

極軌道気象衛星概要

The TIROS-N/NOAA A-G satellite

高山 豊 治

Toyaji Takayama

はじめに

米国の極軌道気象衛星リアルタイム・ローカルエリア・データ業務は、1963年 TIROS-8号 (APT; automatic Picture Transmission, Vidicon camera) によって開始され、1972年 NOAA-2号より HRPT (High Resolution Radiometer), APT (SR; Scanning Radiometer), および VTPR (Vertical Temperature Profile

Radiometer)が実施され、1976年打ち上げられた NOAA-5号で ITOS/NOAA シリーズ打ち切りとなった。

新たに TIROS-N/NOAA A-G シリーズ (1978年—1985年) が計画、実施されている。1978年10月に TIROS-N, 1979年6月に NOAA-6号 (NOAA-A) が打ち上げられた。1980年5月に NOAA-Bが打ち上げられたがアトラス・ランチ・ビークルのトラブルが原因で失敗した。

TIROS-N Spacecraft

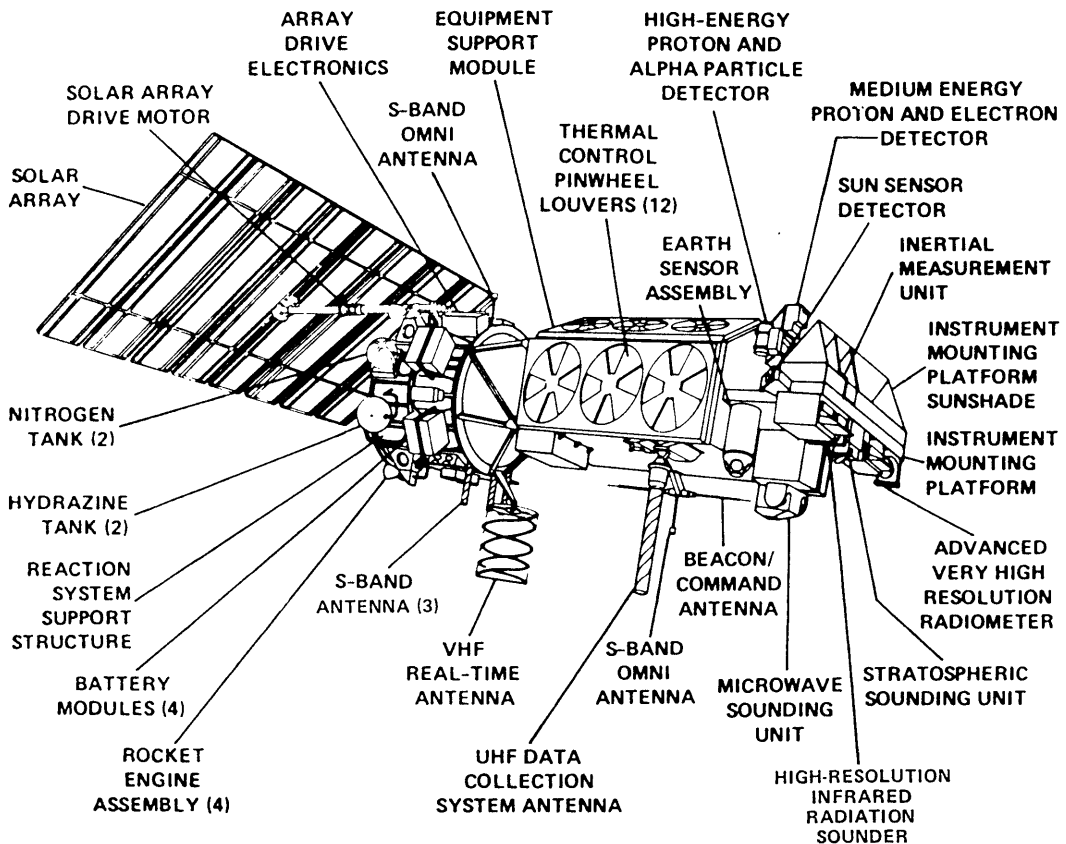


Fig. 1 TIROS-N spacecraft.

気象衛星センターにおいて、1979年3月よりTIROS-N HRPT 受信記録を開始し、同年8月よりNOAA-6号HRPTを1日4～6軌道受信記録している。このシリーズは従来のITOS/NOAAシリーズと異なり、HRPT受信によってAVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) 等からデータを取得可能であるため、雲画像、放射海面水温、鉛直分布資料等の解析、利用および開発が期待される。

重量 (予想値) 737kg

1-2 電源系

一次電源 (昼間負荷用および二次電源充電用) 太陽電池, 1パネルの大きさ; 61.4cm×237.5cm(×8panels), 93cells (直列)×136パラレル。

二次電源 (夜間負荷用および昼間ピーク負荷時) ニッケル・カドミウム・バッテリー対 (26.5A/H×2)

1-3 RCE (Reaction Control Equipment)

ascent phase, 姿勢制御 (3軸), 最終 injection 軌道速度調節を行う。

1-4 姿勢決定と制御

軌道上における三軸ポインティング・コントロールは下記の構成から成るADACS (Attitude Determination and Control Subsystem; 相互に直交する3個のホイール (他に予備ホイール1個を有する) の制御トルクによってシステム・ポインティングを維持する, 公称ゼロ・モーメンタム・コントロール・システム) が行う。

- (1) ESA (one Earth Sensor Assembly)
- (2) SSA (one Sun Sensor Assembly)
- (3) RWA's (four Reaction Wheel Assemblies)

1. 衛星本体

1-1 構造

下記の4コンポーネントから成り、Fig. 1に外観図を示す。

- (1) RSS (Reaction System Support Structure)
- (2) ESM (Equipment Support Module)
- (3) IMP (Instrument Mounting Platform)
- (4) SA (Solar Array)

装置はIMPとESM上に設置されており、SEMを除くすべての装置は衛星がミッション時、地球に指向している。仕様では (Injection Motor を含む)

長さ 約3.71m
直径 1.88m

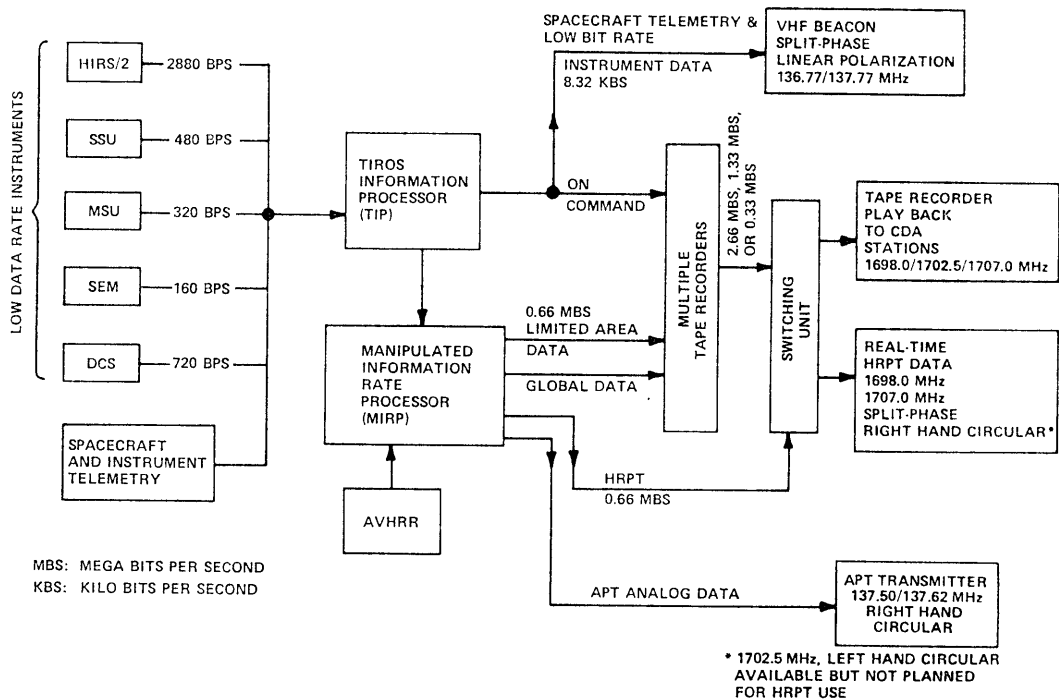


Fig. 2 TIROS-N data flow diagram.

