

宮城県北部地域の比抵抗構造

秋田大学鉱山学部 西谷忠師

佐藤秀幸

地殻比抵抗研究グループ

Resistivity structure around the northern part of Miyagi prefecture

Tadashi Nishitani, Hideyuki Satoh

Institute of Applied Earth Sciences, Mining College, Akita Univ.

Research Group for Crustal Resistivity Structure

1. はじめに

宮城県北部地域は、東北地方内陸部でも浅発微小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、1900年にM7.0および、1962年にM6.5の被害地震が発生している。この地域の微小地震活動は約30年前に発生した宮城県北部地震の余震活動であるとの見解も示されている¹⁾。また、広域MT観測による宮城県北部地域の低比抵抗異常の指摘もある²⁾。地震活動と比抵抗構造の関係について調べることを目標に電磁気共同観測を実施した。観測期間は1993年11月3日から11月12日で、観測項目は広帯域MT探査、ULF、ELF、VLF探査、TDEM、CSMT探査である。ここでは主にULFデータの解析について述べる。

2. 調査地域

2.1 地質

調査地域には主として新第三紀中新世から第四紀の堆積岩が分布する。これらの基盤を構成する古生代二畳紀の堆積岩は、調査地域北東部に一部露出するだけである。その南部には、鮮新統の基盤と考えられる安山岩の溶岩（一部集塊岩）が分布している。

古生層は、南部北上山地に広く分布する二畳紀登米層の一部であり、大局的にはNNW-SSE方向の構造に支配されている。この層は主として、黒色粘板岩からなり場所により礫岩、砂質粘板岩および砂岩を挟在している。粘板岩は一般に黒色緻密であるが、砂質粘板岩の場合には風化され易く、風化面では黄褐色を呈する場合もある。

中新世は下位より、石越安山岩類と下黒沢層から構成される。前者の石越山岩は、石英安山岩溶岩、安山岩溶岩および同質の火山角礫岩からなる。これらは、一部変質作用を受けているものの全般的には新鮮である。後者の下黒沢層は凝灰質砂岩を主とし、これに粗粒軽石質凝灰岩および少量の安山岩の角礫質凝灰岩を挟んでいる。

鮮新統は、下黒沢層以下の地層及び岩石を覆って、調査地域付近に広く分布する。また、鮮新統は海成層の竜の口層を除いた他の層は全て陸成層からなっている。更に、各層を通じて多量の軽石あるいは凝灰岩を含んでいる。鮮新統を構成する層は下位より、

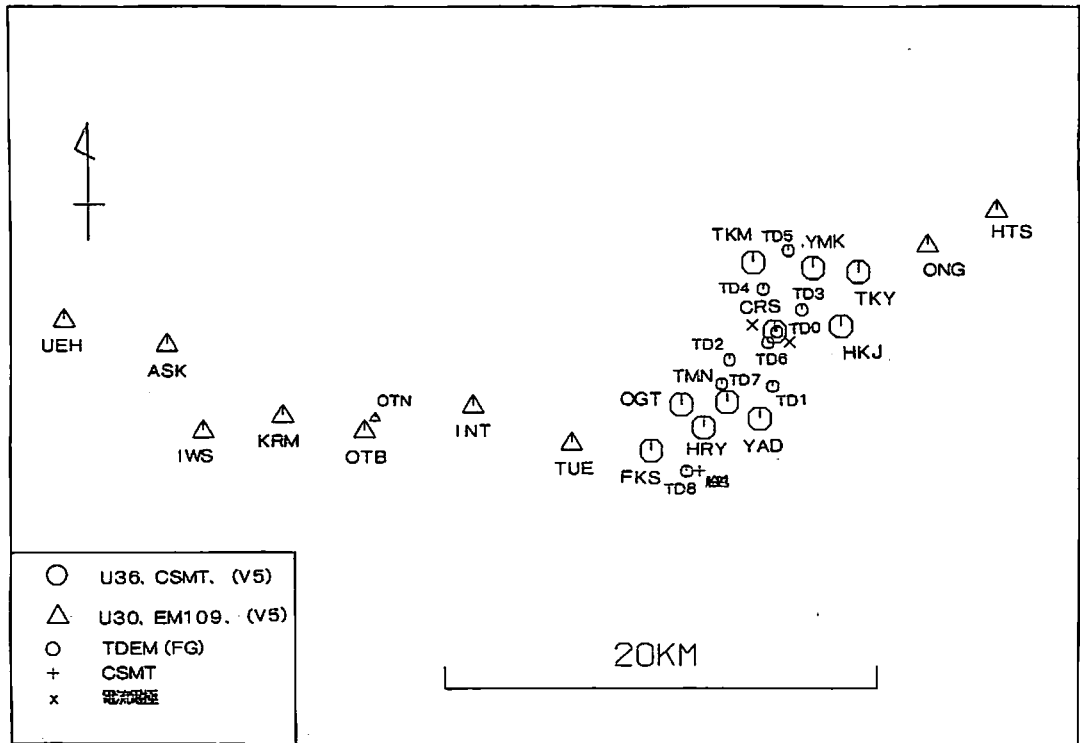
亀岡層、竜の口層、金沢層、築館層および高清水層である。これらの各層は、全体として仙台近傍における仙台層群に相当し、その北方延長にあたるものと考えられる。各層は主として、砂岩、泥岩、シルト岩および凝灰岩からなり、層によっては亜炭を挟在する層もある。

第四系は、梅が沢軽石凝灰岩、志波姫段丘堆積物、低位段丘堆積物および沖積層から構成される。

調査地域の地層の傾斜は、一般に緩やかでおおむね 20° であって地表地質からの深部構造の解釈は難しい。本地域の褶曲構造を支配するのは、築館背斜、石越背斜および両者の中央に位置する伊豆沼向斜である。これらの背斜、向斜構造は南部に向かって緩やかに沈下している。なお、伊豆沼向斜は盆状構造をなしている。

2.2 観測点

調査地域の中央部付近には、JRの東北新幹線、東北本線および東北自動車道、国道4号線が南北に走っている。また、東西には私鉄である栗原電鉄が走っている。高圧送電線は、南部の佐沼市を中心にして東西および南北にはられている。電磁気調査を実施する上ではあまり好ましい場所ではない。観測点は人工のノイズ源が少なく、かつ調査地域を出来るだけ広くカバー出来るように配置した。第1図に観測点分布図を示す。



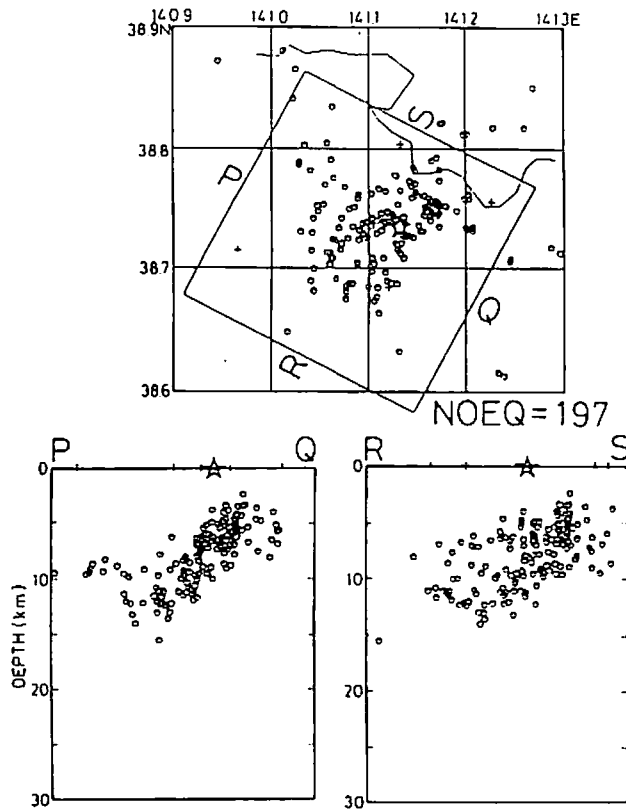
第1図 観測点分布図

3.地震活動域の特徴

3.1 地震学的特徴

宮城県北部地域は、東北地方内陸部で発生している微小地震が活発な地域のひとつである。この地域では1900年にM7.0および1969年にはM6.5（宮城県北部地震）の二度にわたる大きな被害地震が発生している。東北大学理学部による微小地震観測網が整備されるとともに、地殻変動の様子が明らかになりつつある。河野ほかは現在も活発に発生している微小地震活動が1969年に発生した宮城県北部地震の余震活動であると述べている¹⁾。第2図は微小地震の震央分布図とその断面図を示す。東側に地震活動が集中し西側に移るに従って扇状に拡散しているように見えることが特徴である。また、西北西—東南東方向に切る断面(P-Q断面)に着目すると、約50度に傾斜した面上に発生していることが理解できる。

茂木は、過去数十年間の大きな地震および近年の微小地震の線状配列から、ある線上に沿った地震活動に着目し、男鹿—牡鹿半島活構造線の存在を提唱した³⁾。また、吉田ほ



第2図 (上図) 微小地震震央分布図¹⁾
(下図) WNW-ESEおよびNNE-SSW方向鉛直投影断面図¹⁾

かはこの構造線はある幅を持ったゾーンとしてとらえるべきだと述べ男鹿—牡鹿半島活構造帯と呼んでいる⁴⁾。本調査地域もこの構造帯の中に位置しており、構造的な異常域のひとつであると考えられる。

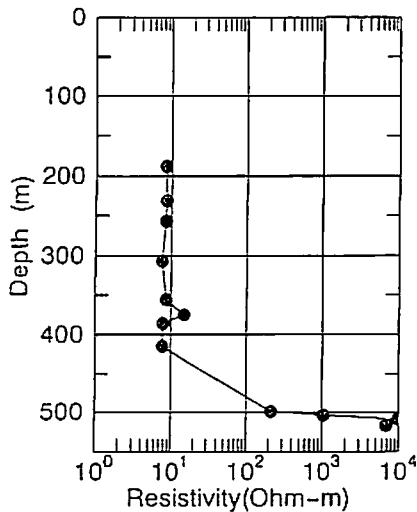
3.2 電磁気学的特徴

東北地方を横切る測線に対して広域MT探査を行い、宮城県北部地域の比抵抗構造が調べられている²⁾。その特徴は、地殻下部付近においてはおおむね100Ωmであり、地殻上部では局所的に低比抵抗部が見られる、としている。しかし、測線東側では観測時のノイズ混入が大きく良質なデータが採取できなかったと述べている。

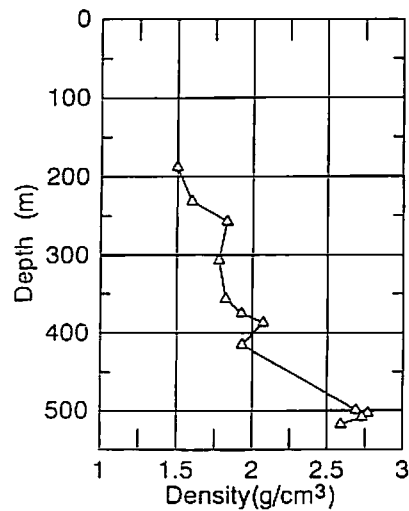
Seto and Kitamuraは高度1200mにおける空中磁気データを再解析し、地表で期待できる観測値を計算し全磁力磁気異常図を作成した⁵⁾。そして、地震活動域周辺の南西から西側にかけての正の異常と、北側の負の異常について着目している。この異常から低比抵抗で高い帯磁率を持つダイクモデルを提唱している。このモデルは、南北方向に24km、東西方向に2kmあり、地表下8kmから28kmまで続く20kmの垂直ダイクである。

4. ボーリングコアの物性測定

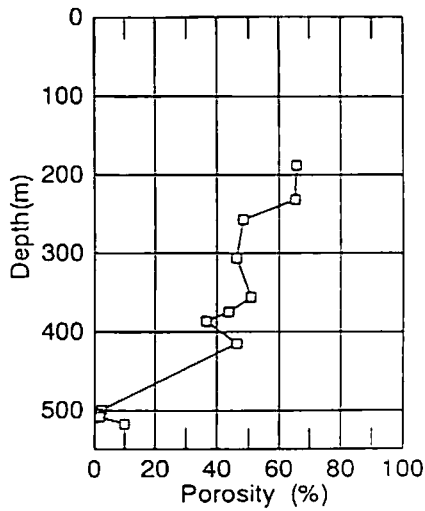
宮城県栗原郡若柳町字下畑岡峯217(旧畑岡小学校跡地内)で、東北大学理学部附属地震予知観測施設の工事に伴う坑井掘削(深度517.50m)によって得られたボーリングコアの試料を使用して物性測定を行った。第3図に比抵抗、密度、孔隙率、帯磁率を示した。縦軸は深度である。土質柱状図によると深度484.3mまでは、砂岩、シルト岩、泥岩などの堆積岩からなり、それ以深は緑色凝灰岩である。



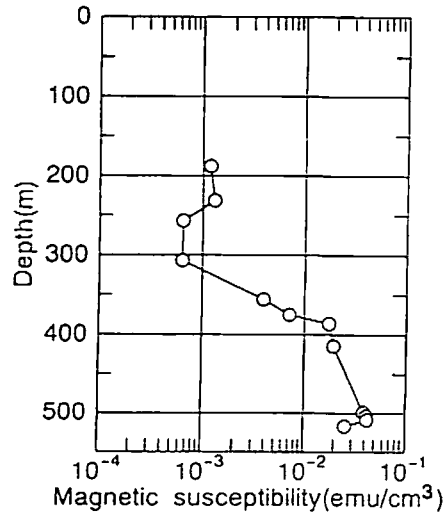
第3図(a) 深度に対する比抵抗の変化



第3図(b) 深度に対する密度の変化



第3図(c) 深度に対する孔隙率の変化



第3図(d) 深度に対する帯磁率の変化

5. 観測結果

5.1 VLF-MT および ELF-MT 観測

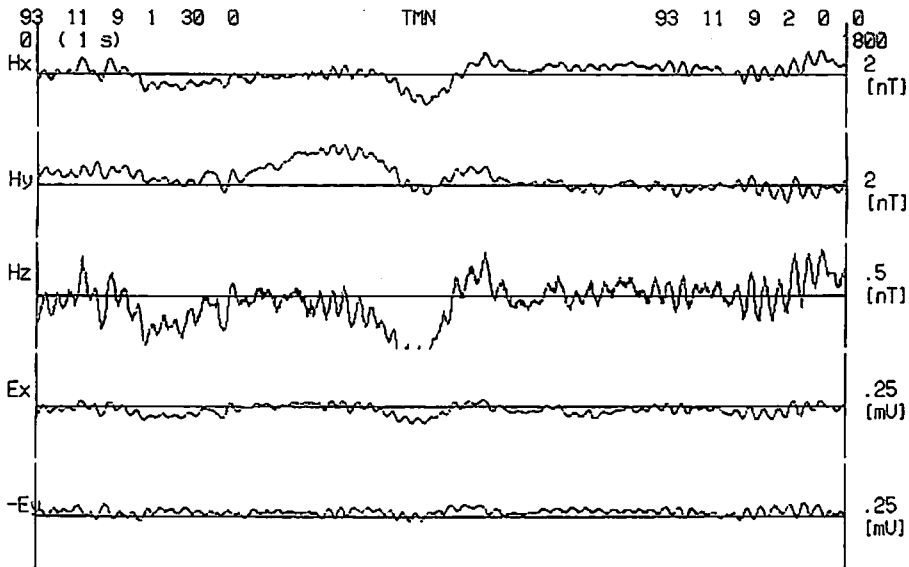
VLF探査は22.2kHzのVLF波を用いて測定を行った。ELF-MTのデータはEL-529(テラテクニカ社製)を用い、一地点において30分前後の観測を行った。VLFおよびELF探査の結果を第1表に示す。全体的に比抵抗は低く探査深度は300～400m前後である。

5.2 ULF-MT 観測

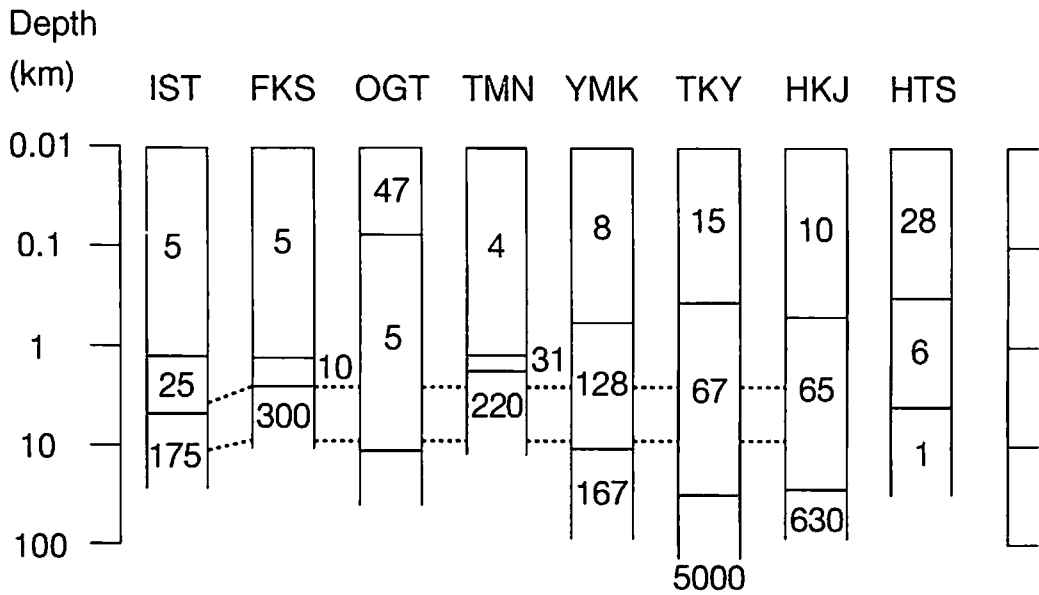
ULF-MTのデータはテラテクニカ社製U36、U30およびEM109を用いて観測した。電場は硫酸銅電極を使用した。第4図に観測波形の例を示す。この例はTMN(富永)の観測波形である。磁場のZ成分を比較するとOTB(大坪)で振幅が最小となり、この東側と西側で極性が逆転している。この事実はSeto and Kitamuraのモデル⁵⁾で説明が可能である。

第1表 VLF, ELF 観測結果

記号	観測点		見掛比抵抗(Ωm)				位相差(deg)			
			8Hz	14Hz	20Hz	22.2kHz	8Hz	14Hz	20Hz	22.2kHz
ONG	小名倉	(X Y)	14.2	33.7	20.2	46.0	49.6	45.5	55.7	28.1
		(Y X)	127.9	131.5	86.2	46.0	51.2	47.1	41.9	28.1
TKY	高倉山	(X Y)	11.7	11.0	8.5	10.7	42.3	38.8	52.2	33.8
		(Y X)	34.1	23.4	19.7	10.7	36.6	39.8	25.9	33.8
HKJ	白地	(X Y)	6.4	6.2	7.4	22.6	48.2	48.2	49.1	35.0
		(Y X)	13.2	11.2	8.4	22.6	40.2	40.3	37.3	35.0
YMK	四方子	(X Y)	5.4	4.6	7.3	65.3	25.4	45.5	41.9	34.1
		(Y X)	6.5	6.6	5.7	65.3	38.2	47.9	55.0	34.1
TKM	高森	(X Y)	6.1	5.7	9.2	61.2	47.3	47.9	48.0	33.5
		(Y X)	9.4	6.5	7.7	61.2	32.9	38.5	32.9	33.5
YAD	友愛団地	(X Y)	6.1	5.2	6.9	56.0	55.6	59.0	66.8	37.3
		(Y X)	-	1.5	1.8	56.0	66.2	63.5	37.3	37.3
TMN	富永	(X Y)	1.0	2.4	3.5	28.0	58.5	55.9	65.2	38.1
		(Y X)	4.6	4.5	4.8	28.0	60.0	60.1	59.1	38.1
HRY	兵糧	(X Y)	22.4	4.5	11.9	30.0	66.0	60.2	69.2	37.3
		(Y X)	15.7	13.5	26.0	30.0	49.8	46.6	35.5	37.3
FKZ	深沢	(X Y)	3.9	5.0	2.0	71.6	63.1	63.1	52.0	43.3
		(Y X)	11.5	11.5	9.6	71.6	60.8	60.6	60.5	43.3
TUE	田上	(X Y)	7.0	8.3	8.2	55.0	42.9	71.0	49.9	41.6
		(Y X)	7.2	6.3	8.1	55.0	50.7	52.7	48.7	41.6
INT	インター	(X Y)	13.1	7.8	9.7	16.0	40.6	49.9	45.1	34.6
		(Y X)	2.5	2.6	2.4	16.0	56.5	56.9	55.5	34.6
OTN	大坪	(X Y)	5.3	9.4	9.6	62.5	67.3	61.1	66.2	44.5
		(Y X)	6.5	8.9	8.9	62.5	62.7	63.3	60.8	44.5
UEH	上原	(X Y)	1.6	2.8	2.4	231.6	49.9	57.9	66.6	29.0
		(Y X)	4.5	3.5	4.2	231.6	49.8	54.0	56.7	29.0
ASK	芦の口	(X Y)	23.2	22.9	18.2	150.0	25.8	37.1	44.2	42.3
		(Y X)	15.2	9.4	10.0	150.0	41.0	41.2	34.4	42.3
IWS	岩の沢	(X Y)	8.3	14.3	16.3	99.3	52.0	58.5	56.7	44.5
		(Y X)	6.4	7.1	6.1	99.3	60.8	58.9	56.5	44.5
KRM	黒松	(X Y)	4.7	10.0	10.4	121.3	67.1	60.6	61.5	47.1
		(Y X)	4.5	6.3	5.7	121.3	62.3	63.9	63.4	47.1



第4図 TMN(富永)における磁場3成分、電場2成分観測波形



第5図 一次元比抵抗構造モデル。点線は地震活動集中域を示す。

6. 一次元層構造解析

VLF、ELFの観測値を参考にして、ULFデータの一次元解析を行った。まず、周波数解析を行い、見掛比抵抗を求めた。電場のNS成分と直交する磁場成分、および、電場のEW成分と直交する磁場成分を使った比抵抗の相乗平均をデータとして用いた。三層構造を仮定してインバージョンの手法により層構造を求めた。観測点の主として東側の層構造モデルを示したのが第5図である。TKY（高倉山）は新第三系の石越安山岩類の貫入岩によって構成されている考えられている⁶⁾。従って、TKYにおける解析結果は比抵抗値が高く探査深度も深くなっている。

一層目は5～15 Ωmと低い値を示している。層厚は東側で500m西側で1500m程度である。この低比抵抗層は新第三系の堆積岩類によるものと考えられる。二層目は東側で65～128 Ωm、西側で10～31 Ωmとなっている。三層目は数百Ωmと上の層よりも高い比抵抗値を示している。地震活動域を図中に点線で示した。地震活動域と層構造モデルを比較して、地震活動域の上部にやや低い比抵抗を示す層があることが特徴と言えるかもしれない。これを結論づけるためには更に詳しく解析する必要があるだろう。

引用文献

- 1) 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, 2, 46, 85-93, 1993.
- 2) 藤縄幸雄・上嶋誠・山水史生・田中耕平・植原茂次・高杉真次・川上則明, 地磁気地電流(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報告, 第49号, 1-30, 1992.
- 3) 茂木清夫, 1983年日本海中部地震(M7.7)の発生と東北日本のサイスマテクトニクス, 地震研究所彙報, 60, 401-428, 1985.
- 4) 吉田明夫・石川有三・岸尾政弘, 東北日本のサイスマテクトニクスと男鹿—牡鹿構造帯, 地震, 2, 41, 563-571, 1988.
- 5) M. Seto and Y. Kitamura, Geomagnetic Variation Anomaly in the Northern part of Miyagi Prefecture, Northern Honshuu of Japan, Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser.5, Vol.33, No.1, 43-53, 1990.
- 6) 松野久也, 地域地質研究報告 1 / 5万図幅 若柳地域の地質, 地質調査所, 1967.