

多周波逆 VLBI による惑星測地の研究

A study of Planetodesy using Multi-frequency Inverse VLBI

岩田 隆浩[1]; 河野 裕介[2]; 菊池 冬彦[3]; 河野 宣之[4]; 花田 英夫[5]

Takahiro Iwata[1]; Yusuke Kono[2]; Fuyuhiko Kikuchi[3]; Nobuyuki Kawano[4]; Hideo Hanada[5]

[1] JAXA/宇宙研; [2] 国立天文台; [3] 総研大・数物・天文; [4] 国立天文台・水沢; [5] 天文台・水沢

[1] ISAS/JAXA; [2] NAOJ; [3] Mathematical and Physical Sci, The Graduate University for Advanced Studies; [4] Div. Earth Rotation, NAO; [5] Div. Earth Rotation, Nat. Astr. Obs.

月惑星を周回する宇宙機の軌道は、その天体の重力場構造に起因する摂動を受けることから、軌道の精測により得られる重力場球面関数の展開係数は、天体の内部構造の解明に寄与する。従来の月惑星周回機の軌道は、地球周回衛星と同様に、2ウェイ(地球局 宇宙機 地球局)の電波の遅延・ドブラシフトを利用した距離・距離変化率計測(RARR)により計測されてきた。月に関しては、Lunar Prospector までの観測から、165 次に至る高精度な重力場モデル LP165P が生成されており、月裏側の直接観測の欠如は、SELENE のリレー衛星を用いた4ウェイドブラ観測により補われる計画である。一方で惑星重力場は、火星の Viking、金星の Magellan によって観測が開始されており、最近では小惑星 Eros において、NEAR-Shoemaker が2ウェイ RARR とマーカの光学観測との組合せから、15 次程度までの重力場を推定している。しかしながら RARR による軌道決定精度は、地上局の周波数標準の安定度に依存しており、計測精度の原理的限界が克服されないでいる。

これらに対して、宇宙機の軌道決定に相対 VLBI による測位を導入することは、宇宙機側のシステムの簡易化が可能になるだけでなく、位置決定精度の改善をもたらす。月惑星周回機の発する電波を用いた相対 VLBI 観測は、参照電波源として QSO を用いた観測が Lunar Prospector により実証された(Kono et al. 2000)。その後、この方法はのぞみの軌道決定にも活用されている。これらの測定では、位相遅延²の不確定性が残るため、群遅延の観測によるものであった。これに対して SELENE では、位相遅延を確定するために、2212, 2218, 2287, 8456 [MHz] のマイクロ波4波と、各々の合成周波数を用いた多周波相対 VLBI 観測を行う(Iwata, et al., 2001)。これにより、月周回の2機の小型衛星 Rstar, Vstar の位置を、RARR による計測を2桁以上向上する約 20cm の精度で精測し、月重力場モデルの特に低次項について改善を達成する。但し、相対 VLBI による位置決定精度は宇宙機までの距離に比例して劣化するため、深宇宙での観測の場合は航法のための精度としては十分であっても物理探査には適さない。

一方、2点の電波源を結び線分を基線として、これを地上の single dish で電波干渉観測する手法を、逆 VLBI (inverse VLBI) と称する。この場合の基線の長さは地球と電波源との距離に依存しないため、相対位置決定精度は宇宙機搭載通信系の安定度で決まる。火星の回転変動を検出する方法として、Kawano, et al. (1999)は、火星表面の2機の電波源を火星周回衛星で同期させ、これを地上観測する方法を提案している。これに対して我々は、軟着陸と惑星表面での生存技術を前提としない小惑星探査等で、より簡易なシステムで実現可能な方法として、リレー衛星を用いた逆 VLBI を提案する。本案では宇宙機は主探査機とリレー衛星から構成され、主探査機の高安定度発振機(USO)から生成する電波を地上に発射する(経路長:L1)と同時に、リレー衛星経由でも地上に中継する(経路長:L2)。位相遅延の不確定性を解くために、8GHz 帯の多周波 VLBI とし、2波の関係は位相分解能を考慮して、 $(f_i - f_j) / f_i < 40$ となるように選択する。ここで基線ベクトルを B 、地上局と主探査機の単位ベクトルを s とすると、観測量は $L1 - L2 = |B| + |B \cdot s|$ で表される。積分時間を 100 秒とした時のドブラ計測精度は約 0.1mm/s となり、地上からの距離に依存しないで約 8cm の位置決定精度が得られる。本講演では、多周波固定 VLBI システムと周波数掃引 VLBI システムを併せて、システム成立性と観測精度を論じる。

参考文献

Iwata, T., Takahashi, M., Namiki, N., Hanada, H., Kawano, N., Heki, K., Matsumoto, K., and Takano, J. J. Geod. Soc. Japan, 47, 558 (2001).

Kawano, N., Hosokawa, M., Hanada, H., and Imae, M. J. Geod. Soc. Japan, 43, 181 (1999).

Kono, Y., Hanada, H., Iwadate, K., Araki, H., Kawano, N., Koyama, Y., and Fukuzaki, Y., Proc. International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2000 General Meeting, ed. Vandenberg, N. R. and Baver, K. D., NASA/CP-2000-209893 (2000).