

山崎断層上における短周期地磁気水平成分変化

鳥取大学 教養部 宮 腰 潤一郎

京都大学 理学部 鈴木 亮

I はじめに

地殻およびマントル上部の電気伝導度分布を知ることは、地下の熱的構造に関して地震波等の弾性学的手法では得られぬ情報を手に入れることを意味しその意義は大きい。ところで地下電気伝導度分布に Lateral な非一様性が存在するとき、地表面において観測される短周期地磁気変化が局所的な異常を示すことはよく知られている。この場合その異常変化は Lateral な変化のある地域の上における地磁気鉛直成分の変化に特に顕著にあらわれることから、従来の研究は主として短周期地磁気鉛直成分変化 (ΔZ)、あるいはそれと水平成分変化との比 ($\Delta Z/\Delta H$ または $\Delta Z/\Delta D$) の地域的異常に着目して行われてきた¹⁾。さらに大地震発生に先行して生ずると考えられている地下電気伝導度分布の時間的変化の検出のための研究も同じく主として地磁気鉛直成分に着目して行われてきた²⁾。しかしながら近年チャンネル構造の地下良導体の存在を暗示する、地磁気水平成分変化の局所的増大の例が幾つか報告されるようになった^{3), 4)}。さらにまた地震の先行現象として地下電気伝導度の局所的増大があった場合、それによる地磁気変化異常は境界域における鉛直成分よりはむしろ異常域直上における水平成分に顕著にあらわれることが理論的に指摘された⁵⁾。

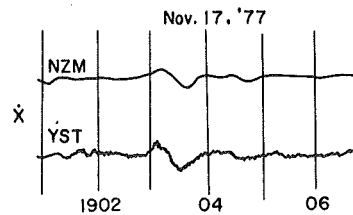
山崎断層は中国縦貫道路に一致してほぼ東西方向に延びる活断層で、これに沿って多くの地震発生が認められるがそれらの深さはすべて約 20 km 以浅である。この山崎断層はこれまでの人工電流による測定の結果、地下およそ 1 km 以上の深さまで約 100~200 Ω m の低比抵抗帯となっていることが判明しており⁶⁾、また尾池⁷⁾はこの領域が震源におけるダイラタンシー過程の進行に重要な役割を果していることを示唆している。従って断層のより深部の電気伝導度分布を、さらにまたその時間的変化を知ることは山崎断層一帯の地震予知研究上極めて意義が大きいと考えられる。

断層の走向がほぼ東西であり、震源の深さが約 20 km 以浅であること、また断層の比抵抗がおよそ 100 Ω m 台であることを考慮し、この度は誘導型磁力計を用いて p c 3~4 クラスの短周期地磁気変化を、断層直上と断層から数 km 離れた地点とで同時比較観測することとした。

II 観測

用いた誘導型磁力計は先に吉岡・鹿野断層周辺における観測に用いたものと同じであり、その特性についてはそちらの記載に譲ることとする⁸⁾。断層はほぼ東西方向の低比抵抗帯となっているので外部磁場変化による誘導磁場は断層直上における南北方向水平成分の振幅増大となっているのでと予想される。この度は装備、観測期間上の制約もあり、研究の予備的段階として地磁気南北成分 (ΔX) のみの観測を短期間行った。断層上の観測点として安富中学校 (YST) および野畑部落、有近氏宅 (NOB) を、断層外の点として西安積部落、普門寺 (NZM) および新宮小学校 (SNG) を選んだ。観測の方法は2台の磁力計を用い、そのうちの1台を西安積に基準観測点として定置し、他の1台を移動用として観測点を次々と移動させそれぞれと西安積とを組合わせて2地点ずつ同時比較観測を行った。観測期間は1977年11月11日から18日の間、各点1~2日ずつ行った、各観測点10~20例程度の $p \sim 3 \sim 4$ の記録を得ることができた。なおノイズ、気象影響を避けるため誘導コイルは地下20~30cmに埋設して使用し、観測は人工的擾乱を避けるため主として夜間に行った。

