

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2011

課題番号：20540438

研究課題名（和文）

地磁気逆計算法を用いたオーロラ電流系の解明

研究課題名（英文）

Auroral current system as estimated by a magnetic inversion method

研究代表者

家田 章正 (AKIMASA IEDA)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教

研究者番号：70362209

研究成果の概要（和文）：

オーロラ爆発上空では、磁力線に沿った電流（沿磁力線電流）が観測される。この沿磁力線電流が、東西電流ペアであるのか、南北ペアであるのか、あるいは両者の競合であるのかを明らかにすることが、オーロラ電流系の駆動源を理解するために重要である。本研究では、地磁気データとオーロラデータを用いた地磁気逆計算法により、沿磁力線電流を面でスナップショット推定し、その成分を分解した。その結果、西向きジェット電流の南北で、推定した沿磁力線電流の、ホール成分とペダーセン成分が反相関していた。この結果は、東西ループ電流に関係した電場が、南北方向の分極電場を生成したことを示唆している。

研究成果の概要（英文）：

The spatial distribution of field-aligned currents (FACs) is studied for an intense substorm. We first estimated the height-integrated ionospheric Hall and Pedersen conductances from ultraviolet images taken by the Polar satellite. To derive FACs, we then employed Ohm's law for the ionosphere, applying a magnetic inversion method to the input conductances and ground magnetic field data. As a result, the Hall FACs that are connected to the ionospheric Hall currents were anti-correlated with the Pedersen FACs that are connected to the ionospheric Pedersen currents. Such anti-correlations were observed near the poleward and the equatorward edges of the auroral westward currents. This result indicates that the auroral current system included the Cowling channel that is the auroral westward currents enhanced by the polarization electric field in this particular event.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	0	0	0
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：地球電離圏、地球磁気圏

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：宇宙科学、宇宙空間、磁気圏・電離圏、地球電磁気、超高層物理学

## 1. 研究開始当初の背景

オーロラ爆発が磁気圏尾部での磁気リコネクションと関係していることが、日米共同のジオテイル衛星により明らかになってきた。研究代表者はこれまで、オーロラ爆発とリコネクションの関係を解明してきた。特に、ポーラー衛星が極域電離圏においてオーロラ爆発を観測した時に、ジオテイル衛星が磁気圏尾部においてリコネクションにより生じた磁場・プラズマ変動を統計解析し、オーロラ爆発時には必ずリコネクションが生じていることを示した(Ieda et al., JGR, 2008)。

一方、リコネクションが生じてもオーロラは爆発的には発達せず、局所的な増光のみ生じる例があることも示した(Ieda et al., JGR, 2001)。このように、オーロラ爆発とリコネクションの対応関係は明らかになってきたが、両者の因果関係は不明である。

因果関係を明らかにするためには、どのオーロラ電流系の発達のリコネクションの開始と対応しているかを明らかにする必要がある。このために、地磁気逆計算法を用いてオーロラ電流系を特定することが必要であると考えるに至った。

## 2. 研究の目的

地球の電離圏では数時間に一度、オーロラが爆発的に発達する。このオーロラ爆発に関連した、電離圏・磁気圏における一連のエネルギー解放現象は、包括的にサブストームと呼ばれる。

本研究ではサブストームを理解するために、地上・衛星観測データを用いた総合解析を行う。特に、地磁気逆計算法により電離圏の状態を再現し、サブストーム開始時のオーロラ電流系は東西ループであるか、南北ループであるかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

オーロラ電流系、特に電離圏と磁気圏を繋ぐ沿磁力線電流は、グローバルに直接観測することが出来ない。本研究の特色は、地磁気逆計算法(Kamide et al., JGR, 1981)によりオーロラ電流系をグローバルに、推定することである。

この手法は、磁場を入力データとして、磁場に対応する電流を求める、逆問題解析法であり、電離層電流がオームの法則を満たすことを利用することが主眼である。電離層の電気伝導度は、ポーラー衛星取得のオーロラ画像から算出する。

