

PEM029-01

会場:203

時間:5月24日 14:15-14:30

## 航路線量計算システムへの WASAVIES 導入に係る概念設計 A Conceptual Design on Incorporation of WASAVIES to the Aviation Route Dose Calculation System

保田 浩志<sup>1\*</sup>, 佐藤 達彦<sup>2</sup>, 片岡 龍峰<sup>3</sup>, Kuwabara Takao<sup>4</sup>, 八代 誠司<sup>5</sup>, 塩田 大幸<sup>6</sup>  
Hiroshi Yasuda<sup>1\*</sup>, Tatsuhiko Sato<sup>2</sup>, Ryuho Kataoka<sup>3</sup>, Takao Kuwabara<sup>4</sup>, Seiji Yashiro<sup>5</sup>, Daikou Shiota<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 放医研, <sup>2</sup> 原子力機構, <sup>3</sup> 東工大, <sup>4</sup> デラウェア大学, <sup>5</sup> 米国カトリック大学, <sup>6</sup> 理化学研究所

<sup>1</sup>NIRS, <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>Tokyo Tech., <sup>4</sup>Univ. Delaware, <sup>5</sup>CUA, <sup>6</sup>RIKEN

現在行われている航空機乗務員の被ばく管理の柱は、飛行時刻と経路の情報に基づく被ばく線量の計算である。通常、大気圏内における被ばく源は高エネルギーの銀河宇宙線 (GCR) 粒子で、被ばく線量レベルは約 11 年の太陽周期に応じ緩やかに推移するので、太陽磁場の月平均値と月毎に決められる飛行計画を用いた計算が可能である。一方、太陽表面での爆発に伴い放出された高エネルギー粒子 (SEP) により大気圏内の線量レベルが短時間に有意に上昇した場合 (GLE) には、各フライトの実際の飛行時刻・経路に基づく分間隔での精密な線量評価を、GCR 粒子による被ばくとは区別して行うことが求められる。具体的な方策としては、GLE が検知されてから 24 時間後までの全地球規模での高度 0~13km の大気圏内の線量率変化を分単位で推定し、その期間内における任意のフライトについて実際の詳細な飛行情報から自動的に被ばく線量を計算できるソフトウェアを開発する必要がある。その実現に向けた取り組みとして、最高エネルギー太陽放射線予報システム (WASAVIES) を活用して航路線量を計算するアプリケーションの概念設計について述べる。

キーワード: 宇宙, 放射線, 航空機, 被ばく, GLE, SPE

Keywords: cosmic, radiation, aircraft, exposure, GLE, SPE

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM029-02

会場:203

時間:5月24日 14:30-14:45

## 航空機運航中における宇宙線被ばく Cosmic-ray exposure during aircraft operation

浅田 和秋<sup>1\*</sup>

Kazuaki Asada<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本乗員組合連絡会議

<sup>1</sup> Airline Pilots' Association of Japan

Effects of exposure to cosmic-ray during aircraft operation, are divided into the exposure of the crew and operational impact. International Commission on Radiological Protection(ICRP) issued a recommendation to include occupational exposure of aircrew with a jet operated exposure from natural radiation source in 1990. Radiation Council consists of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, the Ministry of Health, Labour and Welfare, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism established "Guidelines for management of aircrew exposure to cosmic radiation" in 2006. In response to this, airlines manage doses on each aircrew using Japanese Internet System for Calculation of Aviation Route Doses(JISCARD) developed by National Institute of Radiological Sciences(NIRS). Examples of operational impacts are, communication difficulty on short wave due to Dellinger Phenomenon during international flight, and rewrite the data in memory known as soft error on electronic equipment onboard aircrafts. Use of Space Weather forecast for major solar flare, how to provide the information to aircrew and how to make decisions are urgent consideration.

