

月測位研究会

JAXA東京事務所(東京・御茶ノ水) + Online

# 産業界からみた月の座標系の 国際調整状況

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構  
衛星測位事業本部 利用開拓部長  
博士(工学) 浅里幸起

# 2024年5月13-17日 ベルリン開催 ISO 国際会議に

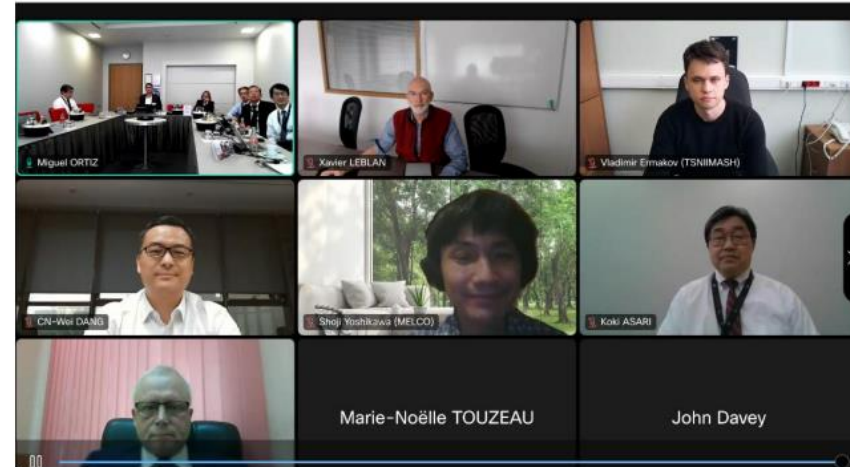


AIRCRAFT AND SPACE VEHICLES  
SPACE SYSTEMS AND OPERATIONS

Working Group #8 : Downstream space services and space-based applications

於 DIN  
ドイツ規格協会

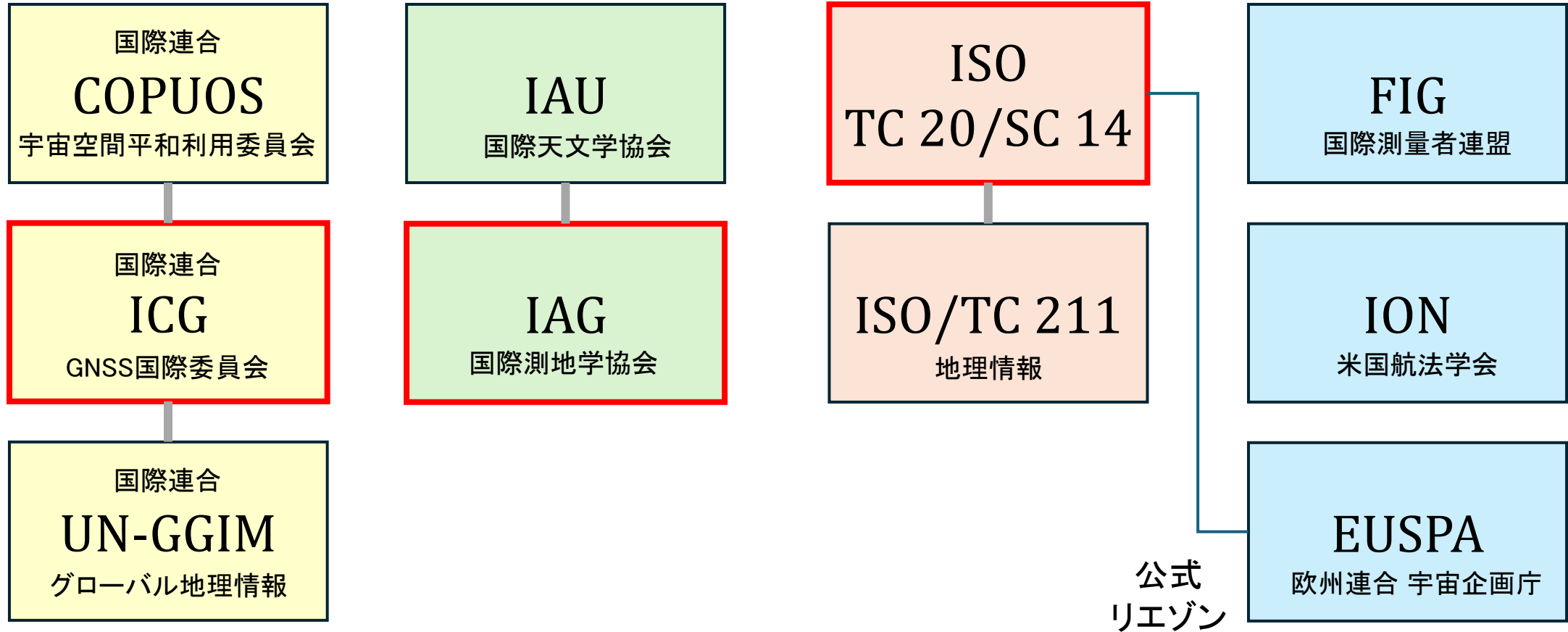
## WG8 Meeting Participation



Spring meeting  
May 14<sup>th</sup> 2024

WTO条約(協定)のもと、  
ISO/TC 20/SC 14「宇宙システムと運用」  
WG8「宇宙利用サービス」

# 月測位に関する国際調整





# 米国政府、「月の標準時」策定をNASAに指示

米国大統領府は4月2日、NASA（米航空宇宙局）に対し、月の標準時「Coordinated Lunar Time」（LTC）の策定を指示した。NASAは、国防省や国務省などと連携し、遅くとも2026年末までに標準化するための計画を提案することになる。

