

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00200

研究課題名(和文)プレートテクトニクスを始める力学条件の新展開

研究課題名(英文)New approach for the mechanical properties and initiation of plate tectonics

研究代表者

片山 郁夫 (Katayama, Ikuo)

広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授

研究者番号：10448235

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、熱クラックの生成がプレート強度に影響を及ぼしプレート沈み込みの開始につながるの説を多角的に検証することである。本申請研究の事業年全体を通しての成果として、1) 海洋プレートを構成する物質に熱クラックを導入すると弾性的性質が低下すること、2) 弾性的性質が低下したプレートは沈み込みを起こしやすくなることが挙げられる。これらのことから、地球史初期の熱クラックの生成によって、プレートテクトニクスの開始が促されるとの仮説の妥当性が評価された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球では、プレートテクトニクスの存在により海洋が持続的に存在し、生命の育まれる惑星へと進化した。本研究では、地球を特徴づけるプレートテクトニクスは、熱クラックと海水の浸透によって開始されたとの仮説が最もらしいことを裏付け、プレートテクトニクスには水と割れ目による強度低下が必要であることを明らかにした。プレートテクトニクスを始める条件が他の惑星でも達成されるのであれば、そのような惑星には生命が宿っているのかもしれない。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to test the hypothesis that the formation of thermal cracks affects plate strength and initiates plate subduction from multiple perspectives. The results of this research throughout the entire project year are as follows: 1) the introduction of thermal cracks into the materials constituting oceanic plates causes a significant decrease in their elastic properties, and 2) plates with reduced elastic properties are more prone to subduction. These results validate the hypothesis that the initiation of plate tectonics is promoted by the formation of thermal cracks in the early Earth's history.

研究分野：地球史

キーワード：プレートテクトニクス 熱クラック 弾性的性質 岩石強度

1. 研究開始当初の背景

地球を特徴づける水そして生命は、いずれもプレートテクトニクスの存在と密接に関わっている。なぜなら、地球でプレートテクトニクスが働かなければ、気候が暴走し海洋が持続的に存在することもなかっただろうし、そうなれば生命の誕生そして進化につながることはなかったと予想されるからである。その一つの例が金星であり、金星にはプレートテクトニクスがないために、二酸化炭素の厚い大気に覆われ、金星表面は水も生命も存在しない灼熱地獄となっている。では、なぜ地球ではプレートテクトニクスが始まったのだろうか。それが本研究の核心をなす問いであり、その鍵はプレートの力学条件が握っていると考えられている。これまでのモデリングによると、プレートテクトニクスが稼働するためには、i) プレートの脆性的な強度が著しく低い、ii) 弾性的なプレートがある程度の厚さを持つ、この2つの条件が満たされる必要があると考えられている。しかし、これまでの岩石力学実験に基づくモデルでは、これら2つの条件を同時に満たすことが困難であり、地球上でプレートテクトニクスがどのようにして開始したのかが未解決の問題となっていた。本研究では、これまでの力学実験とは異なり、熱クラックが岩石の強度を著しく低下させる点に注目し、熱クラックを含んだ岩石の力学特性を調べる。そして、上記のプレートテクトニクスを始める2つの条件を満たすかを多角的に検証した。

2. 研究の目的

本研究の目的は「プレートテクトニクスを開始する力学条件」をどのようにして満たすかを、実験をベースに理論・数値シミュレーションと合わせて多角的に検証することにある。プレート強度に対する熱クラックの効果を評価するために、熱クラックを導入した塩基性岩と超塩基性岩の力学的挙動を調べる変形実験を様々なアプローチで実施した。また、第一原理計算や弾性論モデルから岩石強度の理論的なモデルを構築し、実験結果との照合を行った。そして、実験と理論から得られるプレートの力学モデルに基づいた数値シミュレーションを行い、熱クラックの導入によってプレートテクトニクスが開始するか否かを検証した。

