

# 地殻内応力マップ on 地質図 Navi

内藤 一樹<sup>1)</sup>・中井 未里<sup>2)</sup>・今西 和俊<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

日常生活を送る上で意識することはほとんど無いと思いますが、私たちの足下は四方八方から力がかかり圧縮された世界です。通勤ラッシュの満員電車の中でぎゅうぎゅう押されているような状態を想像してみてください。このような地下の岩盤にかかる力のことを地殻内応力と呼んでいます。地殻内応力は地質学や地震学のみならず、土木・地盤工学、資源・エネルギー分野等においても非常に重要です(山路, 2000; Zang and Stephansson, 2010; Zoback, 2007)。例えば地震学分野においては、応力は地震の駆動力そのものであり、将来発生する地震の最大規模や発生様式の評価、さらには切迫性を数値シミュレーションにより予測するための基礎情報として使われています(例え

ば, Ando *et al.*, 2017; Ohtani and Imanishi, 2019)。しかし現状では情報が不十分な地域も多く、その整備が急務の課題となっています。このような背景から、産業技術総合研究所地質調査総合センター(以下, GSJ)では、主に微小地震の分析から日本列島全域における高分解能な地殻内応力マップ(以下応力マップ)の作成に取り組んでおり(今西, 2014)、得られた結果は地殻応力場データベース(中井, 2007) (<https://gbank.gsj.jp/crstress/>)で公開してきました(第1図)。

この情報を専門家のみならず一般の方にも見ていただき、さらに地質図など各種の地質情報と組み合わせることでいろいろな面からの検討も行いやすくすることを考え、地質図 Navi(内藤, 2014) (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>)に応力マップのデータを追加し、7月16日に公開しまし



第1図 地殻応力場データベース：直線は10 km メッシュ内の水平最大主応力 (SHmax) の向きを表し、色は応力場を示す。  
<https://gbank.gsj.jp/crstress/> より

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター  
 2) 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：地殻内応力, 地質図 Navi

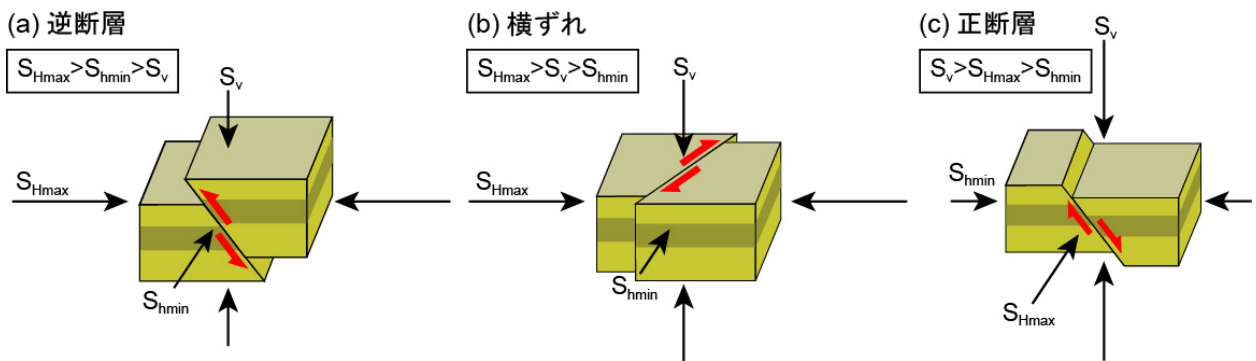
た。地質図NaviはGSJがこれまで整備してきた数多くの地質図を表示するとともに、活断層や第四紀火山、地球化学図などの地質情報を地質図と合わせて表示することが可能なオンラインビューアです。PCのみならずスマートフォンでも軽快に操作することができ、当初は専門家の利用を想定していましたが、一般の方にも広く利用されるようになりました。本稿では応力マップの見方も含めて紹介します。