LTCは、月面やその周辺で活動する際の基準になる時間。文書では「今後10年で米国は同盟国などと協力し、人類を月に“帰還”させる」としており、アポロ計画以来、およそ半世紀ぶりに実施する有人月探査計画「アルテミス計画」を念頭に置いていることを示唆した。

アルテミス計画は、米国を中心として、日本を含む世界34カ国が参加する国際探査プロジェクト。2026年以降に複数回の有人月面着陸を行い、月やその周回軌道上に拠点（Gateway）を建設する。さらに、これを足がかりとして、2030年代後半には火星の有人探査を行う計画だ。

NASAのビル・ネルソン長官は3日、自身のXアカウントでホワイトハウスの文書を引用し、「宇宙では1秒1秒が重要だ。月やその先（の天体）で統一された標準時を確立することは、宇宙探査の将来にとって不可欠」と投稿している。

出典：2024年4月2日, 大統領府発表, ITmedia 報道



# 米国政府「月の標準時」へのコメント

**no name**

ID: 71d93f

精密な時計合わせが必要な人工衛星(宇宙望遠鏡など)では、遠方のパルサーのパルスカウントを使って時刻同期する仕組みがあります。

パルサーは電波をパルス状に発射する太陽系外の天体ですが、パルス精度が非常に高いので地球重力に影響されない客観的な時刻指標になり得ます。

「月の標準時」では地球と月の重力の違いが時刻の進み具合に影響することも考慮することなので、パルサーも利用されるかもしれないですね。

出典：ITmedia ウェブサイト, 2024年4月2日の大統領府発表を受けたコメント



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

A handwritten signature in black ink that reads "Arati Prabhakar".

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.<sup>1</sup> 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);<sup>2</sup>
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.

NASA will, in coordination with the Departments of Commerce, Defense, State, and Transportation, provide a finalized strategy to the Executive Office of the President to implement lunar timing standardization no later than December 31, 2026. NASA will also include consideration of Coordinated Lunar Time (LTC), as described in this memorandum, as part of its annual Moon-to-Mars Architecture Concept Review cycle no later than December 31, 2024. These tasks will be supported and informed by the National Cislunar S&T sub-Interagency Working Group, co-led by NASA and the National Space Council, and focused on Objective 4 of the National Cislunar S&T Strategy:



