



第9回月測位研究会
JAXA東京事務所(お茶の水)
2025年1月23日

月地球圏の時系及び座標系基準の進展と国際動向 —産業界の状況と考察—

博士(工学) 浅里 幸起



TOPIC: ISO Open Consultation on PNT



ISO は、2025年1月10日、全分野のPNT(測位・航法・調時)を横断する Open Consultation を開始。

関連する委員会は次のとおり。

宇宙システム

ISO/TC 20/SC 14

海事・船舶

ISO/TC 8

海洋航法機器

IEC/TC 80

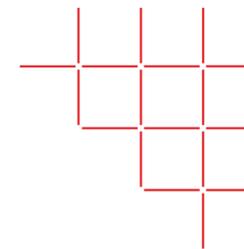
地理情報・ジオマティクス

ISO/TC 211

高度交通システム

ISO/TC 204

その他



Sanghern SEO
Secretariat ISO Open Consultation on
Positioning, Navigation and Timing (PNT) Services

**TO MEMBER CEOs, HEADS OF
STANDARDIZATION, INTERNATIONAL
RELATIONS MANAGERS**

[Council Resolution 53/2024](#)

10 January 2025

Invitation to Members Briefing – ISO Open Consultation on Positioning, Navigation and Timing (PNT) Services

Dear ISO Members,

The Secretary General has recently informed you that Council has now approved two proposals to ISO Open Consultation – a new process by which ISO can discover and tap into stakeholder expectations on a global scale. One of these topics is **Positioning, Navigation and Timing (PNT) Services**, led by KATS (Republic of Korea).

PNT services are a largely invisible system used for the benefits of humans and nature, technology and infrastructure, and arts and industries, including peoples with nomadic and mobile devices, all modes of transportation, communications infrastructure, the electrical power grid, precision agriculture, weather forecasting, and emergency response. In order for all moving objects globally (approx. 10 billion units) to be essential to modern life, enabling a wide array of applications that improve safety, efficiency, and economic performance, the expectations from the PNT services are growing. However, it is an area that has not yet been considered in detail in standardization.

The ISO Open Consultation aims at also engaging stakeholders from beyond the currently engaged experts to draw on a variety of perspectives in order to assess if (and which) standardization needs exist. In the first step, a common ground of information on the topic will be collected from the participating stakeholders. Challenges that stakeholders face with regards to positioning, navigation and timing (PNT) services will be identified in interactive workshops. Jointly, a scope for potential standardization work will be developed and recommendations for areas of work will be given.

In the first step, a **members briefing is scheduled** to inform relevant staff members of NSBs. The ten month-ISO Open Consultation process for positioning, navigation and timing (PNT) services will be introduced. Information and instructions will be provided to assist NSBs in the subsequent national calls for participation and questions regarding the next steps can be asked.

月の時系の標準化



EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT
OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY
WASHINGTON, D.C. 20502

April 2, 2024

MEMORANDUM FOR DEPARTMENTS AND AGENCIES PARTICIPATING IN THE WHITE HOUSE CISLUNAR TECHNOLOGY STRATEGY INTERAGENCY WORKING GROUP

FROM: Arati Prabhakar, Assistant to the President for Science and Technology and Director, Office of Science and Technology Policy

SUBJECT: Policy on Celestial Time Standardization in Support of the National Cislunar Science and Technology (S&T) Strategy

This memorandum outlines the Biden-Harris Administration's policy to establish time standards at and around celestial bodies other than Earth to advance the National Cislunar S&T Strategy.¹ OSTP directs federal departments and agencies to align their planning and policies with this memorandum.

The approach to establish time standards consists of the definition, development, and implementation of a distinct reference time at each celestial body and its surrounding space environment. Each new time standard developed will include the following features:

1. *Traceability* to Coordinated Universal Time (UTC);²
2. *Accuracy* sufficient to support precision navigation and science;
3. *Resilience* to loss of contact with Earth; and
4. *Scalability* to space environments beyond the Earth-Moon system

Federal agencies will develop celestial time standardization with an initial focus on the lunar surface and missions operating in Cislunar space, with sufficient traceability to support missions to other celestial bodies.

