

カメラ可視光通信システムPicalicoの月面利用 (月面利用検討関連)

宇宙航空研究開発機構(JAXA) 宇宙科学研究所
牧 謙一郎

Picalico測位の月面応用可能性、有効性

- 月面上は大気がほぼ無く、光の減衰、散乱がないため、光の伝搬を利用した手段として有効
- 可視光の光源とカメラという汎用的な装置を用いて実現でき、早期実現性が高い。
- 移動体の行動記録用等、別用途のカメラと共用可能。搭載装置規模の低減に貢献
- 電波と比較して干渉性が低く、無線局免許、及びそのための国際調整が不要になり、周波数資源の節約の期待が大きな利点。
- 月測位衛星システム(LNSS)構築までの期間を補う局所的測位手段として有効

具体的ユースケース例

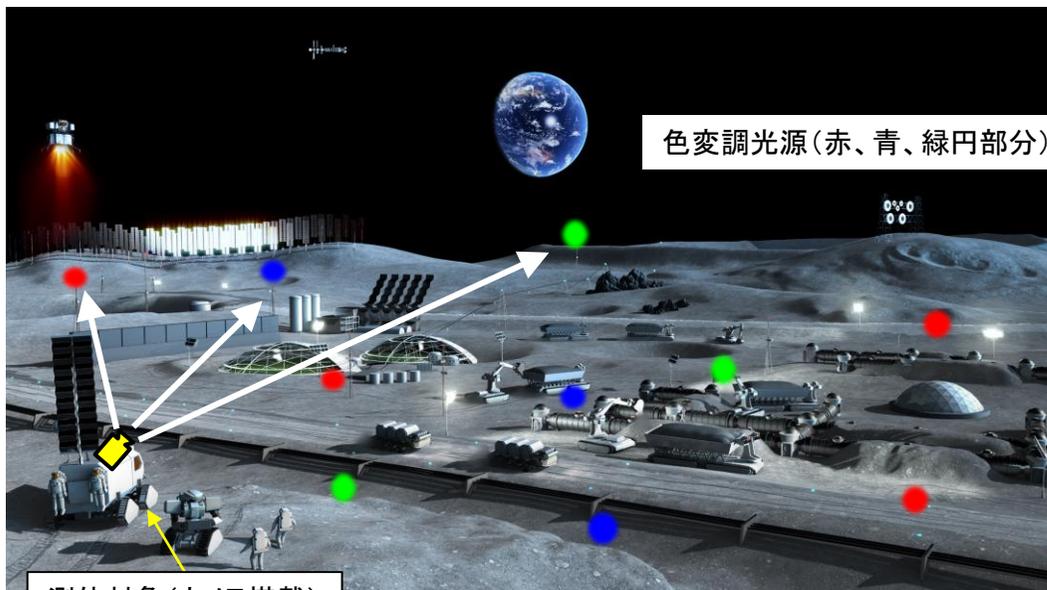
地上実証により確認された性能である測位精度約0.2mの測位技術は、月面における様々な活動で応用可能

No.	タイトル	応用内容
1	月面基地建設	<ul style="list-style-type: none">無人ロボットによる建設予定地の測量から、整地、建材設置・組み立てに至るまで、全ての作業で必要となる自己位置推定縦穴内に建設される場合、LNSSの電波が到来しにくい、マルチパスの影響が生じやすい領域に有効
2	有人と圧ローバのナビゲーション	<ul style="list-style-type: none">自己位置を推定し、周辺の地形との相対位置情報を提供クレータや急斜面等の危険領域への接近を事前に認識し、接近警報を発生
3	資源探査、採掘	<ul style="list-style-type: none">計測により探索された資源の埋蔵範囲を高精度で把握効率的な採掘が可能
4	月面天文台	<ul style="list-style-type: none">電波干渉計等複数の機器の配列で構成される観測装置の相対位置を計測し、位置決め

各ユースケースにおける概念システム、他手段とのトレードオフ検討中

Picalico測位の導入イメージ

月面基地建設



- 基地建設領域に光源を複数設置
- 建設ロボット、ローバ等にカメラを搭載
- カメラにより光源を撮影して、オンボードで自己位置を推定
- 建造物による遮蔽の影響を低減するため、各所に設置

有人与圧ローバ



- ローバ活動領域に光源を複数設置
- 周辺の地形認識、危険領域接近警報等に有効
- 運用計画における総走行距離10,000km
→ 光源の設置数、設置領域、有効性について検討中

写真:

JAXA国際宇宙探査センター、「[日本の国際宇宙探査シナリオ\(案\) 2021](#)」, 令和4年3月
JAXAデジタルアーカイブズ

月測位衛星システム(LNSS)との比較

No.	比較内容	LNSS	Picalico測位
1	原理	<ul style="list-style-type: none">電波	<ul style="list-style-type: none">光
2	波源設置位置	<ul style="list-style-type: none">月周回衛星	<ul style="list-style-type: none">月面上
3	測位可能範囲	<ul style="list-style-type: none">広域、月面全体	<ul style="list-style-type: none">局所的縦穴等電波が到達しにくい領域
4	コスト	<ul style="list-style-type: none">高?	<ul style="list-style-type: none">低?汎用的なLED、カメラで構成可能ただし光源設置のための着陸コストは必要
5	測位精度	<ul style="list-style-type: none">40m [1]5m(検討中)[2]	<ul style="list-style-type: none">0.2m
6	開発期間、整備期間	<ul style="list-style-type: none">要確認	<ul style="list-style-type: none">要検討

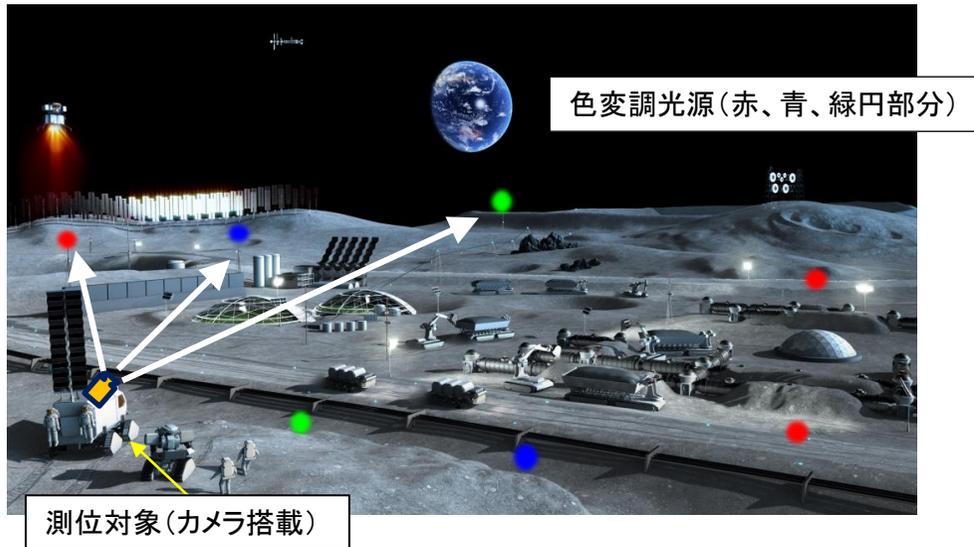
測位の用途、対象範囲に応じて、LNSSと共存、補完する手段として有効

[1] JAXA国際宇宙探査センター、"[日本の国際宇宙探査シナリオ\(案\) 2021](#)", 令和4年3月

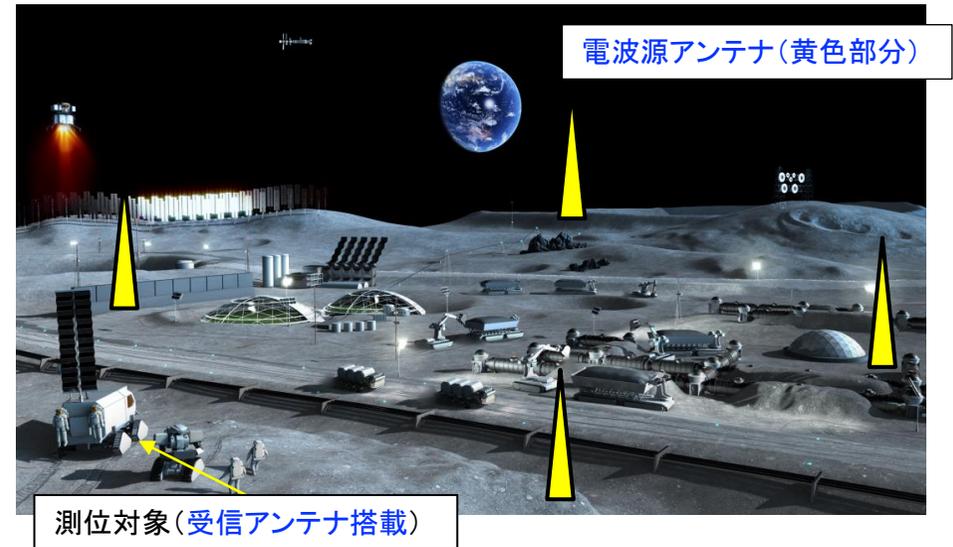
[2] 佐藤 直樹、"国際宇宙探査の状況と与圧ローバ"、第2回 月測位研究会

月面設置電波方式との比較

- Picalico測位と同様に、月面設置波源による局所的測位手段として、電波測位とのトレードオフ検討中
- LNSS, GNSSによる測位原理と同様に、月面上に電波源を設置することによる測位手段
- 月面でのマルチパス等による測位精度への影響、リソース(消費電力、重量等)比較等、検討中



Picalico測位による設備構成



月面設置電波源による測位設備構成

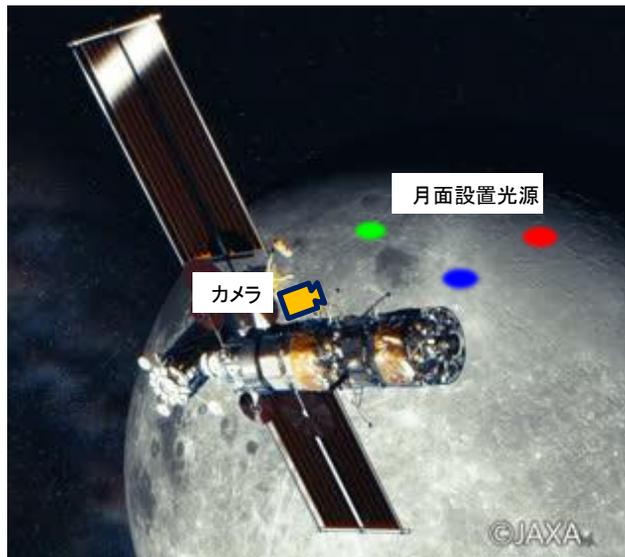
月面利用の主な課題

No.	内容	詳細
1	光源位置の測量方法	<ul style="list-style-type: none">• Picalico測位に必要な光源は、それらの位置を正確に測定し、処理に 入力必要• 地上実験では人がトータルステーションにより手動で測定• 月面では無人ロボットによる測量が望ましい。• これら技術の確立が必要
2	光学系の宇宙環境耐性	<ul style="list-style-type: none">• Picalicoで利用される光源、カメラ• 表面が月面のレゴリス等で覆われてしまうと光度、照度が低下• レゴリスによる光学系の劣化が懸念
3	光源の放熱方法	<ul style="list-style-type: none">• LED光源の排熱を放熱する方法

