

アラスカのGPS観測網を用いた中規模伝搬性電離圏擾乱の統計解析及びその発生メカニズムの研究

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 analysis of Medium-Scale Travelling Ionospheric Disturbance using a GPS network in Alaska and its causing mechanism

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

In our previous study, using global positioning system (GPS) data taken from more than 100 GPS receivers in Alaska in 2012, we investigated two-dimensional maps of total electron content (TEC) perturbations with a time resolution of 30 s and a spatial resolution of 0.15 degree in longitude and latitude to examine statistical characteristics of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs) for the first time. From the statistical analysis of the TEC maps obtained in 2012, we have revealed some of the characteristics of MSTIDs in Alaska. MSTIDs over Alaska frequently occur in winter from 8 to 20 LT. Maximum occurrence rate of the MSTIDs in monthly and hourly bins exceeds 50%. Propagation direction of MSTIDs is dominantly southward or southeastward from 8 to 14 LT and southwestward from 14 to 20 LT. There is a previous study of MSTIDs over Alaska using all-sky airglow imager, but our present study shows that the southwestward propagating MSTIDs appear before sunset when the airglow observations cannot be carried out.

In this presentation, we show statistical characteristics of MSTIDs parameters, such as period, horizontal wave length, and horizontal phase velocity. Then, we compare those parameters with those of MSTIDs observed with the GPS-TEC maps at mid-latitudes (Japan and Southern California) and at high-latitudes (Northern Europe), and also with those of the MSTIDs observed with all-sky airglow imager in Alaska. Based on those results, we verify whether those MSTIDs are caused by atmospheric gravity waves (AGW) propagating from lower atmosphere and discuss possibility of TEC perturbation caused by AGW propagation excited by auroral activity.

On the other hand, nighttime MSTIDs are considered to be generated by electro-dynamical coupling process between E and F regions. Therefore, we research Es layer occurrence rate over Alaska using GPS occultation data by CHAMP satellite and compare it with MSTID occurrence rate, and also research relationship between MSTIDs activity and ionosonde parameters (foEs, fbEs), and discuss causing mechanism of MSTID in more detail.

我々の先行研究では、アラスカに存在する 100 機以上の GPS 受信機網から得られたデータを用いて作成した全電子数 (Total Electron content ; TEC) 変動の水平二次元分布図 (時間分解能は 30 秒、空間分解能は緯度経度共に 0.15 度) を調べることで、2012 年 1 年間の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) の発生頻度、伝搬方向に関する統計的性質を初めて明らかにしている。アラスカ上空における MSTID は冬季 (11 月~2 月) の 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。また、その伝搬方向は、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 時頃まで南西方向が支配的であることが分かった。本研究の先行研究で、大気光イメージャーによるアラスカの MSTID の観測が行われているが、本研究では、その大気光観測が可能になる日没後よりも、より早い地方時において南西方向に伝搬する MSTID が発生することを示した。

本講演では、アラスカで観測された MSTID の周期、水平波長、水平位相速度のパラメータを統計解析した結果を示す。それを基に、1. 緯度による MSTID の各パラメータの違い 2. 観測手法による MSTID の各パラメータの違いを調べる。1 に関しては、中緯度 (日本、南カリフォルニア) で観測される MSTID、高緯度 (北欧) で観測される MSTID のパラメータとの比較を行う。2 に関しては、アラスカで大気光イメージャーを用いて観測された MSTID のパラメータとの比較を行う。次に、それらの結果を踏まえてアラスカにおける MSTID の発生メカニズムを考察する。まず、周期、水平波長、水平位相速度の値から、MSTID が下層大気から電離圏に伝搬してきた大気重力波によるものかどうかを議論する。特に南西方向へ伝搬する MSTID は、大気光イメージャーによっても観測されており、オーロラ活動によって励起された大気重力波が原因と考えられている。本研究において得られた MSTID のパラメータから、そのような発生メカニズムが成り立つかどうかを議論する。

また、別の仮説として、近年の観測技術の発達により、MSTID の発生メカニズムは昼間と夜間で違えることが明らかになっており、特に夜間の MSTID は E - F 層間の電気力学的な結合によって発生すると考えられている。そこで、アラスカにおける Es 層の発生頻度を CHAMP 衛星の掩蔽観測データを用いて調べ、MSTID の発生頻度と比較を行う。また、アラスカに設置されているイオノゾンのパラメータ (foEs, fbEs) と MSTID の活動度に相関があるかを調べ、MSTID の発生メカニズムについてより詳細に議論する。

稠密 GNSS 受信ネットワークを用いた電離層遅延長の微細時間空間変動に関する研究

竹田 悠二 [1]; 津田 敏隆 [2]
[1] 京大・生存研; [2] 京大・生存研

An observational study on the time and spatial micro variations of the localized ionospheric delays with a dense GNSS receivers

Yuji Takeda[1]; Toshitaka Tsuda[2]
[1] RISH, Kyoto Univ; [2] RISH, Kyoto Univ.

The integrated amount of water vapor along the zenith angle, or PWV (Precipitable Water Vapor) can be estimated by GPS (GNSS) meteorology, which is a method to compute atmospheric parameters from troposphere-induced delays in signals of GPS (GNSS). We deployed a dual-frequency (DF) GNSS network around Uji campus of Kyoto University, Japan, with inter-station distances of few kilometers. By using this dense network, we built a basic system to observe PWV fluctuations occurring within a small horizontal scale (less than 10 km), which were then analyzed to identify possible precursors of local torrential rain. To utilize this network as a practical heavy rain early warning system for urban area, using inexpensive single-frequency (SF) receivers would be better for economic reasons. However, Using SF receivers occurs error in computing PWV because we cannot eliminate the ionospheric delays by using SF receivers. So we need to investigate and estimate ionospheric delays within this dense network system in many cases. In this study, we observed the time and spatial micro variations of the localized ionospheric delays by using a dense GNSS receivers and QZSS(Quasi-Zenith Satellite System). Quasi-Zenith satellite orbit is asymmetrical figure-8 pattern and is almost directly overhead over Japan for a long time. So that satellite does not largely move in short period. For that reason, we can observe time and spatial variations of the localized ionospheric delays at a specific spot with our GNSS receivers network by QZSS.

In this investigate, we aim to research the impact of ionospheric delays on our dense GNSS receivers network for observing PWV and find the appropriate method to correct the effect of ionospheric delays on SF observations.

SWARM 衛星磁場観測から推定した下層大気起源沿磁力線電流の時間変動スケールと地上磁場および微気圧変動スペクトルとの比較

家森 俊彦 [1]; 小田木 洋子 [1]; 青山 忠司 [2]; 中西 邦仁 [3]; 横山 佳弘 [4]; 佐納 康治 [5]; 杉谷 茂夫 [6]; 大野 敏光 [7]; 井口 正人 [8]

[1] 京大・理・地磁気センター; [2] 京大・理; [3] 京都大学理学研究科; [4] 京大・理・地惑; [5] 朝日大・経営; [6] N I C T; [7] 仁淀川町教育委員会; [8] 京都大学防災研究所

A comparison of time scales of FAC variation estimated from SWARM data with geomagnetic and micro-barometric spectra

Toshihiko Iyemori[1]; Yoko Odagi[1]; Tadashi Aoyama[2]; Kunihito Nakanishi[3]; Yoshihiro Yokoyama[4]; Yasuharu Sano[5]; Shigeo Sugitani[6]; Toshimitsu Ono[7]; Masato Iguchi[8]

[1] WDC for Geomagnetism, Kyoto Univ.; [2] Graduate School of Science, Kyoto Univ.; [3] Graduate School of Science, Kyoto Univ.; [4] SPEL, Kyoto Univ.; [5] Asahi Univ.; [6] NICT; [7] The Board of Education, Niyodogawa town; [8] Disaster Prevention Institute, Kyoto University

Along the low-altitude satellite orbit, small scale magnetic fluctuations having period about 10 to 30 sec have been observed almost always in middle or low latitudes. The amplitude is usually less than a few nT on the dayside. Nakanishi et al. (2014) interpreted them as the spatial structure of small scale FACs probably generated by atmospheric gravity waves (Nakanishi et al., 2014; Iyemori et al., 2013, 2015). Iyemori et al. (2015) estimated the temporal scale of FAC variation to be roughly about 200 secs for meridional magnetic components and about 340 secs for longitudinal, i.e., east-west component using the data obtained during the initial two months when the three satellites flew along almost the same orbit with variable separation. From a spectral analysis of ground geomagnetic and micro-barometric observations, we found that the spectral peaks with similar periods, i.e., 200sec or 320-350sec tend to appear statistically. This result supports the idea that the source of the FACs is mainly the acoustic mode of gravity waves. We discuss the characteristics of the power spectra, in particular, those of micro-barometric observations.

Oersted, CHAMP あるいは SWARM などの低高度衛星磁場観測データには、中低緯度においても、軌道に沿って見かけの周期 10-30 秒程度、振幅数 nT の変動が、ほぼ常に存在する。これらは、微細な沿磁力線電流を衛星が横切ることによる沿磁力線電流の空間構造を観測していると解釈され、また、下層大気起源の重力音波により生成された電離層ダイナモ電流が、磁力線に沿って発散し、反対半球の電離層を経由して、電流回路を形成していると考えられる (Nakanishi et al., 2014; Iyemori et al., 2013, 2015)。ほぼ同じ軌道を 3 機が間隔を少しずつ変えながら飛翔した SWARM 衛星打ち上げ直後の 2ヶ月間のデータを用いることにより、これら沿磁力線電流の時間変動スケールが、磁場変動の子午面内成分はおおよそ 200 秒前後、東西成分はおおよそ 340 秒前後であることが示された (Iyemori et al., 2015)。この発表では、西日本および南西諸島で行ってきた磁場および微気圧の地上観測データのスペクトルと比較することにより、これら磁場変動の原因となる電流が、下層大気から電離層に伝搬した音波モードの大気重力波で生成されている可能性が高いことを示す。

電離圏下部 S_q 電流系中心付近の特異現象解明のための観測ロケット実験

阿部 琢美 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 熊本 篤志 [3]; 高橋 隆男 [4]; 田中 真 [5]; 吉川 顕正 [6]

[1] JAXA宇宙科学研究所; [2] 富山県大・工; [3] 東北大・理・地球物理; [4] 東海大・工・航空宇宙; [5] 東海大・情教セ; [6] なし

Sounding rocket experiment to elucidate unusual phenomena existing in the S_q current focus of the lower ionosphere

Takumi Abe[1]; Keigo Ishisaka[2]; Atsushi Kumamoto[3]; Takao Takahashi[4]; Makoto Tanaka[5]; Akimasa Yoshikawa[6]

[1] ISAS/JAXA; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [4] Aero. & Astronautics, Tokai Univ.; [5] Tokai Univ.; [6] ICSWSE/Kyushu Univ.

Sounding rocket observations in the southern part of Japan suggest that the electron temperature profile occasionally exhibits the local increase by several hundred K at 100-110 km altitudes at 1100-1200 LT in winter. Detailed study of the temperature profiles indicates that such an increase is closely related to the existence of S_q current focus, because it becomes more significant when the measurement is made near the center of S_q focus. In order to understand a general feature of this unusual phenomena occurring in the S_q current focus, the sounding rocket experiment was conducted in Uchinoura of Japan.

In this experiment, we launched "S-310-37" rocket equipped with a total of eight science instruments at 11:20 JST on January 16, 2007 after being convinced that the S_q current was approaching to the planned rocket trajectory. The geomagnetic activity had been successively quiet on that day so that we can estimate the position of S_q current focus.

Our analysis of the obtained data indicates that the electron temperature was certainly increased by about 500-600 K at the altitude of 97-101 km with respect to the background. Strong electron density perturbation was also observed to exist above 97 km altitude, which corresponds to the lower boundary of the high electron temperatures. It is also noticeable that both the electric field and magnetic field data include unusual variation in the same altitude region as the temperature increase was observed, suggesting a possible connection between the thermal electron heating and variation of the electric and/or magnetic field.

Thus, the first experiment in 2007 revealed a general feature of such unusual phenomena in the S_q current focus, and thereby our interest to the generation mechanism for increasing the electron temperature was more and more increased. We will conduct the second rocket experiment to investigate such unusual phenomena in the S_q current focus in January 2016. In this experiment, we will try to measure plasma wave from 300 Hz to 22 MHz to discuss the existence of plasma instability. Accurate measurement of the electric and magnetic fields as well as electron temperature and density, energy distribution of thermal electrons will be also made. We try to elucidate causes and consequences of such mysterious phenomena existing in the S_q current focus.

鹿児島県内之浦から打上げられた観測ロケットにより取得された多数のデータを見ると冬季の正午前に限って、高度 100km 付近で電子温度が局所的に数 100 K 上昇する場合がある。詳しい研究によれば、この電子温度上昇は内之浦上空に S_q 電流系の中心が位置する時にロケットを打上げた場合に観測される傾向があって、これは両者の関連性を強く示唆している。その場合、電子温度の上昇は南北半球に各々存在する 2つの S_q 電流系間のポテンシャル差に起因する磁力線方向の電場が下向きに電子を加速し、電離圏下部の熱的電子との衝突によって引き起こされた可能性が高いと推定している。このような S_q 電流系中心に発生する電子加熱現象を初めとする特異現象の特徴を研究するための観測ロケット実験が 2007 年 1 月 16 日に実施された。

この観測ロケット (S-310-37 号機) には超熱的プラズマ分析器、ラングミュアプローブ、電場計測器、磁場計測器等計 8 個の観測機器が搭載された。地上では九州大学のグループが観測された磁場データから S_q 電流系の位置を推定し、打ち上げ条件の判断に用いられた。当日は地磁気活動度が穏やかで S_q 電流系中心位置は比較的推定しやすい状態だった。

観測ロケットにより取得されたデータを解析した結果、電子温度は高度 97-101 km において背景よりも 500-600 K 上昇していたことが確認された。さらに、ほぼ同じ高度領域で異方性をもつ強い電子密度擾乱が観測され、電場と磁場データにも通常とは異なる傾向が見られた。これらの観測された物理量変化の空間的整合性は電子温度と電磁場の密接な関連性を示唆している。

このように 2007 年に行った実験では S_q 電流系中心に発生する諸現象の特性を理解することに成功した。しかしながら、強い電子密度擾乱や電磁場の変化等、予想外の展開もあった。我々はこうしたデータを踏まえ、次の段階として新たに 3次元電場ベクトル測定用プローブとプラズマ波動計測器を搭載観測器として追加し、 S_q 電流系中心に発生している特異現象の発生メカニズムを解明することを目的とした観測ロケット実験を 2016 年 1 月に実施する。このうち、プラズマ波動観測は下向きに加速された高速の電子に起因するプラズマ不安定現象に関連する波動を捉えようとするもの、3次元電場計測は電子を加速しているであろう沿磁力線電場の検出を狙ったものである。これらの観測を通して、 S_q 電流系中心付近に存在する特異現象の発生メカニズムの解明を行う予定である。

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プラズマバブルの研究

山田 貴宣 [1]; 大塚 雄一 [1]; 坂野井 健 [2]; 山崎 敦 [3]; 齊藤 昭則 [4]; 穂積 裕太 [4]; 久保田 実 [5]; 陣 英克 [5]
[1] 名大 STE 研; [2] 東北大・理; [3] JAXA・宇宙研; [4] 京都大・理・地球物理; [5] 情報通信研究機構

A study of equatorial plasma bubbles 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]; Yuta Hozumi[4]; Minoru Kubota[5]; Hidekatsu Jin[5]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [5] NICT

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 interval 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 0-90o longitudinal sector and 200-300 km at 225-360o longitudinal sector. In this study, we also compare strength and asymmetry of the equatorial anomaly observed as 630-nm airglow intensity with that simulated by GAIA (Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy) model to discuss day-to-day and longitudinal variations of equatorial ionization anomaly.

赤道域電離圏において発生する特徴的な現象としてプラズマバブルが挙げられる。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は未解明である。プラズマバブル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、従来の地上からの観測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 (ISS-IMAP) 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 (VISI) 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。さらに、2013年2,3月について赤道異常による630nm大気増光の極大値とその極大値が起こる緯度の日々変化を調べ、プラズマバブルの有無と比較したところ、プラズマバブル発生時のほうが、630nm大気増光の極大値の南北非対称性が大きく、その極大値が起こる緯度間の幅が大きい傾向が見られた。この結果より、プラズマバブル発生時のほうが東向き電場が大きく、南北風速度が大きいという可能性が示唆される。本講演では2013年、2014年の春秋のデータを解析して季節依存性を調べ、結果を報告する。また、地球大気上下結合を記述するモデルのひとつとして、GAIA (Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy) モデルが挙げられる。本研究では、GAIAモデルを用いて630nm及び762nm大気光発光強度を求め、ISS-IMAPの大気光観測データと比較し、日々変化と経度特性、及びそれらとプラズマバブル発生との関連について議論する。

高精細プラズマバブルシミュレーションと全球大気圏電離圏モデルの結合

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

Three-dimensional plasma bubble simulation driven by whole atmosphere-ionosphere coupled model

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

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. The development of EPB is known as a evolution of the generalized Rayleigh-Taylor instability. We have developed a new 3D high-resolution bubble (HIRB) model for EPB and presented nonlinear growth of EPB which shows very turbulent internal structures such as bifurcation and pinching. We have also reproduced east-west asymmetry of EPB, that is, small-scale structuring at the west wall of large-scale upwelling. We are trying to integrate the high-resolution model for EPB with the whole atmosphere-ionosphere coupled model (GAIA) to study the growth of EPB under the realistic background conditions. The background electric field and neutral wind partially controlled by forcing from the lower atmosphere may cause 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。現在までに開発した高精細 3 次元数値モデルにより、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。加えて、プラズマバブル内部の東西非対称性についても再現することに成功した。プラズマバブルの発生条件解明のためには、より現実的な背景の条件で計算を行う必要がある。そこで、下層大気の影響も含まれた全球大気圏電離圏モデル (GAIA) のデータを利用し、背景の電子密度、中性大気風速等の条件を高精細モデルに取り入れ、プラズマバブルの日々変化について検討を行う。

JEM-GLIMS による3年間の雷放電・高高度放電発光現象の観測成果

佐藤 光輝 [1]; 牛尾 知雄 [2]; 森本 健志 [2]; 足立 透 [3]; 菊池 博史 [4]; 鈴木 睦 [5]; 山崎 敦 [6]; 高橋 幸弘 [7]; Linscott Ivan[8]; Inan Umran[9]; 芳原 容英 [10]

[1] 北大・理; [2] 大阪大; [3] 早大・高等研; [4] 阪大・工・環境電磁; [5] JAXA・宇宙研; [6] JAXA・宇宙研; [7] 北大・理・宇宙; [8] スタンフォード; [9] スタンフォード大; [10] 電通大

Results derived from 3-year JEM-GLIMS observations of lightning and TLEs

Mitsuteru SATO[1]; Tomoo Ushio[2]; Takeshi Morimoto[2]; Toru Adachi[3]; Hiroshi Kikuchi[4]; Makoto Suzuki[5]; Atsushi Yamazaki[6]; Yukihiro Takahashi[7]; Ivan Linscott[8]; Umran Inan[9]; Yasuhide Hobara[10]

[1] Hokkaido Univ.; [2] Osaka Univ.; [3] WIAS, Waseda Univ.; [4] EMC, Osaka Univ.; [5] ISAS, JAXA; [6] ISAS/JAXA; [7] Cosmosciences, Hokkaido Univ.; [8] Stanford Univ.; [9] Stanford Univ.; [10] UEC

JEM-GLIMS nadir observations of lightning and TLEs at the ISS started from November 2012 and successfully ended on August 2015. For three-year observation period, JEM-GLIMS succeeded in detecting over 8,000 lightning events and 670 TLEs. From the JEM-GLIMS observations, we succeeded in detecting (1) sprites and elves over continental and oceanic regions, (2) many lightning whistler (0+ whistler) events, (3) VHF pulses related to lightning discharges, and (4) meteor events. For the detailed data analysis of JEM-GLIMS data, we have developed new data processing technique to distinguish the weak sprite optical emissions from the intense lightning optical emissions and to estimate the possible source locations of VHF pulses excited by lightning discharges using both an interferometric technique and a group delay technique. Based on the synthetic data analysis using the JEM-GLIMS optical and radio wave data and ground-based electromagnetic wave data, following new findings are derived: (1) temporal and spatial characteristics of lightning and TLE optical emissions, (2) detailed spatial distributions of sprites and the parent lightning discharges, (3) spectral characteristics of lightning and TLEs optical emissions and their differences, (4) dispersion characteristics of lightning whistler and the relation to the parent lightning discharges, (5) source locations of VHF pulses the their relation to the parent lightning discharges, (6) global occurrence distributions and rates of lightning and TLEs, and (7) detailed spectral characteristics of meteors. At the presentation, we briefly summarize the results derived from the 3-year JEM-GLIMS observations and will discuss the importance of the results and future works.

北海道に展開する多点カメラネットワークによって捉えた日本初の夜光雲イベント

鈴木 秀彦 [1]; 坂野井 和代 [2]; 西谷 望 [3]; 小川 忠彦 [4]; 江尻 省 [5]; 久保田 実 [6]; 坂口 歌織 [6]; 村山 泰啓 [6]; 藤吉 康志 [7]

[1] 明治大; [2] 駒澤大学; [3] 名大 STE 研; [4] NICT; [5] 極地研; [6] 情報通信研究機構; [7] 北大・低温研

First imaging observation of a noctilucent cloud from multiple sites in Hokkaido, Japan

Hidehiko Suzuki[1]; Kazuyo Sakanoi[2]; Nozomu Nishitani[3]; Tadahiko Ogawa[4]; Mitsumu K. Ejiri[5]; Minoru Kubota[6]; Kaori Sakaguchi[6]; Yasuhiro Murayama[6]; Yasushi Fujiyoshi[7]

[1] Meiji univ.; [2] Komazawa Univ.; [3] STELAB, Nagoya Univ.; [4] NICT; [5] NIPR; [6] NICT; [7] ILTS, Hokkaido Univ

Simultaneous imaging observations of a noctilucent cloud (NLC) from Rikubetsu, Horokanai, Nayoro, Monbetsu, and Otaru in Hokkaido, Japan have been successfully conducted by using digital cameras on Jun 21, 2015. This is the first NLC event captured from multiple sites in Japan. An NLC is thought as a possible tracer of global changes in upper atmosphere. Thus, mechanisms of a variation and transportation are widely studied. In 2007, NASA launched AIM satellite to monitor the polar mesospheric clouds (PMCs) which are thought as identical phenomena with NLCs. The AIM provides data of temporal and spatial variations of PMC over both polar regions (latitudes > 60 degrees) and has been operated up to today. On the other hand, NLCs have been also observed in middle latitude regions. For example, Taylor et al., 2002 reported an NLC event at Logan, Utah, USA (41.7N) on Jun 1999. Other examples are found in NLC photo gallery of spaceweather.com (e.g. http://spaceweather.com/nlcs/gallery2009_page1.htm). This archive shows great enhancement in occurrence of NLC particular in Jul 2009. During this period, NLC were sighted in as far south as Colorado (39N), Virginia and many countries in Europe. Therefore occurrence of NLC events in Hokkaido is considered to be possible. However, there were no convincing reports of NLC ever in Japan though strongly related phenomena, Mesospheric Summer Echoes (MSE) were frequently observed by VHF radar in Wakkanai (45.4N) [Ogawa et al., 2015]. These facts suggest a high dependency on longitudes (or local time) for an NLC occurrence and expansion of NLC-observable zone toward lower latitudes. However, a dynamics which can explain these behaviors of NLCs has not been completely understood. Thus, it is important to monitor occurrence and distribution of NLCs at middle latitude region by ground-based observations. A network of digital cameras has been constructed in Hokkaido, Japan since Jun 2010 in order to monitor NLC in the middle latitude region by several research groups of Japanese institutes and universities. In this talk, parameters of the NLC (an altitude, a spatial distribution, morphology, and a motion) deduced by a prompt analysis of NLC images captured on Jun 21, 2015 from multiple locations in Hokkaido will be shown. Then a mechanism to explain its occurrence by comparing atmospheric parameters of upper mesosphere provided by satellites and models will also be discussed.

