

静止衛星及び低軌道衛星による対流圏NO<sub>2</sub>観測を想定した地表面BRDFの影響に関する研究  
Effect of Surface BRDF on the Geostationary and Low Orbit Observations of Tropospheric NO<sub>2</sub>

野口 克行<sup>1\*</sup>; リヒター アンドレアス<sup>2</sup>; ロザノフ ラジミール<sup>2</sup>; ロザノフ アレクセイ<sup>2</sup>; バローズ ジョン<sup>2</sup>; 入江 仁士<sup>3</sup>  
; 北 和之<sup>4</sup>  
NOGUCHI, Katsuyuki<sup>1\*</sup>; RICHTER, Andreas<sup>2</sup>; ROZANOV, Vladimir<sup>2</sup>; ROZANOV, Alexei<sup>2</sup>; BURROWS, John<sup>2</sup>; IRIE, Hitoshi<sup>3</sup>; KITA, Kazuyuki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 奈良女子大学, <sup>2</sup> ブレーメン大学, <sup>3</sup> 千葉大学, <sup>4</sup> 茨城大学

<sup>1</sup>Nara Women's University, <sup>2</sup>University of Bremen, <sup>3</sup>Chiba University, <sup>4</sup>Ibaragi University

We investigated the effect of surface reflectance anisotropy, Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF), on geostationary and low orbit satellites' retrievals of tropospheric NO<sub>2</sub>. We first develop an empirical model of the three BRDF coefficients for each land cover type over Tokyo, and then apply the model to the calculation of land cover type dependent AMFs and BAMFs. Results show that the variability of AMF among the land types is up to several tens percent, and if we neglect the reflectance anisotropy, the difference from BRDF's AMF reaches 10% or more. The evaluation of the BAMFs calculated shows that not to consider variations in BRDF will cause large errors if the concentration of NO<sub>2</sub> is high close to the surface, although the importance of BRDF for AMFs decreases for large AOD.

## パッシブレーダの研究開発—地上デジタル放送波を用いた水蒸気推定手法の開発— R&D of passive radar -Water vapor estimation with digital terrestrial broadcasting wave-

川村 誠治<sup>1\*</sup>; 太田 弘毅<sup>1</sup>; 花土 弘<sup>1</sup>  
KAWAMURA, Seiji<sup>1\*</sup>; OHTA, Hiroki<sup>1</sup>; HANADO, Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology

パッシブレーダとは、自ら電波を発射する従来型レーダとは異なり、他の目的で既に使用されている電波を利用して何がしか有効な情報を得るレーダシステムである。新たな周波数を必要としないため究極の周波数有効利用といえる。情報通信研究機構 (NICT) では、これまで蓄積されてきたリモートセンシングの技術、特にバイスタティック受信技術の延長としてパッシブレーダを捉え、環境計測を目的としたパッシブレーダ開発を進めている。

本研究では、パッシブレーダ開発の一環として地上デジタル放送波を用いた水蒸気推定手法の開発を行っている。近年都市部で局地的大雨等の局所的で激しい気象現象が多発しているが、現状その予測は困難である。予測が困難である主要な原因の一つに、観測の欠如が挙げられる。雨の元である水蒸気の情報には降雨予測に非常に重要だが、その観測手段は未だ限られている。現在有効な水蒸気観測手段として GPS を用いた手法があるが、空間スケール数 km で時々刻々変化する局地的大雨の予測には分解能が不足している。本研究では、空間分解能数 km、時間分解能 30 秒程度で面的に広範囲の水蒸気を常時モニターするシステムの開発を目指している。

電波は伝搬の過程で水蒸気による遅延を受ける。この遅延量が計測できれば、伝搬路上の水蒸気積算値を推定することができる。例えば伝搬距離が 10 km の場合、相対湿度 20 % と 100 % では遅延時間差が約 2.7 ns である。有効な観測のためにはサブナノ秒の精度で遅延時間を精密測定する必要がある。地デジ波は OFDM 方式で符号化されており、その中には既知信号が埋め込まれている。既知信号から複素遅延プロファイルを算出しその位相を用いることで、原理的には約 4.5 ms 毎に伝搬遅延を高精度 (ピコ秒オーダー) に求めることが可能である。

サブナノ秒の精度を議論する場合、電波塔 (スカイツリー) 側、受信局側のそれぞれの局発の位相変動が大きな誤差要因となる。そこで、スカイツリーを含む直線上に 2 つの受信点を設け、それぞれで遅延時間を測定する。この測定値にはスカイツリーと受信局それぞれの局発の位相変動が含まれているが、両者の差を取ることでスカイツリー側の位相変動を相殺することができる。残った 2 地点間の位相変動差を同期により相殺することで、水蒸気量を推定する。

地デジ波を受信し、リアルタイムで遅延量 (遅延プロファイルの位相) を測定するシステムをソフトウェア無線の技術を用いて開発した。本システムにより、地デジ波を受信するだけで放送局の局発の位相変動までリアルタイムで測定できるようになった。この測定システムをスカイツリーを含む直線上の 2 地点に配置してそれぞれの局発を同期させれば、2 地点間の水蒸気量に相当する遅延量を求めることができる。現在同期手法について検討を進め、実証実験を計画している。水蒸気推定の実証ができれば、装置の小型化を進め、多点展開を行っていく予定である。他観測やデータ同化と連携し、実用システムの構築を目指す。

キーワード: パッシブレーダ, 地上デジタル放送波, 水蒸気, 伝搬遅延

Keywords: passive radar, digital terrestrial broadcasting wave, water vapor, propagation delay

## 隣接した2基の1.3 GHz ウィンドプロファイラレーダーによる福井県嶺北地方における局地循環の観測 Observation of local circulation in north area of Fukui prefecture by using two adjoining 1.3-GHz wind profiler radars

中城 智之<sup>1\*</sup>; 山本 真之<sup>2</sup>; 青山 隆司<sup>1</sup>; 橋口 浩之<sup>2</sup>; 宇治橋 康行<sup>3</sup>  
NAKAJO, Tomoyuki<sup>1\*</sup>; YAMAMOTO, Masayuki<sup>2</sup>; AOYAMA, Takashi<sup>1</sup>; HASHIGUCHI, Hiroyuki<sup>2</sup>; UJIHASHI, Yasuyuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 福井工業大学 電気電子情報工学科, <sup>2</sup> 京都大学生存圏研究所, <sup>3</sup> 福井工業大学 建築生活環境学科  
<sup>1</sup>Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Fukui University of Technology, <sup>2</sup>Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, <sup>3</sup>Department of Architecture and Environmental Engineering, Fukui University of Technology

私達の生活様式が引き起こす地球規模の環境変動の私達への影響が懸念されるようになって久しい。大気関係では、近年、頻度と被害の大きさが増加傾向にある豪雨は、地球温暖化との関係が指摘されている。また、大気汚染物質の問題では、黄砂やPM2.5に代表される微小粒子状物質による健康被害に加え、解決済みと思われてきた光化学オキシダントの濃度が1980年代以降、全国的に再び増加に向かっていることが知られている。さらには、2011年に発生した福島第一原子力発電所の事故以降、放射能の拡散状況に世界的な関心が向けられている。これらの大気環境問題の解決のために、その実態を明確に把握することが求められている。

これらの大気環境問題は地球規模であると同時に局所的でもある。すなわち、豪雨の発生や大気汚染物質の拡散は、地形などの地域毎の特徴によって異なって発生する風系、いわゆる局地循環の影響を強く受ける。局地循環が卓越する高度は地表から数km以下の大気境界層であり、代表的な局地循環として、地表温度のコントラストに伴って発生する海陸風や山谷風が知られている。大気境界層は、地表との摩擦や地表からの熱輸送の影響によって発生する大気乱流が支配的な大気層であり、その実態は地域ごとに大きく異なる。したがって、上記の大気環境問題の解明には、地域毎に局地循環の特徴を明らかにすることが必要不可欠である。

このような背景の下、福井工業大学では文部科学省の戦略的研究基盤形成支援事業「北陸地域の環境の計測と保全に関する研究拠点形成」プロジェクト(平成23-27年度)において、福井県沿岸域に立地する福井工業大学あわらキャンパスに1.3GHzウィンドプロファイラレーダー(Wind Profiler Radar; WPR)が設置され、福井平野における局地循環の実態を把握することを目的として2012年12月から連続観測を実施している。

これまでの観測から、福井平野における海陸風循環の時間変化および高度構造の詳細が明らかとなった。また、日射の影響で海陸風循環が恒常的に発生しており、雲の発生に影響を及ぼしている事、さらに、直線距離で24kmの極めて近距離にある気象庁WINDAS福井局との比較から、海陸風循環が海岸線方向および内陸方向に数10kmの水平スケールで発生しており、しばしば3層構造となる事が明確となった。これらの事は気象学的には基本的な事柄であるが、福井県嶺北地方において海陸風循環の空間的・時間的実態をこれほど詳細に示した例は他にない。また、WINDAS福井局との比較では、高度約1km以下の下層において、24kmの近距離であっても異なる水平風がしばしば観測される。この事は、大気境界層の観測の重要性を改めて示している。

また、台風17号に伴う停滞前線の通過によって、福井県嶺北地方の広い範囲で14時から16時にかけて豪雨を観測した2013年9月3日の観測データについて解析を行った。その結果、13時頃の停滞前線の通過に伴う典型的な水平風の変化が検出された。WINDAS福井局でも同様の水平風が観測されており、本学WPRで観測された水平風構造の妥当性が裏付けられると同時に、前線通過に伴う広範囲に存在する風系であることが確認された。

本学WPRでは前線通過時刻(13時頃)の7時間前から、1m/sに達する比較的強い上昇流が高度200mの下層から高度4~5kmまでの広い範囲で断続的に発生していたことが確認された。さらに、豪雨が嶺北地方各地で観測され始めた14時の2時間前に、高度4~5kmにおいて短時間ではあるが、4m/sにも達する極めて強い上昇流が観測された。同日のMTSATでは、午前中から豪雨の発生した時間帯にかけて、光学的に厚い雲が福井県嶺北地方に収束する様子が確認されており、観測された上昇流は福井県嶺北地方に豪雨をもたらした積乱雲システムの一部であると推測される。