2024年4月2日にホワイトハウスが月の時系に関する標準化を指示：

- ・ 2024年末迄に月標準時を検討
- ・ 2026年末迄に月の時刻の標準化を実装するための戦略提出を要求

月標準時の条件として次の事項を掲げる

- ・ 協定世界時 (UTC) へのトレーサビリティ
- ・ 精密航法と科学をサポート出来る精度
- ・ 地球とのつながり消失時の強靭性
- ・ 月地球圏以遠の宇宙環境への延長性

最初にフォーカスするのは、月表面と月地球圏のミッション運用、他天体のミッションをサポートするトレーサビリティ

月の時系：頭の体操として考えてみると・・・



■要求事項

- ・ユーザが使いやすい時系とする。
- ・一般向けに使うために、一つの時系とする。
- ・地球の協定世界時(UTC)とのトレーサビリティを持つ。

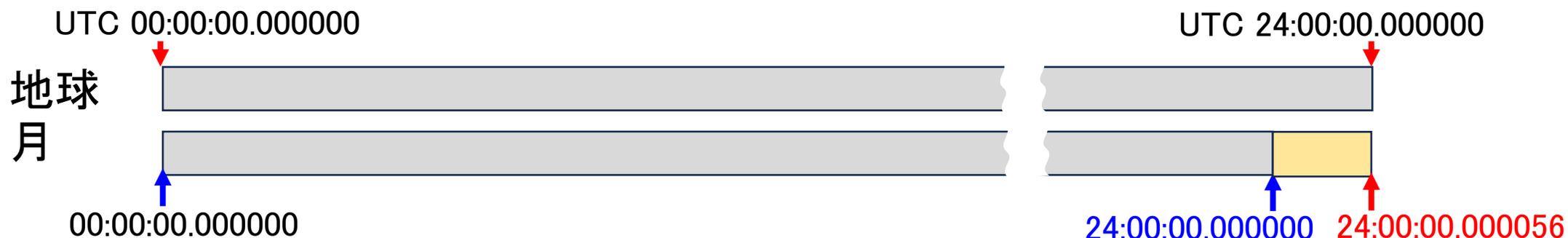
■一般向け時系

- ・LTC: Coordinated Lunar Time (?)

■先行論文より

- ・月は地球より重力が小さいため、時間が早く進む。**1日に56マイクロ秒早い。**

■うるうマイクロ秒(?) Just idea ...



