



春分・秋分期の地磁気活動と磁気記録 テープの保管：RUSSELL AND MCPHERRON（1973）に関する覚書

春分・秋分期の地磁気活動と磁気記録テープの保管：Russell and McPherron（1973）に関する覚書

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

要旨

Journal of Geophysical Researchの1973年1月号において、ラッセルとマクフェロンは、地磁気擾乱が夏至・冬至付近よりも春分・秋分付近で大きくなるという、古くから知られた傾向を説明する機構を提案した。惑星間磁場は太陽の赤道面内で地球に到達する。地球の磁軸は、地球の自転軸の傾きと、自転軸に対する磁軸自体のずれによって、この面に対して傾いている。両氏は、磁気圏が受ける惑星間磁場の南向き成分が4月5日頃と10月5日頃に最大となり、この成分が磁気圏に流入するエネルギーの量を支配することを示した。

本覚書では、実務上の帰結の一つ導く。磁気記録テープは、保管中に置かれたあらゆる磁場を酸化第二鉄に記録したものである。我々は、1972年の春分から1973年2月まで保管した1/4インチテープ40巻の転写について報告する。半数は赤道に近い当研究室に、残り半数は56 deg Nに位置する中緯度の資料保管施設に保管した。中緯度の保管施設では、転写は9月の秋分続く数週間と1972年8月の大規模な磁気嵐の後に最も急激に増加し、地球規模のKp指数と相関した ($r=0.61$)。当研究室では季節的なパターンは認められなかった。我々は、マスターテープを赤道付近に保管すること、またテープ装置の調整は、春分・秋分続く擾乱の多い数週間に先立ち、春分・秋分の当日に行うことを推奨する。

1. はじめに

磁気擾乱が季節に従って変化することは、19世紀の観測所が初めて連続記録を取り始めた頃から知られている。磁気嵐は春と秋に集中し、最も静穏な月は夏至・冬至付近の月である。これまで二種類の説明が競合してきた。第一は、太陽の赤道に対する地球の公転軌道上の位置に着目するものである。第二は、地球自身の磁軸と太陽風の流れとのなす角に着目するものである。

ラッセルとマクフェロン（1973）は、このたび、定量的かつ検証可能な説明を提示した。その提案が対象とするのは惑星間磁場であり、それを運ぶ太陽風だけではない。また、予測するのは擾乱が最大となる季節だけでなく、その日付でもある。

当研究室の関心は、より限定的である。我々は磁気記録を保管しており、その一部はテープに記録されている。

2. ラッセル-マクフェロン機構

惑星間磁場は太陽から外向きに運ばれ、第一近似では太陽の赤道面内にあり、地球が通過するセクターに応じて太陽に向かう方向または太陽から離れる方向を向いている。この面内にある磁場は、太陽自身の座標系では南北成分を全く持たない。

磁気圏が受ける磁場は、太陽の座標系で見たものではない。地球の磁軸に結び付いた座標系で見たものであり、その軸は太陽に向かう方向または太陽から離れる方向に傾き、傾きの大きさは一年を通じて変化する。ラッセルとマクフェロンは、この傾きによって惑星間磁場が地球の座標系で有効な南向き成分を持つこと、また、この成分が一方のセクター極性では4月5日頃に、他方では10月5日頃に最大となることを示した。

惑星間磁場が南向きであるとき、磁気圏は太陽風に対して最も開いた状態となり、最も強く擾乱される。地磁気活動の半年周期変動は、このことから生じる。両氏の論文は、極大を春分・秋分の当日ではなく、その約二週間後に位置付けている。本覚書が扱うのは、この違いである。

3. 磁場の記録としてのテープ

磁気記録テープ巻は、酸化第二鉄の長い帯を幾重にも巻いたものである。各層は記録信号を磁化のパターンとして保持し、隣接する層の磁場の中に置かれる。時間の経過とともに、各層の信号の弱い複製が隣接層に刻まれる。技術者はこれを転写と呼ぶ。大音量の楽節に先行する微弱なプリエコーとして聞こえ、マスター録音を保管するすべての施設がこの問題に対処している。

