

Magnetotelluric 法の源流 ; 平山 操の業績

Misao Hirayama's achievement as a pioneer in magnetotellurics

水野 浩雄^{1*}Hiroo Mizuno^{1*}¹ 元香川大学¹ Kagawa University ret.

Magnetotelluric 法は、地電位差及び地磁気の短周期変化の観測から、地球内部の電気伝導度を求める方法である。それは Cagniard (1953) に始まると考えられてきた。ところが最近、その原型が平山 操 (1934) にあることが、Zhdanov(2010) により指摘された。平山は 1932 年に中央気象台附属の技術官養成所を修了し、岡田武松の要請で樺太の豊原地磁気観測所に赴任した。第二回極年 (1932 年 8 月 ~ 1933 年 8 月) には日本は積極的に参加した。豊原観測所はその一環として設立された。地磁気の時間変化から地球内部の電気伝導度を求める研究は Lamb(1883) に遡る。しかし地磁気だけではなく地電流をも加えた解析は例がなかった。豊原は地磁気の観測が主な目的であったが、地電流の観測も行った。平山は地磁気と地電流の変化が互に対応して起こる有様を観察し、両者をともに用いて解析する方法を開拓した。平山 操 (1934) は地表面を無限に広い平面と考え、x 軸を北に、y 軸を東に、z 軸を鉛直下方にとる直交座標系によりマクスウエルの方程式を書いた。それは寺田寅彦 (1917) に倣ったのであった。寺田は震災予防調査会の事業で行われた油壺における地磁気観測を解析するために、この方程式を用いた。しかし寺田には地電流のデータはなかった。彼はもっぱら地磁気のデータにより、地磁気短周期変化をもたらすと考えられた上層大気中の電流の議論を展開した。それに対して平山の関心は、地磁気の変動と地電流のそれとを組み合わせることにあった。その結果、平山はそれらの間の重要な関係性を導いた。

$$E_y/H_x = \{(\mu q)/(4\sigma)\}^{1/2}$$

ただし、E は電場、H は磁場、 μ は permeability、 q は変動の角周波数、 σ は地球内部の電気伝導度である。磁場の变化の振幅 $H\{x\}$ に対する電場の变化の振幅 $E\{y\}$ の比が得られれば、その周波数に対応する電気伝導度が求められる。この式は単純ながら Magnetotelluric 法の核心をよく表現している。その解説書の導入部には今でも必ず記されている。平山はこの式を世界で最初に導いた。大きな業績である。しかしそれは、その後の戦争の時期で隔てられ、平山の論文が日本語で書かれていたこともあり、忘れられていたのである。Magnetotelluric 法の先導者の地位を不動のものにしている Cagniard にちなんで、この式は Cagniard の MT formula と呼ばれてきた。しかしそれは、Cagniard よりも約 20 年前に、平山が導いていたのである。平山は豊原で取得した地磁気と地電流の記録から、周期が数分から数十分の変化を選び出し、上記の振幅の比を求めた。そしてそれが、ほぼ、周波数の 1/2 乗に比例することを確認した。すなわちここに、Magnetotelluric 法が実質的に成立をみたのであった。

Zhdanov が今日、平山の論文の存在に気づいたのはいささか驚きである。欧米の研究者が、自らの研究領域の歴史について、並々ではない努力をはらっていることの現れである。歴史は彼らの研究と不可分に結びついていると思われる。しかし Zhdanov が平山を次のように見ているのには一言を要するであろう。Zhdanov(2010) は、「すでに 1934 年に、平山が電場と磁場の比を与える式を見出したことは興味深い。しかし、MT 法の solid physical and mathematical foundation の構築は、Tikhonov や Cagniard に帰すべきである」と述べている。どんな場合にも、一つの体系をより詳細に、より深く、正確に構築した者の貢献は言うまでもない。それとともに、たとえ荒削りでも、自然の新しい切り口を開いたことの意義は、それに劣ることなく絶大である。平山は豊原地磁気観測所に勤務しながら、この仕事を進めた。極寒の地であって、観測のル - チンワ - クのかたわら研究にも力を注いだ。どんな荒天の日にも絶対観測はしなければならず、変化計の印画紙は取り替えなければならない。いまでは想像もできない過酷な勤務である。そうしたなかで、科学の研究に実をあげた努力と業績に思いをいたすべきである。また、それを可能にした当時の中央気象台のあり方にも目を向ける必要がある。技術官庁でありながら、純粹の理学研究を受け入れるだけの余地を保っていた。このことは日本の大学や研究機関の昨今の状況に照らして、極めて重要な事柄である。

引用文献 (年代順)

Lamb, H.(1883), Phil. Trans. Roy. Soc., 174,519?549

Terada, T.(1917), J. College. Sci., Tokyo Imperial Univ. Vol. 37, Art.9, pp56-84.

平山 操 (1934), 気象集誌, 第 2 輯, 第 12 卷, 第 1 号, pp16-22.

Cagniard, L.(1953); Geophysics, 18, 3, pp605-635.

Zhdanov, M.S.(2010), Geophysics, 75, pp.75A49-75A66.

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MZZ41-03

会場:102A

時間:5月19日 11:30-11:45

キーワード: 地球電磁気学, 地電流, 電気伝導度, Magnetotelluric 法, 電磁誘導, 豊原地磁気観測所

Keywords: Geomagnetism, Magnetotellurics, Telluric current, Electrical conductivity, Toyohara Magnetic Observatory, Electromagnetic induction