得られた記録例を第1図に示す。このようにして西安積と同時に各々の地点で得られた $p \sim 3 \sim 4$ の振巾を、西安積に対する振巾比に直し、南北方向の断面に関する地域分布として示したものが第2図である。



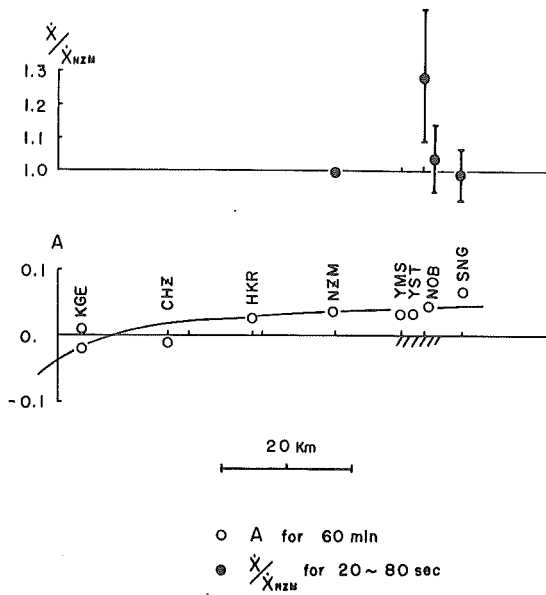
第1図 記録例

この場合、観測器械の感度の安定性が保証されていることが必要であるが、使用した磁力計の観測システムは観測開始前に鳥取において、同一地点に並べて同時比較観測を行い、特性、感度が同じであることを確かめた。

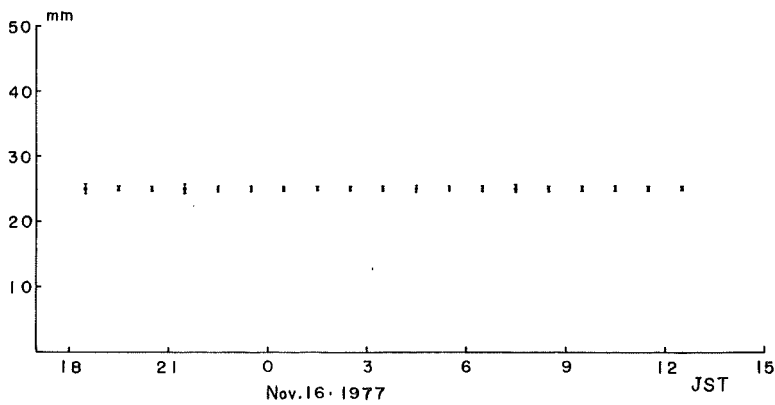
また毎日の記録開始前後には増巾器の感度検定を行っている。さらに西安積の観測については誘導コイルに1回巻きコイルを取付けこれに一定電流をタイム・マークとして流した。観測期間中のタイム・マークの振巾の一例を第3図に示した。振巾が殆んど一定していることは使用した磁力計システムの感度の安定性を示すものと考えてよからう。

III 考察

第2図に見られるように断層直上の観測点である安富、野畑における ΔX の大きさは断層から離れた西安積、新宮より大きい。安富における値は殊に大きくしかもバラツキが目立っている。



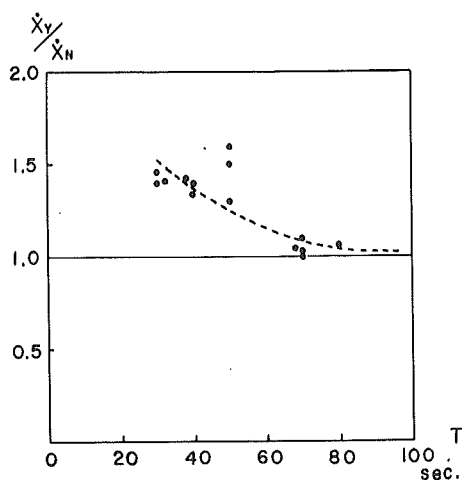
第2図 同時観測によって得られた地磁気脈動の各地点における $\frac{X}{X_{NZM}}$ の振巾を、西安積のそれに対する比として表わしたもの。下はフラックスゲイト型磁力計による A の値の分布。