3. 研究の方法

i) 熱クラックによる岩石強度の変化

岩石を昇温・急冷すると、構成鉱物の熱膨張の違いやその異方性により、熱クラックが生成される。本研究では、熱クラックを導入した岩石試料に対し、三軸油圧試験機、二軸摩擦試験機、高温高压ガス圧試験機を用いて様々な温度圧力そして流体圧条件下での変形実験を行った。また、過去の海洋プレートの断片であるオフィオライト中に発達するクラックの解析や、火星での岩石変形とテクトニクスに関する解析も行った。

ii) 岩石強度に関する理論計算

第一原理計算により、摩擦特性が結晶内のクラック(欠陥)や鉱物表面での反応生成物、薄膜水によってどのような影響を受けるかを調べた。また、弾性論モデルにより、岩石中にマクロなクラックが内在する際に、岩石強度や地震波伝搬特性がどのような影響を受けるかを検証した。

iii) 実験結果に基づいた数値シミュレーション

熱クラックにより剛性率が低下する効果を数値シミュレーションに取り入れ、熱クラックの発生によってプレートテクトニクス型の対流様式が開始される条件を検証した。なお、プレートのクリープ強度には、最新の流動則を組み込むとともに、水による強度弱化モデルも取り入れた計算を実施した。また、三次元シミュレーションにより、全球マントル対流への影響も検証した。

4. 研究成果

i) 熱クラックによる岩石強度の変化

熱クラックを導入したはんれい岩およびカンラン岩の地震波速度を計測することで、これらの岩石のヤング率や剛性率などの弾性定数が著しく低下することを明らかにした(Jayawickrama and Katayama 2023)(図1)。また、これらのクラックを導入した岩石の三軸圧縮試験を行い歪みを解析することで、クラックが発達する途中での弾性定数の変化を調べ、クラックの形成により弾性定数が系統的に変化すること、そしてマクロな破壊に近づくると弾性定数が顕著に低下することを明らかにした(Jayawickrama et al. 2024)。マントルの熱水変質に伴う強度変化に関しては、かんらん岩ガウジの熱水変形実験を行い、ガウジ層内に蛇紋石を主体とする局所的な剪断帯が形成されることで、強度が著しく低下することを報告した(Semba et al. 2023)。その要因は、力学的に弱い含水鉱物の生成と高間隙流体圧であると考えられ、これらのメカニズムによって海

洋プレートの沈み込みが促進される可能性があることを明らかとした。また、火星全球的に取得されている高解像度画像を解析し、火星表面に分布するリンクルリッジの形成年代を全球にわたり推定することで、火星表面での熱的な進化を検証した (Ruj and Kawai 2021)。

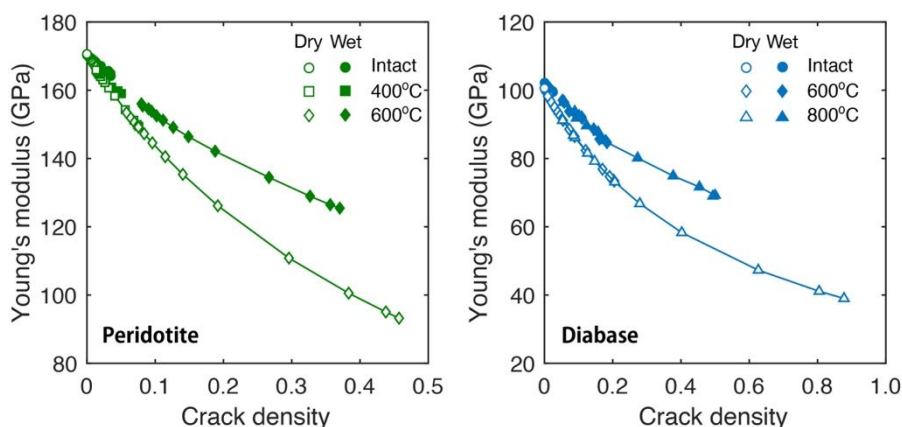


図1
クラックの導入による
低下するヤング率
(Jayawickrama and
Katayama 2023)

ii) 岩石強度に関する理論計算

クラックでの水岩石反応によって、低温下では粘土鉱物であるスメクタイトの存在により断層強度が低下すると予想される。配向度の高いスメクタイトは摩擦面に水を保持する能力が高く、摩擦抵抗に影響がないとされていた低含水量でも、摩擦係数を大きく減少させることを明らかにした (Sakuma et al. 2023)。また、電子状態計算による摩擦力の導出から、一部の脱水和した層間イオンの大きさによる層間の原子スケールの凹凸の変化によって、摩擦挙動が変化することを明らかにした (Sakuma et al. 2022)。オマーンオフィオライトの蛇紋岩化した岩石中に発達するクラックの形状を有効媒質モデルから決定し (Katayama et al. 2021)、それらが地震波速度や電気比抵抗へ与える影響を検証した (Tanimoto et al. 2024)。

