

PEM032-01

会場:103

時間:5月26日 14:15-14:30

天体ガンマ線フレアに同期した transient ELF emission の発見 Detection of transient ELF emission caused by the extremely intense cosmic gamma-ray flare

田中 康之^{1*}, 早川正士², 芳原容英², 山下幸三³, 佐藤光輝³, 高橋幸弘³, 寺沢敏夫⁴, 高橋忠幸¹

Yasuyuki Tanaka^{1*}, Masashi Hayakawa², Yasuhide Hobara², Kozo Yamashita³, Mitsuteru Sato³, Yukihiro Takahashi³, Toshio Terasawa⁴, Tadayuki Takahashi¹

¹ 宇宙研, ² 電気通信大学, ³ 北海道大学, ⁴ 宇宙線研

¹ ISAS/JAXA, ² Univ. of Electro-Communications, ³ Hokkaido Univ., ⁴ ICRR

地上における 3 Hz-3 kHz の ELF 帯電波の観測は古くから行われており、シューマン共振の発見や、世界中で起こる雷放電の発生場所やその発生機構、雷に伴う大気発光現象の解明に大きな寄与をしてきた。

我々の銀河系内には、マグネターと呼ばれる磁場の強い特殊な中性子星が存在することが知られている。そのひとつである SGR 1806-20 からは、天文衛星によって観測史上最も強いガンマ線が 2004 年 12 月 27 日に検出されていた。ガンマ線は地球大気にも大量に降り注ぎ、下部電離層を異常電離し大きな擾乱をもたらしたことが VLF 帯 (3-30 kHz) の観測から報告されている [e.g., Inan et al. 2007]。我々は、母子里、女川、エスランジ (スウェーデン)、昭和基地で取得された ELF 帯の磁場データから、このガンマ線フレアに同期したトランジェント ELF 放射を初めて有意に検出した。トランジェント波形は、40 ミリ秒程度のパルス幅を持っており、雷起源の波形とは明らかに異なっていた。それに続いてトランジェントなシューマン共振波形がエスランジのデータから観測され、リサーチからその放射源がフレア直下点近傍であることを見いだした。本講演では、これらの観測の詳細を述べるとともに、天体ガンマ線フレアに伴うトランジェント ELF 放射の発生機構についても議論する予定である。

キーワード: 電離層擾乱, ガンマ線, ELF, シューマン共振

Keywords: ionospheric disturbance, gamma-rays, ELF, Schumann resonance

PEM032-02

会場:103

時間:5月26日 14:30-14:45

昭和基地からのミリ波分光計を用いた高エネルギー粒子の降り込みが中層大気組成に与える影響の観測的研究

Millimeter-wave spectroscopic observations from Syowa Station to study the effect of energetic particle precipitation on

水野 亮^{1*}, 磯野靖子¹, 長浜 智生¹, 前澤 裕之¹, 桑原 利尚¹, 児島 康介¹, 福井康雄², 中村 卓司³, 堤 雅基³, 有田 真³, 町屋広和³, 富川 喜弘³, 山岸 久雄³, 中根英昭⁴, 森平淳志⁵

Akira Mizuno^{1*}, Yasuko Isono¹, Tomoo Nagahama¹, Hiroyuki Maezawa¹, Toshihisa Kuwahara¹, Yasusuke Kojima¹, Yasuo Fukui², Takuji Nakamura³, Masaki Tsutsumi³, Shin Arita³, Hirokazu Machiya³, Yoshihiro Tomikawa³, Hisao Yamagishi³, Hideaki Nakane⁴, Atsuchi Morihira⁵

¹ 名大 STE 研, ² 名大院理, ³ 極地研, ⁴ 環境研, ⁵ アルバック

¹STEL, ²Nagoya U., ³NIPR, ⁴NIES, ⁵ULVAC

中層大気中の微量分子は、極めて微量しか存在しないにも関わらず大気の熱構造に深く関与し、また有害な紫外線を吸収するなど地球大気と地球上の生命に対して重要な役割を果たしている。こうした微量分子の組成は産業活動等の人為的要因や化学反応、太陽紫外線、大気輸送、火山噴火等の自然要因により変化する。こうした自然要因の中でも、地球大気に降り込む高エネルギー粒子によりトリガーされるイオン-分子反応が分子組成に与える影響が、今後極大期に向かい太陽活動が活発になるにつれてより顕著になると期待される。

こうした高エネルギー粒子による降り込みの影響は、磁場が宇宙空間に開いた極域でより顕著であり、大規模な太陽陽子イベント発生時の中間圏オゾンの減少 (Jackman et al, 2001 など) やオーロラ電子と極域下降流による NO_x の増加とそれに伴うオゾンの減少 (Seppala et al. 2007 など) などの人工衛星による観測報告が数例ある。しかし周回衛星による観測データは時々刻々と観測点が移動するため、広範囲の分布を把握するには適しているが、太陽陽子イベント時の組成変化のような数日間の短いタイムスケールの時間変動を連続して密にサンプルすることは容易ではない。そこで、我々は高感度の超伝導センサを搭載した地上ミリ波分光放射計を用い、南極昭和基地の定点からの連続観測により、こうした高エネルギー粒子の降り込みの影響の時間-高度変化をモニタリングすることを発案した。

従来の超伝導センサを用いたミリ波分光放射計は、超伝導線センサを動作させるための極低温冷凍機の消費電力が大きく、電力事情の厳しい昭和基地での運用には不向きであったが、今回新たに省電力・可搬型のミリ波分光放射計を開発し、第 52 次南極地域観測隊の隊員として昭和基地に赴き同放射計のセットアップを行った。2011 年 2 月現在では、まだ装置のセットアップ調整を行っている段階であるが、本大会の開催時点では初期観測データが所得できている見込みである。

発表では、本計画の狙いと新たに開発した観測装置の概要、そして初期観測結果について報告する予定である。

なお、本研究は国立環境研究所の第 VIII 期重点プロジェクト研究のサブテーマ「南極域中層・超高層大気を通して探る地球環境変動」および名古屋大学太陽地球環境研究所の中期計画「太陽極大期における宇宙嵐と大気変動に関する調査研究」の 2 つのプロジェクトに基づいて実施されている。

キーワード: 中間圏成層圏, ミリ波分光, リモートセンシング, 高エネルギー粒子降り込み

Keywords: Mesosphere Stratosphere, Millimeter-wave spectroscopy, Remote sensing, Energetic particle precipitation

PEM032-03

会場:103

時間:5月26日 14:45-15:00

EISCAT_3D (次世代欧州非干渉散乱レーダー計画) の現状と今後 EISCAT_3D (Next-Generation IS Radar Project for Atmospheric and Geospace Science): Current status and roadmap

宮岡 宏^{1*}, 野澤 悟徳², 小川 泰信¹, 大山 伸一郎², 藤井 良一², 佐藤 夏雄¹

Hiroshi Miyaoka^{1*}, Satonori Nozawa², Yasunobu Ogawa¹, Shin-ichiro Oyama², Ryoichi Fujii², Natsuo Sato¹

¹ 国立極地研究所, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹National Institute of Polar Research, ²STE Laboratory, Nagoya University

EISCAT 科学協会を中心に現在計画が進められている EISCAT_3D (次世代欧州非干渉散乱レーダー計画) に関する最新状況とこの計画への参加に向けた EISCAT_3D 国内ワーキンググループの活動、さらに今後の予定について紹介する。

EISCAT_3D は、スカンジナビア北部で運用されてきた IS (非干渉散乱) レーダーに代わり、新たにフェーズドアレイ方式による 1 つの送受信局と複数の受信局からなるレーダーシステムを整備し、これまでの 10 倍以上の時間・空間分解能を得ることにより、下層・中層大気から上部電離圏に至る幅広い地球大気圏の 3 次元ベクトル観測を可能にする、次世代レーダーシステムである。

2005 年 5 月から 2009 年 4 月までの 4 年間にわたり、EU の支援の下に EISCAT_3D システムの設計研究が実施された。この間、2008 年 12 月には、次の 20-30 年で実現すべき欧州の大型研究設備計画のロードマップにも採用された。設計研究に続いて、準備計画 (2010~2013 年) が EU にて正式承認され、昨年 10 月より正式に準備計画がスタートした。フィンランドでは EISCAT_3D のプロトタイプとしての活用が期待される LOFAR (Low Frequency ARray) 計画の国内予算が認められ、EISCAT_3D の実現に向けて実質的な開発研究が始まりつつある。

こうした動向を踏まえて日本では、極地研と名古屋大学太陽地球環境研究所を中心に一昨年 4 月、EISCAT_3D 国内ワーキンググループを立ち上げ、諸活動を開始した。EISCAT_3D ユーザー会議 (2009 年・2010 年 5 月、ウプサラ) に代表を派遣して積極的に研究計画の議論に加わるとともに、EISCAT_3D Japan Home page (<http://www.nipr.ac.jp/~eiscat/eiscat3d/index.html>) を開設し、国内の研究者に向けて最新情報を提供する態勢を整えた。また、2010 年 2 月、2011 年 3 月に EISCAT 研究集会を極地研で開催し、EISCAT_3D に関する情報・意見交換を行った。

本発表では、EISCAT_3D 計画に関する最新情報をはじめ、これまでの国内 EISCAT ユーザーコミュニティとの議論を通じて浮かび上がった課題、計画推進に向けた今後の計画などについて報告するとともに、幅広い関連分野の研究者と意見交換する機会としたい。

キーワード: 欧州非干渉散乱レーダー, 電離圏, 熱圏, 次世代

Keywords: EISCAT, ionosphere, thermosphere, next-generation

PEM032-04

会場:103

時間:5月26日 15:00-15:15

DELTA-2 キャンペーン中の地磁気擾乱時に FPI が観測した極域の下部熱圏風速 FPI-derived lower thermospheric wind at high latitude during DELTA-2 campaign for periods of geomagnetic disturbance

久保田 賢¹, 大山 伸一郎^{1*}, 野澤 悟徳¹, Asgeir Brekke², 津田 卓雄¹, 塩川 和夫¹, 大塚 雄一¹, 宮岡 宏³, 堤 雅基³, 小川 泰信³, Miguel Larsen⁴, 栗原 純一⁵, 山本 真行⁶, 森永 隆稔⁶, 藤井 良一¹, 松浦延夫¹
Ken Kubota¹, Shin-ichiro Oyama^{1*}, Satonori Nozawa¹, Asgeir Brekke², Takuo Tsuda¹, Kazuo Shiokawa¹, Yuichi Otsuka¹, Hiroshi Miyaoka³, Masaki Tsutsumi³, Yasunobu Ogawa³, Miguel Larsen⁴, Junichi Kurihara⁵, Masa-yuki Yamamoto⁶, Takatoshi Morinaga⁶, Ryoichi Fujii¹, Nobuo Matuura¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² トロムソ大学, ³ 国立極地研究所, ⁴ クレムソン大学, ⁵ 北海道大学大学院理学研究院, ⁶ 高知工科大学

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, ² University of Tromsø, ³ National Institute of Polar Research, ⁴ Clemson University,

⁵ Graduate School of Science, Hokkaido Uni, ⁶ Kochi University of Technology

極域の超高層大気は、大気波動により運動量が下層大気から供給されるとともに、磁気圏からの物質輸送や電場印加に伴う粒子加熱、ジュール加熱、イオンドラッグ等により、温度・風系場が変動する領域である。これら外的要因に伴う大気変動は様々な時間発展や空間分布を持つことが特徴であり、磁気圏-電離圏-熱圏結合におけるエネルギー収支や運動量輸送の物理過程に関して未だ理解が不足している現象が多数存在する。オーロラ活動の活発化に伴い下部熱圏の風速が数分以内に変動する現象もその一つである。この下部熱圏風速の急激な変動は、上記外的要因が引き起こす圧力勾配や運動量輸送などと関係することには間違いない。しかし、観測されるレベルの加熱率や力で風速変動量を定量的に説明することはできていない。この問題を観測的に把握するためには、オーロラや電離圏・熱圏物理量の空間分布や時間変化を同時にかつ同じ場所で測定することが本質的に重要である。しかし、観測装置の配置や稼働状況などの制約により、既存の研究では空間/時間一様性を仮定してデータ欠損を補間してきた。ただし、この仮定が不確定要素となり、明確な結論や定量的な理解が得られない原因となっている。

そこで我々は、空間・時間一様性の仮定を極力排除できる観測計画を立案し、オーロラ発生時の下部熱圏におけるエネルギー収支を理解することを目的に DELTA-2 キャンペーン観測を 2009 年 1 月にノルウェーのトロムソで実施した。このキャンペーンでは、欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダー、ファブリペロー干渉計 (FPI)、全天カメラ、ロケット搭載の TMA (トリメチルアルミニウム) による観測をトロムソ近郊に集約させた。その結果、オーロラ、電離圏、熱圏の空間構造・時間発展に関する情報を各装置で独立に収集することに成功した。

本研究では、ロケット打ち上げが実施された 2009 年 1 月 26 日のデータセットを中心に解析した。1 月 26 日 00:23UT に発生したオーロラブレイクアップに伴い、30 kR 以上の発光強度を持つオーロラがトロムソの赤道側およそ 100 km に現れた。したがってトロムソ観測所の FPI (波長 557.7 nm) や EISCAT レーダーはこの時点でオーロラの極側を観測していたことになる。両装置の観測領域の発光強度は約 1.5 kR であり、オーロラ粒子の降込みが存在していたものの、赤道側に分布した主な発光領域と比較してオーロラ粒子のエネルギーとフラックスが低かったことが分かる。この空間分布が確保された約 3 分間に FPI が測定した風速変化量は、上向きに 17 m/s、極向きに 29 m/s であった。この風速変化量 (加速度) と電磁エネルギーの流入量との関係を知るために、EISCAT レーダーが観測した電離圏物理量から、ジュール加熱率、粒子加熱率、ローレンツ力を計算し、それらを運動方程式や熱力学の式などの理論式に代入して風速加速度を計算した。この計算には、電場や電子密度に定常状態 (即ち、時間微分項を無視) を仮定した。その仮定のもと導出された加熱率と加速度は FPI の観測結果を説明するのに 1 桁以上小さいことがわかった。上述のように本観測は空間・時間一様性の仮定を極力排除するように計画された。にもかかわらず大きな差が生じたことから、極域での磁気圏-電離圏-熱圏結合に関する基礎的な物理的理解の不足が懸念される。即ち、磁場と電場が共存する弱電離プラズマ (本研究では電離圏に相当) において電磁エネルギーが発生し、粒子間衝突を経て中性大気粒子の熱エネルギーに変換される過程、さらにその熱エネルギーが中性大気粒子の運動エネルギーに変換される過程といったプラズマ物理学の基礎的かつ普遍的現象の理解が不足していることを示唆する。多角的な理論的考察が必要であるが、今後検討すべき素過程の一つとして、本研究では 10Hz 程度の周波数を持つ振動電場の影響を取り上げる。上記理論計算では電場の時間微分項を無視したので、振動電場の影響は考慮されていない。本発表では電場の時間変動成分が無視できないほど発達した場合のエネルギー収支について理論的考察を行い、今後我々が着目すべき観測物理量を提案する。

キーワード: オーロラ, 大気光, 光学装置, 電離圏, 熱圏, 高緯度

Keywords: aurora, airglow, optical instrument, ionosphere, thermosphere, high latitude

PEM032-05

会場:103

時間:5月26日 15:15-15:30

大気圏－電離圏結合モデルによる熱圏大気密度・東西風の緯度分布に関する研究 Study on latitudinal variation of the thermospheric mass density and zonal wind

三好 勉信^{1*}, 藤原 均², 陣 英克³, 品川 裕之³, Liu Huixin⁴, 寺田 香織²

Yasunobu Miyoshi^{1*}, Hitoshi Fujiwara², Hidekatsu Jin³, Hiroyuki Shinagawa³, Huixin Liu⁴, Kaori Terada²

¹九州大学 大学院理学研究院, ²東北大学 大学院理学研究科, ³情報通信研究機構, ⁴京都大学生存圏研究所

¹Kyushu University, Faculty of Sciences, ²Tohoku University, Faculty of Science, ³NICT, ⁴Kyoto University, RISH

近年の観測研究により、低緯度域の熱圏大気は、電離大気の影響を強く受け、昼間の大気密度は磁気赤道付近で最小、夕方の東西風分布は、磁気赤道に沿って強い東向きの風となることが明らかとなってきた。しかし、これらの低緯度域における熱圏大気構造の成因については不明な点が多い。そこで本研究では、大気圏－電離圏結合モデル (GAIA) を用いて、密度や東西風の緯度分布の物理機構について調べてみることにした。本研究で用いるモデル (GAIA) は、中性大気を記述する大気大循環モデル、電離大気を記述する電離圏モデル、およびダイナモ過程を記述する電気力学モデルを統合するモデルから成り、超高層大気領域における中性大気と電離大気の相互作用過程についての定量的な議論が可能である。

密度の緯度分布については、子午面循環に伴う大気組成や温度の緯度－高度分布が密度・気圧の緯度分布に及ぼす影響を定量的に調べる。一方、東西風の緯度分布に関しては、東西方向の運動方程式に基づき、イオン抗力、気圧傾度力、移流項、コリオリ項などが東西風の運動量収支に及ぼす影響について緯度ごとに調べる。このことにより、密度や東西風の緯度分布の成因について詳しい議論を行う。また、大気密度や東西風分布の日々変動についても調べ、その成因についての議論も行う予定である。

キーワード: 熱圏大気, 緯度構造, 数値シミュレーション, 結合モデル

Keywords: thermospheric structure, numerical simulation, coupled model

PEM032-06

会場:103

時間:5月26日 15:30-15:45

DEMETER衛星で観測された夜間電離圏電子密度・温度の経度構造季節変化 Night time annual variation of longitudinal structure in the topside ionosphere observed by the DEMETER satellite

柿並 義宏^{1*}, Lin Charles³, 鴨川 仁², 劉 正彦¹, Parrot Michel⁴

Yoshihiro Kakinami^{1*}, Charles Lin³, Masashi Kamogawa², Jann-Yenq Liu¹, Michel Parrot⁴

¹ 台湾國立中央大学, ² 東京学芸大学, ³ 台湾國立成功大学, ⁴ LPCE/CNRS

¹ National Central University, Taiwan, ² Tokyo Gakugei University, ³ National Cheng-Kung University, Taiwan, ⁴ LPCE/CNRS

Night time longitudinal structure of electron density (Ne) and temperature (Te) in the topside ionosphere are examined using data observed by the DEMETER satellite from 2006-2007 under geomagnetically quiet condition ($K_p < 3$). Distribution of Ne show complex structure due to longitudinal structure excited by latent heat release in troposphere as well as middle latitude enhancement and the Weddell sea anomaly. On the other hand, Te does not show clear longitudinal structure. A spectrum analyses are performed with the DEMETER data around magnetic equator. Wavenumber 1 of Ne dominates other wavenumbers during May-July and December-January. Wavenumber 4 of Ne becomes dominant in March and August-October. Meanwhile, wavenumber 1 of Te is pronounced in all months except December. Wavenumber 4 of Te only becomes dominant in October. These features of Ne and Te are significantly different from those in the daytime. In this paper, mechanism of longitudinal structures of Ne and Te are discussed comparing daytime distributions.

