

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 三 谷 憲 司

論 文 題 目

Study of High-Energy Oxygen Increase in the Ring Current During  
Geomagnetic Storms

(磁気嵐中リングカレントにおける高エネルギー酸素イオンの  
増加現象に関する研究)

### 論文審査担当者

主 査	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授	理学博士	草 野 完 也
委 員	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授	博士(理学)	平 原 聖 文
委 員	名古屋大学宇宙地球環境研究所	教 授	博士(理学)	三 好 由 純
委 員	名古屋大学宇宙地球環境研究所	准教授	博士(理学)	能 勢 正 仁
委 員	東京大学大学院理学系研究科	教 授	博士(理学)	関 華 奈 子

## 論文審査の結果の要旨

地球周辺の宇宙空間のうち、地球固有の双極子磁場が支配的に効いている領域を内部磁気圏と呼ぶ。地球磁気圏で最大規模の変動現象が磁気嵐であり、磁気嵐は、内部磁気圏に発達する西向き環電流（リングカレント）によって引き起こされるため、リングカレントの発達過程の解明は、宇宙環境の変動を理解するための重要課題である。リングカレントは主に水素イオン(H<sup>+</sup>)と酸素イオン(O<sup>+</sup>)によって担われており、リングカレントの発達を理解するためには、これら二つのイオン種の供給過程を知ることが不可欠である。本論文では、これまでその供給過程がよくわかっていなかった高エネルギー(>150keV)O<sup>+</sup>の供給機構を理解するため、二機の Van Allen Probes (VAPs) 衛星によるプラズマ観測データを用いて位相空間密度の空間分布を導出し、H<sup>+</sup>と O<sup>+</sup>を比較することで、高エネルギーO<sup>+</sup>のみが増加する(Selective Oxygen Increase, SOI) 現象を発見した。さらに、この SOI 現象とグローバルな地磁気脈動(低周波 ULF 波動)との関連性を調べるために、多点地上磁場観測データを解析し、リングカレントへの高エネルギーO<sup>+</sup>の新たな供給過程を提唱した。

研究の背景をまとめた第一章の序論、観測手法や使用データについてまとめた第二章に続き、第三章では、2013年4月23日から始まった磁気嵐中の SOI 現象の事例研究を報告している。二機の VAPs 衛星データの解析結果から、H<sup>+</sup>よりも地球に近い領域で高エネルギーO<sup>+</sup>の位相空間密度が増加する SOI 現象を発見した。同時期に、VAPs 衛星と対応する地上磁場観測点の両方で ULF 波動が観測され、経度方向の波数は 10 以下と同定された。双極子磁場に捕捉された高エネルギー荷電粒子は、サイクロトロン運動、南北半球のバウンス運動、および地球を周回するドリフト運動の3つの準周期運動をする。SOI 現象時に観測された ULF 波動は、内部磁気圏外側では高エネルギーO<sup>+</sup>のドリフト-バウンス運動との共鳴(ドリフト-バウンス共鳴)条件を、より内側ではドリフト運動との共鳴(ドリフト共鳴)条件を満たしていた。これらの結果から、上記二つの共鳴機構の組み合わせによって SOI 現象を説明でき、これがリングカレントへの高エネルギーO<sup>+</sup>の供給機構であるとの仮説を提唱した。

第四章では、第三章で提唱した供給機構の発生頻度を検証するため、SOI 現象の統計解析を行った。その結果、2013年から2017年に VAPs 衛星が観測した磁気嵐 90 例のうち 30 例で SOI 現象が同定された。SOI 現象は広い経度範囲で観測され、大きな磁気嵐中ほど長時間にわたってより地球に近い領域で発生することが明らかになった。さらに、同時期の多点地上磁場観測網の大規模データ解析の結果、SOI 現象発生時には、内部磁気圏外側領域で Pc4 帯(6.7-22 mHz)が、より内側では Pc5 帯(1.7-6.7 mHz)の ULF 波動が各々強まることが示された。これらの結果と共鳴条件の考察から、対流輸送の内側限界と Pc5 波動とのドリフト共鳴領域との間にはギャップがあり、高エネルギーO<sup>+</sup>のみがそのギャップを埋める形で Pc4 波動とドリフト-バウンス共鳴可能であることが示され、第三章で提唱した仮説が SOI 現象の主な発生機構であることが示された。なお平均的には、SOI 現象は磁気嵐時のリングカレントの約 9 %を担っていることも明らかとなった。

第五章では、本論文全体を通じた結論と展望がまとめられており、これらの研究成果は、磁気嵐の発達の理解に重要なリングカレントへの高エネルギーO<sup>+</sup>の新たな供給過程を提唱し、統計研究により実証的に明らかにした重要な成果である。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される資格があるものと認められる。