

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23403004

研究課題名(和文)独立成分分析による海洋ダイナモが豪大陸内陸の地磁気変動に与える影響の解明

研究課題名(英文)Independent component analysis of Australian-wide-array geomagnetic data

研究代表者

市来 雅啓 (Ichiki, Masahiro)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：80359182

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,600,000円、(間接経費) 2,280,000円

研究成果の概要(和文)：オーストラリア中央部の磁場観測データにおいて海洋潮汐成分が卓越する現象の素過程の研究とそれらの影響を取り除いた地下の大陸上部マントルの電気伝導度構造を推定した。20年前のオーストラリア全土のキャンペーン磁場観測データを解析した結果、磁場変動の海洋潮汐成分を抽出した振幅の空間分布は海洋ダイナモ効果より大陸下の電気伝導度の不均質の影響を強く受けている。また、20年前の貴重なデータの電気伝導度構造を目的とした解析がなされていないことが分かったので、2009年から可能になったオーストラリア全土の3次元電気伝導度不均質構造の推定に初めて成功した。

研究成果の概要(英文)：Employed the Australian-wide geomagnetic array data, we investigated the mechanism of the outstanding power spectrum density of geomagnetic variation corresponding to M2 tide observed at Alice Springs, central Australia, and estimated 3-D electrical conductivity profile in the upper mantle beneath entire Australian continent after elimination of the tidal effect. A distribution of the large geomagnetic power spectrum density corresponding to M2 tide is consistent with the land surface conductivity distribution rather than periodic current distribution. The upper mantle conductivity model beneath Australian continent clearly revealed the geological terrains, in particular Yilgarn and Pilbara Cratons.

研究分野：数物系科学A

科研費の分科・細目：固体地球惑星物理学

キーワード：海洋ダイナモ 電気伝導度構造 地磁気変動 独立成分分析 潮流

1. 研究開始当初の背景

本研究者らは、大陸下の上部マントル（深さ～660km）標準電気伝導度構造を求める目的で、豪大陸中心アリススプリングスに長距離間電位差変動観測点を敷設し、大陸上部マントル標準電気伝導度モデルの構築を試みた。上部マントル電気伝導度構造解析では、1-2cpd [cycle/day]付近の電磁場変動の内、地球内部で電磁誘導された成分を解析して電気伝導度構造を推定する。しかし1-2cpd付近の電磁場変動は地球内部電磁誘導以外に潮流や外部磁場の平面波近似が成り立たない変動によって汚染されている。そこで本研究者らは、潮流や海洋の影響を避ける為に豪大陸中央部のアリススプリングスをフィールドとして選定したが、アリススプリングスの地磁気データをスペクトル解析した結果、海洋潮汐の周期に該当する電磁場パワースペクトルが顕著であるという想定外の結果を得た。この結果は従来の海洋ダイナモの素過程で説明不可能であることは明白であった。当初の目的である豪大陸中心の観測データによる大陸標準電気伝導度構造を求める為に、この素過程を理解して取り除くことが不可欠となっていた。

2. 研究の目的

申請者らは参考となる別の素過程がないか文献調査し、作業仮説となる新たな素過程を設定した。その結果、従来は平面的に回転成分のない一様流中に障害物としての陸地が存在するような素過程を考えていたのに対し、海洋潮汐に伴い陸地を巡回する潮流が存在する為、陸地の中心程海洋ダイナモの影響が大きくなるという素過程と、三宅島で実際にそのような観測事実を捕えた研究報告を発見した（笹井他・1999年地球惑星科学合同大会）。その結果を踏まえ、三宅島の様な小規模な離島だけでなく、豪大陸の様な大規模な大陸でも海洋潮汐に伴う豪大陸を巡回するような潮流と、豪大陸の中心付近程地磁気変動が海洋ダイナモの影響を強く受ける素過程が在るのではないかと着想した。そこで、本研究に海洋物理を専門とする研究分担者を加え、豪大陸を巡回するような潮流の

観測或いは理論モデルが存在するかを調査した結果、潮流の回転中心に相当する地点（無潮点）のグローバルな分布を求めるモデル計算が古くから研究されており、最新の研究結果では、豪大陸中心からみて北東と南西の海岸線付近に大きな無潮点が2つ存在していることが分かった(e.g. Lyard et al., 2006)。この2つの無潮点を合成すると丁度豪大陸を巡回する潮流と同値になり、申請者らは豪大陸全土で稠密に観測された地磁気観測網を初めて解析することで、この仮説を解明可能ではないかと考え、本研究の申請に至った。

3. 研究の方法

具体的に以下の研究方法を計画した。

- (1) 豪全土で1989-1990年に250-300km間隔・53点で観測された地磁気観測網のデジタルデータを収集し、時刻・座標系補正の一次処理を行い時系列データを整える。
- (2) (1)で得られたデータをスペクトル解析し、海洋潮汐対応(M_2 分潮等)周波数成分を抽出する。各観測点・各周波数データに対して独立成分分析による空間領域モード解析を行う。得られた主要モード、第1, 2モードの空間パターンがどの海洋ダイナモ素過程に対応するか考察し(研究計画参照)、豪大陸地磁気変動データに潮流がどのような分布・強度で影響を与えているかを定量化する。
- (3) (2)で得られた地磁気変動(海洋ダイナモ)から予想される無潮点位置を、複数存在する海洋物理分野の各計算モデルと比較し、海洋物理分野の計算モデルへのフィードバックも検討する。
- (4) アリススプリングスで観測している地電位差観測を継続し、より長期間のデータで電磁場のスペクトル解析を行い、(2)で明らかになった海洋潮汐による寄与分を取り除いて大陸下深部の電気伝導度構造モデル構築へ繋げる。

