

月の標準時系についての意見募集

2025年10月

関戸衛^{1),3)} Pascale Defraigne ^{2),3)}

1) NICT 時空標準研究室

2) Department of Reference Systems and Geodynamics - ORB - Belgium

3) BIPM CCTF 月時系検討グループ

月時系について：月・惑星・宇宙開発専門家の意見募集

月周回衛星を利用した地球のGNSSに類似した位置・時間・ナビゲーションのシステム構築の計画が、各国の宇宙機関で計画され進められている。その際に使用する国際的に共通な月時系を定義する必要があり、BIPM (国際度量衡局) CCTF (時間周波数諮問委員会) として、地球のTT, UTCと将来のトレーサビリティも考慮した推奨時系を決めたい。そこで、宇宙機関、測地、天文分野方々に科学観測・宇宙開発の観点から、望ましい月時系についての意見を伺いたい。

月時系についてのアンケート

Question) 将来の人類の宇宙観測の観点、またはあなたのこれまでのGNSS観測・測量などの経験に基づいて、お答えください。月時系の3つの選択肢のうちのどれか1つを推薦・棄却する理由（利点、または制約）はありますか？ そのほか、自由なご意見をお寄せください。

回答：

宛先： Pascale Defraigne (p.defraigne@oma.be) 関戸衛(sekido@nict.go.jp)

締め切り： 11月14日（金）

月時系について：現在提案されている月標準時系の候補

現在、月周辺の標準時系として3つの候補が提案されています。

1. TCL^{注1)}(Lunar Coordinate Time：月の重心に静止した時計の座標時)を使う。
2. TL (Lunar Time:月表面の標準ポテンシャル面を基準とした座標時)を使う。
TLはTCLを 3×10^{-11} 程度スケーリングして定義される。
3. 地球上のUTC(座標時TT)と同じレートに調整した時系TL*を使用する。TL*はTCLを 6.4×10^{-10} 程度スケーリングして定義される。

参考資料：

https://www2.nict.go.jp/sts/stmg/research/LunarTime/Survey_and_Invitation_LTWorkshop.pdf

(英文意見募集)

<https://www2.nict.go.jp/sts/stmg/ivstdc/siryou/2025/LunarTime/LunarTimeOptn-j3.pdf>

(日本語説明資料)

<https://arxiv.org/abs/2507.21597>

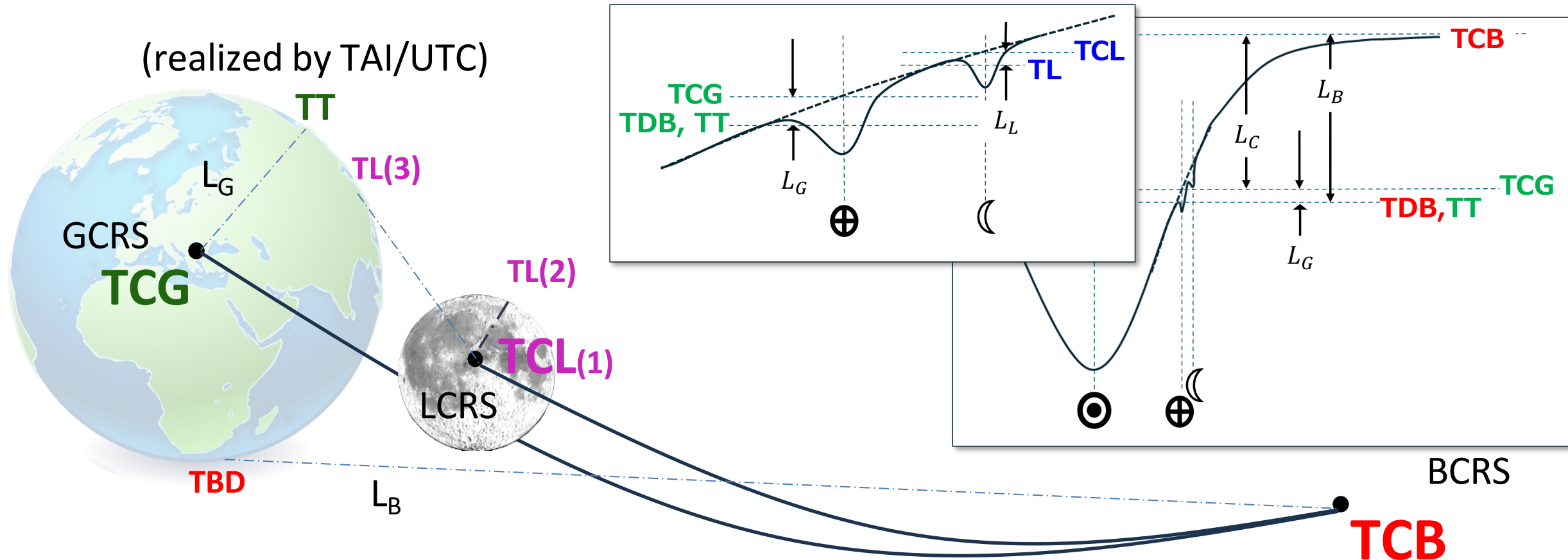
(説明論文 原稿)

https://www2.nict.go.jp/sts/stmg/ivstdc/siryou/2025/LunarTime/LunarTime202510_Domestic.pdf

(本資料)

注1)TCL(Lunar Coordinate Time):2024IAU総会決議参照 <https://www.iau.org/Iau/Iau/Publications/List-of-Resolutions.aspx>

提案されている3つの月標準時系候補



- (1) TCL^{*)}を標準時系とする。
- (2) Defining a TL, scaled version of TCL, and defined on a given W_{LO} ;地球のTTがTCGからスケーリング定義された手順同様
- (3) Defining a TL, scaled version of TCL so that TL-TT is only periodic terms;

^{*)}TCL(Lunar Coordinate Time):2024IAU総会決議参照 <https://www.iau.org/iau/Publications/List-of-Resolutions.aspx>

長所・短所、これまでに把握している意見など

1) TCL (月中心時系) :

- 理想的な時計を月表面に持ち込んだ場合、レート差 $2\mu\text{s}/d = 2.3 \times 10^{-11}\text{s/s}$ が生じる。
- TCL-TTの (地球上の時間に対する) レート $58\mu\text{s}/d = 6.7 \times 10^{-10}\text{s/s}$ がある。
- IAG, IAUで定義が進んでおり、ESAは国際機関の推奨として使用の意向
- 長さや質量定数のスケーリング (新規の計量テンソル) 導入不要

2) TL (月の基準表面) :

- TL-TTの (地球上の時間に対する) レート $56\mu\text{s}/d = 6.5 \times 10^{-10}\text{s/s}$ がある。
- NASAが推奨の意向
- 新しいスケーリング定数 L_L を導入のため質量パラメータGMや長さが $(1-L_L)$ 倍異なる座標系となる。

3) TL* (TTと同じレート) :

- 新しいスケーリング定数 L_L^* を導入のため質量パラメータGMや長さが $(1-L_L^*)$ 倍異なる座標系となる

その他の意見

- ns 精度で地球 (UTC) と時刻同期する場合、いずれのOptionの場合も、同期には空間座標の指定 (相対論的 4 D座標変換) が必要。
- 現在計画中の月周回衛星プロジェクトは当面地球のGNSS衛星信号を受けて軌道決定など行うことを想定
- SLRやGNSSの軌道決定・解析では、TTを使用している。
- 深宇宙の軌道決定にはTDBがあれば十分。

3つの時系の違いについて「わかりにくい」、「説明してほしい」などご要望ありましたら説明の機会を検討しますので関戸（sekido@nict.go.jp）までご連絡ください。ご理解いただき、アンケートに回答をお寄せいただきますようお願いいたします。

BIPM Lunar Time Workshopのご案内

<https://www.bipm.org/en/committees/cc/cctf/wg/cctf-tgmt/2025-11-18>

月時系に関してご意見・興味のある方はどなたでもご参加いただけます。日本時間の遅い時間帯ですが、奮ってご参加ください。

日時：18 Nov. 2025 13-15 UTC (22-24 JST)

場所：Online

Registration link: <https://bipm-org.zoom.us/meeting/register/GGlYzklwRqmOmuDU25PR3g>