

女満別における自動読取り手法により検出した 脈動現象 Pi の周期に関する統計的特徴

笹岡雅宏

地磁気観測所技術課

2018年12月17日受領, 2019年1月23日受理, 2019年3月25日刊行

要 旨

先行研究において開発された地磁気脈動現象 Pi の諸元 (発現時刻, 周期, 及び振幅) の自動読取り手法を用いて, 太陽活動が活発な2012年及び静穏な2009年の女満別データを用いて地磁気 X, Y, 及び Z 成分から検出した Pi の周期について調査した. 調査のために, 個々の Pi 現象毎に, 各成分の Pi の諸元から発現時刻, 周期, 及び振幅を選択してリスト化するアルゴリズムを作成した (3成分のうち Pi の振幅が最も大きい成分の発現時刻, 並びに3成分の周期及び振幅を含む). Pi の手動読取りにおいては X, Y 及び Z 成分のうち最大振幅の波の周期を読取るが, 本調査では3成分それぞれの周期の相違を考慮して読み取った波 (最大振幅, 周期) を用いた. 解析の結果, 各成分間の周期差はガウス分布し, 特に Y 及び Z 成分の周期の読取り値には相関が大きいという統計的特徴が得られた. 3成分それぞれの磁気的特徴が示された. 解析調査に用いた Pi 諸元リストにおける発現時刻は, Pi シリーズの開始時刻として利用され得るものである.

1. はじめに

地上で観測される ULF 波は, 太陽風と磁気圏の相互作用のプロセスにより生成され, 不規則型の脈動現象 Pi (Irregular Pulsation) と連続型の脈動現象 Pc (Continuous Pulsation) に分類される. プラズマ中の衝突頻度が十分小さいとき, その荷電粒子は磁力線の周りを旋回しそれに沿って移動する. ULF 波は, 磁力線と一緒に動く凍結したプラズマ (磁化プラズマ) が動いて生じる磁場の屈曲が伝播する Alfvén 波や, 磁化プラズマ密度の圧力変動である磁気音波などの磁気流体波に起因する (例えば, McPherron, 2005). Pi は, 通常連続して発生し, Bay (湾型変化) に伴い発現することがよく知られている (例えば, 斎藤, 1988). また, Saito and Matsushita (1968) により, 周期40~150秒の Pi2 発生頻度と太陽黒点数の年変動が逆相関であることが以前から知られている. その上, Pi2 はオーロラ・サブストームのオンセットを示唆する良い指標である (例えば, Yumoto et al., 2001). 地磁気観測所では, 高感度磁力計による0.1秒値 (女満別: 1997年4月~, 柿岡: 1997年6月~, 鹿屋: 1996年6月~) を用いて観測された Pi の諸元 (発現時刻, 周波数, 最大変化量 (振幅)), 及び Pi 現象の顕著さ (明瞭度)

を表す Quality のクラスについて, 一連の Pi 現象 (連続発生する複数の Pi にクラス B 以上の Pi が含まれる場合に, クラス C 以上の Pi を記録した複数のシリーズ) をウェブ上で公開している (URL: <http://www.kakioka-jma.go.jp/index.html>). 2012年以降は女満別観測点のみ Pi の諸元の読取りを継続している. 従前 Pi の諸元は, 0.1秒値の X, Y, 及び Z 成分の各プロット図とスケールを用いた手作業により読取られてきたが, 手動読取りの省力化や脈動現象の即時的な把握のために計算機による自動読取りの実現が望まれてきた. 先行研究 (例えば, Nosé et al., 1998; Takano et al., 1999) においては, ウェーブレット解析 (例えば, Daubechies, 1992) を用いて Pi2 及び SSC (急始型磁気嵐) の自動検出について報告された.

一方, 笹岡 (2017) は, 地磁気観測所が報告する手動読取り記録に近い Pi の諸元を毎秒値から自動で読取る手法を, ウェーブレット解析に加えてファジィ・ロジック (例えば, Cornman et al., 1998; Bianco and Wilczak, 2002) を用いて開発した. この手法は, 先ず連続ウェーブレット関数を用いて発現時刻及び解析値の周期を求め, 次に手動読取り値との整合性を高めるために振動のピーク間の時間差及

びその振幅をアウトプットとなる周期及び最大変化量として算出し、最後にファジィ・ロジックを用いて Pi に対応するウェーブレット変換係数を分類することにより Pi 検出リストを作成する。そして 2012年のデータを用いて実施した自動読取り結果と観測者による読取り記録を比較、検証した結果、両者は総合的に非常によく一致した。但し、自動読取りの周期の検証については、手動読取りの手順にならない、地磁気 X, Y, 及び Z 成分のうち最大変化量の周期のみを対象としたので、各成分から検出した各周期の関係性については調査されていない。手動読取りでは、最大振幅の成分の周期をその Pi を代表する周期として記録しているが、本稿では 3 成分それぞれの周期の相違を考慮して読み取った波（最大振幅、周期）を選択することで読取り値はどのような相違がみられるのかについて考察する。同時に、笹岡 (2017) における自動読取り手法が、太陽活動が静穏な年についても手動読取り記録と比較できるように Pi を検出することを示す。

ところで、笹岡 (2017) においては、Quality のクラスは手動読取り記録と自動読取りでは必ずしも一致しなかった。地磁気観測所の手動読取りにおいては Pi の振幅に付随する地磁気短周期変動を目で見てスムーズ化することになっているものの、振幅には短周期変動によるバイアスが残る、手動読取りと自動読取りの間で Quality のクラスの相違がみられると考察した。以下に、手動読取り記録の Pi 振幅における地磁気短周期変動によるバイアスについて再検討する。笹岡 (2017) の第 3 節によると、周期が数十秒スケールの Pi 検出においては数秒スケールの地磁気短周期変動を除く処理を施している。この処理の利点は地磁気現象ではないスパイクノイズのような変動を除くことで Pi の誤検出を避けられることである。地磁気短周期変動を残す場合と除く場合について、手動読取り記録から自動読取りを引いた差の統計をそれぞれ表 1 に示す。この差の統計は、地磁気短周期変動を残す場合の方が小さくなることから、手動読取り記録における数秒スケールの短周期変動によるバイアスについて確認できた。手動読取り記録との比較検証では、地磁気短周期変動を含む自動読取り値を用いた方がよい一致が示されるかもしれないが、本稿における数十秒スケールの Pi 周期の特徴の調査は、笹岡 (2017) にならない地磁気短周期変動を除いて行う。

2. 用いたデータ

Pi 諸元の自動読取りで得られた各成分の周期を効率的に比較するために、先ず笹岡 (2017) で作成

表 1 手動読取り記録と自動読取り値との Pi 振幅の差
2012年の Quality が A と B の Pi 振幅の 66 事例に基づいて、 Δ は手動読取り記録から自動読取りを引いた各成分の差、 μ はその差の平均、 σ はその標準偏差、CI は正規分布を使用した差の平均に対する 95% 信頼区間の幅をそれぞれ示す。自動読取りについて、毎秒値から短周期変動を除かず決定した最大変化量を用いた場合 (上) と除いた場合 (下) の両方を示す。

	ΔX	ΔY	ΔZ
μ	0.084	0.065	0.040
σ	0.48	0.61	0.17
CI	0.23	0.29	0.081

	ΔX	ΔY	ΔZ
μ	0.33	0.27	0.097
σ	0.50	0.70	0.19
CI	0.24	0.32	0.091

された地磁気 X, Y, 及び Z 成分の各 Pi 検出リストを自動で一つのリストにまとめるためのアルゴリズムを作成する。そして、太陽活動が活発な 2012 年及び静穏な 2009 年 (以降、本調査期間) の女満別の Pi の自動検出リストに基づいて、3 成分から求めた周期の統計的特徴について調査する。統計に用いる自動読取りの Pi 現象については、ウェブ上で公開されている手動読取り記録にならない Quality のクラス B 以上を含む一連の Pi 現象とする。但し、実際の統計には、手動読取り記録のクラス B 以上の Pi を含む正時から次の正時までの 1 時間内に自動読取りで検出されたクラス C (通常クラス基準) 以上の Pi の周期値を用いる。

3. 解析方法

先ず、3 成分から同一の Pi 現象の諸元について組合せを作成する。作成した手順は、「発現時刻が最も近い 3 成分の組合せを選択する」というシンプルなものである。ここでは、自動検出した各成分の Pi リストから、発現時刻に近い各成分の組合せを作るが、組合せが見つからない検出例についても表記するようにした。表 2 に Pi 検出リストの例を示す。図 1 には、表 2 中の 3 成分で組合せのある Pi を赤破線、組合せのない Pi を青破線でそれぞれ示す。次に、「基本は最大変化量の周期を選択するが、2 成分以上が 5s 以内の周期差を示すのであれば、そのうちの変化量が最も大きい成分の周期を優先的に選択する」という新しいアルゴリズムを用いる。発現時刻については、この新アルゴリズムにより選

