

EISCAT FPI 同時観測データを用いた地磁気擾乱時における下部熱圏大気ダイナミクスの研究 (2)

久保田 賢 [1]; 大山 伸一郎 [1]; 野澤 悟徳 [1]; Brekke Asgeir[2]; 津田 卓雄 [1]; 塩川 和夫 [3]; 大塚 雄一 [3]; 宮岡 宏 [4]; 堤 雅基 [5]; 小川 泰信 [5]; Larsen Miguel[6]; 栗原 純一 [7]; 山本 真行 [8]; 森永 隆稔 [8]; 藤井 良一 [1]
[1] 名大・太陽研; [2] トロムソ大・理工; [3] 名大 STE 研; [4] 極地研・宙空; [5] 極地研; [6] Clemson Univ.
; [7] 北大・理・宇宙; [8] 高知工科大

Lower thermospheric wind dynamics during geomagnetic disturbance intervals using data from EISCAT and FPI (2)

Ken Kubota[1]; Shin-ichiro Oyama[1]; Satonori Nozawa[1]; Asgeir Brekke[2]; Takuo Tsuda[1]; Kazuo Shiokawa[3]; Yuichi Otsuka[3]; Hiroshi Miyaoka[4]; Masaki Tsutsumi[5]; Yasunobu Ogawa[5]; Miguel Larsen[6]; Junichi Kurihara[7]; Masa-yuki Yamamoto[8]; Takatoshi Morinaga[8]; Ryoichi Fujii[1]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] Science and Technology, UiTo; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] National Inst. of Polar Res.; [5] NIPR; [6] Clemson Univ.; [7] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [8] Kochi Univ. of Tech.

Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL) and National Institute of Polar Research (NIPR) have conducted observations with the European Incoherent Scatter (EISCAT) radars under collaborations with ground-based optical instruments, and rockets at Tromsø, Norway (69.6°N, 19.2°E). Our understanding has not yet reached sufficient maturity, and there are numerous issues to be studied. In particular, for understanding the Magnetosphere-Ionosphere-Thermosphere coupled system, it is essential to study effects of high-energy particle precipitation (>1keV) and electric field penetration from the magnetosphere on the wind/temperature variability in the lower thermosphere. The scientific objective of this presentation is quantitative understanding of the causality to produce variations in the wind by estimating the heating rate, the Lorentz force, and the acceleration rate of the wind.

An initial result was already reported at the JpGU Meeting in May 2010 regarding a simultaneous measurement with the EISCAT radar, a Fabry-Perot interferometer (FPI; 557.7 nm), an all-sky camera (557.7 nm), and an all-sky digital camera in 26 January 2009. An abrupt enhancement of the auroral emission intensity was observed southward from Tromsø by about 100 km following an auroral breakup occurred at 00:23 UT. In two minutes, vertical component of the neutral wind velocity measured with the FPI became 17 m/s (positive upward) though the value was nearly zero for most of the experiment interval. While the zonal wind velocity was almost stable, the meridional wind fluctuated between -22 and -88 m/s (negative southward) when the vertical speed showed such a large upward motion. The Joule/particle heating rate and the Lorentz force term were calculated using the EISCAT radar data in order to estimate the wind acceleration rate. Comparison between the estimated and the FPI-measured wind acceleration rates suggested that the estimated value was smaller than the measured one by more than one order. However, the result of the comparison study might be variable because the height region to be employed for the comparison study was ambiguous in the previous presentation. To do more quantitative comparison, we need experimental information of the emission height.

This study develops two methods to estimate the emission height of 557.7 nm using the observed data. One is application of the proportionality between the production rates of the ionization and excitation processes. This method corresponds to an assumption that the emission height is equivalent to the height where the electron density has a peak in the E region. Two is application of the quenching effect on the excited atomic oxygen or O(¹S). The life time of O(¹S) is theoretically predicted as about 0.8 seconds, but decreased by the quenching effect. The time deviation from 0.8 seconds includes information on the emission height because of the height profile of the neutral density. Photometer data (427.8 nm and 557.7 nm) sampled at 20 Hz are employed for this method. These two methods suggest that the emission height is located between 100 and 140 km when the FPI-derived winds show notable variations as mentioned above. According to the emission height estimated, the calculated acceleration rate is still smaller than the observed one by 1-2 orders. The presentation will report more quantitative results taking into account effects of the emission height. Horizontal distance from region where the electromagnetic energy is mainly penetrated can be also an important parameter to understand the lower-thermospheric wind variations. At night of 26 January 2009, a Japanese sounding rocket was launched to conduct the neutral wind measurement with trimethyl aluminum (TMA). The TMA measurement was carried out more poleward from the estimated energy source region than the FPI. The comparison study between results from the TMA and FPI will be given in the presentation.

名古屋大学太陽地球環境研究所のグループと国立極地研究所のグループは、ノルウェーのトロムソ(北緯 69.6 度、東経 19.2 度)において電離圏観測に優れた能力を持つ欧州非干渉散乱 (European Incoherent Scatter: EISCAT) レーダーおよび光学観測機器を運用して、磁気圏 電離圏 熱圏結合過程を理解するための研究を進めている。この結合過程には様々な未解明な課題(例えば、オーロラ活動に伴い数分で発達する下部熱圏風速の急激な変動の発生機構)が残されているが、我々のグループは特に、磁気圏起源の 1keV を越えるオーロラ粒子や電場が下部熱圏の風速や温度に与える影響に着目し、観測データを用いて電磁気的エネルギー量、ローレンツ力、風速の時間変動量(即ち加速度)を推定し、風速や

温度変動の発生機構を定量的に理解することを目指している。

2010年5月の日本地球惑星科学連合大会での発表では、2009年1月26日に実施されたファブリペロー干渉計 (FPI: Fabry-Perot Interferometer)、全天カメラ (557.7 nm)、全天デジタルカメラ、およびEISCATレーダーによる同時観測データを紹介した。そのイベントでは、1月27日00:23 UTに発生したオーロラブレイクアップに伴いトロムソの南側およそ100kmでオーロラの急激な増光が観測された。その2分後に、それまでほぼ0 m/sで推移していた下部熱圏風速の鉛直成分が17 m/sまで上昇した。一方、FPI風速の東西成分はほぼ一定であったものの、南北成分は鉛直風の上昇が観測された時間帯に、-88 m/sから-22 m/sと南向きの加速が観測された。このような風速の急激な時間変動が観測された時間帯のジュール・粒子加熱率やローレンツ力をEISCATレーダー観測値から計算し、それをもとに鉛直風の数値と南北風の加速度を推定した。この計算結果とFPIが観測した結果を比較したところ、推定された鉛直風は2桁以上小さく、また加速度は観測値よりも1桁以上小さかった。しかしこの比較結果は、FPI風速がどの高度領域の風速値を代表しているのか、即ち、557.7 nmのオーロラ発光強度が極大値となる高度をどの高度に仮定するかに影響を受けている可能性があった。

そこで本発表では、オーロラ発光強度が極大値を持つ高度の推定を2つの方法で試みた。1つはオーロラ粒子の降込みに伴う電離過程と励起過程に関する連続の方程式から推測される発光強度と電子密度の関係から、発光高度を特定する方法である。EISCATレーダーが観測した電子密度の高度分布を利用し、発光強度が極大値となる高度の推定を行った。もう1つは、励起状態にある酸素原子が557.7 nmの光を放出する前に中性大気粒子と衝突し低いエネルギー準位に遷移してしまう現象 (quenching 効果) を利用する方法である。quenching 効果の影響がない場合、励起から発光までに経過する平均時間は0.8秒で、それからの時間差に発光高度に関する情報が含まれている。この解析には20 Hz サンプリングのフォトメータデータ (427.8 nm と 557.7 nm) を用いた。これら2つの手法によって、上記の風速の激しい時間変動が観測された時間帯の557.7 nm 発光高度は、100 - 140 km に分布していることが示唆された。各時刻における発光高度でのローレンツ力から推定された加速度とFPIが観測した加速度を比較したところ、やはり1~2桁ローレンツ力が少ないことが明らかになった。本講演では推定された557.7 nmの発光高度領域を考慮して、先に導出した加熱率やローレンツ力とFPI風速の変動についてより定量的な比較研究を行う。加熱率やローレンツ力の中性大気運動への影響は、高度方向だけでなく、ソース領域からの水平方向の相対距離にも依存している可能性がある。本イベントでは、トロムソの西側にあるアンドーヤ (北緯 69.2 度、東経 16.0 度) からロケットが打ち上げられ、トリメチルアルミニウム (TMA) を用いた下部熱圏の中性風観測が実施された。TMA はFPIの観測領域と比較してソース領域からより遠い場所を観測していたことが分かっており、両者の結果を比較して、ソース領域からの距離に着目した比較研究も実施する予定である。