

IV. 3 第一回南鳥島実験結果

高橋 幸雄* 雨谷 純* 浜 真一*

(平成元年10月6日受理)

IV. 3 THE FIRST VLBI EXPERIMENT OF WESTERN PACIFIC VLBI NETWORK

By

Yukio TAKAHASHI, Jun AMAGAI, and Shin'ichi HAMA

We started the VLBI experiments of the Western Pacific VLBI Network in summer, 1989. The first geodetic VLBI experiments including Minami-Torishima Isl. (Marcus Isl.) were conducted on 24 July and 11 August 1989. The 26 m antenna of Kashima and the 10 m antenna on Minami-Torishima Isl. participated in these experiments together with the 25 m antenna of Seshan station in Shanghai. The results of experiments will contribute to research on the movements of tectonic plates around Japan.

Good fringes were detected for 15 sources for the X and S bands, but the band width synthesis of the S band data could not be made due to bad phase calibration signal. Therefore, we made an analysis by using only the results of the X-band without ionospheric correction. The position of Marcus island in the VLBI coordinate system was measured within a precision of 10 cm, and the baseline length between Kashima and Marcus was obtained within a precision of 3 cm.

G/T (Gain/System noise temperature) of the 10 m antenna on Marcus was calculated by using the correlation amplitude. G/T was worse than that measured in Kashima since the LNA (Low Noise Amplifier) was out of condition. With improved LNA, we will obtain much more precise results in the next experiments.

1. はじめに

西太平洋電波干渉計システムのアンテナ建設地である南鳥島に 10 m アンテナを1989年6月に移設した⁽¹⁾。このアンテナを用いて、VLBI システムをチェックするためのフリンジテストと、南鳥島の位置を決定する本格的な24時間実験を1989年7月中旬～8月中旬に行った。この実験は、南鳥島が初めて VLBI 局として登場する実験であり、今後のプレート運動測定等の初期値をあたえる重要なものである。今回の実験は、西太平洋干渉計の基本理念である日本付近のプレート上にある国内局で VLBI 実験を行い、お互いのプレート運動を測定するという計画の初めての実験である。実験参加局と日本付近のプレートとの関係を第1図に示す。本報告では、これらの実験で求められた南鳥島の位置、鹿島との距離及び

相関振幅等の結果について速報的に述べる。

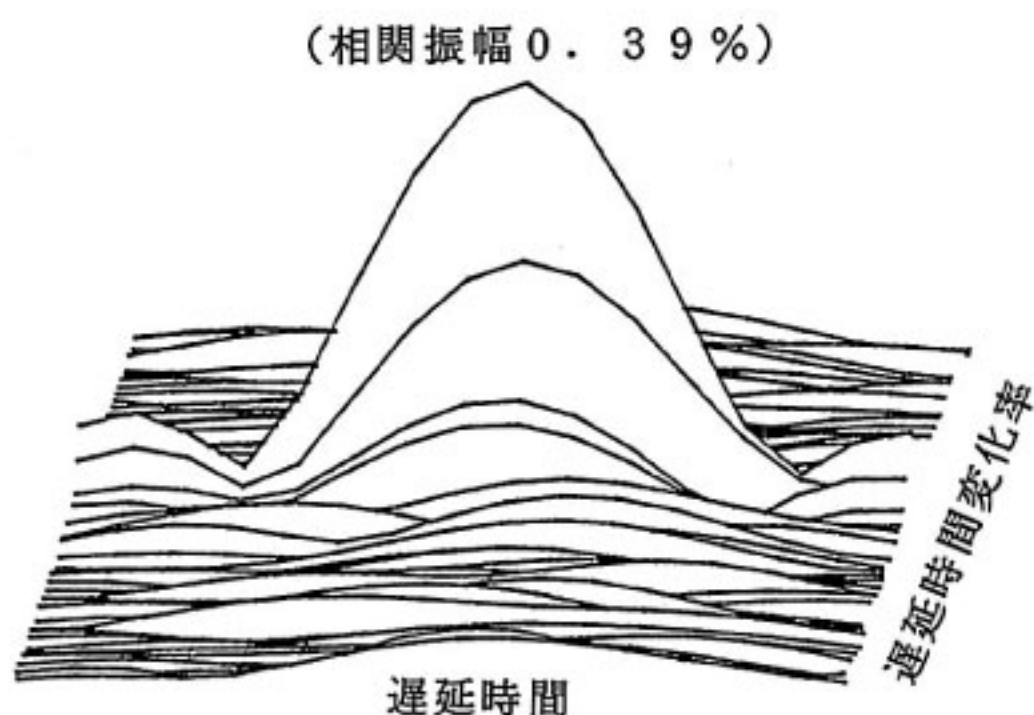
2. 実験の概要

実験は、10 m アンテナ設置を待って7月4日～7月19日に鹿島から要員2名を派遣し、アンテナ及び VLBI 装置の調整を行い万全を期してフリンジテストを7月17日に行なった。南鳥島に持って行った VLBI 装置は、K-4 型バックエンド⁽²⁾、K-3 型レコーダ、長期安定度を保証するセシウムと短期安定度の良い水晶を組み合わせた時系・周波数標準システム（以下セシウム/クリスタルと呼ぶ）⁽³⁾、制御計算機等である。VLBI 装置は制御計算機により VLBI 用小型自動運用ソフトウェア⁽⁴⁾を使用して制御し観測を行った。フリンジテストの観測テープは、すぐに鹿島に持ち帰り、相関処理を行った。その結果相関を検出し（第2図参照）、歴史的な第一歩を踏み出した。