PEM029-03

会場:203

時間:5月24日 14:45-15:00

## 最高エネルギー太陽放射線予報システム WASAVIES の研究開発 Development of WASAVIES: Warning System of AVIation Exposure to SEP

片岡 龍峰<sup>1\*</sup>, 八代誠司<sup>2</sup>, 佐藤達彦<sup>3</sup>, 保田浩志<sup>4</sup>, 桑原孝夫<sup>5</sup>, 塩田大幸<sup>6</sup>

Ryuho Kataoka<sup>1\*</sup>, Seiji Yashiro<sup>2</sup>, Tatsuhiko Sato<sup>3</sup>, Hiroshi Yasuda<sup>4</sup>, Takao Kuwabara<sup>5</sup>, Daiko Shiota<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学, <sup>2</sup> 米国カトリック大学, <sup>3</sup> 原子力研究機構, <sup>4</sup> 放射線医学総合研究所, <sup>5</sup> デラウェア大学, <sup>6</sup> 理化学研究所

<sup>1</sup>Tokyo Tech, <sup>2</sup>CUA, <sup>3</sup>JAEA, <sup>4</sup>NIRS, <sup>5</sup>Univ. Delaware, <sup>6</sup>RIKEN

太陽の爆発現象から地球に向かって放出される高エネルギー粒子 (SEP) の影響は、最大規模のもので航空機パイロットの1年間の被ばく線量限度と同程度なため、宇宙天気予報でも最重要課題として知られている。しかしながら、大規模な SEP を引き起こすコロナ衝撃波の再現が困難なため、これまで SEP 被ばくの定量的な予測は困難とされてきた。本研究では、コロナ衝撃波の発展を定量的に解く太陽コロナと磁気流体シミュレーションに、SEP の伝搬する太陽風大規模構造を再現する磁気流体シミュレーションと、第一原理的な空気シャワーのシミュレーションを組み合わせることで、SEP 被ばくを定量的に予測することを目的とする。過去に発生した最高エネルギー SEP イベントについて、コロナ衝撃波の時間空間発展に依存した粒子加速の基礎物理過程、つまり、非一様媒質中でのコロナ衝撃波の時間空間変化に SEP スペクトルがどう依存するかを定量的に明らかにする。そこから、地球へ飛来する SEP スペクトルの時間発展プロファイルを推定し、航空機高度における被ばく線量を定量的に得る計算手法を確立する。本講演では、コロナ衝撃波加速に基づいた最高エネルギー SEP 予報システム WASAVIES (Warning System for AVIation Exposure to SEP) の開発状況と初期結果について報告する。

PEM029-04

会場:203

時間:5月24日 15:00-15:15

## WASAVIES のためのフレア-CME 認知システムの開発 Development of Automated Flare-CME Event Recognition System for WASAVIES

八代 誠司<sup>1\*</sup>, Gopalswamy Nat<sup>2</sup>  
Seiji Yashiro<sup>1\*</sup>, Nat Gopalswamy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 米国カトリック大学, <sup>2</sup>NASA ゴダード宇宙飛行センター

<sup>1</sup>The Catholic University of America, <sup>2</sup>NASA Goddard Space Flight Center

Solar Energetic Particles (SEPs) are accelerated by interplanetary shocks driven by coronal mass ejections (CMEs). The intensity of the SEP events is closely related to the CME speed, width, and source location. SEPs pose significant radiation hazard to space systems and aviation, so it is important to predict the SEP events. The Warning System of AVIation Exposure to SEPs (WASAVIES) is a new initiative to forecast the expected exposure to SEP events at the latitude of commercial aircraft. The aim of this work is to obtain the CME parameters in real-time for better prediction of SEP events. The work involves the identification of CME source regions using soft X-ray flares and CME kinematics using automatic recognition of CMEs.

Solar flares are a good indicator of the source location of the CMEs, since the two phenomena are closely related in time and space. X-ray intensity from the Sun routinely monitored in the 0.1-0.8 nm wavelength band by GOES is used to determine the flare onsets, peak intensities, and durations. Normally the GOES data become available within a few minutes. Flare locations are determined by the Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on the Solar Dynamic Observatory (SDO). Fe XVIII (9.4 nm) images are used because they have a good response to high temperature plasmas (~7 MK). AIA observes the Sun with 0.6 arcsec (4k x 4k pixels) spatial resolution and 12 second cadence, but we use the synoptic data (1k x 1k, 2.4 arcsec pixels and 3 min, cadence) to minimize the network traffic. Since January 2011, the flare module has operated without problems. Typical latency to correct the required flare information is 1-3 hours.

Automated CME recognition system has been investigated by several researchers. The well-maintained programs are CACTus (Berghmans et al.) and SEEDS (Olmedo et al.) Both systems attempt to identify CMEs as human eyes do. They work well except for identifications of fast CMEs. This is because only a few images are taken for those CMEs. We are planning to optimize these programs for detecting fast CMEs or develop our own software if necessary. The preliminary result will be presented in the meeting.

キーワード: WASAVIES, プロトン現象, コロナ質量放出, フレア

Keywords: WASAVIES, SEP, CME, Flare

PEM029-05

会場:203

時間:5月24日 15:15-15:30

## STEREO 衛星の極端紫外線観測から探る太陽フレアおよび衝撃波 Studies on solar flares and shocks based on solar EUV images taken by STEREO

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

太陽フレアに代表される太陽表面上の磁気活動は、宇宙飛行士の被爆や地磁気嵐など、地球周辺の宇宙空間環境と人類の文明活動に大きな影響を及ぼしている。特に、太陽フレアやコロナ質量放出現象に伴って発生する高エネルギー粒子 (SEP) や X 線・紫外線領域での急激な増光は、大きな影響が指摘されている。それらの包括的な理解のため、世界中で「宇宙天気研究」が活発に行われている。2006 年には、異なる角度から複数の視点で太陽を観測することにより太陽コロナや噴出現象などの 3 次元構造を明らかにすることを目的として、STEREO 衛星が打ち上げられた。STEREO 衛星は、2 機の衛星が太陽からの距離約 1 天文単位で徐々に地球から離れながら太陽を観測している。STEREO 衛星による観測データにより、太陽フレアに伴う噴出現象や衝撃波の理解が格段に進んでいる。加えて STEREO 衛星は、地球からは観測できない側の太陽表面の情報を我々に与えている。現状の宇宙天気予報は主として地球周辺環境に対して行われており、地球から遠く離れた軌道を取る深宇宙探査機についてはほとんどなされていないが、そのような深宇宙探査機に対する宇宙天気研究に有効な情報を得ることも期待される。本講演では、STEREO 衛星による極端紫外線での太陽全面像から明らかとなった太陽面付近の衝撃波の様子を紹介する。また、STEREO 衛星等の限定された太陽面観測データのみから、探査機に深刻な影響を与える SEP や電磁放射の増光がどこまで予測可能か検証する。

キーワード: 太陽フレア, MHD 衝撃波, コロナ, 粒子加速, 太陽高エネルギー粒子

Keywords: solar flare, MHD shock, corona, particle acceleration, SEP

PEM029-06

会場:203

時間:5月24日 15:30-15:45

## 太陽フレア現象における粒子加速と高エネルギー粒子の地球への伝搬 Particle acceleration in solar flares and propagation of high energy particles to the Earth

渡邊 恭子<sup>1</sup>, 箕島 敬<sup>2\*</sup>

Kyoko Watanabe<sup>1</sup>, Takashi Minoshima<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

<sup>1</sup> ISAS/JAXA, <sup>2</sup> IFREE/JAMSTEC

第24太陽活動期に入り、これから数年のうちに太陽はとても活動的になり、「太陽フレア」と呼ばれる爆発現象が数多く発生する。この太陽フレアや、CMEなどのフレアに伴って発生した現象により、多くの粒子が高エネルギーまで加速されていることが観測から分かっている。太陽フレアの中でも規模の大きな太陽フレアが発生すると、加速粒子が大量に地球まで到達することがある。これによって、地球磁場の擾乱や地上における宇宙線量の増加 (Ground Level Enhancement: GLE) が引き起こされ、我々人間の生活にまで影響することがある。

