

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K03801

研究課題名(和文) 日本列島域の三次元絶対応力場の推定

研究課題名(英文) Estimating the 3-D tectonic stress fields in and around the Japanese Islands

研究代表者

寺川 寿子 (Terakawa, Toshiko)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：30451826

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：実効摩擦係数 μ' をパラメータとした絶対応力6成分のモデリングを通じて、2016年熊本地震による弾性歪エネルギーの変化量 (dE) と地震前後の応力変化を評価し、熊本地震発生前の背景応力場の偏差応力レベルを調べた。エネルギーバランスを考慮すると、 dE は放射エネルギーより大きい必要がある。また、本震による理論的な応力の向きの変化のパターンは、震源断層のごく近傍においてパラメータ依存性がみられる。そこで本震後の応力の向きを余震のメカニズム解を用いて評価した。これらの結果、この地域の地殻の実効摩擦係数は、従来の研究で見積もられてきた値 ($\mu' < 0.1$) よりも有意に大きい可能性があることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地震は地下に蓄えられた応力を断層運動により解放する物理過程であり、応力状態を把握することは地震の発生を理解するうえで重要である。しかし、応力は、直接測定することの難しい物理量であり、震源域の応力レベルに関しては統一的な見解が得られていない。本研究は、2016年熊本地震震源域を対象に、独自の視点により応力場を実効摩擦係数をパラメータとしてモデル化し、本震前後の様々な物理量の変化のモデル依存性と、観測データから得られる情報を手掛かりに、地震発生域の応力状態を推定することに成功した。推定した実効摩擦係数の値は、従来考えられてきたものより有意に大きいことが分かり、大きな進展をもたらした。

研究成果の概要(英文)：We investigated the deviatoric stress magnitude of background stress fields before the 2016 Kumamoto earthquake sequence in Japan, based on the temporal changes in elastic strain energies caused by the mainshock (dE) and the coseismic stress rotation. We modelled six components of background stress fields from stress orientation together with the effective friction coefficients ($\mu' = 0.3, 0.15, 0.1, 0.05, 0.03$), using the 3-D Mohr diagram. By combining coseismic stress changes fields with them, we also computed the absolute stress fields after the largest foreshock and the mainshock of the sequence. Considering the energy balance, dE must be larger than the radiated energy. We also examined the compatibility of the focal mechanisms of aftershocks with the stress fields after the mainshock. We concluded that that the effective friction coefficient in the crust is much larger than that estimated in previous studies ($\mu' < 0.1$).

研究分野：地震学

キーワード：地震 応力場 弾性歪エネルギー 応力インバージョン

1. 研究開始当初の背景

応力は地震の発生を理解するうえで最も重要な物理量である。しかし、地震発生領域で応力を測定することは難しく、その実態はよくわかっていない。応力は2階の実対象テンソルで、6つの独立な成分を持つ。このうち、主応力軸の向きと主応力の相対比 R で特徴づけられる規格化偏差応力テンソル（応力の向き）は4つの自由度を持ち、これは地震データによる応力インバージョンで推定可能な量である。残りの2つの自由度のうち、等方応力は、概ね岩石の自重による等方的な圧力とみなしてよい。したがって、偏差応力の大きさを推定することが本質的な課題となる。偏差応力の大きさを含む応力6成分は、慣例的に「絶対応力場」と呼ばれ、その現実的な値の推定は長い間多くの研究者の興味の対象になってきた。

絶対応力場の推定法として、大地震前後の応力の向きの時間変化に基づく方法 (e.g., Hardebeck and Hauksson, 2001; Wesson & Boyd, 2007) や、大地震の動的破壊過程を再現するという拘束条件に基づく方法がある (e.g., Urata et al., 2017)。これらの方法に加えて、本研究開始当初、我々は大地震による弾性歪エネルギーの変化に基づく新しい推定法を提案し、1992年ランダース地震震源域の絶対応力場を推定した (Terakawa and Hauksson, 2018)。この研究では、地殻の絶対応力場は岩石の標準状態にあり、偏差応力の大きさは従来考えられてきた値より有意に大きい可能性があることを示した。また、当時、2016年熊本地震の発生を受けて、この地震の震源域の絶対応力場を推定する研究も活発に行われ始めていた。

