

# 野島断層近傍のVLF-MT精査

山口 覚 (神戸大学理学部), 井口博夫 (神戸大学内海域機能教育センター),  
藤田清士・宇野康司・横山昌彦・小林慶昭 (神戸大学自然科学),  
楨野 豊・森 三貴 (神戸大学理学部)

## VLF-MT Survey around the Nojima Fault

Satoru YAMAGUCHI Hiroo INOKUCHI, Kiyoshi FUJI-TA, Koji UNO  
Masahiko YOKOYAMA, Yoshiaki KOBAYASHI, Yutaka MAKINO, Miki MORI  
(Kobe University)

### 1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫南部地震(M 7.2)によって, 淡路島北西部に顕著な地震断層(野島断層)が出現した。野島断層は断層崖, 断層露頭の存在から活断層として認識されてきた(活断層研究会, 1991)。総延長は, 北東端の江崎から南西方向に約15kmにわたる。山地高度から, 東側が約300m隆起していると考えられている。今回の地震に伴い, 従来記載されている野島断層にほぼ沿って, 江崎より富島までの約9kmが地震断層として出現した。断層の出現様式は, 大別すると, 明瞭なずれを伴う地震断層が観察できる場所, 一本あるいは複数のずれあるいは割れ目によって断層を確認できる場所, 及び, 地表では断層のずれ, 割れ目を確認できない場所(場合によっては数100mにわたる)の3つのタイプに分類できる。このような出現様式の差異は, 地下浅部の地質構造の差あるいは, 地表付近の土質の差に起因すると考えられる。

本研究はVLF-MT探査によって, 断層の両側100m付近までの微細な地下比抵抗構造を明らかにすることを目的としている。さらに, 比抵抗構造と地質構造の関連について言及する。

### 2. 観 測

宮崎県霧島局より射出される対潜水艦通信用電波(22.2KHz)を用いた1成分のVLF-MT探査を行った。測定器はTierra Tecnica製VL101を使用した。観測地点は3カ所で, 野島断層北端に近い平林地区で1測線, 南端に近い折ヶ谷地区で1測線の測定を行った。さらに, 南端に近い小倉地区では面的な測定も実施した(第1図)。

平林地区では, 最大変位が観測された場所に隣接する採石場内で測定を行った。ここでは明瞭な断層面が観測されている。測線沿いの表層堆積物は薄く, 山側には花崗岩が, 海側には第三紀の堆積物が分布している様子がよくわかる。今回の地震によって大きくずれた工事用道路に沿うように測線を設けた。測線の方向はほぼE-Wである。断層の走向はほぼN40°Eであり, この付近の電波の到来方向はだいたいS65°Wであるので, 測定モードはE-polarizationに近いモードである。測線の長さは, 断層

より山側へ60m、海側へ100mの計160mである。断層近傍では1~2m毎に、離れたところでは5m毎に測定を行った。

折ヶ谷地区では、田が広がっており、その下の地質は必ずしも明確ではないが、大阪層群の分布域で測定を行った。ここは野島断層が大きく二つに枝分かれするところにあたっている。この付近は、谷地形をなしており、山から平地への出口にあたっている。ここでは、主たる断層に加えて断層と地割れがそれぞれ一本ずつ認められた。山側65m付近に、約30cmの上下方向の変位伴う断層がある。海側70m付近の畑の中にも地割れが認められる。これら3者はほぼ平行しており、測線は、断層と直交する様に設けた。この地区での断層の走向方向はほぼ $N40^{\circ} E$ であり、この付近の電波の到来方向は $S65^{\circ} W$ であるので、ここでも測定モードはE-polarizationに近いモードである。測線の長さは、断層より山側へ60m、海側へ50mの計110mである。断層近傍では1~2m毎に、離れたところでは5m毎に測定を行った。

小倉地区は北淡町富島近くの造成地内で測定を行った。ここは最近造成した場所であり、大阪層群が地表に露出している。測定した範囲は、断層と平行な方向に140m、直交する方向には100mである。それぞれ、10m毎、5m毎に測定を行った(第2図)。一部、資材置き場になっていたり、建築物があるために測定が行えなかった所もあるので、総測定点数は約240点である。

