

氏名・(本籍)	桜井 亨
学位の種類	理学博士
学位記番号	理第238号
学位授与年月日	昭和44年2月19日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和38年3月 東京学芸大学卒業
学位論文題目	Pi型地磁気脈動の汎世界的特性及びその発生機構に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授加藤愛雄 教授山本義一郎 教授鈴木次 助教授上山弘

論 文 目 次

第1章	緒 論
第2章	解析に使用されたデータ及び測定装置
2.1	解析に使用されたデータ
2.2	測定及び解析装置
第3章	高緯度及び低緯度におけるPi型地磁気脈動の動スペクトラムの特性
3.1	高緯度及び低緯度におけるPi型地磁気脈動の動スペクトラム解析
3.2	Pi型地磁気脈動の構造と発生源
第4章	高緯度におけるPi2型地磁気脈動のPolarization
第5章	Pi型地磁気脈動と高緯度における地球電磁気学的諸現象及び静止衛星 ATS-1による外部磁気圏磁場変動との関連
第6章	検討と結論

論 文 内 容 要 旨

Magnetic substorm は地磁気嵐に次いで大規模な地磁気変動として、地球電磁気学の最も興味ある現象の一つであるが此の論文で扱う Irregular Pulsation (Pi 型地磁気脈動、以下 Pi と略す) は上記 substorm と同時に発生するところから substorm の発生機構の解明に Pi の研究が極めて重要な手懸りとされている。

Pi (周期 1~300 秒) は過去半世紀以上に亘つて多くの研究者によつて研究されて来たが、其の大部分は限られた地域における光学式遅廻し磁力計による記録に基づかねばならなかった為に地球磁気圏の規模で発生し、且つ広い周波数を有する Pi 現象の全貌をとらえる事が困難であった。

此の論文の第 2 章及び第 3 章では、磁気録音方式による記録装置と新たな周波数解析装置を組合せる事によつて Pi の周波数全域に亘る動スペクトラムを求める。高緯度 (College) と低緯度 (女川) での同時観測による Pi のスペクトル解析の結果、基本的には Pi は $Pi_1 + Pi_2 + Pi(C)$ で Pi は三種の構造を有し、夫々の緯度効果より Pi の発生源がオーロラ帯にあることをつきとめた。第 4 章ではオーロラ帯の Pi の長周期部分 (Pi_2) の Polarization の解析を行い、この領域に Polarization の遷移領域のあることをつきとめた。第 5 章では Pi 現象が磁気圏の規模で発生し多くの地球電磁気学的関連現象を伴うことを示し、更に静止衛星 (ATS-1) による観測結果との関連を検討し、第 6 章で、この論文の以上の結果を基にして Pi の発生機構を総合的に検討した。

第 1 章 緒 論

各種の地磁気擾乱の中でも Magnetospheric substorm. (以下 substorm と略称する) と呼ばれる現象は最も基本的で且つ未解決の問題の多く残されている興味ある現象の一つである。此の substorm は殆んど突然的に汎世界的に発生しオーロラ帯の夜側では数百 r、中低緯度では数十 r の magnitude で変化する磁気擾乱である。物理的には substorm が幾つか重なつて地磁気擾乱の主相を構成するという説が近年次第に支配的になっており、此の意味からも substorm の機構の解明は地磁気擾乱の研究上最も重要なものの一つとされている。

一方、地球磁場の短周期変動である地磁気脈動 (以下脈動と略称する) の研究が特に最近の 10 年間に爆発的に世界各地で盛んになった。この脈動は周期範囲が 0.2~600 秒の微小変動でその波形が規則的であるか、“比較的”不規則であるかによつて Pc 及び Pi に分類される。Pc 及び Pi は夫々更にその周期帯によつて細分され Pc は Pc 1 (0.2~5 秒)、Pc 2 (5~10 秒)、Pc 3 (10~45 秒)、Pc 4 (45~150 秒)、Pc 5 (150~600 秒) に、Pi は Pi 1 (1~40 秒)、Pi 2 (40~150 秒) に分けられる。この分類は現時点では必ずしも学問的に正確な分類

でない。この論文においても、必ずしも正確に此の分類には従わない。

さて此の中 P_i 型脈動は前記 substorm を恰も誘発するかの如く substorm と同時に発生し P_i の盛衰に伴って substorm も盛衰する。この事により P_i の発生機構は substorm の発生機構を論ずる上に極めて重要な手懸りを与える。

此の論文ではこの様な見地から P_i 特に P_{i2} の解析に基づいて、substorm との関連のもとに、 P_i の発生機構を究明しようとするものである。

