

## 千屋断層周辺における SP 測定一序報一

村上英記 (高知大学), 西谷忠師 (秋田大学), 領木邦浩 (大阪職能開短大),  
北村保夫・村山賢持 (東北工業大学), 冨澤一郎・石井直人 (電気通信大学),  
大志万直人・中川 渥・矢部 征・住友則彦・山崎健一・村上貴久・松村史樹 (京  
都大学), 立花憲司・橋本恵一・三品正明 (東北大学)・笹井洋一・歌田久司・小河 勉・  
上嶋 誠 (東京大学)・小菅正裕・佐鯉央教 (弘前大学)・福本隆史 (鳥取大学)

Preliminary report on the Self-potential survey around Senya earthquake  
fault, Akita Prefecture, Japan.

Hideki Murakami<sup>1</sup>, Tadashi Nishitani<sup>2</sup>, Kunihiro Ryoki<sup>3</sup>, Yasuo Kitamura<sup>4</sup>,  
Kenji Murayama<sup>4</sup>, Ichiro Tomizawa<sup>5</sup>, Naoto Ishii<sup>5</sup>, Naoto Oshiman<sup>6</sup>, Atushi Nakagawa<sup>6</sup>,  
Sei Yabe<sup>6</sup>, Norihiko Sumitomo<sup>6</sup>, Ken-ichi Yamasaki<sup>6</sup>, Takahisa Murakami<sup>6</sup>,  
Fumiki Matsumura<sup>6</sup>, Kenji Tachibana<sup>7</sup>, Keiichi Hashimoto<sup>7</sup>, Masaaki Mishina<sup>7</sup>,  
Yoichi Sasai<sup>8</sup>, Hisashi Utada<sup>8</sup>, Tsutomu Ogawa<sup>8</sup>, Makoto Ueshima<sup>8</sup>, Masahiro Kosuga<sup>9</sup>,  
Hisayuki Sakoi<sup>9</sup>, Takashi Fukumoto<sup>10</sup>

(1:Kochi Univ., 2:Akita Univ., 3:Osaka Polytechnic College, 4:Tohoku Inst. of  
Tech., 5:Univ. of Electro-Communications, 6:Kyoto Univ., 7:Tohoku Univ.,  
8:University of Tokyo, 9:Hirosaki Univ., 10:Tottori Univ.)

### 1. はじめに

地震断層の断層面あるいはその近傍の物理的な状態を知ることは、将来の断層活動を考える上で極めて重要である。とりわけ水の存在は破壊現象に力学的あるいは化学的に関与しており、その存在や流動の有無は重要である。火山・地熱地域では、地下の熱水流動が、地表における自然電位の異常として観測される可能性が理論的にも実験的にも示されている。これは界面動電現象と呼ばれる現象で、地震に伴うあるいは先行する地電位変化の原因の一つとしても考えられている。断層破碎帯への地下水の流入あるいは破碎帯からの流出といった地下水の流動があれば、それを反映した自然電位の異常が観測される可能性がある。またこの自然電位異常の時間的な変化が観測されることがあれば、地下水流動の変化—すなわち応力状態の変化—を示唆している可能性がある。

1998年9月24日から10月3日にかけて、以下の2つのことを目的として1896年陸羽地震(M=7.6)の地震断層である千屋断層の周辺で自然電位の測定を実施した：1)断層に関連する自然電位の分布を明らかにすること、2)また1980年におこなわれた測定結果<sup>1), 2)</sup>と比較して時間的な変化があったかを比較検討する。

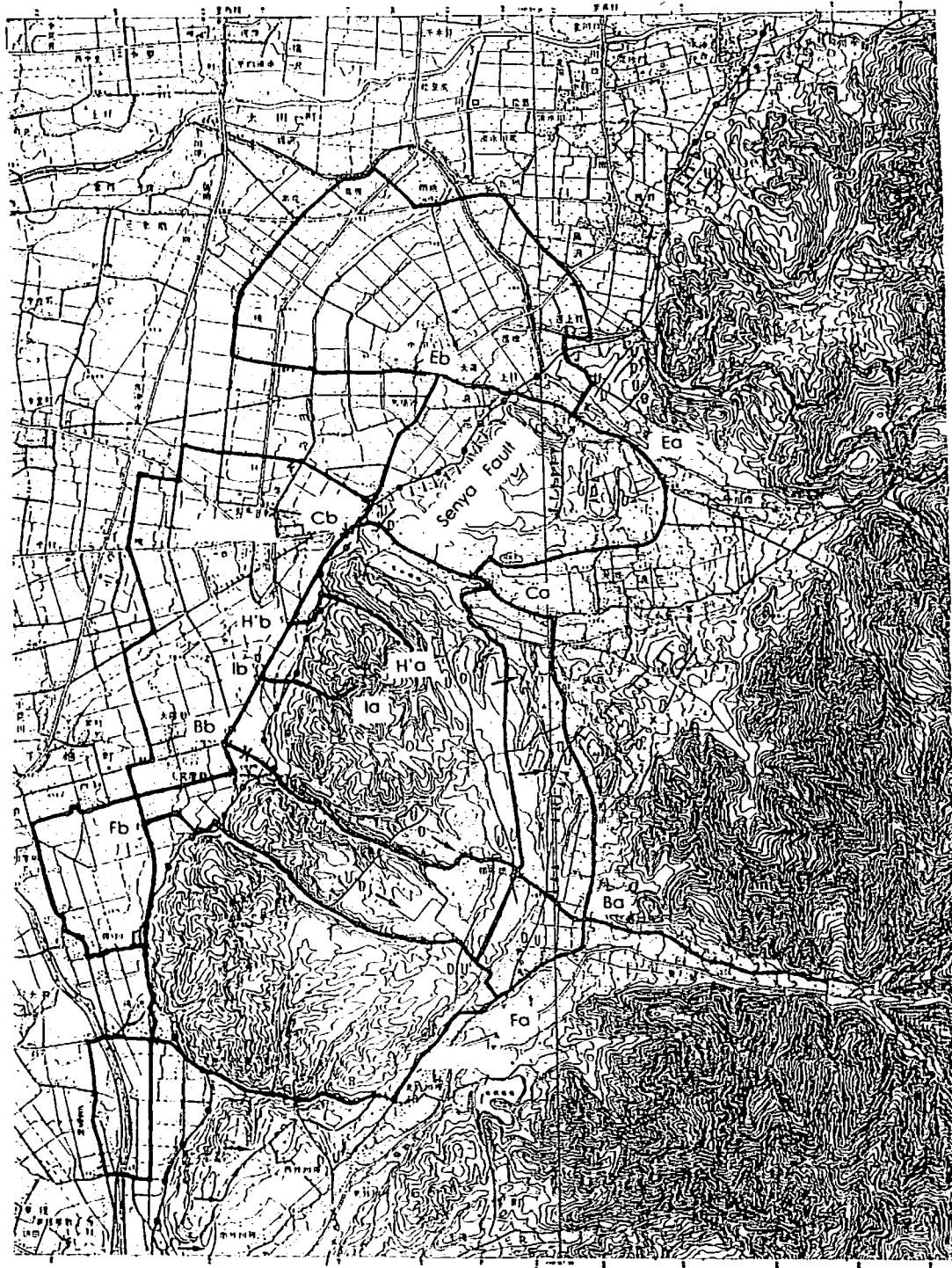


図1. 千屋断層周辺における自然電位測定のための測線分布

## 2. 測定の概要

秋田県仙北郡千畑町の千屋断層を中心に、延べ 60km にわたり自然電位の測定を実施した。測線の位置を図1に示す。

測定は、電極間隔 100m の尺とり法で測定をおこなった。また、測定の再現性や断層近傍の詳細な分布を知るために、断層を横切る4測線では電極間隔 25m の往復測定をおこなった。なお、電位の計測にはデジタルマルチメータと自作の銅-硫酸銅電極を使用した。

