様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成２３年　５月　１９日現在

機関番号：１２６１２
研究種目：若手研究（B）
研究期間：２００８年度～２０１０年度
課題番号：２０７４０２８２
研究課題名（和文）
磁気圏・電離圏対流がオーロラ爆発に及ぼす影響の解明
研究課題名（英文）
Analysis of the effect of ionospheric convection on auroral breakup
研究代表者
細川　敬祐（HOSOKAWA KEISUKE）
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教
研究者番号：８０３６１８３０

研究成果の概要（和文）：

全天カメラによって観測されるポーラーパッチの運動を極冠電離圏プラズマ対流の指標として用い、サブストームの前後において極冠の対流がどのように変化するかを調べた。その結果、サブストームオンセットの数分前にパッチの速度および方向が劇的に変わるという事例が発見された。これは、オンセットの前にローブからプラズマシート境界を横切るようなプラズマの流れが生じていることを意味し、近尾部中性線における磁気リコネクションがオーロラサブストームの発生に影響を与えていることを示唆する。

研究成果の概要（英文）：

By using polar cap patches detected by an all-sky camera as a tracer, I investigated how the polar cap convection changes near substorm onsets. I found an interesting event in which the motion of polar cap patches drastically changed a few minutes prior to the substorm onset. This suggests an occurrence of enhanced plasma flows across the plasma sheet boundary layer before onsets. That is, magnetic reconnection at the near-Earth plasma sheet takes place before onsets and plays an important role in triggering substorms.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2008年度	900,000	270,000	117,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総　計	1,900,000	570,000	2,470,000

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：オーロラ、極冠域プラズマパッチ、人工衛星―地上共同観測、サブストーム

１．研究開始当初の背景

オーロラサブストームはどこから始まるのか？ その問いに答えるため 2007 年 2 月、THEMIS 衛星が打ち上げられ、複数の磁気圏探査衛星と地上観測網によるサブストームの国際共同観測が最盛期を迎えようとしていた。当時、研究代表者らは、THEMIS プロジェクトに連携する形で、カナダのレゾリュートベイに高感度全天カメラを設置し、2005 年から極冠域での定常光学観測を 2 分の時間分解能で継続してきており、そのデータから電離圏対流を導出する試みを行って

いた。冬季の極冠域では、ポーラーキャップパッチと呼ばれる高密度のプラズマ塊が、電離圏対流に沿って反太陽方向へ移動する様子が頻繁に観測される。申請者は、2 分毎に得られる全天画像に対して、2 次元の相関解析を適用し、パッチの移動速度、つまりは極冠域の電離圏対流を精度良くモニターする手法を考案した。この手法は、従来、観測の空白領域であった極冠域において、電離圏対流を連続的にモニターする唯一の手段といえる。極冠域は尾部ローブ領域と磁力線で繋がっているため、極冠域の光学観測から磁気圏対流の時間変化を 2 分の時間分解能で連続的にモニターすることが可能となる。「極冠域レゾリュートベイの光学観測から導出された磁気圏尾部プラズマ対流データ」を用いることで、サブストームオンセット前後の磁気圏尾部・夜側電離圏の状態を詳細に、かつ長時間に渡って観測することが可能になっていた。

2. 研究の目的

レゾリュートベイおいて全天カメラによって観測されるポーラーパッチの動きを極冠域電離圏・磁気圏尾部対流の指標として用い、サブストームオンセットの前後で磁気圏対流がどのように変化するかを調べる。これをもとに、「磁気圏対流の変化がサブストームの発生に対して何らかの影響を与えているか否か」を明らかにする。

３．研究の方法

これまで（2005 年-現在）にレゾリュートベイにおいて取得された全ての光学観測データに関して、連続画像間の 2 次元相関解析を実施し、極冠電離圏対流のデータベースを作成した。データベースに対し、そのデータが取得されたときに晴天であったかどうかなど、データのクオリティに関するチェックを行い、統計的な性質を調べた。次いで、サブストームの前後に極冠域電離圏および磁気圏のプラズマ対流がどのように変化するかを事例解析によって調べた。

４．研究成果

(1) 極冠域電離圏対流の統計解析

これまでにレゾリュートベイにおいて得られた全ての全天画像に対して、2 次元の相関解析を行い、極冠域電離圏対流のデータベースを作成し、その性質を統計的に調べた。その結果、極冠域の電離圏対流の大きさは惑星間空間磁場（Interplanetary Magnetic Field: IMF）の南北成分によってコントロールされていることが示された。また、対流の方向（朝夕向き成分）の決定に関しては、IMF の東西成分が大きな影響を与えていることが分かった。この事実は、光学観測で追跡することのできるパッチの運動が、極冠域電離圏対流を正確に反映していることを表し、このデータベースを用いて、電離圏対流とサブストームの発生の間の関連性を調べることが可能であることを示している。

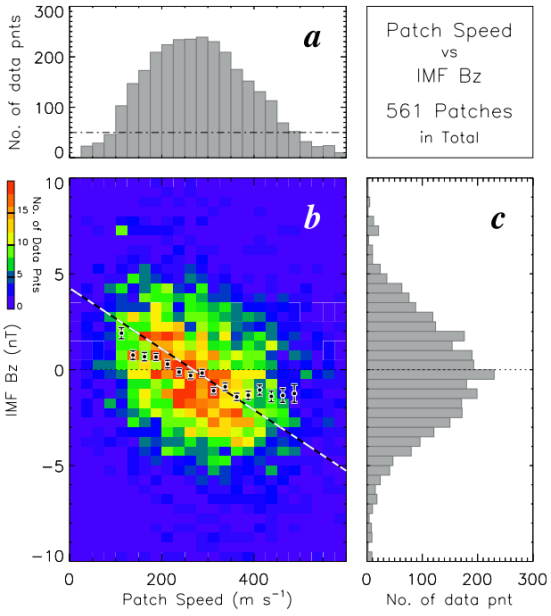

図 1: ポーラーパッチの運動から算出した極冠域電離圏対流の IMF Bz に対する依存性を示したもの（Hosokawa et al., 2009b）。

(2) サブストーム前後における極冠域電離圏対流の変動に関する事例解析

全天大気光カメラによって観測されるポーラーキャップパッチの運動を極冠域電離圏プラズマ対流速度の指標として用い、サブストームの前後において極冠プラズマ対流がどのように変化するかを調べた。その結果、サブストームオンセットの数分前にパッチの速度および方向がドラスティックに変わるという事例が発見された。この時間帯において IMF の大きさおよび方向はほぼ一定で推移していたことを考慮すると、この対流の変化は太陽風に連動しているものではない可能性が高く、夜側磁気圏のプラズマダイナミクスを反映していると考えられる。

また、この対流の変化はサブストームの爆発相の間継続していた。これは、オンセットの前にローブからプラズマシート境界を横切るようなプラズマの流れが生じていることを意味し、近尾部中性線における磁気リコネクションがオンセットの前に起こっていることを示唆する。この結果に関する論文を現在執筆しており、近日中に投稿を行う予定である。

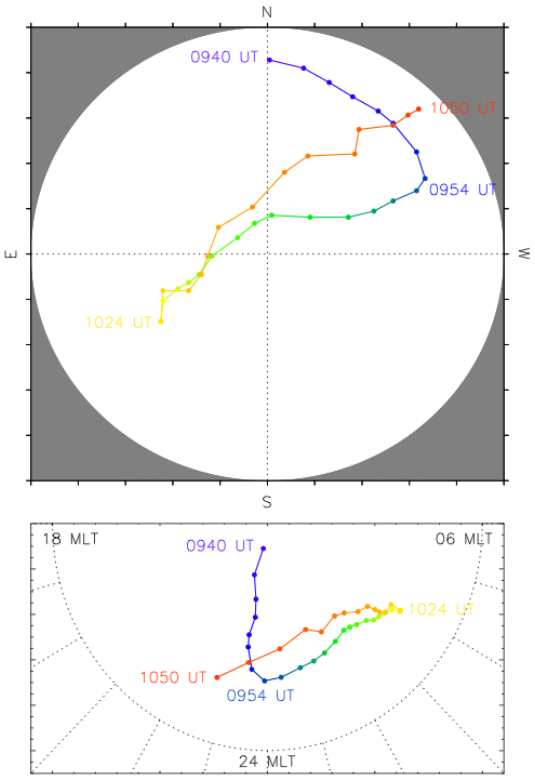

図 2: サブストームの前後におけるパッチの軌跡の時間変化。0954 UT にパッチの運動方向が大きく変化している。この約 9 分後にサブストームが起こった。これは、サブストームが起こる少し前に、極冠域と磁力線でつながっている磁気圏ローブ領域において、プラズマの流れが変化していたことを示唆する。