高エネルギー粒子発生の起源となっている太陽フレア現象は、近年、電波から線までの多波長観測が衛星などを用いて行われている。特に加速粒子の情報としては、硬X線から加速電子の、そして核ガンマ線から加速イオンの情報が得られる。また、地球まで到達した高エネルギー粒子は地上に設置されている中性子モニターなどで観測されている。これらの観測データを比較研究することによって、どのくらいの規模のフレアのとときにどのくらいの高エネルギー粒子が地球までやってくるか、予測することができる可能性がある。

このような高エネルギー粒子の生成機構としては主に、(1) フレア単独による加速、(2) フレアである程度加速し、その後惑星間空間を伝播するCMEの衝撃波面で加速するという、二つのモデルが考えられているが、詳細は明らかになっていない。いずれにせよ、地球まで到達する太陽高エネルギー粒子量の予報のためには、太陽面での高エネルギー粒子分布の定量的な理解が重要である。

本発表では、宇宙線被曝予報の確立にむけて、太陽面における高エネルギー粒子の分布についてと、これらが地球まで到達した時における高エネルギー粒子 (太陽中性子) のエネルギースペクトルの予測例について紹介する。

キーワード: 太陽フレア, 粒子加速

Keywords: solar flare, particle acceleration



PEM029-07

会場:203

時間:5月24日 15:45-16:00

## 太陽高エネルギー粒子予測に向けた衝撃波伝搬モデルの開発 Shock propagation model for Solar Energetic particles flux prediction

塩田 大幸<sup>1\*</sup>, 片岡 龍峰<sup>2</sup>

Daikou Shiota<sup>1\*</sup>, Ryuho Kataoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 理化学研究所, <sup>2</sup> 東京工業大学

<sup>1</sup>RIKEN, <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology

太陽高エネルギー粒子 (SEP) は宇宙天気予報の中で最も重要な要素の一つである。最も受け入れられている SEP 加速メカニズムは、CME によって生じる衝撃波における diffusive shock acceleration (DSA) である。DSA では、被加速粒子が衝撃波面を通過しての上下流間の往復を繰り返すことで加速されていく。このとき、衝撃波法線方向と上流の磁場ベクトルのなす角度・上流の Alfvén 速度・衝撃波の Alfvén マッハ数などのパラメータによってその衝撃波は特徴づけられ、それらの違いにより粒子加速過程の特徴、惑星間空間に放出される粒子フラックスのスペクトルが異なると考えられている。

SEP の中でも 1GeV を超える陽子など非常に高エネルギーな粒子が飛来する現象は、地上に設置された Neutron Monitor などに高エネルギー粒子が到達し検出されるため、ground level enhancement (GLE) と呼ばれる。1GeV 陽子のような高エネルギー粒子は、太陽から数太陽半径以内のコロナ中で効率的に加速されていると考えられるが、その詳細については十分に解明されていない。近年、コロナ中を衝撃波が伝搬するとき衝撃波パラメータが変化することで効率的な加速を可能にするモデルが提案されており (Tilka & Lee 2006; Sandroos & Vainio 2007; 2009; Ng & Reames 2008)、ある磁力線に沿った衝撃波パラメータの時間変化は、高エネルギー粒子フラックスを予測する上で重要な情報となる。

そこで本研究では、衝撃波パラメータの時間変化を求めるモデルを構築した。まず、全球ポテンシャル磁場モデル及び太陽全面の観測磁場に基づいて 3 次元コロナ磁場を計算する。再現されたコロナ中に仮想的に衝撃波を伝搬させ、地球につながる磁力線と衝撃波の交点から、その磁力線に沿って伝わる衝撃波パラメータの時間変化を求めた。今後この結果を粒子加速モデルと組み合わせることで SEP フラックスのスペクトル予測の実現を目指す。

