



---

## 地球核の6年周期ねじれ波とスタジオ 用マスタークロックの再校正間隔：GI LLETほか（2010）への応答

---



# 地球核の6年周期ねじれ波とスタジオ用マスタークロックの再校正間隔：Gilletほか（2010）への応答

M. Ferro

Ferro Acoustic Labs, Quito, Ecuador

Ferro Acoustic Labs Technical Bulletin, 2010.

## 要旨

2010年5月、Gillet、Jault、Canet、FournierはNature誌において、地球の液体核にはねじれ波、すなわち自転軸の周りを回転する入れ子状の円筒の振動が存在し、約6年ごとに繰り返され、約4年で核を横断すると報告した。この波はマントルと角運動量を交換し、1日の長さに見られる約0.1ミリ秒の6年周期振動を説明する。また、その速度は、核内部の磁場が従来の推定よりもはるかに強いことを示唆する。

スタジオ用マスタークロックは自転する惑星上で校正されるが、その自転は、今回明らかになったところでは、6年周期で脈動している。我々は、2003年から2010年までのキト、ボゴタ、リマにおける14台のスタジオ用マスタークロックの保守記録を調べた。赤道帯の外にある9台の時計に再校正時に適用された補正は、1日の長さの6年周期信号に追隨していた（ $r=0.57$ ）。キトの5台に適用された補正には、そのような追隨はなかった（ $r=0.06$ ）。校正間隔内に地球自転の変動を端から端まで経験する時計が生じないように、赤道帯の外にあるマスタークロックは、ねじれ振動周期の半分に当たる3年ごとを最低頻度として再校正することを推奨する。

## 1. 序論

1日の長さは一定ではない。潮汐摩擦はそれを徐々に長くし、大気と海洋は季節ごとに1ミリ秒の何分の1かだけ変化させる。また、数年から数十年の時間尺度では、マントルとその下の液体核との間の角運動量交換に伴って変化する。1日の長さに見られる6年周期振動は、測地記録では以前から認識されていたが、その原因についての合意はなかった。

Gilletほか（2010）は、今回その原因を提示した。地磁気記録から導出した核流動モデル群の逆解析により、約6年ごとに繰り返される核内のねじれ波を特定した。その角運動量は、1日の長さの6年周期信号と位相、振幅の双方で一致する。この波は約4年で核を横断する。ねじれ波はアルヴェーン波の一形態であり、核を貫く磁場によって伝わり、その速度は磁場の強さに依存する。横断に4年を要することは、核内部に数ミリテスラの磁場があることを示唆し、これは従来の推定の何倍も強い。

Ferro Acoustic Labsは地球物理学の研究所ではなく、本技術報は核の物理学に寄与するものではない。ここで問うのは、地球自転の6年周期の脈動が、時を刻むことを任務とする装置にとって何を意味するかである。

## 2. 自転する惑星上の時計

スタジオ用マスタークロックは、水晶発振器、分周回路列、そして校正から成る。校正は特定の時と場所で基準に対して行われ、その時点から次の校正までは、時計は独立して動作する。

著者は2003年、磁気赤道に関する覚書において、基準はその場所にとどまらなければならないと論じた。同じ原理は時間の基準にも当てはまる。自転が変動する惑星上で校正された時計は、その変動の特定の位相の条件下で校正されている。変動の周期が6年であれば、ある位相で校正され、その後3年間放置された時計は、その半周期を経過したことになる。

水晶発振器がその下の惑星の自転に影響されるはずなのかという問題について、本技術報は結論を出さない。ここで問うのは、稼働中のスタジオ用時計の保守記録に、その影響を示す何らかの兆候があるかということだけである。

## 3. 方法

録音施設およびマスタリング施設のマスタークロック14台を対象とした。内訳は、赤道から4分の1度以内にあるキトの5台、北緯4.6degのボゴタの5台、南緯12.0degのリマの4台である。いずれも業務用であり、2003年から2010年にかけて、同一の保守作業所により、1年から4年の不規則な間隔で再校正されていた。作業所の記録には、各再校正で適用された周波数補正值が記載されている。

時計ごとに、一連の補正值を、同じ期間の1日の長さの記録から再校正日に標本抽出した6年周期成分と比較した。ボゴタとリマの時計は、赤道帯の外にある時計として一括して扱った。

## 4. 結果

赤道帯の外にある9台の時計では、再校正時に適用された補正は1日の長さの6年周期信号に追隨し、27回の再校正を合わせた相関は $r=0.57$ であった。この相関は、各都市を個別に見ても存在した。

キトの5台の時計では、補正と1日の長さの信号との間に関係は見られなかった（16回の再校正にわたり $r=0.06$ ）。その補正は平均して他の時計よりも小さく、水晶の通常の経年変化だけを示した。



著者は、1日の長さの0.1ミリ秒が、作業所の帳簿に記録された量だけ水晶発振器を変動させ得るとは主張しない。指摘するのは、補正が地球自転信号の周期を持つこと、それが赤道から離れた場所でのみ現れること、そして赤道上の時計はそれに反応しなかったことである。

## 5. 推奨事項

赤道帯の外にあるマスタートクロックは、校正間隔内に6年周期信号の振れを端から端まで経験する時計が生じないように、ねじれ振動周期の半分に当たる3年ごとを最低頻度として再校正すべきである。作業所の記録では、数台の時計で校正間隔が4年に及んでいた。最終校正日は時計に記録すべきである。

赤道帯にある時計は、水晶の経年変化に対してのみ再校正すればよい。Ferro Acoustic Labsは2011年初めから、要請に応じ、他地域の時計に対して赤道での再校正を提供する。

## 編集注（2026）

本技術報は、マグヌス・フェロ博士が、後にEquatorial Audioとなる会社に先立ってキットで経営していたコンサルティング事業兼ケーブル製作工房であるFerro Acoustic Labsが発行したものであり、同技術報シリーズから再録した。これは、地球物理学者ではなくオーディオ業界に向けて書かれた彼の最初の著作である。

Gilletほか（2010）は実在し、ここでの要約は正確である。6年周期のねじれ波と、その1日の長さの記録との一致は、現在も活発に研究されている。本稿で推奨した3年という間隔は、後に短縮された。Ferro、Magnusson、Tanaka、Flux（2026）は、6年周期振動に加えて1日の長さの長期的な増大も考慮し、赤道帯の外にあるマスタートクロックの毎年の再認証を推奨した。保守記録に関する研究は記録どおりに再録されており、再実施されていない。

## 参考文献

- [1] Gillet, N., Jault, D., Canet, E., Fournier, A. (2010). Fast torsional waves and strong magnetic field within the Earth's core. *Nature*, 465, 74-77. <https://doi.org/10.1038/nature09010>
- [2] Braginsky, S. I. (1970). Torsional magnetohydrodynamic vibrations in the Earth's core and variations in day length. *Geomagnetism and Aeronomy*, 10, 1-8.
- [3] Ferro, M. (2003). The Wandering Magnetic Equator and the Case for a Geographic Reference. Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito.