

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 20 日現在

機関番号： 82636
 研究種目： 研究活動スタート支援
 研究期間： 2010 ～ 2011
 課題番号： 22840024
 研究課題名（和文）熱圏風の地上・衛星観測データを用いたプラズマバブルの出現機構の解明
 研究課題名（英文）Study on plasma bubble generation mechanism using thermospheric wind data observed by the C/NOFS satellite and ground-based instruments
 研究代表者
 西岡 未知（NISHIOKA MICH）
 （独）情報通信研究機構 電磁波計測研究所
 宇宙環境インフォマティクス研究室 専攻研究員
 研究者番号：20582589

研究成果の概要（和文）：地上 GPS 受信機網等の地上観測網データや C/NOFS 衛星データを用い、電離圏擾乱の特性の解明を行った。本研究ではまず、低太陽活動時に頻出した電離圏擾乱の特徴や成因を明らかにした。その結果、電離圏擾乱の成因には、電磁気学的要素のみでなく、熱圏風の寄与が大きいことが明らかになった。次に、巨大地震後に観測された電離圏擾乱の特徴や成因を調べた。その結果、これらの電離圏擾乱は、巨大地震によって引き起こされた音波や大気重力波によって引き起こされていたことがわかった。

研究成果の概要（英文）：Characteristics of ionospheric disturbances were studied by analyzing data of ground-based observations and satellite in-situ measurements. In this study, ionospheric disturbance which often appears during a solar minimum period was investigated in detail. I found that thermospheric winds would play an important role for the generation of the ionospheric disturbances. I also investigated characteristics of ionospheric disturbance observed following an great earthquake. It is found that both acoustic waves and gravity waves caused the ionospheric disturbances.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,050,000	315,000	1,365,000
2011 年度	1,110,000	333,000	1,443,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,160,000	648,000	2,808,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：超高層物理学

キーワード：超高層物理学・地球電離圏・熱圏風

1. 研究開始当初の背景

プラズマバブルとは、磁気赤道付近の日没

後の電離圏下部に生じた電離大気低下密度領域がプラズマ不安定によって拡大しながら高度千 km 以上にまで急速に拡大する現象である。プラズマバブルが出現すると電離圏シンチレーションを引き起こし、通信・航法に障害が出るため、その出現機構を理解し出現を予測することが社会的にも要請されている。プラズマバブルの出現特性には太陽活動依存性や季節依存性や経年変化が見られる。研究代表はこれまで、これらの出現特性を地上 GPS 受信機網データを用い明らかにし、その出現特性をプラズマ不安定性の経度依存性によって説明してきた[Nishioka et al., 2008]。また、研究代表者が確立したプラズマバブルの同定法を用いてプラズマバブルの出現変動を詳細に調べてみると、その出現変動に強い日日変動等の複雑な出現変動が見られる(図1)。この日日変動は、プラズマバブルの出現過程に熱圏風や、電離圏電場・電子密度・電気伝導度・地球磁場などの電磁気学的要素が複雑に寄与していることを示唆している。このようにプラズマバブルの出現特性は複雑で、その出現機構は明らかになっていない。

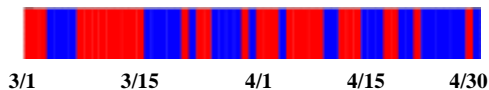


図1. 2003年3-4月のインドネシアにおけるプラズマバブルの出現状況
(■ 出現した日 ■ 出現しなかった日)

プラズマバブルの出現機構が未解明な理由は、プラズマバブルの出現に大きく寄与し得る熱圏風の観測がほとんど行われていなかったことである。電離圏の大部分は中性大気で構成されるため、電離大気は熱圏風の影響を大きく受ける。熱圏風速度がプラズマバブルの出現に寄与するというモデル計算結果は報告されている [Mendillo et al., 1992, Krall et al., 2009 等] が、観測的検証は十分には行われていない。熱圏風の観測には、衛星による直接観測方法と地上からの間接観測方法が考え得る。前者の場合、衛星の400km以下の飛行高度が必要であるが、通常の衛星軌道高度は400km以上であるため、十分にデータは得られていない。後者の場合、高い光学観測技術が必要であるため、世界的にも研

究例が少ない[Basu et al., 1996; Drob et al., 2008]。このように、プラズマバブルは長年の間観測され研究されていた現象であるにも関わらず、熱圏風観測データが乏しいことがボトルネックとなり、その出現機構は未解明問題として残されている。

