

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	山本 和弘
論文題目	Excitation of High- m Poloidal ULF Waves in the Inner Magnetosphere during Geomagnetic Storms and Substorms: Importance of Radial Gradient of Proton Distributions in Drift-Bounce Resonance (地磁気ストームとサブストーム中の内部磁気圏における high- m poloidal ULF波動の励起：ドリフトバウンス共鳴におけるプロトン粒子分布の動径方向勾配の重要性)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文では、地磁気ストームとサブストームにおいて内部磁気圏で捉えられる超低周波 (ULF) の波動について、経度方向の波数 (m-number) の大きい現象に焦点をあて、その励起に関わる性質を明らかにすることを目的としている。</p> <p>まず、第1章では、本研究で対象とするULF波動の一般的な性質を解説し、波の励起のメカニズムとして考えられているドリフトバウンス共鳴の理論をまとめたのち、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、本研究で用いる人工衛星(あらせ衛星とVan Allen Probes 衛星)の観測データについて説明している。また、同じく本研究で解析する地磁気のデータについても述べている。</p> <p>第3章では、内部磁気圏を飛翔するあらせ衛星と北半球の高緯度の地上とにおいて同時に捉えられたULF波動の事例を提示している。地磁気ストームの回復相に見られるこの波は、西向きに伝搬し、m-numberが約50であることを示している。観測されたプロトンのフラックス変動には、110 keV付近のエネルギー帯で波と同調する顕著な変動が見られることも示している。これらをもとに、このULF波動の励起に際してドリフト共鳴が実際に起こっていたことを証明している。また、この波は、プロトンの位相空間密度の地球向きの急峻な勾配によって引き起こされたことも示している。</p> <p>第4章では、Van Allen Probe A 衛星によってサブストームの回復相に捉えられたULF波動の事例を取り上げている。この波動のm-numberは220から260であり、東向きに伝搬していることを示している。また、イオンサウンディングの手法を取り入れ、衛星から離れた場所の情報をもって衛星の測定器に入ってくるプロトンのフラックスの変動をもとに、プロトンの位相空間密度の動径方向の空間勾配を導出する方法を提示している。この方法で見積もられた量を用いて、取り上げた m-numberの大きい波が、サブストームで注入されたプロトンによって位相空間密度の動径方向勾配が瞬間的に大きくなったために生成されたことを明らかにしている。また、波の励起には、プラズマポーズが広がったことが関わっていることも指摘している。</p> <p>第5章では、地磁気ストームの間で長い時間継続して観測されるULF波動について、Van Allen Probe B 衛星の6年9ヶ月にわたるデータを用いて調べている。磁場データから現象を自動検出する方法を導入することにより、多数の事例を取り上げている。取り上げられた事例はすべて西向き伝搬の波であり、m-numberは50から250の大きな値をもつことを示している。それぞれの事例でのプロトンフラックスの振動の特徴とm-numberから、大部分のイベントはドリフトバウンス共鳴により励起されていることを明らかにしている。また、このような波動は、太陽のコロナ質量放出に起因する大きな地磁気ストームの主相の後の1日から3日の間に高い頻度で観測されることも示している。</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)

地磁気ストームやサブストームが生じている時の内部磁気圏においてULF波動が捉えられることはよく知られているが、波の m -numberが大きい事例の報告は限られており、そのような波は何が引き起こしているのかは十分に理解されていなかった。本論文では、そのようなhigh- m の波が、地磁気ストームやサブストームと関連して、どのように生成されるのかを明らかにしようとしている。

申請者は、地磁気ストームの回復相において、内部磁気圏の人工衛星と地上とで同時に捉えられたULF波動を見出し、 m -numberが約50で、西向きに伝搬していることを示した。衛星で観測されたプロトンのフラックス変動には、110 keV付近のエネルギー帯で波と同調する顕著な変動が見られることも示し、これらから実際にドリフト共鳴が起こっていたことを明らかにした。この波動がプロトンの位相空間密度の地球向きの急峻な勾配によって励起されたことを明確に示した点に学術的価値が認められる。

次いで申請者は、サブストームの回復相に捉えられた波動に着目し、その波が220から260という非常に大きな m -numberをもって東向きに伝搬していることを示した。イオンサウンディングの手法を取り入れ、衛星の位置において、プロトンの位相空間密度の動径方向の空間勾配を見積もることのできる方法を示した。この方法を用いることで、着目するhigh- m の波が、サブストームで注入されたプロトンによって位相空間密度の動径方向の勾配が瞬間的に増加することで引き起こされたことを明らかにした。プロトンの位相空間密度の動径方向の空間勾配が時々刻々どのように変化するかを評価できる新たな方向を見出し、それにより、high- m の波へのサブストーム過程の関わりを明確にした点に学術的価値がある。

さらに申請者は、地磁気ストームの間で長い時間継続して観測される波動に着目し、衛星の長期間にわたるデータからイベントを自動検出する独自の方法を考案し、多数の事例を取り上げて、その性質を示した。ほとんどの事例において、ドリフトバウンス共鳴を通して波が励起されていることが明らかになった。このような波動は、太陽のコロナ質量放出に起因する大きな地磁気ストームの主相の後の1日から3日の間に高い頻度で観測されるという新たな性質も見出した。

以上のように、データの分析において独自の方法を導入することにより、これまで十分に理解されていなかった現象に対して、その発生に重要な役割を果たすパラメータ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