

CA 変換関数の多点比較と 2, 3 の問題点

気象庁地磁気観測所 佐野 幸三・斎藤 竜雄
中島新三郎

1. はしがき.

一般に、地磁気 Z 成分変化 (ΔZ) は、

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D + \alpha$$

と記述される。ここに A, B は CA 変換関数 (以下単に変換関数), ΔH , ΔD は地磁気水平・偏角成分変化, α は主に外部要因によると考えられる変換関数に依存しない誤差部分である (いずれも複素数)。A, B は通常最小 2 乗法により決定されるので、この α 部分も誤差要因として内在することになる。やっかいなことに、この α 部分は地磁気変化の種類によっても、同一種類の地磁気変化でも時により変動すると考えられ、変換関数の時間変化は真の A, B の時間変化と α 部分のそれとの和となる。

しかし、一地点での解析では両者の分離が不可能である。両者の分離のためには多地点での相互比較が絶対条件として必要である。このような観点から変換関数の 2 地点または多点比較¹⁾²⁾³⁾結果が報告され、その必要性が強調されてきた。このような情勢のもとに、地磁気観測所では 1981 年より、柿岡 (KAK)・女満別 (MMB)・鹿屋 (KNY)・松崎 (MTZ)・御前崎 (OMZ) 5 地点での変換関数の同時比較を定常的に実施している。

本報告では、現在までに得られたデータ解析結果を概報する。

2. 変換関数の解析法

最近の変換関数の求め方としては、パワースペクトル法が主流となっているが、ここでの方法は、顕著な地磁気変化 (通常 k-指数 3 以上) を含む 3 時間を 10, 20, 30, 60, 90, 120 および 180 分の 7 周期についてフーリエ解析し、そのフーリエ振幅を用いるものである。解析の対象とする現象は Bay 型変化が主体で、Dst, sc, si 現象などは原則として対象外としている。これは、前述した α 部分が各現象により違うという立場からである。1 回の各変換関数の決定には通常 10~20 個の解析区間が選ばれ、それは月に 1, 2 回の頻度である。

