

御前崎・松崎における地磁気・地電流観測

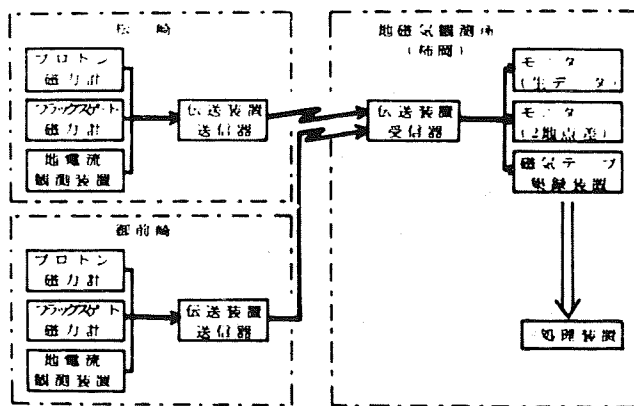
気象庁地磁気観測所 河村 謙・大地 洸・藤田 茂
下道 正則・大和田 毅

1. はじめに

地殻活動の進行している伊豆・東海地域において、地下深部の状態変化に伴う地磁気および地電位変化を検出し、近い将来起こると予測されている東海地震の予知手法を開発する目的をもって、御前崎・松崎に地磁気・地電位変化の連続観測に必要な装置ならびにデータ伝送装置を置き、これら2地点と柿岡相互のその変化の比較解析を実施している。¹⁾²⁾ここでは、装置の概要および変化の地域特性などこれまでに得られた結果について述べる。

2. 観測点ならびに観測装置および解析手法の概要

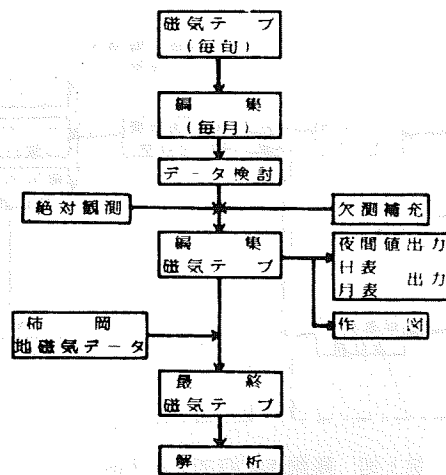
建造物や交通機関等による人工的な雑音の少ない地点として、御前崎は白羽小学校南側の松林内に、松崎は岩科北側の果樹園に測点を選んだ。2地点の距離は5.6 km、柿岡との距離は御前崎で2.55 km、松崎で2.09 kmである。第1図に、装置のブロック図を示す。プロト



第1図 観測装置のブロック図

ン磁力計、フラックスゲート磁力計、地電位差計ならびに伝送装置から成る。御前崎の地電位差計は、気象研究所の設置した基線から分岐した。プロトン磁力計では毎10秒計測、フ

フラックスゲート磁力計では毎秒計測により毎分平均を計算し、一方、地電位差変化は毎分100回の計測値の平均を毎分値とした。これらの毎分値は、各測点の伝送装置送信器のメモリーにいったん貯えられ、通常は6時間ごとに一般公衆電話回線によって柿岡へ伝送される。柿岡で受信した信号は、磁気テープ集録装置により磁気テープに集録されるとともに、2台のペンレコーダによって2地点の変化および2地点の各成分相互差がモニター記録される。データ収集は、必要に応じて1時間ごとあるいは30分ごとに受信のタイミングを切替えることもできる。なお、フラックスゲート磁力計検出器は、温度変化の影響を少なくするため断熱構造のシェルター内に保護されている。フラックスゲート磁力計による3成分の基線値を決定するための絶対観測は、通常1~2か月ごとに行われる。人工擾乱など異常値の補正と欠測補充を行い月ごとに磁気テープを編集する。温度を考慮した内捜により各日基線値を求め、成分磁場絶対値を決定する。この編集テープにより、各測点の地磁気・地電位各成分の変化特性を解析し、日表、月表や日変化図などを作成する。さらに、基準点である柿岡の同時のデータを加えて最終磁気テープを作成し、各成分磁場の測点間相互差やCA変換関数の時間的な変化を解析する。また、2測点の全磁力夜間値は、地震予知計画に基づく永年変化精密解析の測点として、他の測点とともに統一的に解析され、日本全体から見た東海地域の永年変化異常の監視に利用されている。地殻内の岩石の応力変化に伴う歪磁気効果は、