* 関東支所 鹿島宇宙通信センター 第三宇宙通信研究室



第1図 南鳥島実験の局配置及び日本付近のプレート境界（矢印は、北米プレートに対するプレートの動きの方向を示す）



第2図 フリンジテストの相関（Sバンド、3C84）
（遅延時間及びその変化率を変えた時の相関振幅を示す）

そこで、7月24日に本格的な24時間測地 VLBI 実験を S、Xバンド2周波で行い、再現性をみるために8月11日にも2回目の24時間測地 VLBI 実験を行った。これらの実験には、南鳥島、鹿島 26 m アンテナ以外に中国上海天文台の余山局の 25 m アンテナも参加した。今回は、南鳥島を国際的な測地網につなげるためにもシステムの信頼性という意味でも、国際的な位置がまだ精度良く求められてない 34 m アンテナより、国際・国内実験で実績のある 26 m アンテナを使用した。今後 26 m～34 m アンテナ間で実績をつんで 34 m アンテナに移行していく予定である。

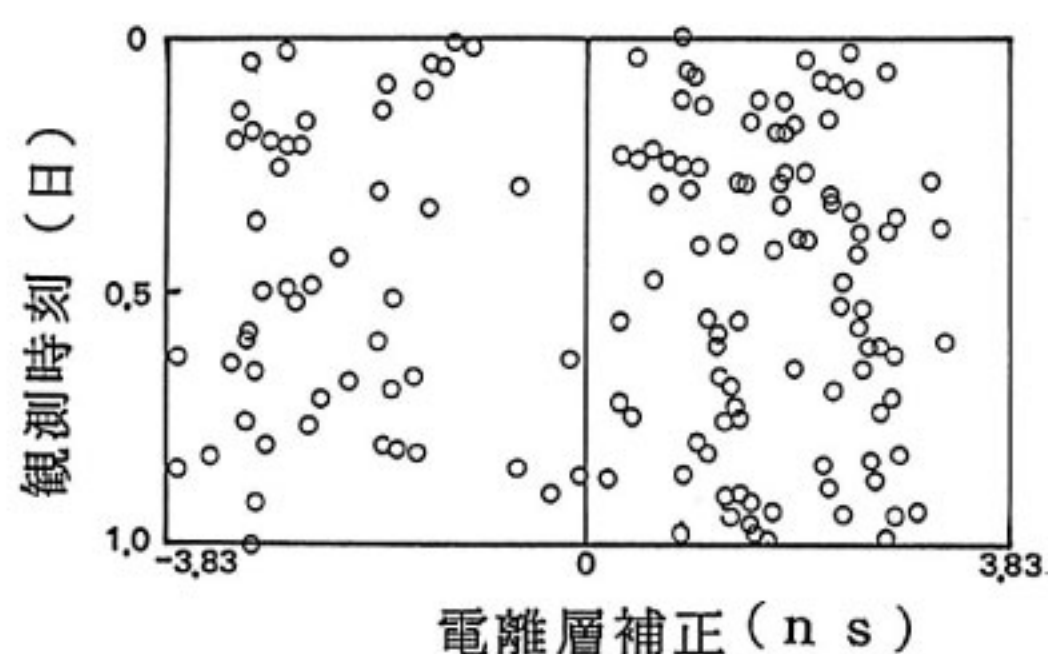
第1表 実験の概要

	フリンジ テスト	第1回実験	第2回実験
期 間	1989年7月17日	1989年7月24日 0時 UTC 24時間	1989年8月11日 16時 UTC 24時間 (南鳥島発電機故障のため後半5時間観測不可)
観 測 数	4 観測	184 観測	152 観測
観 測 局	南鳥島・鹿島	南鳥島・鹿島・上海	南鳥島・鹿島・上海
電 波 源	1 個	17 個	17 個

観測の要員は防衛庁の飛行機による週1回の定期便を、また実験機材の運搬は月1回の特別便を使用した。このように飛行機による運搬は台風等の気象に左右され易く、日程の調整を行いながら実験を行った。また、南鳥島との連絡はインマルサットを用いた電話連絡により詳細に行うことができた。

2.1 観測状況

南鳥島とのフリンジテストは1989年7月17日に、測地実験は7月24日と8月11日に2回行った。これらの概要を第1表に示す。セシウム/クリスタルの時系・周波数標準システムを用いたため、最適な積分時間(120秒)⁽³⁾と同期制御にかかる時間を考慮し、観測時間は200秒とした。そのため、1回目の観測数は184個と多くなった。しかし、1回目の実験のスケジュールでは上海局のアンテナ追尾が間に合わないことがわかり、2回目は追尾にゆとりをもたせたので、観測数は152個と若干少な



第3図 7月24日実験のXバンド電離層補正 (ns)
(データは各観測の電離層補正值を示す)

くなった。観測電波源は、最初の実験ということもあり、確実に観測できそうな強度の大きい電波源17個を選択した。これらの電波源は、鹿島 26 m アンテナと建設省国土地理院の 5 m アンテナとの間の VLBI 実験で実績のあるものである。

