

## II-1. システム全体の紹介

川尻 轟大\*

### INTRODUCTION OF THE WHOLE SYSTEM

By

Nobuhiro KAWAJIRI

#### 1. 本システムに至る経緯

本システムは、数年前よりNRAO（米国国立電波天文台）を中心に（その後、カリフォルニア工科大学でもその処理装置が製作された。）米国で広く使用されている Mark II システムを一応の参考にして、その特徴を生かしつつ、できるだけ廉価に組み上げ、基本的な V L B I システムの確立をねらったものである。

Mark II が開発される前のごく初期のころには、アメリカ(NRAO-Cornell 大学)方式と、カナダ(NRC-トロント大学)方式があり、妍を競っていた。それぞれの特徴を簡単にいうと、前者は one-bit digital sampling を行った後、digital recording を行うので、digital computer で処理しやすく、信号のタイミングも比較的正確に決定できるが、バンド幅が制限されることで、遅延時間決定精度が限られ、1巻のテープの記録時間も数分と短かった、それに反し、後者のカナダ方式は、IF出力をアナログのまま磁気テープ(VTR)に記録させるため、比較的広いバンド幅が得られ、記録時間も前者に比較し長かった。しかし、再生の際テープを同期させるのに特別な装置が必要で、タイム同期に難があるといわれた。

このため両者の長所を生かす方法として、NRAOの B. G. Clark<sup>(1)</sup>らにより Mark II システム<sup>(2)</sup>が考案されたわけである。その特徴は

- (1) IF電圧を直接記録せず、クリップして one-bit に digitize してから NTR に記録し、その記録信号周波数帯は 200 Hz より 2 MHz までであった。
- (2) タイミング信号は、digital diphase coding で作る 250 n sec (4 MHz サンプリングに対応)を除いて 60 Hz と 1,953 kHz (Video 帯)及び 3.84 kHz (Audio 帯)を使用している。

(3) digital diphase coding を行ない、VTRに Wow, flutter という一様走行からのずれがあってもタイミングを自分で再生し、よく相関をとれるようにした。

(4) 比較的簡単なVTRである Ampex の VR660C を用いて感度を上げた。

今回の我々のシステムは、第1図のとおりであるが、上記 Mark II の特徴は、次のように生かした。

- (1) one-bit sampling を採用。記録信号周波数帯は 200 kHz より 2 MHz となった。
- (2) タイミング信号は 250 n sec のほか、60 Hz (Video 帯) 2 kHz (Audio 帯) のみ使用。
- (3) digital diphase coding を採用
- (4) VTR は、構造が VR660C と同様の 2ヘッドタイプで、記録時間が90分と長く、改造のためのスペース、価格等も考慮して VR489DR を採用した。

第1表に、Mark II システムと我々のシステムの相違を示してある。

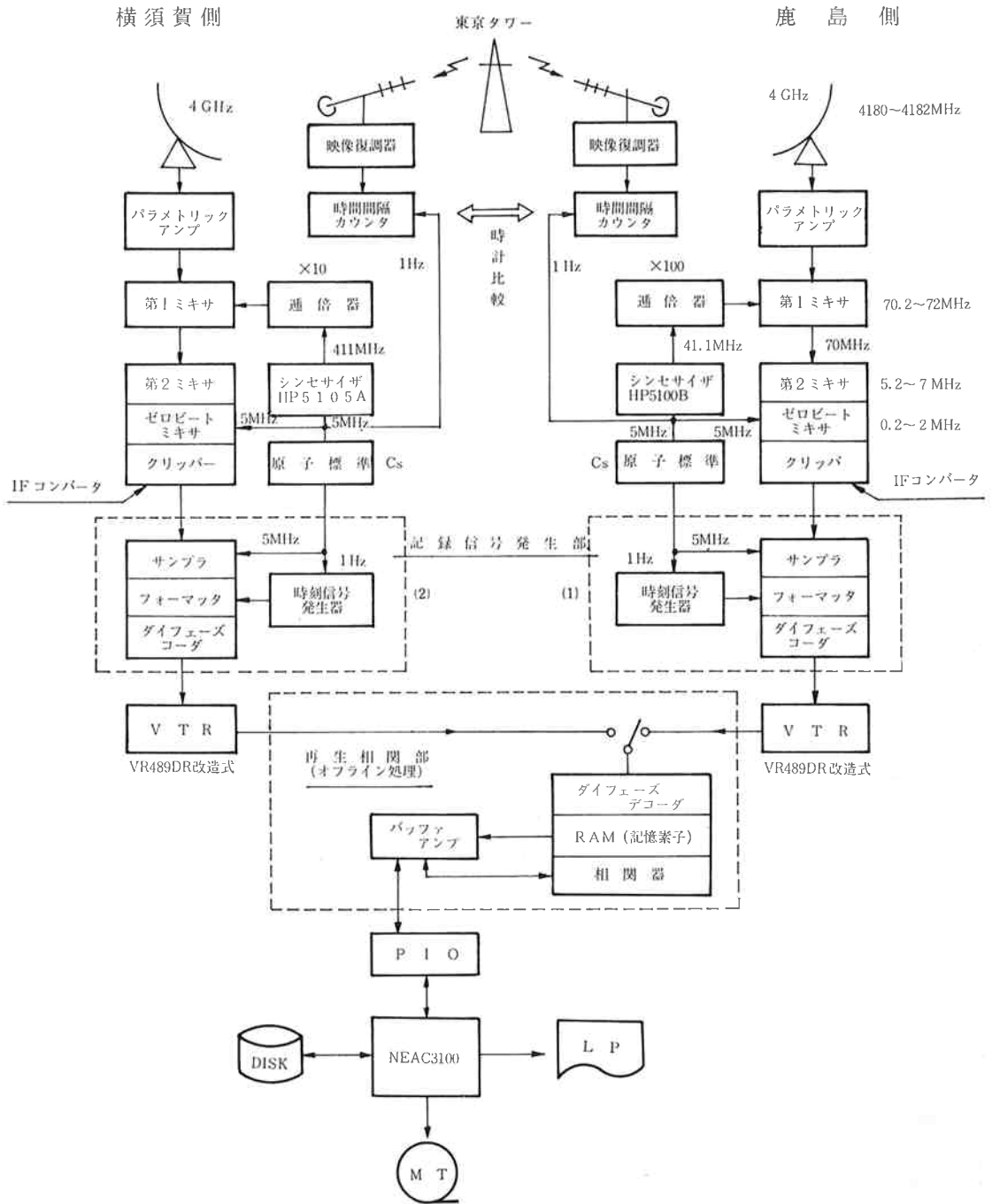
今回のシステムを形成するために用いた機器の主要部の写真を、第2図から第5図までに示してあるが、経済的余裕のないままのスタートであったので、これらのうち新しく製作したものは、IFコンバータ、記録信号発生部、記録用VTRの一対と再生相関部、横須賀側ダウンコンバータのみであり、他は電波研究所内の既設の機器を、十分に活用することになった。このため、第1ローカル周波数4110 MHz を作るローカルシステムが鹿島側と横須賀側で若干異なることになった。

#### 2. 信号の流れ

電波源から発せられた電波が、アンテナで受信されてから、最終的に電子計算機で処理されるまでの信号の流れを、第1図に従って簡単に説明しておく。

電波源から発せられる 4 GHz 帯 (4180~4182 MHz を対

\*鹿島支所 第三宇宙通信研究室



第1図 VLBI国内基礎実験システムブロック図

第1表 本システムと Mark II システムとの主な相違点

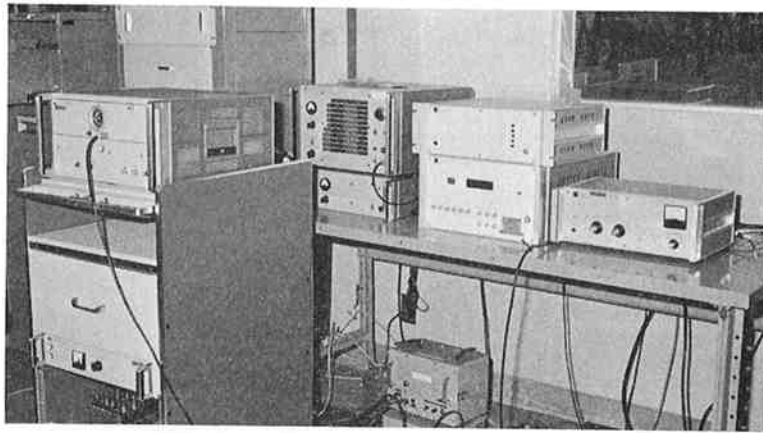
項 目	本 シ ス テ ム	Mark II システム
○“ゼロビットミキサ”部の周波数範囲	主として 200kHz ~ 2 MHz	200Hz ~ 2 MHz
○VTR	TOAMCO VR 489 DR <sup>(3)</sup>	Ampex VR 660 C <sup>(2)</sup>
・サーボ同期	キャプスタンサーボ+ドラムサーボ	キャプスタンサーボ+ドラムサーボ +テンションサーボ
・テープ幅	1/2 インチ	2 インチ
・クロックパルス	4 MHz (ビデオ帯) 2 kHz (オーディオ帯)	4 MHz (ビデオ帯) 3.84 kHz (オーディオ帯)
・同期パルス	60 Hz (ビデオ, オーディオ帯共)	60 Hz, 1,953 kHz (ビデオ帯) 60 Hz (オーディオ帯)
○フレーム内のビット配列	シンクワードに 011 の繰り返し ビットパターンを採用	シンクワード用に 2.66 MHz パルスを使用
○1 フレームビット数	3200ワード×18ビット/ワード =57600ビットにカット	66600ビット (フレームナンバーが3の倍数) 66601ビット (フレームナンバーが3の倍数でない)
○データ処理操作	オフライン的 1 フレームごとの相関	オフライン的 大量データの連続相関処理



第2図(a) 鹿島支所 26mφ アンテナ

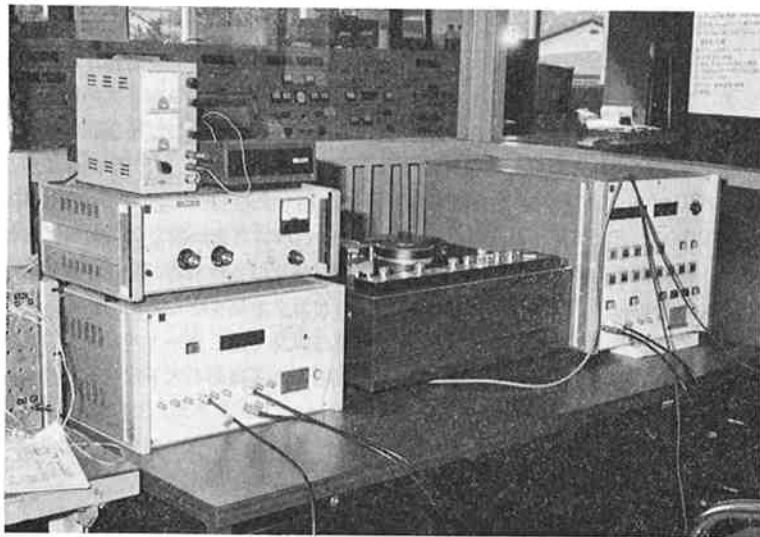


第2図(b) 横須賀電気通信研究所 12.8mφ アンテナ



第3図 ローカル系主要部

左から Cs 原子標準, 周波数シンセサイザ, ダウンコンバータ/  
記録信号発生部, IF コンバータ

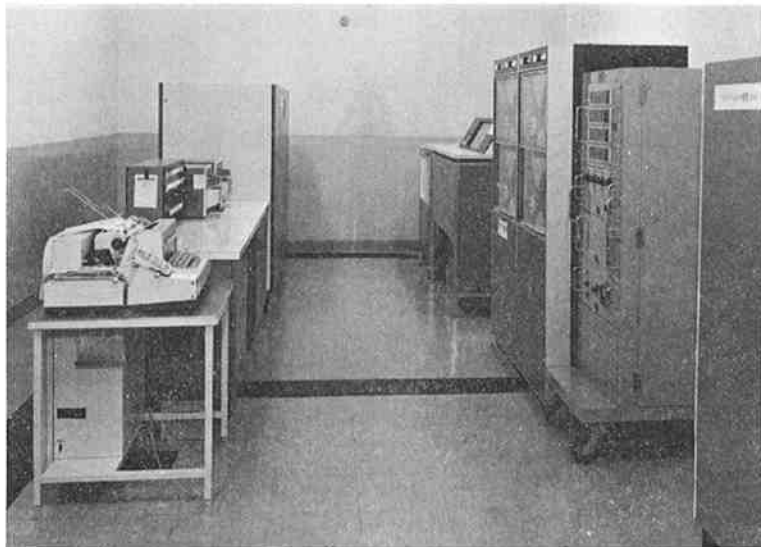


第4図 バックエンド主要部

左からコンバータ/記録信号発生部, VTR VR489DR, 再生和関部

象とする)のランダム雑音を,両方のアンテナで直線偏波として受けた(鹿島側が直線偏波受信のみだったので,横須賀側もそれに合わせた)。VLBIでは,実際には,電波源の方向によって強度の変化のない,円偏波受信の方が有利である)。給電部を通った後,前置増幅器(どちらも常温パラメトリック増幅器)で,鹿島側において30dB,横須賀側において60dBほど増幅し第1ミキサーに入力する。ここで,4GHz帯の高周波は,Cs原子標準の5MHzを基準に,ユニバーサルな周波数合成器と通倍器で作った第1ローカル周波数である4110MHzとミックスされ,70.2~72MHzの第1中間周波にビートダウンされた後,IFコンバータに入る。ここで,更にCs

原子標準の5MHzを基に作った,第2ローカル周波数65MHz及び第3ローカル周波数5MHzと逐次ミックスされ,0.2~2MHzの“ゼロビート周波”となった後,クリップされてNRZ(Non-Return-to-Zero)信号をつくる。次の記録信号発生部は,ビデオ帯信号2MHzの2倍の4メガビットサンプラー(シャノンのサンプリング定理による。実際には,IFコンバータのゼロビートミキサー部の特性から2MHz以上の成分が十分に低下していなかったので,折り返し雑音の補正が必要となった。本特集号,III-4.参照),時刻符号発生器,ダイフェーズコーダ,フォーマッタなどからなり,次のVTRに記録する際のデータや各種信号の配列を決める機能を有し,後の



第5図 電子計算機NEAC31001式

相関処理を容易にする。VTR VR 489DRでは、テープ上斜めに走るトラックごとに、66000ビットに達するデータと、その前後にシンクワード、時刻、フレームナンバー等、ラベルを付してワンビットデジタル記録を行った。両局で記録されたVTRを再生時鹿島局に集め、VTRテープ上1フレームごとに、再生相関部のメモリに取り出す操作を行った。再生相関部内でのダイフェーズデコーディング、NRZ信号への復調後、相関をとり相互相関関数  $R(z)$  を得る。あと、電子計算機NEAC3100によりフーリエ変換して、角周波数を変数としたフェーズスペクトルを求め、その勾配  $d\phi/d\omega$  ( $\phi$ : 対位相,  $\omega$ : 角周波数) より精密遅延時間を求めた。

信号の流れとは直接関係ないが、データ処理後の補正に、欠くべからざるものとして、時刻合わせ(時刻同期誤差  $\tau e$  の測定)と、局内遅延時間( $\tau i$ )測定があった。時刻合わせについては、実験の前後に鹿島で、両アンテナサイトで使うCs原子標準を10n sec以下の精度で合わせ、実験中は東京タワーからの10チャンネルTV電波を受け、その水平同期パルスの10番目をCs原子標準の秒パルスと比較する方法で行った。このTV電波による時刻比較精度は、 $\pm 100$  n sec程度であった。各アンテ

ナ側の局内遅延時間測定は、Az-EI軸直交点からデータをサンプリングする点までの伝達する時間を測定し、2局における測定値の差を全遅延時間 $\tau$ に対し補正するものであるが、実測と幾何学的形状から導いた計算値を含め、その精度は $\pm 20$  n sec程度であった。

システム各部の詳細内容は、本特集号、II-3. (1), (2), (3)の各執筆者の記述を参照して頂きたい。

なお、本稿を終えるにあたり、本システムの中でも重要な部分であるローカル系の設計に関与された、現通信機器部機器課の三木千紘技官に深甚な謝意を表します。

#### 参考文献

- (1) Clark, B. G.; "The NRAO Tape-Recorder Interferometer System", Proc. IEEE, **61**, 9, pp. 1242-1248, Sep. 1973.
- (2) Clark, B. G.; Weimer, R. and Weinreb, S.; "The Mark II VLB System", NRAO Electronics Division Internal Report 118, April 1972.
- (3) TOAMCO VR 489 パンフレット.

