(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-01

会場:304

時間:5月22日14:15-14:30

波面状 Es による HF 波反射伝搬モデル HF propagation model reflected by frontal Es

富澤 一郎^{1*},藤井厚太朗¹ Ichiro Tomizawa^{1*}, Kotaro Fujii¹

¹ 電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター ¹SSRE, Univ. of Electro-Comm.

我々は最近多数の HFD 反射点を利用して波面状 Es の速度と波面方向を正確に求める方法を開発した。その解析から、 従来採用してきた波面状 Es 下面での散乱伝搬モデルではなく、鏡面反射伝搬モデルが適切と分かった。この結果から、 波面状 Es 構造は第一フレネルゾーン直径より狭い断面とその直径より非常に長い水平長を持っていると結論した。

キーワード: スポラディック E, 波面構造, HF 電波伝搬モデル Keywords: sporadic E, frontal structure, HF propagation model

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

PEM29-02



時間:5月22日14:30-14:45

SuperDARN 北海道-陸別 HF レーダーを用いた太陽フレア時における電離圏環境変動の量的特性の研究 Study of quantitative characteristics of ionospheric disturbances during solar flare with

the SuperDARN Hokkaido radar

渡辺 太規¹*, 西谷 望¹ Daiki Watanabe¹*, Nozomu Nishitani¹

1名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Solar-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手法により研究されてきた。Kikuchi et al. (1985) は HF ドップラー法により太陽フレア発生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。(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。

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。レーダーの地上/海上散乱エコーの消失が生じる直前に観測されるドップラーシフトに着目した。Davies et al. (1962) は要因 (1) では、エコーのドップラーシフトはレンジに対し正の相関、周波数と仰角に対し負の相関を持つのに対 し、要因 (2) ではレンジに対し負の相関、周波数と仰角に対し正の相関を持つことを示している。Kikuchi et al., (1985) は 周波数依存性を解析したのに対し、我々はエコーのドップラーシフトのレンジ、仰角依存性を初めて解析することによ リ、D層、F層の電子密度変化の様子を調べた。その結果、フレア発生時のドップラーシフトの要因としては、D層の電 子密度変化が支配的である可能性が高いことが分かった。この結果は Kikuchi et al. (1985) の結果と矛盾しない。この結 果を確認し、またより詳細な電離圏擾乱の特性を明らかにするために、フレアイベントを、フレアクラス、発生した季 節、LT、太陽天頂角などの特徴で区分し、それらを統計的に解析することでその依存性の解明を進めている。前回まで の研究では、D層電子密度変化量を見積もることができたので、次にF層電子密度変化量を見積もることを検討してい る。また GOES 衛星、SDO 衛星の X 線、EUV 放射強度のデータを用いて化学反応モデルより電離圏電子密度変化量を 見積もる解析をする予定である。レーダーのデータから見積もった電子密度変化量と太陽放射強度から見積もった電子 密度変化量を比較も検討している。講演ではより詳細な研究結果について報告する予定である。

キーワード: 太陽フレア, 北海道-陸別 HF レーダー, 下部電離圏, F 層, ドップラーシフト Keywords: solar flare, SuperDARN hokkaido radar, lower ionospher, F-region ionospher, Doppler shift

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

Japan Geoscience Union

PEM29-03

2012年5月20日金環日食に伴う地磁気変動の検出 The response of The 20 May 2012 solar ecliption the geomagnetic field

大場 崇義^{1*}, 三島稔明², 山口覚², 小田佑介², 山崎彬輝²

Takayoshi Oba1*, Toshiaki, Mishima2, Satoru, Yamaguchi2, Yusuke, Oda2, Akiteru, Yamasaki2

1 総合研究大学院大学, 2 大阪市立大学大学院理学研究科

¹The Graduate University for Advanced Studies, ²Osaka City University

日食時には電離層の太陽静穏時日変化 (Sq) 電流系が変化することで磁場形成が異なる可能性がある.

これまで,日食に伴う地上での地磁気変動が研究されてきたが,その有無を含め,議論がわかれている.例えば,1999 年8月11日にヨーロッパで発生した日食に伴う地磁気変動について,Malin et al. (2000)やHvoz?dara and Prigamcova? (2002)は15[~]20nT程度の地磁気変動があったと解釈していた.一方,Korte et al. (2002)は電離圏において電気伝導度は 減少したが,これに伴う有意な地磁気変動は検出されなかったと主張した.

日食に伴う地磁気変動を評価するときの困難点の一つとして,通常時の地磁気日変化の日毎の違いと,日食時の地磁 気変動との区別が挙げられる.そこで,本研究では通常時の日食の地磁気変動を推定し,日食に伴う地磁気変動を抽出 することを試みた.

2012 年 5 月 20 日 (協定世界時)の金環日食帯に含まれる大阪府交野に地磁気観測点 (KTN)を設置し, 2012 年 5 月 14 日から 6 月 4 日まで地磁気連続観測を行った.

カルマンフィルターを用いて, KTN における地磁気観測値と他の地磁気観測点(参照点)の地磁気観測値から KTN の 地磁気変化を予測する数式モデルを作成した.参照点として全国に点在する国土地理院,及び気象庁の観測点を用いた. 参照点の位置によって日食時の地磁気変動が推定値に与える影響が異なることを期待し,KTN の地磁気観測値と各モデ ルによる推定値との残差を用いて日食時の地磁気変動を評価した.

作成したモデルによって, KTN の地磁気日変化を数 nT 程度の残差で推定することができた.残差の特徴は参照点に よって異なる.一部のモデルでは日食時間帯に3nT 程度の残差が捉えられた.特に金環日食帯に含まれる観測点を参照 点に用いたモデルと比較して,金環日食帯の外部に位置する観測点を参照点にしたモデルでは日食時間帯に1-2nT 程度 大きな残差が得られた.

