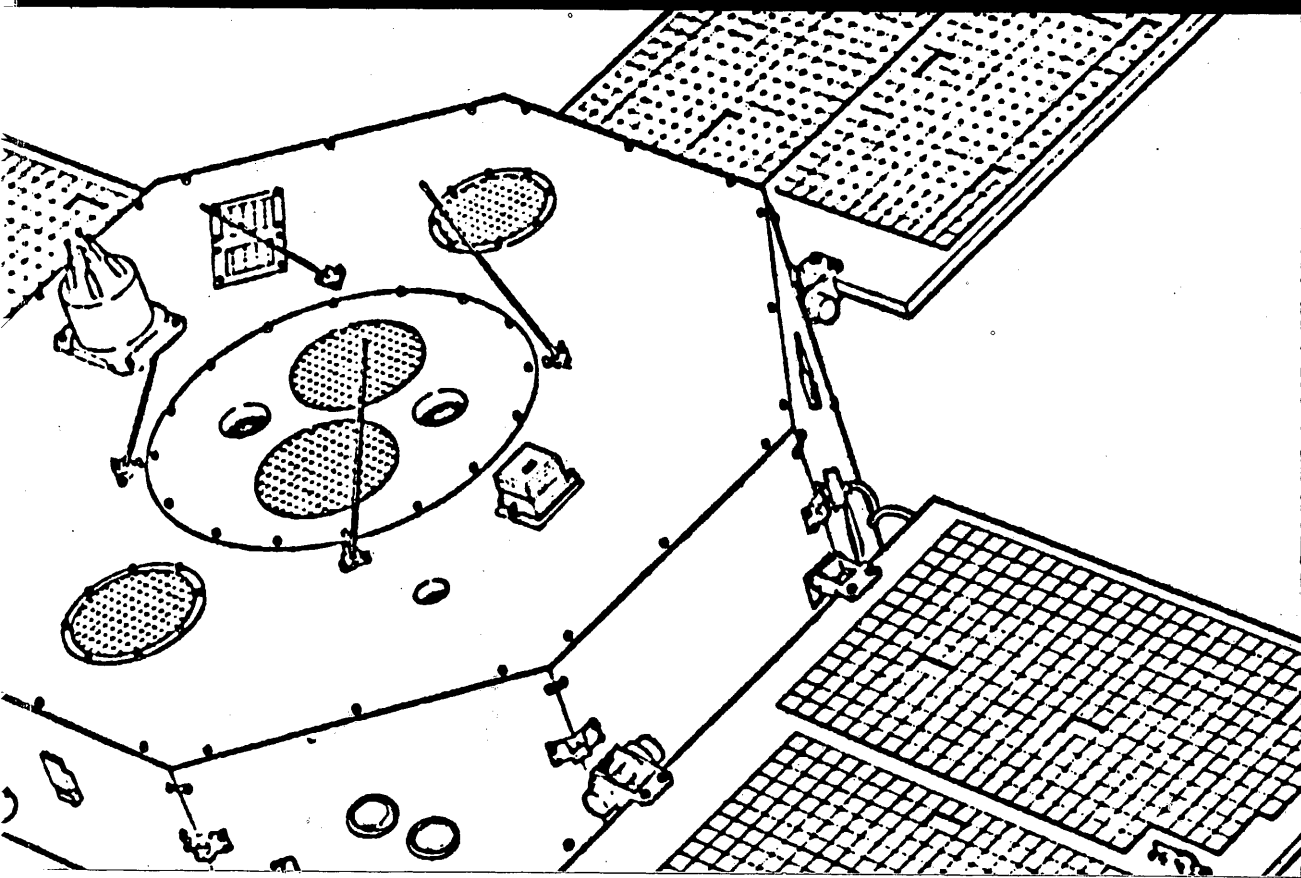


科学衛星 ASTRO-A 中間報告書

東京大学宇宙航空研究所
科学衛星専門委員会
第37研究班



昭和54年7月

目 次

総論	1
第1章 観測機器	
✓ 1.1 太陽硬X線の観測 (SXT, SXA, HXM)	高倉達雄他 15
✓ 1.2 太陽 γ 線観測装置 (SGR)	近藤一郎他 54
✓ 1.3 軟X線輝線スペクトルの観測 (SOX)	田中捷雄他 62
1.4 太陽フレアモニタ (FLM)	松岡 勝他 78
1.5 粒子・X線観測器 (PXM)	竹内 一他 88
✓ 1.6 電子密度測定装置 (IMP)	大家 寛他 100
1.7 電子温度測定 (TEL)	平尾邦雄他 107
第2章 姿勢制御・検出機器	
2.1 姿勢制御装置	二宮研究室他 113
2.1.1 概 要	113
2.1.2 Y_0-Y_0 デスピナ (Y_0-Y_0)	114
2.1.3 ニューテーション ダンパ (ND)	115
2.1.4 磁気姿勢制御装置	118
2.1.5 MAC コイル	123
2.1.6 MSC コイル	126
2.1.7 MBC コイル	129
2.1.8 姿勢解析	133
2.2 太陽姿勢計	154
2.2.1 太陽姿勢計	河東田隆, 岸 真人他 154
2.2.2 姿勢制御用センサ電子回路	二宮研究室他 156
2.3 地磁気姿勢計 (GA)	青山 巖他 160
2.4 地平線検出計 (HOS)	二宮研究室他 164
第3章 共通機器	
3.1 アンテナ系	齊藤研究室他 169
3.1.1 概 要	170
3.1.2 VHF アンテナ系	170
3.1.3 UHF アンテナ系	170
3.1.4 Sバンドアンテナ系	171
3.2 通信系	野村研究室他 183

3.2.1 システム	183
3.2.2 136MHz ビーコン送信機 (BCNV)	191
3.2.3 400MHz 送信機 (TMU)	195
3.2.4 Sバンドテレメータ送信機 (TMS)	199
3.2.5 148MHz 帯受信機	203
3.3 コマンドデコーダ	野村研究室他 206
3.4 ASTRO-A塔載用データ処理装置 (DP)	近藤一郎他 210
3.5 プログラムタイマー (PRT)	林研究室他 249
3.6 データレコーダ (DR)	野村研究室他 256
3.7 テレメータ・コマンド信号処理装置 (TCS)	野村研究室他 259
3.8 環境計測装置	林研究室他 263
3.9 シーケンスタイマ (EPT-SA)	秋葉研究室他 268
3.10 横加速度計	森研究室他 278

第4章 電 源 系

4.1 電源装置	後川研究室他 281
4.2 太陽電池パドル (電源)	後川研究室他 283
4.3 電力制御器 (PCU)	後川研究室他 291
4.4 蓄電池 (B.A.T)	後川研究室他 299
4.5 電源装置コンバータ (CNV)	林研究室他 305
4.6 電源系接合回路 (JNC)	林研究室他 310
4.7 イグナイタ電源 (IG-PS)	後川研究室他 314
4.8 電力解析	後川研究室他 316

第5章 構造設計, 熱設計, 信頼性, 電気計装

5.1 構造設計	森研究室他 329
5.2 熱設計	林研究室他 356
5.3 信頼性および品質管理	後川研究室他 369
5.4 電気計装配線	林研究室他 372

第6章 打上げロケットと軌道 377

第7章 地上データ処理 383

付録 ASTRO-A 関係者名簿	387
------------------	-----

1. ミッション

第7号科学衛星ASTRO-Aは、1980-1981年をピークとする太陽活動極大期における太陽フレア現象の精密観測を主な目的としている。特に、急速に変化する太陽フレアX線の様相を、速い時間分解能で捉え得ることがこの衛星の特徴である。

SXTは廻転すだれコリメーターの技術により時々刻々の太陽フレアのX線像を撮るもので、フレアの発生点をつきとめるとともに、太陽フレアの超高温プラズマの推移を追うことができる。SOXはBraggスペクトロメーターで、衛星のスピンを利用して波長のスキャンを行い、フレアの超高温プラズマからの高電離鉄イオンの輝線の精密観測を行うものである。

SGRはフレア時に発生するガンマ線の観測を行う。HXMとFLMはそれぞれ硬X線、軟X線の検出器で、X線計数率の急増からフレアの発生を検知するとともに、フレアX線の強度やスペクトルの変化を測定する役割を担っている。特に、FLMはエネルギー分解能が優れており、X線の連続成分と輝線の分離が可能である。PXMは、太陽フレアで加速された高エネルギー粒子線の測定を行うが、それと同時に、放射線帯粒子等の原因による計数率増加を太陽フレアと識別する役割も兼ねている。

IMP, TELはそれぞれ太陽活動期における外圏プラズマの電子密度、電子温度を測定するものである。

搭載観測機器は以下の通りである。

- (A) 太陽X線二次元像観測装置 (SXT)
- (B) 太陽硬X線モニタ装置 (HXM)
- (C) 太陽ガンマ線観測装置 (SGR)
- (D) 太陽フレア軟X線輝線スペクトル装置 (SOX)
- (E) 太陽フレアモニタ装置 (FLM)
- (F) 粒子・X線モニタ装置 (PXM)
- (G) プラズマインピーダンス測定装置 (IMP)
- (H) プラズマ電子温度測定装置 (TEL)

2. 外観図・システム系統図

図-1に外観図を、図-2にシステム系統図を示す。

3. 軌道・重量・搭載機器配置および熱・構造系

衛星総重量は約 196 kg で、M-3S-2 号機により高度 500 ~ 650 km の略円軌道に打上げられる。タイマ (EPT-SA) により設定秒時に M3A 点火、衛星分離の信号が出され、Y_o-Y_o 展開の準備が行なわれる。M3A 分離後、地上からのコマンドにより Y_o-Y_o デスピナを展開し (衛星スピン ~ 6 rpm)、さらに 4 枚の太陽電池パドルが展開される (~ 5 rpm)。

4 枚の太陽電池パドルは、衛星の 4 つの側面にとりつけられており、リリース機構の開放によりスプリングの力で同時に展開される。

衛星は 8 角柱・2 段デッキ構造をもち、太陽観測機器は上段デッキに実装されている。このうち SXT は中央スラストチューブ内に収納され、サーマルバリアによる熱シールドによって温度変動・温度格差をおさえている。

なお、搭載機器のうち SXT, BAT にヒータを用いている点を除いて衛星の温度制御は受動型であり、黒色塗装、白色塗装、バフ研磨、サーマルバリアによる表面処理により熱設計を行なっている。

搭載機器および各重量を表-1 に、機器配置を図 3, 4, 5, 6 に示す。

4. 衛星姿勢制御系

衛星は約 5 rpm でスピンし、スピン軸は常に太陽中心から $1.2^\circ \pm 0.5^\circ$ の範囲になる様に制御を行う。

衛星の姿勢は MAC コイルにより制御される。

MAC コイルは衛星スピン軸と直角方向に最大 $\pm 28 \text{ AT m}^2$ の磁気モーメントをつくり、地磁気との相互作用で生ずるトルクによりスピン軸方向の制御を行う。MSC コイルはスピン軸と直交する方向に $\pm 10 \text{ AT m}^2$ の磁気モーメントをつくり、地磁気との相互作用で生ずるトルクによりスピン速度制御を行う。MBC コイルは衛星の残留磁気モーメントを制御するものであり $-1.8 \sim 1.8 \text{ AT m}^2$ の磁気モーメントを 127 ステップで発生することができる。

姿勢制御には地上からのコマンドによりプログラムタイマ (PRT) に内蔵された制御項目を順次実行するオープンループ制御と姿勢データにより自動的に制御を実行するクローズ・ループ制御がある。

衛星のニューティションはシリコン・オイルを封入した Cu 円環型ニューティションダンパにより吸収される。

衛星の姿勢検出系は、太陽姿勢計 (ASAS, SAS)、地平線検出器 (HOS)、地磁気方向検出器 (QAS) より構成されている。ASAS はスピン軸が太陽方向を向っている時のスピン 太陽角 θ_s を与え、SSAS はスピン軸が太陽から離れてい

る時の θ_s を与える。HOSは地球上層大気のCO₂層からの赤外線を検出することにより、衛星と地平線の相対的位置情報を与える。GASはフラックスゲート型磁気センサーを用いて、軌道上における地磁気強度を測定することにより、衛星のスピン軸方向の情報を与える。

5. データ処理系

データプロセッサ(DP)は、衛星内の各機器から送られてくるデータを処理編集し、実時間データとしてテレメータ系へ、記録データとしてデータレコーダ(DR)へ送る。

データ処理は2種あって、DPは太陽が静かな時は低速(1024bps)のQuiet modeでデータ処理を行っており、フレア現象が起った時、高速(8192bps)のFlare modeに切りかわってデータ処理を行う。データ伝送のフォーマットもこれに従ってQuiet modeとFlare modeの2種がある。

DPはFLM, HXMのX線計数率の急上昇を検知し、X線フレアの発生を知らせ、モード切替、DRのスピード・アップを行う。それとともにPXMの粒子線データにもとづいて、フレア現象とバンアレン放射線帯への突入による放射線増加との区別も行う。

DPはまた32KWのコアメモリをもち、ここに一時的にFlare mode処理用のデータを蓄積することによりフレアの直前からのX線データを取得することができる。

DRは10Mbitsの容量をもち、Quietモードでは160分、Flareモードでは20分にわたってデータを記録することができる。記録データは16384bpsで再生され、全再生時間は10分である。大型フレアが発生した時、それまで記録してあった静穏時のデータまたは小型フレアのデータを消去して新しくデータを記録する機能をもっている。

DP, DRからのデータの形式は表2参照のこと。

6. アンテナ系通信系および運用制御系

通信系はVHF(148MHz帯アップリンク/136MHz帯ダウンリンク)、UHF(400MHz帯ダウンリンク)、Sバンド(2.28GHz帯ダウンリンク)の3つの通信回線から構成されている。

地上局からの148MHz帯コマンド信号はV-ANT, CMRで受信復調され、CMDで符号解読されて、AD9~15, EX1~15のPUSH, PULL信号として各搭載機器に送られる。

P R TはグループコマンドによりP R T内蔵のメモリに書込まれた内容を、スタートコマンドにより解読を開始し設定秒時にA C Eなどの搭載機器にデイレイ・コマンドとして送出する。またD Pは13ビットからなるP Iコマンドの上位5ビットを解読し、各P Iに実時間で制御信号を送出し、P Iのモード制御を行う。

実時間コマンドのうち、電源系・姿勢系の制御および観測機器の高圧ON/OFF制御を行うコマンドは、ノイズによる誤動作防止のためテレメータ・コマンド信号処理装置(T C S)経由による2重コマンドとして使用している。

各機器のコマンド制御項目を表4に示す。

B C N Vからの136MHz帯無変調信号は、V-A N Tを通してビーコン信号として地上局に送信される。

U H F、Sバンド通信回線はともにデータ伝送用として使用し、D P、D Rからの実時間データ(8192bps/1024bps)、再生データ(16384bps)はTCS内の信号切換機能によりいづれの回線にも接続することができる。

さらにU H F、Sバンド回線ではY S A信号を含むアナログ信号をF Mチャンネルにより伝送する。

U H Fアンテナ、Sバンドアンテナは衛星の上下面にそれぞれ実装されており、太陽電池パドルによる利得パターンの変化に応じ、地上からのコマンドにより切換えることが可能である。

シーケンスタイマ(E P T-S A)はロケット側タイマによりスタートを開始し、M3A点火、衛星分離、点火系アーミングなど軌道投入までの制御を行う。

データ伝送回線・コマンド回線については表-3参照のこと。

7. 電源系

太陽電池パドル(S C P)は $2 \times 2 \text{ m}^2$ のN/P型シリコン太陽電池素子約2500枚から成り、ブロッキング・ダイオードを通して約110Wの電力を衛星の負荷および容量12AHの蓄電池(B A T)に供給する。B A Tへの充電モードにはF u l l充電、T r i k l e充電の2つのモードがある。これらのモード切換制御にはB A Tの温度、電圧を検出して、P C Uで自動的に切換えるA U T O制御と地上からのコマンドにより切換えるM A N U A L制御とがある。また電源系にはB U S電圧を検出して、B A Tへの過充電を防ぐため太陽電池アレイの一部の電力をシャント抵抗に流すOVC機能、B A Tの過放電を防ぐためB A T電圧の低下を検出して、U V C信号を発生しT C Sを通して全P IをO F FするU V C機能とがある。

コンバータ(C N V)により非安定化バス電源から $\pm 12 \text{ V}$ 、 $+5 \text{ V}$ 、 $+15 \text{ V}$ の安定化電源がつくられ、電源接続回路(J N C)を通して衛星搭載の各機器に供給さ

れる。このうち+15V電源はリレー専用電源として使われている。

なお、BATはスラストチューブの外に実装されており過冷却防止のためヒータによる温度制御が可能である。

図-1 ASTRO-A 外觀図

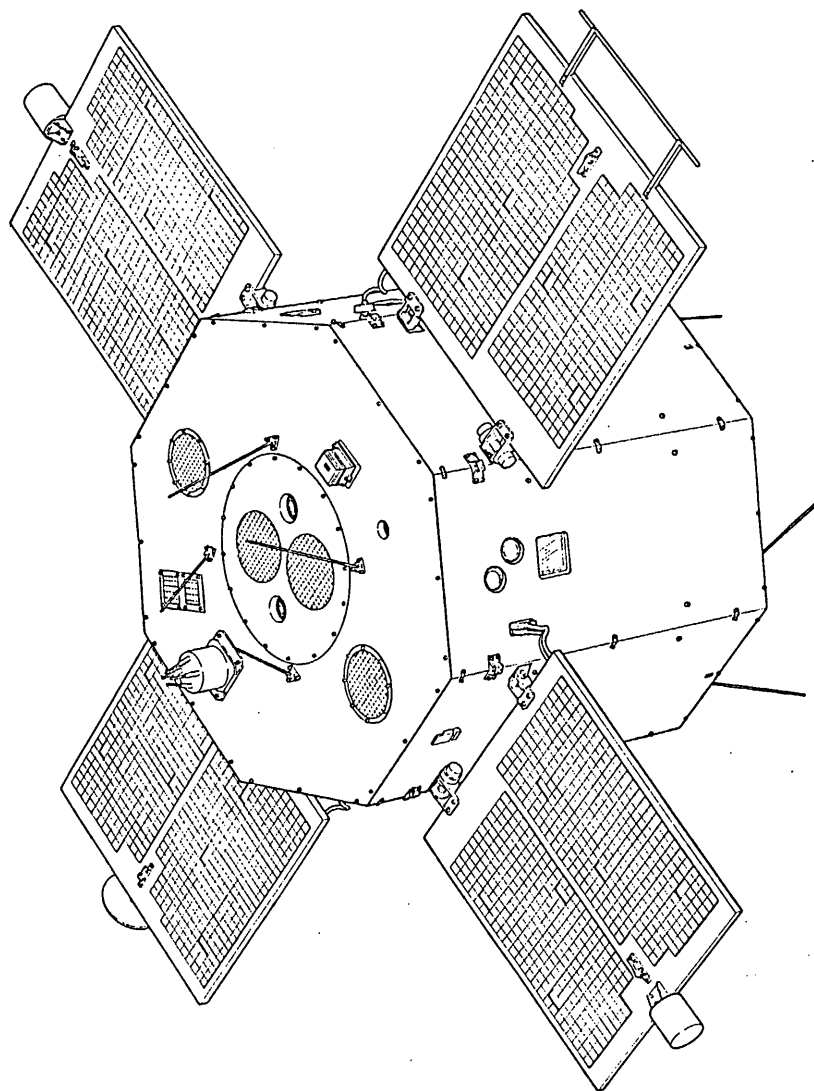
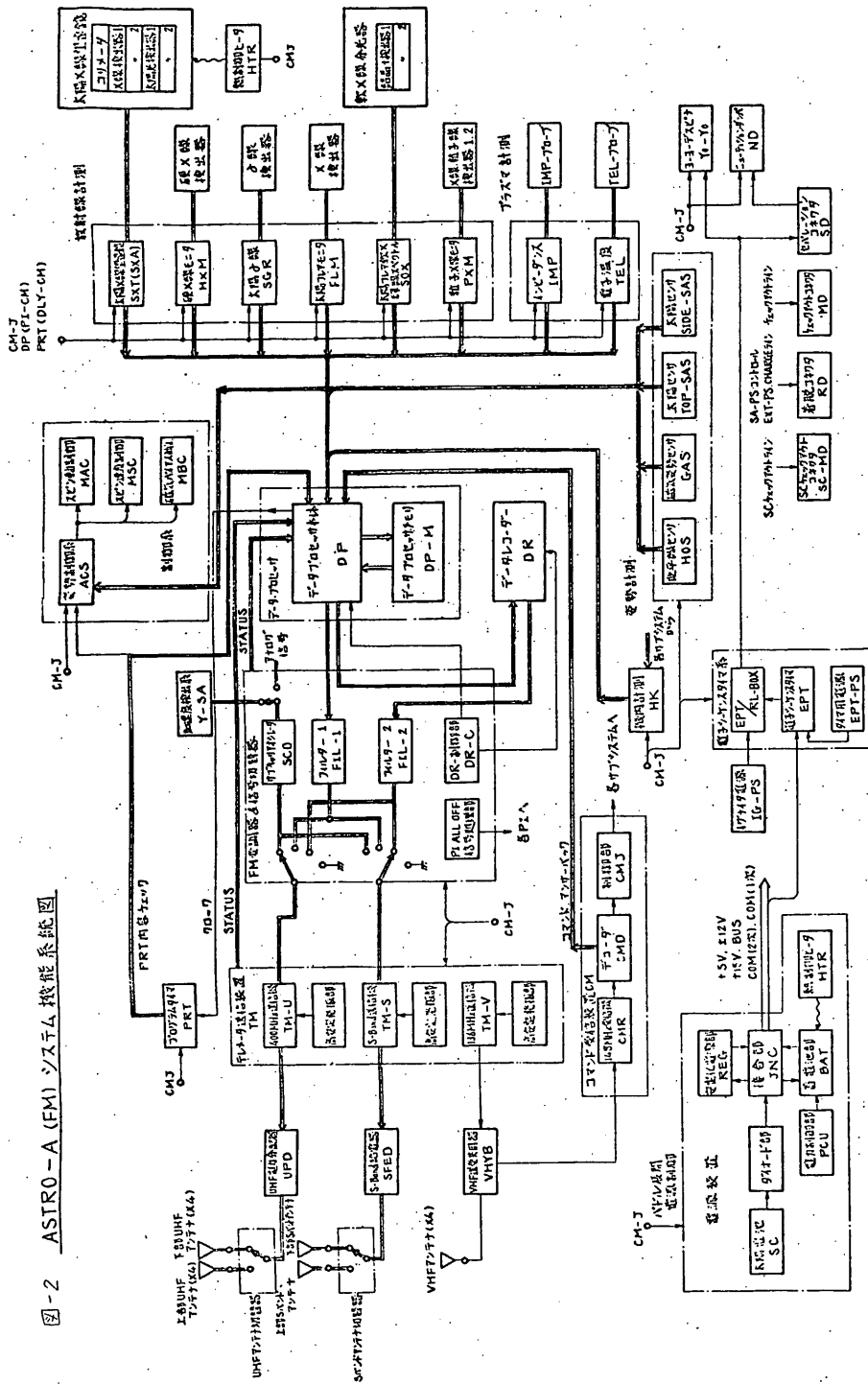
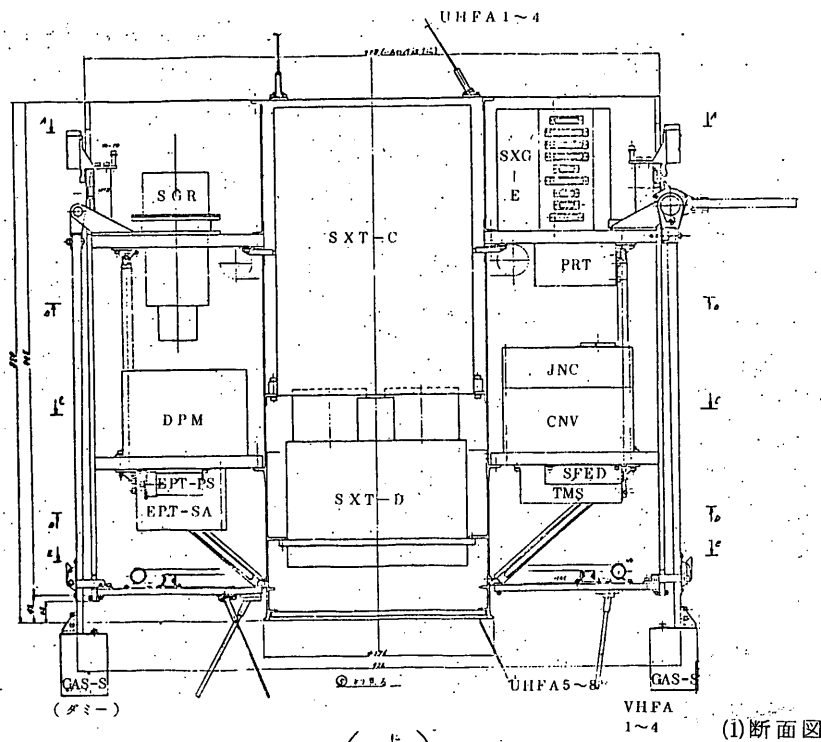
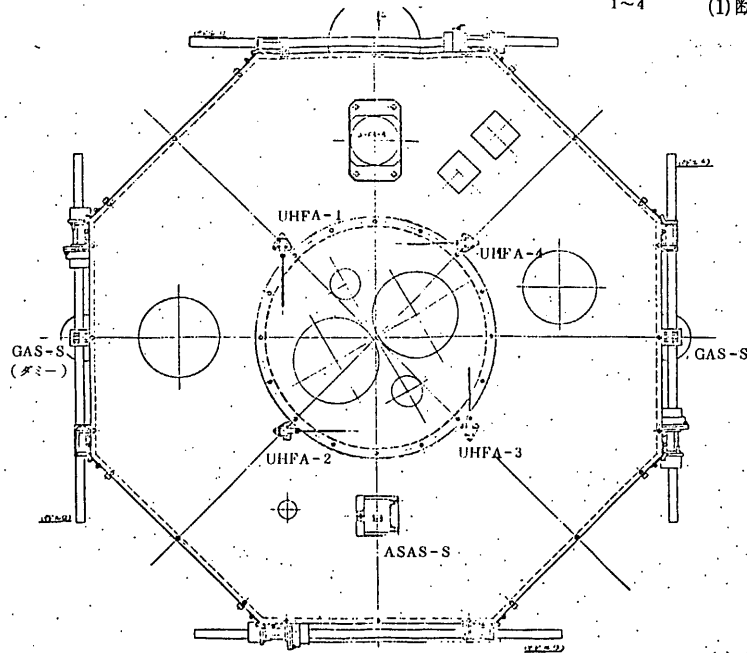


図-2 ASTRO-A (FM) システム機能系統図





(1)断面図



(2)上部パネル上面

図 - 3

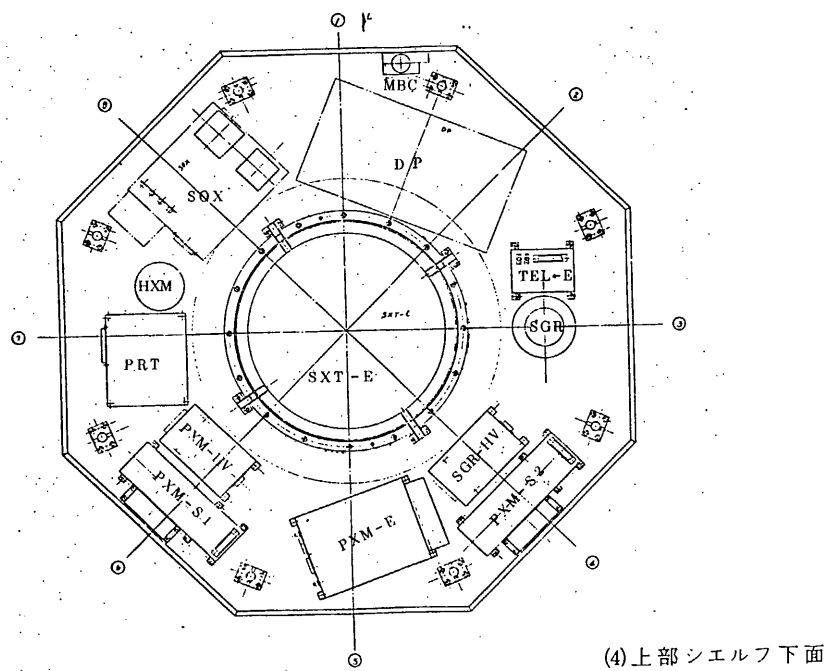
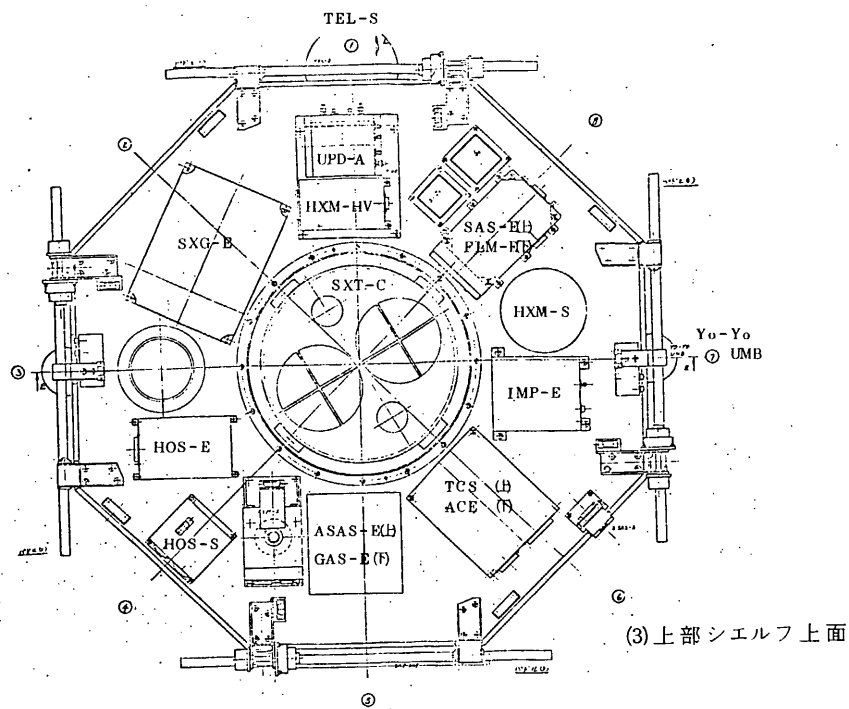


図 - 4

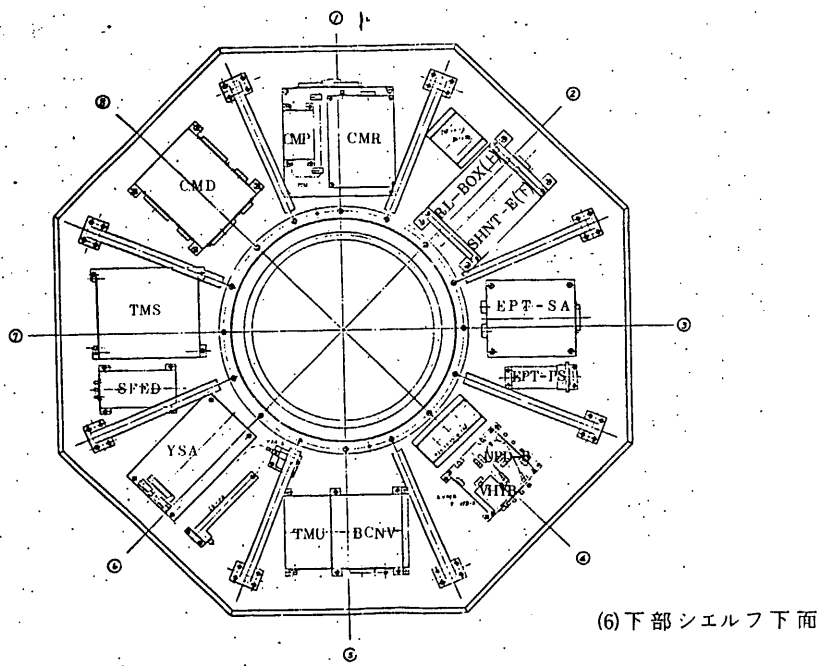
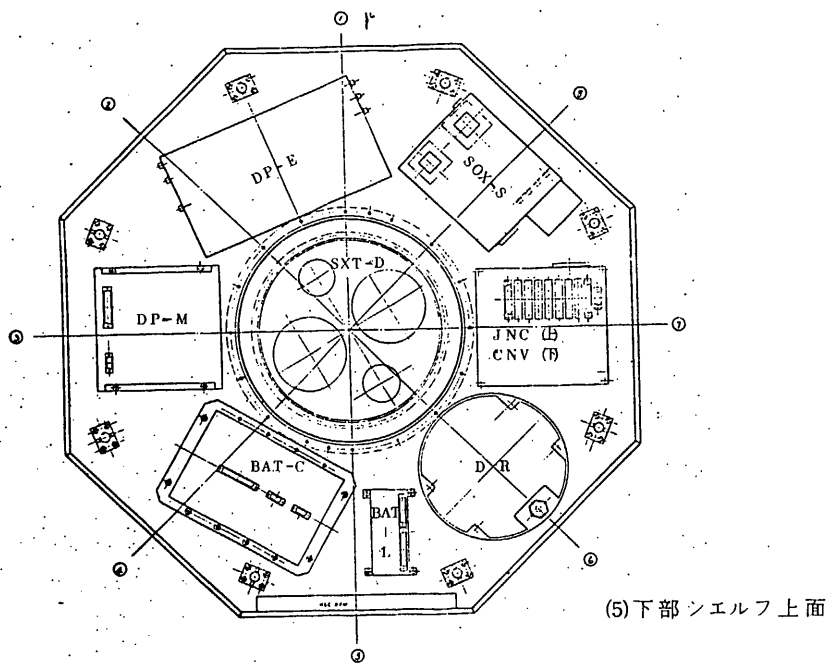
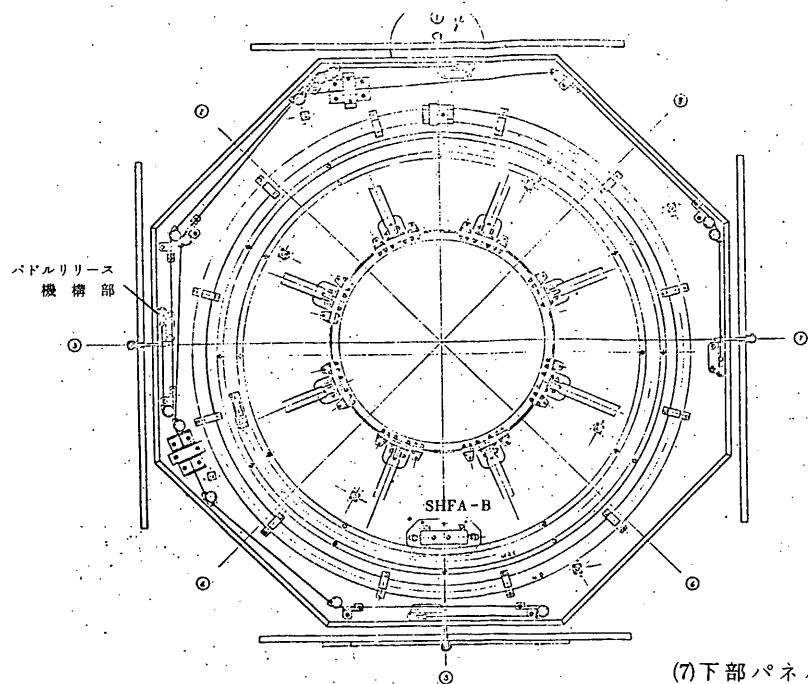
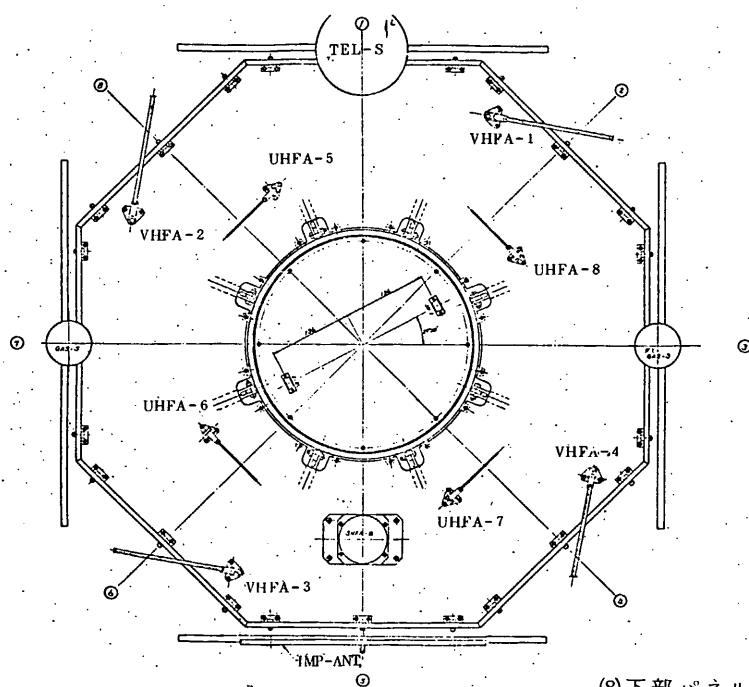


図 - 5



(7) 下部パネル 上面



(8) 下部パネル 下面

図 - 6

表-1 搭載機器および重量一覧表

品名	品番	機器名称	回路	担当者	重量(kg)	備考	
観測系	1	板入線増幅器X7749-A	50A-5P	理学			
	2	"	7749-A	50A-S	"	8.0	
	3	"	回路部	50A-E	明星		
	4	太陽97E=97E11-部	KLM-S	東大	2.20		
	5	"	回路部	KLM-E	"	1.40	
	6	箱3線ヒツテマシ	PXM-S	"	1.80		
	7	"	2	PXM-JS	"	1.80	
	8	箱3線ヒツテ高圧電源	PDM-IN	"	0.30		
	9	"	テスター回路部	PXM-E	"	1.90	
	10	テスター回路増幅器	IMP-E	明星	1.80		
系	11	"	7749-2	IMP-P	"		
	12	"	7749-1	IMP-PR	"	0.15	
	13	線増幅器/線用増幅器	5A7-50A	"	21.50		
	14	線増幅器X7749-A板入線	IMP-50A	"	526.8g 2000.3	7/1	
	15	太陽系線増幅器回路	SAS-E	"	5.80		
	16	電子回路電子回路部	TEL-E	松榮	0.5		
	17	"	セリ部	TEL-S	"	0.10	
	18	"			合計	43.5	
	19						
	検出系	20	線増幅器ヒツテマシ	GAS-S	理研	0.32	
21		"	電子回路部	GAS-E	"	2.60	
22		水平線増幅器ヒツテマシ	HOS-S	坂本	1.20		
23		"	電子回路部	SAS-E	"	1.50	
24		太陽系増幅器ヒツテマシ	SAS-S	理研	0.35		

品名	材料	機器名称	回路	担当 技師	重量(kg)	備考
姿勢検出系	25	太陽電池電子回路部	SA5-E	杉機舎	0.70	
	26	Y-SA センサ部	Y-SA5	松通	0.15	
	27	Y-SA 電子回路部	Y-SA-E	"	1.20	
	28				外航	0.22
	29					
姿勢制御系	30	姿勢制御電子回路部	AL-ミ	NEC	2.40	
	31	姿勢制御用太陽電池部	AS5-3	杉機舎	0.30	
	32	電子回路部	AS5-A	NEC	1.20	
	33	MAC コイル	MACC		2.50	
	34	MSC コイル	MSCC		1.50	
御系	35	MBC コイル	MBCC		1.00	
	36	Y0-Y0 デスト	Y0-Y0	日立	1.00	
	37	ニュートンマシン	ND		1.80	
	38				(小計)	11.70
	39					
運用制御系	40	リレーボックス	R BX	森下通	1.30	
	41	SA電子シークスタイマ	EPF SA	"	1.80	
	42	SA電子シークスタイマ ハブリック電子回路部	EPF-P3	"	0.30	
	43	ハウスキーピング	HK		2.00	
	44	コマンドデジョー	CMD	NEC	2.30	
御系	45	7007 プラムタイマ	PRT	"	1.50	
	46				(小計)	9.20
	47					
48						

部品番号	機器名称	略号	標準 品名	重量(Kg)	備考
49	データアロセッサ	DP	富士通	12.00	
50	データプロセッサメモリ	PPM	"	5.30	
51	データレコーダ	DR	NEC	5.32	
52	フルタイム信号処理装置	TCS	"	1.50	
53				(合計) 24.12	
54					
55	蓄電池	BAT	NEC	12.30	
56	コンバータ	CNV.	"	3.80	
57	電源制御部	PCU	"	1.60	
58	シャント回路部	SHANT	"	0.70	
59	シャント抵抗部	SHUNT	"	0.50	
60	17バイト電源	17-PS	"	0.22	
61	接続回路	JNC	"	1.70	
62				(合計) 20.42	
63					
64	140MHz受信機	GMR	NEC	0.73	
65	400MHz送信機	TMU	"	1.20	
66	サブド	TMS	"	1.60	
67	136MHzJJJ送信機	BCNV	"	0.68	
68				(合計) 4.21	
69					
70	VHFアンテナ	VHFA	NEC	0.72	
71	VHF送信共用器	VHYB	"	6.30	
72	UHFアンテナ	UHF-A	"	0.30	

機号	機器名	銘号	相当 重量	重量(Kg)	備考
アンテナ系	73	UHF電力分配器	UPD NEC	0.70	
	74	Sバンドアンテナ	SHFA-1	0.30	
	75	"	2 SHFA-2	0.30	
	76	Sバンドアンテナ	SFED	0.25	
	77	Sバンド送受	SHYB	0.40	
	78				合計 2.7
	79				
熱構造体	80	構造体	NEC	25.00	
	81	太陽電池パネル	"	12.00	
	82	機械計装	"	6.00	
	83	熱制御		5.00	
	84				合計 48.00
85					
電気計装	86	計装配線	WHARN NEC	12.00	
	87				合計 12.00
	88				
	89				
90	全重量			195.29	

表-2 DP・DR データ形式

データの種別	データ内容	Bit Rate	符号形式	フレーム構成
実時間データ(Low Bit Rate)	Quiet モードデータ	1,024 bps	PCM(SPM)-PSK	147フレーム=647フレーム
" (High Bit Rate)	Flare モードデータ	8,192 bps	PCM(SPM)	17フレーム=1287フレーム
再生データ	Quiet/Flare モードデータ	16,384 bps	PCM(SPM)	17フレーム=8ビット

表-3 通信回線

データ伝送回線

回線	周波数	送信電力	伝送形式	ビットレート	サブキャリア
VHF	136.725 MHz	+17 dBm (50 mW)	無変調 (ビーコン)	—	—
UHF	400.45 MHz	+30/120 dBm (10/1 W)	実時間データ(L) PCM(SPM)-PSK-PM	1024 bps	8192 Hz
			実時間データ(H) PCM(SPM)-PM	8192 bps	—
			再生データ PCM(SPM)-PM	16384 bps	—
S Band	2.2805 GHz	+20 dBm (0.1 W)	FMチャンネルデータ FM-PM	—	30 KHz

コマンド回線

回線	周波数	送受信形式	サブキャリア
VHF	148.25 MHz	PCM(PN)-PSK-AM	600 Hz

表-4 コマンド項目表
REAL TIME COMMAND

AD EX	9	10	11	12	13	14	15
1	TMS ON	TMU ON	Y-SA 伝送	TMU FM TMS REAL	TMS MOD-OFF	IMP ON	IMP FIX
2	TMS OFF	TMU UP	TMU STORAGE 伝送	TMU/TMS REAL PCM	DR REC	IMP AUTO	TEL ON
3	CM-B ON	TMU OFF	TMS-STORAGE 伝送	TMS-FM 伝送	DR REP	TCS/HK ON	TEL GAIN-H
4	CM-A ON	CM-B ON	DR AUTO CONT OFF	TMU MOD-OFF	DR OFF	TCS/HK OFF	TEL GAIN-L
5	EPT-STOP	Y-SA CHANGE	Y-SA SET	BCN ON	BCN OFF	PDL EXT	SXT-HEATER ON
6	PCU AUTO ON(A)	Yo-Yo ON	PRT WRITE	PRT READ	PRT OFF	SXA ON	SXT-HEATER OFF
7	PCU AUTO ON(B)	BAT CHG TRIC	PRT SAND-BY	PRT CHECK	PRT CLEAR	FLM ON	FLM HV2 ON
8	PCU MANUAL	BAT CHG FULL	"1"	"0"	CAL-ON	FLM HVI ON	SXT HVI ON
9	UVC CONT ON	UVC CONT OFF	PI-CM START	DP-MON	"1"	SXT ON	SXT HV2 ON
10	BAT-HEATER ON	BAT-HEATER OFF	MBC WRITE	DP-M OFF	"0"	HXM ON	PXM ON
11	ACS ON	MBC ON	MAC-OPEN	FLARE-AUTO	PI-CM SET	HXM HV ON	PXM HV ON
12	ACS OFF	MBC OFF	MAC-CLOSE	MANUAL FLARE	MANUAL QUIET	SQR ON	SOX ON
13	MAC-H	MBC RESET	MBC EXECUTE	GAS ON	SAS/GAS/HOS OFF	SQR HV ON	SOX HV ON
14	MAC-M	PD-N	HD-N	SAS ON	ALL PI OFF HV	UANT 1-ON/2-OFF	SANT 1-ON/2-OFF
15	MAC-L	PD-W	HD-W	HOS ON	ALL OFF	UANT 1-OFF/2-ON	SANT 1-OFF/2-ON

□ は 2 重コマンドを示す。

DELAY COMMAND

AD EX Delay	0	1	2	3	4	5	6	7
0			MOD ON	DR REC	DP-FLARE MODE SET	CAL ON		
1	MAC ⊕	MSC UP	MOD OFF	DR OFF	DP-QUIET MODE SET			
2	MAC ⊖	MSC DOWN			FLM-HV RC SET	SOX-HV RC SET		
3	MAC OFF	MSC OFF			FLM-HV RC RESET	SOX-HV RC RESET		

第 1 章

觀 測 機 器

東大理学部 高倉 達雄

東京天文台 大木 健一郎

東大宇宙研 小田 稔 小川原 嘉明

村上 敏夫 牧島 一夫

阪大理学部 宮本 重徳

明星電気 (株)

§ 1. 序

ASTRO-A に搭載される硬 X 線観測装置は、硬 X 線望遠鏡 (SXT, SXA) と硬 X 線 スペクトル・モニター装置 (HXM) とに分かれ、SXT は回転型モジュレーション・コリメータによる太陽フレア硬 X 線源の 2 次元像観測を目的とする。SXA は硬 X 線 2 次元像合成の際に必要な衛星の姿勢を $10''$ 角の精度で決定するのに用いられる。HXM は SXT と全く同じエネルギー帯のチャンネルを一つ含み、硬 X 線全強度を常時記録して SXT の観測に対して補助的役割も果たす。また HXM は 20 ~ 300 KeV のエネルギー・スペクトルの観測も行う。

以下、SXT, SXA, HXM による観測について詳しく述べる。

§ 2. 観測の目的

我々に最も身近な天体プラズマの爆発現象として知られる太陽フレアは、種々の観測手段により広範囲な観測的研究が行なわれているにも拘わらず、その本質的なエネルギー発生機構が未だ解明されていない。フレア・エネルギーの発生と最も直接的に関わっていると思われる硬 X 線バーストの本格的観測は最近になって OSO-5, OSO-7, TD1-A などの衛星により始められた。しかし、現在までのところはエネルギー・スペクトルの観測のみで、硬 X 線像の観測は 1969 年 9 月に気球観測が行なわれただけで、衛星による、より高精度、長時間にわたる硬 X 線像観測は今回が初めての試みである。諸外国の計画をみても、1979 年後半にオランダのグループが米国の Solar Maximum Mission (SMM) という大型人工衛星による計画に参加して硬 X 線像観測を行うことが予定されているだけである。この SMM 計画の硬 X 線像観測にしても撮像部にプロポーションナル・カウンターを使うため、エネルギーの上限は 30 KeV で 30 KeV 以上の未知のエネルギー域の X 線像は我々の

SXTによって初めて明らかにされるだろう。

SXT、HXMによる主な観測項目は、

- (i) SXTによる硬X線フレアの2次元観測
- (ii) SXTによる軟X線(～8 KeV)の2次元像観測と硬X線像との比較
- (iii) HXMによる硬X線全強度の観測
- (iv) HXMによる硬X線スペクトルの高時間分解能観測

フレアの2次元像観測(i)と(ii)は、回転するモジュレーション・コリメータにより種々のポジション角で次々とスキャンされたフレアの1次元像から3秒間に一枚の硬X線或いは軟X線写真を合成する。(i)では硬X線フレアのサイズ、形状を調べ、地上観測との比較から、光学的フレアや電波源との位置関係等を明らかにする。太陽フレアにおける最もエネルギーの高い輻射である硬X線像を使い、エネルギーの湧き出し口にもっと近いところで起る現象を観測しようという試みである。(ii)の軟X線(8 KeV)の2次元像観測は硬X線と同じSXTコリメータを使い、検出器のエネルギー帯だけを変更することによって軟X線を受ける。2個あるSXTのうち1個だけを軟X線のエネルギー帯に切り替えて使用することにより、軟X線と硬X線の像を同時に観測することが可能となる。フレア・エネルギーの湧き出し口(硬X線)と発生したエネルギーの熱溜(軟X線)との関係を知ることができるだろう。(iii)の硬X線全強度の観測は回転型モジュレーションコリメータでスキャンしたデータから、モジュレーションの様子を知るための比較データとしても不可欠であり、HXMでは常時硬X線強度の変動をモニターする。

(iv)はX線エネルギー・スペクトルの観測が目的である。SXTは観測エネルギー域は可変であるが、エネルギーチャンネルは一つのチャンネルのみで、エネルギー・スペクトルに関する情報は持たない。しかし、SXTによる硬X線像の時間的変動とHXMによるエネルギー・スペクトルの時間的変動の様子を関連づけることが出来たら、より一層フレア・エネルギーの発生の物理的状態がはっきりするに違いない。一番望ましい観測法は、各エネルギー・チャンネル毎に2次元像を描くことだが、そうするためには望遠鏡の口径が小さいため、各エネルギー毎のX線フラックスが小さすぎて、相当大きなフレアでも良質な2次元像を得ることは難しい。そこでSXTとHXMに分業をさせて、エネルギー・スペクトルはHXMのみに分担させている。またHXMの特に高エネルギー側ではX線カウント数が極端に減少するので、より長い積分時間でスペクトルを描くことになる。なお、HXMは硬X線強度計としても従来の或いは計画中のいずれの観測器より高い時間分解能を有する(20 - 40 KeVで

7.8 m sec)。ちなみにOSO-5(1969年)の観測器は1.8 sec、SMM(1979年後半打上げ予定)の観測器は0.1 secの時間分解能だから、もし、短時間(0.1 sec以内)での変動があれば、HXMによりはじめて明らかにされるであろう。

§ 3. SXT コリメータ

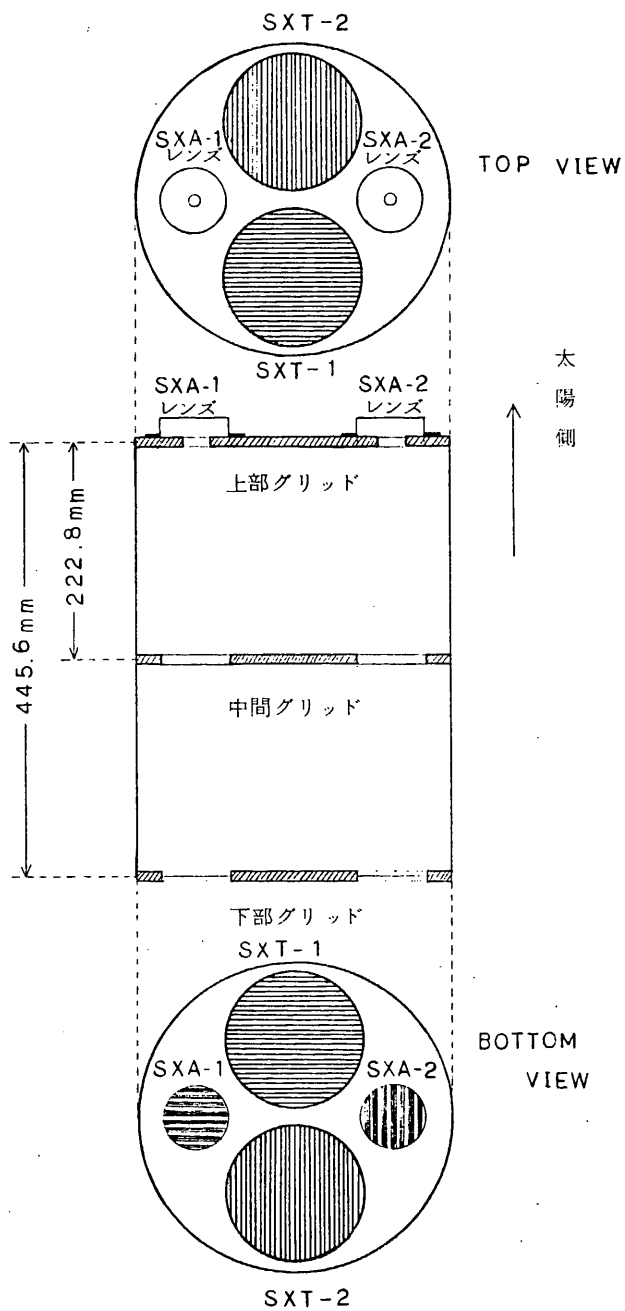


図-1 SXT コリメータ

SXT 1 及び SXT 2 に用いられる モジュレーション・コリメータを構成するグリッド板のパターンを図 1 上部に示し、下部にその配置を示す。図示されたグリッド・パターンは下部グリッドのもので、上部グリッド及び中間グリッドでは SXA 1 と SXA 2 の部分は各々焦点距離 445.6 mm のレンズ及び 50 mm ϕ の穴となっている。SXT 1 及び 2 のモジュレーション・コリメータの主な数字は次のようになる。

SXT-1, 2	{	モリブデングリッドのピッチ：	320 μ (スリット部分 150 μ 、 金属部分 170 μ)
		M.C のピッチ：	4.937 分角
		M.C の分解能：	FWHM = 1.234 分角
		グリッドの厚み：	600 μ (100 μ の Mo 板を 6 枚スタック)
		観測可能エネルギー域：	80 KeV 以下 (80 KeV で 25% の透過率)
SXA-1, 2	{	下部グリッドのピッチ：	4.48 mm (スリット部分 0.18 mm、 金属部分 4.30 mm)
		SXA のピッチ	34.56 分角 (M.C ピッチの 7 倍)