iii) 実験結果に基づいた数値シミュレーション

プレートの弾性定数が熱的クラックの導入により顕著に低下するとの実験結果に基づき、プレートの沈み込みにどのような効果があるかを数値シミュレーションによって計算した結果、剛性率などの弾性的性質が低下することでプレート沈み込みが促進されることがわかった (Katayama et al. 2022) (図2)。なお、プレートの沈み込みには、断層に沿った海水の浸透によるプレートの強度弱化も必要であることが判明した。海洋プレートの自発的な沈み込み開始に関する計算では、断裂帯に沿った海水の浸透が深部まで起こり、かつ高い間隙流体圧が保持されていることが必要であることがわかった (Izumi et al. 2023)。三次元全球マントル対流モデルでは、スタグナントリッドの粘性率比がある限られた範囲内では、マントル対流の水平スケールは大規模構造を示す新しいパターンが観察された (Yoshida 2023)。今後は、熱クラックによるプレートの剛性率低下の効果を三次元全球マントル対流計算に組み込み、初期地球でのプレートテクトニクスが地球表面の各地で開始されたのか、マントル下降流が集中して発達する半球側だけで開始されたのかを検証したい。

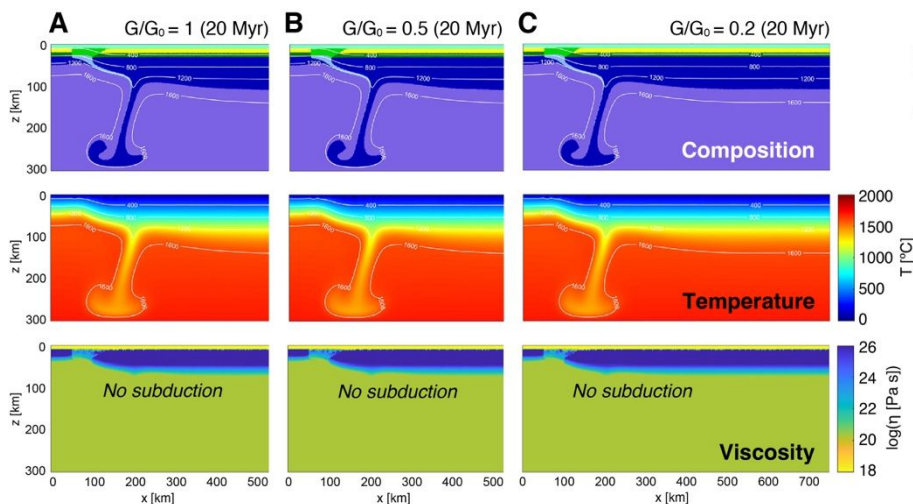


図2
プレート剛性率の違いによるシミュレーション結果
(Katayama et al. 2022)

引用文献

Izumi, M., Hirauchi, K., and Yoshida, M., 2023. Mantle-wedge alteration facilitates intra-oceanic subduction initiation along a pre-existing fault zone, *Tectonophysics*, 861, 229908.

