

# 1998 年電磁気共同観測の概要

## 地殻比抵抗研究グループ

(東北大学大学院理学研究科 三品正明)

Geoelectric and Geomagnetic Observation around backbone mountain region  
of Northeastern Japan, in 1998

Research Group for Resistivity Structure, Japan

[Manuscript prepared by Masaaki Mishina, Graduate school of Science, Tohoku University]

### 1. はじめに

地震予知計画に基づく内陸地震発生機構研究の一環として、地震断層や活断層とその周辺部の構造調査が幾つかの地域において実施されている。地震予知事業に参加する各大学と、全国の大学・研究機関の電磁気研究者によって構成される地殻比抵抗研究グループはこの事業計画にもとづき、電磁気共同観測を実施している。これまでにえびの群発地震震源域、野島断層、長野県西部地震震源域などにおいて、広帯域 MT による比抵抗構造調査を中心として、各種の調査を実施してきた。1998 年度調査は、1896 年陸羽地震の地震断層（千屋断層）の深部構造調査を中心課題として実施された。

千屋断層を中心とした脊梁山地周辺では、微小地震活動をはじめ自然地震・人工地震を使った屈折法・反射法地震探査、重力探査などによる構造調査、GPS 稠密観測網による地殻変動観測など各種の観測が実施されていて、地殻活動の静的・動的な特徴が解明されようとしている [長谷川(1997), 岩崎・他(1997), 三浦(1997)]。科学研究費(自然災害特別研究, 代表者乗富一雄)による活断層の電磁気学的な調査では、1980 年に千屋断層とその周辺において比抵抗探査(直流法, ELF-MT 法, VLF-MT 法), 自然電位(SP)分布調査, 地磁気変化異常調査, 全磁力異常調査など, 各種の調査が実施され, 断層特有の電磁気現象・電磁気構造が見出されている [乗富(1982)]。しかし, この調査に用いられた手法・器材の制約から, 得られた結果は千屋断層ごく浅部の構造を反映するものだけであった。そこで, 1998 年度の観測に際しては, 千屋断層の深部構造探査に焦点を絞り, 脊梁山地を含むその周辺部の比抵抗構造を明らかにすることによって, この地域の地殻活動・造構運動における千屋断層の役割を調べ, 地震発生機構理解の一助としたいと考えた。また, あわせて千屋断層周辺での自然電位分布を詳しく調査し, 断層と自然電位分布の関係をより一層明確にすることを試みた。

### 2. 千屋断層と脊梁山地周辺の地殻活動

東北地方は島弧-海溝系構造の典型として知られている。脊梁山地は東西圧縮場の東北日本弧の中央部にあつて, その東西両翼には逆断層型の活断層の活動により現在も標高を高めつつあると考えられている。活断層研究会(1991)によれば, 観測地域付近では東の北上低地西縁断層帯と, 西の横手盆地東縁断層帯がそれにあたる。また, これらふたつの活断層帯の間に雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯があり, やはり活断層としての活動が見られる。近年の活動では, 1986 年陸羽地震(M7.2)の際に千屋断層と同時に活動した川舟断層や, 1998 年 9 月の雫石付近の地震(M6.1)はこの雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯の活動である。また, 1970 年の秋田県南東部の地震(M6.2)もこの断層帯の南への延長上での地震活動である。

東北日本弧の内陸浅発地震の震源は, モホ面近傍に発生する例外的な地震を除いてほとんど地殻上部にある [長谷川・他(1991)]。さらに最近の研究ではこの地域の地震活動の下限は 400°C の等

温面に相当するともいわれている [山本・長谷川(1997)]。これまでの研究では、東北大学微小地震観測網による定常観測の成果が用いられているが、この観測網では、活断層や地震断層の位置と比較したり、地殻構造との詳細な関係を見るには精度が不十分である。現在行われている東北脊梁山地合同地震観測の稠密地震観測網による高精度の震源決定が進められているので [例えば、松原・他(1998)]、その結果がまとめれば地殻構造との関係がより正確に把握されることと思われる。また、この合同地震観測には、屈折法・反射法地震探査も含まれているので、格段に高精度の地震波速度構造が得られている [岩崎・他(1998)、佐藤・平田(1998)]。さらに、人工地震や自然地震を利用した地震波散乱体のイメージングや反射法地震探査では、千屋断層や北上低地西縁断層の断層面付近や、下部地殻内に地震波を散乱させたり、反射する構造があることが指摘されている [浅野・他(1998,1998)、佐藤(1998)]。この散乱体が地殻内の水やマグマのような液相の分布を意味するものかどうかについては、地震観測だけでは決めることができない。地震観測から得られたこのような構造的特徴は、比抵抗構造と対比することで一段と理解が進むものと期待される。

### 3. 1980年の調査結果

1998年度の観測について述べる前に、乗富(1982)によってまとめられた前回(1980年)の研究観測の主な結果を次に挙げておく。

#### (1) 千屋断層およびその周辺の比抵抗構造

千屋断層を横切る3本の測線に沿って、直流法による比抵抗垂直探査の結果から、千屋丘陵東部の高比抵抗基盤、千屋丘陵と横手盆地の千屋層 ( $50\sim 60 \Omega \cdot m$ )、その上部の第四紀堆積物 ( $90\sim 140 \Omega \cdot m$ ) などの分布が確かめられた。また、千屋丘陵および、横手盆地ではひとつの測線では400m以深で高比抵抗の基盤に達したが、ほかでは500m以深でも基盤には達していない。東部の山岳地域ではごく表層から基盤の比抵抗に達しているため、断層運動による基盤の食い違いの大きさを示唆しているものと考えられる。また、傾度法では断層破碎帯に由来すると考えられる低比抵抗部が見出されている。

#### (2) ELF-MT法

千屋丘陵は低比抵抗で、みかけ比抵抗がその東側の山岳部より1桁小さい。また、千屋断層の走向方向を主軸とするインピーダンスの異方性も確認された。VLF-MT法のデータも使用した1次元構造推定の結果から、地震断層と山岳部とに挟まれた千屋丘陵の低比抵抗層が深くまで分布していることがわかった。

#### (3) VLF-MT法

千屋断層を横断する4つの測線に沿う探査の結果、断層は低いみかけ比抵抗と、高い位相角とで特徴づけられることがわかった。これは、逆断層の上盤が破碎されて低比抵抗になっているものと考えたと説明できる。

#### (4) 地磁気短周期変動異常

観測期間中には顕著な地磁気変動が無かったため、高精度の解析はできなかったが、周期数10分以上でのCA変換関数、インダクション・ベクトルには、断層を挟んで有意な差は観測されなかった。しかし、磁場変動に誘導される地電流には断層の影響と思われる異方性が観測された。

#### (5) 断層に伴う自然電位(SP)異常

断層を横断する6測線において、SP異常の観測を行った。どの測線でも断層を境に東側でステップ状に電位が高くなるような分布をしている。断層南部では、変化する位置が断層線から東にずれている。これらの特徴は断層面に沿って、地下水が湧き出していると考えれば説明できる。

#### (6) 断層に沿う全磁力異常

断層を横断するいくつかの測線で、最大200nTに達する正の全磁力異常が観測された。この磁気異常は断層面に沿って、浅い部分(深さ数10m)に磁化の強いものがあるモデルで説明された。

ここに見られるように、千屋断層は電磁気学的に興味深い現象、分布があり、さらに詳しく調べることが多くの研究者によって支持された。そしてこれらの結果を踏まえて、1998年の共同観測は

計画された。自然電位の時間変化の観測も計画にはあげられていたが、時間と人員の都合で、実施できなかった。

## 4. 1998年観測の概要

### 4.1 観測の目的

前述のように地殻活動の状況と、1980年観測の成果とを考慮して、1998年観測では、広帯域MT法による「千屋断層深部比抵抗構造の解明」を主テーマとして、「断層周辺での自然電位分布測定」をできる範囲で行うこととした。前者では、浅部構造探査に見られた低比抵抗の断層面あるいは断層破碎帯がどこまで追跡できるか、あるいは断層深部の比抵抗はどうなっているのかなど、断層特有の比抵抗構造の有無を調べるのが目的となっている。また、あわせて地震発生層となっている上部地殻と、地震が起きない下部地殻とでは比抵抗が違っているのか、地震波を反射する構造が比抵抗からはどのように見えるのか、などの問題にも有力な情報が得られるものと考えられる。

断層周辺部での自然電位の測定は、1980年観測では限られた測線上での分布しか得られていない電位分布を、面的な観測によって断層と電位分布の関係をより明確にしようとするものである。

### 4.2 観測

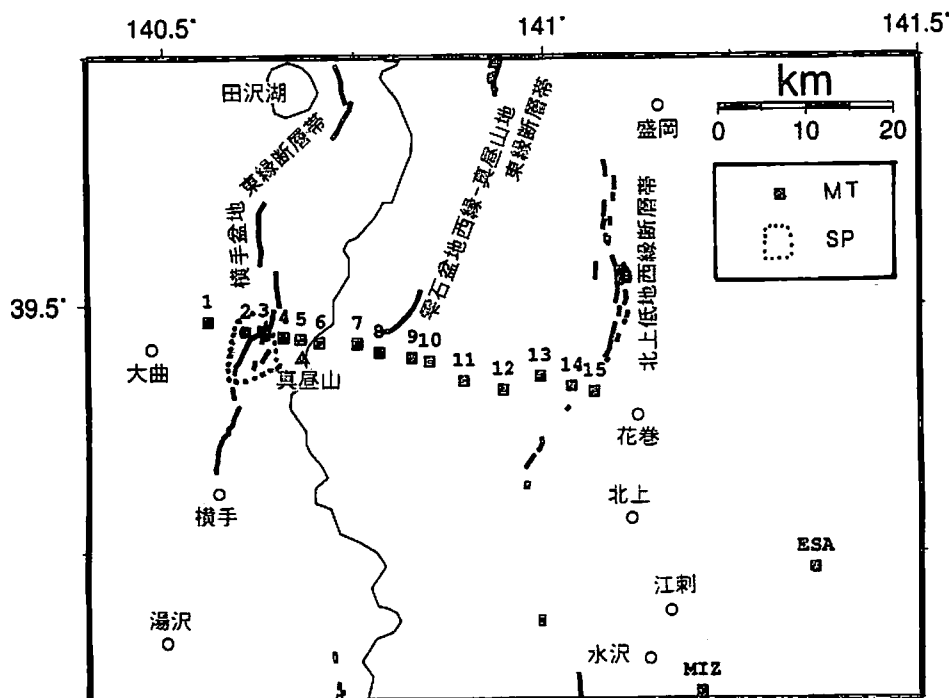
観測は1998年9月21日から10月5日に行われた。現地での観測に参加したのは以下の15機関40名である。

北海道大学	西田泰典, 佐藤秀幸
弘前大学	小菅正裕, 佐鯉教央, 千田良道
秋田大学	西谷忠師, 高橋幸恵
東北工業大学	北村保夫, 村山賢持
地質調査所	小川康雄
東京大学地震研	笹井洋一, 上嶋 誠, 歌田久司, 清水久芳, 小河 勉, 小山崇夫
東京工業大学	本蔵義守
電気通信大学	富澤一郎, 石井直人
愛知教育大学	後藤忠徳
大阪職能開短大	領木邦浩
京都大学防災研	住友則彦, 大志万直人, 中川 渥, 矢部 征, 市來雅啓, 笠谷貴史, 村上貴久, 山崎健一, 松村史樹
鳥取大学	塩崎一郎, 福本隆史
高知大学	村上英記
京都大学理・地球熱学研	網田和宏, 坂中伸也
東北大学	三品正明, 立花憲司, 橋本恵一, 長尾栄広, 有吉慶介

現地での観測作業では、フェニックス社の山下 実, G.B.Graham 両氏に協力していただいた。ほかに、神戸大, 阿蘇火山研(京大理・地球熱学研)からは、機材使用の便宜を図っていただいた。国土地理院水沢測地観測所からは、広帯域MT観測データ処理のリモート点データとして水沢および江刺観測場での連続観測値を提供していただいた。

### 4.3 観測概要

広帯域MTは、第1図に示すように、秋田県大曲市付近から岩手県花巻市付近におよぶ長さ約45kmの測線上の15点でV5(4台), MTU5(1台)およびMTU2E(5台)計10台による電磁場観測が行われた。SPマッピングは、第1図に点線で囲まれる千屋断層(千屋地区)を含む東西約6km, 南北約6kmの範囲において、広範囲の地電位分布を把握する測定と、断層近傍の詳細な電位分布を調べる測定とが実施された。



第1図 1998年電磁気共同観測の観測地域の図。  
 1から15の■印は広帯域MT観測の測定点，点線の範囲がSP測定範囲を表す。  
 MIZおよびESAは国土地理院水沢測地観測所および同江刺観測場の位置を，太  
 い線は活断層の位置をそれぞれ表している。

## 5. おわりに

広帯域MTのデータ整理は，1998年電磁気共同観測MTデータ整理委員会というワーキンググループを発足させ，多量のデータの共同での整理解析が行われている。まだ種々の吟味をした解析には到っていないが，これまでの解析では断層面に沿う低比抵抗，上部・下部地殻の境界付近での比抵抗分布などに，興味深い結果を得ている【小川・他(1999)】。自然電位分布についても，整理が進むにつれて，1980年観測の結果にまさるような興味深い結果が得られている【村上・他(1999)】。

観測期間中には，1980年観測で代表者として観測研究を指導された乗富一雄氏に現地までおいでいただき，激励していただきました。国有林への入林と林内での測定に関して，花巻，湯田，大曲の各営林署の担当の方々にお世話になりました。また，全期間宿泊し滞在した「奥羽山荘」(大田町)の職員の方々には，種々便宜をはかっていただき，観測が円滑に実施できました。ここに記して関係された方々に御礼申し上げます。

## 参考文献

- 浅野陽一・海野徳仁・岡田知己・佐藤俊也・堀修一郎・河野俊夫・伊藤喜宏・中村綾子・小菅正裕・長谷見晶子・長谷川昭，DATアレイ地震観測による散乱体分布のイメージング — '98東北合同観測一，日本地震学会講演予稿集 1998年度秋季大会，P168,1998。  
 浅野陽一・仁田交市・堀修一郎・海野徳仁・長谷川昭，97東北脊梁山地合同地震観測で得られたS波反射面，地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集，SL-p005,1998。  
 長谷川昭，97東北脊梁山地合同地震観測一島弧地殻の変形過程と内陸地震テクトニクス解明を目

- 指して一， 1． 97 東北脊梁山地合同地震観測， 日本地震学会ニュースレター， Vol.9, No.3,12-13,1997.
- 長谷川昭・趙 大鵬・山本 明・堀内茂木， 地震波からみた東北日本の火山の深部構造と内陸地震の発生機構， 火山， 36,197-210.1991.
- 岩崎貴哉・平田 直・佐藤比呂志・吉井敏尅， 97 東北脊梁山地合同地震観測一島弧地殻の変形過程と内陸地震テクトニクス解明を目指して一， 2． 1997 東北日本地震探査， 日本地震学会ニュースレター， Vol.9, No.3,13-15,1997.
- 岩崎貴哉・加藤 亘・武田哲也・関根秀太郎・森谷武男・海野徳仁・岡田知己・長谷見晶子・宮下 芳・溝上智子・田代勝也・松島 健・宮町宏樹， 屈折法地震探査による東北日本弧の地殻構造一東北脊梁山地の浅部構造一， 日本地震学会講演予稿集 1998年度秋季大会， P163, 1998.
- 活断層研究会（編）， 新編日本の活断層， 東京大学出版会， pp437,1991.
- 松原 誠・平田 直・酒井慎一・井出 哲・山中佳子・久保篤規・羽田敏夫・荻野 泉・酒井 要・小林 勝・橋本信一・井上義弘・三浦勝美・田上貴代子・三浦禮子・李 西林・橋田幸治・功刀 卓・上村 彩・中川茂樹・永井理子， 1998年東北合同観測一北上・千屋断層系微小地震観測一， 日本地震学会講演予稿集 1998年度秋季大会， P165,1998.
- 三浦 哲， 97 東北脊梁山地合同地震観測一島弧地殻の変形過程と内陸地震テクトニクス解明を目指して一， 3． G P S 観測， 日本地震学会ニュースレター， Vol.9, No.3,15-16, 1997.
- 村上英記・西谷忠師・領木邦浩・北村保夫・村山賢持・富澤一郎・石井直人・大志万直人・中川 渥・住友則彦・山崎健一・村上貴久・松村史樹・矢部 征・立花憲司・橋本恵一・三品正明・笹井洋一・歌田久司・小河 勉・上嶋 誠・小菅正裕・佐鯉教央・福本隆史， 千屋断層周辺における S P 測定一序報一， C A 研究会 1999年論文集， （本論文集）．
- 乗富一雄（編）， 地球電磁気学的手法による断層活動度の研究 4． 千屋断層における研究， 自然災害特別研究研究成果 No.A-56-2, pp107,1981.
- 小川康雄・1998年電磁気共同観測 M T データ整理委員会， 広帯域 M T 法による千屋断層深部比抵抗構造（序報）， C A 研究会 1999年論文集， （本論文集）．
- 佐藤比呂志， 活断層の深部形状を探る， 日本地震学会ニュースレター， Vol.10, No.4,3-5, 1998.
- 佐藤比呂志・平田 直， 活断層の深部構造と日本列島の成立， 科学， Vol.68, No.1,63-71, 1998.
- 山本 明・長谷川昭， 東北地方内陸部の浅発地震の深さ分布， 地球惑星科学関連学会 1997年合同大会予稿集， B31-11,1997.