一方、WINDAS福井局ではこれほど顕著な上昇流は観測されておらず、豪雨時における上昇流の水平スケールが、本学WPRとWINDAS福井局間の直線距離24kmよりも小さいことが強く示唆された。すなわち、豪雨発生予測の観点からは、隣接した複数のWPRによる観測によって、豪雨の原因となる積乱雲システム到来の前兆である下層の上昇流を効率よく検出可能となると考えられる。

本研究で得られた成果は、近接した複数のWPRによる局地循環観測が局所的な気象予測の精度向上や豪雨の発生予測に極めて有効なツールであり得ることを強く示唆している。

キーワード: 大気境界層, 局地循環, 海陸風循環, 豪雨, ウィンドプロファイラレーダー

---

PEM36-03

会場:312

時間:4月28日 09:30-09:45

Keywords: atmospheric boundary layer, local circulation, sea and land breeze, heavy rain, wind profiler radar



## 冬季北極域の中層大気擾乱と太陽活動度との関係 Relationship between solar activity and disturbance in the middle atmosphere during Arctic winter

坂野井 和代<sup>1\*</sup>; 木下 武也<sup>2</sup>; 村山 泰啓<sup>2</sup>  
SAKANOI, Kazuyo<sup>1\*</sup>; KINOSHITA, Takenari<sup>2</sup>; MURAYAMA, Yasuhiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 駒澤大学, <sup>2</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup> Komazawa Univ., <sup>2</sup> National Institute of Information and Communications Technology

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

本発表では、中層大気擾乱と太陽活動度を定量的に比較するための準備として、気象全球客観解析データ (英国 Met Office が提供する UKMO データおよび NASA が提供する MERRA データ) を用いて、中間圏まで含めた中層大気擾乱の程度を指標化することを試みている。

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

次に、1000~0.1hPa (約 65km 高度) の高度において AO index を計算し、中間圏まで含めた中層大気全体の擾乱度を表す指標として使用できるか検討を始めた。10hPa より高高度で AO index を用いた研究は例がなく、慎重な検討を必要とするが、以下のようなことが明らかになった。中層大気での AO index の値のピークは、0.5hPa (~50km) にある。100hPa - 0.1hPa において AO index の正負はほぼ一致するが、ときおり 10hPa の上下で正負が異なる場合もある。AO index の負のピーク値が大きいことと、大昇温とは対応しない、また負の領域が 10hPa 以下まで達していることも、必ずしも大昇温とは対応しない。今後は、これら2つの指標 (ZEW index および AO index) の比較および、中層大気擾乱と太陽活動度との関係を調べていく予定である。ただし、AO index の計算において、現在は海面気圧から導出される AO パターンを基にしているが、成層圏/中間圏の AO パターンは、海面気圧から導出される AO のパターンとは多少異なる可能性が高いため、成層圏/中間圏のジオポテンシャル高度偏差場から主成分分析の第一モードを計算して AO index を計算し、2つの結果を比較する必要がある。特に SSW イベント時に、10hPa 高度以上で、AO の示す循環パターンを詳細に確認することが重要であると思われる。また伝統的に使用されている昇温の分類と、10hPa 高度以上の AO index の関係は、さらに解析期間を増やして検討を続ける。

キーワード: 中層大気擾乱, 太陽活動, 北極振動, 成層圏準 2 年周期振動, 北極域, 成層圏突然昇温

Keywords: Middle atmosphere disturbance, Solar activity, Arctic Oscillation, QBO, Arctic region, Stratospheric sudden warming

## ミリ波分光放射計によって観測された昭和基地上空の中層大気中におけるO<sub>3</sub>とNOの時間変動

### Temporal variations of O<sub>3</sub> and NO in the middle atmosphere above Syowa Station observed by a millimeter-wave radiometer

大山 博史<sup>1\*</sup>; 磯野 靖子<sup>1</sup>; 上村 美久<sup>1</sup>; 長濱 智生<sup>1</sup>; 水野 亮<sup>1</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 江尻 省<sup>2</sup>; 中村 卓司<sup>2</sup>  
OHYAMA, Hirofumi<sup>1\*</sup>; ISONO, Yasuko<sup>1</sup>; UEMURA, Miku<sup>1</sup>; NAGAHAMA, Tomoo<sup>1</sup>; MIZUNO, Akira<sup>1</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; EJIRI, Mitsumu<sup>2</sup>; NAKAMURA, Takuji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

Precipitation of energetic particle into the atmosphere impacts abundances of atmospheric constituents in the middle atmosphere. Highly energetic solar protons, which directly enter the middle atmosphere, cause increase of HO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> species. Energetic electrons also increase NO<sub>x</sub> in the thermosphere, and the downward transport in the polar vortex moves the produced NO<sub>x</sub> to lower altitudes. These NO<sub>x</sub> species cause a decrease of O<sub>3</sub> in the middle atmosphere through catalytic reactions [Seppälä et al. 2006; Daae et al., 2012]. To investigate the effect of NO<sub>x</sub> on O<sub>3</sub> variation in the polar region, a ground-based millimeter-wave spectroscopic radiometer was installed at Syowa Station, Antarctica in March 2011. The instrument has recorded brightness temperature spectra of rotational emission from the atmospheric O<sub>3</sub> and NO molecules. From the NO spectra, both multiple short-term enhancements and seasonal variation of NO column are observed [Isono et al., 2014]. The short-term enhancements are correlated with the energetic particle precipitation. In the present study, O<sub>3</sub> profiles are retrieved from the brightness temperature spectra between 238.94-239.24 GHz, whose spectral range has sensitivity to the O<sub>3</sub> abundance between 20 and 70 km. The optimal estimation scheme is used for the O<sub>3</sub> profile retrieval, along with radiative transfer calculation through the use of the NCEP reanalysis data and spectroscopic parameters. Since the O<sub>3</sub> spectra are integrated over 1 hour every 6 hours, we usually derive four O<sub>3</sub> profiles in a day. We present the result of O<sub>3</sub> retrieval and discuss how the O<sub>3</sub> mixing ratios at given altitudes response to the short-term NO column enhancement.

キーワード: オゾン, 一酸化窒素, 遠隔計測

Keywords: ozone, nitric oxide, remote sensing

## 第VIII期南極重点研究観測における高機能ライダーの現状 Current status of Syowa lidar project in the prioritized observation project for VIII-th term JARE

江尻省<sup>1\*</sup>; 津田卓雄<sup>1</sup>; 西山尚典<sup>1</sup>; 阿保真<sup>2</sup>; 富川喜弘<sup>1</sup>; 鈴木秀彦<sup>3</sup>; 川原琢也<sup>4</sup>; 堤雅基<sup>1</sup>; 中村卓司<sup>1</sup>  
EJIRI, Mitsumu K.<sup>1\*</sup>; TSUDA, Takuo<sup>1</sup>; NISHIYAMA, Takanori<sup>1</sup>; ABO, Makoto<sup>2</sup>; TOMIKAWA, Yoshihiro<sup>1</sup>; SUZUKI,  
Hidehiko<sup>3</sup>; KAWAHARA, Takuya<sup>4</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>1</sup>; NAKAMURA, Takuji<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 首都大学東京大学院システムデザイン研究科, <sup>3</sup> 立教大学理学部, <sup>4</sup> 信州大学工学部  
<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University, <sup>3</sup>College of Science,  
Rikkyo university, <sup>4</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University

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、現在、南極昭和基地(69S, 39E)に設置しているレイリー/ラマンライダーは、Nd:YAGレーザーの三倍高調波を用いた355nmのライダーで、受信望遠鏡には82cmのナスミスカセグレン望遠鏡と35cmのシュミットカセグレン望遠鏡を用いている。受信チャンネルは、レイリー散乱に感度を変えた3チャンネルと、386nmの窒素振動ラマン散乱に1チャンネルを持ち、2011年2月から対流圏上部と中層大気(<70-80 km)の温度の鉛直分布を観測している。現在までに350晩以上の観測を行い、3000時間以上の温度データを取得しており、昭和基地上空の、複数の極成層圏雲(PSC)や極中間圏雲(PMC)の信号を取得している。また、観測高度をさらに上空、超高層大気にまで広げ、より高高度での大気重力波の活動や、オーロラ活動に伴うイオン化学反応を介した大気微量成分の組成変動など、超高層大気中の様々な力学・化学過程を通じた大気の変動をとらえるべく、国内で波長可変共鳴散乱ライダーの開発を進めている。送信系には波長可変のアレキサンドライト・レーザーと第2高調波発生器を用いており、インジェクションシーダーの波長を波長計で制御することで、基本波として768-788 nm、第2高調波として384-394 nmのうち任意の波長のレーザーパルスを得ることが出来る。これにより南極昭和基地において、カリウム原子(770 nm)、鉄原子(386 nm)、カルシウムイオン(393 nm)、窒素イオン(390-391 nm)の原子とイオンを狙って、高度80 km以上の大気温度、原子やイオンの高度分布などを測定する計画である。この波長可変共鳴散乱ライダーシステムは現在、国内で開発・改良を行いながら、金属原子密度及び、温度の観測試験を行っている。試験観測では、レーザーパルスの出力~120-160 mJ/pulse、繰返し周波数は約25 Hzで送信し、35 cmのシュミットカセグレン望遠鏡で散乱光を受信した。本講演では、南極昭和基地でのレイリー/ラマンライダーによる最近の観測結果、国内での共鳴散乱ライダーシステム開発と観測試験の状況、および今後の計画について紹介する。

キーワード: ライダー, 南極観測, 中層・超高層大気, 共鳴散乱, レイリー散乱, ラマン散乱

Keywords: Lidar, Antarctic observation, middle and upper atmosphere, Resonance scattering, Rayleigh scattering, Raman scattering

## 昭和基地レイリー/ラマンライダーの狭帯域化による極中間圏雲の昼間観測 A daytime observation of polar mesospheric clouds with Syowa Rayleigh Raman lidar system equipped with a new etalon unit

