

宇宙天気事象時に低緯度電離圏へ侵入する電場の夕方異常

菊池 崇 [1]; 橋本 久美子 [2]; 海老原 祐輔 [3]; 富澤 一郎 [4]; 田中 高史 [5]; 長妻 努 [6]
[1] 名大 STE 研; [2] 吉備国大; [3] 京大生存圏; [4] 電通大・宇宙電磁環境; [5] 九大・宙空センター; [6] NICT

Evening anomaly of the penetration electric fields at low latitude during space weather disturbances

Takashi Kikuchi[1]; Kumiko Hashimoto[2]; Yusuke Ebihara[3]; Ichiro Tomizawa[4]; Takashi Tanaka[5]; Tsutomu Nagatsuma[6]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] KIU; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [5] SERC, Kyushu Univ.; [6] NICT

In this paper, we show evening anomalies of the penetration electric field during the geomagnetic sudden commencements (SC) as measured by the UEC HF Doppler sounder. The HF Doppler frequency deviations of the SC, SCF, are composed of the PFD (preliminary frequency deviation) and MFD (main frequency deviation) corresponding to the preliminary impulse (PI) and main impulse (MI) of SC, respectively. The SCF is (+ -) in the daytime and evening and (- +) in the nighttime. We found that the electric fields in the evening are significantly enhanced with the same polarity as in the daytime. To clarify the property of the SC electric fields, we reproduced the ionospheric electric fields with the global MHD simulation that employs the potential solver as an inner boundary condition of the MI coupling. The reproduced SC electric fields are composed of the preliminary impulse and main impulse, consistent with the HF Doppler observations. Furthermore, the reproduced PI and MI electric fields have the evening anomaly with significant intensification. The good agreement between the simulation and observation tells us that the evening anomaly is due to the asymmetric distribution of the electric potentials caused by the Hall effects and day-night asymmetry of the ionospheric conductivity. We found that the electric fields of the PC5 pulsations and DP2 fluctuations have the similar local time features with the evening anomaly. Consequently, the electric field supplied by the field-aligned currents is subject to the evening anomaly with significant intensification, no matter how the time scale of the disturbances is. The evening enhancement of the penetration electric field would play a crucial role in the ionospheric storms at low latitude.

地磁気日変化に見られる電離圏・下部熱圏における長期変動特性

新堀 淳樹 [1]; 小山 幸伸 [2]; 能勢 正仁 [3]; 堀 智昭 [4]; 大塚 雄一 [5]
[1] 京大・生存研; [2] 融合研究センター
; [3] 京大・理 地磁気センター; [4] 名大 STE 研; [5] 名大 STE 研

Characteristics of long-term variation in the ionosphere and lower thermosphere as seen in the Sq variation

Atsuki Shinbori[1]; Yukinobu KOYAMA[2]; Masahito Nose[3]; Tomoaki Hori[4]; Yuichi Otsuka[5]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] TRIC; [3] DACGSM, Kyoto Univ.; [4] STE lab., Nagoya Univ.; [5] STEL, Nagoya Univ.

In order to investigate characteristics of the long-term variation in the ionosphere and lower thermosphere, we analyzed the amplitude of geomagnetic solar quiet (Sq) field daily variation using 1-h geomagnetic field data obtained from 69 geomagnetic stations within the period of 1947 - 2013. In the present data analysis, we took advantage of the Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) products (metadata database and analysis software) for finding and handling the long-term observation data obtained at many observatories. The Sq amplitude observed at these geomagnetic stations showed a clear solar activity dependence and tended to be enhanced during each solar maximum phase. The Sq amplitude was the smallest around the minimum of solar cycle 23/24 in 2008 - 2009. This significant depression implies that the solar extreme ultraviolet (EUV) radiation responsible for ionization of the upper atmosphere decreased during this solar cycle minimum. In order to examine a global distribution of the long-term trend in the Sq amplitude, we derived the residual Sq amplitude from the deviation from the fitting curve between the solar F10.7 index and Sq amplitude. As a result, a majority of the trends in the residual Sq amplitude showed negative values over a wide region. This tendency was relatively strong in Europe, India, the eastern part of Canada, and New Zealand. Moreover, we estimate the neutral wind in the lower thermosphere from the Sq amplitude and height-integrated ionospheric conductivity in order to know the physical mechanism of the long-term trend in the residual Sq amplitude. As a result, the estimated thermospheric zonal and meridional winds showed a seasonal variation with a period of one year or less, but the solar activity dependence was unclear. This result suggests that the solar cycle dependence of the Sq amplitude may be mainly attributed to the variation of the ionospheric conductivity.

GAIA を用いたプラズマバブル出現確率予測

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

Prediction of occurrence probability of plasma bubbles using GAIA

Hiroyuki Shinagawa[1]; Hidekatsu Jin[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hitoshi Fujiwara[3]; Tatsuhiro Yokoyama[1]
[1] NICT; [2] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.; [3] Faculty of Science and Technology, Seikei University

In the forecast of ionospheric disturbances, it is important to predict mesoscale ionospheric phenomena such as plasma bubbles, sporadic E layers (Es), and Storm Enhanced Density (SED), which have significant influences on radio communication and broadcast systems. Prediction of those phenomena requires real-time observation and a high-resolution numerical model of the ionosphere and atmosphere. We have been developing a whole atmosphere-ionosphere coupled model, GAIA (Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy), which self-consistently solves the entire region from the lower atmosphere to the ionosphere. Although present version of GAIA does not have enough spatial resolution to reproduce the structures of plasma bubbles, we found that it is possible to deduce their occurrence probabilities by estimating occurrence conditions in the model. We have performed a long-term simulation using GAIA covering a period from 1996 to 2014. Using the database we estimated occurrence probability of plasma bubbles. We will discuss the result of occurrence probability of plasma bubbles obtained by simulation data by comparing with observed data. We will also discuss the possibility of prediction of plasma bubble occurrence.

プラズマバブルやスポラディック E 層、SED (Storm Enhanced Density) などの電離圏擾乱現象は、通信、放送、測位などに障害を起こすため、宇宙天気予報における最重要課題の一つとなっている。これらの現象は、一般に水平スケールが数 100km 以下のメソスケール現象であり、その予測には、リアルタイム電離圏観測と高精度の大気圏・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た全大気圏-電離圏結合モデル (GAIA: Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy) を開発している。現在の GAIA は、これらの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が、プラズマバブルについては背景場から線形成長率を見積もることにより、発生しやすさを推定できる可能性がある。今回我々は、1996 年から 2014 年までの長期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確率を求めた。本発表では、これまでのプラズマバブルの観測との比較結果について報告し、発生確率予測に向けた課題を議論する。

ひまわり8号衛星による高エネルギー電子の観測と変動予測

坂口 歌織 [1]; 長妻 努 [2]
[1] 情報通信研究機構; [2] NICT

High-energy electron observations by the Himawari-8 satellite and its application to the space weather forecast

Kaori Sakaguchi[1]; Tsutomu Nagatsuma[2]
[1] NICT; [2] NICT

The geostationary environmental observing satellite named Himawari-8, which was launched in October 2014, starts observation of high-energy particles by the space environment data acquisition monitor (SEDA). SEDA is equipped for the purpose of the satellite housekeeping data acquisition, which measures proton and electron fluxes at energy ranges of 15 to 100 MeV and 0.2 to 5 MeV, respectively. The quasi-realtime data has been provided from Japan Metrological Agency (JMA) to NICT since January 2015. The electron data is significant for the nowcasting and forecasting of the Van Allen radiation belt variation at geostationary orbit (GEO) just over Japan. The numerical prediction of the flux variation can be estimated by inputting the quasi realtime data into the multivariate autoregressive model. The forecast information must be useful for the planning of the satellite operation to mitigate the risk of the anomaly by deep-dielectric charging. In the presentation, we will show the electron flux variation during the St. Patrick storm in March 2015 and a following storm in June 2015. The hourly prediction model of the 1 MeV electron flux at the Himawari orbit and its validation result will be also introduced.

太陽風予測モデル SUSANOO-SW の予測精度改良の試み

山野内 雄哉 [1]; 塩田 大幸 [2]; 草野 完也 [3]
[1] 名大・STEL; [2] 名大STE研; [3] 名大STE研

Attempt of Quantitative improvement of Solar Wind Prediction Model
"SUSANOO-SW";

Yuya Yamanouchi[1]; Daikou Shiota[2]; Kanya Kusano[3]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

In recent years, our group have developed a space weather prediction model: SUSANOO (Space-weather-forecast-Usable System Anchored by Numerical Operations and Observations), which can predict fluctuation of high-energy electrons in the radiation belt based on minimal input, real-time observation of the solar photospheric magnetic field. SUSANOO's solar wind model (SUSANOO-SW) [Shiota et al. (2014)] is the MHD simulation reproducing three-dimension structure of solar wind in the inner heliosphere with magnetic field model and empirical model for the solar surface magnetic field data. The calculated time profiles of solar wind velocity and interplanetary magnetic field (IMF) at positions of planets agreed with observed ones in solar minimum (2007-2009): the correlation coefficients of yearly time profiles of velocity and IMF ranges 0.54-0.73 and 0.40-0.58, respectively [Shiota et al. (2014)]. It can be interpreted that this model can reproduce well the solar wind's global structure. However, when we focused on shorter time scale variation (period of one rotation), we see sometimes disagreements.

We tried to improve the solar wind model to capture shorter timescale variation, focusing on the series of daily synoptic maps that is the unique input of SUSANOO-SW. The observational data are incomplete because only the area that we can observe, i.e., the earth-side hemisphere is filled by latest observation. The unobservable area is filled by the past observations. We examined the influence of the interpolation to the accuracy of the modeled profiles, modifying the series of synoptic maps of the solar photospheric magnetic field using ones after 8 days. As the result, the modified model results are slightly better than original results in some cases.

近年我々のグループでは、太陽表面磁場のリアルタイム観測データのみを入力として放射線帯の高エネルギー電子の変動を予測する宇宙天気予測モデル SUSANOO (Space-weather-forecast-Usable System Anchored by Numerical Operations and Observations) を開発した。SUSANOO の太陽風モデル (SUSANOO-SW) [Shiota et al. (2014)] は、太陽表面磁場観測データに磁場モデル・経験モデルを適用し、内部太陽圏の太陽風の三次元構造を再現する MHD シミュレーションである。SUSANOO-SW で再現した太陽極小期 (2007-2009 年) の太陽風の惑星の位置での時間変動を 1 年単位の比較で評価を行ったところ、磁場の相関係数が 0.54~0.73、速度の相関係数が 0.40~0.58 と太陽風の in situ 観測をよく再現した [Shiota et al. (2014)]。これは、グローバルな太陽風構造の再現性の良さが数字として現れたと理解できる。しかし、より短い時間スケールの詳細な比較を行うと、一部の再現結果が外れていることが確認される。

本研究では、より短い時間スケールの変動をとらえるようにモデルの改良を試みた。そこで着目したのは SUSANOO-SW の唯一の入力である太陽表面磁場の観測データである。磁場観測データは、現在、地球側の半球しか観測できず、地球の反対側は過去のデータを用いて補間しているためデータとして不完全である。そこで我々は、この磁場観測データの不完全な部分が、結果にどれほど影響が及ぶかを以下の手法で評価した。8 日後の磁場データを用いて入力データの補完部分を再構成することで、従来のモデルからの変化を調べた。その結果、従来のモデルと比較して観測結果の再現性が良くなる場合があることが見出された。講演では、改良後の結果が観測に近づく場合とそうでない場合に関して、それぞれ磁場構造の分析結果について報告する。

史料に見える中世極大期

早川 尚志 [1]; 玉澤 春史 [2]
[1] 京大・文・西南アジア史; [2] 京大・理・附天

The medieval maximum recorded in historical documents

Hisashi Hayakawa[1]; Harufumi Tamazawa[2]
[1] Histories, Kyoto Univ.; [2] Kwasan Obs, Kyoto Univ

<http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/~hayakawa/>

Records of observations of sunspots and auroras in pre-telescopic historical documents can provide important information about solar activities in the past era. This is also the case for extreme space weather events, as they may have been recorded as naked-eye sunspots or low-latitude auroras. In this presentation, we are to show the results of a comprehensive survey of records of sunspots and auroras in the Songshi, a Chinese formal chronicle spanning 960 to 1279, to examine the traces of the medieval maximum (1100-1250) that is known from the research of comparisons of radioactive isotopes. A brief comparison of the frequency of solar activity during corresponding periods is to be carried out to show how this kind of historical approach is valid for research of the past solar activity.

年輪中炭素 14 濃度の高精度分析によるマウンダー極小期の宇宙線 22 年周期変動の 検出について

宮原 ひろ子 [1]; 堀内 一穂 [2]; 門叶 冬樹 [3]; 森谷 透 [3]; 片岡 龍峰 [4]; 横山 祐典 [5]
[1] 武蔵野美大・教養文化; [2] 弘前大・理工; [3] 山形大・理; [4] 極地研; [5] 東大・大海研

Detection of the 22-yr cycles of GCRs at the Maunder Minimum with high precision measurement of carbon-14 in tree rings.

