

位相遅延量を使った飛翔体の VLBI 位置計測 Astrometry Observation of Spacecraft with phase delay

関戸 衛、市川隆一、大崎裕生、近藤哲朗、小山泰弘、(NICT)
吉川真 (ISAS/JAXA)、大西隆史 (富士通)
「のぞみ」相対VLBI研究グループ (ISAS/JAXA、NICT、国立天文台、国土地理院、岐阜大、山口大、北海道大、SGL,NRCan Canada)

Mamoru Sekido, Ryuhci Ichikawa, Hiro Osaki, Tetsuro Kondo, Yasuhiro Koyama (NICT), Makoto Yoshikawa (ISAS/JAXA), Takafumi Onishi (Fujitsu Ltd.), NOZOMI Delta-VLBI Group (ISAS/JAXA, NICT, NAOJ, GSI, Gufu Univ., Yamaguchi Univ., Hokkaido Univ., SGL/CRESTech, NRCan Canada)

1. はじめに

我々は、VLBI 技術を宇宙飛翔体のナビゲーションに応用するため、宇宙航空研究開発機構の探査機 NOZOMI や HAYABUSA をターゲットとした VLBI 観測を行い、技術開発を進めている。測地 VLBI では数百 MHz の帯域幅のデータを使って数ピコ秒オーダの高い遅延分解能を実現しているが、宇宙飛翔体の信号は帯域幅が高々数 MHz 程度であるため、群遅延の決定精度はナノ秒オーダに制限される。JPL/NASA はカリフォルニア、マドリッド、チドビンビラといった深宇宙探査ネットワークの大陸間基線を使って、遅延分解能の低い群遅延データの弱点をカバーし、高い空間分解能を得て、飛翔体のナビゲーションに利用している。もし、探査機のキャリア位相を観測して、位相遅延量が利用できれば、群遅延に対して 2-3 桁高い遅延分解能が実現され、飛翔体の位置決定精度が向上するほか、国内基線のような比較的短い基線でも飛翔体のナビゲーションが可能になり、運用面でも大きな利点となる。このような観点から、我々は位相遅延量を使って飛翔体の位置を推定する技術の検討を進めている[1][2]。

2. 位相遅延を使った位置天文解析

位相遅延量を使うためには、位相の不定性を取り除くことが鍵である。我々は日本国内の多くの VLBI 関連研究機関の協力を得て、火星探査機 NOZOMI に対し、複数の基線で長時間の VLBI 観測を行い、飛翔体のFRINGE位相を

