

JAXA 宇宙飛行士被ばく管理における宇宙天気の利用 Space weather usage in JAXA radiation exposure management for astronauts

松村 智英美^{1*}, 遠藤 祐希子¹, 相部 洋一¹, 佐藤 勝¹, 山本 雅文¹
MATSUMURA, Chiemi^{1*}, Yukiko Endo¹, Yoichi Aibe¹, Masaru Sato¹, Masafumi Yamamoto¹

¹ 宇宙航空研究開発機構

¹Japan Aerospace Exploration Agency

国際宇宙ステーション (ISS) は、高度約 400km 上空を飛行する有人宇宙施設である。日本のほか、アメリカ、ロシア、カナダ、ヨーロッパの各機関が参加し共同で建設した施設であり、2011 年 7 月の完成後も 6 名の宇宙飛行士が定期的に滞在し宇宙環境を活用した様々な実験等が精力的に行われている。

ISS の高度では、太陽粒子線・銀河宇宙線 (陽子)、放射線帯 (陽子・電子)、ISS 船壁等により発生する二次放射線 (中性子) によって宇宙飛行士は被ばくし、その量は 1 日で約 0.5~1.0mSv におよび、地上での自然放射線の約半年分の量に相当する。

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) では、宇宙飛行士が安全に ISS に滞在し、宇宙放射線による健康への影響を最小限に抑えるため、ISS に参加する各機関と協力し、宇宙放射線被ばく管理を実施している。

ISS 搭乗中の宇宙飛行士の被ばく管理を実施する上での重要な点のひとつは、宇宙環境の監視と宇宙天気予報である。太陽フレア等による太陽粒子の増加や磁気嵐に伴う放射線帯電子の増加現象など、宇宙環境異常時の被ばく量は、宇宙環境静穏時より増加することが知られており、その規模により通常時の数十倍に増加することがある。また、宇宙環境の異常は突発的に発生することが多く、迅速な対応を取るためには、常時監視が必要である。

これらを踏まえ、関係機関との協力のもと、静止軌道衛星で観測された太陽活動データを用い、宇宙環境を常時監視するシステムを構築した。このシステムにより宇宙環境の異常発生時には、担当者に速やかに通知を行い、ISS 軌道において宇宙放射線量の増加が生じる前に ISS 軌道での被ばく線量の確認や被ばく線量低減のための処置を迅速にとることが可能となった。また、太陽活動によって発生する宇宙環境異常の種類・レベルによって必要な処置が異なるため、異常発生後の宇宙環境の推移を予測する宇宙天気予報は、被ばく線量低減のための処置を考えるに当たり有効な情報となっている。

現在は、宇宙環境の異常が発生してから ISS の軌道上にその影響が到達するまでに処置を講ずるという運用形態であるが、今後、宇宙天気予報の予測精度が向上し、宇宙環境異常の発生前に予測が可能となれば、ISS での安全な宇宙飛行士の滞在と確実なミッション遂行に寄与できると考える。

本発表では、ISS での宇宙放射線被ばく管理の運用の立場から、JAXA における宇宙天気予報の活用と宇宙放射線被ばく管理の運用の状況について紹介する。

キーワード: 宇宙飛行士, 宇宙放射線被ばく

Keywords: Astronaut, Space radiation exposure

太陽電波バーストによる混信障害の可能性について Possibility of interference caused by solar radio bursts

巨 慎一^{1*}, 松本泰¹, 村田 健史¹, 加藤久雄¹

WATARI, Shinichi^{1*}, Yasushi Matsumoto¹, MURATA, Ken T.¹, Hisao Kato¹

¹ 情報通信研究機構

¹National Institute of Information and Communications Technology

太陽フレアに伴って広い周波数帯にわたって強い電波が放出されることがある。これを太陽電波バーストと呼んでいる。強い電波バーストが発生した際に GPS 衛星の受信に混信を与えることがあることが報告されている。GPS 衛星では、L1(1.57542GHz) と L2(1.2276GHz) の電波を測位に利用しており、複数の衛星からの電波を受信して測位を行うため、アンテナの指向性によって影響を軽減することは難しい。そこで、どれくらいの強度の太陽電波バーストが発生した際に GPS 衛星の受信に影響を与えるかについて検討をいった結果について報告する。また、GPS 衛星の受信に影響を与える強度の太陽電波バーストがどれくらいの頻度で発生するか国立天文台の野辺山太陽電波観測所から提供されている過去約 25 年の観測データを用いて解析を行った結果について報告する

