

木星電離圏イオン・中性風観測に向けた高分散赤外エシェル分光器の開発

宇野 健 [1]; 坂野井 健 [2]; 笠羽 康正 [1]; 小鮎 格久 [2]; 武山 芸英 [3]
[1] 東北大・理; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] ジェネシア

Development of the high-resolution infrared echelle spectrometer for the studies of Jovian thermospheric ion and neutral winds

Takeru Uno[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yasumasa Kasaba[1]; Tadahisa Kobuna[2]; Norihide Takeyama[3]
[1] Tohoku Univ.; [2] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [3] Genesia Co.

In the Jovian magnetosphere-ionosphere-thermosphere coupling system, the distribution of neutral winds is important for the estimation of the momentum and energy transportation from the ionosphere to the magnetosphere, because the amount of Pedersen current depends on the relative ion velocity as seen from neutral atmosphere. Ion winds have been observed as H_3^+ line emission [Rego et al., 1999; Stallard et al., 2001; Lystrup et al., 2007]. However, there is no direct evidence for the neutral winds. The detection of its motion by neutral H_2 (2.12 μm) emission is difficult, because of its low brightness (0.5×10^{-6} $\text{W}/\text{m}^2/\text{str}$, less than 1/100 of H_3^+ 3.9 μm emission) and slow speed (100 m/s at 500 km height, 400 m/s at 1000 km in some models).

In this study, we conducted high-resolution spectral observation of Jovian H_2 aurora using an echelle spectrograph, CSHELL, of IRTF at Mauna Kea on the island of Hawaii. The Jovian thermospheric neutral winds will be examined by observing the Doppler shift of auroral H_2 emission line at 2.12 μm .

Although temporal variations of Jovian ionospheric and neutral wind are suggested, continuous several weeks or several months observations is essentially difficult, because the observation by public observatories is limited by machine time.

For those targets, we are developing the infrared echelle spectrometer for the observation of Jovian ionospheric and neutral wind velocities that observed H_3^+ and H_2 emissions.

Our requirements are as follows: (a) H_3^+ (2.03 μm) and H_2 (2.12 μm) emissions with the luminosity of $0.5\text{-}1.0 \times 10^{-6}$ $\text{W}/\text{m}^2/\text{str}$, (b) slit length of 50 arcsec, (c) spatial resolution of 1.0 arcsec, (d) temporal resolution of 30 minutes, and (e) 60 m/s of error in velocity of the neutral wind.

We decided slit width is 1.0 arcsec, plate scale is 0.5 arcsec/pixel, and spectral resolution is about 50,000. We use the 256x256 InSb array, and can take 2 orders at the same time. In the future, we use the 1024x1024 InSb array, and can take 8 orders.

It is optimized for observation of winds of planetary atmosphere in near infrared wavelength (1-4 microns), with spectral resolution of 65,000. When the spectrometer will be completed, it can contribute to the investigation not only for Jupiter, but also Venus and Mars atmospheres.

木星の磁気圏-電離圏-熱圏結合系において、電離圏から磁気圏へ輸送される運動量・エネルギーの定量的議論には、熱圏でイオンと相互作用する中性大気速度の分布と変動の理解が重要である [Millward et al., 2005]。これは、電離に流れる Pedersen 電流が、中性大気と電離大気との相対速度に依存するためである。

これまでに H_3^+ 3.9 μm 帯の輝線のドップラーシフト観測から、1-3 km/s 程度のイオン風が報告されている [Rego et al., 1999; Stallard et al., 2001; Lystrup et al., 2007]。一方、中性風速度はメインオーバル付近の高度 500 km で 100 m/s、1000 km で 400 m/s というモデル計算結果があるが、直接観測研究は Gladstone et al. [2006] による 1 例しかない。中性風観測の困難さは、上記のように高速度分解をより要求されるにも関わらず、対象がより暗い点にある。すなわち、 H_2 の発光強度は 5×10^{-7} $\text{W}/\text{m}^2/\text{str}$ 程度で、典型的な H_3^+ 3.9 μm 帯発光強度の 1/100 程度である。

我々は、2009年8月にハワイ・マウナケア山山頂の NASA IRTF/CSHELL を用いて中性 H_2 発光の高分散分光観測を行い、ドップラーシフトから中性大気視線方向速度の導出を行なう予定である。しかし IRTF のような大型望遠鏡を用いた観測ではマシンタイムが限られることから、長い積分時間が必要な H_2 観測においては空間方向のスリットスキャンを行なうことは難しく、極域全体の空間分布を導出すること、時間変動を捉えることは困難である。イオン風についても、数日で数 10 % の変動が示唆されるそのダイナミクスの解明に必要な中長期連続観測はほとんど行なわれていない。

このため、我々は風速場導出に最適化した高分散赤外エシェル分光器の開発を行いつつある。要求性能は以下の通りである。(A) 明るさ $0.5\text{-}1 \times 10^{-6}$ $\text{W}/\text{m}^2/\text{str}$ の H_2 (2.12 μm) 輝線および同程度の明るさの H_3^+ (2.03 μm) 輝線を同時に捉える。(B) オーロラ帯を東西方向に一括スキャンできるよう、スリット長 50 arcsec。(C) 空間分解能はシーイング程度の 1.0 arcsec。(D) 木星自転と太陽風変動、中性大気変動の時定数を考慮し、時間分解能は 30 分。(E) 300 m/s 程度と見られている中性風速度、および変動を観測するため、速度決定誤差は 60 m/s。本要求を満たす装置パラメーターとして、プレートスケール 0.5 arcsec/pixel、スリット幅 1.0 arcsec、波長分解能 50,000 程度とすることを決定した。256x256 InSb array を用い、2.1 μm 帯の 2 つの次数を同時取得可能である。将来的には 1024x1024 array に換装することも検討しており、その場合には 8 つ程度の次数を同時に取得できる。本装置により、木星磁気圏-電離圏-熱圏結合の理解に大きく貢献できることを期待している。また、その高波長分解能と惑星観測用望遠鏡への常設という利点を生かし、継続的なイオン風の長期観測や、他の惑星、例えば金星の 1.2 μm 帯観測等にも適用していきたい。

本講演では、この観測装置の開発状況を報告するとともに、これに向けた試験観測という側面ももつ、8月に予定する IRTF 3 m による木星中性風観測の初期結果についても報告する予定である。