データ解析は、各周期個々の変換関数にはかなりのバラツキがあるので、ここでは原則として次のような周期帯の平均値を基礎データとしている (他に全周期平均)。

I 周期帯 : 10, 20, 30 分周期

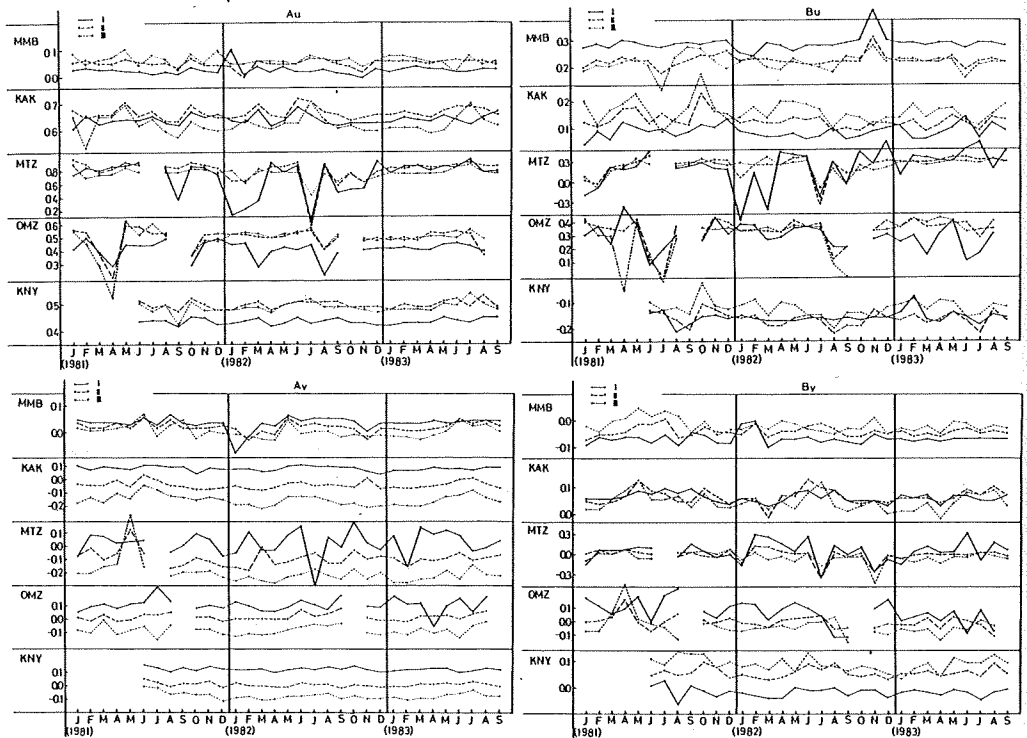
Ⅱ 周期帯 : 30, 60, 90分周期

Ⅲ 周期帯 : 90, 120, 180分周期

3. 各地点のCA変換関数の時間変化の比較

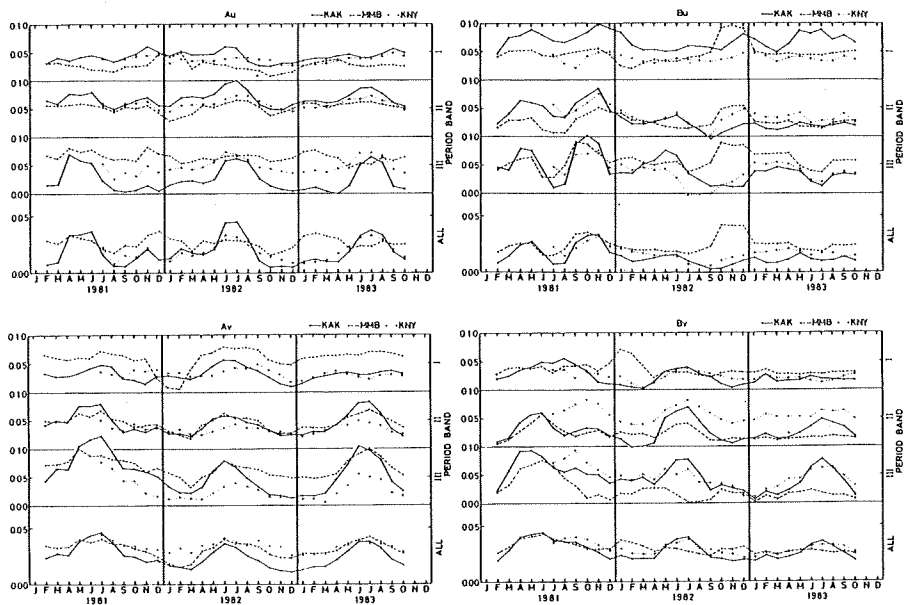
3.1 各周期帯平均変換関数(月値)の変動

第1図に各地点の各変換関数の各周期帯の月平均値を示した。各地点で変動振幅(不良値も含む)が大きく違うので、縦軸のスケールが異なっていることに注意されたい。



第1図 女満別・柿岡・松崎・御前崎および鹿屋における各周期帯変換関数の平均月値の同時比較

図に見られるとおり、各変換関数とも月々の変動がかなり大きい。特に、松崎(MTZ)・御前崎(OMZ)は異常で、多くは毎分値データの不良によるもので、本来はオミットすべきものが多い。しかしながら、これらの異常値を除外してみると、各地点の月々の短周期的変化は無関係ではなく、5地点ともかなり高い相関性があることが知れる。これらの短周期変化(季節変化)の対応性も見られる。第2図に示した3か月移動平均値を見ると、一層そのことは明らかである。特に、Avの場合に顕著である。