キーワード: 地磁気, 日食, カルマンフィルター Keywords: Geomagnetic effects, solar eclipse, Kalman filter

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-04

会場:304

時間:5月22日15:00-15:15

地磁気 Sq 場の長期変化の原因 Cause of long term variation of geomagnetic Sq field

竹田 雅彦^{1*} Masahiko Takeda^{1*}

¹ 竹田 雅彦 ¹Masahiko Takeda

各観測所での地磁気 Y 成分 Sq 場の振幅変化とそれに対する太陽活動度の影響を調べた。その結果、Sq 振幅の数年程 度以上の時間規模の太陽活動度依存性は、ほぼ電離層電気伝導度の太陽活動度依存性によって説明できる一方、ダイナ モ電場の太陽活動度依存性は小さいが、どちらかというと電気伝導度とは逆に太陽活動度が高い方が小さくなる傾向が 見られた。また、ダイナモ電場の長期変化には観測所による差があるが、その多くは地磁気主磁場の永年変化の違いに 起因していて、中性風速にすると違いはほぼなくなり、等価風速の長期変化としてはダイナモ電場と同様に太陽活動度 が小さいほど風速が大きい傾向が見いだされた。さらに 1985 年頃以降やや中性風速が速くなる傾向が見られるが、これ はこの期間の太陽活動度の減少に対応していると解釈できる。

学会時には各観測所での緯度や主磁場強度などの違いによる効果についても触れる予定である。

キーワード: 地磁気, 日変化, 太陽活動度, 電気伝導度, 中性風速, 主磁場強度 Keywords: geomagnetism, daily variation, solar activity, electric conductivity, neutral wind, main field strength

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-05

会場:304

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

新堀 淳樹¹*, 小山 幸伸², 能勢 正仁², 谷田貝 亜紀代¹, 堀 智昭³, 大塚 雄一³ Atsuki Shinbori¹*, Yukinobu Koyama², Masahito Nose², Akiyo Yatagai¹, Tomoaki Hori³, Yuichi Otsuka³

¹ 京大・生存研,² 京大・理・地磁気資料解析センター,³ 名古屋大学太陽地球環境研究所 ¹RISH, Kyoto Univ., ²DACGSM, Kyoto Univ., ³STEL, Naogya Univ.

電離圏・熱圏領域における中性大気は、太陽放射に起因する熱対流や、太陽、月などの潮汐力によって大規模な運動を 行っているが、この運動によるダイナモ作用を介して電離圏電流が地磁気静穏日 (Sq) 変化を作ることは古くから知られ ている。そして、この電離圏電流は、オームの法則によれば、電離圏電気伝導度、分極電場、および中性大気風の3種類 のパラメータに依存する。よって、Sq 場の振幅を調べることによって、電離圏・熱圏領域におけるプラズマ密度や中性 大気風などの長期変動のシグナルを捉えることができる。近年、Elias et al. [2010] は、中低緯度の3観測点における Sq 場の振幅が 1961 年-2001 年の約 40 年間で、5.4-9.9%だけ増加していることを見出した。彼らは、地球磁場の永年変化に 伴う電離圏電気伝導度の変化が Sq 場の振幅の長期トレンドの大部分を決めているが、残りは、地球温暖化ガスの冷却効 果による電離圏電子密度増加に伴う電気伝導度の変化であると言及している。しかし、Elias et al. [2010]の研究は、以下 の3つの問題点を含んでいる。(1)3観測点だけで得られた2001年までの観測データの長期解析のみで、全球的な変動 を捉えていない。(2)太陽活動の変動を取り除くのに太陽黒点数を用いていることから、無黒点数の時期が比較的多い太 陽活動極小期における Sq 場の振幅と太陽活動との定量的評価ができていない。(3)Sq 場の変動の源となる電離圏・熱圏 領域における中性大気風の変動を解析していないため、その長期変動による Sq 場の振幅への影響が明らかにされていな い。そこで本研究では、2009年度から開始した IUGONET プロジェクト (超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク 観測・研究)の参加大学・機関から提供される地磁気や電離圏・熱圏領域における中性風の長期観測データを用いて、電 離圏・熱圏大気の長期変動が Sq 場の振幅へ与える影響を定量的に明らかにする。本解析で使用した観測データは、UV、 EUV 領域の太陽放射強度の指標としての太陽 F 10.7 指数、184 点の地磁気観測点から得られた地磁気1時間値である。 ここで、Sq場の振幅は、地磁気 Kp指数の値が1日を通じて4未満である日を選定し、その期間の中で地磁気の最大と 最小の差として定義した。解析の結果、全ての地磁気観測点における Sg 場の振幅の長期変動は、11 年の太陽活動に依 存して変化する F10.7 指数と強い相関関係を示した。その Sq 場の振幅と F10.7 指数との関係は、線形ではなく、非線形 であった。既に Balan et al. [1993] によって報告されているように、この非線形性は、高い太陽紫外線に対して電離圏の 電子とイオンの生成率の減少として解釈されうる。この結果を受けて、太陽 F 10.7 指数と Sq 場の振幅から 2 次の回帰 曲線を求め、そこからのずれの経年変動を調べた。その結果、太陽活動による変動成分を差し引いた Sq 場の振幅には、 約20年ごとに減少と増加の期間が入れ替わる傾向が全ての観測点で見出された。一方、太陽風のエネルギーを駆動源と する極域の 2 セル対流によって作られる極域 Sq(Sqp) 変化の振幅の長期変動にも中低緯度のものと同様の傾向が見られ た。このことから、Sq 場と Sqp 場の長期トレンドは、地磁気の永年変化や超高層大気の長期変動に伴う電離圏電気伝導 度の変化に関係したものと考えられる。よって、このことを実証するために、IUGONET プロジェクトで開発された電離 圏電気伝導度計算ツールを用いて電離圏電気伝導度の長期変動との関係を調べる必要がある。

