

気象衛星画像受信システム

藤 本 勉* 田 中 護*

Meteorological Weather Satellite Picture Receiving System

Tsutomu Fujimoto Mamoru Tanaka

Abstract

The Authors tried to construct a computer system for receiving APT (Automatic Picture Transmission) pictures which are transmitted by NOAA series meteorological weather satellite .

In this paper , they describe system details and some satellite-taken pictures which are enhanced by false color are included .

1. まえがき

近時、資源探査衛星ランドサットを初めとして、人工衛星によるリモートセンシングが数多く試みられている。著者らは、カラー空中写真を用いて同種の研究を推進してきた。これらの研究により得られた画像処理技術をさらに発展させるため、人工衛星による宇宙からのリモートセンシングに取り組むことにした。

本文で述べる、受信設備の簡単なこと、人工衛星の搭載観測機器や送信データ等、受信に必要な情報が容易に得られること、を主な理由に米国の極軌道気象衛星『ノア』(NOAA, 原稿作成時6, 7, 8, 9号が稼働中)と我国の静止気象衛星『ひまわり』(GMS, 原稿作成時3号が稼働中)を選び、『ノア』については、これが送信する地球観測画像を受信し処理するシステムを今般導入したDS-600システムを中心に、『ひまわり』についてはIF-800/20パソコンにより構築した。現在、衛星画像解析を試みているが、これに十分な品質の画像が得られたので、以下『ノア』衛星画像受信システムに限定してその概要を報告する。

2. 観測人工衛星の選定について

観測する人工衛星を選定するに当たって、検討した事項のうち二、三のものを列挙する。

まず、受信設備のうち空中線系について、人工衛星には、静止軌道衛星と周回軌道衛星とがあるが、静止軌道衛星の場合は、空中線を衛星方向に向けて設置し固定しておけば良いので、パラボラアンテナ等の、やや大型の空中線でも採用可能である。ところが周回軌道衛星の場合は、水平線から天頂を通過して再び水平線に没する衛星を、その移動に従って追尾しなければならず、大型空中線を必要とする場合には本格的な空中線駆動系が不可欠であり簡単には実現できないであろう。

次に受信機器について、人工衛星の送信するデータ伝送系にはアナログ系とデジタル系とがある。デジタル系の場合、高速のものが多く広い伝送帯域幅を必要とすることから送信周波数はマイクロ波帯が利用されることが多く、また受信電波は微弱であり、前記の大型空中線が必要になると同時に受信機器も複雑化する。アナログ系の場合、この点簡単な機器構成で実現可能である。

人工衛星に関する情報について、人工衛星の搭載観測機器に関する事項や送信データのフォーマットがデータ解析に必要であり、又周回軌道衛星の場合、衛星の軌道に関する最新の情報が必要である。

これらの点を考慮して、我国の静止気象衛星『ひまわ

* 宇部工業高等専門学校電気工学科

り』の送信する LR-FAX (Low-resolution facsimile, 低解像度ファクシミリ) と米国の極軌道気象衛星『ノア』(NOAA) の送信する APT (Automatic Picture Transmission, 自動画像伝送サービス) を受信することにした。

3. 極軌道気象衛星 NOAA

3-1. 衛星の概要

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, 米国海洋大気庁) シリーズの気象衛星は1978年に打ち上げられた TIROS/N (Television Infrared Observation satellite) に続く米国の第3世代の極軌道気象衛星であり、現在6, 7, 8, 9号が稼働中である。

軌道傾斜角約98度、高度約830 Km, 周期約1時間40分で南北両極間付近を周回する太陽同期準回帰軌道衛星であり、我国上空を、6, 8号にあっては毎日7時頃北から南へ、19時頃南から北へ、7, 9号にあっては、3時頃北から南へ、15時頃南から北へ通過する。この間約15分間衛星からのデータを受信することができる。

約長さ4 m, 直径2 m, 重さ1.5 t の5面体をした衛星には数種類のセンサーが搭載されているが、本報に関係するものは、改良型高分解能放射計 (AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer) である。AVHRR は360 rpm で回転するミラー回転型の走査計で、地球表面を衛星直下点から±55.4度の範囲 (地球表面では、約3000 Km) にわたり、直下点における距離分解能1.1 Km で軌道と直角方向に走査し地球の放射する電磁波を観測する。観測波長域は5 ch 有し可視域から赤外域に及んでいる。

可視および可視/近赤外のチャンネルは日中、雲、陸地、海面、雪や氷面を識別するのに使われる。これらのデータを比較することにより氷や雪の解け初めを識別することもできる。

赤外チャンネルは、昼夜を通して雲の分布の観測や、雲、地表面、海面の放射表面温度の測定などに利用される。

各チャンネルの特性と主な用途を表3-1に示している。

AVHRR からのデータは情報送出速度処理装置 (MIRP: Manipulated Information Rate Processor) へおくられ、高解像度画像伝送 (HRPT: High Resolution Picture Transmission) 用データ及び、APT 用データに加工される。

