

柿岡のCA一変換函数の時間的变化と周期特性について

地磁気観測所 佐野 幸三

1. はじめに

最近、柳原等¹⁾は柿岡の周期80分のCA一変換函数(以下単に変換函数と記す。)には顕著な時間的变化があり、その変化と地震の出現とは良い相関があることを報告した。このことは地震予知に関して、極めて興味深い結果である。柳原等の解析は変化計記録による顕著な地磁気Bay現象に対するものであり、平均的に1ヶ月に1~2個の変換函数が求められている。これらが大規模地震の発生と関係ずけて議論する場合は、十分な時間分解能を持っているが、変換函数の時間的变化特性の本質を究明するためにはもっと時間分解能を上げて解析してみる必要がある。更に多くの周期成分についても解析してみる必要がある。

柿岡地磁気観測所では光ポンピング磁力計を主体とするKASMMERシステム²⁾により、精度の高い地磁気観測を行なっている。このKASMMERの毎分値または毎3秒値データを用いて簡単に変換函数の解析が可能である。これにより筆者は柳原等の解析を発展的に継承していくことにした。KASMMERにより解析可能なかぎりの現象を選び解析することにより時間分解能を上げ、解析周期についても5, 10, 30, 60, 90, 120, 180, 240分の8周期について解析する(毎分値データを用いる場合。)もっと短周期成分については、毎3秒値を用いて周期0.3分より9分までの10周期について解析される。これらの解析を1976年7月頃より開始したので、その2, 3の結果等について報告する。なお、KASMMER毎分値を用いた変換函数の解析は、白木³⁾によっても別のパワースペクトル解法により行なわれている。

2. CA一変換函数の時間的变化について

ここでは主として1976年9月~12月の期間についての結果を報告する。前述したように筆者の解析のねらいの一つは、変換函数変化の時間分解能を上げた解析である。このために非常に小さな現象も含めて、各周期一律に解析しているので、これにより求められる変換函数の信頼度に問題があり注意する必要がある。つまり、このように解析される全ての現象が、全ての周期成分を十分なパワーで含んでいるとは限らないからである。事実ここでは示さないが、このようにして求められた変換函数は、相当に大きく変動しており、これらをもって変換函数の時間的变化を議論するには危険が伴なう。そこでこれらオリジナルな個々の現象のフーリエ変換データに

ついで、極めて小さな振巾のもの、また現象選定の不適等によると思われる平均的変換函数値よりも、明らかに相違する変換函数値が予想されるH, Z, D, 3成分の振巾関係にある現象を除外(全解析現象の30~50%)して、再解析した結果について報告する。なお、変換函数の計算法は柳原等の場合と同じで、地磁気変化現象(1現象の時間長は通常3時間)のフーリエ変換を行ない、原則として10現象を単位として、最小2乗法で求めるものである。

