

吉岡・鹿野断層（1943年・鳥取地震）周辺 における C A 観測

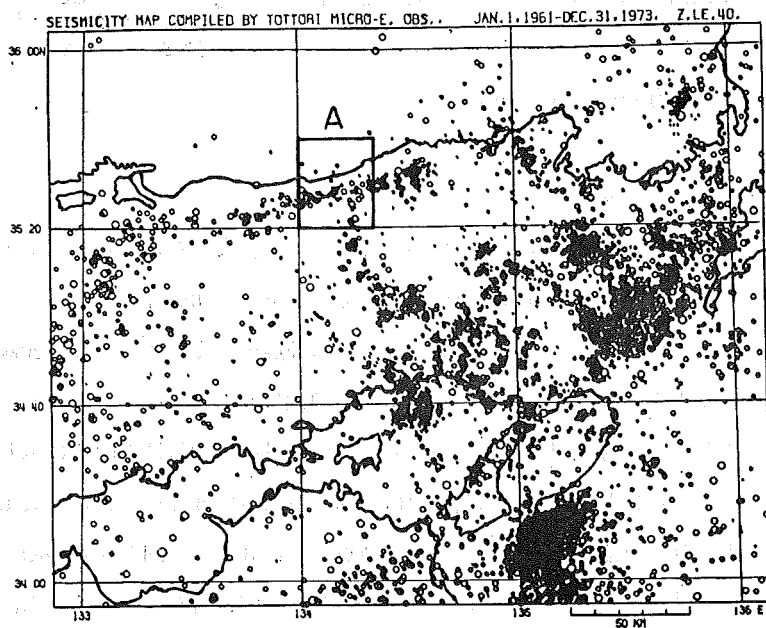
鳥取大学・教養部 宮 腰 潤一郎

京都大学・理学部 鈴 木 亮

I. はじめに

吉岡・鹿野断層は鳥取地震（1943年9月， $M = 7.4$ ）によって生じた，ほぼ東西方向に延びる長さ約30kmの断層で，^{(1),(2)}地震直後において余震，⁽³⁾地殻変動の観測に加えて断層直上で地電流変化の観測が行われ，余震に伴う異常な電場変化の存在が見出されている。⁽⁵⁾ 現在この断層は微小地震観測ネットの中において震源位置はきわめて正確に決定されているが，それによれば震源は断層に極めてよく一致して分布し，かつ深度は15~20km以浅に限られている（図1）。また周辺には鳥取，吉岡，鹿野の地熱・温泉地域が分布している。

ところで岩石破壊の過程において水の存在が重要な役割りを果たすことが知られているが，他方岩石の電気伝導度はその含水比に強く支配される事実がある。このように見てくるとき吉岡・鹿野断層において地磁気・地電流観測を行ないその地球電磁気的特性を明らかにすることは極めて有意義なことといえよう。



An example of micro-seismicity maps compiled by the Tottori Microearthquake Observatory.

図1. 微小地震震央分布（尾池による，1975）

なお，この地域には人工的ノイズ源が少ないこともこの研究に有利と言える。

II. 測定, 観測, 観測結果

(1) 電気探査

地表観察により地震時に生じたことが知られている吉岡断層において, その地下浅部の電気伝導度構造を知る目的で電気探査を実施した。電極配列はシュランベルジャー法により, $AB/2$ は最大 500 m まで, ほぼ南北方向に, 断層に直交してこれをまたぐようにとった。

図 2 は調査地域の地形の概略を示した。

電源は BM-1 電池を直列に最高 450 V とし, 電流値は最高 1.6 A である。

水平・垂直探査の結果を図 3 に示す。

水平探査の結果によれば, いわゆる断層位置にはほぼ一致, あるいはそのやゝ南側に, 低比抵抗帯の存在が認められる。垂直探査の結果は基盤(花崗岩)中, 深度約 300 ~ 400 m から見掛比抵抗値の減少傾向が見られる。また表層の堆積層と基盤との間に比抵抗値のコントラストが余りないことも特徴的である。

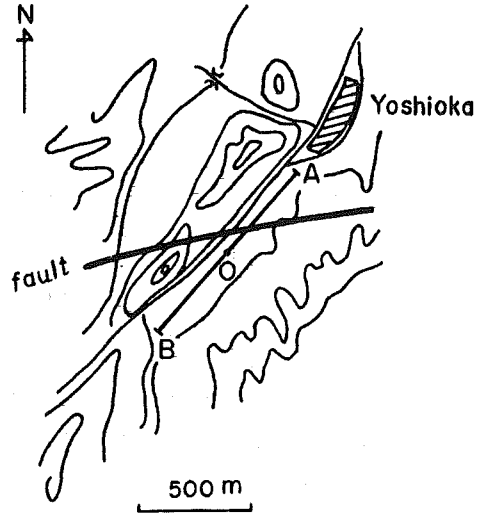
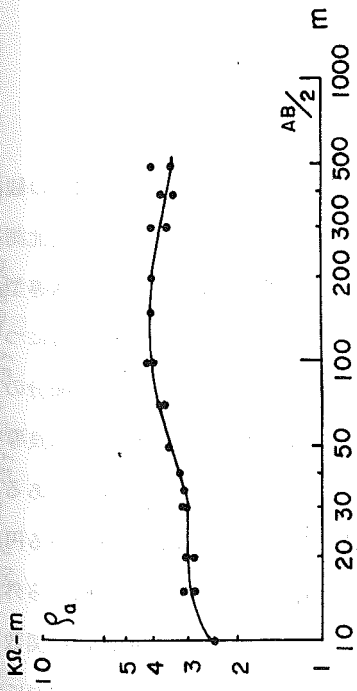


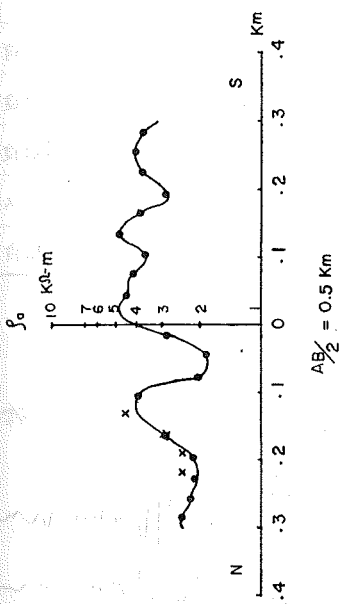
図 2. 吉岡断層・電気探査測線

(2) 地磁気観測

地磁気観測は三成分誘導型磁力計によって行なった。これまでの研究によりこの地域においては地下の電氣的良導体面が浅く, おそらく 30 km 程度であろうことが推定されている⁽⁷⁾。また鳥取地震を含めて断層域に発生する地震の震度はすべて 15 ~ 20 km 以浅である。これらのことと電流の表皮効果を考慮して, 地磁気変化は pc 3 ~ 4 クラスの脈動を観測することとし測器は誘導型磁力計を用いた。磁力計の周期特性を図 4 に示した。観測点は断層をまたぎこれと直交して南北方向に排列するように 4 点選んだ。表 1 および図 5 に観測点名とそれらの位置を示した。各観測点ごとに 3 ~ 4 週間の移動観測を行ない, 交通機関等によるノイズを避けるために観測は主として夜間に行なった。なお湖山 (KOY) の記録には鉛直成分のみに電波障害とみられる 1 Hz の定常的なノイズが入ったが, event の信号の識別は容易であった。図 6 は得られた記録例である。記録の解析に当っては充分な時間的余裕がなかったので伝達関数計算の方法は採らず, pc 3 ~ 4 クラスの event の数 10 例について各成分の振巾を読取ったものから最小二乗法によって $\Delta \dot{Z} = A \Delta \dot{X} + B \Delta \dot{Y}$ の



(a) 垂直探査



(b) 水平探査 (×印はオフセット点)

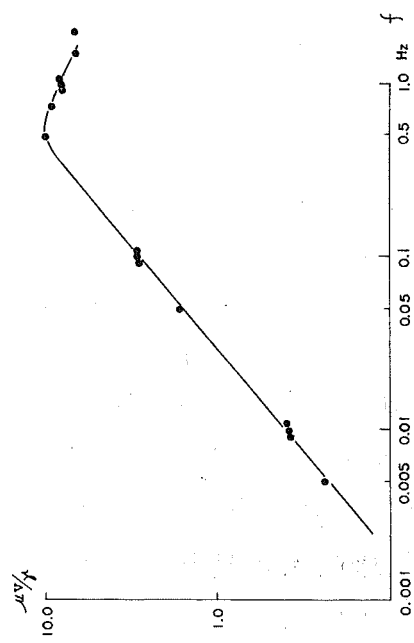


図4. 誘導型磁力計の周期特性

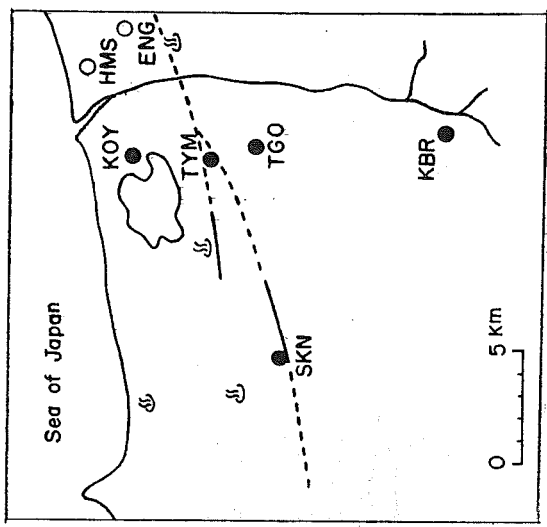


図5. 観測地点配置

表1.

観測点名	記号	設置測器	所在地	建物名
河原	KBR	三成分誘導型磁力計	鳥取県八頭郡・河原町	河原中学校体育館
東郷	TGO	同上	鳥取市・東郷	東郷小学校給食室
豊実	TYM	同上	鳥取市・豊実	豊実保育園給食室
湖山	KOY	同上	鳥取市・湖山	鳥取大学ガラス室
鹿野	SKN	地電流変化計	鳥取県鹿野町・法楽寺	山本工務店倉庫

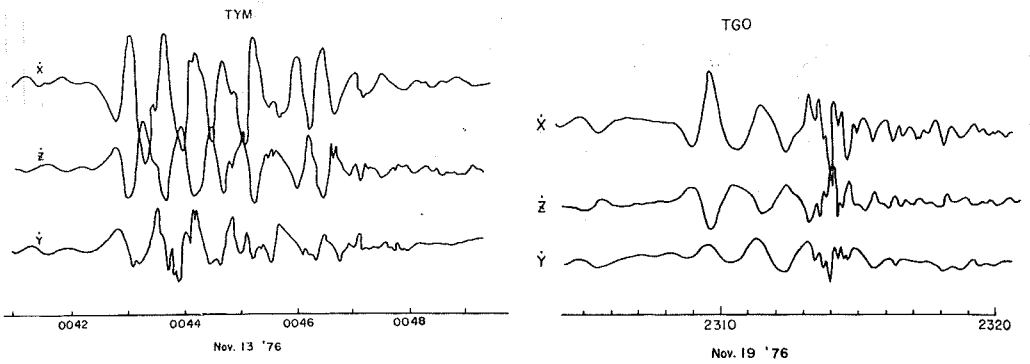


図6. 地磁気記録例

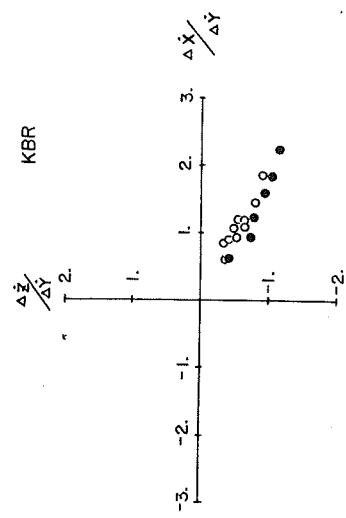
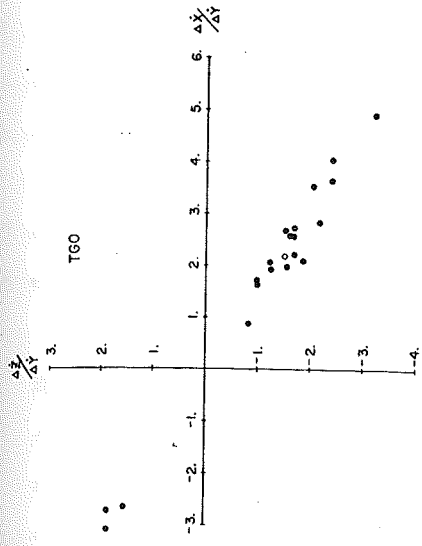
(a) 豊実

(b) 東郷

A, B の値を求めるという久保木⁽⁸⁾の方法を用いた。(図7.) 得られた B の値は、何れの観測点についても殆んどzeroに近く、またバラツキも大きかった。図8は A の値を南北測線面について示したものである。図中にはこれまでのフラックスゲイト型磁力計、誘導型磁力計による観測から得られた各周期帯に属する A の値も示してある。何れの周期帯についても海岸効果によって $|A|$ の値は海岸から内陸側へ向って減少しているが特に周期60分のものに関してはその傾向が顕著である。これは日本海側から内陸側へ、地下の電気的良導体面が浅く延びていることを示すものであろうと考えられることはすでに述べた通りである。

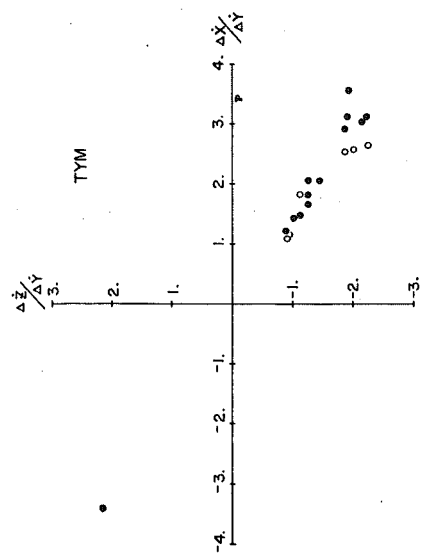
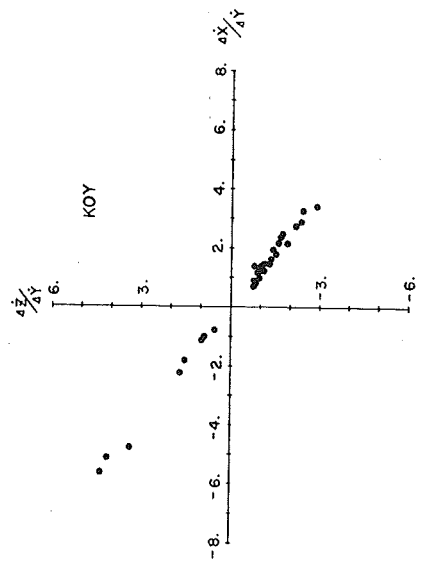
ところで今回の観測で得られた pc 3~4クラスの $|A|$ の値は、すでに得られている円護寺(ENG)、智頭(CHZ)の値に比べて相当大きく、海岸効果による減少傾向から外れていることが注目される。この違いは解析方法の違い——これまでのものは伝達関数を用い、今回のものは最小二乗法を用いた——によるとも考えられるので、同一の記録に対