表 2 各成分から検出した周期を併記した Pi 検出リスト

女満別観測点の地磁気毎秒値 (2012年 3 月 9 日 08 : 00UT ~ 09 : 00UT) からの Pi 検出。各行の数値について、c : 発現時刻を採用した成分 (1 : X, 3 : Y, 2 : Z), Pi 発現時刻 (yyyy : 年, m : 月, d : 日, h : 時, mm : 分, ss : 秒) : 最大変化量の成分から採用, T_k ($k=X,Y,Z$) : k 成分から検出した周期, \hat{A}_k ($k=X,Y,Z$) : T_k に対応する最大変化量, Q : 通常時の Quality のクラス, Q* : 擾乱時の Quality のクラス。3 成分の発現時刻が近い Pi のみ最大変化量の周期は黄色で示す。

c	yyyy	m	d	h	mm	ss	T_x (s)	T_y (s)	T_z (s)	\hat{A}_x (nT)	\hat{A}_y (nT)	\hat{A}_z (nT)	Q	Q*
3	2012	3	9	8	1	8	106	100	102	0.523640	0.654638	0.208364		
1	2012	3	9	8	14	15	72	78	87	2.081121	1.593227	0.443096	C	C
1	2012	3	9	8	22	23	62	103	76	6.142510	4.455150	2.262916	A	B
1	2012	3	9	8	24	41	62			1.789280			C	C
1	2012	3	9	8	26	56	108			1.195064			C	
3	2012	3	9	8	31	20	98	93	93	1.141077	1.725121	0.520948	C	C
3	2012	3	9	8	40	4		88	88		2.488709	0.740717	C	C
1	2012	3	9	8	46	31	66	98	102	4.765936	3.442506	1.334246	B	B
1	2012	3	9	8	51	21	101			1.568404			C	C
3	2012	3	9	8	55	22	81	123	122	2.393988	3.699054	1.128074	B	C

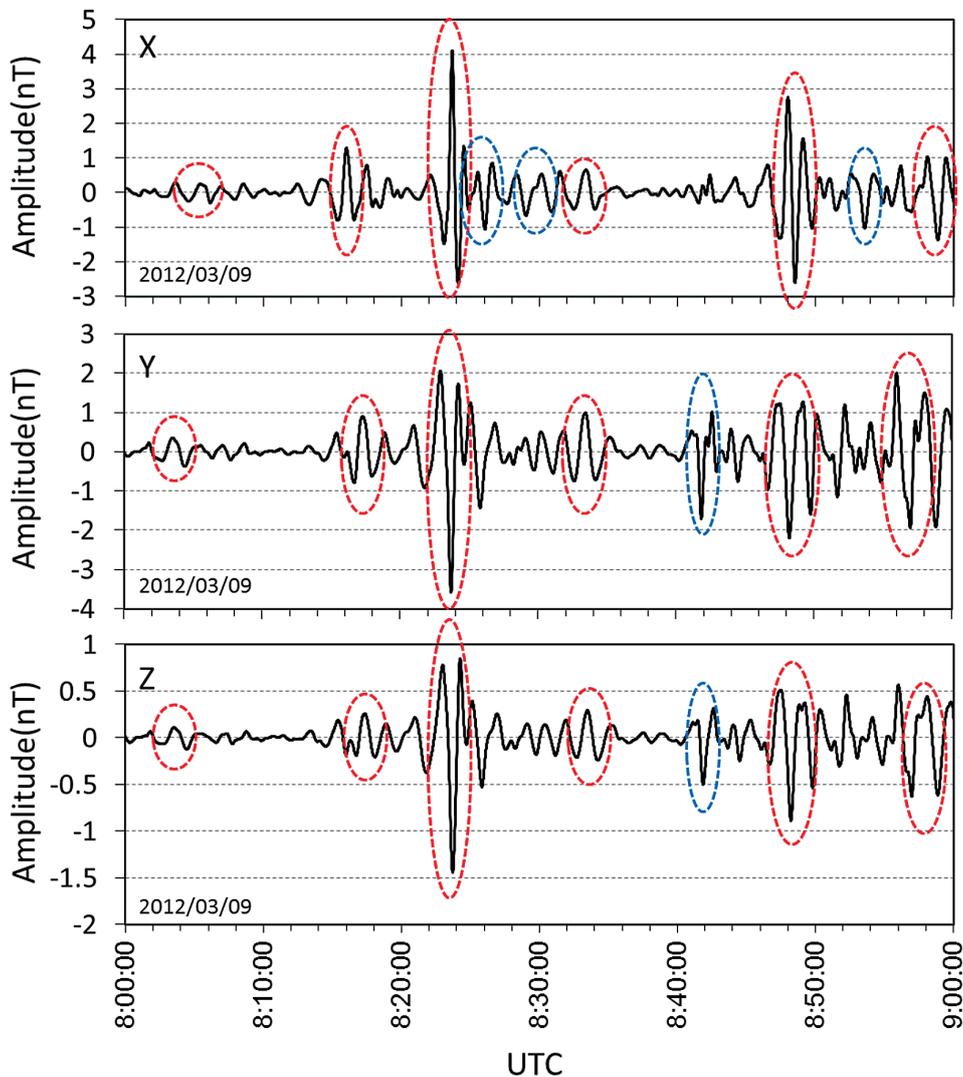


図 1 地磁気 3 成分から検出した個々の Pi (2012年 3 月 9 日 08 : 00~09 : 00)
 (上) X 成分, 9 検出数, (中) Y 成分, 7 検出数, (下) Z 成分, 7 検出数。図中の地磁気変動成分の作成は笹岡 (2017) に基づく。赤破線 : 3 成分の組合せのある Pi, 青破線 : 3 成分の組合せの見つからない Pi 現象。

