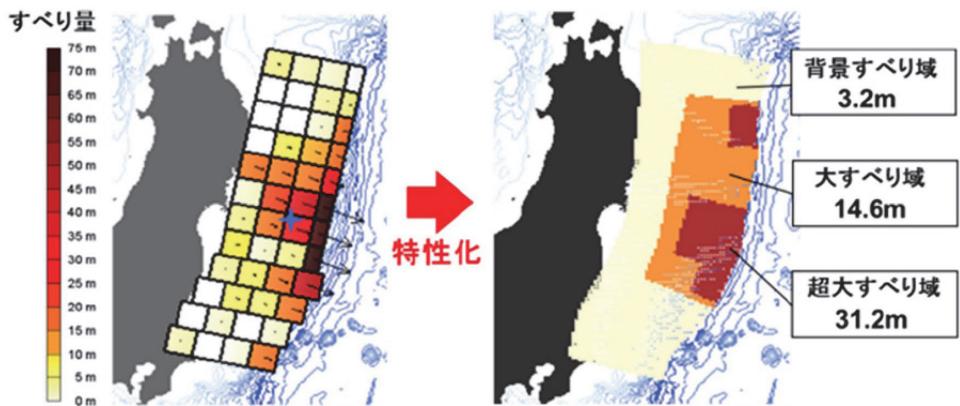


図 3 津波波源の特性化について (杉野ら, 2013)

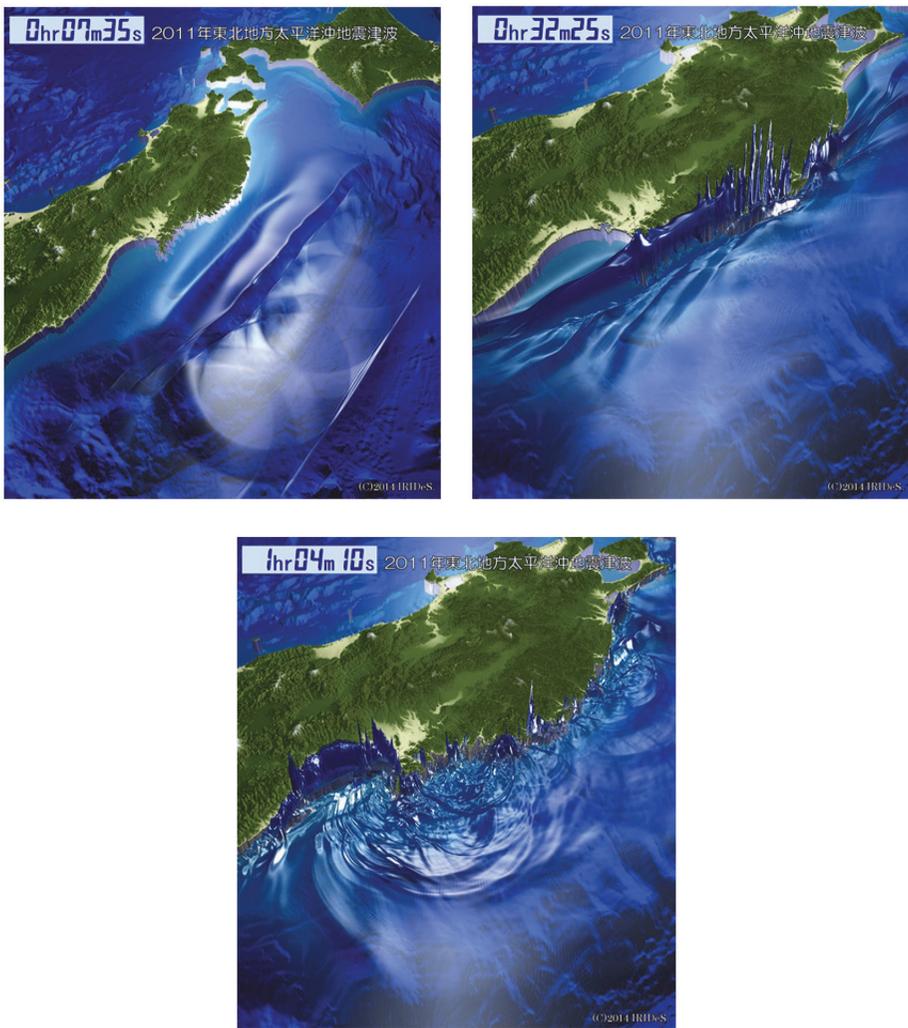


図 4 津波の伝播過程の様子

り過ぎる」ために、大きな津波を引き起こしたのだと考えられている。それぞれの原因が判明すれば、今後、他地域での津波発生の可能性についても検討が可能となる。

### 3.3 波源モデルの特性化

今後、M9を超えるような地震の際に、このような超大すべり域がつねに伴うのか？その場所はどこなのか？全体の滑り量（背景領域）に対してどのくらい大きいのか？などの議論が活発に行われている。たとえば、中央防災会議の評価においては、地震規模の大きな場合に、超大すべり（4倍のすべり量）と大すべり（2倍）を背景領域の20%の領域に設定している。

将来予測のための津波想定に活用するためには既往最大規模を基本とするこの津波想定とは異なる概念を用いて、プレート間地震による津波の波源域やすべり分布等の設定方法をルール化し、そこでの特性は保ちながらもある程度シンプル化する波源モデルが必要である。これは「特性化」と呼ばれており、東日本大震災における評価の問題点（既往最大を中心）を解決し、不確定性も考慮しながら幅広く検討でき、確率的評価にも応用できる利点がある。

現在、プレート間地震による津波の特性化波源モデルの構築が現在図られている（杉野ら、2013、2014；文科省地震調査委員会津波評価部会、2015）。特性化波源断層モデルの設定では、断層全体の形状や規模を示す巨視的波源断層特性および波源断層の不均質性を示す微視的波源断層特性という2つの波源断層特性を考慮して波源断層特性パラメータを与えることになる。図3に示したように大すべり・超大すべりの配置（位置）については、プレート構造などを考慮して、可能な範囲で選択する。複数のケースを仮定すれば、確率的な津波高さの評価が実施可能となる。過去の地震津波を対象（再現）とする場合には、この複数のモデル中で再現性の高いことが保証されればよい。このことは、過去の発生メカニズムを再現できることを期待している。なお、痕跡高さや験潮記録によるインバージョン推定など、再現を主な目的としたものではない。

## 4. 沿岸域への津波来襲

津波は深海から浅海を經由して沿岸域に達する。三陸沖合で発生した津波は約20～30分で沿岸に到達した。とくに、複雑な海岸線形状を持つ三陸沿岸では、津波波高の増幅が見られた。一方、仙台湾、福島沿岸では直線状海岸であり、石巻や東松島などは牡鹿半島の背後に位置していたため自然の堤防機能により、過去には大きな津波増幅は見られなかった。しかし、2011年の場合には、波源域が宮城県沖・福島沖さらには茨城県沖まで拡大したために、直接、巨大な津波が沿岸域を襲ったことになる。

さらに、そこで発生した津波が海水面より津波の水位が上昇するとそれが押し波となって陸上または河川を遡上する。浅海域になるにつれ津波の伝播速度は遅くなり、水粒子速度に近づく。水粒子速度が伝播速度を超えると津波自体は碎波に至る。碎波後も津波はボア状段波となり伝播または遡上を続ける。碎波直前では、波形勾配が急になるため、非線形分散効果により短周期成分が主峰の後方に形成されることが多い。とくに、仙台湾では、波状性段波が観測されている。やがて、陸上部または河川部での底面摩擦や構造物などにより津波のエネルギー減衰が生じて遡上が終わり、その後、逆に海域へ「戻り流れ」となって逆流する。陸上部での地形勾配が大きいと、重力の斜面分力も加わり戻り流れは加速されて、大きな流速が生じ海岸線などで浸食などが見られる。戻り流れにおいて流速が加速されると常流から射流になり、一段と水位が低下しせん断力を増加させる。各地で、強烈な戻り流れが記録されていた。

## 5. 沿岸域での被害像と予測に向けて

わが国での史上最大の津波規模であり、これに伴う災害は最悪となると思われる。津波の浸水に伴う、沿岸構造物、防潮林、家屋・建物、インフラへの被害、浸食・堆積による地形変化、破壊された瓦礫、沖合での養殖筏、船舶などの漂流、さ

らには、可燃物の流出と火災（今津ら，2014）、道路・鉄道（車両も含む）など交通網への被害、原子力・火力発電所など施設への影響など、現在想定される津波被害のほぼすべてのパターンが発生したと考えられる（Suppasri *et al.*, 2013）。

東北地方太平洋沿岸では、防潮堤などを始めとした保全施設が整備されている。過去の津波（明治や昭和三陸津波）の際にはなかった沿岸施設であり、津波の陸上への影響を抑えた効果はあったはずである。しかし、その施設を遥かに上回る規模で襲ったり、この施設を破壊してしまった地域もあった。その整備水準は各地域で異なる場所であり、それらが津波に対して被害軽減にどのような役割を果たしたのか評価しなければならない。また、堅固な施設でも被害を受けた事例があったことから、これらが、津波来襲後のどの時間帯でどのように被災したのか、詳細な検討を行う必要がある。

また、同じ浸水域内でも、建物や社会インフラ基盤に対する被害程度は異なっている。ある程度の浸水深（または流体力）を超えると被害が増加している。国交省都市局や東北大学（中央防災会議専門調査会資料提出）によれば、浸水深2m前後で被災率が大きく変化している。この結果は、今後、地域の住宅のほか、さまざまな建物や社会インフラを再建するときに、考慮しなければならない指標として活かしていく必要がある。

津波の水理特性としては、浸水、流速（掃流力）、波力（静水圧力、動波力、衝撃波力）などがあり、これらを素因として被害が生じている。

過去の災害事例は数多くあり、それを素因、誘因で分類すると表1のようにまとめられる。津波に関する3つのタイプの素因により主に被害は整理され、周辺での誘因により拡大化される。なお、地形変化（堆積・浸食）、漂流物、火災などの有無や分布状況により、どのような影響が生まれ、どのような被害になるのかは大きく変化するため、推定することはたいへん難しいが、東日本大震災で記録された津波被害の定量的な評価が進んでいる（Charvet *et al.*, 2014；Panon *et al.*, 2014；Muhari *et al.*, 2015）。今後、表1を精査するとともに、各被害のフラジリティ（関数）などを評価し、被害の定量的推定を行う必要があり、地震動、液状化、津波、火災など一連の複合的な被害の予測の第一段階につながると期待される。

## 6. 今後に向けて

当時の記録や現在まで解析された成果をもとに、巨大津波の研究についての概要と今後の課題の整理を試みた。とくに、さまざまなデータの利用により各断層が推定されているが、対象とするものや手法によって結果が異なる。将来の予測を統一的に実施するためには、解決すべき課題となる。津波においてもモデルの特性化の検討が進んでおり、確率的評価の第一歩となる。津波災害の予測については、定量化に向けて多くの研究がなされているが、それぞれの相互作用や複合化については課題が残る。しかし、今回得られた知見や成果により、従来のハザードマップ情報以上のも