図7. $\Delta x/\Delta y$ と $\Delta z/\Delta y$ の関係



(b) 東郷

(a) 河原



(d) 湖山

(c) 豊実

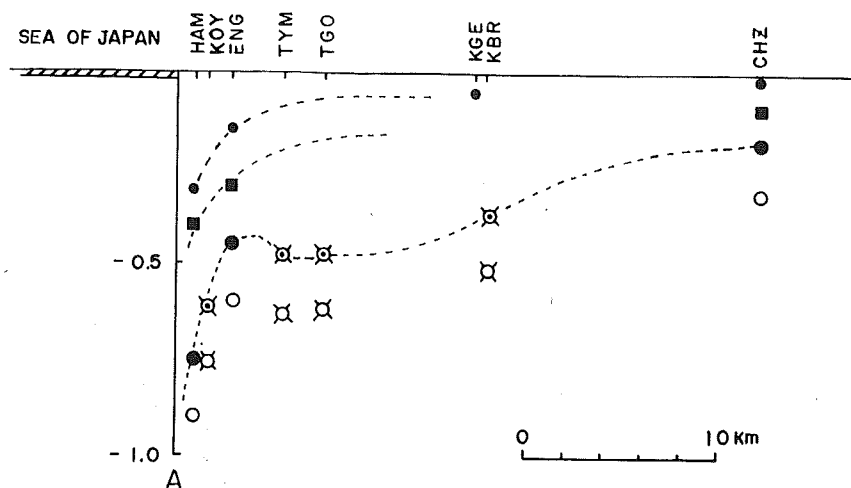


図8. 南北測線に関するAの値の分布

- 1 hr ■ 6 min
- ○ ● 1 min

- 註 1) 黒く塗りつぶした点は伝達関数によるもの
 2) 白丸は久保木の方法によるもの
 3) 二重丸は久保木の方法で計算した結果に補正を補したもの。
 4) ×印を附したものは今回の観測で得られた値

して両方の手法を適用して生じた差の分だけ補正した値も図中に示してある。このように補正を補してみてもこの度得られた点に関する傾向は変らぬようである。

(3) 地電流観測

1943年9月の鳥取地震の際、断層が生じたことが地表観察によって認められている鹿野町・法楽寺部落において、1976年11月から1977年3月末にいたる間、地電流観測を行なった。東西電極は断層にほぼ平行かつ磁氣的東西方向に、242.5mの間隔で埋設し、南北電極は断層をまたぎこれと直交する磁氣的南北方向に233.8mの間隔で埋設した。電極の埋設場所は刈取後の水田および道路肩であり、電柱は大型の素焼壺・銅・硫酸銅、非分極電極を使用した。電極間の自然電位差は10mV以内であった。なおこれらの観測位置は鳥取地震直後に永田が行った観測位置と殆んど同じである。

得られた記録の1例を図9.に示した。明らかに変化電場は南北方向に卓越しており周期

10分以上の event に関する変化方向は磁氣的北20°東の方向に限られている。この方向は永田が地震直後の観測によって得た方向(北13°東)とよく一致している。⁽⁵⁾ ただし今回の場合、周期10分以下の

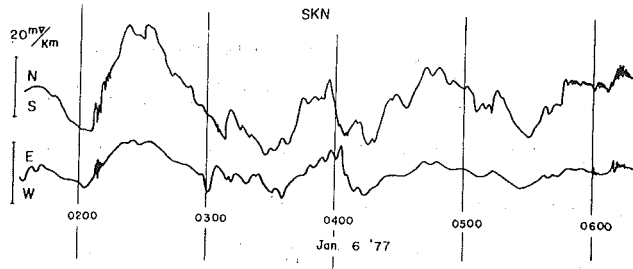


図9. 地電流記録例

event に関しては磁氣的北30°東の方向となっている。(図10)

