

太陽フレアに関する最近の「ひので」観測 Recent Hinode Observations of Solar Flares

清水 敏文^{1*}, 坂尾 太郎¹, 今田 晋亮¹, 渡邊 恭子¹

SHIMIZU, Toshifumi^{1*}, SAKAO, Taro¹, IMADA, Shinsuke¹, WATANABE, Kyoko¹

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

¹ ISAS/JAXA

太陽活動の上昇と共に、2011年に入り、XクラスやMクラスといった大きなフレアが太陽面上で起こり始めた。「ひので」は、2011年2月15日に発生したX2.2フレアを皮切りに、大きなフレアの幾つかについて観測に成功している。X線望遠鏡(XRT)は、フレア発生の自動検知機構を使って、高速の軟X線画像撮影やプレフレア期の観測を行っている。可視光磁場望遠鏡(SOT)は、光球磁場や彩層CaIIH線で活動領域を監視し、XRTのフレア検知をトリガーとして、白色光フレア(連続光)や彩層(CaIIH, Ha)の高速撮影を行っている。極紫外線撮像分光装置(EIS)は、フレアハンディングスタディと呼ばれる粗い空間マッピングで約6分ごとにEUV輝線の分光マップを取得している。観測チームは、フレア観測をさらに最適化するための努力を続けている。取得できるテレメトリ量に強い制限があり、また望遠鏡の観測視野が狭いことが、フレアの捕捉を難しくしている。いつどこでフレアが発生するかが分からないからである。現在行われている「ひので」観測は、活動領域やフレアを最優先の観測ターゲットと設定している。Max Millennium Flare Watchが発表されると、「ひので」はその活動領域の観測に集中する。さらに、「ひので」運用チーム独自でフレア発生可能性を判断して、いち早くフレアに特化した観測に切り替える仕組みも昨秋から導入した。すでに興味深いフレアが観測されている。本講演では、フレア研究における「ひので」観測の重要性を強調しながら、幾つかのフレアの観測例を紹介する。

キーワード: 太陽フレア, ひので, 軟X線, 紫外線, 可視光

Keywords: solar flare, Hinode, Soft X-ray, UV, Optical

情報通信技術との連携による宇宙天気研究の現状と将来ビジョン ~ 「多すぎるデータ」と「少なすぎるデータ」を乗り越えて ~

A prospective vision of future space weather research and operation

村田 健史^{1*}, 亘 慎一¹, 長妻 努¹

MURATA, Ken T.^{1*}, WATARI, Shinichi¹, NAGATSUMA, Tsutomu¹

¹ 情報通信研究機構

¹NICT

情報通信研究機構 (NICT) は、日本で唯一の宇宙天気予報を業務として行う研究機関であり、20 年以上にわたり宇宙天気研究と環境情報提供 (予報) 業務を行ってきた。この道のりを図式的に示すと、(1) 太陽から磁気圏・電離圏までの因果関係を理解するための科学研究フェーズ、(2) これらの科学研究成果に基づいた宇宙天気の実現のための観測技術開発、シミュレーション技術開発など、予報・予測技術開発を含んだ技術開発フェーズから成り立っていたと言える。(1) は、基礎物理的な過程を明らかにしたが、皮肉なことに、実用的な宇宙天気予報のための定量予測が容易ではないことも明らかにした。(2) は、基礎物理 (科学) 的なデータを定常的に収集 (または生成) することに成功したが、因果関係の複雑さやデータ (観測データもシミュレーションデータも) の多さと少なさにより、実用的な宇宙天気予報を達成したとは言いがたい。ここで、データの多さとは太陽から電離圏まで、また、観測からシミュレーションまで、多種多様で大量のデータがあるにも関わらず、それらを統合的に解析する手法を我々は実現していないことを意味する。データの少なさは、例えば観測データについては惑星間空間、磁気圏、電離圏のどの領域を考えても、宇宙天気現象をモニタリングし、また予測するためのデータとしては、時空間的に欠落している箇所が多いことを意味する。またシミュレーションデータについては、計算サイズの制限により再現できる (予測できる) 現象に限界があり、また、シミュレーションの仮定 (多くの場合は流体モデル) が予報に十分ではないことを意味する。

宇宙天気予報は、これらを乗り越えて、実用性のある宇宙空間の電磁環境予測を目指している。天気予報 (気象) の困難さを考えると、宇宙環境の予測がいかに容易ではないかは明らかであり、世界中の宇宙天気予報機関は真の宇宙天気予報実現の難しさの前に、ブレークスルーを見いだせないでいる。(地上の) 天気予報はデータ同化技法により完全とは言えないまでも実用性のある天気予報を達成したのに対して、宇宙天気予報は「データの多さと少なさ」の問題があるために、データ同化手法を導入する段階にすら至っていない。

NICT では、この「データの多さと少なさ」に立ち向かう方法論として、(3) インフォマティクス (情報通信技術) の導入を決めた。宇宙天気観測が人工衛星や地上観測を基盤とし、コンピュータシミュレーションがスーパーコンピュータを基盤とするのと同様に、インフォマティクスの基盤として有効であるのがクラウドである。NICT では、科学研究用クラウドとして NICT サイエンスクラウド (OneSpaceNet : OSN) を構築している。OSN 上に 5PB を超えるストレージシステムを実装し、この上にあらゆるデータ (観測データもシミュレーションデータも) を格納することに成功した。さらに、400 コアを超える CPU を用いて、これらのデータを高速に分散処理する環境も整いつつある。磁気圏シミュレーションの高時間分解能データ処理と可視化、磁気圏シミュレーションによる太陽風感応実験、1000³ スケールの大規模惑星シミュレーションデータ処理、GPS-TEC の自動データ収集と TEC マップ作成、長期間 (目標は 25 年間) 電離圏変動シミュレーション、放射線帯高エネルギー粒子予測モデル構築、多地点地磁気データ処理によるグローバルな地球磁場変動 (二日周期) 現象の解析など、サイエンスクラウドを活用した様々な研究成果が本学会期間中にも報告される。

インフォマティクスが宇宙天気の持つ「データの多さと少なさ」に対するブレークスルーになりえるかどうかは、まだわからない。本講演では、インフォマティクスによる宇宙天気研究の可能性について議論したい。

キーワード: 情報通信技術, インフォマティクス, 宇宙天気研究, サイエンスクラウド

Keywords: Informatics, Space Weather, Science Cloud

SDO 衛星による非噴出型フレアの観測 Confined Solar Flares observed by the Solar Dynamic Observatory

八代 誠司^{1*}, Gopalswamy Nat²
YASHIRO, Seiji^{1*}, GOPALSWAMY, Nat²

¹ 米国カトリック大学, ²NASA ゴダード宇宙飛行センター

¹The Catholic University of America, ²NASA Goddard Space Flight Center

Since coronal mass ejections (CMEs) are main cause of solar energetic particle events and geomagnetic storms, the CME forecasting is essentially important for the space weather. During 2011 February ? 2012 January, 21 major flares (\geq M5 level) occurred. We examined their association of coronal mass ejections (CMEs) by viewing the white light images obtained by the LASCO C2 and STEREO COR1 coronagraphs. We found that, out of the 21 major flares, four lacked the associated CMEs. The four confined flares were an M6.6 flare on 2011 February 18, an X1.5 flare on 2011 March 9, an M5.8 flare on 2011 September 24, and an X1.9 flare on 2011 November 3. We examined flare locations in the active region using the SDO/AIA and SDO/HMI data and found that each flare occurred at the center of the AR. We confirmed that the confinement by the overlying magnetic field is responsible for the confined major flares.

大磁気嵐における放射線帯電子の変動

Dynamic behavior of the radiation belt electrons during the big magnetic storm

小原 隆博^{1*}, 疋島 充², 古賀 清一², 越石 英樹², 松本 晴久²

OBARA, Takahiro^{1*}, HIKISHIMA, Mitsuru², KOGA, Kiyokazu², KOSHIISHI, Hideki², MATSUMOTO, haruhisa²

¹ 東北大学 惑星プラズマ大気研究センター, ² 宇宙航空研究開発機構

¹PPARC, Tohoku Univ., ²JAXA

磁気嵐の開始とともに、放射線帯外帯電子は、大きく変動する。JAXA 衛星などの観測により、磁気嵐主相時、以下の様相が明らかになって来ている。即ち、i) MeV 電子は、基本的に消失する。ii) 300keV 電子は、かなりの部分、消失する。iii) 30~100keV は、逆に新たに発生・増加する。iv) 電子フラックスの増加と減少を分けるエネルギーの境界値は、普通 100keV~300keV 程度のところにあるが、磁気嵐が大きいくほど、境界は高エネルギーに移る傾向がある。

以上の観測事実は、磁気嵐によって、放射線帯に存在していた高エネルギー電子の消滅が、広いエネルギーに渡って起こるが、それと同時に、中エネルギー電子の補給と加速が同時に起こっていることを、示している。

大きな磁気嵐について、今回、特に注目して調べたが、外帯の 300keV 電子は、スロット領域 ($L=2.5$ 程度) に移動した。30~100keV 電子の注入は、時にスロット領域に近いところまで ($L\sim 3.5$ 付近) まで、及んでいた。

これら中エネルギー~高エネルギー電子を、短い時間で、スロット領域まで移動させるには、非常に大きな磁気圏対流電場の存在が必須で、大磁気嵐に限って、そのような大電場が出現すると思われる。言葉を換えれば、巨大電場の発生が、巨大磁気嵐の原因とも考えられる。

スロット領域に運ばれた電子は、磁気嵐の回復相にて、ゆっくりと放射線帯内帯に移動する。これは、拡散過程と思われる。この状況は、外帯に特徴的なピッチ角分布を持つ注入電子が、内帯に侵入する過程をトレースすることで識別できる。

一方、外帯の中心部 ($L=4$ 付近) には、通常の磁気嵐と同じように、MeV 電子の増加が起こっている。大磁気嵐でも、外帯の変動は、同じように起こっている。

講演では、観測から得られた増加や拡散の時定数を定量的に議論しながら、大磁気嵐における放射線帯電子の挙動の詳細を発表する。

キーワード: 放射線帯電子, 磁気嵐, スロット, 粒子加速, 拡散

Keywords: Radiation Belt Electron, Magnetic Storm, Slot Region, Electron Accerelation, Doffusion

地磁気静穏日変化に見られる超高層大気の長期変動について Long-term variation in the upper atmosphere as seen in the geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation

新堀 淳樹^{1*}, 小山 幸伸³, 能勢正仁³, 堀 智昭², 大塚雄一², 林寛生¹, 津田敏隆¹

SHINBORI, Atsuki^{1*}, Yukinobu Koyama³, Nose Masahito³, Hori Tomoaki², Otsuka Yuichi², Hayashi Hiroo¹, Tsuda Toshitaka¹

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所, ³ 京都大学大学院理学研究科付属地磁気資料解析センター
¹RISH, Kyoto Univ., ²STEL, Nagoya Univ., ³DACGSM, Kyoto Univ.

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。よって、Sq場の振幅を調べることは、電離圏・熱圏領域におけるプラズマ密度や中性大気風などの長期変動の理解に欠かせない。近年、Elias et al. [2010] は、Apia、Fredericksburg と Hermanus の3観測点でのSq場の振幅が1961年-2001年の約40年間で、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)から提供される地磁気や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することを目的とする。本解析で使用した観測データは、UV、EUV領域の太陽放射強度の指標としての太陽F 10.7指数、184点の地磁気観測点から得られた地磁気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、全ての観測点で得られたSq場の振幅には、太陽F10.7指数との間に強い相関関係が存在し、典型的な太陽11年活動周期を示していた。また、比較的太陽活動が活発であった19と22サイクル時のSq場の振幅は増加傾向にあるが、逆に太陽活動が比較的の不活発であった20サイクル時では、Sq場の振幅が減少傾向にある。さらに、太陽F 10.7指数とSq場の振幅のフーリエ変換した結果、F10.7フラックスのスペクトルは、5.2、7.5、及び10.5年にピークを持ち、その周期におけるスペクトルのピークは、Sq場の振幅のスペクトルピークの周期に合致していた。これらのスペクトルのコヒーレンスをとると、相関係数が0.8以上の値を持っていることから、これらのSq場の振幅変動は、太陽活動によるものと断定できる。また、Sq場のスペクトルには、太陽F 10.7指数には現れない半年と1年周期にピークが現れており、これは、地球側の変動に起因するものと考えられる。この結果を受けて、太陽F 10.7指数と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、太陽活動を差し引いたSq場の振幅には、約20年ごとに減少と増加の期間が入れ替わる傾向が全ての観測点で見出された。一方、太陽風のエネルギーを駆動源とする極域の2セル対流によって作られる極域Sq(Sqp)変化の振幅の長期変動にも中低緯度のものと同様の傾向が見られた。このことから、Sq場とSqp場の長期トレンドは、地磁気の永年変化や超高層大気の長期変動に伴う電離圏電気伝導度の変化に関係したものと考えられる。よって、このことを実証するために、IRI-2007とMSIS-00モデルから計算される電離圏伝導度の長期変動を調べる必要がある。

キーワード: IUGONET, メタデータデータベース, 解析ソフト, 地磁気日変化, 電離圏電気伝導度, 超高層大気

Keywords: IUGONET, metadata database, Integrated data analysis software, geomagnetic solar quiet daily variation, ionospheric conductivity, upper atmosphere

ひので EIS により観測されたフレア初期相における彩層蒸発速度の温度依存性 Chromospheric evaporation observed with Hinode/EIS: temperature dependent upflow in the impulsive phase

北川 直優^{1*}, 横山 央明¹

KITAGAWA, Naomasa^{1*}, YOKOYAMA, Takaaki¹

¹ 東京大学地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo

The analysis of a chromospheric evaporation in a M-class flare observed with the EUV Imaging Spectrometer (EIS) onboard *Hinode* was conducted. We report for the first time the dependence on temperature of the chromospheric evaporation in the growing flare loops.

The solar flares are the most energetic phenomena in the solar atmosphere, which release the magnetic energy through magnetic reconnection. The coronal plasma is heated up to a few tens of MK in the slow shocks extended from the reconnection point. In that regime, thermal conduction becomes dominant, and the chromosphere at reconnected flare loops, dense and cool ($T \sim 10^4$ K) plasma experiences impulsive heating by reaching thermal conduction front. The gas pressure of the heated chromosphere suddenly raises to around 10MK, which results in so called *chromospheric evaporation*, fast upflow along the flare loop with the sound speed ($\sim 500 \text{ km s}^{-1}$ at 10MK). This phenomenon has been firstly reported by Antonucci et al. (1982), in which the chromospheric evaporation was detected as the blueshifted component in the emission lines of highly ionized Ca XIX (mainly radiated by a few tens of MK). Although their data has very low spatial resolution, they revealed that the evaporation had occurred at the footpoints of flare loops by using other instruments. In the late 1990's, Czaykowska et al. (1999) firstly reported spatially resolved observation of chromospheric evaporation in the gradual phase observed with the Coronal Diagnostic Spectrometer (CDS) onboard the *Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)*, from which the authors reported relatively strong blueshift ($\sim 100 \text{ km s}^{-1}$) of Fe XIX line profiles and the gradient in the Doppler velocity indicating the continuous reconnection. The chromospheric evaporation in the impulsive phase was also observed with *SOHO/CDS* as reported by Teriaca et al. (2003, 2006). They estimated the momentum balance of upflow in the corona and downflow in the transition region, resulting in the good agreement (in the order) which supports the evaporation scenario. Recent observation by *Hinode/EIS* has shown the existence of fast upflow up to 400 km s^{-1} in the Fe XXIII (~ 10 MK) line profiles at the footpoints of flare loops during the early phase of a flare (Watanabe et al. 2010). Fast upflows in the warm line (Fe XVI; 2-3MK) was also discovered in a small B class flare observed with *Hinode/EIS* (Del Zanna et al. 2011). However, the dependence of upflow velocity on temperature has not intensively studied yet.

In this study, we analyzed the ongoing chromospheric evaporation which occurred in the impulsive phase of a M1.2 class flare observed with *Hinode/EIS* on 2011 September 9. This flare had started soon after the filament erupted, followed by the formation of compact flare loops ($L \sim 10,000 \text{ km}$). Investigating the line profiles carefully, we found the enhanced blue wings in hot emission lines (Fe XXIII and Fe XXIV; a few tens of MK) which indicate the upflow from the solar surface of around 400 km s^{-1} . This value is slightly smaller than the sound speed at the temperature of 10MK ($\sim 500 \text{ km s}^{-1}$), which supports the chromospheric evaporation scenario when considering the projection effect. Not only those hot emission lines, other coronal lines at the evaporation site also show the velocities near the sound speed in each formation temperature. The upflow is switched into downflow at several MK, and intriguingly, cooler lines ($\log T < 6.2$) show the downflow near the sound speed as same as the upflow. As a collateral evidence, the density derived by Fe XIV line ratio indicated the density of 10^{11} cm^{-3} , which also supports the evaporation from the dense chromosphere. Fortunately, the EIS spectroscopic slit cut across old and new flare loops simultaneously, which enables us to discuss the temporal evolution of the evaporation flow.

キーワード: 太陽, フレア, 彩層蒸発, ひので, 輝線, ドップラー速度

Keywords: Sun, flares, chromospheric evaporation, Hinode, emission line, Doppler velocity

極域から磁気赤道域にかけて形成される Cowling チャンネル Formation of Cowling channel from Polar to Equatorial Ionosphere

吉川 顕正^{1*}, 大谷 晋一², 中溝 葵³, 魚住 禎司¹, 湯元 清文¹

YOSHIKAWA, Akimasa^{1*}, OHTANI, Shinichi², NAKAMIZO, Aoi³, UOZUMI, Teiji¹, YUMOTO, Kiyohumi¹

¹九州大学 宙空環境研究センター, ²ジョンズホプキンス大学応用物理研究所, ³名古屋大学 太陽地球環境研究所
¹Space Environment Research Center, Kyushu University, ²The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, ³Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Possible mechanism for formation of global Cowling channel from polar to equatorial ionosphere along the dawn and dusk terminator line is discussed. In our model, the global (primary) Hall current accompanied by the two-cell type convection has divergent component when they cross the conductivity gradient region at the terminator-line and resultant polarization charge are induced along it. The secondary electric field accompanied by this induced charge generates the secondary Hall current, which flows along the terminator line and also diverges when they cross it. The induced secondary charges at the end of equator side produces the electric field along the magnetic dip equator line and becomes the driver of the equatorial electrojet or counter-electrojet components according to the sign of their polarization charge. Resultantly, the global Cowling channel connecting between polar to equatorial ionosphere via the terminator-line and magnetic-dip equator could be formed. This mechanism can be applied to the equatorial electrojet disturbances accompanied by the solar wind variations such as DP2-type magnetic field disturbances and many phenomena associate the equatorial enhancement and depression of the geomagnetic field disturbances.

キーワード: 太陽風, 極域電離圏, 赤道電離圏, カウリングチャンネル, グローバル結合

Keywords: solar wind, polar ionosphere, equatorial ionosphere, Cowling channel, Global coupling

フレアループ上部に発生する高速のプラズマ運動について A High-Velocity Motion of Active Region Loops Triggered by a 2011 Feb 18 Flare

青木 邦哉^{1*}, 原 弘久²

AOKI, Kunichika^{1*}, HARA, Hirohisa²

¹ 東京大学, ² 国立天文台

¹University of Tokyo, ²NAOJ

We report a high-velocity plasma motion near the loop-top region of large-scale active-region loops after the occurrence of the M-class flare at the solar active region NOAA 11158 on 2011 Feb 18.

The motion was detected during the impulsive phase of the M-class flare by the Doppler-shift measurement in Fe XXIV line at 192Å with the Hinode EUV imaging spectrometer (EIS). Hinode/EIS continuously observed this region with a raster scanning mode and a strongly blue-shifted Fe XXIV line was observed in a period of 10:11 to 10:16 UT. We performed a spectral fitting using double Gaussian functions to estimate Doppler velocity and have found that the Doppler velocity near the loop-top region reaches 200-400 km/s.

In order to identify the high-velocity component from the temporal evolution of the coronal structures, we use high-cadence EUV images from Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on Solar Dynamics Observatory (SDO), which provides high-resolution full-disk images taken at nine EUV wavelengths bands. The high-velocity motion was clearly recorded in the sequence of images at the AIA 131Å band. Before the appearance of the high-speed plasma, we have found that one of the loops that rose vertically up to ~300 km/s interacted with other loop structures located above it. The configuration between these loops allows the occurrence of a magnetic reconnection in the loop-top region.

We interpreted the high velocity motion in the loop-top region, detected with EIS and AIA, as a bulk motion of reconnected loops toward a relaxed state.

全大気圏-電離圏結合モデル(GAIA)を用いた宇宙天気研究 Whole atmosphere-ionosphere coupled model (GAIA) for space weather research

品川 裕之^{1*}, 陣 英克¹, 三好 勉信², 藤原 均³, 藤田 茂⁴, 田中 高史², 村田 健史¹

SHINAGAWA, Hiroyuki^{1*}, JIN, Hidekatsu¹, MIYOSHI, Yasunobu², FUJIWARA, Hitoshi³, FUJITA, Shigeru⁴, TANAKA, Takashi², MURATA, Ken T.¹

¹ 情報通信研究機構, ² 九州大学, ³ 成蹊大学, ⁴ 気象大学校

¹NICT, ²Kyushu University, ³Seikei University, ⁴Meteorological College

地球周辺の領域である「ジオスペース」は、太陽風、磁気圏、電離圏、中性大気圏からなるシステムである。この領域の現象は、さまざまな時間・空間スケールを持ち、その物理過程も大きく異なっている。特に、磁気圏、電離圏、熱圏の領域はお互いに強く結合しており、領域間の相互作用は非線形で極めて複雑である。さらに、太陽光や太陽風の変動によって、その振る舞いは一層複雑になる。また、近年の観測から、下層大気起源の大気波動や、下層・中層大気の変動の変化などが熱圏や電離圏にまで大きな影響を及ぼしていることも明らかになった。このような複雑な系を理解するには、すべてのジオスペース領域を矛盾無く結合した数値モデルが必要不可欠である。我々のグループは、全大気圏-電離圏結合モデル (GAIA: Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy) を開発し、宇宙空間や地上からの様々な影響を含むさまざまな現象の再現と解析を行っている。我々はすでに、これまで未解明であったいくつかの超高層現象の再現と解明に成功しており、このモデルを次世代の宇宙天気研究 / 予報ツールとして発展させようとしている。本発表では、このモデルの研究例として、(1) 2012年5月21日の金環日食による超高層大気変動、(2) 下層大気現象の電離圏への影響、(3) 下層大気と磁気嵐の擾乱を両方含んだ場合の超高層大気変動、などについての結果を報告するとともに、今後の開発計画を紹介する。

キーワード: 大気圏, 電離圏, 結合, モデル, シミュレーション, 宇宙天気

Keywords: atmosphere, ionosphere, coupling, model, simulation, space weather

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