キーワード: 太陽電波バースト, 混信障害, 宇宙天気

Keywords: solar radio burst, interference, space weather

静止衛星の表面帯電現象と宇宙環境変動の関係 Relationship between geosynchronous satellite charging and space environment

永野 達也¹, 長妻 努^{2*}, 野澤 恵¹, 越石 英樹³, 松本 晴久³

Tasuya Nagano¹, NAGATSUMA, Tsutomu^{2*}, Satoshi Nozawa¹, KOSHIISHI, Hideki³, MATSUMOTO, haruhisa³

¹茨城大学 理学部, ²独立行政法人 情報通信研究機構, ³独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

¹Faculty of Science, Ibaraki University, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Japan Aerospace Exploration Agency

近年の急速な社会発展とそれに伴う社会生活において、その利便性の向上は人工衛星によるものが大きくなっており、現在多くの人工衛星が地球近傍の宇宙空間を周回している。宇宙天気には様々なものがあるが、特に人工衛星の運用に関するものは太陽フレア、太陽風、磁気嵐、銀河宇宙線などがあげられる。また、宇宙での活動を安全に行うためには、宇宙環境を正確にとらえて監視するというシステムが必要不可欠であり、開発及び運用に巨額の費用がかかる人工衛星を安全に運用するために、太陽地球環境の「人工衛星のため」の宇宙天気予報が重要な課題となっている。この宇宙天気を予測し危険を回避するための研究が行われており、それを「宇宙天気予報」と呼ぶ。太陽活動の地球環境への影響は人工衛星の種類によって大きく異なるが、本研究では静止軌道衛星の表面帯電障害について着目した。

ETS-V(きく5号)の帯電センサ(POM)を用いて、衛星の表面帯電現象と宇宙環境変動の関係について調べた。解析にあたって、ETS-Vの運用(姿勢変更等)や軌道条件などが衛星の帯電環境を変動させ、POMデータに影響を及ぼすことから、解析の前段階としてこれらの影響を除去した。その結果、帯電している時間が地方時の夜側、特に0時から6時に偏っていることが分かった。これには、衛星表面に光にあたることによって放電する光電効果と、サブストームに伴う電子の大量流入によるものが考えられる。

次に、サブストームによる電子の大量流入は、AL指数の変動と対応していると仮定し、表面帯電とAL指数の関係について調べた。地方時を考慮せずに比較した場合、表面帯電とAL指数の相関はほとんど見られなかった。一方、サブストームによる部分環電流を考慮して地方時の0-6時の期間に限定した比較では弱い相関が見られた。また、帯電開始の時間とAL指数の変動の関係についても調べた。結果、帯電現象が確認された120件のうちAL指数の変動が対応しているものが66件であった。一方で約半数においてAL指数との対応関係が見られなかった。

キーワード: 宇宙天気予報, 衛星帯電, サブストーム, 静止衛星

Keywords: Space Weather Forecast, Satellite Charging, Substorm, Geosynchronous Satellite

太陽活動が地震に及ぼす影響の統計的評価 Influence Evaluation of Solar Activity to Seismic Activity by Statistical Models

野本裕太郎¹, 秦攀², 西井 龍映^{2*}, Mohamad Huzaimy Jusoh³, 湯元清文³
Yutaro Nomoto¹, Pan Qin², NISHII, Ryuei^{2*}, Mohamad Huzaimy Jusoh³, Kiyofumi Yumoto³

¹九州大学大学院数理学府, ²九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所, ³九州大学宙空環境研究センター
¹Graduate School of Mathematics, Kyushu University, ²Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University, ³SERC, Kyushu University

太陽活動と地震/火山活動の統計的関係は過去の文献で研究されてきた。ここでは地震のエネルギーを太陽活動によって予測するための統計モデルを導出することを目的とする。モデル構築には公開データを用いた。

地震エネルギーの予測モデルとして、地震エネルギーの過去および説明変数の値の線形予測式：説明変数を持つ自己回帰モデル (ARX モデル) を用いる。目的変数としてマグニチュード (M) 別 3-3.9, 4-4.9, ..., 7-7.9, 8+ と地震を分けたときの総エネルギー、説明変数として太陽黒点数、太陽風速度、惑星間空間磁場の温度、陽子密度、太陽風動圧・エネルギー、Dst と極冠指数 (PCI) を用いた。1 日後の地震予測のため現在までの観察値を用いるモデルを推定する。なおコンパクトなモデルを得るため、ベイズ型情報量基準 BIC によって変数選択を行った。選ばれた最適モデルは次の特徴を持つ。

- ・ ARX モデルは小さな地震を予測することに有効であるが、大きい地震の予測には有効ではない。
- ・ 地震予測に最も重要な説明変数は太陽風の速度である。
- ・ M4-4.9 の地震エネルギー予測の決定係数は 53% である。

以上の様に太陽活動は小さい地震に影響を及ぼすことが統計学的に示された。

データソース

太陽活動: Goddard Space Flight Center, NASA via the OMNIWeb Data Explorer and the Space Physics Data Facility.

地震データ: Advanced National Seismic System (ANSS) database.

キーワード: 太陽活動, 地震活動, 太陽風, 惑星間空間磁場, 説明変数を持つ自己回帰モデル

Keywords: solar activity, seismic activity, solar wind, interplanetary magnetic field, auto-regressive models with exogenous variables

太陽フレアにおけるコロナ中の硬 X 線源の時間変化 Temporal behavior of the coronal hard X-ray source in solar flares

高橋 祐介^{1*}, 増田 智¹

TAKAHASHI, Yusuke^{1*}, MASUDA, Satoshi¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

In Sui & Holman 2003 and Sui et al. 2004, they analyzed a few flares occurred on the northwest limb (NOAA Active Region 9011) from April 14 to April 16, 2002, which were well observed with Reuven Ramaty High-Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI). When the impulsive rise in hard X-rays began, the cusp part of the coronal source separated from the underlying flare loop and remained stationary for about 2 minutes. During this period, the underlying flare loops shrank. This phenomenon is very important to understand the energy-release process in solar flares since it might be closely related with magnetic reconnection. This has been reported for the first time by using the RHESSI data, even though Yohkoh observed more than 3,000 flares during its operational period (1991-2001). The purpose of this research is to verify quantitatively this phenomenon by using Yohkoh data.

The hard X-ray telescope (HXT) on board Yohkoh has an advantage to achieve it. This source motion takes place at the early phase of a flare. This means the number of photons is not enough to synthesize a hard X-ray image with a high quality. HXT has so-called fan-beam type sub-collimators. Using them, information on the source location can be derived without image-synthesis process. Also Yohkoh is not a spinning satellite and the time resolution is 0.5 second. Thanks to these characteristics, Yohkoh/HXT enables us to reveal the behavior of the coronal hard X-ray source in the early phase of a flare. First, we checked how this method worked for a well-known flare which has a moving hard X-ray source. In this presentation, we show the result of this test and discuss the limitation of this method.

活動領域 11158 の磁場構造変化と 2011 年 2 月 13 日に起きた M クラスフレアの解析 The evolution of magnetic structure of NOAA AR11158 and M-class flare on February 13, 2011

飯田 佑輔^{1*}, 鳥海 森¹, 草野 完也², 伴場 由美², 井上 諭³

IIDA, Yusuke^{1*}, TORIUMI, Shin¹, KUSANO, Kanya², BAMBIA, Yumi², INOUE, Satoshi³

¹ 東京大学, ² 名古屋大学, ³ 慶熙大学校

¹University of Tokyo, ²Nagoya University, ³Kyung Hee Univ.

多くのフレアを生じた活動領域 11158 の磁場構造の変化と、そこで 2011 年 2 月 13 日に起きた M6.6 フレアの解析結果について報告する。

太陽活動領域で起こる大きなエネルギー解放現象であるフレアは、地球圏への影響も大きい。近年、ひので衛星 (Hinode) や Solar Dynamics Observatory (SDO) が打ち上げられ、長時間、高空間分解能の安定した観測データが得られるようになった。また、2011 年になり太陽活動が活発化してきたため、多数のフレア観測データが揃うと考えられる。

2011 年 2 月に出現した活動領域 11158 は、その領域内で X クラスを含む多数のフレアを起こした活発な領域である。この領域は、Hinode や SDO により詳細に観測されている。特に、2 月 13 日に発生した M6.6 フレア前後はひので衛星の可視光望遠鏡 (SOT) による光球偏光データが存在する。私達は、この領域の磁場構造変化、特に M6.6 フレアの発生領域についての解析を行い、数値計算モデルとの比較を行った。

まず、Hinode/SOT と SDO/HMI の磁場データを解析した。その結果、この領域は二つの浮上磁場が互いに衝突し、その間に形成されたシアした磁気中性線上で多数のフレアを起こしたことが分かった。また、M フレアの直前には磁気中性線上に特異な磁場構造が見られ、その領域ではフレア発生後にポテンシャル方向の水平磁場が強くなることが観測された。これは、フレア発生に伴うエネルギー解放によって、磁場エネルギーが減少したものと考えられる。次に、Hinode/SOT の Ca 画像データを解析した。すると、M フレア発生前にその領域周辺で有意な増光現象が見られた。これは、草野が提案するフレアモデルの一つである「逆シアモデル」におけるプリフレア増光の特徴に一致している。また、これらプリフレア増光と草野の数値計算モデルにおける電流値とを比較した。その結果、フレア領域の磁場構造に対して、これらの空間分布はよく一致していた。さらに、フレア後に見られたリラックスした水平磁場は、活動領域全体の運動によって再びシアした磁場構造となった。この構造は、これ以降にこの領域で起こる X クラスフレアの磁場構造につながっていると考えられる。

発表では、2011 年のフレア観測を紹介し、この活動領域の解析と草野の数値計算モデルとの比較について報告する。

キーワード: 太陽, フレア, 活動領域, 磁場

Keywords: Sun, Solar Flare, Active Region, Magnetic Field

太陽フレアにおける硬X線とマイクロ波のべき指数 Hard X-ray and Microwave Emissions from Solar Flares with Hard Spectral Indices

川手 朋子^{1*}, 西塚 直人², 大井 瑛仁³, 大山 真満⁴, 中島弘⁵

KAWATE, Tomoko^{1*}, NISHIZUKA, Naoto², OI Akihito³, OHYAMA Masamitsu⁴, NAKAJIMA Hiroshi⁵

¹ 京都大学附属天文台, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 茨城大学, ⁴ 滋賀大学, ⁵ 野辺山電波観測所

¹Kwasan & Hida Observatory, Kyoto university, ²Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, ³Ibaraki University, ⁴Shiga University, ⁵Nobeyama Solar Radio Observatory, NAOJ,

We analyze ten flare events that radiate intense hard X-ray emission with significant photons over 300 keV to verify that the electrons that have a common origin of acceleration mechanism and energy power-law distribution from solar flares emit hard X-rays and microwaves. Most of these events have the following characteristics.

Hard X-rays emanates from footpoints of flare loops, while microwaves from tops of flare loops.

The time profiles of the microwave emission show delays of peak with respect to that of the corresponding hard X-ray emission. The spectral indices of microwave emissions show gradual hardening in all events, while the spectral indices of the corresponding hard X-ray emissions are roughly constant in most of the events, though rather rapid hardening is simultaneously observed in both indices during the onset time and the peak time in some of them. These characteristics suggest that the microwave emission emanates from the trapped electrons. Then, taking account of a role of the trapping of electrons for the microwave emission, we compare the observed microwave spectra with the model spectra calculated by a gyrosynchrotron code. As a result, we successfully reproduce the eight microwave spectra. From this result, we conclude that the electrons that have a common acceleration and a common energy distribution from solar flares emit the both hard X-ray and microwave emissions

in the eight events, though microwave emission is contributed by electrons with much higher energy than hard X-ray emission.

キーワード: 太陽, マイクロ波, 硬X線, 粒子加速

Keywords: the Sun, microwave, hard X-ray, particle acceleration

相対論的電子フラックス増加時の地上 Pc5 の位相構造 Longitudinal phase structures of Pc5 on the ground during Relativistic Electron Flux Enhancement at the Radiation Belt

北村 健太郎^{1*}, 才田 聡子², 門倉 昭³, 山岸 久雄³

KITAMURA, Kentarou^{1*}, SAITA, Satoko², KADOKURA, Akira³, YAMAGISHI, Hisao³

¹ 徳山工業高等専門学校, ² 情報・システム研究機構 新領域融合研究センター, ³ 国立極地研究所

¹Tokuyama College of Technology, ²Research Organization of Information and System, ³National Institute of Polar Research

In this study, the magnetic data observed at H057 (MLat.=-66.42, MLong.=72.29) and Skallen (MLat.=-66.42, MLong.=70.53) in Antarctica are used to estimate the azimuthal wave number(m) of the Pc5 pulsations with the period of 150-600s. These two stations are located at the same latitude and spread in longitudes of 1.7 degrees. In general, the estimation of the azimuthal wave number of the Pc5 pulsations is difficult due to a strong latitudinal dependence of the field line resonance of the Pc5. The pair of the stations used in this analysis is quite suitable to estimate the azimuthal wave number.

In order to compare the temporal variations of Relativistic Electron flux Enhancement (REE) observed by GOES 10 satellite, the superposed epoch analysis for 24 CIR (Corotating Interaction Region) events is conducted for the horizontal component of the magnetic field data. As a result, although the Pc5 power increases corresponding to the increase of the solarwind velocity, the power of the H component becomes predominant after 0.5 days from enhancement of the Pc5 power, which corresponds to the apparent start time of relativistic electron flux enhancement (REE). This indicates that the toroidal oscillation of Pc5 becomes predominant in the inner magnetosphere at the start time of the REE. Second, although the phase difference between two stations largely fluctuates before the start of REE, it shows certain values with small variances during the REE events. The estimated azimuthal wave numbers (m) of the H and D components are 1.62 ± 0.99 and -2.25 ± 2.86 , respectively. The eastward propagation of the toroidal Pc5 with the low m number of 1.62 suggests that the relativistic electrons at the inner magnetosphere are accelerated by the drift resonance with the toroidal Pc5 pulsations.

キーワード: 放射線帯, 相対論的電子, ULF 波動

Keywords: radiation belt, relativistic electron, ULF wave

多変量自己回帰モデルに基づいた静止軌道上における相対論的電子フラックスの予測 Relativistic electron flux prediction at geostationary orbit based on multi-variate autoregressive model

坂口 歌織^{1*}, 三好 由純², 長妻 努¹, 齊藤 慎司¹, 関 華奈子², 村田 健史¹

SAKAGUCHI, Kaori^{1*}, MIYOSHI, Yoshizumi², NAGATSUMA, Tsutomu¹, SAITO, Shinji¹, SEKI, Kanako², MURATA, Ken T.¹

¹ 情報通信研究機構, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹National institute of information and communications technology, ²Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

静止軌道上に存在する放射線帯外帯を担う MeV エネルギー帯の相対論的電子は、高速太陽風の地球への到来に伴って桁単位でフラックスが増大する。相対論的電子フラックスが増大すると、深部帯電により静止軌道衛星に異常をもたらす原因となる。最近の研究からは、太陽風速度のみならず、惑星間空間磁場の南北成分や太陽風動圧も静止軌道における相対論的電子フラックスの変動の大きさコントロールすることが報告されている。そこで私達は、数日先の電子フラックスの値をより精度を高く予測するため、ACE 衛星で観測された太陽風速度・動圧・磁場の南北成分を入力とする多変量自己回帰モデルを開発した。回帰係数行列は前太陽活動極大期:1999-2003年、5年間の上記3つの太陽風パラメータと静止軌道衛星 GOES10 が観測した 2MeV 以上の電子フラックスの一日平均値の時系列から推定した。比較解析の結果、太陽風速度のみを入力とする従来の線形予測フィルタ(いわゆる、回帰モデル)より、入力パラメータを増やした多変量自己回帰モデルの方がより精度の高い予測値を数日先まで推定できることが分かった。

キーワード: 放射線帯外帯, 相対論的電子, 予測モデル

Keywords: Outer radiation belt, relativistic electron, prediction model

GOSAT 衛星による低高度での降下電子の観測

Electron precipitation environment in low earth orbit observed by the GOSAT satellite

疋島 充^{1*}, 小原 隆博², 松本 晴久¹

HIKISHIMA, Mitsuru^{1*}, OBARA, Takahiro², MATSUMOTO, haruhisa¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東北大学 惑星プラズマ大気研究センター

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University

GOSAT 衛星は 2009 年 1 月に打ち上げられ, 高度約 666km かつ軌道傾斜角 98 度の太陽同期準回帰軌道 (磁気地方時で昼夜) に投入された。GOSAT 衛星は, 地球近傍の宇宙環境計測を目的として TEDA (技術データ取得装置) を搭載しており, 数十 keV ~ 数 MeV の電子を計測する LPT (軽粒子観測装置) を有している。また, LPT は天頂方向およびそれと直角方向にセンサが向いており, 磁気圏内における捕獲粒子と降下粒子を切り分けて計測することが可能である。

我々は LPT データを用いて, 地球近傍の降下粒子を調べた。結果から, 磁気静穏時において内帯および外帯での定常的な降下電子が観測された。極域における外帯では数百 keV 以下で降下電子が顕著に見られ, 高緯度側では降下電子のエネルギーの上限が数十 keV まで減少する傾向がある。また擾乱時には, 降下粒子のフラックスのエネルギーは MeV にまで増加する。発表では, 静穏時から擾乱時を通して降下電子の様相について紹介および議論させて頂く。

キーワード: 電子降下, 放射線帯電子, 波動粒子相互作用

Keywords: Electron precipitation, Radiation belt electron, wave-particle interaction

磁気低緯度でのインダクション磁力計観測により新たに発見されたPc1帯地磁気脈動について

Pc1 band pulsation newly observed by induction magnetometer at magnetic low latitude

長谷川 純一^{1*}, 湯元 清文², 魚住 禎司²

HASEGAWA, Junichi^{1*}, YUMOTO, Kiyohumi², UOZUMI, Teiji²

¹九州大学理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学宙空環境研究センター

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, ²Space Environment Research Center, Kyushu University

九州大学宙空環境研究センターでは2003年から現在(2012年)にかけて、久住(磁気緯度26.13度)でインダクション磁力計(サンプリング周波数50Hz)を用いた地磁場観測を行っている。

これまでに観測されたデータから経験的に磁気嵐時にPc1帯で突発的な地磁気脈動が観測されていることがわかった。(本研究ではこれをI-type eventと呼ぶ)I-type eventは高緯度で観測される Intervals of Pulsations of Diminishing Period (IPDP)と特徴が類似しており、本研究はI-type eventの正体を突き止めることを目的としている。

解析の際にはインダクション磁力計で得た磁場データから一日ごとのスペクトログラムを作成し、地磁気脈動の特徴を確認した。解析にはデータがある2003~2012年の内、太陽活動度の高い2003,2004,2010,2011年のデータを用いた。本研究ではデータを「磁気嵐日のデータ」と、「静穏日のデータ」の2種類に大別した。解析範囲の内、磁気嵐日のデータとして利用できるデータは21日分存在したため、静穏日のデータはそれら磁気嵐前後の静穏日のものを同数利用した。

21個の磁気嵐日データの内7個でI-type eventが検出された。I-type eventでは周波数が時間変化に伴って増加する。($f=0.8\sim 5$ [Hz], $t=10\sim 30$ [min]) このI-type eventは磁気嵐日のデータのみで検出され静穏日のデータでは一つも検出されなかったことや、サブストーム発生後5~30分の間に発生していることから、やはり地磁気擾乱と何らかの関連があることがわかった。

発表ではこのI-type eventの詳細について議論する予定である。

キーワード: Pc1, インダクション磁力計, 磁気低緯度, IPDP

Keywords: Pc1, Induction magnetometer, magnetic low-latitude, IPDP

多点磁場観測データを用いた等価的電離層電流系の時間分解能の改善 Improvement of time resolution of equivalent ionospheric current system deduced from grand magnetic observation

大山 達也^{1*}, 北村 健太郎¹, 湯元 清文²

OYAMA, Tatsuya^{1*}, KITAMURA, Kentarou¹, YUMOTO, Kiyohumi²

¹ 徳山工業高等専門学校, ² 九州大学宙空環境研究センター

¹Tokuyama College of Technology, ²Space Environment Research Center, Kyushu University

一般に、電離層電流は直接観測することはできないため、地上での地磁気変動より等価的に再現される。その際、緯度方向に配置された多点観測点が24時間で経度方向に挿引することを利用し電離層電流系の日々変化を解析する手法が多く取られている。本研究では、これに対し intermagnet の多点地磁気データを用いることにより短時間の経度方向挿引により、従来よりも時間分解能の良い電離層電流系変動の解析手法を提案する。

本研究では、国際リアルタイム地磁気観測ネットワーク (INTERMAGNET) 及び九州大学宙空環境研究センターの地磁気三成分ベクトルデータより、南北方向 (X 成分) と東西方向 (Y 成分) の2成分を用いる。解析日の過去15日分の地磁気変動データを、各日ごとに24時間周期の正弦波を基礎波としてフーリエ級数展開し、ベースライン補正を行った後、1分間隔での中間値を Sq 値として用いた。磁場ベクトルはアンペールの法則に則って電流ベクトルへ変換した。

観測点は空間的に偏在するため、三角補間及び、観測点の経度方向挿引による格子点の補間を行った。観測点の経度方向挿引による格子点の補間に関しては、各観測点における電流ベクトルを、1時間間隔で6時間挿引し、地方時ごとに電流ベクトルを求める。この手法により、時間分解能6時間とすることにより、仮想的に観測点の数を増やすことができる。三角補間は、(1)全観測点を頂点として球面的に非構造格子化する。(2)各三角要素内において、緯度・経度それぞれ5度間隔で三角補間を行う、という方法で行った。

上記手法によって得られた電流ベクトル場の球面調和関数解析により、全球的電場関数を導出する。

その結果、電流ベクトルを球面展開することで、空間的に偏在する観測網で取得された磁場データより、補間された全球的な電離層電流が導出できた。12次までの球面調和関数展開により生データから単純に補間された電離層電流分布に対して、良い一致が見られた。さらに、以下の2点を今後の課題として挙げる。(1)電場ポテンシャルを求め、電流ベクトルと磁場ポテンシャルとの整合性を考察する。また、導出のアルゴリズムの改善を行う。(2)各観測点の緯度は地理緯度を使っているが、磁気緯度を使うことにより、正確なポテンシャル導出ができると考えられる。

キーワード: 電離層等価電流系, 地磁気観測

Keywords: Equivalent ionospheric current system, geomagnetic observation