

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25年 5月 1日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540460

研究課題名（和文）EMF駆動型磁気圏電離圏結合シミュレータによる全球Cowlingチャンネルの解明

研究課題名（英文）Studies on Cowling channel using global Magnetosphere-Ionosphere coupling simulator

研究代表者

吉川 顕正（AIMASA YOSHIKAWA）

九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター・講師

研究者番号：70284479

研究成果の概要（和文）：非一様・非等方性電離層とAlfven波によって運ばれる沿磁力線電流系の相互作用について、電離層電流が伝導度勾配領域を横切る時に生じる分極場生成プロセスを3次元電流クロージャーの観点からの定式化し、数値実験によって、Cowlingチャンネル生成過程の可視化に成功した。特に電離層内で生じるHall電流発散がどれだけの割合で磁気圏に流出し、どれだけの割合で電離圏内部に閉じ込められるのかを一意決定するCowling効率の理論的導出は画期的であり、磁気圏電離圏結合科学の理解を深化させる新しい概念の確立へと繋がった。

研究成果の概要（英文）：We present the first complete formulation of the coupling between the ionospheric horizontal currents (including Hall currents) and the field-aligned currents (FAC) via shear Alfven wave, which can describe the formation of a Cowling channel without any a priori parameterization of the secondary (Hall-polarization) electric field strength. Our theory separates the Cowling channel into "primary" and "secondary" components. Until now there are no theoretical frameworks, which can derive these separated components from observed or given total conductance, electric field and FAC distributions alone. But when a given incident Alfven wave is considered as the driver, the reflected wave can be uniquely decomposed into the primary and secondary components. We show that the reflected wave can, depending on actual conditions, indeed carry FAC that connect to divergent Hall currents. With this new method we can identify how large secondary electric field is generated to close the divergent Hall current within the ionosphere, and how much of the Hall current continues out to the magnetosphere as FAC. In typical ionospheric situations only a small fraction of FAC is connected to Hall currents at conductance gradients, i.e. the secondary field is relatively strong. But when conductances are relatively low compared with Alfven conductance and/or horizontal scales smaller than ~ 10 [km], the Hall FAC may become significant.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

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：磁気圏電離圏結合、Cowlingチャンネル、Hall分極場、Alfven波

1. 研究開始当初の背景

磁気圏-電離圏間の電流・対流の結合問題は、グローバルな太陽風・地球超高層大気圏の結合ダイナミクスを理解する上で非常に重要な要素である。特に近年の地上磁場・電場多点ネットワーク観測やグローバルシミュレーションの発達によって、電離圏に於ける沿磁力線電流のクロージャーと対流発達過程が磁気圏ダイナミクスを大きくコントロールしている可能性が示され、超高層物理学の積年の重要課題であるオーロラサブストームや、太陽風変動と連動した高緯度オーロラ帯から地球電磁圏最深部(磁気赤道領域)至る結合現象の計算機実験による具体的な研究ターゲットとして意識されるようになってきた。

一方、このMI結合系の的確な再現と包括的理解にいたるまでには、未だ多くの課題が残されている。その根本的原因として、「非一様非等方性伝導度を持つ電離圏と磁気圏間の自己無同着な電流/対流結合方式の未整理」、及び「結合電流系の物理的意味と因果に基づいた記述方法の未確立」が挙げられる。この課題の難しさは、電流・運動量・エネルギー全ての保存則を満たす結合則とは何であるのか？ 更に、結合則を満たした磁気圏電離圏間の電流クロージャーは如何に実現されているのか？等の問について、解答を用意しなければならないことにある。特に、過剰 Hall 電流の打ち消し過程で生じる二次的分極電場を駆動源とする電流強調メカニズムは、Cowling 効果[Cowling,1933]として知られ、赤道ジェット電流を始め、オーロラジェット電流[Bostorn,1964]、低緯度 S_q 電流系[Fukushima,1979]、及びこれらが太陽風変動と連動した、全球チャンネル[Yoshikawa,2008]において、Cowling チャンネルが発現している事が強く示唆されているが、その定量的解明は未だ暗中模索の状況にある。

