

E. ナウマン著「地殻の構造によって影響される地磁気. 付：全地球磁気調査の提言」全訳

山田直利¹⁾・矢島道子²⁾

1. 訳出に当たって

E. ナウマン (Heinrich Edmund Naumann: 1854~1927) は、地質調査所の全国予察地質調査 (1881年~) の当初から地磁気に関心を持ち、伊能忠敬の資料を詳細に検討して1800年~1880年間の日本の地磁気永年変化の現象を明らかにした (Naumann, 1883; 山田・矢島, 2014)。さらに、ドイツへ帰国した後も、地質調査所地形係の関野修蔵らがナウマンの指導の下に行った第1次全国磁気調査 (1882年~1883年, 全国183点) の結果に基づいて、日本列島の磁気曲線図 (等偏角線・等伏角線・等水平分力線) を作成するとともに、5° Wおよび4° 30' Wの等偏角線がフォッサマグナ地帯で著しく北へ湾曲することから、地磁気現象が地殻構造と密接に関係することを主張した (Naumann, 1887a; 山田・矢島, 2015)。

しかし、帝国大学理科大学 (後の東京帝国大学理学部) 物理学科のノット教授 (Cargill G. Knott: 1856~1922) および田中館愛橘助教授 (1856~1952) は、関野らの観測点の分布が均等でないこと、観測時間が長期 (2年) にわたっていること、さらに時間補正がなされていないことから、この調査で得られた磁気曲線は不正確であるとし、1887年6月~10月の比較的短い期間に南北2つのチームが同時に観測する方法で全国81点の観測点で磁気観測 (第2次全国磁気調査) を行った (Knott and Tanakadake, 1889)。そして、日本の等偏角線は全体として放物線を描くこと、同曲線の一部 (北および中央日本) に見られる不規則性は火山の分布に原因があると考えた。

これに対してナウマンは英国学術協会ですらに反論し、その内容をケンブリッジ大学出版会の伝統的学術誌、*Geological Magazine* に発表した (Naumann, 1889: 以下、本論文と呼ぶ)。

本論文は、まず、磁気曲線はいわゆる「岩石磁気」の影響を受けることはほとんどなく、アルプス・ヒマラヤ両山脈や北米パリセードなどにおいて地質構造、とりわけ大き

な裂け目に影響を受けていると述べ、続いて、日本ではフォッサマグナ地帯における等偏角線の湾曲が横断割れ目によって形成された褶曲線の屈曲と対応していると主張し、この巨大割れ目が地電流の変化を引き起こしたことを示唆した。さらに、ノットらの観測点は第1次全国磁気調査に比べてずっと数が少なく、配置に十分な配慮が不足していると指摘した。最後に、地球上で詳細な磁気調査が行われているのはごく一部分であり、この問題を解決するため、統一的な磁気調査を計画するための国際会議を早急に関く必要があることを力説した。

しかし、本論文出版後に磁気調査のための国際会議が開かれた形跡はない。地質調査所においても、第1次全国磁気調査を担当した関野修蔵・神足勝記の両名はその後地形図作成業務に忙殺されて磁気調査を継続することができなかった (佐藤, 1983, 1985)。

このように、ナウマンの提出した磁気曲線、とくに等偏角線の不規則性とその原因に関する議論は未解決のままに終わった。しかし、本論文は、Naumann (1887a) の地磁気不規則性の主張、それに対するノットらの反論ならびにナウマンの再反論を要約して、当時の代表的な学術誌に掲載したもので、日本の近代地磁気学の黎明期における重要な文献であり、今回それを全訳することとした。

本論文は全く見出しがないので、訳者らが新たに小見出しを設け、また段落を増やして、読者の理解を助けた。ナウマンによる原注は¹⁾, ²⁾ などと示し、訳者による補注は〔〕で示したほか、若干の訳注 (*¹, *² など) を設けてそれを補った。原注のうち、単に文献引用を示すものは原注から外し、本文中に著者名・発行年のみを示し、文献リストに加えた。なお、フンボルト、 Gauss, クライル、ラモン、シュット、関野、神足についての解説は山田・矢島 (2014, 2015) を参照されたい。

本論文には図版が5枚 (図版 15~19) 付いている。訳文ではそれらを第1図~第5図と呼び、訳者らがそれらをリライトし、また地名等も邦訳した。なお、本論文で

1) 地質調査所 (現産総研 地質調査総合センター) 元所属
2) 東京医科歯科大学非常勤講師

キーワード: ナウマン, フンボルト, ノット, 関野修蔵, 地磁気, 磁気曲線, 等偏角線, パリセード, ヒマラヤ, フォッサマグナ, 佐渡湾曲, 国際的磁気調査

は図版の引用が図版19, 同18, 同17の順になっているので, 図版19を第3図, 図版18を第4図, 図版17を第5図と, 引用順に呼び直すこととした。

ナウマンは本論文出版の翌年に「地磁気の運動に対する地球の大きな裂け目の影響. 付: 全地球磁気調査の提言」という論文 (Naumann, 1890) をドイツ・ワイマールの自然地理学雑誌に発表している。しかし, これはタイトルは違うが本論文とほとんど内容が同じであり, 本論文のドイツ語版ともいえるものであって, 訳者らはあえてこれを翻訳する必要がないと考えた。ナウマンの地磁気関係論文の翻訳は本稿をもって最後としたい。

謝辞: 本論文にはフランス語で書かれた部分 (関野による日本磁気図の表題) があり, その邦訳では科学史家の菅谷暁氏にお世話になった。産業技術総合研究所地質情報研究部門客員研究員の中塚 正氏からは, 本稿について地磁気学の立場から有益なご指摘, ご助言を賜った。両氏に厚くお礼申し上げる。

2. E. ナウマン著「地殻の構造によって影響される地磁気. 付: 全地球磁気調査の提言」¹⁾ 全訳

<フンボルトと近代自然科学>

アレキサンダー・フォン・フンボルトは述べている。「新しい科学の研究は遠い国への旅行に例えられるだろう。他人と一緒に旅を始める前は, 旅を実行できるかどうかという問題が起きる。すなわち, 彼自身の力を試している一方で, 旅行仲間の資質を疑いの目で見る。多分正当な理由はないが, 仲間たちが不愉快にも彼を引き止めるかもしれないと心配になる。我々の時代にはこの種類の仕事 [科学の研究] の難しさはずっと小さくなっている。自信があるとすれば, それは自然科学が成長してきた輝かしい栄光の状態に基づいており, その財産はもはや観察されたものの豊富な量ではなく, それらのつながりにこそある。」 [Humboldt, 1845]。

これらの注目すべき言葉は約半世紀前に述べられた。その頃から自然科学は大なる発展を遂げ, 多くの研究方法は完全に換えられ, 事実を結びつけようとする意図は観察方法に大きな影響をもたらした。その時には記載的であった体系は, その原因への関係を示すために, 様々な事実が整理されている他の体系によって置き換えられ, そして, 大量のばらばらの事実を減らすことにより, 異なった研究分野が密接な関係に置かれるようになった。

その結果生じた変化は鉱物学の場合にとくに顕著である。近代鉱物学者は結晶形態学に多大の注意を払っているが, その研究は姉妹科学からその方法を借りており, 2つの学問 [鉱物学と結晶学] の結合によって得られた成果は非常に満足すべきものである。

光の助けによって, 我々は結晶化した物体の構造を識別し, 組成, 構造および形態の間の驚くべき関係を追跡することができる。光の運動は, 最良ではあるが, 熱, 電気および磁性のような内部構造を研究する方法であるのみならず, 形態, 大きさおよび最小粒子ならびにそれらの隙間の配列にも依存している。いかなる挟在物, いかなる割れ目も波動運動の変化を引き起こす。というのは, この運動は単に均質な媒体中にのみ規則的に伝播するものであり, そしてその性質, すなわち速度および伝播方向は均質性からの変動があるところではどこでも変えられるから。

この種類の変化は双晶の接合面上でさえ起こり, そこでは物質の変化ではなく単なる構造の変化が起こっている。同様に, 地殻を通過する電流は, 組成の均質性が妨げられるところではどこでも, 分散したり, あるいは加速, 減速したり, あるいは変化する。このような中断は深い割れ目によって引き起こされ, それは一度は地表で開き, そして地球内部に向かって通じている。これらの割れ目は一般に直接の観察によっては発見されず, 地質調査の助けを必要としている。

<地球の不均質性と地磁気>

今日では, 多分物理学者の大部分は地球が非常に均質な組成あるいは構造からなる物体であると考えており, そして, 構造の変化は放射状であることが一般に認められているけれども, 推定された同心円状の層を不等部分に分ける不規則性—地質学は地殻にこのような不規則性が卓越していることを証明したけれども—は一般に無視される。

近代地質学は北極星の高度の観測値と計算値の違いを, もはや一定の誤差—その補償は最小二乗法によってなされる—を推定することによって説明しない。我々は, 地球の形が不規則であること, そしてその形はどんな数学方程式によっても表わせないことを知っている。いわゆるジオイドは幾何学的形態ではなく, そして実際に無数のジオイドが存在する。これらの発見は最小二乗法の適用を大きく制限してきた。不規則性は, 地球の形だけでなく, 物質の分布においても存在し, そして, もし誤差の数学的補償が試みられるとしたら, 地形学的調査にも測地学的研究にも用心がまさに必要である。観測誤差は避けることができないけれども, ある期待された結果からの偏差は多くの場合誤

差によるものではなく、自然が示す現実の不規則性によるものであることは疑いない。これらの偏差は、かつては偶然の原因あるいは局地的影響によるものとされ、そして、予期されない結果は異常でつまらないものと考えられた。そして今日にいたるまで、数学の公式に一致しない結果を人為的に変更し、さもなくば期待された規則性を示さなかったであろう曲線を強制することが通例であった。

地殻はかなり破壊され、割れ目を生じており、そしてその表層の地層は褶曲している。これらの擾乱は、我々が熱、電気および磁気と呼んでいる運動に起因する現象にある影響を与えるに違いない。これらの力のなかで、磁気は地球の構造の研究において最も有用な1つであり、そして光学現象が結晶の内部構造の研究に用いられているのと全く同じように、磁気現象は地球の内部構造を研究するために用いられるだろう。磁気現象は遠い深部からの電信メッセージであるとみなすことができるが、しかし、不幸にも科学の現状ではそれらを解釈することは不可能である。

“*Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihrer Abhängigkeit vom Bau der Erdrinde*” という題の論文 (Naumann, 1887a) で、私は磁気曲線の歪みが地殻中の裂け目の影響で生じたことを示す多数の事例を挙げ、そして等偏角線は磁気状態と構造状態の間の関連性について最も明瞭な徴候を与えることを指摘した。「等偏角線」は地磁気子午線よりはるかに重要である。このことは、電気と磁気が同一の力の異なった表明であると考えればすぐ容易に理解されるであろう。ドイツで行われた最近の研究から、地電流と地磁気との密接な関係は大いにありそうなことであり、そしてこれが真実であれば、地電流の方向の偏差は偏角の変化を伴うはずである。この理由で、私は等偏角線が地電流のコースの最良の徴候であると考えた。

<岩石磁気の影響>

詳細な磁気調査がなされたところはどこでも、磁気曲線の系列は山脈、断層、火成岩*1および構造的擾乱との関係を非常に明瞭に示す。曲線の不規則性は非常に頻繁に見られ、その存在は磁気調査の最初期でも否定されなかった。しかしながら、それらは地球内部の均質性の欠如ではなく、地表あるいはその近くの磁性岩体の影響に起因するものとされ、それを表すために「岩石磁気」という特別な名前が導入された。**地表には**磁性岩石があり、そして、蛇紋岩、花崗岩、閃長岩、斑岩、閃緑岩、粗面岩、安山岩、玄武岩などのほとんどすべての岩石が磁針に作用するが、**地下には**磁性岩石は存在しない！*2。磁鉄鉱石でさえ、それを鉱山から採取した直後にはほんのわずかの磁性も示

さず、ある時間大気に曝された後に磁氣的性質が発達する。

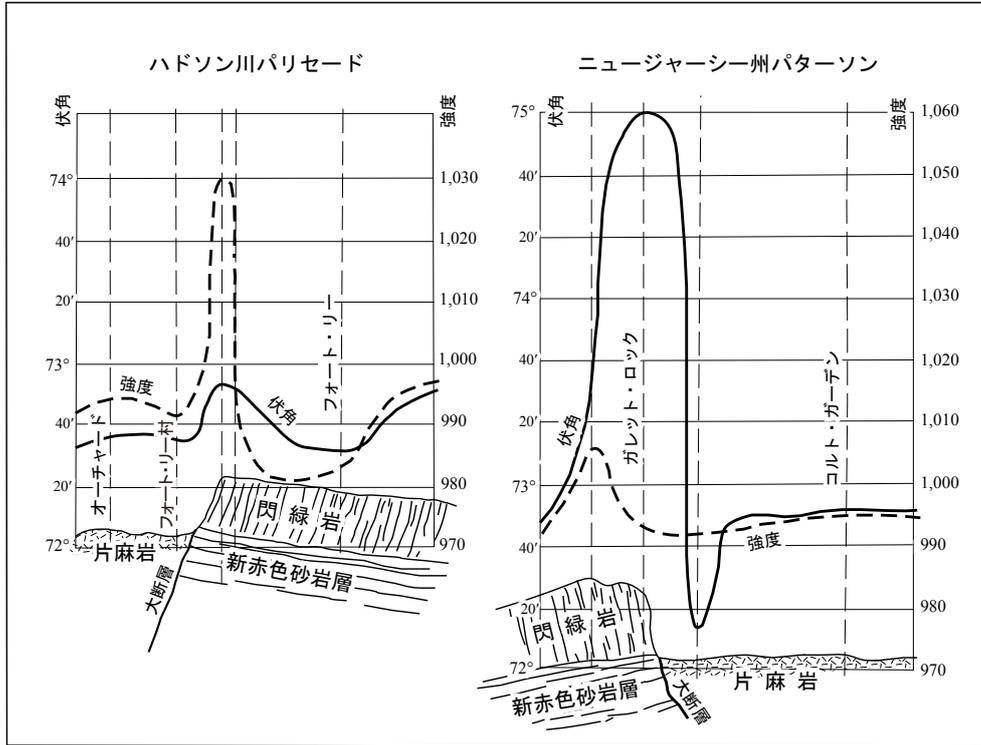
上記の論文 [Naumann, 1887a] において、私はいわゆる「岩石磁気」が磁気曲線の歪みを生み出しているのではないことを証明しようと努力した。そして私はこれらの局地的な乱れがいかに無意味であるかを示す1つの事例をここで引用する。ウラルのカッチャナルーブラゴダートーウィッサカヤ・ゴラの長大な山脈はおもに磁鉄鉱石からなり、採石場の鉱石のすぐそばではコンパスが強く影響されるけれども、それでも山脈は磁気曲線の系列に著しい歪みを及ぼしていない。他の事例は、「岩石磁気」が岩体の**ごく表面**に限定された二次的現象であり、岩体それ自身の性質ではないことを示しているであろう。さらに、磁氣的性質を示す岩石の表面は一般にかなりの数の不規則に分布した磁極を呈する。

<クライル、ロックらの貢献>

磁気現象と構造現象の間の関係は、何人かの優れた観察者によって予知されていた。クライルが彼の論文“*Ueber den Einfluss der Alpen auf die Aeusserungen der magnetischen Erdkraft* [地磁気力の表出に及ぼすアルプスの影響について]” (Kreil, 1850) を発表したのは、1849年5月26日であった。彼は構造的関係についての確信はなかったが、磁気現象と地殻の内部状態との間にある関係が存在すること、そして山脈の成因が磁気曲線の方向にかなりの影響を持つことを確かに知っていた。

これよりも少し早い時期に、ロック^{*3}は彼の論文 (Locke, 1846) をフィラデルフィアの米国哲学協会に送った。その論文では多くの興味ある観測がなされ、それらは好意的に理解されたかもしれないが、不幸なことに彼の仕事は多くの他の人々の仕事と同じように忘れ去られた。彼は磁気プロファイルを調査し、距離を横軸に、伏角を縦軸とする伏角曲線を図示した。米国西部の水平に成層した岩石を通過し、ケンタッキー州とオハイオ州を通り、そしてミシシッピ川に沿って延びる測線に対する伏角曲線は、一般に非常に連続的な上昇を示すが、最後にそれがボルティモアとニューヨークの間の火成岩を横切るところで「始源山地あるいは火成岩山地の等高線のような」上昇と下降を示している (第1図右)²⁾。

フンボルトとガウスが問題を明るみに出して以来、多くの広範囲の調査がなされたが、ガウスの数学的理論に多少とも当惑させられなかった観測者はいなかった。ほとんどすべての観測者は磁気図における不規則性を何か偶然の、異常な、そして煩わしいものと考えた。磁気調査における最近の活動は非常に喜ぶべきことであるが、多くの観測者



第1図 北米ハドソン川西岸パリセード地区および北方のパターソン地区の磁気プロファイル. Locke (1846) の図を Naumann (1889) が編集し、それを訳者らが和訳した。縦軸の「強度」はオハイオ州シンシナティにおける全磁力測定値を 1,000 としたときの全磁力の相対値を示す。

はなお古い方法—それらはかなり改良の余地があるが—を用いている。

進歩の速度は、全地球磁気調査の全般的計画を確立、継承することによってさらに加速されるであろうし、みんなで力を合わせればそのように大きな仕事に必要な労働はかなり軽減されるであろう。限られた地域を特別に注目するのではなくて、このような系統的、全般的調査が着手されることは非常に望ましい。私は、すべての国家が喜んで参加することが確かなこの仕事を始めるにあたって、この問題に関心のある方々のご助力を切に願います。

〔ここまで、論文前半〕

<パリセードの磁気プロファイル>

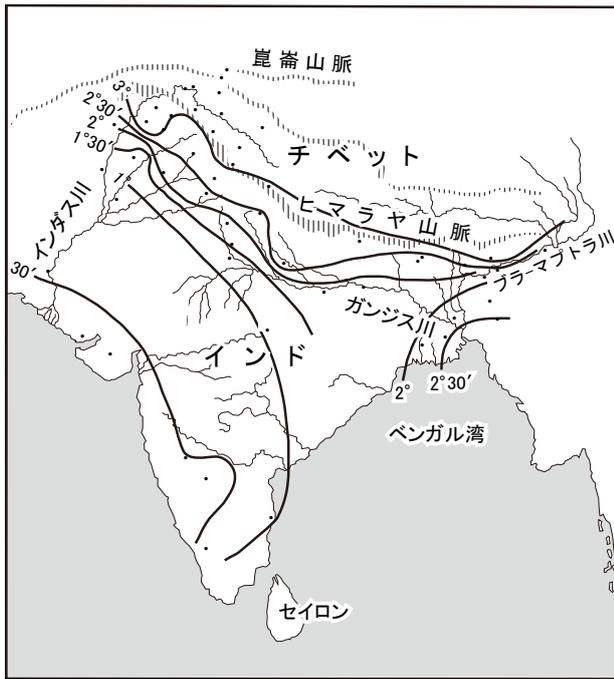
私はここで若干の詳しい説明を進めたいと思う。なぜなら、一般に支持されてきたことの証明が示されることが必要と思われるからであり、それ故私は地球の構造と地磁気との間の密接な関係の若干の実例を引用しようと思う。

ハドソン川を横切るロックの磁気プロファイル以上に優れた関係を示す図はないであろう。そのプロファイルはパリセードの異なる3地点、すなわち、スネイク・ヒル、フォート・リーおよびパターソンにおいて作成された(第1図)。それぞれの場合に磁気の伏角と強度が崖の列に直交する測線に沿って多数の地点で測定され、そして曲線は柱

状節理を持つ閃緑岩⁴からなる崖の縁の直上で急に極大値まで上昇する。この閃緑岩は広く分布しており、三疊紀砂岩の地層中に挟まっている。[地層の]傾斜はわずかであり、西へ向いている。この崖の東側にはローレンシアン片麻岩が露出している。これほど時代の離れた地層がきわめて近接して分布することは、大きな断層に原因があるに違いないし、それによる垂直方向の変位は少なくとも数千フィートに達する。ロックの意見では、磁気曲線の急激な上昇および下降は地磁気誘導によって磁化された閃緑岩シルによるが、私は大きな割れ目〔第1図の大断層〕が急激な変化の主な原因であることは確かであると思っている。

<ミズーリの磁気調査>

もう一つの見事な例はナイファーの“Magnetic Survey of the State of Missouri” (Nipher, 1880)³⁾ によって提供されている。7° 30' の等偏角線は輪を描き、その中心には標高662フィートの丘陵、パイロット・ノブがあり、この丘陵は斑岩、斑岩質礫岩および堅い赤色砂岩層からなる。この丘陵は東方で他の斑岩丘陵とつながっている。もし、パイロット・ノブはその地下の芯がずっと深部まで続いている古い火山にほかならないということを我々が思い出すならば、いかにこの台木のような形の火山が、電流をそれらのまっすぐな通路から偏らせるか、そして磁気成分



第2図 インド-ヒマラヤ地方の等偏角線図. Rijkevorsal (1879)の観測データに基づいてナウマンが作成したものを和訳した。原図を約70%に縮小。偏角値は西偏を、黒点は観測点(観測値は省略)を、ケバは主要な山稜を示す。ブラマプトラ川の地名を追記した。

の不規則性の原因となるかを、我々はよく想像することができる。

<ヒマラヤの等偏角線>

磁気曲線と大きな地質学的擾乱線との間の驚くべき一致はアジアにおいても経験する。ヒマラヤ山脈はあたかも等偏角線にある支配的影響を及ぼしているように見える。すなわち、等偏角線のあるものは山脈の方向に従っており、そして2°30'および3°の曲線がブラマプトラ溪谷を高く上り、それから南西方向に折り返して行くコースは非常に印象的である(第2図)。東インド諸島の著名な調査者であるレイクフォーセル^{*5}は、この問題に関して語り、「それはあたかも陸地が等偏角線にある強制力を持っていたかのようなものである」(Rijkevorsal, 1879)と言っている。私は敢えて、このような影響を及ぼすものは陸地ではなく、山脈の沈降によって示される大きな縦走裂け目であると言いたい。恐らくアジアの大部分では等偏角線は地質学的大変位線に一致するであろう。

<ヨーロッパの等偏角線>

我々の理論を支持する別の図はヨーロッパで得られるかもしれない。カルパチア山地とトランシルヴァニアの「鉍石山脈」(Erzgebirge)の間の地域はほぼ円形の盆地を形成している。この地方はクライルによって約40年前に調

査され、最近ではシェンツル^{*6}によって1875~76年に調査された(Schenzl, 1877)。この間に等偏角線は(もちろん)その位置を変えたが、なお2枚の地図、1つはクライルの観測時、他は後の時期のものであるが、それらはきわめて著しい類似性を示す。東方に向かって、等偏角線はカルパチア山地に平行であるが、ちょうどトランシルヴァニア・アルプス山脈がそうであるように、それらはクロンシュタットおよびフォガラシュの近くで回転する。トランシルヴァニア山脈の中心では〔等偏角線は〕輪のような形状を示している。我々はこのように等偏角線が完全に自然の形態を表していること、そして地磁気の永年変化にも関わらず、それらの特徴的な形態が変わらずに残っていることを知っている。これは確かに非常に重要な結果である。

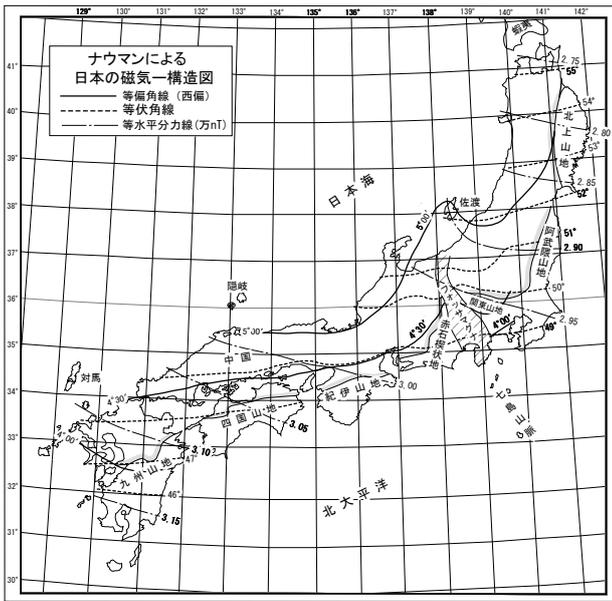
<日本の磁気調査>

上記以外にもかなりの数の図を引用することができるが、しかし私は余りにも協道にそれることを心配しており、そしてこれまでに実施されたすべての磁気調査に関する議論を含む上記の論文[Naumann, 1887a]に関して特別な関心を持つ人々に言及しなければならない。その論文の多くのページは、私の監督の下に1880~85年間に実施された日本の磁気調査および地質調査の結果に向けられている。これらの結果は我々の主題にとって特別な重要性を持っており、それ故私自身が経験した若干の観測結果を提出することを許していただけるだろう。

等偏角線と地質構造の主要線の間にはきわめて注目すべき一致が見られる。磁気曲線は、一般に、著しい、そして予期しない不規則性を示し、そしてこれらの不規則性は褶曲の異常な湾曲ときわめて密接に関連していることが分かる。1882年の日本地震学会の席上、私の論文の発表に引き続いて真剣な討論が行われたが(Naumann, 1883の討論の部)、それはいかにこれらの不規則性が予期しないものであったかを示した。私自身としては、地質調査所の最初期、磁気データがまだ不十分なときから、地磁気力によって引き起こされる現象と、地殻あるいは地球そのものの内部状態によって引き起こされる現象との間にある関連性が存在するに違いないことを確信していた。磁気調査はこの観点から始められた。200にも上る完全な観測一同様な数の観測点で行われた一からなる概略的磁気調査^{*7}は、私のかつての地形部門の助手であった関野氏によって比較的短い期間で実施された。その結果は非常に満足すべきものであった。

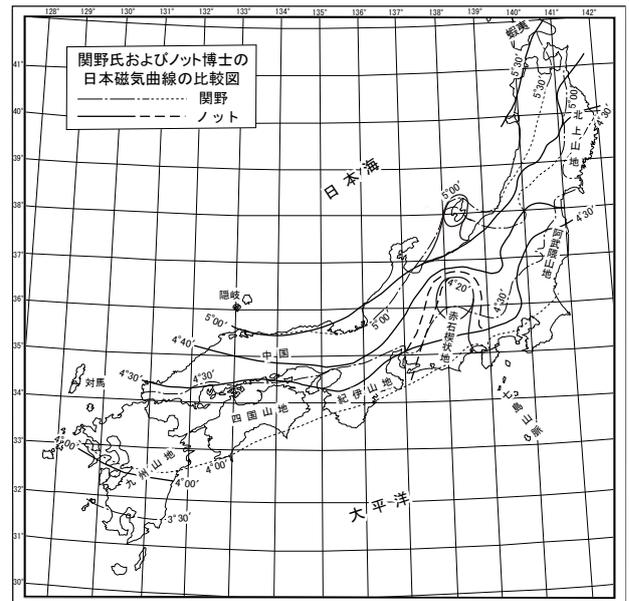
<フォッサマグナの影響>

磁気曲線のコースがフォッサマグナと呼ばれる大横断裂



第3図 ナウマンによる日本の磁気-構造図. Naumann (1887a)の「日本磁気-構造図」(山田・矢島訳, 2015)とほとんど同じ. 原図を約65%に縮小. 原図に示されていた主な観測点の位置・地名および日本海沿岸地域の鍋状陥没地はすべて省略した. 北海道の欄外にはみだした部分は削除した(第4図, 第5図も同様). なお本図の表題には縮尺1:2,400,000と書かれているが,これは本来の原図(Naumann, 1887a)の縮尺である.

け目によって影響されていることが見られるであろう(第3図). フォッサマグナは太平洋から日本海へ延びる巨大な凹地, 裂け目あるいは割れ目であり, その中には多数の火山が噴き出している. たとえば, 日本群島の最高のある富士山はこの横断割れ目に位置している. 日本列島は長い一続きの褶曲体からなり, それらは通例列島それ自身と同じ方向に延びているが, しかし, フォッサマグナ近辺ではこれらの褶曲(おそらく大陸から太平洋に向かって働く力によって生じた)は, あたかもそれらがフォッサマグナの地下にある火成岩類の大きな楔によって押し止められたかのように, [大陸側へ]引き戻されている. 関野氏の磁気図(第3図および第4図)では, 5°の等偏角線はフォッサマグナの周りを取り囲んでいるように見られるであろう. というのはその近辺では曲線は日本海に向かって頂部を上に向けた大きな波を作っているから. それ故, この曲線は褶曲軸線と同じ特徴を示し, そして等偏角線と褶曲線はある程度までは一致している. 王立地理学会会報に印刷された, 日本の地質および磁気分布についていくらか充実した説明を含む論文(Naumann, 1887b)で, 私は述べた: 「これらの結果は研究の全く新しい分野を広げ, そして私は, それらが類似の研究を継続させる誘因となり, その結果, 地磁気の原因および地球の内部状態に関連したまだ非



第4図 関野氏およびノット博士の日本磁気曲線の比較図. 関野らの観測による等偏角線図(Naumann, 1887a)とノットらの等偏角線図(Knott and Tanakadake, 1888)を比較するために, ナウマンが作成したもの. 原図を約65%に縮小. ノットらの等偏角線図のうち, 北陸海岸に沿って延びる5°Wの曲線と佐渡を取り囲む5°Wの閉曲線とを繋ぐ2本の曲線およびその南方の4°20'W [4°30'Wの誤り]の閉曲線東縁から南方に延びる曲線は, ナウマンが書き加えた部分である.

常にあいまいな部分に若干の光明が投げられることを希望する。」

<ノット博士の非難>

上記の論文 [Naumann, 1887a] の出版以後, 多くの著名な権威者から賛成の手紙を受け取り, そして, 決して批判的ではないいくつかの論評が発表された. しかし, いくつかの場合には私は完全に誤解され, そしてごく最近, 激しい非難が東京のノット博士によってなされた (Knott and Tanakadate, 1889). 彼は, 私の指示で実施された関野の調査結果を精査した結果, それらから日本の全般的な磁気特性について何らかの明確な結論を引き出すことは間違いであると確信するに至ったと述べ, そして「望まれるのは新しい調査であり, それは全日本の予備的調査と呼ばれるであろう」と彼には思われた. これらの意見は関野氏の観測を軽視する結果となり, そしていくつかの根拠のない非難を伴っている. 後者について私は多くの事実を述べることによって正当ではないことを証明することを希望し, そして関野氏の調査が軽視されるべきでないという証拠として, 以下に何枚かの地図を用意した.

<関野・ノットの磁気曲線の比較>

第4図は関野氏の地図とノット博士の地図を組み合わせたものであり, それから, 2人の観測者によって得られた

曲線には本質的な違いはないということがわかるであろう。もしそれらが正確に一致しないならば、2つの地図は4年または5年離れた異なった時期（関野, 1882-83年; ノット, 1887年）に関連しているということに留意しなければならない。永年変化の問題を議論する中で、ノット博士は変化の速度は時間**および場所**と共に変わるという事実を無視しており、このため彼の比較の方法は不満足なものであり、そして平均的違いの認定はできない。反対意見を別にすれば、私はノット博士の仕事を喜んで歓迎する。というのは、彼の地図は関野氏の観測をよく検討したものであり、関野氏の調査が日本の予備調査として**有効である**ことを示しているからである。

<ノットの磁気曲線と日本の地質構造>

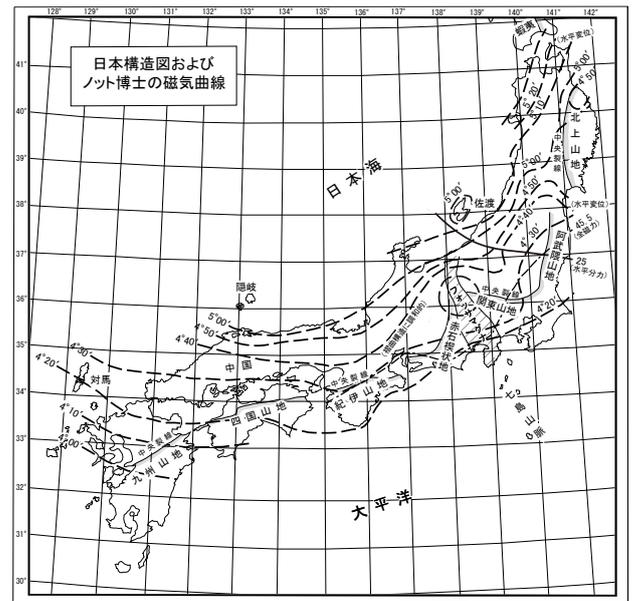
第5図は私の日本構造図にノット博士の地図を組み合わせたものである。ノット博士は彼自身の地図について、「磁気の不規則性を表すところとして2つの地方が認められるべきである：1つはフォッサマグナ周辺の大山岳地帯であり、他の1つは北緯38°と40°の間にある。」と言っている。私は本州北部に見られる不規則性に関する部分を含めノット博士に全く同意する。それらは日本の地質に関する私の論文〔Naumann, 1885〕のなかで述べられており、その中で私は次のような意見を述べている：等偏角線のある種の断絶が佐渡と仙台の間に生じていると。これは、地質学的変位線がこの地方で日本を横切っているの、特別な興味を持たれるに違いない。不規則性はまた磁気に関する後の小冊子〔Naumann, 1887a〕においても言及している。**ノット博士の曲線**—偏角のいくつかの細部には問題があるけれども—に関して、私は、それらは**磁気分布が地質構造の主要線とある関係を持つという十分な証拠**であると思う⁴⁾。

私が日本地質調査所の仕事—磁気調査はその一部である—を引き受けたとき、そこで取られた処置はそれ以前の経験によって先導されたものであった。

船員の観測結果の大部分が検討され、伊能の野帳および地図がコンパス測定のために調べられた。これらの研究によって私は観測点を一定の計画に従って選択することができ、そこで関野氏の観測が行われた。

<第2次全国磁気調査の問題点>

佐渡湾曲は1882年〔1883年の誤り〕に出版された小さな地図に大まかに図示されており、そして、私の日本磁気—構造図（第3図）から、選ばれた観測点が確かめられた磁気曲線に非常に接近した地点にあることが分かるであろう。これらの事実は観測点の配列が最大の注意をもって



第5図 日本構造図およびノット博士の磁気曲線。日本構造図 (Naumann, 1887b) 上にノットらの磁気曲線 (Knott and Tanakadate, 1889) を記入したもの。原図を約65%に縮小。太い破線は等偏角線を、太い実線は等水平分力線、やや細い鎖線は等全磁力線（いずれも数値の単位は万nT）を、それぞれ表す。仙台湾および津軽海峡に記入されている「水平変位」はナウマンが中央裂線の中断から推定したもの。なお、等偏角線の表示には一部問題もあるが、原図を尊重した。

なされたことを示すのに十分である。私は、ノット博士の観測点がそれほど思慮深く配置されていなかったのではないかと気づかっている。日本の第2次磁気調査が独自に、そして以前の研究から引き出されたであろう有益な助言を受けることなく実施されたことは大変残念である。地質調査所の野帳さえも参考にされなかった。これらの野帳は多くのスケッチを含み、それによってすべての観測点の正確な位置を容易に決定し得るのであり、そして、ラモントの〔バイエルンでの磁気調査の〕経験〔Lamont, 1854〕に従って、将来の観測者が同じ地点で観測できるように、観測地点の再決定のために必要な地形データが確認された。

第2次全国磁気調査に関する論文から、我々は81の観測点のうち27が以前の調査の観測点と一致するものと**見なされる**ことを知っている。これらのうち少数の観測点が大ざっぱに一致しているに過ぎない。観測点が関野氏および神足氏がたどったルート上にあるだろうと私が決定した理由を十分に述べると、余りにも本題から離れてしまうだろう：第2次磁気調査によって提供されたテストがそれらの配置を正当化していると述べれば十分である。同時に私は、新しい観測者たちがフォッサマグナ周辺および佐渡・仙台間の非常に興味ある地域に対して特別な注意を払うことを彼らの義務と感じるべきだったと述べざるをえない。

ノット博士は観測点を全国に正しく配置することを非常に重要と考えており、そして、「以前の観測者たちによってとくに偏角に関して火山が擾乱の大きな原因であると示されたので、火山からは十分な距離を取る」ことが必要であると考えている。その時、ほとんど同時に、彼は観測された不規則性の原因を探り、それらを火山岩類の分布に見出している。伊能の時代（今世紀の初め）に存在したに違いない、そして関野氏の観測がいまでも存在することを示した最も興味ある擾乱〔盛岡周辺の磁気異常：Naumann, 1883〕については、わずかな注意が払われたか、あるいは全く注意されなかったように思われる。また、森吉山の山頂の磁気岩塊によって示された特殊な現象も検討されなかった：ノット博士の調査の2つの観測点はこれらの注目すべき場所のすぐ近辺にあるので、これはなおさら驚くべきことである。

私がノット博士の論文の余りにも細かいことを議論しているように見えるかも知れないが、私は、批評は科学への興味によって正当化されると考えている。科学の分野にたずさわる非常に多くの同僚研究者たちが、破壊なしには建設もないとしていることを見るのは、決して満足ではない。というのは、どこであれ安全な足場が確立されたところから前へ進むことは、すべての人の重大な義務であるべきだから。熱心で誠実な仕事は非難よりは尊敬に値する。不幸なことに、批評家たちは彼らの主題を紹介するに当たって、利点を推奨する代わりに、欠点のすべてを徹底的に調べ上げるのが通例である。より大きな努力がその利点を確認しそれらを評価するために払われるほど、将来の計画に対する基礎として既存の知識を用いることがより容易になるであろうし、この義務を無視する者は科学の進歩を促進するよりもむしろそれを妨害しがちである。

<地磁気の不規則性の原因>

ノット博士は私の小冊子をよく読んでいたように思えない。というのは、もし彼がそれを読んだのなら、彼は岩石磁気に関するやや時代遅れの章に多くのページを与える必要はなかったのである：そして、もし日本の地質に関する彼の知識がより深いものであったら、不規則性の原因が全く〔地球の〕表面的な現象であるとする彼の意見は修正されたであろう。彼の論文では「岩石の火山的性質はすべての不規則性を説明するのに十二分なほどである」と述べられている。なぜか？多分火山岩類は磁鉄鉱を含むことが知られているからか？もしそうなら、ノット博士は、この国に広く分布している火山性凝灰岩は、いわゆる火山岩類と同一の物質からなることを思い出すべきであった。さらに、私の論文で証明されたよう

に、岩石磁気が磁気曲線系に影響を及ぼすことはないし、〔磁気物性〕定数の値が近辺に分布する岩石の性質に依存することもないのである。

このような問題を考察するには以下の諸点が重要である：どのように地殻が岩石の**集まり**から構成されているか：どのような深さまで割れ目が地球の中に入っているか：これらの割れ目は閉じているか開いているか、など。問題となっている地域には、2つの巨大な割れ目があり、それらはその頂部が日本列島として出現する大きな地球の起伏の発達と密接に関係している。それらのうち1つは縦走の起であり、全山脈を内帯と外帯に分けている：他の1つは横断的であり、列島をそれぞれ北北東の方に延びる部分と西南西の方に延びる部分の2つに分けている。横断割れ目はフォッサマグナによって示され、縦走割れ目〔中央裂線〕は日本海に向かって後方へ湾曲し、そこで前者と交差する（第5図）。溶融物質からなる巨大な岩体がこれらの裂け目から噴出し、そしてこのような巨大な割れ目が地電流に、そしてその結果磁針にもある影響を与えると想像することは困難ではない。

<偏角値の補正>

偏角値の時間補正に関する私の以前の意見は「わずかな」不正確さを含むと言われ、ノット博士は北部の観測点で行われた観測には補正が適用されなかったと考えているように見える。この推定に関しては、彼は関野の観測を軽視しており、観測点が無思慮に配列されたという推定と合わせて、それは第1次磁気調査に反対する議論として用いられている。

ベルリンの万国地質学会議で展示され、現在ではベルリン地理学会に所蔵されている関野の日本磁気図の表題には、「対応する色と同じ色によって観測点の近くで表示された観測の現在の値が見いだされる。偏角の観測値だけが日平均に換算されている」と〔フランス語で〕書かれている。磁気に関する私の小冊子を出版する前に、私は関野にそれぞれの観測がなされた正確な時間を教えるように頼む手紙を書き、彼は私が持っていたリストの値は日平均であったと返答した。日本を去る前に私はすべての偏角値の補正がなされるべきと命じたことは確かであり、そして、北部の観測点についての補正は近似値でしかなかったけれども、今まで私はこれがなされたと確信していた。もしノット博士がこのことについてなんらかの疑いを持つときには、彼は関野の野帳を調べることによって容易にその疑いを取り除くことができるだろう。というのは、上記のように、これらの野帳は地質調査所のアーカイブに埋没されるため

に書かれたのではなく、将来の観測者の利用のために準備されたのであるから。

<地磁気の源>

私が思うのは、単に小部分のみが関係するにしても、地球の表面の形状についてよい考えを持っているのは非常に少数の人々であるということである。多くの場合に高度が記憶の中で誇張され、その結果傾斜の角度が余りにも大きく捉えられる。地球全体の規模と比べたとき、大洋の最深部の深度がいかにわずかなものであるか！ ラモントは、水準の違いによる磁気要素の変化があるかどうかに関する問題を検討し、その結果は、高度がかなり違ってその変化は検知できないことを示した。このことから、彼は地磁気の源は地表近くではなく、地下きわめて深部に求めらるべきと結論した。

ここで、私がラモントの最も興味ある理論〔Lamont, 1854〕に注意を向けることを許していただきたい。彼は磁気曲線の系列にしばしば不規則性が出現することを認めており、それらを地殻に含まれる磁気岩体の影響にはなく、地球の核の凸部と凹部、すなわちその不規則性の影響によるものとした。

彼の意見は彼自身の言葉の中に述べられている：「磁気曲線は核の表面を表わす。」もしノット博士がこれらの迂遠ではあるが古典的な研究をよく知っていたならば、彼は論文〔Knott and Tanakadate, 1889〕の214ページに示された結果〔中部山岳地帯における磁気曲線の不規則性〕についての議論を省略したであろう。

磁気に関する私の小冊子〔Naumann, 1887a〕の中で、私はこの問題についての最重要な著作のほとんど完璧なリストを示した。そして私は、すべての科学研究者が彼の主題に関わる文献について深い知識を持つことが必要であると考えた。というのは、そのような資格があるときには、彼が注意深く研究しなかった仕事を議論する必要はないから。

<地磁気の永年変化>

私の地磁気研究を通じて精読する機会のあった著作のうち、アメリカ合衆国およびいくつかの外国における磁気偏角の永年変化に関するC. A. ショットの論文〔Schott, 1885〕はとくに興味深い。永年変化の問題になんらかの注意を払った人は誰でも、それが地球物理学の中で最も複雑な部門の1つであることを知っており、そして、一見したところ、上記の論文のきわめて多数のコピーが弁護士に販売されたということは非常に奇異に思われる。純粋に科学的な問題を論じた著作に対する法曹界の要求は非常に大きいので、幾つかの新版が出版されねばならなかった：そ

して、この理由は、最初は磁気コンパスによって画定された所有地の古い境界線をたどるときに経験した難事の中に発見されるのである。この事例は、いかに純粋に科学的な問題が突然そして思いがけなく大きな実的重要性のひとつになりうるかのよい見本である。

ショットの研究は、永年変化が周期的であることを示すのに役立つが、不幸なことに観測は全周期にわたって広がってはいない。彼は永年変化を振り子の運動に比較している。アメリカ合衆国の北緯49°の南では全周期は2½から3½世紀を必要とし、この間隔に磁針は3°から7°まで変わる弧を描く：パリでは振幅は33°であり、周期は約4½世紀である。

全体として見ると、永年変化は完全に系統的であり、注意深い研究に十分に報いる注目すべき法則に従っており、そして永年変化は、我が惑星の全過程の1時相であるので、地球の内部状況を理解する優れた方法であることを証明するであろう。