2.2 相関処理状況

鹿島で新しく開発した相関処理ソフトウェア⁽⁵⁾を使用して相関処理を行なった。1989年9月時点で鹿島・南鳥島基線について相関処理を終了している。相関処理結果は、Xバンドについては良好な結果を得たが、Sバンドの結果が不良である。鹿島・南鳥島基線で相関処理を行った観測は、1回目の実験で169個、2回目の実験で115個であった。2回目の実験の処理観測数が少ないのは、南鳥島で発電機が故障し後半5時間ほど観測できなかったためである。

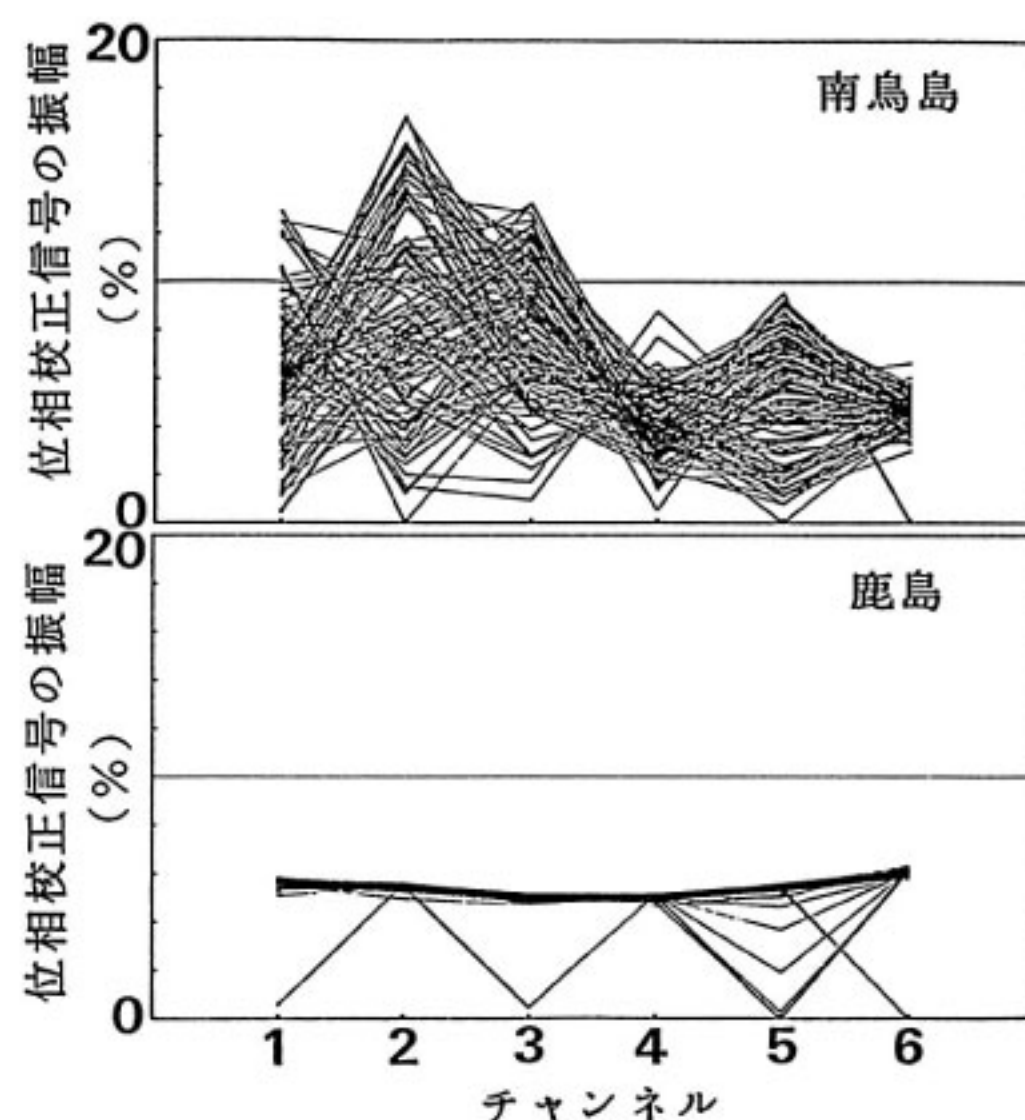
電離層補正に利用するSバンドの相関処理結果について検討してみた。第3図に1回目の実験でS、Xバンドの遅延時間を比較して得られたXバンドにおける電離層遅延時間補正值（以下電離層補正と呼ぶ）を示す。2回目の実験もほぼ同じ傾向であった。

電離層補正はSバンドとXバンドの観測遅延時間の差を基に次式で求められる。

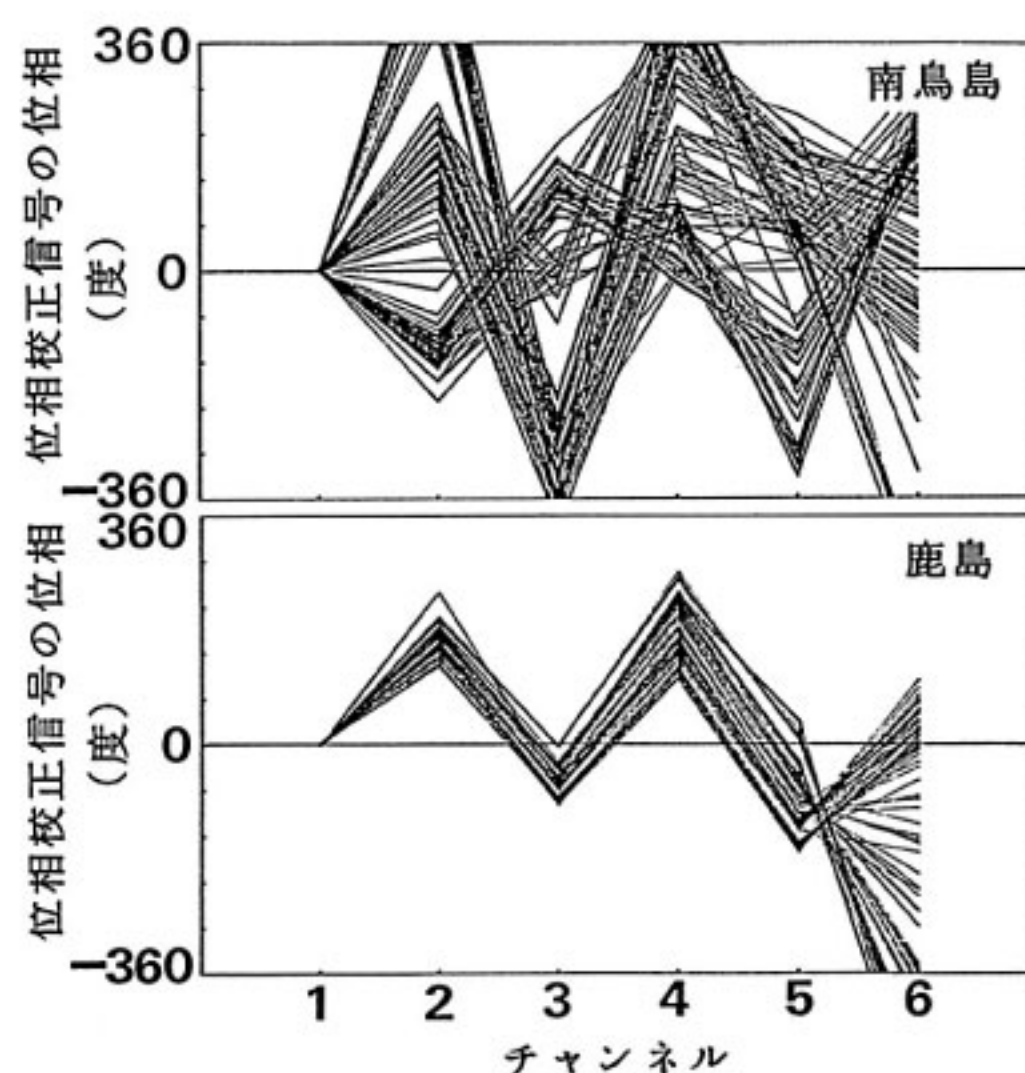
Xバンド電離層補正＝

$$\frac{(S \text{ バンド遅延時間} - X \text{ バンド遅延時間})}{((X \text{ バンド周波数} / S \text{ バンド周波数})^2 - 1)}$$

Xバンドの基線解析後の最終残差が妥当であり、Xバンドの観測値は正常と思われるので、この電離層補正はSバンドの影響が出ていることになる。この図の -3.5 ns, -2 ns, -0.5 ns, 1 ns, 2.5 ns 付近のほぼ一定間隔の5つのグループに比較的集中しているように見える。これらのXバンドの電離層補正のばらつきは、通常の実験に比べて大きい。この原因は以下のように考えられる。測地 VLBI では、バンド幅合成（楕形の配列で観測される幾つかの周波数の位相合成）を行っているため、



第4図 7月24日実験のSバンド位相校正信号の振幅変化(%)
(実線は各観測毎に各チャンネルの位相校正信号の振幅を結んだもの。鹿島のように直線が全観測で同じ傾向なら安定である)



第5図 7月24日実験のSバンド位相校正信号の位相変化(度)
(実線は各観測毎に各チャンネルの位相校正信号の位相を結んだもの。鹿島のように直線が全観測で同じ傾向なら安定である)

遅延時間軸で見ると本当の観測値を表すメイン相関の他に、通常はメインの相関より相関振幅が小さい幾つかのサイドロープの相関が見られる。このサイドロープが何らかの原因で大きくなり、それを間違えて捕まえると、こうした一定間隔のばらつきがでてくる。Sバンドでも各チャンネル毎には相関が検出されているため、こうした

サイドローブを捕まえた理由のひとつは、各チャンネルの位相をつなぐための位相校正信号 (Phase-Calibrator ; PCAL) の不良が考えられる。そこで S バンドの位相校正信号について調べてみた。

S バンドの各チャンネルの位相校正信号の振幅の変動を第 4 図に、最初のチャンネルの位相を基準とした各チャンネルの位相変動を第 5 図に示す。鹿島の位相校正信号の振幅は、全チャンネルではほぼ一定で時間変化も殆ど無い。しかし、南鳥島では位相校正信号の振幅・位相とも大きく変動していることがわかる。一方バンド幅合成が成功している X バンドの位相校正信号の変動は小さい。従って、位相校正信号発生器の問題または混信によるものではないかと考えている。

