

地質標本館 特別展

5月10日は
地質の日

日本列島

地震観測とAIで読み解く全国の地殻応力場

ストレス マップ

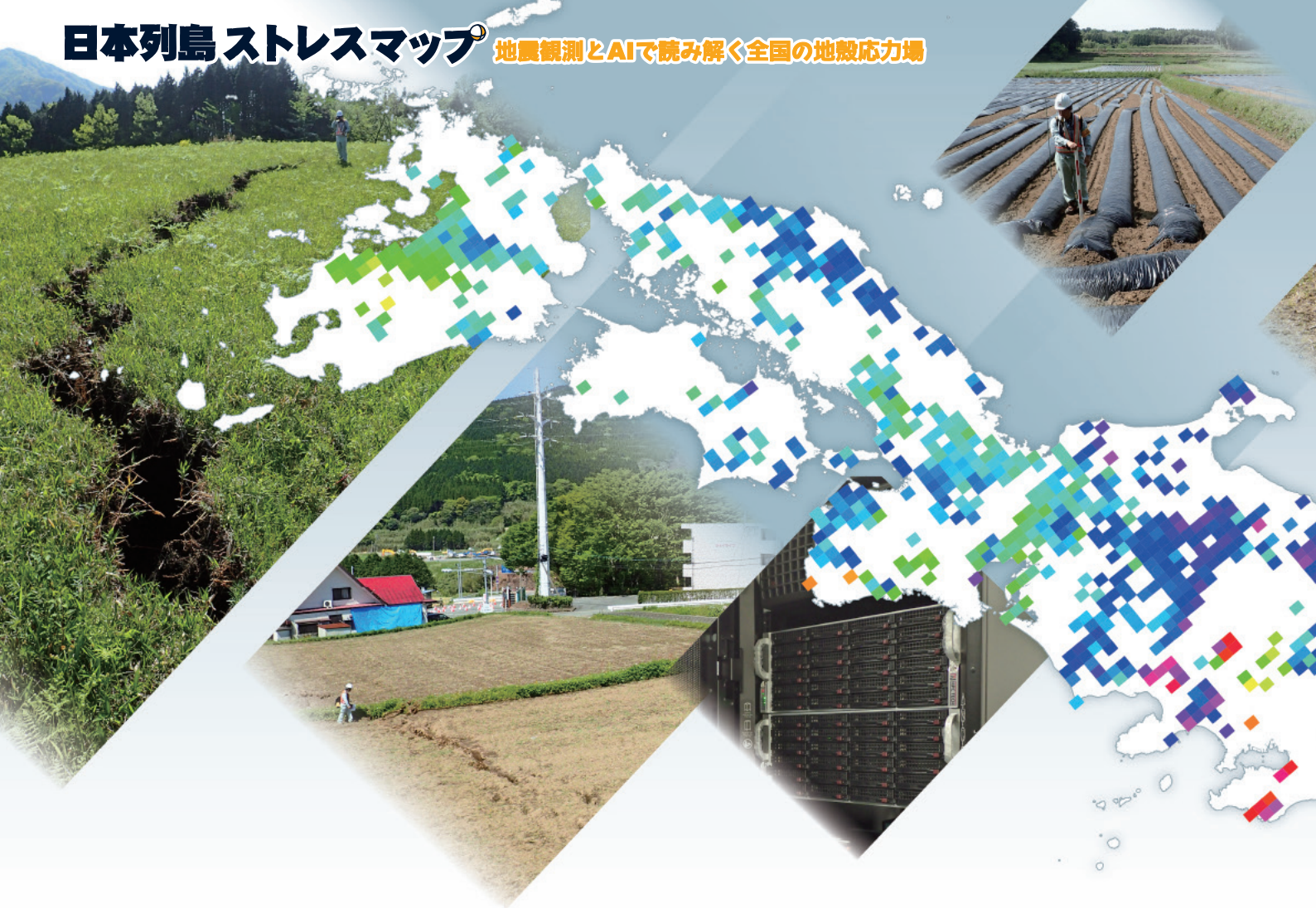
国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター



GEOLOGICAL MUSEUM

地質標本館





【目次・執筆】

はじめに	内出崇彦	3
日本列島のストレス	内出崇彦	4
地震のタイプと震源メカニズム解	内出崇彦・高橋美紀	5
地震波（P波・S波）と震源メカニズム解	内出崇彦	6
微小地震で地下をのぞく	内出崇彦・椎名高裕	7
地震の観測（地震計）	内出崇彦	8
地震の観測（日本の観測網）	内出崇彦	9
AIの地震学への応用	内出崇彦・高橋美紀	10-11
日本列島震源メカニズム解	内出崇彦	12-13
日本列島のP軸とT軸の分布	内出崇彦	14-15
日本の活断層	宮下由香里	16-17
応力場と活構造：地域事象例		
北海道地方	吾妻 崇	18
2011年4月11日の福島県浜通りの地震	丸山 正	19
糸魚川—静岡構造線活断層系	近藤久雄	20
中国地方	宮下由香里	21
2016年熊本地震	白濱吉起	22-23
おまけまんが：かいけつ!! ビーチボールの見方	高橋美紀	24-25
参考文献		26

所属はすべて地質調査総合センター 活断層・火山研究部門





はじめに

日本は世界に名だたる地震発生国の一つです。多数のプレートがひしめき合う中、沈み込むプレートの境界付近や内陸で大地震が発生しています。日本で生活する私たちにとって、地震は切り離すことができないものです。地震を引き起こすメカニズムを理解することは、どこでどのような地震が起きるのかを考える上で、とても重要です。そして、これは常日頃から地震に対する備えを怠らないようにしていただくための基本的な科学情報です。

地震は、プレート運動などが原因となって働く力、地下の「ストレス（応力）」によって引き起こされます。地下でどのようなストレス（応力）が働いているかを知る手がかりとなるのが、無数に発生する微小な地震です。日本周辺では1日におよそ500件が見つまっている、揺れをほとんど感じない小さな地震です。

産業技術総合研究所（産総研）では、地下に働くストレス（応力）を解明するために、微小地震の研究を行っています。微小地震のデータは膨大にあるため、初めはその解析に大変な時間がかかっていました。

そこで2018年から、最新のAI（人工知能）技術として知られるディープラーニング（深層学習）を取り入れました。その結果、地震データの処理を自動化し、劇的に高速化することができました。これによって、一気に全国の微小地震の特徴を調べ、ストレス（応力）を知る手がかりが得られました。

この特別展では、微小地震を使った応力研究の成果に加えて、大地震の痕跡である地表の活断層の姿をご紹介します。目には見えない地下の応力、大地のストレスをご覧いただき、どこでどのような地震が起こりうるのかを知っていただければ幸いです。

日本列島のストレス

ストレス(応力)とは、物体内部に働く力のことです。地球の内部では、さまざまな要因で押し合ったりずれ合ったりして、複雑なストレスが働いています。それに伴って、地下の岩盤が急に壊れて、ずれ動いてしまうことがあります。それが地震です。

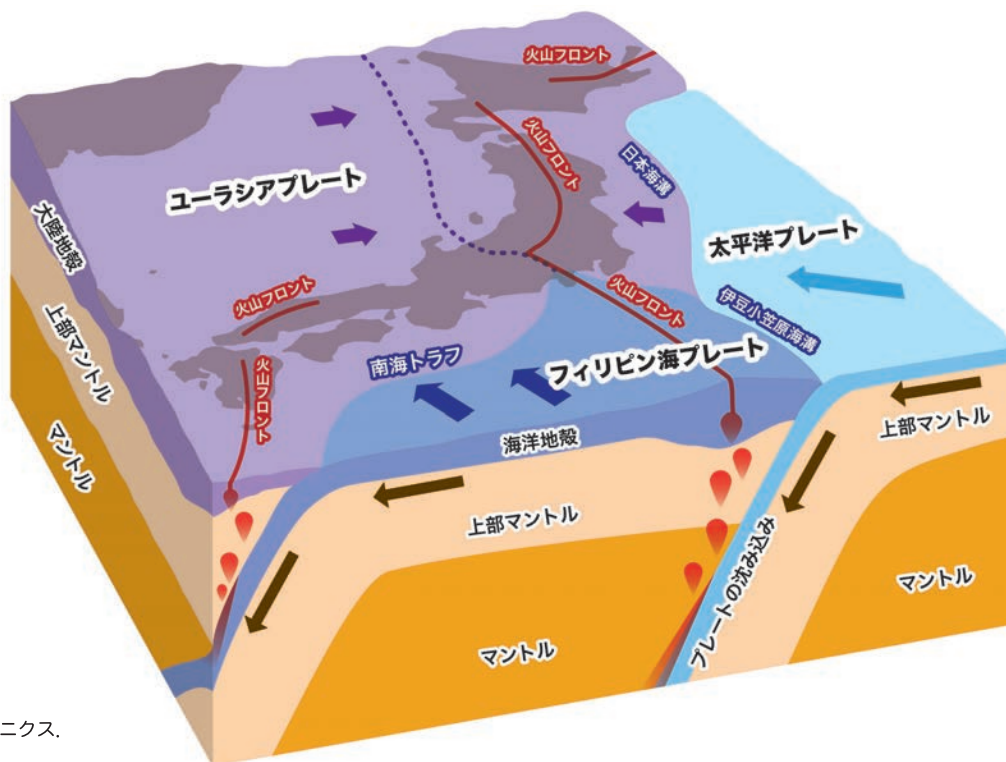


図1 日本列島のテクトニクス。

● 日本列島のテクトニクス

日本列島の周りには、いくつかのプレートがあり、プレートの沈み込みに伴って日本列島が形作られています。沈み込んだプレートが持ち込んだ水の影響でマグマができ、地表に火山が生まれました。また、日本列島にストレス(応力)がかかり、地殻変動が起こり、断層が作られました。

● 日本列島で発生する典型的な地震

ストレス(応力)により、さまざまなタイプの地震が発生しています。沈み込むプレート(海洋プレート)と陸のプレートとの間で生じるプレート間地震、沈み込む海洋プレートの中で発生する地震、大陸プレート内部で発生する内陸地震があげられます。

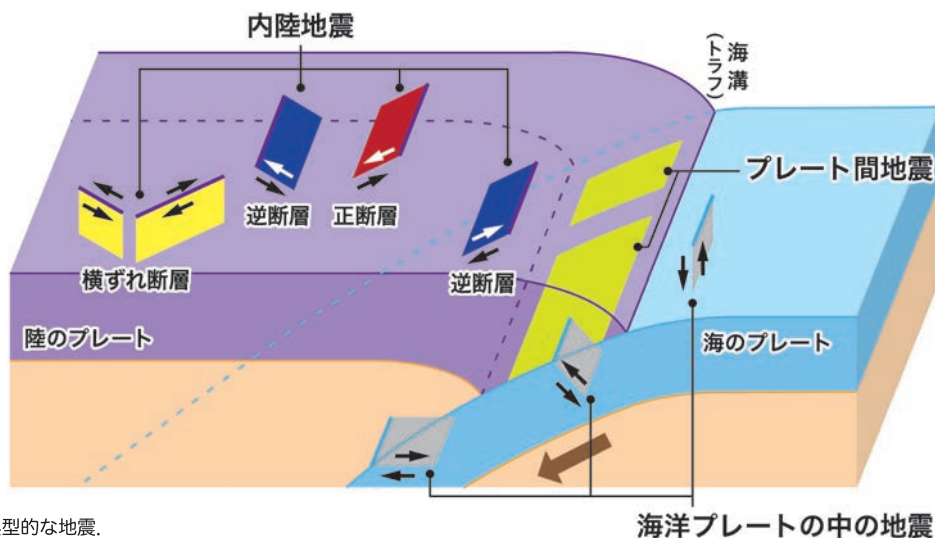
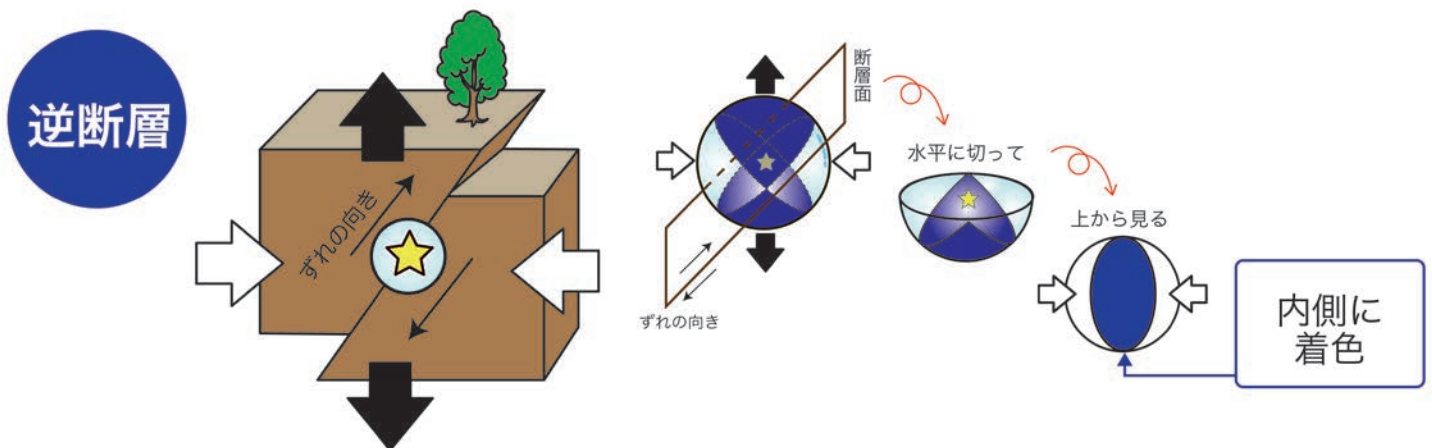
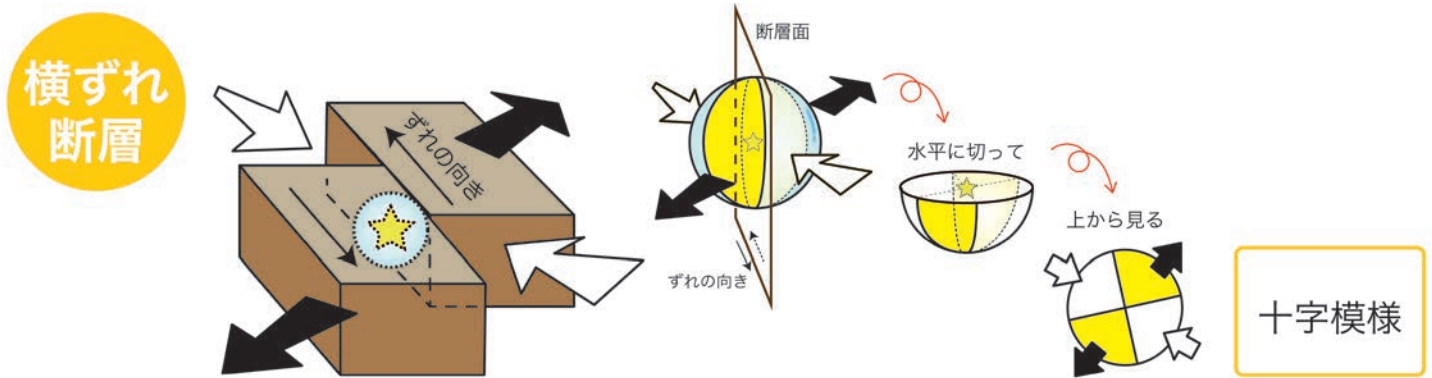
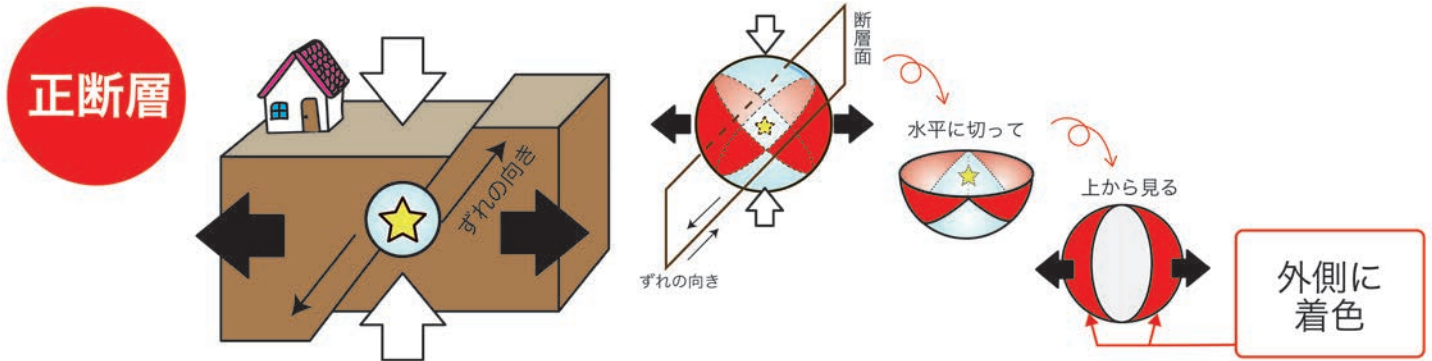