Table 1 Characteristics of MIRP output.

	HRPT & LAC*	GAC**	APT
Form of data	Serial Digital Bit Stream 10-bit words, most significant bit first		Analog A-M on 2.4 KHz Subcarrier
Line rate	6/sec	2/sec	2/sec
Word rate	66.54K words/sec	6654 words/sec	4160 words/sec prior to D-to-A Conversion
Number of AVHRR Channels Included	5	5	2
Words of Earth scan per line per channel	2048	409	909, prior to D-to-A Conversion
Processing of AVHRR data	Formatting only	Resolution reduction & formatting	Resolution reduction, correction for geometric distortion and formatting
Other data than AVHRR	TIP; time of day	TIP; time of day	Minute marks; calibration wedge

*Local Area Coverage (recorded high resolution data, analogous to the HRPT.)

**Global Area Coverage (reduced resolution data for central processing.)

- (4) RYC's (two Roll/Yaw Coils)
- (5) PTC's (two Pitch Torquing Coils)
- (6) Four Gyros
- (7) Computer Software for Data Processing

1-5 熱系

multilayer insulation blankets 等を利用した受動的制御を行っている。

熱制御システムの二大要素はヒーターとルーパー制御冷却ラジエータであり、ルーパーにはペーンとピンホイールの二タイプがある。両タイプは TCE (Thermal Control Electronics Unit) で制御される。

1-6 データハンドリングシステム

データ・ハンドリング・サブシステムは4個の基本的コンポーネントから成り、これらのデータ・フローを Fig. 2 に示す。

- TIP (TIROS Information Processor)
- MIRP (Manipulated Information Rate Processor)
- DTR (Digital Tape Recorders)
- XSU (Cross Strap Unit)

(1) TIP

TIP フォーマットの低速ビット装置とテレメトリデータはこの装置で制御され、コマンド、検証データを受ける。ビーコン送信機、テープレコーダ、インターフェイ

Table 2 MIRP data sampling intervals.

Space Data ¹	10 samples from each spectral channel
Electronic ramp calibration	1 sample from each spectral channel
Earth data	2048 samples from each spectral channel
Target temperature ¹	1 sample from each of the IR channels
Cold patch temperature	1 sample from channel 4 of the instrument
Back scan ¹	10 samples from each of the IR channels

¹Used to define the calibration of the IR channels. Target temperatures are the output from Platinum Resistance Thermometers (PRT) mounted in the instrument backscan region.

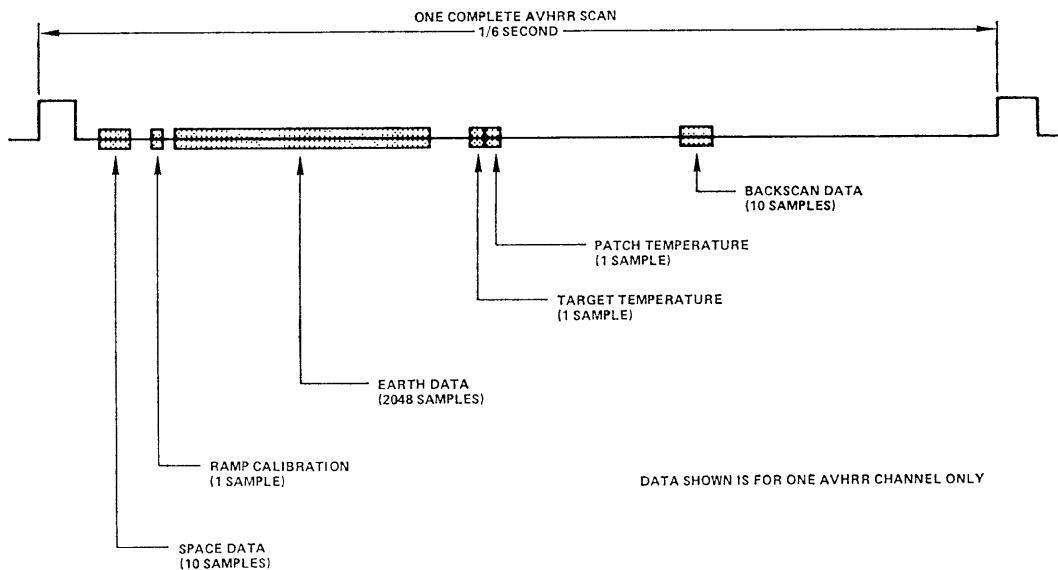


Fig. 3 AVHRR data sampling areas.

ス (コマンドによる), MIRP ヘデータを転送する前に同期, 識別, タイムコードを付加する。この TIP データは MIRP において, 3 個の出力データ・フォーマット (HRPT, Global stored, Limited Area stored) にコンバインされる。

TIP は 1 ms 精度 day counter の 36 ビット・タイムを供給し, リセット可能 (地上あるいはストアされたコマンドによる) なこのカウンター出力は各メジャー・フレーム (32 秒毎) の開始時, TIP データ出力中に挿入され, また ms 毎に MIRP へ供給される。クロック変更 (カウントの増減) は地上コマンドにより可能である。

(2) MIRP

AVHRR データを下記送信用に分離出力するための処理装置である。

- a) リアルタイム HRPT 送信
- b) リアルタイム APT 送信

c) 低解像度化されたデータで中央処理用にテープ記録される GAC (Global Area Coverage)

d) 選択されたエリアの高解像度データで中央処理用にテープ記録される LAC (Local Area Coverage)

MIRP 出力特性を Table 1 に示す。MIRP は AVHRR データのフォーマット化に加え, 同期, 識別, テレメトリ, タイムコード, 更に TIP 出力 (APT を除く) を追加している。APT, GAC 利用に対して, 平均化を行うことで高解像度 AVHRR データの低解像度化がなされている。MIRP は AVHRR のライン間ジッタ測定機能を持ち,

(a) AVHRR と MIRP の同期差が 2 連続ラインで ± 256 μs を越えた時

(b) 2 ケの同期パルス間で同期差が 511 μs を越えた時上記いずれかにおいて, データ走査ライン・リフェーズを実行する。

TIP からの 1ms 精度タイム・コード・データをすべてのデジタル出力フォーマットに挿入している。HRPT データに挿入される時刻は、AVHRR が発生した同期パルス先端の時刻であり、このパルスは AVHRR データ・サンプリング参照に用いられる。AVHRR データ・システム・テスト・モードとして、コマンドにより P-N (Pseudo-Noise) ジェネレータ出力を MIRP で処理し、MIRP 処理アルゴリズムや回線の評価を行う事が可能である。

AVHRR/HRPT 処理：

AVHRR スキャン・ミラーが Pre-Earth 位置に達した時、同期パルスが発生され、この後に続く事象のタイミング用 reference として用いられ、MIRP により制御される。Table 2 にサンプリング間隔、Fig. 3 にサンプリング領域を示した。

HRPT 中の TIP データ：

5隣接 TIP マイナー・フレーム (各々 104 ワード) から成り、同一 TIP データは 3 連続 HRPT マイナー・フレームで反覆、その後新たな TIP データに更新される。

AVHRR/APT 処理：

AVHRR チャンネル中のいずれか 2 チャンネルをコマンドにより選択し、各チャンネルの各第三番目ライ

ンデータをアルゴリズム処理して APT システム用としている。

APT チャンネル A データは AVHRR 走査 'N-2' ラインから入手した場合、チャンネル B データは AVHRR 走査 'N-1' ラインから入手される。選択された AVHRR データ 2 チャンネルは帯域幅減少と幾何学的校正のため前処理される。この直線化は Nadir の片側 5 領域において分離的解像度減少を行う事で達成している。

アルゴリズムの概要は、

Region 1 ($\pm 16.9^\circ$ from nadir): average for contiguous samples

Region 2 (16.9° to 34.8° either side of nadir): average two samples; skip one and repeat

