

PEM030-01

会場:303

時間:5月27日 16:30-16:45

## 平均場モデルによる自転角速度の大きい恒星の差動回転の研究 Study of differential rotation in rapidly rotating stars in mean field model

堀田 英之<sup>1\*</sup>, 横山 央明<sup>1</sup>

Hideyuki Hotta<sup>1\*</sup>, Takaaki Yokoyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学

<sup>1</sup>School of Science, University of Tokyo

We investigate the internal differential rotation in rapidly rotating stars in an axisymmetric mean field model. The background of this study is the suggestion that the sun rotated faster than now in its younger age. The differential rotation is an important factor for the stellar magnetic field, since the shear of the flow bends the magnetic field and gives energy to magnetic field, i.e. dynamo. We are interested in the morphology of the differential rotation in rapidly rotating stars. We use the model which succeeds in reproducing the solar differential rotation with an adequate latitudinal entropy gradient. Our result is: In the rapidly rotating stars, the meridional flow is not so fast that the latitudinal entropy gradient generated by the meridional flow is not large enough to push the differential rotation far from the Taylor-Proudman state where the contour lines of the angular velocity are parallel to the rotational axis.

キーワード: 太陽, 差動回転, 恒星, 磁場活動

Keywords: Sun, Differential rotation, Star, Magnetic activity

PEM030-02

会場:303

時間:5月27日 16:45-17:00

## アルフベン波によるスピキュール形成、コロナ加熱、太陽風加速について The role of Alfvén wave for spicule formation, coronal heating, and solar wind acceleration

松本 琢磨<sup>1\*</sup>

Takuma Matsumoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学

<sup>1</sup> Nagoya University

We performed MHD simulations for nonlinear Alfvén wave propagation in the solar flux tube. Mode conversion of Alfvén waves are known to be one of the mechanisms to explain spicules, jet like phenomena in the solar chromosphere. Moreover nonlinear dissipation of Alfvén waves has possibility to explain the coronal heating and the solar wind acceleration simultaneously. However, whether the above models succeed or not highly depends on the power spectrum of Alfvén waves driven at the photosphere. In this talk, we examined the existing models by using the observed power spectrum of photospheric velocity newly derived from Hinode G-band movies.

To begin with, we performed 1D MHD simulation for nonlinear Alfvén wave propagation along a flux tube. We derived the horizontal velocity spectra at the photosphere using G-band movies observed with Hinode/SOT. The observed power spectra are used to drive Alfvén waves in our simulations. Using the observed power spectra, we can reasonably explain spicule motion and energy flux necessary to heat the corona. We also found that the region between the photosphere and the transition region becomes Alfvén wave resonant cavity, which works efficiently to heat the corona. Then, we applied almost the same model to the solar wind acceleration by extending our numerical domain. The Alfvén wave theory is confirmed to maintain the corona and drive the solar wind with Alfvén wave generation by the observed power spectra. Finally, we tested the validity of 1D approximation by performing 2D MHD simulation for Alfvén wave propagation in the solar flux sheet.

キーワード: アルフベン波, MHD, スピキュール形成, コロナ加熱, 太陽風

Keywords: Alfvén wave, MHD, spicule formation, coronal heating, solar wind acceleration

PEM030-03

会場:303

時間:5月27日 17:00-17:15

## 地上 Pc5 脈動の位相差と静止軌道における相対論的電子フラックスの関係性 Relationship between Phase Difference of the Ground Pc5 and Enhancement of Relativistic Electron Flux at the GEO

北村 健太郎<sup>1\*</sup>, 才田 聡子<sup>2</sup>, 亘 慎一<sup>3</sup>, 山岸 久雄<sup>4</sup>, 小原 隆博<sup>5</sup>

Kentarou Kitamura<sup>1\*</sup>, Satoko Saita<sup>2</sup>, Shinichi Watari<sup>3</sup>, Hisao Yamagishi<sup>4</sup>, Takahiro Obara<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 徳山工業高等専門学校 機械電気工学科, <sup>2</sup> 情報・システム研究機構, <sup>3</sup> 情報通信研究機構, <sup>4</sup> 国立極地研究所, <sup>5</sup> 宇宙航空研究開発機構 研究開発本部