図2 日本列島で発生する典型的な地震。



地震のタイプと震源メカニズム解

断層のずれ動き方によって、地震はいくつかのタイプ（震源メカニズム解）に分けられます。それは地震が発生した場所に働くストレス（応力）と密接に関係しています。



断層のずれの向きに応じて、正断層、逆断層、横ずれ断層に分類されています。水平方向に押し付けるストレス（応力）が強い場所で発生する逆断層は、東日本を中心に数多く観測されています。東北地方・関東地方の太平洋側の一部地域や九州などでは、正断層も見られます。

断層面の向きや断層のすべり方向を表わすのが、「震源メカニズム解」です。震源メカニズム解は立体的な概念であり、球に投影し色分けして表現することから、俗に「ビーチボール」と呼ばれます。色分けは白黒で表現されることもありますが、ここでは断層のタイプをわかりやすくするために多色で表現しています。

24～25ページの「解決!! ビーチボールの見方」もご覧ください。

地震波 (P波・S波) と震源メカニズム解

地震の揺れをもたらす地震波には、その揺れ方に応じていくつかの種類があります。地球内部を伝わる地震波で最も速いP波の性質は、震源メカニズム解と密接な関係にあります。

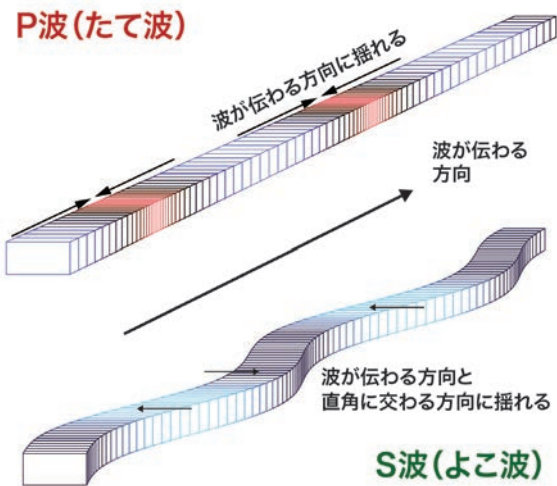


図1 地震波の種類。

地球内部を伝わる地震波には、主にP波とS波があります。P波は伝わる方向に振動する「たて波」で、速く伝わります。S波は伝わる方向に直交する方向に振動する「よこ波」で、断層運動による地震ではP波より大きく揺れます。

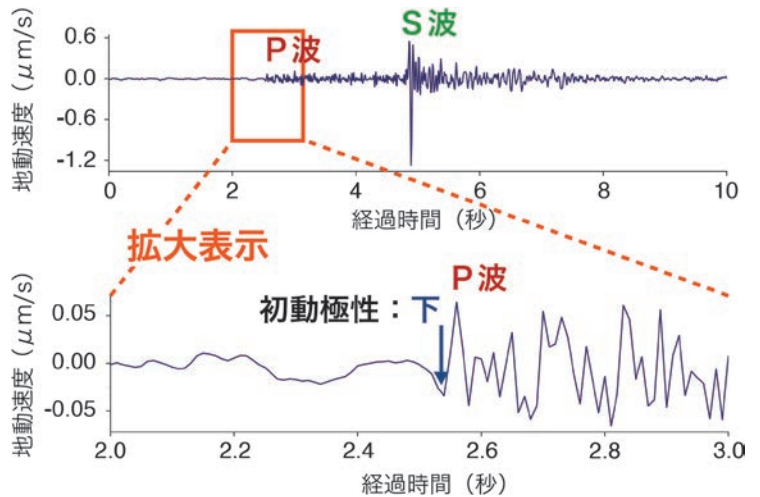


図2 観測された地震波の例。

図2は地面が上下に動く速度を描いたものです。P波が最初に、S波が次に到達しています。P波が到達した部分を拡大してみると、初め地面が下に向かって動いていることがわかります。このP波が最初に伝わった地面の上下動速度の向きを「P波初動極性」と言います。

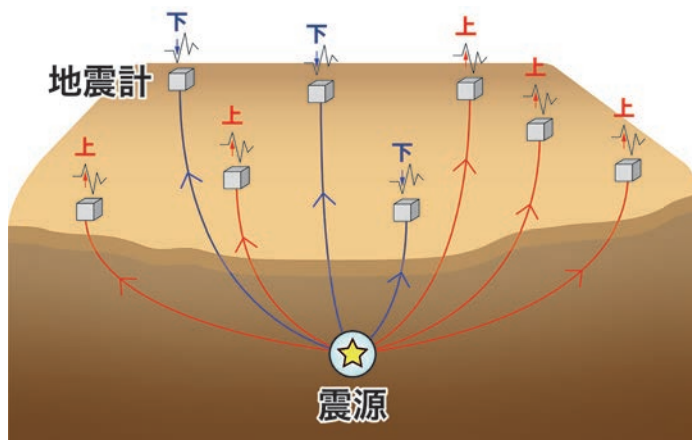


図3 各地で観測されるP波初動極性。

いろいろな場所に置いてある地震計では「上向き」や「下向き」のP波初動極性が観測されます。この観測に合うような震源メカニズム解を、逆算して求めます。

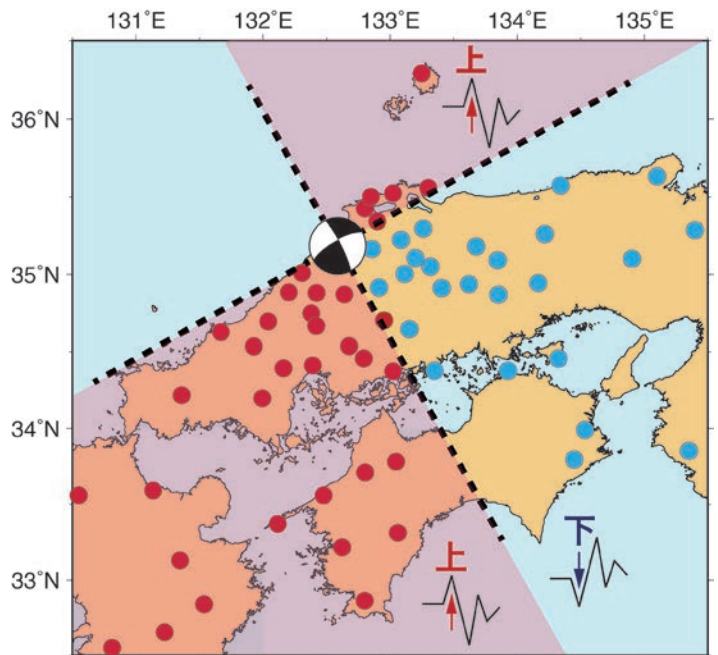


図4 島根県西部の地震のP波初動極性。

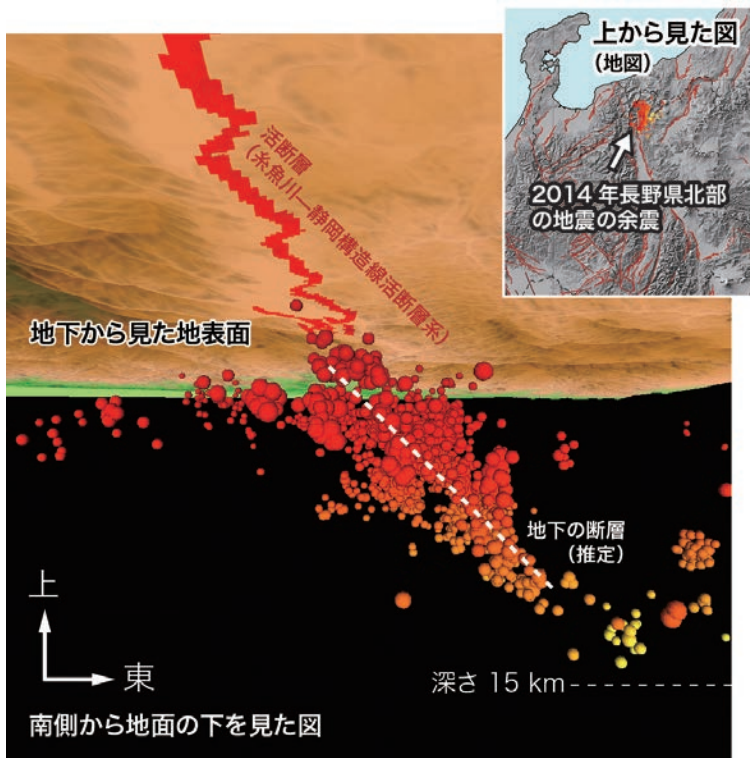
図4は、2018年4月9日に発生した島根県西部の地震(マグニチュード6.1)の横ずれ型地震の時に観測されたP波初動極性です。赤が「上」、水色が「下」の極性を示しています。





微小地震で地下をのぞく

日本周辺で1日に500件程度発生する地震は、ほぼ全てが微小地震（およそマグニチュード3以下）と言っても過言ではありません。この観測データは、地下の様子をのぞく手掛かりとしても活用されています。なかなか直接見ることができない地球の中を、少しご紹介します。



● 余震の分布を地下から見る

2014年 長野県北部の地震（マグニチュード6.7）の余震の分布を、図1は地下から見ています。このように余震の並びを見ると、地面の下で大地震を引き起こした断層の姿が浮かび上がります。

図1 2014年 長野県北部の地震の余震分布.

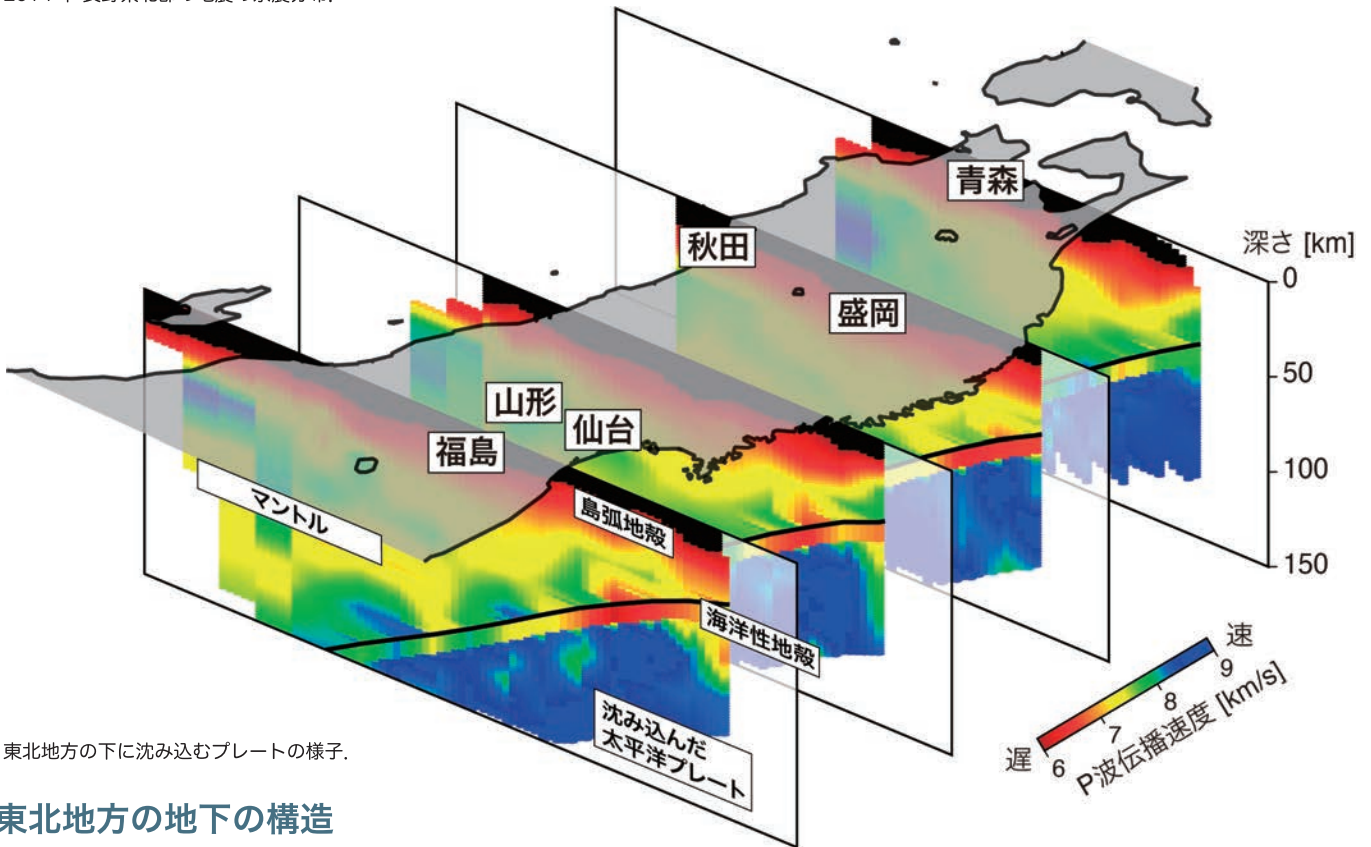


図2 東北地方の下に沈み込むプレートの様子.