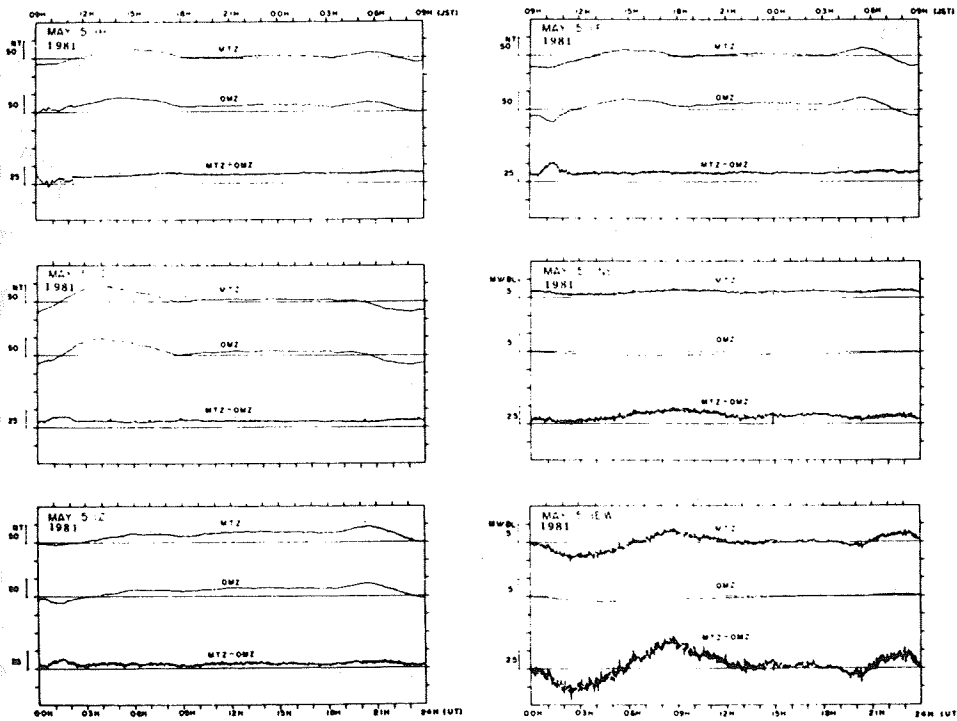


第2図 観測データ処理手順の流れ図

プロトン磁力計、フラックスゲート磁力計による地磁気各成分の絶対値により、また、地下電気伝導度変化は、フラックスゲート磁力計による地磁気急変化ならびに地電位差変化により検出される。このためには、両測点の地磁気・地電流変化の地域特性をあらかじめ明らかにしておくことが重要である。これによってはじめて変化特性の時間的変化（CA変換関数の時間的変化等）や地電流主方向の変化の異常が監視できる。第2図に、このデータ処理手順を流れ図で示す。