<sup>1</sup>Tokuyama College of Technology, <sup>2</sup>Research Organization of Info. and Sys., <sup>3</sup>NICT, <sup>4</sup>National Institute of Polar Research, <sup>5</sup>Japan Aerospace Exploration Agency

Pc 5 pulsations observed at the ground stations are analyzed to investigate the relationship with enhancement of the relativistic (>MeV) electron flux (REF) at the geosynchronous orbit. It is frequently reported in the previous studies that the REF increases during the recovery phase of the magnetic storms. The enhancement of REF sometimes causes the serious troubles of the electric circuit onboard the satellites due to the internal charging, so that it is recognized the physical process of the REF enhancement is one of the most important subject of the space weather study. In this study, we use the magnetic data observed at the high-latitude magnetic stations in both the northern and the southern hemispheres, TJOR (Mag. Lat = 66.51), TRO (66.44), Showa (-66.08), H057 (-66.42), and Skallen (-66.42) to compare the REF enhancement observed by GOES 10 satellite and DRTS satellite. In 12 July, 2008, the high speed (< 700km/s) solarwind with Corotating Interaction Region (CIR) causes the small magnetic storms with Dst of -40 nT. At the timing of the main phase of the magnetic storms, the Pc 5 power increased at all the stations and continued the strong PSD during the recovery phase of the storm. For this event, we estimated the phase difference of the Pc 5 between H057 and Skallen which are located exactly same magnetic latitude. The phase difference in the pre-storm period shows the 7-8 degrees and obviously decreased after the onset of storm. In particular, the phase difference discontinuously changed to the small corresponding to the start of the REF enhancement. However, the increasing of the Pc5 power starts 12 hours earlier than the start of REF enhancement. The same characteristics were shown in the Pc5 in the northern hemisphere stations (TJOR, TRO). The present result indicates that the increasing of Pc5 power started at the onset of the main phase of the storm prior to the REF enhance, then the phase structure of the Pc5 changed corresponding to the REF enhancement. These characteristics of the Pc5 and the REF enhancement could be explained by the drift resonance model the REF enhancement.

キーワード: ULF 波動, 相対論的電子, 内部磁気圏

Keywords: ULF Pulsation, Relativistic Electron, inner magnetosphere

PEM030-04

会場:303

時間:5月27日 17:15-17:30

## 「ひので」/XRTの観測データを用いた極域X線ジェット Statistical Study of Polar X-ray jets from Hinode/XRT

佐古 伸治<sup>1\*</sup>, 下条 圭美<sup>2</sup>

Nobuharu Sako<sup>1\*</sup>, Masumi Shimojo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東海大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 国立天文台

<sup>1</sup>Tokai University, <sup>2</sup>NAOJ

太陽観測衛星「ひので」に搭載されたX線望遠鏡(XRT)の観測から、それまで静穏と思われていた極域にてX線ジェットが頻繁に発生していることが明らかになった。この極域X線ジェットの特徴は、Savcheva et al. (2007)によりジェットと太陽風との関係を調べる為、極域コロナホールにて鉛直方向に噴出するX線ジェット104イベントを使って、研究が行われている。しかし、特定の性質を持つ極域X線ジェットに対してのみ調べられているため、コロナホールと静穏領域を含む極域全体で発生するX線ジェットの特徴や発生領域別の差はわかっていない。我々は、コロナホールと静穏領域を含む極域および赤道付近の静穏領域のXRT観測データを使ってX線ジェットを計944イベント検出し、その特徴を発生領域別に調べた。

