

平成22年5月31日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2009

課題番号：18540230

研究課題名（和文） 太陽・天体プラズマ活動現象の爆発過程の研究

研究課題名（英文） Studies of Explosive Processes of the Hot Plasmas in the Sun and Astronomical Object

研究代表者

横山 央明（YOKOYAMA TAKAAKI）

東京大学・大学院理学系研究科・准教授

研究者番号：00311184

研究成果の概要（和文）：

大規模シミュレーションと衛星観測データ解析との手法により、太陽天体プラズマの活動現象について調べた。ダイナモによる長期的な磁場生成、太陽大気中への浮上、表面での磁束活動、定常的な加熱現象、爆発的フレアトリガ、素過程としての乱流リコネクション・相対論的リコネクション、粒子加速についてそれぞれ重要な知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

By large-scale simulations and spacecrafts' observational data analysis, various active phenomena of the solar and astrophysical plasmas were studied. We obtained important results in the fields of generation of magnetic field by the dynamo process, magnetic emergence to the stellar atmosphere, magnetic activities on the surface, the steady magnetic heating, the triggers of explosive flares, turbulent reconnection, relativistic reconnection, non-thermal particle accelerations and so on.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,400,000	720,000	4,120,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：太陽物理学

1. 研究開始当初の背景

X線天文学・ガンマ線天文学の発展とともに、天体における短時間での増光現象、たとえば太陽フレアなどが次々に明らかになっていった。これらの現象は、「静かな宇宙」から「活動する宇宙」へと描像をあたらし

くする駆動力となっている。ところがいっぽうで、その基礎物理過程であるプラズマの加熱・バルク加速・非熱的粒子加速などについてはまだ明らかになっていない謎も多い。

2. 研究の目的

本研究は、活動する宇宙、すなわち高温プラズマと磁場との相互作用が本質的物理であるような宇宙について理論的・観測的に理解することを目的とする。

3. 研究の方法

大規模数値シミュレーションによる理論的研究と、おもに衛星観測データ解析による観測的研究とを併用した。

4. 研究成果

項目ごとに述べる。

- (1) 乱流磁気リコネクション：太陽フレア・エネルギー解放の素過程である磁気リコネクションに対する磁気流体有限振幅擾乱の影響を3次元数値シミュレーションで調べた。乱流的な構造の発展と、エネルギー解放率について調べた。ガイド磁場があると、解放率が大幅に増大することをみつけた。
- (2) 太陽フレア高エネルギー粒子加速の観測的研究：RHESSI衛星やようこう衛星の硬X線非熱放射や、野辺山電波ヘリグラフのマイクロ波非熱放射の観測データを駆使して、フレア粒子加速の物理機構にせまった。
- (3) 「ひので」衛星データを用いた、太陽コロナ中の磁気波動の観測的研究：「ひので」衛星搭載の紫外線撮像スペクトル計(EIS)を用いて、Dopplerシフトの空間・時間分布を調べ、コロナ中の磁気波動を捕えてそのエネルギーを求めた。
- (4) 太陽表面にみられる磁場観測について、キャンセルシフトとよばれる見かけ上磁極が対消滅する現象がじっさいは磁束沈下現象であるという成果を得た。また磁気要素のみかけ運動を自動で捉えるプログラムを開発し、その結果、磁束分裂・合体について新たな知見を得た。
- (5) 太陽浮上磁場について、従来より深い箇所からの上昇について数値シミュレーションで調べた。結果、2段階浮上という描像を確認した。
- (6) 太陽活動周期ダイナモ現象について、運動学的シミュレーションで調べた。ふたつ成果があり、太陽極域磁場をうまく説明するには、表面での熱対流乱流拡散が重要であることがわかった。もうひとつは、太陽の反対称双極子磁場という情報から、観測では不明な乱流拡散に理論的制限をつけられることがわかった。
- (7) 「ひので」衛星で観測されたコロナジェット現象について、足元での詳細な磁場発展との関連を明らかにした。
- (8) 太陽プラズマ放出現象について、浮上磁場によってトリガされる新たな描像を提案するとともに、数値シミュレーションで実験した結果を報告した。

(9) 相対論的に強い磁場のリコネクションについて、世界で初めて磁気流体数値シミュレーションを成功させた。結果、非相対論に比べて有意にエネルギー解放率が高いことを示した。

