

Proceedings of the Research Institute of Atmospherics,  
Nagoya University, vol. 30(1983) – Technical Report–

## A DIGITAL PHASE DRIVER FOR THE SWEPT-LOBE $\lambda$ 8-CM RADIOHELIOGRAPH

Chikayoshi Torii

### Abstract

The  $\lambda$  8-cm radioheliograph at Toyokawa is a beam-forming type radio interferometer. In order to scan the Sun by this type of interferometer, it is necessary to shift the phase of the output from each antenna, proportional to the distance between the relevant antenna and the phase center of the interferometer. For this purpose, a digital phase driver has been developed. The  $\lambda$  8-cm radioheliograph has 52 sets of digital phase shifters with 256 steps of 1.4 degree resolution. Pulses with 52 different frequencies are necessary to drive these phase shifters. The present phase driver uses Programmable Read Only Memory ( PROM ), and covers the wide range of sweeping frequencies from 0 to 50 scan/sec. This driver can be applied to various kinds of arrays by rewriting the PROM and can be controlled by micro computers.

## 技術報告

### 波長8cm電波太陽写真儀用デジタル位相走査器

鳥居 近吉

要旨：波長8cm電波太陽写真儀に、 $1.4^\circ$ ステップ8段構成総位相量 $360^\circ$ のデジタル制御可能な移相器を取付けたが、この移相器を使って太陽面を走査するには、52台の移相器の位相を変えるために、52種類の周波数のパルスを加えなければならない。

パーソナルコンピュータなどに使用されるPROM (Programable Read Only Memory) を使って、比較的簡単な回路で、超低速から1走査20ミリ秒の高速まで走査できる位相走査器を製作したので紹介する。

#### 1. はじめに

波長8cm電波太陽写真儀は、高位相安定化及び高感度化のための改良が行われ、アンテナごとにフロントエンドが取付けられた。干渉ビームで太陽面を走査するために、従来マイクロ波信号回路に入れていた機械的駆動の回転型移相器<sup>(1)(2)</sup>にかえて、中間周波増幅器の局部発振回路にデジタル制御のできる移相器を入れた。この移相器は、基準アンテナから移相器がそう入されているアンテナまでの距離に比例した周波数のパルスで、移相器を駆動して正確に位相を変えられなければならない。

ここでは、ミニコンピュータから必要な情報を得て、比較的簡単な回路で、移相器を精度よく駆動できる、デジタル位相走査器を開発製作したので報告する。

#### 2. デジタル位相走査器の構成と動作

デジタル制御のできる移相器と移相器の使用構成を、図1と図2に示す。

図1の移相器は、Count Pulseのパルス数をカウントして、 $1.4^\circ$ ステップで最大 $360^\circ$ の位相を変えられるようになっており、デジタル位相走査器は、52台の移相器に加えるCount Pulseを発生させるものである。図3に制御系を含めたデジタル位相走査器の構成図を、図4にデジタル位相走査器の構成図を示す。

##### 2-1 デジタル位相走査器の制御系

デジタル位相走査器は、走査の始動・停止を行う「START STOP」、観測モードの選択を行う「MODE SELECTOR」及び移相器に加えるCount Pulseを発生する走査パルス発生部「SCAN PULSE GENERATOR」からできている。デジタル位相走査器の操作は、「INTERFACE」を通してコントローラ<sup>(3)</sup>から行い、手動操作もできるようになっている。

デジタル位相走査器の観測モードと始動・停止は、「CONTROLLER」から指示される。ミニコンピュータは、1分ごとのデジタル位相走査器の

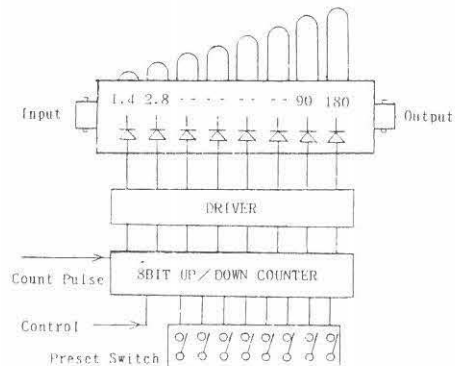


図1 移相器の構成図 PHASE SHIFTER

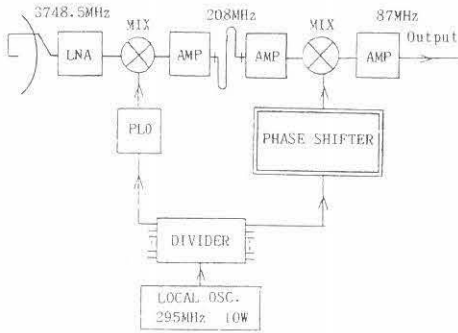


図2 移相器使用構成図 FRONTEND

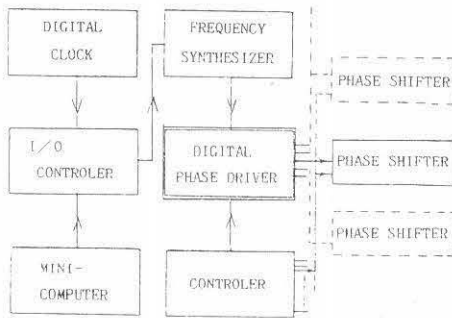


図3 制御系構成図  
PHASE SHIFTER CONTROL SYSTEM

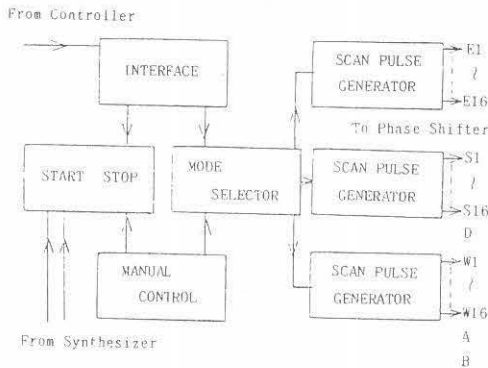


図4 デジタル位相走査器  
DIGITAL PHASE DRIVER

周波数データと、1/100秒までの時刻データを「I/O CONTROLLER」に送出する。「I/O CONTROLLER」は、「DIGITAL CLOCK」と「MINI-COMPUTER」からの時刻データとの一致がとれると、周波数データを「FREQUENCY SYNTHESIZER」に送出する。

「FREQUENCY SYNTHESIZER」は、送られてきた周波数データに従った周波数の信号を発生する。デジタル位相走査器「DIGITAL PHASE DRIVER」はこの信号をもとにして、52台の移相器を駆動するパルスを作り出す。以後同様に各移相器は、この駆動パルスによって走査される。

### 2-2 インターフェイス 「INTERFACE」

コントローラ<sup>(3)</sup>「CONTROLLER」から送られてくる8ビットの信号を判別して、観測のモードと始動・停止の指令を送り出す動作を行う。この回路はデータのラッチ及びデコーダでできている。

### 2-3 始動・停止 「START STOP」

52台の移相器を一定位相から始動させるためにインターフェイスから始動の信号がくると、走査パルス発生部を始動位置に設定して、図1の移相器の「8BIT UP/DOWN COUNTER」に「PRESET SWITCH」の値を設定してから、周波数シンセサイザ「FREQUENCY SYNTHESIZER」の信号を「MODE SELECTOR」に送り始動する。

次に停止信号がくると、「MODE SELECTOR」に行く周波数シンセサイザの信号をストップして、52台の移相器の位相の走査を停止する。

### 2-4 観測モードセレクト

#### 「MODE SELECTOR」

観測方法には、移相器の走査時間の異なる5種類のモード<sup>(2)</sup>があり、走査時間は、1走査0.6秒から160秒までである。インターフェイスからの指定モードによって、周波数シンセサイザから走査パルス発生部へ加えるパルスの周波数を変える動作を行う。本回路は6種類の分周器と、ゲート回路の組合わせである。

### 2-5 走査パルス発生部 「SCAN PULSE GENERATOR」

デジタル位相走査器の主要部で、52台の移相器に加える52種類の周波数のパルスを発生させる

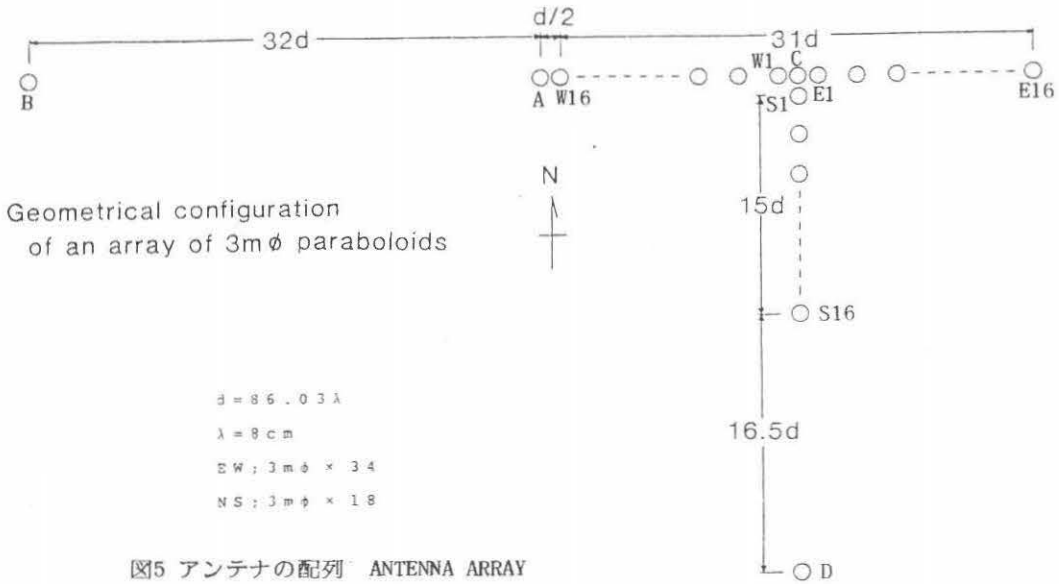


図5 アンテナの配列 ANTENNA ARRAY

もので、東・南及び西の各アンテナ別に3系統に分けてある。

2-5-1 移相器の走査パルス数

52台の移相器は、位相中心に対応する1台を基準として、東西系34台南北系17台を組として走査パルス数の比をきめる。波長8cm電波太陽写真儀のアンテナ配列は、図5に示す通りである。

東西系は、Cのアンテナ（基準アンテナ）を中心にして0.5d ( $d=86\lambda=6.88\text{m}$ ) ずつはなしてW1, E1を並べ、後はdの間隔でE16, W16までそれぞれ16個のアンテナを並べてある。W16から0.5dはなしてAアンテナを、更に32dはなしてBアンテナが並んでいる。

南北系のS1からS16までは、東西系と同様に並べであり、S16から16.5dはなしてDアンテナを並べてある。このアンテナ配列における移相器に加える走査パルス数の比は、表1に示す通りである。

2-5-2 走査パルス発生部の回路

表1のパルス数の比で、52種類の周波数のパルスを発生させるには、位相ロック発振器による方法と、表1の数値の最小公倍数を掛けた周波数の発振器から分周する方法などが考えられるが、どちらも回路が複雑になる。パーソナルコンピュータなどのメモリに使われるPROMを使用すれば、比較的簡単な回路でこれを実現できることがわかった。

	ANTENNA NUMBER																A	B	D		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
E	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31					
W	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	32	36			
S	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31			64		

表1 駆動パルス数の比

RATIO OF DRIVE PULSE NUMBER

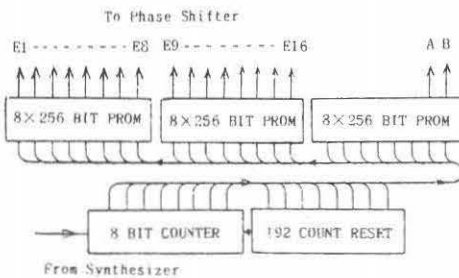


図6 走査パルス発生

SCAN PULSE GENERATOR

PROMを使った走査パルス発生部の回路を図6に示す。これは東西系に配列したアンテナ34台用である。東系16台と西系16台は共用でき、同一アンテナ番号の東と西の移相器に同じパルス数を加える。干渉ビームで太陽面を走査する方向によって、移相器の「8BIT UP/DOWN COUNTER」を東系16台をUPにして西系16台をDOWNにしたり、この逆にしたりする。南北系も同じ回路で、EをSに、A,BをDに変更すればよい。

走査パルス発生部は、 $8 \times 256$ ビットのPROM3個と、PROMの読み出しアドレスを選択する8ビットのバイナリカウンタ「8BIT COUNTER」及び最終アドレスを定める「192 COUNT RESET」回路よりできている。

### 2-5-3 PROMの書き込み

$8 \times 256$ ビットのPROMは、8ビットの出力があるので、1台の移相器に1ビットずつ割り当てると、1個のPROMで8台の移相器に加えるパルスを発生させることができる。 $8 \times 256$ ビットのPROMは、0から255のアドレスに対して、8出力が独立して1,0の出力を自由に取り出せるように書き込むことができる。例えば、1つおきに1と0を書き込めば、アドレスを1巡すると128パルスを出力することができる。このことから、アドレスを1巡したときの出力パルスの数を表1の走査パルスの数に一致するようにPROMに書き込めばよい。

移相器に加えるパルスの周波数は、PROMの読み出しアドレスをきめる「8BIT COUNTER」に加えるパルスの周波数を可変することにより、このCOUNTERが動作するmHzからMHzの周波数範囲まで選択できる。

### 2-5-4 PROMの最終アドレスの決め方

PROMのアドレスを1巡するには、「8BIT COUNTER」に256パルスを加えればよく、最終アドレスは、移相器の走査誤差を考慮しながら、表1の走査パルス数の比によって定める。

PROMに書き込みを行う場合、アドレスを1巡して出力するパルス数を表1の数値に合わせるには、アドレスが整数でしか設定できないことから、最終アドレスとして表1の数値の最小公倍数をとればよい。

その値は南北系  $2.888071 \times 10^{14}$  東西系は  $1.4440355 \times 10^{14}$  である。

ここで、アドレス  $2.888071 \times 10^{14}$  ないし  $1.4440355 \times 10^{14}$  を実現するためには数値が大きすぎて、回路的に実現不可能である。そこで次の方法として、移相器の許容誤差を考慮して最終アドレスを定めることを検討してみる。

移相器を駆動した場合の許容位相誤差を、移相器の最小ステップ $1.4^\circ$ の $1/10$ 以下とする。誤差の現われ方として、PROMから1パルス出力されると位相は $1.4^\circ$ 変わることから、次のパルス出力までのアドレス数が整数でない場合に、誤差として出てくる。例としてアドレス256、パルス出力数31とすれば、PROMには  $256 \div 31 = 8.33$ で、 $8.33$ アドレスごとに1パルス出力するように書き込まなければならないが、実際には8または9アドレスおきにししか書き込めないので、 $1.4^\circ \times (8.33 - 8) \div 8.33 = 0.06^\circ$  又は  $1.4^\circ \times (9 - 8.33) \div 8.33 = 0.11^\circ$  の位相誤差が発生する。

このことから、誤差を $1.4^\circ$ の $1/10$ 以下にするには、最終アドレスは、最も大きな位相誤差が発生するパルス出力数の5倍以上の値をとればよい。

今回、最終アドレスとして、東西系・南北系の走査パルス発生部を同一回路で製作したいために、192を選んだ。これは、表1に示されている出力パルス数のうち大きい方からとった96,64,32の最小公倍数である。この値をとったことによる走査した時の位相誤差は、31パルス出力するときが最大で $0.11^\circ$ である。図6の「192 COUNT RESET」回路は、最終アドレスを192で0にもどす動作をする。

### 2-5-5 周波数シンセサイザの出力周波数

アドレスを1巡すると、干渉ビームの方向を  $1/128 \times \lambda / d \times \cos z$ だけ変化させることができる。

ここで $d$ は基本アンテナ間隔、 $\lambda$ は観測波長(8cm)、 $z$ は天頂から測ったビームの位置角である。したがって1走査するには128巡しなければならないので、周波数シンセサイザの周波数 $f_{sy}$ は $192 \times 128 \times f_{scan}$ (走査周波数)になる。例えば1秒間に1走査する場合 $f_{sy} = 192 \times 128 \times 1$ で24576Hzとなる。

### 3. 使用例

このデジタル位相走査器を使用して、南北系を走査した記録例を図7に示す。10.3秒で1走査が行われており点線で区切られたブロックが、1回の走査に対応する。この観測中に変化の早い電波パーストがとらえられている。

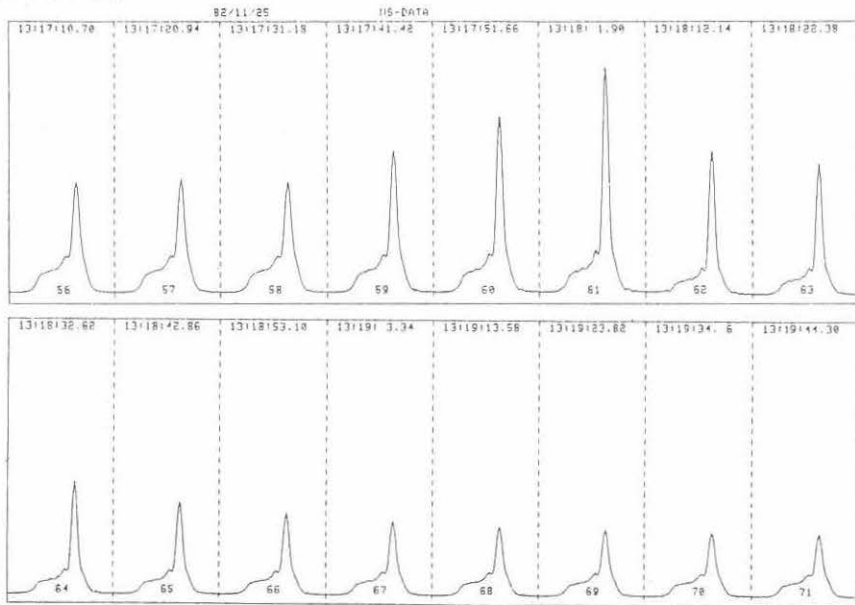


図7 デジタル位相走査器による南北の走査記録 N-S SCANNING DATA

### 4. まとめ

PROMを使ったデジタル位相走査器について概略を述べた。比較的簡単な回路構成で、ビーム走査に必要な機能を実現できた。この装置は、PROMの書き換えを行うだけで、様々なアンテナ配列に適応させることができる。またコントローラ<sup>(3)</sup>に接続されており、自動観測に使用することができる。

#### 参考文献

- (1) 田中春夫、鰐目信三 「太陽電波観測用高速掃引干渉計」  
電子通信学会マイクロ波研究会資料 MW68-47 (1968)
- (2) Ishiguro, M., H. Tanaka, S. Enome, C. Torii, Y. Tsukiji, S. Kobayashi, and N. Yoshimi:  $\lambda$  8cm Radioheliograph, Proc. Res. Inst. Atmospheric, Nagoya Univ., 22, 1-25 (1975)
- (3) 小林勝司、高田重利 「波長8cm電波太陽写真儀の制御回路」  
Proc. Res. Inst. Atmospheric, Nagoya Univ., 29, 94-104 (1982)