Region 3 (34.8° to 43.8° either side of nadir): average two samples

Region 4 (43.8° to 48.8° either side of nadir): average 1 1/2 samples (A+B)/2: (B+C)/2

Region 5 (48.5° to 55.4° either side of nadir): retain original resolution

この結果を Fig. 4 に示す。

(3) DTR

中央データ処理施設用に 5 台の DTR を搭載している。各トランスポートは約 4.5×10^8 ビットのデータ記

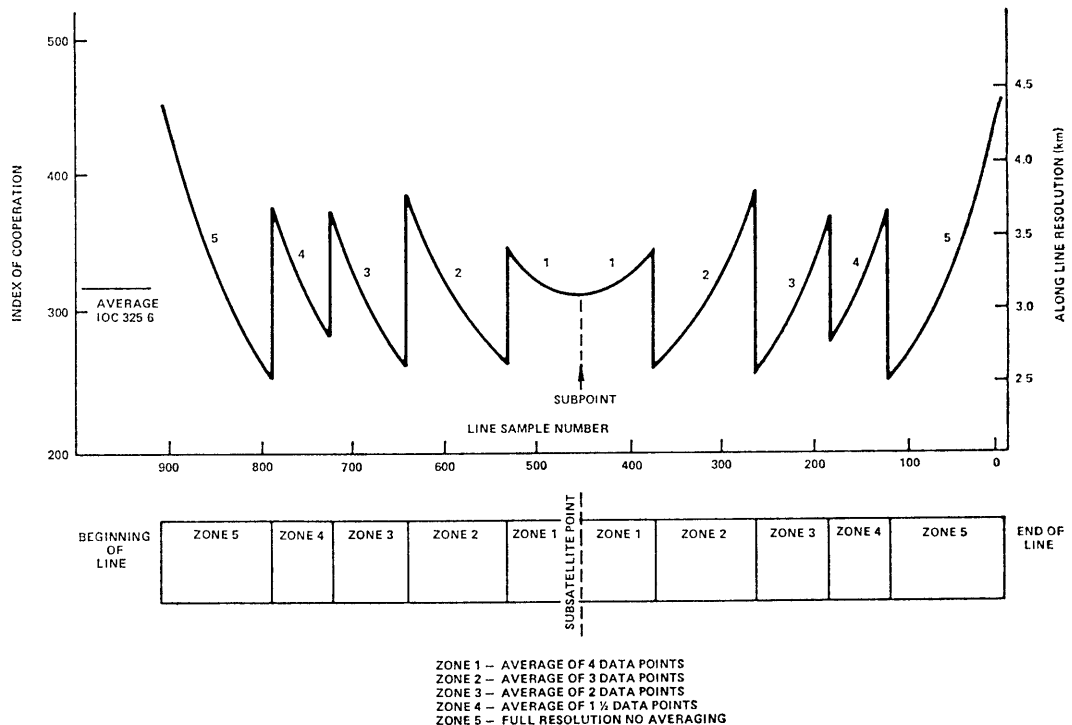


Fig. 4 APT Linearization regions and resolution.

METEOROLOGICAL SATELLITE CENTER TECHNICAL NOTE No. 2, OCTOBER 1980

Table 3 Communication link summary.

<u>Link</u>	<u>Carrier Frequency</u>	<u>Information Signal</u>	<u>Baseband Bandwidth</u>	<u>Modulation</u>	<u>Subcarrier Frequency</u>
Command*	148.56 MHz	Digital commands	1 kbps	Ternary FSK/AM	8,10,12 KHz
Beacon	137.77 MHz or 136.77 MHz	Low bit rate instrument data and spacecraft telemetry. All from TIP	8320 bps	Split-phase PSK	
VHF Real-time - APT	137.50 MHz or 137.62 MHz	Medium resolution video	2 KHz	AM/FM	2.4 KHz
S-Band Real-time - HRPT	1698 or 1707** MHz	High resolution video data, and TIP data from MIRP	665.4 kbps	Split-phase PSK	
S-Band playback to CDAs	1698, 1702.5 or 1707 MHz	High resolution video data from MIRP, medium resolution video data from MIRP	2.6616 Mbps	Randomized NRz-PSK	
Data collection*	401.65 MHz	Data from earth-based platforms and balloons	400 bps	Split-phase PSK	
S-Band TIP data playback	1698, 1702.5 or 1707 MHz	TIP data recovered from tape recorders	332.7 kbps	Split-phase PSK	

*Uplink to the satellite.

**1702.5 may be used for HRPT in the event of failure of primary transmitters.

Table 4 HRPT transmission parameters.

Type of transmitted signal	S-Band phase modulated Split phase 665.4 K bits per second
System Output	
Frequency & Polarization	1698.0 MHz right hand circular 1707.0 MHz right hand circular 1702.5 MHz* left hand circular
EIRP at 63° from nadir	36.8 dbm worst case 40.4 dbm nominal
Antenna	
Gain at 63° from nadir	2.1 dbi, minimum
Ellipticity	6.0 db, maximum
Transmitter	
Power out	5.25 watts minimum
Modulation Index	2.35 ±0.12 radians
Premodulation filter, type 3 db bandwidth	5th order, 0.05°, equiripple phase 2.4 MHz
Frequency stability	±2 X 10 ⁻⁵
*Not planned for HRPT use unless 1698 and 1707 MHz transmitters have failed.	

Table 5 VHF beacon transmission parameters.

Type of transmitted signal	VHF, phase modulated, split phase 8320 bits per second
System output	
Frequency	136.77 or 137.77 MHz
EIRP	+19.0 dbm worst case; +24.0 dbm nominal
Antenna	
Gain at 63° from nadir	-7.5 dbi, minimum ¹
Gain over 90% of sphere	-18 dbi, minimum ¹
Polarization	Linear
Circuit Losses	3.7 db
Transmitter	
Power	1.0 watt minimum
Modulation index	+67.5° with a 7.5° tolerance
Premodulation filter, type	7 pole linear phase filter
3 db bandwidth	16 KHz minimum, 22 KHz maximum
Frequency stability	$\pm 2 \times 10^{-5}$

¹As observed by an optimum polarization diversity receiver.

録可能で、テープ長は 168 m, トランスポート・ユニット設計値25,000バスである。

1-7 コマンドと制御

コマンド、コントロール・グループは地上コマンドのデコーディング、後刻実行のコマンド・ストアリング、制御信号を発生機能を備えている。このグループを構成している主ユニットは

- (1) RXO (Redundant Crystal Oscillators)
- (2) SCU (Signal Conditioning Unit)
- (3) CPU (Central Processing Unit)
- (4) CIU (Controls Interface Unit)
- (5) CPC (Controls Power Converter)

1-8 通信系

Sバンド回線

3台のSバンド送信機は3基の quadriphase アンテナとそれぞれ対になっている。通常、送信機の1台は HRPT 用に、他の2台はデータ収集局ヘテープレコーダ・プレイバック用に使用される。Table 3., Table 4 に link summary と HRPT Transmission Parameters

を示す。

VHF 回線

Table 5., Table 6. に Beacon と APT の Transmission Parameters を示す。

2. Orbit

TIROS-N 衛星シリーズは 833±90km, 太陽同期軌道で運用するように設計されてきたが公称高度 833 km と 870kmと選定した。Table 7. に Nominal orbital parameters を示す。アンテナ・サイト真上の通過では、約 13分 (衛星高度 833 km) 約13.7分 (870 km) の受信が可能である。

1980年7月13日00時00分 (EPOCH) における NOAA-6 号と TIROS-N の軌道要素予測値は次のとおりである。ただし、() 内は TIROS-N の予測値を示す。

Anamolistic period 101.14687分 (101.91925)

Eccentricity 0.00106 (0.00100)

Argument of perigee 254.188度 (272.604)

Right ascension of ascending node 225.310度 (164.118)

Inclination 98.707度 (99.001)

Table 6 APT transmission parameters.