キーワード: 電離圏, 経度構造, 電子密度, 電子温度, DEMETER, wave-4

Keywords: ionosphere, longitudinal structure, electron density, electron temperature, DEMETER, wave-4

PEM032-07

会場:103

時間:5月26日 15:45-16:00

低軌道衛星のトップサイド TEC データを用いた中緯度 TEC 増大現象の特性解析 The statistical study of the local time dependence of Mid-latitude TEC enhancement using TEC data

五井 紫^{1*}, 齊藤 昭則¹, 津川 卓也²
Yukari Goi^{1*}, Akinori Saito¹, Takuya Tsugawa²

¹ 京都大学, ² 日本情報通信機構

¹kyoto University, ²NICT

中緯度域に現れる全電子数 (Total Electron Content : TEC) 増大現象の地方時による特性の違いについて統計的に解析を行った。中緯度域の TEC 増大現象は LT0 時から LT 4 時の夜明け前領域と LT11 時から LT23 時の昼領域に出現頻度が高いことが先行研究によってわかっている。

低軌道衛星の TEC データと GPS-地上観測との比較から昼領域の TEC 増大現象は Storm Enhanced Density (SED) によって起きると解った。一方で夜領域の TEC 増大現象の起源は未だ説明されていない。本研究の目的は TEC 増大現象の起源を明らかにすることである。GRACE 衛星は高度 500km を飛翔し、衛星上部に GPS 受信機を搭載している低軌道衛星である。搭載された GPS 受信機によって得られる GPS データから TEC データを算出した (GRACE-TEC)。この TEC データは電離圏上部とプラズマ圏の電子数を表す。2003 年 5 月の 1ヶ月間について統計的に解析を行った。衛星高度よりも上で増大が起きている比率が 0.5 以上のものを調べた結果、TEC 増大現象の地方時によって増大している高度領域が異なることがわかった。昼領域は 7 イベント中 6 イベントが衛星高度以上で増大が起きている比率が 0.5 以上であった。夜領域は 19 イベント中 11 イベントが衛星高度以上で増大が起きている比率が 0.5 以上であった。以上の結果から昼と夜の増大現象は起源が異なると考えられる。昼領域の増大現象は SED によるもので、起源が電離圏であるといえる。夜領域の起源を明らかにするため、プラズマ圏境界の位置との比較を経験モデルを用いて行った。その結果、プラズマ圏境界の位置と夜領域の増大現象の位置が一致した。これは夜領域の増大現象がプラズマ圏起源であると考えられる。

キーワード: TEC データ, 全電子数, プラズマ圏, 低軌道衛星, 中緯度, 電離圏

Keywords: TEC data, total electron content, plasmasphere, low earth orbit satellite, mid latitude, ionosphere

PEM032-08

会場:103

時間:5月26日 16:00-16:15

れいめい衛星を用いた大気光の鉛直構造と水平構造の解析

Analysis of the vertical and horizontal structures of the airglow observed by the Reimei satellite

秋谷 祐亮^{1*}, 齊藤 昭則¹, 坂野井 健², 山崎 敦³, 平原 聖文⁴

Yusuke Akiya^{1*}, Akinori Saito¹, Takeshi Sakanoi², Atsushi Yamazaki³, Masafumi Hirahara⁴

¹ 京都大・理・地球物理, ² 東北大・理・惑星プラズマ大気, ³ 宇宙科学研究所, ⁴ 東大・理・地惑

¹Geophysics, Kyoto Univ., ²PPARC, Tohoku Univ., ³ISAS/JAXA, ⁴Dept. Earth & Planet. Sci., Univ. Tokyo

本研究では「れいめい」衛星によるリム観測のデータを用いて、O 大気光と OH 大気光の鉛直構造および水平構造の解析を行った。地上からのイメージャを用いた大気光の観測は多数行われている。人工衛星を用いた大気光観測では 1990 年代の WINDII/UARS による観測があるものの、近年ではほとんど行われていない。本研究では「れいめい」衛星に搭載された多波長オーロラカメラ (MAC: Multi-spectral Auroral Camera) によって撮像された、O 大気光 (波長 557.7nm) および OH 大気光 (波長 670nm) のリム観測のデータを用いた。MAC によって観測される発光は積分量であり、このデータから volume emission rate を発光層内での一様性を仮定して求めた。その結果、鉛直構造については絶対高度の決定に難点はあるが O 大気光の発光層と OH 大気光の発光層の高度差が約 10km であるという過去の観測と一致する結果が得られた。れいめい衛星によるリム観測は北緯 45 度から北緯 15 度の範囲で行われている。この緯度範囲での 2008 年 3 月から 2010 年 12 月までの観測データを用いて統計解析を行ったところ、水平構造について赤道に近づくほど暗い発光が観測されることがわかった。これは過去の観測やモデル計算とは異なる傾向を示していて、大気潮汐の影響を受けて発光源となる物質の数密度が変化し、大気光の発光強度が変調されたものと考えられる。

キーワード: 大気光, れいめい衛星, MAC, 発光分布

Keywords: airglow, the Reimei satellite, Multi-spectral Auroral Camera, volume emission rate

PEM032-09

会場:103

時間:5月26日 16:30-16:45

北海道 SuperDARN レーダーと FORMOSAT 衛星で同時観測された MSTID: 初期結果 MSTID simultaneously observed with the SuperDARN Hokkaido radar and FORMOSAT: initial results

小川 忠彦^{1*}, 足立 透², 西谷 望³

Tadahiko Ogawa^{1*}, Toru Adachi², Nozomu Nishitani³

¹ 情報通信研究機構, ² スタンフォード大学, ³ 名大 STE 研

¹NICT, ²Stanford University, ³STEL, Nagoya University

中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID) は中緯度帯ではかなり普遍的な電離圏擾乱であり、地磁気活動度に関わりなく電離圏・熱圏に存在する。中緯度 MSTID は地上のレーダー、大気光イメージャー、GPS 受信機網等で頻繁に観測されてきており、基本的な様相はかなり明らかになってきた。しかし、詳しい発生原因・機構は未解決であり、その解明には新たな手法を用いた広域の観測が今後必要である。Adachi et al. (2011) は、FORMOSAT-2 衛星搭載の ISUAL を用いてリム観測された 630-nm 大気光の鉛直面内構造と、地上の 630-nm 大気光イメージャーで同時観測された MSTID の水平面構造とを詳細に比較し、リム観測で見つかった大気光の波状構造が MSTID であることを初めて示した。これにより、衛星リム観測から全球的な MSTID の振る舞いの研究が可能になり、MSTID に関する諸問題の解決につながることを期待される。

北海道 SuperDARN 短波レーダーは 16 本の斜めビームを有し、45 度以北のオホーツク海上を伝搬する MSTID の水平面内構造を広域的に観測できる。このレーダーと国内の他の測器で得られるデータを組み合わせることにより、カムチャツカ半島から沖縄南端にまで約 6,000 km 伝搬する MSTID を捉えることができた (例えば、Ogawa et al., 2009)。ISUAL は 2006 年 12 月 20 日、21 日 (いずれも地磁気擾乱日) と 2008 年 12 月 29 日 (地磁気静穏日) の夜間に日本近傍で 630-nm リム観測を行ったが、これらの日にレーダーはオホーツク海上の MSTID を同時観測した。この発表では、これらのデータと国内 GPS-TEC データとを併せて、次のような初期結果を報告する。1) 上記の 20 日と 21 日には、レーダーで南西に伝搬する MSTID が、同時に ISUAL で 630-nm 大気光の明瞭な増光が緯度 45-55 度で観測された。2) 上記の 29 日にレーダーで観測された MSTID はやや不活発であったが、これに対応した ISUAL の増光が同時観測された。3) GPS-TEC 変動に見られた MSTID に対応した増光も ISUAL で観測されている。いずれの日とも、ISUAL 観測域はレーダー視野から約数百～約 1,500 km 離れており、詳細なデータ比較はできないが、ISUAL の増光はレーダーで同時観測された MSTID によるものと考えられる。これを確認するため、今後両データの詳細解析が必要である。

キーワード: 中規模伝搬性電離圏擾乱, 中緯度電離圏, HF レーダー, 630 nm 大気光

Keywords: medium-scale traveling ionospheric disturbances, midlatitude ionosphere, HF radar, 630-nm airglow

PEM032-10

会場:103

時間:5月26日 16:45-17:00

ロケット・地上複合観測による中緯度電離圏波動の生成機構の研究 Study of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTID) based on rocket/ground-based observation campaign

山本 衛^{1*}, 齊藤 昭則², 大塚 雄一³, 横山 竜宏⁴, 山本 真行⁵, 阿部 琢美⁶, 羽生 宏人⁶, 渡部 重十⁷, R. F. Pfaff⁴, M. F. Larsen⁸
Mamoru Yamamoto^{1*}, Akinori Saito², Yuichi Otsuka³, Tatsuhiro Yokoyama⁴, Masa-yuki Yamamoto⁵, Takumi Abe⁶, Hiroto Habu⁶, Shigeto Watanabe⁷, R. F. Pfaff⁴, Miguel F. Larsen⁸

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 京都大学理学研究科, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁴ NASAゴダード宇宙飛行センター, ⁵ 高知工科大学, ⁶ JAXA宇宙科学研究所, ⁷ 北海道大学理学院, ⁸ クレムソン大学

¹ RISH, Kyoto University, ² Dept. of Geophysics, Kyoto University, ³ STEL, Nagoya University, ⁴ NASA Goddard Space Flight Center, ⁵ Kochi University of Technology, ⁶ JAXA/ISAS, ⁷ Dept. of CosmoSciences, Hokkaido Univ., ⁸ Clemson University

電離圏F領域における中規模伝搬性電離圏擾乱 (Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances; MSTID) は中緯度の夏季夜間に頻繁に現れ、およそ周期1-2時間で南西方向に伝搬する。MUレーダーなどではMSTIDに伴う電離圏擾乱 (FAIエコー) が観測できる。また磁力線を通じて結ばれた南北半球のF領域に同時に発生することが知られている。電離圏E領域に発生する電離圏擾乱の準周期構造 (いわゆるQPエコー) と磁力線を通じた相互作用を示す。これらの性質から、MSTIDは中性大気波動の単純な反映ではなく、大気力学と電磁力学を含むプロセスを通じて生成すると考えられている。

MSTID生成機構の解明を目指して、2012年夏季に観測ロケットと地上観測を組合せた大規模な観測実験が企画されている。MSTID生成機構を実証するためには、「中性大気の風速と電離圏プラズマの電界等の同時観測が必要」かつ「電離圏F領域とE領域にわたる広い高度範囲の観測が不可欠」である。このため、以下の要件を備えたロケットと地上からの観測の組合せが必要となる。

- (1) スポラディックE層 (Es層) 付近とF領域の両方における電離大気と中性風速を同時観測する。
- (2) MSTIDの発生は夏季の地方時21~24時ごろに増大するため、夜間の風速測定が必要である。
- (3) F領域のMSTIDとEs層に伴うQPエコーの構造を監視し、それらの増大時に打上げる。

(1) によって、F領域とE領域それぞれでの分極電界の発生を検証する。電離大気の密度・電界・温度等はF領域高度に達するロケットを用いることで観測可能であり、磁力線を通じた電界マッピングは過去の研究からほぼ明らかである。(3)の打上げ条件の制定は、SEEK (1996) やSEEK-2 (2002) 観測と同様に、地上のFAIレーダーやGPS-TEC観測のリアルタイム監視によって実現できる。問題は(2)であるが、本観測ではE領域に対してはTMA放出による風速測定を実施する。一方、F領域高度の夜間風速測定のため月明光を利用したリチウム放出実験を試みる。WINDs観測結果 (2007) を元にした推定では、高度200km程度までの風速観測が可能と考えられる。講演では、この今までにない大規模なロケット・地上観測計画と進捗状況について報告する。

キーワード: 電離圏波動, 中規模伝搬性電離圏擾乱, MUレーダー, 観測ロケット, 中性大気風速
Keywords: ionospheric waves, MSTID, MU radar, Sounding rocket, Neutral wind

PEM032-11

会場:103

時間:5月26日 17:00-17:15

大気光画像、熱圏中性風、及び電離圏高度の同時観測データを用いた赤道域の中規模伝搬性電離圏擾乱の事例解析

Study of equatorial night-time MSTIDs using the data of airglow images, neutral winds, and ionospheric heights

福島 大祐^{1*}, 塩川 和夫¹, 大塚 雄一¹

Daisuke Fukushima^{1*}, Kazuo Shiokawa¹, Yuichi Otsuka¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory

これまで、私たちは、2002年10月から2009年10月までの7年間にインドネシア・スマトラ島のコトタバン (0.2S, 100.3E, 磁気緯度:10.6S) において、高感度全天カメラを用いた波長 630nm の夜間大気光の観測を行った。この観測では、大気光画像中に中規模伝搬性電離圏擾乱 (Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbance : MSTID) が観測された。7年間データの統計したところ、南、南西に伝搬するものが多く、また年を追うごとに大気光が暗くなり MSTID の観測確率も減少していた。また MSTID の原因の1つと考えられる大気重力波との関連を調べるために、下層大気の大気活動データと比較を行ったところ、MSTID の伝搬方向と下層大気の大気活動度の分布に相関が見られた。しかしこの研究では、ファブリ・ペロー干渉計 (Fabry-Perot Interferometer : FPI) による熱圏中性風のデータ、及びイオノゾンの電離圏高度データとの比較を行っていなかった。

今回は、2009年10月以降にインドネシア・コトタバンにおいて観測された MSTID のうち2つの異なる事例について解析を行った。1つ目は2010年9月11日の事例で、15-16UT にかけて北東に伝搬し、16-17UT にかけて南西に伝搬する MSTID が観測された。2つ目は2010年12月10日の事例で、16-18UT にかけて準周期的に南に伝搬する MSTID が観測された。1つ目の事例に関しては、これまでに観測された MSTID と特徴が異なり、真夜中の温度極大 (MTM) から外向きに発生する波動を見ている可能性が考えられる。2つ目の事例に関しては、準周期的に南に伝搬しているため、これまでに観測された MSTID と同様なものであると考えられる。本講演ではこれらの2つのイベントについて、FPI、イオノゾンのデータを用いて、詳細に解析した結果とその考察について報告する。

キーワード: 大気光, 赤道熱圏, MSTID

Keywords: airglow, equatorial thermosphere, MSTID

PEM032-12

会場:103

時間:5月26日 17:15-17:30

インドネシアにおける真夜中過ぎ電離圏擾乱のVHFレーダー及びイオノゾンデ観測

VHF radar and ionosonde observations of post-midnight irregularities in Indonesia

大塚 雄一^{1*}, 塩川 和夫¹, 長妻 努², 津川 卓也², Effendy³, Septi Perwitasari³

Yuichi Otsuka^{1*}, Kazuo Shiokawa¹, Tsutomu Nagatsuma², Takuya Tsugawa², Effendy³, Septi Perwitasari³

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 情報通信研究機構, ³ インドネシア航空宇宙庁

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, ²NICT, ³LAPAN, Indonesia

We have been operating a 30.8-MHz radar at Kototabang (0.2°S, 100.3°E; dip latitude 10.4°S), Indonesia since February 2006 to perform continuous observations of the E- and F-region field-aligned irregularities (FAIs) over Indonesia. From the continuous observation of the F-region FAIs from 2006 to 2011, we find that FAIs frequently occur at post-midnight between May and August under low solar activity periods. This seasonal and local time dependence of the FAI occurrence is not consistent with those of plasma bubbles occurring under high solar activity period.

At Kototabang, an ionosonde has been operated. We have compared spread F occurrence with the FAI occurrence and found that most of the post-midnight FAIs coincide with spread F. Furthermore, we have analyzed ionosonde data at Pontianak (0.0°S, 109.3°E), Indonesia on May and August 2009. Pontianak is located approximately 1,000 km east of Kototabang at the almost same latitude of Kototabang. At both Kototabang and Pontianak, spread F frequently occurs at around midnight. From comparison of the spread F occurrence between Kototabang and Pontianak, we find that most of spread F occur simultaneously at both sites, although spread-F occurs more frequently at Pontianak than Kototabang. This result indicates that the post-midnight ionospheric irregularities may be generated simultaneously in a wide area extending more than 1,000 km in zonal direction.