Hiroko Miyahara[1]; Kazuho Horiuchi[2]; Fuyuki Tokanai[3]; Toru Moriya[3]; Ryuho Kataoka[4]; Yusuke Yokoyama[5]
[1] Humanities and Sciences, Musashino Art Univ.; [2] Hirosaki Univ.; [3] Yamagata Univ.; [4] NIPR; [5] AORI, Univ. Tokyo

Annually resolved records of beryllium-10 content in ice cores have revealed significant amplification of the 22-year cycles in the incident galactic cosmic rays around the Maunder Minimum (AD1645-1715). Since the solar cycles were lengthened to be about 14 years during the Maunder Minimum, the length of the Hale cycles were 28 years. Beryllium-10 record show annual-scale 40% enhancement in the flux near the solar minima, but only at the phases solar polarity is negative.

In order to determine the absolute ages of the GCR events and to determine the precise flux, we have been conducting high precision measurements of carbon-14 content in tree rings using the Accelerator Mass Spectrometer. We show the preliminary results of the measurements, and discuss the feature of the GCR variations at the deep solar minimum.

A humid climate in central Japan at the end of the Little Ice Age

Wataru Sakashita[1]; Hiroko Miyahara[2]; Yusuke Yokoyama[3]; Takeshi Nakatsuka[4]; Takahiro Aze[1]; Yasuharu Hoshino[5]; Motonari Ohyama[6]; Hitoshi Yonenobu[7]; Keiji Takemura[8]

[1] AORI, Univ. Tokyo; [2] Humanities and Sciences, Musashino Art Univ.; [3] AORI, Univ. Tokyo; [4] RIHN; [5] Nara National Research Institute for Cultural Properties; [6] Botanical Gardens, Tohoku Univ.; [7] Naruto Univ. Education; [8] Beppu Geo. Res. Lab., Kyoto Univ.

Physical processes between solar variability and climate system have been discussed for various time scales. Previous studies have proposed that the decrease of the Northern Hemisphere temperature during the Little Ice Age (LIA) can be caused by the grand solar minimums. Paleoclimate proxy and climate modelling studies have reconstructed Asian precipitation during the LIA. While proxy-based precipitation reconstructions at low latitudes are consistent with the climate model simulations, some disagreements are found at mid latitudes. This may indicate that the climate models cannot reconstruct the latitudinal atmospheric circulation during the LIA. Therefore, further rainfall reconstructions at northern limit of Asian monsoon are needed to shed light on physical processes between solar variability and climate system. Here, we reconstruct the early summer hydroclimate variability from tree-ring cellulose oxygen isotopes ($d^{18}O$) in central Japan from AD 1600 to 1959. Our results revealed that the reconstructed early summer precipitation increased during the LIA, and an extreme humid period occurred during the early 19th century. This mainly corresponds to the extreme cold period in the Asian summer temperature reconstruction. In this paper, we report the comparison of tree-ring $d^{18}O$ and the simulated precipitation, and the cause of a long-term hydroclimate variation in central Japan.

これまで太陽活動変動が気候システムに影響する物理機構は、様々な時間スケールで議論されてきた。その中でも小氷期と呼ばれる14世紀から19世紀前半の全球的な気温の低下は、太陽活動が原因の1つと考えられている。小氷期におけるアジア地域の降水量は、古気候プロキシおよび降水モデルから推定されているが、低緯度地域に比べ、中緯度地域では古気候プロキシと降水モデルとの推定結果に違いがあり、緯度方向の大気循環をうまく再現できていない可能性がある。したがって、太陽活動がアジアの気候システムに与える物理機構に制約を加えるためには、さらなるアジアモンスーン域の北限地域での降水量復元が必要である。本研究では、AD 1600から1959年までの中部日本の年輪セルロス中の酸素同位体比から、小氷期時の初夏の降水量復元を行った。その結果、小氷期の中部日本では、気温の低下時に降水量が現在よりも増加しており、その中でも19世紀前半に顕著な湿潤化が確認された。本発表では、さらに先行研究の降水モデル結果との比較や、中部日本の降水量の長期変動の要因について報告する。

Triggering process of the X1.0 confined flare in the great active region NOAA 12192

Yumi Bamba[1]; Kanya Kusano[2]; Satoshi Inoue[3]; Daikou Shiota[4]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] MPS; [4] STEL, Nagoya Univ.

In this study, we clarify the triggering process of the X1.0 flare produced in the great active region (AR) 12192 on 2014 October 24. AR 12192 had very complicated magnetic structure and six X-class flares occurred in the AR. The AR showed complicated shape of the polarity inversion lines (PILs), and the X1.0 flare produced three flare-ribbons unlike the standard two-ribbon flare. However, it was a *confined flare* which does not produce any CMEs.

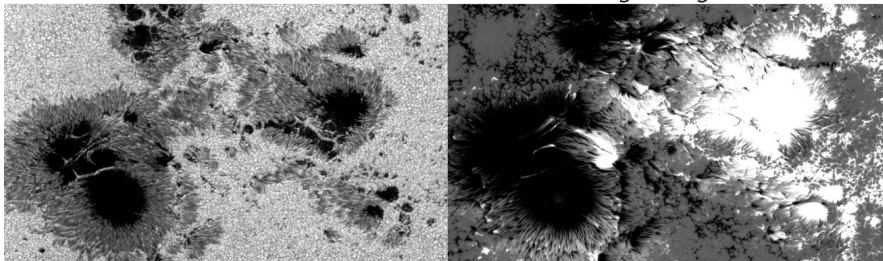
We analyzed magnetic field data and coronal/chromospheric images obtained by Hinode and SDO. We superposed strong coronal/chromospheric emission contours on magnetic field images, and investigated the spatio-temporal correlation between them. We also investigated the non-potentiality by measuring the angle between the potential field and the transverse field. We compared the observed features and the coronal magnetic field lines, which were extrapolated by the NLFFF method (Inoue+2014), in order to clarify the trigger process of the flare.

As a result, we identified the *flare-trigger field* of the X1.0 flare, and found that the triggering process was two-step from the preceding C9.7 to the X1.0 flare. The triggering process of the flare can be explained by the model of the Reversed Shear (RS) type proposed by Kusano+2012. We also found that the flare-trigger field was located slightly off of the PIL although the numerical simulation of Kusano+2012 assumed the flare-trigger field just above the PIL. Therefore, our results indicate that a RS-type flare-trigger can work even if the flare-trigger field is displaced from the PIL. Moreover, we discussed the causality between the two-step flare-trigger process and CMEs by considering the critical height of the torus instability. We propose that both the stable condition to the torus instability and the RS-type flare-trigger process could contribute to prohibiting these flares from erupting.

AR NOAA 12192 on 2014 October 25

continuum

line-of-sight magnetic field



© NAOJ, ISAS/JAXA

NICT 新太陽電波望遠鏡－3

久保 勇樹 [1]; 岩井 一正 [1]; 亘 慎一 [1]; 石橋 弘光 [1]; 石井 守 [1]
[1] 情報通信研究機構

New solar radio telescope in NICT-3

Yuki Kubo[1]; Kazumasa Iwai[1]; Shinichi Watari[1]; Hiromitsu Ishibashi[1]; Mamoru Ishii[1]
[1] NICT

Solar radio observations are important to detect the shock wave formation and the particle acceleration in the solar corona. The MHz range radio waves are useful to estimate shock strength and speed, which is essential parameter in space weather forecasting. The GHz range radio waves are useful for studying high energy phenomena such as particle acceleration in solar flares. Recently, a lot of high time and frequency resolution solar radio spectrographs have been developed all over the world. These high resolution solar radio observations have the potential to advance the study of fine structures and occurrence mechanisms of solar radio burst. NICT has developed wide band (70MHz-9GHz) and high resolution (8msec) solar radio telescope for space weather forecasting and for obtaining science data. In this presentation, we introduce current status of development of NICT new solar radio telescope.

太陽電波観測は、太陽フレア／CMEの発生に伴う衝撃波の形成や粒子加速の情報をいち早く察知するために有効な観測である。特にMHz帯の電波は、コロナ中の衝撃波の発生やその強さ、伝搬速度などを推定するためによく使われており、地上の電波望遠鏡で観測することができることからリアルタイム性が重要である宇宙天気予報を行う上で重要な観測である。また、GHz帯の電波は太陽フレアに伴って加速された電子が作るシンクロトロン放射等を観測しているため、フレアによる粒子加速などのコロナ中の高エネルギー現象の研究などに良く使われる。近年、高時間・高周波数分解能太陽電波観測が世界各地で行われるようになった。このような高時間・高周波数分解能太陽電波観測は、今まであまり行われてこなかった太陽電波バーストの微細構造に関する研究や、バーストの発生機構に関する研究を飛躍的に進歩させる可能性を秘めており、精力的に研究が進められつつある。情報通信研究機構では、宇宙天気予報および太陽コロナ中での高エネルギー現象の科学研究のための基礎データの取得を目的として、超広帯域(70MHz-9GHz)をカバーする高時間・高周波数分解能太陽電波望遠鏡の開発を進めている。本発表は、NICT新太陽電波望遠鏡開発の現状と、試験観測中に観測された電波バーストのデータを紹介する。

電波による太陽活動の長期観測とその評価方法

岩井 一正 [1]; 篠原 徳之 [2]; 久保 勇樹 [1]; 下条 圭美 [3]; 南谷 哲宏 [2]; 齋藤 正雄 [2]
[1] 情報通信研究機構; [2] 国立天文台・野辺山; [3] 国立天文台・チリ観測所

Observation of solar cycles using radio wavelength and its evaluation

Kazumasa Iwai[1]; Noriyuki Shinohara[2]; Yuki Kubo[1]; Masumi Shimojo[3]; Tetsuhiro Minamidani[2]; Masao Saito[2]
[1] NICT; [2] NRO, NAOJ; [3] Chile Observatory, NAOJ

Long-term monitoring observation of the Sun provides the basic data for investigating the variation of the solar activity. The solar radio emission in the micrometer range is thought to be generated between the upper chromosphere and the corona. Hence, the total flux of the solar radio emission in this wavelength range has been widely used as an indicator of the solar activity. Especially, a F10.7 index, which is a total radio flux of the Sun at 2.8 GHz (wavelength is 10.7cm), have been widely used in the solar and geophysical studies. In Japan, the F10.7 index has been observed by National Institute of Information and Communications Technology (NICT) in Hiraiso. In addition, the Nobeyama Radio Polarimeters (NoRP) have been continuously observed the total solar flux at 1.0, 2.0, 3.75, and 9.4 GHz for more than 60 years. The continuous observation of them will be a useful data to study the variation of the solar activity that has about 11 years cycle and its influence to the upper atmosphere of the Earth. The total solar flux monitors are usually optimized to the solar observation. Hence, it is difficult to calibrate the system by using the radio standard sources. On the other hand, the solar cycle studies require the highly accurate continuous observation up to 0.1 to 1 %. In this study, we developed standard horn antennas and evaluated the accuracies of the solar radio total flux monitors.

We fabricated a standard pyramidal horn that observes at 3, 9, and 17 GHz bands. This horn antenna can switch the observation band by changing the cartridge type coaxial waveguide adapters. The developed horn antenna was calibrated in the large-scale anechoic chamber of NICT. This anechoic chamber is a fully anechoic room (FAR) and its room size is 23.4m and 11.9m. This large-scale chamber enables us to approximate the experimental condition as a far-field. We calibrated the horn antennas using the well calibrated standard antenna. We also examined the so-called three antenna method that uses three different antennas. Our experimental results indicate that the actual gains of the developed antenna are within 0.5 dB from the designed value. Then, we examined the accuracy of the total flux of the NoRP at 3.75 and 9.4 GHz using the horn antenna. For further study, we will develop more horn antennas that can observe the lower frequency range and extend the calibration frequency band.