Type of transmitted signal	VHF, AM/FM 2.4 KHz DSB-AM 1.44 Hz video
System output	
Frequency, polarization	137.50 MHz right circular polarization or 137.62 MHz right circular polarization
EIRP at 63° from nadir	32.8 dbm worst case 37.2 dbm nominal
Antenna	
Gain at 63° from nadir	-0.5 dbi, right circular polarization
Ellipticity	5.0 db, maximum
Circuit Losses	2.4 db
Transmitter	
Power	5.0 watts minimum
Carrier Modulation Index	± 17 , ± 0.85 KHz
Premodulation bandwidth	
+0.5 db	0.1 to 4.8 KHz
Frequency Stability	$+2 \times 10^{-5}$
Subcarrier Modulator	
Subcarrier frequency	2400 ± 0.3 Hz
Subcarrier Modulation Index	87 $\pm 5\%$
Post Modulator Filter, type	3 pole Butterworth
3 db bandwidth	6 KHz, minimum
Pre-Modulator Filter, type	3 pole Butterworth-Thompson
3 db bandwidth	2.4 KHz, minimum

Table 7 TIROS-N series orbital parameters.

Parameter	833 km orbit	870 km orbit
Inclination	98.739 degrees	98.899 degrees
Nodal period	101.58 minutes	102.37 minutes
Nodal Regression	25.40 degrees/orbit W	25.59 degrees/orbit W
Nodal Precession ¹	0.986 degrees/day E	0.986 degrees/day E
Orbits per day	14.18	14.07

Semi-Major axis 7191.103km (7227.673)

Mean anomaly 338.800度 (290.675)

赤道通過時刻は、0730 Local descending (NOAA-6), 1500 Local ascending (TIROS-N) である。従って、各時間帯に2~3軌道、1日4~6軌道(1衛星当り)受信可能で、オーバ・ヘッド(アンテナ・サイト真上の通過)時のデータ取得エリアは東西約2,900km, 南北約5,200km となる。

3. Instruments

3-1 TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder)

TOVS システムは下記の3装置から成り、これらの装置より得られるデータを基に、表面から10mbまでの温度分布、大気中の3レベルにおける水蒸気含有量、総合オゾン含有量の計算を可能にするため設計された。

(1) HIRS/2 (High Resolution Infrared Radiation

Sounder)

- (2) SSU (Stratospheric Sounding Unit)
- (3) MSU (Microwave Sounding Unit)

3-2 HIRS/2

HIRS/2 は NIMBUS-6 号に搭載された HIRS/1 を改良したもので、長波長 (15 μ m) と短波長 (4.3 μ m) 領域を含む20赤外スペクトラル領域の放射量を測定する。

テレスコープによって受け入れられたエネルギーは、Dichroic beam-splitter で長波長 (6.4 μ m 以上) と短波長 (6.4 μ m 以下) のエネルギーに分離され、各々の field stops により制御され、帯域通過制限 フィルターを経て中継レンズ系で半導体赤外検出器へ送られる。

走査ミラーは S/C クロックにより、99° swath (S/C から測定) 上で1.8°ステップ同期走査を行い、最後のポジション (#56) データ取得完了時に、ファースト・ホーム・ポジションへ戻り地球走査パターンを繰り返す。

通常運用時、HIRS/2 は 40ライン (256秒) 毎にキャリブレーション・サイクルを繰り返す。キャリブレーション同期は深宇宙をみたときの放射量データ、ICT (Internal Cold target Temperatures) radiometric data, IWT (Internal Warm target Temperatures) の各1ラインで地球走査データの37ラインに続く。

1 HIRS/2 ラインは64 (0—63) エレメントで構成さ

れている。Table 8 に HIRS/2 のシステムパラメータを、Table 9 に HIRS/2 の諸元を、Fig. 5 に HIRS/2 スポットの地上に投影したスキャンパターンを示す。

3-3 SSU

英国気象局提供のユニットで選択吸収技術を用い大気圏上層 CO₂ からの放射量を pressure modulation technique により測定する。SSU の主目的は成層圏 (25—50km) 温度分布データの取得である。Cyclic manner により optical path 中の CO₂ ガスのセルは約 40Hz レートで変化する圧力となる。非冷却 pyroelectric detectors は各ステップにおいて、3.6秒間各チャンネルの放射量を積分する。積分期間中、チャンネルのスペクトラル特性と重み関数の大きさはセル中の圧力により決定される。

SSU スキャン・ラインは、8個の各4秒 earth/calibration dwell periods から成る。各 TIP マイナー・フレーム中に3 SSU データ・ワードを含み、1秒間のデータ (30ワード) 中には各チャンネルに対して2個の放射量のデータ・サンプルを含む。通常運用期間では、SSU は8ライン (256秒) 毎に1回キャリブレーション・サイクルを繰り返す。キャリブレーション・サイクルは TIP メジャー・フレーム0の始め、マイナー・フレーム0、データの1ラインから成る。このラインは装置が深宇宙をみた時と内部校正用ターゲットをみた時に

Table 8 HIRS/2 system parameters.

Parameter	Value
Calibration	Stable blackbodies (2) and space background
Cross-track scan	$\pm 49.5^\circ$ (± 1120 km)
Scan time	6.4 seconds
Number of steps	56
Optical FOV	1.25°
Step angle	1.8°
Step time	100 milliseconds
Ground IFOV (nadir)	17.4 km diameter
Ground IFOV (end of scan)	58.5 km cross-track by 29.9 km along-track
Distance between IFOV's	42 km along-track
Data rate	2880 bits/second

Table 9 HIRS/2 instrument specifications.

Channel	Central Wave No. cm ⁻¹	Half Power Bandwidth cm ⁻¹	Wavelength μm	Specified NEΔN mw/m ² -sr cm ⁻¹
1	688.5 <u>+1.3</u>	⁺¹ 3.0-0.5	14.96	0.80*
2	680.0 <u>+1.8</u>	⁺⁴ 10.0-1	14.71	0.27
3	690.0 <u>+1.8</u>	⁺⁶ 12.0-0	14.49	0.27
4	703.0 <u>+1.8</u>	⁺⁴ 16.0-2	14.22	0.22
5	716.0 <u>+1.8</u>	⁺⁴ 16.0-2	13.97	0.22
6	733.0 <u>+1.8</u>	⁺⁴ 16.0-2	13.64	0.22
7	749.0 <u>+1.8</u>	⁺⁴ 16.0-2	13.35	0.22
8	900.0 <u>+2.7</u>	35.0 <u>+5</u>	11.11	0.11
9	1030.0 <u>+4</u>	25.0 <u>+3</u>	9.71	0.16
10	1225.0 <u>+4</u>	⁺¹⁰ 60.0-3	8.16	0.16
11	1365.0 <u>+5</u>	40.0 <u>+5</u>	7.32	0.22
12	1488.0 <u>+4.7</u>	⁺¹⁵ 80.0-4	6.72	0.11
13	2190.0 <u>+4.4</u>	23.0 <u>+3</u>	4.56	0.002
14	2210.0 <u>+4.4</u>	23.0 <u>+3</u>	4.52	0.002
15	2240.0 <u>+4.4</u>	23.0 <u>+3</u>	4.46	0.002
16	2270.0 <u>+4.7</u>	23.0 <u>+3</u>	4.41	0.002
17	2360.0 <u>+4.7</u>	23.0 <u>+3</u>	4.24	0.002
18	2515.0 <u>+5</u>	35.0 <u>+5</u>	3.98	0.002
19	2660.0 <u>+9.5</u>	100.0 <u>+15</u>	3.76	0.001
20	14,500.0 <u>+20</u>	1000.0 <u>+15</u>	0.69	0.1% Albedo

