

昭和基地レイリーライダー温度観測で得られた上部成層圏 - 下部中間圏の重力波活動 (2)

Gravity waves in the upper stratosphere - lower mesosphere observed by Rayleigh lidar at Syowa(2)

江尻 省^{1*}, 中村 卓司¹, 鈴木 秀彦¹, 阿保 真², 堤 雅基¹

EJIRI, Mitsumu^{1*}, NAKAMURA, Takuji¹, SUZUKI, Hidehiko¹, ABO, Makoto², TSUTSUMI, Masaki¹

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

¹National Institute of Polar Research, ²System Design, Tokyo Metropolitan University

上部成層圏および下部中間圏では、下層大気中で発生した重力波の上方伝搬によってもたらされるエネルギーと運動量は、極夜ジェットを減速する、夏極から冬極への大規模子午線循環を引き起こすなど、様々な大気現象のエネルギー源となっている。冬極の成層圏界面の存在もまた、この領域において重力波による力学的な作用が重要であることを示している。2011年1月に南極昭和基地(69°S, 39°E)に設置されたレイリーライダーは、2月から観測を開始し、11月の観測終了までに115晩の温度データを取得した。本研究では、この温度データを用いて重力波のポテンシャルエネルギーを見積もり、2011年春～秋の昭和基地上空、上部成層圏 下部中間圏における重力波活動を調べた。解析に用いた重力波の鉛直波長は4-20 km。ポテンシャルエネルギーの年周変化には、上部成層圏では冬に最大になる一年周期が、下部中間圏では春秋に極大、冬に極小になる半年周期が見られた。月毎のポテンシャルエネルギーの鉛直分布を調べたところ、冬期(5-8月)にはポテンシャルエネルギーが高度40-45km以上で減衰するが、3-4月および9月にはそのような減衰が見られないことが分かった。

キーワード: 中層大気, 大気重力波, 南極, レイリーライダー, 温度

Keywords: middle atmosphere, atmospheric gravity wave, Antarctica, Rayleigh lidar, temperature

エタロンを用いた南極設置レイリーライダー用昼間観測実験(1) Initial results of daytime observation using an etalon for the Antarctic Rayleigh lidar (1)

山本 晃寛^{1*}, 川原 琢也¹, 鈴木 秀彦², 阿保 真³, 中村 卓司², 江尻 省²

YAMAMOTO, Akihiro^{1*}, KAWAHARA, Taku D.¹, SUZUKI, Hidehiko², ABO, Makoto³, NAKAMURA, Takuji², EJIRI, Mitsumu²

¹ 信州大学工学部, ² 国立極地研究所, ³ 首都大学東京

¹Faculty of Engineering, Shinshu University, ²NIPR, ³Tokyo Metropolitan University

大気大循環に重要な役割を果たす南極中層・超高層大気は、地球温暖化に伴って寒冷化するなど特有な変動を示すと考えられている。20世紀にその存在が確認された極域夏季中間圏の夜光雲(NLC)(極中間圏雲(PMC))は、温暖化に伴う寒冷化の証しと言われ、さらに21世紀にはいつても中緯度にも拡大してきていると報告されており、地表から高高度までの温度の長期モニターが重要視されている。昭和基地では、平成21年度から対流圏から中層・超高層大気にいたる鉛直断面をプロファイリングする紫外域(355nm)のレイリーライダーを用いて、南極域中層・超高層大気の温度計測を開始した。昼間観測システムに関しては、エタロンを用いた昼間観測のテストを国内で行い、現地に持ち込む予定である。信州大学では、レーザ波長355nm用のレイリーライダーシステムを組み、エタロンを組込んだ昼間観測システムの構築を始めた。本講演では昼間観測に関する実験の初期結果を発表する。

キーワード: 南極, レイリーライダー, エタロン, 昼間

Keywords: Antarctica, Rayleigh lidar, etalon, daytime observation

南極昭和基地レイザーライダーと SuperDARN HF レーダーによる PMC と PMSE の同時観測

Simultaneous PMC and PMSE observations with a ground-based lidar and SuperDARN HF radar over Syowa Station, Antarctica

鈴木 秀彦^{1*}, 中村 卓司¹, 江尻 省¹, 小川 忠彦², 堤 雅基¹, 阿保 真³, 川原 琢也⁴, 富川 喜弘¹, 行松 彰¹
SUZUKI, Hidehiko^{1*}, NAKAMURA, Takuji¹, EJIRI, Mitsumu¹, OGAWA, Tadahiko², TSUTSUMI, Masaki¹, ABO, Makoto³, KAWAHARA, Taku D.⁴, TOMIKAWA, Yoshihiro¹, YUKIMATU, Akira S.¹