※分単位・秒単位でも補正可。後年答合せを。



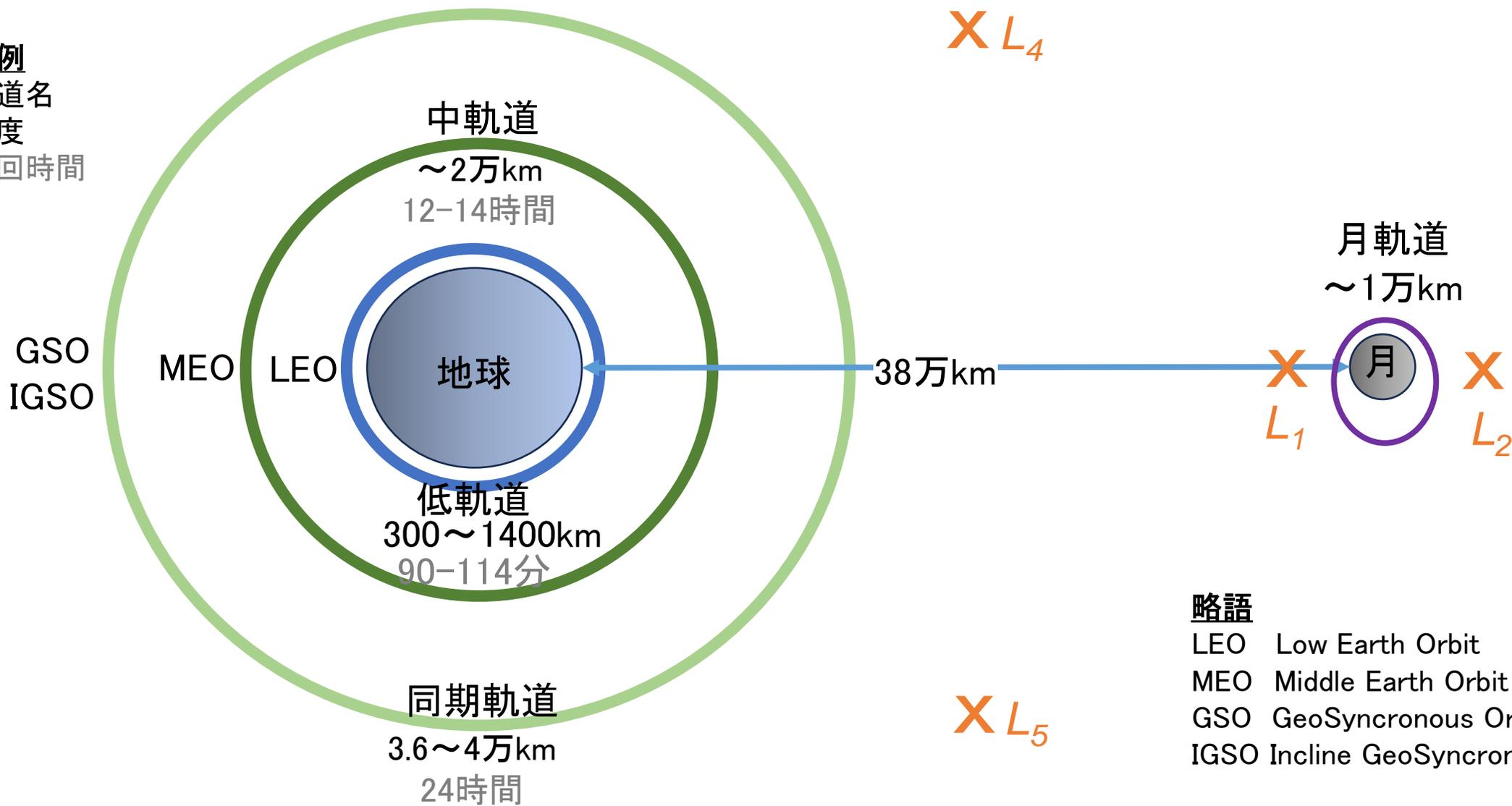


地表だけでなく、軌道上の原子時計を使う選択肢

ISO19161-1“ITRS”では衛星も基準点。時間基準に応用できる概念。



凡例
軌道名
高度
周回時間



略語

- LEO Low Earth Orbit
- MEO Middle Earth Orbit
- GSO GeoSynchronous Orbit
- IGSO Incline GeoSynchronous Orbit

月地球圏のラグランジュ点

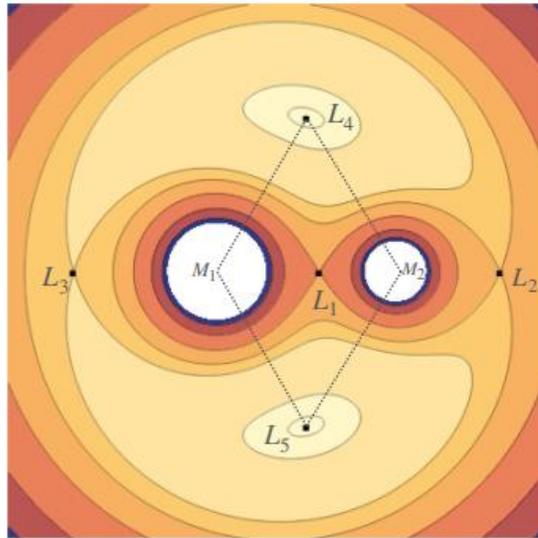
Lagrange points and cislunar space (extra)

