

内之浦 60 cm 望遠鏡のデータ記録装置

高岸 邦夫*・松岡 勝

Data Recording System for 60 cm Reflector at KSC

By

Kunio TAKAGISHI and Masaru MATSUOKA

Abstract: A new data recording system was equipped for the photoelectric observation by the 60 cm reflector at KSC. 4 channel photon counts of U,B,V and sky background are compiled and recorded on digital cassette magnetic tape under the control of micro-computers.

The accumulation time of photon counts is from 4 msec to 65 sec for the data recorded on cassette magnetic tape and 0.131 sec to 4.2 sec for real time monitoring by pen-recorders.

The photoelectric observation and its data analysis can be made efficiently by making use of this recording system.

1. ま え が き

1975年、鹿児島県内之浦の東京大学宇宙空間観測所に、X線星の光学観測を主な目的とする口径60センチの反射望遠鏡が設置され〔1, 2〕, X線星の時間変動の観測や、X線新星の観測等に使用されてきた〔3, 4, 5〕.

この望遠鏡の光電測光のデータ記録システムとしては、デジタルデータをアナログ的にデータレコーダーに記録して、データ再成時に再びデジタルデータに復調してから、その後のデータ処理を行うシステムが使われてきたが〔2〕, データ記録とデータ解析をより能率的に行うため、新たにマイクロコンピューターを用いて、データを集約編集しカセットマグネティックテープに記録するシステムを開発した.

マイクロコンピューターを用いたことにより、システムのハードウェアが単純化されたばかりでなく、観測目的に応じてデータの編集方法を変えることができ、その後のデータ解析

* 宮崎大学工学部

が行いやすい等の特徴を持っている。

この論文ではデータ記録システムの仕様、性能について述べる。望遠鏡及び光電受光器については他の論文[1, 2]に述べられている。

2. システムの概要

システム全体は、図1のブロックダイアグラムと写真1に示されているように、パルスカウンタモジュール(PCM)、マイクロコンピュータ(μ -COM)、クロック装置(CLK)の三部から構成されている。

望遠鏡で集光された星の光は、ダイクロイックミラーとフィルターにより、Uバンド($\sim 3750\text{\AA}$)、Bバンド($\sim 4300\text{\AA}$)、Vバンド($\sim 5500\text{\AA}$)の三色に分光され、望遠鏡の視野の中心から約2分角離れたスカイバックグラウンド(BG)の光とともに、フォトンカウント方式で計数される。光電受光器の分光系は、従来使用されてきたものと同じであるが、ダイクロイックミラーは新たに適切な波長特性を持ったものと交換し、ジョンソンの標準システムとはほぼ同じ特性をもったものに改良した。図2に分光特性を示す。

PCMで計数されたU、B、V、BGの4チャンネルの信号は、 μ -COMに転送され、PCMで設定される計数のパラメータや観測時刻(JST)及びデータに付けられたコメント等とともに編集されて、カセットマグネティックテープ(CMT)に記録される。CMTは2台使用され、記録するMTを交互に切り替えることにより長時間の観測に対しても連続してデータを記録することができる。また、観測データをリアルタイムでモニターするため

