

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：62616

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26887046

研究課題名(和文)数値的観測的アプローチによる太陽活動領域・フレア発生機構の研究

研究課題名(英文) Research on solar active regions and flare occurrence through a numerical and observational approach

研究代表者

鳥海 森 (Toriumi, Shin)

国立天文台・太陽天体プラズマ研究部・特任助教

研究者番号：30738290

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：磁気流体シミュレーションと衛星観測データを組み合わせた手法により、太陽黒点・活動領域の形成メカニズムや太陽フレアの発生を対象とした研究を実施した。その結果、黒点形成時に見られる活発な爆発・ジェット噴出現象の発生が、対流に駆動された磁気リコネクション現象によることを初めて明らかにした。また、大型フレアを生じる活動領域について統計的な観測研究を行い、フレアの継続時間が磁力線の長さと同様に相関があること、大型の活動領域ほどコロナ質量放出を生じにくいことなどを発見した。

研究成果の概要(英文)：By combining magnetohydrodynamic simulation and satellite observation data analysis, we conducted a research on the formation mechanism of sunspots and active regions and the occurrence of solar flares. As a result, we revealed for the first time that the vigorous explosions and jet ejections seen in the developing phase of the sunspots are caused by magnetic reconnection, which is driven by magneto-convective evolution. Also, we carried out statistical data analysis on the active regions that produced large-scale solar flares and found that, for example, the flare duration is correlated with the length of magnetic fields, larger active regions have less coronal mass ejections, etc.

研究分野：太陽天体プラズマ物理学

キーワード：太陽物理学 活動領域 黒点 フレア 磁気流体力学

1. 研究開始当初の背景

太陽における顕著な磁気活動現象は黒点を含む「活動領域」の形成と突発的エネルギー解放現象である「太陽フレア」の発生である。これまではフレアの発生以降について重点的な研究がシミュレーションや観測を通じて行われてきたが、そもそもフレアを生じる活動領域は太陽表面下から磁束が浮上して形成されるため、フレア研究に際しても浮上磁場・活動領域形成までさかのぼって議論する必要があった。

2. 研究の目的

このような背景に対し、本研究では活動領域の形成過程からフレア発生機構まで解明を目的とした。

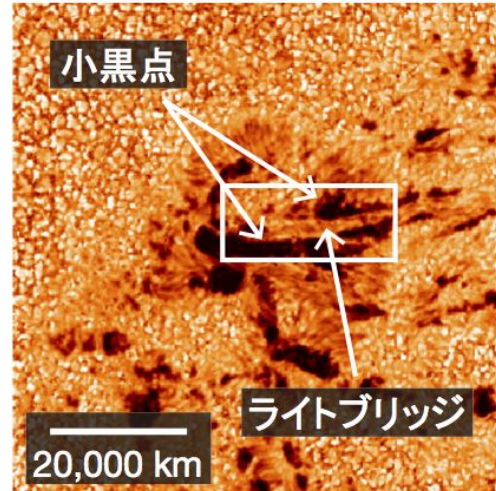
3. 研究の方法

ここでは、磁束浮上シミュレーションによるフレア活動領域の形成過程解明と、観測データ解析によるシミュレーションの検証とフレア活動領域の磁場構造探査の両手法を併用して研究を行った。

4. 研究成果

- (1) 黒点形成時に発生する爆発・ジェット現象に関する観測研究: 太陽表面に磁束が出現し、黒点を含む活動領域が形成される際には、爆発やジェット噴出などの活動現象が繰り返し活発に生じることが知られている。本研究では、「ひので」衛星による磁場データと IRIS 衛星による彩層紫外線観測データを組み合わせ、これらの現象が磁気リコネクションと呼ばれるプラズマ現象である可能性を突き止めた(図1上)。
- (2) 黒点形成時に発生する爆発・ジェット現象に関するシミュレーション研究: さらに、対流の効果を含めた浮上磁場シミュレーションを行い、リコネクション現象が繰り返し生じる原因が、太陽表面の局所的な磁気対流によることを突き止めた。これらの成果は査読論文として出版され、国立天文台ほかからプレスリリースとして発表された(図1下)。
- (3) フレア活動領域の統計観測: 2010年以降に太陽面中心付近で生じた大型フレアの全てについて、衛星観測データをもとに統計解析を行った。その結果、フレアの継続時間と磁力線の長さに相関があること、巨大黒点ほどコロナ質量放出を起こしにくいことなどが明らかになった。これらの成果は国内・国際学会で発表され、現在査読論文を執筆中である(図2)。

