

Turbulence scales and energetics in clear air and clouds evaluated from MU radar and balloon measurements.

Hubert Luce[1]; Hiroyuki Hashiguchi[2]; Richard Wilson[3]; Mamoru Yamamoto[2]; Masayuki Yamamoto[4]
[1] Toulon-Var University; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] LATMOS-IPSL, Pierre and Marie Curie University; [4] RISH, Kyoto Univ.

Turbulence can play a key role in energy and matter exchange at small scales in the atmosphere. The mechanisms of turbulence generation are multiple and can interact between each other giving rise to miscellaneous characteristics of the turbulent regions from highly sporadic patches of any size to long lived layers with strongly varying depth and intensity. In the troposphere, turbulence can occur in clouds and in clear air. Most observation techniques using in situ or remote sensing sensors are either simply not adapted for turbulence detection or not efficient for detecting turbulence in both conditions. However, we recently developed balloon data processing methods for detecting temperature turbulence and retrieving some of its statistics (such as turbulent potential energy, a turbulence outer scale called Thorpe length, background stability, shear) in both dry and saturated conditions. These methods have been applied to balloon data collected with Vaisala and Meisei radiosondes and the results were successfully compared with high temporal and range resolution observations performed by the VHF Middle and Upper atmosphere radar (MUR, Shigaraki Observatory). VHF-band radars are the sole remote sensing instruments capable of detecting turbulence in clear and cloudy airs throughout the entire troposphere and at any time of the day or night. Radar signals are processed so as to deliver statistical parameters related to the detected turbulence (echo power, power aspect ratio, and spectral width). The combination of radar and balloon observations thus makes it possible to estimate statistics of turbulence (in clouds and in clear air) such as turbulent kinetic and potential energies and buoyancy scale. Under the assumption of Kolmogorov-Obukov turbulence, temperature and refractive index structure constants, energy dissipation rates, Ozmidov scale, diffusivities and turbulent fluxes can also be retrieved. In the present work, results from MUR and balloon data collected during a one-week field campaign in November 2013 are presented. In particular, we will focus on the statistics obtained for turbulent events observed in clouds and in clear air, above and below upper-level frontal zones.

2基の隣接した1.3GHzウィンドプロファイラレーダーを用いた豪雨発生に関連する下部対流圏の水平風収束の観測

中城 智之 [1]; 山本 真之 [2]; 橋口 浩之 [3]
[1] 福井工大・工・電気電子情報; [2] 京大・生存研; [3] 京大・生存圏研

Observation of horizontal wind convergence associated with heavy rainfall by using two adjoining 1.3-GHz wind profiler radars

Tomoyuki Nakajo[1]; Masayuki Yamamoto[2]; Hiroyuki Hashiguchi[3]
[1] Fukui Univ. Tech.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.

1. Introduction

Problem of heavy rainfall against the background of global warming has been a serious problem, and accuracy improvement of prediction techniques is strongly desired. The various observation techniques aiming at early detection of cumulonimbus cloud leading to a heavy rain are proposed. On the other hand, in the theoretical field, research of the forecast by a numerical model with high surface imagery is advanced. In the future, it is expected that the integration of observations and numerical model goes to construction of the prediction technique with higher accuracy.

Observation of the wind in lower troposphere is one of the important observations in such a background. In lower troposphere, localized horizontal wind convergence relevant to development of the cumulonimbus cloud occurs. Therefore, it is very important for the accuracy improvement of the prediction technique of a heavy rain to clarify the actual condition of the wind in lower troposphere.

2. Observation of horizontal wind convergence by two adjoining WPRs

Wind profiler radar (WPR) is most powerful tool to measure the wind in lower troposphere. There are two WPRs in the Fukui plain. One is the WPR of Fukui University of Technology (FUT-WPR) installed in along the seashore in northern part of the Fukui plain. Another is the WPR of the WINDAS network which the Japan Meteorological Agency established (WINDAS-FUKUI) in the central part of the Fukui plain. The data comparison of two WPRs enables presumption of localized horizontal wind convergence in the northern part of the Fukui plain. The distance of FUT-WPR and WINDAS-FUKUI is 24 km which is a little larger than the typical horizontal scale of a cumulonimbus cloud. Therefore, it is a distance suitable for observation of localized horizontal wind convergence relevant to generating of a cumulonimbus cloud.

3. Example analysis about a heavy rainfall event on Sep 16, 2013

In the article, we mention an example analysis about a heavy rainfall event on Sep 16, 2013. The heavy rainfall by the typhoon No. 18 and a related stationary front had occurred from Sep 15 to 16. The precipitation had increased after 0:00 on the 16th, and the maximum of rainfall more than 25 mm/h was observed in the northern part of Fukui plain from 4:00 a.m. to 5:00 a.m. on Sep 16.

The data of WPRs indicate there had been a front line at the altitude of 1 km above the Fukui plain on the 15th and the altitude of front line had increased after 0:00 on the 16th. The increment of front line altitude observed by FUT-WPR was larger than that observed by WINDAS-FUKUI, which indicates the gradient of front line had increased in the northern part of Fukui plain. The comparison of horizontal wind vectors observed two WPRs also indicate the strong horizontal wind convergence had occurred at the altitude from just above the front line (1~2 km) to 3~4 km with the increment of gradient of front line. We consider that the horizontal wind convergence accompanying by the increment of front line gradient was a fundamental factor of heavy rainfall which occurred from 4:00 a.m. to 5:00 a.m. on the 16th.

4. Conclusions

Besides the example described in the article, we have obtained several same observation results. Therefore, we conclude that horizontal wind observation by two adjoining WPRs enables to detect the localized horizontal wind convergence in lower troposphere relevant to occurrence of cumulonimbus system leading to heavy rainfall. The integration of this observation technique and the prediction method by a numerical model with high surface imagery is expected to be useful for disaster prevention.

Acknowledgment

The data of WINDAS-FUKUI are supplied by the Japan Meteorological Agency and Fukui local meteorological observatory. We are deeply thankful to everyone concerned in WINDAS network.

1. 序

温暖化を背景とした豪雨の問題が深刻化しており、その発生予測技術の精度向上が強く望まれている。観測面では豪雨の原因となる積乱雲発生の早期検出を目的とした様々な観測手法が提案されている。一方、理論面では空間解像度の高い数値モデルによる予報の研究が進められており、将来的にはこれらを融合したより精度の高い予測技術の構築に向かっていくと予想される。

このような背景の中、重要な観測の一つとして下部対流圏における風の観測が挙げられる。下部対流圏では積乱雲の発達と関連した水平風の収束が発生する。したがって、下部対流圏における風の実態を明らかにする事は、豪雨の予測技術の精度向上にとって極めて重要である。

2.2 基のウィンドプロファイラレーダーによる水平風収束の観測

下部対流圏の風を観測するための最も有力な手段がウィンドプロファイラレーダー（WPR）である。福井県嶺北地方の福井平野には、福井工業大学が所有する WPR（福井工大 WPR）と気象庁が管轄する WINDAS ネットワークに属する WPR（WINDAS 福井局）の 2 台の WPR が南北方向に 24km の距離に配置されており、両者で観測される水平風速度の比較から、福井平野における水平風の局所的な収束を推定することが可能である。本研究では、福井平野で発生した豪雨と福井平野における水平風の局所的な収束状況との関連について調査を実施した。

24km という距離は、積乱雲の代表的な水平空間規模より若干大きく、積乱雲に関連する水平風の収束の観測に適した距離である。また、このような距離にある 2 台の WPR による下部対流圏の水平風観測は世界的にもまだほとんど実施されておらず、本研究の大きな特徴である。

3. 台風に伴う停滞前線による豪雨発生時の観測事例

本稿では、京都府・福井県・滋賀県を対象として、制度制定後初めて大雨特別警報が発表された 2013 年 9 月 15 日から 16 日にかけて発生した豪雨時の観測結果について述べる。このとき、特に福井県嶺南地方で強い降雨が観測され、15 日から 16 日にかけての小浜市での総降水量は 413.5mm を記録した。嶺北地方では予想に反して降水量は少なめであったが、嶺北北部で降雨が強く観測され、三国では 183.3 mm に達した。

最も強い降雨が観測されたのは 16 日未明であった。解析雨量のデータから、嶺北地方では 16 日 0 時以降、降雨が次第に強くなり、4 時から 5 時にかけて嶺北地方北部において最大で 30mm/h に達する強い降雨に急速に発達し、その後急速に弱まっていったことがわかる。

福井工大 WPR と WINDAS 福井局のデータからは、15 日には北寄りの風と南寄りの風によって高度 1km 付近に前線が形成されていたことが示されている。16 日 0 時以降、福井工大 WPR で観測される前線面の高度が急激に上昇し、福井平野北部において前線面の傾斜が増大した。両 WPR の水平風速度の比較は、この前線面の傾斜の増大に伴って、前線面の直上（1~2km）から高度 3~4km までの範囲において強い水平風収束が発生した事を示しており、この事が 4 時から 5 時における強い降雨発生 of 基本的条件を与えたと考えられる。

4. 結論と今後の展望

本研究により、隣接した複数の WPR で観測される水平風速度の比較から、局地的な降雨システムに関連する下部対流圏の水平風の収束を推定可能であることが初めて示された。特に、強い降雨をもたらす前線活動について、台風 17 号の活動に伴って 9 月初旬に発生した強い降雨も含めて（本稿では割愛）、強い降雨の数時間前にその兆候を捉えることが可能であり、今後の展望として、空間解像度の高い数値モデルによる予測手法と組み合わせることで、防災に役立つ情報発信につながることを期待される。

謝辞

本研究で使用した WINDAS 福井局のデータは気象庁観測部および福井地方気象台の協力によって提供されました。ここに深く謝意を表します。

SuperDARN 北海道-陸別 HF レーダーによって観測された夏季中間圏エコーの高度特性

津屋 太志 [1]; 西谷 望 [2]; 小川 忠彦 [3]; 堤 雅基 [4]; 行松 彰 [5]
[1] 名大 STE 研; [2] 名大 STE 研; [3] NICT; [4] 極地研; [5] 国立極地研究所/総研大

Study of altitude characteristics of Mesosphere Summer Echoes observed by the SuperDARN Hokkaido HF radar

Taishi Tsuya[1]; Nozomu Nishitani[2]; Tadahiko Ogawa[3]; Masaki Tsutsumi[4]; Akira Sessai Yukimatu[5]
[1] STELAB, Nagoya Univ; [2] STELAB, Nagoya Univ.; [3] NICT; [4] NIPR; [5] NIPR/SOKENDAI

The mesopause, located around 80 to 100 km altitude, is where the neutral temperature is lowest in the earth's atmosphere. The mesopause temperature is largely affected by the global meridional circulation in the middle atmosphere, and mesopause temperature is more variable than lower atmosphere temperature. Therefore study of the mesopause region is very important for understanding environmental changes including global warming.

When the mesopause neutral temperature goes below 150 K, heavy charged ice aerosol particles are generated, which reduce electron diffusivity. Neutral air turbulence in combination with the reduced electron diffusivity lead to the creation of structures at half-wave scales which backscatter radio waves (Rapp and Luebken, ACP, 2004). As a result, the echoes backscattered at mesopause are frequently observed in summer in the polar region as Polar Mesosphere Summer Echoes (PMSEs). In recent years mesosphere echoes are observed not only in the polar region but also at midlatitudes as Mesosphere Summer Echoes (MSEs) (Ogawa et al., JASTP, 2011).

In this study, we make statistical analysis of MSEs observed by the SuperDARN Hokkaido HF radar at midlatitude (geographic latitude: +43.53 N deg). We make use of the criteria for identifying MSEs adopted by Ogawa et al. (EPS, 2013) which performed event study of MSE using the SuperDARN Hokkaido radar. As a result, MSEs are observed more frequently in the daytime (07 to 18 LT) and summer (in particular June and July) than other time and seasons, which is similar to PMSEs reported by Hosokawa et al. (GRL, 2005) using the high latitude SuperDARN radars and NLC reported by Gerding et al. (GRL, 2013) using midlatitude lidar.

MSEs are often contaminated with echoes from the Es layer. In order to identify MSEs exactly and understand the generation mechanisms of MSEs at midlatitude, it is important to obtain neutral wind information near the mesopause because some MSE structures might be transported from higher latitudes by neutral winds (Singer et al., ASR, 2003), which affect the Doppler velocity of MSEs. If the Doppler velocity of MSEs consists with neutral wind, it becomes credible that the echoes are MSEs. In this aspect we can set more appropriate criterion for identifying MSEs by taking into account altitude distribution of neutral winds, which can be obtained by using meteor echoes observed by the radar. In order to estimate altitude distribution of MSEs and neutral winds, we use the technique employed by Yukimatu and Tsutsumi (GRL, 2002) and Tsutsumi et al. (Radio Sci., 2009) which obtain neutral wind information from meteor echoes using the SuperDARN radars. Details of analysis will be presented.

中間圏界面は高度 80 km から 100 km 付近に存在する領域であり、地球大気の中でも最も温度が低い領域である。中間圏界面の温度は下層大気を含む大規模な子午循環 (南北循環) の影響を受けている。従って中間圏界面の研究は、地球温暖化を含めた環境変動を理解する上で非常に重要である。

中間圏界面温度が極低温 (150 K 以下) となった時、帯電した重い氷エアロゾルが発生し、そのイオンによって電子拡散が弱められる。中性大気の乱流が電子拡散の減少と相まってレーダーの半波長スケールの構造をつくり、それらの構造が電波を後方散乱する (Rapp and Luebken, ACP, 2004)。その結果、中間圏界面で後方散乱されたエコーが極域の夏季において Polar Mesosphere Summer Echoes (PMSEs) としてしばしば観測される。近年では、極域だけに限らず中緯度においても中間圏エコーが Mesosphere Summer Echoes (MSEs) として観測されている (Ogawa et al., JASTP, 2011)。

本研究では、中緯度の北海道-陸別 HF レーダー (地理緯度: 北緯 43.53 度) によって観測された MSEs の統計解析を行った。統計解析を行うにあたり、北海道-陸別 HF レーダーを用いた MSEs のイベント解析である Ogawa et al. (EPS, 2013) を参考に MSEs の判別条件を決定し、夏季中間圏エコーを同定した。その結果、同定したエコーに、昼間 (7 時から 18 時)、また夏季 (特に 6 月、7 月) に多く観測されるという特性が得られた。これは極域で PMSEs の統計解析を行った Hosokawa et al. (GRL, 2005) で報告された PMSEs の特性と一致する結果となった。また中緯度において NLC のライダー観測を行った Gerding et al. (GRL, 2013) で報告された NLC の特性とも一致する結果となった。

北海道の夏季日中では Es 層からのエコーと MSEs が混在する場合があります、MSEs を同定することが難しい場合がある。より正確に MSEs を同定するため、また中緯度における MSEs の発生機構を理解するためには、エコーの高度分布を得ること、また中間圏界面付近の中性風の情報を得ることが重要である。

そのため、本研究では流星エコーを用いた。流星エコーは高度 70 km から 110 km に分布し、中性風によって運ばれる。Yukimatu and Tsutsumi (GRL, 2002) 及び Tsutsumi et al. (Radio Sci., 2009) では、SuperDARN レーダーを用いて流星エコーから中性風速度の情報を得た。本研究でも同様の手法を用いて、流星エコー及び中性風速度の高度分布を求め、同

定したエコーの高度及びドップラー速度との比較を試みている。

流星エコーの高度領域 (70 km から 110 km) と MSEs の高度領域 (80 km から 100 km) は近いため、本研究では流星エコーと同定したエコーを相対的に比較した。その結果、同定したエコーの高度分布は流星エコーの高度分布よりも低いという結果を得た。この結果は、MSEs を同定する判別条件の正確さをサポートするものである。

また MSEs 構造の一部は中性風によって高緯度から運ばれるとされる (Singer et al., ASR, 2003) ため、流星エコーから求まる中性風速度と MSEs のドップラー速度に整合性が確認できれば、エコーが MSEs であるという信憑性が高まる。そのため中性風速度の高度分布とエコーのドップラー速度を比較することによって、より適切な MSEs の判別条件を設定することが可能であると考えられる。判別条件により同定したエコーのドップラー速度と中性風速度との比較結果については講演で述べる。

昭和基地レイリーラマンライダーとAIM衛星によって捉えられたPMCの2日周期変動

鈴木 秀彦 [1]; 中村 卓司 [2]; 堤 雅基 [2]; 江尻 省 [2]; 富川 喜弘 [2]; 阿保 真 [3]; 津田 卓雄 [2]; 西山 尚典 [2]; 川原 琢也 [4]
[1] 明治大; [2] 極地研; [3] 首都大・システムデザイン; [4] 信州大・工

Two-day period fluctuation of PMC occurrence over Syowa Station, Antarctica observed by a ground-based lidar and AIM satellite.

Hidehiko Suzuki[1]; Takuji Nakamura[2]; Masaki Tsutsumi[2]; Mitsumu K. Ejiri[2]; Yoshihiro Tomikawa[2]; Makoto Abo[3]; Takuo Tsuda[2]; Takanori Nishiyama[2]; Takuya Kawahara[4]
[1] Meiji univ.; [2] NIPR; [3] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.; [4] Faculty of Engineering, Shinshu University

A Rayleigh/Raman lidar system has been operated by the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) since February, 2011 (JARE 52nd) in Syowa Station Antarctica (69.0S, 39.5E). Polar Mesospheric Cloud (PMC) was detected by the lidar at 22:30UT (+3hr for LT) on Feb 4th, 2011, the first day of a routine operation. This event was the first time to detect PMC over Syowa Station by a lidar [Suzuki et al., Ann. Geophys., 2013]. However, signal to noise ratio (SNR) of the PMC event was not so good due to large shot noises from daytime background signals, since the lidar receiver system was designed mainly for nighttime observations. Thus, observation of the PMC during the midnight sun, which also corresponds to most frequent PMC season, was difficult. To improve SNR of the PMC observation with the lidar during daytime, a narrow band-pass Fabry-Perot etalon unit has been developed and installed in the receiver system in Dec 2013 by the JARE 55th. By using this new system, we were successful in the PMC signal detections with good SNR under daylight conditions during the period of summer operation of the JARE 55th. Among the operations of 53 days (from 17 Dec. 2013 to 7 Feb. 2014), only 11 days were with a clear sky and suitable for PMC observation. Thus, it was difficult to monitor continuous day-to-day variations on a PMC activity only by using the lidar data. Fortunately, NASA's AIM satellite had passed near Syowa Station and provided with complimentary PMC data during observation gap of the lidar. By combining our lidar data with the AIM/CIPS data, nearly continuous monitoring of PMC variability over Syowa Station was achieved for period between 13th and 18th in January 2014. PMC occurrence with an interval of two days over Syowa Station during the period was clearly confirmed. Co-located MF radar observations also showed clear two days fluctuation in horizontal wind velocities around PMC altitude during the same period. In this presentation, we will discuss the cause of the two-day oscillation found in PMC occurrence and horizontal wind velocity. In particular, two-day planetary wave will be quantitatively investigated as a potential cause of the fluctuation.

第52次南極地域観測隊(JARE52)によって南極昭和基地(69.0S, 39.5E)に設置されたレイリー/ラマンライダーシステムは、2011年2月より本格観測を開始して以降、2014年現在順調に観測を続けている。本装置は、対流圏高度から中間圏高度までの鉛直温度プロファイルを測定可能なシステムであるが、2011年2月4日には昭和基地においては初となる極中間圏雲(PMC)の検出にも成功している[Suzuki et al., Ann Geophys., 2013]。しかし、本来夜間における観測を想定して設計されたシステムでは、昼間における背景光の除去が不十分であり、白夜期に出現の最盛期を迎えるPMCの高精度な観測は困難であった。そのため、JARE55の夏期観測では、背景光強度を大幅に削減可能な狭帯域エタロンユニットが導入され、2013年12月17日から2014年2月7日までの53日間についてPMCの集中観測が実施された。その結果、白夜期において数例のPMCイベントの検出に成功した。しかし、同期間で天候に恵まれたのはわずか11日間であり、ライダーデータだけではPMCの日変動などを議論することは困難であった。そこで、極中間圏雲を監視するNASAの科学衛星AIM(Aeronomy of Ice in the Mesosphere)によって得られたPMCアルベドデータをライダーデータと統合し、昭和基地上空におけるPMCの消長を連続でモニタリングする試みを実施した。昭和基地の緯度帯では、AIM衛星は日に二度ほど昭和基地上空付近を通過し、PMCの水平構造のスナップショットを撮像するが、衛星データ単体では、数時間程度の変動を捉えることは不可能であり、PMCの出現頻度で卓越する周期を特定することは難しい。幸い、JARE55夏期観測期間内の2014年1月13日から18日の6日間にかけて、ライダー観測データが欠損している時間帯を補うような軌道の衛星データが存在したため、両者のデータを統合することで、同期間の昭和基地上空におけるPMCの消長の様子を、ほぼ連続でモニターすることが実現した。その結果、同期間のPMCの生成消失に2日周期の変動が卓越することが確認された。昭和基地のMFレーダーでも、同期間にPMC発生領域で2日周期の水平風速変動が卓越していることが確認されており、PMCの消長が2日周期の大気波動によってコントロールされている可能性を示している。本発表では、この2日周期の大気波動として2日周期のプラネタリー波を想定し、PMCの形成と消失に及ぼす効果について定量的に議論する。

Height and time characteristics of seasonal and diurnal variations in PMWE based on observations by PANSY radar (69S,39E)

Takanori Nishiyama[1]; # Takuji Nakamura[1]; Kaoru Sato[2]; Masaki Tsutsumi[1]; Toru Sato[3]; Koji Nishimura[1]; Masashi Kohma[4]; Yoshihiro Tomikawa[1]; Mitsumu K. Ejiri[1]; Takuo Tsuda[1]

[1] NIPR; [2] Graduate School of Science, Univ. of Tokyo; [3] Communications and Computer Eng., Kyoto Univ.; [4] Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo

We report height and time variations of Polar Mesosphere Winter Echo (PMWE) based on PANSY (Program of the Antarctic Syowa MST/IS) radar observations in Antarctica. The PANSY radar is a 47 MHz VHF radar installed at Syowa station in Antarctica (69S, 39E), and it is being developed toward full system operation. In 2013, mesosphere observations have been conducted regularly with total antenna aperture of 3,900 m² (full system aperture of 18,000 m²) and peak output power of 113 kW (full system output of 520 kW). It was already the largest MST radar in the Antarctic at that moment, and the more detailed description of PANSY radar itself was summarized in Sato et al. [2014]. PMWE were identified almost every day from March to October 2013 even during periods without any Solar Proton Events, probably because of ionization by energetic electrons precipitations. Both enhancement of electron density and neutral turbulence have strong control over PMWE as pointed out by Luebken et al. [2006]. Monthly means of PMWE characteristics were also deduced. They demonstrated that the most part of PMWE was restricted to daytime when solar zenith angle (SZA) was smaller than 98 degree, suggesting that electrons detached from negative ions play an important role. However, PMWE was also detected at altitude of 70-80 km for a few hours after sunset. From a simple estimation of time scale for electron loss based on the continuity equation of electron density ignoring advection, the PMWE detected at 70-80 km after sunset can be explained by effective recombination rates without Meteoric Smoke Particles (MSPs), which implies that electron loss by MSPs is negligible below 80 km altitude.

南極昭和基地 MF レーダーを用いた高度 65-110km における大気重力波活動度の研究

堤 雅基 [1]
[1] 極地研

MF radar study of gravity wave activity in the wide height range of 65-110km over Syowa st., Antarctica

Masaki Tsutsumi[1]
[1] NIPR

There are very small number of ground-based observation techniques in the lower thermosphere, especially above around 100 km, although the region is a pronounced transition region in terms of the thermal structure, chemistry and dynamics. Radio meteor echo measurement in a relatively low radio frequency such as MF is a possibility of atmosphere observation above 100 km. We have applied a conventional meteor wind measurement technique widely used in VHF to MF radar systems, and have successfully obtained meteor winds up to 120 km altitude [Tsutsumi and Aso, 2005]. The observation has been continuously conducted over Syowa station, Antarctica, since 1999. Based on the accumulated 15 years of data we try to estimate seasonal behaviour of gravity wave activity in a wide height range of 65-110km.

南極の中間圏から下部熱圏における大気重力波の研究は、近年では電波および光学観測装置を用いて精力的に行われている。レーダーを用いた中間圏領域の研究としては、Vincent (1994) による先駆的な研究がなされ、Dowdy et al.(2007) によりさらに包括的な研究がなされている。しかし高度 95km 程度より上の領域は極域に限らず観測手段に極めて乏しく、下層から熱圏域に注入される重力波エネルギーを定量的に調べる事は困難で、重力波の詳細については依然として不明点が多い。本研究では、MF レーダーを利用した流星観測手法を従来の風速観測手法と併用し、従来よりも上限高度を引き上げた広い高度領域の重力波解析を試みる。

中間圏観測に広く用いられる MF レーダーでの信頼性のある風速観測高度域の上限は概ね 90km である。また同様に広く採用されている VHF 帯の流星レーダーでも、重力波解析は 95km 程度が最大高度となる。ところが、MF レーダーはその低い運用周波数を活かした流星エコー観測を行うことで、背景電子密度の低くなる夜間を中心として最大高度 120km 程度までの風速観測が原理的に可能であり、我々は昭和基地 MF レーダーを用いて大気潮汐波を中心に解析を行ってきた (Tsutsumi and Aso, 2005)。地磁気擾乱時やオーロラ活動度の高い時は電離層電子密度が高くなり、流星エコー観測は困難となる制約があるものの、静穏日を中心として 1999 年よりこれまで約 15 年間のデータが蓄積されている。

重力波解析手法は、従来の風速時系列を使用する方法 (Vincent, 1994; Dowdy et al., 2007) に加え、Mitchell and Beldon (2009) の提唱するより短周期の重力波解析手法を適用する予定である。これまでの初期解析において、1 時間値の水平風速データから品質の高いものを抽出し、従来手法を用いて周期 2-8 時間の重力波成分の季節変化を、高度約 65-110km の広い範囲において取り出すことができている。冬期極大となる顕著な季節変化を示す中間圏領域での活動度と比べ、高度 100km 以上では冬期極大は認められるものの季節変化は緩やかとなる傾向が見られる。講演ではより短周期の成分の解析も併せて報告予定である。

ポーカーフラット及びトロムソ MF レーダーで観測された中間圏重力波特性に関する研究

木下 武也 [1]; 村山 泰啓 [2]; 川村 誠治 [1]; 野澤 悟徳 [3]; Hall Chris[4]
[1] NICT; [2] 情報通信研究機構; [3] 名大・太陽研; [4] トロムソ大・TGO

A study of the character of mesospheric gravity waves observed with MF radar at Poker Flat, and Tromso

Takenari Kinoshita[1]; Yasuhiro Murayama[2]; Seiji Kawamura[1]; Satonori Nozawa[3]; Chris Hall[4]
[1] NICT; [2] NICT; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] TGO, UiTO

The interaction between gravity waves and tidal waves has been studied by using observations, although the phase relation between them was not fully understood. The neutral wind velocity data from mesosphere to lower thermosphere observed by MF radars at Poker Flat in Alaska and at Tromso in Norway has been observed since the late 1990s. The long-term wind velocity data at Poker Flat and Tromso was analyzed for 10 years of 1999 – 2008 to show daily and seasonal behaviors of mesospheric gravity waves and horizontal wind of the 12 and 24 hour components.

Observed wind velocities having the 1~4 hour period components are analyzed as short-period gravity waves and those having harmonic components with periods of 48, 24, 12, and 8 hours are calculated every 30 minutes. The phase relation between 12 hour components of zonal wind and kinetic energy of gravity waves (GW-KE) shows that their phases are locked for more than 10 days. Such phase lock events are found in several years at both observation sites. We confirmed a phase lock phenomena at both Tromso and Poker Flat continued for about 20 days from November to December in 2000. However, between Tromso and Poker Flat, the phases of 12 hour component of GW-KE differed by 180 degrees. We plan to discuss more detail of underlying physical processes, focusing on gravity wave drags and background state of horizontal wind velocities at both sites.

アラスカ・ポーカーフラット及びノルウェー・トロムソに設置された MF レーダーにより中間圏から下部熱圏における中性風速データが 1990 年代後半以降観測されている。本研究では潮汐波と重力波の結合プロセスの理解を深めるため、10 年間 (1999 ~ 2008 年) の上記観測データを用いて、中間圏重力波と潮汐波の日内および季節変動を調べた。

まず始めに、観測の水平風速データから重力波と潮汐波の抽出を行った。ここで、潮汐波は 30 分平均データ 5 日間分からトレンドを除き、8, 12, 24, 48 時間周期の正弦波をフィッティングして振幅と位相を 30 分ごとに求めた。一方、1 ~ 4 時間周期を持つ擾乱を短周期重力波として解析した。得られた東西風速と短周期重力波運動エネルギー (GW-KE) の半日周期成分の位相の日変化を解析した結果、半日潮汐の位相に GW-KE の位相が約 10 ~ 20 日間ロックされる様子を複数の年月で確認した。その中で、2000 年 11 ~ 12 月に観測された事例では、ポーカーフラットとトロムソ両地点でほぼ同時期にロック現象が起こっていたが、GW-KE の位相が 180 度ずれていた。今後は、この現象を理解するため観測データの他に、MERRA 再解析データ・重力波強制モデル等を用いて、両地点における潮汐場、背景場について調べる予定である。

Simultaneous Observation of the Atmospheric Gravity Waves by ISS-IMAP and All-sky Imagers

Hideko Yukino[1]; Akinori Saito[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yuichi Otsuka[3]

[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

The purpose of this study is to examine the spatial scale of the atmospheric gravity wave in the mesosphere and the lower thermosphere using the simultaneous observations of ISS-IMAP and a ground-based all-sky imager at Hawaii. The relationship between the wave structures of the mesospheric airglow and the tropospheric events have been discussed by previous studies. The limitation of the ground-based observation of the airglow is that it cannot distinguish spatial variations from temporal variations of the structures whose scale size is larger than its field-of-view. ISS-IMAP started the observation in October, 2012 to clarify the atmospheric gravity waves whose horizontal scale size is 50 km and longer. ISS flies around 400 km altitude, and its orbital inclination angle is 51.6 degrees. The spatial resolution of the Visible-light and infrared Spectrum Imager (VISI) is from 10 km to 25 km. The simultaneous observation between ISS-IMAP/VISI and the Hawaii all-sky imager has started on March 14, 2013. The atmospheric gravity waves detected by 762nm observation of VISI were compared with the airglow structures in 557.7 nm observed by the ground-based all-sky imagers. The origin and the propagation mechanism of the atmospheric gravity waves were investigated. VISI frequently observed the wave packets whose scale size were 1,000-2,000 km. These wave packets were observed by the ground-based imager as a series of waves that continued for 5-6 hours. The characteristics of these wave packets of the atmospheric gravity waves are discussed in this presentation.

IMAP/VISI と北海道 HF レーダーによる MSTID に関連した同心状重力波の観測

坂野井 健 [1]; 西谷 望 [2]; 堀 智昭 [3]; 山崎 敦 [4]; 齊藤 昭則 [5]; 大塚 雄一 [6]; 秋谷 祐亮 [5]; 穂積 裕太 [5]; Perwitasari Septi [7]; 津川 卓也 [8]

[1] 東北大・理; [2] 名大 STE 研; [3] 名大 STE 研; [4] JAXA・宇宙研; [5] 京都大・理・地球物理; [6] 名大 STE 研; [7] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [8] 情報通信研究機構

Coordinated observation of atmospheric gravity waves associated with MSTID using IMAP/VISI and the Hokkaido HF radar

Takeshi Sakanoi[1]; Nozomu Nishitani[2]; Tomoaki Hori[3]; Atsushi Yamazaki[4]; Akinori Saito[5]; Yuichi Otsuka[6]; Yusuke Akiya[5]; Yuta Hozumi[5]; Septi Perwitasari[7]; Takuya Tsugawa[8]

[1] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [2] STELAB, Nagoya Univ.; [3] STE lab., Nagoya Univ.; [4] ISAS/JAXA; [5] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [6] STEL, Nagoya Univ.; [7] PPARC Tohoku University; [8] NICT

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

We report the recent results coordinated observation of atmospheric gravity waves (AGWs) associated with MSTID obtained with IMAP/VISI from space and the Hokkaido HF radar from the ground. IMAP/VISI is a visible imaging spectrometer which achieve the line-scanning of airglow emissions measurement from the international space station (ISS) (~400 km altitude) covering the wide range from +51 deg. to –51 deg. in geographical latitude. We obtain the global distribution of airglow emissions (O 630 nm at 250 km alt., OH Meinel band 730 nm at 87km alt., and O2 (0-0) atmospheric band 762 nm at 95 km alt.) and auroral emissions (O 630 nm at 250 km alt., N2 1P 730 nm at ~110 km alt. and O2 762 nm at ~120 km alt.). Since the successful launch of IMAP in August 2012, we usually operate IMAP/VISI approximately 15 orbits a day in the night side hemisphere. We found that meso-scale (~10 - 50 km) wave pattern is always seen in the airglow emission at O2 762 nm mainly at the whole latitude range, including more than 30 concentric gravity wave (CGW) events which suggests that the local generation source in the lower-atmosphere. From the cross-correlation analysis between front FOV data and rear FOV data of which time difference is typically 90 s at the same location, we can determine the direction and phase speed of atmospheric gravity wave.

On the other hand, a ground-based instrument plays important role for obtaining the time variations of AGWs since the horizontal motion of AGWs is important to determine the momentum transfer carried by AGWs. Considering the latitudinal coverage of IMAP/VISI, the combination between IMAP/VISI and the Hokkaido HF radar is the most feasible for the conjugate measurement of AGWs. We found 37 AGW events on the simultaneous IMAP/VISI and the Hokkaido HF radar measurements during the period from October 2012 to April 2014. In the most cases the AGW pattern taken with IMAP/VISI is seen only in O2 762 nm emission in the E-region (95km). Thus, we compared the AGW data by IMAP/VISI with the near-range echo data obtained in the E-region by the Hokkaido HF radar.

IMAP/VISI measured westward moving concentric gravity waves in O2 airglow emission with the phase speed up to 160 m/s from 11 to 15 UT on Feb. 5, 2014. Simultaneously the Hokkaido HF radar measured south-westward moving successive echo structures. Phase speeds of CGWs along the E-region echo area and along the radar beams were consistent with those of radar echo structures. During this period, GPS network data showed the south-westward motion of MSTID in the F-region over Japan. This fact suggests that the F-region MSTID was coupled with the E-region gravity waves.

ISS-IMAP/VISI 観測による大気光構造の発光高度の決定と伝搬速度の解析

秋谷 祐亮 [1]; 齊藤 昭則 [1]; 坂野井 健 [2]; 穂積 裕太 [1]; 山崎 敦 [3]; 大塚 雄一 [4]
[1] 京都大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] JAXA・宇宙研; [4] 名大 STE 研

Determination of the altitude and study of propagation speed of airglow structure observed by ISS-IMAP/VISI

Yusuke Akiya[1]; Akinori Saito[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yuta Hozumi[1]; Atsushi Yamazaki[3]; Yuichi Otsuka[4]
[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] STEL, Nagoya Univ.

Visible and near-infrared spectrographic imager (VISI) for ISS-Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere and Plasmasphere (ISS-IMAP) mapping mission is observing airglow emission from September, 2012. VISI observes airglow emissions in the nadir direction from the altitude of 400 km by two field-of-views (FOVs). Directions of two FOVs are 45 degrees in forward and backward of the ISS velocity, respectively. There are intervals between the observations for the same point in the emission layer by two FOVs of VISI: approximately 78 seconds for the layer in the altitude of 95 km and approximately 37 seconds for the layer in 250 km altitude. It is able to derive the propagation velocity of the structures in the emission layer from the differences between the images obtained from two FOVs under the assumption that the large structure does not change in the difference of time between the observations by two FOVs. Observational data of atomic oxygen airglow in 630-nm and molecular oxygen airglow in 762-nm obtained by VISI from September 2012 to July 2014 were used to determine the altitude of airglow emission layer and the propagation speed of the structures. Correlation coefficient are taken between two FOVS with pixel lags which correspond to the altitude from the ground. Points with large correlation coefficient had distributed around the ground and the altitude of 250km for 630-nm airglow and the altitude of 95 km for 762-nm airglow with several breadth. Propagation speed of the airglow structures are also estimated after the determination of the altitude of the emission layers.

国際宇宙ステーション (ISS) より地球超高層大気を撮像する ISS-IMAP ミッションに用いられる可視近赤外分光撮像装置 (VISI) は、2012 年 9 月より高度約 400km から天底方向に大気光を観測をしている。VISI は ISS の進行方向の前後に観測視野を持ち、2 つの視野は高度 95km の発光層については約 78 秒、高度 250km の発光層については約 37 秒の時間差で観測する。前後の視野の観測画像の違いから、大規模な構造が 2 つの視野の観測時間差の間では変化しないという仮定のもと、大気光の発光構造の伝搬速度を推定することが可能である。2012 年 9 月から 2014 年 7 月までに VISI で観測された O 大気光 (波長 630nm)、酸素分子大気光 (波長 762nm) のデータを用いて、前後の視野内で観測される構造についての相関の高い部分を求め、これらの大気光の発光層の高度を決定した。その結果、波長 630nm の大気光については地面付近と高度 250km 付近、波長 762nm の大気光は高度 95km 付近に分布が集中した。これをもとに、大気光構造の伝搬速度の推定を行った。

宇宙ステーションからの撮影画像を用いた中間圏大気光メソスケールパッチ構造の研究

穂積 裕太 [1]; 齊藤 昭則 [1]; 坂野井 健 [2]; 秋谷 祐亮 [1]; 山崎 敦 [3]
[1] 京都大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] JAXA・宇宙研

Imaging observation of mesoscale patch structure in the mesosphere airglow from the ISS

Yuta Hozumi[1]; Akinori Saito[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yusuke Akiya[1]; Atsushi Yamazaki[3]
[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] ISAS/JAXA

Whole image of mesoscale patch-like structure in the mesosphere airglow was captured by imaging observation from the International Space Station (ISS). Limb imaging observations with a digital single reflex camera, Nikon D3s, provide us mesosphere airglow images with very wide field of view (3,000 km width at the tangential point). An enhancement of OI airglow (557.7 nm) accompanies with depletion of Na airglow (589 nm) in the same region of 1,000 km x 2,000 km. In the region, the peak of Na airglow layer is higher than the surrounding about 3 km. This is the first entire image of the mesospheric mesoscale patch structure in OI and Na airglow. This scale size is in the gap of the previous airglow observations between small scale (10 - 400 km) observed by ground based airglow imagers and large scale (several 1,000s km) observed by satellite limb scanning. The mesoscale structure in mesosphere airglow was found, is larger than small scale gravity wave structures but it is smaller than whole the earth convective structures. In the presentation, the cause of this structure will be discussed.

全大気領域モデル・シミュレーションからわかる熱圏大気の基本性質

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

Fundamental properties of the Earth's thermosphere found from numerical simulations with a whole atmosphere GCM

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

Since the research groups in Europe and United States started developing the thermosphere general circulation models (GCMs) in 1980s, some thermosphere models, which are coupled with other regions, have been developed. In particular, coupled models of the thermosphere-ionosphere and those of the thermosphere-lower atmosphere have had many contributions to understandings of various phenomena in the thermosphere. In case of our group, we have developed a whole atmosphere GCM, which covers all the atmospheric regions, ionosphere model, ionospheric dynamo model, and coupled atmosphere and ionosphere model (GAIA). Developments of such sophisticated and complicated coupled models are one of the right streets for advances of the aeronomy. However, simple model simulations are also important for understanding the fundamental properties of the thermosphere. For example, how strong wind blows in the thermosphere without Joule heating and ion drag force? If the planetary rotation speed of the Earth were twice or half, how strong wind blows in the thermosphere? Can we represent supersonic winds in the thermosphere as some observations reported? Simple model simulations and complicated ones will enable us to understand physical mechanisms of phenomena and their qualitative understandings, respectively. In this study, we will show some results from simple model simulations with a whole atmosphere GCM.

