

# 田中館愛橘と地磁気原因論<sup>1)</sup>

吉田晴代

## はじめに

William Gilbert の『磁石論 (De magnet)』(1600 年) が出版されてから今年はちょうど 400 年にあたる。Gilbert は「地球は巨大な磁石である」と述べたが、しかし長い間なぜなのかは謎のままであった。地磁気原因論が本格的に展開されるようになったのは、第二次世界大戦後、つまりこの半世紀のことである。Elsasser, Bullard の研究を皮切りに、竹内、島津、力武といった日本人研究者も早くから活躍した<sup>2)</sup>。地球のコア内部でのダイナモ作用で地球磁場の発生を説明しようというダイナモ理論が発展し、地磁気の原因について何とかつじつまの合う説明に近づきつつある。だが、現代の研究者が地磁気原因論の全くの暗黒時代という、今から約 1 世紀前の日本の近代科学黎明期に、この大問題に取り組もうとした科学者がいた。田中館愛橘である。

田中館愛橘 (1856-1952) は、主に 1880 年代から 1900 年代にかけて物理学者として活躍した、日本の物理学の草分けである。東京大学理学部数・物・星学科第一期生 (藤沢利喜太郎と同級、長岡半太郎の 7 年先輩) として、海底電信敷設で Lord Kelvin の助手を務めた工学者 J.A. Ewing から熱力学と電磁気学を、アメリカの物理学者 Mendenhall から、重力や地磁気測定など地球物理学の実地を学んだ。ヨーロッパ留学 (グラスゴー・ベルリン; 1888-91) 後、母校物理学教授に就任した。お雇い外国人教師に代わって初めて本格的に物理学の研究・教育を展開できる日本人物理学教授の登場であった。専門の地球物理学、航空の研究に加え、三十数年にわたり実験物理学の教育に携わり、万国度量衡会議や国際学術研究会議といった科学の国際組織での活躍など、日本の近代科学発展への田中館の貢献ははかり知れないものがある。だが、彼の科学者としての活動の歴史的意義はまだ十分解明されたとは言えない。

田中館の地球物理学研究，なかでも中心となる地磁気研究については，日本の地磁気測量や観測を行ない，地磁気データの集積に貢献した，というのが従来の評価であった．とくに，震災予防調査会による日本全国地磁気測量（1893-1896）を立案・指揮し，初めて日本人のイニシアチブで地磁気測量を欧米先進国にひけをとらない水準にまで高めた功績はこれまでも評価されてきた．だが，田中館が9年の歳月を費やしてまとめあげたこの地磁気測量の報告<sup>3)</sup>は地磁気データとして注目されても，報告の中で当時の地磁気分野では最先端の理論的研究に彼が取り組んでいたことは，これまで正当な歴史的評価を受けることがなかった．本報告では，田中館の理論的研究のなかでも，とくに非双極子磁場の研究<sup>4)</sup>を彼独自の地磁気原因論としてとりあげ，歴史的評価を試みたい．

## 田中館の地磁気原因論

最初に断わっておかなければならないのは，田中館の地磁気原因論というのは，地球磁場発生のメカニズムを解明する現在の地磁気原因論とはやや趣が異なるということである．田中館の問題意識は，地磁気的作用の原因はどこにあるのか？ 原因となる磁気物質(あるいは電流)の分布はどうなっているのか？ にあった．これらは，Gaussの地磁気理論で棚上げにされた問題であった<sup>5)</sup>．田中館は具体的には，非双極子磁場の顕著な正負の極に対応した，大規模な地磁気異常の原因の位置や強度を推測するという問題をたてた．そして問題を解くために，地磁気の高度依存性の公式を利用し，一国の地磁気測量のようなローカルなデータから解析する，独自の方法を考案した．研究成果は，非双極子磁場という当時の地磁気研究では新しい概念に基づき，大規模な地磁気異常の原因は地球深部にあるという新しい理解を，モデルをたて数学的計算までして裏付けたことである．

田中館が研究に取り組んだ頃，当時の一般の地磁気学者は，地球の規則的な磁場<sup>6)</sup>を歪める大規模な地磁気異常の原因も，局所的異常の原因（火山や鉱床）と同じく，地表近く（現在の地殻）にあると考えていた．とりわけ有力な説は，海と陸の分布の不均衡に原因があるというものだった．それに対して田中館とアメリカの地磁気学者Bauerは次のような新しい理解を提出した．つまり，非双極子磁場という新しい概念をもとに，大洋や大陸を覆う大規模な地磁気異常の原因は，局所的異常と異なり，地球深部（現

