

## ジオスペース研究センター・プロジェクト2

### 「人工衛星－地上共同観測によるジオスペース研究の新展開」 平成18年度報告書

プロジェクトメンバー：塩川和夫、西谷望、野澤悟徳、関華奈子、三好由純

#### 1. カナダでの光学観測の維持・整備

平成17年1月及び9月にカナダ・レゾリュートベイ及びアサバスカに設置された全天カメラ、掃天分光フォトメータ、誘導型磁力計は順調に観測を継続している。平成18年10月に電通大の教員がレゾリュートベイに出張し、全天カメラのノイズ対策を施して平成18年度冬季の自動観測を開始した。また、12月には名大太陽研の職員、大学院生がアサバスカに出張し、機器の校正を行った。

これらのデータは、新たにカナダ観測のホームページを開設して公開している。アドレスは、<http://stadb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/omti/canada.html>である。また、アサバスカ、レゾリュートベイにおける全天カメラデータは、第4部門・家田章正助手の協力を得てCDF形式に変換され、愛媛大学が整備するデータベースSTARSに登録するよう、準備中である。

#### 2. サブオーロラ帯孤立オーロラの地上 衛星観測

図1は、*Sakaguchi et al.* [2007]により報告されたアサバスカ上空で観測された孤立オーロラアークとPc1地磁気脈動の観測例である。上空を通過していたNOAA衛星の粒子データ及び磁力線でつながれた反対側の南半球を通過していたDMSP衛星の粒子、電子温度、プラズマドリフトデータを用いて、この孤立アークが30-80 keV付近のプロトンの降り込みであり、それがリングカレントとプラズマポーズ付近で発生していることがわかっている。これらの観測結果は、電磁的なイオンサイクロトロン波動(EMIC波動=観測された強いPc1脈動)が、磁気赤道付近でプロトンのピッチ角散乱を起こして粒子を電離圏まで降り込ませ、観測されたオーロラを引き起こしていることを示唆している。同様に強いPC1帯地磁気脈動と孤立アークが一対一対応する例は、アサバスカでの観測から他にも見いだされており、このプロセスが普遍的に発生していることが明らかになってきた。

#### 3. 極冠域パッチ現象の観測

極冠域パッチ現象は、太陽に照らされた昼間側の電離圏の密度の高いプラズマが、何らかの原因でちぎれ、白い実線で示した極冠域のプラズマ対流によって、夜側まで運ばれて来る現象である。図2に、レゾリュートベイで2005年2月3日に観測された極冠域パッチ現象の例を示す。波長630nmの大気光の画像で、明るい大気光の部分がパッチ現象である。この画像は

2分の時間分解能で連続的に得られているため、連続画像の2次元相関をとることにより、パッチの移動方向と速度を、画面の各点において求めることができる。図2に示したベクトルは、こういった解析により求めたパッチの移動方向で、全体的には反太陽方向に移動しており、また、時間によっては右左(朝側方向と夕方側方向)に移動方向が変わることがわかる。この極冠域のプラズマ対流は、太陽風と磁気圏の相互作用によって大きく変動することが予想される。パッチの動きから求めた対流速度の大きさと、太陽風中の惑星間空間磁場(IMF)のBz成分の比較、および、対流速度のベクトルの方向と

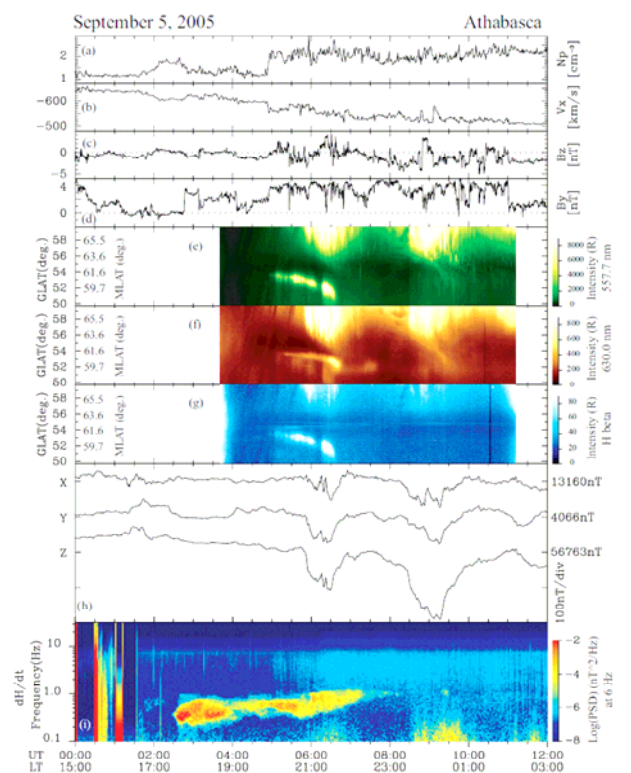
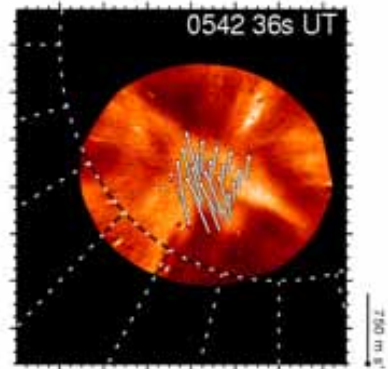