鈴木 秀彦<sup>1\*</sup>; 中村 卓司<sup>2</sup>; 江尻 省<sup>2</sup>; 阿保 真<sup>3</sup>; 山本 晃寛<sup>4</sup>; 川原 琢也<sup>4</sup>; 富川 喜弘<sup>2</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 津田 卓雄<sup>2</sup>; 西山 尚典<sup>2</sup>  
SUZUKI, Hidehiko<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Takuji<sup>2</sup>; EJIRI, Mitsumu<sup>2</sup>; ABO, Makoto<sup>3</sup>; YAMAMOTO, Akihiro<sup>4</sup>; KAWAHARA, Taku d<sup>4</sup>; TOMIKAWA, Yoshihiro<sup>2</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; TSUDA, Takuo<sup>2</sup>; NISHIYAMA, Takanori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 立教大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 首都大学東京, <sup>4</sup> 信州大学

<sup>1</sup>Rikkyo University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Tokyo Metropolitan University, <sup>4</sup>Shinshu University

2011年2月に第52次南極地域観測隊(JARE52)によって、対流圏から上部中間圏までの大気温度鉛直分布観測が可能なレイリー/ラマンライダーが昭和基地に導入され、2014年2月現在に至るまで順調に運用が行われている。本装置では、ファーストライトとなる2011年2月4日に、昭和基地では初となるライダーによる極中間圏雲(PMC)の検出に成功している[Suzuki et al., 2013]。しかし、本装置は冬期の夜間観測をメインターゲットとしたものであり、背景光由来のショットノイズの影響を強く受けてしまう昼間の観測は不可能であった。そのため、白夜期を中心に最盛期を迎えるPMCの観測は難しく、Suzuki et al. [2013]での報告も、PMC発生期間の終期にあたる2月の暗夜時間帯に得られた1例を示すのみとなっている。そこで、我々は、JARE55の夏期観測期間以降(2013年12月下旬?)のPMC観測を本格的に実施するために、背景光強度を大幅に削減可能な狭帯域エタロンユニットを開発し、昭和レイリー/ラマンライダーに導入した。本発表では、エタロンユニット導入後のライダーシステムによって昼間の検出に成功した昭和基地上空の極中間圏雲について速報する。

キーワード: 極中間圏雲, 夜光雲, ライダー, 南極

Keywords: polar mesospheric cloud, noctilucent cloud, lidar, Antarctic



## トロムソ上空でオーロラ擾乱時に観測されたスボラディックナトリウム層の生成・維持機構の解明 Study on generation and sustaining mechanism for an SSL during a night of high auroral activity above Tromsø

高橋 透<sup>1\*</sup>; 野澤 悟徳<sup>1</sup>; 津田 卓雄<sup>2</sup>; 大山 伸一郎<sup>1</sup>; 藤原 均<sup>3</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 川原 琢也<sup>4</sup>; 斎藤 徳人<sup>5</sup>; 和田 智之<sup>5</sup>; 川端 哲也<sup>1</sup>; 松浦 延夫<sup>1</sup>; Hall Chris<sup>6</sup>  
TAKAHASHI, Toru<sup>1\*</sup>; NOZAWA, Satonori<sup>1</sup>; TSUDA, Takuo<sup>2</sup>; OYAMA, Shin-ichiro<sup>1</sup>; FUJIWARA, Hitoshi<sup>3</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; KAWAHARA, Takuya<sup>4</sup>; SAITO, Norihito<sup>5</sup>; WADA, Satoshi<sup>5</sup>; KAWABATA, Tetsuya<sup>1</sup>; MATUURA, Nobuo<sup>1</sup>; HALL, Chris<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 名大・STE 研, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 成蹊大学理工学部, <sup>4</sup> 信州大学工学部, <sup>5</sup> 理化学研究所, <sup>6</sup> トロムソ大学  
<sup>1</sup>STEL, Nagoya Univ., <sup>2</sup>NIPR, <sup>3</sup>Faculty of Science and Technology, Seikei Univ., <sup>4</sup>Faculty of Engineering, Shinshu Univ.,  
<sup>5</sup>RIKEN, <sup>6</sup>Univ. of Tromsø

本発表ではノルウェー・トロムソ (69.6° N, 19.2° E) で観測されたスボラディックナトリウム層 (Sporadic Sodium Layer:以下 SSL) の生成・維持機構についてナトリウムライダー、EISCAT レーダー、流星レーダーデータを用いた解析結果を示す。SSL 内の中性ナトリウム原子は、スボラディック E (Es) 層と異なり電磁気的な力を受けないので、背景大気の大気ダイナミクスのトレーサーとして利用することができる。しかし、SSL は初めて報告 [Clemesha et al., GRL, 5(10), 873-876, 1978] されて以来 35 年間におよび様々な研究がなされてきているにも関わらず、SSL の生成・維持機構については未だ統一的な理解は得られていない。SSL は高・低緯度での報告例が多く、中緯度では稀少である。これには生成原因に大きく関わっていると考えられている [Sheft et al., GRL, 16(7), 1757-1718, 1989]。生成原因としてこれまでに Es 層内での化学変化、流星の降り込み、オーロラ降下粒子によるスパッタリング降下、電場によるナトリウムイオンとナトリウム分子イオンの集積などが提唱されている [Cox and Plane, JGR, 103, 6349-6359, 1998; Heinselman, et al., GRL, 25, 3059-3062, 1998.; Kirkwood and von Zahn, JAP., 53, 389-407, 1991; Nagasawa and Abo, GRL, 22(3), 263-266, 1995; von Zahn et al., GRL, 14, 76-79, 1987]。その中でも特に Es 層と高い相関で同時に出現していることが知られている。

大気安定度や化学反応に寄与する背景大気温度構造も SSL の生成・維持機構として注目されている。ナトリウム密度と中性大気温度はナトリウム層上部では反相関であることや SSL 層内部において約 40 K の温度上昇が観測されたに報告例がある。[Gardner et al., JGR, 98, 16,865-16,873, 1993]。本研究では先行研究における問題点を 2 点指摘する。まず最初に、先行研究の多くは生成原因を単一の物理過程を仮定していたことが挙げられる。SSL 層が発生する中間圏・下部熱圏は下層大気から伝搬する大気波動や地磁気活動に伴い激しく変動する。よって、複合的な生成・維持メカニズムを調査することが重要である。2 つ目、SSL 周辺の温度導出方法である。SSL 内はナトリウム密度が数秒から数十秒のオーダーで激しく変化する。これまでの研究では SSL 内の温度を 5 分程度の時間一様性を過程していた為、導出誤差が大きく議論が不十分であった可能性がある。よって、時間分解能良く温度、ナトリウム密度を導出することが必要である。本研究に用いるトロムソナトリウムライダーはノルウェー・トロムソの EISCAT 観測所敷地内に設置され、高速波長変換と高レーザー出力パワーを有し、高空間・時間分解能で大気温度、ナトリウム密度を導出することができる。また、本サイトでは EISCAT レーダー、流星レーダー、フォトメーター、デジタルカメラなどの観測機器が集約されており、様々な物理量の同時観測が可能である。

2012 年 1 月 22 日夜、オーロラ活動は非常に活発であった。強いオーロラの降り込みの約 19 分後、背景密度の最大約 6 倍のナトリウム密度を持つ SSL が高度 94 km 付近に出現した。この SSL のピーク密度は 2116 UT から 2142 UT までは背景大気の約 2 から 6 倍であった。その後、SSL は約 2 km (96 km) 上昇し、背景ナトリウム層の 2 倍から 3 倍程度の密度を維持しながら (高度幅 1 km 以下) 2200 UT に約 96 km まで達した後、2400 UT までなだらかに約 2 km 下降し消滅した。

SSL 内の大気温度を 15 秒分解能で導出した結果、SSL 内の温度に顕著な増減はなかった。しかし、2000 UT 以降、SSL は背景温度の最小値の高度領域に位置していることがわかった。EISCAT UHF レーダーの電子密度データは、同時帯に Es 層が出現していたことを示している。Es 層は SSL 出現前から、より高高度 (100 km 以上) に存在していた。Es 層は時間と共に高度を下げ 2118 UT には高度約 94 km に達し、その後、高度上昇して、2200 UT 以降は緩やかに下降した。Es 層と SSL の高度を比較すると SSL 出現時の 2118 UT から 2200 UT まではそれぞれのピークがほぼ同じ高度領域に存在していた。2200 UT 以降、Es 層は SSL より約 2 km 低い高度に位置していた。これらの結果は SSL 層の生成原因として Es 層が寄与しており、維持機構として背景大気温度構造が寄与している事を示していると考察した。本発表では電場と Es 層により SSL 層が生成され、背景大気温度構造によって維持された物理過程について発表する。

キーワード: スボラディックナトリウム, ナトリウムライダー, オーロラ, EISCAT, 流星レーダー

---

PEM36-08

会場:312

時間:4月28日 11:00-11:15

Keywords: Sporadic sodium layer, sodium lidar, aurora, EISCAT radar, meteor radar

## 南極昭和基地大型大気レーダーによって観測された極域冬期中間圏エコーの季節変動

### Seasonal variation of Polar Mesosphere Winter Echo (PMWE) observed by PANSY radar

西山 尚典<sup>1\*</sup>; 佐藤 薫<sup>2</sup>; 堤 雅基<sup>1</sup>; 佐藤 亨<sup>3</sup>; 中村 卓司<sup>1</sup>; 西村 耕司<sup>1</sup>; 高麗 正史<sup>2</sup>; 富川 喜弘<sup>1</sup>; 江尻 省<sup>1</sup>; 津田 卓雄<sup>1</sup>  
NISHIYAMA, Takanori<sup>1\*</sup>; SATO, Kaoru<sup>2</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>1</sup>; SATO, Toru<sup>3</sup>; NAKAMURA, Takuji<sup>1</sup>; NISHIMURA, Koji<sup>1</sup>; KOHMA, Masashi<sup>2</sup>; TOMIKAWA, Yoshihiro<sup>1</sup>; EJIRI, Mitsumu<sup>1</sup>; TSUDA, Takuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 東京大学 大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻, <sup>3</sup> 京都大学 大学院 情報学研究科

