

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)

佐野幸三・仲谷清
栗原忠雄・中島新三郎

概 要

CA-変換関数の時間変化を議論する場合、それらが内部要因によるものか、外部要因によるものか、また、単なる誤差によるものか、常に問題となる。この問題解明のためには、多点における CA-変換関数の同時比較が必要である。その第一段階として、日本列島の北端、南端およびほぼ中央付近に位置する女満別・鹿屋および柿岡・いわき4地点におけるそれらの同時比較を試験的に行なった。今回は周期90分のを主体にした解析結果を報告する。

4地点の CA-変換関数はかなり高い相関のある時間変化を示すという結果が得られた。当然のことながら、距離的に近い柿岡・いわき間の相関が最も高く、最も遠い女満別・鹿屋間で最も低くなっている。時間変化の大きさについては、いわき・鹿屋・柿岡間では平均的にみてあまり有意な差はないが、列記の順で大きく、女満別は明らかにこれら3地点よりも小さい(特に Au 変換関数)。今回の結果は短期間の比較で、あまり決定的なことは結論できないが、CA-変換関数の時間変化に関して多くの問題が提起される。

1. はじめに

柿岡の CA-変換関数(以下単に変換関数と記す)は柿岡周辺の地震発生に関連する時間変化(前兆的)をすることが、Yanagihara (1972), Yanagihara and Nagano (1976), Sano (1980, 1981, 1982) などによって報告されている。Miyakoshi (1975) および Rikitake (1979) によっても中央アジア地方およびアラスカ地方の顕著地震に対して、変換関数の前兆的变化があったことが報告されている。また、加藤等(1979)も最近の宮城県沖地震に関連した変換関数の時間変化を報告している。このように変換関数の時間変化は、地震予知のダークホース的な一手段として注目されているものである。

しかしながら、このような変換関数の変化が対応する地震発生域の電気伝導度の異常変化によって起されたものであるかどうかは、十分に解明されていない。機構はよくわからないが、ともかく現時点では地震と何らかの関連を持った変換関数の時間変化があることがわかってきた段階であると言える。

Sano (1980, 1981, 1982) は前述した変換関数の地震前兆的变化の他に、地磁気活動度に依存した変化や、原因はよくわからないが27日周期変化もあるらしいことを報告している。また、Shiraki (1980), Sano and Nakajima (1982) は変換関数に顕著な季節変化があることを指摘している。これらの変化は地球内部に原因するものというよりは、外部磁場変化に原因するものではないかと考えられている。したがって、ある観測点での変換

関数の変化が、どのような原因によるものなのかという分離・同定が重要な問題となる。この同定は一般に一地点のみの解析では不可能に近く、どうしても多点での同時比較が必要となる。一地点でのこのような同定は、Yanagihara らが報告している 柿岡の極めて顕著で、長周期の経年変化を除き、比較的小さく、短周期変化については統計的な解析によらざるを得ない。

このような観点から、佐野ら (1981) は先に第一段階の解析として、柿岡・いわき 2 地点の変換関数の同時比較を行ない、個々の変換関数変化の有意性や内外要因の推定について報告した。それによれば 両地点の変換関数はかなり平行した時間変化をすることがわかり、それらの変化の中に顕著な地震前兆変化も含まれていると考えられるが、震源が柿岡に近いものでも、いわきに近いものでも、両地点のその変化にはほとんど有意な差は認められなかった。この結果より佐野ら (1981) はこれらの時間変化の主因は第一に外部要因によるものではないかと指摘し、例えそれらが内部要因によるものとしても、それらはかなりの広範囲にわたるもので、単純に地震域の電気伝導度異常変化に起因するものだけではとうてい説明できないのではないかと指摘した。いずれにしても、この問題は簡単に解決できるものではなく、その解明のためにはさらに多くの地点での同時比較が必要である。そこで筆者らは今回短期間ではあるが、女満別 (MMB)、いわき (IWK)、柿岡 (KAK) および鹿屋 (KNY) の 4 地点における変換関数の同時比較を行なった。この研究は今後定常的にこの比較を行なうための予備的なものである。

2. 変換関数の解析法および解析期間

変換関数の決定にはよく知られているようにいろいろな方法がある。ここでは Sano (1980) の研究で採用されている方法と同じで、多くの地磁気現象変化をフーリエ解析し、各周期成分の同相および異相のフーリエ振幅を求め、最小自乗法により、次式で示される各変換関数を決定した。

$$\Delta Z = (A_u + i \cdot A_v) \cdot \Delta H + (B_u + i \cdot B_v) \cdot \Delta D$$

ΔZ , ΔH , ΔD はそれぞれ地磁気鉛直、水平成分、偏角の変化で、 A_u , A_v , B_u , B_v が変換関数である。地磁気現象としては顕著な湾型変化を可能な限り選んだ。むろん、4 地点ともすべて共通のものである。これらの解析のために、女満別と鹿屋は吊磁石式変化計プロマイドの、いわきはフラックスゲート磁力計記録紙のカーブリーダーによる毎 3 分読取値を、柿岡は KASMMER の光ポンピング磁力計の毎分値を用いた。したがって、柿岡を除き、データにある程度の時間・読取値に誤差がないとはいえない。1 現象の解析時間長は一律に 3 時間 (180 分) としている。湾型変化のような地磁気擾乱として周期 90 分程度のもので、可能なかぎり選び、その周期の変換関数の解析に重点を置いた。実際の変換関数の決定は 180, 120, 60, 45, 30 分も含め一律に行なった。

変換関数の決定は上記の方法他に、パワースペクトル法によるものもあり、最近多用されている。その方法は 1 日程度の期間連続的に地磁気擾乱が起きた場合によく用いられるものである。この方法ではハイパスフィルター等の処理もなされており、その処理をしていない今回の方法よりもある意味ではよい方法かも知れない。しかし、いろいろな周期

成分をランダムに含む期間を一率に解析するので、オートパワースペクトルの算出に問題があるように思われる。また、短期間の現象の解析には適さない点もある。いずれにしても、この二つの方法も含め各種の変換関数決定の優劣については十分検討する必要がある。現段階ではどの方法が最良であるとも結論しかねる。少なくとも、両者を併用することが好ましいが、今回は前述の方法のみにより解析した。

今回の解析は1978年1月29日～4月4日までの約2ヶ月間という短期間である。この解析期間は前節で述べた佐野ら(1981)による柿岡といわき2地点の比較期間の一部である。この期間を次のような9区間に分け、各区分で一組の変換関数を求めた。