1980年代より欧米のグループによって熱圏大気大循環モデル(GCM)の開発がはじまって以来、熱圏領域と様々な領域との結合モデルが構築されてきた。特に電離圏や下層大気領域との結合モデルは熱圏での様々な現象の理解に大きく貢献している。我々の研究グループにおいても全大気領域を包含する大気大循環モデルや電離圏モデル、電離圏ダイナモモデルの開発、それらを結合した大気圏・電離圏モデル(GAIA)の開発を行ってきた。このような領域結合型の複雑化した大規模モデルを用いたシミュレーション、特にスーパーコンピュータによる大規模シミュレーションは、超高層大気モデル・シミュレーションの発展の主たる方向性の1つと考えられる。一方で、これに加えて、単純化した条件設定・簡易モデルによる数値実験も熱圏大気の基本性質を理解する上での重要な研究手法である。例えば、極域でのジュール加熱やイオンドラッグがなかった場合、熱圏風はどの程度となるか? 自転速度が1/2, 2倍になったら熱圏風速はどの様になるのか? 一部の観測により報告されている熱圏での超音速風は、既存のモデルで再現が可能か? そもそも地球の熱圏風が超音速になりうるのか? といった問題は、単純化したモデル設定でのシミュレーションによって物理機構を理解した後、精密なシミュレーションによって定量的な議論を展開する必要がある。本研究では、地球の熱圏大気に特有な基本性質について、単純化したモデル設定でのGCMシミュレーションのいくつかの結果を紹介する。

GAIAを用いた温室効果ガス増加に伴う熱圏長期変動の見積もり

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

Long-term trend of the thermosphere caused by anthropogenic increases of greenhouse gasses simulated by the GAIA

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

Using a numerical model, the global cooling due to anthropogenic increase of greenhouse gases in the upper atmosphere is examined. The model used in this study is an atmosphere-ionosphere coupled model (GAIA), in which a whole atmosphere general circulation model, an ionosphere model and an electrodynamics model are integrated. In the lower atmosphere of the GAIA, the meteorological reanalysis data (JRA) are incorporated. We performed numerical experiments with increasing the concentration of CO₂. We focus our attention on long-term trend in the thermosphere under the solar minimum condition during the period from 1980 to 2010. Comparing these simulation results, we investigate effects of the increase of CO₂ concentration on the general circulation in the thermosphere-ionosphere system. In particular, we estimate thermospheric cooling due to the increase of CO₂ concentration. Changes of behaviors of the upward propagating tides and their influences on the general circulation in the upper atmosphere are also studied.

大気中の温室効果ガス濃度の増加に伴い、中層大気・超高層大気では寒冷化が起こることが知られている。近年では、長期間の観測結果の解析や数値シミュレーションにより、超高層大気の寒冷化についての見積もりが行われるようになってきた。その結果、熱圏における大気密度の減少や、F層ピーク高度の低下などが報告されている。しかしながら、観測データから、太陽活動や地磁気活動に伴う年々変動を除去するのは難しく、解析手法によって結果が異なることもあった。一方、数値シミュレーションによる研究でも、中性大気と電離大気の結合過程が表現されていなかったり、下層大気変動（温室効果ガス増加に伴う対流圏の温暖化による大気大循環および励起される大気波動の変化など）を含めていなかったりと十分ではなかった。そこで我々は、全大気領域を含み、中性大気と電離大気との相互作用過程も表現可能な、大気圏 電離圏結合モデル（GAIA: Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy）を用いて調べてみることにした。

太陽活動や地磁気活動の影響を除去するために、1980年から2010年までの太陽活動極小期に限定し、数値シミュレーションを実行した。数値シミュレーションでは、大気中の二酸化炭素濃度を変化させたほか、再解析データ（JRA）を用いることで下層大気の長期変動も考慮に入れて実施した。最近の研究では、成層圏突然昇温時に、熱圏大気が寒冷化するなどの影響を及ぼすことがわかってきている。そこで、熱圏の長期変動が二酸化炭素濃度の増加によるものか、成層圏突然昇温などの下層大気起源の大気波動によるものかについて、詳細な解析・検討を行った。その上で、二酸化炭素濃度増加によると考えられる熱圏大気変動を示した。詳細な解析結果は、当日発表する予定である。

イオンドラッグが引き起こす極域熱圏全体の密度異常

松村 充 [1]; 田口 聡 [2]
[1] 極地研; [2] 京大理

Neutral density anomalies in the whole polar thermosphere produced by ion drag

Mitsuru Matsumura[1]; Satoshi Taguchi[2]
[1] NIPR; [2] Grad school of Science, Kyoto Univ.

Recent studies have pointed out that the upward mass transport due to heating is important for the thermospheric mass density anomalies in the cusp. The cusp is not a single area of anomalies, and there is another neutral mass density enhancement on the nightside. Density depletions also occur on the dawn- and duskside, as has been shown by the CHAMP satellite observations. In the present study, in order to understand the mechanism of the enhancement or depletion of the neutral mass density, we have studied the effect of ion drag due to ionospheric convection, which can give momentum to the neutral air over the whole area of the polar thermosphere. We have used a three-dimensional numerical model in which heat transfer from plasmas to neutrals is not included. The result of the model calculations shows that the neutral mass density is enhanced at the cusp. Besides the cusp enhancement, another enhancement occurs on the sunlit side of the terminator. This terminator enhancement then spreads to the nightside due to thermal expansion, so that density enhancements can occur on the nightside. On the dawn- and duskside the ion drag drives neutral wind circulations, which make depletions in those regions. These dawn- and duskside depletions would make the cusp enhancement more prominent.

近年の研究から、極域熱圏のカスプ域における質量密度増大現象を引き起こす主な要因は、加熱による鉛直方向の質量輸送とされているが、加熱とともに起こるイオンドラッグの影響は考慮されていない。密度の増大は昼側のカスプ域だけでなく夜側でも起こること、また、密度の減少が朝・夕側で起こることも CHAMP 衛星の観測から示されているが、カスプ域の密度増大との関連性は明らかになっていない。本研究では、このような密度増大・減少のメカニズムを明らかにするために、電離圏対流によるイオンドラッグの影響を調べた。電離圏対流は極域の熱圏全域にわたって中性大気に運動量を与える。我々が用いたのは3次元の数値モデルで、その中でプラズマから中性大気への熱輸送は含めなかった。モデル計算の結果、密度の増大がカスプおよび昼夜境界の昼側で起こった。昼夜境界での密度増大は熱膨張によって夜側に広がった。朝・夕側では中性大気の循環が起こり、その中では密度が減少した。朝・夕側での密度の減少により、カスプでの密度増大はより顕著になった。

OMTIのファブリ・ペロー干渉計から測定された熱圏中性風日変化への太陽フレア影響

谷田貝 亜紀代 [1]; 塩川 和夫 [2]
[1] 名大 STE 研; [2] 名大 STE 研

Flare response to the thermospheric diurnal neutral wind measured by the OMTIs' Fabry-Perot Interferometers

Akiyo Yatagai[1]; Kazuo Shiokawa[2]
[1] STEL, Nagoya Univ.
; [2] STEL, Nagoya Univ.

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

This research aims at investigating the influence of flare events to the thermospheric tidal wind in order to grasp the EUV effect of the solar activity to upper atmospheric circulation. The neutral wind at about 250km level observed with the 630nm airglow by Fabry-Perot interferometers of the Optical Mesosphere Thermosphere Imagers (OMTIs) is analyzed. We used the 15-minutes interval data at Shigaraki for the year 2000 to 2013. 10953 of 59881 samples became usable after a quality control.

We used the flare list issued by NOAA extracted from the X-rays from GOES satellites. There are 131 of X-class flares and 1510 of M-class flares during the 14 years. However, the number of samples to which effective observation of FPI is carried out at the flare peak time was 51.

Before composite of the wind at the time of solar flare (so-called superimposed epoc analysis), monthly climatological wind is made. First, the valid data of every month were averaged in every 15 minutes for 9-21 UTC, then, three months data were averaged. Further, the 15-minutes temporal variation data was smoothed with a Gaussian filter (FPI-Clim).

From the 51 sample data containing the flare peak time, the zonal wind (V_e) and the meridional wind (V_n) were composed after deducted the above mentioned climatology with a flare peak time as the starting point ($t=0$). Supposing the atmosphere on the daytime side expands under the influence of the flare temporarily and the advection current to the night side is strengthened, the eastward (westward) wind should be strengthened before (after) midnight. Since the influence of the increment of the air expansion in mid-night may have been offset, the samples which flare occurs before midnight (39 samples) were composited.

As a result, as for V_e , significant change of eastward wind to westward wind compared to the standard deviation is observed after 3hrs and a half after solar flare occurred, while as for V_n , significant enhancement of southward component is observed after 4 hrs of the flares. Although some increments are observed after the flare to the above mentioned change for both V_n and V_e , signals are not clear. Further analysis by using other station data and other instruments are required for examination of the significance.

This research was done as part of Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETWORK (IUGONET).

太陽活動の気候への影響については、下層ほど、その物理過程については未解明の点が多い。その理由の一つが、様々な非線形効果の切り分けが難しいことにある。超高層大気への、太陽活動イベントの影響については、サブストームに伴う電離圏擾乱の点では数多く調べられているが、フレアに伴う極端紫外線・X線による影響の解析例は少ない。一方、大きなフレアイベント時の極端紫外線の吸収による電離圏(熱圏)大気の膨張が報告されている。そこで本研究は、太陽活動の紫外線効果のみを検出する試みとして、フレアイベント時の熱圏の中性風循環への影響を調べることを目的とする。

まず STE が中心となり展開している OMTI の複数の FPI 群の 630nm (高度約 250km) の中性風速を解析する。使用地点は Shigaraki(Japan, 34.8N, 136.1E), Tromsø (Norway, 69.6N, 19.2E), Chiang Mai (Thailand, 18.8N, 98.9E), Kototabang (Indonesia, -0.2N, 100.3E), Darwin(Australia, -12.4N, 131.0E) である。観測開始年はそれぞれ、2000、2009、2010、2010、2011 年である。観測年が大きく異なるため、本予稿では、Shigaraki のみ報告する。Shigaraki は 630 と 577nm の 2 高度のデータを測定しているが、このうち 630nm の、15 分間隔の風速測定データを用いた。雲がある場合や発光が弱く測定が難しいケースを品質管理した結果、59881 サンプルのうち、10953 サンプルが使用可能となった(以降これを FPI)。これらの平均日変化(18-6AM)時系列および地磁気静穏時の平均時系列を計算したところ、従来の結果と一致し、基本的に暖められた側(昼側)から夜側に風が吹くため、夕方から夜半には西風、深夜過ぎから東風となる。南北成分は季節によって多少変わるが深夜ほど北風成分が強くなった。

一方で太陽フレアは、GOES 衛星による X 線から抽出されたフレアリスト(NOA 発行)に、解析該当期間の X クラスフレアは 131 例、M クラスフレアは 1510 例存在したが、フレアピーク時(15 分間隔で整理)に FPI の有効な観測が行われている事例は、51 例であった。

フレア時のコンポジット(Superimposed Epoc Analysis)を行う前に、FPI の月平均場作成のため事前処理を次のように行った。各月の有効なデータを 15 分毎に平均したものを、対象年(2000-2013)分平均した。時間は 9-21UTC(18-06LT) である。12 月などデータが少なく不安定なため、その月を挟む 3 か月分を平均した。さらに、1-4-9-4-1 フィルターをかけて平滑化した夜間の日変化時系列を月ごとに作成した(FPI-Clim)。

上記 51 例のフレアピーク時を含むデータから、その月の FPI-Clim を差し引いたデータを、フレアピーク時の 15 分を起点として、東西風 (V_e)、南北風 (V_n) を合成した (Superimposed Epc Analysis)。仮にフレアの影響で昼側の大気が膨らみ、夜側への移流 (潮汐) が強められるとすると、深夜をまたいで、東風成分が強められるはずである。深夜前 (午後) と深夜後 (午前) では平均東西風の向きは変わることから、フレアによる大気膨張の増分の影響も相殺される可能性があるため、深夜前にピークがある事例 (39 事例) のみ合成した。その結果、 V_e は 3 時間半後の風向の反転 (Eastward wind ($V_e > 0$) から Westward wind ($V_e < 0$)) が、 V_n は 4 時間後の Southward 成分の強化が標準偏差と比較して有意に認められた。起点 ($t=0$) から、その反転時までに、 V_n , V_e とも若干の増分が認められるが、その有意性の検討は、さらなる解析が必要である。

今後は、他地点の FPI データも用いて、全球的なフレア活動の大気潮汐、循環場への影響を明らかにする予定である。

本研究は Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) の一環として実施された。OMTI の Metadata も <http://search.iugonet.org/> から検索可能である。

Recent experiments of Lithium release and future experiment of Barium release from the sounding rocket in the cusp region

Yoshihiro Kakinami[1]; Masa-yuki Yamamoto[2]; Shigeto Watanabe[3]; Daiki Kihara[2]; Miguel Larsen[4]; Mark Conde[5]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.; [3] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [4] Clemson Univ.; [5] University of Alaska Fairbanks

Since luminous clouds of chemicals work as a tracer of thermospheric wind, chemical release experiments from the sounding rocket have been strenuously done since 1950's. Although Lithium (Li) has an advantage among chemicals because of brightness of resonance scattering light, Li release has not been done for a long time and the techniques had been lost. We have independently developed canister for Li release from the sounding rocket and system for optical observation from the ground/the airplane since 2007, and the released Li clouds were successfully observed under the evening condition in 2007, the morning condition in 2012, the daytime condition in 2013 and the night time condition in 2013 in middle latitude. Further, similar experiment was done at the magnetic equator under the evening condition in 2013. Since ionization rate of Li is not faster compared diffusion in the thermosphere, it is hard to observe both neutral and plasma simultaneously using Li. However, Barium (Ba) is immediately ionized (in about 20 s) and both neutral Ba and Ba⁺ emit resonance scattering light in different wavelength (Ba: 554 nm, Ba⁺: 455 nm). Therefore, Ba has an advantage to observe both neutral and plasma velocities simultaneously. Ba release experiment is planned in November 2014. The rocket will be launched from Andoya in Norway to North-West direction. Science target is to investigate neutral density anomaly in the cusp region. Since simultaneous observation of neutral and plasma velocities is necessary to understand cause of the anomaly, Ba is suitable material. Ba is released between 150 and 400 km altitude at 400 km away from Svalbard islands. Observation sites will be set at Hornsund, Longyearbyen, and Ny-Alesund. We have developed band-pass filters for Ba and Ba⁺, which were well evaluated with an integrating sphere at National Institute of Polar Research. We will set up 2 cameras (one for Ba and the other for Ba⁺) at two sites of three candidates. Although Ba release was done long time ago, absolute luminosity is not known. Therefore we also expect to estimate absolute luminosities of Ba and Ba⁺ using the evaluated filters.

Atmospheric neutral analyzer for mass and velocity measurements: design and laboratory test of mass analyzer

Manabu Shimoyama[1]; Kouki Arimi[1]; Fumihiro Ito[1]; Masafumi Hirahara[1]
[1] STEL, Nagoya Univ.

In order to understand the variability of the ionosphere-thermosphere system, in-situ measurements of the composition and density of the neutral atmosphere and the detailed velocity distribution of individual species are required. However, most conventional types of instruments for neutral atmosphere lack the simultaneous capability of measuring neutral atmospheric velocity and resolving neutral mass.

We are developing the Atmospheric Neutral Analyzer (ANA) instrument to measure neutral composition and velocity distribution simultaneously in the thermosphere. It is designed to measure the detailed, mass-resolved two-dimensional velocity distribution of thermospheric neutral species, and to derive the corresponding density, mass composition, velocity and temperature from the measured distribution. ANA consists of an entrance collimator with an electron gun, which ionizes neutral particles, a Radio-Frequency (RF) ion mass analyzer, and a two-dimensional position sensitive MCP detector. The detailed design of ANA was determined by numerical calculations and the performance was estimated. The dimension of ANA without electronics is expected to be 100 x 120 x 170 mm. The mass resolution is 10%, and the measurement range and error of temperature are 500 \pm 35 K to 2000 \pm 100 K. The measurement error of wind velocity is found to be \pm 35 m/s when the temperature is 500 K and \pm 150 m/s when that is 2000 K. As the next step, we have made a prototype of the RF ion mass analyzer and started laboratory experiments using a suprathermal-energy ion beam line, which is currently under development in our laboratory. The detailed information on the beam line will be presented by Ito et al.

In this presentation, we will show preliminary results of laboratory experiments as well as the detailed design of the instrument. A future exploration mission and scientific targets regarding ANA will be mentioned in the talk presented by Hirahara et al. in this meeting.

トロンソナトリウムライダーの3次元観測化：観測想定実験と検証

村仲 渉 [1]; 川原 琢也 [2]; 野澤 悟徳 [3]
[1] 信州大・工; [2] 信州大・工; [3] 名大・太陽研

Development of a 3D sodium lidar: synchronous experimentation and validation

Wataru Muranaka[1]; Takuya Kawahara[2]; Satonori Nozawa[3]
[1] Shinshu University; [2] Faculty of Engineering, Shinshu University; [3] STEL, Nagoya Univ.

Shinshu University, Nagoya University and RIKEN developed an all solid-state, high-power Na lidar for the temperature/wind measurements in the MLT region over the EISCAT radar site in Tromso (69 N), Norway. The lidar was launched at the radar site on October 2010, and the observation has been successfully done for successive four winter seasons. Current observation is five-direction mode applied to the fixed direction, such as which observes a vertical direction, and as well as directions of 30-degrees tilted to the north, south, east and west of the vertical.

Now we try to upgrade the system to observe any direction in the sky using a new laser transmission system and a PC-controllable telescope. We aim to observe a range of 15 degrees from vertical. As a first step of a new observation, we aim to get in fan shape data of mesopause by observing the plane including the vertical.

We have completed for the following things. The transmission system used is composed of two mirrors with electric rotary stages and two mirrors with the vertical and horizontal axes to emit the laser light to any direction of the sky. Their pointing repeatability pointing into the same direction was measured to be within 0.1 mrad. Receiver system used a telescope controlled by a PC. The azimuth and elevation of the coordination of the telescope was done adjusted with using the position of direction of some bright stars. Their pointing repeatability of the telescope pointing in the same direction was confirmed to be about 0.35.3 mrad. We have completed the optical system, which has two functions about confirmation of the laser position by the Using a CCD camera, and observation by the photomultiplier tubelaser trajectory can be monitored with the telescope image so that we can tweak the direction.

Current agenda subject we are focusing on is to make automatic and successive observations to a set of directions in the sky, determine the control accuracy of the telescope and the transmission system that assumed to be observed at an angle to the plane including the vertical. We improve the reproducibility by storing the coordinates of all the observation points. In this talk, we introduce our new lidar and will discuss the experimental results of test observation mentioned above and controversial point of the experiment.

我々は、波長 589nm で世界有数の 4W の出力を誇る Tromso, Norway に設置した新型ナトリウムライダーを用いて EISCAT レーダとの同時観測を行ってきた。レーザが従来よりも高出力であることを活かし、鉛直と鉛直から東西南北の 4 方向にレーザを射出して空間観測を行っている。更に、空間観測をより柔軟に行える様、我々は PC で方向制御可能な天体望遠鏡を使用し、鉛直から天頂角 15 度の範囲について、天頂を含む任意の面を一定角度で観測し、大気を扇形状に観測するなど、任意の方向が観測できるようなシステムの構築を行っている。また、一連の観測方向制御は望遠鏡の視野内にレーザ光を導入する動作を含め完全自動化を目指す。

この観測方法の実現のためには、(1) 任意の方向にレーザを射出するための機構作成、(2) 観測毎に変化するレーザ光路射出と望遠鏡での観測視野をそれぞれ独立に制御する手法の確率方向精度の検証、(3) 1 台の受信望遠鏡でレーザ光の位置を認識させが望遠鏡視野内に存在するかどうかの自動判断と視野内に入れる調整、(4)(3) の調整機構と PMT での観測モードの切り替え手法の確立、も行う機構作成の技術課題があった。

以上のこれらの課題のうちに対して、これまでに (1) については天頂に射出されるレーザ光の光路を鉛直・水平軸の 2 台の電動回転ステージの回転軸上に 45 度に傾けたミラーを設置し、射出方向の制御を行う射出系を構築した。(2) については望遠鏡の座標を観測地点の方位角、仰角に合わせ、この座標を基準に観測を行うこと。観測位置の最終調整として望遠鏡に取り付けた CCD によって微調整を行うことを予定しており、レーザと望遠鏡は望遠鏡の視野より少ない値で制御が可能となっている。(3) については望遠鏡に CCD と光電子増倍管を取り付け、ダイクロイックミラーによって数%の受信光を CCD に導き、残りの受信光を光電子増倍管に導く機構を完成させることによって課題を解決した。

現在の課題は、目標としている天頂を含む面を一定角度で観測することを想定した射出系と望遠鏡の制御精度の保証である。制御精度向上のために、全観測地点において望遠鏡視野内のレーザ光先端を導入し、電動回転ステージと望遠鏡に観測箇所の基準となる座標を記憶させる。この座標に則って動作させた際の制御精度から、最終調整を行う画像処理部で行うべき処理要素について検討を行う。本発表では観測想定実験から得られた結果を示すとともに、その問題点と解決手段について示す。天頂に射出されるレーザ光の光路を垂直軸の 2 台の電動回転ステージに水平軸の回転ステージを組み、それぞれに 45 度に傾けたミラーを設置し、天空の任意の方向に射出できる機構を構築した。(2) 構築した射出系、望遠鏡それぞれを任意の方向に制御する精度の検証を行い、射出系は 0.1mrad、望遠鏡は 0.3mrad という結果が得られた。方向を決めた観測を行った場合、望遠鏡視野 1mrad 内にレーザ光が導入されることが判明した。(3) 望遠鏡視野画像を CCD カメラでとらえ、レーザ光の自動検出を行うアルゴリズムを開発した。望遠鏡視野にレーザ光を捉えられない状況に備え、望遠鏡よりも広い視野であるサブスコープに取り付けた CCD でレーザ光を捉え、望遠鏡視野内にレーザを導く。(4) 望遠鏡から PMT へ観測光を導入する途中に数%の光のみを CCD へ反射させる受信系を構築した。

現在の課題は、連続観測の実証である。現在は、天頂を含むナトリウム層の断面を一定角度間隔で観測することを想定している。本発表では観測想定実験から得られた結果を示すとともに、その問題点と解決手段について示す。

Recent progress of the infrasound studies and sensor development

Masa-yuki Yamamoto[1]

[1] Kochi Univ. of Tech.

Infrasound is one of the most important open fields to study the missing link from troposphere to upper atmosphere. In this decade, observation of the infrasound has been gradually improved with the progress of constructing the CTBTO sensor network in all over the world for watching the nuclear explosions. On the other hand, many kinds of remote-sensing observing methods have been developed by many scientists for ionospheric plasma observation like the GPS-TEC mapping method to clarify the wide field disturbances like TID (Travelling Ionospheric Disturbance), indicating the importance of vertically propagating large wavelength waves to be projected and seen on the mapping results.

Hence, not only the electromagnetic coupling processes but also neutral atmospheric pressure waves like the audible sound and infrasound should be studied, however, the observation of infrasound is currently insufficient. As for the event studies, it has been reported that, for example, huge earthquake like Sumatra (2004) or Tohoku-oki (2011) as well as its induced tsunami became a clear wave source of these kinds of waves, suggesting the infrasound whose propagating velocity is faster than that of tsunami waves on the sea is important for the disaster prevention. Even the relatively small scale geophysical phenomena like volcanic eruptions, meteorite entries, or thunders also creates clear N type infrasound signal at a time of arrival of the shock waves generated at the source.

Propagation is rather difficult issue to solve in the atmosphere because of its vertical temperature (sound speed) profile. A sounding experiment was carried out using a JAXA sounding rocket in 2012 with emitting several frequency sound and receiving the artificial sonar signal in the stratosphere up to the thermosphere, experimentally showed the clear natural damping structures with increasing the altitude, however, even the audible sound frequency range, the sonic waves can propagate into the thermosphere up to 150 km.

In order to measure such kind of pressure waves in a few to several 100 km scale, arrayed sensors network is required, thus the cost of each pressure sensor is important to build. We recently developed a new infrasound sensor that include some weather monitoring sensors and seismometers, enables us to integrate such information to create an independent emergency alert system by one sensor complex for any geophysical events just after the arrival of the sonic waves. In this paper, we will show the most recent progress of the infrasound observation as well as the development of infrasound sensors, to open the new era of the infrasound study and its useful applications into the society.

Vertical motion of a polar cap patch and its contribution to the electron density profile

Jun Sakai[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Yasunobu Ogawa[2]; Satoshi Taguchi[3]
[1] UEC; [2] NIPR; [3] Grad school of Science, Kyoto Univ.

We investigate how a plasma patch survives for a long time during its journey across the polar cap. Polar-cap patches are embedded in the convection flow in the high latitude ionosphere. Their motion has an upward component on the day side and a downward component on the night side due to a small inclination of the Earth's main field in the polar cap. In addition, the meridional neutral wind pushes the ions down (on the day side) and up (on the night side) along the magnetic field lines. These motions of the patch plasmas, as well as the ionization loss rate, determine the electron density profile of a polar cap patch. It is well known that the electron density profile above the F-region peak altitude (hmF2) is controlled by the vertical transport (diffusion) of plasmas while the bottom-side profile is determined by loss (decay) process. To clarify the effect of the vertical motion on the electron density profile of polar cap patches we observed the vertical motion of the F-region plasma in the night-side polar cap using EISCAT Svalbard Radar. The observation showed that a typical downward speed of a patch was about 50 m/s while the horizontal speed was about 500 m/s. The observation also revealed that there was an almost continuous upward field-aligned ion motion throughout the observation period, which suggests the existence of an equatorward neutral wind. From this observation, combined with the observed electron density and the ionization loss rate derived from the MSIS atmosphere, we calculated the electron density profile of a polar cap patch at its exit from the polar cap. Our result shows that, in the polar cap, the electron density profile below hmF2 is also controlled by the vertical transport of plasmas.

EISCAT 高速スキャンで観測した電離圏トラフ境界近傍の電子密度構造

石田 哲朗 [1]; 小川 泰信 [2]; 門倉 昭 [2]; 細川 敬祐 [3]; 大塚 雄一 [4]
[1] 総研大・極域科学; [2] 極地研; [3] 電通大; [4] 名大 STE 研

Electron density structure in the vicinity of the trough boundary

Tetsuro Ishida[1]; Yasunobu Ogawa[2]; Akira Kadokura[2]; Keisuke Hosokawa[3]; Yuichi Otsuka[4]
[1] Polar Science, SOKENDAI; [2] NIPR; [3] UEC; [4] STEL, Nagoya Univ.

The purpose of this study is to examine electron density structure in the vicinity of ionospheric trough boundary, and to understand the physical mechanisms associated with its density variation.

Ionospheric blobs are localized plasma density enhancements, which were easily observed by meridional scan using the Chatanika radar [Rino et al., 1983]. They suggested that the source of the blobs is the particle precipitation (plasma sheet precipitation, inverted-V events, and structured polar-cusp precipitation). In addition to the precipitation mechanism, it is known that the modulation of the convected plasma is also the source of the blobs [e.g., Livingstone et al., 1982; Anderson et al., 1996; Zhang et al., 2013]. Meanwhile, it is often pointed out such blobs are observed in the poleward of the trough region [e.g., Collis et al., 1988; Pryse et al., 2006]; however the process of collapsing blobs in the vicinity of the trough is still unclear. Therefore, we had conducted EISCAT SP experiment (4 hours of SP each day, with time resolution of only 60-80 seconds of meridional scan) between October and December 2013, and obtained totally 9 events, which present the high-temporal variation on the plasma parameters (electron density, ion/electron temperature and line-of-sight ion velocity) inside and outside the trough.

In this study, we examine the temporal variation on electron density structure nearby the poleward boundary of the trough using the EISCAT SP data set. We have obtained the following results so far.

1. We found that EISCAT observed high density of plasma appeared in the high-latitude side of the field-of-view (FOV), which extended toward the low-latitude side of the FOV during 2013 12/04 17:30-18:00 UT. At the same time, EISCAT also observed the trough in the low-latitude side of the FOV.

2. We found that a strong shear on the horizontal component of ion velocity was formed within 1º of latitudinal width at the altitude range from 140 km to 360 km, which has up to ~800 m/s.

3. GPS-TEC map indicated that the entire EISCAT FOV was located within the trough region during this period. It is also found that the high density of plasma observed by EISCAT is a part of the band-like blob which is formed over the trough region from the poleward boundary to the equatorward boundary.

4. The process of collapsing blob was observed during at 2013 12/04 17:50-18:00 UT.

In this paper, we report these results and discuss the physical mechanism on the temporal variation of the band-like blob.

本研究の目的は、電離圏トラフ高緯度側の境界近傍に見られる電子密度構造に着目し、その密度構造を変化させる物理プロセスを理解することである。

Rino et al. [1983] は、Chatanika radar を用いた磁気子午面スキャンを行い、緯度幅約 1500 km に及ぶ広い視野で電離圏 F 領域を観測し、局所的な電子密度の増加領域 (以下、Blob) の特徴を観測的に示した。また Blob の生成メカニズムは磁気圏からの粒子降下に伴う電離に加えて、電離圏対流の伝搬過程における電子密度構造の変化によって生成されることが知られている [e.g., Livingstone et al., 1982; Anderson et al., 1996; Zhang et al., 2013]。トラフの高緯度側では、上記の Blob がしばしば観測されることが報告されている [e.g., Collis et al., 1988; Pryse et al., 2006]。しかし、トラフの境界近傍における Blob の生成や伝搬に伴って、Blob がどのような過程を経て崩壊するか、またトラフ境界から内部へと Blob が侵入するかなど、トラフ境界付近の物理過程は十分に理解されていない。そこで、2013 年 10 月~12 月にかけて EISCAT 特別実験 (1 スキャン 60 秒~80 秒の磁気子午面の高速スキャン観測。各 4 時間) を計 9 回実施し、これまでの観測方法では捉えることができなかったトラフ内外の速い時間変化の特徴を観測することに成功した。

本研究では、この EISCAT 特別実験のデータを用いて、トラフの高緯度側境界付近の電子密度構造の変化に着目した解析を実施した。これまでに得られた結果は以下のとおりである。

1. 2013 12/04 17:30 - 18:00 UT において、EISCAT 観測視野の高緯度側から高電子密度領域が現れ、それが徐々に低緯度側に広がる様子を観測した。同時帯における EISCAT 観測視野の低緯度側ではトラフ領域が広がっていた。

2. EISCAT の (磁気子午面成分の) イオン速度データから、同時帯におけるトラフ境界近傍では緯度方向に速度シアがあることが分かった。この速度シアは約 1 度の緯度幅に形成されて高度方向に広がっていた。また速度差は最大で約 800 m/s であった。

3. 同時帯の GPS-TEC マップから、EISCAT 観測視野はトラフ領域の内部に位置していることが分かった。また EISCAT 観測視野の高緯度側に現れた高電子密度領域は、トラフ領域の高緯度側境界から低緯度側境界を跨ぐ形で帯状に広がる巨大な Blob の一部を観測していたことが分かった。

4. 2013 12/04 17:50 - 18:00 UT において、EISCAT 観測視野の高緯度側に広がる高電子密度領域 (巨大な Blob の一部) が崩壊する様子を観測した。

本発表では、以上の電離圏トラフ境界近傍の電子密度構造に関する観測結果を報告すると共に、その密度構造を変化させる物理プロセスについて議論する予定である。

EISCAT_3D (次世代欧州非干渉散乱レーダー) 計画の進捗状況 (3)

宮岡 宏 [1]; 小川 泰信 [1]; 中村 卓司 [1]; 野澤 悟徳 [2]; 大山 伸一郎 [2]; 藤井 良一 [2]
[1] 極地研; [2] 名大・太陽研

Recent progress of EISCAT_3D (Next-Generation IS Radar Project for Atmospheric and Geospace Science) (3)

Hiroshi Miyaoka[1]; Yasunobu Ogawa[1]; Takuji Nakamura[1]; Satonori Nozawa[2]; Shin-ichiro Oyama[2]; Ryoichi Fujii[2]
[1] NIPR; [2] STEL, Nagoya Univ.

<http://eiscat.nipr.ac.jp/eiscat3d/>

EISCAT_3D is the major upgrade of the existing EISCAT (European Incoherent Scatter) radars in the northern Scandinavia, with a multi-static phased array system composed of one core (transmit-receive) site and 4 receive-only sites to provide us 10 times higher temporal and spatial resolution and capabilities than the present radars. The core site will transmit signals at 233 MHz with about 10 MW power, and all five sites will have sensitive receivers to detect the returned signal using phased-array antenna with on the order of 10,000 elements.

The location of core site has been decided at Skibotn (Norway), about 50 km southeast of Ramfjordmoen, the current EISCAT Tromsø site, and 4 receive-only sites have been selected at Bergfors (Sweden), Karesuvanto (Finland), Andoya (Norway) and Jokkmokk (Sweden). The construction of EISCAT_3D is proposed to implement by 4-staged approach, starting from the implementation of the core site with half transmitting power 5 MW and 2 receiving sites at Bergfors and Karesuvanto for the 1st stage. The transmitter will be implemented to full-scale 10 MW at 2nd stage, and the other receiving sites will be constructed at Andoya and Jokkmokk as the 3rd and 4th stages, respectively.

The EISCAT associate member countries are currently making great efforts to secure national fundings, applying to each national roadmap and budget proposal negotiating with their funding agencies.

In this paper, we will present the recent progress and the roadmap of EISCAT_3D project including the scientific capabilities and our strategic plan of national funding for EISCAT_3D.

日本が加盟する EISCAT 科学協会を中心に現在進めている EISCAT_3D (次世代欧州非干渉散乱レーダー) 計画の最近の進捗状況について報告する。

(1) レーダーサイト建設予定地の決定

EISCAT_3D 計画では、主局の送受信局に加えて受信専用局を 4 か所設置する。主局については現在の EISCAT トロムソ観測所 (Ramfjordmoen) から南東約 50km の内陸に位置する Skibotn (Norway) を第一優先とし、不測の困難が生じた場合には現在の Ramfjordmoen を第二優先とすることを正式決定した。受信専用局は、Bergfors (Sweden: 主局からの距離 133 km)、Karesuvanto (Finland: 127 km)、Andoya (Norway: 177 km)、Jokkmokk (Sweden: 256 km) にそれぞれ設置する。

(2) 4 段階 (期) の整備計画

各国の予算計画とできるだけ早い観測開始のため、下記の 4 段階に分けて EISCAT_3D システムを計画的に整備する。

【第 1 段階】 Skibotn 送受信局 (送信機半数: 5MW)、Bergfors および Karesuvanto 受信局を整備、運用開始

【第 2 段階】 送受信局の送信機残り半数を整備 (送信出力 10MW 化)、運用開始

【第 3 段階】 Andoya 受信局を整備、運用開始

【第 4 段階】 Jokkmokk 受信局を整備、運用開始

(3) 観測性能

第 1 段階でベースライン約 130km の世界初となる 3 局方式フェーズドアレイレーダーが完成する。送信出力は 5 MW であるが、現行の VHF レーダーの 3 局観測をはるかに凌駕する、E 層領域 (半径約 130km 内) での電子密度観測 0.1 秒以内、イオン速度ベクトル観測 10 秒以内、F 層領域での電子密度 1 秒以内、イオン速度ベクトル 100 秒以内の観測性能が実現する。第 2 段階でフルパワー (10 MW) 化すると、物理量導出に必要な積分時間はさらに第 1 段階の 4 分の 1 に短縮され、より変化の速い物理現象の観測・研究が可能となる。

(4) EISCAT 本部および各国の取り組み状況

2010 年に開始した EU 予算による EISCAT_3D 準備計画が本年 9 月で終了し、次の実施計画に向けた体制がスタートする。これに関連して、EISCAT 科学協会の運営体制も 2015 年 1 月より EISCAT_3D レーダーの整備・運用を含む新協定に移行するため、各加盟国との調整を進めている。

ノルウェー、スウェーデン、フィンランドにおいては、EISCAT_3D 計画が各国のナショナルロードマップにすでに採択され、予算申請も始まっている。計画の科学的評価は非常に高く、予算化の優先度も大きい。早ければ、2015 年より一部の予算執行が認められ、建設準備が開始される見込みである。また、英国および中国においてもそれぞれ予算化

に向けた準備が進んでいる。

(5) 日本の取り組み状況

国内では、国立極地研究所と名古屋大学太陽地球環境研究所を中心に EISCAT_3D ワーキンググループを組織し、EISCAT_3D ユーザー会議に代表を派遣して計画の検討に加わるとともに、EISCAT_3D Japan ウェブサイト (<http://eiscat.nipr.ac.jp/eiscat3d/>) を開設し、国内研究者に向けて最新情報を提供するとともに、毎年開催する EISCAT 研究集会において EISCAT_3D に関する情報提供や意見交換を行っている。2014 年 3 月には、日本学術会議の「マスタープラン 2014」の重点大型研究計画（全 27 件）に「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」（代表：津田敏隆・京大生存圏研究所長）を構成する計画として、赤道 MU レーダー計画および全球広域観測ネットワーク計画とともに採択された。さらに、文部科学省の「ロードマップ 2014」にも掲載される見込みである。国立極地研究所では EISCAT 本部と緊密な連携を図りつつ、予算化のための準備・調整を進めている。

本発表では、EISCAT_3D 計画の最新の進捗状況、特に、観測性能に関する最新情報や日本を含む各加盟国の取り組み状況などを中心に報告する。

A Future Formation Flight Mission Using Multiple Compact Satellites for the Terrestrial Ionospheric/Thermospheric Observations

Masafumi Hirahara[1]; Yoshifumi Saito[2]; Manabu Shimoyama[1]; Yuichi Otsuka[3]; Keigo Ishisaka[4]; Kazushi Asamura[5]; Takeshi Sakanoi[6]; Hirotsugu Kojima[7]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] ISAS; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] Toyama Pref. Univ.; [5] ISAS/JAXA; [6] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [7] RISH, Kyoto Univ.

We are now discussing a future exploration mission by using multiple compact satellites for changeable formation flights in order to elucidate the elementary physical processes and mechanisms causing a variety of polar ionospheric phenomena like auroras. We also consider that this future mission should contribute to the low/mid latitude ionospheric and thermospheric researches through the in-situ observations as well as the prevailing ground-based observations because the electric/magnetic field and electron density/temperature measurements have to be involved in the upper atmospheric explorations both at the polar and the mid/low latitudes. The in-situ observations for the density, wind velocity, and temperature measurements of the upper atmospheric neutral particles would be preferable for these ionospheric/thermospheric observations.

For more detailed definitions of the scientific mission strategy and the specifications of the science instruments in this future mission, we would like to initiate the discussion based on the following preliminary properties. 1: Changeable formation flight function with multiple compact satellites, which are slightly larger/heavier than usual micro satellites, is appropriate for simultaneous multipoint observations of fine-scale auroral phenomena. 2: The precise three axial attitude control system should be applied for realizing the high-quality 2-D imaging of auroral emissions and the simultaneous measurements of the pitch-angle distributions of the auroral particles with top-hat type energy analyzers. 3: It is also preferable to capture the ram direction of the satellite by the accurate attitude control in order to measure the shifted velocity distributions of the core ions and possibly the neutral particles. 4: The three axial electric/magnetic field measurements are quite important for the estimations of the plasma convection, the field-aligned currents, and the poynting energy flux. 5: The sun-synchronous orbit at relatively low altitudes would be desirable both for keeping the observational advantages and meeting the requirements described above.

The discussion and proposal of the future mission are based on successful achievements of the recent exploration mission using the Reimei satellite launched in August, 2005, which is the first genuine microsatellite for the solar-terrestrial physics in Japan, especially the exploration of the fine-scale auroral dynamics. Reimei has been providing the researchers analyzing not only in-situ observational data but ground-based data with the cutting-edge measurement results, and this successful satellite mission should be considered to lead to several interesting proposals for new exploration missions in the world. We are also planning to make a highly plausible proposal on the basis of our own expertizes obtained in the Reimei mission although there are many restrictions in the new exploration missions of STP, e.g., financial budget, available satellite platform system limiting weight/size/power of desired science instruments, the launch method/opportunity. It is, however, undoubtable that highly accurate measurements of magnetic/electric fields and plasma waves should be applied in the future compact satellite missions, as well as the monochromatic auroral imaging camera with high-time/spatial resolutions and the auroral electron/ion energy analyzers with a high-time resolution. Suprathermal ion mass spectrometer and thermal plasma instrument are also necessary in the viewpoints of the observations indicating the preferential acceleration/heating and the outflows of the ionospheric ions. In addition, our instrument team has been developing the neutral particle analyzer called ANA(Atmospheric Neutral Analyzer) which could be carried on the future compact satellites.

