

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：35308

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400481

研究課題名(和文) 磁気圏-電離圏複合系の電磁エネルギー伝送路としての低緯度電離圏の役割の定量的研究

研究課題名(英文) A role of the low latitude ionosphere as an electromagnetic energy transmission path in the magnetosphere-ionosphere coupled system

研究代表者

橋本 久美子 (Kumiko, Hashimoto)

吉備国際大学・地域創成農学部・教授

研究者番号：00389008

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：内部磁気圏や磁気圏尾部へのエネルギー伝送経路としての中低緯度電離圏の役割を検証するために、地磁気急始やサブストームなどの宇宙天気事象時にHF Dopplerサウンダーにより観測された低緯度電離圏電場と赤道ジェット電流の相関解析をおこなった。低緯度電場と赤道電流の間に高い相関があることを示し、昼間だけでなく夜間でも高緯度から中低緯度へ高速で電磁エネルギーが伝送され、夜側赤道電離圏にジェット電流を流すことを明らかにした。特に、数分周期の地磁気脈動電場の解析から太陽天頂角に依存する定量関係式を導き、電場観測がない過去の磁気嵐等の低緯度電離圏電場の推定を可能にした。

研究成果の概要(英文)：To verify the role of the mid and low latitude ionosphere as an electromagnetic energy transmission path to the inner magnetosphere and magnetotail, we analyzed space weather disturbances such as the geomagnetic sudden commencements and substorms with HF Doppler sounder and magnetometer observations. We found that the electric field at low latitude is highly correlated with the magnetic disturbances caused by the equatorial electrojet. We suggest that the electromagnetic energy is transmitted from high latitude to the equator on the nightside as well as on the dayside, and drives electrojets in the nighttime equatorial ionosphere. We clarified quantitative relationship between the low latitude electric field and equatorial electrojet as a function of the solar zenith angle, which would help estimate the low latitude ionospheric electric field of the past major geomagnetic storms.

研究分野：磁気圏電離圏物理学

キーワード：低緯度電離圏電場 HF Doppler サウンダー 赤道ジェット電流 磁気圏対流電場 過遮蔽電場 地磁気脈動 サブストーム 磁気嵐

1. 研究開始当初の背景

太陽から地球に到来する太陽風(磁化プラズマの風)は時々刻々と変化し、しばしば地球周辺の宇宙空間に嵐の状態(地磁気嵐やオーロラ嵐(サブストーム))を引き起こす。このような宇宙空間の変動は宇宙天気と呼ばれ、太陽風から地球磁気圏内部に流入する電磁エネルギーによってコントロールされる。太陽風の電磁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、大規模な磁気圏-電離圏プラズマ対流を駆動した結果、地磁気嵐や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。

電離圏ではペダーセン電流によるエネルギー損失が生じるため、磁気圏-電離圏結合系のなかで電離圏は負荷と捉えられ、大規模な電離圏対流電場は磁気圏対流電場の単なる投影であると考えられる傾向がある。また、かつては内部磁気圏が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。しかし一方で、対流電場やこれと逆向きの過遮蔽電場が赤道電離圏に侵入することが、古くから赤道のレーダーや磁力計により観測された(Fejer 他, 1979; Kikuchi 他, 1996, など)。

我々は、極から赤道まで電磁エネルギーが高速(数10秒以内)で伝搬するという観測事実(Kikuchi 他, 1996)に注目し、電磁エネルギーは磁気圏中を圧縮性磁気流体波で伝搬するのではなく、磁力線に沿って Alfvén 波で極域電離圏に伝搬し、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立てた。これを検証するため、極域と赤道域の地上地磁気ネットワーク観測に加え、極域短波レーダー網のデータを用いて研究を行ってきた(Hashimoto 他, 2002, Hashimoto and Kikuchi, 2005, Kikuchi 他, 2010)。

これまでの研究から、南向き太陽風磁場に伴う対流電場による DP2 磁場変動(Kikuchi 他, 1996, 2010)や磁気嵐中およびサブストーム中の対流電場と過遮蔽電場による磁場変動(Kikuchi 他, 2008, Hashimoto 他, 2011)、および1分から10分程度の周期の地磁気脈動(Pc)(Motoba 他, 2003)、地磁気急始(SC)(Araki, 1977)について、極と昼側赤道の間で同時性ととも高い相関関係が明らかになった。これらの現象は、周期は異なるがどれも DP2 型電離圏電流による磁場変動であり、昼側赤道にはカウリング効果により増強されたペダーセン電流(赤道ジェット電流)が流れる。すなわち、赤道磁場変動は、磁気圏から沿磁力線電流によって極域電離圏に伝送された電磁エネルギーが、磁気赤道まで伝搬し消費された結果である。

極-赤道の比較研究によりこのような成果を得た一方で、磁場変動に依る研究方法には限界がある。電気伝導度が低い夜間と、昼間でも極域からの幾何学的な減衰のために電

場強度が小さい低緯度では、電離圏電流強度が十分でなく、磁場変動が小さいためである。そのため、これまでの研究は極域と昼間赤道の領域に限られた(Kikuchi 他, 1996, 2008, 2010; Hashimoto 他, 2011)。しかし、中低緯度電離圏は極と赤道を結ぶ伝搬経路であり、また夜側電離圏は磁気嵐やサブストームのエネルギーが蓄積する内部磁気圏や磁気圏尾部に接続する領域であるため、これらの領域に侵入する磁気圏起源の電場の定量的な評価は重要な未解決課題となっている。

この課題の解決のためには、極-赤道磁場観測に加えて低緯度電離圏電場の直接観測が必要であるが、Jicamarca 非干渉性レーダーなどの大型施設は数が限られ、データがあったとしても時間分解能の点で SC, Pc5 などには適用できない難点がある。一方で、電気通信大学が実施している HF Doppler サウンダーによる電離圏プラズマ運動の観測から電場を抽出できる可能性がある。実際、SCなどの短周期変動については実績があり(Kikuchi 他, 1985)、本研究で、HF Doppler 観測をサブストームや磁気嵐時の電場観測に応用した。

2. 研究の目的

これまで、中低緯度電離圏が内部磁気圏への電磁エネルギー流入経路として働くとの仮説に立ち、極赤道地磁気変動の相関解析によりこれを検証してきた。磁気圏-電離圏結合の重要性は広く認識されているが、低緯度電離圏を内部磁気圏、磁気圏尾部へのエネルギー伝送経路(過程)として検証されたことはかつてなかった。本研究の仮説は、一般に流布する磁気圏内 MHD 波動伝搬に基づく説と対照的であるが、地面電離圏導波管内の電磁波伝搬理論(Kikuchi 他 1978)により裏付けられ、近年になりこの理論は衛星観測や地磁気誘導電流の分野に応用され、検証がなされている(Nishimura 他, 2010, Braendlein 他 2011)。極域だけでなく、昼・夜の低緯度、赤道も含めて、電離圏経由の電場が宇宙天気の様々な時間スケールの事象に普遍的な役割を果たすことを立証することは、磁気圏や電離圏の擾乱現象の物理機構の理解に大きく貢献する。これまで、電場とともに伝搬する電離圏電流が高緯度と昼間赤道に強い強度を持つために地磁気データを用いた解析をおこなってきた。しかし、昼間の低緯度や夜側の中低緯度では地磁気変動として検出することに困難があるために、HF Doppler サウンダーによる電離圏変動の観測から低緯度電離圏電場の抽出を試みた。

3. 研究の方法

HF Doppler サウンダーは電離圏の上下運動に伴う HF Doppler 周波数を観測する。HF Doppler 周波数 Δf と上下運動速度 V_{vert} および電離圏電場 E の間には、地磁気強度を B 、地磁気

伏角を I 、電波の仰角を θ として、次の関係式が成り立つ。

$$V_{\text{vert}} = -\frac{c}{2f \sin \theta} \Delta f \quad E = -\frac{cB}{2f \cos I \sin \theta} \Delta f$$

解析には、電気通信大学が調布で送信している5MHzの信号を大洗(ORI)と菅平(SGD)で受信した10秒値データを使用した。電離圏反射高度を300kmと仮定すると、 E は Δf から次の関係式で求められる。

$$\text{ORI} \quad E[\text{mV/m}] = -2.15 \Delta f[\text{Hz}] \quad (f = 5 \text{ [MHz]})$$

$$\text{SGD} \quad E[\text{mV/m}] = -2.17 \Delta f[\text{Hz}] \quad (f = 5 \text{ [MHz]})$$