在のコア)にあるというものだった。Bauer の非双極子磁場の研究は、田中館の研究を理解するうえで重要である。

## Bauer の非双極子磁場研究

非双極子磁場というのは何だろう？地磁気ポテンシャルの球函数展開

$$\frac{V}{R} = A_1 \left(\frac{R}{r}\right)^2 + A_2 \left(\frac{R}{r}\right)^3 + \cdots + B_1 \left(\frac{r}{R}\right)^2 + B_2 \left(\frac{r}{R}\right)^3 + \cdots$$

を考える。  $R$  は地球の半径、  $r$  は地球中心からの距離、  $A_0, A_1, A_2, \dots, B_0, B_1, B_2, \dots$  はともに緯度・経度の函数である。この式で地球の半径  $R$  に比例する前半部は地球内部に原因をもつ磁場に対応し、同じ  $R$  に反比例する後半部は大気上層や大気圏外に原因をもつ磁場に対応する。さらに同じ式の前半部に注目すると、第1項は地球の磁軸に対称な規則的な磁場に対応し、この磁場を双極子磁場という。これに対し第2項以下は、双極子磁場を歪める磁場に対応し、これが非双極子磁場である。非双極子磁場はコアに原因をもつ磁場と地殻に原因(火山・鉱床)を持つ磁場とからなり、前者には地球全体で見ていくつかの正負の中心がある。地球磁場を双極子磁場と非双極子磁場とに分解するというアイデアを提出したのは、実は Bauer であった<sup>7)</sup>。

Bauer は、今世紀前半の地磁気研究のセンター Carnegie Institution of Washington の地磁気部長であった。1890年代半ばベルリン大学に留学し地磁気永年変化の研究で学位をとった。彼は、地磁気永年変化や大規模な地磁気異常といった重要な観測事実の物理的原因を解明しようとして、初めて地球磁場のこういう分解を考えた。なぜなら、モンゴル異常やアフリカ異常と呼ばれる大陸や海洋を覆う大規模な地磁気異常が、非双極子磁場で説明できたからである。

Bauer のアプローチは、さきほど述べた双極子磁場と非双極子磁場の定義に基づいていて、たいへん骨の折れるものであった。まず、世界磁気図の1800地点の3成分  $X, Y, Z$  の読取り値<sup>8)</sup>をもとに、球面調和解析により双極子磁場の3成分を求め、それらを観測される地球磁場の3成分から差し引いて、非双極子磁場の3成分を求めた。ところが、計算結果をもとに作成した非双極子磁場の磁気図(図1)は、海陸の分布とは全く一致せず、大規模の地磁気異常に関する当時の常識を完全に覆すものであった。非双極子磁場

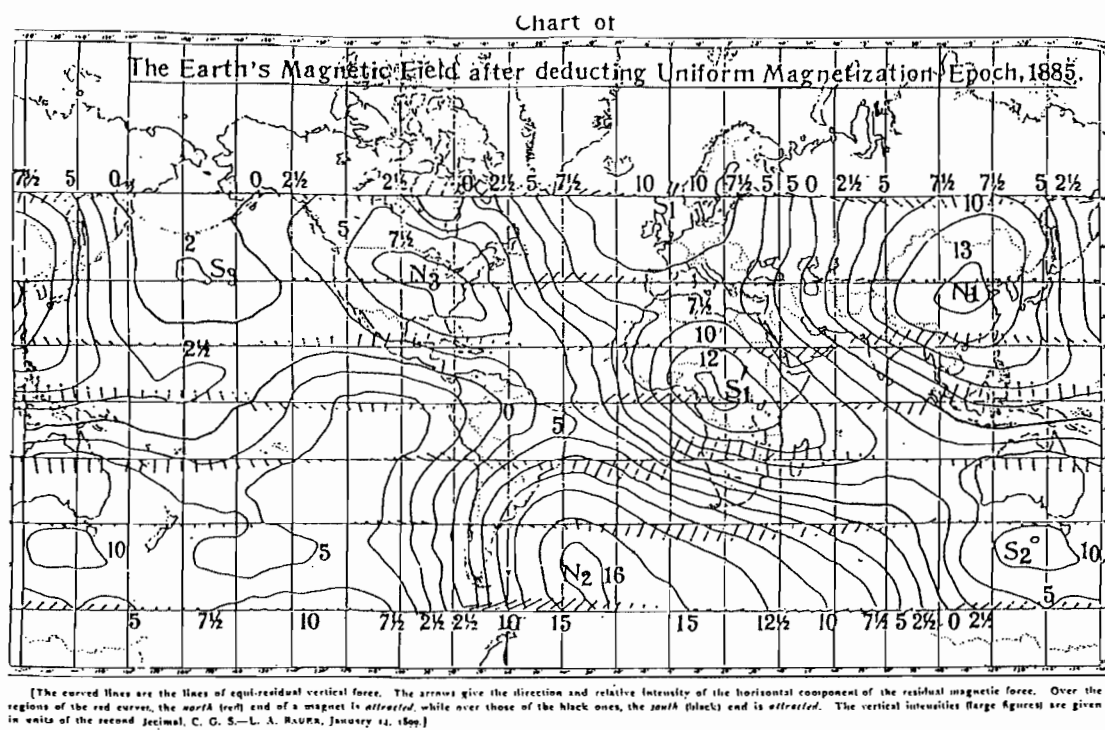


図 1: Bauer が求めた非双極子磁場磁気図

の磁気図は、むしろ、気象学の方で求められていた年平均気温の等偏差図に驚くほど一致した。そこで Bauer は、非双極子磁場で説明されるような大規模な地磁気異常は、地球全体に同じ仕方で作用する特定の物理的原因をもつはずだ、という大胆な推測を試みた。気温の日変化や年変化の効果を除去したデータから作成され年平均気温の等偏差図は、それらの変化の及ばない地球深部の温度を反映している、したがって非双極子磁場の主な原因もやはり地球深部の温度の不均一にあるはずだ、そう Bauer が考えたからである。推測に基づいて Bauer は、非双極子磁場のモデルを構成した。モデルは、非双極子磁場の大きな正負の極をペアにした棒磁石のつくる磁場を組合せたものであり、例えば、非双極子磁場のチャート (図 refnondip) で、 $N_1$  極と  $(S'_1, S''_1)$  極とをペアにした棒磁石 (北半球) や  $N_2$  極と  $S_2$  極とをペアにした棒磁石 (南半球) を地軸と垂直に置いたようなモデルであった。だが Bauer は、非双極子磁場のモデルを提示しただけで、モデルの解析は行なわなかった。もう少し単純なモデルについて数学的な計算を行なって非双極子磁場の原因が地球深部にある可能性を示した、それが田中館である。

## 田中館のアプローチ

すでに見たように、Bauer のアプローチは、定義に従い非双極子磁場そのものを求めるため、地球全体の観測データと面倒な球面調和解析を必要とする。それに対し田中館のアプローチでは、非双極子磁場  $(X', Y', Z')$  の鉛直方向の変化率  $\frac{\partial X'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Y'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Z'}{\partial z}$  を考察するので、日本の地磁気測量のようなローカルなデータに地磁気の高度依存性の公式を利用した簡単な計算を行なえばよい。Bauer の方法は膨大なグローバルなデータがなければできないが、田中館の方法では少数のローカルなデータがあればよい、という言い方もできる。

田中館が利用した地磁気の高度依存性の公式は二つあった。一つは当時一般に使われていた公式であり、もう一つは田中館が自分で導出した公式であった。当時一般に使われていた公式では、地球磁場を双極子磁場、つまり地磁気ポテンシャルの球函数展開の第1次項だけで表せると仮定する。したがって、 $R$  を地球半径、 $h$  を高度として、公式は

$$\delta X = -\frac{3h}{R}X, \delta Y = -\frac{3h}{R}Y, \delta Z = -\frac{3h}{R}Z \quad (a)$$

となる。

これに対して、田中館の公式では、空気中の電流は無視できるほど小さいと仮定するつまり、

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} \text{ で電流 } \mathbf{j} \text{ の水平成分 } 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

と仮定する。すると公式は、地点  $(x, y, z)$  における地磁気3成分  $(X, Y, Z)$  に対し

$$\frac{\partial X}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial x}, \quad \frac{\partial Y}{\partial z} = \frac{\partial Z}{\partial y}, \quad \frac{\partial Z}{\partial z} = -\frac{\partial X}{\partial x} - \frac{\partial Y}{\partial y} \quad (b)$$