キーワード: 赤道電離圏, 沿磁力線不規則構造, スプレッド F, 電離圏擾乱, レーダー

Keywords: equatorial ionosphere, FAI, spread F, ionospheric irregularity, radar

PEM032-13

会場:103

時間:5月26日 17:30-17:45

2008/6/9の強いEsの構造 Structure of the intense Es observed on June 9, 2008

富澤 一郎^{1*}, 今井 慧¹, 齊藤 真二²

Ichiro Tomizawa^{1*}, Kei Imai¹, Shinji SAITOH²

¹ 電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター, ² 電子航法研究所

¹Center for Space Sci. & Radio Eng., UEC, ²Electronic Navigation Research Institute

2008年6月9日昼頃に発生した非常に強いEs($f_oE_s > 30\text{MHz}$)について、静止衛星 MTSAT-2 および移動衛星 GPS の振幅シンチレーションと短波ドップラ (HFD) との統合解析を行い、振幅シンチレーション発生領域が東西約 150km に限られ、その領域が中部日本上空を南から北に約 200km 移動していることを明らかにしてきた [1]。これまでの解析では、静止衛星および GPS を含めて合計 24 個の振幅シンチレーションから、シンチレーション発生領域の位置および移動について調べてきた。振幅シンチレーションは継続時間が 1 分以内の短時間に 6dB を超えるプラスマイナスの振幅振動的变化を起こし、明確にフェーディングなどと判別できるからである。一方、TEC 値は定常的に 0.1TECU 程度の変動を持ち、衛星移動に伴い緩やかに変化するので Es 関連現象抽出は困難であったことから、振幅シンチレーションのみを Es との関連解析に使用してきた。今回、振幅シンチレーション発生時の総電子数 (TEC) を詳しく調べて見たところ、TEC 値が同程度の継続時間で最大 0.7TECU 上昇することが確認できた。この特徴を同じ Es に関連する TEC 値上昇と見なして合計 20 個の現象を抽出し、振幅シンチレーションと併せて電子密度構造について解析した。

観測された準周期的振幅シンチレーション波形は、ガウス型電子密度分布断面を持ち、直線状円柱構造の Es による回折モデルで説明できることが知られている [2]。このモデルに観測周波数 1575.42 MHz、水平移動速度 55 m/s および Es 高度 120 km を適用し、観測された変動にフィットさせたところ、ガウス分布幅 120m、分布中央の電子密度 $3 \times 10^{13} \text{m}^{-3}$ となり、 f_oE_s では 30MHz に相当することから、NICT 国分寺のイオノゾンデ観測で 30MHz を超えることと対応している。一方、観測から求めた最大 TEC 値上昇が最大 $7 \times 10^{15} \text{m}^{-2}$ であったことから、その等価長は 230 m と推定できる。この値はガウス分布幅つまりモデルの等価直径に比べて 2 倍大きいことから、実際の電子密度分布はガウス型より裾の広がった分布をしていると推定できる。以上より、2008 年 6 月 9 日の強い Es の電子密度断面構造を、ピーク電子密度 $3 \times 10^{13} \text{m}^{-3}$ 、等価分布幅 120m のガウス型分布より裾の広がったモデルと推定できた。

謝辞: 本研究では電子航法研究所データベースの GPS データおよび情報通信研究機構イオノゾンデデータを使用させて頂いた。

参考文献

[1] 富澤一郎・今井慧・後藤史織・齊藤真二・澁田洋介, 2008/6/9 シンチレーション発生位置と Es の構造および移動との対応, 第 128 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演予稿集, B005-31, 2010.

[2] J.E. Titheridge: The diffraction of satellite signals by isolated ionospheric irregularities, J. Atmos. Terr. Phys., vol.33, pp.47-69, 1971.

キーワード: スポラディック E (Es), Es 構造, 振幅シンチレーション, TEC

Keywords: sporadic E (Es), structure of Es, amplitude scintillation, TEC

PEM032-14

会場:103

時間:5月26日 17:45-18:00

日食に伴う QP エコーのイメージング観測による日中 Es 層の空間構造の研究 Daytime Es layer structures revealed by the MU radar ultra-multi-channel imaging during the partial solar eclipse

斎藤 享^{1*}, 山本 衛², Liu Huixin², Thampi Smitha V.², 丸山 隆³

Susumu Saito^{1*}, Mamoru Yamamoto², Huixin Liu², Smitha V. Thampi², Takashi Maruyama³

¹ 電子航法研究所, ² 京都大学生存圏研究所, ³ 情報通信研究機構

¹Electronic Navigation Research Institute, ²RISH, Kyoto University, ³NICT

During the partial solar eclipse that occurred on 22 July 2009 near Shigaraki, Japan, the MU radar observed quasi-periodic radar echoes from the E region. Ultra-multi-channel imaging of the radar echoes with multi-beam experiment revealed spatial structures of the daytime Es layer. This is a rare observation that shows daytime Es layer structure in detail. Short-lived ripple-like structures with a wavelength of about 10 km were observed, suggesting modulation by breaking atmospheric gravity waves. Polarization effect associated with sudden disappearance of the conducting E region on QP echo generation is further examined.

キーワード: 電離圏, スポラディック E 層, MU レーダー, レーダーイメージング, QP エコー, 日食

Keywords: ionosphere, sporadic E layer, MU radar, radar imaging, QP echo, solar eclipse

PEM032-15

会場:103

時間:5月26日 18:00-18:15

MAGDAS/CPMNで観測した赤道ジェット電流中の月潮汐効果 Lunar tide effects in the equatorial electrojet observed by MAGDAS/CPMN

藤田 悠¹, 湯元 清文^{2*}, 山崎 洋介¹, 池田 昭大², 阿部 修司², 魚住 禎司², MAGDAS/CPMN グループ²
Yu Fujita¹, Kiyohumi Yumoto^{2*}, Yosuke Yamazaki¹, Akihiro Ikeda², Shuji Abe², Teiji Uozumi², MAGDAS/CPMN Group²

¹ 九大・理・地球惑星, ² 九州大学宇宙環境研究センター

¹Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ., ²Space Environment Research Center

The occurrence of equatorial counter electrojet (CEJ) is a westward flow of currents in the ionospheric E-region. The occurrence of CEJ is believed to be related with the lunar tide during geomagnetic quiet days. We have analyzed ground magnetic field data obtained from MAGDAS/CPMN equatorial stations during 2007-2009, in order to study the lunar tide effects on the equatorial electrojet (EEJ). The magnetic H-component perturbation due to the lunar-tide ionospheric currents shows a semi-diurnal variation in the normal Sq. This variation is found to be synchronized with lunar phase at all equatorial stations. The amplitude of semi-diurnal variation is generically 25% as large as mean value of the EEJ, but sometimes is become larger than 10 times. The anomalous enhancement of the semi-diurnal variation is found to be related with sudden stratospheric warming (SSW) on 19-24 January 2009. When the CEJ occurs in the morning (or evening) sector, the EEJ tends to become larger in the evening (or morning) sector. Magnetic H-component variations at the equatorial stations can be used to examine the lunar effects in the equatorial electrojet, and to understand the lunar-tide ionosphere-atmosphere coupling.

キーワード: 赤道ジェット電流, カウンタージェット電流, 月潮汐, MAGDAS, 磁気赤道, 地上磁場

Keywords: equatorial electrojet, equatorial counter electrojet, lunar tide, MAGDAS, magnetic equator, ground magnetic field

PEM032-16

会場:103

時間:5月26日 18:15-18:30

地磁気の常時微小振動現象と電離圏微細磁場変動について

Ordinary existing magnetic micropulsations and their relation to small-scale magnetic fluctuations over the ionosphere

家森 俊彦¹, 中西 邦仁^{1*}, 佐納 康治², 花土弘³, 富澤 一郎⁴, 山中 貞人¹

Toshihiko Iyemori¹, Kunihiro Nakanishi^{1*}, Yasuharu Sano², Hiroshi Hanado³, Ichiro Tomizawa⁴, Sadato Yamanaka¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 朝日大学, ³ 情報通信研究機構, ⁴ 電気通信大学

¹ Graduate School of Science, Kyoto Univ., ² Asahi University, ³ NICT, ⁴ The University of Electro-Communications

地磁気の短周期振動現象は、ほぼ全て太陽風や磁気圏起源の地磁気脈動として研究されてきたが、重力音波による下層大気擾乱起源の脈動が地震・火山噴火・台風等の際、頻繁に出現することが明らかになった (e.g., Iyemori et al., GRL, 2005)。一方、地磁気データを 0.1nT (ナノテスラ) の微細なスケールで見ると、恒常的に 1~10 分周期の様々な振動が存在する。この地磁気の常時振動現象には、固体地球の自由振動や下層大気の擾乱により励起された重力音波や内部重力波により電離圏に流れた電流が原因であるものを含んでいる可能性が高い。一方、昼間側電離層上部では常に、主として空間構造と推測される微細な磁場変化が、磁場精密観測衛星 Champ や Oersted で観測されている。これらは互いに関係している可能性が高い。この発表では、地上の磁場観測データの解析結果を中心に議論する。

キーワード: 地磁気脈動, 重力音波, 微気圧変動, 電離層ダイナモ, 沿磁力線電流, 下層大気擾乱

Keywords: magnetic pulsation, acoustic gravity wave, micro-barometric variation, ionospheric dynamo, field-aligned current, lower atmospheric disturbances

PEM032-17

会場:103

時間:5月27日 08:30-08:45

トロムソナトリウムライダーの2010年度観測概要 Summary of observational results obtained with the new Tromso sodium LIDAR

野澤 悟徳^{1*}, 川原 琢也², 津田 卓雄¹, 川端 哲也¹, 斎藤 徳人³, 和田 智之³, 高橋 透¹, 大山 伸一郎¹, 藤原 均⁴, 藤井 良一¹
Satonori Nozawa^{1*}, Takuya Kawahara², Takuo Tsuda¹, Tetsuya Kawabata¹, Norihito Saito³, Satoshi Wada³, Toru Takahashi¹,
Shin-ichiro Oyama¹, Hitoshi Fujiwara⁴, Ryoichi Fujii¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 信州大学工学部, ³ 理化学研究所, ⁴ 東北大学理学研究科

¹STEL, Nagoya University, ²Faculty of Engineering, Shinshu Univ, ³RIKEN, ⁴Graduate School of Science, Tohoku Univ.

ノルウェー・トロムソ（北緯 69.6 度、東経 19.2 度）に設置した新ナトリウムライダーは、2010 年 10 月 1 日から大気温度観測を開始した。時間分解能 10 分から 20 分で、高度領域 80 km から 110 km にて、良質な大気温度データが取得されている。本講演では、このトロムソナトリウムライダーによる 2010 年 10 月から 2011 年 3 月までの観測結果の概要を紹介する。新ナトリウムライダーは、全固体レーザーを用いることにより、安定したシステムとして運用されている。これまで、2010 年 10 月に 1 月間、11 月に約 2 週間、2011 年 1 月に約 2 週間の観測を実施し、計約 180 時間の大気温度データを取得した。2011 年 2 月に約 2 週間、3 月に約 2 週間の観測を計画している。これまでの主な観測結果は、以下の 3 つにまとめられる。

（1）EISCAT レーダーとの同時観測

2010 年 10 月 5-6 日、および 11 月 14 日には、EISCAT UHF レーダーとの同時観測を実施した。11 月 14 日の EISCAT レーダー観測は、日本の特別実験として実施した。これらの期間は、EISCAT レーダーから観測された電場は、比較的小さい値の期間が長かった。例えば 11 月 14 日では、17UT から 19UT の期間で、20-30 mV/m、20 UT 以降は、10 mV/m 以下であった。EISCAT レーダー観測から導出したイオン温度とライダーから導出した中性大気温度について、高度 95 km から 105 km で比較したところ、おおむね良い一致を得た。

（2）周期数時間の大気温度変動

2010 年 10 月 29 日の観測では、大気重力波のものと思われる 4 時間程度周期の大気温度変動が観測された。高度 90 km で、4 時間の間に大気温度が約 30 K 変動している。2011 年 1 月 7 日から 13 日までの観測では、この期間内は晴天に恵まれ、4 晩、12 時間から 15 時間にわたる大気温度データの取得を行うことができた。このデータにも、周期的な大気温度変動が見れている。これらを用いて、大気潮汐波や大気重力波による大気温度変動の解析を進めている。

（3）2011 年 1 月 11 日には、スプラディックナトリウム層が約 3 時間観測された。同じサイトにある MF レーダー、イオノゾンデ、オーロラカメラなどのデータを併せ用いて、その成因を調べている。

本講演では、これらの結果の報告を通して、2010 年度シーズンの観測結果の概要を報告するとともに、今後のライダーのシステム改良計画についても述べる。

キーワード: 極域, 大気温度, 中間圏, 下部熱圏, ナトリウムライダー, トロムソ

Keywords: polar region, neutral temperature, mesosphere, lower-thermosphere, sodium LIDAR, Tromsø

PEM032-18

会場:103

時間:5月27日 08:45-09:00

Na ライダーのレーザ波長制御技術: Injection Seeding の評価 Injection seeding technique for the new Na lidar system in Tromso

川原 琢也^{1*}, 津田 卓雄², 野澤 悟徳², 斎藤 徳人³, 和田 智之³, 川端 哲也², 藤井 良一³

Takuya Kawahara^{1*}, Takuo Tsuda², Satonori Nozawa², Norihito Saito³, satoshi Wada³, Tetsuya Kawabata², Ryoichi Fujii³

¹ 信州大学工学部, ² 名大 STE 研, ³ 理化学研究所基幹研

¹ Faculty of Eng., Shinshu University, ² STEL, Nagoya University, ³ ASI, RIKEN

信州大学/名古屋大学/理化学研究所は、EISCAT レーダサイト (Tromso in Norway) 設置を目的とした高出力高安定ナトリウム温度/風ライダーを開発した。このライダーは 2010 年 10 月から運用を開始し、既に 2011 年 1 月末までで延べ 27 日以上 (178 時間以上) の観測を行っている。現在、取得データの解析を進めている (本講演 野澤他)。このライダーで最も重要な波長制御に関しては、種レーザシステム上で Na cell を用いた飽和吸収分光法を用いて絶対波長を検出し、種レーザの光路途中に設置した音響光学素子を用いて正確に 3 波長を切り替え、パルスレーザの波長調整を行う。この injection seeding 技術はライダー観測の安定性に直結するため、その状態を定量的に把握しておく必要がある。本発表では injection seeding に関する実験をまとめ、その安定性を評価する。

キーワード: ライダー, ナトリウム, Nd:YAG レーザ, インジェクションシーディング

Keywords: lidar, sodium, Nd:YAG laser, injection seeding

PEM032-19

会場:103

時間:5月27日 09:00-09:15

トロムソナトリウムライダーで観測されたスボラディックナトリウム層 Sporadic sodium layer observed with the Tromso sodium lidar

津田 卓雄^{1*}, 野澤 悟徳¹, 川原 琢也², 川端 哲也¹, 斎藤 徳人³, 和田 智之³, 大山 伸一郎¹, 藤原 均⁴, 小川 泰信⁵, 鈴木 臣¹, 藤井 良一¹, 小川 忠彦⁶, 松浦 延夫¹

Takuo Tsuda^{1*}, Satonori Nozawa¹, Takuya Kawahara², Tetsuya Kawabata¹, Norihito Saito³, Satoshi Wada³, Shin-ichiro Oyama¹, Hitoshi Fujiwara⁴, Yasunobu Ogawa⁵, Shin Suzuki¹, Ryoichi Fujii¹, Tadahiko Ogawa⁶, Nobuo Matuura¹

¹名古屋大学 太陽地球環境研究所, ²信州大学 工学部, ³理化学研究所, ⁴東北大学 理学研究科, ⁵極地研究所, ⁶情報通信研究機構

¹STEL, Nagoya Univ., ²Faculty of Engineering, Shinshu Univ., ³RIKEN, ⁴Graduate School of Science, Tohoku Univ., ⁵NIPR, ⁶NICT

The mesospheric and lower thermospheric sodium layer, distributed at 80–110 km height, have been observed for more than 30 years by resonance scattering lidars. During these observations, researchers discovered the sudden formation of dense thin sodium layer superposed on the normal sodium layer. Such an enhanced layer is called a sporadic or sudden sodium layer (SSL). Typical feature of the SSL is a thin layer with a full-width at half maximum (FWHM) of 1–2 km lasting for a tens of minutes to several hours, and its peak sodium density is a few to tens times larger than that of the background sodium density. Several possible mechanisms have been discussed in previous studies. The hypotheses are, for example, direct meteoric input, energetic electron bombardment on meteoric smoke particles, and ion neutralization in the sporadic E layer. Most case studies trying to identify the generation mechanism of SSL seem to focus on only one of the proposed theories. To examine a couple of mechanisms at once, it is essentially valuable to accumulate many kinds of related observations, such as sodium lidar, meteor radar, MF radar, incoherent scatter radar, ionosonde, and auroral camera.

On 11 January 2011, a sporadic sodium layer was observed with a sodium lidar, which was newly installed in the European incoherent scatter (EISCAT) radar site at Tromsø, Norway (69.6N, 19.2E). The SSL observation at the EISCAT radar site is quite suitable for the SSL study because several instruments are working there. In this study, we have investigated the generation mechanism of the observed SSL analyzing data of the sodium lidar, MF radar, meteor radar, auroral camera and so on. As the results, the observed SSL seems to have no connections with the auroral precipitations and the direct meteor inputs, but have a relationship with a sporadic E layer accompanied by a vertical wind shear. Furthermore, the SSL can provide observational data with higher signal-to-noise ratio. Such high quality data is useful for investigating fine structure of the sodium density. In order to investigate fine structure in the observed sporadic sodium layer, we have analyzed the lidar data with 5-sec time resolution and found (quasi) periodic oscillations in the peak height of the sodium density. The observed oscillations had periods of 5–14 min, and its height differences of peak-to-bottom were 288–1152 m. The height change rates were 1.0–3.6 m/s for upward and 1.1–4.8 m/s for downward. From these features, the observed structure seems to be parts of the atmospheric gravity waves and/or Kelvin-Helmholtz billows. We have examined the background atmospheric condition of the sporadic sodium layer using the lidar temperature data as well as the MF radar wind data. Mostly, the estimated Brunt-Vaisala periods were 3–8 min (i.e., no convective instability) and the estimated Richardson numbers were larger than 0.25 (i.e., no wind shear instability). Based on these results, we have discussed the fine structure observed in the SSL.

キーワード: スボラディックナトリウム層, ライダー, 極域, 中間圏, 下部熱圏, 大気重力波

Keywords: Sporadic sodium layer, Lidar, Polar region, Mesosphere, Lower thermosphere, Atmospheric gravity wave

PEM032-20

会場:103

時間:5月27日 09:15-09:30

トロムソナトリウムライダーによって観測された数時間周期の中性大気温度変動 Periodic variations for several hours of neutral temperature observed with the sodium LI-DAR at Tromsø

高橋 透^{1*}, 野澤 悟徳¹, 津田 卓雄¹, 大山 伸一郎¹, 川端 哲也¹, 川原 琢也², 斎藤 徳人³, 和田 智之³, 藤原 均⁴, 藤井 良一¹
Toru Takahashi^{1*}, Satonori Nozawa¹, Takuo Tsuda¹, Shin-ichiro Oyama¹, Tetsuya Kawabata¹, Takuya Kawahara², Norihito Saito³, satoshi Wada³, Hitoshi Fujiwara⁴, Ryoichi Fujii¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 信州大学工学部, ³ 理化学研究所, ⁴ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

¹STEL, Nagoya Univ., ²Faculty of Engineering, Shinshu Univ., ³RIKEN, ⁴Department of Geophysics, Tohoku Univ.

