

国際宇宙ステーション JEM 船外プラットフォームからの地球超高層大気撮像観測 ISS-IMAP

齊藤昭則 (京都大学 大学院理学研究科)、IMAP ワーキンググループ

ISS-IMAP: Imaging observation of the Earth's upper atmosphere from the exposed facility of JEM on the international space station

Akinori Saito*, IMAP working group

*Kyoto University, Graduate School of Science, Kitashirakawa Oiwakecho, Kyoto 606-8502

E-Mail: saitoua@kugi.kyoto-u.ac.jp

Abstract: ISS-IMAP (Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping) mission instruments will be installed on the Exposed Facility of Japanese Experiment Module on the International Space Station (EF of ISS-JEM), and is scheduled to start its observation in 2012. It consists of two imaging instruments, VISI and EUVI. VISI (Visible and near-Infrared Spectral Imager) will observe the airglow from O (630nm), OH Meinel band (730nm), O₂ (0-0) atmospheric band (762nm) in the Nadir direction. The altitudes of the emission layers are 250km, 85km and 95km, respectively. EUVI (Extreme ultraviolet imager) will measure the resonant scattering from He⁺ (30.4nm) and O⁺ (83.4nm) in the limb direction. The objective of this mission is to clarify the physical mechanism of the following three processes: (1) energy transport process by the atmospheric structures whose horizontal scale is 50-500km in the upper atmosphere (2) process of the plasma transport up to 20,000km altitude (3) effect of the upper atmosphere on the space-borne engineering system. ISS-IMAP will measure the following three parameters in the lower latitude region than 50 degrees: (1) distribution of the atmospheric gravity wave in the mesopause (87km), the ionospheric E-region (95km), and the ionospheric F-region (250km) (2) distribution of the ionized atmosphere in the ionospheric F-region (3) distribution of O⁺ and He⁺ ions in the ionosphere and plasmasphere. The novel space-borne observational techniques used in ISS-IMAP will be introduced in the presentation.

Key words; Ionosphere, Mesosphere, Thermosphere, Plasmasphere

1. はじめに

大気圏から宇宙空間へ移り変わっていく高度 80km から 20,000km にかけての領域は、地球と宇宙の両方からの影響を受けているので、複雑で、未解明な現象が多い領域である。国際宇宙ステーションやGPS等の衛星航法、放送、通信での宇宙利用の高精度化が進むにつれて、この領域の変動とその宇宙利用システムへの影響を理解する事が重要になってきており、ISS-IMAP (Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping) ミッションは、超高層大気からの微弱な光を撮像する事で、この領域で起こっている現象の全体像を解明するための観測ミッションである。

2. ISS-IMAP ミッションの目的

近年、超高層大気の水平方向 2 次元の地上観測技術が急速に発展した。CCD の技術的な進歩、レーダーなどのデジタル信号処理技術の発展、GPS 受信機網など観測網の展開によってこれまでの観測技術では測定出来なかった 50km-500km の水平スケールを持つ現象と、その現象の果たす重要性が明らか

になってきた。Fig. 1 は、5 地点の地上全天 CCD カメラによって撮像された大気光の水平構造である¹⁾。日本上空で水平波長 100-500km の帯状の構造が夏期夜間に頻繁に出現する事が観測され、大気重力波とプラズマの相互作用の結果だと考えられている。

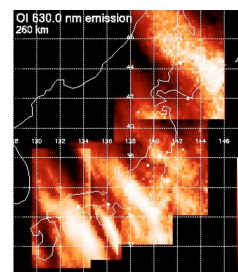


Fig. 1 地上全天カメラによって観測された 630nm 大気光構造¹⁾

Fig. 2 は、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震後に日本国内の GPS 受信機網によって観測された電離圏全電子数の変動である。震央付

近を中心として同心円上の波面が形成され、震央から遠方に向けて伝搬している様子が観測された²⁾。これは、地震による海面の隆起によって音波が形成され、それが超高層大気に到達して、電離大気の変動を引き起こしたためと考えられている。

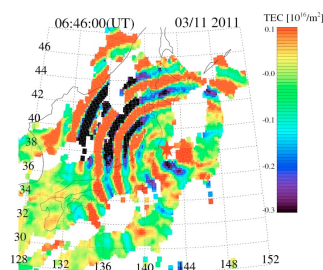


Fig. 2 2011年東北地方太平洋沖地震後に観測された電離圏全電子数の変動

これらの現象のように、2次元の撮像観測から地球超高層大気において、50-500kmスケールの構造が活発に発生し、それらは下層大気と超高層大気の結合過程、電離大気と中性大気の結合過程によって生成されていると予測されている。本ミッションでは、このような超高層大気重要な物理過程である50km-500kmスケールの構造の分布を、海上や降雨時、満月周辺期などの地上観測からは得る事出来ない場所と時間を含めて、均質に観測し、その特性の経度、緯度、地方時、季節依存性、太陽活動度依存性を明らかにする。

また、この超高層大気領域で突発的に起こるプラズマや大気の乱れは、GPSや放送衛星などの人工衛星からの電波を乱して、時には使用不可能にすることもある。本ミッションでは、そのような擾乱が、いつ、どこで、どのように出現するのかを撮像に寄って測定し、発生の仕組みを明らかにして、将来の予報システムの開発につなげる事を目的とする。

ISS-IMAPミッション目的は、以下の3つにまとめられる：

- (1) 近年発展した地上観測で発見されている、中低緯度域超高層大気における50-500kmスケール構造の全体像の解明。
- (2) 高度20,000kmまでの地球大気圏最外部における電離大気の輸送過程の解明。
- (3) 宇宙利用システムへ影響を与える超高層大気の急激な変動過程とその影響の解明

3. ISS-IMAP ミッションの概要

ISS-IMAP(Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping)ミッションの実験装置は、可視近赤外分光撮像装置(VISI)と極端紫外撮像装置(EUVI)の2つのセンサーとミッションデータ処理装置(MDP)の3つからなる。

可視近赤外分光撮像装置(VISI)は、国際宇宙ステーション直下を指向し、中間圏・熱圏・電離圏からの大気光である酸素原子(発光高度250km:波長630nm)、酸素分子(O-O)大気バンド(発光高度95km:波長762nm)、OHマイネルバンド(発光高度87km:波長730nm)の3つの波長域の大気光を分光撮像する。視野は天底方向で、前方及び後方の45°方向に幅90°の短冊状の観測視野をもち、ISSの移動により3波長の大気光の2次元空間構造の測定を行う。VISIは前方と後方の二つの視野を持っている為、ステレオ撮像による立体的な撮像が可能であり大気光発光高度の決定と地上からの反射光を分離を行う。観測は日陰に限られるため地方時に関しては夜間のみの観測になる。

極端紫外光撮像装置(EUVI)は地球縁方向を指向し、電離圏・プラズマ圏からのHe+イオン(波長30.4nm)とO+イオン(波長83.4nm)の共鳴散乱光を地球リム方向の15°の視野で撮像観測をする。太陽光のO+イオン、He+イオンからの共鳴散乱光の測定であるため、観測領域が日照域である必要がある。



Fig. 3 ISS-IMAP 観測装置 (左図)VISI (右図)EUVI

4. まとめ

ISS-IMAP ミッションは国際宇宙ステーションに本実験棟「きぼう」船外プラットフォームからの地球超高層大気の撮像観測ミッションであり、HTV3号機により打ち上げられ、2012年よりの観測を予定している。このミッションにより、従来、解明されていなかった超高層大気の変動を高精度に全球的に観測できると期待される。

参考文献

- 1) Saito, A., M. Nishimura, M. Yamamoto, S. Fukao, T. Tsugawa, Y. Otsuka, S. Miyazaki, and M. C. Kelley, Observations of traveling ionospheric disturbances and 3-m scale irregularities in the nighttime F-region ionosphere with the MU radar and a GPS network, Earth Planets and Space, 54, 31-44 (2002)
- 2) Tsugawa, T., A. Saito, Y. Otsuka, M. Nishioka, and T. Maruyama, Ionospheric disturbances detected by GPS total electron content observation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, 875-879 (2011)