

ジオスペース研究センター・プロジェクト4

「実証型ジオスペース環境モデリングシステム(GEMSIS-phase II) : 宇宙嵐に伴う多圏間相互作用と粒子加速の解明に向けて」

平成24年度報告書

1. プロジェクトメンバー

学内メンバー： 関華奈子[#]、増田智[#]、家田章正[#]、草野完也、三好由純、
塩川和夫、野澤悟徳、松原豊、西谷望、荻野竜樹、梅田隆行、
山本哲也、宮下幸長、中溝葵、堀智昭、天野孝伸、瀬川朋紀

学外メンバー： 海老原祐輔、菊池崇(RISH)、浅井歩(京大)、簗島敬(JAMSTEC)、井上諭(NICT)、
塩田大幸(理研)、渡邊恭子(ISAS/JAXA)、齊籐慎司(NICT)、松本洋介(千葉大理)、
高田拓(高知高専)、藤本品子(ISAS/JAXA)、田中良昌(極地研)、平木康隆(NIFS)、
新堀淳樹(RISH)、西村幸敏(UCLA)

*プロジェクトリーダー、#サブグループリーダー

プロジェクト web: <http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/gemsis/>

2. 研究成果

太陽活動極大期に頻発する宇宙嵐は、太陽から地球上層大気までの広い範囲で領域間相互作用が強まることにより生じる大規模な宇宙環境変動現象である。本プロジェクトでは、太陽、磁気圏、電離圏の3つのサブグループを中心に、ジオスペースにおける各領域での実証型モデルを構築し、宇宙嵐時に強く発動する多圏間相互作用と高エネルギー粒子生成・消滅を担う物理機構の解明を目指して、研究を進めている。また、コミュニティのニーズに応じて、太陽観測衛星ひので、ジオスペース探査計画 ERG のサイエンスセンター機能（イベントカタログ、メタデータ付データベース、統合解析ツール等）の整備を推進してきた。以下では、サブグループ毎に研究成果の概要を報告する。

2.1. GEMSIS-太陽サブグループの研究成果の概要

第二期における GEMSIS-Sun の大目標は、「太陽フレアにおいて、エネルギー蓄積過程、トリガー機構、エネルギー解放、粒子加速過程を統一的に理解すること」であり、そのための現実的なモデルを構築し、観測結果(特に大フレア)との比較研究を行う。また、Hinode 衛星を中心にサイエンスデータベースの構築・整備を行っている。今年度は、主に下記のような研究活動を行った。

2.1.1. 太陽フレア多波長データ解析による粒子加速研究

野辺山電波ヘリオグラフは、1992 年の観測開始から 20 年間に 600 個以上の太陽フレアを観測してきた。それらにおいて、17GHz マイクロ波と GOES 衛星 X 線のそれぞれのピークフラックスを比較すると、散らばりはあるもののいい相関があることが分かっている。つまり、フレアの非熱的放射(粒子加速)と熱的放射(プラズマ加熱)には相関があるということである。しかし、熱的放射に比べて非熱的マイクロ波放射が極端に強いフレアが 2011 年 3 月 10 日 2 時 56 分(UT) に西のリムで検出された。マイクロ波の継続時間は約 1 分間で、ピークフラックスの値は、17GHz と 34GHz でそれぞれ 210, 133 SFU であった。その電波強度に対して、前述の相関関係から予想される GOES クラスは、M1-M2 程度であるのに、このフレアでは B1 レベル以下の増光しか見られていない。SDO 衛星の紫外線画像を詳細に調べても、活動領域の中でループ構造が短期間だけ若干明るくなるマクロフレア的な様子を示すだけであった。また、すざく衛星が 100keV 以上の硬 X 線を検出しており、このフレアで高いエネルギーの電子が生成されたことは確かである。このように非熱的放射が異常に強いフレアの発生原因として、フレア領域の磁場形状が考えられる。

一つの可能性として、フレアループトップ付近の磁場が強い場合、電波強度は大きくなり、また、ループ内の磁気ミラー効果が効かないため短寿命になり、観測結果を説明できる。

2.1.2. 可視光高速撮像観測による太陽フレア研究

2011年度太陽地球環境研究所地上ネットワーク観測大型共同研究(重点研究)として、京都大学大学院理学系研究科附属天文台と可視光高速撮像観測による太陽フレア共同研究を開始した。まず、フレア高速撮像システムを製作し、京都大学飛騨天文台の SMART 望遠鏡に設置した。これは H α 線と連続光を同時に且つ 25 フレーム/秒という高いレートでフレアの撮像を行うものである。2012年度も順調に観測を続けており、白色光フレア高速観測による粒子加速研究、H α カーネルの観測によるフレアトリガー研究などの共同研究を行っている。

2.1.3. Hinode 衛星フレアデータベース作成

GEMSIS-Sunでは、多くの太陽活動現象を理解するために必要なコロナ磁場のデータベースとして、光球面磁場データを境界条件とした Non-linear force free field (NLFFF) データベースの作成を行っている。境界条件としている磁場データは、ひので衛星とSDO衛星によって取得されたベクトルマグネトグラムである。これまでに、これらのデータの読み込み、位置合わせ、NLFFF 計算、計算後の描画処理など、一連の計算プログラムをほぼ自動化できた。この自動化プログラムを使用し、2006年以降に発生した7例の大規模フレア (M5クラス以上) について、フレア発生前後のコロナ磁場を得た。本計算では、本研究所のスーパーコンピュータを使用しており、計算に必要な時間はおよそ1日程度である。今回の計算の自動化により、今後も必要に応じて、コロナ磁場計算を容易に行うことが可能である。また、広く解析してもらうために、解析のためのデータ読み込みプログラム、磁力線描画プログラムなどを、Fortran、IDLの二言語で作成した。

2006年10月のHinode衛星の観測開始から現在までに3つの搭載機器(SOT・XRT・EIS)で観測された太陽フレアのカatalog作成を行い、随時更新している。本Catalogには、野辺山電波ヘリオグラフ、RHESSI衛星の観測情報も含まれている。また、Hinode衛星の3つの観測装置それぞれの撮像観測画像とGOES衛星のX線強度変化を含んだサマリープロット(PDF)も作成し、Web上で公開している。

URL: http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/hinode_flare/index.html/

2.2. GEMSIS-磁気圏サブグループの研究成果の概要

GEMSIS-磁気圏グループでは、宇宙嵐時に生起するダイナミックなジオスペース変動と粒子加速・消失過程の理解を目指している。また、ジオスペース環境変動の衛星観測、地上観測、理論・モデリング・総合解析を三位一体で進める予定のERG計画に向けて、実証型モデルの構築とともに、サイエンスセンター機能整備による異なるデータを効率的に解析可能な総合解析ツールなどの開発を進めてきた。以下では今年度のハイライトに関して報告する。

2.2.1. GEMSIS-放射線帯モデルを軸としたマルチスケール放射線帯電子シミュレーションの開発

本プロジェクトでは、これまで放射線帯を構成する相対論的エネルギー電子の振る舞いを正確に追跡するために、ドリフト近似を用いた3次元相対論的粒子軌道計算コード(GEMSIS-RBモデル)の開発を行ってきた。今年度は、昨年度に引き続き、このGEMSIS-RBモデルを軸に、波動粒子相互作用による加速や、大規模磁場構造変形に伴う消失など、様々な時空間スケールで起こる放射線帯の高エネルギー電子ダイナミクスを明らかにするために、マルチスケール放射線帯電子シミュレーションの開発を行い、ホイッスラーモード波動と電子との非線形波動粒子相互作用をグローバルに解くことに成功した。このコードはホイッスラーモード波動の非線形情報を保持しつつ、時空間に広いスケールにおいて計算が可能という特徴をもっている。このコードを用いて、MeV電子とホイッスラーモード・コーラス波動との相互作用のシミュレーションを行った結果、マイ

クロバーストとして知られる1秒以下の時定数でのバースト的な降りこみ現象を再現することに成功し、マイクロバーストの起源はコーラスによる非線形波動粒子相互作用であることを実証した [Saito et al., JGR, 2012]。

この他、GEMISIS-RBに、これまでGEMISISプロジェクトで開発してきたジオスペース要素モデル：グローバルMHDシミュレーション (GEMISIS-GM)、リングカレントシミュレーション (GEMISIS-RC) を組み合わせて、現実的な磁気圏における、太陽風や環電流イオンに起因するMHD波動中での高エネルギー電子の輸送、消失過程のシミュレーションを行うマルチスケールシミュレーションのためのモデル結合に基づく研究を開始した。

