

# NOAA受信データモニターシステム A Monitor System of NOAA Data

田原 基行  
Motoyuki Tahara

## Abstract

A monitor system of NOAA Data is developed. It is possible to display and save and print out real-time NOAA AVHRR Data. This system is composed by a typical personal computer and interface board. A software of this system is used by GNU C Compiler which is a free-software. It is useful to know receiving condition, because it shows real-time AVHRR images on the computer's display.

## 1. はじめに

伝送第二課では米国の極軌道衛星NOAAから送られてくる気象データを受信している。現用の受信システムではデータ監視に感熱記録方式によるモニター装置(クイックルックモニター)を使用している。今回この受信データの監視機能の向上を図るため、性能の向上が著しい一般的なパーソナルコンピュータを利用して、受信データモニターシステムを試作したので以下に報告する。

## 2. NOAAデータ及び受信システムの概要

### 2・1 NOAAデータ

NOAAは、米国海洋大気庁が運用する極軌道衛星で、Fig.1に示すような外観構造となっている。この衛星は高度約830~850km、公転周期約102分で一日に約14.2回地球を周回し、走査幅2900kmの範囲の気象データを取得している。このうち伝送第二課で受信できる範囲をFig.2に示す。衛星には地球上の気象状況を観測するための各種センサーが搭載され、観測されたデータはHRPT (High Resolution Picture Transmission)データやAPT (Automatic Picture Transmission)データとい

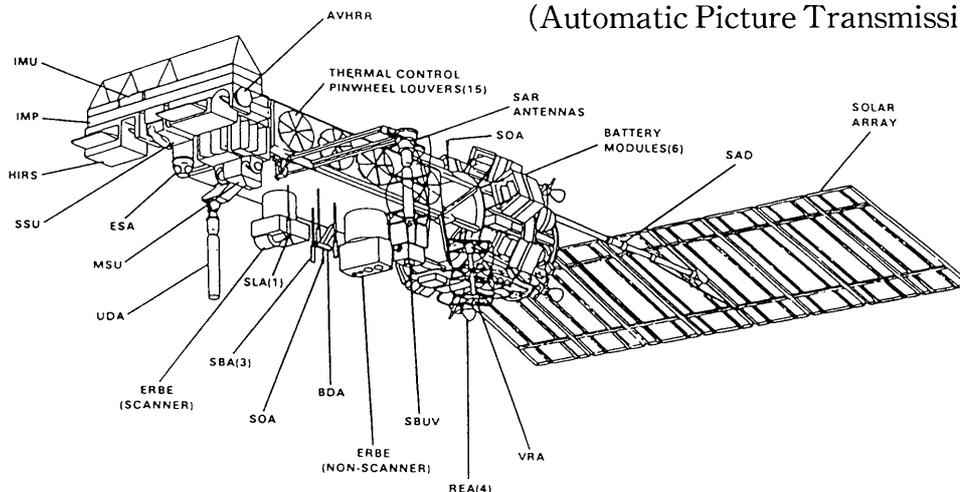
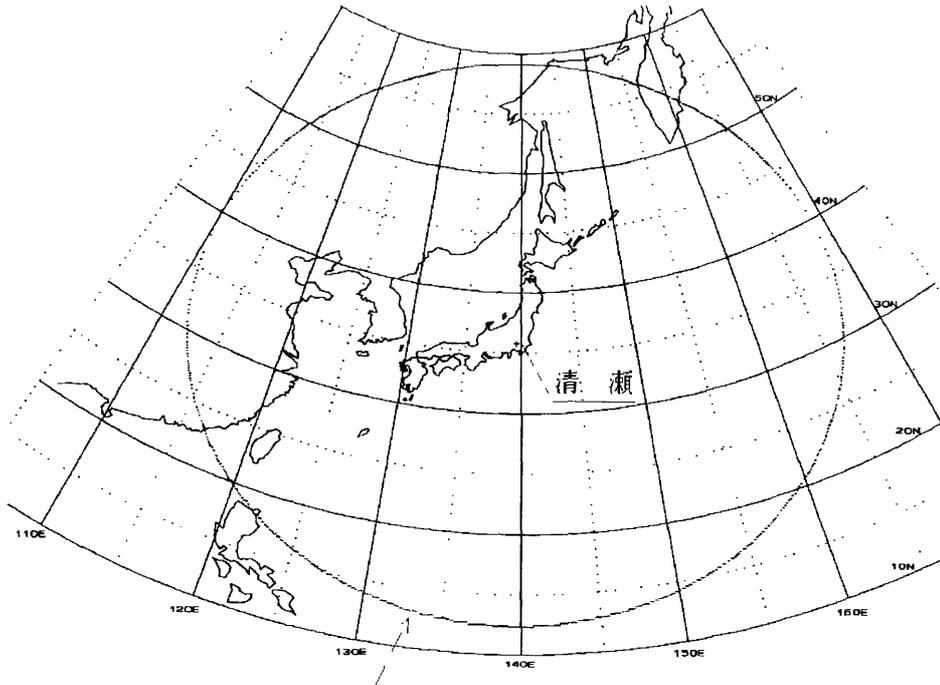