電離圏の上下運動は、電場だけでなく、大気波動による成分が卓越するために、電場が電離圏E層に流す電流、特に赤道ジェット電流による磁場成分(EEJ)との相関を重視し、EEJと高い相関のある変動のみを抽出した。EEJは磁気赤道(YAP)の磁場H成分から磁気圏電流による成分を取り除いて得られるが(Kikuchi他, 1996)、低緯度(OKI)のHはほぼ磁気圏電流による成分と考えられ、これがYAPのHにも含まれると仮定して、次式のように、両者の差をEEJとする。

$$EEJ = H_{\text{YAP}} - H_{\text{OKI}}$$

この関係式を、 H_{OKI} が磁気圏赤道面内の磁気圏境界電流や環電流によるSC, Pc5, 磁気嵐などに適用する。サブストームの場合には、夜側における磁場(PB: positive bay)は、極域電離圏へ流入する沿磁力線電流によるために、緯度が低い程小さくなる。この緯度効果を統計的に調べた結果、YAPの緯度での沿磁力線電流効果はOKIの0.88倍となることがわかり、サブストームの夜側EEJには次式を用いた。

$$EEJ = H_{\text{YAP}} - 0.88H_{\text{OKI}}$$

この結果、低緯度電離圏電場とEEJの相関が大きく改善され、低緯度HF Doppler変動が電離圏電場によることを確かなものにすると同時に、サブストーム時に夜側赤道ジェット電流が流れるという発見につながった。

HF Doppler法を磁気嵐などの長時間変動事象に適用する場合、電離圏内の光電子の生成消滅率の影響を無視できなくなり、電場強度すなわちEEJが一定でも周期が長くなるとDoppler法による電場が小さくなる可能性がある(Tsutsui他, 1988)。この事象の周期依存性を明らかにするためには、広い周期にわたる定量的な解析が必要であるが、本研究で解析した約5分の周期をもつ地磁気脈動の電場が数10分の継続時間を持つサブストームの電場に比べて、同程度のEEJに対して50パーセント程度大きくなるという結果を得た。すなわち、サブストームや磁気嵐時のHF Dopplerから見積もられる電場が実際より小さいことを示唆する。今後の課題として、より短い時間スケールのSCなどの解析でこの定量関係を検証する必要があるが、地磁気脈動の解析から得た電場がほぼ電離圏電場を表していると考え

えると、サブストームや磁気嵐時のEEJから逆に低緯度電離圏電場を推定することが可能となる。低緯度電離圏の電場観測がきわめて限られている現状を考えると、赤道磁場観測から低緯度電離圏電場を推定する方法として有用と思われる。

4. 研究成果

本研究では、地磁気急始、地磁気脈動など短時間変動とサブストーム、磁気嵐など長時間変動事象について解析をおこない、低緯度電離圏における極域電離圏由来の電場の定量的評価をおこなった。研究成果の概要は次のとおりである。

(1) 地磁気急始

太陽風動圧が急激に増大するとき磁気圏が圧縮され、地上では数秒から数分程度の時間スケールを持つ地磁気急始(SC)が発生する。このとき低緯度では圧縮性磁気流体(MHD)波の磁場が卓越し、一般に低緯度電離圏は下降運動すると考えられて来た。一方、SC発生時には主インパルス(MI)の電流系が磁気圏から極域電離圏、そして中低緯度、赤道電離圏まで流れることがすでに明らかにされており、この電離圏電流とともに伝搬する電場が重畳すると考えられる。MIの電場は対流電場と同様に極域で朝夕の向きであるため、この電場が昼側の低緯度電離圏で卓越した場合、電離圏が上昇運動することになる。

本研究では、これら2種の電場を分離するために、10数例のSCについてHF Doppler観測データを解析し、磁気圏が圧縮されMHD波が低緯度電離圏へ到達した時、上昇運動が卓越することを見いだした。また、この上昇運動が日没後でも観測される evening anomalyを示した。電離圏の上昇運動を起こす電場の性質を特定するために、赤道電離圏電流によるEEJと比較解析し、両者の間に良い相関があることから、MIに伴う朝夕方向電場が電離圏電流とともに高緯度から低緯度・赤道へ伝搬したと結論した。さらに、これを確認するために、グローバルMHDシミュレーションで再現されたSC電場と比較解析し、電場が沿磁力線電流により極域電離圏へ持ち込まれたポテンシャル電場であり、また evening anomalyも電離圏電気伝導度の非一様性とホール効果による電位分布の地方時非対称性に起因することを明らかにした。この成果を論文にまとめて、米国地球物理学学会誌に発表した(Kikuchi他, 2016)。

(2) サブストーム

サブストーム時には領域2型沿磁力線電流による過遮蔽電場が昼側赤道でカウンタージェット電流(CEJ)を流すことを示してきた(Hashimoto他, 2011)が、35例の孤立型サブストームについてHF Doppler観測データを解析した。その結果、サブストームオンセット直後に昼間CEJが発生すると同時に、夜

間の低緯度電離圏へ東向き電場が伝搬し、この電場が電離圏の上昇運動を引き起こすことを見いだした。夜側の低緯度電離圏電場の強度は、平均で 1.5 mV/m であった。サブストームに伴う夜側ポジティブ・ベイ (PB) は極域電離圏とつながる沿磁力線電流の磁場効果と解釈されるため、高緯度ほど振幅が大きいと期待されるが、我々は磁気赤道で PB の振幅が低緯度より大きくなる equatorial enhancement を示すことを発見した。これは、電気伝導度が小さい夜間にも、極から伝搬する過遮蔽電場と赤道電離圏の Cowling 電気伝導度により東向き EEJ が流れることを示す結果である。

夜側 PB の緯度変化を補正して EEJ を導出したところ、低緯度電場との間に非常に高い相関(係数 0.92)が得られ、低緯度電離圏に伝搬した電場が赤道まで伝搬することが明らかになった。夜間低緯度の過遮蔽電場発達は昼間 CEJ の開始とデータの精度(10秒)で同時であり、サブストーム時に発達する領域 2 型沿磁力線電流が昼間だけでなく、夜間の低緯度・赤道まで瞬時に伝搬することを確認した。これにより、領域 2 型沿磁力線電流が昼側だけでなく、夜側赤道電離圏に流入する新しいサブストーム電流系像を示した。得られた結果は国内外の学会で公表し、論文にまとめて米国地球物理学学会誌に投稿した (Hashimoto 他, 投稿中)。

(3) 地磁気脈動

HF 電波を反射する電離圏 F2 層の電子のライフタイムは 20 分程度 (IPS Radio and Space Service) であるために、HF Doppler サウンダーによる電場の測定には、現象の周期が長くなるほど、電離圏組成の生成消滅過程の影響を受け、電場が過小に見積もられるという問題が指摘されている (Tsutsui 他, 1988)。実際、磁気嵐主相の強い電場が数時間にわたって継続する事象で、時間経過とともに HF Doppler 電場と EEJ が一致しなくなることを本研究でも確認した。

そこで、私たちは電離圏組成変動による影響が小さい数分から 10 分程度の Pc5 地磁気脈動 (以下 Pc5) に伴う電場と EEJ の高い相関関係に注目し、低緯度電場と EEJ の間の定量的な関係式の導出を試みた。特に 2003 年 10 月 29-31 日に発生した磁気嵐中に 30 時間以上継続し、EEJ による顕著な振幅の赤道異常増幅を伴う Pc5 (周期: 300-600 秒) を詳細に解析した。サブストームに対して行ったと同様の解析を Pc5 に対しておこない、赤道磁場 H と低緯度電場 E の間に、太陽天頂角 A に依存する関係式、

$$dH/E = 52.94 \cdot \cos(A - 2.95) + 3.91$$

を得た。電離圏電場と地上磁場の間の定量関係は、Anderson 他 (2002) 以来研究されて来たが、太陽天頂角依存性を示した初めての結果である。

この関係式の応用として、いくつかの仮定

において、赤道電離圏の Cowling 電気伝導度を推定した結果、11 磁気地方時 (以後、MLT) に約 120 mho、14-16 MLT では約 60 mho、さらに 18 MLT で 3 mho を得た。また、夜の時間帯で約 3-10 mho の値を得た。これらの Cowling 電気伝導度の値は、Tsunomura (1999) のモデル計算値とよい一致を示した。EEJ に対する Pc5 の電場は、サブストームの解析で得た電場の約 1.5 倍であった。サブストームのように事象の継続時間が長い場合、電離圏組成変動の影響を受け、電離圏の上下運動が抑制されることを示す結果と考えられる。この成果は国内外の学会で公表し、論文を準備中である。