となる。田中館の公式の特徴は、仮定から見てとれるように、地磁気の原因が地球内部にあるとあらかじめ前提しないところにある。(a)式では地球磁場を双極子磁場で近似するのに対し、(b)式では地球内部起源の双極子磁場と非双極子磁場およびそれらに比べ圧倒的に小さい地球外部起源の磁場の三者から地球磁場が構成されるとした。これら二つの公式を利用して、田中館は variational anomalies という概念を定義した。variational anomalies とは、地磁気3成分  $(X, Y, Z)$  の各々について、地表での観測値をもとに、任意の地点における高度 1km までの変化分(減少分)を、両公式(a), (b)で計算した値の差である。田中館は variational anomalies を非双極子磁場  $(X', Y', Z')$  の鉛直方向の変化率  $\frac{\partial X'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Y'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Z'}{\partial z}$  の地表での近似値(観測値)として、非双極子磁場の解析に利用した。

## 田中館の非双極子磁場の解析と成果

さて、田中館の非双極子磁場の解析とは次のようなものである。非双極子磁場が高度による変化に生じさせる異常を解明するため、非双極子磁場の個々の極Aを単独に考え、その極の下の地球内部に異常の原因として単一磁荷Mを置いた、そういうモデルである(図2)。実は田中館の記述から明らかなように、このモデルでは、単一磁荷Mは地球の内部でなくても外部にあってもよい。計算の結果として地球内部にあることが求まるのであって最初からそう仮定するわけではない、それが田中館の意図したことであった(図3)。

田中館は、このモデル(図2)で地球の中心をC、単一磁荷をM、地球表面上の任意の地点をP、Mにより生じる極をAとして、Mの位置に応じて

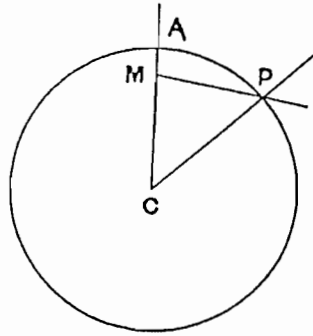


図 2: 単一磁荷のモデル

地点Pに働く磁力の変化を数学的に解析した．とくに，地点Pにおける磁力3成分  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  及び水平成分  $H'$  の鉛直方向の微分係数  $\frac{\partial X'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Y'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Z'}{\partial z}$  及び  $\frac{\partial H'}{\partial z}$  の変化の様子を詳細に計算した．その結果，単一磁荷Mの位置及び強度と地点Pにおける磁力の鉛直方向の変化率  $\frac{\partial X'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Y'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Z'}{\partial z}$  及び  $\frac{\partial H'}{\partial z}$  との関係式が求まると，逆に  $\frac{\partial X'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Y'}{\partial z}$ ,  $\frac{\partial Z'}{\partial z}$  及び  $\frac{\partial H'}{\partial z}$  の地表 ( $z = 0$ ) における近似値として日本の5地点の観測値から求めた variational anomalies をあてはめ，Mの位置と強度を算出した．例えば， $\frac{\partial X'}{\partial z} / \frac{\partial Y'}{\partial z}$  から  $X'/Y'$  すなわち磁荷の方角が，また  $\frac{\partial Z'}{\partial z}$  と  $\frac{\partial H'}{\partial z}$  から単一磁荷Mが地球内部・外部のいずれにあるかということ，それに磁荷の深さが求まる (図 4)．計算の結果は，日本の場合，中国中央部の東経110度北緯35度の地点の深さ約1010kmの位置に強度  $-1.41 \times 10^{15} \Gamma$  の単一磁荷が存在するというものである．さらのこの結果をもとに，Mが地表の地点Aに生じる極の位置と強度を計算すると，Bauerの非双極子磁場の極の分布とよく一致した．つまり単一磁荷Mが，Bauerの非双極子磁場のN1極を生じさせる原因だということになる．田中館は，ヨーロッパについても同様の計算を行なった．それによると，イギリスの variational anomalies からグリーンランド南東の深さ約2600kmの地球内部に，オーストリアの variational anomalies からはノルウェー南西の深さ1300kmの位置に単一磁荷がある．それら二つの磁荷は本来一つであるべきだと考えて，それらの中間点にあらためて磁荷をとると，Bauerの