In this talk, we present our mission plan and discuss the expected observational subjects in the upper atmosphere at the polar and mid/low latitudes.

Morphology and possible origins of close-range echoes

Pasha Ponomarenko[1]; Blessing Iserhienrhien[1]; Jean-Pierre St.-Maurice[1]; Nozomu Nishitani[2]
[1] University of Saskatchewan; [2] STELAB, Nagoya Univ.

High frequency (HF, 10-20 MHz) radar echoes from very close ranges of <300-400 km are generally attributed to at least three sources: (i) backscatter/reflection from meteor trails, (ii) polar mesospheric summer echoes, PMSE, and (iii) non-field-aligned E-region irregularities which are confined to the auroral electrojet and produce high-aspect ionospheric returns, HAIR. To distinguish between different mechanisms, we used several years of data from Super Dual Auroral Radar Network, SuperDARN, to perform statistical analysis of the seasonal-diurnal variability in major echo parameters. The dataset covered mid, auroral and polar latitudes, and all observed close-range echoes were processed without any pre-selection. The most common morphological feature observed at all magnetic latitudes is a daytime echo population centred at midsummer. These echoes originate from the bottom of the E-region, and they seem to be generated by some unspecified non-aspect mechanism. Furthermore, the meteor returns are easily distinguishable at auroral and sub-auroral latitudes near the local dawn, while PMSE signatures do not seem to be statistically significant in our dataset.

MSTIDs statistical study using HF radar ground backscatter data

Alexey Oinats[1]; Volodya Kurkin[1]; Nozomu Nishitani[2]; Oleg Bergardt[1]; K.G. Ratovsky[1]
[1] Institute of Solar-Terrestrial Physics, Irkutsk, Russia; [2] STELAB, Nagoya Univ.

We present statistical characteristics of medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) revealed from the data of two mid-latitude SuperDARN HF radars: Hokkaido (43.53N, 143.61E) and Ekaterinburg (56.42N, 58.53E). An automatic technique based on the cross-correlation analysis of minimum group range variations is used for determination of the main MSTIDs parameters such as azimuth, apparent horizontal velocity, period and wavelength. Datasets collected by Hokkaido and Ekaterinburg radars cover a long period from the late 2006 until 2014 and during 2013 accordingly. This allows us to discuss diurnal and seasonal dependencies of predominant MSTIDs propagation direction as well as its solar and geomagnetic activity dependence. In addition, comparison of the results for two spatially separated radars allows us to study dependency of predominant MSTIDs propagation direction from geographic location.

ニュージーランドのGPS受信機網で観測された中規模伝搬性電離圏擾乱の統計解析

大塚 雄一 [1]; 李 哲孝 [1]; 塩川 和夫 [1]; 西岡 未知 [2]; 津川 卓也 [2]
[1] 名大 STE 研; [2] 情報通信研究機構

Statistical Study of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances Using GPS Network in New Zealand

Yuichi Otsuka[1]; Chulhyo Lee[1]; Kazuo Shiokawa[1]; Michi Nishioka[2]; Takuya Tsugawa[2]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] NICT

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/div2/>

Using the GPS data obtained from dual-frequency GPS receivers in New Zealand, we have made two-dimensional maps of total electron content (TEC) in 2012 in order to reveal statistical characteristics of MSTIDs at mid-latitudes in southern hemisphere. As of 2012, approximately 40 GPS receivers are in operation in New Zealand. We found that most of the MSTIDs over New Zealand propagate northwestward during nighttime in summer and northeastward during daytime in winter. The propagation direction of the nighttime MSTIDs is consistent with the theory that polarization electric fields play an important role in the generating MSTIDs. Because the daytime MSTIDs propagate equatorward, we can speculate that they could be caused by atmospheric gravity waves in the thermosphere. The propagation direction of the daytime MSTIDs also has an eastward component in addition to the equatorward component. This feature is consistent with the daytime MSTIDs observed at mid-latitudes in both northern and southern hemispheres. By carrying out model calculations, we have shown that the eastward component of the MSTID propagation direction during daytime is attributed to an interaction of gravity waves to the background neutral winds. Because most of the daytime MSTIDs appear before 14 LT, the background neutral winds could blow westward. According to the dispersion relation for atmospheric gravity waves, vertical wavelength of the gravity waves becomes larger when the gravity wave propagates in the direction opposite to the background winds. Consequently, the gravity waves having an eastward component of the propagation direction could cause larger amplitude of TEC variations compared to the gravity waves propagating westward. This could be a reason why the propagation direction of the daytime MSTIDs has an eastward component.

二周波用 GPS 受信機で得られたデータを用いることにより、衛星・受信機間の電波の伝搬経路に沿った全電子数を計測することができる。本研究では、ニュージーランドの GPS 受信機網を用い、ニュージーランド上空における中規模伝搬性電離圏擾乱 (Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbance; MSTID) の特性を統計的に明らかにし、中緯度における MSTID の従来の研究結果と比較した。

ニュージーランドに設置された約 40 台の GPS 受信機で 2012 年の 1 年間に得られたデータから全電子数を算出し、全電子数変動の水平二次元分布図を作成することにより、MSTID を検出した。その結果、日中において MSTID は冬季に多く出現し、赤道方向かつ東方向に伝搬するものが多いことが分かった。また、夜間の MSTID は夏季及び冬季に出現頻度が高く、赤道方向かつ西方向に伝搬するものが多いことが明らかになった。この結果は、MSTID の従来の研究結果と一致し、MSTID の生成原因は、日中においては大気重力波、夜間ではパーキンス不安定によると考えることができる。

更に、日中 MSTID の伝搬方向が東向き成分をもつことの原因を調べるため、大気重力波による電子密度変動のモデル計算を行った。日中 MSTID は、14 時 LT 以前に発生頻度が高く、この時背景風は西向き成分をもつと考えられる。大気重力波が背景風とは逆方向に伝搬する場合、大気重力波の分散関係式より大気重力波の鉛直波長が長くなり、鉛直方向にプラズマ密度を積分した全電子数は大きくなる。よって、日中においては、背景風と逆方向に伝搬する大気重力波は、他の方向に伝搬するものよりも振幅が大きな全電子数変動を引き起こすため、東向き伝搬方向をもつものが多く観測されると説明される。

日本における電離圏嵐の長期間解析

中村 真帆 [1]; 菊池 崇 [2]; 鴨川 仁 [3]

[1] 東京学芸大・物理; [2] 名大 STE 研; [3] 東京学芸大・物理

Long-term Analysis of Ionospheric Storms In Japan

Maho Nakamura[1]; Takashi Kikuchi[2]; Masashi Kamogawa[3]

[1] Physics, Tokyo Gakugei Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] Dept. of Phys., Tokyo Gakugei Univ.

A long-term analysis of the ionospheric storms over Japan was carried out using the ionosonde data recorded over 50 years and the GPS-TEC data for 20 years at Okinawa, Yamagawa, Kokubunji, and Wakkanai. The Ionospheric storms are identified as deviations from the running median (27 days) of the foF2 and GPS-TEC. During the geomagnetic storm causing ionospheric storm, the variations of foF2 and GPS-TEC occasionally show the different such that one is identified as an ionospheric storm but the other is not. The IMF (B_x, B_y, B_z), Dst index and sym-H are used to identify the storm conditions. Our analyses show that the positive storms occur more frequently than the negative storms in the GPS-TEC. The ionospheric storms have remarkable latitude dependence such that the magnitude is greater at lower latitude and no significant storm signatures at Wakkanai. We also report that the ionospheric storms occur even during the geomagnetically quiet periods.

過去 50 年のイオノゾンデ観測 (foF2) 及び約 20 年の GPS-TEC 観測 (沖縄, 山川, 国分寺, 稚内) から中緯度での電離圏嵐を抽出し、電子密度および電離圏ピーク高度 (hpF2) の変動と、IMF (B_x, B_y, B_z), Dst 指数, sym-H などとの比較解析を行った。foF2 と GPS-TEC では同じ日でも一方のみが電離圏嵐と判定される場合があるなど異なる変動が見られた。また GPS-TEC 解析では、電子密度の減少するネガティブストームよりも電子密度の増加するポジティブストームのほうが発生の頻度が多い事などがわかった。とくにポジティブストームの主な要因と考えられている、電場の侵入による高度変化に伴うケースがどの程度の頻度で発生しているか解析する。このようなポジティブストームにも明確な緯度依存性が見られ、低緯度のほうがより大きなポジティブストームが発生していたものの、稚内ではあまり変動が見られなかった。また太陽及び地磁気活動が静穏な時に発生する電離圏嵐についても考察する。

中緯度電離圏 TEC への IMF-By 効果とそのメカニズム

丸山 隆 [1]; 陣 英克 [1]
[1] 情報通信研究機構

IMF-By effect on the mid-latitude ionospheric total electron content and its mechanism

Takashi Maruyama[1]; Hidekatsu Jin[1]
[1] NICT

The primary factor that controls ionospheric total electron content (TEC) is solar UV/EUV radiations through the ionization of the thermospheric neutral particles and also through changes in the thermospheric parameters such as the temperature, the composition of the neutral particles, and the atmospheric circulation. Thus, the relationship between the solar spectral irradiance and ionospheric TEC is highly complex. To model solar irradiance effects on TEC, we applied an artificial neural network (ANN) technique that has a great capability of function approximation of complex systems. Three solar proxies, $F_{10.7}$, SOHO_SEM₂₆₋₃₄ EUV flux, and MgIIc-w-r were chosen as input parameters specifying the solar spectral irradiance in the ANN-TEC model (T. Maruyama, JGR, 2010). Another important effect on TEC is ionospheric storms caused by geomagnetic disturbances. The am index was used to model the storm effect. The ANN was trained on the target of daily TEC variation maps as a function of local time and latitude over Japan's area for the period from 1997 to 2014, i.e., one and a half solar cycles. The trained ANN model worked fairly well to predict the TEC long-term variability with the 11-year solar activity cycle and the solar rotational period. There remain, however, errors that may not be related to the above input parameters.

To improve further the ANN-TEC model, the time series of the residual error in the TEC prediction was analyzed by using a wavelet transformation, which revealed an increase in error with approximately 27-day periodicity during the summer. Examining several possible origins of the error, we found that the 27-day periodic error disappeared when the IMF-By component and a solar wind-magnetosphere coupling function were added in the input space of the ANN. Detailed comparison of the time series showed that TEC tends to be high (low) when the IMF-By is negative (positive) for all local times.

It is known that the magnetospheric convection pattern changes depending on the polarity of the IMF-By component. The thermospheric circulation is also affected by the IMF-By polarity through the ion-neutral drag force, resulting in the change in transport of the neutral atmosphere with enhanced molecular composition in the polar region to mid-latitudes (L. Goncharenko et al., JGR, 2006). Previous satellite measurement showed that the molecular ratio to the atomic oxygen at mid-latitudes increased when the IMF-By is positive (T. J. Immel et al., JGR, 2006). Most probably, the IMF-By effect on TEC is due to the change in the thermospheric composition and/or the circulation pattern.

The ionospheric peak height (hmF2) is sensitive to the change in the meridional neutral wind. We have modeled and analyzed the prediction error in hmF2 over Kokubunji by the similar technique used for the TEC modeling. A general IMF-By effect was found in hmF2 such that hmF2 tends to be high (low) when IMF-By is negative (positive) during the day. This tendency was reversed during the night. In other words, the thermospheric wind is more equatorward during the night and more poleward during the day when IMF-By is positive. The equatorward wind during the night is thought to convey the molecular-rich atmosphere toward mid-latitudes when IMF-By is positive, being consistent with the previous works. This atmosphere mass rotates into the dayside and causes the negative TEC disturbance conjointly with the enhanced poleward wind that depresses the ionospheric height.

地磁気 Sq 場の変動を引き起こす要因

竹田 雅彦 [1]

[1] 京大・理・地磁気センター

Cause of the variation of geomagnetic Sq field

Masahiko Takeda[1]

[1] Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Kyoto Univ.

Since geomagnetism Sq field is caused by the dynamo action in the ionosphere, electric conductivity, neutral winds and geomagnetic main magnetic field can contribute to its variation, and the influence of solar variability is important factor to the conductivity and winds. It was shown that the amplitude of the geomagnetic Y-component (Sq(Y)) depended strongly on solar activity, and showed features similar to those in the solar activity even when 11-years running averages were employed. The solar activity dependence of Sq(Y) can be fully explained by that of the ionospheric electrical conductivity. Day-to-day variation of Sq(Y) was investigated, and it became clear that the cause of the solar activity dependence was similar to that of long term variation.

Time of summer-solstice winter solstice will also be discussed.

地磁気 Sq 場は電離層内のダイナモ作用によって引き起こされているので、その変動にはダイナモ電流を流す要因である中性風、電気伝導度、地磁気主磁場が寄与し得、さらに前 2 者には太陽活動度の影響が重要な要因あると考えられる。これまで Y-成分の振幅の各年の春秋分平均値を用いて、数 10 年から 100 年以上の長期に亘る各観測所での地磁気 Sq 場の振幅から、電気伝導度や中性風、それらの変化の大きな要因である太陽活動度、各地点での主磁場強度との関連を調べ、数年程度以上の時間規模の太陽活動度依存性は電離層電気伝導度の太陽活動度依存性によって説明できること、電離層ダイナモ理論は主磁場強度が弱くなると Sq 場は強くなると予測するが観測所毎の解析結果は必ずしもそうはなっていないことを示してきた。これらに加え、より短期的な逐日変化レベルでの変化を調べ、このレベルでも全体としては上記と同様の傾向を示していることが明らかとなった。

学会時には夏至冬至時についても触れる予定である。

Two-years observation of the mesosphere, ionosphere and plasmasphere by ISS-IMAP

Akinori Saito[1]; Atsushi Yamazaki[2]; Takeshi Sakanoi[3]; Ichiro Yoshikawa[4]; Takumi Abe[5]; Yuichi Otsuka[6]; Makoto Taguchi[7]; Makoto Suzuki[8]; Masayuki Kikuchi[9]; Takuji Nakamura[9]; Mamoru Yamamoto[10]; Hideaki Kawano[11]; Huixin Liu[12]; Mamoru Ishii[13]; Kazuyo Sakanoi[14]; Hitoshi Fujiwara[15]; Minoru Kubota[13]; Mitsumu K. Ejiri[9]; Takuya Tsugawa[13]; Go Murakami[16]; Yusuke Akiya[1]; Yuta Hozumi[1]; Hideko Yukino[1]; Akinori Saito IMAP working group[17]

[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [4] EPS, Univ. of Tokyo; [5] ISAS/JAXA; [6] STEL, Nagoya Univ.; [7] Rikkyo Univ.; [8] ISAS, JAXA; [9] NIPR; [10] RISH, Kyoto Univ.; [11] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [12] None; [13] NICT; [14] Komazawa Univ.; [15] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [16] ISAS/JAXA; [17] -

ISS-IMAP (Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping) mission is a space-borne imaging mission on the international space station (ISS) to elucidate the mesoscale structures in the ionosphere, the mesosphere, and the plasmasphere, and the effect of the structures and disturbances on the space-borne engineering system. It consists of two imaging instruments on the Exposed Facility of Japanese Experiment Module of the International Space Station (ISS/JEM-EF). Visible-light and infrared spectrum imager (VISI) observes the Mesosphere and the Ionosphere. Extra ultraviolet imager (EUVI) observes the Ionosphere and the Plasmasphere. VISI observes the airglow of 730nm (OH, Alt. 85km), 762nm (O₂, Alt. 95km), and 630nm (O, Alt. 250km) in the Nadir direction. The global distributions of the airglow structures whose scale size is 50-500km in the night side of the Mesosphere and the Ionosphere have been obtained by the VISI observation. EUVI measures the resonant scattering of 30.4nm [He⁺] and 83.4nm [O⁺]. The global distribution of total He ion content has been observed by EUVI 30.4nm observation. The continuous observation of ISS-IMAP started in October 2012. The two-years observation has clarified the energy transport processes by the structures whose horizontal scale is 50-500km in the Earth's upper atmosphere, and the effect of the structures and disturbances on the space-borne engineering system. In the presentation, the scientific results obtained by the ISS-IMAP observation will be reviewed.

高精細数値モデルによるプラズマバブルの非線形成長過程

横山 竜宏 [1]; 品川 裕之 [1]; 陣 英克 [1]
[1] 情報通信研究機構

Nonlinear evolution of plasma bubble by using a high-resolution numerical model

Tatsuhiro Yokoyama[1]; Hiroyuki Shinagawa[1]; Hidekatsu Jin[1]
[1] NICT

Equatorial plasma bubble (EPB) is a well-known phenomenon in the equatorial ionospheric F region. As it causes severe scintillation in the amplitude and phase of radio signals, it is important to understand and forecast the occurrence of EPB from a space weather point of view. It has been proposed that large-scale wave structure (LSWS) at the bottomside of the F region should be an important seeding of EPB. However, it is quite difficult to observe the evolution of EPB from a specific LSWS structure. Therefore, numerical modeling is a powerful tool to study the condition of EPB occurrence and day-to-day variability. We have developed a high-resolution numerical model which can reproduce the nonlinear evolution of EPB from LSWS-like seeding at the bottomside. We will discuss the evolution process and internal structure of EPB by comparing numerical results with past observations. We will also try to incorporate the high-resolution model with the whole atmosphere-ionosphere coupled model (GAIA) to study the day-to-day variability of EPB occurrence.

電離圏のプラズマは、その運動が中性大気との衝突によって強く支配されているため、中性大気と電離大気の相互作用を解明することは電離圏の物理過程を理解する上で非常に重要である。赤道域電離圏においては、赤道スプレッド F/プラズマバブルと呼ばれる現象の研究が古くから行われている。プラズマバブルに伴う局所的なプラズマ密度の不規則構造が発生した場合には、電波の振幅、位相の急激な変動（シンチレーション）が生じるため、GPS 等による電子航法に深刻な障害を及ぼすことが知られており、その生成機構と発生の日々変化の解明が強く求められている。近年の観測より、large-scale wave structure(LSWS) と呼ばれる電離圏 F 領域下部の数百 km スケールの波状構造が、プラズマバブルの発生に重要であることが示されている。しかし、ある特定の LSWS がプラズマバブルまで成長する過程を観測的に捉えることは非常に困難であり、ごく一部の強力な IS レーダーを用いた観測例が数例存在するだけである。従って、数値モデルを用いた研究は、プラズマバブルの成長条件、日々変化の解明という観点において非常に重要である。現在までに開発した高精細 3 次元数値モデルにより、LSWS からプラズマバブルが成長する過程と、F 層ピーク高度以上で非常に不規則な密度構造に発展する過程が再現されている。本講演では、再現されたプラズマバブルの構造の変化と、過去の種々の観測結果とを比較し、非線形発展するプラズマバブルの成長過程を明らかにする。また、全球大気圏電離圏モデル (GAIA) から背景の電子密度、中性大気風速等の条件を取り入れ、プラズマバブルの発生条件についても考察を行う。

Equatorial plasma bubbles during the sunset terminator observed using GPS receivers in Southeast Asia

M Buhari Suhaila[1]; Abdullah Mardina[2]; 横山 竜宏 [3]; 大塚 雄一 [4]; 西岡 未知 [3]; 津川 卓也 [3]
[1] NICT; [2] UKM; [3] 情報通信研究機構; [4] 名大 STE 研

Equatorial plasma bubbles during the sunset terminator observed using GPS receivers in Southeast Asia

Suhaila M Buhari[1]; Mardina Abdullah[2]; Tatsuhiro Yokoyama[3]; Yuichi Otsuka[4]; Michi Nishioka[3]; Takuya Tsugawa[3]
[1] NICT; [2] UKM; [3] NICT; [4] STEL, Nagoya Univ.

The longitudinal variations of equatorial plasma bubble (EPB) can be continuously observed using rate of TEC index (ROTI) measurement acquired from GPS receivers over 3000 km zonal distance (92°E to 120°E) in Southeast Asia (SEA). The continuous generation of several EPB structures were normally observed from ROTI keogram during the passage of the solar terminator in a night. The EPB structure with 100 km to 550 km spacing distance propagated 3000 km towards the east were prominent for 7 hours. The GPS data during the ascending solar activity in 2011 shows 96 out of 162 occurrence day in 2011 (60%) demonstrates several number of EPB were developed continuously during the sunset terminator. The continuous generation during the sunset terminator shows 87 out of 96 (90%) days were during the equinoctial season.

JEM-GLIMS により観測されたスプライトとそれに伴う VHF 帯電波の特徴

佐藤 光輝 [1]; 足立 透 [2]; 三原 正大 [1]; 牛尾 知雄 [3]; 森本 健志 [4]; 菊池 博史 [5]; 鈴木 睦 [6]; 山崎 敦 [7]; 高橋 幸弘 [8]
[1] 北大・理; [2] 早大・高等研; [3] 大阪大; [4] 近畿大学; [5] 阪大・工・環境電磁; [6] JAXA・宇宙研; [7] JAXA・宇宙研;
[8] 北大・理・宇宙

Optical Characteristics of Sprites and Sprite-Associated VHF Signals Measured by JEM-GLIMS

Mitsuteru SATO[1]; Toru Adachi[2]; Masahiro Mihara[1]; Tomoo Ushio[3]; Takeshi Morimoto[4]; Hiroshi Kikuchi[5];
Makoto Suzuki[6]; Atsushi Yamazaki[7]; Yukihiro Takahashi[8]
[1] Hokkaido Univ.; [2] WIAS, Waseda Univ.; [3] Osaka Univ.; [4] Kinki University; [5] EMC, Osaka Univ.; [6] ISAS, JAXA;
[7] ISAS/JAXA; [8] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

JEM-GLIMS observes lightning and lightning-associated Transient Luminous Events (TLEs) from the International Space Station (ISS) using two optical instruments and two electromagnetic wave receivers. One of the main objectives of this mission is to estimate global occurrence distributions and rates of lightning and TLEs and to identify the relation between the horizontal distribution of sprites and the detailed current structure of the parent lightning discharges flowing in the thundercloud. For this purpose, we analyzed CMOS camera (LSI), spectrophotometer (PH), and VHF interferometer (VITF) data to estimate optical characteristics of lightning and identify the electrical properties of the parent lightning discharges. The global distribution of the detected lightning events clearly shows that most of the events were detected over continental regions, that is, over Africa, Southeast Asia, and North and South Americas. In addition, the global distributions of these lightning events show clear seasonal variations and were centered in the local summer hemisphere. These results are comparable to that derived from the MicroLab-1/OTD and TRMM/LIS measurements. To identify the sprite occurrences, it is necessary to perform the following data analysis: (1) an image subtraction of the wideband LSI-1 data from narrowband LSI-2 data; (2) a calculation of intensity ratio between different PH channels; and (3) an estimation of the polarization and charge moment changes for the parent CG discharges of the event using ground-based ELF measurement data. From a synthetic comparison of these results, we confirmed that JEM-GLIMS succeeded in detecting sprite events. To clarify the source locations of VHF pulses excited by lightning currents flowing in the thundercloud, we analyzed VITF data. We have developed new interferometric technique to estimate the source locations of VHF pulses excited by lightning discharges. This direction-of-arrival estimation technique consists of two methods: (1) a calculation of phase difference between the VHF pulses simultaneously measured by two VHF antennas, and (2) a estimation of the group delay of VHF waves. Using this technique, we analyzed the VITF pulse data measured in the sprite events and estimated the source locations of these pulses. At the presentation, we will show the relation of the horizontal distribution of sprites and the spatial distribution of the source locations of VHF pulses excited by sprite-producing lightning discharges.

S-520-29号機観測ロケットによる電波伝搬特性観測

板屋 佳汰 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 芦原 佑樹 [3]; 栗原 純一 [4]
[1] 富山県立大; [2] 富山県大・工; [3] 奈良高専・電気; [4] 北大・理・宇宙

Observation of Characteristics of Radio Waves Propagation by S-520-29 Sounding Rocket

Keita Itaya[1]; Keigo Ishisaka[2]; Yuki Ashihara[3]; Junichi Kurihara[4]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Elec. Eng., Nara NCT.; [4] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

S-520-29 sounding rocket experiment is carried out in Uchinoura Space Center in Kagoshima Prefecture, in the summer of 2014. The purpose of this rocket experiment is observation of sporadic E layer that appears in the lower ionosphere at near 100km. This rocket is equipped with LF/MF band radio receiver for observation of characteristics of LF/MF radio waves propagation, and observe the LF/MF band radio waves in rocket flight. Antenna of LF/MF band radio receiver is composed of three axis loop antenna. LF/MF band radio receiver receives three radio waves of 873kHz (NHK Kumamoto 2ch), 666kHz (NHK Osaka 1ch), 60kHz (JJY) from the ground. It is possible to estimate the position and size of the high electron density region in the sporadic E layer by analysis radio waves propagation characteristics using radio waves come from different directions. We estimate the electron density in the ionosphere by the estimation of the Doppler shift using the frequency analysis and full-wave calculated using the data observed by the LMR. Reception sensitivity of LF/MF band radio receiver is more increased than same Unit in S-310-40 sounding rocket by loop area of loop antenna is expanded about twice and the gain adjustment in preamp. In S-310-40 sounding rocket, when we separate the characteristic waves from radio waves by frequency conversion, there is a part that can not be separated radio waves at 60kHz and 666kHz. This is caused by the frequency components are disappeared in the noise because it could not be received radio waves being attenuated in ionosphere with sufficient sensitivity. We expect to separate the characteristics wave clearly by LMR of S-520-29 sounding rocket.

In this presentation, we explain the preliminary report of LMR observations and radio waves propagation characteristics by frequency analysis by S-520-29 sounding rocket experiment.

2014年夏に鹿児島県内之浦宇宙空間観測所で S-520-29 号機観測ロケット実験が行われる。本観測ロケット実験は、電離圏下部高度 100km 付近に出現するスプラディック E 層を立体的に観測することを目的としている。本観測ロケットには、長中波帯電波の伝搬特性観測を目的として、長中波帯電波受信機 (LMR) を搭載し、ロケット飛翔中の中波帯電波の受信強度を観測する。LMR のアンテナには 3 軸のループアンテナを使用している。LMR は、地上から 873kHz (NHK 熊本第 2 放送)、666kHz (NHK 大阪第 1 放送)、60kHz (標準電波) の 3 周波数電波の受信を行う。これらの異なる方向から到来する電波を用いて電波伝搬特性を解析することでスプラディック E 層による高電子密度領域の位置と大きさを推定することが可能である。LMR によって観測されたデータは、full-wave 計算および周波数解析によるドップラーシフト解析を行う。電離圏中を伝搬する長・中波帯電波は電子密度の変化により伝搬特性が変化する。そのため、電波の伝搬特性解析から電子密度を推定できる。また、観測ロケットが受信する電波は、地球磁場の向きと偏波の旋性およびロケットスピンによってドップラーシフトを受ける。周波数解析により受信した電波を特性波に分離し、そこからドップラーシフトを計算する。ここで得られたドップラーシフトから Booker の方程式を用いて電波の伝搬特性を調査することができる。最終的には、これらの解析により電離圏中の電子密度を推定し、電子密度プロファイルを得る。ここで得られた電子密度プロファイルは S-520-29 号機観測ロケット実験の目的であるスプラディック E 層の構造解析を行う際の基礎データとして提供することができる。今回の LMR は、同様な電波受信機を搭載した S-310-40 号機時に比べるとループアンテナのループ面積を約 2 倍に拡大し、プリンプにおける利得調整を行ったことで電波の受信感度が増加している。S-310-40 号機では、受信した電波を周波数変換し特性波に分離する際に、666kHz と 60kHz において分離できない部分があった。これは電離圏で減衰を受けた電波を十分な感度で受信できなかったため、ノイズにより周波数成分が埋もれてしまったことが考えられる。S-520-29 号機では改良により受信感度が増加した LMR を用いることで電子密度推定を行う際の特性波の分離をより鮮明にできると期待される。結果として、より正確な電子密度推定が可能となる。

本発表では、S-520-29 号機観測ロケット実験の LMR 観測結果と観測結果の周波数解析による電波伝搬特性の速報を報告する。

GPS-TEC による中緯度スボラディック E の空間構造の観測

前田 隼 [1]; 日置 幸介 [1]
[1] 北大・院理・自然史

Spatial structure of midlatitude sporadic-E with GPS total electron content observations

Jun Maeda[1]; Kosuke Heki[1]
[1] Hokkaido Univ.

Spatial structures of mid-latitude sporadic E are studied by GPS total electron content (TEC) observations, using a dense network of GPS receivers in Japan. With this GPS-TEC observation, sporadic E with foEs higher than 16 MHz can be detected as a positive TEC anomaly [Maeda and Heki, 2014]. A dense array of GPS receiving stations in Japan enables to image horizontal shapes of sporadic E by plotting vertical TEC anomalies on a map. Such TEC maps revealed that sporadic E over Japan has a common shape which is elongated in the east-west direction with typical length and width of ~200 km and ~20 km, respectively, regardless of occurrence latitudes. Directions of elongation and those of propagation show clear perpendicularity, e.g., an east-west aligned structure prefers to propagate southward or northward. Propagation speeds are distributed in the range of ~40-80 m/s, which are consistent with the speed of neutral winds at an altitude of a sporadic E layer.

We also observed smaller-scale structures by analyzing raw slant TEC time series with typical spatial resolution of ~2 km. The results show that plasma patches are quasi-periodically located in a horizontal plane in the east-west direction, as well as in the north-south direction regarding propagating sporadic E. Gradient-drift instability is one of the possible mechanisms that would create quasi-periodic (QP) structure in trailing edges of propagating sporadic E. On the other hand, QP structure in the east-west direction is assumed to be generated by a different mechanism such as shear instability in the neutral atmosphere, e.g., Kelvin-Helmholtz instability, or other plasma instabilities. In conclusion, at least two different mechanisms are involved in the formation of QP structures in the east-west and north-south sections.

GPS/GNSS が用いている 2 つのキャリア波の位相データを解析することで、電離圏の全電子数 (Total electron content: TEC) を観測することができる。この GPS-TEC 観測では foEs が 16 MHz を超えるようなスボラディック E を観測することが可能である (Maeda and Heki, 2014)。日本のように稠密な GPS 受信網をもつところでは、TEC の異常マップを作成することでスボラディック E の水平面構造を描写することが可能である。本研究ではこの GPS-TEC 観測を用いて日本上空に出現するスボラディック E の水平面構造を観測し、分析した。その結果、スボラディック E は東西方向に延びる帯状をしており、典型的な例では東西長 200 km、南北幅 20 km となった。この特徴は観測緯度に関係なく、稚内・国分寺・山川の各点で共通のものであった。また、伸長方位と伝搬方向が直交する規則性がみられ、東西に延びる帯構造のうち伝搬性を見せるもののほとんどは南北方向へと伝搬した。伝搬速度は ~40-80 m/s で、スボラディック E の高度における中性風速度と調和的であった。

TEC 異常マップの空間分解能は ~25 km 程度であるが、TEC の時系列データを分析することにより数 km スケールのプラズマ構造の観測も行った。その結果、東西に延びる帯構造の中にさらに小さな構造が含まれており、それらは準周期的な間隔で東西に並んでいることが明らかになった。同様の手法を用いて伝搬性のスボラディック E についても観測を行ったところ、その前縁はスムーズな構造をしていたが、後縁にはプラズマ・パッチが準周期的に並んでいる構造をしていた。伝搬方向は南北方向であったため、この準周期的な構造は南北に配置されていた。スボラディック E の水平面構造の中に電子密度の勾配があると仮定すると、gradient-drift 不安定によって伝搬方向とは逆側の帯構造後縁で不規則なプラズマ構造が形成されたと推察される。しかし、東西方向の準周期的なプラズマ構造は gradient-drift 不安定では説明できず、Kelvin-Helmholtz 不安定のような中性大気による不安定、あるいは他のプラズマ不安定によって形成されたとと思われる。いずれにせよ伝搬中のスボラディック E の水平面構造の形成には東西・南北の両方向で異なったメカニズムが働いていることが示唆された。

Periods of the lower ionosphere disturbances observed in the phase variations of LF transmitter signal

Hiroyo Ohya[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Fuminori Tsuchiya[3]

[1] Engineering, Chiba Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.

It is known that phase of LF transmitter signals largely varies in nighttime rather than daytime. The daytime phase is stable due to strong solar ionization. On the other hand, the cause of the nighttime phase variations has not been revealed. In this study, we focus on the periods of the phase variations of the nighttime LF transmitter signals observed in Japan and South-east Asia. The propagation path (40 kHz) was located from Fukushima to Kagoshima for the Japanese data. We investigated the periods of LF signals observed in 16 April, and 6 May, 2007 by using a wavelet analysis. For both nights, a period of ~50 minutes was seen at around 11:00 UT (20:00 LT) and 15:00 UT (00:00 LT). Medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) were observed in the map of GPS Total Electron Content (TEC) at 15:00 UT on 6 May, 2007, which such MSTIDs were not observed on 16 April, 2007. In the presentation, we will discuss the cause of the periods of LF phase in detail.

巨大竜巻による電離圏擾乱：HF レーダーと GPS-TEC の同時観測結果

小川 忠彦 [1]; 西岡 未知 [2]; 西谷 望 [3]; 津川 卓也 [2]
[1] NICT; [2] 情報通信研究機構; [3] 名大 STE 研

Simultaneous observations of ionospheric disturbances due to giant tornado with HF radar and GPS-TEC network

Tadahiko Ogawa[1]; Michi Nishioka[2]; Nozomu Nishitani[3]; Takuya Tsugawa[2]
[1] NICT; [2] NICT; [3] STELAB, Nagoya Univ.

We present ionospheric disturbances due to a giant tornado. Three tornados are focused in this talk that happened on (1) 6 May 2012 with an Enhanced Fujita scale 3 (EF3) in Tsukuba, Japan, (2) 20 May 2013 with an EF5 in Moore, Oklahoma, USA, and (3) 31 May 2013 with an EF3 in El Reno, Oklahoma, USA. To detect the disturbances, we used the SuperDARN Hokkaido HF radar and the two SuperDARN Fort Hays HF radars in Kansas, USA, and total electron content (TEC) data from GEONET and a GPS network in USA. Main results are as follows: 1) For each tornado event, concentric ionospheric waves propagating away from a tornado area were observed with both the observation methods. 2) The waves exhibited velocities of 120 - 270 m/s, periods of 10 - 20 min and wavelengths of 140 - 300 km. These values obtained from the radar observations were not always consistent with those from the TEC observations. 3) The wave activity continued for about 7 hours.

2012年5月6日に茨城県筑波で Enhanced Fujita scale 3 (EF3)、2013年5月20日に米国オクラホマ州 Moore で EF5、2013年5月31日に同州 El Reno で EF3 の巨大竜巻が発生した。最大級の Moore 竜巻について、Nishioka et al. (2013) は全米 GPS 網で得られた全電子数 (GPS-TEC) データを解析し、時間とともに竜巻域から同心円状に広がっていく電離圏中の波動 (スーパーセルから発生した大気重力波: 水平波長 ~120 km、周期 ~13 分) と音波共鳴 (周期 ~4 分) による電離圏振動を発見し、対流圏中の異常な気象現象が電離圏プラズマに影響を与えることを明らかにした。

本発表では、上記三つの竜巻に注目し、SuperDARN 短波レーダーと GPS-TEC で同時観測されたデータを用いて電離圏擾乱の様子を明らかにする。使用したレーダーは北海道・陸別と米国カンザス州 Fort Hays に設置されている。GPS-TEC については日本の GEONET と全米 GPS 網のデータを用いる。TEC は電子密度の高度積分値であるが、HF レーダーでは高度約 250 km における電子密度の変動を捉えることができる。

主な結果は以下の通りである。(1) 竜巻域近傍を中心として同心円状に広がっていく波動構造は TEC データに見られるが、同様の波動伝搬は HF レーダーでも検出された。(2) 波動の継続時間は最大で7時間程度である。(3) El Reno 竜巻の例では、竜巻発生後に磁気嵐が発生したため、北東から南西に伝搬する中規模 TID (MSTID) により、竜巻由来の波動伝搬は途中で不明瞭になっている。(4) レーダーと TEC で観測された波動の伝搬速度は 120 ~270 m/s、周期は 10 ~20 分、波長は 140 ~300 km であるが、観測手法が異なるため、両手法による値は必ずしも一致しない。なお、このような値は 2011 年 3 月 11 日の東北沖地震発生後の 1 時間後から約 1.5 時間にわたって観測されている (例えば、Tsugawa et al., 2011; Ogawa et al., 2012)。F3 ~F5 クラスの巨大竜巻の発生は過去にもかなりある (全米で 2007 年 2 月 1 日から 2013 年 5 月までに F5 クラスの竜巻は 9 例確認されている)。巨大地震に加えて、巨大竜巻による電離圏擾乱の解明は大気上下結合過程の研究に貢献するであろう。

SWARM 衛星群が電離圏上空で観測した下層大気擾乱に起因する微細沿磁力線電流

青山 忠司 [1]; 家森 俊彦 [2]; 中西 邦仁 [3]

[1] 京大・理; [2] 京大・理・地磁気センター; [3] 京都大学理学研究科

Fine-scale Field-Aligned Currents caused by the lower atmospheric disturbances as observed by the SWARM above the ionosphere

Tadashi Aoyama[1]; Toshihiko Iyemori[2]; Kunihito Nakanishi[3]

[1] Graduate School of Science, Kyoto Univ.; [2] WDC for Geomagnetism, Kyoto Univ.; [3] Graduate School of Science, Kyoto Univ

It is reported lately that atmospheric gravity waves generated by meteorological phenomena in the troposphere such as typhoons and tornadoes, large earthquakes and volcanic eruptions propagate to the mesosphere and thermosphere. We observe them in various forms(e.g. air glows, ionospheric disturbances such as TEC variations). Nakanishi et al. (2014) analyzed magnetic survey data of the LEO satellite CHAMP(altitude 300~450 km) and found the small amplitudes magnetic fluctuations with period around a few tens of seconds along the satellite orbit. They show that the magnetic fluctuations have global and frequent appearance in low and middle latitude, and were generated by field aligned currents(FACs). Geographical and seasonal dependence of the fluctuations exhibits that the atmospheric gravity waves from lower atmosphere propagate to the ionospheric E-layer and drive dynamo action.

We also discovered that these small scale magnetic fluctuations(0.1~5 nT) are spatial structure of FACs as observed by the swarm constellation consisted of three satellites(A,B and C). I showed the evidence that typhoons are one of the origins of the magnetic fluctuations in my master's thesis by tracing from the CHAMP satellite to the dynamo layer(altitude 110 km) along the geomagnetic field.

In this presentation, besides the above, we analyze very strong typhoon No.8 which struck the Japanese islands on 6 to 11 July 2014, hurricanes in North America and cyclons in Oceania. The three SWARM satellites were launched on 22 November 2013. SW-A and SW-C are in a similar orbital plane (10 seconds latitudinal and 1.4 degrees longitudinal separation) at an inclination of 87.35 degrees and a initial altitude of 462 km. SW-B is at an altitude of 510 km and an inclination of 87.75 degrees. We estimate the disturbance region of lower atmosphere and longitudinal spatial scale of the FACs by exploiting these characteristic of the SWARM orbits.