図1. アサバスカ(ATH)上空で観測された孤立オーロラの例。上から、太陽風の密度、速度、IMF-Bzと-By, ATHの全天カメラで観測された557.7nm、630nm、486.1nmのオーロラ強度の南北輪切り、ATHから20km離れたMeanookにおける磁場3成分の変動、ATHの誘導磁力計で観測されたPc1帯地磁気脈動のダイナミックスペクトル(*Sakaguchi et al.* [2007]より)。

IMF の By 成分の比較から、それぞれの組み合わせが、非常によい相関を持っていることが明らかになった。このことは、極冠域のプラズマ対流が主に IMF の方向と大きさのみによって決められていることを示している。さらに、この相関の時間差から、太陽風の影響が極冠域まで及んでくる時間を推定することができ、この時間差は IMF-Bz と -By で異なることが初めて示された。これらの結果は Hosokawa et al. [2006] として論文にまとめられ、報告されている。

図 2. レゾリュートベイの 630nm 大気光画像に観測された極冠域パッチ現象。図中のベクトルは、画像の 2 次元相関解析によって求められたパッチの速度ベクトル (Hosokawa et al. [2006] より)



### 3. れいめい衛星との共同観測

昨年 8 月に打ち上げられたれいめい衛星は、当初の想定寿命は 3 ヶ月であったが、2007 年 2 月現在も順調に運用されており、機器に問題が無い限り、今後も運用が続けられる予定である。昼側カスプ域やオーロラ帯における ion up flow が、電離圏上部でどのように加速・加熱されているか、は長い間の問題であり、高度 650km のれいめい衛星と EISCAT レーダーの同時観測により、加熱の詳細と、そこから出てくる上向きイオンの特性を組み合わせることで調べることができる。平成 18 年 12 月に、ノルウェー・スバルバル島ロングイヤビン及びノルウェー・トロムソに、東北大学の職員・大学院生、極地研の職員が約 2 週間滞在し、れいめい衛星を運用している宇宙科学研究本部と連絡を取りながら、れいめい衛星が上空を通過する時間帯前後に EISCAT レーダーによる極域電離圏の特別観測を行った。

さらに平成 18 年 3 月からは、カナダ・アサバスカ観測点の上空をれいめい衛星が通過する時間を計算し、れいめい衛星との共同観測を継続的に行っている。図 3 はアサバスカにおいて孤立オーロラアークが観測されている時に、その付近を通過したれいめい衛星の粒子データである。これらのデータは、今後、論文としてまとめていく予定である。

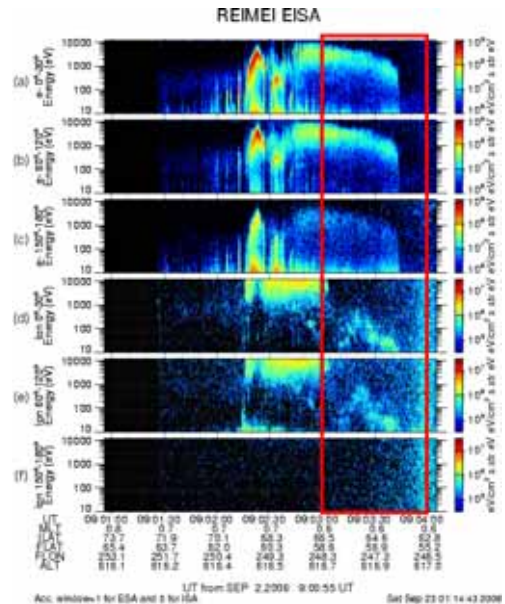


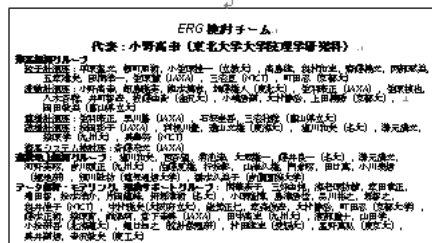
図 3. れいめい衛星がカナダ・アサバスカ観測点上空 (赤い線の付近) で観測した電子・イオンのエネルギー - 時間スペクトル。

