

月着陸探査計画 SELENE-2

国立天文台・RISE月惑星探査検討室
花田英夫

月・惑星の内部構造と進化
Research In SElenodesy から
Research of Interior Structure and Evolution
(of solar system bodies)

RISE月探査プロジェクト(Cプロ) 月測地 by かぐや

月着陸探査
SELENE-2

+

はやぶさ2(小惑星)
JUICE(氷衛星)

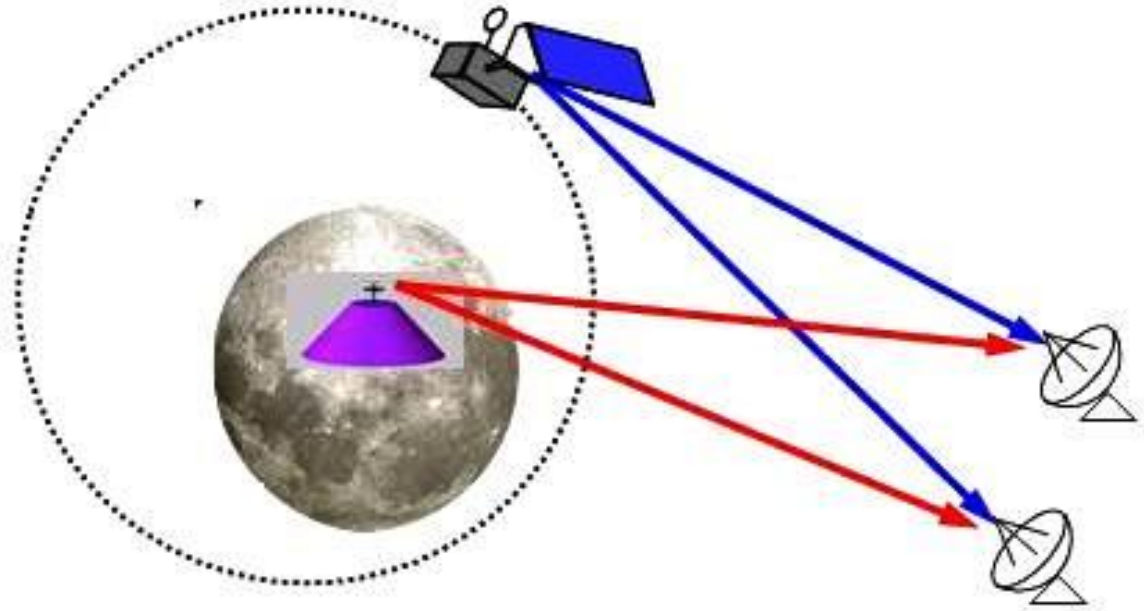
RISE月惑星探査検討室(Aプロ)

RISE月惑星探査検討室

- 次期月着陸探査(SELENE-2)、小惑星探査(はやぶさ2)、火星探査(MELOS)、木星衛星探査(JUICE)などにおいて、天体内部構造の解明を目指した測地・重力・回転運動計測、測光などの、検討・機器開発を行う。
- 回転運動計測や高精度低次重力計測により、月・火星の進化にとって重要な制約になる、深部の状態(溶融・固化)を、求めることができる。
- 観測提案について実現性を示すことにより正式な搭載を目指し、決定後は観測に向けて詳細設計、PM、FMの開発、データ解析ソフトウェアの開発を進める。
- かぐや測地データの改良を継続し、一般公開、共同利用を進める。
- かぐや以外の月・惑星探査機で取得されたデータの解析も進め、太陽系天体の進化の解明を行う。

SELENE-2におけるVLBIミッション提案

周回衛星と月面設置サバイバルモジュールにVLBI用電波源を搭載し、S/X帯の電波信号を地上のVLBI局へ送信する。受信信号を相互相関処理し、4つの経路の相対距離 (Doubly Differenced One-way Range) を計測する。



SELENE-2搭載候補機器

同一ビームVLBI法の適用

2つの電波源を同時に観測し、大気遅延、電離層遅延を除去し、通常のVLBIに比べて一桁以上高精度に遅延時間を求める。

多周波数VLBI法の適用

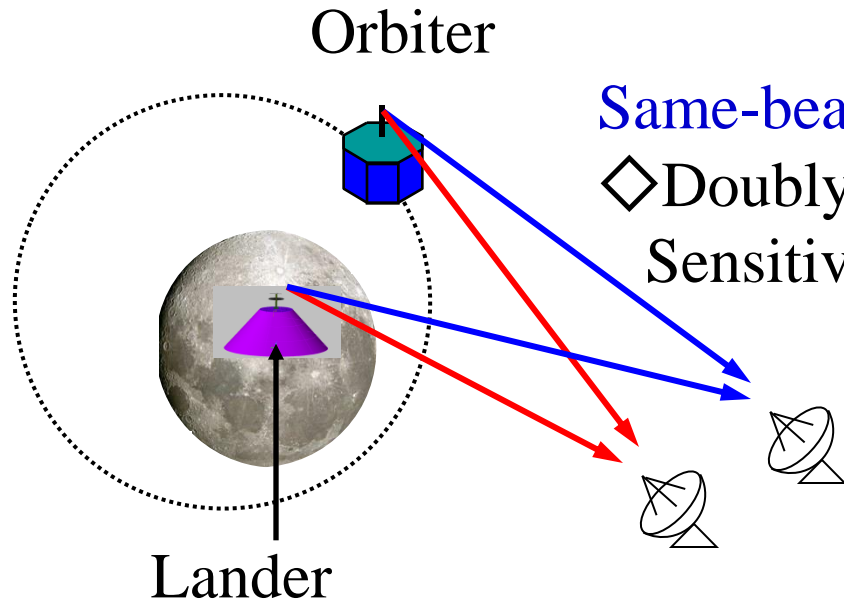
S帯3波、X帯1波の信号を用い、位相遅延を推定する。一般的な群遅延に対して二桁近く精度が良い。