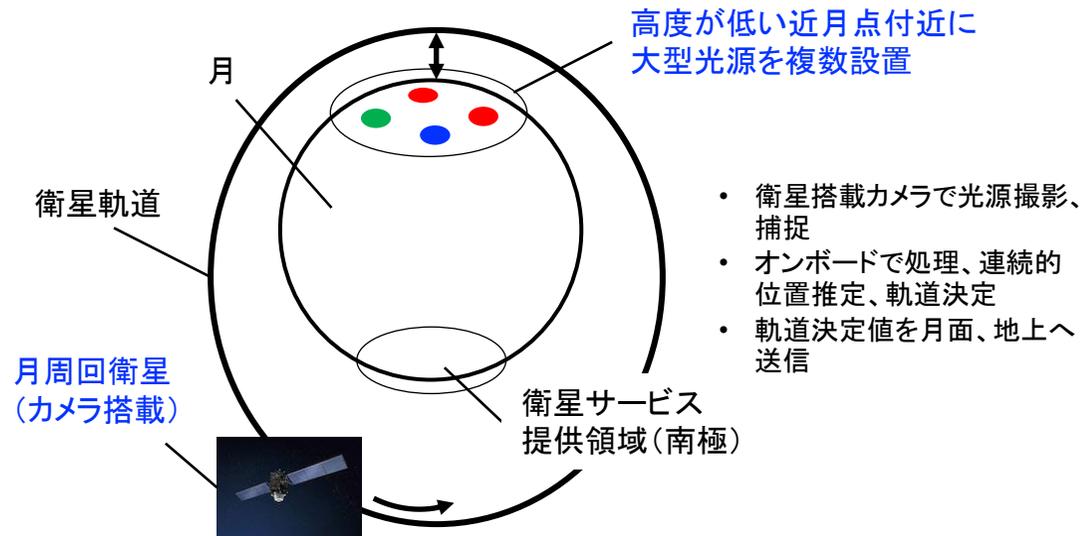
これらを解決する手段について、概念システムの一部として検討中

Picalico測位の宇宙応用例 月周回衛星の軌道決定

- 月面上の移動体のみならず、通信、測位、観測等用途の月周回衛星の位置計測(軌道決定)にも利用可能
- 大型の光源装置を月面に設置、上空に照射
- 衛星搭載カメラで月面を撮影、光源を捕捉
- 地上局のような電波による測距機能を有する設備の代替
- 月面着陸や周回母船へのドッキング時などの高精度測位にも活用が期待
- 軌道、距離等を踏まえて、光源規模、測位精度等の実現性の検討必要



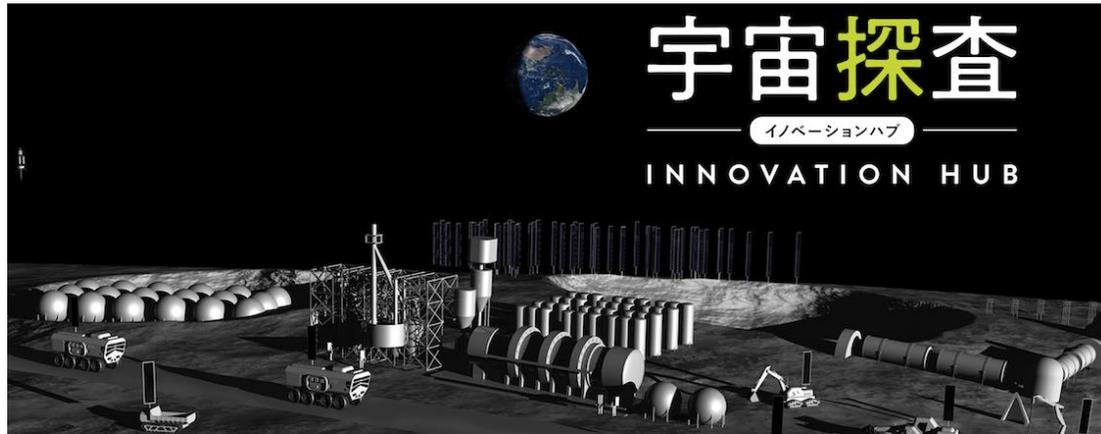
Picalicoによる月周回衛星測位のイメージ



Picalicoによる月周回衛星測位の構成例

今後の活動予定

- JAXA宇宙探査イノベーションハブ事業 **"Moon to Mars Innovation"**
 - JAXAと民間企業の宇宙事業化の双方の創出を目指した共同研究を実施
 - JAXAの将来的な宇宙探査ミッション×産業界による宇宙事業化の**両輪成果の創出**を目指して取り組む。



- 本共同研究「カメラ可視光通信測位の概念システム検討、及び高度化」
 - 月面利用における概念システムの検討を行い、電波等による従来手法との定量的トレードオフを検討する。
 - 活動スケジュール
 - FY2024前期： 概念システム検討、解析
 - FY2024後期～FY2025： 地上実証実験