*1.70 most likely achievable

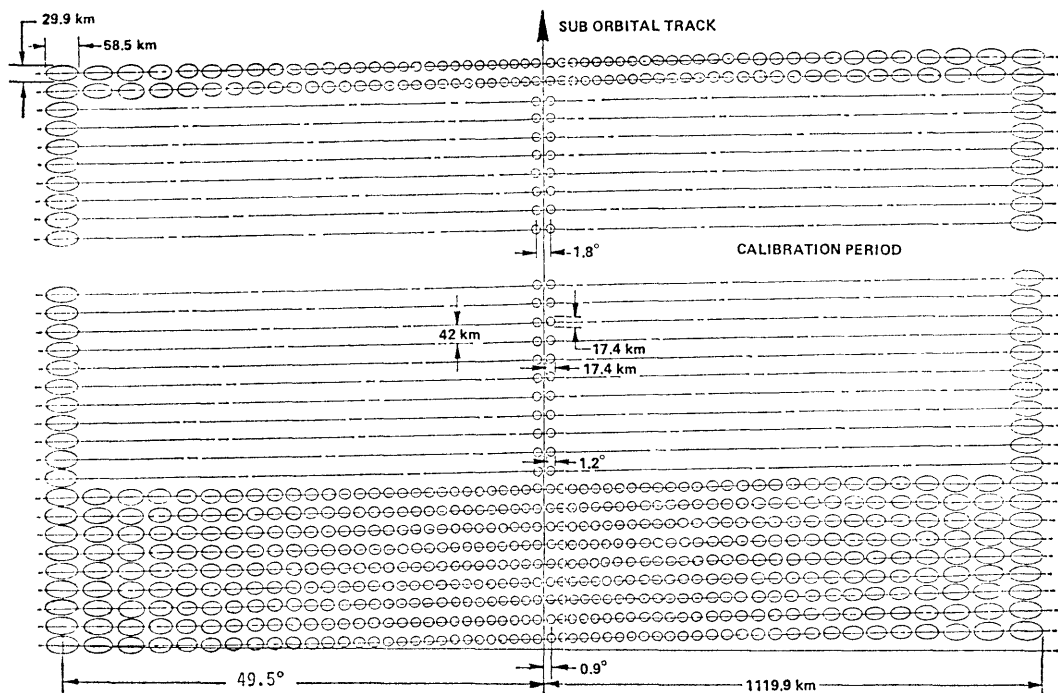


Fig. 5 TIROS-N Operational Vertical Sounder.
HIRS/2 Scan Pattern Projected on Earth.

Table 10 SSU characteristics

Channel Number	Central Wave No. (cm ⁻¹)	Cell Pressure (mb)	Pressure of weighting function peak	
			Mb	Km
1	668	100	15	29
2	668	35	5	37
3	668	10	1.5	45
Calibration			Stable blackbody and space	
Angular field-of-view			10°	
Number of Earth views/line			8	
Time interval between steps			4 seconds	
Total scan angle			±40° from nadir	
Scan time			32 seconds	
Data rate			480 bits/second	

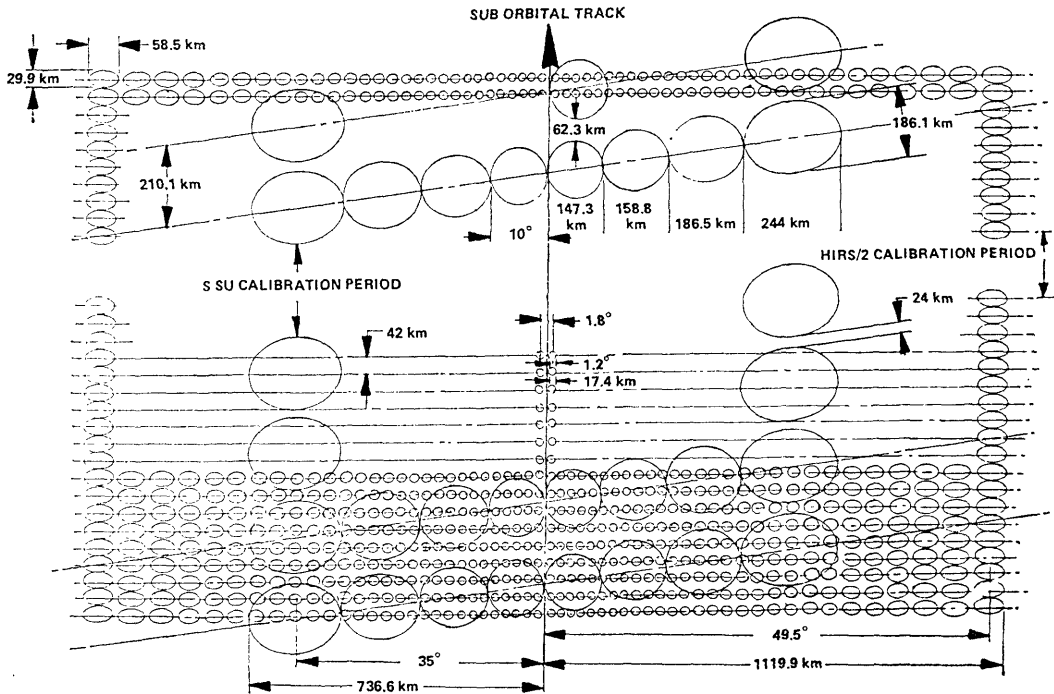


Fig. 6 TIROS-N Operational Vertical Sounder HIRS/2 and Stratospheric Sounding Unit scan patterns projected on earth.

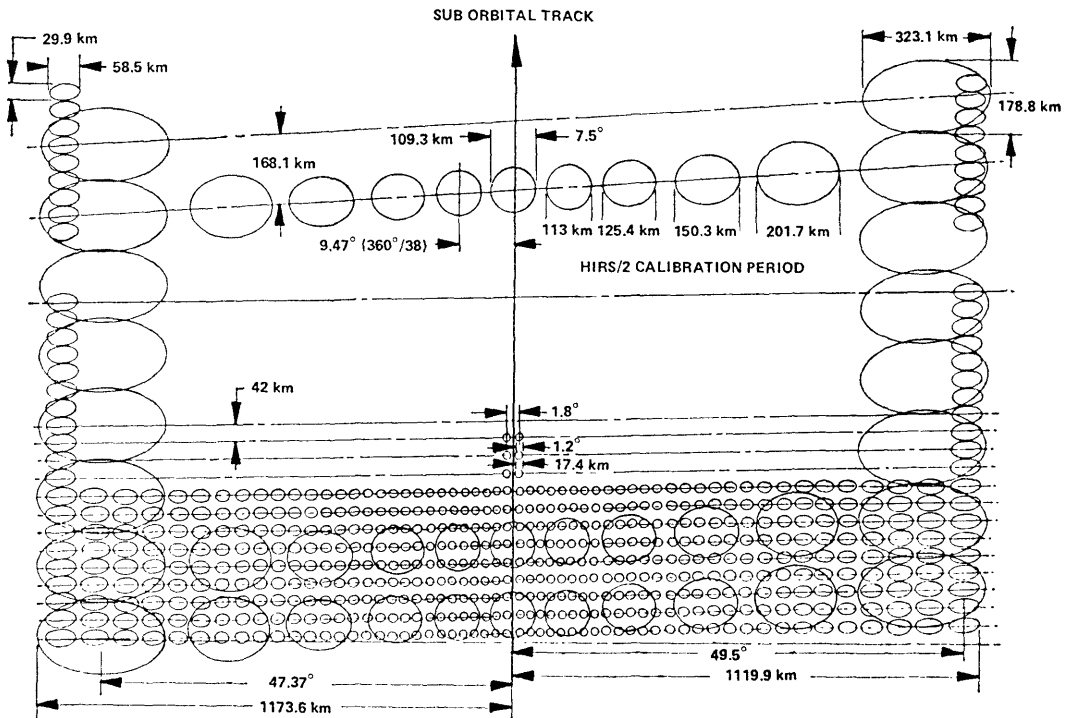


Fig. 7 TIROS-N Operational Vertical Sounder HIRS/2 and MSU scan patterns projected on earth.

Table 11 MSU instrument parameters.