キーワード: 地磁気日変化, 太陽活動, 超高層大気, 中性風, 電離圏, 熱圏

Keywords: Geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation, Solar activity, Upper atmosphere, Neutral wind, Ionosphere, Thermosphere

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

PEM29-06



時間:5月22日16:15-16:30

apan Geoscience Union

電離圏観測ロケット近傍のウェイクに起因するプラズマ波動 Plasma wave turbulence induced by the wake of an ionospheric sounding rocket

遠藤 研^{1*}, 熊本 篤志¹, 大家 寛¹, 小野 高幸¹, 加藤 雄人¹ Ken Endo^{1*}, Atsushi Kumamoto¹, Hiroshi Oya¹, Takayuki Ono¹, Yuto Katoh¹

1 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

観測ロケットの後方にはプラズマウェイクと呼ばれるプラズマの希薄な領域が形成される。これまでの理論的研究や、 ロケット観測、数値シミュレーションによって、ウェイク中では電子密度が低くなることや電子温度が高くなることな どが広く知られている。

近年の観測により、ロケットのウェイクに伴ってプラズマ波動が励起する可能性が指摘されるようになっている。過 去の研究では、コールドプラズマ理論に基づいて MHz 帯の波動データを解析することにより、励起する波のモードが Upper-hybrid resonance (UHR) に関連するモード(以後 UHR モードと表す)であること、及びウェイクの両端から流入 する電子が二流体不安定を引き起こしてプラズマ波動を発生させるというモデルが提案されている。しかし、観測され た一部のプラズマ波動の周波数帯は、電子密度の観測値から予想される UHR モードの分散関係に合わず、この点は未解 決の問題として残されている。また、これまでの研究で使用されているデータは、時間分解能が 500 msec 以上の波動受 信機によって得られたものであり、プラズマ波動の励起メカニズムや励起領域、伝播過程を詳細に議論する上で充分で はなかった。

ウェイク近傍でのプラズマ波動については、人工衛星や月のウェイクなどでも観測の報告例がある。このことから、ロ ケットのウェイクに伴ってプラズマ波動が励起する過程は、プラズマ流と非磁化物体の相互作用に起因する普遍的な物 理メカニズムを内包していると考えられる。

そこで、東北大グループは、ロケットのウェイクが引き起こすプラズマ波動現象をより詳しく議論するため、2012年 1月12日に鹿児島県内之浦で打ち上げられた観測ロケットS-520-26号機にインピーダンスプローブ及びプラズマ波動受 信機を搭載し、電離圏プラズマ密度及び波動の電場成分の観測を行った。どちらも時間分解能は約260 msec で、これは ロケット1スピンに4-5回の測定を行うことを可能にしている。ロケットは高度約298 km まで到達し、観測の結果、過 去の観測で指摘された波動と同様の約1.3-2.4 MHzのプラズマ波動(MF帯の波)の他、0.9 MHz 以下にも波動(LF帯 の波)を観測した。インピーダンスプローブの観測結果やIGRF磁場モデルから UHR モードの分散関係を求めた結果、 MF帯のプラズマ波動の一部の観測周波数は UHR モードの分散関係を満たすものの、分散関係に合わない成分も観測さ れていることが分かった。

以上の観測結果を受け、我々はホットプラズマ中でのプラズマ波動の分散関係を用いて、改めて波動のモードに関し考察を行った。その結果、プラズマ波動がロケット近傍のウェイクで励起したものと仮定することにより、波長の制約から、MF帯の波動はUHRモード波動及び静電的電子サイクロトン高調(ESCH)波であること、LF帯の波動は静電的なホイッスラーモード波動である可能性を指摘した。また、ロケットの姿勢を解析することにより、これらの波動が、それぞれアンテナがある特定の方向に向いているときに強く観測されていることを明らかにした。さらに、電離圏の電子の速度分布に電子ビーム成分や温度異方性が生じた際の波動の分散関係を数値的に求めたところ、静電的なUHRモード波動、ESCH 波動、ホイッスラーモード波動の波数、周波数領域で波が成長する解が得られた。

本発表ではさらに、観測ロケットのウェイク周辺で期待されるプラズマ不安定について考察し、S-520-26 号機ロケットによる電子密度・プラズマ波動の観測結果をもとに、ウェイクに起因するプラズマ波動について議論する。

1/1

キーワード: ウェイク, プラズマ波動, 観測ロケット, 電離圏 Keywords: wake, plasma wave, sounding rocket, ionosphere

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-07

会場:304

GPS を用いた電離圏擾乱の観測及び航空航法支援システムに対する影響評価 Observation of ionospheric disturbance using GPS, and evaluation of their impact on air navigation augmentation system

大松 直貴^{1*}, 大塚 雄一¹, 斎藤 享², 塩川 和夫¹ Naoki Omatsu^{1*}, Yuichi Otsuka¹, Susumu Saito², Kazuo Shiokawa¹

¹ 名大 STE 研,² 電子航法研・航法システム

¹STEL, Nagoya Univ., ²NAV Department, ENRI

近年、航空航法において、GPS を用いた衛星航法の導入が進められている。GPS において、GPS 衛星と受信機間の全 電子量(TEC)に起因する電離圏遅延は、大きな測位誤差の要因となる。電波の伝搬経路に存在する電子 1TECU 当たり、 L1 帯では 0.16m、L2 帯では 0.27m の群遅延が発生する。GPS を用いた精密測量では、L1 帯及び L2 帯の 2 周波を用い て電離圏遅延補正を行うのが一般的である。しかし、航空航法では、L2 帯は航法バンドとして国際的に保護されていな いことから直接測位には利用できない。航空航法においては、測位精度だけでなく安全性が重要であり、安全性を確保 するための補強システムが必要となる。補強システムには、静止衛星を介して補強情報を放送する広域で有効な静止衛 星型衛星航法補強システム(SBAS)、地上設備から VHF 波で補強情報を放送する空港周辺の比較的狭い範囲で有効な地 上型衛星航法補強システム(GBAS)などがあり、一部で実利用が始まっている。