2015年6月21日の日本時間01:54より02:40にかけて、北海道陸別町、幌加内町、名寄市、紋別市および小樽市において、日本国内では初となるデジタルカメラによる夜光雲の複数地点での同時観測に成功した。夜光雲の発生頻度や分布は、高層大気のグローバルな変動を反映していると考えられており、その消長および輸送メカニズムの解明が進められている。2007年には米国航空宇宙局 (NASA) が、夜光雲と同根の現象であると考えられている極中間圏雲 (PMC: Polar mesospheric cloud) を監視する AIM 衛星を打ち上げ、両極域上空 (緯度 60 度以上) における PMC 変動および分布を 2015 年現在に至るまで観測している。衛星データが極域におけるグローバルな PMC の変動データを提供する一方で、近年では夜光雲が中緯度域でも観測される例が多数ある。例えば、1999 年 6 月には米ユタ州ローガン (北緯 41.7°N) における観測例がある [Taylor et al. 2002]。比較的最近では、2009 年 7 月に米コロラド州 (北緯 39°N) 他、ヨーロッパ各地において夜光雲が多数撮影されており、インターネット上で多数の観測例を閲覧可能である (例 Space weather.com の noctilucent cloud photo gallery : http://spaceweather.com/nlcs/gallery2009_page1.htm)。以上のことから、北海道 (北緯約 41 度~45.5 度) においても夜光雲の観測可能性は非常に高いと考えられていた。しかし、極中間圏雲と密接な関係があると考えられている夏季中間圏エコー (MSE) については稚内 VHF レーダーによって多数検出されていたものの、北海道をはじめ日本国内での夜光雲の有力な観測、目撃例は報告されていなかった [Ogawa et al. 2015]。このように、夜光雲は出現率の経度 (または地方時) 依存性や、発生域の低緯度化などが示唆されているものの、これらのメカニズムを上部中間圏ダイナミクスの観点から説明可能なシナリオは議論の途上である。このことを解明し、夜光雲をグローバルな高層大気変動のトレーサーとして用いるためには、衛星ではカバーできない中緯度領域における夜光雲の変動と分布を地上観測によって詳細に捉えることが重要となる。そこで、本研究グループは、2010 年 6 月より北海道においてデジタルカメラネットワークを順次展開し、夜光雲の監視にあたってきた。本発表では、2015 年 6 月の夜光雲イベントにおいて、複数地点で得られた画像を詳細に解析することで抽出した夜光雲のパラメーター (高度、出現エリア、形状、運動) を示すとともに、衛星データやモデルによる上部中間圏における大気パラメーターとの比較を行い、その発現メカニズムを議論する。

Depletion of mesospheric sodium during extended period of pulsating aurora

Toru Takahashi[1]; Keisuke Hosokawa[2]; Satonori Nozawa[3]; Takuo Tsuda[2]; Yasunobu Ogawa[4]; Takuya Kawahara[5]; Yasutaka Hiraki[2]; Jun Sakai[2]; Norihito Saito[6]; Satoshi Wada[6]; Tetsuya Kawabata[3]; Chris Hall[7]
[1] SSRE, UEC; [2] UEC; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] NIPR; [5] Faculty of Engineering, Shinshu University; [6] ASI, RIKEN; [7] TGO, UiTO

The neutral sodium layer, generally distributed at altitudes from 80 to 110 km, is sustained by a balance between meteor absorption, diffusion, and chemical reactions. One of the interesting subjects is relationship between sodium density variation and auroral precipitation.

At the topside of the sodium layer, chemical reactions including molecular ions are the primary agent for controlling the density of neutral sodium. Previous studies have implied that neutral sodium in the lower E region can be depleted by ionization through the charge transfer reaction with molecular ions produced by the auroral particle precipitations. To date, however, this mechanism has not yet been evaluated by combining simultaneous observations of neutral sodium and ambient electron density. In the present study, for more detailed understanding, we have examined the suggested sodium ion chemical reactions based on the quantitative comparison for temporal variation of the sodium density and the reaction rates estimated from the theoretical chemistry model.

On 25 January 2012, the EISCAT VHF radar and an all-sky imager (ASI) were operated simultaneously, together with the sodium lidar at the EISCAT Tromsø; site (69.6°N, 19.2°E). The ASI captured an extended period of pulsating auroras (PsA) in the post-midnight to morning sector. The EISCAT VHF radar observed intense ionization at altitudes below 100 km probably due to precipitation of high-energy electrons response for PsA. During this interval, the lidar detected characteristic depletion of sodium density from 97 to 100 km in close association with the occurrence of PsA. To evaluate the process causing the sodium depletion, the depletion rates were estimated from the lidar measurement and compared with those theoretically calculated based on the charge transfer reaction with NO^+ and O_2^+ . The mean observed depletion rate is about $2 \times 10^6 \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$. The observed depletion rates showed a good agreement with the theoretical depletion rates; this agreement indicates that the sodium density was depleted by the charge transfer reactions of NO^+ and O_2^+ created by precipitation of PsA electrons. This result further indicates that precipitation of high-energy magnetosphere electrons into the lower ionosphere significantly affects the chemistry of mesospheric neutral species.

北極域下部熱圏における中性大気温度とイオン温度の比較研究

滝田 真太郎 [1]; 野澤 悟徳 [2]; 小川 泰信 [3]; 川原 琢也 [4]; 津田 卓雄 [5]; 斎藤 徳人 [6]; 和田 智之 [6]; 高橋 透 [7]; 藤原 均 [8]; Hall Chris[9]; Brekke Asgeir[10]

[1] 名大・理・素粒子宇宙; [2] 名大・太陽研; [3] 極地研; [4] 信州大・工; [5] 電通大; [6] 理化学研究所基幹研; [7] 電通大・SSRE; [8] 成蹊大・理工; [9] トロムソ大・TGO; [10] トロムソ大・理工

Comparison of neutral temperature with ion temperature in the polar lower thermosphere above Tromsø

Shintaro Takita[1]; Satonori Nozawa[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Takuya Kawahara[4]; Takuo Tsuda[5]; Norihito Saito[6]; Satoshi Wada[6]; Toru Takahashi[7]; Hitoshi Fujiwara[8]; Chris Hall[9]; Asgeir Brekke[10]

[1] STEL, Nagoya Univ; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] NIPR; [4] Faculty of Engineering, Shinshu University; [5] UEC; [6] ASI, RIKEN; [7] SSRE, UEC; [8] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [9] TGO, UiTO; [10] Science and Technology, UiTo

We will present comparison results of neutral temperature and ion temperature based on simultaneous observations conducted at Tromsø (69.6deg, 19.2deg). In the polar lower thermosphere even at 105 km, the neutral temperature may not be equal to the ion temperature because of the energy input from the magnetosphere. Joule heating, auroral particle heating, and the electron-ion heat exchange can contribute to heating of the ion and/or neutral particles. If we can derive the temperatures with good accuracy, we would evaluate contributions of the heat sources quantitatively. As far as we know, comparison of the neutral temperature obtained by LIDAR with the ion temperature by Incoherent Scatter (IS) radar has never been conducted except for the case study made by Nozawa et al. (JGR, 119, doi:10.1002/2013JA019520, 441-451, 2014).

Our group has conducted observations of the neutral temperature between about 80 and 110 km with the sodium LIDAR at Tromsø since October 2010 for 5 winters. Up to now, we have obtained temperature and sodium density data for about 2800 hours and about 1700 hours of wind data. For five winter observational seasons between 2010 and 2015, simultaneous observations of the sodium LIDAR and the EISCAT UHF radar were conducted for 44 nights: about 160 hours of simultaneous observational data are available. By using these simultaneous data sets, we have compared ion temperature values with neutral temperature values. Data with an altitude resolution of about 3 km as well as with temporal resolution of 10 min or 20 min are used for comparison.

Incoherent Scatter (IS) radar measurements in the E-region (i.e., in the lower thermosphere) during dark intervals suffer from lack of ionization. At high latitudes, the particle precipitations from the magnetosphere often provide enough ionization in the E-region for derivation of physical parameters with IS radar measurements. Reliability of the derivation of ion temperature under such a condition, however, is never evaluated as far as we know. Under relatively geomagnetically quiet conditions, we have obtained good agreements between the ion and neutral temperature values. On the other hand, on some occasions, the ion temperature values are systematically lower than neutral temperature values for several hours, implying either derivation ways of ion temperature or neutral temperature would be incorrect. The accuracy of the sodium LIDAR measurements becomes worse with increasing height above the sodium layer peak (say 95 km), while the accuracy of the IS radar measurements mainly depend on the amount of electron density. We have investigated possible causes of the discrepancy considering auroral particle precipitation effects, the pulse scheme used in the EISCAT radar measurements, model values used in IS spectrum fitting procedures, beam directions, and the strength of the electric fields.

We will show comparison results, and discuss the reliability of ion temperature values obtained by IS radar measurements in the E-region during winter night intervals. Furthermore, we will present results of evaluation of Joule heating in the lower thermosphere.

太陽風エネルギーの流入を受ける極域下部熱圏において、中性大気温度とイオン温度は衝突周波数が大きい高度 105 km 付近でも等しいとは限らない。この温度差は、太陽風エネルギー流入に伴うジュール加熱、オーロラ粒子加熱、電子-イオン熱交換が原因であると考えられる。中性大気温度とイオン温度を正確に導出することにより、これらの加熱量の定量的評価が可能となる。これら 2 種の温度を、1 つの観測装置で導出することはできない。通常、中性大気温度はライダー、イオン温度は非干渉散乱 (Incoherent Scatter: IS) レーダーにより導出される。しかしながら、極域において、これまでライダーによる中性大気温度と IS レーダーにより導出されるイオン温度の詳細な比較研究はほとんど行われていない。本講演において、トロムソにおけるナトリウムライダー・EISCAT レーダー同時観測データを用いた温度比較の結果を報告する。

我々のグループでは、2010 年 10 月から EISCAT トロムソ観測所 (69.6 度, 19.2 度) にてナトリウムライダーを用いた上部中間圏・下部熱圏 (高度 80-110 km) の中性大気温度測定を実施している。ナトリウムライダー観測は、冬期暗夜期

間(10月から3月)に行い、現在までに約2800時間の大気温度データを取得している。2012年10月より、5方向同時観測を実施し、約1700時間中性大気風速データも取得している。この観測期間において、ナトリウムライダーとEISCAT UHFレーダーとの同時観測は、44晩(約160時間)に及ぶ。我々は、これらの同時観測イベントを用いて、高度100 kmから110 kmにおける中性大気温度とイオン温度の比較研究を行った。比較に用いたデータは、高度分解能約3 km、時間分解能10分ないし20分値を用いている。可能な限り同じ観測ボリュームにおける温度比較を行うために、鉛直方向の比較だけでなく、2013年10月以降においては、沿磁力線方向の比較も実施している。

ナトリウムライダーによる大気温度の導出は、ナトリウム原子密度が高度とともに低下することにより、ナトリウム層ピークから高度上昇とともに導出精度は低下する。一方で、冬期夜間におけるISレーダー観測による物理量の導出は、電子密度が著しく低下するため、下部熱圏高度(E領域)においては非常に難しい。極域電離圏では、磁気圏からの高エネルギー電子降下による電離がある時、下部熱圏高度での夜間におけるプラズマパラメータの導出が可能になる。今回の比較研究を通して、通常のスเปクトル解析(EISCATでは、GUIDAPとよばれる解析プログラムが標準で用いられている)で求めた高度105 km以下のイオン温度が、中性大気温度と良い一致を示す例がある一方で、系統的に(数時間以上にわたり)、中性大気温度よりも低いという結果が複数晩において得られている。現在、この原因を明らかにするために、EISCATレーダーで使用されたパルスコードの種類、スเปクトルフィッティングに用いているモデル値、レーダーの方向、オーロラ活動度の違い等について調べている。

講演では、中性大気とイオン温度の比較の例を示し、EISCATレーダーによるイオン温度導出に関する制限を議論するとともに、イオン温度と中性大気温度差とジュール加熱率の関係について示す予定である。

観測ロケット放出TMAおよびLiトレーサーによる夜間熱圏中性風プロファイル

山本 真行 [1]; 柿並 義宏 [2]; 渡部 重十 [3]; Larsen Miguel [4]
[1] 高知工科大; [2] 高知工科; [3] 北大・理・宇宙; [4] Clemson Univ.

Nighttime thermospheric neutral wind profiles analyzed by using TMA and Li tracers released from sounding rockets

Masa-yuki Yamamoto [1]; Yoshihiro Kakinami [2]; Shigeto Watanabe [3]; Miguel Larsen [4]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.; [3] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [4] Clemson Univ.

Nighttime thermospheric neutral wind profiles between 80 and 140 km were analyzed by using TMA and Lithium tracers released by two sounding rockets S-520-27/S-310-42 launched from Uchinoura Space Center (USC), JAXA in July, 2013.

Comparison between three wind profiles derived from three optic tracers released at different temporal/spatial places apart from 1 hour and about 100 km will be introduced in this paper.

2013年7月に内之浦宇宙空間観測所(USC)よりS-520-27/S-310-42号観測ロケットを打上げ、上空80~140kmの領域にTMAおよびリチウムを放出し、熱圏中性大気風プロファイルの計測を実施した。S-310-42号機からのTMA放出はロケット上昇時と下降時にそれぞれ実施し、S-520-27号機からのリチウム放出は下降時に計3回実施し、満月の月明を利用した夜間リチウム共鳴散乱光の観測に世界で初めて成功した(山本他, SGEPS 講演会, 2013)。

これら3つのトレーサーによって熱圏大気風速のプロファイル算出のための解析を実施したが、今回の観測では夜間リチウム観測のS/N比向上のため航空機観測を実施したことから、従来の地上多地点観測によるステレオ撮影の際に用いた手法の単純適用は困難であった。そこで航空機の姿勢情報を加味し、航空機の飛行経路に沿った移動移動を基にした移動する1地点からの風速解析を実施した(木原他, SGEPS 講演会, 2014)。

同実験時には地上3地点(室戸、内之浦、種子島)においても通常通りのステレオ撮影を試みており、TMAについては通常通りのデータが、またリチウムについても微弱発光の地上観測に成功した。今回は、地上観測を用いた解析と、航空機を用いた解析などを総合して、TMAとリチウムによる風速プロファイルを比較し、解析上の問題点や1時間ならびに100km程度の時空間について離れた複数の夜間熱圏中性風プロファイルの比較結果について報告する。

昭和基地レイリー/ラマンライダーを用いた高度 15-60km の重力波活動度の研究

木暮 優 [1]; 中村 卓司 [2]; 江尻 省 [2]; 西山 尚典 [2]; 堤 雅基 [2]; 富川 喜弘 [2]; 津田 卓雄 [3]
[1] 総研大・複合・極域; [2] 極地研; [3] 電通大

Rayleigh/Raman lidar study of gravity wave activity in the dynamic height range of 15-60km over Syowa station, Antarctica

Masaru Kogure[1]; Takuji Nakamura[2]; Mitsumu K. Ejiri[2]; Takanori Nishiyama[2]; Masaki Tsutsumi[2]; Yoshihiro Tomikawa[2]; Takuo Tsuda[3]
[1] Polar Science, SOKENDAI; [2] NIPR; [3] UEC

The gravity waves are generated in lower atmosphere, propagate upward and transfer momentum and energy to the middle atmosphere. It has been found that the gravity waves induce large scale meridional circulation and drive the middle atmosphere away from radiative equilibrium [Lindzen, 1981; Holton, 1982; Matsuno, 1982]. However, we have not completely known the quantification of gravity wave roles in the middle atmospheric circulation. A Rayleigh/Raman(RR) lidar was installed in January 2011 at the Syowa station, Antarctica (69S,40E). The lidar has measured temperature profiles between 5 and 80 km for more than 350 nights (before the end of October in 2014). The measurement channels consist of high sensitivity Rayleigh channel, low sensitivity Rayleigh channel and N₂ vibration Raman channel. N₂ vibration Raman scatter is much weaker than Rayleigh scatter, but the wavelength of N₂ vibration Raman scatter is different from Mie scatter. So the Raman channel is superior to Rayleigh channel at lower atmospheric temperature observation. The 3 channels enable us to observe temperature in the wide height range of 5-80km. To investigate gravity wave activities in the dynamic height range of 15-60km from May 2011 to October 2013, we have analyzed the lidar data using the improved method with Alexander et al.(2011). The method is different from Alexander et al.(2011) at using Hilbert transform weighted by atmospheric density to the power of 1/4. Above 35km altitude, gravity wave activity was the peak during winter. The seasonal cycle in gravity wave activity over Syowa was the similar result to Alexander et al.(2011), which was the Rayleigh lidar study of the gravity wave activity at Davis(69S,79E). Below 35km altitude, the gravity wave activity enhanced in early June, same as above 35km altitude. However, the gravity wave activity did not decrease in early autumn.

In this presentation, we will show these result and discuss the relations of gravity wave activity between the lower and upper atmosphere.

下層大気で発生した重力波は上方伝播し、中層大気へ運動量・エネルギーをもたらす。その効果は、中層大気の水平平均風を変化させ、大規模子午面循環を引き起こし、中層大気の鉛直気温プロファイルを大きく変化させることが定性的に理解されている [Lindzen, 1981; Holton, 1982; Matsuno, 1982]。しかし、現在でも重力波の水平平均風への定量的寄与は理解が不十分である。そのため、国立極地研究所は南極昭和基地 (69S, 40E) にレイリー/ラマン (RR) ライダーを設置し、2011年2月から高度約 5-80 km の気温観測を行い、重力波の気温擾乱を観測している。2014年10月終わりまでに350晩以上の観測を行っており2015年現在も観測を継続している。RR ライダーは低高度 (5-30 km)、中高度 (15-60 km)、高高度 (23-80km) をそれぞれ観測する窒素振動ラマンチャンネル、低高度レイリーチャンネル、高高度レイリーチャンネルを用いている。窒素振動ラマン散乱は、大気のレイリー散乱に比べて散乱断面積が2桁以上小さいが、雲・エアロゾル等のミー散乱とは波長が異なる。そのため、下層大気気温観測ではレイリーチャンネルよりラマンチャンネルが優れている。この3チャンネルを用いることで、従来より非常に広い高度領域 (5-80km) の気温を同時に観測することができる。

本研究は、Alexander et al.(2011) の重力波解析を発展させた、大気密度 1/4 乗重み付けヒルベルト変換を用いた重力波活動度の指数 (重力波のポテンシャルエネルギー:Ep) の導出手法を用いて解析を行った。昭和基地上空の高度 15-60 km の Ep を 2011年5月から2013年10月について求めた。高度 35-60km の活動度は、昭和基地に近い Davis 基地 (69S, 78E) でレイリーライダー観測を行った先行研究 (Alexander et al. ,2011) と類似した冬極大の季節変動が見られた。同様に高度 20-35km 付近は初冬 (6月) に活動度が極端に上昇するのが見られた。しかし、高度 35-60km と異なり晩冬 (9月) に活動が下がらなかった。

本発表では、高度 20-60km の各高度での重力波の季節変動及び上下大気層の活動度の関係性について詳しく議論する。

中間圏・下部熱圏における流星レーダーを用いた運動量フラックスの測定

松本 直樹 [1]; 新堀 淳樹 [2]; 津田 敏隆 [2]
[1] 京大生存研; [2] 京大・生存研

Measurement of momentum flux by using meteor wind radars in mesosphere and lower thermosphere

Naoki Matsumoto[1]; Atsuki Shinbori[2]; Toshitaka Tsuda[2]
[1] RISH; [2] RISH, Kyoto Univ.

It has been well-known that atmospheric gravity waves play an important role in energy and momentum transportations, generation of various kinds of wind field disturbance and thermal structure of the middle atmosphere. Therefore, to measure the momentum flux ($u'w'$) of gravity waves in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) region is essential to understand the generation mechanism of wind disturbances. So far, large atmospheric radars such as middle and upper atmosphere (MU) radar have been used to determine the $u'w'$ with the beam pair method developed by Vincent and Reid [1983]. This method enables us to obtain the $u'w'$ with high accuracy, but we cannot investigate a global distribution of the $u'w'$ in MLT since such large radars are not installed at many observatories. Recently, Hocking [2005] proposed a new method that enables us to measure the $u'w'$ by using meteor wind radar (MWR). However, there are several problems on the assumption of Hocking method as described below. The first point is whether MWR can sample meteor echoes uniformly in observation area or not. The second point is whether wind field in each observation area satisfies the assumption of spatial uniformity in the height-time bin of 4 km and 2 hour. This study aims at validation the Hocking method by using two MWRs which have the same system and located in the neighborhood on the equator at Koto Tabang (west Sumatera) and Biak (west Papua) in Indonesia. We estimated $u'w'$ with Hocking method during the period (Dec.2011 - Apr.2012, and Jun. - Sep. 2013) when the number of meteor echoes was high enough at both Koto Tabang and Biak. The $u'w'$ variations agree well each other, suggesting validity of this method. Long-term data at Koto Tabang from Nov. 2002 to Dec. 2013 were analyzed to examine climatology of $u'w'$. As a result, semi-annual cycle was clear, being consistent at 5 heights between 86 km and 94 km. The direction of $u'w'$ at 94 km was eastward in almost all months.

中層大気でのエネルギーや運動量の輸送、様々な風速場の擾乱や温度構造の形成において、大気重力波が重要な役割を担っていることはよく知られている。そのため、中間圏および下部熱圏 (MLT) 領域において重力波の運動量フラックス ($u'w'$) を計測することは、風速擾乱の生成を理解する上で欠かすことのできない重要なことである。これまで、MUレーダーのような大型大気レーダーを用いて、Vincent and Reid [1983] によって提唱されたビームペア法によって運動量フラックスが決定されてきた。この方法は精度よく運動量フラックスを計測できるが、反面大型大気レーダーが必要なため簡単には運動量フラックスを計測できないという面を持っていた。近年、Hocking [2005] は簡素な流星レーダーを用いて運動量フラックスを図る方法を提唱した。ただ、流星エコーをレーダーの走査領域の中で一様に検出されるかどうかなどの疑問点が存在する。本研究では、流星レーダーと Hocking 法を用いて運動量フラックスを計算し、Hocking 法の妥当性について検証した。この際、Koto Tabang (西スマトラ) と Biak (西パプア) という赤道線上にあって距離が 4000km 離れている二つの流星レーダーを使った。2011 年 12 月から 2012 年 4 月と、2013 年 6 月から 9 月においては、流星の数が両地点において十分多い時期が重なったので、この期間について運動量フラックスを比較した。この期間においては両地点の運動量フラックスはよく似た傾向があり、これは Hocking 法の妥当性を示唆している。また Koto Tabang では 2002 年 11 月から 2013 年 12 月までの長期間の流星エコーデータがあったので、これを解析した。高度 90 km を中心として 86km から 94km までの高度領域において半年周期が卓越した。ただし 94km においてはほとんどの月で東向き運動量フラックスが卓越していた。この結果は運動量フラックスと成層圏半年周期振動や中間圏半年周期振動との関係を示唆している。

3-years Occurrence Variability of Concentric Gravity Waves in the Mesopause Observed by IMAP/VISI

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

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

We report a study of 3-years occurrence variability of concentric gravity waves (CGWs) in the mesopause observed by IMAP/VISI instrument. CGWs are fascinating to be studied because of its unique characteristic that shows the direct coupling between lower and upper atmosphere. The Visible and near-Infrared Spectral Imager (VISI) of the IMAP mission was launched successfully on July 21, 2012 with H-IIB/HTV-3 and installed onto the International Space Station (ISS). IMAP/VISI is now operated in the night side hemisphere with a range of +/- 51 deg. in geographic latitude and measuring three airglow emissions of OI (630 nm), OH Meinel (730 nm) and O2 (762 nm) with the typical spatial resolution of 16 – 50 km in the nadir direction. In this study, we analyzed 3 years data taken by IMAP/VISI from October 2012 to June 2015. We found total 172 CGWs events in the O2 (762nm) airglow emissions out of 4853 data paths in 2013, 92 events out of 4809 data paths in 2014 and 46 events from 2112 data paths in 2015. The monthly occurrence probability shows a similar trend for each year, a clear seasonal dependence with the peak around March-April and August-September. The weak background winds in the middle atmosphere during the equinoxes are likely responsible for the seasonal dependence. We calculated the horizontal wavelength and radius maximum by fitting the circular wavefronts to a circle. The source of CGWs then identified from meteorological satellite data around the estimated center. The horizontal wavelength was found varying from 44-300 km and radius maximum up to 3000 km, showing that CGWs can affect large area in mesopause. In most cases, the CGWs appeared 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 detailed discussion on horizontal wavelength distribution, the sources and background profiles influence on the variability of the CGWs occurrence will be presented in the seminar.

Inter-annual variability in the thermosphere

Huixin Liu[1]

[1] None

We examined the periodic variation of thermosphere in this study using the thermospheric total mass density at 400km altitude derived from more than 5000 flying objects during 1967-2013, and also those measured by the accelerometer aboard the CHAMP satellite during 2001-2010. Among the periodic variations, we found a prominent 2-3 year period. Correlation of this density variation with QBO and ENSO indices are carried out to investigate possible lower atmosphere driver of this thermosphere variability.

地磁気 Sq 電流によるアンペール力と熱圏圧力差、中性風速の経年変化

竹田 雅彦 [1]
[1] 京大・理・地磁気センター

Secular variation of Ampere force by geomagnetic Sq currents and neutral pressure difference in the thermosphere

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

High correlation between Ampere force by geomagnetic Sq currents and neutral pressure difference enables the estimation of the secular variation of neutral pressure from geomagnetic Sq field. This method has a merit for the study of the secular variation of the thermosphere because the estimation of the Ampere force needs the geomagnetic data only. The comparison of the force with other parameters such as velocity and conductivity will be presented.

地磁気 Sq 場を引き起こす電離層電流が及ぼすアンペール力は、熱圏大気昼夜圧力差と極めて良い相関を示し、特に Sq 電流渦中心付近の観測所では高度 120 km より上空の圧力差は値そのものも経年変化を含めてほぼ一致する。このことは逆に過去のアンペール力を評価してそのときの熱圏圧力差を見積もることが可能であり、それにより熱圏の経年変化を評価できるということになる。今回は評価した圧力差の変化を以前に評価した風速と比較した。電気伝導度の評価を必要とする風速に比べ、

磁気のみから評価可能なアンペール力を用いた圧力差の方が仮定が少なくて求められる点で優位である。発表時には電気伝導度推定の影響も含めて議論する。

地磁気静穏時の極域電離圏・熱圏擾乱

藤原 均 [1]; 三好 勉信 [2]; 陣 英克 [3]; 品川 裕之 [3]; 野澤 悟徳 [4]; 小川 泰信 [5]; 片岡 龍峰 [5]
[1] 成蹊大・理工; [2] 九大・理・地球惑星; [3] 情報通信研究機構; [4] 名大・太陽研; [5] 極地研

Disturbances of the polar ionosphere and thermosphere during small Kp periods

Hitoshi Fujiwara[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hidekatsu Jin[3]; Hiroyuki Shinagawa[3]; Satonori Nozawa[4]; Yasunobu Ogawa[5]; Ryuho Kataoka[5]

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

Variations of the ionosphere and thermosphere during and after geomagnetically disturbed periods, e.g., magnetic storms, substorms, have been investigated for a long period of time. Efforts by many researchers enable us to know typical ionospheric and thermospheric variations during the disturbed periods: e.g., traveling ionospheric/atmospheric disturbances (TIDs/TADs), positive and negative ionospheric storms, composition (O/N₂ ratio) variations due to changes in the thermospheric global circulation. On the other hand, ionospheric/thermospheric disturbances have been sometimes observed during periods of small Kp. It is expected that localized disturbances will be generated more often during periods of small Kp, in particular, in the polar region. We will show some examples of ionospheric disturbances during small Kp periods seen in our EISCAT radar observations. In addition, GCM simulations will be performed to understand features of the thermospheric variations during small Kp periods. The generation mechanisms of the disturbances will be also discussed in the present study.