● 東北地方の地下の構造

微小地震の解析を積み重ねることによって、地下の構造がわかります。医学で使われるX線CTの手法を地震波に応用した「地震波トモグラフィ」によって、沈み込むプレートなど、地球内部構造を見ることができます。

地震の観測（地震計）

地震の揺れを測る機械を地震計と呼びます。地震計は主に“ばね”と“おもり”からなる振り子と、揺れを抑えるダンパーからなります。“ばね”でつるした“おもり”があまり揺れないという性質を利用し、これを基準にして地震による振動を測ります。技術の進展とともに、当初は巨大だった地震計も小型化と高性能化が進んでいます。

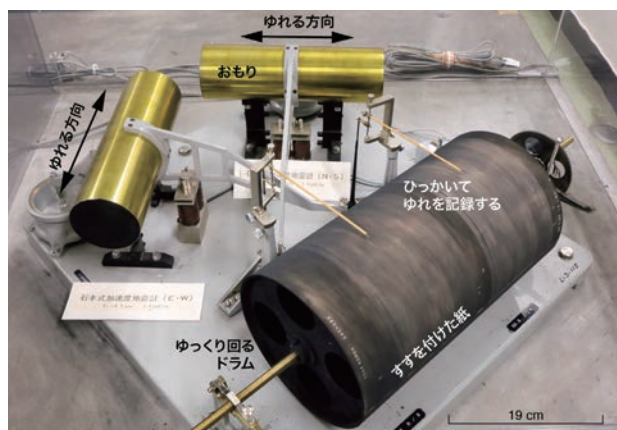


写真1 東京大学地震研究所に設置されている石本式加速度地震計。(東京大学地震研究所 提供)

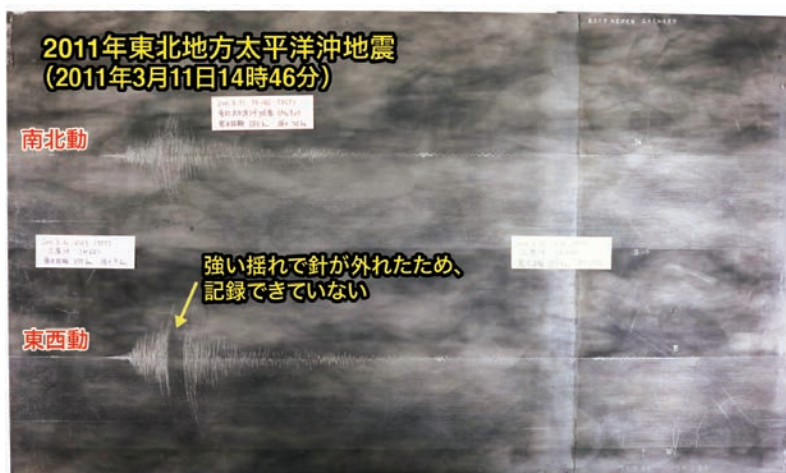


写真2 石本式加速度地震計の記録紙。(東京大学地震研究所 提供)

● 石本式加速度地震計

1933年石本^{みしお}氏によって開発された石本式加速度計は、南北方向と東西方向の揺れを記録します。振り子につながった針で、ドラムに巻き付けた紙を引っかけて記録を取ります。針が紙に引っかかる力が振り子の動きに影響しないようにするなどの理由から、大きな振り子が使われていました。

● 2011年東北地方太平洋沖地震の記録

石本式加速度地震計で記録された、2011年東北地方太平洋沖地震の記録。南北方向（上段）と東西方向（下段）の揺れを、ドラムに巻き付けた紙に記録したものです。

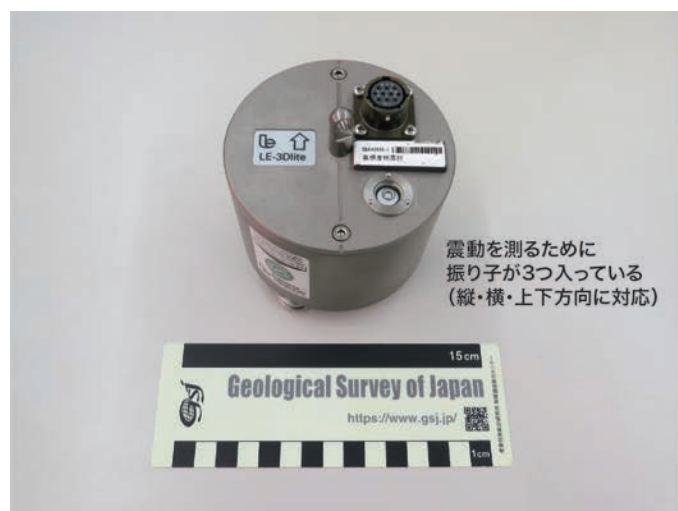
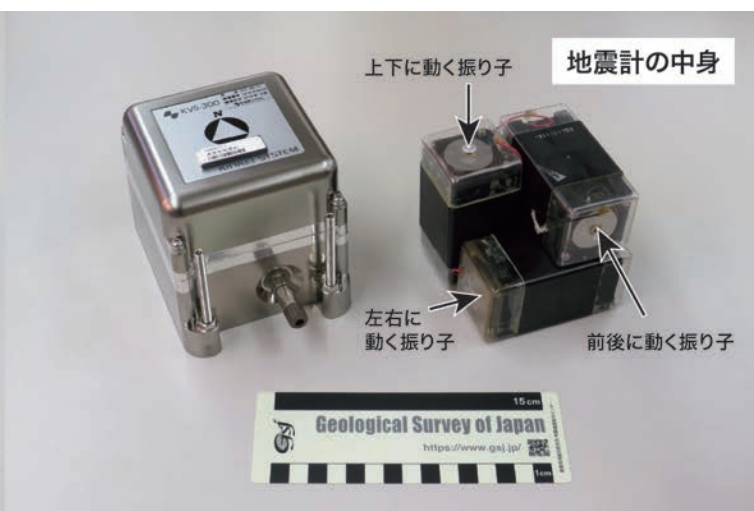


写真3 現代の短周期地震計の例。

● 現代の短周期地震計

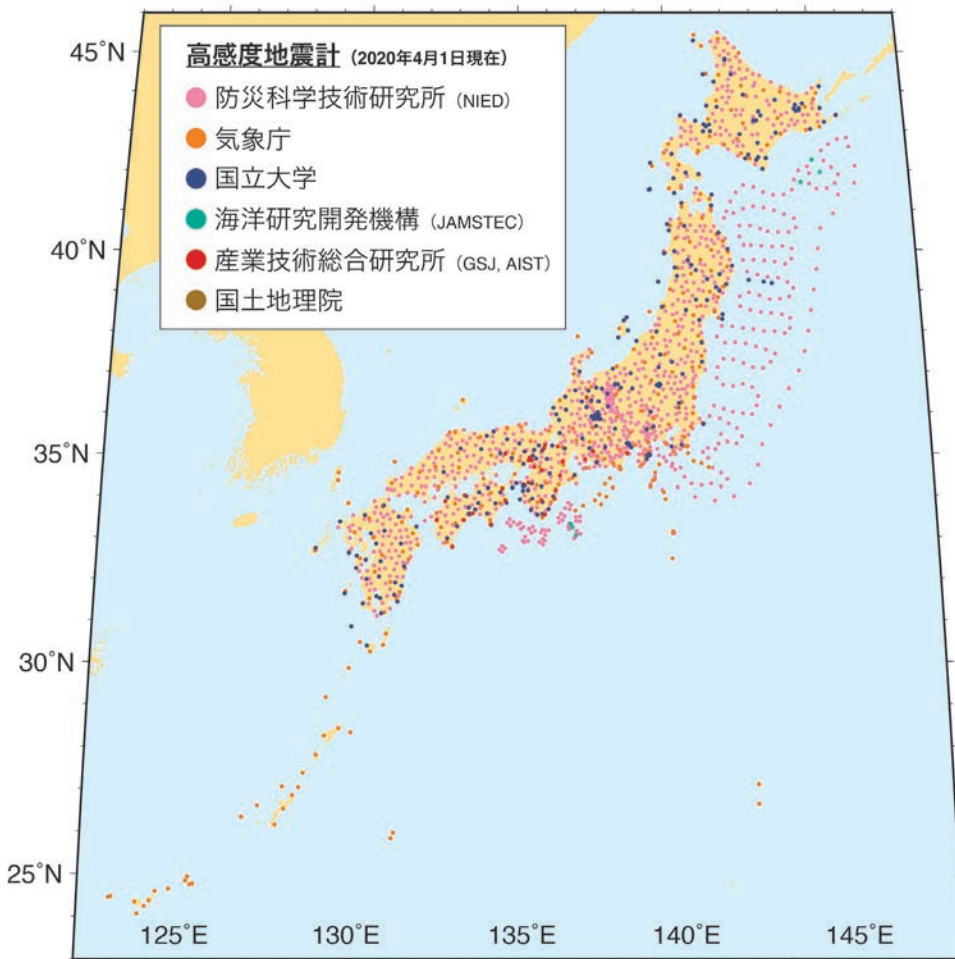
速い揺れの記録に適していて、微小地震の観測などに使われているのが短周期地震計です。地震計の中には写真3右のような磁石のついた振り子が3方向に配置されていて、振り子



がコイルの中を動いて、地震計の揺れを電気信号に変えます。このような仕組みによって、装置を調整しやすくなり、小型化しています。このほか、半導体技術を駆使したごく小さなセンサもあります。



地震の観測（観測網）

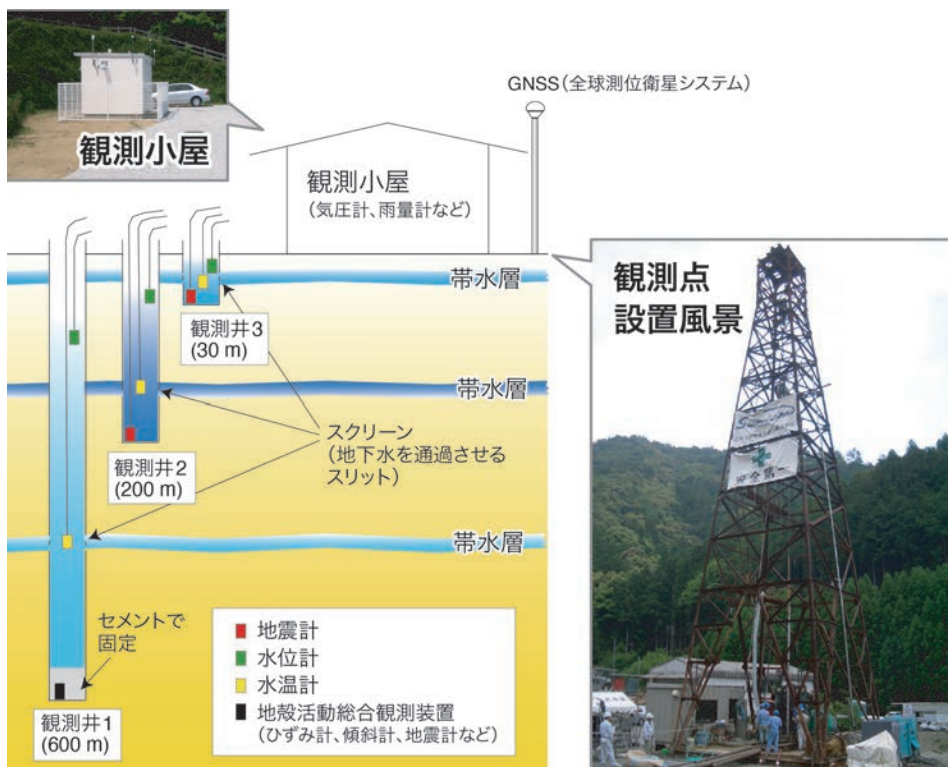


日々発生する地震をとらえるため、多数の地震計が日本中に設置されています。それらはどのような場所に、どのような方法で設置されているのでしょうか。

● 高感度地震計の観測点

地震が数多く発生する日本では、地震の観測に力を入れており、緊急地震速報や地震の調査研究に役立てられています。現在では、海底ケーブル型の地震計も登場しています。

図1 高感度地震計の観測点分布。



● 高感度地震計の設置構造

産総研地質調査総合センターでは、観測用の井戸（観測井）^{かんそくせい}に、地震計、傾斜計、ひずみ計を設置して、地震の揺れや地殻変動を総合的に観測しています（地下水等総合観測）。人間活動や風雨によるノイズの少ない、良好なデータを得ることができます。

*こちらをご参照ください▶
Well Web（地震に関連する地下水観測データベース）



<https://gbank.gsj.jp/wellweb/GSJ/index.shtml>

図2 高感度地震計など観測機器と観測井の構造。

AIの地震学への応用

膨大な地震波形データの処理には、AI（人工知能）を使用しました。最新のAI技術として知られるディープラーニング（深層学習）は、ニューラルネットワークモデルを用いて行われています。AIを使うことによって、一人の人が80年かかるようなP波初動極性の読み取り作業を、AIは20分で終わらせました。このほかにも、P波やS波の到達時刻の読み取りにAIを活用する研究が盛んに行われています。