表3 Pi 検出リスト

表2と同じPi検出例。各行の数値について、周期を除き表2と同じ表記。T：周期，最大変化量の周期は黄色，2成分以上で周期差が5s以下のうち変化量の最も大きい成分の周期を緑でそれぞれ示す。これに伴い，発現時刻は選択された周期の成分から採用する。

c	yyyy	m	d	h	mm	ss	T(s)	$\hat{A}_x(nT)$	$\hat{A}_y(nT)$	$\hat{A}_z(nT)$	Q	Q*
3	2012	3	9	8	1	8	100	0.523640	0.654638	0.208364		
3	2012	3	9	8	14	15	72	2.081121	1.593227	0.443096	C	C
1	2012	3	9	8	22	23	62	6.142510	4.455150	2.262916	A	B
3	2012	3	9	8	31	20	93	1.141077	1.725121	0.520948	C	C
3	2012	3	9	8	46	14	98	4.765936	3.442506	1.334246	B	B
3	2012	3	9	8	55	22	123	2.393988	3.699054	1.128074	B	C

表4 Pi 検出リスト (2009年1月5日15:00-16:00)

表3と同じ表記。黄色の時刻の行は，表9に示す手動読取り記録の発現時刻に対応するPi検出を示し，他の行は継続するPiシリーズ内のPi検出とみなせる（但し，Z成分のみの検出は記載なし）。

c	yyyy	m	d	h	mm	ss	$T_x(s)$	$T_y(s)$	$T_z(s)$	$\hat{A}_x(nT)$	$\hat{A}_y(nT)$	$\hat{A}_z(nT)$	Q	Q*
1	2009	1	5	15	8	37	95			0.689189				
3	2009	1	5	15	13	49	115	119	119	0.793677	0.948001	0.358752		
1	2009	1	5	15	19	29	86	120	99	2.604206	0.639174	0.270817	C	C
1	2009	1	5	15	41	39	95			1.076165			C	
1	2009	1	5	15	43	18	98			1.005817			C	
1	2009	1	5	15	54	48	92			0.695195				

表5 手動読取り記録における女満別のPi検出リスト (2009年1月5日15:00-16:00)

yyyy	m	d	h	mm	period(s)	X(nT)	Y(nT)	Z(nT)	Quality
2009	1	5	15	8					C
2009	1	5	15	15					C
2009	1	5	15	20	110	3.38	1.46	0.55	B
2009	1	5	15	42					C
2009	1	5	15	54					C

択された周期が検出された地磁気成分から採用し，Qualityについては，従来通り3成分のうちの最大変化量から求めたクラスを選択する。表3に各Pi現象の発現時刻，周期，3成分の振幅の一覧を作成する。表3のフォーマットでリスト化された本調査期間におけるPi自動検出数は，手動読取り記録のQualityのクラスB以上のPiを含む正時から次の正時までの1時間内に，それぞれ246件及び113件であるが，これら自動検出数のうちクラスC以上のPiはそれぞれ165件及び71件であった。一方，手動読取り記録におけるクラスC以上のPiは，本調査期間はそれぞれ163件及び85件である。この食い違いは，手動読取り記録と自動読取りではQualityのクラスが必ずしも一致しないこと(笹岡，2017)，また，手動読取り記録では個々のPi現象がPiシリーズ中に発生した件数としてまとめられていることによるものであろう。太陽活動が静穏な年についても手動

読取り記録と比較可能な結果を示した。

本調査では，従前の手動読取り手順，上記の新アルゴリズム，そしてX成分からのみ選択した周期について比較することで周期選択手順による相違についても考察する。

4. 解析の準備

解析に用いるPi現象の諸元リスト(表2のフォーマット)の利点について検討する。笹岡(2017)では，自動読取りのPi検出のアウトプットとして各地磁気成分のPi諸元リストを示した。発現時刻に近い3成分の検出組合せのリスト例を表4に示す。また，表4に対応する手動読取り記録を表5に示す。表4において色付けした発現時刻は，表5の手動読取り記録における各Piシリーズの発現時刻によく対応する。図2に，2つのPiシリーズの開始として，表4のPi発現時刻(15:13:49，及び15:19:29)

