

## 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25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<sup>#</sup>、増田智<sup>#</sup>、家田章正<sup>#</sup>、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、

塩田大幸、宮下幸長、桂華邦裕、堀智昭、齊藤慎司、瀬川朋紀

学外メンバー： 海老原祐輔、菊池崇(RISH)、中溝葵(FMI)、浅井歩(京大)、簗島敬(JAMSTEC)、

井上諭(NICT)、渡邊恭子(ISAS/JAXA)、天野孝伸(東大理)、松本洋介(千葉大理)、

高田拓(高知高専)、田中良昌(極地研)、吉川顕正(九大)、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（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。

##### 太陽フレアのトリガ機構に関する研究

太陽フレアは太陽コロナ磁場のエネルギー解放過程であると考えられているが、何がその発生のトリガとなるかは未だに明確に理解されていない。このため、いつ、どこで、どれほどのフレアが発生するかを予測することは十分できていない。我々はこれまでスーパーコンピュータを用いた系統的な3次元電磁流体力学シミュレーションに基づいて2つの特徴的な太陽磁場構造がフレアのトリガに関わっていることを指摘し、太陽表面磁場の詳細観測によってフレア発生を予測できることを提唱してきた。本年度は SOHO/MDI, Hinode/SOT, SDO/HMI による太陽磁場観測データを用いて、複数の大型フレアの事象解析を行い、我々のフレアトリガモデルの検証を行った。その結果、これまでに解析した12個のフレアに関して、モデルとの整合性を確認することができた。また、フレアのトリガとして働く磁場構造の形成にさらに小さな磁束領域の輸送と集積が関わっていることも明らかにした。

##### 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により、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予想される平均的なGOESクラスはM1クラス程度であるのに、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。このように非熱的放射が異常に強いフレアの発生原因をループトップ領域の磁場が強い場合と弱い場合に関して考察し、前者のほうが短寿命かつコンパクトなループ構造という観測結果をよく説明できることが分かった。また、1992年から2013年5月までの野辺山電波ヘリオグラフの全イベントから抽出した非熱的放射が極端に強い5イベントに関して解析した結果、短寿命かつコンパクトなループ構造という同様の特徴が見られ、前述の解釈を支持する結果となった。

#### 太陽フレアにおけるプラズマダイナミクス研究

太陽フレアは我々の住む太陽系内の最大の爆発現象であり、1時間程度の時間で $10^{32}$  ergものエネルギーを解放する。フレアは電波からX線まであらゆる波長で増光し、突発的な増光現象として観測される。この太陽フレアは、コロナと呼ばれる高温な太陽大気中に蓄えられた磁気エネルギーを磁気リコネクションというプロセスを介して解放していると考えられている。太陽フレアが磁気リコネクションによって引き起こされている場合、高温(数千万度)の高速流(~毎秒1,000 km)が発生することが理論的に予言されているが、これまで観測的にこの高温高速流が捉えられた事例はほとんどない。今回、われわれは「ひので」衛星搭載の極端紫外線撮像分光装置(EIS)を用いて西のリムにおける巨大フレアの観測に成功した。結果、フレア領域の上空に高温の高速流の観測に成功し、初めてその2次元的な構造を分光観測によって明らかにした。また、分光観測とイメージング観測をあわせて、小規模質量放出現象や、フィラメントエラプション等についても考察を行っている。

#### 全自動太陽風-放射線帯予報モデルの開発

GEMSIS-Sunでは、太陽-地球の間の相互作用を理解し、リアルタイムの予報を実現するために太陽風-放射線帯の全自動リアルタイムシミュレーションモデルの開発を行った。太陽風モデルでは、GONGプロジェクトで得られた太陽の光球磁場観測のみを入力データとして利用し、コロナ全球のポテンシャル磁場を計算する。惑星間空間へと開いた磁力線の形状から太陽風速度の緯度経度分布を求め、その時系列データを内側の境界条件として、25太陽半径から6天文単位まで内部太陽圏全球の太陽風を1週間先までをMHDシミュレーションで再現している。2007年から2009年までの3年間の地球・金星・火星の位置での太陽風変動のin situ観測と太陽風シミュレーション結果との比較を行ったところ、磁場の極性ととともに速度の変動をよく再現していた。この磁場の観測データ取得から太陽風MHDシミュレーションを毎日自動で実行し、地球の位置の太陽風の時系列データを放射線帯シミュレーションに入力データとして結合させることで、放射線帯電子フラックスの変動の計算を行っている。太陽風および放射線帯電子フラックスの予報結果の公開をウェブページにて開始した。