### 4. 内部磁気圏を探索する小型衛星 ERG の検討

内部磁気圏衛星を探索する衛星 ERG (Energization and Radiation in Geospace) の必要性は、これまでプロジェクト 2 のメンバーが中心となって、国内外で訴え、その内容を検討してきた。本年度は、これまでの検討結果をふまえて、JAXA 宇宙科学本部の小型衛星に関するワーキンググループの公募の提案書を作成し、平成 18 年 12 月に、正式に ERG ワーキンググループとして承認された。現在、このワーキンググループの枠組みで衛星提案書を作成しつつある。これに関連して、太陽研がイニシアチブを取りながら、国内の関連研究者と連絡調整のための会合を複数回行った。また、平成 18 年度に開催された AOGS (シンガポール) COSPAR / WPGM (北京) AGU (米国サンフランシスコ) THEMIS 衛星打ち上げ前会議 (米国フロリダ) などの国際会議において、海外の関連する衛星計画 (RBSP, Orbitals, THEMIS) との国際協力体制を議論した。

図 4 .ERG ワーキンググループ提案書の表紙。

#### 小型衛星計画 ERG (Energization and Radiation in Geospace) ワーキンググループ提案書



## 5. 北海道 陸別短波レーダーの観測開始

平成 17 18 年度の特別研究経費により建設を行っていた北海道 陸別短波レーダーは、平成 18 年 11 月までに完成し、試験観測を経て 12 月より本格的な稼働を開始した。磁気嵐に伴うイオンドリフトや、伝搬性電離圏擾乱が観測されている。



図 5. 北海道・陸別観測所に建設された SuperDARN 北海道短波レーダー。

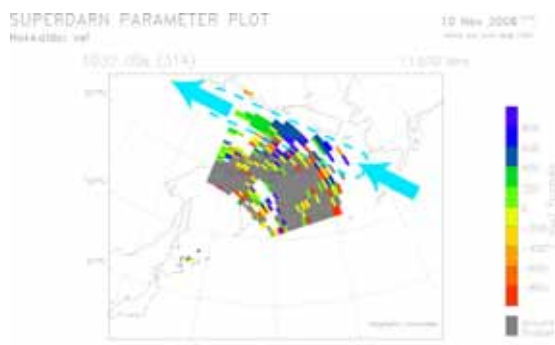


図 6. 試験観測開始初日に観測されたサブオーロラ帯のイオンドリフト。

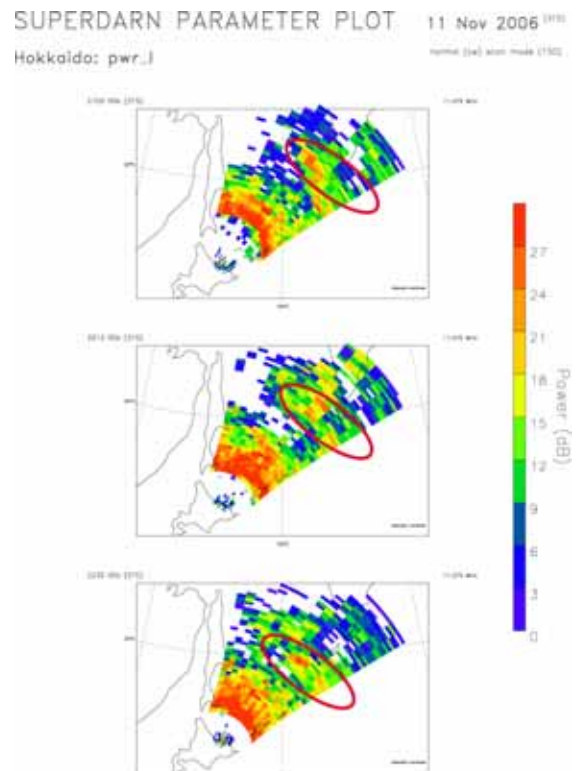


図 7. 試験観測開始二日目に観測された中緯度伝搬性電離圏擾乱。

## 6. ベアアイランド流星レーダーの設置

プロジェクト 2 として、平成 18 年 12 月に北欧ベアアイランドに流星レーダーを設置した。この流星レーダーと、中間圏の観測を行っている TIMED 衛星 TIDI で得られる風速データや SABER による温度の高度プロファイルと比較していく。さらに、経度や緯度の異なる他の流星レーダーと連携し、下部熱圏 / 中間圏の大気波動の解明を進めていく予定である。