第2図 柿岡・女満別および鹿屋における3周期帯変換関数の3か月移動平均月値の同時比較

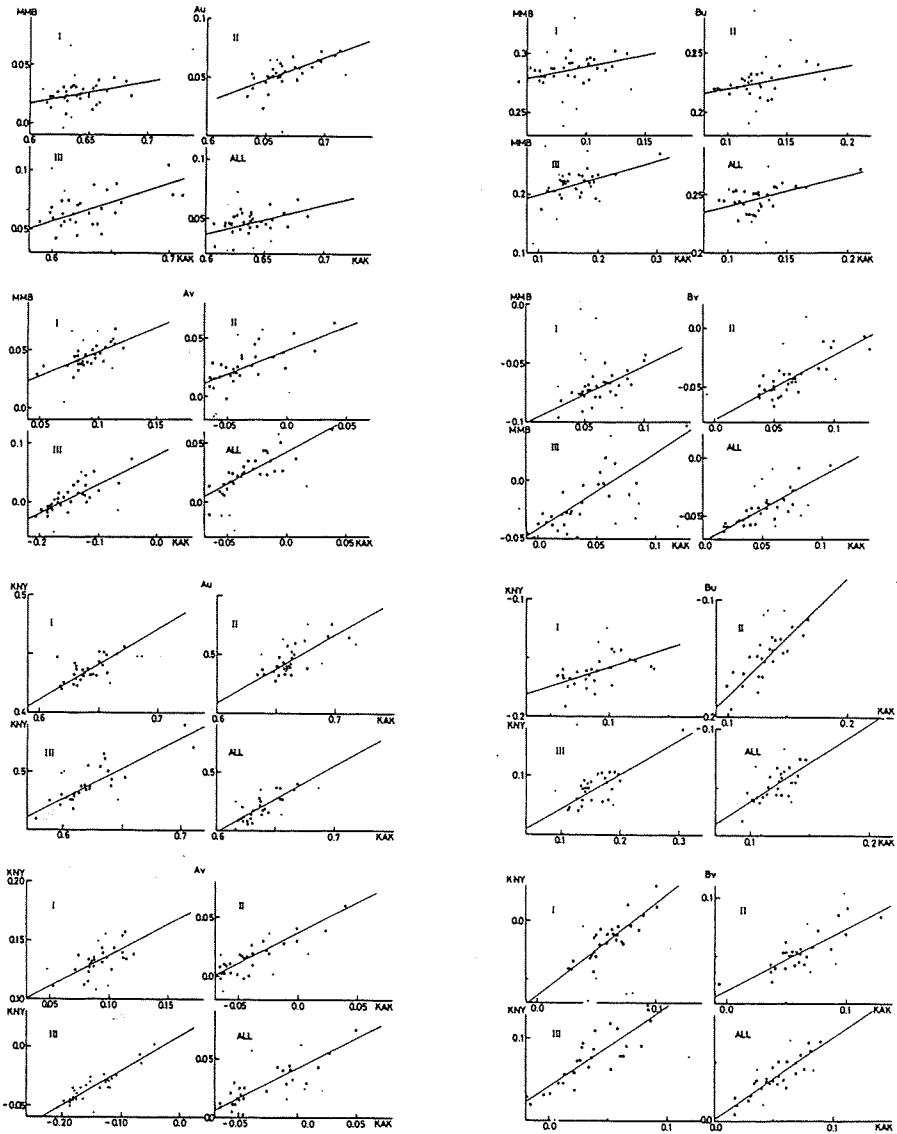
これらの変動は、無意味な誤差成分ではなく、外部原因か内部原因かは別にしてかなり意味のある変化であると思われる。他方、各地点特有の変動もかなり認められるが、その有意性は現在のところ十分分析されていない。

3.2 柿岡と女満別・鹿屋2地点の比較

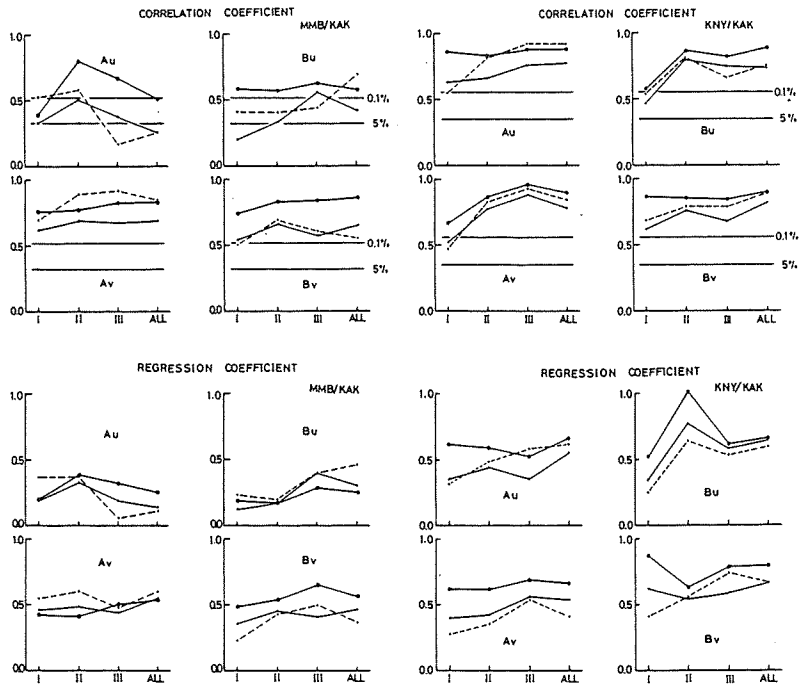
柿岡と女満別・鹿屋の変換関数の時間変化の相関性を解析してみた。第3図に柿岡と女満別・鹿屋間の相関図を示した。各相関図で小黑丸は相関々係から大きくはずれたもので、斜線の回帰直線はこれらを除外して決定されたものである。更に、第4図に各々女満別・柿岡(MMB/KAK)および鹿屋・柿岡(KNY/KAK)のペアにおける、柿岡を基準とした相関係数および回帰係数をまとめて図示した。実線の小黒丸は全元データ、破線の小黒丸は3か月移動平均値(第2図参照)、大黒丸は第3図に示した回帰直線を決定した元データに各々対するものである。

これらの図から、MMB/KAKの一部の場合を除き、変換関数の時間変化には十分有意な相関々係があるといえる。それらはKNY/KAKの方がかなりMMB/KAKより高く、概して長周期帯でより高い傾向が見られる。Au、BuのMMB/KAKのものは周期依存性が比較的強く、AuのIIIおよびBuのI周期帯で相関性が低くなっている。なお、MMB/KAKの相関々係は年毎にかなりの差異を示す場合がある(後述第5図参照)。

一方、回帰係数は一般に KNY/KAK の方が大きい。しかし、 KNY/KAK のⅡ周期帯の例外を除き、1よりかなり小さい。このことは女満別はもとより、鹿屋においても変換関数の時間変化振幅は柿岡よりも小さいことを示している（全体の分散からも推定される）。また、一般に相関々係は変換関数のセンスに無関係に正相関である。このことは特性上注目すべきことである。

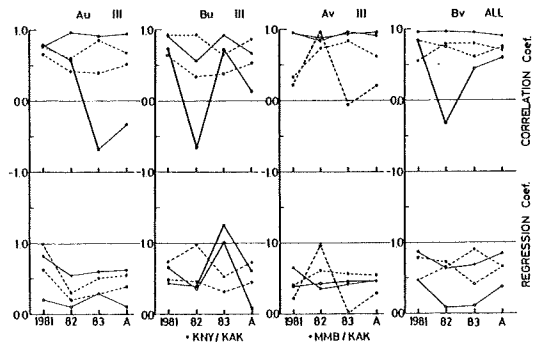


第3図 柿岡と女満別(上)および鹿屋(下)間の変換関数時間変化の相関図。



第4図 柿岡と女満別(MMB/KAK)および鹿屋(KNY/KAK)の変換関数時間変化の相関係数および回帰係数。
 小黒丸実線=全元データ, 大黒丸実線=異常値を除外した元データ, 小黒丸破線=3か月移動平均データについてのもの。

