小型アンテナ同士の基線に於ける新しい VLBI 基線測位法の検証 その 2

Evaluation of the new approach to improving compact-compact antenna baseline in VLBI :Part2

○石井敦利[1,2,3]，市川隆一[2]，瀧口博士[2]，小山泰弘[2]，栗原忍[1]
[1]国土地理院，[2]情報通信研究機構 鹿島，[3]株式会社エイ・イー・エス

○Atsutoshi Ishii[1,2,3], Ryuichi Ichikawa[2], Hiroshi Takiguchi[2], Yasuhiro Koyama[2] and Shinobu Kurihara[1],
[1]Geographical Survey Institute
[2]National Institute of Information and Communications Technology
[3]Advanced Engineering Services Co. Ltd.

測地 VLBI はその高い測位精度と，地球姿勢パラメータを全て決定可能であるなど，他の宇宙測地技術に対する優位性がある．しかし，信号源となるクェーサ等からの電波は非常に弱く，要求される信号対雑音比 (SNR) と遅延時間決定精度を得るために，口径 20m 以上の大型アンテナが用いられてきた．しかし，大型アンテナは建設・維持にコストがかかり，観測局を移動することができないなどの問題がある．さらに，大型アンテナの熱や重力による変形が測位精度に影響を及ぼす可能性が指摘されている．そのため，古くから口径 3m 以下の小型 VLBI アンテナの開発が進められてきた (Amagai et al 1989)．小型アンテナを測地 VLBI に利用する場合，要求される SNR を得るために，大型アンテナと VLBI 観測を行う手法が実際的である．これをさらに発展させて小型アンテナ局を複数台利用すると，さまざまな観測に利用可能である．例えば，国土地理院と NICT で開発中の基線場検定用 VLBI システム (MARBLE) (Ishii et al 2008) は大型アンテナ 1 局と小型アンテナ 2 局を用い，小型アンテナ間の約 10 km の基線を精密に測定する，という試みである．このとき，小型アンテナと大型アンテナ間の群遅延のみを観測し基線長を測定する.小型アンテナは熱や重力による変形が小さいという利点があるが，この遅延時間をそのまま利用して基線解析を行うと，大型アンテナの変形の影響を受けてしまうことになる．

そこで我々は，大型アンテナと小型アンテナとの間で得られた遅延時間から，小型アンテナ同士の仮想的な遅延時間を求めた後に基線解析を実施する手法を考案した．この手法を用いると，大型アンテナの熱変形や重力変形による系統誤差を除去できると期待できる. さらに小型アンテナ同士が近い場合は，測地 VLBI の誤差要因のひとつである，大気遅延も相殺できる可能性がある．ここではこの手法を MARBLE 変換と呼ぶ．MARBLE 変換の評価を，実際の測地 VLBI のデータを用いて実施したので報告する.

使用した観測データは 1999 年 11 月 16 日に行った，鹿島 34m アンテナ (KASHIM34)，小金井 11m アンテナ (KOGANEI) ，館山 11m アンテナ (TATEYAMA) を用いた測地 VLBI 実験である (KSP99NOV16 実験) ．MARBLE 変換の際に小型アンテナと見立てる観測局は，KOGANEI と TATEYAMA である. 実験の概要を表 1 に示す. 従来どおりの解析手法で KOGANEI-TATEYAMA 基線長を推定した場合と比べて，MARBLE 変換した場合は，基線長の推定誤差と遅延時間残差が小さくなった (表 2)．さらに，基線ベクトルの水平，垂直成分の推定誤差も小さくなった．この結果は MARBLE 変換によって大型アンテナの熱変形や重力変形による系統誤差を除去できることを示唆している. さらに MARBLE 変換の評価を進めるために, 2009 年 8 月 29 日に鹿島 34m アンテナ (KASHIM34), 鹿島 11m アンテナ (KASHIM11)，小金井 11m アンテナ (KOGANEI) を用いた測地 VLBI 実験を実施した (MC9241 実験) ．実験の概要を表 3 に示す．講演では，これらの解析結果を詳細に解説する.

表 1　KSP 99NOV16 実験の概要

実験名	KSP 99NOV16
実験日	1999/11/16/23:00 - 17/23:00 UT
解析に使用した観測局	KASHIM34 (O) , KOGANEI (G) , TATEYAMA (Y)
観測周波数, ch 数	8 MHz/ch, X-band 10ch, S-band 6ch
サンプリングレート	16 MHz/ch, 1-bit sampling
観測数	502
観測時間	23.9 h

表 2　測地解析結果

	フリンジ検出された観測数	解析に使用した観測数	遅延残差 W RMS (pesc)	TATEYAMA 位置推定誤差 (mm)			G-Y 基線 (mm)	
				dU	dE	dN	基線長	誤差
通常解析	502	475	42.1	15.4	2.4	3.3	91870994.1	3.2
MARBLE 変換後	237	222	24.4	6.5	1.2	2.1	91870994.5	2.2

表 3　MC9241 実験の概要

実験名	MC9241
実験日	2099/8/29/4:00－30/4:00 UT
解析に使用した観測局	KASHIM34 (O) , KASHI11 (R),　KOGANEI (G)
観測周波数, ch 数	8 MHz/ch, X-band 10ch, S-band 6ch
サンプリングレート	16 MHz/ch, 1-bit sampling
観測数	647
観測時間	24 h

引用文献

[1] Amagai J et al., Short baseline experiments using the highly transportable VLBI station, IEEE Transaction on instrumentation and measurement, Vol. 38, No. 2, April 1989.

[2] Ishii, A. et al., Current status of development of a compact VLBI system for providing over 10-km baseline calibration, IVS NICT-TDC News No.29, October 2008.