URL: <http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/susanoo/>

#### 磁場の自動追跡モジュールの開発

ひので衛星に搭載された可視光・磁場望遠鏡(Solar Optical Telescope: SOT)の観測データを用いて太陽表面における磁場構造を解析するために、磁気領域を自動で検出し各領域の時間変化を追跡するモジュールを開発した。このモジュールは強度、サイズ、移動距離の3つの閾値を持ち、この閾値に基づいて以下の3つの処理を行うことで磁場の時間変化を追跡する。1.強度閾値に基づいて磁気領域を検出、2.サイズ閾値により微小領域を削除、3.時間変化による移動距離に基づいて同一領域を検出し追跡。単純な構造のサンプルデータを作成し追跡テストを行い、正しく追跡が行われていることを確認した。その後、開発したモジュールを太陽表面における磁気要素の起源の一つである黒点に適用し、黒点の崩壊過程について解析した。ひのでによる2009年12月29日から2010年1月2日まで5日間にわたって長期観測したデータを解析に用いて、黒点の崩

壊過程に関して議論した。

#### コロナ磁場データベースの作成

GEMSIS-Sun では、太陽フレアの発生過程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、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等の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。前年度までに開発された自動化プログラムを使用し、2006 年以降に大規模フレア (M5 クラス以上) を発生した活動領域について、8 例のフレア発生前後の複数の時刻のコロナ磁場を計算した。フレア研究のデータ解析に広く利用してもらうために、ウェブページにおいて磁力線を可視化した画像の公開を開始した。

URL: <http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/nlfff/index.html>

#### Hinode 衛星フレアデータベース作成

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。本カatalog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](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。

#### 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。昨年度までに開発してきたGEMSIS-RBW (波動粒子相互作用モジュール) をもとに、以下の成果を得た。

- 脈動オーロラに関連した降下電子スペクトルの起源  
れいめい衛星が発見した脈動オーロラに関連した降下電子スペクトルの微細構造の起源は、ホイッスラーモードコーラスのupper/lower-band構造に起因するとするモデルを提唱し、GEMSIS-RBWを用いて再現に成功した。
- マイクロバーストの変調機構  
マイクロバーストと呼ばれる放射線帯外帯のMeV電子の降り込みには、数Hzの変調構造を伴う場合が多い。GEMSIS-RBWを用いた実験により、降り込みを引き起こすコーラス波動の振幅変調 (サブパケット構造) がマイクロバーストの変調を引き起こしている可能性を指摘した。

この他、GEMSIS-RBに、これまでGEMSIS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 (GEMSIS-GM)、リングカレントシミュレーション (GEMSIS-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。これらの結果については、複数の国際会議で招待講演として報告された。

### 太陽風-放射線帯結合過程の解明

あけぼの衛星の長期観測データを用いた統計解析により、高速太陽風通過時に放射線帯電子が増加するメカニズムを明らかにし、太陽風-放射線帯結合過程のモデルを提案した。南向きIMFを伴う高速太陽風が通過した際には、磁気圏で連続したサブストームが発生する。このとき、プラズマシートから内部磁気圏に熱い電子の連続した注入が起こり、数日間にわたってコーラス波動が励起する。この結果、コーラス波動による非断熱加速が活性化し、放射線帯電子の増加が起こる。このモデルによって、高速太陽風に伴う放射線帯外帯増加を統一的に説明することが可能となった。この結果は、新聞や雑誌等で広く紹介された。