キーワード: 太陽高エネルギー粒子, 太陽コロナ, 衝撃波, コロナ質量放出, 太陽風

Keywords: solar energetic particle, solar corona, shock, coronal mass ejection, solar wind

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM029-08

会場:203

時間:5月24日 16:00-16:15

## 太陽高エネルギー粒子の最高エネルギー Maximum Energy of Solar Energetic Particles

天野 孝伸<sup>1\*</sup>, 片岡 龍峰<sup>2</sup>

Takanobu Amano<sup>1\*</sup>, Ryuho Kataoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名大・理, <sup>2</sup>東京工業大学

<sup>1</sup>Dept. Phys., Nagoya Univ., <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology

The standard diffusive shock acceleration (DSA) model is often invoked for the mechanism accelerating energetic particles around collisionless shocks. We will discuss the maximum attainable energy for solar energetic particles in the context of shock acceleration theory. While the maximum energy can easily be estimated by DSA in the most simplified (i.e., ideal) condition, there are number of effects (e.g., time-dependence, geometry, nonlinear effects, anomalous diffusion) which may alter the acceleration efficiency. In this report, we discuss these effects in the context of solar energetic particle acceleration around strong shocks propagating in the inner heliosphere.

キーワード: 無衝突衝撃波, 粒子加速, 太陽高エネルギー粒子

Keywords: collisionless shock, particle acceleration, solar energetic particles



PEM029-09

会場:203

時間:5月24日 16:30-16:45

## 地球磁気圏に入り込む太陽高エネルギー粒子の観測 Solar energetic particles entering into the terrestrial magnetosphere

三好 由純<sup>1\*</sup>, 片岡 龍峰<sup>2</sup>

Yoshizumi Miyoshi<sup>1\*</sup>, Ryuho Kataoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 東京工業大学

<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology

We investigate the solar energetic particles (SEPs) entering into the terrestrial magnetosphere associated with coronal mass ejections (CMEs), using the POES satellite data at low-earth orbit. The POES satellites have ion detectors, measuring the energetic ions ranging from 30 keV to 7 MeV. We demonstrate the superposed epoch analysis of the MeV ions associated with CME-driven intense storms during solar cycle 23. The zero epoch time corresponds to the interplanetary shock arrival detected by the ACE satellite. The initial results indicate that a significant SEP enhancement is observed for a few hours just before the shock arrival, possibly associated with the energetic storm particles accelerated at CME shocks. The enhancement appeared at the invariant latitudes of larger than 60 deg with a different appearance at dawn and dusk. The significant dawn/dusk asymmetry of the SEP flux entering in the magnetosphere is probably due to so called east-west effect of the gyrating protons at the low altitude. We report further statistical results to contribute for a robust forecast of SEP flux entering into the terrestrial magnetosphere.

キーワード: 太陽プロトン, 低高度衛星, 惑星間空間衝撃波, CME

Keywords: Solar Proton, low-altitude satellite, interplanetary shock, CME

PEM029-10

会場:203

時間:5月24日 16:45-17:00

## 最高エネルギー太陽放射線に対する空気シャワーシミュレーション Simulation of Air Shower Induced by Solar Energetic Particle

佐藤 達彦<sup>1\*</sup>, 保田浩志<sup>2</sup>, 片岡龍峰<sup>3</sup>, 八代誠司<sup>4</sup>, 桑原孝夫<sup>5</sup>, 塩田大幸<sup>6</sup>

Tatsuhiko Sato<sup>1\*</sup>, Hiroshi Yasuda<sup>2</sup>, Ryuho Kataoka<sup>3</sup>, Seiji Yashiro<sup>4</sup>, Takao Kuwabara<sup>5</sup>, Daikou Shiota<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構, <sup>2</sup> 放射線医学総合研究所, <sup>3</sup> 東京工業大学, <sup>4</sup> 米国カトリック大学, <sup>5</sup> デラウェア大学, <sup>6</sup> 理化学研究所

<sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>NIRS, <sup>3</sup>Tokyo Tech, <sup>4</sup>CUA, <sup>5</sup>University of Delaware, <sup>6</sup>RIKEN

大気に入射した宇宙線は大気圏内で空気シャワーを引き起こし、中性子など様々な2次粒子を発生させる。航空機乗務員の宇宙線被ばくは、主にそれら2次粒子によりもたらされるため、その被ばく線量を的確に評価するためには、精度の高い空気シャワーシミュレーションが不可欠となる。そこで我々は、原子力分野で数多くの実績を持つ汎用モンテカルロ放射線挙動解析コード PHITS を用いて大気圏内における銀河宇宙線の挙動を解析し、太陽静穏時の宇宙線被ばく線量を精度よく計算することに成功した [Sato et al., Radiat. Res. 2008]。本研究では、その計算手法を高エネルギー太陽放射線 (SEP) の挙動解析に応用し、SEP のエネルギーやピッチ角と被ばく線量との関係を定量的に明らかにする。また、その相関をモデル化して WASAVIES システムに組み込み、SEP 被ばく線量の地域・時間依存性を予測可能とする。本講演では、開発した計算手法について説明するとともに、それを用いていくつもの GLE イベントを解析した初期結果について報告する。

キーワード: 太陽高エネルギー放射線, 空気シャワー, 被ばく線量, モンテカルロシミュレーション, グランドレベル事象, WASAVIES

Keywords: SEP, air shower, radiation dose, Monte Carlo simulation, GLE, WASAVIES

PEM029-11

会場:203

時間:5月24日 17:00-17:15

## Development of a GLE alarm system based upon neutron monitors for early warning of radiation hazard Development of a GLE alarm system based upon neutron monitors for early warning of radiation hazard

Takao Kuwabara<sup>1\*</sup>

Takao Kuwabara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of Delaware

<sup>1</sup>University of Delaware

We have developed a system that watches for count rate increases recorded in real time by eight neutron monitors, which triggers an alarm if a ground level enhancement (GLE) is detected. In this work, we determine optimal strategies for detecting the GLE event at a very early stage, while still keeping the false alarm rate at a very low level. We study past events to optimize appropriate intensity threshold values and a baseline to determine the intensity increase. The highest-level alarm, which we term an ALERT, is generated when a 4% increase is recorded at three stations in 3 min averaged data. At this level, the false alarm rate obtained by back testing over the past 4.4 years is zero. Ten GLEs occurred in this period, and our system produced GLE alarms for nine events. Alarm times for these nine events are compared with satellite proton data. The GLE alert precedes the earliest alert from GOES (100 MeV or 10 MeV protons) by 10-30 min. Real-time GLE data may be viewed at <http://neutronm.bartol.udel.edu/spaceweather>. An automated e-mail alert system is now under beta testing at <http://www.bartol.udel.edu/~takao/neutronm/glealarm/index.html>.

キーワード: GLE, Neutron Monitor, Cosmic Ray

Keywords: GLE, Neutron Monitor, Cosmic Ray

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM029-12

会場:203

時間:5月24日 17:15-17:30

## Probability forecast of the SEP event occurrence in a long-term range Probability forecast of the SEP event occurrence in a long-term range

坪内 健<sup>1\*</sup>, 久保 勇樹<sup>1</sup>

Ken Tsubouchi<sup>1\*</sup>, Yuki Kubo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>NICT

The SEP events are one of the space weather effects most hazardous to the space environment of mankind. Due to the rareness of its occurrence, the long-term, a monthly-to-yearly range, probability assessment can also provide useful information to operations, as well as the accurate prediction of its arrival. We have already developed the forecast scheme of one-month occurrence probability for the geomagnetic storm [Tsubouchi and Kubo, 2010], in which the probability is derived as a function of the elapsed time after the latest event from the cumulative distribution function for the time interval between successive events. In the present study, we apply this scheme to the SEP case and compare with the corresponding observations to verify the forecast validity. The most appropriate parameters, such as the event criterion and lead time, will be explored.