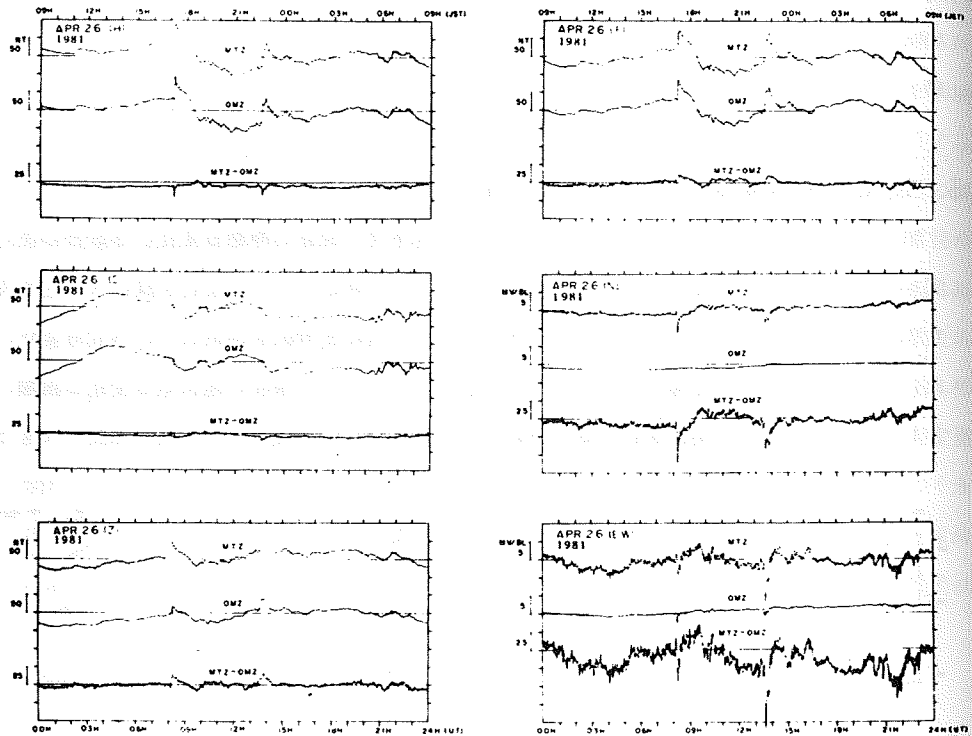
3. 地磁気・地電流日変化の地域特性

第3図に御前崎・松崎における地磁気4成分、地電流2成分の静穏日変化と各成分の測点間相互差を示す。御前崎の0時～3時U.T.(9時～12時JST)の変化には、人工的な擾乱が含まれていることに注意する必要がある。また、特に松崎における日中の各成分変化には、電車の漏洩電流の影響が含まれている。図から、50 nT程度の地磁気日変化の振幅に対して、数nT程度の測点間相互差が認められる。さらに、地電位差には両測点間に大きな



第3図 御前崎、松崎の地磁気4成分、地電流2成分の静穏日変化と各成分の測点間相互差

差がある。すなわち、松崎の変化に比べて御前崎の変化は極めて小さい。基線長（御前崎： $NS = 84\text{ m}$ ， $EW = 132\text{ m}$ ，松崎： $NS = 116\text{ m}$ ， $EW = 146\text{ m}$ ）には大きな差はないから、この差は両測点の地下の電気抵抗構造の差を意味する。

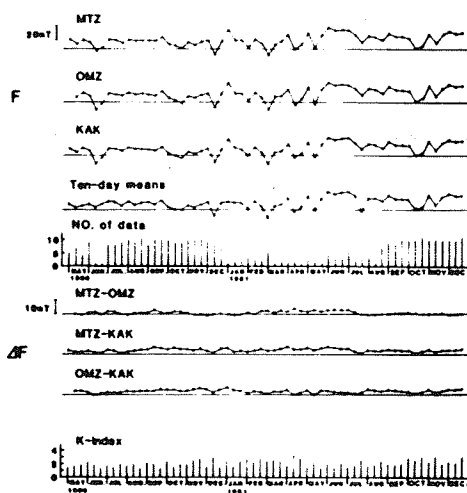


第4図 御前崎，松崎の地磁気4成分，地電流2成分の擾乱日変化と各成分の測点間相互差

第4図は、擾乱時における同様の比較結果である。短周期変化の振幅には、測点間にかなりの差があることが分る。偏角(D)，水平分力(H)の相互差に比べて、鉛直分力(Z)の相互差は明らかに大きい。すなわち、Hの変化は御前崎が幾分大きい、反対にZの変化は松崎がかなり大きく、したがって、全磁力(F)の変化もZと同様の特徴を示す。この結果は、後に示すパーキンソンベクトルの特徴と対応し、松崎が中部日本異常の中心域に近いことを意味し、本蔵⁵⁾らの結果に調和する。地電流の短周期変動も、御前崎に比べて松崎がはるかに大きいことが分る。