2.2.3. サブストーム開始機構の研究：サブストーム開始時の磁気圏近尾部のエネルギー収支と輸送

磁気圏物理学における未解決の大問題の一つであるサブストーム開始機構を解明するために、サブストーム開始時の磁気圏尾部のダイナミクスについて調べている。これまでの私たちの研究により、サブストーム開始に伴うエネルギー解放は、磁気リコネクション領域と磁場双極子化開始領域の間の領域で顕著であることが明らかになった。そこで本研究では、中間領域で解放されたエネルギーがどこへどのような形態で輸送され、消費されるかを調べるために、Geotail衛星のデータを用いた統計解析を行った。その結果、中間領域で解放される大量のエネルギーのうち、一部だけが主に高速流の熱フラックスや波動のポインティングフラックスとして磁場双極子化開始領域に運ばれることがわかった。また、尾部側から高速流によって運ばれるエネルギーだけでは、磁場双極子化に伴うエネルギー増加・輸送に足りず、ローブからのポインティングフラックスが重要であることがわかった。これらの結果は、磁気リコネクションと磁場双極子化の物理過程や因果関係を考える上で重要な結果である。

2.2.3. ERG衛星計画のプロジェクト化とサイエンスセンター機能整備の推進

ERG衛星は、2012年8月にジオスペース探査衛星ERGプロジェクトとして、JAXAでプロジェクト化され、2015年の打ち上げを目指して準備が進められている。プロジェクト4のメンバーは、ERGプロジェクトの中心メンバーとしてプロジェクトの推進にあたっている。また、GEMISIS磁気圏チームでは、今年度も昨年度に引き続き、ERGサイエンスセンターの整備を行い、連携地上観測データのCDF化や統合解析ツールへの実装等を進め、高時間分解能磁場データや海外のSuperDARNレーダー網のデータ等を追加するとともに、TDAS (THEMISプロジェクトの解析ツール) へも組み込みを推進した。

2.2.4. 宇宙嵐に関係する諸現象(オーロラ、放射線帯変動等)のデータ解析研究

上記の他、本サブグループでは、REIMEI, GEOTAIL, FAST, GOES, THEMIS等の磁気圏観測衛星のデータとシミュレーション等を組み合わせて、宇宙嵐に関係が深いオーロラや放射線帯変動に関する要素研究を行った(論文リスト参照)。一例として、磁気圏圏界面による遮蔽効果(MPS)が外帯の電子消失に寄与しているかどうかを明らかにすることを目的とし、THEMISデータを用いた統計解析およびシミュレーションとの比較研究を行った。その結果、外帯境界のL値と磁気圏境界位置との間に相関が見られ、磁気圏境界位置が地球に近づくほど、外帯境界も地球側に近づくことが明らかになった。また、静止軌道での放射線帯電子の消失は、太陽風の動圧および惑星間空間磁場(IMF)の南向き成分が大きいときほど起こりやすいことも明らかにされた。さらに、MPSの効果のみを含む放射線帯シミュレーションとの比較と外向き拡散係数の見積りから、MPSが外帯境界位置の地球方向への速い変動を引き起こし、その結果外帯電子の消失が起こるといったシナリオと提案した。

以上の研究成果の他、GEMISIS-磁気圏サブグループでは、宇宙嵐に関係する諸現象(オーロラ、放射線帯変動等)のデータ解析研究も推進した。なお、ERGサイエンスセンター機能の整備に向けては、地上観測データ提供元の諸機関および大学間連携プログラム IUGONET 等と協力しながら推進した。

2.3. GEMSIS-電離圏サブグループの研究成果の概要

2.3.1. 極—赤道にわたる電離層電場・電流全球構造

太陽風—磁気圏相互作用により励起される沿磁力線電流(FAC)によって電離圏極域に印加される擾乱電場は、磁気赤道を含む電離圏全球に分配されることが、観測的に知られている。しかしながら、そもそもの電場侵入メカニズムが未解明であるとともに、この時の全球電場構造・電流クロージャーも明らかにされていない。この未解明問題について、離散的な地上観測への示唆を提供することを目的とし、電離層全球ポテンシャルソルバー(GEMSIS-POT)を応用した電離層電流の解析を行った。