### 3. 測定結果

測定の結果、次の2つのことが確認された：1) 断層線より東側2kmの範囲の断層上盤側(千屋丘陵側)に10~30mV程度の正の自然電位異常が観測された、2) この正の異常は断層線に沿って一様に分布しているわけではなく断層の両端付近を中心にして2つの地域に分布しているように見える。

まず、断層を横切るあるいは断層近傍での電位分布を図2に示す。各々の測線の電位分布は、測定の起点を基準として示している。調査地域の北側に位置する測線Eから南側の測線Fまでをみると共通して断層の東側-断層上盤側-で電位が10~30mV程度高くなっていることがわかる。また測線B、Fでは、断層線から東側約1から2kmあたりで急に電位が下がっていることが目立つ。この傾向は北の測線Eにおいても見られる。正の電位異常が断層線から1から2kmの範囲に限られていることがわかる。図3に、測線Cと測線Bの間に位置する測線H'と測線Iの電位分布を示す。両測線とも電極間隔は25mで測定をおこなった。測線H'ではやはり電位が断層線から東に向かって大きくなっている。その南側に位置する測線Iでは、電位の大きくなる個所があるが傾向としては確認できない。

次に、図4に各測線のデータを元に作成したコンター図を示す。この図では、調査地域のほぼ中央に位置する一丈木を基準点として補正をおこなっている。この図は、断層上盤側に分布する正の自然電位異常が断層線に沿って一様に分布しているのではなく、調査地域の両端を中心として2つの地域に分布していることを示している。ただし、この図は補正の