表1 津波被害の素因・誘因、影響・被害

素因	誘因	影響	被害
浸水	長時間の海水流入（塩分含む）	海水植物枯、電線・バッテリーなどでのスパークス発生	溺死、火災、農業被害
流れ・流速（掃流力）	漂流物、土砂、可燃物拡散	建物・構造物破壊、浸食堆積	家屋・施設被害、インフラ被害、環境・生態破壊
波力静水圧力、動波力、衝撃波力）	がれきなどの移動	破壊力（破壊増）	家屋・施設被害、インフラ被害

のが提供でき、正しく津波像を理解いただく一助となることを期待している。

## 参考文献

- 今井健太郎ら. 2014. 人的・物的被害軽減に向けた実用的な津波ハザード・被害予測評価手法の提案. 自然災害科学, **33** (特別号), 1-12.
- 今津雄吾ら. 2014. 東日本大震災で発生した津波火災における地形的影響の考察と津波火災危険度評価指標の提案. 自然災害科学, **33**, 127-144.
- 港湾空港技術研究所. 2011. GPS 波浪計による津波の観測結果. <http://www.pari.go.jp/files/items/3527/File/results.pdf>
- 杉野英治ら. 2013. 原子力サイトにおける 2011 東北地震津波の検証. 日本地震工学論文集, **13** (特集号), 2-21.
- 杉野英治ら. 2014. プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案. 日本地震工学会論文集, **14**, 5\_1-5\_18.
- 藤井雄士郎・佐竹健治. 2011. 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の津波波源. [http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami\\_ja.html](http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami_ja.html)
- Charvet, I. *et al.* 2014. Empirical fragility analysis of building damage caused by the 2011 Great East Japan tsunami in Ishinomaki city using ordinal regression, and influence of key geographical features. *Stochast. Environ. Res. Risk Assess.*, **28**, 1853-1867.
- Ide, S. *et al.* 2011. *Science*, **332**, 1426-1429.
- Muhari, A. *et al.* 2015. Assessment of tsunami hazards in ports and their impact on marine vessels derived from tsunami models and the observed damage data. *Nat. hazards*. DOI 10.1007/s11069-015-1772-0
- Panon, L. *et al.* 2014. Mechanism and Stability Analysis of Overturned Buildings by The 2011 Great East Earthquake and Tsunami in Onagawa Town, OS13-Thu-AM-6. The 14th Japan Earthquake Engineering Symposium.
- Suppasri, A. *et al.* 2013. Lesson learned from the 2011 great east Japan tsunami : performance and damage mechanism of tsunami countermeasure and residential structures. *Pure Appl. Geophys.*, **170**, 993-1018. doi: 10.1007/s00024-012-0511-7
- Satake, K. *et al.* 2013. Time and space distribution of coseismic slip of the 2011 Tohoku Earthquake as inferred from tsunami waveform data. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **103**, 1473-1492.

今村文彦

[いまむら ふみひこ]

**現職** 東北大学災害科学国際研究所, 所長, 教授

**略歴** 東北大学大学院工学研究科博士 後期課程修了, 東北大学助教授を経て 現職

**研究分野** 津波工学, 災害科学

**著書** 「Tsunami : 1992-94, their Generation, Dynamics, and Hazards」(共編, Birhauser), 「防災ハンドブック」(朝倉書店), 「Landslide tsunamis : recent findings and research directions」(共編, Birhauser)



## 1964年5月7日男鹿半島沖地震で発生した液状化

昨年は新潟地震が起こって50周年である。新潟地震は大規模な液状化被害が起こったことで有名で、日本の液状化研究の原点となったものである。県営鉄筋4階建てアパートがほぼ真横に倒れているのに、その躯体には何の被害もなく、窓ガラス一枚割れておらず、住民のけが人もいないとか、道路面からマンホールが突き出ていたりとか、(これは、後ほど、マンホール周辺の土が液状化してその浮力で浮上したものと説明された。) いろいろ不思議な被害に出会ったものである。その中でも、特に印象に残ったのは、それら被害の付近の地盤の状況であった。

それは何かが噴出したような穴がところどころに見られ、その周りには液体として噴出し、後で水分がなくなったと思われる真っ平らな鏡の面のような穴を中心とした同心円状の砂層ができていたことであった。私が調査に入ったのは、地震の数日後だったので、多くの調査員の足跡であまりはっきりしないことも多かった。そしてこれらの砂噴出らしいものを見ながら、似たような現象を思い出していた。

それは新潟地震のわずか40日ほど前の5月7日に起こった男鹿半島沖120kmを震源とするM6.9の地震による八郎潟干拓堤防付近の被害である。干拓堤防は激しい地震動によって、堤防斜面が滑るとともに、頂部も最大1.7mも沈下し、外側海面とわずか数10cmを残すのみとなった。そして沈下した堤防の傾斜の地面と接する付近(法尻という)にいくつもの砂が噴

出したような跡があったのを記憶している。これを見たときは、何か変わった現象だなとは思ったが、たいして気にも留めずに写真にも取らずにいたが、この現象が、のちには地盤の液状化というたいへん重要な現象の指標となるということは、当時「液状化」という言葉もない時代には、想像もできないことであった。

ところが、話はまだこれでは終わらないのである。なんと、これより3カ月前に起きたアラスカ地震(M8.4, 1964.3.27発生)では、アンカレッジ市の幅2,500m、奥行き180~360mにわたる約50haの区域で、地震終了後も続いた地滑りのため、多くの施設が破壊された。そしてのちに、この地滑りは地盤中の飽和したレンズ状砂層が液状化し、これが一種の潤滑剤のようになって、側方にゆっくりと流動したものであると説明された。地盤が液状化により大きく側方流動する現象は、日本でも後に新潟地震で見出され、その後、日本海中部地震、兵庫県南部地震でも頻発したことは皆の知るところである。また、「液状化」は、南イタリア地震(1980年)、チリ地震(1985年)、フィリピン・ルソン島地震(1990年)など海外の地震でも数多く発生し、砂噴出孔があるかどうかで液状化現象が起こったかどうかを知ることができた。このように、1964年に液状化に関する重要な地震が続げざまに起こったことは興味深いことといわなければならない。

(伯野元彦)

# 松代地震から 50 年—謎のまま残った—

松田時彦

## 1. はじめに

50 年まえのこと，土地が昼夜を問わず揺れ続き，それが1年半以上も続くという異常な地震活動が長野県松代町ではじまった。いわゆる松代群発地震である。

松代町は長野の善光寺の南約 10km にある歴史ある町である。町の北西方には上杉謙信と武田信玄が戦った川中島があり背後には菅平の高原がある。上信越自動車道の長野 IC をおると松代町である。町のほぼ中央に孤立してお椀を伏せた形の火山円頂丘がある（図 1）。皆神山である。この皆神山が何の因縁か松代群発地震の発端の場所になった。

## 2. 松代群発地震の経過

松代町には世界の地震の観測をしていた気象庁の地震観測所がありそこに高感度の地震計があった。その地震計が 1965 年 8 月 3 日皆神山付近で起こった小さな地震を捉えた。それが松代群発地震の始まりであった。東京オリンピック（1964 年）の翌年のことである。地震は日を追って増え