### サブストーム開始機構の研究：サブストーム開始前の磁気圏近尾部における低周波波動

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。磁気リコネクションと磁場双極子化は、サブストーム開始直前に磁気圏近尾部で発生するが、ともにサブストーム発生に重要な現象である。これらの現象の発生を理解するために、本研究では、サブストーム開始に重要な役割を果たすと指摘されている磁気圏近尾部の低周波波動について調べた。ここで私たちは、サブストーム開始前の約10分間について着目して、Geotail衛星の観測による統計解析、およびTHEMISとGeotail衛星の多点同時観測による事例解析を行った。その結果、サブストーム開始の10分以上前から、周期1、2分程度の振幅の小さいアルフベン波とスローモード音波が真夜中前側の磁気圏尾部にずっと存在することがわかった。このような波動は、磁場双極子化開始領域から磁気リコネクション領域にかけて広く見られた。波動の振幅は、磁気赤道やローブよりも赤道から離れたプラズマシートの方が大きい傾向が見られた。波動は、サブストーム開始後にプラズマシートでかなり増幅した。これらの結果は、磁気リコネクションや磁場双極子化に関係する不安定性は、サブストーム開始直前に局所的な領域で急激に成長するが、サブストーム成長相中に既に広い領域で徐々に成長し始めていることを示唆するかもしれない。

### イオンサイクロトロン波動の発生特性とプラズマ環境変動に関する研究

放射線帯を含めた磁気圏プラズマの加速および消失に重要な役割を担っていると考えられるイオンサイクロトロン (EMIC) 波動について、そのグローバルな発生特性と背景プラズマ環境を調査している。これまでの研究では、AMPTE/CCE 衛星で得られた長期データから、EMIC 波動の発生領域が磁気活動度によって異なることが明らかになった。具体的には、静穏時には朝側の外部磁気圏で、擾乱時には夕方側の内部磁気圏で発生頻度が高くなっている。これは、EMIC 波動の励起を引き起こすプロセスが静穏時と擾乱時で異なることを示唆しており、前者は太陽風と磁気圏の相互作用 (磁気圏急圧縮や長周期波動)、後者は磁気圏尾部から内部磁気圏への高エネルギーイオンの注入が誘因であると考えられる。本年度は、EMIC 波動の励起とその影響を明らかにするため、磁力線共鳴振動から見積もられる質量密度と外部磁気圏 EMIC 波動の発生頻度との相関を調べる研究と、Van Allen Probes 衛星で観測された内部磁気圏 EMIC 波動が励起する前後での速度分布変化を調査する研究を、それぞれ開始した。

### ERGサイエンスセンター

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。今年度は、宇宙科学研究所 (ISAS) と太陽地球環境研究所 (STEL) の間で宇宙科学連携拠点協定が締結され、ISAS、STEL双方が共同でサイエンスセンターを運用する体制が確立された。GEMISISプロジェクトの特任教員2名、およびISAS経費で雇用される特任教員2名がプロジェクト専任となり、サイエンスセンター活動を推進している。今年度は、ERG衛星科学データの設計、解析ツールの開発等を実施した。また、インターネットブラウザを用いて対話的にデータの可視化や解析が可能なERGWAT (ERG Web Analysis

Tool)の機能強化を実施した。また、SPEDAS (THEMISプロジェクトの解析ツールTDASをベースに、宇宙科学のコミュニティツールを開発しようというコンソーシアム)活動にも参加し、技術提供や提言を行っている。

以上の研究成果の他、GEMSIS-磁気圏サブグループでは、宇宙嵐に関する諸現象(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については、宇宙科学研究所、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 や UCB 等の国際パートナー等と協力しながら推進した。