2. 研究の目的

本研究では、「地震時には断層に働く剪断応力は強度と一致する」という考えの下、未知の量である偏差応力の大きさをパラメータで表現し、応力インバージョンとクーロンの破壊規準を組み合わせて、地震データから合理的に3次元絶対応力場をモデル化する方法を開発すると共に、この手法を実際の地震データに適用し、大地震発生域の絶対応力場を推定することを最終目的とした。申請時の計画では、2011年東北地方太平洋沖地震（2011年東北沖地震）及び2016年熊本地震震源域を対象地域とする予定であったが、沈み込み型プレート境界で発生した東北沖地震の震源域の取り扱いが難しかったことから、熊本地震震源域を主な対象領域とするに至った。

また、申請時の計画では、主に、大地震前後の3次元の応力の向きの変化を推定誤差と共に評価し、観測でとらえられた応力の向きの変化と比較することで、現実的な絶対応力場を推定する予定であった。しかし、その後の研究展開により、大地震前後の弾性歪エネルギーの変化に偏差応力の大きさの情報が含まれることが明らかになり、この物理量にも着目して、新たな視点で絶対応力場を推定することを目指した。

3. 研究の方法

熊本地震震源域では、地震による応力の向きの変化、動的破壊過程の再現性、剪断歪エネルギーの変化に基づき、偏差応力レベルが議論されているが、統一的な見解が得られていない (e.g., Yoshida et al., 2016; Mitsuoka et al., 2020; Urata et al., 2017; Noda et al., 2020)。本研究では、2016年熊本地震震源域を対象に、現実的な絶対応力場を考察するために、まず、地震データの情報を利用して3次元絶対応力場をモデル化する方法を構築した。この応力場に基づき、大地震前後の様々な物理量の変化とパラメータの関係を明らかにし、観測データから捉えられた物理量の変化を説明する最適なパラメータを推定することを通じて、現実的な絶対応力場を推定することを目指した (Terakawa et al., submitted)。以下に、具体的な項目について説明する。図1～5はすべて Terakawa et al. (submitted)より引用した。

(1) 絶対応力場のモデル化について

既に述べたように、絶対応力6成分のうち応力の向きは4自由度分の情報を持ち、これは応力インバージョン法で推定できる。また、等方応力は、基本的に岩石の自重による等方的な圧力と仮定してよい。従って、残りの成分である偏差応力の大きさをパラメータとすれば、絶対応力6成分を表現することが可能となる。地震のすべりは、断層面の剪断応力が強度に達したときにはじまる。このことから、本研究では、クーロンの破壊規準を導入し、破壊規準を特徴づけるパラメータを利用して、偏差応力の大きさをパラメータで表現する方法をとった。一般に、クーロンの破壊規準は、摩擦係数 μ と間隙流体圧 P_f で特徴づけられる。

$$\tau_s = \mu(\sigma_n - P_f) = \mu'\sigma_n \quad (1)$$

ここで σ_n は断層面に働く法線応力である。1970年代に精力的に行われた岩石摩擦実験では、わずかな例外を除いて、岩石の摩擦係数 μ は 0.6 程度の値を持つことがわかっている。そこで、

我々の先行研究 (Terakawa and Hauksson, 2018) では、 間隙流体圧 P_f を独自の無次元のパラメータ C (P_f の静水圧からのずれを静岩圧と静水圧の差で規格化したもの) で表現し、 C をパラメータとして絶対応力場をモデル化した。しかし、独自のパラメータでは意味が伝わりにくいため、本研究では、より一般的な物理量である実効摩擦係数 μ' ($\mu' = \mu(1 - P_f/\sigma_n)$) を用いてモデル化することとした。これらの準備の下で、 応力の向き、対象領域の静岩圧、実効摩擦係数 μ' の情報から、 3次元モール円を用いて絶対応力場を合理的にモデル化した。本研究と先行研究 (Terakawa and Hauksson, 2018) で偏差応力に関するパラメータの取り方に違いはあるが、地震データとモール円を用いたモデル化の考え方は共通である (図1)。