続け，11 月になると松代町での有感地震は 1 日に 100 回を超えた。

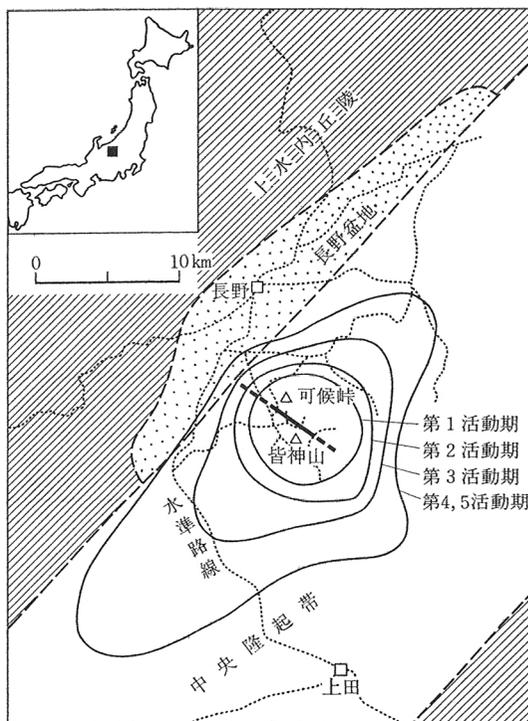


図 2 拡大する震源域（大竹，1976）  
群発地震の起こる範囲はしだいに北東方向と南西方向にひろがっていった。

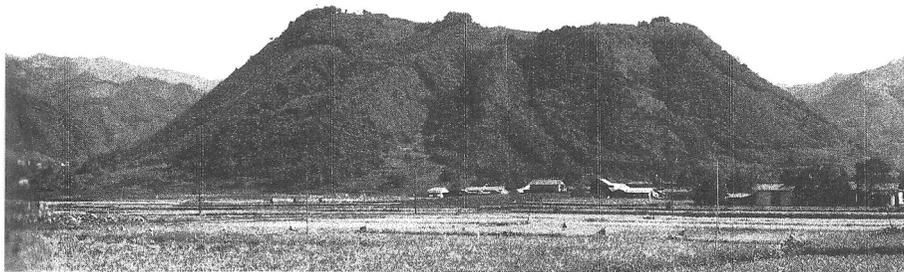


図 1 松代町の皆神山（1966 年撮影，松田）

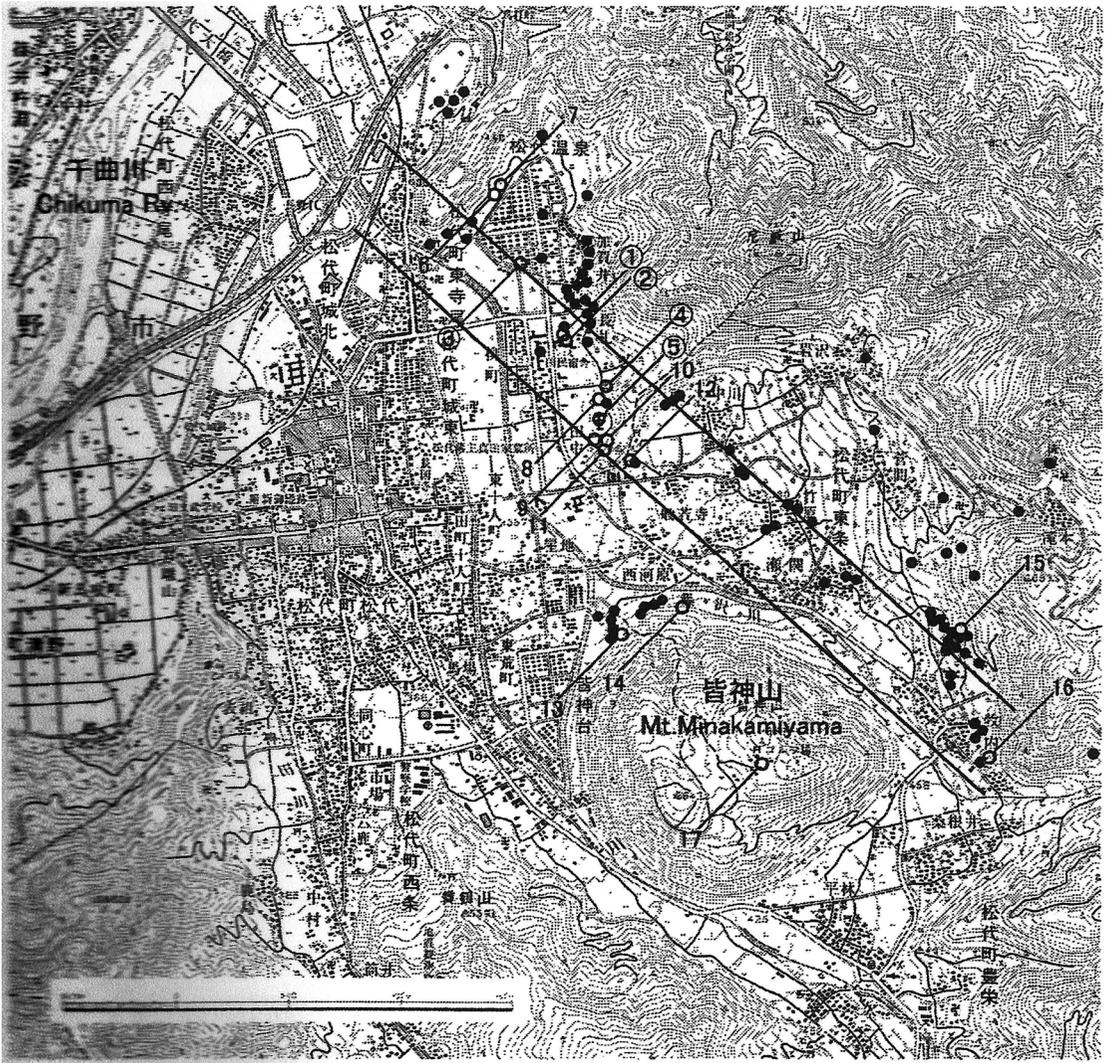


図3 湧水個所の分布 (奥沢・塚原, 2006)  
 黒丸は湧水箇所, 2本の実線は地割れが現れた範囲

群発地震の震源は1965年8月から1966年2月までの約半年間は皆神山を中心にした狭い範囲に限られていた(第1活動期, 図2)。1966年1月23日には松代町で初の震度5があった。2月4日には有感地震の回数が1万回を超えた。

1966年の3月から7月(第2活動期)までは地震活動が最も活発な時期であり震源域も広がった。地震総回数は6月には40万回, うち有感地震数は4万回に達した。1日の有感地震が500回を超えることもあった。4月5日にはマグニチュー

ド5.4(群発地震の中で最大)の地震があった。

1966年8月から1966年12月(第3活動期)には地震活動は第3の最盛期を迎えたが, 9月後半になると急速に衰えた。地震活動に伴って松代地域には湧水が各所で起こり, 地割れ・地すべり等が多数現れた。とくに9月中旬には松代町の各所で大量の地下水が湧出した(図3)。そのころ皆神山付近を中心に土地が顕著に隆起した。皆神山の北東側には地下の断層によると思われる北西方向の地割れ帯もあらわれた(図4)。8月3日に

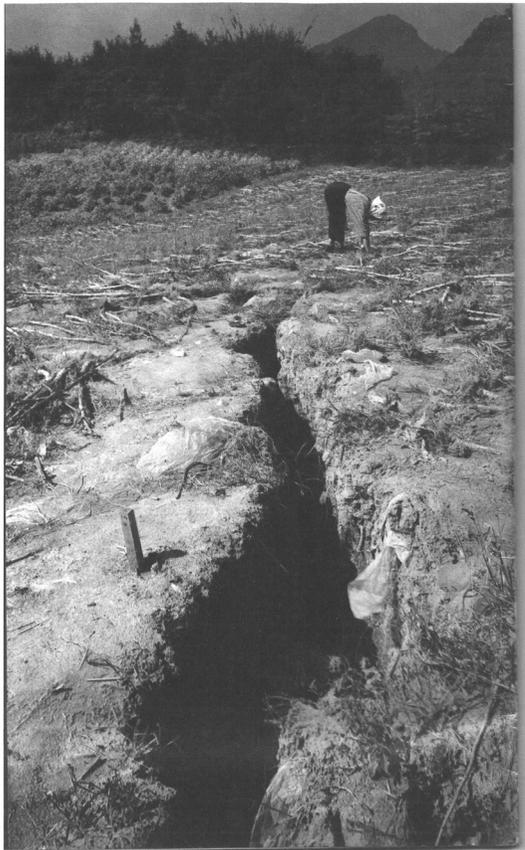


図4 松代の地割れ (信濃毎日新聞社, 1966)

は地震総回数は46万回を超えた。うち有感地震は44,519回、震度5の地震は8回であった。震源域はさらに顕著に拡大した。9月16日には松代町牧内に地すべりがおこり民家が破壊された(信濃毎日新聞社, 1966; 週刊朝日, 9月30日号)。この地すべりは現地で調査中だった研究者によって予測されていたので住人は避難して無事であった。

1967年1月~1967年5月(第4活動期)には震源域はさらに拡大し北東では保科, 南西方では坂井村に及んだ。初期に最も活動した松代町の断層地域ではほとんど地震は起こらなくなった。震源域での大量の湧水や土地の隆起や水平伸縮は衰えてやや元に戻る傾向となった(図5)。

1967年6月以後地震活動は顕著に衰退し、1976年には有感地震は小さなものが月に1~2回

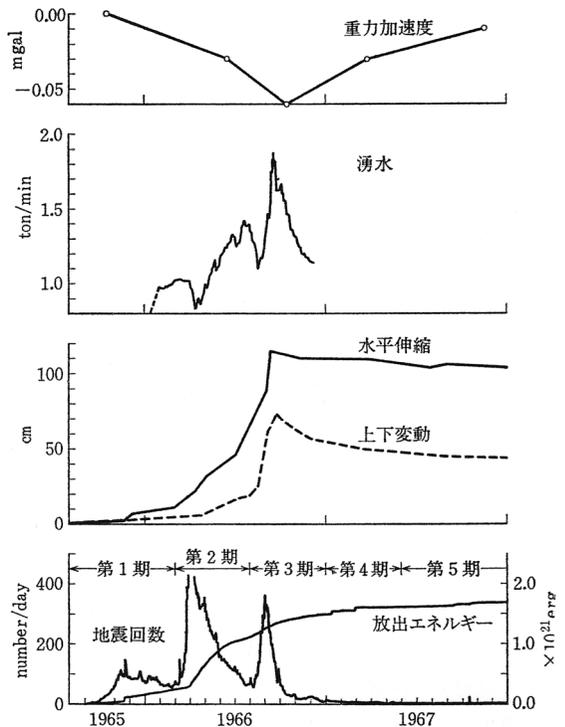


図5 地震回数・地殻変形・湧水などの時間変化(大竹, 1976)

程度となった。こうして松代群発地震は終息したが、1967年末までの有感地震総数は61,494回、うち震度5の地震は9回、震度4は48回に達した。

### 3. 学問がほしい—松代町の対応

地震の規模はいずれも小さかったが地震には大砲か石切場の発破のようなドーンあるいはゴーと言う鳴動が伴った。松代での最大の震度は震度5であった。

地震で家屋の一部が壊れたり田畑の石垣が崩れた。地割れや地滑りも各所で生じた。建築物は何度も揺すぶられるので、破損がひどくなり、支柱を添えて補強した家もまれではなかった。墓地では墓石が倒れた。倒れた墓石を直してもまた倒れる。だから墓石はそのままのことが多かった。小学校でも破損した校舎をそのままにして校庭にプレハブの教室を造って2部授業が行われた。

町の人々は地震の揺れと音で夜間も安眠を妨げ

表 1 松代地震の経過

1965年 8月3日	皆神山で震度3の地震発生
11月4日	松代町で初の震度4
11月12日	地震日別総回数が2,000回になる
11月30日	重要文化財の仏像3体国立博物館へ疎開
12月	建設大臣・参議院議員が現地視察 松代町小中学校37教室がプレハブ教室へ移転
1966年 1月23日	松代町で初の震度5の地震
2月4日	有感地震回数1万回を超える
3月28日	地震日別総回数3,000回になる
4月1日	地震日別総回数6,000回以上となる
4月5日	松代で最大地震マグニチュード 5.4
4月11日	松代で3度目の震度5
5月10日	気象庁が「松代群発地震（略称松代地震）」と命名
5月19日	佐藤栄作首相が現地視察
5月28日	松代で7回目の震度5
6月15日	地震総回数40万回を超える。有感39,440回
7月26日	皇太子さま松代町をご視察
8月3日	地震総回数462,781回。有感44,519回、震度5は8回
8月28日	更埴市で初の震度5
9月中旬	隆起域から大量の地下水が面的に湧出 皆神山北東のドーム状隆起 70cm以上 左横ずれの地割れ発達 松代町各所に地すべり（牧内では9月16日）
10月23日	地震総回数60万回を超える。有感は57,696回
1967年1～5月	震源域さらに拡大（長径34km、短径18km） 地下水湧出後隆起や水平伸縮に回復傾向 松代断層主要部では地震活動ほとんどなし
1967年6月以降	地震活動衰退 1967年末までの有感地震総数61,494回 1976年には小さな有感地震月に1～2回程度

られた。これがいつまで続くのか、そのうちにもっと大きな地震が起こるのではないかと、などの不安が日夜続いた。家を新築していた家の主人は土地の揺れが続くので建築を続けるかどうか迷っていた。そしてその造りかけの家の前で、土地ごと安く売りますから買ってくれませんかと外来者に話していた。

地震が続くので多くの専門家がやってきて観測調査を始めたが、地震活動について確実な見通しはできなかった。地元の松代町の町長は全国から義援金や救援物資を受けたが、「ほしいのは学問だ」と述べて有名になった。

#### 4. なぜ松代で群発地震が起こる

松代の地下では何が起きているのだろうか。松代付近での精密な距離測定の結果、松代付近の土地は東西方向に縮み南北方向に伸びていることがわかった。無数に起こる地震の初動の押し引き分布からも、地震はすべて東西圧縮で南北伸長の地殻応力場で破壊が起こり断層ができていたことを示していた。

地震活動の中心地になった松代町の皆神山付近が著しく隆起し続けていることなどから松代の地下にマグマが入ってきて地震を起こしているのではないかと疑われた。しかし、詳しい地磁気観測

によっても震源地付近にマグマの存在を裏付けるような高温部は見つからなかった。松代町ではマグマの代わりに大量の湧水が各所にあった。既存の温泉の湧出量も激増した。湧水は炭酸ガスに不飽和で塩素イオンやカルシウムイオンに富んでいた。このような松代地域での地下水の湧出は、地下に溜まっていた地下水が上昇してきて地震を起こしたとする水噴火の説が考えられた。地殻の応力場に水の圧力が加わると地殻の破壊が促進され地震が発生するという考えが、その頃アメリカのデンバー地域で知られていた。松代地域でも松代群発地震の原因として地下の水圧の増加が想定された。しかし、なぜ地下水がこの時期に松代地域に入り込んできたかは説明されていない。松代群発地震の原因は謎のまま残っている。