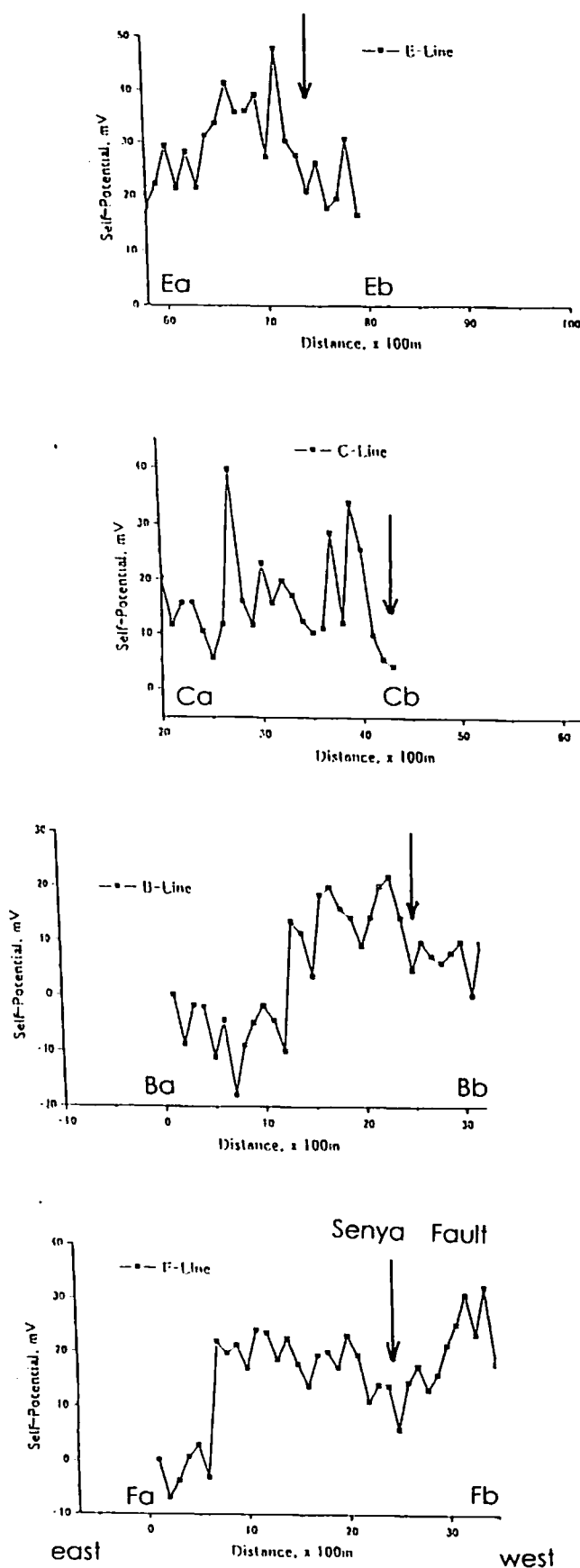


図2. 千屋断層を横切る自然電位分布

不十分な個所があるので暫定的なものである。

今回得られた正の自然電位異常は 10 から 30mV とかなり小さなもので、測定精度や再現性などをチェックする必要がある。まず、実際に使用した 2 本の銅-硫酸銅電極間にはオフセット値が存在するが、これが測定中安定している必要がある。実際に使用した電極のオフセット値は、最大で 9 mV 程度あるものもあった。しかし、測定前と測定後の変化量の最大は 3 mV 近いものがあったが、変化量の平均は -1.1 mV (標準偏差 1.5 mV) で比較的安定していた。オフセット値の大きなものは変化量も大きい傾向があった。次に、測定値の再現性についてはいくつかの測線で 25m 間隔の往復測定をしてその再現性が高いことが確認されている。その結果を図 5 に示す。この図 5 には実際の測定値 (距離 25m での電位差) を示しているが、往復で電極を置く位置を同じにした場合にはきわめてよく一致している。電極の位置を変えた場合には、数値としてはことなっているが傾向は似ている。また、測定時の電位の読み取り値はきわめて安定していたので、短周期の人工的なノイズや誘導電流による変動分は極めて小さくほとんど影響をしていないと考えられる。

また、測定時の電極間距離を広域の測定では 100m としたが、空間的なエリアシングの影響については、同一測線上で電極間隔 100m と 25m とで測定をおこなった結果を比較することで判断できる。その一例を図 6 に示す。電極間距離の違いによる短波長の電位分布の差異はあるが、極めてよく一致している。電極間距離の違いによるエリアシングの影響は、大局的な電位分布には影響していないと考えられる。

いわゆる地形効果として知られている高度が下がれば電位が高くなるという現象は、調査地域内では調査地域の南東に位置する善知鳥から山側に向かう側線においてのみ観測されている (図 4)。断層近傍では、千屋丘陵と平野部との高度差が 100m 近くあるが善知鳥のような顕著な地形効果は見出せない。断層近傍の電位分布が単純な地形効果ではないことがわかる。