磁気嵐やサブストームにおける電離圏・熱圏擾乱の理解のため、これまでに数多くの研究が進められてきた。地磁気擾乱時の典型的な電離圏・熱圏擾乱として、伝搬性電離圏擾乱/伝搬性大気擾乱 (traveling ionospheric disturbances/traveling atmospheric disturbances: TIDs/TADs) や、(正相・負相) 電離圏嵐、熱圏での大気大循環の変化に伴う組成変動 (O/N₂ の変化) などの現象が知られるようになり、現在では現象の予測に向けた取り組みも行われるに至っている。一方で、全球的な地磁気活動では静穏時と思われるときにも電離圏・熱圏擾乱が発生している例が報告されている。特に極域でのレーダー・光学観測では局所的な擾乱が観測されている。我々のグループが実施してきた EISCAT レーダー観測でも、Kp \sim 1-2 の期間に、オーロラ帯よりもさらに高緯度領域の昼側電離圏において激しい変動がしばしば観測されている。本研究では、このような地磁気静穏時の極域電離圏・熱圏擾乱の成因を明らかにすることを目的とする。これまでの EISCAT レーダーによる極域電離圏擾乱の観測例のいくつかを紹介し、それらの特徴を示すとともに、GCM シミュレーションから地磁気静穏時の極域熱圏擾乱の特徴について議論する。

下部熱圏/中間圏/成層圏の気温/風速/微量成分の衛星観測に向けて

鈴木 睦 [1]; 西堀 俊幸 [2]; 眞子 直弘 [3]; 水野 亮 [4]; 塩谷 雅人 [5]; Baron Philippe[6]; 落合 啓 [6]; 鶴澤 佳徳 [7]; 陣 英克 [8]; 齊藤 昭則 [9]

[1] JAXA・宇宙研; [2] なし; [3] 千葉大・CEReS; [4] 名大・STEL; [5] 京大・生存研; [6] NICT; [7] 情通機構; [8] 情報通信研究機構; [9] 京都大・理・地球物理

Satellite observation proposals of temperature, wind, and compositions at lower thermosphere, mesosphere, and stratosphere

Makoto Suzuki[1]; Toshiyuki Nishibori[2]; Naohiro Manago[3]; Akira Mizuno[4]; Masato Shiotani[5]; Philippe Baron[6]; Satoshi Ochiai[6]; Yoshinori Uzawa[7]; Hidekatsu Jin[8]; Akinori Saito[9]

[1] ISAS, JAXA; [2] JAXA; [3] CEReS/Chiba Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] RISH, Kyoto Univ.; [6] NICT; [7] NICT; [8] NICT; [9] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

Temperature dataset (such as ECMWF) at mesosphere is known to have significant bias against the ground based Rayleigh lidar observations, which should mean our limited understandings of upper-stratosphere/mesosphere temperature field, planetary wave activities (such as stratospheric sudden warming), gravity waves braking and mixing, and Brewer-Dobson circulation, Quasi-Biannual-Oscillation and Semi-Annual-Oscillation. It also means our lack of mesospheric temperature observation limit the accuracy of operational weather forecast, long-term weather forecast, long term O3 layer and climate change predictions. Satellite observations of mesospheric temperature profile have been carried out by scientific satellite sensors such as Aura/MLS and TIMED/SABER, but it is well known that these sensors had some temperature bias in the mesosphere.

Temperature can be measured by using O2 emission line in the mm and sub-mm wavelength region, and it is theoretically accurate because the oscillator strength of diatomic molecule is more reliable compared to those of multi atom molecules such as CO2, and mixing ratio of O2 is much more uniform at high altitude. In this paper, we discuss the sensitivity of temperature, line of sight (LOS) wind velocity, H2O, and O3 at the 485-489 GHz frequency region, where 487.249 GHz O2 line and 488.1 GHz H2O line exist. Two instruments are assumed, one is the 4K cooled SMILES-2 with $T_{\text{sys}} = 250$ K (SSB: Single Side Band), the other is Schottky mixer instrument with $T_{\text{sys}} = 600$ K (DSB, 70 K cooled). Temperature and wind speed in the lower thermosphere can be measured as good as 5 K, 5 m/s and 5 km vertical resolution by using 2.06 THz O-atom emission by using 4 K cooled Hot Electron Bolometer system or 70 K cooled Schottky mixer system. The observation of submm (488, 557, 624 GHz) and 2.06 THz should enable a breakthrough observation of global temperature, wind speed and composition.

ジオコロナ撮像装置 LAICA の開発と撮像結果

池澤 祥太 [1]; 亀田 真吾 [1]; 佐藤 允基 [2]; 桑原 正輝 [3]; 吉川 一朗 [4]; 田口 真 [2]
[1] 立教大; [2] 立教大・理・物理; [3] 東大・新領域・複雑理工; [4] 東大・理・地惑

Development of geocoronal hydrogen Lyman Alpha Imaging CAmera (LAICA) and observational results

Shota Ikezawa[1]; Shingo Kameda[1]; Masaki Sato[2]; Masaki Kuwabara[3]; Ichiro Yoshikawa[4]; Makoto Taguchi[2]
[1] Rikkyo Univ.; [2] Rikkyo Univ.; [3] Univ. of Tokyo; [4] EPS, Univ. of Tokyo

Exospheric hydrogen atoms resonantly scatter the solar ultraviolet radiation, causing an ultraviolet glow called geocorona. Previous research revealed that the geocorona extends to an altitude of about $15R_E$ [1], [2]. The hydrogen Lyman alpha radiation (121.567 nm) is the brightest emission of the UV glow.

Past observation of geocorona were mainly been performed using earth orbiters. On the other hands, observation of geocorona from deep space has been conducted in the Mariner 5, Apollo 16, and Nozomi mission. Among them, only Apollo 16 has a 2D imager [3]. However, its FOV was only $10R_E$ and was not wide enough to image the whole geocorona. In addition, geocorona has an asymmetric spatial distribution (higher density at high altitude in the anti-sun-ward direction), called geotail. The model developed by Bishop [1985] indicated that the density ratio of midnight to noon is 25% at $10R_E$, 60% at $20R_E$. Although Apollo 16 detected geotail, its observation was below $9R_E$.

We developed a UV camera called LAICA (Lyman Alpha Imaging CAmera) for imaging the geocorona from deep space. We started developing the LAICA in October 2013. LAICA has a spherical Cassegrain telescope, a bandpass filter, and a detector (a micro channel plate and a resistive anode encoder). The detector is a copy of PHEBUS/FUV on board the Bepicolombo/MPO satellite. We designed and manufactured the LAICA optical system. Furthermore, we established the gluing method to attach the primary/secondary mirrors and the bandpass filter to the aluminum body. We completed the development of LAICA in July 2014. LAICA was then installed in the very small deep space explorer PROCYON, which was launched in December 2014. Finally, we succeeded in the imaging of the whole geocorona in January 2015.

In this presentation, we will describe the details of the LAICA instrument and report geocoronal hydrogen density profiles provide by the LAICA.

地球外層圏の水素原子は太陽紫外放射を受けて共鳴散乱を起こす。その散乱光は地球全体を包む紫外グローを形成し、これはジオコロナと呼ばれている。

ジオコロナの観測は主に地球周回衛星によって行われてきた。一方、深宇宙からの観測は Mariner 5、のぞみ、Apollo 16 の 3 例のみであり、Mariner 5 とのぞみによる観測ではジオコロナは地球中心から約 $15R_E$ まで分布していることが報告されている [1],[2]。その 3 例のうち Apollo 16 は深宇宙からのジオコロナ撮像に成功している [3]。しかし、その観測視野は約 $10R_E$ 程度でありジオコロナ全域を捉えることはできていない。また、ジオコロナには太陽光放射圧によってその分布が反太陽方向に伸ばされた“ジオテイル”と呼ばれる構造を持つことが知られている。Bishop, 1985 による理論計算ではジオコロナの昼側に対する夜側の比は $10R_E$ で 1.25、 $20R_E$ で 1.6 となることが予測されている [4]。実際に、Apollo 16 による観測では高度が高くなるにつれてジオコロナの夜側の発光強度が昼側と比べて強くなっていることが報告されている [3]。これはジオテイルの存在を示しているが高度約 $9R_E$ までの観測でありジオテイル全域を捉えることはできていない。

そこで本研究では高高度からのジオコロナ撮像を目的とした LAICA(Lyman Alpha Imaging CAmera) の開発を行った。2013 年 10 月から開発を始めた LAICA は球面カセグレン鏡、バンドパスフィルタ、検出器 (MCP+RAE) から成り、検出器は BepiColombo/MPO に搭載される PHEBUS/FUV と同型のものを使用している。光学系は立教大で新規に設計・開発をした。また光学系の主鏡・副鏡・フィルタと金属の構造体との接着方法を確立し、立教大クリーンルームで組み立てを行った。そして 2014 年 7 月に開発が完了した LAICA は同年 12 月 3 日に超小型新宇宙探査機 PROCYON に搭載され打ち上げられ、2015 年 1 月 5 日と 9 日にジオコロナの広視野撮像に成功した。初期解析として、その撮像結果からジオコロナの高度プロファイルを作成し、過去の研究と比較を行った。本発表では LAICA の概要と、初期解析結果の報告を行う。

[1] Wallace et al., 1970, J. Geophys. Res., 75, 3769-3777.

[2] Tsuchiya, 2003, Master Thesis, Hokkaido University.

[3] Carruthers et al., 1976, J. Geophys. Res., 81, 1664-1672, doi:10.1029/JA081i010p01664.

[4] Bishop, 1985, J. Geophys. Res., 90,5235-5245.

拡張カウリング伝導度と地磁気Sq場、赤道ジェット

竹田 雅彦 [1]

[1] 京大・理・地磁気センター

Extended Cowling conductivity and Sq and equatorial electrojet currents

Masahiko Takeda[1]

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

Effects of the hall conductivity on geomagnetic Sq variation including equatorial electrojet. The current system of Sq and equatorial electrojet including the "return current" of the jet can be understood in a unifying way by considering the "extended Cowling" mechanism.

地磁気Sq場の生成は電離層内のダイナモ作用が原因であるが、赤道ジェット電流はその低緯度側に電流極小域を伴うのでそれをリターン電流と見て独立した電流系を構成しているという見方もある。しかしながら、拡張カウリング伝導度の概念を用いると、ホール伝導度の存在によるSq電流の増加や、赤道ジェット、いわゆるリターン電流が全て統一的に理解することが可能である。

S-310-44号機観測ロケットによるSq電流系付近の電場の3次元観測計画

安宅 祐香 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 阿部 琢美 [3]; 田中 真 [4]; 熊本 篤志 [5]

[1] 富山県立大; [2] 富山県大・工; [3] JAXA宇宙科学研究所; [4] 東海大・情教セ; [5] 東北大・理・地球物理

3D Electric Field Measurements Project in Sq Current by S-310-44 Sounding Rocket

Yuka Ataka[1]; Keigo Ishisaka[2]; Takumi Abe[3]; Makoto Tanaka[4]; Atsushi Kumamoto[5]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Tokai Univ.; [5] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

The region called Sq current occurs in the lower ionosphere in the winter daytime. The center region of Sq current is appeared the specific plasma phenomenon such as electron heating, strong electron density disturbance. We launch the rocket equipped with each instrument toward the center of Sq current in order to observe the physical quantity for the investigation of the specific phenomenon in plan of S-310-44 sounding rocket project in the winter of 2016. As similar experiment, S-310-37 sounding rocket had been performed in the past, however it was not possible to observe the electric field component of the magnetic field-aligned direction. It is one of the reasons that photo electron emission is caused by the sunlight is irradiated to the rocket body. Occurrence of impulsive noise by photo electron emission affect the analysis result. It is very difficult to remove the influence of photo electron pulse at the stage of data analysis. If it is possible to put the electrode of electric field sensor outside of the region where there are photo electron, the influence of photo electron pulse can be reduced. Therefore, the antennas need a length as long as possible to observe. Accordingly, the antennas of S-310-44 sounding rocket is twice as length than the antennas of S-310-37 sounding rocket. The purpose is to reduce the influence of photo electron pulses and increase the measurement accuracy of electric field. Consequently, S-310-44 sounding rocket measures the electric field components of the direction of rocket spin axis (near the magnetic field-aligned direction). And we aim to measure three dimensional electric field near the center of Sq current.

冬期昼間において電離圏下部ではSq電流系と呼ばれる領域が発生し、その中心付近には電子加熱、強い電子密度擾乱等の特異なプラズマ現象が生じている。2016年冬に打ち上げ予定のS-310-44号機観測ロケット実験は、各観測器を搭載したロケットをSq電流系中心に向けて打上げ、特異現象の解明のための鍵となる物理量を観測する。過去にもS-310-37号機観測ロケットで同じような実験が行われたが、沿磁力線方向の電場成分を観測することができなかった。これは、ロケット本体に太陽光が照射されることによって生じる光電子放出が原因のひとつである。光電子放出によるパルス性ノイズの発生は解析結果に大きな影響を与える。データ解析の段階で完全に光電子パルスの影響を除去することは非常に困難である。そこでロケット本体から放出される光電子が分布している領域から外へ電場センサとなる電極を出すことが可能であれば、光電子パルスの影響を少なくできる。したがって、アンテナの長さを可能な限り長くして、観測を行う必要がある。そこでS-310-44号機観測ロケットでは、アンテナの長さをS-310-37号機観測ロケットの2倍にし、光電子パルスの影響を少なくするとともに電場の測定精度を向上させる。これにより、S-310-37号機観測ロケットで達成できなかったロケットスピン軸方向（沿磁力線方向）の電場成分を直接計測し、Sq電流系の中心付近に存在する電場を三次元的に観測することを目指す。

下部電離層断面像観測のためのロケット GPS-TEC トモグラフィ法の検討

池端 祐太郎 [1]; 芦原 佑樹 [2]

[1] 奈良高専・専攻科・電子情報; [2] 奈良高専・電気

Study on Rocket GPS-TEC tomography for the lower ionosphere cross-sectional image

Yutaro Ikehata[1]; Yuki Ashihara[2]

[1] Elec. Eng., Nara NCT; [2] Elec. Eng., Nara NCT.

In general, it is used remote sensing as a technique of ionospheric electron density observation. Remote sensing is suitable for performing long-time observation, in particular the GPS-TEC ground monitoring network is possible horizontal plane observation. On the other hand, in-situ observation is carried out the sounding rocket experiment equipped with current probe to observation the detailed structure of the lower ionosphere. Although the in-situ observation obtained in detail the advanced distribution of the electron density, because it is the spot observation, the spatial distribution of the electron density around the rocket can not be obtained.

As an observation method of spatial distribution of ionospheric electron density, there is a GPS-TEC tomography. Since the GPS-TEC tomography to use only the ground GPS network, in principle, the resolution of the vertical (height) direction than in the horizontal direction deteriorates. In this study, we aim to improve the altitude resolution by performing the observation is equipped with a GPS-TEC receiver to sounding rocket.

電離層電子密度観測の手法として、一般的にイオノグラムや GPS-TEC に代表されるリモートセンシングが用いられる。リモートセンシングは長時間観測を行うのに適しており、特に GPS-TEC では、国土地理院の GEONET のような GPS 観測網を用いることで、水平方向の面的観測が可能である。一方、電子密度が低い下部電離層の詳細構造を観測するためには、一般に観測ロケットに電流プローブを搭載して直接観測が行われる。直接観測では、電子密度の高度分布を詳細に得られるが、その場観測にとどまるため、ロケット周辺の電子密度空間分布は得られない。

電離層電子密度の空間分布を知る方法として、GPS-TEC トモグラフィがある。GPS-TEC トモグラフィは地上の GPS 観測網のみを用いるため、原理上、水平方向に比べて鉛直（高度）方向の分解能が悪くなる。本研究では、観測ロケットに GPS-TEC 受信機を搭載することで高度分解能の改善を目指す。

Estimation of ionospheric TEC distribution using GPS signals measured by single-frequency receivers

Win Zaw Hein[1]; Yoshitaka Goto[1]; Yoshiya Kasahara[1]
[1] Kanazawa Univ.

GPS observation network, such as the GEONET in Japan, is useful for ionospheric study, but its construction and maintenance cost is very high since it consists of many continuous monitoring stations with dual-frequency GPS receivers. It is not realistic to construct the same kind of system in the equatorial zone including Myanmar while it is desirable to observe the ionosphere from such regions. In the present study, we develop an estimation method of ionospheric TEC distributions using GPS signals measured by single-frequency receivers. Unlike the dual-frequency receiver, ionospheric effect on GPS signal, which corresponds to the total electron content along the signal path (slant TEC), should be extracted by removing other effects from the difference between real and measured distances of satellite and receiver. A two dimensional (latitude-local time) model with second order function in each dimension is adopted to represent vertical TEC distributions and its parameters are estimated by least square fitting. In the presentation, we will show the result of the developed method applied to GPS observation data and compare it with the TEC map derived from dual-frequency observations.

コロナ質量放出の到来に伴う電離圏全電子数の1時間周期変動

坂口 歌織 [1]; 西岡 未知 [1]
[1] 情報通信研究機構

1-h period oscillations of ionospheric total electron contents after the arrival of coronal mass ejections

Kaori Sakaguchi[1]; Michi Nishioka[1]
[1] NICT

On 11 and 12 September 2014, two coronal mass ejection (CME) arrived at the Earth and caused a geomagnetic storm with a minimum Dst index of -75 nT at 23 UT on 12 September. We found that total electron contents (TEC) oscillated in the large extent of the dayside ionosphere after the arrivals of the CMEs. The timeseries data of TEC over Japan and the North America, which observed by the global positioning system (GPS), show high-amplitude (± 0.4 TEC Units) density oscillations with a period of about 1 h. The oscillations are seen in timeseries data averaged over Japan and the North America, but those do not show any traveling structure. The 1-h oscillation over Japan was observed just after the first CME arrival at 23 UT (8 JST), 11 Sep., while that over the North America was observed just after the arrival of the second CME at 14 UT (10 EDT), 12 Sep. Those correspond to the timings that the local times of those areas are in daytime. In the presentation, we will discuss possible generation processes of the ionospheric 1-h oscillations triggered by CMEs.

Precise seasonal EIA structures in Southeast Asia

Kornyanat Watthanasangmechai[1]; Mamoru Yamamoto[2]; Akinori Saito[3]; Takashi Maruyama[4]; Tatsuhiro Yokoyama[4];
Michi Nishioka[4]; Mamoru Ishii[4]

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

To reveal the precise seasonal EIA structures in Southeast Asia, the TEC from GNU radio beacon receiver (GRBR) are investigated. Thanks to a fast scanning of the beacon receivers, the EIA structures captured by the beacon network are considered static. Regarding to the high spatial resolution of the beacon network, EIA crests are precisely revealed. During equinox, EIA tends to be fairly symmetric. The rapid evolution of EIA appears during geomagnetic disturbances. Most of the ripples in TEC during equinox are regarding to plasma bubble occurrence. During solstice, EIA is quite asymmetric. Most of the ripples in TEC are presumed to be due to MSTID that is under investigation. The precise structures of EIA in both equinox and solstice will be presented in this presentation.

CHAMP 衛星を用いた赤道異常に関する統計的研究

渡邊 祐貴 [1]; 細川 敬祐 [1]; Liu Huixin [2]
[1] 電通大; [2] 九大・理・地惑

Statistical Study of Equatorial Anomaly with CHAMP

Yuki Watanabe [1]; Keisuke Hosokawa [1]; Huixin Liu [2]
[1] UEC; [2] None

Ionospheric electron density distribution is known to have two peaks at around 15 degree magnetic latitude. Such a pair of band-like electron density enhancement at low latitudes is called equatorial anomaly (EA). EA is believed to be generated through the plasma fountain effect caused by the daytime eastward electric field near the magnetic equator. Since trans-ionospheric satellite communications including GPS navigation system are sensitive to the ionospheric electron density, it is important to model/predict the daily variation of EA. To date, however, the generation mechanism and daily variation of EA have not been well understood. Although EA is a global phenomenon, many of the previous studies have investigated the behavior of EA by using a fixed single point ground-based measurement. Besides, most of the past studies are based on analyses of case examples. Therefore, statistical analyses of EA using global satellite data is highly demanded to figure out the spatial distribution of EA.

The purpose of this study is to investigate the seasonal and annual variations of EA based on in-situ observations of the electron density by the CHAMP satellite. Six-years electron density measurements from 2001 to 2006 were analyzed in a statistical fashion. The statistical results clearly show annual and seasonal variations of EA. To investigate the latitudinal profile of EA in detail, we have developed an algorithm which can retrieve the latitude of two peaks of EA every overpass of CHAMP across the magnetic equator. By using such a database of the latitudinal separation of EA, seasonal variation of the separation of EA was derived more qualitatively. In addition, the latitudinal separation of the two EA peaks was found to depend on Kp, Dst and the sign of the IMF Bz. In the presentation, we will discuss the above-mentioned characteristics of EA in terms of variation of the eastward electric field at the magnetic equator.

日の出から真夜中にかけて、電離圏の電子密度は磁気的な低緯度領域 (磁気緯度 南北 15 度付近) に極大を形成する。磁気赤道を中心に南北に帯状の領域が現れるこの現象を赤道異常といい、日常的に観測が可能である。赤道異常は、昼間の東向き電場と南向きの地球磁場による $E \times B$ ドリフトによってプラズマが上空に打ち上げられ、重力と圧力の勾配により磁力線に沿って低・中緯度まで拡散されることによって発生する。発達した赤道異常は衛星測位の精度に大きな影響を与える。赤道異常の発生メカニズムやその日々変動の理解は未だ不十分であるが、その原因のひとつとして、これまでの研究は定点観測データを用いたものが多く、局所的な観測に限られていた事が挙げられる。グローバルに変化する現象である赤道異常のメカニズムの理解には衛星データを用いた全球的な研究が不可欠であるが、その研究はほとんど行われていない。また、解析期間が短いものが多く、長期データを用いた統計解析は極めて珍しい。

本研究では、CHAMP 衛星によって取得された 2001 年から 2006 年までの 6 年間のデータを用いて解析研究を行うことにより、赤道異常の分布やその特性を統計的に調べることを目的としている。磁気座標を用いて地図上に電子密度の平均値をプロットしたところ、赤道異常は年、季節によって違いがあることがはっきりと確認出来た。赤道異常の変化に起因するパラメータを把握するために、本研究ではこれらのビッグデータに対し、1 軌道毎に赤道異常の検出を行うアルゴリズムを構築した。磁気緯度と電子密度の関係のプロットでは、赤道異常帯に 2 つのピークが検出される。この 2 つのピークの緯度幅を検出することにより、より定性的に赤道異常の季節変化を確認することに成功した。さらに、得られたピークの緯度幅を Kp 指数、Dst 指数、惑星間空間磁場 IMF などと比較することで、これらの指数に対する赤道異常の変化の依存性について調べた。発表ではこれらの結果について報告を行う予定である。

ノルウェー・トロムソにおける GNSS 受信機を用いた電離圏シンチレーションの観測

上部 広大 [1]; 大塚 雄一 [2]; 小川 泰信 [3]; 細川 敬祐 [4]
[1] STE研; [2] 名大 STE 研; [3] 極地研; [4] 電通大

Observation of GNSS scintillation in Tromsø, Norway

Kodai Uwashitomi[1]; Yuichi Otsuka[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Keisuke Hosokawa[4]
[1] STEL, Nagoya Univ; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] NIPR; [4] UEC

Ionospheric scintillation is a phenomenon that received radio wave fluctuates in phase and amplitude. It has been known that amplitude scintillation frequently occurs at equatorial regions, and that phase scintillation frequently occurs at high latitudes. We have been operating dual-frequency GNSS (Global Navigation Satellite System) receivers at Tromsø, Norway. The receivers are controlled by PC. We have calculated S4 and Sigma Phi indices. S4 is defined as a ratio of standard deviation of the signal intensity to the average signal intensity in each 1 minute. Sigma Phi is defined as the standard deviation of the phase of the received signal. We have analyzed S4 index obtained in 2013 and 2014. Weak S4 enhancement was observed between 18 and 05 UT almost every day in February-March and November-December. These scintillations could be caused by irregularities in aurora oval. On the other hand, S4 enhancement exceeding 0.3 was observed for several days in the daytime.