GBASとは、航空機が着陸経路に進入してから用いられるシステムであり、狭い範囲に限定して情報を提供するため、 SBASと比較して高い精度を得ることができる。GBASでは通常、衛星のクロック誤差や衛星の軌道情報の誤差、対流圏 遅延誤差、電離圏遅延誤差などの大部分を取り除くことが可能である。しかし、GBASの利用エリア内に電離圏遅延量 の空間勾配が存在する場合には、GBASによる補正を行った後でも補正誤差が生じてしまい、安全性の脅威となること が分かっている。

今回の研究では、国土地理院が提供する国内地上 GPS 受信機観測網データを活用した。日本国内で北緯 26.4 度から 35.6 度までの観測点から 6 点を選び、2001 年から 2011 年までの 11 年分の解析を行うことで、Rate of TEC change Index (ROTI)の緯度、季節、太陽活動度依存性を統計的に明らかにした。今回利用した TEC のデータは 30 秒間毎に記録され たものだが、ROTI とは、TEC の時間差分の 5 分間内の標準偏差をとったものであり、TEC の変動性を表す指標である。その結果、ROTI の値が最も大きくなるのは、磁気緯度的に低緯度である北緯 26.4 度の観測点における太陽活動極大期の 春季・夏季の夜間であることが分かった。これはプラズマバブルが原因であると考えられ、ROTI の値は最大 6 TECU/min 程度であった。ただし、6TECU/min というのは、幾分大きな数値であり、サイクルスリップの補正が正しくできていな いなど電離圏現象ではない可能性も考えられるため、TEC データを確認する必要がある。ROTI は、電離圏遅延量の空間 勾配を表す指標であるとも考えられるため、これにより GBAS に対する電離圏遅延量の空間勾配の影響を評価した。本 講演では、より詳細な研究結果について報告する予定である。

キーワード: 電離圏, GPS, 衛星航法, GBAS, ROTI Keywords: ionosphere, GPS, satellite navigation, GBAS, ROTI Japan Geoscience Union Meeting 2013 (May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

PEM29-08

会場:304



時間:5月22日16:45-17:00

中緯度電離圏全電子数変動における IMF-By の効果 Effect of IMF-By on variations of ionospheric total electron content at mid-latitudes

丸山隆^{1*},陣英克¹ Takashi Maruyama^{1*}, Hidekatsu Jin¹

1 情報通信研究機構

¹National Institute of Information and Communications Technology

The primary factor that controls ionospheric total electron content (TEC) variation is solar UV/EUV radiations through direct and indirect processes. The direct effect is the ionization of the thermospheric neutral particles by EUV radiations with wavelengths (lambda) shorter than 102.5 nm. Virtually all photons of lambda < 102.5 nm are absorbed by photoionization and the absorbed energy splits into the photo-electron channel and the chemical energy channel (ion-electron pair) with the ratio that depends on the wavelength. Indirect effects of solar irradiance on the ionosphere are through the modification of the thermosphere. The recombination of ion-electron pair and the dissociation process of molecular oxygen (O_2) by the Schumann-Runge continuum radiation (lambda = 130-175 nm) are the primary heat source of the thermosphere. Changes in temperature and composition of the neutral atmosphere, and the atmospheric circulation greatly affect the ionospheric electron density.

Because the relationship between the solar spectral irradiance and ionospheric TEC is highly complex, we applied an artificial neural network (ANN) technique that has a great capability of function approximation of complex systems to model solar irradiance effects on TEC. Three solar proxies, $F_{10.7}$, SOHO-SEM₂₆₋₃₄ EUV emission index, and MgII_{c-w-r} were the input parameters to the ANN representing activities at various heights and regions of the solar atmosphere (Maruyama, JGR 2010). Although the trained ANN prediction model was confirmed to work well to predict TEC variations, there remained some errors as easily expected from the fact that another channel of energy flow from the sun to the earth's ionosphere in the form of solar wind was not considered in the model. Thus, in the next step, we have examined effects of magnetic disturbance, which is a manifestation of solar wind magnetosphere energy coupling. For this purpose, the K_p index and several solar wind magnetosphere coupling functions were chosen as an additional input parameter to the ANN-TEC model and we obtained a substantial improvement in the TEC prediction when the preprocessed K_p index was used.

Somewhat minor but interesting effects on TEC variations are expected to emerge when major effects of solar irradiance and magnetic disturbance have been removed. We analyzed the time series of residual error by using a wavelet transformation, which revealed an error characterized by a period of approximately 27-30 days in the summer. Possible origins of the error having such a period are (1) insufficient modeling of solar activity effect, (2) lunar tidal forcing, (3) coupling with planetary waves in the lower atmosphere, and (4) solar wind effect other than geomagnetic disturbances. Regarding the first and second possibilities, the time series of the error amplitude did not synchronize with the solar rotational modulation of the activity or the lunar age. The third possibility may not be probable because the penetration of planetary waves up to ionospheric heights is suppressed during the summer. We examined solar wind effects in detail.

A various solar wind parameters and their combinations were examined. The best result was obtained when the IMF-By component and the solar wind velocity were included in the input space of the ANN and the residual error showing the 27-30 day period during the summer was removed. Parallel use of the solar wind magnetosphere coupling function further improved the model. Possible explanation of the IMF-By effect is discussed in terms of changes in the thermospheric general circulation pattern.