### 参考文献 (年代順)

- 朝日新聞. 1965年11月26日. 「長期戦の松代地震 ほしいのは“学問”」.
- 朝日新聞. 1965年12月6日夕刊. 「正体は“溶岩のかたまり”松代地震 力武東大教授が結論」.
- 週刊読売. 1966. 3月11日号. ルポ“松代地震”北上す—新しい渦中の町豊野—.
- 週刊読売臨時増刊. 1966. 5月18日号. 緊急特集大地震!. 106 pp.
- 信濃毎日新聞社編. 1966. 松代地震. 89 pp.
- 信濃毎日新聞社. 1966. グラフ・松代地震. 昭和41年11月15日発行, 60 pp.
- 週刊朝日. 1966. 9月30日号. 地すべりから住民を救った三人の侍 東大地震研究所員, 松代町で奮戦す.
- 森本良平・村井 勇・松田時彦・中村一明・恒石幸正・吉田鎮男. 1966. 松代群発地震地域その周辺の地質・地震研究所彙報, **44**, 423-445.
- Nakamura, K. and Tsuneishi, Y. 1966. Ground cracks at Matsushiro probably of underlying strike-slip fault origin, I—Preliminary report. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **44**, 1371-1384.
- Nakamura, K. and Tsuneishi, Y. 1967. Ground cracks at Matsushiro probably of underlying strike-slip fault origin, II—The Matsushiro Earthquake Fault. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 417-471.
- 松田時彦. 1967. 松代地震断層の地質学的性質. 地震研究所彙報, **45**, 537-550.
- 沢村孝之助・垣見俊弘. 1967. 松代群発地震地域を探る. 地質ニュース, **149**, 1-11.
- 相原奎二. 1967. 地震の経過. 地質ニュース, **149**, 12-16.
- 森本良平・萩原尊礼. 1967. 第13章 松代群発地震. 特集号 日本の地震学の概観. 地震, **20**, 第4号, 地震学会, 326 pp. (森本: pp. 187-192, 萩原: pp. 192-200).
- Hagiwara, T. and Iwata, T. 1968. Summary of the seismographic observation of Matsushiro Swarm Earthquakes. *Bull. Earthq. Res., Inst.*, **46**, 485-515.
- 長野県. 1969. 松代群発地震記録. 453 pp.
- 村松郁栄・藤井陽一郎. 1970. 日本の震災. 松代群発地震の項, 三省堂新書, pp. 29-32.
- 中村一明. 1971. 松代地震から学んだこと—一手に入れた地震制御へのデータ. 科学朝日, 10月号, 127-133.
- Ohtake, M. 1974. Seismic activity induced by water injection at Matsushiro, Japan. *J. Phys. Earth*, **22**, 163-176.
- 大竹政和・浜田和郎. 1975. 三点観測から決めた松代地震の深さ分布・震源移動・地殻の透水性. 地震, **28**, 321-329.
- 大竹政和. 1976. 松代地震から10年. 科学, **46**, 306-313.
- Wakita, H., Fujii, N., Matsuo, S., Notsu, K., Nagao, K. and Takaoka, N. 1978. Helium spots: Caused by a diapiric magma from the upper mantle. *Science*, **200**, 430-432.
- 吉田則夫・奥沢 保・塚原弘昭. 2002. 同位体比から見た松代群発地震地域の深部流体の起源. 地震, **55**, 207-216.
- 小泉尚嗣. 2005. 松代地震から40年. 日本地震学会ニュースレター, **17**, No. 4, 14-15.
- 塚原弘昭・吉田則夫. 2005. 松代群発地震を起こした地下水の素性. 月刊地球, **27**, 453-460.
- 石川有三. 2006. 松代地震から40年. 月刊地球, **28**, 753-757.
- 奥沢 保・塚原弘昭. 2006. 松代地域湧出水の化学成分から推定した地震の起こした水の化学組成. 月刊地球, **28**, 776-781.
- 吉田則夫・塚原弘昭. 2006. 松代湧水と松代群発地震を同位体比から推定する. 月刊地球, **28**, 782-785.
- 塚原弘昭・吉田則夫・陶山雄基. 2006. 松代地域湧出ガスの化学成分・同位体比から推定した地震を起こした流体の挙動. 月刊地球, **28**, 786-791.
- 神定健二. 2006. 松代群発地震を発生させた湧水の上昇プロセス—水準測量・水管傾斜計観測から求められた地殻変動—. 月刊地球, **28**, 823-830.

- 神定健二. 2006. 松代群発地震を発生させた湧水の上昇プロセス—群発地震発生機構—, 月刊地球, **28**, 831-837.
- 本間直樹・小林正志・石川有三. 2006. 松代群発地震の震源再決定—第1, 2期について—. 月刊地球, **28**, 845-851.
- 北原糸子・松浦律子・木村玲欧(編). 2012. 1965-70 松代群発地震(昭和40年-45年). 日本歴史災害事典, 吉川弘文館, pp. 604-606.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(著). 2013. 松代群発地震 日本被害地震総覧 599-2012. 東京大学出版会, pp. 402-407.
- 泊 次郎. 2015. 松代群発地震と地震予知研究計画. 日本の地震予知研究 130 年史. 東京大学出版会, pp. 240-248.

松田時彦

[まつだ ときひこ]

**現職** (財)地震予知総合研究振興会副  
首席主任研究員, 東京大学名誉教授,  
理学博士

**略歴** 東京大学理学部地学科卒業, 同  
大学院博士課程修了, 東京大学地震研究所教授, 九州  
大学理学部教授, 熊本大学理学部教授, 西南学院大学  
文学部教授を経て現職

**研究分野** 地震地質学, ネオテクトニクス

**著書** 「日本列島の地形学」(共著, 東京大学出版会),  
「濃尾地震と根尾谷断層帯」(共著, 古今書院), 「活断層」  
(岩波書店), 「地震」(共訳, 古今書院), 「動く大地を  
読む」(岩波書店), 「火山と地震の国」(共著, 岩波書店),  
「新編 日本の活断層」(共著, 東京大学出版会)



# サーボ型速度計と強震

横井 勇

50余年地震計製作に携わってきた私ですが、学生時代は特に地震専門というわけではなく電子工学を専攻しておりました。卒業後の最初の仕事として、青森県の下北半島へ微動測定の手伝いをするために出向いたことが大きな転機となりました。

当時は東京から青森へは夜行寝台列車での移動で、青森に着いたのは早朝の6時すぎであったと記憶しています。到着後、会社に電話をしようと駅の売店にある公衆電話に向かったときです。体験したことのないような大きな揺れに襲われ、恐怖に体が凍りつきました。1968年の十勝沖地震に遭遇したのです。

本能的に駅の待合室から駅前広場へ出ようとしたのですが、上部から窓ガラスが割れて刃のようにバラバラと落下し、とても屋外には出られません。駅舎内から駅前広場とそれに続く道路を見たとき、地面が打ち寄せる波のようになり、盛り上がった地面の波頭がこちらに近づいてくるように見えました。

どうにか駅からは出たものの、その夜は度重なる余震で落ちていて食事までできない状態でした。翌日は北海道大学の田先生の指揮で微動測定をする予定でしたが、急処中止になりました。代わりに余震観測をすることになり、ろくに寝ないで夜間の屋外で測定器を並べた記憶があります。

当時は1秒の電磁式微動計で記録はドラムにすす書きの時代でしたから、余震が襲うと微動計などは簡単に振り切れてしまい、期待した記録がなかなか得られませんでした。このような地震計では先々どうにもならないと失望と危機感のようなものを抱いたのをよく覚えています。

それが動機となったのか、以来私は地震計製作に長く携わることとなりました。

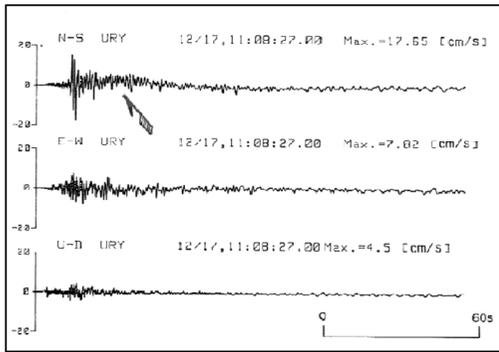
## 地震を予知できるのは学者でなくて 易者である

この台詞は、かつて東大生研の故 久保教授が話された酒席での冗談と聞き及んでいますが、易者ではなく学者こそが地震予知を成し得るようになって欲しいというのが私の願いです。

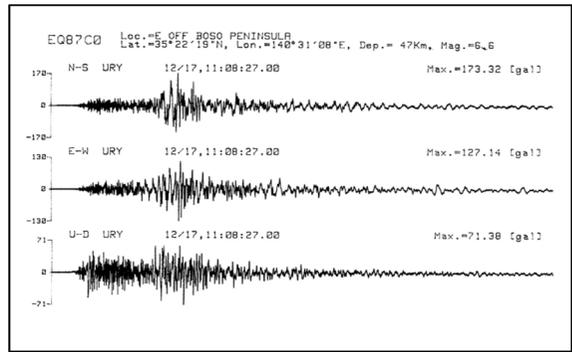
およそ20年前の1994年のことです。その頃は関西方面には地震がほとんどなく、なぜか地震は関東方面にばかり発生していました。ところがその暮れの12月中旬、神戸市の近く武庫川の上流に設置された地震計のデータ回収にいったところ、珍しく30gal程度の地震を多数記録しているのです。どうしたことであろうと思っていた矢先、翌年の1995年1月17日阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）が発生しました。また、北海道の青函トンネルの工事がほとんど完成間近だった1993年、松前半島のトンネル掘削現場の海底下に設置されている地震計が、ある月から突然数galを記録をし始めました。それからしばらくして北海道南西沖地震が発生したのです。これらはいずれも大きな地震が発生する前の前震と考えました。

もしかすると地震予知の一助になるのではと、当時指導をいただいていた岐阜大学の村松教授にこの件を伝えたところ、大きな地震の前には必ずしも前震があるわけではなく、前震なしに大きな地震が襲うことがあるとのことでした。残念ながら前震観測は直接地震予知に繋がるものではないと諭されたものです。その言葉どおり、2011年3月11日の東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）は前震なしに本震が襲ったようです。

書籍【島村英紀（2005）ポケット図解最新地震がよ〜くわかる本】には、世界で発生する全地震



速度計からの記録では液状化が判る



同一地点の加速度記録からは判らない

図 1 千葉県東方沖地震における浦安市役所の記録

の22%は島国の日本に集中していると記されています。過去の地震の発生履歴を見ると、日本では100年前後で必ず一度はどれかの地方が大きな地震に襲われている、という恐ろしい現実があります。

### 地震国、日本に適した地震計が必要

現在、一般には加速度計で計測された強震データを使用しているケースが多く見られます。しかし加速度計は濃いサングラスを通して見た地震の世界ではないかと思えます。加速度計は早い現象（短周期振動）に敏感ですが、周期の長い現象には鈍感で、注意していないと長い周期の現象を見落とすのです。

図1は古い記録ですが、1987年の千葉県東方沖地震において浦安市役所で計測された地震波です。速度計に見られるゆっくりとした現象は地盤の液状化現象です。解析すれば判断できるでしょうが加速度計からはすぐには把握できません。

数十年前の機械式地震計は加速度計でした。現在は構造が簡単で取り扱いが容易なことから、ほとんどが機械式から電気式の加速度計に代わっています。微動計では周期の長い振動まで測れる速度計が多用されています。しかし強震観測には速度計（動コイル型）は利用できません。少し大きな振動では振り切れる欠点があるからです。このため、有感地震が頻発する日本では速度計（動コイル型）を強震計用地震計として利用できない悩