区 間	現象数	区 間	現象数
1月29日～1月30日	6	3月1日～3月10日	5
1月31日～2月3日	7	3月15日～3月19日	5
2月5日～2月9日	6	3月20日～3月29日	5
2月14日～2月16日	4	4月1日～4月4日	4
2月21日～3月1日	11		

各区分で選ばれた現象数も同時に示してある。決して十分ではないが、用いた現象はかなり顕著な湾型変化である。

これらの解析とは別に、参考までに女満別、柿岡、鹿屋の1957年以降の周期数分の変換関数の経年変化を3地点で比較するために、SC, Si 現象について、位相差を無視した古典的な方法により変換関数を求め、その年平均値を算出した。この解析は次節以下に述べる周期90分の変換関数は4地点で相関性があるということがわかったので、もっと短周期の変換関数についても簡単に調査しようというものである。なお、この解析は Yanagihara (1972) が報告している柿岡における関東地震に対する変換関数の経年変化と同様のものである。

3. 柿岡・いわき地点における同時比較結果

第1節で述べたように柿岡・いわき地点の変換関数の同時比較は比較的長期間にわたって行なわれており、既に佐野ら(1981)によって報告がなされている。本節では本論である4地点の比較結果を報告する前に、上記論文で報告しなかった2, 3の点について追加報告する。

Fig. 1 に柿岡・いわきの周期90分の各種変換関数の時間変化の相関図を示した。この他にも例えば、 $\sqrt{Au^2+Bu^2}$, $\sqrt{Av^2+Bv^2}$ などの相関についても解析した。Fig. 1 よりわかるように、いずれの場合についても両者の相関はかなり高く、有意性があることがわかる。特に、 Au, Bu の平均値、 $\overline{Au+Bu}$, または Av, Bv の平均値 (但し、 Bv のセンス反転)、 $\overline{Av-Bv}$, などは相関が高い。そこでこれらの相関係数を Fig. 2 にまとめて示した。Fig. 2 の上段は解析期間を前後期に分けた場合の、下段は全体のそれぞれ相関係数である。資料数には示したとおりであり、全体で25個となっている。横線はそれぞれ相関係数の有意水準を示す。なお、各種の変換関数は Au, Bu, Av, Bv を基本としたもので、図の下段に示したとおりである。Fig. 2 に見られるとおり、変換関数 $I(\sqrt{Av^2+Bv^2})$ を除き、

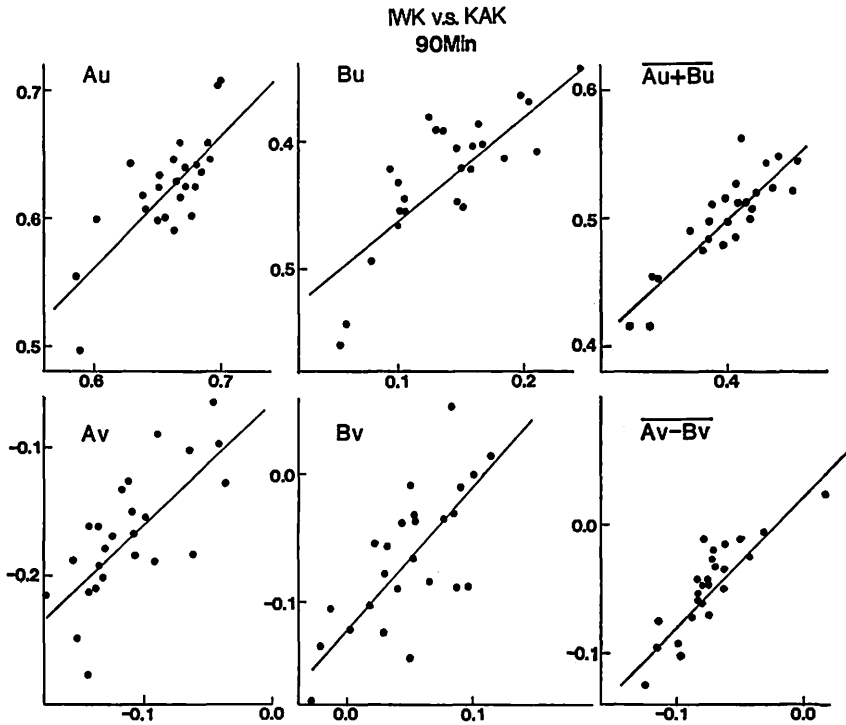


Fig. 1. Correlations (scatter diagrams) of time changes of various transfer functions for the period of 90 min between Kakioka and Iwaki for 25 data during the epoch from July 1977 to Apr. 1978.

高い相関係数を示している。これより両地点の変換関数の時間変化には間違いなく相関ありと結論される。特に後半に示した変換関数の全体に対する相関係数は0.9以上にも達している。なお、詳細は次節で述べるが、両地点の時間変化の振幅は一般に平均していわきの方が10~20%程度大きくなっている。

以上の結果は周期90分の変換関数に対するものであるが、Fig. 3に他の周期成分も加えて Au, Bu, Av, Bv の同様の相関係数を示した。この図は相関性の周期依存性を示したものであるが、いずれもかなりの依存性を示していることがわかる。 Av, Bu の周期60分より短周期側ではほとんど相関がないことが注目される。また、有意な差とはいえないが、一般に周期180分の変換関数の方が、ここで議論する90分のものよりもやや相関係数が高いことも注目すべき特性である。しかしながら、少数例の比較結果であり、これ等は一般的な特性であるかどうかは問題であり、また、180分の相関係数が高いことは、変換関数の決定法にも関係があるのかも知れない。ともかく、詳細は今後の問題である。

4. 4地点における周期90分の変換関数の同時比較結果

前節で述べたように、少なくとも柿岡といわき2地点における周期90分より長い成分の変換関数は、非常に相関の高い変化をすることがわかった。これはたまたま解析した期間

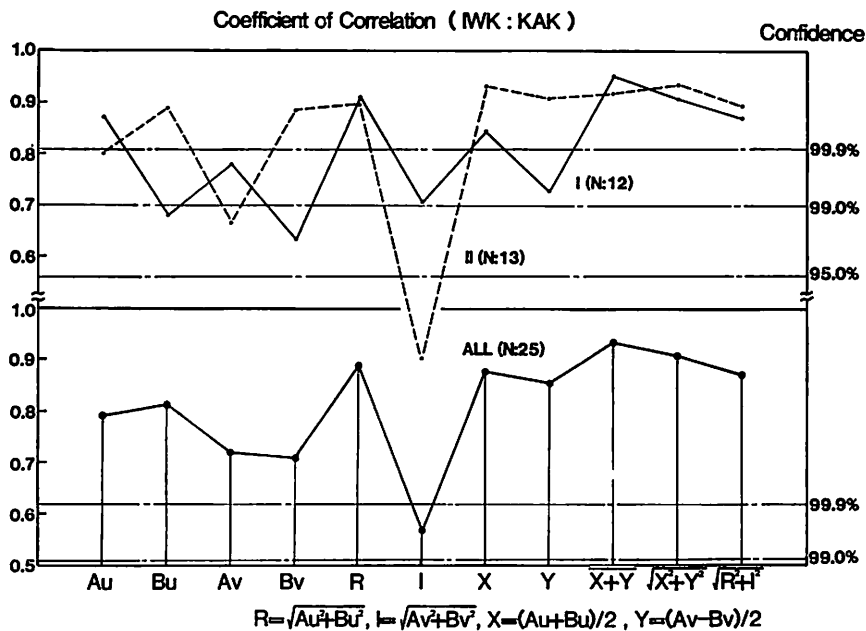


Fig. 2. Coefficients of correlations for the data plotted in Fig.1 and some other elements between Kakioka and Iwaki.

