

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05207

研究課題名(和文) 深海における地磁気異常が明らかにする古地磁気変動

研究課題名(英文) Investigation on variations of the geomagnetic paleo-intensity using deep-tow and sea-surface magnetic anomalies

研究代表者

島 伸和 (Seama, Nobukazu)

神戸大学・理学研究科・教授

研究者番号：30270862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：海洋底の磁化の記録から、古地磁気変動を読み取るために、白亜紀スーパークロンの時期に形成された海洋底が存在する3つの海域(インド洋南西部、インド洋北部、太平洋ハワイ沖)で得られた地磁気観測データの解析を行った。これにより、大西洋中央部で報告された白亜紀スーパークロンの時期の地磁気異常(Granot et al., 2012)がグローバルな古地磁気変動かどうかの検証を試みたが、検証にはいたらなかった。検証の過程において、得られた地磁気異常の変化が古地磁気変動の記録であることを認定するためには、磁化原因物体の2次元性の吟味が必要であり、3次元性の影響の除去が重要であることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋地殻形成の拡大速度から、太平洋ハワイ沖での海上観測での地磁気異常データから推定する古地磁気変動の時間分解能は、大西洋やインド洋での深海観測での地磁気異常データによる時間分解能とほぼ同等であることが確認できた。また、地磁気異常の変化から古地磁気変動の記録を抽出するためには、磁化原因物体の2次元性の吟味と3次元性の影響の除去が必須である。このことから、長期間にわたって地磁気逆転が起きなかった特異な時期である白亜紀スーパークロンにおける古地磁気変動の情報を得るには、太平洋ハワイ沖での複数測線での海上地磁気観測が鍵であり、この情報が地磁気成因の理解を進めるために重要であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The Cretaceous Normal Superchron (CNS) is a ~40 Myr-long period extending between Chrons M0 and 34 (~120-83 Ma) during which the geomagnetic field polarity remained normal. Systematic variations of the geomagnetic paleointensity have been suggested based on a deep-tow magnetic profile acquired in the Central Atlantic Ocean and selected sea-surface magnetic profiles worldwide crossing the whole CNS (Granot et al., 2012). We extend this study by using three additional data sets acquired in the South-Western Indian Ocean, the Northern Indian Ocean, and the Northern Pacific Ocean. Our analysis on these data do not well support the previous hypothesis of the geomagnetic paleointensity variation within the CNS. Further, our results indicate that it is of crucial importance to assess the two-dimensional character of the magnetized sources, because it leads to avoid interpreting spurious local effects as paleointensity variations and to derive a reliable geomagnetic paleointensity variation.

研究分野：観測海洋底科学

キーワード：地球磁場変動 地磁気異常 海洋底の磁化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地磁気の成因を理解するためには、地磁気観測所等で観測されている地磁気変動の観測データや古地磁気手法を使った古地磁気変動データを活用して研究する帰納的アプローチと、地磁気の変動を説明する地磁気ダイナモの数値モデリングによる研究という演繹的なアプローチがあり、これらを両輪として進めることが重要である。

地磁気変動には、1) 逆転、2) 永年変動、3) エクスカーションがある。地磁気の逆転は、文字通り地磁気の極が反転する現象であり、地磁気ダイナモの数値モデリングにより、ある条件下で地磁気の逆転が起こることも分かっている (Glatzmaier et al., 1999)。地磁気の永年変動は、地磁気の方位・強度が変動する現象である。また、地磁気エクスカーションは、磁極が北極から大きく離れる、場合によってはごく短期間の逆転と考えられる、大きなゆらぎがある現象である。

