

VI-2. 電波星データの処理結果

河野 宣之* 高橋富士信* 小池 国正*

RESULTS OF THE OBSERVATIONS OF QSO 3C273

By

Nobuyuki KAWANO, Fujinobu TAKAHASHI and Kunimasa KOIKE

1. ま え が き

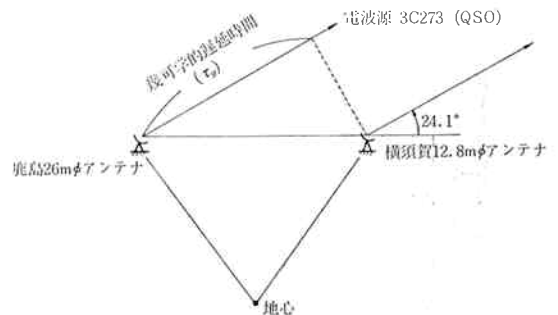
V L B I による電波星の観測は、静止衛星のそれと異なり、信号対雑音比 (S/N比) が小さく、フリンジレートが大きいので、フリンジストッピングを行って、長時間のデータを積分しなければならない。また、電波源には広がり小さい星を選ばなければならない。電波源が広がっていると、電波源の各部分による種々の位相差をもった相互相関関数が加え合されることになり、得られる相互相関関数は相殺されてしまう。3C273 は、本特集号、II-2. 電波源の選定と実験手順で述べられているように、広がり小さい電波源の一つである。ここでは 3C273 の観測データを、およそ 1/4 秒間積分して得られた結果について述べる。

2. 観測及び予測値

本観測は、受信周波数 4180MHz、周波数帯域幅 2MHz で行われた。偏波は、鹿島側及び横須賀側ともに直線偏波を選んだ。処理を行ったデータは、1977年2月1日 22時 25分 20秒 (U.T.) に得られたものであり、このときの各予測値を、第1表に示している。3C273 の位置は、歳差、章動、光行差を含む。基線 (Base Line) の計算には極運動の補正を含め、準拋物円体として SAO-C7 を用いた。なお、緯度、経度、高さについては、宇宙開発事業団竹内端夫氏の結果を使用した。方位角及び仰角は、横須賀電気通信研究所 12.8mφ アンテナにおける値である。また、第1表の幾何学的遅延時間で、単位にビットを用いているが、1ビットは 250ns に相当する。

今回行った鹿島 26mφ アンテナ-横須賀 12.8mφ アンテナの V L B I では、3C273 が観測できる範囲 (仰角

が 0° 以上) において、遅延時間の絶対値が最大になるのは、1977年2月1日では、22時 26分 56秒で、第1表のごとく 328438.2 n sec なる値をとり、これは -1313.8 ビット分である。一方フリンジレートが最大になるのは、16時 33分 38秒で、-644.9 ラジアン 1秒である。したがって、今回処理したデータは遅延時間の絶対値が最大で、フリンジレートが最小のときに得られたと見なしてよい。また、このときは、ちょうど地球中心と基線を含む平面内に 3C273 があることになり、電波源、基線及び地心の位置関係は、第1図のようになる。



第1図 電波源、基線及び地球中心の位置関係

3. データ処理

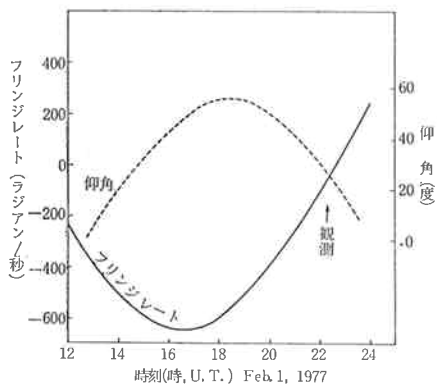
フリンジストッピングにおいては、位相差が十数度変化するとともに位相回転を行うことが望ましい。その理由は、十数度の位相差の変化に対して、相互相関関数の変化は実質上無視できるからである。3C273 の場合、位相回転を 100ワード (450 μs) ごとに行うと、フリンジレートが最大のときでも位相変化は、この時間内で約 17度となり、ほぼ、完全なフリンジストッピングを行うことができる。

第2図は、3C273の仰角とフリンジレートの予測値を

*鹿島支所 第三宇宙通信研究室

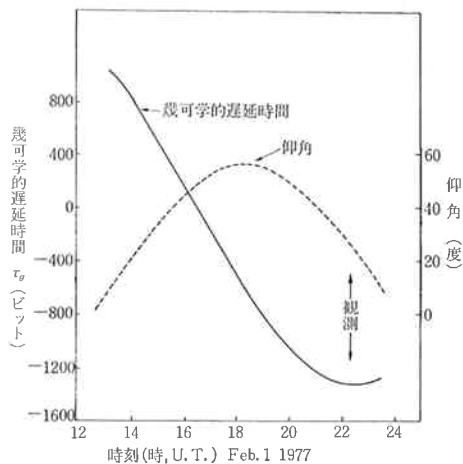
第1表 1977年2月1日 22^h 25^m 20^s (UT) における3C273の観測諸元(予測値)