なお、SXA による位置決定精度は約 10 秒角である。

§ 4. X 線検出器

X 線検出器には、NaI シンチレータとフォトマルチプライアーの組み合わせを、SXT-1 と 2 及び HXM の合計 3 ケ用いる。シンチレータの口径は SXT-1 及び SXT-2 については 4.8 インチ、有効面積約 113 cm² である。HXM については 3.5 インチで有効面積は約 57 cm² である。ある程度以上の大きなフレアで X 線カウンタ数の大きなものだけが SXT により 2 次元像の合成が可能となるので、SXT の検出器についてはバックグランド・カウント数を無視できる。従って、SXT ではスラツ・コリメータは用いない。しかし、HXM については、カウント数の少い小さなフレアまで観測したいので、スラツ・コリメータとシールドによってバックグランドを押さえねばならない。図 3 は OSO-5 によって観測された大きなフレアの例である。12° × 12° のスラツ・コリメータ及び 0.5 mm 厚の Sn と Pb 膜によるシールドによって 100 KeV 以下の Diffuse バックグランドは殆んど押さえられることがわかる。しかし、100 KeV 以上の X 線はこのようなスラツ・コリメータを透過してしまうので有効ではない。また、100 KeV 以上では Diffuse バックグランド成分よりも粒子による 2 次 X 線などのバックグランドの方が大きいと予想

されるから、コリメータやシールドのみでは押さえきれない。 図3からわかるように、100 KeV 以上の太陽 X 線のスペクトルは、大きいフレアでしか観測できないことになる。

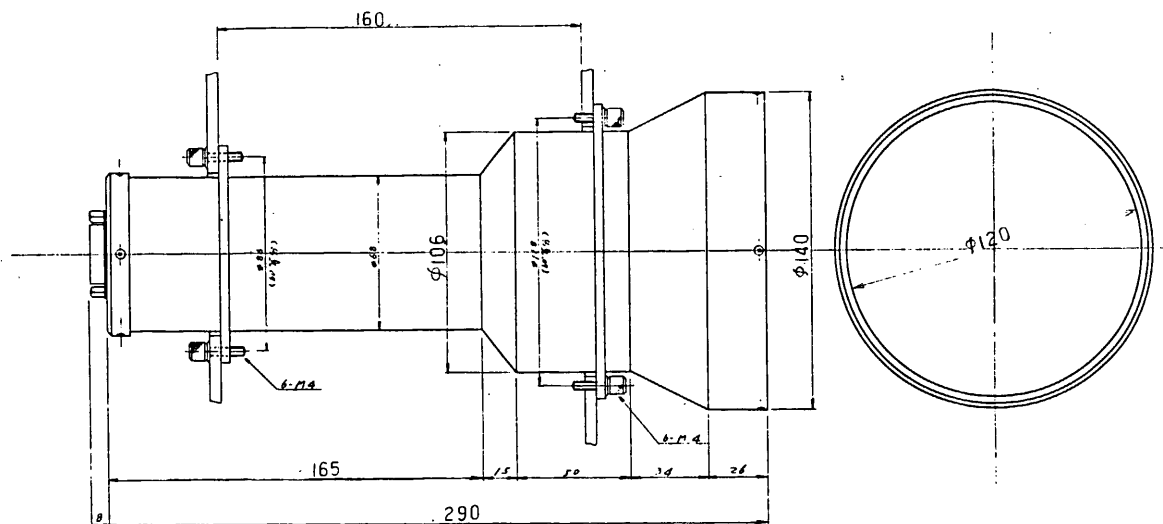


図 - 2. a SXT 外 観 図

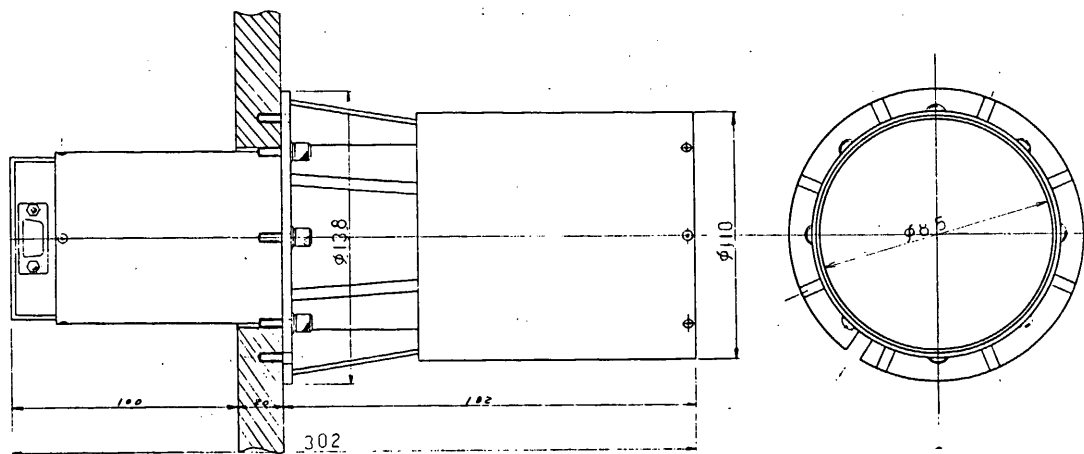
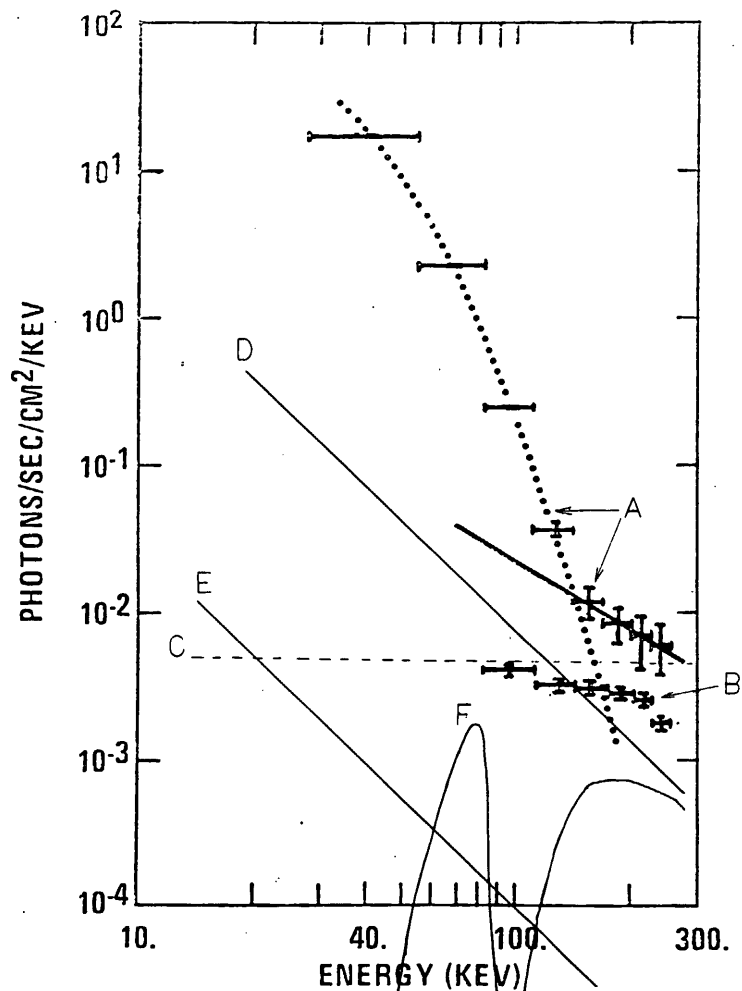


図 - 2. b HXM 外 観 図



HARD SOLAR XRAY SPECTRUM OSO-5

AVERAGE FOR YEAR MONTH DAY HOUR MIN SECOND

FROM 1969. 11. 24. 9. 21. 0.0

TO 1969. 11. 24. 9. 22. 0.0

A : 1969年11月24日にOSO-5で観測された大きなフレアの硬X線スペクトルの例

B : OSO-5検出器のバックグラウンドのカウント数

C : スプリアス・バックグラウンド (CORSA-bの硬X線検出器での実測値)

D : Diffuse バックグラウンドのうち検出器前方 2π の立体角から入ってくる量 (コリメータ、シールドがない場合)

E : 検出器に $12^\circ \times 12^\circ$ のスラツ・コリメータを付けた場合の Diffuse バックグラウンド

F : 検出器にPbとSn各々0.5mm厚のシールドを付けた場合、後方から入ってくる Diffuse バックグラウンド

図-3 フレア硬X線スペクトルと予想バックグラウンド

NaIシンチレータ(10 mm厚)のX線フォトン検出効率を図4. aに示す。

低エネルギー側の減少は 150 mg cm^{-2} のAlフィルターによる。

図4. bにはOSO-7のUCSD X線スペクトル計で観測された典型的な軟X線-硬X線にわたるスペクトルの例を示し、それにAlフィルターの透過率をかけたものも合わせて示されている。HXM検出器はシンチレータ開口部全面に均一なAl 150 mg cm^{-2} のフィルターがはめられているが、SXT 1, 2は軟X線像も同時に観測できるように図4. cのようなフィルターとし、Al窓の面積とBe窓の面積の比を10対1とする。よって全エネルギー域でのSXTの透過スペクトルは、図4. cにあるBe窓の透過スペクトルとAl窓の透過スペクトルとの和となる。SXTで軟X線の観測をするときは、コマンドによりSXTのエネルギーレベルのディスクリを軟X線エネルギー域に指定する。この軟X線観測への切替操作はフレアモードの全時間1024秒のうち後から1/4に相当する256秒間だけ自動的にSXT 1か2の片方だけが軟X線用エネルギーバンドに切替えられる。

通常硬X線像が作成できるほどの大きなフレアでは軟X線は30分以上は持続時間があるから、フレアモードに切換えられた後、768秒経過してから軟X線の観測が始まっても、軟X線像観測として充分意味のあるデータが取れるだろう。大部分のフレアではスタートから768秒過ぎると硬X線のフレアは終わってしまっている。しかし、大きなフレアでは時として768秒以上続くフレアがあるが、そのようなフレアでも激しい時間変化は初期のうちだけで、768秒も経過した後ではゆるやかな変化となっているから、2つのSXTのうち片方だけで硬X線を観測し、2次元像合成時間が6秒となっても差し支えないだろう。

表1 X線検出器の特性

	シンチレータ 結 晶	厚 さ	有効面積	スラツ・コリメータ	窓 吸 収 材	観 測 エネルギー域
SXT-1, 2	NaI	3 mm	113 cm^2	なし	中心部 Be 600 mg cm^{-2} 周辺部 Al 150 mg cm^{-2}	7-8 KeV
HXM	NaI	10 mm	57 cm^2	$12^\circ \times 12^\circ$	Al 150 mg cm^{-2}	20-300 KeV (600 KeV まで 可能)

HXM Detector

NaI 10mm + 150mg Cm⁻² Al

HXM の X 線検出効率

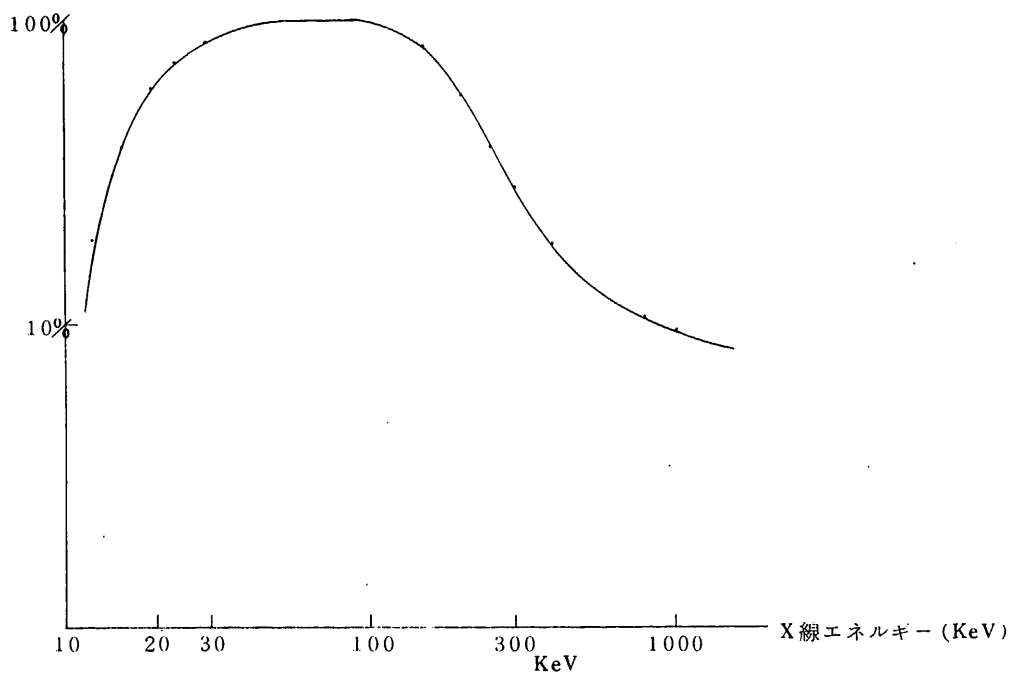
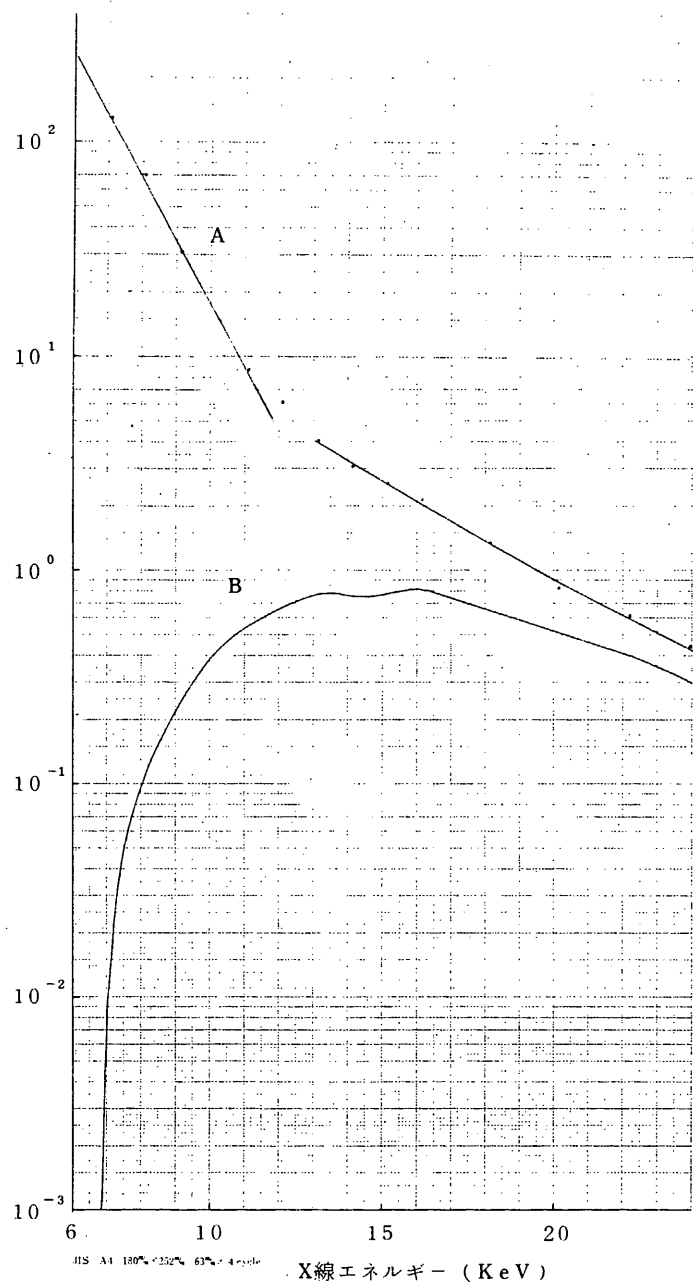


図 - 4. a

X線光子数 (Photons/Cm² · sec · KeV)



A: OSO-7で1971年11月16日に観測されたX線フレアのスペクトル

B: 上のスペクトルにHXMに使われているAl 150 mg cm⁻²のフィルターを通過後のX線スペクトル

図 - 4, b フレアの軟X線 - 硬X線スペクトルの例

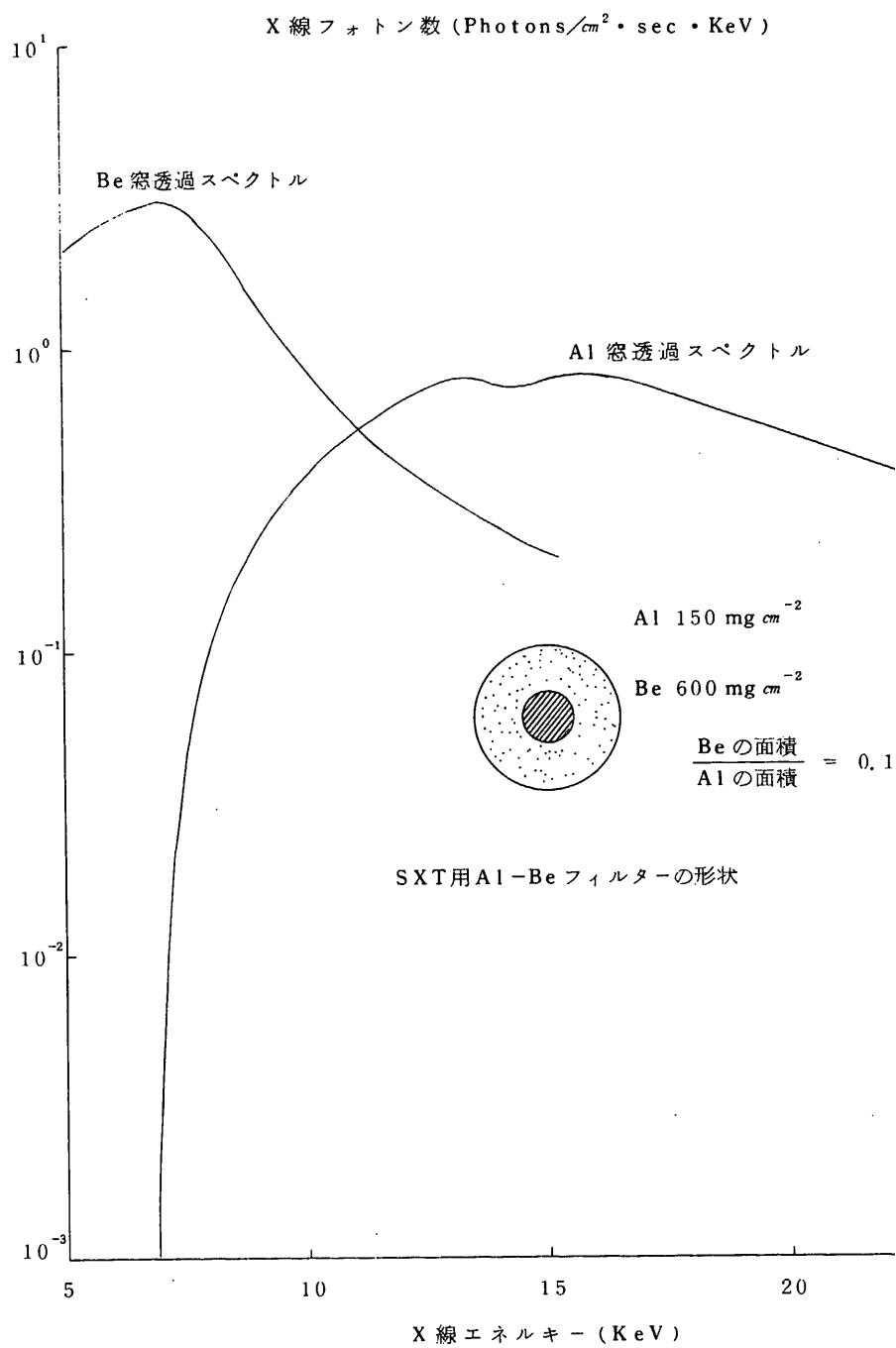


図 - 4. c SXT フィルターによるフレア X 線 スペクトル

§ 5. S X A

(A) S X A のはたらき

S X T 上部グリッドのモリブデン板に一体に取り付けた 2 mm ϕ の対物レンズによる太陽像を S X T 下部グリッドと一体構造につくった S X A グリッド上に結像させる。衛星のスピンに伴って動きまわる太陽像のうち、§ 3 で述べた S X A グリッドのスリット部分を通過する光で、図 5 のような凸レンズと凹レンズ 2 枚以上で構成されるファブリ・タイプの結像系により太陽電池上に径約 1.5 mm ϕ のアイ・リングが出来るようにする。前述のように太陽像が動いてまわることによるスリット通過光量の増減がアイ・リング内の（大きさ一定で常に面内では一様照度）照度の増減に変換されるので直線性の良い結果が得られる。

太陽電池面には場所によって約 10 % 位の感度のバラツキがあるが、アイ・リングはこのように動かず、大きさ一定で一様照度を保ちつつ変化するので都合が良い。

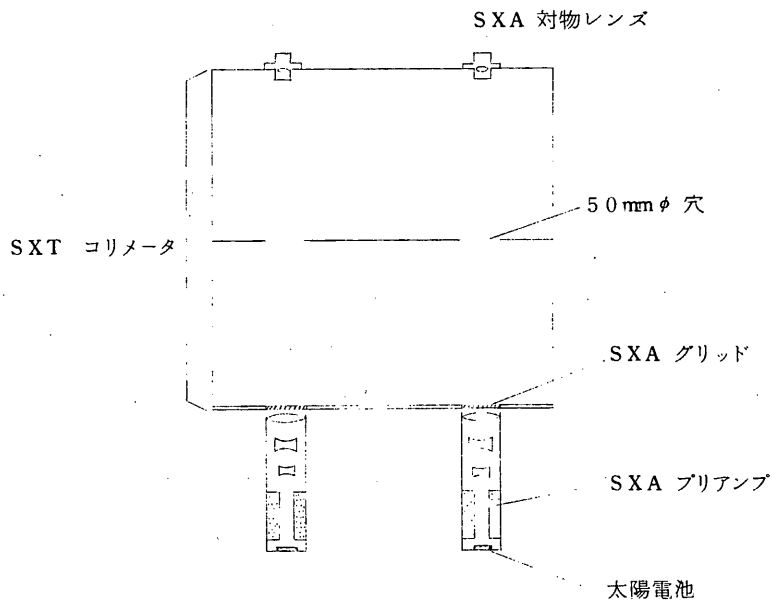


図 5 S X A の 構 成

(B) S X A によるフレア位置決定方法と姿勢計への要求精度

2mmφレンズ SXT 上部グリッド面 衛星スピンにより S X A 焦点面グリッド上を
太陽像が図 - 7a のように $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ の点線
の円上を動くので、S X A 受光素子からの電
圧出力 E は図 - 7b のようになる。

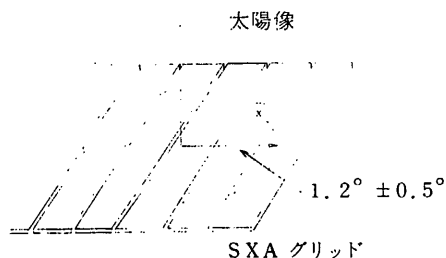


図 - 7. a

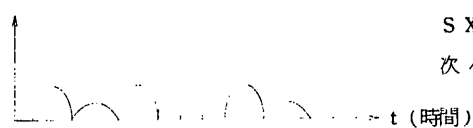


図 - 7. b

S X A 電気系により $E = 0$ に相当する時刻を
次々と全部測定する。

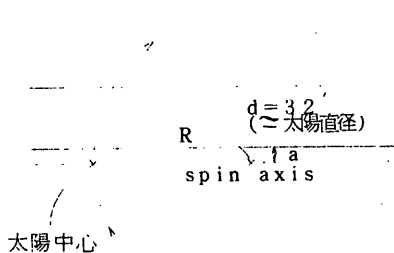


図 - 7. c

図 - 7c に S X A グリッドにより $E = 0$ を与
える天空上のパターンを描いてある。

このパターンが Spin axis のまわりに天
空上を回転するのだが、いずれかの直線が太
陽中心を横切る瞬間に $E = 0$ となる

いま Nutation が無いと仮定して、このパ
ターンに fix して考えると、逆に太陽中心
が Spin axis を中心として半径 R で回転
する。半径 R 軸がパターンの直線と平行に
なったとき、互いの間隔を a とする。

S X T 出力から X 線像 (2 次元) を合成するには
R と a が S X A センサーから求めるべき量である

図 - 7d で $E = 0$ になる時刻を t_1, t_2, t_3
..... $t_{1'}$ とする。

図の点線上に太陽中心が来た時刻を t_0 とし
時刻の原点とする。

○ 以外の t_1, t_2, \dots は実測できる。

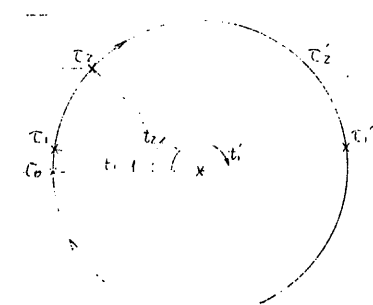


図 - 7. d

いま Spin period を T とすると

$2t_1 = \frac{T}{2} - (t_1 - t_1)$ の関係があるから、時刻の原点 t_0 がわからなくても t_1 がわかり、従って t_0 が求められ、 t_2 、 t_3 、…… もすべて決定される。

Spin 角速度を ω とすると、図 - 7c から次の関係式が導かれる。

$$\begin{aligned} a &= R \sin \omega t_1 \\ R &= \frac{d}{\sin \omega t_2 - \sin \omega t_1} \\ d + a &= R \sin \omega t_2 \\ a &= \left(\frac{\sin \omega t_1}{\sin \omega t_2 - \sin \omega t_1} \right) d \end{aligned}$$

時刻 t_n を 1 msec の精度で測定すれば、最終的に R 、 a は 約 10 秒角の精度で求められる。(Nutation があっても同様 高倉メモ参照)

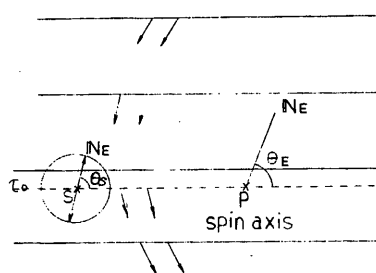


図 - 7. e

SXA により太陽中心の位置は、スタレのパターンと相対的に決定できるが、太陽 X 線フレアの位置を太陽面上に描き込むには、太陽中心から見た太陽北極の方向 Ns を知る必要がある。 Ns に誤差がある場合、太陽周辺のフレアで誤差最大となるが、太陽周辺部で起るフレアの位置を $\pm 15''$ の精度で決定するには Ns の必要精度は

$$\begin{aligned} 16' (\text{太陽半径}) \times \Delta Ns (\text{rad}) &= \pm 15'' \text{ より} \\ \Delta Ns &= \pm 0.9^\circ \end{aligned}$$

したがって SAX グリッドによる天空上のパターンと Spin axis と太陽中心との関係が図 - 7e のようになった時刻 t_0 の瞬間に地球の北方向 N_E と図の点線 PS とのなす角 θ_E を約 $\pm 1^\circ$ の精度で決定する必要がある。 $(\theta_E$ と θ_s の関係はあらかじめ地球上でわかっているから)

具体的には衛星上部の面 (XY 面) が図 - 7e の面と一致するから GA センサーと HOS センサーの X 軸と SAX のグリッドパターンに平行な方向とを一致させておけば、両センサーにより地球の北方向 N_E の XY 面への写影と X 軸とのなす角を 0.9° 以内の精度で決定すればよい。

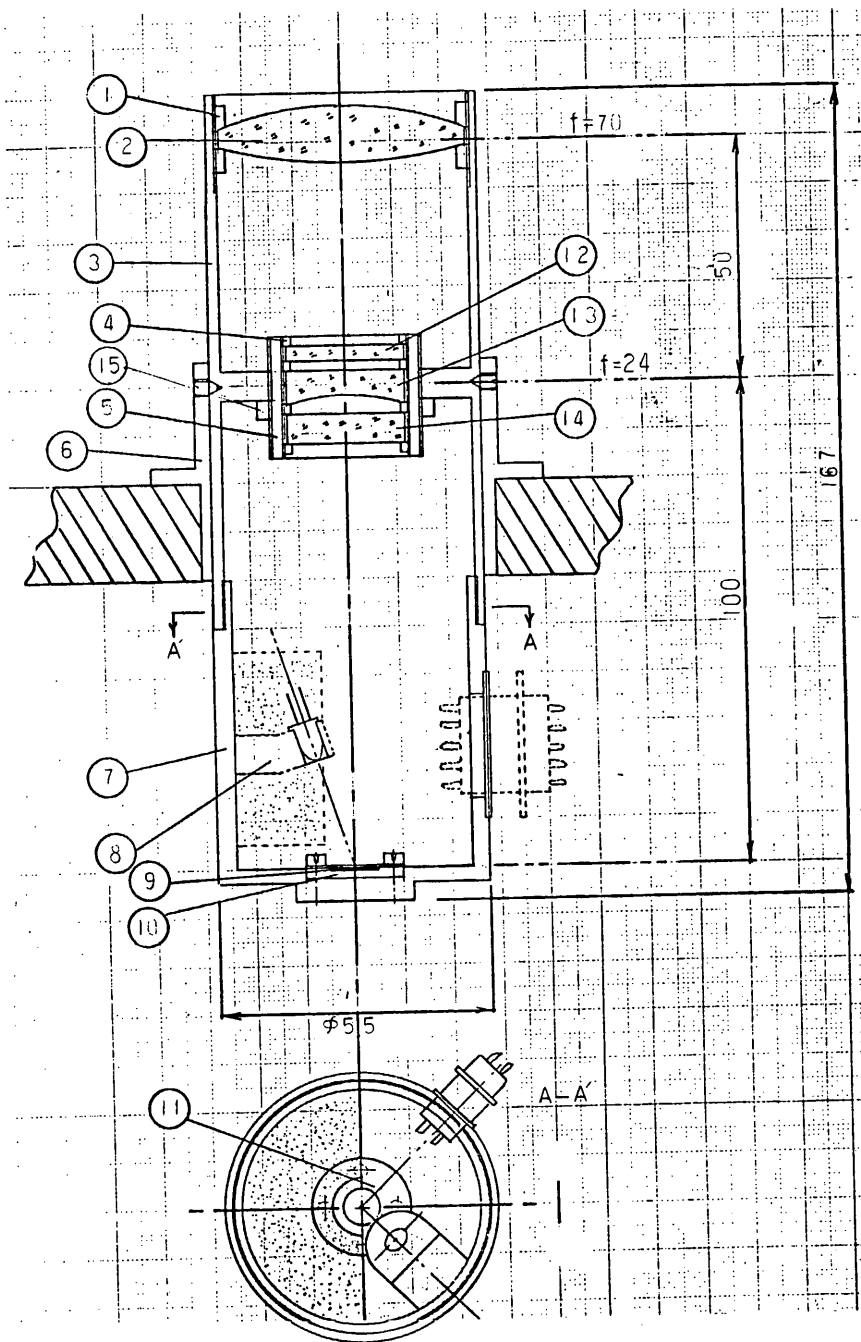


图-6. b S X A 検出部

§ 6. 処理系ブロックダイアグラム

SXT、HXM、SXA データ処理部は、小型軽量、低電力化を計るため、SGR データ処理部と共に SXG-E 内で処理を行う。検出器、高圧電源、それに対応する処理系などの関係を図-8 に示す。

又、SXT、HXM の処理系ブロック図を図-9 に示す。SXT は 2 ケの検出器に対して 2 ケの信号処理系が用意されている。これらの回路系は基本的には全く同等で夫々の X 線のカウント数 (検出信号: PC) とそのパルスの高さ (エネルギー: PH, CAL 時のみ) が測定できる。HXM では PC-1 と PH に関しては、SXT とほぼ同じ回路系が付き処理を行う。又、PC-2 ~ 7 に対しては、Level Discr i を 7 ケ持ち、夫々の X 線の波高値に応じた Channel パルスが出力される。

SXA は、Level Discr i を切った時間を計り、それに SXA-1 or 2, UP or Down, New or Old などの ID をつけ出力する。ブロック図を図-10 に示す。

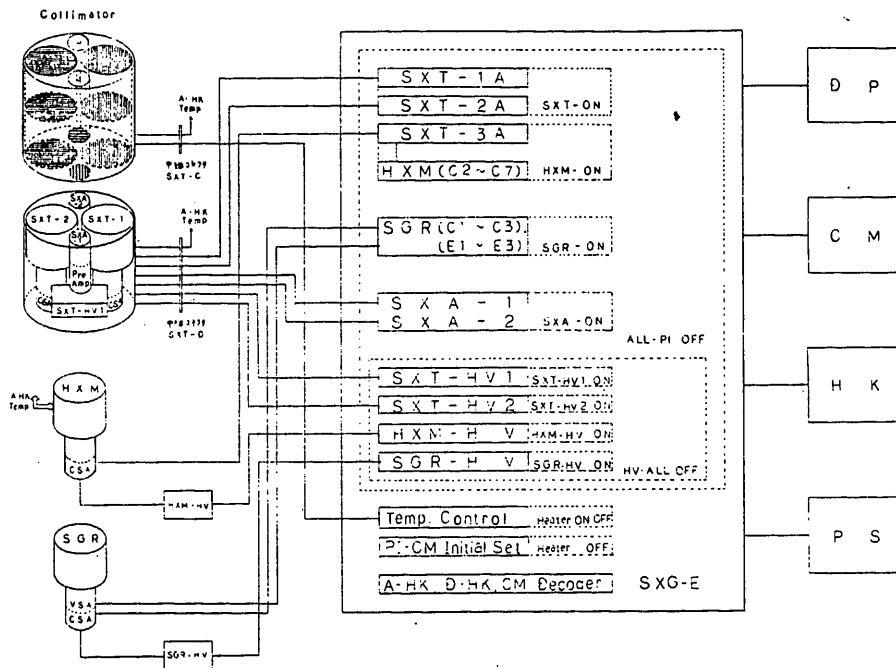


図-8 SXG-E ブロックダイアグラム

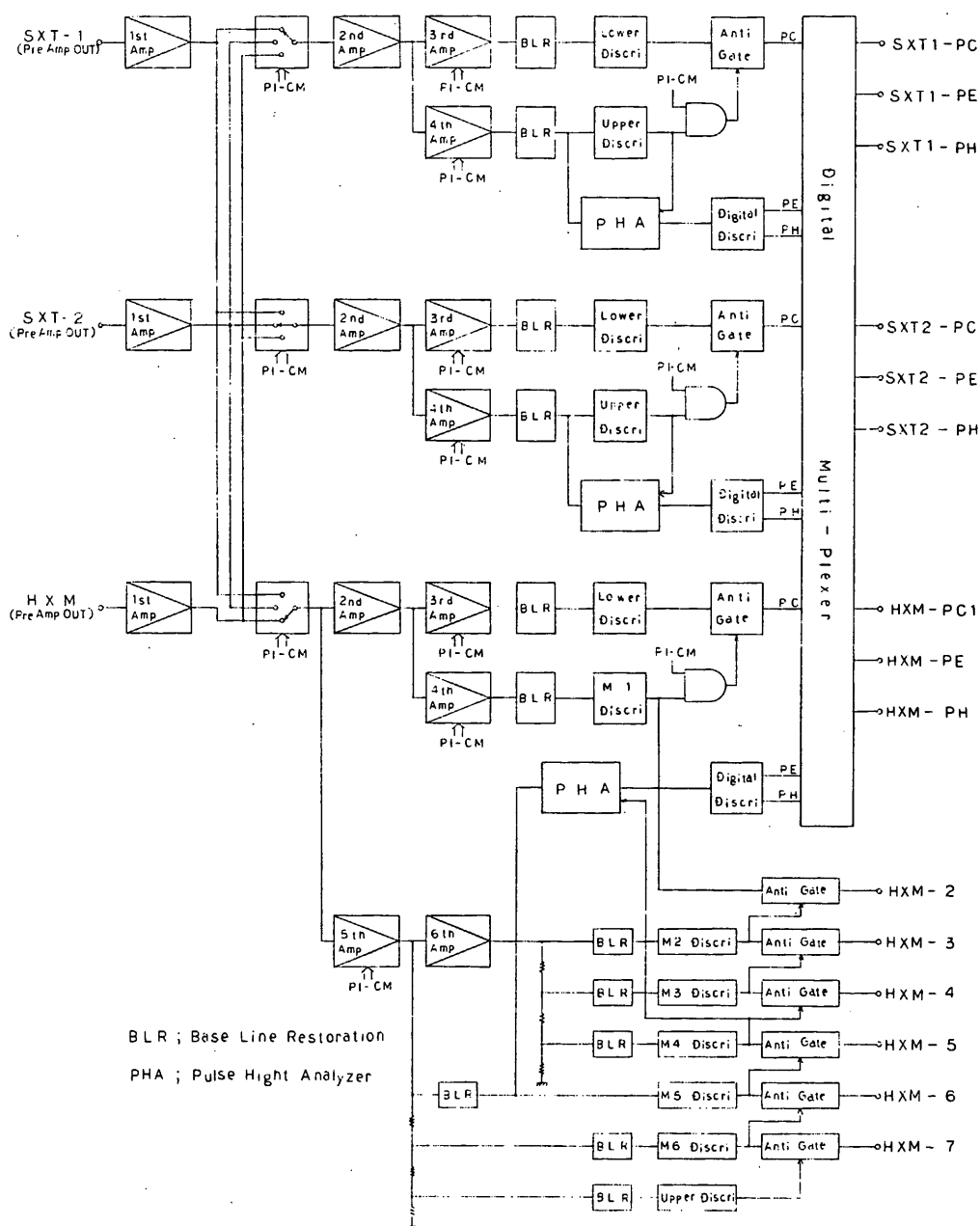


图 - 9 SXT, HXM Block Diagram

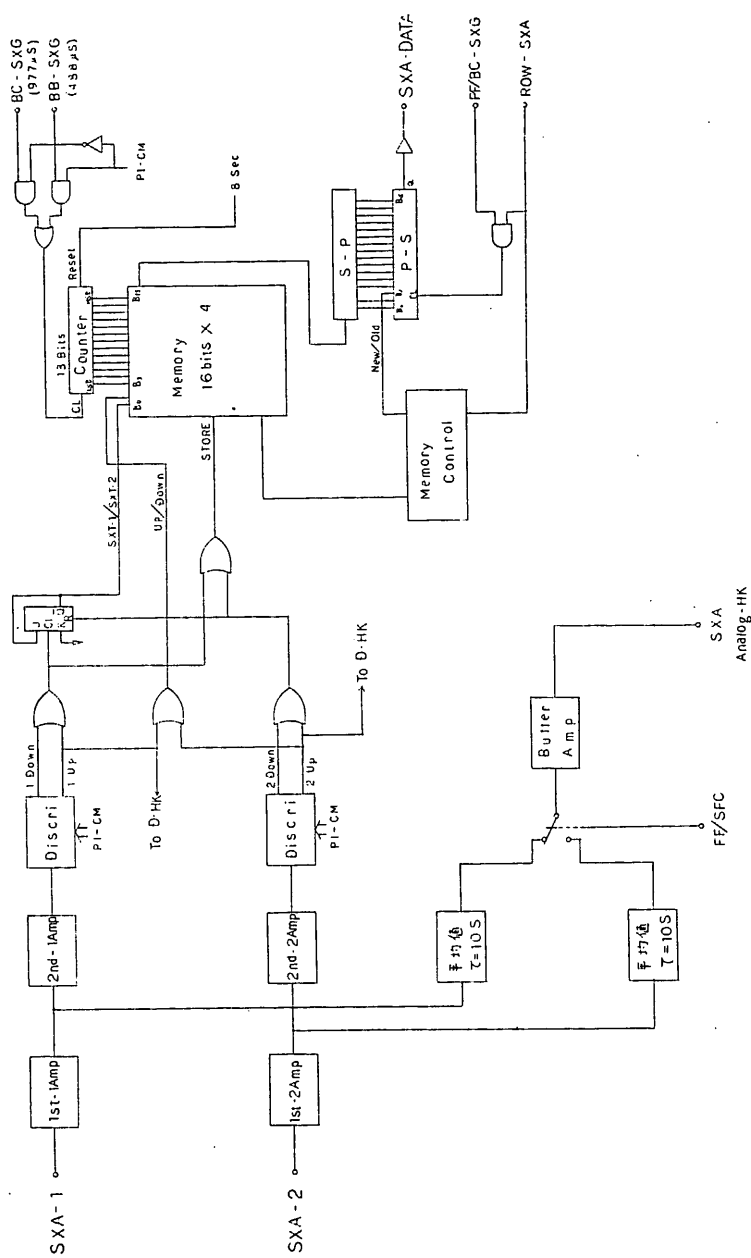


图 - 10 SXA Block Diagram

§ 7. Real Time CM

表-2にCM項目表を示す。 高圧電源 ONは2重操作コマンドとなっており、ミスオペレーションにより誤まって高圧が印加されることを防いでいる。 このため高圧 ONコマンドを打てば、データ処理部が OFF でも高圧電源は ONになる。高圧電源 OFFは HV-ALL OFF (13, 15) 又は PI-ALL OFF (13, 14) により行われる。

2重操作コマンドとは、通常の単発コマンド CM-Aグループより (AD 9, EX 3) 又は (AD 10, EX 4) により CM-Bグループにし、更に CM-Aグループの (AD, EX) に相当する (X, Y) により所定の動作を行う。 なお、CM-Bグループは、一つコマンドを打つと自動的に CM-Aグループに戻る。

又、HV ALL OFF、PI ALL OFF 及び CAL ON は SXG-E 単体だけでなく他の機器にも一斉に送信される。

SXG-E内の各処理系各部の電源 ON/OFF と Sensor, HV, PI-CM, HK 等関連する部分の ON/OFF の関係を図-11に示す。

表-2a. SXG-E Real Time CM

NO	CM 項目	AD	EX	X	Y	制 御 内 容
1	SXT ON	14	9			SXT ON
2	SXT-HV1 ON	9 10	3 4	15	8	SXT-HV1 ON
3	SXT-HV2 ON	9 10	3 4	15	9	SXT-HV2 ON
4	HEATER ON	15	5			SXT Collimator Heter ON
5	HEATER OFF	15	5			SXG-E Initial Set OFF
6	HXM ON	14	10			HXM ON
7	HXM HV ON	9 10	3 4	14	11	HXM-HV ON
8	SGR ON	14	12			SGR ON
9	SGR HV ON	9 10	3 4	14	13	SGR-HV ON
10	SXA ON	14	5			SXA ON
11	CAL ON	13	8			Cal ON
12	HV-ALL OFF	13	15			ALL HV OFF
13	PI-ALL OFF	13	14			ALL PI OFF, ALL HV OFF

b. Delay CM : SXG-E では使用しない。

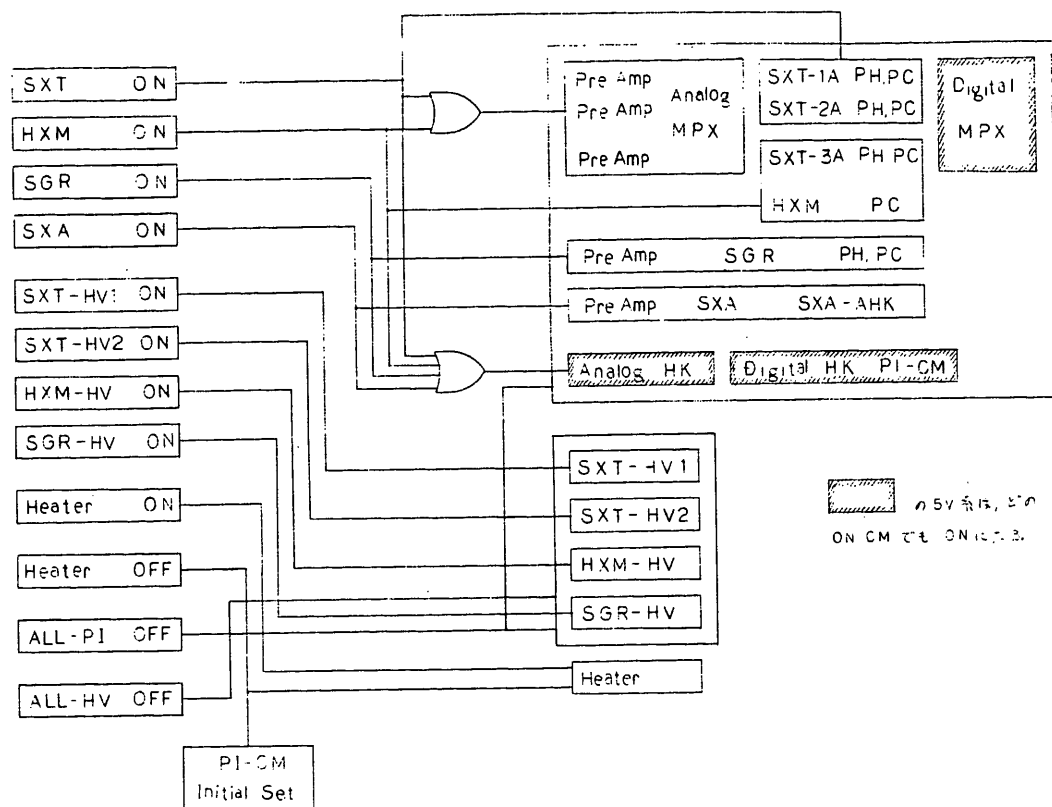


図-11 電源系ブロック図

§ 8. PI-CM

PI-CMはSXG-Eに関してMD10000から11111まで16の機器指定を持っているが、そのうち使用しているものは表-3に示すように9種類である。以下その内容について説明する。

8-1 高圧電源コントロール

SXT-1、SXT-2、HXM、SGR各Sensorに1ヶづつの高圧電源をもつそれら4ヶの高圧電源は、PI-CMにより独立に電圧のコントロールができる。

コントロールの方法は、高圧電源の電圧コントロール端子とグラウンド間の抵抗値をPI-CMにより変えて行う。抵抗値が大きい程出力電圧は高い。(オープンの時最大となる。)

表 - 3 - S X G - E P 1 - C M

No	動作モード名	M O D		(動作指定)							
		01234	0	1	2	3	4	5	6	7	
16	SXT-HV	10000	SXT-HV1		SxT-HV2		HXM-HV		了 々		
			11 V-High 10 ↑ 01 00 V-Low	11 V-High 10 ↑ 01 00 V-Low	11 V-High 10 ↑ 01 00 V-Low						
17	SXT-1A	10001	Sensor 切換		Lower Discr		Upper Discr		U.D.	FL-End	
			11 H X M 10 SXT-2 01 SXT-1 00	11 30 Kev 10 17 Kev 01 10 Kev 00 8 Kev	11 60 Kev 10 40 Kev 01 20 Kev 00 10 Kev	1 ON 0 OFF	1 Enable 0 Disable				
18	SXT-2A	10010	Sensor 切換		Lower Discr		Upper Discr		U.D.	FL-End	
			11 H X M 10 SXT-2 01 SXT-1 00	11 30 Kev 10 17 Kev 01 10 Kev 00 8 Kev	11 60 Kev 10 40 Kev 01 20 Kev 00 10 Kev	1 ON 0 OFF	1 Enable 0 Disable				
19	SXT-3A	10011	Sensor 切換		Lower Discr		Upper Discr		PC-1 U.D.	FL-End	
			11 H X M 10 SXT-2 01 SXT-1 00	11 30 Kev 10 17 Kev 01 10 Kev 00 8 Kev	11 60 Kev 10 40 Kev 01 20 Kev 00 10 Kev	1 ON 0 OFF	1 Enable 0 Disable				
20	Op-Change	10100	PC-1 切換		PC-2 切換		PC-3-1 切換		HXM Discr		
			11 SXT-3A 10 SXT-2A 01 SXT-1A 00 (SXT-1A)	11 SXT-3A 10 SXT-2A 01 SXT-1A 00 (SXT-1A)	11 SXT-3A 10 SXT-2A 01 SXT-1A 00 (SXT-1A)	11 75 Kev 10 60 Kev 01 50 Kev 00 40 Kev					
21	SGR	10101	SGR-HV		Lower Discr		Fast Discr		Fast	了 々	
			11 V-High 10 ↑ 01 00 V-Low	11 300 Kev 10 270 Kev 01 240 Kev 00 210 Kev	11 1.5 Mev 10 1.2 Mev 01 1.0 Mev 00 0.8 Mev	1 Enable 0 Disable					
22	SXA	10110	SXA1-Discr		SXA2-Discr		SXA1	SXA2	Clock	了 々	
			11 5.0 V 10 3.4 V 01 2.25 V 00 1.5 V	11 5.0 V 10 3.4 V 01 2.25 V 00 1.5 V	11 5.0 V 10 3.4 V 01 2.25 V 00 1.5 V	1 ON 0 OFF	1 ON 0 OFF	1 Fast 0 Normal			
23	Temp.	10111	Level		了 々					Initial-Set	
			11 P-High 10 ↑ 01 00 P-Low						1 Enable 0 Disable		
31	Initial Set	11111	SXT-HV	SXT-1A	SXT-2A	SXT-3A	Op-Ch.	SGR	SXA	Temp.	
			1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	1 Enable 0 Disable	

NOTE 1. □ は Initial Set

NOTE 2. OS 07=9 は No=N と 17

Flare Mode F2N+1 W64

Quiet Mode FN-n W80

8-2 Sensor 切換及びDP 切換

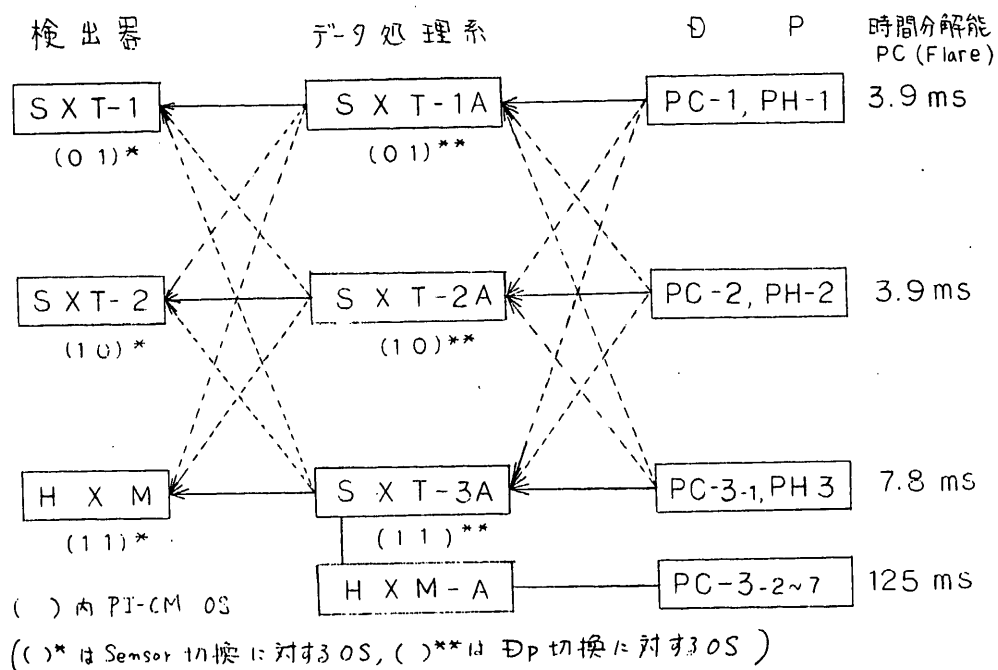
SXT-1、2 及び HXM は各回路系と検出器の組合せを PI-CM により換えることができる。1つの回路はどの検出器とも接続可能で、いずれか1つを選んで接続することができる。

接続の組合せは図-12に示す。図中実線は標準的な接続を示し、電源 ON or Initial Set CM (Heater OFF) でこの接続になる。この機能により1つの検出器に2ヶ或いは3ヶの信号処理系を接続することが可能であり、(逆に1つの信号処理系に2つ或いは3つの検出器を接続することはできない。) 接続した各回路系のエネルギー範囲を適当に設定することによって細かく広い範囲に渡る観測ができる。又、極度に強い Flare などの場合、カウント数をエネルギーバンド別に計測してテレメータ伝送容量からくる制約をある程度ゆるめることも可能である。

一方、DP 切換は、SXT と HXM の伝送フォーマットからくる時間分解能の違いを他の組合せにすることができる。

又、Sensor 切換、DP 切換を持つことにより Redundancy を持たせてある。

図-12 検出器 - データ処理系 - Dp の組合せ



8-3 エネルギー範囲及び Upper Discr i ON/OFF

i) SXT-1, 2 HXM-PC1

PI-CMにより、Lower Discr i (LD) 及び Upper Discr i (UD) は独立に指定できる。表-3 PI-CM 表参照

又、Upper Discr i ON/OFF は、ON で LD ~ UD までを観測範囲とし、Upper Discr i OFF で LD 以上のパルスを送るようになる。(すなわち、UD は無意味となる。) 但し、PH Mode (CAL 時) には Upper Discr i OFF はない。

Initial Set では、17 KeV ~ 40 KeV Upper Discr i ON である。

ii) HXM PC1 ~ 7

HXM は PC1 に対する LD、UD と PC2 ~ 7 に対する HXM Discr i とがある。それらは PI-CM により独立に指定できる。但し、PC2 ~ 7 は HXM Discr i により連動して動く。その組合せを表-4 に示す。

表-4 HXM PI-CM によるエネルギー範囲の変化

Lower Discr i		Upper Discr i		H X M Discr i	
11	30 Kev	11	60 Kev	11	75 Kev
<u>10</u>	17 Kev	<u>10</u>	40 Kev	10	60 Kev
01	10 Kev	01	20 Kev	<u>01</u>	50 Kev
00	8 Kev	00	10 Kev	00	40 Kev

単位 KeV

H X M Discr i	0 0	<u>0 1</u>	1 0	1 1
PC-1	LD ~ UD	LD ~ UD	LD ~ UD	LD ~ UD
PC-2	UD ~ <u>40</u>	UD ~ <u>50</u>	UD ~ <u>60</u>	UD ~ <u>75</u>
PC-3	40 ~ 54	50 ~ 67.5	60 ~ 81	75 ~ 101.3
PC-4	54 ~ 80.8	67.5 ~ 101	81 ~ 121.2	101.3 ~ 151.5
PC-5	80.8 ~ 121.6	101 ~ 152	121.2 ~ 182.4	151.5 ~ 228
PC-6	121.6 ~ 182.4	152 ~ 228	182.4 ~ 273.6	228 ~ 342
PC-7	182.4 ~ 272	228 ~ 340	273.6 ~ 408	342 ~ 510

注) PI-CM 表には、下線部の値で代表して書いてある。

iii) SGR 1～3

SGRは、LD、MD、HD、UDと4つのLevel Discrriをもち、PC-1、2、3と3つのエネルギー範囲の出力をもっている。これら4つのDiscrri LevelはPI-CM 2 bitsにより連動して4段階動く。その組合せを表-5に示す。

SGR-PHはPC-1、2、3の範囲を下記のように分けて出力する。

PC-1	→	32 ch
PC-2	→	48 ch
PC-3	→	48 ch

表-5 SGR PI-CM によるエネルギー範囲の変化

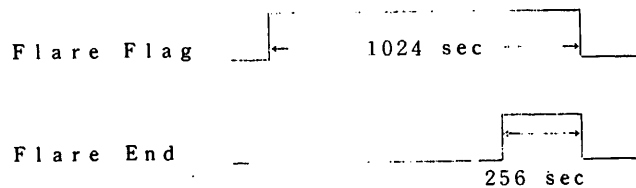
SGR Discrri	0 0	0 1	1 0	1 1
PC-1	210～630	240～720	270～810	300～900
PC-2	630～2310	720～2640	810～2970	900～3300
PC-3	2310～5670	2640～6480	2970～7290	3300～8100

単位 KeV

8-4 Flare End Enable/Disable

Flare 終了前の256 sec間DpよりFlare End信号を受け、SXT-1、2及びHXM-PC1の観測範囲を8～10 KeVのSoft X RayにするかどうかをPI-CMにより独立にコントロールできる。標準状態では下記のようにになっている

SXT-1	Enable
SXT-2	Disable
HXM-PC1	Disable



注) Flare End 中に High Level Flare になった場合は、その時刻で打ち切りとなる。

8-5 Fast Discr, Fast Enable/Disable

SGRはCsI(Tl)-Plastic ScintillatorのPhoswich型となっており、Plastic Scintillatorからの信号は、PMTの第11段ダイノードからVoltage Sensitive Pre Ampを通して取り出され、Fast Ampを通した後、Fast Level Discriminatorで荷電粒子を判断し、除外する。このFast DiscrはPI-CM 2ビットにより4段階に可変できる。

表-3 SXG-E PI-CM 表参照

又、Plastic Scintillatorの信号により、Anti Coincidenceを取るかどうかFast Enable/Disableにより選択できる。

8-6 S X A

i) S X A-Sig ON/OFF

SXAはSXA-1、2と2つのSensorをもっており、どちらか入力があった方を出力する。そしてデータの読み出し回数より入力データ数が多くなった場合に対して4組分のデータをメモリできるが、それよりも早い入力は捨てられる。もし万一、片側のSensorが故障し、雑音等が異状に増加した場合など、雑音のデータでメモリがいっぱいになり、もう一方の正常に動作しているSensorからのデータも捨てられてしまう。このような時に備えてこのPI-CMにより、SXA-1、2独立に信号を切ることができる。

ii) Clock 切 換

時間を計るClockは、通常13ビットのカウンタが8秒間でいっぱいになる976.563 μ Sであるが、PI-CMによりFastを選べば4秒間でいっぱいになる488.281 μ Sとなり、さらに精度よくSXTコリメータの視野の決定ができる。

iii) Discr Level

PI-CMにより、SXA-1、2独立に4 Level (1.5V、2.25V、3.4V、5.0V) 可変でき、Sensorの特性の異状な変動があってもかなり広い範囲の変動に対して安定に動作するようにしてある。

8-7 Temp Level

SXT Collimator の温度コントロールは、Heater として抵抗の発熱を用い、図-13 に示すような回路になっており、PI-CM 2 ビットにより 4 Level に可変できる。又、CM Heater ON、Heater OFF により ON の時間を可変コントロールする。

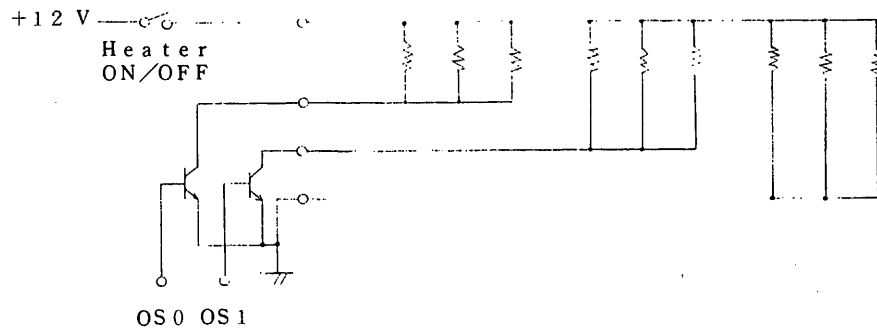


図-13 Heater Control

8-8 PI-CM Initial Set

SXG-E の PI-CM は、電源 ON で表-3 の OS が □ で囲まれた状態に初期設定される。

又、CM Heater OFF は PI-CM Initial Set も兼ねている。しかしこの CM は MD 10111 (Temp) の OS 7 及び MD 11111 (Initial Set) の全ビットで示している動作ブロック名が Enable の時、その動作ブロックが Initial Set される。この PI-CM の初期設定は全動作ブロックとも Disable である。

§ 9. データ処理

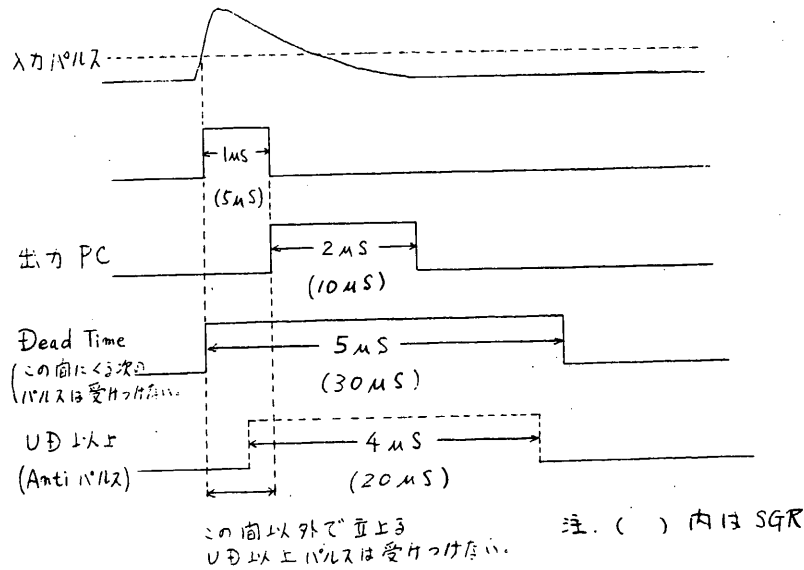
9-1 SXT データ処理

SXT のデータ処理には、X 線 1 カウントに対し 1 つのパルスを送る PC と入射 X 線を 16 ch に波高分析して波高値に応じた 0 ~ 15 のパルス列を出力する PH とがある。この PH は CAL のみに用いるが、SXG-E の出力としては PC、PH 共に常に Dp へ送られている。

i) SXT-PC

後述するように TM 伝送容量は、Flare Mode では 4095 Counts/3.9 mS (Max. Counting Rate 1050 K counts/sec) であるが、SXG-E ↔ DPE 間のインターフェイス条件 (PC パルス幅 2 μ Sec Min, デューティサイクル 50 % 以下) により PC 処理時間 (Dead Time) 5 μ s/Count となり、Max. Counting Rate 200 K counts/sec となる。処理タイミングを図-14 に示す。

図-14 処理系タイムチャート



ii) SXT-PH

LD より UD までのパルスについて、入力パルスを Peak Hold し、PA クロックと同期をとり、定電流放電し、零クロスするまでの間 PA クロックを出力する。さらに 8 KeV ~ 60 KeV の間を TM 0 ch ~ 15 ch に出力するため 2 Pulse 分カットし、これを PH 出力として Dp へ送る。

データ処理時間 (Dead Time) は、100 μ S/Event である。ただし、UD 以上のパルスについては 5 μ Sec となる。これら PH 処理 タイミング図を図-15. a に示す。又、TM 伝送 ch とエネルギー範囲は図-15 b に示す。4 本の線のうちどれになるかは UD により指定される。

図 - 15. a. PH 処理系 タイムチャート

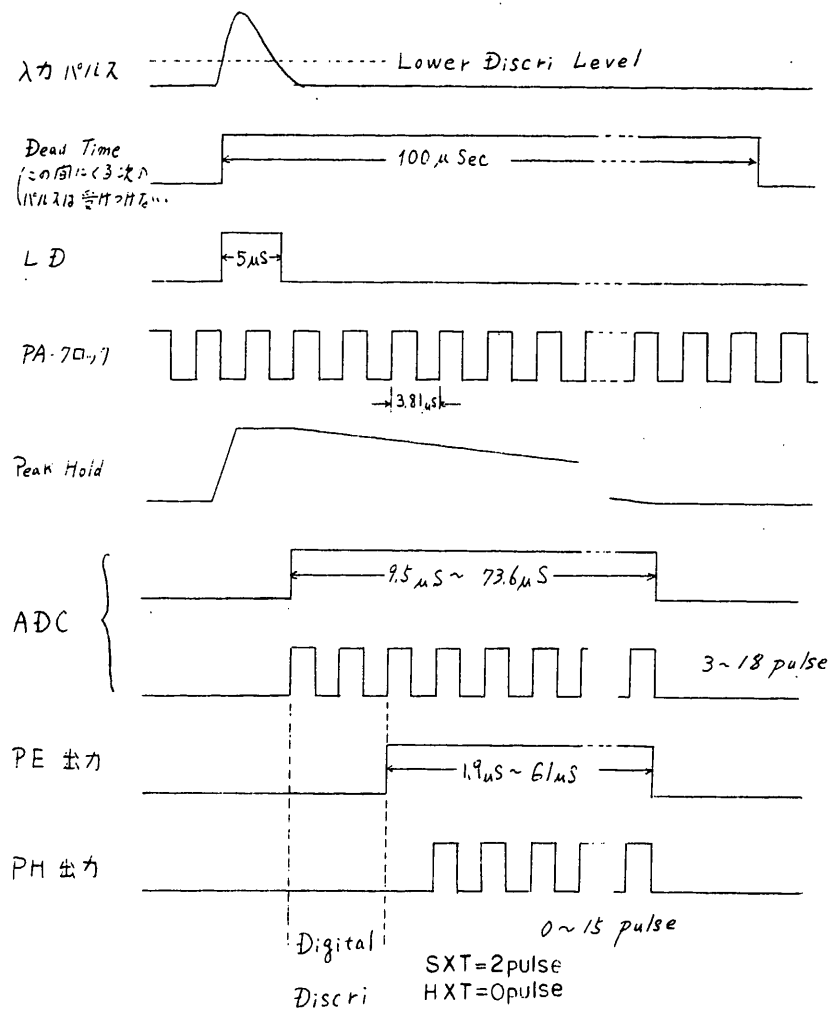
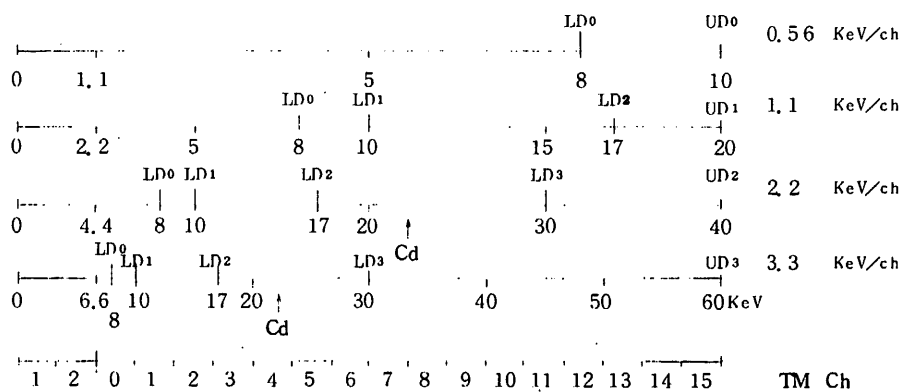


図 - 15. b. PH-Ch の PI-CM による変化



9-2 HXM データ処理

SXT と同様であるが PC が Level Discr i を 8 Level もち PC-1 ~ 7 の 7 ch で出力する。

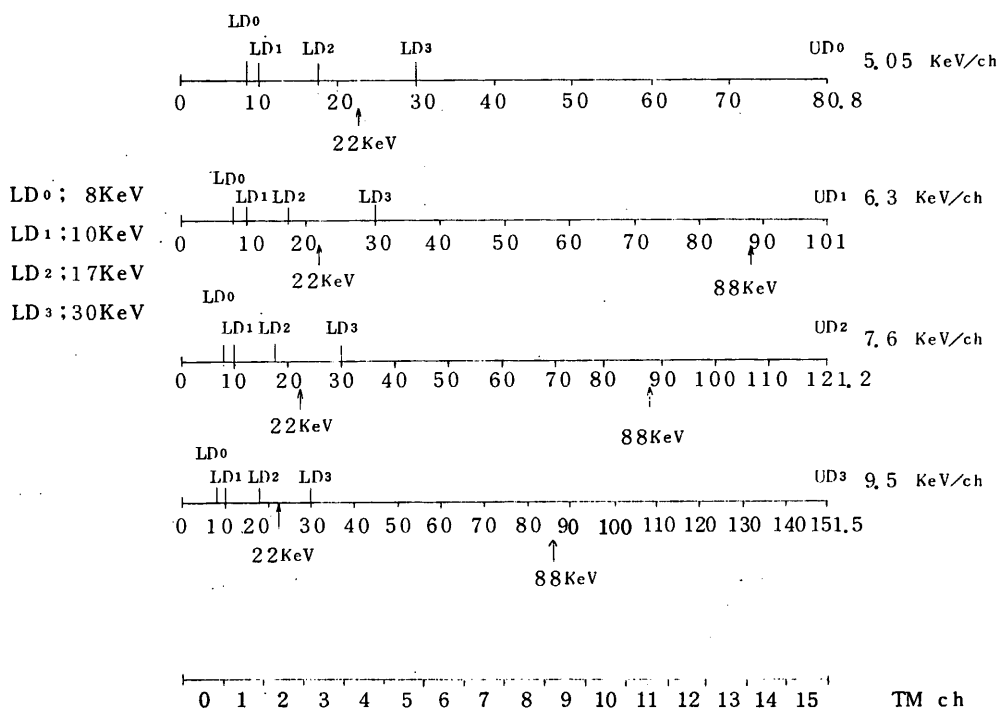
i) HXM-PC1~7

PC1 については TM 伝送容量は、Flare Mode で 4095 Counts/7.8 mS であるが、SXT-PC と同様な理由により Max Counting Rate 200 K Counts/Sec となる。また PC-2 ~ 7 については TM 伝送容量より制約を受ける。処理タイミングは SXT と同様である。図-14 参照

ii) HXM-PH

SXT と処理方法については同様であるが、エネルギー範囲が HXM PC1 ~ 4 の間であり、Initial 時 17 ~ 101 KeV である。又、8 ~ 151.5 KeV を伝送するため、Digital Discr i による処理はない。図-15 a. 及び図-16 参照

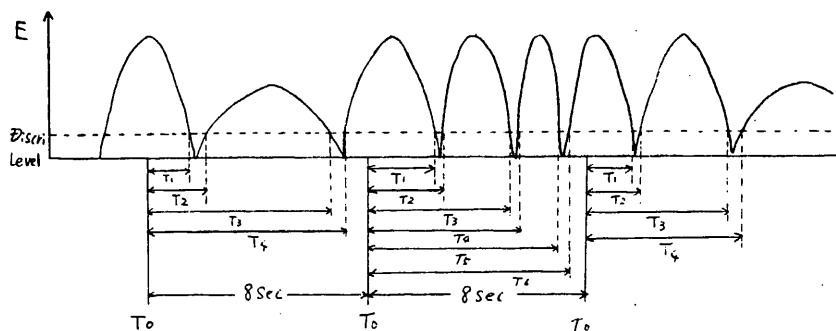
図-16 PH-CH の PI-CM による変化



9-3 SXT データ処理

図-17に示すように Sub Frame に同期した8秒間隔の T_0 から、Discr Level をよぎる時間 T_1, T_2, T_3, \dots を全て計り(約1mSecのクロックで13bits) SXA 1 or 2, Up or Down, New or Old のIDをつけて16bits=2 Words で1 Set のデータとし、Flare Mode 及び Quiet Mode とも読み出し間隔250 mS/1 Set で伝送する。4 Set 分のデータをメモリで、読み出しより早い入力に対応できる。

図-17 SXA データ処理



§ 10. CAL

10-1 SXT, HXM Cal

検出器及び処理系の較正をするため、検出器にはあらかじめ弱いX線源(Cd^{109} 22 KeV, 88 KeV)が組み込まれている。通常の観測ModeはPC Mode であるが、CALになると自動的にPH Mode となる。

SXTは、PI-CMで指定したLDとUDの間を波高分析する。LDとUDの指定によっては、 Cd^{109} の22 KeVが伝送CHに現われないこともあるので注意する必要がある。図-15b 参照

HXMは、PC 1~4の間を波高分析する。Initial Modeでは、22 KeVと88 KeVの2つのPeakが伝送されるが、これもLDとUDの値の設定によっては伝送CHに入らないこともあるので注意する必要がある。図-16 参照

CALはQuiet Mode 時のみ行ない、Flare Mode 時には行なわない。またFlare Mode 時にはCAL コマンドがあっても受けつけない。

CALには次の4つの種類がある。

A. Real Time CM による CAL

B. Delay CM による CAL

C. Flare 終了後の Auto CAL

D. 昼から夜になった時の Auto CAL

これらの CAL は SXG-E 単独ではなく、他の機器と同時に行なわれる。又、CAL 持続時間はいずれの CAL においても同一であり、128 Sec である。

CAL は DP によりコントロールされているので詳しくは DP の項を参照されたい。

10-2 SXA CAL

SXA の CAL は、地上試験時に MD コネクタよりモジュレーションをかけた電流を流し、SXA 内の発光ダイオードを発光させ、Sensor、処理系のチェックを行なう。前記 A～D の CAL とは無関係である。

フライト時は、Analog HK より SXA 平均出力 Level をモニタし キャリブレーションとする。

§ 11. HK

11-1 Analog HK

SXG-E 関係の Analog HK は表-6 に示すように温度 10 点、高圧電源電圧 4 点 (1500V を Full Scale 5V で示す)、SXA Level モニタ (平均値 ≈ 10 Sec) 2 点の合計 16 点であるが、高圧電源電圧及び SXA Level モニタは SXG-E 内でマルチプレックスして出力している。

11-2 Digital HK

SXG-E 関係の Digital HK は表-7 に示すように ON/OFF モニタ 9 点、SXT-1、2 カウントモニタ (UD 以上のパルスを $1/2$ にカウントダウン)、HXM カウントモニタ (PC 7 の UD 以上をカウントダウンなし)、SGR-1 カウントモニタ (SGR PC 1 を $1/2^5$ にカウントダウン)、SGR-2、3 カウントモニタ (SGR PC 2 及び 3 を $1/2^5$ にカウントダウン)、Plastic カウントモニタ (Plastic のカウント数を $1/2^{13}$ にカウントダウン)、SXA カウントモニタがある。

Flare と Quiet で時間分解能が 8 倍違うが、Flare 時は各検出器のカウント数も増加するため、SXG-E での処理は変らない。

表 - 6 Analog HK

NO.	項 目 名	F.W (F)	F.W (Q)	測定レンジ	備考
1	SXT-1 ガラス温度 1	F19.51 W71	F19.51 W81	-50 ~ +80°C	TL-23
2	" 2	F20.52 W71	F20.52 W17	"	TL-24
3	" 3	F20.52 W71	F20.52 W81	"	TL-25
4	" 4	F21.53 W71	F21.53 W17	"	TL-26
5	" 5	F21.53 W71	F21.53 W81	"	TL-27
6	SXT-1 ガラス温度	F22.54 W71	F22.54 W17	"	TL-28
7	SXA-1 センサ温度	F22.54 W71	F22.54 W81	"	TL-29
8	HXM ガラス温度	F23.55 W71	F23.55 W17	"	TL-30
9	SXA-1 レンズ 温度	F23.55 W71	F23.55 W81	"	TL-31
10	SXA-2 "	F24.56 W71	F24.56 W17	"	TL-32
11	SXT-HV 1/2	F5/37 W71	F5/37 W81	0 ~ +5V	高電圧電圧 PIE-MPX
12	HXM/SGR - HV	F4/36 W71	F4/36 W81	"	"
13	SXA-1/2	F6/38 W71	F6/38 W17	"	SXA-1/2出力 PIE-MPX

表 - 7 Digital HK (Flare Quiet 共通)

F (W67)	E	項 目 名	1/0	ステータス 内容	通 過
25	0	SXT ON/OFF	1	SXT ON	
			0	" OFF	
	1	SXT-HV1 "	1	SXT-HV1 ON	
			0	" OFF	
	2	SXT-HV2 "	1	SXT-HV2 ON	
			0	" OFF	
	3	SXT Heater "	1	SXT Heater ON	
56			0	" OFF	
	4	HXM "	1	HXM ON	
			0	" OFF	
	5	HXM-HV "	1	HXM-HV ON	
			0	" OFF	
	6	SXA "	1	SXA ON	
			0	" OFF	
3, 11, 19 27, 35, 43 51, 59	4	SGR "	1	SGR ON	
			0	" OFF	
7, 15, 23 31, 39, 47 55, 63	5	SGR-HV "	1	SGR-HV ON	
			0	" OFF	
14 30 46 62	0~7	SXT 1		SXT-1 NaI カウント数	
	0~7	SXT 2		SXT-2 NaI カウント数	
	0~7	HXM		HXM NaI カウント数	
13 45	0~7	SGR 1		PC-1 カウンタ数	
29 61	0~7	SGR 2		PC-2,3 カウンタ数	
21 53	0~7	SGR 3		プラスチック カウンタ数	
5 37	0~7	SXA		SXA カウンタ数	

§ 12. データ伝送

データ伝送モードには、Data Recorder を使用した Rec Mode と内の浦上空を衛星が通過する間受信される Real Mode がある。これらによる伝送フォーマットは、データ識別 ID により分離される以外は同一データである。

又、上記 2 Mode には、比較的太陽の静かな時の観測 Mode である Quiet Mode (ビットレート 1024 Bits/Sec) と太陽の Flare を観測する Flare Mode (ビットレート 8192 Bits/Sec) とがある。これらの Mode は通常 Quiet Mode で運用され、太陽の Flare 時に FLM, HXM, PXM などのカウント数により Flare を自動判定し、Flare Mode にうつり、1024 秒間 Flare Mode で観測する Flare Auto Mode により自動的に切換えられる。又、Real Time CM あるいは Delay CM によって Manual に切換えることもできる。

各 Mode での時間分解能を表 - 12 に示す。

12-1 Flare Mode

表 - 8 に Flare Mode の Frame Format を示す。

表 - 8 Frame Format Flare

FLARE Mode (1 Frame = 125 mS)

W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE							A-HK								
16	SXT1	SXT2	HXM	HXM-2												
32	-PC	-PC	-PC1	HXM-3	SXT1	SXT2	SGR	SXA	SXT1	SXT2	HXM		SXT1	SXT2		
48				HXM-4												
64	共通A	共通B	共通C	D-HK	-PC	-PC	-E	A-HK	-PC	-PC	-PC1		-PC	-PC		
80				HXM-5												
96	SXT1	SXT2	HXM	HXM-6												
112	-PC	-PC	-PC1	HXM-7												

i) SXT

読み出し毎にリセットされる Flare 用 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションしてメモリに蓄えておき、4 Sub Frame (32 Sec) 後に出力する。

また、このデータは Quiet Mode においても事前のため込み処理としてメモリに蓄えられるが、Quiet Mode 中は出力されないため、4 Sub Frame 経過すると常に新しいデータと書き換えられる。

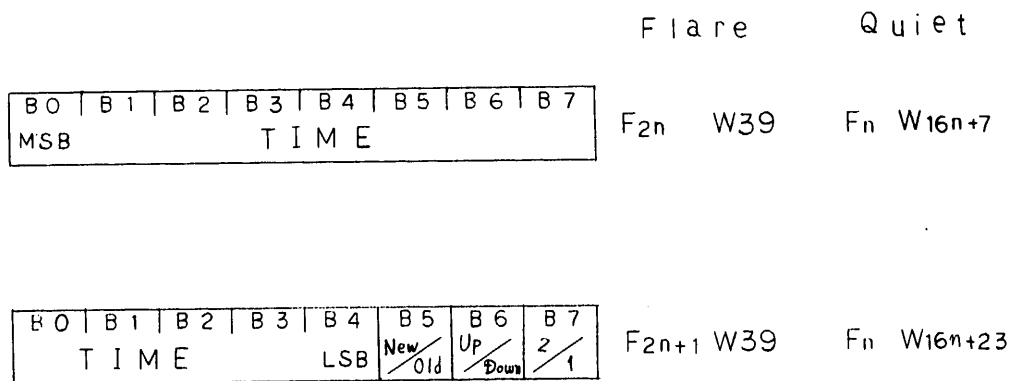
ii) H X M

PC 1 については S X T と同様である。 PC 2 ～ 7 については、それぞれの読み出し毎にリセットされる Quiet、Flare 共用の 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションしてそれぞれのタイミングで直接出力する。 Flare Mode と Quiet Mode では時間分解能が変わるだけでデータ処理としては同一である。

iii) S X A

Flare Mode、Quiet Mode で切換えられる Dp からの読み出しタイミングに合わせてシリアル 8 ビットで出力したデータを直接伝送する。 このデータは 2 ワードで 1 セットの構成となっている。 ビットの内容は図 - 18 に示す。 Flare と Quiet ではフレームフォーマットは異なっているが、時間分解能は共に 250 mS/1 Set DATA となっている。

図 - 18 S X A DATA Format



注) / は "H"/"L".

iv) S G R

Flare Mode 時は Energy Mode のみで DP の PI-CM により Count Mode を指定していても Flare Mode になると自動的に Energy Mode となる。

各エネルギーレベル毎の入力イベントパルスを一定時間 (2 Sec) カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を出力する。

12-2 Quiet Mode

表-9に Quiet Mode の Frame Format を示す。

表-9 Frame Format Quiet

QUIET Mode (1 Frame = 1 S)

W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE															
16	PI-CAB	A-HK		HXM-2												
32				HXM-3					SXT1	SXT2	HXM					
48				HXM-4			SGR	SXA								
64	共通A	共通B	共通C	D-HK					-PC	-PC	-PC1					
80	OS	A-HK		HXM-5												
96				HXM-6												
112				HXM-7												

i) SXT

読み出し毎にリセットされる Quiet 用 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数を Flare Mode と同様の ビットリダクションして直接出力する。

ii) HXM

PC 1 については SXT と同様である。 PC 2 ~ 7 は Flare Mode と時間分解能以外の処理は同一である。

iii) SXA

Flare Mode と Frame Format は異なるが、処理は同一である。

iv) SGR

Quiet Mode 時は Energy Mode と Count Mode とがあり、Dp の PI-CM により切換えられる。

Energy Mode では各エネルギーレベル毎の入力イベントパルスを一定時間 (16 Sec) カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を出力する。

Count Mode ではリセットしない フリーランニングの 8 ビットカウンタにて入力パルスをカウントさせておき、読み出しタイミングにおけるカウント数を直接出力する。

12-3 CAL Mode

SXA は CAL には無関係であるが、SXT、HXM、SGR は CAL になると Energy Mode になり、各エネルギーレベル毎の入力イベントパルスを一定時間(SXT、HXM は 2 秒間、SGR は 16 秒間) カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数をカウントデータワードに出力する。

各エネルギーレベルは、SXT、HXM が 16 ch、SGR が 128 ch となっている。CAL の時の Frame Format を表-10 に示す。

SGR は SXT、HXM と同じ様に処理を行なうが 128 ch あるため、1 Set のデータを伝送するのに 16 Frame (16 秒) かかる。

表-10 CAL Frame Format

Quiet Mode F _{2m}				SXT-1 SXT-2 HXM												
W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE						SGR	SXA	CH-0	CH-0	CH-0					
16	PICAB A-HK			HXM-2					CH-1	CH-1	CH-1					
32				HXM-3					CH-2	CH-2	CH-2					
48				HXM-4					CH-3	CH-3	CH-3					
64	共通A	共通B	共通C	D-HK					CH-4	CH-4	CH-4					
80	OS A-HK			HXM-5					CH-5	CH-5	CH-5					
96				HXM-6					CH-6	CH-6	CH-6					
112				HXM-7					CH-7	CH-7	CH-7					

Quiet Mode				F _{2n+1}			SXT-1 SXT-2 HXM									
W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE						SGR	SXA	CH-8	CH-8	CH-8					
16	PICAB	A-HK		HXM-2					CH-9	CH-9	CH-9					
32				HXM-3					CH-10	CH-10	CH-10					
48				HXM-4					CH-11	CH-11	CH-11					
64	共通A	共通B	共通C	D-HK					CH-12	CH-12	CH-12					
80	OS	A-HK		HXM-5					CH-13	CH-13	CH-13					
96				HXM-6					CH-14	CH-14	CH-14					
112				HXM-7					CH-15	CH-15	CH-15					

12-4 ビットリダクション処理

12ビットのバイナリデータをプレフィックス2ビットとカウント6ビットの計8ビットに圧縮処理するものである。

圧縮方法は表-11aに示し、データ変換方法は表-11bに示す。

表-11a 圧縮方法

入力データ カウント数	データ出力											出力データ							
	Co	B ₇	B ₆	B ₅	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀	B ₁₁		B ₇	B ₆	B ₅	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀
0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
64	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
319	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
320	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1343	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1344	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
4095	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0

Co: キャリー出力

表-11b データ変換方法

プレフィックス		元のデータの算出方法	カウント範囲	最大誤差
B ₀	B ₁			
0	0	C	0 ~ 63	2.9 %
0	1	C * 4 + 64	64 ~ 319	1.8 %
1	0	C * 16 + 320	320 ~ 1343	1.4 %
1	1	C * 64 + 1344	1344 ~ 4095	1.4 %

C: 出力のB₂ ~ 7のカウント数

12-5 OS

ASTRO-AではPI-CMのOSをモニタできる。Flare Modeでは8秒に1回であり、表-3 (PI-CM表)のNo = NとしてF_{2N+1}W64で動作ブロックNoNの内容がわかる。Quiet Modeでは32秒に1回であり、F_N・nW80 (n=1, 2)である。ただし、Initial-Set CM (Heater OFF)によりInitial Setした場合、このOSモニタと実際の機器の内容が一致しなくなるので注意が必要である。

表 - 12 観測データ処理の時間分解能

信号 名称	センサ数 及び インターフェイス	Bit/Sample 及び Reduction	FLARE MODE				QUIET MODE			
			時間分解能	リセット間隔	Max. Count Rate	備考	時間分解能	リセット間隔	Max. Count Rate	備考
SXT 1,2 - PC	2 センサ 2 ライン	12 → 8	3.9 mS	3.9 mS	200 KC/S	4SF 選択 の 1 - 9	125 mS	125 mS	32.8 KC/S	前大あり
SXT 1,2 - PH	2 センサ 16 レベル	8	/	/	/	/	2 S	2 S	128 C/Sch	CAL のみ
HXM - PC1	1 センサ 1 ライン	12 → 8	7.8 mS	7.8 mS	200 KC/S	4SF 選択 の 1 - 9	125 mS	125 mS	32.8 KC/S	前大あり
HXM - PC2-7	1 センサ 6 ライン	"	125 mS	125 mS	32.8 KC/S	/	1 S	1 S	4.1 KC/S	/
HXM - PH	1 センサ 16 レベル	8	/	/	/	/	2 S	2 S	128 C/Sch	CAL のみ
SGR - PC1	1 センサ	"	/	/	/	/	250 mS	/	1024 C/S	/
SGR - PC2	"	"	/	/	/	/	500 mS	/	512 C/S	/
SGR - PC3	"	"	/	/	/	/	"	/	"	/
SGR - PH1	32 レベル	"	2 S	2 S	128 C/S, Ch 計 4	個 (128 レベルの 計 4) 25 KC/S	16 S	16 S	16 C/S, Ch	/
SGR - PH2	48 レベル									
SGR - PH3	48 レベル									
S X A	2 W/Set	16	250 mS	/	4 Set 分の DATA メモリーで済む	/	250 mS	/	4 Set 分の DATA メモリーで済む	/

§ 13. そ の 他

SXG - E に関連のある PI - CAB を表 - 13 に、又 Dp ID を表 - 14 に示す

表 - 13 共通 A PI - CAB

FLARE MODE

F 4, 20, 36, 52) F4W64 × 1/8 F 6, 22, 38, 54) F6W64 × 1/8
W64 (12, 28, 44, 60) W64 (14, 30, 46, 62)

bit	名 称
0	START/SET
1	" 0 "
2	" 0 "
3	MD 0
4	" 1
5	" 2
6	" 3
7	" 4

名 称	
OS	0
"	1
"	2
"	3
"	4
"	5
"	6
"	7

QUIET MODE

F²ⁿW16 と F²ⁿ⁺¹W16 で bit 内の内容は FLARE MODE と同様

表 - 14 Dp-ID ビット内容

Bit	DPID 1			DPID 2			DPID 3		
0	データ 識別	1	RECORD	SGR	1	E	FLARE FLAG MODE	1	BOTH
		0	REAL	MODE	0	C		1	FLM
1	FLARE AUTO MANU	1	AUTO	SOX	1	E		0	HXM
		0	MANUAL	MODE	0	C		0	アキ (OFF)
2	FLARE QUIET	1	FLARE	PXM MODE	1	E		1	3
		0	QUIET		1	(E)		1	2
3	HIGH FLARE	1	EXIST		0	C ₂	FLM CRD LEVEL	0	1
		0	NOTHING		0	C ₁		0	0
4	LOW FLARE	1	EXIST	SOX CAL	1	ENABLE		1	3
		0	NOTHING		0	DIS- ABLE		1	2
5	FLARE MAC CONT	1	STOP	FLARE MAC CONT	1	ENABLE	HXM CRD LEVEL	0	1
		0	NORMAL		0	DIS- ABLE		0	0
6	RBM (VETO)	1	ON	RB END LEVEL	1	HIGH		1	3
		0	OFF		0	LOW		1	2
7	CAL	1	ON	RB END FLM	1	ON	PXM CRD LEVEL	0	1
		0	OFF		0	OFF		0	0

Flare, Quiet 共通

Dp-ID1 F1、33 W67

Dp-ID2 F2 W67

Dp-ID3 F34 W67

§ 14. おわりに

以上 ASTRO-A の SXT, HXM, SXA, SXG-E について解説したが、データ処理、データ伝送の細部に関しては Dp, HK, コマンドシステム等と密接な関連をもっている。これらの項も合せて参照されることを希望する。

又、衛星の姿勢決定、制御のためには GAS, HOS, SAS, AC 等も参照されたい。

東京大学宇宙線研究所 近藤 一郎

立教大学理学部 奥平 清昭

平島 洋

吉森 正人

明星電気 (株)

1. 観測の目的

太陽フレア時には粒子の加速がおこり、加速粒子と表面物質及び磁場との相互作用の結果、電波から γ 線に至る広範な波長域の電磁波が強く放出されることが知られている。これらの電磁波の観測は粒子の加速機構、さらにはフレアの発生機構を解明する上で重要な鍵となるが、電波及び X 線の発生は電子成分の加速に起因しており、それらの観測に関してはこれまでに多数のデータがあり、詳細な議論がなされている。一方、ライン γ 線の発生は原子核成分の加速に起因しており、その発生強度も電波及び X 線に比較して小さいために観測がむずかしく、データもきわめて少数例に限られている。このために γ 線の精密観測が強く望まれている。

本観測では、 γ 線検出器として CsI(Tl) - Plastic Scintillator の Phoswich 型を用いて太陽フレア時に発生する 200 - 9000 keV の γ 線を観測し、所期の目的を達成しようとするものである。

観測の対象となる主なライン γ 線としては、陽電子消滅で放出される 511 KeV ライン、重水素核生成時に放出される 2231 keV ライン及び重核の励起核から放出される核 γ 線、 $^{12}\text{C}^*$ (4438 KeV)、 $^{14}\text{N}^*$ (1632, 2312 keV)、 $^{16}\text{O}^*$ (6129, 6912 keV) 及び $^{20}\text{Ne}^*$ (1634 keV) などのラインであり、フレア時にこれらのライン γ 線の強度及び時間変動を高精度で観測する。さらに高エネルギー電子の制動輻射によって発生する連続 γ 線も観測し、硬 X 線のデータと比較、検討しフレア現象の解明を行う。

また、上述の太陽フレア以外の時期には、 γ の天体現象といわれている宇宙 γ 線バーストのモニターカウンターとしてバーストをとらえ、その起源についても調べる。

2. γ 線検出器

太陽フレアにともなって発生する 200 - 8000 keV の γ 線を観測するために第 1 図に示すような CsI(Tl) - Plastic Scintillator の Phoswich 型検出器を用いる。Phoswich 型 Scintillation 検出器は二種類の Scintillator からなる検出器を一本の光電子増倍管で集光し、二種類の Scintillator の蛍光減衰時間の差を電氣的に識別することにより、入射放射線が γ 線であるかまたは荷電粒子であるかを区別しようとするものであり、荷電粒子の background が大きい中で強度の小さい γ 線を観測する場合には有効な検出方法となる。第 1 表に CsI(Tl) と Plastic Scintillator の諸特性を示す。

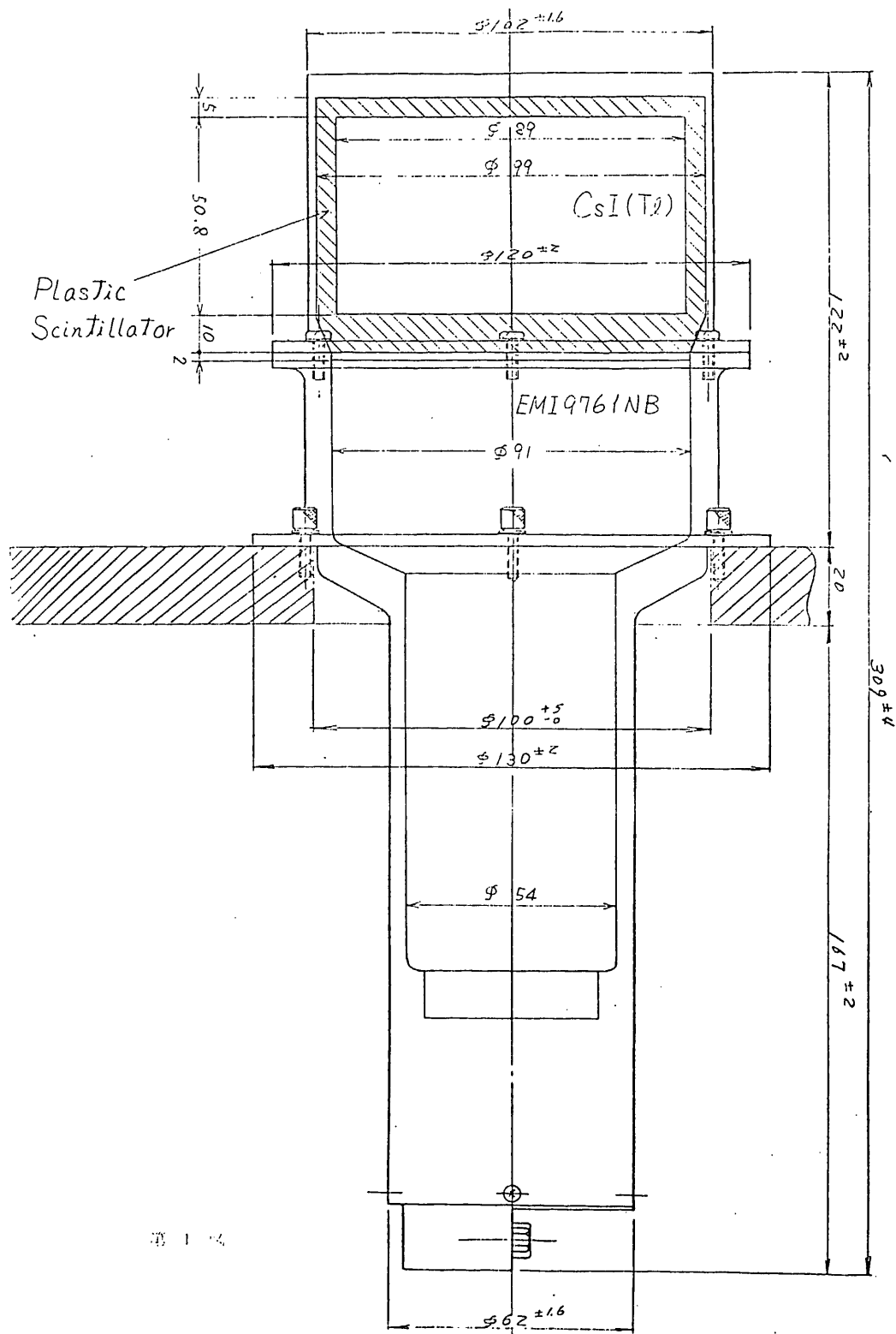
特性 シンチレーター	減衰時間 (nS)	蛍光 変換効率*	figure of merit	蛍光量 最大値 ○ 波長 (Å)	密度 (g·cm ⁻³)	屈折率
CsI(Tl)	1100	55	0.05	4200 ~5700	4.51	1.79
Plastic Scintillator NE102	3	65	22	4250	1.03	1.58

* アントラセンを 100 とした相対値

第 1 表 各種シンチレーターの特性

この検出器に γ 線が入射した場合には、Plastic Scintillator を透過して CsI(Tl) 内でその全エネルギーを失なう場合が多いため光電子増倍管の出力信号の中で立上り時間の長い CsI(Tl) の蛍光成分が大きくなる。一方、荷電粒子が入射した場合には、Plastic Scintillator 中でも大きなエネルギーを失なうために、立上り時間の短い Plastic Scintillator の蛍光成分が大きくなってくる。このようにして出力信号中に立上り時間の短い成分の有無により、入射放射線が荷電粒子であるかまたは γ 線であるかを区別することが可能になる。

なお、この γ 線検出器の軸方向は衛星のスピン軸に平行であり、太陽方向を向いているが、太陽 γ 線に対する S/N 比の向上をはかるためには視野を制限するコリメー



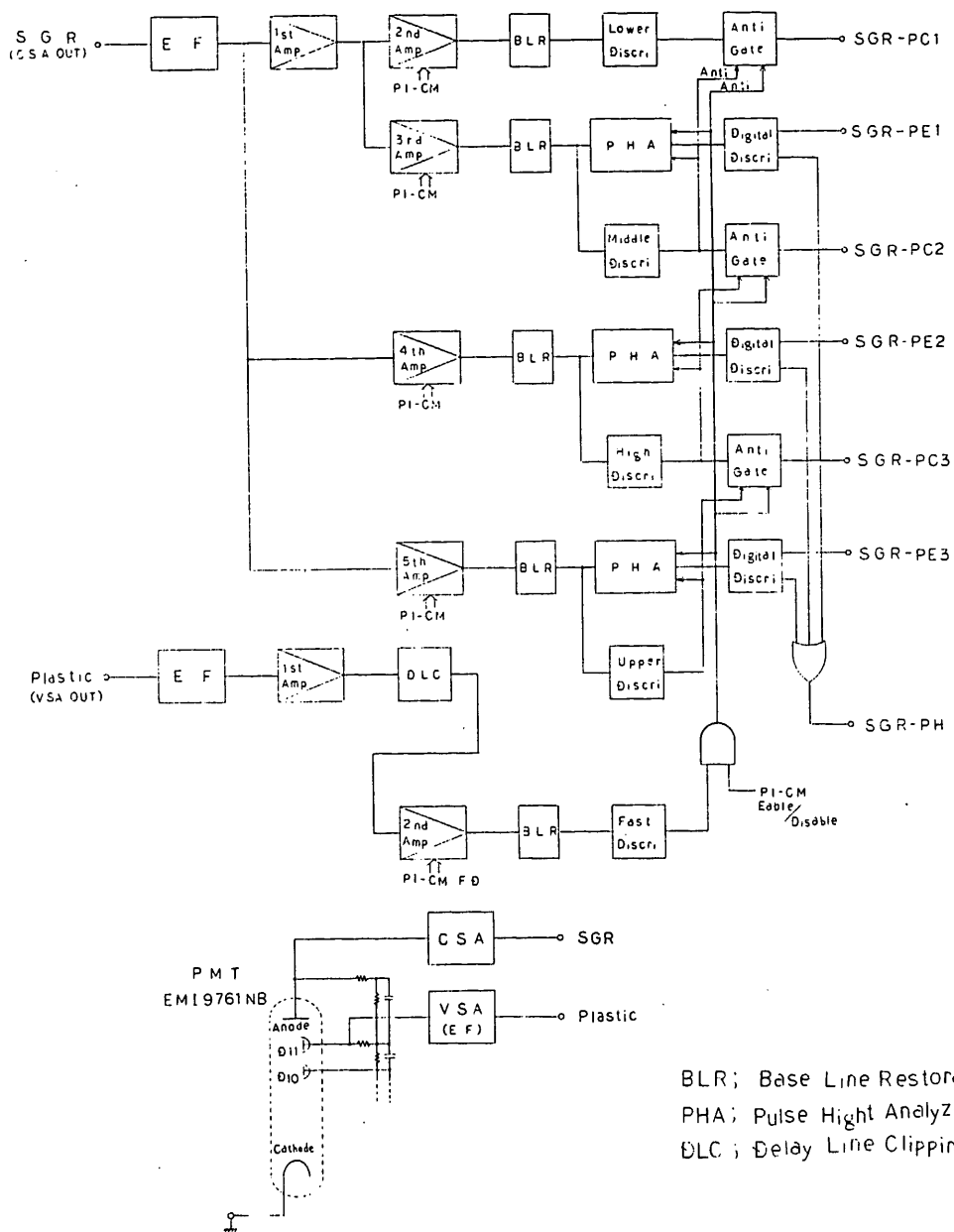
第 1 号

ターをつけることが望ましい。しかしながら透過力の大きい γ 線をシールドするためには、相当大きなコリメーターが必要となるため、本観測では取りつけない。したがって γ 線検出器は方向性をもっていない。

この γ 線検出器が検出できる太陽ライン γ 線強度の下限値を推定すると 10^{-2} photons cm $^{-2}$ S $^{-1}$ 程度となり、予想されるライン γ 線強度と比較するとSGRは重要度2以上の大きな太陽フレアの時に発生するライン γ 線を観測することができると考えられる。

3. エレクトロニクス システム

CsI(Tl)-Plastic Scintillator の Phoswich 型 Scintillator 中でつくられる蛍光は、光電子増倍管 EMI 9761NB により電氣的信号に変換されるが、CsI(Tl)からの信号(γ 線信号)は、アノードから charge sensitive preamp. を通して取り出され、Slow amp.、linear gate 及び可変 amp. を通してPHAでパルス波高分析される。一方、Plastic Scintillator からの信号(荷電粒子信号)はEMI 9761NB の第11段ダイノードから voltage sensitive preamp. を通して取り出され、fast amp. を通した後、high level discriminator で荷電粒子を判断し除外される。パルス処理系のブロック・ダイアグラムを第2図に示す。



第2図 SGR Block Diagram

観測される γ 線のエネルギー範囲は、初期設定において 240-6480 keV で、この範囲を 128 チャンネルの PHA で測定するが、観測上 128 チャンネルを PH-1 (240-720 keV)、PH-2 (720-2640 keV) 及び PH-3 (2640-6480 keV) の三つに分割し、それぞれを 32、48 及び 48 チャンネルで波高分析する。また観測されるエネルギー範囲は PI コマンドにより四段階に変えられる。エネルギー範囲及び 1 チャンネル当りのエネルギー幅を第 2 表に示す。

PH-1 (32 チャンネル)	PH-2 (48 チャンネル)	PH-3 (48 チャンネル)
300-900 keV (18.8 keV/CH)	900-3300 keV (50 keV/CH)	3300-8100 keV (100 keV/CH)
270-810 keV (16.9 keV/CH)	810-2970 keV (45 keV/CH)	2970-7290 keV (90 keV/CH)
※ 240-720 keV (15 keV/CH)	720-2640 keV (40 keV/CH)	2640-6480 keV (80 keV/CH)
210-630 keV (13.1 keV/CH)	630-2310 keV (35 keV/CH)	2310-5670 keV (70 keV/CH)

※ 初期設定

第 2 表 PH MODE におけるエネルギー分割

このように γ 線のエネルギースペクトルを測定するモードを PH MODE といい、太陽フレア時 (FLARE MODE) ではライン γ 線の強度を求める必要から PH MODE で観測が行われる。またこのモードにおける時間分解能は 2 秒である。

一方、太陽フレア時以外の QUIET MODE では、宇宙 γ 線バーストをモニターするために、上述の PH MODE 以外に、PH-1, 2, 3 の三つのエネルギー範囲の γ 線カウント数を測定する PC MODE にも切り替えることができるようになっている。PC MODE は時間分解能 0.25 秒で、バーストの速い時間変化の測定に適している。

4. FLARE MODE と QUIET MODE

前述したように SGR には二種類の動作モードをもっている。FLARE MODE では PH MODE に限られ、 r 線のエネルギーに関するデータ SGR-E が DP へ送られる。一方、QUIET MODE では PH、PC いずれのモードも可能で PI コマンドにより切り替えられる。PC MODE では r 線のカウント数に関するデータ SGR-C が DP へ送られる。SGR のモードは D-HK(W 67) の DPID 2 (F2) に示される。

(i) SGR-E

このモードでは SGR は 128 チャンネルの r 線 スペクトロメータとして動作する。 r 線を検出するたびに、そのエネルギー情報を信号にして DP へ送る。DP では割込み処理によってエネルギー信号に対応して 0 から 127 チャンネルのいずれかに入られる。計数は、0 チャンネルから 127 チャンネルまでを逐次よみ出すと同時にリセットし、再び集積を開始する。1 フレームの間に 8 チャンネル分よみ出すので 128 チャンネル読み出すために 16 フレームかかり、時間にして FLARE MODE では 2 秒、QUIET MODE で 16 秒かかる。したがって各チャンネルの読み出し間隔及び集積時間も FLARE MODE で 2 秒、QUIET MODE で 16 秒である。

(ii) SGR-C

このモードでは 3 チャンネルの分解時間の短い r 線検出器として動作するので、太陽活動が静穏な期間、宇宙 r 線バーストの観測に用いる。PH-1, 2, 3 のエネルギー範囲に対応した r 線のカウント数 PC-1, 2, 3 を DP 内のカウンターに集積し、そのカウント数を 1 フレームの間に PC-1 は 4 回、PC-2, 3 はそれぞれ 2 回よみ出す。したがって分解時間は PC-1 では 0.25 秒、PC-2, 3 ではそれぞれ 0.5 秒となる。なお、リセットは行われない。

5. その他 項目

- データ フォーマット
- HK (D-HK, A-HK)
- コマンド (Real Time CM, PI-CM)

に関しては、SXT, HXM の項を参照されたい。

6. お わ り に

以上、ASTRO-AのSGRについて解説したが、データ処理，データ伝送の細部に関しては、DP，コマンドシステム等と密接な関連をもっている。これらの項も合せて参照されることを希望する。

東大天文台 田中捷雄 西 恵三 守山史生

宮崎英昭 熊谷収可

明星電気(株)

理学電機(株)

§ 1. 観 測 の 目 的

過去に於ける太陽観測衛星によりフレアの時に生成される高温プラズマの性質はかなりわかってきた。しかし基本的な加熱機構即ち磁場(電流)のエネルギーが熱エネルギーに変換される過程を明らかにするには未だ情報が不足している。加熱機構に関して現在2つの仮説(非熱的電子の熱化及びプラズマ乱流による直接加熱)が提起されており、これに決着をつけるためには急激に加熱されつつある非平衡高温プラズマのかなり詳しい分光診断を平均的な加熱時間(数分)よりずっと短い時間分解能で行う必要がある。

SOXでは、特殊な分光方法を用いて加熱過程にある高温プラズマから放射される高階電離鉄イオンの輝線スペクトル、及び線プロファイルを高い時間分解能で観測することを目的とする。具体的なテーマとしては次の項目が上げられる。

(1) 加熱の初期に放射されるであろう低電離イオン($\text{Fe}^{+16} \sim \text{Fe}^{+20}$)からの K_{α} 線の強度、時間変化より非熱的電子生成と熱的プラズマ生成の時間的、量的因果関係を調べる。

(2) 電子温度(同一イオンの出す2輝線の強度比又は連続スペクトルから求める)とイオン温度(輝線ドップラー幅より求める)の大小関係による加熱機構の診断。

(3) 非平衡加熱(冷却)プラズマの各種分光診断(電離温度、密度、プラズマ運動等)

(4) 連続スペクトルの偏光測定(電子ビームとの衝突によりX線が放射される場合)

フレア初期の加熱は硬X線バーストとほぼ同時に進行し、数分で極大温度に到達することが知られているが、軟X線フラックスはこの後に増大し続け、更に数分~15分たって極大に達した後ゆっくり(数10分~10時間)減少する。この2つの極大のずれは、初期加熱の後熱流により大質量の低温領域が2次加熱されるためという仮説がある。この仮説の検証及び冷却過程の解明のため極大1/2後の診断が重要となる。このためSOXとFLMにおいてはFlare mode直後のQuiet mode中の観測は重要な情報を提供する。

SOX の分光方法は、衛星のスピンを利用するため従来同時には得られなかった高い時間分解能と高い波長分解能を重ね備えており、又分光と同時に偏光も測定できる利点を持つ。同時期に存在するであろう SMM と比べて波長、時間分解能に於いては同程度の 2 感度に於いては数倍の性能を有する。

§ 2. 装 置 の 概 要

SOX はブラッグ結晶から成る光学系、NaI(Tl)シンチレーションカウンタの検出器系及び信号処理回路系と高圧電源から成る。光学系と検出器系は分光器を形成し、2つの分光器に対し2つの独立した信号処理系が付いている。(SOX-1, -2)

2つの検出器系は共通の高圧電源に接ながれている。分光器は第1図に示され、信号処理系、高圧電源を内蔵する。分光器中の基準面 A は衛星のスピン軸方向に精度よく取り付けられている。スピンを利用して分光を行うため、スピン軸は太陽方向と微小角オフセットされる必要があり、又設定スピン軸と真のスピン軸の間の誤差はできるだけ小さくされる必要がある(約6分以内、§3参照)。又、スピン軸の安定性も問題になり、振幅はオフセット角の1割以内に収められるのが望ましい。

太陽 X 線は2つの衛星窓(50×50mm 及び 57×57mm)から入射し、22 cm 長の衛星上部通路を通過した後、分光器の前面に設けられた 5° × 5° の視野のコリメータでしぼられ、結晶によりブラッグ反射を受けて固定検出器に入る。コリメータは、diffuse X 線成分等を遮断するためのもので、視野はスピン軸が最大 2.5° までオフセットしても観測可能になるようにとってある。

§ 3 光 学 系 (ブラッグ結晶)

SOX の分光方法の概要は第2図に示す。又、使用する2つの結晶の特性等は表1にまとめる。一般にブラッグの干渉条件を満たす波長(λ)は結晶への X 線入射角を θ として

$$\lambda = 2d \sin \theta$$

で表わされるが(2dは結晶の格子定数)第2図に示す分光方法ではブラッグ角 θ は結晶とスピン軸のなす角 α 、スピン軸のオフセット角 δ 、スピン角 φ により

$$\sin \theta = \sin \alpha \cos \delta + \cos \alpha \sin \delta \cos \varphi$$

で表わされる。表1の2つの結晶については(δ を微小角として)

$$\text{SiO}_2 : \lambda = 1.856 + 0.0167 \cdot \delta^{(6)} \cos \varphi \quad (\text{オングストローム})$$

$$\text{Ge} : \lambda = 1.860 + 0.010 \cdot \delta^{(6)} \cos \varphi \quad (\text{オングストローム})$$

