

氏名	みや した ゆき なが 宮 下 幸 長
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2460 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学位論文題目	Variations in the Near and Middistant Magnetotail Associated with Substorms Obtained by Spacecraft Observations (人工衛星の観測により得られた磁気圏近・中尾部におけるサブストームに伴う変化)
論文調査委員	(主 査) 教 授 町 田 忍 教 授 荒 木 徹 教 授 家 森 俊 彦

### 論 文 内 容 の 要 旨

太陽風のエネルギーは惑星間空間磁場が地球の磁気圏前面で地球磁場と再結合することなどにより、その一部が磁気圏尾部に流入し、蓄積される。その量が過剰になると、突然ある種の不安定性が発生し、エネルギーが解放される。このエネルギー解放はサブストームと呼ばれ、磁気圏内ではプラズマや磁場の擾乱が、地上では地磁気擾乱や活動的なオーロラが観測される。サブストームに関して、カレント・ディスラプション・モデルや磁気再結合モデルなど様々なモデルが、今日に至るまで提唱されてきた。しかし、各々のモデルで発生機構、発展過程、開始領域などが異なり、いずれのモデルが正しいのか、未だはっきりとした結論が得られていない。また、サブストームに関連した諸過程の相互関係についても不明な点が多い。そこで、サブストームに関するこのような問題を解決するための手がかりを得ることを目的として本研究を実施した。

まず、サブストームに伴う地球磁気圏尾部の構造変化が最初に現れる領域、タイミングおよび構造変化の伝播の仕方を調べるため、342例のサブストームを地上 Pi2 脈動を用いて選び、プラズマ流、磁場、全圧力、電場について、GEOTAIL 衛星のデータを統計的に解析した。その結果、サブストームが開始する 0～2 分前に、地球から太陽と反対方向にその半径の約20倍の距離だけ離れた真夜中前の領域で磁気再結合が起こり、開始直後、地球半径の約30倍の距離だけ離れた領域でのプラズモイド発達と地球半径の約10倍の距離だけ離れた領域でのダイポール化が同時に起こるという結論を得た。

次に、サブストーム開始前後の尾部における粒子・エネルギー輸送の形態を GEOTAIL 衛星のデータを用いて統計的に調べた。その結果、エネルギーは、サブストーム開始前からローブからプラズマシートに向かってポインティング・フラックスとして供給されるが、サブストーム開始に伴ってプラズマシート中で熱フラックスとして地球方向と尾部方向に運ばれ、粒子も同様に、サブストーム開始前からローブから供給され、サブストーム開始に伴ってプラズマシート中で地球方向と尾部方向に運ばれることを見出した。また、特に重要な結果として、プラズモイドが運ぶエネルギーは熱フラックスによる分が大きいこと、地球半径の約10倍の距離だけ離れた領域のプラズマシートに運ばれるエネルギーの大部分は、尾部側からの熱フラックスよりも、ローブからのポインティング・フラックスで運ばれるとの結論を得た。

さらに、本研究では、磁気圏尾部で見られるサブストーム現象とオーロラ発光との対応関係について、GEOTAIL 衛星と Polar 衛星のデータを用いた事例解析を行った。それにより、磁気圏尾部の磁気再結合の結果と思われる高速流、磁場の南北成分の増大、全圧力の増大等の現象と、オーロラ発光・発達等のオーロラ活動に良い対応関係があることを見出した。また、サブストーム時と疑似ブレイクアップ時で磁気圏尾部における全圧力の減少量が異なることと、オーロラバルジの最大の大きさと発達時間は、それぞれ、磁気圏尾部における全圧力の減少量と減少時間に良い相関があることを見出した。これらは、オーロラ活動の規模は尾部のエネルギー解放の規模に依存することを示唆している。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

地球の磁気圏および電離圏で起こるサブストームに関して、これまで数多くのモデルが提唱されてきた。しかし、各々の

モデルで発生や発展の機構や開始領域などが異なっているにも関わらず、いずれのモデルが正しいのか、未だ結論が得られていない。それは、これらのモデルの正否を検証する際に比較の基準となる、グローバルでかつ信頼度の高い観測結果が得られていないことに、ひとつの大きな要因がある。また、サブストームが発展する際に観測される諸現象の相互関係についても不明な点が多く残されている。それらを明確にして、最終的にサブストームのトリガー・駆動機構をつきとめることを目標として、本研究は実施された。

申請者は、まず、地上の磁場観測データに見られる Pi2 脈動を用いてサブストームの開始時刻を決定し、342例の現象を抽出した。そして、Pi2 脈動で定めた開始時刻を時間原点として、GEOTAIL 衛星で観測したプラズマ流、磁場、全圧力、電場を時間重畳法によって解析した。その結果、Pi2 脈動によって時間原点を決めたことに起因する 2 分の精度という制約（時間分解能）で、サブストームの開始 0～2 分前に、地球中心から反太陽方向に地球半径の約 20 倍隔たった真夜中前の磁気圏尾部で最初に構造変化が起こり、その直後に、さらに地球側の領域で地球磁場のダイポール化と、その逆方向の地球から隔たった領域におけるプラズモイド生成が同時に起こるという結論を得た。このことは、数あるサブストームモデルの中で、磁気再結合に基盤を置くモデルが最も合理的に現象を説明することを示している。磁気圏物理学の研究の中で重要な問題のひとつに結論を得た点で高く評価される。

次に申請者はプラズモイドが運ぶ粒子やエネルギーに関して、同一の手法によって解析を実施した。その結果、エネルギー輸送は熱フラックスによる分が大きいこと、また、磁気圏近尾部ではローブからプラズマシートに運ばれるポインティング・フラックスが重要であるとの結論を得たが、これは、地球の電離圏やリングカレント領域へのエネルギー供給を考える上で重要な結論であり、有意義な成果である。さらに、申請者は、磁気圏尾部で見られるサブストーム現象とオーロラ発光との対応関係について事例研究を行い、磁気再結合の結果と思われる高速流、磁場の南北成分の増大、全圧力の増大の現象と、オーロラ発光・発達の間に良い対応関係があることを示した。また、発達時のオーロラバルジの空間スケールと発達時間は、磁気圏尾部における全圧力の減少量と減少時間にそれぞれ良い相関があることを見出したが、この結果も、サブストームが磁気再結合によって駆動されていることの証拠となるもので、重要な成果である。

これら一連の研究結果は、磁気圏尾部内における磁気再結合がサブストームを引き起し、駆動するのに重要な役割を果たしていることを観測的に明確にしたもので、サブストームの物理機構の解明へ大きな手がかりを与えたものとして評価される。

以上の観点から、本申請論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認めた。主論文に報告されている研究内容と、それに関連する分野について口頭試問を行った結果、合格と認めた。