みがありました。

この欠点をなくすため、まず最初に岐阜大学の村松教授が地震計の振り子をシリコンオイルに漬け、大きなダンピングを作用させることで巨大地震でも振り切れない速度計を開発されました。長周期かつ強震まで測れる速度計で従来にない優れた地震計でしたが、シリコンオイルの粘性が温度により変化するという悩みがありました。その影響で感度も変化してしまうので、補正が必要になるのです。

温度の影響を受けにくい電気式の速度計が得られないものと先生と相談し、指導を受けながら試行錯誤を繰り返した結果、世界初の巨大地震まで観測可能なサーボ型の速度計が完成しました（スイスのストレックアイゼン社でもほとんど同時に同一原理で超長周期のSTS型地震計を発表、すでに特許を取得していた当社との間で問題となったことがあります）。

ストレックアイゼンのSTSでは震度が3程度以上で振りきれますが、われわれが開発したサーボ型速度計は周期100秒以上までの長周期振動が測定でき、地球脈動による微小な振動から震度7以上の巨大地震まで幅広く測定できます。東北地方太平洋沖地震や1999年の台湾集集地震（マグニチュード7.7）のときも正確な記録が得られました。このサーボ型速度地震計は、微小地震領域でのSTS-1型との比較試験をUSGSのアルバカーキーで実施し、評価を得ました。カリフォルニア工科大学では、人間が地震計を乗せた台車をはや



廊下を4~5m走って往復

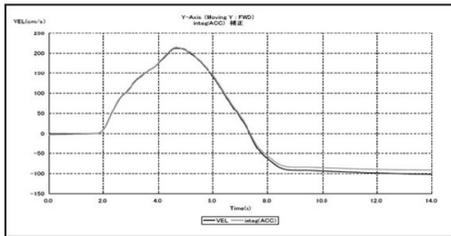
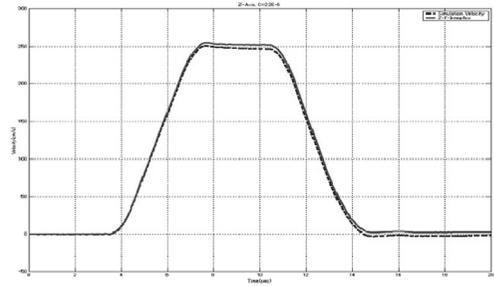


図 2 速度型強震計



上下方向の検証にはホテルのエレベーターを借りて、1階から5階まで上昇した。

図 3 上下方向の検証

い速度 (2m/sec) で走るユニークな方法で、大振動による性能を確認できました (図2参照)。

困ったのは日本の防災科学技術研究所で上下動の性能確認ができないかと頼まれたときです。5mもの上下動大変位が得られる振動台は世の中にありません。しかしこの問題は、日立エレベーターサービス(株)(現(株)日立ビルシステム)殿のご好意により、地震計を特別な高速エレベーター(2m/sec)に乗せエレベーターを5階まで上下させることで解決できたのです(図3参照)。

### 地震計で大きな変位を求めるときの注意点

地震計を使用される専門家に長周期地震計を紹介すると、長い周期の変位までを忠実に求められないかと質問されることがあります。

カリフォルニア工科大学のように地震計を台車に乗せ水平に移動する場合は正しい変位が得られますが、巨大地震になると地表が微妙に傾斜することがあります。現在われわれが扱っている原理の地震計(慣性力を利用した)では、測定中にわずかの傾斜が地震計に作用すると、とんでもない大きな傾斜信号が地震計に現れることがあります。地球の重力加速度が傾斜した地震計に働くか

らです。

困ったことに地震の際の慣性による加速度と傾斜したときに生じる加速度(重力加速度)はまったく同じもので、原理的に区別が付きません。これは加速度計も速度計も同じことなのです。

巨大地震時の地表面のわずかな傾斜や、近年の高層建築物やタワーなどの上部に地震計を設置する場合も(図4参照)、振動以外に傾斜が同時に作用するため注意が必要となります(長周期地震計では設置されてる岩盤上でも人間が近づくだけでその体重から微小な傾斜が発生し、信号が出ることがあります)。

### 気象庁発表の計測震度は速度計を利用すると簡単に求まる

約10年くらい前から開始された気象庁の計測震度計は、実によく地震と被害との相関関係が考慮されたものです。

それまでは加速度が大きくても被害の小さい地震や、小さいときでも大きな被害が生じる地震がありました。加速度値の大きさからだけでは震度の大きさは判断できない問題があり、速度の大き

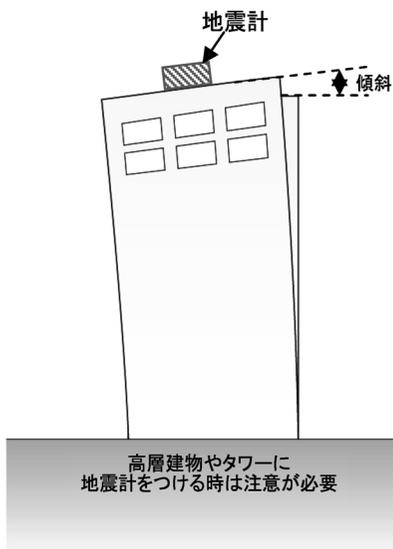


図 4 設置の注意

さも考慮する必要があるのです (図 5 参照)。

大きな構造物では速度値と被害の大きさが一致しますが、一般の構造物では加速度値も必要となります。このため、計測震度計では加速度と速度の中間の値の大きさを用いて震度を判断しています。具体的には、連続する地震波形を 10 秒間で区切り、その間を FFT 演算処理し積分する複雑な方式となっています。地震計として速度計を使用した場合、「加速度×速度」を求めるだけでリアルタイムで同一結果の震度が算出できるのですが、かつてこのことを気象庁の担当者に話したところ、国の機関としては現行の FFT 演算方式で統一してほしいとの回答でした。

### サーボ型速度強震計の今後

欧米では、大きな強震には加速度計、遠地地震には高感度サーボ型速度計 (おもに STS 型) の 2 台を 1 カ所に設置、広範囲の地震記録をカバーするシステムがすでに標準化されています。

これを 1 台の地震計でカバーすることを目的に開発したのが「サーボ型速度強震計」です。本器と STS-2 型では計れる周波数帯域はほぼ同じですが、STS に比べると最大測定レンジが 100 ~



図 5 加速度は震度と比例しない (読売新聞夕刊、1995 年 2 月 1 日発行) \* 記事一部カット

200 倍あるので、桁違いに大きな地震まで測れます (感度は 1/100~1/200 と低感度になる)。このため現状では応用面で STS-2 と同等の扱いをすることはできません。

遠地地震でも、STS-2 型に近い性能が得られるように特性改良をすすめています。また、必要であれば現在のサーボ型加速度と同じ直流まで測定できる加速度出力を、速度と並行して出すことができます。さらに、火山観測等でも利用できる高感度の傾斜出力も並行して出せる技術を開発しています (開発したサーボ型は原理的に傾斜も計測可能。ただし、現状は長期安定性に問題がある)。

世界の中の地震国・火山国であるわが国において、地震予知や防災に利用できる新たな地震計として、このサーボ型速度強震計が有効活用できるよう努力していく所存です。

横井 勇

[よこい いさむ]

現職 (株)東京測振 相談役。

略歴 1940 年京都市生まれ。中央大学電子工学科卒業、東京大学生産技術研究所を経て、(株)東京測振設立、取締役社長。サーボ式速度型強震計、超低温加速度計、高温用地震計等を開発、特許を得た。2002 年市村賞受賞。



## 地震予知の確率（的中率など）

松村正三

地震予知の実現は当初の想定よりもずっと困難であると言われてからかなりの年月が経つが、世間には今もさまざまな地震予知情報が飛び交っている。これに対し地震研究の専門家からは、そうした予知情報の真偽を明らかにするためには統計的検定が必須、との批判がしばしば投げかけられる。しかし、発生頻度がきわめて低い地震の予知情報についてその有意性を確認するのは簡単なことではない。それ以上に厄介なのは、たとえ発信された予知情報が外れ続けたとしても、それをもって当該手法が偽物であると断定できないということである。なぜならば、予知の成績とされる「的中率」の値は、一般に期待されるレベルよりも実際はずっと低いからである。このことを簡単な思考実験でもって確かめてみよう。

予知情報が発信された場合、そこには「見逃し」と「空振り」の二つのリスクが存在する。厳密に言えば、見逃し率は、予知手法の性能にかかわる指標であり、他方、空振り率は予知結果の成績にかかわる指標となる。前者は手法に固有な値であるが、後者は、地震の起こり方、たとえば平均発生間隔などによって変化する。この他にも予知に関わる指標はいくつかあるので、それらを整理して図示してみた（図1）。予知情報を出した結果は、警報が出ていたかどうか（予知情報 ON、または、OFF）、情報の有効期間内に対象地震が発生したかどうか（地震有り、または、無し）によって、A、B、C、Dの4つの状況に分類される。前出の見逃し率は、「地震有り」の総数に対する「予知情報 OFF」の割合、すなわち図の②で与えられ、空振り率は「予知情報 ON」総数に対する「地震無し」の割合、すなわち図の⑤となる。予

知成績の代表とみなされる④的中率は、⑤空振り率と裏腹な関係にあり、一方、②見逃し率と裏腹な関係にある値は、①予知率と呼ばれる。さらに、「地震無し」にもかかわらず「予知情報 ON」としてしまった③誤認率、および「予知情報 OFF」の状態でも「地震有り」となってしまった⑥不意打ち率を加え、全部で6種の指標を示した。このうち、①予知率、②見逃し率、③誤認率の3つが予知情報（予知手法）の性能に相当し、④的中率、⑤空振り率、⑥不意打ち率が予知の成績を表す。

ここで行う思考実験は、地震発生の条件や予知手法の性能に対して適当な状況を仮定したとき、予知の成績がどのような値になるかを確かめるものであり、図に記した数値はその一例としての結果である。対象地震の再来期間は、比較的短い海溝型地震を想定して、きりよく100年とした。予知情報の有効期間は、たとえば、東海地震の警戒宣言の場合はおおむね3日程度が目処とされるが、ここでは緩めに1カ月とした。予知手法の性能については、見逃し率（ $=100\% - \text{予知率}$ ）を5%、誤認率を1%と仮定する。この値は、前立腺癌マーカー検査の実績を参考にしたものである。実績の見えにくい地震予知手法に対して具体的な数値を仮定することが難しいゆえの代用値であるが、これは、さまざまな場面に現れる判定手法の性能としてはかなり優れた値と言える。では、このような性能を持つ予知情報がONとなった場合、有効期間内に対象地震が発生する確率、すなわち的中率はどのくらいになるだろうか？