となる。分光波長はブラッグ角で $\alpha - \delta \leq \theta \leq \alpha + \delta$ の範囲である。色々なオフセット角(δ)に対する分光波長範囲を表2に示す。全波長域のスキャンに要する時間はスピン半周期分(6秒)であるが、波長によって時間分解能は6秒から12秒に及ぶ。カウント数は15.6mS毎にサンプルされるので、この時間内のスピン角の変化 $\Delta\varphi = 0.46^\circ$ に相当する $\Delta\lambda (= 2d \sin \delta \cos \alpha \sin \varphi \cdot \Delta\varphi)$ の分解能のスペクトルが得られる。この $\Delta\lambda$ (スキャンステップ) はスピン角(φ)によって変化するが、結晶固有の分解能(ロッキングカーブ半値幅)の前後の値をとる(表1)。

表1に示されるように SiO_2 (SOX-1) は広波長域を比較的分散で分光し、 1.94\AA 付近の $\text{K}\alpha$ 線から 1.78\AA の $\text{Fe XXVI Ly } \alpha$ 線までカバーし、 Ge (SOX-2) は $1.85 - 1.87\text{\AA}$ の狭波長域と高分散(0.0002\AA)で分光して輝線プロファイル、電子温度等を測定する。夫々の結晶で分光される主な輝線のリストは表3に示される(輝線は全部で54本ある)。

SiO_2 系が $1.78 - 1.94\text{\AA}$ をカバーするためには設定スピン軸の精度が問題になる。スピン軸の誤差の許容度はオフセット角と共に増大し、 $\delta = 0.75^\circ$ では2.1分、 $\delta = 1.2^\circ$ では29分である。必要な波長領域をカバーするにはオフセット角が大きめの方がよいが、あまり大きくなると波長分散が悪くなるので、SOXとしては $\delta = 1^\circ \sim 2^\circ$ が望ましい。

輝線の全カウント数 N は $N = \frac{IAR\eta}{\omega}$ で与えられ(I は地球軌道でのX線強度、 A : 有効面積、 η : 全効率、 R : 積分反射能、 ω : ブラッグ等価角速度 ~ 0.007) 分光器の sensitivity は $\frac{A\eta R}{\omega}$ で決定される。検出器のノイズを含めたバックグラウンドは15.6mS当り1カウント以下であるので検出しうる最小強度は $29 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (SiO_2) $87 \text{ ph cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Ge) である。これは Fe XXV の共鳴線(1.855\AA)についての emission measure (Ne^2V) に換算すると夫々 $10^{45.5}$ 、 $10^{45.9}$ に相当し、かなり小さなサブフレアまで観測可能となる。

§ 4. 検出器 (シンチレーションカウンタ)

ブラッグ分光では検出器のエネルギー分解能はあまり問題にならないので、ダイナミックレンジの大きなシンチレーションカウンタを使用している。(フレア軟X線の強度範囲は6桁に及ぶ)。検出器はBe窓($150 \mu\text{m}$ 厚)へきかい面で切断された NaI(Tl) 結晶、PMT (EMI9750NB) からなり、前面に $\text{Cd } 22 \text{ KeV}$ の校正線源をとりつけてある。PMTの有効径は5cmであるが、光学系前面のコリメータにより絞ってあるため、実際の入射光はSOX-1で $26 \times 26 \text{ mm}$ 、SOX-2で $30 \times 30 \text{ mm}$ である。これはブラッグ反射角度がスピンと共に変動しPMTの異なる場

所に入射するための対策である。検出器のエネルギー分解能は 5.9 KeV で約 50 % であり、 $-30^{\circ} \sim +50^{\circ} \text{C}$ においてノイズスペクトルと信号スペクトルの十分な分離がなされている。高圧は約 1100 V で使用し PMT のブリーダー抵抗は 230 M Ω 、ブリーダー電流は 4.8 μA である。このブリーダー電流は最大アノード電流 0.5 μA (3×10^5 CPS のカウントに相当) の約 10 倍にとっている。なお、ブリーダー抵抗値を十分大きくとっているので放射線帯において高圧を下げる必要はないと考えられる。

§ 5 観 測 モード

SOX のデータ処理にはカウントモード (SOX - C) とエネルギーモード (SOX - E) の 2 つがある。カウントモードでは 2 つのディスクリレベルの範囲内の波高のパルスのカウント数を 15.6 mS 毎に集積するもので、通常フレアの X 線スペクトルの分光はこのモードで行う。なお、Flare mode のときには連続的にデータ処理を行う (4 SF 遅れのデータ) のに対し Quiet mode のときには 8 秒間データを連続的にとり、それに続く 56 秒間はデータ取得を休む。エネルギーモードはパルス波高を 16 チャネルに分けて各チャネルに入るカウントを集積するもので (Flare mode では 250 mS 間の集積、Quiet mode では 2 S 間の集積)、通常 Cd の線源による較正に用いる。DP 内でのカウントモードからエネルギーモードへの切換えと同時に SOX 内のパルス処理系で高ゲイン ($\times 1$) から低ゲイン ($\times \frac{1}{3}$) への切換えが自動的に行われるようになっており、このゲインの切換えで Cd 線源のエネルギーが鉄輝線のエネルギー領域へ入るようになる。一方、後に述べるように PI コマンドでゲインの切換を禁止することができるので高ゲインのままエネルギーモード、又低ゲインでカウントモードにすることも可能である。4 つの観測モードでの測定対象を表 4 にまとめる。

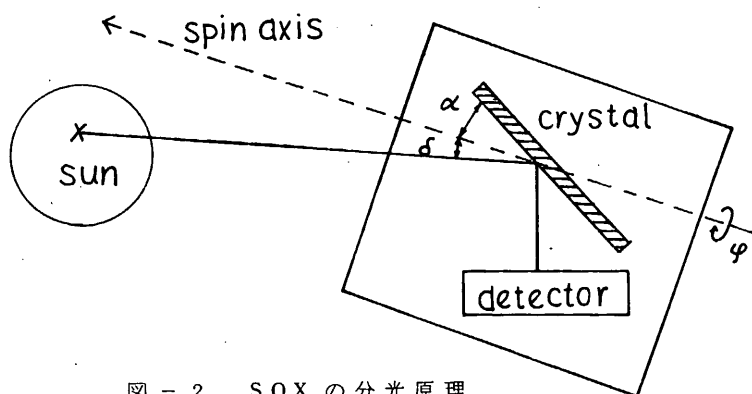


図 - 2 SOX の分光原理

表1 分光器諸特性

	SOX - 1	SOX - 2
結 晶 (2d)	SiO ₂ (10 $\bar{1}$ 0)(6.69Å)	Ge(422)(2.30Å)
結晶とりつけ角度(α)	16.111°	53.986°
寸 法	133×44 mm	53×40 mm
有 効 面 積	6.76 cm ²	9.0 cm ²
ロッキングカーブ半値幅	15"	15"
波長分解能	0.00047 Å	0.00010 Å
波長ステップ	0.0001 - 0.0011 Å	0.00002 - 0.00023 Å
積分反射能	50×10 ⁻⁶ rad	30×10 ⁻⁶ rad
efficiency(= $\frac{ARc\eta}{\omega}P$)	2.2 ~ 10×10 ⁻² cm ² S	1.0 - 4.0×10 ⁻² cm ² S
測定物理量	電離温度	イオン温度
	密 度	電子温度
	K α	ドップラーシフト
	連続スペクトル	偏 光
衛星窓寸法	50×50 mm	57×57 mm
コリメータ寸法	26×26 mm	30×30 mm

表2 スピン軸オフセット角(θ)と分光波長範囲の関係

オフセット角(θ)	SOX - 1	SOX - 2
0.75°	1.772 - 1.940 Å	1.843 - 1.878 Å
1.0°	1.744 - 1.968 Å	1.837 - 1.884 Å
1.2°	1.721 - 1.991 Å	1.832 - 1.888 Å
1.7°	1.665 - 2.046 Å	1.819 - 1.900 Å
2.5°	1.574 - 2.135 Å	1.800 - 1.918 Å

表3 主要鉄輝線リスト

波 長		SOX - 1
1.938~1.930Å	Kα Fe ⁺⁷ ~ Fe ⁺¹⁵	
1.928~1.897Å	Kα Fe ⁺¹⁶ ~ Fe ⁺²⁰	
1.886	Kα Fe ⁺²¹ (B)	
1.875	Fe ⁺²² 1S2S ² 2P→1S ² 2S ²	
1.865	Fe ⁺²³ 1S2S2P→1S ² 2S	
1.855	Fe ⁺²⁴ 1S2P→1S ²	
1.8895~1.8618Å (16本)	Fe ⁺²³ (inner shell excitation)	
1.8743~1.8604Å (6本)	Fe ⁺²⁴ (dielectronic recombination)	
1.8500	Fe ⁺²⁴ 1P° → 1S	
1.8551	Fe ⁺²⁴ 3P° → 1S	
1.8677	Fe ⁺²⁴ 3S → 1S	
1.792	Fe ⁺²⁴ 1P ₁ ° → 1P°	
1.787	Fe ⁺²⁴ 3P° → 3S	
1.784	Fe ⁺²⁴ 1S → 1P°	
1.79	Fe ⁺²⁵ 2P → 1S	

表4 モード別観測対象

カウントモード (SOX-C)	高ゲイン	{ フレア: 鉄輝線 (1.78-1.94Å) のブラッグ分光—通常モード 非フレア: バックグラウンドのカウント数
	低ゲイン	{ フレア: 0.59-0.65Å (3次) 連続スペクトルのブラッグ分光 非フレア: Cd ソースのカウント数
エネルギーモード (SOX-E)	高ゲイン	{ フレア: ブラッグ分光された鉄輝線の波高分布 非フレア: バックグラウンドの波高分布
	低ゲイン	{ フレア: Cd ソース+フレア 0.6Å 連続スペクトルの波高分布 非フレア: Cd ソースの波高分布 (較正用)—通常モード

§ 6. 処理系ブロックダイアグラム

SOX は、合計 2 ケの検出器に対し 2 ケの信号処理系が用意されている。これらの回路は基本的には全く同等で、各々の X 線のカウント数（検出信号：PC）と、そのパルスの高さ（エネルギー：PH）が測定できる。

SOX 処理系のブロック図を図 - 3 に示す。

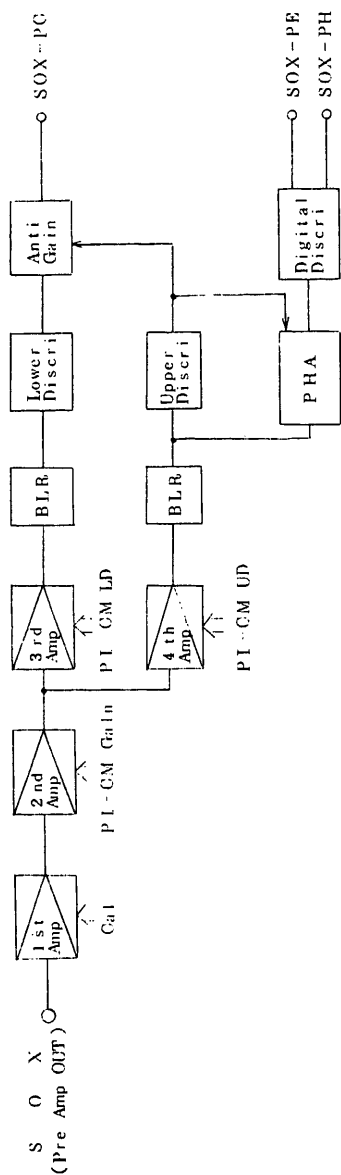


図 - 3 SOX 処理系ブロック図

§ 7 通常コマンド (CM) 及び PI コマンド (PI - CM)

1) 表 - 5 に、CM項目表を示す。 SOX - HV ONは2重操作コマンド となっている。 又 HV - ALL OFF、PI - ALL OFF 及び CAL ONは SOX単体だけでなく、他の機器にも一斉に送信される。

表 - 5 CM 項 目

CM 項 目	AD	EX	X	Y	CONTROL 内容	備 考
SOX ON	15	12			SOX ON, SOX HV Enable	
SOX-HV ON	9 10	3 4	15	13	SOX HV ON	ダブル CM *
HV ALL OFF	13	15			SOX HV OFF	SOX では直接受けない
PI ALL OFF	13	14			SOX OFF, SOX HV OFF	"
CAL ON	13	8			CAL ON	"

* AD 9 - EX 3 及び AD 10 - EX 4 は CM - B ON

2) PI - CMは表 - 6 に示すように SOX について2つの機器指定をもっており、Discr i Level、Gain、高圧電源電圧、Cal 等の切換え、コントロール等ができる。

表 - 6 PI - CM 項 目 表 ○印は Initial

ブロック名	機器指定	Lower Discr i		Upper Discr i		Gain		HV	
SOX - 1	01111	1 1	4. 5 KeV	1 1	13. 5KeV	1 1	-10〔%〕	1 1	V - H
		1 0	4. 0 KeV	(1 0)	12. 0KeV	(1 0)	0〔%〕	1 0	↑
		0 1	3. 5 KeV	0 1	10. 5KeV	0 1	+10〔%〕	(0 1)	
		(0 0)	3. 0 KeV	0 0	9. 0KeV	0 0	+30〔%〕	0 0	V - L
SOX - 2	01110	Lower Discr i		Upper Discr i		Gain		Cal	
		1 1	4. 5 KeV	1 1	13. 5KeV	1 1	-10〔%〕	1 ON	/
		1 0	4. 0 KeV	(1 0)	12. 0KeV	(1 0)	0〔%〕		
		0 1	3. 5 KeV	0 1	10. 5KeV	0 1	+10〔%〕		
		(0 0)	3. 0 KeV	0 0	9. 0KeV	0 0	+30〔%〕	(0) OFF	

§ 8. エネルギー範囲

観測エネルギー範囲は、Lower Discr (LD) と Upper Discr (UD) の間であり、その LD 及び UD は PI-CM (表-6) により独立に指定できる。又 PI-CM の Gain コントロールにより、-10%、0%、+10%、+30% と処理系の Gain が可変できる。又高圧電源電圧も PI-CM により4段階に可変でき、これにより検出器 (PMT) の Gain を変化させられる。さらに検出器及び処理系の較正用であるため、あらかじめ検出器に組込んである X 線源 (Cd^{109} 22 KeV) のカウントも加わるが、CAL を行うことにより、LD 及び UD を3倍にすることができる。これらの CM 及び PI-CM により広い範囲に渡って細かく観測エネルギー範囲を設定できる。

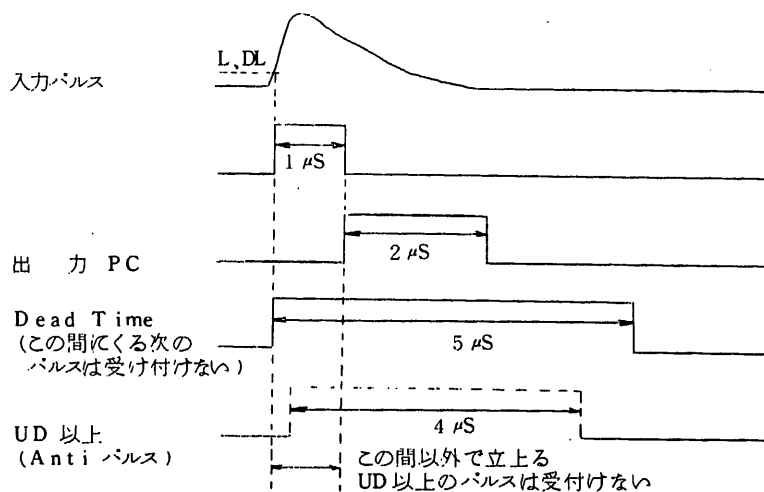
§ 9. データ処理

SOX-Eでのデータ処理には、X線1カウントに対し1つのパルスをDPに送るPCと、入射X線を16chに波高分析して波高値に応じた0~15のパルス列を出力するPHとがある。SOX-Eの出力としてはPC、PH共に常にDPへ送られている。

1) PC

後述するように TM 伝送容量は、Flare Mode では 4095 Counts/15.6 mS (Max. Counting Rate 262 K Counts/sec) であるが、SOX-E⇄DPE間のインターフェイス条件 (PCパルス幅 2 μ Sec Min.、デューティサイクル50%以下) により PC 処理時間 (Dead Time) 5 μ S/Count となり、Max. Counting Rate 200 K Counts/Sec となる。処理タイミングを図-4に示す。

図-4 PC処理系タイムチャート



2) PH

LDよりUDまでのパルスについて、入力パルスをピークホールドし、PAクロックと同期を取り、定電流放電し0クロスするまでの間PAクロックを出力する。さらに3 KeV～13.5 KeVの間をTMの16 chに出力するため4 Pulse 分カットし、これをPH出力としてDPへ送る。

データ処理時間(Dead Time)は $100\ \mu\text{S}/\text{Count}$ である。但し、UD以上のパルスについては $5\ \mu\text{Sec}$ となる。これらPHの処理タイミング図を図-5に示す。又、TM伝送チャンネルとエネルギー範囲は図-6に示す。

図-5 PH タイミング図

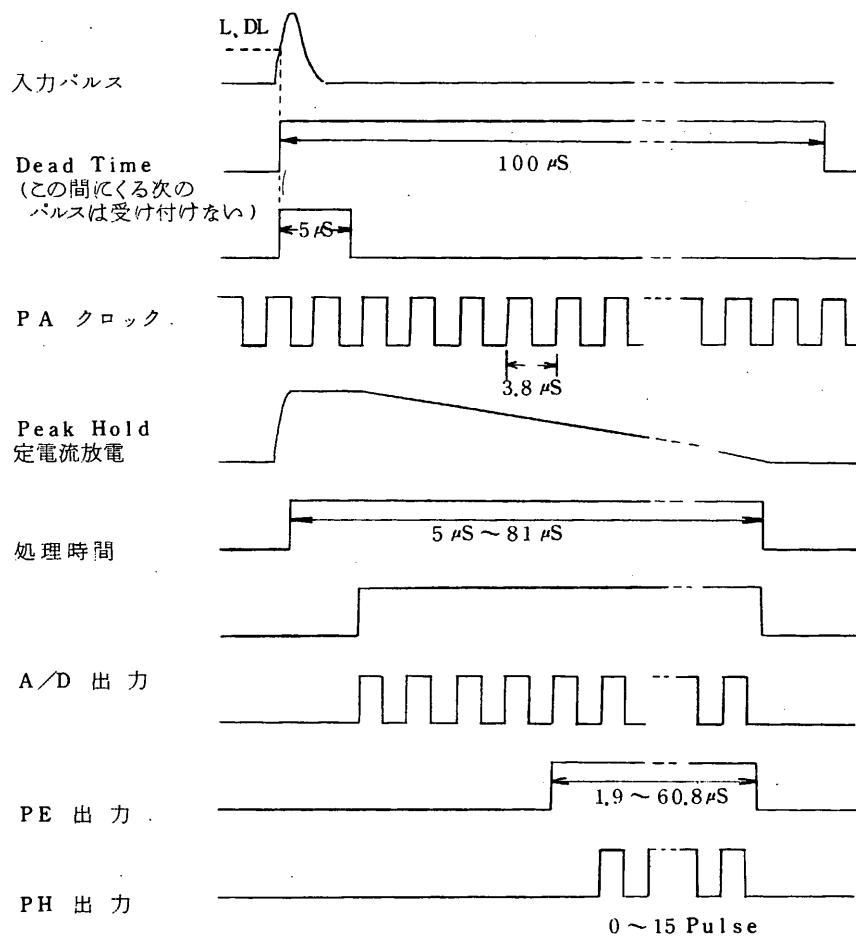
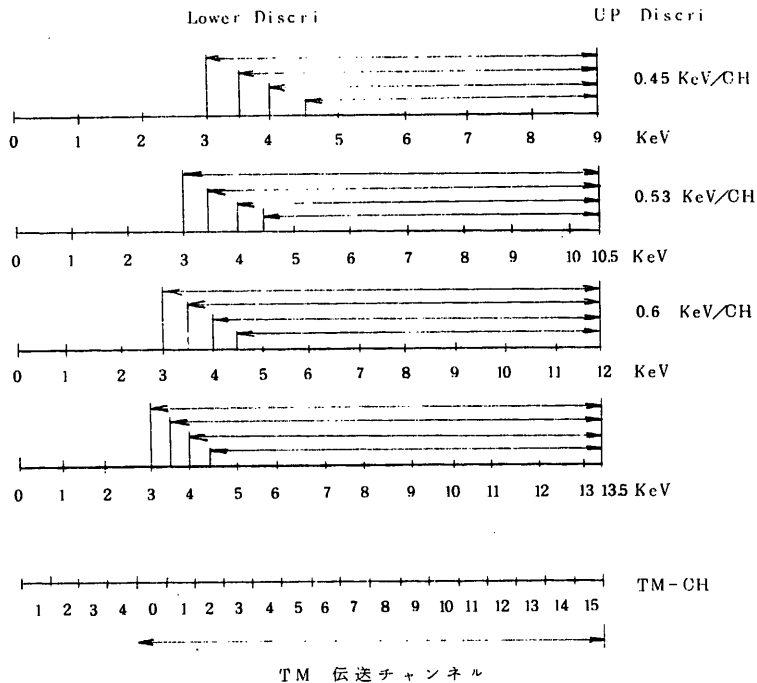


図 - 6 SOX PH-CH の PI-CM による変化

CAL の時はエネルギーが3倍になる
Lower Discr i 以下の TM-CH は "0" が出力される



§ 10. CAL

検出器及び処理系の較正をするため、検出器にはあらかじめX線源 (Cd^{109} 22KeV) が組み込まれている。通常の観測 Mode では 22 KeV は VD 以上になっているが CAL になると処理系の Amp Gain が $1/3$ となり 22 KeV が TM 伝送 ch 中に現われる。

又、PC Mode 中でも CAL になると自動的に PH Mode となる。

CAL は Quiet Mode 時のみに行い Flare Mode 時には行わない。

また、Flare Mode 時には CAL コマンドがあっても受け付けない。CAL には次の4つの種類がある。

- A. Real Time CM による CAL
- B. Delay CM による CAL
- C. Flare 終了後の AUTO CAL
- D. 昼から夜になった時の AUTO CAL

これらの CAL は SOX 単独ではなく他の機器と同時に行われる。又 CAL 持続時間はいずれの CAL においても同一であり、128 Sec である。

又 SOX には、DP PI-CM に SOX CAL Enable/Disable があり、Disable にしておけばこれら全ての CAL を受けつけない。

SOX の PI-CM にある CAL ON/OFF は処理系の Amp Gain を 1/3 にするだけで他の変化はない。従ってこの PI-CM でキャリブレーションを行う場合は DP PI-CM により SOX をエネルギー Mode にする必要がある。この PI-CM による CAL の持続時間は次の PI-CM により CAL OFF するまでの間であり自由に選べる。

CAL は DP によりコントロールされているので詳しくは DP の項を参照されたい。

§ 11. HK

衛星内センサー等の機能をチェックするために HK には次の様な信号が伝送されている。SOX に関するものには表-7 に示す様に Analog HK と Digital HK とがある。表中 SOX-HV は高圧電源の電圧をモニターするもので、1500V を Full Scale 5V で表示する。TL-33 は SOX の結晶温度を測定する。又 Digital HK の SOX-GAIN は CAL 状態になった時の ID である。

表 - 7 H K

i) Analog HK

名 称	F	W[F]	W[Q]
SOX-HV	6.38	71	81
SOX TL-33	24.56	71	81

ii) Digital HK

FLARE, QUIET 共通

F56, W67

bit	名 称	"1"	"0"
0	SOX ON/OFF	ON	OFF
1	SOX-HV ON/OFF	ON	OFF
2	SOX-GAIN H/L	H	L

§ 12. データ伝送

データ伝送モードには、Data Recoderを使用した Rec Mode と 内の浦上空を衛星が通過する間受信される Real Mode がある。これらによる伝送フォーマットは、データ識別 ID により分離される以外は同一データである。

又、上記 2 Mode には、比較的太陽の静かな時の観測 Mode である Quiet Mode (ビットレート 1024 Bits/Sec) と太陽の Flare を観測する Flare Mode (ビットレート 8192 Bits/Sec) とがある。これらの Mode は通常、Quiet Mode で運用され、太陽の Flare 時に FLM, HXM, PXM などのカウント数により Flare を自動判定し Flare Mode に移り、1024 Sec 間 Flare Mode で観測する Flare Auto Mode により自動的に切換えられる。又 Real Time CM あるいは Delay CM によって Manual に切換えることもできる。

SOX に関しては Flare Mode と Quiet Mode とはビットレートが異なるのみでデータフォーマットは同一である。

DP の PI-CM、SOX Mode E/C により Energy Mode あるいは Count Mode に選択できる。各 Mode での時間分解能を表-10 に示す。

1) Count Mode

Flare Count Mode は 15.6 mS 毎にリセットされる Flare 用 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションしてメモリに蓄えておき 4 SF (32 Sec) 後に出力する。またこのデータは Quiet Mode においても事前のため込み処理としてメモリに蓄えられるが Quiet Mode 中は出力されないので 4 SF 経過すると常に新しいデータと書き替えられる。Quiet Count Mode は Flare データと同一のデータを Quiet データとして 64 秒間に 8 秒間だけ Flare レートのままでメモリに蓄えておき、そのデータを書き込みの 1/8 のレートである Quiet レートにより読み出して 64 秒の間に出力する。

表-8 SOX PC Mode の伝送フォーマット

Flare Mode (IF = 125mS)、Quiet Mode (IF = 1 S)

W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC		CODE												SOX-1	SOX-2
16															"	"
32															"	"
48															"	"
64	共配A		共配B	共配C											"	"
80															"	"
96															"	"
112															"	"

2) Energy Mode

SOX-Eより出力されたPHデータによりエネルギーレベルを識別した後、メモリをカウンタとして使用することにより各エネルギーレベル毎の入力イベントパルスを一定時間(FLARE Modeでは250mS、Quiet Modeでは2S)カウントしエネルギーレベル毎のカウント数を2Frameで1セット(16ch分)出力する。

このフォーマットを表-9に示す。

表-9 PH データフォーマット

FLARE Mode (PH) F2・n														SOX-1SOX-2		
W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE														CH0	CH0
16															CH1	CH1
32															CH2	CH2
48															CH3	CH3
64	共通A	共通B	共通C												CH4	CH4
80															CH5	CH5
96															CH6	CH6
112															CH7	CH7

FLARE Mode (PH) F2・n+1											SOX-1SOX-2					
W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE														CH 8	CH 8
16															CH 9	CH 9
32															CH10	CH10
48															CH11	CH11
64	共通A	共通B	共通C												CH12	CH12
80															CH13	CH13
96															CH14	CH14
112															CH15	CH15

○ QUIET Mode (PH) も同様である。

○ PH DATA は表の様に 2 Frame で 1 DATA となる。

表-10 DATA 処理の時間分解能

信号名称	センサー数 エネルギーレベル	Bit/Sample および Reduction	FLARE Mode			QUIET Mode		
			時間分解能	リセット間隔	備考	時間分解能	リセット間隔	備考
SOX PC	2センサー 2ライン	12→8ビット	15.6mS	15.6mS	4 SF 遅れの DATA	15.6mS	15.6mS	前ため有 8S観, 56S休
SOX PH	2センサー 16レベル	8ビット	250mS	250mS		2S	2S	

§ 13. そ の 他

SOX に関連のある PI-CAB を表 - 11 に、又 DP-ID を表 12 に示す。

表 - 11 共通系 A PI - CAB

FLARE MODE F (4, 20, 36, 52 F4W64×1/8 F (6, 22, 38, 54 F6W64×1/8
12, 28, 44, 60) 14, 30, 46, 62)

W 64		W 64	
bit	名 称	名	称
0	START/SET	OS	0
1	" 0 "	"	1
2	" 0 "	"	2
3	MD 0	"	3
4	" 1	"	4
5	" 2	"	5
6	" 3	"	6
7	" 4	"	7

QUIET MODE F2nW16 と F2n+1W16 で bit 内の内容は FLARE MODE と同様

表 - 12 DP - ID

FLARE, QUIET 共通

DPID-1 F1, 33 W67

bit	名 称	" 1 "	" 0 "
0	データ識別	RECORD	REAL
1	FLARE AUTO/MANU	AUTO	MANUAL
2	FLARE/QUIET	FLARE	QUIET
3	HIGH FLARE	EXIST	NOTHING
4	LOW FLARE	"	"
5	FLARE MAC CONT	STOP	NORMAL
6	RBM (VETO)	ON	OFF
7	CAL	ON	OFF

DPID-2 F2, W67

bit	名 称	" 1 "	" 0 "
1	SOX MODE	PH MODE	PC MODE
4	SOX CAL	ENABLE	DISABLE

§ 14. お わ り に

以上 ASTRO-A の SOX について解説したが、データ処理、データ伝送の細部に関しては DP、HK、コマンドシステム等と密接な関連をもっている。これらの項も合せて参照されることを希望する。

又、衛星の姿勢決定、制御のためには、GAS、HOS、SAS、AC 等も参照されたい。

東京大学宇宙航空研究所

松岡 勝, 田中靖郎

小山勝二, 井上 一

前 孝司 新海吉幸

東京芝浦電気㈱

宇宙事業開発部

1. 概要

ASTRO-Aのミッションとして太陽フレアが発生した場合、速やかに観測態勢に入る必要がある。太陽フレアモニター (FLM-FLare Monitor) は、フレアに伴って発生する強いX線を捉えて太陽フレアの発生を知らせるものである。

FLMは、ベリリウム厚さ100 μ の窓をもつ蛍光比例計数管 (SPC-Scintillation Proportional Counter) によって、1.5~20 keVのX線を捉える。このうち通常3.5~10 keVのX線がある強度以上になった場合、ASTRO-Aの観測器は、太陽フレアの観測態勢に入る。FLMは、このエネルギー範囲のX線強度のモニターだけでなく1.5~10 keVのエネルギー領域を128チャンネルに分けて、エネルギースペクトルを得ることができる。ここに使用するX線検出器 (SPC) はすぐれたエネルギー分解能をもっているため太陽フレアによる高温領域の熱輻射のスペクトルを捉え、Fe, Si, Sなどの強い輝線は分解出来る予定である。

こうして、FLMは、ASTRO-Aの本来の使命であるフレアのモニターだけでなく連続と輝線からなる広帯域のX線スペクトルを通じて太陽フレアによる非熱的粒子の振舞、太陽コロナの高温領域の形成の過程、元素の在存量なども知る手がかりが得られるものと考えられる。

2. 装置の構成

装置の構成は次のものから成っている。

(1) X線検出部

蛍光比例計数管 (SPC)

コリメーター

エネルギー校正機構

(2) 高圧電源部

HV1

HV2-H, HV2-L

(3) 回路系

このうち(1)と(2)は、FLM-センサー部(図1)として一体となっていて、回路系とは束線によりつながっている。回路系はデータプロセッサ(DP)、ハウスキューピング(HK)、コマンド(CM)、電源系(PS)につながっている。

3. X線検出部

X線検出部SPCからなる検出器と入射X線の視野を制限するコリメーター部とX線検出器の絶対エネルギーを較正する較正機構(キャリブレーション機構)から成っている。

視野は、 $10^\circ \times 10^\circ$ の板状コリメーターがSPCのX線入射窓前に取り付けられている。エネルギー較正機構は、ロータリソレノイドを用いてDPからくるCalibrationの信号の間(128秒)、SPCの窓前に Fe^{55} によるX線(5.9 keV)が照射されるようになっている。

FLMに使用するX線検出器は蛍光比例計数管と呼ばれ、従来使用されてきた比例計数管に比べてエネルギー分解能が2倍程良いことと、飽和に達するX線強度が高い。6 keVのX線では約10%のエネルギー分解能を示し、太陽フレアに伴うFe, Si, Sなどの輝線を分解できる。また強いX線強度でも飽和しにくいことは、太陽フレアに伴うX線のようにダイナミックレンジが大きく変わるものを捉えるのに都合が良い。

ちなみに、 10^5 c/secまでは、カウンターの動作は正常で、それ以上の計数率でもバイルアップは起こるが、比例計数管にみられるパルスハイトが下がることはない。FLMのSPCの構造は図2に示すようにX線入射窓(ベリリウム 100μ)をもつガスチェンバーとそこで発生した光を捉える光電子増倍管から成るがガスチェンバーは、2層のメッシュから成る電極があり、第1メッシュには500V、第2メッシュには、6000Vの高圧電圧が印加される。ドリフト領域は入射X線によって作られた電子は第1メッシュまで集まり、その後加速領域がXeガスを励起して発光させる。この光を光電子増倍管で捉え、パルスに変えてデータとして処理する。ここで、Xeガス中に、不純物が混在していると、ドリフト中の電子が吸収され、性能の劣化になる。長期間Xeガスの純度を保つため、10ppm以下の不純物におさえる必要があり、アルカリ金属のゲッターが内蔵されている。またガスチェンバーの構造は、ガス詰前に十分ベーキングが出来るように高温(300℃)に耐えるようになっている。

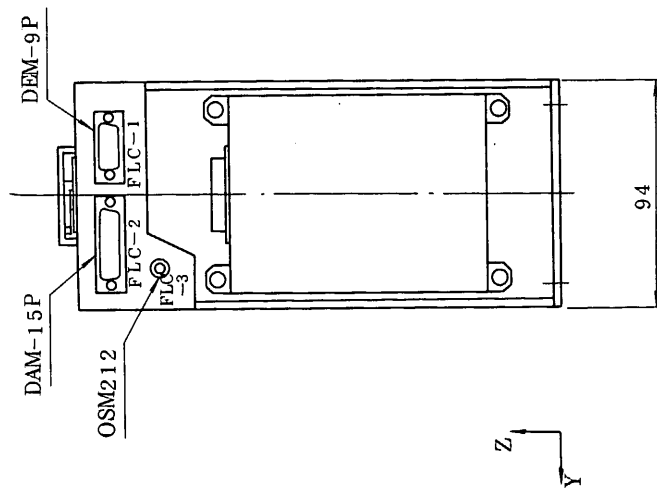
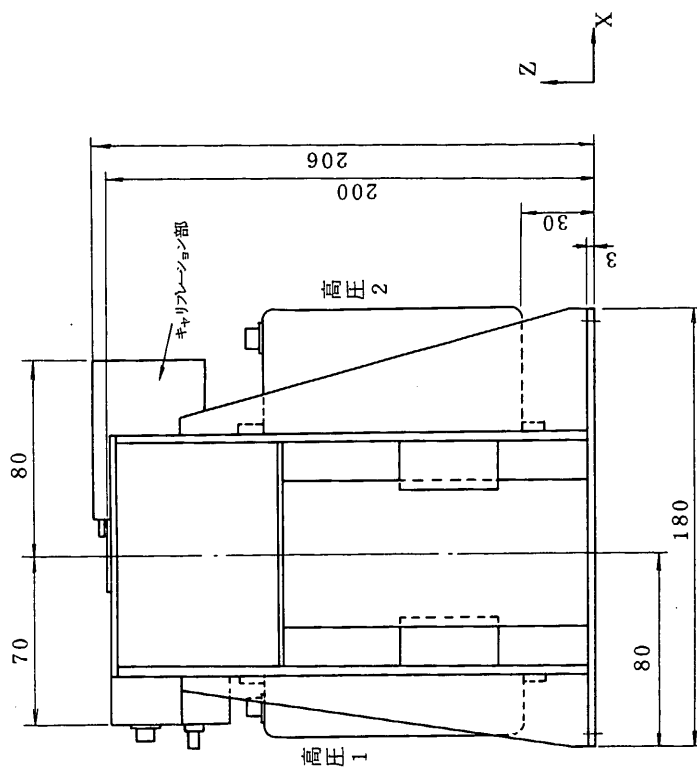
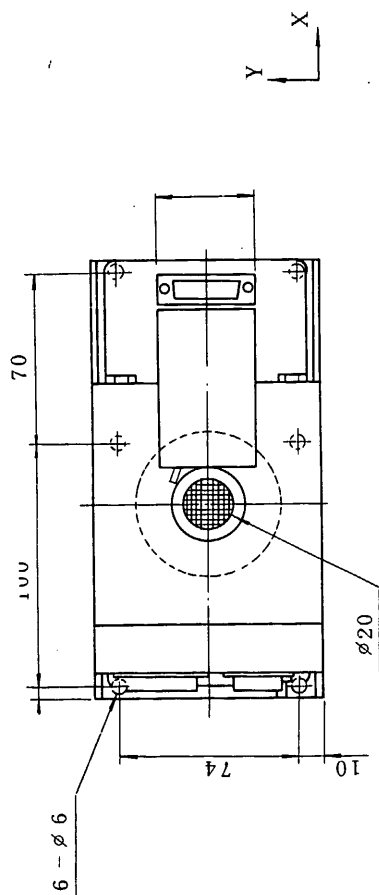
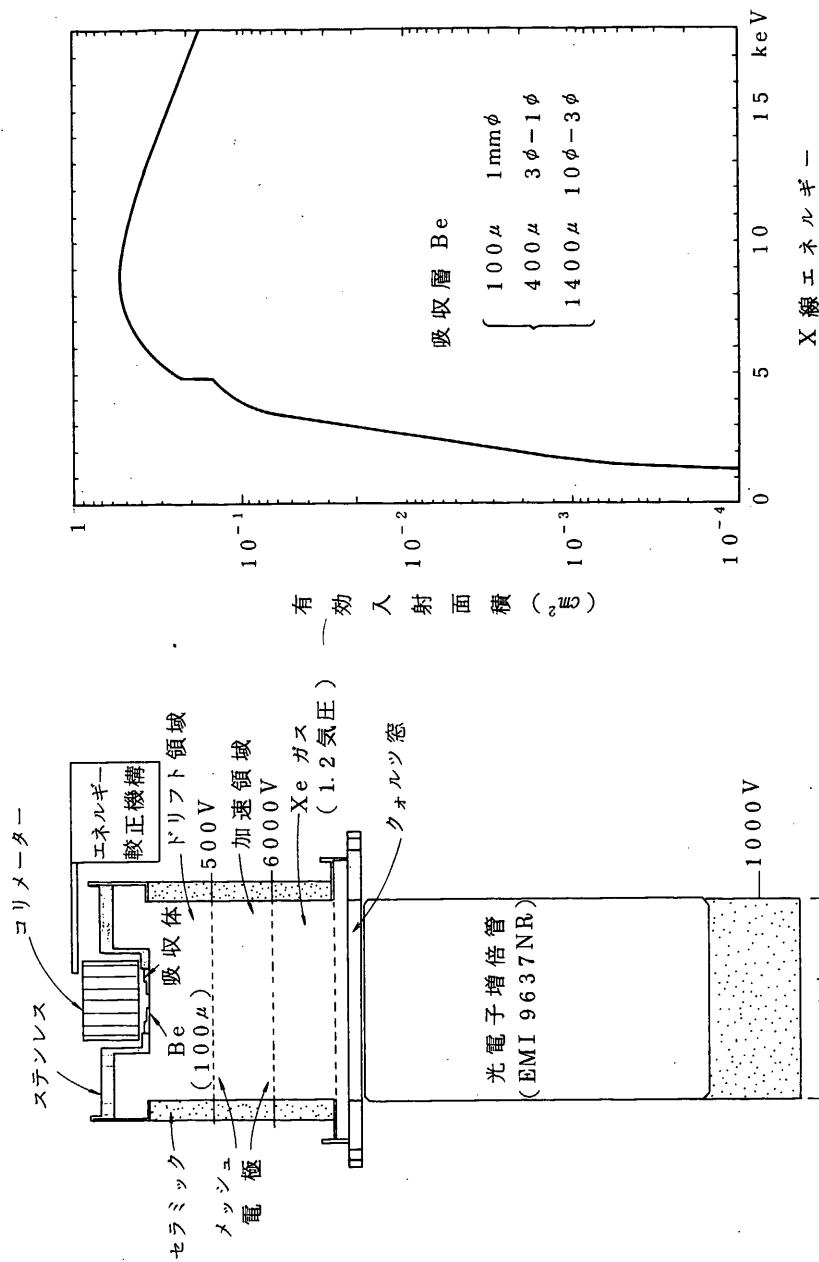
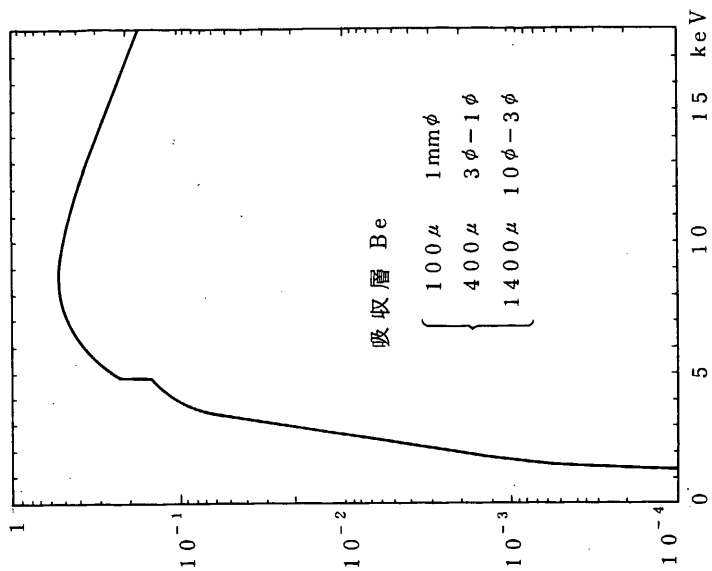


図1 太陽フレアモニター センサー部 (FLM-S)



有効入射面積 (cm²)



X線入射窓の有効面積は、 1.54 cm^2 でBe 100μ が入射窓として用いてあるが、太陽X線はエネルギースペクトルが指数関数的になっているため、低いエネルギーになるほど強度が増加する。低いエネルギーのX線でカウンターが飽和しないように低いエネルギーになるに従って、有効面積は小さくしてある。このためSPCの窓とコリメーターの間に、リング状のベリリウムの吸収層がある。吸収体も含めたX線のエネルギーに対する有効面積は図3に示す。

太陽X線の強度をこれまでの観測から予想して、FLMで検出される予想カウント数は表1に示す通りである。

太陽活動状態	PC-L ($1.5\text{ keV}\sim 3.5\text{ keV}$)	PC-H ($3.5\text{ keV}\sim 10\text{ keV}$)
Quiet Sun	$\sim 10^2$ Counts/sec	~ 10 Counts/sec
Smallest Flare	6.5×10^2	3.2×10^2
Small Flare (typical)	2.2×10^4	1.1×10^4
Median Flare	1.1×10^5	5.6×10^4
Large Flare	1.1×10^6	5.6×10^5

表1 予想されるカウント数

ここでPC-Hがフレアのモニターとして使用されフレアかフレアでないかの指示はDPを通して各観測装置に送られる。

4. 回路構成

回路系のブロック図を図4に示す。センサーにはGas Scintillation Proportional Counter（以下SPCと略す）を使用しており、内部は1.2気圧程度のXeガスを封じたガスチェンバーと発生した光をとらえる光電子増倍管、プリアンプから成っている。SPCセンサー部にはガスチェンバー用として500V、6000V、光電子増倍管用として1000Vの高圧をかけている。X線エネルギー測定範囲は $1.5\text{ keV}\sim 20\text{ keV}$ 程度をカバーすることができる。

SPCで検出された入射X線は増幅されて一方は波形弁別部へ入り、バックグラウンドノイズによる速い立上がり時間の信号が入力された時はこの弁別部の出力でゲート部を閉じデータを取得しないようになっている。

もう一方は測定レンジ範囲のX線を通すバンドパスフィルタを通り、再びエネルギー弁別、波高分析が出来る程度に増幅される。

エネルギー弁別部では入射X線のエネルギー弁別を行ない、 $1.5\text{ keV}\sim 3.5\text{ keV}$

(PCL), 3.5 keV~10 keV (PCH), 10 keV以上 (PCU)に3分割されてこの出力をDPへ送る但しPCUは波形弁別に関係なく常時DPへ送っている。

波高分析部は入射X線の波高を7bitで分析するもので7bitのバイナリーデータとパルスイベント (PE) をDPへ送っている。

DPインターフェース部はDPからPIコマンドを受け、FLM内部のアンプゲイン設定、ディスクリレベル設定、高圧出力切換、波形弁別ON/OFF、BUS電源 (CAL用) ON/OFF等の指定を行なう。さらにFLMに必要なクロックパルス、フレームパルスをDPから受けている。

電源コマンド部はコマンドデコーダ (CMD) から、リアルタイムコマンド、ディレイコマンドを受けたFLM内部にコマンドをかける。又CMDから電源 (+12V, -12V, +5V, BUS) を受けて各回路へ供給している。

5. データ処理

FLMのデータは入射X線の数进行数するカウントデータ (PCL, PCH, PCU) 及び波高分析を行なうエネルギーデータ (PH0~PH6) がある。

○ カウントデータ (PCL, PCH)

リセットしないフリーランニングの16ビットカウンタでパルス数进行数し、上位、下位それぞれ8ビットずつ出力する。

○ カウントデータ (PCU)

デジタルHK系进行处理をし、FLMでシリーズにDPに送っている8ビットデータをそのまま出力する。

○ エネルギーデータ

エネルギーレベルを128段階に分け、それぞれを16ビットカウンタで一定時間計数し、各レベル毎のデータを上位、下位8ビットずつ出力する。

FLARE MODE時には1.5SF間事前のためこみが行なわれ、このデータを出力する。

衛星システムからデータ処理は太陽フレアを集中的に観測するFLARE MODEとフレア状態でないQUIET MODEがある。以下各モードにおける時間分解能を示す。

	FLAREモード	QUIETモード
PCL, PCH	125mS	500mS
PCU	2sec	16sec
エネルギーデータ	4sec	32sec

上記のデータの他にFLM電源のON/OFF, 高圧電源1, 2のON/OFF, 高圧電源電圧モニター等をデータとして出力している。

FLMのPCHカウントデータは太陽フレア判定用として使われており, カウンティングレートがPIコマンドで設定されたC・R・Dレベルを越えた場合にFLARE FLAGをセットし, フレア状態と判定する。

FLARE FLAG	C・R・D LEVEL				unit
	1	2	3	4	
LOW	256	512	1024	2048	Counts
HIGH		2048	4096	8192	sec

フレア判定はFLMの他に硬X線モニタ(HXM)でも行なわれ, FLMとHXMのORをとる。FLM単独で行なう。HXM単独で行なう等の指定ができる。

6. 諸元

○構成

- 1) 検出器部 (FLM-S) (高圧電源・プリアンプを含む)
- 2) 電子回路部 (FLM-E)

○主要特性

- 1) X線エネルギー測定範囲 1.5 keV ~ 20 keV
通常モードでは

PCL	1.5 ~ 3.5 keV
PCH	3.5 ~ 10 keV
- 2) エネルギー分析CH数 128 CH

通常モードでのエネルギー範囲 1.5 ~ 10 keV

○重量・形状

- 1) FLM-S 2.2 Kg 94W×180D×206H %
 2) FLM-E 1.6 Kg 110×196 ×145

○消費電力

+5V	30mA	150mW	
+12V	110mA	1320mW	
-12V	18mA	216mW	計1.69W
BUS	(200mA)	CAL ON時のみ	

○HK項目

- 1) 高圧電源電圧モニター
 2) 検出器部温度 -50℃～+80℃

項 目	Flare Mode		Quiet Mode	
	フレーム	ワード	フレーム	ワード
FLM HV1	7	7	7	17
FLM HV2H	37	7	37	17
FLM HV2L	39	7	39	17
温度(TL-35)	25, 57	71	25, 57	81

表2 HK項目フォーマット

○コマンド項目・PIコマンド項目

- 表3 リアルタイムコマンド
 表4 ディレイコマンド
 表5 PIコマンド

項 目 名	A D	E X	制 御 内 容
FLM-ON	14	7	FLMの電源をONにする
FLM HV1-ON	14	8	高圧電源1をONにする
FLM HV2-ON	15	7	高圧電源2をONにする
CAL START	13	8	キャリブレーションを開始する(128 秒間)
ALL PI OFF	13	14	FLMの電源をOFFにする
ALL HV OFF	13	15	高圧電源をOFFにする。

表3 リアルタイムコマンド

項 目 名	A D	E X	制 御 内 容
FIM HV RC SET	4	2	高圧電源のリダクションコマンドセット
FLM HV RC RESET	4	3	高圧電源のリダクションコマンドセット

表4 ディレイコマンド

No	動作 ブロック名	機器指定 MD MD MD MD MD -1 -2 -3 -4 -5	動作指定									
			OS-0	OS-1	OS-2	OS-3	OS-4	OS-5	OS-6	OS-7		
	0 1 1 0 0		HV-1 レベル切換		HV-2Hレベル切換		HV-2Lレベル切換		RISE TIM ON/OFF		BUS ON/OFF	
			0 0	LOW	0 0	LOW	0 0	LOW	0	OFF	0	OFF
			0 1	Normal	0 1	Normal	0 1	Normal				
			1 0	Medium	1 0	Medium	1 0	Medium	1	ON	1	ON
			1 1	High	1 1	High	1 1	High				
	0 1 1 0 1		ゲイン切換		LOW ディスクリ切換		Medium ディスクリ切換		Upper ディスクリ切換			
			0 0	LOW	0 0	LOW	0 0	LOW	0 0	LOW		
			0 1	Normal	0 1	Normal	0 1	Normal	0 1	Normal		
			1 0	Medium	1 0	Medium	1 0	Medium	1 0	Medium		
			1 1	High	1 1	High	1 1	High	1 1	High		

表5 P I コマンド

1-5 粒子 X 線観測器 (P X M)

理 化 学 研 究 所 竹 内 一
 今 井 喬
東 大 宇 宙 研 松 岡 勝
東京芝浦電気 (株) 宇宙事業開発部

1. 概 要

A S T R O - A 衛星はスピン軸を太陽方向 (オフセット角 $1.2^{\circ} \pm 0.5$) に向け太陽からの各種放射線の観測を主目的としており、太陽フレアが発生すると各 P I . D P 等は普段の待受状態から高精度の観測状態に一斉に切替わるシステムを採用している。本装置はこの動作が降下粒子、放射線帯等の影響を排除して正常な動作を行なう一助としての機能とあわせて降下粒子、宇宙 X 線源の観測を目的としている。

検出器としては 2 ケの比例計数管をスピン軸に対し 90° で且つ互いに直交する様設置し、大まかなエネルギー分布、方向分布、時間変化等が観測可能である。

2. 観測目的

A S T R O - A 衛星はそのスピン軸を太陽方向に固定し、太陽からの各種放射線観測を主目的としており、特に太陽フレア時に精細な観測を行なう事になっている。一方限られた情報伝達量のため、常時精細観測は行なう事ができず、静穏時は待受状態であり、フレアの生起によってモードを切替え、高精度の観測を行なうシステムを採用している。このためフレア生起を知らせる信号が必要で太陽方向からの放射総量急増をもってそれにあてているがそのための検出器 (太陽フレアモニタ) は又同時に地球周辺の放射線帯に衛星が突入した時とか、降下粒子の増大があった場合にも太陽フレアが発生した時と似た信号を出力してしまい、モードが切替わり、データレコーダの蓄積容量を使い切ってしまうと次に本当の太陽フレアが起っても観測できない状態となる可能性が生じる。これをさけるため、太陽方向を見ない放射線測定器を搭載し、この計数率増加は太陽フレアではないという論理でフレアモニタの信号 V E T O をかける必要が生じた。

このため粒子 X 線観測器として比例計数管をスピン軸に直角に、太陽がその視野に入らない様設置して太陽放射線以外の放射線をモニタし、V E T O 信号としている。そこで放射線帯等による粒子計数率の増加はどのような形で表われるか一応の予測を行なってみる。

< 計数率の予測 >

計数率を予想するため次の方法を用いた。

- 1) 500 km 高度のモデル軌道を時間に対し経度、緯度の形で求める。
- 2) それらの位置に対応する L (シェルパラメータ), B (地球磁場強度) を求め、 L を横軸、 B を縦軸とした座標上にプロットする。
- 3) この図上に特定の放射線について等強度線をプロットする。
- 4) 軌道と等強度線との交わりからある時間に対応する強度を推定する。これを時間対強度の図とする。
- 5) 検出器の GEOMETRIC FACTOR と強度から計数率を求める。

図 1 に 1) のモデル軌道を示す、太目の線は強度推定のために使用したもので、付記した数字は時間 (分) である。この図には South atlantic anomaly をハッチした部分で示し、K S C を黒丸で示した。

図 2 は L , B 図上でのモデル軌道の 2 例と Inner belt の位置 (South atlantic anomaly に対応する)、大きな Precipitation event の発生しやすい L , B の位置を示した。Inner belt は McIlwain の論文から転記したシールドなしの Geiger counter のデータを示した。

電子強度のデータとしてはプラスチックシンチレータを用いた「しんせい」の観測値から 2 本の等強度線を示した。 $> 120 \text{ keV}$, $> 400 \text{ keV}$ と付記した破線がそれぞれ $100 \text{ el} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{Sr}^{-1}$ のものである。

この図に示していないが、Review paper にある Inner belt における電子スペクトル等、または $L-3 \text{ H}$ 型ロケット測定値等を適当につなぎ合せて 100 keV に対する等強度線をつくってプロットし、前述したモデル軌道のうち 1 本について時間と強度の関係に表わしたのが図 3 である。図中 A , B は $100 \text{ el} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{Sr}^{-1}$ の点を示し、P X M における放射線帯の定義の予定値である。