3. 基線解析結果

すでに相関処理が終了している鹿島・南鳥島基線の観測遅延時間のみを用いて基線解析を行なった。南鳥島は、セシウム/クリスタルの時系・周波数標準 (短期安定度で 3×10^{-13}) を使用しているため、通常の水素メーザーを使用した場合に比べて 1 桁遅延時間変化率のばらつきが大きくなる。通常の基線解析においても遅延時間変化率の基線解析のデータの重みは低く、これを使用しない方が一般的になっている⁽⁶⁾ので、遅延時間のみを使用して解析を行った。また、時系の流れの変化が頻ぱんなため (セシウム/クリスタルでは 2~4 時間で時系の流れが変化する)、時系の流れの変化を詳細に調べそれに沿った推定を行った。また、1 基線であるとともにこうした時系がひんぱんに変動する場合、大気遅延の推定を細かく行くと時系の変化と大気遅延補正を短期間で推定しなければならず、少ないデータで大気も時系も同時に推定するため分離が悪く、推定値の信頼性が低くなる。そのため、大気遅延の補正值は、地上の気温、気圧、湿度からモデルで行い、それからのずれを長い期間で一定として推定した。鹿島は区間に分けずに 1 実験で 1 つの大気遅延補正の推定を行った。大気と電離層は仰角依存性が似ているため、電離層による遅延補正をしない場合、これが大気の遅延補正に含めて推定される。そこで、南鳥島は電離層の影響の大きいことを考慮し昼と夜に分割し推定を行った。

地球回転情報 (地球回転軸方向及び回転速度) としては、IERS (INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE) という地球回転用の VLBI ネットワークで求められたデータを使用し、また基線長も 1800 km と中距離のため、地球回転情報の誤差による基線ベクトルへの影響は小さい。

また、ケーブル変動については、温度とケーブル変動

第 2 表 解析方法

	ケーブル		電離層補正	大気補正		解析/処理データ数	
	鹿島	南鳥島		鹿島	南鳥島	7/24実験	8/11実験
解析 1	×	○	×	○	○	126/169	89/115
解析 2	×	○	×	×	○	126/169	89/115
解析 3	×	×	×	○	○	126/169	88/115
解析 4	×	○	○	×	○	70/169	58/115
解析 5	×	○	×	○	○	215/284	
解析 6	×	○	×	×	○	215/284	
解析 7	×	×	×	○	○	214/284	

(○: 補正または推定, ×: 補正無しまたは推定しない)

が逆符号で妥当であったが、その振幅が大きい。特に 1 回目の実験の鹿島については、約 1 ns の変動がありこれは信頼できない。2 回目の実験は変動が 0.1 ns であり妥当である。一方、南鳥島の変動は大きい。温度環境が良くないことを考えれば妥当なものと思わせる。また 1 回目、2 回目の実験とも、温度変動に対してはほぼ似た変動をしていることも信頼できる理由である。

以上のことを考え、各実験毎にケーブル補正、大気遅延の推定、電離層補正の違いにより第 2 表のような方法で解析 (解析 1~4) を行なった。鹿島のケーブル補正は信頼できないとして補正せず、南鳥島のケーブル補正を行った場合としない場合について分けて結果を比較した。鹿島と南鳥島は約 1800 km しか離れていないため仰角の違いが少ない。局の大気遅延が同時に推定出来るかどうか (独立性) は、両局の仰角の違いから推定されるので、今回の実験では独立性が若干悪く、その影響で他の推定パラメータの誤差が大きくなった。しかし、一般的には両局の大気遅延補正を推定するほうが妥当であるので両局推定を基本とし、大気遅延補正の影響をみるために南鳥島だけを推定した場合についても調べた。また、S バンドが不調であったが、ある程度信頼できそうなデータだけを選び電離層補正を行なった解析結果も示した。さらに、1 回目と 2 回目の実験を合わせた解析も行った (解析 5~7)。

それぞれの解析方法による基線解析結果を第 3 表に示す。今回は、上海を含まない速報である。まず解析方法の影響について調べてみる。ケーブル補正については、補正を入れないと残差が少し小さくなるだけでほとんど同じ結果となる。大気遅延補正については推定精度程度の違いが見られる。電離層補正については、S バンドの不具合で有効データも少なくなり、他の解析方法による基線解析結果と大きく異なってしまった。特に 1 回目の実験では、X、Z 成分で約 30 cm の違いが見られた。これを、水平・垂直成分でみると、水平成分は電離層補正を行なわない結果と数 cm しか変わらず、垂直成分だけ

第3表 基線解析結果

解 析	基線ベクトル (南鳥島—鹿島)				
	X (m)	Y (m)	Z (m)	基線長 (m)	遅延時間残差 (ns)
	1229554.	725201.	1116513.	1812270.	
7/24実験					
解析 1	.818±0.119	.853±0.102	.421±0.116	.674±0.041	0.253
解析 2	.749±0.064	.917±0.034	.496±0.036	.699±0.019	0.254
解析 3	.846±0.115	.823±0.099	.390±0.112	.662±0.039	0.245
解析 4	1.182±0.096	.708±0.051	.178±0.058	.714±0.033	0.270
8/11実験					
解析 1	.590±0.116	1.081±0.099	.417±0.110	.608±0.045	0.227
解析 2	.601±0.074	1.070±0.042	.404±0.043	.604±0.024	0.227
解析 3	.672±0.101	1.019±0.087	.357±0.099	.602±0.042	0.216
解析 4	.782±0.270	0.963±0.151	.252±0.149	.590±0.084	0.641
2 実験					
解析 5	.760±0.094	.937±0.080	.406±0.090	.660±0.033	0.273
解析 6	.733±0.052	.963±0.030	.436±0.033	.670±0.017	0.273
解析 7	.770±0.086	.926±0.074	.389±0.084	.652±0.032	0.262