図の数字は、地震予知の実験を1万年間続けた場合に各状況が出現する回数の期待値を示したものである。監視の切れ目を作らないために判定は

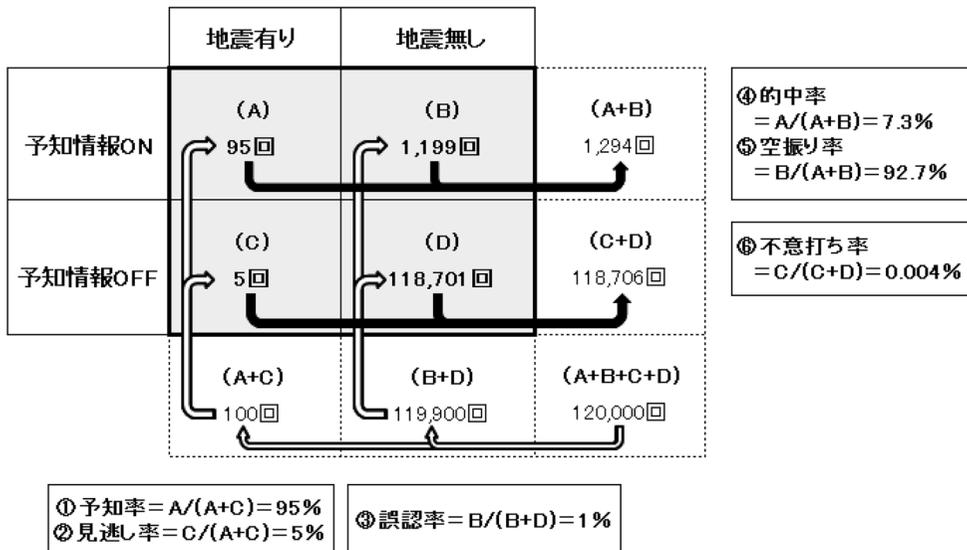


図 1 地震予知の状況分類図。数字は1万年の間毎月監視を行い、計12万回の判定を行った結果の状況分類の期待値。地震有り (A+C)、無し (B+D) の期待値はそれぞれ100と119,900。A+Cは①予知率(95%)と②見逃し率(5%)に従ってAとCに割り振られ、またB+Dは③誤認率(1%)に従ってBとDに割り振られる。この結果から、④的中率、⑤空振り率、および⑥不意打ち率が計算される

毎月行うこととすると、この間に12万回の判定が行われることになる。地震の再来期間を100年としたので、このうち「地震有り」となるのは100回(図のA+C)、残りの119,900回(図のB+D)は「地震無し」である。表を縦に眺めると、予知率95%、見逃し率5%ということは、100回の「地震有り」のうち「予知情報ON」が95回(A)、「同OFF」が5回(C)ということになる。また、誤認率1%ということは、119,900回の「地震無し」のうち1%の1,199回(B)について「予知情報ON」が出されるということになる。1万年という試験期間は非現実的であるが、あくまでも統計上の想定であって、得られる結果は期間の長さにはかかわらない。

こうしてすべての状況が割り振られれば、その結果を使って今度は表を横に眺めると、「予知情報ON」の場合に実際に「地震有り」となる割合、つまり的中率が7.3%と導き出される、その逆の

空振り率は92.7%に達し、優秀と見た判定手法にもかかわらず、その的中率が一般に期待されるレベルに遠く及ばないことが分かる。実は、この予知情報の真価は不意打ち率にあり、その値が0.004%ときわめて低くなったことこそが評価されるべきである。しかしながら、10%にも満たない的中率で「狼少年」と化してしまった情報では、せっかくの真価も意味をもたないだろう。

予知の手法が正しいものであり、その性能が優秀なものであるとしても、結果としての的中率は思いのほか低く、むしろ空振りのリスクが高い。逆に、極度に高い的中率を誇るような手法はかえってその信頼性が疑わしく、また、的中率が低いからといってその手法が科学的な意味で正しくないと言い切ることもできないのである。筆者は地震前兆現象の存在を確信しているが、同時に、それらの現象の多くが災雑物にまみれ、統計的な真偽の判定に耐えられるものが稀有であるとも感

じている。まして、上述のような的中率に潜む問題を知ったとき、現実的な局面における地震予知の効力に対しては懐疑的にならざるをえない。癌のマーカー検査は予備検査であって、そこで陽性と判定された場合、その先の精密検査を受診することになる。将来の地震予知に癌検診と同様の判定手法の深化を期待できるだろうか。科学技術上の真偽とは別に、地震予知はこうした実用上の難しさを抱えているということも認識しておく必要があるだろう。

松村正三

[まつむら しょうぞう]

**現職** 文部科学省地震調査研究推進本部専門委員，日科情報株式会社，理学博士

**略歴** 東京大学理学部物理学科卒業，同理学系大学院地球物理学博士課程中退，国立防災科学技術センター入所，独立行政法人防災科学技術研究所固体地球研究部門長などを経て，現職

**研究分野** 地震学



# ■ 書 評 ■

## ● 予知研究と社会との関わりを 克明に描く

泊 次郎 著

### 日本の地震予知研究 130年史 明治期から東日本大震災まで

評者 津村建四朗

本文だけで580ページもある分厚い本書を手にして誰もが考えるのは、よくぞここまで丹念に原資料を調べ上げたものだ、ということであろう。また、179ページのべ2,002項目もの出典（一部重複あり）と注があげられていることも、本書を手掛かりにさらに詳しく調べたい場合にたいへん有用であるという点も、高く評価されよう。

本書の「はじめに」では、評者に対しても謝辞が述べられているが、若干の文献を紹介したくらいで、地震予知計画推進の当事者として体験したことや意見を詳しく訊かれたことはないので、あまり貢献したとは思えない。これは、地震予知計画にかかわられた他の存命者や現役の主だった研究者や関係機関の担当者に対しても同じであったようで、著者は、文書として残されたものを収集・分析することに徹せられたように思われる。このため、文書からは読み取れない研究現場や、かつての地震予知連絡会での熱心な議論の生の姿までは再現されていないように思われる。それが著者と評者の当時の出来事への評価の違いにもつながっているように感じられる。

本書は、(序章)太古から江戸時代までの地震観や地震予知観の紹介、から始まり、(第1章)日本地震学会の発足、ミルン、関谷などの活動、(第2章)震災予防調査会の新設と、大森、今村の活動、両者の論争、(第3章)地震研究所の新設、今村による南海地震予知・防災啓蒙活動、寺田の地震予知不可能論、(第4章)占領軍の指示で作られた地震調査研究連絡委員会、(第5章)「ブループリント」をもとに発足し、7次まで続いた地震予知計画や地震予知連絡会の活動、(第6章)東海地震説から大規模地震対策特別措置法の制定に至る経過、(第7章)阪神・淡路大震災後制定された地震対策特別措置法のもとでの地震調査研究体制の整備、(第8章)

東日本大震災後の地震研究者、行政の動き、と130年の地震予知研究史をたどった上で、(第8章)で、全体の流れを振り返り、著者の科学観に基づいた評価と将来展望を述べて、結んでいる。

本書の特徴として、地震研究と政治家、行政、マスコミ、社会一般とのかかわりについては全期間の重要な出来事について、よく調べられ、詳細に描かれている。特に大規模地震対策特別措置法成立前後の動きや、阪神・淡路大震災後、政治主導で地震調査研究体制が一新されてゆく経過などは、国会議事録なども丁寧に調べて、詳細に追跡されている。

一方研究そのものとその成果については、ブループリント以前については、かなり詳細に調べられ、丁寧に記述されているが、地震予知計画以降については、桁違いに関係資料が増えたせいとか、十分調べられていないように思われ、記述も簡単になり、網羅的、羅列的になっている。また、まったく触れられていない重要な項目も少なくない。たとえば、3,500mの深層観測井による地震・傾斜観測システムの完成(1973)、寒川 旭による「地震考古学」の提唱(1988)、気象庁の地震活動総合監視システム(EPOS)の整備(1987)などは、新たな技術開発、新たな研究分野の開拓、地震業務面での著しい改善の代表例として、引用されるべきではなかろうか。

評者が、本書を読んで初めて知ったことや、引用されている原典にさかのぼって知ったことも多い。初めて知って驚いたことの1例に、ミルンが長さ8kmもの長距離水管傾斜計を直交する2方向に設置する提案を1893年にしていたこと、がある。気象庁の松代地震観測所の地下壕に直行する100mの水管傾斜計が整備されたのは、約半世紀後の1950年のことである。出典の原文を読むと、著者が引用していない部分に重要な記述が見つかる場合もある。たとえば、ミルンの「地震の災害を軽減することに就きて」(1892、「地学雑誌」)の原文を読むと、17項目をあげているなかの緊要なるもの6項目の一つとして、「第10項。地理局は聚集したる地震に関する報告書類を、一層完全に分類する方便を盡さざるべからず。若し不幸にして是等の書類、一朝火災に罹ることあらば、更に之を聚集せんに数年の長年月を要すべし。」と注意している。不幸にして、ミルン自身が1895年2月17日の自宅兼観測所の火災で、日本で集めた書籍・資料のすべてを消失している。さらに、1923

年の関東大震災の際、中央気象台の火災で、それ以前の約40年間に蓄積した全国の地震観測資料の大半が焼失し、ミルンの懸念が現実のものとなっている。

また、寺田寅彦の「自然現象の予報」(1916)については、「信憑すべき実用的[地震の]予報は不可能に近し」との部分を用いて、寺田は地震予知不可能論を展開したとしているが、同じ論文の最後には「一般弾性体の破壊に関してその弱点の分布や相互の影響あるいは破壊の段階的進歩に関する実験的研究を行い、破壊という現象に関するなんらかの新しき法則を発見する事も必ずしも不可能ならざるべし。すなわち従来普通に考うごとく、弾性体を等質なるものと考えず複雑なる組織体と考えて、その内部における弱点の分布の状況等に関し全く新しき考えよりして実験的研究を積むも無用にあらざるべきか。」とある。これに相当する均質性の異なる岩石の破壊実験が、茂木清夫によって行われ、地震予知の可能性を示唆する結果が得られたのは1962年のことである。この実験の報告は1964年の日米地震予知セミナーでも最も注目された一つであった。これらも本書では触れられていない。

著者と評者の見解が違う例もある。1930年北伊豆地震の中央気象台の対応については、著者は「口惜しがる気象台」などの新聞記事を引用しながら、「[地震は予知できていた]と言わんばかりの報道がなされた」と批判的な見解を述べている。しかし、中央気象台は、地震活動の活発化に伴い、事前に現地に調査班を派遣し、その調査結果から、丹那盆地を震源とする大地震につながる恐れがあると判断し、新聞記事にあるように、地震の前日に、岡田中央気象台長が静岡・神奈川両県知事と対策を協議している。この結果か、早朝4時過ぎの発災直後に、静岡県は、警察官や消防団員多数を救援のため出動させており、さらに県知事は夜明けとともに、飛行機を被災地上空に飛ばし、「救援に向かいつつある」とのメッセージを通信筒で投下している。中央気象台は、前日にマスコミにも「警戒が必要」との説明を行ったことが、発災当日の地元紙の朝刊に出ている。また、神奈川県(横浜)測候所長が事前に湯河原町に出向き警戒を呼び掛けている。これらの事実は、ほぼ予知に成功、減災にも活かされたと評価すべきものと考えられる。

著者は、地震予知連絡会の1970年代までの活動を紹介したうえで、「以上のように地震予知連絡会は、房総半島の隆起、東海地域の観測強化地域指定、川崎地区の隆起などの“事件”を通して、「地震に結びつくかもしれない」との不安をかき立て、地震予知への関心を高め、持続させることに成功した。“オオカミ少年路線”といってもよいかも知れない」と批判的な見解を記している。これは、当時の連絡会の真剣な議論や記者会見の様子を