Characteristics	V a l u e				Tolerance
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	
Frequency (GHz)	50.3	53.74	54.96	57.05	+20 MHz
RF Bandwidth (MHz)	220	220	220	220	Maximum
NEΔT °K	0.3	0.3	0.3	0.3	Maximum
Antenna Beam* Efficiency	>90%	>90%	>90%	>90%	
Dynamic Range °K	0-350	0-350	0-350	0-350	
Calibration	Hot reference body and space background each scan cycle				
Cross-track scan angle	±47.35°				
Scan time	25.6 sec				
Number of steps	11				
Step angle	9.47°				
Step time	1.84 sec				
Angular resolution	7.5° (3 db)				
Data rate	320 Bps				
* >95% expected					

得る放射量データ・サンプルを含む。残る7スキャン・ラインは地球をみたときの放射量データサンプルである。Table 10 に SSU の諸元を, Fig. 6 に HIRS/2 と SSU スポットの地上に投影したスキャンパターンを示す。

3-4 MSU

MSU は NIMBUS-6 に搭載実験された SCAMS (Scanning Microwave Spectrometer) を改造した5.5-mm oxygen 領域を測定する受動型4チャンネル Dicke 放射計で, 2スキャンング・リフレクター・アンテナ, orthomode transducers, 4 Dicke スーパーヘテロダイン受信機, データ・プログラマと電源装置により構成されている。

各アンテナで受信されたマイクロ波エネルギーは orthomode transducer により垂直, 水平偏波成分へと分離され各チャンネルへ供給される。

到来信号と reference load を Dicke スイッチにより 1kHz レートで変調している。

MSU の1スキャン・ラインは14個のスポットから成り, 最初の11スポットは地球をみたときの放射量デー

タ, スポット12と13はそれぞれ深宇宙と内部較正用ターゲットをみたときの放射量データ, スポット14は使用不可能な放射量等のデータをそれぞれ含む。Table 11 に MSU の諸元を Fig. 7 に HIRS/2 と MSU スポットの地上に投影したスキャンパターンを示す。TOVS の走査方向は太陽からアンチ太陽へ, AVHRR はこの逆である。

3-5 AVHRR

AVHRR は APT と HRPT 両ユーザーへ送信するためのデータを供給する。80極ヒステリシス・シンクロナス・モータで回転するスキャン・ミラー (20.96cm × 29.46cm) は, 360r.p.m で cross-track 走査する。5チャンネル(チャンネル5は後期から), 解像度(IFOV) 1.3mrad (1.1km) AVHRR の可視/近赤外チャンネル(ch 1, ch 2) はシリコン検出器を使用し, field stop を通過する光量の99%を検出する。

赤外チャンネルは105°Kに冷却され, 3.8μm チャンネル用検出器は InSb (Indium antimonide), 11μm チャンネル用には HgCdTe (Mercury Cadmium Telu-

Table 12 AVHRR channelization.

<u>Protoflight instrument (1)</u>	<u>Four-channel flight instruments (4)</u>
1.* 0.55 - 0.90 μm	1. 0.55 - 0.68 μm
2. 0.725 - 1.10 μm	2. 0.725 - 1.10 μm
3. 3.55 - 3.93 μm	3. 3.55 - 3.93 μm
4. 10.5 - 11.5 μm	4. 10.5 - 11.5 μm
5. Channel 4 data repeated	5. Channel 4 data repeated

<u>AVHRR/2 - five channel instruments (3)</u>
1. 0.58 - 0.68 μm
2. 0.725 - 1.10 μm
3. 3.55 - 3.93 μm
4. 10.3 - 11.3 μm
5. 11.5 - 12.5 μm

*In-orbit data obtained after completion of the protoflight instrument has shown the necessity of eliminating spectral overlap with channel 2 if snow cover areal extent is to be accurately measured.

Table 13 ARGOS platform characteristics.

Carrier frequency	401.650 MHz
Aging (during life)	± 2 KHz
Short term stability (100 ms)	1:10 ⁹ (platform requiring location) 1:10 ⁸ (platform not requiring location)
Medium term stability (20 min)	:0.2 Hz/min (requiring location)
Long term (2 hr)	: ± 400 Hz
Power out: 34.8 dBm (3w) nominal	
Range during transmission (stability)	:0.5 db
Antenna: Vertical linear polarization	
Message length: 360 ms to 920 ms	
Repetition period for message:	40-60 sec (requiring location) 60-200 sec (not requiring location)
Data sensors: 4-32 eight-bit sensors for environmental data	
Total number of platforms:	4,000 global 459 within view

ride) を使用している。深宇宙 (放射量 0) と housing (ほぼ 290°K; 黒体ターゲットになるよう設計) 走査を 1 走査毎に行っている。Table 12 に AVHRR のチャンネル表を示す。

3-6 DCS

TIROS-N の DCS は ARGOS DCS (Data Collection and Location System; DCLS) として、フランス CNES (Center National D'Etudes Spatiales) により設計、製作、供給された。ARGOS は固定あるいは移動プラットフォームの環境データと位置 (位置情報は衛星で受信されるプラットフォーム搬送波測定より、ドップラー周波数偏位を用いて計算) を得る。

衛星搭載 DCS は DRU (Data Recovery Unit) 4 ユニットが装着されており、同時送信 (4 以下) によるデータ収集が可能である。プラットフォームはランダム・アクセス受信システムとなっている衛星からのインターロゲーションとは無関係にデータを送信し、衛星ではこのデータをフォーマット化して TIP データ・フォーマットに挿入する。衛星搭載 DCS はプラットフォームから受信したデータを、リアル・タイム送信すると共にプレイ・バック用にテープ記録する。ただし、リア

ル・タイム送信データを用いてプラットフォーム位置計算は出来ない。

NOAA CDAS's, Lannion (フランス) で受信、NE SS Suitland へ送られたデータは、ここで前処理され CNES へ中継、CNES でセンサー・データ、プラットフォーム位置等を処理、その結果をフォーマット化しユーザーへ送る。CNES で計算されるプラットフォーム位置精度は 3~5 km rms 設計値である。Table 13 に ARGOS プラットフォームの諸元を示す。

3-7 SEM (Space Environment Monitor)

衛星高度における太陽プロトン、アルファ粒子、エレクトロン・フラックス密度、エネルギー・スペクトラムと total particulate energy disposition を測定する。SEM は下記の 3 コンポーネントから成っている。

(1) TED (Total Energy Detector)

curved plate analyzer と channeltron detector を用いて、0.3KeV から 20KeV までのエネルギー帯における粒子の強度を測定する。

(2) MEPED (Medium Energy Proton and Electron Detector)

5 solid-state nuclear detector を用いて、30KeV か

Table 14 Realtime TIP orbital parameters.

<u>Major Frame</u>	
o rate	1 frame every 32 seconds
o number of minor frames	320 per major frame
<u>Minor Frame</u>	
o rate	10 frames per second
o number of words	104
o format	see figure 8
<u>Word</u>	
o rate	1040 words per second
o number of bits	8
o order	bit 1 = MSB bit 8 = LSB bit 1 transmitted first
<u>Bit</u>	
o rate	8320 bits per second
o format	split phase
o data 1 definition	
o data 0 definition	

