

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	生松 聡
論文題目	Energy Transfer Between Pc4-5 Geomagnetic Pulsations and Energetic Ions due to Drift-Bounce Resonance in the Earth's Magnetosphere (地球磁気圏でのドリフトバウンス共鳴によるPc4-5地磁気脈動とイオン間のエネルギー輸送)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、地球磁気圏で起きている地磁気脈動のうちPc4とPc5として分類される波動と高エネルギーイオンの間での、ドリフトバウンス共鳴プロセスを通じたエネルギー輸送の性質を明らかにすることを目的としている。</p> <p>第1章では、本研究で対象とする地磁気脈動を解説し、ドリフトバウンス共鳴の概要と最近の研究の進展を説明したのち、それらをふまえた本研究の目的を示している。</p> <p>第2章では、本研究で用いるデータについて説明している。Van Allen Probes衛星、あらせ衛星、MMS衛星が磁気圏で取得したデータと、地球の北半球の高緯度に位置する6つの地磁気ステーションで得られた磁場データに関わる内容が記載されている。</p> <p>第3章では、Van Allen Probes衛星のデータ解析から、磁気嵐回復相に起きたPc4の事例を取り上げている。Pc4の周期とほとんど同じ周期でプロトンのフラックスが67.0 keVから268.8 keVのエネルギー帯において振動していることを明らかにしている。このPc4は、人工衛星の外向きの移動と、その後の内向きの移動に伴って捉えられており、それをもとに、動径方向の一定の範囲でプロトンの位相空間密度の空間勾配を計算している。この計算においては、複数のピッチアングルに対するプロトンの観測データを使っている。その結果、プロトンからPc4にドリフトバウンス共鳴を通してエネルギーが輸送されたことを証明している。このPc4の発生とともにDst指数(太陽風動圧で補正)が急速な増加を見せることも示している。</p> <p>第4章では、あらせ衛星で取得されたデータを解析し、Pc5の事例を取り上げている。その波は西向きに伝搬し、その経度方向の波数は10前後であることを示している。この波数の値に加え、複数のエネルギー帯における酸素イオンのフラックスの変動特性に基づき、18.6 keV以下のエネルギーの酸素イオンのフラックス変動はバウンス共鳴によるものであり、56.3 keV以上のエネルギーの酸素イオンのフラックス変動はドリフト共鳴によるものであることを示している。また、プロトンのフラックスに対する酸素イオンのフラックスの増大の特徴をもとに、バウンス共鳴を通して酸素イオンが選択的に加速されたことも示している。</p> <p>第5章では、MMS衛星の1年7ヶ月にわたるデータを調べ、酸素イオンのドリフトバウンス共鳴のさらなる事例に基づく結果が述べられている。プロトンのエネルギー密度に対する酸素イオンのエネルギー密度が、その場で生じている電場のパワーと良い相関があることを示している。</p> <p>最後の第6章では、全体的な結論を述べている。</p>			

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

地球の磁場が正弦波的な変動を示す連続的な地磁気脈動現象のうち、その変動周期が45秒から150秒のものをPc4、150秒から600秒までのものをPc5と呼ぶ。このような波の励起や減衰には、磁気圏の中で波と同調した高エネルギーイオンのドリフト運動やバウンス運動が重要であることが指摘されてきている。本論文では、このドリフトバウンス共鳴のプロセスによって実際にイオンと波の間で起きているエネルギー輸送について、最近の人工衛星の高精度のプラズマ観測のデータを活用することにより、その詳細を明らかにしようとしている。

申請者は、人工衛星により取得された磁場データとプロトンのフラックスのデータから、67.0 keVから268.8 keVのエネルギー帯のプロトンのフラックスがPc4脈動とほとんど同じ周期で振動している現象を見出した。この現象は、人工衛星の外向きの軌道、その後の内向きの軌道にわたって見られ、この軌道は $L$ 値では4.8から5.8の間となる。申請者は、この範囲におけるプロトンの位相空間密度に対して、磁気モーメントとエネルギーを固定した状態での $L$ 方向勾配量を見積もった。その値を用いて、このPc4の脈動がドリフトバウンス共鳴を通してプロトンからエネルギーを受けて励起していることを実証した。 $L$ 方向勾配量の導出において、複数のピッチアングルのデータを変数として用いることで、磁気モーメントを一定にした状態での精度の高い見積もりをした点に学術的な価値が認められる。

また、申請者は、人工衛星のデータから、プロトンのみならず酸素イオンのフラックスがPc5脈動とほとんど同じ周期で振動している現象を見出した。見積もった波動の波数と複数のエネルギー帯における酸素イオンのフラックスから、約20 keV以下の酸素イオンの変動はバウンス共鳴により、一方、50 keVを超えるエネルギーの酸素イオンのフラックス変動はドリフト共鳴によって引き起こされていることを明らかにした。これは、複数のエネルギー帯において同時に起きている酸素イオンの共鳴を捉えた初めての報告であり、学術的な価値がある。バウンス共鳴を通して酸素イオンが選択的な加速を受けていることも明らかにした。

さらに申請者は、人工衛星のデータ解析を拡張し、酸素イオンのドリフトバウンス共鳴の12の事例を見出し、それらをもとに酸素イオンが選択的に加速されていることを確固たるものにした。

以上のように、データの詳細な解析を通して、これまで定量的な見積もりが十分になされていなかった現象の励起および減衰過程という本質的な部分の性質を明らかにした本論文の意義は極めて大きい。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年1月14日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降