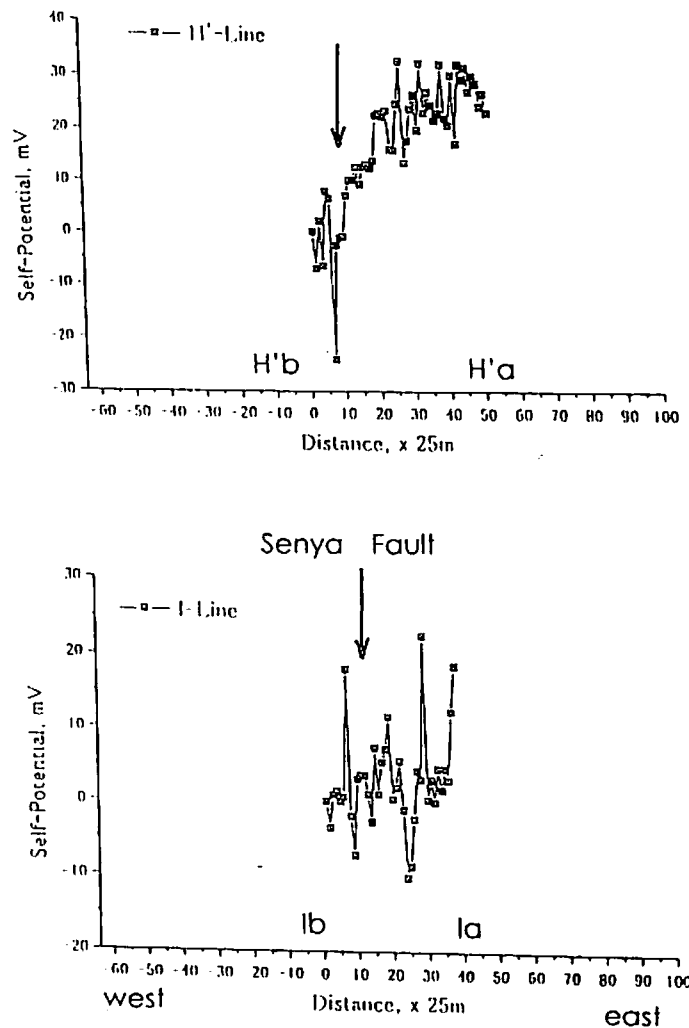


図 3. 千屋断層を横切る自然電位分布

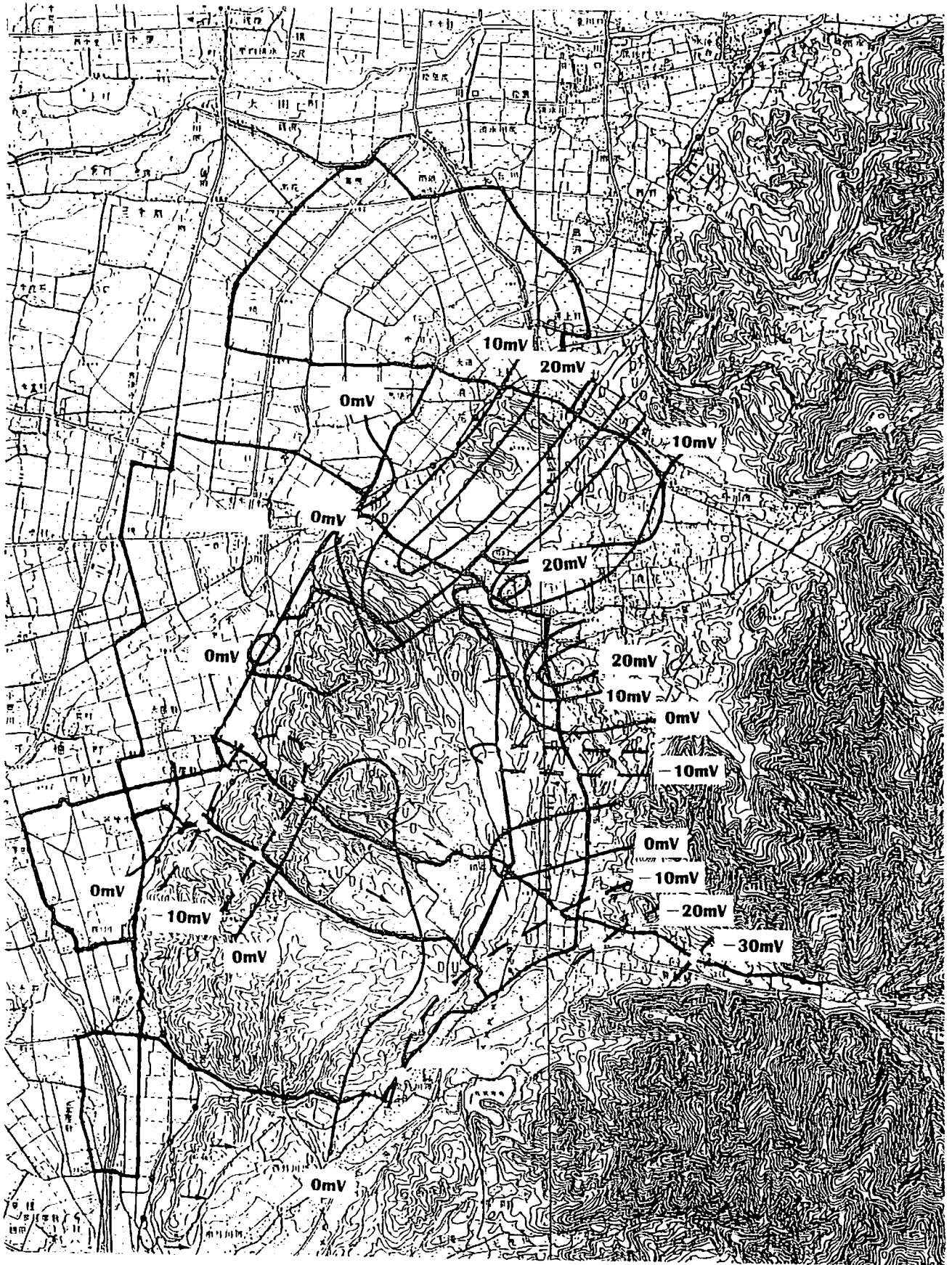