極域における発生領域を区分するため、X線強度によりコロナホール境界を定義した。しかし、コロナホール境界は磁場構造の違いから決まるものであり、X線強度で区分した領域が磁場構造で区分したコロナホール、静穏領域に対応しない可能性がある。そこでコロナホール境界からX線ジェットまでの最短距離を関数とした発生頻度分布を調べたところ、コロナホールでは境界からの距離による発生頻度の依存性は無かったが、静穏領域では境界から10万km以上の静穏領域で発生頻度が急激に低下していた。この結果から極域の静穏領域を、コロナホール境界に近い領域「コロナホール境界付近」と、境界から10万kmよりも遠い領域「純極域静穏領域」に区分した。最終的には、X線ジェットの発生領域を、極域コロナホール、コロナホール境界付近、純極域静穏領域そして赤道域静穏領域の4つに区分し、それぞれの領域で発生したX線ジェットのパラメータを求めた。

X線ジェットのパラメータを比較した結果、長さ、寿命、速度、幅の範囲・平均値やこれらの値による発生頻度分布は領域による差は無かった。一方、X線ジェットの平均発生頻度を領域別に比較すると、極域コロナホール及びコロナホール境界付近のほうが純極域静穏領域及び赤道域静穏領域に比べ高頻度でX線ジェットが発生していることがわかった。また、X線ジェットの足元フレアの全X線強度による発生頻度分布がべき関数的であると仮定すると、分布のべき指数が極域コロナホールとコロナホール境界付近で-1.8程度、純極域静穏領域と赤道域静穏領域で-1.3程度であった。この結果から、活動領域を省くX線ジェットの発生領域を、高発生頻度であり足元フレアのX線強度による発生頻度分布で急な傾きを持つ領域(極域コロナホールとコロナホール境界付近が対応)と、低発生頻度かつ発生頻度分布で緩やかな傾きを持つ領域(純極域静穏領域及び赤道域静穏領域に対応)の二つのカテゴリーに分ける事ができた。

キーワード: X線ジェット, 太陽コロナ, フレア, 磁場

Keywords: X-ray jet, Corona, Flare, Magnetic Field

PEM030-05

会場:303

時間:5月27日 17:30-17:45

## 「ひので」光学磁場望遠鏡で観測した太陽極域磁場の年変化 Yearly Variation of Magnetic Field in the Solar Polar Regions observed with *Hinode*/SOT

伊藤 大晃<sup>1</sup>, 常田 佐久<sup>2</sup>, 塩田 大幸<sup>3\*</sup>

Hiroaki Ito<sup>1</sup>, Saku Tsuneta<sup>2</sup>, Daikou Shiota<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup>自然科学研究機構・国立天文台, <sup>3</sup>理化学研究所

<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>NAOJ, <sup>3</sup>RIKEN

太陽極域は、歴史的に長期にわたって観測され続けているにも関わらず、未だに十分に理解されていない重要な領域の一つである。太陽はおよそ11年の周期で活動度を変動させており、その1周期ごとに太陽全体の磁場の極性が反転する。太陽活動周期の中で活動が極小となる時期を挟む数年間、太陽の南北極域は惑星間空間に伸びる磁場を持つ巨大で安定したコロナホールと呼ばれる構造が形成される非常に特徴的な領域である。この太陽極域では、高速太陽風の吹き出す領域であるとともに、南北極域で逆の極性を持ち、ほぼ単一極性の磁場が占める領域でもあるため、その磁場の変化が太陽全体の磁場極性の反転に重要な役割を果たしていると考えられている。しかしながら、太陽磁場の極性反転のメカニズム、太陽風の加速機構、さらにコロナホールの形成や維持、崩壊の詳細なメカニズムなどはまだ解明されていない。そのため、これらのメカニズムを解明するために、太陽極域磁場の観測はきわめて重要である。

本研究では、「ひので」光学磁場望遠鏡を用いることで初めて、太陽活動極小期近傍の数年間における極域磁場の中長期変動を詳細に解析することに成功した。その解析の結果、両極域の支配的な極性の磁場の割合は、高緯度になるにつれて増加傾向にあることが分かった。また、北極域の2008年～2011年の磁場強度ヒストグラムでは、1kG垂直磁場、水平磁場は変化しているが、南極域では、1kG垂直磁場、水平磁場ともにほとんど変化はみられなかった。さらに、垂直磁場の磁気フラックス密度は、両極域ともに変動していたものの、水平磁場のそれは、あまり変動はしていないことがわかった。