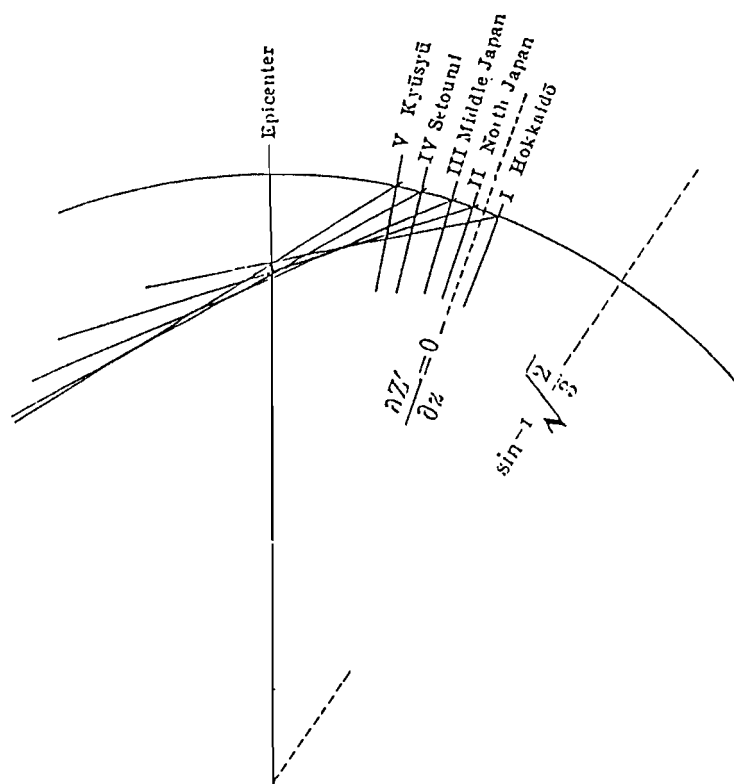


図 4: 単一磁荷の方角と深さの決定

非双極子磁場のS1''極をうまく説明できた。

以上の田中館の考察を見ると、田中館はBauerのアイデアを数学的計算で裏付けただけという印象を受けるかもしれないが、しかし決してそうではない。なぜなら田中館は、Bauerとは全く異なる経路を辿って、それまで知られていなかった大規模な地磁気異常の存在について考えるようになったからである。Bauerは非双極子磁場の物理的意味を考えることによって、非双極子磁場を大規模な地磁気異常と結びつけた。それに対し田中館にとって重要なのは、日本の地磁気測量の結果であった。日本の地磁気測量のデータを使って、同一地点の高度1000mまでで地表に比べ磁力がどれだけ減少するかを、(a)(b)両式で計算したとき、地磁気の北向きX成分及び下向きZ成分についての差はほぼ0だが、西向きY成分については一桁大きな差を生じしかも日本のどの地点でも同じくらいの大きさであること、それに彼は気づいた。その差は田中館の(b)式には含まれ、(a)式には含まれない、非双極子磁場の効果である。つまりX及びZ成分については双極子磁場からのズレはほとんどないが、Y成分には非双極子磁場の影響で、西方の何らかの原因による、双極子磁場からの大きなズレつまり地磁気異常が生じていて、それが高度による変化の値に反映したということである。重要なことは、このようなY成分の異常が日本列島全体にほぼ一様に生じていることであり、そのことから田中館は、異常の原因は日本のどの観測点からも同じくらい遠くになければならないと考えた。通常考えられる局所的異常のメカニズムでは、そのような大規模な異常は説明できないからである。田中館とBauerの出発点の違いは、彼らの問題へのアプローチの違いにも明確に反映している。しかし、田中館は自分の考えをBauerのアイデアと結びつけて発展させ大規模な地磁気異常をグローバル現象として理解して、以上のような非双極子磁場の解析を行なったのである。

当時としては、田中館の得た解析結果は、地磁気異常に関する常識を完全に覆す、画期的なものだった。非双極子磁場の原因として、地表付近起源とは別の原因が地球深部にあるとBauerが主張した後も、当時の大部分の地磁気学者は、海陸の分布の不均一といった地球表面近くに原因があるという考えを捨て切れなかった。Bauer自身も、気温の日変化や季節毎の変化の及ばない地球の内奥といった漠然としたことしか言わなかった。それ