ところで、前述したような変換関数の時間変化の相関々係は短周期的変化と長周期的変化(季節・経年変化)で差異があるか問題である。そこで、三角型加重5か月移動平均により、両変化を分離し、各々について相関解析を行ってみた。第5図はその結果の1例で、上段が相関係数、下段は回帰係数である。それらはほぼ年単位および全期間(A)について求められている。



第5図 柿岡と女満別および鹿屋間の変換関数の短周期的変化(破線)および長周期変化(実線)別の相関係数および回帰係数例。

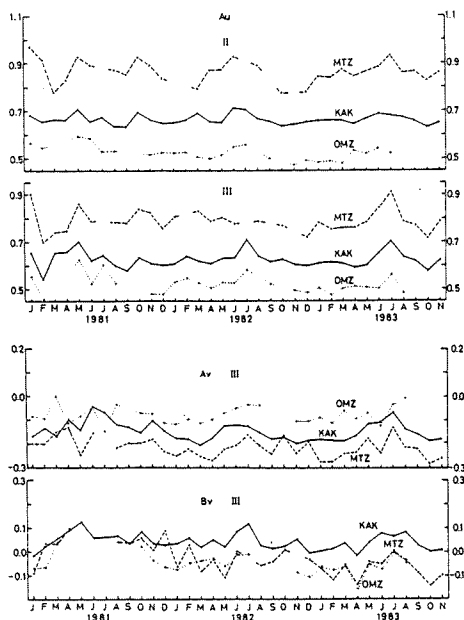
極めて少数例の相関々係ではあるが、この結果から、①KNY/KAKの相関係数は一般に長周期変化の方が高いが、回帰係数には両者に大差はないこと、②MMB/KAKの相関係数は概略において短周期変化の方が各年安定して高く、長周期変化のそれは年毎の変動が大きく(負相関になる場合もある)、回帰係数は概して短周期変化の方が大きいことなどが一応

結論される。このことは、柿岡・鹿屋間では両変化に大差は認められないが、柿岡・女満別間では両者に有意と思われる差があり、女満別の長周期変化は年により他地点とは変った振舞をするらしいことを示している。但し、これらは少数例の統計であり、一般性のある特性かどうかは定でない。なお、他の周期帯についてはここでは示さなかったが、概略において同じ傾向があるようである。

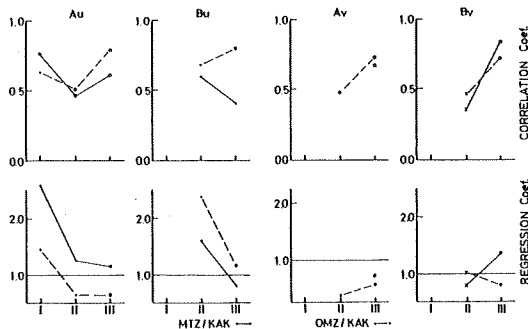
3.3 柿岡と松崎・御前崎地点の比較

松崎・御前崎地点は、残念ながら人工擾乱や欠測などが多く、求められた変換関数にも疑わしきものがあり十分な同時比較ができていない現状である(第1図参照)。その中で両地点で比較的正常的な変換関数を示していると思われる数例を、柿岡と共に再度第6図に示した。第6図から各々の時間変化は柿岡とかなり高い相関性があることがわかる。前述した柿岡と遠く離れた鹿屋・女満別でそうであったことからして、これは当然の結果である。

第7図に柿岡を基準とした松崎・御前崎との時間変化の相関係数および回帰係数を図示した。白丸、大黒丸および小黒丸は各々0.1%、1%、5%の危険率以下で有意な相関々係を示すもので、×は相関々係の疑わしいものである。その他プロット点のないものは全く相関々係のないものである。いうまでもなく、相関々係のないものは松崎・御前崎の値が正しく求められていないことに大部分が起因していると考えられ、これが一般的な特性であるということではない。なお、1983年のAu(Ⅲ)またはAv(Ⅲ)の柿岡・松崎間は相



第6図 柿岡・松崎および御前崎における変換関数の時間変化の比較(第1図の不良値を除外、再度掲載)。



第7図 柿岡と松崎および御前崎間の変換関数時間変化の相関係数および回帰係数。白丸、大黒丸、小黒丸は各々0.1%、1%、5%の危険率以下で有意なもの。×は相関々係が疑わしきもの。

関々係が特に高く、相関係数が0.9以上にも達していることを附記しておく。

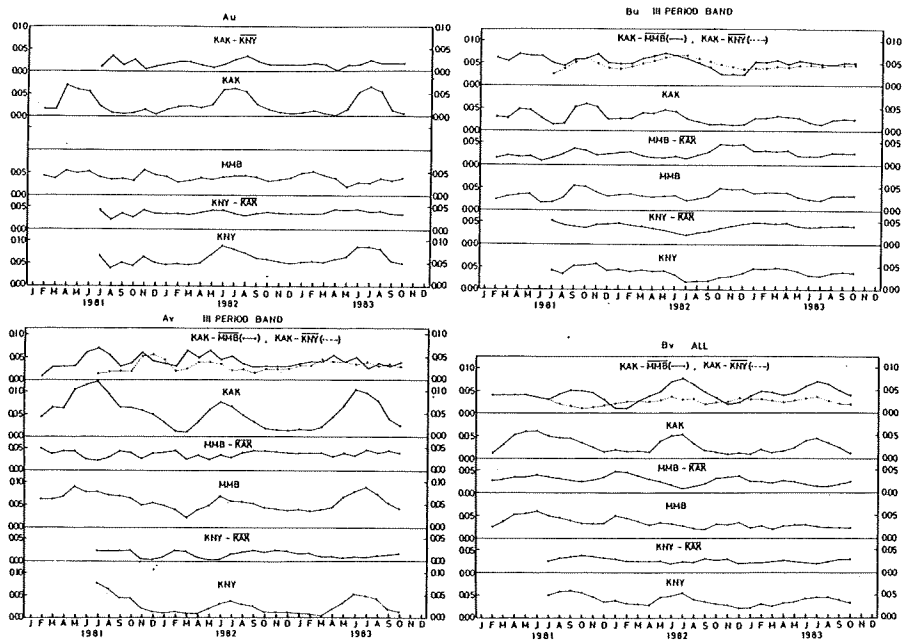
現時点では不完全な比較結果ではあるが、松崎・御前崎地点についても、柿岡との変換関数の時間変化に高い相関性があることがわかった。しかも、AuのⅢ周期帯の場合に顕著に見られるように、Auの最も大きい松崎で振幅が最も大きく、最も小さい御前崎で振幅も最も小さいという傾向が見られる。しかし、AuのⅠ、BuのⅡ周期帯では、松崎のみならず御前崎でも柿岡より振幅が大き目である。いずれにしても、まだ少数で不十分なデータに対する結果で不確実性はあるが、前述した鹿屋・女満別地点も含め、少なくともAuの長周期帯については変換関数の時間変化の振幅は、変換関数の大きさ(CAの度数)に関係している傾向が明瞭である。この特性は重要な意味を持つもので、今後詳細に究明すべきことである。

4. 変換関数の時間変化差(各地点固有変化の検出)

これまでの議論から各地点の変換関数の時間変化にはかなりの共通部分があることがわかった。それらが外部原因か、内部原因かは現段階では結論できない。前者である可能性が強いかも知れないが、今後の問題である。他方、各地点固有の変化(それらが全て自然現象として有意であるかどうかは別にして)も共通変化と同等かそれ以上にある。その各地点固有の変化を正しく抽出するためには、いうまでもなく共通変化部分を除去する必要がある。このためには少なくとも3地点以上で比較し、変換関数の時間変化差をとらなければならない。それは一般には単純差ではなく加重差でなければならない。これは全く全磁力変化の外部要因部分の分離の手法と同じである。