キーワード: 光球, 磁場, コロナホール, 太陽活動, ひので, 偏光分光観測

Keywords: photosphere, magnetic field, coronal holes, solar activity, *Hinode*, spectropolarimetry



PEM030-06

会場:303

時間:5月27日 17:45-18:00

## GEMSIS project: ひので衛星の磁場データを用いた3次元コロナ磁場データベースの作成 GEMSIS project: Database of coronal magnetic fields calculated from magnetograms of Hinode satellite

山本 哲也<sup>1\*</sup>, 井上 諭<sup>2</sup>, 塩田 大幸<sup>3</sup>, 勝川 行雄<sup>4</sup>, 増田 智<sup>1</sup>, 草野 完也<sup>1</sup>

Tetsuya Yamamoto<sup>1\*</sup>, Satoshi Inoue<sup>2</sup>, Daikou Shiota<sup>3</sup>, Yukio Katsukawa<sup>4</sup>, Satoshi Masuda<sup>1</sup>, Kanya Kusano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 情報通信研究機構, <sup>3</sup> 理化学研究所, <sup>4</sup> 国立天文台

<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>NICT, <sup>3</sup>Riken, <sup>4</sup>NAOJ

本発表では、公開を準備している太陽活動領域のコロナ磁場データベースについて報告する。名古屋大学太陽地球環境研究所では、総合解析部門を中心に、研究プロジェクト「実証型ジオスペース環境モデリングシステム (GEMSIS, <http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/gemsis/index.shtml>)」を推進している。本プロジェクトの目的は、太陽から地球に至るダイナミックなエネルギーの輸送機構を理解するための、観測事実に根ざした実証型ジオスペース環境モデルの構築である。太陽サブグループ (GEMSIS-Sun) では、本プロジェクトの一環として、ひので衛星により取得された光球面磁場データを用いて、活動領域の3次元コロナ磁場データベースの作成、公開を、国立天文台ひので科学プロジェクトと共同で準備している。本データベースの公開は、コロナからのエネルギー輸送に関わる太陽物理学の多様な研究 (高エネルギー粒子の解析や、宇宙天気予報のシミュレーションなど) に貢献できると期待される。

太陽フレアやフィラメント噴出など、太陽コロナ中の活動現象のエネルギー源は磁場である。よって、活動現象の本質である磁場エネルギーの蓄積、解放過程を理解するためには、活動領域のコロナ磁場の時間変化を理解することが重要である。コロナ磁場構造を理解するための有効な手法の一つは、光球面磁場を境界条件とする、3次元磁場の計算である。太陽コロナは、光学的に薄く、光量も少ないため、偏光観測から3次元磁場構造を直接知ることは困難である。一方、太陽コロナはガス圧や重力よりも電磁気力が優位な環境であるため、コロナ磁場は、その静止状態を考えると、 $\text{div}B=0$ ,  $\text{rot}B \times B=0$  (ローレンツ力が0) という単純な式により記述可能である。このような状態の磁場は、非線形フォースフリー磁場 (以下、NLFFF) と呼ばれる。1960年代以降、3次元コロナ磁場を計算するための努力が続けられてきた。本研究では、Inoue et al. (ApJL, in submitted) による計算手法を用いる。光球面の境界条件は、ひので衛星によって取得された精度の良い磁場データを用いる。活動領域外部のコロナ磁場による境界条件は、計算が容易な全球ポテンシャル磁場から与える。

大量の活動領域のコロナ磁場データベース作成のためには、データの取得、調整、全球ポテンシャル磁場、NLFFFなどの自動計算が必要であり、このためのプログラムを現在作成中である。NLFFF計算のためのプログラムは、情報通信研究機構の井上博士からの提供、全球ポテンシャル磁場計算のためのプログラムは、理化学研究所の塩田博士からの提供である。各データの取得、調整、全球ポテンシャル磁場計算の結果は確認済みであり、現在はNLFFFのテスト計算を行っている。発表では、これらのテスト計算結果を報告するとともに、これまでに観測された活動領域についての初期計算結果も報告する。