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 8 件）

1. Hosokawa, K., J. I. Moen, K. Shiokawa, and Y. Otsuka, Decay of polar cap patch, Journal of Geophysical Research, 116, doi:10.1029/2010JA016297, 2011b（査読有）
2. Miyashita, Y., I. Shinohara, M. Fujimoto, H. Hasegawa, K. Hosokawa, T. Takada and T. Hori, A powerful tool for browsing quick-look data in solar-terrestrial physics: "Conjunction Event Finder", Earth, Planets and Space, 63, e1-e4, 2011（査読有）
3. Hosokawa, K., J. I. Moen, K. Shiokawa, and Y. Otsuka, Motion of polar cap arcs, Journal of Geophysical Research, 116, doi:10.1029/2010JA015906, 2011a（査読有）
4. Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, N. Nishitani, T. Ogawa and M. Hairston, Dynamic temporal evolution of polar cap tongue of ionization, Journal of Geophysical Research, 115, doi:10.1029/2010JA015848, 2010b（査読有）
5. Hosokawa, K., J.-P. St.-Maurice, G. J. Sofko, K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa, Reorganization of polar cap patches through shears in the background plasma convection, Journal of Geophysical Research, 115, doi:10.1029/2009JA014599, 2010a（査読有）
6. Hosokawa, K., T. Kashimoto, S. Suzuki, K. Shiokawa, Y. Otsuka and T. Ogawa, Motion of polar cap patches: A statistical study with all-sky airglow imager at Resolute Bay, Canada, Journal of Geophysical Research, 114, A04318, doi:10.1029/2008JA014020, 2009c（査読有）
7. Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Ogawa and M. Hairston, Unusually elongated, bright airglow plume in the polar cap F region: is it tongue of ionization?, Geophysical Reseach Letters, 36, doi:10.1029/2009GL037512, 2009b（査読有）
8. Hosokawa, K., K. Shiokawa, Y. Otsuka, T. Ogawa, J.-P. St-Maurice, G. J. Sofko, D. A. Andre, The relationship between polar cap patches and field-aligned irregularities as observed with an all-sky airglow imager at Resolute Bay and the PolarDARN radar at Rankin Inlet, Journal of Geophysical Reseach, 114, doi:10.1029/2008JA013707, 2009a（査読有）

〔学会発表〕（計 8 件）

1. Hosokawa, K., J. I. Moen, K. Shiokawa, and Y. Otsuka, Decay of polar cap patch, AGU Fall Meeting, December 13-17, 2010, Sanfrancisco, USA.
2. Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, N. Nishitani, Y. Otsuka, T. Ogawa, and M. Hairston, Multi-instrumental comprehensive study of polar cap tongue of ionization during magnetic storm on December 15, 2006, 38th COSPAR Scientific Assembly, July 18-25, 2010, Bremen, Germany.
3. Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, N. Nishitani, Y. Otsuka, T. Ogawa, and M. Hairston, Multi-instrumental comprehensive study of polar cap

tongue of ionization during magnetic storm on December 15, 2006, AGU Fall Meeting, December 14-18, 2009, Sanfrancisco, USA.

4. Hosokawa, K., Patches and TOI from 4 years observations at Resolute Bay, Cusp and Polar Cap Ionosphere Present Knowledge and Future Planning, April 23-24, 2009, Oslo, Norway.
5. Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, N. Nishitani, Y. Otsuka, T. Ogawa, Polar cap tongue of ionization during magnetic storm on December 14-15, 2006, SuperDARN Workshop and Annual Meeting 2009, May 11-15, 2009, Corsica, France.
6. Hosokawa, K., T. Tsugawa, K. Shiokawa, N. Nishitani, Y. Otsuka and T. Ogawa, Optical observation of polar cap tongue of ionization, AGU Fall Meeting, December 15-19, 2008, Sanfrancisco, USA.
7. Hosokawa, K., K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa, Motion of large-scale structures in the polar cap ionosphere, Asia-Oceania Geoscience Society (AOGS) 5th Annual General Meeting, June 16-20, 2008, Busan, Korea.
8. Hosokawa, K., K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa, Spatial relationship of polar cap patches and field-aligned irregularities observed with an all-sky airglow imager at Resolute Bay and SuperDARN radars, Asia-Oceania Geoscience Society (AOGS) 5th Annual General Meeting, June 16-20, 2008, Busan, Korea.

〔図書〕(計０件)

〔産業財産権〕

○ 出願状況（計０件）
○ ○取得状況（計０件）

〔その他〕

ホームページ等
カナダ・レゾリュートベイにおける大気光観測のデータは下記webページで公開しており，内外の関連研究者がデータをブレビューするために活用されている．

http://gwave.ice.uec.ac.jp/cgi-bin/hosokawa/resolute/resolute.cgi

６．研究組織
(1)研究代表者

細川　敬祐(HOSOKAWA KEISUKE)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教
研究者番号：８０３６１８３０

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし