

生成過程を考慮した擬似衛星画像信号シミュレータ

藤本 勉*・西村 純二**・武林 央志**・田中 護***

NOAA APT Image Signal Simulator Regarding APT Image Generation Processes

Tsutomu FUJIMOTO*, Junji NISHIMURA**, Youji TAKEBAYASHI** and Mamoru TANAKA***

As NOAA direct readout picture transmission (APT) images can be acquired with comparatively simple and low cost personal computer based system, they are being used in many fields including fishing boat and so on. Since 1984, we have been developed APT receiving systems, effective use fields and utilizing technologies of APT image data.

A system is composed with (1)antenna system, (2)radio receiver, (3)signal demodulation system, and (4)data processing and display system. In the examination of (3) and (4), recorded actual signals are available, but standardized signals are more desirable. D. V. Subramanian and others[1] made an simple test pattern generator which produced eight gray tone vertical stripes to maintain gray tone reproducibilities of facimile recorder. In order to perform tests of (1) and (2), we have to wait for the satellite passage, it is another problem. Examination of antenna is inconvenient because we must wait for the time until the satellite passes through again. Therefore, for the performance tests of (1) - (4), a NOAA APT image signal simulator, which produces a false image pattern is made. The false image pattern signal is recorded on the music CD. By replaying the CD and transmitting the signal through the radio frequency, it becomes not necessary to wait until the time when the satellite passes and it learned much more accurate adjustments and evaluations of the system can be performed.

Key Words : NOAA, APT, simulator

1. ま え が き

直接受信低分解能衛星画像(NOAA APT)はパソコンをベースにした比較的低廉簡易なシステムで取得できるため漁船などをはじめ,多くの分野で利用されている.我々は1984年からNOAA APT受信システム開発,データの利用分野開拓および利用技術開発を行っている.

受信システムは,①空中線系,②無線受信機,③信号復調系,④画像処理表示系などから構成される.③,④の試験には事前に実信号データを録音・記録したものが利用できるが規格化されたものの方が望ましく, D. V. Subramanianほか[1]はNOAA-APT画像記録用ファクシミリレコーダの再現階調の調整用に8階調の縦ストライプを発生する簡単なテストパターン発生器を製作している.また①,②の試験にはNOAA衛星の上空可視域の飛行を待つ必要があり,著しく不便をきたす[2, 3].

そこで①~④での利用を目的に擬似信号を制作した.これを音楽CDに記録し,再生,さらに無線周波数で送信することにより衛星の飛行を待つ必要がなくなり,同時に受信システムにより正確な調整,評価が可能になった.

以下,擬似パターンに求められる仕様を論じ,これに基づいて擬似信号を制作する.さらに擬似信号を使用した例を示す.

2. 擬 似 信 号 に つ い て

制作する擬似信号が持つべき事項について考察を行う.先ず,同期信号,宇宙データ/分マーカ,テレメータデータに関して,

1). 受信システムの自動的位相合わせ,チャンネルA, B識別機能などの試験のため,信号波形,継続時間などNOAA APT信号フォーマット[4-7]を最大限シミュレートする必要がある.

2). 前章の④画像処理表示系の行う画像処理作業のひとつはラジオメトリック補正である.この試験にはNOAA APT信号に含まれるテレメータデータを変調度を含めてシミュレートする必要がある.

ビデオチャンネルA, Bとして送出される画像パターンデータに関して,

3). 階調再現性試験のためパターンは中間調レベルを多階調含むことが必要である.

4). 画像分解能試験のため,扇状,白黒交互の縦ストライプが必要である.

5). NOAA APT画像は後述の簡易球面幾何ひずみ補正が行われているため特異な幾何ひずみが残留している.前章の④画像処理表示系の行う画像処理作業のひとつは特異な残留幾何ひずみの除去を含む幾何ひずみ補正である.このため衛星軌道方向に直角の方向,すなわち走査線方向に等地面距離情報がパターン中に含まれることが求められる.

* 宇部工業高等専門学校電気工学科

** 宇部工業高等専門学校専攻科

*** 宇部工業高等専門学校技術室

* Department of Electrical Engineering, Ube National College of Technology

** Advanced Course, Ube National College of Technology

*** Technicians Section, Ube National College of Technology

(2001年12月6日受理)

Table. 1 Applications on concentric circle

Concentric circle on Earth surface.	... AVHRR image.	... APT image.
	Equi-distance pattern	Equi-IFOV pattern Equi-scan angle pattern	Equi-pixel space pattern
Application	Verification of geometric distortion correction procedures	Realization of the APT linearization algorithm	Hardware alignment

6). 衛星軌道方向にも等地面距離情報が含まれることが望ましい。ただし衛星高度は公称値で良い。

7). パソコンをベースにしたシステムで画像の取得を行うため、画像の一部で階調が変化したり、画像の歪曲が発生する原因はディスプレイのミスアラインメントと考えられるが、総合評価のため同心円状の線パターンと環状グレーレベルパターンが必要である。

などの事項を満たす擬似信号が求められる。

8). 表1に等間隔同心円状パターンを(i)地面上、(ii) AVHRR画像上および(iii) APT画像上に描いた場合の利用用途をまとめている。(iii)は等画素間隔パターンでありシステムのハードウェアのメンテナンスに利用できる。(ii)はAVHRR等視野角(ミラー角)パターンであり、衛星搭載コンピュータ(MIRP)が行う簡易球面幾何ひずみ補正処理[7]の結果が視認でき興味深い。(i)は(ii)および(iii)に加えて、第1章に述べた④画像処理表示系が行う画像の幾何ひずみ補正処理の性能を評価することができる。

以上の議論から、同期信号、宇宙データ/分マーカ、テレメータデータに関しては、信号波形、継続時間などNOAA APT信号フォーマットを最大限シミュレートする。

ビデオチャンネルA, Bとして送出される画像パターンデータに関しては、中間調レベルを多階調、扇状、白黒交互の縦ストライプを含み、さらに地面上に描いた等間隔同心円状パターンを含むものが望ましい。

3. 画像パターン

3-1 地面上パターンから擬似AVHRR画像への変換
 地面上に描いた等間隔同心円状パターンをAVHRR画像へ移す。図1により衛星直下点(Nadir)から軌道に直角な方向にLほど離れた点Pは、地心角 θ_E に変換され、

$$\theta_E = \frac{L}{R} \quad (1)$$

さらに、AVHRRミラー角 θ に変換される。

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{R \sin(\theta_E)}{h + R(1 - \cos(\theta_E))} \right\} \quad (2)$$

ここに、Rは地球半径(6371.22 Km)、hは衛星

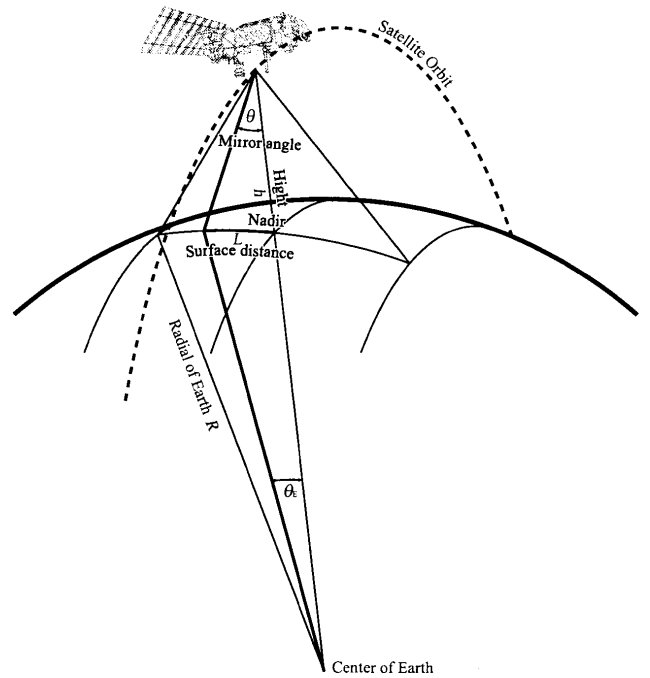


Fig. 1 Relation between surface distance and AVHRR mirror angle

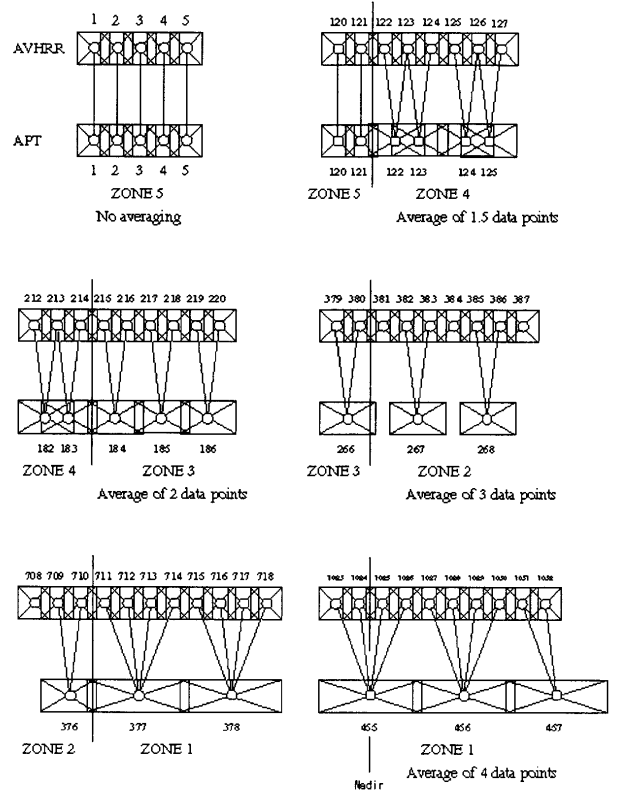


Fig. 2 Linearization algorithm to produce APT image from AVHRR image

高度(公称高度833 Km)である。 θ はAVHRR画像上の比例した画素位置に配置される。

NOAA衛星は秒速約6.5 Kmで移動する。よってAVH

Table 2 Conversion AVHRR pixel to APT pixel number according to the linearization algorithm

Zone	AVHRR pixel number N (Real value)	APT pixel number M (Real value)
5	1 ~ 121	1 ~ 121
4	122 ~ 214	$\begin{aligned} &NPivot = INT \{ (N - 122) / 3 \} * 3 \\ &MPivot = (NPivot - 122) * 3 / 2 + 122 \\ &IF (N - NPivot) \leq 2 THEN \\ &\quad M = MPivot + (N - NPivot) / 2 \\ &ELSE \\ &\quad M = MPivot - NPivot + N - 2 \\ &ENDIF \end{aligned}$
3	215 ~ 380	$M = \frac{N + 152.5}{2}$
2	381 ~ 710	$M = \frac{N + 418.5}{3}$
1	711 ~ 1024.5	$M = \frac{N + 795.5}{4}$

Table 3 Gray scale value and modulation index

Gray scale wedge number	Decimal value	Binary count	Modulation index (%)
Zero	0	0000 0000	0.0
	15	0000 1111	
#1	31	0001 1111	10.6
	47	0010 1111	
#2	63	0011 1111	21.5
	79	0100 1111	
#3	95	0101 1111	32.4
	111	0110 1111	
#4	127	0111 1111	43.4
	143	1000 1111	
#5	159	1001 1111	54.2
	175	1010 1111	
#6	191	1011 1111	65.2
	207	1100 1111	
#7	223	1101 1111	76.0
	239	1110 1111	
#8	255	1111 1111	87.0

RR 走査周期 (1 / 6 秒間) で約 1.1 Km, 走査線間引き操作によって生成される APT 画像の場合, 走査線間距離は約 3.3 Km である。

3-2 簡易幾何ひずみ補正処理による APT 画像生成

AVHRR 画像においては視野周辺部が縮小表示される球面ひずみがある。APT 画像は基本的に簡便に利用されることが主用途と考えられ, 表示画像がほぼ 4 Km の画像解像度を有するように衛星搭載コンピュータ (MIRP) により簡易球面ひずみ補正処理が行われる [7]。この過程を図 2 に示している。走査線データを Nadir からの視野角により 5 個の領域に分けてそれぞれ画素平均操作が行われ, 全 2048 画素からなる AVHRR 画像走査線データから全 909 画素からなる APT 画像走査線データを生成する。AVHRR 画素番号 N から APT 画

素番号 M を生成する変換を表 2 に示す。擬似パターン制作時, 画素番号 N, M は実数値で計算を行う。

4. 擬似衛星画像パターン

図 3 に制作した擬似衛星画像パターンを示している。パターンは仕様の走査線あたり 2048 画素を 3 倍に拡大して制作した。左半面は APT チャンネル A (通常 AVHRR CH-2 近赤外チャンネル), 右半面は APT CH-B (通常 AVHRR CH-4 熱赤外チャンネル) を模擬している。

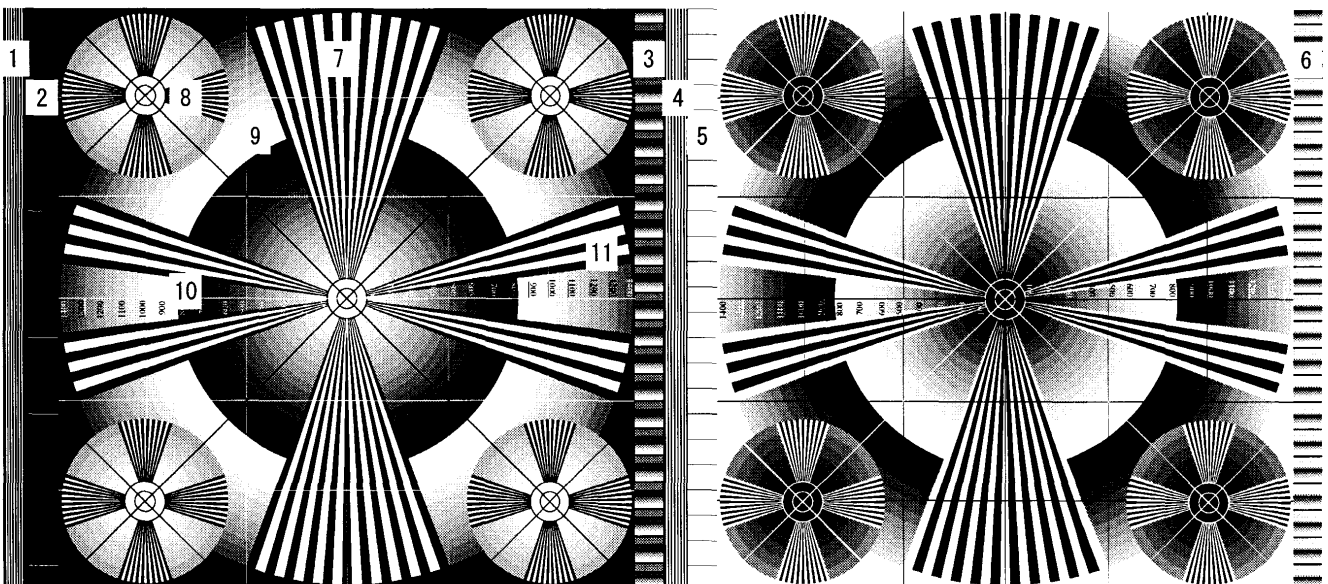


Fig. 3 Simulated NOAA-APT image

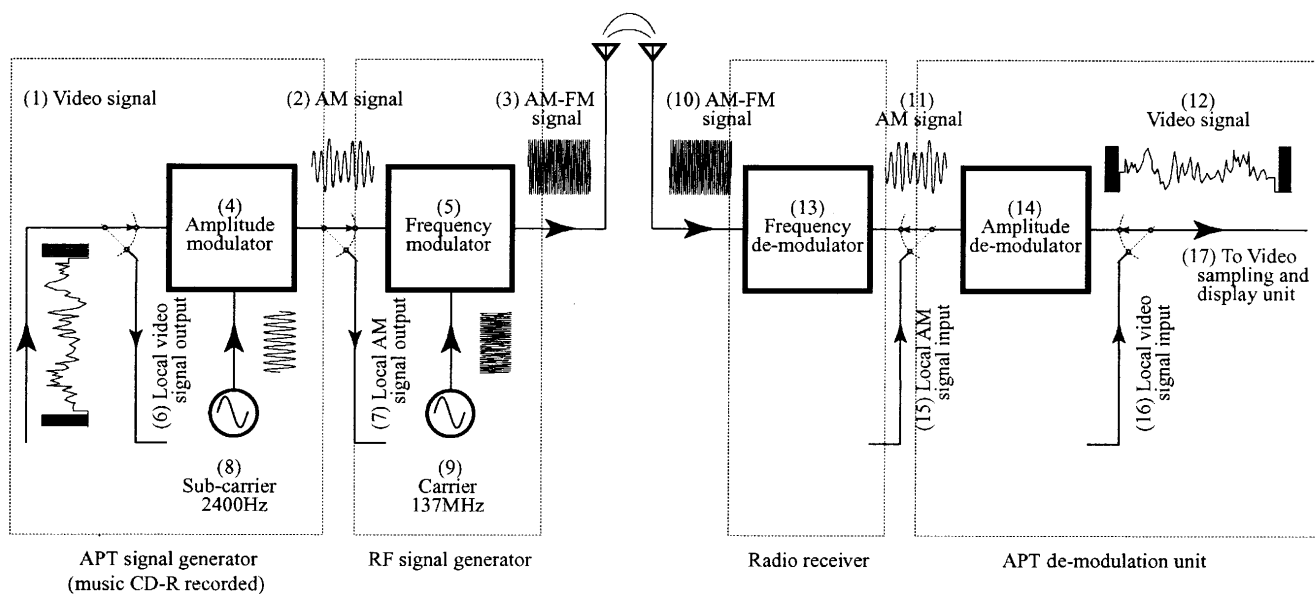


Fig. 4 Total system

走査開始端からAPT CH-A同期信号(1), APT CH-A宇宙データ/分マーカ(2), 中央部のAPT CH-Aテレメータ(3), APT CH-B同期信号(4), APT CH-B宇宙データ/分マーカ(5), 走査終了端のAPT CH-Bテレメータ(6)は付図1に示すAPT画像信号フォーマットを忠実に模擬している。

第2, 3章の議論から, 分解能試験用の黒白交互の扇状ストライプを画像中央部(7)および, 周辺部(8)に配置した. さらにジャギーの発生を検知するためのストライプ(11)を配置した.

地面上に描いた50Km等間隔地表面距離円はパターンの同心円(9)である. ただし衛星軌道方向(パターンの上下方向)

にが実地表面距離を考慮しなかったため, 実距離が反映しているのは衛星軌道に直角の方向(パターンの左右方向)であるのでここに実距離目盛を書き込んでいる. AVHRRの最大ミラー角(公称55.37度)に対応する地表面距離は1463.3Kmであり宇宙データ/分マーカの終了端およびテレメータの開始端に接する.

同心円(9)内を階調再現性試験のため多階調の中間調で塗りつぶしている. 表3に示すように, 採用した階調は付図1のテレメータ中の標準階調(Gray scale wedge) #1~#8および無変調(Zero modulation)と, それぞれの1/2階調である.

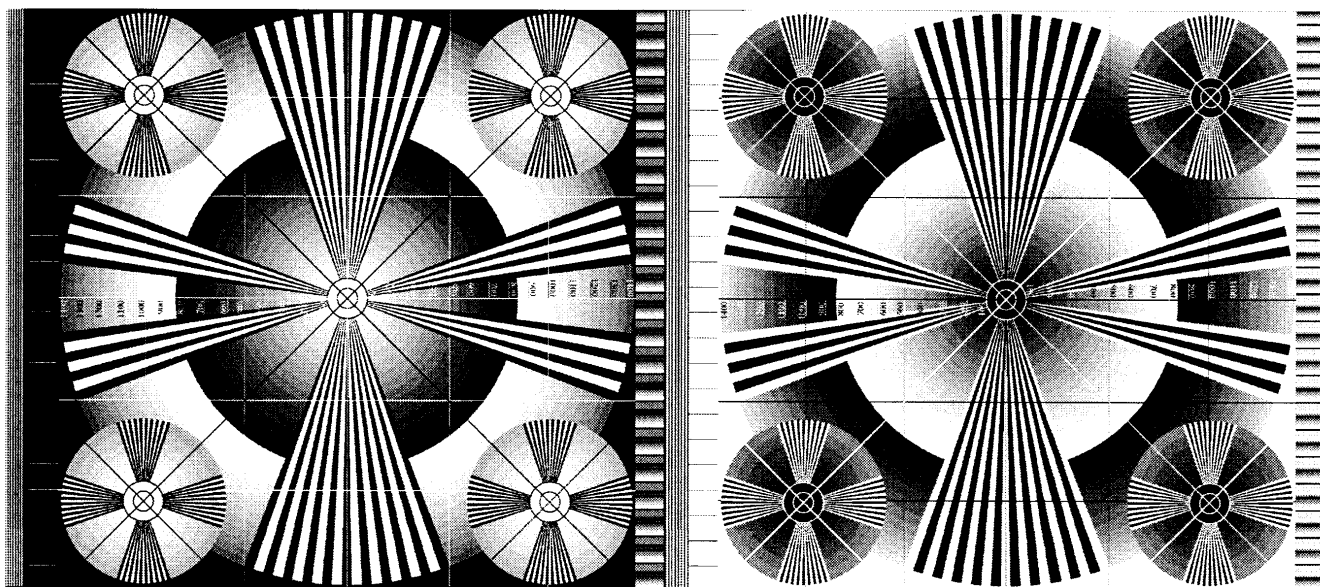


Fig. 5 Example of decoded NOAA APT image

5. 擬似衛星画像信号の生成

図4にシステム全図を示している. 前章で制作した擬似衛星画像パターンはAPT CH-A, APT CH-Bを含む1走査線を250ms(サンプリング周波数は12,480サンプル/秒), 8ビット/サンプルで走査しビデオ信号(1)を生成する. 次に2400Hzの副搬送波(8)を振幅変調して振幅変調波(2)を生成する. これを音楽CDに記録している. その後137MHz帯の搬送波(9)を周波数変調してAM-FM変調波(3)として空中線から送出する.

無線周波受信系を除く部分の試験には音楽CDを再生して振幅変調波(2)を直接振幅復調器に入力して試験を行う.

6. 議論および今後の課題

音楽CDに記録した振幅変調波(2)を直接振幅復調器(14)に入力して擬似衛星画像パターンを再生した結果を図5に示す.

擬似衛星画像パターンに関して考察を行うと,

1)制作した擬似衛星画像パターンはアスペクト比の再現を意図したため, 画像の上下方向は地表面距離を反映させていない. 本文中で述べたようにNOAA APT画像における

走査線間距離は約6.6Kmである. よって, 考慮することはさほど困難ではない.

2)擬似衛星画像パターンを試験内容により単純なパターンを種々スイッチで切り替えて出力する方が便利な場合が想定される. このためにはワンチップコンピュータなどを組み込んだインテリジェント形のパターンジェネレータを製作することが必要であろう.

3)報告した擬似衛星画像パターンの場合, 受信が完了するまで20分程度の時間がかかる. パターンの簡素化により短時間化望まれる場合が想定される.

4)NOAA APT画像に固有な特異形状の残留幾何ひずみを表示したパターンはユニークであると考え. 今後ひずみ補正処理アルゴリズムの開発に活用できる.

次に擬似衛星画像信号の生成に関して,

5)振幅変調器の前段に設けられている低域濾波器, および後段に設けられている帯域濾波器は画像分解能の低下を避けるためシミュレートしていない. 今後組み込むべきであろう.

6)無線受信機の試験には, 衛星の接近, 通過に伴って発生するドップラ周波数シフトを発生する装置が必要な場合がある.