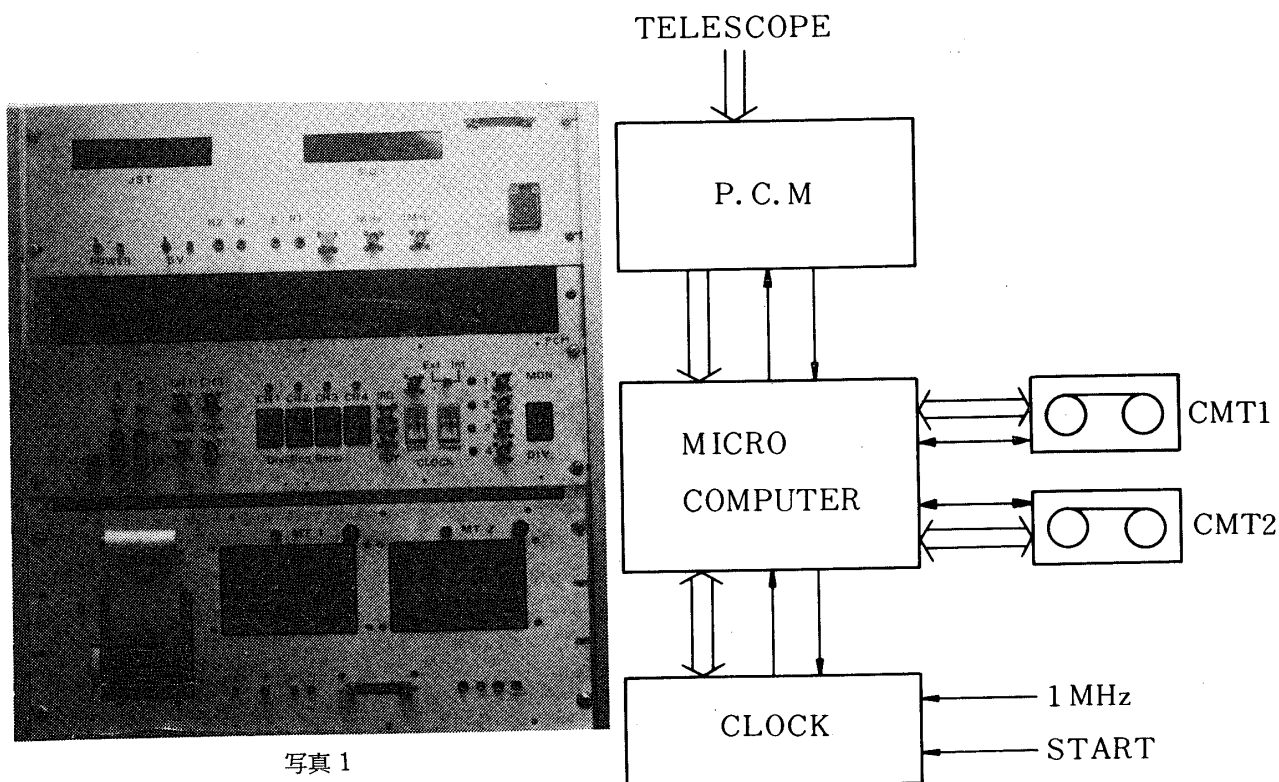


図1. システム構成

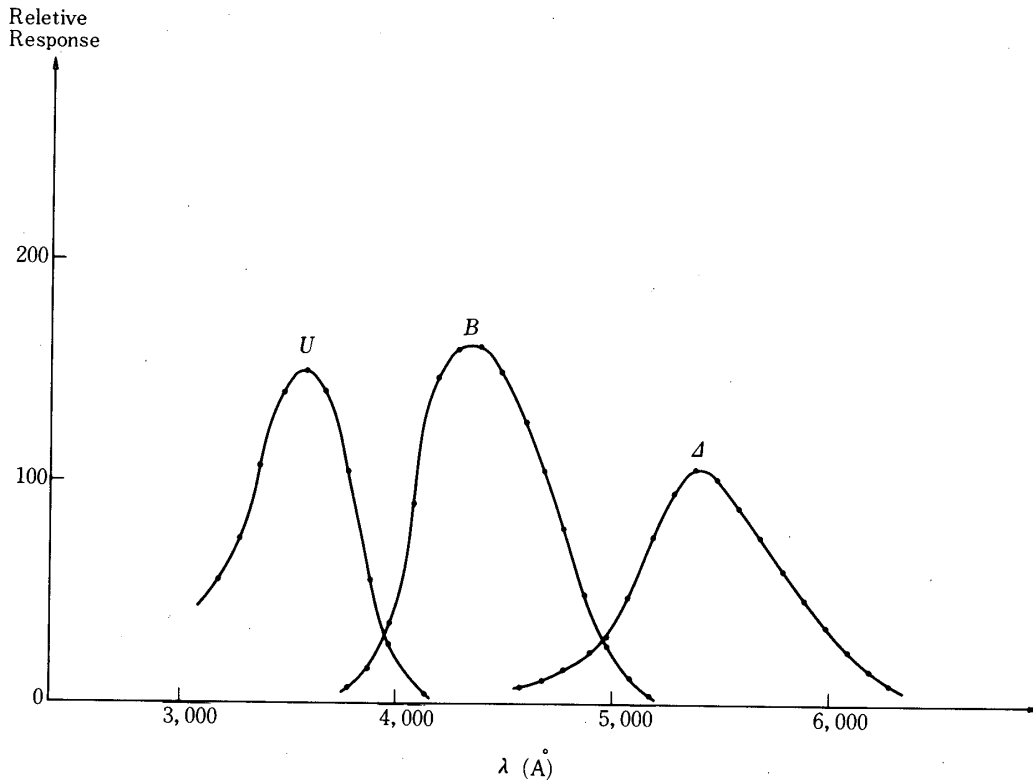


図2. 内之浦UVBシステム

に、四つのチャンネルのフォトンパルスを適当な分周比と積分時間で計数し、D/A変換してペンレコーダーに出力させている。

データ記録の開始や終了、計数のパラメーターの設定等は、 μ -COMへのコマンドとPCMのパネルのスイッチ設定によって行われる。以下では、システムの各部について述べる。

3.-1 PCM

PCMの仕様、性能は次のようなものである。

電源	+5V (1.8A), +12V (0.4A), -12V (0.2A)
チャンネル数	4 U, B, V, BG
ディスクリミネータレベル	50 mV ~ 250 mV
基本クロック信号	1 MHz 1 ~ 5 V
カウント積分時間	μ -com 出力用 1.024×2^N msec ($N = \phi \sim 8$) モニター 出力用 0.131×2^N sec ($N = \phi \sim 5$)
外周比	μ -com 出力用 $1/2^N$ モニター 出力用 $(1/2^M) \times (1/2^N)$ ($N = \phi \sim 7, M = \phi \sim 7$)
カウンドデッドタイム	50 nsec / カウント
ペンレコーダー出力	0 ~ 10 V ($\phi \sim 255$ カウント)

図3にPCMのブロックダイヤグラム，図4にPCMの制御信号のタイムチャートを示す。フットンパルスの計数とそのデータの転送制御のための基本クロック信号は，振幅1～5Vの1MHz信号を用い，PCM内部の水晶発振器と外部信号の双方を使用できる。4チャンネルのフットンパルスは，それぞれメインアンプで増幅され，ディスクリミネーターで波形整

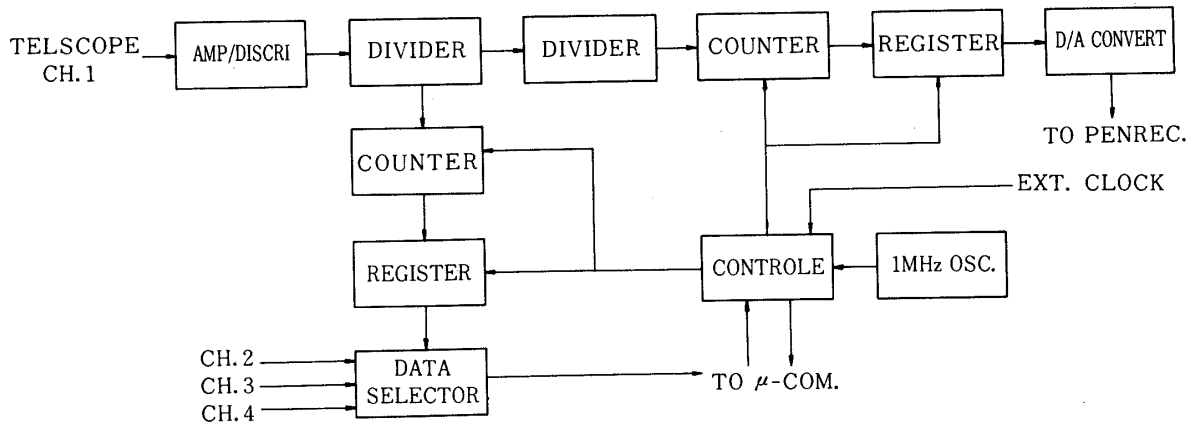


図3. P.C.M. ブロック図

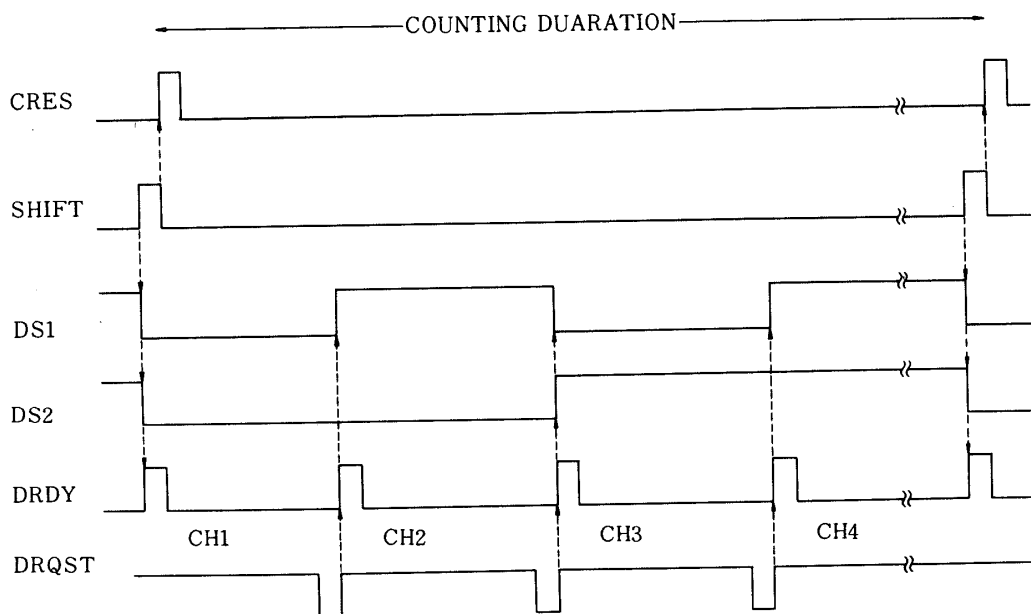


図4. P.C.M. CONTROL SIGNAL

形された後、分周カウンターで分周される。これは、明るい星を測光する時にカウンターがオーバーフローするのをさけるためである。分周カウンターの出力は、 μ -COM転送用とペンレコーダー出力用の二つに分けられ、 μ -COM転送用の出力は直ちに8ビットカウンターで計数される。ディスクリミネーターの閾値は、50 mV ~ 250 mV (メインアンプインプット) の間で可変である。8ビットカウンターの積分時間は、 1.024×2^N ($N=0 \sim 8$) msec, 分周カウンターの分周比は各チャンネル独立に、 $1/2^M$ ($M=0 \sim 7$) で、PCMのパネル上のスイッチで設定され、観測対象の強度や観測目的に応じて、選択できるようになっている。これらのスイッチの値は、積分時間が4ビット、分周比が各チャンネル3ビット、合計8ビット \times 2のデータの形で、データセレクターに入り、 μ -COMの転送要求に応じて8ビットづつ出力される。カウンターの出力は、積分時間の終わりでカウンターがリセットされる直前にSHIFTパルスによりシフトレジスターに送られ、次の積分時間の間保持される。

シフトレジスターの出力は、4チャンネルデータセレクターに入り、データセレクト信号(DS 1, DS 2)によって一つのチャンネルの計数出力がとり出され、データレディ信号(DRDY)とともに、 μ -COMへ転送される。 μ -COMでのこのチャンネルの処理が終了すると、データ要求信号(DRQST)が μ -COMから出力され(データセレクト信号はインCREMENTされる)、順次残りの3チャンネルのデータがDRDY信号とともに μ -COMへ転送される。

分周カウンターの他の出力は、さらに分周比が $1/2^N$ ($N=0 \sim 7$) の分周カウンターで分周された後、8ビットカウンターで計数される。計数積分時間は、 0.131×2^N ($N=$

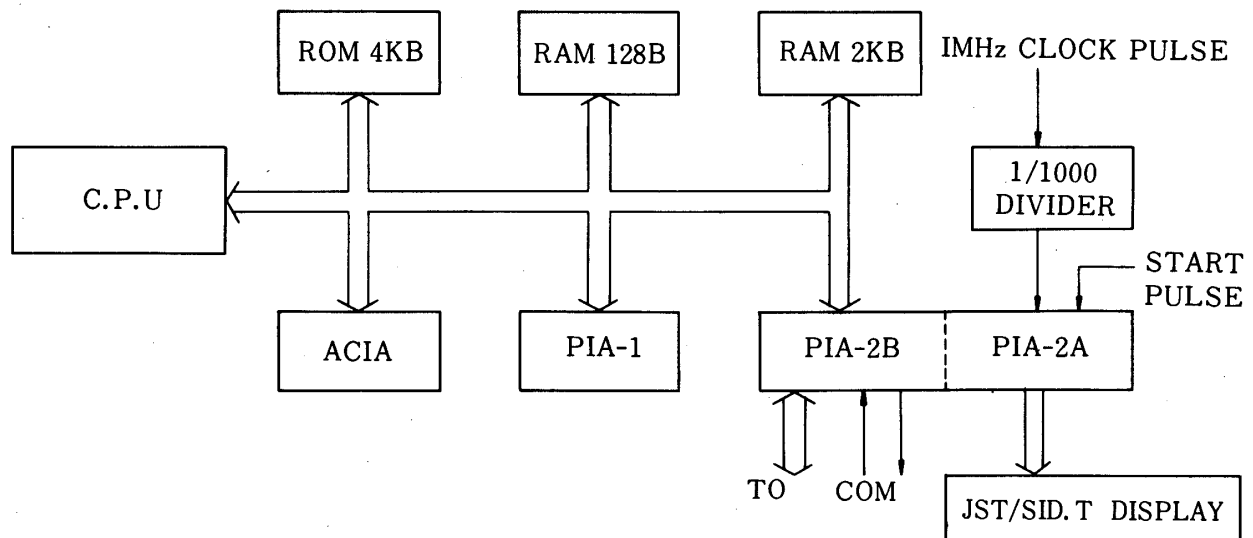
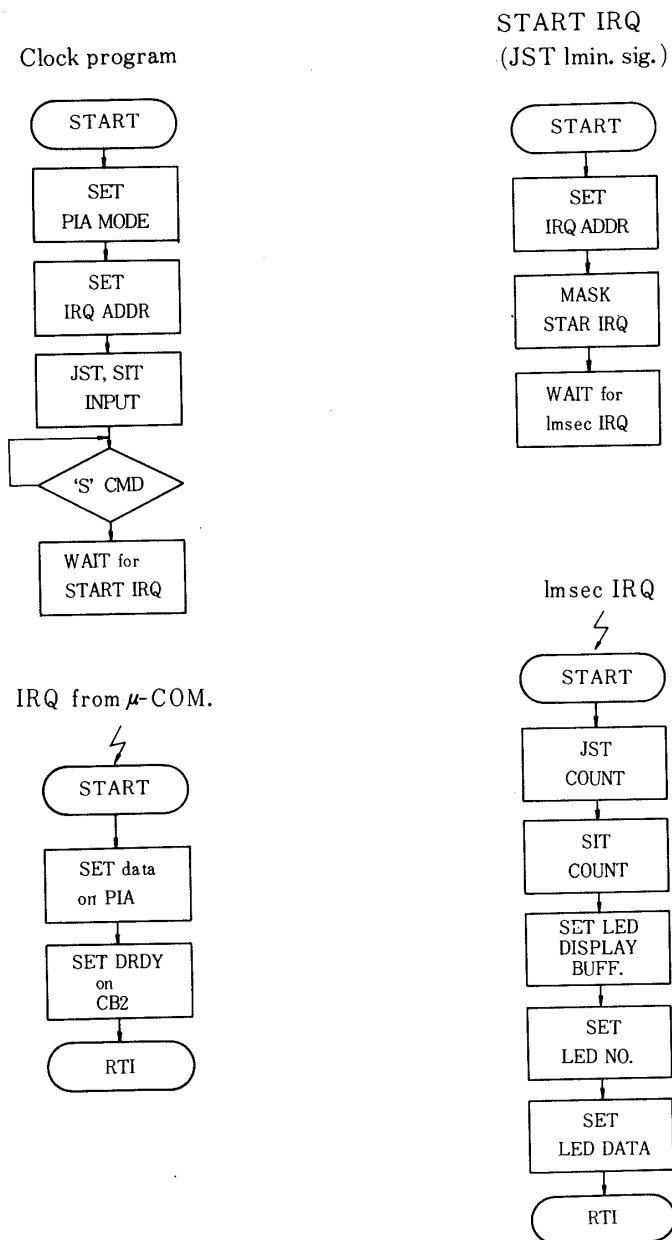


図5a CLOCIK ブロック図

0～5)秒である。各チャンネルの計数出力は、D/A変換されて振幅0～10Vの電圧出力となり、ペンレコーダーに出力される。

μ -COM転送用、モニター出力用の8ビットカウンタには、オーバフロー表示回路がつけられており、カウンタがオーバフローした時にはPCMのパネル面上のLEDが点灯するようになっている。



☒ 5 b Clock program ☒ 5 d I R Q from μ -COM
 ☒ 5 c S T A R T I R Q ☒ 5 e 1 msec I R Q
 (JST 1 min. sig.)

3.2 CLOCK 装置

C L K 装置は、J S T と内之浦での恒星時を表示する時計としての機能のほかに、C M T に記録される観測時刻 (JST) を、 μ -C O M の要求に応じて出力する機能を持っている。図 5 a に C L K 装置の構成図を示す。

基本となるクロック信号は内之浦のシュミット望遠鏡棟の 1 MHz 発振器で、その精度は $\sim 10^{-9}$ である。この基本クロック信号を分周して得られる 1 msec のパルスによって時刻を計数している。C L K 装置のスタートはあらかじめスタートする時刻 (JST) と、対応する恒星時を設定しておき、内之浦の JST 1 分信号に同期して自動スタートさせる方法をとっている。恒星時計数は恒星日 = 0.99726957 太陽日に従って、1 msec パルス数の換算をすることでやっている。時刻表示は JST、恒星時ともに、6 ケタの 7 セグメント L E D に秒の桁まで表示される。1 msec パルスの計数、L E D のダイナミック表示のコントロール、 μ -C O M への時刻データの出力はすべてマイクロプロセッサによりソフトウェアで行っている。このマイクロプロセッサには、日立の H 68 / T R を利用し、P I A (Peripheral Interface Adapter) を通してすべての入出力をコントロールしている。図 5 b ~ 5 e に C L K のスタートプログラムと I R Q ルーチンのフローチャートを示す。