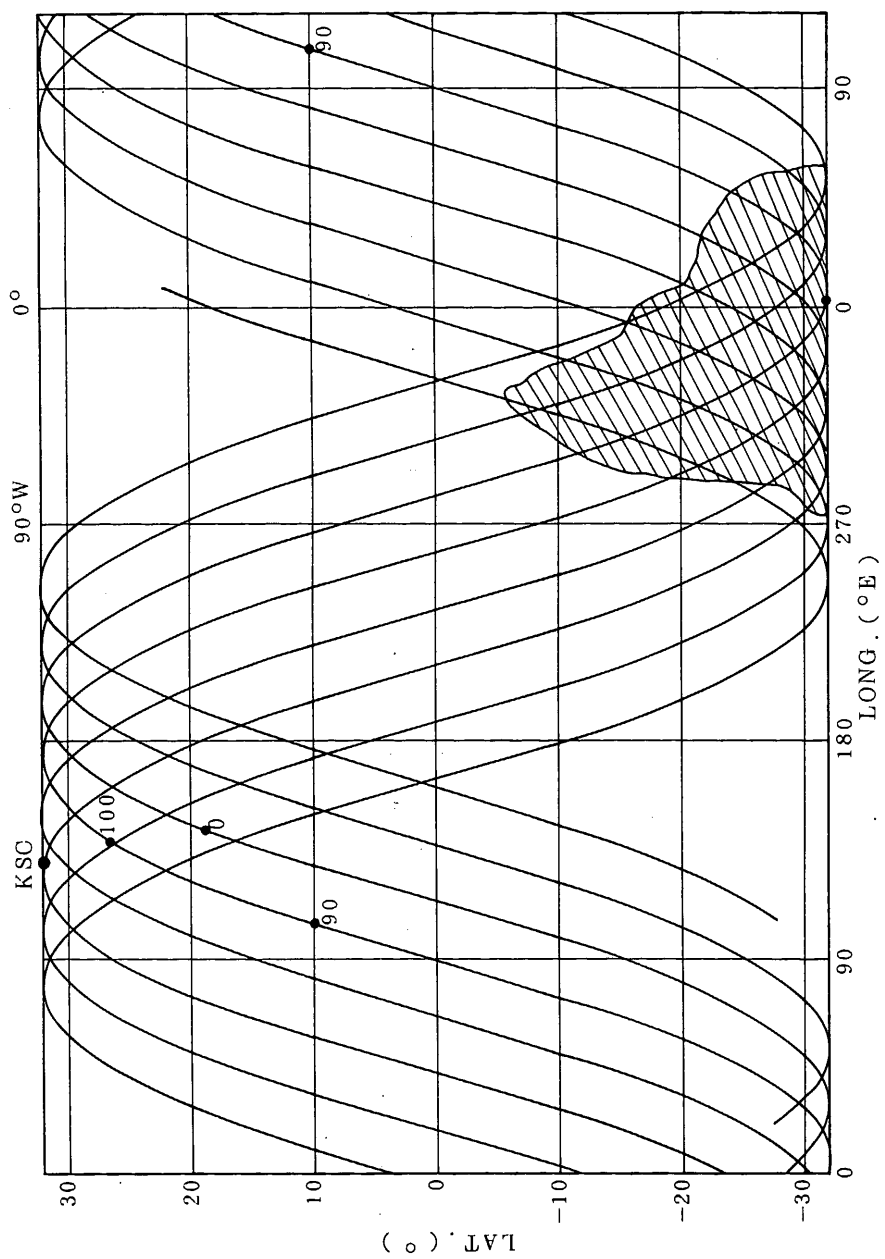


図1 500km 円軌道のモデル

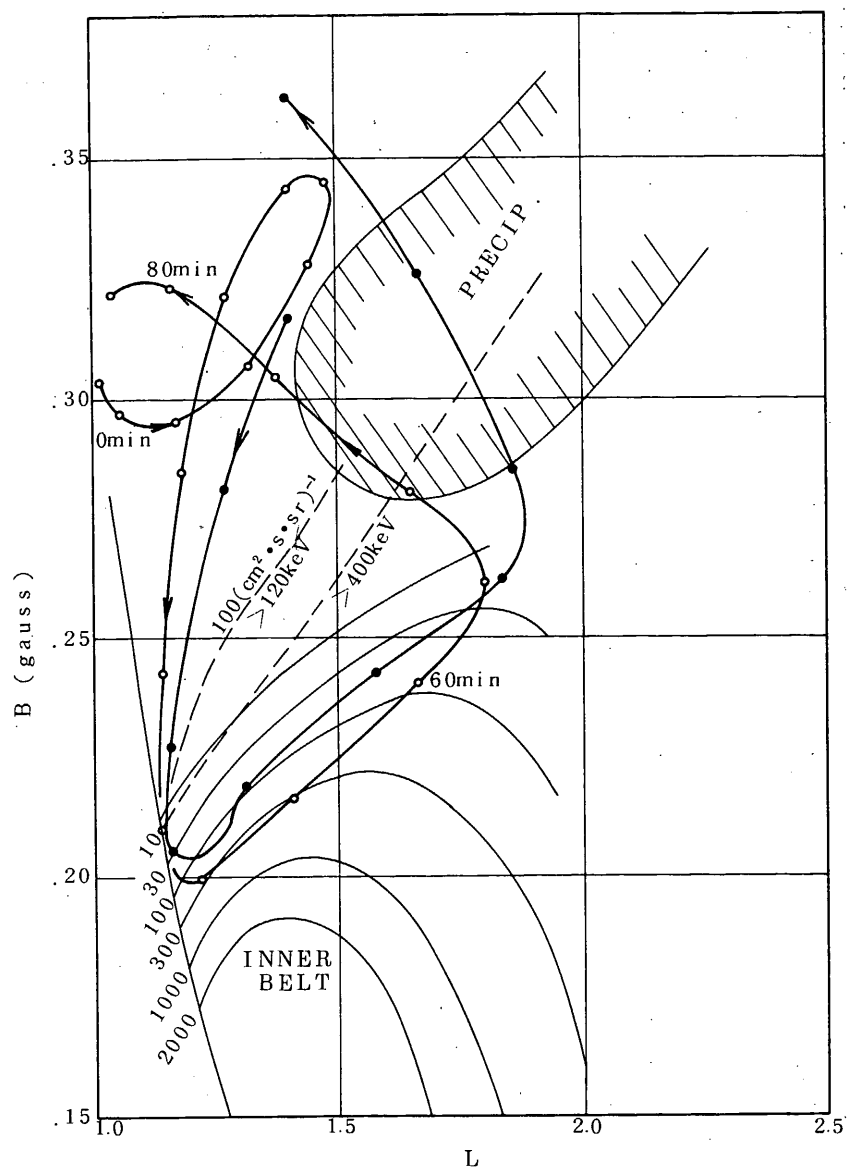


図2 L, B 上でのモデル軌道

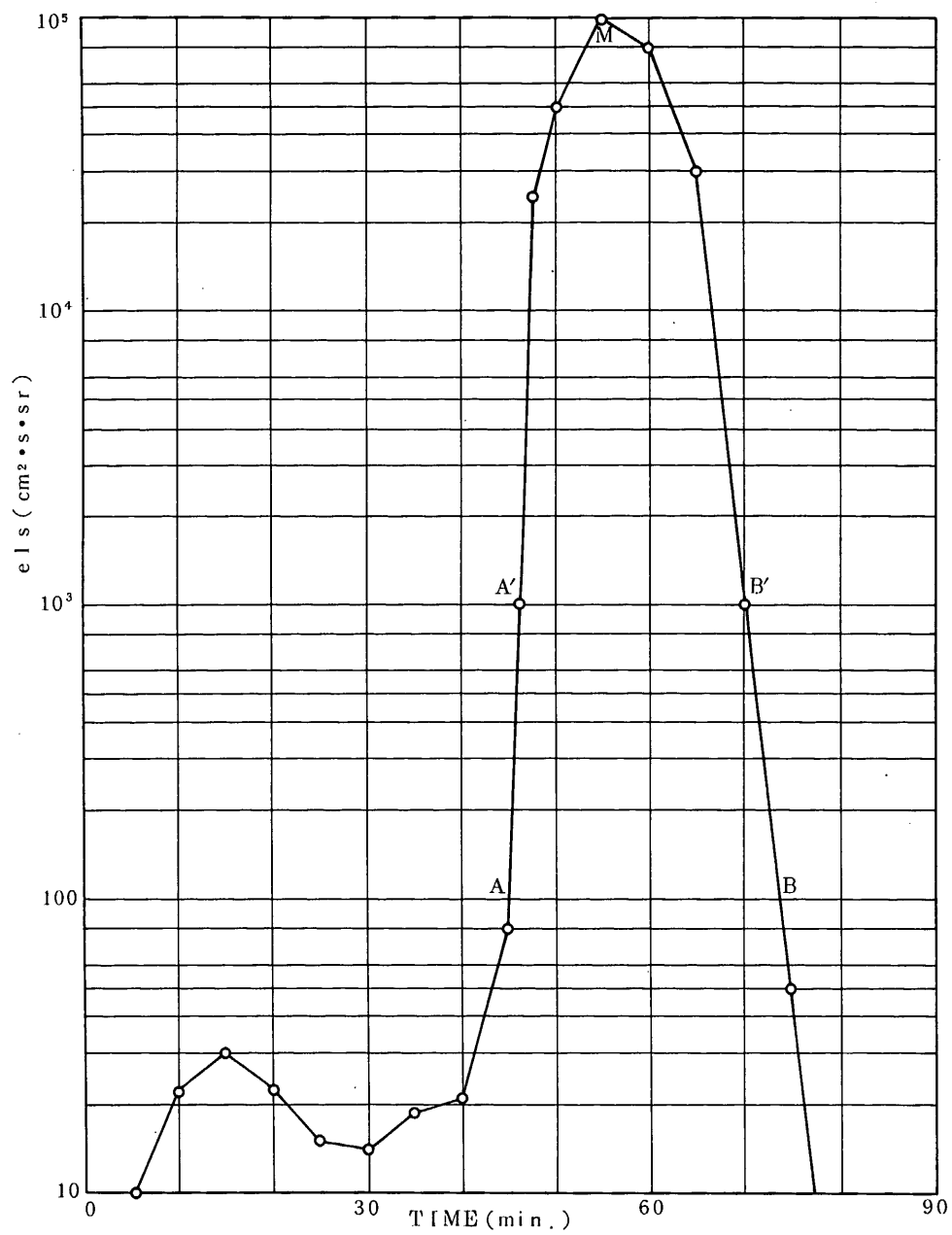


図3 電子強度の一周に対する予想図

この図によると1周約95分のうちの25分程度は放射線帯の中にいることがわかる
この事情は軌道が変わっても、あるいはA' B'のごとく強度の値を一桁上げても大きくは
変わらない。

さて現在設計のほぼ終了したPXMの電子検出器のGeometric Factorは約 $2.4 \text{ cm}^2 \cdot S_r$ であるから前記の強度の値から放射線帯に入らない場合の計数率は $2 \sim 250 \text{ counts/sec}$ となる。

一方宇宙線による計数率は $0.5 \sim 2 \text{ counts/sec}$ と算定される。(3面がAnti Counterで囲まれた場合のGeometric Factor $G_{OR} = 8.8 \text{ cm}^2 \cdot S_r$)

放射線帯に入ると、計数率は強度が $10^4 \text{ el} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot S_r$ あたりまでは急増の形をとるが $10^4 \sim 10^6$ となると、正常な動作は疑問である。

従来のデータからはこの程度の強度では全く計数が0に帰することはないだろうと予想されるが、まともな定量は望めないと思われる。

又Inner beltの特性をなす高エネルギー陽子に対しては、計数管の動作としてはもはやコリメータも、シールドも、Anti counterも役に立たなくなりGeometric Factorとして単体のカウンターの約 $500 \text{ cm}^2 \cdot S_r$ で考えなければならない。

図2で示すL, B上での軌道では陽子強度は約 $10^2 \text{ protons} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot S_r^{-1}$ 程度が最大とみられるので、正常動作ではないが全く0計数という事態はないだろうと推定される。

使用計数管について高強度におけるレスポンスの測定を計画しているがまだ実施の段階には至っていない。

この問題は放射線帯深く突入した場合に一旦増加した計数率があたかも放射線帯をぬけ出したかの如く減少してくるのでVETO誤認のもととなる重要な点である。

他にPXMは宇宙X線源の消長や発生をサーベイし、その大よその位置を確定する役割も担っており、このためには全天の出来る限り広い部分を探索し、且つ角度分解能は高い必要がある。

このようにしてX線が観測された場合にはコマンドによってそのエネルギー分布も測定可能な様に配慮されている。

一方荷電粒子の観測としては赤道帯近傍等に時々あらわれる降下粒子の方向分布、時間変化と窓材の厚みの違いによって生ずる検出エネルギーの差による極く大まかな、エネルギー分布等の測定を行なう。

3. 検出器

検出器は荷電粒子、X線に対し共に感度を有し、且つ低エネルギー電子もある程度

観測可能とするためXeガス入りベリリウム薄窓(50 μ m及び100 μ m)の比例計数管2本を使用する。外形寸法は80H \times 217W \times 67D mm(プリアンプ3系統を含む)、有感体積はほぼ10.5 \times 7.0 \times 5.9 \approx 430 cm³、見かけ窓面積は8.43 \times 7.0 \approx 59 cm²、有効面積約46 cm²である。

窓前面にはステンレス製コリメータが0.5 mmの空隙をおいて取付けられ、その角度分解能は衛星スピン方向に対し約9 $^{\circ}$ 、スピン軸方向に対し約26 $^{\circ}$ 傾斜した方向に最大で、半角70 $^{\circ}$ である。

この計数管は図4の様に内部が6ケの部分にAlの隔壁で分かれており、従って外見は1ケであり、ガスも共通であるが実質的には独立した6本の計数管として働く。

この計数管を中央の計数管C部と前面上下のS部及び後面のB部に分け、主としてC部(場合によってはS部も含め)からの信号によってエネルギー分析等を行なう。

さらにB部(場合によってはS部も使用)とのアンチコインシデンスを取る事により高速荷電粒子の影響を取り除いている。

PXMでは検出器を2系統搭載し、衛星デッキ上で互いに視野が直交する位置に搭載する(図5)これはスピン軸に対し、互いに反対方向にやや傾いた細長い視野をもつ

コリメータによって、たとえば点状宇宙X線源の位置を2検出器の信号発

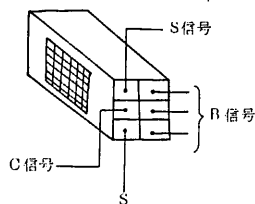
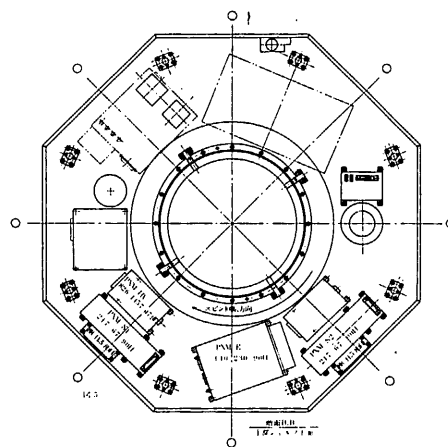


図4



生時間差か

ら知らうとするものである。すなわちスピン軸に対し直角方向から入射するX線の場合には第1, 第2検出器の信号出力時間差は視野が90 $^{\circ}$ ずれているため、スピン周期(5 rpm)の1/4となるが入射角がスピン軸に対し90 $^{\circ}$ から(衛星デッキ面を基準として)上下にずれた場合はそのずれに応じ、信号時間差が1/4スピン周期より増減する。粒子検出機能としては窓材がベリリウムで粒子にとって吸収が比較的大きく、それに反し検出部であるガスはあまりにも質量が小さいのでエネルギー分析はほとんど不可能で、やむを得ず窓材を50 μ mと100 μ mを使用し、吸収差による2段階の分離を行なう事とした。

他にキャリブレーション機能として後面計数管B部の中央にネジふた付ベリリウム小窓を設け、55Fe等の放射線源を入れてキャリブレーション時にはB部の信号を16チャンネルの波高分析を行なうことで計数管内のガス、高電圧、増幅器等の変動を知る

ことができる。これによる観測に対する影響はB部のわずかな計数増加によるアクシデンタルアンチコインシデンスの増加で問題とするに足りないと思われる。

4.回路構成

回路系のブロック図を図6に示す、センサーはA, Bチャンネル2系統あり、一つの高圧電源 (Matrix 社製) から両センサーに高圧を供給している。

センサー部内にはプリアンプが各3CH内蔵されており、この信号を増幅部でエネルギー識別が可能なレベルに増幅される。

一つのセンサー部は前面をセンター部 (C信号)、サイド部 (S信号) に分け、後面を後部 (B信号) に計3計数管として動作する。

これは任意の2計数管 (例えばS, B, C, B等) に信号が同時に発生した場合は高速荷電粒子とみなし、信号をAnti coincidence してデータを集収しないようになって

いる。
エネルギー識別部では入射した信号を次の4種に分け、これを計数するパルス信号をDP (Data Processor) へ伝送する。(A, B chで分け方が異なる)

Aチャンネル

1. Heavy Particle (HP)
2. Particle (P)
3. High Energy Xray (XH)
4. Low " " (XL)

Bチャンネル

1. Relativistic Particle (RP)
2. Particle (P)
3. High Energy Xray (XH)
4. Low " " (XL)

DPで処理するデータはA, B ch 共2種類であるため、組合せをPIコマンドで指定し、その時に必要なカウントデータをDPへ伝送する。

しかし、ハードウェアの制限からすべての組合せが可能ではなく、下記の組合せの中からセレクトする。

Aチャンネル			
出力 名称	ライン	(1)	(2)
A 1		P	XL
2		XH	XL
3		HP	P
4		XL	HP

Bチャンネル			
出力 名称	ライン	(1)	(2)
B 1		P	XL
2		XH	XL
3		RP	P
4		XL	RP

フレアVETO判定の信号はA, B ch 共に(1)側信号を使う。

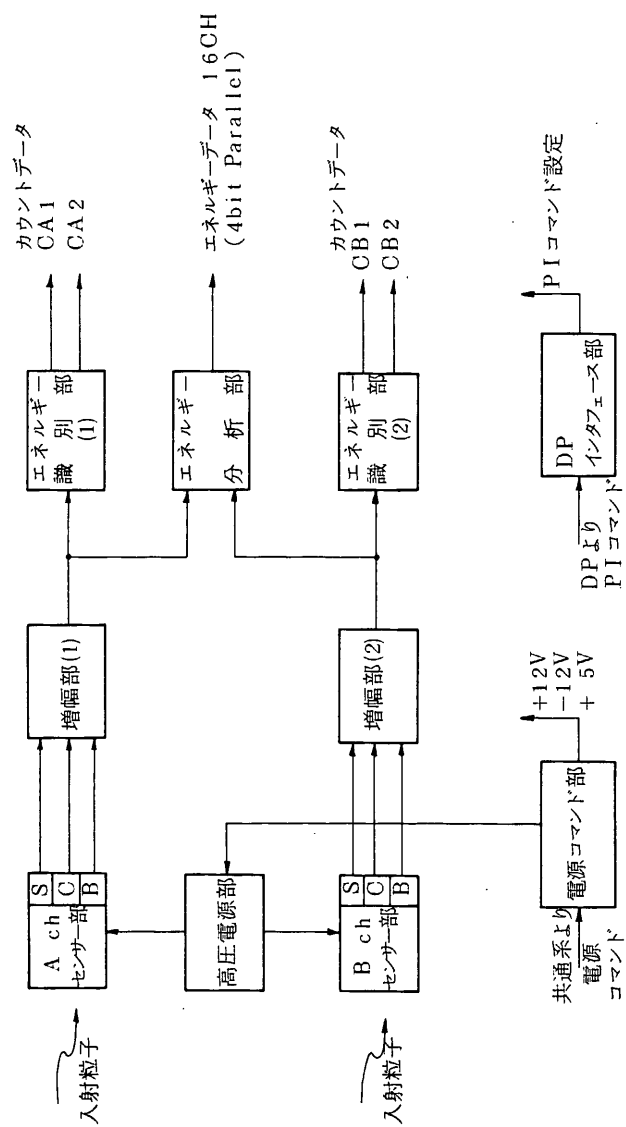


図 6 回路構成ブロック図

エネルギー分析部では増幅された信号を16 CH の波高分析を行ない(4 bit Parallel Binary) データをDPに送っている。

DPインターフェース部はDPからPIコマンドを受け、PXM内部のデータ出力組合せ、アンプゲイン設定、キャリブレーションモード設定、ディスクリレベル設定、カウント出力インヒビット、高圧出力切換等の指定を行なう。

5. データ処理

PXMのデータは入射粒子の数を計数するカウントデータ及びエネルギー分析を行なうエネルギーデータがある。

DPで処理するデータはDP内モードによって決められる下記のモードがある。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{カウントモード (C mode)} \\ \text{エネルギーモード (E mode)} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{C1 モード} \\ \text{C2 モード} \end{array} \right.$$

CモードはA, B ch のカウントデータのみを処理し、Eモードはエネルギーデータのみを処理する。

Cモードは2種類あり、各ch の一方のみを処理するC1モード、両方処理するC2モードがある。また衛星システムからは太陽フレア発生時にデータを多量に取得するFlareモードとフレア状態でないQuietモードがある。

次に各モードにおけるPXMの時間分解能を示す。

	Flareモード	Quietモード
C1モード	250 ms	62.5 ms
C2モード	500 ms	125 ms
Eモード	4 sec	1 sec

PXMのデータ集収は他PIと異なりFlareモードではデータ量が少なく、Quietモードではデータ量が多い。これはPXMが直接フレア観測に関係がないため、他機器のデータを優先的に伝送するためである。

C1, C2モードは12ビットカウンタでパルス計数をし、8ビットのビットリダクション(プリフィックス2ビット、カウント6ビットの圧縮処理)をする。

Eモードは各エネルギー毎のパルスを一定時間カウントして16ビットで出力する。又カウント信号は放射線帯、降下粒子の判定に使われ、DP内で上記モードに関係なく常時カウント数をチェックしている。

o P I コマンド項目

No.	動作 ブロック名	機 器 指 定					動 作 指 定										
		MD -1	MD -2	MD -3	MD -4	MD -5	OS-0	OS-1	OS-2	OS-3	OS-4	OS-5	OS-6	OS-7			
		0	1	0	1	1	高 圧 切 換		出 力 デ ー タ 切 換		CAL	CH A.B 切 換	ディスクリレベル 切 換				
							0 0	2 0 0 0 V	0 0	P -X	0	OFF	0	A	0 0	Repeat	
							0 1	2 0 5 0 V	0 1	X _H -X _L					0 1	Normal	
							1 0	2 1 0 0 V	1 0	HP(RP)-P	1	ON	1	B	1 0	Low	
							1 1	2 2 0 0 V	1 1	X _L -HP(RP)					1 1	High	
		0	1	0	1	0	A ch INHIBIT	B ch INHIBIT	ゲイン 切 換								
							0	OFF	0	OFF	0	LOW					
							1	ON	1	ON	1	High					

o コマンド項目

コマンド項目名	AD	EX	制 御 内 容
PXM-ON	15	10	PXMの電源をONにする
PXM HV-ON	15	11	高圧電源をONにする
ALL PI OFF	13	14	PXMの電源をOFFにする
ALL HV OFF	13	15	高圧電源をOFFにする

表 1

大 家 寛^{*} 高 橋 忠 利^{*}

明 星 電 気 株 式 会 社

1. 概 要

インピーダンスプローブ (IMP) の原理は 宇宙空間プラズマ中に突出したプローブインピーダンスの印加周波数への依存性を計測することにより、プラズマ及び周辺環境の物理量に関する情報を得ることにある。

ASTRO-A 塔載の IMP においては伝送可能な情報量についての制約から、次の2つに観測項目を絞って観測を行なう。すなわち、

1) UHR 周波数の検出

2) 低い印加周波数 (200 KHz 及び 400 KHz) での等価容量値の計測となるが、1) により電子密度の IN-SITU な計測を行ない、2) によってプローブ周辺のシース、ひいては荷電粒子 FLUX 等の影響による帯電効果を調べる。

これまで人工衛星塔載のインピーダンスプローブによる電子密度の計測は DENPA, TAIYO, JIKIKEN と重ねられている。このうち TAIYO により SOUTH ATLANTIC ANORMAL 付近での降下粒子の影響と見られるシース容量値の変動の異常現象及び夜間電離層に特有の不規則な構造等が観測されている。

ASTRO-A はこれらの現象の観測をさらに進めて、その様相を明らかにする上で理想的な ORBIT に入るため、さらに詳細な観測を行うことになる。IMP では降下粒子の帯電効果をより詳しく調べるため、低周波の二波での等価容量値を計測する一方、プローブにバイアス電圧を印加して、シース状態の変動を調べる。

これらの観測は、半年以上の長期間にわたって行い、SOUTH ATLANTIC ANOMALY 周辺での降下粒子-プラズマ相互作用の時間的変動の様相をも明らかにする。

2. 機器の構成

2.1 ブロック図 <附図参照>

* 東北大理学部

2. 2 構 成

2. 2. 1 信号発生部

ブリアンプ等に信号を供給するための回路であり、内部に SAWTOOH 信号回路を持ち、VCO 回路への印加電圧コントロール、電圧変化により FLAME に同期した掃引信号を発生する。掃引周波数は、ブリアンプ部、信号処理部用が 10.24 ~ 0.2 MHz で、ローカル用が 10.29 ~ 0.25 MHz である。

2. 2. 2 Pre. AMP 部

プラズマ中に突出したアンテナを一要素とした容量のブリッジとそれに掃引信号を印加するためのドライブ回路から成り、アンテナインピーダンスを容量ブリッジのアンバランス電圧として出力する。

2. 2. 3 IF AMP 部

ブリアンプ出力を中間周波数 (50 KHz) に変換し、検波増幅して信号検出部に出力する。アンテナインピーダンスに関する情報は、この出力から得られる。

2. 2. 4 信号検出部

IF AMP 部出力から四項目の検出を行なう。この四つの検出項目は UHR 周波数、UHR のインピーダンス値、400 KHz 及び 200 KHz でのインピーダンス値で自動的に検出された後、データ処理部に出力される。

2. 2. 5 データ処理部

信号検出部からの信号を DP に送るため、データを A/D 変換する。A/D 変換するためのタイミング回路と DP とのインターフェイスのためのタイミング回路、メモリー回路とを有する。

UHR 周波数を求めるにはレゾナンスポイントを検出し、その時の SWEEP 信号をカウントして出力する。A/D 変換されたインピーダンスデータ、UHR 周波数データは n フレームで観測し、メモリーされて、n + 1 フレームで 1 DATA 8 BIT DIGITAL DATA として伝送する。

2. 2. 6 インターフェイス

電源回路、コマンド受回路、タイミング受回路等、外部からの信号等の受回路と計測結果、STATUS、HK の信号を外部へ出すための回路がある。これらにより IMP を動作させ、又 IMP の動作の状態を判断する。

2.3 電気的性能

2.3.1 プローブ印加

- (1) 観測周波数 0.2 MHz ~ 10.24 MHz
- (2) 印加レベル 0.1 V rms \pm 3 dB
- (3) 掃引周期 1.0 sec (1024 STEP)

2.3.2 観測容量

- (1) GAIN - H 1.0 pF ~ 300 pF
- (2) GAIN - L 10 pF ~ 3000 pF
- (3) インピーダンス測定周波数 (3 点)

200 KHz

400 KHz

UHR - FREQ.

2.3.3 UHR FREQ. 精度

MAX. FREQ. に対し 1/256 の分解能

25 μ sec のゲートパルス幅

2.3.4 IF

中心周波数 50 KHz

バンド幅 1.6 KHz

2.3.5 ANT BIAS

印加電圧 +12 V DC

2.3.6 RESONANCE DET. FILTER

L.P.F - A $f_c = 80$ Hz

L.P.F - B $f_c = 30$ Hz

2.3.7 ワード配列とデータ内容

WORD	DATA 内容	BIT 号	F57W67 STATUS
W 18	UHR DET. FREQ.	B2	IMP ON/OFF
W 50	F1 IMP (UHR)	B3	GAIN H/L
W 82	F2 IMP (400 KHz)	B4	FILTER A/B
W 114	F3 IMP (200 KHz)	B5	BIAS ON/OFF

2.3.8 CAL (128 sec)

CAL - A (1 MHz) 32 sec \times 2

CAL - B (3 MHz) 32 sec \times 2

2.3.9 電 力

+12V	180mA	2.16W
-12V	100mA	1.2W
+5V	60mA	0.3W
+15V	CM専用	
TOTAL		3.66W

2.4 機械的仕様

2.4.1 プローブ < 附図参照 >

重 量 150 g

2.4.2 本 体 < 附図参照 >

重 量 1.8 Kg

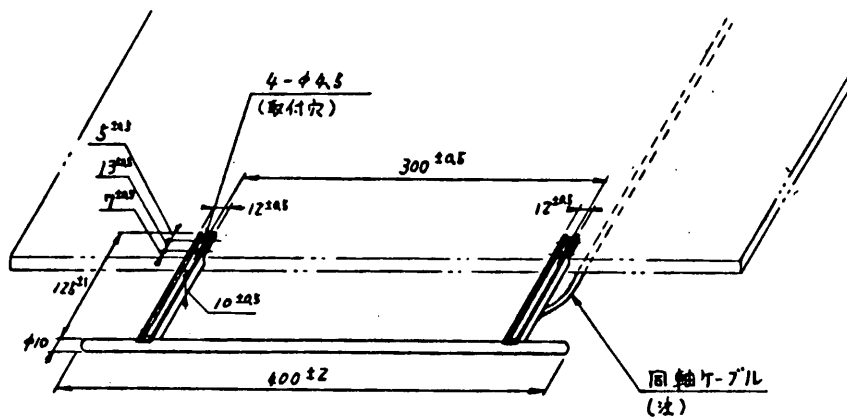
3. コマンド及びタイミング

3.1 コマンド

- (1) IMP ON AD-14 EX-1
- (2) ALL PI OFF
- (3) FILTER A/B AD-14 EX-2
- (4) GAIN H/L AD-15 EX-1
- (5) CAL

3.2 タイミング

- (1) BC-IMP (1024 Hz)
- (2) FD-IMP (0.5 Hz)
- (3) FE-IMP (0.25 Hz)
- (4) SFC-IMP (64 sec)
- (5) W32n+18 (n=0, 1, 2, 3)



(注) 同軸ケーブルはパドルに固定の事。

図 2 IMP AMT 外観図 重量 150g

東大宇宙研

平尾邦雄 小山孝一郎

石井重夫

松栄電子(株)

1.6.1 観測目的

オ7号科学衛星「E」のように搭載された電子温度計による観測によって、南大西洋地磁気異常域上空と、それにつながると思われる略地磁気赤道あるいは地磁気共傾赤道に平行し且南北に赤道より15度程度は南北に帯状地帯の上空で、夜間電離層電子温度の急増加(時間的に10分前後の短時間のもの)が突発的に頻発することが発見された。同時に搭載してあったインピーダンスプローブ又太陽X線センサの計測のために搭載されていたX線カウンターの結果と綜合して、この急増加(異常増加)は荷電粒子の空間的降下によるものと考えられることになった。このような現象はこれまで多くの衛星観測にあったにも拘らず、報告されておらず、これより南大西洋地磁気異常域における電離層プラズマの異常は「E」衛星によって得られた非常に大きな成果の一つである。これらの観測の信頼性については、同時期にこなでいた西独の科学衛星「AEROS-B」との Encounter Analysis によって、双方のデータが極めてよく一致することが確認され、疑う余地のないものである。

このような背景の下に、オ7号科学衛星「ASTRO-A」に、インピーダンスプローブと共に電子温度計の実験を Piggy-Back 実験として搭載することが許され、前回の観測は太陽活動が極めて低い時期であったにひきかえ、今回はかなり太陽活動が活発であると考えられる昇った条件下で、再びこのような電子温度の夜間異常上昇の観測を行おうとするためこの観測目的である。前回の「E」の場合は所謂 Carter-Wheel Mode に制御された衛星の側面から約50cmの腕をだし、その先端に電子温度計を取付けた。そのために結果的には殆んど観測が見られなかったが、太陽に直面した時の光電管の影響や、衛星の進行背後に電子温度計が入ったときの衛星のウェークの影響が、データ解析段階で考慮された。今回は太陽に直面する太陽電池パドルの先端に直角にとりつけらるゝので、少なくとも太陽放射による光電管の影響は考慮しなくてもよいと考えられる。

又今回の観測では前回とことなり太陽活動がかなり高いと考えらるゝので、電子温度の低緯度地帯の現地球的分布も異なるであろうし、又太陽活動にともなう起る地球磁場の擾乱によりひきおこされる電子温度変化も多く観測されると思われる。

1.6.2 測定原理

ガラス管中に浸した電極に高周波電圧(電子ガラスと同波長より短く、イオンガラスと同波長より高い周波数のもの)を印加すると、ガラスの非直線性によって電極の浮動電位(イオン電流と電子電流が等しくなる電位)が変化する。この電位変化 ΔV_f は次のように表わされる:

$$\Delta V_f = G \cdot k T_e / e \cdot \ln \left[I_0 \left(\frac{e a}{k T_e} \right) \right]$$

ここで

a : 印加した高周波電圧の振幅(単位ボルト)

e : 電子の電荷, $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

k : ボルツマン定数, $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T_e : 電子温度, $^\circ\text{K}$

G : 増巾器利得

と表わされる。測定される量は ΔV_f であり、これから電子温度を算出することが出来る。しかしこの為には増巾器利得 G を正確に知らなくてはならず、電子温度算出の精度は G によって左右されることになる。これを防ぐために実際には電極に与える高周波電圧の振幅を a とその2倍 $2a$ として交互に印加し、その時の浮動電位の変化を ΔV_{f1} と ΔV_{f2} とを求め、その比 γ から電子温度を求める。即ち比 γ は次のように表わされる。

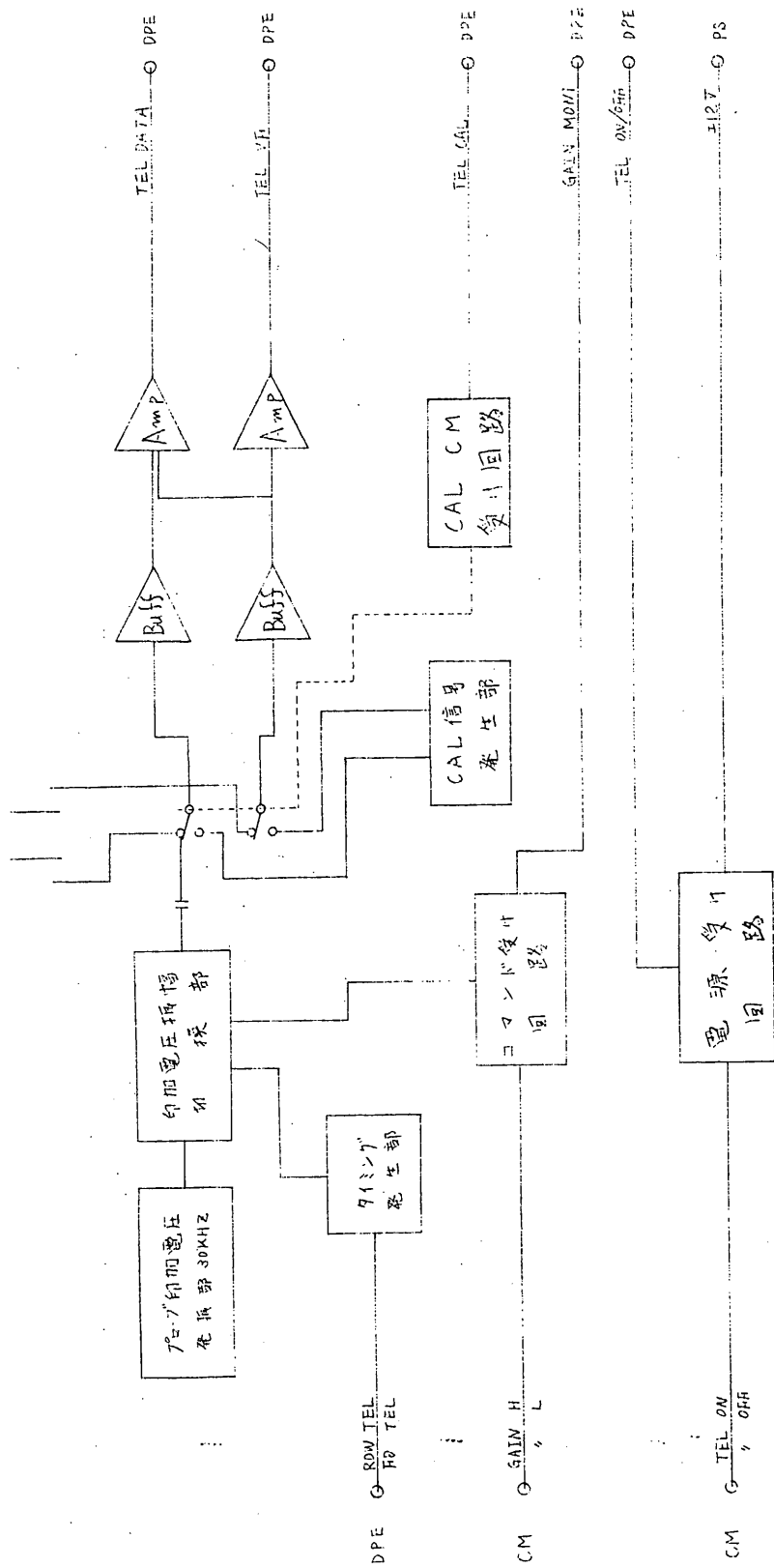
$$\gamma = \frac{\Delta V_{f1}}{\Delta V_{f2}} = \frac{\ln \left[I_0 \left(\frac{2ea}{k T_e} \right) \right]}{\ln \left[I_0 \left(\frac{ea}{k T_e} \right) \right]}$$

尚且は0次の修正ベッセル函数であり \ln は自然対数である。

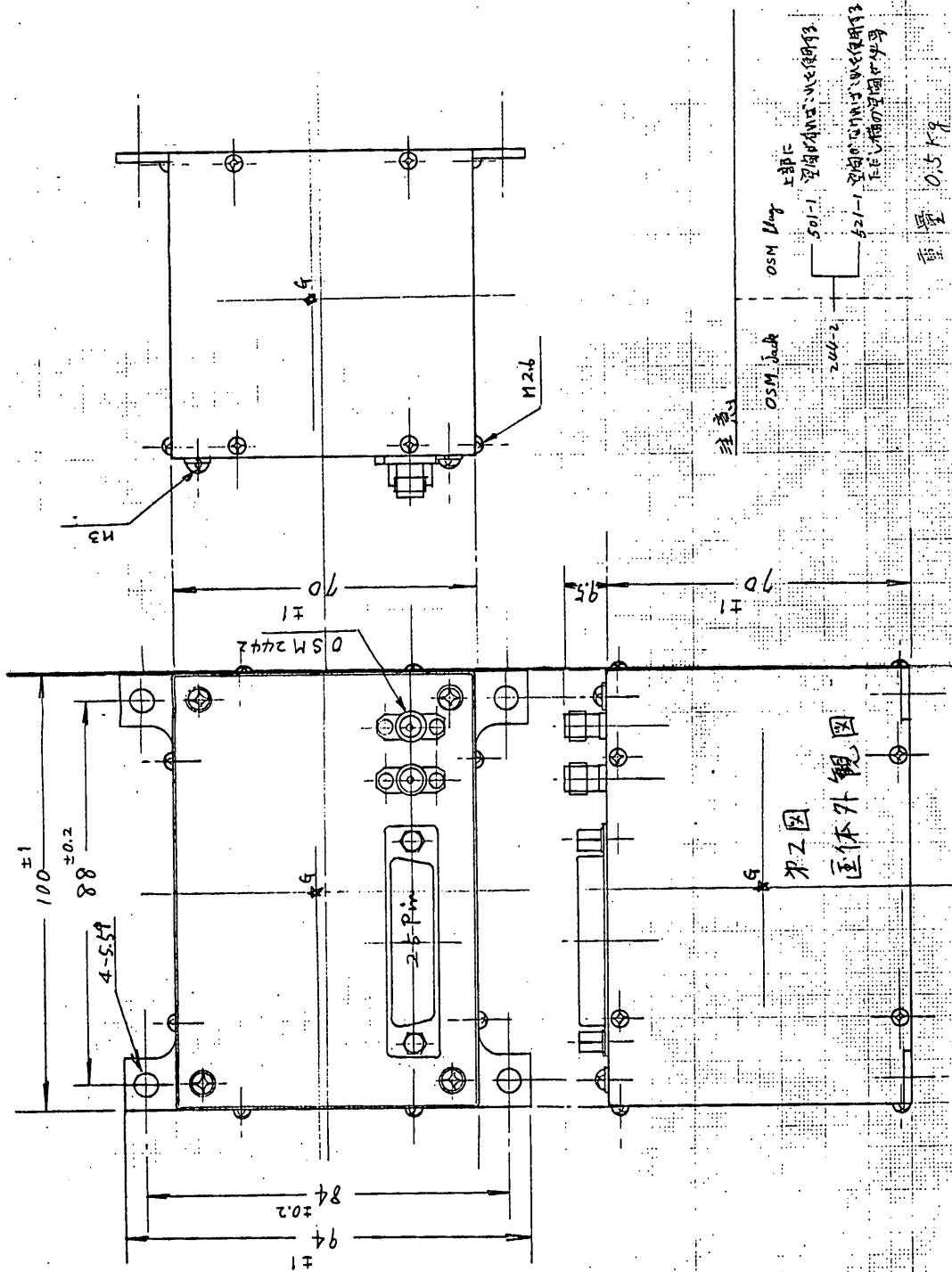
この方法はアナログデータ処理の方法は通常のDCラングミュアプローブのデータ処理と比較して格段に簡単であり、又高周波を用いることによって電極表面の汚染の影響をうけないので信頼性の高いデータを得ることが出来る。又測定回路もDCラングミュアプローブ法にくらべて簡単であり、はるかに少ない部品数であるために信頼性の観点から有利であり、小型軽量の測定器としてロケットや衛星の搭載機器としてよく利用されることになっている。

1.6.3 測定器

ASTRO-A搭載用電子温度測定器のブロック図は図1-10に示す通りであり、これは $70 \times 60 \times 70$ の筐体におさまられており、重量は 0.5 kg である。この他に外径 150 mm の2分割プローブが長さ 60 mm の支えによって太陽電池パドルの先端に取り付けられており、センサー部の重量は 0.1 kg である。プローブ面は太陽電池パドルで



電子温度計ブロック図



第2図 匡体外觀図

展開された時に、信号の主軸と平行になるようにとりつけてある。尚、外形図は
力2図に示す。

電子温度計仕様は下記の通りである。

a) 性能

電子温度測定範囲: $300^{\circ}\text{K} \sim 4000^{\circ}\text{K}$

フロッピー印加電圧: 0V , $0.4\text{Vp-p} \pm 10\text{mV}$, $0.8\text{Vp-p} \pm 16\text{mV}$

高周波振巾ホールド時間: $2 \times 0.5\text{sec}$, 0.5sec , 0.5sec

但し QUIET MODE 時のみ

b) 高周波振巾波形

発振周波数: $30\text{KHz} \pm 5\%$ 以内

振巾安定度: $0.8\text{Vp-p} \pm 4\%$ 以内

歪率: 1% 以下

c) 増巾器

増巾度: $20\text{db} \pm 5\%$

周波数特性: $100\text{Hz} (-3\text{db})$

CMRR: 60db 以上

d) 出力電圧

#1ライン: TEL OUT $0 \sim 3\text{V}$ (但し Base 略 0.5V)

#2ライン: TEL-VF $0 \sim 3\text{V}$ (但し Base 略 0.2V)

e) 無負荷時における高周波電圧の値は 50mV 以内

f) 消費電力

+12V: 20mA

-12V: 20mA

+Bus: 20mA (但し CAL ON 時 6sec , GAIN 切換時 25msec)

1.6.4 コマンド項目

TEL-CN: AD-15 EX-2

TEL GAIN-H: AD-15 EX-3

TEL GAIN-L: AD-15 EX-4

1.6.5 デイジタル H K 項目

F57W67B0 TEL ON-1, TEL OFF-0

F57W67B1 GAIN H-1, GAIN L-0

1.6 6. MD 項目

NO-1	ROW-TEL	測定タイムが4E7
NO-2	FD-TEL	タイムがリセが4E7
NO-3	TEL-DATA	TEL DATA CUT 4E7
NO-4	TEL-VF	TEL VF CUT 4E7
NO-5	RET	COMMON

1.6 7 Inflight Calibration

プログラムに加入する為同波電圧を検波整流して、電子回路測定用増幅器に加入することによって総合的な校正とする。

第 2 章

姿勢制御検出機器

2-1 姿勢制御装置

東大宇宙研 二宮研究室

日 本 電 気 (株)

2.1.1 概要

A S T R O - A の主なミッションの1つは太陽観測であるため各種の科学ミッション機器を太陽方向に指向させる必要がある。

A S T R O - A の姿勢制御装置は衛星スピン軸を太陽方向から $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ の範囲に安定に指向させ、更に軌道投入時に打上ロケットから与えられる 120 rpm の初期スピンを $5 \pm 0.5 \text{ rpm}$ に減衰させ宜つこれを維持する機能を有する事により上記ミッション要求を遂行する事を使命とするものである。

本節では上記姿勢制御系を構成する以下の各サブシステムの設計に関する報告を行い最後に姿勢制御系に対する解析の中間結果を記述する。

但し、姿勢観測機器については本節では記述しない。

<姿勢制御系を構成する機器>

- Y o - Y o デスピナ
- ニューテーションダンパ
- 姿勢制御回路
- M A C コイル
- M S C コイル
- M B C コイル

2-1-2 Y0-Y0 デスピナ (Y0-Y0)

東大宇宙研 ニ宮研究室
日立製作所(株)

先端に錘(ヨーヨーマス)をつけたワイヤ1組を、衛星の外周に巻きつけて、ワイヤカッタでヨーヨーマスをとめてあるピンを切断すると、ワイヤは対称にほじけまゆき、衛星のスピン速度を下げる働きをする。ワイヤは、ほじけ終ると半径方向に分離する。なおワイヤカッタの作動は地上からのコマンドにより実施される。

以上の働きにより、初期スピン速度120rpmを約5.5rpmに落とすためのものであり、ワイヤカッタの形状変更に伴ないヨーヨーマスホルダにワイヤカッタが入っているものである。

外観

ヨーヨーマス重量

図1に示す

約950g

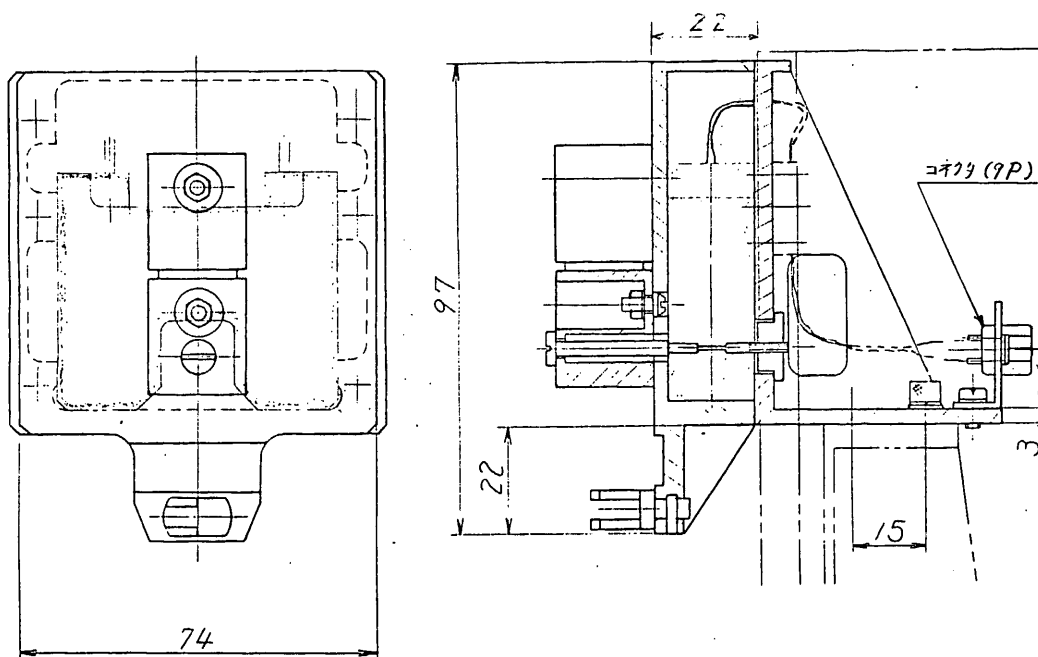


図1 Y0-Y0 外観図

東大宇宙研 二宮研究室

日本電気 (株)

2.1.3.1 概要

ニューテーション・ダンパ(以下、NDと略称する)は、ASTRO-Aの姿勢を精度よく安定させるために、受動制御方式によるニューテーション・ダンピング機能を有し、NDに封入された作動流体の運動によってエネルギーを消散するものである。

すなわち、ASTRO-Aの姿勢制御系は外乱トルク・制御トルク等によって誘発される衛星のニューテーション運動を顕著に減衰させるために全運用期間に亘ってNDのエネルギー消散によるニューテーション・ダンピングを実行する。

顕著な減衰特性を示すNDとして、スピン軸に垂直な円環型ニューテーション・ダンパの開発を行い、封入流体の平衡位置による動アンバランスの増大効果を考慮してダンパの封入量とオフ・センタを設定した。

また、NDは受動制御方式によるダンパとして、以下に示すような物理的特性および機械的特性を有し、使用環境条件に適合する信頼性・品質管理が施されている。

2.1.3.2 機能

本ニューテーション・ダンパは受動制御方式によるニューテーション・ダンピング機能を有するものであり、NDのエネルギー消散によって衛星のニューテーション運動を減衰させる。

2.1.3.3 構成

ニューテーション・ダンパは、円環部・封入部および作動流体より構成され、円管断面のトーラス構造を有する。

(1) 円環部

- ・ 使用材料 SUS-304
- ・ 円環中心径 $\phi 780$
- ・ 円管内径 $\phi 20$

(2) 封入部

- ・ 使用材料 Cu
- ・ 封入法 真空封入

(3) 作動流体

- ・ 流 体 名 シリコーン・オイル
- ・ 比 重 0.92
- ・ 動 粘 性 係 数 5 c s t

2.1.3.4 性能

スピン軸と垂直な面内に配置された円環型ニューテーション・ダンパは封入流体の動的運動によってニューテーション・エネルギーを消散する。

(1) 動理的性能

- ・ 減 衰 時 定 数 10分以内 (スピン速度 5 r p m時)
- ・ 中 心 角 $2 \text{ @ } \approx 133.6 \text{ 度}$
- ・ 封 入 量 $286 \text{ cc} / (\text{at } 24^{\circ}\text{C } 5 \times 10^{-3} \text{ atm 以下})$
- ・ リ ー ク 量 $1.0 \text{ atm} \cdot \text{cc} / \text{year}$ 以下
- ・ オフ・センタ 20 mm
- ・ 重 心 距 離 衛星重心よりND中心面までの直交距離 $\approx 370 \text{ mm}$

(2) 機械的性能

- ・ 外 形・寸 法 図 2.1.3-1 のND外觀図に示す。
- ・ 重 量 2.0 K G W 以下
- ・ 配 置 スピン軸と垂直な面内に設置

東大宇宙研 二宮研究室

日 本 電 気 (株)

2.1.4.1 概要

本装置は、地球磁場と、コイルによって作られた磁気モーメントとの相互作用によって、衛星の姿勢制御を行なうためのものである。この装置が行なう姿勢制御は、次の3種類である。

(1) スピン軸制御 (MACコイルによる)

スピン軸を太陽から 1.2° オフセットした角度に $\pm 0.5^\circ$ の精度で保持する。

(2) スピンレート制御 (MSCコイルによる)

衛星のスピンアップ又は、スピンドアウンを行なう。

(3) 磁気バイアス制御 (MBCコイルによる)

衛星自体の磁気モーメントを任意の値に調節する。

2.1.4.2 機能

図 2.1.4-1 に機能ブロック図を示す。

(1) スピン軸制御

地磁気センサ信号 (GA-X) の極性及び、サンセンサの太陽角データから MAC コイルに流す電流の極性、時期を判断し、実行する。電流の大きさは3段階に切替え可能である (閉ループによるスピン軸制御)。

ディレイコマンドによる、MACコイル電流 ON/OFF 制御及び極性制御も行なう (開ループによるスピン軸制御)。

(2) スピンレート制御

ディレイコマンドのスピン UP/DOWN 指令に従い、地磁気センサ信号の極性によって MSC コイルに流す電流の極性、時期を判断し実行する。

コイル電流の大きさは一定である。

(3) 磁気バイアス制御

コマンドによって設定された任意の大きさの電流を MBC-Z コイルに流し磁化する。RESET コマンドでは、負側の最大電流 (-338mA) を流し、EXECUTE コマンドでは、正側の任意の電流 ($0 \sim 300\text{mA}$, 127 ステップで設定可能) を流す。電流を流す期間は、 $100\text{msec} \sim 250\text{msec}$ である。

2.1.4.3 性能

(1) スピン軸目標角度

P D N A R R O W 時 : $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ 太陽角
P D W I D E 時 : $2.2^{\circ} \pm 1.5^{\circ}$ 太陽角

ただし分解精度は 0.5° である。

(2) 地磁気デッドバンド

H D N A R R O W 時 : $\pm 210 \text{ mV}$ ($\pm 3500 r$ に相当)
H D W I D E 時 : $\pm 450 \text{ mV}$ ($\pm 7500 r$ に相当)

(3) M A C コイル電流 (コイル抵抗 77Ω)

M A C H i g h 時 : $175 \text{ mA} \pm 10\%$
M A C M e d i u m 時 : $75 \text{ mA} \pm 10\%$
M A C L o w 時 : $32 \text{ mA} \pm 10\%$

(4) M S C コイル電流 (コイル抵抗 47Ω)

$250 \text{ mA} \pm 10\%$

(5) M B C コイル電流 (コイル抵抗 40Ω)

R E S E T 時 : $-338 \text{ mA} \pm 10\%$
E X E C U T E 時 : $0 \sim 300 \text{ mA}$, 127 step
E X E C U T E 設定精度 : $\pm 1.2 \text{ mA}$

(6) コマンド項目

リアルタイムコマンド 20 項目, ディレイタイムコマンド 6 項目

(7) テレメータ項目

A C E - O N / O F F (パラレル 1 bit データ)
M B C - O N / O F F (")

M A C - O P E N / C L O S E (")

A C E - S T A T U S (シリアル 8 bit データ)

M B C - 電流設定モニタ (")

通電モニタ (1 bit) を含む。

(8) 消費電力

	スタンバイ時	ピーク時
+ B U S 系	200 mW 以下	13.3 W 以下
+ 12 V 系	480 mW 以下	480 mW 以下
- 12 V 系	420 mW 以下	420 mW 以下

