

宇宙天気をめぐる国際動向

石井 守 [1]; 埜 千尋 [2]; 田 光江 [2]
[1] 情報通信研究機構; [2] NICT

International Activities for Space Weather

Mamoru Ishii[1]; Chihiro Tao[2]; Mitsue Den[2]
[1] NICT; [2] NICT

<http://swc.nict.go.jp/contents/index.php>

The discussion for operational use of space weather in international and governmental organizations since several years ago. ICAO has been discussing the regulation of utility of space weather information for civil aviation. WMO also discuss the international cooperation for sharing space weather information and tries to establish the framework.

US published "National Space Weather Strategy" and "Space Weather Action Plan" on October 2015 and the national framework against severe space weather event is now establishing. UK and South Korea also provided their national reports.

On the other hand, Japanese government does not show any actions. After the revision of "National Space fundamental Plan" the word of "Space weather" is disappeared in the recent version. Space Situation Awareness (SSA) is discussed based on space debris, near-earth objects and space weather, however, Japanese SSA discussion is limited on space debris.

Under the condition, it is very important to discuss the social impact of space weather between the scientists and operational organizations in the framework of PSTEP. In addition, this framework has a merit of no interference with political issue, which is important to prepare trustful documents.

We will present the current status of international and governmental organizations, and that of hazardous map discussed in PSTEP.

過去5年間で宇宙天気の現業利用に向けた議論が国際機関および各国政府で盛んになってきている。

国際民間航空機関 (ICAO) における、民間航空運用への宇宙天気情報の利用については国際法の整備

の議論が長年にわたり行われている。世界気象機構 (WMO) における宇宙天気の位置づけの整備も進んでいる。

また、米国では2015年10月にホワイトハウスより "National Space Weather Strategy" および "Space Weather Action Plan" が発表され、国を挙げての体制が整備されつつある。英国・韓国も宇宙天気に関する国家としてのレポートを発表している。民間機関では保険会社におけるハザードマップの作成がされている。

その一方で、我が国における国としての宇宙天気現象への対処は皆無に近い。Space Situation Awareness (SSA; 宇宙状況認識) は宇宙デブリ、地球近傍天体と宇宙天気が三位一体として議論されることが国際的な潮流であるが、我が国においては宇宙基本計画においても宇宙デブリの議論に偏っている。

この状況にあって、新学術領域「太陽地球圏環境予測」(PSTEP) において研究者と現業機関が協力し、宇宙天気現象の社会への影響を議論していることは極めて重要である。また、この中では研究者としての誠意を基本として政治的な思惑を抜きにした議論が可能であり、信頼性の高い報告所が作成できるメリットもある。

講演においては、各国の現状の報告および、PSTEP において議論しているハザードマップの現状について報告する。

太陽地球圏環境予測：次期太陽周期活動の予測に向けて

今田 晋亮 [1]; 飯島 陽久 [1]; 堀田 英之 [2]; 塩田 大幸 [3]; 加納 大空 [1]; 藤山 雅士 [1]; 草野 完也 [4]
[1] 名大・ISEE; [2] 千葉大; [3] 名大宇宙地球研; [4] 名大S T E 研

PSTEP: Towards Predicting Next Solar Cycle

Shinsuke Imada[1]; Haruhisa Iijima[1]; Hideyuki Hotta[2]; Daikou Shiota[3]; Oozora Kanou[1]; Masashi Fujiyama[1]; Kanya Kusano[4]
[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] Chiba Univ.; [3] ISEE, Nagoya Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.

The 11-year solar cycles and the longer-term variations of the solar activity may affect the Earth's climate. Predicting the next solar cycle is crucial for the forecast of the "solar-terrestrial environment". Therefore, as a part of the PSTEP (Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction), we are developing a five-years prediction scheme by combining the Surface Flux Transport (SFT) model and the most accurate measurements of solar magnetic fields. We estimate the meridional flow, differential rotation, and turbulent diffusivity from recent modern observations (Hinode and Solar Dynamics Observatory). These parameters are used in the SFT models to predict the polar magnetic fields strength at the solar minimum. We also plan to apply our prediction scheme to long-term variations of solar activity and investigate the possibility of grand minimums such as the Maunder Minimum in the future. In this presentation, we will explain the outline of our strategy to predict the next solar cycle. We also report the present status and the future perspective of our project.

太陽地球圏の環境は太陽活動に起因して大きく変動することが知られていて、現代社会において太陽地球圏の環境変動を予測することが非常に重要な課題となっている。現在、我々は「太陽地球圏環境予測:我々が生きる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成」(PSTEP)という研究プロジェクトを推進しており、太陽地球圏環境予測という課題に組織的に取り組んでいる。このPSTEPプロジェクトの一環として、次期太陽サイクル(25)の活動度を予測することを目指している。これまで、世界的には様々な研究者が太陽周期予測研究に挑んできたが、残念ながら現在のところ確実な予測は3年前程度に限られている。そこで我々は、表面磁束輸送モデル(Surface Flux Transport code)の数値計算コードを開発し、ひので、SDOさらに地上観測データをインプットとして太陽極小期の極域磁場(サイクル24)を予測し、これまでよりも早い段階(5年前)での次期太陽サイクルを予測することを目指す。本講演では次期太陽周期活動予測研究計画の全体像を説明する。

MHD シミュレーション研究におけるコロナ磁場との相互作用による CME の回転

代田 真輝 [1]; 塩田 大幸 [2]; 草野 完也 [3]
[1] 名大・ISEE; [2] 名大宇宙地球研; [3] 名大 S T E 研

MHD simulation study of the rotation of CME due to the interaction with the coronal magnetic field

Masaki Shirota[1]; Daikou Shiota[2]; Kanya Kusano[3]
[1] ISEE, Nagoya Univ; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

Coronal mass ejections (CMEs) are one of main drivers of various disturbances in space weather. In particular, the timing of arrival, the strength, and the amount of southward magnetic flux brought by CMEs are important factors for space weather disturbances. These factors are determined as a result of launching and propagating of CMEs. In particular, the structure and dynamics of CMEs are likely to be influenced by the coronal magnetic field during the formation phase through the solar corona. Therefore, the understanding of the interaction of CME with the solar coronal magnetic field is necessary for improving the space weather forecast.

We performed a three dimension magnetohydrodynamic simulation of the interaction between CMEs and its ambient coronal magnetic field. In the initial conditions, an ejecting flux rope is embedded under two different ambient fields: hydrostatic atmosphere and a steady state of bimodal solar wind. In both cases, inner boundary magnetic field is set to be identical dipole magnetic field. Hence, magnetic field is potential dipole in the hydrostatic case while some fraction of polar field is open in the steady wind case.

The numerical results show that the ascent speed of flux rope in the steady wind case is faster than that in the hydrostatic case because of the background solar wind. It is found that the flux rope rotates during evolution in both cases, while the total angle of the rotation is significantly different. In the steady wind case, the flux rope continues to rotate from its start to 3 solar radius and the total rotation angle is about 90 degree. On the other hand, in the hydrostatic case the flux rope continues to rotate from its start to 4 solar radius and the total rotation angle is about 180 degree. We found that the area where the flux rope rotation continues is determined by the strength of the ambient magnetic field. The total rotation angle is found to be proportional to the amount of magnetic flux of ambient field that interacts with the flux rope through its rotation.

As shown in the numerical results, because the interaction with ambient magnetic field affects the rotation of CMEs, a realistic modeling taking into account of dynamics in the corona will be necessary for the prediction of the southward magnetic field in space weather forecast.

Studies of solar wind models using SUSANOO-SW

Toshihiro Ishida[1]; Daikou Shiota[2]; Kanya Kusano[3]; Takeru Suzuki[4]; Ken'ichi Fujiki[5]

[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] Physics dept., Nagoya Univ.; [5] STELab., Nagoya Univ.

Because the interaction with solar wind is a primary cause of magnetospheric disturbances, the prediction of solar wind is crucial for the space weather forecast. In recent years, our group have developed a space weather prediction model: SUSANOO-SW (Space-weather-forecast-Usable System Anchored by Numerical Operations and Observations-Solar Wind), which can predict the solar wind profile at the Earth's orbit on the basis of three-dimensional MHD simulation [Shiota et al., 2014]. The input data is a series of observed daily photospheric magnetic field maps only. In SUSANOO-SW, the potential field source surface (PFSS) model and the Wang-Sheeley model [Arge and Pizzo, 2000] are applied to coronal magnetic field and the speed solar wind, respectively. Although SUSANOO-SW may reproduce the large-scale three-dimensional structures of solar wind, the model is not yet able to well reproduce the observation of solar wind in shorter time-scale than about one Carrington rotation and the amplitude of solar wind speed.

In this research, we study the cause of deviation between the model and the observations focusing on the solar wind speed model which is used to specify the solar wind distribution on the inner boundary condition of SUSANOO-SW. The Wang-Sheeley model depends only on the expansion factor of magnetic flux. In order to improve it, we adopt a new solar wind speed model [Fujiki et al. 2014] taking into account not only of the expansion factor but also of the magnetic field strength. The new model is consistent also with the theoretical work by Suzuki [2006]. We quantitatively evaluated the performance of the new model, and found that the results of the new model show better agreement with the in-situ observation in 2009.

However, we also found the modeled speed profile in a specific period on September 2009 is not improved by the new model. Because both speed models commonly use the information of the coronal magnetic field calculated from the observed magnetic field on the photosphere and the PFSS model, the reproducibility of the coronal magnetic field can cause the deviation during the period. Especially, we focused on the possibility that the error in the photospheric field maps may cause the deviation of solar wind from the observations. When a sunspot group appears on the backside of the Sun, which cannot be observed, it may make a significant influence on the global coronal field structure in this period. This failure of taking information into the observation may lead the worse reproducibility of magnetic field calculated by PFSS model. We tried to improve this problem by modifying coefficients of spherical harmonics in PFSS model while considering sunspot group which cannot be observed. This modification will be presented.

文献史料による18世紀における極端磁気嵐現象についての一試論

早川尚志 [1]; 岩橋清美 [2]; 海老原祐輔 [3]; 玉澤春史 [4]; 片岡龍峰 [5]; 宮原ひろ子 [6]; 磯部洋明 [7]

[1] 京大・文・西南アジア史; [2] 国文研; [3] 京大生存圏; [4] 京大・理・附天; [5] 極地研; [6] 武蔵野美大・教養文化; [7] 京大・宇宙ユニット

A Case Study for Extreme Magnetic Storms in the 18th century by Historical Documents

Hisashi Hayakawa[1]; Kiyomi Iwahashi[2]; Yusuke Ebihara[3]; Harufumi Tamazawa[4]; Ryuho Kataoka[5]; Hiroko Miyahara[6]; Hiroaki Isobe[7]

[1] Histories, Kyoto Univ.; [2] Nijl; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] Kwasan Obs, Kyoto Univ; [5] NIPR; [6] Humanities and Sciences, Musashino Art Univ.; [7] USSS, Kyoto Univ.