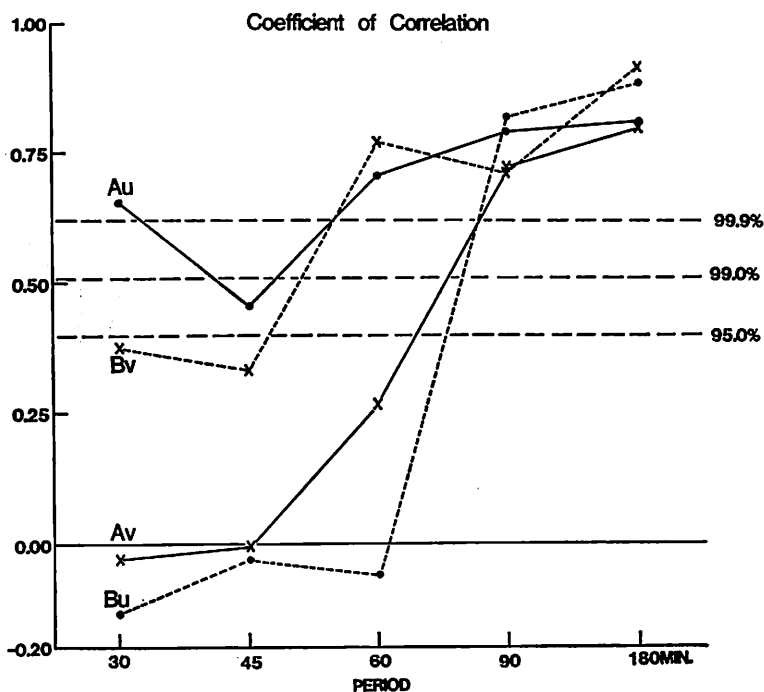


Fig. 3. Period-dependent features in correlations of time changes of the transfer functions between Kakioka and Iwaki.

だけの特有なものである可能性もないとはいえない。これらの期間の中には周辺の地震に関係していると思われる変化も含まれているようであるが、前述したようにそれらは震源の位置には関係なく、柿岡といわきでほとんど有意な差は認められなかった。したがって、これらの時間変化は主として外部要因によるもので、地震との関連は偶然の事象ではないかという疑問が生じた。そこでこれらのことをさらに究明するために柿岡で顕著な地震前兆と思われる変化を含む前述した約2ヶ月間について、本題である4地点の変換関数の同時比較を行なった。90分以外の周期のものについても解析したがここでは周期90分のものに限って報告する。

4.1 4地点における変換関数の時間変化の比較図

Figs. 4~7 に4地点における周期90分の各種の変換関数の同時比較結果を示した。各図とも同じ形式で表示しており、各地点の各変換関数の大きさの比較も加味されている。図の上段に E. Q. と表示した●印は柿岡周辺に発生した $M \geq 4.0$ 以上の地震である。そのうちもっとも顕著であった3月20日の $M=5.5$ の茨城県南西部地震は縦線でマークしてある。各変換関数は横太線で示されており、その長さは各変換関数を決定した区間を示している。なお第2節で述べたように、各区間の変換関数を決定すべく選ばれた現象数の多くは4~6個で、比較的小数である。実際にはもう少し多くの現象について一次処理をし、その中で各成分のフーリエ振幅関係が非常に異常なものを1,2オミットして最終処理をしたので、現象数が少数になってしまったという事情もある。

Fig. 4, 5 は基本となる A_u, B_u, A_v, B_v 変換関数に関するもので、前節で述べた柿岡・いわきだけでなく、4地点の各変換関数ともかなり相関性のある時間変化を示している。特に B_u, B_v はそのような特性が全体的に顕著である。ただ、女満別の A_u はほとんど変動がなく、他の3地点とはかなり様相が違うようである。この傾向は A_v についても

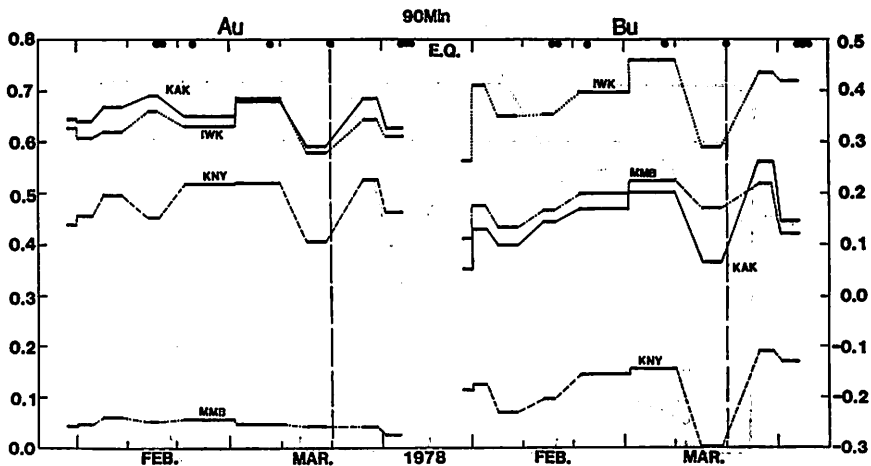


Fig. 4. Simultaneous comparisons of A_u and B_u transfer functions for the period of 90 min among Memambetsu, Iwaki, Kakioka and Kanoya during the short epoch from Jan. 29 to Apr. 4 in 1978.