## 2. 地殻内応力マップ on 地質図 Navi

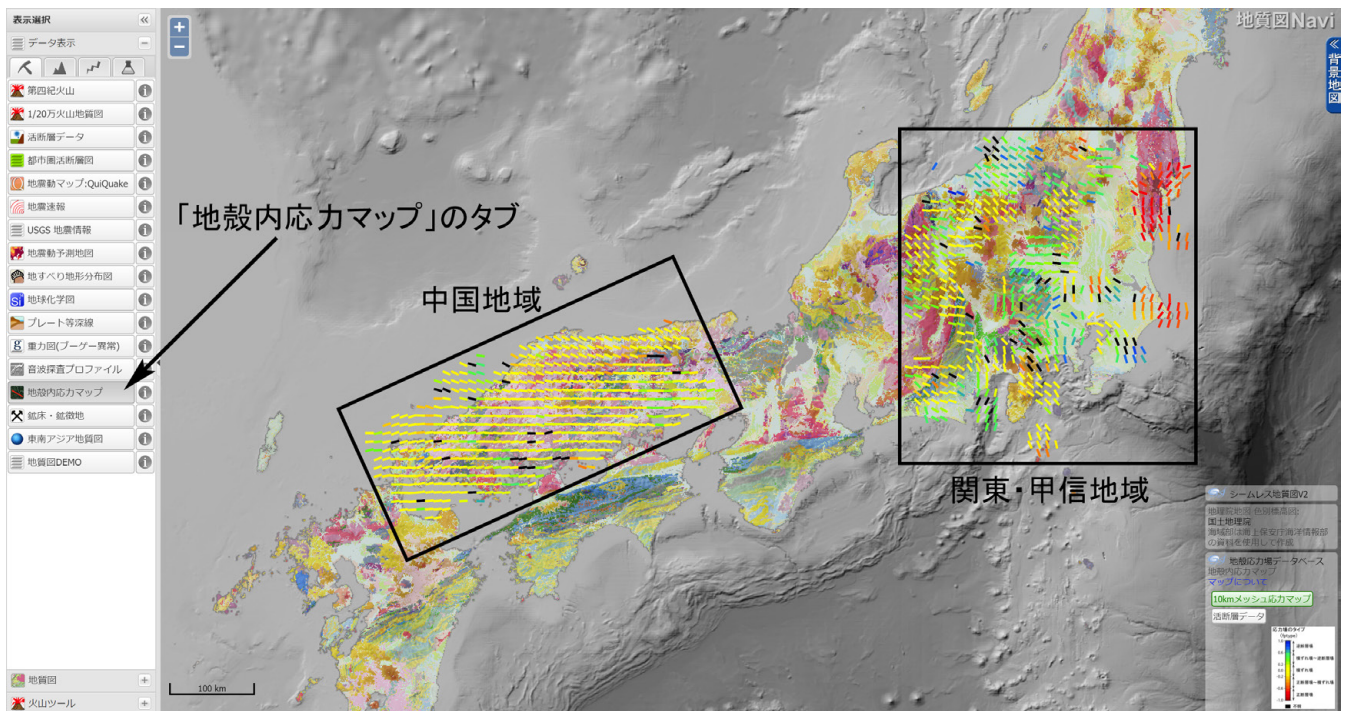
地殻応力は近似的に水平2成分、鉛直1成分の3成分で表現され、これらを主応力といいます。基本的な応力場の3つのタイプ(逆断層、横ずれ、正断層)は、主応力の3成

分の大小関係に因ります(第2図)。全ての情報を平面上に表示するのは難しいため、通常は水平面に作用する2つの主応力のうち、絶対値の大きい方の方位(第2図の $S_{Hmax}$ )と応力場のタイプの2つの情報を表示することが多いです。地殻応力場データベースでは、この表示方法で応力方位が示されています(第1図)。同データベースでは、この他にもいろいろな地殻応力に関する情報が公開されていますので、地殻応力について詳細に知りたい方は、是非ご利用になってください。

この度、地質図 Navi のメイン画面メニューバーの「データ表示」「地質」のタブに、「地殻内応力マップ」が新たに加わりました。このタブをクリックしていただくと、第3図のように応力マップが表示されます。現在、関東・甲信地



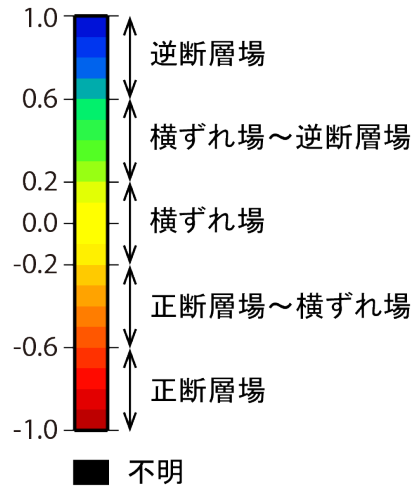
第2図 逆断層場、横ずれ場、正断層場と主応力の大小関係。 $S_v$ は鉛直方向の主応力、 $S_{Hmax}$ と $S_{hmin}$ は水平方向の主応力を示す。ここで水平方向の主応力のうち、値が大きい方( $S_{Hmax}$ )を最大水平圧縮応力と呼ぶ。