¹ 国立極地研究所, ² 情報通信研究機構, ³ 首都大学東京, ⁴ 信州大学

¹National Institute of Polar Research, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Tokyo Metropolitan University, ⁴Shinshu University

第 VIII 期南極観測重点研究観測プロジェクトの一環として 2011 年 1 月、第 52 次南極地域観測隊 (JARE52) によって、南極昭和基地 (69.0 °S, 39.5 °E) にレイザーライダーが設置された。晴天となった 2 月 4 日より運用が開始されたが、この観測初日に、昭和基地では初となるライダーによる極中間圏雲 (PMC) が 22:30UT 頃 (LT は+3 時間)、散乱ピーク高度 86.6km において観測された。また同日、昭和基地の東方に視野を持つ SuperDARN HF レーダーにより、夏季極域中間圏エコー (PMSE) が 21:30UT から 23:00UT にかけて検出された。PMC と PMSE は異なる空間領域で検出されたが、MF レーダーによる風速データに基づき、PMC の動きを推定したところ、ライダーで検出された PMC が PMSE の検出された領域付近より昭和基地方向へ西向きに流れてきた可能性が示された。このことは、両者の原因となった氷粒子が、同一のものであった可能性を示している。また、PMC は 2 月 4 日以降から 2 月末まで、検出されなかったことから、本イベントが昭和基地緯度近辺での 2010 年から 2011 年にかけての夏期間における PMC 活動の収束期のものであったと考えられる。このことは、AIM 衛星搭載 CIPS による PMC アルベド観測および、AURA 衛星搭載 MLS の大気温度観測に見られる傾向とも一致した。

キーワード: 極中間圏雲, 極域夏季中間圏エコー, PMC, PMSE, ライダー, HF レーダー

Keywords: polar mesospheric cloud, polar summer mesospheric echo, PMC, PMSE, lidar, HF radar

SuperDARN 北海道-陸別 HF レーダーによる中緯度域電離圏対流の研究 Study of mid-latitude ionospheric convection with SuperDARN Hokkaido radar

郷 運¹, 西谷 望^{1*}

ZOU, Yun¹, NISHITANI, Nozomu^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, 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た。例えば、Millstone Hill レーダーを使った観測では地磁気緯度 55 度付近に真夜中付近において西向きフローの存在を示している。Blanc et al. [1980] では、シミュレーションによりこのフローが生成されうるとを証明し、中緯度の夜側において擾乱ダイナモ作用が働いていると考えた。Wallops SuperDARN HF レーダーも、1 年間の観測データ (2005 年 6 月 ~ 2006 年 8 月) から、このフローの存在を示した。過去には Millstone Hill レーダーのような IS レーダーによる電離圏対流特性についての観測が主に行われた。

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ことが分かった。しかし、IS レーダー及びゾンデを使って頭上の電離層に対しての観測しかできない。言わば '一点観測' であり、1 次元の観測結果であった。それに対して SuperDARN レーダーや低高度衛星を使えば 2 次元の観測が出来、電離層特性を調べるのにより効果的であると考えられる。しかし、低高度衛星は地球を回りながら (一周回ると約 1 時間 40 分かかかる) 観測を行うので、一定区域に対する連続的な観測が出来ない。そして、SuperDARN レーダーのほとんどが高緯度域に設置され、近年までは Wallops SuperDARN HF レーダーや北海道-陸別 HF レーダーのような中緯度域の短波レーダーの観測が存在しなかった。2005 年に磁気緯度 49.4 度に設置した Wallops SuperDARN HF レーダーからの観測では 40 度から 50 度までの中緯度域をカバーしていないため、この部分の中緯度域対流の正確な動きを説明できない。さらに、Wallops SuperDARN HF レーダーは故障などの原因により観測データが少ない。

本研究では SuperDARN レーダーの 1 基である北海道-陸別 HF レーダー (2006 年 12 月より本格運用開始) が過去 5 年間に蓄積した電離圏エコーのデータを活用し、今までにあまり観測研究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。中緯度 (40 度から 55 度) の夜側において西向きフローが見出された。また対流特性が地磁気指数 K_p によりどのように変化するかを焦点を置き、地磁気指数 $K_p=2$ をしきい値として擾乱時・静穏時にデータを分類したところ、静穏時に比べ擾乱時では夜側における西向きフローが強まっていることが示された。これは、中緯度の夜側における西向きフローが地磁気指数 K_p の増加に伴い増大することを示し、中緯度域対流作用として disturbance dynamo が無視できない力を発揮していることを示唆する。

