

修士論文要旨

全天スペクトログラフを用いた高緯度オーロラ中の酸素イオン発光 (OII 732/733nm) に関する研究

小泉 尚子

(指導教官：岡野章一教授)

平成 14 年

極域電離圏において、オーロラ現象に伴って顕著なイオン流出が存在することが知られている。特に昼間側カスプ領域におけるイオン流出は衛星・地上観測の両面から研究が進められてきた。その流出過程の統計的な描像には多くの報告があるが、その詳細な時間変化の様子や光学オーロラとの関係はまだ明らかにはなっていない。その理由はカスプ付近の高緯度観測点が少ないこと、また昼間側オーロラ観測例が不十分であるためである。

一方、オーロラ中には酸素イオンの発光 [OII732/733nm] が存在する。この発光は酸素原子に電子が直接衝突し電離・励起されることで発光する。OII オーロラは低エネルギー電子の降り込みによって発光し、その強度は通常 200R 以下であるといわれている。また OII 発光波長の近傍には OH(8,3) 大気光や N₂ first positive band のオーロラ発光があり、OII 発光を観測するためには高感度、高波長分解能の装置が必要である。このため、OII 発光の絶対強度や出現頻度の MLT 依存性といった統計的性質を論ずるに足るような観測はこれまでなされていない。イオンは電磁場に支配されるので、OII オーロラは電離圏イオンダイナミクスの指標になりうる。さらに OII オーロラは低エネルギー降下粒子により発光するので、昼間側カスプ付近で発生する可能性が高い。

以上から本研究では OII 発光の特性を明らかにすることを目的とし、スピッツベルゲン島ロングイヤービエン (磁気緯度 75.2°) に設置したオーロラスペクトログラフ (ASG) による OII 発光の観測データの解析を進めるとともに、EISCAT Svalbard Radar (ESR) による電離圏の同時観測データとの比較を行った。ASG は 2000 年 10 月 31 日以降定常観測を続けている。この装置は磁気子午面に沿ったオーロラ発光強度の波長・空間分布を視野角 180°、波長範囲 447.1 - 765.7nm、波長分解能 ~ 2nm で観測可能である。また、非常に高感度 (波長 560nm において 0.011cts/R/sec) を有し、数 10 R の発光を捉えることができる。本研究ではまず ASG 観測データを使用する際に必要となる、感度校正、波長校正、イメージデータ上でのスペクトルの傾きの修正を行う手法を新たに開発した。また、OII 発光の絶対強度を求める際に背景光強度の見積もりを行ったが、この見積もり誤差はスペクトル画像の検出素子である CCD のカウント数のばらつき (± 1 カウント/pixel) 内に収まることが確かめられた。さらに、ASG の 2000/2001 冬期の 21 日分のデータ解析を行い、OII 発光の出現頻度・強度の MLT 依存性および高度分布を得た。この結果を以下にまとめる。

- 1) OII 発光頻度は、昼間側 (0900-1200MLT) では 90% 以上で発光があり、そのうち 58%

が 200-500 R の発光強度であった。一方、夜側 (1800-0900MLT) では発光があるのは 15-20% でそのほとんどが 200 R 以下であった。これは OII 発光の出現は昼間側に偏っており、かつその強度は夜側の強度よりも大きいことを示していた。

2) 観測されたオーロラが単一アークであり、発光幅が十分薄いという仮定のもとに、OI558nm 発光のピーク高度を仮定し、OI558nm オーロラアークの天頂角と OI630nm、OII 発光出現の天頂角の違いを利用して、幾何学的な計算を行うことで OI630nm、OII 発光高度分布を見積もった。その結果、OII732/733nm は OI630nm よりも約 50km 高高度の F 層 (推定ピーク高度 ~ 250km) で発光していることがわかった。

3) 入射電子の特性エネルギーとエネルギーフラックスを仮定して OI558nm、OI630nm、OII のオーロラ発光のモデル計算を行った。この計算を用いて、2000 年 12 月 8 日 0756UT における ASG の観測で得られた磁気天頂における OI558nm、OI630nm、OII 発光を再現するような入射電子の特性エネルギーとフラックスを推定した。波長間の発光強度比 $I(630\text{nm})/I(558\text{nm})$ 、 $I(\text{OII}732/733\text{nm})/I(\text{OI}558\text{nm})$ から特性エネルギーは 350 eV と求められ、また各波長の発光強度からエネルギーフラックスは $\sim 1.9 [\text{erg}/\text{cm}^2/\text{sec}]$ と推定された。この例については観測結果とモデル計算の結果は非常に良い一致をみた。以上から、このケースでは OII 発光は ~ 350 eV の低エネルギー粒子降下による酸素原子の直接電離・励起によって高高度の F 層で起こっていることが確かめられた。これは 2) の結果とも一致する。

4) 2000 年 12 月 7 日に ESR(EISCAT Svalbard Radar)42m アンテナと ASG の同時観測例の解析を行った。ESR データと ASG の磁気天頂付近のデータと比べたところ、OII732/733nm 輝線の増光に伴って電子温度の増加、イオンの上向き流がほぼ同時にみられた。このことから、イオン流出の駆動メカニズムの一部分は低エネルギー粒子の降り込みによる電子温度増加に伴う両極性拡散に担われていることが示唆された。

本研究により従来観測の少なかった OII 発光の統計的な出現特性を明らかにすることに初めて成功し、また OII オーロラがイオン流出現象と関係を持つ可能性が示唆された。今後、OII オーロラを含む光学オーロラと IS レーダーによる電離圏の同時観測データを用いることで、イオン流出現象の解明が進むことが期待できる。