

日本内陸部のストレスマップをオンライン公開 —内陸部で発生しやすい・誘発されやすい 地震断層の特徴を解明—

内出 崇彦¹⁾・椎名 高裕¹⁾・今西 和俊¹⁾

本稿は 2022 年 6 月 14 日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2022/pr20220614_2/pr20220614_2.html) を転載したものです。

ポイント

- 膨大な微小地震データの AI 処理から断層の特徴を分析し、日本列島にかかるストレスの向きを推定
- 日本各地で起きやすい内陸地震を類型化
- 内陸直下型地震の被害予測に必要な想定地震のモデル化に貢献

概要

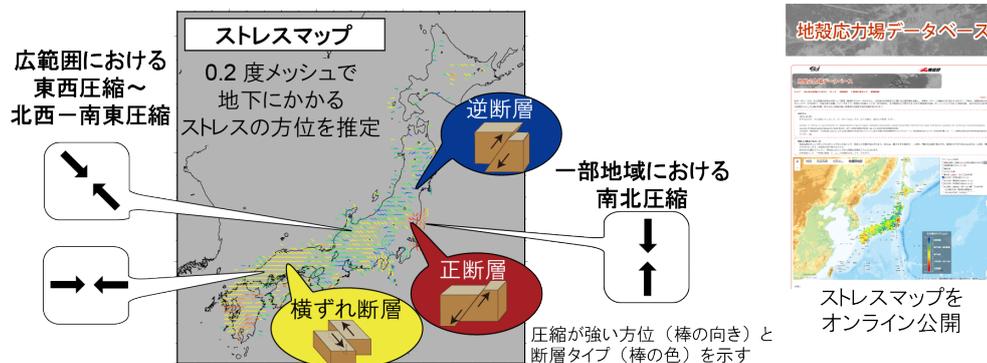
国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下「産総研」という)活断層・火山研究部門地震テクトニクス研究グループ内出崇彦上級主任研究員、椎名高裕研究員、今西和俊副研究部門長は、日本列島内陸部にかかるストレスの向きについて、日本列島規模の大局的な傾向から約 20 km 規模(マグニチュード 7 クラスの断層長に相当)の地域的な特徴まで知ることができるストレスマップを作成した(第 1 図)。

このストレスマップの作成を可能にしたのが、AI を活用した地震波形ビッグデータ処理による 21 万件余りに及ぶ微小地震の震源メカニズム解の解析である。ストレスは地震発生のもとの原動力となることから、このストレスマップは、地表の痕跡が不明瞭で活断層の存在が知られていない場所

でも、どのようなタイプの地震が発生し得るかがわかる。巨大地震による誘発地震の発生可能性の評価にも有用である。なお、この成果の詳細は 2022 年 6 月 14 日に米国の学術誌「Journal of Geophysical Research Solid Earth」にオンライン掲載された。このストレスマップは、2022 年 6 月 17 日から地殻応力場データベース(<https://gbank.gsj.jp/crstress/>)で閲覧することができる。

研究の社会的背景

大地震に対する国・自治体の防災計画は、地震発生と被害の予測に基づいて立てられている。地震発生は、主に、過去に発生した地震の履歴に基づいて、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を統計的手法により予測している。予測精度の向上のためには、断層の形状や摩擦のほか、地震の原動力であるストレスを組み込んだ物理モデルで評価する必要がある。ストレスを調べる方法の一つに、実際に発生した地震の震源メカニズム解を利用するものがある。データ解析に多くの時間を要するため、これまでは地域を限定したストレスマップが作られることが多かった。日本全国のストレスを解析する場合は、地震が少ない地域では精度の高い推定ができないという問題があった。



第 1 図 日本内陸部のストレスマップで見るストレス方位の傾向

1) 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

キーワード：地震、地殻応力場、震源メカニズム解、深層学習

研究の経緯

産総研では古地震調査、室内実験、地球物理観測などを融合させた新しい活断層評価手法の開発に取り組んでいる。その一環として、地震の原動力であるストレス情報の整備を進めてきた。マグニチュード3以下の微小地震がどこでも日常的に比較的多く発生している。そこで、微小地震を解析することで、地域版ストレスマップを整備してきた。関東地方および中国地方のストレスマップは地殻応力場データベースおよび地質図 Navi (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>) で公開している。