また、北海道-陸別 HF レーダーで観測した中緯度電離圏対流が磁気嵐とサブストームに受ける影響について Superposed Epoch Analysis (SEA) 手法で統計解析を行った。解析結果によると、磁気嵐による中緯度電離圏対流の影響は不鮮明であるが、これは磁気嵐オンセット前にもサブストームの影響により西向きフローが観測されたと考えられる。一方、サブストームによる中緯度電離圏対流の影響は、磁気緯度 44 度から 53 度の間にサブストームのオンセット後 5 時間から 20 時間まで西向きフローは継続することが分かった。この西向きフローの速度はサブストーム開始から時間遅れを伴って現れ、サブストームのオンセット後 12 時間に最大値を示した。これは disturbance dynamo 作用の影響から期待される傾向と一致している。

キーワード: 北海道-陸別 HF レーダー, SuperDARN, 中緯度電離圏対流, 擾乱ダイナモ, 磁気嵐, サブストーム

Keywords: Hokkaido HF radar, SuperDARN, midlatitude ionospheric convection, disturbance dynamo, storm, substorm

北海道 SuperDARN レーダーを用いた太陽フレアによる電離圏環境変動の研究 Study of ionospheric disturbances during solar flare events with the SuperDARN Hokkaido Radar

渡辺 太規^{1*}, 西谷 望¹

WATANABE, Daiki^{1*}, NISHITANI, Nozomu¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

太陽フレアによる電離圏の環境変動は過去さまざまな観測で研究されてきた。

Hosokawa et al.(2002) は高緯度の SuperDARN レーダーを用いて高緯度域では太陽フレアの影響によりエコーの消失を確認した。これは太陽フレア時に E 層と D 層の電子密度が増加し電波吸収が起こったことを示している。Kikuchi et al.(1976) は HF ドップラー測定により太陽フレア時に正のドップラーシフトを観測し、その要因を 2 つ示した。(1) D 層の電子密度が増加し屈折率が変化することによる電波の見かけの行路の変化と (2) F 層の電子密度が変化し反射高度が変化することによる電波の行路の変化である。

今回の研究では詳細な電離圏変動の様子を調べるため SuperDARN レーダーの一基である北海道-陸別 HF レーダーを用いた。

我々の研究ではエコーの消失の直前に生じる地上/海上散乱エコーのドップラーシフトに着目した。要因 (1) と (2) ではエコーのドップラー速度は異なったレンジ依存性、仰角依存性を持つので、エコーのドップラー速度のレンジ、仰角依存性を解析することにより D 層、F 層の電子密度変化の状態を調べる。この解析結果を報告する予定である。

キーワード: 太陽フレア, 電離圏変動, ドップラーシフト, 北海道 SuperDARN Radar

Keywords: solar flare, ionospheric disturbance, doppler shift, SuperDARN Hokkaido Radar

磁気嵐期間に鹿児島で観測されたトウィーク反射高度変動 Variations in tweek reflection height observed at Kagoshima during magnetic storms

大矢 浩代^{1*}, 塩川 和夫², 三好 由純²
OHYA, Hiroyo^{1*}, SHIOKAWA, Kazuo², MIYOSHI, Yoshizumi²

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 Engineering, Chiba University, ²Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Variations of the D- and lower E-region ionosphere at middle and low latitudes associated with magnetic storms have been investigated using satellites and ground VLF signals. Kikuchi and Evans (1989) reported unusual enhancements of energetic electron fluxes over Japan at $L = 1.3$ during a large magnetic storm based on NOAA-6 satellite data. Araki (1974) reported that the phase of trans-equatorial VLF signals from a transmitter changed anomalously at night during the main phase of two large magnetic storms. Peter and Inan (2004) reported that the occurrence rates of lightning-induced electron precipitation (LEP) events depend on geomagnetic activities. Ohya et al. (2006) reported the response of the nighttime D-region ionosphere to the great magnetic storm of 27-28 October 2000. The tweek reflection height significantly decreased by approximately 10 km at 15:50-16:50 UT on 2 October and at 12:50 UT on 3 October in the beginning of the storm. However, the response of the D-region during magnetic storms has not sufficiently known yet. In this study, we investigate variations in tweek reflection height during several storms observed at Kagoshima over 35 years from 1976 to 2011. The descent (rise) of the reflection height corresponds to increase (decrease) in electron density in the ionospheric D- and lower E-regions. The variations in the tweek reflection height observed at Kagoshima during magnetic storms correspond to the variations in electron density at low and middle latitudes in the lower ionosphere. For example, during a magnetic storm of 26 August- 6 September, 1978 (the peak of Dst index: -226 nT), the hourly tweek reflection height suddenly fell by about 5 km several times during the storm recovery phase. In the presentation, we show variations of in the tweek reflection height during several magnetic storms.