(4) DP2 地磁気変動

磁気嵐時の電場の地方時依存性などの統計的性質を明らかにするためには、多くの磁気嵐の解析が必要となるが、磁気嵐時の HF 電波伝搬特性の劣化などに鑑みて、まず小規模擾乱時に現れる数 10 分から 1 時間程度の準周期地磁気変動 (DP2) を解析した。昼間に位置するアフリカ磁気赤道で DP2 が観測された 10 数例を抽出し、午後から夕方の低緯度電離圏電場を解析した結果、夕方の電場の向きが昼間と同じとなる evening anomaly を示す結果を得た。この特異な地方時依存性は、これまで 1 事例の報告 (Abdu 他 1998) があるのみで詳細は不明であったが、本研究で 20-21 MLT まで観測されることを示した。DP2 の evening anomaly は SC の evening anomaly (Kikuchi 他 2016) と共通する性質であり、擾乱の時間スケールによらない宇宙天気事象に共通する低緯度電離圏電場の性質である可能性が示唆され、今後さらに研究すべき重要課題の一つとなった。

(5) 磁気嵐

磁気嵐時のグローバルな電場分布を知るために、チェコ超高層物理学研究所の HF Doppler 研究グループの協力を得て、2015 年 6 月 22 日に発生した地磁気嵐について、チェコと台湾、日本の HF Doppler サウンダーの同時観測データを解析した。磁気嵐主相に伴う強い電場が多点の中低緯度で同時観測された事例は珍しく、チェコは夕方で東向きの電場 3.4 mV/m、台湾、日本の飯館、大洗、沖縄は真夜中過ぎに位置し 2.9 mV/m から 7.3 mV/m の西向きの電場が発達することを見いだした。この結果は、極から伝搬した対流電場が緯度とともに電場強度を弱めながら日本から台湾まで侵入したことを示し、かつ、夜側赤道で EEJ を流したことを Guam の磁力計データで確認した。これらの初期的な結果を学会で公表した。この磁気嵐は、主相の継続時間が約 2 時間と比較的短時間に強い対流電場が発達した点の特徴であるが、昼側で EEJ が 2 時間にわたって発達したのに対して、HF Doppler の電場は主相開始から 20-30 分ほどで減衰した。継続時間の長い事象に対し

て電場が過小に見積もられる特性が確認された。そのため、地磁気脈動の電場解析から得られた低緯度電場とEEJの定量式を応用してEEJから中緯度電場を推定する手法が、磁気嵐の電場強度、分布の推定において有用であると期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7件)

- ① T. Kikuchi and K. K. Hashimoto, Transmission of the electric fields to the low latitude ionosphere in the magnetosphere-ionosphere current circuit, *Geosci. Lett.* 3:4, 査読あり, DOI 10.1186/s40562-016-0035-6, 2016
- ② S. Kumar, B. Veenadhari, S. Tulasi Ram, S.-Y. Su, T. Kikuchi, Possible relationship between the equatorial electrojet (EEJ) and daytime vertical $E \times B$ drift velocities in F region from ROCSAT observations, *Advances in Space Research*, 査読あり, 58, 1168-1176, 2016
- ③ T. Tanaka, M. Watanabe, M. Den, S. Fujita, Y. Ebihara, T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, R. Kataoka, Generation of field-aligned current (FAC) and convection through the formation of pressure regimes: Correction for the concept of Dungey's convection, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 査読あり, 121, doi: 10.1002/2016JA022822, 2016
- ④ Y. Nishimura, T. Kikuchi, Y. Ebihara, A. Yoshikawa, S. Imajo, W. Li, H. Utada, Evolution of the current system during solar wind pressure pulses based on aurora and magnetometer observations, *EPS*, 査読あり, doi: 10.1186/s40623-016-0517-y, 2016
- ⑤ T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, I. Tomizawa, Y. Ebihara, Y. Nishimura, T. Araki, A. Shinbori, B. Veenadhari, T. Tanaka, and T. Nagatsuma, Response of the incompressible ionosphere to the compression of the magnetosphere during the geomagnetic sudden commencements, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 査読あり, 121, doi:10.1002/2015JA022166, 2016
- ⑥ T. Kikuchi, Transmission line model for the near-instantaneous transmission of the ionospheric electric field and currents to the equator, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 査読あり, 119, doi:10.1002/2013JA019515, 2014
- ⑦ Y. Ebihara, T. Tanaka, and T. Kikuchi,