(10) 「ひので」可視光望遠鏡偏光分光装置で得られる観測データから、光球磁場の情報を得るための「インバージョン」コードを開発し、コミュニティに提供した。これが使われることでいくつかの重要な成果が得られた。

(11) TRACE衛星EUVデータ・SOHO衛星磁場データの詳細観測によりプラズマ放出現象について調べた。磁束キャンセルによる磁気構造の変動の積み重ねがフィラメントの日単位での上昇をおこし、最終的に放出する、という発見をした。

(12) 太陽フレアの統計的解析をおこない、磁気リコネクション率について、磁気 Reynolds 数依存性を求めた。

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 34 件)

- (1) Hotta, H.; Yokoyama, T., Solar Parity Issue with Flux-transport Dynamo, The Astrophysical Journal, 714, L308-L312, 2010, 査読有
- (2) Toriumi, S.; Yokoyama, T., Two-step emergence of the magnetic flux sheet from the solar convection zone, The Astrophysical Journal, 714 505-516 2010 査読有
- (3) Iida, Y.; Yokoyama, T.; Ichimoto, K., Vector Magnetic Fields and Doppler Velocity Structures Around a Cancellation Site in the Quiet Sun, The Astrophysical Journal 713 325-329 2010 査読有
- (4) Hotta, H.; Yokoyama, T., Importance of Surface Turbulent Diffusivity in the Solar Flux-Transport Dynamo, The Astrophysical Journal, 709 1009-1017 2010 査読有
- (5) Minoshima, T.; Imada, S.; Morimoto, T.; Kawate, T.; Koshiishi, H.; Kubo, M.; Inoue, S.; Isobe, H.; Masuda, S.; Krucker, S.; Yokoyama, T., Multiwavelength Observation of Electron Acceleration in the 2006 December 13 Flare, The Astrophysical Journal, 697 843-849 2009 査読有
- (6) Chifor, C.; Isobe, H.; Mason, H. E.; Hannah, I. G.; Young, P. R.; Del Zanna, G.; Krucker, S.; Ichimoto, K.; Katsukawa, Y.; Yokoyama, T., Magnetic