Keywords: TEC, IMF-By, artificial neural network

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.

PEM29-09



時間:5月22日17:00-17:15

ブラジル上空の活発な対流活動から発生した大気重力波の多点GPS-TEC観測:初期

解析結果 Study of gravity waves generated from strong tropospheric convection over Brazil by using multi-point GPS-TEC data

福島 大祐¹*, 塩川 和夫¹, 大塚 雄一¹, VADAS, Sharon L.², 西岡 未知³, 津川 卓也³ Daisuke Fukushima^{1*}, Kazuo Shiokawa¹, Yuichi Otsuka¹, VADAS, Sharon L.², Michi Nishioka³, Takuya Tsugawa³

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所,²NorthWest Research Associates, Inc.,³ 情報通信研究機構 ¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²NorthWest Research Associates, Inc., ³National Institute of Information and Communications Technology

電離圏擾乱の原因となる大気重力波は、主に下層大気中の対流活動から励起された大気重力波が中間圏界面や下部熱 圏で砕波することで発生する2次的な大気重力波であることがこれまでに示唆されている。Vadas and Liu (submitted to JGR, 2013) により、2005年10月1日の18UT以降にブラジル上空の活発な対流活動から大気重力波が発生し、熱圏にお いて砕波することで新たな2次的な大気重力波を発生させている描像がシミュレーションによって明らかにされた。こ の2次的な大気重力波の水平位相速度は約500 600m/s、周期は約2 3時間、水平波長は約4000 5000km であり、南 極、アフリカ、ヨーロッパまで伝搬していた。

本研究では、南米大陸の複数地点に設置されている GPS 受信機で観測された全電子数(TEC)のデータを用いること で、このシミュレーションされた大気重力波が実際に観測されているかどうか調べた。その結果、ブラジリアの GPS 受 信機で観測された TEC データの変動成分に大気重力波による TEC 変動が 2005 年 10 月 2 日の 4UT 頃に見られた。観測 された TEC 変動の周期は、動いている GPS 衛星から観測されたみかけの周期であるため、大気重力波本来の周期から わずかにずれていると考えられる。観測した衛星毎に見かけの周期が違っていたため、この見かけの周期の違いから波 面方向はおおよそ東西方向であると特定した。また見かけの周期の違いから計算した波の水平位相速度は約 660m/s、周 期は約2時間、水平波長は約4600km であり、シミュレーションされた2次的な大気重力波のパラメータに近い値となっ た。講演では、これらの観測とシミュレーションと比較した議論を行う。

キーワード:大気重力波, GPS-TEC, 対流活動 Keywords: gravity wave, GPS-TEC, tropospheric convection



(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



会場:304



時間:5月22日17:15-17:30

トロムソナトリウムライダーの 2012 年度観測概要 Observational results with the Tromsoe sodium LIDAR from October 2012 to March 2013

野澤 悟徳¹*, 川原 琢也², 斎藤徳人³, 津田 卓雄⁴, 川端哲也¹, 堤 雅基⁴, 大山 伸一郎¹, 高橋 透¹, 藤原 均⁵, 和田智之³, 小 川 泰信⁴, 藤井 良一¹

Satonori Nozawa^{1*}, Taku D Kawahara², Norihito Saito³, Takuo Tsuda⁴, Testuya Kawabata¹, Masaki Tsutsumi⁴, Shin-ichiro Oyama¹, Toru Takahashi¹, Hitoshi Fujiwara⁵, Satoshi Wada³, Yasunobu Ogawa⁴, 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 国立極地研究所,⁵ 成蹊大学理工学部 ¹STEL, Nagoya University, ²Faculty of Engineering, Shinshu University, ³RIKEN, ⁴National Institute of Polar Research, ⁵Faculty of Science and Technology, Seikei University

ノルウェー・トロムソ(北緯 69.6 度、東経 19.2 度)で稼働しているナトリウムライダーは、2012 年 10 月から第 3 シー ズンの観測を開始し、現時点(2013 年 2 月 1 日)まで順調に稼働している。EISCAT トロムソ観測所には、本ナトリウ 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 所有)、オーロライメージャーなどが 運用され、極域上層大気・電離圏(高度 70 km 以上)の総合的で相補的観測が実施されている。毎年シーズンオフにラ イダーシステムの改善を進めており、2012 年の観測シーズン開始前までに、次の改良を行った。(1)レーザー最高出力 4W、(2)光学ドームに替わり、受信用窓を設置(ただし、鉛直方向の 1 つのみ)(3)狭視野アイリスマスク利用に よるノイズ低減、(4)レーザー制御デバイスの PC による温度モニター。これらの改良により、ライダーシステムの性 能向上が達成されるとともに、より安定した運用が実現している。特に光学ドームの1 つをガラス窓に変更し、ドーム による受信光の光学的ぼけを改善した。その結果、より視野の狭いアイリスマスクの使用が可能になっている。これに よるノイズ低減と、レーザー出力アップにより、2011 年度までのシステムよりも、前後にそれぞれ 1 時間以上観測時間 が延長されている。さらに、鉛直方向観測では、状況によるが 110 km 超高度においても良質な温度データが取得できる ようになった。

本講演では、トロムソナトリウムライダーによる 2012 年 10 月から 2013 年 3 月までの観測結果の概要を中心に紹介 する。第3シーズンとなる 2012 年度観測では、主に5方向観測(レーザービームを同時に5方向に送信)を実施した。 鉛直方向に加えて、東西南北(仰角 60 度)の4方向を観測している。3 周波数観測により、大気温度および風速測定を、 主に高度 80?110 kmの範囲で実施した。さらに、5方向観測の前後では、鉛直方向のみ観測(レーザービームを鉛直の みに送信:鉛直受信用はガラス窓を使用)を実施し、より長時間データを取得した。講演では、高度 80-110 km におけ る大気波動の変動、大気温度の水平構造、流星レーダーとの風速比較、および EISCAT レーダーとの同時観測結果を中 心に報告する予定である。