Fig.1 NOAA spacecraft.



NOAA衛星データ受信範囲

Fig.2 Coverage area of NOAA Data acquisition.

った形式で地上に送信される。当課では、NOAA衛星のHRPTデータを受信しており、HRPTデータのフォーマットはFig.3となっている。

使用周波数は1698MHz(奇数衛星)と1709MHz(偶数衛星)であり、データ転送スピードは665.4kbpsで10ビットワードで構成されている。1マイナーフレームは、11090ワードで構成され、1秒に6マイナーフレーム送信している。AVHRRデータには5チャンネルの画像ビデオデータ、TIPデータには高解像度赤外放射測定器(HIRS/2)、成層圏測定ユニット(SSU)、マイクロ波測定ユニット(MSU)などの観測データが含まれている。これらのセンサーの特徴をTable 1に示す。

## 2・2 受信システム

Fig.4は受信システムブロック図である。直径4mのパラボラアンテナで受信したHRPTデータは、低雑音増幅機、主受信装置等で増幅・復調後、

Table 1 Main instruments of NOAA

改良型超高分解能放射計 (AVHRR)	高解像度の放射計(カメラ)で、撮像範囲幅は約2900km、直下点での解像度は約1.1km 5CHのバンドをもち、可視/近赤外(2CH)、赤外(3CH)で地球上の雲氷、雪の分布、海水の区別、陸地、海面の温度等を観測している
高解像度赤外放射測定器 (HIRS/2)	20の赤外波長領域の放射量を測定し、衛星直下点での分解能は17.4kmで、目的は晴天域の温度、水蒸気量、オゾン量分布等の取得である
成層圏測定ユニット (SSU)	大気圏上層CO <sub>2</sub> からの放射量を測定する測器で、主目的は成層圏の温度分布の取得である
マイクロ波測定ユニット (MSU)	波長5mm帯の酸素吸収領域4バンドを測定するマイクロ波放射計で、雲天域の温度分布の取得が目的である

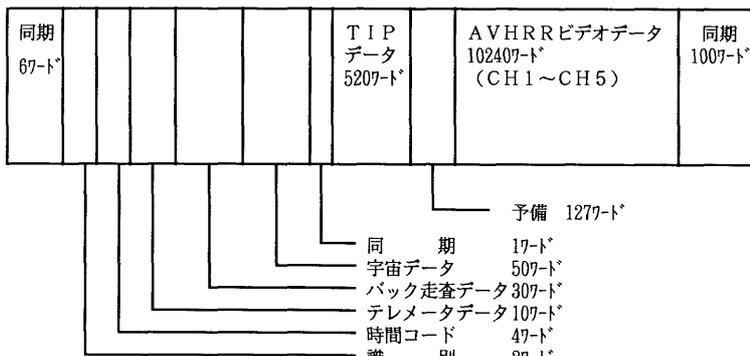


Fig.3 NOAA HRPT minor frame format.

データ処理装置でビット・フレーム同期を行いビットシリアルデータからパラレルデータに変換する。更にPANAFACOM U-400でアノテーション情報(軌道情報)を付加し、気象衛星センター大型電子計算機に転送している。

このうちFAXコンバーターはデータ処理装置より出力されるHRPTデータの中からAVHRRデータを抽出し、AVHRRの任意の2チャンネルをD/A変換してクイックルックモニターに出力している装置である。

### 3. NOAA受信データモニターシステムの概要

#### 3.1 システム構成

本システムはパーソナルコンピュータ、A/D変換ボード、デジタルI/Oボード、光磁気ディスク、プリンターにより構成されている。このシステムの基本構成をFig.5に示す。