# ISO提案「月の基準座標系」意見募集



意見募集ウェブサイト

<https://upsa-space.com/archives/834>

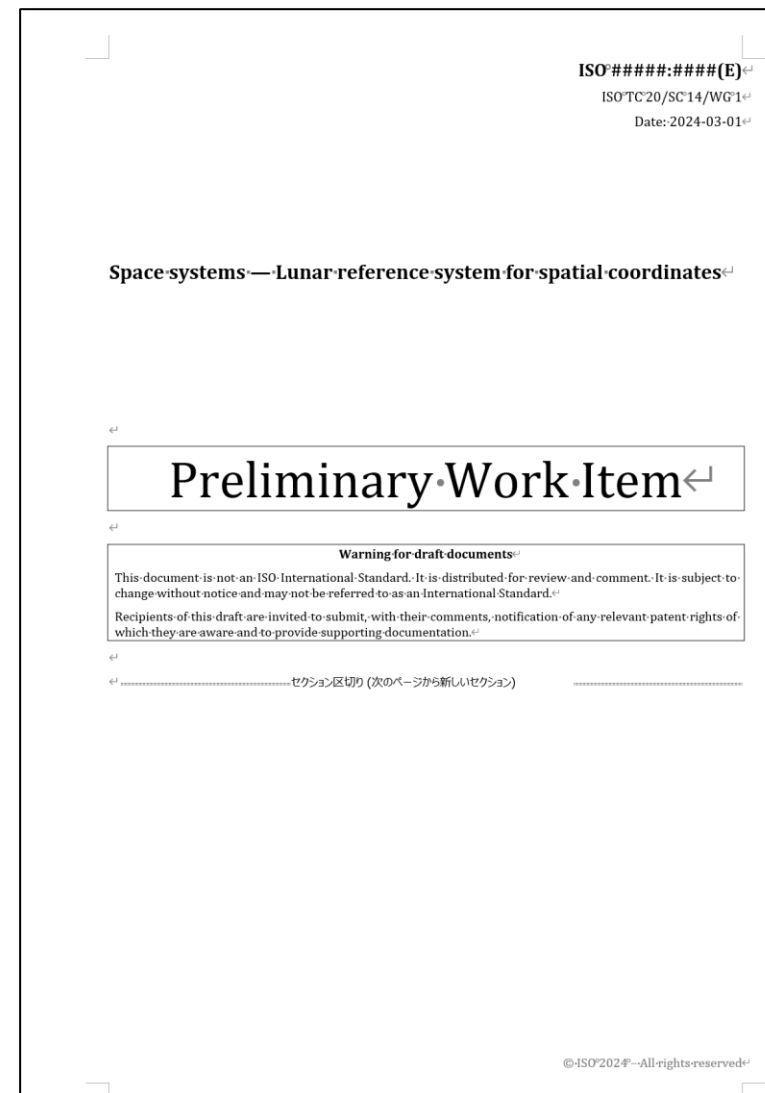
意見募集期間 2024年3月6日～2024年4月12日

提出先 宇宙利用ユーザープラットフォーム事務局

[sbic@upsa-space.org](mailto:sbic@upsa-space.org)

参加者(2024年3月)

- ・アークエッジスペース
- ・宇宙航空研究開発機構
- ・宇宙システム開発利用推進機構
- ・KDDI
- ・JPS
- ・ゼンリン
- ・テラドローン
- ・パスコ
- ・三菱電機
- ・三菱電機ソフトウェア





# 目次案



## Introduction

### 1. Scope

### 2. Normative references

### 3. Terms and definitions

### 4. Abbreviated terms

### 5. Definition

#### 5.1 Rotation structure

##### 5.1.1 Polar axis

##### 5.1.2 Prime meridian

#### 5.2 Reference frame

##### 5.2.1 Origin

##### 5.2.2 Axis

##### 5.2.3 Scale

#### 5.3 Reference ellipsoid

#### 5.4 Horizontal coordinates

##### 5.4.1 Latitude

##### 5.4.2 Longitude

#### 5.5 Vertical coordinates

##### 5.5.1 Altitude

##### 5.5.2 Equipotential height

### 6. Realization

#### Annex A Lunar basic characteristics

#### Annex B Topographic map example

#### Annex C Selenodesy short history

#### Bibliography

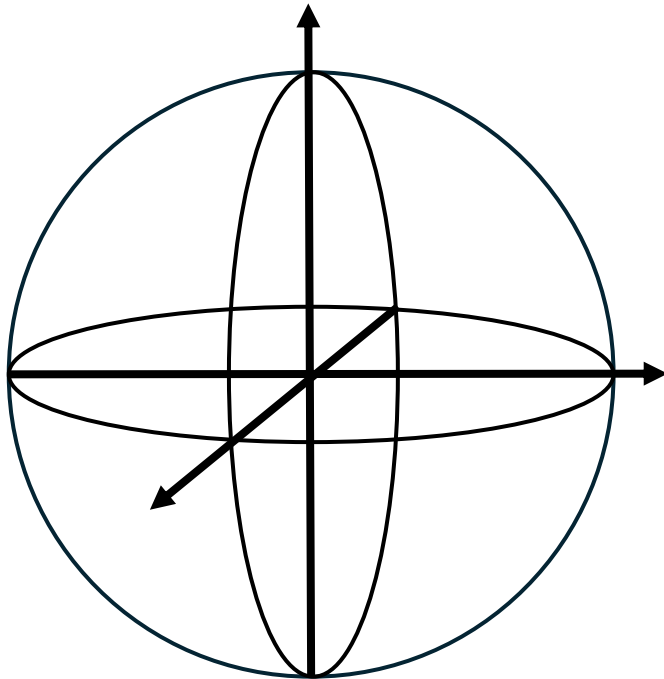


# 月の基準座標系の提案

- ◆ 月面の産業化が進むも、座標系のような基本的なインフラがない。
- ◆ 過去の科学的成果のベストプラクティスを共通標準として利用：
  - NASA ジェット推進研究所(JPL) が開発
  - 「DE421系」を採用、但し ME (Mean Earth) 系統を適用
  - 日本の月の地形図(NAOJ/JAXA/GSI)でも採用された座標系
- ◆ 米国が開発するも標準化は時間を要す。日欧/産業界で補完(2024)。
- ◆ 基準座標系：
  - 定義(Definition) 月回転系に関する科学的成果に基づく
  - 実現(Realization) 月面に配置したレーザー反射器が基準点

A reference coordinate system consists of the definition and the realization.