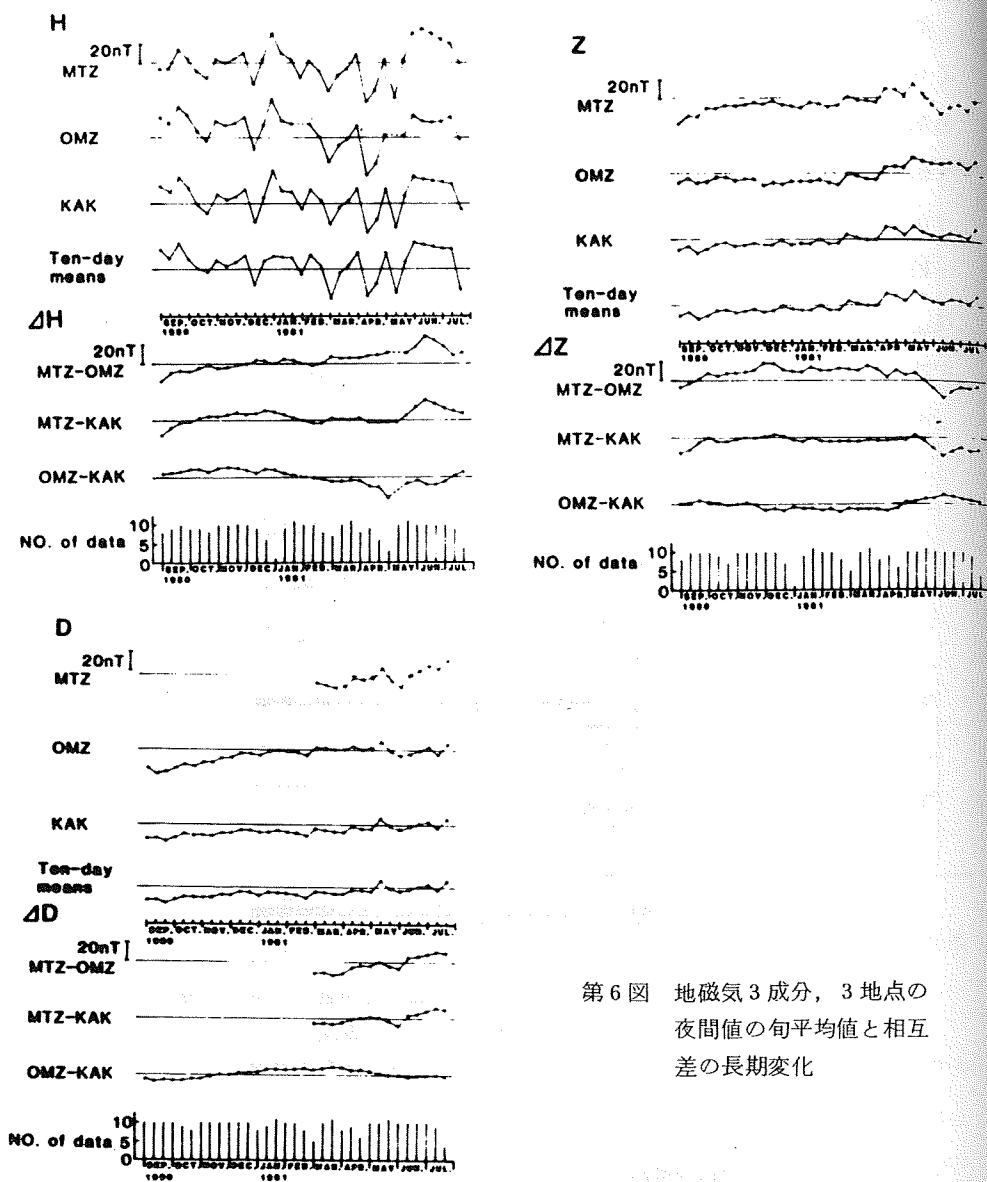
4. 地磁気の測点間相互差の長期変動

第5図に、1980年5月～1981年12月までの御前崎、松崎、柿岡の全磁力夜間値（0時～3時）の旬平均値と測点間相互差の長期変化を示す。中段には採用日数、下段には外部磁場変化の尺度として柿岡におけるK-指数を示してある。旬平均を用いることによって磁気嵐等外部磁場変化の地域差はかなりの部分消去され、各測点の長期的な磁場変化の様子がうかがえる。御前崎、松崎とも、大体において柿岡と似た変動を示しているが、御前崎-松崎の変化差には、1981年1月～7月に2nTをこえる変動が認められる。この変動は、3地点の比較から松崎に原因があると推定されるが、その原因が何によって生じているかは、今後他の観測資料の対比などによって明らかにしなければならない。