In this presentation, we examine an extreme space weather event in 18th century before Carrington event comparing contemporary sunspot drawings and historical records of aurora observations to get insights on the solar activity before telescopic observation and its future possibility.

As for telescopic observations for our sun we have 400-year history on sunspot observations and 150-year history on flare observations since Carrington flare. However, these lengths are not enough to consider space weather events as rare and extreme as superflares. Therefore, in order to cover this problem, previous studies turn their eyes on the solar typed stars to estimate the possibility of solar activity.

However, turning our eyes onto our sun, we can trace back the solar activity at least 2500 years consulting historical documents for auroras or sunspots. Thus, in this presentation, we examine the actual historical documents and pick up and analyze the magnetic latitude of one extreme event in 18th century with simultaneous aurora observations all over Japan and East Asian recorded, to consider a possibility of great magnetic storm in comparison with contemporary sunspot drawing. Our presentation aims at giving further insights on a possibility to investigate possibilities to utilize historical records on the studies space weather.

本報告では、キャリントン・イベント以前の18世紀に見られた極端現象について、その際の巨大黒点画像と世界的なオーロラ観測について関連の歴史文献の記述を検討し、より長期で見たときの太陽活動の過去と今後の可能性について一考を加える。

太陽活動の近代観測の歴史は黒点観測が1613年以来の約400年、フレア観測が1859年のキャリントン・イベント以降の約150年に及ぶ。しかしこの蓄積は近年の研究で指摘されるスーパーフレアを初めとするような、より頻度の低い極端現象を考える上で必ずしも十分とは言えない。そのためこの観測期間の問題を補うため、従来の研究においては太陽型星の観測結果でもって太陽活動の可能性が検討されてきた。

しかし翻って見るに、歴史文献に太陽活動を追えば、少なくとも2500年以上のオーロラ・黒点記録を追うことが可能である。そこで、本報告では実際の歴史文献の検討を通し、その一例として18世紀に日本や東アジア各地で記録されたオーロラの緯度分布から巨大磁気嵐の可能性を検討し、当時の黒点スケッチの記録と比較することで、文献史料による宇宙天気研究の可能性を提示する。

The earliest space weather monitoring of prolonged aurora activities in Japan and in China

Ryuho Kataoka[1]; Hiroaki Isobe[2]; Hisashi Hayakawa[3]; Kataoka Ryuho Aurora 4D Project[4]
[1] NIPR; [2] USSS, Kyoto Univ.; [3] Histories, Kyoto Univ.; [4] -

Great magnetic storms are recorded as aurora sightings in historical documents. The earliest known example of prolonged aurora sightings in Japan was documented on February 21-23, 1204 in Meigetsuki, when a big sunspot was also recorded in China. Before the Meigetsuki event, a significant fraction of a total of two hundreds of possible aurora sightings in Song dynasty (960-1279) of China multiply occurs within a few days and sometimes recurrent approximately with the solar rotation period of 27 days. The prolonged aurora activity events occur only around the solar maximum or in the declining phase as estimated from the ^{14}C analysis of tree rings, and they do not occur during the Oort Minimum (1010-1050). The historical documents therefore tell us useful information to prepare against the space weather hazards in future.

Reference: Kataoka, R., H. Isobe, H. Hayakawa, H. Tamazawa, A. D. Kawamura, H. Miyahara, K. Iwasaki, K. Yamamoto, M. Takei, T. Terashima, H. Suzuki, Y. Fujiwara, and T. Nakamura (2016), The earliest space weather monitoring of prolonged aurora activities in Japan and in China, submitted to Space Weather.

データ同化にもとづくオーロラ活動指数変動の推定

山本 凌大 [1]; 三好 由純 [2]; 町田 忍 [3]; 上野 玄太 [4]; 能勢 正仁 [5]; 宮下 幸長 [2]; 塩田 大幸 [6]
[1] STEL; [2] 名大 ISEE; [3] 名大・ISEE; [4] 統数研; [5] 京大・理 地磁気センター; [6] 名大宇宙地球研

Estimation of the auroral electrojet index using the data assimilation

Ryota Yamamoto[1]; Yoshizumi Miyoshi[2]; Shinobu Machida[3]; Genta Ueno[4]; Masahito Nose[5]; Yukinaga Miyashita[2]; Daikou Shiota[6]

[1] STEL; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] ISEE, Nagoya Univ.; [4] ISM; [5] DACGSM, Kyoto Univ.; [6] ISEE, Nagoya Univ.

The auroral electrojet indices (AU, AL, AE) are a proxy of substorm as well as auroral activity, so that the forecast of these indices are important for the space weather forecast. In this study, we develop a data assimilation code to estimate the AU index based on Goertz et al. [1993] model. The state space model consists of the system model and the observation model. The model of Goertz et al. [1993] is used as the system model, which calculates time variation of the AU index using the electric fields of the solar wind. The state vector includes the AU index and coupling parameters for solar-wind, magnetosphere and ionosphere. The AU index provided from WDC-C2, Kyoto University is used as the observation vector. The sequential data assimilation includes the following three steps; prediction, filtering, and smoothing. We use the particle filter that can apply for non-linear/non-gaussian problems. Furthermore, we use the particle smoother as the smoothing scheme. The particle degeneration is often observed in the data assimilation using the particle filter, which means that the number of particles is not enough to guarantee validity of the particle approximation of the probability distribution. In order to reduce the particle degeneration problem, we develop a code using the parallel computer to use many particles as ensemble members. The effective sample size is also used as a proxy to indicate the number of particles that can contribute to the particle approximation of the probability distribution. Using the developed code, we estimate the AU index from 1998 to 2015. Using the data assimilation, the dynamical estimation of the coupling parameters is possible, which significantly improves the forecast performance. The estimated coupling parameters have semi-annual modulations as well as the long-term modulations. According to Goertz et al. [1993], the coupling parameters are a function of the ionospheric conductance, so that it is expected that the estimated seasonal and yearly variations of the coupling parameters from the data assimilation correspond to the seasonal and yearly variations of the ionospheric conductance.

オーロラ活動及びサブストームの指標としてオーロラ活動指数 (AU, AL) があるが、その変動の予測を行うことは今後の宇宙環境の変動を把握することにもつながるため、宇宙天気予報の観点から重要な課題である。本研究では、オーロラ活動指数の高精度予測を目指して、データ同化を用いたオーロラ活動指数の計算を行っている。データ同化を行うためには、システムモデルと観測モデルから構成される状態空間モデルを定義する必要がある。本研究では、システムモデルとして、Goertz et al., [1993] で提案された太陽風の電場データを入力とし、オーロラ活動指数を推定するモデルを用いた。本研究におけるシステムモデルでは、AU 指数および Goertz et al. [1993] で提案されているカップリングパラメータを状態変数ベクトルとしている。また、観測モデルでは、京都大学から公開されている AU 指数を観測ベクトルとして用いた。通常、逐次型のデータ同化は、「予測」「フィルタリング」「平滑化」の3つのステップから構成される。ここでは、フィルタリングの手法として、非線形、非ガウスの問題にも適用可能な粒子フィルタを用いている。また、平滑化計算においても、粒子スムーサを用いた計算を行っている。なお、粒子フィルタでは、退化と呼ばれるアンサンブルを構成する粒子の縮退がしばしば発生する。この問題を回避するために、本研究においては、並列コンピュータによって、アンサンブルを構成する粒子数を可能な限り多くするとともに、Effective Sampling Size と呼ばれる指標を導入して、退化の発生を監視する方法を取り入れている。開発したコードを用いて、1998年から2015年までの期間についてのデータ同化計算を行った。データ同化によってカップリングパラメータの動的な推定を行ったところ、Goertz et al. [1993] モデルで提案されているパラメータを用いた計算に比べて、AU 指数の再現能力が大きく向上した。また、推定されたカップリングパラメータの解析を行ったところ、カップリングパラメータは季節および年によって値が異なることが明らかとなった。Goertz et al. [1993] によれば、これらのカップリングパラメータは、昼側電離圏の電気伝導度に依存することが示されている。本研究のデータ同化で抽出された、カップリングパラメータの季節、年依存性は、電離圏の電気伝導度の変化の季節、年変化に対応したものである可能性が示唆される。

低緯度—赤道域における磁気急始時の主インパルス振幅の季節変化

新堀 淳樹 [1]; 菊池 崇 [2]; 荒木 徹 [3]; 池田 昭大 [4]; 魚住 禎司 [5]; 歌田 久司 [6]; 長妻 努 [7]; 吉川 顕正 [8]
[1] 京大・生存研; [2] 名大 ISEE 研; [3] 京大理; [4] 鹿児島高専; [5] 九大・イクセイ; [6] 東大・地震研; [7] NICT; [8] なし

Seasonal variation of the amplitude of the main impulse (MI) of sudden commencements in the low-latitude and equatorial regions

Atsuki Shinbori[1]; Takashi Kikuchi[2]; Tohru Araki[3]; Akihiro Ikeda[4]; Teiji Uozumi[5]; Hisashi Utada[6]; Tsutomu Nagatsuma[7]; Akimasa Yoshikawa[8]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] none; [4] KNCT; [5] ICSWSE, Kyushu Univ.; [6] ERI, Univ. Tokyo; [7] NICT; [8] ICSWSE/Kyushu Univ.

