

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 6 月 10 日現在

機関番号： 35308
 研究種目： 基盤研究 (C)
 研究期間： 2010 ~ 2012
 課題番号： 22540461
 研究課題名 (和文) 磁気圏擾乱における中緯度電離圏-内部磁気圏電磁結合の役割
 研究課題名 (英文) Role of electromagnetic coupling between mid-latitude ionosphere and inner magnetosphere during geomagnetic disturbances.
 研究代表者
 橋本 久美子 (Hashimoto Kumiko)
 吉備国際大学・国際環境経営学部環境経営学科・教授
 研究者番号： 00389008

研究成果の概要 (和文)：

孤立型サブスームの爆発相開始時に対流電場と過遮蔽電場がともに強まることを、磁力計ネットワークと SuperDARN 観測から事例、および統計解析により明らかにした。中緯度赤道では過遮蔽電場が卓越し、HF ドップラー観測データの解析から夜側中緯度で 2 mV/m を超えることがわかった。この値は磁気嵐に伴う対流電場に匹敵し、サブスーム発生が磁気圏対流を阻害し、磁気嵐の盛衰に影響を与える可能性を示唆する。

研究成果の概要 (英文)：

We showed that the overshielding electric field develops together with the convection electric field during the substorm expansion phase by using data from global magnetometer networks and SuperDARN radars. Based on the HF Doppler measurements, the overshielding electric field at mid latitude was found to be 2 mV/m, comparable to the storm time convection electric field. Our results suggest that the overshielding electric field plays an important role in the geomagnetic and ionospheric disturbances at mid-equatorial latitudes and would contribute to the growth/decay of magnetospheric disturbances.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

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：磁気嵐・サブスーム・磁気圏対流・過遮蔽電場・領域 II 型沿磁力線電流・中緯度電離圏

1. 研究開始当初の背景

地磁気嵐やオーロラ活動など、宇宙天気の影響をコントロールしているのは、太陽から到来する磁化プラズマの風(太陽風)から磁気圏内部に流入する電磁エネルギーであ

る。太陽風のエネルギーが磁気圏の境界面から流入した後、どのような経路を経て通信衛星や気象衛星が飛翔する内部磁気圏と呼ばれる領域に伝播し、地磁気嵐やオーロラ嵐(サ

ブストーム)を発生させるのかという問題は、未解決の重要課題である。

内部磁気圏は対流電場に対して完全に遮蔽されると考える傾向が強かったが、電離圏では、赤道に対流電場が侵入したり、過遮蔽が生じたりすることが、古くから赤道のレーダーや磁力計により観測された(Kelley et al. 1979, Gonzales et al. 1979, Fejer et al. 1979, Kikuchi et al. 2000, など)。また、電離圏のPedersen電流はジュール熱によるエネルギー損失をともなうため、電離圏の大規模な対流電場は単なる磁気圏対流電場の投影であると考えられてきた。しかし我々は、極から赤道まで電磁エネルギーが光速で伝搬するという観測事実注目し、電磁エネルギーが磁気圏中を直接伝播するのではなく、昼側磁気圏境界領域から磁力線に沿って極域電離圏に伝播し、さらに中低緯度の電離圏(電離圏と地面の間)を経由して内部磁気圏に流入するという仮説をたて、主に極域と赤道域の地上ネットワーク観測と衛星の観測データを用いて検証してきた(Hashimoto et al. 2002, Hashimoto and Kikuchi, 2005, Kikuchi et al. 2008)。その結果、磁気嵐主相時の数時間にわたり、極域電離圏から赤道電離圏へDP2型電流が流れることを明らかにした(Kikuchi et al., 2008)。主相の間、中低緯度電離圏を介して内部磁気圏に電磁エネルギーが伝送することを示唆する結果である。