CHAMP 衛星が観測した中低緯度短周期磁場変動の全球的分布とその起源 Global distribution of magnetic fluctuations in middle and low latitudes as observed by CHAMP satellite and their origin

中西 邦仁^{1*}, 家森 俊彦², Luhr Hermann³

NAKANISHI, Kunihito^{1*}, IYEMORI, Toshihiko², LUHR, Hermann³

¹ 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻地球物理分野, ² 京都大学大学院理学研究科付属地磁気世界資料解析センター, ³ ドイツ科学センター

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto City, ²Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Graduate School of Science, Kyoto University, ³GeoForschungsZentrum, GFZ, Potsdam, Germany

低高度 (300 km - 450 km) 精密磁場観測衛星 CHAMP が観測した磁場観測データの解析から、中低緯度に数十秒以下の周期の磁場変動が常時存在する事を確認し、以下の7つの特性を見出した。

1. Dip equator 付近で振幅がゼロに近く、変動が緩やかである。
2. 主に東西成分が変動する。
3. 昼側は夜側に比べ一桁以上変動が大きい。
4. 緯度が低くなるにつれ周期が長くなる傾向が頻繁に見られる。
5. 全成分とも地磁気擾乱依存性は弱い。
6. 地理的地形分布に対応する季節依存性が見られる。
7. 太陽風パラメーター依存性は弱い。

太陽風起源であると考えられている Pc 3 型地磁気脈動は、太陽風の速度が小さく、cone angle が大きい場合、活動度が低くなる事が知られているが、太陽風の速度が 300 km/s 以下と cone angle が 50 度以上の場合の振幅の統計結果に太陽風速度や cone angle 依存性は見られず、対象とする磁場変動には Pc 3 の寄与はあっても小さい。また、地磁気擾乱依存性が弱いので、磁気圏起源ではない事が考えられる。そこで、これらの特性と季節依存性も含め常時かつ全球的に磁場変動が見られる事から下層大気起源である事が考えられる。また、変動の周期は緯度が低くなる程長くなり、dip equator 付近で変動が緩やかになる。これらの特性は、下層大気起源の沿磁力線電流の空間構造を、衛星の軌道に沿った磁場変動として観測していると考えると矛盾なく説明できる。そこで当発表では、そのモデルを提唱し、そのモデルが特性を説明できることを示す。

キーワード: CHAMP 衛星, 数十秒以下の短周期磁場変動, 電離層上層, 沿磁力線電流, 電離層の中性大気振動, 下層大気起源
Keywords: CHAMP satellite, magnetic variation with periods shorter than 30 seconds, the above layer of the ionosphere, field-aligned current, neutral oscillation in the ionosphere, the origin in the lower atmosphere

2011年東北地方太平洋沖地震震源上空で観測された4分周期音波共鳴の特徴 Four minutes acoustic resonance detected above the epicenter of the 2011 Tohoku earthquake

齊藤 昭則^{1*}, 津川 卓也², 西岡 未知², 松村 充¹, 家森 俊彦³, 大塚 雄一⁴, 斎藤 享⁵

SAITO, Akinori^{1*}, TSUGAWA, Takuya², NISHIOKA, Michi², MATSUMURA, Mitsuru¹, IYEMORI, Toshihiko³, OTSUKA, Yuichi⁴, SAITO, Susumu⁵

¹ 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室, ² 情報通信研究機構, ³ 京都大学大学院理学研究科付属地磁気世界資料解析センター, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁵ 電子航法研究所通信・航法・監視領域

¹Dept. Geophysics, Kyoto University, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Graduate School of Science, Kyoto University, ⁴Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁵Communication Navigation and Surveillance Department, Electronic Navigation Research Institute

Total electron content (TEC) oscillation in four minutes period was observed above the epicenter after the M9.0 Tohoku earthquake on March 11, 2011. It was observed by a GPS receiver array after the earthquake for four hours in the vicinity of the epicenter. The frequency of the dominant mode of the oscillation was 4.5mHz, 222 seconds of period, while there were minor oscillations whose frequency were 3.7mHz and 5.3mHz. These periods are consistent with the periods of the acoustic resonance between the ground surface and the lower thermosphere, predicted by a numerical model. The amplitude of the TEC oscillation showed gradual change of the amplitude. This would be generated by the beat of two modes of the resonance. The reflection height of the acoustic wave is considered around 100km altitude. The TEC oscillation would be caused by the acoustic wave that leaked from the reflection layer vertically. The two-dimensional distributions of TEC variations generated by this resonance showed wave frontal structures that stretched from northwest to southeast, and traveled to the southwest direction. These structures cannot be explained by the propagation of the acoustic wave. The interaction between the neutral wave and the ionized atmosphere would play a role in the formation of these frontal structures of TEC. The ionospheric variations above the epicenter after the earthquake will be presented.