(実際の X Y Z および基線長は、項目に表示してある m 以上の数値に表の各数値をたしたものである)

が大きく異なっている。2 回目の実験では、電離層補正を入れると赤緯の高い電波源が少なくなり、赤緯の変化がないため Z 成分の精度が悪くなってしまった。いずれにしても電離層補正の影響は大きいことがわかる。

次に再現性を見るために、1 回目と 2 回目の実験結果を比較してみる。どの解析方法でも同じ傾向を示し、X, Y 成分で約 20 cm 異なり、推定誤差以上の違いが見られた。使用した地球回転情報の信頼度が高いためこの誤差によるものではなく、恐らく電離層補正の違いによるものと推測される。前に述べたように電離層補正の影響は大きいことはわかっているが、1 回目と 2 回目の違いは他の解析方法と同じ傾向を示している。しかし、今回の電離層補正は信頼性が低いため、この補正についてはさらに検討をしていく必要がある。

1 回目と 2 回目の実験で結果が違っていたこともあり、2 つの実験をあわせて解析を行ってみた。その結果第 1 回目と 2 回目の単純平均に比べて、第 1 回目の実験に近い数字になったが、これは第 1 回目の実験の有効データが多く、これに重みがかかったためである。

以上から、各実験でみると電離層補正による違いが大きく、大気も推定誤差程度の違いが見られる。しかし、これらはほとんど垂直成分の違いであり、鹿島・南鳥島基線のようにそれほど長くない基線では基線長への影響は小さく、基線長のばらつきも誤差程度である。

次に 1 回目と 2 回目の実験を合わせた解析で、ケーブル補正・大気の推定で妥当と考える解析 5 の結果を用いて南鳥島局の国際的な位置 (VLBI 座標系) を算出し、

第4表 南鳥島 10 m アンテナ位置

	鹿島26mアンテナ(1988)	南鳥島10mアンテナ
X 成分	-3997890.353±0.018m	-5227445.113±0.096m
Y 成分	3276580.503±0.013m	2551378.566±0.081m
Z 成分	3724118.809±0.032m	2607605.403±0.096m
鹿島・南鳥島基線長	1812270.660±0.033m	

第4表に示した。基準となる鹿島局 (26 m アンテナ) の位置は CDP の最新解析結果⁽⁶⁾の1988年の位置を用いた。解析 1 による 2 回の実験の単純平均とは 5 cm 以下で一致している。

4. 相 関 振 幅

今回得られた相関振幅について検討を行った。相関振幅及び信号対雑音比 (SNR) は、観測誤差や観測可能な電波源の選択に関係し、基線の推定誤差にも影響を及ぼす。第5表に X バンド、第6表に S バンドの相関振幅の平均値 (%), 100 秒積分に換算したバンド幅合成後の SNR の平均値 (SNR100), バンド幅合成相関振幅/各チャンネルの平均値の比率 (比), バンド幅合成が成功したかどうかの一つの目安である品質コード 5 以上のデータ数を示す。相関振幅は X バンドではバンド幅合成後の相関振幅を、S バンドでは各チャンネルの平均値 (粗決定の相関振幅) を示す。

今回の実験では相関振幅は予測より小さくなったが、2 つの電波源を除く 15 電波源が観測出来た。

次に、今回の実験時の南鳥島実験の G/T (利得/シ

第5表 鹿島・南鳥島基線のXバンド相関振幅平均値(%)

電波源名	X バ ン ド							
	第 1 回 目 実 験				第 2 回 目 実 験			
	相関振幅	SNR 100	比	数	相関振幅	SNR 100	比	数
0106+013	0.024	7.1	0.97	2	0.018	5.1	1.05	1
0234+285	0.035	10.8	0.99	8	0.034	10.6	1.00	7
3C84	0.071	21.8	0.99	10	0.073	22.4	1.00	8
NRAO 150	0.021	6.5	1.02	9	0.021	6.2	0.99	6
0420-014	0.024	7.4	0.99	7	0.025	7.6	1.00	6
0552+398	0.051	15.6	0.99	9	0.062	19.2	0.99	9
0742+103	0.016	4.9	0.99	3	0.018	5.6	1.01	5
4C39.25	0.053	16.5	0.99	12	0.054	16.7	0.99	9
3C273B	0.152	47.0	0.99	8	0.153	47.5	1.00	8
3C279	0.082	25.3	0.99	7	0.081	25.2	0.99	7
1548+056	—	—		0	—	—		0
3C345	0.033	10.1	0.99	10	0.032	9.7	1.01	5
NRAO 530	0.041	12.6	0.98	8	0.034	10.3	1.01	3
1803+784	0.023	7.2	0.98	18	0.024	7.4	0.98	13
2134+004	0.051	15.6	0.99	8	0.035	10.7	1.00	3
2230+114	—	—		0	—	—		0
3C454.3	0.066	20.4	0.99	9	0.065	20.3	0.99	3

(比：バンド幅合成相関振幅／各チャンネルの相関振幅の平均値。
SNR 100：SNR の 100 秒積分換算値)

第6表 鹿島・南鳥島基線のSバンド相関振幅平均値(%)