太陽の長期モニタリング観測は太陽活動の変動を理解するための基礎情報である。太陽活動の指標の一つとしてマイクロ波帯域の太陽電波強度が挙げられる。この帯域の太陽電波は彩層上部からコロナにかけての領域から放射され、太陽活動度の良い指標とされている。特に 2.8GHz 帯域 (波長 10.7cm) の電波強度 F10.7 は、太陽のみならず地球電磁圏環境でも広く用いられている。日本では情報通信研究機構 (NICT) の平磯太陽観測施設において F10.7 の観測が行われてきた。加えて野辺山強度偏波計 (以下、偏波計) は、観測周波数 1GHz から 9GHz 帯の太陽電波定常観測が 60 年以上に渡って行われてきた。これらの観測データは約 11 年の周期を持つ太陽活動の変動やその地球環境への影響を評価するためにも有用なデータである。マイクロ波の太陽電波強度計は太陽観測に特化しており、太陽以外の天体の観測には適さない。よって電波強度が既知の標準天体を用いた一般的な較正は難しい。一方で、近年必要とされる太陽活動変動の検出精度は 0.1 から 1% の桁であり、高精度な定常観測であることが求められている。そこで本研究では、これら太陽電波観測装置の精度の検証を行った。

本研究では、新たに較正用の標準ホーンアンテナを作製した。このホーンアンテナは、同軸導波管変換器への接合部分を取り換えることで 3GHz、9GHz、17GHz 帯に対応した標準ホーンになる。このホーンを情報通信研究機構 (NICT) が所有する大型電波暗室を用いて較正した。NICT 大型電波暗室は室内空間寸法で縦 23.4m、横 11.9m の 6 面電波暗室であり、本研究で扱うほとんどの周波数帯域で遠方界近似が成り立つ。計測には、既に利得が計測されたアンテナと開発したホーンアンテナに同じ距離から同じ信号を受信させ出力を比較することで利得を決定する置換法と、ホーンアンテナを含む 3 つのアンテナで送受信を繰り返し、出力を比較することで利得を決定する 3 アンテナ法という 2 種類の測定方法を用いることで、厳密な利得の計測を可能とした。測定の結果、開発したホーンアンテナの利得は設計値から ± 0.5 dB 未満であることが分かった。その後、較正されたホーンアンテナを用いて、偏波計の 3.75、9.4GHz バンドの精度検証実験を行った。今後はより低い周波数のホーンを開発し、較正可能周波数を拡張する予定である。

NICTにおける電離圏監視システムおよび電離圏嵐の基準策定

西岡 未知 [1]; 陣 英克 [1]; 津川 卓也 [1]; 加藤 久雄 [2]; 斎藤 亨 [3]; 石井 守 [1]
[1] 情報通信研究機構; [2] N I C T; [3] 電子航法研・航法システム

NICT real-time ionospheric observation system and propose of ionospheric storm scales

Michi Nishioka[1]; Hidekatsu Jin[1]; Takuya Tsugawa[1]; Hisao Kato[2]; Susumu Saito[3]; Mamoru Ishii[1]
[1] NICT; [2] NICT; [3] NAV Department, ENRI

National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Japan has developed real-time observation system of ionospheric total electron content (TEC) using GEONET data, which is a ground-based GPS network in Japan. High resolution TEC maps are available through the web site (<http://seg-web.nict.go.jp/GPS/GEONET/>). NICT has also conducted ionosondes observations over Japan. Some parameters, such as foF2 and h'F, are automatically scaled and available in real-time (<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>). Using these real-time ionospheric data, we are developing a real-time warning system for ionospheric storms. However, ionospheric storms have no clear definition. The criterion of ionospheric storms cannot be defined in a simple way, probably because ionospheric parameters largely depend on local time, season, and location. It would be necessary to investigate the ionospheric parameters statistically in order to define the criterion of ionospheric storms. In this study, we analyzed TEC and foF2 for about 20 years. In this presentation, we propose the criterion of ionospheric storms, which does not depend on local time, season, and location based on the statistical study.

情報通信研究機構 (NICT) では、国土地理院の国内地上 GPS 受信機観測網 (GEONET) のデータを活用し、日本上空における電離圏全電子数 (Total Electron Content: TEC) や電離圏擾乱度等の高空間・高時間分解能 2 次元観測が行われている (<http://seg-web.nict.go.jp/GPS/GEONET/>)。2015 年度には、数分以内の遅延で TEC を監視するリアルタイム TEC 監視システムの運用も開始された。また、NICT では長年にわたりイオノゾンの定常観測を行っており、F 層臨界周波数 (foF2) などのパラメータの読み取りを自動化することで、リアルタイム電離圏観測を実現されている (<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>)。

NICT では、これらのリアルタイム電離圏観測データを用い、電離圏正相嵐や負相嵐などの電離圏嵐警報を出す取り組みが行われている。しかし、電離圏嵐を定義する明確な基準はない。TEC や foF2 は地方時や季節、地域に大きく依存するため、電離圏嵐の基準を策定するためには統計的な解析が必要となる。そこで本研究では、GEONET の TEC 観測が本格的に始まった 1997 年以降の約 6,500 日分の TEC および foF2 の各パラメータを統計解析し、電離圏嵐の基準策定を行った。その結果、各パラメータの過去 27 日メディアン値をリファレンスとし、リファレンス値からの差分の比率を基準パラメータとするのが適していることがわかった。次に、本基準パラメータの標準偏差を地方・季節・日本の緯度帯ごとに求め、基準パラメータが標準偏差の何倍になるかによって、正相嵐・負相嵐それぞれ 3 段階の電離圏嵐を定義した。その結果、日本国内において TEC で定義される電離圏嵐と foF2 で定義される電離圏嵐はほぼ一致し、地方時や季節、緯度帯に依存しない電離圏嵐の基準を策定することに成功した。

シミュレーションによる最新のサブストーム像

海老原 祐輔 [1]; 田中 高史 [2]
[1] 京大生存圏; [2] 九大・宙空センター

Recent progress in the simulation study of a substorm

Yusuke Ebihara[1]; Takashi Tanaka[2]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] SERC, Kyushu Univ.

Akasofu (1964) described the global morphology of a substorm. Since then, a number of studies have been accomplished to explain the substorm. If discrete auroras are a manifestation of upward field-aligned current (FAC), generation of the FAC will be a key in understanding the substorm. Many explanations are based on the current continuity condition derived from the force balance equation, but the current continuity condition is insufficient for understanding the generation of FAC. We should consider the vorticity of magnetospheric plasma. The vorticity of plasma is governed by force, so that we should take into account consideration overall space from the solar wind. Since the ionosphere is a load (a sink of electromagnetic energy), the ionosphere must be connected with a dynamo (a source of electromagnetic energy) in the magnetosphere. A current line is not always parallel to a magnetic field line because of the presence of diamagnetic current. Based on the result recently obtained by the global magnetohydrodynamics (MHD) simulation, we propose a scenario to explain the auroral substorm in terms of vorticity, dynamo, and force.

経度方向に伸びるオーロラ・アークの一部が急激に光り出し、極方向、東西方向に明るいオーロラの領域が広がるというオーロラ・サブストームの発達過程を詳細に記述したのは Akasofu (1964) が最初だと思われる。明るいオーロラの原因は上向きの沿磁力線電流であるから、上向き沿磁力線電流の起源を知ることがオーロラ・サブストームを理解することに繋がる。現在、有力視されている仮説の一つが楔型電流 (current wedge) モデルである。磁気圏尾部を西向きに流れる電流を真夜中付近で分断し、電流を磁力線方向に分岐させるという考え方である。このモデルでは電流の連続性の観点で沿磁力線電流を捉えているが、沿磁力線電流の生成を説明するには不十分である。沿磁力線電流の時間発展に直接寄与するプラズマの渦度を考えるべきである。プラズマの渦度はローレンツ力とプラズマ圧勾配による力学で決まることから、部分ではなく全体構造を考えなければならない。また、電離圏は電磁エネルギーが消費される負荷であるから、ダイナモと電流線によって接続しなければならない。プラズマシートなどプラズマ圧が高い領域では反磁性電流が強く流れているため、電流線と磁力線は必ずしも平行にならない。以上のように、渦度、ダイナモ、力学の三つの基本を満足するモデルが求められるが、観測結果から構築することは難しい。そこでシミュレーションが威力を発揮する。本講演では、グローバル電磁流体 (MHD) シミュレーションの結果を解析することで得られた最新のサブストーム像を紹介する。シミュレーションで得られたオーロラ・サブストームは以下のとおりである。(1) 成長相において南北方向、東西方向のアークが高緯度から低緯度方向にドリフトし、一部が静穏アーク (quiet arc) に接する。これらのアークは高緯度磁気圏の構造と動きを反映している。(2) 地球近傍中性線 (near-Earth neutral line) の生成に伴って発生した磁気張力によってプラズマが地球方向に加速し、ブレーキングによって一部が磁力線に沿って地球方向に進む。赤道面から離れた地球近傍でプラズマ圧が高まり、Region 1/2 型の沿磁力線電流を作る。この電流が電離圏に接続すると初期増光 (initial brightening) が始まる。(3) 引き続き尾部からプラズマが供給され、内部磁気圏のプラズマ圧を高める。これが地球近傍ダイナモ (near-Earth dynamo) を増強し、強い Region 1 型の沿磁力線電流を作る。一方、電離圏ホール伝導度の勾配により上向き沿磁力線電流が微細化する。これが西方向移動サージ (westward traveling surge) となる。楔型電流線 (current wedge) モデルと異なり、初期増光及び西向き移動サージから伸びる電流線は地球近傍ダイナモを経てカスプ・マントルダイナモに繋がる。強い反磁性電流のために西向きに流れる尾部電流と繋がることはないようである。

2015年3月17日磁気嵐を引き起こしたコロナ質量放出の惑星間空間伝搬

伊集 朝哉 [1]; 塩田 大幸 [2]; 徳丸 宗利 [3]; 藤木 謙一 [4]
[1] 名大・STE 研; [2] 名大 STE 研; [3] 名大・S T E 研; [4] 名大・STE 研

Interplanetary Propagation of a Coronal Mass Ejection for the 17 March 2015
Geomagnetic Storm

Tomoya Iju[1]; Daikou Shiota[2]; Munetoshi Tokumaru[3]; Ken'ichi Fujiki[4]
[1] STELab, Nagoya Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STE Lab., Nagoya Univ.; [4] STELab., Nagoya Univ.

A geomagnetic storm with a minimum Dst = -223 nT (provisional) was occurred on March 17, 2015. This storm, the so-called St. Patrick's Day storm, was so far the most intense one in Solar Cycle 24 and followed a coronal mass ejection (CME) with a C9.1 solar flare on March 15. Many researchers had a question of why the space weather forecast failed to predict the storm because the storm caused more violent ionospheric and magnetospheric disturbances than predicted ones. To solve this question, we examined the propagation of the 15 March 2015 CME. We identified an interplanetary disturbance associated with the 15 March 2015 CME using interplanetary scintillation, space-borne coronagraph, and near-Earth in situ observations. From comparison between CME observations and CME simulations taken using the three dimensional MHD simulation for the solar wind (Shiota et al., 2014), we found that the CME which caused the St. Patrick's Day storm had different propagation properties from a normal CME. A distance - speed and time - distance profiles of the CME suggested that the CME encountered a co-rotational interaction region on its trajectory in the interplanetary space. In this talk, we report observations and simulations for the CME associated with the St. Patrick's Day storm and discuss the influence of the solar wind structure on the CME propagation in the interplanetary space.

2015年3月17日に最小 Dst = -223 nT (暫定値) の磁気嵐が発生した。セントパトリックデイ磁気嵐と呼ばれるこの磁気嵐は太陽活動第24周期で最大規模のものであり、3月15日に太陽から C9.1 フレアに伴って放出したコロナ質量放出 (CME) によって引き起こされた。宇宙天気予報を上回る激しい磁気圏・電離圏擾乱を発生させたことで、なぜこの磁気嵐を正確に予測できなかったかという問題が提起された。この問題に関して、我々は磁気嵐を駆動した CME の伝搬を調査した。我々は、惑星間空間シンチレーション観測と衛星コロナグラフ、地球近傍 in situ 観測をもちいて2015年3月15日 halo CME の惑星間空間擾乱を同定した。この観測を塩田ら (2014) の太陽風3次元 MHD シミュレーションと比較した結果、セントパトリックデイ磁気嵐を引き起こした CME は一般的な CME とは異なる伝搬特性を持っていたことがわかった。得られた CME 伝搬プロファイルは、この CME が惑星間空間中で共回転相互作用領域に遭遇したことを示唆している。本発表では、セントパトリックデイ磁気嵐を引き起こした CME について観測とシミュレーションの結果を報告し、惑星間空間の太陽風構造が CME の伝搬に与える影響を議論する。

Pileup accident hypothesis of magnetic storm on 2015 March 17

Ryuho Kataoka[1]; Daikou Shiota[2]; Kunihiro Keika[3]
[1] NIPR; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

We propose a pileup accident hypothesis, based on the solar wind data analysis and magnetohydrodynamics modeling, to explain unexpectedly geoeffective solar wind structure which caused the largest magnetic storm so far during the solar cycle 24 on 17 March 2015: First, a fast coronal mass ejection with strong southward magnetic fields both in the sheath and in the ejecta was followed by a high-speed stream from a nearby coronal hole. This combination resulted in less adiabatic expansion than usual to keep the high speed, strong magnetic field, and high density within the coronal mass ejection. Second, preceding slow and high-density solar wind was piled up ahead of the coronal mass ejection just before the arrival at the Earth to further enhance its magnetic field and density. Finally, the enhanced solar wind speed, magnetic field, and density worked all together to drive the major magnetic storm. The difference from June 22-23 storm will also be discussed.

