

## 熱圏変動のモデリングと大気変動が低軌道衛星へ与える影響

### Modeling of thermospheric variation affecting low-earth-orbiting satellites

# 藤原 均[1]

# Hitoshi Fujiwara[1]

[1] 東北大学大学院理学研究科

[1] Graduate School of Science, Tohoku University

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

熱圏領域は、人工衛星、ロケットなどの飛翔体の運用や、電波通信に関連して我々の生活と深く関わっている領域である。衛星通信や衛星放送はすでに我々の生活に欠くことの出来ないものであり、人間活動の場として、熱圏領域の重要性は益々大きなものになると考えられる。したがって、太陽紫外線量の変化や地磁気擾乱、下層大気領域からの影響によって生じる熱圏変動が、ここを飛行する人工衛星にどのような影響を与えるのかを知ることは極めて重要である。本研究では、1次元熱圏モデルを用いて、様々な場合における熱圏密度変動の計算を行ない、各々の場合において、大気が衛星に及ぼす摩擦力と衛星軌道変化について考察する。

高度約 80-90km(中間圏界面)から 300-600km(熱圏界面)までの、大気上端に位置する熱圏領域は、「宇宙空間」と「大気」の境界領域として特有の振る舞いを示す。熱圏は磁気圏を介して宇宙空間からのエネルギーが流入すると共に、地球表層の影響が強い下層大気の影響をも受ける領域である。ここでの大気の振る舞いは、他の領域には見られないものであり、大気科学的な興味から様々な研究が進められている。我々はこれまでに、熱圏領域の物理・化学過程を調べるために、数値モデルの開発とそれを用いた計算機シミュレーションを行ってきた。現在、太陽紫外線放射やオーロラ粒子の振り込みによる大気加熱、ジュール加熱などの過程をモデル化し、太陽活動の違いによる大気構造変化や、地磁気擾乱に伴う大気変動について研究を行なっている。

このような自然科学的な側面に加えて、熱圏領域の研究は、実用上の重要性をも有する。熱圏領域は、近年、多くの人工衛星やスペースシャトルが飛行したり、国際宇宙ステーションの建設が予定されている領域であり、人間活動が徐々に広がりつつある領域であると言える。また、衛星通信や衛星放送は、今日では我々の生活に欠くことの出来ないものとなっていることを考えてみても、人間活動の場として、熱圏領域は今後さらに重要かつ身近な領域となるものと考えられる。こういった熱圏領域の大気/宇宙環境を知ることが、人工衛星の運用や、将来的なものを含め、その他の宇宙環境利用においても不可欠のものと考えられる。

例えば、熱圏大気の密度変動は、人工衛星が受ける摩擦力の問題と深く関わっている。人工衛星に働く大気摩擦力の大きさは大気密度に比例し、また、風速と衛星の相対速度の2乗にも比例するため、低高度を軌道運動する飛翔体にとっては、熱圏大気の密度変動は極めて重要な問題となる。太陽活動変化に起因して、大気密度は、例えば 400km 高度では、1000 倍近い変動を示すことが確かめられてきた。このことから、衛星寿命は運用期間の太陽活動度に大きく依存することは容易に理解される。熱圏大気密度の長期変動に加えて、季節や緯度、地方時、高度の違いによる変動は比較的良く理解されていると考えられている。しかしながら、磁気嵐の際の大気密度変動は、変動の振幅や時間スケールなど、不明な点が多く残されたままである。これまでに我々が進めてきた熱圏大気モデリングをさらに発展させると同時に、いくつかの問題に関して、例えば、急激な密度変動が生じた際の衛星軌道の変化を推定する場合などにおいて、現在の大気モデルを活用していくことが可能であると考えられる。また、大気密度変動による衛星軌道変化の問題は、軌道変化を記述する微分方程式の中に、大気密度変動の項を時々刻々あてはめるものであり、運動学的な観点からも興味深い問題と思われる。本研究では、これまでに開発した1次元熱圏モデルを用いて、大気摩擦力、衛星軌道変化の計算を試みた結果を紹介する。