Reference:

Nakanishi, K., Iyemori, T., Taira, K., & Lühr, H. (2014). Global and frequent appearance of small spatial scale field-aligned currents possibly driven by the lower atmospheric phenomena as observed by the CHAMP satellite in middle and low latitudes. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 40. doi:10.1186/1880-5981-66-40

近年、対流圏における台風や竜巻などの気象現象や大地震、火山噴火などによって生じた大気重力波が中間圏・熱圏にまで伝播し、大気光、TEC変動をはじめ電離圏擾乱など様々な形で観測されている例が多数報告されている。Nakanishi et al. (2014) は LEO 衛星 CHAMP (高度 300 ~ 450km) の磁場観測データを解析し、衛星軌道に沿った数十秒周期の微小な磁場変動 (0.1 ~ 5 nT) を見出した。さらに、その微小磁場変動は中低緯度において全球的に存在し、その特徴から、下層大気起源の沿磁力線電流の空間構造によるものであり、下層大気擾乱から生じた大気重力波が電離層にまで伝播し、E 層でダイナモ作用が生じ電流が流れている可能性を示した。

我々は 2013 年 11 月に ESA が打ち上げた SWARM 衛星群 (A,B,C の 3 機から構成される) の磁場データを同じく解析することにより、上記の微小な磁場変動は微細沿磁力線電流の空間構造である強い証拠を得た。また、発表者は修士論文において、振幅の大きい大気重力波を励起させると考えられる台風と CHAMP 衛星が観測した微小磁場変動を E 層の高度まで磁力線沿いにトレースしたフットポイントにおいて比較することにより、台風が微小磁場変動のソースのひとつである可能性を示した。

本発表では上記 CHAMP の事例のほか、2014 年 7 月 6 ~ 10 日にかけて日本付近を通過した大型で強い台風 8 号、北米のハリケーンやオセアニアのサイクロンの解析結果についても報告する。SW-A と SW-C は 2014 年 5 月以降、経度方向に約 1.4 度離れて極軌道 (軌道傾斜角 87.35 度) を飛翔しているが、この軌道の特徴をうまく活用して下層大気の大擾乱エリアと微細沿磁力線電流の東西方向のスケールも推定する。

引用文献:

Nakanishi, K., Iyemori, T., Taira, K., & Lühr, H. (2014). Global and frequent appearance of small spatial scale field-aligned currents possibly driven by the lower atmospheric phenomena as observed by the CHAMP satellite in middle and low latitudes. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 40. doi:10.1186/1880-5981-66-40

SWARM 衛星で確認された中低緯度の下層大気起源の沿磁力線電流の構造

中西 邦仁 [1]; 家森 俊彦 [2]; Luehr Hermann[3]; 青山 忠司 [4]

[1] 京都大学理学研究科; [2] 京大・理・地磁気センター; [3] GeoForschungsZentrum Potsdam; [4] 京大・理

Structure of field aligned currents in low and middle latitudes as observed by the SWARM satellites

Kunihito Nakanishi[1]; Toshihiko Iyemori[2]; Hermann Luehr[3]; Tadashi Aoyama[4]

[1] Graduate School of Science, Kyoto Univ; [2] WDC for Geomagnetism, Kyoto Univ.; [3] GeoForschungsZentrum Potsdam; [4] Graduate School of Science, Kyoto Univ.

Recent research has shown that the gravity waves (i.e., acoustic waves and/or internal gravity waves) propagate to the ionosphere to cause many different phenomena including the ionospheric instabilities.

By an analysis of the CHAMP magnetic data, we found that the small amplitude (1-5 nT) magnetic fluctuations with apparent period around a few tens of seconds along the orbit exist globally and nearly all the time (Nakanishi et al., 2014). Characteristics of the magnetic fluctuations including seasonal dependence of geographical distribution of their amplitude strongly suggest that they are the spatial structure of small-scale field aligned currents having the lower atmospheric origin. We suppose that the gravity waves generated by the lower atmospheric disturbances propagate to the ionosphere and drive the E-layer dynamo, and the current in the ionosphere diverts along the magnetic field to another hemisphere to make a closed circuit. In addition, it has been reported that by computer simulation, the acoustics gravity waves propagate to the ionosphere to drive the ionospheric dynamo and cause the field-aligned current (Zettergren et al., 2013). But the structure of the circuit is not yet clear. To confirm the above scenario and to find the scale of the current circuit in longitudinal direction which was not possible to estimate by the single satellite, CHAMP, we use the magnetic data observed by the SWARM satellites.

Firstly, from a comparison of small scale magnetic fluctuations observed by the two SWARM satellites, the magnetic fluctuations as observed by CHAMP are confirmed to be real (i.e., natural) phenomena and they show the same characteristics with those observed by the CHAMP, i.e., the magnetic fluctuation is perpendicular to the geomagnetic field; the amplitude on the day side is much larger than that on the night side; as the latitude decrease to the dip equator, the period tend to get longer.

Secondly, because three satellite orbits have various spatial relations in 3-D space, we could easily confirm that the objective magnetic fluctuations are not temporal but spatial structure along the satellite orbit. The longitudinal scale seems to be of the order of 100 km.

We shall show the above results and some other characteristics of the current circuit and discuss whether or not our suggesting model fits the observed characteristics.

下層大気擾乱によって励起された大気重力波が電離層まで伝搬し、電離層擾乱をはじめ様々な現象を引き起こしていることが知られている。

Nakanishi et al. (2014) は、CHAMP 衛星の磁場データを解析し、軌道に沿って数十秒の周期を持つ磁場変動がほぼ常時全球的に存在することを示した。さらに、振幅の地理的分布の季節依存性をはじめ、その諸特性から、観測された磁場変動は、下層大気起源の、電離層を両端とする沿磁力線電流の微細構造であると解釈し、次のモデルを提唱した。すなわち、下層大気擾乱によって励起された大気重力波が電離層に伝搬しダイナモを引き起こし、その結果、電離層に流れた電流が磁力線に沿って発散、閉回路が形成される。

下層大気から伝播した重力音波が電離層ダイナモを引き起こし沿磁力線電流が流れるというコンピューターシミュレーション結果が報告されている (Zettergren et al., 2013)。しかし、電流回路がどのような構造であるかは明らかになっていない。

そこで、上に述べた物理過程と回路の経度方向のスケールを確認するために、3機編成であり、また、それぞれがCHAMP衛星と同等、あるいはそれ以上の精密磁場観測能力のあるSWARM衛星による磁場観測データを用いた。

初期解析結果として、軌道に沿って周期が数十秒の磁場変動が全球的に、ほぼ常時に存在し、さらに、昼夜依存性をはじめ、CHAMP衛星による観測と同じ特性を持っていることを確認した。

次に、それぞれの衛星の軌道は様々な3次元的位置関係を持っているため、それを利用して、対象とする磁場変動は、時間変動ではなく衛星の軌道に沿った空間変動であることを確認した。また、経度方向のスケールは約100kmのオーダーであると推定した。

我々は、上記の結果および他の特性を報告し、Nakanishi et al. (2014) が提唱したモデルが正しいかどうかを検証する。

Intercomparison of radiative transfer models for atmospheric composition measurements

Katsuyuki Noguchi[1]; Hiroo Hayashi[2]

[1] Nara Women's Univ.; [2] Fujitsu FIP

The radiative transfer model (RTM) is an essential tool in remote sensing simulation studies. They utilize RTMs to simulate the atmospheric radiance in the retrieval processes which obtain physical amounts (e.g. temperature) and chemical amounts (e.g. concentration). There are a number of RTMs developed for their own purposes, and intercomparison of results among those RTMs for a specific atmospheric and geometric scenario is useful to confirm whether the result from one RTM is correct or not.

We compare the atmospheric radiance from SCIATRAN with those from some other RTMs assuming geostationary measurements of air pollutants, nitrogen dioxide (NO₂). A preliminary study using Pstar2 shows that under the simple scenario, where only Rayleigh scattering and NO₂ absorption are considered and nadir geometry is adopted, the difference of radiances between Pstar2 and SCIATRAN is about 0.1%. This is much less than the effect of NO₂ absorption (up to 0.7%). We also evaluate the effect of slant geometries and diurnal changes of the solar location (i.e., solar zenith and azimuth angles) on the difference between the two RTMs.

Acknowledgment: SCIATRAN is provided by the University of Bremen, Germany. We thank J. P. Burrows, A. Rozanov, V. Rozanov and A. Richter for their useful comments on SCIATRAN. We are grateful to OpenCLASTR project and package developers for using Pstar2 (Vector Radiative Transfer Model) package in this research.

冬季北極域中間圏の擾乱状態を示す指標の検討

坂野井 和代 [1]; 木下 武也 [2]; 村山 泰啓 [3]; 佐藤 薫 [4]
[1] 駒澤大学; [2] NICT; [3] 情報通信研究機構; [4] 東大・理

Discussion about indices which display condition of disturbance in the mesosphere during Arctic winter

Kazuyo Sakanoi[1]; Takenari Kinoshita[2]; Yasuhiro Murayama[3]; Kaoru Sato[4]
[1] Komazawa Univ.; [2] NICT; [3] NICT; [4] Graduate School of Science, Univ. of Tokyo

Purpose of this research is to clarify relationship between solar activity and disturbance in the middle atmosphere during Arctic winter. In this research we consider stratospheric sudden warming (SSW), which is a typical phenomenon in Arctic winter, as disturbance in the middle atmosphere including the mesosphere. Previous research [ex. Labitzke, 2005] reported effect of 11-year solar cycle on thermal structure only in the Stratosphere.

Traditional classification of SSW is not suited for quantitative comparison with other indices. Therefore we are exploring new indices which display condition of disturbance in the mesosphere. To get thing started, we selected daily bottom altitude of easterly wind area, which corresponds to SSW, in the zonal mean horizontal wind. Averaged value of those during one SSW event is used for quantitative comparison with solar activity and QBO index. No clear relationship was found between the selected new value (ZEW index) and two indexes. However we confirm that the ZEW index represents well the degree of disturbance. In the next step, we calculate AO index in the altitude range from 1000 hPa to 0.1 hPa (65km alt). AO index also represents well the degree of disturbance in the middle atmosphere.

In this presentation, we will examine and discuss in more detail about ZEW and AO index using meteorological data in order to confirm which condition these two new indices display in the middle atmosphere.

本研究は、冬季北極域における代表的な擾乱現象である成層圏突然昇温を、中間圏まで含めた中層大気全体の擾乱として捉え、その擾乱について、長期的な太陽活動度との関係を解明することを最終的な目的としている。成層圏突然昇温と太陽活動度との関連は、太陽活動 11 年周期による成層圏の熱的構造の変調として、成層圏領域では研究が進んでいる。冬季北極域成層圏の代表的な熱的構造は、北半球環状モード (Northern hemisphere Annular Mode: NAM) と呼ばれるパターンを示し、極域が低温・中緯度域が高温となる正のモードとその逆パターンとなる負のモードに分類される。Labitzke(2005) は、北極域・中緯度の上部成層圏温度と F10.7 index の相関を、QBO の位相に分けて比較し、QBO 西(東)風位相時には、太陽活動極大で負(正)の NAM、極小で正(負)の NAM となることを示した。

成層圏突然昇温の程度を表すものとして、伝統的に、昇温が「大昇温」か「そうでない」という定性的な分類が使われてきた。しかしこのような定性的な分類だけでは他の現象との比較が難しい。本発表では、中間圏まで含めた中層大気擾乱と太陽活動度を定量的に比較するための準備として、中間圏の擾乱度を表す指標としてどのようなものがあるかを検討する。これまでの解析では、気象全球客観解析データ (英国 Met Office が提供する UKMO データおよび NASA が提供する MERRA データ) を用いて、中間圏まで含めた中層大気擾乱の程度を指標化することを試みてきた。

まず始めに、UKMO データ帯状平均東西風の東風領域 (成層圏突然昇温時に対応) の、最低高度を指標として使うことを検討した。日々の帯状平均東西風データから、高度 15km 以上の範囲において、東風となっている高度領域の最低高度を抽出、それぞれのイベントでその抽出した最低高度を平均し、1つのイベントに対して1つの指標 (今後、この指標を ZEW index とする) を作成した。導出した ZEW index を QBO の東風位相と西風位相に分けて、太陽活動度 (F10.7 index) との相関図を作成した。この結果、おおむね ZEW index ≤ 35 が大昇温に対応し、ZEW index は伝統的な成層圏突然昇温の分類に対応し、擾乱度を定量的に表す指標としては使えそうであることを確認した。

次に、1000~0.1hPa (約 65km 高度) の高度において AO index を計算し、中間圏まで含めた中層大気全体の擾乱度を表す指標として使用できるか検討を始めた。10hPa より高高度で AO index を用いた研究はほとんど例がなく、慎重な検討を必要とするが、以下のようなことが明らかになった。中層大気での AO index の値のピークは、おおむね 0.5hPa (~50km) 高度にある。100hPa - 0.1hPa 高度において AO index の正負はほぼ一致するが、ときおり 10hPa の上下で正負が異なる場合もある。AO index の負のピーク値が大きいことと大昇温とは対応しない、また負の領域が 10hPa 以下まで達していることも、必ずしも大昇温とは対応しない。伝統的な昇温の分類では成層圏突然昇温と判定されない中間圏のみの擾乱も存在する。

本発表では、これら 2 つの指標がどのような中間圏・成層圏の擾乱状態に対応し、その値が実際の現象として何を示すものと捉えることができるか、北極域中層大気全体のジオポテンシャル高度場、温度場、風速場などのデータを用いて検討していく。

Statistical Study of Concentric Gravity Wave in the Lower Thermosphere by using the ISS-IMAP/VISI data of 2013

Septi Perwitasari[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yasunobu Miyoshi[3]; Yuichi Otsuka[4]; Atsushi Yamazaki[5]; Yuta Hozumi[6]; Yusuke Akiya[6]; Akinori Saito[6]

[1] PPARC, Tohoku University; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] ISAS/JAXA; [6] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

Concentric gravity waves have been intensively studied in the past few years because of its unique characteristic that shows the direct coupling between lower and upper atmosphere [e.g. Taylor and Hapgood, 1998; Sentman et al., 2003; Suzuki et al., 2013; Yue et al., 2013]. The past studies, both by using the ground-based and space-based observations, have been revealed the general properties of these concentric gravity waves, such as, source, propagation mode and effect of the background profile. However, these studies were mostly based on a single event and gave only limited information. Therefore, a statistical study on global distribution of the concentric gravity waves is needed to get further comprehensive understanding on the generation mechanism, propagation and the dissipation of the concentric gravity waves. To address this issue, a space-based observation is more preferable since it covers wider area. Until recently, IMAP/VISI is the only space-based instrument that capable of imaging gravity waves above the troposphere in the nadir direction. The Visible and near-Infrared Spectral Imager (VISI) of the IMAP mission was launched successfully on July 21, 2012 with HIIB/HTV3 and installed onto the International Space Station (ISS). IMAP/VISI is now operated in the night side hemisphere with a range of +/- 51 deg. GLAT. IMAP/VISI is measuring three different airglow emissions of OI at 630 nm, the OH Meinel band at 730 nm and the O2 (762 nm) atmospheric band at 762 nm at an altitude of ~400 km with the typical spatial resolution of 16 to 50 km. Since the start of nominal operation in October 2012, VISI has been operated approximately 15 paths a day.

In this study, we analyzed the concentric gravity wave events from IMAP/VISI data of 2013. We found total 172 concentric gravity wave events in the O2 (762 nm) airglow emissions at ~95km altitudes, out of 4853 data paths. The monthly occurrence probability of the concentric gravity wave shows a clear seasonal dependence with the peaks around March-April and August-September. The weak background winds in the middle atmosphere during the March and September equinox are likely responsible for interpreting the seasonal dependence. We also determined the source of concentric gravity waves by estimating the center of the circular pattern. In most events, the sources were found to be convective activity (convective plum, tropical storm and typhoon), which was identified by using the TRMM data. We found that the convective plum usually generates small-scale concentric gravity waves with the horizontal wavelength generally less than 100 km. In the other hand, more intense convective activity such as typhoon can generate small-scale as well as large-scale (several hundred km in horizontal wavelength) gravity waves. We also found that the small-scale waves expand from the center up to several hundred km while the large scale can expand up to thousands of km from the center (we found it in more than 3 events). Generally, the concentric pattern appears as arc like shape instead of full circle. It indicates that the background wind filter allows the wave to propagate in a particular direction and filter out the other directions. The data from March to December 2013 show that in Japan and central Asia sector, the circular arc appeared mostly in the northeastward direction while in Australia and south pacific sector dominated with the southeastward direction. The other sectors are still under the investigation. The detailed analysis of the background wind condition based on the GAIA model will be used to conduct further analysis in this study and will be discussed in the presentation.

高緯度から低緯度にわたる4台のファブリ・ペロー干渉計を用いた熱圏温度の統計解析

中村 義弘 [1]; 塩川 和夫 [1]; 大塚 雄一 [1]; 大山 伸一郎 [2]; 野澤 悟徳 [2]
[1] 名大 STE 研; [2] 名大・太陽研

Statistical Analysis of thermospheric temperatures using four Fabry-Perot interferometers at high and low latitudes

Yoshihiro Nakamura[1]; Kazuo Shiokawa[1]; Yuichi Otsuka[1]; Shin-ichiro Oyama[2]; Satonori Nozawa[2]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.

Fabry-Perot interferometer (FPI) is an instrument that can derive the temperature and wind velocity of the thermosphere from the ground-based observations of airglow emission at a wavelength of 630.0 nm. The Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL), Nagoya University, has five FPIs as parts of the Optical Mesosphere Thermosphere Imagers. Two of those FPIs, possessing a large aperture etalon (diameter: 116mm), were installed at Shigaraki (FP00), Japan in 2000 and in Tromsø (FP01), Norway, in 2009. The other three small FPIs, using 70-mm diameter etalons, were installed in Thailand (FP02), Indonesia (FP03), and Australia (FP04) in 2010-2011. They use highly-sensitive cooled-CCD cameras with 1024-1024 pixels to obtain interference fringes. However, the error values of temperature estimation are about 200 K and appropriate temperature has not been obtained from the interference fringes using these new small-aperture FPIs. In the present study we aimed to improve the procedure of temperature derivation using these small-etalon FPIs, to perform statistical analysis of the temperature data obtained by FP01-04 for 3-5 years after 2009 and obtained by MSIS-E90 model to evaluate the reliability for estimating the temperatures using FPI.

The FPIs scan the sky in north, south, east, and west directions repeatedly by rotating two 45-degree mirrors. We determined centers of the laser fringe and sky fringes for north, south, east, and west directions. Then we found that they are slightly a few pixels different depending on the mirror directions. This difference of fringe centers seems to be due to distortion of the optics body, which is caused by the motion of the heavy scanning mirror on top of the optics. Thus, we decided to determine the fringe center for each direction. After this revision, the error values of temperature estimation have been improved from 200 K to about 30 K. This error values is likely to be reliable.

We estimated airglow intensity from the data and performed statistical analysis of the data obtained by FP01-04 for 3-5 years after 2009. Then we found that the low temperatures are obtained when the airglow intensity is very small.

In this presentation, we show results from evaluating the reliability of the obtained temperatures with considering the accuracy of FPIs and the relation between airglow intensity and obtained temperatures.

ファブリ・ペロー干渉計 (Fabry-Perot interferometer; FPI) は、630.0nm の波長を持つ地球の酸素大気光を地上から観測することで、熱圏における中性風の速度と温度を計測することができる装置である。名古屋大学太陽地球環境研究所では、超高層大気イメージングシステムの一部として、5台のFPIを所有している。そのうちの2つのFPI (FP00, FP01) は、直径116mmのエタロンを用いており、2000年に日本 (FP00) に、2009年にノルウェーのトロムソ (FP01) にそれぞれ導入された。その他のFPIは、70mmの小型エタロンを使用しており、2010年から2011年に、タイ (FP02)、インドネシア (FP03)、オーストラリア (FP04) に導入された。これらの3台の小型FPIは、高感度で干渉フリンジを得るために、1024-1024ピクセルで4段ペルチェクーラーを用いた冷却CCDカメラを用いている。しかし、これらの新しく導入された小型FPIを用いた観測データを解析した結果、温度推定の誤差が200K程度となり、妥当な温度を導出することができていなかった。そこで本研究では、小型FPIにおける温度導出手法を改良するとともに、FP01-04について2009年以降に得られている3年~5年分のデータと経験的なモデルであるMSIS-E90のデータに対してそれぞれ統計解析を行い比較することで、FPIを用いた温度推定の信頼性を評価することを目的とする。

FPIは、光の入射部のミラーを回転させることで、南北東西の空とレーザーをそれぞれ観測している。しかし、南北東西の撮影から得られるそれぞれの干渉フリンジ画像に対して中心を決定したところ、北と南の中心、西と東の中心はそれぞれ同じような位置であったが、南北と東西の方角、レーザーとでは、それぞれで中心がわずかに異なることがわかった。これは、FPIの上部にある光を入射するミラー部が重いために、光学系がゆがんでいることが原因であると考えた。そこで、旧来は、南北東西それぞれの方角から得られた干渉フリンジ画像を一括して一晚平均した画像から中心決定を行っていたが、本研究では、南北東西それぞれの一晩平均した干渉フリンジ画像からそれぞれの中心を決定することにした。以上の改良の後、温度導出を試みたところ、温度推定の誤差が30K程度となり、妥当と思われる温度を得ることができた。また、観測データから発光輝線の強度を推定し、これまでの観測データに対して統計解析を行った結果、輝度が小さい時に温度が低くなる傾向が見られた。本発表では、発光輝線の強度とFPIの観測精度も踏まえて、温度の信頼性を評価した結果について紹介する。

航空機より観測した昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光からの風速算出法の開発

木原 大城 [1]; 山本 真行 [1]; 柿並 義宏 [2]; Larsen Miguel[3]; Hurd Lucas[4]; 渡部 重十 [5]; 羽生 宏人 [6]
[1] 高知工科大; [2] 高知工科; [3] Clemson Univ.
; [4] Clemson Univ.; [5] 北大・理・宇宙; [6] J A X A 宇宙科学研究所

Development of wind speed determination method with airborne observed images of Li vapor in daytime lower thermosphere

Daiki Kihara[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]; Yoshihiro Kakinami[2]; Miguel Larsen[3]; Lucas Hurd[4]; Shigeto Watanabe[5]; Hiroto Habu[6]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.; [3] Clemson Univ.; [4] Clemson Univ.; [5] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [6] ISAS/JAXA

1. Introduction

For the purpose of measurement of neutral atmospheric wind in lower thermosphere, we observed resonance scattering light of sunlit Lithium (Li) vapor released from a sounding rocket in the evening thermosphere in 2007. At that time, we successfully measured thermospheric neutral wind profile between 110 km and 400 km. In 2012, we observed resonance scattering light of sunlit Li at dawn, and estimated lower thermospheric neutral wind between 76 km and 127 km. However, an observation of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere at Wallops Flight Facility (WFF) of NASA, U.S.A., was failed in 2011. After calibrating with an integrating sphere of JAXA to estimate S/N ratio of emission intensity of Li clouds to the background skies in daytime using observational data obtained in 2012, we finally concluded the detection possibility of sunlit Li clouds under daytime sky condition by applying high altitude airborne observation.

2. Observation of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere

The Daytime Dynamo rocket experiment to observe neutral wind profile in daytime lower thermosphere with chemical release of Li release was carried out on July 4, 2013, at WFF, NASA. The rocket released Li vapor three times between at about 90 km and 130 km altitude during the upleg, at about 40 km horizontally away from a ground-based observation site in WFF. The observation was operated with multiple digital cameras with 2 nm band pass filters at 671 nm wavelength.

The rocket successfully began to release Li vapor at 65 s after the launch (at about 90 km altitude). A Li cloud was observed for about 25 minutes from the aircraft. The released Li vapor formed red clouds along the rocket trajectory just after the release. Afterwards, the Li trails were spread into complex shapes by strong wind shear in the altitude. We successfully observed Li clouds by the airborne observation, however, the observation from ground site could not observe Li clouds due to the unfortunate affection of tropospheric clouds. Thereby, we can estimate the real S/N ratio of the Li emission against the background light under the bright daytime skies condition from the both data of a test flight in evening (on Jan. 29, 2013) and this experiment.

3. Development of wind speed determination method

The wind speed profiles obtained from Li vapor observed in 2007 and 2012 were calculated with using the background stars on the images, but wind speed with Li vapor under daytime condition is hard to be determined because of no background stars and it also needs to be removed rolling, yawing and pitching of the aircraft.

Six images which were taken every 25 s from 209 s after Li release were used in the analysis. Maxima of R-value of the RGB images were read as the centers of the Li vapor trail at each altitude. Then, the wind speeds were calculated using the slight position change of the maxima. The wind speeds were estimated to be about 70 m/s NNE (north-north east) at between 85 and 91 km, however, large error range with 150 m/s was still remained. The result was obtained with removing the rolling and yawing effects but not yet removed the pitching one. Therefore, it is concluded that the pitching of the aircraft should also be removed from the results.

4. Summary

We successfully observed Li trails released from a sounding rocket with an aircraft at an altitude level of 9.6 km on July 4, 2013. We succeeded the detection of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere for about 25 minutes. The calculated wind speed under daytime condition was 70 m/s with the large error range with 150 m/s before removing the pitching effect of the aircraft.

In this paper, we will discuss that the observed emission intensity of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere, wind speed determination method removed rolling, yawing and pitching of the aircraft.

1. はじめに

下部熱圏中性大気風の測定を目的として、2007年の夕方に熱圏大気中に観測ロケットより放出したリチウム (Li) の太陽光による共鳴散乱光の観測に成功し、高度 110 km ~ 400 km における熱圏中性大気風の測定に成功した (横山、2009)。2012年には明け方に Li 共鳴散乱光の観測に成功し、高度 76 km ~ 127 km における熱圏中性大気風の測定に成功した (谷、

2012)。しかし、2011年に米国 NASA の Wallops 実験場で実施した昼間下部熱圏 Li 共鳴散乱光の観測は、Li 放出の失敗により観測できなかった(村上、2012)。これまでの実験により取得されたデータから昼間条件化における背景光、Li 雲の S/N 推定を JAXA の積分球を用いて行うことで、航空機観測により昼間条件化における Li 共鳴散乱光観測の可能性を確認した。

2. 昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光の観測

昼間条件下で Li 共鳴散乱光から下部熱圏中性大気風の高度プロファイルを観測するロケット実験を Wallops 実験場で実施した。2013年7月4日 10:31:40 EDT(14:31:40 UTC)に実験場から Li 放出用ロケットを南東方向に打ち上げ、上昇時に地上観測点から南東約 40 km 地点、高度約 82 km から約 124 km にわたって Li を 3 度放出した。

放出した Li は、航空機と実験場敷地内に設置した地上観測点の 2 地点から観測を実施した。観測には、S/N 向上のために帯域 2 nm のバンドパスフィルタ(中心波長 671 nm)を装着した一眼レフカメラ(Canon EOS Kiss X4、Nikon D90)を航空機に 3 台、地上観測点に 2 台設置した。航空機は、地上観測点から南東に約 300 km、高度約 9.6 km の地点から北北東に飛行しつつ太陽を背にする条件で Li 雲を観測し、実験場敷地内の観測点からは南東方向に仰角 69 度で観測を実施した。

打上げ 65 秒後(高度約 82 km)に Li 放出装置を搭載したロケットから Li の放出が行われ、航空機から 25 分間の観測の観測に成功した。放出直後の Li は、ロケットの軌道に沿って Li 雲が形成され、その後は強い熱圏風の高度シアーにより Li 雲が複雑な形状に広がっていく様子の観測に成功した。地上からの観測は、ロケットの打上げ前よりカメラ視野内が雲に覆われ観測することはできなかった。そのため地上から観測した場合、背景光に対し昼間にどの程度 S/N で観測できるかは推定できなかった。

3. 風速算出法の開発

2007 年、2012 年の実験で観測された Li 雲からの風速算出には、Li 雲と同時に撮影された星の位置情報を用いることで風速の算出を行ってきた。しかし本実験で観測された Li 雲からの風速算出には星の位置情報を用いることができない。また航空機により観測した Li 雲画像を用いることから航空機による揺れの影響を取り除く必要があることから新たな風速算出手法を開発する必要性がある。

Li 放出後 209 s 後から 25 s 間隔で撮影した 6 枚の Li 雲画像を用いて風速の算出を行った。画像の R 値の最大値を Li 雲の中心位置として読み取り、中心位置の変化から風速を算出した。北北東向きに 70 m/s の風速を高度 85 ~ 91 km 間で計測したが、誤差範囲が 150 m/s と大きくでる結果となった。原因として航空機の揺れの影響が考えられ、この結果は画像の仰角方向と方位角方向の揺れは考慮しているが、奥行方向の揺れは考慮していない。そのため、航空機の奥行方向の揺れを考慮し風速を算出する必要性があると考えられる。

4. まとめ

2013 年 7 月に米国打上げた観測ロケットから放出されたリチウムを航空機から 25 分間の観測に成功し、昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光が観測可能であることを確認した。観測した Li 雲から風速を算出したが、航空機の揺れの影響を考慮できていないことから 150 m/s と大きな誤差を生む結果となった。

本発表では、本実験により観測した昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光の観測結果と航空機の揺れを考慮した風速算出手法とその問題点について発表する。

参考文献

- ・横山 雄生, S-520-23 号ロケット放出 Li による共鳴散乱光の多地点観測と熱圏中性風の高精度解析, 平成 20 年度 高知工科大学大学院 特別研究報告, 2009.
- ・谷 直道, WIND-2 ロケット実験による熱圏中性風の観測と初期解析, 平成 23 年度 高知工科大学 卒業研究報告, 2012.
- ・村上 睦彦, 日米香堂ロケットによる昼間熱圏下部リチウム共鳴散乱光の観測と絶対発光強度解析, 平成 23 年度 高知工科大学 特別研究報告, 2012.

中間圏カリウム層観測用擬似ランダム変調共鳴散乱ライダーの検討

小祝 翔 [1]; 阿保 真 [2]; 柴田 泰邦 [2]; 長澤 親生 [2]
[1] 首都大・システムデザイン; [2] 首都大・システムデザイン

Pseudorandom modulation resonance scattering lidar for the mesospheric K layer observations

Sho Koiwai[1]; Makoto Abo[2]; Yasukuni Shibata[2]; Chikao Nagasawa[2]
[1] System Design, Tokyo Metropolitan Univ; [2] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.

Feasibility study of pseudorandom modulation continuous-wave (PMCW) Na lidar for the mesopause-region temperature and wind measurements has been already carried out[1]. But a high power CW laser for Na observation (589nm) is difficult to get. We prepare a diode laser and a high power tapered amplifier for PMCW K lidar (770nm).

In the PMCW lidar, the scattering signal from one range bin is received with the background noise in other range bins. In order to block out the unwanted stronger Mie and Rayleigh scattering signal, we need to separate the transmitter and receiver. Using the PMCW lidar system with laser power of 1.5W (@770nm), telescope aperture of 50 cm, range-resolution 1km, and accumulation time of 30min, the K density error is 6% at altitude of 91km (K layer peak). We will build the PMCW K lidar system and challenge to measure the K density profile.

Reference

[1] C. Y. She et al, Mesopause-region temperature and wind measurements with pseudorandom modulation continuous-wave (PMCW) lidar at 589 nm, Appl. Opt., Vol.50, No.18, 2916, 2011.

高度 90km 付近の中間圏界面領域に存在する Na, K, Fe などの金属原子の観測には、従来パルス光を用いた共鳴散乱ライダーが用いられている。一方、近年半導体レーザーおよび波長変換技術の進歩によって、高出力 CW レーザを用いたライダーシステムが注目されている。半導体レーザーベースの CW レーザを用いることで、電気 光変換効率が改善されるため、小型化や航空機など飛翔体搭載も可能になる。しかし、CW レーザはピーク出力が低く、そのままパルス変調したのでは十分な平均パワーを得ることができないため、擬似ランダム符号変調を用いる方法が提案されており、低出力の半導体レーザーを用いた小型ライダーでは実績がある。

擬似ランダム変調を用いた共鳴散乱ライダーは、Na を用いた中間圏界面の気温と風の測定についてのシミュレーションによる検討がすでに行われているが [1]、Na の共鳴波長 589nm の生成には波長混合が必要であるため光源の入手が容易ではなく、実験はまだ行われていない。それに対し、K の共鳴波長 770nm は直接半導体レーザーから得ることが可能であり、さらに最近では高出力の Tapered Amplifier の入手も可能となってきた。そこで本研究では擬似ランダム変調を用いた K 共鳴散乱ライダーの実現可能性について検討した。

擬似ランダム変調方式ではすべての高度の散乱信号を同時に受信するため、90km 付近にある金属原子層からの共鳴散乱光に対して非常に大きい信号となる、観測には不要な低高度のレイリー・ミー散乱信号を受信しないようにレーザーと受信視野の重なり関数を調整する必要がある。現時点で実証実験が可能な、レーザー出力 1.5W (@770nm)、望遠鏡口径 50cm のシステムで、高度 30km 地点でレーザーと受信視野が重なるように設定し、夜間で、距離分解能 1km、積算時間 30 分としたときに、K 層のピークである高度 91km で 6%、密度がピークの半分となる高度 86km で 10% 以下の測定誤差で密度測定が可能であることがわかった。今後実際のレーザーシステムを構築し、レーザーと受信視野の重なり調整などの実験を行い、K 層測定に挑戦する。

参考文献

[1] C. Y. She et al, Mesopause-region temperature and wind measurements with pseudorandom modulation continuous-wave (PMCW) lidar at 589 nm, Appl. Opt., Vol.50, No.18, 2916, 2011.

3周波法による波長可変共鳴散乱ライダーの送信周波数校正実験

江尻 省 [1]; 中村 卓司 [1]; 津田 卓雄 [1]; 西山 尚典 [1]; 阿保 真 [2]; 川原 琢也 [3]
[1] 極地研; [2] 首都大・システムデザイン; [3] 信州大・工

Calibration of laser frequency for frequency-tunable resonance scattering lidar by 3-frequency measurements

Mitsumu K. Ejiri[1]; Takuji Nakamura[1]; Takuo Tsuda[1]; Takanori Nishiyama[1]; Makoto Abo[2]; Takuya Kawahara[3]
[1] NIPR; [2] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.; [3] Faculty of Engineering, Shinshu University

The National Institute of Polar Research (NIPR) is leading a six year prioritized project of the Antarctic research observations since 2010. One of the sub-project is entitled "the global environmental change revealed through the Antarctic middle and upper atmosphere". Profiling dynamical parameters such as temperature and wind, as well as minor constituents is the key component of observations in this project, together with a long term observations using existent various instruments in Syowa, the Antarctica (69S). As a part of the sub-project, we are developing a new resonance lidar system with multiple wavelengths and plan to install and operate it at Syowa, Antarctica. The lidar will observe temperature profiles and variations of minor constituents such as Fe, K, Ca+, and aurorally excited N2+. In order to do resonance scattering measurements for multi species, laser frequencies are tuned by a wavemeter instead of frequency locking using saturation spectrum of metal vapor cell. Although the laser frequency tuning by a wavemeter has some ambiguity, by applying 3-frequency wind measurement method [She and Yu, 1994], we succeeded in calibration of laser frequency with a higher quality during temperature measurements. In this study, we report the calibration method and the results.

国立極地研究所は、2010年より6年間のプロジェクトとして第1期重点研究観測「南極域から探る地球温暖化」を推進している。中層・超高層大気観測研究は、その中のサブテーマIに位置付けられており、地表から超高層大気にいたる大気の変動をとらえる計画で、これまでに継続観測してきた各種レーザー・光学観測機器に加えて、第2期で新たに大型のレーザーやライダーなどの測器の開発・導入・観測を進めている。ライダープロジェクトとして、2011年から昭和基地で上部対流圏から中間圏まで(約70-80km)の温度プロファイル観測を開始しているレイリー/ラマンライダーに加えて、観測高度をさらに上空、超高層大気にまで広げ、より高高度での大気重力波の活動や、オーロラ活動に伴うイオン化学反応を介した大気微量成分の組成変動など、超高層大気中の様々な力学・化学過程を通じた大気の変動をとらえるべく、国内で波長可変共鳴散乱ライダーの開発を進めている。送信系には波長可変のアレキサンドライト・レーザーと第2高調波発生器を用いており、インジェクションシーダーの波長を波長計で制御することで、基本波として768-788 nm、第2高調波として384-394 nmのうち任意の波長のレーザーパルスを得ることが出来る。これにより南極昭和基地において、カリウム原子(770 nm)、鉄原子(386 nm)、カルシウムイオン(393 nm)、窒素イオン(390-391 nm)の原子とイオンを狙って、高度80 km以上の大気温度、原子やイオンの高度分布などを測定する計画である。このように複数の原子およびイオンの共鳴散乱観測を一つのシステムで行うために、この波長可変共鳴散乱ライダーではレーザー周波数の共鳴散乱線への同調法として波長計によるフィードバック制御法を採用しており、現在、国内で開発・改良を行いながら、金属原子密度及び、温度の観測試験を行っている。本研究では、この波長可変共鳴散乱ライダーでの観測に3周波温度・風速観測法を応用することで、波長計によるフィードバック制御によって制御されたレーザー周波数の校正実験を行った結果について報告する。

昭和基地におけるラマンライダー観測の温度プロファイルの検証

木暮 優 [1]; 中村 卓司 [2]; 江尻 省 [2]; 西山 尚典 [2]; 堤 雅基 [2]; 津田 卓雄 [2]
[1] 総研大・複合・極域; [2] 極地研

Validation of temperature profiles measured with Raman lidar at Syowa Station

Masaru Kogure[1]; Takuji Nakamura[2]; Mitsumu K. Ejiri[2]; Takanori Nishiyama[2]; Masaki Tsutsumi[2]; Takuo Tsuda[2]
[1] Sokendai; [2] NIPR

Atmospheric gravity waves (AGWs) are generated in the troposphere, transport significant amount of energy and momentum into the mesosphere and lower thermosphere with amplitude of AGWs increasing and cause the mean wind accelerations in the mesosphere. This contribution to mean wind is understood qualitatively but not quantitatively. We must observe AGWs in detail to understand AGWs quantitatively. The National Institute of Polar Research (NIPR) is leading a prioritized project of the Antarctic research observations, the global environmental change revealed through the Antarctic middle and upper atmosphere. As a part of the sub-project, Rayleigh/Raman lidar has been installed at Syowa Station (69S, 39E) in Antarctica and measuring temperature profiles in the lower and middle atmosphere (7-80km) since February in 2011. This lidar consist of Nd:YAG laser and Nasmyth-Cassegrain telescope. A wavelength of the laser is 355nm and a diameter of the telescope is 82cm. The measurement channels consist of high sensitivity Rayleigh channel, low sensitivity Rayleigh channel and Raman channel which detects the N₂ vibration raman backscattering at 387nm. To date, we have been observing temperature for more 350 nights.

In this study, we compared temperature profile of Raman lidar with radiosonde between 10km to 20km for February in 2011 through September in 2013, 66nights, to discover the bias and the statistical error of Raman lidar observation. Below 12km for 2013, raman lidar observation is 3K higher than radiosonde observation and the difference is bigger as an altitude is lower. Above 12km, Raman lidar observation is 1K or less then 1K lower than radiosonde observation. For 2011 and 2012, Raman lidar observation is lower than radiosonde observation and the difference is bigger as an altitude is lower. The standard deviation for 2013, however, is bigger than for 2011 and 2012 between 10km to 20km. Raman lidar observation is 2-3K lower than radiosonde observation from 15km to 20km, 7K lower at 10km, and the difference is bigger as an altitude is lower. aerosol. In this presentation, we discuss the cause of the difference between Raman lidar and radiosonde observation. In this presentation, we will show these results comparing raman lidar observation with radiosonde and discuss the cause of the difference and problems of our Rayleigh/Raman system and analytical problems contributing to hypotheses or reference atmosphere.