HRPT は、他のセンサーからのデータと合成され、1.7 GHz 帯の周波数により送出される。APT について

表3-1 改良型高解像度放射計 (AVHRR) の特性

チャンネル	解像度 (km)	波長域 (μm)	主な用途
1	1.1	0.58—0.68	日中、雲と地表面の識別
2	1.1	0.725—1.10	陸地と開水面の識別
3	1.1	3.55—3.93	開水面温度測定、夜間の雲の識別
4	1.1	10.5—11.5	開水面温度測定、昼夜間を通じて雲の識別
5	1.1	11.5—12.5	開水面温度測定

は、2つのチャンネル (通常、昼間、ch2: 可視、及び ch4: 遠赤外、夜間、ch3: 近赤外、及び ch4) が選択され、137 MHz 帯の周波数により送出される。

3-2. 自動画像伝送サービス (APT)

APT は137 MHz 帯の VHF を用いて送信されるファクシミリであり衛星からの画像を簡易な受信装置でも取得し得るように設計されている。このため、APT 用データは MIRP により AVHRR から編集されるが、その際二、三の処理が加えられる。

まず、周波数帯域幅を狭帯域化し VHF による伝送に適合するよう伝送情報量が低減される。すなわち、360 rpm で回転する放射計により得られた AVHRR 走査データから3走査につき1本の割合で走査線を抽出する。

その時、AVHRR データには地球が球面をしているため、放射計の走査の周辺領域では地表面が圧縮して観測され、いわゆる球面ひずみが発生している。この影響を除去して全走査角にわたってほぼ均一な距離分解能が得られるように球面ひずみを補正する。放射計の1走査について2048点サンプルされた AVHRR データを走査角にたいし9分割し、周辺部ではそのまま、中心部に近づくに従って平均化するサンプル数を多くし、中心部では4サンプルの平均をとり、909点のサンプル数にデータを再編集する。この結果得られた画像の走査方向パラメーターは等地面距離となり、利用上好都合になっている。

これらの操作を選択された2つのチャンネルについておこない、さらに画像データを較正する時に必要となる

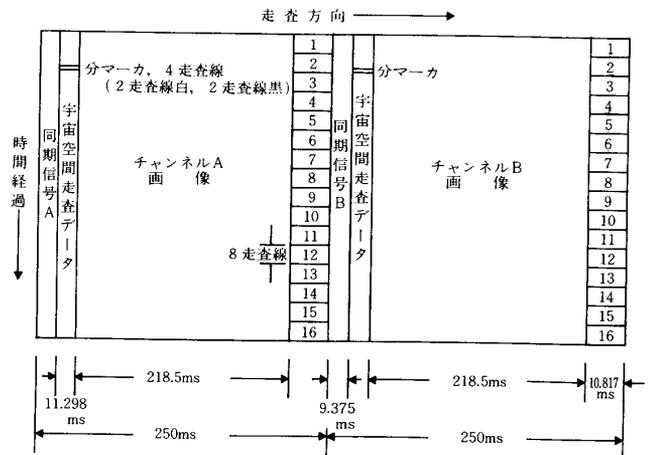
グレーレベル、黒体炉放射、宇宙空間走査データ、1分毎のマーカ、同期信号などと時分割多重してAPTデータが合成される。

このようにして得たAPTデータで2400Hzの副搬送波を振幅変調し、さらにVHFの搬送波を周波数変調して137MHz帯で送信する。

APTの画像フレームフォーマットを図3-1に示している。1フレームは128走査線から構成されており、これを64秒間で伝送し反復する。約15分間の衛星通過時間内に、約14フレームの受信が可能である。

本報で述べる受信システムのファクシミリ受信機で受信したAPT画像の例を図3-2に示している。本図は、1984年5月1日16時02分から6分間NOAA-7(軌道番号14724)で受信したもので、この時衛星は黄海上空を南から北へ通過した、可視画像(右画面)中央付近に遼東半島が見える。なお本図は白黒を反転して表示している。

またAPT画像(NOAA-7号、1984年8月17日、軌道番号16249)から抽出した1走査線の信号レベルを図3-3に示している。先行する同期信号に続いて、宇宙空間走査データ/1分毎のマーカ、選択されたチャンネルのAVHRR走査データ、データ較正用テレメータ、さらにもう1つの選択されたチャンネルの同じものが並べられて、1走査線が構成されている。



テレメータ情報

1. グレーレベル # 1、変調指数10.6%	10. 黒体炉放射温度 # 1
2. " # 2 " 21.5	11. " # 2
3. " # 3 " 32.4	12. " # 3
4. " # 4 " 43.3	13. " # 4
5. " # 5 " 54.2	14. パッチ温度
6. " # 6 " 65.2	15. 宇宙空間走査データ
7. " # 7 " 76.0	16. AVHRRチャンネルID
8. " # 8 " 87.0	
9. " # 0 " 0.0	

図3-1 APTフレームフォーマット

1走査線は、0.5秒かかって送信される。従って、衛星通過時間内に約1800本の走査線が取得できる。また、ドラム回転数120rpmのファクシミリ信号と等価でありファクシミリ受信機でも記録することができる。