具体的には、ソルバーで得られる電離層電流を「対角電流」・「非対角電流」に分離し、全球電流分布においてどこにどのような電流結合が埋め込まれているか、および、赤道エレクトロジェット(EEJ)を実質的に担う電流の経路・起源はどのようになっているか、を調べた。ここでは簡単のため、駆動源として領域1型沿磁力線電流(R1-FAC)のみを考える。結果は以下のようにまとめられる。

(1) 電気伝導度が全球で一様の系であっても、すなわち電流パターンの形状は朝夕/昼夜対称であっても、対角電流の一方方向性および非対角電流の逆回転性の足し合わせにより、朝夕非対称性が、電離層電流の基本構造として存在する。

(2) 基本構造は、電気伝導度の非一様性(昼夜差・日出日入境界での急勾配・赤道増大)により、変形される。

(3) EEJにつながる電流は、午前側では比較的日出日入境界付近に沿って極域から赤道域に流れ込むが、午後側では真昼から夕方セクターにかけて徐々に発散していく。

以上の結果は、極域に印加された磁気圏起源電場が単に幾何学的に電離層全球に拡がり電離層電流が流れるのではなく、実際の電場・電流構造は電気伝導度分布との自己無撞着性の下に決められていることを再認識させるものである。次年度は、極域—EEJ 連結・EEJ を担う電流の定量的調査を行う。

2.3.2. 極域沿磁力線電流分布と過遮蔽発生との関係

GEMSIS-POT を用い、R1-FAC と R2-FAC の強度比・相対位置と過遮蔽発生との関係を調べた。GEMSIS-POT の実用を睨み、電気伝導度分布は NRLMSISE-00・IRI-2007 をもとに算出した背景分布にオーロラ帯増大分[Hardy et al., 1987]を加えたものを、FAC 分布は経験モデル[Hori et al., in preparation]を参照した。ここでは、伝導度と R1 は変化させず、R2 の強度・位置を変化させ計算を行った。得られた結果のうち特に着目すべきは、R2 が夜側へ移動するに従い R2 電場ポテンシャルが夜側に偏るため、真昼側で部分的に遮蔽が弱まり R1 電場ポテンシャルが中低緯度まで侵入するという、R2 電場構造の中に局所的に R1 電場構造を内包した複雑な電場構造となり得ることである。この結果から、電離圏状態の記述には、従来の遮蔽/過遮蔽という二極分離は不十分であり、過遮蔽の完全性を考慮する必要があることを提案し、「complete overshielding・incomplete overshielding」という新しい分類法を導入した。

2.3.4. オーロラ爆発直前の降下電子

オーロラ爆発開始 1-2 分前に、FAST 衛星および DMSP 衛星が観測した、オーロラ電子を調べる。オーロラ爆発の開始時刻・位置は、Polar 衛星の紫外線オーロラ観測を用いて同定した。また、開始 2 分前のオーロラアークの同定には、DSMP 衛星の可視光オーロラ観測を用いた。

オーロラ爆発の開始 1 分前に、開始地点(MLT=21.4, MLAT=62.2)付近を FAST 衛星が南北に通過した。FAST 衛星の高度は 1800km であり、加速域よりも低高度であったと考えられる。FAST 衛星は、オンセット緯度付近において、9keV の diffuse 電子、低エネルギー(1keV)の逆 V 電子、1keV 以下の broadband な電子を観測した。これらの電子は、DSMP 画像において、discrete アークに、空間

的に対応していた。

一方、オーロラ爆発の2分前には、DMSP衛星が開始地点の西(15度)において、10keVのdiffuse電子と、300eV以下のbroadbandな電子を観測した。これらの電子は、DMSP画像において、diffuseアークに対応していた。以上の観測結果より、オーロラ爆発直前に、diffuseアークがdiscreteアークに変化することは、broadbandな電子の最高エネルギーが上がることに対応する、すなわち、加速域のCavityが発達し、アルベン速度が上がることに対応していると考えられる。

2.4. 関連する査読付き論文 (2012年1月以降)