第3図 誘導磁力計の感度の較正を兼ねさせたタイム・マークの振巾の時間変化。

振巾の毎時間平均値とその標準偏差

る。この原因を調べるため、安富の記録について個々の擾乱の周期別に西安積に対する比をとったものが第4図である。短周期領域において振巾比が増大するという周期特性が明らかに認められ、上記の現象の原因が、外部変化磁場によって断層中に誘導された電流による磁場変化に起因していることを示している。



第4図 地磁気脈動の周期別にとった、安富と西安積の振巾比。

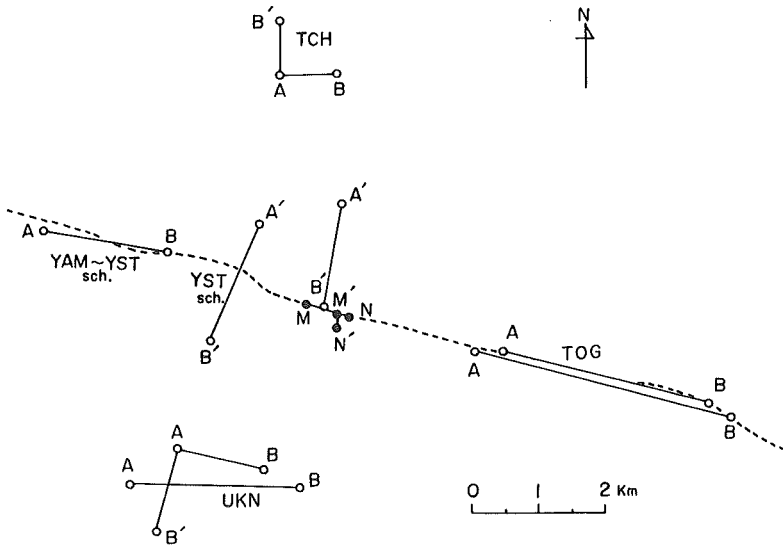
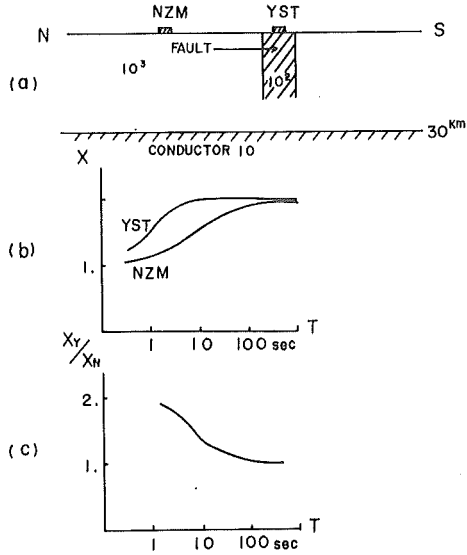
1975年に行われたフラックスゲイト型磁力計による Array 観測⁹⁾、あるいは誘導磁力計による観測¹⁰⁾の結果、日本海側からこの地域へかけては地磁気鉛直成分の変化が極めて小さいことが判明し、このことから、この地域における地殻下部あるいはマントル上部の電気的良導体面までの深度は浅く、たかだか30 km程度であろうと推定されている。このことと

この度の結果とを併せ考えると、山崎断層を南北方向に切る断面のごく大まかな模式的構造として第5図(a)のようなものを考えることができよう。断層直上および断層から離れた地点ではそれぞれ同図(b)に示したような周期特性を有する磁場が観測され、両地点における磁場の比の周期特性を示す同図(c)は今回の観測結果の第4図に相当すると思われる。しかしながら以上はごく定性的な解釈であり、今後観測データの集積をまってより詳しい見積りを行いたい。