第5図 御前崎、松崎、柿岡の全磁力夜間値（0時～3時）
の旬平均値と測点間相互差の長期変化
1980年5月～1981年12月

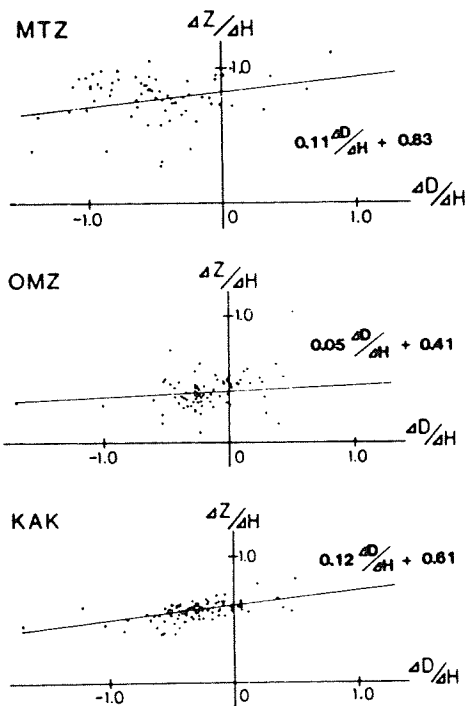
第6図に、H、D、Z3成分について、3地点の夜間値の旬平均値とその相互差を示す。相互差の変動をみると、御前崎と柿岡の差には、10nT程度の年周変化があるように見える。海洋潮汐の効果など、この変化の原因を究明することが、地震前兆現象の検出には先決である。松崎の変化は変動が大きく、全磁力変化と一致していないことなどから、異常な変化と見るべきで、フラックスゲート磁力計の性能またはその設置方法に問題がある可能性があり、今後の検討が必要と思われる。



第6図 地磁気3成分, 3地点の夜間値の旬平均値と相互差の長期変化

5. CA変換関数とその長期変化の地域特性

3成分観測で得られる自然磁場の変化には, 地下の電気伝導度の変化などに対応する情報が含まれている。第7図に, 各測点で同時に観測されたssc (Storm sudden commencement), si (Sudden impulse)について, 成分間の振幅比 $\Delta Z / \Delta H$ と $\Delta D / \Delta H$ の関係を示した。地下に電気的良導体が存在するときは, 磁気嵐あるいは湾型変化など



第7図 各測点で同時に観測された $s s c$, $s i$ の成分間の振幅比

外部磁場擾乱によって生ずる磁場変化ベクトルは、導体面に平行な平面に束縛されることが知られている。すなわち、

$$\Delta Z = A \Delta H + B \Delta D \quad (1)$$

の関係が成り立つ。A, Bは、その場所の地下良導体面の形状によって定まる値である。一般には、このA, Bは、磁場変化周期(あるいは周波数)の関数で、次のように示される。

$$A = A(f) = A_u(f) + i A_v(f) \quad (2)$$

$$B = B(f) = B_u(f) + i B_v(f)$$

この A_u , A_v , B_u および B_v が $C A$ (Conductivity anomaly) 変換関数で、 A_u , B_u は変化の *in-phase* 部に、 A_v , B_v は *out of phase* 部に対応する。しかし、 $s s c$, $s i$ については、パルス状の急変化で、成分間に位相差はないものと考え、単純に

振幅比によってこのA, Bを図示することができる。すなわち, (1)式を変形することによって,

$$\Delta Z / \Delta H = A + B \Delta D / \Delta H \quad (3)$$

と表わすことができ, $\Delta Z / \Delta H$ と $\Delta D / \Delta H$ の関係は, 1つの直線で次のように近似される。

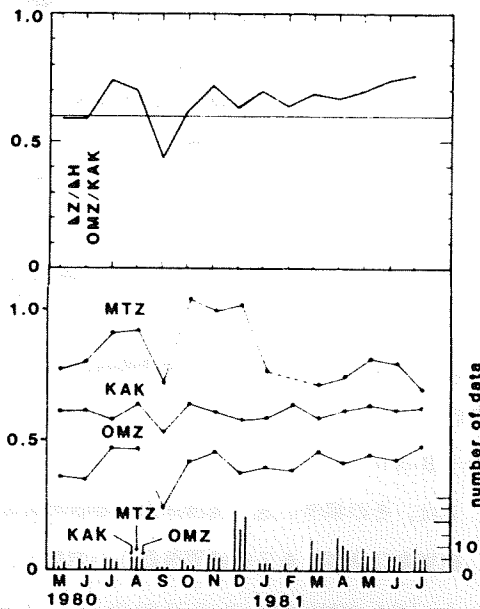
$$\text{御前崎} \quad \Delta Z / \Delta H = 0.41 + 0.05 \Delta D / \Delta H$$

$$\text{松崎} \quad \Delta Z / \Delta H = 0.83 + 0.11 \Delta D / \Delta H$$

$$\text{柿岡} \quad \Delta Z / \Delta H = 0.61 + 0.12 \Delta D / \Delta H$$

この直線と縦軸 $\Delta Z / \Delta H$ の交点の縦座標が変換関数の A_u に, またその勾配が B_u に当る。3地点の中で A_u , B_u とも伊豆半島の南端に近い松崎が最大, 御前崎が最小である。