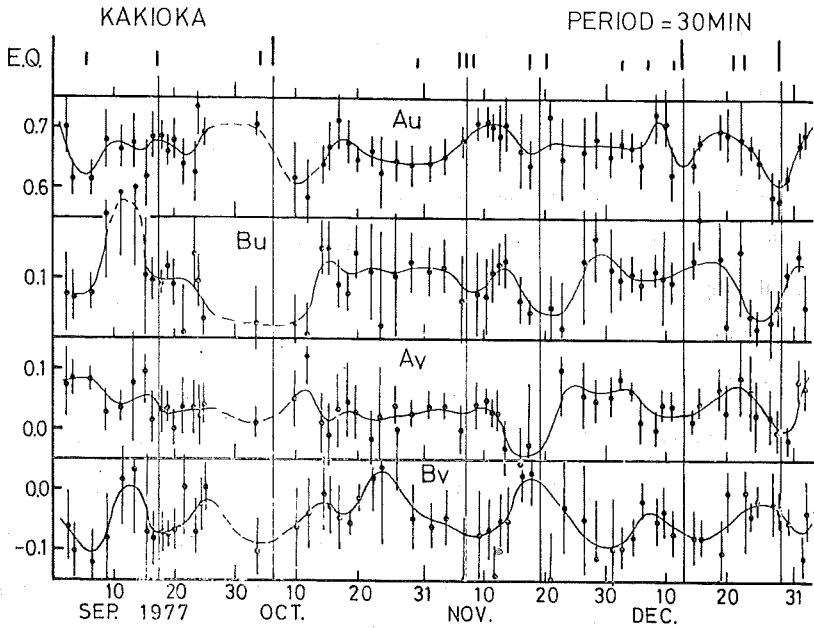


図1-a

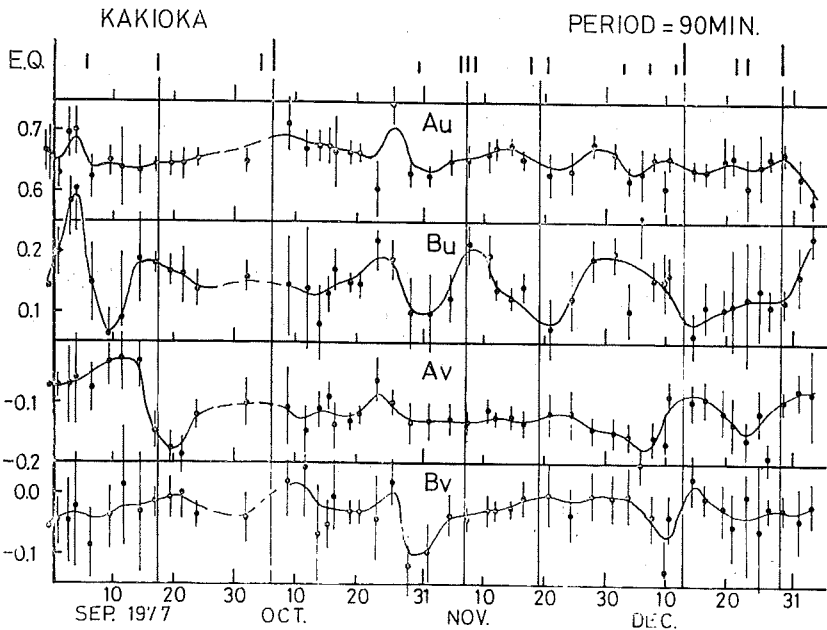


図1-b

図1-a, bにこのように再解析した周期30分と90分の変換函数の1976年9月より12月までの変化を示した(A_u , B_u =実数部, A_v , B_v =虚数部)。各プロット点は前述したように、比較的信頼度の高いと考えられる現象について、変換函数を求めたものである。但し、相隣るものは各々現象を半数づつずらして求めたもので、全体としてはある種の移動平均をしたものである。このように相隣る変換函数は完全独立ではないが、他は互に独立である。各点に付した縦線は、個々の変換函数の標準偏差(標準誤差)を表わす。各図の最上段にこの期間に発生した茨城県およびその近県に震源地を持つ柿岡の有感地震(E, Q)を太い縦線で示した(長さは震度を表わし、最高震度は3。)

図からわかるように個々の変換函数の計算誤差は可成り大きい、この期間の各変換函数の推移は、図の曲線で示したようなものではないかと推定される。その様相は複雑で、短時間に大きな変化を示している。30分と90分の周期で必ずしも平行した変化を示していない。これらの変化と地震との関係については明確なことはいえないが、比較的大きな地震($M=4.6\sim 6.0$)と何にか関係がありそうにも思われる。しかし、短期間で複雑な変化が多く、柳原等の結果ほど明確ではない。この問題については今後解析期間をのばして、なんらかの重ね合せ等の統計的手法により詳細に解析したいと考えている。ここでは示さなかったが、30分より長い他の周期成分の変換函数についても、ほぼ同様の複雑な時間変化特性を示している。

他方、周期5, 10, 20分のような短周期成分のものは、更に変動振巾が不自然に大きく、複雑さを増す。当然のことながら個々の変換函数値の信頼度も低下している。これらについてはまだ十分な再解析を行っていないが、オリジナル解析によって求められた変換函数(A_u)の1対2対1の加重移動平均をとったものを図2に示した(最上段の太い線は地震を表わす)。これらについても地震と関連した変化もありそうで、長周期成分の場合と同様かそれ以上に興味を持たれる。これについても今後ともこれらの変換函数の時間的変化特性が真なものであるかどうかを更に究明していきたいと考えている。