この観点から本節では、柿岡と女満別・鹿屋との変換関数の時間変化差を求めてみた。代表的な4例を第8図に示した。第8図に示されている変換関数の時間変化差は、第3図に示した回帰直線の回帰係数を基にして各月値の加重差を求め、それを3か月移動平均したものである。同時に示した各地点の変換関数(KAK, MMB, KNYで表示)も同様の移動平均値である。 $\overline{KAK - MMB}$, $\overline{KAK - KNY}$ 等が時間変化差で、上に横線を付した地点を基準にして、その地点に加重して他地点固有の変化を評価したものである。

当然のこととして相関の高い柿岡・鹿屋間の加重差を取れば、かなりの共通部分が除去でき、概略の評価で約 $\frac{1}{2}$, 2,3の異常変化と思われる期間を除いて評価すると約 $\frac{1}{4}$ の振幅に補正することができる。むろん、異常とした期間の変化は各地点固有の変化ということになる。いうまでもなく、例えば $\overline{KAK - MMB}$ および $\overline{KAK - KNY}$ の加重差に共通の異常変化が残れば、それは柿岡固有の変化とみなせる。このようなケースが比較的顕著にAvまたはBuの場合に見られる。Bvの場合のように、 $\overline{KAK - MMB}$ が元々のKAKより大きくなり、他方の $\overline{KAK - KNY}$



第8図 柿岡と女満別および鹿屋間の変換関数時間変化加重差の3か月移動平均の数例。

では共通変化がよく消去されているような場合はMMBが特異な変化をしていることになる。この場合は $MMB - \overline{KAK}$ で示したものがMMB固有の変化と推定される。

ともかく、このような手法により変換関数の時間変化の各地点共通部分と各地点固有部分の分離が可能となる。

5. むすび

本報告の主な結果と今後の問題点を列記し、むすびとする。

主な結果は次のとおりである。

- 1) 概略日本全国に分布する柿岡・女満別・鹿屋・松崎・御前崎5地点の変換関数の時間変化はかなり相関性が高く、その変化振幅は緯度・経度にあまり依存せず、どちらかという各地点のCAの度合(CAベクトルの大きさ)に関係している傾向がある。
- 2) これらの相関性は一般に変換関数の符号に無関係に正相関である。
- 3) 各地点固有の変換関数変化を検出するためには、少なくとも3地点以上の相互差(一般に加重差)を取る必要がある。

今後の問題点として、

- 1) 変換関数の時間変化の形態を更に解明し、その各地点共通変化部分と各地点固有部分を分

離し、その空間分布を明らかにする。このためには他機関とも協同し、できるだけ多く、広く分布する地点での同時比較が必要であり、そのような協力体制が要望される。

- 2) 今回の解析からは各地点共通変化部分が、外部要因か、内部要因か結論できなかったが、今後の解析によりそのことを明らかにするとともに、変換関数の時間変化の本質を再検討する必要がある。
- 3) むろん、これらの究明と平行して地震前兆現象的变化の検出と解析が必要であることはいうまでもない。

参 考 文 献

- 1) Honkura, Y. and M. Shiraki (1978) : Transfer functions at Kahioka and Yatsugatake Magnetic Observatories, An abstract paper presented by the Fourth Workshop on Electromagnetic Induction in the Asthenosphere, in Murnau, Sep., 1978.
- 2) 佐野幸三・仲谷清 (1981) : 柿岡といわきにおける CA 変換関数の同時比較, 地磁気観測所要報, 第 19 卷, 第 1 号。
- 3) 佐野幸三・仲谷清・栗原忠雄・中島新三郎 (1982) : 女満別・いわき・柿岡・鹿屋における CA 変換関数の同時比較について (I), 地磁気観測所要報, 第 19 卷, 第 2 号。