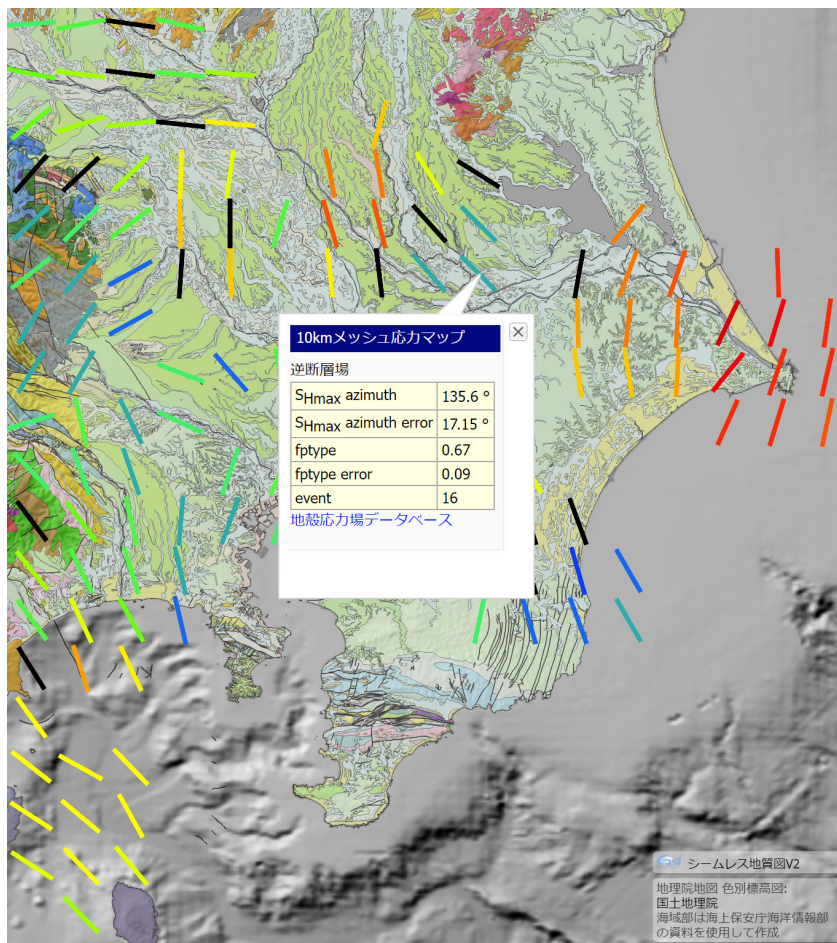
第3図 地質図 Navi 上での応力マップの表示例。日本列島の背景は20万分の1日本シームレス地質図 V2 (<https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html> 2021年7月29日参照)。

域(今西ほか, 2019)と中国地域(今西ほか, 2021)の2地域の10 km メッシュの応力マップをご覧いただけます。ここで示しているのは、概ね深さ20 km までの平均的な応力と考えてください。色の付いた直線マーカーは、メッシュ毎の応力情報を示します。直線マーカーの向きは $S_{Hmax}$ 方位を示しており、色は応力場のタイプを示しています。空白のメッシュは、データが不足して応力情報が得られなかった領域です。第4図に応力場のタイプの凡例を示します。逆断層は青色、横ずれは黄色、正断層は赤色です。実際には逆断層と横ずれが共存する場、横ずれと正断層が共存する場もあるため、それらを表現できるようにグラデーション表示にしています。定量的には、応力測定から $fptype$  (Shearer *et al.*, 2006) という-1から1の間の値を取る数値を計算しています。応力マップでの応力情報の表示では、この数値を用い、 $fptype$ が-1.0~-0.6の時に正断層場、-0.6~-0.2の時に正断層と横ずれが共存する応力場、-0.2~0.2の時に横ずれ場、0.2~0.6の時に横ずれと逆断層が共存する応力場、そして0.6~1.0の時に逆断層場と応力場のタイプを表示します。第5図は