また、GEMSIS-磁気圏サブグループの放射線帯に関する研究成果に対して、平成 25 年度文部科学大臣表彰若手科学者賞(三好)を受賞した。

### 2.3. GEMSIS-電離圏サブグループの研究成果の概要

GEMSIS-電離圏グループでは、極域電離圏と他の領域との結合過程の総合的解明を目指している。特に、磁気圏尾部との結合によるサブストーム、および赤道電離圏との結合によるグローバル電離圏変動を主軸として研究を進めており、本年度は下記の成果を得た。

#### サブストームのトリガー機構の解明

本研究では、サブストームのトリガー機構を解明することを目指して、時間重畳法を用いた解析を進めた。その結果、発達したサブストームでは、オーロラブレイクアップの始まる3分ほど前に地球向きのプラズマ流が一旦おさまリ、それがブレイクアップのほぼ1分前に  $-10 > X(\text{Re}) > -18$  の領域で地球向きのプラズマ流が増大することを見出した。この結果は、GEOTAIL 衛星データを用いた先行研究において、その結果を解釈するために、われわれが提唱した Catapult Current Sheet Relaxation (CCSR)モデルと称するサブストーム・トリガーモデルと整合的である。すなわち、発達したサブストームでは、電流層の地球側境界にあたる  $X \sim -12 \text{ Re}$  で最初に緩和現象が起り、電流層全体が緩和して、電流層の尾部側境界である  $X \sim -18 \text{ Re}$  において磁気リコネクション、そして地球側の境界である  $X \sim -10 \text{ Re}$  付近でカレントディスラプションが開始するという結果が得られた。CCSR モデルの妥当性が THEMIS 衛星データを用いた本研究によって、より明確になった。

#### Hall-Pedersen 伝導度比と伝導度空間勾配が電離圏電場ポテンシャルの回転に及ぼす効果

電離圏伝導度非一様性と電離圏電場ポテンシャルの回転がどのように関係しているかを重点的に調べた。全球電離層ポテンシャルソルバーによる数値計算と Hall 共役分離法[Yoshikawa, in preparation]の簡易版を組み合わせ、ポテンシャル構造の解析を行った。基本的理解を得るため、以下のように単純化した計算条件を課した。ここでは、ソルバーで用いられる高度積分伝導度テンソルの対角・非対角成分をそれぞれ SGTT/SGPP・SGTP と表記し、高緯度については、それらをほぼ Pedersen・Hall 伝導度と見做す。

- (1)入力となる極域 FAC は、朝夕・昼夜とも対称な R1 型 FAC。
- (2)基本とする伝導度分布は、太陽極端紫外線による緯度方向増大および赤道増大のみを持ち、昼夜差が無い経度方向に一様な分布とする。オーロラ帯での増大も考慮しない。
- (3)上記基本分布から、Hall 伝導度と Pedersen 伝導度の比(以下、H/P 比)およびオフセットにより、SGTP のみ変化させる。

解析の結果、ポテンシャルの回転角度は、オフセットを加えただけでは殆ど変わらないが、H/P 比を大きくするにつれて増加することが確認された。この傾向は、理論的予測[Yoshikawa et al., 2013b]と一致する。