- Jayawickrama, E.G., and Katayama, I., 2023. Elastic properties of thermally treated diabase and peridotite: Implications toward the elastic properties of oceanic lithosphere. *Journal of Geophysical Research*, 128, e2022JB026143.
- Jayawickrama, E.G., Akamatsu, Y. and Katayama, I., 2024. Brittle deformation of damaged mafic and ultramafic rocks and their implications on plate bending. *Geophysical Research Letters*, in press.
- Katayama, I., Abe, N., Hatakeyama, K., Akamatsu, Y., Okazaki, K., Michibayashi, K., Godard, M., Kelemen, P., and The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party., 2021. Crack geometry of serpentinized peridotites inferred from onboard ultrasonic data from the Oman Drilling Project. *Tectonophysics*, 814, doi.org/10.1016/j.tecto.2021.228978
- Katayama, I., Yoshida, M., and Hirauchi, K., 2022. Effects of rheological stratification and elasticity of lithosphere on subduction initiation. *Frontiers in Earth Science*, doi.org/10.3389/feart.2022.988320
- Ruj, T., and Kawai, K., 2021. A global investigation of wrinkle ridge formation events; Implications towards the thermal evolution of Mars, *Icarus*, 369, 114625, doi:10.1016/j.icarus.2021.114625.
- Sakuma, H., Katayama, I., Kawai, K., and Tamura, K., 2023. A small amount of water reduces the friction of the preferentially oriented montmorillonite gouge, *Appl. Clay Sci.*, 243, 107058.
- Sakuma, H., Lockner, D.A., Solum, J., and Davatzes, N. C., 2022. Friction in clay-bearing faults increases with the ionic radius of interlayer cations, *Commutation Earth and Environment*, 3, 116.
- Semba, M., Hirauchi, K., Ohuchi, T., Okamoto, A., and Kouketsu, Y., 2023. Effects of hydrothermal alteration on shear localization and weakening in the mantle lithosphere, *Tectonophysics*, 868, 230081.
- Tanimoto, K., Akamatsu, Y., and Katayama, I., 2024. Electrical resistivity, seismic velocity, and porosity of crustal rocks from the Oman ophiolite under brine-saturated ocean floor conditions. *Lithos*, doi.org/10.1016/j.lithos.2024.107500.
- Yoshida, M., 2023. Stress regimes for the transition to stagnant-lid convection in the terrestrial mantle, *Planetary and Space Science*, 238, 105794.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計35件（うち査読付論文 35件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Katayama Ikuo, Aoi Yu, Tanimoto Kazumasa, Akamatsu Yuya, Sawayama Kazuki	4. 巻 75
2. 論文標題 Simultaneous electrical resistivity and elastic wave velocity measurements during triaxial deformation of granite under brine-saturated conditions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-023-01809-4	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 Sakuma Hiroshi, Katayama Ikuo, Kawai Kenji, Tamura Kenji	4. 巻 243
2. 論文標題 A small amount of water reduces the friction of the preferentially oriented montmorillonite gouge	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Clay Science	6. 最初と最後の頁 107058 ~ 107058
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.clay.2023.107058	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 Akamatsu Y., Katayama I., Okazaki K., Michibayashi K.	4. 巻 24
2. 論文標題 Paleo Permeability Structure of the Crustal Section of the Samail Ophiolite Based on Automated Detection of Veins in X Ray CT Core Images From the Oman Drilling Project	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2022GC010792	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 Akamatsu Y., Nagase K., Abe N., Okazaki K., Hatakeyama K., Katayama I.	4. 巻 128
2. 論文標題 Cross Property Relationship Between Electrical Resistivity and Elastic Wave Velocity of Crustal Rocks From the Oman Drilling Project Hole GT3A: Implications for in Situ Geophysical Properties of Oceanic Crust	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2022JB026130	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 Sueyoshi Kazumasa, Katayama Ikuo, Sawayama Kazuki	4. 巻 72
2. 論文標題 Permeability evolution in fine grained Aji granite during triaxial compression experiments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Prospecting	6. 最初と最後の頁 675 ~ 684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2478.13412	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 Katayama Ikuo, Okazaki Keishi, Okamoto Atsushi	4. 巻 32
2. 論文標題 Role of mantle carbonation in trench outer rise region in the global carbon cycle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12499	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 Okazaki Yusuke, Azuma Shintaro, Fukuhara Daijiro, Katayama Ikuo, Sekine Yasuhito, Saruya Tomotaka	4. 巻 411
2. 論文標題 Low-temperature friction experiments on ice-salt mixtures: Implications for the strength of ice plate boundaries on Europa	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 115961 ~ 115961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2024.115961	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 Tanimoto Kazumasa, Akamatsu Yuya, Katayama Ikuo	4. 巻 470-471
2. 論文標題 Electrical resistivity, seismic velocity, and porosity of crustal rocks from the Oman ophiolite under brine-saturated ocean floor conditions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 107500 ~ 107500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2024.107500	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 Yoshida Masaki	4. 巻 238
2. 論文標題 Stress regime analysis for the transition to a stagnant-lid convection regime in the terrestrial mantle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105794 ~ 105794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2023.105794	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 Izumi Miki, Hirauchi Ken-ichi, Yoshida Masaki	4. 巻 861
2. 論文標題 Mantle-wedge alteration facilitates intra-oceanic subduction initiation along a pre-existing fault zone	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 229908 ~ 229908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2023.229908	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 Jayawickrama E. G., Katayama I.	4. 巻 128
2. 論文標題 Elastic Properties of Thermally Treated Diabase and Peridotite: Implications Toward the Elastic Properties of Oceanic Lithosphere	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JB026143	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 該当する