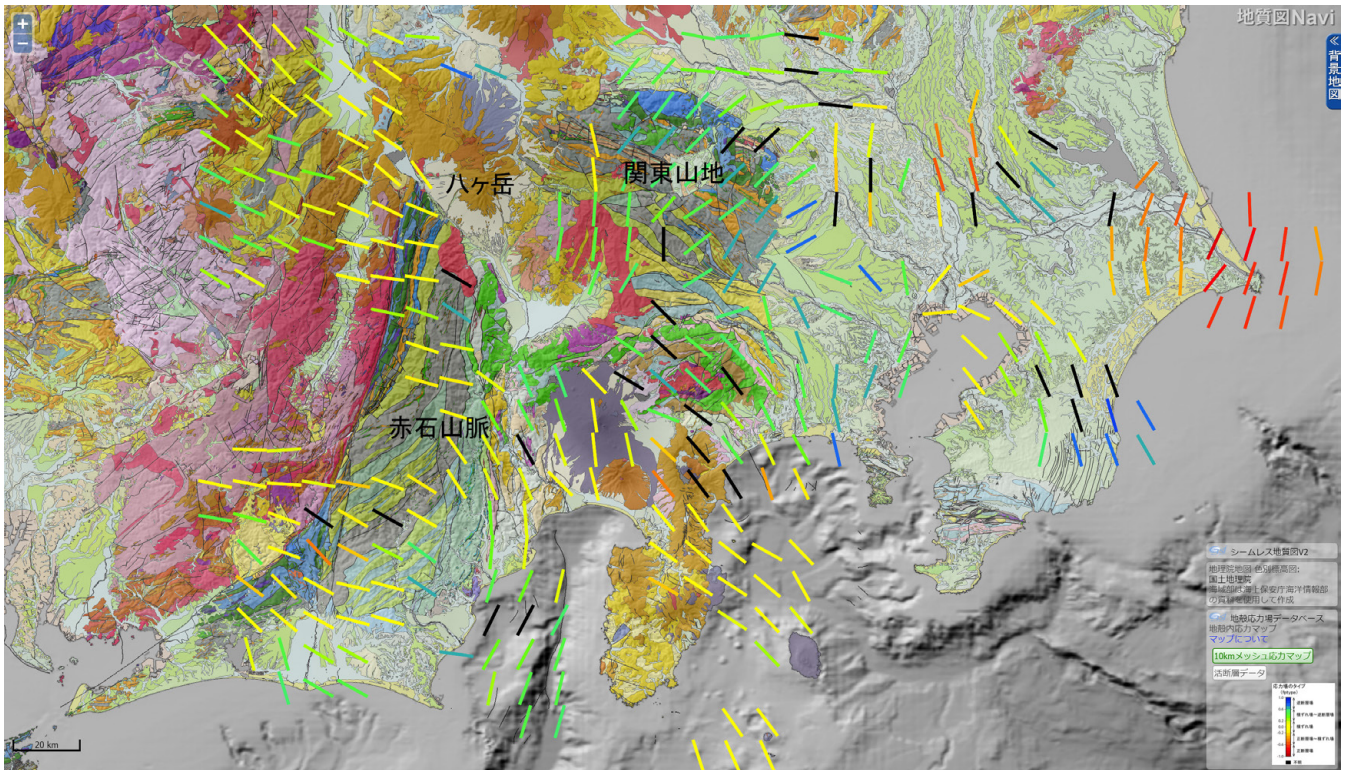
### 応力場のタイプ ( $fptype$ )



第4図 応力場のタイプの凡例。応力場のタイプが決められなかった場合、黒色で表示。



第5図 マーカーのクリックで表示される応力場の表示例。日本列島の背景は20万分の1日本シームレス地質図V2 (<https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html> 2021年7月29日参照)。



第6図 地質構造と応力マップ。日本列島の背景は20万分の1日本シームレス地質図V2 (<https://gbank.gsj.jp/seamless/v2.html> 2021年7月29日参照)。