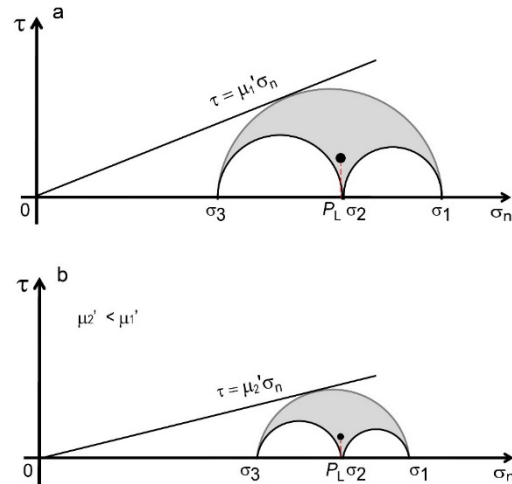


図1：モール円を用いた絶対応力場のモデル化。実効摩擦 μ' が (a) μ_1' および (b) μ_2' の絶対応力状態 ($\mu_1' > \mu_2'$)。図中の σ_1 , σ_2 , σ_3 は主応力で、モール円の形は応力の向きで決まる。また、図中の●は、水平面の応力状態を表し、モール円内の●の位置は応力の向きで決まり、偏差応力の大きさには無関係である。この●の法線応力を静岩圧とすると、モール円の横軸の位置を固定できる。偏差応力の大きさは実効摩擦係数 μ' で支配され、モール円の半径を拘束する。

(2) 熊本地震震源域の3次元絶対応力場のモデル化

2016年熊本地震に関連する地震活動は、2016年4月14日のMw6.1の地震(最大前震)から始まり、4月16日に本震が発生した。地震が引き起こした応力場の変化は、地震の滑り分布と弾性体の応力応答関数を用いて計算することができる。そこで、本研究では、まず、2016年熊本地震発生前の絶対応力場(背景応力場)を(1)の方法でモデル化した。熊本地震前の応力の向きの情報は、1996年1月~2016年4月13日までに発生した地震のメカニズム解(Matsumoto et al., 2018; NIED F-net モーメントテンソルカタログ)から、CMTデータインバージョン法(Terakawa and Matsu'ura, 2008)により推定されており(Nakagomi et al., 2021)、この情報を用いた。また、岩石密度を 2700 kg/m^3 、重力加速度を 9.8 m/s^2 とし、静岩圧を計算した。これらの情報を基に、偏差応力の大きさに関する実効摩擦係数 μ' を 0.3, 0.15, 0.1, 0.05, 0.03 と5ケース設定し、3次元絶対応力場を計算した(図2, 3)。 $\mu' = 0.3$ は、岩石の標準状態(摩擦係数 0.6, 間隙流体圧は静水圧)に対応する。また、 $\mu' = 0.03$ は、応力インバージョン法でとらえた地震前後の応力の向きの変化に基づいて推定された偏差応力レベルに対応する(Yoshida et al., 2016; Mitsuoka et al., 2020)。

次に、熊本地震の最大前震及び本震の滑り分布(Asano and Iwata, 2016)に基づき、これらの地震時応力変化を計算し(Fukahata and Matsu'ura, 2005)、背景応力場に重ね合わせ、最大前震直後及び本震直後の絶対応力場を計算した。熊本地震前後で絶対応力6成分が得られるので、地震前後の様々な物理量の変化とパラメータの関係を評価することが可能となった。本研究では、本震による弾性歪エネルギーの変化と本震による応力の向きの変化に着目し、現実的な実効摩擦係数を介して偏差応力レベルを考察した。

