

2 岩木山地震群発地区における 人工電流の異常分布

弘前大学理学部	鍋谷 祐夫
秋田大学鉱山学部	乗富 一雄
地質調査所	高木 慎一郎
	中塚 正
	駒井 二郎

INTRODUCTION

方法論的には Dipole Method におけるいくつかの定型は「可能な限り電場の均質な領域を選んでその最大電位傾斜方向に測定を実施する事によって直接的な値を求め、得た値を直ちに Chart にマッチさせて構造を求める」という事であって、S/Nの大きい測定ができ計算の手間も省けて、しかも電流源と電位測定点を含む鉛直面内、すなわち二次元の比抵抗分布として構造が把握できるという利点を有する。しかしながら一般的な工程においては広い地域の探査を行うためには、多数の測線を配列し、又電流源を頻繁に移動させなくてはならないし、しかもその様な計画や作業自体は地形によって妨げられる事甚だしく、この非能率が今日までこの探査法の実施面での進歩をはばんで来たと云っても過言ではなからう。しかし大電流による深部探査というものは性能の良い地震探査にも匹敵する精度と重力・磁力探査における物性探査、基盤構造探査の特性を兼ね備えた長所を有するものであって是非活用したいものであり、この方面の技術の進歩は物理探査法全般にとっても必要であろうと考える。

電位測定部は電源部よりも遙かに機動性に富む事は云うまでもない。したがって電源部の移動を最小限度に押え測定部の能動性を活かす事によって能率を高めるという事を考えるのであるが、測線や対向角を考慮するという事が地形上最も作業を困難にしているのであるからその様な一次元測定を計画せず、平面的に任意の地点で電位を測定する事にすればそれが達せられる。この場合、距離と対向角によって電場が激しく変化しているから、多少の制約と測定法の考慮が伴うが十分に質の高い測定を能率よく実施する事が出来るものである。

以上の様な稍ランダムな二次元測定によって得られるデータの解析は従来の形式で出来る部分と出来ない部分があるのは当然であるが、計算システムの発達した今日ではそれ程の問題は

なく、一次元測定方法 → Schlumberger 法の解析という流れを捨てて測定の労力を解析工程に振替えるのであるから今後この方面での研究が望まれるのである。

本調査の実施した岩木山麓は1972年から群発地震の発生している地区で、地震観測^{1)~5)}、重力測量⁶⁾、地磁気観測⁷⁾などが実施されてきたが、構造調査のデータの乏しい所であってこの意味で今回の深部電気探査の実施意義は大きい。別報の通り1974年度に続いて1975年度にも相向型のDipole法を実施したが、その際に前記の2次元的な配置による測定を試みたのであって、おそらく我国では始めての大規模な実験であろうと思う。

初回であったので実験計画が不完全であった事により測定に多少の誤差を見逃す事ができなかったし、解析の方法も今後考慮すべき点もあり、現時点においては完全に解析を終了してはいないのであるが、いくつかの興味深い結果を得、特に当初の目的である群発地震に関する研究の資料も得られたので大局的に成功したと考える。又、同年11月における兵庫県山崎断層地域においてもこの方法を試みたが、今回の測定実施によって得られた経験を基にする事ができたのである。

PROSPECTING METHOD

第1図において測定点 $\#025$ から $\#018$ の南西 — 北東測線はA-B Dipoleによる相向型測定のために設けられたもので、別報の如き測定が実施された。当2次元測定の実施に当りこのdipoleを利用した他に、ほぼそれに直角A'-B' Dipoleも設け、各測定毎に交互に切換えて信号電流を送出する事にした。この目的は(1)異方性の探査、(2)情報の倍加、であって、測定点作業を要せずして情報を倍増させる事ができ、電位電極配置は電場ベクトルの測定であっても1対で済むであろうし、それが2対(2方向配置)であれば情報は4倍増となるから精度が向上し、異方性の検出にも有利であろうと考えられたからである。今回は実験上の目的もあって同図の様に相向型測定点以外に39個の測定点を平面上に配置し、各測定点では2対の電位電極により各2種ずつ計4種の電場を測定した。

電流電源は1kWの大出力であるが、この地区は全般に低抵抗地帯であるので、信号レベル $\mu\text{V}/\text{m}$ として半径5~6kmが限度であり図の様な配置となった他、南東部は岩木山腹に入り地形上測定は不可能であり、又、東部から北部にかけては津軽平野部で人為雑音も増加するため信号検出を困難にするので遠隔点測定はできなかった。一方、南東部黄金山北部は径4~5kmに亘って群発地震発生域であるので一応その領域を測定範囲に含める事ができたが、後述の様にこの地区は特に比抵抗が小さく、より遠隔点に測定点を配置しなかったのであるが、決して不可能ではなかったと考えられる。

先述の前提の通り測定能率を上げるために、測定は2班編成とし、完全な道路上を移動する事とし、図に示される様に大部分は道路の交差点を選んで道沿いに電極を迅速に配置する事とした。これによって3.5日で測定を終了した。同時に約半数の点で自然電位のベクトル測定も実施したので作業範囲は極めて広域に展開し得たものとする。