過去の地磁気の情報、堆積物の磁化と海洋底を構成する火成岩の磁化という形で保持されており、これらは長い時間スケールの地磁気変動データとして貴重である。堆積物の磁化は、実験室での堆積物コアの磁化測定により読み取ることができ、これまで主に比較的若い時代である数 100 万年前までの古地磁気変動を明らかにしてきた。例えば、地磁気の永年変動である数万年前～数十万年前の時間スケールの古地磁気強度は、極性一定時においても、現在の数分の 1 から 2 倍程度の範囲の大きな変動を繰り返してきている (e.g. Yamazaki and Oda, 2005)。また、地磁気エクスカーションが、ブルン正磁極期 (過去 78 万年間) では少なくとも十数回起きたと考えられるようになった (e.g. Oda, 2005)。一方、火成岩の磁化は地磁気異常から推定し、地磁気異常は、地磁気観測から長波長である現在の地球磁場の主要部分を引くことで得られる。海上で得られた地磁気異常が地磁気縞模様として認識され、これを説明する海洋底の縞状磁化構造モデルが、地磁気逆転と海洋底拡大の強力な証拠としてプレートテクトニクス理論の確立に大きく貢献した。さらに、海洋底は、時系列がはっきりとした約 1 億 6000 万年間分の連続的な火山活動により形成されているため、この期間の地磁気逆転史も、海上における地磁気異常から明らかになった。この約 1 億 6000 万年間分の連続的な記録がある点が、堆積物による記録と比べて最も優位な点である。

最近では、地磁気逆転に伴う単純な縞状磁化構造よりも詳細な地磁気異常の研究のために、海洋底に近づいた観測、すなわち深海における地磁気観測がいくつか行われている。例えば、Yamamoto et al. (2005) は、海底拡大軸付近で深海曳航式の磁力計によるベクトル地磁気観測を行い、その観測データの解析から、磁化強度変化が深海堆積物の堆積残留磁化から推定された相対古地磁気強度変化と一致することを示した。観測データから得られた磁化強度分布と相対古地磁気強度変化との一致は、地磁気異常に、古地磁気変動による情報が含まれていることを強く支持する結果となっている。また、tiny wiggle とよばれる小さな振幅の地磁気異常が、異なった場所では対比可能であり、古地磁気強度変化あるいは地磁気エクスカーションなどの古地磁気変動を表していることが明らかになってきた (Roberts et al., 2000; Bowers et al., 2001)。

地磁気の逆転は、通常は数十万年に 1 回程度の割合で頻りに繰り返されてきた。しかし、白亜紀の 1 億 2000 万年～8300 万年前 (Chron M0 と Chron 34 の間) の約 4000 万年間にわたって地磁気逆転が起きなかった特異な時期が存在することも知られていて、白亜紀スーパークロンと呼ばれている。このことは、地磁気ダイナモには、逆転するモードと逆転しないモードの 2 つのモードがあることを示唆している。白亜紀スーパークロンにおける古地磁気変動は、連続的かつ古地磁気復元に適した品質の白亜紀の堆積物を得ることは非常に困難であるため、これまでに得られていない。一方、大西洋における白亜紀スーパークロンの時期の海洋底を対象にした深海における地磁気観測から、古地磁気変動とみられる地磁気異常を観測したとの報告が出された (Granot et al., 2012)。この地磁気異常がグローバルな古地磁気変動かどうかを確認するためには、異なる海域での観測が不可欠である。