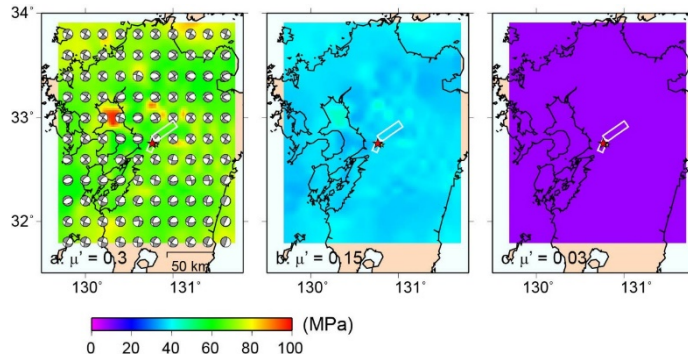


図 2：熊本地震震源周辺域の背景応力場（深さ 10 km）. (a) $\mu' = 0.3$, (b) $\mu' = 0.15$, (c) $\mu' = 0.03$. 応力の向きは下半球投影の震源球で表しており、節面は最大剪断応力面、滑り方向は最大剪断応力の向きに対応する。カラースケールは偏差応力の大きさを表す。

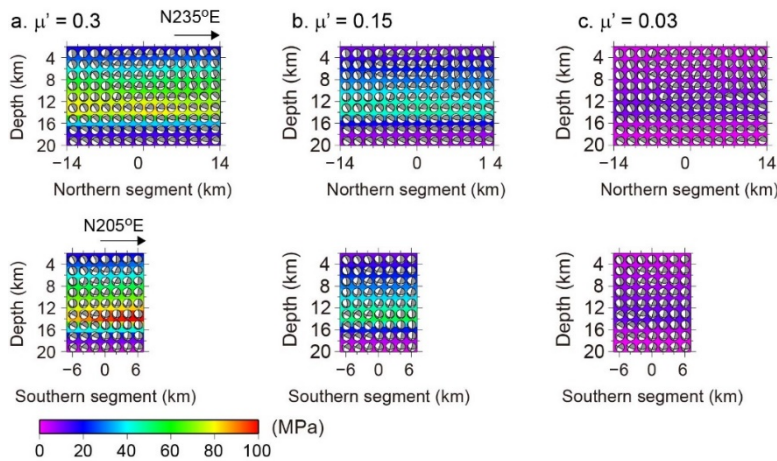


図 3：熊本地震震源周辺域の背景応力場（本震の震源断層面）. (a) $\mu' = 0.3$, (b) $\mu' = 0.15$, (c) $\mu' = 0.03$. 上段は布田川断層、下段は日奈久断層の応力状態を表す。応力の向きは面の裏側に投影した震源球で表しており、節面は最大剪断応力面、滑り方向は最大剪断応力の向きに対応する。カラースケールは図 2 と同様である。15 km 以深は脆性塑性遷移領域に設定されており、深さ 20 km で実効摩擦係数が 0 になっている。

4. 研究成果

弾性歪エネルギー密度は応力テンソルとひずみテンソルの内積の半分で定義され、等方線形弾性体を仮定すると応力テンソルで表現することができる (Matsu'ura et al., 2019). 本研究では、最大前震直後の絶対応力場と本震直後の絶対応力場を比較し、本震の引き起こした弾性歪エネルギーの変化 ΔE を計算した (Terakawa et al., submitted). $\mu' = 0.3, 0.15, 0.1, 0.05, 0.03$ のとき、 ΔE は、それぞれ $-4.03E+16, -2.03E+16, -1.26E+16, -4.37E+15, -9.28E+14$ となった。弾性歪エネルギーの変化量は剪断歪エネルギーの変化と体積歪エネルギーの変化に分解され、前者は偏差応力の大きさに依存する。一般的に、 μ' が大きいほど負の値が大きくなり、これは地震によって効率的にエネルギーが解放されることを示す。一方、後者は μ' に依らない量である。

