

相対論を考慮した有限距離電波源の VLBI 遅延モデル

Relativistic VLBI Delay model for finite distance radio source

関戸 衛[1]

Mamoru Sekido[1]

[1] 通総研

[1] CRL

<http://ryuu.crl.go.jp/radioastro/people/sekido.html>

1. はじめに

VLBI (超長基線電波干渉計) は、その高い空間分解能と遅延決定精度を利用して 高精度な地上座標系 (ITRF) および天球座標系 (ICRF) の構築に大きな役割をはたしてきた。VLBI 技術の工学的応用の一つとして、惑星探査機など飛翔体の位置を高精度に測定することにより、月の重力場の測定 (SELENE Project) や深宇宙探査機のナビゲーション利用することが考えられている。

通常の VLBI 観測では、数千光年離れたところにあるクエーサなどの電波源の電波を観測しているため、地球上にあるアンテナで受信する場合、視差が無視できて電波源が無限遠点にあると近似できる。しかし、電波源が 30 光年より近いところにある場合には、電波源が有限距離にあることにより、本来球面波である信号を平面波として扱う近似誤差が VLBI の遅延観測精度に対して有意に大きくなる。そのため、太陽系内の電波源をターゲットとする VLBI 観測のためには、現在 VLBI 観測の標準的な観測方程式として使われている Consensus Model [Eubanks 1991, McCarthy 1996] に代わる新しい VLBI 遅延モデルを作る必要がある。

2. 有限距離の VLBI モデル

福島は、観測者と電波源を結ぶベクトルを使って、通常の VLBI の場合に使用する太陽系重心から見た電波源への単位ベクトルに相当する電波源ベクトルを構成すると、有限距離の VLBI の観測方程式が通常の場合と形式的に同じ形で表現できることを示した [Fukushima 1994]。しかし、この方程式はまだ太陽系重心座標系の時間 / 距離で表現されたものであった。現実に地上の原子時計で計測される時間で表現するためには、地球や太陽系天体の重力場の影響を考慮した、相対論的な座標変換が必要であった。

そこで、我々は福島 of VLBI モデルをベースに、Post Parameterized Newtonian 近似による計量テンソルを使って太陽系重心の 4 次元座標系から地球上の座標系への変換を行い、Consensus Model に相当する有限距離の VLBI モデルを導出した。これは、電波源までの距離を無限遠点とする極限で有効な通常の VLBI モデルの、有限距離電波源への拡張である。電波源までの距離を遠ざけると、Consensus model に一致する。

3. 予測値計算ソフトへの組み込みおよび、解析ソフトウェアの開発。

我々はこの有限距離電波源の VLBI モデルを、広く使用されている VLBI の遅延モデル計算ソフトウェア CALC 9 に組み込み、遅延量、遅延変化率の他、電波源の位置に関する偏微係数等を出力するようにした。更に、これらの遅延モデルと偏微係数を使って、飛翔体 (惑星探査機) の VLBI 観測データから飛翔体の位置を推定する解析ソフトウェアを開発し、宇宙科学研究所 (ISAS) が 1998 年 7 月に打ち上げた火星探査機 NOZOMI の位置計測実験に使用する。

参考文献

Eubanks, T.M., A Consensus Model for Relativistic Effects in Geodetic VLBI, Proceedings of the U.S. Naval Observatory Workshop on Relativistic Models for use in Space Geodesy, (Eds. T.M.Eubanks), U.S. Naval Observatory, 1991.

McCarthy D., IERS Conventions (1996), IERS Technical Note 21, 1996.

Fukushima, T., Lunar VLBI observation model, A&A 291, pp.320-323, 1994.