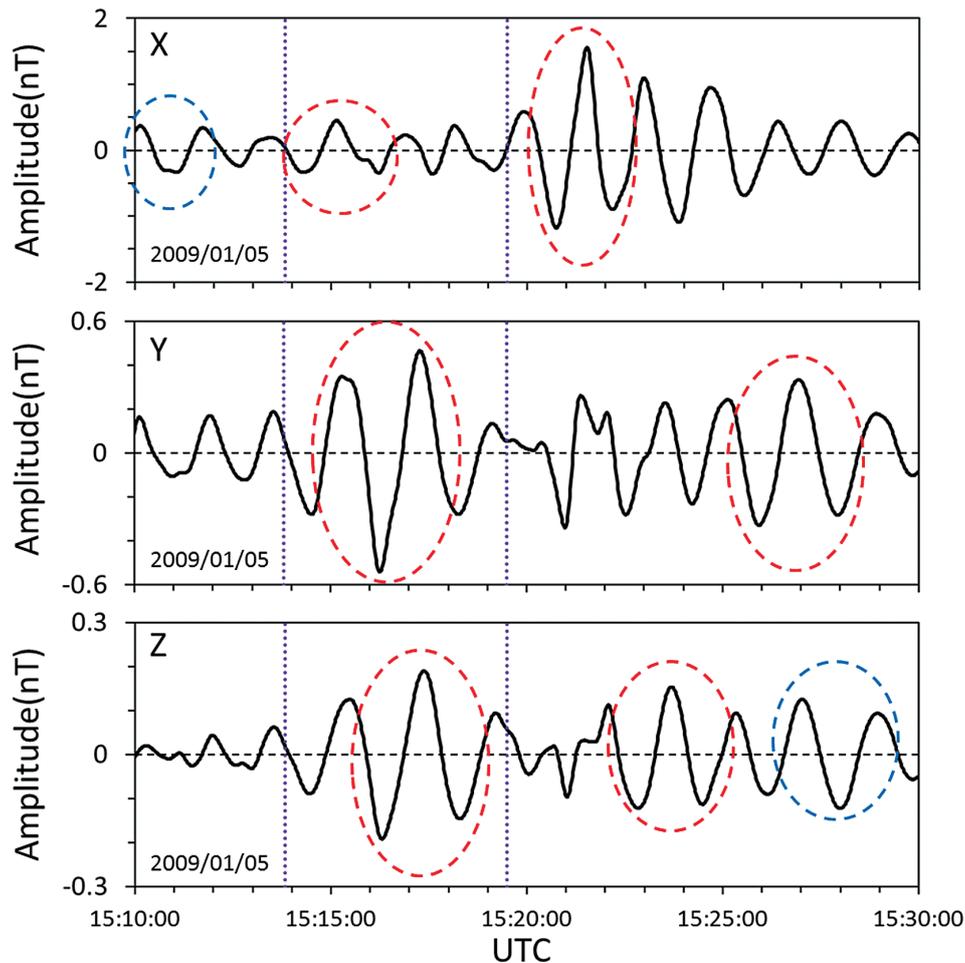


図2 地磁気3成分から検出した個々のPi現象(2009年1月5日15:10~15:30)
 (上) X成分, 3検出数, (中) Y成分, 2検出数, (下) Z成分, 3検出数. 図中の地磁気変動成分の作成は笹岡(2017)に基づく. 赤及び青破線は図1と同じ表記. 同一色の破線で示されたPi諸元は, 表7の各行にそれぞれ記載される. 紫点線は表7のPi発現時刻(15:13:49, 及び15:19:29)を示し, 各Piシリーズの開始時刻によく対応する.

を紫点線で示す. 手動読取りでは最大変化量を検出するので, 各Piシリーズでは赤破線で示した成分の組合せがPi観測として記録されるはずであり, 表4における発現時刻15:13:49及び15:19:29の検出組合せがそれぞれ対応している. ところで, 表4中の発現時刻15:19:29では最大変化量であるX成分の周期86sが選択されるはずであるが, 表5における発現時刻15:20の周期110sと差がみられる. このPiシリーズ中における手動読取り記録は自動読取りと異なるPi波形を読取ったものかもしれない. 表2のフォーマットで示した3成分のPi諸元リストは, Piシリーズの発現時刻を決定するために利用され得ると考える.

5. 解析結果

図3は本調査期間における各成分の周期差の頻度を示す. 図3から周期差は概ねガウス分布することが分かる. また, 各成分間の周期差が5s以下であ

る割合について表6にまとめ, 次の結果が得られた. 周期差が5s以内のYとZ成分の事例は全体の76~79%, Xと他成分との周期差が5s以内の事例についてはそれぞれ30~37%であり, そして3成分の各周期差が5s以内である事例は22~26%である. 各成分間の周期差が5s以下である割合の相違が目立つ理由は, 各成分間に卓越周期の相違が見られること, また各成分は様々な周期の重ねあわせでありPiが単一周期の振動波形で観測されることが殆どなく読取り差も含まれることが挙げられる. 一方, 図4は本調査期間における新アルゴリズムと手動読取り手順(最大変化量を用いた周期選択)による周期差及び, 新アルゴリズムとX成分のみから検出した周期差を示す. 図4は, 新アルゴリズムは, X成分由来の周期を選択する手順よりも, 従来の手動読取りの方に近い結果を求めることを示す. これは, X成分(或いはH成分)で検出したPiの周期と3成分を用いて決定した周期とを比較すると, 両者の食