1. 著者名 Katayama Ikuo, Yoshida Masaki, Hirauchi Ken-ichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of rheological stratification and elasticity of lithosphere on subduction initiation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2022.988320	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 Nagase Kumpei, Hatakeyama Kohei, Okazaki Keishi, Akamatsu Yuya, Abe Natsue, Michibayashi Katsuyoshi, Katayama Ikuo	4. 巻 49
2. 論文標題 Simultaneous Measurements of Elastic Wave Velocity and Porosity of Epidosites Collected From the Oman Ophiolite: Implication for Low Vp/Vs Anomaly in the Oceanic Crust	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL098234	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 Miyamoto T., Hirono T., Yokoyama Y., Kaneki S., Yamamoto Y., Ishikawa T., Tsuchiyama A., Katayama I., Yabe Y., Ziegler M., Durrheim R. J., Ogasawara H.	4. 巻 49
2. 論文標題 Characteristics of Fault Rocks Within the Aftershock Cloud of the 2014 Orkney Earthquake (M5.5) Beneath the Moab Khotsong Gold Mine, South Africa	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL098745	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 Fujioka Riho, Katayama Ikuo, Kitamura Manami, Okuda Hanaya, Hirose Takehiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Depth profile of frictional properties in the inner Nankai accretionary prism using cuttings from IODP Site C0002	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-022-00488-1	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 Hatakeyama Kohei, Katayama Ikuo, Abe Natsue, Okazaki Keishi, Michibayashi Katsuyoshi, the Oman Drilling Project Science Party	4. 巻 126
2. 論文標題 Effects of Alteration and Cracks on the Seismic Velocity Structure of Oceanic Lithosphere Inferred From Ultrasonic Measurements of Mafic and Ultramafic Samples Collected by the Oman Drilling Project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JB021923	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 Lai Ssu Ting, Fuji Nobuaki, Katayama Ikuo, Bonilla Luis Fabian, Capdeville Yann	4. 巻 126
2. 論文標題 Rock Deformation Monitoring Using Monte Carlo Waveform Inversion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JB021873	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 Katayama Ikuo, Abe Natsue, Okazaki Keishi, Hatakeyama Kohei, Akamatsu Yuya, Michibayashi Katsuyoshi, Godard Marguerite, Kelemen Peter	4. 巻 814
2. 論文標題 Crack geometry of serpentinized peridotites inferred from onboard ultrasonic data from the Oman Drilling Project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 228978 ~ 228978
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2021.228978	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 Akamatsu Yuya, Nagase Kumpei, Katayama Ikuo	4. 巻 11
2. 論文標題 Non-Dilatant Brittle Deformation and Strength Reduction of Olivine Gabbro due to Hydration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 694 ~ 694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min11070694	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 Hirauchi Ken-ichi, Katayama Ikuo, Kouketsu Yui	4. 巻 140
2. 論文標題 Semi-brittle deformation of antigorite serpentinite under forearc mantle wedge conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Structural Geology	6. 最初と最後の頁 104151 ~ 104151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsg.2020.104151	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 Sueyoshi Kazumasa, Yokoyama Tadashi, Katayama Ikuo	4. 巻 2020
2. 論文標題 Experimental Measurement of the Transport Flow Path Aperture in Thermally Cracked Granite and the Relationship between Pore Structure and Permeability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geofluids	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2020/8818293	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 Akamatsu Y., Katayama I., Okazaki K., Michibayashi K.	4. 巻 24
2. 論文標題 Paleo Permeability Structure of the Crustal Section of the Samail Ophiolite Based on Automated Detection of Veins in X Ray CT Core Images From the Oman Drilling Project	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GC010792	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 Akamatsu Y., Nagase K., Abe N., Okazaki K., Hatakeyama K., Katayama I.	4. 巻 128