電波源名	S バ ン ド							
	第 1 回 実 験				第 2 回 実 験			
	相関振幅	SNR 100	比	数	相関振幅	SNR 100	比	数
0106+013	0.034	7.3	0.83	7	0.038	8.4	0.82	5
0234+285	0.040	9.3	0.87	8	0.043	9.5	0.84	7
3C84	0.225	50.1	0.83	3	0.235	50.5	0.84	3
NRAO 150	0.031	6.8	0.82	10	0.036	8.4	0.89	7
0420-014	0.043	9.2	0.79	7	0.045	10.0	0.88	6
0552+398	0.044	9.4	0.81	8	0.049	10.7	0.83	8
0742+103	0.042	9.4	0.83	9	0.048	10.5	0.83	7
4C39.25	0.049	10.4	0.81	12	0.056	12.6	0.86	9
3C273B	—	—		0	0.360	83.3	0.91	1
3C279	0.115	24.3	0.81	7	0.111	23.8	0.81	7
1548+056	0.023	5.5	0.86	4	0.025	5.9	0.90	3
3C345	0.077	16.3	0.82	11	0.085	19.3	0.85	5
NRAO 530	0.054	12.1	0.86	8	0.049	10.9	0.86	2
1803+784	0.033	7.3	0.85	19	0.031	7.3	0.88	13
2134+004	0.089	18.4	0.82	8	0.080	17.2	0.91	3
2230+114	0.027	6.1	0.82	4	0.031	6.8	0.81	3
3C454.3	0.097	19.9	0.81	9	0.092	20.0	0.81	4

(比：バンド幅合成相関振幅／各チャンネルの相関振幅の平均値，比が1より小さいのでバンド幅合成が不調である．SNR 100：SNR の 100 秒積分換算値)

ステム雑音温度)を評価してみた。その方法を次に述べる。

① 今回の実験の相関振幅と別な鹿島・筑波(建設省国土地理院の5 m アンテナ)基線で行った実験の相関振幅を比較し、鹿島を共通として筑波5 m アンテナと南鳥島10 m アンテナのG/Tの比率を各電波源に対して求める。

今回の実験では、南鳥島局だけがセシウム/クリスタル周波数標準を使用しているため、両局で水素メーザーだけを使用した場合に比べて相関振幅が小さくなる。そこで、セシウム/クリスタル時系システムを筑波局で使った鹿島・筑波基線で行った実験の相関振幅と比べることにした。また、各相関振幅は、システム雑音温度の仰角依存性を考慮にいれなければならないが、ここでは単純平均値とした(鹿島、筑波のようにシステム雑音温度が100 K程度であれば仰角依存性はせいぜい2割程度の違いにしかない。南鳥島では200~300 K以上あるので殆ど無視できる)。これらの振幅の比較結果を第7表に示す。

② 筑波5 m アンテナと南鳥島10 m アンテナのG/Tの比率の平均を取る。

通常天体電波源は広がりを持ち、各点からさまざまな強さの電波を放射している。通常のアンテナでは、地球との距離が離れているため電波源が1点に集中して見える。しかし、干渉計のようにアンテナ間の基線を直径とする大きな望遠鏡では、分解能が良くなりその強度分布が見える。一般的に電波源を干渉計でみると、その見方により干渉縞が変わる。VLBIでも同じく基線が長くなるにつれて、電波源が分解されその相関振幅等が変化する。これを電波源構造の分解という。一般的には電波源の強度分布がガウス型をしているため基線が長くなるにつれて、電波源の各部分からの位相が揃わなくなり振幅が減少する。こうした構造の分解による相関振幅の低下は周波数が高いほど著しい。そこで、Xバンドでは、2つの実験で共通している電波源のうち、構造が分解されそうな3C84, 3C273B, 3C345, 2134+004, 3C454.3を除いた7電波源の平均を、Sバンドでは共通して観測したものの中で3C84を除いた11電波源の平均を取った。

③ このG/Tの比率の平均値と筑波の5 m アンテナのG/Tから南鳥島の実験時のG/Tを算出する。

この南鳥島G/Tは、筑波5 m アンテナのG/Tにこの比の平均値を掛けることで求められる。第8表に、筑波5 m アンテナとこの方法で求められた南鳥島のG/Tを示す。筑波5 m アンテナのG/Tは、他の方法で既に測定された数値である。また、強度が既知である強い電

第7表 南鳥島実験と鹿島・筑波 X'tal 実験の相関振幅の比較

電波源名	X バンド			S バンド		
	南鳥島実験	X'tal実験	比率	南鳥島実験	X'tal実験	比率
0106+013	0.021	0.027	0.78	0.036	0.027	1.33
0234+285	0.035	0.055	0.64	0.042	—	—
3C84	0.072	0.349	0.21	0.230	0.256	0.90
NRAO 150	0.021	0.031	0.68	0.034	0.031	1.08
0420-014	0.025	—	—	0.044	—	—
0552+398	0.057	0.052	1.09	0.047	0.024	1.94
0742+103	0.017	—	—	0.046	—	—
4C39.25	0.054	0.059	0.92	0.053	0.029	1.81
3C273B	0.153	0.245	0.62	0.360	0.206	1.75
3C279	0.082	0.095	0.86	0.113	0.058	1.95
1548+056	—	0.023	—	0.024	0.024	1.00
3C345	0.033	0.092	0.36	0.081	0.060	1.35
NRAO 530	0.038	—	—	0.052	—	—
1803+784	0.024	0.030	0.80	0.032	0.026	1.23
2134+004	0.043	0.072	0.60	0.085	0.048	1.76
2230+114	—	—	—	0.029	—	—
3C454.3	0.066	0.123	0.54	0.095	0.095	0.99