なお、A-B及びA'-B'間隔は約2km、測定点における電位電極間隔は100~600mで平均300mとした。電流周期は約10秒で10~13Ap-pの信号を送出した。

OBSERVATIONAL RESULTS

各測定点におけるデータから電場を求めたが、その方向のみをA-B, A'-B'電源についてそれぞれ第2図, 第3図に示す。併記した点線方向は均質媒質におけるDipole Field (但しA-B又はA'-B'間隔を小さいとした近似値)であって、同様に等電位線も目安として記入してある。このEquipotential Circleは

$$\frac{\text{Dipole Center} \sim \text{A距離}}{\text{Dipole Center} \sim \text{B距離}} = e^n$$

なるnを選んで画いたが、実質的には電位(U)に比例し、今、厚さt, 比抵抗ρの一層問題とすれば

$$n = 2\pi tU / \rho I$$

の様に表わされる。ここでIはDipole Currentである。

実測、計算の両値が合わないのは近似度によるよりは遙かに媒質の不均質によって生ずるので、その喰違いの大きさが地下構造を反映している事は云うまでもない。

電場の測定値からApparent Resistivityを計算して、A-B Dipoleについては第5図に、A'-B' Dipoleについては第6図にその分布を示した。同時にDES測定による南西—北東測線の13点も附加した。比抵抗分布はほとんど1~10ohm-mであってこの地区の低比抵抗層の卓越性を暗示するが、所々に極めて大きな抵抗値が現われているのは測定展開に起因する誤差(1成分が電場に直交した時や電位電極スパンが大きすぎた時など)もさりながら媒質の異常によるものであらうと考えられるに至った。各測定点の比抵抗は中心電源からの方向によって大きく違ってくるのは興味深く、今測定中心点PのDipole A-Bからの等価的距離を

$$R = \frac{2 R_{AP} R_{BP}}{R_{AP} + R_{BP}}$$

として8方向の比抵抗を第4図に示すと、DES測線はほぼ中程度の分布を示すが、他は2、3種の傾向の違いがあるのに気がつく。

この様に複雑な比抵抗構造を従来の方法によって探査するには相当の労力を費すであろうが、以上の様に簡便な展開によってその概略を迅速に知る事ができるのはこの方法の大きな利点であろう。

INTERPRETATION

測定点 $\#25$ から北東に $\#18$ までのDES測線下における解析(別報)を念頭において第5、6、7図の比抵抗分布を考察する事にするが、DES測定結果は地下深度約1.5kmに1.3ohm-mという低比抵抗層が存在する事を示している。この鯨ヶ沢群(中新世末期赤石層、大童子層)は秋田油田標準層序で船川層、女川層に相当するから岩相は凝灰岩及黒色泥岩層を中心として津軽地域でも厚く発達しており当該調査地附近で500m以上の層厚を有すると考えられる。⁸⁾

岩相は緻密であり所々に火成岩活動があるがフラクチャーの発達と地層水のHigh Salinityから比抵抗が著しく小さい事は明かで上下に珪質岩の発達している高比抵抗層に挟まれているので、これの比抵抗の小ささが格段に測定結果を支配してくるのである。

津軽地域においては南部の脊陵地帯を除いて、この層序の欠除は全く考えられず裏日本共通に最大の厚さで発達しているのであって比抵抗の見掛けの大小変化はこの層群の厚さの変化とGreen-tuff基盤の深さの変化によるもので、大局的にはこの層のみによって地域の物性が決定されていると見做してよからう。

この層による比抵抗の低いゾーンは第5~7図の半径約3km前後の範囲の比抵抗の谷の部分に必ず現れている。A-B DipoleとA'-B' Dipoleの結果は異方性に起因すると思われる方向性の喰違いが生じているのでそれらのdipoleが直交するという条件から2つの結果のRMS値を求めた第7図について議論する事にすれば、

- (1) 北東—南西のDES測線下を基準構造とする。
- (2) 北部($\#115$)に向って低比抵抗層は薄く、基盤は急激に上昇している。
- (3) その東($\#117$)に稍小規模な谷を狭み
- (4) この地域北西部に向っては著しい基盤の上昇と低比抵抗層の薄化が見られ、いわゆる鯨ヶ沢背斜(高ブーグ重力異常が知られている)に連って行く。
- (5) 西方($\#218$)に小規模な谷と山($\#208$)が続いて
- (6) 岩木山体構造(南西部)に推定される基盤の沈下と低比抵抗物質の増加(例えば $\#25$

