

## オーロラ電子・プロトンの降り込みによる熱圏大気加熱のモデリング

## Modeling of the thermospheric heating by auroral electrons and protons

# 藤原 均[1], 鈴木 美誉[1], 前田 佐和子[2], 野澤 悟徳[3]

# Hitoshi Fujiwara[1], Miyo Suzuki[2], Sawako Maeda[3], Satonori Nozawa[4]

[1] 東北大学大学院理学研究科, [2] 京都女子大, [3] 名大・太陽研

[1] Graduate School of Science, Tohoku University, [2] Department of Geophysics, Tohoku University, [3] Kyoto Women's Univ., [4] STEL, Nagoya Univ

<http://pat.geophys.tohoku.ac.jp/~fujiwara/>

極域熱圏領域では、太陽紫外線の吸収の他に、電離圏電流によるジュール加熱、オーロラ粒子の降り込みによる加熱が大気エネルギー収支にとって極めて重要である。ジュール加熱やオーロラ粒子加熱は、時間的、空間的に激しく変動し、それぞれの加熱率を同時に推定することは困難であった。近年、IS レーダーによる電離圏パラメータの観測や、人工衛星による降下粒子計測によって、様々なケースにおける局所的な上記加熱率の評価が可能となってきた。

本研究では、粒子加熱率の導出方法を検討し、衛星データ等をもとに、局所的な熱圏加熱の効果を推定すると共に、熱圏大気大循環モデルへの適用が可能な計算方法を確立することを目的とする。

これまでの人工衛星、地上からの光学、レーダー観測、数値モデルによる種々の計算等によって、熱圏・電離圏領域の平均的な構造や、変動現象に関して多くの理解が得られてきた。特に、オーロラ現象に関わる変動は、多くの研究者の興味を引く問題であり、太陽風エネルギーがいかにして大気中に流入し、消費されていくかといった観点で多くの研究が進められてきた。しかしながら、観測技術やコンピュータ能力の飛躍的な向上にともなって、熱圏・電離圏領域の物理・化学の多くが明らかとなってきた一方で、未解決の重要な問題も多く残されている。例えば、大気温度が最大、最小となる場所や、それらの値は経験モデルと数値モデルでは一致していない。Codrescu et al. [1995]は、数値モデルでジュール加熱を評価する際に、電場の平均値からのゆらぎを考慮することが重要であり、平均値のみを使用した場合にはジュール加熱を過小評価している可能性を指摘している。また、最近のレーダー観測から、極冠域の温度が、オーロラオーバルよりも高温となる場合があることを示す結果が得られているが、その際の熱源、加熱のプロセスはわかっていない。

極域ではジュール加熱、オーロラ粒子の降り込みによる大気直接加熱は重要な熱源である。特に地磁気擾乱時には、それらの加熱は温度、組成分布などの大気構造の変化を引き起こす。一般的には、ジュール加熱のほうが粒子加熱よりも大きくなると考えられているが、局所的には粒子加熱の影響が大きくなる場合もあり、これらの加熱は時間的、空間的に多様に変化することが従来の研究で明らかにされてきた。近年、IS レーダーの電離圏観測によって、ジュール加熱領域の微細な空間構造や時間変化が明らかとなってきた。また、衛星観測から、オーロラ粒子のエネルギーフラックスの変動が計測されてきた。

本研究では、Rees [1963]の方法にもとづいて、様々なエネルギーをもったオーロラ粒子(電子、プロトン)の降り込みによるイオン生成率、大気加熱率の計算を行なった。ここでの計算手法は、上記の観測データにもとづく熱圏大気加熱やエネルギー収支を調べるための解析ツールとして有効であると同時に、熱圏大気大循環モデルにおけるオーロラモデルの一部として使用することを念頭に置いている。イオン生成率、大気加熱率は大気中へ入射してくる粒子のエネルギーに依存するのは当然であるが、大気構造(密度)の変化によっても、その大きさ、高度分布は異なったものとなる。例えば、大気密度分布に経験モデルのMSISE90を用いて、400eVのエネルギーを持った電子が大気中に入射する際の計算を行なったところ、太陽活動極小期には、高度190kmまで到達し、イオン生成率の最大は高度210km、太陽活動極大期には、到達高度の下限は220km、イオン生成率が最大となる高度は270kmとなった。我々はこれまでに、1次元中間圏・熱圏モデルを開発し、様々な状況下における、太陽紫外線の吸収、ジュール加熱、熱伝導、赤外放射冷却による大気エネルギー収支を調べてきた。本研究では、この1次元モデルを用いてオーロラ粒子の降り込みによって生じる大気加熱率を計算し、様々な状況下での粒子加熱の有効性について議論する。