PEM029-13

会場:203

時間:5月24日 17:30-17:45

## NICTにおける太陽高エネルギー粒子のモデリング A Modeling of the Solar Energy Particles in NICT

井上 諭<sup>1\*</sup>, 巨 慎一<sup>1</sup>, 田 光江<sup>1</sup>, 久保 勇樹<sup>1</sup>, 片岡 龍峰<sup>2</sup>

Satoshi Inoue<sup>1\*</sup>, Shinichi Watari<sup>1</sup>, Mitsue Den<sup>1</sup>, Yuki Kubo<sup>1</sup>, Ryuho Kataoka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 東京工業大学

<sup>1</sup>NICT, <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology

太陽高エネルギー粒子は、人工衛星の障害や宇宙飛行士への放射線被ばく等を引き起こすことから宇宙天気研究の最重要課題の一つとして位置づけられる。しかしながら、その生成過程や伝搬過程は太陽フレアの発生や惑星間空間を伝搬するコロナ質量放出(CME)に伴う衝撃波、さらには太陽風磁場等に大きく依存するので、その数値モデリングは極めて困難となる。近年、片岡等により太陽のコロナ中でのCMEの発生から、惑星間空間を伝搬する衝撃波による粒子加速、さらには地球上空の放射線の計算までを行う統合モデリングが開発されつつあり、GeV粒子到来の予測モデリングが進められている。

本講演では、NICTにて開発が計画されている太陽高エネルギー粒子モデリングの概要を紹介する。本モデルは、片岡らにより開発されている「太陽最高エネルギー粒子予測システム(WASAVIES)」と相補的に共同開発を進める予定である。最終的には、MeV粒子からGeV粒子までを取り扱える統合システム築き、NICTで開発されているサイエンスクラウドで運用する事を目的とする。特にNICT側が担う開発要素としては、(1)CMEパラメータを決定するため、のデータからType IIバーストの自動検出の検討をする事、(2)WASAVIESでは取り扱われていないMeV粒子を扱うモデルの開発、(3)全球精密太陽コロナ磁場モデルの開発である。特に、本講演では全体の概要を述べるとともに、活動領域をも含んだコロナ磁場のモデリングの方法と現状の結果の紹介を詳細に行う。さらに、コロナ磁場とSEPとの関係性等も紹介する予定である。

キーワード: 太陽高エネルギー粒子, 数値モデリング, 太陽コロナ磁場

Keywords: solar Energy Particles, Numerical Modeling, Solar Coronal Magnetic Field

PEM029-14

会場:203

時間:5月24日 17:45-18:00

## 適合格子法と確立微分方程式法を用いた衝撃波加速シミュレーション Simulations of Diffusive Shock Accerelation with Adaptive Mesh Refinement Scheme and Stochastic Differential Eq. Method

田 光江<sup>1\*</sup>, 山下和之<sup>2</sup>, 小川智也<sup>3</sup>, 吉田龍生<sup>4</sup>  
Mitsue Den<sup>1\*</sup>, Yamashita Kazuyuki<sup>2</sup>, Ogawa Tomoya<sup>3</sup>, Yoshida Tatsuo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 山梨大学, <sup>3</sup> 北里大学, <sup>4</sup> 茨城大学

<sup>1</sup>NICT, <sup>2</sup>University of Yamanashi, <sup>3</sup>Kitasato University, <sup>4</sup>Ibaraki University

コロナ質量放出 (CME) 起源の惑星間空間衝撃波により加速された高エネルギー粒子フラックスの増加現象の、シミュレーションによるモデリングを行った。これまでは被加速粒子のエネルギー分布や拡散係数、衝撃波速度は時間的、空間的に一定、という仮定を行っていたが、実際はこれらは変化している。そこで今回我々は適合格子法 (Adaptive Mesh Refinement) を用いて、この衝撃波の伝搬過程の3次元数値シミュレーションを行い、その結果を確率微分方程式に入力として用いることにより、衝撃波の時間変化を取り込んで、衝撃波加速過程のモデリングを行った。衝撃波の変化の他、今回は地球軌道を通じた後の2.3AUに達した衝撃波まで計算を継続することにより、広い領域で散乱される粒子を追うことが可能になった。衝撃波の変化と加速との関係について報告する。