(注) 南鳥島実験は第1, 2回目実験の相関振幅の平均値(%). X'tal 実験は鹿島・筑波基線のクリスタル実験の相関振幅(%). 比率は南鳥島相関振幅/X'tal 実験の相関振幅を示す。

第8表 南鳥島10 m アンテナのG/T

	筑波5 m アンテナ	南鳥島10 m アンテナ	
		VLBI観測値	南鳥島の実測値
Xバンド	30.3 dB/K	28.6 dB/K (± 0.14)	29.3 dB/K (± 0.27)
Sバンド	14.1 dB/K	17.5 dB/K (± 0.36)	18.0 dB/K (± 0.68)

波源(月, Cas-A, Cyg-A)を用いて南鳥島で測定された10 m アンテナのG/Tも合わせて示す。

現地での実測値とVLBI実験で得られたG/Tが、ほぼ一致していることから次のようなことがわかる。

- (1) 相関振幅でもVLBI実験が正常に行われている。
- (2) G/Tが2つの測定方法で再現され信頼できる。
- (3) 鹿島・南鳥島基線では、平均値を取ったXバンドで7電波源、Sバンドで11電波源について、ほとんど構造の分解による相関振幅の低下はほとんど見られない。しかし、現地の実測値にくらべてVLBIによる観測値が少し小さくなっているのは構造の分解による影響が多少残っているためであろう。

このアンテナのG/Tは、鹿島で測定した時点では、Xバンドで32.0 dB/K, Sバンドで22.2 dB/Kであったが、それに比べて低くなっている。これは、南鳥島での観測時に低雑音増幅器(Low Noise Amplifier:

LNA) が不調となり、特に X バンドでは予備の LNA に交換したことにより、システム雑音温度が高くなったためと考えられる。また、S バンドと X バンドを選択して透過・反射させている周波数選択性の表面をもつサブリフレクタ (Frequency Selective Surface: FSS) に湿潤な塩分が付着し、透過ロスが大きくなったことで低下したことも考えられる。次回の実験では正常な LNA となるので、これだけでも今回の実験より 1.5 倍以上の相関振幅が期待される。さらに、34 m アンテナを使用することで相関振幅はかなり改善されるものと思われる。そのため観測可能な電波源が多くなることや、SNR の改善による観測誤差の減少などで、位置決定の精度が向上されるものと思われる。

5. ま と め

今回の実験は、西太平洋干渉計システムを用いた初めての本格的な測地 VLBI 実験であり、南鳥島局が中国を含めた国際 VLBI 実験へ参加した記念すべき実験である。南鳥島は鹿島から 1800 km 離れた孤島であり、そこへの輸送はすべて防衛庁の定期便で行われた。また約 1 カ月半の間鹿島・本所から多くの要員を交代で派遣し、10 m アンテナ・VLBI 観測機器の調整、実験および VLBI 装置の撤収など、膨大な作業をこなしてきた。さらに、台風、LNA の不調、発電機の故障などの多くのトラブルのなかで、鹿島・本所の VLBI 関係者全員の努力のもとで成功させることができた。その結果南鳥島が VLBI 局として十分な性能を有していること、南鳥島の国際的な位置が測定されたことなど重要な成果が得られた。また、鹿島・南鳥島基線は年間 6.9 cm 縮むことが予測されているが、今回 1 回目と 2 回目の実験を合わせて解析した場合、得られた基線長が約 5 cm 程度で測定されたことから見て、1～2 年の実験で南鳥島の動きが測定できることが期待される。しかし、今回 S バンドが不調であったため電離層補正が出来なかったが、この

補正は基線長に影響するため慎重に検討していく必要がある。今後電離層補正については、S、X バンド 2 周波観測の整備以外に 2 周波 GPS 受信機を用いた電離層測定装置⁽⁷⁾を完備することで充実して行きたいと考えている。

謝 辞

今回の実験が、VLBI 本部・センターおよび総務部・鹿島管理課の御尽力で成功することができ深く感謝します。また、要員や機材の輸送をしていただいた防衛庁、気象情報を提供して頂いた気象庁南鳥島気象観測所の関係各位に感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 浜真一, 雨谷純, “南鳥島局 10 m アンテナシステム” 本季報特集号。
- (2) 木内等, 雨谷純, 阿部ゆう子, “K-4 型バックエンド”, 本季報特集号。
- (3) 木内等, 雨谷純, 川口則幸, “高安定水晶発振器を用いた鹿島・筑波基線 VLBI 実験” 日本測地学会第 70 回講演会 1988 年 10 月。
- (4) 金子明弘, 川口則幸, 雨谷純, “VLBI 用小型自動運用ソフトウェアの開発”, PROCEEDING OF THE SYMPOSIUM ON APPLICATION OF SPACE TECHNIQUES TO ASTRONOMY AND GEOPHYSICS, FEB, 1986.
- (5) 高橋幸雄, 浜真一, 近藤哲朗, “相関処理・解析システム”, 本季報特集号。
- (6) C. MA, J. W. RYAN, D. CAPRETTE, “CRUSTAL DYNAMICS PROJECT DATA ANALYSIS 1988 VLBI GEODETIC RESULTS 1979-87”, NASA TECHNICAL MEMORANDUM.
- (7) 今江理人, 近藤哲朗, 三木千紘, “関連技術—GPS 衛星利用電離層遅延補正装置”, 本季報特集号。

////////////////////////////////////