### 3. 結果

測定結果は、3カ所それぞれに異なった特徴を示す。詳細は以下の通りである。

平林地区の測定結果を第3図に示す。断層から山側に向かって、見かけ比抵抗値は $20\Omega m$ から $100\sim 200\Omega m$ に増加する。また、位相差は断層近傍では $60^{\circ}$ 程度であるが、離れるに従って小さくなり、断層から60m離れたあたりでは約 $40^{\circ}$ になる。一方、断層より海側40m付近までは、見かけ比抵抗が $5\Omega m$ 程度と極端に低い値を示す。この領域の位相差は $40\sim 50^{\circ}$ である。この領域より遠くになるに従って、見かけ比抵抗値、位相差とも大きくなる。

折ヶ谷地区の結果を第4図に示す。断層付近(山側20m~海側20m)では、見かけ比抵抗値が $100\sim 200\Omega m$ と周囲と比べてやや大きな値を示している。また、位相差は、 $45^{\circ}$ 付近の値を示している。断層から離れた領域では、見かけ比抵抗値が $100\Omega m$ 程度とやや小さくなり、位相差も $50^{\circ}$ 程度になる。

小倉地区の測定結果を第5図(a), (b)に示す。特徴として次の2点が挙げられる。まず、観測領域全般的に約 $50\Omega m$ 以下の低い値を示すことである。次に、 $x=100m$ 付近を境として南北で比抵抗分布が異なることである。北側では、断層より西側で約 $15\Omega m$ とほぼ一定の値を示す。断層とその東20mの間から山側に向かって比抵抗値が増え始める。南側では、断層より20m以西で $20\sim 40\Omega m$ の値をとる。比抵抗値は断層の西20m付近から東に向かって減り始める。特に、 $x=30\sim 60m$ の測線では、断層で階段状に急減する。 $10\Omega m$ 以下の特に抵抗の低い領域が断層の東に帯状に存在している。

#### 4. 考 察

淡路島北部の地質の概要を述べる。この地域には花崗岩が広く分布し、海岸近くの平野部・中央高地の平頂部では花崗岩を部分的に第三紀の比較的粗粒な海成堆積物（岩屋類層・神戸層群）が不整合で覆っている。また、部分的に第四紀の堆積物（大阪層群）が不整合に覆っている。淡路島北西岸では、野島断層に境されて山側で花崗岩、海側で第三紀あるいは第四紀の堆積物が分布する。

平林地区では、断層を挟んで山側が高比抵抗、海側が低比抵抗というコントラストが顕著である。この比抵抗コントラストは花崗岩と第三紀堆積物という地質構造の違いを反映している。断層のごく近くの見かけ比抵抗分布を見ると、断層の山側10m付近から断層に向かって見かけ比抵抗値が減少しており、断層の海側40m付近までの範囲は30~70  $\Omega$  mと特に、見かけ比抵抗値が小さくなっている。この付近の位相差がほぼ45°であることから、この低比抵抗層は、深さ20m付近までは続いていると予想される。この断層沿いの低比抵抗帯は、断層運動に伴って発達した破碎帯の中に、水が侵入したこと、およびいわゆる風化作用が進んだことによると考えている。

折ヶ谷地区では、測線全体にわたって、みかけ比抵抗値・位相差の変化がともに少ない。断層と思われるところにも明瞭な比抵抗値や位相差の違いが認められなかった。また、比抵抗値はおおむね100~200  $\Omega$  mとやや大きい値を示している。断層の両側20m付近までの範囲の位相差は、ほぼ45°であるので、表皮深度から考えて、深さ35~45mまでは、100~200  $\Omega$  mの様な構造であろう。この付近は、谷地形をなしており、山から平地への出口にあっている。このような地形的特徴および比抵抗分布の特徴から考えて、この付近の地下にはやや高比抵抗で比較的一様に混合された堆積物が分布していると予想される。比抵抗値を高くしているのは、堆積物に粗粒なものが多く含まれているためであろう。

小倉地区の測定点はすべて大阪層群が分布する範囲に入っている。南部では、断層の海側が相対的に高比抵抗、山側が低比抵抗というコントラストが明瞭である。これは、同じ大阪層群内であっても断層の海側には砂質層が広がっており、断層より山側には泥質層が広がっていること及び、一般に構成粒子の大きい砂質層の方が高抵抗になることから、この地区での見かけ比抵抗値の違いは大阪層群内の粒度の違いを反映していると考えられる。一方、北部では断層の海側は見かけ比抵抗値が15  $\Omega$  m程度とほぼ同じであることおよび位相差が45°付近であることから、表皮深度を考慮すると、表層から深さ10~15m付近までは、様な構造であるといえる。それに対して断層から山側では高比抵抗になっている。この違いも、大阪層群内の粒度の違いによると考えられるが、北部と南部がどのようにつながるかについては、検討を要する。