- Asai, A., J. Kiyohara, H. Takasaki, N. Narukage, T. Yokoyama, S. Masuda, M. Shimojo, H. Nakajima, Temporal and Spatial Analyses of Spectral Indices of Nonthermal Emissions Derived from Hard X-Rays and Microwaves, *Astrophys. J.*, 763, 87, 2013 (doi: 10.1088/0004-637X/763/2/87).
- Ezo, Y., R. Fujimoto, N. Y. Yamazaki, K. Mitsuda, T. Ohashi, K. Ishikawa, S. Oishi, Y. Miyoshi, N. Terada, Y. Futaana, S. F. Porter, and G. Brown, Suzaku observations of charge exchange emission from solar system objects, *Astron. Nachr.* 333, 4, 319-312, 2012.
- Ezo, Y., T. Kimura, S. Kasahara, A. Yamazaki, K. Mitsuda, M. Fujimoto, Y. Miyoshi, G. Branduardi-Raymont, K. Ishikawa, I. Mitsuishi, T. Ogawa, T. Kakiuchi, and T. Ohashi, JUXTA: A new probe of X-ray emission from the Jupiter system, *Adv. Space Res.*, in press.
- Delcourt, D. C., K. Seki, N. Terada, and T. E. Moore, Centrifugally stimulated exospheric ion escape at Mercury, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L22105, 2012 (10.1029/2012GL054085).
- Fujii, R., O. Amm, H. Vanhamäki, A. Yoshikawa, and A. Ieda, An application of the finite length Cowling channel model to auroral arcs with longitudinal variations, *J. Geophys. Res.*, 117, A11217, 2012 (10.1029/2012JA017953).
- Hayashi, H., Y. Koyama, T. Hori, Y. Tanaka, A. Shinbori, M. Kagitani, S. Abe, T. Kouno, D. Yoshida, S. UeNo et al., Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) project, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告、JAXA-RR-11-007, 113-120, 2012.
- Hori, T., A. Shinbori, N. Nishitani, T. Kikuchi, S. Fujita, T. Nagatsuma, O. Troshichev, K. Yumoto, A. Moiseyev, and K. Seki, Evolution of negative SI-induced ionospheric flows observed by SuperDARN King Salmon HF radar, *J. Geophys. Res.*, in press (10.1029/2012JA018093).
- Hori, T., N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, An integrated analysis platform merging the SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), *Advances in Polar Science*, in press, 2013.
- Inoue, S., D. Shiota, T. T. Yamamoto, V. S. Pandey, T. Magara, G. Choe, Buildup and Release of Magnetic Twist during the X3.4 Solar Flare of 2006 December 13, *Astrophys. J.*, 760, 17, 2012
- Ishii, T. T., T. Kawate, Y. Nakatani, S. Morita, K. Ichimoto, and S. Masuda, High Speed Imaging System for Solar Flare Research at Hida Observatory, *Publ. Astron. Soc. Japan*, in press.
- Ishikawa, K., Y. Ezo, T. Ohashi, T. Kimura, and Y. Miyoshi, Optical loading study of X-ray imaging spectrometer for Jupiter exploration mission, in *Proceedings of International Symposium on Planetary Science 2011 (Proc. ISPS2011)*, in press
- Iwai, K., H. Misawa, F. Tsuchiya, A. Morioka, S. Masuda, and Y. Miyoshi, Survey of Accelerated Particles in a Solar Active Region Using Hinode/XRT and Ground-Based Type-I Radio Burst Observations, *ASP Conference Series*, 454, 249, San Francisco, Astronomical Society of the Pacific, 2012.
- Iwai, K., Y. Miyoshi, S. Masuda, M. Shimojo, D. Shiota, S. Inoue, F. Tsuchiya, A. Morioka, and H. Misawa, Solar radio type-I noise storm modulated by Coronal Mass Ejections, *Astrophys. J.*, 744, 167-175, 2012.
- Kataoka, R., Y. Miyoshi, D. Hampton, T. Ishii, and H. Kozako, Pulsating aurora beyond the ultra-low-frequency range, *J. Geophys. Res.*, 117, A08336, 2012 (10.1029/2012JA017987).

