

## オーロラ発生時の極域電離圏・熱圏におけるエネルギー収支の理解に向けた研究課題の提案

# 大山 伸一郎 [1]; 野澤 悟徳 [1]; 塩川 和夫 [2]; 家田 章正 [2]; 藤井 良一 [1]; 栗原 純一 [3]; 津田 卓雄 [1]; 高橋 透 [1]  
[1] 名大・太陽研; [2] 名大 STE 研; [3] 北大・理・宇宙

### Scientific objectives for understanding the energy balance in the auroral ionosphere and thermosphere

# Shin-ichiro Oyama[1]; Satonori Nozawa[1]; Kazuo Shiokawa[2]; Akimasa Ieda[2]; Ryoichi Fujii[1]; Junichi Kurihara[3];  
Takuo Tsuda[1]; Toru Takahashi[1]  
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

[www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~soyama](http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~soyama)

A broad topic of "the energy balance in the auroral ionosphere and thermosphere" has been a fascinated objective for many researchers. One of the reasons for the long researching activity is that three biggest energy distributions associated with a substorm are (1) enhancement of heating and convection in the polar ionosphere, (2) auroral particle acceleration, and (3) development of the ring current, and that terms (1) and (2) directly relate to the energy balance in the auroral ionosphere and the thermosphere. Our understanding regarding what kinds of mechanism work for development of ionospheric heating and convection may come to maturity. However, we need more researching activity for improving our knowledge of how much the mechanisms contribute to the development. In other words, we should more concentrate our researching activity on the quantitative understanding than before. Some literatures made quantitative discussion by estimating, for example, the heating rate from the energy equation but ignoring the time/spatial derivative terms. To progress our quantitative understanding the derivative terms in the fundamental equations should be investigated more explicitly. The presentation will introduce recent observational results and scientific objectives to be focused on.

太陽風が輸送する全エネルギーのうち、地球に到達しジオスペースに影響を及ぼすエネルギー量は極僅かである。しかしそれが超高層大気に顕著な変動をもたらすことは広く知られており、そのエネルギー収支を様々な時間・空間スケールで理解することは我々の科学目的の一つである。例えば、サブストームで放出されるエネルギーの主な配分先は(1) 極域電離圏の加熱と対流の形成、(2) オーロラ粒子の加速、(3) リングカレントの形成である。最終的にはこれらを三位一体として総合的に理解すべきであるが、本研究では項目(1)と(2)に関係する、オーロラ発生時の極域電離圏におけるエネルギー収支をより理解していくために必要と考えられる研究課題を提唱する。

電離圏の加熱機構には例えば、ジュール加熱(熱圏大気という抵抗中を電離圏電流が流れることによって発生する熱)と摩擦加熱(イオンと中性大気粒子との相対速度に起因した摩擦熱)がある。電子・イオン・中性大気粒子の間の相対速度に由来する加熱であり、衝突過程が重要な役割を担う。この衝突過程は加熱だけでなく熱圏風速の加速も行い、イオンドラッグと呼ばれている。例えば電離圏対流に類似したF層高度の熱圏風速パターンが観測されるのはイオンドラッグが原因である。微視的視野(平均自由行程程度の空間規模)の場合、加熱・加速とも同じく粒子衝突の結果であり、両者は同時に起こると言える。しかし平均自由行程より十分大きく、粒子を統計的に取り扱えられる空間規模で見た場合、加熱は粒子のランダム(熱的)運動の増加であり、その運動に平均的な方向性は必要ない。一方、大気塊を加速させる場合、衝突がある回数以上繰り返すことで大気運動にベクトル性(平均的方向性)が生まれる必要がある。この観点で加速の方が加熱よりも時間がかかると予想される。熱圏風速がオーロラ発生から数分以内に変動する観測結果が報告されているが、特に下部熱圏の場合にはイオンドラッグより加熱の方が効果的に寄与しているのかもしれない。しかしさらなる研究が必要な分野でもある。

上記の加熱と加速現象はオーロラ水平分布と同様、複雑な分布を持つ傾向にある。その背景には電離・電気伝導度・粒子加熱がオーロラ発光強度に比例するのに対し、電場は必ずしもそうではないこと、加熱と加速は電気伝導度と電場の積(電流)に関係することが影響する。さらに加熱・加速された熱圏大気は電離圏プラズマに負のフィードバック(減速や冷却)を与えることも一因であろう。

以上の説明のようにオーロラ発生時に極域電離圏・熱圏で発生する諸現象を誘導する物理機構は複数存在し、ある単一機構の検証では不十分である。さらに本分野における定性的な議論(どんなメカニズムがあるのかという議論)は終局にあり、定量的議論(そのメカニズムがどれだけ寄与するのかという議論)が今後より重要になる。これまでも定量的議論は行われてきたが、時間・空間分布の一樣性を仮定するなど近似的推定に止まってきた。しかし今後は基礎方程式(運動方程式、連続の式、エネルギー方程式等)の時間・空間微分項をより厳密に考慮した理論・観測研究が発展すべきである。発表では、最近の観測結果を踏まえて今後推進すべき研究課題に言及する。