

# テラヘルツ波リモセンによる月表面の観測 –何が見えるのか–

\*笠井 康子<sup>1</sup>、宮本 英昭<sup>2</sup>、西堀 俊幸<sup>3</sup>、前澤 裕之<sup>4</sup>、本多 哲也<sup>5</sup>、永島 隆<sup>6</sup>、TSUKIMI チーム

1. 情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター、2. 東京大学、3. JAXA、4. 大阪府立大学、5. SpaceBD、6. Axel Space



テラヘルツ波を用いた月面の広域探査TSUKIMI (Lunar Terahertz Surveyor for Kilometer-scale Mapping)は、月周回軌道からのテラヘルツ波観測により、月の表面とサブサーフェスにおける化学組成・物性や、月の水循環プロセスを理解することを目的としている。

衛星は相乗り用の小型軽量なもので、衛星とセンサが一体となった開発を行っている。アンテナや構造はCFRP素材を用いることで軽量化を実現した。また、受信機には2つのテラヘルツ波ヘテロダイン受信機を採用した。それぞれがH/V偏波分離を行い、周波数範囲は250帯と500GHz帯である。2021年度12月から開発をスタートし、現在、概念検討を終了し、2022年4月末にMPRを予定している。その後、2022年はBBMとEMの開発に着手する予定である。こういったスピード感のある開発もTSUKIMIミッションの特徴の一つである。科学目的、技術課題、機器ハードウェア開発の状況、将来計画について述べる。

キーワード： 月、テラヘルツ、小型衛星、相乗り、月表面構成物、月の水循環

# テラヘルツ波リモセンによる月表面の観測 -何が見えるのか-

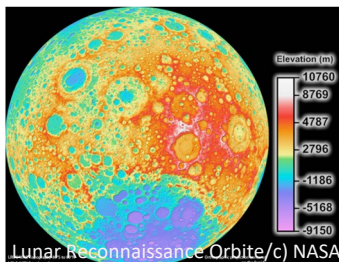
総務省委託事業： テラヘルツ波を用いた月面の広域な水エネルギー源探査(R3-R7年度)

## 背景・課題

- アルミテス計画等により、今後、月の探査・開発が進展。
- 我が国の宇宙産業発展のため、月面というフロンティアにおいて国際的な競争力を有することは極めて重要。
- そのためには、月において人間活動・経済活動に必要なエネルギー源となる「水」の確保が必須。また、月表面の構成物(鉱物)の理解が今後の鍵となる

## 目標

## 月構成物(鉱物資源)の組成を地図にする

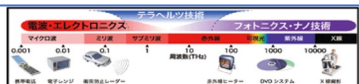


- 水資源の早期獲得に向け、月面とサブサーフェスの高精度な水・氷・水分含有量・構成物組成の分布マップを得る。
- 月面における水循環の実態を把握することにより、効率の良い資源獲得を目指す。

テラヘルツにより深度や空間分解能を波長を適切に選択

Wide Angle Camera and the Lunar Orbiter Laser Altimeter instrument, scientists can now accurately portray the shape of the entire moon at high resolution

○テラヘルツ波は電波と光の境界領域の電磁波



<https://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/0903/02.html>

○近年拓かれた先端技術であり、デバイスなどの技術開発は発展中。現在、**約700が軌道上にあると言われる地球観測衛星**であるが、テラヘルツ波(サブミリ波)センサは地球観測衛星50年の歴史の中で**6基**。 ※ [Union of Concerned Scientists]



C) NASA

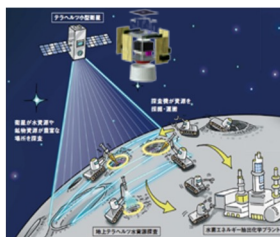
○テラヘルツ波は、以下の特徴を有す。

- ① **水に敏感** AMSR等、電波では地表面水・氷の観測
- ② **電波に比べて高周波数なため、センサの小型軽量化が可能**

例：マイクロ波センサ 324kg程度、テラヘルツセンサ 10kg程度

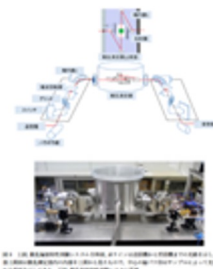
○水資源探査には様々な手段が存在する中、月面の水・氷・土壌水分含有量などの構成物を高精度に推定可能。

## 小型衛星テラヘルツ観測



月表面物質からの輝度温度(偏波・入射角依存性)

## 実験室測定データ



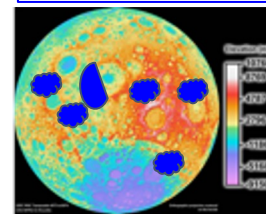
月面構成物を推定するための物質の輝度温度と誘電率の偏波・入射角依存性の実験室測定

+

## 数理アルゴリズム開発

実験室データと月テラヘルツ測定により、構成物を推定する数理アルゴリズム発表0208-PM6

## 水・資源の地図



スケジュール	R3	R4	R5	R6	R7
物性実験室測定	概念検討	BBM/EM	EM/PFM	PFM	解析
小型衛星開発	概念検討	BBM/EM	EM/PFM	PFM	測定

ISECG月探査ミッションシナリオ(2024年打上げが鍵)

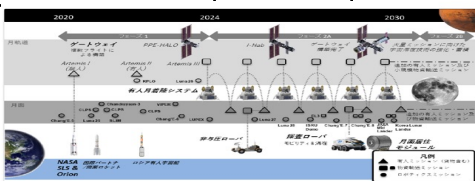


図1. ISECG月探査ミッションシナリオ最新版