図4. 千屋断層周辺の自然電位の等値線図 (10mV 間隔)

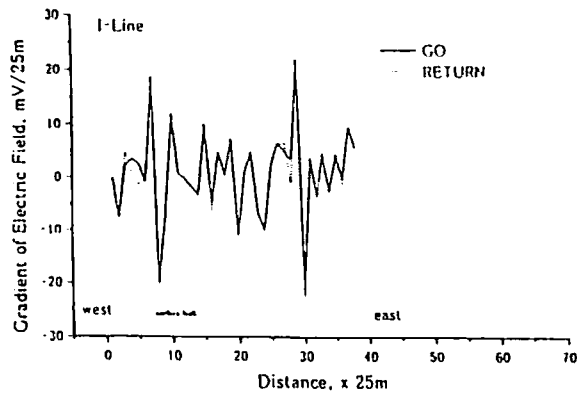
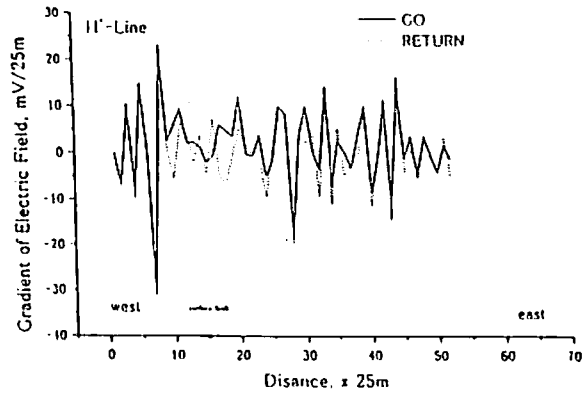