ところで、同じ断層上の観測点でありながら野畑(NOB)における ΔX の振巾は安富(YST)ほど大きくない。おそらくこの原因の一つはこれまでの人工電流グループの研究によって明らかにされているように断層そのものの電気伝導度に地域的な差異があるため⁶⁾とも思われるが、このことを確かめるために、これまでに断層周辺の各地点に設けられた電流ダイポールによる電場を春の地電流観測室で観測した記録を利用することとした。第6図は人工電流グループからいただいた電流ダイポールのデータのうち、春で電場を観測できたもののダイポールの位置と春の電位観測測線を示したものである。また第7図は得られた電場の記録例である。

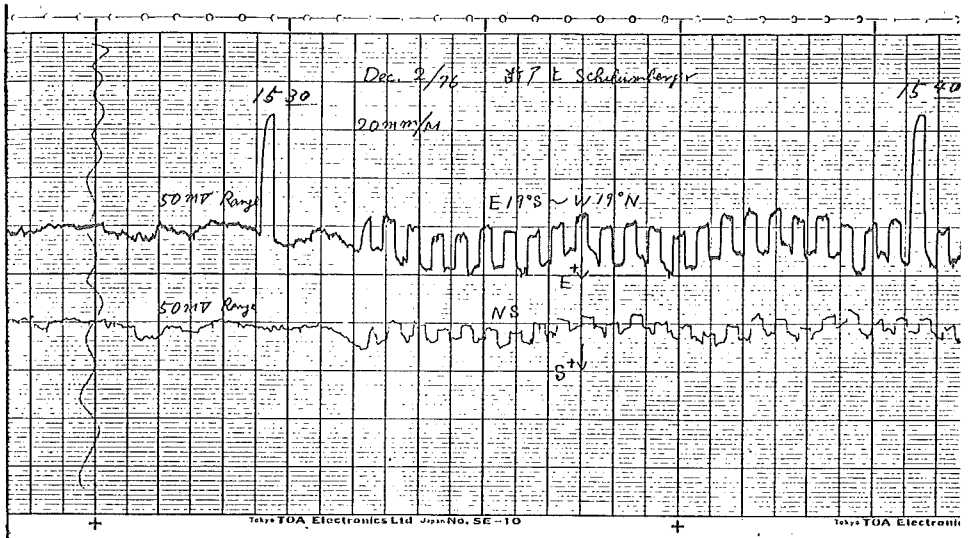
電流ダイポールをAB(A'B'), 春の電極をMN(M'N'), 地下構造を均質と考えその比抵抗値を ρa とすると、

第5図 断層を横切る南北断面に関する，模式的電気伝導度構造(a)，期待される磁場の振巾(b)およびそれらの比(c)



第6図 電流ダイポール位置および電位観測測線。点線は中国縦貫道路でほぼ断層線と一致している。

●—● 電位測定測線 ○—○ 人工電流測線



第7図 春において得られた、人工電流による電場の記録例。

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)}$$

春において得られた断層方向（ほぼ東西方向）、断層直交方向（ほぼ南北方向）の電場の大きさ、人工電流グループからいただいた各電流ダイポールに関する定数を上式に入れ、それぞれの電流ダイポールに関する春におけるそれぞれの方向の見掛比抵抗値を計算した。結果を第1表に示す。

むろんここに得られた見掛比抵抗値は春に於ける地下比抵抗値、電流の経路およびその比抵抗値分布を反映したものでありこれらの結果の解釈は容易ではない。しかしその中で注目されるのは春および断層に対してほぼ対称の位置関係にある2例—植木野ダイポールと栃原ダイポールの関係および安富～山崎ダイポールと峠ダイポールの関係である。前者は断層の南と北にあり春を含む断層線に対してほぼ対称の位置関係にあるにもかかわらずそれぞれの値には顕著な違いがみられる。すなわち植木野ダイポールの場合は短周期（0.3 sec）変化電流の場合を除き得られたそれぞれの方向の見掛比抵抗値はほぼ揃った値になっている。これに対して栃原ダイポールの場合はダイポールごとにかかなり大きく違っている。