断層ごく近傍の比抵抗値の変化に注目する。小倉地区南部では、高比抵抗である断層の海側20m付近から断層に向かってみかけ比抵抗値が減少している。低比抵抗側である断層の山側20~30mまでは特に、みかけ比抵抗値が小さい。この変化は、不鮮明ではあるが、北部でも見られる。すなわち、断層の海側数m付近から見かけ比抵抗の減少する傾向があること、また、断層の山側40m付近から断層に向かって見かけ比抵抗が減少していることである。この低比抵抗ゾーンは断層運動によって発達した破碎帯に水が侵入したことおよび、いわゆる風化作用に起因していると考えられる。

同じ断層であっても断層近傍浅部の比抵抗構造は場所によって異なることがわかった。その違いは、主として表層地質の違いによって生じている。明瞭な変位が表れている場所では、断層を境として比抵抗値は、大きく変化している。一方、1つのはっきりとした地震断層として表れておらず、比較的狭い範囲に複数に分かれて出現する傾向がある所は、比抵抗値の変化が少ない所である。

断層のごく近傍の(両側40~50m程度)の見かけ比抵抗変化が、平林地区と小倉地区で共通していることは興味深い。この変化の様子は「高比抵抗側では断層に向かって見かけ比抵抗が減少し、低比抵抗側では顕著に抵抗が低い領域が広がっている。また、高比抵抗側で抵抗が減少している範囲は、低比抵抗側の顕著に抵抗が低い領域の幅よりも狭い。」と言い換えられるだろう。このような構造は、過去何度となく繰り返された、断層運動によって地質構造の異なるブロック(例えば、花崗岩と第三紀堆積層、大阪層群内の砂質層と泥質層)が接するようになると同時に、段層の近傍は、断層運動によって破碎が進むが、その破碎される範囲及び程度は、高比抵抗側で小さく、低比抵抗側で大きくなるといえよう。

一般に、活動的な断層に沿って、抵抗の低い帯があることは数多く報告されている(例えば、内田・佐藤,1982,小泉ら,1992)が、断層の位置と比抵抗分布の詳細な関係は必ずしも、明確ではなかった。本研究では、地震に伴う変位の位置が確実にわかっている地点で、比抵抗分布が詳細に測定できたことにより、断層の変位様式と比抵抗分布の間に関連が見られること、断層が低比抵抗帯の中心付近ではなく、端の方に位置することおよび断層破碎帯の広がり非対称性についても明らかになった。