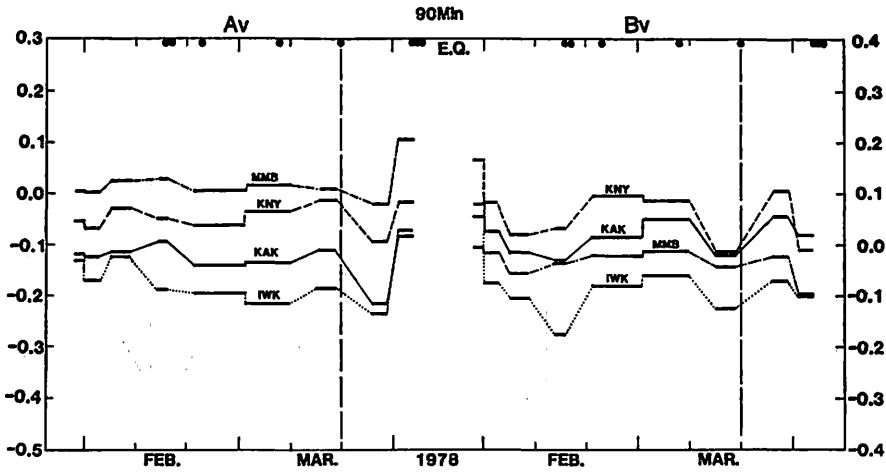


Fig. 5. Same as Fig. 4 except for A_v and B_v transfer functions.

ある程度見られる。一方、各地点、各変換関数の変化間の相関は全体的にそれほど良くないが、 A_v と B_v 間にはある程度の負相関性が認められる。また、部分的には後半期のように各変換関数間にも高い相関性のある変化を示しており注目される。むしろ、前述したように女満別の A_u, A_v は大きな変化を示さないで、それらは除外しての議論である。

この後半期の顕著な変換関数の変動は、柿岡1地点だけの解析の場合、前述した3月20日の地震の前兆現象と考えていたものである。ところが今回の解析によりこの変化は柿岡だけにとどまらず、他地点においても同じように見られることがわかった。今回は単なる一例についての結果であり一般的にそうであるかどうかはなんともいえないが、少々ショッキングな事実である。このことは従来 Yanagihara ら (1976) や Sano (1980) などにより報告されている個々の事例における地震に関連する柿岡の変換関数の時間変化は柿岡特有のものであるかどうか、少々疑問であることを示さすものである。いずれにしても、柿岡・いわきの2地点のみならず、遠くはなれた日本の南北端においてもかなり相関性の高い変換関数の時間変化があることは重要なことで、詳細な議論は後節で述べる。

Fig. 6, 7 は参考のために前述の基本変換関数の時間変化を、インダクション・ベクトル表示したもので、それぞれ実数部、虚数部の絶対値（インダクション・ベクトルの大きさ）とベクトル方向の時間変化を比較したものである。当然のことながら、これらについても地点でかなりの相関のある時間変化を示している。虚数部をベクトル表示する (Fig. 7) と、各地点での変換関数の符号の違いや、時間変化による符号の反転等があるた、前述の A_v, B_v 変換関数の場合ほど相関は高くない。地点の近い柿岡・いわき間でさえかなり低い相関を示し、特に方向 ($\tan^{-1} B_v/A_v$) の変化は非常に不規則で、大きい（中には柿岡と鹿屋の前半期のように、部分的に極めて相関の高い方向変化を示す場合もあるが）。

これらのことは、次のような極めて重要な各変換関数の時間変化特性による当然の結果である。すなわち、一般に4地点の A_u, B_u, A_v, B_v 変換関数の時間変化のセンスは、各

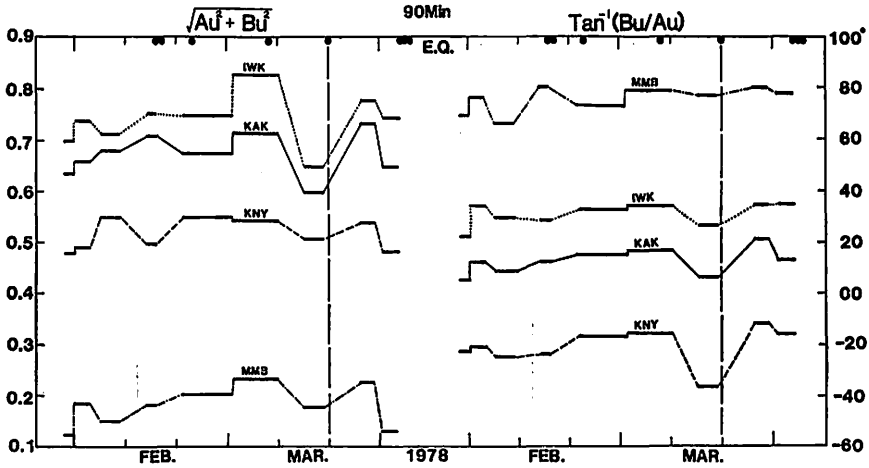


Fig. 6. Same as Fig. 4 except for transfer function vectors (real part),

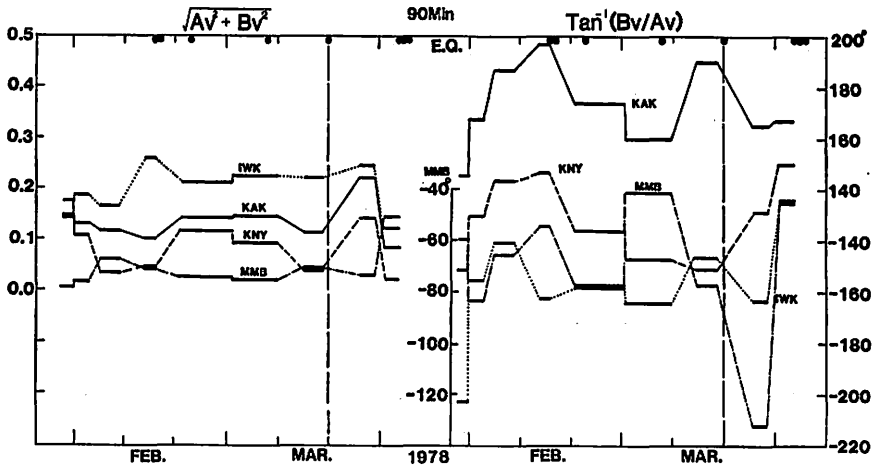


Fig. 7. Same as Fig. 4 except for transfer function vectors (imaginary part),

地点の変換関数の符号に無関係に一致していることである。例えば、 B_u では鹿屋が他地点とは異符号にもかかわらず、 B_v ではいわきと女満別が他地点と異符号にもかかわらず、それらの時間変化のセンスはいずれも概略一致している。つまり、これらの変換関数は4地点の相互間ですべて正相関を示している。このことは、これらの変化が外部要因によるものであるか、内部要因によるものかを判定する一つの手掛りを与えるものと思われる。

