

Title	Observational studies on long-period geomagnetic pulsations(Abstract_要旨)
Author(s)	Nose, Masahito
Citation	京都大学
Issue Date	1998-03-23
URL	https://doi.org/10.11501/3135302
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	author

氏 名	の 能 勢 まさ ひと
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 1920 号
学位授与の日付	平 成 10 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学位論文題目	Observational Studies on Long-period Geomagnetic Pulsations (長周期地磁気脈動の観測的研究)

論文調査委員 (主 査) 助教授 家 森 俊 彦 教 授 廣 田 勇 教 授 荒 木 徹

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は、Pc5 型、Pc4 型および Pi2 型長周期地磁気脈動とそれに関連する現象を、人工衛星観測データと地上観測データを用いて解析的に研究した結果が述べられている。

研究内容は第 1 章の導入部に続く 3 つの章と付録で構成されている。

第 2 章では、NASA が 1981 年に打ち上げた DE (Dynamics Explorer)-1 (高高度) および DE-2 (低高度) 衛星が、ほぼ同一磁力線にある時に、Pc5 型地磁気脈動に起因していると考えられる高エネルギー電子の降り込みを、両衛星の磁場観測データと DE-2 の粒子および電場観測データ、地上での磁場および CNA 観測データを用いて解析した。DE-2 による磁場観測データの解析からは、Pc5 型脈動が緯度方向にイオンのジャイロ半径の 10 倍程度の細かな空間的スケールを持っていることを示した。粒子および CNA 観測データからは、波の位相と粒子の降り込みが特定の関係にあることを見だし、解析したイベントに関する限り、VLF 波動の強度変調とは相関が見られないことを示した。これらの観測事実から、この脈動に伴う電子の降り込みが、kinetic Alfvén 波に伴う磁力線に沿う方向の電場による加速に起因する可能性が高いことを示した。

第 3 章では、宇宙開発事業団が 1995 年に打ち上げた技術試験衛星 ETS-VI に搭載された磁力計で観測された地磁気脈動現象を系統的に分類し、それぞれの特性を調べ、過去の研究結果と比較した。特に、磁気圏サブストーム開始時に夜側磁気圏で観測される Pc4 型脈動の出現特性およびサブストーム開始との時間関係を調べた。その結果、この型の脈動は、23 時から 04 時にかけての地磁気地方時に頻繁に現れること、サブストームの開始とほぼ同時であるが、真夜中から経度方向にずれるにしたがい、わずかではあるが、系統的に遅れて観測されることを示した。そして、これらの結果を、サブストームの開始に伴い真夜中付近で発生した fast-mode Alfvén 波が磁力線と共鳴しながら伝搬するというモデルで解釈した。

第 4 章では、京都大学防災研究所峰山観測室に設置した磁力計で観測された Pi2 型脈動の解析を行い、昼側 Pi2 脈動は、正午付近でパワーが極大になること、偏波は、正午前で右回り、正午後で左回りであることを示した。これらの結果を基に、昼側で観測される Pi2 型脈動の水平分力成分は、cavity mode の振動であり、偏角方向の振動は、西向き伝搬の波に起因するというモデルを提唱した。

付録には、上記解析の重要な手段となった wavelet 解析による地磁気脈動の自動検出ソフトウェアの作成と、その応用として、Pi2 型脈動と密接な関係があるサブストーム開始の実時間検出システムの開発および試験的運用結果の解析とその有効性が述べられている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

地磁気脈動現象は、周期と波形をもとにいくつかの型に分類されるが、本論文では Pc5、Pc4 および Pi2 とよばれる 3 つの長周期脈動についての研究成果が述べられている。地磁気脈動については、過去に数多くの研究報告があるが、朝側 Pc5

型脈動に伴い電離層高度でしばしば観測される高エネルギー電子降り込み現象や、磁気圏夜側で観測される Pc4 型脈動、および昼間側で観測される Pi2 型脈動等は、その物理機構について未だ定説がない。申請者は、人工衛星による電場・磁場および荷電粒子観測データや、高時間分解能地磁気観測データなどを用いて、上記の問題の解明に取り組み、いくつかの重要な知見を得るとともに、それらに基づいて、それぞれの物理的機構に関し、独自の解釈を与えた。