電離圏シンチレーションは、人工衛星などから送信された電波が電離圏の局所的な電子密度の不規則性により位相及び振幅の変動が引き起こされる現象である。受信振幅が変動する振幅シンチレーションは、電子密度の不規則構造によって信号の回折が生じ、信号が互いに干渉しあうことによって発生する。振幅シンチレーション指数である S4 は平均信号強度で正規化した信号強度変化の分散で示される。S4 は、主に赤道域において大きく、極域では小さいことが知られている。一方、電離圏電子密度の空間的もしくは時間的変動によって引き起こされると考えられている位相シンチレーションは、極域で発生し、位相シンチレーション指数である $\sigma\phi$ は位相の標準偏差で定義されている。

本研究では、ノルウェーのトロムソに設置した Global Navigation Satellite System (GNSS) 受信機を用い、L1, L2 の 2 周波の受信信号強度と位相をサンプリング周波数 50Hz で観測し、位相シンチレーションと振幅シンチレーションを調べる。従来の研究では、極域において振幅シンチレーションはほとんど発生しないとされていたが、本観測では低ノイズの受信機を使うことによって振幅シンチレーションを観測することが出来た。2014 年 2-3 月及び 11-12 月の 18-05UT にほぼ毎日、S4 が 0.3 になる程度の増大が見られた。これは、オーロラオーバルがトロムソ上空に位置しており、オーロラに伴うシンチレーションによるものと考えられる。また、2-3 月及び 11-12 月の日中にも、S4 が 0.3 を超える増大が見られる日があった。

磁気赤道上空における下層大気起源の沿磁力線電流の検出

中西 邦仁 [1]; 家森 俊彦 [2]; 青山 忠司 [3]

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

Detection of FAC effect over the dip equator having the lower atmospheric origin

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

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

By the CHAMP magnetic data analysis through a high-pass filter with period around 40 seconds, it is found that magnetic fluctuations with period around 20 - 30 seconds exist in the middle and low latitudes at any local time and almost all the time. We ever have showed that from characteristics of the magnetic fluctuations they may be attributed to spatial structures of FACs having the lower atmospheric origin through the E-layer dynamo (Nakanishi et al. 2014). Especially, there is a noticeable characteristic that, as latitudes decrease to the dip equator, the period and the amplitude get longer and smaller respectively. Ever we showed that the dependence of the period on the latitude can be explained by the model of the spatial structures of the FACs with both edges on the ionosphere. About the amplitude, we interpret that, as the latitude gets smaller, the amplitude gets attenuated by the high-pass filter because of the longer period than the cutoff period, which is called a filtering effect. In addition, by the analysis of the magnetic data observed by the SWARM satellites which are composed of three satellites, the existence of the objective magnetic fluctuations is confirmed. In addition, the fact that it is attributed to the spatial structure of the FACs is also made sure. Moreover its temporal scale is estimated to be 4 -5 minutes (Iyemori et al., 2014).

This time we will verify the filtering effect. For it, we must make sure whether or not, as the cutoff period gets longer, the amplitude over the dip equator due to the objective magnetic fluctuations gets larger. But, many previous works have reported that, in this case, the equator electrojet and magnetic anomalies be seen. Therefore, we must separate the objective magnetic fluctuations with these phenomena.

Here, we focus on the two following points. Firstly, in the initial data since the launch of the SWARM satellites, the two satellites flew on almost the same orbits with slight temporal difference (around 10-30 seconds). Secondly, the temporal scale of the objective magnetic fluctuation is much smaller than those of the equatorial electrojet and magnetic anomalies. Therefore, from these points, the difference of the magnetic fluctuations observed by the two satellites at the same latitude may be mainly contributed to the objective magnetic fluctuations. Taking this advantage, we shall verify the filtering effect.

GNSS-TEC 法で見る、最近の火山噴火に伴う電離圏擾乱

中島 悠貴 [1]; 日置 幸介 [2]

[1] 北大・理・自然史; [2] 北大・院理・自然史

Ionospheric Disturbances Excited by Recent Volcanic Eruption With GNSS-TEC

Yuki Nakashima[1]; Kosuke Heki[2]

[1] Natural History Sciences, Hokkaido Univ; [2] Hokkaido Univ.

GNSS-Total Electron Content (TEC) method is a useful tool to observe the ionosphere. We observed ionospheric disturbances caused by the lower atmospheric resonance excited by two recent Plinian volcanic eruptions. In the case of the 2014 eruption of the Kelud volcano, Indonesia (Nakashima et al., submitted), the lower atmospheric resonance excited by the continuing eruption caused long-lasting harmonic oscillations not only in the ionosphere but also in the solid earth. This year, we add the new case of the 2015 eruption of the Calbuco volcano, Chile. Two large eruptions occurred at the Calbuco volcano over the days 22- 23 April 2015. The first sub-Plinian eruption started at ~16:04 UT, Apr. 22, and continued for about 1.5 hours. The second one started at ~4:00 UT, Apr. 23, and lasted for 6 hours. We detected continuous oscillations of ionospheric TEC corresponding to the two eruptions using GPS and GLONASS data from stations of the Argentine GNSS Array: RAMSAC. The waves propagated with a speed of ~1.0 km/s from the volcano. The frequency spectra of the TEC variation in the first eruption on Apr. 22 showed clear peaks at 3.7 and 4.4 mHz, the lower atmospheric resonance frequencies. The perturbation also showed overtone peaks and a 10 mHz pulse-like signal at the onset of the continuous oscillation. The results suggest that a Vulcanian explosion occurred prior to the Plinian eruption. On the other hand, the second eruption on Apr. 23 showed only a weaker peak at 4.4 mHz without overtones, suggesting that the second eruption was weaker but lasted longer than the first one. We are going to present detailed records of the 2015 Calbuco case, and compare it with past cases of ionospheric disturbances by volcanic eruptions, e.g. the 2014 Kelud volcano eruption.

◆ 火山噴火による大気自由振動とその伝搬

大気自由振動は、激しい嵐や地震により地表付近で励起され、地上から約 300km の電離圏や固体地球へと伝搬しうる (e.g. Nishioka et al., 2013, GRL; Rolland et al., 2011, EPS; Saito et al., 2011, EPS). この大気自由振動はプリニー式噴火によっても励起される. この大気自由振動の音波モードに相当する成分を持つ固体地球の振動は、1990 年代の広帯域地震計や超伝導重力計の観測などから検出されていた (Kanamori and Mori, 1992, GRL; Widmer and Züm, 1992, GRL). そして、近年の GNSS 観測網の充実と GNSS-TEC 法の確立により、固体地球と電離圏との振動を同時に捉え、大気自由振動がどのように上下方向へと伝播するのかを考察することができるようになり始めた (Dautermann et al., 2009, GJI; Nakashima et al., 2014, submitted).

そこで我々は、2015 年 4 月に発生したチリの Calbuco 火山の噴火に伴い励起された大気自由振動についても、GNSS-TEC 法を用いて電離圏の擾乱として観測し、まずこの噴火において電離圏中でどのような波動が伝播したのかを解き明かすことを目指した。本講演では、その解析の概要に加えて、その周波数成分の時間変化に特に着目して解釈した結果について主に報告する。

◆ 2015 年 4 月の Calbuco 火山の噴火

Calbuco 火山では、2015 年 4 月 22 日から 23 日にかけて 2 度の準プリニー式噴火が発生した*。1 度目の噴火は 22 日 20:35UT から約 1.5 時間、2 度目の噴火は 23 日 4:00UT から約 6 時間継続した。この噴火に伴い、米国が運用する気象衛星: Suomi NPP が搭載する放射計 (VIIRS) が捉えた大気光から、中間圏において大気自由振動が検出されたことがインターネット上で公表されている**。

*The Smithsonian Institution's Global Volcanism Program の Weekly Reports より (URL: <http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=35> 最終アクセス: 2015 年 6 月)。

**例えば、CIMSS Satellite Blog (URL:<https://cimss.ssec.wisc.edu/goes/blog/archives/18174> 最終アクセス: 2015 年 6 月)。

◆ Calbuco 火山噴火に伴う大気自由振動

我々は、地殻変動観測用 GNSS 観測網を流用し、電離圏全電子数 (Total Electron Content; TEC) を算出する手法: GNSS-TEC 法を用いて、Calbuco 火山噴火により励起された大気自由振動の検出を試みた。その結果、1 度目と 2 度目の噴火に対応する、周期 300 秒程度の波動が継続するような擾乱が Calbuco 火山からほとんど北向きに伝搬する様子を確認することができた。これは、2003 年 Soufriere Hills 火山や 2014 年の Kelud 火山の事例で得られた結果とほぼ同様である。その上で今回は、1 度目の噴火について一番良好に波動が検出された、観測点: LHCL と GPS の 17 番衛星間での dTEC の観測波形について、短時間フーリエ変換を用いて、周波数成分の時間変化を算出した。講演当日には 1 度目の噴火だけではなく、2 度目の噴火による波動についても周波数成分を算出したり、他の火山噴火の事例についても調査し、報告したい。

GEONETを用いた火山噴火に伴う電離圏全電子数の変動の検出

長南 光倫 [1]; 中田 裕之 [2]; 大矢 浩代 [3]; 鷹野 敏明 [4]; 津川 卓也 [5]; 西岡 未知 [5]
[1] 千葉大・工・電気; [2] 千葉大・工; [3] 千葉大・工・電気; [4] 千葉大・工; [5] 情報通信研究機構

Detection of the variations of ionospheric total electron content associated with volcanic eruptions using GEONET

Aritsugu Chonan[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Hiroyo Ohya[3]; Toshiaki Takano[4]; Takuya Tsugawa[5]; Michi Nishioka[5]
[1] Engineering, Chiba Univ; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Engineering, Chiba Univ.; [4] Chiba Univ.; [5] NICT

It is reported that ionospheric disturbances are caused by natural phenomena such as earthquakes and typhoons. Even though it is known that the volcanic eruptions excite the atmospheric waves, there are few observations of ionospheric disturbances caused by volcanic eruptions. In this study, we have examined the variations of ionospheric total electron content (TEC) associated with volcanic eruptions.

We analyzed TEC data observed in GPS Earth Observation Network (GEONET) by Geospatial Information Authority of Japan. The TEC data is observed by 1200 GPS receivers, every 30 seconds. In this study, TEC data, in which mask angle is larger than 30 degrees, is used. We calculated the spectral intensity in each frequency band by the Fast Fourier Transform (FFT). We analyzed 5 medium-size volcanic eruptions in Mt. Asama and Mt. Ontake since 2000. The reason we chose these events is that they occurred relatively large scale in recent years in Japan and there are a lot of ionospheric pierce points (IPP) around volcanoes.

As a result, the variations of TEC by volcanic eruption are detected in 2 events out of 5 events. The variations of TEC at the frequency band of 7.25, 8.33 MHz are shown. From the fact that the variations above the volcanoes appear about 10 minutes after the eruption, it is confirmed that the acoustic wave is propagated to the ionosphere and excites the ionospheric disturbances. The variation of TEC continues about 8 minutes from about 10 minutes later after the eruption. The center of the variation of TEC is located south of the volcano. This is the same as the case for the earthquakes. This is because the electrons move along the magnetic field lines. In Japan, the magnetic field is tilted to south.

地震や台風といった自然現象に伴い大気波動が生じ、これにより電離圏擾乱が引き起こされることが知られている。火山噴火に伴い、大気波動が発生することは知られているが、火山噴火に伴う電離圏擾乱の観測事例はそれほど多くない。そこで、本研究では、火山噴火に伴う電離圏全電子数 (TEC : Total Electron Content) の変動の検出について解析を行った。

本研究では、国土地理院のGPS連続観測システム (GEONET : GPS Earth Observation Network) により導出された TEC データを用いた。解析には、GEONET の受信点 1200 点、衛星仰角 30 度以上の 30 秒値データを用いた。このデータに高速フーリエ変換 (FFT : Fast Fourier Transform) を施すことにより、周波数帯域毎のスペクトル強度を算出し、TEC の変動を検証した。解析対象は、2000 年以降に浅間山および御嶽山で発生した噴火 5 事例である。これらの事例を解析対象としたのは、近年日本で発生した火山噴火では比較的規模が大きく、火山が本州中央に位置し、衛星—受信機間の電離圏との貫通点数が多いためである。

結果、5 事例中 2 事例で火山噴火に伴う TEC の変動が検出された。TEC の変動は、7.25, 8.33 MHz の周波数帯域で確認された。噴火 10 数分後に、火山直上付近でピークが見えることから、噴火により発生した大気波動が電離圏に伝播し、発生したと考えられる。TEC の変動は、噴火 10 分後程度から見られ始め、その後 8 分程度続くという結果が得られた。また、TEC の変動の中心は、火山直上ではなく、火山直上の南方向に見られた。これは、電子がプラズマに沿って移動する性質に起因するものと考えられ、地震に伴う変動でも同様である。

SWARM 衛星が観測した 2015 年カルブコ山噴火に起因する重力音波共鳴が引き起こした微小磁場変動

青山 忠司 [1]; 家森 俊彦 [2]; 中西 邦仁 [3]; 西岡 未知 [4]

[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; [4] 情報通信研究機構

Small-scale magnetic fluctuations during the 2015 eruption of Chile's Calbuco volcano as observed by SWARM satellites

Tadashi Aoyama[1]; Toshihiko Iyemori[2]; Kunihito Nakanishi[3]; Michi Nishioka[4]

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

The Calbuco volcano in southern Chile erupted on April 22, 2015. About two hours after the first eruption, a SWARM satellite passed above the volcano, and observed small amplitude (~ 0.5 nT) magnetic fluctuations with wave packet structure. We can also see this wave packet at magnetic conjugate point. Iyemori et al. [2015] showed that these magnetic fluctuations are spatial structure of small scale field-aligned currents from analysis of initial data. Small scale magnetic fluctuations were observed by CHAMP and are most probably coming from lower atmospheric gravity waves [Nakanishi et al., 2014]. Spectra of magnetic declination at Huancayo, which locate at nearly the same longitude as the volcano and near the magnetic equator show 215 and 260 seconds peaks which didn't exist before the eruption, and we can guess a relationship with acoustic resonance between the ground and the ionosphere. On the other hand, ionospheric disturbances detected by GPS total electron content observation have about 210 seconds spectral peak. In this presentation, we show that small scale field-aligned currents observed by SWARM are induced by vertical acoustic resonance during the eruption.

2015年4月22日、チリ南部に位置するカルブコ山が噴火した。噴火から約2時間後にSWARM衛星が火山近傍上空を通過し、約0.5 nTの振幅の波束構造を持つ微小磁場変動を観測した。この磁場変動の波束は火山の地磁気共役点においても見られ、また、SWARM衛星打ち上げ直後の軌道における解析から、この磁場変動は微細沿磁力線電流の空間構造によってもたらされていることが示されている [Iyemori et al., 2015]。このような磁場変動はCHAMP衛星でも観測されており、主に下層大気起源の大気重力波によってもたらされていると考えられている [Nakanishi et al., 2014]。カルブコ山とほぼ同じ経度で磁気赤道付近に位置するHuancayoで噴火直後に観測された地上磁場観測データの偏角成分のスペクトルには、噴火前には見られなかった215秒と260秒周期のピークが見られ、地上と熱圏下部の間における音波共鳴との関連性が推測される。さらにカルブコ山付近3か所のGPS受信機を用いた全電子数観測においても音波モードと思われる約210秒周期の変動が見られた。本発表では、カルブコ山噴火直後のSWARM衛星と地上磁場観測、全電子数観測の解析結果を比較し、SWARMで観測された微細沿磁力線電流が火山噴火に起因する重力音波共鳴によって生じた電離層ダイナモによる可能性を示す。

HFDにより観測された地震に伴う異なる高度での電離圏擾乱と地震動の関係

高星 和人 [1]; 中田 裕之 [2]; 鷹野 敏明 [3]; 富澤 一郎 [4]; 長尾 大道 [5]
[1] 千葉大・工・電気電子; [2] 千葉大・工; [3] 千葉大・工; [4] 電通大・宇宙電磁環境; [5] 統数研

The relationship between ionospheric disturbances at different altitude detected by HFD & ground motions associated with EQ

Kazuto Takaboshi[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Toshiaki Takano[3]; Ichiro Tomizawa[4]; Hiromichi Nagao[5]
[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Chiba Univ.; [4] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [5] ISM

Many studies have reported that ionospheric disturbances occur after giant earthquakes. One of the causes is the infrasound wave excited by surface waves propagated on the ground from the epicenter. In this study, we compared the ionospheric vertical drift speed determined by HF Doppler (HFD) observation and vertical ground motions recorded at seismometer beneath the reflection point of the HF radiowave in order to elucidate relationships between them. The HF Doppler observation is enable to detect ionospheric disturbances since this can observe ionospheric vertical drift from Doppler shift of HF radiowaves transmitted from the Chofu campus of The University of Electro-Communications. In this study, using Doppler shift data at 4 different transmitting frequencies (5, 6, 8, 9 MHz), which are reflected at each different altitudes, ionospheric disturbances associated with earthquakes are detected. To obtain accurate vertical drifts, we determined reflection altitudes of radiowave from ionogram data (Kokubunji) using POLAN (ionospheric density profile calculation software) . For seismometer data, we used Broadband Seismograph Network (F-net) installed by NIED.

We applied band-pass filter (10 min window) to HFD data and seismometer data, every 20 sec period from 14~33 to 179~198 sec. In each bands, we compared vertical ground speed with ionospheric vertical drift speed at different altitudes and calculated amplification rate of the atmospheric wave propagated upward. Target events are March 9th, 2011 11:45 JST (event1) and April 11, 17:16 JST (event2). In these events, HFD reflection altitudes of the radiowaves are 210, 225, 235, 245 km in event1, 212, 224, 250 km in event2, respectively. HFD observatory is Sugadaira and location of seismometer is Onishi.

In both events, amplification rate of ionospheric speed (at 210 and 212 km) compared with ground vertical speed tend to increase with period. In comparison of the ionospheric speed at the ionosphere altitudes (210 vs 245 km and 212 vs 250 km), attenuation is maximum in 14~33 sec period band(shortest period). These tendencies are due to attenuation by air viscosity, relaxation loss, thermal conductivity. Amplification rate of ionospheric vertical speed is maximum at 44~63 sec period band in event1, 89~108 sec period band in event2. This difference of frequency for maximum amplification is owing to the spectrum of the ground motion and/or altitude distribution of the ionospheric density of each event. In the future, more events is needed for statistical analysis.

過去の研究より、巨大地震発生に伴い電離圏擾乱が発生することが知られている。その発生メカニズムの1つとして考えられているのが、地震により発生したレイリー波などの表面波が遠方に伝搬し、その地震動が大気中に励起した音波が電離圏まで到達することで擾乱を起こすというものである。本研究では、短波ドップラー(HFD)観測データより算出した電離圏上下方向擾乱速度と、その電波反射点直下の地震計データにより得られた地震動の様子を比較することで、これらの間の関係性を解明することを目的とする。電気通信大学が行うHFD観測では、電通大調布キャンパスよりHF波が送信され、電離圏で反射された電波を各受信点で受信する。電離圏で擾乱が発生し、反射高度が変化すると、受信周波数がドップラーシフトを受けるため、その周波数変化から反射高度での電離圏の上下動を観測することが出来る。本研究では、それぞれ反射高度の異なる4周波数の観測データを用いて、同一事例での複数の高度における地震に伴う変動の検出を行った。電離圏速度算出においてより正確な値を求めるため、電離圏電子密度算出プログラムPOLANを用いてNICTのイオノグラムデータ(国分寺)より電子密度高度分布を求め、電波反射高度を決定した。地震計データには、防災科学研究所の広帯域地震観測網(F-net)の地震波形データ(速度)を用いた。

周期解析では、HFDデータと地震計データにそれぞれ10分窓のBPFをかけ、14~33sから179~198sまで20s周期間隔で波形を抜き出した。各帯域ごとに地面変動速度と複数の電離圏高度での変動速度を比較し、大気変動が高高度へ伝搬する際の振幅の増幅度を比較した。解析対象は2011年3/9 11:45 JST発生(イベント1)および4/11 17:16 JST発生(イベント2)の2つの地震とし、HFD反射点は菅平、地震計は鬼石のデータを用いた。HFDの反射高度は、イベント1で210、225、235、245 km、イベント2では212、224、250 kmでの変動を観測している。

結果として、両イベントにおいて、地面変動速度と比較した電離圏変動速度(at 210 and 212 km)の増幅率は、長周期帯ほど大きくなる傾向がみられた。また、異なる高度での変動速度比較(210vs245 km and 212vs250 km)においては、高高度における減衰は最も周期の短い14~33s帯において最大であった。これらの傾向は、大気波動が高周波になるほど大気粘性などによる減衰が大きくなることが原因であると考えられる。電離圏高度での比較において、最も増幅率の大きい帯域は、イベント1では44~63s、イベント2では89~108sとそれぞれ異なった。これは、イベント毎の地震動に含まれる周波数特性の違いや、電子密度の高度分布の違いなどの影響が考えられる。今後は、イベント数を増やしての統計的な解析が必要である。

HF ドップラー観測と中性大気波動のシミュレーションによる地震に伴う変動の比較

吉川 晃平 [1]; 高星 和人 [2]; 中田 裕之 [1]; 鷹野 敏明 [3]; 松村 充 [4]; 品川 裕之 [5]; 富澤 一郎 [6]

[1] 千葉大・工; [2] 千葉大・工・電気電子; [3] 千葉大・工; [4] 極地研; [5] 情報通信研究機構; [6] 電通大・宇宙電磁環境

Estimation of Atmospheric Disturbances Associated with Earthquakes from HF Doppler Observations and a Numerical Simulation

Kouhei Yoshikawa[1]; Kazuto Takaboshi[2]; Hiroyuki Nakata[1]; Toshiaki Takano[3]; Mitsuru Matsumura[4]; Hiroyuki Shinagawa[5]; Ichiro Tomizawa[6]

[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Chiba Univ.; [4] NIPR; [5] NICT; [6] SSRE, Univ. Electro-Comm.

By using HF Doppler and GPS total electron content (TEC) observations, it is found that atmospheric waves excited by earthquakes cause ionospheric disturbances. In this study, we examined the relationship between seismic ground perturbations and ionospheric disturbances in order to study the mechanism of the propagations of atmospheric waves. Using a numerical simulation, we calculated temporal evolutions of neutral atmospheric waves, and then compare simulation result with HF Doppler observation.

To do so, seismometer data nearby the HF Doppler reflection points is used as inputs of the simulation. We compare the maximum vertical velocity at the reflection height calculated by numerical simulation and the maximum speed of the ionospheric perturbation estimated by HF Doppler. Although the correlation coefficient is 0.72, the speed of the ionospheric perturbation estimated by HF Doppler is about 8 times larger than neutral atmospheric velocity calculated by simulation. This is because HF Doppler observes plasma velocity, but numerical simulation calculates neutral velocity. Thus, we estimated neutral atmosphere velocity from plasma velocity observed by HF Doppler considering the inclination of geomagnetic field and compression mechanism (*Chum et al.*, 2012). The correlation coefficient becomes 0.63. The amplitude calculated by simulation is almost equal to that estimated by HF Doppler observation.

地震発生時に発生する音波や大気重力波が電離圏擾乱を引き起こしていることが HF ドップラーや GPS を利用した全電離圏粒子数 (TEC) の観測によって明らかになっている。本研究は、数値シミュレーションを用いて中性大気波動の伝搬メカニズムを明らかにし、地面の変動と電離圏擾乱の関連を明らかにすることが目的である。本研究では中性大気波動の時間発展の数値シミュレーションを行い、その結果と HF ドップラー観測結果との比較を行った。

シミュレーションでは HF ドップラー観測の電離圏反射点近傍で観測された地震波形を入力として大気波動の時間発展の計算を行った。HF ドップラー観測から電離圏鉛直方向速度の最大値、数値シミュレーションから HF ドップラー反射高度での鉛直方向速度の最大値を求め、それらを比較した。その結果、相関係数は 0.72 という高い値を示した。しかしながら、その大きさは 8 倍程度 HF ドップラー観測のほうが大きくなった。この原因は HF ドップラー観測ではプラズマの鉛直方向速度を観測していることに対して、数値シミュレーションでは中性大気の鉛直方向速度を計算していることが原因として考えられる。そこで、HF ドップラー観測から得られたプラズマの鉛直方向速度から、磁気伏角、電子密度の圧縮の影響を取り除いて、中性粒子の鉛直方向速度を求め (*Chum et al.*, 2012)、数値シミュレーションの結果と比較を行った。その結果、相関係数は 0.63 となり、速度の大きさはおおよそ等しくなった。

この検討により、中性大気の数値シミュレーションを用いて HF ドップラーの観測結果を解析する際には、シミュレーション結果からプラズマの状態を推定して比較を行う必要があることが分かった。

The influence of refractive index in estimating neutral atmospheric speed from the ionospheric speed observed by HF Doppler

Hiroyuki Nakata[1]; Kouhei Yoshikawa[1]; Toshiaki Takano[2]; Ichiro Tomizawa[3]; Hiroyuki Shinagawa[4]
[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Chiba Univ.; [3] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [4] NICT

In association with natural disasters, such as earthquakes, volcanic eruptions, typhoon, and so on, the ionospheric disturbances are observed by several instruments. Especially, HF Doppler observation is very sensitive for detecting these disturbances. Chum et al. (2012) have shown that, in order to estimate reasonable speed of the acoustic wave from HF Doppler observation, it is necessary to consider the following items: 1) the inclination of the magnetic field, 2) the absorption of the wave by viscosity, thermal conductivity, and relaxation losses in polyatomic gases, 3) the temporal variation of the refractive index, namely, that of the electron density. From the equation of continuity, the advection and compression terms contribute the measured Doppler shift. However, the effects of these two terms are dependent on many parameters, gradient of the density, the frequency of the wave, and so on. The altitude of the reflection of the HF wave is also important because the relation of these two terms is variable with altitude. Therefore, the temporal variation of the height profile of the electron density is indispensable to estimate the neutral atmospheric speed of infrasound wave exactly. To do so, the numerical simulation of the ionospheric disturbances is very useful. Using the temporal variations of the electron density calculated by the numerical simulation, in this study, the effects of these two terms are examined.

