

# 論文審査の結果の要旨

氏名 田中 宏樹

オーロラの起源が上層大気に降り込む高エネルギー電子であることが明らかになって久しい。「オーロラ電子は高度数千キロメートル上空に形成された準静的な沿磁力線電場によって生成される」ことが確立されているものの、沿磁力線電場形成機構について決定的な説はない。最近の衛星観測から準静的な電子加速領域近傍において時間・空間的に微細な構造をもつ沿磁力線電子加速現象（以後、FABsと略記）が発見され、その観測的な特徴から準静的な沿磁力線電場の発生機構との関連において注目されている。しかし、これまでのプラズマ観測器の時間分解能力では、これら準静的沿磁力線電場及びFABs構造の生成機構について、十分な情報が得られていなかった。

本論文では、高時間分解観測を可能とするプラズマ観測器の開発と、それを搭載したロケット実験のデータ解析によって、プラズマ高時間分解観測の有効性が実証されている。実現された時間分解能力は過去に例を見ないものであり、地球上層大気における電子加速現象について新しい知見が得られている。論文は全七章と三つのappendixで構成されており、その中核は二章から六章である。以下に各章の内容を述べる。

## （第二章）高時間分解能プラズマ分析器LEP-ESA/ISAの開発

論文提出者を含むグループはSS-520-2ロケットに搭載する高時間分解能プラズマ観測器（以下、LEP-ESA/ISAと略記）を開発し、世界最高レベルの時間分解能を達成した。観測要求を実現する装置形状を数値シミュレーションから決定し、実際の較正実験によって期待通りの特性を実現できることを示した。また、Delay line anodeと呼ばれる位置検出アノードを新規に開発し、高時間分解能観測の実現に極めて有効な技術であることを示した。

## （第三章）ロケット実験概要

本研究で開発した測定器はSS-520-2観測ロケットに搭載され、ロケットは2000年12月にノルウェー・スピッツベルゲン島より成功裏に打ち上げられた。LEP-ESA/ISAは予定通り動作し良好なデータを取得した。本章ではロケットの観測結果に加えて地上観測データ及びロケット実験と同時間帯の衛星観測データを総合的に分析し、ロケットが磁気圏カスプのやや高緯度側を飛行したことを結論した。

## （第四章）沿磁力線電場の時間発展

本章ではロケット観測で得られたいくつかの観測例について電子、イオン双方の分布関数を比較することで、ロケット上空に準静的な沿磁力線ポテンシャルが存在していたことを定量的に示し、更に、イオンの減速は電子の加速が観測されるよりも時間的に遅く観測されることを明らかにした。このイオン減速の時間遅れは、沿磁力線電場の時間的成長を反映したものと解釈でき、その妥当性がモデル計算から示された。

### (第五章) 電子の時間-エネルギー分散

本ロケット実験では、微細な沿磁力線電子加速をこれまでにない高時間分解能で捕らえることができた。微細な沿磁力線電子加速現象の詳細構造は観測的に不明であったが、本観測から少なくとも二タイプの加速現象が存在することが明らかになった。二つのタイプのうち、特に約2Hz周期で観測されたFABsについてエネルギー分散、ピッチ角分散の特性からそれぞれ電子の加速高度が推定された。加速高度は磁力線方向に広がっており、加速エネルギーが高いものほど高高度で生成された可能性が高いことが定量的に示された。解析結果をもとに加速機構を検討した結果、Inertial Alfvén Wave(以下IAWと略記)というアルフヴェン波動により電子が加速された可能性が高いことが結論された。

### (第六章) IAW による電子加速のシミュレーション

第五章で得た電子加速の特徴をIAWによって説明し得るかどうかを数値計算モデルからその妥当性を調べた。モデル計算から、被加速電子のエネルギーレンジ、時間スケール、フラックス等が観測とよく一致する結果が計算から得られた。カusp領域から進入する太陽風起源電子がIAWと共鳴加速することが示され、観測結果をよく再現した。本章では電子加速がIAWの様々な物理パラメータにどのように依存するかをまとめ、IAW加速の可能性が論じられた。

以上をまとめるに、本論文提出者は地球上層大気における沿磁力線電子加速機構について高時間分解観測の実現とその利点を活かした研究を行い、電子加速構造の時空間変化について重要な新しい成果を挙げた。本論文には、斎藤義文氏、石井真一氏、浅村和史氏、向井利典氏との共著論文の内容が含まれるが、本論文提出者が主体となって研究遂行したものであると認められる。

以上により、審査員一同は博士(理学)の学位を授与するに十分値するものと判定した。