近年、観測技術の発達により、熱圏風の観測が行われ始めた。名古屋大学太陽地球環境研究所のグループは、熱圏風を測定するためのファブリ・ペロー干渉計を開発し、東南アジア地域で熱圏風の観測を行っている。東南アジア地域にはファブリ・ペロー干渉計以外にも多数の光学・電波観測器が展開されている。また、米国は2008年に中低緯度電離圏観測衛星であるC/NOFS衛星を打ち上げた。C/NOFS衛星は中性風の観測機器を搭載しており、今まで観測することのできなかった熱圏風の観測を始めた。

2. 研究の目的

プラズマバブルに代表される電離圏擾乱の出現機構には、電離圏中性風(熱圏風)や電離圏電場、電子密度、電気伝導度、地球磁場などの電磁気学的要素が複雑に関わっているため、今日もその出現機構は未解明である。本研究では、今までに十分に得られることの出来なかった熱圏風の地上および衛星観測データを用い、地上観測網および衛星観測の電離圏電子密度などのデータと組み合わせることで、熱圏風および電磁気学的要素が電離圏擾乱の出現機構にどのように寄与するかを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

C/NOFS衛星のデータ及びGPS受信機やファブリ・ペロー干渉計を始めとする多数の地上観測網のデータをインターネット等を通じて取得し、それらを解析する。

4. 研究成果

近年の低太陽活動時には、プラズマバブルとは特徴の異なる電離圏擾乱が出現していることが明らかになってきた。そこで、低太陽活動時に頻出する電離圏擾乱の特徴を調べ、その成因にどのように熱圏風と電磁気学

的要素が寄与するかを調べた（研究成果（1）の①、②、③）。また、巨大地震後に熱圏風の乱れによって引き起こされる電離圏擾乱に関して、その特徴を調べ、成因について明らかにした（研究成果（2））。

研究成果（1）低太陽活動時に頻出する電離圏擾乱に関する研究

①真夜中に出現する電離圏擾乱の出現特性と成因の解明

低太陽活動時の電離圏擾乱の出現頻度をVHFレーダによって調べ（図2）、電離圏擾乱を引き起こした背景の電子密度分布を地上GPS受信機網やイオノゾンデデータによって詳細に調べた。その結果、電離圏擾乱の出現/非出現には、電離圏高度の変化が大きく影響していることがわかった。この結果は、電離圏ダイナミクスに、電離圏電場だけではなく電離圏における中性風熱圏風が大きく寄与していることを示唆している。

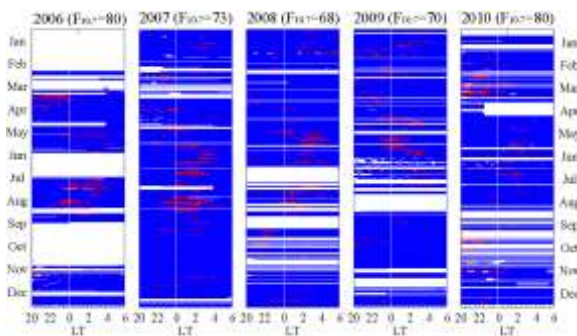


図2. 2006 - 2010年における電離圏擾乱出現の地方時・季節依存性（■出現 ■非出現）

②真夜中に出現する電離圏擾乱内のプラズマ組成の解明

C/NOFS衛星の直接観測データによって、低太陽活動時の電離圏イレギュラリティ内のプラズマの成分を詳細に調べた。低太陽活動時の電離圏イレギュラリティ内部のプラズマの成分を明らかにすることは、その成因を明らかにする上で重要な情報である。イレギュラリティ内の酸素イオンと水素イオンの割合を調べた結果、低太陽活動時の電離圏イレギュラリティは電離圏電子密度が極大になる高度よりも低高度で生成されたことが示された。この結果は、低太陽活動時の電離圏イレギュラリティの生成メカニズムが高

太陽活動時のそれと類似していることを示唆している。

③低太陽活動時における電離圏の状態と電離圏擾乱の生成機構の解明

C/NOFS衛星によって観測される赤道域電離圏擾乱についての研究を行った。地上観測網データを解析することで、電離圏擾乱を引き起こした背景の電子密度分布の様子を推測することができた。その結果、赤道域電離圏擾乱の出現/非出現には、電離圏電場や中性大気のダイナミクス、及び太陽活動度が大きく寄与することが示された。また、低太陽活動度における電離圏の特性も明らかにした。