Restricted three-body problem solution by Giuseppe Lodovico Lagrangia in 1772 $m \ll M_e$ and $m \ll M_m$

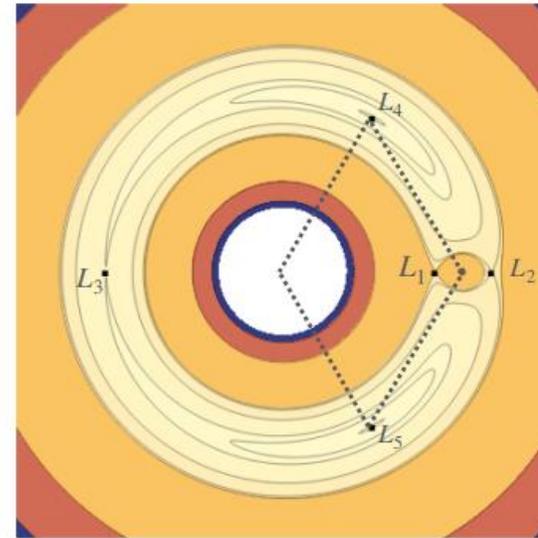
$$\vec{F} = -GM_e \frac{\vec{r} - \vec{r}_e}{|\vec{r} - \vec{r}_e|^3} - GM_m \frac{\vec{r} - \vec{r}_m}{|\vec{r} - \vec{r}_m|^3}$$

$$\vec{F}_m = \vec{F} - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) - 2m\vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt}$$

centrifugal coriolis



$M_2/M_1 = 0.5$ (just an example)



$M_m/M_e = 0.0123$ (actual)

デブリ回避動作時による低軌道測位衛星の軌道推定の必要性

低軌道測位衛星については、デブリ回避による軌道変更が報告されており、その場合の軌道推定の課題が指摘されている。

例えば、スターリンクは測位機能は未搭載であるが、デブリへの衝突回避動作が、
2023年下半期には約11分に1回
2024年上半期には約5分に1回
必要だったと報告している。

約6000機が該当範囲と仮定すると、1機当たり $5分 \times 6000機 = 21日ごと$ に衝突回避動作を行っていることになる。

この場合、デブリ回避指令情報と利用した軌道推定も可能である。
推進力の擾乱モデルとしては Singer によるものが利用できる。



月の平面座標系 Lunar Planer Coordinate System



地球で使われるUTM、UPS座標系の月版を日本で開発・提案。月の大きい曲率が課題。測量・建設に利用。

UTM → LTM: Lunar Transverse Mercator

UPS → LPS: Lunar Polar Stereographic

ユニバーサル横メルカトル図法 (UTM)

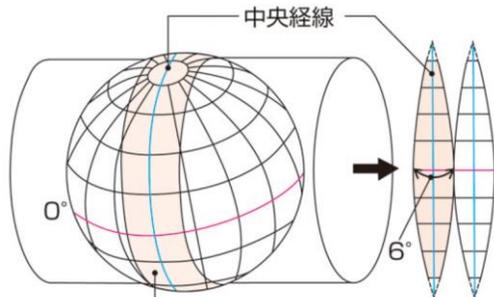
ページ ノート

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

ユニバーサル横メルカトル図法 (ユニバーサルよこメルカトルずほう) は、国際的に標準化された**地図投影法**の一種である。略して**UTM図法** (Universal Transverse Mercator) とも呼ばれる。主に中縮尺向けの図法として採用している国が多い。日本では**国土地理院**発行の縮尺1:10,000から1:200,000の**地形図**に使用されている。

図法の詳細 [編集]