下層大気中で発生した大気重力波は、鉛直上方伝播過程で振幅が増大し、ある高度で碎波して運動量を水平風へ渡し加減速を起こす。このような大気重力波の水平風への寄与は、定性的には理解されているが、定量的な理解が不十分で、例えば気候モデルの精度向上には大気重力波による運動量輸送を正しくモデルに取り込む必要がある。このため、定量的に議論可能な大気重力波観測が求められている。

国立極地研究所では、南極地域観測第8期重点研究観測「南極域から探る地球温暖化」の一環として、レイリー/ラマンライダーを南極昭和基地(69S,39E)に設置し、2011年2月より対流圏上部から中間圏まで(7-80km)の温度鉛直分布観測を行っている。このレイリー/ラマンライダーでは、Nd:YAGレーザーの三倍高調波(355nm)を用いており、受信望遠鏡には82cmのナスミスカセグレン望遠鏡を用いている。受信チャンネルは、レイリー散乱用に感度を変えた2チャンネルと、387nmの窒素振動ラマン散乱に1チャンネルで、現在までに350晩以上の観測を行い、3000時間以上の温度データを取得している。

本研究では、3つのチャンネルのうち、最も低い高度の観測である窒素振動ラマン散乱信号から得られた温度(ラマン温度、高度10-20km)について、その精度を検証するために、昭和基地でのラジオゾンデによる温度観測データ(ラジオゾンデ温度)と統計的に比較し、両者の差異を調べた。レイリーチャンネルでは、ミー散乱およびレイリー散乱を観測してしまうが、ラマンチャンネルでは大気分子のラマン散乱のみを観測しているためエアロゾル等の影響を受けにくく下層大気温度観測に適している。2011年2月から2013年10月までの66晩について比較を行った結果、2013年は12km以下ではラマン温度がラジオゾンデ温度より高く年平均で3K高く下層に行くほど大きかった。12kmより上ではラマン温度がラジオゾンデ温度より年平均で1K低いかほぼ差がなかった。しかし、標準偏差が2011年、2012年と比べてすべての高度において大きかった。2011年および2012年はラマン温度がラジオゾンデ温度より低く、その差は15-20kmで年平均2-3K、10kmで年平均7Kと下層に行くほど大きかった。本発表では、ラマン温度とラジオゾンデ温度の統計的な比較結果を示すと共に、両者の差の原因について、我々のレイリー/ラマンライダーの装置的な問題や解析に使う仮定や大気モデルなどに起因する解析的な問題などを交えて議論する。

南極昭和基地レイリー/ラマンライダーの送信ビーム位置監視システム

津田 卓雄 [1]; 中村 卓司 [1]; 阿保 真 [2]; 江尻 省 [1]; 西山 尚典 [1]; 鈴木 秀彦 [3]; 富川 喜弘 [1]; 堤 雅基 [1]; 川原 琢也 [4]
[1] 極地研; [2] 首都大・システムデザイン; [3] 明治大; [4] 信州大・工

A monitoring system for transmitting-beam position of Rayleigh/Raman lidar at Syowa Station in Antarctica

Takuo Tsuda[1]; Takuji Nakamura[1]; Makoto Abo[2]; Mitsumu K. Ejiri[1]; Takanori Nishiyama[1]; Hidehiko Suzuki[3]; Yoshihiro Tomikawa[1]; Masaki Tsutsumi[1]; Takuya Kawahara[4]
[1] NIPR; [2] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.; [3] Meiji univ.; [4] Faculty of Engineering, Shinshu University

The National Institute of Polar Research (NIPR) is leading a six year prioritized project of the Antarctic research observations (from 2010 to 2015). As a part of the sub-project, the global environmental change revealed through the Antarctic middle and upper atmosphere, we have installed a Rayleigh/Raman scattering lidar at Syowa Station (69S, 39E) in Antarctica. The Rayleigh/Raman lidar, providing temperature profiles and cloud detections from the upper troposphere to the mesosphere, has been operated for more than 350 nights (>3,000 hours) from January 2011 to February 2014. For more stable lidar operations, we have newly developed a monitoring system for transmitting-beam position of the Rayleigh/Raman lidar.

国立極地研究所が主導する南極地域重点研究観測 (2010-2015 年の 6ヶ年計画) のサブプロジェクト「南極域中層・超高層大気を通して探る地球環境変動」の一貫として、レイリー/ラマンライダーを南極昭和基地 (69S, 39E) に設置し、2011 年 1 月より対流圏上部、成層圏、中間圏の大気観測を開始、2014 年 2 月までに計 350 晩以上 (3,000 時間以上) の観測を実施している。ライダー観測を実施する上で送受信の光軸合わせは必要不可欠な要素であるが、南極域という過酷な環境下 (ブリザードや極低温など) において観測小屋の歪み等が原因でしばしば光軸ズレが生じることが安定的な連続運用を進める上での懸念材料となっている。そこで、送受信の光軸合わせ作業の簡便化と観測時の光軸状況を監視するための「送信ビーム位置監視システム」を新規に開発した。

開発した送信ビーム位置監視システムは、ゲート付きイメージンテンシファイア CCD (ICCD) カメラを用いて受信望遠鏡の視野イメージを取得し、受信機視野内における送信ビーム位置をモニタリングするシステムである。ナノ秒オーダー精度でのゲーティングが特徴であり、特定の高度の送信ビームの位置情報 (ビーム中心位置、ビーム幅) を正確に把握することが可能となった。現在、南極観測隊員による光軸調整作業は、このイメージをみながら視覚的に実施するようになったことで、従来の信号強度を参照する方法と比較して作業時間が大きく軽減 (従来法: ~3 時間, 本手法: ~15 分) された。また、観測時には定時間隔 (2 時間間隔) で自動撮像を行い、送信ビーム位置の日々の変化をモニタリングするシステムを構築した。送受信の光軸状況の変化を常に把握できるようになったことで、継続的なライダー観測運用の安定性が更に高まった。

大気電場計測による吹雪の帯電について

鴨川 仁 [1]; # 鈴木 裕子 [2]; 源 泰拓 [3]; 門倉 昭 [4]; 佐藤 光輝 [5]

[1] 東京学芸大・物理; [2] 学芸大・大学院・理科; [3] 気象庁地磁気観測所; [4] 極地研; [5] 北大・理

Snow electrification measured by means of atmospheric electric field

Masashi Kamogawa[1]; # Yoko Suzuki[2]; Yasuhiro Minamoto[3]; Akira Kadokura[4]; Mitsuteru SATO[5]

[1] Dept. of Phys., Tokyo Gakugei Univ.; [2] TGU; [3] Kakioka Magnetic Observatory, JMA; [4] NIPR; [5] Hokkaido Univ.

kamogawa@u-gakugei.ac.jp

We investigate snow electrification to discriminate between components of global electrical circuit and charged drifting snow. For this study, we used field mill data in Syowa station and Memangetsu.

地球は、電離圏と大地との間で全体的な巨大球殻コンデンサーをなしており、宇宙線によってわずかに電離させられた大気を通じてこのコンデンサーはたえず放電し、対地雷によって充電されている。この全球的電気回路はグローバルサーキットと呼ばれ、大気電場及び世界中の全対地雷強度の測定により推進できると考えられている。しかしながら、大気電場は僅かな大気汚染にも影響を及ぼすため大気汚染がない南極の測定結果を中心に研究を行いたいと考えるが、現地では吹雪の帯電も観測のノイズ源となる。昭和基地における雪と大気電場の研究は古くからしばしば行われており、風速が大きくなると kV/m のオーダーまで電場が大きくなる。昭和基地では雷雲がないことから、この吹雪は主たる大気電場のノイズ源となる。それらを探るべく、吹雪の帯電と大気電場の関係を本研究のテーマとする。本講演では、南極・昭和基地および女満別・地磁気観測所での観測結果について述べる。

夜間屋外観測用カメラハウジングの環境管理システムの開発

山崎 博之 [1]; 山本 真行 [2]; 柿並 義宏 [3]
[1] 高知工科大学; [2] 高知工科大; [3] 高知工科

Development of environment management system for nighttime outside observation of a camera housing

Hiroshi Yamasaki[1]; Masa-yuki Yamamoto[2]; Yoshihiro Kakinami[3]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.; [3] Kochi Univ. of Tech.

1. Introduction

We have been observing sprites in the upper atmosphere with SSH (Super Science High school) since 2006. Sprites occur at an altitude range from 50 km to 80 km in association with tropospheric lightning, as a kind of TLE (Transient Luminous Event). Sprite was firstly found in 1989 because duration time of these emissions is very short. [1]

Observers have to put a camera outside for Sprite observation so camera housing is necessary a small camera. Housing for security camera use is well known, protecting from rain and direct sunlight, however, it can only be applied to a small camera than it cannot be used for a Single Lenz Reflex (SLR) camera. For that reason high school students, have spent much time to make a special housing by their selves. Outside environment is hard for SLR cameras, for example, temperatures difference between day and night, bringing out breakdown of cameras as well as increasing thermal noise. In addition, usual SLR cameras cannot take a photograph when housing comes to 40 degrees or higher.

2. Outline of developed camera housing

The camera housing is temperature controlled by a temperature sensor, a humidity sensor, and a couple of peltier devices and an Arduino microcomputer. Additionally, camera is protected from direct sunlight by an automatically closing shutter in the daytime, controlled with an illuminance sensor and a servo motor. Simple text user interface (TUI) is developed on Processing software to control the peltier devices.

3. Performance test

At first a combination of voltages to obtain the highest cooling performance by the couple of peltier devices was selected. A cooling performance test as well as a dew point measurement test in the housing under some changing conditions of outside temperature was performed on Feb. 2, 2014. In addition, a temperature control test with keeping at a certain preset temperature in the camera housing with checking TUI software and sensors operation was performed.

4. Results and problems

As a result, in temperature difference between outside and inside of the housing was 6.5 degrees when outdoor temperature was 13.5 degrees Celsius, however, it could not reach the calculated highest temperature difference of 66 degrees. The developed housing with the couple of peltier it increase cooling performance larger than that of one peltier system, however, it is in case of having enough heat dissipation structure. The developed housing was resulted in cooling performance decrement due to using the heatsink (100 * 100 * 12 mm). It is assumed that cooling performance would increase using a large heatsink, however, it makes another problem with the bad weight balance. Temperature control test with operating of sensors and TUI software to keep the preset temperature when temperature difference less than 6.5 degrees with the outdoor temperature could be confirmed.

5. Summary

In this study, we developed environment management system of a camera housing for nighttime outside observation, resulting in temperature difference was 6.5 degrees with checking operating of sensors and TUI software. For the next step, we need field operation trials in this summer to increase radiation efficiency and to improve the weight of the housing with a heatsink. In this paper, we will report the development status of the camera housing for sprite observation.

References:

[1] Masa-yuki Yamamoto, A high school-university collaborative education program: 6-year achievement of sprite simultaneous observation campaign by high school students, research bulletin of Kochi University of Technology 7, 67-175, 2010.

1. はじめに

著者の所属研究室では地球高層大気中の高高度発光現象であるスプライトの研究を高大連携により行ってきた。ス

ブライトとは地上および雲間の雷放電に伴い、雷雲上はるか上空の中間圏（高度 50 [km] から 80 [km]）に稀に起こる高高度発光現象の一種であり、発光自体が長くても 100 [ms] 以下と極めて短時間であることから 1990 年に初めて発見された。このスプライトを観測するために、高知工科大学は SSH（Super Science High school）に指定された全国約 25 の高校と共同で 2006 年より研究活動を行っている [1]。

スプライトなどの観測を屋外で行う場合、カメラは基本的に屋外に出したままとなる為、カメラをハウジングと呼ばれる容器に入れなければならない。ハウジングとは主に雨や直射日光からカメラ等を守る機能があり、一般的に知られているのは防犯カメラ用のハウジングである。しかし、防犯用に使われるハウジングは小型カメラ専用品なので一眼レフカメラなどの大きさになると使用することができない。その為、一眼レフカメラを屋外で使うにはハウジングを自作しなければならない。高校生チームでは各校独自に工夫しているがハウジング自作の作業に時間を取られている。屋外環境はカメラにとって非常に厳しく、単にカメラをハウジングに入れておけば良いわけではない。例えば、昼と夜との寒暖差でハウジング内が結露することがある。これはカメラの故障や撮影画像劣化等の影響を招く。またハウジング内が 40 度以上になるとカメラがオーバーヒートし撮影ができなくなる。このように屋外という環境はカメラにとって厳しいものであることが分かる。

2. 開発ハウジングの概要

本研究では、屋外観測用カメラハウジングを製作し、屋外の過酷な環境からカメラを守るシステムを開発する。ハウジング内に温湿度センサや 2 段ペルチェ素子などを設置し、Arduino マイコンでフィードバック制御させることで温度制御を行う。また、照度センサとサーボモーターを用いた自動シャッターにより昼間はカメラを直射日光からカメラを防ぐ機能を付ける。Processing を用いた自作ソフトウェア上の TUI(Text User Interface) を構築し、ハウジング内の情報を視覚的に表示させ、観測者が TUI を操作することによってペルチェ素子等を制御することを目的とする。

3. 性能試験

2 段ペルチェ素子の冷却性能が高くなるように電圧の組み合わせを決定し、2014/2/2 23:12 ~ 23:52 の 40 分間、屋外において外気温の変化に対するハウジング内の冷却性能試験と温度変化による湿度と露点温度の測定試験を行った。また、指定した温度にハウジング内を保つ温度制御試験を行い、TUI による操作においての各センサの動作確認試験を行った。

4. 試験結果と問題点

製作したハウジングは外気温 13.5 度の時ハウジング内温度が 7 度となり温度差 6.5 度となった。しかし、ペルチェ素子の計算上の最大温度差である 66 度から大きく劣る性能となってしまった。この原因として考えられるのはペルチェ素子の放熱問題である。本研究ではペルチェ素子を 2 つ重ねる方法で冷却を行った。ペルチェ素子を 2 段にすることにより冷却能力を上げることができるが、十分な放熱構造を有したのではないと性能が落ちてしまう。本研究では放熱機構にヒートシンク (101 * 100 * 12 [mm]) を用いたが放熱が間に合わず結果的に冷却性能を落とすことに繋がった。ヒートシンクを大きくすれば冷却性能が向上すると考えられるが、ヒートシンクは重いためハウジング全体のバランスを大きく崩してしまう問題がある。温度制御試験に関しては外気温との温度差 6.5 度以内ならばハウジングを指定された温度に保つことができ、TUI による操作において各センサが動作することを確認できた。

5. まとめ

本研究では、屋外の過酷な環境からカメラを守るための管理システムおよびハウジングを開発した。外気温 13.5 度の時ハウジング内温度が 7 度となり温度差が 6.5 度とペルチェ素子の最大温度差 66 度を大きく劣る性能となった。ハウジング全体のバランスを考慮し、放熱効率向上を図る必要があり、夏季の気温下での屋外実験が必要である。本発表では、これらの点を踏まえ、スプライト観測に向けたハウジングの開発状況を報告する。

参考文献

[1] 山本真行, 高大連携最先端理科教育「高校生スプライト同時観測」の 6 年間, 高知工科大学紀要, 7, 67-175, 2010.

Development of a Meteor observation radar system using radio forward scattering and interferometry technique

Waleed Madkour[1]; Satoshi Mizumoto[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]
[1] Kochi Univ. of Tech.

Meteor radar has been used for the last five decades to observe meteors activity and atmospheres characteristics continuously even at day time and cloudy nights when optical observation is impossible. Forward scattering radar rely on the ionization of the upper atmospheric plasma resulted from meteors entry into the atmosphere. Interferometry improves the observation by superimposing received waves on multiple antennas and detecting phase difference between them.

Since 2005 a meteor radar observation system has been developed at Kochi University of Technology based on radio forward scattering and interferometry technique. The system utilizes the VHF band (53.75 MHz) beacon waves emitted from Sabae station at Fukui National College of Technology, Fukui prefecture as a source of radio beacon signals. The receiver is formed of five channel antennas with cross arrangement at a distance of 340 km from the transmitter. A PC with a sound card and an AD board are connected to the receiver for data output. Optical observation is performed in parallel at night and comparison with radio observations is presented.

Received meteor echoes are counted using the software application 'HROFFT' (Ham-band Radio meteor Observation Fast Fourier Transform). HROFFT generates a PNG image every 10 minute period summing 144 images per day. The software meteor echo counter developed at KUT analyzes the images generated then produce information on the meteors detection time, duration time, and location. Phase difference between received waves is then extracted to detect meteors direction. Based on the meteor parameters obtained it is possible to observe the effect of Ozone content at the mesosphere level by comparing the number of counted meteor echoes observed and the duration time of each echo. The Ozone layer impact statistically appears in less number of meteors counted having certain echo duration times (Cevolani et al., 2003).

Improvements to the existing HRO-IF system are in progress. A plan to develop the system capabilities by adding 2 remote receiving antennas at a distance not less than 15 km from the radar site will be implemented. This can allow measurement of meteors speed and display their trajectory. A transmitter antenna also is planned to be installed at a later stage to provide better control of the system end to end. Research on other meteor characteristics such as mass and upper wind velocity will be conducted at a later stage using the developed system.

Reference G. CEVOLANI and G.PUPILLO (2003) Ground-based radio observations to probe the ozone content in the meteor region, *Annals of Geophysics*, 46, 247-258

高知工科大学 5ch 電波干渉計おける定常流星群および突発流星群の観測

水本 聡 [1]; Madkour Waleed[1]; 山本 真行 [1]
[1] 高知工科大

OBSERVATION OF ANNUAL AND SPORADIC METEOR SHOWERS BY 5-CHANNELS HRO INTERFEROMETER AT KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

Satoshi Mizumoto[1]; Waleed Madkour[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]
[1] Kochi Univ. of Tech.

Introduction: Ham-band Radio meteor Observation (HRO) has an advantage of 24-hour continuous data-detection. In Kochi University of Technology (KUT), a 5ch HRO-Interferometer (IF) was developed in 2009 and has been observing the meteor appearance position of every meteor echo. We operated an automatic meteor observation system that automatically shows observational results on Web in near quasi-real time for about two years until 2011 (Noguchi, 2009). In addition, we have developed a system of meteor trajectory measurement by multiple-sites observation with GPS time keeping and the 5ch HRO-IF (Yamasaki, 2012). In 2012, an HRO observation with a calibrating system which could regularly observe the absolute strength of the meteor echo was developed, thus the plasma density of each meteor echo was precisely determined (Yamato, 2013). We will report observation facilities, equipment, the future prospects and latest observation result.

Meteor observation by 5ch HRO-IF: In KUT, we started 6 direction HRO in 2003. We performed the basic development of the 3ch HRO-IF from 2005 to three years (Horiuchi, 2005; Okamoto, 2005) and obtained an arrival angle of each meteor echo from the phase difference of three antennas, calculating the approximate meteor appearance position (Hamaguchi, 2006; Noguchi, 2007). The 3ch HRO-IF is limited positional accuracy for results as the measurement error of the angle of arrival obtained from the phase difference is large. In order to solve this problem, we developed a 5ch HRO-IF as the improved version in 2009, realizing the automatic observation for two years (Noguchi, 2009). Since high time resolution is needed for interferometer, we calculate phase difference at every 0.1 s, synchronizing the 5 channel input signal to an AD board with 1 PPS (Pulse Per Second) pulse signal provided by the GPS receiver every 1 s. We observed Camelopardalid meteor shower (May, 2014) and daytime meteor shower (June, 2014) by using these equipments.

Observation result of Camelopardalid meteor shower and the daytime meteor shower: As for the observation result of the Camelopardalis meteor shower which was the idiopathic meteor shower which reached a peak in evening of May 24, 2014. Intensity of each meteor echo turned out lower than that of the sporadic meteor shower which observed in an output image of software HROFFT observed in the past. The reason is thought that the reflection strength of the radio wave decreased because the ground speed of Camelopardalid meteor shower is low. On the same day, the number of the meteors per one hour from 14:00 to 18:00 (JST) became 35~45 counts/h. Activities of the meteors became more active during the daytime meteor shower period which observed annually in the first week of June. At that period the total number of meteors on a day increased in the early morning from 04:00 to 07:00, adding 10~20 counts/h with respect to an averaged observation result out of the shower period.

Summary: We performed the KUT 5ch HRO-IF continuously with same verifications of accuracy that is important to the observation of meteor showers structures (e.g. Geminids). However, it is necessary to realize calculation of meteor trajectory information by multiple-sites observation to get highly precise parameters of the meteor showers such as the observed Camelopardalid meteor shower. Therefore, we will have to develop an improved HRO-IF observation system as a permanent automatic data transmission with acquiring observation data. Development of the software to sort, for example, over than a certain threshold every ten minutes, among the HRO-IF sav form data and the png output image by HROFFT. In this paper, we will report the current status of the KUT 5ch HRO-IF system, some recent observational results in 2014 and outlook for the future.

1. はじめに

流星電波観測 (HRO) は、天候や昼夜を問わず 24 時間流星の観測が可能である。高知工科大学では、2009 年に流星電波干渉計を開発し、流星電波の到来角から流星出現位置を観測してきた。また、準リアルタイムで観測結果を Web に公開する流星自動観測システム (埜口, 2009) の運用を 2011 年度まで約 2 年間にわたり行った。2011 年には、5ch 電波干渉計及び GPS 時刻較正受信機を用いた多地点観測により流星軌跡情報の算出を行うシステムを開発した (山崎, 2012)。2012 年には、流星エコーの絶対強度を定期的に観測可能なシステムによる HRO 観測点が当時国内に存在しなかったため、流星エコーの絶対強度とプラズマ密度を精密測定できるシステムを開発した (大和, 2013)。今回、それらの観測設備・機材を用いて 2014 年度より再開させた高知工科大学 5ch 電波干渉計システムによる最新の観測結果、並びに今後の展望につ

いて報告する。

2.5ch 電波干渉計による流星電波観測

高知工科大学山本研究室では、2003 年より 6 方位 HRO を開始した。2005 年より 3ch 流星電波干渉計システムの基礎開発を行い(堀内, 2005; 岡本, 2005)、3 基のアンテナの位相差から流星電波の到来角を求め、およその流星出現位置の算出を行いつつ約 3 年分のデータを収集した(濱口, 2006; 埜口, 2007)。3ch 電波干渉計では、位相差から求まる到来角の測定誤差が大きく、仰角が低くなるほど測定結果にズレが生じるため位置精度に限界がある。これを解決するため、2009 年には改良版の 5ch 電波干渉計を開発し、到来角の測定精度を向上しつつ以降約 2 年間の安定した自動観測を実現した(埜口, 2009)。5ch 干渉計では 5 台のスーパーヘテロダイン受信機を用い、周波数変換時に位相差を保持するため各受信機に対する局部発振を共通とする構成となっている。干渉計では高精度な時刻同期が求められるため、GPS から受信機へ正秒タイミングで出力される 1PPS(Pulse Per Second) パルスを AD ボード入力した信号を用いて時刻決定し 0.1 s 毎に FFT 解析を行っている。これらを用いて 2014 年 5 月末に到来したきりん座流星群と、同年 6 月の初旬に到来した昼間流星群の観測を行った。

3. きりん座流星群と昼間流星群の観測結果

2014 年 5 月 24 日の夕刻に極大を迎えた突発流星群きりん座流星群の観測結果は、HRO 観測専用ソフトウェア HROFFT の出力画像ではこれまでの定常流星群の観測結果より流星エコーの受信強度が低い結果となった。きりん座流星群の対地速度が遅いためと考えられる。同日の 14:00~18:00 頃 (JST) の 1 時間当たりの流星の個数は 35~45 個/時となった。

同年の 6 月初旬に到来した昼間流星群については、明け方から通常よりも流星活動状況が活発となり、それに伴い 1 日の合計流星数も増加した。明け方 (4:00~7:00 JST) における流星数は期間外の観測結果より 1 時間当たり 10~20 個/時程増加する結果が得られた。

4. まとめ

高知工科大学では 2003 年以降ほぼ連続的に流星電波観測を行い、その中でも定常流星群であるふたご座流星群の観測に重きを置いた解析と制度検証を行ってきた。しかし、今年観測されたきりん座流星群の様な突発流星群の高精度なパラメータを得るためには、多地点観測による流星軌跡線情報の算出を本格導入する必要がある。そのため半恒久的に電波観測に利用できる場所を確保し、データ転送を自動化して観測データを取得する。HROFFT による 10 分毎の png 出力画像 HRO 干渉計による sav 形式データから、一定の閾値を設け取捨選択するソフトウェアの開発が必要である。本発表では高知工科大学の流星電波観測システムの現状とこれまでの観測結果並びに 2014 年の流星群の観測結果と今後の展望について発表する。

参考文献

埜口和弥, 5ch 電波干渉計による流星出現位置の精密測定と自動観測システムの開発, 平成 20 年度 高知工科大学 特別研究報告, 2009.

山崎倫誉, 5ch 干渉計及び多地点観測に基づく流星軌道計測法の開発と KUT 流星電波観測システムの改良, 平成 23 年度 高知工科大学 特別研究報告, 2012

大和忠良, HRO 流星電波エコー絶対強度校正装置の開発および流星飛跡線電子密度の算出と評価, 平成 24 年度 高知工科大学 特別研究報告, 2013

1周波GPS受信機による電離層遅延推定の検討

柏 勇輔 [1]; 後藤 由貴 [1]; 笠原 禎也 [1]
[1] 金沢大

Examination of ionospheric delay estimation by a single-frequency GPS receiver delay estimation

Yusuke Kashiwa[1]; Yoshitaka Goto[1]; Yoshiya Kasahara[1]
[1] Kanazawa Univ.

In this study, we developed a method to estimate GPS-TEC by using a low-cost single-frequency GPS receiver. The GPS-TEC can be derived from the ionospheric delay of the signal. In this method, unknown parameters of observation time, receiver clock error and ionospheric delay are determined to satisfy multiple pseudo-ranges measured in a known location. Because the ionospheric delay depends on the propagation path of each signal, we have adopted a parametric model that represents a gradient of the ionosphere.

電離圏の電子密度を観測する手段として、2周波のGPS信号の利用が挙げられる。しかし、2周波の受信機は高価であり、利用できるユーザーが限られているのが現状である。これに対して本研究では、比較的安価な1周波のダウンコンバータを使って取得した信号に対してソフトウェアで信号処理を行うGPSソフトウェア受信機を構成し、それにより求められる測距誤差から、電離層遅延を推定する手法を確立することを目的とする。これにより電離層の観測に対する敷居が下がることが期待される。

一般的なGPSの測位では、信号伝搬における誤差として対流圏遅延と電離層遅延をモデルによって補正している。対流圏遅延については、モデルによって距離換算して約1メートル程度の精度で補正できることが知られている。一方で、電離層遅延はKlobucharモデルと呼ばれるモデルによって補正されているが、このモデルでの補正精度は約50%とされている。本研究では、既知の座標においてGPS信号を観測し、衛星-受信機間の測定距離(擬似距離)の誤差から電離層以外の誤差要因を取り除くことで電離層遅延すなわち伝搬経路上のTotal electron content (TEC)の値を導出する。

本研究での電離層遅延推定問題は、観測する複数の衛星-受信機間の擬似距離に対して、観測時刻、受信機クロック誤差、電離層遅延の3つの未知パラメータを求める非線形の最適化問題に帰着できる。この中で、観測時刻と受信機クロック誤差は各擬似距離に対して共通であるが、電離層遅延は信号の電離層突入時(ピアースポイント)の仰角やローカルタイムによる依存性があるため、伝搬経路の違いを考慮する必要がある。これに対して、受信機からピアースポイントの空間範囲において滑らかな変動を仮定したモデルを考案し、そのパラメータを推定するように工夫した。本推定法で求められる擬似距離と真の距離の差分には、数メートル程度の衛星の位置誤差や衛星のクロック誤差などが含まれているため、これらの誤差を取り除くことができれば、さらに高精度なTECの推定が可能になると考えられる。

Low-latitude ionospheric features obtained with GRBR and GPS in Southeast Asia

Kornyanat Watthanasangmechai[1]; Mamoru Yamamoto[2]; Akinori Saito[3]; Roland T. Tsunoda[4]; Takashi Maruyama[5];
Tatsuhiko Yokoyama[5]

[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [4] SRI International; [5] NICT

To reveal the low-latitude ionospheric phenomena, the TEC from GNU radio beacon receiver (GRBR) and GPS were investigated. Naturally, the Earth's ionosphere is an irregular medium and unstable. It causes the passing through signals scatter and delay. Also, it degrades the satellite communications signal such as the GPS signal and causes the loss-of-lock. Currently, the GPS signal is widely used in daily life for positioning and air navigation system. Thailand tends to be the hub of air-transportation in Southeast Asia, which located at the EIA or "Equatorial Ionization Anomaly" zone. Understanding of ionosphere effects and its phenomena in Southeast Asia thus becomes important as it impacts on people safety issues. TEC can reveal the nature and the evolution of the ionospheric plasma. The technique to estimate the TEC was developed. As a result, the EIA and the plasma bubble (PBB) were captured. It was obvious that nocturnal EIA asymmetry mainly depends on the trans-equatorial wind. The PBB signatures, spatial TEC fluctuation and scintillation in time domain, were seen during the spread-F appearance. The pre-dawn depletion was clearly detected by GRBR, while it was shallow with GPS detection. It is due to the sparseness of the GPS network that should be improved to support the future plan of being the air-transportation hub in Southeast Asia.

Future direction of satellite-ground beacon experiment

Mamoru Yamamoto[1]; Roland T. Tsunoda[2]

[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] SRI International

We have been successfully conducted observations of total-electron content (TEC) of the ionosphere by the satellite-ground beacon experiment. We developed an unique dual-band (150/400MHz) digital receiver GRBR (GNU Radio Beacon Receiver) and deployed that to large area including Japan, Southeast Asia, and etc. Data from the GRBR network were useful to investigate variety of ionospheric studies. We have found mid-latitude summer nighttime anomaly (MSNA) over Japan, which is summer nighttime TEC enhancement at higher latitudes. Longitudinal "large-scale wave structures (LSWS)" in the low latitude were studied in detail as a source of equatorial Spread-F (ESF) events. Recently we are also successful to measure the equatorial ionospheric anomaly (EIA) near 100E longitude in large latitudinal extent of at most +/-20 degrees around the geomagnetic equator. The technique is utilized for sounding rocket-ground experiment as well. We now have large amount of data that should be used for statistical analysis. It is known that there are two projects of low-inclination orbit satellites with tri-band beacon transmitters. The beacon frequencies may be different from the current system. In this paper we would like to discuss development of the GRBR experiment database, and its use for studies. Also we would like to touch possible new receiver system that fits to the new beacon satellite series.

Observations of daytime tweek atmospherics

Hiroyo Ohya[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Yoshizumi Miyoshi[2]
[1] Engineering, Chiba Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.

It is known that tweek atmospherics can be observed only at night, except for special cases such solar eclipses, because the attenuation due to solar ionization is much greater in daytime. Tweeks at frequencies of 1.5-10.0 kHz originate from lightning discharge and propagate over several mega meters in the Earth-ionosphere waveguide reflecting between the bottom edge of the ionosphere and the Earth's surface. Daytime tweeks have been not reported at all except for solar eclipses. However, some tweeks were observed in daytime at Moshiri(44.37N, 142.27E) and Kagoshima(31.48N, 130.72E), Japan, during non-solar eclipse days in December 1980. The daytime tweeks were observed on geomagnetically quiet and storm days. The daytime tweeks had a clear frequency dispersion with an average duration of 19 ms, which was shorter than that in the nighttime (~50 ms). The average occurrences of the daytime tweeks at Moshiri and Kagoshima were 2.0 and 0.7 tweeks per minute, respectively. Daytime tweeks up to the third-order mode were visible. There was no difference in the occurrence of each visible mode between storm time and magnetically quiet time. The reflection heights of the daytime tweeks at Moshiri in storm and quiet time were lower than those at Kagoshima. The daytime reflection heights were similar to those at night (90-100 km), but with much greater variation. We evaluated the attenuation rate of tweeks by strictly taking the ionospheric reflection coefficient into account. For each frequency, the attenuation rate was evaluated as a function of the electron density, electron density gradient, and ionospheric height. We found that the attenuation rate had an inverse relationship with the electron density (or conductivity), electron density gradient, and ionospheric height. We suggest that the best conditions for daytime tweek observations are when the bottom side of the ionosphere is sharply defined and the ionospheric height is high. In the presentation, we discuss the cause for the daytime tweek observations.

Signature of subionospheric LF wave perturbations associated by Hokuriku winter lightning observed at the Zao station.

Yosuke Morinaga[1]; Fuminori Tsuchiya[2]; Takahiro Obara[3]; Hiroaki Misawa[4]; Noriyasu Honma[5]; Mitsuteru SATO[6]
[1] Geophysics, Tohoku; [2] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku University; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] Tohoku Electric Power Company; [6] Hokkaido Univ.

Intense electromagnetic pulses (EMP) radiated from lightning discharge could cause heating and ionization and alter the conductivity in the ionospheric D-region. Quasi-electrostatic fields (QE Fields) which are generated due to the removal of electric charge could also affect it. The purpose of this study is to reveal influence of the lightning on the lower ionosphere and its dependence on properties of lightning discharges. The VLF/LF signature of subionospheric perturbations associated with winter lightning in the Sea of Japan (around Hokuriku) has been observed during December 16-31, 2009. LF radio observation was made at Zao (Miyagi) for JJY transmitter (60 kHz) at Haganeyama (border between Saga and Fukuoka) whose great circle path (GCP) passes over the coast area of Hokuriku. The amplitude and phase of the JJY signal are recorded every 0.1 seconds. In addition to the subionospheric LF observation, lightning locations are determined by a lightning location network (WWLLN). The number of total lightning event identified in the area of 35-37 degrees N and 134-137 degrees E is 1002. Based on the LF observation, subionospheric perturbations which occur immediately after the causative lightning (early event) were detected. The total number of the early event detected in the selected area is 72. Early events identified are compared with peak current of the causative lightning which is derived from LF waveform observations to investigate the relation between early event properties and magnitude of EMP. As a result, it is found that both amplitude of the phase change and the recovery time to the undisturbed value are positively correlated with magnitude of EMP. This is interpreted that the influence of the lightning on the conductivity change in the lower ionosphere depends on the magnitude of EMP. We are further analyzing ELF waveform data observed at the Syowa station to investigate the effect of the QE fields on the conductivity in the lower ionosphere.

時間領域 Full wave 法を用いた電離圏下部領域電子密度推定法の改良

森山 寛章 [1]; 三宅 壮聡 [1]; 芦原 佑樹 [2]; 石坂 圭吾 [3]; 村山 泰啓 [4]; 川村 誠治 [5]; 長野 勇 [6]
[1] 富山県大; [2] 奈良高専・電気; [3] 富山県大・工; [4] 情報通信研究機構; [5] NICT; [6] 金沢大

Improvement of the estimation of the electron density profile in the lower ionosphere with time domain Full wave analysis

Hiroaki Moriyama[1]; Taketoshi Miyake[1]; Yuki Ashihara[2]; Keigo Ishisaka[3]; Yasuhiro Murayama[4]; Seiji Kawamura[5]; Isamu Nagano[6]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Elec. Eng., Nara NCT.; [3] Toyama Pref. Univ.; [4] NICT; [5] NICT; [6] Kanazawa Univ.

The MF radar is available to estimate the electron density profile in the lower ionosphere. However, it is difficult to observe the precise electron density profile in the lower ionosphere continuously with the present MF radar system. In this study, we are going to simulate the observation process of the present MF radar system with the time domain Full wave method, and investigate the observation method with which we can obtain the precise electron density profile in the lower ionosphere. One of the general methods to estimate the electron density in the present MF radar system is the differential absorption experiment (DAE) method. The DAE method is a technique to estimate the electron density from the differential amount between the left and the right polarized waves reflected from the lower ionosphere. We simulated the MF radar with time domain Full wave analysis and examined the DAE method. We improved the DAE method by using appropriate parameters automatically, and succeeded to estimate more accurate electron density profiles in the lower ionosphere. In the present improved DAE method, however, we can only find appropriate parameters in the case that the electron density increases with increase of the altitude. Therefore, we are going to improve the DAE method, which is available in any case.

数 MHz の中波帯を使う MF レーダは、電離圏 D 領域から分反射波を観測できるため、大気中の非常に希薄な電子密度の測定にも利用できると考えられている。しかし、電離圏 D 領域の電子密度は 1 立方センチメートル当り 10 ~ 1000 個程度と小さく、電子密度推定のためのアルゴリズムも確立されていないため、現時点では精度の高い観測を連続的に行うことは困難である。この領域の電子密度推定方法としてロケットによる電波観測を利用した電波吸収法がある。この方法で精度の高い電子密度推定を行うことは可能であるが、ロケットの打ち上げは散発的であるため、連続的な観測は困難である。

本研究では MF レーダの観測手法を時間領域 Full wave 法を用いてシミュレーションし、電離層下部の電子密度を連続的に観測する方法を検討している。現在 MF レーダを用いた電離圏下部電子密度推定に用いられているアルゴリズムとして DAE 法がある。DAE 法とは電離圏 D, E 領域で分反射される左旋性偏波と右旋性偏波の反射量の違い (観測された受信電波比) から電子密度を推定する手法である。しかし、DAE 法はパラメータである吸収係数を求める際に、未知数である電子密度をある一定値 (100cm^{-3}) と仮定して求めている点などいくつかの問題点がある。そこで、Full wave 法に時間発展を取り入れた時間領域 Full wave 解析法を用いた MF レーダシミュレーションによって DAE 法を再現してその問題点・改良点の検討を行い、吸収係数を求める際に用いる電子密度を推定された電子密度に応じて自動的に変更するように改良した。この改良した DAE 法を適用することで、広範囲で電子密度推定精度が向上することを確認した。しかし、現在のアルゴリズムでは電離圏 D 領域では高度が上昇するにつれて電子密度が大きくなる傾向を利用しているため、電子密度分布が単調増加している場合しか精度の良い電子密度推定ができない。より精度の高い電子密度推定を行うため、電子密度分布が単調増加でない場合も考慮したアルゴリズムを導入し、DAE 法の更なる改良を行う。

日出・日没時における中波空間波強度の IRI モデル計算値との比較

深見 哲男 [1]; 東 亮一 [1]; 伊藤 弘樹 [1]; 長野 勇 [2]
[1] 石川高専; [2] 金沢大

Comparison of measured and calculated field intensities of MF sky waves during sunrise and sunset period using the IRI model

Tetsuo Fukami[1]; Ryoichi Higashi[1]; Hiroki Itoh[1]; Isamu Nagano[2]
[1] Ishikawa NCT; [2] Kanazawa Univ.

In daytime, we cannot receive MF sky waves for strong attenuation in passing ionospheric D region, but in nighttime, the sky waves reflected from the ionosphere propagate to far long distances. On sunset, sunrise or eclipse, we will be able to observe characteristics of total attenuation by the D region. We may estimate electron density profile by fitting the several MF wave intensities and the theoretical ones. First, we have observed the MF wave intensities during sunrise and sunset period at Tsubata in Japan. Next, we will report comparison these observed intensities to the theoretical ones calculated by the full wave method using international reference ionosphere (IRI) model during the sunrise and sunset period

1. はじめに

中波放送波は、昼間、地上波伝搬が主体となるが、夜間、電離層反射波により遠方の放送波を受信できる。これは、太陽光により生成される下部電離層領域が電離層反射波を減衰させるからである。日出・日没・日食等の過渡状態では、電離層 D 領域の全減衰量を見積もることが可能であり、D 領域の生成・消滅過程を調査することができる。今回、日出に対する IRI 電離層モデルによる理論電界強度と観測値を比較したので報告する。

2. 中波観測強度と理論強度の比較

2012年5月21日9:32、金冠日食が日本中央を通過した発生した際、筆者らは、津幡で中波観測を行った。その結果、大阪の5波(666kHz, 828kHz, 1008kHz, 1179kHz, 1314kHz)の中、1008kHz, 1179kHz, 1314kHzにおいて中波強度が観測された[文献1]。この日食における電離層変化を調査することを最終目的として、調査を開始した。まず、2012年7月7日から8月6日の1ヶ月間、大阪の5波の電界強度を観測した。電離層反射点と思われる敦賀市における日出時刻に合わせて、1ヶ月の中央値を表したものの空間波電界強度の日出特性を調査した。結果、周波数に関係なく時間的に同じような減衰特性をしていることが分かった。なお、1008kHzは、受信点において地上波が測定され50dB程度の強度があり、828kHzは、夜中停波しているため日出後のデータしかなかった。

計算には敦賀における日出前後の国際参照電離層(IRI)モデルを用いた。電離層E層を電波が突き抜けられないよう高度100km以上にEs層を付加した。この電子密度プロファイルを用いて、入射角51度(反射高度100kmの3角パスを仮定)としてfull wave計算を用いて、理論電界強度を算出した。送信アンテナからの放射強度等は、放送局から頂いた資料より推定した。

[1] T. Fukami, I. Nagano and R. Higashi: Observation of the MF radio waves on the Annular Solar Eclipse in Japan, AP-RASC, GH1-6 (2013)

日本海上に発生する UHF・TV 帯ダクト伝搬 III

東 亮一 [1]; 深見 哲男 [1]
[1] 石川高専

Radio duct at the UHF TV frequency band upper the Japan Sea III

Ryoichi Higashi[1]; Tetsuo Fukami[1]
[1] Ishikawa NCT

In Japan, terrestrial broadcasting was made a transition to digital method. Also Korea's transition to digital terrestrial broadcasting is expected to be finished in 2012. In this paper, the characteristics of observation data at Ishikawa National College of Technology about the broadcast wave from Matsue and Korea are reported.

