

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り、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, Tatsuhiko 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、おおそ周期 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、「中性大気の大気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。電離大気の大気密度・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・スマトラ島のコタバパン (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・コタバパ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・湊田洋介, 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、砕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、位相が下方伝搬する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ピン (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、ロングイアピン (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ピ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 にもなる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