

北極域下部熱圏における中性大気温度とイオン温度の比較研究

滝田 真太郎 [1]; 野澤 悟徳 [2]; 小川 泰信 [3]; 川原 琢也 [4]; 津田 卓雄 [5]; 斎藤 徳人 [6]; 和田 智之 [6]; 高橋 透 [7]; 藤原 均 [8]; Hall Chris[9]; Brekke Asgeir[10]

[1] 名大・理・素粒子宇宙; [2] 名大・太陽研; [3] 極地研; [4] 信州大・工; [5] 電通大; [6] 理化学研究所基幹研; [7] 電通大・SSRE; [8] 成蹊大・理工; [9] トロムソ大・TGO; [10] トロムソ大・理工

Comparison of neutral temperature with ion temperature in the polar lower thermosphere above Tromsø

Shintaro Takita[1]; Satonori Nozawa[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Takuya Kawahara[4]; Takuo Tsuda[5]; Norihito Saito[6]; Satoshi Wada[6]; Toru Takahashi[7]; Hitoshi Fujiwara[8]; Chris Hall[9]; Asgeir Brekke[10]

[1] STEL, Nagoya Univ; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] NIPR; [4] Faculty of Engineering, Shinshu University; [5] UEC; [6] ASI, RIKEN; [7] SSRE, UEC; [8] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [9] TGO, UiTO; [10] Science and Technology, UiTo

We will present comparison results of neutral temperature and ion temperature based on simultaneous observations conducted at Tromsø (69.6deg, 19.2deg). In the polar lower thermosphere even at 105 km, the neutral temperature may not be equal to the ion temperature because of the energy input from the magnetosphere. Joule heating, auroral particle heating, and the electron-ion heat exchange can contribute to heating of the ion and/or neutral particles. If we can derive the temperatures with good accuracy, we would evaluate contributions of the heat sources quantitatively. As far as we know, comparison of the neutral temperature obtained by LIDAR with the ion temperature by Incoherent Scatter (IS) radar has never been conducted except for the case study made by Nozawa et al. (JGR, 119, doi:10.1002/2013JA019520, 441-451, 2014).

Our group has conducted observations of the neutral temperature between about 80 and 110 km with the sodium LIDAR at Tromsø since October 2010 for 5 winters. Up to now, we have obtained temperature and sodium density data for about 2800 hours and about 1700 hours of wind data. For five winter observational seasons between 2010 and 2015, simultaneous observations of the sodium LIDAR and the EISCAT UHF radar were conducted for 44 nights: about 160 hours of simultaneous observational data are available. By using these simultaneous data sets, we have compared ion temperature values with neutral temperature values. Data with an altitude resolution of about 3 km as well as with temporal resolution of 10 min or 20 min are used for comparison.

Incoherent Scatter (IS) radar measurements in the E-region (i.e., in the lower thermosphere) during dark intervals suffer from lack of ionization. At high latitudes, the particle precipitations from the magnetosphere often provide enough ionization in the E-region for derivation of physical parameters with IS radar measurements. Reliability of the derivation of ion temperature under such a condition, however, is never evaluated as far as we know. Under relatively geomagnetically quiet conditions, we have obtained good agreements between the ion and neutral temperature values. On the other hand, on some occasions, the ion temperature values are systematically lower than neutral temperature values for several hours, implying either derivation ways of ion temperature or neutral temperature would be incorrect. The accuracy of the sodium LIDAR measurements becomes worse with increasing height above the sodium layer peak (say 95 km), while the accuracy of the IS radar measurements mainly depend on the amount of electron density. We have investigated possible causes of the discrepancy considering auroral particle precipitation effects, the pulse scheme used in the EISCAT radar measurements, model values used in IS spectrum fitting procedures, beam directions, and the strength of the electric fields.

We will show comparison results, and discuss the reliability of ion temperature values obtained by IS radar measurements in the E-region during winter night intervals. Furthermore, we will present results of evaluation of Joule heating in the lower thermosphere.

太陽風エネルギーの流入を受ける極域下部熱圏において、中性大気温度とイオン温度は衝突周波数が大きい高度 105 km 付近でも等しいとは限らない。この温度差は、太陽風エネルギー流入に伴うジュール加熱、オーロラ粒子加熱、電子-イオン熱交換が原因であると考えられる。中性大気温度とイオン温度を正確に導出することにより、これらの加熱量の定量的評価が可能となる。これら 2 種の温度を、1 つの観測装置で導出することはできない。通常、中性大気温度はライダー、イオン温度は非干渉散乱 (Incoherent Scatter: IS) レーダーにより導出される。しかしながら、極域において、これまでライダーによる中性大気温度と IS レーダーにより導出されるイオン温度の詳細な比較研究はほとんど行われていない。本講演において、トロムソにおけるナトリウムライダー・EISCAT レーダー同時観測データを用いた温度比較の結果を報告する。

我々のグループでは、2010 年 10 月から EISCAT トロムソ観測所 (69.6 度, 19.2 度) にてナトリウムライダーを用いた上部中間圏・下部熱圏 (高度 80-110 km) の中性大気温度測定を実施している。ナトリウムライダー観測は、冬期暗夜期

間(10月から3月)に行い、現在までに約2800時間の大気温度データを取得している。2012年10月より、5方向同時観測を実施し、約1700時間中性大気風速データも取得している。この観測期間において、ナトリウムライダーとEISCAT UHF レーダーとの同時観測は、44晩(約160時間)に及ぶ。我々は、これらの同時観測イベントを用いて、高度100 km から110 kmにおける中性大気温度とイオン温度の比較研究を行った。比較に用いたデータは、高度分解能約3 km、時間分解能10分ないし20分値を用いている。可能な限り同じ観測ボリュームにおける温度比較を行うために、鉛直方向の比較だけでなく、2013年10月以降においては、沿磁力線方向の比較も実施している。

ナトリウムライダーによる大気温度の導出は、ナトリウム原子密度が高度とともに低下することにより、ナトリウム層ピークから高度上昇とともに導出精度は低下する。一方で、冬期夜間におけるIS レーダー観測による物理量の導出は、電子密度が著しく低下するため、下部熱圏高度(E領域)においては非常に難しい。極域電離圏では、磁気圏からの高エネルギー電子降下による電離がある時、下部熱圏高度での夜間におけるプラズマパラメータの導出が可能になる。今回の比較研究を通して、通常のスเปクトル解析(EISCATでは、GUIDAPとよばれる解析プログラムが標準で用いられている)で求めた高度105 km以下のイオン温度が、中性大気温度と良い一致を示す例がある一方で、系統的に(数時間以上にわたり)、中性大気温度よりも低いという結果が複数晩において得られている。現在、この原因を明らかにするために、EISCAT レーダーで使用されたパルスコードの種類、スเปクトルフィッティングに用いているモデル値、レーダーの方向、オーロラ活動度の違い等について調べている。

講演では、中性大気とイオン温度の比較の例を示し、EISCAT レーダーによるイオン温度導出に関する制限を議論するとともに、イオン温度と中性大気温度差とジュール加熱率の関係について示す予定である。