大磁気嵐における放射線帯外帯電子の消失 - 2015年3月17日の磁気嵐を中心に -

小原 隆博 [1]

[1] 東北大・惑星プラズマセンター

Rapid loss of outer belt electrons during the March 17, 2015 large magnetic storm

Takahiro Obara[1]

[1] PPARC, Tohoku University

Although the loss mechanism of radiation belt electrons has been studied more than a few decades, many of processes are not fully understood. Right now, there are several candidate mechanisms such as 1) pitch angle scattering of radiation belt electrons and its precipitation into the atmosphere, 2) adiabatic deceleration of radiation belt electrons and 3) magnetopause shadowing of radiation belt electrons. However, they can not remove electrons near Earth region ($L=3\sim 4$).

In this paper, we like to consider betatron drift effect which is caused by the rapid decrease in the intensity of the magnetic field. During the main phase of the March 17, 2015 large magnetic storm, the intensity of the magnetic field decreased by 30 nT every hour, and the decrease lasted more than a half day. We have calculated azimuthal electric field, and the obtained intensity is about 0.1 mV/m at $L=4$. Assuming the background magnetic field intensity of 400 nT, the estimated outward drift speed is about 250m/sec. This means that the radiation belt electrons move outward by 1 Re within several hours.

Chiba et al. (2015) confirmed that electrons in regions where L is greater than 5 could be removed by the magnetopause shadowing mechanism. When we accommodate betatron drift effect for the loss mechanism, we may remove outer radiation belt electrons completely.

放射線帯外帯を構成する高エネルギー電子は、磁気嵐の主相にて消失することが知られているが、その完全な理解には、まだ至っていない。これまで、消失の機構として 1) ピッチ角散乱による大気への降下、2) 磁場強度減少による断熱冷却、そして 3) 磁場形状変形によるドリフト軌道の磁気圏境界面への到達（マグネトポーズシャドーイング）が提唱されているが、これらだけでは消失を完全には説明出来ない。特に、 $L=3\sim 4$ の領域の電子を取り除くのが、難題である。

本稿では、ベータトロンドリフト効果を外帯高エネルギー電子消失に適用した。大磁気嵐では、 $L=3\sim 4$ の領域を中心に磁場強度が短い時間（主相）で、大きく減少する。2015年3月17日の大磁気嵐では、1時間に30nTも磁場強度が減少し、減少は数時間以上継続した。この時、磁場変化によって発生した角度方向を向く誘導電場は、 $L=4$ で0.1mV/mのオーダーになり、無視できない大きさである。背景磁場強度を400nTと仮定すると外向きのドリフト速度が250m/secとなり、数時間で1 Re ほど、高エネルギー電子は外向きに移動する事になる。（実際の磁場強度は、磁気嵐の影響で更に低下していることから、空間移動距離は、1 Re 以上である。）

従来、マグネトポーズシャドーイングでは、 $L=5$ 以下の外帯電子を取り出せなかった（千葉他 2015、JAXA 特別資料）。上記の誘導電場によって、 $L=4$ にあった電子を L が5以上の領域に外側方向に移動出来れば、移動された高エネルギー電子は、今度はマグネトポーズシャドーイングプロセスにて、完全に磁気圏境界面に運び去る事ができることになる。

Integrated study of St. Patrick's Day 2015 Event by using IUGONET analysis software

Shuji Abe[1]; Yoshimasa Tanaka[2]; Atsuki Shinbori[3]; Norio Umemura[4]; Yukinobu KOYAMA[5]; Satoru UENO[6];
Masahito Nose[7]

[1] ICSWSE, Kyushu Univ.; [2] NIPR; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] TRIC; [6] Kwasan and Hida Obs.
Kyoto Univ.; [7] DACGSM, Kyoto Univ.

"The IUGONET" (Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork) project was established in 2009 as a research project supported from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan, to unite databases which maintained by each institute and to accelerate to make data-sharing network in our community. It was launched by five Japanese universities and institutes (NIPR, Tohoku University, Nagoya University, Kyoto University, and Kyushu University), and built much collaboration with both domestic and international institutes/projects. One of the IUGONET's product is analysis software which can use for scientific research and publication, called the iUgonet Data Analysis Software (UDAS). It is a plug-in software of Space Physics Environment Data Analysis System (SPEDAS), which is upgraded from Themis Data Analysis Software (TDAS). The UDAS provides many routines for loading the ground-based observational data from various types of instruments, for example radars, magnetometers, photometers, radio telescopes, helioscopes, and so on, and performing scientific data analysis.

During 15-18 March 2015, we encountered a strong geomagnetic storm event called "St. Patrick's Day 2015 Event". A long duration C class solar flare and related CMEs were occurred on 15 March. In the result, a severe geomagnetic storm (minimum Dst index was -228 nT) were observed during 16-18 March. It is the first and largest event reported over -200nT Dst index in current solar cycle 24. However, no large solar energetic particle and related events were observed, and therefore, we could not forecast such a huge geomagnetic storm attacked to the Earth. For investigating the mechanism of this complex space weather event between Sun and Earth region, it is important to make cross-cutting studies with various kinds of data observed at various regions and methods. Thus, UDAS is a good choice for any space weather researchers, because it can make it easy to combine a various kind of data in a unified way. In this presentation, we will introduce the IUGONET product and some results of the huge geomagnetic storm event.

2015年3月のSt. Patrick's Day Event時に北海道で観測された低緯度オーロラに関連した電離圏対流

西谷 望 [1]; 堀 智昭 [2]; 片岡 龍峰 [3]; 海老原 祐輔 [4]; 塩川 和夫 [5]; 大塚 雄一 [5]; 鈴木 秀彦 [6]
[1] 名大 STE 研; [2] 名大 STE 研; [3] 極地研; [4] 京大生存圏; [5] 名大 STE 研; [6] 明治大

Ionospheric convection associated with low-latitude aurora observed at Rikubetsu during the 2015 St. Patrick's Day storm

Nozomu Nishitani[1]; Tomoaki Hori[2]; Ryuho Kataoka[3]; Yusuke Ebihara[4]; Kazuo Shiokawa[5]; Yuichi Otsuka[5];
Hidehiko Suzuki[6]

[1] STELAB, Nagoya Univ.; [2] STE lab., Nagoya Univ.; [3] NIPR; [4] RISH, Kyoto Univ.; [5] STEL, Nagoya Univ.; [6] Meiji univ.

<http://center.stelab.nagoya-u.ac.jp/hokkaido/>

The 2015 March storm (St. Patrick's Day storm), which occurred during 17-21 March 2015, is the largest one during Solar Cycle 24 for now. During the main phase of the storm (minimum Dst=-223 nT), optical instruments installed at Rikubetsu, Hokkaido, Japan (geomagnetic altitude: 36.5 degs) registered auroral emissions during 15 to 19 UT (corresponding to 00 to 04 LT) on March 17. In addition, both the SuperDARN Hokkaido East and West radars succeeded in obtaining unprecedented set of high-time-resolution ionospheric convection data associated with the low latitude aurora up to below 50 degs geomagnetic latitude. It is found that the initial stage of the low latitude aurora appearance (before 1630 UT) was associated with equatorward convective flow, and later there was sheared flow structure, consisting of westward flow (about 500 m/s) equatorward of eastward flow (about 1000 m/s), with the equatorward boundary of auroral emission embedded in the westward flow region.

2015年3月の大磁気嵐は St. Patrick's Day Event と一般的に呼ばれており、太陽活動周期 Cycle 24 に発生した磁気嵐の中で現時点において最大のものになっている。この磁気嵐 (minimum Dst=-223nT) の main phase 中、3/17 の 15-19 UT (00-04 LT) に発生した低緯度オーロラが北海道陸別町等に設置した観測機器により観測されているが、SuperDARN 北海道-陸別第一・第二レーダーは低緯度オーロラ発生時の二次元電離圏対流分布を高時間分解能 (1-2 min) で観測することに成功した。磁気緯度 50 度以下の低緯度オーロラ発生時に関連した電離圏対流を高時間分解能で観測したのは史上初めてである。初期解析の結果、オーロラ発生初期段階 (1630 UT 以前) において低緯度方向の対流が卓越しているのに対し、その後のオーロラ発光が続いている時間帯においては、低緯度側に西向き (約 500 m/s)、高緯度側に東向き (約 1000 m/s) のフローシア構造が形成され、オーロラ発光の低緯度側境界は低緯度側西向きフローの中に位置していることが判明している。講演では、より詳細な解析の結果および観測結果の解釈について報告する予定である。

East-west asymmetric of scintillation occurrence in Indonesia using GPS and GLONASS observations

Prayitno Abadi[1]; Yuichi Otsuka[1]; Susumu Saito[2]; Kazuo Shiokawa[1]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] NAV Department, ENRI

By using GNSS (Global Navigation Satellite Systems) receiver to collect amplitude scintillation at L1 frequency (1.57542 GHz) from GPS and GLONASS, we investigated ionospheric scintillation occurrence at equatorial anomaly crest in Indonesia from July 2014 to June 2015. The receiver is installed at Bandung (6.9 deg S, 107.6 deg E; 9.9 deg S mag. latitude), Indonesia. In this study, we grouped our analysis into two groups based on duration of observation, (1) July-December 2014 (monthly F10.7 ranged from 124.7-158.7) which is named autumn equinox and (2) January-June 2015 (monthly F10.7 ranged from 120.1-141.7) which is named spring equinox. Our preliminary results can be summarized as follows; (1) the intensity of scintillations at spring equinox is higher than at autumn equinox although solar activity at autumn equinox is higher than at spring equinox and (2) the directional distribution of scintillation occurrences at spring equinox mostly concentrate in the western sky, so we see east-west asymmetric, but the distribution at autumn equinox doesn't show clearly east-west asymmetric.

Previous studies have reported that occurrence rate of the scintillation at spring equinox season is higher than at autumn equinox. Our results suggest that equinoctial asymmetric of scintillation occurrence can be also as an asymmetric of scintillation intensity and east-west asymmetric of scintillation occurrence between spring and autumn equinox. In general, plasma bubble is tilted westward as it vertically develop due to vertical shear in the eastward plasma drift in F region, and consequently, it will be tilted westward as it extends in latitude. Scintillation intensity will be stronger when signal propagation tend to be parallel with structure of the plasma bubble. Our results also imply that the latitudinal extension of plasma bubble is higher at spring equinox than at autumn equinox. More the bubble extends in latitude, more the bubble structure exists in the western sky of the receiver. Thus, at spring equinox, scintillation intensity and occurrence may be stronger and higher in the west because signal propagation from the western sky with respect to the receiver location could be parallel with the structure of plasma bubble.

THEMIS 衛星データを用いた EMIC による高エネルギーイオンピッチ角散乱の直接観測手法

北原理弘 [1]; 加藤 雄人 [1]; 小路 真史 [2]
[1] 東北大・理・地球物理; [2] STE 研

Direct measurement of the pitch angle scattering of energetic ions by EMIC using THEMIS data

Masahiro Kitahara[1]; Yuto Katoh[1]; Masafumi Shoji[2]
[1] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.

In recent studies, Electromagnetic Ion Cyclotron (EMIC) waves with a frequency drift are observed by various satellites in the Earth's inner magnetosphere (Cluster: Pickett et al., 2010; Akebono: Sakaguchi et al., 2013; THEMIS: Nakamura et al., 2014). The phenomena are called EMIC triggered emissions are reproduced by the one-dimensional hybrid simulation (Shoji and Omura, 2011, 2013). EMIC waves are generated by energetic ions and can also scatter the pitch angle of energetic ions through the cyclotron resonant interactions. Since EMIC triggered emissions are nonlinearly generated coherent and large amplitude waves having spectral fine structures, we can expect that the pitch angle of energetic ions are effectively scattered by EMIC triggered emissions. Indeed, simulation results show that the velocity distribution function of ions is strongly modulated by the EMIC rising tones (Shoji and Omura, 2013).

Fukuhara et al. (2009) proposed a new type instrument called Wave-Particle Interaction Analyzer (WPIA) as a new means of the study of wave-particle interactions. One of methods of the WPIA is to calculate the energy exchange between waves and particles and the method enables us to evaluate wave-particle interactions directly and quantitatively (Katoh et al., 2013). The method is applied to EMIC rising tones observed by the THEMIS satellite and the feasibility of the method and the adequacy of the nonlinear theory (Omura et al., 2010) is evaluated (Shoji et al., SGEPS meeting 2014). In addition to the method to detect the energy exchange, we have proposed a method to directly detect the pitch angle scattering of resonant particles by calculating G (Kitahara et al., SGEPS meeting 2014). The G is defined as the accumulation value of a pitch angular component of the Lorentz force acting on each particle and indicates the lost momentum of waves.