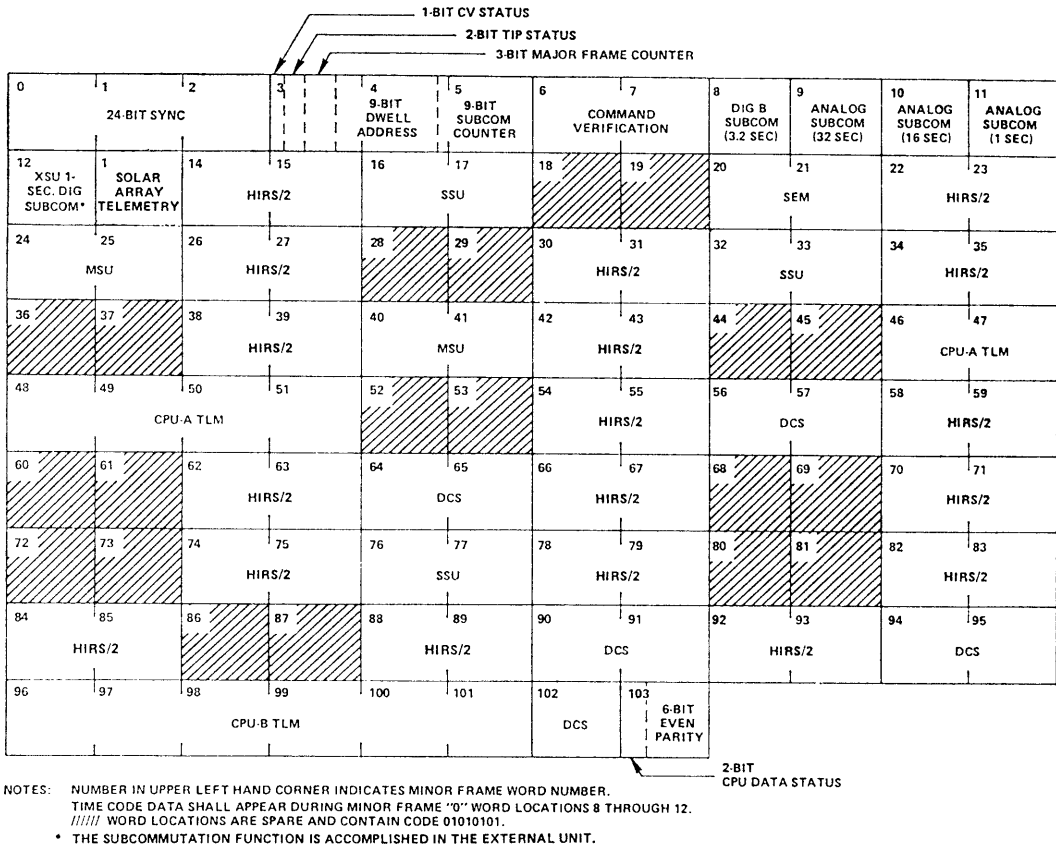


Fig. 8 TIP minor frame format.

ら 60MeV 以上までのエネルギーにおけるプロトン, エレクトロン, イオンを測定する。

(3) HEPAD (High Energy Proton and Alpha Detector)

Cerenkov detector を用いて, 370MeV から 850MeV 以上までのプロトンとアルファを測定する。

4. 将来の追加能力

このシリーズにおいて, 将来搭載機器を追加するため TIROS-N 衛星は初期搭載重量の約20%, またスペースやデータ・ハンドリング能力を確保するよう設計されている。

5. Format

5-1 TIP データ送信

ビーコン波により 8.32Kbps レートで TIP データがリアル・タイム送信される。Table 14 にフレームフォーマットを, Fig. 8 に TIP マイナーフレームフォーマットを示す。

5-2 APT 送信

AVHRR から選択された2チャンネル・データは MIRP で処理, 時分割多重化され, ライン・レート120 rpm, データ解像度 4 km 均一で APT 送信される。Table 15 に APT フレームパラメータを Fig. 9 に APT ビデオラインフォーマットを, Fig. 10 に APT フレームフォーマットを, Fig. 11 に APT sync-details を示す。

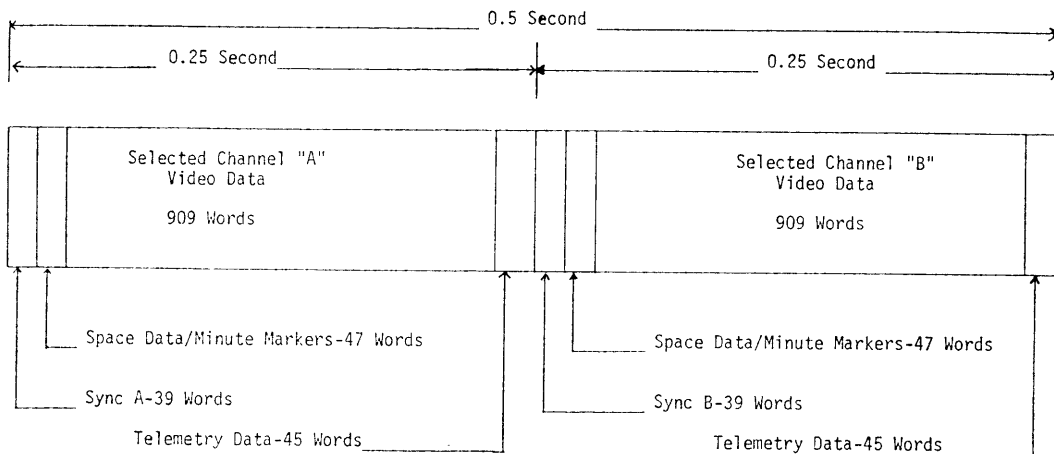
5-3 HRPT 送信

HRPT データには AVHRR, TIP データ等が含まれ, Sバンドで送信される。Table 16 に HRPT パラメータを示す。タイム・コードはマイナー・フレームのワード1・ビット1の始点における衛星時刻を示している。第1号機では, AVHRR チャンネル4 出力データはチャンネル4 とチャンネル5 出力としてフォーマット中に挿入される。Fig. 12 に HRPT フレームフォーマットを示す。

Table 15 APT format parameters.

<u>Frame</u> o Rate o Format o Length	1 frame per 64 seconds See Figure 9 128 lines
<u>Line</u> o Rate o Number of words o Number of sensor channels o Number of words/sensor chan. o Format o Line sync format	2 lines/second 2080 Any 2 of the 5; selected by command 909 See Figure 10 See Figure 11
<u>Word</u> o Rate o Analog-to-Digital Conversion Accuracy	4160 per second The 8 MSB's* of each 10 bit AVHRR word
<u>Low Pass Filter</u> o Type o 3 db bandwidth	3rd order Butterworth-Thompson 2400 Hz

*Most Significant Bits (MSBs)



Notes:

- 1) Equivalent Output Digital Data Rate is 4160 Words/Second.
- 2) Video Line Rate - 2 Lines/Second.
- 3) APT Frame Size - 128 Lines.
- 4) Any two of the five AVHRR channels may be selected for use.
- 5) Sync A is a 1040 Hz square wave - 7 cycles.
- 6) Sync B is a 832 pps pulse train - 7 pulses.
- 7) Each of 16 telemetry points are repeated on 8 successive lines.
- 8) Minute markers are repeated on 4 successive lines, with 2 lines black and 2 lines white.

Fig. 9 APT video line format (prior to D/A converter).