さらに磁気嵐回復相の初期において、赤道ジェット電流(EEJ)の向きが逆転して赤道カウンタージェット電流(CEJ)になることを示した。磁気赤道の電離圏電流はCowling効果により増幅されたPedersen電流であるため、EEJは中低緯度電離圏を経由して領域I型沿磁力線電流(R1-FAC)と結合すると考えられる。一方、赤道CEJは過遮蔽電流であるために、領域II型沿磁力線電流(R2-FAC)との間で電流回路を形成すると考えられる。中緯度電離圏のDP2電流が、Wilson et al. (2001)により報告されたが、磁気嵐の発達との関連などは明らかにされていない。また、我々はサブストームの爆発相においてもこのようなR2-FAC-CEJを含む3次元電流系が発達することを示した(Kikuchi et al. 2000, 2003, 石川他, 2007)。太陽風磁場の北向き変動とサブストーム爆発相の開始の間に相関があるという多くの統計的解析結果が報告され、対流電場の減少がサブストーム爆発相をトリガーするというサブストームモデルも存在する。しかし、我々の研究結果により、サブストームでは、爆発相開始とほぼ同時に、対流電場と遮蔽電場の両方が急激に強まること地上の磁力計データとSuperDARNレーダーで示された(石川他, 2007)。この結果は、サブストームの発達相から爆発相にかけて、昼側中低緯度電離圏で電場の向きが逆転すること意味

し、この過遮蔽電場がサブストーム爆発相のトリガーにどのように影響を与えるのかは今後の重要な課題となる。

2. 研究の目的

これまで、太陽風のエネルギーが地球磁気圏の深部に伝送される過程において、電離圏を極から赤道まで流れる大規模な電流系とともに伝播する電磁エネルギー及び電場が、果たす役割を検証する研究に取り組んできた。本研究課題では中緯度電離圏がエネルギー伝送路としての役割を持つという仮説のもとに、中緯度の電離圏電流および電場変動が磁気嵐やサブストームなどの擾乱現象において果たす役割を調べる。特に電磁エネルギーを内部磁気圏に流入させる電場(対流電場)と、エネルギー流入を阻害すると考えられる電場(遮蔽電場)の競合関係の変化が、磁気嵐やサブストームなど磁気圏擾乱現象をコントロールする可能性について検証する。この結果により、磁気圏対流電場が電離圏で電流を流し、電離圏の極・中低緯度を経て内部磁気圏や近地球磁気圏尾部へ伝送するというモデルを発展させることを最終目標とする。

3. 研究の方法

極域から赤道までグローバルに電離圏対流電場の発達に伴う電流系の変動を調べるために、スカンジナビア半島に沿って極からサブオーロラ帯まで広がるIMAGE磁力計観測ネットワークと、中低緯度・磁気赤道に展開されているINTERMAGNETおよび、情報通信研究機構の磁力計ネットワークの磁力計データを解析した。特に、IMAGE磁力計ネットワークは、対流電場及びサブオーロラ帯を中心とする遮蔽電場の発達と減衰を同時に同定するのに有効であった。本研究では、サブストーム時の過遮蔽発生事例として、夜側中緯度の柿岡でポジティブベイが発達し、同時に昼側磁気赤道のSao Luiz、またはHuancayoでCEJが発達する事例を469例抽出し解析に用いた。また、同時にSuperDARNのデータを利用し、R2-FACの発達、盛衰にともなう極域電離圏プラズマ流の2次元分布の変化を解析した。さらに中緯度電離圏の電場強度の定量的な解析のために、電気通信大学が菅平、大洗で2003年に行ったHFドップラー観測データを用いた。昼側赤道のCEJと夜側の過遮蔽電場の時間的な対応を調べ、サブストーム時の中緯度電離圏における過遮蔽電場の強度の見積もりを行った。また、磁気嵐時のサブストーム発生を正確に同定するために地磁気指数に加えて、CANMOS(カナダ光学観測ネットワーク)のデータを用い、オーロラブレイクアップとCEJの対応を調べた。

4. 研究成果

中低緯度の電離圏電場の起源のうち極から

侵入する電場には、対流電場と過遮蔽電場の2種類あり、それらの競合によって電場の向きが決まる。対流電場は領域Ⅰ型沿磁力線電流(R1-FAC)に伴う電場で太陽風磁場が南向きの場合に発達する。一方、過遮蔽電場は領域Ⅱ型沿磁力線電流(R2-FAC)に伴う電場であり、そのダイナモは磁気圏の非対称赤道環電流にある。本研究では対流電場と過遮蔽電場が競合した中緯度電離圏の電場が内部磁気圏へ伝搬し、さらに磁気圏擾乱に影響を与える可能性を検証するために、サブストーム時の過遮蔽電場発達、磁気嵐中のサブストームにともなうCEJ発達を詳細に解析した。主な成果は以下の通りである。