In observation result on April 28 in 2012, the wave receiving was verified. These waves were the digital terrestrial broadcast waves of 19ch, 21ch, 41ch, 43ch and 45ch from Matsue. And the analog terrestrial broadcast waves from Korea were also received. About 41ch, 43ch and 45ch, some characteristics were found, so we researched associations to season and weather.

In the result, the wave receiving happen in only summer, and correlate strongly with weather. Therefore the wave receiving is caused by tropospheric propagation.

日本海を取り巻く UHF 帯テレビジョン (TV) 周波数帯の電磁環境は、数年間に大きく変化している。日本では地上波デジタル TV 放送 (ISDB 方式) に移行され、韓国も 2012 年 12 月でアナログ TV 放送が終了し、地上波デジタル TV 放送 (ATSC 方式) に移行する予定である。筆者らは、2005 年 5 月から 7 月、2007 年 5 月から現在において石川高専で固定定常観測を継続中である。本報告では、韓国 TV 放送の受信状況や松江からの観測データについて述べる。

2012 年 4 月 28 日の受信結果において、松江の澄水山から送信されている 19CH(NHK 教育)、21CH(NHK 総合)、41CH(日本海テレビ)、43CH(山陰中央テレビ)、45CH(山陰放送) 等の地上波デジタル TV が、ほぼ一日を通して受信されたことが確認できた。また、多数のアナログ TV も受信された。これらのアナログ TV は、日本では送信されていないので全て韓国の局である。41、43、45CH(松江) は、ほぼ同時に出現し電界強度の強弱がほぼ一定で特徴的である。そこで、定常観測開始した 2007 年 5 月～2012 年 4 月までの 5 年間に対して 3 波の受信と天気の影響を調査した。その結果、受信が確認できた日数は年平均で 65 日、3 月から 9 月がほとんどである。また金沢と米子の天気が晴天時に受信できる確率が高いことが分かった。

この受信現象は春から夏に起こる現象であり、月平均 10 日程度発生する。しかし、秋から冬には殆ど観測できない受信現象である。また、天気と相関が非常にあり、気温が低い時には現れにくい。これらのことから、この伝搬は対流圏におけるダクト伝搬であると思われる。講演では、これらの結果について海水の温度や気温との関連性について報告する。

Comparison of ionospheric variations associated with earthquakes observed by HF Doppler with a numerical calculation

Hiroyuki Nakata[1]; Kazuto Takaboshi[2]; Yuki Shimizu[3]; Toshiaki Takano[4]; Ichiro Tomizawa[5]; Mitsuru Matsumura[6]
[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [4] Chiba Univ.; [5] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [6] NIPR

It is well-known that ionospheric disturbances after earthquakes are due to the acoustic and atmospheric gravity waves excited by ground motions or tsunamis. In this study, the relationship between ionospheric and ground disturbances associated with earthquakes is examined using HF Doppler and a network of seismographs. HFD observes the vertical drifts of the ionosphere at the middle points between the transmitter and the receivers. The altitudes of the reflection points are determined by the height profiles of the ionospheric electron density, which is estimated by the ionogram data and POLAN. The ground perturbations are obtained by the closest seismograph from the middle points. By comparison between vertical ionospheric drifts observed by HFD and vertical ground motions determined by seismographs, it is shown that the vertical ionospheric drift increases with the vertical ground motion. The vertical drift velocity of the ionosphere is proportional to the square root of vertical ground velocity.

In order to explain the relationship theoretically, the numerical calculation is very informative. Therefore, we have carried out numerical simulations of atmospheric waves. The simulation code is the same as Matsumura et al. [2011]. This is a nonlinear, two-dimensional, non-hydrostatic and compressible numerical model. Input sources are the vertical wave disturbances excited by ground motions or tsunami associated with the earthquakes. The numerical simulations of atmospheric waves show that the atmospheric perturbations excited by impulsive sources have a spectrum peak around 4-5 mHz regardless of source frequencies. When the source is a monotonic wave, the atmospheric perturbations in lower altitudes also have a peak of the same frequency. In addition, the numerical simulations also show that the maximum vertical velocities of the atmospheric perturbations increase with the velocity of input perturbations. At 100 km, the maximum vertical velocity is shown by an approximate expression determined by a least-square method. At 300 km, two approximate expressions for larger and smaller inputs are determined, respectively. The maximum vertical velocities of the atmospheric perturbations are not proportional to the square root of the input velocity, as shown by the comparison between HFD and seismograph data.

HFD を用いた台風に伴う電離圏変動の解析

平林 慎一郎 [1]; 鷹野 敏明 [2]; 中田 裕之 [3]; 冨澤 一郎 [4]

[1] 千葉大大学院・工・人工システム科学; [2] 千葉大・工; [3] 千葉大・工; [4] 電通大・宇宙電磁環境

Examinations of ionospheric disturbances caused by typhoons using HFD

Shin-ichiro Hirabayashi[1]; Toshiaki Takano[2]; Hiroyuki Nakata[3]; Ichiro Tomizawa[4]

[1] Artificial Systems Science, Chiba Univ.; [2] Chiba Univ.; [3] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [4] SSRE, Univ. Electro-Comm.

It is reported that ionospheric disturbances are excited by extreme weather conditions such as tornadoes and typhoons. We examined temporal variations of ionospheric disturbances observed by the HF doppler (HFD), which is maintained by The University of Electro-Communications. In this study, HFD receiver data for 5006kHz observed at Sugadaira, Kakioka, and Iitate are used. Informations about typhoons, such as path, barometric pressure, wind speed, are provided by Digital Typhoon, managed by National Institute of Informatics. Since the ionosphere is unsteady without solar radiation, we examined HFD data from 7:00 to 18:00. Here, we give a brief description of Typhoon No.15 in 2013. This typhoon passed Japan in 2013/9/15 ~9/16. It was closest to the Sugadaira observation point at 9:00 JST on 9/16. A perturbation of doppler shift was observed in 7:00 ~18:00 on 9/16. Its period is about 2 ~3 minutes and the amplitude is 0.2Hz. Applying FFT (Fast Fourier Transform) to HFD data at 40- minute intervals, spectral intensity on 9/16 is larger than 9/15 and 9/17 in all the frequency up to 40mHz. This feature is the same as Kakioka and Iitate. We also examined 10 typhoons that are Class 4 or 5, and formed around Japan since 2004 on. Similar features as described above are found in No.18 in 2009, No.15 in 2011, and No.18 in 2013. Central pressures of these typhoons are relatively lower than the other typhoons. These features are very different with those in the 2011 of the Pacific coast of Tohoku Earthquake, spectrum intensity at 4mHz is enhanced (e.g. Takaboshi et al. 2014 Japan Geoscience Union Meeting). Large impulse variations occur and generates acoustic and atmospheric gravity waves, resonating at 4mHz, leaking waves reach to ionosphere (e.g. Matsumura et al. 2011). On the other hand, in case of typhoons, wide-range spectrum intensity is enhanced and its intensity is smaller as compared to earthquakes. Continuous turbulences of air current are generated for a long period, and they generate atmospheric gravity waves with wide frequency range.

電離圏擾乱の発生する原因として、竜巻や台風等の激しい気象現象によるものが報告されており、研究が進められている。本研究では、台風が引き起こす電離圏擾乱の変動を解析した。電気通信大学が運用する HF ドップラー (HFD) データを用いて、電離圏変動の時間変化とそれらのスペクトル強度について解析を行った。今回用いた HFD データは、菅平、柿岡、飯館の 3 観測点で取得された 5006kHz の受信データである。台風のデータについては、国立情報学研究所が運営するデジタル台風より取得した。なお、HFD データの解析を行う時間帯は 7:00 から 18:00 までとした。これは日没後、日の出までの時間帯では太陽からの輻射が無く、電離圏が不安定な状態となり、変動の解析には適切でない時間帯のためである。例として、台風 2013 年 18 号について結果を示す。台風 2013 年 18 号は 2013/9/15 から 9/16 にかけて日本に上陸した。菅平観測点には 9/16 9:00 に最接近し、取得されたドップラーデータでは、9/16 7:00 から 18:00 にかけて、周期約 2~3 分、ドップラーシフトの振幅約 0.2Hz の変動が見られた。次に、7:00 から 18:00 までの時間帯で HFD データに FFT(高速フーリエ変換) を 40 分間隔で施し、ダイナミックスペクトル解析を行うことでその変動の特徴を調べた。その結果、前後の日と比較して、40mHz までにわたり様にスペクトル強度が大きくなっていることがわかった。菅平以外の柿岡、飯館の観測点においてもこのような変動が同時帯に見られた。2004 年以降に発生し、日本に上陸した Class 4 以上の台風 10 例についても解析を行ったところ、比較的中心気圧の大きな台風 2009 年 18 号、2011 年 15 号、2013 年 18 号の 3 例において、同様の変動が見られた。これらの特徴を、地震の場合と比較してみる。例えば、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震におけるダイナミックスペクトルでは、約 4mHz の周波数が卓越する (e.g. 高星他 2014 日本地球惑星科学合同大会) のに対し、台風 2013 年 18 号の場合は幅広い周波数の強度が大きくなるが、その強度自体は地震のそれと比べ、かなり小さいという特徴を持つ。地震の場合は瞬間的に大きな変動が発生し、音波、大気重力波を励起するが、高度 100km において中性大気温度上昇に伴う屈折率増大の影響を受け反射し、4mHz 付近で共鳴した後に電離圏に到達する (e.g. Matsumura et al. 2011)。一方で台風の場合は、地震と異なり長時間にわたって気流の乱れが発生し、それが幅広い周波数の大気重力波を発生させ、これらの波動が電離圏へ到達すると考えられる。

HF ドップラ多地点多周波観測による大気波動伝搬特性解析法の開発

秋本 晃志 [1]; 富澤 一郎 [2]; 渡口 暢人 [2]
[1] 電通大・宇宙電磁環境; [2] 電通大・宇宙電磁環境

Development of analyzing method for atmospheric waves by multi-point multi-frequency HF Doppler observation

Koshi Akimoto[1]; Ichiro Tomizawa[2]; Nobuto Toguchi[2]
[1] SSRE, Univ.Electro-Comm; [2] SSRE, Univ. Electro-Comm.

Conventionally, in the atmospheric wave analysis of the HF Doppler (HFD) observation, only a few stations are employed in this analysis by assuming a plane wave. In order to analyze the atmospheric waves from near sources more stations data should be included in the analysis, we have increased up to 8 stations around the Kanto area. 5006 and 8006 kHz from JG2XA in Chofu (Tokyo), 6055 and 9595 kHz from JOZ in Nagara (Chiba), we have been developing the wave analyzing method by using these eight stations. First, a horizontal movement speed and direction is calculated from these. Height variations at to get the horizontal wave number by integrating, these considering the reflection heights to get the vertical wave numbers for each reflection points. And it is checked whether these wave parameters meets the omega-k diagram [1] of an atmospheric gravity waves. In the way of reflection height the observations of analysis the ionosonde at the NICT, Kokubunji is used to estimate the actual reflection height.

This analysis method was applied to the Doppler variation observed around 23:00 (JST) on June 29, 2013. That showed the large height 40km variation. We get almost the horizontally propagating the gravity wave that has 177 degrees of angles of direction and the speed of 158 m/s. When the wave number was calculated, k_H was set to 5.5×10^{-6} , and k_z was set to 5.4×10^{-5} by the omega-k diagram. This result shows that the atmospheric gravity wave came from the north. the value of k_z obtained by observation was 3×10^{-5} , but the value is somewhat small compared with the value expected by the omega-k diagram. The difference can be explained by the accuracy of local reflection height, but more analysis are required show the local differences.

The calculation method of the characteristics of atmospheric gravity waves using the multi-frequencies HFD has been developed to investigate atmospheric gravity waves of various kind of sources. More results will be presented at the meeting.

Acknowledgement: We are grateful to NICT for the ionosonde signal transmission.

Reference

[1] Kenneth Davies: Ionospheric Radio, IEE, 1990.

従来、HF ドップラ (HFD) による大気波動解析では数点の観測データから平面波を仮定することにより行っている。最近、観測点付近の気象現象との関連のある例が見出されてきた。このような近傍にある波源からの大気波動を解析するには、多くの垂直・水平方向の観測データを必要とする。これらのデータを取得するため多周波多地点観測を行っている。調布 (東京) にある JG2XA の 5006、8006kHz および長柄 (千葉) にある JOZ の 6055、9595kHz を関東地方 8 地点で同時観測することにより、垂直水平方向の伝搬特性を解析可能とした。はじめに、HFD から反射点の垂直方向の移動速度を導出し、それを時間で積分することで反射点の高度変化を導出し、周波数による反射高度変化の時間の差を求める。反射高度変化が反射点の高さによって起こる時間に差があることを考慮して、垂直方向の移動速度と周期から垂直成分の波数を求める。次に観測点毎の HFD 変動周波数毎の位相差をとることで、水平速度を導出する。水平速度と周期を利用して計算することで水平成分の波数を求める。最後に大気重力波 omega-k ダイアグラム [1] と導出したものが一致するかを確認する。また導出した結果と独立した他の観測方法である垂直イオノゾンデ観測 (NICT、国分寺) の観測結果を比較し、HFD から導出した反射高度変化の上下移動と対応関係があるかも確認する。

この解析方法を 2013 年 6 月 29 日 23 時 (JST) 頃に観測されたドップラ変動に適用した。垂直方向には約 40km の高度変化を起こし、水平方向は 158 m/s で方位角 177 ° で進んでいることがわかった。波数を計算したところ k_H が 5.5×10^{-6} となり、omega-k ダイアグラムでは k_H が 5.5×10^{-6} に対する k_z が 5.4×10^{-5} となった。この結果からこの伝搬性電離圏擾乱が極域から来た LS-TID であることがわかった。多周波数観測から得られた k_z は 3×10^{-5} となり、omega-k ダイアグラムと比較して小さい値になった。これは垂直成分や水平成分導出過程における誤差が大きく、omega-k ダイアグラムと一致しない原因であると考えられる。この誤差を小さくすることが課題とわかった。

講演では、いくつかの大気重力波を起因とする伝搬性電離圏擾乱を例に HF ドップラを利用した大気重力波の特性の導出方法や解析結果、今後の展望について報告する予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、情報通信研究機構のイオノゾンデデータを利用させていただいたことを感謝する。

参考文献

[1] Kenneth Davies: Ionospheric Radio, IEE, 1990.

HF ドップラ観測システムの400Hz モールスID 信号位相を利用した電離層反射高度の連続測定

渡口 暢人 [1]; 富澤 一郎 [1]
[1] 電通大・宇宙電磁環境

Continuous measurement of ionospheric reflection height using 400Hz-ID phase of the HFD system

Nobuto Toguchi[1]; Ichiro Tomizawa[1]
[1] SSRE, Univ. Electro-Comm.

We have been observing ionosphere disturbances by the HF Doppler(HFD) method. In this report we will describe the development of the novel measuring method of ionospheric reflection height by using HFD facilities of UEC and its initial result.

The UEC HFD observation system continuously transmits two stable carriers at 5006 and 8006kHz, in 200W from Chofu, Tokyo. The HFD observation can only detect ionospheric disturbances of reflection, but the actual path-height is not given through this method.

In this study, we have newly developed the distance measurement capability using this Morse-ID signal separated 400Hz from the main carrier frequency. This ID signal can be used as the distance measurement. Processing the ID signal correlating with the main carrier to reduce Doppler spreading, we can get the coherent sub-carrier with the narrow equivalent receiving bandwidth. Moreover, using the rubidium atomic oscillator in this system, the phase of the main carrier and sub-carrier is stable over a long period of time. As the S/N is much improved, it is possible to detect small phase fluctuations due to propagation. Since the equivalent wavelength of the 400Hz subcarrier is 750 km, it can be obtained the distance accuracy of 2.1 km by measuring the phase in 1-degree accuracy. As the phase variation is twice by the correlation processing, we get the total distance accuracy of 1.1 km which is comparable that of the conventional NICT pulse-type ionosonde. The most important improvement in system is the direct measuring the reflection height of the HFD observation every 90 seconds.

With this advanced measuring method, the resolution of 1 km at both HFD frequencies is given. We can investigate small disturbances in E and F layers, due to atmospheric gravity waves. However, in the present observation system, the distance calibration is not accurate because of the delay of the instruments and the sub-carrier transmitting timing error is still unknown. We have used the NICT ionosonde signal for temporal reference. By including the GPS timing both at TX and RX, it will be possible to detect the accurate arrival time in 1 us, which corresponds the total accuracy of ionospheric reflection height in 0.3km.

我々は、短波ドップラ (HFD) を利用してドップラ観測を全国で行っている。本報告では、ドップラ観測システムを改良して新たな電離層反射高度測定方法の開発、およびその解析結果について述べる。

HFD 観測システムでは、5006 および 8006kHz において 24 時間連続で 200W の搬送波送信を行っている。通常の電離層変動観測には、この搬送波のドップラシフトを用いているが実際の反射高を求めることができないため、反射高度は他の方法に頼らざるを得ない問題がある。

本研究では、システム改良し、ドップラシフトと同時に距離を求めることが可能なシステムの開発を目指した。それぞれの送信波には、コールサインと使用目的を広報するため、一定時間毎に搬送波から 400Hz 離れた副搬送波の ON/OFF によるモールスIDが付加されている。この副搬送波と搬送波は近接しており、同じ電離層の影響を受けたものとみなすことができる。二つを相関処理することで、ドップラスプレッドを抑えコヒーレント性を高くすることが可能であることを初めて示すことができた。この性質を利用することにより、等価受信帯域幅を狭くして S/N を改善し、高精度で位相情報を読み取ることが可能とした。また、この観測システムにはルビジウム原子発振器を利用しているため、長期にわたって位相が安定である。本研究では、副搬送波および送信モールス符号位相についても同じ原子発振器を使用することにより、搬送波とのコヒーレント性を高めた。400Hz 副搬送波の等価波長は 750km となるので、この位相を 1 度精度で測定することにより 2.1km の距離精度を得ることができる。搬送波と副搬送波の相関処理により位相変化が 2 倍となるため、距離精度は 1.1km とすることができ、NICT パルス型イオゾンデの観測精度とほぼ等しくなる。本測定では 90 秒毎に連続測定が可能であるので、イオゾンデより時間分解能を高くすることができる。

この高度測定法により、それぞれの周波数において、電離層の反射高度が 1km の分解能でわかるため、E 層、F 層からの到来波であることの特定や、大気重力波による高度変化等も得ることができる。受信信号強度が高く、かつ電離層が安定な場合は位相測定精度をさらに高くできることが分かってきた。ただ、現観測システムでは送受信機内遅延、副搬送波送信タイミング誤差により距離精度が得られない。このため便宜的に NICT イオゾンデデータを参照して校正している。今後 GPS 受信機を観測システムに導入して送受信タイミングを制御することで、信号の到達時間を 1us まで特定可能とし、反射高度測定の精度を向上させたい。椠

波面状 Es による HF ドップラに重畳した周期的変動の原因

福田 淳 [1]; 富澤 一郎 [2]

[1] 電通大・宇宙電磁環境; [2] 電通大・宇宙電磁環境

Cause of the periodic variations superimposed on the HF Doppler traces of frontal Es.

Jun Fukuda[1]; Ichiro Tomizawa[2]

[1] SSRE, Univ.Electro-Comm; [2] SSRE, Univ. Electro-Comm.

In the University of Electro-Communications, the HF Doppler (HFD) observations using Chofu JG2XA and the Nagara JOZ transmitting stations have been carried out. To detect linearly Doppler traces as frontal sporadic E (Es) moving horizontally. Looking in detail actual Doppler traces, it has been found that small periodic variations are superimposed on the Doppler linear trace. However, they causes were not clearly explained. In this paper we have developed the reflecting point with the multiple wave-front structures of Es traveling along the moving direction through the mid-point, integrated was assumed to reduce the linear traces based on the coincidence of a cycle, traveling Cornelius and Essex model, then residual wave-like popular variations are used. In this report the observational data of August 16, 2012 20:40~22:40 JST, since the Es event has long and slender structures traveling at the low speed, carrying continuous traces with clear sinusoidal variations, the event which can observe a periodic change spatially by a long time was made into the analysis object.

As the reflecting point move model of Cornelius and Essex could be applied to the HFD time variation of a frontal Es, linear change was removed using the speed and the direction which were drawn from actual observational data, and the periodic change was extracted. All the wave fronts show the same narrow spectrum of 170 s, therefore this periodic variation can be interpreted as an acoustic wave. Many extracted Doppler variations of each Es fronts were analyzed correlation with respect to the waveform at Kashima by the as the reference. The obtained delays of each base line are applied to deduce the plane wave having the constant speed and direction. It is shown that the plane wave moves northwestward with the horizontal speed of 54 m/s.

The small changes superimposed on the frontal Es of wave front is interpreted as the acoustic wave propagation. The thermosphere ground waveguide because the narrow spectrum survives for a long time. As those variations Es are placed close to the top reflection surface of the bottom thermosphere, the acoustic wave at the Es-height node of standing wave is close. Then the up-down direction becomes small, so the direction of speed variation becomes almost in horizontal. In that case, the Es horizontal traveling speed of the Es-fronts fluctuates periodically, so the periodic change is overlapped on the linear Doppler shift.

In the presentation, the analysis method of periodic variations and the propagation model of atmospheric acoustic in the waveguide will be described in details.

Reference

[1] D.W. Cornelius and E.A. Essex: Observations of mid-latitude sporadic E using the HF Doppler technique, J. Atmos. Terr. Phys., vol.41, pp.481-499, 1979.

[2] Jun Fukuda and Ichiro Tomizawa: Development of acoustic wave analysis method using the HF Doppler small variation of sporadic E (Es) SGEPPS R005-025, 2013.

[3] Ichiro Tomizawa and Koutarou Fujii: HF radio wave propagation model by the frontal Es, JGU 2013, PEM29-01, 2013.

電気通信大学では調布 JG2XA および長柄 JOZ の二つの短波送信局を利用した HF ドップラ (HFD) 連続観測を実施している。この HFD 観測において波面状スプラディック E (Es) からの反射波ドップラは直線的に変化する [1]。実際のドップラデータを詳細に見ると、直線的なドップラ軌跡に周期的変動が重畳していることが分かってきた。しかし、従来の解析ではその詳細、特徴および、その原因が明確となっていなかった [2]。今回の解析では、多重波面構造を持つ Es 反射点はその移動方向に沿って移動すると考え、周期的変動を統合解析し、周期の一致、移動速度および方向を調べた。本報告では 2012 年 8 月 16 日 20:40~22:40 JST の観測データより、低速度で移動する細長い構造を持つ Es が短時間間隔で連続発生したので、長時間で広い範囲に周期的変動を観測できるイベントとして解析を行った。

波面状 Es の HFD 時間変化には Cornelius and Essex の反射点移動モデルが適用可能と分かっている [3]、実際の観測データから導出した速度および方向を用いて直線の変化を除去し、周期的変動を抽出した。すべての波面において同じ周期 170s の狭いスペクトルを持っていることから、同一の波動であることが分かり、また、この周期から大気音波であることが分かった。抽出した大気音波を関東各観測点間で最初に観測された鹿島を基準波形として相関関数を取り、得られた遅延時間から鹿島と送信局の中間点から各観測点と送信局の中間点への速度ベクトルを計算することにより、この大気音波が北西方向に水平速度 54m/s で伝搬していることを示した。

以上の結果から、波面状 Es 波面に重畳した微小変動、すなわち大気音波は波源から上方に広がって伝搬し、熱圏下部で下方に反射し、次に地上で上方へ反射する。導波管の中を反射しながら伝搬していくことにより狭いスペクトルが生き残る。Es 高度では上部反射面に近いことから定在波の節が近くにあり、上下方向変動が小さくなるので変動方向はほぼ水平方向となる。その場合、Es 水平移動速度が周期的に増減するので、反射波ドップラに周期的変動が重畳することから、これが観測された変動の原因と考えられる。

講演では周期的変動の解析方法と大気音波の伝搬モデルについて詳しく報告する。

参考文献

- [1] D.W. Cornelius and E.A. Essex: Observations of mid-latitude sporadic E using the HF Doppler technique, J. Atmos. Terr. Phys., vol.41, pp.481-499, 1979.
- [2] 福田淳 富澤一郎: スポラディック E (Es) の HF ドップラ微小変動を用いた大気音波解析方法の開発, SGEPPS, R005-025, 2013.
- [3] 富澤一郎 藤井厚太郎: 波面状 Es による HF 波伝搬モデル, JPGU 2013, PEM29-01, 2013.

VHF 帯遠距離伝搬波観測から求めた九州-沖縄付近の強い Es の広域構造および移動特性

柳澤 伸矢 [1]; 富澤 一郎 [2]; 山本 淳 [3]

[1] 電通大 宇宙電磁環境; [2] 電通大・宇宙電磁環境; [3] 海上保安大学校

Large-scale structure and moving characteristics of intense Es around the Kyusyu-Okinawa by VHF long-distance propagation

Shinya Yanagisawa[1]; Ichiro Tomizawa[2]; Atsushi Yamamoto[3]

[1] SSRE, Univ.Electro-Comm; [2] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [3] Japan Coast Guard Academy

We have been observing VHF long-distance propagations reflected by intense sporadic-E (Es) both at Kure and at Chofu [1]. It has shown that intense Es may have a very long and thin structure [2]. Then it is to expand the range of observation to track a 1000-km scale Es this whole structure for a long time, because, our old instruments the observation regions which had not been enough coverage. Removing noises and noise-figure of the Chofu receiving system in this year, we have improved the coverage of the two stations to 700 km in east west to 1000 km in north south around the west of Kyushu and Okinawa.

In this report, we describe the large structure and the moving characteristic of two intense Es observed around the Kyushu-Okinawa area on September 14, 2013 and May 11, 2014. Since these two events were observed in the same area the tracking and conditions were the same for both observations.

(1) The speed of Es around 17:00 JST on September 14, 2013 was about 40 m/s and the length of the intense Es observed was about 300 km moving in southeast. The width of the Es was 7~20 km which was much smaller than the length, but the west-portion became expand to 120 km, and the moving speed and the direction were different from the east-portion. Therefore, the whole structures were presumed to be during the observation period bending around the center. Additional the west-portion became thick with progress, but the east-portion did not showing change. Moreover, the duration times of the Es were more than 2 hours.

(2) The Es observed at around 19~21:00 JST May 11, 2014, had two frontal structures moving in the same northwestward direction. But the two fronts had the moving speed of 50~60 m/s, the length fronts of 300~400 km, and the variable width of 5~80 km, the duration time were about 1 hour.

These two intense Es observed in the same area had the similar length, but moving they spread in opposite

In poster session, we will describe the comparative results, such as the moving characteristic of Es, the feature and structure, are reported in detail.

[1]Takuya Yamahata, Ichirou Tomizawa, Atsushi Yamamoto: Broader-based Es structure observation system development by VHF belt long distance propagation reception, SGEPS, B005-P038, 2012.

[2]Ichirou Tomizawa, Koutarou Hujii : HF wave reflection propagation model by the shape of a wave face Es, JPGU, P-EM29-01, 2013.

我々は強いスポラディック E(Es) で反射された VHF 帯電波を調布と呉にて同時受信している [1]。我々の過去の観測から強い Es は非常に細長い水平構造を持っていることが分かってきた [2]。この構造全体を長時間追跡するには、観測範囲を拡大して 1000km スケールの観測が必要と分かった。しかし、従来この 2 つの観測点で連続観測できる観測域は九州付近のみで全体構造を調べるには不十分であった。今年から広帯域ノイズ除去や調布受信系の低雑音化を図って、低レベル信号を受信できるように改善し、両方の受信局で連続観測できる範囲が九州の西から沖縄付近までの東西 700km、南北 1000km に広げることができた。

本報告では主として 2013 年 9 月 14 日と 2014 年 5 月 11 日の九州-沖縄付近で観測された強い Es の広域構造と移動特性について述べる。この二つのイベントは、ほぼ同じ観測範囲を通過していて観測条件が変わらないので構造比較が容易と考えた。

(1)2013 年 9 月 14 日 17 時 JST ごろに観測された Es は、波面長が約 300 km であった。移動方向が南東方向、速度が約 40 m/s、波面幅は 7~20 km と波面長に比べて狭く、また西端の部分が 120 km と広がり、その部分の移動速度および方向がわずかに異なっていた。そのため全体構造は細長い三角形の波面が中央付近で折れ曲がった形と推定できる。西端部分は時間経過と共に太くなり、一方東側の部分は変化せず構造変化の様相が異なった。また Es 持続時間は 2 時間と長時間であった。

(2)2014 年 5 月 11 日 19~21 時 JST 頃に観測された Es は、2 つの波面を持って北西方向へ移動した。2 つの波面は約 50 m/s と約 60 m/s の異なる速度で移動し、波面長は約 300 km と約 400 km、波面幅は 5~20km と 5~80 km と場所により異なっていた。また持続時間は共に約 1 時間であった。

これら観測された 2 つの強い Es は、長さや Es 規模はほぼ同じであるが、移動方向は南東と北西で逆、構造の形は細長い三角形に広がっている形と構造の幅が所々太くなっているという違いがあり、さらに継続時間に違いがあることを確認できた。

講演では解析方法、解析例を増やし Es の移動特性や特徴・構造などの比較結果について詳しく報告する。

[1] 山幡 琢也, 富澤 一郎, 山本 淳: VHF 帯遠距離伝搬受信による広域 Es 構造観測システム開発, SGEPS, B005-P038, 2012.

[2] 富澤 一郎, 山幡 琢也, 山本 淳: VHF 遠距離伝搬による Es 広域構造と移動特性, SGEPS, B005-33, 2012.

2次元FDTDシミュレーションを用いたロケットで観測されたEs層の空間構造推定

井上 泰徳 [1]; 三宅 壮聡 [2]; 石坂 圭吾 [3]
[1] 富山県立大; [2] 富山県大; [3] 富山県大・工

Estimation of spatial structure of sporadic E layer observed by sounding rocket with 2-dimensional FDTD simulations

Hironori Inoue[1]; Taketoshi Miyake[2]; Keigo Ishisaka[3]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Toyama Pref. Univ.

We developed 2-dimensional FDTD simulation code which can treat wave propagations in magnetized plasma. FDTD simulations can be performed with much less computer resources than those necessary for full particle simulations, in memories as well as cpu times. According to sounding rocket experiments, we can only obtain altitude profile of wave intensity, usually magnetic field intensity. In this study, therefore, we are going to estimate spatial structure of sporadic E layer in the lower ionosphere by analyzing the altitude profile of the magnetic field intensities. Next, we compared simulation results and observation results obtained by S-310-40 sounding rocket, but were not able to identify spatial structure of the sporadic E layer. This is because the scale of the spatial structure of the sporadic E layer assumed in the simulation was inappropriate. We are going to perform 2-dimensional FDTD simulations with different spatial scales of the sporadic E layer, and investigate the influence that a scale of the space structure gives electric wave propagation. Then, we will identify spatial structure of the sporadic E layer observed by S-310-40 sounding rocket from the altitude profile of the magnetic field.

電離圏中の電波伝搬特性を解明することは安定した通信に必要なものであるが、電離圏下部領域の空間構造は未だに良くわかっていない。電離圏電子密度の解析手法として、ロケットによる直接観測やレーダによる観測、シミュレーション (Full-wave 法や FDTD 法) が行われている。本研究では、磁化プラズマ中の波動伝搬を扱うことができる 2 次元 FDTD シミュレーションコードを開発し、層状と波状、楕円電子雲モデルを仮定して、電離圏の空間構造が電波伝搬特性に与える影響を調査した。また実際の電離圏ロケット観測を想定して、シミュレーション結果から電波の磁界強度高度分布を求め、電離圏モデルが異なる場合の磁界強度高度分布を比較し、その特徴から逆に電離圏空間構造の推測を行えるか検証を行った。その結果、層状モデルでは高度の上昇に伴い磁界強度が単調減少するが、電子雲モデルでは磁界強度が減少した後上空で磁界強度が増加するという違いが見られた。この違いを利用してロケット実験を想定したシミュレーションを行ったところ、層状モデルのシミュレーション結果と類似した特徴が現れており、Es 層の空間構造の推定が可能であると考えられる。さらにシミュレーション結果を S-310-40 号ロケット観測で得られたデータと比較したが、シミュレーションで想定した Es 層モデルが適切ではなかったため、空間構造を特定することができなかった。そのため本研究では、モデルの位置や厚さ、電子密度を変更して 2 次元 FDTD シミュレーションを行うことで、空間構造のスケールが電波伝搬に与える影響を調査する。そして磁界強度高度分布から S-310-40 号ロケット観測で観測された Es 層の空間構造を推定する。

S-520-26号機による中緯度電離圏中のDC電場観測

松矢 健汰 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 山本 衛 [3]; 横山 竜宏 [4]; 渡部 重十 [5]; 阿部 琢美 [6]; 熊本 篤志 [7]

[1] 富山県立大; [2] 富山県大・工; [3] 京大・生存圏研; [4] 情報通信研究機構; [5] 北大・理・宇宙; [6] JAXA宇宙科学研究所; [7] 東北大・理・地球物理

DC electric field measurement in the mid-latitude ionosphere by S-520-26 sounding rocket

Kenta Matsuya[1]; Keigo Ishisaka[2]; Mamoru Yamamoto[3]; Tatsuhiro Yokoyama[4]; Shigeto Watanabe[5]; Takumi Abe[6]; Atsushi Kumamoto[7]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] NICT; [5] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [6] ISAS/JAXA; [7] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

S-520-26 sounding rocket experiment was carried out at Uchinoura Space Center (USC) in Japan at 5:51 JST on 12 January, 2012. The purpose of this experiment is the investigation of the bonding process between the atmospheres and the plasma in the thermosphere. S-520-26 sounding rocket reached to an altitude of 298 km 278 seconds after a launch. The S-520-26 payload was equipped with Electric Field Detector (EFD) with a two set of orthogonal double probes to measure both DC and AC less than 200 Hz electric fields in the spin plane of the payload by using the double probe method. One of the probes is the inflatable tube structure antenna, called the ITA, with a length of 5 m tip-to-tip. And ITA is very lightweight. The ITA extended and worked without any problems. It was the first successful use of an inflatable structure as a flight antenna. Another one is the ribbon antenna with a length of 2 m tip-to-tip. The electrodes of two double probe antennas were used to gather the potentials which were detected with high impedance pre-amplifiers using the unbiased double probe technique.

We describe about the result of investigation of the relationship between an electric field and the ionospheric plasma in detail. And we investigate that the polarization electric field is observed for the region where the difference of the electron density was large. Then we discuss that the electric field in the ionosphere is concerned with the bonding process between the neutral atmosphere and the plasma in the thermosphere.

観測ロケット S-520-29 号機搭載高速ラングミュアプローブによるスバラディック E 層中の電子密度・温度観測

阿部 琢美 [1]; 板屋 佳汰 [2]; 石坂 圭吾 [3]
[1] JAXA 宇宙科学研究所; [2] 富山県立大; [3] 富山県大・工

Observations of the electron density temperature in the sporadic E layer by Langmuir probe in S-520-29 sounding rocket experiment

Takumi Abe[1]; Keita Itaya[2]; Keigo Ishisaka[3]
[1] ISAS/JAXA; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Toyama Pref. Univ.

The sounding rocket "S-520-29" will be launched from Uchinoura Space Center of Japan Aerospace Exploration Agency in August, 2014. A main purpose of this rocket experiment is to study a spatial structure of the mid-latitude sporadic E layer in the lower ionosphere. Fast Langmuir probe (FLP) is installed as one of six instruments onboard the rocket, and it is possible to estimate the temperature and density of thermal electrons by using a standard technique to analyze, what-is-called, Voltage-Current (V-I) characteristics. The cylindrical stainless probe with a diameter of 3 mm and a length of 20 cm is put in the payload section as an electrode, and will be deployed to the direction perpendicular to the rocket axis to avoid unfavorable effect due to the rocket wake.

The FLP instrument on "S-520-29" is supposed to carry out a rapid sampling (6400 Hz) of the probe current by incident electrons and ions. This sampling rate is much higher than the one used in the past experiments. Thereby, it will be possible to get a total of 16 sets of V-I characteristics per second. We expect to get the electron density and temperature every ~0.1 km around the sporadic E layer in the lower ionosphere. We present a result of preliminary analysis on characteristic structure of the electron density as well as the corresponding variation of the electron temperature in the vicinity of the sporadic E layer.

スバラディック E 層の空間構造の解明を主目的とした観測ロケット S - 5 2 0 - 2 9 号機実験が平成 2 6 年 8 月に宇宙航空研究開発機構の内之浦宇宙空間観測所周辺で行なわれる。本実験は電離圏下部に発生するスバラディック E 層の 3 次元的な分布を紫外線および電波による遠隔観測、プローブによる直接観測という 3 つの異なる手法を用いて捉え、その空間構造を理解するために計画された。本発表では、電子温度・密度の測定を目的として搭載された F L P (Fast Langmuir Probe) の初期解析結果を報告する。

F L P は観測ロケットに多数搭載されてきたが、これまで同様、電子電流・イオン電流補集のために直径 3 mm、長さ 2 0 c m のステンレス製円柱プローブを用いている。このプローブは予め真空チェンバー内で長時間熱することにより大気によるプローブの表面汚染を除去した後、ガラス管で真空に封じられたものである。ロケットが打上げられ、ノーズコーンが開頭された後にガラス管は割られ、機軸と直角方向にプローブが展開された後、スピンによる遠心力でガラス管は外側に放出され、露出したプローブによりプラズマの測定を開始する。

今回の実験に使用する F L P ではプローブに対し振幅 3 V、周期 125 ミリ秒の三角波スイープ電圧を印加、従来に比べてより高速の 6400 毎秒のサンプリングを実現し、1 秒あたり 16 セットの電圧電流特性を得て、電子温度および電子密度を高時間分解能で取得出来るようになっている。ロケットに搭載したプローブによる熱的電子の測定は高速で飛翔する物体により生じるウエークの存在のために大きな影響を受けるが、F L P の場合は機軸と垂直方向に展開したプローブがロケットのスピンとともに周期的にウエーク外で測定を行うため、各スピン中で確実に正確な温度と密度を算出できるタイミングが確保される。

今回の実験の主目的はスバラディック E 層空間構造の解明にあり、F L P はロケット軌道上の電子密度および電子温度を取得する役割を担っている。一般にスバラディック E 層の鉛直方向の厚さに関しては 1 ~ 2 k m 程度という報告が多く、高速で飛翔するロケットから空間構造を詳細に観測することは容易ではない。今回は高時間分解能観測により、約 0.1 k m 毎に電子密度と電子温度を取得できる見込みで、高度方向の詳しい構造が得られると期待している。

本発表では、ロケットの飛翔時に得られたデータを解析して得られた観測結果について報告を行なう予定である。

イオン組成計測のための新型インピーダンスプローブの開発

熊本 篤志 [1]; 津川 靖基 [2]; 佐々木 悠朝 [3]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 東北大・理・地球物理

Development of new impedance probe system for measurements of the ion composition

Atsushi Kumamoto[1]; Yasunori Tsugawa[2]; Yuasa Sasaki[3]

[1] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [2] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [3] Geophysics, Tohoku Univ.