## 定義 : Definition



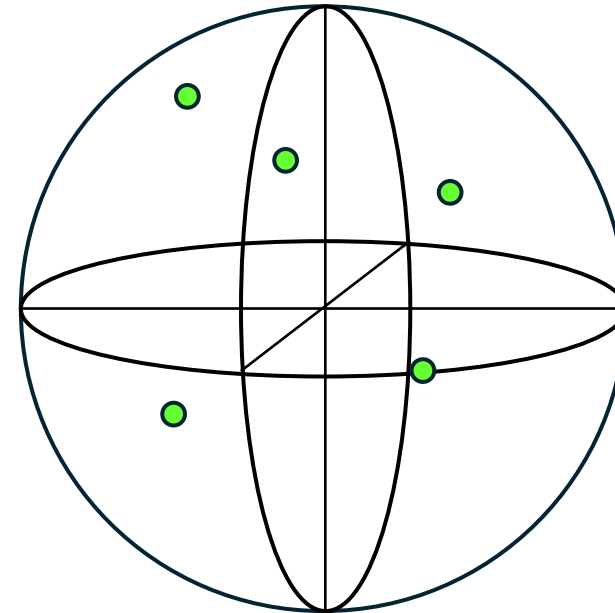
Origin  
原点

Axis  
座標軸

Scale  
目盛

Time valiance  
時間変動

## 実現 : Realization



Reference  
Points  
基準点

Coordinates  
Values  
座標値リスト

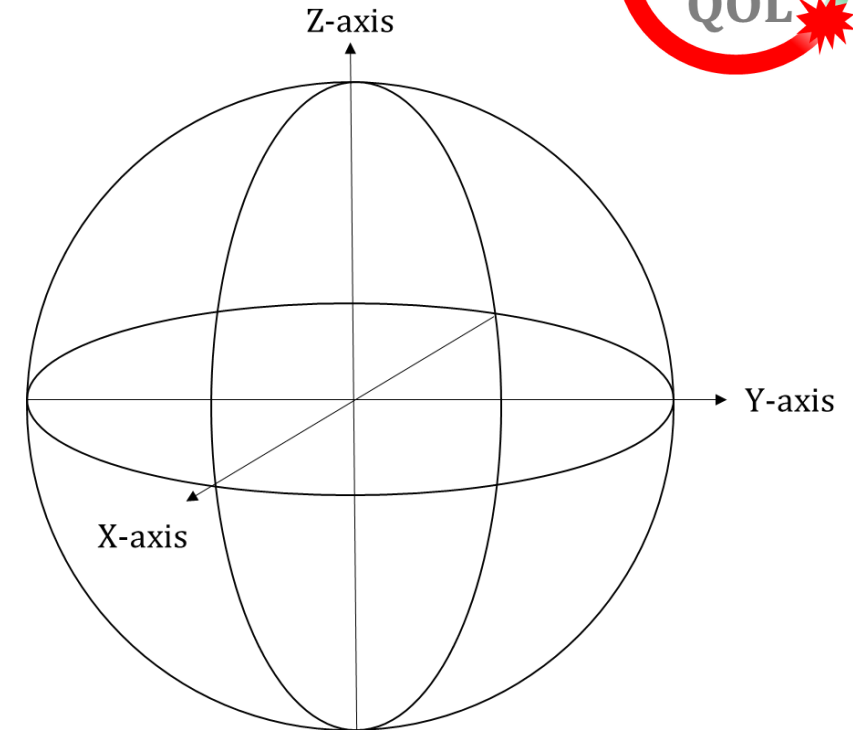
# 月の基準座標系の概要

## ◆ 定義 Definition

- 北極-南極を結ぶ平均回転軸
- 南北は太陽系全体で定義
- 地球の重力方向が経度ゼロ
- 準拋楕円体: 半径1,734,400 [m] の球体

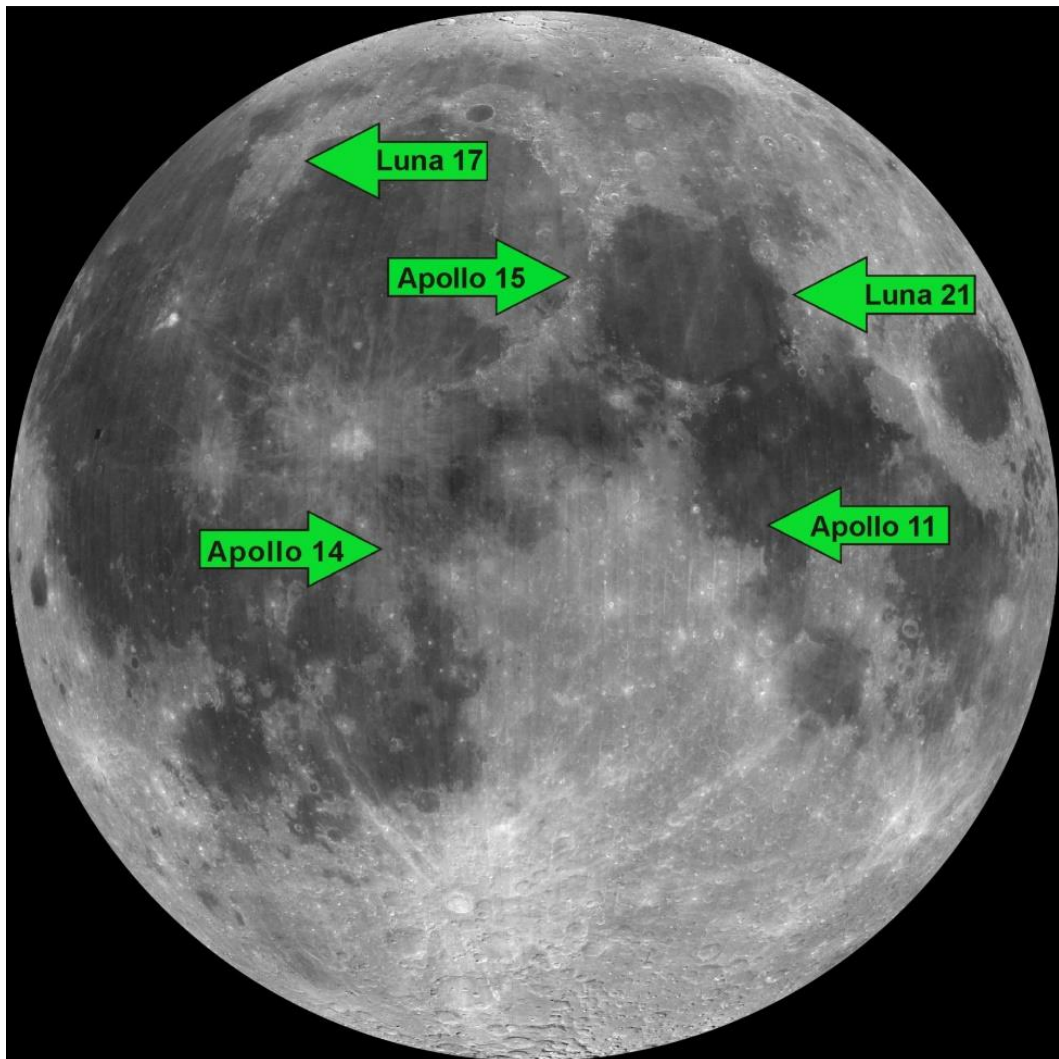
## ◆ 実現 Realization

- 過去のレーザ反射器の利用
- NASAが供給し、米・日・印・民間の着陸機で活用(座標系への採用は未)
- DE421系では、アポロ・ルナの4点