- Keika, K., M. Spasojevic, W. Li, J. Bortnik, Y. Miyoshi, and V. Angelopoulos, PENGUIn/AGO and THEMIS conjugate observations of whistler mode chorus waves in the dayside uniform zone under steady solar wind and quiet geomagnetic conditions, *J. Geophys. Res.*, 117, A07212, 2012 (10.1029/2012JA017708).
- Kasahara, S., Y. Ezoe, T. Kimura, and Y. Miyoshi, Radiation background and dose estimates for future X-ray observations in the Jovian magnetosphere, *Planet Space Sci.*, in press.
- Katoh, Y., M. Kitahara, H. Kojima, Y. Omura, S. Kasahara, M. Hirahara, Y. Miyoshi, K. Seki, K. Asamura, T. Takashima, and T. Ono, “Significance of Wave-Particle Interaction Analyzer for direct measurements of nonlinear wave-particle interactions”, *Ann. Geophys.*, in press.
- Kitamura, N., K. Seki, Y. Nishimura, N. Terada, T. Ono, T. Hori, and R. J. Strangeway, Photoelectron flows in the polar wind during geomagnetically quiet periods, *J. Geophys. Res.*, 117, A07214, 2012 (10.1029/2011JA017459).
- Kitamura, N., Y. Nishimura, M. O. Chandler, T. E. Moore, N. Terada, T. Ono, A. Shinbori, and A. Kumamoto, Storm-time electron density enhancement in the cleft ion fountain, *J. Geophys. Res.*, 117, A11212, 2012 (10.1029/2012JA017900).
- Kusano, K., Y. Bamba, T. T. Yamamoto, Y. Iida, S. Toriumi and A. Asai, Magnetic field structures triggering solar flares and coronal mass ejections, *Astrophys. J.*, 760, 31, 2012.
- Lee, S., K. Shiokawa, J. P. McFadden, and K. Seki, “Geomagnetic conjugate observations of plasma-sheet electrons by the FAST and THEMIS satellites”, *J. Geophys. Res.*, 118, 1–14, doi:10.1029/2012JA017805, 2013.
- Lyons, L. R., Y. Nishimura, X. Xing, A. Runov, V. Angelopoulos, E. Donovan, and T. Kikuchi, Coupling of dipolarization front flow bursts to substorm expansion phase phenomena within the magnetosphere and ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 117, A02212, 2012 (10.1029/2011JA017265).
- Matsui, Y., Yokoyama, T., Kitagawa, N., and Imada, S., Multi-wavelength Spectroscopic Observation of Extreme-ultraviolet Jet in AR 10960, *Astrophys. J.*, 759, 15, 2012.
- Miyashita, Y., S. Machida, M. Nosé, K. Liou, Y. Saito, and W. R. Paterson, A statistical study of energy release and transport midway between the magnetic reconnection and initial dipolarization regions in the near-Earth magnetotail associated with substorm expansion onsets, *J. Geophys. Res.*, 117, A11214, doi:10.1029/2012JA017925, 2012.
- Miyoshi, Y., T. Ono, T. Takashima, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Kasaba, A. Matsuoka, H. Kojima, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Nagatsuma, C. Z. Cheng, Y. Kazama, S. Kasahara, T. Mitani, H. Matsumoto, N. Higashio, A. Kumamoto, S. Yagitani, Y. Kasahara, K. Ishisaka, L. Blomberg, A. Fujimoto, Y. Katoh, Y. Ebihara, Y. Omura, M. Nose, T. Hori, Y. Miyashita, Y. Tanaka, T. Segawa, and ERG-working group, *The Energization and Radiation in Geospace (ERG) Project*, AGU monograph, in press.
- Miyoshi, Y., T. Ono, T. Takashima, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Kasaba, A. Matsuoka, H. Kojima, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Nagatsuma, C. Z. Cheng, Y. Kazama, S. Kasahara, T. Mitani, H. Matsumoto, N. Higashio, A. Kumamoto, S. Yagitani, Y. Kasahara, K. Ishisaka, L. Blomberg, A. Fujimoto, Y. Katoh, Y. Ebihara, Y. Omura, M. Nose, T. Hori, Y. Miyashita, Y. Tanaka, T. Segawa, and ERG working group, *The Energization and Radiation in Geospace (ERG) Project*, in *Dynamics of the Earth's Radiation Belts and Inner Magnetosphere*, Geophysical Monograph Series, vol. 199, edited by D. Summers, I. R. Mann, D. N. Baker, and M. Schulz, pp.103-116, doi:10.1029/2012BK001304, AGU, Washington, D. C., 2012.
- Morioka, A., and Y. Miyoshi, Two-step acceleration of auroral particles at substorm onset as derived from auroral kilometric radiation spectra, in *Auroral Phenomenology and Magnetospheric Processes: Earth and other Planets*, AGU Geophysical Monograph 197, edited by A. Keiling et al., Amer. Geophys. Union, Washington, D.C., 279-286, 2012.
- Morioka, A., Y. Miyoshi, N. Kitamura, H. Misawa, F. Tsuchiya, J. D. Menietti, and F. Honary, Fundamental characteristics of field-aligned auroral acceleration derived from AKR spectra, *J. Geophys. Res.*, 117, A02213, 2012 (10.1029/2011JA017137).