日本では、最近の調査を〔今世紀始めに〕母国の測地学的調査を行った日本人天文学者、伊能忠敬⁸の調査と比べれば分かるように、磁気成分は今世紀初頭以降かなりの変動を受けてきた。この観測者〔伊能〕はコンパスの変動のことを外国の本で読み聞きしていたが、しかし、それにもかかわらず、その存在を否定し、ヨーロッパ人によって観測された偏角を彼ら自身のコンパスの誤差に起因するものとまで考えた：彼はまた、彼自身の磁針が常に北を指す事実が、彼自身の製作による計器の優秀さによるものであったと考えた。このように、彼はコンパスの変動は存在しなかったと信ずるに至った。1800年～1880年の時間間隔における永年変化の平均値は年3′と4′の間にある。ノット博士は、現在では日本に永年変化はなく、もしそれが正しいとすれば、それは重要で予期しない結果であると主張している。それがどの程度信頼できるかを見てみよう。

上記のように、ノット博士は一種の**形容矛盾** (*a contradicto in adjecto*) の方法を用いた。というのは、たとえ〔偏角の〕差の平均値が求められ、考察された事例のようにこの平均値がゼロであることが分かるとしても、日本に永年変化が存在しないということにはならず、その結果は、永年変化の量は異なった場所では異なり、ある場合には正であっても他の場合には負であるというよく知られた事実によって説明できる。

しかしながら、関野の地図とノットの地図の比較からは、等偏角線は実際きわめてわずかしか移動していないことが見て取られ、そしてノット博士が「1883年に始まり

1887年に終わる期間内では、実際に変化はなく、あるいはあるとしても、それは実際非常に小さな変化である。それはほとんど、あたかも我々がまさに最大偏角の時期を通過していたかのように見える。」と述べていることに我々は同意する。もしも我々が、モンゴルを通る偏角ゼロの線についてフリッチェ〔Fritsche, 1885〕が行った説明を取り入れるならば、この結果は極めて興味がある。線のこの部分の近くにある観測点に対する永年変化の値は非常に小さく、それ故我々は、東アジアのかんりの部分をカバーする島状の西偏地域〔山田・矢島, 2015, 補図1参照〕のすべては現在ほとんど定常状態にあるということを結論するであろう。

関野の調査から得られた日平均について述べるときは、私は彼の磁気図に付随する説明の部分引用した。そして私はいまその説明の別の一節に注目する。そこでは以下のように述べている：「孤立した地方に特別に存在する多くの重要な不規則性がある。地図に円形の線によって表されるこれらの不規則性は特別な性質のものではなく、単に位置と広がりである」。しかし、日本の全国磁気調査は、現在では単にぼんやりと示されるにすぎない非常に多くの磁気島の存在を証明するであろうことは疑いない。

ノット博士の地図は、私が示したような〔北東-〕南西方向の曲線の佐渡屈曲を示していないが、しかし、それは佐渡島を取り囲む孤立した〔円形の〕線による不規則性を表している。島の、あるいは島の近くの等偏角線がしばしば全く局地的な性質の不規則性を表すことはよく知られている一彼が述べているように一ので、彼はこの形を好んでいる。私はこのことはよく知られてはいないと信じたい気がしている。レイクフォーセル〔Rijckevorsal, 1879〕が述べているように、等偏角線に強制力を持つように思われる大洋島以外は、少なくとも私はそれに気がついていなかった。しかし、大洋島は大きな海底山脈の印であり、それは一般に地殻の深い割れ目を伴っているが、しかし単に主島から分離した断片にすぎない島〔佐渡〕からは強制力は期待できないであろう。

＜観測点の数と配置＞

日本の磁気島によって提起された問題は非常に詳しい調査によってのみ解決することが可能であり、このような調査が意味するものが何かを問うことには興味がある。つい最近、〔ドイツ南部〕ヴェルテンベルク王国の一部分の非常に詳細な調査がハンマー⁹〔Hammer, 1886〕によって実施され、そして彼は王国全体に対しては約90の観測点が必要であるだろうと見積もっている。これを基にすれば、

日本は1,800、ドイツは2,500、そしてイギリスは1,500の観測点を必要とするだろう。

これらの観測点の数に関連して、私は、ノット博士に異議を唱えられた第1次日本調査における観測点の配置についてもう一度触れて置きたい。彼の調査では観測は80の観測点で行われ、そして第1次〔磁気〕調査では200の観測点選ばれた。詳細な計画の要求に比べれば、これら2つの数は非常に控えめであるように見える。このような事例では、単に観測点を「全国にわたって公正に」まき散らすことの代わりに、それらを思慮深く配置することがより必要である。というのは、ノット博士によって推奨された後者の原則を採用するのは単に徹底的な〔疲れるだけの〕調査にすぎないから。同様な意見は地形調査にも適用できるであろう。というのは、予察調査は、時間や金が重要ではない精密な事業に必要とされたものとは全く異なる観測点の配分を要求しているから。私は、予察調査に若干の経験を持っていたので、いかに注意深く観測点選ばれねばならないかをよく知っている。

＜国際的磁気調査の提唱＞

また、上記の数から、我々はなお地表のある部分の詳細な磁気調査でさえまだほとんど達成しなかったと考えるようになる：このような調査が試みられたのは、ミズーリ州、トランシルヴァニア山脈およびヴェルテンベルク王国の少数の非常に限られた地域にすぎない。すべての問題は国際的に取り上げられることを必要としており、そして私はこのような方針が私の読者たちに問題の最重要性について納得させることを信じている。この偉大な目標にすべての研究者たちが合同で努力することによってしか探究できない分野から豊かな収穫が期待され、そして英国科学者たちによって与えられた刺激は、大陸においてすばやい反応を見出すことは確かであろう。

多くの科学に対して、地磁気の問題は共通の焦点である。というのは、物理学者、地理学者、地形学者、気象学者、天文学者などおよびとりわけ全地質学者はそれに関心を持つにちがいない。以前の時代には、磁気観測は通常天文調査に付随していたし、天文学者が観測を担当していたが、一方、現在ではその問題は自然地理学の一分野を形成し、そして観測は通常気象官庁に結びついている。後者の配置は最も満足すべきものであると思われ、そしてこの問題には大陸では気象学会および気象庁によって、とくにハンブルク、ベルリン、ウィーンおよびミュンヘンにおいて、大きな関心を持たれている。

この問題の実用的側面に移るために、私は国際会議が本

当にロンドンで、次の英国学術協会の会合時あるいはその前後に開かれることを提唱させていただきたい。この会議は多くの観測者の気持ちの中でなお未解決の無数の問題を決定し、そして磁気調査が実施されるべき統一的な計画を定める決議を承認することができる。さまざまな政府が彼らのそれぞれの国の磁気調査の促進に積極的役割を担うよう、誘導する努力も必要である。〔ここまで論文後半〕

原注

- ¹⁾ 1889年9月、ニューカッスルの英国学術協会、部門C (地質学) で発表。
- ²⁾ ナウマンの論文はGeological Magazine誌上に2回 (1889年11月号, 同12月号) に分けて発表され、図版 (Plates. 15-19) は第2回目の論文に添付された (編集部)。
- ³⁾ Nipher によるミズーリ州磁気変化図 (1880) および同図の石膏模型の写真 (1881) はセントルイスの Robert Beneck 社から販売された。
- ⁴⁾ ノット博士の表現にはある非常に目立つところがある。本州で注目される $4^{\circ} 20'$ [$4^{\circ} 30'$ の誤り] の大きな輪の中心は日本の大きな縦走割れ目と横断割れ目 (フォッサマグナ) の交点に一致する。彼の等全磁力線および等水平分力線もまた、フォッサマグナが磁気曲線にある影響を持っていることを証明している。

訳注

- ^{*1} 原文では“eruptions”。ドイツ語では火成岩をEruptivgesteinとよび、英語でもかつてはeruptive rockと呼んでいた。ここでは前後の脈絡から「噴火」あるいは「噴出岩」とせずに「火成岩」と訳した。
- ^{*2} 「地下には磁性岩石は存在せず、大気に曝された後に初めて磁性が発達する」というナウマンの考えは、今日では成り立たない。火山岩 (あるいは一般に火成岩) が溶岩から冷えて固まるとき地球磁場によって磁性を獲得する現象 (熱残留磁気) は、20世紀に入って多くの研究者により実証されている (小嶋・小嶋, 1972など)。
- ^{*3} John Locke. アメリカ人。生没年不明。オハイオ州医科大学化学薬学教授。アメリカ各地の磁気観測を行った。
- ^{*4} ハドソン川西岸に沿い数十km続く大規模なシル。一般にはPalisade diabaseとよばれている。緩い傾斜を示す三畳紀後期の新赤色砂岩層の地層面に平行に貫入し、

厚さは約300 mである。古くからソレアイト質マグマの結晶分化作用を示す1例として詳しく研究されている (端山・久保, 1996)。ナウマンが閃緑岩と呼んだのはこのdaibaseのことである。

- ^{*5} Elie van Rijckevorsel (1845~1928)。オランダ人。物理学者・旅行家・美術品収集家。インド、マレー半島、インドネシア、ブラジルなどの磁気調査、地球物理調査を実施した。
- ^{*6} Guido Schenzl (1823~1890)。オーストリア人。物理学者・気象学者。ハンガリーの中央気象学地磁気研究所の創立者、初代所長。ハンガリーおよびその周辺地域の磁気調査を行った。なお、ナウマンはSchenzlを“Schenzel”と誤記している。
- ^{*7} この調査の結果は、全国約200の観測点における偏角・伏角・水平分力・全磁力の観測値および観測日を示す観測表ならびに観測点分布図 (シュットによる1880年の16点の観測値を含む) として、印刷されている (Naumann, 1887a; Schütt, 1880; 山田・矢島, 2015)。
- ^{*8} ナウマンは伊能忠敬 (いのうただたか) の読みを、間違つて“Ino Tadagoski”としている。またKnott and Tanakadate (1889) も“Ino Tadayoshi”と誤記している。
- ^{*9} Heinrich von Ernst Hammer (1858-1925)。ドイツ人。測地学者・数学者。シュツツガルト工科大学教授。新しい地図投影法・測量法・測量機器の開発のほか、ヴェルテンブルク地方の等偏角線図の作成も行っている。

文 献

- Fritsche, H. (1885) Ein Beitrag zur Geologie und Lehre des Erdmagnetismus Asiens und Europas. *Petermann's Mittheilungen, Ergänzungsheft*, no. 78, 73p.
- Hammer, E. (1886) *Ueber den Verlauf der Isogonen im mittleren Württemberg*. Stuttgart, 58p.
- 端山好和・久保和也 (1996) パリセード輝緑岩シル。地学団体研究会編「新版地学事典」, 平凡社, 東京, 1044.
- Humboldt, F. H. A. von (1845) *Kosmos*, vol. 1. Stuttgart und Augsburg, J. G. Cotta'scher Verlag, 493p.
- Knott, C. G. and Tanakadate, A. (1889) A magnetic study of all Japan, carried out by order of the President of the Imperial University. *Journal of the College of Sci-*

- ence, *Imperial University, Japan*, 2(9), 163–262.
- Kreil, K. (1850) Ueber den Einfluss der Alpen auf die Aeusserungen der magnetischen Erdkraft. *Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 1, 46p.
- Lamont, J. v. (1854) *Magnetische Ortsbestimmungen ausgeführt an verschiedenen Punkten des Königreichs Bayern und an einigen ausgewärtigen Stationen*. München, 600p.
- Locke, J. (1846) Observations made in the years 1838, '39, '40, '41, '42 and '43, to determine the magnetic dip and the intensity of the magnetical force, in several parts of the United States. *Transactions of the American Philosophical Society, Philadelphia*, 9, 283–328.
- Naumann, E. (1883) Notes on secular changes of magnetic declination in Japan. *Transactions of the Seismological Society of Japan*, 5, 1–18. 邦訳：山田直利・矢島道子 (2014) E. ナウマン著「日本における地磁気偏角の永年変化に関する覚書」全訳. *GSJ地質ニュース*, 3, 334–345.
- Naumann, E. (1885) *Ueber den Bau und die Entstehung der japanischen Inseln*. Berlin, R. Fridlander & Sohn, 91p. 邦訳：山下 昇訳 (1996) 日本群島の構造と起源について. 山下 昇訳「日本地質の探究—ナウマン論文集—」, 東海大学出版会, 東京, 167–221.
- Naumann, E. (1887a) *Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihrer Abhängigkeit vom Bau der Erdrinde*. Stuttgart, Ferdinand Enke, 78p. 邦訳：山田直利・矢島道子 (2015) E.ナウマン著「地磁気現象と地殻構造の関連性」抄訳. *GSJ地質ニュース*, 4, 37–51.
- Naumann, E. (1887b) The physical geography of Japan, with remarks on the people. *Proceeding of the Royal Geographical Society*, NS. 9, no. 2, 86–102. 邦訳：山下 昇 (1996) 日本の自然地理および日本人についての短評. 山下 昇訳「日本地質の探究—ナウマン論文集—」, 東海大学出版会, 東京, 261–275.
- Naumann, E. (1889) Terrestrial magnetism as modified by the structure of the earth's crust, and proposals concerning a magnetic survey of the globe. *Geological Magazine, New Series, Decade 3*, 6, 486–490, 535–544.
- Naumann, E. (1890) Ueber den Einfluss grosser Erdspalten auf die Bewegungen des terrestrischen Magnetismus nebst Vorschlägen zu einer magnetischen Aufnahme des Erdballs. *Zeitschrift für Wissenschaftliche Geographie*, 7, 493–506.
- Nipher, F. (1880) Magnetic survey of Missouri. *Fifth Annual Report, Transactions of St. Louis Academy.*, 4, 516.
- 小嶋 稔・小嶋美都子 (1972) 「岩石磁気学」. 共立全書, 共立出版, 東京, 190, 220p.
- Rijckevorsel, E. van (1879) *Report to His Excellency the Minister of the Colonies on a magnetic survey of the Indian Archipelago, made in the year 1874–1877*. Amsterdam, 35+42+45p.
- 佐藤博之 (1983) 先人を偲ぶ (2). *地質ニュース*, no. 347, 28–44.
- 佐藤博之 (1985) 百年史の一コマ (2), 地質調査所初期の地磁気観測. *地質ニュース*, no. 371, 6–15.
- Schenzl, G. (1877) Beiträge zur Kenntniss der magnetischen Verhältnisse im südöstlichen Ungarn. *Reperitorium für Experimentalphysik, für physical Technik, für mathematische und astronomische Instrumentenkunde*. Carl, München, 13, 165.
- Schott, C. A. (1885) *Distribution of the magnetic declination in the United States at the epoch 1885. Appendix No. 13 to Report to the U. S. Coast and Geodetic Survey. Progress during the year ending June 1882, Washington 1883*, 277–328.
- Schütt, O. (1880) Ein Beitrag zur Kenntniss der magnetischen Erdkraft. *Mittheilungen der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens*, 3(22), 71–87.

YAMADA Naotoshi and YAJIMA Michiko (2015) Japanese translation of “Terrestrial magnetism as modified by the structure of the earth's crust, and proposals concerning a magnetic survey of the globe.” (E. Naumann, 1889)

(受付: 2015年2月10日)