

# 論文審査の結果の要旨

氏名 門倉 昭

磁気圏嵐（サブストーム）は太陽風から地球磁気圏に流入し蓄えられたエネルギーが爆発的に解放される現象で、太陽風と磁気圏の相互作用を理解する上で最も重要な現象と考えられている。また、最近では、爆発的なエネルギー解放現象は太陽や他の天体でも観測され、普遍的な高エネルギー天体現象としての認識も生まれつつある。地球磁気圏のサブストーム研究は、初期のオーロラ地上観測に始まり最近の人工衛星観測に至る40年以上の歴史があり、サブストームの発達に伴う様々な特徴的な現象が明らかにされてきた。例えば、サブストームの大局的な発達過程には、磁気圏尾部にエネルギーが蓄えられる成長相、爆発的に解放される拡大相、元の静穏時に戻る回復相の3段階があり、それぞれの段階におけるオーロラ活動の詳細や人工衛星による磁気圏内の特徴的な現象、例えば、静止軌道付近における高エネルギー粒子注入、尾部領域における電流崩壊、磁気リコネクションの発生などが明らかにされてきた。しかしながら、広大な磁気圏の多点同時観測が困難なため、それらの時間的・空間的な関係、相互の因果関係について多くの論争が繰り返されており、サブストーム発達過程の理解は未だ不十分な状況にある。オーロラはサブストーム関連現象の中で唯一、画像として2次元情報を目に見える形で得られる現象であり、その特徴的な発達過程はオーロラサブストームと呼ばれている。サブストームにおけるオーロラ形態の時間的発展過程を理解することはサブストーム全体の発達過程の理解にとってきわめて重要であるが、多様な形態の時間的発達に関する研究は容易ではなく、最近ではおろそかにされてきた傾向すらある。本論文は、オーロラサブストームの時間的・空間的な発達過程と磁気圏内諸現象との対応関係についての総合的な理解を目指し、「あけぼの」衛星搭載の紫外オーロラ撮像装置による大局的なオーロラ画像と南極昭和基地およびあすか基地におけるオーロラ観測データの詳細な解析結果の解釈に基づいた結論を与えている。

本論文は全5章より構成されている。第1章はサブストーム研究の現状をレビューし、本研究の動機と目的を纏めている。なお、このレビューは多岐にわたるサブストーム研究の歴史的背景から最先端の研究現状までを総括したもので、豊富な内容を含んでいる。

第2章では本論文で使用したデータと観測装置の概要を纏めている。

第3章では、最も典型的な例として1989年6月6-7日におけるオーロラサブストームをきわめて詳細に解析し、オーロラサブストームの発達過程に関して重要な現象を明らかにした。

- (1) 「あけぼの」衛星による大局的なオーロラサブストーム発達の様相と地上観測による局所的な発達過程を対応付けすることにより、拡大相における発達過程が特徴的な3段階から構成されることを初めて明確に示した。大局的には、拡大相開始（オンセット）直後から2分程度で急速な極方向および西方向の拡大（第1ステージ）、その後、極方向への拡大の鈍化と東方向への急速な拡大、次いで数分間にわたる東西方向への対称的な拡大（第2ステージ）、最後の第3段階として急速な極方向への拡大の再開（東西方向への拡大も伴う）と

いう段階的な発達過程を辿る、というものである。

- (2) サブストームのオンセット数分前からオーロラ領域の高緯度境界付近に出現するディスクリット・オーロラの緯度が上記の3段階発達に密接に関連していることを発見し、磁気圏尾部領域との対応関係の推定から NPSBL (Near Plasma Sheet Boundary Layer) オーロラと命名した。
- (3) 成長相において最も低緯度側に出現するオーロラの運動と電離層対流の関係を明らかにし、そのオーロラが電離層対流渦の夜側分流領域付近に達したときにオンセットが起きることを指摘した。
- (4) サブストームの発達に特徴的な初期の Pi-2 波動の出現とオーロラバルジの関係を明らかにした。

第4章では、地上観測によるオーロラ観測データを用いて統計的な解析を行った結果を纏めたものである。全部で88例を選択し、極方向拡大、拡大開始時前後における電子オーロラとプロトンオーロラの相対的な位置関係、および、それぞれの極方向拡大の特徴における違いから3つのタイプに分類できることを見出した。それぞれ、地方時(夕方側、真夜中付近、朝方)に特徴的なタイプで、前章のイベントは真夜中付近で現れるタイプである。全88例のうちで真夜中付近の観測は32例あり、その中で3段階発達を示したものが22例、さらにそのうち、NPSBLオーロラの出現が観測されたものは14例あった。すなわち、前章で観測されたイベントは特例ではなく、かなり頻繁に起きていることが確認された。これらの例を詳細に調べた結果により、その極方向拡大開始位置に特徴があり、より真夜中付近のより低緯度で開始したときに現れやすいこと、すなわち、成長相が十分に発達していることが必要条件であることを指摘している。

第5章は本研究で得られた結果のまとめと考察である。本研究で最も重要な成果は、NPSBLオーロラの活動領域がサブストームの段階的な発達過程に密接に関係していることである。その考察から、サブストームのオンセット領域はプラズマシート境界付近よりも低緯度側、磁気圏尾部ではより地球側に位置し、初期のオンセット擾乱はプラズマシート境界付近まで急速に拡大すると結論している。このようなオーロラサブストームの時間的・空間的発達過程は磁気圏尾部におけるサブストーム現象との対応関係に重要な示唆を与えるものである。

以上、本論文は、地上および「あけぼの」衛星によるオーロラ観測データを詳細・緻密に解析してオーロラサブストームの発達過程について重要な知見をもたらしている。その成果はサブストーム研究の今後の発展に大きく貢献するものと期待され、博士(理学)を与えるに十分な内容であると認められる。なお、本論文の内容は、小口高氏、江尻全機氏、等との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断される。

したがって、博士(理学)を授与できると認める。