The purpose of this study is to apply the method we proposed to detect pitch angle scattering to EMIC rising tones by analyzing the THEMIS observation data and to validate the feasibility of the method. The Electrostatic Analyzer (ESA) installed on THEMIS can detect ions in the energy range from 5 eV up to 25 keV with 32 energy channels. The ESA is designed with 180 degrees x 6 degrees fields-of-view and sweeps out 4 pi steradians every 3 s spin period. Since the maximum azimuthal angle resolution of the ESA burst-mode data is 22.5 degrees and the ESA is operated with 32 energy sweeps for each azimuthal angle channel, the time resolution of the count rate detected by the ESA is 6 ms. The sampling frequency of burst-mode data of both the Electric Field Instrument (EFI) and the Fluxgate Magnetometer (FGM) are 128 Hz. Therefore, the THEMIS data of particles and waves have enough time resolutions to be applied the WPIA method to the EMIC rising tones with the frequency of ~ 1 Hz. In this study we discuss the principle and procedure of analysis to calculate the G values using these data.

近年、地球内部磁気圏を探索する科学衛星の観測結果から、周波数の時間変化を伴う EMIC (Electromagnetic Ion Cyclotron) 波動の存在が報告されている (Cluster 衛星: Pickett et al., 2010; あけぼの衛星: Sakaguchi et al., 2013; THEMIS 衛星: Nakamura et al., 2014)。この現象は EMIC トリガード放射と呼ばれ、ハイブリッドシミュレーションによってその励起過程が再現されている (Shoji and Omura, 2011, 2013)。EMIC 波動は数 keV 帯の高エネルギーイオンとのサイクロトロン共鳴を通じて励起されるが、励起された EMIC 波動は高エネルギーイオンをピッチ角散乱することが知られている。EMIC トリガード放射は強い非線形性を伴うため、効率的なイオンのピッチ角散乱が期待され、実際にシミュレーションにおいて EMIC トリガード放射がイオンの分布関数を強烈に変形させることが確認されている (Shoji and Omura, 2013)。

近年 Fukuhara et al (2009) によって波動粒子相互作用解析装置 (Wave-Particle Interaction Analyzer: WPIA) と呼ばれる新しいタイプの観測装置が提案された。WPIA の解析手法の一つとして波動・粒子間のエネルギー交換量を計測する手法が提案されており、この解析手法によって波動粒子相互作用を直接的・定量的に評価することができる (Katoh et al., 2013)。またこの手法は THEMIS 衛星で観測された EMIC ライジングトーンに対しても適用され、解析手法の実現性と非線形理論の重要性 (Omura et al., 2010) の双方が示された (Shoji et al., SGEPS meeting 2014)。またエネルギー交換量を計測する手法に加えて、物理量 G を測定することによりピッチ角散乱を直接検知する解析手法も提案されている (Kitahara et al., SGEPS meeting 2014)。ここで物理量 G は、個々の粒子に働く波動電磁場起因のローレンツ力のピッチ角方向成分の積算値として定義される。

本研究の目的はこの提案されているピッチ角散乱を直接観測する手法を THEMIS 衛星で観測された EMIC ライジングトーンに対して適用し、実証することである。THEMIS 衛星に搭載された静電分析器 (ESA) は 5eV から 25keV までのエネルギー範囲を 32 チャンネルに分割しイオンを検知する。この ESA の視野は 180 度 x 6 度であるが、衛星のスピン (3 秒周期) によって全立体角から入射するイオンを検知できる。スピン方位角方向の最大角度分解能は 22.5 度であり、各方位角方向に対し 32 チャンネルのエネルギー掃引をおこなうため実質 6 ミリ秒毎に粒子のカウントを検知している。

バーストモードにおける電磁場計測器のサンプリング周波数はともに 128Hz であるから、1Hz 程度の EMIC ライジングトーンのイベントを解析するには充分の時間分解能を有するといえる。本発表ではこれらのデータを用いて物理量 G を計測するにあたっての詳細な手法・手順を議論する。

IMAGE FUV と SuperDARN による極域ジュール加熱率と沿磁力線電流の導出

尾崎 直紀 [1]; 細川 敬祐 [1]; 小川 泰信 [2]; 藤田 茂 [3]; 田中 高史 [4]
[1] 電通大; [2] 極地研; [3] 気象大; [4] 九大・宙空センター

Deriving Joule heating rate and field-aligned currents in the polar ionosphere from IMAGE/FUV and SuperDARN

Naoki Ozaki[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Yasunobu Ogawa[2]; Shigeru Fujita[3]; Takashi Tanaka[4]
[1] UEC; [2] NIPR; [3] Meteorological College; [4] SERC, Kyushu Univ.

In the past studies, it has been tried to model the currents and the Joule heating rate in the polar ionosphere from a set of observations. However, the availability of the convection electric field and the conductance used for the modeling is not always perfect in time and space due to several limitations in the observations. Hence, the temporal evolution of the response of the ionosphere-thermosphere system and magnetosphere-ionosphere coupling system to the energy input from the magnetosphere has not been understood well; thus, there still exist several unclarified issues. In this paper, we established a method for deriving a global map of the Joule heating rate and field-aligned currents (FAC) by combining the Pedersen and Hall conductivities as estimated from the global UV auroral observations of the IMAGE spacecraft, the convection electric field as obtained from Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN). To test the procedure, we estimated the Joule heating rate and FAC for two auroral substorm events identified from the IMAGE spacecraft observations on September 25, 2001 and January 12, 2002, and discuss its temporal evolution in detail.

As a result, it was found that there is no remarkable difference in the Joule heating rate between regions of high (due to the auroral substorm) and low conductivities. This implies that the Joule heating rate depends more on the convection electric field than on the conductance. In particular, during the event on September 25, 2001, when an auroral substorm occurred in a large area on the nightside, any significant enhancements of the Joule heating rate were not seen within the auroral bulges. This suggests that the convection electric field decreases in the regions of bright auroral activity and then the Joule heating rate does not always increase in the auroral bulges. The contribution of the gradient in the Pedersen and Hall conductivities to the closure of FAC is more remarkable during the expansion phase, whereas the contribution of the gradient of the convection electric field is predominant during the growth phase. This implies that much of FAC can be driven by horizontal gradient of conductivities during intervals of auroral breakups. In the presentation, FAC maps obtained from global MHD simulation will be compared with those derived from the IMAGE/FUV and SuperDARN, and then similarities/differences between them will be discussed in terms of the solar wind/magnetosphere/ionosphere coupling system.

極域電離圏における電流やジュール加熱率をグローバルなスケールで推定する試みは、これまでも多くの研究によって成されてきた。但し、その推定の基礎となる電気伝導度や対流電場については、必ずしもグローバルにかつ連続的に値が得られる訳ではなかった。このため、オーロラサブストームなどの突発的な擾乱現象に応答する形で、電離圏・熱圏システム、電離圏・磁気圏システムがどのような時間発展を示すのかについては、未だに解明されていない部分が多い。本研究では、IMAGE 衛星による紫外オーロラの広域撮像観測データから推定したペダーセン、ホール電気伝導度と、極域大型短波レーダーネットワーク (Super Dual Auroral Radar Network: SuperDARN) から導出した電離圏対流電場に基づいて、沿磁力線電流 (FAC) とジュール加熱率のグローバルな分布を算出し、その時間変動を明らかにすることを目的としている。まず、電気伝導度については IMAGE 衛星がオーロラサブストーム時の極域を撮像した紫外線画像を基に、経験モデルから推定を行った。推定された電気伝導度の信頼性については、ノルウェートロムソに設置されている EISCAT レーダーが同じ時刻に計測した値と直接比較し、経験モデルの妥当性を含めて検証を行っている。次に、SuperDARN から得られた視線方向ドップラー速度データを、極域静電ポテンシャルを球面調和関数で仮定することで展開し、求められた静電ポテンシャルの勾配をとることで電離圏対流電場を算出した。これらの物理量を用いて、2001年9月25日、2002年1月12日の2例のオーロラサブストームに関して、FAC とジュール加熱率の分布を求め、その時間発展を追跡した。

ジュール加熱率は電場により強く依存しているため、オーロラサブストームの発生により広域に電気伝導度が上昇した領域においても、電気伝導度が低い場所と比べて顕著な違いは見られなかった。特に2001年のイベント中には、大規模なオーロラサブストームが起こったことが確認されているが、その領域においてジュール加熱率の大きな変動は見られなかった。この結果は、拡大するオーロラバルジの内部においては、電気伝導度が増大する代わりに電場が相対的に弱まるため、顕著なジュール加熱が起きていないことを示唆するものである。2002年のイベントでは爆発相と成長相のオーロラが出現している間の FAC を算出した。爆発相の間は、ペダーセン・ホール電気伝導度の勾配によって作られる FAC の寄与が大きく、それに対して、成長相の間は対流電場の発散によって作られる FAC の寄与が大きいことが確認できた。この結果は、電離圏擾乱時には電気伝導度の勾配が増大することにより FAC が駆動されていることを示唆するものである。発表では、2002年の事例について実太陽風データを入力として走らせたグローバル MHD シミュレーションから算出された FAC やジュール加熱率との比較も行った結果についても報告を行う予定である。

ジオスペースにおけるテーラーメード型宇宙環境情報の検討

長妻 努 [1]; 松本 晴久 [2]; 坂口 歌織 [3]; 久保田 康文 [1]; 中溝 葵 [1]; 古賀 清一 [4]; 東尾 奈々 [5]
[1] NICT; [2] 宇宙機構; [3] 情報通信研究機構; [4] なし; [5] JAXA

Study on Specialized Information of Space and Satellite Environment in Geospace

Tsutomu Nagatsuma[1]; Haruhisa Matsumoto[2]; Kaori Sakaguchi[3]; Yasubumi Kubota[1]; Aoi Nakamizo[1]; Kiyokazu Koga[4]; Nana Higashio[5]
[1] NICT; [2] JAXA; [3] NICT; [4] JAXA; [5] JAXA

Space environment around geospace varies depending on the solar wind and high energy particle conditions originated from the solar activity. It is well known that the satellite anomaly sometimes happened because of the dynamical variations of the space environment. To understand the current and future conditions of space environment, which we call 'Space Weather Forecast', is one of the quite important activities for safety and security of the satellite operation.

On the other hand, the detailed information of satellite anomaly, possibly related to space disturbances, cannot be available in usual. The risk of the individual satellite depends not only on the space environment, but also on the materials of the satellite body and electrical components, which controls the satellite charging condition. Therefore, it is hard for the satellite operator to judge the risk of the satellite based on the space environment information only.

To solve this type of problem, we will try to develop specialized information for the nowcasting and forecasting space environment for each satellite, and also estimate the risk of satellite anomaly by combining information of space environment and that of satellite materials with a charging model.

In this presentation, we will introduce our activities about specialized information of space and satellite environment for satellite operators.

地球周辺の宇宙環境は、太陽活動に起因する太陽風の変動や高エネルギー粒子の変動によって大きく変化する。人工衛星は、宇宙環境変動の影響によって障害が生じることが知られている。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宇宙天気予報は、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っている。

その一方で、実際に宇宙環境変動に起因した可能性がある衛星障害時の情報は、必ずしも公開されていない現状がある。加えて、人工衛星に生じる障害のリスクは、宇宙環境の状態のみでなく、個別の衛星に用いられている材料や形状等によっても変化する。このため、衛星の運用者にとっては、宇宙環境の情報をどのように自分達が運用する衛星で利用すれば良いのか、判断が難しい面がある。こういった状況が、衛星障害の情報と宇宙環境変動の相互比較や、宇宙環境の予測情報を衛星の運用の現場に取り入れることのハードルを上げている側面があると思われる。

そこで我々は、宇宙環境の現況把握やその推移予測を個別の衛星の位置において実施することを目指すと共に、これらの宇宙環境情報を基に、個別の衛星の帯電障害のリスクを推定するテーラーメード型の衛星障害予測の実現に向けた取り組みに着手した。具体的には観測データや経験モデル、シミュレーションを用いて衛星の位置での宇宙環境の現況把握と将来予測を行い、そこから得られた電子、イオンの温度、密度の情報を、人工衛星帯電モデルの入力として用い、個別の衛星毎の帯電の状態を推定し、情報提供しようというものである。講演では、この取り組みの概要と今後の展望について紹介する。

台風が発生と積乱雲及び太陽活動に見られる相関

高橋 幸弘 [1]
[1] 北大・理・宇宙

Correlations between typhoon occurrence, thunderstorm activity and solar parameters

Yukihiro Takahashi[1]
[1] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

It has been pointed out that atmospheric activity has about 27-day periodicity, which implies the connections between solar activity and the earth climate since the rotation period of the sun near its equator is 27 days. We have showed a close relationship between globally synchronized thunderstorm/cloud activities in the tropical latitudinal range and solar parameter with ~one-month periodicity for a certain half year, using lightning data, a proxy of thunderstorm activity, obtained by the global radio wave network and a proxy of cloud amount, Outgoing Longwave Radiation. It was reported that the thunderstorm activity in Asia Maritime Continent shows a seesaw correlation with the cloud in Western Pacific Warm Pool (WPWP), which show strong correlation with intensity of cosmic ray without time lag. It was newly found that this cloud increases in WPWP correspond to typhoon occurrences. This implies typhoon generation in WPWP and lightning in Asia Maritime Continent has a strong dynamical connection. Such relationship cannot be explained by simple existing theories or phenomena, such as Madden Julian Oscillation.