2. 研究の目的

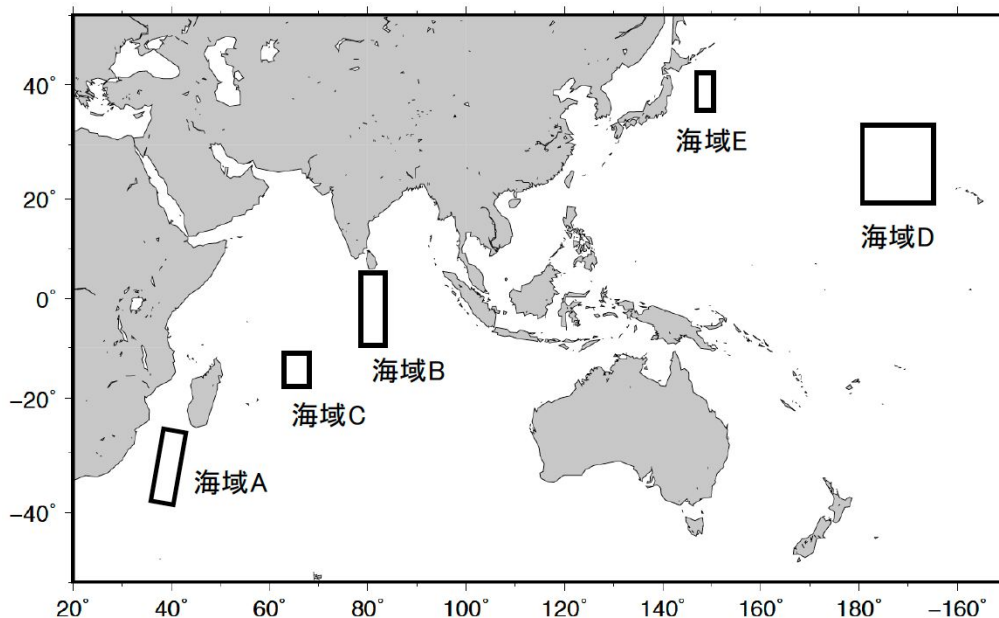
地磁気の成因を理解するためには、古地磁気変動データを活用して研究することが必須である。海洋底には、時系列がはっきりとした約 1 億 6000 万年間分の連続的な古地磁気変動記録が磁化という形で保持されている。海上および深海における地磁気観測から得られる地磁気異常を利用することで、海洋底の磁化の記録から、地磁気の逆転していない期間の古地磁気変動を読み取る。このために、約 4000 万年間にわたって地磁気逆転が起きなかった白亜紀スーパークロンとトランスフォーム断層に着目する。大西洋における白亜紀スーパークロンの時期の海洋底を対象にした深海における地磁気観測から、古地磁気変動とみられる地磁気異常を観測したとの報告が出されている (Granot et al., 2012)。この地磁気異常がグローバルな古地磁気変動かどうかを検証するためには、異なる海域での地磁気観測が不可欠であり、これを実施する。一方、海洋底の磁化には古地磁気変動の記録以外の要因の可能性もあり、この可能性の 1 つに、含水化による磁性鉱物の変質がある。この影響の程度を理解するために、海洋底にある大きな傷でマントルへの水の取り組み口の有力な候補だと考えられているトランスフォーム断層の磁化を調べる。

3. 研究の方法

本研究の目的に沿って、3 つの調査海域 (下図、調査海域 A、B、C) において海上における地

磁気観測と可能な場合は深海における地磁気観測を実施した。また、2つの調査海域(下図、調査海域D、E)は、過去に地磁気観測が実施されており、このデータの活用も行った。

- ・調査海域A(インド洋南西部、マダガスカル島の南の海域)と調査海域B(インド洋北部、スリランカの南の海域) 調査海域D(太平洋ハワイ沖)は、白亜紀スーパークローンの時期に形成された海洋底が存在する海域である。地磁気変動は地球規模で起こる変動であるため、これら異なる海域で地磁気観測により得られた地磁気異常データを比較することにより、白亜紀スーパークローンにおける古地磁気変動の抽出を試みる。
- ・調査海域C(インド洋北中部)には、中央インド洋海嶺を横切る、アルゴトランスフォーム断層と200kmを越す長大なマリーセレストランスフォーム断層とがある。トランスフォーム断層は、海洋底にある大きな傷でマンテルへの水の取り組み口の有力な候補だと考えられており、この長大なトランスフォーム断層の存在は、蛇紋岩化現象とこれに伴う磁化変化を評価することに最適な場所だと考えた。調査海域E(太平洋北西部)にあるノサップフラクチャー断層をこの比較対象とした。



図：本研究の調査海域

調査海域A、B、Cにおける地磁気観測は、3回の研究航海により実現した。2015年度には、調査海域C(インド洋北中部)で観測を、2016年1月に学術研究船「白鳳丸」による調査航海により実施した。観測には、海上曳航式プロトン磁力計、船上3成分磁力計、深海曳航式磁力計を用いて、海上および深海での地磁気観測データを取得した。2016年度には、調査海域A(インド洋南西部、マダガスカル島の南の海域)での観測を、2017年1~2月にフランスの研究船「Pourquoi pas?」による調査航海により実施した。この観測のために、日本から船上3成分磁力計と深海曳航式磁力計を準備してこの調査航海に持ち込み、フランスの観測機器も利用することで、海上および深海での地磁気観測データを取得した。2017年度には、調査海域B(インド洋北部、スリランカの南の海域)での観測を、2017年7~8月にドイツの研究船「Sonne」による調査航海により実施した。観測のために、日本から船上3成分磁力計を準備してこの調査航海に持ち込み、ドイツの観測機器も利用することで、海上での地磁気観測データを取得した。