正しくは周期特性を考慮せねばならぬが、今回は周期30分程度の event 数例を選びだしてこの場所のインピーダンス・テンソルを計算してみた。すなわち読みとられた電場・磁場変化の各成分の振巾から、

$$\Delta E_x = Z_{11} \Delta X + Z_{12} \Delta Y$$

$$\Delta E_y = Z_{21} \Delta X + Z_{22} \Delta Y$$

の Z_{11} , Z_{12} , Z_{21} , Z_{22} , の値を最小二乗法によって計算した。(図11) その結果は、

$$Z_{11} = -1.82 \pm 0.38$$

$$Z_{12} = 1.63 \pm 0.50$$

$$Z_{21} = 0.11 \pm 0.34$$

$$Z_{22} = 1.01 \pm 0.15$$

となり、見かけ上強い異方性を示している。

なお、地磁気記録は柿岡のものを利用した。

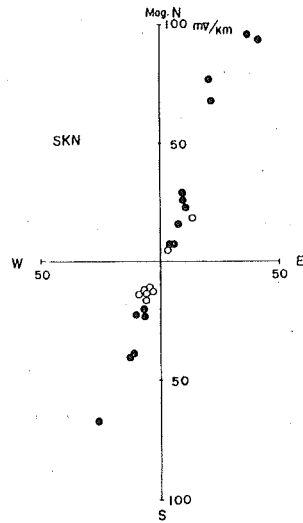


図10 電場の偏り方向

Ⅲ. 考 察

図8に見られるように今回の観測点に関して得られた $|A|$ の値が、解析方法の違いによる影響を補正してもなおこれまでに得られた他の観測点の値に比べてやや大きく、海岸効果による内陸側への全体的な減少傾向から外れていることは興味深い。今回の場合伝達関数の手法を用いておらず、従ってAの値の周期特性は無視されている。しかし不完全ながらその分の補正を施したはずであり、また誘導磁力計で観測した event は pc 3~4 クラスのもので周期はほぼ揃って

おり、各成分間の位相差も小さいのでこのことからくる影響はそれほど重大ではないと考えてよ
 かり。しかしながら、久保木、白木ら⁽⁸⁾⁽⁹⁾によって指摘されたAの値の不安定性の問題に関して
 は、今回の場合解析に用いたデータが少ないのでその心配は残っている。

これまで得られた結果にもとずいても
 しこの地域の地下電気伝導度構造を推定す
 るならば、断層の下に図12のような断面を
 もつ電気的良導体面の盛り上りが軸を断層
 面と一致させて東西方向に延びているとし
 て説明できる。この場合盛り上りの断面
 の形としては、Aの値の分布傾向からみて
 断層の北側は円柱状、南側は三角柱状とし
 た方がよいと考えられる。このような円
 柱、角柱状の盛り上りモデルは力武、

Whitham⁽¹⁰⁾ がカナダの Alert の地磁気変化異常を説明するために提唱したものであるが、今回の

Aの分布はこれに日本海の海岸効果
 が重なったものとして解釈できよう。
 あるいは地下浅部の堆積層の影響と
 も考えられるがこの地域では堆積層
 はきわめて薄く、周辺の山地では基
 盤の花崗岩が露出しているのでその
 可能性は少ない。

しかしながら、結論的なことを得
 るにはまだデータが少ないので残さ
 れた記録については今後解析を進め
 たい。なお上述のモデルを確かめ
 る一つの手段として、測線上の2箇
 所における地磁気南北成分の同時比
 較観測も有効であろう。

地電流連続観測結果からは、鹿野
 断層直上における地電流の偏り方向
 は、地震直後の値と殆んど同じであ

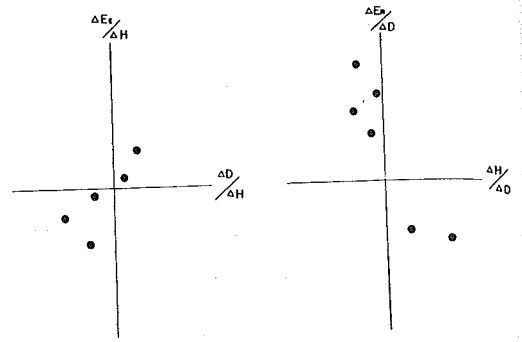


図11・電場変化と磁場変化の関係

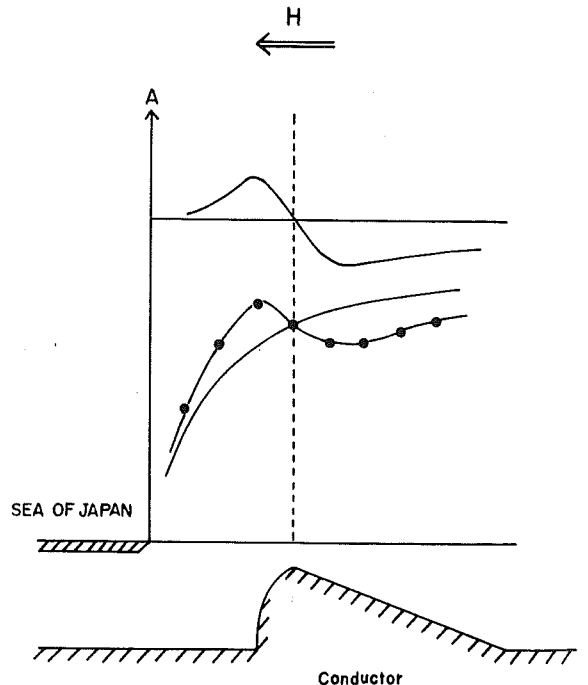


図12・推定された南北測線に関する
 地下電気伝導度分布モデル

ることが判明した。このことは大地震の前駆、あるいは随伴現象としての地電流の異常変化の存在例と対比され、地電流の偏り方向の安定性を示す一つの例として評価することができよう。しかしながら今回の場合観測期間が短く顕著な地震の発生がなかったこと、また記録計のペンブまり等トラブルのため観測が時おり中断したこと、さらに解析の際基準となる鳥取のフラックスゲイト型磁力計による観測が、器械故障のため停止していたことなどもあって、現在までのところ地電流変化特性の時間的変化と附近のサイスミシティとの相関を論ずるに至っていない。しかし断続的ではあるが相当数の顕著な event に関する良好な記録が得られているので、鳥取以外の適当な観測点所のフラックスゲイト型磁力計の記録を得て、特性の時間的変化あるいはその安定性について調べたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) H. Kanamori, Determination of effective tectonic stress associated with earthquake faulting, the Tottori earthquake of 1943, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 5, 426 - 434, 1972.
- (2) 津屋弘達, 鹿野・吉岡断層とその附近の地質, 東京大学地震研究所彙報, 22, 1 - 32, 1944.
- (3) 表俊一郎, 鳥取地震余震調査概報, 東京大学地震研究所彙報, 22, 33 - 41, 1944.
- (4) 宮村撰三, 昭和18年9月10日の鳥取地震において現われた鹿野・吉岡断層及びその地震後の変動の精密水準測量による観測, 東京大学地震研究所彙報, 22, 49 - 59, 1944.
- (5) 永田武, 鹿野断層附近に於ける地電位差変化, 東京大学地震研究所彙報, 22, 72 - 82, 1944.
- (6) 尾池和夫, 鳥取微小地震観測所の震源表について, *地震*, 28, 331 - 346, 1975.
- (7) 宮腰潤一郎, 山陰・山陽の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, 昭和51年.
- (8) 久保木忠夫, 大島汎海, 日本における地磁気変化ベクトルの異常について(第3報), *地磁気観測所要報*, 12, 127 - 198, 1966.
- (9) 白木正規, 柳原一夫, 柿岡の変換関数, *地磁気観測所要報*, 16, 143 - 155, 1975.
- (10) T. Rikitake and K. Whitham, Interpretation of the Alert anomaly in geomagnetic variation, *Can. J. Earth Sciences*, 1, 35 - 62, 1964.