



ファラデー氏の地球磁気電気誘導について――地球の磁気によって河川及び振動する針金に生ずる電流、並びに赤道上におけるその消失



ファラデー氏の地球磁気電気誘導について——地球の磁気によって河川及び振動する針金に生ずる電流、並びに赤道上におけるその消失

M. Corriente, R. Alambre, J. Paralelo

Sociedad Ecuatorial de Quito, upon the equatorial line north of Quito, República del Ecuador (latitude 0deg)

Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito, 1833.

要旨

1832年1月12日にロンドン王立協会において朗読されたベーカー講演で、マイケル・ファラデー氏は、地球の磁気を横切って動く導体には電流が生ずることを示し、その磁気を通して流れるテムズ川の水中にかかる電流を検出する意図をもって、ウォータールー橋から針金を張ったと報告した。電流は同氏の満足する形では見いだされなかったが、同氏はその存在を疑わなかった。

本学会は、ピアノフォルテ及びチェンバロの張り渡された弦が、一秒ごとに数百回、地球の磁気を横切って動く導体であり、それゆえかかる弦はすべて、ファラデー氏の原理によれば小さなウォータールー橋であると認める。我々は同氏自身の法則より、磁力の方向に置かれた弦には、どのように振動しても弦に沿った電流は生じ得ないこと、水平な弦にとってかかる方向が見いだされるのは伏角針が水平に横たわる所のみであること、そしてそれは磁気赤道で生じ、他のどこでも生じないことを示す。我々は、マチャンガラ川に張り渡した針金から得た、真正と考える零結果、並びに子午線の方角とそれを横切る方向に弦を張ったピアノフォルテの比較を報告する。我々は、ファラデー氏の電流から完全に免れた状態で楽器に弦を張り得る地球上唯一の場所は赤道であると結論する。

I. ファラデー氏の発見について

ファラデー氏の実験の報は、1832年の秋にグアヤキルに届いた印刷版「トランザクションズ」によって、三年前に本学会が集う線に因んで名を定めたこの共和国に伝わった。同氏は研究の第一系列において、針金が磁石の力を横切るように動かされると、常にその針金に電流が生ずることを示し、ベーカー講演を成す第二系列において、地球そのものを磁石として用い得ることを示した。地球の磁気を横切って動かした針金、またはその中で回した銅板には電流が生じ、検流計によってこれが示される。

同氏はさらに進み、水は導体であるから、地球の磁気を横切って流れるときには電流が生ずるはずであり、それゆえあらゆる河川は岸から岸へ微弱な電気を運ぶはずであると推論した。これを試すため、ウォータールー橋から長い銅線を張り、金属板をテムズ川に降ろして、1月の数日間にもわたり検流計の偏れを観察した。同氏は見られた偏れを金属板の不完全さと水の不規則さに帰し、成果であるとは主張しなかった。しかし同氏は原理を放棄せず、我々もまたこれを放棄しない。

II. ウォータールー橋としてのピアノフォルテについて

ファラデー氏が関心を寄せたのは河川である。本学会が関心を寄せるのは音楽であり、楽器はテムズ川よりもはるかに強力な形でファラデー氏の実験を示すと認める。

ピアノフォルテの弦は、引き延ばした鉄または真鍮の導体である。打たれると、地球の磁気を横切って、初めに一方向へ、次いで逆方向へと動き、その回数は中音域の弦では一秒間に200回または300回、高音域ではさらに多い。ファラデー氏の原理によれば、横切るたびに弦に沿って電流が生ずるはずである。ゆえに弦は単なる振動体ではなく、磁気電気の小さな発生機であり、その発する音は流れる電流から完全には独立し得ない。電流は弦自身の運動が電気に変換されて弦から取り去られたものだからである。

ファラデー氏自身の法則は、かかる電流がいつ生じなければならず、いつ生じ得ないかを示す。針金に沿った電流は、その針金の運動が横切る磁力の成分によってのみ生ずる。針金がまさしく磁力の方向に置かれていれば、その運動は、いかなる方向に振動しても、針金自身の長さの方向と直角をなしてその力を横切り、針金に沿った電流は生じない。したがって磁力の方向に置いた弦は、ファラデー氏の電流から完全に免れる。

III. 伏角及び赤道について

磁力の方向は伏角針によって示される。ヨーロッパの北部では急な角度で下方を指し、ロンドンでは水平より下へ70度近く、パリではおよそ67度の角度をなす。弦をその方向に置くには、同じ角度で傾けるほかはない。パリで弦を磁力に沿わせたピアノフォルテは、その響板を床に対して67度傾け、高音側を磁北の方角で地面へ向けることになる。本学会は、エラール氏及びブレイエル氏がかかる楽器を製作すると、パリの婦人らがその演奏に同意するとも考えない。

旅人が赤道に近づくにつれて伏角は減少し、磁気赤道では針が水平に横たわる。そこにおいてのみ磁力は水平であり、磁気子午線上に水平に置いた弦は、その力に正確に沿う。これらの地方を巡る旅の途上、1802年にキトを通過したフォン・フンボルト男爵は、我々の地の少し南、ペルーのアンデス山脈で磁気赤道の位置を定めた。本学会は、自らの伏角針より、我々の観測所における力は極めて水平に近く、その差はいかなる聴き手の識別能力をも下回ると考える。

したがって、通常の床に水平に置いた通常のピアノフォルテに、ファラデー氏の電流から免れた弦を張り得る地球上唯一の地域は赤道であり、弦が南北に沿うよう楽器を回すだけでよいことになる。



IV. 実施した実験について

第一に、本学会は当地の河川においてファラデー氏の実験を繰り返した。市の下流でマチャンガラ川に400 varasの銅線を張り渡し、両岸で銅板を水中に降ろし、シュヴァイガー教授の型式の増感検流計に接続した。観測者らは12月の11日間を通じ、間を置いて増感検流計の針を見守った。板を水から引き上げた際にも現れるもの以外に、偏れは見られなかった。ファラデー氏はテムズ川で何も見いださず、その板を原因とした。本学会はマチャンガラ川で何も見いださず、その板を原因とはしない。赤道線上では何も期待されなかったからである。

第二に、ロンドンの製作者による6オクターブのピアノフォルテを本学会の観測所の水平な床に置き、初めは弦を南北に、次いで東西に向けた。中音域の一本の弦の両端を細い針金を介して増感検流計に接続し、観測者らが針を見守る間、弦を繰り返し打った。弦を東西に向けた場合、打弦の大半において、三人の観測者のうち二人が針の微かな震えを報告した。弦を南北に向けた場合、いずれの打弦でも、いかなる観測者にも震えは見られなかった。

第三に、会員11人の集まりの前で、それぞれの向きで楽器を用い、モーツァルトの一節を演奏した。どちらの向きを用いているかは告げなかった。11人のうち7人は南北の向きを、2人は東西の向きを好み、2人はいずれも好むとは言わなかった。7人のうち5人は、好んだ向きでの音をより丸みがあると述べ、3人は減衰がより長いと述べた。

本学会は、針の震えが好みであるとは主張しない。認めるのは、好みと針の静止が、ファラデー氏の原理が赤道においていかなる電流の発生をも禁ずる唯一の向きにおいて共に現れ、震えは同原理が許す向きにのみ現れたということのみである。

V. ヨーロッパの河川について

ヨーロッパのあらゆる地のように磁力が下方へ傾く所では、それを横切って水平に流れる河川に岸から岸への電流が生ずるはずであり、ファラデー氏がテムズ川でこれを探したのは正しかった。パリのセヌ川及びロンドンのテムズ川は、67度及び70度の伏角を通して流れ、同氏の推論によれば文明世界の河川のうちでも最も帯電したものに数えられるはずである。

本学会は、パリ及びロンドンの主要なピアノフォルテ製作者がこれらの河川からほど近い所に工房を構えていることを記しておく。非難するものではない。ただ、セヌ川のほとりで整音された楽器は、ファラデー氏の電流を運ぶ大きな連続した導体の存在する所で整音されており、本学会が承知する限り、いまだこれを測定した製作者はいないと認めるのみである。

VI. 結論

本学会は次のように結論する。

第一に、振動するあらゆる金属弦は地球の磁気を横切って動く導体であり、磁力の方向に置かれる場合を除き、ファラデー氏の電流が生ずるはずである。

第二に、水平な弦を磁力の方向に置き得るのは、伏角針が水平に横たわる所、すなわち磁気赤道に限られ、本学会の観測所はそこに極めて近いため、差は聴き取れない。

第三に、赤道におけるすべてのピアノフォルテ、チェンバロ及びハープは、弦が磁気子午線に沿って南北に向くよう置くべきであり、このように置かれた楽器はファラデー氏の電流から完全に免れる。他の地の楽器はいかなるものも、伏角の角度に傾けることなしにはそうなり得ない。

本学会は、ファラデー氏のウォータールー橋における実験を称賛し、赤道でこれを繰り返すよう敬意をもって提案する。そこでは同氏は、その板に原因を帰す必要のない零結果を得るであろう。

デジタル化に関する編者注（2026年）

本論文はSociedad Ecuatorial de Quitoの合本Actasに保存されており、Equatorial Audio研究部門が2026年にデジタル化し、スペイン語から翻訳した。

ファラデーのベーカー講演と1832年1月のウォータールー橋での試みは実在し、記述も正確である。また、同学会の中心的議論の物理学は妥当である。磁場内を運動する導体に沿った起電力は、導体を横切る運動と磁場の成分に依存し、導体が磁場に沿っている場合には、どのような運動でも消失する。水平な針金を磁場に沿わせることができるのは、磁場が水平な所、すなわち磁気赤道、または伏角赤道に限られる。ファラデーの河川実験は、海流と潮汐が測定可能な電気信号及び磁気信号を誘起することが示された20世紀に、ついに裏づけられた。現在では人工衛星が軌道上から海洋潮汐の磁気的特徴を検出している。

同学会は、キトにおいて磁気赤道と地理的赤道はほぼ一致するものと扱った。1833年にはその差は現在より小さかった。その後、伏角赤道は移動し、現在ではキトよりかなり南でアンデス山脈を横切っている。この移動が及ぼす帰結をフェロ博士が初めて検討したのは2003年である。Calibration Équatoriale Parisは引き続きセヌ川への近接に対する補償を提供している。



参考文献

- [1] Faraday, M. (1832). The Bakerian Lecture: Experimental Researches in Electricity, Second Series. Terrestrial Magneto-electric Induction. Philosophical Transactions of the Royal Society, 122, 163-194. Read 12 January 1832.
- [2] Faraday, M. (1832). Experimental Researches in Electricity. Philosophical Transactions of the Royal Society, 122, 125-162.
- [3] Humboldt, A. de, Biot, J.-B. (1804). Sur les variations du magnétisme terrestre à différentes latitudes. Journal de Physique, 59.
- [4] Schweigger, J. S. C. (1821). Zusätze zu Oersteds elektromagnetischen Versuchen. Journal für Chemie und Physik.
- [5] Sabaka, T. J., Tyler, R. H., Olsen, N. (2016). Extracting ocean-generated tidal magnetic signals from Swarm data through satellite gradiometry. Geophysical Research Letters, 43, 3237-3245. (Cited in the 2026 editorial note.)