キーワード: 電離圏, 地震, 音波共鳴, 2011年東北地方太平洋沖地震, GPS, 全電子数

Keywords: ionosphere, earthquake, acoustic resonance, 2011 Tohoku earthquake, GPS, total electron content

東北沖大地震に伴う大気圏・電離圏変動のシミュレーション Simulation of atmosphere-ionosphere variations associated with the Tohoku-oki earthquake

品川 裕之^{1*}, 松村 充², 津川 卓也¹, 丸山 隆¹, 齊藤 昭則³, 家森 俊彦³, 村田 健史¹

SHINAGAWA, Hiroyuki^{1*}, MATSUMURA, Mitsuru², TSUGAWA, Takuya¹, MARUYAMA, Takashi¹, SAITO, Akinori³, IYEMORI, Toshihiko³, MURATA, Ken T.¹

¹ 情報通信研究機構, ² 電気通信大学, ³ 京都大学

¹NICT, ²University of Electro-Communications, ³Kyoto University

2011年3月11日の東北沖大地震では、地震発生後に顕著な電離圏変動が観測された。その変動は、周期4分程度の短周期変動、数100 m/s から数 km/s までの速度で伝播する移動性電離圏擾乱、震源付近のインパルス的な電離圏全電子数(TEC)増大とその後の急激なTEC減少などの特徴があった。我々は、2次元非静力学大気圏・電離圏結合モデルにより、その電離圏変動を調べた。その結果、震源付近で発生した音波と熱圏下部で二次的に発生した大気重力波によって、TECの基本的振る舞いはある程度説明ができることがわかった。しかし、観測データの解析では、地震の表面波から発生した音波や、伝播する津波などから発生する音波や重力波などが電離圏へ与える影響も示唆されている。本発表では、震源付近の津波の上下運動の他、表面波や伝播する津波などで発生する音波や重力波の影響も含めたシミュレーション結果を報告する。

キーワード: 地震, 津波, 電離圏, 大気圏, 波動, シミュレーション

Keywords: earthquake, tsunami, ionosphere, atmosphere, wave, simulation

「れいめい」衛星による大気光発光緯度分布観測の解析 The latitudinal distributions 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, 藤原 均⁵

AKIYA, Yusuke^{1*}, SAITO, Akinori¹, SAKANOI, Takeshi², YAMAZAKI, Atsushi³, HIRAHARA, Masafumi⁴, FUJIWARA, Hitoshi⁵

¹ 京都大・理・地球物理, ² 東北大・理, ³ JAXA・宇宙研, ⁴ 名古屋大・STE 研, ⁵ 成蹊大・理工

¹Dept. of Geophysics, Kyoto Univ., ²Grad. School of Science, Tohoku Univ., ³ISAS/JAXA, ⁴Solar-Terrestrial Environment Lab., Nagoya Univ., ⁵Faculty of Science and Tech., Seikei Univ.

科学衛星「れいめい」による中緯度での大気光リム観測データを用いて、O 大気光 (波長 557.7nm) と OH 大気光 (波長 670nm) の緯度構造の解析を行った。大気光の光学観測には、地上からのイメージャによる多数の観測が存在する。人工衛星を用いた観測では 1990 年代の UARS 衛星や 2000 年代の TIMED 衛星による観測がある。本研究では、「れいめい」に搭載された多波長オーロラカメラ (MAC: Multiple-spectral Auroral Camera) によってリム観測された O 大気光と OH 大気光のデータを用いた。解析には 2008 年 3 月から 2011 年 1 月までの 1,000 パス以上の観測データを用いた。「れいめい」は北緯 45 度から北緯 15 度でリム観測を行っている。特に観測の多い東経 90 度から東経 180 度の範囲での解析から、発光強度は一樣ではなく北緯 30 度付近にピークをもつことが明らかになった。これは大気潮汐が発光源となる物質の数密度に変化を与え、大気重力波によって変調された発光を観測したためと考えられる。

キーワード: 衛星観測, リム観測, 大気光, 緯度構造

Keywords: satellite observation, limb observation, airglow, latitudinal structure

OMTI ネットワークを用いた中間圏重力波の多地点観測 Mesospheric gravity wave propagation observed by OMTI multi-station network

鈴木 臣^{1*}, 塩川和夫¹, 大塚雄一¹
SUZUKI, Shin^{1*}, Kazuo Shiokawa¹, Yuich Otsuka¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Atmospheric gravity waves significantly contribute to the wind/thermal balances in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) through their vertical transport of horizontal momentum. It has been reported that the gravity wave momentum flux preferentially associated with the scale of the waves; the momentum fluxes of the waves with a horizontal scale of 10-100 km are particularly significant.