#### 2.4. 関連する査読付き論文 (2013年1月以降)

- Inoue, S., T. Magara, V. S. Pandey, D. Shiota, K. Kusano, G. S. Choe, and K. S. Kim, Nonlinear Force-Free Extrapolation of the Coronal Magnetic Field Based on the MHD Relaxation Method, *Astrophys. J.*, 780, 101, 2014.
- Lee, K.-S., S. Imada, Y.-J. Moon, and J.-Y. Lee, Spectroscopic study of a dark lane and a cool loop in a solar limb active region by Hinode/EIS, *Astrophys. J.*, 780, 177, 2014.
- Machida, S., Y. Miyashita, A. Ieda, M. Nose, V. Angelopoulos, and J. P. McFadden, Statistical visualization of the Earth's magnetotail and the implied mechanism of substorm triggering based on superposed-epoch analysis of THEMIS data, *Ann. Geophys.*, 32(2), 99-111, doi:10.5194/angeo-32-99-2014, 2014.
- Morioka, A., Y. Miyoshi, Y. Kasaba, N. Sato, A. Kadokura, H. Misawa, Y. Miyashita, and I. Mann, Substorm onset process: Ignition of auroral acceleration and related substorm phases, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119, doi:10.1002/2013JA019442, 2014.
- Amm, O., R. Fujii, H. Vanhamaki, A. Yoshikawa, and A. Ieda, General solution for calculating polarization electric fields in the auroral ionosphere and application examples, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 2428?2437, doi:10.1002/jgra.50254, 2013.
- 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, doi: 10.1088/0004-637X/763/2/87, 2013.
- Bamba, Y., K. Kusano, T. T. Yamamoto, and T. J. Okamoto, Study on triggering process of solar flares based on Hinode/SOT observations, *Astrophys. J.*, 778, 48, 2013.
- 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 SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), *Adv. in Polar Sci.*, 24(1), 69-77, doi:10.3724/SP.J.1085.2013.00069, 2013.
- Ichihara, A., N. Nishitani, T. Ogawa, and T. Tsugawa, Northward-propagating nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances observed with the SuperDARN Hokkaido HF radar and GEONET, *Adv. Polar Sci.*, 24, 42-49, 2013.
- Imada, S., K. Aoki, H. Hara, T. Watanabe, L. K. Harra, and T. Shimizu, Evidence for hot fast flow above a solar flare, *Astrophys. J. Lett.*, 776, L11, 2013.
- Inoue, S., K. Hayashi, D. Shiota, T. Magara, and G. S. Choe, Magnetic Structure Producing X- and M-class Solar Flares in Solar Active Region 11158, *Astrophys. J.* 770, 79, doi=10.1088/0004-637X/770/1/79 article id. 79, 2013.
- 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*, 65, 39, 2013.
- Ishikawa, K., Y. Ezoe, Y. Miyoshi, N. Terada, K. Mitsuda, and T. Ohashi, Suzaku observation of strong solar wind charge exchange emission from terrestrial exosphere during geomagnetic storm, *Pub. Astro. Soc. Japan*, 65, 4, in press, 2013.
- Iwai, K., S. Masuda, Y. Miyoshi, F. Tsuchiya, A. Morioka, and H. Misawa, Peak flux distributions of solar radio type-I bursts from highly resolved spectral observations, *Ap.J. Lett.*, 768, L2 doi:10.1088/2041-8205/768/1/L2, 2013.
- Kamide, Y. and K. Kusano, Is something wrong with the present solar maximum?, *Space Weather*, 11, 4, pp. 140-141, DOI: 10.1002/swe.20045, 2013.
- 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.*, 31, 503-512, doi:10.5194/angeo-31-503-2013, 2013.

