

氏 名 鮎 川 勝

学位（専攻分野） 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大乙第69号

学位授与の日付 平成11年9月30日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 題 目 極域昼間側に見られるオーロラの動形態と粒子源に関する研究

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 岡野 章一
教 授 麻生 武彦
教 授 佐藤 夏雄
教 授 江尻 全機
名 誉 教 國分 征（名古屋大学）
教 授 卷田 和男（拓殖大学）
教 授 森岡 昭（東北大学）

論文内容の要旨

太陽風と磁気圏の相互作用により発生するオーロラは、夜側だけに起こる現象ではなく昼側にも発生している。本論では、太陽エネルギーが電離層レベルに直接的に進入することにより発生する昼側のオーロラ現象を南北両半球の地上観測データにより解析した。

太陽風(プラズマ粒子)と地球磁場の相互作用で形成される地球磁気圏の昼側高緯度領域には、カスプ/クレフト領域など太陽風が直接的に電離圏まで降下してくる領域が存在する。この特殊領域で見られるオーロラ活動は、夜側のオーロラ帯で見られる現象と異なっている。昼側オーロラの研究は、これまで人工衛星粒子観測データや地上ホトメータ観測データなどによるカスプ/クレフト領域の議論がなされているが、昼側に特徴的なオーロラの動形態と入射粒子を対応させての解析と議論は必ずしも十分に行われていない。本論では、南極点基地(74.0°)・グリーンランド(ゴッドハブ:76.6°, ウペルナビーク:80.2°)・スバルパール(ニーオルソン:75.9°)・中山基地(74.5°)等で得られた昼側のオーロラ画像データを調べ、これまでの地上または人工衛星観測データに基づく研究成果との比較検討から昼側オーロラの全体像の解明を試みる。

昼側オーロラの動形態の解析では、形態的な特徴について信頼性の高いオーロラ写真データでオーロラ形態を同定しての定量的な解析を行った。その結果、昼側のオーロラ現象はコロナ状オーロラとバンド/アーク状オーロラの二つの特徴的なオーロラタイプに大別されることが判った。特に、コロナ状オーロラは午前側で顕著に見られる現象で、午後側でも観測されるが静穏時の真昼過ぎの午後側にこのオーロラが見られることは少ない。バンド/アーク状オーロラは、コロナ状オーロラが出現する以前の朝側領域と、それが消滅した後の午後側で観測される。このオーロラの様相は擾乱度などにも関連しさらに細かな特徴をもつ。本論では、昼側で特徴的な二つのオーロラ形態を実際のオーロラ画像データで明示して、その出現領域の特性を磁気擾乱度や出現時間などの違いとして明らかにしている。動態的な特性は、惑星間磁場(interplanetary magnetic field; IMF)の北向きから南向きへの変化に対応して低緯度に移動し、IMFが南向きのときには磁気緯度(MLAT: magnetic latitude) 74~75°より低緯度側に、北向きのときには74~75° MLATより高緯度側に見られる。このことは南極域のデータでも北極域のデータでも同様な傾向を示した。夜中側のオーロラもこの北向きから南向きへの変化に対応して低緯度に移動し、昼側オーロラの変動パターンと同様な傾向が見られ、オーロラオーバルは昼側でも夜側でもIMF-Bzが南向きで拡大し、北向きで縮小することが観測事実として確かめられた。これらの結果は、これまでの多くの報告と定性的な傾向はほぼ一致している。

昼側のオーロラ現象を地上で観測すると、観測点の緯度が数度異なるだけでその様相がかなり異なることを著者は経験している。このことは昼側では狭い領域の磁力線がプラズマシート(plasma sheet)、カスプ(cusp)、低緯度境界領域(low latitude boundary layer; LLBL)、プラズママントル(plasma mantle)、テイルロブ(tail lobe)など磁気圏の異なる領域と結びき狭い領域に集中して多彩な入射粒子現象が起きることを反映しているものと考えられる。昼側領域への入射粒子の分布や特徴は、人工衛星データを用いた多くの報告があるが、これらを地上で観測される実際のオーロラ現象と対応づけて議論した報告

は少ない。本論では、昼側で特徴的なオーロラタイプの形態を同定しその入射粒子の特性を調べている。静穏時の弱いアーク状オーロラ(weak arc)の入射電子エネルギーは100 eV以下を示し、プラズママントルを粒子源としている可能性が高いことが示唆された。またコロナ状オーロラは数100 eV程度の最大エネルギースペクトラムをもちLLBLを粒子源としての可能性が示唆された。地磁気活動の活発時に、コロナ状オーロラは午後側の地磁気地方時(magnetic local time; MLT)13-14h頃で完全に消滅し、変りに明るいバンド状オーロラが出現して高緯度または低緯度方向に周期的に移動しては消える運動を繰り返す。擾乱時の午後側に特徴的なこの明るいバンド状オーロラに対応する入射粒子のピークエネルギーは1 keV程度、フラックスは $10^7/\text{cm}^2\cdot\text{sec}\cdot\text{sr}$ に達し、このバンド状オーロラがLLBL粒子よりややエネルギーの高い粒子群で励起されていることが示される。これらのオーロラの粒子源を確定するためには、今後さらに人工衛星の粒子データとの比較検討が必要である。

