

# 博士學位論文

内容の要旨および審査の結果の要旨

第 6 号

京都産業大学

## は し が き

本号は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条の規定による公表を目的とし、昭和63年11月17日本学において博士の学位を授与した者の論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した乙は、学位規則第5条第2項（いわゆる論文博士）を示す。

# 目 次

## 1 中 井 仁

論文内容の要旨 .....	1
論文審査の結果の要旨 .....	5

氏 名 (本籍)	なか い ひとし 中 井 仁 (大阪府)
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	乙 第2号
学位授与日	昭和63年11月17日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
論 文 題 目	DYNAMICS OF THE AURORAL OVAL : ASSOCIATION WITH THE INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD  ( オーロラ・オーバルのダイナミクス : 惑星間空間磁場との関係 )
審 査 委 員	主 査 教授 (理学博士) 上 出 洋 介 副 査 教授 (理学博士) 井 上 雄 二 " 教授 (理学博士) 竹 内 富士雄

#### 論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は、著者中井 仁が1979年以来行なってきた太陽風—地球磁気圏相互作用に関する研究の一部を、博士学位申請論文としてまとめたものである。論文は全5章から成る。第1章では、太陽風—磁気圏相互作用に関する歴史的背景と一般的考察について述べ、オーロラ・オーバル（極光楕円帯）の形状が物理的に何を意味するかを説明している。また、1970年代までに得られた統計的研究結果には不完全さがあることについて言及している。第2章では、極軌道 DMSP 衛星によるオーロラ・イメージのデータを解析し、惑星間空間磁場 (IMF) の南北成分 (Bz) の変動と、オーロラ・オーバルの拡大、縮小の現象とを時間を追って調べている。オーロラ・オーバルの変動を Bz の関数として量的にとらえるため、第3章では、Auroral Boundary Index (ABI) を用いている。ABI は DMSP 衛星によるオーロラ降下電子の測定から得られ、真夜中における赤道側境界の地磁気緯度を与える。さらに第4章では、I

MF の By 成分 (dawn-dusk 成分) が南北両半球のオーロラ分布へ及ぼす影響について、統計的解析を展開している。最後の第 5 章では、これら一連の研究で得られた結果をまとめ、この分野の今後の進むべき方向を示唆している。

論文内容について：本論文で解明された観測データから導出された新しい知見、および本論文の独創的部分の要旨を述べる。まず第一に注目すべきことは、申請者が極軌道人工衛星によって観測された大規模な極光分布および降下電子のデータを用いて、オーロラ・オーバルの時間/空間的变化を初めて総合的に調べ、その変化を惑星間空間電磁場の関数としてモデル化し、太陽風-磁気圏相互作用のメカニズムを考察したことである。オーロラ・オーバルは、磁気圏-電離圏システム中で発生する電磁現象の機構解明に重要であるばかりでなく、地球に根をもつ磁力線が太陽風の影響を直接受ける領域に位置しているため、太陽風エネルギーの磁気圏への侵入メカニズムを探る上に決定的な情報を与えることが予想される。オーロラ・オーバルのサイズを記述するには、その極側の境界の緯度をパラメータにとる場合があるが、オーバルの極側は、とくに夜間では、形状が複雑な上に烈(はげ)しい変動を示し、大規模なサブストーム活動を反映するため、取り扱い上の誤差が大きい。その点、本論文で注目している赤道側の境界の緯度は、形状的に安定している上、磁気圏プラズマ運動の重要な指標の一つであるプラズマ・シートの地球側境界 (Alfvén layer) に対応するため、近年多くの磁気圏ダイナミクス研究に用いられているパラメーターである。

オーバルの位置と IMF との関係についての従来の  $B_z$  の 1 時間平均値を用いた研究では、オーバルのサイズと  $B_z$  の関係は必ずしも一意的ではなく、IMF が北向きのときでも、しばしば拡大したオーバルが観測されることが知られている。本論文申請者は、南向きの IMF が数時間続いたあとに北に向きを転じた場合、非常に大きなサイズのオーロラ・オーバルが観測されることを発見し、このような場合、オーロラ活動度そのもの(たとえば、輝度や構造の変化)は IMF 北転と同時に、極側から急激に低下していき、緯度幅の狭い静穏なオーロラ・オーバルになることを示している。すなわち、オーロラの活動度は比較的短時間に減衰するのに比べ、オーバルのサイズ縮小は極めてゆっくりおきること、加えて IMF 値の単なる平均値ではなく、1 時間内

