

北欧に展開された3つの流星レーダーを用いた両極性拡散係数の異常増大

高橋 透 [1]; 堤 雅基 [1]; 小川 泰信 [1]; 野澤 悟徳 [2]; Hall Chris[3]; 宮岡 宏 [1]
[1] 極地研; [2] 名大・宇地研; [3] トロムソ大・TGO

Anomalous enhancement of ambipolar diffusion coefficient observed by three meteor radars installed in the polar region

Toru Takahashi[1]; Masaki Tsutsumi[1]; Yasunobu Ogawa[1]; Satonori Nozawa[2]; Chris Hall[3]; Hiroshi Miyaoka[1]
[1] NIPR; [2] ISEE, Nagoya Univ.; [3] TGO, UiT

Meteor radars detected echoes of meteor tails as a tracer of neutral wind from an altitude of 75 to 100 km (Hall et al., 2005). Using a decay time of the echo power, the meteor radar estimated the ambipolar diffusion coefficient, which depends on the ion and electron temperature. The ambipolar diffusion coefficient allows to estimate the neutral temperature because ion and electron temperatures are generally in thermal equilibrium with the neutral temperature. Recently, an anomalous enhancement of the ambipolar diffusion coefficient was observed by the meteor radar installed at Tromsø, Norway (69.6N, 19.2E). This anomaly could not be explained by neutral temperature enhancement. A previous study compared the anomalous enhancement with ion velocity and ion and electron temperatures observed by EISCAT radar (Tsutsumi et al. 2017). They reported that the anomalous enhancement tended to appear usually at 16 UT and accompanied by an enhancement of ion velocity and electron temperature. During a case study, the anomalous enhancement was not seen during an event of high energy particle precipitation on November 17, 2012. This suggests that the anomalous enhancement is generated by the intense electric field and high energy particle precipitation is not always necessary for its generation. Currently the generation mechanism of the anomalous enhancement is still unclear. To clarify this, we need to compare the spatial distribution of the anomalous enhancement with the convective electric field. Three meteor radars have been installed at Tromsø, Bear island (74.5N, 19.0E), and Longyearbyen (78.2N, 16.2E). These meteor radars almost align on the same longitude line and provide spatial distribution of the anomalous enhancement. All meteor radars are a commercially produced VHF system (ENDR8-20) manufactured by ATRAD Pty Ltd. The antennas were produced by the Arctic University of Norway (Nozawa et al., 2012, JGR; Hall et al., 2002, GRL, Hall et al., 2006, JASTP).

Peaks of occurrence rate were seen at 20-22, 19-21, 16-19 MLT (~UT+3) at Tromsø, Bear island, and Longyearbyen latitudes, respectively. This indicates that the anomalous enhancement appeared sequentially from high to low latitudes. In the morning sector, the peak of occurrence rate was only seen at 2-6 MLT above Bear island. In the case of high geomagnetic activity ($K_p > 3$), the evening peaks of the occurrence rate shifted to an earlier time. Clear occurrence peaks in the morning sector appeared at 3-5, 4-8, 7-10 MLT, respectively. The anomalous enhancement had a high probability of 90% 100 km south of Tromsø. These characteristics at times of high geomagnetic activity showed good agreement with the geomagnetic activity dependences of convective electric field.

We also found that peak occurrence rate in the evening sector was larger than in the morning sector. This can be related to auroral arcs appearing with intense electric field mainly observed in the evening sector. Thus, the generation of anomalous enhancement seems to relate both the convective electric field and the appearance of auroral arcs.

We will show the spatial distribution, MLT and geomagnetic activity dependence of the anomalous enhancement and its comparison with the electric field observed by EISCAT and EISCAT Svalbard radars.