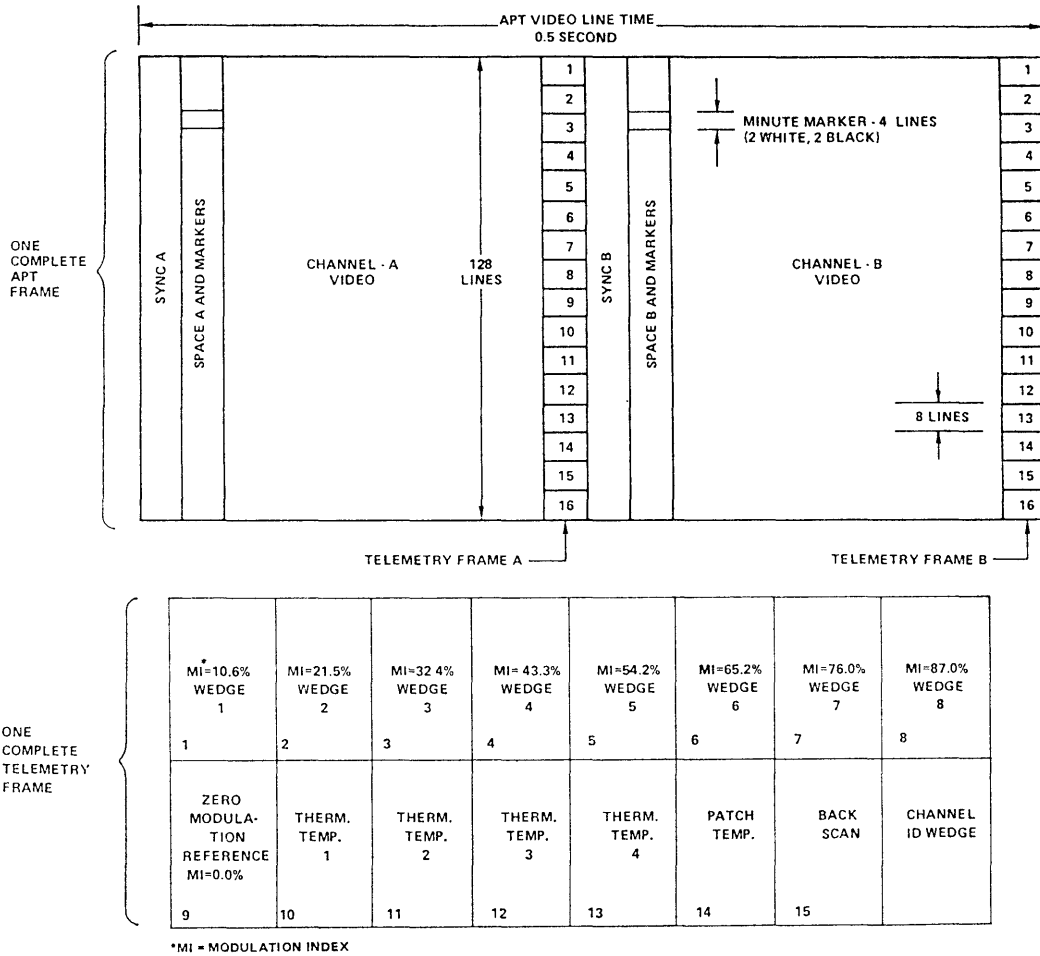
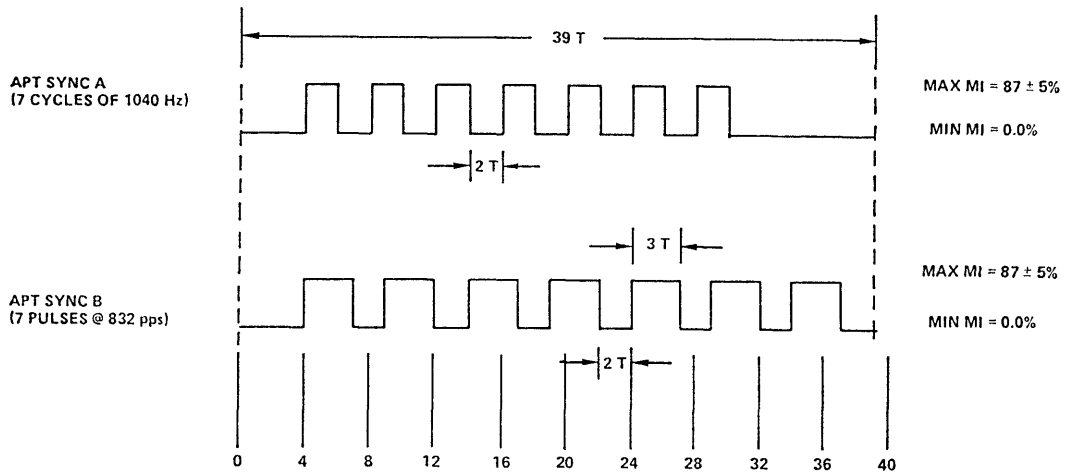


Fig. 10 APT frame format.



NOTES:

- (1) $T = \frac{1}{4160} = 0.24038$ MILLISECOND
- (2) SYNC A PRECEDES CHANNEL-A DATA
- (3) SYNC B PRECEDES CHANNEL-B DATA

Fig. 11 APT sync details.

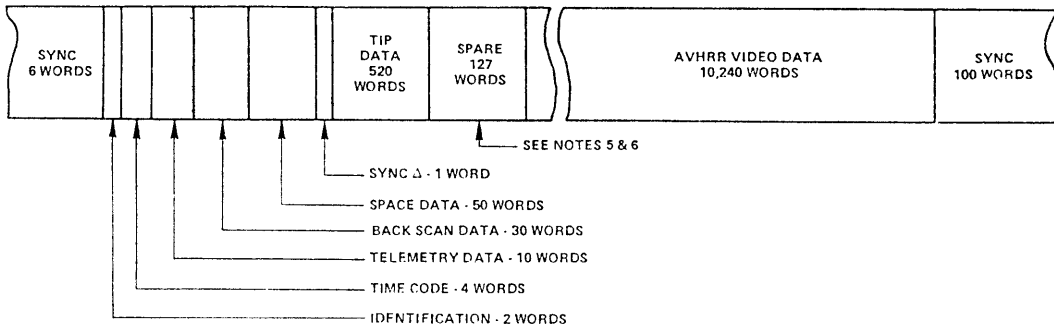
Table 16 HRPT parameters.

Major Frame	
o Rate	2 frames per second (fps)
o Number of Minor Frames	3
Minor Frame	
o Rate	6 fps
o Number of Words	11,090
o Format	See Figure 12
Word	
o Rate	66,540 words per second
o Number of Bits***	10
o Order	bit 1 = MSB* bit 10 = LSB** bit 1 transmitted first
Bit	
o Rate	665,400 bps
o Format	split phase
o Data 1 definition	
o Data 0 definition	

*MSB - Most Significant Bit

**LSB - Least Significant Bit

***Note 8 bit TIP words in the data format are converted to 10 bit words for HRPT transmission.



NOTES:

- (1) MINOR FRAME LENGTH - 11,090 WORDS
- (2) THREE MINOR FRAMES PER MAJOR FRAME
- (3) MINOR FRAME RATE - 6 FRAMES/SECOND
- (4) WORD LENGTH - 10 BITS/WORD
- (5) HRPT OUTPUT - ALL SPARES ARE 10TH DEGREE P-N CODE (BAR).
- (6) IF A FOURTH SOUNDING INSTRUMENT IS ADDED, THESE SPARE WORD SLOTS WILL MOST LIKELY BE USED FOR DATA FROM THIS INSTRUMENT.

TLM WORD ALLOCATIONS		ID WORD BIT ALLOCATIONS	
		1ST ID WORD	2ND ID WORD
1-5	RAMP CALIBRATION	1 SYNC ID 2,3 FRAME ID 4,7 SPACECRAFT ADDRESS 8 RESYNC MARKER 9 DATA 0 10 DATA 1	(SPARE)
6	CHANNEL-3 TARGET TEMP (5 PT SUBCOM)		1-10 ALL DATA UNDEFINED
7	CHANNEL-4 TARGET TEMP (5 PT SUBCOM)		
8	CHANNEL-5 TARGET TEMP (5 PT SUBCOM)		
9	CHANNEL-3 PATCH TEMP		
10	SPARE (UNDEFINED)		

Fig. 12 TIROS-N HRPT frame format.

おわりに

現在、Fig. 13 に示したデータ・フローのように運用処理されており、HRPT データ内の任意の AVHRR 2

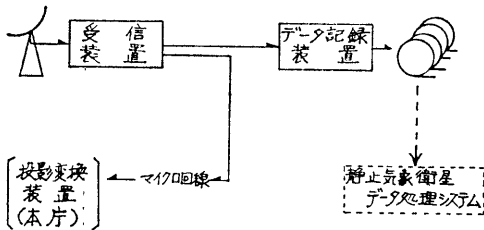


Fig. 13 Data flow.

チャンネルを受信装置で FAX 形式アナログ信号に変換し、マイクロ回線で本庁へ伝送、軌道衛星気象資料解析用投影変換装置によりポーラ・ステレオ図を作成、一方気象衛星センター内において、受信装置から出力される

全 HRPT データをデータ記録装置によって磁気テープ (1,600RPI) へ記録、静止気象衛星データ処理システムでの TOVS 処理に供している。

極軌道気象衛星受信装置およびデータ記録装置の概要は次機に予定しています。

References

Arthur Schwalb (1978): NOAA Technical memorandum NESS 95. The TIROS-N/NOAA A-G Satellite Series.
 W. John Hussey (1979): The TIROS-N/NOAA Operational Satellite System.
 Levin Lauritson, Gary J. Nelson, and Frank W. Porto (1979): Techniques for Data Extraction and Calibration of TIROS-N/NOAA Series Satellite Radiometers for Direct Readout Users.