3.3 μ -C O M システム

1. システム構成

μ -C O M システムは、1 ボードマイクロコンピュータ日立 H 68 / T R をベースに、R A M を 6 キロバイトに増設し、I / O としてキーボードと 14 桁蛍光表示管の他に、C M T (TEAC M T - 2) 2 台、放電プリンターを追加したものである (図 6)。

各 I / O 装置とメモリのアドレスは表 2 のように割り付けられている。システムモニタープログラムとしては H 68 / T R に附属している R O M (4 K B) に加えて、テキストエディター、逆アセンブラ、C M T とプリンターのコントロールプログラムを約 2 K B の R A M に収めている。I / O 装置と C P U 間の割込みのコントロールはすべてソフトウェアで

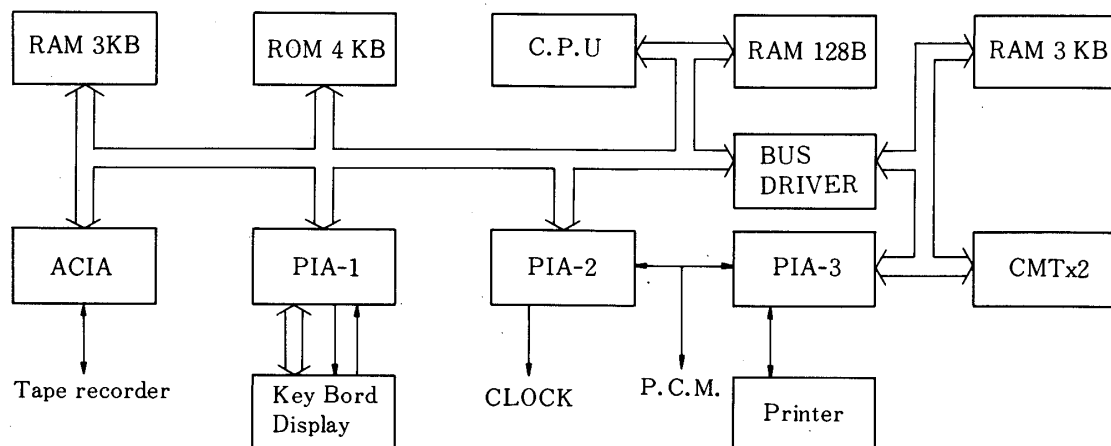


図 6. μ -COMPUTER SYSTEM

行っている。

2. I/O 装置とのインターフェイス

CMTを除いたI/O装置(PCM, CLK装置を含む)との入出力はPIAを通じて行い(図7a), CMTはCPUバスに双方向ドライバーを通して直結されている(図7b)。

(i) CMT

CMTをコントロールするプログラムを単純にするため、2台のCMTは表2に示されているように、同じアドレスに割付けられており、PIA-1のCB2出力をセレクト信号として用いることによりCMTの区別をしている。CMTへのコマンド入力やデータのREAD/WRITE等のコントロールは、CMT内のレジスタ(R0~R7)を直接READ/WRITEして行う。

CMTへのコマンドに対する応答等は、CPUへの割込み要求としてCPUのIRQラインへ直接入力され、CPUがCMTのISR(Interrupt Status Register)の内容を読み出すことによりその内容を判定する。

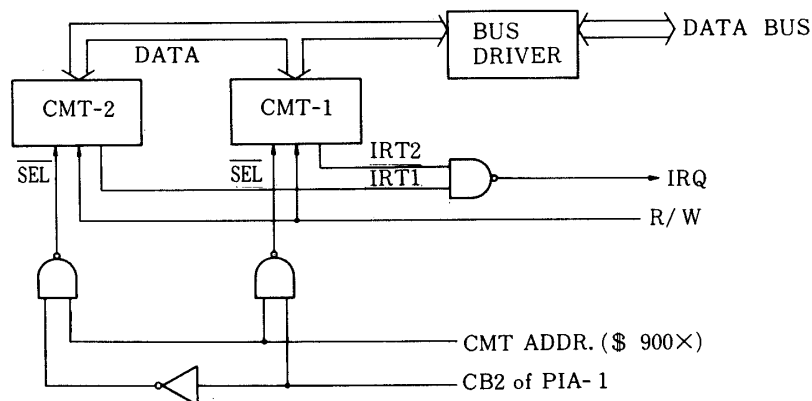
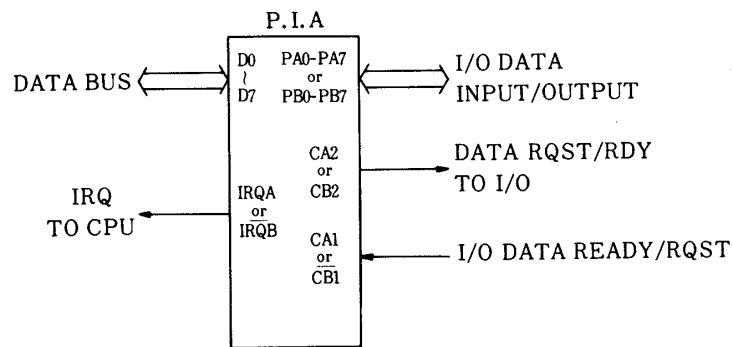


図7a I/O 装置とのインターフェイス

図7b CMT インターフェイス

表2. μ -com のアドレス表

ADDRES (HEX)		
\$ 0000	RAM	MONITOR and RECORD PROGRAM work area
\$ 01FF		
\$ 0200	RAM	RECORD PROGRAM (REC - 10) area
\$ 06FF		
\$ 0700	RAM	Data Buffer for PCM Data
\$ 0EFF		
\$ 0FFF	RAM	MONITOR PROGRAM area
\$ 17FF		
\$ 9000	CMT	Register in CMT
\$ 9007		
\$ 9070	PIA-3	PCM parameter (A-side) / Printer (B-side)
\$ 9073		
\$ E004	PIA-1	Key Bord / Display
\$ E007		
\$ E008	PIA-2	PCM data input (A-side) / CLOCK input (B-side)
\$ E00B		
\$ E010	ACIA	Audio tape recorder
\$ E013		
\$ E800	RAM	MONI TOR work area
\$ E87F		
\$ F000	ROM	MONI TOR PROGRAM
\$ FFFF		

(ii) P C M

P C MとCPU間の入出力はPIA-2 (A side) , P I A - 3 (B side) を通じて行われている。P C Mからのデータレディ信号 (D R D Y) は、P I A - 2 のC A 1 入力として、また μ -C O Mからのデータ要求信号 (D R Q S T) は、C A 2 出力として用いている。

P C Mの計数データ出力は、P I A - 2 の A side データ入力となっており、C P UがO R A (Output Register A) を読み出すことによりとり込まれる。一方、P C Mで設定されるフォトンカウントの積分時間、各チャンネルの分周比は、P I A - 3 のC A 2 出力をセレクト信号とするデータセクターを通して、1 バイトずつP I A - 3 のP A 0 ~ P A 7 に入力され、 μ -C O Mがデータ記録開始コマンド (S R) によりデータ記録を開始する時に読み込まれる。

(iii) C L K 装置

μ -C O MからC L K への時刻データ要求信号が、P I A - 2 のC B 2 出力として出されると、C L K はこれをC L K のP I A のC B 1 入力による割込み要求として受取り、その時の時刻 (J S T) を B C D コードで、時、分、秒、ミリ秒 (2 バイト) の計5バイトに分けて順次送り出す。この時のデータ送受は、双方のP I A のC B 1 とC B 2 の間の割込み入出力によって同期がとられている。

(iv) プリンター

μ -COMからプリンターへの出力は、PIA-3のB sideを通して行っている。プリントを行う時にはPIA-3のCB 2からプリンターに、データ転送開始信号を出し、プリンタ内のバッファ（最大32文字）に文字コードのデータを転送する。この時の同期は、PIAのCB 1/2とプリンターのBUSY/READYの間でとられる。プリントは、データの最後に改行コードを送ることにより開始される。

3. μ -COMのソフトウェア

(i) コマンド

データ編集記録のためのパラメーターの設定や、CMTのコントロール、データ記録の開始、終了等は、 μ -COMへのコマンドとして実行される。これらのコマンドには、 μ -COMのモニターの直接の管理下で実行されるものと、データ記録プログラムの実行中にのみ有効なものがある。表3にこれらのコマンドコードとその実行内容を示す。コマンドの先頭に「！」が付いていないコマンドは、データ記録プログラムの実行中にのみ有効なコマンドである。

表3. コマンドコード

Command code	Contents
!T	Start Text editor
!I	Start Inverse-Assembler
!RD	Read one block from CMT and Display
!RB	" and Print
!RS	" and Sum up the 4-channel data respectively
!CAn	Rewind CMTn
!C9n	Set CMTn at Load point with Erase (SLE)
!C8n	Set CMTn at Load point (SLP)
!C7n	Reverse CMTn one block (RVE)
!C6n	Skip CMTn one block (SKP)
!C3n	Erase CMTn (ERA)
!C2n	Write Tape Mark on CMTn (WTM)
!CCn	Search Tape Mark on CMTn
SN	Input the SUM NO. of PCM date
CM	Input the COMMENT I
DT	Input the COMMENT II
ST	Input the Record Stop Time (JST)
SR	Start PCM date Record
PR	Pause PCM date Record
EL	Input the re-write limit for WRT error

コマンドが入力されると、そのコマンドはコマンド判定ルーチンによって、コマンドコードの正誤と、コマンドが入力された時点でその実行が可能かどうかの判定がなされる。誤ったコマンドコードを入力したりあるいは実行が不可能なコマンドに対しては、ディスプレイとプリンターにコマンドエラーの表示が行われる。実行不可能なコマンドには、たとえばテープのセットされていないCMTに対するコントロールコマンドや、データ記録のためにソ

ソフトウェア上でプロテクトされているCMTに対するコントロールコマンド等がある。正当なコマンドに対しては、コマンドが実行され、そのコマンドが終了するとディスプレイには、コマンドの終了表示が行われる。コマンド実行中にエラーが発生した場合には、そのコマンドの一応の終了を待って（コマンドが中断される場合もある）そのエラーの内容がディスプレイに表示される（図8 a, b）。

(ii) データ記録プログラム

CMTへのデータの記録はSRコマンドにより開始される。SRコマンドが入力されると、 μ -COMはデータの編集記録に使われる作業領域とデータバッファの初期設定を行うとともに、データ記録中に入力されるコマンド管理のためのコマンド管理情報をセットする。続いてPCM, CLK, CMTからの割込み入力の処理を行うそれぞれのIRQルーチンのアドレスと、これらの各装置の入出力を行うPIAとCMTの動作モードの設定が行われる。その後、PCMで設定されている積分時間と各チャンネルの分周比を入力し、PCMからのDRDY信号との同期をとって、CLK装置へ時刻データの転送要求が出され、CPUは各装置からの割込み入力待ちの状態となる（図8 a）。

μ -COMと各装置とのデータの入出力はSRコマンドによって設定されたIRQルーチン内で割込み処理として行われる。データの編集はPCMからの割込みルーチンで行われているので、データ編集方法の変更はこのルーチン処理方法の変えるだけで可能である。

データ編集のパラメータ（SN, EL等）は一度設定されるとコマンドにより再設定がなされるまで変わらないので、SRコマンドが実行される前に設定されていなければならない。

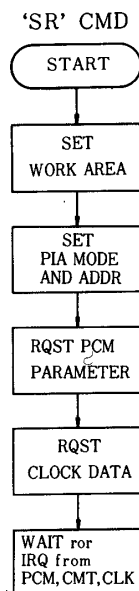


図 8 (a)

CMT CONTROLE CMD

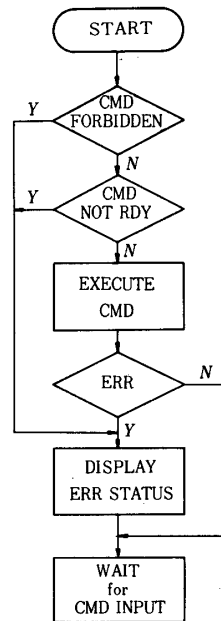


図 8 (b)

IRQ from CLOCK

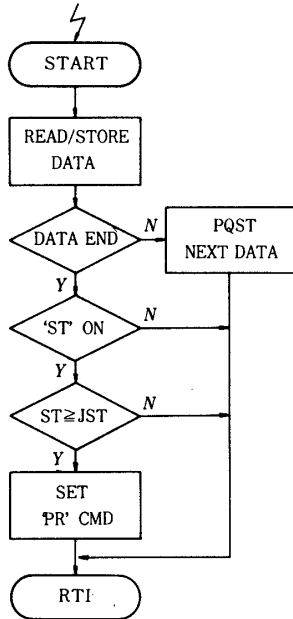


図 8 (c)

IRQ from PCM

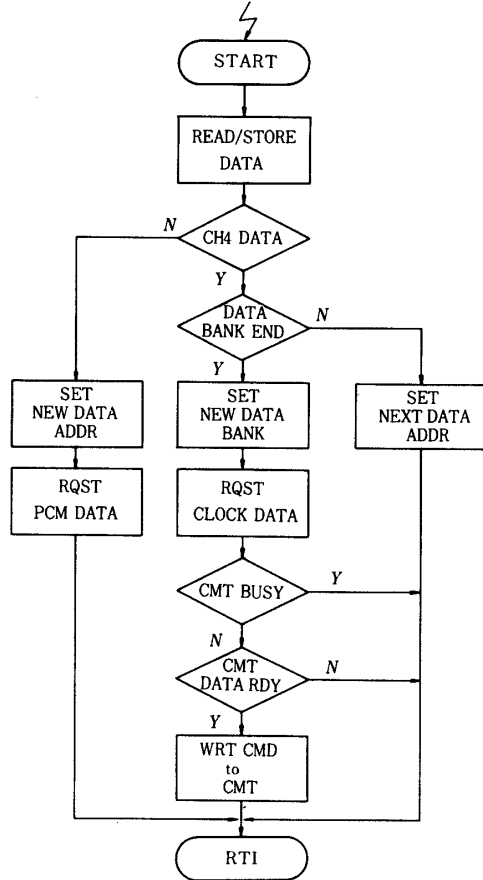


図 8 (d)

IRQ from CMT

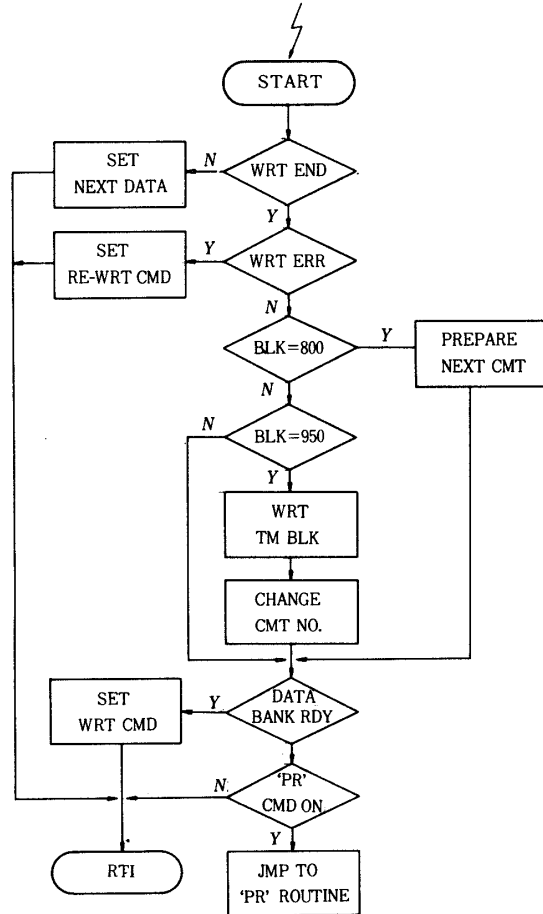


図 8 (e)

現在使われている最も一般的なIRQ処理ルーチンのフローチャートを図8b～8eに示す。

フォトンカウントデータは、時刻データ、CMTのステータス情報、積分時間、分周比等とともに、表4に示すフォーマットで1ブロック256バイトに編集されてデータバッファにたくわえられる。