##### (1) パーソナルコンピュータ

使用機種はNEC社PC-9801DAである。このシ

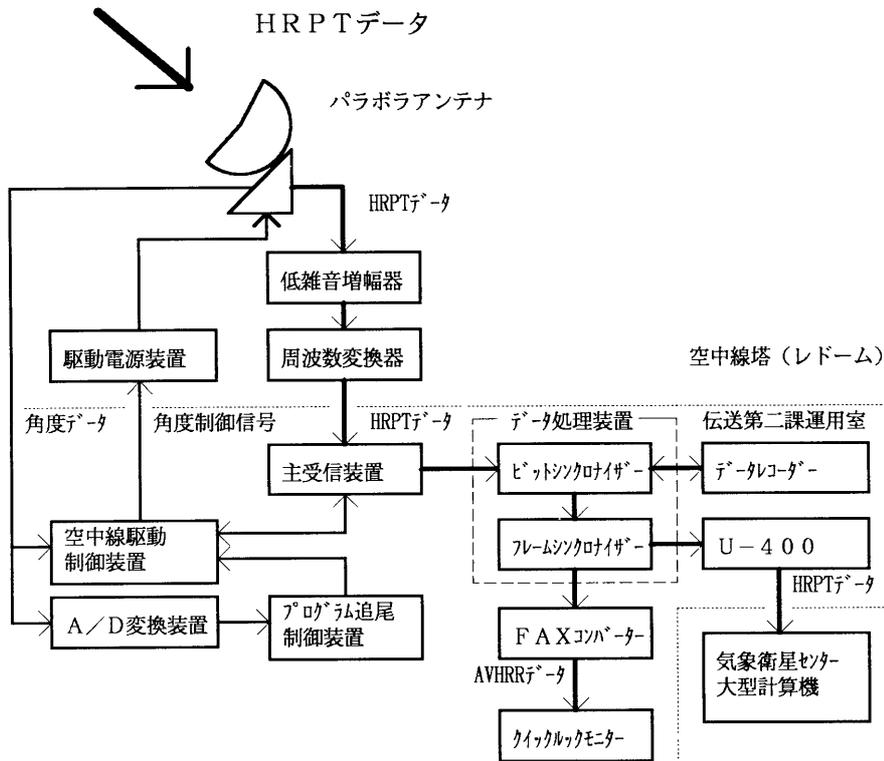


Fig.4 HRPT Data receiving system.

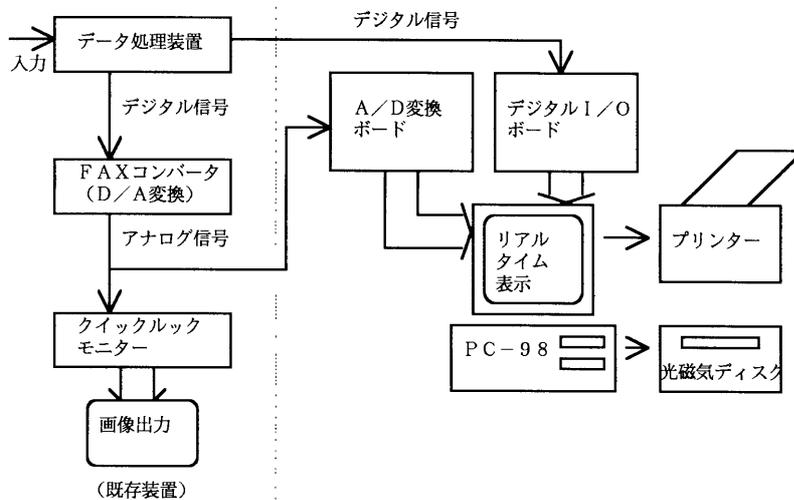


Fig.5 AVHRR Data flow in the monitor system.

システムで処理するデータ量はパーソナルコンピュータレベルでは大きく、1軌道1チャンネルあたり約10Mバイト程度の大量データであるためプロテクトメモリーを12Mバイト増設し、またデータ処理の高速化のためアクセラレーターボード(京都マイクロコンピュータ社のTurbo 486DX)を搭載させた。さらにデータ保存のため容量180Mバイトのハードディスクを内蔵している。

#### (2) A/D変換ボード

A/D変換ボードは、FAXコンバーターからのアナログ信号を取り込み、デジタル信号に変換しコンピュータ本体のメモリーにデータを転送するもので、12ビットA/D変換ボード(カノープス社ADX-98H)を用いた。サンプリングレートを50kHzに設定し、変換を行っている。このボードはDMA転送機能を持っているので、本体のCPUに負担がかからず、データを転送中にもパソコン本体は他の処理を実行できる。