- Kawate, T. and S. Imada, The relationship between EUV nonthermal line broadening and high-energy particle during solar flare, *Astrophys. J.*, 775, 122, 2013.
- Keika, K., K. Takahashi, A. Y. Ukhorskiy, and Y. Miyoshi, Global characteristics of electromagnetic ion cyclotron waves: Occurrence rate and its storm dependence, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2013JA018757. in press, 2013
- Kim, S., S. Masuda, K. Shibasaki, and S.-C. Bong, Systematic microwave source motions along flare-arcade observed by Nobeyama radioheliograph and AIA/SDO, *PASJ*, 65, S1, 2, 2013.
- Kitamura, N., K. Seki, Y. Nishimura, T. Hori, N. Terada, T. Ono, R. J. Strangeway, "Reduction of the field-aligned potential drop in the polar cap during large geomagnetic storms", *J. Geophys. Res.*, 118, DOI: 10.1002/jgra.50450, 2013.
- 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, doi:10.1029/2012JA017805, 2013.
- Masuda, S., M. Shimojo, T. Kawate, S. Ishikawa, and M. Ohno, Extremely microwave-rich solar flare observed with Nobeyama radioheliograph, *PASJ*, 65, S1, 1, 2013.
- Morioka, A., Y. Miyoshi, S. Kurita, Y. Kasaba, V. Angelopoulos, H. Misawa, H. Kojima, and J. McFadden, Universal time control of AKR: Earth is a spin-modulated variable radio source, *J. Geophys. Res.*, 118, 1123-1131, doi:10.1002/jgra.50180, 2013.
- Nishimura, Y., T. Ono, F. Tsuchiya, H. Misawa, A. Kumamoto, Y. Katoh, S. Masuda, and Y. Miyoshi, Narrowband frequency-drift structures in solar type IV bursts, *Earth Planets and Space*, 65, 1555-1562, 2013.
- Nishioka, M., T. Maruyama, Y. Otsuka, T. Tsugawa, H. Ishibashi, K. Shiokawa, and M. Ishii, Comparison of meridional thermospheric winds observed by ionosondes and Fabry-Perot interferometers (in Japanese), *Antarctic Record*, in press. 2013.
- Otsuka, Y., K. Suzuki, S. Nakagawa, M. Nishioka, K. Shiokawa, and T. Tsugawa, GPS observations of medium-scale traveling ionospheric disturbances over Europe, *Ann. Geophys.*, 31, 163-172, 2013.
- Park, S., K. Kusano, K. Cho, J. Chae, S. Bong, P. Kumar, S. Park, Y. Kim, and Y. Park, Study of magnetic helicity injection in the active regions NOAA 9236 producing multiple flare-associated CME events, *Astrophys. J.*, 778, 13, 2013.
- 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*, 11, 1-11, doi:10.1002/swe.20020, 2013.
- Savani, N. P., A. Vourlidas, D. Shiota, M. G. Linton, K. Kusano, N. Lugaz, A. P. Rouillard, A plasma  $\beta$  transition within a propagating flux rope, *Astrophys. J.*, 779, 142, 2013.
- 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.*, 118, 256, doi:10.1029/2012JA018001, 2013.
- Shiokawa, K., M. Mori, Y. Otsuka, S. Oyama, S. Nozawa, S. Suzuki, and M. Connors, Observation of nighttime medium-scale travelling ionospheric disturbances by two 630-nm airglow imagers near the auroral zone, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, in press, 2013.
- Suzuki, T. K., S. Imada, R. Kataoka, Y. Kato, T. Matsumoto, H. Miyahara, and S. Tsuneta, Saturation of stellar winds from young suns, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 65, 98, 2013.
- Tanaka, Y., A. Shibori, Y. Umemura, T. Hori, S. Abe, Y. Koyama, H. Hayashi, S. Ueno, Y. Sato, A. Yatagai, Y. Ogawa, Y. Miyoshi, K. Seki, Y. Miyashita, and T. Segawa, Current status and future

development of IUGONET data analysis software, JAXA Research and Development Report, XA-RR-12-006, 63-70, 2013.

- Toriumi, S., Y. Iida, Y. Bamba, K. Kusano, S. Imada, and S. Inoue, Magnetic systems triggering the M6.6-class solar flare in NOAA active region 11158, *Astrophys. J.*, 773, 128, 2013.
- Watanabe, D., and N. Nishitani, Study of ionospheric disturbances during solar flare events with the SuperDARN Hokkaido Radar, *Adv. Polar Sci.*, 24, 12-18, 2013.
- Watanabe, K., T. Shimizu, S. Masuda, K. Ichimoto, and M. Ohno, Emission height and temperature distribution of white-Light emission observed by Hinode/SOT from a 2012 January 27 solar flare, *ApJ*, 776, 123, 2013.
- Yamamoto, T. T., and Y. Miyoshi, 0.5-4 Å X-ray brightenings in the magnetosphere observed by the geostationary operational environmental satellites, *ApJ*, 775(121), doi:10.1088/0004-637X/775/2/121, 2013.
- Yoshikawa, A., O. Amm, H. Vanhamaki, A. Nakamizo, and R. Fujii, Theory of Cowling channel formation by reflection of shear Alfvén waves from the auroral ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 118, 6416-6425, doi:10.1002/jgra.50514, 2013.