Seasonal variation of the amplitude of the main impulse (MI) of geomagnetic sudden commencements (SCs) in the equatorial and low-latitude regions (geomagnetic latitude (GMLAT) range: < 18 degrees) has been investigated using high time resolution (1-3 sec) geomagnetic field data for the period 1996-2010. These geomagnetic field data are provided by the Circum-Pan-Pacific-Magnetometer-Network (CPMN) [Yumoto and the CPMN Group, 2001] and National Institute of Information and Communications Technology (NICT) Space Weather Monitoring (NSWM) [Kikuchi et al., 2008]. In order to identify SC events from January 1996 to 2010, we used the SYM-H index with 1-minute time resolution archived on the web site of World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University. In this study, total 7686 SC events were found as a sudden increase of the SYM-H index by more than 5 nT during this period, corresponding to the solar wind dynamic pressure enhancement. The solar wind data are archived on the CDAWeb site. As a result, the local time distribution of the SC-MI amplitude in the equatorial region (GMLAT range: < 10 degrees) showed that the SC-MI amplitude was enhanced significantly with the maximum around 10-11 h (magnetic local time: MLT). This suggests that a dawn-to-dusk electric field originating from the polar ionosphere enhances an eastward equatorial electrojet (EEJ) during the SC-MI phase. The peak of the SC-MI amplitude around 10-11 h (MLT) showed a little decrease by 3-10 % in the summer (May - July), compared with that in the equinox or winter. A magnitude of the SC-MI amplitude reduction was larger at Muntinlupa and Guam off the dip equator than at Ponpei and Yap around the dip equator. This implies that the intensity of the eastward EEJ becomes slightly weak during the summer due to a decrease of ionospheric conductivity or SC-MI electric field intensity. On the other hand, the diurnal variation of the SC-MI amplitude at Okinawa showed two peaks around the noon and midnight. The first peak value around the noon tended to decrease slightly by 5-7 % in the summer, compared with that in the winter, but the second peak tended to be enhanced in the summer. The summer depression of the low-latitude SC-MI amplitude can be thought as a weakness of the SC-MI electric field intensity due to the enhancement of ionospheric conductivity.

Latitude and local time variations of stormtime electric fields as observed with HF Doppler sounders and SuperDARN

Kumiko Hashimoto[1]; Takashi Kikuchi[2]; Ichiro Tomizawa[3]; Tsutomu Nagatsuma[4]; Jaroslav Chum[5]; Dalia Buresova[5]

[1] KIU; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [4] NICT; [5] ASCR

Penetration of electric fields during the intense geomagnetic storm on 22-23 June, 2015 was investigated using HF Doppler sounders (HFDs) on the day- and night-sides and SuperDARN at high- and mid-latitudes. ACE observed that the southward interplanetary magnetic field (IMF) decreased to -30 nT at 1801 UT, lasting 70 minutes concurrently with a sudden increase of the solar wind dynamic pressure. A storm sudden commencement (SC) was observed at 1833 UT by the HFDs at 7 stations in Japan (0330 MLT), Zhongli, Taiwan (0230 MLT) and Prague, Czech (1930 MLT), and midlatitude SuperDARN radar in Hokkaido, Japan. The electric field of the main impulse (MI) of the SC and the succeeding storm main phase was westward with the intensity decreasing from 7.8 mV/m at Oarai (27.3 degrees GMLat) to 2.0 mV/m at Zongli (15.4 degrees GMLat) in the post-midnight, whereas that was eastward of 1.2 mV/m at Prague (50.0 degrees GMLat). The multi point observation of HFD showed that the eastward convection electric field expanded into the evening hour 1830-1930 MLT. The global magnetometer networks, NICT chain, INTERMAGNET and SuperMAG, showed that the DP2 currents developed from high latitude to the equator on both the day- and night-sides during the storm main phase. The DP2 currents should be driven by the dawn-to-dusk magnetospheric convection electric field as detected by THEMIS near the magnetopause in good correlation with the DP2 ionospheric currents. On the other hand, midlatitude SuperDARN radars in the American sector observed anti-sunward plasma flows at latitudes lower than 47 degrees GM latitude after 2010 UT, equatorward of the expanded dusk convection cell, indicating that the overshielding occurred due to the northward excursion of the IMF. It is remarkable that the overshielding caused westward counter-electrojet (CEJ) at the dayside equator and eastward equatorial electrojet (EEJ) on the nightside. Based on the HF radio and magnetometer observations, we suggest that the intense convection /overshielding electric field penetrated near-instantaneously to the mid- and low-latitudes and cause the EEJ/CEJ on both the day- and night-sides during the geomagnetic storm.

ICIキャンペーンで取得された静電プローブデータを用いたイオンドリフト速度の推定と電子密度擾乱の特徴について

阿部 琢美 [1]; Moen Joran[2]
[1] J A X A 宇宙科学研究所; [2] オスロ大学

On the estimation of ion drift velocity from electrostatic probe data obtained during ICI-4 campaign

Takumi Abe[1]; Joran Moen[2]
[1] ISAS/JAXA; [2] University of Oslo

A series of the ICI (Investigation of Cusp Irregularities) sounding rocket campaign has been conducted to reveal the controlling mechanism(s) of plasma instabilities that generates HF radar backscatter targets and GPS scintillations in the polar ionospheres. The main objective of this campaign is to carry out in-situ measurements of plasma and fields to provide inherent information about the underlying physics of such space weather phenomena.

The 4th experiment of ICI campaign (ICI-4) was conducted in February 2015 to investigate the micro-physics of plasma instabilities and turbulence phenomena associated with polar cap patches being pulled into the night-time aurora, referred to as auroral blobs. The auroral blob phenomenon is created when polar cap patches, islands of high electron density plasma, exit the polar cap at night, i.e., when they are entering the night-time auroral oval. A total of seven instruments were installed on ICI-4 rocket. Among them, Fixed Bias Probe (FBP) was provided by ISAS to measure small scale (< 1 m) density perturbation of electrons and ions.

In FBP instrument, a spherical probe with a diameter of 2 cm was adopted as a detector for the electron density measurement. In addition, two circular disk probes with a diameter of 2 cm were adopted to monitor the local ion density with high-time resolution. The electron and ion probes are biased with a positive voltage of +4 V and a negative voltage of -3 V, respectively, with respect to the rocket potential. The electron and ion currents incident to the probe were used to investigate characteristic feature of electron/ion density irregularity. Another expectation to this instrument is to estimate a direction of ion drift from a spin variation of ion current incident to the disk probes. In this presentation, we discuss a possibility of the ion drift estimation from the ion current variation. In addition, we will also present characteristic feature of electron and ion density irregularity in the vicinity of the polar cap patches as well as data from other instruments obtained during ICI-4 sounding rocket experiment.

極域電離圏、特にカusp領域に発生するデカメータスケールの電子密度擾乱の発生メカニズムの解明を主目的としてICI(Investigation of Cusp Irregularity) キャンペーンがノルウェーのスバルバル島を中心に3度(2008, 2011, 2015年)にわたり実施されてきた。2008年12月に行われたICI-2キャンペーンでは極域カusp、2011年12月のICI-3ではRFE(Reversed Flow Event) 領域、2015年2月のICI-4では極冠域のポーラーパッチ領域でのプラズマ密度イレギュラリティ現象をターゲットとして、観測ロケットによるその場観測と地上からの遠隔測定を組み合わせた総合観測が成功裏に行なわれてきている。

このキャンペーンで中核的な観測手段と位置づけられた観測ロケットには、国際協力としてノルウェー、日本、フランス他の国々により毎回5~7種類の測定器が搭載されてきた。2015年2月に行なわれたICI-4キャンペーンではロケットに計5つの測定器が搭載されたが、そのひとつにJAXA宇宙科学研究所が提供した固定バイアスプローブがある。本講演ではこの固定バイアスプローブが取得したデータについての研究結果を報告する。

一般に、ラングミュアプローブのような静電プローブではプローブに対して印加するDC電圧を掃引した際の電流値から、プラズマ中の電子温度や電子密度を推定する手法が用いられる。静電プローブはプラズマ中の電子温度や電子密度を測定するために観測ロケットや人工衛星に搭載されてきた。固定バイアスプローブも静電プローブの一種と位置づけられる。ICIキャンペーンでは、微小空間スケール(> 1m)の電子密度擾乱が重要な観測項目であるため、プローブに正の固定電圧を印加した際の飽和電子電流の変化を3 kHz以上の高速でサンプリングを行なうことで目的を達成してきた。固定バイアスを搭載する3度目の実験となったICI-4キャンペーンでは、従来と同じ電子密度擾乱測定用の直径2cmの球プローブに加えて、初めてイオン密度擾乱測定用として直径2cmの円板型プローブを搭載し、-3 VのDC電圧を印加した。円板型プローブを採用した理由は、電離圏イオンの場合は熱速度が数100 m/sでロケットの速度より小さく、プローブ面が向く方向に応じて電流値が異なることから、ロケットの座標系におけるイオンドリフトが観測されるかもしれない可能性を考慮してのことである。すなわち、単純なモデルで考えるとイオン電流はロケットがスピンする中で、イオンのドリフト方向とプローブの法線ベクトルのなす角が最小となった瞬間に最大となる。この角度からロケット座標系でのスピン平面内でのイオンドリフトの方向推定が可能になる。

実際に取得されたイオン測定用プローブの電流は、ロケットのスピン周期に応じた正弦波的な変化を示していることから、当初期待したデータが取得されていることを確認した。一方で我々は、ロケット座標系でのイオンドリフト速度とイオン温度を仮定し、ロケットがスピンした場合の電流値変化を数値計算により求めた。その結果、スピン内の電流値最大と最小の比は、イオンドリフトの速度、およびロケットスピン平面への入射角、イオン温度等により変化するこ

とがわかった。ロケットスピン面内でのイオンドリフト方向の推定は容易であるのに対し、速度の絶対値の推定には更なる仮定が必要になる可能性が高い。本講演では固定バイアスプローブの観測をもとに、イオン電流からドリフト速度を推定する試みについての現状報告の他、ICI-4 キャンペーンの主ターゲットであるポーラーパッチ領域での電子/イオン密度イレギュラリティの特徴についての報告を行なう。

GAIA モデルを用いた太陽フレアに対する電離圏応答のシミュレーション

松村 充 [1]; 塩川 和夫 [2]; 品川 裕之 [3]; 陣 英克 [3]; 藤原 均 [4]; 三好 勉信 [5]
[1] 名大 ISEE; [2] 名大宇地研; [3] 情報通信研究機構; [4] 成蹊大・理工; [5] 九大・理・地球惑星

GAIA modeling of ionospheric response to a severe solar flare

Mitsuru Matsumura[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Hiroyuki Shinagawa[3]; Hidekatsu Jin[3]; Hitoshi Fujiwara[4]; Yasunobu Miyoshi[5]

[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] NICT; [4] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [5] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.

Solar flares enhance solar X-ray and extreme ultraviolet irradiance to cause disturbances in the ionospheric electron density. The disturbances degrade the accuracy in the Global Positioning System (GPS). The enhanced electron density can also affect HF radio communications, and for large flares can even lead to radio communication blackouts. Recent studies indicated that the ionospheric F-region disturbances due to solar flare irradiance are controlled not only by photochemical processes but also by electrodynamic changes of the ionosphere [Liu et al., 2007; Qian et al., 2012]. The electric field changes during solar flare events occur mainly in the E-region due to the X-ray flux enhancement, and in the equatorial counter electrojet regions the eastward electric field turns into westward below 107-km altitude [Manju and Viswanathan, 2005]. The TIME-GCM model has been used to investigate the flare-related electrodynamics of the ionosphere [Qian et al., 2012]. However, the model did not consider the flare effects at altitudes below 97 km due to the ionospheric lower boundary of the model. On the other hand, the GAIA model [Jin et al., 2011] can simulate photochemical processes and electrodynamics around and below 100 km because the model does not have the limitation of the lower boundary. We have improved the GAIA model to incorporate the Flare Irradiance Spectral Model (FISM) [Chamberlin et al., 2007; 2008] to understand the global response of the whole ionosphere including E and D regions to the solar flares. We have performed a simulation for the X17 flare event of October 28, 2003, and have showed that the enhanced X-ray flux considerably increases conductivity even at an altitude of 80 km. We will report its effect on the ionospheric electric field and the equatorial electrojet currents. We will also validate our improved model by comparing the simulated electron density, thermospheric temperature and thermospheric density with those in previous studies.

太陽が放射する X 線や極端紫外線 (EUV) はフレア時に増大し、地球電離圏の F 領域から E 領域、D 領域にいたるまで、電子密度の擾乱をひきおこす。電子密度擾乱は GPS の測位誤差を大きくし、短波通信の障害をひきおこす。このうち F 領域の擾乱には光化学的な変動だけでなく電気力学的な変動も作用していることが近年の研究から明らかになっている [Liu et al., 2007; Qian et al., 2012]。X 線の増大による電場の変動は主に E 領域でおこるが、とくに赤道カウンタージェット電流が流れる領域では、高度 107km より下で東向き電場が西向きに反転する [Manju and Viswanathan, 2007]。このようなフレアに関する電離圏電気力学の研究には、これまで TIME-GCM モデルが用いられてきた [Qian et al., 012]。しかし、このモデルは電離圏の下部境界を高度 97km に設定しているため、それより低高度の電離圏擾乱を計算できない。それに対して、GAIA モデル [Jin et al., 2011] は下部境界の制限がないので、高度 100km 付近やもっと低高度の光化学過程や電気力学を計算することができる。E・D 領域を含めた電離圏全体のフレアに対する応答を理解するために、我々は GAIA モデルを改良し、フレア放射スペクトルの経験モデル [Chamberlin et al., 2007; 2008] を組み込んだ。これを用いて 2003 年 10 月 28 日の X17 のフレア時についてシミュレーションを行ったところ、軟 X 線により電気伝導度が高度 80km においても無視できないほど増大することが明らかになった。本論文では、さらに電気伝導度の増大が電場や赤道ジェット電流に及ぼす影響について報告する。また、モデルの妥当性を検証するために、計算した電子密度や熱圏温度・密度を先行研究と比較する。

GAIAの長期シミュレーションデータから推定するプラズマバブル発生特性

品川 裕之 [1]; 陣 英克 [1]; 三好 勉信 [2]; 藤原 均 [3]; 横山 竜宏 [1]; 大塚 雄一 [4]
[1] 情報通信研究機構; [2] 九大・理・地球惑星; [3] 成蹊大・理工; [4] 名大宇地研

Occurrence characteristics of plasma bubbles deduced from long-term simulation data in GAIA

Hiroyuki Shinagawa[1]; Hidekatsu Jin[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hitoshi Fujiwara[3]; Tatsuhiro Yokoyama[1]; Yuichi Otsuka[4]

[1] NICT; [2] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.; [3] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [4] ISEE, Nagoya Univ.

Ionospheric plasma bubbles have critical effects on global navigation satellite systems such as the Global Positioning System (GPS). Recently, occurrence prediction of plasma bubbles has become one of the most important issues in space weather forecast. Prediction of ionospheric disturbances requires a high-resolution numerical model of the ionosphere and atmosphere as well as real-time ionospheric observations. In order to reproduce and predict ionospheric disturbances, we have been developing a local high-resolution ionospheric model (plasma bubble model) and a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA (Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy). Since the present version of GAIA does not have enough spatial resolution to reproduce mesoscale ionospheric disturbances, we are currently developing a coupled model of GAIA and the local ionospheric model. At the same time, we are also pursuing a possibility of prediction of plasma bubble occurrence by estimating the linear growth rate of the ionospheric Rayleigh-Taylor instability in the GAIA simulation data. We have performed a long-term simulation using GAIA covering a period from 1996 to the present. Using the database we calculated the linear growth rate, and compared the result with plasma bubble occurrence observations. We found that large linear growth rates obtained with the simulation data tend to correspond to the plasma bubble occurrence. It is expected that this method leads to a prediction of plasma bubble occurrence and gives information on controlling parameters of plasma bubbles. We will report the occurrence characteristics and prediction of plasma bubbles deduced from GAIA simulation data.

電離圏プラズマバブルはGPSなどの衛星測位に重大な影響を及ぼすことから、近年、その発生予測が宇宙天気予報における最重要課題の一つとなっている。プラズマバブルの発生予測には、リアルタイムの電離圏観測に加えて、高精度の大気圏・電離圏モデルが必要である。我々のグループでは、電離圏擾乱現象の再現と予測を目的として、高精度局所電離圏モデル（プラズマバブルモデル）と全大気圏-電離圏結合モデル（GAIA）を開発してきた。現在のGAIAは、プラズマバブルなどの電離圏メソスケール現象を直接再現するには分解能がまだ十分でないため、GAIAの高精度化と高精度局所電離圏モデルとの結合モデルの開発を進めている。一方、プラズマバブルについてはGAIAの背景場からレイリーテイラー不安定の線形成長率を見積もることにより、プラズマバブル発生の傾向を推定する方法を検討している。我々は、1996年から現在までの長期シミュレーションデータから、各日について線形成長率の最大値を求め、プラズマバブルの観測データと比較し、その発生傾向を調べている。これまでの解析では、GAIAデータから計算された線形成長率の変化はプラズマバブルの発生に対応する傾向が見られた。この結果は、GAIAのシミュレーションデータを用いてプラズマバブルの発生を予測できる可能性を示すとともに、プラズマバブルの発生にどのパラメータが効いているかについても知見を与えるものである。本発表では、これまでにGAIAのシミュレーションデータから推定したプラズマバブルの発生特性と予測について報告する。

EE-index 長期解析に基づく赤道ジェット電流の月潮汐変動

藤本 晶子 [1]; 魚住 禎司 [2]; 阿部 修司 [1]; 松下 拓輝 [3]; 吉川 顕正 [4]
[1] 九大・ICSWSE; [2] 九大・イクセイ; [3] 九大・理・地惑; [4] なし

Lunar tide variation of Equatorial Electrojet based on the long-term EE-index

Akiko Fujimoto[1]; Teiji Uozumi[2]; Shuji Abe[1]; Hiroki Matsushita[3]; Akimasa Yoshikawa[4]
[1] ICSWSE, Kyushu Univ.; [2] ICSWSE, Kyushu Univ.; [3] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.; [4] ICSWSE/Kyushu Univ.

Today human activity and society extend to the space. The monitoring of space weather environment is needed to allow us the safety life involving the space weather. Especially EEJ (equatorial electrojet) is an extremely interesting phenomenon from the view of connecting the ionosphere to the atmosphere, which have different physical backgrounds caused by the sun and the magnetosphere. Recently many researchers are trying to comprehensively understand the interaction/coupling among these different regions by analyzing simultaneously whole regions. The consecutive monitoring of equatorial magnetic variations requires an indicator not affected by the magnetospheric environment.

In 2008, International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University (ICSWSE) proposed the EE-index (Uozumi et al., 2008; Fujimoto et al., 2016), which is an index to monitor quantitatively various equatorial geomagnetic phenomena in real time. EE-index separates the magnetic disturbances in the equatorial region into the global (EDst) and local (EUEL) magnetic variations. Especially, the detail analysis of EUEL index provides the quantitative and visible information in order to reveal the electromagnetic phenomena affecting the fundamental structure of Equatorial Electrojet (EEJ), in terms of the space weather and space climate. For example, Fujimoto et al. (2016) reported the solar cycle variation of EEJ peak by the time series analysis of 17-year EUEL index.

We examined 6-year EUEL of EE-index to demonstrate the lunar tide variation superposed on EEJ variation observed at Ancon station in Peru and Davao in Philippines. We found that EUEL modulation of EEJ significantly has the semimonthly variation, with the stronger modulated amplitude in January and weaker around July. The semiannual EEJ variation is amplified in March and September. In other words, the amplitude of EEJ is weaker during solstices (January and July). An explanation of modulation differences between in January and in July is the relationship among the sun, earth and moon. The moon locates perigee in January and apogee in July. It means that the lunar tides is relatively stronger in January than in July. We will discuss sources controlling the semimonthly EEJ modulation.

Forecast verification: case of operational solar flare forecast

Yuki Kubo[1]; Mitsue Den[2]; Mamoru Ishii[1]
[1] NICT; [2] NICT

A forecast verification has been recognized as one of the most important topic in space weather forecast operation. Some Regional Warning Centers (RWCs) belonging to the International Space Environment Service (ISES) have started to verify their operational forecasts. NICT, as the RWC Japan/ISES, has an online platform for the comparison of the operational solar flare and geomagnetic K-index forecasts among some RWCs. However, as the conditions of the forecasts are not the same and verification methods are not enough to compare their forecasts, we cannot directly compare the forecast performance among the RWCs. While comparing forecast performance among some RWCs is very informative, we have to proceed the efforts to compare the operational space weather forecasts. Verifying own forecast performance is the first step to proceed the comparison of the performances of forecasts. For the reasons, we started verifying own forecast performance. The verification study uses forecast data issued by RWC Japan as Ursigram codes, especially UGEOA. In this presentation, we introduce methods and results for the verification study of operational solar flare forecast in NICT.