Concept and design of new impedance probe system for measurements of the ion composition have been investigated. Impedance probe system for measurement of the electron number density, which is called NEI, were developed by Oya [1966], and successfully utilized for numerous sounding rocket and spacecraft such as Denpa, Taiyo, Jikiken, Hinotori, Ohzora, and Akebono [e.g. Wakabayashi et al., 2013]. NEI measures the equivalent capacitance of the probe immersed in the magnetized plasma. By applying RF signal to the probe, we can identify the minimum of equivalent capacitance due to upper hybrid resonance (UHR). The frequency of RF signal is swept from 100 kHz to 25 MHz, in order to cover the UHR frequency range in the Earth's ionosphere. The equivalent capacitance of the probe in the magnetized plasma becomes minimum not only in UHR but also in another resonance: Lower hybrid resonance (LHR). If we can measure LHR frequency with UHR frequency and electron cyclotron frequency, we can derive ion compositions from them. Because LHR frequency is about several kHz in the ionosphere, we have to extend the lower limit frequency of the current impedance probe system to 100 Hz. The following design changes from the current NEI will be needed: (a) AC coupled circuits have to be changed to DC coupled circuits, (b) The bandwidth of the impedance probe system is determined by integration time of the output signal of the capacitance bridge circuit. The bandwidth in LHR frequency range has to be narrower by arranging integration time.

We have performed the chamber experiment with bread-board model (BBM) of new impedance probe system in May, 2014. We confirmed that the new impedance probe system could measure (1) UHR in high frequency range as well as the current NEI could, and (2) equivalent capacitance profile from 100 Hz to 100 kHz, which indicates sheath capacitance of 120 pF and sheath resistance of 30 kohm. However, LHR could not be identified in this chamber experiment because of high collision frequency in the chamber. The detectability of LHR with the new impedance probe system have to be verified through the future sounding rocket experiments in the ionosphere, where the collision frequency is enough low.

S520-29号機に搭載されたデジタル方式フラックスゲート磁力計の性能評価

野村 麗子 [1]; 松岡 彩子 [2]; 高橋 隆男 [3]; 阿部 琢美 [4]

[1] ISAS; [2] JAXA 宇宙研; [3] 東海大・工・航空宇宙; [4] J A X A 宇宙科学研究所

Evaluation of the digital fluxgate magnetometer installed in the S520-29 rocket

Reiko Nomura[1]; Ayako Matsuoka[2]; Takao Takahashi[3]; Takumi Abe[4]

[1] ISAS; [2] ISAS/JAXA; [3] Aero. & Astronautics, Tokai Univ.; [4] ISAS/JAXA

The digital fluxgate magnetometer (DFG) is newly developed and installed in the S520-29 rocket being launched on 8 August 2014. We expand the effective measurement frequency to higher frequencies by performing internal processes in the sensor and outputting the residual magnetic fields as the telemetry data. This is the new method that can be applied into the future rocket and satellite missions for higher-accuracy, downsized, and power-saving measurements.

The sun sensor is also installed in the S520-29 rocket and the direction to the sun from the rocket is accurately measured. By comparing the magnetic field in the direction to the sun observed by DFG to the one calculated by the model (e.g., IGRF), we investigate the magnetic field offset in the direction of the spin axis caused by DFG or the rocket, and also evaluate the stability of DFG measurement during the flight operation. In addition to that, we observe magnetic field variations of natural phenomenon with 2nT resolution.

In our presentation, we show preliminary results of DFG measurements in the S520-29 rocket observation.

2014年8月8日に内之浦から打上げ予定の観測ロケット S520-29号機には、デジタル方式フラックスゲート (DFG) が搭載されている。今回搭載される DFG は、S310-40号機に搭載した DFG を改良し、センサにおける磁場残差を内部処理した後、テレメトリデータとして出力することにより、測定周波数を実効的に高周波に拡張したものである。この新方式の磁力計は将来のロケット・衛星ミッションにおいて、高精度化、小型・省電力となる可能性を持つ方式である。

また、S520-29号機には太陽センサが搭載されているため、ロケットに対する太陽方向を正確に知ることができる。そこで、DFG で観測した太陽方向の磁場成分と、IGRF 等のモデル磁場の太陽方向成分を比較し、DFG 自身やロケットが発生する磁場によるスピン軸方向の磁場オフセット、およびそのロケット飛翔中における安定性を評価する。この評価を行った上で、明らかに自然現象によって生じた磁場変動があれば、2nT の精度で観測を行う。

今回の発表では、観測の初期解析結果を報告する

低緯度磁気共役点における大気光撮像で観測されたプラズマバブルの消失過程

塩川 和夫 [1]; 大塚 雄一 [1]; Lynn Kenneth J. W.[2]; Wilkinson Phil[3]; 津川 卓也 [4]

[1] 名大 STE 研; [2] Ionospheric Systems Research; [3] IPS Radio and Space Services; [4] 情報通信研究機構

Airglow-imaging observation of plasma bubble disappearance at geomagnetically conjugate points

Kazuo Shiokawa[1]; Yuichi Otsuka[1]; Kenneth J. W. Lynn[2]; Phil Wilkinson[3]; Takuya Tsugawa[4]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] Ionospheric Systems Research; [3] IPS Radio and Space Services; [4] NICT

<http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/omti/>

We report the first observation of the disappearance of plasma bubbles over geomagnetically conjugate points. It was observed by airglow imagers at Darwin, Australia (magnetic latitude: -22N) and Sata, Japan (21N) on 8 August 2002. The plasma bubble was observed in 630-nm airglow images from 1530 UT (0030 LT) to 1800 UT (0300 LT) and disappeared equatorward at 1800-1900 UT (0300-0400 LT) in the field of view. The ionograms at Darwin and Yamagawa (20 km north of Sata) show strong spread-F signatures at ~16-21 UT. At Darwin, the F-layer virtual height suddenly increased from ~200 km to ~260 km at the time of bubble disappearance. However a similar F-layer height increase was not observed over the conjugate point at Yamagawa, indicating that this F-layer rise was caused not by an eastward electric field but by enhancement of the equatorward thermospheric wind over Darwin. We think that this enhancement of the equatorward neutral wind was caused by an equatorward-propagating large-scale traveling ionospheric disturbance, which was identified in the north-south keogram of 630-nm airglow images. We suggest that either F-region dynamo or polarization electric field associated with this equatorward neutral wind drive plasma drift across the magnetic field line to cause the observed bubble disappearance.

国際宇宙ステーションからの630nm大気光観測による赤道域電離圏擾乱の研究

山田 貴宣 [1]; 大塚 雄一 [1]; 坂野井 健 [2]; 山崎 敦 [3]; 齊藤 昭則 [4]; 秋谷 祐亮 [4]
[1] 名大 STE 研; [2] 東北大・理; [3] JAXA・宇宙研; [4] 京都大・理・地球物理

A study of equatorial ionospheric disturbances by 630-nm airglow imaging observations from the International Space Station

Takanori Yamada[1]; Yuichi Otsuka[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Atsushi Yamazaki[3]; Akinori Saito[4]; Yusuke Akiya[4]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

In order to disclose global distribution of the upper atmosphere, Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping mission (IMAP) on the International Space Station (ISS) started on October 2012. In this study, we analyzed 630-nm airglow images observed during a period from September 5, 2012 to August 28, 2013 by VISI (Visible and Infrared Spectral Imager), mounted on ISS to reveal the longitudinal characteristics of the equatorial ionosphere disturbances. We examined the seasonal and longitudinal characteristics of the occurrence of the plasma bubbles, and found occurrence rate of the plasma bubbles is high in spring and autumn equinoxes, especially at African longitudinal sector. This result is consistent with previous studies. Furthermore, we measured zonal distances between the plasma bubbles and examined its longitudinal characteristics. We found that plasma bubble intervals depend on longitude and that most of intervals are 100-200 km at 0-90° E longitudinal sector and 200-300 km at 225-360° E longitudinal sector. In this study, we also examine longitudinal and day-to-day variations in location, intensity and north-south asymmetry of the equatorial anomaly.

赤道域電離圏において発生する特徴的な現象として赤道異常とプラズマバブルが挙げられる。赤道異常は日々の変化が非常に大きく、その状態を予測するのは難しい現象である。プラズマバブルはレーリー・テラー不安定によって起こると考えられているが、プラズマバブル発生の日々変化を決定する要因については未解明である。これらの電離圏擾乱現象のさらなる研究のためには、グローバル分布の観測が必要不可欠である。しかし、従来の観測方法では擾乱現象のグローバル分布を観測するのは困難である。そのような背景から、2012年10月から宇宙ステーションによる超高層大気撮像観測ミッションにより、630nm大気光の天底イメージング観測が行われている。本研究では、国際宇宙ステーションに搭載されている可視近赤外分光撮像装置による630nm大気光観測データを用いて、プラズマバブル発生頻度の季節・経度特性を調べた。2012年9月5日から2013年8月28日までの630nm大気光データを解析した結果、プラズマバブルの発生頻度の季節・経度特性は、アフリカの経度域の春秋に比較的大きいことが明らかになった。この結果は、過去の研究結果とよく一致している。さらに、プラズマバブルの東西方向の間隔を調べたところ、プラズマバブルの間隔は、経度変化をもち、経度0度~90度では100-200km、225度~360度の経度域では200-300kmの間隔が多いという結果が得られた。本研究ではさらに、赤道異常による630nm大気増光の極大値と、その極大値が起こる緯度、極大値の南北非対称性の日々変化を調べ、その経度変化を議論する。

ISS-IMAP 観測におけるプラズマバブル発生頻度の季節-経度依存性

高橋 明 [1]; 中田 裕之 [2]; 齊藤 昭則 [3]

[1] 千葉大・工・電気電子; [2] 千葉大・工; [3] 京都大・理・地球物理

Seasonal-longitudinal dependence of the occurrence of equatorial plasma bubbles observed by ISS-IMAP

Akira Takahashi[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Akinori Saito[3]

[1] Artificial Systems Science, Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

Equatorial plasma bubbles (EPBs) are local depletions of the electron density in the ionosphere. Ionospheric irregularities are included in EPBs and cause scintillation on wide-band radio waves.

The occurrence of EPBs depend on many geophysical parameters, such as ionospheric electron density, eastward electric field, the magnetic field, and so on. In order to explain longitudinal dependence of the occurrence of EPBs, the observations by many instruments are very important. In this study, therefore, we examined seasonal-longitudinal dependence of the occurrence of EPBs using airglow images obtained by Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping on board International Space Station (ISS-IMAP). Since the depletion of electron density is associated with EPBs, EPBs are visualized as black lines in 630-nm airglow images. The occurrence rate of EPBs is calculated by the number of EPBs over the observation time.

The occurrence rate determined by ISS-IMAP data is high at the African-Atlantic-American regions in the equinoctial seasons, which is consistent with that determined by Burke et al. [2004], in which EPBs are detected using plasma density data on DMSP satellite. In addition it is very high at American-Pacific regions in summer, which is not the same as Burke et al. The altitudes of observation regions are different each other. The altitude of DMSP is 840 km, which is higher than the observation altitude of ISS-IMAP, that is about 250 km. Therefore, the difference of observation altitude might cause that of occurrence rate. Estimating altitude of EPBs at geomagnetic equator, the altitudes of EPBs at American-Pacific regions in summer range 500-1000 km. This does not imply that EPBs occurred around American-Pacific sector in summer are peculiar.

In presentation, we will present the effect of other parameters, such as the density, solar activity.

プラズマバブル（以下、EPB）とは、赤道域電離圏において局所的に電子密度の低い領域が発生する現象で、EPB 内部に含まれる電子密度不規則構造は幅広い帯域の電波にシンチレーションを引き起こす。その発生には多くのパラメータによる依存性が確認されており、特に経度依存性については、海洋上の電離圏観測が不十分であることも原因で観測的事実に対する理論的な説明がされていない点も多い。本研究では、国際宇宙ステーション「きぼう」での大気光撮像ミッション ISS-IMAP の観測データを用いて、EPB 発生頻度の季節-経度分布を求めた。

EPB は波長 630 nm の大気光画像において筋状の低発光領域として観測される。これを目視によって検出し、EPB 発生イベントの抽出を行った。算出された発生頻度分布は、春期、秋期にはほぼ全経度において EPB が観測されており、アフリカ-アメリカ東海岸において特に高い発生頻度を示した。これらは、DMSP 衛星により EPB の分布を導出した Burke et al.[2004] と同様の結果である。一方、本研究では、夏期の太平洋-アメリカ東海岸地域において非常に高い発生頻度分布が得られた。これは、Burke et al. とは明らかに異なる傾向である。Burke et al. では DMSP 衛星の密度観測データより EPB を検出しているが、DMSP 衛星は高度 800 km に位置しており、ISS-IMAP により観測される高度（約 250 km）に比べかなり高高度である。ISS-IMAP では低高度に存在する EPB を検出したことにより発生頻度分布に差が生じたと考えられる。

そこで、ISS-IMAP によるプラズマバブル観測位置から、磁気赤道における到達高度の推定を行った。上記の季節、経度領域において発生した EPB の到達高度はいずれも 500-1000 km で、他の季節、経度と同様であることが確認された。従って、夏期の太平洋-アメリカ東海岸地域における EPB は特異なものではないと考えられる。

本発表では、以上の結果について報告を行う。

大気光不連続の三次元空間構造推定

佐藤 大仁 [1]; 齊藤 昭則 [2]; 秋谷 祐亮 [2]; 穂積 裕太 [2]
[1] 京大・理・地球; [2] 京都大・理・地球物理

An assumption of a three-dimensional structure of an airglow discontinuity

Masato Sato[1]; Akinori Saito[2]; Yusuke Akiya[2]; Yuta Hozumi[2]
[1] Earth and Planetary Sciences, Kyoto Univ.; [2] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

A three-dimensional structure of an airglow discontinuity is revealed using pictures taken by an astronaut from International Space Station (ISS). There are airglow layers over earth's rim on pictures taken by an astronaut with a digital camera Nikon D3s at night. Because these pictures are at optical wavelengths, Na589nm and OI557.7nm emissions, which are about 90km altitudes, seem to be dominant on these pictures. A discontinuity on airglow layers is observed on pictures taken on 16 October 2011. A three-dimensional structure of the discontinuity can be assumed because it was observed from various angles during observing time 4m24s. As a result, we assumed that the structure is caused by line splitting two emission layers, Na and OI. It is also assumed that it extends over 700km almost in the east-west direction. Mesospheric bore is observed as an airglow discontinuity by terrestrial observation of airglow, but the discontinuity observed this time and bore have both similarities and differences. In this presentation, the three-dimensional structure of the discontinuity will be reported and its generative mechanism will be argued on the viewpoint of differences between the discontinuity and bore.

国際宇宙ステーション (ISS) からの宇宙飛行士による撮像画像を用いて大気光不連続の三次元空間構造を明らかにした。宇宙飛行士によるデジタルカメラ (Nikon D3s) を用いた夜間撮像には地球リム上に大気光層が写っている。可視光による撮像である為、これらは、高度 90km 付近に存在する Na589nm と OI557.7nm の大気光が支配的であると考えられる。2011 年 10 月 16 日の撮像では大気光層に不連続構造が観測された。4 分 24 秒間の観測によって不連続構造を様々な角度から撮影されていたため、三次元空間構造の推定を行うことが出来た。その結果、不連続構造は Na と OI の二つの大気光発光層が上下に分かれることによるものであることがわかった。また、不連続構造はほぼ東西方向に広がっており、700km 以上にわたっていることがわかった。地上からの大気光観測では中間圏ポアとして不連続構造が観測されているが、今回の不連続構造は中間圏ポアと共通する性質と、一致しない性質を持つ事が明らかとなった。講演では、観測された中間圏大気光不連続構造の空間的構造を報告し、そのポアとの相違点から、生成機構についての議論を行なう。

Midnight Brightness Wave に伴う低緯度電離圏・熱圏の磁気共役点観測

福島 大祐 [1]; 塩川 和夫 [1]; 大塚 雄一 [1]; 久保田 実 [2]; 横山 竜宏 [2]; 西岡 未知 [2]; Komonjinda Siramas[3]; Yatini Clara[4]

[1] 名大 STE 研; [2] 情報通信研究機構; [3] チェンマイ大学; [4] ラパン

Geomagnetically conjugate observations of ionospheric/thermospheric variations during a midnight brightness wave at low latitudes

Daisuke Fukushima[1]; Kazuo Shiokawa[1]; Yuichi Otsuka[1]; Minoru Kubota[2]; Tatsuhiro Yokoyama[2]; Michi Nishioka[2]; Siramas Komonjinda[3]; Clara Yatini[4]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] NICT; [3] Chiang Mai Univ.; [4] LAPAN, Indonesia

A midnight brightness wave (MBW) is the phenomenon that the OI (630-nm) airglow enhancement propagates poleward once at around the local midnight. In this study, we first conducted geomagnetically conjugate observations of 630-nm airglow for an MBW at conjugate stations. An airglow enhancement which is considered to be an MBW was observed in the 630-nm airglow images at Kototabang, Indonesia (geomagnetic latitude (MLAT): 10.0S) at around local midnight from 1540 to 1730 UT (from 2240 to 2430 LT) on 7 February 2011. This MBW was propagating south-southwestward, which is geomagnetically poleward, with a velocity of 290 m/s. However, similar wave was not observed in the 630-nm airglow images at Chiang Mai, Thailand (MLAT: 8.9N), which is close to being conjugate point of Kototabang. This result indicates that the MBW does not have geomagnetic conjugacy. We simultaneously observed thermospheric neutral winds observed by a co-located Fabry-Perot interferometer at Kototabang. The observed meridional winds turned from northward (geomagnetically equatorward) to southward (geomagnetically poleward) just before the MBW was observed. The bottomside ionospheric heights observed by ionosondes decreased for 100 km at Kototabang and increased for 30 km at Chiang Mai simultaneously with the MBW passage. In the presentation, we discuss the MBW generation by the observed poleward neutral winds at Kototabang, and the cause of the coinciding small height increase at Chiang Mai by the polarization electric field inside the observed MBW at Kototabang.

Midnight Brightness Wave (MBW) は、高度 200-300km の電離圏に存在する OI 大気光 (波長 630nm) の画像中に観測され、真夜中付近の時間帯において大気光増光が極向きに一度伝搬する現象である。本研究では、低緯度の MBW とそれに伴う電離圏・熱圏の変動についての磁気共役点観測を行った結果について報告する。MBW の磁気共役点観測は本研究が初めてである。私たちは、2011 年 2 月 7 日、1540 1730UT (2240 2430LT) に、インドネシア・コトタバン (磁気緯度: 10.0S) において撮像された 630nm 大気光画像中に MBW と考えられる大気光増光を観測した。この MBW は南南西 (極向き) に約 290m/s の速度で伝搬していた。しかし、コトタバンの磁気共役点であるタイ・チェンマイ (磁気緯度: 8.9N) の大気光画像中には同様の大気光増光は観測されておらず、MBW に磁気共役性がないことが初めてわかった。またコトタバンでは、ファブリ・ペロー干渉計による熱圏中性風の観測が行われており、MBW が観測される直前に南北風速が北向き (赤道向き) から南向き (極向き) に転じていた。さらに、コトタバンで MBW が観測された時間帯と同じ時間帯において、イオノゾンデで観測された電離圏の高度はコトタバンでは約 100km 下降、磁気共役点のチェンマイでは約 30km 上昇していた。本講演では、コトタバンで観測された極向き中性風による MBW の発生と、MBW 内部の分極電場によるチェンマイでの電離圏高度上昇の可能性について議論する。

電波・光学の同時観測による中緯度MSTIDの分極電場

箕浦 武 [1]; 塩川 和夫 [2]; 鈴木 臣 [3]; 大塚 雄一 [2]; 西谷 望 [4]; 細川 敬祐 [5]
[1] 名大 STE 研; [2] 名大 STE 研; [3] 名大 STEL; [4] 名大 STE 研; [5] 電通大

Polarization electric field in MSTIDs estimated from simultaneous radio and optical measurements over midlatitudes

Takeshi Minoura[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Shin Suzuki[3]; Yuichi Otsuka[2]; Nozomu Nishitani[4]; Keisuke Hosokawa[5]
[1] none; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] STELAB, Nagoya Univ.; [5] UEC

Medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs), which typically have a horizontal scale of 100-500 km and a period of ~1 h, are observed in the F region ionosphere at middle latitudes. To date, quite a few observations of MSTIDs in nighttime have been carried out especially in the middle latitudes; they predominantly had a northwest-southeast frontal structure and propagated southwestward in the northern hemisphere. Recently, several numerical studies reported that the ionospheric E-F coupling processes through the polarization electric field play a key role for the generation and propagation mechanism of MSTIDs. However, the observational evidence for that is still limited. In this study, based on the coordinated airglow and SuperDARN measurements from Jan. 2010 to Jun. 2014, we investigated statistical characteristics of nighttime MSTIDs especially the polarization electric field embedded in the MSTIDs. The SuperDARN Hokkaido HF radar has been installed at Rikubetsu (43.5N, 143.6E), Japan, and an OI 630-nm airglow imager has been operated at Paratunka (53.0N, 158.2E), Russia, within the radar field of view.

We found 6 conjugate events of MSTIDs in the simultaneous measurements: Doppler velocities of field aligned irregularities (FAI) echoes observed by SuperDARN showed systematic polarity changes which were consistent with airglow intensity variations. The MSTIDs propagated southwestward and had amplitudes in the airglow intensity of 10-15%, while line-of-sight Doppler velocities amplitudes of 70-100 m/s were detected by SuperDARN. Assuming polarization electric field is perpendicular to wavefronts of MSTIDs, these measurements yielded polarization electric fields of 4.5-8.5 mV/m. Our result also suggests importance of the E-F coupling via MSTID-related polarization electric field, because the above estimation requires quite large effective field ($\mathbf{E}_0 + \mathbf{u} \times \mathbf{B}$) and seems to be improbable at midlatitudes considering the continuity of the electric current in the F region alone.

中規模伝搬性電離圏擾乱の地上磁場変動の同定

下野 陽一 [1]; 河野 英昭 [2]; 津川 卓也 [3]; 西岡 未知 [3]; 塩川 和夫 [4]; 大塚 雄一 [4]; 魚住 禎司 [5]; 阿部 修司 [6]; 吉川 顕正 [7]; MAGDAS/CPMN グループ 吉川 顕正 [8]

[1] 九大・理・地惑; [2] 九大・理・地球惑星; [3] 情報通信研究機構; [4] 名大 STE 研; [5] 九大・イクセイ; [6] 九大・ICSWSE; [7] なし; [8] -

Toward identifying ground magnetic perturbations associated with MSTIDs

Yoichi Shimono[1]; Hideaki Kawano[2]; Takuya Tsugawa[3]; Michi Nishioka[3]; Kazuo Shiokawa[4]; Yuichi Otsuka[4]; Teiji Uozumi[5]; Shuji Abe[6]; Akimasa Yoshikawa[7]; Akimasa Yoshikawa MAGDAS/CPMN Group[8]

[1] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ; [2] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [3] NICT; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] ICSWSE, Kyushu Univ.; [6] ICSWSE, Kyushu Univ.; [7] ICSWSE/Kyushu-u; [8] -

The occurrence rate of MSTIDs at night is the largest in summer. The mechanism of daytime MSTIDs is now clarified, while the mechanism of the nighttime MSTIDs has not been completely understood yet. In 1960s, some studies suggested that nighttime MSTIDs are generated by atmospheric gravity waves and/or the auroral activity. In recent years, they have been thought to be created by plasma instability in the ionosphere [Yokoyama et al., 2009]. Most of MSTIDs occurring over Japan at night propagate southwestward, and its typical wavelength, velocity, period, and amplitude are 100-300km, 50-100m/s, 0.5-1.5h, and 5-15% [Shiokawa et al., 2003].

The variations of the electric field and the magnetic field associated with MSTIDs in the ionosphere have been analyzed by a lot of methods [e.g., Saito et al., 1995; Park et al., 2009], but the variation of the ground magnetic field generated by the currents associated with MSTIDs has not been studied in detail yet.

In this study, we performed cross correlation analyses of many ground magnetometers' data and vTEC timeseries data [obtained from NICT GPS-TEC database] at the magnetometer sites in order to identify the MSTID-associated ground magnetic variations and study their characteristics. To be specific, we first equalized the sampling times of the magnetometer and vTEC data; because the original sampling time is one second (thirty seconds) for the magnetometer data (vTEC), we took averages of every thirty datapoints of the magnetometer data. Next we applied FFT to the timeseries data of vTEC, determined the half-width frequency range, and applied a bandpass filter with that frequency range to both the vTEC and the magnetometer data.

As an example, we calculated the cross-correlation function of ground magnetometer and vTEC data at TNO station. We did the same for ONW and ITA, too. As a result, the obtained phase difference was 66.9, 17.9 and 94.5 degrees for TNO, ONW, and ITA, and their standard deviation was 38.8 degree, a comparatively small value.

On the presentation day, I will present the results of the statistical analysis of many more events.

日本上空で夜間に発生する MSTID は夏に出現率が最大となる。昼間に発生する MSTID はそのメカニズムが解明されているが、夜間に発生する MSTID については完全には解明されていない。1960 年代には、下方から上方へと伝わる大気重力波の影響と考えられてきたり、オーロラの活動に伴って発生すると考えられたりしてきた。近年では電離層におけるプラズマ不安定が成因と考えられている [Yokoyama et al., 2009]。日本上空で夜間に発生する MSTID の大部分は南西方向へと伝搬していき、その典型的な波長、速度、周期、振幅はそれぞれ 100-300km、50-100m/s、0.5-1.5h、5-15% である [Shiokawa et al., 2003]。

MSTID に伴って発生する電離圏での磁場や電場の変動についてはこれまでに様々な解析がなされてきたが [e.g., Saito et al., 1995; Park et al., 2009]、MSTID に伴って発生する電流が地上に作る磁場変動は現在まであまり調べられていない。

そこで本研究ではこの地上磁場変動を同定しその特徴を調べるために、地上多点の磁場データと磁場観測点における vTEC の時系列データ [NICT GPS-TEC データベースより取得] との相互相関解析を行った。まず TEC の時系列データに FFT を適用して周波数範囲を決めて (半値幅=43.7-58.3[分])、その範囲でバンドパスフィルターをかけた。また、TEC の時系列データは 30 秒値であるのに対し、地上磁場データは 1 秒値であるので、30 秒毎の平均をとり、30 秒値に変換した。

サンプルとしてまず 3 例のイベントで 3 観測点 (遠野、女川、飯館) にて相互相関関数解析した結果、2009 年 8 月 13 日に発生したイベントで MSTID が地上で磁場を作っていると解釈できる結果が得られた。すなわち、遠野、女川、飯館それぞれの観測点における磁場変動の、vTEC データに対する正の方向のタイムラグはそれぞれ、61.0 分、54.0 分、13.5 分で、これらの値を位相差 (度) に換算するとそれぞれ 66.9、17.9、94.5 で、その標準偏差が 38.8 という比較的小さい値であった。ちなみに、バンドパスフィルターをかけた vTEC (磁場) データの最大振幅は遠野、女川、飯館でそれぞれ 0.22、0.25、0.20 [TECU] (0.22、0.25、0.14 [nT]) であった。また、バンドパスフィルターをかけた vTEC (磁場) データのパワー最大周期は遠野、女川、飯館でそれぞれ 51.4、51.4、51.4 [分] (51.4、51.4、45.0 [分]) であった。

発表当日は、より多くのイベントを統計解析した結果を発表する。

CHAMP 衛星で観測された MSTID に伴う電離圏 F 層上部の電子密度変動

鈴木 臣 [1]; Park Jaeheung[2]; 大塚 雄一 [3]; 塩川 和夫 [3]; Liu Huixin[4]; Luehr Hermann[5]
[1] 名大 STEL; [2] GFZ; [3] 名大 STE 研; [4] 九大・理・地惑; [5] GeoForschungsZentrum Potsdam

CHAMP measurements of plasma density fluctuations in the top-side ionospheric F-region associated with MSTIDs

Shin Suzuki[1]; Jaeheung Park[2]; Yuichi Otsuka[3]; Kazuo Shiokawa[3]; Huixin Liu[4]; Hermann Luehr[5]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] GFZ; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] None; [5] GeoForschungsZentrum Potsdam

Medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) are a well-known wavy phenomenon in the F-region ionosphere. They typically have a horizontal wavelength of several hundred kilometers and a periodicity of about one hour. Although, the MSTIDs had been considered to be caused by atmospheric gravity waves propagating upward from the lower atmosphere, recent studies have suggested that the generation of the MSTID in nighttime is highly associated with coupling processes between the E- and F-region electrodynamics. To confirm the different processes in the MSTID generation in daytime and nighttime, CHAMP satellite measurements would be greatly helpful; CHAMP plasma and neutral density data obtained in the day- and night-side sector can monitor the phase relations between the neutral (i.e., atmospheric gravity wave) and ionospheric plasma perturbations associated with the MSTIDs simultaneously at the top-side F-region (approximately 400 km).

As the first step in the above-mentioned study, we compared the MSTID signatures between the CHAMP and ground-based 630-nm airglow measurements to validate the MSTID detection by CHAMP. Airglow imaging is a quite useful technique to investigate two-dimensional structure of the nighttime MSTIDs at the bottom-side F-region (approximately 250 km). We found clear 14 conjugate events of MSTIDs in which CHAMP passes down to the airglow height along the magnetic field were in the field-of-views of the airglow measurements. In most case, plasma density in the top-side ionosphere showed systematic polarity changes which were consistent with airglow intensity variations: plasma density enhancements (depletions) coincided with the airglow depletion (enhancement) regions, suggesting that plasma density fluctuation of MSTIDs induced by the polarization electric field is extended up to the top-side.

In this presentation, we will also discuss the primary results showing the day- and night-time differences of MSTID in the top-side ionosphere obtained from the CHAMP plasma and neutral densities.

高感度全天イメージャによって観測された高緯度昼間側 MSTID の特性

内海 俊人 [1]; 細川 敬祐 [1]; 田口 聡 [2]; 小川 泰信 [3]
[1] 電通大; [2] 京大理; [3] 極地研

High-latitude daytime MSTIDs observed by an all-sky airglow imager in Svalbard

Shunto Utsumi[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Satoshi Taguchi[2]; Yasunobu Ogawa[3]
[1] UEC; [2] Grad school of Science, Kyoto Univ.; [3] NIPR

We have studied medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) in the high-latitude daytime sector by using a highly sensitive all-sky airglow imager at Longyearbyen, Svalbard. We have found two MSTID events, during which the IMF B_z was ~ 0 and the auroral oval was located above 78 MLAT. In such a condition, clear airglow signatures of MSTID were detected in the equatorward side of the auroral oval. On November 28, 2011, the MSTIDs appeared at 0925 UT (~ 1230 MLT) as wave-like structures with a horizontal wavelength of about 125 km and they propagated west-southwestward with a speed of about 155 m/s. On December 2, 2013, the MSTIDs appeared at 0820 UT (~ 1130 MLT) as wave-like structures with a horizontal wavelength of about 125 km and they propagated westward with a speed of about 143 m/s. By comparing the observed characteristics of these high-latitude daytime MSTIDs with those of MSTIDs in other locations, we discuss their generation mechanism in detail.

中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID) は、中緯度においては昼夜を問わず頻繁に観測され、大気重力波やパーキンス不安定による縞状構造の励起過程が研究されてきている。近年、高緯度においても、夜半前の時間帯を中心にいくつかの観測例が報告され、伝搬方向などの基本的な性質が明らかになりつつある。しかし、オーロラ帯に近い高緯度の昼間側の領域については、観測条件の制約などもあって、ほとんど報告例がない。本研究は、ノルウェー北部ロングイアビエンに設置されている高感度全天大気光イメージャによって得られた 630 nm 大気光データを用いて、昼間側高緯度域における MSTID を捉え、その性質と生成機構を明らかにすることを目的としている。2011 年 10 月から 2013 年 2 月までの 2 シーズンの観測から、昼間側セクターにおいて 2 例のイベントを同定した。いずれの例においても、惑星間空間磁場の B_z 成分はゼロ付近で極めて安定していた。このため、オーロラオーバルは磁気緯度 78 度付近まで縮退しており、数時間にわたってロングイアビエン上空において MSTID に伴う微弱な大気光変動の観測が可能になっていた。そのようなオーロラオーバルの低緯度側領域において、50 分から 1 時間にわたって、MSTID と考えられる波状構造が観測された。2011 年 11 月 28 日のイベントでは、0925 UT (~ 1230 MLT) 頃より磁気緯度 74 度から 77 度の間にはっきりとした縞状構造が存在しており、西南西の方向に伝搬していることが分かった。その伝搬速度は 155 m/s で、波長はおよそ 125 km であった。また、2013 年 12 月 2 日のイベントでは、0820 UT (~ 1130 MLT) 頃より磁気緯度 73 度から 77 度の間にはっきりとした縞状構造が存在しており、西方向に伝搬していることが分かった。その伝搬速度はおよそ 143 m/s で、波長はおよそ 125 km であった。伝搬方向が、昼間側中緯度域の MSTID に特徴的である赤道方向から大きく外れ、西方向へ大きく偏っていることから、今回観測された MSTID は大気重力波ではなく、パーキンス不安定などのプラズマ不安定によって形成されていると予想される。発表では、MSTID 近傍の電場、電流などの観測を組み合わせることによって、プラズマ不安定による縞状構造生成の妥当性を検討した結果を報告する予定である。

アラスカのGPS観測網を用いたMSTIDの統計的研究及びそのオーロラ活動との関係

溝口 拓弥 [1]; 大塚 雄一 [2]; 塩川 和夫 [2]; 津川 卓也 [3]; 西岡 未知 [3]
[1] 名大 STE 研; [2] 名大 STE 研; [3] 情報通信研究機構

Statistical study of MSTID using a GPS network in Alaska and its relation to the auroral activity

Takuya Mizoguchi[1]; Yuichi Otsuka[2]; Kazuo Shiokawa[2]; Takuya Tsugawa[3]; Michi Nishioka[3]
[1] STEL, Nagoya Univ; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] NICT

In this study, characteristics of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs) over Alaska have been revealed for the first time, by using two-dimensional maps of the Total Electron content (TEC) obtained from GPS receiver networks in Alaska. From the Statistical analysis of the TEC maps in 2012, we have found that the following characteristics.

1. MSTIDs over Alaska frequently occur in winter from 8 to 20 LT. Maximum occurrence rate of the MSTIDs in monthly and hourly bins approximately exceeds 50%. This characteristic is consistent with that of MSTIDs in mid-latitudes.

2. Propagation direction of MSTIDs is dominantly southward or southeastward from 8 to 14 LT and southwestward from 14 to 20 LT. Former is consistent with MSTIDs at mid-latitudes and could be caused by atmospheric gravity waves. Latter is consistent with MSTIDs observed with all-sky airglow imager in Alaska.

The second result suggests that relationship between MSTIDs and Auroral activity. We compared the MSTID occurrence rate and Rate of TEC Index (ROTI) which calculated from TEC data, auroral electrojet (AE) index, and geomagnetic variation in Alaska to investigate relationship between MSTIDs and Auroral activity. We have found that high occurrence rate of ROTI is around midnight. ROTI has strong dependence on time variation rather than seasonal variation. Also, large disturbance of AE index and geomagnetic activity frequently occurs around midnight. Therefore, there is no clear relationship between the occurrence rate of MSTID and the large variation of these indicators. As a result of this study, we speculate another mechanism might be operated for the occurrence of MSTID over Alaska (at high-latitudes).

本研究では、アラスカ上空における中規模伝搬性電離圏擾乱 (Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances ; MSTID) の統計的性質を、GPS 受信機網によって得られた全電子数 (Total Electron content ; TEC) の水平二次元分布図を用いることで、初めて明らかにした。2012年1年間におけるアラスカ上空のMSTIDの統計解析から明らかになったことを以下に示す。

1. アラスカ上空におけるMSTIDは冬季(11月~2月)の昼間(8~20時LT)に発生頻度が高く、最大で50%程度の発生頻度であった。このように、冬季に昼間のMSTIDの発生頻度が高いという特徴は、中緯度地域における昼間のMSTIDの特徴と一致するものであった。

2. アラスカ上空におけるMSTIDの伝搬方向は、8時から14時程度まで南か南東方向が支配的であり、14時から20時程度まで南西方向が支配的であることが分かった。南、南東方向への伝播は、中緯度地域における昼間のMSTIDと一致するものであり、大気重力波がMSTIDの成因であると考えられる。また、南西方向への伝播は、アラスカにおける大気光観測による先行研究の統計結果と一致するものであった。

引き続き本研究では、アラスカにおける大気光観測による先行研究によって示唆されている、MSTIDとオーロラ活動の相関関係について調べるため、GPS全電子数データから計算されるROTI(Rate of TEC Index)、及びAE(Auroral Electrojet)指数とアラスカの地磁気データを用いて、それぞれの発生頻度の比較を行った。ROTIは、0時頃を中心として2時間程度の幅で発生頻度が高いことが分かった。季節による変化はほとんど見られず、時間による変化が大きいことが明らかになった。また、AE指数とアラスカの地磁気活動についても、0時頃を中心として2時間程度大きな擾乱の発生頻度が高くなっていることが分かった。すなわち、MSTIDの発生の有無とこれらの指標の大きな変動の有無に相関があるとは言えない結果となった。本研究の結果は、高緯度におけるMSTIDの発生には別のメカニズムが関連している可能性を示唆する。

オーロラ発光とGPSシンチレーションの関連性

三井 俊平 [1]; 細川 敬祐 [1]; 大塚 雄一 [2]; 小川 泰信 [3]; 西岡 未知 [4]
[1] 電通大; [2] 名大 STE 研; [3] 極地研; [4] 情報通信研究機構

Correlation between intensity of auroral emission and GPS scintillation

Shumpei Mitsui[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Yuichi Otsuka[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Michi Nishioka[4]
[1] UEC; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] NIPR; [4] NICT

In this paper, we investigate relationship between the intensity of auroral emission and the magnitude of the GPS scintillation indices, by comparing data from an all-sky color digital camera and GPS scintillation monitoring system in Tromsø, Norway (69.60N, 19.20E). First, an interval of successive auroral breakups during a moderate magnetic storm on January 22-23 (Dst index was -80nT) has been studied in detail. The characteristics of GPS scintillations during this storm-time interval can be summarized as follows: 1) intense auroras and resulting phase scintillations were observed almost continuously for 12 hours from 1600 to 0400 UT, 2) storm time reddish auroras were observed and their impact on the phase scintillation was found to be different from that of typical greenish aurora. By using all the optical and GPS data during this interval, we confirmed that there existed a linear correlation between the emission intensity of the reddish aurora and phase scintillation. This result suggests that the ionospheric scintillation caused by the reddish aurora was diffractive, probably due to ionospheric irregularities in the F region. On the other hands, we were not able to confirm similar linear correlation between the emission intensity of the greenish aurora and phase scintillation. This implies that the generation of phase scintillation associated with the greenish aurora includes some nonlinear processes. In the presentation, we report how the characteristics of ionospheric scintillation depend on the nature of aurora (color etc.). Then, we discuss the origin of the nonlinear nature in the correlation between the greenish aurora and the scintillation.

地上で受信される GPS 測位信号に現れる電離圏シンチレーションは、電離圏電子密度の空間的な不規則性による回折性のものと、電子密度の時間的な変動に起因する屈折性のものの2つに大別される。回折性シンチレーションの場合、電離圏電子密度の空間的な不規則構造によって電波の回折が生じ、回折の結果位相が乱れた信号が互いに干渉し合うことにより、地上で受信される信号の振幅と位相にシンチレーションが発生する。一方、屈折性シンチレーションの場合、電離圏電子密度に依存する位相屈折率が時間変化することによって信号の位相が乱れ、結果として位相シンチレーションを引き起こす。本研究では、ノルウェー・トロムソ (69.60N, 19.20E) の欧州非干渉散乱レーダー (EISCAT) サイトに設置されたオーロラ全天カメラと GPS 受信機 (GSV4004B) を用いて、オーロラ発光が電離圏シンチレーションの発生とどのように関連しているかを調べた。特に、位相シンチレーションの指数である Σ_{ϕ} 指数と、オーロラ発光強度の間の相関を明らかにすることを目的としている。

まず、最大 AE 指数が 1000 nT 程度、Dst 指数が -80 nT 程度の中規模磁気嵐中にオーロラ爆発が連続的に発生した 2012 年 1 月 22、23 日のイベントについて詳細な事例解析を行った。このイベントでは、以下に挙げられるような性質を示す電離圏シンチレーションが観測された: 1) 12 時間にわたって活動的なオーロラが現れ、それに伴う位相シンチレーションが断続的に発生した、2) 磁気嵐時に特有の赤色オーロラが現れ、緑色オーロラ発生時とは異なる位相シンチレーションの応答が確認された。このイベントの時間帯について、赤色オーロラ発光強度と位相シンチレーション指数の間の関連性を調べたところ、両者の間には単純な線形相関が存在することが分かった。このことは、時間変化の少ない赤色オーロラが、それに伴う電子密度の不規則構造を介して、回折性の電離圏シンチレーションを引き起こしていることを示唆している。一方、緑色オーロラ発光強度と位相シンチレーション指数の間の関連性を調べたところ、両者の間に単純な線形的な相関は見られなかった。これは、時間変動の激しい緑色オーロラによる電離圏シンチレーションの生成プロセスには、何らかの非線形過程が含まれていることを示唆している。発表では、赤色、緑色オーロラに伴って発生する電離圏シンチレーションの違いについて報告し、双方のケースについて、シンチレーション発生の物理的メカニズムに関する考察を行う。特に、緑色オーロラの発光強度とシンチレーション指数の相関に見られた非線形性について、その原因を議論する。

全天イメージャと非干渉散乱レーダーを用いた2つのタイプの極冠オーロラの比較

井上 恵一 [1]; 細川 敬祐 [1]; 塩川 和夫 [2]; 大塚 雄一 [2]
[1] 電通大; [2] 名大 STE 研

Comparison of two types of polar cap aurora: Simultaneous observations with ASI and ISR at Resolute Bay, Canada

Keiichi Inoue[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Yuichi Otsuka[2]
[1] UEC; [2] STEL, Nagoya Univ.