- 今後はレーザ反射器の設置・利用は増加
- 無指向性の電波型電子基準点への移行が望ましい



# 月の基準座標系の実現

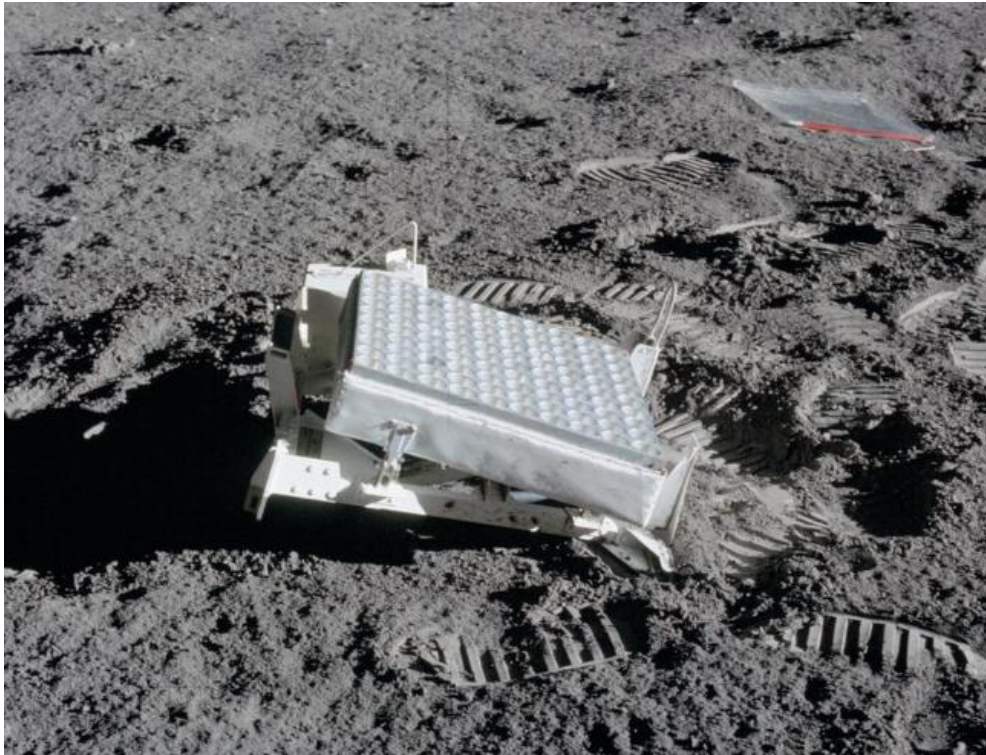
<Realization>



| No. | Mission   | X [m]       | Y [m]       | Z [m]       |
|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|
| A11 | Apollo 11 | 1591747.845 | 691222.345  | 20397.830   |
| A14 | Apollo 14 | 1652818.934 | -520454.721 | -110361.346 |
| A15 | Apollo 15 | 1554937.875 | 98605.140   | 764412.735  |
| L21 | Luna 21   | 1339388.500 | 802310.872  | 755849.325  |

| No. | Mission   | 動径 [m]      | 経度 [deg]    | 緯度 [deg]   |
|-----|-----------|-------------|-------------|------------|
| A11 | Apollo 11 | 1735472.732 | 23.4730729  | 0.6734398  |
| A14 | Apollo 14 | 1736336.135 | -17.4786483 | -3.6441703 |
| A15 | Apollo 15 | 1735477.340 | 3.6285073   | 26.1333959 |
| L21 | Luna 21   | 1734639.009 | 30.9221489  | 25.8323070 |

# レーザー反射器



月面に設置されたリトロフレクター(NASA)

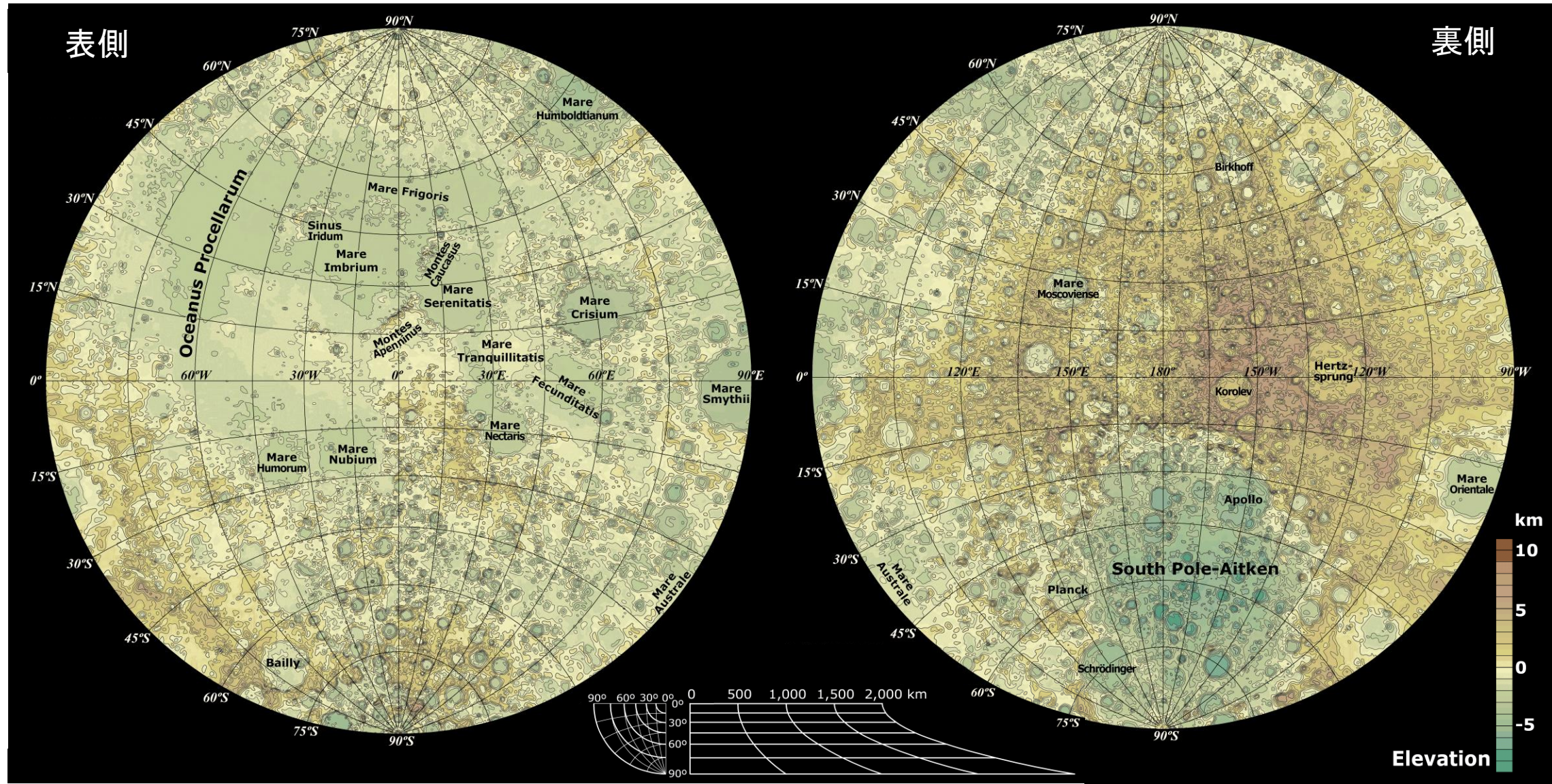


月着陸機に設置されたリトロフレクターアレー(NASA)