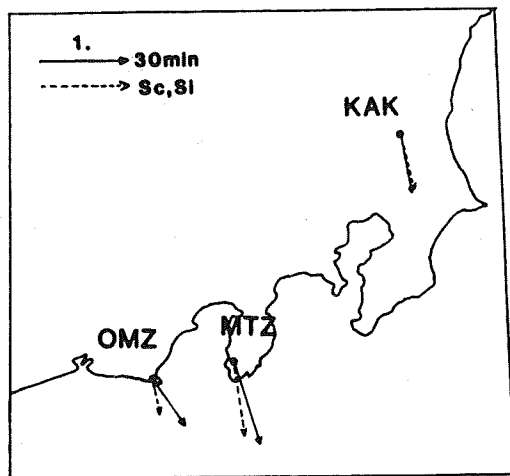
第8図中段に, 松崎, 柿岡, 御前崎におけるこの $\Delta Z / \Delta H$ の月平均値の経年的な推移を示した。下段の棒グラフは, 各測点において用いられた月別の急変化現象の数を示す。これによると, 柿岡には明瞭な変化は認められないが, 御前崎の $\Delta Z / \Delta H$ は次第に増加してい



第8図 松崎, 柿岡, 御前崎における $\Delta Z / \Delta H$ の月平均値および御前崎, 柿岡の比の経年変化

るように見える。このことは、図の上段に示したこの $\Delta Z/\Delta H$ の御前崎・柿岡の比によって一層明らかに認められる。このことは、御前崎の地下の電気抵抗構造に、緩やかな変化があったことを示唆するように思われ、地震予知の観点からも、今後この変化の傾向について長期の監視が重要である。

第9図は、磁気嵐や湾型変化などの急変化現象から求めた周期30分の $s s c$ および $s i$

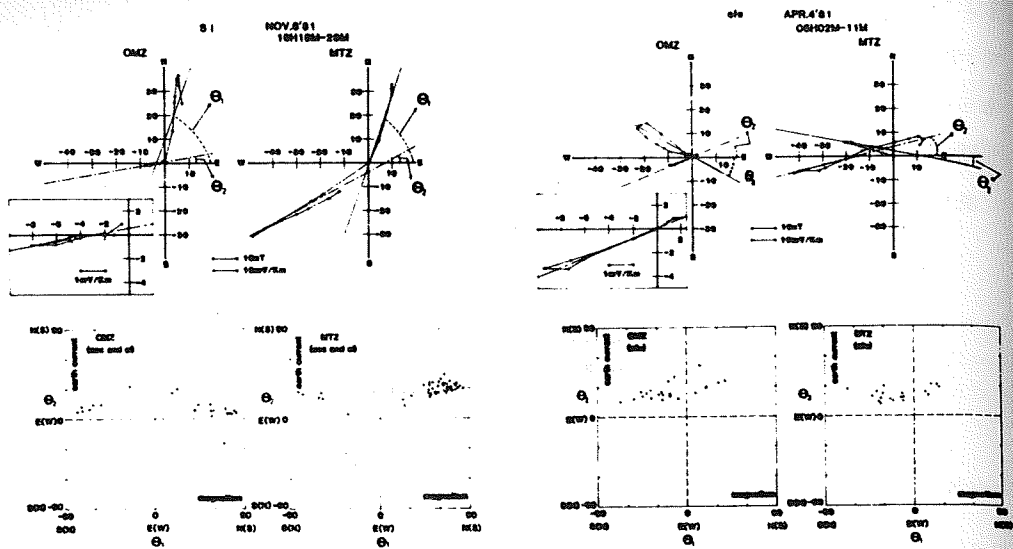


第9図 周期30分の $s s c$ および $s i$ のパーキンソンベクトル

のパーキンソンベクトルである。松崎・御前崎両測点とも、このベクトルは南やや東を指し、これまで多くの研究者によって得られた結果³⁾⁴⁾と良く調和する。またより短周期の $s s c$ や $s i$ に対するこのベクトルは、周期30分のベクトルに比しさらに南を指すようで、この地域の地下電気抵抗構造を考える上で重要である。しかしながら、御前崎のベクトルはこれまで得られた値よりやや小さい。また松崎が異常に大きいという事実は、中部日本異常ばかりでなく、半島効果も考慮すべきことを示唆しているように見える。