4. 研究成果

4-1. 白亜紀スーパークローンの地磁気異常

白亜紀スーパークローンの時期に形成された海洋底が存在する海域である調査海域A(インド洋南西部、マダガスカル島の南の海域)と調査海域B(インド洋北部、スリランカの南の海域) 調査海域D(太平洋ハワイ沖)の異なる海域での地磁気観測により得られたデータ解析を行った。これにより、大西洋中央部で報告された白亜紀スーパークローンの時期の地磁気異常(Granot et al., 2012)がグローバルな古地磁気変動かどうかの検証を試みた。Granot et al. (2012)は、2つの特徴的な地磁気異常を見つけて、これらをマーカーイベントとしてQ1とQ2と呼び、これらにより分けられる3つの期間で、地磁気異常の変動の特徴が異なると報告した。すなわち、中間的な変動を示す期間(Chron M0 - イベントQ2)、ダイナミックな変動を示す期間(イベントQ2 - イベントQ1)、スムーズな変動を示す期間(イベントQ1 - Chron C34)である。本研究で取得・解析した3つの海域でのデータからは、マーカーイベントであるQ1とQ2の認定ができず、大西洋中央部で報告された白亜紀スーパークローンの時期の地磁気異常(Granot et al., 2012)

がグローバルな古地磁気変動かどうかの検証にはいたらなかった。検証の過程において、得られた地磁気異常の変化が古地磁気変動の記録であることを認定するためには、磁化原因物体の2次元性の吟味が必要であり、3次元性の影響の除去が重要であることが分かった。

3つのそれぞれの海域での詳細な解析結果は次の通りである。調査海域Aのインド洋南西部での深海曳航式による地磁気観測は、7回の深海曳航による観測データをコンパイルして約520km（～約2000万年間）の地磁気異常を算出した。年代的には、Q1とQ2イベントを含む期間に相当するデータである。この深海観測での地磁気異常データの解析の結果では、すでに公表されている大西洋中央部で報告された白亜紀スーパークロンの時期の地磁気異常（Granot et al., 2012）との比較で、地磁気異常プロファイルにいくつかの類似する特徴が見られた。この航海の海上で測定した地磁気の3成分観測の解析結果は、船が低速で進んでいて船首方向が安定しなかったために船の動揺によるノイズレベルが高く、磁化原因物体の2次元性の吟味には適さないことがわかった。このため、この測線とほぼ平行で、約20km離れた測線上において、KH07-04白鳳丸航海で得られた海上での地磁気3成分観測データを解析した。この3成分地磁気異常解析の結果から、磁化原因物体の3次元性を示すものが多く含まれていることが分かった。このため、今回得られた深海観測による地磁気異常データにも3次元性の磁化原因物体によるものが含まれていると考えられ、公表されている大西洋中央部との単純な比較ではその信頼性に疑問が生じることが分かった。

調査海域Bのインド洋北部での広域における地磁気調査の解析からは、C26（約6100万年前）から白亜紀スーパークロンが始まるC34（約8300万年前）までの間のクロンの同定を広い海域で行うことができた。これにより得られた地磁気異常から、この海域の海洋底の形成は、Desa et al. (2006)で提唱されている北西-南北方向の海洋底拡大モデルでは簡単に説明できないことが分かった。そして、白亜紀スーパークロン時に形成されたと考えられる海洋底は、スリランカの大陸棚から深海盆にかけての斜面に位置していることを明らかにした。しかしながら、白亜紀スーパークロン時の古地磁気変動を示す2次元的な3成分地磁気異常の抽出はできなかった。理由は、単純な北西-南北方向の海洋底拡大モデルではない複雑な地質構造に起因する地磁気異常のシグナルと、ベンガル湾起源の厚い堆積物の影響によるためだと判断した。