知る者には、理解しがたい偏見である。

著者は、130年史を振り返って、次のような観点で、同様なことが繰り返されてきたのではないかと考えている。

- (A) 同じような「出来事」の繰り返し  
「発災」で予知への期待が高まり、予知研究に活況、やがて研究が行き詰まり、予知批判で研究が下火となったところで、次の「発災」
- (B) 同じような「手法」の繰り返し
  - (a) 前兆現象による予知。
  - (b) 統計的手法による予知。
  - (c) 物理モデルによる予知。
- (C) 同じような「研究テーマ」の繰り返し

たしかに、濃尾大震災後の震災予防調査会の設立、関東大震災後の地震研究所の創立、阪神・淡路大震災後の地震調査研究推進本部の新設は、震災を契機とした政治主導の新体制への移行という点でたいへん似たことが繰り返されている。しかし、ブループリントから地震予知計画への流れの発端や、東海地域の巨大地震発生に関する研究者の議論から「石橋提言」、大震法制定への流れの発端は、震災を契機としたものではない。また、今村明恒による南海地震の予知と防災の活動は、個人が科学的根拠をもって特定の大地震を対象に行った他に類を見ない事例である。一方、地震予知(研究)計画は、特定の地震に特化したものではなく、それ以前とはまったく違った予算規模の国家的事業として、多くの国の機関や大学が参加して推進された。そういうわけで、著者のように同様なことを繰り返してきたという先入感をもたずに、本書に詳細に記述されている各時代の史実をよく読み、どのような違いがあるかを読者自身が考えてみることも大切ではないかと考える。

地震予知への社会の過剰で誤った期待を煽っているものに、マスコミや出版社がある。これらが伝える地震予知の情報の発信者には、「民間の研究者」もいるが、元国立大学教授などの「専門の研究者」も多い。これらの予知の根拠は科学的にみて、無意味であったり検証が十分行われていないものであって、社会的に有効な情報を発信する能力はないとみるのが、地震に関係する公的機関や多くの専門家の見解である。しかし、一部のマスコミ等は、これを無視して、「今回の地震の予知にも成功した予知専門家Xさんの次の予想は」というように取り上げている。このようないわば現代の「椋平虹」問題について、元同業者であった著者はどう考えるのか、書いていただきたかった一つである。

本書は、大学、研究機関の図書室だけでなく、一般の大きい図書館にも備えてほしい本である。ただ、著者の

まとめだけを読むと、地震予知研究は無駄な試みの繰り返しで、将来に希望がないと受け取ってしまう読者もいるかもしれないという懸念も感じる。  
<東京大学出版会、2015年5月、A5判、671頁、7,600円+税>

●新刊紹介 .....

磯田道史 編

**絵図で読み解く天災の日本史—見て備える火山噴火、地震、津波、台風、水害（別冊宝島）**  
宝島社、2015年5月、A4ナミ判、111頁、885円

池上 彰・メーテレ報道局スタッフ 著

**南海トラフ巨大地震から命を守れ！—池上彰とメーテレが真剣に考える**  
KADOKAWA、2015年7月、A5判、135頁、1,296円

常石敬一 著

**3.11が破壊したふたつの神話—原子力安全と地震予知**  
御茶の水書房、2015年7月、A5判、105頁、1,080円

中山久憲 著

**住民主権型減災のまちづくり—阪神・淡路大震災に学び、南海トラフ地震に備える**  
ミネルヴァ書房、2015年8月、A5判、282頁、6,480円

長谷川昭・佐藤春夫・西村太志 著

**地震学 現代地球科学入門シリーズ**  
共立出版、2015年8月、A5判、473頁、6,048円

植村善博 著

**環太平洋地域の地震災害と復興—比較地震災害論**  
古今書院、2015年8月、B5判、228頁、9,720円

木村政昭 著

**次に備えておくべき「噴火」と「大地震」の危険地図—緊急図解**  
青春出版、2015年9月、A5判、122頁、1,350円

古川武彦 著

**気象庁物語 天気予報から地震・津波・火山まで**  
中央公論新社、2015年9月、B40判、864円

日本建築学会

**逃げないですむ建物とまちをつくる—大都市を襲う地震等の自然災害とその対策**  
技報堂出版、2015年9月、A5判、247頁、2,592円

# 地震ジャーナル・既刊総目録

[51号～60号]

## 51号・2011年6月

**エッセイ** M9超巨大地震の発生を前にして  
平和朗  
東日本大震災で被災された皆様に心からお見舞い申し  
上げます 高木章雄  
東北地方太平洋沖地震（速報） 岡田義光  
平成23年3月11日東北地方太平洋沖地震の津波に  
ついて（速報） 都司嘉宣/佐竹健治/石辺岳男/  
杉本めぐみ/大木聖子/西山昭仁/  
室谷智子/泊 次郎/上野俊洋  
濃尾地震が大地に遺したの  
—地震断層と小藤文次郎の断層原因論、その後—  
松田時彦  
濃尾地震震源域周辺における地震活動  
—今なお続く余震活動と新たな震源断層モデルの  
可能性— 浅野陽一  
書評・木股文昭著 御嶽山 静かなる活火山  
山里 平  
編集部

新刊紹介  
ADEP情報 人事異動

## 52号・2011年12月

**エッセイ** 超巨大地震と地球の営み 伊藤和明  
東北地方太平洋沖地震の諸モデル 八木勇治  
東北地方太平洋沖地震による東京湾岸の液状化（速報） 安田 進  
東日本大震災におけるDMATの活動と課題  
小井土雄一/近藤久禎/市原正行  
プラントと地震  
やや長周期地震動、新潟地震1964年からの47年  
柴田 碧  
国宝文化財建造物の地震対策の現状と課題  
—地震動予測地図との連携の可能性—  
二神葉子/隈元 崇  
囲み記事・地震が起こりやすくなった活断層：  
3.11東北地方太平洋沖地震の余波 島崎邦彦  
・津波を避けて高台に移転；技術論への試論  
水野浩雄  
・原子力発電所の想定津波高さは何故3倍  
ではないのか？ 伯野元彦  
書評・若松加寿江著 日本の液状化履歴マップ  
745-2008 安田 進  
編集部

新刊紹介  
ADEP情報 人事異動

## 53号・2012年6月

**エッセイ** 「想定外」の津波と避難 河田恵昭  
東北沖地震は何故予測できなかったか 長谷川昭  
2009年駿河湾の地震がプレート間地震の発生に及ぼす  
影響 浅野陽一/青井 真/エネスク ボグダン/  
鈴木 亘/小原一成/功刀 卓/汐見勝彦  
巨大地震直前に増える電離圏の電子 日置幸介  
社会と地震学コミュニティとの信頼の構築 大木聖子  
囲み記事・首都直下の地震は切迫しているか？ 岡田義光  
・天災は忘れないだけでは防げない  
—寺田寅彦著「天災と国防」 津村建四朗  
・帰宅困難と一極集中のこわさ 伯野元彦  
編集部

新刊紹介

ADEP情報 新制度の公益法人への移行

## 54号・2012年12月

**エッセイ** 地震調査研究の今後の展開 本蔵義守  
地質から東北地方太平洋沖地震を考える 岡村行信  
最近の地震報道に見た問題点  
—地震研究におけるアウトリーチ活動の課題—  
松村正三  
地震時・地震後の表層地盤の変状  
—土の弾塑性力学による再現と予測— 浅岡 顕  
東日本大震災からの復興についてのメモ 室崎益輝  
囲み記事・ナノで見た日本列島の重力変化—東北地方  
太平洋沖地震の影響 大久保修平  
・地球潮汐が地震の引き金に 田中佐千子  
・南海トラフ地震災害予測のショック  
伯野元彦  
書評・北原糸子ほか編 日本歴史災害事典 小屋口剛博  
編集部

新刊紹介  
ADEP情報 人事異動

## 55号・2013年6月

**エッセイ** 次の夢？ 加藤照之  
首都圏の地震像と地震災害 平田 直  
大地震と噴火の連動性について 鶴川元雄  
日本海溝海底地震津波観測網について 金沢敏彦  
沈み込むプレートの歩み 高木章雄  
囲み記事・活断層と地すべりはどう違うか 土の子  
・2013/4/13淡路島の地震M6.3 岡田義光  
・偶然のなせるわざ 岡田義光  
書評・フロリン・ディアク著 科学は大災害を予測でき  
るか 萩原幸男  
編集部

新刊紹介  
ADEP情報 人事異動

## 56号・2013年12月

**エッセイ** 関東大震災90周年にあたって思うこと 武村雅之  
地震波屈折法における萩原尊禮の考察 剥ぎ取り法  
増田 徹  
キーワードから分析した日本の地震研究 松村正三  
地震火災：2011年東北地方太平洋沖地震に学ぶ  
座間信作  
2011年東北地方太平洋沖地震における埼玉県鴻巣市  
中心市街地の屋根瓦被害 新井健司  
寄書・素数分布と地震発生パターンの類似性について  
藤原広行  
・低角逆断層による地表上下変動のピーキング 岡田義光  
・新潟県中越地震、こぼれ話 水野浩雄  
・東京ゼロメートル地域は大丈夫か 伯野元彦  
囲み記事・ネット時代だからできる、地球科学の  
楽しい伝え方 大木裕子  
訂正・沈み込むプレートの歩み 高木章雄  
書評・神沼克伊著 M9シンドロームのクソリとは？  
次の首都圏巨大地震を読み解く  
萩原幸男  
・濱田政則著 地盤耐震工学 伯野元彦  
・北原糸子著 地震の社会史 安政大地震と民衆  
西山昭仁  
・宇佐美龍夫ほか著 日本被害地震総覧  
599-2012 吉井敏尅  
編集部

新刊紹介  
ADEP情報 人事異動

57号・2014年6月

**エッセイ** 自然災害の理解、共生、克服 大志万直人  
 首都直下地震対策の基本方向 中林一樹  
 国立科学博物館の地震資料 大迫正弘  
 新潟地震における液状化被害 安田 進  
 寄書・アラビア海に出現した「地震島」 岡田義光  
 ・1999年イズミット地震（トルコ）に先立つ  
 電気抵抗変化 本蔵義守  
 ・次の関東大地震は来世紀中ごろ 神沼克伊  
 ・物を落として重力を測る 坪川恒也  
 囲み記事・ブレーカー自動遮断装置を設置しよう  
 伯野元彦  
 伯野元彦  
 ・2つの体験—空襲と帰宅難民  
 書評・横山裕道著 いま地震予知を問う～迫る  
 南海トラフ巨大地震 岡田義光  
 ・木村 学者 地質学の自然観 佃 栄吉  
 新刊紹介 編集部  
 ADEP 情報 人事異動

58号・2014年12月

**エッセイ** 砂が噴き出し、家が傾いた！ 平 朝彦  
 ひずみ集中帯プロジェクトの成果 関口渉次  
 東海道新幹線の地震対策について 関 雅樹  
 巨大津波に伴う磁場変動 歌田久司  
 地震による深層崩壊 千木良雅弘  
 寄書・大地の応力を測る：将来の地震予知研究へ  
 石井 紘  
 田中宏幸  
 ・火山の内部を透視する  
 ・「混迷の地震予知」から抜け出すために  
 一出版とテレビ番組出演で考えたこと—  
 横山裕道  
 囲み記事・東日本大震災を詠む 萩原幸男  
 ・東京オリンピック以前に直下地震が  
 起こったら 伯野元彦  
 ・火球による振動 岡田義光  
 新刊紹介 編集部  
 ADEP 情報 人事異動

59号・2015年6月

**エッセイ** 「北海道東部で大地震」の中期的切迫を  
 示す静穏化 松浦律子  
 兵庫県南部地震とはどういう地震だったのか？ 飯尾能久  
 兵庫県南部地震が橋の耐震設計に与えたインパクト 川島一彦  
 阪神淡路大震災が突きつけた新しい課題としての  
 「復興」 林 春男  
 E-ディフェンス10年の取組み 梶原浩一  
 囲み記事・火球による振動（補足） 岡田義光  
 書評・岡田義光著 「日本の地震地図」を読んで 武村雅之  
 ・木村玲欧著 戦争に隠された「震度7」  
 1944 東南海地震, 1945 三河地震 伯野元彦  
 ・大木裕子著 住んでいい町, ダメな町  
 自然災害大国・日本で暮らす  
 横山裕道  
 編集部  
 新刊紹介  
 ADEP 情報 人事異動

60号・2015年12月

**エッセイ** 東日本大震災における地震動特性と  
 建物被害に学ぶ 源栄正人  
 会長就任のご挨拶 阿部勝征  
 2011年東北沖地震の震源域で何が起きたか？  
 —東北沖地震の発生機構— 長谷川昭  
 東北地方太平洋沖地震による巨大津波のメカニズムと  
 被害予測 今村文彦  
 松代地震から50年—謎のまま残った— 松田時彦  
 サーボ型速度計と強震 横井 勇  
 寄書・地震予知の確率（的中率など） 松村正三  
 囲み記事・1964年5月7日男鹿半島沖地震で発生  
 した液状化 伯野元彦  
 書評・泊 次郎著 日本の地震予知研究130年史  
 明治期から東日本大震災まで 津村建四朗  
 編集部  
 新刊紹介  
 地震ジャーナル・既刊総目録 [51号～60号]  
 ADEP 情報 人事異動

# ADEP情報

公益財団法人 地震予知総合研究振興会 (ADEP) の人事異動について

## 業務を執行する理事の選定

平成 27 年 6 月 22 日に開催された臨時理事会において、会長、専務理事及び業務執行理事が次のとおり選定され、同日就任しました。

会長 (代表理事)	阿部 勝征 (新任・前理事長)
専務理事 (代表理事)	澤田 義博 (新任)
業務執行理事	石井 紘 (重任)

## 顧問の委嘱

顧問	高木 章雄 東北大学名誉教授	
前	公益財団法人地震予知総合研究振興会 会長	27. 6. 23

## 採用

棒田 明	つくば観測技術センター 事務グループ長	27. 6. 1
谷口 仁士	東濃地震科学研究所 副首席主任研究員 (非常勤)	27. 8. 1

## 退職

澤田 義博	本部 地震防災調査研究部長	27. 6. 22
-------	---------------	-----------

(注) 専務理事就任に伴う退職。本部 地震防災調査研究部長の職は継続

## 配置換等

片桐 一美	(免)つくば観測技術センター 事務グループ長	27. 6. 1
-------	------------------------	----------

## 編集後記

地震ジャーナルは本年 12 月に第 60 号発刊という節目の時を迎える。1986 年 6 月創刊以来 30 号までの 15 年間、編集長を務めて来られた力武常次先生はある日私を呼び出され、「31 号から後任の編集長を務めて下さい」と申し渡された。さらに「僕は 30 号まで編集長をやったのだから、君も 60 号までは頑張ってください」とも付け加えられた。以来 15 年の光陰は矢の如く過ぎ去って、私も後任にバトンを渡さなければならぬ時が来たのである。

実は編集会議に私が委員として名を連ねたのは 26 号以来であるから、編集長を引き継ぐまで僅か 2 年半の編集経験しかない。力武先生のような手腕はないから、有能な人を委員として迎え入れ、強力な会議を構築しなければならない。早速力武先生と相談すると即座に地震地殻変動研究所の第一人者である防災科学技術研究所の岡田義光氏を推薦された。も

う一人工学系の研究者で「君と話が通じる人がいい」とのことで、私と教養学部と同級生で、当時東洋大学工学部長、財団法人震災予防協会理事長であった伯野元彦先生を委員に迎えた。こうして新体制は 3 人 4 脚で発足することになった。

力武時代の編集委員構成は編集長と補佐役の相田 勇先生の 2 人 3 脚であった。26 号以後は私に加わって 3 人体制となるのだが、会議そのものは大変にぎやかであった。まず萩原尊禮会長がオブザーバーの形で臨席され、事務局側からは局長の他に山田隆三氏と桑原敦次氏が出席された。時にはゲストとして大学研究機関の代表的な先生方が突然舞い込むこともあった。会長を表敬訪問するついでに会議に参加されたのである。

会議は毎月 1 回、午後 4 時に開催された。会議の冒頭、まず事務局の桑原氏が前回の議事録を長々と読み上げる。録音テープを起こしての記述であるため、一人一人の発言が丁

寧に記されている。朗読に続いて議事に入る。力武編集長が予定論文のテーマと執筆候補者の腹案を述べる。これに対して編集委員であるなしにかかわらず、出席者が意見を述べ合う。これが 30 分ほど続くと 5 時近くなり、ビールとおつまみが運び込まれ、会議は最高潮に盛り上がる。その後勢い余って銀座や新宿に繰り出すこともしばしばで、ゲストの先生方はこれを目当てに会議に出席されたように思われる。しかし時には編集に関して重要な意見を述べられることも多々あり、編集会議にとってゲストの先生方は貴重な存在であった。

一般に編集は会議以外の業務が多い。事務局の山田氏は東大出版会に勤務された経験から細部に気を配られた。表紙のデザインは同氏の考案による。とくに初校を念入りに検討して、たとえば論文末に余白が生じた場合には、字数限定の囲み記事の挿入を編集長に進言する。編集長は

ただちにお目当ての先生に執筆を依頼する。一週間と期限を付けての依頼であっても、それを断る人はまずいない。力武先生は私など及びもつかないほど権威ある存在だったのである。一方桑原氏は高貴な方々に通じていた。巻頭言エッセイを秋篠宮文仁殿下にご執筆いただいたのも同氏の尽力のお陰である。時の大臣や事務次官が執筆されたのは会長のご尽力、有名な文人歌人が登場したのも編集長を始めこれらの方々のお顔の広さによる。このように力武時代のジャーナルは多才な方々に支えられ、多彩な内容を誇る雑誌であったといえる。

1999年6月高木章雄東北大学名誉教授が新会長に就任されると同時に名誉会長に退かれた萩原尊禮先生は、その年の11月に92歳の天寿を全うされた。翌年末に編集長をご退任された力武先生もその4年後に他界された。この時点では前記山田氏はすでに故人となっていた。一方桑原氏は編集長交代と同時に編集業務から手を引かれた。このように諸先輩をほとんど同時に失った状態で、ポスト力武編集陣は間もなく試練に遭遇することになる。

最初の試練は発行予算の低減であった。実は地震ジャーナルの年間予算は500万円と聞かされていたが、「400万円以内、できれば300万円前後でお願いします」と事務局から申し渡された。力武編集長の偉大な権威に対して、これまで口に出したくても出せなかった言葉がこの際噴出したのであろう。だが支出をできるだけ抑えるという財団の方針には従わざるを得ない。新編集長の最初の仕事は編集会議開催を毎月から隔月に変え、細部は委員間のメール交換でカバーすることであった。当然の事ながら会議後のビアパーティも廃止した。また印刷費軽減のため毎号のページ数を標準70ページに制限した。議事録を要点のみの記載にとどめ、会議冒頭の長々とした議事録朗読を省略した。幸いにも週2回

丸毛美子さんが勤務されることになり編集業務はスムーズに運ぶようになった。なお原稿料の値下げ案とカラー図の大幅制限案は高木会長の意向で中止となった。執筆者を重んじる傾向は萩原前会長譲りである。

実はもう一つの大仕事が待っていた。それは雑誌の在庫整理であった。財団は三郷に倉庫を借りており、在庫品が収納されていた。実際に倉庫を視察して驚いた。各号ごとの在庫がそれぞれ数十冊から数百冊、それが倉庫にぎっしりと山積している。引き取りを業者に頼むにしても、倉庫の外に運び出さなければならぬ。考えるだけで気が遠くなるようであった。倉庫には換気扇の設備があったが、それでも内部の温度は高く、雑誌にはダニがいるらしく触るだけで手足が痒くなって困ったものである。桑原さんに同行していただいて都合3回程通って整理した。事務室に戻った私は在庫を出さない方策として毎号1,500部の印刷部数を1,000部に、その後さらに減刷して現在は700部である。最近インターネット上にジャーナルの記事全体を公開するようになって配布用部数を500部にまで減らすことも可能になったが、部数をこれ以上減らしても印刷費がほとんど下がらないので700部のまま今日に至っている。

以上のように書くと、編集長は大変に働いたようで聞こえがいいが、実は多忙な時期は最初の一年間だけで、それ以降は特段の改革も進展もなく至って平穏な日々が過ぎ去った。50号を地震予知の特集号にとのアイデアが浮上するに及んで多少の忙しさが戻ったが、それも2011年1月通常号より一月遅れの特集号発行とともに解消した。しかしそれは東の間の平穏であった。同年3月11日超巨大地震の発生によって想定外の事態に直面したのである。実は本誌は一部1,500円で有料であったが、有料購読者数が伸びなかったため、51号からの無料化と同時に全文のネット公開を決めていた。そ

れが大災害と時を同じくしたものだから、ツイッターの一斉攻撃を食らう羽目になった。「予知できなかった罪を公開でごまかした」等である。最初の一カ月間で600通を超えた。しかししだいに沈静化し、「平易な文体でよくわかる」、「マスコミも報道しない事実も紹介されて参考になった」等、好意的なつぶやきも混ざり始めた。ツイッターなど気にすることはない、むしろネット化のお陰で本誌が多く的一般読者の目に止まった事実をもって喜びとした。

そうこうしているうちに本誌60号の編集を最後に私は編集から手を引く時が迫ってきた。今後本誌の読者対象を研究者のみとするか、一般読者も加えるべきか。本誌創刊当初に萩原前会長や力武前編集長がイメージされた本誌の姿を紹介して、次期編集会議に申し送りするのが私の責務と考える。しかし実際には次期編集長有力候補者の都合により、半年遅れて62号から引き受けられることになった。したがって不肖私が次号まで担当せざるを得ない。60号編集後記としては真に尻切れトンボであるが、本号では力武時代から今日までの本誌の迎ってきた歴史の一端を紹介するに止め、引き継ぎ事項等は次号の編集後記にまとめて述べるつもりである。(Y.H.)

## 地震ジャーナル 第60号

平成27年12月20日 発行

発行所 ☎101-0064  
東京都千代田区猿樂町1-5-18  
☎03-3295-1966  
公益財団法人

### 地震予知総合研究振興会

発行人 阿部勝征

編集人 萩原幸男

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。

●製作/一般財団法人学会誌刊行センター