## 4. 研究成果

本研究ではまず、地磁気逆計算法を用いてオーロラ電流系が東西ループであるか、それとも南北ループであるかを調べた。オーロラ爆発上空では、磁力線に沿った電流（沿磁力線電流）が観測される。この沿磁力線電流が、東西電流ペアであるのか、南北ペアであるのか、あるいは両者の競合であるのかを明らかにすることが、電流系の駆動源を理解するために重要である。

本研究では、地磁気データとオーロラデータを用いた地磁気逆計算法により、沿磁力線電流を面でスナップショット推定し、その成分を分解した。地磁気データは、全世界の150点の観測所による1分値を用いた。オーロラデータは、ポーラー衛星による二波長紫外線観測を用いた。

解析の結果、西向きジェット電流の南北で、推定した沿磁力線電流の、ホール成分とペダーセン成分が反相関していた。この結果は、東西ループ電流に関係した電場が、南北方向の分極電場を生成したこと、すなわち「ホール効果」により、南北電流ループは生成が阻止されて東西電流ループが強められていることを示唆している。

本研究では次に、地磁気逆計算法の検証を行った。極域電離圏（高度100km）におけるオーロラは、より高々度の磁気圏と、磁力線に沿った電流を通じて結合している。

この電流（沿磁力線電流）は、二つの異なる手法を用いて別々に研究されてきた。一つは極軌道の衛星による直接観測であり、電流分布が単純な場合は、ほぼ正しい電流値が定まる。ただし、観測は軌道線上に限られるため、面での電流分布については、統計値しか得られない。もう一つは地上の磁場データを用いた地磁気逆計算法であり、間接的ではあるが、面でのスナップショットの推定が可能である。

本研究では、地磁気逆計算法によって推定した沿磁力線電流と、直接観測を比較した。その結果、沿磁力線電流が比較的単純な二層構造であった二例では、地磁気逆計算法はこの構造を定性的に再現し、定量的には30-60%過小評価した。一方、沿磁力線電流が複雑な四層の構造であった一例では、地磁気逆計算法は、内部の二層を定性的にも再現できなかった。