に対して田中館は、Bauer の非双極子磁場の顕著な極の原因が、地球表面から1000-2000kmといった、当時としては思いもよらぬ深部にある可能性を、はっきり数学的解析で示し、Bauer の主張を裏付けたのである。

## 田中館の研究へのコメント

田中館の非双極子磁場の研究は、当時としては画期的な成果をあげたといえ、その歴史的意義を考えるうえで留意しておくべきことがいくつかある。

### 田中館のアプローチの特徴とその背景

田中館のアプローチの特徴は、非双極子磁場のようなグローバルな問題を考察するのに、一国の地磁気測量のようなローカルなデータを活用したことにある。事実、Bauer のようにグローバルなデータで考察する方法もあった。なぜ田中館がそのようなアプローチを考えついたのか、その理由はいくつか考えられる。第一に、当時欧米先進国を中心に活発に国毎の地磁気測量が行われ、結果はさほど時をおかずに学会誌に発表された。地磁気測量についていえば、精度の良い信頼できるデータが比較的容易に入手可能だったのである(ex. 1890年代の英・オーストリア)。しかも、田中館自身、日本全国地磁気測量を行っていたので、自分の測量データを理論的研究に活用したいと考えたのは当然であろう。

それに対し、最新のグローバルなデータ(世界磁気図)が入手できる研究者は欧米先進国でもドイツなど一部に限られていた。Baure もドイツの知り合いの研究者から最新のデータを譲ってもらうことで非双極子磁場の研究を進めることができたのである。しかも当時のグローバルなデータは、海洋、極地、それに砂漠など未開の地といった広大な観測の空白域のために、信頼性が低かった。田中館のアプローチは当時の研究条件に大きく規定されたものだったといえる。

### 田中館の単一磁荷モデルについて

田中館が、物理的にはありえない単一磁荷を考えたのは、計算を容易にするためだけではなく、Bauer の非双極子磁場のモデルで棒磁石の両極が

十分に離れていれば、一方の極だけで近似してもかなり良い結果が得られると考えたためであろう。実際にはこのモデルのせいで田中館は誤った結果を得た。田中館の考えた異常が、現在から見てコア起源のものに相当するとすれば深さ約3千キロくらいでなければならず、田中館の得た深さ千数百キロというのはいかにも浅すぎる。単一磁荷のつくる磁力線は放射状なので、地表で観測された地磁気異常の磁力線の接線方向を直線的に延長して異常の原因の位置を求めることになるからである。その代わりに、地球の半径方向を向いた双極子を考えれば、磁力線が湾曲するので、異常の原因は単一磁荷に比べ深い位置に求まるはずである。

だが、田中館はこの解析結果を根拠に、非双極子磁場の考察に Gauss 流の球面調和解析は適していないと考えた<sup>9)</sup>。磁場の原因の位置が浅ければ球面調和函数の収束は遅く実用的ではないからである。そのうえ、当時はグローバルなデータの信頼度が低かったため、球面調和函数の高次項の係数は正確に求まらなかった。そこで田中館は、グローバルなデータにも球面調和解析にもよらない自分の方法の方が有利であると考えた可能性がある。もちろん田中館の考えは現在から見れば誤りである。田中館の考察した磁気異常の原因はもっと深いところにあるから球面調和函数はもっと早く収束するし、グローバルなデータの向上により高次項の係数も正確に求まるようになったからである。しかしこうした評価はあくまで後知恵というべきではないだろうか。

## 田中館の解析結果と地球内部構造論

田中館の非双極子磁場の研究は、1910年前後に A. Mohorovičić や B. Gutenberg の地震波の研究により地球が地殻・マントル・核の3層構造からなると明らかにされる以前に行われた。だからといって、地球内部構造論といったものが全くなかったわけではない。ゲッチンゲンの地球物理の創始者の一人で、Gutenberg の師であった Wiechert が1896年に地球内部構造について最初の定量的モデル提出していたのである。Wiechert は、天体力学の手法と天文学や測地学のデータに基づいて、固い地殻(厚さ1400km)に囲まれた鉄のコア(半径4970km)という地球のモデルを導いた。このモデルは、地震の観測データに基づくその後の地球内部構造論の出発点ともなった。