(1) 準周期DP2磁場変動事象における赤道電離圏の過遮蔽電場

極冠域と昼間磁気赤道の磁場が準周期的に変動するDP2磁場変動が太陽風南北磁場成分の準周期変動によって発生することがNishida[1968]により発見され、対流電場の変動が原因と考えられてきた。我々は、2006年12月の磁気嵐主相開始直前に発生した赤道のDP2変動が東向き赤道ジェット電流の変動ではなく、東向き電流(EEJ)と西向き電流(CEJ)が交互に卓越することによって発生することを見出した。また、CEJがR2FACに伴う過遮蔽電場が原因であることを、SuperDARNレーダー観測により検証した[Kikuchi et al., 2010]。この結果は、大きな地磁気擾乱時でなくとも過遮蔽電場が成長し、低緯度と赤道において卓越し得ることを示した。

(2) サブストーム時の中低緯度・赤道電離圏の過遮蔽電場

①過遮蔽電場発達の再検証

我々はこれまでサブストーム爆発相に過遮蔽電場が卓越しCEJが強まることを示してきた[Kikuchi et al. 2000, 2003, 石川他, 2007]が、一方、Huang et al. [2004, 2009], Huang [2011]はSawtoothイベントの解析からサブストーム時に対流電場が赤道電離圏で卓越すると主張した。そこでサブストーム時の対流電場と過遮蔽電場の競合関係を明らかにするため、再検証を行った。2002-07年の6年間のIMAGE磁力計ネットワーク観測データから、オーロラ帯で東向きジェット電流が強まると同時にサブオーロラ帯で過遮蔽が生じた事例(5nT以上の減少が20分以上継続)を確認し、133事例を抽出した。磁気赤道(Sao Luiz, Huancayo)の地磁気データによると、これらの事例ではCEJが強まっていた。さらに120事例で、夜側中緯度の柿岡ではほぼ同時にポジティブベイが観測され、サブストーム爆発相に過遮蔽が発生したことを確認した。すなわち、サブストーム爆発相に対流電場と過遮蔽電場の両方が強まったが、R2-FACの発達により中低緯度では過

遮蔽電場が卓越したと考えられる。この結果は、Tanaka et al. [2010]のグローバルMHDシミュレーションの結果が示すサブストーム電流系とよく一致することが注目される。擾乱が継続的に発生するSawtoothイベントの場合は孤立型サブストームとは異なり、R1-FACが卓越した状態が続く可能性もある。これらの成果は論文としてまとめ、2011年9月に米国地球物理学学会誌に発表した[Hashimoto et al. 2011]。

②サブオーロラ帯における過遮蔽電場の季節依存性

我々はサブストーム発生事例を抽出し、解析を進める中でサブオーロラ帯において過遮蔽発生頻度に季節依存性が存在することを見いだした。過遮蔽発生頻度の季節依存性は、電離圏で対流電場と過遮蔽電場の相対的な強度に季節依存性があることを示すため、対流電場と遮蔽電場を電離圏に印荷する電流系のダイナモ(発電機構)が異なることを示唆する。本研究ではサブストーム爆発相に急激に発達すると考えられるR1-FACとR2-FAC[Hashimoto et al. 2011]のダイナモ領域を推定する手がかりをえるため、過遮蔽発生の季節依存性を解析した。

赤道には南半球の極域からも電場が侵入するため、サブストーム爆発相と赤道の過遮蔽の同時発生の頻度には季節依存性が現れないと推測される。そこで夜側中緯度の柿岡(KAK)でサブストームに伴うポジティブベイが発生し、昼側磁気赤道Huancayo(HUA)で過遮蔽(赤道カウンタージェット電流)が発達する事例を選び、それらの事例についてサブオーロラ帯の電場がDP2電場か過遮蔽電場のどちらが卓越したかを調べた。太陽活動が高かった2001-2003年の期間について解析を行った結果、HUAの過遮蔽とKAKのポジティブベイが同時に観測された事例が469例抽出された。そのうち、午後側のサブオーロラ帯で過遮蔽が見られた事例が263例、過遮蔽が観測されずDP2電場が侵入していた事例が206例であった。サブオーロラ帯で過遮蔽電場が観測されない場合にも、磁気赤道で過遮蔽電場が観測されることが確認できた。発生頻度分布から、サブストームポジティブベイと同時に発生する赤道の過遮蔽の発生頻度が、10-12月に高く4-7月に低いという顕著な季節依存性が得られた。また、サブオーロラ帯の電場は、11-2月に過遮蔽電場が観測される頻度が高く、4-9月はDP2(対流)電場がほぼ常に卓越していたと考えられる。