図5. 往復測定による電位勾配の測定値比較

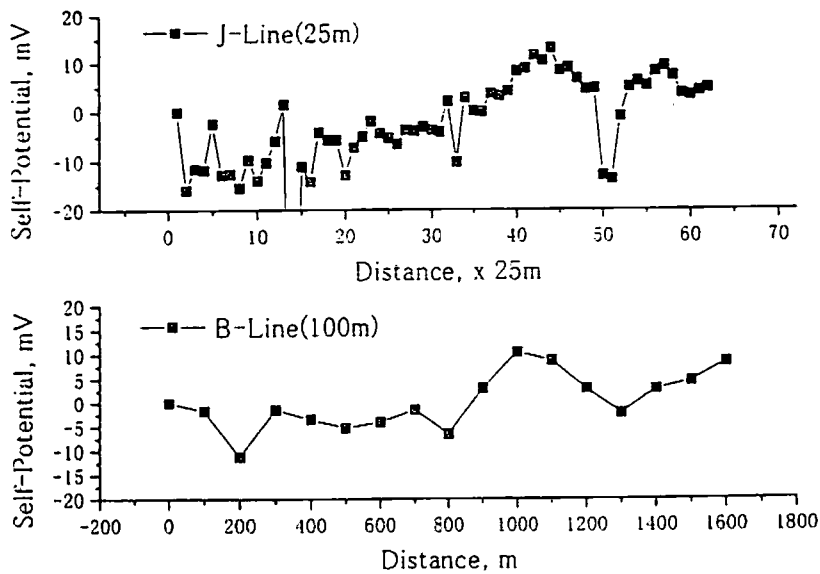


図6. 電極間隔 100m と 25m による電位分布の比較  
測線 J は測線 B 上を電極間隔 25m で測定した結果

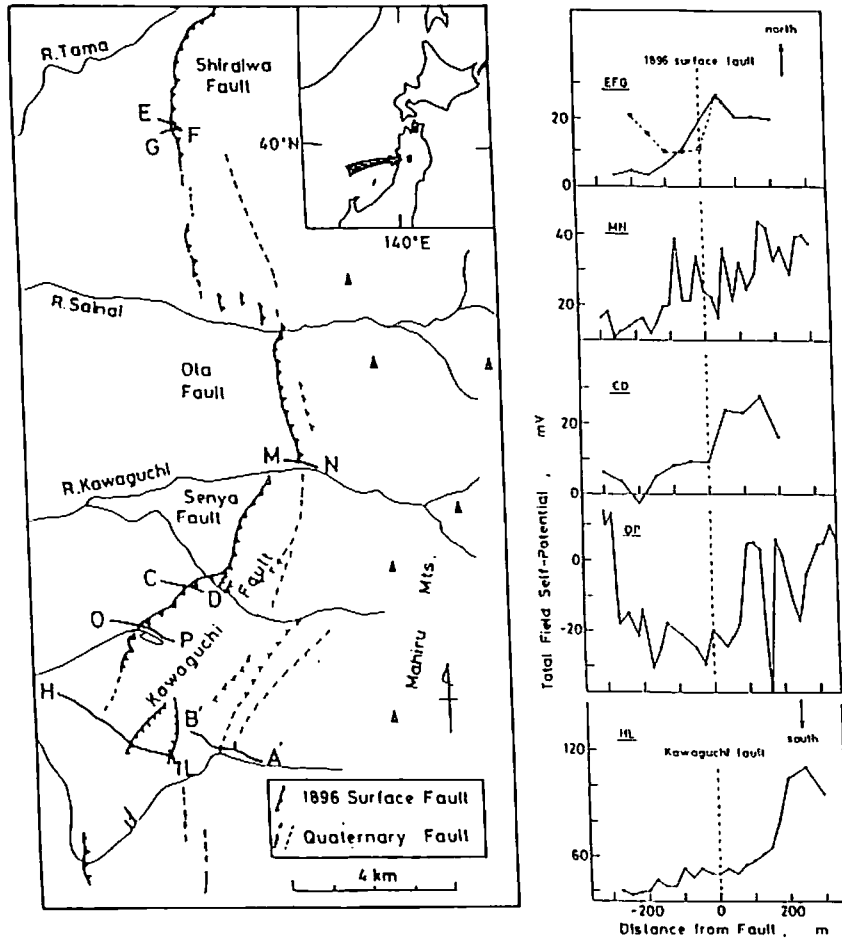


図7. 1980年の千屋断層自然電位測定結果[Murakami et al. (1984)]

#### 4. 考察

1980年の電磁気共同観測においても今回の調査対象である千屋断層を含む1896年陸羽地震断層（千屋断層・太田断層・白岩断層）で断層を横切る6測線で自然電位の測定がおこなわれた<sup>1)</sup>。その結果、断層の上盤側で20~30mV程度の正の自然電位異常があることが報告されている。図7にその結果を示す。今回の測定でも、同様の傾向が確認され同一測線ではほぼ同様な結果を得た。このことから今回ならびに前回の測定で得られた自然電位の異常は、一時的なものではなく断層に伴う定常的な異常と考えられる。少なくとも、この20年間に顕著な変化があったとは判断できない。千屋断層については今回の詳細な測定から比較的狭い範囲に分布していることが明らかになった。千屋断層におけるボーリング結果<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup>と比較すると浅部の極めて低角な断層面を自然電位のソースと考えると分布の特徴などが説明できそうである。具体的な検討が今後の課題として残っている。