極域中間圏・下部熱圏領域は高エネルギープロトン降下イベントやオーロラ粒子の降り込みなどによる磁気圏からのエネルギー注入があり、下層大気から大気重力波や大気潮汐波による運動量輸送を受ける。近年、成層圏突然昇温による中間圏・下部熱圏大気の変動が注目されている。このように、極域中間圏・下部熱圏は、磁気圏からの電磁気的作用と下層大気からの力学的作用を受ける特殊な領域である。そのため、磁気圏-電離圏-熱圏結合を理解する上でも、大気領域間結合を理解する上でも、非常に重要な領域であると言える。

極域中間圏・下部熱圏の大気温度構造は、高エネルギー太陽光（紫外線、極端紫外線、X線）吸収による放射加熱を第一とし、それに加えて子午面循環に伴う断熱膨張・圧縮の力学的効果により、全球的規模で構造が形成されている。そして、この平均場に加えて、大気波動による擾乱の事例が多く報告されている。例えば、中間圏界面高度で振幅約13 K、周期約12時間の大気温度変動がスピッツベルゲン島で観測されている[Walterscheid et al., Nature, 1986]。これは、半日潮汐波が影響した大気重力波の運動量フラックスによって励起された疑似大気潮汐波によるものである事が示唆されている。また、最近の研究では、約4時間周期、振幅約3 K、鉛直波長約80-140 kmの大気温度変動が観測されている[Won et al., GRL, 2003]。リゾールトベイとキルナの両観測点で観測された同種のデータの比較を通して、位相差を求め、この大気温度変動が大気潮汐波（周期4時間）によるものであると結論づけている。これらのように、極域中間圏界面付近では、大気波動が原因と考えられている、周期性の大気温度変動が観測されている。このような大気温度変動の発生機構に関する物理的理解をさらに進めるためには、温度と風速の同時観測を行うと共に、観測の時間・高度分解能を改善することが重要である。

北欧トロムソ（北緯69.6度、東経19.2度）を中心にして、これまで我々はEISCAT レーダー (European Incoherent SCATter)、MF レーダー、流星レーダーを用いた極域下部熱圏・中間圏の大気ダイナミクスの解明を進めてきている。極域下部熱圏平均風の季節変動、準2日波や大気潮汐波の季節変動及びその東西波数、下部熱圏における高速風現象及びその加速機構、イオンドラッグ加速による大気潮汐波の変動、中間圏から下部熱圏における半日潮汐波のモード変化（高度および時間）、下部熱圏におけるプラネタリー波の存在などを報告してきている[Nozawa and Brekke, JGR, 1999; Nozawa et al., JGR, 2003, 2005, 2010; Tsuda et al., JGR, 2007, 2009]。これらの研究では風速観測値の統計解析によって平均的描像を把握するとともに、中性風の加速度項を定量的に導出することで外力による風速変化に関する理解を進めてきた。しかし、大気ダイナミクスの理解をさらに進めるためには、中性大気の圧力勾配、即ち、温度構造を知ることが必要不可欠である。中間圏界面・下部熱圏領域は、大気中で最も低温の中間圏界面を含み、大気温度の鉛直勾配の符号が代わり、直接加熱により温度勾配の大きくなっている。さらに、磁気圏からの太陽風エネルギー注入による加熱も受けている。そこで我々は、2010年3月にトロムソ EISCAT 観測所に高度80 km から110 kmの大気温度、風速を高精度で観測できるナトリウムライダー（波長589 nm）を設置し、2010年10月1日から大気温度の観測を開始した。このナトリウムライダーの大きな特徴の1つは、5つの受信機を用いた5方向同時観測により、温度および風速の空間構造を導出することができることである。また、同じ敷地内にEISCAT レーダーやMF レーダーが設置されている。これらの機器との同時観測により、下層大気からの大気波動の伝搬、碎破による運動量の授受および温度変動、また、磁気圏からのエネルギー注入の影響など、定量的に議論できると期待している。

2010年10月から2011年1月の期間で、我々はこのナトリウムライダーを用いて、合計約180時間の大気温度データを取得することができた。本研究では高度80 km から110 kmにおける大気温度の数時間程度の周期変動について着目し、解析を行っている。2010年10月29日に観測されたイベントでは、周期約4時間、鉛直波長約10 kmの大気波動的な変動が観測された。この大気温度変動は、位相が下方伝搬の様子を捕らえており、典型的な大気波動の特徴を示している。高度90 kmでは、30 K程度の大気温度変動が観測され、同種の周期的大気温度変動は、2011年1月でも観測されている。

本講演では、これらの大気温度変動の観測結果について報告する。また、トロムソ MF レーダーの風速データから大気波動成分を導出し、ナトリウムライダーから導出した大気温度変動との比較結果を報告する予定である。

キーワード: ナトリウムライダー, 大気重力波, トロムソ, 中間圏界面下部熱圏, EISCAT, 温度変動

Keywords: sodium LIDAR, Atmospheric gravity wave, Tromsø, Mesopause and Lower Thermosphere, EISCAT, variation of temperature

PEM032-21

会場:103

時間:5月27日 09:30-09:45

昭和基地におけるレイリ・ラマンライダー観測：初期結果 Initial results from a Rayleigh-Raman lidar at Syowa station

中村 卓司^{1*}, 鈴木 秀彦¹, 江尻 省¹, 阿保 真², 富川 喜弘¹, 堤 雅基¹, 川原 琢也³, 坂野井 和代⁴, 佐藤 薫⁵
Takuji Nakamura^{1*}, Hidehiko Suzuki¹, Mitsumu Ejiri¹, Makoto Abo², Yoshihiro Tomikawa¹, Masaki Tsutsumi¹, Takuya Kawahara³,
Kazuyo Sakanoi⁴, Kaoru Sato⁵

¹ 国立極地研究所, ² 首都大学東京システムデザイン学部, ³ 信州大学工学部, ⁴ 駒澤大学, ⁵ 東京大学

¹National Institute of Polar Research, ²Tokyo Metropolitan University, ³Shinshu University, ⁴Komazawa University, ⁵The University of Tokyo

極域は、中層大気の子午面循環中で、夏極の上昇流、冬極の下降流の下にありそれに伴った温度の季節変化が中層大気上部では極めて大きくなる。このような地球大気の大循環の要所に位置しているがとくに南極域では観測が限られており、温度・風速などの力学量や組成のプロファイル（鉛直分布）観測が重要となる。国立極地研究所では、平成22年度からの6カ年第VIII期計画の

南極地域重点研究観測として、サブテーマ「南極域中層・超高層大気を通して探る地球環境変動」として、大型大気レーダーやライダーなど昭和基地でのアクティブリモートセンシングを充実して、またミリ波分光計のような中層大気の微量成分のプロファイリングを行う装置も導入し、南極域上空の下層から中層・超高層大気にいたる様々な変動を捉えるプロジェクトを推進中である。本講演では、2010年末に昭和基地に向かった第52次南極地域観測隊によって設置・運用が開始されたレイリ・ラマンライダー観測について初期結果を報告する。

同ライダーは第VII期重点研究観測（平成18年度から4年間）期間に開発されたもので、第VIII期重点研究観測の始まる平成22年に昭和基地に輸送された。成層圏・中間圏の温度や大気密度変動、また極成層圏雲（PSC）や中間圏雲（PMC）などの極域特有の雲現象を観測するものである。システムは、正副2台のNd:YAGレーザー（355nm, 300mJ x 20Hz および 100mJ x 20Hz）、大小2台の受信望遠鏡（82cm ナスミス・カセグレン、および 35cm カセグレン）を有し、355nmの弾性散乱および387nmの窒素振動ラマン散乱の計4系統の信号をフォトンカウンタおよびA/D変換器でプロファイリングする。本年2月に昭和基地内に設置を終え、観測を開始した。観測は一部の保守操作を除いて冗長系を含めた3台のPCにより自動制御で行われる。講演では、温度や雲、大気波動の初期観測結果を報告する。

キーワード: 中層大気, ライダー, 極域, 大気重力波

Keywords: Middle atmosphere, lidar, polar region, gravity waves

PEM032-22

会場:103

時間:5月27日 09:45-10:00

北欧3流星レーダーを用いた、大気潮汐波と準2日波の緯度変動の研究 Latitude variation of tides and quasi-2 day waves three meteor radars in northern Norway

橋本 新吾^{1*}, 野澤 悟徳¹, 堤 雅基², 大山 伸一郎¹, 藤井 良一¹

Shingo Hashimoto^{1*}, Satonori Nozawa¹, Masaki Tsutsumi², Shin-ichiro Oyama¹, Ryoichi Fujii¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 国立極地研究所

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, ²National Institute of Polar Research

極冠域の中間圏・下部熱圏大気は、磁気圏からのエネルギー流入や物質輸送と共に、下層大気起源の上方伝搬性の大気波動による運動量輸送が影響を与える領域であり、多様な時間的・空間的分布で、風速変動が発生する領域として知られている。継続的な観測体制を確保し、統計解析や多くの事例研究が可能なデータセットを整備することが本質的に重要である。その達成には、流星レーダーは最適な観測装置の一つである。我々は、ノルウェーのロングイアビン (北緯 78.2 度, 東経 16.0 度) とトロムソ (北緯 69.6 度, 東経 19.2 度) で既に稼働する流星レーダーに加え、これらのほぼ中間地点に位置するベアアイランド (北緯 74.5 度, 東経 19.0 度) に新たに同種の流星レーダー (ATRAD 製) を 2007 年夏に設置した。2007 年 11 月 1 日から定常観測を開始し、2011 年 1 月現在で 39 ヶ月分の風速データを取得している。風速データは概ね高度 80-100 km の範囲で欠損なく取得されており、これらの観測の高度分解能は 3 km、時間分解能は 1 時間である。時刻毎に 1 ヶ月平均値を導出し、そのデータを用いて、平均風、大気潮汐波 (1 日成分、半日成分) を導出した。また、準 2 日波に関しては、8 日連続データを用いて導出した。これまで得られた結果を以下に簡潔に示す。

(1) 平均風は顕著な季節変化、および年々変化を示している。夏よりも冬の方が年々変化は大きい。この理由の 1 つは、プラネタリー波の活動、特に、成層圏突然昇温 (SSW) による影響が考えられる。我々が解析した 3 年間において、SSW は 2009 年および 2010 年の 1 月、2 月に発生した。

(2) 1 日潮汐波の南北成分の振幅強度は、夏期と冬期の間で、顕著な季節変化を示している。4 月から 10 月では、その振幅は、ほぼ一定である。一方、冬期においては、高度 80-90 km において非常に小さい (< 5 m/s)。

(3) 半日潮汐波の南北成分と東西成分は、高度 90-100 km で明らかな季節変化を示さないが、10 月に高度 90 km 以上でその振幅強度は大きく減少する。また、振幅に関して、年変化が非常に顕著である。

(4) 準 2 日波は、高度 90 km より上では、夏期および冬期に活動が高い。冬期は、80-100 km で活動が見られる。一方、夏期は通常 90 km 以上で活動がみられ、90 km 以下の高度では見られないが、数例のイベントで、90 km 以下の高度で活動が見られている。

ベアアイランド (北緯 74.5 度, 東経 19.0 度) は、ロングイアビン (北緯 78.2 度, 東経 16.0 度) とトロムソ (北緯 69.6 度, 東経 19.2 度) のほぼ中間に位置している。3 地点の経度はほとんど等しい。3 地点のレーダーデータの比較を通して、北極域における大気潮汐波と準 2 日波の緯度変動を導出することができる。そこで同様の解析を、トロムソおよびロングイアビン流星レーダーデータを用いて実施している。本講演では、平均風、1 日および半日大気潮汐波、準 2 日波に関しての緯度変動の結果について報告する予定である。また、SSW にともなう風速変動についても報告する予定である。

キーワード: 北欧, 流星レーダー, 大気潮汐波, 準 2 日波, 緯度変動

Keywords: northern Norway, meteor radar, tidal wave, quasi two day wave, latitudinal variation

PEM032-23

会場:103

時間:5月27日 10:00-10:15

The 2009-2010 monthly MU radar observation programme for meteor head echoes The 2009-2010 monthly MU radar observation programme for meteor head echoes

Johan Kero^{1*}, Csilla Szasz¹, Takuji Nakamura¹, David D. Meisel², Toshio Terasawa³, Hideaki Miyamoto⁴, Yasunori Fujiwara⁵, Masayoshi Ueda⁵, Koji Nishimura¹

Johan Kero^{1*}, Csilla Szasz¹, Takuji Nakamura¹, David D. Meisel², Toshio Terasawa³, Hideaki Miyamoto⁴, Yasunori Fujiwara⁵, Masayoshi Ueda⁵, Koji Nishimura¹

¹National Institute of Polar Research, ²SUNY Geneseo, Geneseo, NY, USA, ³University of Tokyo, Chiba, ⁴University of Tokyo, Tokyo, ⁵Nippon Meteor Society

¹National Institute of Polar Research, ²SUNY Geneseo, Geneseo, NY, USA, ³University of Tokyo, Chiba, ⁴University of Tokyo, Tokyo, ⁵Nippon Meteor Society

Meteors, or colloquially shooting stars, are caused by particles from space that are heated up and shattered in the atmosphere. Different estimates of how much mass these meteoroids bring to our planet vary by several orders of magnitude. We conducted a systematic set of monthly meteor head echo observations from 2009 June to 2010 December (>500 h), except for 2009 August, with the Shigaraki Middle and Upper atmosphere (MU) radar in Japan (34.85 degree N, 136.10 degree E), resulting in more than 100 000 high-quality meteor detections. The ultimate purpose of our observation programme is to improve the estimate of the flux of extraterrestrial material into the Earth's atmosphere and to investigate the possible flux of extrasolar meteoroids entering the solar system and crossing Earth's orbit.

Using the interferometric ability of the MU radar we have developed analysis algorithms that give precise geocentric velocities and directions of the observed meteoroids - a few hundreds of metres per seconds and a fraction of a degree, respectively. About 3000 events from about ten thousand head echoes per 24 h observation have the above mentioned accuracy. The head echoes are detected in the height range of 73-127 km. The high number of detections allows us to map the seasonal variation of the sporadic meteor influx, as well as its characteristics in form of geocentric velocity and altitude distribution of the deposited material. The initial altitude distribution shows clear velocity dependence, higher velocity meteoroids ablating at higher altitude.

Our data set contains both shower and sporadic meteor detections. Sporadics are those meteoroids that cannot be directly ascribed to a parent body. Sporadics are the most numerous among our observed particles, and the main contributors to the mass influx into the Earth atmosphere. Shower meteors provide good opportunities to compare head echo observations, as well as our analysis methods, with results using other techniques as with photographic and video observation systems.

キーワード: meteor, meteoroid, HPLA radar, head echo

Keywords: meteor, meteoroid, HPLA radar, head echo

PEM032-24

会場:103

時間:5月27日 10:15-10:30

Gravity wave variability in the equatorial MLT region over Pameungpeuk, Indonesia (7.4°S, 107.4°E) Gravity wave variability in the equatorial MLT region over Pameungpeuk, Indonesia (7.4°S, 107.4°E)

Venkateswara Rao Narukull^{1*}, Toshitaka Tsuda¹
Venkateswara Rao Narukull^{1*}, Toshitaka Tsuda¹

¹RISH, Kyoto University, Uji, Japan

¹RISH, Kyoto University, Uji, Japan

We study short period gravity waves (20-120 min.) in the equatorial Mesosphere and Lower Thermosphere (MLT) observed by an MF radar at Pameungpeuk (7.4°S, 107.4°E). In particular, we study diurnal variation of short period gravity wave variance and its relation to convection in the troposphere. Overall, the gravity wave variance at 88 km enhances between 20 LT and 07 LT, with a peak around 3 LT. The enhancement is mainly observed during September-October and February-April. The convective activity persists from 14 - 24 LT with a peak activity around 18 LT and enhances between November-April. Time delay between the peak of convective activity and peak of GW enhancement is 1-15 hours. This agrees well with theoretical calculations and previous reports based on reverse ray tracing analysis. This study shows that, indeed, convection is the major source for gravity waves observed in the equatorial MLT region.

キーワード: MLT Dynamics, Gravity waves, MF Radar, Convection

Keywords: MLT Dynamics, Gravity waves, MF Radar, Convection

PEM032-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

パッチの停滞に伴うプラズマイレギュラリティの衰退 Stagnation of a polar cap patch and decay of the accompanying plasma irregularities

細川 敬祐^{1*}, 塩川 和夫², 大塚 雄一²

Keisuke Hosokawa^{1*}, Kazuo Shiokawa², Yuichi Otsuka²

¹ 電気通信大学情報理工学研究科, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹University of Electro-Communications, ²STEL, Nagoya University

We report an event in which a polar cap patch, as detected by an all-sky imager (ASI) at Resolute Bay, Canada, stopped its anti-sunward motion and wandered around within the field-of-view of the ASI for more than 1 h. During the wandering motion of the patch, a significant reduction of the cross-polar cap plasma convection was observed by the SuperDARN radars. 10-15 min before the stop of the patch, the IMF observed by the Geotail spacecraft showed a clear northward turning. Such a change in the IMF orientation could lead to the halt of the cross-polar cap convection and resultant stagnation of the patch.

When the patch stagnated, its luminosity decreased gradually, which allows us to investigate how the patch plasma decayed in a quantitative manner. The decay of the patch can be quantitatively explained by the loss through recombinations of O⁺ with ambient N₂ and O₂ molecules, if we assume the altitude of the optical patch to be around 295 km. The derived altitude of the patch around 295 km is much higher than the nominal value at 235 km obtained from the MSIS-E90/IRI2007 models. This is probably because the loss process was much faster in the lower-altitude part of the patch; thus, the peak altitude of the patch increased as it traveled across the polar cap due to rapid recombination at the bottomside of the F region.

During the interval of interest, one of the SuperDARN radars at Rankin Inlet, Canada observed a cluster of field-aligned irregularities (FAIs) in the region of enhanced 630.0 nm airglow associated with the patch. These patch-associated FAIs promptly decayed following the weakening of the optical patch, which was obviously due to a convolution effect of the decrease in the patch-associated density gradient and the reduction in the background convection caused by the northward turning of the IMF. However, the decay of the FAIs was much quicker than that of the optical patch. This suggests that the abrupt reduction of the convection probably played a more important role than the gradual decrease of the patch-associated density gradient in causing the prompt decay of the patch-associated FAIs. This indicates that the strength of the background electric field is very crucial in maintaining small-scale density structures in the polar cap.

キーワード: ポーラーパッチ, 極冠電離圏, プラズマ対流

Keywords: Polar Cap Patches, Polar Cap Ionosphere, Plasma Convection

PEM032-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

オーロラ帯近傍における 630nm 大気光イメージング観測による夜間の中規模伝搬性電離圏擾乱の研究

Observations of nighttime medium-scale travelling ionospheric disturbances by 630-nm airglow imagers near auroral zone

塩川 和夫^{1*}, 森 雅人¹, 大山 伸一郎¹, 大塚 雄一¹, 野澤 悟徳¹, マーチン・コナーズ²

Kazuo Shiokawa^{1*}, Masato Mori¹, Shin-ichiro Oyama¹, Yuichi Otsuka¹, Satonori Nozawa¹, Martin Connors²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² アサバスカ大学

¹STEL, Nagoya University, ²Athabasca University

We study nighttime medium-scale travelling ionospheric disturbances (MSTIDs) observed in the 630-nm airglow imagers at Tromsø (69.6N, 19.2E; magnetic latitude: 67.1N), Norway and at Athabasca (54.7N, 246.7E; magnetic latitude: 61.7N), Canada. This is the first study of high-latitude MSTIDs by all-sky imagers in the European and Canadian longitudinal sectors. For Tromsø we analyzed airglow images for two winters from 9 January to 2 March 2009 and from 9 October 2009 to 3 March 2010. For Athabasca, we analyzed 2-year data from September 2005 to August 2007. At both stations, the MSTIDs were observed before the midnight with the occurrence rate of more than ~30 %. The average wavelengths, phase velocities, and periods of the observed MSTIDs were 100-400 km, 50-150m/s, and 30-60 min, respectively. We found that MSTIDs at Tromsø tend to show eastward motion in addition to the typical southwestward motion. At Athabasca, we recognized a tendency that southwestward-moving MSTIDs occur frequently in winter. In summer, however we found characteristic northward-moving MSTIDs at Athabasca. At both stations, some MSTIDs showed characteristic change of their directions of propagation and wave front in association with auroral activity. We report an example of sudden motion of MSTIDs at substorm onset observed at 1730 UT on December 8, 2009 at Tromsø. On the basis of these results, we discuss possible cause of generation and motion of high-latitude nighttime MSTIDs.

キーワード: 中規模伝搬性電離圏擾乱, 夜間大気光, オーロラ帯, 電離圏, 熱圏, サブストーム

Keywords: medium-scale traveling ionospheric disturbance, airglow, auroral zone, ionosphere, thermosphere, substorm

PEM032-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

南極昭和基地における GPS シンチレーション観測計画-概要と初期結果報告 An observation plan of ionospheric scintillations by use of GPS signals received in Syowa Station, Antarctica

北内 英章^{1*}, 久保田 実¹, 津川 卓也¹, 石橋 弘光¹, 長妻 努¹, 村田 健史¹

Hideaki Kitauchi^{1*}, Minoru Kubota¹, Takuya Tsugawa¹, Hiromitsu Ishibashi¹, Tsutomu Nagatsuma¹, Ken T. Murata¹

¹ 独立行政法人 情報通信研究機構

¹ NICT

GPS 等の衛星測位に深刻な影響を与える電離圏擾乱 (GPS シンチレーション) の現象と影響の測定を行い、衛星測位の高度利活用に資することを目的に、南極・東オングル島に在る昭和基地 [69°00'19"S, 39°34'52"E] で GPS シンチレーション観測を開始した。平成 22 年 11 月に出発した第 52 次南極地域観測隊 (52 次隊) では、基地内の電離層観測小屋 (サイト固有名 SYO1) と管理棟 (SYO2) の 2ヶ所に GPS シンチレーション観測システムを設置した (図 1)。

観測システムは、GPS 受信装置部と観測記録装置部からなる。前者は GPS 受信機 (GSV4004B) と GPS アンテナ (GPS-702-GG)、後者は Linux サーバ (Red Hat Enterprise Server) と今回新たに開発した専用の観測記録ソフトウェアから構成され、両者は RS232C-TCP/IP コンバータ (NPort5410) によって結ばれている。衛星からの電波は、GPS アンテナを通して GPS 受信機で受信され、RS232C 信号として出力される。RS232C 信号は、RS232C-TCP/IP コンバータによって TCP/IP 信号に変換され、Linux サーバに入力される。入力信号は、観測記録ソフトウェアによって生データ、RINEX (Receiver Independent Exchange Format) 形式のデータ、シンチレーションデータ、TEC (Total Electron Content) データとして記録保存される。各データのサンプリングレート及びファイル保存間隔は可変であり、現在はシンチレーションが 50Hz、それ以外は 1Hz で運用されている。記録保存されたデータの一部は、リアルタイムで NICT のウェブサイトで試験的に公開されている。

<http://wdc.nict.go.jp/IONO2/ANTARCTIC/SYOGS/SYO1/TEC/>

<http://wdc.nict.go.jp/IONO2/ANTARCTIC/SYOGS/SYO2/TEC/>

53 次隊では、更にもう 1ヶ所 (SYO3) 観測システムを設置して都合 3ヶ所での観測体制を確立し、それぞれの受信信号変動の時間差から擾乱の伝搬速度を測定する予定である。

謝辞

観測システムの設置にあたって、第 51 次南極地域観測隊と 52 次隊および南極観測船「しらせ」乗艦の海上自衛隊の皆様にお世話になりました。特に管理棟への設置にあたって、ご尽力いただいた 51 次越冬隊電離層の中本廣氏と 52 次越冬隊庶務の市川正和氏に感謝します。そして、52 次夏隊電離層の業務全般を国内で支援してくれた永原政人氏に感謝します。



図1. 南極昭和基地に設置したGPSシンチレーション観測システム配置図

キーワード: 南極昭和基地, 電離圏擾乱, GPS 信号, 観測計画

Keywords: Syowa Station, Antarctica, ionospheric scintillations, GPS signals, observation plan

PEM032-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

電波伝搬特性解析による電離圏下部領域の電子密度推定の自動化 Automated estimation of electron density profile in the lower ionosphere by the radio wave propagation characteristics

佐々木 亨^{1*}, 三宅 壮聡¹, 石坂 圭吾¹, 岡田 敏美¹
Toru Sasaki^{1*}, Taketoshi Miyake¹, Keigo Ishisaka¹, Toshimi Okada¹

¹ 富山県立大学

¹ Toyama Prefectural University

SRP-5 sounding rocket was launched from Poker Flat Research Range, Fairbanks, Alaska at 14:17 LT on January 10, 2009. The primary science objective of SRP-5 Project is to measure the plasma density profile of the polar D region ionosphere above Poker Flat Research Range, which was carried out with using a plasma probe, radio receivers, and other sensors. The objective of TPU (Toyama Prefectural University) radio receiver is to investigate the electron density profile in the polar D region at daytime. The electron density profile in the lower ionospheric region is estimated from the absorption of three radio waves observed by SRP-5 sounding rocket.

We observed three different radio waves, CHENA (257 kHz), KFAR (660 kHz) and KCBF (820kHz), transmitted from navigation and broadcast stations near Fairbanks, Alaska. They were successfully observed from the altitude 0 to 98 km during the ascent flight. The receiver observed magnetic field intensities and waveforms down converted to about 100 Hz. During the rocket ascent, up to about 150 seconds, the intensities of these radio waves attenuate gradually with increasing time, until they reach the system noise level of the receiver at about 110 seconds. These attenuations are due to collisions between the electrons and the neutral molecules in the lower ionosphere. On the other hand, the spectra of three radio waves are obtained by FFT (Fast Fourier Transform) from the waveforms. These spectra branch into two after launch, since the frequencies of the polarized waves are affected by the rocket spin.

The approximate electron density profile can be estimated from the comparison between these observation results and propagation characteristics calculated with Full wave method. The estimated electron density profile suddenly increase then decrease at the altitudes between about 80 and 90 km. The magnetic intensity, calculated with Full wave method from this electron density profile, are almost the same as the experimental results. In addition, we are going to distinguish the right- and left-hand polarized waves from the spectra of observed three radio waves, and estimate more detailed electron density profile in the lower ionosphere below 65 km.

This estimation process has some problems. At first, we have no clear standard for comparing observation results and propagation characteristics calculated with Full wave method. In addition, we have to iterate many times correcting the electron density profile by handwork, calculating propagation characteristics with Full wave method and comparing observation results and calculated propagation characteristics. This iteration takes too long to estimate appropriate electron density profile. To reduce these problems, we are going to develop a application to realize automated estimation of electron density profile by the radio wave propagation characteristics analysis.

キーワード: 電波伝搬特性, 電子密度, 電離圏, ロケット観測

Keywords: radio wave propagation characteristic, electron density profile, ionosphere, sounding rocket measurement

PEM032-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

GPS-TEC トモグラフィを用いて、ヨーロッパ地域の電離層夜間電子密度増大現象の研究

The Ionospheric Nighttime Electron Density Enhancement by 3D Tomography Method around European Region

陳 佳宏^{1*}, 齊藤 昭則¹, Lin Charles², 劉 正彦³
Chia Hung Chen^{1*}, Akinori Saito¹, Charles Lin², Jann-Yenq Liu³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 台湾成功大学, ³ 台湾中央大学

¹Kyoto University, Japan, ²National Cheng Kung University, Taiwan, ³National Central University, Taiwan

The nighttime electron density enhancement of the Earth's ionosphere is characterized by the greater electron density in the nighttime than that in the daytime. Recently, this anomaly feature has intensely been studied by using satellite observations and model simulations. Results show that there are three obvious nighttime electron density enhancement regions around South American, European, and Northeast Asian. The 3D tomography method, employs GPS data observed by a network of dual-frequency GPS receivers, is used in this study to study the three-dimensional structure of the nighttime electron density enhancement around European region, where covers a lot of GPS receivers. Furthermore, we compare with the tomography results and the SAMI2 (Sami2 is Another Model of the Ionosphere) model simulation results. The results will be shown in the poster.

Keywords: 3D tomography, nighttime electron density enhancement, GPS-TEC

PEM032-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

欧州のGPS受信機網を用いた全電子数変動の観測 Observations of total electron content variations using GPS networks in Europe

大塚 雄一^{1*}, 中川 慎太¹, 塩川 和夫¹, 津川 卓也²

Yuichi Otsuka^{1*}, Shinta Nakagawa¹, Kazuo Shiokawa¹, Takuya Tsugawa²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 情報通信研究機構

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, ²NICT

欧州におけるGPS観測網データを用いて全電子数(Total Electron Content; TEC)を算出し、TEC変動の水平二次元分布を明らかにした。本研究では、各GPS衛星-受信機間で得られたTECの時系列から1時間移動平均を引くことによりTECの変動成分を抽出し、衛星-受信機間のパスが高度300kmを通る地点にプロットしてTEC変動成分の水平二次元分布を求めた。このTEC変動の二次元分布について、2008年一年間のデータ解析を行い、以下を明らかにした。(1)地磁気緯度に沿って東西方向にのびる電離圏トラフの水平二次元構造を明らかにした。統計解析を行い、トラフの出現頻度は、春・秋の日没後から真夜中にかけての時間に高いことを明らかにした。この結果は、トラフの緯度が地磁気活動に依存し、地磁気活動が高いときに低緯度側に移動するという従来の観測結果と一致しており、トラフが低緯度側に移動したときにGPS-TECの二次元分布で捉えられることを示している。(2)昼間におけるMSTIDは、冬季に発生頻度が高く、南向きに伝搬するものが多い。この結果は、他の観測機器によるMSTIDの観測結果やGPS-TECデータを用いた他地域での観測結果と一致しており、従来から考えられてきたように、昼間のMSTIDが大気重力波に起因するものであることを支持している。これは、電離圏プラズマは中性大気との衝突によって磁力線に平行な方向にのみ動かされるが、大気重力波による中性大気運動の磁力線平行成分は、大気重力波が赤道方向に伝搬する時に最も大きくなるためと考えられている。また、本研究では、MSTID発生頻度の緯度依存性を明らかにするため、欧州を低緯度側と高緯度側とに分け、それぞれにおいて発生頻度を調べたが、両者に明確な違いは見られなかった。(3)夜間においてMSTIDは南西方向に伝搬するものが多いことを明らかにした。この結果は、日本と南カリフォルニアにおけるGPS-TECの水平二次元分布を用いて得られた統計解析結果や、日本やアメリカ域での光学観測で得られた統計結果とも一致する。夜間のMSTIDが、北西から南東にのびる波面をもつものが多いことから、夜間のMSTIDの生成にPerkins不安定が重要な役割を果たしていると考えられる。さらに、本研究では、MSTIDの発生頻度には緯度依存性があり、高緯度では低緯度に比較して発生頻度が低いことが明らかになった。

キーワード: GPS, 全電子数, 電離圏, 電離圏トラフ, 伝搬性電離圏擾乱

Keywords: GPS, TEC, ionosphere, ionospheric trough, TID

PEM032-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

北海道-陸別HFレーダーによる超静穏時における中緯度域電離圏対流の研究 Study of mid-latitude ionosphere convection during super quiet period with the Super-DARN Hokkaido radar

鄒 運^{1*}, 西谷 望¹

Yun Zou^{1*}, Nozomu Nishitani¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ STEL, Nagoya University

中緯度・サブオーロラ帯の電離圏対流特性は過去さまざまな観測手段・計算機実験等により調べられている、真夜中付近において西向きのフローの存在が確認され、Blanc et al.(1980)は擾乱ダイナモ作用が働いていると指摘した。我々のグループではSuperDARNレーダーの1基であり、現在もっとも低い地磁気緯度に位置する北海道-陸別HFレーダー(2006年12月より正式運用開始)が過去4年間に蓄積した電離圏エコーのデータを活用し、今までにあまり解析が進んでいなかった中緯度領域(地磁気緯度40度から60度)のプラズマ対流分布について解析を行った。そして、中緯度(40度から55度)の夜側における西向きのフローの存在を確認した。一方、Gonzales et al.(1978, JGR)はMillstone Hillレーダーを使って地磁気活動度が非常に静穏(1日の地磁気指数K_pの合計値が14以下)である時に、真夜中前の対流が東向きに変わることを示している。この傾向は北海道-陸別HFレーダーの観測データを活用した前回の解析結果では見出されなかった。

最近Kumar et al. (2010)は、オーストラリアのバンドーラ(地理緯度145.1°E, 37.7°S, 磁気緯度49°S)に設置したデジゾンデで捕えた電離圏ドリフトデータを活用し、中程度以上の大きさ(minimum Dst<-60nT)を持つ磁気嵐が夜側中緯度電離圏に与える影響は磁気嵐開始時より最大50時間継続することを示した。より正確に夜側の中緯度電離圏における擾乱ダイナモ作用の発達・減衰過程を理解するためには、それ以前に発生した磁気嵐からの影響を取り除く必要がある。

今回の研究では北海道-陸別HFレーダーで観測した地磁気指数K_pが0+以下の場合のデータよりそれ以前50時間以内に磁気嵐が発生した期間を取り除いたが、平均速度の西向き成分が弱まることが確認されたものの、真夜中前の対流が東向きに変わる傾向は見出されなかった。現在、Dst指数が定義した磁気嵐によりレーダーで観測した中緯度電離圏対流が受ける影響についてSuperposed Epoch Analysis(SEA)手法で統計解析を行い、その性質を調べている。講演では、より詳細な解析結果について報告する予定である。

キーワード: SuperDARN, 北海道-陸別HFレーダー, 中緯度電離圏, 擾乱ダイナモ作用, 西向きのフロー, 地磁気指数K_p

Keywords: SuperDARN, SuperDARN Hokkaido radar, mid-latitude ionosphere, disturbance dynamo, westward flow, Geomagnetic K_p Indices

PEM032-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

2009年7月の皆既日食時に衛星 DEMETER で観測された電子・イオン密度変動 Variation of Ne and Ni observed by DEMETER during 2009 total solar eclipse

望月 香織^{1*}, 鴨川 仁¹, 柿並 義宏², Wang Xiaoni³, Berthelier Jean-Jacques³, 大西 健夫³

Kaori Mochizuki^{1*}, Masashi Kamogawa¹, Yoshihiro Kakinami², Wang Xiaoni³, Jean-Jacques Berthelier³, Tatsuo Onishi³

¹ 東京学芸大学物理学科, ² 台湾中央大学太空科学研究所, ³ LATMOS, France

¹Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ., ²Inst. Space Sci., National Central Univ., ³LATMOS, France

We investigate topside ionospheric dynamics of 2009 total solar eclipse in East Asia by using Ne/Te and Ni/Ti data of French satellite DEMETER, of which altitude is around 660 km. On July 22, 2009, one of DEMETER orbits crossed eclipse zone, and the distance closest to the total eclipse area was approximately 200km. Just after the total solar eclipse, Te decreased while Ne did not change. Before the maximum obscuration, Ne decreased and Te increased because production rate of plasma decreased under the F-region. Since strong fountain effect appeared up to +30 degree in latitude, the satellite measured the enhancement of Ne, while Te further decreased due to the eclipse. This feature differs from another eclipse case [Wang et al., JGR, 2010]. In the presentation, we discuss quantitatively ionospheric dynamics during the total solar eclipse.