研究成果（2）巨大地震後に熱圏風の乱れによって引き起こされる電離圏擾乱に関する研究

南アメリカ大陸に展開される地上GPS受信機を用いて電離圏全電子数を算出し、2010年2月27日に発生したチリ中部地震後の電離圏擾乱の特性を詳細に調べた。その結果、地震後に、12分程度の急激な全電子数の増加・10分程度の緩やかな全電子数の増加・震源近くのみで見られる10分程度の緩やかな全電子数の減少・3-4分周期の全電子数周期変動、の4種類の電離圏擾乱が発生していたことがわかった（図3）。これらは、音波や重力波、及び音波共鳴によって引き起こされた電離圏擾乱であると解釈することができた。

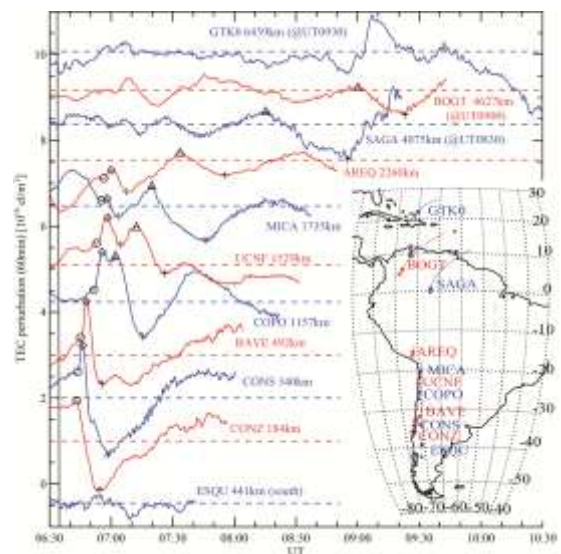


図3. 2010年チリ地震後の電離圏全電子数の変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① M. Nishioka, Su. Basu, S. Basu, C. E. Valladares, R. E. Sheehan, P. A. Roddy, and K. M. Groves, C/NOFS satellite observations of equatorial ionospheric plasma structures supported by multiple ground - based diagnostics in October 2008, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 査読有, A10323, 10.1029/2011JA016446, 2011

[学会発表] (計12件)

① 西岡未知、大塚雄一、塩川和夫、山本衛、Hairston Marc、C/NOFS衛星のin-situ観測データを活用した低太陽活動時における赤道域電離圏擾乱の研究、第128回 地球電磁気・地球惑星圏学会、2011年11月5日、神戸大学、兵庫県

② Michi Nishioka, Y. Otsuka, K. Shiokawa, T. Tsugawa, and P. A. Roddy, Study on latitudinal profile of TEC and its relationship with plasma irregularity occurrence over Southeast Asia, Asia Oceania Geosciences Society, 8th Annual Meeting and Geosciences World Community Exhibition, 2011年8月9日, Taipei International Convention Center, 台湾、台北市

③ Michi NISHIOKA, Yuichi OTSUKA, Kazuo SHIOKAWA, Study on night-time F-region irregularities using a VHF radar, ionosondes, and ground-based GPS stations in Southeast Asia, 2010 CEDAR(Coupling Energetics and Dynamics of Atmospheric Regions) Workshop, 2011年6月28日、Santa Fe Convention Center, アメリカ、ニューメキシコ州、サンタフェ

④ 西岡未知、大塚雄一、塩川和夫、津川卓也、Patrick A Roddy、東南アジア地域における地上・衛星観測データを用いた電離圏全電子数の緯度分布と電離圏擾乱出現との相関の解明、日本地球惑星科学連合2011年大会、2011年5月27日、幕張メッセ、千葉県幕張市

⑤ NISHIOKA Michi, Ionospheric Variations

Associated with the 2010 Chile Earthquake Studied with Ground-based GPS-TEC Data、SEALION International Symposium 2011、2011年1月27日、Grand Mercure Fortune Hotel, タイ・バンコク市

⑥ NISHIOKA Michi, Plasma bubbles detected by GPS observations, WORKSHOP Coupling between the Earth's atmospheric and Plasma environments, 2010年9月20日、The International Space Science Institute, スイス・ベルン市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西岡未知 (NISHIOKA Michi)

(独) 情報通信研究機構・電磁波計測研究所宇宙環境インフォマティクス研究室・専攻研究員

研究者番号：20582589

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし