

修士論文要旨

昭和基地におけるドップラーイメージング観測データに基づく 下部熱圏変動に関する研究

只野 佑介

(指導教官：岡野 章一 教授)

平成 15 年

下部熱圏において圧倒的な割合を占める中性粒子による風(熱圏風)の存在が知られている。特に極域の下部熱圏では、オーロラ発光や降りこみ粒子による中性粒子の加熱、ジュール加熱、イオンドラッグ、中性ドラッグにより熱圏・電離圏・磁気圏が結合している。中性粒子がプラズマに比べて圧倒的に多い下部熱圏では、熱圏風はこの結合過程の物理を考える上で非常に重要な要素である。過去、熱圏風についての様々な研究がなされてきたが、時間的空間的に激しく変化するオーロラ発光に伴う熱圏風の変動を下部熱圏領域において速い時間分解能で観測した例は非常に少なく、その詳細なダイナミクスはまだ明らかにされていない。

本研究では、オーロラの OI557.7nm 発光と下部熱圏風(以下中性風)および中性大気温度の関係を明らかにすることを目的とし、第 42 次南極地域観測隊により 2000/2001 年夏季に南極昭和基地光学観測棟に設置され、2001 年冬季に観測が行われたファブリーペローイメージャー(FPI)と、同じく昭和基地に設置され FPI との同時観測が行われた全天イメージャー(ASI)の観測データの解析、比較を行った。FPI については、2001 年 3 月 31 日から 2001 年 10 月 16 日の間の計 71 日にわたって、南極昭和基地(69°00' S, 39°35' E, MLAT 66.3°S)において観測されたデータを国立極地研究所から提供を受けて解析を行った。FPI の視野は全角 150 °で、時間分解能は 2 分、結像するフリッジは 4-5 本である。また、ASI についても第 42 次南極越冬隊により 2001 年 3 月 5 日から 2001 年 10 月 30 日の間の計 81 日にわたって、南極昭和基地において観測されたデータを国立極地研究所から提供を受けて解析を行った。ASI の時間分解能は 1 分である。本研究では以上のデータ中で、特に晴天に恵まれ、オーロラ活動が静穏な状態から始まり激しい発光と変動を示し、ASI が 557.7nm・630.0nm・427.8nm の 3 波長観測を行って、磁気天頂方向に FPI 干渉フリッジが位置し、FPI から導出した温度に特徴的な現象が認められたという条件を全て満たす 2001 年 7 月 16/17 日のイベント解析結果について詳しく述べる。以下に解析結果をまとめる。

1. 視線風のベクトルプロットより、オーロラブレイクアップの前後のオーロラ活動が極めて大きな場合に鉛直風成分があることが示唆された。ただし、本研究で使用した観測データのみからは鉛直風と水平風の大きさの定量的な議論は難しく、今後水平風と鉛直風の成分を分離することが可能な FPI の多点観測が期待される。

2. 視線風速の長時間変動は電離圏対流の向きとよく一致した。従って、観測された長時間変動はイオンドラッグにより駆動されていることが強く示唆された。
3. オーロラブレイクアップ現象の前後において、変動の大きさが30分間で100m/secを超える風速変動が見られた。その駆動源について本研究のみでは特定することは難しいが、可能性としてジュール加熱や降下粒子加熱により生じた圧力勾配が考えられる。
4. 磁気天頂方向においてFPI観測から導出された温度と、ASIから得られたOI630.0nm/OI557.7nm発光強度比を用いたモデル計算に基づいて導出された大気温度を比べたところ、双方の温度の長時間変動が非常によい一致を示した。モデル計算に基づいて導出された大気温度はOI557.7nm発光高度を反映しているため、FPIで観測された温度の長時間変動は発光層の高度変化による“見かけ”の温度変動であることが分かった。
5. モデル計算に基づいて導出された大気温度との比較により、FPIで観測された温度には発光高度の変動のみでは説明できないほどの変動幅をもち、数分のオーダーで100K以上も上昇する短時間変動が見られた。またこの結果より、ジュール加熱が原因と考えられるエネルギーの流入に対して下部熱圏中性大気が数分という非常に早い応答を示すことがわかった。
6. 磁気天頂における温度の短時間変動のうち、モデル計算からは発光高度はほとんど変化していないにもかかわらず、FPI観測から導出された温度が数分の間に100K以上上昇した後、温度が下がらずに高い状態を30分ほど保ち、その後また温度が元に戻るという変動が一晚の中で3回見られた。また、このときに視線風速も大きい変化を示した。これは、30分ほどの時間にわたって局所的な加熱が継続していたことを示唆している。この温度上昇には共通して、磁気天頂方向より極側にオーロラークが存在し、磁気天頂にはかかっていなかったこと、そしてすべてサブストームのgrowth phaseに対応していることがあげられる。このことから、極域下部熱圏ではサブストームのgrowth phaseにおける電離圏電場の増大がジュール加熱を通して急激な温度上昇をもたらし、それが30分ほど継続する局所的な加熱を引き起こすという可能性が考えられる。

本研究により、下部熱圏におけるオーロラと視線風速の関係が示された。また、磁気天頂方向においてOI630.0nm/OI557.7nm発光強度比とモデル計算をもちいることで発光層の高度変化による“見かけ”の温度変動と局所的加熱を区別し、長時間変動は発光層の高度変化による温度変動が大部分を占め、短時間変動は実際に局所的加熱が存在するということが明らかになった。さらに、その局所的加熱はサブストームのgrowth phaseに対応していることを示した。

しかしながら、本研究は昭和基地一点での地上光学観測に基づいているため、全天において発光層の高度変化による温度変動と局所的加熱を区別することはできない。今後、FPIを2点以上に配置した立体観測を行い、またレーダーを用いた同時観測で電離圏の情報を得て、さらにシミュレーションとの比較を行うことで下部熱圏ダイナミクスの理解をより深めることが可能になると期待される。