調査海域Dの太平洋ハワイ沖の海上で観測された地磁気異常には、高い時間分解能で古地磁気変動の記録されていることが期待できる。この海域では速い拡大速度（片側拡大速度が～70 km/Myr）で海洋地殻が形成されているためである。深海地磁気観測を行った遅い拡大速度の大西洋中央部と南西インド洋（片側拡大速度が20-30 km/Myr）の観測深度の条件から、太平洋ハワイ沖での“海上”観測での地磁気異常データから推定する古地磁気変動の時間分解能は、大西洋中央部や南西インド洋での“深海”観測での地磁気異常データによる時間分解能とほぼ同等であること示し、実際の観測データを比較することでこのことが確認できた。一方で、この太平洋ハワイ沖での観測データが、Chron M0とイベントQ2との間の期間と推定できる限られた期間のデータであり、2次元的な3成分地磁気異常が抽出できた範囲がさらに狭まったことから、大西洋中央部と南西インド洋での深海地磁気異常との対応を付けることができなかった。

4-2. トランスフォーム断層の磁化

海洋底の磁化には古地磁気変動の記録以外の要因の可能性もあり、この可能性の1つに、含水化による磁性鉱物の変質がある。この影響の程度を理解するために、海洋底にある大きな傷でマントルへの水の取り組み口の有力な候補だと考えられているトランスフォーム断層の磁化を調べた。具体的には、インド洋のマリーセレストトランスフォーム断層とアルゴトランスフォーム断層で実施した地磁気調査と、比較研究としてノサップフラクチャーゾーンでの地磁気調査のデータ解析を行った。この結果、マリーセレストトランスフォーム断層とアルゴトランスフォーム断層では、それぞれ海嶺からの距離はほぼ同じ距離である30km離れた部分での地磁気調査であったにも関わらず、全く違った結果となった。アルゴトランスフォーム断層では、低磁化で磁化層の破碎が示唆された。一方で、マリーセレストトランスフォーム断層では強い磁化が確認され、新たな火成活動もしくは蛇紋岩化による磁化獲得が示唆された。また、ノサップフラクチャーゾーンにも強い磁化があり、その磁化伏角から南半球での獲得を示している。ノサップフラクチャーゾーンの両側の海洋底の地磁気異常の解析から、両側の海洋底年代は約135Maに南半球で形成されている（Nakanishi et al., 1989）。ノサップフラクチャーゾーンの調査海域は、現在北緯40度付近であり、そこでの磁化が南半球で獲得されたものであることは、磁化獲得の時期が、周辺の海洋底が南半球で形成された時期と近いことを示している。従って、ノサップフラクチャーゾーンでの磁化は、フラクチャーゾーンになる前のトランスフォーム断層時に獲得した可能性を示し、その後現在にいたるまでに強い変成を受けていないことを示唆する。