さらに深層学習を活用して微小地震の震源メカニズム解を大量に求める手法を開発したことで、一気に日本全国のストレスマップを作る道筋がついた。処理を自動化することで、解析対象の地域を広げたり、地震発生の期間を延ばしたりしてデータが増加しても、容易に解析できるようになった。

研究の内容

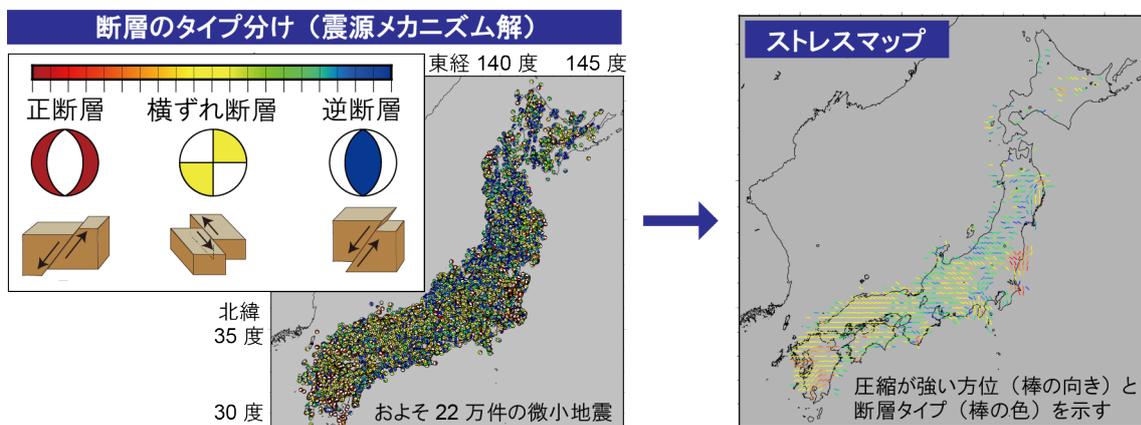
内陸および沿岸海域の下、深さ 20 km 未満で 2003 年～2020 年に発生した微小地震(マグニチュード 0.5～3.0)について、国内に整備されている基盤的地震観測網で記録された 400 万本余りの地震波形から P 波初動極性を深層学習により読み取り、それに基づいて、21 万件余りの地震の震源メカニズム解を精度よく求めた。得られた震源メカニズム解を用いてストレスインバージョン解析を行い、緯度・経度共に 0.2 度(約 20 km)刻みの範囲でストレス分布を得た(第 2 図)。深層学習による自動処理ができるようになったので、従来だと処理できないほど数多くの地震データを

利用することで、日本列島を網羅するストレスマップが完成した。

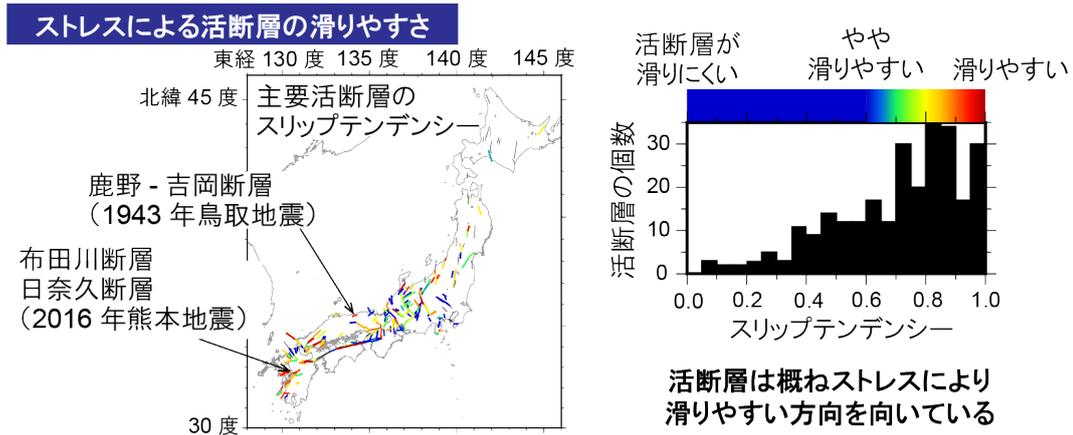
得られたストレスマップにより、滑りやすい断層を類型化することができた。大別すると、中国地方より西側と中部地方の大部分では横ずれ断層型、近畿地方と東北地方の大部分では逆断層型の地震が起りやすい。九州地方や関東・東北地方の太平洋側の一部地域では、正断層型の地震が起りやすい。それ以外に、地域によっては異なるタイプの地震が起っている。政府の地震調査研究推進本部が基盤的な調査対象として選定している 114 の主要活断層帯に着目すると、2016 年熊本地震を起こした布田川断層と日奈久断層、1943 年鳥取地震を起こした鹿野 - 吉岡断層など、多くの活断層が現在のストレスで動きやすい方向を向いていることもわかった(第 3 図)。このストレスマップは、地表の痕跡が不明瞭で活断層の存在が知られていない場所でも、どのようなタイプの地震が発生し得るかわかり、想定地震のモデル化に利用されることが期待される。また、1944 年東南海地震、1946 年南海地震、2011 年東北地方太平洋沖地震のような海溝型巨大地震が発生すると、内陸部にも急激にストレスがかかり、直下型の地震が誘発されることがある。その誘発されやすさは、元々かかっていたストレスと急激にかかるストレスの方向がよく一致しているかどうかが大きく関わる。現在、南海トラフや千島海溝沿いの巨大地震の切迫性が高まっているが、そのような地震が発生した後の直下型の地震活動を評価する上でも、今回作成したストレスマップは有用となる。