3C273B の位置 (赤経) (赤緯)	12 ^h 27 ^m 55 ^s .498 (12 ^h 26 ^m 31 ^s .100, 1950年) 2° 10' 27".902 (2° 19' 38".000, 1950年)
基線の経度 赤緯	1.36539756 ラジアン (東経) -0.58086469 ラジアン
方位角(横須賀) 仰角(横須賀)	254°.1 24°.7
アンテナ間距離	120883.814 m
幾何学的遅延時間 (τ_g)	-328438.2 ns = -1313.8 ビット
フリンジレート	-4.60 ラジアン/秒
観測データ	22 ^h 25 ^m 20 ^s .00 より 22 ^h 25 ^m 20 ^s .53 まで (UT)
鹿島 26 mφ アンテナの位置 (緯度) (SAO-C7) (経度)	35° 57' 15".132 140° 39' 45".634
横須賀通信研究所 12.8 mφ (緯度) アンテナの位置(SAO-C7) (経度)	35° 13' 07".101 139° 40' 43".383



第2図 3C273の仰角とフリンジレート

示しており、第3図は、3C273の仰角と幾何学的遅延時間(τ_g)の関係を示している。本特集号、III-1. VLBIデータの処理で述べているように、観測されるデータの真の遅延時間は、時刻同期誤差(τ_e)、局内遅延時間(τ_i)及び伝搬遅延時間(τ_p)だけ幾何学的遅延時間(予測値)と異なる。また、予測値自身についても、星の位置、極運動、地球回転速度、アンテナ位置の誤差により、必ずしも正確に求められているとは限らない。一方、フリンジレートについても局部発振器の周波数設定誤差や、上述の τ_g の予測値自身に関係した誤差のため、やはり正確とは言えない(むしろ予測値自身に関係した誤差をそれ

第3図 3C273の仰角と幾何学的遅延時間
(1ビット=250 ns)

ぞれ求めることがVLBIの目的である)。したがって、データ処理では、遅延時間及びフリンジレートをパラメータにしてフリンジストップングを行う。まず、パラメータを予測値に等しくし、100ワード積分して得られる相互相関関数を高速フーリエ変換し、相互相関スペクトルを求めて、位相回転を行う。これを数百回繰り返して位相回転された相互相関スペクトルの全和を求める。そして更に、周波数に対して一定の位相回転を10°間隔で

行い、その結果を逆フーリエ変換して、最終結果である長時間積分された相互相関関数を求める。仮に全遅延時間、フリンジレート及び位相差の予測値が真の値に等しい場合には、長時間積分された相互相関関数の実部は最大値をとる。したがって、パラメータを少しづつ変化させ、積分された相互相関関数の実部が最大になるときの値を探し、このときのパラメータの値を、最適の遅延時間、フリンジレート及び位相差とする。この操作をフリンジストップピングと言う。

この手順を数式的に表すと、以下のとおりとなる。相互相関スペクトル $S_{xy}(\omega)$ は、 S_0 を実数と仮定すると、

$$S_{xy}(\omega) = S_0 \cdot \exp [i(Fr \cdot t + \omega \cdot \tau + \zeta_0)]$$

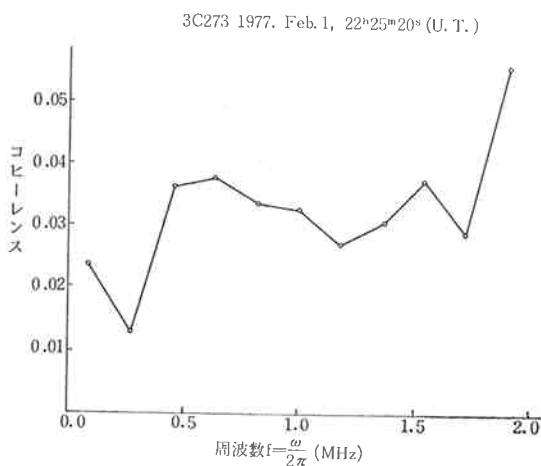
と表せる。ここで F_r , τ 及び ζ_0 は真のフリンジレート、遅延時間及び周波数に一定の位相差であり、 ω は $0 \sim 2 \text{ MHz} \times 2\pi$ である。これらの予測値 F_r' , τ' , ζ_0' によりフリンジストップピングを行うと、長時間積分された相互相関スペクトルは、

$$\langle S_{xy}(\omega) \rangle = S_0 \cdot \int \exp [i \{ (F_r - F_r') t + \omega(\tau - \tau') + (\zeta_0 - \zeta_0') \}] dt \int S_0 dt$$

となる。仮に、 $F_r = F_r'$, $\tau = \tau'$ 及び $\zeta_0 = \zeta_0'$ であるとすると、

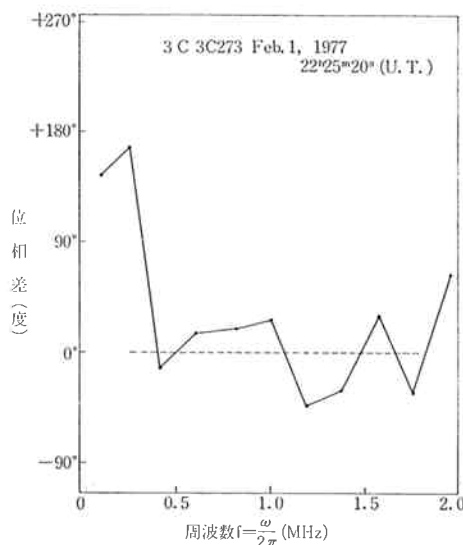
$$\langle S_{xy}(\omega) \rangle = 1$$

となる。ただしここでは S_0 は周波数特性をもたないと仮定している。よって $\langle S_{xy}(\omega) \rangle$ の逆フーリエ変換は実数部だけをもち、半値幅が周波数帯幅 B (2 MHz) の逆数に比例する鋭いピークをもつ相互相関関数が得られる。第4図、第5図、第6図は、3C273のデータを処理した結果である。第4図は、相互電力スペクトルであり、 0.25 MHz 以下で小さくなっているのは受信機の周波数電力特性である。また、 1.75 MHz 以上で急に大きくなっているのは、本特集号、III-4. 折り返し雑音とその

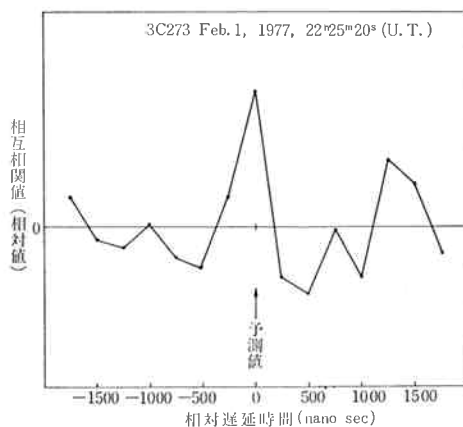


第4図 相互電力スペクトル

補正で述べられている、折り返し雑音によるものと考えられる。第5図は、位相スペクトルで、点線で示す最適直線の傾きは零に等しく、遅延時間の予測値が真の値に等しいことを示す。また、この直線の位相誤差は約20度であることから、3C273が検出されたものと考えられる。第6図は、相互相関スペクトルの全和を逆フーリエ変換して得られる相互相関関数の実数部である。遅延時間が零のところ鋭いピークがあり、その形も位相差零の場合に類似している。



第5図 位相スペクトル



第6図 相互相関々数 $\langle R_{xy}(\tau) \rangle$

4. 結 果

第2表に、予測値と観測結果を比較して示す。3C273 から得られた遅延時間と予測値に、局内遅延時間と時刻

第2表 予測値と観測結果

	予 測 値	測 定 値
幾何学的遅延時間 (τ_g)	-328438 ns	
時刻同期誤差 (τ_e) +局内遅延時間 (τ_i)	-527 \pm 10 ns	
全遅延時間	328965ns \pm 10ns	-328963 \pm 27ns
フリンジレート	-4.60 ラジアン/秒	-4.60 \pm 0.3 ラジアン/秒

同期誤差を加えた値との差は2nsである。局内遅延時間と時刻同期誤差の測定誤差が ± 10 nsであり、3C273から得られた遅延時間の測定誤差が ± 27 nsであるから、観測は予測値にほぼ等しいと考えられる。ここで用いた時刻同期誤差は、1日2回、TV放送を用いて時刻同期誤差を求め、観測時刻である22時25分20秒の値を内挿して得た値を使用した。時刻同期誤差は、直線的に変化しているので、この値は信頼できると考えられる。

5. あ と が き

電波星のデータ処理は現在続行中で、ここで紹介したデータは、全観測データのごく一部分にすぎない。測定精度を上げるためには、更に長時間の積分を必要とし、予測値と観測値の差を厳密に検討するには、数個の電波源について、しかも各々の軌道上で、多くの測定値を必要とする。しかし、VTRからデータを計算機に格納し、フリンジストップピングを行って、最適遅延時間、フリンジレートを求めるのに約50時間以上を要する。このような困難はあるが、3C273のほかに数個の電波量を観測しているので、これらの星のデータ処理を進めることにより、詳細な解析結果が得られるであろう。

終わりに、電波星データの処理について、終始督励、御鞭撻頂いた川尻第三宇宙通信研究室長に謝意を表します。