# 日本で作成した「月の地形図」

NAOJ/JAXA/GSI



# 2020年代以後の衛星測位システム

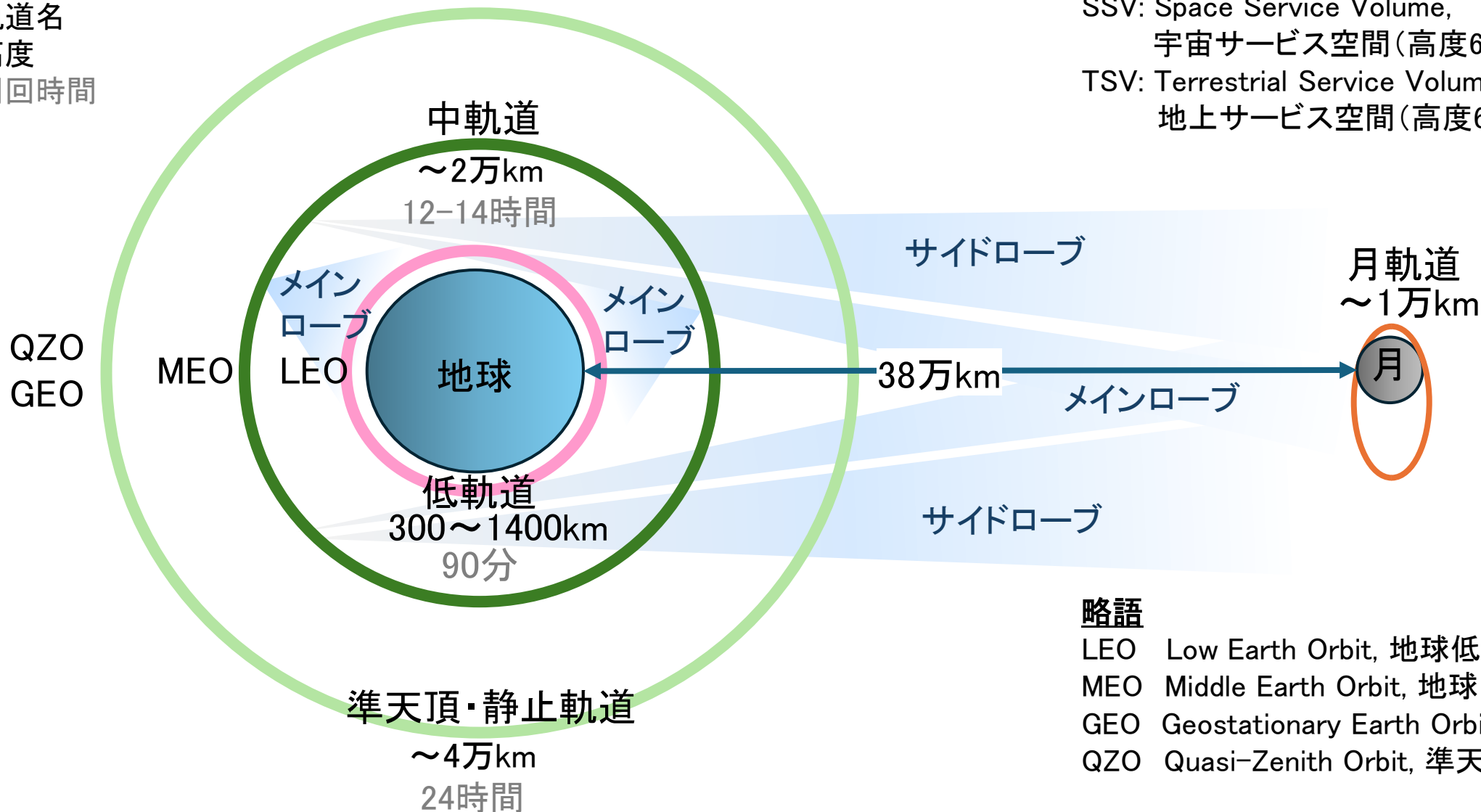


凡例  
軌道名  
高度  
周回時間

国連GNSS国際委員会(ICG)

SSV: Space Service Volume,  
宇宙サービス空間(高度600km以上)

TSV: Terrestrial Service Volume,  
地上サービス空間(高度600km未満)



## 略語

- LEO Low Earth Orbit, 地球低軌道
- MEO Middle Earth Orbit, 地球中軌道
- GEO Geostationary Earth Orbit, 静止軌道
- QZO Quasi-Zenith Orbit, 準天頂軌道

United Nations and ISO have SDGs; the SDGs are aimed at three layers. As shown in Figure 1, these layers are [I] Biosphere, [II] Society, and [III] Economy. This model is called the SDGs wedding cake model. It was proposed by Prof. Johan Rockström at the Stockholm Resilience Centre.