Airglow imaging is a useful technique to observe two-dimensional structure of small-scale (<100 km) gravity waves in the MLT region and has been used to investigate global behavior of the waves. Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University has made long-term airglow imaging observations in the world using the Optical Mesosphere and Thermosphere Imager (OMTI) system. All-sky airglow imagers of OMTI have interference filters on rotating wheels to observe airglow emissions in the vicinity of the mesopause (OI 557.7-nm, emission height ~96 km; OH Meinel-bands, ~86 km) and the ionosphere (OI 630.0-nm, ~250 km). In the Far East region, four OMTI stations are now up and running: from north to south, Yoyaguni (24.5N, 123.0E), Sata (31.0N, 130.7E), Shigaraki (34.9N, 136.1E), Rikubetsu (43.5N, 143.8E), Japan, and Paratunka (53.0N, 158.2E), Russia. This multi-station network covers an area elongating from southwest to northeast (~25x25 degrees, including almost all part of Japan) and allows us to identify the horizontal extent of gravity wave propagation in much wider range than ever. Based on the long-term measurements of OMTI since 1997, we found some events showing gravity waves widely prevailing over Japan.

In the presentation, we will report observational results of the OMTI multi-station measurements concerning small-scale gravity waves in the MLT heights.

キーワード: 大気重力波, 大気光イメージング観測, 中間圏・下部熱圏, OMTI

Keywords: atmospheric gravity waves, airglow imaging observation, mesosphere and lower thermosphere, OMTI

トロムソナトリウムライダーの2011年度観測概要

Observational results with the Tromsø sodium LIDAR from September 2011 to March 2012

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
NOZAWA, Satonori^{1*}, KAWAHARA, Taku D.², TSUDA, Takuo¹, Tetsuya Kawabata¹, SAITO, Norihito³, WADA, Satoshi³,
TAKAHASHI, Toru¹, OYAMA, Shin-ichiro¹, FUJIWARA, Hitoshi⁴, FUJII, Ryoichi¹

¹ 名大・太陽研, ² 信州大・工, ³ 理化学研究所基幹研, ⁴ 成蹊大・理工

¹STEL, Nagoya Univ., ²Faculty of Engineering, Shinshu Univ., ³ASI, RIKEN, ⁴Faculty of Science of Technology, Seikei 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。EISCAT トロムソ観測所には、ナトリウムライダーに加えて、EISCAT レーダー、MF レーダー、FPI、流星レーダー (NIPR)、オーロライメジャーなどが運用され、地球上層大気の総合的かつ相補的観測が実施されている。2010 年度のシーズンでは、ナトリウムライダーにより、時間分解能 10~20 分で、高度領域 80 km から 110 km にて、計 255 時間の大気温度データを取得した。2011 年 9 月から 10 月にかけて、システム改善を行った。それらは、(1) ライダーレーザー出力の増強 (~2.7W)、(2) レーザー系の光学レンズの改善、(3) 受信望遠鏡の視野確認の簡略化、(4) 観測プログラムの改善、などである。

本講演では、トロムソナトリウムライダーによる 2011 年 9 月から 2012 年 3 月までの観測結果の概要を紹介する。第 2 シーズンとなる 2011 年度観測では、9 月後半の観測開始後から 10 月にかけて、5 方向観測を実施した。そして、11 月以降は、鉛直一方向観測を実施した。2011 年 11 月以降では、基本的に常時オペレータを滞在させ、11 月 7 日から 3 月 13 日（予定）まで毎夜ライダー観測（除く悪天候）を実施している。データの時間分解能は、6 分まで可能である。この期間、約 20 晩に渡り、EISCAT レーダーとの同時観測を行った。現時点（2012 年 2 月 16 日）までに、計約 760 時間におよぶ大気温度データが取得されている。中でも 2012 年 1 月中旬から後半は、成層圏突然昇温が発生し、かつ太陽で大規模フレアが発生した。この期間、天候に恵まれて 11 夜連続観測（約 180 時間の温度データ）に成功した。

本講演では、2011 年度シーズンの観測結果の概要を報告する。特に、高度 80-110 km における大気波動の変動および EISCAT レーダーとの同時観測結果について議論する。

キーワード: ナトリウムライダー, 極域中間圏・下部熱圏, EISCAT, 大気波動

Keywords: sodium LIDAR, polar mesosphere and lower thermosphere, EISCAT, atmospheric wave

トロムソナトリウムライダーを用いた極域中間圏・下部熱圏における大気重力波の上方伝搬の研究

Study on upward propagating atmospheric gravity waves in the polar MLT region using the Tromsø sodium LIDAR data

高橋 透^{1*}, 野澤 悟徳¹, 堤 雅基², 津田 卓雄¹, 川原 琢也³, 斎藤 徳人⁴, 大山 伸一郎¹, 和田 智之⁴, 川端 哲也¹, 藤原 均⁵, Brekke Asgeir⁶, Hall Chris⁶, 藤井 良一¹
TAKAHASHI, Toru^{1*}, NOZAWA, Satonori¹, TSUTSUMI, Masaki², TSUDA, Takuo¹, KAWAHARA, Taku D.³, SAITO, Norihito⁴, OYAMA, Shin-ichiro¹, WADA, Satoshi⁴, Tetsuya Kawabata¹, FUJIWARA, Hitoshi⁵, BREKKE, Asgeir⁶, HALL, Chris⁶, FUJII, Ryoichi¹

¹ 名大・太陽研, ² 極地研, ³ 信州大・工, ⁴ 理化学研究所基幹研, ⁵ 成蹊大・理工, ⁶ トロムソ大・理

¹STEL, Nagoya Univ., ²NIPR, ³Faculty of Engineering, Shinshu Univ., ⁴ASI, RIKEN, ⁵Faculty of Science and Technology, Seikei Univ., ⁶Faculty of Science and Technology, Univ. of Tromsø

中間圏・下部熱圏は下層大気で励起された大気重力波が運動量を解放する高度領域である。また、極域においてこの高度領域の大気は、磁気圏からのエネルギー注入により激しく変動している。このように極域中間圏・下部熱圏は上下方向からのエネルギー注入があるという特徴がある。この高度領域のエネルギー収支の理解のためには、上下方向からのエネルギー注入をそれぞれ分離して、考えなければならない。磁気静穏時において、この高度領域は下層大気からのエネルギー注入のみであると考えられる。そこでまず、下層大気からのエネルギー注入を定量的に理解する必要がある。しかし、大気重力波の中間圏・下部熱圏高度領域での上方伝搬および散逸過程の研究は、極域オーロラ帯においてほとんど行われていない。さらに、より高高度まで伝搬し熱圏大気に影響を与えている大気重力波も存在すると考えられているが、これらの観測的証拠は少なく、未だ理解が不十分である。

本研究ではノルウェー・トロムソ (69.6 deg N, 19.2 deg E) に設置した、ナトリウムライダーにより観測された極域中間圏・下部熱圏の大気温度観測データを用いて、大気重力波についてイベント解析を行った。地磁気静穏日であった、2010年10月29日1630 UTから30日0030 UTにおける、大気温度変動を調べたところ、この変動が周期約4時間、鉛直波長約8.8 km、振幅約15 Kの大気重力波によるものであることが分かった。この大気重力波は2100 UT以前では到達高度が約95 kmまでであったのに対し、2100 UT以降ではより高高度(100 km)まで伝搬していた。この日は大気重力波の到達高度が変化している描像を捉えた非常に特異な観測結果である。この原因として、我々は(1)大気重力波が高度約95 kmにおいて散逸したこと、(2)背景風速が大気重力波の位相速度よりも大きくなり大気重力波が上方伝搬できなくなるフィルタリング効果を受けたことの2つの物理過程を検証した。検証のために、流星レーダーの風速データを併せ用いて、プラントパイサラ振動数とリチャードソン数を計算した。さらに、ホドグラフ解析を行うことで、大気重力波がフィルタリング効果を受ける高度である、クリティカルレイヤーを推定した。これらの解析の結果、(1)より(2)の方が支配的であったため、2100 UT以前に高度約95 km以上へ伝搬し得なかった原因は、背景風のフィルタリング効果によるものである可能性が高いと結論づけられた。

これまで、極域中間圏・下部熱圏における大気重力波の散逸、フィルタリング効果に関して理論的には理解されていたが、観測的に確かめられた結果はなかった。この結果は1例ではあるが、大気重力波の消滅、上方伝搬に対する理論を観測事実から支持することができた重要な結果である。

キーワード: 大気重力波, フィルタリング効果, ナトリウムライダー, 中間圏・下部熱圏

Keywords: gravity wave, filtering effect, sodium LIDAR, MLT region

2 太陽周期にわたる EISCAT レーダーを用いた極域下部熱圏風の研究 Study of the lower thermospheric wind in the polar cap using EISCAT data obtained in 2 solar cycles

塩地 恵^{1*}, 野澤 悟徳¹, 津田 卓雄¹, 小川 泰信², 大山 伸一郎¹, Brekke Asgeir³

SHIOJI, Megumi^{1*}, NOZAWA, Satonori¹, TSUDA, Takuo¹, OGAWA, Yasunobu², OYAMA, Shin-ichiro¹, BREKKE, Asgeir³

¹ 名古屋大学・太陽地球環境研究所, ² 国立極地研究所, ³ トロムソ大学

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²National Institute of Polar Research, ³Tromso University

ノルウェーのトロムソ (69.6 °N, 19.2 °E) 及びロングイアピン (78.2 °N, 16.0 °E) で稼働している EISCAT レーダーにより得られた下部熱圏風データを用いて、平均風、大気潮汐波 (24 時間、12 時間)、準 2 日波の研究を行った。データ取得期間は、トロムソでは、1996 年 11 月から 2012 年 2 月まで、ロングイアピンでは、1998 年 7 月から 2012 年 2 月であり、約 300 日分のデータを解析した。この風速データを用いて、極域下部熱圏における平均風、大気潮汐波、準 2 日波の季節変動及び太陽活動度依存を調べた。

極域下部熱圏大気における大気ダイナミクスの理解は、磁気圏-電離圏-熱圏結合を解明するにあたって重要である。その理由は、次に挙げられる。

(1) 極域下部熱圏平均風がどのように変動しているかを理解することは、地球大気循環を理解する上で重要である。季節、オーロラ活動、太陽活動によりどのような変動をしているかについて、未だ十分な理解が得られていない。特に、太陽風エネルギーがどのように下部熱圏で散逸するかを理解する上で、平均風のオーロラ活動度による変動を明らかにすることは重要である。

(2) 下部熱圏において、大気潮汐波は大きな振幅を持っているが、どのようなモードが支配的であるか、それらの季節および太陽活動度変動について未だ十分な理解は得られていない。

(3) 準 2 日波について、この高度領域の観測例は非常に少ない。本研究では、約 24 年に渡って EISCAT レーダーにより取得された風速データを解析し、上記課題について理解を大幅に進めることを目的としている。

本講演では、先行研究である Nozawa and Brekke (JGR, 1998) の例を示し、上記課題について解析結果を示す予定である。特に、太陽活動度変動と、トロムソ-ロングイアピン間の緯度変動に着目して報告する。

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

Keywords: EISCAT radar, tidal wave, quasi two wave, latitudinal variation

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

MIYAOKA, Hiroshi^{1*}, NOZAWA, Satonori², OGAWA, Yasunobu¹, OYAMA, Shin-ichiro², FUJII, Ryoichi²

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_3D (次世代欧州非干渉散乱レーダー) は、1981 年以来スカンジナビア北部で運用されてきた UHF レーダー (3 局) に代わり、フェーズドアレイアンテナによる 1 つの送受信局と複数の受信局から成る VHF レーダーシステムで、現行の 10 倍以上の時間・空間分解能により、下層・中層大気から上部電離圏まで幅広い地球大気圏の 3 次元ベクトル観測を実現するものである。

本計画は、2008 年 12 月に欧州大型研究設備計画ロードマップに採択され、EU 予算による 4 年間の設計研究 (2005 ~ 2009 年) に続いて準備計画 (2010 ~ 2013 年) が現在実施されている。スウェーデン・キルナの宇宙物理学研究所 (IRF) にプロジェクト準備室が置かれ、プロジェクトマネージャ (Ingrid Mann) を中心に計画が進められている。また、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、スウェーデンにおいても EISCAT_3D のための準備予算が認められ、計画の実現に向けて実質的な開発研究が始まった。

国内では、国立極地研究所と名古屋大学太陽地球環境研究所を中心に EISCAT_3D 国内ワーキンググループを作り、EISCAT_3D ユーザー会議に代表を派遣して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、国内研究者に向けて最新情報を提供する態勢を整えている。また、毎年開催する EISCAT 研究集会において EISCAT_3D に関する情報・意見交換を進めている。

本発表では、EISCAT レーダーの現状と今後、EISCAT_3D 計画の進捗状況、観測性能に関する最新情報、想定される今後のロードマップ、日本が参加するにあたっての課題などについて報告する。さらに、関連分野の研究者と幅広く意見交換する機会としたい。

キーワード: 非干渉散乱レーダー, 電離圏, 熱圏, 中間圏

Keywords: Incoherent scatter radar, Ionosphere, Thermosphere, Mesosphere