Pc5 型脈動については、極軌道を飛翔した人工衛星観測データから、緯度方向にイオンのジャイロ半径の10倍程度の細かな空間的スケールを持っていること、電場の北向き成分が極大になる位相のときに、10keV 前後の電子が磁力線方向に加速されているを見いだした。地上観測データからは CNA（宇宙電波吸収）脈動と地上磁場水平成分の振動は90度ずれていること、CNA を伴う Pc5 型脈動は、波動の振幅が平均よりかなり大きいこと、CNA 脈動と VLF 波動振幅変調の対応は、必ずしもよくないことなどを明らかにした。これらの観測結果に基づいて、朝側高緯度で観測される Pc5 型脈動およびそれに伴う高エネルギー電子の降り込み現象は、緯度方向に細かな構造を持つ沿磁力線電流を伴う kinetic Alfvén 波とそれによる磁力線方向への電子の加速というモデルで説明可能であることを論じた。これまで、理論的には存在が示されていたが、観測的には確実に同定されたことのない kinetic Alfvén 波による加速機構を朝側の Pc5 型脈動に適用したのは初めてであり、利用可能な観測データを丹念に調べた結果を基に、上記モデルを提唱したことは高く評価でき、今後活発な議論を呼ぶことが予想される。

夜側磁気圏で観測される Pc4 型脈動については過去にも数編しか研究報告がなく、その性質はあまりよく知られていなかったが、この型の脈動は基本モードの定在アルフベン波動であり、夜間オーロラ帯の現実的電離層電気伝導度で定在波となることが説明可能であること、また、地上で観測される低緯度 Pi2 脈動とほぼ同時あるいは経度が真夜中からずれるに従い1~2分遅れて開始することなどを、人工衛星および地上磁場観測データの解析とモデル計算から明らかにした。これらの事実に基づいて、この脈動は、磁気圏サブストームの開始に伴って放射された fast mode Alfvén 波が、経度方向に伝搬しつつ定在アルフベン波動を励起した結果観測されたものであると論じた。これは、より多くの解析事実に基づいた新しい解釈であり、大きな価値がある。

低緯度昼間側で観測される Pi2 型地磁気脈動については、偏波特性や磁気圏内での伝搬についての解析的研究がほとんどなかったが、地上での高時間分解能磁場観測データを詳しく解析することにより、偏角と水平分力成分の位相差が、地磁気地方時とともに直線的に増加すること、正午付近に波動のパワーの極大があること、基本波とその高調波のパワーの関係は、理論的に予想されている cavity mode resonance のそれと一致することを明らかにした。そして、これらの結果は、cavity mode resonance による水平磁場成分の振動と、西向きに伝搬する偏角磁場成分の振動の合成で説明可能であるという独自の解釈を示した。これまで、波動の基本的特性さえ調べられていなかった昼間側 Pi2 脈動の性質を詳しく調べたこと、物理的機構について独自の解釈を加えたことは高く評価される。

申請者は、脈動の物理的機構の解明を目指すだけでなく、ウェーブレット変換を用いた Pi2 脈動の自動検出システムの開発にも大きな貢献をした。すなわち、Pi2 脈動は、不規則成分を含む波束として現れるため、通常のフーリエ変換よりも、時間軸と周波数軸の情報を同時に示すウェーブレット解析が有効であると予想された。そこで、地磁気1秒値観測データに Meyer のウェーブレット変換をほどこし、Pi2 脈動を自動的に検出するソフトウェアを開発した。そして、それを用いて Pi2 脈動の統計的解析を行い、その有効性と限界を論じた。このソフトウェアを搭載した UNIX システムは、京都大学防災研究所峰山観測室で自動運転され、世界各地からインターネット経由で Pi2 脈動の発生時刻と振幅を実時間でモニターでき、太陽地球系物理学分野の研究に貢献している。

よって、本論文は、博士（理学）の学位論文として十分の価値があるものと認める。

なお、平成10年2月2日、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心に、これに関連した分野について試問した結果、合格と認めた。