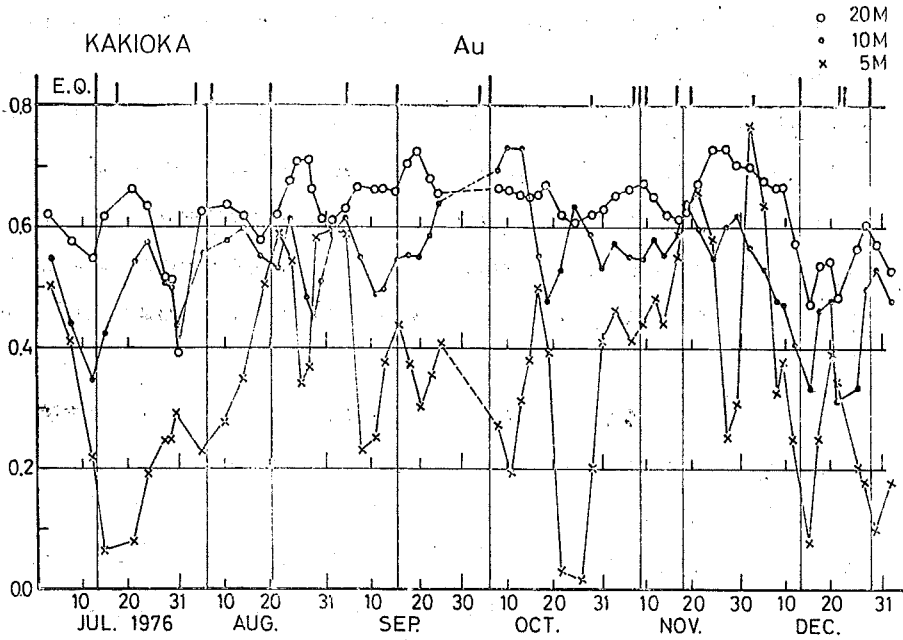


図2 柿岡における周期5, 10, 20分のCA-変換函数(A_U)の変動と地震の発生(1976年7月~12月)。

2. 柿岡のCA-変換函数の周期特性について

柿岡の変換函数の周期特性については、白木等⁴⁾によっても求められているが、今回の解析によって求められた周期0.3分より240分あたりまでの周期特性を図3に示した。実線で結んだ部分は毎分値を、点線で結んだ部分は毎3秒値を用いて各々解析したものの全平均値を示す。前者は白木等によって求められた帯域に相当し、彼等の結果と良く一致している。後者は筆者によって新たに求められたものである。

図に見られるとおり柿岡の変換函数の周期特性は、大きな周期依存性を持っている。特に A_U は周期による変動が大きく、周期60分あたりで0.66程度の最大値を示し、1分以下の領域ではほぼフラットで、0.20程度と非常に小さくなっている。長周期帯では A_U の周期依存性が強い。 B_V は全周期帯でそれほど変動せず、平均的にはゼロに近い値を示している。他方、 B_U の周期特性は比較的複雑であり、 A_U に次いで周期依存性が強い。なお、これらの結果は周期5分を除く実線で示したものは、95%の信頼区間が平均的に±0.025程度で十分信頼しうるものであるが、点線で示したものは資料数も少なく、前者よりも信頼度が低い。