地震によって解放された弾性歪エネルギー ΔE は、断層のなす仕事と地震波の放射エネルギー E_R として消費される。 ΔE は直接観測できない量であるが、その一部は放射エネルギーとして観測できる。エネルギーバランスを考慮すると、少なくとも放射エネルギー分の弾性歪エネルギーが解放される必要がある。熊本地震の放射エネルギー E_R は、地震波の解析から $2.09E+15$ (Kanamori et al., 2020)、動的破壊シミュレーションから $2.7E+15$ (Kaneko and Goto, 2022) と見積もられており、このことから $\mu' = 0.03$ は非現実的であることがわかった。

次に、背景応力場と本震後の絶対応力場を比較し、理論的な応力の向きの変化を分析した (図 4)。仮定した μ' の値が小さいほど (背景応力場の偏差応力レベルが低いほど)、熊本地震前後の応力の向きの変化が大きくなる。しかし、 μ' が 0.05 以下の場合でも、顕著な応力の向きの変化が現れるのは本震断層の周りに限られることがわかった。このことは、本震断層のごく近傍の応力場を観測でとらえることにより、現実的な絶対応力場が分かる可能性があることを意味する。

図 4 に示す本震後の理論的な応力場を観測データからの情報と比較するために、余震のメカ

ニズム解を CMT データインバージョン法 (Terakawa and Matsu'ura, 2008, 2023) に適用し、本震後の応力の向きを求めた。余震データから求めた応力場を本研究で計算したモデルと比較すると、仮定した μ' が大きいほどモデルとの整合性が高いことがわかった (図 5)。とくに、 $\mu' = 0.05$ の場合、本震断層の中央部で理論モデルと逆解析結果が合わない。また、 $\mu' = 0.1$ のモデルでは、深さ 15 km の領域で布田川断層中央部付近の応力の向きが逆解析の結果を説明できない。前の段落で述べたように、本震断層の中央部では理論的な応力変化が最も顕著になる場所であり、ここでの応力の向きが現実的な実効摩擦係数を見極める重要な情報になる。このことから、 $\mu' = 0.3$ 及び 0.15 は現実的な実効摩擦係数であると考えられる。

以上の結果から、熊本地震震源域の背景応力場の偏差応力の大きさは、布田川断層の深さ 10 km で 37–65 MPa 程度、日奈久断層の深さ 10 km では 39–70 MPa 程度となった。この結果、地震波効率 η は 0.05~0.13 程度となる。この結果は、従来の研究で見積もられてきた地殻の偏差応力の大きさに比べて有意に大きい。本研究では、余震による弾性歪エネルギーによる変化を評価し、背景応力場の実効摩擦係数を過小評価する原因となる地震活動があることも示した。

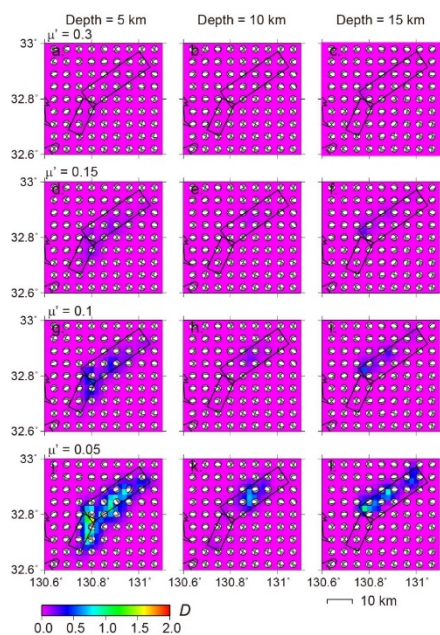


図 4：熊本地震による理論的な応力の向きの変化。(a)–(c) $\mu' = 0.3$, (d)–(f) $\mu' = 0.15$, (g)–(i) $\mu' = 0.1$, (j)–(l) $\mu' = 0.05$. 左, 中央, 右の列は深さ 5 km, 10 km, 15 km の結果を表す。矩形は本震断層を表す。震源球は本震後の応力の向きを表しており (図 2 と同様の方法), 背景のカラースケールは、背景応力場と本震後の応力場の向きの差 D を表す。 D の値が大きいほど、熊本地震により応力の向きが大きく変化したことを示す。

