

平成 17 年度採択分  
平成 20 年 3 月 31 日現在

研究課題名 (和文) 宇宙天気予報の基盤研究

研究課題名 (英文) The Basic Study of Space Weather Prediction

研究代表者

柴田 一成 (Shibata Kazunari)  
京都大学・理学研究科・教授



推薦の観点：国際的に対応を強く要請される研究

研究の概要：太陽－地球間を一つのシステムとして扱う階層間結合モデルを構築し、「宇宙」に進出しつつある現代の人類の活動、現代社会に大きな影響を与える「宇宙天気」予報の基礎研究を行う。この研究は、国際研究計画「太陽地球系の気候と天気」CAWSES 5 年計画の一環として、我が国において太陽物理学者と地球物理学者を有機的に結びつけて有効な共同研究を推進・奨励するという国際的な責務を負っているものである。

研究分野／科研費の分科・細目／キーワード：数物系科学／プラズマ科学／

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 我々の地球周辺の「宇宙」環境は、太陽に原因を持つ激しい嵐に襲われており、人類の活動を脅かしている。この宇宙の嵐の予報、すなわち「宇宙天気予報」の実現に向けた基礎研究が、現代の焦眉の課題となっている。

(2) このような重大な使命を達成するために、国際太陽地球系物理学科学委員会 (SCOSTEP) は 2004 年より 5 年計画で、国際研究計画「太陽地球系の気候と天気」CAWSES (Climate And Weather of the Sun-Earth System) を開始した。本研究の代表者 (柴田) は、CAWSES 第 2 班「宇宙天気：基礎研究と応用」の座長を務めており、従来ばらばらに研究を続けていた太陽物理学者と地球物理学者を有機的に結び付け、真に有効な共同研究を推進・奨励するという国際的な責務を負っている。本学術創成研究は、そのような「国際的に対応を強く要請される研究」として、国際研究計画を日本がリーダーシップをとって進めるために不可欠な共同研究「宇宙天気予報の基礎研究」を推進することを目的として推薦され採択された。

### 2. 研究の目的

本研究では新しい観測データの解析とコンピュータ・シミュレーションを駆使することによって、コロナから惑星間空間、さらには地球磁気圏、オ

ーロラや磁気嵐に至るまでの物理モデルの枠組みを完成させる。これに基づいて、太陽から地球に至るまでを 1 つのシステムとして扱う階層間結合モデルを構築し、実際の太陽－地球間現象の観測データの再現を試みる。これは数値宇宙天気予報コードの基礎となるものである。

### 3. 研究の方法

(1) 太陽エネルギー解放過程の研究：飛騨天文台における太陽地上観測と、2006 年打ち上げられた「ひので」(Solar-B) 太陽観測衛星によるスペース観測、さらには理論研究を組み合わせることにより、太陽面爆発 (フレア) の発生機構を解明、モデル化する。

(2) 惑星間シンチレーション観測による太陽風モデルの構築：天体電波の太陽風による散乱 (シンチレーション法) を用いて、フレアから発生した擾乱の 3 次元構造を観測し、太陽風モデルを構築する。

(3) リアルタイム観測と宇宙天気図モデリング：地上磁場観測と磁気圏・電離圏人工衛星観測やレーダー観測、シミュレーションなどを総合し、電離圏電位・電流の宇宙天気図をリアルタイム (5 分～10 分毎) で作る。

(4) バーチャル観測所：(1) - (3) で得られた太陽－太陽風－地球観測を総合し、数値モデリ

ングにより、太陽から地球に至るまでを一つのシステムとして扱う階層間結合モデルを構築し、太陽-地球間現象の観測データの再現を試みる。

#### 4. これまでの成果

(1) 太陽エネルギー解放過程の研究：太陽地上観測データチームは、データアーカイブシステムを整備完成し、H $\alpha$  全面太陽活動画像データをインターネットで全データを公開している。これらのデータは、ひので衛星の定常観測や共同観測を推進するのに有効に活用された。さらに全世界に広がるH $\alpha$  グローバルネットワーク (CHAIN プロジェクト) の実現化のため、南米ペルーにて調査研究を行った。