6. 地電位差変化の主方向

御前崎、松崎の地電流変化と地磁気変化の関係を $s s c$ 、 $s i$ と $s f e$ (Solar flare effect) 変化について調査した結果を第10図に示す。上段は、1981年11月8日の $s i$ と1981年4月4日の $s f e$ の地磁気変化と地電流変化の方向を示した。下段は、約20例の $s s c$ 、 $s i$ と $s f e$ について、横軸に地磁気、縦軸に地電流をとってその変化



第10図 上段 s_i と s_{fe} の地磁気変化と地電流変化の方向
 下段 s_{sc} , s_i , s_{fe} の地磁気, 地電流変化の主方向

の主方向 θ_1, θ_2 の分布を示した。御前崎の地電流変化の振幅は、松崎に比べて $1/5$ 程度と小さいことが特徴的である。地磁気変化が主として南北に卓越する s_{sc} , s_i の地電流卓越方向と、地磁気変化が主として東西方向に卓越する s_{fe} の地電流の方向に余り大きな差がなく、御前崎、松崎とも同じ傾向にあり、地電流変化の主方向は、東西方向に卓越していると見られる。

7. まとめ

上に述べた解析により、御前崎、松崎における地磁気、地電位変化の特徴がかなり明らかになった。以下に結果を要約する。

- (1) s_{sc} や s_i など地磁気短周期変化の相互差は、水平成分ではわずかであるが、鉛直成分では著しく、松崎がかなり大きい。CA変換関数やパーキンソンベクトルも、御前崎に比べて松崎が大きい。
- (2) 全磁力の測点間相互差には、測定の誤差をこえる $2 \sim 3 \text{ nT}$ の長周期の変動があり、この原因は何によるか明らかにする必要がある。

(3) 御前崎, 柿岡の3成分相互差には, 10 n T程度の年周変化があるように見える。潮汐の効果などこの変化の原因と大きさを調べることが, 地震前兆の検出に欠かせないことである。

(4) 御前崎の地電位変化は, 松崎に比べて1/5程度とはるかに小さい。これは, 松崎の電気抵抗が高いことを予測させる。また, 変化の主方向は2地点とも東西方向に卓越している。

(5) 御前崎の $\Delta Z/\Delta H$ の長周期変化は, 次第に増加の傾向がある。これは注目すべきことで, 御前崎の地下の電気抵抗構造がゆっくり変化している可能性も考えられる。

これらの結果は, これまで多くの研究者によって, この地域で行われた観測結果と大体において良く合う。⁵⁾⁶⁾ また, これら各要素の長期の時間変化から, 今のところ異常とみられる現象は認められていない。しかし, この地殻活動に関連する地磁気変化を検出するためには, これらの地点間相互差, 地磁気, 地電位変化特性の経年変化について, さらに長期の観測解析が必要である。

参 考 文 献

- 1) 河村 謙, 大地 洗, 藤田 茂, 水野喜昭, フィリピン海プレート北端部の地震テクトニクスに関する特定総合研究, (3)地殻活動に関する観測研究, ①地球電磁気変化および地電位変化の観測研究, 科学技術庁(印刷中)
- 2) 河村 謙, 大地 洗, 水野喜昭, 下道正則, 藤田 茂, 伊知地昇, 大和田毅, 伊豆・東海地域における地震予知のための地磁気隔測システム, 「地上・海上・航空磁気測定と人工衛星観測の資料対比による地球内外の電磁気学的研究」および「地球磁場変動観測用磁力計の開発と応用に関する研究」に関する合同研究会プロシーディング(印刷中)
- 3) T.Rikitake, Outline of the anomaly of geomagnetic variation in Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, **15**, 181-184, 1964
- 4) T.Rikitake, Some characteristics of geomagnetic variation anomaly in Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, **17**, 95-97, 1965
- 5) Y.Honkura, Electrical conductivity anomalies beneath the Japan arc, *J. Geomag. Geoelectr.*, **26**, 147-171, 1974
- 6) 河村 謙, 大地 洗, 森 俊雄, 本蔵義守, 小山 茂, 瀬戸孝夫, 伊豆半島におけるCA変換関数の分布について, 地磁気観測所技術報告, 第17巻, 特別号, 129-136, 1977