

上部熱圏における大気ダイナミクスの計算機シミュレーション

A Simulation Study of the Upper Thermospheric Dynamics

藤原 均 [1], 前田 佐和子 [1]

Hitoshi Fujiwara [1], Sawako Maeda [2]

[1] 京都造形芸大

[1] Kyoto Univ. of Art and Design, [2] Kyoto Univ. Art and Design

上部熱圏領域では、オーロラ粒子の振り込みやジュール加熱によって、大気温度の上昇や風速の増大が、数分から数十分という極めて短い時間スケールで生じている。このことは、近年の光学観測やレーダー等の観測によって確かめられてきたが、エネルギーソースと温度、風速の量的な関係や、これらの時間スケールでの温度や風速変化の普遍的な描像が得られるまでには至っていない。

上記の大気変動における物理過程の解明を目的とし、熱圏大気大循環モデルの開発を行ってきた。本モデルは2.5度の水平分解能を持ち、最も高分解能なものの一つである。ここでは、極域の急激な温度上昇に伴う風系変化シミュレーションの初期結果を示す。

近年の人工衛星、地上からの光学、レーダー観測技術の向上により、熱圏・電離圏領域の様々な物理量のデータがしだいに蓄積されつつある。これらのデータセットを使用することにより、従来は時間・空間的に大規模な変動として捉えられていた現象も、局所的な観測結果との関係から、再度それらの描像を描き直す必要に迫られるかもしれない。また、従来は独立に扱ってきた領域間において生じているエネルギー、運動量、物質の流れを定量的に把握し、領域間の結合過程を理解することが大きな課題とされてきたが、上記のデータはそれらの結果として生じている物理過程に関する多くの情報を含むものと考えられる。

しかしながら、大気中で生じる様々な現象は少なからず非線形性を有するものであり、上記のデータから有効に情報を読み取り現象を理解する上で、新たなデータ解析やシミュレーション手法の開発、理論研究を同時に進めることが不可欠である。そのために、超高層大気中の基礎物理を理解することを目的とし、独自の熱圏領域の大気大循環モデルの開発、及びそれを用いた数値シミュレーションを行ってきた。数値モデルでは気圧座標系を採用し、高度領域として50から約450kmを対象としている。水平分解能は2.5度、鉛直方向の分解能は0.5スケールハイトとなっている。モデル中での電離圏は、熱圏(中性大気)へのエネルギー、運動量の外部入力として取り扱い(経験モデルから極域電場、電気伝導度を決定)、中性大気のエネルギー保存式、運動方程式について解(温度、風速)を時間発展させている。また現在は、組成比の高度プロファイルを仮定している。

中間圏、下部熱圏では大気重力波や潮汐の重要性が広く指摘されているが、今回の数値シミュレーションではこれらの影響は考慮せず、高度約100km以上の領域について計算を行った。短い時間スケールでの現象に着目し、上部熱圏で1から2時間のうちに生成される風系に対しては、大気重力波や潮汐の影響は極めて小さく、これらを含まない単純化されたモデルを用いることにより、効率的なシミュレーションが行えるものと考えた。温度分布の初期値は、太陽活動極小($F_{10.7}=70$)、地磁気静穏時($A_p=4$)におけるMSISモデルの値を採用し、風速はゼロからスタートしている。極域電場はVolland [1975]によるものを用い、ポーラーキャップポテンシャルをパラメータとして強度が変更可能となっている。また、電気伝導度はChiu [1975]とIRIモデル、MSISモデルを用いて計算し、オーロラオーヴァルの広がりにはRoble and Ridley [1987]をもとにしている。

計算開始から、オーヴァル中では高温領域が徐々に形成され、高度約320kmでは約30分ほどのうちに数10Kの温度上昇が見られた。全球的な風系は、初期に与えられた気圧分布と新たに温度上昇の結果生じた気圧分布、コリオリ力等によって形成される。この風系の全体像としては、高度約320kmでは、昼側から夜側に回り込むような流れとして捉えることが出来、これは従来からの描像に一致したものである。風速では、約30分ほどの間に100m/sを超えるものも見られている。また極域では、オーヴァル中での温度上昇に伴って生じる圧力勾配によって、局所的な新たな風系が形成されることも確かめられた。光学機器によるイメージング観測から得られる風速変動はこのような局所的な流れであり、本モデルを用いることにより、それらが循環的な大規模な流れとどのような関係にあるのかを調べる事が可能であると考えられる。今回のシミュレーションは、上記の問題意識にもとづいて行われたものであり、その初期的な結果が示される予定である。