第 1 表

電流ダイポール	AB電極	AB~MN	人工電流	人工電流	電位差	見掛比	電位差	見掛比	
	間距離	距離	値	周 期	(東西方向)	抵抗値	(南北方向)	抵抗値	
	L	R	2 I	T	$2 \Delta E_{EW}$	ρ_{EW}	$2 \Delta E_{NS}$	ρ_{NS}	
	m	m	A	sec	m v	$\Omega \cdot m$	m v	$\Omega \cdot m$	
植木野 (UKN)									
AB	'75	2520	3250	23.5	15	24.5	213	74.5	984
				24.5	0.3	23.5	193	22.0	277
AB	'76	1350	2860	24.8	24.	30.0	265	64.0	919
A'B'	'76	1280	3730	20.7	24.	24.0	333	13.0	710
安富東 (YST)									
シュランベルジャー									
A'B'		1950	1610	5.1		15.0	1310	22.0	424
栃原 (TCH)									
AB	'76	890	4180	9.73	20.	5.0	590	0.	0.
A'B'	'76	810	4180	11.9	20.	2.6	66	2.5	94
安富~山崎 (YST~YMS)									
シュランベルジャー									
AB	'76	1950	3670	26.8	23.	7.0	22.	2.5	27
峠 (TGE)									
シュランベルジャー									
AB	'77	4000	4140	12.5	40	128.0	582	20.0	4630
AB	'77	3200	4140	12.4		62.0	438	12.0	5250
春・北 (USZ)									
A'B'	'77	1640	890	2.0		148.0	595	136.0	263

また後者は共に断層上にありかつ春に対してほぼ対称の位置関係にあるにもかかわらず、測線方向の比抵抗値 (ρ_{EW}) は $20 \Omega \cdot m$ 前後、 $500 \Omega \cdot m$ 前後と1桁以上違った値が得られている。このことの原因の一部は断層内の比抵抗値分布の不均一に起因しているのかもしれないが、安富～山崎ダイポールから得られた $20 \Omega \cdot m$ 前後という値は、シュランベルジャ法によって行われたその際の測定によって $200 \Omega \cdot m$ 程度の値が得られていること⁶⁾を考えると余りにも小さ過ぎる値である。

恐らく上記の2例に見られる違いや、すでに述べた断層上の2点における地磁気南北成分の振巾の差異の原因は、安富の東側に断層から分岐して北に延びる顕著な電流のチャンネルがありこれへ電流が断層から流出しあるいは電流ダイポールから流入するためではあるまいか。すなわち安富においては断層中に集中して流れ地磁気変化を強めた電流の大部分は安富の東(おそらくは林田川の谷)を伝って北へと流れ去り、野畑では地磁気変化をそれほど大きくすることはできなかった。また安富～山崎ダイポール電流も同様に流出し春では電流値が小さくなっているために見掛比抵抗値が異常に小さな値となった。栃原のダイポール電流はその方向によって電流のチャンネルへの流れ込み方が異なり、その結果春における比抵抗値はバラツキが大きくなったという様に解釈できるのではなからうか。ただし植木野ダイポールに関しては異常が見られないことから、断層の南側へはそのチャンネルは延びていないと考えられる。そしてこのことは小野ら人工電流グループがすでにこれまでの測定結果から安富の東において電流の集中を想定していることと一致している。

なお電流ダイポールを植木野においた場合、春で得られた比抵抗値に測定方向による差異がみられ、またそれが人工電流の変化周期が短周期になると解消してゆくように見えることも興味深い。

IV 結語、謝辞

この度の観測は時間、器材の関係から予備的な段階として行ったものであり詳細については今後さらに追求してゆく必要があるが、現在の段階でおよそ以下の事柄が結論されよう。