## 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7件）

1. Fujii, R., O. Amm, A. Yoshikawa, A. Ieda, and H. Vanhamäki, Reformulation and energy flow of the Cowling channel,

- J. Geophys. Res., 116, A02305, doi:10.1029/2010JA015989, 2011. (査読有)
2. Amm, O., R. Fujii, K. Kauristie, A. Aikio, A. Yoshikawa, A. Ieda, and H. Vanhamäki, A statistical investigation of the Cowling channel efficiency in the auroral zone, J. Geophys. Res., 116, A02304, doi:10.1029/2010JA015988, 2011. (査読有)
  3. Miyashita, Y., S. Machida, A. Ieda, D. Nagata, Y. Kamide, M. Nose, K. Liou, T. Mukai, S. P. Christon, C. T. Russell, I. Shinohara, and Y. Saito, Pressure changes associated with substorm dipolarization in the near-Earth plasma sheet, J. Geophys. Res., doi:10.1029/2010JA015608, 2010. (査読有)
  4. Shiokawa, K., A. Nakajima, A. Ieda, K. Sakaguchi, R. Nomura, T. Aslaksen, M. Greffen, and E. Donovan, Rayleigh-Taylor type instability in auroral patches, J. Geophys. Res., 115, A02211, doi:10.1029/2009JA014273, 2010. (査読有)
  5. Nose, M., A. Ieda, and S. P. Christon, Geotail observations of plasma sheet ion composition over 16 years: On variations of average plasma ion mass and O<sup>+</sup> triggering substorm model, J. Geophys. Res., 114, A07223, doi:10.1029/2009JA014203, 2009. (査読有)
  6. Ieda, A., D. H. Fairfield, J. A. Slavin, K. Liou, C.-I. Meng, S. Machida, Y. Miyashita, T. Mukai, Y. Saito, M. Nosé, J.-H. Shue, G. K. Parks, and M. O. Fillingim, Longitudinal association between magnetotail reconnection and auroral breakup based on Geotail and Polar observations, J. Geophys. Res., 113, A08207, doi:10.1029/2008JA013127, 2008. (査読有)
  7. Amm, O., A. Aruliah, S. C. Buchert, R. Fujii, J. W. Gjerloev, A. Ieda, T. Matsuo, C. Stolle, H. Vanhamäki, and A. Yoshikawa, Towards understanding the electrodynamic of the 3-dimensional high-latitude ionosphere: present and future, Ann. Geophys., 26, 3913-3932, 2008. (査読有)
- [学会発表] (計 8 件)
1. 家田章正、上出洋介、堀智明、関華奈子、三好由純、藤井良一、D. Lummerzheim、R. J. Strangeway、R. Ergun、M. O. Fillingim、K. Parks、J. P. McFadden、C. W. Carlson、Field-aligned currents during an intense substorm as estimated from global images and ground magnetic observations、AGU Chapman Conference - Relationship Between Auroral Phenomenology and Magnetospheric Processes、2011 年 3 月 1 日、Fairbanks, USA
  2. 家田章正、オーロラサージ極側境界の鉛磁力線電流、平成 22 年度 国立極地研究所研究集会「極域における電離圏パラメータの非線形発展:モデル化と検証」、2010 年 12 月 22 日、国立極地研究所 (東京都)
  3. 家田章正、藤本正樹、西野真木、堀智昭、関華奈子、西村幸敏、藤井良一、海老原祐輔、町田忍、宮下幸長、向井利典、齋藤義文、FAST 衛星によるオーロラサージ電流系の観測、地球電磁気・地球惑星圏学会 第 128 回総会・講演会、2010 年 10 月 31 日、沖縄県市町村自治会館 (沖縄県)
  4. 家田章正、上出洋介、堀智昭、藤井良一、オーロラ電流系の推定と直接観測、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、2010 年 5 月 28 日、幕張メッセ (千葉県)
  5. 家田章正、上出洋介、堀智明、関華奈子、三好由純、藤井良一、D. Lummerzheim、R. J. Strangeway、R. Ergun、M. O. Fillingim、K. Parks、J. P. McFadden、C. W. Carlson、Field-aligned currents during an intense substorm as estimated from global images and ground magnetic observations、10th International conference on substorms、2010 年 3 月 22 日、Pismo beach, CA, USA
  6. 家田章正、上出洋介、オーロラ画像と地上磁場から推定されたサブストーム時の沿磁力線電流地球電磁気・地球惑星圏学会 第 124 回総会・講演会、2009 年 9 月 27 日、金沢大学 (金沢)

7. 家田章正、上出洋介、地磁気逆計算法による電離層電流系の推定、日本地球惑星科学連合 2009 年大会、2009 年 5 月 18 日、幕張メッセ (千葉県)

N/A ( )

研究者番号 :

8. 家田章正、塩川 和夫、堀智昭、坂口歌織、野村麗子、中島章光、宮下幸長、藤本正樹、M. Greffen、E. Donovan、E. Spanswick、I. Mann、V. A. Angelopoulos、C. T. Russell、J. P. McFadden、C. W. Carlson、D. Larson、S. Mende、H. Frey、K. H. Glassmeier、U. Auster、テミス衛星群と地上オーロラビデオとによる 2008 年 3 月のサブストーム同時観測、地球電磁気・地球惑星圏学会 第 124 回総会・講演会、2008 年 10 月 9 日、仙台市戦災復興記念会館 (宮城県)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

**家田章正** (Ieda Akimasa )

研究者番号 : 70362209

(2) 研究分担者

N/A ( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者