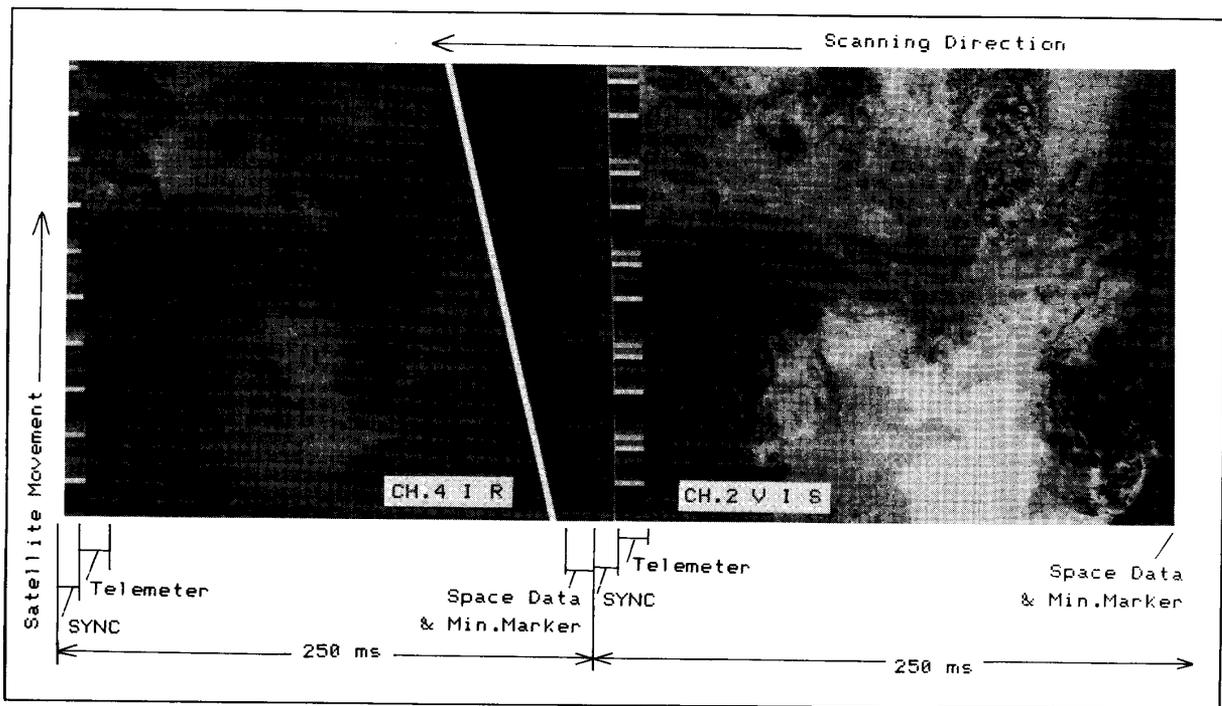


図3-2 ファクシミリ受信画

NOAA7 19840501 obt nr.14724
Black & White Inversed

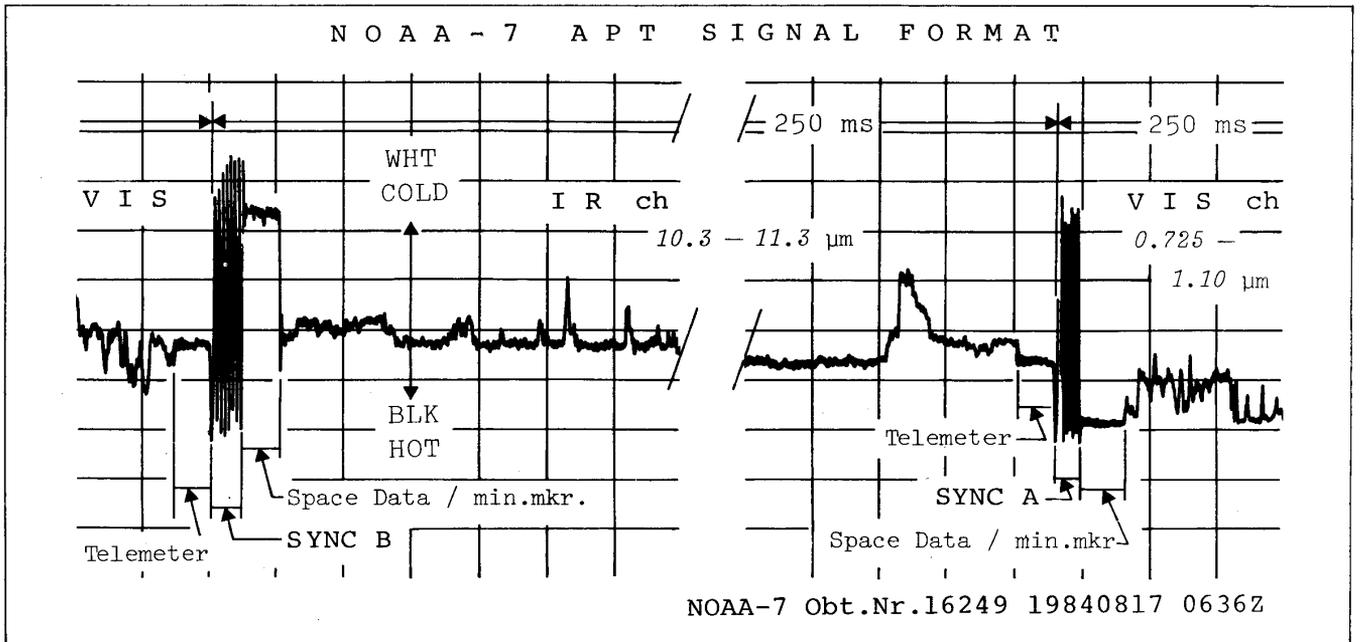


図3-3 APT信号のフォーマット

NOAA-7号, 1984年8月17日に受信

3-2. 衛星の周回軌道に関する情報

気象衛星『ノア』のように周回軌道をとる衛星の場合、その軌道に関する最新の情報が衛星の追尾や、得られた画像の観測地域を決定する (Gridding, Mapping) 上で不可欠である。

『ノア』の軌道要素や予想軌道は毎日、米国環境衛星局 (NESS, National Environmental Satellite Service) が発表し、GTS (Global Telecommunication System: 世界気象通信網) テレタイプ回線中で継ぎされている。

図3-4に、後節に載せている1984年8月17日、NOAA-7号、軌道番号16249の画像受信例に対する軌道予想通報文を示している。通報文は、衛星の赤道上空通過時刻及び経度を予想する Part I, 赤道上を通過前後2分毎の衛星の経緯度及び高度を予想する Part II, III, 衛星軌道を決定するケプラーの軌道要素を示す Part IV から成っている。この内容より衛星の通過軌道を地図上にプロットしたものが図3-5である。この時、衛星は日南海岸から北九州上空を高度850 Kmで通過した。これにより、信号入感時刻の予想や衛星の追尾をおこなうことができる。

軌道予想通報はパソコンにより短波帯のGTSテレタイプ回線にインターセプトして受信する。

```

TEBUS2 KWBC 131900
APT PREDICT
081632 NOAA 7
PART I
06241 01616 05234 01665 T0157 L2548
62452 34025 11860
62490 62815 23943
62531 31607 33748
DAY PART II
02840 070184 04850 140201 06850 210218
08850 280237 10850 349257 12850 419280
14860 488307 16860 556342 18860 623389
20860 688460 22860 748582 24860 796827
26861 808248 28861 774586 30861 718755