キーワード: 皆既日食, イオン密度, 電子密度, 大気重力波

Keywords: Total solar eclipse, Ion density, Electron density, Gravity wave

PEM032-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

2次元FDTDシミュレーションを用いたスποラディックE層空間構造推定 Estimation of spatial structure of sporadic E layer with 2-dimensional FDTD simulations

黒川 貴寛^{1*}, 三宅 壮聡¹, 石坂 圭吾¹

Takahiro Kurokawa^{1*}, Taketoshi Miyake¹, Keigo Ishisaka¹

¹ 富山県立大学

¹ Toyama Prefectural University

電離圏電子密度の解析手法として、ロケットによる直接観測、レーダによる観測、シミュレーション（Full-wave 法や FDTD 法）などがある。本研究では 2 次元 FDTD 法を用いたシミュレーションを行い、電離圏の空間構造が電波伝搬特性に与える影響について解析を行い、ロケット観測で得られる電波強度の高度分布から電離圏空間構造を推定できる可能性を検討する。FDTD シミュレーションでは自由な空間構造の解析が可能であり、本研究では電離圏下部領域における特徴的な空間構造としてスποラディック E 層と FAI を想定している。電離圏モデルとして、層状、楕円電子雲モデルを仮定し、電離圏の空間構造が電波伝搬特性に与える影響、特に周波数による影響の違いを調べた。さらに実際に行われている電離圏ロケット観測を想定して、シミュレーション結果から電波の磁界強度高度分布を求め、電離圏モデルが異なる場合の磁界強度高度分布を比較し、その特徴から逆に電離圏空間構造の推測を行えるかについて検証を行った。複数周波数の電波を同時に観測して比較することによって、スποラディック E 層や FAI 等の電離圏空間構造の推測が容易になることが期待できる。

シミュレーションの結果、層状モデルでは電離層上空で高度が上昇するにしたがって磁界強度が単調減少するのだが、楕円電子雲モデルでは電子雲中で磁界強度は減少した後、電子雲上空で再び磁界強度が増加するという違いが現れた。この磁界強度の上昇は電子雲の大きさと電波の波長（周波数）に対応しているため、磁界強度高度分布からスποラディック E 層の空間構造スケールを推定することが可能である。これらの結果を元に、電波発信源の位置や発信周波数を変化させてシミュレーションを実行して、その影響の現れ方の違いからスποラディック E 層に代表される電離圏空間構造の正確な推定が可能か検証する。

キーワード: スポラディック E 層, FDTD シミュレーション, 電離圏, 電子密度分布, プラズマ波動伝搬

Keywords: Sporadic E layer, FDTD simulation, ionosphere, electron density profile, plasma wave propagation

PEM032-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

時間領域 Full wave 法を用いた電離圏下部電子密度推定に関する研究 Study on the estimation of the electron density profile in the lower ionosphere with time domain Full wave analysis

二谷 崇大¹, 三宅 壮聡^{1*}, 石坂 圭吾¹, 村山 泰啓², 川村 誠治²

Takahiro Futatsuya¹, Taketoshi Miyake^{1*}, Keigo Ishisaka¹, Yasuhiro Murayama², Seiji Kawamura²

¹ 富山県立大学, ² 情報通信研究機構

¹ Toyama Prefectural University, ² NICT

MF レーダは左旋性または右旋性偏波の電波を鉛直に打ち上げ、それらの分反射情報から下部電離圏 D, E 領域の電子密度を推定している。電離圏下部領域の電子は周辺の中性大気の運動や水和イオン・窒素酸化物などを含む化学反応などと密接に関係していることから、この領域の電子密度を連続的に観測することで中間圏・下部電離圏物理における新たな科学的知見をもたらす可能性がある。しかし、D 領域高度の電子密度は 1 立方センチ当たり数十~1000 個程度と小さく、電子密度推定のためのアルゴリズムも確立されていないため、現時点では精度の高い観測を連続的に行うことは困難である。この領域の電子密度推定方法としてロケットによる電波観測を利用した電波吸収法がある。この方法で精度の高い推定を行うことは可能であるが、ロケットの打ち上げは散発的であるため、やはり連続的な観測は困難である。

本研究では MF レーダの観測手法を時間領域 Full wave 法を用いてシミュレーションし、電離層下部の電子密度を連続的に観測する方法を検討する。現在 MF レーダを用いた電離圏下部電子密度推定に用いられているアルゴリズムとして DAE 法がある。DAE 法とは電離圏 D, E 領域で分反射される左旋性偏波と右旋性偏波の反射量の違い（受信電波比）から電子密度を推定する手法である。しかし、DAE 法には電子密度を求める計算式の中に変数として電子密度が含まれているという矛盾があるなど、いくつか問題点がある。そこで、これまで単一周波数の電波しか扱えなかった Full wave 法に時間発展を取り入れた時間領域 Full wave 解析法を開発し、この手法を用いたシミュレーションによって DAE 法を再現してその問題点・改良点の検討を行った。その結果、DAE 法に用いられている反射係数 R_x/R_o の低高度部の値に問題がある事がわかり、修正を加えた。また、吸収係数 $(k_x - k_o)/N$ は条件によりいくつかのパターンを使い分けることで電子密度推定精度が向上することを見出した。新しく作成した R_x/R_o と $(k_x - k_o)/N$ の値を DAE 法に用いる事により、以前より精度の高い電子密度高度分布の推定が可能であると考えられる。将来的にはロケット実験等で、放送波等の連続波だけでなく、パルス波を利用したロケット実験を行うといった事が期待できる。

キーワード: 電離圏下部電子密度, Full wave 法, MF レーダ, DAE 法

Keywords: electron density in the lower ionosphere, Full wave analysis, MF radar, DAE method

PEM032-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

太陽活動周期に関連したトweek反射高度変動 Solar cycle variations of the tweek reflection height

大矢 浩代^{1*}, 塩川 和夫², 三好 由純²

Hiroyo Ohya^{1*}, Kazuo Shiokawa², Yoshizumi Miyoshi²

¹ 千葉大学大学院工学研究科, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Graduate School of Eng., Chiba Univ., ²STE Laboratory, Nagoya University

The purpose of this study is to reveal solar-cycle variations of the tweek reflection height. Tweek atmospherics are reflected at a height where the equivalent electron densities are $20 - 30 \text{ cm}^{-3}$. Descent (rise) of the reflection height corresponds to increase (decrease) in electron density in the ionospheric D- and lower E-regions. It is known that electron density in the sub-ionosphere depends on solar activities, although nighttime lower ionosphere has not been sufficiently investigated yet. An advantage of using tweeks is to be able to monitor variations of electron density less than 10^2 cm^{-3} along long propagation paths (several thousands of kilometers). From cut-off frequency of the first order mode on dynamic spectrum, we can estimate the reflection height. We use tweek data obtained at Kagoshima (31.5N, 130.7E), Japan, on magnetically quiet days in 1976-2010; solar cycles 21,22, 23, and the rising phase of solar cycle 24. The average and standard deviation of the reflection height were 95.9 km and ± 3.1 km, respectively. The years when the tweek reflection height was lower than 93.0 km were 1976 (solar minimum), 1979 (solar maximum), 1985 (solar minimum), 1995-1997 (solar minimum), and 2002 (solar maximum). On the other hand, the years when the tweek reflection height was higher than 99.0 km were 1977-1978 (rising phase), 1987-1991 (rising phase to solar maximum), and 2006-2009 (solar minimum). The significant peaks of the periodgram were seen to be 13.3, 3.2, and 1.3 years. We have considered possible causes of this long-term variation of the reflection height: geocorona emission, galactic cosmic ray (GCR), particle precipitation from the inner radiation belt, and the neutral atmosphere. In the presentation, we discuss possible causes of this long-term variation of the reflection height.

PEM032-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

Oersted衛星とCHAMP衛星の磁場観測データによる電離層上層部の中・低緯度で見られる微小磁場変動周期の緯度依存性

The dependence of latitude of period of small magnetic variation in the middle and lower latitude over the ionosphere fr

中西 邦仁^{1*}, 家森 俊彦²

Kunihito Nakanishi^{1*}, Toshihiko Iyemori²

¹ 京都大学 SPEL, ² 地磁気世界資料解析センター

¹SPEL, KYOTO UNIV, ²WDC for Geomagnetism, Kyoto Univ

1999年から2002年にかけて低高度(600 km ~ 900 km)精密磁場観測 Oersted 衛星によって観測された磁場観測データの解析から30秒以下の周期の微小変動がほぼ常時存在することが報告されている。この微小変動には中緯度から低緯度にかけて、磁気赤道に近づくにつれ、周期が長くなっている現象がしばしば見られる。この現象は2000年に打ち上げられた低高度(300km~450km)精密磁場観測 CHAMP 衛星の磁場観測データにも見られる。最大エントロピー法を用いて、この微小変動のパワースペクトルをとり、そのピークの地磁気緯度依存性を調べると、緯度が小さくなるにつれて周期が長くなることが示される。この性質は緯度が低くなるにつれて一般的には周期が短くなる地磁気脈動とは逆である。この減少が自然現象であるとする、その原因の一つとして下層大気からの影響が考えられる。すなわち、下層大気で生じた波が上層へと伝播して、電離層でダイナモが起き、それに付随する磁場変動の空間構造を観測しているというものである。このメカニズムに従うと、ダイナモ領域での空間スケールを一樣、すなわち、緯度に依存しないと仮定する場合、両衛星が飛翔する電離層上層では低緯度ほど磁力線の緯度間隔が大きくなるため、空間スケールは大きくなる、すなわち、変動の周期は長くなり、観測データと整合性がとれる。今回の研究では上記のモデルが該当するか否かを調べた結果を、Oersted 衛星と CHAMP 衛星の磁場観測データを比較しながら、観測された磁場の微小変動の周期の地域、ローカルタイムおよび季節依存性の統計的解析結果と合わせ報告する。

キーワード: 電離層, 磁場の微細振動, CHAMP 衛星, Oersted 衛星

Keywords: ionosphere, small magnetic variation, CHAMP satellite, Oersted satellite

PEM032-P13

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

高精度電気力学モデルによる中低緯度の電離圏変動の研究 Atmosphere-Ionosphere Coupling Studied with a High-Resolution Electrodynamics Model

陣 英克^{1*}, 三好 勉信², 藤原 均³, 品川 裕之¹, 寺田 香織³

Hidekatsu Jin^{1*}, Yasunobu Miyoshi², Hitoshi Fujiwara³, Hiroyuki Shinagawa¹, Kaori Terada³

¹ 情報通信研究機構, ² 九州大学, ³ 東北大学

¹NICT, ²Kyushu University, ³Tohoku University

電離圏の電気力学過程は、磁気嵐時の電離圏擾乱（磁気圏対流電場の侵入や擾乱ダイナモ）の他に、地磁気静穏時の電離圏における不規則な変動や擾乱の発生において、重要な役割を果たしている。後者に関しては熱圏やより下層の大気領域に起源があると考えられている。例えば、日中においては中低緯度の電子密度を左右する赤道異常の発達があり、熱圏（まで伝搬した）変動がダイナモ過程を介しての影響と考えられている。特に最近では、赤道異常の経度分布に対流圏由来と見られる波数4構造が発見されている。また、日没後には宇宙天気にとって重要なプラズマバブルの発生があり日々変動する。

赤道異常やプラズマバブルの発生と熱圏（およびその下層の大気領域）とのつながりを理解するために、大気圏-ダイナモ過程-電離圏結合モデルは有効な手段となる。その構成モデルの1つである電気力学モデル（ダイナモモデル）は、高精度化や現実的な地球磁場形状に対応するよう現在開発を行っている。これらにより、プラズマバブル発生の第一要因となる日没付近の東西電場（pre-reversal enhancement）や、より小さい空間スケールの大気波動の影響、現実的な経度依存性などが再現できる。本発表では最近の進展を報告し、今後の開発や協力について議論する。

キーワード: 電離圏, 熱圏, 下層大気, 電気力学過程, 地磁気変動, シミュレーション

Keywords: ionosphere, thermosphere, lower atmosphere, electrodynamics, geomagnetic variation, simulation

PEM032-P14

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

上層電離層低緯度の電子温度-電子密度の相互関係 Correlation of electron temperature with electron density in the low latitude topside ionosphere

林 健太^{1*}, 渡部 重十¹, 柿並 義宏²

Kenta Hayashi^{1*}, Shigeto Watanabe¹, Yoshihiro Kakinami²

¹ 北海道大学理学院宇宙理学専攻, ² 台湾中央大学太空科学研究所

¹Division of Science, Hokkaido University, ²National Central University, Taiwan

上層電離層低緯度の電子温度 (T_e) と電子密度 (N_e) の相互関係はモデリングと衛星観測で比較した。観測では日中の上層電離層低緯度において T_e と N_e の間に正, または負の関係が表れた。この現象は赤道電離異常と関係がある。この電子温度と電子密度の分布の発生仮定を理解するには、観測と物理モデリングや国際標準電離層モデルといった経験的なモデルと比較する必要がある。

キーワード: DEMETER 衛星, 電離圏, 電子密度, 電子温度

Keywords: Demeter satellite, ionosphere, electron density, electron temperature

PEM032-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

3次元MHDモデルを用いた下層大気起源電離層電磁場擾乱の数値実験 3D MHD simulations of electromagnetic variations in the ionosphere caused by waves from the lower atmosphere

松村 充^{1*}, 品川 裕之², 家森 俊彦¹

Mitsuru Matsumura^{1*}, Hiroyuki Shinagawa², Toshihiko Iyemori¹

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 情報通信研究機構

¹ Kyoto University, ² NICT

地震などに伴って下層大気で発生した音波や内部重力波は電離層まで伝播することが、多くの観測で報告されている [e.g., Davies and Jones, 1971; Heki et al., 2006, Otsuka et al., 2006, Choosakul et al., 2009]。また、2004年12月26日のスマトラ地震直後にはタイのピマーイで地磁気脈動が観測されている [Iyemori et al., 2005]。この地磁気脈動は地震によって生じた音波が電離層でのダイナモ作用を介して引き起こしたものと考えられているが、下層大気起源の地磁気脈動は観測例がほとんどなく、詳細な物理機構は明らかになっていない。そこで我々は数値実験によってこの現象の物理機構を推定することを目的とした。

これまでに Shinagawa ら [2007] による2次元の中性大気-電離層モデル（中性大気は非静力学・圧縮性大気、電離層は O^+ の一流体衝突性プラズマ）を用いた数値実験で、大地震で発生した大気波動による電離層擾乱がよく再現されている。このモデルでは電磁気的変動までは考慮されていないが、今回これを3次元化し、求められたプラズマの速度から電磁場の変動を計算するモデルを開発した。下層大気起源の地磁気脈動が磁気流体波によるものである可能性を検証するため、磁場の時間変化を考慮した。

本論文では、このモデルを用いて行った計算の初期結果を報告する。スマトラ地震時の観測結果の再現性を確認する。

PEM032-P16

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

東南アジア地域における地上・衛星観測データを用いた電離圏全電子数の緯度分布と電離圏擾乱出現との相関の解明

Study on latitudinal profile of TEC and its relationship with plasma irregularity occurrence over Southeast Asia

西岡 未知^{1*}, 大塚 雄一¹, 塩川 和夫¹, 津川 卓也², Patrick. A. Roddy³

Michi Nishioka^{1*}, Yuichi Otsuka¹, Kazuo Shiokawa¹, Takuya Tsugawa², Patrick. A. Roddy³

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 情報通信研究機構, ³ 米国空軍研究所

¹STEL, Nagoya University, ²NICT, ³Air Force Laboratory, MA, USA

東南アジア地域における地上 GPS 受信機網データを用いて電離圏全電子数の緯度分布を求め、赤道異常の発達度と低太陽活動度における電離圏電子密度不規則構造の出現との相関を調べた。赤道異常とは、磁気緯度 10 度から 15 度あたりに出現する局所的な高電子密度領域である。磁気赤道域の高電子密度領域が東向き電場によって持ち上げられ、そのプラズマが磁力線沿いに拡散することによって生成される。赤道異常の出現緯度は中低緯度電離圏の電子密度分布に大きく寄与するため、赤道異常の出現緯度は中低緯度電離圏のダイナミクスを示す重要なパラメータである。プラズマバブルや伝搬性電離圏擾乱などの電離圏不規則構造の出現にも赤道異常の発達度と相関があると考えられる。赤道域電離圏における電離圏不規則構造としては、春分・秋分の日没後の電離圏上昇時に多く出現するプラズマバブルが広く知られている。プラズマバブルは、電離圏の東向き電場が強い時に出現しやすいため、赤道異常が発達した時に出現しやすい。一方、低太陽活動時には、多くの電離圏不規則構造が夏至の真夜中付近で出現することが明らかになってきた。この真夜中付近に出現する不規則構造が、プラズマバブルなのか伝搬性電離圏擾乱なのかは明らかになっていない。この真夜中の不規則構造の出現と赤道異常の発達度の相関を調べることは、不規則構造の成因の解明の鍵となると考えられる。本研究では、日没後に出現する不規則構造（プラズマバブル）と、真夜中に出現する不規則構造の出現時における赤道異常の発達度の違いについて調べた。東南アジア地域には、情報通信研究機構によって SouthEast Asia Low-latitude Ionospheric Network (SEALION) が展開されている。本研究では、SEALION の地上 GPS 受信機に加え、International GNSS Service (IGS) や名古屋大学太陽地球環境研究所 (Solar-Terrestrial Environmental Laboratory; STEL) が提供する地上 GPS 受信機網データを用いることで、東経 100 度における電離圏全電子数の緯度分布を得た。用いた受信機は、KUNM (IGS: 東経 103 度、北緯 24 度)、CMU (SEALION: 東経 99 度、北緯 18 度)、CUSV (IGS: 東経 101 度、北緯 13 度)、KMI (SEALION: 東経 101 度、北緯 13 度)、CPN (SEALION: 東経 99 度、北緯 10 度)、SAMP (IGS: 東経 99 度、北緯 3 度)、NTUS (IGS: 東経 104 度、北緯 1 度)、KTB2 (STEL: 東経 100 度、北緯 0 度)、XMIS (IGS: 東経 106 度、南緯 10 度)、COCO (IGS: 東経 97 度、南緯 12 度) である。これらの受信機を用い、2010 年全ての日について全電子数の緯度分布を調べた所、春と秋に赤道異常が顕著に見られ、夏至・冬至には赤道異常は顕著でないことがわかった。そこで、赤道域電離圏観測衛星である C/NOFS 衛星の電子密度観測によって同定される日没後の不規則構造（プラズマバブル）と真夜中の電子密度不規則構造出現時それぞれについて、全電子数の緯度分布を事例的に調べた。C/NOFS 衛星によって経度 100 度付近にプラズマバブルが観測された 2010 年 2 月 27 日と、プラズマバブルが観測されなかった 2 月 26・28 日の全電子数の緯度分布を調べたところ、赤道異常は 2 月 27 日に最も発達していたことがわかった。一方、真夜中の不規則構造が観測された 6 月 4・6 日と、真夜中の不規則構造が観測されなかった 6 月 5 日の全電子数の緯度分布を調べたところ、赤道異常は 6 月 5 日に最も発達していた。このことから、プラズマバブルと赤道異常の発達の相関は、真夜中の不規則構造のそれと異なることがわかった。

キーワード: 電離圏全電子数, 緯度分布, 赤道異常, 電離圏不規則構造, プラズマバブル

Keywords: Total Electron Content, latitudinal profile, Equatorial Ionization Anomaly, ionospheric irregularity, plasma bubble

PEM032-P17

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

Comparison between B0 retrieved from FORMOSAT-3 measurements and ground-based observations at equator Comparison between B0 retrieved from FORMOSAT-3 measurements and ground-based observations at equator

Yu-Jung Chuo^{1*}

Yu-Jung Chuo^{1*}

¹Depart. of INSA, Ling Tung University

¹Depart. of INSA, Ling Tung University

This study presents the results of a comparison of three ionospheric profile parameters, B0, NmF2, and hmF2, derived from measured ionograms and the FORMOSAT-3 radio occultation measurements collected over Jicamarca during the low-solar-activity period from May 2006 to April 2008. The results show that the B0 values are generally in good agreement with those derived from the true electron density profiles. In addition, correlation analysis revealed seasonal and diurnal variation in B0, which is more pronounced during an equinox and daytime (0800-2000), respectively. A comprehensive discussion on the difference between the values of B0, NmF2, and hmF2 derived from two sources is provided in this paper.

