

相対 VLBI 法による火星探査船「のぞみ」の軌道決定

ORBIT DETERMINATION OF THE NOZOMI SPACECRAFT USING DIFFERENTIAL VLBI TECHNIQUE

市川 隆一[1], 関戸 衛[1], 近藤 哲朗[2], 小山 泰弘[3], 大崎 裕生[4]

Ryuichi Ichikawa[1], Mamoru Sekido[1], Tetsuro Kondo[2], Yasuhiro Koyama[3], Hiro Osaki[4]

[1] 通総研, [2] 通総研鹿島, [3] 通信総研・鹿島, [4] 通総研鹿島宇宙通信研究センター応用 G

[1] CRL, [2] KSRC,CRL, [3] CRL/KSRC, [4] Radio Astronomy Applications Group, KSRC, CRL

通信総合研究所では、宇宙科学研究所、国立天文台、および山口大学と共同で火星探査船「のぞみ」の相対 VLBI 試験観測を 2002 年 9 月以降複数回にわたって実施してきている。この観測は、相対 VLBI 法による高精度軌道推定技術の確立と共に、2003 年 6 月に予定されている「のぞみ」の第 2 回スイングパ C の直前に予定されている実際の軌道決定に向けた技術開発という位置づけである。これは、探査船に搭載されたハイゲインアンテナが地球に正対せず、信号強度が不十分であるため従来の RANGE&RANGE RATE(R&RR)法での軌道決定がそのスイングパ C の直前に困難であるため、相対 VLBI 法での軌道推定が必要とされていることによる。

2003 年 2 月 22 日現在、これまでに 9 月に 3 回、10 月に 4 回、および 2003 年 1 月に 4 回の「のぞみ」相対 VLBI 観測を実施してきた。観測参加局は、「のぞみ」の運用を担当する臼田 64m の他、鹿島 34m と 11m、小金井 11m、岐阜大 11m、北大苫小牧 11m、および山口大 32m である。データ取得システムとしては、従来の VLBI 観測システムである K4 システムをバックアップに用いた他は、主に通信総合研究所で現在開発中のインターネット VLBI システム[近藤他、2002]を用いている。宇宙飛翔体の位置決定を目的とした相対 VLBI では、キューサーと飛翔体を交互に観測するが、キューサーは赤道座標系でほぼ不動点と見なせるのに対し、飛翔体の位置が常に移動するため、アンテナ制御と関係の深い観測スケジュールの作成について留意する必要がある。具体的には、アンテナビーム幅に「のぞみ」が収まるように、1 ないし 2 分毎の天球上の衛星位置を各時刻毎に記載した専用の観測スケジュールファイルを作成し、これによりアンテナ制御を行った。

昨年 10 月の観測では、「のぞみ」の信号に対して初めて群遅延を決定することができ、現在解析が進められている。ここで、電波源が無窮遠にあると見なせるキューサーと異なり、地球から「のぞみ」までは有限の距離であり電波の波面を球面波で取り扱う必要があるため、通常の解析ソフトが使用できない。そこで今回の解析では、関戸ら[2003]により導出された有限距離の VLBI 遅延モデルに基づく解析ソフトが使用されている(このモデルの詳細については関戸ら[2003]の講演を参照されたい)。解析結果については、今後 R&RR による軌道推定値などとの比較により詳細な評価がなされる予定である。その後、今年 1 月以降の観測では、「のぞみ」からの信号が狭帯域の非常に弱いものとなっているため、群遅延決定が極めて困難となっている状況である。そのため、位相遅延観測量による軌道決定手法の開発を急いでいるところである。

また相対 VLBI 観測では、飛翔体とその近傍のキューサーを切り替えることで大気や電離層などの共通誤差要因を効果的に取り除く効果が期待される。しかしながら、クロックオフセットの決定に十分な信号強度を持つキューサーが飛翔体の近傍に存在するとは限らず、天球上の離角で数度以上離れた星を観測せざるを得ない場合もあり得る。一方、アンテナ駆動速度と飛翔体を観測する上での制約上、従来の測地 VLBI 観測ほど天球上のキューサーを満遍なく観測することは困難であり、ある程度特定の方位・仰角に観測が偏りがちになる。そのため、各パラメータ間のカップリングにより VLBI データそのものを用いての伝搬遅延推定精度はあまり向上しない。そこで、今回の軌道決定手法の開発では、VLBI 観測量以外のデータを用いてこれらの伝搬遅延除去を行う方法についても検討している。具体的には、大気については VLBI 観測点近傍の測地 GPS 観測データから得られる大気遅延を、また電離層については同じく GPS データから得られる電離層全電子数(TEC)を伝搬遅延除去に用いることを検討している。なお、電離層遅延については、この他に IGS による全球的な電離層分布や国土地理院 GPS 観測網(GEONET)によるローカルな電離層分布の情報をを用いる方法も考えられ、これらと従来の VLBI からの直接推定による結果などと比較しつつ、最適な電離層遅延除去法の確立を目指す予定である。