宇宙天気活動に伴うスペースデブリ環境の長期予測

阿部 修司 [1]; 吉川 顕正 [2]; 花田 俊也 [3]; 平井 隆之 [4]; 河本 聡美 [4]
[1] 九大・ICSWSE; [2] なし; [3] 九大・工・航空; [4] 宇宙航空機構

Long-term Space Debris Environment Forecasts Associated With Space Weather Activities

Shuji Abe[1]; Akimasa Yoshikawa[2]; Toshiya Hanada[3]; Takayuki Hirai[4]; Satomi Kawamoto[4]
[1] ICSWSE, Kyushu Univ.; [2] ICSWSE/Kyushu Univ.; [3] Aeronautics and Astronautics, Engineering, Kyushu Univ.; [4] JAXA

Space debris is the collection of defunct objects in space made by human being. According to data compiled by European Space Agency, more than 170 million debris smaller than 1 cm, and around 29,000 larger debris are in orbit. There are many causes of space debris generations. One of them and interesting issue is space weather effect to space debris environment. Actually, some satellites were broken and became space debris because of space weather effect, for example, solar energetic particle, atmosphere drag, and so on.

NEODEEM (Near-Earth Orbital Debris Environment Evolutionary Model) is the space debris evolutionary model developed by Kyushu University and JAXA. It covers all orbit around the Earth, and various scenarios for tracing space debris. It incorporates F10.7 solar flux, and Kp index as space weather related parameter for calculating atmospheric total density changes which causes satellite drag. Jacchia-Roberts is used for atmospheric density model. It helps us to evaluate how our space debris environment changes for a long term and how space weather activities contribute the space debris environment changes.

We performed some simulations on NEODEEM under different space weather activities, and found that space debris environment just becomes worse under low solar activity like as solar cycle 24, even if there are no new satellite launch. In this presentation, we will introduce the effects of space weather activities to long term space debris environment changes around the Earth.

スペースデブリは宇宙ゴミとも呼ばれる、宇宙空間に存在する不要な人工物体の総称である。これらは、運用期間が終了した衛星、ロケットの上段機体、それらが軌道上で爆発することにより発生した破片、はがれた塗料などが含まれ、隕石などの自然物は含まれない。欧州宇宙機関が2013年7月に発表した情報によると、10センチメートル以上の大きさのスペースデブリは29000個以上が地球周辺に存在し、また、1センチ以下のスペースデブリはその総数が1億7千万以上にもなる。スペースデブリの生成にはいくつかの原因が考えられるが、宇宙天気の影響もそのひとつである。実際、太陽高エネルギー粒子や大気ドラッグの影響を受けて故障し、スペースデブリへとその姿を変えた人工衛星も存在する。

地球周回全領域デブリ環境推移モデル (NEODEEM: Near-Earth Orbital Debris Environment Evolutionary Model) は、九州大学とJAXAが共同で開発したスペースデブリ環境予測モデルである。これは、地球周回全領域(静止軌道-静止トランスファ軌道-中軌道-低軌道)を同一に取り扱うことができる。また、宇宙天気に関するパラメータとして良く挙げられるF10.7太陽フラックスとKp指数が、総大気密度計算(Jacchia-Robertsモデルによる)にて利用されている。これにより、宇宙天気活動の影響を伴った長期的なスペースデブリ環境の推移予測がNEODEEMにより評価できる。

いくつかの異なった太陽活動度の元でNEODEEMによる100年間の長期的なスペースデブリ環境の推移を予測した結果、第24太陽周期のような低調な太陽活動度が続いた場合では、新規の人工衛星打ち上げによる軌道物体の増加を無視したとしても、衝突によるデブリ生成のみでスペースデブリ環境は大きく悪化することとなった。本講演では、この結果を含む地球周辺のスペースデブリ環境の長期推移と宇宙天気活動の影響について紹介する。

IUGONET, One Stop Web Service Combined Data Information and Analysis Platform.

Norio Umemura[1]; Yoshimasa Tanaka[2]; Shuji Abe[3]; Atsuki Shinbori[4]; Masahito Nose[5]; Satoru UENO[6]
[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] NIPR; [3] ICSWSE, Kyushu Univ.; [4] RISH, Kyoto Univ.; [5] DACGSM, Kyoto Univ.; [6]
Kwasan and Hida Obs. Kyoto Univ.

The IUGONET (Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETWORK) project has provided two products: the metadata database and UDAS (IUGONET Data Analysis Software). The former stores various kinds of information of ground-based solar and earth's atmospheric observational data, and the latter is a plugin software of the Space Physics Environment Data Analysis Software (SPEDAS) to handle these observational data provided by the IUGONET institutes. Recently, open data and open science activities have been enhanced significantly due to the requirement of many researchers; that is, increasing usage of web platform, necessity of the web-based analysis tools, and an international extension of research platform itself to developing countries. Taking the current status of these open data and open science activities into account, IUGONET has released the new web service which combines the metadata database and UDAS functions on October 1, 2016.

So far, the metadata database consisted of only the catalog function (e.g., data description, acknowledgement, URL, information of contact person). The UDAS also had several limitations because of distributed type: it requires the installation into user's PC, and it is difficult for each user to change the method of display and function flexibly. The new web service solved these problems. This web service has the catalog function as well as quick look images (QLs) by operating UDAS to create them according to the request of time, location, and observation series/types. In addition, this web service has a new web-based analysis platform to work the UDAS/SPEDAS in the background interactively by user's screen operation. This web service provides many researchers with the one-stop research platform by searching data, selecting data, analyzing data, knowing similar data, and comparing these data to encouraging the transition to the interdisciplinary research.

This web service also has a universal framework inside of the system by the informational knowledge. It has been designed to work to not only IUGONET but also other fields. For example, it can register another metadata format, and apply itself to another field quickly. Therefore, application of this framework to several fields is expected to share the scientific knowledge crossing each science field, and to promote the open data and open science activities.

2009年に発足した超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究(通称: IUGONET)は、参画機関が保有する太陽地球系物理データに関する情報を提供するためのメタデータ・データベースと、実際の観測データを解析するためのソフトウェア SPEDAS (Space Physics Environment Data Analysis Software) のプラグインである UDAS (iUgonet Data Analysis Software) を開発・公開している。昨今のオープンデータ・オープンサイエンスに代表されるように、ウェブ利用機会の増加、ウェブ上で解析することのできる仕組みの導入、特に発展途上国からの研究環境支援の要望など、国内外問わず、データ利用に対するニーズも急速に変化しつつある。IUGONETは、これらの動向を踏まえ、2016年10月に、データ情報と解析機能を融合させた包括型のウェブサービスを公開した。

従来のメタデータ・データベースでは、観測データに関する説明、利用ポリシー、観測データの所在情報、コンタクト先情報など、文字情報を主とするカタログ機能に終始していた。解析ソフトウェアでは、配布型であるために、インストールを必要とする、機能や画面表示の改良のタイミングが限定されるなどの制約があった。今回の新しいウェブサービスでは、従来のメタデータ・データベースと同様にウェブ方式を採用し、カタログ機能を継承しつつ、準リアルタイムのプロット画像(QuickLook画像)とその作成手順を一元的に示す、比較したいデータを抽出してQuickLookベースで俯瞰する機能を追加した。さらに、画面操作によりSPEDASをバックグラウンドで動作させ、インタラクティブにQuickLook画像を作成することができる仕組みを導入した。データを発見する、解析したいデータを抽出する、解析を行う、類似のデータを得る、比較により新たな知見を得るというように、実際の研究活動をワンストップで支援する機能を取り入れ、学際的な研究への発展を促す仕組みとした。

また、今回のウェブシステムの内部には、情報学の観点による普遍的なフレームワークが取り入れられており、IUGONETとは異なる形式のメタデータであっても登録と表示を可能とする、フレームワークそのものを他分野へ転用していただくことも想定されている。つまり、このフレームワークを他分野にも積極的に展開していくことで、分野間でサイエンスの知見が共有され、我が国が出遅れているオープンデータ・オープンサイエンスへの取り組みを加速的なものにと考えられる。

小規模データの長期保存とDOI登録：国立国会図書館Webアーカイブ利用の提案

村山 泰啓 [1]; 能勢 正仁 [2]; 今井 弘二 [1]; 国武 学 [1]; 家森 俊彦 [3]; 渡邊 堯 [4]; 徳原 直子 [5]

[1] 情報通信研究機構; [2] 京大・理 地磁気センター; [3] 京大・理・地磁気センター; [4] WDS-IPO/NICT; [5] 国立国会図書館

Proposal: Long-Term Preservation and Minting DOIs for Small Datasets by Web Archiving of National Diet Library of Japan

Yasuhiro Murayama[1]; Masahito Nose[2]; Koji Imai[1]; Manabu Kunitake[1]; Toshihiko Iyemori[3]; Takashi Watanabe[4]; Naoko Tokuhara[5]

[1] NICT; [2] DACGSM, Kyoto Univ.; [3] WDC for Geomagnetism, Kyoto Univ.; [4] WDS-IPO/NICT; [5] National Diet Library

Open Data and Open Science are increasingly becoming hot topics, in parallel to establishing ICSU-WDS (2008), G8 Open Data Charter (2013), deployment of RDA (2013), and so forth, in addition to development of Open Access of journal articles. National guiding principle of open science has been released by the Cabinet Office (March 2015). In this context, long term preservation of research data is increasingly important and is being required. Minting DOI (digital object identifier) to datasets are also essential tool for discovery, reuse and citation (and bibliometrics) of datasets. This paper discusses possible use of WARP (Web Archiving Project) which is carried out by National Diet Library of Japan (NDL). NDL's mission includes long term preservation of electronic material collected from web sites of public institutions and universities, without definition of expiration in NDL by nature. Small-size datasets linked from lab. pages therein are often retrieved and preserved in WARP also, which enables data provides and users to browse, refer to, link to, and even mint DOI to, the datasets preserved in the WARP project for a long term. Possible collaboration with such an archival institution like NDL will be helpful and useful for research performing bodies like labs in research institutes and universities, where closer cooperation of their internal library/data management to NDL will be also important.