#### 謝 辞

測定にもちいたVLF-MT計は、東京大学地震研究所よりお借りした。ここに期して感謝いたします。

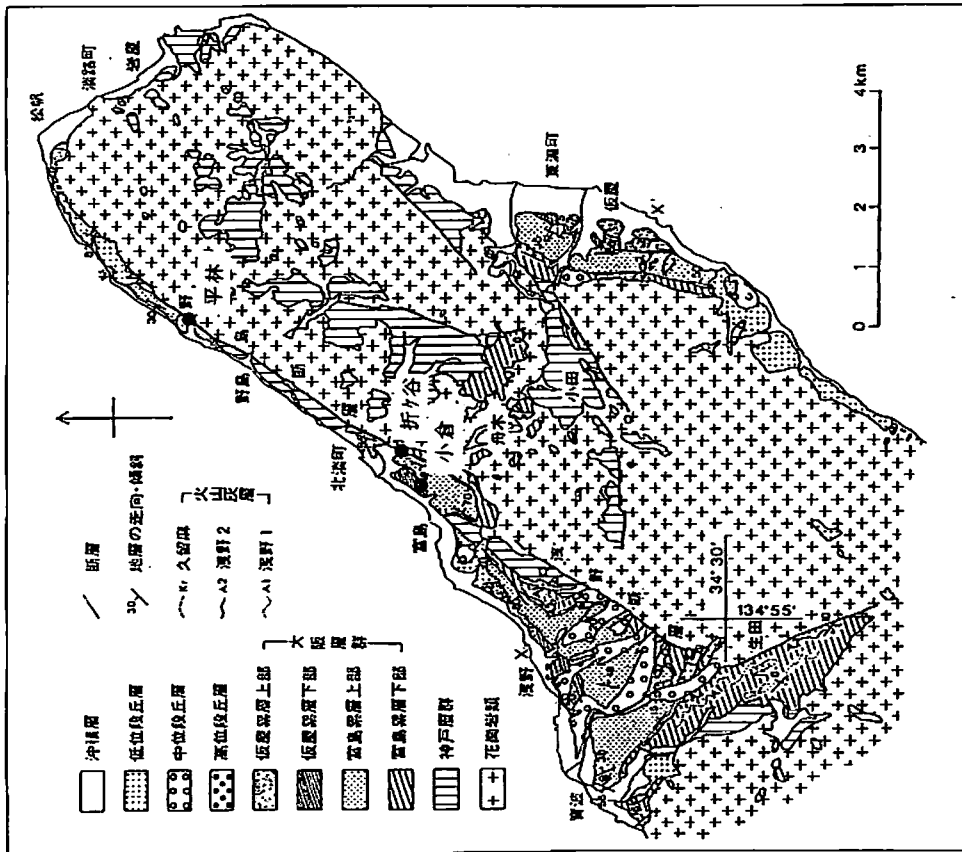
#### 参考文献

市原実編著,大阪層群,創元社,1993.

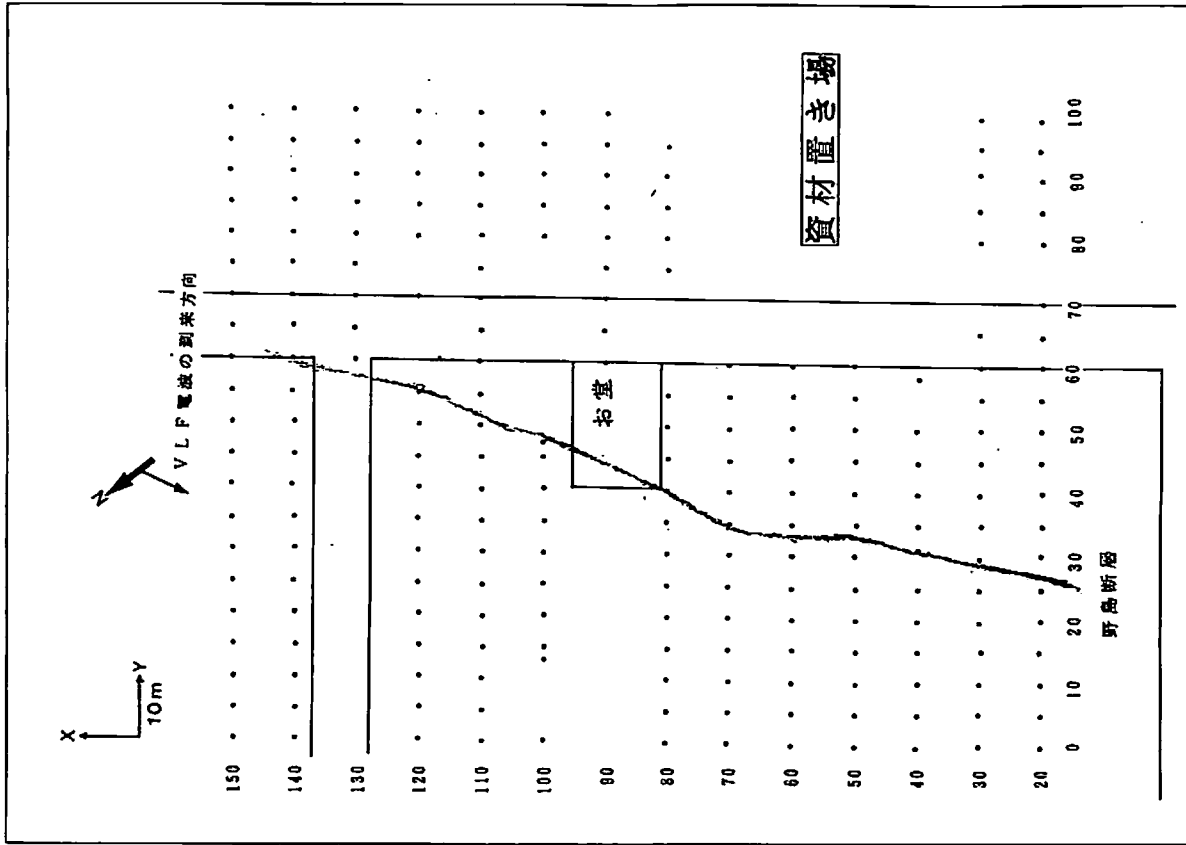
内田利弘・佐藤巧,活断層探査に活躍するVLF法,地質ニュース, p. 228-229, No. 337, 1982.