測線Fについては、1980年の測線HLとほぼ同一測線であるが分布が大きく異なっているように見える。まず、今回の測定で見られる平野部の大きな正の分布については測線位置が異なること、さらに人工的な建造物の影響と考えられるので時間的な変化とは考えにくい。さらに、図8に示す詳細な1980年測定の測線HLに見られる千屋丘陵側の電位分布と今回の測線Fの結果の違いは次のように考えられる。1980年の測定では実際には接続されていない2測線の結果を連続になるようにつなぎ合わせていること、また今回の測定結果からちょうどつなぎ合わせたあたり

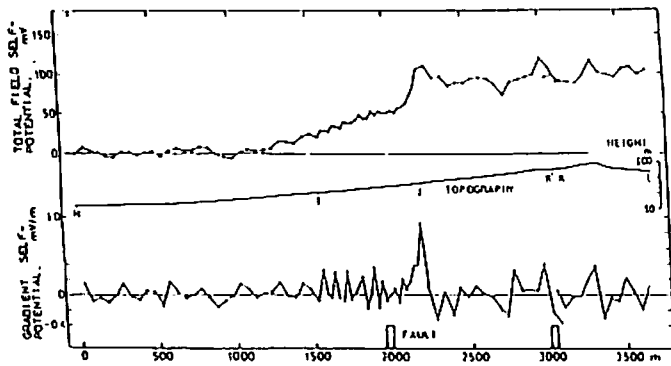


図 8. 1980 年の測定における測線 H L における自然電位分布. 今回の測線 F に対応する。測線 H L は実際には測線 H K と測線 K' L の二つの測定結果を連続するようにつなぎ合わせている。  
[Murakami et al. (1984)]

で急激に変化していることなどから、1980 年の時も今回のような分布をしていたとするのが妥当と考えられる。

また、自然電位の正の異常が一様に分布するのではなく断層の端の部分を中心としていること、前回の太田断層や白岩断層における測定も比較的断層の端に近い部分でおこなわれたことなどは、自然電位の異常の原因や断層の状態を考える上で重要であると考えられるが今後の課題である。

## 5. まとめ

今回の詳細な千屋断層周辺の自然電位分布の測定ならびに 1980 年におこなった測定の結果との比較から次の 3 点が明らかになった：1) 千屋断層の断層線より東側 2 km までの範囲の断層上盤側（千屋丘陵側）に 10~30mV 程度の正の自然電位異常があることが再確認された、2) この正の異常は断層線に沿って一様に分布しているわけではなく断層の両端付近を中心にして 2 つの地域に分布していることが新しくわかった、3) 観測された正の自然電位異常の大きさや分布はこの 20 年間に大きく変化したとは考えられない。

今後、未処理の平野部のデータについて処理をおこないより広範での自然電位分布の把握をする必要がある。また、自然電位分布は比抵抗分布にも依存するので、断層近傍の詳細な比抵抗構造の解明が望まれる。

## 文献

- 1) 乗富一雄, 文部省科学研究費 自然災害特別研究研究成果 No. A-56-2「地球電磁気学的手法による断層活動度の研究」, 1981.
- 2) Murakami, H., H. Mizutani, and S. Nabetani, Self-potential anomalies associated with an active fault, *J. Geomag. Geoelectr.*, 36, 351-376, 1984.
- 3) 今泉俊文・宮内崇裕・吉岡敏和・鈴木毅彦・松田時彦・鈴木康弘・早川唯弘・桜井一賀・柏木修一・東郷正美・山口伸弥・深沢 浩・大杉芳明・熊沢秀晃, 1985 年千屋断層（花岡地区）トレンチ調査, 活断層研究, 6, 81-86, 1989.
- 4) 今泉俊文・宮内崇裕・鈴木毅彦・山縣耕太郎・平野信一・吉岡敏和・松田時彦, 1988 年千屋断層（一条木地区）トレンチ調査, 活断層研究, 6, 87-92, 1989.