2. 論文標題 Cross Property Relationship Between Electrical Resistivity and Elastic Wave Velocity of Crustal Rocks From the Oman Drilling Project Hole GT3A: Implications for in Situ Geophysical Properties of Oceanic Crust	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JB026130	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 Sueyoshi Kazumasa, Katayama Ikuo, Sawayama Kazuki	4. 巻 72
2. 論文標題 Permeability evolution in fine grained Aji granite during triaxial compression experiments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Prospecting	6. 最初と最後の頁 675~684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2478.13412	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 Katayama Ikuo, Okazaki Keishi, Okamoto Atsushi	4. 巻 32
2. 論文標題 Role of mantle carbonation in trench outer rise region in the global carbon cycle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/iar.12499	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 Okazaki Yusuke, Azuma Shintaro, Fukuhara Daijiro, Katayama Ikuo, Sekine Yasuhito, Saruya Tomotaka	4. 巻 411
2. 論文標題 Low-temperature friction experiments on ice-salt mixtures: Implications for the strength of ice plate boundaries on Europa	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 115961 ~ 115961
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2024.115961	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 Tanimoto Kazumasa, Akamatsu Yuya, Katayama Ikuo	4. 巻 470-471
2. 論文標題 Electrical resistivity, seismic velocity, and porosity of crustal rocks from the Oman ophiolite under brine-saturated ocean floor conditions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Lithos	6. 最初と最後の頁 107500 ~ 107500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lithos.2024.107500	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 Akamatsu Y., Kuwatani T., Katayama I.	4. 巻 51
2. 論文標題 Spatial Heterogeneity of Pore Structure in the Crustal Section of the Samail Ophiolite: Implications for High VP/VS Anomalies in Subducting Oceanic Crust	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL106943	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 Izumi Miki, Hirauchi Ken-ichi, Yoshida Masaki	4. 巻 861
2. 論文標題 Mantle-wedge alteration facilitates intra-oceanic subduction initiation along a pre-existing fault zone	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 229908 ~ 229908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2023.229908	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 Yoshida Masaki	4. 巻 238
2. 論文標題 Stress regime analysis for the transition to a stagnant-lid convection regime in the terrestrial mantle	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Planetary and Space Science	6. 最初と最後の頁 105794 ~ 105794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pss.2023.105794	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 Sakuma Hiroshi, Lockner David A., Solum John, Davatzes Nicholas C.	4. 巻 3
2. 論文標題 Friction in clay-bearing faults increases with the ionic radius of interlayer cations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications Earth & Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-022-00444-3	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 Semba Maki, Hirauchi Ken-ichi, Ohuchi Tomohiro, Okamoto Atsushi, Kouketsu Yui	4. 巻 868
2. 論文標題 Effects of hydrothermal alteration on shear localization and weakening in the mantle lithosphere	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 230081 ~ 230081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2023.230081	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 Ruj Trishit, Kawai Kenji	4. 巻 369
2. 論文標題 A global investigation of wrinkle ridge formation events; Implications towards the thermal evolution of Mars	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114625 ~ 114625
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114625	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 De Keyur, Ruj Trishit, Kundu Abhik, Dasgupta Nilanjan, Kawai Kenji	4. 巻 121