活断層研究会編,「新編」日本の活断層,東京大学出版会,1991.

地殻比抵抗研究グループVLF探査班・小泉尚嗣,花折断層を横切る一測線におけるVLF探査と $\gamma$ 線探査,地磁気観測所技術報告第32巻特別号, p. 94-99, 1992

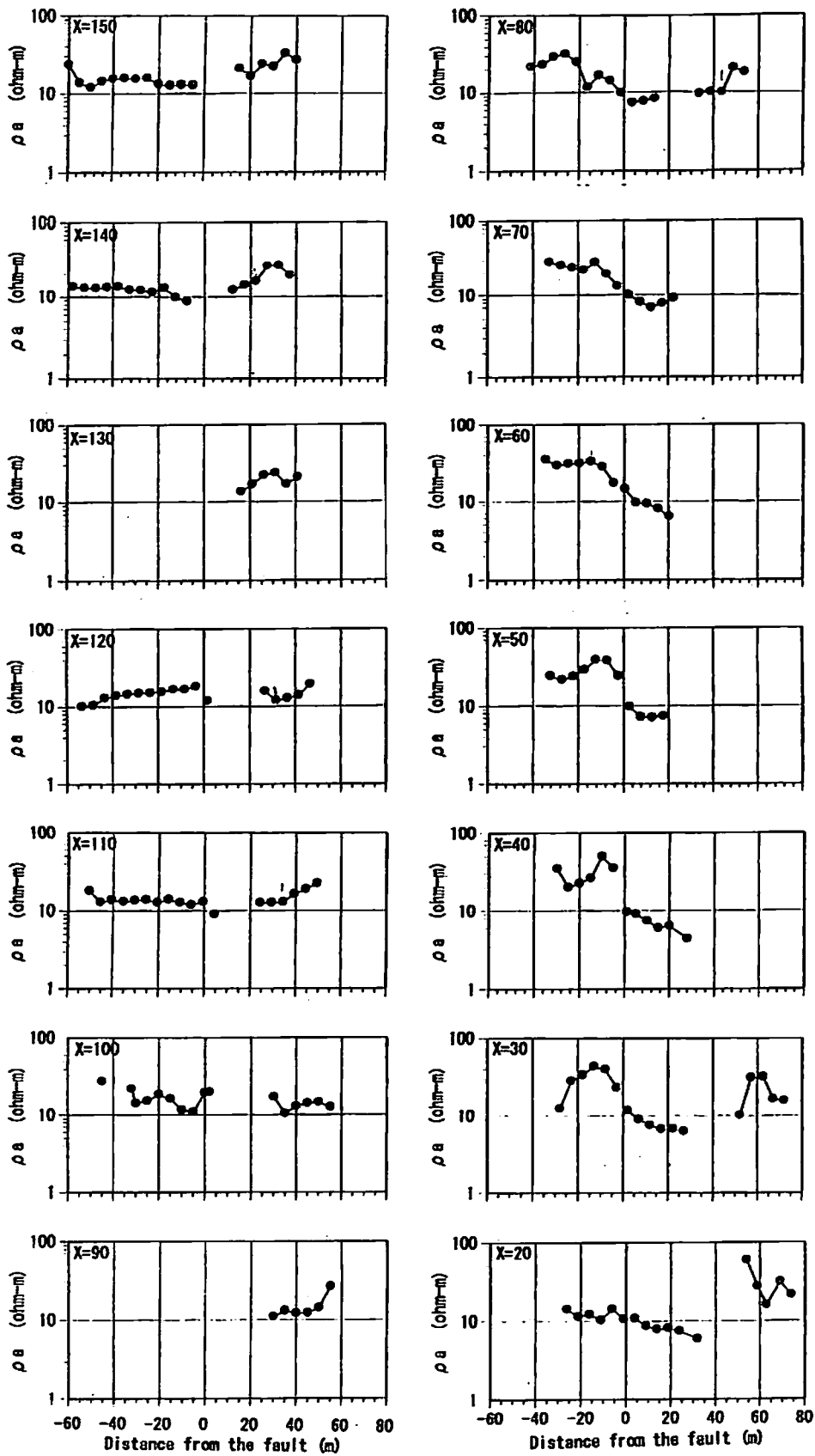


第1図 淡路島北部地域の地質図及び観測場所  
市原 (1993) に加筆

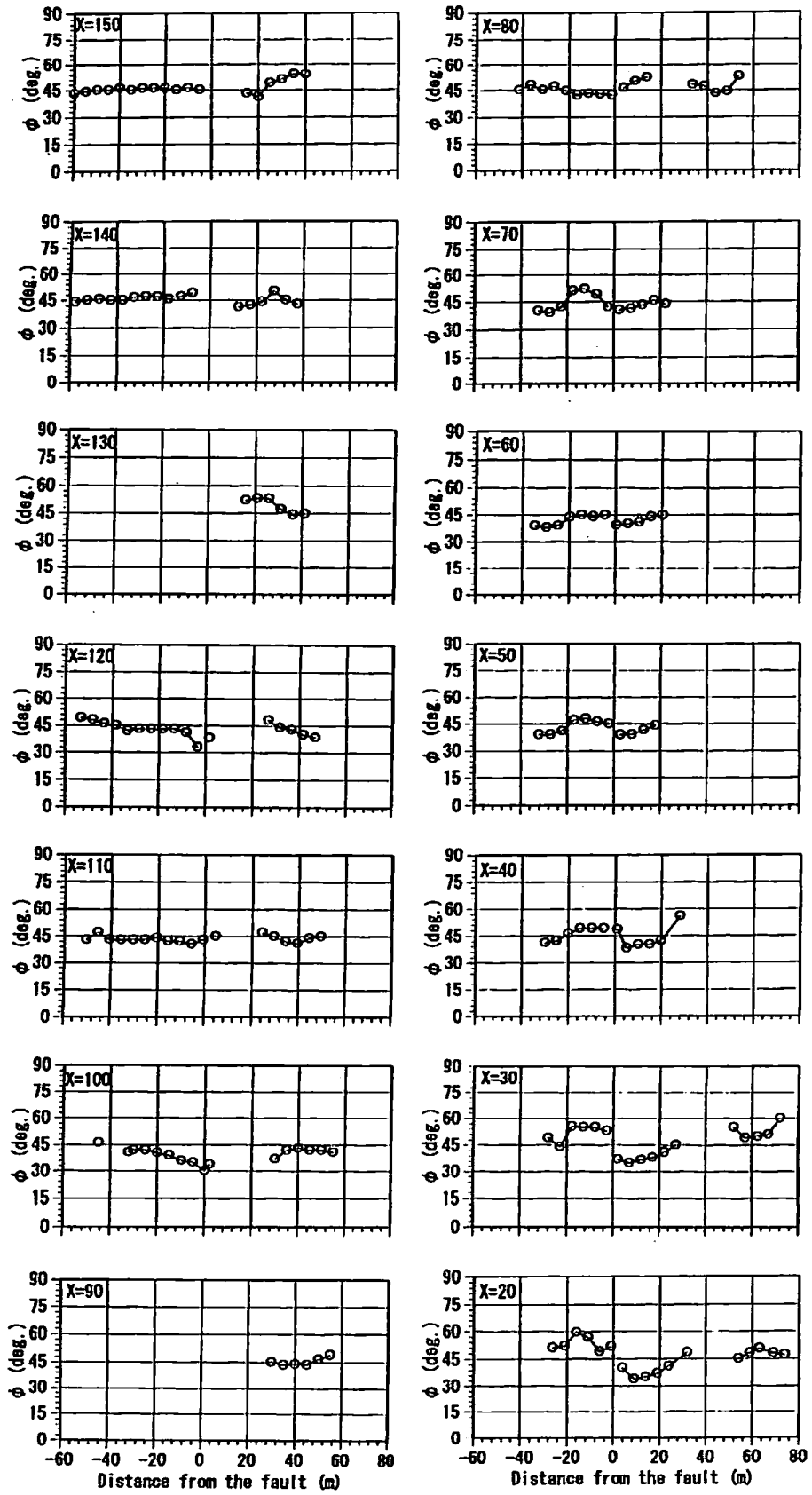


第2図 小倉地区における測定点布図





第5図(a) 小倉地区における見かけ比抵抗プロファイル  
 断層とほぼ直交する方向の見かけ比抵抗変化を示す。横軸の0 mは、野島断層の位置を示す。



第5図(b)小倉地区における位相差プロフィール  
 断層とほぼ直交する方向の位相差の変化を示す。横軸の0mは、野島断層の位置を示す。