4. 研究成果

研究協力者のオーストラリア国立地球科学研究所のAdrian Hitchman、Liejun Wang両博士から、20年前のオーストラリア全土で収集

された53観測点でのキャンペーンによる磁場3成分観測点データは予想に反してCD-ROMに整理されており、収集する手間が省けた。我々はこのデータから海洋潮汐に関連するM2成分の磁場変動データをスペクトル解析し、空間領域での振幅分布を確かめた。その結果、振幅の分布は大陸の電気伝導度と関連するような分布を示している。

更に我々は20年前に観測された上記のオーストラリア全土の3成分磁場変動データに対して2009年より可能となった最新の3次元電気伝導度構造解析を試み、初めてオーストラリア全土の上部マントルの3次元電気伝導度構造の推定に成功した。データはオーストラリアの共同研究者のLiejun WangとAdrian Hitchmann両博士に優先権がある為、3次元解析の全般を日本側が指導、計算した。既知情報として表層堆積層の分布、海底地形と海水の分布を入力して深さ300km程度までの3次元構造を推定した結果、浅い部分は表層の堆積層に影響を受けた構造が得られたが、50km-100km付近ではYilgarnやPilbaraといった古い地質構造に対応した電気伝導度の低い陸塊が見事に推定され、初めて全豪を鳥瞰できる3次元構造モデルの構築に成功した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

1. Liejun, W., A. Hitchman, Y. Ogawa, W. Siripunvaraporn, M. Ichiki and K. Fuji-ta, A 3-D conductivity model of the Australian continent using observatory and magnetometer array data, *Geophysical Journal International*, Accepted, 査読有, 2014.
2. Kobayashi, T., K. Mizuno and T. Suga, Long-term variations of surface and intermediate waters in the southern Indian Ocean along 32°S, *J. Oceanogr.*, 68, 243-265, doi: 10.1007/s10872-011-0093-5, 査読有, 2012.
3. Kobayashi, T., K. Mizuno and T. Suga, Long-term variations of Subantarctic Mode Water at 32°S in the Indian Ocean, *Proceedings of the OceanObs '09*, WPP-306, doi: 10.5270/OceanObs09, 査読無, 2011.
4. Fuji-ta, K., T. Katsura, M. Ichiki, T. Matsuzaki and T. Kobayashi, Variations in electrical conductivity of rocks above meta-

morphic conditions, *Tectonophysics*, 504, 116-121, doi: 10.1016/j.tecto.2011.03.008, 査読有, 2011

〔学会発表〕(計8件)

1. 伊藤大樹, 須賀利雄, Argo フロートにより観測された北西太平洋における中規模渦の時間発展, 日本海洋学会秋季大会, 2013年09月18-23日, 北海道大学
2. 柴田優, 須賀利雄, 遠山勝也, 北太平洋におけるサブダクション率と低渦位水分布の関係, 日本海洋学会秋季大会, 2013年09月18日, 北海道大学
3. Suga, T., K. Toyama and A. Iwasaki, Annual subduction rate of the North Pacific and its interannual variation, *WCRP/CLIVAR 2nd International Symposium on Boundary Current Dynamics*, 2013年07月09日, 中国麗江
4. Ichiki, M., K. Fuji-ta, L. Wang, J. Whatman, and Adrian Hitchman, A reference electrical conductivity model of continental upper mantle estimated from MT data in central Australia, *The 21st Electromagnetic Induction Workshop*, 2012年07月30日, 豪州ダーウィン
5. K. Fuji-ta, M. Seki, T. Katsura, and M. Ichiki, Electrical Conductivity Network Model for Hydrous Rock and Mineral, *The 21st Electromagnetic Induction Workshop*, 2012年07月30日, 豪州ダーウィン
6. Kobayashi, T., K. Mizuno, and T. Suga, Long-term variations of surface and intermediate waters in the southern Indian Ocean along 32°S, *Ocean Science Meeting*, 2012年2月20日, 米国ソルトレークシティ
7. Ichiki, M., K. Fuji-ta, L. Wang, J. Whatman and A. Hitchman, An upper mantle electrical conductivity profile beneath the Australian continent and a comparison with a laboratory-based model, *IUGG General Assembly*, 2011年7月4日, 豪州メルボルン
8. Fuji-ta, K., M. Seki, T. Katsura, and M. Ichiki, An electrical conductivity network model within the hydrous rock and mineral, *IUGG General Assembly*, 2011年7月2日, 豪州メルボルン

〔図書〕(計3件)

1. 須賀利雄, 表層循環系, 図説地球環境の事典 7.4 節, 吉崎正憲・野田彰 他編, 朝倉書店, 198-199, 2013.
2. 須賀利雄, 北太平洋モード水, 図説地球環境の事典 7.13 節, 吉崎正憲・野田彰 他編, 朝倉書店, 216-217, 2013.
3. 須賀利雄, 海水はめぐる, 海はめぐる-人と生命を支える海の科学- 第3章, 日

本海洋学会編，地人書館，41-60，2012.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

市來 雅啓 (ICHIKI MASAHIRO)
東北大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：80359182

(2)研究分担者

須賀 利雄 (SUGA TOSHIO)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：70211977

藤田 清士 (FUJITA KIYOSHI)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：00283862