- Nakajima, A., K. Shiokawa, K. Sakaguchi, Y. Miyoshi, S. Lee, V. Angelopoulos, O. Le Contel, J. P. McFadden, J. W. Bonnell, K.-H. Fornacon, and E. Donovan, Electron and wave characteristics observed by the THEMIS satellites near the magnetic equator during a pulsating aurora, *J. Geophys. Res.*, 117, A03219, 2012 (10.1029/2011JA017066).
- Nakamizo, A., Y. Hiraki, Y. Ebihara, T. Kikuchi, K. Seki, T. Hori, A. Ieda, Y. Miyoshi, Y. Tsuji, Y. Nishimura, and A. Shinbori, Effect of R2-FAC development on the ionospheric electric field pattern deduced by a global ionospheric potential solver, *J. Geophys. Res.*, 117, A09231, 2012 (10.1029/2012JA017669).
- Nishimura, Y., L. R. Lyons, T. Kikuchi, V. Angelopoulos, E. F. Donovan, S. B. Mende, and H. Lühr, Relation of substorm pre-onset arc to large-scale field-aligned current distribution, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L22101, 2012 (10.1029/2012GL053761).
- 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.*, 117, A09218, 2012 (10.1029/2012JA017889).
- Nishiyama, T., T. Sakanoi, Y. Miyoshi, R. Kataoka, D. Hampton, Y. Katoh, K. Asamura, and S. Okano, Fine scale structures of pulsating auroras in the early recovery phase of substorm using ground-based EMCCD camera, *J. Geophys. Res.*, 117, A10229, 2012 (10.1029/2012JA017921).
- 小川泰信、野澤悟徳、I. Häggström、大山伸一郎、元場哲郎、津田卓雄、齋藤昭則、宮下幸長、田中良昌、上野玄太、宮岡宏、藤井良一、欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーの大規模データ処理と可視化、宇宙航空研究開発機構研究開発報告、JAXA-RR-11-007, 83-89, 2012.
- Ohya, H., F. Tsuchiya, H. Nakata, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, K. Yamashita, and Y. Takahashi, Reflection height of daytime tweek atmospherics during the solar eclipse of 22 July 2009, *J. Geophys. Res.*, 117, A11310, 2012 (10.1029/2012JA018151).
- Ozaki, M., S. Yagitani, K. Ishizaka, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, A. Kadokura, H. Yamagishi, R. Kataoka, A. Ieda, Y. Ebihara, N. Sato, and I. Nagano, Observed correlation between pulsating aurora and chorus waves at Syowa Station in Antarctica: A case study, *J. Geophys. Res.*, 117, A08211, 2012 (10.1029/2011JA017478).
- Saito, S., Y. Miyoshi, and K. Seki, Relativistic electron microbursts associated with whistler chorus rising tone elements: GEMISIS-RBW simulations, *J. Geophys. Res.*, 117, A10206, 2012 (10.1029/2012JA018020).
- Sakaguchi, K., Y. Miyoshi, E. Spanswick, E. Donovan, I. R. Mann, V. Jordanova, K. Shiokawa, M. Connors, and J. C. Green, Visualization of ion cyclotron wave and particle interactions in the inner magnetosphere via THEMIS-ASI observations, *J. Geophys. Res.*, 117, A10204, 2012 (10.1029/2012JA018180).
- Sakaguchi, K., Y. Miyoshi, S. Saito, T. Nagatsuma, K. Seki, and K. T. Murata, Relativistic electron flux forecast at geostationary orbit using Kalman filter based on multivariate autoregressive model, *Space Weather*, doi:10.1029/2012SW000864, in press.
- Sakanoi, T., Y. Obuchi, Y. Ebihara, Y. Miyoshi, K. Asamura, A. Yamazaki, Y. Kasaba, M. Hirahara, T. Nishiyama, and S. Okano, Fine-scale characteristics of black aurora and its generation process, in *Auroral Phenomenology and Magnetospheric Processes: Earth and other Planets*, AGU Geophysical Monograph 197, edited by A. Keiling et al., Amer. Geophys. Union, Washington, D. C., 271-278, 2012.
- Savani, N. P., D. Shiota, K. Kusano, A. Vourlidas, and N. Lugaz, A study of the heliocentric dependence of shock standoff distance and geometry using 2.5d magnetohydrodynamic simulations of coronal mass ejection driven shocks, *Astrophys. J.*, 759, 103, 2012.
- Savani, N. P., Davies, J. A., Davis, C. J., Shiota, D., Rouillard, A. P., Owens, M. J., Kusano, K., Bothmer, V., Bamford, S. P., Lintott, C., J., Smith, A., *Observational Tracking of the 2D Structure of Coronal Mass Ejections between the Sun and 1 AU*, *Solar Physics*, 279, 2, pp.517-535, 2012.
- Seki, K., N. Terada, M. Yagi, D.C. Delcourt, F. Leblanc, and T. Ogino, "Effects of the surface conductivity and the IMF strength on the dynamics of planetary ions in Mercury's magnetosphere", *J. Geophys. Res.*, 118, in press, 2013.