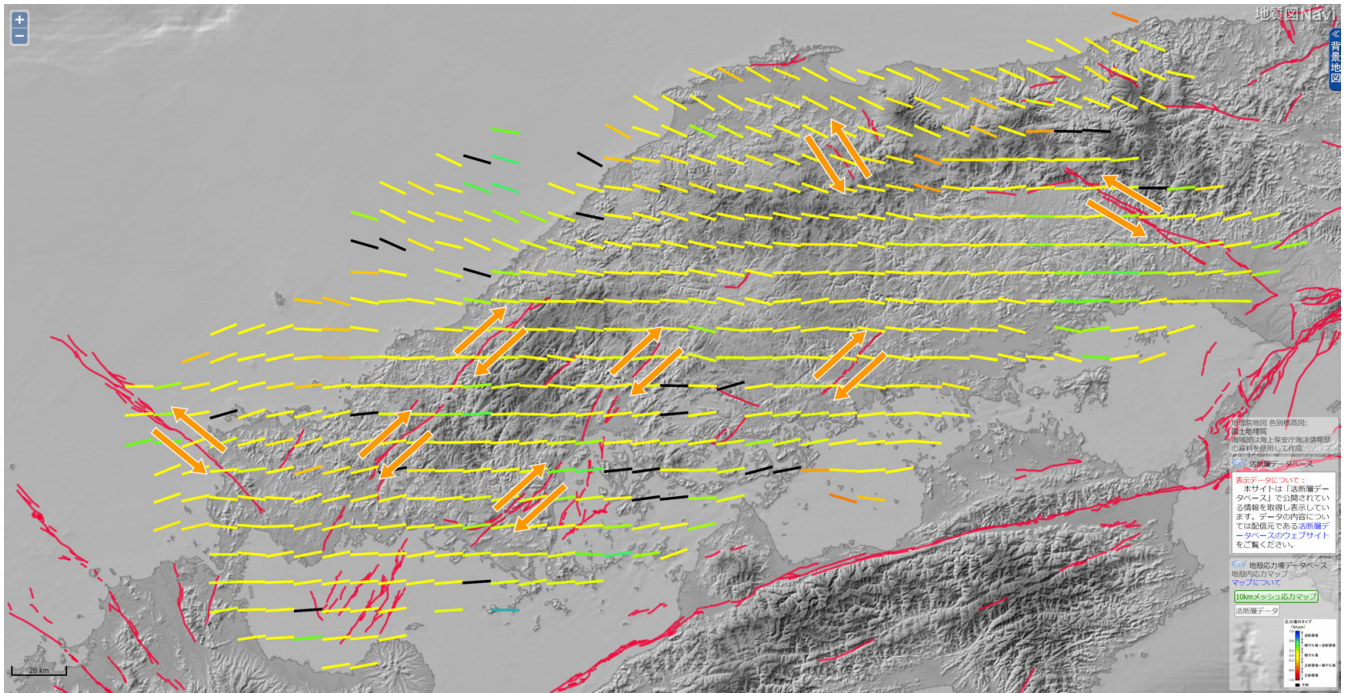
第3図の一部分を拡大したのですが、ここに表示されている任意の直線マーカーをクリックしていただくと、吹き出しに応力場の詳細が表示されます。表の上に応力場のタイプが書かれており、この事例では逆断層場であるとわかります。表は上から順番に、 $S_{Hmax}$  の方位角、 $S_{Hmax}$  の方位角の誤差、 $f_{type}$ 、 $f_{type}$  の誤差、応力場を求めた際のデータ数(地震の個数)の情報が書かれています。以下では地質図 Navi と応力マップから読み取れる特徴の一部を紹介します。

まず第3図を再度ご覧ください。概観すると、中国地域は東西方向の  $S_{Hmax}$  を持つ横ずれ場が卓越していることがわかります。一方、関東・甲信地域は様々な  $S_{Hmax}$  方位を持ち、応力場のタイプも横ずれから逆断層、さらには正断層まで存在し、非常に複雑な様相を示します。これは東側から太平洋プレートが、南側からフィリピン海プレートが沈み込むとともに、伊豆-小笠原弧が陸に衝突するという世界的に見ても非常に複雑なテクトニクス場に位置していることが一因です。

次に地質構造との関係を見てみましょう。第6図に甲信地域を拡大して示します。この地域には先新第三系(約2500万年以前に形成された地層)が広く分布しており、地

質構造は八ヶ岳付近を頂点に北に凸の八の字に屈曲し、赤石山脈付近では北東-南西に、関東山地では東南東-西北西方向に配列しています。このような地質構造は新第三紀以降の伊豆-小笠原弧の衝突によるものと考えられていますが、応力方位と重ねてみることにより、長い年月をかけて形成された地質構造のダイナミックな動きが見えてきます。