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Department of Earth and Planet Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>3</sup>Graduate School of Informatics, Kyoto University

In the lower thermosphere at the altitude of around 100 km, both neutral turbulence and ionization of atmosphere due to solar radiations cause irregularities of reflective index, and as a result back scatter echoes from that altitude are frequently observed by radars on the ground. In the mesosphere, Polar Mesosphere Summer Echo (PMSE) is reported to be a strong echo associated with ice particles, which are produced around the coldest mesopause region in the polar summer, by a number of past radar observations [Cho and Rottger, 1997; Rapp and Lübken, 2004]. It should be also noted that occurrence rate of PMSE is very high (80-90%) [Bremer et al., 2003]. On the other hand, Polar Mesosphere Winter Echo (PMWE) is also known as back scatter echo from 55 to 85 km in the mesosphere, and it has been observed by MST and IS radar in polar region during winter [e.g., Ecklund and Balsley, 1981; Czechowsky et al., 1989; Lübken et al., 2006; Strelnikova and Rapp, 2013]. Due to the lack of free electrons and ice particles in the dark and warm mesosphere during winter, it is suggested that PMWE requires strong ionization of neutral atmosphere associated with precipitations of Solar Energetic Particles (SEPs) during geomagnetically disturbed periods [Kirkwood et al., 2002; Zeller et al., 2006]. However, the detailed generation process of PMWE has not been identified yet, partly because the reported PMWE occurrence rate was quite low (2.9%) [Zeller et al., 2006].

In the VIII-th six-year project of the Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) from 2010, the middle and upper atmosphere research is one of the sub-projects of the prioritized research project entitled 'Global warming revealed from the Antarctic', and comprehensive ground based observations with various remote sensing instruments for the middle and upper atmosphere have been operating continuously in Syowa station. We analyzed data obtained by PANSY (Program of the Antarctic Syowa MST/IS) radar, which is the core instrument of the project, focusing on PMWE in the context of neutral-plasma atmospheric coupling process between the middle and upper atmosphere. PANSY radar is a 47 MHz VHF radar with 125 kW (full system 500 kW) output power, and it is the largest MST radar composed 5,000 m<sup>2</sup> (full system 20,000 m<sup>2</sup>) antenna array in Antarctica at the moment. PANSY has already identified a number of PMWE near local noon since operation of mesosphere observation mode was started in June 2012.

We would like to show seasonal variations of occurrence characteristics of PMWE between June 2012 and July 2013. Taking full advantage of PANSY radar's detectability, we calculated monthly-averaged height-time section of backscatter echo power in austral winter between 2012 and 2013. The result demonstrated that durations of PMWE strongly depended on hours of sunlight, although occurrence heights of PMWE, which range from 60 to 80 km, were fixed on every month and year. These statistical characteristics of PMWE were consistent with previous studies suggesting ionization at the PMWE height due to solar radiation play a dominant role in generation of PMWE [Zeller et al., 2006; Lübken et al., 2006]. However, the mean occurrence rate of PMWE estimated by our study was 20-30%, which was considerably higher than that of previous studies. It implies that atmospheric turbulence in the mesosphere would be driven by breakings of atmospheric gravity waves more frequently than past observations, especially in Antarctica, and the role of atmospheric gravity waves cannot be ignored when considering the long-termed climate changes.

キーワード: 冬季極域中間圏エコー, 南極昭和基地大型大気レーダー, 大気重力波, 中性大気-プラズマ結合

Keywords: Polar Mesosphere Winter Echo, PANSY radar, Atmospheric gravity wave, Neutral-plasma interaction

## 大気光イメージングにより観測された南極昭和基地 (69S,39E) 上空の大気重力波の解析 Analysis of atmospheric gravity waves observed by airglow imaging at Syowa Station (69S,39E), Antarctica

松田 貴嗣<sup>1\*</sup>; 中村 卓司<sup>2</sup>; 江尻 省<sup>2</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 塩川 和夫<sup>3</sup>; 田口 真<sup>4</sup>; 鈴木 秀彦<sup>4</sup>  
MATSUDA, Takashi S.<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Takuji<sup>2</sup>; EJIRI, Mitsumu K.<sup>2</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; SHIOKAWA, Kazuo<sup>3</sup>; TAGUCHI, Makoto<sup>4</sup>; SUZUKI, Hidehiko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 総合研究大学院大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>4</sup> 立教大学  
<sup>1</sup>Graduate University for Advanced Studies, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>4</sup>Rikkyo University

大気重力波 (以下、重力波) は重力を復元力とした波動の一種であり、下層大気で励起された重力波は中間圏・下部熱圏へ運動量とエネルギーを輸送し、中間圏界面の平均風加速を引き起こすことで大循環を駆動し温度構造に影響を与える。重力波の種々のパラメータのうち、水平位相速度は波動の超高層大気への伝搬可能性を議論する上で重要なパラメータである。超高層大気下部にあたる高度 90km 付近で発光する大気光をイメージング観測することで、この領域の重力波を観測でき、水平位相速度を含めた水平伝搬特性を導出することができる。大気光イメージングによる重力波の統計解析の結果は 1990 年代以降数多く報告されているが、研究グループごとに重力波イベントの判別基準が異なることもあり、異なる観測地点で得られた結果同士を詳細に比較することは困難であった。また、近年自動観測により大気光イメージング観測データを大量に蓄積している観測点が増加してデータ量が巨大化する現状に比べ、重力波の解析方法はマンパワーに頼った統計解析であり、解析研究が追い付いていないという状況となっている。解析者の違いによる結果の偏りがなく、多地点観測や長期観測により得られた大量のデータを簡単に処理することのできる統計解析の手法の開発が急務となっていた。

我々極地研のグループでは、そのような問題を解決するために 3 次元フーリエ変換を用いた新しい解析方法を開発し、2013 年 SGEPS 秋学会 (第 134 回総会および講演会) で紹介した。解析では、まず時間的に 60 分以上連続して雲やオーロラの影響がなく取得した大気光画像を地平座標に展開し、3 次元フーリエ変換を行うことで、東西波数、南北波数、周波数空間でのパワースペクトルを求めた。次に各周波数の波数空間スペクトルから、東西位相速度、南北位相速度空間でのスペクトルに変換し、最後に周波数方向にスペクトルを積分することで 2 次元の水平位相速度スペクトルを導出した。なお、このときに重力波として伝搬する成分を取り出すために対地周波数 (対地周期) を 8-64 分、波数 (水平波長) 5-100km の成分のみを取り出して処理している。この手法を 2011 年 4 月から 9 月の昭和基地のデータについて適用し、目視により導出された水平位相速度と比較したところ、新手法が大気光画像から水平伝搬方向の統計を求めるとして有効であることを示していた。

新手法により、大気光イメージングデータを効率的に処理し、解析者による偏りの影響を受けずに水平伝搬方向の年変動などを議論することが可能になった。昭和基地では、2002 年および、2008 年から現在までの毎年全天大気光イメージング観測を行っている。また、南極大陸では、Halley 基地 (75S, 26W), Rothera 基地 (67S, 68W), McMurdo 基地 (78S, 167E), Davis 基地 (69S, 78E), 南極点基地 (90S) など多くの地点で大気光イメージング観測が行われている。これらの大量のデータを解析し南極域の中間圏・下部熱圏の重力波の振る舞いを記述することは重要課題であるが、我々はまず昭和基地における 7 年にわたるデータの解析を行い、重力波の季節変動や年変動を調べることを開始した。本発表では、その解析の状況を報告する。

キーワード: 大気重力波, 大気光イメージング  
Keywords: atmospheric gravity wave, airglow imaging



## 母子里および鹿児島で観測された昼間トウイーク空電の初検出 First detection of daytime tweek atmospherics observed at Moshiri and Kagoshima, Japan

大矢 浩代<sup>1\*</sup>; 塩川 和夫<sup>2</sup>; 三好 由純<sup>2</sup>  
OHYA, Hiroyo<sup>1\*</sup>; SHIOKAWA, Kazuo<sup>2</sup>; MIYOSHI, Yoshizumi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院工学研究科, <sup>2</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Chiba University, <sup>2</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

It is well known that tweek atmospherics can be observed only at night except for solar eclipse days, because daytime attenuation rate of the tweeks is much larger ( $\sim 70$  dB/1000 km) than that in nighttime ( $\sim 3$  dB/1000 km). In this presentation, we firstly report detection of daytime tweeks at Moshiri (Geographic coordinate: 44.37°N, 142.27°E) and Kagoshima (31.48°N, 130.72°E), Japan, on non-solar eclipse days in December, 1980. The daytime tweeks were observed both before and during a large magnetic storm during 16-20 December, 1980. The minimum Dst value was -240 nT at 04:00 UT on 20 December. The average occurrence numbers of the daytime tweeks at Moshiri and Kagoshima were 2.7 and 0.3 tweeks per minute, respectively. The local times (LT) when the daytime tweeks occurred were through 07:00 - 17:00 LT at Moshiri, while they were 07:00 - 09:00 LT and 15:00 - 17:00 LT at Kagoshima. All the daytime tweeks show clear frequency dispersion. The average duration was 18.94 ms, while that of nighttime tweeks is  $\sim 50$  ms. The average reflection heights of daytime tweeks at Moshiri and Kagoshima were 86.2 km and 94.7 km, respectively. The average reflection heights of nighttime tweeks at Moshiri and Kagoshima in same period were 87.1 km and 92.1 km, respectively. The variation of the daytime tweek reflection height was higher than that of nighttime tweeks. The horizontal propagation distance in daytime cannot be estimated from the dispersion, because the duration was too short to estimate the distance.

We found through a theoretical consideration that the VLF/ELF attenuation on the D-region ionosphere depends not only on the ionospheric height, but also the sharpness of electron density profiles,  $\beta$ . The  $\beta$  is a conventional parameter proposed by Wait and Spies [1964]. When the  $\beta$  increases, the attenuation decreases. Even daytime, when the  $\beta$  is occasionally large, the attenuation would become less down to be able to observe the tweeks. In this talk, we will show the results of the daytime tweeks and discuss their occurrence mechanism.