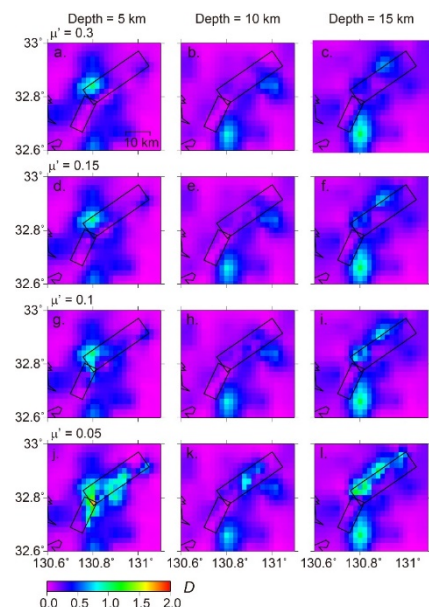


図 5：本震後の応力の向きの比較 (理論モデル vs. 逆解析結果)。(a)–(c) $\mu' = 0.3$, (d)–(f) $\mu' = 0.15$, (g)–(i) $\mu' = 0.1$, (j)–(l) $\mu' = 0.05$. 左, 中央, 右の列は深さ 5 km, 10 km, 15 km の結果を表す。矩形は本震断層を表す。背景のカラースケールは、本震後の理論的な応力の向きと逆解析で得られた応力の向きの差を図 4 と同じ量 D を用いて表した。

引用文献：

Terakawa, T., A. Iwata and Y. Urata, Constraint on the background stress in the source region of the 2016 Kumamoto earthquake sequence based on temporal changes in elastic strain energies and coseismic stress rotation (submitted)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Terakawa Toshiko, Matsu'ura Mitsuhiro	4. 巻 233
2. 論文標題 Tectonic stress fields inferred from long-term CMT data ranging over different periods	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 162 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggac449	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Terakawa Toshiko, Seo Wooseok, Kim Kwang Hee, Ree Jin Han	4. 巻 47
2. 論文標題 Three Dimensional Pore Fluid Pressures in Source Region of 2017 Pohang Earthquake Inferred From Earthquake Focal Mechanisms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 1,16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL085964	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Nakagomi Kodai, Terakawa Toshiko, Matsumoto Satoshi, Horikawa Shinichiro	4. 巻 73
2. 論文標題 Stress and pore fluid pressure control of seismicity rate changes following the 2016 Kumamoto earthquake, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 1,9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-020-01329-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Terakawa Toshiko, Matsu'ura Mitsuhiro, Noda Akemi	4. 巻 535
2. 論文標題 Elastic strain energy and pore-fluid pressure control of aftershocks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 116103 ~ 116103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2020.116103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Terakawa Toshiko, Hauksson Egill	4. 巻 123
2. 論文標題 Absolute Stress Fields in the Source Region of the 1992 Landers Earthquake	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 8874 ~ 8890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JB015765	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計27件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Terakawa, T., K. Asano and Y. Urata
2. 発表標題 Estimating the background stress field in the source region of the 2016 Kumamoto earthquake based on changes in shear strain energies and coseismic stress rotation,
3. 学会等名 AGU 2023 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺川寿子・浅野公之・浦田優美
2. 発表標題 剪断歪エネルギーと応力場の時間変化から推定した2016年熊本地震震源域の絶対応力場
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Terakawa, T., K. Asano and Y. Urata
2. 発表標題 Estimating the background stress fields in the source region of the 2016 Kumamoto earthquake based on shear strain energy
3. 学会等名 28th General Assembly of IUGG (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Terakawa, T. and K. Asano
2. 発表標題 Estimating the background stress fields in the source region of the 2016 Kumamoto earthquake based on shear strain energy
3. 学会等名 The 6th Japan-Taiwan Workshop on Crustal Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺川寿子・浅野公之・浦田優美
2. 発表標題 剪断歪エネルギーに基づく2016年熊本地震震源域の背景応力場の推定
3. 学会等名 日本地球惑星連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺川寿子・松浦充宏
2. 発表標題 CMTデータインバージョン法による長期間地震データによるテクトニック応力場の推定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合・連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺川寿子
2. 発表標題 直接的先験情報を取り入れた長期間地震データによる 3次元テクトニック応力場の推定
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺川寿子・松浦充宏
2. 発表標題 直接的先験情報を考慮した長期間地震データによるテクトニック応力場の推定
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺川 寿子・中込 広大・松本 聡・堀川 信一郎・熊本地震 合同地震観測グループ
2. 発表標題 2016年熊本地震の余震発生における間隙流体圧の影響
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺川寿子・Wooseok Seo・Kwang-Hee Kim・Jin-Han Ree
2. 発表標題 2017年韓国浦項地震の発生メカニズムの考察
3. 学会等名 日本地震学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiko Terakawa
2. 発表標題 Investigation on physical mechanisms of the 2017 Pohang earthquake, South Korea
3. 学会等名 2020 International Forum on Pohang Earthquake (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺川寿子・松浦充宏・野田朱美
2. 発表標題 1992年ランダース地震による弾性歪エネルギーの変化と余震の評価
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中込広大・寺川寿子・松本聡・大倉敬宏・今西和俊・吉見雅行・内出崇彦・2016年 熊本地震合同地震観測グループ
2. 発表標題 2016年熊本地震の余震発生における間隙流体圧の役割
3. 学会等名 日本地震学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺川寿子・松浦充宏・野田朱美
2. 発表標題 弾性歪エネルギーに基づく地震破壊規準による余震の評価
3. 学会等名 日本地震学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terakawa, T., M. Matsu'ura, and A. Noda
2. 発表標題 The change in the elastic strain energy due to the 1992 Landers earthquake and triggering mechanisms of aftershock activity
3. 学会等名 11th International Workshop on Statistical Seismology (StatSei11) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terakawa, T
2. 発表標題 3D pore fluid pressures in the source region of the 2017 Pohang earthquake inferred from earthquake focal mechanism
3. 学会等名 International Symposium on Pohang Earthquake (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terakawa, T., M. Matsu'ura, and A. Noda
2. 発表標題 Elastic strain energy and pore-fluid pressure controlling aftershocks
3. 学会等名 AGU 2019 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terakawa, T.
2. 発表標題 Statistical data analysis for earthquake physics
3. 学会等名 Statsei11 pre-workshop tutorials by the Community Online Resource of Statistical Seismicity Analysis (CORSSA) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺川寿子・Egill Hauksson
2. 発表標題 1992年ランダース地震震源域の絶対応力場
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiko Terakawa
2. 発表標題 3D tectonic stress stress field in and around Japan inferred from CMT data inversion
3. 学会等名 AOGS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiko Terakawa
2. 発表標題 Roles of tectonic stress and pore fluid pressure in earthquake generation
3. 学会等名 2nd Asia-Pacific Workshop on Lithosphere and Mantle Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺川寿子
2. 発表標題 間隙流体圧をパラメータとした絶対応力場のモデル化と推定
3. 学会等名 東濃地震科学研究所・平成30年度第1回地殻活動研究委員会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Terakawa, T., and E. Hauksson
2. 発表標題 3D Absolute Stress Fields in the Source Region of the 1992 Landers Earthquake
3. 学会等名 AGU 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Terakawa, T., and E. Hauksson
2. 発表標題 Modeling and Estimating the 3D Absolute Stress Field Using Earthquake Focal Mechanism Solutions
3. 学会等名 The Second International Symposium on Crustal Dynamics (ISCD-2)-Toward integrated view of island arc seismogenesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺川寿子・Egill Hauksson
2. 発表標題 1992年ランダース地震震源域の絶対応力場
3. 学会等名 日本地震学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 鳥海光弘、入船徹男、岩森光、ウォリスサイモン、小平秀一、小宮剛、阪口秀、鷺谷威、末次大輔、中川貴司、宮本英昭（分担執筆）	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 248
3. 書名 図説地球科学の事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------