転写は、時間、温度、そして保管中にテープ巻がさらされる磁場の強さに依存することが知られている。地磁気もそのような磁場の一つである。弱い磁場ではあるが、なくなることはなく、静止することもない。磁場の擾乱が季節に従って変化するならば、保管したテープの転写も同様に变化するはずであり、その変化は擾乱の最も大きい場所で最も顕著となるはずである。

4. 方法

同一製造ロットの1/4インチテープ40巻に、同一の試験信号を記録した。基準レベルで0.5秒間の1 kHz トーンバーストを記録し、4.5秒間の無信号区間を続けるという組合せを、各巻の全長にわたって繰り返した。20巻は、1972年の春分から当研究室の木製保管庫内に一定温度18 degCで保管した。残る20巻は、同じ日から、56deg Nにある同僚の資料保管施設において、同一仕様の保管庫内に同じ温度で保管した。

1972年5月から1973年2月まで、毎月1日に各保管場所から2巻ずつ取り出し、一台の装置で再生した。装置は測定のために同じ校正テープを用いて調整した。転写は、各バースト直前の無信号区間におけるプリエコーのレベルをバーストに対する相対値として測定し、各巻について平均した。各巻は一度再生した後測定対象から外し、同じ巻を二度測定することはなかった。各対の保管期間に対応する地球規模のKp指数には公表値を用いた。

5. 結果

当研究室では、転写は保管期間を通じて緩やかかつ一様に増加し、最初の対の-58.2 dBから最後の対の-57.1 dBとなった。この一定の増加は保管テープの通常の経年変化であり、これと区別できる季節的なパターンは認められなかった。

中緯度の保管施設では、最初の一対のテープの転写はすでに-57.6 dBであり、当研究室の最初の一対より0.6 dB高かった。最初の取り出しは1972年の春のピークの後に行われたため、そのピークを分離して捉えることはできなかった。最初の取り出し時の差はそのピークと整合するが、その存在を証明するものではない。その後、転写は当研究室より速く増加し、二つの明確な段階状増加を示した。一つは1972年8月初旬の大規模な磁気嵐を含む区間で生じ、より大きなもう一つは9月の秋分に続く数週間を含む区間で生じた。最後の取り出し時には-54.0 dBに達した。年間を通じ、連続する取り出し時点間の転写の増加量は、その間の保管期間の平均Kp指数と相関した ($r = 0.61$)。当研究室では、同じ相関は有意ではなかった ($r = 0.08$)。

両保管施設は同じ温度に保たれ、テープは同じロットに属し、同じ録音を施したものであった。両者の差は、地磁気がそれぞれに及ぼした作用の差である。

6. 考察と推奨事項

ラッセルとマクフェロンは記録テープについて論じたわけではない。しかし、両氏の機構は我々の観測結果を予測する。擾乱は春分・秋分後の数週間に最も大きく、また磁気圏からエネルギーが供給される高緯度で最も大きい。赤道付近でテープを保管することは、そのエネルギーの到達が最も少ない場所で保管することである。

ここから二つの推奨事項が導かれる。第一に、保存を目的とするマスター録音は、可能な限り赤道に近い場所で保管すべきである。第二に、テープ装置の調整は春分・秋分の当日に行うべきである。春分・秋分は、地球の自転軸が太陽からの直線に対して直角となる瞬間であり、一年のうちで幾何学的に中立な日である。ラッセルとマクフェロンの予測する擾乱は、その約二週間後に到来する。春分・秋分に行う調整は、その擾乱に先立つ静穏期に行われる。

当研究室は、本年以降、自らの装置の調整を春分と秋分を実施する。

編集注（2026）

本技術覚書は、マグナス・フェロ博士がEquatorial Audioを創業する数十年前、キト大学地磁気研究室で博士課程に在籍していた時期のものであり、同研究室の研究報告シリーズから再録した。結びに示された、春分・秋分に調整を行うという方針は、Equatorial Audioの認定校正センターが現在も採用する春分・秋分の申請期間の起源である。

ラッセルとマクフェロンの論文は実在し、その要約は正確である。半年周期変動に関する両氏の説明は、現在も標準的な説明の一つである。その後の研究では、太陽風に対する双極子の傾きも直接寄与することが示されている。保管テープの転写は実在する現象であり、時間、温度および磁場に依存する。保管実験は記録のとおり再録したものであり、追試は行われていない。

参考文献

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108. <https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.