キーワード: ナトリウムライダー, 大気温度変動, 下部熱圏, 中間圏, 北極域超高層大気, EISCAT Keywords: Sodium LIDAR, Temperature variation, lower thermosphere, mesosphere, polar upper atmosphere, EISCAT Japan Geoscience Union Meeting 2013 (May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-11

南極昭和基地における中層・超高層大気観測の進展 Progress of the middle and upper atmosphere observations over Syowa station in the Antarctic

中村 卓司^{1*}, 佐藤 薫², 堤 雅基¹, 山内 恭¹ Takuji Nakamura^{1*}, Kaoru Sato², Masaki Tsutsumi¹, Takashi Yamanouchi¹

1国立極地研究所,2東京大学大学院理学系研究科

¹National Institute of Polar Research, ²Graduate School of Science, the University of Tokyo

キーワード: 南極, 中層大気, 超高層大気, レーダー観測, ライダー観測, ミリ波分光計

Keywords: Antarctic, Middle atmosphere, Upper atmosphere, radar observation, lidar observation, millimeter wave spectrometer

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



会場:304

時間:5月23日09:15-09:30

2012年に本格観測を開始した南極大型大気レーダーによる研究 Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY) – after one year continuous operation since 2012 –

佐藤 薫¹*, 堤 雅基², 佐藤 亨³, 中村 卓司², 齊藤 昭則³, 冨川 喜弘², 西村耕司², 高麗 正史¹, 山岸 久雄², 山内 恭² Kaoru Sato¹*, Masaki Tsutsumi², Toru Sato³, Takuji Nakamura², Akinori Saito³, Yoshihiro Tomikawa², Koji Nishimura², Masashi Kohma¹, Hisao Yamagishi², Takashi Yamanouchi²

1 東京大学, 2 国立極地研究所, 3 京都大学

¹The University of Tokyo, ²National Institute of Polar Research, ³Kyoto University

The PANSY radar is the first Mesosphere-Stratosphere-Troposphere/Incoherent Scatter (MST/IS) radar in the Antarctic region. It is a large VHF monostatic pulse Doppler radar operating at 47 MHz, consisting of an active phased array of 1,045 Yagi antennas and equivalent number of transmit-receive modules with total peak output power of 500 kW. Its first stage has been installed at Syowa Station (69^o000'S, 40^o035'E) in early 2011, and is currently operating with 228 antennas and modules. This paper reports its scientific objects, technical descriptions, and preliminary results of observations made so far. The radar aims to clarify the role of atmospheric gravity waves in important polar events such as polar mesospheric clouds (PMC) and polar stratospheric clouds (PSC). The generation mechanism of gravity waves from katabatic winds is also of special interest. Moreover, strong and sporadic energy inputs from the magnetosphere by energetic particles and field-aligned currents can be quantitatively assessed by the broad height coverage of the radar extending from the lower troposphere to the upper ionosphere. From engineering points of view, the radar had to overcome restrictions due to severe environments of Antarctic research, such as very strong winds, limited power availability, and short period of construction with small manpower. We cleared these problems with specially designed class-E amplifier, light-weight and tough antenna elements, and versatile antenna arrangements. Although the radar is operating with only about a quarter of the full system, we have already obtained interesting results on the Antarctic troposphere, stratosphere and mesosphere, such as observation of gravity waves and multiple tropopauses associated with a severe snow storm in the troposphere and stratosphere, and polar mesosphere summer echo.

キーワード: 大型大気レーダー, 南極大気, 対流圏, 成層圏, 中間圏, 電離圏

Keywords: MST/IS radar, Antarctic atmosphere, Troposphere, Stratosphere, Mesosphere, Ionosphere

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



会場:304



時間:5月23日09:30-09:45

南極昭和基地 Na ライダーデータを用いた熱圏ナトリウム層の研究 Study on thermospheric sodium layer using Na lidar data from Syowa Station in Antarctica

津田 卓雄^{1*}, Xinzhao Chu², 中村 卓司¹, 江尻 省¹, 川原 琢也³ Takuo Tsuda^{1*}, Xinzhao Chu², Takuji Nakamura¹, Mitsumu Ejiri¹, Taku D Kawahara³

¹国立極地研究所,²コロラド大学,³信州大学工学部

¹National Institute of Polar Research, ²University of Colorado, ³Faculty of Engineering, Shinshu University

The neutral metallic atom layers (such as sodium, iron, potassium layers) are normally distributed at a height range of 80-110 km (in the upper mesosphere and lower thermosphere). Resonance scattering lidar observations of these metallic layers have been used as an important tool for investigation of the upper mesosphere and lower thermosphere. On the other hand, ground-based observations of the neutral atmosphere at higher altitude (above 110 km) are quite limited. Recently, observations of iron layers above 110 km up to 155 km have been reported from an iron Boltzmann lidar at McMurdo Station (77.8S, 166.7E) in Antarctica. Such high-altitude metallic layers (so-called thermospheric metallic layers) is currently well-unknown phenomenon, and has possibility to greatly improve our understanding of the lower thermosphere.