キーワード: 高エネルギー粒子, 衝撃波加速, コロナ質量放出

Keywords: high energy particles, shock acceleration, coronal mass ejections



PEM029-15

会場:203

時間:5月24日 18:00-18:15

## 太陽電波観測による衝撃波速度の推定と太陽高エネルギー粒子伝播研究の現状 Estimate of coronal shock speed by solar radio observation and solar energetic particle transport

久保 勇樹<sup>1\*</sup>

Yuki Kubo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>NICT

Ground level enhancement (GLE) is caused by extremely energetic particles from the Sun. The origin of these extremely energetic particles are thought to solar flares or solar coronal shock waves although origins of solar energetic particles are still controversial. If energetic particles accelerated at a coronal shock wave cause GLE, a speed of the coronal shock wave will be an elementary parameter for predicting the energetic particle intensity and also GLE level.

The coronal shock waves have been detected by various observations, such as solar radio spectra, H-alpha images, EUV images, and X-ray images. The speed of coronal shock waves can be estimated by these observation data although it is not sure if these observations are counterparts of the same coronal shock waves. We will introduce a method to estimate a speed of coronal shock wave by using solar type 2 radio burst data obtained with HiRAS system at Hiraiso Solar Observatory, NICT. Moreover, a method for automatic detection of type 2 radio burst will be introduced briefly.

After particles were accelerated at solar flare or coronal shock waves, the particles are propagating from the Sun to the Earth. Particle transport is one of the most important topic for predicting particle intensity time evolution on the Earth. We will also introduce current status of solar energetic particle transport study briefly.

キーワード: 太陽高エネルギー粒子, 太陽電波バースト

Keywords: Solar Energetic Particles, Solar Radio Bursts

PEM029-16

会場:203

時間:5月24日 18:15-18:30

## 太陽高エネルギー粒子現象に関するパラダイムについて Paradigm on solar energetic particle events

巨 慎一<sup>1\*</sup>, 井上 諭<sup>1</sup>, 村田 健史<sup>1</sup>

Shinichi Watari<sup>1\*</sup>, Satoshi Inoue<sup>1</sup>, Ken T. Murata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>NICT

太陽活動に伴って発生した高エネルギー粒子は、太陽高エネルギー粒子 (SEP: solar energetic particle) と呼ばれている。SEP 現象には、impulsive SEP event と呼ばれる電子の割合の高い現象と gradual SEP event と呼ばれる陽子の割合の高い現象の二つの型が存在することが人工衛星による SEP の組成観測により明らかにされた。

電子の割合の高い現象は、太陽面の西 55 度を中心とした経度領域で発生した継続時間の短いインパルスなフレアに伴って観測されることが多く、鉄のような重い元素の割合も高いという特徴を持つ。一方、陽子の割合の高い現象は、LDE(Long Duration Event) フレアと呼ばれる継続時間の長いフレアに伴って観測されることが多く、その原因となったフレアも太陽面の広い経度領域に分布する。これらの観測結果から、impulsive event は太陽フレア領域で加速され、gradual event は、コロナ質量放出 (CME) の衝撃波によって、加速されていると考えられるようになった。

その後、ACE 衛星による長期間の SEP 現象の組成観測により、gradual SEP event の中に impulsive SEP event の特徴を持つものがあることが分かってきた。この結果、高エネルギー粒子の加速に関して、太陽フレア領域で加速された種粒子が準垂直衝撃波によってさらに加速されるというモデルが提案されている。

キーワード: 太陽高エネルギー粒子, 太陽フレア, コロナ質量放出, 衝撃波

Keywords: solar energetic particle, solar flare, coronal mass ejection, shock wave