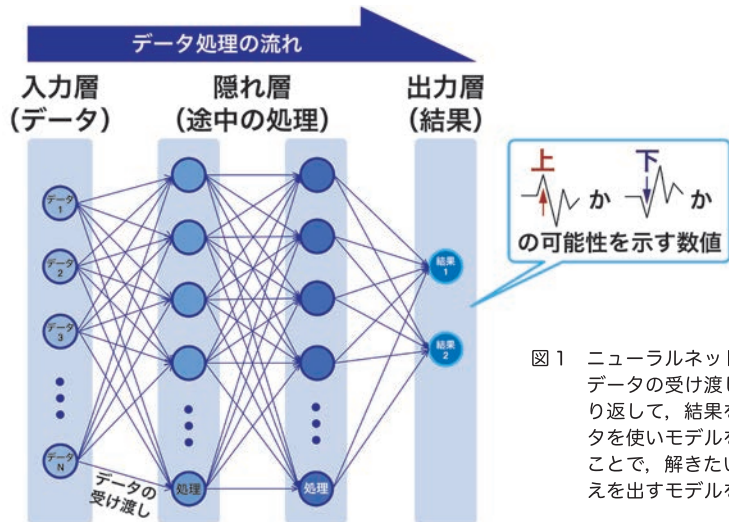
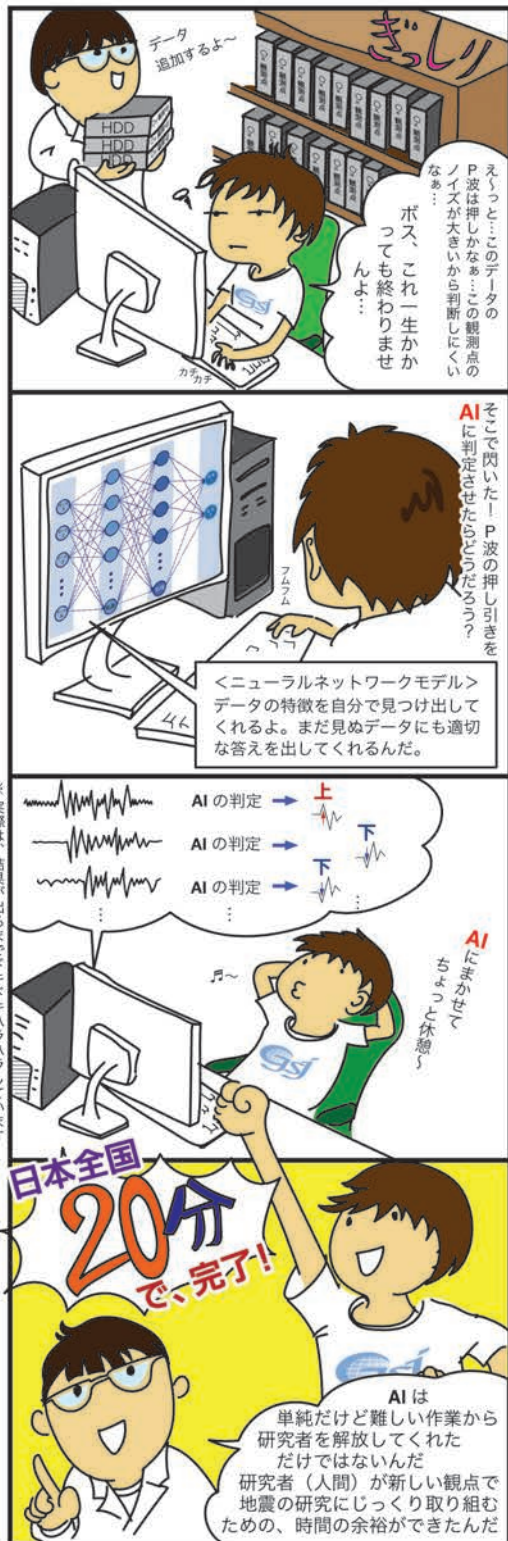


図1 ニューラルネットワークモデルの例。データの受け渡しと簡単な処理を繰り返して、結果を得る仕組み。データを使いモデルを少しずつ改善することで、解きたい問題に合わせた答えを出すモデルを作ることができる。



● 大規模計算システム ABCI

ディープラーニングには、画像処理演算装置（GPU）を用いた計算を行うことが効率的です。ABCI（AI Bridging Cloud Infrastructure：AI 橋渡しクラウド）は、人工知能処理向けに開発された、GPUを大量に備えた計算設備です。産総研 柏センター（東京大学柏IIキャンパス内）にて、2018年から運用されています。

写真1 ABCIの外観と内部。



—AI による地震波の高速解析—

● P 波初動極性の自動読み取り

震源メカニズム解を求めるために AI を使用した結果が図 2 です。P 波初動極性を「下」と読み取った場合（青色・水色）

は上下反転させて表示しています。図の中で P 波初動が上に向いていれば、正しく読み取ったことになります。（都合により、波形表示の一部が振り切れています）

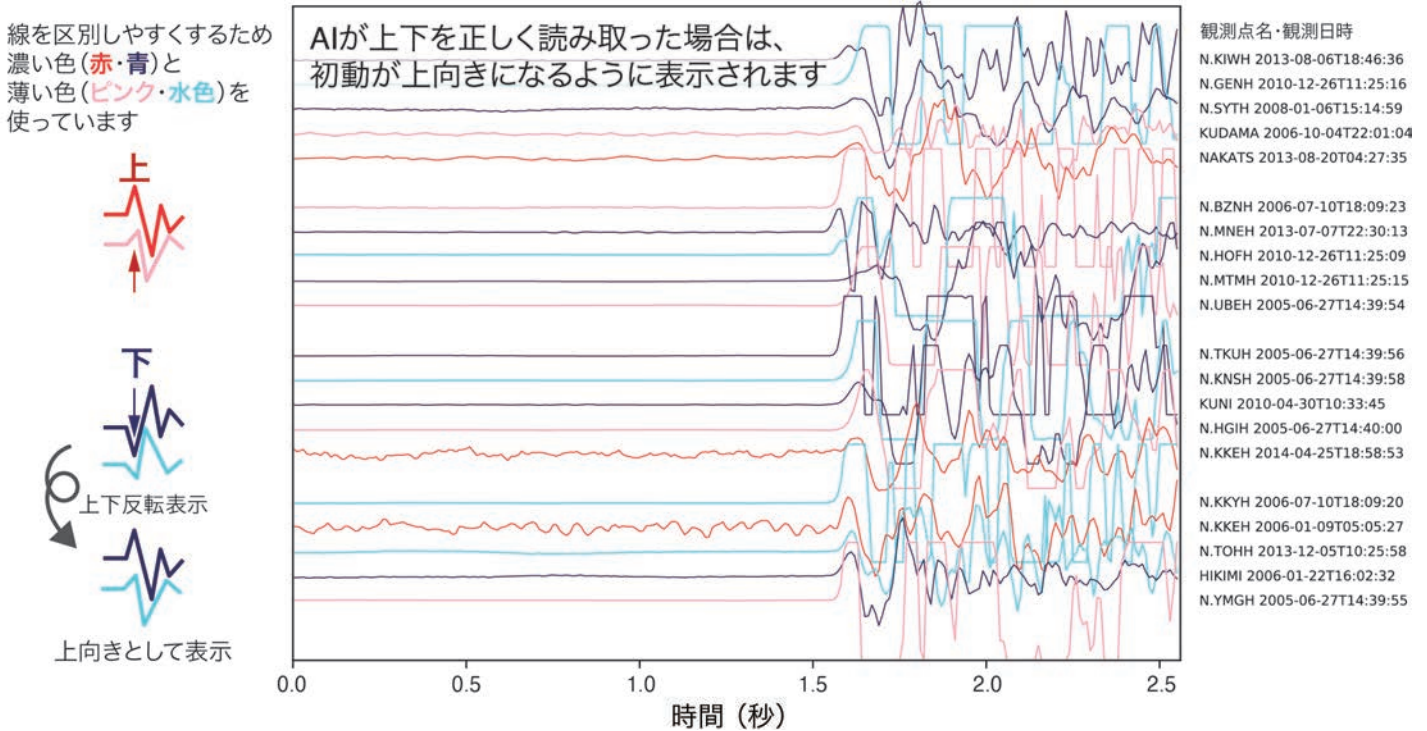
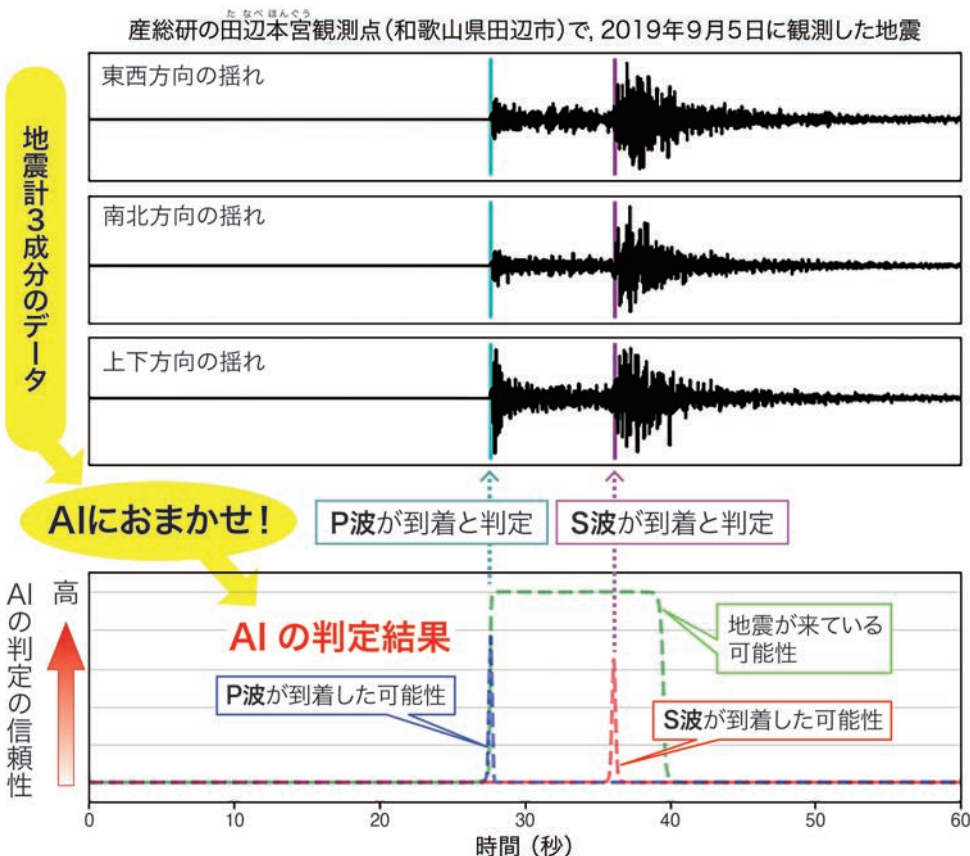


図 2 P 波初動極性の自動読み取り結果.



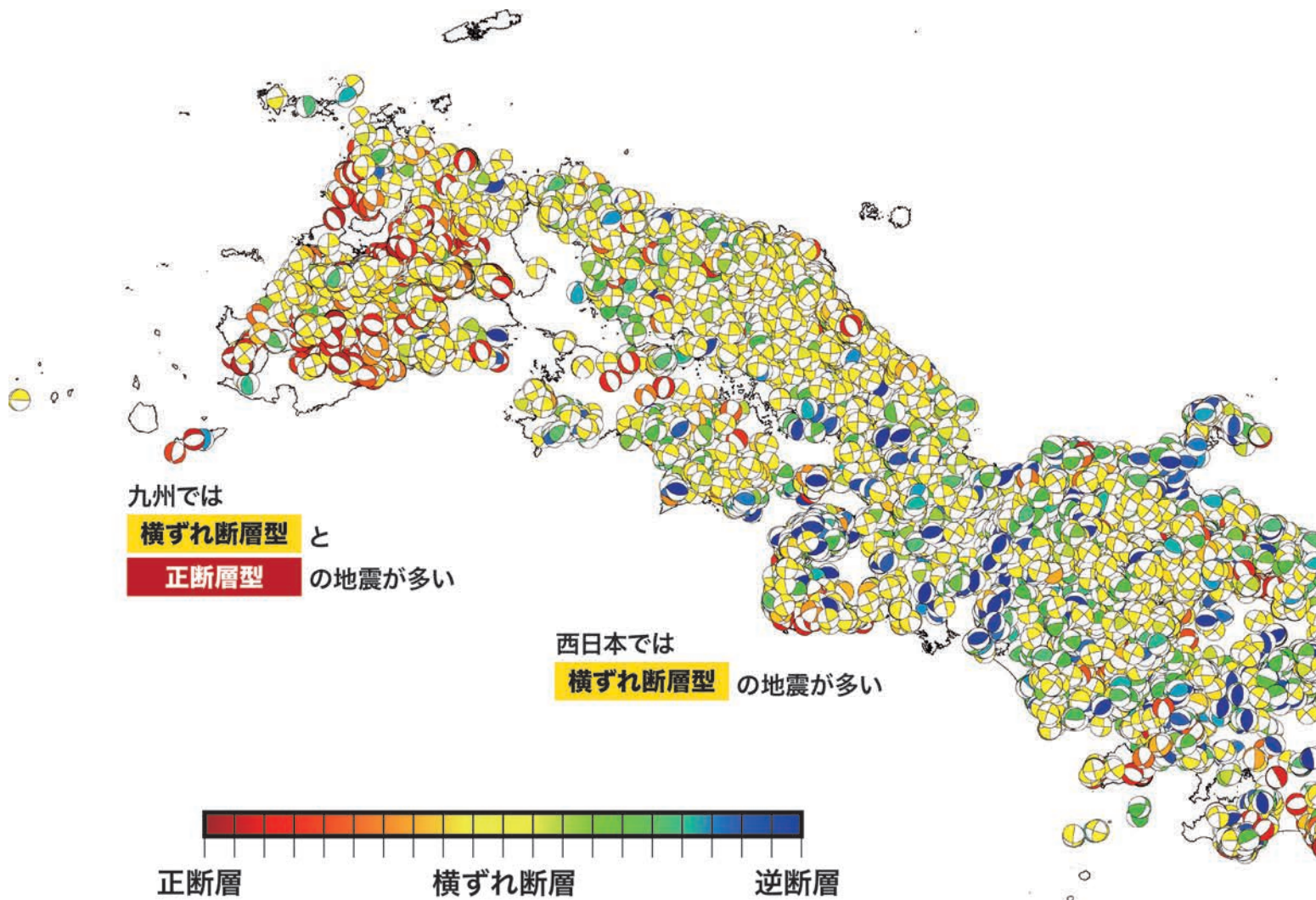
● 地震検出と地震波形読み取り

米国スタンフォード大学が開発した Eqtransformer による地震検出と地震波形読み取りの結果（図 3）の最下段の図で、緑線は地震が発生した可能性を示し、青線と赤線はそれぞれ P 波と S 波が到達した可能性を示しています。このような技術によって、地震研究が進みやすくなることが期待されています。

図 3 Eqtransformer による地震検出と地震波形読み取りの結果.

