

宮城県北部地震震源域における 地球電磁気共同観測

地殻比抵抗研究グループ
[東北大学理学部 三品 正明]

Geoelectric and Geomagnetic Surveys in and around the Focal Area
of the 1962 Northern Miyagi Earthquake (M6.5)

Research Group for Resistivity Structure, Japan

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

1. はじめに

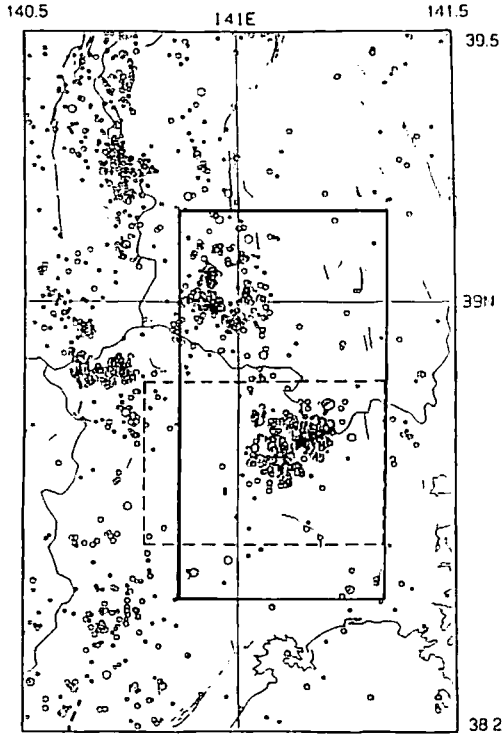
山崎断層や千屋断層の調査を初めとして、電磁気学的手法が活断層の構造調査に非常に有効であることがこれまでの各地での調査で示されてきた^{1, 2)}。さらに第6次地震予知計画では、内陸地震に関する基礎的研究の一部に位置づけ、地震発生の際の解明のため活動的な地域における深部構造探査を目指した。年次計画に基づいた電磁気共同観測は、平成元年度（1989年）富士川断層周辺³⁾、平成3年度（1991年）滋賀県北西部⁴⁾に引続き平成5年度（1993年）には宮城県北部地震の震源域において実施された。

観測結果の解析は現在も続けられている途中であり、個々の観測項目の結果についてはそれぞれの解析を担当した方の報告にゆずって、ここではこの共同観測の概要についてのみ報告する。

2. 観測地域の選定にあたって

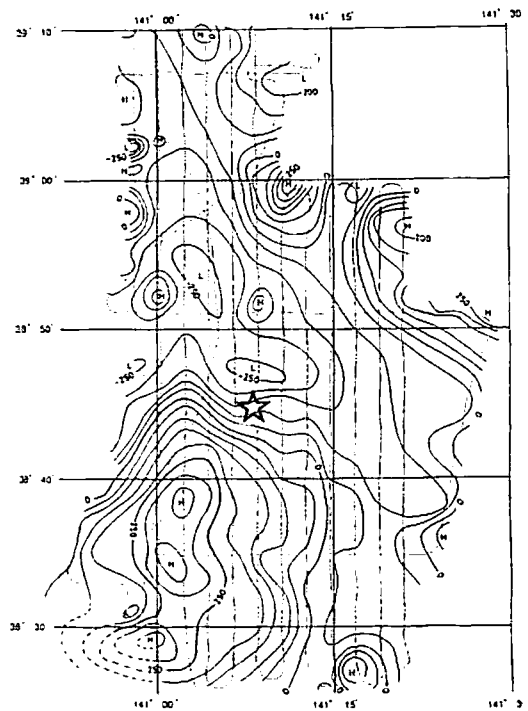
宮城県北部は、東北地方内陸部で最も地震活動が活発な地域のひとつである。この地域では明治以降にM7.0（1900年）、M6.5（1962年）と2度の被害地震が発生している。器械観測の乏しかった時代ではあるが前者の震源位置の誤差は小さい⁵⁾。この2回の被害地震の震央は非常に近く、一般に言われている内陸地震の再来周期と比較しても異例のものと考えられる。東北大学の微小地震観測網や、臨時観測の観測結果から次のようなことが明らかにされている⁶⁾。1962年の地震の地震断層は西北西下がりの逆断層で、断層面の傾斜は約50°である。近年の地震活動はこの地震断層面上とその北側への延長上にあつて、2回の被害地震の震源域とほぼ一致する地域に限られている（第1図）。また地震が発生しているのは深さ2kmから16kmの範囲である。