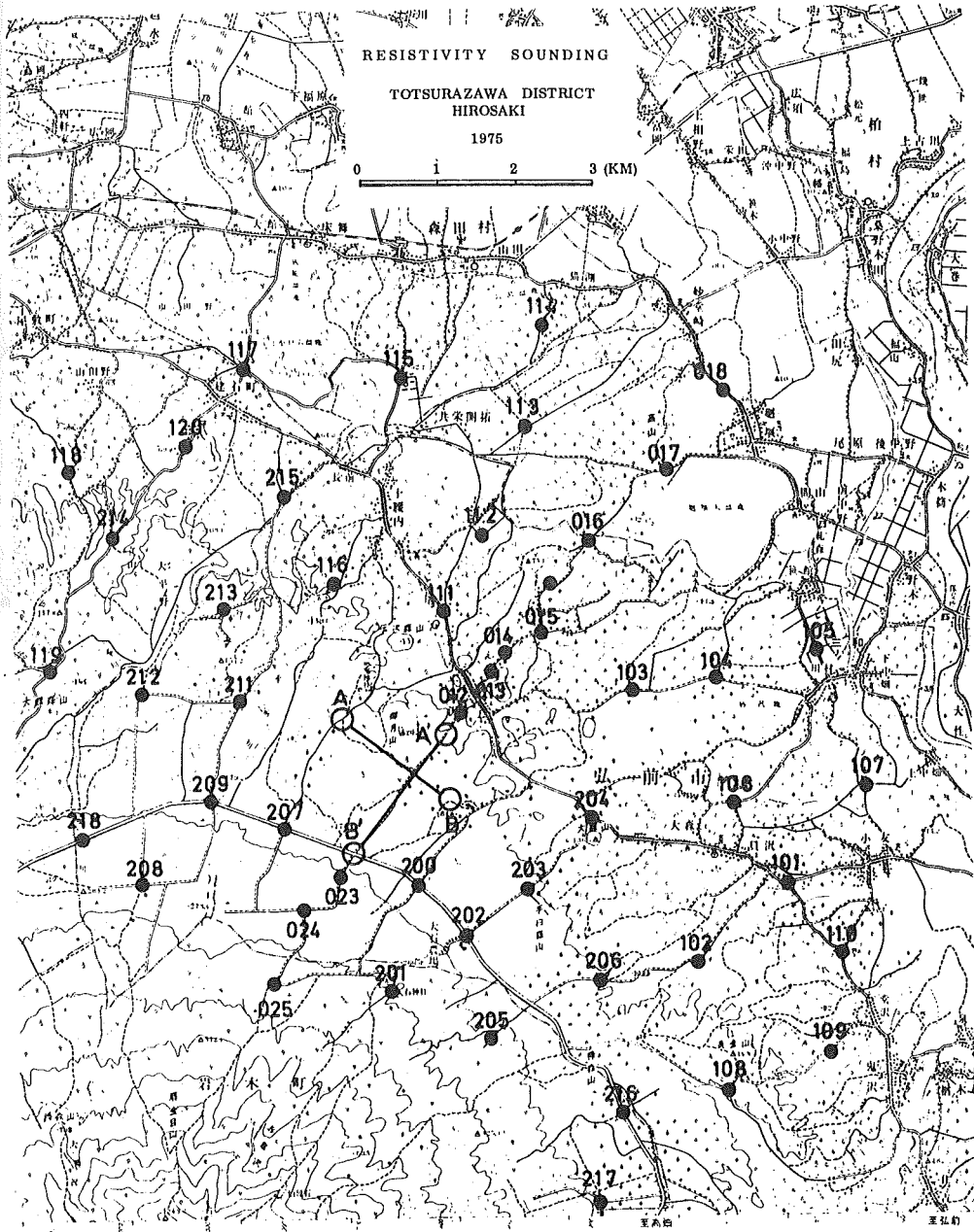
以速)が暗示されている。

- (7) 一方DES測線から時計廻りに東部(№105)に向っては低比抵抗層のindicationが非常に小さくなる。これは明かに基盤の上昇であろうが、この巾が余りに狭い(№103~105の線)事から構造の変動の存在があるかも知れない。
- (8) 南東部のかなり広い地帯には低比抵抗層の範囲が明確に現れているが、その中心はNos. 102, 206であって№106に向って一種の鞍部を構成している。この背陵は№110-101-204-210-201へと連なっているもので、しかもその値が異常に高い事に注目されるのであるが、これは岩木山体と平野部の境界(県道)になっている所で、№107も含めて、これは単なるUplift(五所川原背斜の延長と考える)だけでなく、その巾が狭い事から不連続線(構造線)であろう。
- (9) Nos. 102, 206を中心とする低比抵抗ゾーンはその値自体としてもかなり低いがその周縁部は基盤を示す高抵抗帯に囲まれている。このゾーンは岩木山地震の群発中心領域に完全に一致するもので岩木川へ向ってBasinの周縁部には構造線がいくつもあって一部は岩木山体下に連なり、力学的な歪関係を保っているであろう。

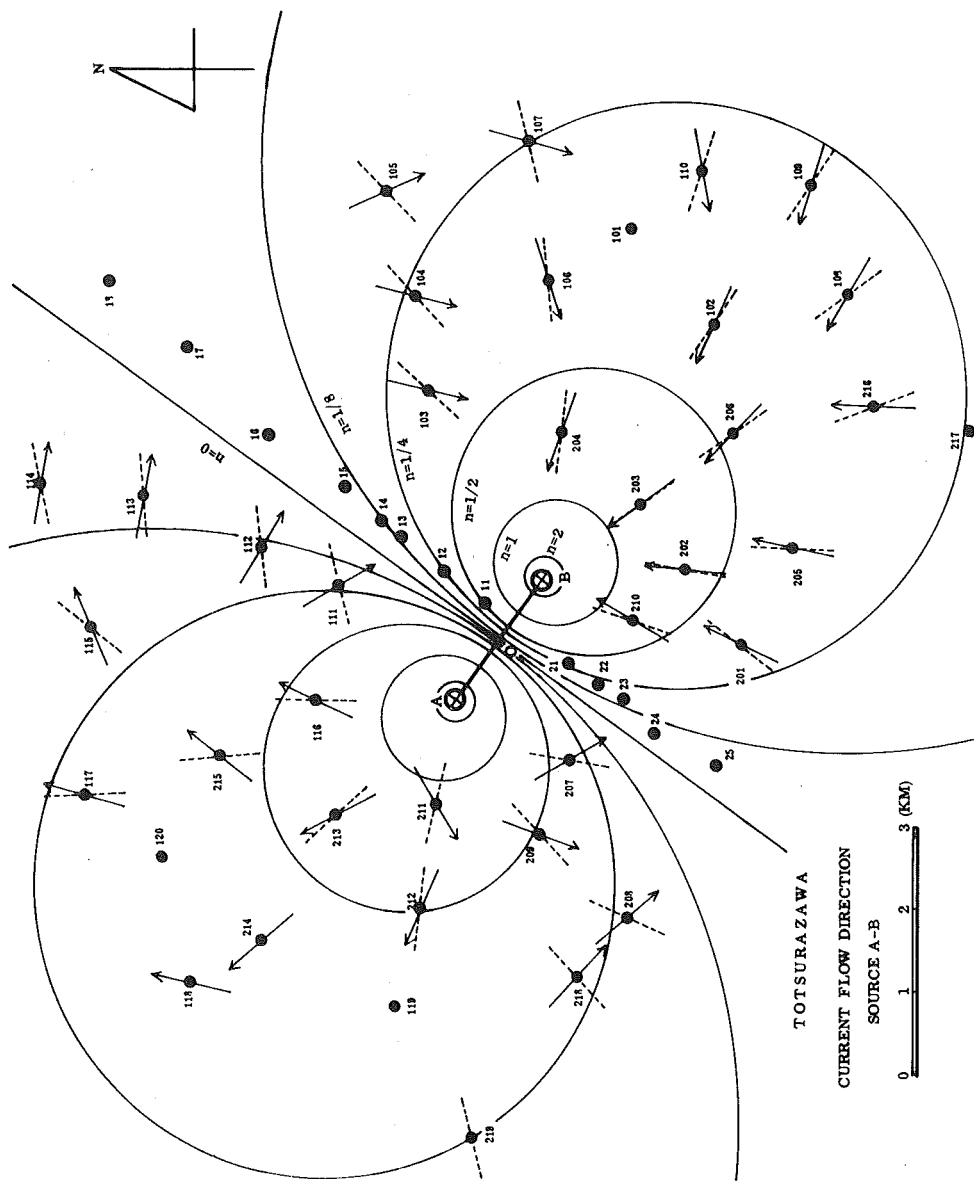
以上を概念的に画くと第8図の様な構造に表現し得よう。研究の目的の一つである群発地震との関係も模式的ではあるが妥当であろう。Nos. 102, 206を中心とする地区は1973, 74年の2年間に5回の重力測量が実施されているが、ここはDipole Centerに近い巖鬼山地震観測所(御月山)に比して $10 \mu\text{gal}$, №109に近い鬼沢に比して $23 \mu\text{gal}$ の負変化があった事、下部船川層におけるabnormal water pressureの役割などと併せて岩木山地震の物理的過程が理解されよう。

〔 文 献 〕

- (1) 鍋谷祐夫・田中和夫：岩木山地震観測結果報告（47年11月，12月），1973，青森県
- (2) " " : 同 上 （48年1月～3月），" "
- (3) " " : 同 上 （48年度），1974，"
- (4) " " : 同 上 （49年度），1975，"
- (5) " " : 同 上 （50年度），1976，"
- (6) 一戸時雄：岩木山重力測定報告（第3報，まとめ），1975，青森県
- (7) 鍋谷祐夫：地震活動領域における短周期異常誘導電磁場，Sci.Rep.Hirosaki Univ.,
（1973）。
- (8) 岩佐三郎：青森県津軽地方の含油第三系とその構造発達史について，石油技誌
（1962）。

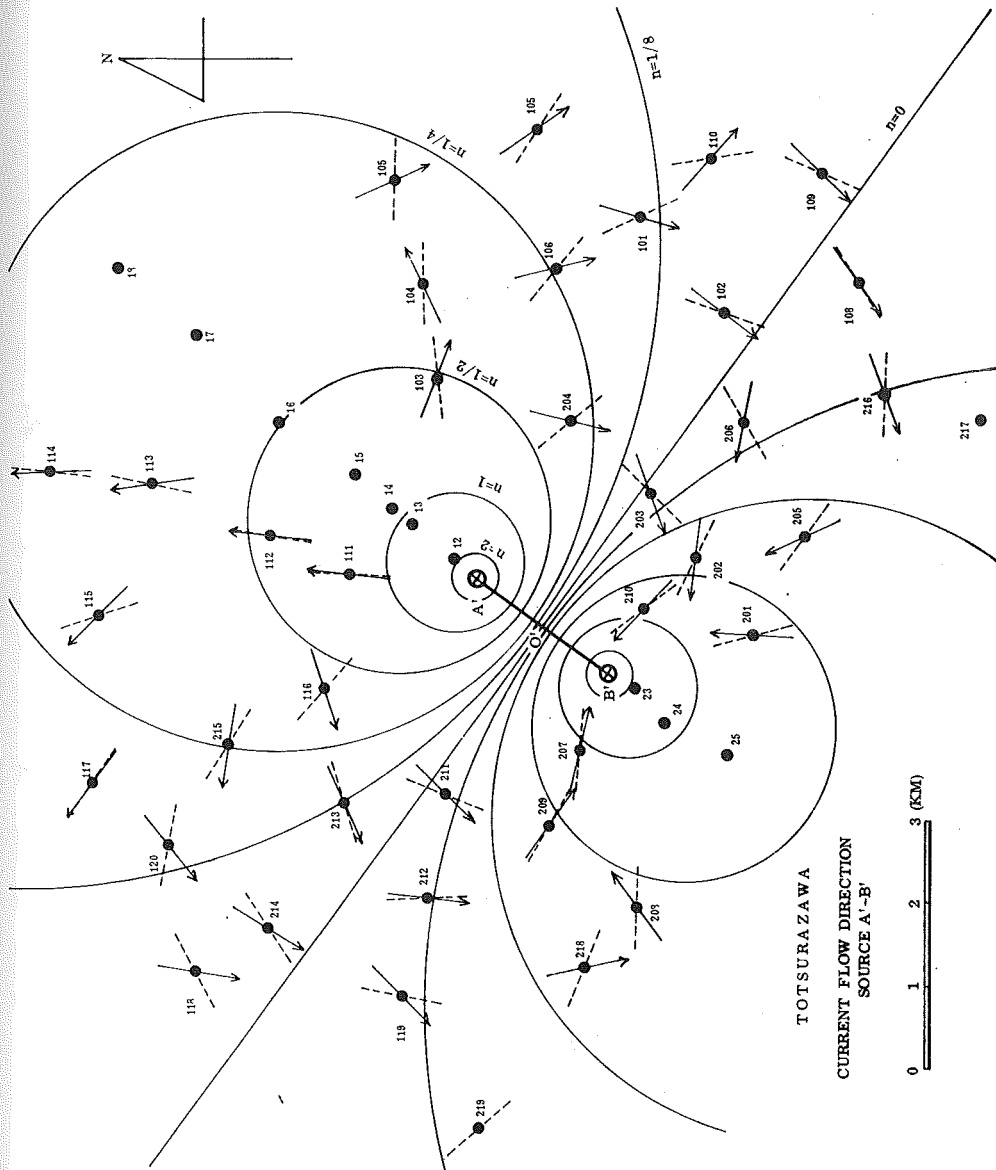


第1図 弘前市十面沢地区深部電気探査図。白丸は双極子電極点。黒丸は電位測定点で数字は測点番号。



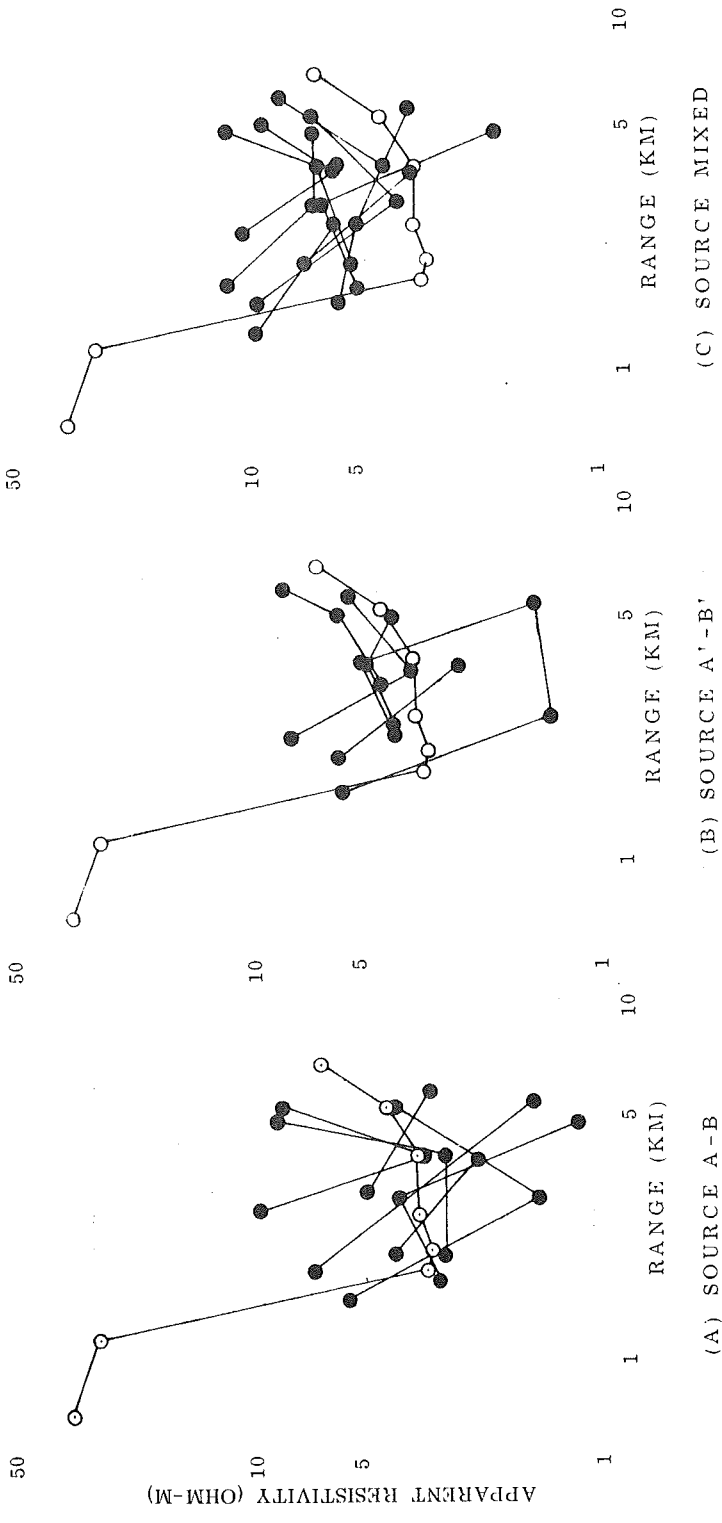
第2図 A-B Dipoleによる計算電場(点線)と実測電場(矢印)。Equipotential

Circleは均等媒質仮定による。

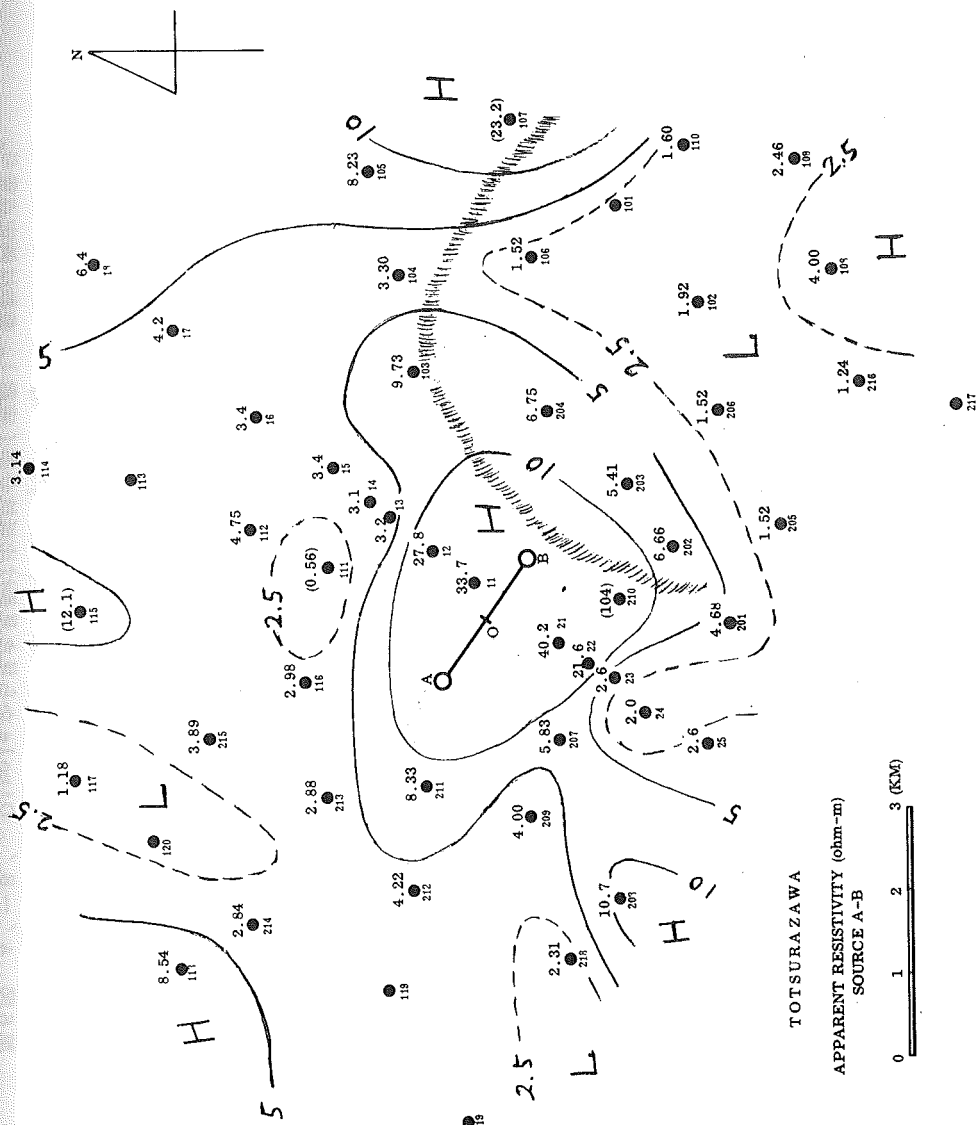


第3図 A'-B' Dipoleによる計算電場(点線)と実測電場(矢印)。Equipotential

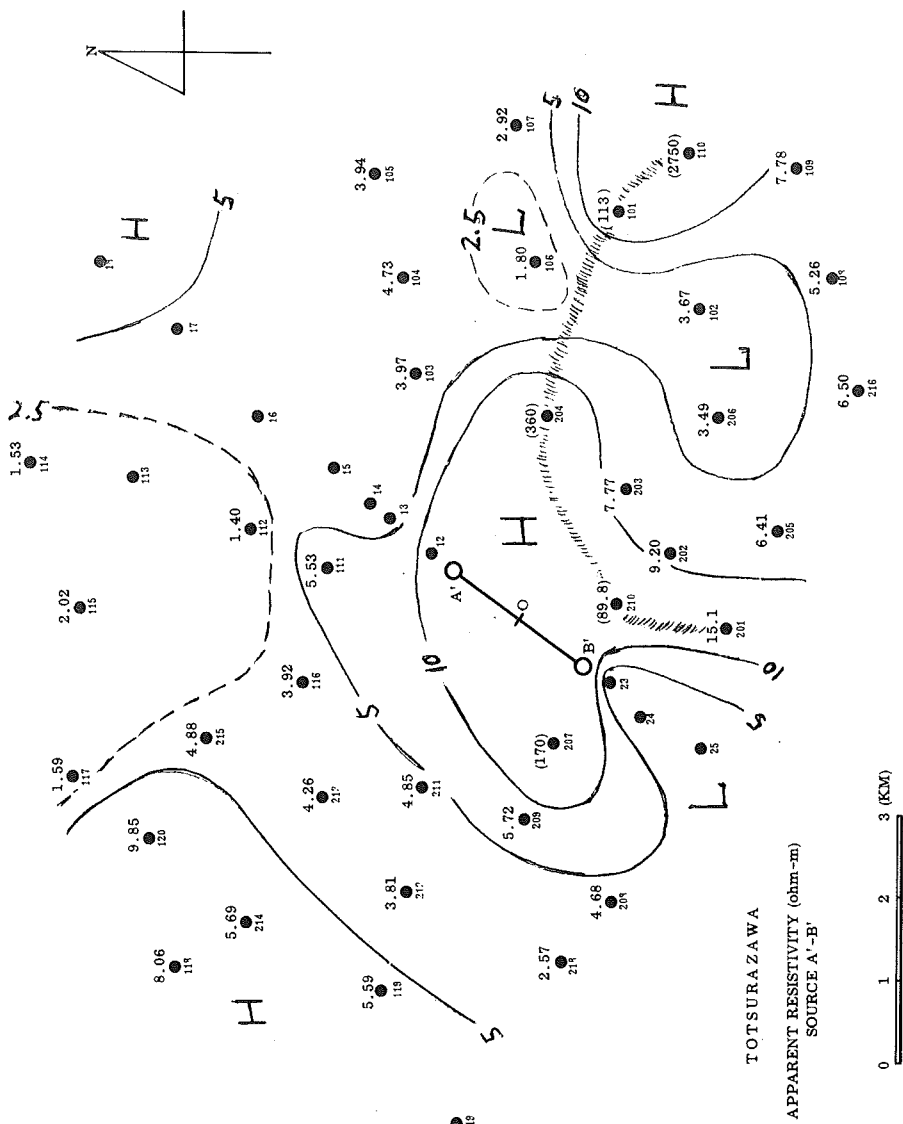
Circleは均等媒質仮定による。



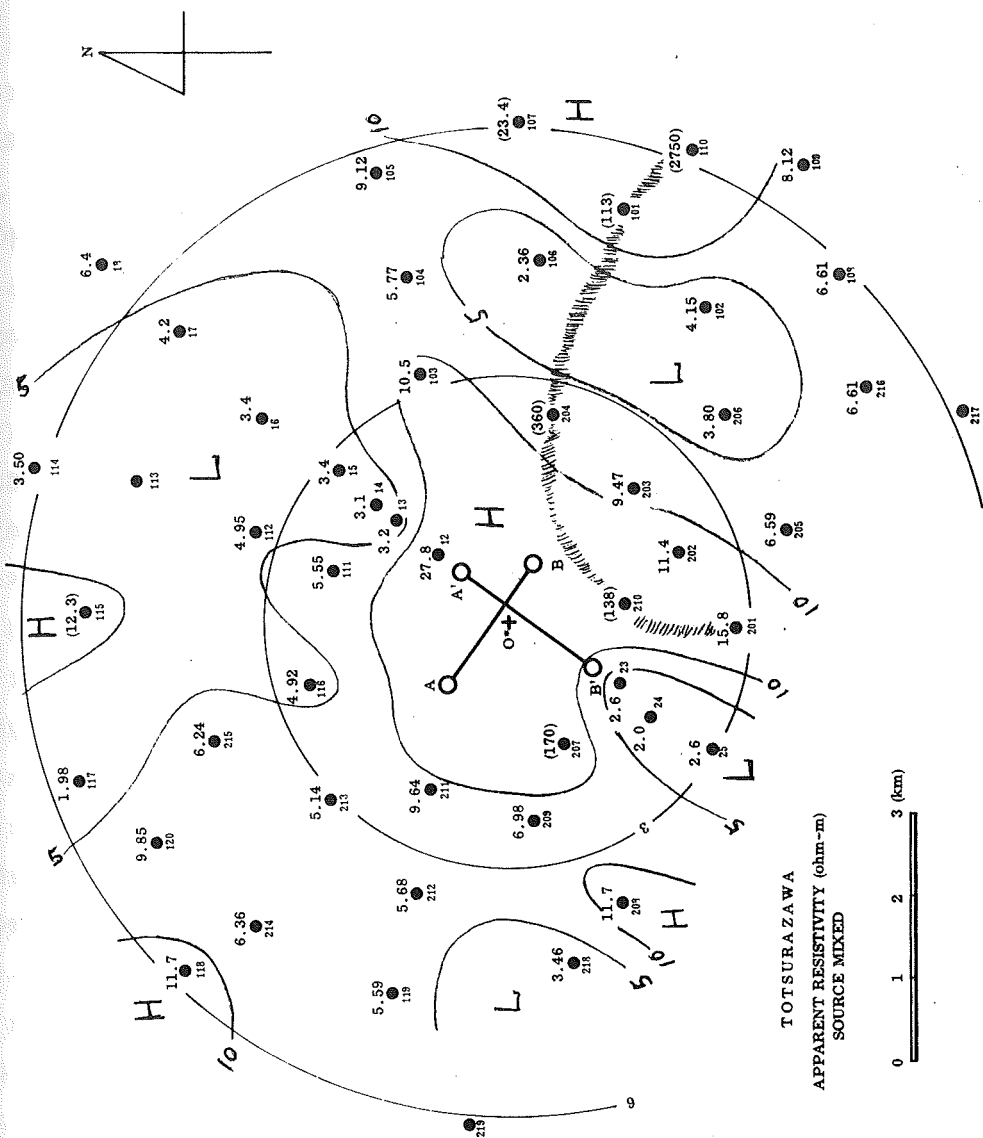
第4図 Dipoleから各方向に向う見掛け比抵抗分布。A, B, C各図は第5. 6, 7 図に対応する。



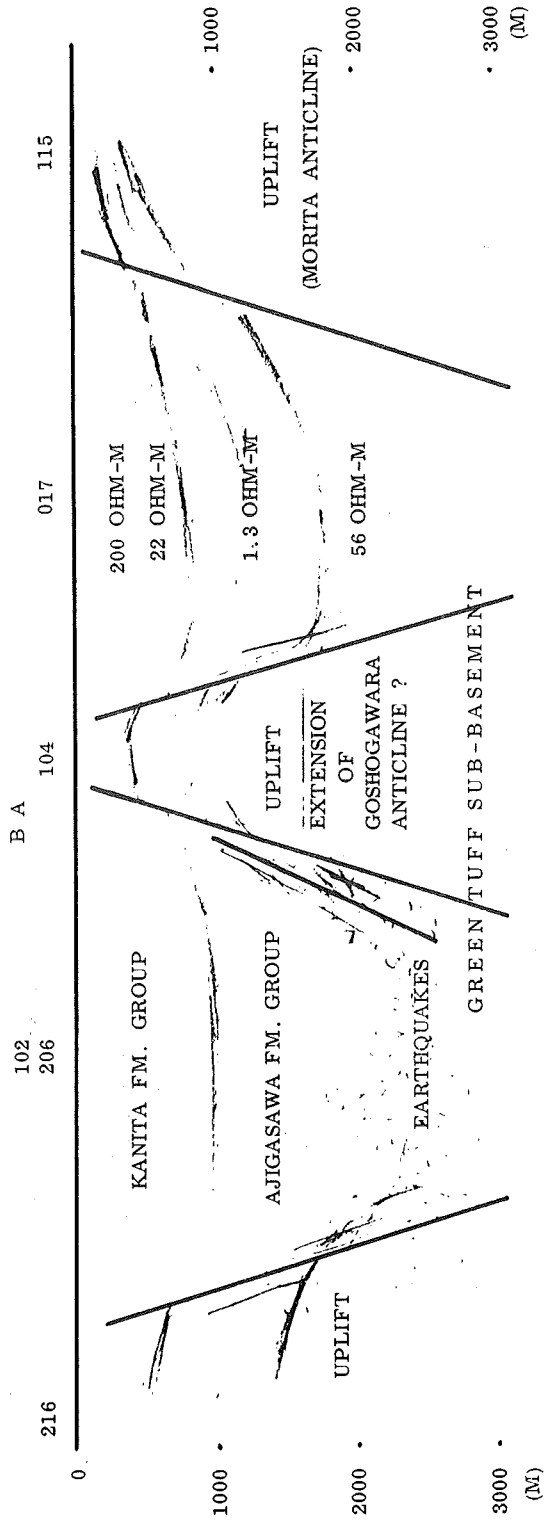
第5図 A-B Dipoleから見た見掛け比抵抗分布(実数)。整数は測定点番号。



第6図 A'-B' Dipoleから見た見掛け比抵抗分布(実数)。整数は測定点番号。



第7図 A-B及A'-B' Dipoleの見掛け比抵抗のRMS分布。



第8図 東側構造断面模式図。