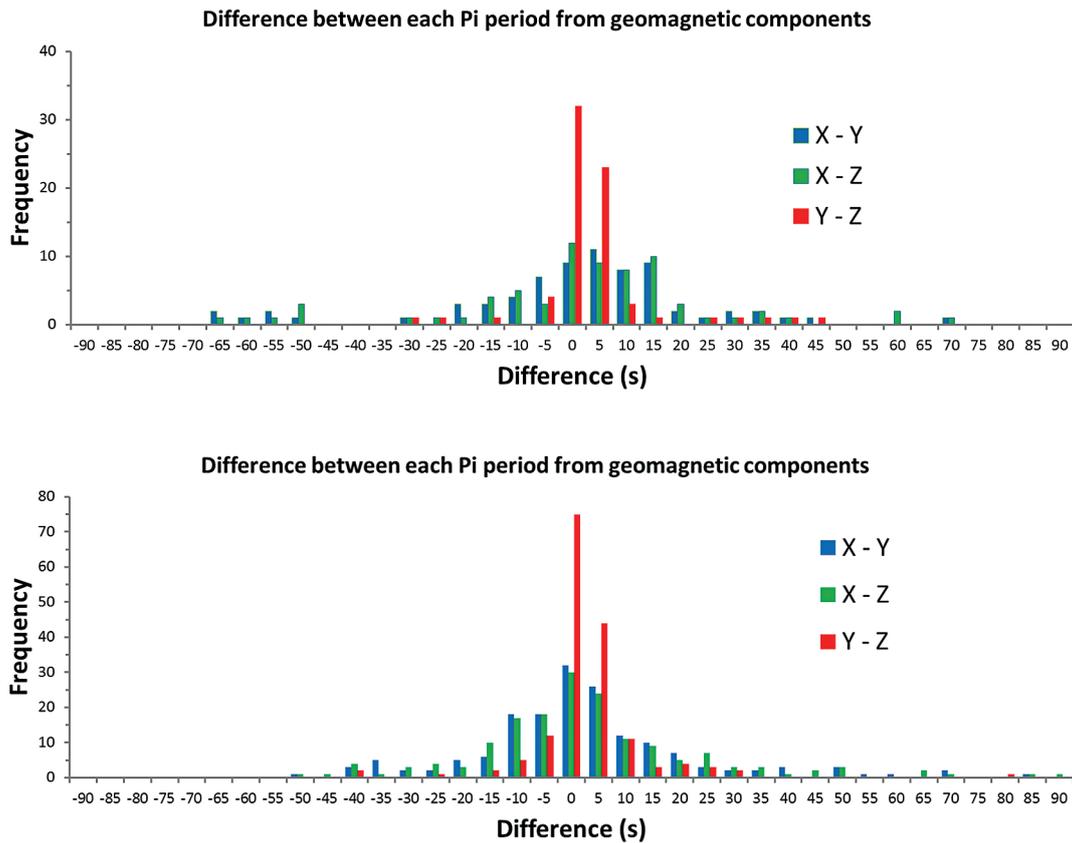


図3 地磁気3成分から検出した各周期差の頻度分布
 (上) 2009年, 113検出数, (下) 2012年, 246検出数. 青, 緑, 及び赤バーはそれぞれXとY成分,
 XとZ成分, 及びYとZ成分の周期差を示す.

表6 各地磁気成分のPi周期差が5s以下である割合比較
 2009年及び2012年について, 各成分のPi周期差が5s以下である割合の比較.

割合	3成分とも周期差 5s以下	XとYの周期差 5s以下	YとZの周期差 5s以下	ZとXの周期差 5s以下	3成分とも周期差 5sより大
2009	16/71 22.5%	21/71 29.6%	56/71 78.9%	21/71 29.6%	9/71 12.7%
2012	43/165 26.1%	60/165 36.4%	125/165 75.8%	61/165 37.0%	21/165 12.7%

い違いが目立つかもしれないことを示唆する.

表7に選択手順の違いによるX及びY成分の採用割合について示す. 新アルゴリズムを用いると, 従来の最大変化量の周期を選択する手順よりも, Y成分の周期を採用する割合は少し増える. YとZ成分が一致する割合(表6)が76~79%, 新アルゴリズムの周期選択によるY成分の割合(表6)が76~78%でありよく一致するので, 新アルゴリズムはYとZ成分の周期が一致するときY成分の周期を選択する傾向がある.