ジャーナルのオープンアクセス化と並行して研究データオープン化の議論が進む中、データの利用やデータ生成者の評価が重要な問題となってきている。ICSU-WDS 設立 (2008 年)、G8 オープンデータ憲章 (2013 年) などの節目を経てオープンサイエンスや科学と社会の関わりを視野に入れた議論が活性化している。2015 年 3 月には内閣府・総合科学技術イノベーション会議から、我が国のオープンサイエンスの基本方針が発表されている [内閣府、2015]。また研究不正への対応の視点から、一定期間の研究データの保存がもてめられる [文部科学省、2014] など、学術研究活動をめぐって従来と異なる研究者の対応が不可欠になりつつある。これは国内だけでなく、国際的な議論が先導しているものも多く、研究コミュニティによって今後は本格的な対応が必要となると考えられる。

こうした対応の中で、まず研究機関で求められている対応の一つとして、上述の研究データの一定期間の保存、がある。例えば 5 年など一定期間の保存を義務化する動きがあるが、その後は法人文書のように破棄してよいのか、課題がある。ICSU は WDC システムを使って 1957-58 年から半世紀以上にわたって地磁気、電離層、宇宙線、など重要な科学データセットの保存事業を推進してきた。この前例をみても、重要な研究データには一研究者の個人資産ではなく人類の共有知的資産であるべきものはすくなくない。太陽地球系物理学においても STEP、S-RAMP をはじめとして超高層や磁気圏、太陽データ等の整理・保存を試みてきている。

さらに、2016 年日本で開催された G7 科学技術大臣会合で合意されたように、G7 国はオープンサイエンスについて前向きに取り組むことが求められている。データは発見可能で再利用可能なものであり、またデータ生成者は論文著者と同様かそれ以上に、重要な科学的成果をもたらした功績者として評価されることが重要である。

これを可能とするツールの一つとして、データに DOI (Digital Object Identifier) を付与して、文献中で引用する、という「データ引用 (data citation)」がある [DataCite, 2015; 村山・林、2014 など]。データセットに関する DOI を国際機関に登録することで、論文の DOI と同様に簡便な参照、引用が可能になり、また被引用度の算出などが飛躍的に容易となる。データ生成者・寄与者への評価尺度の開発が進展することが望まれている。

一方、DOI は persistent identifier (恒久的識別子) と呼ばれるように、登録後は削除しないことがのぞましい。出版論文を考えれば、論文本体のファイル (PDF など) も、その DOI も、削除されたり参照不可能になることは想定されていない。データセットと DOI はともに長期保存されることが、本来であれば必要である。しかし、近年は研究機関・大学等の組織やミッションの長期的な将来が不透明になりがちであり、過去のプロジェクトで生成されたデータを保存し続けると断言するのは容易なことではない。

一方、国立国会図書館 (以下、NDL) は法に基づき収集した資料の保存を行い、情報の廃棄を前提としていない。電子情報時代の今日、NDL は印刷資料だけでなく、電子情報資料の収集事業も開始している。その一つが、WARP (Web

Archiving Project) である。公的機関や許可を得た機関の外部公開 Web サイトを一定期間ごとにダウンロードして、過去の Web 情報が NDL の WARP サイトから参照可能となっている。WARP は本来、Web 上の文書にあたる情報の収集が本務であるが、Web 上の情報は種々雑多であるため、例えばアスキー形式で書かれた研究データが研究室のサイトからリンクされていれば、これもしばしば保存される。いったん NDL により保存されれば、これはその時点の Web 情報として今後も長期的に外部から参照可能である。

こうしたデータ保存事業を研究現場の情報管理と接続するためには、大学図書館などは今後、学術情報・成果の管理・発出の上で、ますます重要な役割を担うことが期待される。研究機関は、限られた研究資金や運営資金のなかで、今後、国内外でますます求められていくであろう学術データの保存・管理のために、情報保存を業務とするこうした外部機関との連携を重視し、学術研究が生み出す人類資産として、論文および研究データの取り扱いについて検討できるようにすると期待される。

参考文献

内閣府、<http://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/>、2015 年 3 月 30 日閲覧

村山泰啓, 林和弘, 2014, 146, p.12-17 : <http://hdl.handle.net/11035/2972>

DataCite、例えば <https://www.datacite.org/services/cite-your-data.html>、2015 年 8 月 4 日閲覧

文部科学省、2015、http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/08/1351568.htm、2016 年 8 月 17 日閲覧

Recent activity report on solar radio spectrographs of NICT

Hiromitsu Ishibashi[1]; Kazumasa Iwai[1]; Takahiro Naoi[1]; Yuki Kubo[1]
[1] NICT

In National Institute of Information and Communications Technology (NICT), the daily observation of solar activities by solar radio telescope system has been in operation since early 1950's. In the mid-1990s, we developed the solar radio spectrograph in Hiraiso Solar Observatory (HiRAS), which has played as an important part of NICT's space weather forecast for over twenty years. Its main purpose is to monitor various types of solar radio bursts and diagnose geo-effectiveness of relevant solar phenomena such as solar flares, coronal mass ejection. Actually, from a viewpoint of space weather forecast operation on a real-time basis, wide frequency range (MHz to GHz) radio wave observations by HiRAS is very suitable for us to get a full view of various solar activities from the lower corona to the interplanetary space. On the other hand, chronic deterioration in a radio wave environment has become increasingly apparent, which is out of our control any more. In addition, Hiraiso Solar Observatory has been desolate since FY 2009 according to a kind of administrative decision. Therefore, we decide to abandon Hiraiso Solar Observatory and terminate the HiRAS system at this fall.

Our new solar radio spectrograph in Yamagawa inherits the properties of the HiRAS and its detection accuracy of the solar radio phenomena improves a whole lot: its high time resolution (8ms) and high frequency resolutions (31.25kHz for MHz band and 1MHz for GHz band) especially has a significant benefit to detect the various fine spectral structures of the solar radio bursts that should be the key to find out their generation mechanism in the corona. Antenna installation works has been already completed, and we are now in the period of the system shakedown through various test observations.

In this presentaion, we will report the current status focused on some topics such as investigation of various exogenous noises. In addition, our works on digital archives of the HiRAS data will be presented schematically.

太陽活動領域 11158 における磁気リコネクション

吉福 財希 [1]; 近藤 光志 [2]
[1] 愛大・理工・数理; [2] 愛媛大・宇宙センター

Magnetic reconnection on the AR11158

Saiki Yoshifuku[1]; Koji Kondoh[2]
[1] Science and Engineering, Ehime Univ.; [2] RCSCE, Ehime Univ.

Solar active phenomena, such as solar flares and coronal mass ejections (CMEs), are caused by the release of magnetic energy. It is considered that these energy releases are significantly associated with magnetic reconnection in the solar corona. It is important to understand the magnetic field structure in the solar corona in order to study these eruptive events on the Sun. Unfortunately, it is difficult to observe directly magnetic field in the solar corona. Then, the magnetic field in the solar corona is usually extrapolated from the photospheric magnetic field in a numerical way. Especially, the nonlinear force-free field (NLFFF) model which can neglect the force except for magnetic pressure dominates the model of magnetic field in the solar corona. In this study, we also calculate NLFFF and reconstruct three-dimensional solar coronal magnetic field, which will lead to understanding of eruptive event in the active region.

The purpose of this study is to reveal the mechanism of occurrence of solar flares which are associated with magnetic reconnection. We focus on NOAA active region 11158 which produced large flares in 2011 February. We calculate three-dimensional solar coronal magnetic field by using MHD relaxation method from the vector magnetograms observed by SDO/HMI, and clarify the relationship between magnetic reconnection and solar flare.

太陽フレアやコロナ質量放出といった太陽活動現象は、磁気エネルギーの解放が原因で起きる。その磁気エネルギーの解放は、太陽コロナ領域での磁気リコネクションをきっかけとして起きていると考えられている。太陽での放出現象を理解するためには、太陽コロナ領域の磁場に関する理解が必要不可欠である。しかし、太陽コロナ領域の磁場を直接観測することは難しく、直接観測が可能な光球面の磁場を用いて太陽コロナ領域の磁場を数値的に求めることで、太陽での放出現象の理解が進められている。特に、磁気圧以外の力を無視できる非線形 force-free 場 (NLFFF) モデルが、太陽コロナ磁場モデルの主流となっている。本研究においても、NLFFF の計算を行い、太陽コロナの三次元磁場を求め、太陽での放出現象の理解につなげていく。

本研究の目的は、磁気リコネクションによる太陽フレア発生のメカニズムを解明することである。本研究では、2011年2月に大きな太陽フレアを引き起こした太陽活動領域 11158 に着目する。SDO/HMI で観測された光球面磁場データから、MHD 緩和法を用いて太陽コロナの三次元磁場を計算し、磁気リコネクションと太陽フレアとの関係を解明していく。

多点観測データによる宇宙プラズマ中の磁気流体乱流解析

西村 仁宏 [1]; 羽田 亨 [2]; 松清 修一 [3]
[1] 九大総理工; [2] 九大総理工; [3] 九大・総理工

Analysis of magnetohydrodynamic turbulence in space using data obtained by multi-spacecraft experiments

Yoshihiro Nishimura[1]; Tohru Hada[2]; Shuichi Matsukiyo[3]
[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] ESST, Kyushu Univ; [3] ESST Kyushu Univ.

Large amplitude magnetohydrodynamic (MHD) waves and turbulence are commonly observed in space plasma environment, in particular, in the solar wind and in the neighborhood of shock waves in space. Using data obtained by multi-spacecraft experiments, one can separate temporal and spatial variations of measured variables. While the number of data points in the time domain can be quite large, that in the spatial domain, which is simply the number of spacecraft, is only a few at most. Therefore, such a sophisticated technique as Capon's method is often used to deal with the data with a short data length.

Since the turbulence contains a large number of waves, it is intrinsically impossible to resolve it using the data containing a small number of data points. However, in the turbulence analysis, what we are interested in is not the separation of turbulence into individual waves, but is in determination of a few macroscopic physical parameters, such as the total power and the power-law index, that describe the nature of the turbulence.

In this presentation, we report the results of our attempt to extract as much information as possible on the given test turbulence spectrum when only a limited number of data points are available. The test turbulence is composed of the power-law distribution with specified total power and the power-law index, superposed with white noise. The accuracy and the robustness of our method of analysis are examined with varying the number of data points, spatial separation of the data points, the number of events, and other external parameters.

宇宙プラズマ中、特に太陽風や衝撃波近傍域には、しばしば大振幅の磁気流体波動（MHD 波動）が存在し、乱流状態となっていることが知られている。これらについて近年、複数の人工衛星による多点観測により時系列および空間系列データを取得し、周波数および波数ドメインの解析を行う試みが行われている。時間に関しては容易に多くのデータが得られるが、空間系列に関してはデータ長が衛星の基数だけであるため、少数データからでも精度よく波数推定のできる Capon 法を用いる等の工夫が行われている。

乱流を極めて多くの単色波動の重ね合わせと考えると、これらの波動の数は観測点（衛星基数）よりもはるかに多い。したがって、どのような解析手法を用いても、個々の波動を空間系列から分離することは原理的に不可能である。しかし我々が興味の対象とするのは乱流を構成する個々の波動ではなく、乱流のエネルギー密度、ベキ指数などのマクロ量の推定である。

本講演では、Fourier 法および Capon 法による少数データ列の解析から、乱流のマクロ量をどの程度正確に推定することができるかを検証した結果を報告する。テストデータとしてはベキ乗則に従う有限振幅波動群とノイズを用い、観測点の数、観測イベント数、観測点間隔などの諸条件を変えることにより、主として乱流のベキ指数とエネルギー密度がどの程度正しく推定できるかを検討する。

Polar cap potential saturation during the Bastille day storm using global MHD simulation

Yasubumi Kubota[1]; Tsutomu Nagatsuma[1]; Mitsue Den[1]; Takashi Tanaka[2]; Shigeru Fujita[3]
[1] NICT; [2] SERC, Kyushu Univ.; [3] Meteorological College

We are developing a real-time numerical simulator for the solar wind-magnetosphere-ionosphere coupling system using next generation magnetosphere-ionosphere coupling global MHD simulation called REPPU (REProduce Plasma Universe) code. The feature of simulation has an advanced robustness to strong solar wind case because a triangular grid is used, which is able to calculate in the uniform accuracy over the whole region. Therefore we can simulate extreme event such as the Bastille day storm. The resolution is 7682 grids in the horizontal direction and 240 grids in the radial direction. The inner boundary of the simulation box is set at 2.6 Re. We investigate the reproduction of the magnetosphere-ionosphere coupling simulation in strong solar wind case. Therefore we compared the simulation results with the observation of the Bastille day storm event (2000/7/15), in which the solar wind velocity is above 1000 km/s and the value of Bz reached -60 nT. Especially, we focus the CPCP saturation and time variation because the CPCP represents the value of magnetospheric - ionospheric convection strength via region 1 current. The CPCP depends on solar wind electric field, dynamic pressure and ionospheric conductivity [Siscoe et al., 2002; Kivelson et al., 2008]. The model of Kivelson et al. [2008] shows a good reproduction to the CPCP variation. However their study assumes that the ionospheric conductivity is constant. The conductivity in our simulation of the Bastille day event is varied by the auroral activity. In this lecture, we discuss the effect of both the auroral conductance and solar EUV-driven conductance to CPCP saturation.

みちびき (QZS) 衛星で観測された表面帯電イベントと磁気圏グローバル MHD シミュレーションの比較

長妻 努 [1]; 松本 晴久 [2]; 久保田 康文 [1]; 中溝 葵 [1]; 古賀 清一 [3]
[1] NICT; [2] 宇宙機構; [3] なし

Comparison between Surface Charging Event from Michibiki (QZS) satellite and space environment data from global MHD simulation

Tsutomu Nagatsuma[1]; Haruhisa Matsumoto[2]; Yasubumi Kubota[1]; Aoi Nakamizo[1]; Kiyokazu Koga[3]
[1] NICT; [2] JAXA; [3] JAXA

The surface of the satellite charges depending on the ambient plasma condition and solar emission (Surface charging). The condition of surface charging changes depending on the condition of ambient plasma and solar emission. During the change of the condition, discharge may happen, and satellite may face on malfunctions. Thus, understanding the current status of the space environment, and forecasting the future condition of that, and showing the risk of spacecraft charging condition is very important for the safety and security of the satellite operation.

We seek to estimate the risk of satellite charging based on the prediction of space environment using the case study of MICHIBIKI satellite, which is on the quasi-zenith orbit. As a first step, we are comparing the space environment data and surface charging data obtained from MICHIBIKI satellite and space environment data obtained from Global magnetospheric MHD simulation. Although the global MHD simulation only produce MHD temperature and density, we need to make an empirical relationship between simulation and observation to obtain the estimated electron and ion temperature and density. In this presentation, we will introduce the results of our data analysis.

衛星の表面は周囲の宇宙環境や太陽光によって帯電する（表面帯電）。表面帯電の状態は宇宙環境の変動や太陽光の状態（日照・日陰）によって変動する。表面帯電の変動に状態によっては放電が生じ、衛星の不具合が生じることがある。そのため、そのため、人工衛星周辺の宇宙環境の状態を把握し、その推移を予測することで個別の衛星の帯電の状態や推移を予測することが、人工衛星を安心・安全に運用していくための重要な取り組みのひとつとなる。

そこで、準天頂軌道を飛行するみちびき衛星に対して、その周囲の宇宙環境を予測し、帯電リスクを推定することを目指している。そのため、まずはみちびき衛星で観測された表面帯電現象時の宇宙環境（磁場・粒子）及び表面帯電データを磁気圏グローバル MHD シミュレーションを比較を行なっている。シミュレーションでは、MHD の温度、密度の情報しか得られないため、これを観測と比較することで、観測量の予測を実現することを目指している、講演では、この取り組みの概要と帯電イベントの解析結果について紹介する。

あけぼの衛星太陽電池劣化から推測する放射線帯プロトンの2次元分布

三宅 互 [1]; 三好 由純 [2]; 松岡 彩子 [3]
[1] 東海大・工; [2] 名大 ISEE; [3] JAXA 宇宙研

A two-dimensional modeling of spatial distribution of trapped protons from solar cell degradation of the Akebono satellite

Wataru Miyake[1]; Yoshizumi Miyoshi[2]; Ayako Matsuoka[3]
[1] none; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] ISAS/JAXA

We have been studying on L-shell distribution of energetic (>10 MeV) protons from solar cell degradation of Akebono satellite orbiting in the inner magnetosphere. We obtained more compact distribution of the trapped protons than given by the AP8 and AP9 models, which we already reported in the previous SGEPS meeting. In our previous study, we assumed that proton flux varies along the field line in the same rate as in the AP8 model. If the flux is more confined around the equator, the L-shell distribution may be possibly widen and the difference from the previous models can be smaller. Thus, we introduce some different variation along the field line and seek the best-fit to observed degradation of solar cells. In our preliminary calculation, we have obtained a better agreement with the actual degradation by employing a model with more confined distributions near the equator only for larger L values. We will further discuss our result by comparing with pitch angle measurement on the Van Allen probe.

中低緯度 Pi2 地磁気脈動に対する昼夜境界効果

今城 峻 [1]; 吉川 顕正 [2]; 魚住 禎司 [3]; Ohtani Shinichi[4]; 中溝 葵 [5]; Demberel Sodnomsambuu[6]; Shevtsov Boris M.[7]

[1] 九大・理・地惑; [2] なし; [3] 九大・イクセイ; [4] なし; [5] NICT; [6] IAG, MAS; [7] なし

Solar terminator effects on middle- to low-latitude Pi2 pulsations

Shun Imajo[1]; Akimasa Yoshikawa[2]; Teiji Uozumi[3]; Shinichi Ohtani[4]; Aoi Nakamizo[5]; Sodnomsambuu Demberel[6]; Boris M. Shevtsov[7]

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [2] ICSWSE/Kyushu Univ.; [3] ICSWSE, Kyushu Univ.; [4] The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory; [5] NICT; [6] IAG, MAS; [7] IKIR, FEB, RAS

In order to understand the propagation mechanism of Pi2 toward the dayside and the equatorial enhancement, it is important to study Pi2 pulsations observed in the dawn and dusk regions that mark the transition between nightside and dayside. One of the most notable features of the dawn and dusk regions is a strong longitudinal gradient of the ionospheric conductivity near the solar terminator. To clarify the effect of the dawn and dusk terminators on Pi2 pulsations, we statistically analyzed the longitudinal phase and amplitude structures of Pi2 pulsations at middle- to low-latitude stations (GMLat = 5.30-46.18) around both the dawn and dusk terminators. Although the H (north-south) component Pi2s were affected by neither the local time (LT) nor the terminator location (at 100 km altitude in the highly conducting E region), some features of the D (east-west) component Pi2s depended on the location of the terminator rather than the LT. The phase reversal of the D component occurred 0.5-1 h after sunrise and 1-2 h before sunset. These phase reversals can be attributed to a change in the contributing currents from field-aligned currents (FACs) on the nightside to the meridional ionospheric currents on the sunlit side of the terminator, and vice versa. The phase reversal of the dawn terminator was more frequent than that of the dusk terminator. The D-to-H amplitude ratio on the dawn side began to increase at sunrise, reaching a peak approximately 2 h after sunrise (the sunward side of the phase reversal region), whereas the ratio on the dusk side reached a peak at sunset (the antisunward side). The dawn-dusk asymmetric features suggest that the magnetic contribution of the nightside FAC relative to the meridional ionospheric current on the dusk side is stronger than that on the dawn side, indicating that the center of Pi2-associated FACs, which probably corresponds to the Pi2 energy source, tends to be shifted duskward on average. Different features and weak sunrise/sunset dependences at the middle-latitude station (Paratunka, GMLat = 46.18) can be attributed to the larger annual variation in the sunrise/sunset time and a stronger magnetic effect because of closeness from FACs. The D-to-H amplitude ratio decreased with decreasing latitude, suggesting that the azimuthal magnetic field produced by the FACs in darkness and the meridional ionospheric current in sunlight also decreased with decreasing latitude. These results are included in published papers by Imajo et al. [2015JGR (doi:10.1002/2013JA019691); 2016EPS (doi:10.1186/s40623-016-0514-1)].

Variation of Schumann resonance parameters at Kuju

Akihiro Ikeda[1]; Teiji Uozumi[2]; Akimasa Yoshikawa[3]; Akiko Fujimoto[4]; Shuji Abe[4]; Hiromasa Nozawa[5]; Manabu Shinohara[6]

[1] KNCT; [2] ICSWSE, Kyushu Univ.; [3] ICSWSE/Kyushu Univ.; [4] ICSWSE, Kyushu Univ.; [5] Kagoshima NCT; [6] Kagoshima National College of Technology

The Schumann resonance (SR) is the global resonance of electromagnetic waves generated by global lightning activity. The resonance is formed by the Earth-ionosphere cavity and the specific resonance frequency appears in ground magnetic field variation. Thus, the SR reflects both global lightning activity and ionospheric conditions and varies considerably with location. In this study, we focused on the variation of the SR parameters at Kuju, Japan (KUJ; M.Lat. = 23.4 degree, M. Lon. = 201.0 degree).

The ground magnetic field variation in the extremely low frequency (ELF) range has been measured by an induction magnetometer at KUJ since 2003. The observation is a part of activities by International Center for Space Weather Science and Education Kyushu University.

The first mode of the Schumann resonance (SR1) around 8 Hz can be seen at KUJ. The SR1 in H (horizontal northward component) shows daily variations with maximum peak around 15 UT throughout the entire period. In the case of D (horizontal eastward component), the SR1 shows its maximum peak around 8 UT.