キーワード: B0, COSMIC, Ionospheric dynamics

Keywords: B0, COSMIC, Ionospheric dynamics

PEM032-P18

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

静止衛星振幅シンチレーションを用いた電離圏擾乱の高度の推定 Amplitude of ionospheric disturbance heights estimated by scintillations of geostationary satellite signals

谷山 裕彰^{1*}, 富澤 一郎¹, 工藤 誠実¹

Hiroaki Taniyama^{1*}, Ichiro Tomizawa¹, Satomi Kudo¹

¹ 電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター

¹ Center for Space Science and Radio Engin

電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター(菅平)では、静止衛星 1.5GHz 帯測位電波を用いて電離圏擾乱による振幅シンチレーションを観測している。ETS-VIII 衛星(東経 146 °)の信号を 50m~80m 離れた 3 地点で受信し、波形の時間差を求めることで電離圏擾乱の水平移動速度を導出している。この速度を元にして以下の 2 つの方法で電離圏擾乱の高度を推定し、比較することで精度を確認したことを報告する。

(1)2 衛星法は 2 つの衛星の受信伝搬路を不規則構造が横切るとき、2 衛星の受信波には時間的にずれをもってシンチレーションが観測されることを使う。この時間ずれ dt 、不規則構造の移動速度 v から距離 z を計算し、衛星の仰角 EI により擾乱高度 h を推定できる。ETS-VIII 衛星(東経 146 °)とわずかに西にある MTSAT-2 衛星(東経 145 °)を使用して観測している。

(2)スペクトル解析による高度推定は、シンチレーションの周波数領域スペクトルの特徴より擾乱のパラメータを得ることで推定する。擾乱構造を指数関数的な電子密度分布からなる単一層と仮定すると、振幅シンチレーションスペクトルは、周波数 f_F を境に高い周波数側で振動的にパワーが低下する。振動部分の n 番目の極小値 f_n と f_F は、観測点から不規則構造までの距離 z と不規則構造の移動速度 v が決まれば一意にきまる。よって v を得ることができれば z は、式から推定することができる。

2010 年 5 月 30 日 0:00 から 3:00 の時間帯にて、大きな振幅シンチレーションが発生した。これは長時間にわたるランダム構造のシンチレーションである。これを 3 点観測によって不規則構造の水平速度および移動方向を 0:00 から 3:00 までの間で計算した結果、擾乱速度は 50[m/s] から 250[m/s] に変化し、移動方向は方位角 310 度で変化は見られなかった。この速度から 2:00 から 2:30 までの 30 分間の高度分布を計算した。2 衛星法では高度分布のピークは 500km であり、スペクトル解析による高度推定では 450km にあることがわかった。これより 2 つの推定法での高度は約 10% で一致している。

さらに、0:00 から 3:00 までで 30 分ごとの高度分布を計算し、それぞれのピークの推移を調べた結果、どちらの推定法でも高度が緩やかに上昇することがわかった。擾乱速度も上昇することも確認されており、対応している可能性がある。

2 衛星法は、擾乱の移動速度がわかれば精度よく高度を求められるが、相互相関がうまくとれないと推定値を多く得ることができない。一方、スペクトル解析法は 2 衛星法に比べ、多くの推定結果を出すことができるが、スペクトルが不安定になると精度が低下する。今回の観測でこの 2 つの推定方法ではほぼ一致した結果を得ることができた。2 つの方法による高度推定値を相互に参照することで、観測値の信頼性の向上を図ることができる。また、MTSAT-1R 衛星、準天頂衛星や GPS 衛星の接近時を使用し、電離圏擾乱構造解析に展開可能である。

スペクトルの不安定さおよび速度精度低下による推定高度の精度への影響の問題の解決と、フレネル周波数の自動抽出方法の検討が今後の課題である。

謝辞

ETS- 観測は JAXA の利用実験プロジェクト「電離圏擾乱観測」によるものである。

参考文献

[1]C.H.Liu and K.C.Yeh:Model computations of power spectra for ionospheric scintillations at GHz frequencies, J.atmos.terr.Phys, Vol.39,pp.149-156,1976.

キーワード: 電離圏

Keywords: Ionosphere

PEM032-P19

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

CONTINUAL 24-HOUR OBSERVATIONS OF THERMOSPHERIC WINDS MADE WITH THE SOFDI INSTRUMENT FROM HUANCAYO, PERU CONTINUAL 24-HOUR OBSERVATIONS OF THERMOSPHERIC WINDS MADE WITH THE SOFDI INSTRUMENT FROM HUANCAYO, PERU

Andrew Gerrard¹, John W. Meriwether², 桂華 邦裕^{1*}

Andrew Gerrard¹, John W. Meriwether², Kunihiro Keika^{1*}

¹ ニュージャージー工科大学, ² クレムソン大学

¹New Jersey Institute of Technology, ²Clemson University

The Second generation Optimized Fabry-Perot Doppler Imager (SOFDI), a state-of-the-art triple-etalon Fabry-Perot interferometer, has been successfully relocated to Huancayo, Peru and is making continual 24-hour observations. The 630-nm data, originating from layer-integrated OI emission with centroid heights of 250 km at night and 220 km during the day, are analyzed so as to obtain measurements of horizontal winds in the thermosphere. In this paper we report the most recent results from continuous 24-hour observations of these thermospheric parameters and show that the zonal wind reversals at equatorial latitudes are very much like the recent CHAMP observations.

Keywords: thermosphere, Doppler Imager, OI emission, horizontal winds, continuous 24-hour observations, low-latitude zonal wind reversals

PEM032-P20

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

東南アジア域 GPS 受信機網を用いた移動性電離圏擾乱の観測 Observations of traveling ionospheric disturbances using GPS networks in the Southeast Asia

津川 卓也^{1*}, コンニャナット ワッサナンミーチャイ², 石橋 弘光¹, 加藤 久雄¹, 西岡 未知³, 大塚 雄一³, 齊藤 昭則⁴, 長妻 努¹, 村田 健史¹

Takuya Tsugawa^{1*}, Kornyanat Watthanasangmechai², Hiromitsu Ishibashi¹, Kato Hisao¹, Michi Nishioka³, Yuichi Otsuka³, Akinori Saito⁴, Tsutomu Nagatsuma¹, Ken T. Murata¹

¹ 情報通信研究機構, ² モンクット王ラカバン工科大学, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁴ 京都大学理学研究科地球物理学教室

¹NICT, ²KMITL, ³STEL, Nagoya University, ⁴SPEL, Kyoto University

Two-dimensional total electron content (TEC) maps have been derived from ground-based GPS receiver networks and applied to studies of various ionospheric disturbances since mid-1990s. For the purpose of monitoring and researching ionospheric disturbances which can degrade GNSS navigations and cause loss-of-lock on GNSS signals, we have developed TEC maps over Japan using the dense GPS network, GEONET. Using the GPS-TEC maps, we have revealed some severe ionospheric events such as high latitude storm-time plasma bubbles and storm enhanced density events observed over Japan. These events cause loss-of-lock of GPS signals and large GPS positioning errors. The dense GPS receiver networks would be a powerful tool for the nowcast/forecast of ionospheric disturbances.

As a part of Southeast Asia low-latitude ionospheric network (SEALION), four GPS receivers have been operated in Thailand since 2005, collaborated with KMITL, Thailand. We have found that periodic TEC fluctuations (PTF) with the periods of 15-30 minutes are often observed at these GPS stations in the spring (Apr-May) late afternoon. Based on the analysis using multiple GPS receivers in Southeast Asia, we suspect that the PTFs is a manifestation of traveling ionospheric disturbances (TIDs) which propagate at 150-200 m/s away from the equator. However, it has been difficult to reveal the spatial structures and temporal evolutions of such TIDs due to the sparse GPS receiver networks in the Southeast Asia.

We are now developing regional high-resolution TEC maps in the Southeast Asia using GPS receiver networks by installing GPS receivers and/or collecting GPS receiver data, collaborated with KMITL (Thailand), LAPAN (Indonesia), UKM (Malaysia), and HIG (Vietnam). In this presentation, we will show the preliminary results of the two-dimensional TEC observations of TIDs in the Southeast Asia. We also report the current status of future direction of ionospheric monitoring system using GPS receiver networks in the Southeast Asia.

キーワード: 電離圏, 東南アジア, GPS, 全電子数, 電離圏擾乱

Keywords: ionosphere, southeast asia, GPS, total electron content, ionospheric disturbances

PEM032-P21

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

フィリピン・セブ島におけるFM/CW イオノゾンデ観測：初期結果 A Preliminary Result of the Ionospheric Observation Using FM/CW Ionosonde on Cebu Island in the Philippines

石橋 弘光^{1*}, 久保田 実¹, 津川 卓也¹, 長妻 努¹, 村田 健史¹, 丸山 隆¹

Hiromitsu Ishibashi^{1*}, Minoru Kubota¹, Takuya Tsugawa¹, Tsutomu Nagatsuma¹, Ken T. Murata¹, Takashi Maruyama¹

¹ 情報通信研究機構

¹ National Institute of Information and Co

Last September, we reactivated the NICT ionospheric observation at San Carlos University on Cebu Island in the Philippines. A portable FM/CW souder has been in operation. We have already conducted ionospheric observations around western Pacific equatorial region: SEALION Observation Network (SEALION: Southeast Asia Low-latitude Ionospheric Network). Along with these, Cebu ionospheric observation will function as longitudinal network of dense ionospheric observation and contribute a great deal to our understanding physical relationship between the equatorial plasma bubble and large-scale horizontal structure.

In this presentation, we will report a preliminary result after the reactivation.

キーワード: 赤道電離圏, プラズマバブル, スプレッド F, 宇宙天気

Keywords: Equatorial Ionosphere, Plasma Bubble, ESF, Space Weather

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM032-P22

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

地磁気 Sq 場とその季節変化の長期変化 Long trend of Sq field and its seasonal variation

竹田 雅彦^{1*}

Masahiko Takeda^{1*}

¹ 京大理 地磁気センター

¹ DACGSM, Fac. of Sci., Kyoto Univ.

いくつかの観測所での月別の地磁気 Sq 場の変化を 50 年以上の長期間に亘る期間について調べた。基本的にそれらは太陽黒点数 (SSN) で代表される太陽活動度の変化に対応した電気伝導度に応じた変化をするが、季節別では必ずしもそうなっていないことがあること、さらには太陽活動度の影響を除くと長期的変化もありそうなのが明らかとなった。

学会時には、これに加えて全地球的 Sq 場を表す等価電流系の長期変化も合わせ議論する予定である。

キーワード: 地磁気, 日変化, 長期変化, 季節変化, 太陽活動度, 電離層電気伝導度

Keywords: geomagnetism, daily variation, long trend, seasonal variation, solar activity, ionospheric conductivity

PEM032-P23

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

大気大循環モデルを用いた Sq および EEJ の研究 A study of Sq and EEJ based on atmospheric general circulation model

荒牧 優衣^{1*}, 宮原三郎¹
Yui Aramaki^{1*}, Saburo Miyahara¹

¹ 九州大学
¹ Kyushu University

太陽活動静穏時の昼半球の電離圏 E 領域中には磁気赤道に対して南北一対の渦電流系である Sq 電流系が存在する。特に赤道部には赤道エレクトロジェット (EEJ) と呼ばれる強い東向き電流が現れる。Sq 電流系と EEJ は主に中性大気の潮汐運動に伴う起電力により駆動され、日々変動や季節変動することが知られている。

Kawano-Sasaki and Miyahara (2008) は赤道対称準 3 次元ダイナモモデルを開発し、九州大学中層大気大循環モデルの 9 月の中性風データを用いて電離圏電流の 3 次元構造を調べ、中性大気風変動に伴い Sq や EEJ が変動することを示した。

本研究では Kawano-Sasaki and Miyahara (2008) を、南北非対称成分を含むモデルに拡張し 3 次元電流をシミュレートした。南北非対称成分が大きくなる 6 月、12 月についてもシミュレーションを実行し、主に季節変動や日々変動と中性風変動との関連について議論する。

キーワード: Sq 電流系, 赤道エレクトロジェット, 電離圏
Keywords: Sq, EEJ, ionosphere

PEM032-P24

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

ISS-IMAP搭載 VISI による大気光観測：開発の現状と観測シミュレーション (4) Visible airglow observation by VISI on ISS-IMAP: Current status of development and simulation of airglow measurement (4)

坂野井 健^{1*}, 山崎 敦², 秋谷 祐亮³, 大塚 雄一⁴, 阿部 琢美², 鈴木 睦², 齊藤 昭則³

Takeshi Sakanoi^{1*}, Atsushi Yamazaki², Yusuke Akiya³, Yuichi Otsuka⁴, Takumi Abe², Makoto Suzuki², Akinori Saito³

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, ³ 京都大学大学院理学研究科, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Grad. Sch. of Science, Tohoku University, ²ISAS / JAXA, ³Grad. Sch. of Science, Kyoto University, ⁴STEL, Nagoya University

The ISS-IMAP mission is one of the Japanese Experiment Module (JEM) 2nd stage plan which will be launched in January 2012 onto the International Space Station (ISS) with HTV (Konotori). The main scientific subject of this mission is to clarify the energy and physical transfer processes in the boundary region between earth's atmosphere and space with the visible spectrometer and extra ultraviolet imagers.

We have been developing a visible imaging spectrometer instrument (VISI) on ISS-IMAP. VISI will measure three nightglow emissions; O (630 nm, altitude 250 km), OH Meinel band (730 nm, altitude 87km), and O₂ (0-0) atmospheric band (762 nm, altitude 95 km) with the two field-of-views which enable us to make a stereoscopic measurement of the airglows looking forward (+45 deg.) and backward (-45 deg.) to subtract contaminations from clouds and ground structures. We designed a bright (F/0.9), wide-angle (field-of-view 90 degrees) objective lens. VISI have a two-line-slit on the first focal plane to perform the stereoscopic measurement. Each slit, i.e., field-of-view, is faced perpendicular to the orbital plane, and its width is about 550 km mapping to an altitude of 100 km. The phase velocity of airglow wave structure is also estimated from the difference between forward and backward data. We will obtain a continuous line-scanning image for all emissions line from + 51 deg to -51 deg. in geographic latitude by the successive exposure cycle with a time interval of 1 - several sec.

Over the last year, we manufactured the flight model of optical system and electronics of VISI, carried out the optical test including the adjustment of focus and alignment, intensity calibration, function check, vibration and vacuum thermal tests. We finally evaluated the accomplishment of the VISI instrument. At this moment, VISI and other instruments were installed on the Multi-mission Consolidated Equipment (MCE) to make integration tests. We present the evaluated specifications of VISI, operation plan and the current status of tests.

キーワード: 宇宙ステーション, 大気光, 熱圏, 電離圏, 開発

Keywords: ISS, airglow, thermosphere, ionosphere, development

PEM032-P25

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

可搬型共鳴散乱ライダーによる中間圏カルシウムイオンの観測 Observation of mesospheric Ca ion by mobile resonance lidar

阿保 真^{1*}, 中村 卓司², 江尻 省², 鈴木 秀彦²

Makoto Abo^{1*}, Takuji Nakamura², Mitsumu Ejiri², Hidehiko Suzuki²

¹ 首都大学東京, ² 国立極地研究所

¹Tokyo Metropolitan University, ²NIPR

我々は、レーダーや各種大気光観測装置、イオノゾンデ、GPS 受信機など種々の測器との協同観測で、sporadic 層などの突発現象の成因、電離層と中性大気の相互作用、大気波動と碎波による鉛直輸送、大気光や金属層のダブルピーク現象の構造と成因解明、中緯度 PMSE の生成など多くの未解明の現象の解明を目的として、コンテナベースの可搬型の共鳴散乱ライダーを開発した。最初の移動観測として、京都大学の MU 観測所敷地内にコンテナを設置し、MU レーダーの流星観測モードによる流星の降り込みや中間圏界面領域の風分布との比較を目的として、Ca イオンの観測を開始した。sporadic 中性層と電離層の sporadic E 層との関係を観測的に調べるためには、sporadic E 層の構成要素と言われている金属イオンの直接観測が有用である。今回は初期観測結果について報告する。

キーワード: カルシウムイオン, 中間圏界面, ライダー

Keywords: Ca ion, mesopause, lidar

PEM032-P26

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

昭和基地レイリーライダーシステムによる中層大気の自動観測 Automated Rayleigh lidar observation in Syowa station, Antarctica.

鈴木 秀彦^{1*}, 中村 卓司¹, 江尻 省¹, 阿保 真², 富川 喜弘¹, 川原 琢也³, 堤 雅基¹, 南極地域観測第 VIII 期重点研究観測ライダー班¹

Hidehiko Suzuki^{1*}, Takuji Nakamura¹, Mitsumu Ejiri¹, Makoto Abo², Yoshihiro Tomikawa¹, Takuya Kawahara³, Masaki Tsutsumi¹, Members of Syowa Lidar project in the 8th term Antarctic core research project¹

¹ 国立極地研究所, ² 首都大学東京, ³ 信州大学

¹National Institute of Polar Research, ²Tokyo Metropolitan University, ³Shinshu University

2011 年 1 月に第 52 次日本南極地域観測隊 (JARE52) によって南極昭和基地に設置されたレイリーライダーシステムでの自動観測の状況について発表する。システムは Nd:YAG 結晶を使用したレーザー (355nm) で構成される送信系と、大口径 (82cm) および小口径 (35cm) の 2 つの望遠鏡で集光された散乱光を 4 つの光電子倍增管 (PMT) で受信する受信系によって構成されている。これら 4 つのチャンネルがそれぞれ低高度、高々度からのラマン散乱光およびレイリー散乱光を受信することで、高度 15km から 80km までの大気温度の鉛直構造を同時に捉えることが可能である。受信系には、信号受信用のチャンネルのほか、任意高度のレーザー散乱光をイメージセンサーで捉えるためのゲート付 ICCD カメラが組み込まれており、望遠鏡視野内へレーザー光を導きやすくするための工夫がなされている。また、主に夏季に現れる極中間圏雲や成層圏雲などを検出するために、背景光を抑えるエタロンおよび偏光プリズムがレイリーチャンネルに挿入されている。それらに加え、南極という隔絶された地での長期安定運用のために、自動観測プログラムによる観測制御が行われている。本ソフトウェアは、レーザーの暖気運転および発振、冷却用チラーの運転、受信部 PMT の制御、そしてデータ収録をひとつのスケジュールファイルに基づいて制御し、現地で観測にあたる隊員の負担を軽減させるとともに、オペレーションミスによる欠測などを抑える役割を果たしている。

本発表では、ライダーシステムの詳細と、本年 2 月からの自動観測の状況を報告する。

キーワード: 成層圏, 中間圏, ライダー, 南極, 大気重力波, 極中間圏雲

Keywords: stratosphere, mesosphere, lidar, Antarctica, gravity wave, PMC

PEM032-P27

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

流星痕の連続画像によって示された極域中間圏における小スケールの風速擾乱 Small scale disturbance in the wind field in the polar mesopause region inferred by successive images of a meteor train.