Intensive sodium temperature lidar observations were carried out at Syowa Station (69.0S, 39.6E) in Antarctica between 2000 and 2002 as a part of JARE observations. From the observational data, we investigate thermospheric sodium layer (above 110 km). In this presentation, we will report a thermospheric sodium layer event (up to 130 km) observed on 23 September 2000. In this event, the lidar detected significant signals not only from 80-110 km but also from 110-130 km. More detailed analysis has provided the temperature and the sodium-density measurements at this height range up to 130 km. The estimated sodium density reached about tens of cm⁻³ at around 120 km. The temperature profile in the thermospheric sodium layer was fairly comparable to that from the NRLMSISE-00 model. Furthermore we will discuss relationship between the thermospheric sodium layer and background ionospheric condition during the event.

Keywords: Sodium layer, Thermosphere, Syowa Station, Antarctica

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-14

高エネルギー粒子の降り込みに伴う中間圏および下部熱圏のNO変動 ~2012年の 通年観測に見られる短・長期変化~

Variation of Nitric Oxide in MLT region associated with energetic particle precipitation

礒野 靖子^{1*}, 水野 亮¹, 長浜 智生¹, 江尻 省², 片岡 龍峰³, 堤 雅基², 中村 卓司², 前澤 裕之⁴, 三好 由純¹ Yasuko ISONO^{1*}, Akira Mizuno¹, Tomoo Nagahama¹, Mitsumu Ejiri², Ryuho Kataoka³, Masaki Tsutsumi², Takuji Nakamura², Hiroyuki Maezawa⁴, Yoshizumi Miyoshi¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所,² 国立極地研究所,³ 東京工業大学,⁴ 大阪府立大学大学院理学系研究科 ¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²National Institute of Polar Research, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴Osaka Prefecture University

太陽陽子イベント(solar proton event; SPE)や磁気嵐が発生した場合、極域の下部熱圏~中間圏~上部成層圏では、 数 keV ~数 MeV の高エネルギー粒子の降り込みが発生し、大気中の窒素酸化物(NO、NO₂)の増加やオゾンの減少と いった微量大気成分の組成変動を引き起こすことが衛星観測により知られている(e.g., *Lopez-Puertas et al. 2005*)。ま た、冬期の極域では、下部熱圏で生成された NO が極渦などの大気循環によって下降してくることが知られている(e.g., *Seppala et al. 2007*)。ただし、これまでの報告例は、通年にわたる観測ではなく、数十日間や夏期など観測期間が限定さ れているものがほとんどであった。我々が独自に開発したミリ波分光観測装置は大気分子の回転遷移により放射される ミリ波・サブミリ波帯の電波スペクトルを検出する装置で、数時間程度の時間分解能を持ち、原理的には 24 時間の連続 観測が可能である。地上から定点観測をおこなうことにより、これらの現象に起因する微量大気成分の変動を、年間を 通じて連続的に観測することが可能で、長期間に渡る観測の結果をもとに、中間圏および下部熱圏の領域における微量 大気成分の変動メカニズムを解明することができると期待される。

2010年12月に南極昭和基地(南緯69度00分、東経39度35分)にミリ波分光観測装置を設置し、NO放射スペクトル(250.796 GHz)は2012年1月に観測を開始した。2012年中には、189日の有効なデータを取得した。スペクトルを24時間毎に積分した結果、0.5 MHzの半値幅を持つNOスペクトルが検出されており、スペクトルノイズの平均rmsは21 mKであった。NOスペクトルの2 MHz幅での積分強度を時系列にプロットすると、DOY70以前は1K以下の日が多くみられたが、DOY110以降に2K以上の高い値に推移し、そしてDOY230以降にはおよそ8割が再び1K以下となった。また、数日程度の短期的な増減も複数観測されている。

観測で得られた NO スペクトルの線幅は 0.5 MHz であることから NO の放射領域の温度はおおよそ 250 K であり、 その領域は 100 km 以下の中間圏から下部熱圏であると推測される。一年を通じて、冬期に積分強度が高く、夏期に低く なるという年変化が捉えられた。MLS による CO の高度分布では大気が下降している様子が見られ、NO の年変化とお およそ一致している。しかし、NO のスペクトルの線幅が広がっていないことから、60 km 以下の高度には NO を多く含 む大気は下降していないといえる。一方で、GOES による 0.8 MeV 以上の電子プロットを見ると冬期に高い値を示すこ とが多く、NO の増加と時期が一致しているところも複数みられる。この結果からは、高エネルギー電子の降り込みによ り中間圏から下部熱圏における NO がその場で生成された可能性が考えられる。さらに、放射領域の温度が変化すると NO の線スペクトルのドップラー幅が変化し、それに伴って積分強度が変動する可能性が考えられるが、SABER の温度 データでは 100 km 以下の領域での温度変化はほとんど見られないことから、温度変化はほとんど効いておらず NO のカ ラム量が変化していると言える。以上のように、我々の観測で得られた NO の積分強度は、ある一つの現象に応答して 増減しているのではなく様々な要因が混在している。

本講演では、2012年一年間の NO の観測結果を報告するとともに、NO が変動する要因を列挙し、その各々について SABER、GOES、POSE、MLS などの衛星データと比較し、議論する。

キーワード: ミリ波分光, 一酸化窒素 (NO), MLT 領域, 高エネルギー粒子の降り込み Keywords: microwave spectroscopy, Nitric Oxide, MLT region, Energetic Particle Precipitation

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM29-15

会場:304

日本の OMTI ネットワークで観測された中間圏大気重力波の同心円構造 Concentric rings of gravity waves in the mesosphere observed by the OMTI network in Japan

鈴木 臣^{1*}, 塩川 和夫¹, 大塚 雄一¹ Shin Suzuki^{1*}, Kazuo Shiokawa¹, Yuichi 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 behaviour 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. On 10 December 2002, concentric rings of gravity waves were observed simultaneously by all-sky imagers of OMTI in Japan located at Shigaraki (34.9N, 136.1E), and Rikubetsu (43.5N, 143.8E). The airglow structures, which were well-defined and formed a coherent wave pattern expanding from the southeast, were identified over 8 hours (1235-2047 UT or 2135-2947 LT). This unique event will give us new insight into the lower and upper atmosphere coupling.