- (1) 山崎断層の破碎帯直上における周期約1分以下の地磁気脈動の南北成分の振巾は、断層から離れた地点におけるものより大きく、かつその傾向は短周期側ほど顕著である。これはほぼ東西に走る断層が低比抵抗帯となっており、そこに強い誘導電流が集中して流れるためと考えられる。
- (2) 安富の東には断層から分岐して北へ延びる電流のチャンネルがあり、断層からの電流の流出、外部からの流入が行われており、このことは断層周辺における電場、磁場変化を局所的

に複雑にしているひとつの原因となっている。

山崎断層一帯、殊にその北側は地下電気伝導度分布の不均質の著るしい地域であることがこれまで指摘されてきた。山崎断層自体が低比抵抗帯となっていることは明らかであるが、今回結論したような、おそらく安富の東の谷に一致して北へ延びる、断層から分岐した電流のチャンネルの存在はまた極めて特徴的な事柄である。一般に河川はそれほど明確な電気伝導度分布を地下深部にまで形成するものではないと思われる。この度の林田川の場合は顕著な電流のチャンネルになっていることからみて、恐らくは単なる地表面にあらわれた地形ではなく深層の構造線の存在を示しているのかもしれない。

またこのようなチャンネルが他にも存在し、見掛上電気伝導度分布の不均質となってあらわれている部分も一部あるかもしれない。またこの附近に発生する微小地震の震源の位置の多くが断層北側に分布していることも上述のことと何等かの関係があるかもしれないと考えられる。

この度の観測を行うに当たり、建物、敷地を観測場所として使用することを快よくお許しいただいた地元の各機関、個人の方々、——新宮小学校、安富中学校、西安積部落の重白氏、野畑部落の有近氏の各位に厚く御礼申し上げる。また春の記録解析に際しては人工電流グループから多くの貴重なデータの提供をいただいたことを記し、深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 例えば Rikitake, T. and I. Yokoyama, The anomalous behavior of geomagnetic variations of short period in Japan and its relation to the subterranean structure, the 6th report, Bull. Earthq. Res. Inst., 33, 297-331, 1955.
- 2) K. Yanagihara, Secular variation of the electrical conductivity anomaly in the central part of Japan, Mem. Kakioka Mag. Obs., 15, 1-11, 1972.
- 3) Camfield, P. A., D. I. Gough, and H. Porath, Magnetometry array studies in the northwestern United States and southwestern Canada, Geophys. J. Roy. Astr. Soc., 22, 201-221, 1971.
- 4) 西田泰典, 石狩低地帯周辺の地下電気伝導度異常, 北海道大学地球物理学研究報告, 36, 17-28, 1977.

- 5) T.Rikitake, Crustal dilatancy and geomagnetic variations of short period, Geomag. Geoelectr., 28, 145-156, 1976.
- 6) 小野吉彦, 村上裕, 行武毅, 人工電位法による山崎断層周辺の比抵抗構造について, 地磁気観測所技術報告, 第17巻特別号, 61-68, 1977.
- 7) 尾池和夫, 降雨と地震発生との関係について, 京都大学防災研究所年報, 第20巻号B-1, 昭和52年.
- 8) 宮腰潤一郎, 吉岡・鹿野断層(1943年・鳥取地震)周辺におけるCA観測, 地磁気観測所技術報告, 第17巻特別号, 109-118, 1977.
- 9) 宮腰潤一郎, 山陰・山陽地方のCA, 「変動電磁界による地下導電率分布の研究」, 工業技術院地質調査所技術資料, 31-40, 昭和51年.
- 10) 加藤愛雄, 大西信人, 早坂孝, 山崎断層附近に於ける地磁気脈動による地下の電気伝導度の異常の観測, 「変動電磁界による地下導電率分布の研究」, 工業技術院地質調査所技術資料, 41-48, 昭和51年.