4.2 4地点における変換関数の時間変化の相関度

ここでは4地点の周期90分の変換関数の時間変化の相関性について、もう少し定量的に分析してみることにする。資料数は9個で少数の分析で、結果にはかなりの偶然性がある

とも考えられるが、今回の資料に関する分析結果として述べる。

Fig. 8, 9, 10 は、柿岡を横軸に取り、それぞれ女満別、いわき、鹿屋との各種の変換関数の時間変化の相関図である。各図とも上段に Au, Bu, Av, Bv を、下段にインダクションベクトルの絶対値 ($\sqrt{Au^2+Bu^2}$ 等)、単純平均 ($(Au+Bu)/2$ 等) を示した。いうまでもなく、これらの図は前小節で議論した各時間変化間の相関度を相関図として示したもので、多くの議論は前述のとおりである。すなわち、一部を除きすべて明きらかな相関関係があることを示している。

そこでこれらの相関係数を Fig. 11 に示した。Fig. 11 は図中に明記したような各種の変換関数の4地点相互間6通りの組合せの相関係数を棒グラフで示したものである。黒塗り部分は99%以上、クロスで示した部分は95%以上の信頼度で相関が有意であるものである。点線で示した棒グラフは負相関を示すものである。最下段の折線グラフは各要素の6通りの組合せに対する相関係数の平均値である。各地点の組合せに対する全要素の平均相関係数は右側に数値で示してある。

Fig. 11 は今までの議論の総まとめであり、多くの特性は既に記述したとおりである。ここでは十分記述しなかった 2, 3 の特性について述べるに留める。4地点相互間の相関度は当然の結果として、距離的に近い柿岡といわき間で最も高く、最も遠い女満別と鹿屋間で最も低くなっている。その差は前者が0.82、後者が0.65程度でそれほど有意な差はない。また、一般に Au, Av よりも Bu, Bv の相関係数が高く、さらに Au, Bu および $Av,$

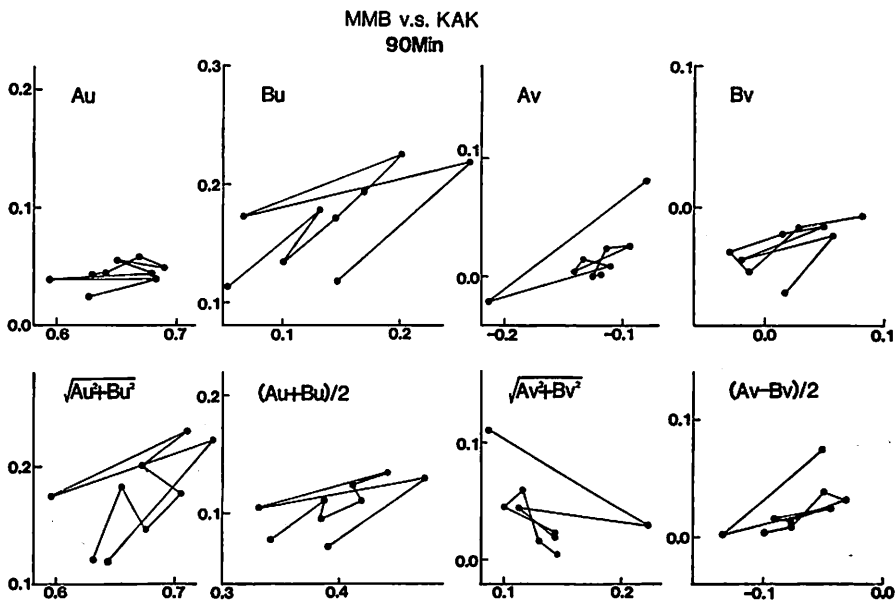


Fig. 8. Correlations of time changes of various 90 min-period transfer functions between Memambetsu and Kakioka for 9 data during the short epoch from Jan. 29 to Apr. 4 in 1978.

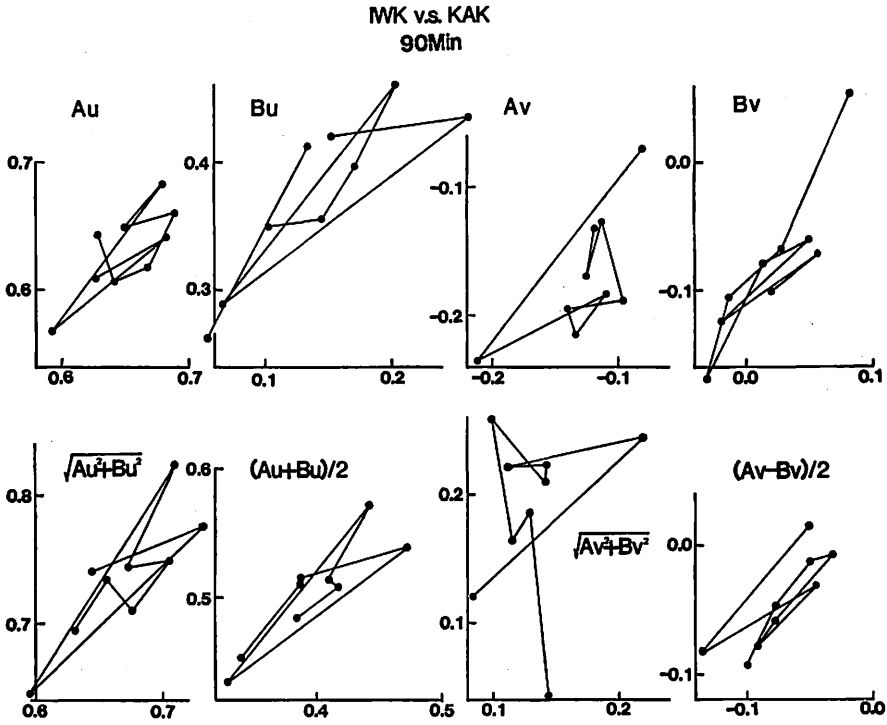


Fig. 9. Same as Fig. 8 except for Iwaki vs. Kakioka.