サブオーロラ帯の電場は極域電離圏のR1-FACとR2-FACの電場が重ね合わさった結果として現れる。これらの電流系の電場すなわち対流電場と遮蔽電場の競合関係によって決まる。太陽風が南向きになり磁気圏対流

が発達するとき、カスプ領域に R1-FAC のダイナモが発達し (Tanaka, 1995)、さらに磁気圏対流が発達した結果として内部磁気圏に R2-FAC のダイナモが形成される (Vasyliunas, 1970, 1972; Wolf, 1970 など)。このように 2 つの 3 次元電流系が異なる領域にダイナモを持つときには、電流系は電離圏の電気伝導度の季節依存性によって異なる特性をもつと考えられる。

③サブストーム爆発相と過遮蔽電場発達の時間的關係

夜側のカレントウェッジと昼側の R2-FAC のどちらが先に発達するかという点は、爆発相開始機構における中低緯度電離圏電場の役割を知るために非常に重要である。そこでこれら 2 つの電流系発達の時間的關係を精度良く調べるために、GEOTAIL 衛星で観測されたオーロラブレークアップに伴う AKR と昼側赤道のカウンタージェット電流 (CEJ) の比較を試みた。まずは魚住禎司研究員 (九州大学) らがすでにオーロラブレークアップに伴う AKR と同定した事例を解析した。ほとんどの事例では擾乱の規模が小さく、地上の地磁気で明瞭な CEJ をとらえることが難しかったが、1 事例について高高度 AKR が発達する直前に CEJ が増大したことが確認された。

サブストーム爆発相の開始時刻は、同定する指標として何をを用いるかによって数分の差が生じる可能性がある。そこで国立極地研究所が昭和基地-アイスランド地磁気共役点で行った光学観測とサブオーロラ帯、および昼側磁気赤道における過遮蔽発達/R2-FAC 発達の時間的關係を調べた。

2003 年 9 月 26 日 2318:50UT に Tjornes で全天カメラの視界の西端からオーロラブレークアップが始まった。このとき Tjornes は 23MLT 付近に位置していた。70 秒遅れて夜側低緯度の Santa Maria ではポジティブベイが発達し始め、それと同時に午後側サブオーロラ帯の King Salmon (アラスカ) や CANOPUS (カナダ) 地磁気観測点の Dawson と Pinawa で過遮蔽が始まり、同時に昼側磁気赤道に位置する Yap で赤道カウンタージェット電流が発達し始めた。オーロラが極方向に拡大するとともに、SuperDARN の Prince George で 12-14MLT、65-70 度地磁気緯度のプラズマ流の視線速度が、東向きに変化することが観測された。この東向きプラズマ流の高緯度側では、もともと存在した西向きプラズマ流が強められたことから、対流電場が弱まったのではなく、このフローシア付近を中心に下向き沿磁力線電流、すなわち R2-FAC が急速に発達したことが示唆される。この事例解析から、オーロラブレークアップが発生し、70 秒後に R2-FAC を含む昼側サブストーム電流系と夜側のサブストー

ム電流が発達し始めることが明らかになった。これらの結果を検証し、精度をあげるために今後さらに事例を増していく必要がある。

④夜側電離圏の過遮蔽電場

サブストームに伴い夜側の低緯度電離圏の過遮蔽電場を定量的に調べるため、電気通信大学の低緯度 HF ドップラー観測データの解析をおこなった。2003 年に発生した孤立型サブストームの事例で、夜側低緯度に昼側の CEJ に対応する過遮蔽電場が確認され、その強度が 2.1mV/m に達することを明らかにした。同時に夜側赤道に東向きジェット電流が流れることも発見した。Fejer et al. (2007) によると、赤道 Jicamarca レーダーで観測された磁気嵐時の電場が最大で 3mV/m である。この値に対して、今回得られたサブストーム時の低緯度の電場は十分強く、サブストームにともなう電場が磁気嵐にあたえる影響が小さくないことを示唆する結果である。磁気嵐時の対流電場とサブストームに伴う過遮蔽電場の定量的な関係がこれからの課題となった。