注目されるのは、Wiechert のモデルで地表から鉄のコアまでの深さが、

田中館の解析した単一磁荷の深さ千数百キロとよく符合することなのである。この点を指摘したのは、寺田寅彦である（『地球物理学』1913年及び1933年）<sup>10)</sup>。彼は、Wiechert のモデルと田中館の結果との一致について次のように述べている。「これは偶然の符号かも知れぬが、万一非常な高圧の下には高温度においても鉄の磁性が存するようなことでもあれば、よほど面白い関係…」

はたして田中館自身は、Wiechert のモデルのことを知っていたのだろうか？ 田中館、1898年に万国測地学協会総会出席のため約半年間滞欧各地の大学・研究所を訪ねて回った。また田中館の非双極子磁場の解析において、epicenter（震央）といった地震学の用語が使われていることから、田中館の研究と地震学とのつながりが推測されないわけではない。この問題についてはなお研究の余地がある。

## 文献と注

- 1) 同じテーマの論文が『科学史研究』（吉田晴代「地磁気の原因に関する田中館愛橘の研究」第38巻(No.212), 1999年冬, pp.193-202.）に掲載されている。この報告では、その論文執筆後に新たにわかったこと、その論文で誤っていたことの訂正を書き加えた。但し、地磁気の高度依存性の公式などについてはその論文の方が詳しいので、関心のある方は参照していただければ幸いである。
- 2) この報告で扱う田中館の研究にとくにつながりの深い非双極子磁場の研究についてもやはり行武をはじめ日本人研究者の活躍がめざましかった。
- 3) A. Tanakadate, "A Magnetic Survey of Japan reduced to the Epoch 1895.0 and the Sea Level carried out by Order of the Earthquake Investigation Committee", *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, Japan*, Vol.14(1904).
- 4) 同上, pp.141-174.
- 5) 田中館の研究の背景である19世紀末の地磁気研究の動向については、G.A. Good, "Geomagnetism, Theories between 1800 and 1900", *Sciences of the Earth, An Encyclopedia of Events, People, and Phenomena*, Garland, 1998, Vol.1, pp.350-365.
- 6) Gilbertが地球を巨大な磁石と考えたような、ある方向に一様帯磁した

球がその外部につくる双極子磁場のことである。

7) Bauer は、非双極子磁場を、観測される地球磁場から双極子磁場を差し引いた残りの磁場という意味で、residual field と名づけた。非双極子磁場は当時はそう呼ばれたわけだが、この報告ではすべて非双極子磁場という名称で統一する。L.A. Bauer: “On the Distribution and the Secular Variation of Terrestrial Magnetism. No.IV: On the Component fields of the Earth’s Permanent fields of the Earth’s Permanent Magnetism,” *Terrestrial Magnetism*, Vol.1(1896), pp.169-75; “Physical Decomposition of the Earth’s Permanent Magnetic Field — No.1 The Assumed Normal Magnetisation and the Characteristics of the Resulting Residual Field.”

8) ドイツ海洋気象台長で地磁気の国際共同観測にも貢献した G. Neumayer は、自分の作成した磁気図 (1885) をもとに、60°N から 60°S の範囲で、緯度・経度各 5° 間隔で総計 1800 地点をとり、それらの偏角・伏角・水平成分の値を読みとった。それらの値をもとに Pertersen が地磁気 3 成分 X, Y, Z の値を CGS 単位の小数第 5 位まで計算した。それらの値は、通常、観測値として扱われるが、磁気図から読みとり計算した値なので、“measured components” とも呼ばれる。Schmidt は、こうしたデータを Neumayer から提供され、それを Bauer に 1896 年末に提供した。Schmidt がそのデータを論文に公表したのは、1898 年のことである。L.A. Bauer, “Physical Decomposition of the Earth’s Permanent Magnetic Field — No.1,” *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, Vol.4(1899), pp.35-6.

9) Bauer は、田中館がこの考えを述べた別の論文をとりあげ、田中館の主張をなかば認めるようなコメントを添えて、自分が編集していた地磁気の国際ジャーナルに紹介した。A. Tanakadate; L.A. Bauer, “The Earth’s Residual Magnetic Field,” *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, Vol.13(1908), pp.67-71.

10) 寺田寅彦、坪井忠二「地球物理学」, 『寺田寅彦全集』, 岩波書店, 1998 年, 第 14 巻, p234.