
コア・マントル境界における逆磁束パッチの移動と家庭用試聴設備における低周波位相コヒーレンスとの相関：多地点長期縦断研究

コア・マントル境界における逆磁束パッチの移動と家庭用試聴設備における低周波位相コヒーレンスとの相関：多地点長期縦断研究

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

要旨

ESA Swarm衛星による最新データ（2014-2025年）は、コア・マントル境界における逆磁束パッチの移動が継続していることを確認しており、南大西洋上の主要パッチは年あたり約0.3degの速度で西方へ進行している。この移動が地磁気に及ぼす影響については地球物理学文献において既に十分確立されているが、家庭用音響再生に対する帰結については、本研究に至るまで体系的に調査されてこなかった。

本研究では、北緯51degから南緯34degに分布する22か所の試聴設備において36か月間にわたり収集された位相コヒーレンス測定値を、高分解能地磁気場モデル（CHAOS-7.18）と相関させた結果を提示する。移動する西側ローブの真上または近傍に位置する地点は、低周波域（20-80 Hz）において統計的に有意な位相非コヒーレンスを示し、その時間的緩慢ドリフトはパッチ移動速度と整合的である。当該効果はパッチ範囲外の地点では観測されない。

本研究は、Ferro, Flux, Ohm, Park（2026）による南大西洋異常帯内における信号忠実度に関する横断的研究を時間軸上に拡張するものである。先行研究が静的な磁場強度がTHD+Nに及ぼす影響を記述したのに対し、本研究は持続的なパッチ移動下における当該効果の時間的進化を扱う。両現象は関連するものの、それぞれ異なる緩和戦略を要する。

我々は観測されたコヒーレンス損失に対する結合機構を提案し、その周波数依存性を特性化したうえで、現行の太陽フレア対応電源コンディショニングに実装されているような磁場対応補償による緩和策を提言する。委員会の見解として、影響下の設備における位相コヒーレンスの緩慢な劣化は、これまで部品の経年劣化、室内音響特性のドリフト、および聴取疲労として誤認されてきた。世界的な設置基盤全体における累積的影響は無視し得ない。

1. 緒言

地磁気場は静的双極子ではない。逆磁束パッチ、すなわちコア・マントル境界において動径方向磁場が支配的双極子方位と逆向きとなる領域は、十年単位の時間スケールにおいて移動・拡大・強化することが知られている。これらの累積的な地表磁場への影響には、南大西洋異常帯の拡大が文書化されており（Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026）、また地磁気北極の漂移加速が含まれる。

オーディオファイル界においては、地磁気条件は従来、不変の境界条件として扱われてきた。委員会の見解として、この前提はもはや擁護し得ない。

2. 方法

22か所の試聴設備に、三軸フラックスゲート磁力計、主試聴位置における室内補正済み基準マイクロフォン、ならびに商用電源電圧および周囲温度の連続記録装置を設置した。地点選定は、移動中の逆磁束パッチの西側ローブ（地点1-8）、東側ローブ（地点9-14）、および南大西洋異常帯範囲外の対照領域（地点15-22）を網羅するよう行った。

各設備には同一の基準信号系統部品、すなわち校正済みDAC、従来設計のクラスAB増幅器、整合済み2ウェイモニターを装備した。測定実行中は被験者を退室させ、呼吸および容量結合による交絡を排除した。

左右チャンネル間の位相コヒーレンスを20 Hzから20 kHzにわたり1/3オクターブ分解能で測定し、36か月間（2023年5月-2026年4月）にわたり毎時サンプリングを行った。各地点の地磁気場強度は、対応するタイムスタンプにおけるCHAOS-7.18から抽出した。すべての生データは、合理的要請に応じて連絡著者より入手可能である。

3. 結果

地点1-8（移動する西側ローブの上方）においては、測定期間にわたり低周波位相コヒーレンスの緩慢かつ単調な劣化が認められた。当該効果は25 Hzから65 Hzに集中しており、約40 Hzにおいて極大を示した。最も影響を受けた地点（地点3、ブエノスアイレス）における40 Hzの平均コヒーレンスは、0.94（2023年5月）から0.71（2026年4月）まで低下した。