図 8. ベアアイランドに建設中の流星レーダー



## 7. ブラジル・チリにおける放射線帯粒子観測

平成 19 年 2 月中旬から拓殖大学の教員がブラジル南部観測所で高感度カメラによる電離圏の大気光観測を行い、その後サンパウロ大学の生物系グループと紫外線観測を共同研究するための打ち合わせを行った。引き続き 3 月初旬にチリのコンセプションにおいてイメージングリオメータの受信機を交換、プンタアレナスで観測機器の保守作業を行い、これらの観測点における自動観測を継続した。なお、チリとブラジルでのイメージングリオメータ観測のデータは、極地研のポスドクである田中良昌氏の協力を得て、今後なるべくデータベース化し一般に公開する。これにより、NOAA 衛星やあけぼの衛星など、放射線帯粒子を観測している人工衛星データとの比較を容易にしていく予定である。

図 9. イメージングリオメータのアンテナサイト。上から、ブラジル南部宇宙観測所(29.6S, 306E)、チリのコンセプション大学 (37.5S, 287E)、およびマゼラン大学(53.1S, 289E)。



## 8. 研究会等の開催

プロジェクト2に関連した研究集会は、下記に挙げたとおりであるが、この中で特に、平成19年1月17-19日に、愛知県の伊良湖において、「宇宙プラズマ/太陽系環境研究の将来構想座談会5～地球磁気圏地上-衛星観測共同研究の深化に向けて～」と題した研究集会を行った。この研究会では、「地上-衛星同時観測とその科学的展望」をテーマとして設定し、地上観測、衛星観測を主な研究手段としている研究者が合宿形式で集合し、お互いの観測原理や研究の動向、共同研究の意義と戦略を集中的に議論した。また、平成19年3月14-16日に行われたCAWSES/IHYシンポジウムにおいて、プロジェクト2のこれまで3年間の成果を紹介した。

関連する査読付き論文 (2006年1月以降)

- Shiokawa, K., K. Seki, Y. Miyoshi, A. Ieda, T. Ono, M. Iizima, T. Nagatsuma, T. Obara, T. Takashima, K. Asamura, Y. Kasaba, A. Matsuoka, Y. Saito, H. Saito, M. Hirahara, Y. Tonegawa, F. Toyama, M. Tanaka, M. Nose, Y. Kasahara, K. Yumoto, H. Kawano, A. Yoshikawa, Y. Ebihara, A. Yukimatsu, N. Sato, S. Watanabe, and the Inner Magnetosphere Subgroup in the Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences, ERG - A small-satellite mission to investigate the dynamics of the inner magnetosphere, *Adv. Space Res.*, *38*(8), 1861-1869, 2006.
- Hosokawa, K., K. Shiokawa, Y. Otsuka, A. Nakajima, T. Ogawa, and J. D. Kelly, Estimating drift velocity of polar cap patches with all-sky airglow imager at Resolute Bay, Canada, *Geophys. Res. Lett.*, *33*, L15111, doi:10.1029/2006GL026916, 2006.
- Shiokawa, K., S. Suzuki, Y. Otsuka, T. Ogawa, T. Nakamura, M. G. Mlynczak, and J. M. Russell III, A multi-instrument measurement of a mesospheric front-like structure at the equator, *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. *84A*, pp. 305-316, 2006.
- Sakaguchi, K., K. Shiokawa, A. Ieda, Y. Miyoshi, Y. Otsuka, T. Ogawa, M. Connors, E. F. Donovan, and F. J. Rich, Simultaneous ground and satellite observations of an isolated proton arc at subauroral latitudes, *J. Geophys. Res.*, *in press*, 2007.
- Yago, K., K. Shiokawa, K. Yumoto, D. G. Baishev, S. I. Solov'yev, and F. J. Rich, Simultaneous DMSP, all-sky camera, and IMAGE FUV observations of the brightening arc at a substorm pseudo-breakup, *Earth Planets Space*, *in press*, 2007.
- Nishino, M.K., K. Makita, K. Yumoto, Y. Miyoshi, N. J. Schuch, and M. A. Abdu, Energetic particle precipitation in the Brazilian geomagnetic anomaly during the "Bastille Day storm" of July 2000, *Earth Planets Space*, *58*, 607-616, 2006.