6. まとめと考察

本稿では, Pi諸元の自動読取り手法(笹岡, 2017)を用いて地磁気3成分から得られた周期値に

ついて調査した. 解析調査に用いたPi諸元リストにおける発現時刻は, Piシリーズの発現時刻として利用され得るものである. 各成分間の周期差は概ねガウス分布することが分かった. 結果として, Y及びZ成分の周期の読取り値は全体の76~79%で一致し, 特に両成分の周期に相関が大きいという統計的特徴が得られた. 一方, X及び他成分の周期については30~37%で一致し, その相関は比較的強くなかった. 磁気流体波は, その伝播方向と外部磁場の向きの相対的な違いにより特徴的な電磁氣的性質を持つ(例えば, McPherron, 2005). X軸が磁場方向, YとZ軸が磁場に垂直な方向に偏るとき, X成分はYとZ成分とは異なる地磁気変動を示す. 一般的に地上での観測には磁気音波による変動成分が見られ

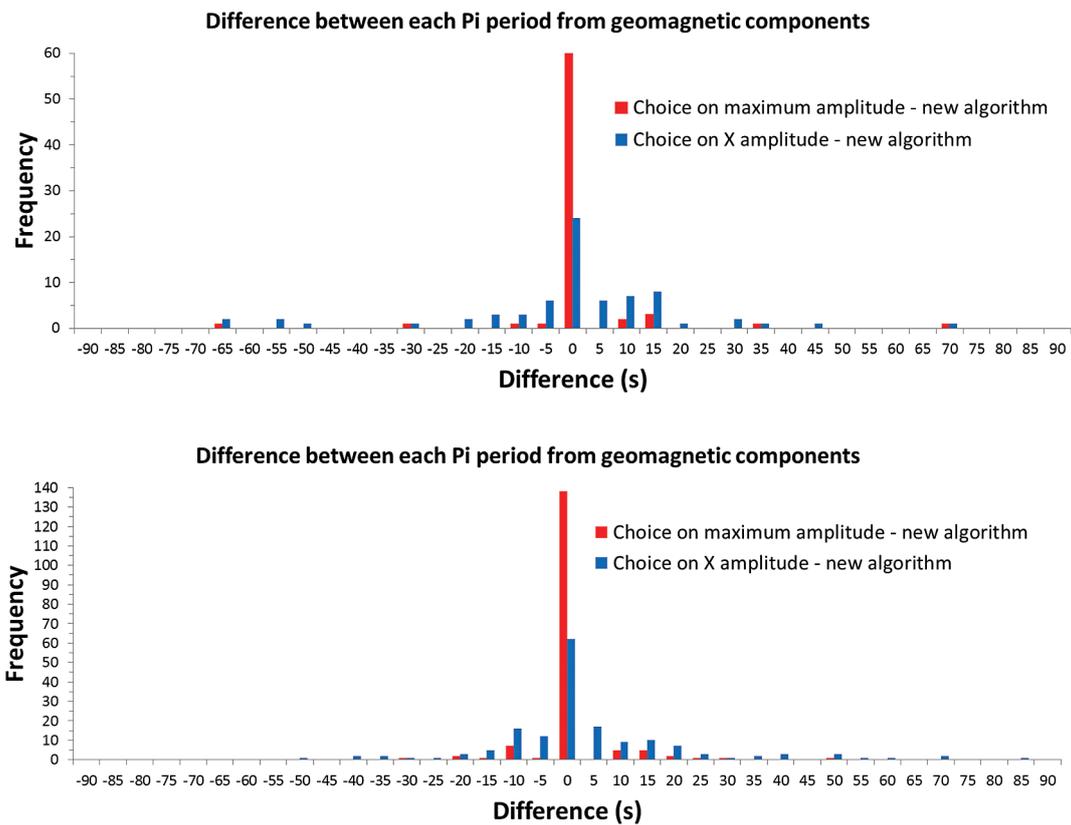


図4 選択手順の違いによる周期差の頻度分布
 (上) 2009年, 71検出数, (下) 2012年, 165検出数. 最大変化量の周期と新アルゴリズムとの周期差 (赤), X成分の周期と新アルゴリズムとの周期差 (青).

表7 選択手順の違いによるX及びY成分の採用割合
 2009及び2012年について, 新アルゴリズムとPi周期の選
 択手順との相違.

割合	最大変化量の周期を選択		新アルゴリズムの周期選択	
	Xの日時・周期 を採用の総数	Yの日時・周期 を採用の総数	Xの日時・周期 を採用の総数	Yの日時・周期 を採用の総数
2009	26/71 36.6%	45/71 63.4%	17/71 23.9%	54/71 76.1%
2012	49/165 29.7%	116/165 70.3%	36/165 21.8%	129/165 78.2%

ないため, X成分は Alfvén 波, YとZ成分は磁場圧縮に伴う変動 (Alfvén 波と音波の合成速度を持つ磁気流体波) の特徴を示す. このため, YとZ成分の周期は互いに似ているが, X成分の周期とは異なる傾向が見られるのではないかと推察する.

本調査の各地磁気成分の周期比較は, 数十秒スケールにおける Pi 現象の検出を意識して数秒スケールの地磁気短周期変動を除いて行われており, 必ずしも手動読取り記録と単純な比較ができないことを改めて強調しておく. Pi2がオーロラ活動のオンセットに呼応するものであれば, オンセットの位置, 磁力線の長さの違いによって, 波の周期や卓越する振動方向が変わり, オーロラオーバルの大きさ

も寄与する. これまでの地磁気観測所の Pi 現象の観測においては, 柿岡及び鹿屋の最大変化量は多くがX成分から読まれているが, Y成分の採用割合の結果は, 女満別の最大変化量は長期的にみるとX及びY成分が同程度読まれていることを支持する根拠のひとつと考えられ, 長期的な視点での調査も必要となるだろう. 一方, Pi2の周期については, プラズマイオン質量及びサブオーロラ帯の地磁気活動度 (Kp 指数) を用いた相関関係が調査されている (Nosé, 2010). 長期的な Pi 周期の変化を調査することにより, 太陽黒点数のほか地磁気活動度との関係についても詳細に考察できるようになるだろう.

参考文献

- Bianco, L., and J. M. Wilczak, Convective boundary layer depth: Improved measurement by Doppler radar wind profiler using fuzzy logic methods, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19, 1745–1758, 2002.
- Cornman, L. B., R. K. Goodrich, C. S. Morse, and W. L. Ecklund, A fuzzy logic method for improved moment estimation from Doppler spectra, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 15, 1287–1305, 1998.
- Daubechies, I., Ten lectures on wavelets, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, 61, SIAM, Philadelphia, pp.357, 1992.
- McPherron, R. L., Magnetic Pulsations: Their sources and relation to solar wind and geomagnetic activity, *Surveys in Geophysics*, 26, 545–592, 2005.
- Nosé, M., T. Iyemori, M. Takeda, T. Kamei, D. K. Milling, D. Orr, H. J. Singer, E. W. Worthington, and N. Sumitomo, Automated detection of Pi2 pulsations using wavelet analysis: 1. Method and an application for substorm monitoring, *Earth Planets Space*, 50, 773–783, 1998.
- Nosé, M., Excitation mechanism of low latitude Pi2 pulsations: cavity mode resonance or BBF-driven process?, *J. Geophys. Res.*, 115, A07221, doi:10.1029/2009JA015205, 2010.
- Saito, T. and S. Matsushita, Solar cycle effects on geomagnetic Pi2 pulsations, *J. Geophys. Res.*, 72, No.1, January 1, 267–286, 1968.
- 斎藤尚生, オーロラ・彗星・磁気嵐, 共立出版, 東京, pp.338, 1988.
- 笹岡雅宏, ウェーブレット解析及びファジィ・ロジックを用いた地磁気脈動 Pi の諸元の自動読取り手法, 地磁気観測所テクニカルレポート, 第14巻, 第02号, 21–33, 2017.
- Takano, S., T. Minamoto, H. Arimura, K. Nijjima, T. Iyemori, and T. Araki, Automatic detection of geomagnetic sudden commencement using lifting wavelet filters, *Lecture Notes in Computer Science*, 1721, 242–251, 1999.
- Yumoto, K., and the CPMN Group, Characteristics of Pi 2 magnetic pulsations observed at the CPMN stations: A review of the STEP results, *Earth Planets Space*, 53, 981–992, 2001.

Statistical characteristics of the periods of Pi pulsations detected by using an automatic detection method at Memambetsu

by

Masahiro SASAOKA

Kakioka Magnetic Observatory

Received 17 December 2018; accepted 23 January 2019; published 25 March 2019

Abstract

This paper reports the statistical characteristics of the period of Pi geomagnetic irregular pulsations detected from the X (north), Y (east), and Z (downward) geomagnetic components of Memambetsu geomagnetic data for 2012 and 2009, which were active and quiet solar years, respectively. The automatic detection method developed in the previous study was used to characterize the onset time, period, and amplitude of the Pi pulsations. These elements of the Pi pulsations were comparable during both 2012 and 2009, regardless of whether they were determined automatically or manually. To facilitate this study, an algorithm was created that chose Pi elements from the three spatial components to create a list that included the onset time of the wave with the maximum amplitude among the X, Y, and Z components. Both the periods and amplitudes of the three components corresponded to individual Pi events. With manual detection we have customarily chosen the period of the wave with the maximum amplitude among the X, Y, and Z components, but with automatic detection we chose the period of the wave based on the correlations with the periods of the three components for 2012 and 2009. The results of the analysis of the 2012 and 2009 data revealed that the differences among the periods of the X, Y, and Z components followed a Gaussian distribution. The periods of the Y and Z components were particularly well correlated with each other. The period of the X component was not significantly correlated with that of either other component. Each of the three components showed magnetic characteristics. The magnetohydrodynamic waves were oriented in different directions relative to the directions of wave propagation and the magnetic field. It might be possible to use the onset times of individual Pi events to determine the start time of each Pi series.