## 地磁気 Sq 場の 100 年以上の長期変化 Long term variation of geomagnetic Sq field over 100 years

竹田 雅彦<sup>1\*</sup>

TAKEDA, Masahiko<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京大理・地磁気世界資料解析センター

<sup>1</sup>Data Analysis Center for Geomag. and Space Magnetism, Kyoto Univ

100 年以上の長期に亘る各観測所での地磁気 Sq 場の振幅変化を求め、電気伝導度や中性風の影響、それらの変化の大きな要因である太陽活動度、各地点での主磁場強度との関連を調べた。Sq 振幅の数年程度以上の時間規模の太陽活動度依存性は、電離層電気伝導度の太陽活動度依存性によって説明できた。概して風速は太陽活動度が小さいほど風速が大きい傾向があり、長期変化についても太陽活動度の長期変化に対応して 1900 年代の始めと終わりで速く中程で遅くなるが、それ以外の長期変化は見出されない。また、電離層ダイナモ理論は主磁場強度が弱くなると Sq 場は強くなると予測するが観測所毎の解析結果は必ずしもそうはならず、その理由としては Sq 場の強度が観測所上空の主磁場にのみ支配されているわけではないということが考えられる。

学会時には全地球的球関数解析で得られた等価電流渦との関係についても触れる予定である。

キーワード: 地磁気日変化, 長期変化, 太陽活動度, 主磁場強度, 電気伝導度, 風速

Keywords: geomagnetic daily variation, long-term variation, solar activity, main field strength, electric conductivity, wind velocity

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

新堀 淳樹<sup>1\*</sup>; 小山 幸伸<sup>2</sup>; 能勢 正仁<sup>2</sup>; 堀 智昭<sup>3</sup>; 大塚 雄一<sup>4</sup>; 谷田貝 亜紀代<sup>4</sup>

SHINBORI, Atsuki<sup>1\*</sup>; KOYAMA, Yukinobu<sup>2</sup>; NOSE, Masahito<sup>2</sup>; HORI, Tomoaki<sup>3</sup>; OTSUKA, Yuichi<sup>4</sup>; YATAGAI, Akiyo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 京都大学生存圏研究所, <sup>2</sup> 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター, <sup>3</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所 ジオスペース研究センター, <sup>4</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, <sup>2</sup>Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>3</sup>Nagoya University Solar Terrestrial Environment Laboratory Geospace Research Center, <sup>4</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

It has been well-known that the geomagnetic field on the ground shows a regular variation with a fundamental period of 24 hours during a solar quiet day. This daily variation depends on local time, latitude, season and solar cycle and has been called solar quiet (Sq) geomagnetic field daily variation. The Sq variation is mainly produced by magnetic effects due to ionospheric currents flowing in the E region of the ionosphere around 105 km. The global pattern of the Sq variation of the H-component shows positive and negative changes in the equatorial and middle-latitude regions around noon, respectively. The Sq current system expected from the geomagnetic field perturbations consists of two large current vortices: one is an anticlockwise current in the northern hemisphere and the other is a clockwise current in the southern hemisphere. The Sq current is dominant in the daytime ionosphere where ionospheric conductivity is relatively large, and is driven by electric fields originating from the ionospheric dynamo via the interaction between ionized and neutral particles. According to the Ohm's law, the main variables in the Sq amplitude are the ionospheric conductivity, the polarization electric field, the solar diurnal tide, and the intensity of the ambient magnetic field at the E-region height. Then, to investigate the long-term variation in the Sq amplitude is important for understanding the physical mechanism of long-term variation in the upper atmosphere related to solar activity and lower atmospheric change such as global warming. In this study, we investigated long-term variation in the Sq amplitude using 1-hour geomagnetic field data obtained from 184 geomagnetic observation stations within a period of 1947-2012 in order to clarify the physical mechanism of long-term variation in the upper atmosphere. For the analysis of long-term observation data obtained from a lot of geomagnetic stations, we took advantage of the IUGONET data analysis system (metadata database search system and data analysis software). The Sq amplitude is defined as a difference of the H-component of geomagnetic field between the maximum and minimum values each solar quiet day. We identified the solar quiet day as the day when the maximum Kp value is less than 4 for each day. As a result, the Sq amplitude observed at all the geomagnetic stations showed a clear dependence on the 11-year solar activity and it tended to be enhanced significantly during solar maximum. The Sq amplitude became the smallest around the minimum of 23/24 solar cycle in 2008-2009. The relationship between the Sq amplitude and F10.7 solar activity index was not linear but nonlinear. This nonlinearity could be interpreted as the decrease of production rate of electrons and ions in the ionosphere for the strong extreme ultraviolet (EUV) and ultraviolet (UV) fluxes. In order to minimize an effect of solar activity including the long-term variation in the Sq amplitude, we calculated second orders of fitting curve between the F10.7 solar index and Sq amplitude during 1947-2012, and examined the residual Sq amplitude defined as the deviation from the fitting curve. As a result, majority of the residual Sq trends passed through the trend test showed a negative value without dependence on geographical latitude and longitude. The tendency was strong in India, the southern part of Africa, and the northern part of America and Europe. In a region of northern part of America and Europe, the secular variation of magnetic inclination becomes relatively large, compared with other regions. Therefore, the long-term trend in the residual Sq amplitude could be linked to a change in the ionospheric conductivities associated with the secular variation of the ambient magnetic field and the upper atmosphere and electro motive force ( $U \times B$ ) via the interaction between ionized and neutral particles.

キーワード: 地磁気日変化, 太陽活動, 長期変動, 地磁気永年変化, 電離圏電気伝導度, 地球温暖化

Keywords: Geomagnetic solar quiet daily variation, Solar activity, Long-term variation, Geomagnetic secular variation, Ionospheric conductivity, Global warming

## HFDで観測された波面状Es水平移動速度の短時間増加 Temporal increases of horizontal speed of frontal Es observed by HFD

富澤 一郎<sup>1\*</sup>; 宮脇 公望<sup>1</sup>  
TOMIZAWA, Ichiro<sup>1\*</sup>; MIYAWAKI, Masami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター

<sup>1</sup>Center for Space Science and Radio Engineering, The University of Electro-Communications

HFD観測によって得られた多数の波面状Esの水平移動速度を2012年を通して詳しく解析したところ、数10分から数時間のスケールで一時的に速度が増加する場面があることに気づいた。この一時的な速度増加現象は、1年間を通じて29回観測されたが全体の2.4%とわずかであり、主として夏季の21時JST頃に最も発生頻度が高いことが分かった。速度増加率は30%以下であったが、時にはピーク速度は200m/sを超えることもあった。速度変動の開始から終了までの継続時間は、40から300分まで大きく変化した。変動開始からピークまでの前半の速度増加時間の平均は35分、ピークから変動終了までの後半の速度減少時間の平均は50分と後半の時間の方が長いことが分かった。このような速度変動の原因としては、E層高度の広域電界の時間的変動または中性大気水平移動速度の時間変動によるものと考えられる。前者は広域で同時に変動し、後者は大気の移動に伴う空間的な時間ずれを生ずる。100km以上離れた観測点の速度変化時間について比較したところ、最大20分の時間ずれを生じることから、後者が原因と判断できる。つぎに、この速度変動の隣接波面間距離を求め、それをピークに関してプロットしたところ、ピーク付近で50km以下の最小値を取り、ピークから遠ざかるに従って次第に長くなって約200kmに達するような不等間隔構造であり、さらに各々のイベントについて全ての波面間隔を総計することにより、全体構造の大きさを求めたところ、最大1400kmで65%が400km以下の局所的変動現象であることが分かった。一方、100km以上離れた観測点のピーク速度が異なり、その速度変化の形状が異なることから、構造が非等方であると考えられる。以上の特徴を総合し、今回観測された速度変化を伴うEs波面が直線ではなく渦状構造をもつと結論した。

キーワード: 波面状Es, 水平移動速度, 短時間増加, HFD観測

Keywords: frontal Es, horizontal speed, temporal increase, HF Doppler observation



## ロケット及び地上観測による中規模伝搬性電離圏擾乱の研究 Study of medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTID) with sounding rockets and ground observations

山本 衛<sup>1\*</sup>; 加藤 寛大<sup>1</sup>; 石坂 圭吾<sup>2</sup>; 横山 竜宏<sup>3</sup>; 岩上 直幹<sup>3</sup>; 高橋 隆男<sup>5</sup>; 田中 真<sup>5</sup>; 遠藤 研<sup>6</sup>; 熊本 篤志<sup>6</sup>; 渡部 重十<sup>7</sup>; 山本 真行<sup>8</sup>; 阿部 琢美<sup>9</sup>; 斎藤 享<sup>10</sup>; 津川 卓也<sup>3</sup>; 西岡 未知<sup>3</sup>; Bernhardt Paul<sup>11</sup>; Larsen Miguel<sup>12</sup>  
YAMAMOTO, Mamoru<sup>1\*</sup>; KATO, Tomohiro<sup>1</sup>; ISHISAKA, Keigo<sup>2</sup>; YOKOYAMA, Tatsuhiro<sup>3</sup>; IWAGAMI, Naomoto<sup>3</sup>; TAKAHASHI, Takao<sup>5</sup>; TANAKA, Makoto<sup>5</sup>; ENDO, Ken<sup>6</sup>; KUMAMOTO, Atsushi<sup>6</sup>; WATANABE, Shigeto<sup>7</sup>; YAMAMOTO, Masa-yuki<sup>8</sup>; ABE, Takumi<sup>9</sup>; SAITO, Susumu<sup>10</sup>; TSUGAWA, Takuya<sup>3</sup>; NISHIOKA, Michi<sup>3</sup>; BERNHARDT, Paul<sup>11</sup>; LARSEN, Miguel<sup>12</sup>