Polar cap auroras often appear in the polar cap region during the northward IMF conditions. In general, the polar cap is defined as a region of open magnetic field lines; thus, the polar cap aurora should be a phenomenon which originates from the magnetospheric lobe or solar wind. In this study, however, the term “polar cap aurora” is simply used as auroral features which appear at the polar cap latitudes. In the past studies, polar cap auroras have been roughly classified into the following two types. The one type is a single isolated arc showing relatively small time variation. This type of arc has a structure extending towards the sun and then is sometimes called as sun-aligned arc. Such quiet polar cap arcs are known to move in the dawn-dusk direction depending on the sign of the IMF By. Another type of polar cap aurora is composed of multiple arcs propagating poleward intermittently. This type of polar cap aurora is mostly observed in the dawnside polar cap. The source regions and generation mechanisms of these two types of polar cap aurora have not been revealed so far. In particular, for the latter type, its generation mechanism has not been understood at all mainly due to limitations in the time resolution of the radio and optical observations. To answer these questions, we need to directly compare the electromagnetic structure in the vicinity of these two types of arcs. In this study, we have carried out simultaneous observations of polar cap aurora by combining data from an all-sky airglow imager (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers: OMTIs) with those from incoherent scatter radar (Resolute Bay Incoherent Scatter Radar: RISR) at Resolute bay, Canada. Then, we investigated temporal evolution of the parameters of plasma in the vicinity of the arcs. Especially, we clarified the differences between an isolated single arc on the dusk side and multiple arcs propagating poleward on the dawn side.

On January 6, 2013, polar cap auroras were observed at Resolute Bay during two intervals: 0820-1120 UT and 1300-1500 UT. The arc observed during 0820-1120 UT corresponds to the isolated arc on the dusk side. The optical intensity of the 630.0 nm emission from the arcs was about 300-500 R. The line-of-sight (LOS) ion velocity changed rapidly from 70 m/s to -540 m/s when the arc passed through the field-of-view (FOV) of RISR. This variation in the LOS velocity corresponds to a shear structure in the background ionospheric convection surrounding the arc. During the passage of the arc, the electron density at an altitude of 200 km increased from $10^{9.5}$ to $10^{11.1} \text{ m}^{-3}$. The IMF By was stable at about 4 nT. The arcs observed during 1300-1500 UT correspond to the poleward-propagating multiple arcs on the dawn side. The 630.0 nm emission intensity was about 500-700 R, which was relatively higher than that of the arc on the duskside. The LOS ion velocity changed from 760 m/s to -100 m/s when the arc passed through the FOV of RISR. The electron density at an altitude of 200 km increased from $10^{9.4}$ to $10^{10.8} \text{ m}^{-3}$ in response to the passage of the arcs. The electron and ion temperatures increased up to 1800 K and 2500 K, respectively.

For both the case of the polar cap arcs, an abrupt change was identified in the LOS ion velocity when the arcs passed through the FOV of RISR. This corresponds to the shear in the background convection closely associated with the arcs. Now we are trying to compute the 2D distribution of the convection by using the data from beams pointing toward 11 different directions. By examining the flow pattern in the vicinity of the arcs, we will discuss the differences in the electromagnetic structure between the two types of polar cap aurora.

極冠オーロラ (Polar Cap Aurora) は、惑星間空間磁場 (IMF) が北向きのときに、磁気緯度 75 度以上の極冠域で頻繁に観測される現象である。一般に、極冠域は開いた磁力線の領域として定義されるため、本来、極冠オーロラは太陽風もしくは磁気圏ローブ領域にその起源を持つものを指す言葉であるが、ここでは極冠の緯度に現れるオーロラを広く示すものとして用いている。極冠オーロラは、過去の研究から、大きく以下の2つのタイプに分類されることが知られている。1つは、孤立した状態で現れる比較的長時間変化の少ないアークで、太陽方向に伸びた構造をしており、Sun-aligned arc とも呼ばれるものである。この種のオーロラは朝夕方向にゆっくりと移動することが知られており、その移動方向は IMF By の正負に依存することが統計的に示されている。もう1つは、複数のアークが極方向に間欠的に伝搬する時間変化の激しいタイプである。この種の極冠オーロラは、朝側の地方時で観測されることが多いが、観測機器の時間分解能の限界のために、未だに解明されていない部分が多い。これらの2つのタイプの極冠オーロラは、発生の物理メカニズムやソース領域が異なることが予想されるが、特に後者のタイプについて、その起源が明らかになっていない。これは、2つのタイプの極冠オーロラについて、その近傍の電磁気的な構造を直接的に比較し、相違点を明らかにすることが行われて来なかったことに起因する。本研究では、カナダレゾリュートベイに設置されている全天大気光イメージャ (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers: OMTIs) と非干渉散乱レーダー (Resolute Bay Incoherent Scatter Radar: RISR) による極冠オーロラの同時観測を行い、アーク周辺におけるプラズマのパラメータの時間発展について調べた。特に、極冠の夕方側で孤立型のアークが存在する場合と、朝側で複数のアークが極方向に伝搬するケースについて相違点を明らかにし、それぞれの極冠オーロラの起源を明らかにすることを目的としている。

2013年1月6日に得られた光学・レーダーによる同時観測事例において、0820-1120 UT と 1300-1500 UT に極冠オーロラが観測された。0820-1120 UT に得られた観測事例は、夕方側に孤立型のアークが現れた場合に対応する。オーロラの発光強度は、およそ 300-500 R ほどであった。アークが通過するときにはイオン速度が 70 m/s から -540 m/s まで急激に変化し、オーロラアークに伴う電離圏対流のシア構造が見られた。この時、高度 200 km 付近においては、オーロラの発光に対応して電子密度が $10^{9.5} \text{ m}^{-3}$ から $10^{11.1} \text{ m}^{-3}$ 程度まで上昇していた。また、IMF By は 4 nT 程度の状態が継続していた。1300-1500 UT に得られた観測事例は、朝側で複数のアークが極方向に伝搬する場合に対応する。オーロラの発光強度はおよそ 500-700 R ほどであった。アークが通過するときにはおよそ 760 m/s から -100 m/s へイオン速度の変化が見られた。このときオーロラの発光に対応して高度 200 km 付近では電子密度の $10^{9.4} \text{ m}^{-3}$ から $10^{10.8} \text{ m}^{-3}$ への上昇が見られた。電子温度は 1800 K、イオン温度は 2500 K 程度まで上昇していた。また、IMF By は -5 nT 程度の値を取っていた。どちらのアークの場合も、レーダーの視野を通過する際に、イオン速度に急激な変化が見られることが分かった。これはオーロラアークを作り出す対流のシアに対応するものであるが、今後は、計 11 本のビームのデータを用いて、その空間構造を 2 次的に導出し、両者の相違点を明らかにしていく。発表では、電子密度と対流に見られる違いにポイントを絞り、2 つのタイプの極冠オーロラのソース領域に関する考察を行う予定である。

Generation mechanism of ionospheric/lower-thermospheric variations around substorm onset

Shin-ichiro Oyama[1]; Junichi Kurihara[2]; Takuo Tsuda[3]; Yoshizumi Miyoshi[4]; Kazuo Shiokawa[4]; Brenton J. Watkins[5]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [3] NIPR; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] GI UAF

www.soyama.org

This presentation discusses physical mechanisms to generate ionospheric and lower-thermospheric variations around the substorm onset, in particular, focusing on phenomena in the vicinity of night-side poleward expanding aurora. The ionospheric responses to a substorm onset are among the most widely studied phenomena of space physics because of abrupt changes in the polar ionospheric dynamics. Some previous studies have proposed a general idea of the ionospheric current system. The field-aligned current (FAC) flows upward and downward inside and outside of the arc, respectively. The Pedersen current is induced by the perpendicular electric field, mapped down from the acceleration region in the magnetosphere, between the upward and downward FAC as the ionospheric closure current. The Pedersen current plays an essential role for the energy conversion of plasmas from the kinetic energy to the thermal energy by the Joule- and frictional-heating processes. Therefore the ionospheric temperature is expected to be maximized in the Pedersen-current region. We made a statistical analysis on data from the European Incoherent Scatter (EISCAT) UHF radar, and obtained the consensus of the ion-temperature peak due to enhancements of the perpendicular electric field or the Pedersen current.

Enhancement of the thermal energy of plasmas is coincident with that of neutral particles in a partially-ionized and collision-dominant system such as the thermosphere. One may think that the thermal-energy increase in the thermosphere results in wind accelerations; but this scenario is an outstanding question. Then we made a statistical analysis on data from a Fabry-Perot interferometer (FPI; 557.7 nm) at the Tromsø EISCAT radar site. The statistical analysis showed a clear peak coincident with the ion-temperature peak due to the Joule/frictional heating processes. It is thus concluded that the thermal energy increase due to the Joule/frictional heating process is a trigger of the wind variation.

Lorentz force is also an important term in the ion momentum equation. We discussed its effect on the wind variation using the statistical results from the EISCAT radar and the FPI. The statistical analysis of FPI showed that the horizontal wind velocity changed the direction from southwestward to southward decreasing its magnitude, which means northeastward acceleration. Since presumable directions of the Hall and Pedersen currents around the substorm onset time are westward and southward, respectively, the total ionospheric current is southwestward. Thus at the beginning, $\mathbf{U} \cdot (\mathbf{J} \times \mathbf{B})$, which is equal to $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} - \mathbf{J} \cdot \mathbf{E}'$, was almost zero because the wind velocity is parallel to $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$. It suggests that the whole electromagnetic energy flux ($\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$) originated in the magnetosphere is converted to Joule heating ($\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}'$). However, as changing the wind direction from southwestward to southward with time, $\mathbf{U} \cdot (\mathbf{J} \times \mathbf{B})$ has some positive values, suggesting that $\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$ is also gradually converted to Lorentz force ($\mathbf{J} \times \mathbf{B} / \rho$) [ρ : neutral density] in the ionosphere/thermosphere. Development of the Lorentz-force effect should relate to delay of the momentum transfer from ions to neutral particles by collisions; but quantitatively incomprehensible yet because the development is faster than the expected from the ion-momentum equation.

小型大気光カメラによるポーラーパッチの撮像

細川 敬祐 [1]; 小川 泰信 [2]; 田口 聡 [3]
[1] 電通大; [2] 極地研; [3] 京大理

Imaging of polar cap patches with small airglow cameras

Keisuke Hosokawa[1]; Yasunobu Ogawa[2]; Satoshi Taguchi[3]
[1] UEC; [2] NIPR; [3] Grad school of Science, Kyoto Univ.

In the last two decades, 630.0 nm airglow measurements with cooled CCD cameras have been widely used to observe various kinds of ionospheric phenomena such as plasma bubble and MSTID. Recently, similar airglow observations at high-latitudes have enabled us to visualize the dynamical behavior of polar cap patches, which are regions of high density plasma propagating in the central polar cap region. In this sense, now the all-sky airglow measurement is one of the essential tools for monitoring ionospheric phenomena at all the latitude regions. However, it is still very difficult to make a dense network of airglow imagers and capture the large-scale structure in the ionosphere because the system is relatively large and high cost.

In this paper, we have employed a cheap and small CCD camera (Watec Co.Ltd.: WAT-910HX) to observe airglow in the polar cap region and check if such a camera can be used for observations of polar cap patches. We prepared two sets of small airglow camera, one with a fish-eye lens and the other with a wide field-of-view lens. They are combined with an optical filter whose central wavelength is 632.0 nm, FWHM is 10 nm and transmittance is 85%. The two airglow cameras were installed in Longyearbyen (78.1N, 15.5E), Norway in October 2013 and operated continuously during the 2013/2014 winter season. In Longyearbyen, airglow measurements with an EMCCD all-sky airglow imager (ASI) and the auroral spectrograph (ASG) have been carried out; thus, we were able to compare the images from the small airglow cameras with those from the conventional airglow observation systems.

On the night of December 4, 2013, a series of polar cap patches was observed by the EMCCD all-sky imager in Longyearbyen. The optical intensity of the patches was as large as 500 R. At the same time, the small airglow cameras also detected regions of enhanced airglow intensity passing through their fields-of-view. The quality of the images was slightly lower than those from the EMCCD-ASI, but it was high enough for capturing the 2D structure of the patches. This indicates that the small CCD camera of Watec Co.Ltd. can be used for observations of ionospheric phenomena such as polar cap patches. However, there is some sort of difference in the optical intensity between the EMCCD-ASI and the small airglow camera. We suppose that this is due to the difference in the FWHM of the optical filters. In the presentation, we will discuss this difference in a quantitative manner by using airglow spectra from ASG.

90年代後半以降の冷却 CCD/EMCCD カメラの普及に伴い、630.0 nm 大気光を用いた電離圏現象のイメージング観測が広く行われるようになった。中低緯度域においては、地上全天大気光イメージャによって、プラズマバブルや MSTID などの空間構造が 2 次的に観測されている。近年は、緯度が 80 度を超える極冠域において、ポーラーパッチと呼ばれるプラズマ密度が上昇した島状の領域が撮像されるようになり、太陽風の擾乱にตอบสนองしてダイナミックに変動するその空間構造が明らかにされている。ただし、冷却 CCD カメラを搭載した全天大気光イメージャは、観測システムが比較的大きく、導入のためのコストも安くはないため、多点展開による広域撮像を実現することは簡単ではない。

本研究では、近年極域でのオーロラ観測において広く用いられるようになった簡易で廉価な小型 CCD カメラ (Watec 社: WAT-910HX) を用いて、630.0 nm 大気光の撮像を行い、得られるデータのクオリティを検証した。特に、極冠域で観測されるポーラーパッチについて、大型の大気光イメージャで得られた画像との直接比較を行うことを目的としている。2 台の WAT-910HX に、全天観測用の魚眼レンズと、視野 50 度程度の広視野レンズをそれぞれ取り付け、中心波長 632.0 nm、半値全幅 10 nm、最小透過率 85% のバンドパスフィルターを組み合わせることで、2 セットの小型大気光カメラを製作した。この 2 台のカメラを、ノルウェーのロングイヤーピエン (78.1N, 15.5E) に設置し、2013/2014 の冬季に露出時間約 4 秒の連続観測を行った。ロングイヤーピエンにおいては、大型の全天イメージャによる 630.0 nm 大気光の観測や、オーロラスペクトログラフ (ASG) による大気光のスペクトル観測も同時に行われており、小型大気光カメラのパフォーマンスを定量的に吟味するために必要となる情報を得ることができる。

2013 年 12 月 4 日の 20-24 UT の時間帯において、大型全天大気光イメージャによって 10 個のポーラーパッチが観測された。大気光の発光強度は 500 R 程度であった。同時に観測を行っていた小型大気光カメラにおいても同様の大気光増大領域が伝搬して行く様子が見取れ、その 2 次的な空間構造を視認することができた。小型大気光カメラによってポーラーパッチが撮像できるであろうことは、積分球を用いたキャリブレーションを行った段階で予想されていたが、実際に観測を行うことで、サイエンスに用いることができるクオリティの画像が得られることが示された。但し、小型大気光カメラによって得られたパッチの発光強度は、大型イメージャで得られたものよりも平均 1.5 倍程度大きいことが分かり、これは、用いている干渉フィルターの半値幅の違いによるものであると考えている。発表では、ASG による大気光スペクトルのデータを用いて二つのカメラの発光強度の違いについて考察した結果を述べる。

CHAMP衛星と光学機器を用いた極冠域中性大気質量密度異常の観測

村上 隆一 [1]; 細川 敬祐 [1]; 田口 聡 [2]; 松村 充 [3]; 塩川 和夫 [4]; 大塚 雄一 [4]; Luehr Hermann[5]
[1] 電通大; [2] 京大理; [3] 極地研; [4] 名大 STE 研; [5] GeoForschungsZentrum Potsdam

Neutral mass density anomaly in the polar cap region: Simultaneous measurements with CHAMP and optical instruments

Ryuichi Murakami[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Satoshi Taguchi[2]; Mitsuru Matsumura[3]; Kazuo Shiokawa[4]; Yuichi Otsuka[4]; Hermann Luehr[5]

[1] UEC; [2] Grad school of Science, Kyoto Univ.; [3] NIPR; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] GeoForschungsZentrum Potsdam

It has been well known that localized anomalies in the neutral mass density sometimes appear in the upper thermosphere at polar latitudes. The temporal variation of such anomalous structures has been observed by the accelerometer onboard the CHAMP satellite and its characteristics have been clarified to some extent. In the past studies, the density anomaly was examined through case studies and statistical analyses in the cusp and nightside auroral oval, which are regions directly affected by the solar wind and auroral substorm, respectively. These previous studies argued that both the particle heating due to precipitating electrons and the Joule heating due to the ionospheric Pedersen current are responsible for the generation of the neutral density anomalies in the cusp and auroral regions. Thus far, however, there have been no studies of the neutral density anomalies in the polar cap region. In this paper, we have investigated the density anomalies in the central polar cap, which is a region where the particle precipitation and associated field-aligned current (FAC) are quite rare. Therefore, we speculate that the density anomaly in the polar cap is caused by a mechanism different from those proposed by the previous studies in the cusp and auroral regions. We investigated two cases of neutral density anomaly in the polar cap by combining observations from CHAMP, TIMED/GUVI and an all-sky airglow imager of OMTIs at Resolute Bay, Canada. The first event occurred on January 30, 2005, during which the density anomaly appeared in the central polar cap region. In the region of density anomaly, a clear optical signature of theta-aurora was simultaneously observed by TIMED/GUVI and OMTI at Resolute Bay. This observation indicates that theta aurora or sun-aligned arcs, which are often observed during northward IMF conditions, are one of the sources of neutral density anomalies in the polar cap. The second event occurred on February 8, 2005, during which polar cap patches were observed by OMTIs in the central polar cap. When the CHAMP satellite passed through the stream of patch-associated high-density plasma, a clear signature of the neutral density anomaly was detected. This suggests that polar cap patches could also be one of the sources of density anomalies in the central polar cap. In the presentation, we will discuss how the neutral density anomaly is produced in the polar cap region by considering the results from the analysis of two case examples.

極域の上部熱圏において、局所的に中性大気質量密度が増減することがある。CHAMP衛星に搭載された加速度計によって、この中性大気質量密度変動を観測することが可能となり、その特性や、生成メカニズムに関する研究が進められてきている。質量密度の変動量は背景密度に対して、小さい時で数%ほど、大きい時では数百%に達することもある。過去の研究では、太陽風の影響を直に受けやすいカスプ領域周辺や、オーロラサブストーム・磁気嵐中の夜側オーロラオーバルにおいて観測される中性大気質量密度異常について事例解析・統計解析の両面から研究が行われてきた。これらの研究から、中性大気質量密度異常は、プラズマと中性大気の相互作用による熱圏の加熱によって生じることが指摘されている。電子の降り込みによる粒子加熱と、電離圏電流による水平面内でのジュール加熱が熱圏大気の加熱を起こしていると考えられるが、これまでの研究では、太陽風や磁気圏からの影響を受けやすい領域（昼間側カスプ、夜側オーロラオーバル）における統計解析や、太陽活動が活発な期間に発生した数例の事例解析が多く、緯度80度以上の極冠域をターゲットにした研究は行われてこなかった。

本研究において質量密度異常イベントのサーベイを行った結果、極冠域においても中性大気質量密度異常が発生していることが分かってきた。極冠域では一般的に、磁気圏からの粒子降下やそれに伴う沿磁力線電流の流入は稀であると考えられている。したがって、極冠域で観測される中性大気質量密度異常は、過去の研究で提唱されたものとは異なるメカニズムによって引き起こされていると考えられる。そこで本研究では、極冠域における密度異常発生メカニズムを明らかにするために、CHAMP衛星加速度計と、TIMED衛星に搭載されているGUVIイメージャ、カナダ・レゾリュートベイに設置されている全天大気光イメージャOMTIsを組み合わせた形で、2例の極冠域中性大気質量密度異常についての解析を行った。2005年1月30日の事例においては、中性大気密度異常が発生している時刻・領域において、北向きIMF時に特徴的なオーロラが発生していることが確認された。また、2005年2月8日のイベントでは、全天大気光イメージャOMTIによってポラーパッチが観測されている領域において、中性大気密度異常が発生していることが明らかになった。発表では、上記2例のイベント解析の結果を踏まえて、極冠域における中性大気質量密度異常がどのようなメカニズムで発生しているのかについて考察を行う。

全天大気光イメージャと非干渉散乱レーダーによるポーラーパッチの3次元空間構造の解析

吉田 和晃 [1]; 細川 敬祐 [1]; 塩川 和夫 [2]; 大塚 雄一 [2]
[1] 電通大; [2] 名大 STE 研

Spatial structure of polar cap patches: Simultaneous 3D observations with an all-sky airglow imager and incoherent scatter radar

Kazuaki Yoshida[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Yuichi Otsuka[2]
[1] UEC; [2] STEL, Nagoya Univ.

Polar cap patches are islands of high-density plasma in the polar cap F region ionosphere. Past studies have shown that patches during magnetic storms are brighter and thicker in altitude than those during relatively quiet periods. However, we still do not know how the spatial structure of patches (shape and internal structure) depends on the level of prevailing geomagnetic activity. In this study, we employed an all-sky airglow imager of OMTIs and incoherent scatter radar in Resolute Bay, Canada to investigate the spatial structure of patches in three dimensional fashion. We have compared two patch events which respectively occurred during a magnetic storm on Jan 22, 2012 and relatively quiet period on Feb 10-11, 2013. As a result of this comparison study, the patches during the magnetic storm were brighter (>500 R) and thicker in altitude (>400 km) than those during the quiet interval, which is fairly consistent with the past studies. We also found that the spatial structure of the patches during non-storm time was much more structured than that during the magnetic storm. We discuss this difference in terms of different generation processes of patches during disturbed and quiet periods.

ポーラーパッチは惑星間空間磁場 (IMF) が南向きのときに、極冠域電離圏 F 領域において観測される電子密度が増大した領域である。磁気嵐中に観測されるポーラーパッチは発光強度が大きく、高度方向に幅の広い構造を持つことが知られている。それに対して、比較的静穏な磁気活動の期間に観測されるポーラーパッチは発光強度が小さいことも知られている。このように、ポーラーパッチの発光強度やその高度方向の空間スケールについては、擾乱時と静穏時を比較する研究がなされて来た。しかし、ポーラーパッチの形状や、内部に見られる電子密度の空間構造が磁気活動度にどのように依存するのかについては未だに明らかになっていない。本研究では、カナダ・レゾリュートベイ (74.7 N, 265.1 E) に設置されている全天大気光イメージャ (OMTIs: Optical Mesosphere Thermosphere Imagers) と非干渉散乱レーダー (RISR: Resolute Bay Incoherent Scatter Radar) によるポーラーパッチの同時観測を実施し、ポーラーパッチに伴う電子密度の空間構造について調べた。特に、ポーラーパッチの空間構造を3次元的にスナップショットとして観測することができるレーダーのデータを基に、電子密度の2次元空間構造を可視化し、擾乱時と静穏時を対比させることで、ポーラーパッチの形状や内部構造の形成に影響を与える要因を明らかにすることを目的とした。

2012年1月22日に発生した中規模の磁気嵐中に観測されたポーラーパッチと2013年2月10, 11日の比較的静穏な期間に観測されたポーラーパッチの比較解析を行った。その結果、磁気嵐中のポーラーパッチは発光強度が500 R程度と強く、電子密度の高い領域が高度方向に400 km以上の幅を持って分布していることが確認された。また、静穏な日のポーラーパッチは発光強度が200 R程度と弱いことも確認された。これらの観測結果は、過去のレーダー観測と調和的である。本研究では、これに加えて、パッチ内部の電子密度の空間構造を2次元に可視化したことで、ポーラーパッチの形状が磁気活動度によって大きく異なることが分かってきた。磁気嵐時のポーラーパッチは水平方向に500 kmを超える大きな空間スケールを持ち、内部に電子密度の細かい構造を持たないスムーズな形状をしていることが明らかになった。これに対して、静穏な日のポーラーパッチは伝搬方向の空間スケールが磁気嵐時よりも小さく、その内部には細かな電子密度の空間構造 (空間スケール50 km程度) が存在することがわかった。これらの空間構造に見られる差異は、磁気嵐時と静穏時でポーラーパッチの生成メカニズムに違いがあることによるものであると考えられる。発表では、これまでに提唱されているポーラーパッチの生成メカニズムを検討し、今回観測された違いを生み出す要因について考察を行った結果を報告する。

高感度全天イメージャによる観測を用いたポーラーパッチのエッジに関する統計解析

對比地 雄大 [1]; 細川 敬祐 [1]; 田口 聡 [2]; 小川 泰信 [3]; 松村 充 [3]
[1] 電通大; [2] 京大理; [3] 極地研

Edge of polar cap patches: a statistical study with an all-sky airglow imager

Yudai Tsuihiji[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Satoshi Taguchi[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Mitsuru Matsumura[3]
[1] UEC; [2] Grad school of Science, Kyoto Univ.; [3] NIPR

Polar cap patches are islands of enhanced electron density often seen in the polar cap F region ionosphere during the southward IMF conditions. The characteristics of the shape of patches have been investigated in detail by using airglow observations in the polar cap region. Our recent analysis indicated, through a study of one single case example, that the shape of patches is asymmetric between the leading and trailing edges. That is, the leading edge of patches tends to be sharper than the trailing edge. Then, we suggested that the gradient-drift instability (GDI) is one of the possible processes directly creating this asymmetry. Through the GDI process, it is expected that the fluctuations in the electron density can develop more efficiently in the trailing edges than in the leading edge. This difference may produce the observed asymmetry in the gradient of the leading and trailing edges because the density fluctuation can mix the high/low plasma in the vicinity of the trailing edge and relax the boundary. To confirm this hypothesis, in this study, we perform a statistical analysis of the edges of patches by using a high-resolution airglow measurement in the polar cap.

From October 2011 to January 2014, 50 patches were observed by an all-sky EMCCD airglow imager in Longyearbyen, Norway. We have extracted the 630.0 nm optical intensity at zenith as a time-series and then statistically investigated the ratio of the gradient of the optical intensity in the leading edges to that in the trailing edges. As a result, it was found that the gradient in the trailing edges is a few times more gradual than that in the leading edges. This again implies that the shape of patches is deformed probably through the mixing of high/low density plasmas due to the GDI process. In the presentation, we will discuss the generation mechanism of plasma irregularities in the edges of patches by comparing the airglow observations with a two-dimensional simulation of the GDI process.

ポーラーパッチは、磁気緯度が75度を超える場所に位置する極冠域電離圏の150-400 km 高度に現れる局所的に電子密度が増大した領域である。太陽の紫外線により日照域で生成された高密度プラズマが、極域電離圏対流に乗って夜側へと輸送され、極冠域でポーラーパッチとして観測されていると考えられている。パッチは、輸送されている間に酸素原子イオンの解離再結合反応を起こし、波長630 nmの赤色大気光を放出する。この光の発光強度は数100 Rと弱く、肉眼で捉えることはできないが、高感度全天大気光イメージャを用いることで、その空間構造を2次的に捉えることができる。近年の大気光観測によってパッチの空間構造に関する研究は進展を見せており、その空間スケールや巨視的な形状が理解されつつある。これまでの研究によって、パッチの先頭と後方のエッジには、その密度勾配に非対称性が存在する可能性が指摘されている。この非対称性を作り出す要因として、Gradient-Drift 不安定性 (GDI) が考えられる。背景対流と密度勾配の向きが関係する GDI の不安定条件を考慮すると、パッチの後方では微小な密度擾乱が成長し、先頭では成長しないことが期待される。このため、不安定性によるエッジの等密度線の攪拌がパッチの後方においてのみ生じ、エッジの密度勾配はパッチの後方において緩やかになることが予想される。

本研究では、ノルウェー北部ロングイアビエンに設置している高感度全天大気光イメージャのデータを用いて、ポーラーパッチのエッジにおける密度勾配を定量的に算出し、先頭と後方のエッジにおける勾配の大きさを比較する。これにより、パッチの輪郭が GDI によって変調を受けているかどうかを確かめることを目的とする。2011年10月から2014年1月の期間に、全天イメージャによって得られたパッチの画像データから、視野の中心における輝度の時系列データを作成した。さらに、この時系列データからパッチの輝度の勾配を検出するプログラムを作成し、期間内に観測された50例程度のパッチに関して、パッチの先頭と後方の勾配の比を調べた。その結果、先頭の勾配に比べて後方の勾配は平均的に数倍程度緩やかであることが統計的に示された。この結果は、上で述べた GDI によるエッジの攪拌が密度勾配の変調を引き起こしている可能性をするものである。発表では、GDI の簡単な2次元シミュレーションの結果も参照し、プラズマ不安定によるパッチのエッジの変調を作り出すメカニズムについて考察を行う。

IMAGE FUV と SuperDARN による極域ジュール加熱率の導出

尾崎 直紀 [1]; 細川 敬祐 [1]; 小川 泰信 [2]
[1] 電通大; [2] 極地研

Deriving Joule heating rate in the polar region from IMAGE/FUV and SuperDARN

Naoki Ozaki[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Yasunobu Ogawa[2]
[1] UEC; [2] NIPR

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 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 by combining the Pedersen and Hall conductivities as estimated from the global UV auroral observations of the IMAGE spacecraft and the convection electric field as obtained from Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN). To test the procedure, we estimated the Joule heating rate 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 in the nightside, the significant enhancement of the Joule heating rate was 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 increase in the auroral bulges. In the presentation, the derived temporal evolution of the Joule heating rate will be compared with observations of the neutral mass density anomalies in terms of the heating of the thermosphere caused by auroral substorms. In addition to the estimation of the Joule heating rate, field-aligned currents (FAC) will also be derived from the IMAGE/FUV and SuperDARN observations and their temporal evolution will be discussed in the framework of 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、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、ノルウェートル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、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。発表では、ジュール加熱による熱圏大気の変動が引き起こすと考えられている中性大気質量密度異常との関連性についても検証を行う。また、ペダーセン、ホール電気伝導度と電場から沿磁力線電流 (FAC) を導出した結果についても報告し、オーロラサブストーム時の磁気圏-電離圏結合プロセスの可視化についても議論を行う予定である。

Comparison of the ground backscatter characteristics calculated using IRI and measured by SuperDARN Hokkaido HF radar

Alexey Oinats[1]; Nozomu Nishitani[2]; K.G. Ratovsky[1]

[1] Institute of Solar-Terrestrial Physics, Irkutsk, Russia; [2] STELAB, Nagoya Univ.

We present ground backscatter propagation characteristics model for geographic location and specifications of SuperDARN Hokkaido HF radar. The model describes mean diurnal and seasonal variations of minimal group range, corresponding elevation angle and several other parameters and can be used for effective prediction of its regular behavior. The model is based on HF ground backscatter signal calculations developed in the framework of waveguide approach and IRI-2007 model, which is used as a background ionosphere. In this paper we also present a comparison of the model with an extensive dataset collected by SuperDARN Hokkaido radar during the whole its operation history since the late 2006 until 2014. Such a comparison could provide important information about IRI-2007 model accuracy in a wide mid-latitude region during the period of minimum and growing solar activity.

SEALION 観測データを用いた、赤道エレクトロジェット、日没付近の赤道電場増加、赤道スプレッドF出現についての相関解析(2)

国武 学 [1]; 横山 竜宏 [1]; 石橋 弘光 [1]; 近藤 巧 [2]; 山本 和憲 [1]; Thanh Le Truong[3]; Chau Ha Duyen[3]; 塩川 和夫 [4]
[1] 情報通信研究機構; [2] NICT; [3] ハノイ地球物理学研究所; [4] 名大 STE 研

Correlation analysis between equatorial electrojet, pre-reversal enhancement and equatorial spread F in Southeast Asia(2)

Manabu Kunitake[1]; Tatsuhiko Yokoyama[1]; Hiromitsu Ishibashi[1]; Takumi Kondo[2]; Kazunori Yamamoto[1]; Le Truong Thanh[3]; Ha Duyen Chau[3]; Kazuo Shiokawa[4]
[1] NICT; [2] NICT; [3] HIG; [4] STEL, Nagoya Univ.

At the equatorial latitudes, the reversal of dayside eastward electric field to westward around sunset is often accompanied by a strengthened eastward electric field. The strengthened eastward electric field is called as the pre-reversal enhancement [PRE]. PRE is considered to be the primary process acting on the equatorial spread F [ESF] onsets.

Relationships between equatorial electrojet [EEJ] strength and PRE strength (and ESF onsets) have been investigated by using magnetometer observation and ionosonde observation. Uemoto et al. (2010) found that PRE strength and ESF onset is suppressed when pre-sunset integrated EEJ strength from 2 hours to 1 hour prior to sunset is negative owing to the evening counter electrojet, by statistical analysis of observations in the Southeast Asia low-latitude ionospheric network (SEALION). Their analyzing period is from November 2007 to October 2008.

We use SEALION data from 2007 to 2013. Statistical analyses for each year are conducted. Further, detailed case study are conducted. Significant day-to-day variations of EEJ strength, PRE strength, and ESF onsets are picked up from these seven years data. Then, we investigate how and to what extent day-to-day variations of EEJ strength relates to the day-to-day variations of PRE strength and ESF onsets. The magnetometer data in our study were obtained at Phuket (geographic lat. 8.09N, geographic long. 98.32E, dip lat. -0.2), and Kototabang (0.20S, 100.32E, dip lat. -10.1). The ionosonde data in our study were obtained at Chumphon (10.72N, 99.37E, dip lat. 3.0), Bac Lieu (9.30N, 105.71E, dip lat. 1.5), Chiang Mai (18.76N, 98.93E, dip lat. 12.7), and Kototabang (0.20S, 100.32E, dip lat. -10.1).

Reference

Uemoto J., T. Maruyama, S. Saito, M. Ishii, and R. Yoshimura, Relationships between pre-sunset electrojet strength, pre-reversal enhancement and equatorial spread-F onset, *Ann. Geophys.*, vol. 28, pp. 449-454, 2010.

Acknowledgements

The ionosonde at Chiang Mai is operated under agreements between NICT, Japan and Chiang Mai University (CMU), Thailand. The ionosonde at Chumphon and the magnetometer at Phuket are operated under agreements between NICT and King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMUTL), Thailand. The ionosonde at Bac Lieu is operated under agreements between NICT and Hanoi Institute of Geophysics (HIG). The magnetometer at Kototabang has been operated in collaboration among the Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL), Nagoya University, Japan, the Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, Japan, and the National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Indonesia. The ionosonde at Kototabang has been operated in collaboration among NICT, RISH, and LAPAN. We thank Mr. Yamazaki for manual scaling of ionosonde data.

赤道スプレッド F (equatorial spread F)[ESF] の発生には、日没付近の電場増加 (pre-reversal enhancement)[PRE] が関連することが知られている。PRE が強いと、電離圏 F 層高度が高くなり、ESF が発生しやすくなる傾向がある。赤道エレクトロジェット (equatorial electrojet)[EEJ] と PRE 強度、ESF 発生との関連については、地磁気データとイオノゾンデ観測データとを用いて研究が進められてきた。日没より前の EEJ の変動と日没後の PRE とに、何らかの規則的な関係が見つかれば、ESF 発生予測の一助となる可能性がある。Uemoto et al. (2010) により、赤道エレクトロジェットが日没前 1 - 2 時間に西向きに流れている場合 (夕方にカウンターエレクトロジェットが出現している場合) には、PRE の強度が抑制され、ESF の発生も減ることが統計的に示された。その解析には、2007 年 11 月から 2008 年 10 月の東南アジア域での SouthEast Asia Low-latitude Ionospheric Network (SEALION) 観測データが用いられた。

本研究では、引き続き、SEALION 観測データを用いている。期間を、2007 年から 2013 年と 7 年間に拡張して解析を行った結果を報告する。さらに日々変化に焦点を当てたイベント解析結果についても報告する予定である。用いたデータは、地磁気観測が、Phuket (地理緯度 北緯 8.09 度、地理経度 東経 98.32 度、dip lat. -0.2 度)、Kototabang (南緯 0.20 度、東経 100.32 度、dip lat. -10.1 度)、イオノゾンデ観測が、Chumphon (北緯 10.72 度、東経 99.37 度、dip lat. 3.0)、Bac Lieu (北緯 9.30 度、東経 105.71 度、dip lat. 1.5 度)、Chiang Mai (北緯 18.76 度、東経 98.93 度、dip lat. 12.7 度)、Kototabang (南緯 0.20 度、東経 100.32 度、dip lat. -10.1 度) である。

地磁気静穏日変化振幅の長期変動特性

新堀 淳樹 [1]; 小山 幸伸 [2]; 能勢 正仁 [3]; 堀 智昭 [4]; 谷田貝 亜紀代 [5]; 大塚 雄一 [6]
[1] 京大・生存研; [2] 京大・理・地磁気センター
; [3] 京大・理 地磁気センター; [4] 名大 STE 研; [5] 名大 STE 研; [6] 名大 STE 研

Characteristics of the long-term variation of the amplitude of geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation

Atsuki Shinbori[1]; Yukinobu KOYAMA[2]; Masahito Nose[3]; Tomoaki Hori[4]; Akiyo Yatagai[5]; Yuichi Otsuka[6]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] WDC for Geomag, Kyoto, Kyoto Univ.; [3] DACGSM, Kyoto Univ.; [4] STE lab., Nagoya Univ.;
[5] STEL, Nagoya Univ.
; [6] STEL, Nagoya Univ.

Characteristics of long-term variation in the amplitude of solar quiet geomagnetic field daily variation (Sq) have been investigated using 1-h geomagnetic field data obtained from 69 geomagnetic observation stations within the period of 1947-2013. The Sq amplitude observed at these geomagnetic stations showed a clear dependence on the 10-12 year solar activity cycle and tended to enhance during each solar maximum phase. The Sq amplitude became the smallest around the minimum of solar cycle 23/24 in 2008-2009. The relationship between the solar F10.7 index and Sq amplitude is approximately linear but 64 percent of geomagnetic stations show a weak nonlinear dependence on the solar F10.7 index. In order to remove the effect of solar activity seen in the long-term variation of the Sq amplitude, we calculated a linear or second order fitting curve between the solar F10.7 index and Sq amplitude during 1947-2013, and examined the residual Sq amplitude, which is defined as the deviation from the fitting curve. As a result, a majority of the trends in the residual Sq amplitude that passed through a trend test showed a negative value in a wide region. This tendency was relatively strong in Europe, India, the eastern part of Canada, and New Zealand. The relationship between the magnetic field intensity and residual Sq amplitude showed an anti-correlation for about 71 percent of geomagnetic stations. On the other hand, the residual Sq amplitude in the equatorial station (Addis Ababa) was anti-correlated with the absolute value of the magnetic field inclination. This implies the movement of the equatorial electrojet due to the secular variation of the ambient magnetic field.