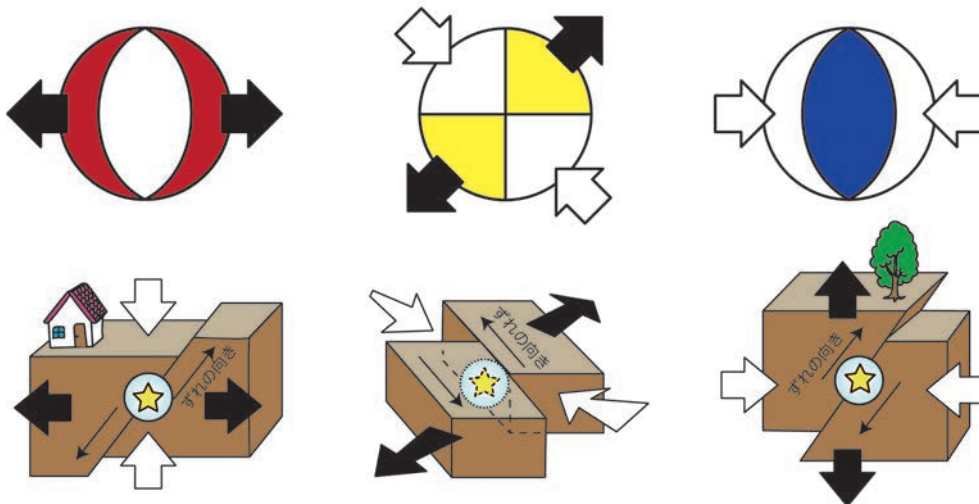
日本列島 震源メカニズム解

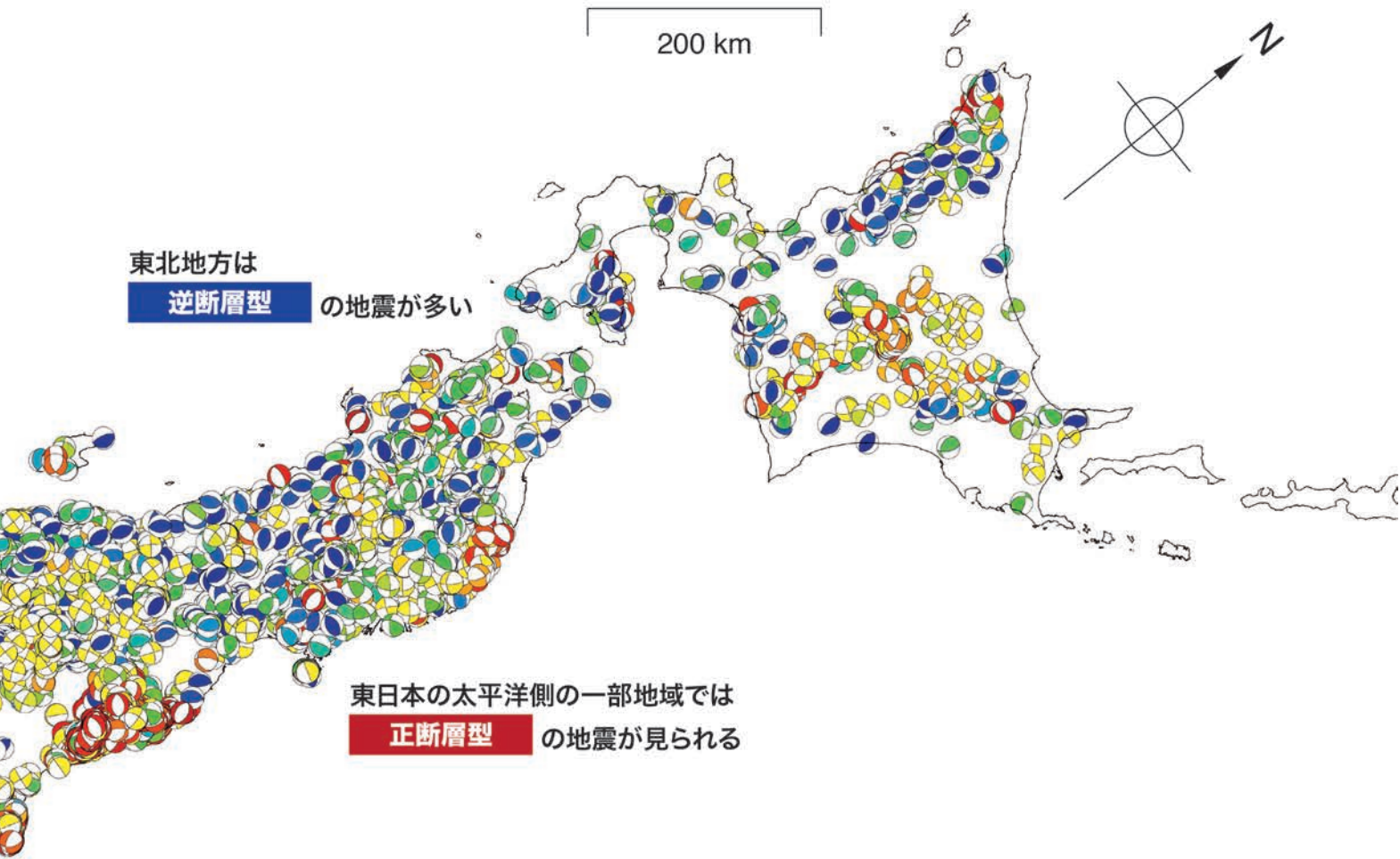
日本全国の内陸部の深さ 20 km より浅いところで発生した、2005 年から 2019 年までの 15 年分の地震、6 万 7 千件余りについて、AI の力を使って震源メカニズム解を求めました。広域的な傾向に加えて、ところどころに周囲とは大きく違った特徴も見られます。実際には、ここに見えているビーチボールの下にも、幾重にも見えないビーチボールが重なっています。



九州では
横ずれ断層型 と
正断層型 の地震が多い

西日本では
横ずれ断層型 の地震が多い





くわしくは
24~25 ページの
おまけまんが
「かいけつ!!
ビーチボールの見方」
をご覧ください



日本列島のP軸とT軸の分布

震源メカニズム解から、それぞれの地震の際に岩盤が縮んだ方向（P軸）と伸びた方向（T軸）がわかります。これはそれぞれの場所で働くストレス（応力）の目安になります。

P軸（縮む方向）の方位

九州地方の北部と南部で方位が若干異なる

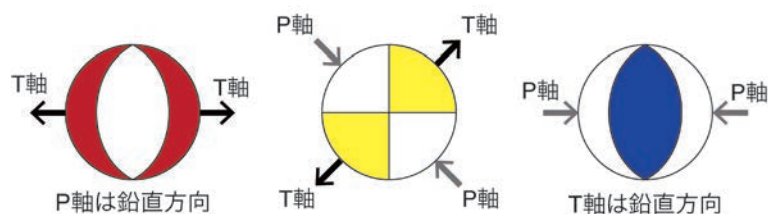
中国地方の北部と南部で方位が若干異なる

九州地方の北部と南部で方位が若干異なる

中国地方の北部と南部で方位が若干異なる

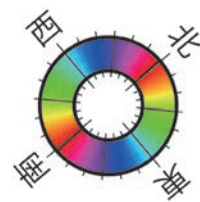
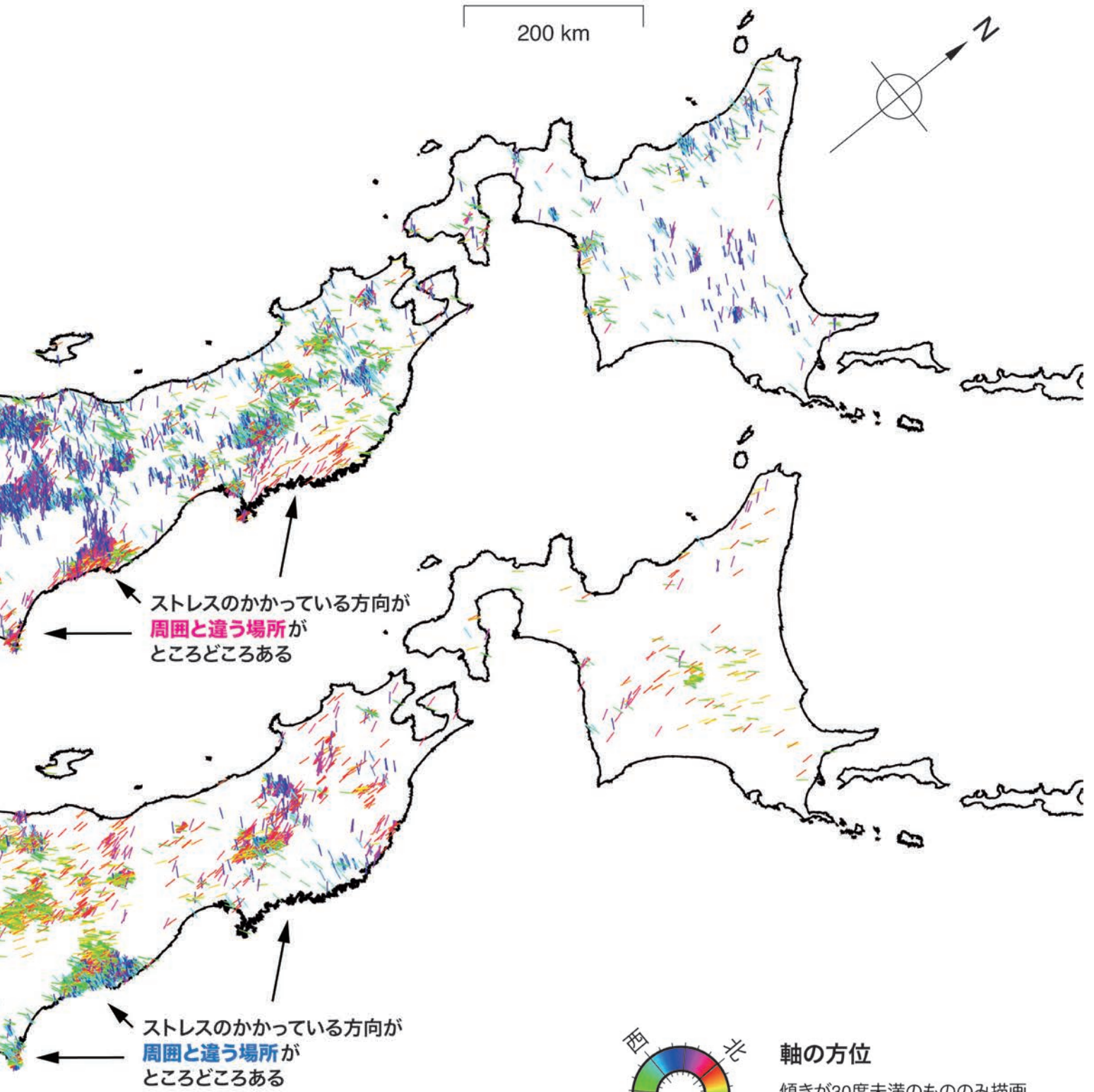
T軸（伸びる方向）の方位

震源メカニズム解とP軸（縮む方向）・T軸（伸びる方向）の関係





全般的に、P軸はほぼ東西（緑や青）、T軸はほぼ南北（赤紫、赤、黄色）を向いています。その中でも地域ごとの傾向があります。東北・関東地方の太平洋側などの一部地域では、P軸がほぼ南北、T軸がほぼ東西を向いていて、周囲とは大きく傾向が違います。

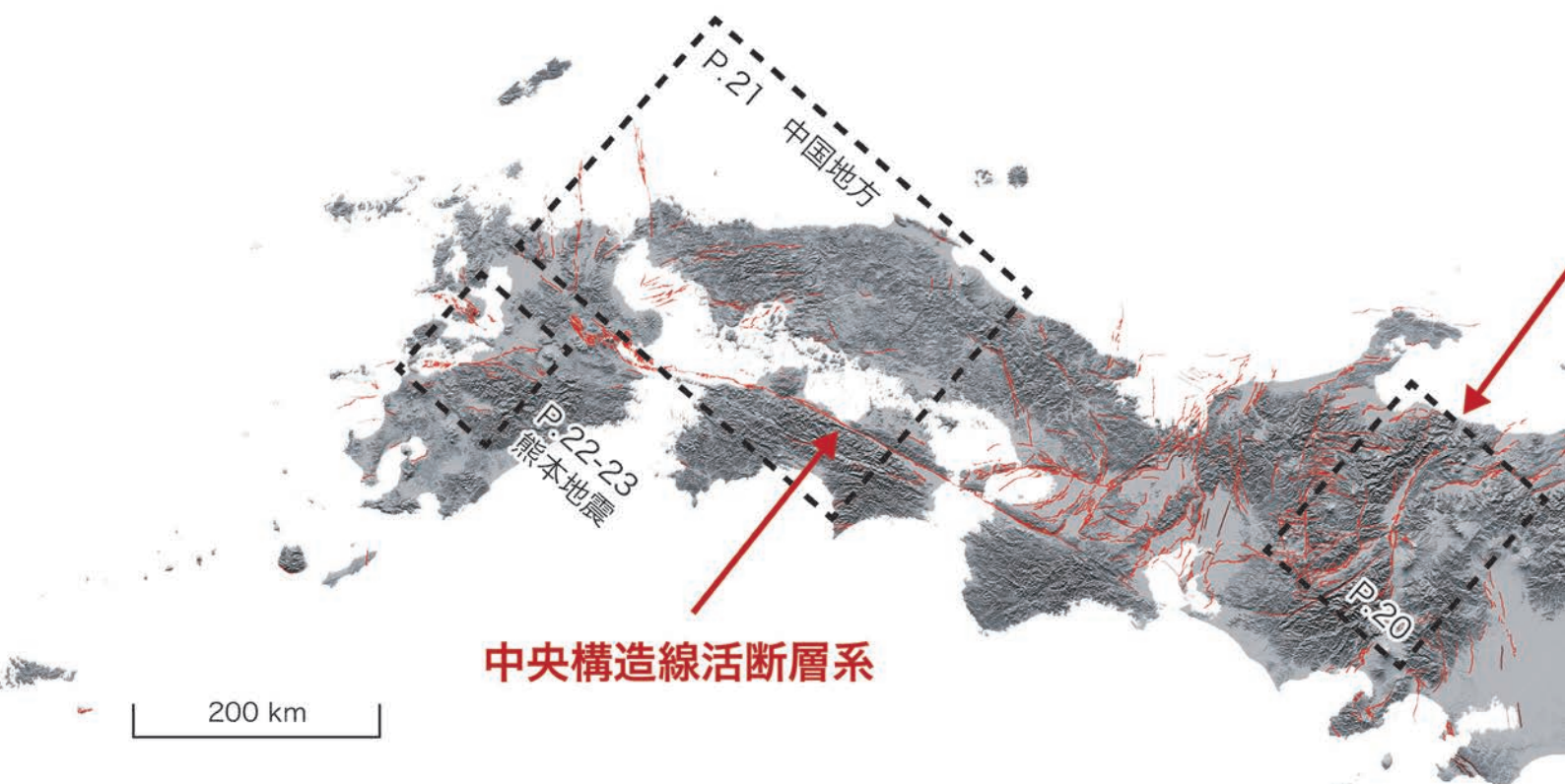


軸の方位

傾きが30度未満のもののみ描画、そのため、P軸・T軸のうち片方しか描画されない地震もあることに注意。

日本の活断層

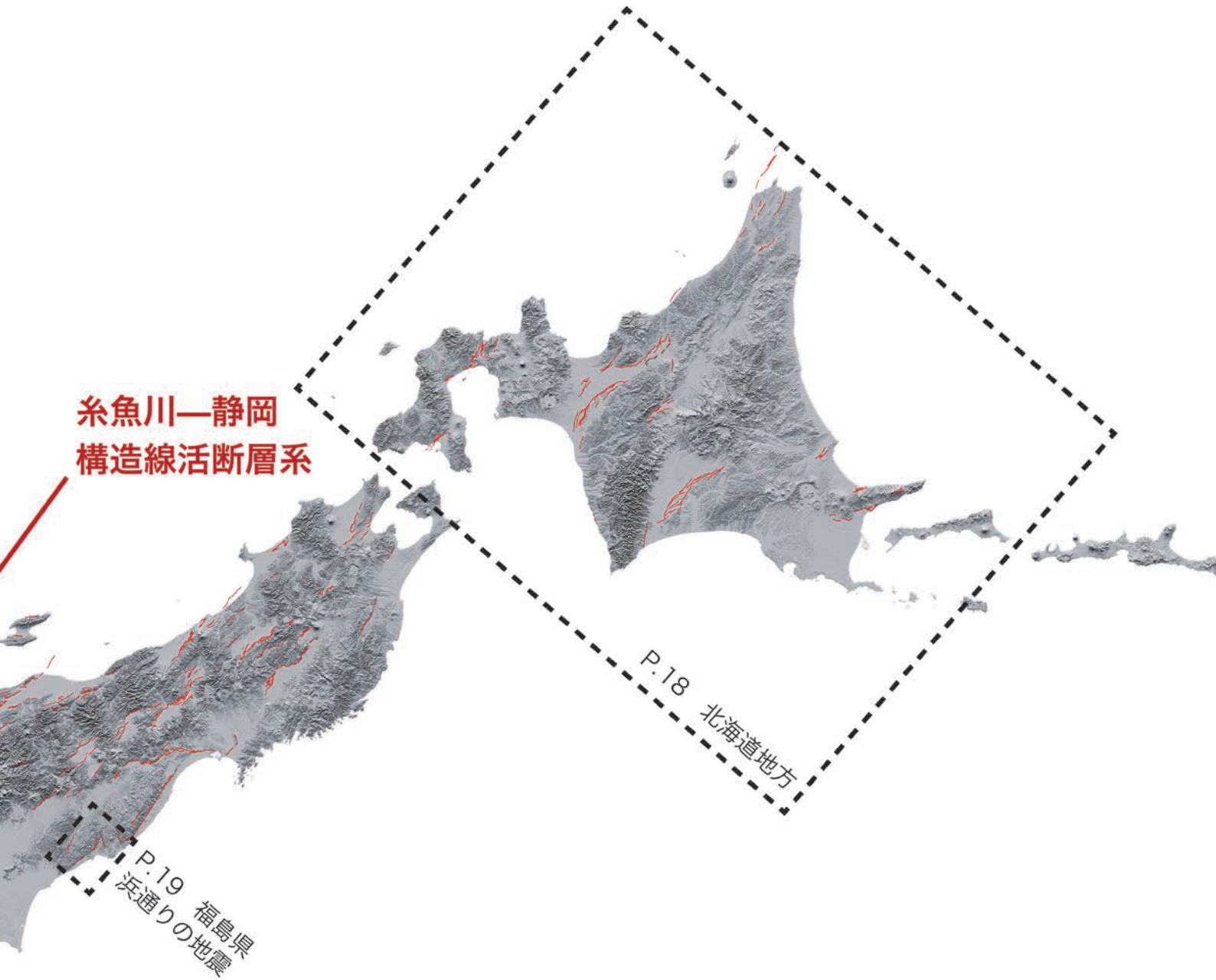
日本列島周辺には、約 2,000 もの活断層があると言われています。しかし、活断層は全国に一樣にあるわけではなく、多い地域と少ない地域があります。中部地方や近畿地方には、多くの活断層が分布しています。活断層の延びる方向（走向）に注目すると、北海道から東北地方にかけては、南北方向のものが多く、中国地方や九州地方北部では、北東—南西方向と北西—南東方向の 2 つの方向の活断層が多いことがわかります。P.12 ~ P.13 の地震のメカニズム解と比べてみると、北海道から東北地方にかけては逆断層、中国地方や九州地方北部では横ずれ断層型の地震が起こっています。



赤い線が活断層を表す（活断層データベースより）。
基図：国土地理院（地理院地図 陰影起伏図）

次に、活断層と地形の関係について見てみましょう。北海道や東北地方では、山地と盆地の境界に活断層があります。中部地方中央にある、糸魚川—静岡構造線断層帯や近畿から九州地方に至る中央構造線断層帯などは、はっきりとした線状の地形境界を形作っています。





— 活断層データベース —

活断層を知り、 内陸直下の大地震に備える

産総研は、全国の活断層に関する情報を収集し、統一した観点から活断層を区分・評価した「活断層データベース」を公開しています。

近所にどんな活断層があるのか調べたり、地震防災計画の基礎資料としたり、地震学・地質学・地震工学などの研究の足がかりにも、使い道はさまざまです。柔軟な検索システムで絞り込んだり並べ替えたりしながら、自由に検索してみてください。



<https://gbank.gsj.jp/activefault/database.html>

活断層データベース 起震断層・活動セグメント検索[GoogleMaps版]

トップ / 検索入口 / 起震断層・活動セグメント検索結果

背景の画像を地図・地形陰影図・衛星写真など9種類から選べます

条件に応じた「絞り込み検索」もできます

項目	値	絞り込み状態
<input type="checkbox"/>		完全一致
<input type="checkbox"/>	AND / OR	完全一致
<input type="checkbox"/>	AND / OR	完全一致
<input type="checkbox"/>		完全一致

Gの立川セグメントについてもっと詳しく知りたいな...

将来地震が起こったときのずれの向きや量、今後30年間の地震発生確率もわかります

応力場と活構造：地域事象例

北海道地方

—東西圧縮の逆断層—

北海道に分布する活断層の多くは、南北方向に延びる逆断層です。したがって、東西方向から押されるような力が地殻に加わっていると推定されます。ほぼ西向きに移動する太平洋プレートが、北海道の南西岸の海溝で沈み込んでいることにより、北海

道の内陸では東西方向に圧縮する力が働いていると考えられます。2018年9月6日に発生し、液状化現象や斜面崩壊などの地質災害を広域にもたらした北海道胆振東部地震（マグニチュード6.7）も、東西方向の圧縮による逆断層型の地震でした。

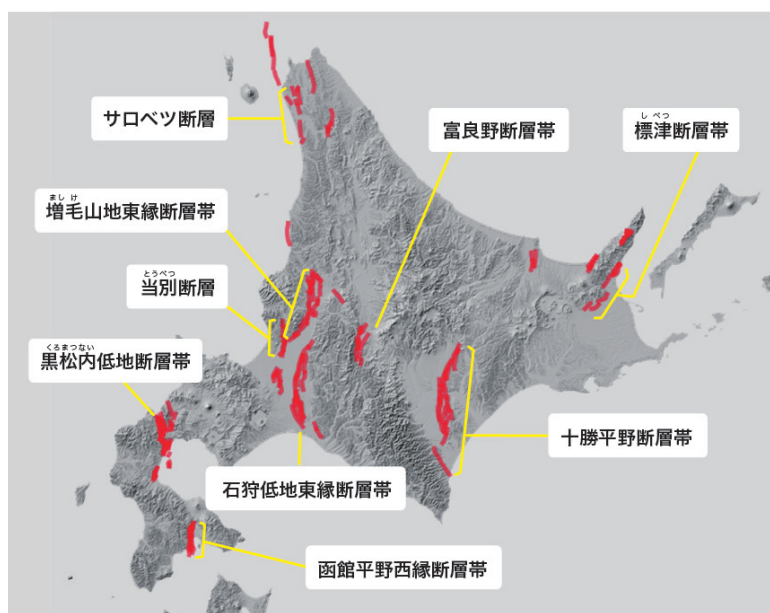


図1 北海道における活断層の分布。地図には産総研活断層データベースの検索画面を使用。基図：国土地理院（地理院地図 陰影起伏図）

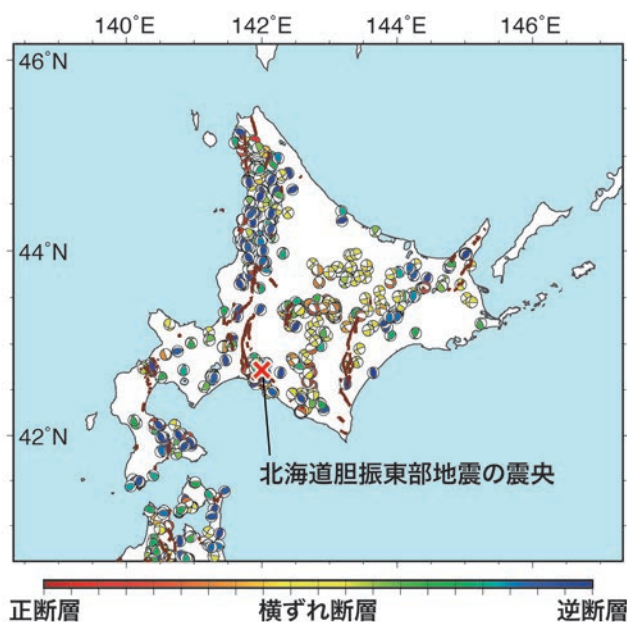


図2 北海道およびその周辺で発生した地震の震源メカニズム解。



写真1 黒松内低地断層帯のトレンチ調査で観察された断層構造と地層の変形。



写真2 十勝平野断層帯南部（光地園断層）のトレンチ調査で観察された断層構造。





応力場と活構造：地域事象例

2011年4月11日の福島県浜通りの地震

—プレート境界巨大地震に続いて起こった珍しい正断層型の内陸地震—

福島県浜通りでは、2011年4月11日にマグニチュード (M) 7.0の地震が発生しました。福島県と茨城県の県境付近では、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の直後から正断層型のメカニズム解を示す地震の活動が活発になりました。これはプレート境界巨大地震によって、この地域では東西に引っ張られる力が働いたためと考えられています。4月11日福島

県浜通りの地震とよばれるこの地震は、正断層型地震のうち最も大きな内陸地震です。北北西—南南東方向に延びる井戸沢断層と湯ノ岳断層に沿って最大2mを超える正断層による地面のずれ（地震断層）が生じました。正断層型の明瞭な地震断層は、日本の近代的な地震の調査観測が始まって以来初めて確認されました。

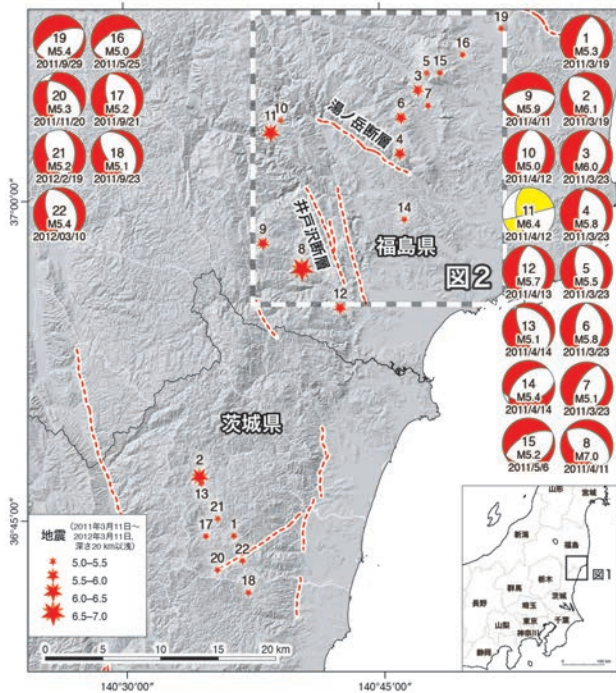


図1 3月11日東北地方太平洋沖地震から1年間に発生した M5.0以上の地震とそのメカニズム解（福島・茨城県境付近）。基図：国土地理院（地理院地図 陰影起伏図）

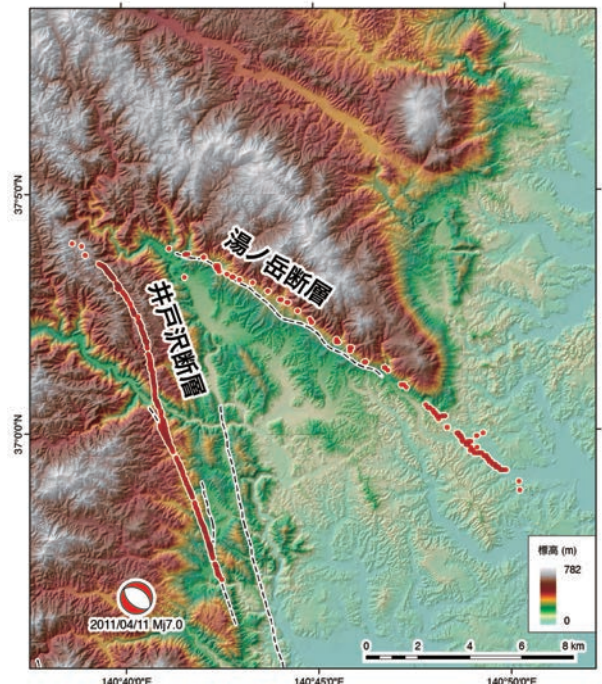


図2 地震断層（赤丸）は活断層として認定されていた井戸沢断層と湯ノ岳断層（黒破線）に沿って出現した。国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルより作成



写真1 地震断層により上下に食い違った道路（井戸沢断層）。



写真2 土地利用境界に設置された木材が引っ張られて裂けている状況から正断層とわかる（井戸沢断層）。

応力場と活構造：地域事象例

糸魚川—静岡構造線活断層系

—さまざまな“ずれ”を生じる活断層—

糸魚川—静岡構造線活断層系は、日本列島中央部を延びる、日本で2番目に長い活断層系です。その起源は、日本海が拡大していた時期（中新世）に形成された、いわゆるフォッサマグナ（日本列島を東西に分断する大きな溝）の西縁を形づくる正断層であったと考えられています。しかし、最近の応力場では主に横

ずれ断層として活動しており、局所的に逆断層や正断層も見られます。近年では、逆断層型の2014年長野県北部の地震マグニチュード（M）6.7が起こっており、現在も大地震の発生可能性が最も高い活断層系の1つと考えられています。

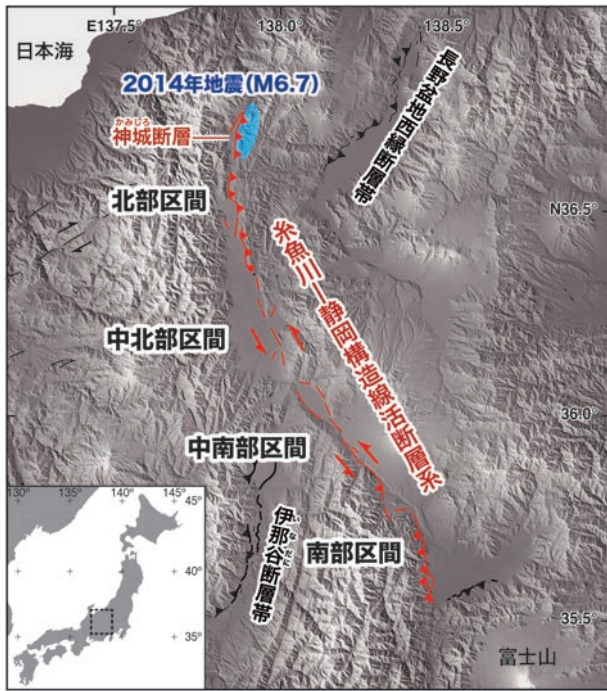


図1 糸魚川—静岡構造線活断層系は、ずれのタイプ、過去の活動時期、ずれの速さ、地下形状などをもとに、北部区間、中北部区、中南部区間、南部区間の4つに区別されている。全体が活動した場合は、M8程度の巨大地震が生じる可能性があるが、それぞれの区間が別々の大地震を起こす可能性もある。2014年の地震では北部区間の神城断層の一部だけが活動した。現在でも、近い将来に大地震が生じる恐れが指摘されている。Kondo et al. (2008) を一部改変。