<sup>1</sup> 京都大学生存圏研究所, <sup>2</sup> 富山県立大学, <sup>3</sup> 情報通信研究機構, <sup>4</sup> 東京大学理学研究科, <sup>5</sup> 東海大学情報教育センター, <sup>6</sup> 東北大学理学研究科, <sup>7</sup> 北海道大学理学研究科, <sup>8</sup> 高知工科大学, <sup>9</sup> JAXA 宇宙科学研究所, <sup>10</sup> 電子航法研究所, <sup>11</sup> NRL, <sup>12</sup> クレムソン大学

<sup>1</sup>RISH, Kyoto University, <sup>2</sup>Toyama Prefectural University, <sup>3</sup>NICT, <sup>4</sup>School of Science, University of Tokyo, <sup>5</sup>ICT Education Center, Tokai University, <sup>6</sup>School of Science, Tohoku University, <sup>7</sup>School of Science, Hokkaido University, <sup>8</sup>Kochi University of Technology, <sup>9</sup>JAXA/ISAS, <sup>10</sup>ENRI, <sup>11</sup>NRL, <sup>12</sup>Clemson University

Medium-scale traveling ionospheric disturbance (MSTID) is an interesting phenomenon in the F-region. The MSTID is frequent in summer nighttime over Japan, showing wave structures with wavelengths of 100-200 km, periodicity of about 1 hour, and propagation toward the southwest. The phenomena are observed by the total electron content (TEC) from GEONET, Japanese dense network of GPS receivers, and 630 nm airglow imagers as horizontal pattern. It was also measured as Spread-F events of ionograms or as field-aligned echoes of the MU radar. MSTID was, in the past, explained by Perkins instability (Perkins, 1973) while its low growth rate was a problem. Recently 3D simulation study by Yokoyama et al (2009) hypothesized a generation mechanism of the MSTID, which stands on electromagnetic E/F-region coupling of the ionosphere. The hypothesis is that the MSTID first grows with polarization electric fields from sporadic-E, then show spatial structures resembling to the Perkins instability. We recently conducted a observation campaign to check this hypothesis. We launched JAXA ISAS sounding rockets S-310-42 and S-520-27 at 23:00 JST and 23:57JST on July 20, 2013 while an MSTID event was monitored in real-time by the GPS-TEC from GEONET. We found 1-5mV/m northeastward/eastward electric fields during the flight. Variation of electric fields were associated with horizontal distribution of plasma density. Wind velocity was measured by the TME and Lithium releases from S-310-42 and S-520-27 rockets, respectively, showing southward wind near the sporadic-E layer heights. These results are consistent to the expected generation mechanism shown above. In the presentation we will discuss electric-field results and its relationship with plasma density variability together with preliminary results from the neutral-wind observations.

Keywords: MSTID, Sounding rocket, Electric field, GPS-TEC, Observation campaign

## IMAP/VISIで観測された赤道電離異常に伴う O630nm 発光特性 Characteristics of O630nm emission associated with equatorial ionization anomaly obtained with IMAP/VISI

坂本 大樹<sup>1</sup>; 坂野井 健<sup>1\*</sup>; Perwitasari Septi<sup>1</sup>; 大塚 雄一<sup>2</sup>; 齊藤 昭則<sup>3</sup>; 秋谷 祐亮<sup>3</sup>; 穂積 裕太<sup>3</sup>; 山崎 敦<sup>4</sup>  
SAKAMOTO, Daiki<sup>1</sup>; SAKANOI, Takeshi<sup>1\*</sup>; PERWITASARI, Septi<sup>1</sup>; OTSUKA, Yuichi<sup>2</sup>; SAITO, Akinori<sup>3</sup>; AKIYA, Yusuke<sup>3</sup>; HOZUMI, Yuta<sup>3</sup>; YAMAZAKI, Atsushi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>3</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>4</sup> 宇宙科学研究所  
<sup>1</sup>Grad. School of Science, Tohoku University, <sup>2</sup>STEL, Nagoya University, <sup>3</sup>Grad. School of Science, Kyoto University, <sup>4</sup>ISAS / JAXA

低緯度電離圏 F 領域における特有の現象として赤道異常 (EIA: Equatorial Ionization Anomaly) がある。EIA とは磁気赤道から電場により持ち上げられたプラズマが高高度で磁力線に沿って南北両半球へ降下することで発生する現象であり、プラズマの密度分布は赤道上で極小をとらず、その両側 (磁気緯度約  $\pm 15^\circ$ ) で極大をとる分布となる。この EIA に伴う O630nm 発光に関するこれまでの研究は、主に地上からの光学ならびに電波観測に基づき行われてきた。そのため、広域の観測することが困難であり、EIA の南北の対称性や季節変化、地方時依存性などの特徴を詳細に調べることが出来なかった。

ISS (国際宇宙ステーション) に搭載された IMAP/VISI は、高度約 400km から全経度と緯度約  $\pm 52^\circ$  の広範囲に渡って 630nm 大気光観測を行うことが可能であり、EIA に伴う O630nm 発光のグローバル観測ができる。

本研究ではこの ISS - IMAP/VISI の利点を生かし、2012 年 9 月から 2013 年 12 月の 1 年間以上に取得された約 950 パスの O630nm 発光観測データを統計解析し、EIA に伴う O630nm 発光の地方時依存性、経度分布、季節変動や南北非対称性、磁気嵐依存性などの時間・空間変動を明らかにすることを目的とする。

データ解析手法について、まず O630nm の強度分布を導出し、これを緯度方向に積分した。また、解析イベント選定基準は、主に以下の 4 点を満たすものとした。(1) 中緯度における大気光強度から決定された背景の大気光より強いピークを持つこと、(2) EIA に伴う増光の全領域が観測されていること、(3) 南北両半球の EIA が分離していること、(4) 月の位相が 0.5 (半月) 以下の日、または 0.5 以上でも月が出ていない時間帯であること。

データ解析の結果、EIA に伴う O630nm 発光の地方時依存性については、日没から時間経過し深夜に行くに従い発光が減少する傾向が見られた。しかしながら、同じ地方時における発光強度の値の分散が大きい結果となった。この事実は、単なる地方時依存性に加えて経度依存性、季節依存性等の他の変動要因が重なっていることを示唆する。

次に、EIA に伴う O630nm 発光の季節依存性については、南北両半球とも、冬半球側で EIA に伴う O630nm 発光強度がより強くなる結果が得られた。この事実は、地軸の傾きのために、冬半球では熱圏潮汐風が極向き風となり、電離圏イオンを押し下げる効果で解釈される。しかし、いずれの月においても発光強度に大きなばらつきを示した。

また EIA に伴う O630nm 発光強度の経度依存性について、秋分時 (2013 年 9 月から 10 月) の観測データを用いて調べた。この結果、磁気赤道 (dip equator) が地理赤道の南に位置する場所 ( $200^\circ \sim 310^\circ$ ) では北半球において EIA に伴う O630nm 発光強度が南半球より大きくなり、これ以外では南半球で発光強度が大きくなる結果となった。これは熱圏潮汐風による電離圏上下変動による効果と考えられる。

2013 年 3 月の磁気嵐時における EIA に伴う O630nm 発光強度変動については、Dst 指数の絶対値が 90 以上の時に発光が小さくなる結果になった。また Dst 指数の絶対値が 90 以下の時には、Dst 指数と O630nm 発光との間には明確な相関関係は見られなかった。また、赤道環電流発達時に O630nm 発光強度の減少がみられ、この発光減少の原因として、赤道環電流発達時に Region2 電流系の昼間側の西向き電場が低緯度まで侵入し、EIA 発達に影響を与えたことが考えられる。

キーワード: 国際宇宙ステーション, 大気光, 熱圏, 電離圏, 赤道異常, IMAP

Keywords: ISS, airglow, thermosphere, ionosphere, equatorial ionization anomaly, IMAP

## ISS-IMAP と地上イメージャとの同時観測による大気光構造の解析 Analysis of the airglow structures using the simultaneous observations by ISS-IMAP and all-sky imagers

幸野 淑子<sup>1\*</sup>; 齊藤 昭則<sup>1</sup>; 大塚 雄一<sup>2</sup>; 坂野井 健<sup>3</sup>  
YUKINO, Hideko<sup>1\*</sup>; SAITO, Akinori<sup>1</sup>; OTSUKA, Yuichi<sup>2</sup>; SAKANNOI, Takeshi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京大・理・地球物理, <sup>2</sup>名大 STE 研, <sup>3</sup>東北大・理

<sup>1</sup>Dept. of Geophysics, Kyoto Univ., <sup>2</sup>STEL, Nagoya Univ., <sup>3</sup>Grad. School of Science, Tohoku Univ.

ISS-IMAP とハワイ全天イメージャの同時観測により大気重力波の空間構造の解析を行った。水平波長が 10km?100km の中間圏・熱圏における大気重力波については多くの地上観測がなされてきているが、全経度域において水平スケール 100 km 以上の大気重力波を観測することを目的として、2012 年 7 月 21 日に ISS-IMAP が打ち上げられた。国際宇宙ステーション (ISS) の軌道高度は約 400 km、軌道傾斜角は 51.6 度である。ISS-IMAP の可視・近赤外分光観測装置 (VISI) は大気光の撮像を行っており、その空間分解能は 10 km?25 km である。本研究では、ハワイ (20.48 度 N、156.2 度 W) の全天イメージャのデータと、ISS-IMAP/VISI のデータを用いて、大気重力波の空間構造を解析した。VISI の観測波長は 630 nm、730 nm と 762 nm であり、ハワイ全天イメージャの観測波長は 630 nm と、557.7 nm で、5.5 分の時間分解能で得られる。両観測から得られる 630 nm 大気光構造の比較と、高度 95 km 付近で発光する全天イメージャから得られる 557.7 nm 大気光構造と ISS-IMAP/VISI から得られる 762 nm 大気光とについて、VISI がハワイの上空を通過し、かつ、地上観測点上空が晴れの日のデータの比較を行った。その結果、ハワイ全天イメージャでプラズマ・バブルが観測された時刻において、VISI でも 630 nm でプラズマ・バブルが観測され、両観測の比較により、空間スケール及び鉛直構造を解析した。また、プラズマ・バブルを利用して全天イメージャと VISI の輝度比較を行い、VISI の観測感度校正を行った。発表では大気重力波の構造の空間スケールについても報告する。

キーワード: 大気光, プラズマ・バブル, ISS-IMAP

Keywords: airglow, plasma bubble, ISS-IMAP

## ISS-IMAP/EUVIで観測された夕方側電離圏上部Heイオンの水平構造 Horizontal structures of ionized Helium in the topside ionosphere of dusk side observed by ISS-IMAP/EUVI

穂積 裕太<sup>1\*</sup>; 齊藤 昭則<sup>1</sup>; 山崎 敦<sup>2</sup>; 村上 豪<sup>2</sup>; 吉川 一郎<sup>3</sup>  
HOZUMI, Yuta<sup>1\*</sup>; SAITO, Akinori<sup>1</sup>; YAMAZAKI, Atsushi<sup>2</sup>; MURAKAMI, Go<sup>2</sup>; YOSHIKAWA, Ichiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, <sup>3</sup> 東京大学  
<sup>1</sup>Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science / Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>3</sup>The University of Tokyo

Horizontal structures of ionized Helium in the topside ionosphere of dusk side were obtained with the Extreme Ultra Violet Imager (EUVI) of the ISS-IMAP (Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere and Plasmasphere mapping) mission. EUVI has taken image of He He II radiation (30.4 nm) from the International Space Station (ISS) since October 2012. In this work, images taken in 2013 were analyzed. North-south asymmetry and longitudinal structure of ionized Helium were found. Seasonal dependence of these horizontal structures will be discussed.

キーワード: 上部電離圏, ISS-IMAP, ヘリウムイオン  
Keywords: Topside ionosphere, ISS-IMAP, Ionized Helium



## SuperDARN 北海道-陸別 HF レーダーを用いた太陽フレアによる電離圏環境変動の研究 Study of ionospheric disturbance characteristics during solar flare events using the SuperDARN Hokkaido radar

渡辺 太規<sup>1</sup>; 西谷 望<sup>1\*</sup>  
WATANABE, Daiki<sup>1</sup>; NISHITANI, Nozomu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

電離圏は電波通信や衛星通信の安定性を確保するために重要な領域である。短波帯電波が突然通信不能となるデリンジャー現象をはじめ、太陽フレア時には X 線、 $\gamma$  線、EUV、高エネルギー粒子などが地球に到達することで、様々な電離圏擾乱が生じる。そのため、電波通信や衛星通信を利用するにあたって、太陽フレアによる電離圏擾乱の特性を理解することは必要不可欠である。本研究では、フレアによる電離圏擾乱の中でも特に電離圏電子密度変動を研究した。過去のフレア時における電離圏電子密度変動については、GPS やビーコン電波等を用いた全電子数突然増加 (SITEC) がよく研究されてきた。SITEC は電子密度を高度で積分しているため、電子密度変化の高度分布は得られない。本研究においては、フレア時における電離圏電子密度変動の高度別特性の識別を行った。太陽フレア時、短波帯電波にはドップラーシフトが生じることが知られている。このドップラーシフトは D,E 層での電子密度変化から影響を受けた場合と、F 層での電子密度変化から影響を受けた場合で、異なる周波数依存性と仰角依存性を持つ。本研究はこの性質を利用し、2006 年 12 月から 2013 年 5 月までに生じた M2.0 クラス以上のフレアイベントに対し、北海道-陸別 HF レーダーの電波のドップラーシフトを解析した。その結果、D,E 層の電子密度変動の影響が大きいと考えられるイベントが多数見受けられた。どちらの影響が強いか判別できないイベントも多く見受けられたが、F 層の電子密度変動の影響が大きいと考えられるイベントは存在しなかった。よって、本研究では太陽フレア時では、D,E 層の電子密度変動が支配的であると結論付けた。またレーダーのドップラーシフトの性質を量的に解析することで、電子密度変化量を見積もった。この変化量に対して独立に、衛星観測による X 線、EUV 放射強度データを用いて計算を行い、電離圏電子密度変化量を算出した。これらの計算結果を比較することで、レーダー観測の妥当性を評価した。

キーワード: SuperDARN, 北海道-陸別 HF レーダー, 太陽フレア, 電離圏変動, 光化学反応, レンジ依存性

Keywords: SuperDARN, Hokkaido radar, solar flares, ionospheric disturbances, photochemical reaction, range dependence

## 大気圏潮汐作用による電離圏夜間中緯度電子密度異常の変化 Thermospheric tidal effects on the ionospheric midlatitude summer nighttime anomaly

陳佳宏<sup>1\*</sup>; Lin Charles<sup>1</sup>; Chang Loren<sup>2</sup>; Huba J. D.<sup>3</sup>; 齊藤 昭則<sup>4</sup>; 劉正彦<sup>2</sup>  
CHEN, Chia-hung<sup>1\*</sup>; LIN, Charles<sup>1</sup>; CHANG, Loren<sup>2</sup>; HUBA, J. D.<sup>3</sup>; SAITO, Akinori<sup>4</sup>; LIU, Jann-yenq<sup>2</sup>

<sup>1</sup>台湾国立成功大学地球科学学科, <sup>2</sup>台湾国立中央大学太空科学研究所, <sup>3</sup>Plasma Physics Division, Naval Research Laboratory, Washington, D. C., USA, <sup>4</sup>日本京都大学理学研究科

<sup>1</sup>Department of Earth Science, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, <sup>2</sup>Institute of Space Science, National Central University, Chung-Li, Taiwan, <sup>3</sup>Plasma Physics Division, Naval Research Laboratory, Washington, D. C., USA, <sup>4</sup>Department of Geophysics, Kyoto University, Kyoto, Japan

This study use a 3D physics-based ionospheric model, SAMI3, coupled with the National Center for Atmospheric Research Thermosphere Ionosphere Electrodynamics General Circulation Model (TIEGCM) and Global Scale Wave Model (GSWM) to simulate the mesospheric and lower thermospheric tidal effects on the development of midlatitude summer nighttime anomaly (MSNA). Using this coupled model, the diurnal variation of MSNA electron densities at 300 km altitude is simulated on both June solstice (day of year (DOY) 167) and December solstice (DOY 350) in 2007. Simulation results show successful reproduction of the southern hemisphere MSNA structure including the eastward drift feature of the southern MSNA, which is not reproduced by the default SAMI3 runs using the neutral winds provided by the empirical Horizontal Wind Model 93 (HWM93) neutral wind model. A linear least squares algorithm for extracting tidal components is utilized to examine the major tidal component affecting the variation of southern MSNA. Results show that the standing diurnal oscillation component dominates the vertical neutral wind manifesting as a diurnal eastward wave-1 drift of the southern MSNA in the local time frame. We also find that the stationary planetary wave-1 component of vertical neutral wind can cause diurnal variation of the summer nighttime electron density enhancement around the midlatitude ionosphere.

キーワード: 中緯度, 電子密度異常, 大気圏潮汐作用

Keywords: Midlatitude Summer Nighttime Anomaly, thermospheric tidal effect

## カスプ域の熱圏質量密度異常に対する水平イオンドラッグの影響 Horizontal ion drag effect on the thermospheric mass density anomaly in the cusp

松村 充<sup>1\*</sup>; 田口 聡<sup>2</sup>  
MATSUMURA, Mitsuru<sup>1\*</sup>; TAGUCHI, Satoshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター, <sup>2</sup> 電気通信大学情報理工学研究科

<sup>1</sup>Center for Space Science and Radio Engineering, University of Electro-Communications, <sup>2</sup>Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications

CHAMP 衛星の観測により、熱圏のカスプ域では質量密度が周囲よりも統計的に約 30 % 高くなることが知られている。多くの研究では、質量密度の増大は、加熱による鉛直方向の質量輸送によって引き起こされると考えられており、何が加熱率をカスプ域で極大にするかが研究の焦点となっている。一方、水平方向の質量輸送に関しては全く言及されていない。極域の電離圏対流は、イオンドラッグを通じて中性大気に水平運動量を与えるため、対流速度やそれによるイオンドラッグの分布が、中性大気の質量分布にも影響を与える可能性がある。我々はこれまでに、昼夜境界がカスプ域付近にある場合については、イオンドラッグによってカスプ域付近で中性大気が圧縮されて質量密度が増大することを示した。我々は今回、昼夜境界がカスプ域付近にない場合について数値シミュレーションを行った。その場合においても、質量密度増大はカスプ域に局在化されることが明らかになった。イオンドラッグを含めない場合は、質量密度増大はカスプ域に局在化されなかった。本講演では対流速度およびイオンドラッグの分布と質量密度の増減の関係に着目して、質量密度がどのようにしてカスプ域に局在化されるのか説明する。

キーワード: 熱圏, 質量密度, カスプ, CHAMP 衛星

Keywords: thermosphere, mass density, cusp, CHAMP satellite

## 極冠パッチの縁 Edge of polar cap patches

細川 敬祐<sup>1\*</sup>; 田口 聡<sup>1</sup>; 小川 泰信<sup>2</sup>  
HOSOKAWA, Keisuke<sup>1\*</sup>; TAGUCHI, Satoshi<sup>1</sup>; OGAWA, Yasunobu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 電気通信大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>University of Electro-Communications, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

A highly sensitive all-sky EMCCD airglow imager (ASI) has been operative in Longyearbyen, Norway (78.1N, 15.5E) since October 2011. One of the primary targets of this optical observation is a polar cap patch which is defined as an island of enhanced plasma density in the F region drifting anti-sunward across the central polar cap. Since the electron density within patches is often increased by a factor of 2-10 above that in the surrounding region, all-sky airglow measurements at 630.0 nm wavelength are capable of visualizing their spatial distribution in 2D fashion.

During a 4-h interval on the night of December 4, 2013, a series of polar cap patches was observed by the ASI in Longyearbyen. By using the high-quality ASI images, we estimated the gradients in the leading/trailing edges of the patches and found that the gradient in the leading edge is 2-3 times steeper than that in the trailing edge. We also identified finger-like undulating structures growing along the trailing edge of the patches. Generation of these fingers is probably governed by a structuring through the gradient-drift instability which is known to occur only along one side of patches.

From these observations, we suggest that such a structuring process can transport and mix the patch plasma across their trailing edges so that the scale size of the edges get extended. This means that the structuring through the plasma instability can strongly influence the large-scale shape of patches. Such a knowledge is of particular importance for better understanding the space weather effects of patches on the trans-ionospheric satellite communications in the polar cap region.

キーワード: 極冠域電離圏, 大気光, 極冠パッチ, プラズマ不安定

Keywords: Polar cap ionosphere, Airglow, Polar patches, Plasma instability



## SEALION 観測データを用いた、赤道エレクトロジェット、日没付近の赤道電場増加、赤道スプレッド F 出現についての相関解析 Correlation analysis between equatorial electrojet, pre-reversal enhancement and equatorial spread F in Southeast Asia

国武学<sup>1\*</sup>; 津川卓也<sup>1</sup>; 横山 竜宏<sup>1</sup>; 西岡 未知<sup>1</sup>; 山本 和憲<sup>1</sup>; 石橋 弘光<sup>1</sup>; 長妻 努<sup>1</sup>; 丸山 隆<sup>1</sup>; 石井 守<sup>1</sup>; 塩川 和夫<sup>2</sup>  
KUNITAKE, Manabu<sup>1\*</sup>; TSUGAWA, Takuya<sup>1</sup>; YOKOYAMA, Tatsuhiro<sup>1</sup>; NISHIOKA, Michi<sup>1</sup>; YAMAMOTO, Kazunori<sup>1</sup>;  
ISHIBASHI, Hiromitsu<sup>1</sup>; NAGATSUMA, Tsutomu<sup>1</sup>; MARUYAMA, Takashi<sup>1</sup>; ISHII, Mamoru<sup>1</sup>; SHIOKAWA, Kazuo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所  
<sup>1</sup>NICT, <sup>2</sup>STE Lab., Nagoya Univ.

赤道スプレッド F (equatorial spread F) [ESF] の発生には、日没付近の電場増加 (pre-reversal enhancement) [PRE] が関連することが知られている。PRE 強度、ESF 発生と赤道エレクトロジェット (equatorial electrojet) [EEJ] との関連については、地磁気データとイオノゾンデ観測データとを用いて研究が進められてきた。Uemoto et al.(2010) により、赤道エレクトロジェットが日没前 1 - 2 時間に西向きに流れている場合 (夕方にカウンターエレクトロジェットが出現している場合) には、PRE の強度が抑制され、ESF の発生も減ることが統計的に示された。その解析には、2007 年 11 月から 2008 年 10 月の東南アジア域での SouthEast Asia Low-latitude Ionospheric Network (SEALION) 観測データが用いられた。この期間は、太陽活動極小期にあたる。

本研究では、引き続き、SEALION 観測データを用いている。期間を、2007 年から 2013 年と 7 年間に拡張し、太陽活動極小期から極大期まで解析することにした。日々変化に焦点を当てたイベント解析と長期データを用いた統計解析とを行なった結果を報告する。用いたデータは、地磁気観測が、Phuket (地理緯度 北緯 8.09 度、地理経度 東経 98.32 度、dip lat. -0.2 度)、Kototabang (南緯 0.20 度、東経 100.32 度、dip lat. -10.1 度)、イオノゾンデ観測が、Chumphon (北緯 10.72 度、東経 99.37 度、dip lat. 3.0 度)、Chiang Mai (北緯 18.76 度、東経 98.93 度、dip lat. 12.7 度)、Kototabang (南緯 0.20 度、東経 100.32 度、dip lat. -10.1 度) である。

キーワード: エレクトロジェット, スプレッド F, PRE, 日々変化, SEALION, 赤道  
Keywords: electrojet, equatorial spread F, day-to-day variation, SEALION

## 子午面イオノゾンデ観測網による低緯度電離圏ダイナミクス : Ionospheric Ceiling Low-latitude ionosphere dynamics as deduced from meridional ionosonde chain: Ionospheric ceiling

丸山 隆<sup>1\*</sup>; 上本 純平<sup>1</sup>; 石井 守<sup>1</sup>; 津川 卓也<sup>1</sup>; SUPNITHI Pornchai<sup>2</sup>; KOMOLMIS Tharadol<sup>3</sup>  
MARUYAMA, Takashi<sup>1\*</sup>; UEMOTO, Jyunpei<sup>1</sup>; ISHII, Mamoru<sup>1</sup>; TSUGAWA, Takuya<sup>1</sup>; SUPNITHI, Pornchai<sup>2</sup>; KOMOLMIS, Tharadol<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> モンクット王工科大学ラカバン, <sup>3</sup> チェンマイ大学

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology, <sup>2</sup>King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, <sup>3</sup>Chiang Mai University

Peculiar ionospheric features at low latitudes originate in the earth's magnetic field configuration that has a shape of arch. Near the magnetic equator, the daytime eastward electric field raises the ionosphere to high altitudes where the ion-neutral collision frequency reduces. The ionospheric plasma slips down over off-equatorial latitudes along the arch-shaped magnetic field line by the earth's gravity acceleration and the reduced ion-neutral drag, which is called the fountain effect. As a consequence, the latitudinal distribution of ionospheric critical frequency (foF2) forms two crests at low latitudes and a trough above the magnetic equator, which is well-known equatorial anomaly in foF2 distribution. As for the diurnal variation of the ionosphere above the magnetic equator, foF2 once increases in the morning and decreases before noon along with the development of the equatorial anomaly, which is called noon bite-out. Another feature at the magnetic equator, associated with the fountain effect, is the relatively steady ionospheric peak height (hmF2) around noon, even though the EXB drift is upward throughout the daytime. However, not much attention has been paid to hmF2 except for the time rate of change of it in connection with the vertical plasma drift velocity.

Interest in the equatorial anomaly has been focused mostly on foF2 (or NmF2), and there have been a few studies on hmF2 variations associated with equatorial anomaly development. In this paper, we revisit the equatorial anomaly in terms of height variations. For this purpose, we analyzed scaled ionogram parameters from three stations located along the magnetic meridian that is a primary component of Southeast Asia low-latitude ionospheric network (SEALION); one at the magnetic equator and the others at conjugate off-equatorial latitudes near 10 degrees magnetic latitude.

The daytime hmF2 was investigated for each season during the solar minimum period, 2006-2007 and 2009. The peak height increased for approximately 3 hr after sunrise at all locations, as expected from the daytime upward EXB drift. The apparent upward drift ceased before noon at the magnetic equator, while the layer continued to increase at the off-equatorial latitudes, reaching altitudes higher than the equatorial height around noon. The noon time restricted layer height at the magnetic equator did not depend on the season, while the maximum peak height at the off-equatorial latitudes largely varied with season. The daytime specific limiting height of the equatorial ionosphere was termed ionospheric ceiling. Numerical modeling using the SAMI2 code reproduced the features of the ionospheric ceiling quite well. Dynamic parameters provided by the SAMI2 modeling were investigated and it was shown that the ionospheric ceiling is another aspect of the fountain effect, in which increased diffusion of plasma at higher altitudes has a leading role.

キーワード: 赤道異常, EXB ドリフト, 低緯度電離圏観測ネットワーク

Keywords: equatorial anomaly, fountain effect, ionospheric ceiling, EXB drift, SEALION

## プラズマバブルの高精細3次元数値シミュレーション Three-dimensional high-resolution plasma bubble modeling

横山 竜宏<sup>1\*</sup>; 品川 裕之<sup>1</sup>; 陣 英克<sup>1</sup>  
YOKOYAMA, Tatsuhiko<sup>1\*</sup>; SHINAGAWA, Hiroyuki<sup>1</sup>; JIN, Hidekatsu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology

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。一方、電離圏内では地球磁場に沿った導電率が非常に高く、電場を通じてE-F領域間は強く結合されている。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。現象の発見当初から、プラズマバブルは電離圏F領域下部におけるRayleigh-Taylor不安定が原因であると予想され、磁気赤道上の2次元断面における数値シミュレーションにより、不安定の非線形成長がプラズマバブル生成の主な原因であることが確認された。2000年代後半以降になると、3次元でのプラズマバブルシミュレーションが一般的となり、プラズマバブルの3次元構造、南北中性風の効果、重力波によるシーディング等が研究されてきた。3次元モデルの最大の特徴は、磁力線によって結合された低緯度電離圏E領域の影響を含ませることができる点である。Rayleigh-Taylor不安定の成長率を磁力線に沿って積分して考えた場合、磁力線で結合された南北両半球のE領域の導電率の影響は非常に重要であり、実際、両半球のE領域が同時に日没し、E領域の導電率が急激に減少する時期に、プラズマバブルの発生頻度が高くなることが知られている。しかし、従来の数値モデルによる研究では、E領域プラズマの影響については重視されておらず、また、グリッド間隔も比較的粗く、プラズマバブル内部の構造については議論されてこなかった。本研究では、高精細赤道域電離圏数値モデルを新たに開発し、プラズマバブルの内部構造や、E領域の条件とプラズマバブルの成長との関係について検討した。プラズマバブルの壁面では密度勾配が非常に急峻となるため、その密度勾配を離散グリッド状で再現するためには、精度の高い数値スキームが必要である。本研究で開発した数値モデルでは、水平方向のグリッド間隔を約2kmとし、移流スキームに時間、空間共に3次精度を持つCIP法を用いることにより、プラズマバブルの壁面の非対称性を再現することに成功した。また、E領域の条件に応じてプラズマバブルの成長が大きく異なることも明らかとなった。将来的には、全球大気圏電離圏モデル(GAIA)に組み込み、より現実的な条件におけるプラズマバブルの成長条件について研究を進展させる予定である。

キーワード: プラズマバブル, 赤道スプレッドF, 赤道電離圏, 数値シミュレーション

Keywords: plasma bubble, equatorial spread F, equatorial ionosphere, numerical simulation