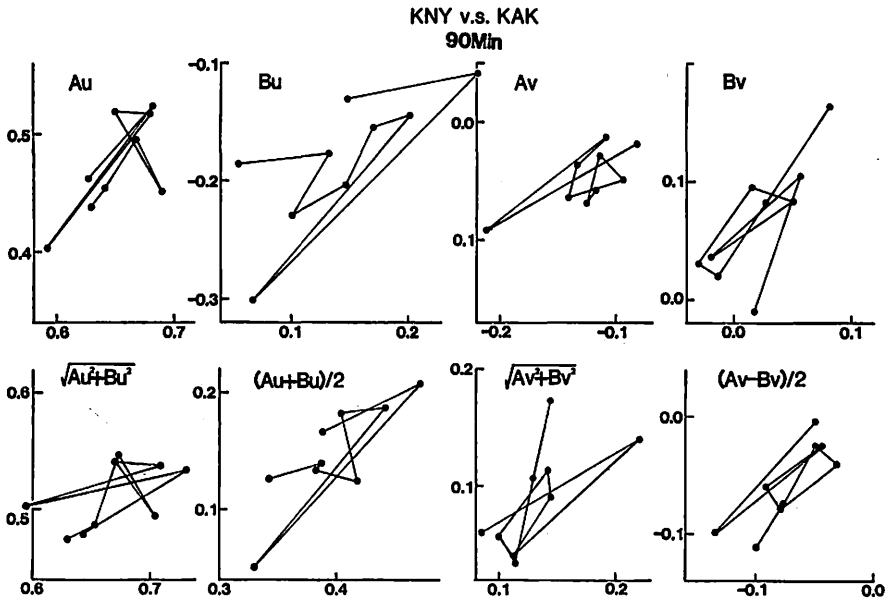


Fig. 10. Same as Fig. 8 except for Kanoya vs. Kakioka.

Coefficients of Correlation

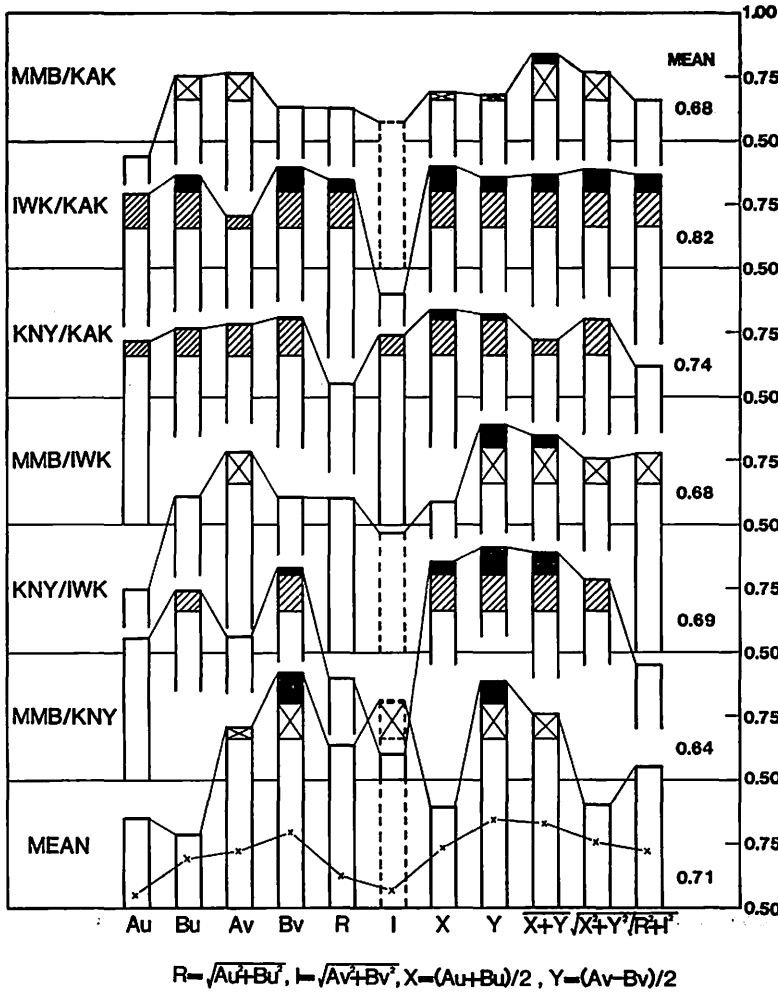


Fig. 11. Coefficients of correlations for time changes of various transfer functions between all respective pairs of the four stations, Memambetsu, Iwaki, Kakioka and Kanoya. The black part and the crossed or hatched part of the bar show the confidence over 99.0% and 95.0%, respectively.

Bv の平均値に対する相関係数が大きくなっていることも注目されることである。この特性は *KNY/IWK* の組合せで最も顕著である。その他あまり細かい議論をしても意味はないかも知れないが、女満別・鹿屋に対する柿岡・いわきの相関係数が偶然にも0.68程度とまったく一致している。これは柿岡といわき間の相関が最も高かったので当然の結果ともいえ、柿岡特有の変換関数の変化はあまりないということを示している。

4.3 4地点における変換関数の時間変化の振幅比

次に、各地点での時間変化の大きさについて述べる。これについては既に簡単な特性を述べたが、ここでは回帰解析を行ない、柿岡を基準とした各地点の変化の振幅比について議論する。よく知れているように、2変数 (x, y) 間の相関係数が1よりも小さい場合には、 x に対する y の回帰直線と y に対する x の回帰直線、

$$y = ax + b \quad (1)$$

$$x = a'y + b' \quad (2)$$

で、 $a' = 1/a$ とはならず、 $aa' = r^2$ (r = 相関係数) となる。したがって、 x, y とが全く同質の変数の場合、その変化比を議論することは容易ではなく、相関係数に逆比例した不確かさ、無意味さがあることはいうまでもない。ここでは便法としてこのような場合の x, y の変化比を次式で推定することにする。すなわち、推定する変化比 (y/x) を R とすれば

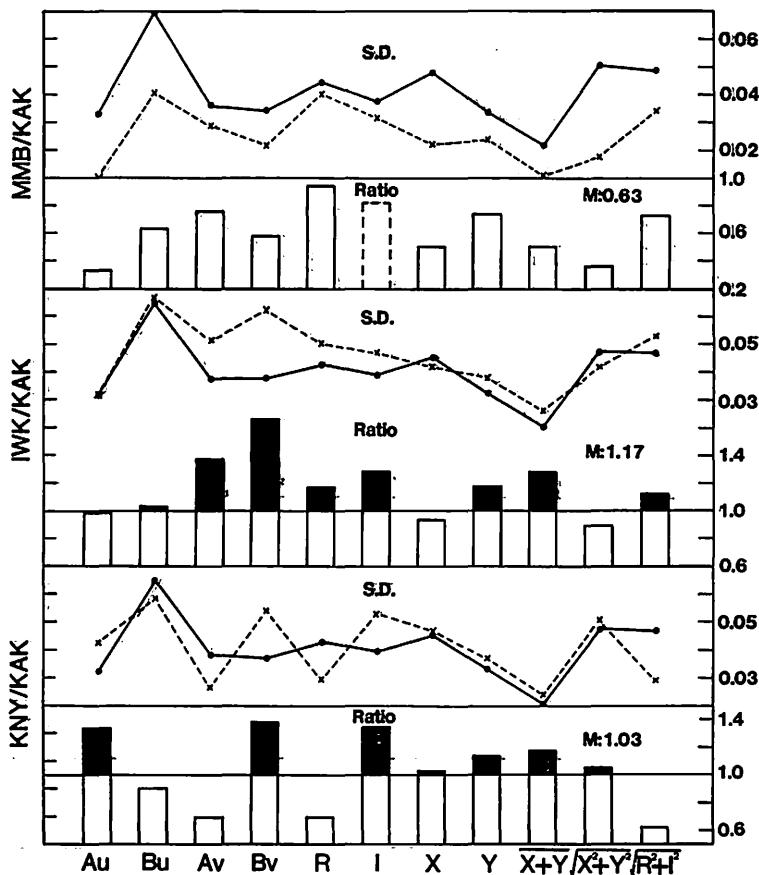
$$R = \{(a + 1/a')/2 + 1/(1/a + a')\}/2 \quad (3)$$