HFDと微気圧計による台風通過時の大気波動のスペクトル解析

平林 慎一郎 [1]; 中田 裕之 [1]; 鷹野 敏明 [2]; 富澤 一郎 [3]
[1] 千葉大・工; [2] 千葉大・工; [3] 電通大・宇宙電磁環境

Spectral analysis of ionospheric and atmospheric perturbations associated with typhoons using HFD and microbarometer

Shin-ichiro Hirabayashi[1]; Hiroyuki Nakata[1]; Toshiaki Takano[2]; Ichiro Tomizawa[3]
[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Chiba Univ.; [3] SSRE, Univ. Electro-Comm.

It is reported that ionospheric perturbations are excited by extreme weather conditions such as tornadoes and typhoons (e.g. Baker et al., 1969, Okuzawa et al., 1986). However, the features and propagation characteristics of atmospheric waves is still unclear. We have examined atmospheric waves caused by typhoons, using HF doppler (HFD), which is maintained by The University of Electro-Communications, and microbarometer located at Mineyama-cho, Kyoto prefecture. In this study, HFD receiver data for 5006 kHz observed at Sugadaira is used. Because of unstable ionosphere in night time, we examined HFD data from 7:00 to 18:00. Details of typhoons, such as path, atmospheric pressure, and wind speed, are provided by Digital Typhoon, managed by National Institute of Informatics. Here, we introduce the characteristics of Typhoon No.26 in 2013. This typhoon passed Japan in October 15 - 17 in 2013. It was closest to the Sugadaira observation point on October 16. From dynamic spectrum of HFD data, it is found that perturbations of spectral intensity at the frequency under 5 mHz were observed in these 3 days regardless of the distance between Sugadaira and Typhoon No.26. However, spectral intensities of perturbations at the frequencies of 1 mHz and 2 mHz were enhanced after the passage of Typhoon No.26. On the other hand, spectral intensity of perturbations at the frequency from 5 mHz up to 40 mHz were enhanced when Typhoon No.26 got closed to Japan. Spectral intensity on barometric perturbation is also strong at the frequency from 5 mHz up to 50 mHz. Here we examined temporal variations of spectral intensities at 1 mHz, 4 mHz, and 30 mHz, comparing them with the distance between Sugadaira observation point and the center of Typhoon No.26, and with wind velocity at Chichibu, which is the nearest observatory to the reflection point, Sendai, Mito, and Tsukuba. Data of wind velocity was provided by AMeDAS, maintained by Japan Meteorological Agency. As a result, when Typhoon No.26 was approaching Japan, the spectral intensity of the perturbations at 30 mHz was clearly enhanced, but not at 4mHz. Therefore, it is clear that typhoons seem to affect spectral intensity at frequency higher than 5mHz. The spectral intensity of perturbations at 1 mHz was enhanced in 5 hours after the closest approach of Typhoon No.26. The spectral intensity reached its maximum when the wind velocity became the strongest at Sendai and Tsukuba, but the wind velocity at Chichibu did not reach its peak. Because the wind associated with Typhoon is not always strongest in the center of Typhoons, the ionospheric perturbations are observed around Typhoons.

References

- D.M. Baker and K. Davies: F2-region acoustic waves from severe weather, *J. Atmos. Terr. Phys.*, vol.31, pp.1345-1352, 1969.
T. Okuzawa, T. Shibata, T. Ichinose, K. Takagi, C. Nagasawa, I. Nagano, M. Mambo, M. Tsutsui, and T. Ogawa: Short-Period disturbances in the ionosphere observed at the time of typhoons in September 1982 by a network of HF Doppler receivers, *J. Geomag. Geoelectr.*, vol.38, pp.239-266, 1986.

竜巻や台風などの激しい気象条件に伴い大気波動が発生し、これが電離圏擾乱を引き起こすことが知られている (e.g. Baker et al., 1969, Okuzawa et al., 1986) が、その特徴や大気波動の伝搬特性は解明されていない。本研究では、台風に伴い発生する大気波動の解析を行った。電気通信大学が運用する HF ドップラー (HFD)、微気圧計のデータを用いて、時系列データとダイナミックスペクトルの解析、スペクトル強度の時間変化の解析を行った。今回用いた HFD データは、菅平の観測点で取得された 5006 kHz の受信データである。微気圧計データは、京都府峰山町に設置されているものを用いた。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。これは日没から日の出までの時間帯にかけては電離圏の変動が非常に大きく、解析には適切でないためである。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。典型例として、台風 2013 年 26 号の結果を述べる。この台風は 2013/10/15 から 10/17 にかけて日本に上陸し、10/16 8:00 (JST) に菅平観測点に最接近した。取得された HFD データのダイナミックスペクトルでは、台風通過時に 5~40 mHz の帯域においてスペクトル強度の上昇が見られた。一方、5 mHz 以下の帯域では台風が接近していない時も高いスペクトル強度を示しているが、特に 1~2 mHz においては、台風の最接近から約 5 時間経過後に、スペクトル強度の上昇が見られることがわかった。時系列においては台風通過時にドップラーシフトの振幅約 0.2 Hz の変動が見られた。微気圧計データについても、ダイナミックスペクトルでは 5~50 mHz でスペクトル強度の上昇が見られ、HFD の場合と同様の傾向を示していることがわかった。このように 5~40 mHz の帯域においてスペクトル強度の上昇が見られたこと、台風最接近の前日や台風の接近後もスペクトル強度の上昇が見られたことから、1 mHz, 4 mHz, 30 mHz についてスペクトル強度の時間変化の解析を行った。同時に、菅平観測点と台風中心との距離、菅平観測点とその周辺における風速それぞれの時間変化をとり、関連を解析した。風速については、気象庁の保有する AMeDAS データを使用し、観測地点は、菅平観測点に最も近い秩父市、その周辺の観測地点として仙台市、水戸市、つくば市、秩父市を

用いた。その結果、スペクトル強度の時間変化において、30 mHz では台風通過時におけるスペクトル強度の上昇が見られるのに対し、4 mHz ではそれほど顕著でないことがわかった。このことと、前述のダイナミックスペクトルの様子を踏まえると、高周波数域でのスペクトル強度は、台風が近づくとよる影響がより強くなると考えられる。1 mHz では、台風が菅平観測点に最接近から約5時間経過後に、HFDにおいてスペクトル強度の上昇が見られた。風速については、スペクトル強度のピークと秩父観測点での風速ピークが一致しない一方で、仙台、つくばでの風速ピークが一致した。このことから、台風による影響は直上の電離圏以外にも及んでいる可能性があることがわかる。

References

- D.M. Baker and K. Davies: F2-region acoustic waves from severe weather, *J. Atmos. Terr. Phys.*, vol.31, pp.1345-1352, 1969.
- T. Okuzawa, T. Shibata, T. Ichinose, K. Takagi, C. Nagasawa, I. Nagano, M. Mambo, M. Tsutsui, and T. Ogawa: Short-Period disturbances in the ionosphere observed at the time of typhoons in September 1982 by a network of HF Doppler receivers, *J. Geomag. Geoelectr.*, vol.38, pp.239-266, 1986.

信楽の長期大気光撮像データを用いた中間圏大気重力波の水平位相速度スペクトルの解析

竹生 大輝 [1]; 塩川 和夫 [1]; 大塚 雄一 [1]; 松田 貴嗣 [2]; 江尻 省 [3]; 中村 卓司 [3]; 山本 衛 [4]
[1] 名大 STE 研; [2] 総研大・複合・極域科学; [3] 極地研; [4] 京大・生存圏研

Long-term variation of horizontal phase velocity spectrum of mesospheric gravity waves observed by an airglow imager at Shigaraki

Daiki Takeo[1]; Kazuo Shiokawa[1]; Yuichi Otsuka[1]; Takashi Matsuda[2]; Mitsumu K. Ejiri[3]; Takuji Nakamura[3]; Mamoru Yamamoto[4]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] Sokendai; [3] NIPR; [4] RISH, Kyoto Univ.

Atmospheric gravity waves (AGWs) generated in the lower atmosphere drive global-scale pole-to-pole circulation in the upper atmosphere and affect the transport of materials. There were many studies about the AGWs in the past, and various parameters such as wavelength and phase velocity were analyzed. However, long-term variation of horizontal phase velocity spectrum of the mesospheric AGWs for more than 10 years have not been studied yet. In this study we analyze the horizontal phase velocity spectrum of AGWs by using mesospheric airglow images obtained at Shigaraki MU Observatory (34.8 deg N, 136.1 deg E) of Kyoto University over 17 years from October 1, 1998 to 2015. We use 3-dimensional Fourier analysis procedures of airglow images proposed by Matsuda et al. (2014), making it possible to analyze large amount of data. We will investigate relationship between the long-term variation of AGW spectrum and variations of other parameters, such as quasi-biennial oscillation (QBO), El Nino (ENSO) and 11-year solar cycle. In the presentation, we report initial results for long-term data analysis obtained by applying this analysis procedures to airglow images of Shigaraki.

Reference

Matsuda, T. S., T. Nakamura, M. K. Ejiri, M. Tsutsumi, and K. Shiokawa (2014), New statistical analysis of the horizontal phase velocity distribution of gravity waves observed by airglow imaging, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 9707-8211;9718, doi:10.1002/2014JD021543.

下層大気で生成された大気重力波は、上層大気で大規模な子午面循環を引き起こし、物質の輸送に大きな影響を与える。過去にも大気重力波に関する研究は多くあり、波長や位相速度など様々なパラメータの解析が行われてきたが、10年以上の長期にわたる中間圏大気重力波の水平位相速度スペクトルの解析は行われていない。そこで我々は、京都大学の信楽 MU 観測所 (北緯 34.8 度、東経 136.1 度) に設置された超高層大気イメージングシステム (OMTI) の全天大気光イメージャーの長期観測データ (1998 年 10 月 1 日~2015 年現在) を用いて、大気重力波の水平位相速度スペクトルの解析を行う。解析の手法は Matsuda et al. (2014) を用いる。この手法は 3 次元フーリエ変換を用いて自動的に画像処理を行うことにより、大量のデータを扱うことができる。17 年間の長期データを調べることで、赤道大気の準 2 年周期変動 (QBO)、エルニーニョ・南方振動 (ENSO)、太陽の 11 年活動周期との相関など、これまで解析されなかった大気重力波の特性が得られることが期待される。講演では、17 年分のデータ解析に向けて、本解析手法を信楽のデータに適用した初期観測結果を発表する。

参考文献

Matsuda, T. S., T. Nakamura, M. K. Ejiri, M. Tsutsumi, and K. Shiokawa (2014), New statistical analysis of the horizontal phase velocity distribution of gravity waves observed by airglow imaging, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 9707-8211;9718, doi:10.1002/2014JD021543.

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の半日周期変動における物理メカニズムについて

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

On the physical mechanisms of tidal modulation of gravity waves observed with MF radars 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 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 present study examines the relation between short-period mesospheric gravity wave activities and the background state including diurnal and semidiurnal tides using these MF radars' data for 10 years of 1999~2008.

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 previous study in IUGG2015 showed that the maximum of GW-KE occurs at Poker Flat when zonal wind is easterly from November to December and zonal wind transitions from easterly to westerly from January to February and from May to August from climatological 1-day composite plots of 12 hour components of zonal wind and GW-KE. The results of Tromso showed that the maximum of GW-KE occurs at local time when zonal wind is westerly from November to February and easterly from May to September. Next, considering the physical mechanisms under these relations, we confirmed that these relations can be explained by the critical level filtering of gravity waves except for summer cases at Poker Flat. We plan to investigate the summer relation at Poker Flat in more detail and discuss another physical mechanism.

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10年間(1999~2008年)の上記観測データを用いて、短周期重力波活動の半日周期変動と半日潮汐波を含む背景場の関係について詳細に調べる。

まず、これまで行ってきた解析と同様、水平風速データから重力波と潮汐波の抽出を行う。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。潮汐波とGW-KEの半日周期成分の1日コンポジット解析を各月ごとに10年分計算した結果、ポーカーフラットでは11~12月において半日潮汐が東風時、1, 2, 5~8月では東風から西風に変わる時、トロムソでは11~2月において半日潮汐が西風時、5~9月では東風時にGW-KEが最大となることがわかった(IUGG2015)。この現象の物理メカニズムを考察した結果、夏季のポーカーフラットで見られた関係以外、重力波のクリティカルレベルフィルタリングによる減衰・砕波により説明できることが示された。今後は、夏季のポーカーフラットで見られたGW-KEと半日潮汐との位相関係及び、GW-KEの日周期成分においてクリティカルレベルフィルタリングでは説明できない現象についてさらに解析を進め、物理メカニズムを議論する予定である。

宇宙ステーションからの撮像画像を用いた中間圏大気光の大気波動の研究

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

Airglow image of atmospheric wave captured from the International Space Station

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

Whole image of the wave-like structure in the mesosphere was captured by an imaging observation from the International Space Station (ISS). Limb imaging observations with a digital single reflex camera Nikon D3s provided us mesospheric airglow images with very wide field-of-view (3,000 km width at the tangential point). The wave-like structures were seen in mesospheric airglow including OI, Na and OH airglow. A wave like structure in OI airglow intensity was captured and accompanied with a peak height modulation. The observed wavelength and width of which are about 1,000 km and 2,500 km, respectively. Anti-phase structure was seen in Na and OH airglow, which are lower layers of mesosphere airglow. Previous airglow observations captured small scale (10 - 400 km) structures by ground based airglow imagers and large scale (several 1,000s km) structures by satellite limb scanning. The observed mesoscale structure was found to be larger than small scale gravity wave structures but smaller than whole earth convective structures. The entire image of mesoscale wave (1000s km wavelength) being presented in this work fills the gap of the previous observations. In the presentation, the cause of this structure will be discussed.

国際宇宙ステーションからの撮像観測を用いた大気光輝度の不連続の三次元構造の推定

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

An estimation of three-dimensional structures of airglow emission discontinuities using images taken from ISS

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

Three-dimensional structures of airglow emission discontinuities were revealed using images taken by astronauts from International Space Station (ISS). Airglow layers over the Earth's rim were captured by astronauts with a digital camera on the nighside. Because these images had sensitivity for the visible-light range, Na 589nm, OH band and OI 557.7nm emissions 90km altitude were expected to be dominant on these images. Two discontinuities on the airglow layers were observed on 16 October 2011 and 26 August 2014. They were observed from various viewing-angles for 4m24s and 8m15s, respectively. Thus the three-dimensional structures of the discontinuities were estimated from these series of images. It was found that the discontinuities would be the location where the two emission layers, Na and OI, were separated in altitude. It is also found that they extended over 700km in the zonal direction. We estimated the altitude distributions of the volume emission rate of these emission layers and their spectrum by using Abel conversion. From the ground-based optical observation, the mesospheric bore has been observed as an airglow discontinuity. The observed discontinuities and the mesospheric bores have similarities and differences. In the presentation, the three-dimensional structures of the discontinuities will be reported, similarities and differences between the three-dimensional structure and physical description of bore will be discussed, and generation mechanism of the discontinuities will be discussed in the comparison with that of 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輝度の不連続構造の3次元空間分布を明らかにした。宇宙飛行士によるデジタルカメラ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。可視光域全体の撮像がある為、これらは、高度 90km 付近に存在する Na 589nm 及び OH 帯と OI 557.7nm の大気光が支配的であると考えられる。2011 年 10 月 16 日及び 2014 年 8 月 26 日に行われた撮像は大気光層に輝度の不連続構造が観測された。それぞれ 4 分 24 秒間、8 分 15 秒間の観測によって不連続構造を様々な角度から撮影していたため、三次元空間構造の推定を行うことが出来た。その結果、大気光不連続構造は 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幅 700km 以上にわたり広がっていることがわかった。また、アーベル変換を用いることで発光の Volume emission rate の高度分布及び発光スペクトルの推定を行った。地上からの大気光観測は中間圏ホアとして大気光輝度の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ホアと共通する性質と、一致しない性質を持つことが明らかとなった。講演は、観測された中間圏大気光不連続構造の三次元空間構造を報告し、そのホアの物理的性質との類似点及び相違点について議論を行うと共に、ボアの生成過程と比較しながら今回の不連続構造の生成機構についての議論を行なう。

北陸冬季雷と関連する下部電離圏擾乱の二周波観測

森永 洋介 [1]; 土屋 史紀 [2]; 小原 隆博 [3]; 三澤 浩昭 [4]; 本間 規泰 [5]

[1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] 東北大・惑星プラズマセンター; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [5] 東北電力

Dual frequency observation of subionospheric perturbations associated with Hokuriku winter lightning.

Yosuke Morinaga[1]; Fuminori Tsuchiya[2]; Takahiro Obara[3]; Hiroaki Misawa[4]; Noriyasu Honma[5]

[1] Geophysics, Tohoku; [2] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku University; [4] PPARC, Tohoku Univ.; [5] Tohoku Electric Power Company

Intense electromagnetic pulses (EMP) radiated from lightning discharge could cause heating and ionization and alter the conductivity in the ionospheric D-region. While modeling studies[1] show that change of ionization state in the lower ionosphere depends on intensity of EMP, there is no clear observational evidence that shows quantitative relationship between them. 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 change of the conductivity in the ionospheric D-region is detected using perturbation in low frequency (LF) manmade radio waves which propagate a waveguide. We have already compared the subionospheric perturbation of a JJY transmitter (Haganeyama, Fukuoka, 60kHz) measured at the Zao station (Miyagi) with intensity of EMP and found a trend of positive relationship between them [2]. However, total number of event used was 72 and the statistical significance was still poor.

For this purpose, two LF radio observation systems were installed in Takine (Fukushima) and Sasaguri (Fukuoka). Radio signals from two JJY transmitters at Haganeyama (Fukuoka, 60kHz) and Otakadoyayama (Fukushima, 40kHz) are simultaneously measured at Takine and Sasaguri, respectively. Radio propagation paths of both transmitter & receiver pairs are almost overlapped and the midpoints of both paths are located over the coast of Hokuriku area. These enable us to investigate the lightning effect on the lower ionosphere at different height because it is expected that reflection heights of radio wave depends on radio frequency.

The LF signature of subionospheric perturbations associated with winter lightning in the Sea of Japan (around Hokuriku) has been observed from December 13, 2014 to March 31, 2015. Signatures of subionospheric perturbation (which is called early event) which occurred immediately after the causative lightning were detected. The total number of the early event detected during the period is 202. We also derived the peak current of causative lightning from LF atmospheric observation. The peak current is usually used for a proxy of the EMP intensity. Using these new data sets, we will show the statistical relationship between the phase change of subionospheric perturbations and the peak current and its dependence on the transmitter frequency.

[1] E. D. Schmitte.: Remote sensing and modeling of lightning caused long recovery events within the lower ionosphere using VLF/LF radio wave propagation, *Adv. Radio Sci.*, 12, 241Ó250, 2014

[2] Morinaga et al.: Signature of subionospheric LF wave perturbations associated by Hokuriku winter lightning observed at the Zao station, JpGU meeting, Yokohama, 2014

相互相関関数を用いた落雷領域追跡

大西 翔太 [1]; 高橋 幸弘 [1]; 山下 幸三 [2]
[1] 北大・理・宇宙; [2] サレジオ高専・電気

Tracking of lightning area and estimation of the motion vectors

Shota Onishi[1]; Yukihiro Takahashi[1]; Kozo Yamashita[2]
[1] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [2] Dept. EE, Salesian Polytechnic.

Previous studies suggested that there exists a good relationship between frequency of lightning and atmospheric convection or precipitation [e.g. Deierling and Petersen, 2008]. Therefore, lightning data can be used as a proxy for the presence of deep atmospheric convection and precipitation. To monitor time series behavior of lightning activity, it is possible to understand more detailed relationship between the lightning activity and atmospheric convection and it is possible to predict the distributional area of precipitation.

Our purpose of research is to calculate a time variation of the frequency of lightning of cloud to ground lightning (CG) and that of spatial distribution of lightning.

We analyzed 3909 events of CG observed by Japan Lightning Detection Network (JLDN) from 17:30, August 12th 2013 to 19:14, August 12th 2010 (JST) in Kanto region to estimate the frequency and spatial distribution of CG for every minute and with 1km square grid. We calculated the cross correlation function between the CG distribution at a certain time and that of the one minute later in order to estimate the motion vector of CG area and we required the luminance centroid to track CG lightning area, which might be useful to predict the distribution few minutes later. It is possible that we can estimate the motion vector of the one minute later with an accuracy of a few hundred meters and using the luminance centroid, we predict the distribution of lightning area and the time change by fitting.

In this presentation, we will discuss the adequacy of analysis method and our initial result. Also we will consider the relationship between fitting function of the luminance centroid, the distribution and frequency of CG.

VLF帯電界計測に基づいた関東圏落雷観測網の性能評価

山下 幸三 [1]; 高橋 幸弘 [2]; 濱田 純一 [3]; 松本 淳 [3]; 大矢 浩代 [4]; 土屋 史紀 [5]

[1] サレジオ高専・電気; [2] 北大・理・宇宙; [3] 首都大・都市環境・地理; [4] 千葉大・工・電気; [5] 東北大・理・惑星プラズマ大気

Evaluation on specification of lightning observation network in Kanto region based on electric measurement in VLF range

Kozo Yamashita[1]; Yukihiro Takahashi[2]; Jun-ichi Hamada[3]; Jun Matsumoto[3]; Hiroyo Ohya[4]; Fuminori Tsuchiya[5]
[1] Dept. EE, Salesian Polytechnic.; [2] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [3] Geography, Tokyo Metropolitan Univ.; [4] Engineering, Chiba Univ.; [5] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.

Establishment of monitoring method for thunderstorm activity in urban region is necessary to reduce flood damage caused by heavy rain and take measures for power outage by lightning. In the previous studies, lightning occurrence data was used as a proxy for the presence or absence of vertical atmospheric convection that causes generation of thunderstorm. Recently, lightning observation is focused on as an efficient way to monitor cumulonimbus cloud.

Purpose of this study is a quantitative evaluation of lightning activity and nowcast of thunderstorm activity in the Kanto region. We have already constructed observation network based on electric measurement to monitor lightning activity in the Kanto region and started the observation from 2013. This network consisted of six receivers installed at Hachioji-shi (Tokyo), Yokosuka-shi (Kanagawa), Koto-ku (Tokyo), Kofu-shi (Yamanashi), Ohamishirasato-shi (Chiba), and Maebashi-shi (Gunma). Frequency range in electric measurement is 1-40kHz. Data obtained by multipoint observation is synchronized by GPS receiver installed at each station.

From July 2015, observation systems of all stations are revised. In this presentation, we report the details of new system and summarized the specification (accuracy of geolocation and detection efficiency) for new system.

InSAR を用いた中緯度スホラディック E の検出

鈴木 貴斗 [1]; 日置 幸介 [2]; 前田 隼 [3]

[1] 北大・理・自然史; [2] 北大・院理・自然史; [3] 北海道大学附属図書館

Capturing mid-latitude sporadic E layer by InSAR

Takato Suzuki[1]; Kosuke Heki[2]; Jun Maeda[3]

[1] Natural History Sciences, Hokkaido Univ.; [2] Hokkaido Univ.; [3] Hokkaido University Library

Maeda and Heki. (2014) succeeded in capturing sporadic E (Es) over Japan two-dimensionally, using the observation of Global Navigation Satellite System - Total Electron Content (GNSS-TEC). While the GPS is originally used for the crustal deformation monitoring, Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) is another space geodetic technique that allows us to detect crustal movements. SAR transmits a microwave pulse and receives the reflected pulse while a target on the ground is in the beam by using an antenna on the platform like aircrafts and satellites, so that it can implement virtually a large aperture antenna and can create high-resolution images. InSAR can detect crustal deformation signals between the two acquisition dates as a two-dimensional image by taking the difference of the phase data of the SAR images. Like GNSS carrier phases, ionospheric effect sometimes appears on the InSAR images. The lower the used microwave frequency, the more notably the ionospheric effect appears. Hence, a satellite using L-band microwave like Advanced Land Observing Satellite (ALOS) is advantageous to detect ionospheric phenomena. If Es can be detected by InSAR whose spatial resolution is higher than GNSS, we can understand its spatial structure in more detail and help to clarify the generation mechanism of the Es. In this study, we aimed to detect Es over Japan by InSAR.

First, we chose the dates whose critical frequencies of Es (f_oE_s) were more than 15MHz at ionosonde in Wakkanai, Kokubunji and Yamagawa in the morning in 2006 through 2010 from May to August. Second, we chose the data of ALOS/PALSAR whose observing areas and dates are as close as possible, and generated InSAR images. An interesting phase shift appeared on one of the images, the pair of March 28, 2009 (Master) and Jun 28, 2009 (Slave), and it had northeast direction slope. Although the entire shape could not be imaged due to the sea surface, we could observe four patches; the spatial scale of each patch is about 20km. Converting this phase shift into TEC variation ($dTEC$), it turns out that $dTEC=0.44TECU$, which is close to when Es appears. However, we could not identify the altitude in the InSAR image, and thus we used GNSS-TEC. As a result, a similar signal was detected near the place where the phase shift appeared on the InSAR image. We could identify the altitude of the signals to be 100km. Therefore, it turns out that the phase shift on the InSAR image is caused by mid-latitude Es.