Cowling チャンネル内の過剰 Hall 電流はどれだけ Pedersen 電流と閉じ、どれだけ磁気圏へと流出しているのか？ チャンネルの生成・維持に必要なエネルギーは、如何に供給されているのか？既存の MI 結合理論に答えることが出来ない[Yoshikawa et al., 2009]。Cowling チャンネルの文脈に含まれる様々な謎へのアプローチは、2005~2007 年度に招集されたスイス宇宙科学研究所 ISSI チームの主要課題でもあり、メカニズム解明に至る定性的且つ定量的結論を導く観測的・理論的解析方法の開発が待たれる、地球磁気圏電離圏結合系に残されている重要な未解決課題でもある[Amm, et al.,2008]。

本基盤研究の代表者である吉川は、上記 ISSI チームの理論グループリーダとして問題点をまと

め、Cowling チャンネル同定を妨げる主因として、従来の観測・数値実験手法では、「測定/計算から得られた電場情報から系を駆動する所期の”emf”場と、結果生じる分極・反射場の一意の分離が不能であること」及び、「MI-結合に於ける磁気圏インピーダンスが未定である」ことを明らかにし、この問題の解決に向けた考察を続けてきた。本基盤研究(C)の申請課題は、この問題に対する積極的な解答過程に対応している。

2. 研究の目的

以上の学術的背景の下、本基盤研究では、(1) Walen-relation を応用した 磁気圏起源”emf”場抽出によるMI-結合系の定式化と、(2) Hall 共役電流法による Cowling-channel 抽出法の確立、(3)これらを実装した”emf”駆動型 MI-結合シミュレータの開発し、全球電離圏に於ける Cowling チャンネルの導出と解明を行うことによって、強磁場弱電離気体系と磁気流体力学系結合問題の学理確立を目的とした研究が行われた。

3. 研究の方法

本研究は、磁気圏電離圏結合を担う沿磁力線電流が Alfvén 波によって運ばれる過程に着目して、Cowling チャンネルの形成理論を構築し、その一般化を目指した。更に、このモデルに基づく数値実験コードを開発し、Hall 分極場生成過程の可視化する事により、互いに直交する Pedersen, Hall 電流が伝導度勾配領域で如何に結合するかを明らかにした。

4. 研究成果

Cowling チャンネル形成理論を構築するに当たって必要な論理は、主に4編の代表者筆頭学術論文として纏められた(2編受理済、2編投稿中)。以下にその成果を列記する。

(1) 電流キャリアの遷移過程を考慮に入れた、3次元電離圏に於ける電離層伝導度の時間発展理論を完成。Alfvén 波が介在した磁気圏電離圏結合過程に応用することにより、従来のグローバルシミュレーションではパラメータ化されていた電気伝導度変動の演繹化に成功。

(2) 電離圏内部での Hall 伝導度、Pedersen 伝導度の卓越高度を反映させた3次元電流クロージャーモデルを構築し、電離圏内部での有限平行電場を考慮することにより、磁気圏電流結合様式が空間スケールに於いて著しく異なることを発見。

(3) 伝導度勾配領域で生じる過剰電流の電離圏閉じ込め効率、及び磁気圏への沿磁力線電流として解放効率を理論的に導出。オーロラ帯での典型的な伝導度条件、

$\Sigma_P \gg \Sigma_A$ の状況では勾配を横切ることによって生じる殆どの Hall 電流発散が電離圏内に閉じ込められ、分極場生成効率は最大となることを帰結。

(4) Pedersen 電流が伝導度勾配領域を横切る時に生じる Pedersen 分極場は電離圏対流に対して、高(低)伝導度領域での対流流線密度の増大(減少)、即ち、対流の減速(加速)をもたらすことを、Hall 電流が伝導度勾配領域を横切る時に生じる Hall 分極場は電離圏対流に対して、高(低)伝導度領域では磁力線を軸として対流流線の時計回り(反時計回りの回転)、即ち対流の捻れを生じることを明示。

(5) Hall 分極場生成がもたらしうる更なる特異な性質として、高伝導度領域内に端を発するシステムについては、ソース領域から生じる電場を伝導度バンドに閉じ込める効果をもたらすことを発見した。これは等方性伝導度システムで生じうる結果と真逆の効果であり、観測的に Cowling 効果の存在を観測的に確認する重要な手段となる。

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 19 件) (全て査読有)