脈動の解析は磁気テープによる観測技術が発達する以前には写真乃至はペン書方式で波形を記録し、その記録から肉眼で周期及び振幅を読みとっていた。磁気テープによる記録方式が盛んに行われるようになったのはきわめて最近である。この方式が採用される様になってからは脈動の広帯域周波数スペクトラム、及びその微細構造に対する研究が急速に進んだ。この論文では、高緯度及び低緯度での脈動の同時観測による広帯域周波数スペクトラムの解析を行いそれに基づいた P_i 型脈動の発生機構の研究をするために磁気録音方式による脈動の測定装置の一組を東北大学理学部附属女川地磁気観測所に設置し、他の一組を著者自ら米国アラスカ、カレッジ (College) に設置し、脈動の同時観測を行い、低緯度 (女川) 及び高緯度 (College) での P_i のスペクトル解析を行う。

第 2 章 解析に使用されたデータ及び測定・解析装置

2.1 解析に使用されたデータ

この論文では第 3 章及び第 4 章において夫々異つた角度から次の様に P_i の解析を行う。

(1) 高緯度及び低緯度における P_i の広帯域スペクトラムの研究

此の為に磁気録音方式による脈動記録装置と新たな周波数解析装置を組合せる事によって P_i の全周波数領域に亘つての、高緯度及び低緯度でのスペクトル解析を試みる。

(2) オーロラ帯における P_{i2} の Polarization の分布の研究

此の為に少く共 2 点における "磁気録音" 方式による脈動の解析が望ましいのであるが現在、高緯度での同時観測がないので I_a (our type rapid-run magnetogram) で解析を行った。記録を入手し得る所として College と Point Barrow が選ばれた。この解析の為に P_{i2} は次の条件に適するものである。

1. 周期範囲 40 秒～300 秒
2. 減衰型振動波形
3. substorm に伴うもので波形の乱れていないもの。

期間は 1964 年 1 月～7 月の 7 ヶ月間でデータ数は 108 個である。

2.2 測定及び解析装置

(1) 測定装置

高透磁率の Core-type の Induction magnetometer を検出器として、直流増巾器を通して磁気録音装置に記録させる。

(2) 解析装置

今迄の脈動の解析は dynamic spectrum 及び amplitude section を得るのに Sona-graph が用いられて来た。これは音声周波数解析装置であるが、これを脈動解析に利用した時の欠点は次の二点である。

1. 長周期部分に関する著しい低分解能。
2. Pi 型脈動の周波数範囲 (0.007~1 Hz) を Sona-graph の周波数範囲 (50 ~ 8000 Hz) に適合させる為には 8000 倍 の速度変換を必要とし事実上長周期部分の解析は Sona-graph では不可能。

この論文では Missilyzer, Expanded 及び Magnifire を使用して上記 1.、2. の欠点の無い動スペクトラムの解析を行う。

第 3 章 高緯度及び低緯度における Pi 型地磁気脈動の動スペクトラムの特性

3.1 高緯度及び低緯度における Pi 型地磁気脈動の動スペクトラム解析

高緯度 (College) 及び低緯度 (女川) における同時観測による Pi 型地磁気脈動の動スペクトラムを比較すると substorm 初相での Pi burst は高緯度、低緯度共 Pi 1 と Pi 2 成分が同時に観測されるのに対して substorm 主相における Pi (C) は高緯度のみ観測され、低緯度では観測されない。

更に高緯度、低緯度共に周期 200 秒にスペクトラムのピークがあることをつきとめこれを著者は Pi 2 の周期範囲に含めた。

3.2 Pi 型地磁気脈動の構造と発生源

以上の解析より高緯度における Pi は Pi 1、Pi 2、Pi (C) の三種の構造を有しているのに対して低緯度での Pi は Pi 1、Pi 2 の二種の構造である。更に Pi 1 は Pi 2 より、Pi (C) は Pi 1 より狭い領域の高緯度に限定された現象であることよりこれら Pi 型脈動の発生は高緯度、オーロラ帯にある。

第 4 章 高緯度における Pi 2 型地磁気脈動の polarization 特性

オーロラ帯における高感度早廻し磁力計によるマイクロフィルム記録を用いて Pi の長周期部分 (Pi 2) の解析を行った。Pi 2 の polarization の日変化パターンは磁気緯度 64.7° (College) と 68.6° (Point Barrow) の間で変化を生じており地表では此の緯度附近に polarization の遷移

領域のあることをつきとめた。最新の米国の人工衛星の観測結果を用ると地表のこの遷移領域は地球磁気圏で夜側の地球半径の10倍近くに投影し得るのでPiの発生機構の少くも近因は地球磁気圏のこの領域に存在するであろう。