2. 論文標題 Evolution of Pyrrhae Fossae, Mars: an explication from the age estimation using the Buffered Crater Counting technique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Current Science	6. 最初と最後の頁 906 ~ 906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18520/cs/v121/i7/906-911	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 Ruj Trishit, Komatsu Goro, Schmidt Gene, Karunatillake Suniti, Kawai Kenji	4. 巻 14
2. 論文標題 Tectonism of Late Noachian Mars: Surface Signatures from the Southern Highlands	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 5664 ~ 5664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs14225664	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44件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 片山郁夫
2. 発表標題 火星地殻での地震波不連続面の解釈: 帯水層の可能性
3. 学会等名 CA研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片山郁夫
2. 発表標題 プレート深部への海水浸透によるマントルでの不均質性の形成
3. 学会等名 インターリッジ研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片山郁夫, 谷本和優, 赤松祐哉
2. 発表標題 弾性波速度と比抵抗のジョイントモデルに基づく海洋地殻でのクラックや水質変成の変遷
3. 学会等名 日本鉱物科学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Eranga Gayanath Jayawickrama, Ikuo Katayama
2. 発表標題 Simultaneous measurement of seismic velocity and electrical resistivity of mafic and ultramafic rocks during triaxial deformation under fluid-saturated condition
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 赤松祐哉, 片山郁夫
2. 発表標題 Effect of large-scale fractures on high V_p/V_s anomalies in the subducting oceanic crust
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂本玄弥, 谷本和優, 赤松祐哉, 片山郁夫
2. 発表標題 蛇紋岩中のロジン岩脈の分布に基づいたフィールドスケールでの変質マントルの地震波速度・電気比抵抗
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田淳樹, 横山正, 海堀正博, 片山郁夫, 谷本和優
2. 発表標題 広島ががら山における花崗岩風化に伴う物性変化
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 赤松祐哉, 桑谷立, 片山郁夫
2. 発表標題 Heterogeneity of crack distribution in the oceanic crust inferred from downhole variations in P-wave velocity of the Oman Drilling Project Hole GT3A
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷本和優, 片山郁夫
2. 発表標題 オマーンオフィオライトの蛇紋岩を用いた封圧下での電気比抵抗・地震波速度・空隙率の同時測定
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宗慈瑛，赤松祐哉，片山郁夫，鈴木健士，澤山和貴
2. 発表標題 三軸圧縮試験における比抵抗の異方性の測定方法の開発
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片山郁夫
2. 発表標題 地球内部での水と炭素循環にリンクした地球表層環境変動
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡崎雄祐，東真太郎，片山郁夫，関根康人，猿谷友孝
2. 発表標題 氷塩混合物を用いた低温摩擦実験から考察するエウロパのプレート境界強度
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 赤松祐哉，片山郁夫
2. 発表標題 Interpretation of electrical resistivity structure of oceanic crust based on analysis of seismic velocity structure
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮本英, 廣野哲朗, 横山友暉, 金木俊也, 山本裕二, 石川剛志, 土山明, 片山郁夫, 矢部康男, Martin Ziegler, Raymond Durrheim, 小笠原宏
2. 発表標題 ICDP DSeis M5.5 オークニー地震余震域から採取した断層試料の物質科学的特徴
3. 学会等名 日本地震学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片山 郁夫, 谷本和優
2. 発表標題 高圧下での岩石の比抵抗と弾性波速度の同時測定の開発
3. 学会等名 日本鉱物科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片山 郁夫
2. 発表標題 地球内部での水と炭素循環の転換点
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末吉 和公, 北村 真奈美, 雷 興林, 片山 郁夫
2. 発表標題 Experimental investigation on fault reactivation by water injection and the relationship between slip characteristics and injection rate
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片山 郁夫、青井 湧、谷本 和優、赤松 祐哉
2. 発表標題 破壊に至るまでの変形中の庵治花崗岩の比抵抗と弾性波速度の同時測定
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤松 祐哉、長瀬 薫平、阿部 なつ江、岡崎 啓史、畠山 航平、片山 郁夫
2. 発表標題 オマーンオフィオライト掘削試料の物性測定に基づく海洋地殻の地震波速度と比抵抗の関係
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿部 なつ江、岡崎 啓史、片山 郁夫、畠山 航平、赤松 祐哉、長瀬 薫平
2. 発表標題 New Procedure for Shipboard Physical Properties Measurements during Hard Rock Drilling
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷本 和優、赤松 祐哉、片山 郁夫
2. 発表標題 オマーンオフィオライトの苦鉄質岩を用いた静水圧下での比抵抗・地震波速度・空隙率の同時測定
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 道林 克禎、斎藤 すず、柿畑 優季、針金 由美子、岡本 敦、大柳 良介、畠山 航平、片山 郁夫、石塚 治、小野 重明
2. 発表標題 Inversely depleted forearc mantle section records the subduction zone infancy: Umigame Seamount, Bonin Trench