ここで a, a' はいうまでもなく (1), (2) の式の見係数である。 x を柿岡、 y を他地点にとり、柿岡に対する変化比を (3) 式により推定するわけである。これは y/x の比を、 x に対する y の見係数と y に対する x の見係数の逆数の平均値および同様の関係で求めた x/y の比の逆数との平均値で推定しようとするものである。

このように推定した柿岡に対する女満別、いわき、鹿屋の各変換関数の時間変化を Fig. 12 に棒グラフにより示した。その上に S.D. と表示したプロットは各地点の変換関数の変動を標準偏差で示したもので、実線は柿岡、点線はそれぞれの地点のものである。変化比で黒く塗りつぶした部分は、変化比が1よりも大きいところである。M で示した数値はこれらの変化比の全平均値を示している。

Fig. 12 に示したように、これらの変化比は変換関数の種類によって、また地点によって相違している。 Au, Bu, Av, Bv のみに着目すると、いわきの Au, Bu の変化比は1近辺であるが、 Av, Bv の明らかに1よりも大きく、柿岡よりも変化が総合的に大きい。鹿屋では Au と Bv が1よりもかなり大きく、反対に Bu と Av では1よりも小さくなっている。女満別の変化比はいずれの場合も1よりも小さく、特に Au は極めて小さくなっている。全体を総合的にみると、いわきが最も変化が大きく、女満別が最も小さい。いわきの変化比の全平均は1.17程度で、少なくとも柿岡より10~20%程度大きい。この比はほぼ柿岡・いわきの変換関数の絶対値の比、つまり CA-異常の割合に調和している。鹿屋は全平均として1.03となり、柿岡と有意な差はないが、鹿屋が少なくとも平均的に柿岡より小さくないということは注目すべきである。他方、女満別の全平均変化比は0.60程度で、明らかに他の3地点よりも変化は小さい。むしろ、女満別の CA-異常度つまり変換関数の絶対値は他地点よりも極めて小さい。このことが何らかの関係があるとも思われるし、また、これらの変換関数の時間変化が外部要因によるものとする、最も緯度の高い女満別で変化が最も小さいことはかなり説明困難ではないかと思われる。

Fig. 13 に、柿岡を基準にした各地点の変換関数の変化の大きさをベクトル表示した。



$$R = \sqrt{Au^2 + Bu^2}, I = \sqrt{Av^2 + Bv^2}, X = (Au + Bu)/2, Y = (Av - Bv)/2$$

Fig. 12. Ratios of time changes of various transfer functions at Memambetsu, Iwaki and Kanoya against Kakioka and their respective standard deviations of the time change. The standard deviations (S.D.) indicated by the full line and by the dotted line are for Kakioka and the respective other stations.

図は Au と Bu , Av と Bv 間で時間変化に位相差がないとし、柿岡における各変換関数の時間変化の標準偏差 (Fig. 12 の S.D. 参照) を基準としたものである。つまり、他地点の各時間変化の大きさは、上記柿岡の標準偏差に前述した柿岡に対する変化比を掛けたものである。エラーバーは柿岡に対する他地点の回帰係数を変化比の極値としたものである。

5. 女満別・柿岡・鹿屋における周期数分の変換関数の比較

前節で述べたように、周期90分あたりの変換関数は全日本的なスケールで、かなり相関の高い時間変化をするらしいことが見いだされた。そこでここではさらに周期数分の現象である SC, Si 現象に対する女満別・柿岡・鹿屋の A (Au に担当) 変換関数を、3成分

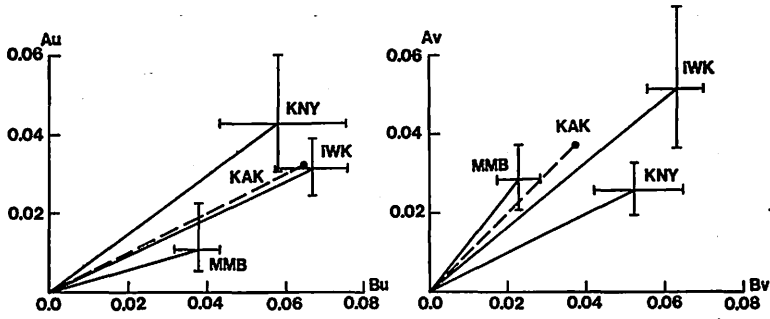


Fig. 13. Relative time change vectors of fundamental transfer functions for the period of 90 min at Memambetsu, Iwaki and Kanoya with reference to those at Kakioka which are shown by the standard deviations of A_u , B_u and A_v , B_v ignoring their phase differences.

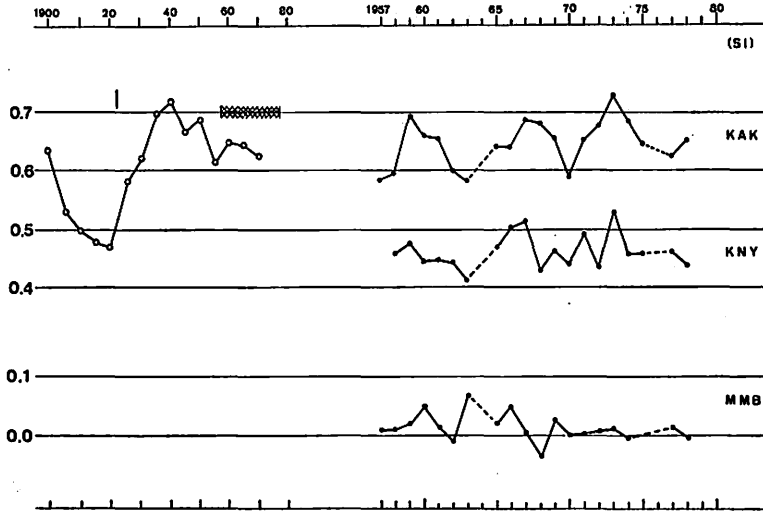


Fig. 14. Secular variations of A transfer functions for a few min-period components at Kakioka, Kanoya and Memambetsu. The one at Kakioka shown at the left side is the great secular variation related to the Kanto earthquake, obtained by Yanagihara (1972).