今後の予定

ストレスマップの範囲を海域や 20 km 以深に拡大し、海



第 2 図 微小地震の断層タイプに基づくストレスマップの作成



第3図 ストレスによる主要活断層帯の滑りやすさ(スリップテンデンス)

溝型地震や首都圏直下のやや深い地震の評価にも活用できるように発展させる。

論文情報

掲載誌：Journal of Geophysical Research Solid Earth

巻・論文番号：Volume 127, e2022JB024036

論文タイトル：Stress map of Japan: Detailed nationwide crustal stress field inferred from focal mechanism solutions of numerous microearthquakes

著者：Takahiko Uchide, Takahiro Shiina, Kazutoshi Imanishi

DOI：10.1029/2022JB024036

用語の説明

◆ストレス

物体の内部に働く力のこと。応力とも呼ばれる。プレート運動や過去の地震の発生、火山活動などといった様々な地球内部の活動によって、地球の内部はストレスを受けている。ストレスはこれらの活動を調べるための手掛かりである。

◆震源メカニズム解・P波初動極性

震源メカニズム解は地震を特徴づける指標の一つで、断層面と断層滑りの方向に対応する。P波による震動の初めが上方または下方のどちらに動いたかを表す「P波初動極性」を多数の地点で調べることで、震源メカニズム解を決定することができる。

◆基盤的地震観測網

日本の研究機関や大学により運営されている地震計のネットワーク。各機関で得られたデータを一元的に収集

し、インターネット等で公開している。今回はそのうち、国立研究開発法人防災科学技術研究所が管理する高感度地震観測網(Hi-net)と、気象庁と産総研が管理する観測点のデータを使用した。

◆ストレスインバージョン解析

多数の震源メカニズム解によく合うストレスを推定するデータ解析。圧縮するストレスが最も大きい方向を求めることができる。

◆横ずれ断層・逆断層・正断層

断層は滑り方によって、これら3つのタイプに大別される。断層滑りによって、周辺の岩盤が伸びる方向(黒矢印)と縮む方向(白矢印)があり、これらがストレスを知るための手掛かりになる。

◆スリップテンデンス

ストレスによる断層の滑りやすさを示す指標の一つ。本研究で計算したスリップテンデンスは、ストレスが断層を滑らせやすい方向を向いているかどうかを示している。この場合、すぐに地震が起きやすいかどうかという発生時期を示しているわけではない。

文献

内出崇彦・椎名高裕・今西和俊(2022)日本全国内陸部の地殻内応力マップと微小地震の発震機構解のデジタルデータ。地質調査総合センター研究資料集, no. 738, 産総研地質調査総合センター, 6p.

UCHIDE Takahiko, SHIINA Takahiro and IMANISHI Kazutoshi (2023) Stress map of Japan available online - For assessment of future inland earthquakes and understanding of seismotectonics -.

(受付：2022年11月21日)