32862 654754 34862 588698 36862 520658
DAY PART III
02845 070152 04855 140135 06855 210118
08855 280100 10855 349079 12855 419056
14865 488029 16868 556005
NIGHT PART II
38862 452628 40862 383603 42852 314581
44852 244562 46852 174544 48852 104528
50852 034511
NIGHT PART III
52857 035495 54857 105479 56857 175462
58857 245444 60857 315425 62867 384403
64867 453378 66867 522348 68867 590308
70867 656251 72867 719160 74867 775989
76868 808647 78868 795228 80865 747013
82865 686133 84865 621203 86865 554250
88865 486284
PART IV
1981 059A 16174 224959095500 840811230105851 3058601
01019003 01019622 00121793 30179590 19695865 09904900
05821202 07224207 M069111092 M021074465 P000002314
M00340095 P01117491 P07339135 004646164 006100020 9449
500000000 M00308736 P00101073 P00508732 SPARESPARE
FREQUENCIES APT 137.62 MHZ, HRPT 1707 MHZ, BEACON
DSB 137.77 MHZ. APT DAY/NIGHT 2/4. APT VIS CH. 2
0.725 TO 1.10 MICROMETERS/ AND IR CH. 4/10.3 TO
11.3 MICROMETERS/ WILL BE XMTD CONTINUOUSLY.
DCS TIME DAY 093 9201.0
NOTE THE NOAA 7 BEACON DSB WILL BE OFF FROM
8/12/84, 2300Z UNTIL 8/14/84, 0920Z.
    
```

図3-4 軌道予想通報文

4. 気象衛星画像受信システム

既に所有し多くの成果を挙げている、MELCOM-70/

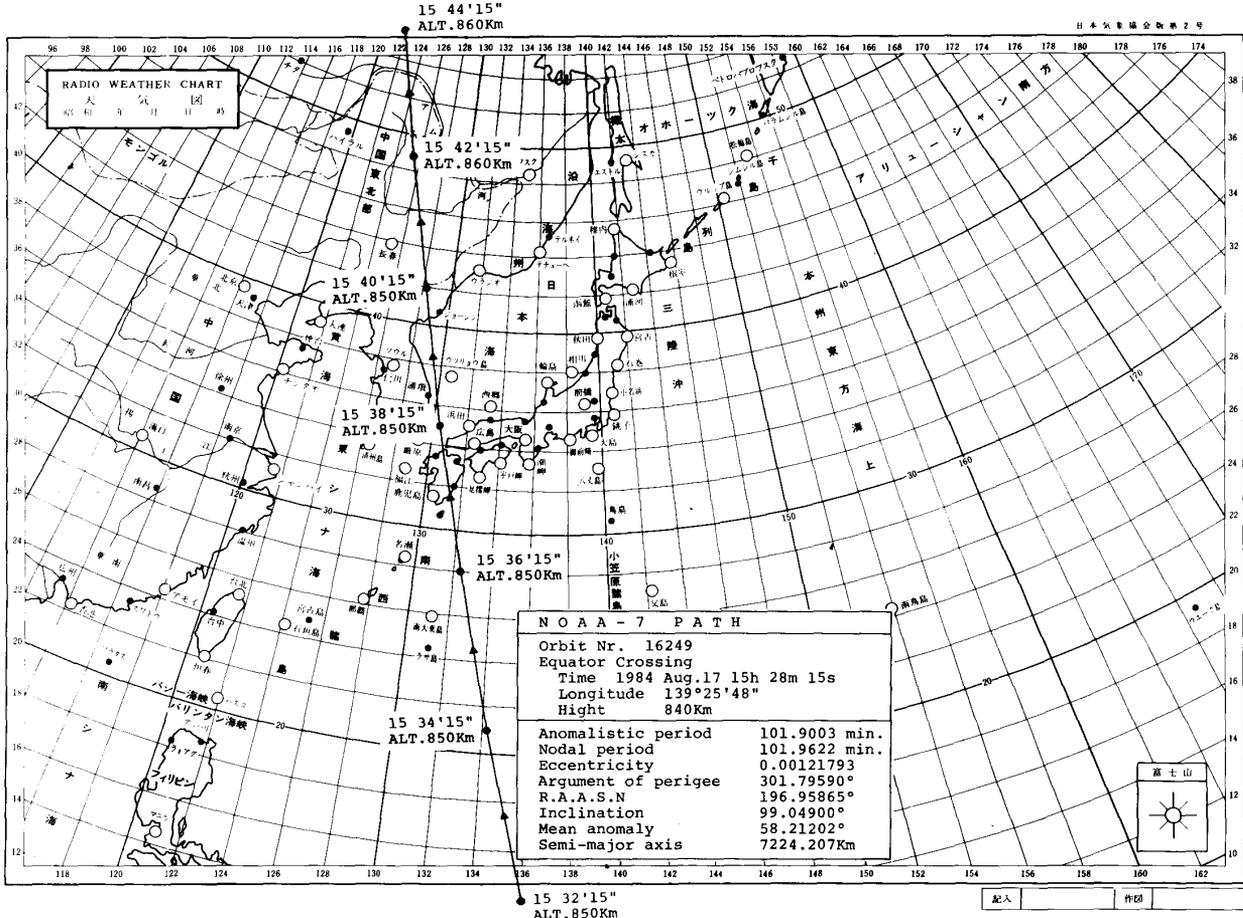


図3-5 予想通過軌道 天気図用紙は(財)日本気象協会版第2号を使用した。

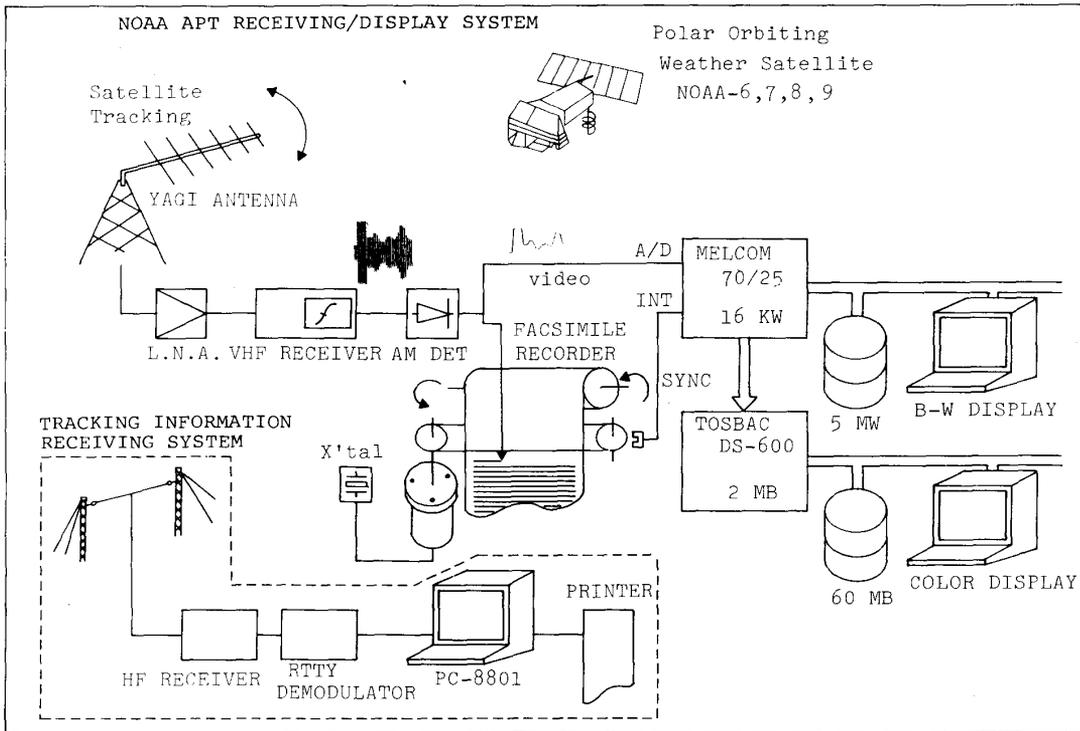


図4-1 気象衛星画像受信システム

25 を中心に構成している宇部高専画像情報処理システム (U-PIPS, Ube Technical College Picture Information Processing System) に今般導入した TOSBAC DS-600 スーパーミニコンをオンライン接続してシステムを構築した。

システムの概略を図4-1に示している。

『ノア』を通過軌道予想に従って校舎屋上に設置した八木アンテナで補捉し追尾する。軌道予想から予め計算した方位角、仰角に基づいてパソコンによりプログラム追尾または信号強度を見ながら手動で追尾する。

信号は、低雑音増幅器 (LNA) で増幅した後、137 MHz 帯受信機で FM 復調する。この段階で、APT 信号は2400 Hz を搬送波とする振幅変調波になっているので、絶対値検波回路、又は PLL 検波回路を使って AM 検波し、搬送波成分を除去し信号を取り出す。この信号は、可視チャンネルでは海面、陸地など低光量域で電圧レベルが低く、雲など高光量域では電圧レベルが高い。赤外チャンネルでは、海面、陸地など高温域で電圧レベルが低く、雲頂など低温域では電圧レベルが高くなっている。

本システムで用いているファクシミリ受信機に対してこのままでは信号極性が逆になるので、信号レベルを反

転して出力している。

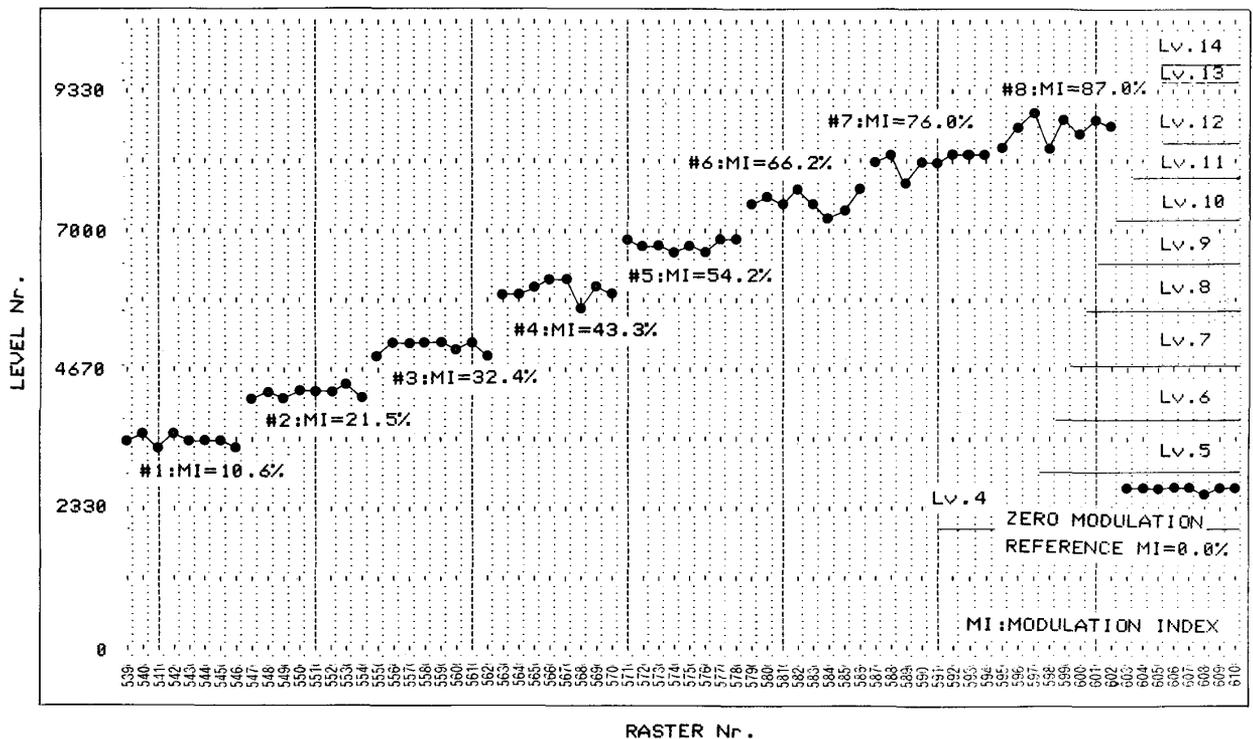
さらにチャンネル毎の同期信号を検出するため、チャンネル A (通常、可視画像チャンネル) 用の1040 Hz およびチャンネル B (通常、赤外画像チャンネル) 用の832 Hz の狭帯域フィルターからなる同期信号発生回路に送られて同期信号が抽出、成形される。

このようにして復調された AVHRR の信号は MELCOM70/25 の A/D 変換器に送られると同時に、ファクシミリ受信機にも送られる。

ファクシミリ受信機は、衛星画像をクイックルック的に見るとともに受信状態の監視を行い、さらにハードコピーを取って置くために設置した。

また本ファクシミリ受信機は高安定度独立同期電源を有しており、120 rpm で回転する記録針が発生する回転同期パルスは MELCOM70/25 への A/D 変換開始パルスとして使用することができる。このパルスを利用すれば、後に述べる受信例のように、電波伝搬速度の関係から衛星—受信点間距離の変化に従って取得した画像が弓なりにひずむ欠点があるが、混信、雑音などにより VHF 受信信号の S/N が低下した場合も安定して受信を継続できる利点がある。

MELCOM70/25 は A/D 変換器に送られてきた信号を、



NOAA7 IR ch 19840817 obt nr.16249 EQX 062815 139.43E
 図5-1 APT テレメータ

ファクシミリ受信機からの同期信号または抽出された同期信号によりトリガーされてA/D変換開始し、それぞれのチャンネルを300 μ s毎に符号+11BitでA/D変換後データをディスクに格納する。MELCOM70/25によるデータ取得は、後述のディスプレイ装置のアスペクト比の関係から走査線方向のサンプル数と同じく768走査線とした。

すなわち、768サンプル点 \times 768走査線の可視および赤外の画像をそれぞれ1枚ずつ衛星の天頂通過前後、6分24秒間に渡って受信する。

従って、受信範囲は台湾付近からソ連、ウラジオストク付近までとなる。

一方、ファクシミリ受信機の方では、通常フィリピン、ルソン島付近からソ連、バイカル湖、カムチャッカ半島付近までが受信範囲となる。

信号の最大値、最小値間を0-30000に再分割する、画像データのヒストグラムをモノクロディスプレイに描く等、簡単な前処理や解析を行った後、16Bitパラレル

のプロセスI/Oを経由して画像データは、TOSBAC DS-600へ転送される。

DS-600ではパソコンなどのTSS端末から画像解析を行ったり、結果をカラーディスプレイに4096色中16色の擬似カラー表示等することができる。

5. 画像受信例

本システムを用いて取得した気象衛星画像の受信例を二、三挙げる。

いずれも、前節の軌道情報に基づいて1984年8月17日にNOAA-7号の北上軌道で受信したものである。

この時、沖縄付近には発達した台風10号が西進していた。また津軽海峡から北海道南部にかけて前線がありこれは東進していた。日本全域で晴れ、または快晴であった。

写真5-1(可視画像)、5-2(赤外画像)はファクシミリ受信機で受信したものである。フィリピン、ル



写真5-1 ファクシミリ記録画(可視画像)



写真5-2 ファクシミリ記録画(赤外画像)

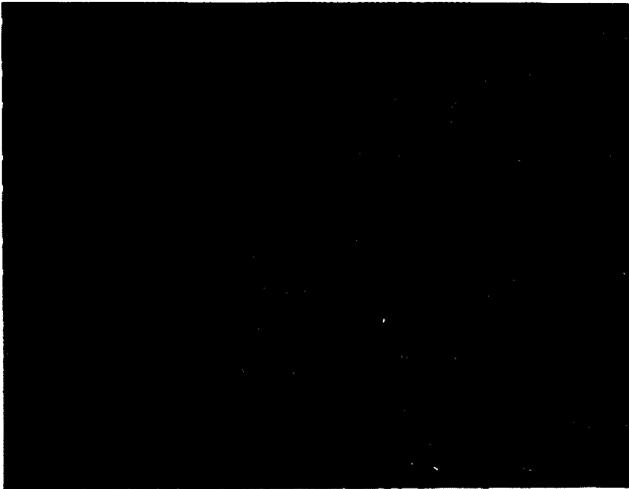


写真5—3 可視画像レベル#6 (青色)

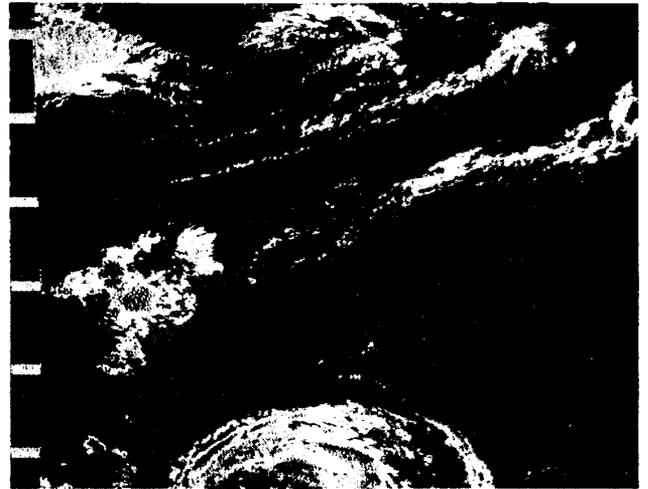


写真5—6 可視画像 レベル#6 (青色)
レベル#7 (緑色)
赤外画像 レベル#11 (黄色)



写真5—4 可視画像 レベル#6 (青色)
レベル#7 (緑色)

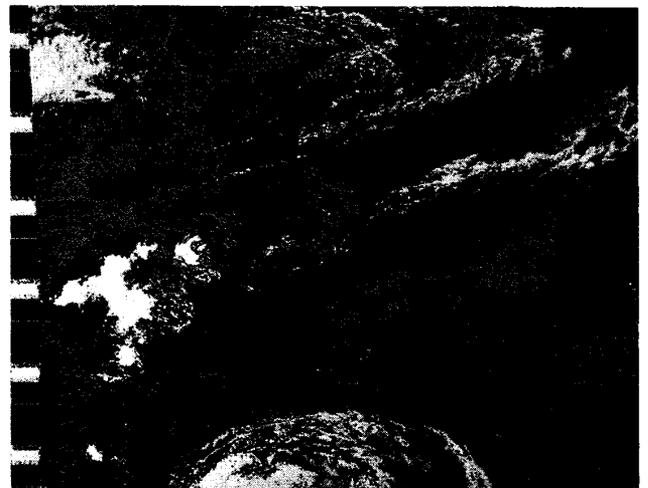


写真5—7 可視画像 レベル#6 (青色)
レベル#7 (緑色)
レベル#9 (赤紫色)
赤外画像 レベル#11 (黄色)
レベル#12 (白色)



写真5—5 赤外画像 レベル#11 (青色)
レベル#12 (赤色)

ソン島からソ連、バイカル湖の範囲が受信されている。

写真5—3から写真5—7は、A/D変換したAPTデータを擬似カラー表示したものであり、台湾付近からソ連、ハバロフスク付近までが含まれている。

まず、表示するレベルを決定するため、テレメータの部分抽出して図5—1のグラフを描いた。同グラフにおいてレベルが変調指数が大きくなるに従って変動しているのは、主にFM受信機の復調周波数帯域幅の狭さが原因であり現在は既に改良されている。

これから、同図に示すようにスライスレベル (Lev) を決定した。

写真5—3は、可視画像のレベル6を青色で表示したものであり、海面部分のみ表示されている。

写真5—4は、可視画像のレベル6 (海面、青色) に加えて、レベル7 (陸地) を緑色で表示したものである。

写真5—5は、赤外画像のレベル11を青色で、レベル12を赤色で表示したものである。いずれも、高高度の雲を表している。

写真5—6は、写真5—4の海面、陸地に赤外画像のレベル11 (上層雲) を黄色で重畳し表示したものである。台風や前線による雲の存在する地域の特定に有効である。

写真5—7は、写真5—4 (海面、陸地) に加えて、可視画像のレベル9 (低層雲または山岳地域) を赤紫色で表示し、写真5—5の上層雲を黄色および白色で合成して表示したものである。

6. むすび、および問題点

以上、気象衛星画像受信システムの概要および、二、三の受信画像例について述べた。

画像解析に十分耐え得る品質の画像が得られた。また画像の擬似カラー表示による、画像の強調が陸地、雲などの識別に非常に有効であることが確認された。

『ノア』のAPTの場合、簡易な受信装置で受信されることを目的としているため、画像解像度、送画チャンネル数などの点においては『ランドサット』などとは比較できない。

しかし、距離分解能で4 Km、またレベル分解能で最大0.1度の海表面放射温度が識別できるといわれている。

本システムの場合、特に受信機—副搬送波検波器の性能にSN比、安定度などの点で不十分な所があり、これらの値を達成するには、さらに装置を改良する必要がある。

観測地域の特定に関して、本報で報告した受信画像例のように、昼間で、かつ陸地が雲に覆われていない時には観測地域の特定は容易であるが、夜間あるいは観測地域上空に雲があるような場合には困難を極める。しかし、これが出来なければ取得した画像の利用価値は半減する。

衛星の通過軌道から AVHRR が観測している地点を推算し画像中に経緯度線および海岸線を挿入し、この問題を解決することに既に成功している。

さらに、雲移動量の計測、海面温度分布計測など本格的画像解析を試みている。

これらの結果については近い機会に報告する。

最後に、気象衛星『ノア』に関して多くを御教示頂いた、気象庁気象衛星センター篠塚、中島の両氏に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 藤本、田中：気象衛星画像受信システム、昭59電気四学会中国支部連合大会講演論文集 p.112
- 2) J. C. Barnes et. al: TIROS-N Seres Direct Read Out Services Users Guide, NOAA (1982)
- 3) A. Schwalb: THE TIROS-N/NOAA A-G SATELLITE SERIES, NOAA Technical Memorandum NESS 95
- 4) 高木幹雄：学術情報としての衛星データの直接取得とその高次利用に関する研究、昭和57年度科研費研究成果報告書 (昭和58年3月)
- 5) C. H. Vermillion: WEATHER SATELLITE PICTURE RECEIVING STATION, NASA

(昭和60年9月17日受理)