1. Amm O., R. Fujii, H. Vanhamäki¹, A. Yoshikawa, A. Ieda: General solution for calculating polarization electric fields in the auroral ionosphere and application examples (2013) , doi: 10.1002/jgra.50254
2. Fujii, R., O. Amm, H. Vanhamäki, A. Yoshikawa, and A. Ieda (2012), An application of the finite length Cowling channel model to auroral arcs with longitudinal variations, *J. Geophys. Res.*, 117, A11217, doi:10.1029/2012JA017953.
3. Tanaka, Y.-M., Y. Ebihara, S. Saita, A. Yoshikawa, Y. Obana, and A. T. Weatherwax (2012), Poleward moving auroral arcs observed at the South Pole Station and the interpretation by field line resonances, *J. Geophys. Res.*, 117, A09305, doi:10.1029/2012JA017899.
4. Vanhamäki, H., A. Yoshikawa, O. Amm, and R. Fujii (2012), Ionospheric Joule heating and Poynting flux in quasi-static approximation, *J. Geophys. Res.*, 117, A08327, doi:10.1029/2012JA017841.
5. Yoshikawa A., O. Amm, H. Vanhamäki, and R. Fujii (2011), A self-consistent synthesis description of magnetosphere-ionosphere coupling and scale-dependent auroral process using shear Alfvén wave, *J. Geophys. Res.*, 116, A08218, doi:10.1029/2011JA016460.
6. Yoshikawa A., A. Nakamizo, O. Amm, H. Vanhamäki, R. Fujii, Y.-M. Tanaka, T. Uozumi, K. Yumoto, and S. Ohtani (2011), Self-consistent formulation for the evolution of ionospheric conductances at the ionospheric E region within the M-I coupling scheme, *J. Geophys. Res.*, 116, A09223, doi:10.1029/2011JA016449.
7. Fujii, R., O. Amm, A. Yoshikawa, A. Ieda, and H. Vanhamäki (2011), Reformulation and energy flow of the Cowling channel, *J. Geophys. Res.*, 116, A02305, doi:10.1029/2010JA015989.
8. Amm O., R. Fujii, K. Kauristie, A. Aikio, A. Yoshikawa, A. Ieda, H. Vanhamäki (2011), A statistical investigation of the Cowling channel efficiency in the auroral zone, *J. Geophys. Res.*, 116, A02304, doi:10.1029/2010JA015988.
9. T. Uozumi, K. Yumoto, S. Abe, I. Ikeda, A. Yoshikawa (2011), AKR modulation and global Pi2 oscillation, *J. Geophys. Res.*, 116, A06214, doi:10.1029/2010JA016042.
10. 徳永旭将, 池田大輔, 中村和幸, 樋口知之, 吉川顕正, 魚住禎司, 藤本晶子, 森岡昭, 湯元清文, CPMN Group, 変化点検出を応用した時系列データからの突発現象の前兆検出アルゴリズム, 情報処理学会論文誌「数値モデル化と応用 TOM」, Vol 4. No. 3, 14-34, July, 2011.
11. H. Kawano, S. Ohtani, T. Uozumi, T. Tokunaga, A. Yoshikawa, K. Yumoto, E. A. Lucek, M. André, and the CPMN group, Pi 2 waves simultaneously observed by Cluster and CPMN ground-based magnetometers near the plasmopause, *Ann. Geophys.*, 29, 1663-1672, 2011
12. Yamazaki Y., K. Yumoto, M. Cardinal, B. Fraser, P. Hattori, Y. Kakinami, J.Y. Liu, K. Lynn, R. Marshall, D. McNamara, T. Nagatsuma, V. M. Nikiforov, R. Otadoy, M. Ruhimat, B. Shevtsov, K. Shiokawa, T. Uozumi, and A. Yoshikawa (2011), An empirical model of the quiet daily geomagnetic field variation derived from CPMN 210 MM data from 1996 to 2007, *J. Geophys. Res.*, 2010JA016214
13. Tokunaga T., Daisuke Ikeda, Kazuyuki Nakamura, Tomoyuki Higuchi, Akimasa Yoshikawa, Teiji Uozumi, Akiko Fujimoto, Akira Morioka, Kiyohumi Yumoto and CPMN group, Onset Time Determination of Precursory Events of Singular Spectrum Transformation, *International Journal of Circuits, Systems and Signal processing*, vol.5, pp46-60, 2010.
14. Ikeda A., A. Yoshikawa, M. G. Cardinal, K. Yumoto, M. Shinohara, K. Nozaki, B. M. Shevtsov, V. V. Bychkov, Q. M. Sugon, and D. McNamara, Ionospheric observation using FM-CW radar array, *Advances in Geosciences*, Vol.21: Solar & Terrestrial Science (2010), Ed. Marc Duldig, 379-391.
15. Tanaka T., A. Nakamizo, A. Yoshikawa, S. Fujita, H. Shinagawa, H. Shimazu, T. Kikuchi, K. Hashimoto, (2010), Substorm convection and current system deduced from the global simulation-, *J. Geophys. Res.* 115, A05220, doi: 10.1029/2009JA014676.
16. Ikeda A., K. Yumoto, M. Shinohara, K. Nozaki, A. Yoshikawa, A. Shinbori, (2010), Phase Relation between Pi 2-associated Ionospheric Doppler Velocity and Magnetic Pulsation at Mid-Latitude MAGDAS Station, *J. Geophys. Res.*, 115, A02215, doi:10.1029/2009JA014397.
17. Yoshikawa A., H. Nakata, A. Nakamizo, T. Uozumi, M. Itonaga, S. Fujita, K. Yumoto, and T. Tanaka, Alfvénic-coupling algorithm for global and dynamical magnetosphere-ionosphere coupled system, (2010), *J. Geophys. Res.*, 115, A04211,

doi:10.1029/2009JA014924.

18. Tokunaga T., Daisuke Ikeda, Kazuyuki Nakamura, Tomoyuki Higuchi, Akimasa Yoshikawa, Teiji Uozumi, Akiko Fujimoto, Akira Morioka, Kiyohumi Yumoto and CPMN group, Detecting Precursory Events in Time Series Data by an Extension of Singular Spectrum Transformation, *Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Applied Computer Science*, pp366-374, 2010.
19. Baumjohann, W., A. Matsuoka, W. Magnes, K. Glassmeier, R. Nakamura, H. Biernat, M. Delva, K. Schwingsenschuh, T. Zhang, H. Auster, K. Fornacon, I. Richter, A. Balogh, P. Cargill, C. Carr, M. Dougherty, T.S. Horbury, E.A. Lucek, F. Tohyama, T. Takahashi, M. Tanaka, T. Nagai, H. Tsunakawa, M. Matsushima, H. Kawano, A. Yoshikawa, H. Shibuya, T. Nakagawa, M. Hoshino, Y. Tanaka, R. Kataoka, B.J. Anderson, C.T. Russell, U. Motschmann, and M. Shinohara (2010), Magnetic field investigation of Mercury's magnetosphere and the inner heliosphere by MMO/MGF, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2008.05.019, Vol. 58, Issues 1-2, Pages 279-286, Jan. 2010.

[学会発表] (計 84 件)

1. Yoshikawa A., (2013), M-I coupling theory, ECLAT Project Meeting, 2nd Project Review Graz, 14-16 April 2013, Austrian Academy of Sciences, Institute for Space Research, Graz, Austria.
2. Yoshikawa A., (2013), Current Closure from Polar to Equatorial Ionosphere via Cowling Channel, EGU General Assembly 2013, 07-12 April, 2013, Wien, Austria
3. Yoshikawa A., (2013), State-of-art in 3D Ionosphere and internal ionospheric dynamics, effect on M-I coupling, ISSI Forum "Near Earth Electro-magnetic Environment (Swarm and Cluster)", 2013年4月3-5日, スイス国際宇宙科学研究所, ベルン, スイス.
4. 吉川 顕正, (2013), 強磁場弱電離気体系に於ける電流クロージャー: Hall電流時空間非一様性がもたらすもの, 日本物理学会第68回年次大会「プラズマ宇宙物理3学会合同セッション」, 2013年3月27日、広島大学.
5. Yoshikawa A., (2013), Analogy of Magnetosphere-Ionosphere coupling and Corona-chromosphere-photosphere coupling, ISSI Workshop on "Standing MHD Waves", 2013年2月25-3月1日, スイス国際宇宙科学研究所, ベルン, スイス.
6. 吉川 顕正, (2013), Cowling チャンネルの物理, 「国立極地研究所研究集会: 極域電磁圏構造の非線形発展」, 2013年2月19-20日、国立極地研究所.
7. Yoshikawa A., (2013), Technical presentation on the "International Center for Space Wather Science and Education", Kyushu University, 第50回国連宇宙平和利用委員会、2013年2月11-22日、国連ウィーン本部, ウィーン, オーストリア.
8. Yoshikawa A., (2012), Formation of Cowling channel from Polar to Equatorial Ionosphere, the 2012 AGU Fall Meeting, 3-7 December 2012, Moscone Convention Center, San Francisco, California.
9. 吉川 顕正, (2012), MI結合の理論的側面から見たEISCAT_3Dへの期待、EISCAT研究集会: 北極・北欧における観測・研究戦略、名古屋大学、坂田ホール、2012年11月6日.
10. Yoshikawa A., (2012), Extraction of polarization field and magnetospheric impedance from the M-I coupled system via shear Alfvén wave, 第132回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 2012年10月20-23日、札幌コンベンションセンター.
11. Yoshikawa A., S. Ohtani, A. Nakamizo, T. Uozumi, Y. Tanaka, (2012), Formation of FAC-Cowling channel connecting from polar to equatorial ionosphere・講演会, 2012年10月20-23日、札幌コンベンションセンター.
12. 吉川 顕正, SGEPS 将来構想検討ワーキンググループ, (2012), 将来構想の施策まとめに関するパネルディスカッション 1, 第132回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 2012年10月20-23日、札幌コンベンションセンター.
13. Yoshikawa A., (2012), Establishment of International Center for Space Science and education, United Nations/Ecuador Workshop on the International Space Weather Initiative (20th Workshop of the United Nations Basic Space Science Initiative), 8 - 12 October 2012, Quito, Ecuador.
14. Yoshikawa A., Modeling of 3D Sq current system, JSPS Core-to-Core Program, 2012 ISWI and MAGDAS School on Space Science, 17 - 26 September, 2012, Bandung, Indonesia.
15. Yoshikawa A., (2012), International Space Wather Science and Education, UN/Austria Symposium on Space Weather Data Analysis, 18-21, September, 2012, Austrian Academy of Sciences, Institute for Space Research, Graz, Austria.
16. 吉川 顕正, 魚住 禎司, 湯元 清文, (2012), Sq電流系に於ける3次元カウリングチャンネルモデル, 2012年度日本地球惑星科学連合大会, 2012年5月20-24日, 幕張メッセ, 千葉県幕張市.
17. 吉川 顕正, 大谷 晋一, 中溝 葵, 魚住 禎司, 湯元 清文, (2012), 極域から磁気赤道域にかけて形成されるCowlingチャンネル, 2012年度日本地球惑星科学連合大会, 2012年5月20-24日, 幕張メッセ, 千葉県幕張市.
18. 吉川 顕正, 細川 敬祐, 小川 泰信, 家田 章正, 藤井 良一, 湯元 清文, (2012), 電離圏に於ける入反射Alfvén波の分離, 2012年度日本地球惑星科学連合大会, 2012年5月20-24日, 幕張メッセ, 千葉県幕張市.
19. Yoshikawa A., (2012) 磁気圏電離圏チュートリアル, 「第26回大気圏シンポジウム」, 2012年3月14-15日、JAXA宇宙科学研究所.
20. 吉川 顕正, (2012), Cowlingチャンネルの物理, 2011年度「極域電離圏-磁気圏結合」研究集会、2012年2月19-20日、国立極地研究所.
21. Yoshikawa A., (2012) 理論的観点から見た電離圏・磁気圏結合研究, 「太陽彩層と地球電離圏の接点」研究会、2012年1月10日、国立天文台・東京都三鷹市.
22. Yoshikawa A., (2011), Cowling チャンネル形成の理論, 「国立極地研究所研究集会: 極域電磁圏構造の非線形発展 (観測と理論的アプローチの協働を目指して)」, 2011年12月14-15日、国立極地研究所.
23. 吉川 顕正, Illustration of Cowling channel coupling to the shear Alfvén wave, 第35回極域宙空圏シンポジウム, 2011年11月14日～ 11月18日、国立極地研究所.
24. 吉川 顕正, New method for describing the