At present, ALOS-2 which is the successor to ALOS is operated. We chose the data of ALOS-2/PALSAR-2 in 2015 from May to July in the same way as above. However, there were no data observed the same area by the same observing mode to generate InSAR images. Therefore, we could not get InSAR images. On the other hand, we could detect Es by GNSS-TEC near the area and the same time observed by ALOS-2 on each date, May 20 and July 24.

Maeda and Heki. (2014) は Global Navigation Satellite System - Total Electron Content (GNSS-TEC) を用いることで、これまで観測点上空のみでしか観測されなかった日本上空のスホラディック E (以下 Es) を二次元的に捉えることに成功した。一方、GNSS と同様に地殻変動測定を目的とした宇宙測地技術に Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) がある。SAR は航空機や衛星などのプラットフォームに搭載されたアンテナを用いて、地上ターゲットがビームの中に入り続ける間中の反射波を全て集めることで、仮想的に大きな開口長のアンテナを実現し、高分解能のレーダー画像を生成する技術である。InSAR は異なる二つの時期に観測された SAR の位相データの差を取る干渉処理によって、二つの時期の間に起きた地殻変動を面的に画像として検出する技術である。InSAR 画像にも電離圏の影響が現れることがあり、これは使用したマイクロ波の周波数が低いほどより顕著に現れ、Advanced Land Observing Satellite (ALOS) や ALOS-2 のような L-band のマイクロ波を用いた衛星は電離圏の現象の検出に有利である。GNSS に対して空間分解能で勝る InSAR で Es を検出できれば Es の空間分布をより詳細に知ることができ、これまで不明瞭であった Es の発生メカニズム解明の手助けになると期待される。本研究では日本上空の Es を InSAR を用いて検出することを目的とした。

まず、稚内・国分寺・山川のイオノゾンデで 2006 年~2010 年の 5~8 月の午前中に Es の臨界周波数 f_oE_s が 15MHz 以上となった日を選んだ。次に、観測日時と観測場所が出来るだけ近い ALOS/PALSAR のデータを選んだ。強い Es が現れていた日のうち 2009 年 6 月 28 日については PALSAR 画像 (Path:72, Frame:2920~2950) が得られたことが分かったので、これを Slave 画像とし、同じ Path/Frame で Es が現れていない PALSAR 画像 (2009 年 3 月 28 日) を Master 画像として作成した InSAR 画像に興味深い位相変化が現れた。北東方向に傾きを持ち、全体の形は瀬戸内海で途切れているのでわからないが、4 つのパッチが見て取れ、1 つのパッチの大きさは 20km 程度であった。この位相変化を TEC 変化量 ($dTEC$) に換算したところ、 $dTEC=0.44TECU$ となった。これは、Es が発生した際の $dTEC$ に近い値である。しかし、InSAR 画像からでは高度の拘束ができない。そこで GNSS-TEC を用いて解析したところ、GNSS-TEC マップでも InSAR 画像で位相変化が現れた場所付近に同じようなシグナルが検出され、高度を 100km と特定することができた。よって、位相変化を起こした原因が Es であることがわかり、InSAR で中緯度 Es を検出することができた。

現在、ALOS は運用を停止しており、その後継機である ALOS-2 が運用されている。上記と同じ方法により 2015 年 5~7 月の ALOS-2/PALSAR-2 のデータを採った。しかし、InSAR 画像を作成するための同じ観測領域を同じ観測モードで撮像したデータがなく、InSAR 画像を作ることができない状態であるが、5 月 20 日と 7 月 24 日のそれぞれの ALOS-2 の

観測時刻での GNSS-TEC マップでは ALOS-2 の観測領域付近に Es を検出することができた.

スプラディック E 層内の電子温度・電子密度構造に関する研究

坂本 優美花 [1]; 阿部 琢美 [2]; 三宅 互 [3]

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

Study on the structure of the electron temperature and the electron density in the sporadic E layer

Yumika Sakamoto[1]; Takumi Abe[2]; Wataru Miyake[3]

[1] Aeronautics and Astronautics, Tokai Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] Aeronautics and Astronautics, Tokai Univ.

The sporadic E (Es) layer has been studied for a long time, and its generation mechanism and the composition have been discussed. However, there were very few discussions about the thermal energy budget inside the Es layer. This is because that only the limited number of reliable electron temperature data inside the sporadic E layer are available in the literature. The electron temperature is known as one of the most important parameters to discuss thermal energy budget of ionosphere. However, it is generally difficult to make the detailed measurement in the vertical direction inside the sporadic E layer because a velocity of the sounding rocket is very fast and the Es layer is very thin.

The sounding rocket "S-520-29" was launched with a main purpose of investigating spatial structure of the Es layer from Uchinoura Space Center at 19:10 JST on August 17, 2014. In particular, we tried to understand 3-D structure of sporadic E layer by using several complimentary instruments. Langmuir probe installed on this rocket is capable of making high-speed sampling of probe current, and thereby it is possible to estimate the electron temperature and density more than 10 samples per second. In addition, it becomes possible to obtain the temperature and density in lesser time interval by adopting a new method of interpolation for obtained current - voltage relationship. Data obtained from Langmuir probe measurements suggest that the electron temperature significantly decreased in the Es layer with respect to the background temperature. Furthermore, the detailed trend of the electron temperature from its boundary toward the center of Es layer was obtained due to high-speed sampling.

In this presentation, we will discuss what suggestion the observed temperature data brings for energy budget inside the Es layer by conducting numerical consideration.

スプラディック E 層の観測・研究には長い歴史があり、その生成メカニズムやそのイオン組成などが議論されてきた。しかし、内部での熱エネルギー収支に関する議論は非常に少ない。その原因としては、過去にはスプラディック E 層での十分に信頼性のある電子温度観測データが数えるほどしか存在しなかったことがあげられる。電子温度は電離圏の熱エネルギー収支を議論する上で重要なパラメータであるが、一般にスプラディック E 層の高度方向の幅は非常に狭いため、高速で飛行する観測ロケットによる詳細その場観測は難しかったためである。

下部電離圏に発生するスプラディック E 層の空間構造解明を主目的として平成 26 年 8 月 17 日 19 時 10 分 00 秒 (日本標準時) に宇宙航空開発機構内之浦宇宙空間観測所より観測ロケット S-520-29 号機が打ち上げられた。このロケットには高速サンプリングが可能なラングミュアプローブが搭載されており、且つ新たな解析方法を導入したことによってこれまでの観測よりも細かな時間 (空間) 間隔で、スプラディック E 層内の電子密度・温度の空間構造の推定が可能になった。その結果として、電子密度が増加するスプラディック E 層内における電子温度の変化がはっきり示され、外部との境界付近から中心に向かって温度が次第に減少していく傾向が明らかになった。

本発表では、観測ロケットで得られた電子温度分布がスプラディック E 層内の熱エネルギー収支に対してどんな示唆を与えるのか、数値的に検討を行った結果について報告を行う。スプラディック E 層を含む一次元空間で電子、イオン、中性粒子を与え、エネルギー方程式を使用して密度が変化した場合の電子温度分布についての数値計算を行った。これらの検討結果についての詳細に報告を行う予定である。

GPS-TEC 観測による中緯度スποラディック E の小規模構造

前田 隼 [1]; 日置 幸介 [2]
[1] 北海道大学附属図書館; [2] 北大・院理・自然史

Small-scale structure of midlatitude sporadic-E seen with GPS total electron content observations

Jun Maeda[1]; Kosuke Heki[2]
[1] Hokkaido University Library; [2] Hokkaido Univ.

Small-scale horizontal structures of daytime midlatitude sporadic E are studied by GPS total electron content (TEC) observations, using a dense network of GPS receivers in Japan. With GPS-TEC observations, sporadic E with foEs higher than 16 MHz can be detected [Maeda and Heki, 2014]. A dense array of GPS receiving stations in Japan (GEONET) enables us 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 (E-W) direction with typical length and width of ~200 km and ~20 km, respectively, regardless of occurrence latitudes [Maeda and Heki, 2014; 2015].

In this study, we observed smaller-scale structures by analyzing raw slant TEC time series with typical spatial resolution of ~2 km. The results show that small-scale plasma patches are embedded in large scale frontal structures and such small patches are quasi-periodically located in various azimuthal directions.

There are three major candidates for the generation mechanism of sporadic E structure, i.e, namely, atmospheric gravity wave, Es-layer instability, and Kelvin-Helmholtz instability. Es-layer instability can be declined in our daytime observation since the high background electron density in the ambient E-region cancels out the polarization electric field. We speculate that K-H instability in the neutral atmosphere driven under the strong wind shear condition would create such vortex structures quasi-periodically located in the horizontal plane. The fact that there is no directional preference in the formation of such quasi-periodic structure also supports the K-H instability as the possible generation mechanism.

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ποラディック E を検出することができる [Maeda and Heki, 2014]。また、国土地理院が展開している稠密な GNSS 受信網 (GEONET) をもちいて TEC の異常マップを作成することで、スπο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。

Maeda and Heki [2014; 2015] ではこの GPS-TEC 観測を用いて日本上空に出現するスποラディック E の大規模水平面構造について解析を行い、東西に 100km 以上にわたって延びる帯構造を報告している。

TEC 異常マップの空間分解能は GEONET の観測点間距離に依存するため、~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可能である。本研究ではこの手法により、日本上空で昼間に観測された複数のスποラディック E イベントについて、数 km~数十 km スケールの小規模構造に着目して解析を行った。その結果、東西に延びる大規模な帯構造の中にさらに小さなパッチ構造が含まれており、様々な方位に準周期的な間隔で並んでいることが明らかになった。

スποラディック E の空間構造を発達させるメカニズムとして、大気重力波、Es 層不安定、Kelvin-Helmholtz (K-H) 不安定の 3つが有力なものとして提案されている。本研究は昼間の観測であるため、Es 層不安定は可能性から除外できる。可能性として大気重力波と K-H 不安定が残るが、パッチの準周期的な配列とその多様な配列方位から K-H 不安定の関与が示唆された。

観測ロケット S-520-29 号機で観測されたスποラディック E 層の水平構造

栗原 純一 [1]; 岩上 直幹 [2]; 栗原 宜子 [3]; 田中 真 [4]; 高橋 隆男 [5]; 板屋 佳汰 [6]; 石坂 圭吾 [7]; 熊本 篤志 [8]; 阿部 琢美 [9]

[1] 北大・理・宇宙; [2] 東大・理; [3] JAXA 宇宙研; [4] 東海大・情教セ; [5] 東海大・工・航空宇宙; [6] 富山県立大; [7] 富山県大・工; [8] 東北大・理・地球物理; [9] J A X A 宇宙科学研究所

Spatial structure of sporadic E layer observed in the S-520-29 sounding rocket experiment

Junichi Kurihara[1]; Naomoto Iwagami[2]; Yoshiko Koizumi-Kurihara[3]; Makoto Tanaka[4]; Takao Takahashi[5]; Keita Itaya[6]; Keigo Ishisaka[7]; Atsushi Kumamoto[8]; Takumi Abe[9]

[1] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [2] U Tokyo; [3] ISAS/JAXA; [4] Tokai Univ.; [5] Aero. & Astronautics, Tokai Univ.; [6] Toyama Pref. Univ.; [7] Toyama Pref. Univ.; [8] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [9] ISAS/JAXA

To study the spatial structure of midlatitude sporadic E (Es) layers, the vacuum ultraviolet resonant scattering by magnesium ions (Mg^+) in an Es layer was observed with the Magnesium Ion Imager (MII) on the sounding rocket S-520-29. Since the Es layer is formed by the convergence of metallic ions that have slow ion-electron recombination rates, the distribution of Mg^+ , which is one of the dominant species among the metallic ions, is thought to reflect the spatial structure of the Es layer. It is suggested that the spatial structure of the Es layer is closely related to various ionospheric phenomena such as the field aligned irregularity and the E-F coupling. On the other hand, there are three mechanisms to explain the generation of the spatial structure: gravity waves, neutral K-H instability, and plasma instability. Therefore, it is expected that imaging observations of the Mg^+ distribution will provide a new observational evidence for the generation mechanism of the spatial structure in the Es layers.

The sounding rocket S-310-38 was launched from the Uchinoura Space Center in Kagoshima, Japan, on 6 February 2008 for the same purpose and the two-dimensional horizontal structure of Mg^+ in an Es layer was observed for the first time. While this result demonstrates the usefulness of Mg^+ imaging for understanding the spatial structure of Es layers, the attitude of the sounding rocket, especially the zenith angle of the rocket axis was unusually tilted and the area of meaningful observation was limited.

In the sounding rocket S-520-29 experiment conducted on 17 August 2014, the MII was improved since the S-310-38 experiment and an attitude control system by gas jet was implemented. Unfortunately, the attitude control did not work as expected, but the Mg^+ distribution was successfully observed and important information on the spatial structure of the Es layer was obtained. In this paper, we discuss the probability of the spatial structure through comparison with the other instruments' data.

中緯度電離圏 E 領域に発生するスποラディック E (Es) 層の空間構造を明らかにすることを目的として、Es 層に存在するマグネシウムイオン (Mg^+) からの真空紫外共鳴散乱光を観測ロケット S-520-29 号機に搭載したマグネシウムイオンイメージャ (MII) によって観測した。

電子との再結合反応の遅い金属イオンが収束して Es 層を形成するため、その主要な金属イオンの一つである Mg^+ の分布は Es 層内の電子密度の空間構造を反映していると推測される。Es 層の空間構造は沿磁力線不規則構造や E-F 領域結合などの様々な電離圏現象と密接な関係があることが示唆されている。一方で、空間構造を生成する機構として大気重力波、K-H 不安定、およびプラズマ不安定の 3 つの説が現在のところ提唱されている。 Mg^+ 分布の撮像観測によって、これらの説に新たな観測的事実を与えられる可能性がある。

同様の目的で 2008 年 2 月 6 日に鹿児島県の内之浦宇宙空間観測所において観測ロケット S-310-38 号機実験を行い、世界で初めて Es 層内の Mg^+ の 2 次元水平構造の観測に成功した。この成果は Mg^+ の共鳴散乱光観測が Es 層の空間構造の解明に有効であることを示したが、観測ロケットの姿勢、特に機軸の天頂角が予想外に大きかったために、有意な観測領域が極めて限定された。

そこで 2014 年 8 月 17 日に行われた観測ロケット S-520-29 号機実験では、S-310-38 号機に搭載した MII を改良するとともに、ガスジェット方式による姿勢制御装置を利用した観測を行った。姿勢制御は残念ながら当初の期待通りではなかったものの、 Mg^+ の共鳴散乱光観測に成功し、Es 層の空間構造に対する貴重な観測結果が得られた。本講演では観測された空間構造と他の観測機器のデータとを比較し、空間構造の蓋然性について検証する。

S-520-29号機観測ロケットにより観測された電波伝搬特性を用いた電子密度分布の推定

板屋 佳汰 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 芦原 佑樹 [3]; 栗原 純一 [4]; 阿部 琢美 [5]

[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; [5] JAXA宇宙科学研究所

Estimation of Electron Density Using the Propagation Characteristics by S-520-29 Sounding Rocket

Keita Itaya[1]; Keigo Ishisaka[2]; Yuki Ashihara[3]; Junichi Kurihara[4]; Takumi Abe[5]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] Elec. Eng., Nara NCT.; [4] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [5] ISAS/JAXA

S-520-29 sounding rocket experiment was carried out at Uchinoura Space Center (USC) at 19:10 JST on 17 August, 2014. The purpose of this sounding rocket experiments is observation of sporadic E layer that appears in the lower ionosphere at near 100km. Three methods were used in order to observe the sporadic E layer. The first method is an optical method that observe the light of metal ion emitted by the resonance scattering in sporadic E layer using the imager. The second method is observation of characteristic of radio wave propagation that the LF/MF band radio waves transmitted from the ground. The third method is measuring the electron density in the vicinity of sounding rocket using the fast Langmuir probe and the impedance probe. We analyze the propagation characteristics of radio wave in sporadic E layer appeared from the results of the second method observation.

This rocket was equipped with LF/MF band radio receiver for 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 (JOGB), 666kHz (JOBK), 60kHz (JJY) from the ground. 873kHz and 60kHz radio waves are transmitting from north side, and 666kHz radio waves are transmitting from the east side to the trajectory of the rocket. In the sounding rocket experiment, LF/MF band radio receiver was working properly. We have completed the observation of radio wave intensity. We analyze the observation results using a Doppler shift calculations by frequency analysis. Radio waves received by the sounding rocket include the influences of Doppler shift by polarization and the direction of rocket spin and the magnetic field of the Earth. So received radio waves that are separate into characteristics waves using frequency analysis. Then we calculate the Doppler shift from the separated data. As a result, 873kHz, 666kHz radio waves are reflected by the ionosphere. 60kHz wave was able to propagate in ionosphere because wavelength of 60kHz was longer than the thickness of the sporadic E layer. In this study, we explain the result of LF/MF band radio receiver observations and the electron density of the ionosphere using frequency analysis by S-520-29 sounding rocket experiment.

2014年8月17日19時10分(JST)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た。本観測ロケット実験は、電離圏下部高度100km付近に出現するスボラディックE層を立体的に観測することが目的である。そのために、3つの手法を用いて観測が行われた。1つ目は、光学的な観測による手法でスボラディックE層中の鉄イオンやマグネシウムイオンなどの金属イオンが太陽光を受け、共鳴散乱により発する紫外光をイメージャにより観測する。2つ目は、電波を用いる手法で地上から送信される様々な電波のうち中波帯および長波帯の電波をロケットで受信する。そこで得られた強度変化から電波伝搬特性や垂直方向の電子密度分布を推定する。3つ目は、ラングミュアプローブとインピーダンスプローブを用いた手法でロケット近傍の電子密度測定を行う。本研究では、2つ目の電波観測を担当し、その観測結果よりスボラディックE層発生時の電波伝搬特性の解析および電子密度の高度分布を推定した。

本観測ロケットには、2つ目の手法である長・中波帯電波の観測を目的として、長・中波帯電波受信機(LMR)を搭載し、ロケット飛行中の長・中波帯電波の受信強度を観測した。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った。873kHz電波、60kHz電波はロケットの飛行経路に対して北側から、666kHz電波はロケットの飛行経路に対して東側から到来している。このように伝搬経路の異なる電波を同時観測することにより、スボラディックE層の位置と大きさについても調査を行うことが出来る。観測ロケット実験においてLMRは正常に動作し、受信強度観測を無事完了した。電波伝搬特性の解析は、周波数解析により受信電波を特性波に分離し、分離したデータからドップラーシフトを計算することにより行う。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。このため周波数解析により受信した電波を特性波に分離することで、ドップラーシフトを計算することが可能である。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子密度の高度分布を推定する。周波数解析による特性波の分離観測の結果、873kHz、666kHz電波は電離層で完全反射され、60kHz電波はモード変換により、ホイッスラーモードとなって観測ロケット最高高度まで伝搬していることが判明した。その後、それぞれの電波強度から計算したドップラーシフトを用いて電子密度推定を行った。本発表では、観測ロケット実験の観測結果と解析結果について報告する。

カusp領域でのバリウム・ストロンチウムを用いた熱圏風・プラズマドリフト計測

柿並 義宏 [1]; 渡部 重十 [2]; 山本 真行 [3]; 木原 大城 [3]; Conde Mark[4]; Larsen Miguel[5]
[1] 高知工科; [2] 北大・理・宇宙; [3] 高知工科大; [4] アラスカ大フェアバンクス校; [5] Clemson Univ.

Measurements of thermospheric wind and plasma drift by using Barium and Strontium release in the cusp region

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

Neutral density observation by CHAMP satellite showed enhanced anomaly in the cusp region. However, the mechanism of the anomaly is still controversial issue. Neutral wind and plasma drift are a key to understand the mechanism. Last decade, chemical release experiments using Lithium have been successfully done and the data contribute to understand neutral wind in the thermosphere in middle latitude. However, since Lithium (Li) is not ionized well, neutral wind is only detectable by using Li. Therefore, gases which are ionized in a short time are required to detect plasma drift. In order to detect both neutral wind and plasma drift, Barium (Ba) and Strontium (Sr) were employed for the rocket experiment which was named the Cusp Region Experiment (C-REX). After Ba are ionized, Ba⁺ is resonantly scattered with 455.4. Further, neutral Ba and Sr are resonantly scattered with 553.5 460.7 nm, respectively. To detect the resonant scattering, we set up 2 camera with band-pass filters for Ba and Ba⁺/Sr for each site at Longyerben and Ny-Ålsund, Norway. Moreover we set up a camera with a grating to observe spectrum. The rocket was successfully launched from Andoya, Norway at 08:05 UT of 24 November 2014 and first chemical release was observed at 08:14:19 UT from Longyerben, Ny-Ålsund and an airplane. Ten of 24 canisters were successfully ignited between 200 and 400 km altitude at about 600 km away from Svalbard islands. Resonance scatterings were observed by digital cameras with filter and video as well as human eyes. In this paper, we report velocity of neutral wind and plasma drift, spectrogram of Ba and Sr and time series of intensity of the luminance.

トロムソナトリウムライダーを用いた上部成層圏大気温度の導出(2)

日比野 辰哉 [1]; 野澤 悟徳 [1]; 津田 卓雄 [2]; 川原 琢也 [3]; 齋藤 徳人 [4]; 和田 智之 [4]; 高橋 透 [5]; 藤原 均 [6]; 木下 武也 [7]; 村山 泰啓 [8]; 水野 亮 [9]; Hall Chris [10]
[1] 名大・太陽研; [2] 電通大; [3] 信州大・工; [4] 理化学研究所基幹研; [5] 電通大・SSRE; [6] 成蹊大・理工; [7] NICT; [8] 情報通信研究機構; [9] 名大・STEL; [10] トロムソ大・TGO

Derivation of the temperature in the upper stratosphere with the sodium LIDAR data obtained at Tromsø, Norway.(2)

Tatsuya Hibino[1]; Satonori Nozawa[1]; Takuo Tsuda[2]; Takuya Kawahara[3]; Norihito Saito[4]; Satoshi Wada[4]; Toru Takahashi[5]; Hitoshi Fujiwara[6]; Takenari Kinoshita[7]; Yasuhiro Murayama[8]; Akira Mizuno[9]; Chris Hall[10]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] UEC; [3] Faculty of Engineering, Shinshu University; [4] ASI, RIKEN; [5] SSRE, UEC; [6] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [7] NICT; [8] NICT; [9] STEL, Nagoya Univ.; [10] TGO, UiTO

We will present results of derivation of the neutral temperature in the upper stratosphere (about 30-50 km) over five winters from 2010 to 2014 by using Rayleigh scatter data obtained with the sodium LIDAR at Tromsø, Norway (69.6N, 19.2E).

We have carried out observations of the neutral temperature and sodium density between 80 and 110 km in the polar upper mesosphere and lower thermosphere since October 2010 for five winter seasons (October-March) by using the sodium LIDAR. By now, about 2800 hours of temperature and sodium density data have been obtained. Together with the datasets obtained by EISCAT radars, MF radar and meteor radar located at the same observational field, we have studied the vertical coupling of the atmosphere as well as the magnetosphere-ionosphere-thermosphere coupling. To facilitate these activities further, a millimeter-wave receiver for measuring minor constituents in the upper stratosphere/mesosphere/lower thermosphere will be installed at the same observational field in the winter of 2015.

Sodium LIDAR observations use the resonance scattering from sodium atoms in the sodium metal layer approximately between 80 and 110 km. We also successfully receive Rayleigh scattering light from the lower and middle atmosphere between about 10 and 60 km. The uppermost height depends on the background noise level, while the lowermost height is due to the configuration of the telescope view to avoid strong backscatter light from the lower atmosphere. When we calculate temperature values using Rayleigh scattering data, we can use data only above about 30 km due to contamination of the Mie scatter. We have calculated temperature values with a height resolution of 1 km between 30 and about 50 km and have compared them with the NRLMSISE predictions and MERRA data. The comparison shows a good agreement with the RMS difference being less than 10 K, supporting our calculations are correct.

We have derived temperature values with temporal resolutions of 1, 2, 3, 4, and 6 hours with a height resolution of 1 km, and compared them each other. It is found that the derived temperature values are in good agreement, indicating we can calculate temperature values with a 1 hr resolution. However, the uppermost height tends to decrease with integration time being shorten.

This new addition of the temperature data in the upper stratosphere will make it possible to investigate the direct relationship of the temperature variation in the upper stratosphere (30-50 km) and the upper mesosphere/lower thermosphere (80-110 km). Furthermore, the derived stratospheric temperature will improve the accuracy of the millimeter wave observations.