この地域に関しては地震以外にも重力、磁気異常など多くの地球物理データが蓄積されている。この震源域は、いわゆる盛岡-白河構造線と呼ばれる重力異常の急変帯にある。北上山地の高重力異常から仙台平野へと急激に重力異常が変わるが、この急変の性質は前述の逆断層の変位を表した分布とはなっていない^{7, 8)}。



1981.1.1 - 1991.12.31 0 - 20km M ≥ 1

第1図 東北大学微小地震観測網による東
地方中央部の浅発微小地震分布と共同観
測地域(破線). 実線の範囲は第2図の
範囲を示す. ☆, ★印はそれぞれ1900,
1962年の震央.



第2図 空中磁気異常図. 高度1200m, I
GRF 残差. コンター間隔50nT. 1962年
宮城県北部地震の震央を☆印で示した.

磁気異常についてはこれまでも地上磁気測量⁹⁾, 空中磁気測量^{10, 11, 12)}など多くの研究がある. この地域に隣接した北上山地での磁気正異常は, 花崗岩体の誘導磁化によるものがほとんどであるとの指摘もある¹³⁾. 震源域の南西方には顕著な正の磁気異常が分布している. Seto and Kitamura⁹⁾はこの顕著な磁気異常の原因を貫入した超塩基性岩体と推定している. 今回の共同観測の事前調査として, 1992年に空中磁気探査が実施された(第2図). この図で北東部に見られる高異常は, 花崗岩の分布に対応する正異常である. 三品・歌田¹⁴⁾はこのデータのうち震源域とその周辺での磁気異常を磁気基盤の起伏によるものと考えて解析して, この地域には5~6kmに達する基盤の起伏があるものと推定している.

Seto and Kitamura⁹⁾は宮城県内各地において地磁気観測を実施し, CA変換関数を求めて同地域での電気伝導度異常の分布を研究した. その結果, 宮城県北部地震震源域の西方に誘導電流の集中する地域があることを見つけた. 防災科学技術研究所は深部地殻に関する研究の一環として, 東北地域を横断する観測線でMT法による比抵抗探査を実施している¹⁵⁾.

宮城県北部地震の震源域がその調査地域に含まれていて、より広範囲の構造についての知見が得られるので、今回の観測の参考になるものと考えられる。

このように比較すべき各種データが揃っていることから、構造探査の意義だけでなく手法についても種々の点検ができるよう宮城県北部地震震源域を調査域として選定した。

3. 今回の観測の目的・時期

観測の主目的は言うまでもなく現在地震が起きている地域の電磁気学的なイメージを作ることにある。この目的に向けて技術的な問題点、地球物理学的に問題となる点を考慮して、種々の観測が計画された。計画立案に先だって予備観測が実施されて観測地域の電磁気学的な環境が調べられた¹⁶⁾。その結果、この地域一帯に表層は低比抵抗でELF帯からVLF帯まで数～数 $10\Omega\cdot\text{m}$ である。地震が起きている深さは2km以深であるから、この低比抵抗層は深部探査にとって大きな障害となる。また、調査地域内を走る直流電車も観測の障害である。これらの問題点を列挙すると次のようになる。

技術的に解決すべき問題点

- 1) 低比抵抗の表層の下をどの様にして探るか。
- 2) 表面で見えない断層面が調べられるか。
- 3) 電車の電気的なノイズは、消去できるか。

地球物理学的な問題点

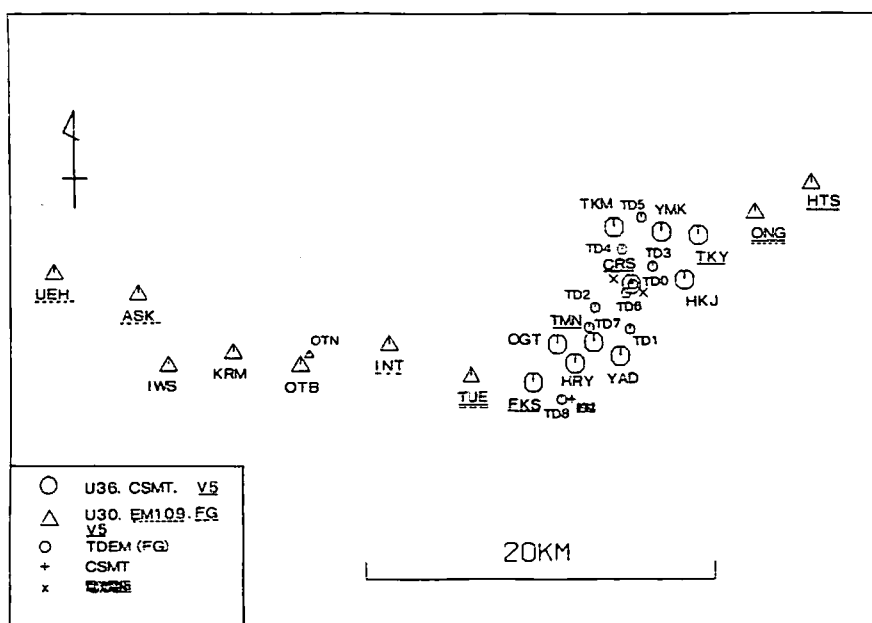
- 1) 断層面が電磁気学的にどのように見えるか。
- 2) 地震の下限は電磁気学的にも境界か。
- 3) 上部地殻と下部地殻とは電磁気学的に違ったものか。
- 4) モホ面、上部マントルは電磁気学的にはどんなものか。
- 5) 誘導電流の集中域が正確に決められるか。

これらの課題を念頭において、調査域は断層面が比較的浅い震源域東部を中心に設定された。震源域の構造調査には人工電流源を用いた手法を中心に、より広域的な構造調査には自然の信号源を用いた手法を用いることとした。共同観測は1993年11月3日から11月12日に実施された。

4. 観測項目

観測点配置は第3図のようになった。東は宮城県登米郡東和町から、西は同県玉造郡鳴子町までである。人工電流の電源は栗原郡石越町に設置された。

人工信号源には地質調査所の電源車およびトランスミッターが使われた。電極間隔は2kmのグランディッド・ワイヤで、電流値は20～25Aと前回の滋賀県北西部の時よりは多く流せた。TDEMの観測装置は前回と同様U36を使用し、ノイズ消去のためのスタック回数を多くするため電流源を含む10点では11月5日から10日まで移動せずに記録が取られた。また、これらの観測点間を補うように10点でのTDEM観測が九州大学製のフラックス・ゲート磁力計を用いて行われた。この観測では1点当たり数10分の記録が取られた。U36による観測点とその他2点においては周波数1～8192HzのCSMTも実施されている。ULF-MT観測



第3図 共同観測の観測点配置図。記号および観測点コードのアンダーラインの種類で、観測計器の種類と観測の項目を表した。

はU36による観測点の夜間と、より広域に展開された観測点との計19点において実施された。U36のほかU30, EM109あるいは九州大学製のフラックスゲート磁力計が用いられた。観測は、11月4日～11日の間に行われたが、機器を途中で移設した点もあって観測点によっては限られた期間のみのデータしか取られていない。全ての観測点で磁場は3成分記録されているので、MT解析のほかCA変換関数の解析にも使える。また、これらの観測点ではVLF-MT, ELF-MTもあわせて実施されている。このうちの7点ではフェニックス社V5-MTシステムを用いた広帯域MT, 4点ではAFMTの観測も行われた。夜間の電流源のケーブルを用いた長スパンの地電流観測の試みも実施された。

震源域東部の断層面が最も浅くなる付近においては、約600点の全磁力地上測量が実施された。

5. 参加者

現地の観測には次の19機関46名が参加した。この他、名古屋大学理学部から観測機器を、国土地理院水沢測地観測所からは参照データを提供して頂いた。

北海道大学	理学部	西田 泰典	
弘前大学	理学部	鍋谷 祐夫,	新潟 太郎
秋田大学	鉱山学部	西谷 忠師,	佐藤 秀幸

東北工業大学	瀬戸 正弘,	北村 保夫,	今野 勇	
気象庁地磁気観測所	山本 哲也,	田口 陽介		
工業技術院地質調査所	内田 利弘,	光畑 裕司		
東京大学 地震研究所	歌田 久司,	笹井 洋一,	上嶋 誠,	吉野登志男
	小山 茂,	神田 径		
理学部	浜野 洋三,	大野 正夫,	日向 清孝	
東京工業大学 理学部	本蔵 義守,	大谷 冬彦		
京都大学 防災研究所	住友 則彦,	大志万直人,	後藤 忠徳,	堀 友紀
理学部	田中 良和,	橋本 武志		
大阪職業能力開発短大	領木 邦浩			
神戸大学 理学部	山口 寛,	宝谷 博之		
鳥取大学 教養部	宮腰潤一郎,	塩崎 一郎		
高知大学 理学部	村上 英記,	阿部 健		
九州大学 工学部	茂木 透			
北九州職業能力開発短大	下泉 政志			
佐賀大学 理学部	半田 駿			
東北大学 理学部	三品 正明,	加藤 尚之,	立花 憲司,	橋本 恵一
	森田 裕一,	矢部 康男,	茂原 諭	

6. 観測結果

前にも述べたように、ここでは結果を紹介せずに、今回の観測の特徴となる2、3の典型的なデータを挙げるにとどめる。

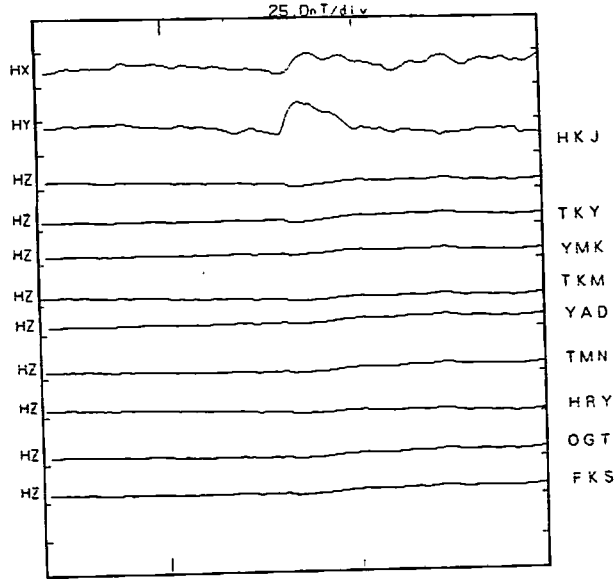
6.1 CA変換関数

U36によるULF観測はDCからの低感度成分と、HPFを通した高感度成分とが同時に記録された。周期約60分の現象の例を第4図(a)に示す。どの観測点でもHZ(鉛直成分)の変化が非常に小さい。これに対して周期数10秒の現象[同図(b, c)]では、HZの振幅は観測域の東部では水平成分の1/2程度になっている。西部の観測点ではHZの振幅が非常に小さく、とくにSeto and Kitamura⁹⁾が誘導電流の集中があると指摘した地域の観測点(OTB)ではほとんど見えない程度の変化になっている。西端のUEHではまた別の構造を想起させるように、HZの振幅が小さくなっている。

6.2 みかけ比抵抗

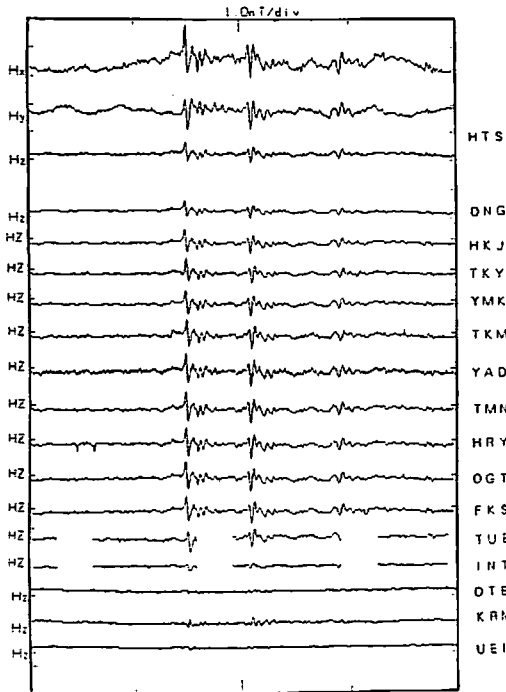
いくつかの観測点では、数種類の方法によるみかけ比抵抗が得られている。代表的な例を第5図に示した。V5の電場はそれぞれ磁北とその直交方向、CSMTの電場方位はN120°Eである。みかけ比抵抗、位相差とも一致の度合が良くVLF帯から周期数千秒までの非常に広い帯域のデータとなった。震源域北東部のTKY(a)では16~1HzのCSMTにニア・フィールド効果がみられる。震源域南西部のTMN(b)では全体的にみかけ比抵抗が低く、TKYより約1km電流源に近いにもかかわらず2Hz以上にはニア・フィールド効果が見

(a)



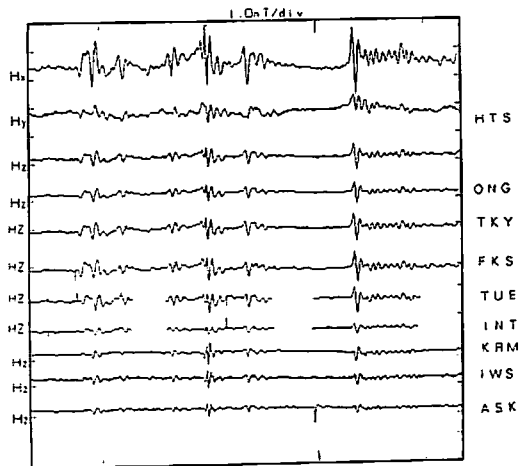
93/11/8 16:00-23:59

(b)



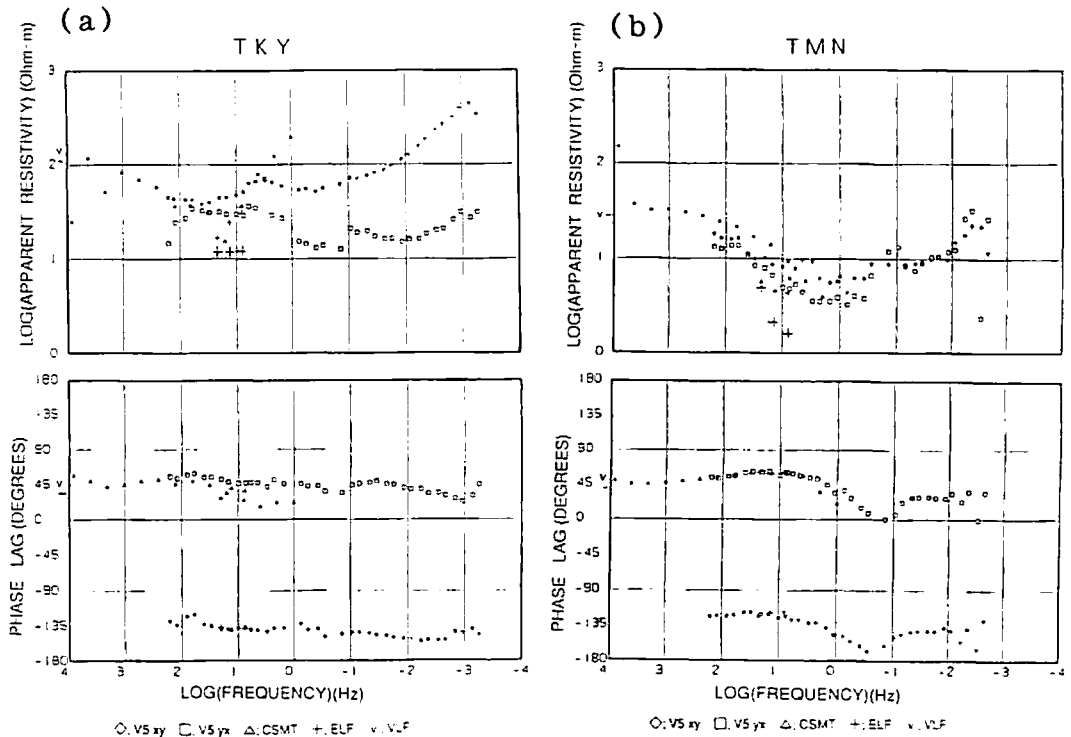
93/11/8 22:30-23:29

(c)



93/11/8 22:20-23:19

第4図 ULF変動の記録例。(a)周期約60分。HX, HYはHKJのを示した。
 (b)および(c)は周期数10秒の記録例。HX, HYはHTSのを示した。



第5図 代表的な点での多種のMT法によるみかけ比抵抗と位相差。(a)TKYおよび(b)TMN.

られない。ELF-MTのみかけ比抵抗は系統的にやや低めにでている。

7. おわりに

前の項にあげたように多くの機関、多くの方々の参加がありました。天候、磁気嵐など自然の助けもありますが、なによりも電源車、トランスミッター、観測機器など多くの機器を提供して頂いた各機関、また現地で朝から夕方暗くなるまで作業をして頂いた方々のおかげでほぼ予期したとおりの成果をもって無事終えることができました。計画を担当した者のひとりとして心から感謝致します。

電流源の設置場所の選定に当たって、石越町役場のご援助を頂きました。各観測点では地主、耕作者の方々から快いご協力を頂きました。宿泊した赤坂温泉の方々には数々のご便宜を計って頂きました。ここに記して深く感謝致します。

なお、この観測は地震予知事業費のほか、文部省科学研究費総合研究(A)「日本列島下の3次元電気伝導度構造と地殻活動の研究」(代表者・住友則彦)によって実施されました。また、同研究費によるNetwork MTの観測が今回の調査域をカバーするような観測網で実施されていることを付記します。

参考文献

- 1) 乗富一雄, 地球電磁気学的手法による断層活動度の研究, 自然災害特別研究研究成果, 1981.
- 2) 楠健一郎・本莊静光, 活断層と物理探査, 物理探査, 43, 386-401, 1990.
- 3) 地殻比抵抗研究グループ, 東海地方における地球電磁気共同観測, CA研究会1990年論文集, 1-4, 1990.
- 4) 地殻比抵抗研究グループ, 滋賀県北西部における地球電磁気共同観測, 地磁気観測所技術報告, 32, 71-75, 1992.
- 5) 宇佐見龍夫, 新編 日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 434p, 1987.
- 6) 河野俊夫・仁田交市・松本聡・堀内茂木・岡田知巳・開原貴美・長谷川昭・堀修一郎・海野徳仁・鈴木将之, 1962年宮城県北部地震(M6.5)震源域における微小地震活動, 地震 第2輯, 46, 85-93, 1993.
- 7) 三品正明, 宮城県北部地震(1962, M6.5)の震源域とその周辺の重力異常, 地球惑星科学関連学会1992年合同大会 共通セッション・シンポジウム予稿集, 171, 1992.
- 8) 三品正明, 東北地方内陸部の重力異常と地震活動, 地球惑星科学関連学会1992年合同大会予稿集, 75, 1993.
- 9) Seto, M. and Y. Kitamura, Geomagnetic Variation Anomaly in the Northern Part of Miyagi Prefecture, Northern Honshu of Japan, Tohoku Geophys. Journ., 33, 43-53, 1990.
- 10) Rikitake, T., Chapter IV Geomagnetism, The Crust and upper mantle of the Japanese area, Part I Geophysics, Earthq. Res. Inst., University of Tokyo, 69-96, 1972.
- 11) 地質調査所, 海域における空中磁気探査技術の研究 一北上～阿武隈沖の例一, 1971.
- 12) 新エネルギー総合開発機構, 昭和56年度全国地熱資源総合調査報告書 キュリー一点法調査(九州及び東北), 1982.
- 13) 大熊茂雄・金谷弘, 岩石磁気と磁気探査, 地質ニュース, 428, 20-26, 1990.
- 14) 三品正明・歌田久司, 宮城県北部地震震源域の空中磁気探査, 第94回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 講演予稿集, C32-06, 1993.
- 15) 藤縄幸夫・上嶋誠・山水史生・田中耕平・植原茂次・高杉真司・川上則明, 地磁気地電流法(MT法)による深部地殻構造に関する研究(序報), 防災科学技術研究所研究報告, 49, 1-30, 1992.
- 16) 佐藤秀幸・西谷忠師・三品正明, 宮城県北部地震震源域における電磁気観測, CA研究会1993年論文集, 58-67, 1993.