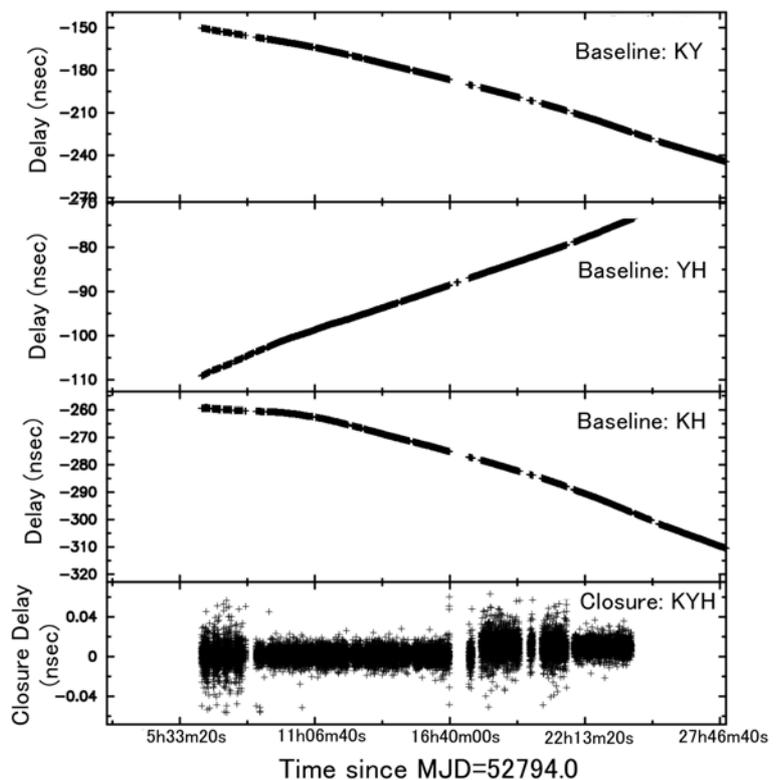


図1、山口(K) 岐阜(Y) 苫小牧(H)の併合位相遅延量。上の3つのパネルは、3つの基線の位相遅延量から予測遅延量を引いたもの。最下段は3基線の併合位相遅延。

長時間にわたって不定性なく接続することで「位相の不定性」の問題の克服を試みている。また、併合位相を利用して位相の不定性を解いている。図1は山口 岐阜 苫小牧の3局の併合位相の例である。図の上から3つは、遅延予測値を差し引いた位相遅延量であり、4つめのパネルは3つの基線の併合位相遅延量である。この図から位相遅延量が十数時間にわたって、20 ピコ秒前後の精度で求められていることがわかる。

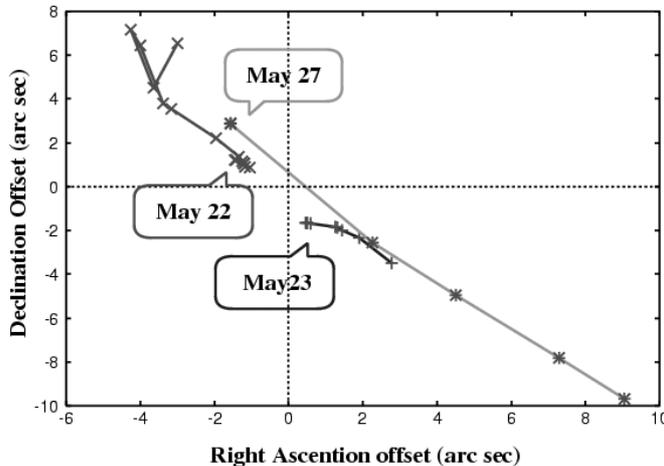


図2. 5月22日、23日、27日のVLBI観測から得られた位相遅延量を使ってNOZOMIの位置を推定した結果。R&RRから推定された確定軌道を基準(原点)に表示している。各セッション毎の折れ線は、解析に使用した基線数を増やしていったときの解の軌跡を示している。

得られた位相遅延量を使ってNOZOMIの位置を推定した結果の例を図2に示す。R&RRの計測から推定された確定軌道を基準(原点)にとっている。5月22,23,27日のそれぞれの結果とも、基線数を増やすにしたがってR&RRの結果の近傍に収束していることがわかる。

しかし、R&RRの確定軌道との間に数秒角程度の差が残っている。この理由としては、(1)大気などの伝播遅延量の較正の不十分さ、(2)予測遅延量の誤差、(3)実際の軌道と確定軌道に差がある、などが考えられる。まだ1-2桁の高い位置推定精度が実現可能と考えられており、

今後調査を深めてより精度の高い推定結果を追求していく。

3. まとめと課題

狭帯域な飛翔体の信号と、国内基線を使って、高い位置推定を行うため、位相遅延量の利用に取り組み、併合位相を利用するなどして、長時間にわたり数十ピコ秒精度の遅延計測が実現できた。位相遅延量を使った解析により、飛翔体の位置推定結果が得られるようになったが、その精度についてはまだ改善の余地がある。

更に、次のステップとして、今後以下のような課題があると考えている。これまで、テストベッドとして解析を行ってきた火星探査機NOZOMIは、赤緯が非常に高い位置で観測を行うことができた稀な例であった。惑星探査機は、一般に黄道面近くを飛行するため赤緯が低く、NOZOMIの場合に分離が容易であった赤緯とクロックオフセット(位相遅延の場合、位相の不定性を含む)のパラメータ間のカップリングが問題となる可能性がある。また、1ミリ秒角精度の観測を行うには、大気など伝播遅延量の補正が不可欠であり、そのためのスイッチング観測の技術についても、ノウハウの蓄積が必要である。

参考文献

- [1]VLBIによる飛翔体位置決定技術 位相遅延計測・解析の現状、関戸 他、日本測地学会第100回講演会、2003.
- [2]VLBI観測により火星探査船「のぞみ」の位置決定結果と今後の宇宙飛翔体軌道決定技術の開発計画、市川 他、日本測地学会第100回講演会、2003.