流星レーダーは高度 75-100 km の流星飛跡からの反射波を観測し、そのドップラーシフトから風速測定を推定している (Hall et al., 2005)。それに加えて、反射波の強度減衰から両極性拡散係数も推定することができる。両極性拡散係数はイオン温度と電子温度に依存する係数ではあるが、イオンと電子が中性大気と衝突を介してほぼ熱平衡状態にあると考えられるため、中性大気温度を推定する情報源として活用されている。しかし、近年、国立極地研究所と名古屋大学の研究グループによってノルウェー・トロムソ（北緯 69.6 度、東経 19.2 度）に設置された流星レーダーで中性大気温度変動では説明できないほどの両極性拡散係数の増大現象（以下、異常増大）が見出された。

これまでの研究では、トロムソ流星レーダーで観測された異常増大と EISCAT (European Incoherent Scatter) レーダーで観測されたイオン速度及びイオン・電子温度とを比較した (堤他, 平成 28 年度大気圏シンポジウム, 2017)。これによると、イオン速度と電子温度の増大と同時に異常増大が観測されるケースが多く、特に 16 UT に集中して異常増大が発生していることが分かっている。また、1 例ではあるが高エネルギー粒子の降り込みとの比較も行われた。2012 年 11 月 17 日に発生した高エネルギー粒子の降り込みイベント時には異常増大は観測されなかった。これらのことから高エネルギー粒子の降り込みは異常増大の生成に大きく寄与をしていないものと考えられる。以上のように異常増大の基本的な描像は理解されつつあるが、トロムソの 1 地点の観測データでしか調査が行われていないため、その生成メカニズムの理解は未だ不十分である。異常増大のメカニズムを理解するためには異常増大の広域観測データと対流電場などのグローバルな現象とを比較する必要がある。

北極域ノルウェー・トロムソ、ベアアイランド（北緯 74.5 度、東経 19.0 度）、ロンガイヤビン（北緯 78.2 度、東経 16.2 度）には流星レーダーがほぼ同一経度線上設置されており、異常増大の空間分布の導出が可能である。これらの 3 つの流星レーダーは、アンテナはノルウェー北極大学製、コントロール系が ATRAD 製である (Nozawa et al., 2012, JGR;

Hall et al., 2002, GRL, Hall et al., 2006, JASTP)。本研究ではこの3つの流星レーダーを使って異常増大の空間分布及び発生確率を導出した。トロムソ、ベアアイランド、ロンゲイヤビンのそれぞれの観測点において、20-22, 19-21, 16-19 MLT (\sim UT+3) に発生頻度の極大が現れており、高緯度ほど異常増大が早い時間帯にピークを持っていた。また、この発生確率のピークはベアアイランドのみで朝側 2-6 MLT にも見られた。

地磁気活動度で発生確率を分類すると、 $K_p > 3$ の時の夕側の異常増大の発生頻度のピーク時間が 17-21, 15-19, 12-16 MLT と早い時間に異常増大の発生頻度のピークがシフトすることがわかった。また、3つの観測点すべてで朝側にも発生確率のピークが出現し、それぞれの観測点で 3-5, 4-8, 7-10 MLT となり、夕側とは反対に低緯度から順にピークを迎えることが分かった。さらに、トロムソ天頂から約 100 km 低緯度側では 19-21 MLT に約 90% 高い確率で異常増大が発生していた。地磁気活動度が活発な時に見られるこの特徴は対流電場の地磁気活動依存性と良い一致をする。

この一方で、地磁気擾乱時に朝側に見られる異常増大の発生頻度のピークは夕方側に比べて低い。これは、強い電場とともに出現するアーク状のオーロラが主に夕側付近に出現し、朝側では強い電場を伴わない脈動オーロラやパッチ状のオーロラが主に出現することに関連していると考えられる。即ち、異常増大は対流電場とオーロラの双方に影響を受け出現していると考えられる。

本発表では、異常増大の緯度分布、磁気地方時、地磁気活動度依存性についての解析結果を述べるとともに、EISCAT レーダーと ESR によって観測された電場強度との定量的な比較についても報告する予定である。