(3) 磁気嵐時のサブストームと赤道カウンタージェット電流

磁気嵐のような大規模磁気圏擾乱時にサブストーム発生に伴う過遮蔽電場の影響が赤道カウンタージェット電流 (CEJ) に現れるかどうかを調べた。磁気嵐時に短時間に発達する CEJ に着目し、サブストームとの関係を詳細に調べた。その結果、2006 年 12 月 14 - 15 日の磁気嵐主相の開始直後に発生した CEJ に伴い、スカンジナビアのオーロラ光学観測でサブストームが発生したことが確認された。また、2004 年 11 月 8 日に発生した磁気嵐では、カナダの CANOPUS でフォトメーター観測された連続する 3 回のオーロラ爆発が、インドで観測された CEJ の増大と一対一対応を示すことを発見した。磁気嵐時に、熱圏ダイナモ電場だけではなく、サブストーム起因の電場が CEJ を発達させることを示す結果であり、現在論文を執筆中である。

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 15 件)

1. Nishimura, Y., L. R. Lyons, T. Kikuchi, V. Angelopoulos, E. F. Donovan, S. B. Mende, and H. Lüthi, Relation of substorm pre-onset arc to large-scale field-aligned current distribution, *Geophys. Res. Lett.*, 査読有り, 39, 2012
doi:10.1029/2012GL053761.

2. Shinbori, A., Y. Tsuji, T. Kikuchi, T. Araki, A. Ikeda, T. Uozumi, D. Baishev, B. M. Shevtsov, T. Nagatsuma, and K. Yumoto, Magnetic local time and latitude dependence of amplitude of the main impulse (MI) of geomagnetic sudden commencements and its seasonal variation, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 117, 2012, A08322, doi:10.1029/2012JA018006.
 3. Tsuji, Y., A. Shinbori, T. Kikuchi, and T. Nagatsuma, Magnetic latitude and local time distributions of ionospheric currents during a geomagnetic storm, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 117, 2012, doi:10.1029/2012JA017566.
 4. Nishimura, Y., L. R. Lyons, T. Kikuchi, V. Angelopoulos, E. Donovan, S. Mende, P. J. Chi, and T. Nagatsuma, Formation of substorm Pi2: A coherent response to auroral streamers and currents, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 117, 2012, A09218, doi:10.1029/2012JA017889.
 5. K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, S. Watari, and M. A. Abdu, Polar-equatorial ionospheric currents driven by the region 2 field-aligned currents at the onset of substorms, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 116, 2011, DOI: 10.1029/2011JA016442
 6. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, A. Shinbori, Y. Tsuji and S. Watari, Penetration of Magnetospheric Electric Fields to the Low Latitude Ionosphere During Storm/Substorms, IAGA Special Sopron Book Series, 査読有り, 2, 2011, 443-453
 7. T. Kikuchi, Y. Ebihara, K. K. Hashimoto, R. Kataoka, T. Hori, S. Watari and N. Nishitani, Penetration of the convection and overshielding electric fields to the equatorial ionosphere during a quasi-periodic DP2 geomagnetic fluctuation event, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 115, 2010, DOI: 10.1029/2008JA013948
 8. T. Tanaka, A. Nakamizo, A. Yoshikawa, S. Fujita, H. Shinagawa, H. Shimazu, T. Kikuchi and K. K. Hashimoto, Substorm convection and current system deduced from the global simulation, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 115, 2010, DOI: 10.1029/2009JA014676
 9. Y. Nishimura, T. Kikuchi, A. Shinbori, J. Wygant, Y. Tsuji, T. Hori, T. Ono, S. Fujita and T. Tanaka, Direct measurements of the Poynting flux associated with convection electric fields in the magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 査読有り, 115, 2010, DOI: 10.1029/2010JA015491
- [学会発表] (計 33 件)
1. T. Kikuchi, Space weather disturbances in the solar wind-magnetosphere-ionosphere coupled system, 2013/3/22, 日本天文学会国際セッション(招待講演)、埼玉大学。
 2. T. Kikuchi, K.K. Hashimoto, Y. Ebihara, Y. Tsuji, B. Veenadhari, Y. Nishimura, T. Tanaka, S. Fujita and T. Nagatsuma, Equatorial Counterelectrojets During Geomagnetic Storms and Their Possible Dynamos in the Magnetosphere, 米国地球物理学会 2012秋季大会, 2012/12/05, サンフランシスコ(米国)
 3. K.K. Hashimoto, T. Kikuchi, Seasonal dependence of the substorm overshielding at the subauroral latitude, 米国地球物理学会2012秋季大会, 2012/12/03, サンフランシスコ(米国)
 4. T. Kikuchi, K.K. Hashimoto, Y. Ebihara, Y. Nishimura, Y. Tsuji, T. Nagatsuma, and K. Murata, Overshielding electric field and currents during storm and substorms, 2012/8/16, AOGS2012, シンガポール
 5. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Nishimura, T. Tanaka, N. Nishitani, T. Nagatsuma, Electric field and currents associated with the Region-2 field-aligned currents at auroral-to-equatorial latitudes during substorms, SuperDARN Workshop 2012, 2012/5/31, 上海(中国)
 6. 菊池崇, 橋本久美子, 海老原祐輔, 田中高史, 藤田茂, 長妻努, 地磁気観測とシミュレーションに基づく宇宙天気研究, 日本惑星科学連合大会, 2012/05/24, 幕張メッセ(千葉県)
 7. T. Kikuchi, Electromagnetic energy transmission from the solar wind to the global ionosphere and to the inner magnetosphere during space weather disturbances, 日本惑星科学連合大会, 2012/5/22, 幕張メッセ(千葉県)
 8. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Nishimura, T. Nagatsuma, K. T. Murata, Polar-equatorial ionospheric electric field and currents driven by the Region-2 field-aligned currents during