Counter equatorial electrojet and overshielding after substorm onset: Global MHD simulation study, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 査読あり, 119, doi:10.1002/2014JA020065, 2014

[学会発表] (計 29件)

- ① K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, ROCSAT and HF Doppler sounder observations of the DP2-type electric field during the global Pc5 magnetic pulsation event during Halloween storm, American Geophysical Union 2016 Fall meeting, San Francisco (USA), 2016/12/14
- ② T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Ebihara, T. Tanaka, I. Tomizawa, T. Nagatsuma, Transmission of the magnetospheric electric fields to the lowlatitude ionosphere during storm and substorms, American Geophysical Union 2016 Fall meeting San Francisco (USA), 2016/12/14
- ③ K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, J. Chum, D. Buresova, Latitude and local time variations of stormtime electric fields as observed with HF Doppler sounders and SuperDARN, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 九州大学 (福岡県), 2016/11/20
- ④ K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, Local time dependence of quantitative relationship between the equatorial electrojet and midlatitude ionospheric drift velocity, 13th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society 2016, Beijing (China), 2016/08/02
- ⑤ T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Ebihara, I. Tomizawa, T. Nagatsuma, Evening anomaly of the penetration electric fields at mid-equatorial latitudes during space weather disturbances, 13th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society 2016, Beijing (China), 2016/08/01
- ⑥ T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, I. Tomizawa, Y. Ebihara, Y. Nishimura, T. Araki, A. Shinbori, B. Veenadhari, T. Tanaka, T. Nagatsuma' Response of the incompressible ionosphere to the compression of the magnetosphere during the geomagnetic sudden commencements, International GEMSIS and ASINACTR-G2602 Workshop, 名古屋大

学 (愛知県), 2016/03/25

- ⑦ T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Ebihara, I. Tomizawa, and S. Watari, Electric field and currents in the magnetosphere-ionosphere-ground circuit during space weather disturbances, 12th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society 2015, Singapore (Singapore), (invited), 2015/08/05
- ⑧ K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, Equatorial enhancement of the substorm positive bay at nightside dip-equator, 12th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society 2015, Singapore (Singapore), 2015/08/04
- ⑨ K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, Electric field at nightside low latitude observed by HF Doppler sounder during substorms, K.K. Hashimoto, 26th International Union of Geodesy and Geophysics, Prague (Czech), 2015/06/23
- ⑩ K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, Substorm electric fields at night side low latitude, American Geophysical Union 2014 Fall meeting, San Francisco (USA), 2014/12/16
- ⑪ T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Ebihara, Y. Nishimura, I. Tomizawa, N. Nishitani, T. Nagatsuma, Transmission of stormtime electric field and currents to the mid-equatorial latitude ionosphere in the magnetosphere-ionosphere-ground circuit, American Geophysical Union 2014 Fall meeting, San Francisco (USA), 2014/12/19
- ⑫ K. K. Hashimoto, T. Kikuchi, I. Tomizawa, T. Ngatsuma, Overshielding electric fields at nightside low-latitude observed by HF Doppler sounders, 12th International Conference on substorms, 伊勢ロイヤルホテル (三重県), 2014/11/14
- ⑬ T. Kikuchi, K. K. Hashimoto, Y. Ebihara, Y. Nishimura, I. Tomizawa, N. Nishitani, T. Nagatsuma, Near-instantaneous transmission of the electric field and currents from high latitude to the equator during geomagnetic sudden commencements and pulsations, AOGS2014, ロイトン札幌ホテル (北海道), 2014/07/29

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 久美子 (HASHIMOTO, Kumiko K.)
吉備国際大学・地域創成農学部・教授
研究者番号：00389008

(2) 研究分担者

菊池 崇 (KIKUCHI, Takashi)
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・名誉教授
研究者番号：70358977

(3) 連携研究者

富澤 一郎 (TOMIZAWA, Ichiro)
電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター・准教授
研究者番号：50111696

(4) 研究協力者

Bhasakara Veenadhari
Dalia Buresova
Jaroslav Chum