キーワード: コロナ, 磁場, 太陽

Keywords: corona, magnetic field, sun

PEM030-07

会場:303

時間:5月27日 18:00-18:15

## 深宇宙探査機に対する宇宙天気アラートシステム構築のための基礎研究：太陽フレアにおける極端紫外線と軟 X 線の関係

Basic research on space weather alert for space probes: Comparison EUV and X-ray emissions during solar flares

羽田 裕子<sup>1\*</sup>, 磯部 洋明<sup>1</sup>, 浅井 歩<sup>1</sup>, 石井 貴子<sup>1</sup>, 塩田 大幸<sup>2</sup>  
Yuko Hada<sup>1\*</sup>, Hiroaki Isobe<sup>1</sup>, Ayumi Asai<sup>1</sup>, Takako Ishii<sup>1</sup>, Daikou Shiota<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京都大学, <sup>2</sup> 理化学研究所  
<sup>1</sup> Kyoto University, <sup>2</sup> RIKEN

近年、宇宙天気予報は世界中で盛んに議論されるようになり、人類が一層宇宙空間を利用するようになるにつれ、地球周辺環境のより深い理解やより実用的な予報システムの構築がますます必要となっている。だが一方で、宇宙天気予報の研究は、地球周辺のもののみに行われているのが現状で、深宇宙探査機への宇宙天気研究は殆どされていない。また、そのような探査機への宇宙天気予報システムの構築に必要な情報の収集も不十分な状況である。

私たちは、太陽を地球公転軌道上の二方向から観測している STEREO (Solar Terrestrial RELations Observatory) 衛星の特徴を生かし、金星探査機「あかつき」など、地球周辺にない探査機が受ける電磁放射や加速粒子の定量的な評価、ひいては探査機への宇宙天気アラートの実現を目指している。ただし、STEREO 搭載から得られる太陽面の情報としては、太陽観測装置 EUVI (Extreme Ultra Violet Imager) による極端紫外線域での太陽全面画像のみであるなど、宇宙天気研究に必要な情報について制限が大きい。そこで本研究では探査機への宇宙天気研究の準備研究として、SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) 衛星の極端紫外線撮像望遠鏡 EIT (Extreme ultraviolet Imaging Telescope) による極端紫外線データを解析し、発生したフレアの規模がどれほど再現可能であるかを検証した。具体的には、EIT による極端紫外線放射量と GOES 衛星の X 線強度をフレアについて比較した。その結果、EIT 放射量と X 線強度に正相関が見られることを確認した。また、巨大フレア (X クラスフレア) を引き起こした活動領域と、活動領域の面積は大きいもの大きなフレア活動を引き起こさなかった活動領域で、EIT 放射量と X 線強度について比較を行った。本発表では、これらの解析結果を示すとともに、SOHO/EIT や STEREO/EUVI など極端紫外線の全面画像のみからどの程度フレアの規模を推定できるのかを議論する。

キーワード: 太陽フレア, 活動領域, 宇宙天気, 極端紫外線, 軟 X 線

Keywords: solar flare, active region, space weather, extreme ultraviolet, soft X-ray

PEM030-08

会場:303

時間:5月27日 18:15-18:30

## IUGONET 観測データに基づく地磁気静穏日変化と熱圏風の長期変動について Long-term variation in the solar quiet geomagnetic field variation and thermospheric wind based on the IUGONET observati

新堀 淳樹<sup>1\*</sup>, 小山 幸伸<sup>2</sup>, 林 寛生<sup>1</sup>, 能勢 正仁<sup>2</sup>, 津田 敏隆<sup>1</sup>, IUGONET プロジェクトチーム<sup>3</sup>  
Atsuki Shinbori<sup>1\*</sup>, Yukinobu Koyama<sup>2</sup>, Hiroo Hayashi<sup>1</sup>, Masahito Nose<sup>2</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>, IUGONET Project Team<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学生存圏研究所, <sup>2</sup> 京大・理・地磁気資料解析センター, <sup>3</sup> IUGONET プロジェクトチーム