Similarity between the atmospheric electric field variation and Sq variation

Akihiro Ikeda[1]; Maria Gracita Cardinal[2]

[1] KNCT; [2] ICSWSE, Kyushu Univ.

The vertical atmospheric electric field variations depend on the state of the global circuit. Atmospheric electric field variations are mainly affected by the worldwide thunderstorm activity. Geomagnetic phenomena can also influence the downward atmospheric electric field (E_z) through ionospheric disturbances [e.g., Kleimenova, 2008]. The daily geomagnetic field variations (Sq variations) are mainly caused by electric field currents flowing in the E region of the ionosphere. Therefore, it is likely that Sq variations are relevant to E_z variations.

We analyzed E_z , and ground magnetic field data X (northward component) and Y (eastward component) at KAK station (G.G. Lat.: 36.2 N, G.G. Lon.: 140.2 E) during 2006 - 2014. The data was provided by the Kakioka Magnetic Observatory of the Japan Meteorological Agency. In here, we adopt the same definition for Sq amplitudes as defined by Yamazaki et al. [2010]. The daily amplitude of the Sq variation is derived by subtracting nighttime X values (22-24 LT and 00-02 LT) from daytime X values (peak time in LT). Similarly, we calculated the Y values and daily E_z variation. The daytime E_z values were selected at the time when X values peak in daytime.

The Sq variations in X and Y, and E_z variations show annual variations with minimum (maximum) peaks in winter (summer). The seasonal variation of E_z is more similar with X than Y. Variations of X and E_z show a maximum peak during summer and minimum peak in winter almost at the same time. A clear semi-annual variation of X is seen in April and October, but such variation is not clear in E_z .

Based on the results, we conclude that E_z is affected by the ionospheric conductivity as same as the case of X. The semi-annual variations are not seen in E_z but seen in H. Thus, the ionospheric winds responsible for the semi-annual variations do not affect E_z .

日本の雷活動に見られる27日周期変動について

宮原 ひろ子 [1]; 樋口 千夏 [2]; 寺澤 敏夫 [3]
[1] 武蔵野美大・教養文化; [2] 東工大・理工; [3] 東大・宇宙線研

27-day variation of lightning activity in Japan

Hiroko Miyahara[1]; Chinatsu Higuchi[2]; Toshio Terasawa[3]
[1] Humanities and Sciences, Musashino Art Univ.; [2] TiTech; [3] ICRR, Univ. Tokyo

We report our preliminary results on the frequency analysis of lightning activity in Japan. Previous studies have shown that there is a component of 27-day solar rotational period in lightning activities at around the maxima of the 11-year solar activity cycles (Sato et al., 2005; Muraki et al., 2005). Also, it has been reported that cumulus cloud activities around the western Pacific Ocean has a frequency component of 27-day solar rotational period near the solar cycle maxima. Associated with solar rotations and the migration of solar active regions, Total Solar Irradiance (TSI), UV, Galactic Cosmic Rays (GCRs) and solar wind toward the Earth varies in time. We discuss the possible relations of the 27-day lightning cycles to such solar related parameters.

プラズマバブルの地上型衛星航法補強装置に与える影響について

斎藤 享 [1]; 吉原 貴之 [2]; 大塚 雄一 [3]
[1] 電子航法研・航法システム; [2] 電子航法研; [3] 名大 STE 研

Effects of plasma bubbles on GNSS ground-based augmentation system (GBAS)

Susumu Saito[1]; Takayuki Yoshihara[2]; Yuichi Otsuka[3]
[1] NAV Department, ENRI; [2] ENRI; [3] STEL, Nagoya Univ.

GBAS (ground-based augmentation system) is a next generation aircraft landing system based on global navigation satellite systems (GNSS).

Since GBAS is based on the differential GNSS technique, local ionospheric delay (equivalent to the total electron contents, TEC) is one of the potential error source. Ionospheric scintillation of GNSS signals due to small-scale ionospheric irregularities is another threat to GBAS by reducing number of available satellites. Plasma bubble is such a phenomenon accompanying local TEC gradient and scintillation.

Though GBAS is designed so that the ionospheric impacts are effectively mitigated, it was not easy to demonstrate it by using real data.

This study presents the results of GBAS flight trials conducted in March and September 2014 at New Ishigaki Airport where a experimental prototype of GBAS has been installed. Plasma bubbles were observed by an all-sky airglow imager and GNSS scintillation receivers installed near the GBAS site. This study presents the relationship between the GBAS performance and characteristics of plasma bubbles as seen in airglow and scintillation.

Characteristics of equatorial Pc 5 observed by the MAGDAS/CPMN network under high speed solar wind conditions

Kaisei Akimoto[1]; Akiko Fujimoto[2]; Akimasa Yoshikawa[3]; Teiji Uozumi[4]; Shuji Abe[2]; Akimasa Yoshikawa
MAGDAS/CPMN Group[5]

[1] Earth and Planetary sciences, Kyushu Univ.; [2] ICSWSE, Kyushu Univ.; [3] ICSWSE/Kyushu Univ.; [4] ICSWSE, Kyushu Univ.; [5] -

Auroral latitude Pc 5 pulsations have a good correlation with the solar wind velocity [Baker et al. (2003) and Mathie and Mann (2001)]. Mathie and Mann (2000) found that auroral latitude Pc 5s are related to relativistic electron flux variations in the radiation belt. There are many studies about the characteristics of auroral latitude Pc 5s, while equatorial Pc 5s received little attention. MAGDAS/CPMN network (Kyushu University) has many observation points located in the equatorial region. We investigated the characteristics of equatorial Pc 5 under high speed solar wind conditions by using the data from dip equator stations of the MAGDAS/CPMN.

Reeves et al. (2003) suggested that different types of relativistic electron flux variations were observed after geomagnetic disturbances such as magnetic storms (i.e. increase type, no change type and decrease type). We analyzed equatorial Pc 5 pulsations during the three type electron flux variations. As a result, we found that the amplified dayside Pc 5s continue for several days in the increase type event (2011/05/27~2011/06/02). In contrast, the amplitude of dayside Pc 5s slightly increase and immediately decrease in the other types events (the no change type event: 2010/06/14~2010/06/20, the decrease type event: 2010/11/26~2010/12/02). We discuss the possibility of dayside equatorial Pc 5 as the proxy of monitoring the relativistic electron flux.

グローバルPC5地磁気脈動にともなう電離圏電場とCowling電気伝導度

橋本 久美子 [1]; 菊池 崇 [2]; 富澤 一郎 [3]; 長妻 努 [4]
[1] 吉備国大; [2] 名大STE研; [3] 電通大・宇宙電磁環境; [4] NICT

Ionospheric electric field and Cowling conductivity during global PC5 magnetic pulsation event

Kumiko Hashimoto[1]; Takashi Kikuchi[2]; Ichiro Tomizawa[3]; Tsutomu Nagatsuma[4]
[1] KIU; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [4] NICT

We examined correlations between the penetrated electric field at low-latitude and the equatorial ionospheric currents (EEJ) of the PC5 pulsations over the period from 11 MLT to 21 MLT during the geomagnetic storm on 29-31 October, 2013. We obtained good correlation (coefficient: 0.8-0.95) between the EEJ and the electric field which suggests that the electric field have propagated from high latitude to the equator and drive the EEJ. From the correlation analyses, we estimated the Cowling conductivity in the equatorial ionosphere as 95 mho at 11 MLT, 60 mho at 14-16 MLT, and 3 mho after 18 MLT. These results agree with the model calculation of Tsunomura (1999).

低緯度 HF ドップラーサウンダーで観測された電場と、低緯度と赤道の磁力計観測データから、赤道の Cowling 電気伝導度を見積もることが出来る。これまで、HF ドップラーサウンダー観測と、低緯度と赤道の磁力計観測のデータを用い、サブストーム時に発生する夜側の過遮蔽電場と、その電場に伴う夜側東向き赤道ジェット電流 (EEJ) の間に高い相関 (相関係数 0.9 以上) があることを明らかにした。これは低緯度で観測された電場が夜側赤道電離圏まで伝搬し、東向き EEJ を流したことを意味する。夜側赤道電離圏に様なシート電流を仮定することにより、Cowling 電気伝導度の見積もりを行い、夜側 (19 - 01 MLT) で平均 5 mho の値を得た。しかし、サブストームに伴う電場変動は数 10 分程度の周期をもつが、HF ドップラーサウンダーによる電場観測は、長周期の電場変動の現象ほど、電離層の応答が鈍化する可能性がある。そこで本研究では、短周期の電場変動をともなう地磁気脈動に着目し、同様の解析をおこない定量的な検証を試みた。長時間にわたり継続して PC5 地磁気脈動が発生した事例を利用し、Cowling 電気伝導度の地方時特性を調べた。2003 年 10 月 29 - 31 日に発生した地磁気嵐では、長時間にわたって大振幅の PC5 地磁気脈動が低緯度で観測された。大洗で観測された HF ドップラーによる電場と、低緯度 (沖縄) と磁気赤道 (Yap) の磁力計データから計算した EEJ 成分の間には高い相関関係が認められた。このことはグローバルな電場の周期変動により磁気赤道で EEJ が周期変動したことを示す。そこで、200-300 秒周期の地磁気脈動と電場と相関をとり、相関係数が 0.8 以上の期間について解析をおこなった。10 月 31 日 0200 - 1130 UT (1100-2030 MLT) の約 10 時間にわたり、赤道における電場に換算した値と磁場の EEJ 成分との比から Cowling 電気伝導度を推定した。その結果、Cowling 電気伝導度は 11 MLT に 95 mho、14-16 MLT では約 60 mho に減少し、さらに 18 MLT で 3 mho であった。その後の夜側の時間帯では約 3mho でほぼ一定の値となった。この解析手法で得られた Cowling 電気伝導度の MLT 分布は、Tsunomura [1999] が行ったモデル計算による昼夜の電気伝導度の分布とよい一致を示す。初期解析の結果では、サブストーム時に発達する電場から推定した夜側の Cowling 電気伝導度の方が 50% 程度大きな値であった。このことは、HF ドップラーサウンダーによって観測される電場は、長周期ほど小さい値となるためと考えられる。

あけぼの太陽電池劣化解析から分かったこと—プロトン放射線帯と太陽電池出力変動—

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

Summary of analysis of solar cell output variation of the Akebono satellite

Wataru Miyake[1]; Yoshizumi Miyoshi[2]; Ayako Matsuoka[3]
[1] Aeronautics and Astronautics, Tokai Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] ISAS/JAXA

Output current of solar cells of the Akebono satellite, orbiting in the inner magnetosphere decreased from 12 A in 1989 to 6 A in 2015. We have analyzed this long-term degradation and found out the followings.

- (1) Damage in the proton radiation belt mainly caused the degradation.
- (2) Signature of severe space storm in March 1991 was found in the variation of solar cell output current.
- (3) Spatial distribution of proton radiation belt (larger than 10 MeV) is more localized than given in AP8 and AP9 models.
- (4) Including the effect of temperature variation, we construct an empirical model of output current as a function of both the temperature and integrated proton flux.

We will present a summary of new findings from the analysis of solar cell output current.

1989年の打ち上げ以来、内部磁気圏を飛翔し続けたあけぼの衛星の太陽電池出力電流は、1989年の12 Aから2015年には6 Aまで低下していた。この太陽電池の劣化解析から、以下のことがこれまでに分かってきた。

- (1) プロトン放射線帯での被ばくが太陽電池劣化の主要因であること。
- (2) 1991年3月のイベントによる放射線帯変動の様相が、太陽電池出力変動に見て取れること。
- (3) 代表的な放射線帯モデルであるAP8やAP9に示されるL値分布よりも、プロトン放射線帯(10 MeV以上)は空間的にコンパクトな分布であること。
- (4) 太陽電池出力変動のもう一つの要因である温度効果をモデル化して取り込み、温度と積算被ばく量の両者の関数として、出力電流値の経年変化を表現できること。

本発表ではこれまでの成果をまとめ、太陽電池出力の変動解析という手法で、何が明らかにされたかを紹介する。

地球磁気圏電子異方性による宇宙天気のマニタリング

榎田 達弘 [1]; 友池 昌俊 [2]; 羽田 亨 [1]
[1] 九大総理工; [2] 九大・総理工・大海

Generation of anisotropic electron distributions in the earth's magnetosphere

Tatsuhiko Enokida[1]; Masatoshi Tomoike[2]; Tohru Hada[1]
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] ESST, Kyushu Univ.