- Cowling channel coupling to the FAC system via shear Alfvén wave: Conjugate Hall current analysis, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 第130回総会・講演会, 2011年11月3日～11月6日, 神戸大学六甲第2キャンパス.
25. Yoshikawa A., (2011), A new method for describing the Cowling channel coupling to the FAC system via shear Alfvén wave: Conjugate Hall current analysis, Workshop on Physical Processes in Non-Uniform Finite Magnetospheric Systems-50 Years of Tamao's Resonant Mode Coupling Theory — 12-15 Sept., Nishijin plaza, Fukuoka, Japan.
 26. 吉川 顕正, (2011), A new method for describing the Cowling channel coupling to the FAC system via shear Alfvén wave: Conjugate Hall current analysis: 「NICT/STEL共催 2011年度中間圏・熱圏・電離圏(MTI)研究集会」, 2011年8月29-31日、九州大学箱崎キャンパス.
 27. Yoshikawa A., (2011), Principle of Geomagnetism, ISWI/MAGDAS school on Litho-Space Weather, RedeemersUniversity, Lagos, Nigeria, 14-19, Aug., 2011.
 28. Yoshikawa A., (2011), Geomagnetic Disturbances, ISWI/MAGDAS school on Litho-Space Weather, RedeemersUniversity, Lagos, Nigeria, 14-19, Aug., 2011.
 29. 吉川 顕正, (2010), Cowling チャンネル研究からみた二次元電離圏ポテンシャルソルバーの留意点, GEMSIS-太陽、磁気圏、電離圏ワークショップ2010: ジオスペースにおける多圏間相互作用と高エネルギー粒子生成・消滅機構, 2010年12月26～27日, 名鉄犬山観光ホテル.
 30. 吉川 顕正, (2010), Cowling チャンネル研究の展開, 名古屋大学太陽地球環境研究所研究集会, 「欧州非干渉性レーダー 研究集会」, 2010年12月6～8日, 情報通信研究機構 小金井本部国際会議室.
 31. 吉川 顕正, 電流キャリア遷移過程を考慮した電気伝導度発展方程式の考察, 第34回極域宇宙圏シンポジウム, 2010年12月2日.
 32. 吉川 顕正, 中溝 葵, 魚住 禎司, 田中 良昌, 大谷 晋一, 磁気圏電離圏結合系に於ける電流キャリア遷移過程を考慮した電気伝導度モデリングとその帰結, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 第128回総会・講演会, 2010年10月30日～11月3日, 沖縄県市町村自治会.
 33. Yoshikawa A., (2010), Hall Conjugate Analysis for extraction of Cowling Channel, FMI-Invitation seminar, 3 Sept., FMI, Helsinki, Finland.
 34. Yoshikawa A., (2010), Generalized Cowling Channel in the global ionosphere, FMI-Invitation seminar, 20 Aug., FMI, Helsinki, Finland.
 35. Yoshikawa A., and S Ohtani (2010), On the Harang- discontinuity type ionospheric potential field deformation derived from the multi-functional ionospheric potential solver, Western Pacific Geophysics Meeting, 22–25 June 2010 □Taipei, Taiwan.
 36. Yoshikawa A., O Amm, H Vanhamäki, and R Fujii (2010), Formation of Cowling Channel through the Inductive MI-Coupling Process, Western Pacific Geophysics Meeting, 22–25 June 2010 □Taipei, Taiwan.
 37. 吉川 顕正, 低高度MHD擾乱からのCowling-channel抽出手法の開発, The 33rd Symposium on Space and Upper Atmospheric Sciences in the Polar Regions, 2009年11月12～13日, 国立極地研究所.
 38. 吉川 顕正, 多機能型電離圏ポテンシャルソルバーによって導出された電離圏対流変形の要因分離: ハラング連続性の考察, 日本地球惑星連合2010年大会, 千葉県幕張メッセ, 2010年5月22-27日.
 39. 吉川 顕正, Alfvén波をつうじたMI結合系でのCowling-channelの形成, 日本地球惑星連合2010年大会, 千葉県幕張メッセ, 2010年5月22-27日.
 40. Yoshikawa A., O Amm and R Fujii (2010), Formation of Cowling Channel through the MI-Coupling Process via Shear Alfvén Wave, EGU meeting, Vienne, Austria, 2-8 May, 2010.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
- 吉川 顕正 (YOSHIKAWA AKIMASA)
九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター・講師
研究者番号: 70284479
- (2) 研究分担者
- 寺田 直樹 (TERADA NAOKI)
東北大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号: 70470060