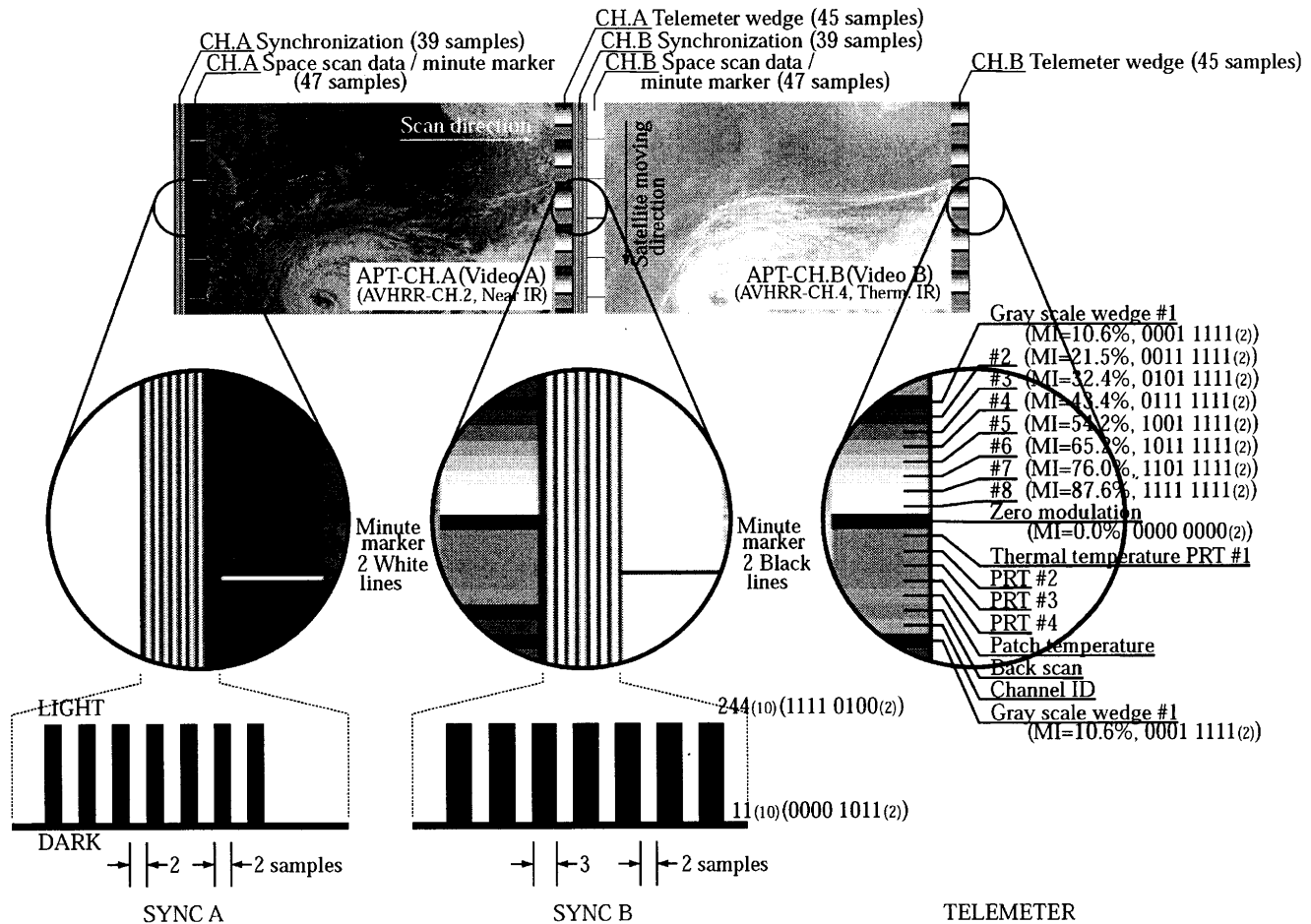


Fig. A-1 NOAA APT image signal format

7. むすび

我々は1984年からNOAA APT受信システム開発を行っている。受信システムは、①空中線系、②無線受信機、③信号復調系、④画像処理表示系などから構成される。これらの試験にテストパターン発生器を製作した。先ず①～④での利用を目的に擬似信号を制作した。これを音楽CDに記録し、再生、さらに無線周波数で送信することにより衛星の飛翔を待つ必要がなくなり、同時に受信システムのより正確な調整、評価が可能になった。さらに受信画像処理作業として、NOAA APT画像に固有な残留幾何ひずみの除去を含む幾何ひずみ補正アルゴリズムの試験に活用できる等地面距離情報を含むパターンを制作した。

参 考 文 献

- 1) D. V. Subramanian, K. P. B. Pillai and L. G. S. Iyer: A grey scale test pattern generator for testing APT recorders, *Mausam*, **37**, 3, pp.353-354 (1986)
- 2) 内山芳宏: 擬似衛星データ発生システムの開発, 平成10年度宇部工業高等専門学校電気工学科卒業論文 (1999・3)
- 3) 佐野篤敬: 擬似衛星データ発生システムの応用研究, 平成11年度宇部工業高等専門学校電気工学科卒業論文 (2000・3)
- 4) R. J. Summers: Educator's guide for building and operating

- environmental satellite receiving stations, NOAA Technical Report NESDIS 44, National Environmental Satellite, Data and Information Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce (1989・2)
- 5) W. G. Planet (Editor): Data Extraction and calibration of TIROS-N/NOAA radiometers, NOAA Technical Memorandum NESS 107-Rev.1, National Environmental Satellite, Data and Information Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce (1988・10)
 - 6) A. Schwalb: The TIROS-N/NOAA A-G Satellite Series, NOAA Technical Memorandum NESS 95, National Environmental Satellite, Data and Information Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce (1979・8)
 - 7) G. Goodrum, K. B. Kidwell and W. Winston (Editor): NOAA KLM User's Guide (September 2000 revision), HTML Version, Internet Uniform Resource Locator (URL) is <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/index.htm>, National Environmental Satellite, Data and Information Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce (As of 2001・11)

《 付 録 》

NOAA APT画像信号フォーマット

付図1にNOAA APT画像信号フォーマットを示す。