「ひので」による観測結果



シミュレーション結果

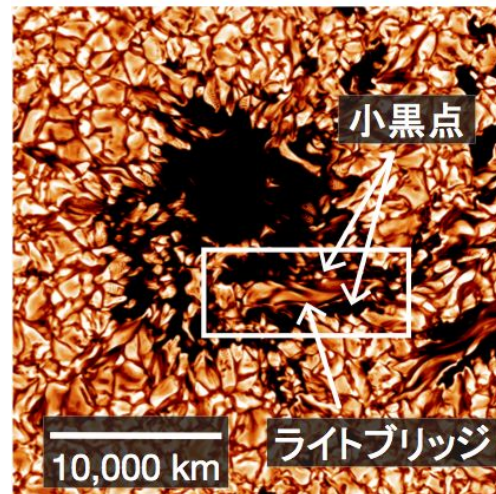


図1: 黒点形成時に発生する爆発・ジェット現象

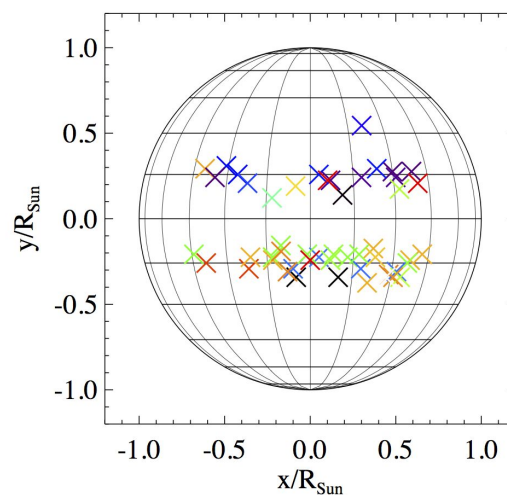


図2: 大型フレアを生じた活動領域の分布

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4件)

S. Toriumi, M.C.M. Cheung, and Y. Katsukawa, Light Bridge in a Developing Active Region. II. Numerical Simulation of Flux Emergence and Light Bridge Formation, *Astrophysical Journal*, 査読有, 811, 138 (2015)

DOI: 10.1088/0004-637X/811/2/138

S. Toriumi, Y. Katsukawa, and M.C.M. Cheung, Light Bridge in a Developing Active Region. I. Observation of Light Bridge and its Dynamic Activity Phenomena, *Astrophysical Journal*, 査読有, 811, 137 (2015)

DOI: 10.1088/0004-637X/811/2/137

S. Toriumi, Observations and Modeling of the Solar Flux Emergence, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 66 (SP1), S6 (2014)

DOI: 10.1093/pasj/psu100

S. Toriumi, K. Hayashi, and T. Yokoyama, Statistical Analysis of the Horizontal Divergent Flow in Emerging Solar Active Regions, *Astrophysical Journal*, 査読有, 794, 19 (2014)

DOI: 10.1088/0004-637X/794/1/19

[学会発表](計30件)

S. Toriumi, Statistical Analysis on Flaring Active Regions of the Sun, 日本天文学会 2016 年春季年会, 2016 年 3 月 17 日, 首都大学東京(東京・八王子)

鳥海森, ひので-IRIS を用いた活動領域研究, 太陽研究者連絡会シンポジウム「ひので 10 年目の成果と SOLAR-C を柱とする太陽研究の新展開」, 2016 年 2 月 16 日, 国立天文台(東京・三鷹)

鳥海森, 太陽活動領域に見られる磁気リコネクション現象: ジェット噴出からフレアまで, 理論天文学研究会 2015, 2015 年 10 月 29 日, 大仁ホテル(静岡・伊豆の国)

S. Toriumi, Emerging flux and active region evolution, Hinode 9 (Solar-C meeting), 2015 年 9 月 18 日, ベルファスト(イギリス)

S. Toriumi, Hinode, SDO and IRIS observation and MHD modeling of light bridge structures, Hinode 9, 2015 年 9 月 17 日, ベルファスト(イギリス)

鳥海森, シミュレーションと観測から探る太陽活動領域・フレア現象, 2015

年度 第 45 回 天文・天体物理若手夏の学校, 2015 年 7 月 28 日, ホテル圓山荘(長野・千曲)

S. Toriumi, Light Bridge Structures Formed in Emerging Active Regions, Flux Emergence Workshop 2015, 2015 年 6 月 16 日, ボルダ(アメリカ)

S. Toriumi, Solar Active Regions: From Birth to Eruption, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 2015 年 5 月 25 日, 幕張メッセ(千葉・幕張)

S. Toriumi, Light Bridge Structure in a Developing Sunspot Region, 5th International workshop on small scale solar magnetic fields, 2015 年 4 月 23 日, バイリッシュ・ケルドルフ(オーストリア)

鳥海森, 磁束浮上領域に見られるライトブリッジ状磁場構造とエネルギー解放現象, 日本天文学会 2015 年春季年会, 2015 年 3 月 19 日, 大阪大学(大阪・豊中)

S. Toriumi, Magnetic Reconnection in Emerging Active Regions, 2014 LWS/Hinode/IRIS Workshop, 2014 年 11 月 5 日, ポートランド(アメリカ)

鳥海森, 大規模磁場構造の形成・爆発機構とダイナミクス, および惑星間空間への影響「理論面からの検討: エネルギー蓄積からフレアトリガまで」, シンポジウム「スペース太陽物理学の将来展望」, 2014 年 10 月 21 日, 宇宙科学研究所(神奈川・相模原)

鳥海森, 磁束浮上・活動領域の形成と太陽フレア発生について, 第 4 回極端宇宙天気現象研究会, 2014 年 10 月 12 日, 国立極地研究所(東京・立川)

S. Toriumi, Flux emergence and formation of a flare-productive active region, COSPAR 2014, 2014 年 8 月 4 日, モスクワ(ロシア)

S. Toriumi, Emerging Magnetic Fields in Active Regions of the Sun, ASTRONOM 2014, 2015 年 6 月 25 日, ロングビーチ(アメリカ)

S. Toriumi, Magnetic Fields in Emerging Active Regions, 4th International workshop on small scale solar magnetic fields, 2014 年 4 月 24 日, バイリッシュ・ケルドルフ(オーストリア)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www-space.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~toriumi/index-j.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鳥海 森 (TORIUMI, Shin)

国立天文台・太陽天体プラズマ研究部・特  
任助教 (国立天文台フェロー)

研究者番号: 30738290