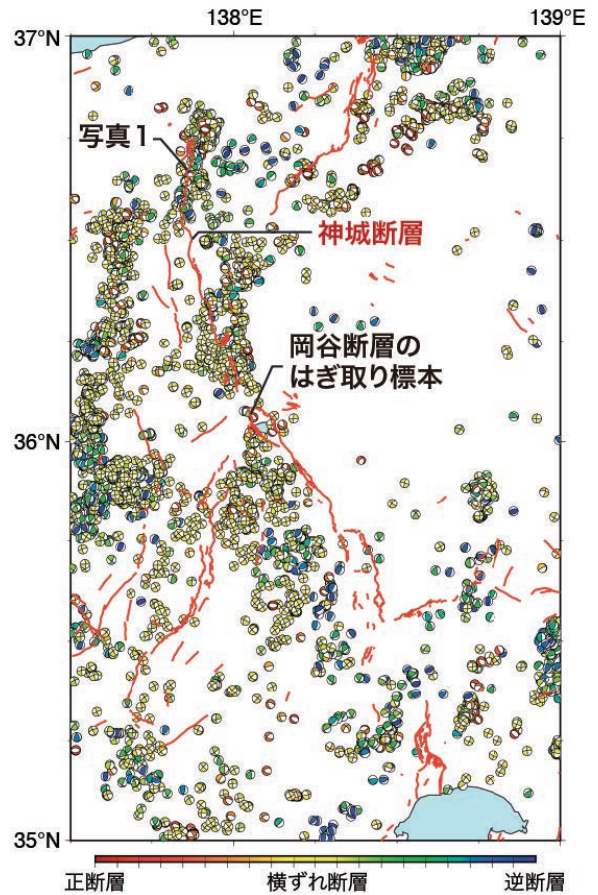


図2 中北部区間、中南部区間は横ずれ断層であり、横ずれ型の微小地震（黄色）が多く発生している。北部区間は東へ傾き下がる逆断層、南部区間は西へ傾き下がる逆断層で、逆断層型の微小地震（青色）が地下深部で生じていることがわかる。

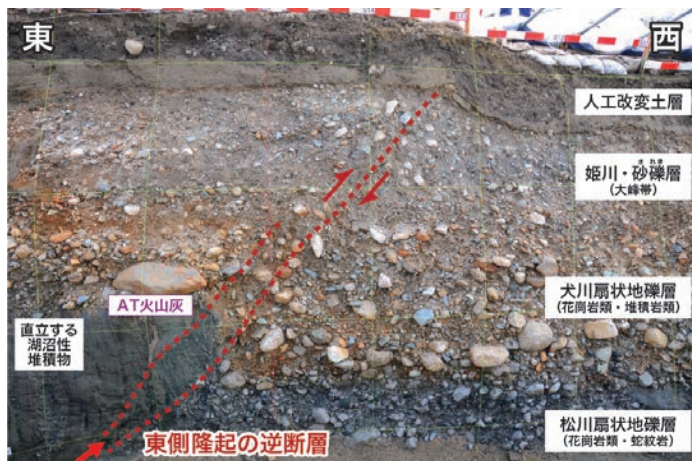


写真1 2014年地震を生じた逆断層（神城断層）のトレンチ壁面写真。ここでは地震時に0.6mの東側隆起が生じた。

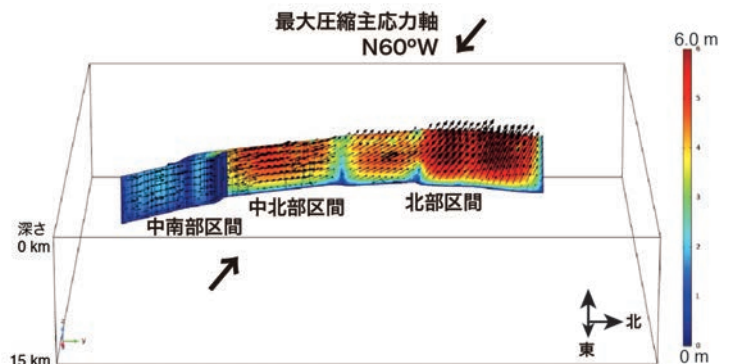


図3 現在の応力場を反映したシミュレーション結果。地下の断層面における、ずれの分布が計算された。





中国地方

—東西圧縮による共役横ずれ断層—

中国地方は、日本列島の中でも活断層が少ない地域です。この地域は、北東—南西方向と、北西—南東方向の2つの方向（共役方向）の横ずれ活断層が発達することで特徴づけられます。東西方向の押される力に対応して、北東—南西方向の断層は右

横ずれ、北西—南東方向の断層は左横ずれ断層となっています。近年の調査によって、新たに活断層と認定された断層があること、陸の活断層が海の中まで続いていること、瀬戸内海にも活断層があることなどがわかってきました。

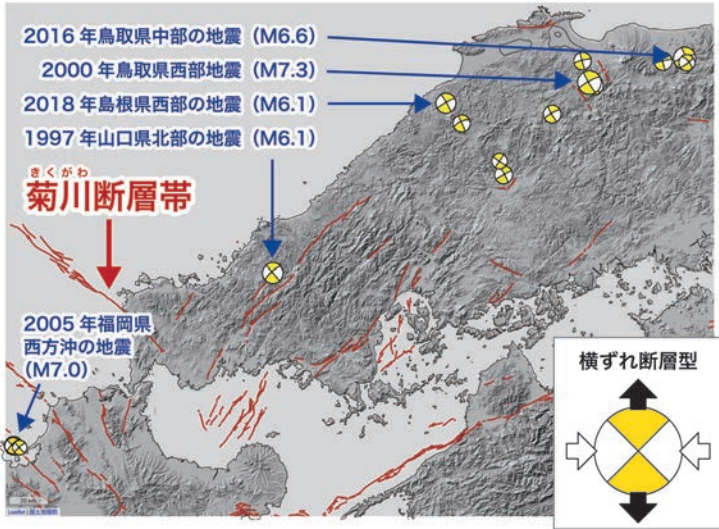


図1 東西方向の押される力を受け、共役方向の横ずれ断層が発達している。
基図：国土地理院（地理院地図 陰影起伏図）



図2 菊川断層帯の活動（＝地震）によってできた河川と尾根の左横ずれ地形。
基図は国土地理院発行の空中写真 (CCG-74-12C2A-17) を使用。

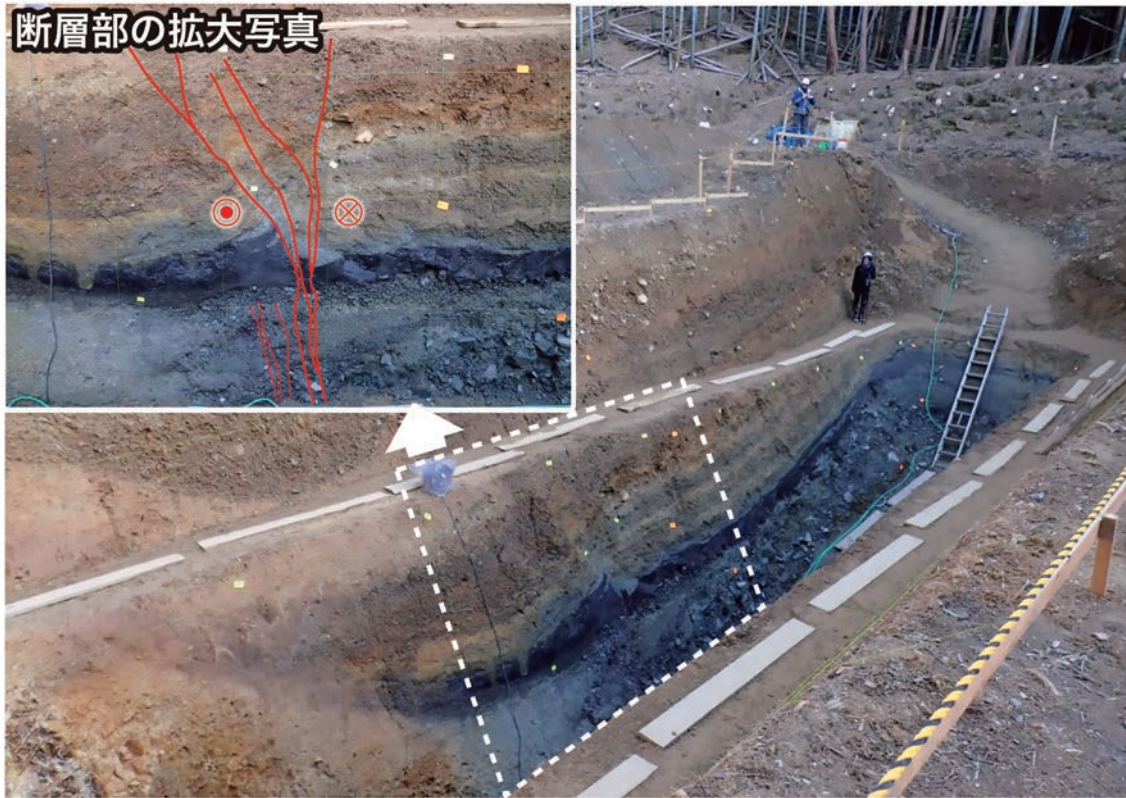


写真1 山口県下関市で掘削した菊川断層帯のトレンチの様子。黒い地層に注目すると、トレンチの中央部で、この地層が断層でずれているのがわかる。断層部の拡大写真では、断層は1枚ではなく、上に向かって分岐していることがわかる。この写真では、左横ずれ断層面を垂直断面で観察している。向かって右側が写真奥側に（⊗）、左側が写真手前側に（◎）ずれている。

2016年熊本地震

熊本県では、2016年4月14日から16日にかけてマグニチュード（M）5を超える地震が立て続けに発生しました。中でも2016年4月16日午前1時ごろに起きた地震（M 7.3）が最も大きく、熊本市の市街地から阿蘇市にかけて甚大な被害が生じました。この地震では、別府—島原地溝帯の南に延びる布田

川断層帯布田川区間と日奈久断層帯日奈久区間北部が活動しました。断層を挟んで北側が北東方向、南側が南西方向に動いた結果、断層沿いでは正断層成分を含む右横ずれ型の地表地震断層が生じ、最大約2.5 mのずれが確認されました。



図1 九州地方の主な活断層。活断層データベースの検索画面を使用。基図：国土地理院（地理院地図 陰影起伏図）

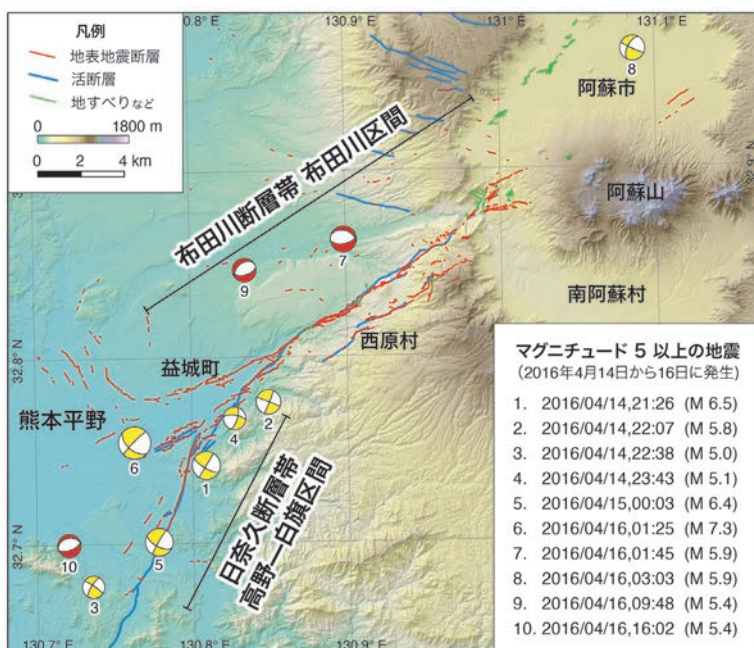


図2 熊本平野から阿蘇カルデラ周辺に発生した M 5.0 以上の地震とメカニズム解。4月16日には布田川断層（青線）沿いに地表地震断層（赤線）が出現した。国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルより作成



写真1 最大の右横ずれ変位（約 2.5 m）が確認されたましきまちどうぞの益城町堂園地区の地表地震断層。畑の畔道が屈曲（右横ずれ）している。



写真2 阿蘇カルデラ内におけるトレンチ調査の様子（沢津野トレンチ）。地面の変形以上に地層（黄色の地層）がたわんでいるので、繰り返し活動してきたことがわかる。





—2016年熊本地震に関わる活動履歴調査—

2016年熊本地震では、布田川断層帯布田川区間が主に活動しました。隣接する日奈久断層帯が連動して活動する可能性が高まったことから、地震後、主に日奈久断層帯を対象にトレンチの掘削や海上ボーリングが実施され、活動履歴の調査が行われました。