③ 経済圏

② 社会圏

① 生存圏



Figure #  
SDGs  
wedding cake  
model

Reference: <https://www.youtube.com/watch?v=tah8QlhQLeQ>

[I] Biosphere includes (6) Clean water and sanitation, (13) Climate action, (14) Life below water, and (15) Life on land. [II] Society includes (3) Good Health and well-being, (4) Quality education, (7) Affordable and clean energy, and (11) Sustainable cities and communities. [III] Economy includes (2) Sustainable agriculture, (8) Decent work and economic growth, (9) Industry, innovation and infrastructure, and (12) Responsible consumption and production.

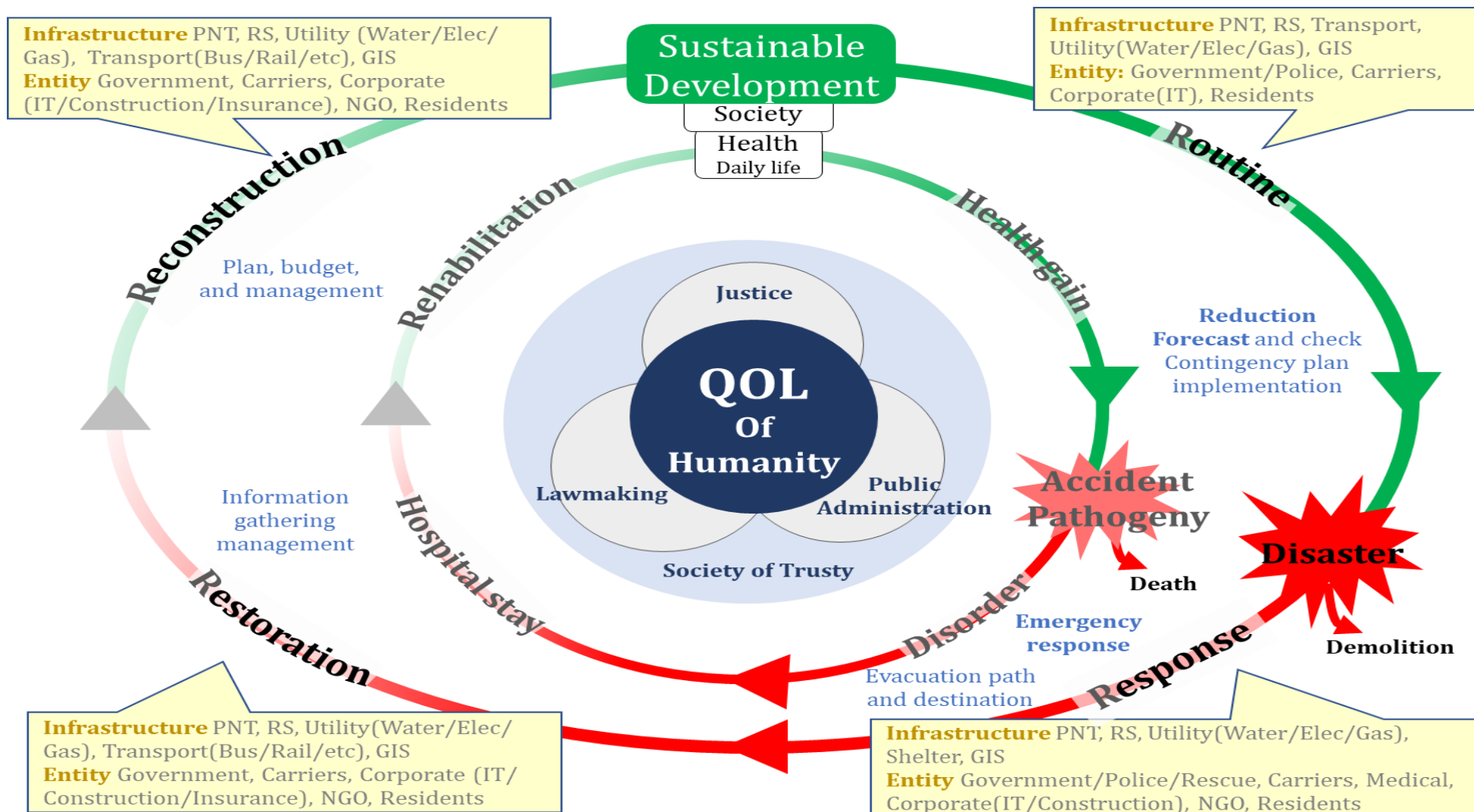




# QOL向上をめざす宇宙システム標準化



宇宙システム標準化では、国際会議で日本代表団は「宇宙システムを利用した生存品質 (Quality Of Life) の向上」をめざすことを理念に掲げて推進しています。



# まとめ

- 月の基準座標系および平面座標系について日本から国際標準を提案予定です。
- 欧米の関係先や国際標準化機構 TC 20/SC 14 で発表し、総会の質疑応答に答え、必要性を説明しました。（反対意見なし。）
- 今後も国際および国内の連携を図りながら、計画を遂行します。
- 国内の各方面からのご協力をお願い申し上げます。

ご清聴ありがとうございます | お問い合わせは [asari-koki@jspacesystems.or.jp](mailto:asari-koki@jspacesystems.or.jp) まで。