本講演では、ナトリウムライダーから得られるレイリー散乱光を用いた上部成層圏温度の導出について、その手法と結果について示す。我々は、ノルウェー・トロムソ（69.6N, 19.2E）のEISCATレーダーサイトにナトリウムライダーを設置し、高度80-110 kmにおける大気温度・ナトリウム密度・風速を観測している。ナトリウムライダーによる観測は、2010年10月からこれまで5シーズン（冬期暗夜期間:10月から3月）行い、約2800時間の大気温度データを取得している。同サイトに運用されている他の観測機器（EISCAT UHFレーダー・VHFレーダー、MFレーダー、流星レーダーなど）と併用し、大気上下結合および磁気圏-電離圏-熱圏結合過程に関連する種々の変動現象の研究を進めている。2015年冬には、大気微量成分観測用のミリ波受信器の設置を計画している。

本研究では、ナトリウムライダー観測で得られるレイリー散乱成分を用いて、上部成層圏大気(30-50 km)の大気温度プロファイルの導出を行った。ナトリウムライダー観測で得られるレイリー散乱データから大気密度の高度プロファイルを求めることができる。その際、大気透過率も考慮する。送信レーザー光の大気透過率は、レイリー散乱断面積と大気分子の数密度、透過距離から求まる。レイリー散乱断面積は、レイリー散乱係数が波長の4乗に反比例することから、レイリーライダー波長532 nmで用いられたパラメーター（She et al., OSA, Vol. 40, Issue 27, pp. 4875-4884 2001）を、ナトリウムライダーの波長589 nmと532 nmの4乗比をとることで求めた。上端高度の温度をCIRA86モデルから与え、静水圧平衡を仮定することで、上の高度から順に大気温度が導出できる。JpGU2015（PEM27-06）においては、2011年シー

ズンのデータを用いて、各夜毎、高度分解能 1 km で計算した結果を示した。そして、導出した大気温度と NRLMSISE00 および MERRA データとの比較を示し、各高度での RMS 差が約 10K 程度と良い一致を示したことを報告した。

今回はさらに解析を進めた結果を報告する。高度分解能を 1 km で固定し、1 時間、2 時間、3 時間、4 時間、6 時間の積分時間で温度導出を行い、その結果と温度計算の誤差について調べた。結果は積分時間に対して計算の誤差ならび温度のトレンドはあまり変化してはいなかった。同時に計算に用いるデータの誤差についても評価するため、計算に用いるデータの相対誤差のボーダーを変化させ同様に温度導出を行った。この時、温度の計算誤差は相対誤差の影響を大きく引きずっており、積分時間はあまり影響していなかった。

この導出法の確立により、ナトリウムの共鳴散乱による高度 80-110 km 高度領域の大気温度プロファイルに加えて、レイリー散乱による高度 30-50 km の大気温度プロファイルが観測可能になり、上部成層圏と上部中間圏・下部熱圏の大気の大気温度変動の相関についての詳細な比較が可能となる。また、導出した成層圏温度は、今後行われるミリ波観測のデータデータ精度向上に貢献することが期待できる。

Investigation on Na layer response to geomagnetic activities using resonance scatter measurement by Odin/OSIRIS

Takuo Tsuda[1]; Takuji Nakamura[2]; Mitsumu K. Ejiri[2]; Takanori Nishiyama[2]; Keisuke Hosokawa[1]; Toru Takahashi[3]
[1] UEC; [2] NIPR; [3] SSRE, UEC

The Na layer is normally distributed from 80 to 110 km, and the height range is corresponding to the ionospheric D and E region. In the polar region, the energetic particles precipitating from the magnetosphere can often penetrate into the E region and even into the D region. Thus, the influence of the energetic particles to the Na layer is one of interests in the aspect of the atmospheric composition change accompanied with the auroral activity.

There are several previous studies in this issue. For example, recently, we have reported an initial result on a clear relationship between the electron density increase (due to the energetic particles) and the Na density decrease from observational data sets obtained by Na lidar, EISCAT VHF radar, and optical instruments at Tromsø, Norway on 24-25 January 2012. However, all of the previous studies had been carried out based on case studies by ground-based lidar observations.

In this study, we have performed, for the first time, statistical analysis using Na density data from 2004 to 2009 obtained with the Optical Spectrograph and InfraRed Imager System (OSIRIS) onboard Odin satellite. In the presentation, we will show relationship between the Na density and geomagnetic activities, and its latitudinal variation. Based on these results, the Na layer response to the energetic particles will be discussed.

2011-2015年における昭和基地レイリー/ラマンライダーを用いた大気温度観測の現状報告

西山 尚典 [1]; 中村 卓司 [1]; 江尻 省 [1]; 阿保 真 [2]; 川原 琢也 [3]; 津田 卓雄 [4]; 鈴木 秀彦 [5]
[1] 極地研; [2] 首都大・システムデザイン; [3] 信州大・工; [4] 電通大; [5] 明治大

Current status of vertical temperature measurements using Rayleigh/Raman lidar installed at Syowa in Antarctica from 2011 to 2015

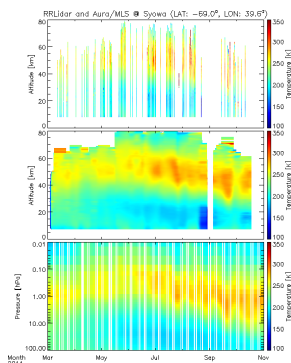
Takanori Nishiyama[1]; Takuji Nakamura[1]; Mitsumu K. Ejiri[1]; Makoto Abo[2]; Takuya Kawahara[3]; Takuo Tsuda[4]; Hidehiko Suzuki[5]
[1] NIPR; [2] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.; [3] Faculty of Engineering, Shinshu University; [4] UEC; [5] Meiji univ.

Rayleigh/Raman (RR) lidar system installed at Syowa station in Antarctica has started its operation since 2011 May. It can simultaneously obtain photon count data for 3 channels, i.e., Raman (10-30km), Rayleigh-Low (20-65km), Rayleigh-High (30-80km for estimations of temperature profiles from upper troposphere (UT) to lower mesosphere (LM). We examined the measured long-term variations of atmospheric temperature such as seasonal and inter-annual variability with comparing those obtained from Aura/MLS (Microwave Limb Sounder) experiments and reanalysis data.

地球の大気は地表から高度 100km において流体として振る舞い、乱流による拡散が組成を一定に保つ。一方で、高度 100km 以上の超高層大気と呼ばれる領域では、密度が非常に希薄なために大気粒子による運動や拡散が有効な領域である。こういった超高層大気と流体が支配的な大気の境界領域である「中間圏界面」では太陽活動（フレア、11 年周期変動など）を起源とするエネルギー流入や、下層から大気波動によって輸送される運動量に応じて様々な時間スケールで変動する。特に、南北両極域では、太陽/地磁気の短期擾乱時に発達する高度 120-300km のオーロラに関連する電流系や、中間圏界面付近に直接侵入する高エネルギー粒子と大気粒子との衝突による電離など特有の現象が駆動する化学プロセスと、南北子午面循環や極渦といった大気波動による物質の鉛直輸送の重要性が認識されている [e.g., Turunen et al., 2009; Luebken et al., 2010]。従って、観測時間及び観測高度において連続的な観測に基づいて、様々な時間スケールの大気波動の活動度と、超高層大気からのエネルギー流入に対する中間圏界面付近の短期応答を同時に理解することが非常に重要な課題である。

国立極地研究所は、2010 年より 6 年間の南極地域重点研究観測を実施しており、このサブプロジェクトの一つ「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 (RR) ライダーを南極昭和基地（南緯 69.0 度、東経 39.6 度）に設置し、2011 年 2 月から対流圏上部と中層大気（10-80 km）の温度の鉛直分布の観測を開始し、2015 年 7 月現在までに大気温度の観測を続けている。昭和に設置された RR ライダーは、送信部として波長 355 nm において、20Hz で最大 6W 出力可能な Nd:YAG レーザーを使用。受信系は口径 82cm のナスミス焦点の望遠鏡と光学素子（ミラー、レンズ、フィルタ）、及び PMT で構成されており、同時に 4 チャンネルのフォトンカウントのデータを取得することが可能である。それぞれのチャンネルのデータは個別のバイナリデータとして記録され、これらのデータのうち 3 つのチャンネル、Raman (10-30km)、Rayleigh-Low (20-65km)、Rayleigh-High (30-80km) のデータを使うことで、上部対流圏から下部中間圏におよぶ大気温度の高度プロファイルを推定することが可能となる。また、時間分解能及び高度分解能は、それぞれ 1 時間、300 m であり、大気重力波による大気温度の摂動成分を十分に検出可能である。

本発表では、2011 年 5 月から 2015 年 7 月までの大気温度データによる、季節変動 (3-10 月)、年々変動 (2011-2015 年) を示す。図 1 は 2014 年に観測された大気波動による温度変動を示す。上から、RR ライダーで導出した大気温度、Hanning 窓（時間方向:14 日、高度方向 1.5 km）によって平滑化した大気温度、Aura/MLS による昭和基地上空付近の温度観測による時間高度断面図である。また、白抜きとなっている期間はライダー観測の休止によるデータ欠損である。RR ライダーと Aura/MLS で導出された大気温度データは、数週間スケールの変動において良い一致を示している。本発表では、これらの結果を受けて、RR ライダーの高分解能を活用した大気温度の断熱減率の導出を行うとともに、気象再解析データなどとの比較を発表する予定である。



Nighttime periodicity for the phase of LF transmitter signals

Hiroyo Ohya[1]; Fuminori Tsuchiya[2]; Michi Nishioka[3]; Kazuo Shiokawa[4]

[1] Engineering, Chiba Univ.; [2] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [3] NICT; [4] STEL, Nagoya Univ.

At the low- and mid-latitudes, phase of LF transmitter signals largely varies in nighttime rather than that at the high latitudes. The daytime phase is stable due to strong solar ionization at all latitudes. The cause of the nighttime large 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. Two propagation paths of Saga-Zao and Fukushima-Kagoshima over Japan are located almost on parallel over Japan. We investigated the periods of LF signals observed in April-June 2007 by using a wavelet analysis. During a Medium-scale travelling ionospheric disturbance (MSTID) was observed in the map of GPS Total Electron Content (TEC) on 6 May, 2007, a period of 30~40 minutes was seen on the two phase data on both paths. From TEC keogram, the MSTID has the periods of 40 and 60 minutes along the LF paths. In the presentation, we will discuss the cause of the periods of LF phase in detail.

中緯度域における中規模伝搬性電離圏擾乱の時間変動の解析

池田 孝文 [1]; 齊藤 昭則 [1]; 津川 卓也 [2]; 西岡 未知 [2]; Watthanasangmechai Kornyanat[3]
[1] 京大・理・地球物理; [2] 情報通信研究機構; [3] 京大・RISH

Analysis of temporal variation of spatial structure of medium-scale traveling ionospheric disturbance at mid latitudes

Takafumi Ikeda[1]; Akinori Saito[1]; Takuya Tsugawa[2]; Michi Nishioka[2]; Kornyanat Watthanasangmechai[3]
[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] NICT; [3] RISH, Kyoto Univ.

It is known that wave-like structures of plasma are generated and propagate in the Ionosphere. Among these structures, that whose spatial scale is 100-1000km is called medium-scale traveling ionospheric disturbance(MSTID). Typical wavelength, period, and amplitude of MSTID are 100-300km, 20-90min, 0.5-1.5TECU, respectively. At mid latitudes most of nighttime MSTID propagate southward or southward. Nighttime MSTID is interpreted to be caused by the Perkins instability, and the electric field by coupling between the E and F regions. The temporal evolution of MSTID has been investigated using numerical models. It is, however, not studied in detail using observational data.

Temporal variation of nighttime MSTID was elucidated using total electron content(TEC) data observed by ground-based GPS receiver network. The TEC data on magnetic quiet day in 2012-2014 was used in this study. The wavelength of the observed MSTID were mainly 200-300km. The amplitude of MSTID oscillated regularly. Its period was minutes or tens of minutes. The characteristics of the oscillation and generation of MSTID will be discussed in the presentation.

電離圏では、プラズマの波状構造が発生し、移動していくのがよく見られる。このような現象の内、空間スケールが100-1000kmのものは中規模移動性電離圏擾乱(MSTID)と呼ばれている。MSTIDの典型的な波長は100-300km、周期は20-90min、振幅は0.5-1.5TECUである。伝搬方向は南-南西方向が多い。また、夜間に発生するものは、パーキンス不安定性、及びE領域-F領域カップリングによる電場で生じると考えられている。MSTIDの振幅と波長の時間的変化、特に成長率やその波長依存性についてはモデルにより研究が薦められている。一方、観測による検証は十分にされていない。

本研究では地上GPS受信機網で観測した全電子数(Total electron content)の時系列データを用いて、夜間のMSTIDの空間構造の時間変化について解析した。使用したデータは2012年から2014年の磁気静穏時に観測されたTECデータである。その結果、観測されたMSTIDの波長は200-300kmであった。また、その変動の振幅が数分から十数分を周期として変動していた。この周期的振動等のMSTIDの時間変化の特性を明らかにし、MSTIDの生成・発展の物理過程を議論する。

中規模伝搬性電離圏擾乱発生時における中緯度電離圏中のDC電場観測

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

[1] 富山県大・工; [2] 京大・生存圏研; [3] 情報通信研究機構; [4] 東海大・情教七; [5] J A X A 宇宙科学研究所; [6] 東北大・理・地球物理; [7] 北大・理・宇宙

DC Electric Field measurement in the Mid-latitude Ionosphere during MSTID

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

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

In the middle latitude ionospheric F region, mainly in summer, wave structures of electron density that have wave length of 100-200 km and period of one hour are observed. This phenomena is called Medium Scale Traveling Ionospheric Disturbance; MSTID. MSTID has been observed by GPS receiving network, and its characteristic were studied. In the past, MSTID was thought to be generated by the Perkins instability, but its growth ratio was too small to be effective so far smaller than the real. Recently coupling process between ionospheric E and F regions are studied by using two radars and by computer simulations. Through these studies, we now have hypothesis that MSTID is generated by the combination of E-F region coupling and Perkins instability.

S-520-26 and S-520-27 sounding rocket experiments on E-layer and F-layer was planned in order to verify this hypothesis. S-520-26 sounding rocket was launched at 5:51 JST on 12th January, 2012 from JAXA Uchinoura Space Center. And S-520-27 sounding rocket was launched at 23:57 JST on 20th July, 2013 from the same place. These sounding rockets payload were equipped with Electric Field Detector (EFD) with a two set of orthogonal double probes to measure DC electric field in the spin plane of the payload. The electrodes of two double probe antennas were used to gather the potentials which were detected with high impedance pre-amplifier using the floating (unbiased) double probe technique. As a results of measurements of DC electric fields by S-520-26 sounding rocket, the natural electric field was about 1mV/m, and varied the direction from east to southwest. Then the case of S-520-27 sounding rocket, the natural electric field was about 5mV/m, and varied the direction from southeast to east. Next the electric field was mapped to the horizontal plane at 280km height along the geomagnetic field line.

In this presentation, we show the detail results of DC electric field measurements by S-520-26 and S-520-27 sounding rocket and then we discuss about the correlation between the natural electric field and TEC variation by using the GPS-TEC.

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 estimated the periodicity of TEC derived from the radar data and found that short time scale of fluctuations are embedded within the large-scale structure for the case of non-storm time patches. 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増大領域である。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微細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 (北緯 74.7 度, 東経 265.1 度, 磁気緯度 82.9 度) 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以上の幅を持って存在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水平断面、鉛直断面で2次元に可視化し、ポーラーパッチの内部構造を解析した。その結果、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。更に、それぞれの日についてレーダーから求めた電離圏全電子数 (TEC) の時系列データを解析した結果、静穏な日は磁気嵐の日よりも細かく TEC が変動している様子が見て取れた。この傾向を確認するため、1時間平均を減算してポーラーパッチによる純粋な TEC 変動を抽出したデータに周期解析を行った。その結果、静穏な日の TEC の変動は 4 - 13 分, 15 Ó 23 分の周期帯において磁気嵐時よりも大きな変動を示すことがわかった。この結果は、静穏時のポーラーパッチの電子密度構造に細かな構造が存在することを示唆している。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 February 2015, 102 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次元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ェ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2015年2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102例のパッチに関して、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が高いことを示している。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。

CHAMP 衛星による電子密度その場観測を用いたポーラーパッチの統計解析

八束 優 [1]; 細川 敬祐 [1]; Liu Huixin[2]
[1] 電通大; [2] 九大・理・地惑

Statistics of polar cap patches with in-situ electron density measurements by CHAMP

Yu Yatsuka[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Huixin Liu[2]
[1] UEC; [2] None

Polar patches are regions of localized electron density enhancement often observed at the F region altitude in the polar cap region. They are believed to be produced through transportation of solar EUV plasma in the dayside sunlit area towards the central polar cap by the anti-sunward polar cap convection during southward IMF conditions. The electron density within patches can be 2 to 10 times of that in the surrounding region since the background electron density in the winter time dark polar cap region is generally very low. In-situ electron density measurements by low-altitude polar orbiting satellites have not been used for observations of patches, except for those performed by using 14 months of data from the DE-2 satellites. In particular, systematic statistical analysis of patches using large in-situ measurements has never been carried out so far. In this study, we statistically analyzed the long-term in-situ electron density measurements by the CHAMP satellite for almost 10 years from 2000 until 2009. This study aims at clarifying the dependence of patch occurrence on solar activity, season and IMF (Interplanetary Magnetic Field) orientation.

We developed an automated algorithm for extracting patches from the in-situ electron density measurements at the topside F region altitude during the polar cap crossings of CHAMP. By applying the algorithm to the 10 years dataset, we succeeded in extracting 20,986 individual patches. Statistical analysis of these patches shows that the occurrence probability and the electron density within patches depend strongly on the solar activity and season. In addition, it was revealed that patches tend to appear on the dawn side (dusk side) polar cap when the upstream IMF B_y is positive (negative). This implies that not only the generation process but also the transportation of patches are dependent on the orientation of IMF. Such information is of particular importance in modeling/predicting the effect of patches on the trans-ionospheric satellite communication environment. In the presentation, we discuss what physical processes determine the derived statistical characteristics of patches (dependence on the solar activity, season and IMF orientation).

ポーラーパッチは、磁気緯度 75 度以上に位置する極冠域電離圏の F 領域で観測される局所的に電子密度が増大した領域のことである。太陽からの極端紫外線放射 (EUV) により電離された日照領域の高密度プラズマが、IMF B_z 成分が負の時に発生する昼側から夜側へのプラズマ対流によって、極冠域に間欠的に取り込まれることによって生成されると考えられている。冬期極冠域の日陰領域では光電離によるプラズマ生成が行われないので、一般にパッチ背景の電子密度は低くなっている。そのため、背景電子密度と比較すると、パッチ内部の電子密度は 2 倍から 10 倍に達すると言われている。

低高度極軌道衛星搭載の電子密度計測によるパッチの観測は、過去に DE-2 (Dynamics Explore 2) 衛星による約 14ヶ月間のデータを用いてしか行われておらず、特に、長期間のデータを用いた大規模な統計解析は未だに行われていない。本研究では、CHAMP 衛星による電子密度観測が行われた 2000 年から 2009 年までの約 10 年間に及ぶ長期観測データを統計的に解析し、パッチの年変化、季節変化、および惑星感空間磁場 (IMF) に対する依存性を明らかにすることを目的とする。

CHAMP 衛星の電子密度観測データから、新たに考案したアルゴリズムを用いてポーラーパッチが出現したと思われる時間の背景の電子密度と、局所的に電子密度が増大しているピーク点の自動検出を行い、パッチのイベントリストを作成した。この結果、20986 例のパッチを抽出することができた。次いで、作成したイベントリストからパッチの数、頻度、そしてパッチの中心部と背景の電子密度の比の年変化、季節変化の統計解析を行った。その結果、パッチの出現頻度や、内部の電子密度は、太陽活動に対する強い依存性があることが確認できた。また、パッチの観測が行われた CHAMP 衛星の位置と IMF B_y 成分の間の関連性を調べたところ、IMF B_y 成分が負の場合は夕方側に、正の場合は朝側にパッチの出現頻度が明らかな偏りを見せることがわかった。今回の発表では、これらの統計解析結果をまとめ、パッチの生成および極冠への輸送が、どのような物理過程に起因しているのかを議論する。

数値計算シミュレーションによるポーラーパッチ後縁の指状構造の再現

高橋 透 [1]; 平木 康隆 [2]; 細川 敬祐 [2]; 坂井 純 [2]
[1] 電通大・SSRE; [2] 電通大

Reproduction of finger-like structure along the trailing edge of polar patches

Toru Takahashi[1]; Yasutaka Hiraki[2]; Keisuke Hosokawa[2]; Jun Sakai[2]
[1] SSRE, UEC; [2] UEC

Polar patches, which are region of dense electron density in the polar cap F region ionosphere, have been frequently observed during southward interplanetary magnetic field (IMF) conditions. One of the interesting subjects on polar patches is their fine-scale structure. Recently, finger-like structures along the trailing edges of polar patches have been detected by using all-sky airglow imagers. Previous studies proposed that the finger-like structures are generated through gradient drift instability (GDI). In those papers, it was further suggested that the GDI should make the density gradient across the trailing edge more gradual due to interchange stirring of plasma. As a result, there should exist an asymmetry in the gradient between the leading edge and trailing edge of patches. To confirm these hypotheses, we have performed a two-dimensional simulation of polar cap patches.

In the simulation, electric field of 50 mV/m and geomagnetic field of 50000 nT were employed as background condition. Under the conditions, finger-like structures having 10 km scale-size appeared along the trailing edge of patches. We also found that the gradient leading edge was much steeper than that in the trailing edge. The scale and shape of the finger-like structure were well consistent with the previous optical observations. In order to make more realistic condition, background plasma density gradient was introduced in this simulation. This calculation indicated that the growth time scale of the finger-like structure depends on the background density gradient. In this presentation, we will show these results and discuss the relationship between the development of the finger-like structures and the ambient plasma density gradient.

ポーラーパッチは極冠域のF領域中で、電子密度が背景の2から10倍まで増大した領域である。ポーラーパッチは昼間側の日照領域で電離生成された高密度プラズマが電離圏対流によって夜間側へと掻き出されパッチ状になることによって生成される。F領域中の電子の再結合の時定数が大きいため、その電子密度は数時間にわたって維持され、対流によって反太陽方向を運ばれる。

典型的なポーラーパッチの形状は東西に長く、南北に短い葉巻型の構造を取ることが観測的に知られている。より細かい構造として、ポーラーパッチの電子密度の勾配が、後縁では緩やか、前縁では急であることが先行研究によって示唆されている。これはポーラーパッチ内の密度勾配と対流電場が引き起こす、密度勾配ドリフトによって、ポーラーパッチの後縁で、電子密度の指状構造が発達し、電子密度の攪拌を引き起こしていると考えられている。これまで、指状構造について観測的・理論的研究が遂行されているが、生成メカニズムや時空間的な発展に関する理解は不足している。

本研究では、対流電場によって駆動される密度擾乱の数値シミュレーションを行い、ポーラーパッチ後縁に生成される指状構造の再現を行った。50 mV/mの対流電場を印加した計算の場合、ポーラーパッチの後縁に十数kmの空間スケールを持つ指状構造の発達が見られた。また、前縁に比べ、後縁の密度勾配が時間に伴って緩やかになる様子が捕らえられた。さらに、本計算では電場、磁場のみのシンプルなモデルに背景密度勾配を考慮し、計算を進めた。その結果、指状構造の発達速度に増加が見られた。本発表では数値計算結果を示すとともに、指状構造発達の背景密度依存性についても議論を行い、その詳細を報告する。

電離圏電子密度の長周期変動

田埜 綾香 [1]; Liu Huixin[2]
[1] 九大・理・地惑; [2] 九大・理・地惑

Inter-annual variations of electron density in the ionosphere

Ayaka Tano[1]; Huixin Liu[2]
[1] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.; [2] None

The thermospheric total mass density and ionospheric electron density are critical for satellite orbital tracking and thermosphere-ionosphere coupling process. The thermospheric total mass density shows 2-3 year variation and high correlation with ENSO (El Nino-Southern Oscillation) [Tsubosaki, 2015].

Electron density in the ionosphere has strong coupling with thermospheric total mass density. The present study investigates long-periodic variations of electron density in the ionosphere at 400km altitude measured by the CHAMP satellite during 2001-2010.

As a result, we find that the ionospheric electron density has about 3-year variation and also has a high correlation with ENSO. This result suggests that the 2-3 years period variations are likely influenced by the lower atmosphere.

熱圏の総質量密度と電離圏の電子密度を調べることは、人工衛星の軌道や熱圏-電離圏結合を考える上でも重要である。熱圏総質量密度に関して、[Tsubosaki, 2015, 修士論文]では2-3年の周期があることが確認された。また、この2-3年の周期と同様な周期を持つ現象として ENSO (エルニーニョ・南方振動) について述べられ、熱圏総質量密度と ENSO の相関が示された。

電離圏電子密度は熱圏総質量密度と強い相関がある。本研究では、熱圏総質量密度の2-3年周期の変動の原因を明らかにするため、高度400kmにおける電離圏の電子密度の長周期変動を調べ、2-3年周期があるかどうかを確かめた。使用したデータは CHAMP 衛星の2001-2010年のものである。

結果として、電離圏電子密度は約3年の周期変動を行い、ENSO との相関があることが分かった。この結果は、熱圏総質量密度と電離圏電子密度の2-3年周期の変動が、下層大気からの影響であることを示唆している。

磁気赤道における熱圏風の長期変動

中嶋 純一郎 [1]; Liu Huixin[2]
[1] 九大・理・地惑; [2] 九大・理・地惑

The long term variation of thermospheric wind at the Earth's dip equator

Junichiro Nakashima[1]; Huixin Liu[2]
[1] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.; [2] None

The Earth's upper atmosphere contains both neutral atmosphere and plasma, pressure gradient is generated from night to day because thermospheric atmosphere is heated the most at subsolar point by EUV radiation. This pressure gradient is the source for thermospheric wind and drives wind from nighttime to daytime. The thermosphere interacts with the ionosphere through collision between neutral particles and ions. CHAMP satellite observations have revealed that strongest wind blows on the dip equator instead of the geographic equator, a phenomenon called dip equator wind jet (Liu et al., 2009). In the present study, we investigated the dependence of solar activity and seasonal of this wind jet by using 10 years of wind observations from CHAMP satellite.

中性大気とプラズマが共存する超高層大気では、太陽の EUV 放射による熱圏大気の加熱が太陽直下点で最も大きくなるため、昼から夜にかけて圧力勾配が生まれる。この圧力勾配が熱圏風を生む源となっており、昼の面から夜の面に向かって風が吹いている。熱圏風は中性粒子とイオンの衝突を介して電離圏プラズマと相互作用し、様々な影響を与えられている。CHAMP 衛星による熱圏風速度の観測から、地理赤道上ではなく磁気赤道上で風速は特に大きいという結果が知られている。本研究では、この赤道ジェットと呼ばれる現象を、CHAMP 衛星の 10 年間という長期的なデータを用いることで、太陽活動依存性や季節依存性について調査し、考察を行った。

光ヘテロダイン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]; 西山尚典 [1]; 津野克彦 [2]; 津田卓雄 [3]; 阿保真 [4]; 中村卓司 [1]
[1] 極地研; [2] 理研; [3] 電通大; [4] 首都大・システムデザイン

Calibration of laser frequency for frequency-tunable resonance scattering lidar by optical heterodyne method

Mitsumu K. Ejiri[1]; Takanori Nishiyama[1]; Katsuhiko Tsuno[2]; Takuo Tsuda[3]; Makoto Abo[4]; Takuji Nakamura[1]
[1] NIPR; [2] RIKEN; [3] UEC; [4] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.

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 Antarctic (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⁺. Additionally, vertical wind profiles can be potentially measured by the lidar if the accurate laser frequency is monitored each measurement. The lidar system has an injection-seeded Alexandrite laser as a transmitter. However, we know from our previous experiments that the Alexandrite laser frequency shifts slightly toward higher frequency from seeder-laser frequency. So we try to know the Alexandrite laser frequency accurately by measuring differences between these laser frequencies using optical heterodyne method. Alexandrite pulsed laser is mixed with continuous-wave (CW) seeder laser in a beam combiner, and the resulting mixing product is then detected by a photodiode. The frequency of the mixing product is the difference of the two laser frequencies. As a beam combiner, a fiber coupler is used instead of the beam splitter, and all fibers are polarization-maintaining single-mode fiber. We will explain our optical heterodyne system in detail and show results of test measurements.

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Ⅷ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Ⅷ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。さらに、もし送信レーザーの絶対周波数を正確にモニターすることが出来れば、重力波によって時間変化する鉛直風も測定できる可能性がある。これまでの運用・観測試験により、この送信レーザー周波数は、インジェクションシーダーのレーザー周波数からわずかに高周波数側にずれることが分かった。そこで我々は、光ヘテロダイン法を用いて、この周波数差をモニターすることを試みている。シーダーレーザーと送信レーザーを偏光保持シングルモード光ファイバーで合成し、得られるビート信号をフォトダイオードで検出する。本講演では、我々の光ヘテロダイン・システムの詳細を紹介すると共に、測定試験の結果を議論する。

共鳴散乱ライダーによるスポラディックCa層観測手法の検討

花澤 佑季 [1]; 阿保 真 [2]
[1] 首都大・シ・情通; [2] 首都大・システムデザイン

Study on the observation of the sporadic calcium layer by a resonance scattering lidar

Yuki Hanazawa[1]; Makoto Abo[2]
[1] System Design, Tokyo Metropolitan Univ; [2] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.

Many observations of sporadic metal atomic layers such as Na, Fe, K, Ca and Ca ion in the mesopause region have been conducted in many parts of the world. In this area, sporadic metallic layer which have narrow width and high peak density is often observed. At process of searching sporadic metal atomic layer from resonance scattering lidar data, until now, we need to give a definition of sporadic metal atomic layer and visualize the layer from observed data. But in some case of atom like calcium, SN ratio of observed data will be worse because density of calcium is lower than sodium density in mesopause region. So a method to determinate sporadic metal atomic layer automatically is important. As a purpose of searching sporadic Ca layer, we make a model of sporadic Ca layer and simulate the optimal time and height resolution.

高度 90~100km の中間圏界面付近に成層する Na や Ca, K, Fe といった中性金属原子や金属イオン (Ca⁺) の観測が共鳴散乱ライダーにより世界各地で行われ、この領域の気体・イオン化学反応過程や力学的構造に関する貴重な情報が得られるようになった。金属原子層密度の変動は中間圏界面近傍の温度構造、風速場、大気波動、イオン、電子密度分布などに密接に関係するが、この領域ではしばしば層幅が狭くピーク密度の高い sporadic 層が観測される。この sporadic 金属原子層の発生機構は未解明な点もあるが、中低緯度においてはウィンドシアに伴い発生した電離層の sporadic E 層の構成要素である金属イオンが、中性 sporadic 金属原子層のソースになるとの説が提唱されており、日本の夏季に sporadic Na 層及び sporadic E 層の発生頻度が共に高いという観測結果とも一致している。

一方、Ca イオン (Ca⁺) は地上から共鳴散乱ライダーで測定できる唯一の金属イオンであるため、多くの観測例があるが中性の Ca 層については必ずしも観測例は多くない。中緯度 (54°N, 12°E) における Ca 層及び sporadic Ca 層の観測は、Gerding et al.(2001) で報告されており、季節特性について Nagasawa et al.(1995) の日本 (35°N, 139°E) で観測された sporadic Na 層と比較し議論されている。しかし、sporadic Na 層の Local Time 特性や季節特性には、地域ごとに違いがあるため、緯度が約 20° 異なる点や、日本は sporadic Na 層が多く観測されている特異点であることから、日本で sporadic Ca 層の観測を行うことにより、sporadic 金属原子層発生機構の解明の手がかりが得られることが期待できる。

これまで sporadic 金属原子層を、観測された共鳴散乱ライダーデータの中から判定し抽出するには sporadic 金属原子層の明確な定義を決め、観測データを視覚化して人間による判断が行われてきた。しかし、Ca の個数密度は Na に比べて 2 桁程度小さいことから、共鳴散乱信号の SN 比が低いことが想定される。そこで、SN 比が低いデータから sporadic 金属原子層を自動的に検知する手法が必要となる。

本研究では、共鳴散乱ライダーによる観測から得られたデータから sporadic Ca 層を抽出することを目的として、信号強度に合った適切な時間・高度分解能をシミュレーションにより求めた。密度モデルは、Gerding et al. の観測結果を基に作成した。Sporadic Ca 層は、高度 90km から 130km の間で発生した層幅 5km 以下の層と Gerding et al. と同じ定義を用いた。詳細は講演にて報告する。

参考文献

- M. Gerding et al., *Annales Geophysicae.*, 19, 47-58, 2001.
C. Nagasawa, and M. Abo, *Geophys. Res. Lett.*, 22,263-266, 1995.

ナトリウムライダー受信系のレーザ画像認識、レーザ射出方向調整の実験

川原 琢也 [1]; 野澤 悟徳 [2]; 津田 卓雄 [3]
[1] 信州大・工; [2] 名大・太陽研; [3] 電通大

Image processing applied to the sodium lidar: automatic laser line recognition with the CCD camera

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

A lidar observation started using an all solid-state, water-free, high-power Na lidar for the measurements at EISCAT radar site in Tromso (69N), Norway. Using this capability, 3-dimensional observation is possible with a meaningful time resolution. In this system, we monitor the sky image including the laser line through the telescope using a CCD camera. We plan to build the system to find the laser line image automatically and correct the laser direction. In this talk, we report this data processing program and show some preliminary results.

ノルウェーのトロムソにある EISCAT レーダサイトに設置した高出力高安定ナトリウム温度/風ライダーでは、観測方向を変えながら複数方向の空間計測が行える 3次元ライダーの開発を行っている。この観測を自動で行うためには、観測方向を変えるごとに望遠鏡の狭い視野 (~1mrad) の中にレーザ光を自動導入するシステムが開発課題となっている。我々はこれを画像処理技術で解決するために、広い視野を持つ副望遠鏡 (ファインダー) の画像に写るレーザ光をとらえ、レーザ先端を自動認識し、主望遠鏡の視野にレーザ光を導入するようにミラー制御にフィードバックをかけるシステムの開発を行っている。本講演では、このシステムの実験結果に関して発表する。

Performance evaluation of low-cost airglow camera for mesospheric gravity wave measurements: Part 2

Shin Suzuki[1]; Kazuo Shiokawa[2]

[1] Aichi Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.

Atmospheric gravity waves significantly contribute to the wind/thermal balances in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) through their vertical transport of horizontal momentum. It has been reported that the gravity wave momentum flux preferentially associated with the scale of the waves; the momentum fluxes of the waves with a horizontal scale of 10-100 km are particularly significant. Airglow imaging is a useful technique to observe two-dimensional structure of small-scale (<100 km) gravity waves in the MLT region and has been used to investigate global behavior of the waves. Recent studies with simultaneous/multiple airglow cameras have derived spatial extent of the MLT waves. Such network imaging observations are advantageous to ever better understanding of coupling between the lower and upper atmosphere via gravity waves.

In this study, we newly developed low-cost airglow cameras to enlarge the airglow imaging network. Each of the cameras has a fish-eye lens with a 185-deg field-of-view and equipped with a CCD video camera (WATEC WAT-910HX); the camera is small (W35.5 x H36.0 x D63.5 mm) and inexpensive, much more than the airglow camera used for the existing ground-based network (Optical Mesosphere Thermosphere Imagers (OMTI) operated by Solar-Terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University), and has a CCD sensor with 768 x 494 pixels that is highly sensitive enough to detect the mesospheric OH airglow emission perturbations.

In this presentation, we will report some results of performance evaluation of this camera made at Shigaraki (35-deg N, 136-deg E), Japan, where is one of the OMTI station. By summing 15-images (i.e., 1-min composition of the images) we recognized clear gravity wave patterns in the images with comparable quality to the OMTI images. Outreach and educational activities based on this research will be also reported.

惑星観測を目指した極周回成層圏望遠鏡 FUJIN の開発

前田 惇徳 [1]; 田口 真 [2]; 荘司 泰弘 [3]; 中野 壽彦 [4]; 今井 正亮 [5]; 合田 雄哉 [5]; 高橋 幸弘 [5]; 渡辺 誠 [5]; 吉田 和哉 [4]; 坂本 祐二 [6]

[1] 立教・理・物理; [2] 立教大・理・物理; [3] 宇宙科学研究所; [4] 東北大・工; [5] 北大・理・宇宙; [6] 東北・工

Development of the Circumpolar Stratospheric Telescope FUJIN for Observations of Planets

Atsunori Maeda[1]; Makoto Taguchi[2]; Yasuhiro Shoji[3]; Toshihiko Nakano[4]; Masataka Imai[5]; Yuya Gouda[5]; Yukihiro Takahashi[5]; Makoto Watanabe[5]; Kazuya Yoshida[4]; Yuji Sakamoto[6]

[1] Sciences, Rikkyo Univ.; [2] Rikkyo Univ.; [3] JAXA; [4] Space Engineering, Tohoku Univ.; [5] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [6] Space Engineering, Tohoku Univ.

The main target of the FUJIN-mission was Venus previously. But since the outline of Venus changes its phase, it is hard for us to plan the test using balloon which choose the observation term to free. So, we decide to mainly observe Jupiter's for same conditions over one year without the term of conjunction. We will observe the haze in the Jupiter's polar using the most deep absorption band of methane in 890nm, visual-infrared region, and we will get the parameters which decide that the wave is Rossby-Wave to get the Jupiter's background wind. And we will observe Mercury's sodium atmosphere and tail as an optional observation as an option.

During daytime the SCPs (Solar Cell Panels) of which the nominal maximum power is 540 W generates electric power for the FUJIN-2, and during nighttime the Li-ion batteries supply electric power. Under the serial flight condition of the FUJIN-2 we estimate that the SCPs can supply power more than 330 W in average from July 1 to 14 in 2016. Considering power required for charging the Li-ion battery the electric power which the system can consume is about 330 W and 191 W during daytime and nighttime, respectively.

When the FUJIN-2 is flying, the position of the FUJIN-2 being controlled a decoupling mechanism (DCP) and control moment gyros (CMGs). Up to present, we conducted the performance test which checks the moving of prototype-model of CMGs in stratosphere surrounding.

From this test result, we confirmed the need to supply 18W to CMGs, and wait 120 min for reaching 6600 RPM. Considering only stratosphere surrounding, it does not matter. However, since the speeds of CMGs is not raised up to more than 800 RPM in the atmosphere, we will install the detachable airtight container around each CMGs' wheel, and we will develop this container for the performance which reproduce stratosphere surrounding when we will test on the ground.

We need to consider thermal balance of the FUJIN-2 in the stratosphere. The heat inputs are radiation from the sun and the earth. Since the atmospheric pressure in the stratosphere where the FUJIN-2 will be in a level flight is 1/100 atm, the FUJIN-2 will be affected a little by the presence of atmosphere. We are developing a mathematical thermal model by considering these thermal environments of the FUJIN-2, and proceeding to thermal analysis.

An extension of the airtight container containing the power system has been manufactured. As for the future schedule of development, we will check the thermal distribution of the battery and the charge control circuit. Comparing results of the thermal analysis and the thermal vacuum test, we will install the heat insulators and the heaters. After the leak check of the airtight container containing the Nasmyth-mirror, filling nitrogen in it, and improvement of the zoom system, imaging performance of the FUJIN-2 optical system will be tested by a Hartmann test. When all sub-systems will be completed, they will be integrated, and we will conduct necessary tests for attitude control of the gondola and the imaging performance in the stratosphere environment. The functional tests will be completed by March in 2016, and the FUJIN-2 gondola will be shipped to ESRANGE.

惑星の大気圏やプラズマ圏で起こる変動現象を研究するためには、長時間の連続観測が重要である。我々は気球を用いて極域成層圏に浮かべた光学望遠鏡による惑星連続観測を目指した FUJIN プロジェクトを遂行している。FUJIN プロジェクトの 2 号機 FUJIN-2 は 2016 年 7~8 月のウィンドウにスウェーデン・キルナのエスレンジで放球され、2~3 週間のフライトの後、スカンジナビア半島内で回収される予定である。

今までの FUJIN ミッションの研究対象はこれまで金星がメインだったが、金星は相変化をするため、観測時期を自由に選べない気球実験では、計画が立てづらい。そこで、合の期間を除きほぼ 1 年間同じような条件で観測できる木星を主研究対象とした。我々は 890nm の可視近赤外領域にて最も深いメタン吸収バンドで観測を行い、木星極域に広がるヘイズ波構造を観測し、また同時に木星における背景風速度を得ることで波構造がロスビー波であると判別させるためのパラメーターの取得を目指す。引き続き金星も観測対象とし、金星大気ダイナミクスの解明を目指し、オプションとして NaD 589 nm で水星ナトリウム大気及びテイルの観測を実施する。

日照中は公称最大出力 540 W の太陽電池パネルで発電し、日陰中はリチウムイオンバッテリーから電力を賄う。FUJIN-2 のフライト条件下では、搭載される太陽電池パネルは日照中に、2016 年 7 月 1 日から 2 週間の連続フライトでは 330 W 以上の発電が可能であると見積もられている。日照中の余剰電力でリチウムイオンバッテリーを充電することを考慮すると、日照中は 330 W 日陰中は 191 W の電力を観測機器に供給可能である。

フライト時、デカップリング機構 (DCP) とコントロールモーメントジャイロ (CMG) を使用して姿勢制御を行う。現在までに試作した CMG をフライト環境 (高度 32km) における実力値を推定するために、成層圏環境での動作試験をした。この試験結果より、必要な電力が 18W、6600RPM に達するまで 120 分必要であるという結果が得られた。フライト環境のみを考えれば、現在の設計で十分対応が可能である。しかし、大気中で CMG を回転させると風損により 800RPM までしか速度が上がらないので、フライホイールの周りを囲むように着脱可能な気密容器を取り付け、地上試験時も成層圏環境の能力が発揮できるように開発を行う。

FUJIN-2 のフライト時の熱収支も考える必要がある。熱入力には太陽と地球からの放射がある。また、レベルフライト時の成層圏の気圧は 1/100 気圧であるので、微弱ながら大気の影響が熱収支に影響する。それらを考慮に入れた FUJIN-2 全体の熱収支について熱モデルを構築し熱解析を進めている。

現在、電源系を収納する気密容器の延長部分が完成した。今後の開発スケジュールとしては、電源系の熱真空試験を実施し気密容器内部の電池及び充放電回路の温度分布をチェックする。熱解析と熱真空試験の結果を比較し、サブシステムの断熱やヒータ取付けの処置を施す。また、ナスミス鏡気密容器のリークチェックと窒素封入、ズーム機構の改修の後、FUJIN-2 光学系の結像性能をハルトマンテストによって評価する。全てのサブシステムが完成したらそれらを統合し、放球までに必要な姿勢制御のテストや成層圏環境での結像性能評価を行う。2016 年 3 月までに各種試験を終了し、観測へ向けて機材を搬出する。

観測ロケット搭載長中波帯デジタル受信機の開発

水野 貴史 [1]; 芦原 佑樹 [2]; 石坂 圭吾 [3]

[1] 富県大・工・情報; [2] 奈良高専・電気; [3] 富山県大・工

Development of digital receiver for LF/MF band radio wave onboard sounding rocket

Takafumi Mizuno[1]; Yuki Ashihara[2]; Keigo Ishisaka[3]

[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Elec. Eng., Nara NCT.; [3] Toyama Pref. Univ.

Radio wave absorption method is the only technique to obtain electron density profiles such as an ionospheric D region. This method estimates an electron density profile by analyzing the propagation characteristics of radio waves in the region from the ground to the lower ionosphere. The radio receiver is necessary for observing the radio waves in the ionosphere. The radio receiver has ever consisted of analog circuit using super-heterodyne system. This receiver has been loaded on many sounding rockets that observe the propagation characteristics of radio waves in the ionosphere. And we could obtain the frequency components indicated by the propagation characteristics, such as the downward wave and the upward wave and the left and right handed waves by using the frequency analysis.

In this study we present how to obtain the specific frequencies of radio waves in the ionosphere using the digital radio receiver with the FPGA so that the receiver can be miniaturization and high-performance. Especially, we investigate that we obtain the specific frequencies, such as Doppler shift frequency, upward and downward wave frequency and so on, of many radio waves with the different frequency each other by using the digital radio receiver onboard the sounding rocket. Then it's investigated whether it's possible to obtain the horizontal structure of the electron density in the lower ionosphere by using a lot of radio data of different path observed along the rocket trajectory.

電離圏 D 領域のように希薄な電子密度を観測する手法として、電波吸収法がある。電波吸収法は、ロケット観測した電離圏中の地上からの電波の伝搬特性を解析することにより電子密度を推定する手法である。これには、観測ロケットに搭載する電波受信機が必要となる。電波受信機は、従来スーパーヘテロダイン方式によるアナログ回路で構成しており、電離圏の電波伝播特性を観測するロケットに多く搭載されている。また、周波数解析をすることによって伝播特性を示す周波数成分を得ることができる、たとえば下降波、上昇波、左旋波、右旋波などがある。本研究では小型化、効率化のため FPGA によるデジタル受信機を用いた電離圏での電波の観測する手法について検討する。特に観測ロケット搭載デジタル受信機を使うことによって異なった周波数の観測や上昇波、下降波などのドップラーシフトについての観測を行い、電離圏における電子密度の水平構造が観測可能であるかの研究を行う。

電離圏イオン組成観測のための広帯域インピーダンスプローブの開発

熊本 篤志 [1]
[1] 東北大・理・地球物理

Development of wideband impedance probe system for observation of the ionospheric ion composition

Atsushi Kumamoto[1]
[1] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

The performance of new wideband impedance probe system for observation of the ionospheric ion composition have been evaluated in the plasma chamber. Measurement system of Number density of Electron with Impedance probe (NEI) were developed by Oya [1966], and successfully utilized for numerous sounding rockets 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. We can obtain accurate electron number density from the measured UHR frequency.

The equivalent capacitance of the probe in the magnetized plasma shows minimum not only at UHR frequency but also at another resonance frequency: Lower hybrid resonance (LHR). If we can measure LHR frequency with UHR frequency and electron cyclotron frequency, we can derive effective mass of ionospheric plasma and determine the ionospheric ion compositions. 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.

Through the plasma chamber experiment in 2014 with bread-board model (BBM) of the new impedance probe system, we confirmed that it 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. But it could not detect LHR as predicted due to high electron collision frequency in the chamber using backscatter-type plasma source. We are planning to perform another chamber test in 2015. In this test, we are going to try (a) large UV light source as plasma source in order to reduce electron collision frequency. In addition, in order to enable both of UHR measurement at high time resolution and LHR measurement at low time resolution with single probe, we are going to try (b) operation with applying dual-frequency RF signal to the probe.

昭和基地 SENSU SuperDARN イメージングレーダーと第 IX 期南極研究観測計画

行松 彰 [1]

[1] 国立極地研究所/総研大

Syowa SENSU SuperDARN imaging radar and JARE project phase IX

Akira Sessai Yukimatu[1]

[1] NIPR/SOKENDAI

SENSU Syowa HF radars are important components of SuperDARN, the international HF radars network since 1995 and have significantly contributed to understanding not only magnetosphere-ionosphere system and their couplings but also MLT region dynamics. As SuperDARN radars were originally designed to reveal global polar ionospheric plasma convection patterns in both hemispheres in real time, its spatial resolution has been relatively low. As the number of new scientific targets like comparison with mid and small scale aurora phenomena, meso scale transient phenomena, elementary generation and decay process of field aligned irregularities, PMSEs and fine height profile of neutral wind have been increasing, higher spatial (and temporal) resolution observations have been essentially desired and of great importance. Imaging radar technique has been tried to be applied and developed to overcome these issues. We show the current status of our preparation of the SENSU imaging radar system, and will discuss particularly on the scientific targets including coming JARE (Japanese Antarctic Research Expedition) project phase IX (2016-2022) and the future perspectives which can be revealed by this new technique using SuperDARN.

1995 年以来国際短波帯レーダーネットワーク観測プロジェクトである SuperDARN の重要な一翼を担ってきた SENSU 昭和基地 HF レーダーの空間分解能を飛躍的に向上させる為のイメージング化の準備がほぼ整った状況であり、詳細な現況を中心に報告する。また、イメージング化の実現によって研究の発展が期待される、オーロラや電離圏不規則構造近傍の詳細な電離圏電場構造の観測による電磁圏・磁気圏結合物理素過程の研究、様々なメソスケールの過渡的現象や波動現象、電離圏不規則構造自体の生成消滅物理素過程の研究、更には、高精度中性風や PMSE 等の観測による中間圏下部熱圏研究への貢献の可能性、また、人工衛星等の飛翔体観測、他の地上ネットワーク乃至拠点観測との連携の具体的な観測計画、そして間もなく始まる第 IX 期南極研究観測計画への貢献について議論し、将来展望も行う。

宇宙科学研究所のスペースプラズマ実験設備の紹介

阿部 琢美 [1]

[1] J A X A 宇宙科学研究所

Introduction of experimental facility at Space Plasma Laboratory of ISAS/JAXA

Takumi Abe[1]

[1] ISAS/JAXA

Experimental facilities of Space Plasma Laboratory at the Institute of Space and Astronautical Science (ISAS) of Japan Aerospace Exploration Agency are used as inter-university research facility by scientists and engineers at many universities and research institute in Japan. There are several facilities such as large Space Science Chamber, medium-size and small-size chambers, high-density plasma generation system and so on at this Laboratory, and users can choose one from these facilities according to their request. The users have been conducting various kinds of experiments of space plasma, e.g., 1) Plasma environment around space platform, 2) Instrument development for observation in space, 3) Wave phenomena in space plasma, 4) Plasma heating phenomena due to nonlinear wave-particle interaction, 5) Chemistry in the terrestrial and planetary upper atmosphere.

In order to use these facilities for laboratory experiment of space plasma, it is necessary for applicant to submit a proposal, usually by the end of February in response to announce of opportunity of inter-university research system for space plasma experiment by ISAS. Every proposal is evaluated by committee of space chamber at ISAS, and it becomes possible to use these facilities in next fiscal year if their proposal is approved.

In this presentation, we will introduce the research facilities of Space Plasma Laboratory and some examples of experiments which have been carried out at this Laboratory. We would like to expect many scientists and engineers who are interested in conducting laboratory experiment with these facilities to participate to this inter-university research system. The more detailed information will be provided for the interested people. In this way, we would like to further promote this activity by providing opportunity as much as possible for the laboratory experiment.

JAXA 宇宙科学研究所にはスペースチェンバー実験施設があり大学共同利用設備として国内の大学や研究機関の研究者に広く利用されている。当施設には大型スペースサイエンスチェンバー、中型および小型スペースチェンバー、高密度プラズマ発生装置、低エネルギー荷電粒子計測器較正装置、先端プラズマ推進実験用チャンバ等があり、研究目的に応じて設備を選択し使用できるようになっている。これらの設備を用いて、1) 宇宙空間に発生する諸現象の室内シミュレーション、2) 飛翔体周辺のプラズマ環境、3) 衛星や観測ロケット搭載の観測機器開発、4) 宇宙空間での各種プラズマ波動現象や加熱現象、5) 地球超高層・惑星大気中の化学反応、6) 将来の探査機搭載用推進系機器の開発、等に関する研究が行われ、毎年顕著な研究成果があげられている。

本設備を使用して研究を行うには毎年1月頃に宇宙科学研究所から発出される共同利用の公募に対して応募を行う必要がある。申請はスペースチェンバー専門委員会で審査が行われ、採択されれば翌年度に実験を行うことができることになる。

本講演では、当施設が所有する設備や行われている実験の例を具体的に説明し、より多くの研究者が興味をもって新たなユーザとして共同利用研究に参加することを期待して呼び掛けを行う。当施設を用いての実験に興味がある研究者に対しては更なる情報を提供し、少しでも多くの実験機会が提供出来るよう努めていくつもりである。