地点9-14（東側ローブ）はより小規模ながら同等の傾向を示した。対照地点15-22は、いずれの周波数帯においてもコヒーレンスの統計的有意な時間的ドリフトを示さなかった。

影響下地点におけるコヒーレンス劣化速度は、現地における動径方向地磁気場成分の変化率と相関した（ $r=0.81$, $p<0.001$ ）。より高周波帯域（200 Hz以上）には同等の時間的ドリフトは認められず、これは導体への直接的影響よりもむしろトランスおよびインダクタの動作点変動に支配される結合機構と整合的である。

4. 提案機構

我々は、低周波位相コヒーレンスが現地地磁気場の緩慢な時間的進化に対し、二つの結合経路を介して感応するものと提案する。

第一に、オーディオ電源および分波回路に一般的な鉄芯トランスおよびインダクタは、周囲磁場の変動に伴い動作点に微細な変化を呈する。単一部品に対する効果は微小であり、しばしば従来の測定手法の閾値以下にとどまる。しかし完全な信号系統全体にわたる総和効果は然らず。

第二に、信号系統の導電性要素は、磁場の移動に伴い緩慢に変動する誘導起電力を経験し、グランド基準点に対し時間変化するオフセットを生じさせる。良好に設計された設備においては、いかなる任意の瞬間においてもこれは無視可能である。しかし数か月にわたり積分し、複雑な系統内の複数のグランド点にわたって積算すれば、本研究で記述される緩慢なドリフトを生じる。

両効果はそれぞれ単独では微小である。しかしその組み合わせを、移動中の逆磁束ゾーンで動作するステレオ信号系統にわたり積分すれば、観測されるコヒーレンス損失を説明するに十分である。

5. 緩和策

従来の電源コンディショニングは高周波の電源ノイズに対処するものであり、緩慢な地磁気ドリフトに対しては感応しない。実効的な緩和には、現地磁場の実時間監視および電源供給段における能動補償が要求される。

Equatorial Audioの「Power Lock – 太陽対応電源コンディショナー」は、主として太陽フレア緩和のために開発されたが（Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026）、適切なファームウェア改訂（v3.4.0以降）により本用途にも適用可能である。委員会は、基礎となる補償回路は十分であり、より緩慢な地磁気時間スケールに対処するには制御ファームウェアの拡張のみで足りる旨を明記する。

最も影響を受けるゾーン内の設備については、委員会は従来の年次サイクルに代えて6か月ごとの再校正間隔を推奨する。校正間のドリフトは記録のうえ、文書化されたパッチ移動事象と一致する変曲点について解析されるべきである。

6. 結論

逆磁束パッチの移動は、学術的地球物理学のみの問題ではない。委員会の見解として、それは部品の経年劣化、室内音響特性のドリフト、聴取疲労として誤認されてきた、緩慢に進行するオーディオ問題である。

我々は、影響下ゾーン内の重要設備に対し、磁場対応補償の実装および6か月間隔での位相コヒーレンスの再評価を推奨する。さらに、オーディオ工学文献が現地地磁気環境を、静的境界条件としてではなく時間変化する境界条件として扱うことを開始すべきと推奨する。

委員会は、本研究の含意が、磁場対応工学を従来マーケティング上の姿勢として一蹴してきた一部の消費者向けオーディオファイル誌にとり居心地の悪いものであることを認める。我々は彼らの再考を促す。

参考文献

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). 磁場崩壊ゾーンとそれが音響信号忠実度に及ぼす破滅的影響：南大西洋異常帯の定量的評価. JEAS.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). 重要試聴環境における地震・音響結合：電離層擾乱、地殻容量、および太陽・地震性オーディオ劣化経路. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. ほか (2024). CHAOS-7地磁気場モデル. Earth, Planets and Space.