4-3. 手法の改善

本研究では、AUV「うらしま」に取り付けて利用するオーバーハウザー型磁力計の導入も行った。これまで得られた成果と観測経験をもとに、深海地磁気観測機器の整備・調整をさらに行い、深海での地磁気観測手法および解析手法の改善を進めることができ、今後の深海地磁気観測での活用が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Fujii Masakazu, Okino Kyoko	4. 巻 70
2. 論文標題 Near-seafloor magnetic mapping of off-axis lava flows near the Kairei and Yokoniwa hydrothermal vent fields in the Central Indian Ridge,	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-018-0959-5	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 Hanyu Tomoko, Nogi Yoshifumi, Fujii Masakazu	4. 巻 13
2. 論文標題 Crustal formation and evolution processes in the Natal Valley and Mozambique Ridge, off South Africa	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 66 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2017.06.002	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 佐藤暢、野木義史、藤井昌和、佐藤太一	4. 巻 76
2. 論文標題 南大洋の形成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 243 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14943/lowtemsci.76.243	査読の有無 無
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 Fujii M., Okino K., Sato H., Nakamura K., Sato T., and Yamazaki T.	4. 巻 17
2. 論文標題 Variation in magnetic properties of serpentinized peridotite exposed on the Yokoniwa Rise. Central Indian Ridge: Insights into the role of magnetite in serpentinization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 5024-5035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2016.02.018	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 Honsho C., Yamazaki T., Ura T., Okino K., Morozumi H. and Ueda S.	4. 巻 17
2. 論文標題 Magnetic anomalies associated with abundant production of pyrrhotite in a sulfide deposit in the Okinawa Trough, Japan	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geochemistry. Geophysics. Geosystems	6. 最初と最後の頁 4413-4424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016GC006480	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12件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Sato Taichi, Nogi Yoshifumi, Sato Hiroshi, Fujii Masakazu
2. 発表標題 The origins of southern part of Madagascar Plateau and Del Cano Rise, based on re-estimated seafloor spreading history of Southwest Indian ridge 35 ° E to 55 ° E
3. 学会等名 ISAES 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 島 伸和、Jerome Dymont、佐藤 太一、Yves Gallet、沖野 郷子、Roi Granot、野木 義史、望月 伸竜、山崎 俊嗣
2. 発表標題 白亜紀スーパークローンの古地球磁場変動
3. 学会等名 InterRidge-Japan研究集会「海洋地殻 - マントルの新たな実像：オマーン掘削から、海域観測から」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井昌和、沖野郷子
2. 発表標題 Submersible magnetics reveals relationship between off-axis volcanism and hydrothermal systems of the Kairei and Yokoniwa fields at the Central Indian Ridge
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳥 伸和、Jerome Dymant、佐藤 太一、Yves Gallet、沖野 郷子、Roi Granot、野木 義史、望月 伸竜、山崎 俊嗣
2. 発表標題 The Cretaceous Normal Superchron: records from the Pacific, Indian and Atlantic oceanic crust
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujii Masakazu、Okino Kyoko
2. 発表標題 Near-seafloor magnetics of off-axis volcanism near the Kairei and Yokoniwa hydrothermal fields of the Central Indian Ridge
3. 学会等名 American Geophysical Union 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 沖野郷子・鳥伸和・藤井昌和・町田嗣樹
2. 発表標題 Tectonics of long-offset oceanic transform faults along the Central Indian Ridge
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nogi, Yoshifumi
2. 発表標題 Magnetic anomaly mapping around Antarctica
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古川優和・藤井昌和・島伸和・沖野 郷子
2. 発表標題 トランスフォーム断層における地磁気異常の要因の推定
3. 学会等名 海洋リソスフェアの蛇紋岩化作用と物理・化学・生物プロセス～InterRidge-Japan研究集会～
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Dyment, J., Y. Gallet, R. Granot, N. Seama, M. Blanc, H. Choe, K. Okino, A. Pasenko, M. Phua, C. Poitou, S. Roth, T. Sato, T. Zhang, C. Hemond, E. Kraus, M. Makuzeni, G. Raifman, V. S. Razafimamonjy, A. Schatz and F. Resseguier
2. 発表標題 Revisiting the Cretaceous Normal Superchron in the SW Indian Ocean
3. 学会等名 American Geophysical Union 2017 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Okino K., Seama N., Fujii M. and Machida S.
2. 発表標題 Tectonics of long-offset oceanic transform faults along the Central Indian Ridge
3. 学会等名 American Geophysical Union 2016 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 沖野郷子・島伸和・砂村倫成・町田嗣樹・KH-15-5研究者
2. 発表標題 KH-15-1 白鳳丸研究航海速報：長大トランスフォーム断層と海嶺活動 CIR13-18S
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 島伸和・北川高行・沖野郷子・藤井昌和・中東和夫・岡本理・古川優和・小林拓史・野木義史
2. 発表標題 フラクチャーゾーン、トランスフォーム断層を横切る深海地磁気調査
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2016年大会
4. 発表年 2016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	沖野 郷子 (Okino Kyoko) (30313191)	東京大学・大気海洋研究所・教授 (12601)	
研究分担者	佐藤 太一 (Sato Taichi) (50613246)	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・主任研究員 (82626)	
研究分担者	野木 義史 (Nogi Yoshifumi) (90280536)	国立極地研究所・研究教育系・教授 (62611)	
研究分担者	藤井 昌和 (Fujii Masakazu) (80780486)	国立極地研究所・研究教育系・助教 (62611)	
研究協力者	ディモン ジェロム (Dyment Jerome)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ヨカット ウィルフレイド (Jokat Wilfried)		
研究協力者	中東 和夫 (Nakahigashi Kazuo)		