- storm/substorms, AGU Fall Meeting 2011, 2011/12/5, サンフランシスコ (米国)
9. K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, S. Watari, Global ionospheric currents driven by the Region-2 field-aligned currents at the onset of substorms, AGU Fall Meeting 2011, 2011/12/9, サンフランシスコ (米国)
 10. 橋本久美子, 菊池崇, サブオーロラ帯における過遮蔽電場の季節依存性, 第130回地球電磁気・地球惑星圏学会, 2011/11/5, 神戸大学 (兵庫県)
 11. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Nishimura, Y. Ebihara, T. Hori, N. Nishitani, T. Nagatsuma, K. T. Murata, Overshielding caused by the substorm during geomagnetic storms, 第130回地球電磁気・地球惑星圏学会, 2011/11/4 神戸大学 (兵庫県)
 12. K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, S. Watari, and M. A. Abdu, Polar - equatorial ionospheric currents driven by the region 2 field - aligned currents at the onset of substorms, 国際宇宙プラズマシンポジウム, 2011/8/18 成功大学 (台湾)
 13. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Nishimura, T. Tanaka, T. Nagatsuma, Generation and transmission of electric currents in the magnetosphere and global ionosphere during substorms, 国際宇宙プラズマシンポジウム (招待講演), 2011/8/17 成功大学 (台湾)
 14. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Nagatsuma, Generation and transmission of electric currents in the magnetosphere Global ionospheric currents driven by the Region-2 field-aligned currents during substorms, 国際地球物理・超高層物理学学会議 IAGA2011 (招待講演), 2011/7/6,メルボルン (オーストラリア)
 15. 橋本久美子, 菊池崇, 長妻努, サブストームにおける領域2型電流系の発達, 日本惑星科学連合大会, 2011/5/27, 幕張メッセ (千葉県)
 16. 菊池崇, 橋本久美子, 西村幸敏, 新堀淳樹, 長妻努, 門倉昭, 佐藤夏雄, Pi2 の極赤道電流系, 日本惑星科学連合大会, 2011/5/27, 幕張メッセ (千葉県)
 17. T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, T. Tanaka, S. Fujita, Substorm Currents in the Global Ionosphere as Deduced from Ground Magnetometers, International conference on Substorms, 2010/3/22, サンルイス オビスポ (米国)
 18. K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, S. Watari, and T. Nagatsuma, Development

of the Region-2 Field Aligned Current Extending to the Dayside Equator During Substorm Expansion Phase, International conference on Substorms, 2010/3/22, サンルイス オビスポ (米国)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 久美子 (Hashimoto K. Kumiko)
吉備国際大学・国際環境経営学部環境経営
学科・教授
研究者番号：00389008

(2) 研究分担者

菊池 崇 (Kikuchi Takashi)
名古屋大学・名誉教授
研究者番号：70358977