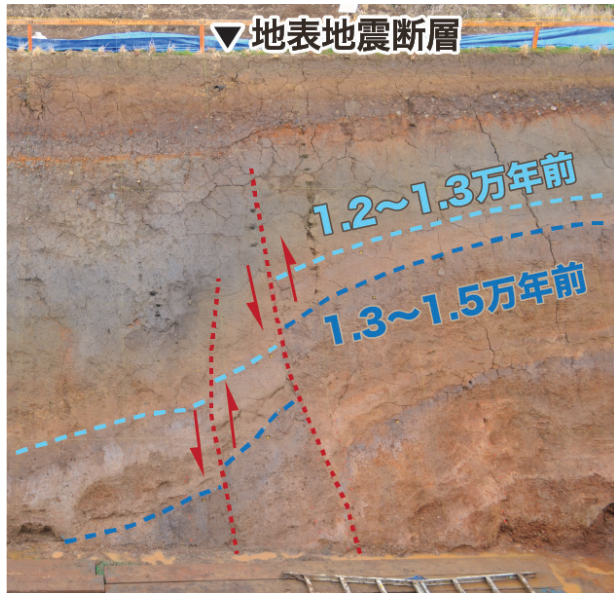


図3 山出トレンチの北壁面、赤点線が断層、断層を境に地層（例えば水色、青色の点線）が上下に食い違う。

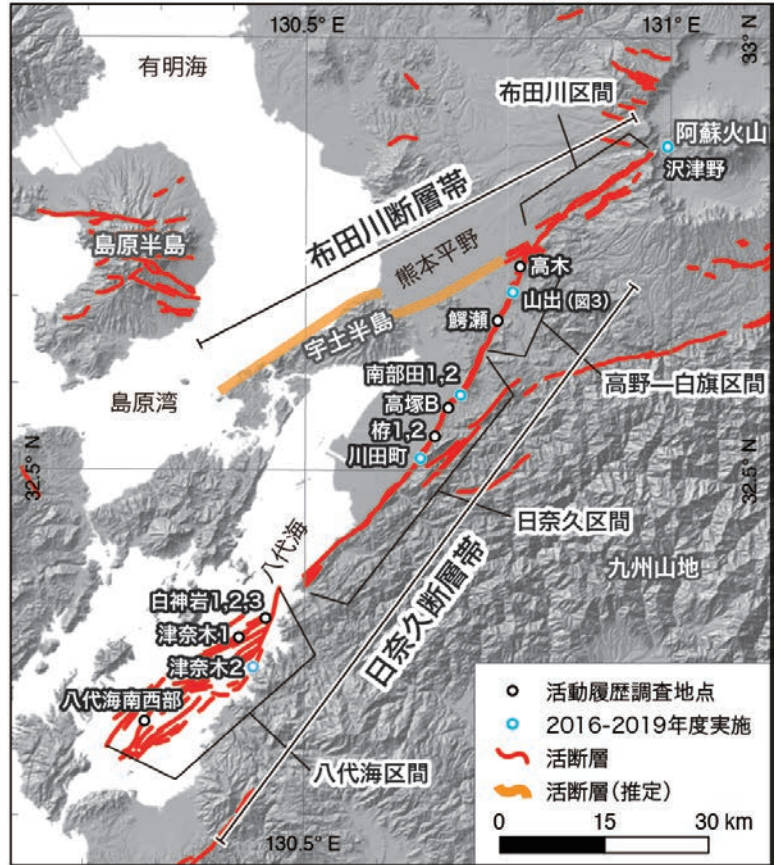


図4 日奈久断層帯沿いに行われたこれまでの活動履歴調査地点。基図：国土地理院（地理院地図 陰影起伏図）

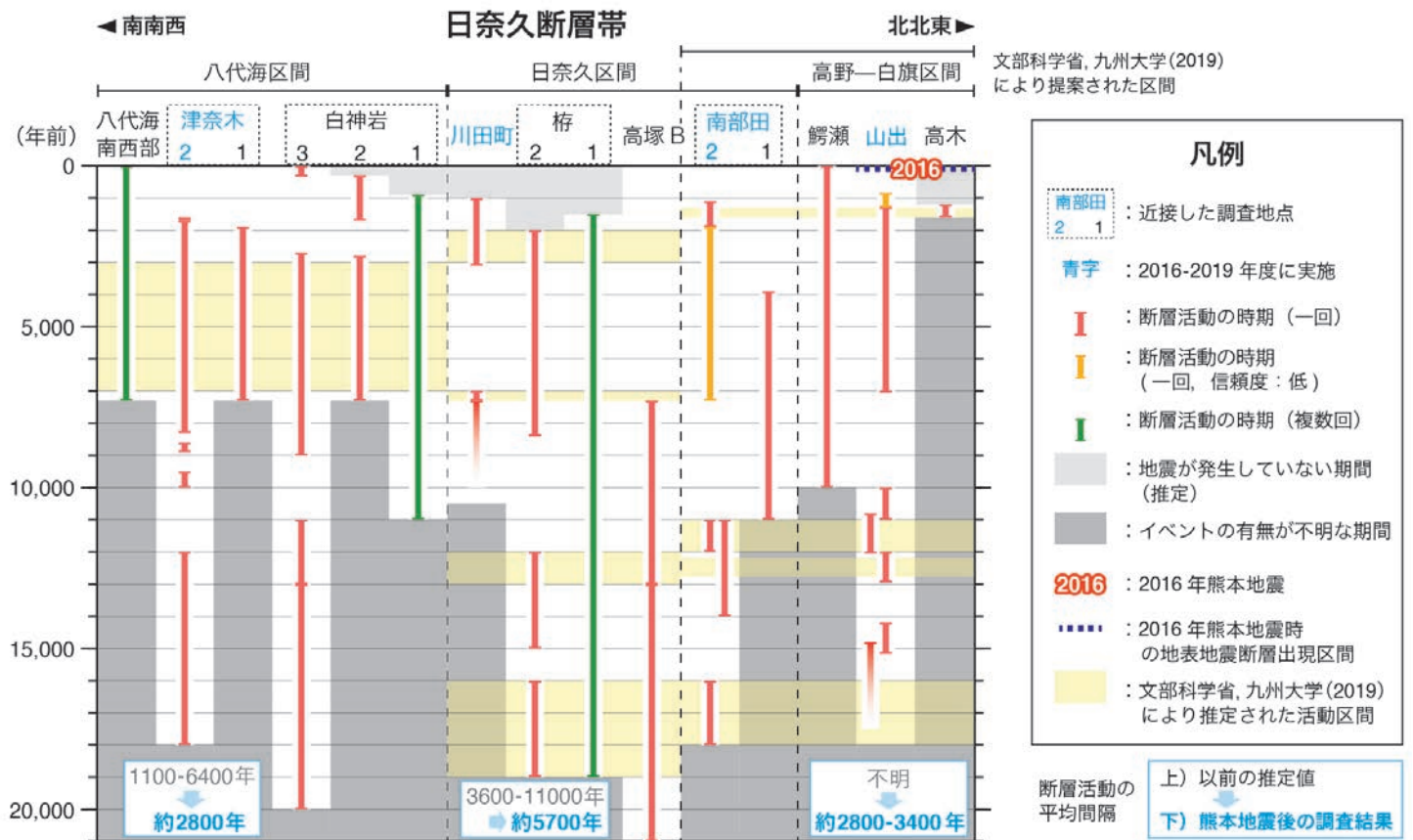
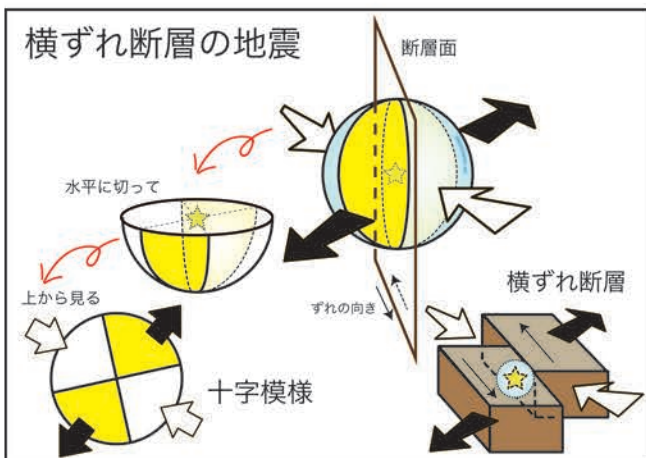
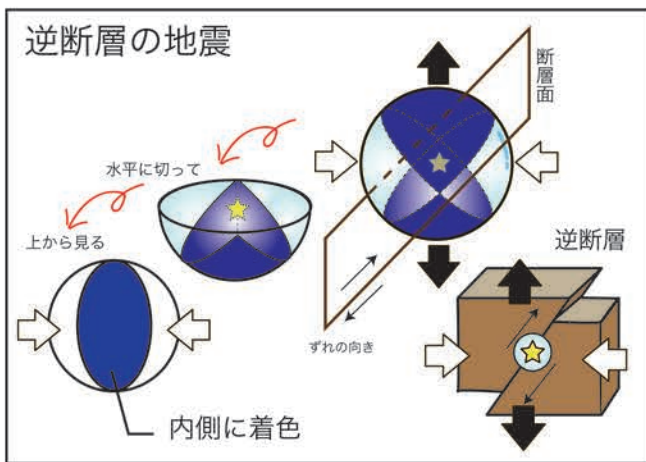
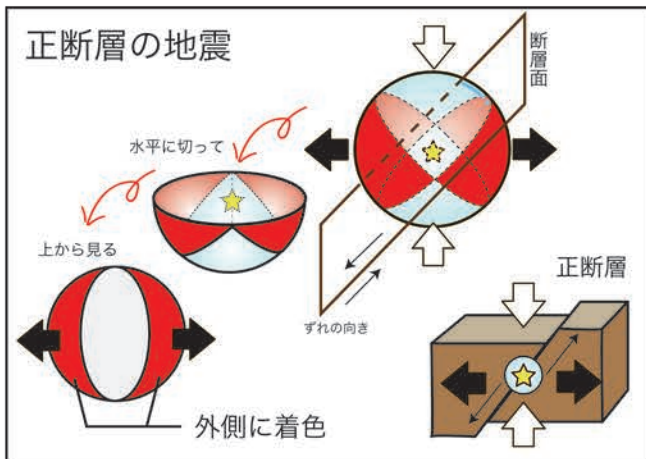


図5 活動履歴調査でわかった日奈久断層帯の過去の活動履歴。調査地点は右上の地図に示した。2016～2019年度に行われた調査によって、活動の間隔がより正確に推定された。

その3

君も★ビーチボールマスターだ!!



その2

大地の力と★ビーチボール

「地震は断層がずれる」ことで起きるんだって!

ところで!

じゃあ…

このビーチボールは地震や断層とどんな関係があるの?

じつはね!

この色の塗り方が

震源で働く力の向きを表しているんだ!

色を塗ったところは震源から外に押す力が働いていて、塗っていないところは震源に向かって引っ張られる力が働いているんだよ

引き
押し
引き
押し
引き
押し
引き
押し

豆知識：2つある色の境界面(点線)のどちらかが(時々どちらも)断層面なんだ。

みなさんの住んでいる所ではどんなタイプの地震が起きているか

日本列島ストレスマップで見よう!

ところで、地震を起こす断層には主に3つのタイプ(下の図)があるけれど

正断層
横ずれ断層
逆断層

ビーチボールはそれぞれどんなふうに見えるんだろう?

#ビーチボールの色に決まりはありませんが、ここでは赤：正断層、黄：横ずれ断層、青：逆断層に着色してあります



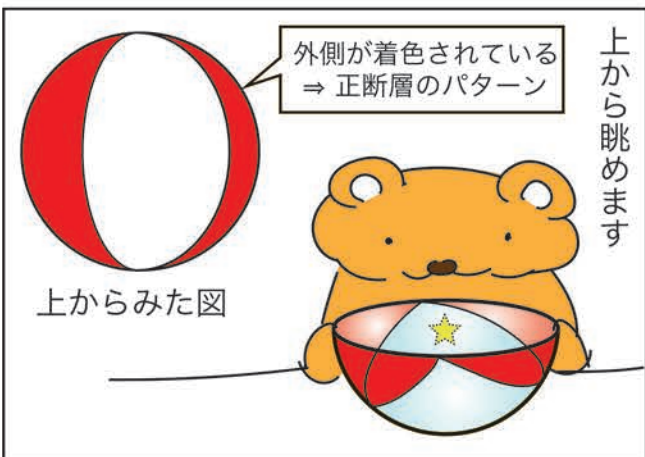
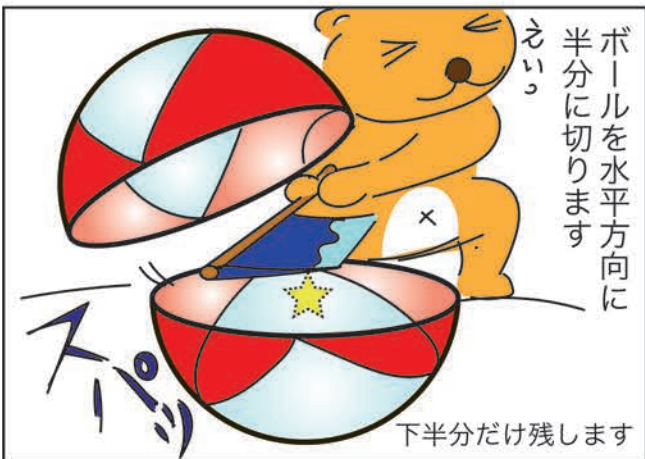
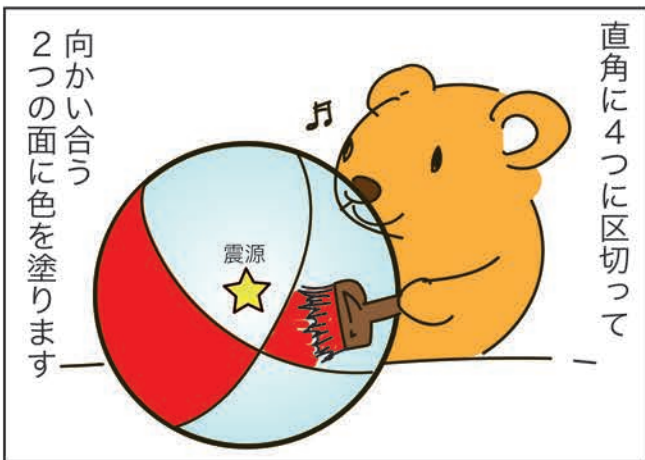
その1

震源 ★ ビーチボール

おまけまんが

かいたっ!! ビーチボール※ の 見方

(※ 震源メカニズム解)



使うのはこっち!

MT

【参考文献】

- Imanishi, K. and Uchide, T. (2017) Non-self-similar source property for microforeshocks of the 2014 Mw 6.2 Northern Nagano, central Japan, earthquake. *Geophysical Research Letters*, 44(11), 5401-5410. doi: 10.1002/2017GL073018
- 今西和俊・内出崇彦 (2020) 速度構造不均質を考慮した精密震源決定. 文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所「活断層帯から生じた連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究」令和元年度報告書, 55-75.
- Katsube, A., Kondo, H. and Kurosawa, H. (2017) Surface rupturing earthquakes repeated in the 300 years along the ISTL active fault system, central Japan. *Geophysical Research Letters*, 44(12), 6057-6064. doi:10.1002/2017GL073746.
- Kondo, H., Toda, S., Okumura, K., Takada, K. and Chiba, T. (2008) A fault scarp in an urban area identified by LiDAR survey: a case study on the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan. *Geomorphology*, 101, 731-739.
- Mousavi, S. M., Ellsworth, W. L., Zhu, W., Chuang, L. Y. and Beroza, G. C. (2020) Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking. *Nature Communications*, 11(1), 3952. doi: 10.1038/s41467-020-17591-w
- 竿本英貴 (2020) 三次元有限要素法 (FEM) による断層モデルの高度化. 文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所「活断層帯から生じた連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究」令和元年度報告書, 76-97.
- Shiina, T., Nakajima, J. and Matsuzawa, T. (2013) Seismic evidence for high pore pressures in the oceanic crust: Implications for fluid-related embrittlement. *Geophysical Research Letters*, 40(10), 2006-2010. doi: 10.1002/grl.50468
- Uchide, T. (2020) Focal mechanisms of small earthquakes beneath the Japanese islands based on first-motion polarities picked using deep learning. *Geophysical Journal International*, 223, 1658-1671. doi: 10.1093/gji/ggaa401





【データソース】

気象庁一元化処理検測値
地震調査研究推進本部

【写真・資料提供】

東京大学地震研究所
産総研 デジタルアーキテクチャ研究センター

【編集】

内出崇彦	地質調査総合センター	活断層・火山研究部門
宮下由香里	地質調査総合センター	活断層・火山研究部門
高橋美紀	地質調査総合センター	活断層・火山研究部門
澁谷 史	地質調査総合センター	地質情報基盤センター
森田澄人	地質調査総合センター	地質情報基盤センター

【デザイン・レイアウト】

都井美穂 地質調査総合センター 地質情報基盤センター

【発行】

2021年4月27日

【発行元】

国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター
〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第7 <https://www.gsj.jp>