In the presentation, we will report initial results on the concentric gravity waves on 10 December 2002 and discuss their possible source in the lower atmosphere.

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



会場:304

apan Geoscience Union



の日内変動に関する研究 A study of the tidal periodicity of gravity wave energy in the mesosphere observed with MF radar at Poker Flat, Alaska

木下 武也¹*, 村山 泰啓¹, 川村 誠治¹ Takenari Kinoshita¹*, Yasuhiro Murayama¹, Seiji Kawamura¹

1 情報通信研究機構

 1 NICT

米国アラスカ州、ポーカーフラットに設置された MF レーダーにより、中間圏から下部熱圏における中性風速データが 1998年10月から現在に至るまで蓄積されている。NICT では、上記長期間観測データを含む電磁波計測関連データベー スを活用した科学アプリケーション開発及び、これを用いた解析研究が進められている。一方、これまでの観測・理論 研究により、中間圏に存在する夏極域から冬極域に流れる子午面循環は主に重力波によって駆動されると考えられ、ま た中間圏中の重力波と潮汐波の相互作用についても観測・モデルにより研究されている。しかしながら、この相互作用 が生じる場における子午面循環の時空間変動については、まだ解明されていないことが多い。

本研究の目的は、重力波、潮汐波活動及び、これらにより変調される中間圏子午面循環の3次元構造を観測・モデルの視点から明らかにすることである。まず、米国アラスカ州、ポーカーフラットMFレーダー観測の水平風速データから1999~2008年の中間圏における重力波と潮汐波の抽出を行った。ここで、潮汐波は30分平均データ5日間分からトレンドを除き、非線形最小二乗法を用いて得られた8,12,24,48時間周期成分とし、重力波はこれらの残差で1~12時間周期を持つ擾乱と定義した。この手法を30秒間ごとに観測データに適用し、潮汐波各成分の振幅や位相の5日間移動平均値を計算した。得られた潮汐波各成分と重力波の運動エネルギーとの関係を調べた結果、1~4時間周期の重力波の運動エネルギーは主に、2つのピークを持ち、半日潮汐波が東風から西風に変わるタイミングで増大していることがわかった。上記結果は、特に4月から8月にかけて多くの年で見られた。この時期に重力波運動エネルギーに半日周期成分が卓越することは、Saskatoon (Manson et al. 1998)、南極 Rothera (Beldon and Mitchell, 2010)における観測結果ともよく対応している。今後は、上記結果の物理メカニズムを明らかにするため、様々なスケールの波活動及び、それらに伴う背景場の変動を3次元に記述する変形オイラー平均系(Kinoshita and Sato (2013a, 2013b)、Sato et al. (2013))を、重力波を陽に再現可能な高分解能大循環モデルに適用し、解析を進める予定である。

キーワード: 重力波, 潮汐波, 中間圏 Keywords: gravity waves, tidal waves, mesosphere

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



会場:304

時間:5月23日10:30-10:45

ウィンドプロファイラの側方放射を利用した水蒸気推定手法に関する研究 A study on a humidity estimation method using the side-lobe emission from a wind profiling radar

伊中 茂^{1*}, 古本 淳一¹, 瀬古 弘², 津田 敏隆¹, 橋口 浩之¹, 石原 正仁³ Shigeru Inaka^{1*}, Jun-ichi Furumoto¹, Hiromu Seko², Toshitaka Tsuda¹, Hiroyuki Hashiguchi¹, Masahito Ishihara³

¹ 京都大学生存圏研究所,² 気象研究所,³ 京都大学学際融合教育研究推進センター極端気象適応社会教育ユニット ¹Research Institute of Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ²Meteorological Research Institute, ³Education unit for Adaptation to Extreme Weather Conditons and Resilient Society, Kyoto University

This study aims to develop a new method to observe water vapor horizontal distribution using a side-lobe emission of the 1.3 GHz-band wind profiling radar (WPR). The phase delay of the received side-lobe emission is mainly due to the refractive index fluctuation along the propagation path. In the atmospheric boundary layer, the temporal and spatial non-uniformity of water vapor determines the refractive index fluctuation. Main scope of the study is to extract humidity information from the atmospheric phase delay of side-lobe emission from a WPR. Horizontal humidity distribution can be derived by the data assimilation into numerical prediction model.

The receiver system and data analysis algorithm were developed. A software radio, USRP N200 with an RX daughter board was employed to detect side-lobe emission received by an antenna. A Rubidium frequency standard and a 1 pps signal source of GPS receiver were used for accurate estimation of phase delay variation. The frequency stability of a crystal oscillator, which is generally employed for a reference frequency source of WPR, is insufficient for the accurate estimation. We proposed a new method to compensate the frequency uncertainty of WPR by using data of the additional receiver nearby the WPR site.

IQ data detected by USRP N200 are transferred to the control PC via Ethernet. The program written in IDL language extracts the temporal variation of the phase delay from the received IQ signal. In order to achieve good performance even in low SNR conditions, we developed an algorithm using STFT (Short-term Fourier transformation) aiming to remove noise in undesired frequency range.

The developed system is promising to derive humidity information from side-lobe emission from various WPRs such as the operational WPR network in Japan (WINDAS (WInd profiler Network and Data Acquisition System)).

キーワード: ウィンドプロファイラ, 水蒸気の水平分布の推定, 非静力学モデル, ソフトウェアラジオ, 側方放射, 大気伝搬 遅延

Keywords: Wind Profiling Radar, estimation of horizontal humidity distribution, non-hydrostatic forecast model, software radio, side-lobe, water vapor