- flux cancellation associated with a recurring solar jet observed with Hinode, RHESSI, and STEREO/EUVI, *Astronomy and Astrophysics*, 491 279-288 2008 査読有
- (7) Minoshima, T.; Yokoyama, T., Numerical Study of a Propagating Nonthermal Microwave Feature in a Solar Flare Loop, *The Astrophysical Journal*, 686 701-708 2008 査読有
- (8) Chifor, C.; Hannah, I. G.; Mason, H. E.; Isobe, H.; Yokoyama, T.; Young, P. R.; Tripathi, D., Active Region Microflares From Hinode and RHESSI, First Results From Hinode ASP Conference Series, Vol. 397, 397-464 2008 査読有
- (9) Chifor, C.; Young, P. R.; Isobe, H.; Mason, H. E.; Tripathi, D.; Hara, H.; Yokoyama, T., An active region jet observed with Hinode, *Astronomy and Astrophysics*, 481 L57-L60 2008 査読有
- (10) Minoshima, T.; Yokoyama, T.; Mitani, N., Comparative Analysis of Nonthermal Emissions and Electron Transport in a Solar Flare, *The Astrophysical Journal*, 673 598-610 2008 査読有
- (11) Nagashima, Kaori; Isobe, Hiroaki; Yokoyama, Takaaki; Ishii, Takako T.; Okamoto, Takenori J.; Shibata, Kazunari, Triggering Mechanism for the Filament Eruption on 2005 September 13 in NOAA Active Region 10808, *The Astrophysical Journal*, 668 533-545 2007 査読有
- (12) Notoya, S.; Yokoyama, T.; Kusano, K.; Sakurai, T.; Miyagoshi, T.; Isobe, H.; Yamamoto, T., Three-Dimensional Filament Eruption Driven by an Emerging Flux, *New Solar Physics with Solar-B Mission ASP Conference Series*, proceedings of the conference held 8-11 November, 2005 at The Kyoto International Community House, Kyoto, Japan. Edited by Kazunari Shibata, Shin'ichi Nagata, Takashi Sakurai. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2007, 369-381 2007 査読有
- (13) Nagashima, K., T Yokoyama, Statistical Study of the Reconnection Rate in Solar Flares Observed with Yohkoh SXT, *The Astrophysical Journal*, 647 654-661 2006 査読有
- (14) Watanabe, N., T. Yokoyama, Two-dimensional Magnetohydrodynamic Simulations of Relativistic Magnetic Reconnection, *The Astrophysical Journal*, 647 L123-L126 2006 査読有
- (15) Isobe, H., T. Miyagoshi, K. Shibata, and T. Yokoyama Three-Dimensional Simulation of Solar Emerging Flux Using the Earth Simulator I. Magnetic Rayleigh-Taylor Instability at the Top of the Emerging Flux as the Origin of Filamentary Structure, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 48 423-438 2006 査読有
- [学会発表] (計 84 件)
- (1) ひのでEISで観測した活動領域におけるMHD波動のモードと位相 北川直優、横山 央明、今田晋亮、原弘久 日本天文学会 2010 年春季年会 広島大学 2010/3/26
- (2) 磁束輸送ダイナモモデルにもとづいた太陽磁場の南北対称性の研究 堀田英之、横山 央明 日本天文学会 2010 年春季年会 広島大学 2010/3/26
- (3) 太陽対流層からの2段階磁束浮上とその物理 鳥海森、横山 央明 日本天文学会 2010 年春季年会 広島大学 2010/3/26
- (4) Energy release by the magnetic reconnection with finite fluctuations Yokoyama, T.; Isobe, H. 3rd Hinode Science Meeting Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo 2009/12/1
- (5) The statistical analysis of doppler velocity field and magnetic structures around the cancellations in the quiet Sun Iida, Y., Yokoyama, T. Ichimoto, K. 3rd Hinode Science Meeting Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo 2009/12/1
- (6) The identification of MHD wave mode in the corona using the Fourier spectra of intensity and Doppler velocity obtained by EUV Imaging Spectrometer on board Hinode Kitagawa, N., Yokoyama, T., Imada, S., Hara, H. 3rd Hinode Science Meeting Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo 2009/12/1
- (7) Flux transport dynamo with strong surface diffusivity Hotta, H., Yokoyama, T. 3rd Hinode Science Meeting Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo 2009/12/1
- (8) Numerical experiments on the two-step emergence of solar magnetic fields from the convective layer Toriumi, S., Yokoyama, T. 3rd Hinode Science Meeting Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo 2009/12/1

- (9) 光球磁場キャンセレーション領域における速度場の統計解析 飯田佑輔、横山央明、一本潔 日本天文学会 2009 年秋季年会 山口大学 2009/9/14
- (10) The Determination of Magnetic and Velocity Fields Around the Quiet Sun Cancellations Yusuke Iida, Takaaki Yokoyama, Kiyoshi Ichimoto AOGS 2009 6th Annual General Meeting Suntec Singapore International Convention & Exhibition Centre 2009/8/14
- (11) MHD Simulations of Reconnection in a Current Sheet with Initial Finite Perturbations Yokoyama, T.; Isobe, H. The Dynamic Solar Corona, CAS-IAU Joint Solar Eclipse Meeting Suzhou, China 2009/7/26
- (12) 有限振幅拡散擾乱より発展する磁気リコネクション: 磁気拡散とガイド磁場に対する依存性 横山央明, 磯部 洋明 日本天文学会 2009 年春季年会 大阪府立大学 2009/3/24
- (13) Three-dimensional MHD simulations of a damping oscillation in a straight magnetic tube Y. Mimura, T. Yokoyama, H. Isobe Hinode 2nd Scientific Meeting Boulder, USA 2008/9/29
- (14) Temporal evolution of a Current Sheet with Initial Finite Perturbations by Three-dimensional MHD Simulations T. Yokoyama, H. Isobe Hinode 2nd Scientific Meeting Boulder, USA 2008/9/29
- (15) MHD Simulations of 3D Reconnection-triggered by Finite Random Resistivity Perturbations T. Yokoyama 2nd Flux Emergence Workshop Kyoto 2008/10/6

[図書] (計 1 件)

横山 央明・桜井隆 周期活動とダイナモ機構
桜井 隆・小島 正宜・柴田 一成 編 現代の
天文学 10 太陽 2009

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横山 央明 (YOKOYAMA TAKAAKI)
東京大学・大学院理学系研究科・准教授
研究者番号: 00311184

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし