

# ネットワークMT法観測計画

ネットワークMT東日本グループ、西日本グループ  
[ 東京大学地震研究所 上嶋 誠、鳥取大学教養学部 塩崎一郎 ]

## Plan for Network-MT observation

Research group for Network-MT observation in Eastern Japan  
and Research group for Network-MT observation in Western Japan  
[ Manuscript prepared by Makoto Uyeshima, ERI, Univ. Tokyo,  
and Ichiro Shiozaki, Fac. Gen. Edu., Tottori Univ. ]

### 1. はじめに

電気伝導度は、地震波速度及び減衰等と並び、地下の状態を直接知ることの出来る数少ない物理量の一つである。電磁波は弾性波と共に、地中を直接伝播し得る数少ない波の一つであり、それを地上において観測することにより、地下の電気の流れ易さ（電気伝導度）の情報を得るのである。

地下の電気伝導度分布を正しく求めることによって、我々は地下のどのような物理的性質を知ることが出来るだろうか。電気伝導度のもつ意味を理解するために、我々は、様々な岩石資料の様々な条件における電気伝導度室内測定の結果を辞書として用いることになる。まず、第一に岩石の電気伝導度は温度と相関があり、温度が高い程電気は流れやすくなる。電気伝導度の温度依存性は、あまり岩質にはよらず。例えば、花コウ岩でもハンレイ岩でも400°Cから800°C迄上昇することにより2桁程度電気伝導度は高くなる<sup>1)</sup>。第二に、電気伝導度は、その岩石に何が含まれているかによって変化し、一般的にいて、石英の含有量が少ない塩基的な岩石ほど電気伝導度は高い。しかし、その差は、例えば花コウ岩とハンレイ岩との間でファクター程度しかなく、ホストの岩石の種類の違いは、電気伝導度を論じる際にあまり重要なファクターとはならない<sup>1)</sup>。しかし、岩石の中に、融けている部分（メルト）が存在すると、メルトは固体の岩石に比べて2～3桁程度良導的であるので、バルクの電気伝導度はその存在によってかなり高くなる。この効果は、メルトが結晶間で連結したときにより顕著にあらわれる。上部マントル、特に背弧側のウェッジマントルには、メルトが存在する可能性がある。電気伝導度を正しく知ることによって、適当な仮定をおくことにより、そういった部分の温度及びメルト含有率を同時に決定出来る可能性もある<sup>2)</sup>。一方、岩石に間隙水が含まれていても、電気伝導度は高くなる<sup>3)</sup>。現在のところ、様々な条件を完全に制御しきった室内実験の例が無いために、間隙水の様々な条件下での電氣的性質は完全には明らかにはなっていない。しかし、そういった辞書となる情報を揃えていくことによって、メルトの場合と同様に、電気伝導度の分布から含水率や温度、圧力（あるいは応力）等を推定し得る可能性もある。

## 2. ネットワークMT法の必要性

以上のように、電気伝導度構造を正しく推定することによって、温度やメルト、間隙水の分布等、島弧の成因やダイナミクスを考察する上で鍵となる情報を引き出すことが可能となる。しかし、従来行ってきた短基線の電場観測による空間的に離散的なMT法観測では、「正しい」電気伝導度構造を推定することが困難であった。それは、従来の方法によって得られたインピーダンス（電場と磁場の比）には、表層付近の山や谷などの複雑な電気伝導度分布の影響を受けて、スタティックシフト<sup>4)</sup>や電流のチャネリングによる（例えばホスト構造が2次元的であるとしてもTE、TMモード混合等の）ディストーション<sup>5)</sup>が現れ、そうして得られたインピーダンスが大局的な深部構造を正しく反映したものではなくなってしまうからである。こういった影響を極力避けつつその効果を正確に見積るためには、なるべく長基線で面的に電場の分布をおさえる必要が生じる。そもそも、MT法など（ソースが磁気圏や電離圏にある）自然電磁場を用いる探査法の利点として、あまねくソースが上空に分布するために、任意の場所で観測を行えば、その地点の地下の情報を持った意味のあるデータが得られる、ということがあった。しかし、これは、逆に言えば、それぞれの場所で実際にデータを取らなければならないのであり、さらに、上で述べたようにそういったものの空間的分布をおさえなければならない場合、その労苦は大変なものとなる。

そこで、ネットワークMT法が登場することになる<sup>6)</sup>。ネットワークMT法において、我々は、電話回線を地電位差を測定する際のケーブルとして用いる。そして電極として、電話会社の通信用に設置されたアースや自作電極を用いる。このことによって、平均10km程度の長基線による面的な電場分布を電話回線がつながっている限り任意の配置で求めることが出来る。長基線での地電位差観測を行うため、基線長に比べて小スケールの地表の電気伝導度不均一によって生じるスタティックシフトやディストーションは除去できる。また、長基線であることにより、観測される地電位差の振幅が大きくなり、相対的なS/N比の向上が望まれる。また、固定磁場観測点データをインピーダンスを求める際の参照データとして用いることにより、調査域を効率的に拡張させることが出来る。このことを可能にするために、参照磁場データに対する個々の測線の地電位差の応答をまず求め、必要に応じてそれらを合成することによってインピーダンスを求めるという解析手法をとる。電話回線は、電信柱を経由したり地下のとう道を走っている。従って、それをケーブルとして用いることにより、従来のMT観測でしばしば障害となった動物や人のいたずらによるケーブルの損傷を避けることが出来、長期にわたる観測も安心して行うことが出来る。電話局の通信用アースは、当然の事ながらそれが通信用の機器に接続されているため、それらの機器から発せられるノイズを含むが、非常に良く接地されている（例えば接地抵抗が10Ω以下）ため、その安定性は保証される。これは、長期にわたって観測する際の長所となろう。

## 3. 平成6年度の観測計画

以上で述べてきたように、ネットワークMT法は日本において非常に有効な観測手段となる。それは、日本は、地形や地質が複雑であり、また複雑な海底地形によって囲まれていて、

スタティックシフトやディストーションの効果を正確に見積ることなくして深部電気伝導度構造を求めることが不可能であるからである。また、特に都市部においては、電氣的な人工ノイズが著しく、長基線での観測が必須である。さらに、日本においては、山間部に至るまではほとどの地域にもNTTの通信回線網が四通八達しており、自作電極を組み合わせれば任意の電極配置で日本全国をほぼくまなく覆いつくすことも可能である。

以上の利点と最近の急速な通信回線の光ファイバー化を考えあわせ、第7次地震予知計画の一環として、全国の大学の共同事業として日本全国的規模でのネットワークMT法観測を実施することになった。第1図に、平成6年度における、ネットワークMT法観測予定地域を示す。全体的な観測地域の策定は以下のように行った。まず、日本全体の研究グループを東日本と西日本に二分し、東日本は、北海道、東北、関東、中部、そして西日本は、中部、近畿、中国、四国、九州を担当する。そして、各グループにおいて各年度の観測から、例えば太平洋側から日本海側（前弧側から背弧側）に至る等の何らかの意味のある断面図が得られるように観測点を分布させる。平成6年度は、第7次計画の初年度に当たる年度であり、ネットワークMT法の持つ意味、利点等をもう一度明確にしなおすという意味で、以前CAグループの共同観測や他の研究グループによる観測がなされた測線に重ねるように観測を行う。電極としては、基本的にはNTTの通信用アースを用いることにした。

次に、各グループ別の予定観測地域の概要を記述する。

#### (1) 東日本グループ

平成5年度のCA共同観測<sup>7)</sup>の後、その観測を行った宮城県北部（築館、迫エリア）で、全面的に自作電極を用いたネットワークMT法観測を行った。平成6年度ではまず、その観測域を東西に延長し宮城県北部から山形県北部に至る帯状地域（気仙沼、石巻、古川、新庄、村山、酒田、鶴岡の各エリア、交換局（電極）数103点）で観測を行う。この地域は、防災科学技術研究所によって広帯域MT法観測装置を用いた従来の短基線電場観測によるMT法観測がかなり密になされた地域であり、そこで得られた結果<sup>8)</sup>と今回の観測によって得られる結果を比較することは非常に興味深い。

さらにもう一つ、岩手県北部から秋田県北部に至る帯状地域（宮古、盛岡、角館、秋田、男鹿の各エリア、交換局（電極）数68点）において観測を行う。この地域は以前CA共同観測が行われた地域であり、その時に推定された基本的に磁場変換関数を用いて得られた2次元構造<sup>9)</sup>が、今回のネットワークMT法ではどのように見えるかが主たる興味となろう。

#### (2) 西日本グループ

まず、滋賀県高島郡（今津エリア、電極数17）において、琵琶湖西部CA共同観測<sup>10)</sup>を行った地域をとり囲むようにして、自作電極を交えた観測を行う。同地域で行われたTDEMやCSMT、従来のMT観測から得られた結果との比較を行うと共に、さらに長周期側のデータを取得しより深部の構造決定を行う。本観測域は、直流電車路線であるJR湖西線からの著しい漏れ電流ノイズが混入する地域であり、そういった地域でネットワークMT法がどれ位有効であるか、あるいは、有意なデータを取得するにはどれ位の電極間隔でどれ位の期間データを連続して取得しなければならないか等の評価も同時に行う予定である。

次に、場所を高知県東部から鳥取県に至る帯状地域（室戸、安芸、土佐山田、嶺北杉、牟

岐、阿南、丹生谷、徳島、脇町、阿波池田、三本松、高松、丸亀、観音寺、備前、岡山、高梁、新見、久世、津山、根雨、米子、倉吉、鳥取、郡家、各エリア（交換局（電極）数222）へと移し、観測を順次南から北に行っていく。本観測域も、以前、CA共同観測の測線が張られた地域であり、その後も、広帯域MT観測装置を用いた従来のMT観測が行われてきた。ここでも、そういった観測から決定された構造<sup>1)</sup>との比較を行うと共に、より長周期側のデータを取得し、より深部の構造決定を目指す。

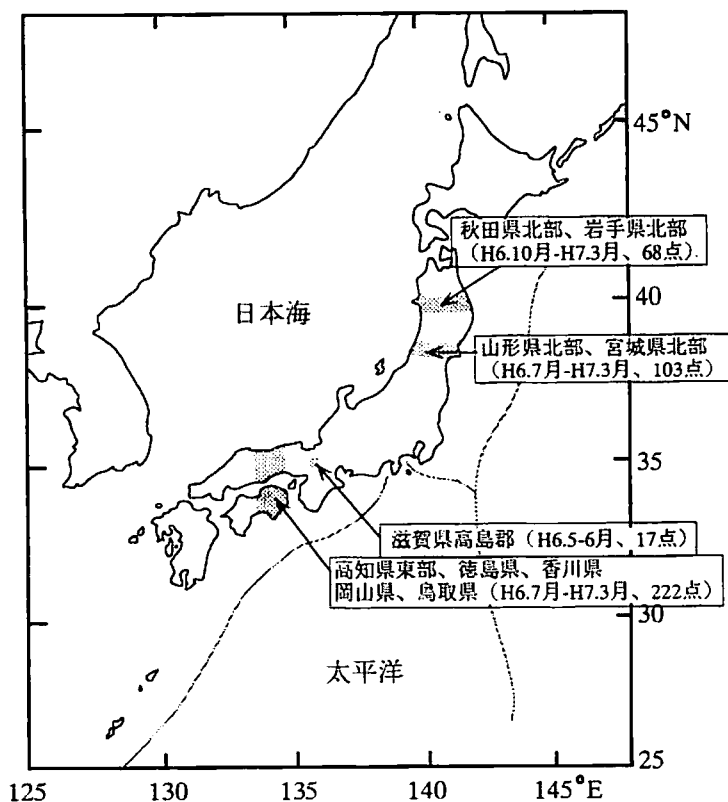
#### 4. おわりに

本小文では、日本におけるネットワークMT法観測の必要性和平成6年度における観測計画について述べた。今年度、東日本グループが担当する東北地域は一般的に活動的な典型的な島弧とされている地域であり、一方、西日本グループが主として担当する中国四国地方は地震火山活動とも比較的穏やかである。そういった違いが、電気的な構造の違いとしてどの様にとらえられるか、それがどう解釈されるべきか等興味はつきない。また、一口に東北や中国四国といっても、島弧の走行方向には、様々なリズムをもった構造や、それを切る構造線等も存在する。本年度の観測からだけでは確かなことは判らないだろうが、来年度、さ来年度とデータが面的に蓄積されていくにつれ、そういった島弧の走行方向への構造の追跡といったことも可能になり、日本列島において現在起こっている様々な地学的現象や島弧形成のダイナミクスの本質に迫る一助となろう。最後に、本観測において多大な御援助を頂くことになるNTT関係各位の方々に前もって御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Kariya, K.A. and Shankland, T.J., Electrical conductivity of dry lower crustal rocks. *Geophysics*, 48, 52-61, 1983.
- 2) Shankland, T.J. and Waff, H.S., Partial melting and electrical conductivity anomalies in the upper mantle. *J.G.R.*, 82, 5409-5417, 1977.
- 3) Shankland, T.J. and Ander, M.E., Electrical conductivity, temperatures, and fluids in the lower crust. *J.G.R.*, 88, 9475-9484, 1983.
- 4) Torres-Verdin, C. and Bostick, Jr., F.X., Principles of spatial surface electric filtering in magnetotelluric array profiling(EMAP). *Geophysics*, 57, 603-622, 1992.
- 5) Groom, R.W. and Bailey, R.C., Analytic investigations of the effects of near-surface three-dimensional galvanic scatterers on MT tensor decompositions. *Geophysics*, 56, 496-518, 1991.
- 6) 上嶋 誠、仲山 洋、西田泰典、歌田久司, ネットワークMT法による地下電気伝導度探査. *月刊地球*, 14, 551-558, 1992.
- 7) 地殻比抵抗研究グループ [三品正明], 宮城県北部地震震源域における地球電磁気共同観測. CA研究会1994年論文集(本号), 1994.

- 8) 藤縄幸雄, 地磁気地電流法 (MT法) 探査による深部地殻に関する研究. 科学技術庁研究開発局、「深部地殻に関する研究、平成4年度研究成果報告書」, 23-36, 1994.
- 9) Utada, H., A direct inversion method for two-dimensional modeling in the geomagnetic induction problem, D. Sc. Thesis, Univ. Tokyo, 409pp., 1987.
- 10) 地殻比抵抗研究グループ [住友則彦], 滋賀県北西部における地球電磁気共同観測. 気象庁地磁気観測所技術報告, 32, 71-75, 1992.
- 11) 塩崎一郎, 中国・四国地方の電気比抵抗構造に関する研究, 神戸大学博士論文, 53pp., 1993.



第1図、1994年度ネットワークMT法観測計画