- Sergeev, V. A., I. A. Chernyaev, S. V. Dubyagin, Y. Miyashita, V. Angelopoulos, P. D. Boakes, R. Nakamura, and M. G. Henderson, Energetic particle injections to geostationary orbit: Relationship to flow bursts and magnetospheric state, *J. Geophys. Res.*, 117, A10207, doi:10.1029/2012JA017773, 2012.
- 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.*, 117, A08322, 2012 (10.1029/2012JA018006).
- Shiokawa, K., Y. Miyoshi, P. C. Brandt, D. S. Evans, H. U. Frey, J. Goldstein, and K. Yumoto, Ground and satellite observations of low-latitude red auroras at the initial phase of magnetic storms, *J. Geophys. Res.*, in press (10.1029/2012JA018001).
- 田中良昌、新堀淳樹、鍵谷将人、堀智昭、阿部修司、小山幸伸、林寛生、吉田大紀、河野貴久、上野悟、金田直樹、米田瑞生、田所裕康、元場哲郎、三好由純、関華奈子、宮下幸長、瀬川朋紀、小川泰信、IUGONET解析ソフトウェアの開発、宇宙航空研究開発機構研究開発報告、JAXA-RR-11-007, 91-98, 2012.
- 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.*, 117, A07318, 2012 (10.1029/2012JA017566).
- Turner, D. L. S. K. Morley, Y. Miyoshi, B. Ni, and C.-L. Huang, Outer radiation belt flux dropouts: Current understanding and unresolved questions, in *Dynamics of the Earth's Radiation Belts and Inner Magnetosphere*, *Geophys. Monogr. Ser.*, vol 199, edited by D. Summers, I.R. Mann, D.N. Baker, and M. Schulz, pp. 195-212, AGU, Washington, D.C.
- Umeda, T., S. Matsukiyo, T. Amano, and Y. Miyoshi, A numerical electromagnetic linear dispersion relation for Maxwellian ring-beam velocity distributions, *Phys. Plasmas*, 19, 072107, 2012.
- Veenadhari, B., R. Selvakumaran, R. Singh, A. K. Maurya, N. Gopalswamy, S. Kumar, and T. Kikuchi, Coronal mass ejection-driven shocks and the associated sudden commencements/sudden impulses, *J. Geophys. Res.*, 117, A04210, 2012 (10.1029/2011JA017216).
- Watanabe, K., S. Masuda, and T. Segawa, Hinode flare catalogue, *Solar Phys.*, 279, 317-322, 2012.
- Welsch, B. T., K. Kusano, T. T. Yamamoto, and K. Muglach, Decorrelation times of photospheric fields and flows, *Astrophys. J.*, 747, 130, 2012.
- Yamamoto, T. T., and K. Kusano, Preprocessing magnetic fields with chromospheric longitudinal fields, *Astrophys. J.*, 752, 126, 2012.