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福原 大二朗、東 真太郎、片山 郁夫、猿谷 友孝
2. 発表標題 低温環境における氷摩擦実験と火星内部レオロジー構造への応用
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Eranga Gayanath Jayawickrama, Yasushi Izuka, Ikuo Katayama
2. 発表標題 Elastic wave velocity of thermally treated diabase and peridotite and their implications on elastic properties of oceanic lithosphere
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片山 郁夫, 谷本和優
2. 発表標題 岩石の弾性波速度・比抵抗・空隙率の同時測定の開発
3. 学会等名 日本鉱物科学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長瀬薫平, 片山郁夫, 畠山航平, 赤松祐哉, 岡崎啓史
2. 発表標題 オマーン陸上掘削プロジェクトで採取されたエピソードサイトの地震波速度に空隙形状と変質鉱物が与える影響
3. 学会等名 日本鉱物科学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤岡 里帆, 片山 郁夫, 北村 真奈美、奥田 花也、廣瀬 丈洋
2. 発表標題 南海トラフC0002掘削地点でのカッティングス試料を用いた摩擦特性プロファイルの作成
3. 学会等名 日本鉱物科学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片山 郁夫, 藤岡 里帆, 北村 真奈美、奥田 花也、廣瀬 丈洋
2. 発表標題 南海トラフ掘削試料の摩擦特性プロファイルから推察する浅部スロー地震の発生プロセス
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片山 郁夫
2. 発表標題 グローバル炭素循環へのマントル加水作用の影響
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 赤松 祐哉、片山 郁夫、岡崎 啓史、道林 克禎、Oman Drilling Project Phase I Science Party
2. 発表標題 Vein permeability structure of the crustal section in the Oman Drilling Project inferred from the X-ray CT image analysis
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長瀬 薫平、片山 郁夫、畠山 航平、岡崎 啓史
2. 発表標題 オマーン陸上掘削プロジェクトで得られたエピソードサイトの弾性波速度に空隙形状が与える影響
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 末吉 和公、北村 真奈美、雷 興林、片山 郁夫
2. 発表標題 Frequency characteristics of acoustic emission in the fracture process of thermally cracked granite
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤岡 里帆、片山 郁夫、北村 真奈美、奥田 花也、廣瀬 丈洋
2. 発表標題 Frictional coefficient and its velocity dependence of cuttings retrieved from the Nankai accretionary prism at IODP Site C0002
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若林 春那、片山 郁夫
2. 発表標題 氷点下での塩基性-超塩基性岩の弾性波速度測定:火星内部での氷から水への相転移による反射面の形成に関する考察
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 匠、関根 康人、片山 郁夫
2. 発表標題 地下酸化還元勾配に沿った蛇紋岩化したオマーン・オフィオライト試料の鉱物学的・赤外分光的特徴:火星地下の酸化還元勾配の特定に向けて
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 末吉 和公, 北村 真奈美, 雷 興林, 片山 郁夫
2. 発表標題 Frequency characteristics of acoustic emission in granite during triaxial compression tests
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐脇 泰典, 植村 美優, 片山 郁夫, 伊藤 喜宏
2. 発表標題 室内摩擦実験におけるレシーバ関数法の適用
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 恵也, 澤山 和貴, 片山 郁夫
2. 発表標題 弾性波速度と減衰の関係 -含水条件下の花崗岩の例-
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤松 祐哉, 片山 郁夫
2. 発表標題 かんらん石はんれい岩の脆性変形に与える変質鉱物の影響
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 仁貴, 片山 郁夫
2. 発表標題 水に飽和した花崗岩のせん断試験におけるS波偏向異方性の測定
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片山 郁夫, 畠山 航平
2. 発表標題 Role of hydrated oceanic lithosphere on global water cycle in the Earth
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Sueyoshi, M. Kitamura, X. Lei, I. Katayama
2. 発表標題 Frequency characteristics of acoustic emission in thermally cracked granite
3. 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 I. Katayama, Y. Akamatsu
2. 発表標題 Contrasting dilatant behavior between gabbro and peridotite during the triaxial deformation experiments
3. 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Hatakeyama, I. Katayama
2. 発表標題 Porosity and serpentinization inferred from laboratory experiments and geophysical data of incoming oceanic plate at the outer-rise region
3. 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	吉田 晶樹 (Yoshida Masaki) (00371716)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(火山・地球内部研究センター)・主任研究員 (82706)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	平内 健一 (Hirauchi Ken-ichi) (10633290)	静岡大学・理学部・准教授 (13801)	
研究分担者	佐久間 博 (Sakuma Hiroshi) (20400426)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・主幹研究員 (82108)	
研究分担者	河合 研志 (Kawai Kenji) (20432007)	東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授 (12601)	
研究分担者	岡崎 啓史 (Okazaki Keishi) (90784257)	広島大学・先進理工系科学研究科（理）・准教授 (15401)	

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