本論では、IMF-By(惑星間磁場東西成分)の符号に対する昼側オーロラの出現頻度との関係についても調べている。午前側で主として見られるコロナ状オーロラの出現率はIMF-Byの符号により顕著な偏りは見られないが、午後側で観測されるバンド/アーク状オーロラの出現率はBy<0のときに高くなり、低緯度方向への運動もBy<0の時に発生する傾向が見られる。この結果は、グローバルなオーロラ画像データを調べたElphinstone et al.(1993)の報告、「By<0のとき、南半球では昼から夕方オーロラが卓越する」結果と一致している。IMF-Byと昼側オーロラの関係は今後定量的な解析を行う必要がある。

第I章では、本研究が取り扱う極域超高層現象が見られる物理過程の背景と研究の歴史を概観する。併せて、本論の主たる解析データとその研究目的を述べる。第II章では、昼側オーロラ現象の形態的な特性について述べる。第III章では、昼側オーロラの動態的な特性について、惑星間磁場変動や地磁気擾乱度の違いによる解析結果を述べる。特に、地磁気擾乱度の違いによる真昼(12MLT)を挟む朝側領域と午後側領域に見られるオーロラ現象の相違を調べ、昼側領域のオーロラ現象の全体像を明らかにする。第IV章では、昼側オーロラ現象に特徴的なコロナ状オーロラと弱いアーク状オーロラの発生時間の違いとその粒子源について解析する。第V章では、結論を述べる。

論文の審査結果の要旨

本論文では、南半球の南極点基地と中山基地、及び、北半球のグリーンランド2観測点とスバルバルの合計5個所の地上観測で得られたオーロラ画像データを用いて、昼間側で発生するオーロラの動形態の詳細な研究がなされている。また、地上のオーロラ画像データと同時の人工衛星データとの比較検討から、昼間側オーロラに対するオーロラ粒子源の解明も試みられた。

オーロラの形態研究では、全天画像データを詳しく解析することにより、昼間側オーロラがコロナ状オーロラとバンド／アーク状オーロラの2つの特徴的なタイプに分類できることを明らかにした。そして、この形態の異なる2つの特徴的なオーロラの出現時間、出現領域、地磁気擾乱度との関係を詳しく解析し、その相違を明らかにした。

オーロラの動態研究では、惑星空間磁場(IMF)の南北成分(B_z)との関係に注目して解析を行い、北向きから南向きへの変動に呼応して、オーロラの発生域が低緯度側に移動するとともに拡大し、逆の場合には、高緯度側に移動しつつ縮小することを示した。そして、この傾向は、南半球でも北半球でも同じである事実を明らかにした。さらに、IMFの東西成分(B_y)とオーロラの出現頻度や発生領域との関係も調べた。その結果、コロナ状オーロラの出現頻度は B_y の符号による偏りは見られないが、バンド／アーク状オーロラの出現頻度は $B_y < 0$ の時に高くなることをつき止めた。

昼間側オーロラの粒子源に関しては、地上から観測されたオーロラ形態と、その上空を通過する人工衛星で同時観測されたオーロラ入射電子エネルギーとの比較研究が行われた。静穏時の弱いアーク状オーロラに対応する粒子エネルギーは100eV以下であるが、コロナ状オーロラは100eV以上であり、また、地磁気擾乱時に発生するバンド状オーロラに対応する粒子エネルギーは1keV程度であり、かつ、入射フラックスも他のタイプのオーロラよりも極めて多いことを明らかにした。この結果は、オーロラのタイプに応じてそのオーロラ粒子源が異なることを示唆した。

各審査員からは、本論文に使用されたパングロマチックなオーロラ画像データからはオーロラの物理を論じるには限界があることの指摘もあったが、その限界の範囲内で極域昼間側のオーロラの動形態と粒子源について新たな知見が得られたことが評価され、理学博士の学位に価する論文であることが審査員全員一致で認められた。

また申請者に対する学力確認は、提出論文を中心にしてそれに関連がある専門分野及びその基礎となる分野に関する学識について、口頭試問の形で行われた。その結果、申請者は理学博士の学位授与に必要な水準の学力をもつものであることが審査員全員一致で認められた。語学に関しては、論文内容の一部が学会誌に既に英文で複数発表されていることから学力十分であると判断された。以上を総合的に判断して理学博士の学位を授与するに価するものであることが全員一致で認定された。