+ 5 V 系	7.5 mW 以下	7.5 mW 以下
+ 1.5 V 系	--	3 W 以下

ただし、+ B U S 系はコイルでの消費電力も含む。

2.1.4.4 機械的性能

(1) 寸法及び外観

図 2.1.4 - 2 に示す。

(2) 重 量

3.5 g 以下

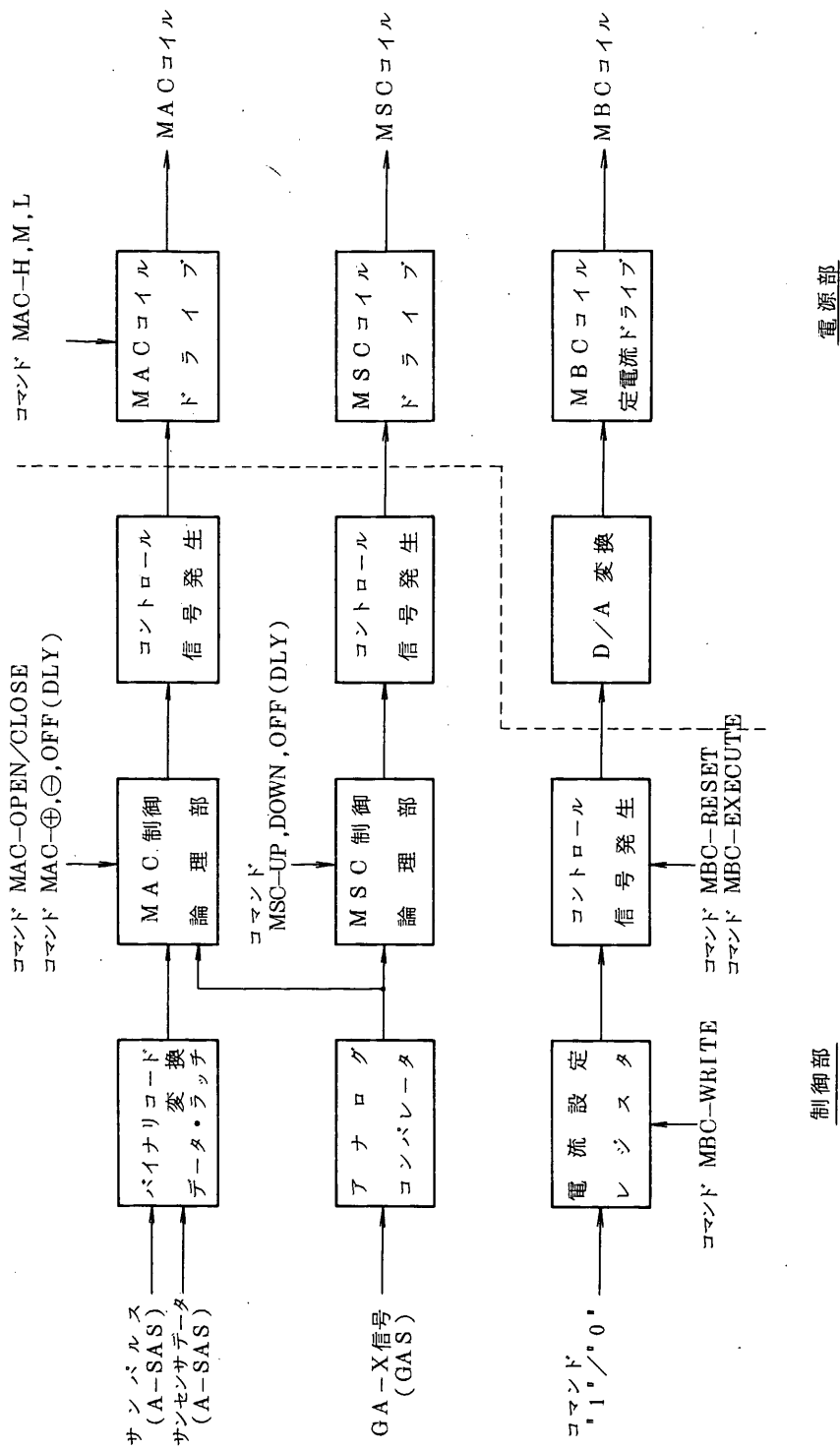


図 2.1.4 - 1 磁気姿勢制御装置 (MAG-ACE) 機能ブロック図

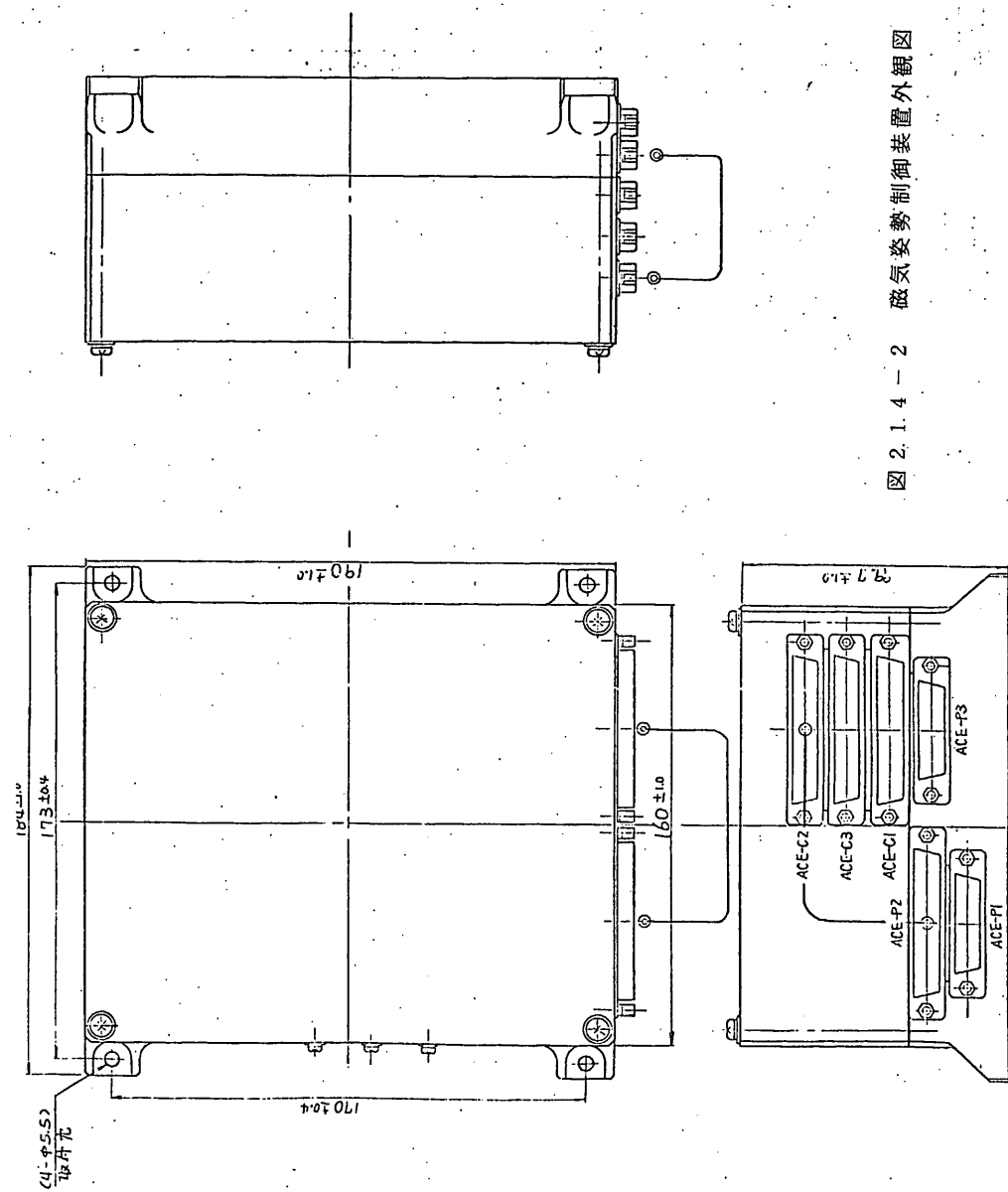


圖 2.1.4 - 2 磁氣姿勢制御裝置外觀圖

東大宇宙研 二宮研究室

日 本 電 気 (株)

2.1.5.1 概要

MACコイル (MAGNETIC ATTITUDE CONTROL COIL) はASTRO-Aのスピンの軸を太陽方向に精密指向させるために、磁気姿勢制御方式によるスピン軸方向制御機能を有し、衛星のスピンの軸と垂直な面内に巻かれた円環型空心コイルに通電することによって所定の磁気モーメントを発生するものである。

すなわちASTRO-Aの磁気姿勢制御系はMACコイルの設定磁気モーメントと地球磁場との相互干渉による制御トルクを利用し衛星の姿勢誤差を常に減少させるようにスピン軸方向制御を実行する。

MACコイルの開発は、サブシステム・コンポーネントとしての機能要求に基づき電氣的・機械的・熱的インターフェースを考慮して円環型空心コイルの設計製作を行い、所定の磁気モーメントを発生する磁気トルカとしての性能を得ることができた。

また、MACコイルは磁気トルカとして、以下に示すような電氣的性能および機械的性能を有し、使用環境条件に適合する信頼性・品質管理が施されている。

2.1.5.2 機能

本MACコイルは、磁気姿勢制御方式によるスピンの軸の方向制御機能を有するものであり、空心コイルの設定磁気モーメントと地球磁場との相互干渉によって所要制御トルクを発生する。

2.1.5.3 構成

MACコイルはコイルケース部、コイル部およびコイル端子部より構成され、矩形断面の円環型ボビン構造を有する。

(1) コイルケース部

- ・ 使用材料 FRP
- ・ 円環中心径 $\phi 680$
- ・ 矩形断面外径 $41(W) \times 22(H) \text{ mm}$

(2) コイル部

- ・ 使用線材 SBW-A ℓ -OPVF

- ・ コイル線径 導体径： $\phi 0.65$
標準外径： $\phi 0.73$
- ・ コイル線長 $\approx 930\text{ m}$
- ・ コイル巻数 435 turns/coil
- ・ 矩形断面外径 $\phi 16$
- ・ 有効断面積 0.36 m^2

(3) コイル端子部

- ・ 中継端子 タレット端子
- ・ 接続ケーブル KT-22(19)U-H
- ・ コネクタ DEM-9P-NMB④

2.1.5.4 性能

スピン軸と垂直な面内に巻かれた円環型MACコイルは、空心コイルに通電することによって所定の磁気モーメントを発生する。

(1) 電気的性能

- ・ 磁気モーメント HIGH : $\pm 27.6\text{ AT m}^2$ (標準値)
MIDIUM: $\pm 11.8\text{ AT m}^2$ (標準値)
LOW : $\pm 5.1\text{ AT m}^2$ (標準値)
- ・ コイル電流 HIGH : $\pm 175\text{ mA}$ $\pm 10\%$
MIDIUM: $\pm 75\text{ mA}$ $\pm 10\%$
LOW : $\pm 32\text{ mA}$ $\pm 10\%$
- ・ コイル電圧 HIGH : $\pm 13.5\text{ V}$ $\pm 10\%$
MIDIUM: $\pm 5.7\text{ V}$ $\pm 10\%$
LOW : $\pm 2.5\text{ V}$ $\pm 10\%$
- ・ コイル抵抗 $77.0\ \Omega$
- ・ 消費電力 2.4 W MAX

(2) 機械的性能

- ・ 外形・寸法 図2.1.5-1のMACコイル外觀図に示す。
- ・ 重量 2.3 KGW
- ・ 配置 スピン軸と垂直な面内に設置

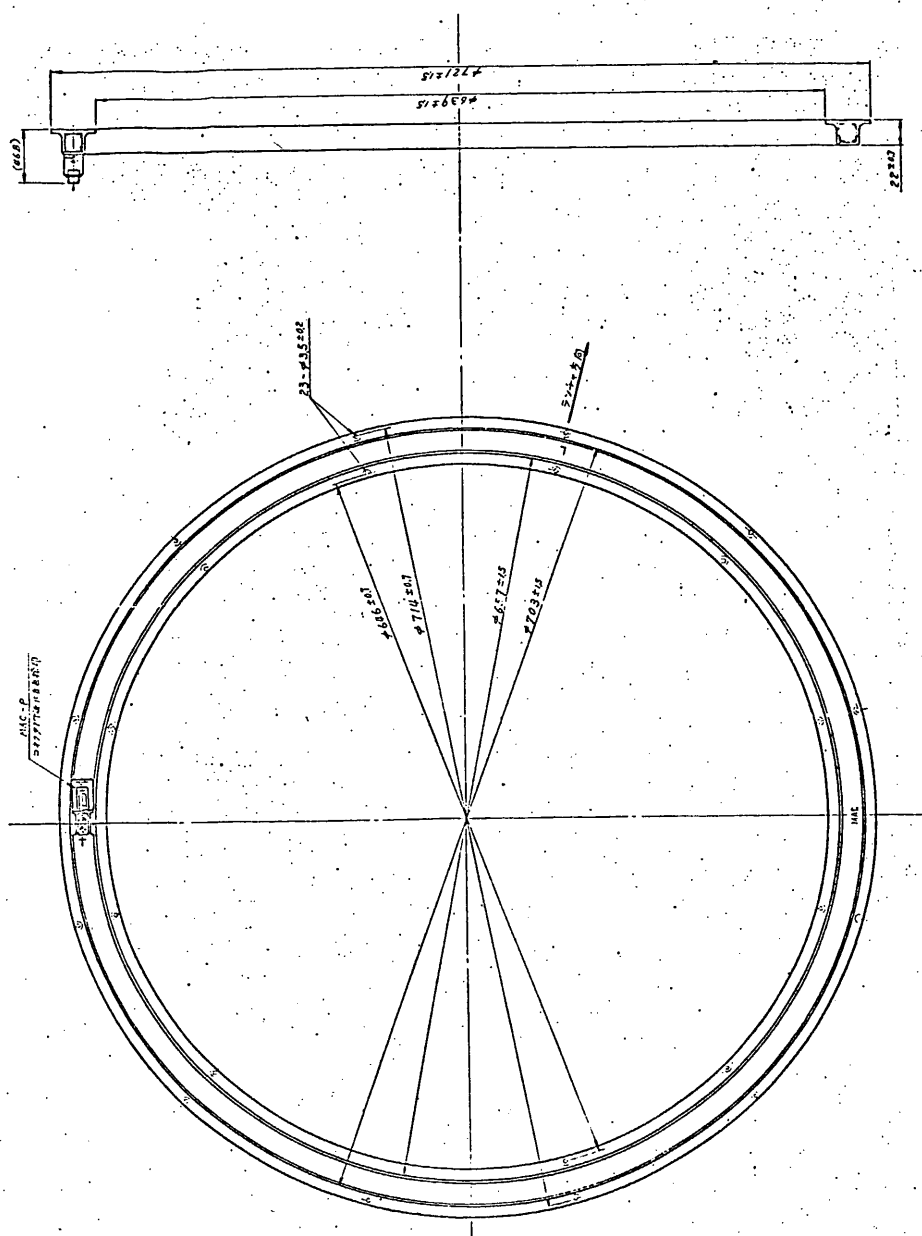


図 2.1.5 - 1 MAC コイル 外観図

東大宇宙研 二宮研究室

日 本 電 気 (株)

2.1.6.1 概要

MSCコイル (MAGNETIC SPIN CONTROL COIL) はASTRO-Aのスピンの速度を一定に保持するために磁気姿勢制御方式によるスピン速度制御機能を有し、衛星のスピンの軸の平行な面内に巻かれた円環型空心コイルに通電することによって、所定の磁気モーメントを発生するものである。

すなわちASTRO-Aの磁気姿勢制御系はMSCコイルの交番電流による極性切替をスピン1/2周期で行うことにより設定磁気モーメントと地球磁場との干渉トルクを利用して、スピン速度制御を実行する。

MSCコイルの開発は、サブシステム・コンポーネントとしての機能要求に基づき電氣的・機械的・熱的インターフェースを考慮して円環型空心コイルの設計製作を行い、所定の磁気モーメントを発生する磁気トルクとしての性能を得ることができた。

また、MSCコイルは磁気トルクとして、以下に示すような電氣的性能および機械的性能を有し、使用環境条件に適合する信頼性・品質管理が施されている。

2.1.6.2 機能

本MSCコイルは、磁気姿勢制御方式によるスピン速度制御機能を有するものであり、空心コイルの設定磁気モーメントと地球磁場との相互干渉によって所要制御トルクを発生する。

2.1.6.3 構成

MSCコイルは、コイルケース部、コイル部およびコイル端子部より構成され、矩形断面の円環型ボビン構造を有する。

(1) コイルケース部

- ・ 使用材料 FRP
- ・ 円環中心径 $\phi 300$
- ・ 矩形断面外径 $43.5 (W) \times 24.5 (H) \text{ mm}$

(2) コイル部

- ・ 使用線材 SBW AL 0PVF

- ・ コイル線径 導体径： $\phi 0.65$
標準外径： $\phi 0.73$
- ・ コイル線長 $\approx 570\text{ m}$
- ・ コイル巻数 605 turns/coil
- ・ 矩形断面外径 18
- ・ 有効断面積 0.07 m^2

(3) コイル端子部

- ・ 中断端子 タレット端子
- ・ 接続ケーブル $K-22(19)U-H$
- ・ コネクタ $DEM-9P-NMB\text{④}$

2.1.6.1 性能

スピン軸と平行な面内に巻かれた円環型MSCコイルは空心コイルに通電することによって所定の磁気モーメントを発生する。

(1) 電気的性能

- ・ 磁気モーメント $\pm 10.5\text{ ATm}^2$ (標準値)
- ・ コイル電流 $\pm 250\text{ mA}$ 10%
- ・ コイル電圧 $\pm 11.7\text{ V}$ 10%
- ・ コイル抵抗 47.0Ω
- ・ 消費電力 2.9 W MAX

(2) 機械的性能

- ・ 外形・寸法 図2.1.6-1のMSC外觀図に示す。
- ・ 重量 1.3 KGW
- ・ 配置 スピン軸と平行な面内に設量

東大宇宙研 二宮研究室

日 本 電 気 (株)

2.1.7.1 概要

M B C コイル (M A G N E T I C B I A S C O N T R O L C O I L) は A S T R O - A の姿勢を正確に保持するために磁気姿勢制御方式による残留磁気モーメントの補正機能を有し、衛星のスピン軸と平行な面内に設置された有心コイルを磁氣的にチャージすることによって衛星と等価な残留磁気モーメントを発生するものである。

すなわち、A S T R O - A の磁気姿勢制御系は残留磁気モーメントによって誘発される外乱トルクを相対的に消去するために、軌道全周に亘ってM B C コイルの磁化設定による残留磁気モーメントの補正を実行する。スピン衛星では、残留磁気モーメントの横方向成分は、地磁気との干渉トルクによる作用が軌道一周平均でキャンセルされるため軸方向成分に対してだけ残留磁気モーメントの補正を考慮する。

M B C コイルの開発はサブシステム・コンポーネントとしての機能要求に基づき、電氣的・機械的・熱的インターフェースを考慮して円柱型有心コイルの設計製作を行い、所定の残留磁気モーメントを設定するチャージャブル・マグネットとしての性能を得ることができた。

また、M B C コイルはチャージャブル・マグネットとして、以下に示すような電氣的性能および機械的性能を有し、使用環境条件に適合する信頼性・品質管理が施されている。

2.1.7.2 機能

本M B C コイルは、磁気姿勢制御方式による残留磁気モーメントの補正機能を有するものであり、有心コイルの磁性体を磁化設定することによって相対的に衛星の残留磁気モーメントを消去する。

2.1.7.3 構成

M B C コイルは、コイルケース部、コイル部およびコイル端子部より構成され、円筒形のモールド構造を有する。

(1) コイルケース部

- ・ 使 用 材 料 F R P

- ・ 形 状 $\phi 30 \times 200 (L) \text{ mm}$

(2) コイル部

a 磁性体

- ・ 磁 性 材 料 日立研製リメンダ材
- ・ 形 状 $\phi 5.6 \times 160 (L) \text{ mm}$
- ・ 残留磁化 (Br) 8.9 K Gauss
- ・ 角 形 比 49.4 %
- ・ 保 磁 力 (Hc) 37.7 Oe
- ・ キュリー温度 800 °C

b ソレノイド

- ・ 使 用 線 材 SBW--Cu--OPVF
- ・ ソレノイド線径 導 体 径 : $\phi 0.40$
標準外径 : $\phi 0.46$
- ・ ソレノイド線長 292 m
- ・ ソレノイド巻数 7040 turns
- ・ 有 効 断 面 積 1.37 cm^2

(3) コイル端子部

- ・ 中 継 端 子 タレット端子
- ・ 接 続 ケーブル KT-22(19)U-H
- ・ コネクタ 丸型レセプタクル

2.1.7.4 性能

スピンドル軸と平行な面内に設置された有心コイルに通電し、磁性体を磁化設定することによって、衛星と等価な残留磁気モーメントを発生する。

(1) 電気的性能

- ・ 残留磁気モーメント $-1.8 \leq M (\text{ATm}^2) \leq +1.8$ (標準値)
- ・ 飽 和 磁 化 $-1.8 \leq B (\text{KGauss}) \leq +1.8$
- ・ 磁 化 力 $-200 \leq H (\text{Oe}) \leq +200$
- ・ コイル電流 RESET : -338 mA
EXECUTE : $0 \leq I (\text{mA}) \leq 300$
- ・ コイル電圧 RESET : -13.5 V
EXECUTE : $0 \leq V (\text{Volt}) \leq 12$
- ・ コイル抵抗 39.9Ω
- ・ 消費電力 4.6 W MAX (設定時)

(2) 機械的性能

- 外形・寸法 図 2.1.7 - 1 の M B C コイル外観図に示す
- 重量 1.0 K G W 以下
- 配置 スピン軸と平行な面内に設置。

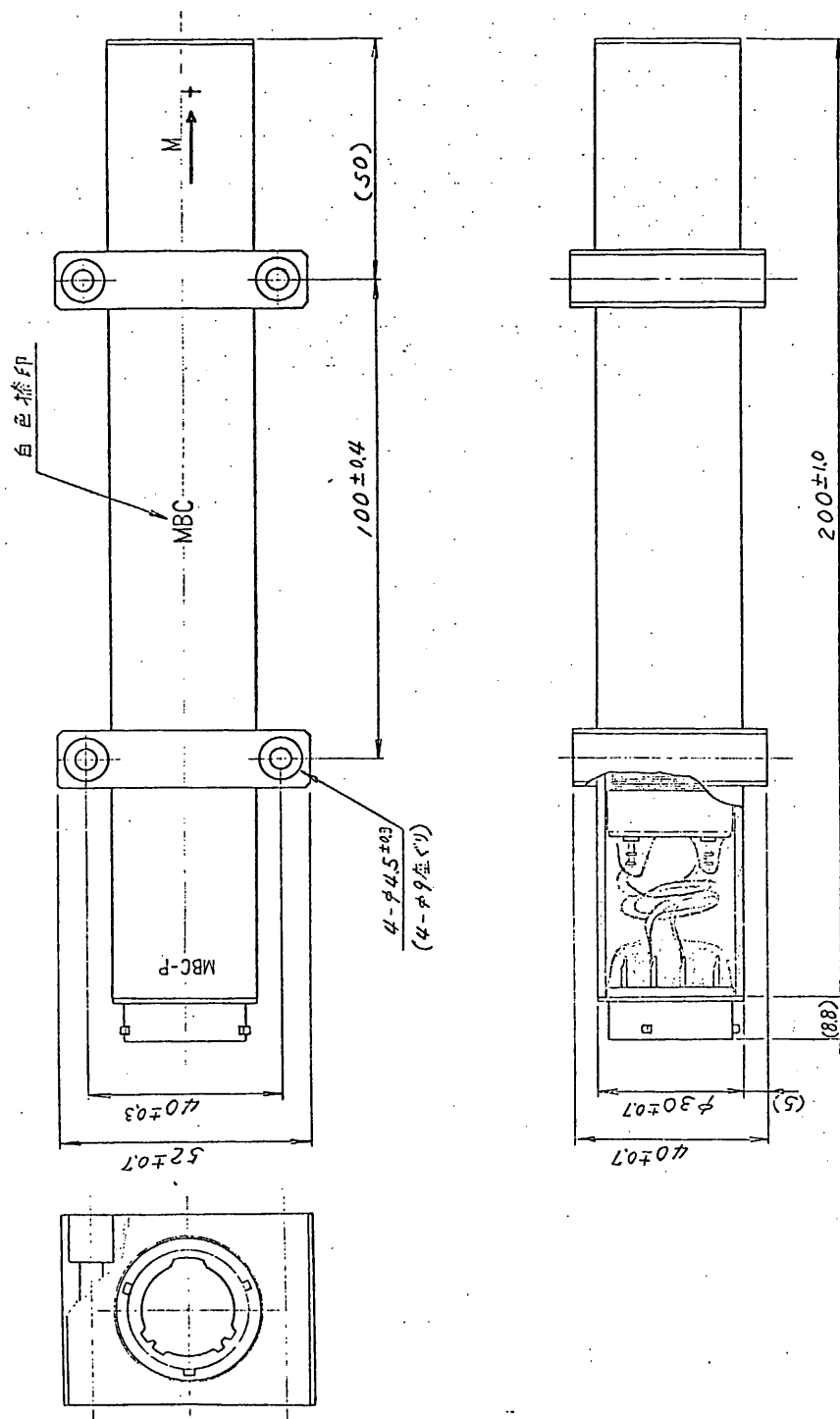


図 2.1.7 - 1 MBC コイル 外観図

東大宇宙研 二宮研究室
日本電気（株）

2.1.8 姿勢解析

本項では前項までに記述した各機器及びその他の姿勢観測機器により構成される姿勢制御系がミッションからの要求を満足する事を確認する目的で行われた姿勢解析作業の中間的な結果を記述する。尚、本解析作業はASTRO-AのPM設計段階から継続して行われているものであるので、一部にPM時の解析結果を引用する部分がある。

以下に本項に記述する解析項目を示す。

- ・機能要求
- ・制御系構想
- ・磁気姿勢制御系性能解析
- ・ニューテーションに対する解析

2.1.8.1 機能要求

ASTRO-Aのミッション機器から姿勢制御系に対する要求は以下の3項目に要約される。

- ・磁気姿勢制御系により
 - スピン軸を太陽方向から $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ の範囲に制御する。
 - スピン速度を $5 \pm 0.5 \text{ rpm}$ の範囲に制御する。
- ・ニューテーションダンパにより速やかにニューテーションを減衰させる。
- ・姿勢観測器により衛星の姿勢観測を行う。

2.1.8.2 制御系構想

(1) ミッション要求

ASTRO-Aの姿勢制御系に対するミッション側からの要求は以下の通りである。

- ・スピン軸を太陽方向から $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ の範囲に制御する。
- ・スピン速度を $5 \text{ rpm} \pm 0.5 \text{ rpm}$ に制御する。
- ・受動的にニューテーション制御を行なう。
- ・姿勢観測を行なう。

(2) 制御系の機能

上記要求条件に対し姿勢制御系は以下の制御機能を有する。

<スピン軸方向制御>

- ・スピン軸方向に適当量の磁気モーメントを発生させ地磁気との干渉により生ずるトルクによりプリセッション制御を行なう。
- ・磁気モーメント設定値 $\left\{ \begin{array}{l} \text{高：} 27 \text{ ATm}^2 \\ \text{中：} 11 \text{ ATm}^2 \\ \text{低：} 5 \text{ ATm}^2 \end{array} \right.$
- ・磁気モーメント極性切替 $\left\{ \begin{array}{l} \text{開ループ系：PRTからの遅延コマンドによる。} \\ \text{閉ループ系：GA, TOP-SAS 信号を使ったオンボードACEからの信号による。} \end{array} \right.$

<スピン速度制御>

- ・ヨーヨーデスピナにより 5.5 rpm にデスピンする。
- ・太陽電池パドル展開により 5 rpm にデスピンする。
- ・衛星Y軸方向に磁気モーメントを発生させ地磁気との干渉により発生するトルクによりスピン速度を制御する。
- ・磁気モーメント設定値：10 ATm²
- ・磁気モーメント極性切替：ACEによる。

<ニューテーション減衰>

- ・スピン軸に垂直な面内に取付けられた液体円環ダンパによる。
- ・液体種類：シリコンオイル (10 cst)
- ・液体充填度：37 %
- ・ニューテーション減衰時定数 $\cong 10$ 分
- ・管断面径：20 ϕ_{mm}
- ・円環部中心径：780 ϕ_{mm}
- ・円環部中心オフセット：20 mm
- ・重心面～取付面距離 $\cong 400$ mm

<姿勢観測>

- ・スピン型サンセンサ (2 台)，水平線センサ (2 方向)
地磁気センサ (3 軸) によりスピン軸方向を決定する。

<残留磁気モーメント補正>

- ・衛星残留磁気モーメントを1本のMBCコイルにより補正する。
- ・MBC最大値：1.6 ATm²
- ・ // 設定刻み：0.05 ATm²

図 2.1.8-1 に姿勢制御系の機能図を示す。

(3) 制御系概念構想

A S T R O - A の姿勢制御系は前項に記述した機能を遂行するために以下の各サブシステムより構成される。本項では前項に記正した諸機能を遂行するために以下の各サブシステムを有機的に結合する事により構成される姿勢制御系の概念的な構想を見直す事を目的として、以下の各項目の検討を行う。なお A S T R O - A の姿勢制御系の概念構想は P M 段階に確立されている。

< 姿勢制御系を構成するサブシステム >

姿勢センサ：地磁気センサ (G A) × 3 軸

姿勢制御用サンセンサ (A S A S) 1 台

側面サンセンサ (S S A S) 1 台

水平線センサ (H O S) 南北 2 方向

制御エレクトロニクス：磁気姿勢制御エレクトロニクス (A C E)

アクチュエータ：M A C コイル：1 本

M S C コイル：1 本

M B C コイル：1 本

Y o - Y o デスピナ：1 対

ニューテーションダンパ：1 本

< 本項における検討項目 >

a) 磁気姿勢制御系の構成

b) 姿勢制御系信号系統

c) 姿勢制御系の座標系

a) 磁気姿勢制御系の構成

A S T R O - A の磁気姿勢制御装置の機能系統図を図 2.1.8-2 に示す。以下に図 2.1.8-2 の構成要素について記述する。

i) スピン軸方向制御 (M A C)

ア) 姿勢制御用サンセンサ (T O P - S A S)

7 ビット (L S B : 0.5°) グレイコード、ディジタル太陽角を M A C エレクトロニクス、D P に出力する。又、サンパルスは M A C エレクトロニクス、D P、H O S に出力する。

イ) A N G - 1 (太陽角取込)

グレイコード / バイナリコードの変換 (c.f. Proceedings of IEEE vol.67, No.3 PP.444-445) 及びサンパルスを基準とする M A C 制御用タイミング信号を生成する。

ロ) ANG-2 (太陽角デッドバンド)

太陽角(ϕ_s)とデッドバンド(ϕ_d)を比較し、同図に示される論理にてスピンの軸方向制御の実行／不実行を決める。なおコマンドにより ϕ_d のHigh/Low切替が可能である。

ハ) ANG-3 (制御則計算)

MACコイルの磁気モーメントの方向を制御則に従って決定する。

ニ) ANG-4 (コマンドインターフェイス)

地上コマンドによりMACの開ループ／閉ループ制御の切替えを行う。更に開ループ制御を行う場合にはMAC電流方向の切替を指令する遅延コマンドにより、又閉ループ制御の時にはANG-3からの信号によりMAC電流の方向を制御する。

ホ) ADV-1 (MACコイルドライバ)

制御則に従ってMACコイルに通電するための回路でありコマンドによりその電流の絶対値をHigh/Medium/Lowの3段階に切替可能である。

ヘ) MACコイル

スピン軸方向制御を行うための磁気モーメントを生ずる。

ト) X方向地磁気センサ

衛星X軸方向の地磁気成分を検出しこれを制御エレクトロニクスに供給する。

チ) HBX-1 (磁気センサデッドバンド)

地磁気センサからの信号をデッドバンド電圧 $+H_d$, $-H_d$ と比較し、 H_d よりも小さく $-H_d$ よりも大きい時は制御を中断させる。又、 H_d はコマンドによりHigh/Lowの切替が可能である。

ii) スピン速度制御(MSC)

イ) SPN-1 (スピン制御則計算-1)

同図に示された論理により磁気センサ信号により制御モードを1スピンの中に4回切替える(例・零→正→零→負)

ロ) SDV-1 (コマンドインターフェイス, 制御則計算-2)

ディレイコマンドによりMSCのSpin Up/Spin Down信号を又SPN-1から零／正／負モード信号を受取り、これによりUSCコイル電流方向を計算する。

ハ) SDV-1

制御論理に従ってMSCコイルをドライブするための回路である。

ニ) MSC コイル

スピン速度制御を行うための磁気モーメントを発生させる。

iii) 残留磁気モーメントの消去

イ) BIA-3 (コマンドインターフェイス)

コマンドMBC-COUNT “1”, “0” によりレジスタにコイル電流を設定し、又MBCのSet/Reset/Executeの切替を行う。

ロ) BIA-4 (レジスタ)

BIA-3からのMBC電流値をストアする。

ハ) BIA-1, 2 (MBC電流制御)

MBCコイルの磁化作用がゆっくり行われるような制御論理にてレジスタに設定された電流をコイルに通電する。

ニ) BDV-1 (D/A 変換)

MBC制御ロジックからの出力をD/A変換する。

ホ) BDV-2 (定電流)

D/A変換された電圧に対応する電流をコイルドライバに通電する。

ヘ) BDV-3 (MBCドライバ)

制御ロジックからの電流に従がいMBCコイルに電流を通電する。

ト) MBC コイル

残留磁気モーメントを消去するための磁気モーメントを発生する。

b) 座標系

図 2.1.8-4 に各センサの取付希望位置及びその座標系の定義を示す。但し、同図に於いて以下の各条件が満足される必要がある。

- 1) GA-X軸は、ASAS視野面と直交する。
- 2) MSCコイルの法線ベクトルはGA-X軸及び衛星スピン軸と直交する。
- 3) MBCコイルは衛星スピン軸と平行である。
- 4) ニューテーションダンパ及びMACコイルの法線はスピン軸と平行である
- 5) ニューテーションダンパの法線はスピン軸より2cmオフセットしている。
- 6) ASAS取付面はスピン軸と直交する。
- 7) SSAS, HOS取付面はスピン軸と平行である。

2.1.8.3 磁気姿勢制御系性能解析

本節ではASTRO-APM段階に引き続き行った磁気姿勢制御系に対する性能の見直し作業の結果を以下の5項目に亘り記述する。

- ・磁気姿勢制御系制御則確認

・太陽指向制御系及びスピン速度制御系の性能検討

(1) 磁気姿勢制御系制御則確認

a) 概要

本項では地磁気を利用した太陽指向制御系及びスピン速度制御系の制御則を確認しこれを計算機シミュレーションによりチェックする。

b) 制御則(詳細はASTRO-APM成果報告書参照のこと)

ASTRO-Aにおいて要求される姿勢はスピン軸が太陽方向から $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ オフセットした任意の方向及びスピンレートが $5 \pm 0.5 \text{ rpm}$ である。スピン軸の制御にはZ軸方向に磁気バクトルを発生することのできるMACコイルを用い、スピンレートの制御にはY軸方向に磁気バクトルを発生することのできるMSCコイルを用いる。(図2.1.8-1参照)

c) 結果

シミュレーションでは以下のパラメーターを想定した。

・軌道はCORSAと同一とした。

$$a \quad 6977.4 \text{ Km}$$

$$e \quad 0.007938$$

$$30.18 \text{ deg}$$

$$\Omega \quad 41.06 \text{ deg}$$

$$\omega \quad 103.42 \text{ deg}$$

エポックタイム1981年2月1日6時0分における平均近点離角は -3.28 deg

・衛星のスピン軸まわりの慣性モーメント $I_z = 30 \text{ kg m}^2$

・MAC, MSCコイルの作る磁気モーメントの大きさ

$$\text{MAC} \quad 27 \text{ ATm}^2$$

$$\text{MSC} \quad 10 \text{ ATm}^2$$

・初期姿勢は軌道投入方向とし、初期スピンレートは 8 rpm とした。

計算機の出力を図2.1.8-5～2.1.8-8に示す。

スピンダウンの速度は 0.13 rpm/h でこの場合スピンレートのアクイジションに18時間を要している。スピン軸方向に関しては図2.1.8-9の様にAZIMTH, ELEVATIONを定めると図2.1.8-8に示す様にスピン軸方向が変化している。

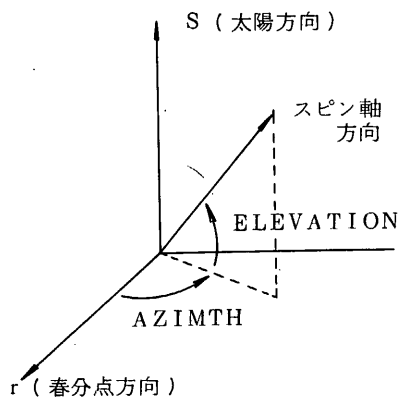


図 2.1.8-9

軌道投入後スピン軸方向のアクイジションが完了するまでに30時間を必要とする。

スピン軸の運動について本制御則の動作領域である中心部分を拡大したのが図 2.1.8-7 である。

次にスピン軸方向が目標方向に達した後、太陽の移動にともなって姿勢誤差が発生する、その誤差の補正の様子を図 2.1.8-8 に示した。アクイジション完了の後16時間で姿勢誤差が0.5'以上になりMACが動作する。その後、

16分で補正を終了した。

以上のシミュレーションでは前述の様に $\delta = 10^{-5}$ として行ったがMACの良好な制御特性が得られている。これにより基本的にはPM成果報告書に示したデッドバンド δ を導入した制御則は安定に動作することが確認された。

今後、 δ の最適値、及びダイナミックアンバランス、ハードウェアの雑音による制御特性に与える影響等の検討が必要と思われる。

(2) 太陽指向制御系及びスピン速度制御系の性能検討

a) 概要

A S T R O - A の磁気スピン軸方向／スピン速度、制御系は衛星に搭載された地磁気センサから出力されるX方向成分の信号 (GA-X) を取り込み、その極性に従ってオンボードでMAC／MSCコイルのコイル電流極性を切替えている。(付-A／付-B参照) 但しこの場合GA-Xセンサの雑音及び制御効率を考慮して極性反転点付近 (GA-X = 0) にデッドバンド (δ) が設定されて居りGA-Xが上記デッドバンド内に在る時にはMAC／MSC制御を中断する。

本項では上記デッドバンドの値を検討し、かつこれの値を採用した制御系が太陽指向制御及びスピン速度制御を正常に行う事を確認する。

b) 太陽指向制御系の制御効率

GA-Xのデッドバンドに対するMACコイルの制御効率を評価する目的で以下の各シミュレーションを行った。

<シミュレーション-1>

$$\delta = 10^{-5} \text{ wb/m}^2$$

太陽角シミュレーション結果：図 2.1.8-10

スピン軸制御速度：2.93 deg/Hr

<シミュレーション - 2>

$$\delta = 5 \times 10^{-6} \text{ wb/m}^2$$

太陽角シミュレーション結果：図 2.1.8 - 1.1

スピン軸制御速度：3.57 deg/Hr

<シミュレーション - 3>

$$\delta = 10^{-6} \text{ wb/m}^2$$

太陽角シミュレーション結果：図 2.1.8 - 1.2

スピン軸制御速度：3.74 deg/Hr

但しシミュレーションは以下の条件で行った。

スピン速度：5 rpm

スピン軸まわり慣性能率：30 kg m²

制御磁気モーメント：27.7 kg m²

打上日時：1981年2月1日 6時(UT)

軌道長半径：6977.4 km

離心率：0.007938

軌道傾斜角：30.18 deg

衛星ダイナミックス：角運動量の積算

上記シミュレーション結果よりMAC制御に関してはデッドバンドは小さい方が良好な制御性能が得られるが $\delta = 5 \times 10^{-6} \text{ wb/m}^2$ 以下は殆ど同じ値となる事が判る。

一方、MACコイル及びMSCコイルからGAへの影響は略々2550 γ であり、又、過去の衛星飛翔データから判っているGAセンサのセンサバイアスは1000～2000 γ である。

従ってGA-Xのデッドバンドは少なくともMAC, MSCコイルからの影響である2550 γ より大きな値であり、かつこれに制御効率及びGAセンサの雑音を考慮して以下の2値(コマンドにより切替可)を設定する。

$$\delta_{L1} = (\text{MAC, MSCによるバイアス}) + 2X (\text{量子化誤差})$$

$$\cong 3500 \gamma$$

$$\delta_{L11} = \delta_{L1} + 2X (\text{GAセンサバイアス最大値})$$

$$\cong 7500 \gamma$$

2.1.8.4 ニューテーションに対する解析

(1) ダンバの解析設計見直し

A S T R O - A PM段階ではニューテーションダンバの性能解析及びその設計は

NEC 独自で開発した円環ダンパ内の液体運動を記述する NAVIER-STOCKES の運動方程式の求積による手法を採用した。しかし、その後東大宇宙研の西村教授殿及び雛田助教授殿の御指導により流体に作用する粘性力をポアゼユ抵抗と仮定して解析する手法を確立したので、これを用いて ASTRO-A の諸元を見直す事によりダンパ諸元の決定を行った。

(a) ASTRO-A の質量特性

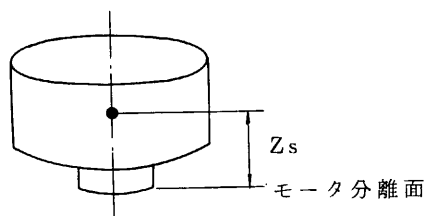


図 2.1.8 - 1 4
ASTRO-A
質量特性

	パドル展開前	展開後
重心	$Z_s = 430 \text{ mm}$	460 mm
重量	$W_s = 189 \text{ kg}$	189 kg
慣性モーメント	$I_R = 21.506 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$28.335 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
	$I_{Piy} = 14.725 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$18.796 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

(d) ASTRO-A ND の各諸元

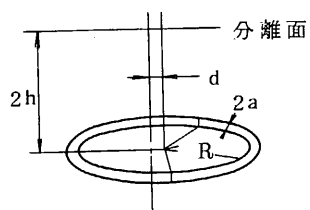


図 2.1.8 - 1 5
ASTRO-A
ニュートンダンパ
諸元

- 円環半径 $R = 39 \text{ cm}$
- 円管半径 $a = 1 \text{ cm}$
- 分離面間距離 $Zh = 6.7 \text{ cm}$
- オフセンタ $d = 2 \text{ cm}$
- 液体特性

シリコンオイル $\nu = 5 \text{ cst} \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu = 4.6 \text{ cP} \\ = 0.920 \end{array} \right.$
(25℃)

$\nu = 10 \text{ cst} \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu = 9.4 \text{ cP} \\ = 0.940 \end{array} \right.$

$$\begin{aligned} \mu \text{ タノール } (\nu = 0.738 \text{ cst}) & \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu = 0.584 \text{ cP} \\ \quad = 0.791 \end{array} \right. \\ (20^\circ \text{C}) \end{aligned}$$

・封入中心角 $2\theta = 133.6^\circ$ ($133.6/360 = 0.371$)

(e) ASTRO-ANDの時定数

ニュートレーションの減衰時定数は次式で求められるものとする。(東大宇宙研 西村教授からの受領資料による)

$$\tau = \tau_0 \cdot \left(\frac{\theta^2}{F} \right) \quad \dots\dots\dots (2.1.8-1)$$

$$\tau_0 = \frac{I_s}{16\pi \mu R^3 \sigma} \quad \dots\dots\dots (2.1.8-2)$$

$$\frac{\theta^2}{F} = \frac{2 \{ (\sigma c / Q)^2 + (\bar{D} / R - \sigma^2)^2 \}}{(\bar{h} / R)^2 (1 - \sigma)^4} \quad \dots\dots\dots (2.1.8-3)$$

τ = 減衰時定数

I_s = スピン軸まわり慣性モーメント

σ = $(1 - I_{spin} / I_{transverse})$

2θ = 液体充テン角

\bar{h} = $h \sin \theta / \theta$

\bar{D} = $d \sin \theta / \theta$

C = $8\nu / a^2$

Q = スピンレート

(f) 目標ダンバの時定数

以上の計算より、全体的な傾向として

- (1) 液体充テン量が $\theta = 1.166 \text{ rad}$ (充テン比 0.37) のとき時定数は極小となる
- (2) 高速時には液体の粘性が大きい程、時定数は小さくなるが、低速時には $\nu = 3 \text{ cst}$ 付近で時定数が最小となる。
- (3) 高速時、低速時共にオフセンタ量が大きい程、時定数は小さくなる。

となる。すなわち結果的には適当なオフセンタ量を与え、 $\nu = 3 \text{ cst}$ 程度のシリコーン・オイルを用いることが好ましいが、シリコーン・オイルの入手のし易さ、低速時の時定数が10分程度であることより $\nu = 5 \text{ cst}$ のシリコーン・オイルを用いることを検討したい。

$$\left. \begin{array}{l} \text{高速時時定数 (3段モータ付)} \\ 5.3 \times 10^{-5} \text{ sec} \\ \\ \text{低速時時定数} \\ 420 \text{ sec} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{オフセンタ量} \\ 2 \text{ cm (=管径)} \\ \\ \text{シリコーン・オイル粘性} \\ 5 \text{ cst} \end{array}$$

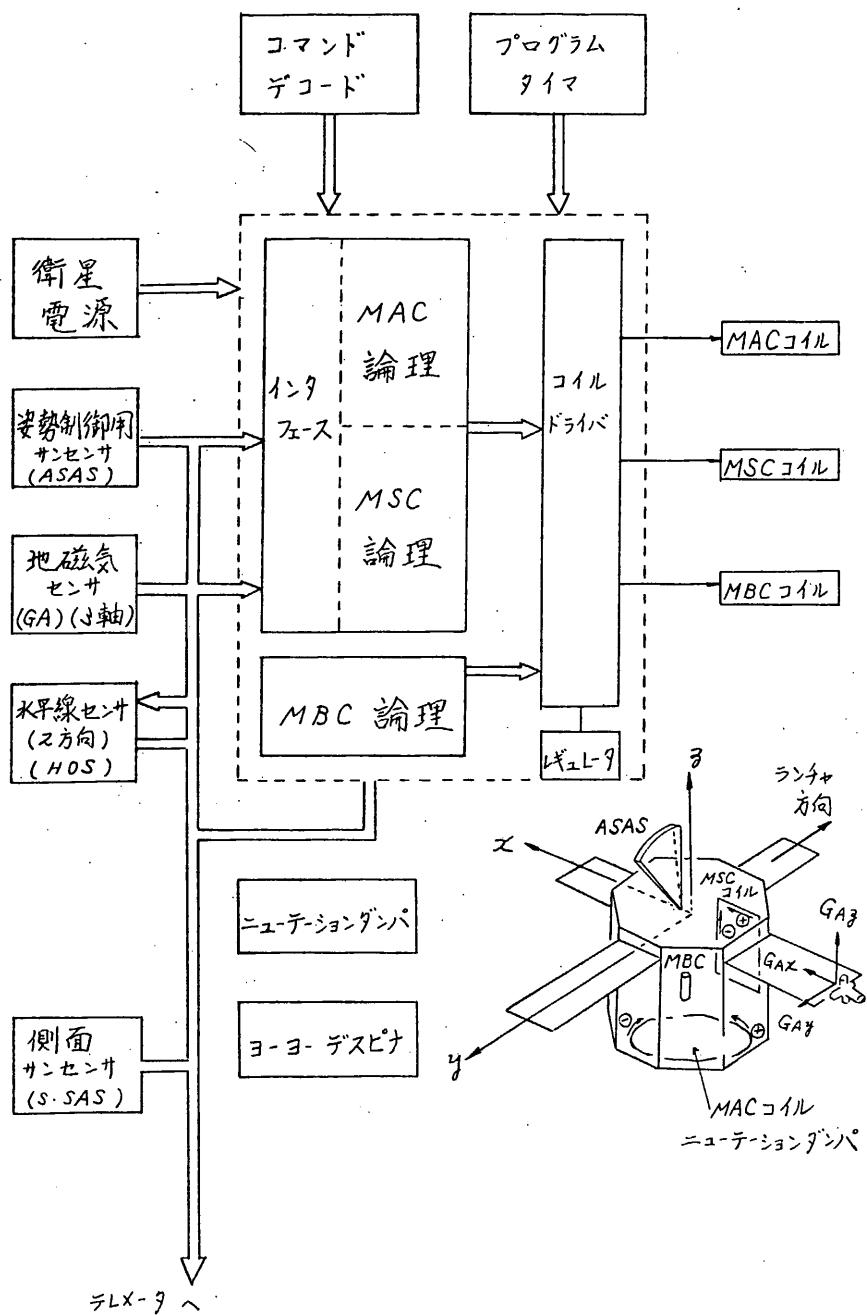


図 2.1.8 - 1. ASTRO-A 制御系機能系統図

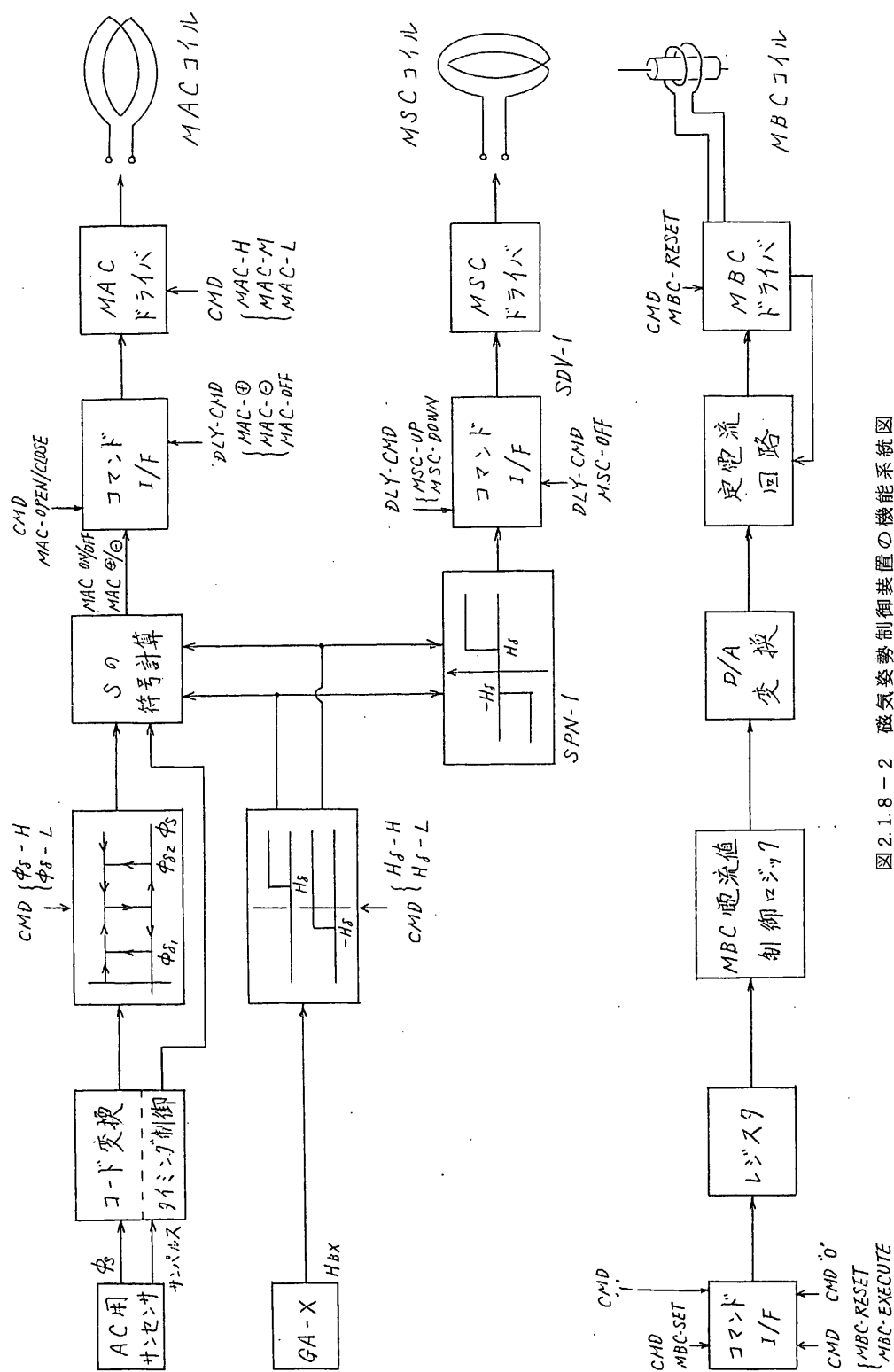


図 2.1.8 - 2 磁気姿勢制御装置の機能系統図

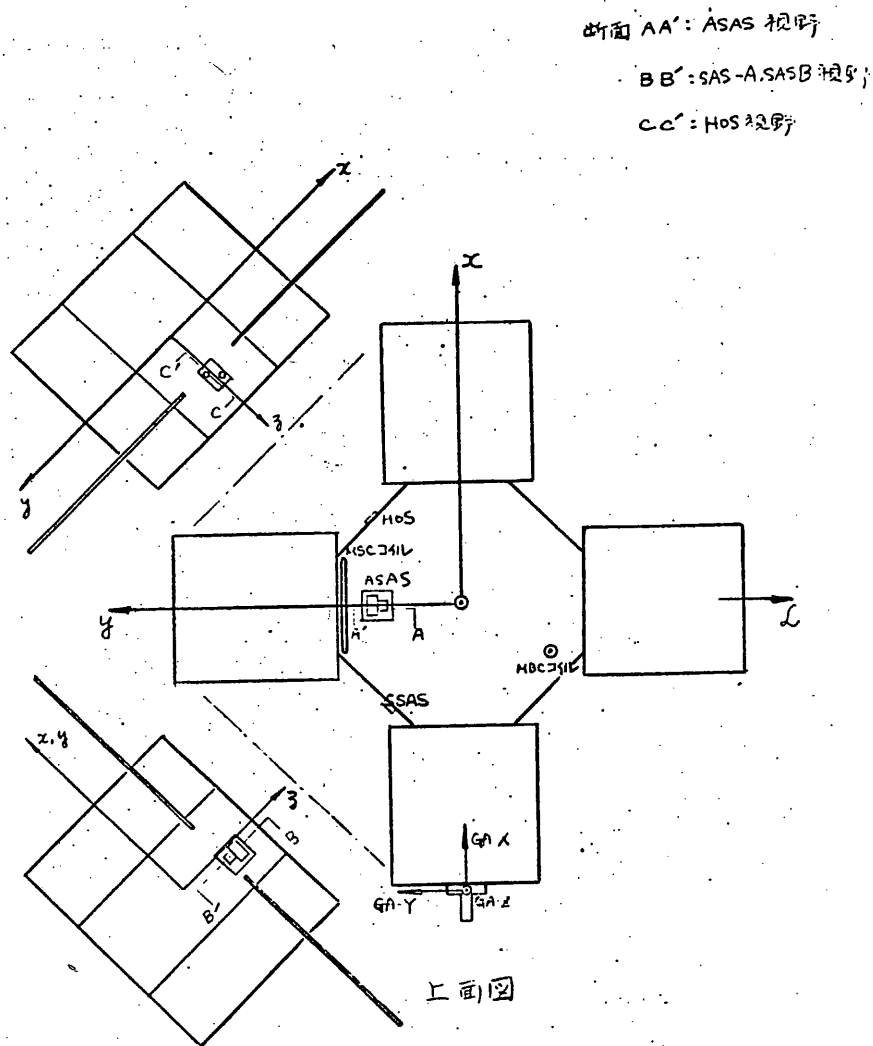
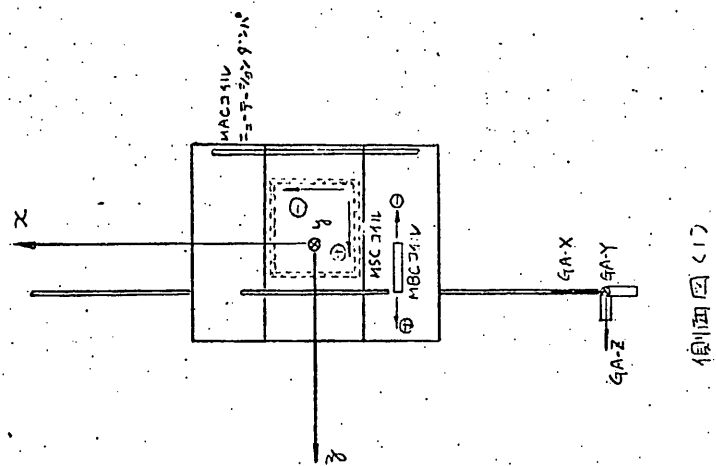


図 2.1.8-4 (1/2) 座標系の定義



側面図(1)

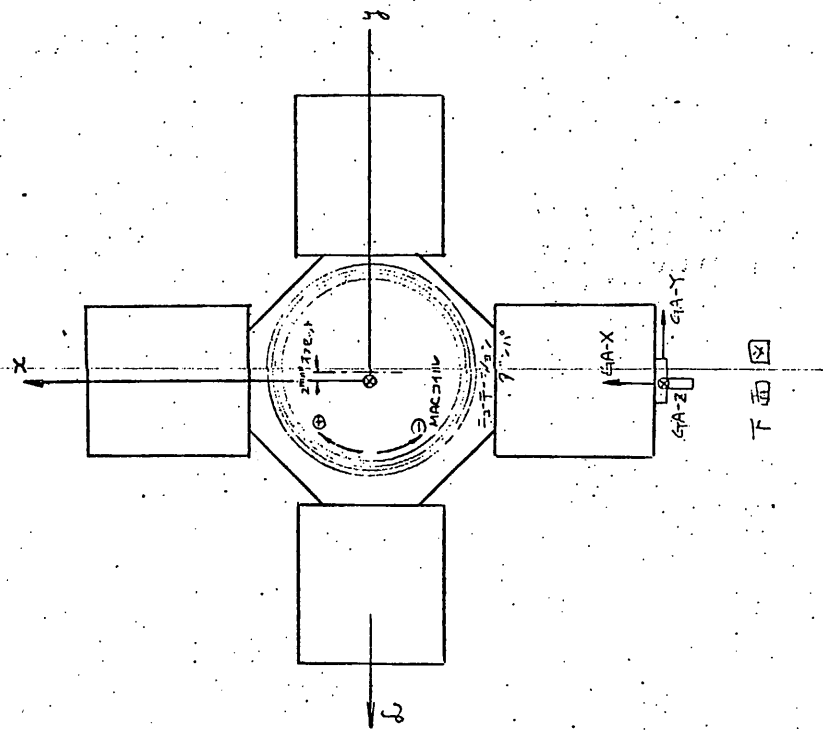


図2.1.8-4(2/2) 座標系の定義

8 rpm \rightarrow 5.5 rpm
 0.132 rpm/h \sim Spin down

MAC 27 ATm²
 MSC 10 ATm²
 IZ 30 Kg m²

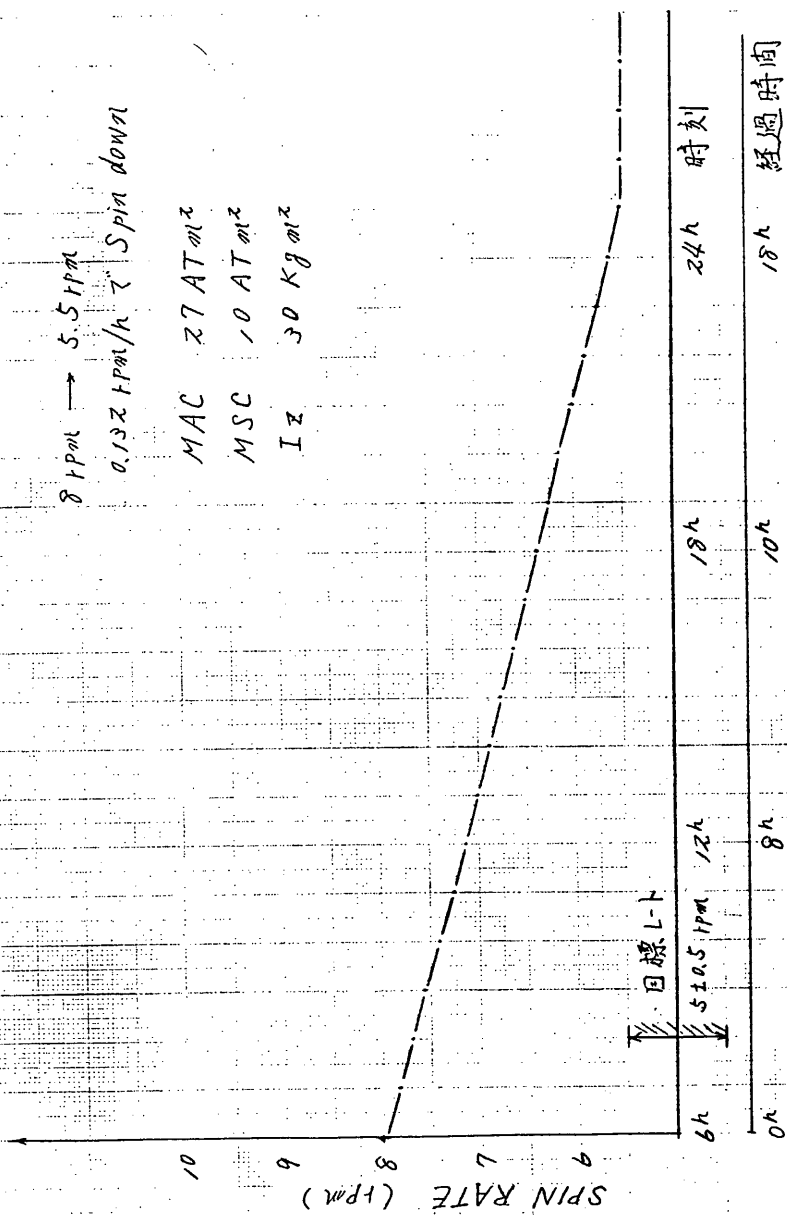


図 2.1.8-5 スピンドレートの変化

()内は経過時間を示す。

MAC 27 ATm^2

MSC 10 ATm^2

Iz 30 Kg m^2

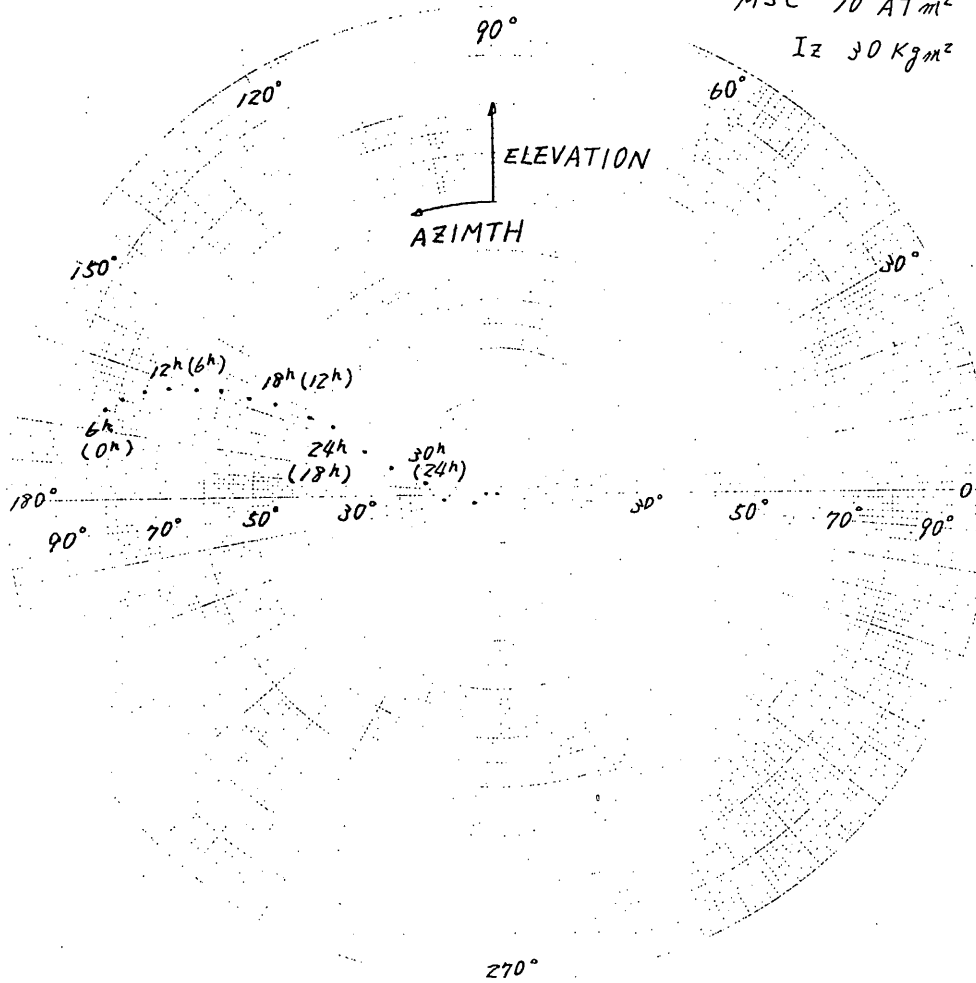


図 2.1.8 - 6 スピン軸方向の時間変化 (その1)

()内は経過時間と示す。

MAC 27 ATm^2

MSC 10 ATm^2

I_z 30 Kg m^2

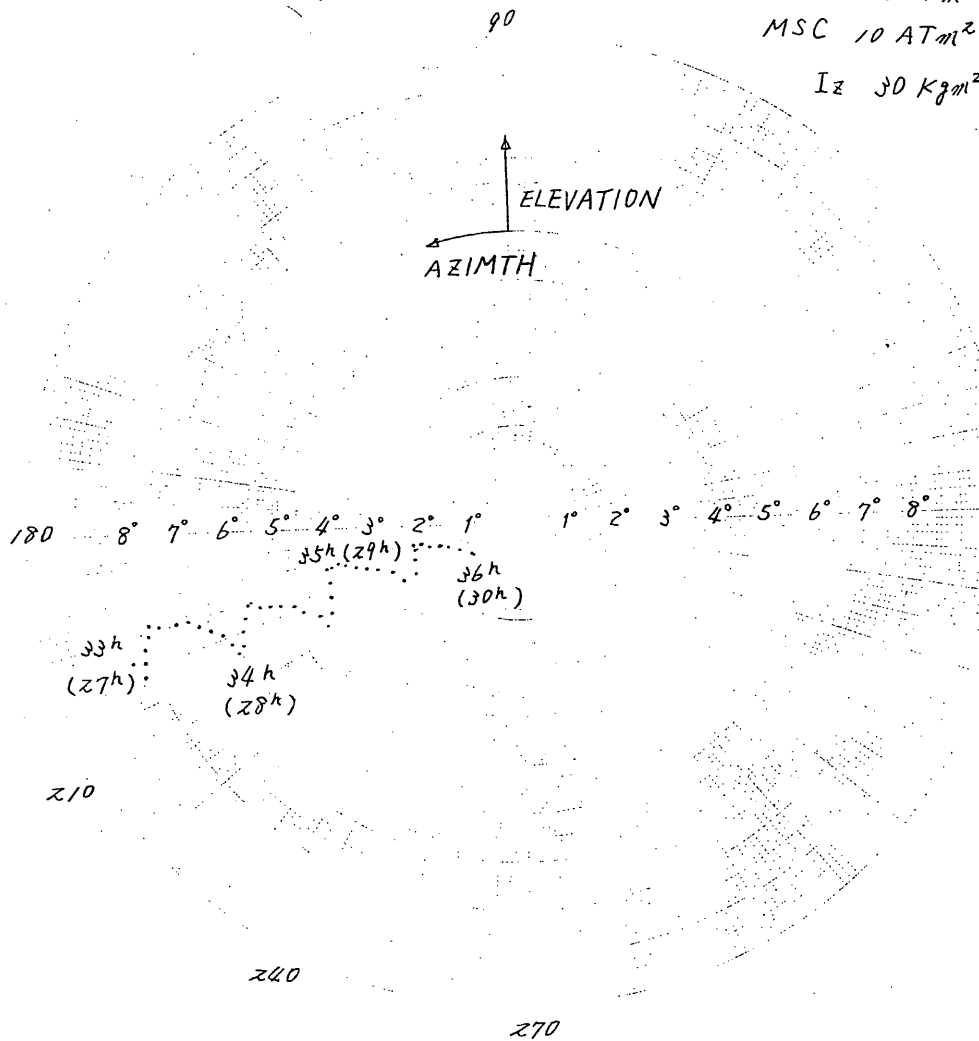


図 2.1.8-7 スピン軸方向の時間変化 (その2)

()内は経過時間と示す。

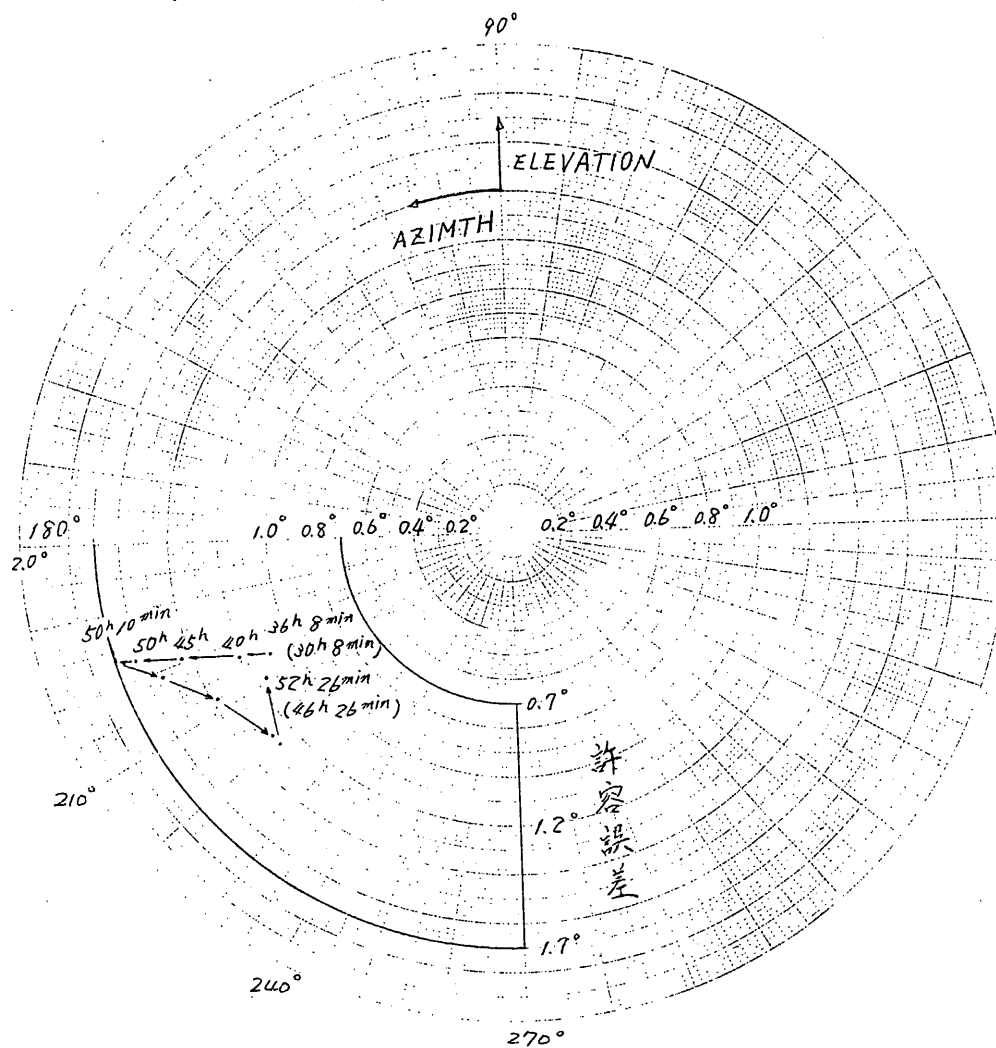


図 2.1.8 - 8 太陽の移動によるスピン軸方向のずれの補正

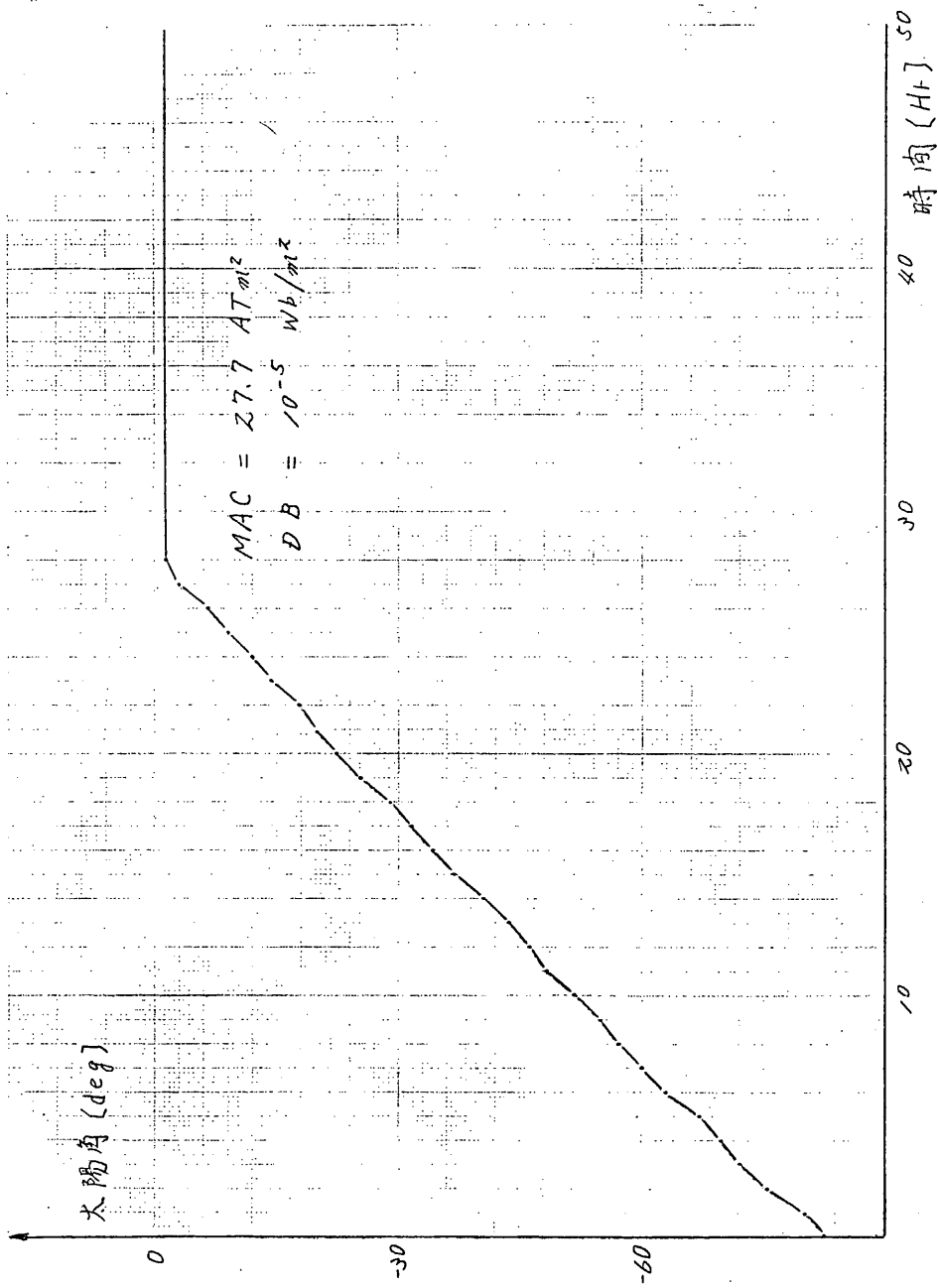


図 2.1.8-10 MACシミュレーション結果-I

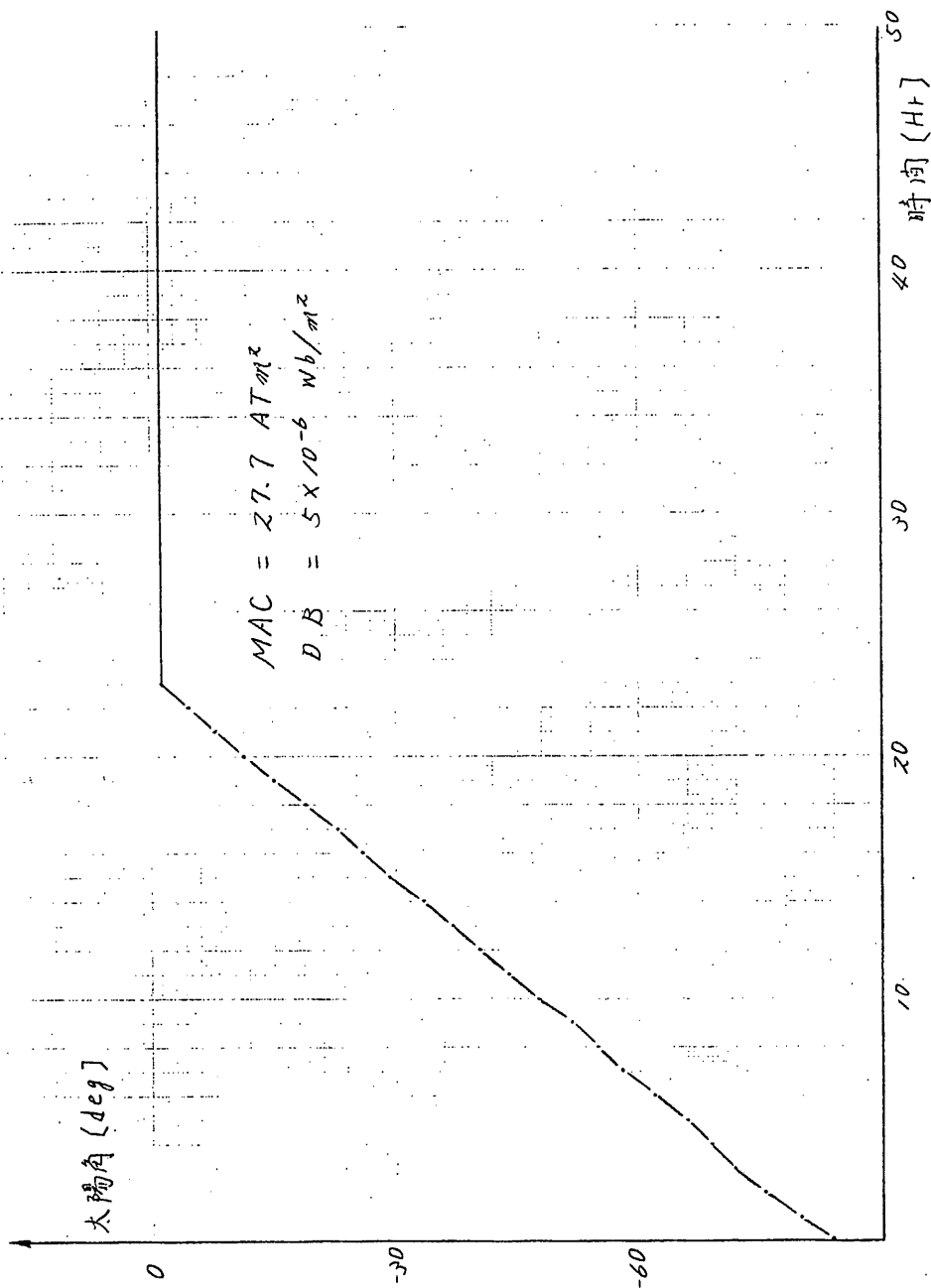


図 2.1.8-11 MACシミュレーション結果-2

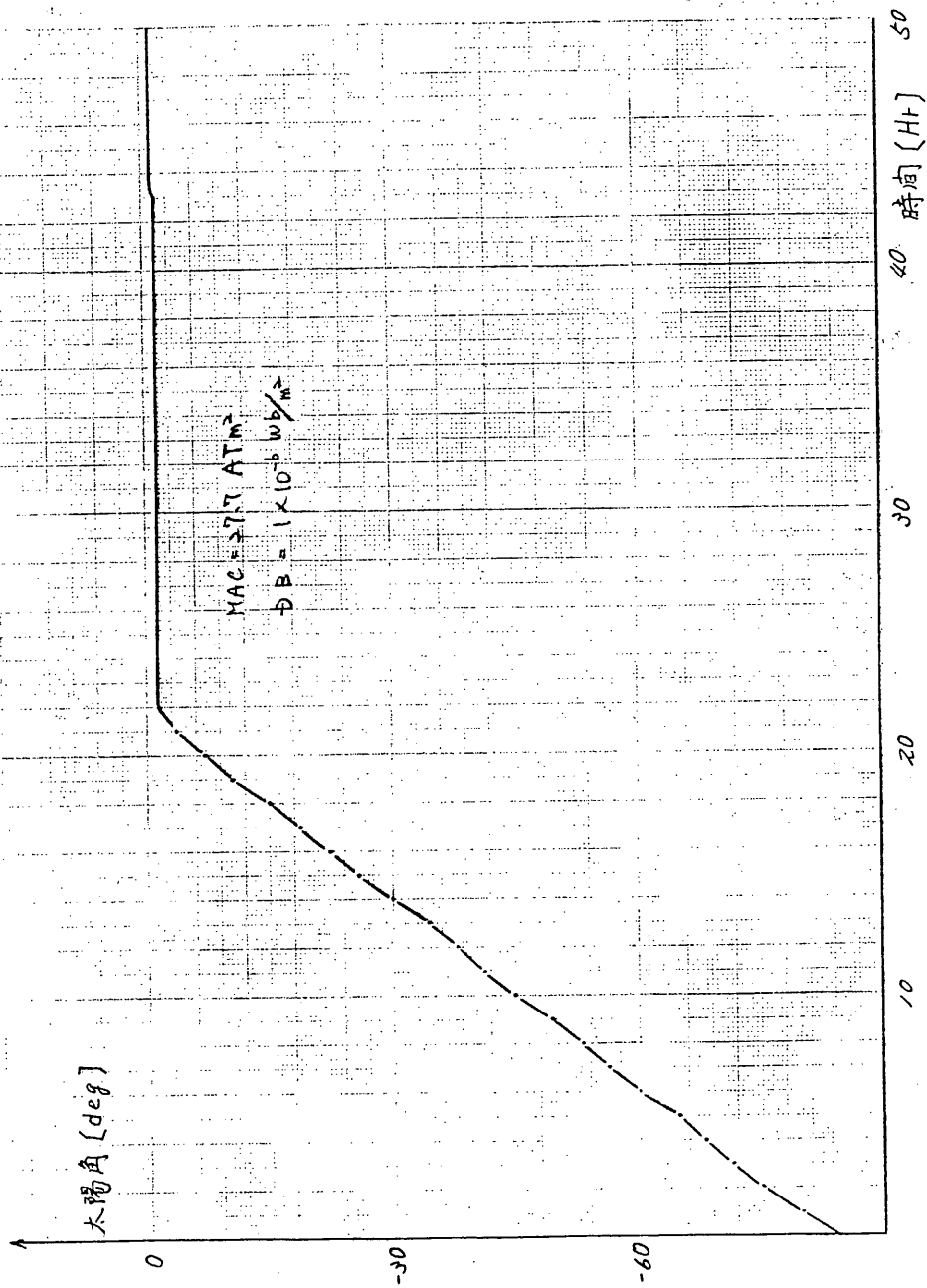


図 2.1.8-12 MACシミュレーション結果-3

2-2-1 太陽姿勢計 (SAS)

東大宇航研 河東田 隆
 岸 真人

測 機 舎 (株)
日 本 電 気 (株)

§ 1 観 測 目 的

姿勢決定の一要素として衛星軸と太陽とのなす角とスピン周期を測定する事、
及び姿勢制御系へそのデータを出力する事を目的とする。

§ 2 構成及び動作概要

SASは図1に示す様に、衛星側面に取り付けられた分解能1度のスピンスリット型サンセンサ (SSAS) と衛星頭部に取り付けられた分解能0.5度の高精度スピンスリット型サンセンサ (ASAS) から構成される。 各々の視野角度は、図2に示す通りである。

ASASはスリットとシリコンモノリシックダイオードアレイ^{*}から成り、太陽が衛星軸とASASの法線の張る面内に位置した時 (正対した時)、スリットを通過した太陽光がダイオードアレイ上に入射し、入射角に対応するグレイコード信号を0.5度の分解能で出力する。 又同時に正対信号 (サンパルス) を出力する。

SSASは、スリットとダイオードアレイの間にプリズムを置くことにより、視野角を拡大してある。 このために分解能は1度となるが、その他の動作はASASとほぼ同様である。

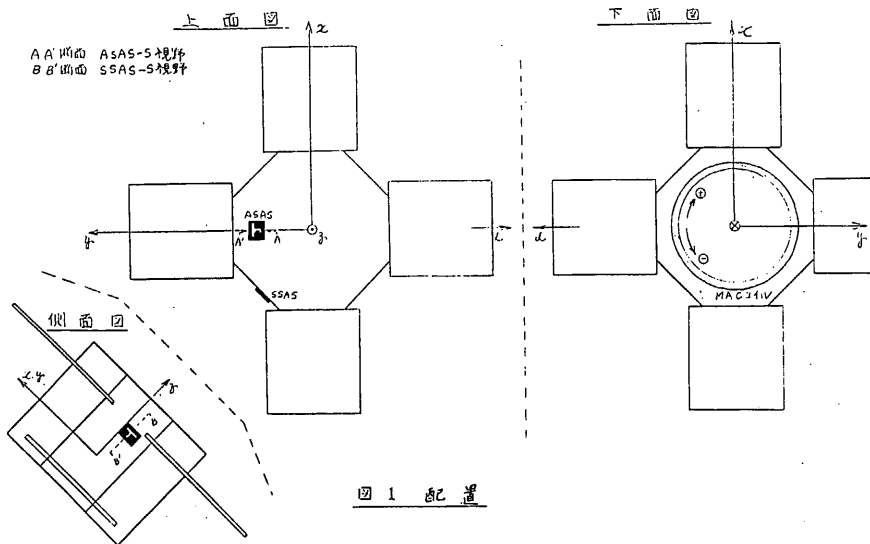
姿勢制御系は、ASASからサンパルスが出力された時点の太陽角と地磁気X軸センサの出力値によって、衛星軸と垂直な面内に巻かれたMACコイルの電流方向を切り替えて、姿勢を衛星軸と太陽方向のなす角が $1.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ に保持されるように制御を行う。

§ 3 現 状

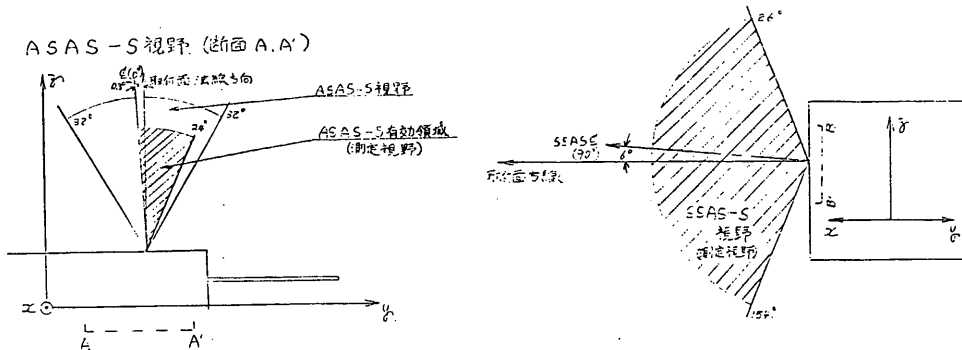
SSASは、従来多数のロケットや衛星に搭載され、良好な結果を得ている。
ASASについては、0.5度の分解能を実現するために、スリットを含む各部品やアライメントの高精度化を行ったセンサ部、及びセンサの温度変化等の影響を補正する電気系等の試作を行い、太陽光による試験を行った結果、十分な分解能を得る

ことが出来ることが明らかとなった。これらの結果を基に、現在両センサと
設計を行っている。

＊ 富士通研究所（株）によって製作。



SSAS-S視野（断面B-B'）



東大宇宙研 二宮研究室

日 本 電 気 (株)

2.2.3.1 概要

本装置は、サンセンサからの太陽角データを処理し、DP, HOS, MAG-ACEへ、サンハルス、太陽角データ、サンハルス有効信号を出力するためのものである。

2.2.3.2 機能

本装置の機能ブロック図を図2.2.3-1に示す。

姿勢制御用サンセンサのフォトダイオードの逆電流は、入力部の1M Ω の抵抗によって電圧に変換され、バッファアンプに入れられる。太陽の正対を示すフォトダイオード出力 S_0 , S_8 からは、 $S_0 = S_8$ となるタイミングを検出し、サンパルスを発生する。又、バッファ出力の $S_1 \sim S_7$ は、 S_0 と比較され、 $S_4 \sim S_7$ は S_8 と比較されて、太陽角データとなる。

ヒステリシスコンパレータは、衛星のスピン方向を検出し、DPへその情報を送る。

S_0 , S_8 については、アナログマルチプレクサにより、シリアルのアナログ信号に変換され、地上にFM伝送されるのでサンセンサのアナログ出力波形を観測できる。

2.2.3.3 性能

(1) 入力信号

- 入力インピーダンス 1M $\Omega \pm 5\%$ (サンセンサに対して調整する)
- 入力信号 正対ビット(S_0 , S_8)信号
7bitグレイコード($S_1 \sim S_7$)信号
- 太陽角とコードの関係(S_1 をMSB, S_7 をLSBとする。)

MSB	LSB	太陽角
0 1 0 0 0 0 0		- 0.05° \pm 0.25°
0 1 0 0 0 0 1		+ 0.45° \pm 0.25°
0 1 0 0 0 1 1		+ 0.95° \pm 0.25°
⋮		⋮

(2) 出力信号

- ・ サンパルス パルス幅 $10\text{ mS} \pm 10\%$
- ・ サンパルス有効信号 パルス幅 $20\text{ sec} \pm 10\%$
- ・ サンセンサデータ 視野 $-0.3^\circ \sim +31.7^\circ$
量子化誤差 $\pm 0.25^\circ$
信号処理回路誤差 $\pm 0.001^\circ$
- ・ 正逆スピンモニタ信号
- ・ S_0/S_8 FM伝送用アナログ信号
- ・ ASAS-ON/OFFステータスモニタ

(3) コマンド

ASAS-ON/OFF

(4) 消費電力

+ 1.2 V系	720 mW以下
- 1.2 V系	480 mW以下
+ 5 V系	100 mW以下

2.2.3.4 機械的性能

(1) 寸法及び外観を図 2.2.3 - 2 に示す。

(2) 重量 1.3 kg以下

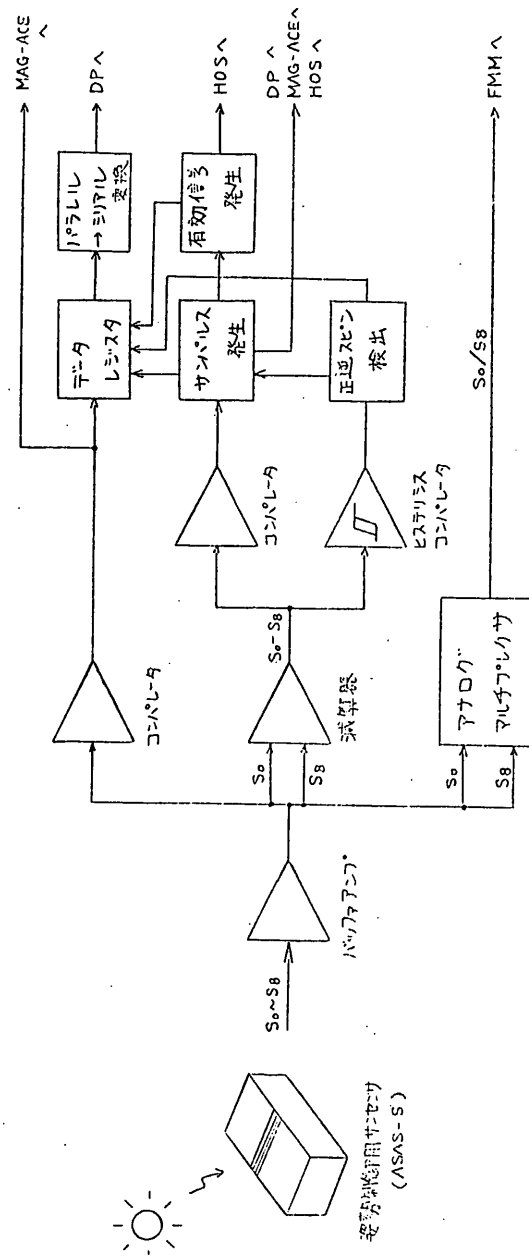
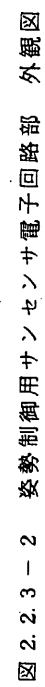


図 2.2.3 - 1 姿勢制御用センサー電子回路部機能ブロック図



青木 巖・遠山文雄・高橋隆男
測 器 会

1. 目的

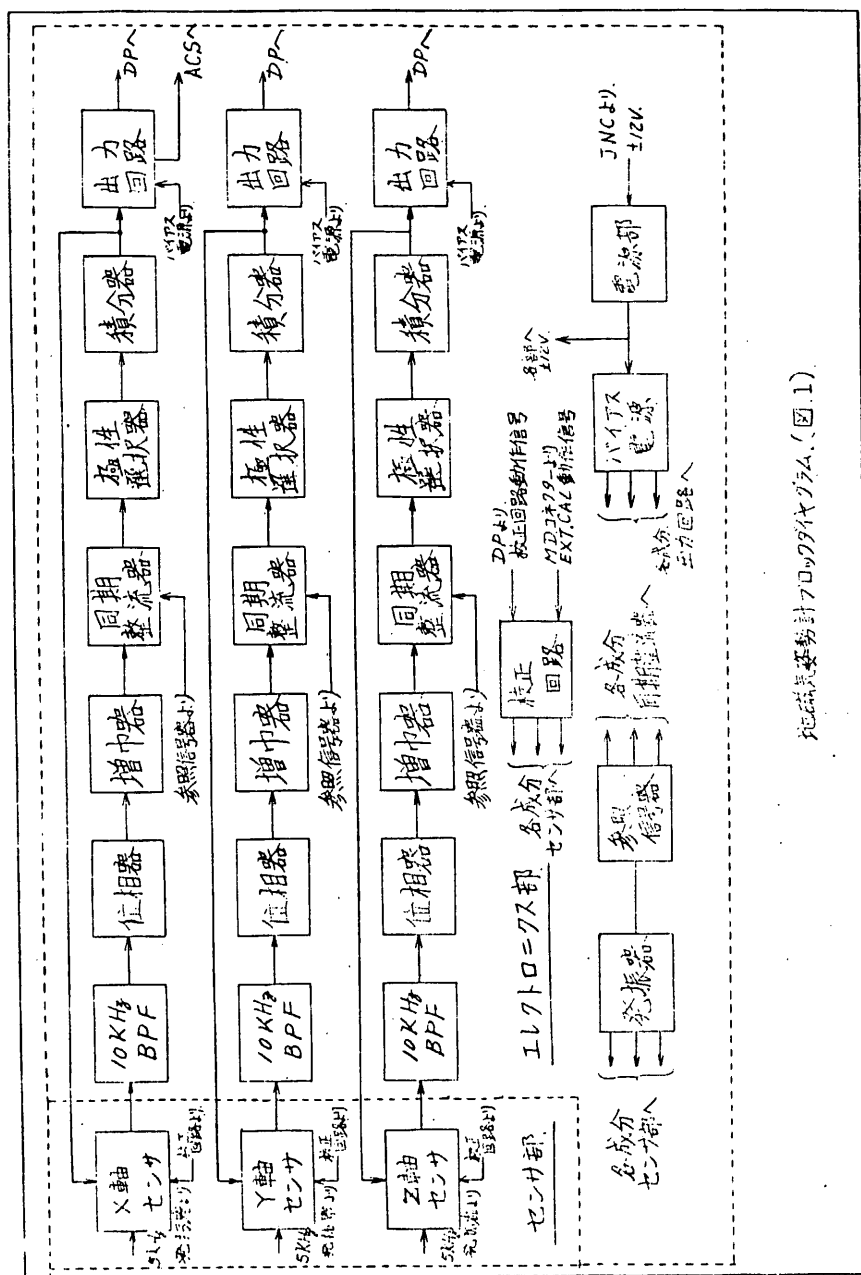
地磁気姿勢計 (GA) は、科学衛星 (ASTRO-A) に搭載され、軌道上における、地磁気の X、Y、Z、3 成分を測定し、衛星姿勢決定に必要な一つの情報とする。更に、衛星の自転周期及び、衛星の軸方向を制御するためにも必要な信号として GA の X 成分を ACE に送り出している。

2. 動作概要

本装置 (GA) は、図 1 のブロックダイヤグラムに示す。5 KHz で励振された地磁気センサ部は外部磁場の大きさに比例した振幅をもつ、偶数次高調波成分を発生する。そのうちの 2 次高調波を同調増幅し、逆相検波を行う。この出力は極性判別され、正入力の時は負の一定出力、負入力の時は正の一定出力を出力し、積分され、センサ部の打消しコイルに磁界の大きさに比例した電流を流す。その結果、センサ部内の直流磁界は打消される。しかるに、時間と共に積分出力が増加するため、磁界を打消しすぎる状態になり、極性判別器出力は反転し、同時に積分器出力も反転する。また、打消し電流も反転する。この結果、積分器出力電流は三角波となり、その直流分は外部磁界の大きさに比例するから、平滑回路を通して、直流分を取り出し、DP と ACE へ出力を送り出す。

3. 主要諸元.

(1) 消費電力	+ 12 V	1.6 W _{max}
	- 12 V	0.6 W _{max}
(2) 磁場測定範囲	各軸共	-50000 γ ~ +50000 γ / 0 ~ 3 V
(3) 磁場測定精度	1 軸につき	±400 γ 以内 (0°C ~ 40°C)
		±750 γ 以内 (-20°C ~ 0°C 及び 40°C ~ 60°C)
		400 γ / 1° (角度換算)
(4) HK 項目	センサ部表面温度測定	
(5) 温度条件	機能維持温度範囲	
	電気部	-20°C ~ 60°C
	センサ部	-55°C ~ 80°C
	保存温度範囲	
	電気部	-55°C ~ 80°C
	センサ部	-55°C ~ 80°C
(6) 寸 法	電気部	180 × 150 × 162 ^H (単位 mm)
	センサ部	75 ^φ × 137 ^H (単位 mm)
(7) 重 量	電気部	2600 ± 200 (gr.)
	センサ部	350 ± 30 (gr.)



地磁気姿勢計プログラムのブロック図 (図 1)

東大宇宙研 二宮研究室

松下技研(株)

1. 観測目的

本装置は地球の地平線を検出することにより、衛星の飛行姿勢を検出することを目的とする。

2. 動作概要

本装置は、ASTRO-Aの飛行姿勢を検出するために設計された装置である。地球をとりまくCO₂層は230℃程度の赤外放射をし、その波長は14～16μmである。一方、宇宙からの赤外放射は4℃程度のものであり、この赤外量の差を衛星のスピンの利用して、南北2方向の地球端を検出し、飛行姿勢を知るものである。本装置で用いている検出器は焦電形赤外線検出器である。

3. 構成

本装置は14～16μmのゲルマニウム多層蒸着膜干渉フィルタとゲルマニウム対称レンズを持つ赤外センサー部と、信号処理を行うエレクトロニクス部により構成される。図1に本装置のブロック図、図2・3にはそれぞれ赤外センサー部とエレクトロニクス部の外観図を示す。

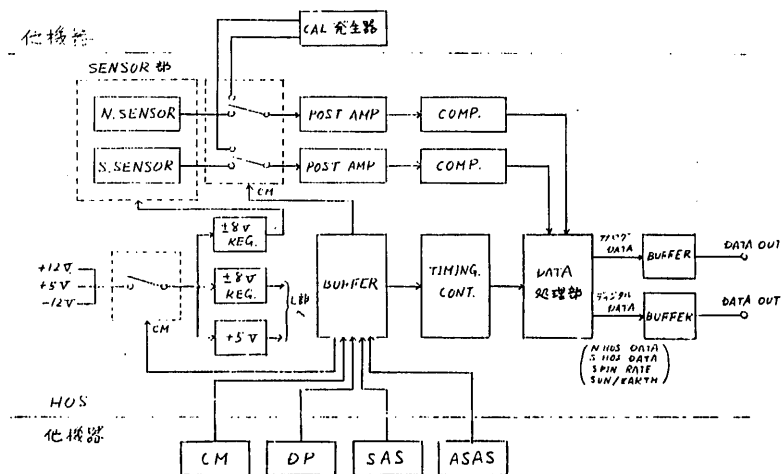


図1 ブロック図

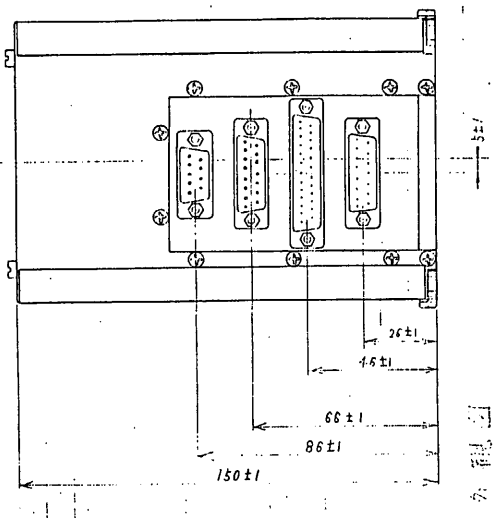
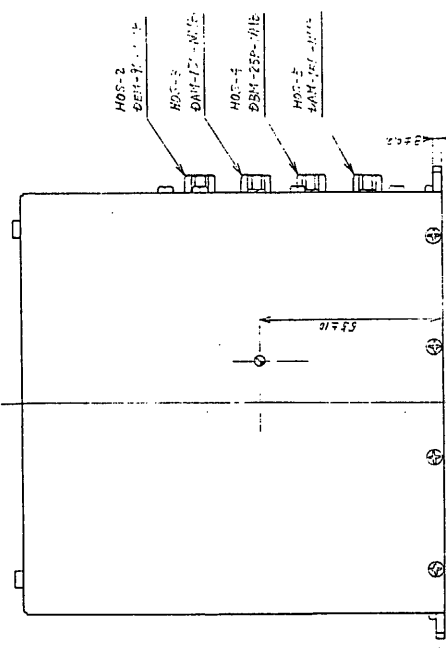
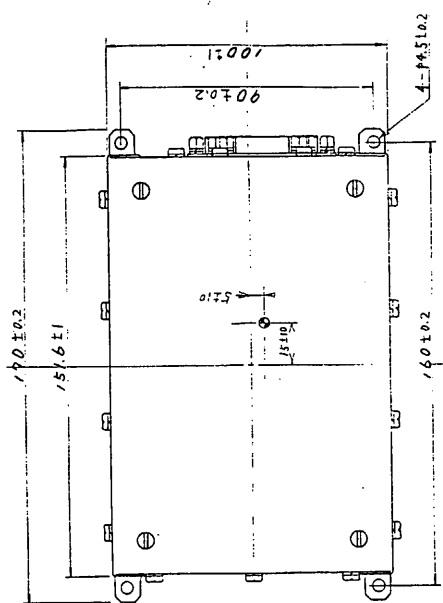


図 3 エレクトロニクス部 外観図

4. 主要仕様

出力信号型式	ディジタル処理型	
	1. HOS (N) データ	
	2. HOS (S) データ	
	3. HOS フレーム同期データ	
	4. SAS-HOS 位相角データ	
動作温度範囲	センサー部	-20°C ~ +50°C (性能維持温度範囲)
	エレクトロニクス部	-10°C ~ +40°C (性能維持温度範囲)
消費電力	+12V 30mA 以下	
	-12V 30mA 以下	
	+5V 30mA 以下	
外形寸法	センサー部	99×110×120H (図2)
	エレクトロニクス部	100×170×153H (図3)
重量	センサー部	1.2 kg
	エレクトロニクス部	1.5 kg
機械的性能	振動, 衝撃試験及びその他の環境試験は宇宙研規格に準ずるものとする。	

5. HK項目 HOSセンサー部温度

6. コマンド項目

6.1 実時間コマンド項目

電源ON (CM-A) AD-12 EX-15

電源OFF (CM-A) AD-13 EX-13

(TCSに於けるSAS, GASも同時)

6.2 PIコマンド項目 機器指定=00100

GAIN AUTO OS-0----1

GAIN MANUAL OS-0----0

MANUAL GAIN1 OS-1----1

MANUAL GAIN2 OS-1----0

第 3 章

共 通 機 器

3-4 ASTRO-A搭載用データ処理装置 (DP)

東大宇宙線研 近藤一郎

富士通株式会社

1. 概要

この装置は、各観測機器によって得られた情報、衛星自体の動作状態の情報、および姿勢情報を効率良く地上へ伝送するために、機上においてデータ処理を行なうことを目的としており、次の機能を持っている。

- (1) 各観測機器から送られてくるデータを、それぞれの処理回路で処理した後、衛星内部のデータを付加して一定のフォーマットに編集し、リアルデータとしてテレメータに送る一方、レコードデータとしてデータレコーダに送る。
- (2) 処理に必要なタイミングパルスは、すべて内蔵のタイミングジェネレータで発生しており、DP内部だけでなく、他の各観測機器へもタイミングパルスを供給する。
- (3) 各機器の動作を制御するために設けられているPIコマンドの解読と、各機器への伝達を行なう。

2. 構成

区 分	品 名	員 数	備 考
エレクトロニクス部	DP-E	1	
メモリ部	DP-M	1	
電源用接続ケーブル		1	9 極
信号用接続ケーブル		1	50 極

3 電気的性能

3.1 出力データ主要諸元

リアルデータとレコードデータは、データ識別IDにより分離された同一のデータであり、データ識別以外はまったく同じ諸元である。

- | | | |
|---------------------------|---|---|
| (1) 符号形式 | : | Split Phase Mark (SPM) |
| (但し、リアルQUIET データはSPM-PSK) | | |
| (2) レベル | | |
| a LOWレベル | : | 0V ~ 0.4V |
| b HIGHレベル | : | 4.5V ~ 5.3V |
| (3) ビットレート | | |
| a FLAREモード | : | 8192 Bits/sec |
| b QUIETモード | : | 1024 Bits/sec |
| (4) ビット数/ワード | : | 8 Bits/word |
| (5) ワード数/フレーム | : | 128 Words/Frame |
| (6) フレーム数/サブフレーム | : | 64 Frames/Subframe |
| (7) フレームフォーマット | : | 表-1に示す |
| (8) 同期コード | | |
| a W ₀ | : | 1 1 1 1 1 0 1 0 |
| b W ₁ | : | 1 1 1 1 0 0 1 1 |
| c W ₂ | : | 0 0 1 0 0 0 0 0 |
| (9) フレームID | : | 0 0 F _f F _e F _d F _c F _b F _a |
| (10) アナログHKフォーマット | : | 表-2に示す |

(11) デジタルHK

- a フォーマット : 表-3に示す
- b ビット内容 : 表-4に示す
- c DPIDビット内容 : 表-5に示す

(12) 共通ワード部

- a フォーマット : 表-6に示す
- b ビット内容 : 表-7に示す

(13) PRT-CHECKデータ

- a フォーマット : 表-8に示す
- b ビット内容 : 表-9に示す

3.2 メモリ

- (1) 容量 : 32768W (1W=8Bits)
- (2) サイクルタイム : MIN 10 μ sec
- (3) アドレスライン : パラレル 15ライン
- (4) 入カデータライン : パラレル 8ライン
- (5) 出カデータライン : パラレル 8ライン

表-1 フレームフォーマット

FLARE mode (Frame=125ms)																		
W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
0	SYNC CODE			FI	SXT1 -PC	SXT2 -PC	SGR -E	A-HK FLM-POH SXA FLM-POH A-HK FLM-PCL PxM FLM-PCL	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	FLM -E	SXT1 -PC	SXT2 -PC	SOX -1	SOX -2		
16	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC2														
32																	HXM-PC1	HXM-PC3
48																		
64	共通A	共通B	共通C	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7												
80	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
96																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
112	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4	HXM-PC5	HXM-PC6	HXM-PC7	HXM-PC8	HXM-PC9	HXM-PC10	HXM-PC11	HXM-PC12	HXM-PC13		
																	SXT1 -PC	SXT2 -PC
	SXT1 -PC	SXT2 -PC	HXM -PC	HXM-PC1	HXM-PC2	HXM-PC3	HXM-PC4											

QUIET mode (1Frame = 1s)																
W	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SYNC CODE			FI												
16	PICAB		A - HK	IMP	HXM - R2											
32	FLM - PCH			TEL	HXM - R3											
48	FLM - PCL		IMP	HXM - R4												
64	共通 A		共通 B	共通 C	D - HK			SXT1 - PC			HXM - PC1			SXT2 - PC		
80	OS	A - HK		IMP	HXM - R5			SXA			FLM - E			PXM - A		
96	FLM - PCH			TEL	HXM - R6			SGR			PXM - B			PXM - B		
112	FLM - PCL			IMP	HXM - R7									SOX - 1		
														SOX - 2		

表-2 アナログHKフォーマット

A-HK (F: W₇, W₇₁ Q: W₁₇, W₈₁)

F	0		1		2		3	
	W ₇ (F) W ₁₇ (Q)	W ₇₁ (F) W ₈₁ (Q)	W ₇ (F) W ₁₇ (Q)	W ₇₁ (F) W ₈₁ (Q)	W ₇ (F) W ₁₇ (Q)	W ₇₁ (F) W ₈₁ (Q)	W ₇ (F) W ₁₇ (Q)	W ₇₁ (F) W ₈₁ (Q)
0 • 32	CAL-A	CAL-B	+BUS	+BAT	+12V REG	+5V REG	+15V RL	Ic -P
4 • 36	Id - P	HXM-HV	PXM-HV	SXT-HV1	SXA-1	SOX-HV	FLM-HV1	Y-SA MODE
		SGR-HV	FLM-HV2H	SXT-HV2	SXA-2		FLM-HV2L	
8 • 40	-12V REG	TL-1 BAT セル1	TL-2 BAT セル2	TL-3 BAT CASE	TL-4 SHNT-E	TL-5 側面 パネル1上	TL-6 側面 パネル2上	TL-7 側面 パネル1中
12 • 44	TL-8 側面 パネル2中	TL-9 側面 パネル1下	TL-10 側面 パネル2下	TL-11 下端 パネル	TL-12 底部 パネル	TL-13 スラスト チューブ上	TL-14 スラスト チューブ中	TL-15 スラスト チューブ下
16 • 48	TL-16 上部パネル 上面	TL-17 上部パネル 下面1	TL-18 上部パネル 下面2	TL-19 下部パネル 上面	TL-20 TMU Tx CASE	TL-21 TM3 Tx CASE	TL-22 DR CASE	TL-23 SXT コリメタ1
20 • 52	TL-24 SXT コリメタ2	TL-25 SXT コリメタ3	TL-26 SXT コリメタ4	TL-27 SXT コリメタ5	TL-28 SXT 結晶	TL-29 SXA センサ1	TL-30 SXA センサ2	TL-31 SXA レンズ1
24 • 56	TL-32 SXA レンズ2	TL-33 SOX 結晶	TL-34 PXM センサ	TL-35 FLM センサ	TL-36 HOS センサ	TL-37 IMP -AMP	TL-38 SSAS センサ	TL-39 GAS センサ
28 • 60	TH-2 ASAS センサ	TH-3 SXT サンシールド	TH-4 上端 プレート1	TH-5 上端 プレート2	TH-6 上端 プレート3	TH-7 パネル表1	TH-8 パネル表2	TH-9 アロッキング タイオード

注1 上下2線で示す項目はPI側でマルチプレクスされた項目である

表-3. デジタルHKフォーマット

D-HK (W67) (ⓐ印はパラレルインターフェイス)

F	0	1	2	3	4	5	6	7
0	ⓐ T M	DPID1	DPID2	SXT1 NaI カウンタ	PXM CAz カウンタ	SXA カウンタ	FLM カウンタ	SXT2 NaI カウンタ
8	ⓐ 逆時計	ⓐ SCP	TCS		PXM CBz カウンタ	SGR PCI カウンタ	HXM NaI カウンタ	
16	ⓐ BAT	ⓐ ACS	MBC-Z		PXM CAz カウンタ	SGR フラスター カウンタ	FLM カウンタ	
24	ⓐ PI1	ⓐ PI3	ⓐ PRT2		PXM CBz カウンタ	SGR PCz カウンタ	HXM NaI カウンタ	
32	ⓐ T M	DPID1	DPID3		PXM CAz カウンタ	SXA カウンタ	FLM カウンタ	
40	ⓐ PRT1	ⓐ SCP	TCS		PXM CBz カウンタ	SGR PCI カウンタ	HXM NaI カウンタ	
48	ⓐ BAT	ⓐ ACS	MBC-Z		PXM CAz カウンタ	SGR フラスター カウンタ	FLM カウンタ	
56	ⓐ PI2	ⓐ PI4	ⓐ PRT3		PXM CBz カウンタ	SGR PCz カウンタ	HXM NaI カウンタ	

DEC-ON/OFF

表-4 デジタルHKビット内容

Bit	SCP	TM	姿勢計	BAT	PRT 1	PI 1	PI 2
0	OVC-J ON/OFF	TMU ON/OFF	ASAS ON/OFF	BAT-LOGIC TRIC/FULL	PRT ON/OFF	FLM ON/OFF	SOX ON/OFF
1	BAT-CHG TRIC/FULL	TMU-PWR HIGH/LOW	SSAS ON/OFF	BAT-LEVEL A/B	PRT STANDBY	FLM-HV1 ON/OFF	SOX-HV ON/OFF
2	DAY/ NIGHT	BCNV ON/OFF	GAS ON/OFF	UVC-CONT ON/OFF	PRT WRITE MODE	FLM-HV2 ON/OFF	SOX-GAIN H/L
3	PDL1 EXT	TMS ON/OFF	HOS ON/OFF	BAT-LOGIC T TRIC/FULL	PRT READ MODE	PXM ON/OFF	SGR ON/OFF
4	PDL2 EXT	UHF-ANT A/B	HOS-GAIN AUTO/MANU	BAT-LOGIC V TRIC/FULL	PRT CHECK MODE	PXM-HV ON/OFF	SGR-HV ON/OFF
5	PDL3 EXT	SHE-ANT A/B	HOS-GAIN 1/2	BAT-HEATER ON/OFF	PRT CHECK IND	"0"	"0"
6	PDL4 EXT	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"	"0"
7	M-SA SEP	DEC ON/OFF	DEC ON/OFF	DEC ON/OFF	DEC ON/OFF	DEC ON/OFF	DEC ON/OFF

Bit	ACS	MBC-E	TCS	PRT2	PRT3	PI 3	PI 4
0	ACE ON/OFF	MBC-E EXECUTE	00U OFF 01U ANALOG 10U REAL 11U STRG	"0"	PRT A7	SXT ON/OFF	TEL ON/OFF
1	MBC ON/OFF	MODE REGISTER	00S OFF 01S ANALOG 10S REAL 11S STRG	"0"	PRT A6	SXT-HV1 ON/OFF	TEL-GAIN HIGH/LOW
2	PD N/W		00S OFF 01S ANALOG 10S REAL 11S STRG	PRT M act	PRT A5	SXT-HV2 ON/OFF	IMP ON/OFF
3	HD N/W		DR AUTO/MANU	PRT M4	PRT A4	SXT-HEATER ON/OFF	IMP-GAIN H/L
4	EPT CLOCK		DR ON/OFF	PRT M3	PRT A3	HXM ON/OFF	IMP-FILTER B/A
5	EPT SQ20		DR ON/OFF	PRT M2	PRT A2	HXM-HV ON/OFF	IMP-BIAS ON/OFF
6	EPT SQ21		DR REC/REP	PRT M1	PRT A1	SXA ON/OFF	"0"
7	EPT SQ22		SCO ON/OFF	PRT M0	PRT A0	"0"	DP-M ON/OFF

注1 ②印はパラレルインターフェイスを示す。

注2 □/□で記入のビットは左が"1", 右が"0"("1"/"0")レベルである。

表-5 DPIDビット内容

Bit	DPID 1			DPID 2			DPID 3		
0	データ 識別	1	RECORD	SGR MODE	1	E	FLARE FLAG MODE	1	BOTH
		0	REAL		0	C		1	FLM
1	FLARE AUTO MANU	1	AUTO	SOX MODE	1	E		0	HXM
		0	MANUAL		0	C		0	?? (OFF)
2	FLARE QUIET	1	FLARE	PXM MODE	1	E	FLM CRD LEVEL	1	3
		0	QUIET		1	(E)		1	2
3	HIGH FLARE	1	EXIST		0	C ₂		0	1
		0	NOTHING		0	C ₁		0	0
4	LOW FLARE	1	EXIST	SOX CAL	1	ENABLE	HXM CRD LEVEL	1	3
		0	NOTHING		0	DISABLE		1	2
5	FLARE MAC CONT	1	STOP	FLARE MAC CONT	1	ENABLE		0	1
		0	NORMAL		0	DISABLE		0	0
6	RBM (VETO)	1	ON	RB END LEVEL	1	HIGH	PXM CRD LEVEL	1	3
		0	OFF		0	LOW		1	2
7	CAL	1	ON	RB END FLM	1	ON		0	1
		0	OFF		0	OFF		0	0

表-6 共通ワード部フォーマット

共通A (W64)

FLAREモード

F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		OS ₀		OS ₁		OS ₂		OS ₃		OS ₄		OS ₅		OS ₆		OS ₇
16		OS ₈		OS ₉	PI	OS ₁₀	PI	OS ₁₁		OS ₁₂		OS ₁₃	PI	OS ₁₄	PI	OS ₁₅
32	CAB		AGC		CAB	DV	OS		CAB		AGC		CAB	DV	OS	
48		OS ₁₆		OS ₁₇		OS ₁₈		OS ₁₉		OS ₂₀		OS ₂₁		OS ₂₂		OS ₂₃
		OS ₂₄		OS ₂₅		OS ₂₆		OS ₂₇		OS ₂₈		OS ₂₉		OS ₃₀		OS ₃₁

QUIETモード

F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0																
16	CAB	AGC	CAB	AGC	CAB	AGC	CAB	AGC	CAB	AGC	CAB	AGC	CAB	AGC	CAB	AGC
32																
48																

共通B (W65)

F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		AC	GA	SAS	HOS	HOS	HOS	HOS		AC	GA	SAS	HOS	HOS	HOS	HOS
16		ステータス		ON時刻	N地球角1	S地球角1	スピンの周期1	S/E位相角1	TIME1	ステータス		ON時刻	N地球角1	S地球角1	スピンの周期1	S/E位相角1
32			HBX								HBX					
48		1														

共通C (W66)

F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0		GA	GA	SAS	HOS	HOS	HOS	HOS		GA	GA	SAS	HOS	HOS	HOS	HOS
16		HBZ	HBZ	太陽角	N地球角2	S地球角2	スピンの周期2	S/E位相角2	TIME2	HBZ	HBZ	太陽角	N地球角2	S地球角2	スピンの周期2	S/E位相角2
32																
48		2														

表-7 共通ワード部ビット内容

B	CAB	PICAB - DV	PICAB - OS	TIME 1	TIME 2	ACS ステータス	SAS ON 時刻	CAS X 陽角 ASAS SSAS
0	AD2°	START SET	OS0	72 ^M 49 ^M 04 ^S	0 ^M 17 ^M 04 ^S	MAC CURRENT L/M/H	4000.00 ^{ms}	"1" "0"
1	AD2'	"0"	OS1	36 24 32	0 08 32		2000.00	16° 64°
2	AD2"	"0"	OS2	18 12 16	0 04 16	MAC OPEN/CLOSE	1000.00	8° 32°
3	AD2'''	MD0	OS3	9 06 08	0 02 08	MAC CONT ON/OFF	500.00	4° 16°
4	EX2°	MD1	OS4	4 33 04	0 01 04	MAC +/-	250.00	2° 8°
5	EX2'	MD2	OS5	2 16 32	0 00 32	MSC CONT ON/OFF	125.00	1° 4°
6	EX2"	MD3	OS6	1 08 16	0 00 16	MSC SPIN UP/DOWN	62.50	0.5° 2°
7	EX2'''	MD4	OS7	0 34 08	0 00 08	MBC WRT/レイト	31.25	正/逆 1°

B	HOS N 地球角 1	HOS N 地球角 2	HOS S 地球角 1	HOS S 地球角 2	HOS スピン周期 1	HOS スピン周期 2	HOS S/E 位相角 1	HOS S/E 位相角 2
0	32.00	125.00 ^{ms}	32.00	125.00 ^{ms}	00 SSAS 01 ASAS 10 HOS	250.00 ^{ms}	00 無効 01 HOS S 10 HOS N	250.00 ^{ms}
1	16.00	62.50	16.00	62.50		125.00		125.00
2	8.00	31.25	8.00	31.25	16.00	62.50	16.00	62.50
3	4.00	15.63	4.00	15.63	8.00	31.25	8.00	31.25
4	2.00	7.81	2.00	7.81	4.00	15.63	4.00	15.63
5	1.00	3.91	1.00	3.91	2.00	7.81	2.00	7.81
6	0.50	1.95	0.50	1.95	1.00	3.91	1.00	3.91
7	0.25	0.98	0.25	0.98	0.50	1.95	0.50	1.95

表-8 PRT-CHK データフォーマット

W F	0	31 32	63 64	95 96	127
40	注2	注2	注2	PRT-CHK DATA TOTAL 256W.	
41	"	"	"		
42	"	"	"		
43	"	"	"		
44	"	"	"		
45	"	"	"		
46	"	"	"		
47	"	"	"		

注1 F40以後に PRT CHKコマンドを受信した時は、次のSFでCHKデータ送信。

注2 他のワードは表-10のフレームフォーマットと同じ。

表-9 PRT-CHKデータビット内容

B	内 容
0	" 0 "
1	" 0 "
2	M act
3	M 4
4	M 3
5	M 2
6	M 1
7	M 0

注. F40~47・W96~127(256W)のすべて同じフォーマットで送信される。

DLY CMD
EX 内容

DLY CMD
AD 内容

3.3 DPコマンド項目

表-10 コマンド項目表

NO	コマンド項目名	AD	EX	制 御 内 容
1	DPM-ON	12	9	DPMをONする
2	DPM-OFF	12	10	DPMをOFFする
3	CAL-ON	13	8	キャリブレーションをスタートする
4	PICM-START	11	9	PIコマンド用レジスタをクリアする
5	PICM-"1"	11	8	PIコマンド用レジスタに"1"をストアする
6		13	9	
7	PICM-"0"	12	8	PIコマンド用レジスタに"0"をストアする
8		13	10	
9	PICM-SET	13	11	PIコマンドをセットする
10	FLARE-AUTO	12	11	FLAREモードを自動判定する
11	MANUAL-FLARE	12	12	FLAREモードにし、自動判定を禁止する
12	MANUAL-QUIET	13	12	QUIETモードにし、自動判定を禁止する

3.4 DPディレイコマンド項目

表-11 ディレイコマンド項目表

NO	コマンド項目名	AD	EX	制 御 内 容
1	FLARE-SET	4	0	FLAREモードにする(注)
2	QUIET-SET	4	1	QUIETモードにする(注)
3	CAL-ON	5	0	キャリブレーションをスタートする

注 MANUAL時には、制御可能であるが、FLARE-AUTO時には制御不能である。

3. 5 PIコマンド機器指定

表-12 PIコマンド機器指定割り当て表

機器指定	機 器 名	機器指定	機 器 名
1 1 1 1 1	SXG-E	0 1 1 1 1	SOX
1 1 1 1 0		0 1 1 1 0	
1 1 1 0 1		0 1 1 0 1	FLM-E
1 1 1 0 0		0 1 1 0 0	
1 1 0 1 1		0 1 0 1 1	PXM-E
1 1 0 1 0		0 1 0 1 0	
1 1 0 0 1		0 1 0 0 1	アキ
1 1 0 0 0		0 1 0 0 0	
1 0 1 1 1		0 0 1 1 1	
1 0 1 1 0		0 0 1 1 0	
1 0 1 0 1		0 0 1 0 1	HOS-E
1 0 1 0 0		0 0 1 0 0	
1 0 0 1 1		0 0 0 1 1	アキ
1 0 0 1 0		0 0 0 1 0	
1 0 0 0 1		0 0 0 0 1	DP-E
1 0 0 0 0		0 0 0 0 0	

3.6 DP PIコマンド項目

表-13 PIコマンド項目表

機器指定 動作指定	0 0 0 0 0				0 0 0 0 1			
050	SGR MODE	1	E	FLARE FLAG MODE	1 1	BOTH		
		0	C		1 0	FLM		
051	SOX MODE	1	E		0 1	HXM		
		0	C		0 0	アキ (OFF)		
052	PXM MODE	1 1	E	FLM CRD LEVEL	1 1	3		
		1 0	(E)		1 0	2		
053		0 1	C2		0 1	1		
		0 0	C1		0 0	0		
054	SOX CAL	1	ENABLE	HXM CRD LEVEL	1 1	3		
		0	DISABLE		1 0	2		
055	FLR-MAC CONT	1	ENABLE		0 1	1		
		0	DISABLE		0 0	0		
056	RBEND LEVEL	1	HIGH	PXM CRD LEVEL	1 1	3		
		0	LOW		1 0	2		
057	RBEND FLM	1	ON		0 1	1		
		0	OFF		0 0	0		

3. 7 ラジエーションベルト自動判定

FLARE 判定において、ELECTRON PRECIPITATION と FLARE を識別するために、ラジエーションベルトをモニタする必要がある。ラジエーションベルト通過中は FLARE 判定を VETO することで、FLARE との識別を行なう。

(1) VETO FLAG 用データ

- | | | | |
|---------|-------|---|---------------|
| a. CA1 | (PXM) | : | SET, RESET 共用 |
| b. CB1 | (PXM) | : | SET, RESET 共用 |
| c. PC-4 | (HXM) | : | RESET 用 |
| d. PCH | (FLM) | : | RESET 用 |

(2) VETO FLAG 用 PI コマンド

- | | | |
|-----------------------|---|------------|
| a. PXM C·R·D LEVEL | : | 0, 1, 2, 3 |
| b. RB END C·R·D LEVEL | : | LOW, HIGH |
| c. RB END FLM | : | ON, OFF |

(3) VETO FLAG 判定方法

a VETO FLAG SET

CA1, CB1 (PXM) のいずれかのカウンティングレートが、PI コマンドで設定された C, R, D LEVEL を超えたことにより、ラジエーションベルトを検出し、VETO FLAG を SET する。

b VETO FLAG RESET

VETO FLAG が SET された以後の CA1, CB1 (PXM), PC-4 (HXM), および PCH (FLM) のカウンティングレートのすべてが、PI コマンドで設定された C·R·D LEVEL より、低くなった時に VETO FLAG を RESET する。

但し、RB END FLM コマンドが OFF の時は CA1, CB1 (PXM)、および PC-4 (HXM) だけのカウンティングレートにより、VETO FLAG を RESET する。

(4) VETO FLAG SET 用 PXM C·R·D LEVEL

表-14 VETO FLAG SET 用 PXM C·R·D LEVEL

信 号	判定用 データ	PXM C·R·D LEVEL				unit
		0	1	2	3	
VETO FLAG SET	CA ₁	256	512	1024	2048	counts/ 2sec
	CB ₁	256	512	1024	2048	

(5) VETO FLAG RESET 用 C·R·D LEVEL

表-15 VETO FLAG RESET 用 RXM C·R·D LEVEL

信 号	判定用 データ	PXM C·R·D LEVEL				unit
		0	1	2	3	
VETO FLAG RESET	CA ₁	192	384	768	1536	counts/ 2sec
	CB ₂	192	384	768	1536	

注 RESET 用 PXM C·R·D LEVELはSET 用と連動する。

表-16 VETO FLAG RESET 用 RB END C·R·D LEVEL

信 号	判定用 データ	RB END C·R·D LEVEL		unit
		LOW	HIGH	
VETO FLAG RESET	PC-4	4096	8192	counts/ 8sec
	PCH	1024	2048	

注 PC-4 (HXM) と PCH (FLM) の C·R·D LEVELは連動する

3. 8 FLARE 自動判定

(1) 基本的な考え方

- a. FLM および HXM のカウンティングレートによって、FLARE をモニターする。
- b. ELECTRON PRECIPITATION による FLM、および HXM のカウンティングレートの増加を FLARE と判定しないために、ラジエーションベルト通過中は VETO する。

(2) FLARE 判定用 FLAG

- a. LOW LEVEL FLARE FLAG
- b. HIGH LEVEL FLARE FLAG
- c. VETO FLAG (ラジエーションベルト判定による)

(3) FLARE FLAG 用データ

- a. PCH (FLM)
- b. PC-1 (HXM)

(4) FLARE 判定用 PI コマンド

- a. FLARE FLAG MODE : BOTH, FLM, HXM
- b. FLM C·R·D LEVEL : 0, 1, 2, 3
- c. HXM C·R·D LEVEL : 0, 1, 2, 3

(5) FLARE FLAG SET 方法

a. FLAG MODE BOTH の場合

PCH (FLM)、および PC-1 (HXM) のいずれかのカウンティングレートが、それぞれの PI コマンドで設定された C·R·D LEVEL を超えたことにより、FLARE FLAG を SET する。

b. FLAG MODE FLM の場合

PCH (FLM) のカウンティングレートが、PI コマンドで設定された C·R·D LEVEL を超えたことにより、FLARE FLAG を SET する。

C FLAG MODE HXM の場合

PC-1 (HXM) のカウンティングレードが、PI コマンドで設定された C・R・D LEVEL を超えたことにより、FLARE FLAG を SET する。

(6) FLARE FLAG SET の立つ FLM C・R・D LEVEL

表-17 FLARE FLAG SET の立つ FLM C・R・D LEVEL

FLARE FLAG	判定用データ	FLM C・R・D LEVEL				unit
		0	1	2	3	
LOW LEVEL	PCH	256	512	1024	2048	counts
HIGH LEVEL			2048	4096	8192	sec

(7) FLARE FLAG SET の立つ HXM C・R・D LEVEL

表-18 FLARE FLAG SET の立つ HXM C・R・D LEVEL

FLARE FLAG	判定用データ	HXM C・R・D LEVEL				unit
		0	1	2	3	
LOW LEVEL	PC-1	128	256	512	1024	counts
HIGH LEVEL		1024	2048	4096	8192	sec

(8) FLARE FLAG RESET 方法

a FLARE MODE と判定されない場合

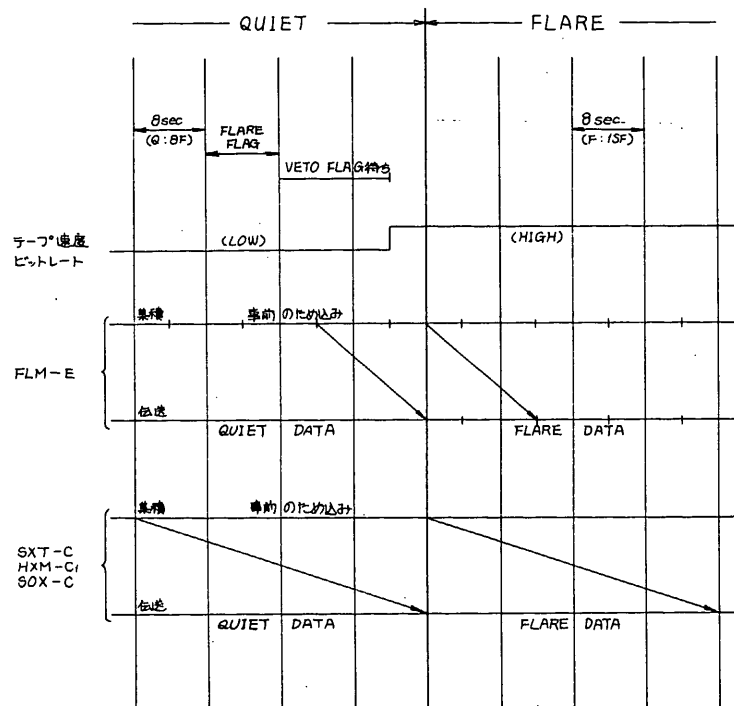
FLARE FLAG が立った SF END から、12sec 以内に VETO FLAG が立つと、FLARE FLAG は、VETO FLAG の立った SF END で、RESET される。

b FLARE MODE と判定される場合

FLARE FLAG が立ったSF ENDから、12sec 以内にVETO FLAGが立たなかった時に、FLARE と判定され、FLARE FLAG は、RESET されずQUIET MODEからFLARE MODEへ移行する。

(9) QUIET MODE から FLARE MODE への移行

図-1. FLARE MODEへの移行時間



(10) FLARE MODE 持続時間

- a LOW LEVEL FLARE : 1024 sec (注)
- b HIGH LEVEL FLARE : 1024 sec

注 LOW LEVEL FLARE 中に、HIGH LEVEL FLAREになった場合は、その時刻にリセットされ、以後HIGH LEVEL FLAREの持続時間が適要される。

3、9 自動判定によるFLARE データ取得方法、およびDR動作

(1) LOW LEVEL FLARE

- a DRにFLARE データが記録されていない場合
FLARE と判定されてから、1024 sec 間FLARE MODE、その後1024 sec 間 QUIET MODE でデータを取得し、DRを停止する。
- b DRにFLARE データが記録されている場合
LOW LEVEL FLARE があっても、FLARE MODE にはならず、DRも再駆動されない。

(2) HIGH LEVEL FLARE

- a DRにFLARE データが記録されていない場合、およびLOW LEVEL FLARE で動作中の場合
HIGH LEVEL を超えるFLARE でも先にLOW LEVELを超えるので、LOW LEVEL を超えた時に、FLARE MODE でデータ取得を開始する。よってデータ取得のSFサイクルは、HIGH LEVEL を超えたことによってなんの変更も受けない。しかし、この時はHIGH LEVEL を超えた時刻からさらに1024 sec 間FLARE MODE が持続し、その後1024 sec 間 QUIET MODE でデータを取得し、DRを停止する。
- b DRにLOW LEVEL FLARE データが記録されている場合
この時は、HIGH LEVEL FLARE FLAGが立った時のみ FLARE 判定を行ない、FLARE と判定されてから1024 sec 間FLARE MODE、その後1024 sec 間QUIET MODEでデータを取得し、DRを停止する。
この動作は、LOW LEVELによるFLARE MODE 終了後のQUIET MODE

データ取得時にも行なわれ、またDRが停止している場合にはDRを再駆動して行なわれる。

C DRにHIGH LEVEL FLAREデータが記録されている場合

HIGH LEVEL FLAREがあっても、FLARE MODEにはならず、DRも再駆動されない。

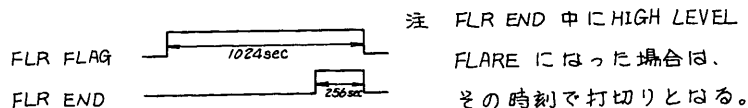
3. 10 FLARE 自動判定に伴う観測機器制御信号

(1) FLARE FLAG

この信号は、SXG に対してFLAREであることを知らせるものである。

(2) FLARE END

この信号は、SXG のGAIN変更のために用いられるもので、下図のようにFLARE 終了前の256 sec を表わしている。



(3) MAC STOP

FLARE MODE 時に、MAC をSTOPするために、FLARE MODE の間、ACE
へCAL信号を送る。

この信号は、PIコマンドでENABLE、DISABLEの制御ができる。

3. 11 動作MODEのMANUAL制御

FLARE MODE、QUIET MODEの設定は、FLARE 自動判定にかかわらず、コマンドにより制御できるようになっている。

(1) MANUAL制御の動作開始

MANUAL制御は、MANUAL-FLARE コマンド、又はMANUAL-QUIET コマンドにより動作が開始され、自動判定による制御が禁止される。

また、これらのコマンドは、FLARE - AUTO時には無効であったディスプレイコマンドのFLARE - SET コマンド、およびQUIET - SET コマンドによるMODE制御動作を可能にする。

(2) MANUAL-FLARE

MANUAL-FLARE コマンド、又は FLARE-SET コマンドにより FLARE MODE に設定し、以後は MANUAL-QUIET コマンド、又は QUIET-SET コマンドがあるまでは、FLARE MODE を持続する。

(3) MANUAL-QUIET

MANUAL-QUIET コマンド、又は QUIET-SET コマンドにより QUIET MODE に設定し、以後は MANUAL-FLARE コマンド、又は QUIET-SET コマンドがあるまでは QUIET MODE を持続する。

(4) 動作MODEの切換タイミング

動作MODEの切換えは、FLARE サブフレームくぎりで行ない、コマンドからの待ち時間は最大8sec となっている。

(5) DR-REP 中におけるMODE制御

MANUAL制御時は、DRがREP 中であっても、FLARE MODE、QUIET MODEの制御が可能である。

但し、この場合にはDRの自動CONTをOFF にしておき、DPからの制御信号を受け付けてはならない。

(6) MANUAL制御時の他機器への信号

- a DRへのRATE-HIGH/LOW、およびREC-ONは出力するが、DR-OFFは出力しない。
- b SXGへのFLR ENDは出力しない。
- c ACEへのFLARE MAC CONTは出力しない。
- d FLARE 終了後のAUTO CAL は行わない。

(7) MANUAL制御時のFLARE LEVEL ID

HIGH FLARE ID およびLOW LEVEL IDは、FLARE MODE になってもEXIST にはならず、NOTHING のままとなる。

3. 12 キャリブレーション

キャリブレーションは、QUIET MODE 時のみに行ない、FLARE MODE 時には行なわない。

また、FLARE MODE 時にはCAL コマンドがあっても受け付けない。

(1) キャリブレーションの種類

- a リアルコマンドによるCAL
- b デイレイコマンドによるCAL
- c FLARE 終了後のAUTO CAL
- d 昼から夜になった時のAUTO CAL

(2) キャリブレーション開始時刻

- a リアルコマンドによるCAL
コマンドを受信した、サブフレームの次のサブフレームの先頭からキャリブレーションが開始される。
この場合の待ち時間は、最大64 sec となっている。
- b デイレイコマンドによるCAL
リアルコマンドによるCAL と、同様の動作が行なわれる。
- c FLARE 終了後のAUTO CAL
FLARE 終了後の最初のサブフレームの先頭から、キャリブレーションが開始される
この場合の待ち時間は、最大64 sec となっている
- d 昼から夜になった時のAUTO CAL
DAY/NIGHT信号に対して、終了時刻がサブフレームごりのガードタイムを設けておいて、DAY/NIGHT信号のNIGHTになっている時間が、ガードタイムより長い場合を夜と判別し、それと同時にキャリブレーションが開始される
この場合の待ち時間は、ガードタイムそのものであり最小で64 sec、最大で128 sec となっている。

(3) キャリブレーション持続時間

すべての機器が同一であり、また、いずれのキャリブレーションにおいても同一となっている。

キャリブレーション持続時間 : 128 sec

3. 1.3 観測データ処理

各観測機器からの入力データを、フレームフォーマットの通りに編集するために、各処理回路において事前の処理を行なう。

表-19に各入力データのセンサー数、エネルギーレベルおよび時間分解能を示す。

(1) SXT 処理

a. QUIET カウントデータ

読み出し毎にリセットされる QUIET 用 12 ビットカウンタにて、入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションして、直接出力する。

b. FLARE カウントデータ

読み出し毎にリセットされる FLARE 用 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションしてメモリに蓄えておき、4 サブフレーム (32 sec) 後に出カする。

また、このデータは QUIET モードにおいても、事前のため込み処理としてメモリに蓄えられるが、QUIET モード中は出力されないの
で、4 サブフレーム経過すると常に新しいデータと書き換えられる。

c. エネルギーデータ (CAL モード時のみ)

入カのパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリをカウンタとして使用することにより、各エネルギーレベル毎の入カイベントパルスを一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数をカウントデータワードに出カする。

(2) HXM 処理

a QUIET PC1 カウントデータ

読み出し毎にリセットされるQUIET用、12ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションして直接出力する。

b FLARE PC1 カウントデータ

読み出し毎にリセットされる、FLARE 用 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションしてメモリに蓄えておき、4 サブフレーム (32 sec) 後に出力する。

また、このデータはQUIET モードにおいても事前のため込み処理としてメモリに蓄えられるが、QUIET モード中は出力されないもので4 サブフレーム経過すると常に新しいデータと書き換えられる。

c PC2~7 カウントデータ

それぞれの読み出し毎にリセットされるQUIET、FLARE 共用の 12 ビットカウンタにて入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションして、それぞれのタイミングで直接出力する。

d エネルギーデータ (CAL モード時のみ)

入力のパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリをカウンタとして使用することにより、各エネルギーレベル毎の入力イベントパルスを一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数をカウントデータワードに出力する。

(3) SOX 処理

a QUIET カウントデータ

FLARE データと同一のデータを、QUIET データとして64秒の間に8秒間だけFLARE レートのままでメモリに蓄えておき、そのデータを書き込みの $1/8$ のレートであるQUIET レートにより読み出して、64秒の間に出カする。

b FLARE カウントデータ

読み出し毎にリセットされる、FLARE 用 12 ビットカウンタにて、入力パルスをカウントし、カウント数をビットリダクションして、

メモリに蓄えておき4サブフレーム(32sec)後に出カする。

また、このデータはQUIETモードにおいても事前のため込み処理としてメモリに蓄えられるが、QUIETモード中は出カされないので4サブフレーム経過すると常に新しいデータと書き替えられる。

C エネルギーデータ

入カのパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリをカウンタとして使用することにより、各エネルギーレベル毎の入カイベントパルスを一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を出カする。

(4) PXM 処理

a カウントデータ

読み出し毎にリセットされるQUIET、FLARE 共用の12ビットカウンタにて入カパルスをカウントし、カウント数をビットリダクションして直接出カする。

この処理には二つのモードがあり、C1モードではPCA1、PCB1の2入カのみ処理が行なわれ、C2モードではPCA1、PCA2、PCB1、PCB2の4入カすべての処理が行なわれる。

b エネルギーデータ

入カのパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリの2ワードを16ビット構成のカウンタとして使用することにより、各エネルギーレベル毎の入カイベントパルスを一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を上位、下位8ビットずつ出カする。

(5) FLM 処理

a カウントデータ

リセットしないフリーランニングの16ビットのカウンタにて、入カパルスをカウントさせておき、QUIET、FLARE それぞれの上位読み出しタイミングにおける カウント数16ビットをすべてラッチして上位、下位それぞれの読み出しタイミングで、8ビットずつ直接出カする。

b QUIET エネルギーデータ

入力のパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリの2ワードを16ビット構成のカウンタとして使用することにより、各エネルギーレベル毎の入カイベントパルスを一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を上位、下位8ビットづつ出力する。

c FLARE エネルギーデータ

入力のパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリの2ワードを16ビット構成のカウンタとして、4系統使用することにより、各エネルギーレベル毎の入カイベントパルスを4系統それぞれが交互に一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を1.5サブフレーム後に上位、下位8ビットづつ出力する。

また、このデータはQUIET モードにおいても、事前のため込み処理として処理されているが、QUIET モード中は出力されていないので、1.5サブフレーム経過すると常に新しいデータと書き替えられる。

(6) SGR 処理

a カウントデータ (QUIET モード時のみ)

リセットしないフリーランニングの8ビットカウンタにて入力パルスをカウントさせておき、読み出しタイミングにおけるカウント数を直接出力する。

b エネルギーデータ

入力のパルスハイトデータにより、エネルギーレベルを識別した後、メモリをカウンタとして使用することにより、各エネルギーレベル毎の入カイベントパルスを一定時間カウントし、エネルギーレベル毎のカウント数を出力する。

このデータは、三つのブロックに分割されて入力された、エネルギーデータをDPにおいて再合成したデータである。

(7) SXA 処理

FLARE モード、QUIET モードで切換えられる DP からの読み出しタイミングに合わせて、シリーズ 8 ビットで入力されたデータを直接出力する。

このデータは、2 ワードで 1 セットの構成となっている。

(8) IMP 処理

この処理は、QUIET モード時のみに行なわれ、DP からの読み出しタイミングに合わせて、シリーズ 8 ビットで入力されたデータを直接出力する。

このデータは、16 ワードで 1 セットの構成となっている。

(9) TEL 処理

この処理は、QUIET モード時のみに行なわれ、アナログデータ 2 ラインで入力されたデータを、フォーマットのタイミングでサンプルし A/D 変換して出力する。

このデータは、4 ワードで 1 セットの構成となっている。

3. 14 共通系データ処理

共通系データは、FLARE モードと QUIET モードでサンプル間隔を切換え、それぞれのフォーマットに従って送信する。

表-20、21 に各入力データの時間分解能を示す。

(1) アナログ HK 処理

DP からのタイミングパルスにより、マルチプレクスされ、シリーズ 1 ラインで入力された 64 項目のデータをフォーマットのタイミングでサンプルし、A/D 変換して出力する。

(2) デジタル HK 処理

a シリーズデータ

DP からのタイミングパルスに合わせて、シリーズ 8 ビットで入力されたデータを直接出力する。

b パラレルデータ（ステータスデータ）

DP内でワード構成を行ない、フォーマットのタイミングで出力する。

(3) CAB 処理

データと同時に入力された ACT 信号によりデータを読み込みフォーマットのタイミングに合わせて出力する。

(4) AGC 処理

アナログラインで入力されたデータを、フォーマットのタイミングでサンプルし、A/D変換して出力する。

(5) PI CAB処理

PIコマンド用レジスタの内容を、フォーマットのタイミングに合わせて出力する。

(6) OS処理

各機器指定ごとの、PIコマンドのOSビットをメモリに蓄えておき、機器指定ごとのOSをフォーマットのタイミングに合わせて出力する。

(7) TIME処理

送信タイミング時の時刻カウンタのカウント数を出力する。

(8) ACS 処理

DPからのタイミングパルスに合わせて、シリーズ8ビットで入力されたデータを直接出力する。

(9) GAS 処理

アナログデータラインで入力されたデータを、フォーマットのタイミングでサンプルし、A/D変換して出力する。

(10) SAS 処理

SAS データには、ASASデータとSSASデータの2系統のデータがあるので、読み出し時刻に両方のデータが一度に来た場合には、ASASデー

タを優先して読み出す。

a 太陽角データ

DPからのタイミングパルスに合わせて、シリーズ8ビットで入力されたデータを直接出力する。

b ON時刻データ

入力されたSAS ONパルスにより、DP内カウンタ出力の内のTIMEデータの下位8ビットをラッチし、フォーマットの読み出しタイミングで出力する。

(11) HOS 処理

DPからのタイミングパルスに合わせて、シリーズ16ビットで入力されたデータを直接出力する。

(12) DEC-ON/OFF 処理

ディジタルHKに含めてあり、ディジタルHKのパラレルデータとして処理している。

3、15 ビットリダクション処理

12ビットのバイナリデータを、プレフィックス2ビットとカウント6ビットの計8ビットに圧縮処理するものである。

(1) 圧縮方法

アダー、プライオリティエンコーダ、およびセレクトを用いることにより圧縮を行っており、アダーによる減算（逆数加算）結果をもとに、プライオリティエンコーダによりプレフィックスビットを出かし、セレクトによりカウントビットを出力する。

この時に、入力データから引く値は1344であるが、実際には逆数の2752を加算して処理を行なう。

入力データ カウンタ数	アドレス出力											出力データ									
	C0	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
0 5 63	0 ↓ 0	1 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	1 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0
64 5 319	0 ↓ 0	1 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	0 ↓ 0	1 ↓ 1	1 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0
320 5 1343	0 ↓ 0	1 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	1 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0	0 ↓ 0
1344 5 4095	1 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	1 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1	0 ↓ 1

Co: キャリー出力

(2) データ変換方法

プレフィックス		元のデータの算出方法	カウント範囲	最大誤差
B0	B1			
0	0	C	0 ~ 63	29 %
0	1	C * 4 + 64	64 ~ 319	1.8 %
1	0	C * 16 + 320	320 ~ 1343	1.4 %
1	1	C * 64 + 1344	1344 ~ 4095	1.4 %

C: 出力のB2~7のカウント数

表-19 観測データ処理の時間分解能

信号 名称	センサ数 および エネルギー レベル	Bit/Sample および Reduction	FLAREモード			QUIETモード		
			時間分解能	リセット間隔	備考	時間分解能	リセット間隔	備考
SXT-C	2センサ 2ライン	12→ 8Bit	3.9ms	3.9ms	4SF遅れ のデータ	125ms	125ms	前ため有
HXM-C ₁	1センサ 1ライン	12→ 8Bit	7.8ms	7.8ms	4SF遅れ のデータ	125ms	125ms	前ため有
HXM-C _{6~C7}	(1センサ) 6ライン	12→ 8Bit	125ms	125ms		1s	1s	
SOX-C	2センサ 2ライン	12→ 8Bit	15.6ms	15.6ms	4SF遅れ のデータ	15.6ms	15.6ms	前ため有 8s遅, 36s休
PXM-C (C ₁ モード)	2センサ 2ライン	12→ 8Bit	250ms	250ms		62.5ms	62.5ms	
PXM-C (C ₂ モード)	2センサ 4ライン	12→ 8Bit	500ms	500ms		125ms	125ms	
FLM-C	1センサ 2ライン	16Bit	125ms			500ms		
SGR-C	1センサ 3ライン	8Bit				250ms 500ms		PC 1 PC 2,3
SXT-E (CALモード)	2センサ 16レベル	8Bit				2s	2s	
HXM-E (CALモード)	1センサ 16レベル	8Bit				2s	2s	
SOX-E	2センサ 16レベル	8Bit	250ms	250ms		2s	2s	
PXM-E	2センサ 16レベル	16Bit	8s	8s		2s	2s	
FLM-E	1センサ 128レベル	16Bit	4s	4s	1.56SF遅れ のデータ	32s	32s	前ため有
SGR-E	1センサ 128レベル	8Bit	2s	2s		16s	16s	
SXA	2W set	16Bit	250ms			250ms		
IMP	16W set	128Bit				4s		
TEL	4W set	32Bit				2s		

表-20. 共通系データ処理の時間分解能

信号名称		センサ数 又は データ構成	時間分解		備考
			FLAREモード	QUIETモード	
アナログHK		64センサ	4 s	32 s	
デジタルHK	TM	パラレル	4 s	32 s	DEC-ON/OFF含む
	姿勢計	パラレル	8 s	64 s	DEC-ON/OFF含む
	BAT	パラレル	4 s	32 s	DEC-ON/OFF含む
	DPID 1		4 s	32 s	
	DPID 2,3		8 s	64 s	
	SCP	パラレル	4 s	32 s	
	ACS	パラレル	4 s	32 s	
	PRT 1,2,3	パラレル	8 s	64 s	PRT 1にDEC-ON/OFF含む
	PI 1,2,3,4	パラレル	8 s	64 s	PI 1,2にDEC-ON/OFF含む
	PXM- CA2, CB2	2センサ	2 s	16 s	DP内部で抽出
	TCS	シリーズ	4 s	32 s	TCS-DHK
	MBC-Z	シリーズ	4 s	32 s	MBC-DHK
	SXT 1,2 NaI	シリーズ	1 s	8 s	SXT-DHK
	SXA	シリーズ	4 s	32 s	SXA/SGR-DHK
	SGR-PC1 SGR-PC2,3	シリーズ	4 s	32 s	SXA/SGR-DHK
	SGR プラスチック	シリーズ	4 s	32 s	SXA/SGR-DHK
	FLM	シリーズ	2 s	16 s	FLM-DHK
	HXM	シリーズ	2 s	16 s	HXM-DHK
CAB	パラレル	1 s	2 s	モードでフレームが変わる	
AGC	アナログ	1 s	2 s	モードでフレームが変わる	
PICAB		1 s	2 s	モードでワードが変わる	
OS		8 s	32 s	モードでワードが変わる	
TIME	16 Bit	8 s *	8 s	* 出力ワードは19に1度あるが、データの最小間隔が8secである。	
ACステータス	シリーズ	1 s	8 s		
GAS	アナログ	1 s	8 s		
SAS	2センサ	1 s	8 s	ASAS優先	
HOS	16 Bit	1 s	8 s		
DEC-ON/OFF	1 Bit	1 s	8 s	DHKとして処理	

3. 16 PRT-CHECK データ処理

PRT-CHECKモードになった (CHK-INDが立った) 時は、DPからのタイミングパルスに合わせて、デジタルHKのラインで入力されるワードくぎりのPRT-CHECKデータを、F40~47・W96~127の観測データ送出ワードに出力する。

この時に、PRT-CHECKデータでつづされる観測データは、出力されないだけでそれぞれの処理回路では通常の処理が行なわれている。

3. 17 HK項目

(1) デジタルHK項目

- | | | | |
|---|--------|---|----------------|
| a | DPID 1 | : | ビット内容はフォーマット参照 |
| b | DPID 2 | : | ビット内容はフォーマット参照 |
| c | DPID 3 | : | ビット内容はフォーマット参照 |

(2) アナログHK項目はなし

3. 18 動作チェック項目

(1) R NRZ-L

(2) R SP-M

(3) T NRZ-L

(4) T SP-M

(5) BIT

(6) 1/2 BIT

(7) 1 SF

(8) COM (2ND)

3. 19 入力電源電圧および消費電流

(1) + 5V : 420mA (DPM-ON) 120mA (DPM-OFF)

(2) + 12V : 310mA (DPM-ON) 50mA (DPM-OFF)

(3) - 12V : 90mA (DPM-ON) 40mA (DPM-OFF)

(4) + 15V : 90mA (30msec)

注 +15VはDPM-ON/OFF時のリレー駆動に使用。

3. 20 使用温度範囲

(1) 性能維持温度範囲 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$

(2) 機能維持温度範囲 : $-30^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

(3) 保存温度範囲 : $-30^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$

3. 21 機能系統図

DP内部の機能系統図を図-2に示す。

4 機械的性能

4. 1 外形寸法

(1) DP-E : 330 X 180 X 290H

(2) DP-M : 200 X 200 X 140H

4. 2 重量

- (1) DP-E $\therefore 12\text{kg} \pm 1\text{kg}$

- (2) DP-M : $5.3\text{kg} \pm 0.3\text{kg}$

4、3 ケース表面処理

- (1) DP-E : 黑色塗裝

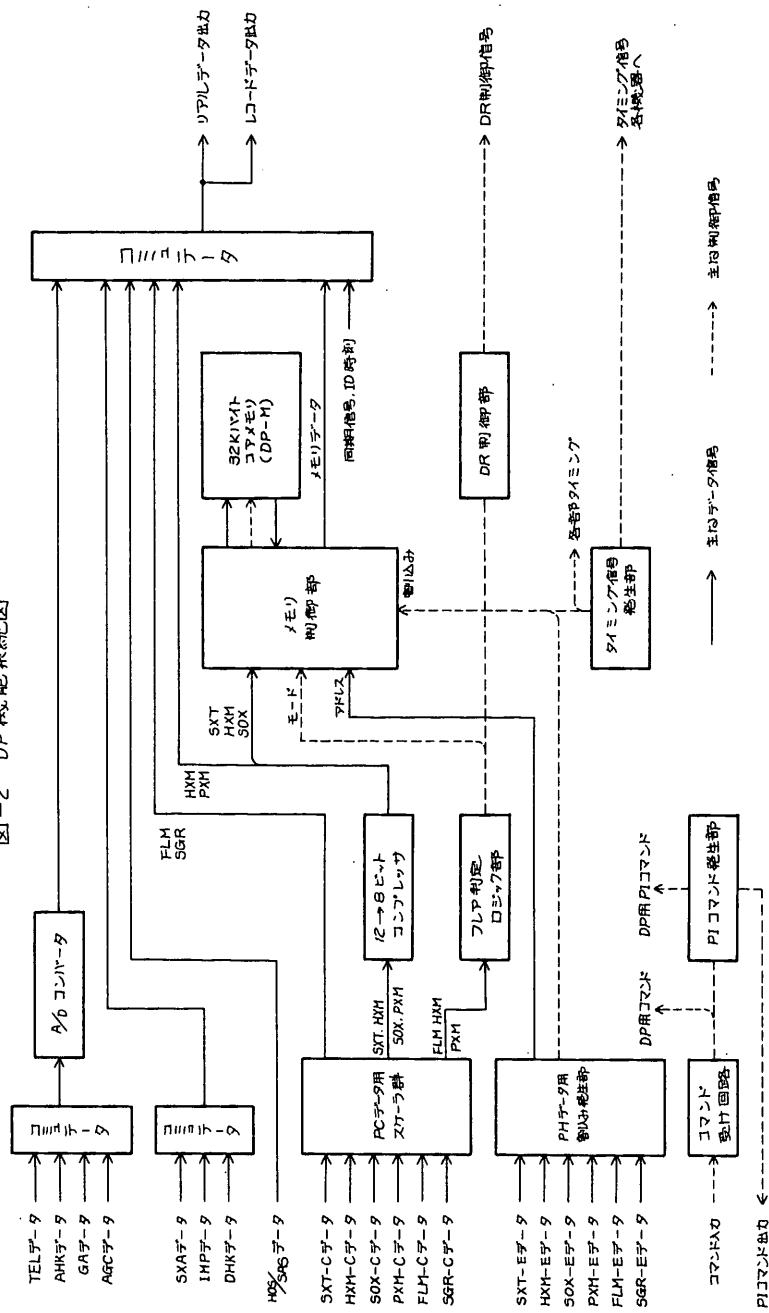
- (2) DP-M : 黑色塗裝

4、4 外觀圖

- (1) DP-E : 図-3に示す

- (2) DP-M : 図-4に示す

図-2 DP機能系統図



3-8 環境計測装置(HK)

東大宇宙研 林研究室
松下通信工業(株)

1. 概要

本装置は、ASTRO-A 衛星に搭載され、衛星内各部の電圧、電流、温度、SQEニラの環境計測を行ない、そのデータより衛星及びGPIの動作状態を確認するものである。

測定項目は、校正電圧を含めて64まで、内6点はCMIにより切換を行なう。スキャナースwitchとしてはFETを用いており、このスキャナースwitchのタイミングパルスは、DPUよりコントロールパルス、バイナリ6ビットを受け、HK内部で64に切換える。

切換えられた信号は増幅器により増幅され、DPUに送出する。

2. 構成

区 分	品 名	買 数	備 考
本 体	H K	1	
検出器	温度センサ	47	白金センサ
・	電圧センサ	6	精密抵抗
付属品	計装側コネクタ	6	コネクタキャップ、スクリュウロップ含む

ブロック図を第1図に示す

3. 性能

3.1 電氣的性能

3.1.1 電圧測定系

- (1) 測定範囲 : 測定項目参照
- (2) 測定方法 : 抵抗分圧
- (3) 出力電圧精度: $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ において

2V : $\pm 0.06\text{V}$

3V : $\pm 0.09\text{V}$

- (4) 検出器 MFA10K Ω CT1A \times 6

(電源系のみ)

3.1.2 温度検出系

- (1) 測定範囲 : 測定項目表参照
- (2) 測定方法 : 白金温度センサによる
- (3) 検出部 : Q0516PT $50\Omega \pm 1\%$ (20°C)
- (4) 検出感度 : LC $0.38\text{mV} \pm 0.1\%/^\circ\text{C}$
 TH $0.24\text{mV} \pm 0.1\%/^\circ\text{C}$
- (5) 出力電圧精度 : $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ において
 0V : $\pm 0.06\text{V}$
 3V : $\pm 0.09\text{V}$

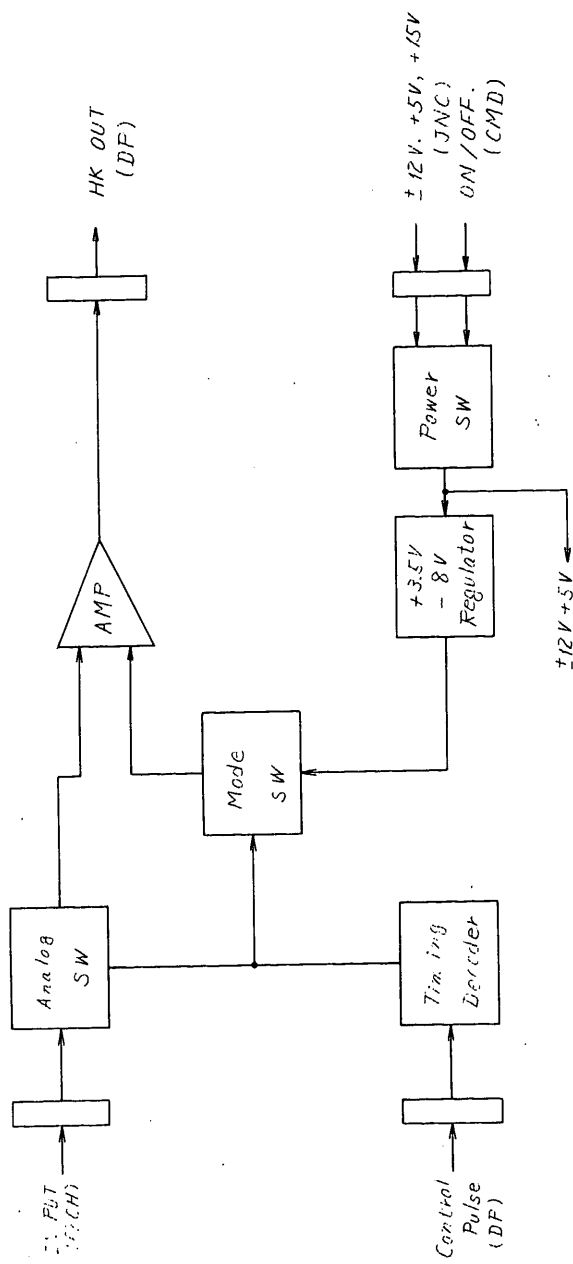
3.1.3 総合

- (1) 周波数特性 : $DC \sim 200\text{Hz}$ ($\pm 1\text{dB}$) 増幅端
- (2) 出力電圧温度ドリフト : $-30 \sim +60^\circ\text{C}$ において $\pm 30\text{mV}$ 以内
- (3) 出力電圧経時ドリフト : 300時間のランニングテストにおけるドリフトは
 $\pm 10\text{mV}$ 以内
- (4) 出力インピーダンス : $1\text{k}\Omega \pm 20\%$
- (5) コントロールパルス電圧 "1" $2.0 \sim 5.5\text{V}$
: "0" $0.9 \sim 0\text{V}$
- (6) コントロールパルス受けインピーダンス :
"1" $5\text{M}\Omega$ 以上 (4.5V)
"0" $5\text{M}\Omega$ 以上 (0.2V)
- (7) 出力立ち上がり時間遅れ : $100\mu\text{s}$ 以下
- (8) コマンドパルス電圧 : $10 \sim 17\text{V}$
- (9) コマンド後インピーダンス
 $HK-ON$ $250\Omega \pm 10\%$
 $HK-OFF$ $250\Omega \pm 10\%$
- (10) 校正電圧 :
 $CAL-A$ $\begin{cases} 0.5\text{V} \pm 1\% (23 \pm 2^\circ\text{C}) \\ 0.5\text{V} \pm 3\% (-30 \sim \pm 60^\circ\text{C}) \end{cases}$
 $CAL-B$ $\begin{cases} 2.5\text{V} \pm 1\% (23 \pm 2^\circ\text{C}) \\ 2.5\text{V} \pm 3\% (-30 \sim \pm 60^\circ\text{C}) \end{cases}$
- (11) 入力電圧, 消費電流 : $+12\text{V} \pm 4\%$ 10mA 以下
 $+5\text{V} \pm 5\%$ 130mA 以下
 $-264 -$

- 12V \pm 4% 30mA以下
+15V \pm 10% 100mA以下(リマンド時)
(12) 外部操作 : HK-ON
(CM) : HI-OFF
(13) アンテナ信号 : なし

3.2 機械的仕様

- (1) 外形寸法 : 183 \pm 2 \times 165 \pm 2 \times 55 \pm 2H (mm)
(2) 重量 : 2kg以下
(3) ケース材質 : A5052P
(4) ケース表面処理 : EPIC02000 黒色半つや塗装または金メッキ



※ 1 図 7077 図

HK 測定項目表

CHNO	項目	レンジ	測定内容	CHNO	項目	レンジ	測定内容
0	CAL-A	-	0.5V	32	TL-15	-50~+80℃	スラストチューブ温度
1	↓ B	-	2.5V	33	16		上部シェル温度1°
2	+BUS	0~+30V	BUS電圧	34	17		下部1°
3	+BAT	"	バッテリー電圧	35	18		CMRケース "
4	+12V REG	0~+15V	+12V出力電圧	36	19		下部シェル上面2°
5	+5V REG	0~+7.5V	+5V "	37	20		TMUX-タ1°
6	+15V RL	0~+20V	+15V "	38	21		TMSX-タ1°
7	-12V REG	0~-15V	-12V "	39	23		SXTコリノ-7 1°
8	IC-P	0~+2V	SC出力電流	40	24		" 2°
9	Id-P	"	BAT充放電電流	41	25		" 3°
10	HMX/SGR-HV	0~+5V	HMX/SGR 高圧	42	26		" 4°
11	PMX-HV	0~+50mV	PMX "	43	27		" 5°
12	SXT-HV 1/2	0~+5V	SXT "	44	28		SXT結晶 "
13	SXA-OUT 1/2	"	SAX 出力モータ	45	29		SXA センサ 1°
14	SOX-HV	"	SOX 高圧	46	30		HXMX-タ1°
15	FLM-HV 1/2	0~+50mV	FLM "	47	31		SXA-1レンズ°
16	YSA	0~+5V	YSA モータモータ	48	32		" 2°
17	TL-22	-20~+50℃	DRケース温度	49	33		SOX 結晶 "
18	1	-50~+80℃	BATセル1温度	50	34		PXM センサ "
19	2		" 2°	51	35		FLM センサ "
20	3		BATケース温度	52	36		HOS センサ "
21	4		SHUNT-E "	53	37		IMP-AMP "
22	5		側面パネル上°	54	38		SIDE-SAS-S°
23	6		" 2下°	55	TH-1	±150℃	GAS-S°
24	7		" 1中°	56	2		TOP-SAS-S°
25	8		" 2中°	57	3		SXTタ: ルト°
26	9		" 1下°	58	4		上端ポート 1°
27	10		" 2下°	59	5		" 2°
28	11		下端パネル°	60	6		" 3°
29	12		底部	61	7		バドル表 (先)°
30	13		スラストチューブ上°	62	8		" (元)°
31	14		" 中°	63	9		フローキ-7ダイヤード°