Doubly Differenced One-way Rangeの目標精度1mm

SELENE-2のメリット

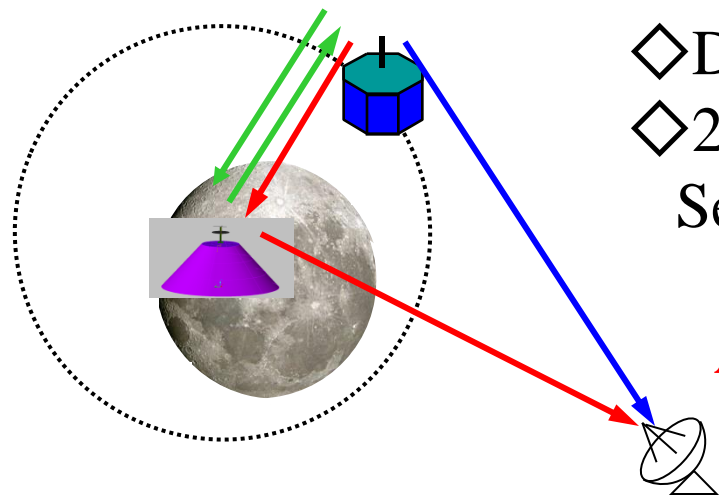
- ・電波源の一方が月固定である
- ・電波源間の離角が小さく、同一ビーム法の適用範囲大
- ・太陽輻射圧モデルの精度向上が可能

Differential VLBI and Inverse VLBI



Same-beam (Differential) VLBI Method

- ◇ Doubly Differenced One-way Range
- Sensitivity : <20 cm



Inverse VLBI Method

- ◇ Differenced One-way Range
- ◇ 2-way range between orbiter and lander
- Sensitivity : <10-20 cm

Application for Mars rotation is promising.

S/X帯の2ビーム化の検討

- ・より精度の良いS/X帯の2ビームVLBI観測を実現すべく、科研費による検討を、水沢VLBI観測所と共同で開始。
- ・SELENE-2の周回衛星と着陸機の離角は0度から最大0.6度であるので、より小さな離角での観測が可能な方式としてフェーズドアレイ方式を検討。
- ・自己補対アレイ型、VIVALDI型などを候補とした概念検討。

科研費 基盤A

代表：佐々木晶（大阪大学）

題目：探査機VLBI観測による月惑星内部構造の研究
研究：金属核の大きさ・状態と起源

宇宙科学・探査のロードマップ

(宇宙政策委員会 2013.9)

中型：H2Aの相乗りミッション

小型：イプシロンロケットによるミッション

中型は4年に1回、小型は2年に1回の割合で
打ち上げていく

衛星・探査機ミッション候補（案）

ミッション分類	天文学・宇宙物理学分野	太陽系探査科学分野＋宇宙工学分野
<p>戦略的に実施する 中型計画（300 億 程度）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・SPICA（遠赤外線観測） ・WISH（近赤外線初期宇宙観測） ・LiteBIRD（宇宙マイクロ波背景放射偏光観測） 	<ul style="list-style-type: none"> ・SOLAR-C（太陽彩層精密観測） ・ソーラー電力セイル（木星トロヤ群 SR） ・火星着陸探査（生命／内部構造） ・火星／金星大気探査 ・SELENE-2（月着陸探査）
<p>公募型小型計画 （100-150 億程 度）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・HiZ-GUNDUM（ガンマ線バースト計測） ・DIOS（X線バリオン検出） ・DPF（重力波検出原理実証） ・Polaris,FFAST,CAST（X線WG） 	<ul style="list-style-type: none"> ・再使用観測ロケット運用システム開発 ・DESTINY（小惑星フェートンフライバイ） ・ペネトレータ月内部構造探査 ・はやぶさ2後継機（D型/彗星SR） ・火星エアロキャプチャ実証・周回気象探査 ・SLIM 増強型（月着陸実験機） ・SCOPE（地球磁気圏）
<p>さらに多様な小規模プロジェクト群 （<10 億/年）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ATHENA（ESA L2 ミッション候補） ・WFIRST/Euclid（NASA 宇宙望遠鏡、ESA M2 ミッション） 	<ul style="list-style-type: none"> ・JUICE（ESA 木星探査 L1 ミッション） ・INSIGHT（NASA/JPL 火星表面探査） ・ポスト MSL（国際火星着陸探査） ・MarcoPolo-R（ESA M3 ミッション候補） ・小惑星捕獲探査（NASA）

海外ミッションでの共同観測 の可能性

REM in ExoMars (ESA & Roscosmos)

- REM (Radio beacon ExoMars) : microwave device for scientific researches of Mars by radio physical methods (Radio Science).
- The device consists of the receiver at 7.2 GHz and two transmitters in X (8.4 GHz) and Ka (32 GHz) bands.
- ExoMars : one consisting of an Orbiter and a Landing to be launched in 2016, and the other a rover with a launch of 2018.
- PI of REM : A. Kosov (Russia)



中国の月探査計画

Chang'E-3

南緯45度付近に着陸

2013年12月初旬：打ち上げ

中旬：着陸

2014年1月：観測開始

信号：X帯 (UpLink: ウルムチ局)

観測局：中国局 (すでに観測装置を設置)

観測方式：位相連続観測

観測期間 約1ヶ月

観測装置 K5相当 (8bit 1ch)