

氏 名 藤 田 裕 一

学位（専攻分野） 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大甲第352号

学位授与の日付 平成10年9月30日

学位授与の要件 数物科学研究科 極域科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 イメージングリオメータを用いたオーロラ関連現象の
共役性の研究

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 江尻 全機
教 授 麻生 武彦
教 授 佐藤 夏雄
助 教 授 山岸 久雄
教 授 小川 忠彦（名古屋大学）
菊池 崇（郵政省通信総合研究所）

論文内容の要旨

本論文では、オーロラ帯の昭和-アイスランド共役観測点のイメージングリオメータ対(SIRACE システム, Syowa-Iceland Radiowave Absorption Conjugacy Experiment)でのCNA現象(Cosmic Noise Absorption)の観測, および磁気圏静止軌道上の人工衛星による粒子観測に基づき, CNAの発生機構についての考察を行った。また, 年間を通じたCNA出現緯度の南北比較によって得られた, 夜間における共役点緯度の季節変化特性についても述べた。電離層-磁気圏, 電離層(北半球)-電離層(南半球)の観測点で構成された共役対での観測データを利用することにより, これらの研究は行われた。

まず第1章で, 地磁気, VLF放射, オーロラ発光, CNAについて行われた, 過去の共役現象に関連した研究をさまざまな視点から概観し, 本研究の歴史的な位置づけを行った。ここで本論文における共役性に関連する以下の用語を定義した。共役点:ある磁力線が地表と交差する2点, 共役現象:南北半球間の磁力線のつながりによって実質的に生じる全ての現象, 共役性(非共役性):観測された現象の類似性(時間, 空間, 移動, 強度)の度合い。

次の第2章では, オーロラ帯でのCNA現象の性質について, SIRACEシステムで観測された現象例によって説明した。また, 電離層における吸収量を, IRI95電離圏モデル(International Reference Ionosphere), 南極昭和基地で行われたロケット観測による電子密度と電子温度, およびMSISE90大気モデル(Mass Spectrometer and Incoherent Scatter Extended Atmospheric Model)を使用して計算した。次いで, 観測装置としてのリオメータ(Relative Ionospheric Opacity meter)の開発経過, および現在の開発動向について, 特に観測視野の拡大と空間分解能の向上に重点を置いて述べた。

第3章では, SIRACEシステムの位置, システムの構成, およびSIRACEシステムによって取得された昭和基地およびアイスランド観測点での電離層吸収画像データの処理手順について述べた。

第4章では, 午前側を中心にしばしば観測されるドリフトCNA現象の発生と磁気圏プラズマの比較研究を示した。この現象は, 午前側では東向き, 午後側では西向きに移動するCNA構造で, その移動速度は高度90kmで約200m/s程度である。従来の研究では, このCNA現象は, 磁気圏コールドプラズマの空間構造を反映した波動-粒子相互作用領域が存在し, ここで散乱された高エネルギー電子が電離層高度まで降下して大気を電離することによって生じる, と推測されていた。しかしこれまで, 磁気圏でのプラズマ観測とドリフトCNA観測の比較は行われてこなかった。本研究では, 1993年に昭和とアイスランドを通る磁力線の近傍に移動したLANL1990-095静止衛星のプラズマ観測データを使用し, 地上のドリフトCNA現象と磁気圏低エネルギープラズマの比較をはじめて行った。比較の結果, 低エネルギープラズマ密度が低い場合には高エネルギー電子束の増大にともなうCNAが見られない例があること, 低エネルギープラズマ密度および高エネルギー電子束の変動によってCNAの変動を説明できる例があることが示された。これらの現象は, ドリフトCNAの発生は磁気圏低エネルギープラズマによる制御を受けている, という従来の仮説を支持している。ただし本研究では, 衛星電位が低エネルギープラズマ観測に与える影響を考慮していない。