表4. データフォーマット

Byte (HEX)	Contents
00	Block number (H)
01	Block number (L)
02	Sum number of PCM 8bit data
03	Photon counts integration time
04	Dividing ratio of CH1/CH2
05	Dividing ratio of CH3/CH4
06	Error Status Register (ESR) of CMT
07	Comment I (H)
08	Comment I (L)
09	Comment II (H)
0A	Comment II (L)
0B	JST HOUR (BCD)
0C	JST MINUTE (BCD)
0D	JST SECOND (BCD)
0E	JST MILLISECOND (BCD), (H)
0F	JST MILLISECOND (BCD), (L)
10-4B	Data of CH1
4C-87	Data of CH2
88-C3	Data of CH3
C4-FF	Data of CH4

PCMでのフォトンカウントの計数は8ビットであるが、特に短い積分時間での観測を目的としていない場合には、8ビット長のデータをSNコマンドによって設定された回数だけ加算して16ビット長のデータとしている。これはCMTのデータ収納効率を高めるためである。したがってこの場合には実質的なフォトンカウントの積分時間は、(PCMでの積分時間) × SNとなる。

CMTのデータ記録速度は最大～12000ビット/秒であるので、実質的な積分時間は8ビット長データの場合4 msec以上、16ビットデータの時は8 msec以上にしなければならない。

データバッファにたくわえられたデータは、CMTとの同期をとってブロック単位でCMTに書き込まれる。CMTは1ブロックの書き込みに対して、ハード的又はソフト的なエラーが起った時、その情報をCSR (Cassette Status Register), ESR (Error Status Register) にセットするので、ブロック書き込みが終る毎にチェックをしている。もし、エラーの内容が記録を続行するのに支障がないものであれば、書き込みエラーを起したブロックを再び書き込んでから記録が続けられる。一つのブロックに対する再書き込みの回数はELコマンドで特別に

与えられない限り1回のみである。

1巻のCMTに記録されたブロック数が800ブロックに達すると、他のCMTの巻戻し(REW)とロードポイントセット(SLE)を行い、CMTの切り替えの準備がされる。ブロック数が950になると、そのテープにテープマーク(TM)が書き込まれ、データの記録は他のCMTに切り替る。

1巻のテープには、積分時間が4 msec(8ビット)又は8 msec(16ビット)の場合片面で約4分間、積分時間が0.1 secの時約45分間(16ビット)の記録ができる。

データ記録の終了は二通りの方法で行われる。一つはPRコマンドを与える方法で、他の一つはSTコマンドにより、終了時刻を与えておく方法である。1ブロックの最初のデータがPCMから転送される時に、その直前の時刻がCLK装置から入力されているので、STコマンドが与えられている場合には、この時刻が終了時刻を越えている時に、またPRコマンドが入力された場合には直ちにPCMからのデータ入力が中止され、データバッファ内の全データのCMTへの転送終了を待ってデータ記録を終る。この時、プリンターには記録された最後のブロックのブロック番号とCMT番号がプリントされ、 μ -COMはコマンド入力待ちの状態となる(図8f)。

4. データ処理とこれまでの観測経過

記録されたデータのチェックをしたり、1ブロックのデータの各チャンネル毎のカウンタを計算するような単純な処理は、このシステムの μ -COMを使って、RD、RP、RSコマンドによって可能である。空の状態が良い時には、たとえば星の近似的な明るさを算出するのは、これらのコマンドを利用して比較的容易に行うことができる。

本格的なデータ処理のためには、データテープを、東大宇宙研又は宮崎大学のマイクロコンピュータのCMTで読み出し、ミニコンに転送して計算機用のMTやディスクへの書き移しが行われる。このようなデータ再生作業は、従来使用されてきたシステムに比べて格段

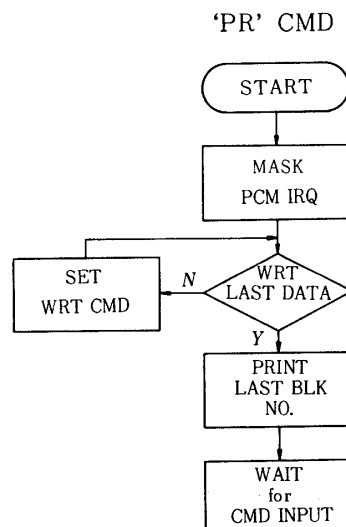


図 8 (f)

に単純化され、またその後のデータ処理も、データ自身に各種のパラメータが記録されている事等のために能率良く行うことができる。

この装置によって、これまでにX線新星 Cen X-4 や、SS-Cygni 等の観測が行われたが、装置は順調に作動しており、観測中の作業の手間が少なく、光電測のデータ記録装置として十分な機能を発揮している。

5. 謝 辞

この装置の開発にあたって、回路制作の面では宮崎大学の江口正雄氏に御助力をいただいた。また、プログラム開発では、小南尚登、堀之内栄一の両君に協力していただいた。ここに深く感謝の意を表したい。

財団法人實業奨学会には、その研究助成金の一部を、システムの製作費として使わせていただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

なお、この研究は昭和53年度日本学術振興会による流動研究員（高岸）として行った共同研究にはじめられたものである。

1979年10月1日

参 考 文 献

- [1] 松岡勝, 常深博, 柴楽正光, 富田弘一郎 宇宙航空研究所報告 12, 4号(A) (1976), 775.
- [2] 常深博, 松岡勝, 富田弘一郎 宇宙航空研究所報告 12, 4号(A) (1976), 792.
- [3] H. Tsunemi, M. Matsuoka and K. Takagishi: Ap. J (Letters) 211, 1976 L15.
- [4] K. Takagishi et. al: ISAS RN60 (1978).
- [5] M. Matusoka et. al: ISAS RN12 (1976).