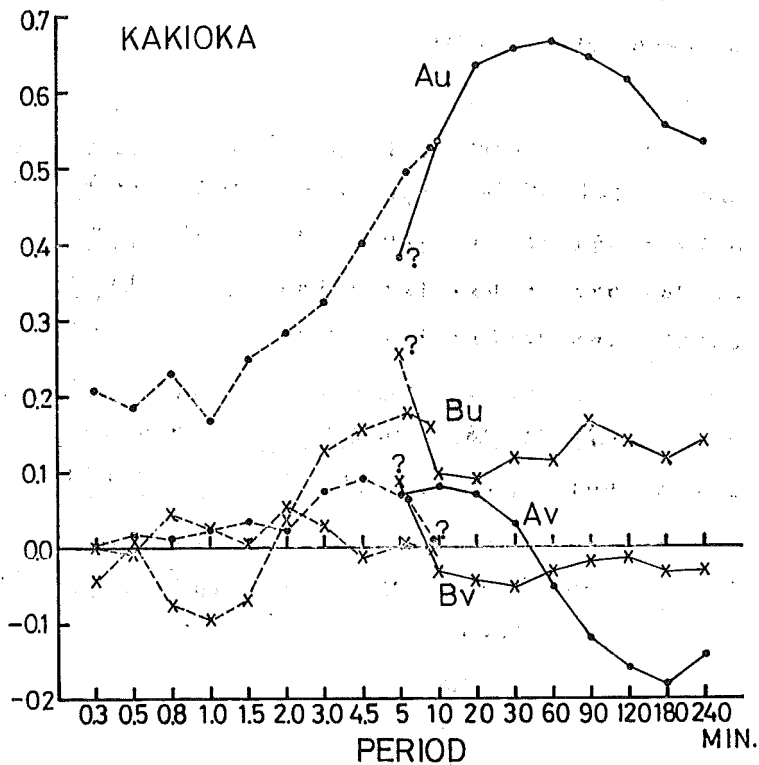


図3 柿岡のCA変換函数の周期特性

3. 柿岡のCA変換函数の信頼性について

今回の解析法による柿岡の変換函数の信頼性については、十分含味する必要がある。他の多くの報告ではこの問題についてあまり十分な検討がなされていないように思われる。多くは個々に求められた長期間の変換函数の分散から信頼度が議論されている。変換函数に時間的変化があるとすれば、これらは正しい信頼度の評価ではない(むしろこれらは信頼度を低下させるもので安全性は高いが)。筆者はこのような評価法に加えて、個々の変換函数の誤差より、まず信頼度の評価をした。当然、1個の変換函数を求めるのに通常数日間から10現象を選定しており、この間にも変換函数の大きな自然変化があるとすれば正しい評価ではない。また、各周期のフーリエ変換にも誤差を伴うが、これについては今のところ全く無視して考える。

ともかく、このような方法で評価された今回の周期30、60、90分の変換函数の信頼度を、平均の標準偏差によって表1に示した。表のIはオリジナル解析の全平均、II、IIIは前述したよ

表1 柿岡のCA-変換函数の標準偏差(標準誤差)

Period	A_U		B_U		A_V		B_V		NO	
	S. D.	T. F	S. D.	T. F	S. D.	T. F	S. D.	T. F		
30M	I	58(55)	664	88(71)	120	57(46)	42	96(64)	-50	41
	II	37(36)	665	46(61)	101	40(43)	33	50(50)	-47	30
	III	34(22)	669	45(52)	101	32(28)	34	48(61)	-46	14
60M	I	56(44)	667	70(30)	122	49(44)	-45	72(42)	-56	41
	II	27(31)	671	42(28)	126	29(24)	-54	42(39)	-53	27
	III	28(23)	661	38(29)	123	28(35)	-51	39(31)	-46	17
90M	I	49(47)	651	82(56)	171	52(58)	-106	84(54)	-26	41
	II	27(28)	652	42(54)	154	31(42)	-113	42(35)	-26	28
	III	27(27)	652	44(55)	154	34(51)	-104	45(45)	-21	21

単位 = $\times 10^{-3}$

うな基準で現象を選定したものである(ⅢのグループはⅡのグループより更に選択したもの)。

() 内に示したものは各グループにおける変換函数の分散より求めたものである。なお、T. F. と示したものは各グループでの変換函数の平均値、Nは資料数を示す。

表1からわかるようにグループIの標準偏差は非常に大きく、明らかに担当不良データを含んでいることがわかる。グループII, IIIについては標準偏差が小さくなり、信頼度は高い。グループII, IIIではほとんど差がない。しかしながら、個々の変換函数の標準偏差(誤差)と変換函数の変動のそれとはコンパラであり、この標準偏差から考えるかぎりでは、前述したような変換函数の時間的変化は残念ながら十分信頼のおけるものではないといわざるをえない。従って、何らかの平均操作等によりもっと信頼度を上げる必要がある。例えば、図1-a, bに実曲線で示したようなものは移動平均(この場合目算)で、信頼度は表1に示したものよりも高く、十分有意性のあるものと考えられる。

なお、変換函数の誤差の一つの要因として、人工擾乱磁場が考えられる。詳細は省略するが、柿岡においても遠く離れた東北本線などからの直流リーク電流による人工擾乱磁場の影響を受けている。そこでこれらの人工擾乱磁場の多い日中に起きた現象とそれの少ない夜間に起きた現象

に分けて、変換函数を求めその標準偏差を比較してみると、明らかに前者が大きくなっている。このことは相対的に振巾（パワー）の小さい短周期成分で顕著であるが、60分、90分あたりの長周期成分においても見られる。むろんこの事実を全て人工擾乱磁場の影響であると結論できないが、その可能性は十分にある。

4. む す び

今回の報告は簡単な解析結果を示したに過ぎず、深い考察はなされていない。ともかくも、このような解析法により、今後も解析を継続し、柿岡の変換函数の時間的変化を常時監視していき、地震発生との関係を明らかにしていきたい。最後に、この調査に当り御指導をいただいた河村地磁気観測所長に感謝する。

参 考 文 献

- 1) Yanagihara, K. and T. Nagano (1976) : J. Geomag. Geoelectr., 28, 157-163.
- 2) Yanagihara, K, M. Kawamura, Y. Sano and T. Kuboki (1973) : Memoirs. Kakioka Mag. Obs., Supplementary Vol 4.
- 3) 白木正規 (1977) : 1976年度CA研究会発表.
- 4) 白木正規, 柳原一夫 (1975) : 地磁気観測所要報, 第16巻, 第2号, 143-155.