ひので衛星プロジェクトは、**本学術創成研究費によって整備された「ひのでサイエンスセンター」**を中心に、太陽大気構造と磁気活動やコロナの成因の解明、宇宙天気的基础研究初期観測データの解析を進めてきた。その結果、**光球ジェット、黒点半暗部ジェット、極域X線ジェット等のダイナミックな現象の新発見、大気中にあまねく存在するAlfvén波の発見**などが続出し、その成果は著名科学雑誌サイエンス、および学術誌 (PASJ, A&A) の特集号に公表した。

太陽理論チームは、平成19年度に**宇宙天気モデリングサブグループ**を組織し、ひので衛星による精密太陽磁場観測データを用いて太陽フレアの発生からコロナ質量放出の形成過程までを数値シミュレーションすることに、**世界で初めて成功した**。また、CMEモデルと地球磁気圏モデルの連結実験、太陽フレア衝撃波におけるイオン加速過程を粒子・流体連結手法を駆使して効率的に計算する新アルゴリズムの開発を行った。

(2) 惑星間シンチレーション観測による太陽風モデルの構築：探索機 Ulysees データをもちいてコロナルホール太陽風の一様でわずかに緯度依存性のある速度構造の成因を研究した。また、高感度 IPS アンテナ (太陽圏イメージング装置) を完成し、総合調整を実施している。

(3) リアルタイム観測と宇宙天気凶モデリング：二波長のオーロラ画像から、現実的な電気伝導度を算出する手法を開発し、激しく変動するサブストーム時における宇宙天気凶 (極域電離圏の電場・電流分布図) を作成することに成功した。

(4) バーチャル観測所：バーチャル天文台タスクフォースグループを立ち上げ、データベースソフト「STARS」を基礎とするシステムを完成し、太

陽圏・地球磁気圏データの整備を完了した。

(5) CAWSES 国際会議の開催：2007年10月22日—27日に、京都大でCAWSES 国際会議を開催した。地球高層大気から太陽分野までのあらゆる分野を含むCAWSES 研究会としては史上最大規模のもの (内外出席者376人、発表400編超) となった。

#### 5. 今後の計画

(1) 宇宙天気モデリング・サブグループ：太陽地球結合系の本格的なデータ駆動型連結シミュレーションを実施して、太陽フレア、CME 伝搬の統一モデルを完成させる。引き続き、地球磁気圏モデルとの連結実験を行う。

(2) バーチャル観測所サブグループ：現在ひので、SMART など太陽観測データの組み込みを進めている。将来は宇宙天気モデリンググループの数値シミュレーション結果も組みこむべく検討・開発を進めている。

#### 6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

(研究代表者は太字、研究分担者は下線)

(1) Omura, Y., Katoh, Y., Summers, D., "Theory and simulation of the generation of whistler-mode chorus", J. Geophys. Res., 113, A04223, 1-14, doi:10.1029/2007JA012622, 2008.

(2) Shiota, D., Kusano, K., Miyoshi, T., Nishikawa, N., **Shibata, K.**, "A quantitative MHD study of the relation among arcade shearing, flux rope formation, and eruption due to the tearing instability", J. Geophys. Res., 113, A03S05, 1-14, doi:10.1029/2007JA012516, 2008.

(3) **Shibata, K.**, 他21名, "Chromospheric Anemone Jets as Evidence of Ubiquitous Magnetic Reconnection", Science, 318, 1591-1594, 2007.

(4) Okamoto, T., Tsuneta, S., Berger, T., Ichimoto, K., Katsukawa, Y., 他8名, "Coronal Transverse Magnetohydrodynamic Waves in a Solar Prominence", Science, 318, 1577-1580, 2007.

(5) **Shibata, K.**, and Kamide, Y., "Basic Study of Space Weather Predictions: A New Project in Japan", Space Weather, vol. 4, issue 4, 14-18, 2007.

ホームページ等

<http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/spw/>