の変化（タイム・ヒストリー）が重要であることを指摘している。さらに、申請者は Volland-Stern 理論による磁気圏電場モデルを導入し、オーロラ・オーバルのダイナミクスを説明するには太陽風内電場の約30%が磁気圏に侵入することが必要であることを示唆している。

ABI を用いた解析では、申請者はオーロラ・オーバルの拡大期と縮小期を別々に抽出して各々の変動に伴う時定数を統計的に求めた結果、拡大のときは約45分、縮小のときは約8時間の時定数でオーバルが変動していることを見い出している。さらに、これら2種類の時定数を含む実験式を提案し、IMF  $B_z$ の変動から得られるオーロラ・オーバルの大きさの予測値は実測値と極めて高い相関をもつことを示している。これによってオーロラ・オーバルのサイズも、太陽風-磁気圏の相互作用に係わる他の多くの観測量と同様、主としてIMFの南北成分、すなわち太陽風の dawn-dusk 電場、によって制御されていることが分かる。これらの結果と磁気圏プラズマの性質とを考慮に入れ、申請者はオーバルの拡大、縮小の時定数が相異なることに対する理論的説明も試みている。

さらに申請者は、IMFの $B_y$ 成分の効果も調べている。これは太陽風-磁気圏相互作用を理解するために極めて重要な問題の一つであるが、南半球の極地方には北半球に比べて観測点が少なく、両半球の同等のデータによる解析は従来困難であった。しかしながら極軌道をとる DMSP 衛星は南北両半球のオーロラ・オーバルを“平等に”横切るので、南北とも同量同質のデータを得ることができる。申請者は $B_z$ の影響をとり除いたオーバル・サイズに対する $B_y$ の影響を調べた結果、地磁気双極子の北半球の磁極が太陽の方へ傾いているとき（すなわち、北半球の夏）は、両半球いずれにおいても、 $B_y$ が負のときの方が正のときよりもオーバル・サイズは大きく、双極子の北半球磁極が太陽と反対方向に傾いているとき（すなわち、北半球の冬）は、両半球ともにその逆の傾向があることを発見している。このように両半球において同じIMF効果が存在することから、申請者は太陽風-磁気圏の相互作用の強さ（磁気圏前面における磁力線再結合）が、 $B_y$ と地磁気双極子の傾きとに依存しているという新しいモデルを提出している。

以上をまとめると、申請者が本論文によって新たに貢献した点は次のとおりである。

- (1) オーロラ・オーバルの動きを、拡大期と縮小期とで別々に取り扱い、相異なる時定数を得たこと。
- (2) それぞれに対応する惑星間空間磁場の南北成分の変動特性を発見したこと。
- (3) オーバルの動きの経験則を見い出し、その位置を惑星間空間磁場の関数、あるいは磁気圏電場の関数、として定量的に予測できるようにしたこと。
- (4) 惑星間空間磁場の東西成分の効果が地球の南北両半球で同性質であることを発見したこと。
- (5) 今までの統計的研究で得られている地磁気活動度とオーバルの関係の平均像に、統一的解釈を与えたこと。
- (6) これらの結果は最近提出されている磁場再結合モデルの理論に決定的な“制限”を与えること。

## 論文審査の結果の要旨

1960年代初めに、太陽風、地球磁気圏が発見されて以来、太陽-地球系物理学は急速な発展を遂げた。初期の「発見の時代」から、それぞれのプラズマ領域に対する「解釈の時代」を経て、いま、「総合理解の時代」へと入っている。とくに本論文で扱っている太陽風-地球磁気圏カップリング機構の解明は、各領域での現象の理解のためだけではなく、宇宙空間でのプラズマ過程、エネルギーの流れ、変換に関する知識も提供する。

本論文は、従来の研究成果に比べ、データ、方法ともに新しく、かつオーロラ・オーバルのダイナミックスを惑星間空間磁場南北成分との関係において、拡大期、縮小期別々に取り扱い、重要な知見を得ている。また、惑星間空間磁場東西成分のオーロラ・オーバルへの効果を、南北両半球のデータを使って初めて追求し、磁気圏電場に関する理論的考察も行っている。これらは、今後の太陽風-地球磁気圏カップリング機構を考える上に重要な指針を与えるものである。なお、予備調査委員として本論文の評価を行った名古屋大学理学研究科村山 喬教授より、「申請者の研究成果は太陽風-磁気圏-電離圏結合の機構解明に重要な寄与であり、学位論文にふさわしい価値のあるものと認める」という見解を得ている。

本調査委員会は申請書類を慎重に調査し、論文の内容、関連事項について、申請者に筆答、口答による説明を求め、的確な回答を得ている。以上を総合し、申請者中井仁の申請論文は理学博士の学位論文に値すると認める。