第5章では, 真夜中付近(21-24MLT)でオーロラブレイクアップにともなって観測されるPECB現象(Poleward Expanding CNA Band)の出現緯度の統計的特性を示した。1992年2月から1993年12月の期間の統計解析の結果, 北半球側に投影された昭和の共役点は, 6月頃に最も低緯度側に, 12月頃に最も高緯度側に変位すること, 変位幅は平均地磁気活動度Kp=4に対して約200kmであることが示された。この季節変化特性は, 内部磁場としてIGRF-1995モデル(International Geomagnetic Reference Field)を, 外部磁場としてTsyganenko-1989モデルを用いて磁力線のトレースを行った

結果とよく一致した。また、PECB 現象の極方向への伝播速度には共役点間で差が見られ、昭和側の方がアイスランド側よりも平均 15%高速であることが示された。従来のオーロラ観測によってこの違いは見出されていたが、統計的な取り扱いはなされてこなかった。本研究の結果は、この違いが統計的に有意であることを示した。

最後に第 6 章で、本研究全体の結果、問題点および将来の展望についてまとめた。

論文の審査結果の要旨

藤田裕一君は、オーロラ帯の地磁気共役点で観測されたイメージング・リオメータの長期データを用いて、ドリフト CNA (Cosmic Noise Absorption: 宇宙銀河雑音吸収) 現象の現象論的特性を明らかにするとともに、その発生機構を深く考察した。また、地磁気共役点位置の季節変化についても観測事実として明らかにした。本論文は以下に述べる通り、論文構成、データ解析手法と結果、考察、記載内容ともに理学博士の学位に値するものである。

本論文の構成は、第 1 章：序論 (研究の位置づけ)、第 2 章：観測システム、第 3 章：データ解析手法、第 4 章：ドリフト CNA 現象、第 5 章：共役点位置の季節変化、第 6 章：結果のまとめと将来展望、である。

本論文の具体的研究内容と成果を以下に示す。地磁気共役点である昭和基地とアイスランドに設置されたイメージング・リオメータを用いてオーロラ現象の南北半球の共役性の研究を行なった。イメージング・リオメータを用いた観測手法は、可視オーロラの観測と異なり、天候や日照に左右されることなく、オーロラ現象に伴う高エネルギー降下電子の振る舞いを 24 時間通年の連続観測が出来る利点があり、数多くのイベントを用いての統計的解析が可能である。藤田君の研究はその利点を十分に生かしている。

主な研究成果の一つは、午前側から昼間にかけて出現するドリフト CNA 現象に注目し、その発生頻度と運動方向の日変化とその共役性の現象論的特性を詳しく解析した。このドリフト現象の運動方向は大規模対流電場の方向に一致する事を明らかにした。さらに、その CNA 現象の発生原因を探る為に、共役点の赤道面付近に位置している静止衛星の粒子データを用いて地上で観測されたドリフト CNA 現象との時間的変動の相関解析を行なった。結論として、この現象が冷たい高密度プラズマ雲に高いエネルギーの粒子が流入されて、そこで波動-粒子相互作用が起こる事により、CNA を引き起こす高エネルギー粒子が電離圏 D 層に降下する為に発生している事を初めて観測事実として見いだすとともに、その関係を定量的にも明らかにした。

また、現象として抽出が容易なオーロラブレイクアップ現象に注目して、その出現緯度の共役点での位置の相違を約 2 年間分のデータを用いて統計的に解析した。その結果、北半球に投影された昭和基地の共役点が、6 月頃に最も低緯度側に位置し、12 月頃には最も高緯度側に位置する事を観測事実として明らかにした。そして、その解析結果を磁場モデルと比較し、理論的モデルとの良好な一致を得た。さらに、この現象の移動速度が昭和基地側がアイスランド側より平均 15% 程速い事もつきとめ、磁場モデルによる説明を試みた。

本研究の解析結果は、極域のオーロラ帯で頻繁に発生する現象を、新たな視点から多くの現象論的特性を見いだすとともに、その現象の発生機構を深く考察した。こうした解析手法や考察は、この分野の大きな貢献となる研究である。本研究を達成した学問水準は、同君が高い資質のある独立した研究者としての能力を示しており、博士 (理学) 論文に値すると判断した。