The three major regions of thunderstorm activity (tropical Asia, Africa and America) affect amplitude of SR. The maximum peak times of the SR1 in H and D are coincident with the enhancement of thunderstorm activity in Africa and Asia, respectively. This can be explained by the geographical location.

中間圏・熱圏での大気微量成分のモデリング研究

藤原均 [1]; 三好 勉信 [2]; 陣 英克 [3]; 品川 裕之 [3]; Liu Huixin[4]; 松村 充 [5]

[1] 成蹊大・理工; [2] 九大・理・地球惑星; [3] 情報通信研究機構; [4] 九大・理・地惑; [5] 名大 ISEE

Modeling studies of the minor constituents in the mesosphere and thermosphere

Hitoshi Fujiwara[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hidekatsu Jin[3]; Hiroyuki Shinagawa[3]; Huixin Liu[4]; Mitsuru Matsumura[5]

[1] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [2] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.; [3] NICT; [4] None; [5] ISEE, Nagoya Univ.

In the mesosphere and thermosphere, some minor constituents contribute to the energy budget of the upper atmosphere through infrared radiations from them, e.g., CO₂ and NO, while some have impacts on ozone chemistry (ozone depletion) and production of the noctilucent cloud, e.g., H₂O and HO_x. It is necessary for understanding chemical and luminous phenomena in the terrestrial upper atmospheres to know behaviors of such minor constituents as well as variations of the major species. NO and HO_x are produced by precipitating particles in the polar mesosphere and thermosphere. One of the recent important research targets is to understand/predict changes in atmospheric energy budget, ion and neutral chemistry, ozone depletion caused by variations of NO and HO_x. Since the transport of minor species depends on the atmospheric dynamics, e.g., global circulation, which shows seasonal and solar cycle variations, we should observe not only the minor species but also precipitating particles and neutral winds. Some modeling studies are also essential. We have started a research project for modeling the minor constituents in the mesosphere and thermosphere to investigate impacts of NO and HO_x on these atmospheric regions with a newly developed chemical model and our GCM. In this presentation, we will show contributions of precipitating electrons and protons with energy of 0.1-1000 keV to ionization of the polar upper atmosphere and production of NO and HO_x from some numerical calculations. In addition, we will introduce the outline of our research project here.

中間圏・熱圏に存在する大気微量成分は、CO₂ や NO のように赤外放射を通じて大気全体のエネルギー収支に影響を及ぼすものや、H₂O, HO_x のように化学反応によってオゾン破壊や夜光雲の生成に寄与するものなどがある。中性大気の変化だけでなく、様々なイオン化学や発光現象を含めた地球・惑星の超高層大気現象を理解する上で、こういった微量成分の挙動を知ることは不可欠である。極域では、オーロラ降下粒子やさらに高エネルギーの粒子の降り込みによって、中間圏・熱圏で NO, HO_x が生成されることが知られている。これらの大気成分の生成量を正確に把握し、エネルギー収支やイオン化学、オゾン破壊にどの程度寄与するのかを知る(予測する)ことは、近年の超高層物理学の重要課題となっている。中間圏・熱圏において、季節や太陽活動によって変化する大気循環の影響下で生成された微量成分は水平、下方に輸送されることから、NO, HO_x そのものや、降下粒子、風速等も加えた総合的な観測やモデリング研究を実施する必要がある。

本研究プロジェクトでは、特に我が国では実施されてこなかったモデリング研究をスタートさせ、既存の大気大循環モデル(GCM)に新たに開発した化学モデルを組み込むことにより、中間圏・熱圏での H₂O, HO_x, NO 変動の推定を試みる。本発表では、0.1-1000 keV のエネルギーを持った粒子(電子、プロトン)が極域超高層大気へ流入した際のイオン生成率、NO, HO_x 等への影響を、いくつかの数値計算の結果とともに示す。また、本研究プロジェクトの概要を紹介する。

国内定常電離圏観測用新型イオノゾンデの導入

西岡 未知 [1]; 加藤 久雄 [2]; 津川 卓也 [1]; 石井 守 [1]
[1] 情報通信研究機構; [2] N I C T

VIPIR2 for routine ionospheric observation in Japan

Michi Nishioka[1]; Hisao Kato[2]; Takuya Tsugawa[1]; Mamoru Ishii[1]
[1] NICT; [2] NICT

National Institute of Information and Communications Technology (NICT) has been observing ionosphere by ionosondes for over 70 years in Japan. At present, four ionosondes at Wakkanai (Sarobetsu), Kokubunji, Yamagawa, Okinawa (Ogimi) are automatically operated and controlled from Tokyo. Ionospheric parameters such as foF2 and foEs are automatically scaled from the ionograms. The scaled parameters are provided through our web site (<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>) and used for monitoring ionospheric disturbances. Currently we are replacing the current 10C type ionosondes with Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar 2 (VIPIR2) ionosondes. VIPIR2 ionosonde can separate the O- and X-modes of ionospheric echoes automatically using an antenna array, which would make it easy and successful to scale the ionogram automatically. As of 2016, hardware of VIPIR2 ionosonde are installed at the four stations. In the presentation, we will report the status of VIPIR2 in Japan and discuss possible collaborations.

情報通信研究機構では、70年以上にわたってイオノゾンデによる電離圏観測を継続実施しており、その観測結果は、電離圏研究の基礎データとして、また、短波帯無線通信等の重要な情報源として活用されている。イオノゾンデ観測システムは幾多の変遷を重ねてきているが、2001年からは「10C型イオノゾンデ」により、国内4観測点（サロベツ、国分寺、山川、大宜見）で観測を続けてきた。また、イオノグラムからfoF2やfoEsなど電離圏主要パラメータを独自開発ソフトウェアで自動導出し、電離圏の現況把握や電離圏擾乱の警報発令に利用するとともに、インターネットで一般に公開している（<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>）。しかし、10C型イオノゾンデでは、正常波と異常波を分離して観測することができないため、自動読み取りを困難にしている。一方、主に米国で開発されてきた Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar 2 (VIPIR2) は、複数のアレイアンテナにより、正常波と異常波の分離観測を可能としている。我々は、国内定常観測用イオノゾンデの後継機として、2014年度より、VIPIR2の導入を進めてきた。2016年2月には、国内4観測点においてハードウェアの設置を完了し試験運用を開始している。また、2016年5月には、サロベツにて10C型イオノゾンデ老朽化運用停止に伴いVIPIR2への先行移行を実施したが、2016年度中には国内4観測点全ての電離圏観測をVIPIR2に移行する予定としている。本講演では、VIPIR2導入作業の進捗を報告するとともに、そのデータの活用方法について議論する。

Investigation of equinoctial asymmetry in the latitudinal variation of scintillation drift and neutral wind

Prayitno Abadi[1]; Yuichi Otsuka[2]; Kazuo Shiokawa[2]; Huixin Liu[3]; Hiroyuki Shinagawa[4]
[1] ISEE, Nagoya Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] None; [4] NICT

We investigate latitudinal variation of zonal scintillation drift for March and September equinox by using three single-frequency GPS receivers, which are spaced closely with mutual distances approximately 100 m in Kototabang (0.2° S, 100.3° E; Mag. Lat.: 9.9° S), Indonesia. The zonal scintillation drift is estimated from cross-correlation analysis of time series of GPS signal intensity among the three receivers. In this study, the latitudinal coverage of observation of zonal scintillation drift ranges from 5° S to 15° S (magnetic latitude). We have collected the zonal scintillation drift data for March and September during 20-24 LT from 2003 to 2015. The latitudinal profile of zonal scintillation drift velocity both for March and September equinox are classified also into moderate and high solar activity levels. We find that the latitudinal gradient of zonal scintillation drift is negative for both March and September and at both moderate and high solar activity levels. The negative gradient indicates that the drift velocity is larger at magnetic equator and that it decreases as increasing the latitude. Our interesting finding is that the latitudinal gradient of zonal scintillation drift velocity in March equinox is more steeper than that in September equinox at both moderate and high solar activity levels. Because the zonal scintillation drift velocity can be assumed to represent the zonal background plasma drift in the nighttime F-region, we can consider that latitudinal shear of zonal background plasma drift in March equinox is more steeper than that in September equinox. Furthermore, the zonal background plasma drift is caused by zonal neutral wind through the F-region dynamo. We then investigate the latitudinal shear of zonal neutral wind velocity for March and September equinoxes, obtained by in-situ measurement from CHAMP satellite, which orbits at altitude of ~ 400 km, from 2001 to 2005. We find the latitudinal gradient of zonal neutral wind for both March and September equinox are negative at both moderate and high solar activity levels. Interestingly, we also find that the latitudinal gradient of zonal neutral wind is more steeper in March equinox than that in September equinox at both moderate and high solar activity levels. We find also the equinoctial asymmetry in the latitudinal variation of zonal neutral wind. We, thus, conclude that the equinoctial asymmetry of zonal scintillation drift in the F-region could be attributed to the equinoctial asymmetry of neutral wind in the upper atmosphere. To discuss more details, we will compare our observational results with the plasma drift and neutral wind velocity calculated from GAIA model which is a numerical simulation model for the whole global atmosphere.

4次元デジタル地球儀 Dagik Earth のための球面マルチタッチパネルの開発

増田 花乃 [1]; 小山 幸伸 [2]
[1] 大分高専・情報; [2] 大分高専

Development of the spherical multi touch panel for four dimensional digital globe Dagik Earth

Hanano Masuda[1]; Yukinobu KOYAMA[2]
[1] info,OitaNCT; [2] ONCT

In the past, some controller such as keyboard, mouse, track-ball, wii remote controller, and so forth are used, but more intuitive controller is needed.

We present the current development status for the spherical multi touch panel for four dimensional digital globe Dagik Earth.

近年、日本の学術研究において、アウトリーチが特に重要視されている。日本学術振興会による科学研究費助成事業の調書のフォーマットに、研究成果を社会・国民に発信する方法の項目が増えたことにより、多くの研究におけるアウトリーチ活動の可能性が期待されている。また、東日本大震災や熊本大分地震において、地球環境の可視化に専門家のみならず、大人から子供に至るまで一般市民の地球環境に関する注目を集めており、市民がより身近にそれらを学習するためのツールが必要とされている。これを解決する手段として、Dagik Earth は有効である。これまで、Dagik Earth 用のコントローラーとして、キーボード、マウス、トラックボール、Wii リモコンな、様々なコントローラーが試行されてきたが、それらより直観的な操作を可能とするコントローラーが望まれる。本発表では、Dagik Earth 用マルチタッチパネルの開発の進捗状況を報告する。