更にPi2のpolarizationのこの遷移領域に関して、磁気圏尾部から地気圏内部へのプラズマの流れを考えることにより一つの解釈を試みる。

第5章 Pi型地磁気脈動と高緯度における地球電磁気学的諸現象及び静止衛星ATS-1による外部磁気圏磁場変動との関連

Pi型脈動の発生は、オーロラのブレイクアップ、電子の流入、VLF hissの発生等を伴っており、静止人工衛星の観測によれば磁気圏においても磁場の急激な変化を伴って起っている。この様にPi型脈動の発生は磁気圏の規模で起っている。

第6章 検討と討論

本論文では、Piの発生機構を検討する為に、先ずPiの構造を明らかにした。この為に今迄試みられなかった、Missilyzer、Expanded、Magnifireを使用して広帯域周波数スペクトルを求める方法を可能にし、磁気録音方式による高緯度及び低緯度でのPi型脈動の動スペクトラムを求めた。その結果、高緯度と低緯度でのPiは夫々異なる構造を有していることが明らかにされた。即ち高緯度でのPiは

$$P_i = P_{i1} + P_{i2} + P_{i(C)}$$

低緯度では $P_i = P_{i1} + P_{i2}$ より成る事が明らかにされ、夫々の緯度効果からPiの発生源がオーロラ帯にあることをつきとめた。

オーロラ帯におけるPi2の日変化パターンから地上のこの領域にpolarizationの遷移領域の存在することを明らかにし、最新の人工衛星の観測結果に基づいて地上に相当する磁気圏でのpolarizationの遷移に対する一つの解釈が試みられた。

更にオーロラ帯でのPi型脈動に関連した地球電磁学的諸現象と磁気圏磁場変動とを考えることによって、Pi型脈動の発生機構には少くも粒子の加速及び電磁流体波を作り出すことが必要であり、この条件を満す可能性のある一つの考え方としてLoss-cone型不安定の機構が考えられる。

論文審査結果の要旨

桜井亨提出の論文は「Pi型地磁気脈動の汎世界的特性及びその発生機構に関する研究」と題するもので、地球磁場の短周期変動の一つの種類であるPi型地磁気脈動について自ら宮城県女川及び米国アラスカカレッジにおいて同型の誘導磁力計を用い磁気記録し、周波数解析を行ってその特性を明らかにすると共に更に米国の静止衛星 ATS 上で観測された磁力計の記録並びに高緯度地方で観測されたPi型地磁気脈動の記録を用いてその変化ベクトルの偏向等Pi型地磁気脈動の汎世界的特性を明らかにし、この地磁気脈動が地球磁気圏内で夜側の地球半径の10倍位の所にその発生源のあることを初めて明らかにしたものである。

著者は、先づ宮城県女川及び米国アラスカカレッジにおいて自ら同型の誘導磁力計を用いてPi型地磁気脈動を磁気記録し、その周波数解析を行なった。この結果、Pi型地磁気脈動は勿論 polar substorm に伴うものであるが dynamic spectrumの解析の結果、この種地磁気脈動は基本的には高緯度地帯では $pi1+pi2+pi(c)$ の三種の構造を有し、低緯度地帯では、 $pi1+pi2$ の二種の構造を有している。Pi(c)は高緯度地帯のせまい領域に限定されており、オーロラ粒子のオーロラ領域への侵入にもとづくものであると考えた。

著者の特に注目すべき成果は、この地磁気脈動の $pi2$ 成分即ち長周期変化分(約100秒～150秒周期)について高緯度地帯のカレッジ及びポイントバローの2箇所の記録を基礎にその変化のベクトルの廻転方向即ち polarizationを求めると、カレッジにおいては夜中22^時～23^時附近を中心として、それ以前は反時計廻りで朝方では時計廻りになっている事、然るにポイントバローではこのベクトルの廻転方向は不明瞭か或は時計廻りである。この特性は、著者が初めて明らかにしたもので、著者は更に米国の静止衛星 ATS 上での地磁気観測結果をも考慮して、 $pi2$ の polarization の遷移領域は磁気緯度64.7° (college)と68.6° (Point Barrow)の間であり、且つこの場所は、磁気圏内の夜側の地球半径の約10倍位の所に投影し得ることから $pi2$ の発生機構の近因は地球磁気圏内のこの領域にあることを明らかにし、且つ磁気圏尾部から磁気圏内部へのプラズマの convection を考えることによって解釈されることを明らかにした。

以上著者は、 $pi2$ 型地磁気脈動の種々の特性を明らかにし、特にそのベクトルの polarization の地方的特性を明らかにし、その発生機構は地球磁気圏内に存在することを明らかにした。

著者のこの研究は、地球磁気学の発展に寄与した事を認める。よって桜井亨提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。