横メルカトル図法では通常の**メルカトル図法**で歪みの大きくなる高緯度地方を比較的正確に表せるが、逆に基準**経度**から東西に離れた地点での歪みが大きくなる。そこで南緯80度から北緯84度までの間を西経180度から東向きに6度ずつ1から60のゾーンに分割して、各ゾーンの範囲をそれぞれの中央**経度**を基準**子午線**とした横メルカトル図法で投影し、60枚の地図を使って両極を除く全地球を描く (正確には地球が**扁球**により近いことを考慮した**ガウス・クリューゲル図法**を用い、両極部分は**ユニバーサル極心平射図法**を用いる)。



投影面、東西3°ずつの6°

ユニバーサル極心平射図法 (UPS)

ページ ノート

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

ユニバーサル極心平射図法 (ユニバーサルきょくしんへいしやずほう) または**ユニバーサル極平射図法**とは、**北極点**周辺および**南極点**周辺のための**地図投影法**であり、平面**直交座標系**である。略して**UPS図法** (Universal Polar Stereographic Projection) とも呼ばれる。**ユニバーサル横メルカトル図法** (UTM) と合わせて**全地球面**をカバーする。

図法の詳細 [編集]

北緯84度以北と南緯80度以南を対象とする。ユニバーサル横メルカトル図法の対象地域と接続するため、0.5度外側への拡張まで想定している。

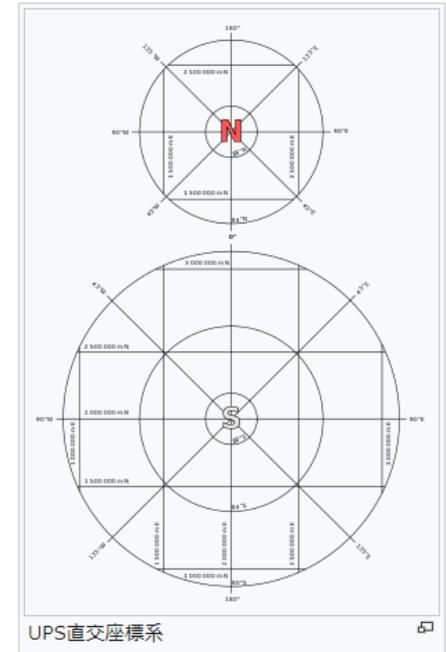
図法は**正角図法**である**平射図法**を用いる。これは1標準**緯線**型の**ランベルト正角円錐図法**において設定する**円錐**を限りなく平面に近づけた状態と理解することができる^[1]。

縮尺の歪みを調整するため、縮尺係数0.994をかける。これにより緯度80度での局所的な縮尺は1.0016になる。

以下に述べる座標系を入れて位置指定を行うために0.994という係数を共通化する必要がある。この縮尺係数と関係なしに極を中心とする平射図法は、極地方を含む各種地図で多用されている。特に**天気図**においては、**北半球**・**南半球**全体の天候を見る必要性が高まっており、専門分野では極心平射図法が主流になっている。

文 8の言語版 ▾

閲覧 編集 履歴表示 ツール ▾



UPS直交座標系

※米国USGSにて、月について25km四方の地図を作った事例がある。



ISO
10788:2014

Space systems —
Lunar simulants

[Read sample](#)

Published (Edition 1, 2014)

This publication was last reviewed and confirmed in 2019. Therefore this version remains current.

ISO 10788:2014

CHF **65**

Language

English

Format

PDF + ePub

Paper

[Add to cart](#)

Convert Swiss francs (CHF) to [your currency](#)



国連 GNSS 国際委員会 (ICG)
United Nations
International Committee on
Global Navigation Satellite Systems

企業・団体の参加者募集
SBIC 宇宙利用ユーザープラットフォーム

会議名： ICG-19
開催時期： 2025年10月
開催地： 韓国



Provider Forum and WG-S
WG-L (Lunar) and WG-B,C,D
PPP Taskforce