Anisotropic electron distributions are often found in the earth's magnetotail, in the energy range from about 10eV to 10keV [1-3]. Theoretical models are proposed to account for these distributions, based on parallel (Fermi) and perpendicular (betatron) electron heating due to deformation of the magnetic field lines [1]. Recently, Wang et al (2014) made a statistical analysis on variation of the electron pitch-angle anisotropies during geomagnetic dipolarization events using THEMIS data [3]. They found that, after the dipolarization, pancake type (perpendicular temperature > parallel temperature) anisotropy increases when the electron energy $E < 1\text{keV}$, while cigar type (perp < parallel) anisotropy dominates for $E > 1\text{keV}$.

When typical parameters are used for the magnetic field and the electron energy, the first adiabatic invariant (magnetic moment) is always conserved while the second invariant (action associated with the bouncing motion along the field lines) can be violated depending on the electron energy. When both the first and the second invariants are conserved, types of anisotropy produced by compression of the field depend only on the shape of the magnetic field configuration. If the field remains dipolar, pancake type will be produced. If the magnetic field lines are stretched like those in the magnetotail, cigar-type anisotropy will be produced since compression (earthward motion) of the field reduces the field line length without much changing the field strength.

In this presentation we show our results of test particle simulations to discuss what types of pitch-angle anisotropies would emerge for various field line configurations. In particular, we show that the observed dependence of the types of anisotropies on the electron energy can roughly be explained in the present model. We will make quantitative study using realistic magnetic field model. Dependence of electron anisotropy production on depolarization time scale will be presented.

[1] Hada et al., JGR, 1981.

[2] Shiokawa et al., Ann. Geophys. 2003; Smets et al., JGR, 1999; Sergeev et al., GRL, 2001.

[3] Wang et al., JGR, 2014.

磁気圏尾部領域には 10eV から 10keV 程度のエネルギーにおいて、異方性を持った電子分布が出現することが知られている [1-3]。これらの成因として、この領域の磁力線変形により、磁力線に平行方向と垂直方向とで電子が異なる加速を受けるモデルが提案されている [1]。このモデルにおいて、断熱不変量の保存・非保存が重要である。周知のように、地球磁場中での荷電粒子の運動は 3 種の周期運動（サイクロトロン、ミラー、ドリフト）の重ね合わせとしてほぼ表現でき、それぞれに断熱不変量が定義できる。これらの運動はオーダーの全く異なる周期を持ち、第 1 不変量（磁気モーメント）はどのような状況でもほぼ保存されるが、第 2 不変量（沿磁力線ミラー運動の伴う作用）の断熱性は、外力のタイムスケールと電子のエネルギーに依存して決まる。

最近、Wang et al (2014) は THEMIS 衛星のデータを用いて、磁気圏尾部の磁場の dipolarization に伴う電子ピッチ角分布の変動を解析した [3]。統計解析の結果によれば、出現する異方性は電子のエネルギーに依存し、1 keV 程度よりも低いエネルギーでは dipolarization に伴ってパンケーキ型（垂直温度 > 平行温度）の異方性、1keV 程度よりも高いエネルギーではシガー型（垂直 < 平行）の異方性が形成されることが明らかとなった。

第 1 不変量、第 2 不変量ともに保存される場合には、ダイポール磁場がその形を保ったまま圧縮されたときに形成されるのはパンケーキ型、尾部方向に引き伸ばされた磁力線上の電子の場合にはシガー型が形成される。しかし第 2 不変量の保存は電子エネルギーに依存するため、形成される異方性にもエネルギー依存性が現れることが期待される。本研究では、地球磁気圏内における電子の運動をテスト粒子計算により解析し、外部電場によって磁気圏が圧縮された場合にどのような異方性が出現するか、電子エネルギー依存性に注目して解析を行い、Wang et al の観測結果がほぼ説明できることを示す。計算には現実的な磁場モデルを使う。異方性出現の磁場変動時間スケール依存性について議論を行う。

参考文献

[1] Hada et al., JGR, 1981.

[2] Shiokawa et al., Ann. Geophys. 2003; Smets et al., JGR, 1999; Sergeev et al., GRL, 2001.

[3] Wang et al., JGR, 2014.

リアルタイム太陽風データを用いた太陽風領域の識別

亘 慎一 [1]; 田 光江 [2]; 久保 勇樹 [1]
[1] 情報通信研究機構; [2] NICT

Identification of characteristics of solar wind using real-time solar wind data

Shinichi Watari[1]; Mitsue Den[2]; Yuki Kubo[1]
[1] NICT; [2] NICT

The Deep Climate Observatory (DSCOVR), which is a successor of the Advanced Composition Explorer (ACE), arrived at Lagrange Point L1 on June 2015. DSCOVR is transferred from NASA to NOAA and provides us real-time solar wind data by the end of this year. It is studied to identify characteristics of solar wind, such as interplanetary shocks and magnetic flux ropes using time derivative of solar wind data as an application of real-time data of DSCOVR. Plasma data of ACE show large variation because of degradation of the detector and it is difficult for us to use the time derivative for identification. This will be improved by using the data from DSCOVR. On the identification of interplanetary shocks, the method by Vortnikov et al. (2008) using time derivative of solar wind data is studied. Magnetic flux ropes, which often cause geomagnetic storms, show small time variation of magnetic field (Lepping et al., 1990). Time derivative of magnetic field is applied to identify the magnetic flux ropes. The result of these studies will be reported.

2015年の6月に Advanced Composition Explorer (ACE) 衛星の後継機となる Deep Space Climate Observatory (DSCOVR) 衛星がL1点に到着した。今後、DSCOVRは、NASAからNOAAへと引き渡され、リアルタイム太陽風データの提供が始められる予定である。そこで、DSCOVRからのリアルタイム太陽風データの利用として、太陽風パラメータの微分値を用いた衝撃波や磁気ロープの識別について検討を行った。ACEのプラズマデータでは検出器の感度低下のため、データの変動が激しく微分値の利用が難しかったが、DSCOVRからデータを用いることにより改善されると考えられる。衝撃波の識別としては、太陽風データの微分値を用いた Vortnikov et al. (2008) による手法を試みた。磁気嵐の原因となる磁気ロープ構造では、磁気ロープ中では磁場の変動が小さくなる (Lepping et al., 1990) ことから、磁場の微分値を使った手法を試みた。これらのリアルタイム太陽風データを用いた太陽風領域の識別に関する検討結果について報告する。

Investigation of solar energetic particle events by developing a new solar radio observation system

Hiroaki Misawa[1]; Takahiro Obara[2]; Fuminori Tsuchiya[3]; Kazumasa Iwai[4]; Satoshi Masuda[5]; Yoshizumi Miyoshi[5]; Daikou Shiota[6]

[1] PPARC, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku University; [3] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [4] NICT; [5] STEL, Nagoya Univ.; [6] STEL, Nagoya Univ.

<http://pparc.gp.tohoku.ac.jp/>

We have developed a new radio observation system in the HF to VHF band (20 to 150MHz) in the Zao observation station, Tohoku University. This system enables us to investigate fundamental plasma processes of particle acceleration and plasma environment with the existing solar radio telescope 'AMATERAS' in the radial distance of about 0.1Rs - 3Rs from the photosphere, and could contribute to disaster science/space weather research by enabling to obtain early information on occurrence of solar energetic particle (SEP) events through detection of solar type-II radio bursts. The new system will consist of wide-band antenna array and high resolution spectro-polarimeter. So far, daily monitor of solar radio waves has been started since last autumn using one set of stacked antennas, and additional sets have been constructed in this summer. In the presentation, we will introduce aim and current status of this investigation research with some discussion on the relation of observed solar type-II bursts and SEP events.

Solar cycle variation of Equatorial Electrojet based on the EE-index

Akiko Fujimoto[1]; Teiji Uozumi[2]; Shuji Abe[1]; Shun Imajo[3]; Hiroki Matsushita[4]; Akimasa Yoshikawa[5]
[1] ICSWSE, Kyushu Univ.; [2] ICSWSE, Kyushu Univ.; [3] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [4] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.; [5] ICSWSE/Kyushu Univ.

Equatorial Electrojet (EEJ) 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. In 2008, International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University (ICSWSE) proposed the EE-index, which is an index to evaluate quantitatively EEJ variations. EE-index indicates the total intensity of EEJ variation of the dip-equator magnetometer stations. EE-index has improved with the development of the MAGnetic Data Acquisition System and the Circum-pan Pacific Magnetometer Network (MAGDAS/CPMN) and the enormous archive of MAGDAS/CPMN data over 10 years. The latest EE-index is produced by using 29 MAGDAS/CPMN stations located from dip-equator to low-latitude.

Using the improved EE-index, the time series analysis is executed for EUEL (this is one index of EE-index and represents the localized variations in the magnetic field at each individual station) at ANC (Ancon, Peru) and the solar activity from September 18, 1998 to March 31, 2015, in order to reveal influences of the solar activity on the EEJ intensity throughout one solar cycle. The result shows that the long-term variation of daily EEJ peak intensity has a trend similar to that of F10.7 (the solar activity). The dominant spectrum powers of daily EEJ peak occur at 14.5 days and 180 days throughout two solar cycles. In contrast, F10.7 has no dominant spectrum peaks throughout the analyzed interval. The solar cycle variation of daily EEJ peak correlates well with that of F10.7 (the correlation coefficient 0.99). We conclude that the daily EEJ peak intensity is roughly determined as the summation of the long-period trend of the solar activity resulting from the solar cycle and day-to-day variations caused by various sources such as lunar tides, geometric effects, magnetospheric phenomena and atmospheric phenomena. We discuss possible mechanisms to cause the day-to-day EEJ variations.

観測データから生成された2次データに関するDOI引用法の新提案

村山 泰啓 [1]; 能勢 正仁 [2]; 小山 幸伸 [3]; 武田 英明 [4]; 是津 耕司 [5]; 木下 武也 [5]; 家森 俊彦 [6]; 渡邊 堯 [7]
[1] 情報通信研究機構; [2] 京大・理 地磁気センター; [3] 融合研究センター
; [4] NII; [5] NICT; [6] 京大・理・地磁気センター; [7] WDS-IPO/NICT

Proposal of A New DOI Citation Method for Dataset Generated from Other Datasets

Yasuhiro Murayama[1]; Masahito Nose[2]; Yukinobu KOYAMA[3]; Hideaki Takeda[4]; Koji Zettsu[5]; Takenari Kinoshita[5]; Toshihiko Iyemori[6]; Takashi Watanabe[7]
[1] NICT; [2] DACGSM, Kyoto Univ.; [3] TRIC; [4] NII; [5] NICT; [6] WDC for Geomagnetism, Kyoto Univ.; [7] WDS-IPO/NICT

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)

It is really important to appropriately evaluate works by researchers and contributors of data creation and management (those personnel are called 'data producers' hereafter in the present paper). If shared data is used for other researchers' studies and publications without any credit or citation, the data producers may keep their data only for internal use. Practices for journal articles include proper credit and citation, which enable proper evaluation of the cited works according to citation number, and/or appropriate metrics. Similar mechanism and eco-cycle for data citation are necessary.

When a dataset is created from other datasets, referring the original ones and their data producers is an important practice. For example, the Dst index is frequently used and analyzed in geomagnetic research fields, as a measure of global-scale geomagnetic activity. The Dst index is the dataset produced from geomagnetic observation data at the world-wide four observatories, Hermanus (South Africa) of SANS, Kakioka (Japan) of Japan Meteorological Agency, Honolulu (Hawaii) and San Juan (Puerto Rico) both of US Geological Survey [Sugiura and Kamei, 1991]. The Dst index is the secondary data (SD), reduced from the original data (OD) of the four observatories. Observing/obtaining OD requires highly scientific/engineering expertise, which also have been developed and operated by researchers/scientists in many universities/institutes. Evaluating research products and their use is increasingly important to support the foundational work such as the continuous experiments and observations.

Experiments and practices using DOI (Digital Object Identifier) for data citation are now underway. DOI is one of persistent identifiers used for digital objects, which has been minted to published articles in past. DOI minting to data is increasingly recognized important for citation, accessibility, discoverability and reuse of data.

In the present paper, a new method is proposed for measuring the indirect use of OD when SD is cited, with DOIs. A DOI Registration Agency (RA) defines a metadata (MD) format (schema) for attribution information or metadata. Once DOIs of ODs are published as part of MD of SD, provenance of SD can be tracked via the OD-DOIs.

Metadata schema defined by DOI-RAs such as JaLC (Japan Link Center) and DataCite provides an element of 'relation', which can describe identifiers of related datasets and articles, specifying a type of relation. This element can be used to provide links between SD and ODs. An appropriate 'search tool software' will be a powerful mechanism to give information for metrics of indirect uses of ODs.

On the other hand, this kind of tool can become really useful only when a code of this kind of MD description is widely shared in the community. In 2014 IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) has established a new task force for data citation of geomagnetic data. Such an academic coordination authority will work effectively for internationally shared practices among scientists. It is expected to enable a thorough world-wide search of data use and citation about datasets of hundreds of the world-wide geomagnetic observatories and their secondary datasets (indices such as Dst, Kp, K, and Ap and even more of various SDs). Also for other data products as well as empirical models and so on, the proposed mechanism is expected to be useful and beneficial for stakeholders including observatories, data centers, scientists, users, funders, and so on.

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]。

一方、オープンデータ (研究データ共有) を推進する場合、データ生成・整備に労力をかけた研究者・担当者 (ここでは「データ生成者」と呼ぶ) の活動評価は大変重要である。共有されたデータから他人が研究成果を出すだけでは、デー

タ生成者は報われずデータを囲い込む等が心配される。論文の場合は被引用数などで論文や著者の評価となる。同様にデータやデータ生成者が評価される仕組みが必要と考えられる [DataCite, 2015 ; 村山・林、2014]。

例えばある観測データから作られたデータ、複数のデータを統合・処理して得られるデータ等においては、元のデータの生成者を参照して評価するしくみは明確でない。例えば、地球電磁気学分野の数多くの論文で用いられる Dst 指数は、比較的の低緯度に分散した Hermanus (南アフリカ・南アフリカ国立宇宙機関)、柿岡 (日本・気象庁)、Honolulu (米・米国地質調査所)、San Juan (プエルトリコ・米国地質調査所) の 4 地点の地磁気観測データを解析・処理して得られる地磁気活動度の指標となる指数データの 1 つである [Sugiura and Kamei, 1991]。4 観測所から得るような元データを 1 次データ、そこから生成されるデータを 2 次データ、と仮に呼ぶことにする。1 次データ取得・整備はしばしば高度に理学的・工学的な活動で研究者自身が実施するケースも少なくない。今後、基盤的な実験・観測活動の資金的・人的資源確保が困難になるなかで、研究成果物全般の評価はますます重要といえる。

現在、DOI (Digital Object Identifier) をデータに付与して引用に役立てる取り組みが実施されつつある。DOI は恒久的識別子の 1 つであり、従来は主に論文に付与されてきた。別の形の研究成果物であるデータへの DOI 付与、その引用、検索等の促進が重要と言われている [DataCite, 2015 ; 村山・林、2014]。

2 次データ引用における 1 次データの間接的利用をカウントするために、本論文では以下のような DOI を用いた方式を提案したい。DOI 登録機関では、データの付帯情報を書き込むメタデータ (MD) の形式が定められる。1 次データへのアクセスを可能になるように 1 次データの DOI を 2 次データの MD に書き込んで公開し、これを利用する。これはデータのプロベナンス (provenance ; 典拠/来歴情報) を明示して利用することに他ならない。

JaLC (ジャパンリンクセンター) や DataCite といった DOI 登録機関の定めるメタデータには関係 (relation) を書くための項目が用意されていて、関係する他のデータや文献を識別子で指定し、また関係の種類も指定することができる。この項目を 1 次データ・2 次データの関係記述に利用できる。また、1 次・2 次データの MD を読み込む検索ツールを用意して、2 次データが引用された際に 1 次データを検索し利用数を計量する機能が有用となるだろう。

一方、こうした MD 記述の作法は、国際的に広く共有されてはじめて上記のツールが有用となる。地磁気分野では幸い 2014 年、IAGA (国際地磁気・高層物理学会) にデータ引用に関するタスクフォースが設置された。こうした場で国際標準的な方法が認証されれば、広く地球上各地の地磁気データとその 2 次データ (地磁気だけでも Dst、Kp、K、Ap 等の指数が一般的に用いられる) が、互いにどのような利活用をされているか、が一目でわかり、また機関の評価などでも活用可能になる。こうした活動は測地学分野でも重要性が指摘する声があり、さまざまな研究分野で有用性があると考えられる。

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

Sugiura, M. and T. Kamei, IAGA Bulletin. 40, 1991.

データ可視化・解析ソフトウェア JudasFX の開発

小山 幸伸 [1]; 佐藤 由佳 [2]; 中野 慎也 [3]; 八木 学 [4]; 田中 良昌 [2]; 阿部 修司 [5]; 能勢 正仁 [6]; 蔵川 圭 [7]; 池田 大輔 [8]; 梅村 宜生 [9]; 新堀 淳樹 [10]; 上野 悟 [11]

[1] 融合研究センター

; [2] 極地研; [3] 統数研; [4] 東北大 PPARC; [5] 九大・ICSWSE; [6] 京大・理 地磁気センター; [7] 情報研; [8] 九大・システム情報; [9] 名大・太陽研; [10] 京大・生存研; [11] 京大・理・附属天文台

Development of the data visualize and analyze software JudasFX

Yukinobu KOYAMA[1]; Yuka Sato[2]; Shin'ya Nakano[3]; Manabu Yagi[4]; Yoshimasa Tanaka[2]; Shuji Abe[5]; Masahito Nose[6]; Kei Kurakawa[7]; Daisuke Ikeda[8]; Norio Umemura[9]; Atsuki Shinbori[10]; Satoru UENO[11]

[1] TRIC; [2] NIPR; [3] The Institute of Statistical Mathematics; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] ICSWSE, Kyushu Univ.; [6] DACGSM, Kyoto Univ.; [7] NII; [8] ISEE, Kyushu Univ.; [9] STEL, Nagoya Univ.; [10] RISH, Kyoto Univ.; [11] Kwasan and Hida Obs. Kyoto Univ.

<https://github.com/koyamalmsteen/JudasFX>

By the Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) project which has started in 2009, (a)various long-term upper atmospheric data from 1800's to present were released to the public, (b)improvement of distributed magagement data search by domain metadata, (c)improvement of environment for the data usage by the developing and releasing the data visualization and analysis software that deal with various data formats, were done for domain researchers. Database and metadata database were released to the public on the Internet. and everyone can search and retrieve them freely. However, use of expensive commercial software ispresupposed in the data visualization and analysis software. The available function is restricted to the user whodoesn't have the license. Then we developed the prototype of free data visualization and analysis software whichis called JudasFX in order to expand the potential data user such as researcher indeveloping countries andneighbor fields, data scientists, and citizens in general to promote interdisciplinary study, data-intensivescience, and citizen science, respectively.

「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測研究」(IUGONET, 平成 21 年度~)によって、(a) 現在から過去に渡っての長期の多品種のデータ公開の推進、(b) メタデータ共有によるデータの検索性の向上、そして (c) 様々なデータフォーマットを取り扱う統合解析ソフトウェアによるデータ利用環境の向上が、ドメイン研究者向けに行われてきた。

このシステムを、データ・サイエンティスト(データ中心科学視点)、天文や気象等の隣接分野の研究者(学際的研究視点)、さらには市民(シチズンサイエンス視点)も利用出来る、オープン・サイエンス基盤に拡充することを目標と掲げる。

第一に、フリーのデータ可視化・解析ソフトウェア/ライブラリを開発する。ライセンス数に縛られない為、多数の CPU を用いた分散コンピューティングが可能であり、過去にこの分野で無かったデータ中心科学の発展に寄与する。相互運用性を保つことによって ¥他の解析ソフトウェアとの連携を容易にし、隣接他分野の研究者やデータサイエンティストらにデータ利用環境を提供することで、新たなサイエンスの寄与する。また、途上国の研究者や、地球環境に興味を抱く一般市民でも利用出来るように、単独で動く可視 ¥化・解析ソフトウェアを実装する。さらには、超高層物理学ドメインのメタデータ・データベースに組み込み、オンラインでの可視化機能を提供する。これと、Japan Link Center によって進められている「研究データへの DOI 登録実験プロジェクト」で生成されるデータのランディングページと連携することにより、文献を起点としてデータの可視化まで行うことが可能となる。w3c provenance recommendation に従って、生データとデータを関係付ける付加機能を組み込むことにより、学術論文のトレーサビリティを高めることを狙う。

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.

大気圏電離圏結合シミュレーションデータベースの紹介および検証と改良

陣 英克 [1]; 三好 勉信 [2]; 藤原 均 [3]; 品川 裕之 [1]
[1] 情報通信研究機構; [2] 九大・理・地球惑星; [3] 成蹊大・理工

Introduction of long-term whole atmosphere-ionosphere simulation database and its validation

Hidekatsu Jin[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hitoshi Fujiwara[3]; Hiroyuki Shinagawa[1]
[1] NICT; [2] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.; [3] Faculty of Science and Technology, Seikei University

The origins of upper atmospheric variations do not only come from the solar activities and rotation, but also from the Earth's lower atmosphere. In order to now-cast and forecast the upper atmospheric disturbances and variations, we have developed a whole atmosphere-ionosphere coupled model called GAIA. The model incorporates the Japanese meteorological reanalysis (JRA) into its lower atmospheric part as well as the daily F10.7 index, in order to reproduce the effects of realistic forcing both from the lower atmosphere and solar irradiance. We have carried out such simulation for the period from 1996 to 2015. The result shows that the model can reproduce major features of the observed ionosphere and thermosphere, including solar activity and rotation dependences, seasonal variations, shorter periodic variations, and effects of lower atmospheric disturbances such as stratospheric sudden warming [Jin et al., 2012; Liu et al., 2013; 2014] We will show the comparison of the database and observations.

超高層大気領域は人工衛星や地上-衛星間をつなぐ電波の通り道であり、その擾乱や変動は衛星の軌道や姿勢、また電波の伝搬に影響する。超高層大気の擾乱や変動の起源は、太陽フレアなど太陽面の活動が磁気圏を通して入ってくるだけではなく、地表付近の気象の影響も中層大気を通り入ってくることで知られてきた。我々は、電離圏・熱圏の全球分布を将来的に定量的に推測・予測するために、地表から熱圏上部までの中性大気領域と電離圏領域を相互に結合する大気圏電離圏結合モデル (GAIA) を開発してきた。さらに、現実の太陽放射強度の変動として日々の F10.7 を入力する以外に、モデルの下層大気領域に気象再解析データをナッジング手法により取り込み、現実の気象活動の影響による超高層大気変動を再現する試みを行ってきた。本発表では、1996 年から 2015 年 6 月まで行った気象再解析データを取り入れた大気圏電離圏シミュレーションのデータベースについて紹介する。データベースでは、太陽活動と自転に伴う変動のほかに、電離圏と熱圏の季節変動や、より周期の短い下層大気起源の周期的変動が見られている。また、下層大気の突発的な擾乱に伴う超高層大気の擾乱も再現されている (Jin et al, 2012; Liu et al., 2013, 2014)。本発表では、シミュレーションデータベースと観測や観測に基づく経験モデル (MSIS、HWM、IRI) を比較し、再現検証を行った結果を報告する。その結果、成層圏突然昇温の影響や良く解明されていない半年周期変動を含む熱圏上部の振る舞いなど良く再現できる面もあれば、太陽活動度によって電離圏の緯度・日変化がうまく再現できない面もあることがわかった。我々は、後者に関して、モデル内で簡略して扱っていた部分 (磁力線に沿った拡散など) をより精密にすることで改善することを明らかにした。

データ同化を用いた AU 指数変動の推定

山本 凌大 [1]; 町田 忍 [2]; 三好 由純 [3]; 上野 玄太 [4]; 宮下 幸長 [3]
[1] STEL; [2] 名大・STE 研; [3] 名大 STE 研; [4] 統数研

Prediction of the Auroral Electro jet index (AU index) by particle filter

Ryota Yamamoto[1]; Shinobu Machida[2]; Yoshizumi Miyoshi[3]; Genta Ueno[4]; Yukinaga Miyashita[3]
[1] STEL; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] ISM

The auroral electro jet index is a proxy of substorm as well as auroral activity. The prediction of AE index is important for space weather forecast, since we can understand the basic mechanisms of the development of space environment, which may reduce possible hazards in space and on the ground. In this study we develop a code to calculate AU index which is one of the AE indices, using the solar wind parameter and the equation for predicting the AU index proposed by Goertz et al.(1991). Using the ACE measured solar wind data and compiled AU index by WDC Kyoto University, we calculate the AU index and two free parameters with the use of particle filter algorithm. We convert a code to adapt to MPI to be able to increase number of particles to avoid particle degeneration. So far, we have completed the modification of the code.

AU/AL 指数はオーロラの活動及びサブストームの指標であり、その変動を高精度に予測することはジオスペース環境の変動予測に直結するため、宇宙天気予報の観点から重要な課題である。本研究では、Goertz et al.(1991) で提唱された太陽風データを入力とした AU 指数の予測式を用いて、AU 指数の変動の予測計算を行うアルゴリズムの開発を行っている。Goertz et al.(1991) の予測方程式ではフリーパラメータが含まれており、高精度の予測計算のためには、このパラメータの値を適切に決めることが重要となる。そこで、本研究では、このパラメータの値を動的に推定するため、粒子フィルタによるデータ同化を行っている。データ同化においてこれまでの段階では、2002 年の ACE の太陽風の観測データと AU 指数の観測データを用いて粒子フィルタをかけることで、2002 年の AU 指数の再現及び予測式に含まれる 2 つのフリーパラメータの時間的変動の推定を行った。粒子数を増やして計算するためにアルゴリズムの並列化を進めており、フィルタリングまでのアルゴリズムを並列化することに成功した。