鈴木 秀彦^{1*}, 中村 卓司¹, Sharon L. Vadas³, 堤 雅基¹, 田口 真², 藤原康德⁴
Hidehiko Suzuki^{1*}, Takuji Nakamura¹, Sharon L. Vadas³, Masaki Tsutsumi¹, Makoto Taguchi², Yasunori Fujiwara⁴

¹ 国立極地研究所, ² 立教大学, ³ NorthWest Research Associates, ⁴ 日本流星研究会

¹ National Institute of Polar Research, ² Rikkyo university, ³ NorthWest Research Associates, ⁴ Nippon Meteor Society

南極昭和基地のナトリウム大気光イメージャーによって、絶対等級-6 に達する明るい流星（火球）と、それに続く流星痕の変形が観測された。流星の軌道はオーロラ観測用のビデオカメラの映像から推定され、発光高度など流星のパラメータ推定が同時に行われた。流星痕は地上からの2次元画像では、初期に直線状であったものが円形に変形し、流星発生後から9分後には高度92kmの射影で直径50kmほどの円状に拡大した。流星痕がほぼ円形で等方的に拡大したため、流星痕のどの部分がどの高度に対応するかが同定でき、運動の解析が可能となった。1分間隔で撮像された計9フレームにわたる画像中の痕の形状変化から背景風の推定を行ったところ振幅が30m/s、鉛直波長が16km程度の大气波動が中間圏界面領域にみとめられた。円形に拡大する動きは、第一にこの波動による背景風のシアによるものであると考えられるが、その拡大速度は観測期間中一定ではなく、数分スケールの細かい変動成分が運動に含まれていた。その細かい運動成分は、大气波動によって痕が拡大する方向に沿った成分が、87km高度付近で50~60m/sにも達し、その変動の時間スケールは2~3分程度であった。大气波動として考える場合、この周期はブラントパイサラ周期（5分程度）よりも短いため、音波である可能性がある。3分程度の周期をもつ音波は対流圏で雷などの衝撃的擾乱によって発生し、中間圏界面まで到達可能であることがモデルにより示されているが[eg. Walterscheid et al., 2003]、期待される振幅は10m/s程度であり、本結果に比べると小さい。一方で、上部中間圏および下部熱圏でオーロラや流星によるインパクトによって大气波動が発生する可能性はVadas et al. [2010]のモデルによって示されており、至近擾乱源による音波や重力波が痕の細かい変動を引き起こした可能性も考えられる。ただし、今回の風速の解析は時間変動だけでなく空間変動をみているので、小スケールの空間変動を見ている可能性も大きい(e.g. Nakamura et al., 2002)。なお、中間圏界面領域での数分スケールでの風速観測結果を直接示した例は少なく、このような変動が同高度領域における典型的な風速非一様性を表している可能性もある。

キーワード: 流星, 中間圏界面, 流星痕, 大气波動, 音波, ナトリウム大気光

Keywords: meteor, mesopause, meteor train, gravity wave, acoustic wave, sodium airglow

PEM032-P28

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

流星短痕の発達と減衰 -2001年しし座流星群成果の他流星群への応用- Measuring of short-duration meteor trains

戸田 雅之^{1*}, 山本 真行², 比嘉 義裕³, 渡部 潤一⁴

Masayuki Toda^{1*}, Masa-yuki Yamamoto², Yoshihiro Higa³, Jun-ichi Watanabe⁴

¹ 日本流星研究会 流星痕同時観測チーム, ² 高知工科大学 システム工学群, ³ 日本流星研究会, ⁴ 国立天文台天文情報センター

¹Team of METRO / Nippon Meteor Society, ²Faculty of Engineering, Kochi University, ³Nippon Meteor Society, ⁴National Astronomical Observatory

流星痕は流星本体の地球大気中における発光直後に、流星経路をなぞるように発光が継続する現象である。短いもので数秒程度の発光、長いもので数分間の発光が眼視観測でも認められ、観測機器による観測では発光が数10分間に渡り記録されることもある。流星痕の発生確率が高いのは毎年11月中旬に活動する「しし座流星群」である。しし座流星雨出現が予測された1998年に著者らの呼びかけに端を発した流星痕同時観測キャンペーンは、肉眼で観測可能な永続流星痕の空間/時間分解能の高い2点以上の同時観測をめざし、しし座流星群の2001年大出現で過去に類を見ない大量のデータ取得に成功した。

一方、イメージインテンシファイアとビデオカメラを使用した流星2点同時観測データ(Shigeno et al., 2003)に、発光継続時間が短い流星痕(以下、短痕)が多く記録されていた。我々は動体検出ソフトウェアUFOCapture(SonotaCo, 2009)の使用により、動画から短痕を抽出し、しし座流星群に属する流星起源の短痕18例、しし群以外の流星起源の短痕8例、計26例の短痕を測定して発光高度と継続時間を求めた。その結果わかったことは(1)短痕は平均的に120 kmから96 kmの範囲で発光。(2)短痕発生後、短痕の上端側は時間経過とともにその高度を直線的に徐々に低下させる一方で、下端側は母流星突入に伴い低高度側へ一気に成長し短痕長の最大を迎えた後、対数関数の漸近曲線的に上昇し、短痕消失直前には上端・下端側は平均高度107 kmに収れんする。(3)短痕の継続時間は短いもので0.2秒、最長で4秒。(4)母流星絶対等級と短痕の継続時間に有意な相関がある。(5)短痕の継続時間はO I 557.7 nm(励起状態特性寿命0.7秒)を仮定すれば説明できる可能性が高い、である。

しし座流星群の短痕解析手法を他の流星群に応用することで、しし座流星群の短痕で見られたような流星体発光から時間の経過と共に短痕の上端側/下端側の発達と減衰過程を主要流星群でもあぶりだし、発光高度の違いなど対地速度別の流星痕の比較研究が期待できる。あわせて今後の流星痕観測手法の1案として、高感度デジタル一眼レフカメラを用いた固定視野撮影でシャッターを切り続ける方法の提案と、記録された流星と流星痕の観測成果も紹介する。

参考文献:

[1] 戸田雅之, 山本真行, 重野好彦, 流星の短痕を測る - イメージインテンシファイア付きビデオカメラの2点観測成果から迫る短痕の成長と減衰 -, 高知工科大学紀要, 7, 45-55, 2010.

[2] Y. Shigeno, H. Shioi, T. Shigeno, "Radiants and orbits of 2001 Leonids," Inst. Space Astro. Sci. Rep. SP, Vol.15, 237-244, 2003.

[3] SonotaCo, "A meteor shower catalog based on video observation in 2007-2008," WGN, Vol. 37, No.2, 55-62, 2009.

キーワード: 流星, 流星痕

Keywords: meteor, meteortrain

PEM032-P29

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

HRO 流星電波エコーの絶対受信強度校正装置の開発 Development of a calibration device for absolute reception power of HRO meteor echoes.

大和 忠良^{1*}, 臼居 隆志², 山崎 倫誉¹, 山本 真行¹

Tadayoshi Yamato^{1*}, Takashi Usui², Tomotaka Yamasaki¹, Masa-yuki Yamamoto¹

¹ 高知工科大学, ² 日本流星研究会

¹Kochi University of Technology, ²The Nippon Meteor Society

1. 背景と目的

ビーコン波の前方散乱を利用した比較的手軽な流星電波観測として HRO (Ham-band Radio Observation) がある (Maegawa, 1999)。高知工科大学では、2003 年 7 月の 6 方位 HRO (東西南北、天頂 2 偏波面) の開始を端緒として、2005 年 1 月に、およその流星出現を算出可能な 3ch 流星電波干渉計を製作し観測を開始した (堀内他, 2005)。2009 年 1 月には、より精度良く電波到来方向を求め、流星出現位置を 90 km 高度への投影として表示できる 5ch 電波干渉計を開発し観測と準リアルタイム中継を開始した (埜口, 2009)。しかしながら、これらの観測システムでは、個々の流星エコーについて受信強度の正確な絶対値 (dBm) は得られておらず流星のエネルギー・質量分布やフラックス等を推定する統計的研究には不十分である。本研究は、HRO 流星エコーの絶対受信強度を測定するシステムの開発を目的とする。

2. 絶対強度校正装置

現在、流星電波エコーの受信強度は、ノイズフロアからの相対 dB 値に応じた強度グラフとして HRO 観測専用ソフトウェア HROFFT の出力画像の下部に表示され、また同出力画像上のスペクトルとしては 0 から 12 の 13 段階の色を用いて相対表示されている。HRO において流星エコーの絶対強度の予想値は -80 dBm ~ -120 dBm であり (臼居他, 2004)、本研究では、その値を 10 dBm 間隔ずつ一定時間毎に約数秒間程度出力できる模擬信号発生装置を開発する。現在観測が行われている 5ch 電波干渉計の受信部に本装置を組み込み、波形表示ソフトウェア HRO_IF_View に表示させることにより、その値を目盛り代わりに使いデータ解析が可能のように改良する。

3. 開発

今回、2004 年の野辺山観測所での実験 (臼居他, 2004) に基づき回路を作製した。回路には位相同期回路 (PLL=Phase Lock Loop) を使用した。PLL 回路部分では、水晶振動子から出力される 16 MHz を基準信号にして、その基準信号と VCO (電圧制御型発振器) から出力される周波数の分周信号の位相を比較して、位相が同期し周波数がロックされると 860 MHz が出力される。その後、分周器を 2 つ通ることにより、16 分の 1 に分周され、最終的に HRO 観測周波数の 53.750 MHz が出力されるような構成である。この回路による出力値の強度は -50 dBm 前後となるので、減衰させ、計測用の信号発生器 (Agilent, 33250A) による精密出力による校正を経て目的の絶対強度範囲を得る。本発表では開発の詳細と初期結果を発表する予定である。

参考文献

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

堀内洋孝, 岡本悟郎, 山本真行, 大川一彦, 前川公男, 流星電波干渉計システム 3chHRO_IF の開発, 地球惑星科学連合大会 2005, M096-011, 千葉, 2005.

臼居隆志, 中島拓, 矢口徳之, 小川宏, 前川公男, 中村卓司, 高野秀路, 前方散乱方式を用いた流星電波観測 (HRO) におけるエコー強度の測定, 地球惑星科学連合大会 2005, M096-P001, 千葉, 2005.

Maegawa, K., HRO : A new forward-scatter observation method using a ham-band beacon, WGN, 27, 64-72, 1999.

キーワード: HRO, 流星, 前方散乱, 受信電力, PLL, 絶対値校正

Keywords: HRO, meteor, forward-scattering, reception power, Phase locked loop, absolute calibration

PEM032-P30

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

Monthly MU radar head echo observation programme for sporadic and shower meteors: 2009 June to 2010 December Monthly MU radar head echo observation programme for sporadic and shower meteors: 2009 June to 2010 December

Johan Kero¹, Csilla Szasz^{1*}, Takuji Nakamura¹, David D. Meisel², Toshio Terasawa³, Hideaki Miyamoto⁴, Yasunori Fujiwara⁵, Masayoshi Ueda⁵, Koji Nishimura¹

Johan Kero¹, Csilla Szasz^{1*}, Takuji Nakamura¹, David D. Meisel², Toshio Terasawa³, Hideaki Miyamoto⁴, Yasunori Fujiwara⁵, Masayoshi Ueda⁵, Koji Nishimura¹

¹National Institute of Polar Research, ²SUNY Geneseo, Geneseo, NY, USA, ³University of Tokyo, Chiba, ⁴University of Tokyo, Tokyo, ⁵Nippon Meteor Society

¹National Institute of Polar Research, ²SUNY Geneseo, Geneseo, NY, USA, ³University of Tokyo, Chiba, ⁴University of Tokyo, Tokyo, ⁵Nippon Meteor Society

Meteors, or colloquially shooting stars, are caused by particles from space that are heated up and shattered in the atmosphere. Different estimates of how much mass these meteoroids bring to our planet vary by several orders of magnitude. We conducted a systematic set of monthly meteor head echo observations from 2009 June to 2010 December (>500 h), except for 2009 August, by the interferometric Shigaraki Middle and Upper atmosphere (MU) radar in Japan (34.85 degree N, 136.10 degree E). The ultimate purpose of our observation programme is to improve the estimate of the flux of extraterrestrial material into the Earth's atmosphere and to investigate the possible flux of extrasolar meteoroids entering the solar system and crossing Earth's orbit.

Using the interferometric ability of the MU radar we have developed analysis algorithms that give precise geocentric velocities and directions of the observed meteoroids - a few hundreds of metres per seconds and a fraction of a degree, respectively. About 3000 events from a total number of about ten thousand head echoes per 24 h observation have the above mentioned accuracy. The head echoes are detected in the height range of 73-127 km. A total number of more than 100 000 meteor detections allows us to map the seasonal variation of the sporadic meteor influx, as well as its characteristics in form of geocentric velocity and altitude distribution of the deposited material. The initial altitude distribution shows clear velocity dependence, higher velocity meteoroids ablating at higher altitude.

Our data set contains both shower and sporadic meteor detections. Sporadics are those meteoroids that cannot be directly ascribed to a parent body. Sporadics are the most numerous among our observed particles, and the main contributors to the mass influx into the Earth atmosphere.

Head echoes of shower meteors are quite rare in modern high-power large-aperture (HPLA) radar data, primarily because sporadics outnumber shower meteors in the low-mass regime observable with these radar systems. The small collecting area of an HPLA radar system further limits successful observation of shower meteors. Analysis performed on a limited data set may, therefore, contain no or only a few shower meteors due simply to low statistical probability. In this work, we have estimated the MU radar collection area, calculated the flux of Orionid meteors, and show that the Orionid meteoroid stream activity could be accurately tracked with the MU radar when the radiant is at least 10 degrees above the local horizon.

キーワード: meteor, meteoroid, HPLA radar, head echo, meteor shower

Keywords: meteor, meteoroid, HPLA radar, head echo, meteor shower

PEM032-P31

会場:コンベンションホール

時間:5月27日 10:30-13:00

沖縄偏波降雨レーダ COBRA による改良型バイスタティック試験観測 An field test of an improved bistatic observation system with COBRA

川村 誠治^{1*}, 杉谷 茂夫¹, 花土 弘¹, 中川 勝広¹

Seiji Kawamura^{1*}, Shigeo Sugitani¹, Hiroshi Hanado¹, Katsuhiko Nakagawa¹

¹ 情報通信研究機構

¹ NICT

気象レーダで2次元の風速場を測定する手法の一つにバイスタティック観測がある。我々はこの手法の従来からの問題点(受信信号強度不足とサイドローブによる疑似エコー)を克服した新しい観測システムの検討を進めている。本発表では、これまで進めてきたシミュレーション検討を踏まえた実証実験を行い、その結果について報告する。

バイスタティック観測では主レーダ(送信局)から発射されるパルス状の電波の側方散乱を受信する。受信において送信パルスを追尾するような高速なビームスキャンは困難なため、一般にバイスタティック観測では広いビーム幅の受信アンテナを用いる。従来型システムでは、これに起因する問題点が主に2つ存在する。ビーム幅が広いためにアンテナ利得が低く、十分な受信強度が得られないことと、サイドローブの漏れ込みによって発生する疑似エコーである。

改良型システムでは、従来システムと同等のアンテナでアレイを合成し、受信に用いる。複数素子で受信するため、従来システムで不十分だった受信感度を補うことができる。また、一般的にアレイアンテナでは素子間隔を半波長程度にしてグレーティングローブの発生を抑制するが、新システムでは敢えて素子間隔を広げてグレーティングローブを発生させる。たとえば素子間隔を10波長程度にすると、素子間隔半波長の場合のメインビームよりもはるかに細いビーム(グレーティングローブ)が多数同時に形成される。この細いビームが、サイドローブからの漏れ込みの低減に有効となる。送信ビームと複数の受信ビームの交点である観測地点はそれぞれ別の(送受信局を焦点とする)楕円上に存在するため伝搬時間が異なり、送受信のタイミングが分かっているならば時間で区別が可能である。各受信ビームの間(谷間)は観測できないが、デジタルビームフォーミングを用いて疑似的に受信ビームを走査することにより、この空白を埋めることが可能となる。

受信アンテナとして4素子のアレイアンテナを用い、素子間隔を10波長取った場合のシミュレーションでは、受信ビームが細く送信パルスの全ての電力を受信できない受信アンテナ近傍を除けば、ほぼ全ての領域において、素子数を増やした効果で従来よりも受信強度を稼げることが示されている。また、受信信号時系列のシミュレーションでは、従来システムで発生していた疑似エコーを大きく低減できることが示されている。

現在、沖縄偏波降雨レーダ(COBRA)を送信局とし、COBRAサイトから約23.9 km離れた恩納村のNICT 沖縄亜熱帯計測技術センターにて受信することを想定して実証実験の準備を進めている。安価で汎用性の高いソフトウェア無線装置であるUSRP2を受信素子毎に1台ずつ受信機(AD変換器)として利用することを考えている。まずは4素子の受信アンテナアレイでの実験を想定しており、アンテナには、COBRA従来のバイスタティック観測用受信アンテナの他に、コリニアアンテナ、無線LAN用の平面アンテナ、ホーンアンテナをそれぞれ複数台用意している。4チャンネルの受信RF信号をIFに落とす周波数変換部、GPS基準信号を各USRP2に分配する分配機などは既に完成している。本講演では、実証実験の初期結果を報告する予定である。

キーワード: 降雨レーダ, バイスタティック, 沖縄, COBRA

Keywords: weather radar, bistatic, Okinawa, COBRA