間の位相差を無視した古典的な方法で求め比較してみた。用いた資料は IGY 以降地磁気観測所が行なっている現象報告資料である。柿岡におけるこの種の解析は Yanagihara ら (1976) によってなされていることは前述したとおりである。Fig. 14 に今回の結果を上記の結果とともに示した。Fig. 14 の左側は Yanagihara の結果で、右側は1957年～1978年までを今回詳細に解析した結果である。柿岡については1975年あたりまで、Yanagihara らによって解析されているが、今回は同一現象に対する3地点同時比較の立場から独立に解析したものである。

図より明らかなように、この3地点同時比較結果も柿岡と鹿屋については、ある程度相

関性のある経年変化 (5, 6 年周期変化と長期ドリフト) を示している。しかし、女満別の経年変化はあまり顕著ではなく、他 2 地点との相関性もない。この特性は前節で述べた周期 90 分の Au 変換関数の 3 地点の相関関係とよく一致しており興味もたれる。ただし、柿岡と鹿屋での 5, 6 年周期変化の振幅は柿岡の方がやや大きいようである。

むろん、柿岡については前述の Yanagihara ら (1976) の結果とよく一致したもので、5, 6 年周期の変化が顕著である。Yanagihara らはこの 5, 6 年周期変化と柿岡の有感地震回数とに良い相関があることも見出し、これらの変換関数の経年変化は地震活動に関連した内部原因によるものと結論している。しかし、前述したように鹿屋にも類似した経年変化があるようで、周期 90 分のものと同様その解釈はそう単純ではないようである。

6. む す び

今回解析した周期 90 分の変換関数は、少ない資料に基づくものであるが、4 地点間で相関の高い時間変化をしているようで、従来から注目されている柿岡特有の時間変化はほとんど発見できなかった。さらに周期の短い成分の A 変換関数についてもほぼ同様のことが言えるようである。これらの変換関数の時間変化の中には柿岡単独で解析した場合、地震前兆変化とみなせるものもあるが、今回このような結果が得られたので、そのことは再検討してみる必要がある。また、これらの変換関数の時間変化は内部要因によるものか、外部要因あるいはその他の要因によるものかが大きな問題として残る。ともかく、今回の結果は変換関数の時間変化に関していろいろな重要な問題を提起するものである。

今回の結果についてその他いろいろな議論もあるが、何分にも短期間の少ない資料に基づくもので、それらには偶然性もないとはいえず、今回は前述のような問題提起に留めることにする。今後はもっと長期にわたる可能な限りの多点同時比較を行ない、これらの問題の究明にあたりたいと考えている。

謝 辞

この調査にあたり助言をいただいた河村地磁気観測所長に感謝いたします。

参 考 文 献

- 加藤愛雄・瀬戸正弘・斎藤尚生・湯元清文・早坂 孝 (1980): 宮城県沖地震に伴う地磁気時間的变化, 月刊地球, Vol. 2, No. 5, 392-306.
- Miyakoshi, J. (1975): Secular variation of Parkinson vectors in a seismically active region of middle Asia, J. Fac. General Education, Tottori Univ., Vol. 8, 209-218.
- Rikitake, T. (1979): Changes in the direction of magnetic vector of short-period geomagnetic variations before the 1972 Sitka, Alaska, earthquake, J. Geomag. Geoelectr., Vol. 31, 441-448.
- Sano, Y. (1980): Time changes of transfer functions at Kakioka related to earthquake occurrences (I), Geophy. Mag. Japan Meteorological Agency, Vol. 39, 93-117.
- 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巻, 17-25.
- Sano, Y. (1982): Time changes of transfer functions at Kakioka related to earthquake occurrences (II), Geophy. Mag., Japan Meteorological Agency, Vol. 40, No. 2.
- Sano, Y. (1982): Time changes of transfer functions at Kakioka related to earthquake occur-

- rences (III), in the present Memo. of the Kakioka Mag. Obs., Vol. 19, No. 2.
- Sano, Y. and S. Nakajima (1982): Secular and seasonal variations of transfer functions at Kakioka from Mar. 1977 to Apr. 1981, in the present Memo. of the Kakioka Mag. Obs., Vol. 19, No. 2.
- Shiraki, M. (1980): Monitoring of the time change in transfer functions in the central Japan conductivity anomaly, J. Geomag. Geoelectr., Vol. 32, 637-648.
- Yanagihara, K. (1972): Secular variation of the electrical conductivity anomaly in the central part of Japan, Memo. of the Kakioka Mag. Obs., Vol. 15, 1-11.
- Yanagihara, K. and T. Nagano (1976): Time change of transfer function in the central Japan anomaly of conductivity with special reference to earthquake occurrences, J. Geomag. Geoelectr., Vol. 28, 157-163.

Simultaneous Comparisons of CA Transfer Functions among Memambetsu, Iwaki, Kakioka and Kanoya

by

Yukizo SANO, Kiyoshi NAKAYA, Tadao KURIHARA
and Shinzaburo NAKAJIMA

Abstract

Simultaneous comparisons of CA transfer functions mainly for the period of 90 min among Memambetsu, Iwaki, Kakioka and Kanoya have been carried out during the short epoch from Jan. 29 to Apr. 4, 1978. The transfer functions at each station are calculated by the quite same way, the least square method for Fourier transforms of many common geomagnetic disturbances.

Time changes of the transfer functions at these four stations which are located at the north and south edges of Japan and nearly in the central part are so well-correlated that all of them might be caused by a common origin except the *Au* transfer function at Memambetsu. The *Au* transfer function at Memambetsu is scarcely changed through the whole epoch. The correlation between Kakioka and Iwaki located near each other is in general highest and lowest between Memambetsu and Kanoya located at the longest distance. All mean amplitude of the time changes are greatest at Iwaki and smallest at Memambetsu, though there are some great differences for different transfer functions and/or from station to station.

At the present stage it cannot be sufficiently decided whether the above well-correlated time changes in transfer functions are caused by the internal or external origin of the earth. But it may be certain that these time changes are of quite wide scale like one of the central Japan anomaly region or of the whole Japan.