第7図は中国地域の応力マップと活断層データベース(<https://gbank.gsj.jp/activefault/>)の活断層線を重ねたものです。中国地域の活断層は、ほとんどが横ずれを主体とする鉛直の断層です(地震調査研究推進本部 地震調査委員会, 2016)。活断層周辺の  $S_{Hmax}$  の方位と断層の走向との幾何学的な関係から、北北西-南南東もしくは北西-南東に延びる活断層は左横ずれとして、東西もしくは北東-南西に延びる活断層は右横ずれとして動くことが直感的にわかれると思います。実際にこの運動方向は、活断層調査から明らかになっている運動センスと調和的です。このように応力情報の利用が容易になることで、専門家でなくてもどのような地震が起こりえるのか理解することが可能になります。地域防災や教育現場などでの活用にも繋がることを期待しています。



第7図 中国地域の活断層分布と応力マップ。活断層(赤線)は活断層データベース(<https://gbank.gsj.jp/activefault/> 2021年7月29日参照)による。代表的な場所のみであるが、応力マップから期待される活断層の運動センスをオレンジ色の矢印で表示している。

### 3. おわりに

本稿では、応力マップを地質図 Navi に載せることにより地質構造や活断層分布と重ねて、そこから読み取れる事例を紹介しました。地質図 Navi ではその他にも地形や第四紀火山の分布、地下構造を反映している重力図などと重ねることができます。その場の様々な地質情報と重ねて応力マップを見ることで、新しい発見に出会えるかもしれません。ぜひ一度、地質図 Navi で様々な地質情報とともに応力マップをご覧ください。最後に、現時点では関東・甲信地域と中国地域の応力マップしか表示できませんが、現在、最新の計算技術を導入しながら、日本列島全域の応力マップの完成に向け加速化を進めています(Uchide, 2020)。応力マップの今後の発展にもご期待ください。

### 文献

Ando, R., Imanishi, K., Panayotopoulos, Y. and Kobayashi, T. (2017) Dynamic rupture propagation on geometrically complex fault with along-strike variation of fault maturity: insights from the 2014 Northern Nagano earthquake. *Earth, Planets and Space*, **69**, 130.

今西和俊 (2014) 地震テクトニクス研究グループの研究紹介. GSJ 地質ニュース, **3**, 100-101.

今西和俊・内出崇彦・大谷真紀子・松下レイケン・中井未里 (2019) 関東地域の地殻内応力マップの作成. 地質調査研究報告, **70**, 273-298.

今西和俊・内出崇彦・椎名高裕・松下レイケン・中井未里 (2021) 中国地域の地殻内応力マップの作成. 地質調査研究報告, **72**, 23-40.

地震調査研究推進本部 地震調査委員会 (2016) 中国地域の活断層の長期評価(第一版). [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/16jul\\_chi\\_chugoku/chu\\_honbun.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/16jul_chi_chugoku/chu_honbun.pdf). (閲覧日: 2021年7月21日)

内藤一樹 (2014) 地質図 Navi. GSJ 地質ニュース, **3**, 83-86.

中井未里 (2007) 地殻応力場データベース 検索機能と地図描画機能を充実させたデータベース. 産総研 TODAY, **7**, 28.

Ohtani, M. and Imanishi, K. (2019) Seismic potential around the 2018 Hokkaido Eastern Iwate earthquake assessed considering the viscoelastic relaxation. *Earth, Planets and Space*, **71**, 57.

Shearer, P. M., Prieto, G. A. and Hauksson, E. (2006) Comprehensive analysis of earthquake source spectra in southern California. *Journal of Geophysical Research*, **111**, B06303.

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.

山路 敦 (2000) 理論テクトニクス入門 構造地質学からのアプローチ. 朝倉書店, 東京, 287p.

Zang, A. and Stephansson, O. (2010) *Stress field of the Earth's crust*. Springer, Netherlands, 322p.

Zoback, M. D. (2007) *Reservoir Geomechanics*. Cambridge University Press, Cambridge, 449p.

---

NAITO Kazuki, NAKAI Misato and IMANISHI Kazutoshi (2022) Crustal stress map on GeomapNavi.

---

(受付：2021 年 8 月 2 日)