<sup>1</sup> RISH, Kyoto Univ., <sup>2</sup> DACGSM, Kyoto Univ., <sup>3</sup> IUGONET project team

電離圏・熱圏領域における中性大気は、太陽放射に起因する熱対流や、太陽、月などの潮汐力によって大規模な運動を行っているが、この運動によるダイナモ作用によって発生する電離圏電流が地磁気静穏日 (Sq) 変化を作ることは古くから知られている。そして、この電離圏電流は、オームの法則から、電離圏電気伝導度、分極電場、および中性大気風の3種類のパラメータに依存する。したがって、Sq場の振幅の長期トレンドには、電離圏・熱圏領域における中性大気風などの長期変動の情報を含んでいる。近年、Elias et al. [2010] は、Apia、Fredericksburg と Hermanus の3観測点におけるSq場の振幅が1961年-2001年の約40年ですべて観測点において5.4-9.9%だけ増加していることを見出した。彼らは、地球磁場の永年変化に伴う電離圏電気伝導度の変化がSq場の振幅の長期トレンドの大部分を決めているが、残りは、地球温暖化ガスの冷却効果による電離圏電子密度増加に伴う電気伝導度の変化であると言及している。しかしながら、Elias et al. [2010] の研究は、以下の3つの問題点を含んでいる。(1) 3観測点だけで得られた2001年までの観測データの長期解析しかしておらず、全球的な変動を捉えるに至っていない。(2) 太陽活動の変動を取り除くのに太陽黒点数を用いていることから、無黒点数の時期が比較的多い太陽活動極小期におけるSq場の振幅と太陽活動との定量的評価ができていない。(3) Sq場の変動の源となる電離圏・熱圏領域における中性大気風の変動を解析していないため、その長期変動によるSq場の振幅への影響が明らかとなっていない。そこで本研究では、2009年度から開始したIUGONETプロジェクト(超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究)の参加機関が保有する地磁気やMF、流星レーダーで得られた電離圏・熱圏領域における中性風の長期観測データを用いて、電離圏・熱圏大気の長期変動がSq場の振幅へ与える影響を定量的に明らかにし、地球温暖化ガスによる超高層大気変動がどの程度であるのかを見出すことを目的とする。本解析で使用した観測データは、太陽活動と示す指標としての太陽放射F10.7フラックス、女満別、柿岡、グアムにおける地磁気1時間値である。ここで、Sq場の振幅は、地磁気Kp指数の値が1日を通じて4未満である日を選定し、その期間の中で地磁気の最大と最小の差として定義した。解析の結果、上記の3観測点で得られたSq場の振幅は、太陽活動11年周期に強く依存し、比較的太陽活動が活発であった19と22サイクル時のSq場の振幅が増加する傾向を示した。逆の太陽活動が比較的不活発であった20サイクル時では、Sq場の振幅が減少するという結果が得られた。この結果を受けて、太陽放射F10.7フラックスとSq場の振幅から2次の回帰曲線を求め、そこからのずれの経年変動を調べた。その結果、1957年から1992年までの期間は、そのずれが年々増加するという傾向が見出され、逆に、1992年以降では、減少傾向を示した。そして、そのずれが最小をとった1970年と同レベルになっていることが注目される。この結果は、Elias et al. [2010] で報告されている地磁気の減少と地球温暖化による超高層大気の寒冷化に伴う電離圏伝導度の増加とは逆の傾向である。このことは、23サイクルの極小期(2006 - 2010)の太陽活動がここ60年の中で最も小さいことから、極度の太陽活動の低下による超高層大気の変動の影響が最も卓越していたことを示唆する。

キーワード: 地磁気静穏日変化, 磁場強度, 太陽活動, 電離圏電気伝導度, 熱圏風, 超高層大気

Keywords: Geomagnetic solar quiet variation, Magnetic field intensity, Solar activity, Ionospheric conductivity, Thermospheric wind, Upper atmosphere