#### (3) デジタルI/Oボード

デジタルI/Oボードはデータ処理装置のフレームシンクロナイザーの端子からAVHRRデータ(10bitパラレル信号)を取り込んでいる。デジタルデータ取り込みのために16ビットデジタル入出力ボード(カノープス社DIO-98)を使用し、ポーリングによるハンドシェイクを用いてTTLレベル信号でデータを取り込んでいる。

#### (4) プリンター

使用するプリンターは、カラー出力用にシャープ社カラープリンター IO-375X、モノクロ出力用にキャノン社レーザープリンター LASER-SHOT406Sを使用した。

#### (5) 光磁気ディスク

大量の画像データ長期保存のため、光磁気ディスクドライブ(ICM社 MO-3120)を使用した。記

憶容量は3.5インチ光磁気ディスク1枚に128Mバイト保存できる。

### 3. 2 ソフトウェア

#### (1) 開発言語

開発では、フリーウェアを中心として行った。主に使用したソフトは、GCC、GO32、LIBGR98である。

#### (i) GCC

開発言語は、GCC(正式には DJ's GCC port to DOS)である。このC言語は32ビットプロテクトモードコンパイラである。通常のMS-DOSアプリケーションはインテルのマイクロプロセッサ(CPU)8086の動作モードである16ビットリアルモードで動いている。リアルモードでは通常1Mバイトまでしかメモリー空間を利用できない。このため例えばDOS上で動くC言語ではこのメモリー空間のためあまり配列を大きく取れない。しかしながら本システムのパーソナルコンピュータに使用されているCPU 80486や80386は32ビットプロテクトモードを備えており、このモードを使用することによって1Mバイト以上のメモリー空間をリニアに利用することができるようになる。

GCCはこの32ビットプロテクトモードのコードを発生させるコンパイラである。さらにGCCは付属のDOSエクステンダーGO32を使用することにより、実メモリーのある限り(上限は128Mバイト)メモリー空間を利用できる。例えばint(2バイト)配列aを、a [1 0 0 0 0 0 0 0]と宣言することも可能である。これにより、大量の画像データを処理できるようになり、またデータをメモリー上に置けるので、すばやい画像表示が可能となった。

#### (ii) GO32

GO32はプロテクトモードで作動するプログラムをMS-DOS上で実行できるようにするためのソフトであり、DOSエクステンダーと呼ばれている。実装メモリーすべてをメモリー空間として利用で

き、また仮想記憶機能を利用しハードディスクをメモリーとして使用することができる。GCCは、このGO32上で作動する。また、GCCでコンパイルされた実行形式のプログラムも、GO32を必要としMS-DOSだけでは作動しない。

(iii) LIBGR98

画像表示には、フリーソフトウェアのグラフィックライブラリLIBGR98を使用した。このライブラリはPC-9801用GCCむけに開発されたグラフィックライブラリである。このプログラムは画面のスクロール、画面の保存、などのいろいろな機能を持っており、これによって様々な画像処理が簡単に行えるようになった。

(2) ソフトウェアの機能と処理

本プログラムは3部構成となっており、そのソフトウェア構成図をFig. 6に示す。それぞれの機能

は以下のとおりである。

(i) アナログ信号表示プログラム

アナログ信号(クイックルック信号)をリアルタイムで表示しながらメモリーに取り込んでいくプログラムである。

FAXコンバータから出力されるクイックルック信号のフォーマットをFig. 7に示す。この信号は1マイナーフレームのHRPTデータの中から任意の2チャンネル分のAVHRRデータを抽出し、1チャンネルを信号の前半(フロント)に、もう1チャンネルを信号の後半(リア)に出力している。1チャンネルは2048画素である。出力信号のスピードは40kHzであるが、ボードは50kHzのスピードで変換している。これはこのA/Dボードが40kHzのサンプリングレートを設定できないからである。

処理フローをFig. 8に示す。処理の順に説明する

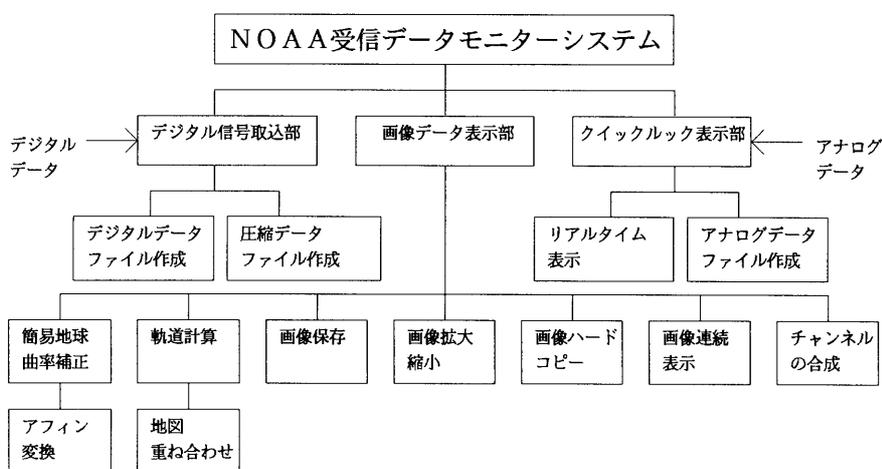


Fig.6 The monitor system software scheme.

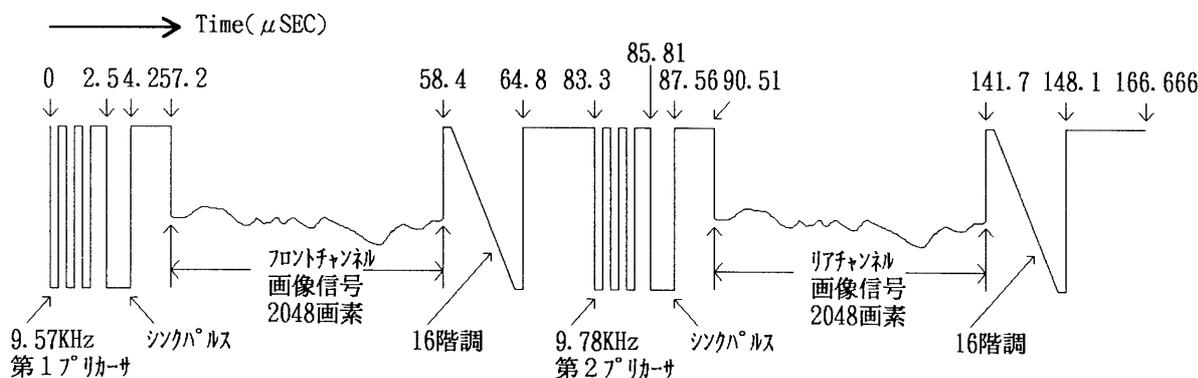


Fig.7 FAX-converter output signal format.

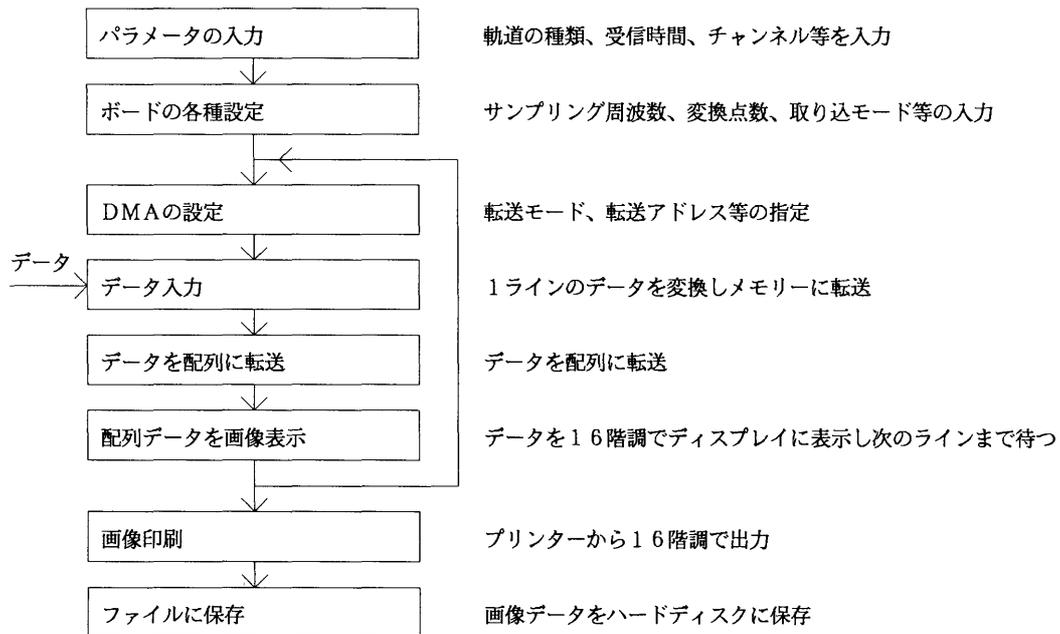


Fig.8 Processing flow of the monitor system to display AVHRR analog Data.

と、

a) パラメータの入力を行う。

軌道の種類(北向か南向), 受信時間, チャンネル等をキーボードから入力しパラメータを設定する。

b) ボードの設定を行う。

変換点数, サンプルング周波数, トリガー取り込みモードをボードに書き込み, 変換のための準備を行う。

c) 本体のDMAモード設定を行う。

DMA転送のDMAはPC-98本体のDMAの空チャンネルを使っており, 転送前に転送先頭アドレス, 転送バイト数, 転送モードなどを書き込まなければならないので各マイナーフレームごとに設定している。

d) データを取り込む。

受信システム本体から出力されているトリガー信号にタイミングに合わせてクイックルック信号をリアルタイムで表示しながらメモリーに取り込んでいく。

本プログラムでは, A/DボードからDMA転送で送られてくるデータを一旦MS-DOSが管理している1MバイトのDOSメモリー領域に転送し, そ

こからGCCのメモリーマッピング機能を利用し論理アドレス空間にマッピングしている。そしてこの論理アドレス空間からデータを取り出している。これはGCCにおけるポインターやアドレス変数などで使用しているアドレス値が実アドレスではなく論理アドレスであるからである。したがってPC-9801DAのDMAの転送アドレスを入力するレジスターにこの論理アドレスを入れても転送先が異なってしまうためこのような処理を行っている。

e) 配列にデータ転送。

GCCの大きなメモリー空間を利用して, 2048×5000程度の1バイト配列を用意し, A/D変換ボードからの信号を取り込んでいく。

f) データの画像表示。

データを16色(カラーまたはグレースケール)で表示し, 画面をスクロールさせていく。cからfまでの過程を受信中くり返し行う。

g) 受信終了後の処理。

終了後, 画像の拡大, 縮小, ハードコピー, ディスクへの保存などの処理を行う。

これらの処理の出力結果をFig. 9に示す。この画像はNOAA12号が九州上空を通過したときの可視

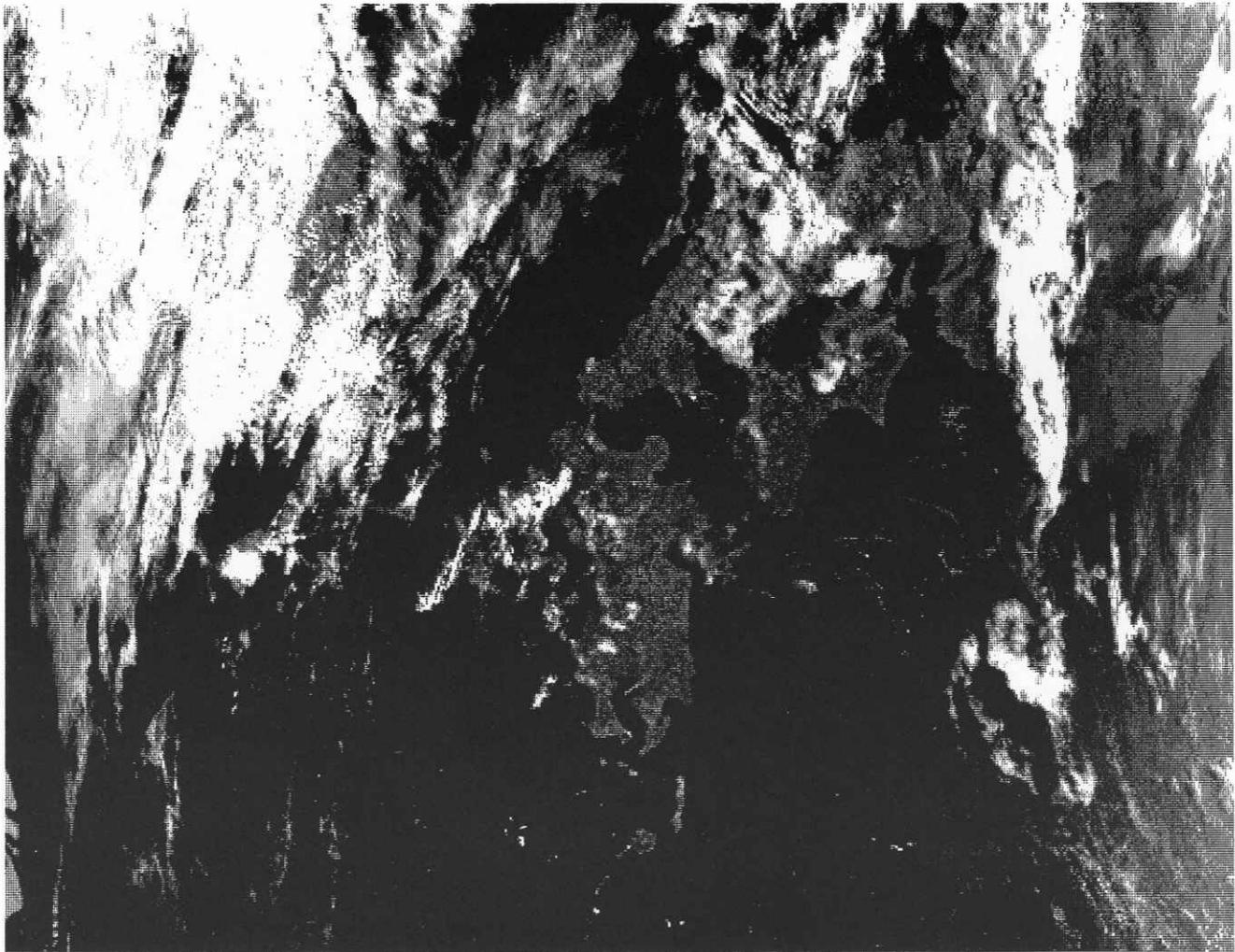


Fig.9 AVHRR visible image by NOAA12. (CH.2, orbit number 06157, 30 Jul. 1992)  
The area is the western part of Japan.

画像である。レーザープリンターを用いてモノクロ16階調で出力した。Fig.10は九州南部の拡大図であり、桜島の噴煙が良く見える。

#### (ii) デジタル信号取込プログラム

フレームシンクロナイザーのAVHRR信号をデジタルI/Oボードを用いて取り込み、ハードディスクや光磁気ディスクに保存するプログラムである。このプログラムはBorlandCで書かれており、独立している。

フレームシンクロナイザーから出力されるAVHRRデジタル信号タイミングチャートをFig.11に示す。このフレームシンクロナイザーでは、HRPT信号から任意の1CHのAVHRR信号が抽出され、そのまま出力されている。

フレームシンクロナイザーからの信号の取り込みは、本来ならアナログ信号取り込み部と同様にDMA取り込みが良いのであるが、それに適したボード等が見つからなかったためパーソナルコンピュータのI/Oポートから抽出したデータを取り込んでいる。

この取り込んだデータをRAMディスクに一時的に保存し、それからハードディスクに転送する。ディスクに書き込む時に、事前にキーボードから入力した軌道情報も一緒に書き込むことができる。また、データ入力の際、10bitデータを16bitの変数に代入しているため上位6bitが無駄になっている。そこで、そこにデータを詰め込んでデータ量を5/8に少なくして取り込むこともできる。

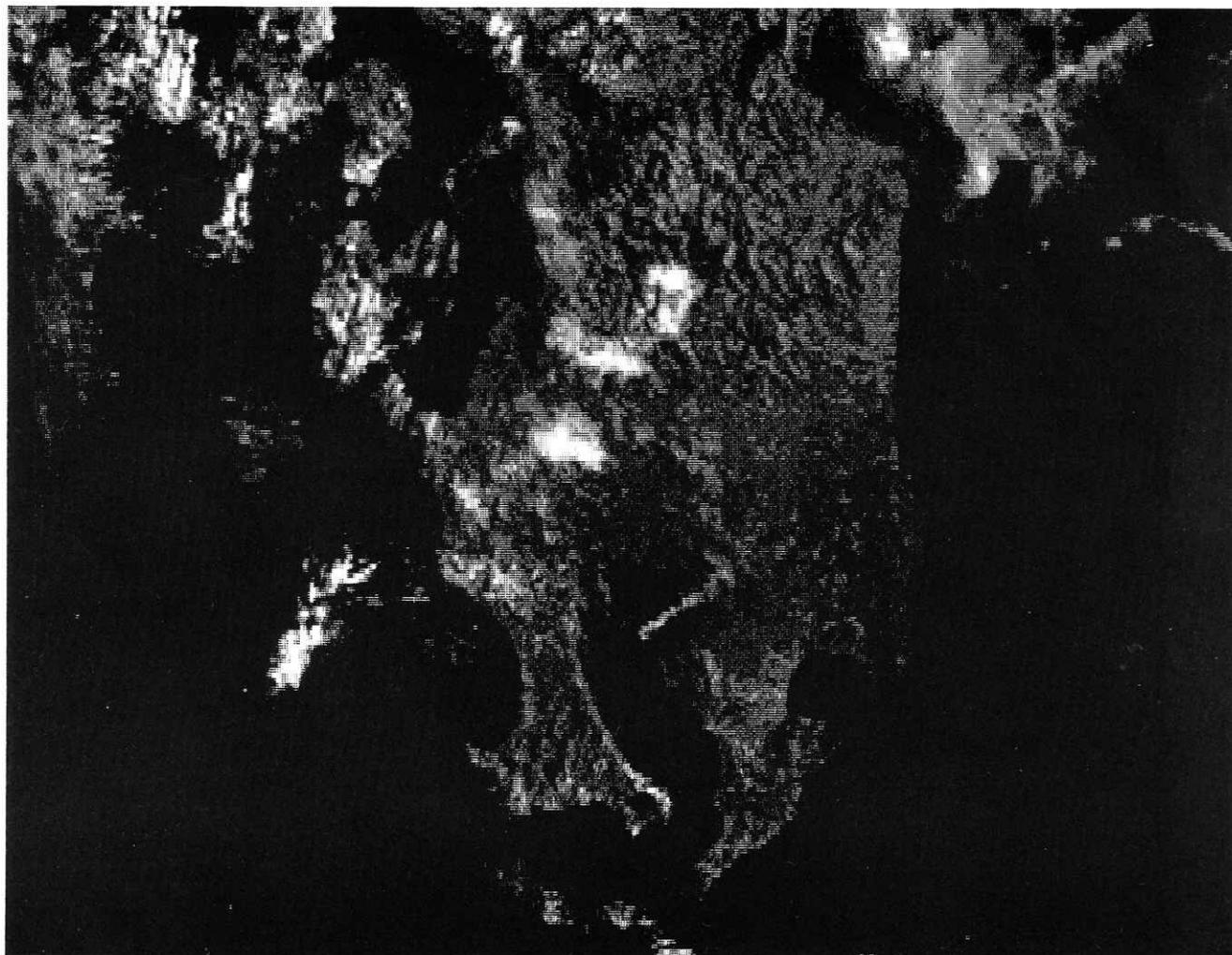


Fig.10 AVHRR visible image by NOAA12. (CH.2, orbit number 06157, 30 Jul. 1992)  
The area is the southern part of Kyusyu Island.

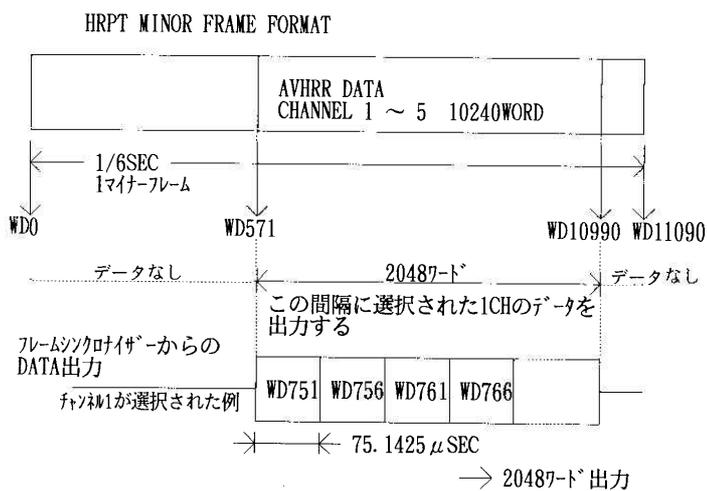
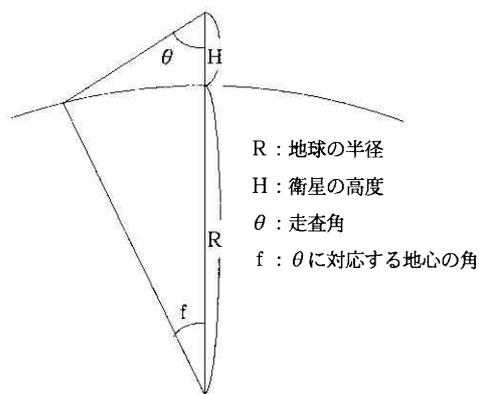


Fig.11 Timing Diagrams of AVHRR digital Data output from Frame Synchronizer.



$$\tan \theta = \frac{\sin f}{\frac{R+H}{R} - \cos f}$$

Fig.12 Earth curve correction.

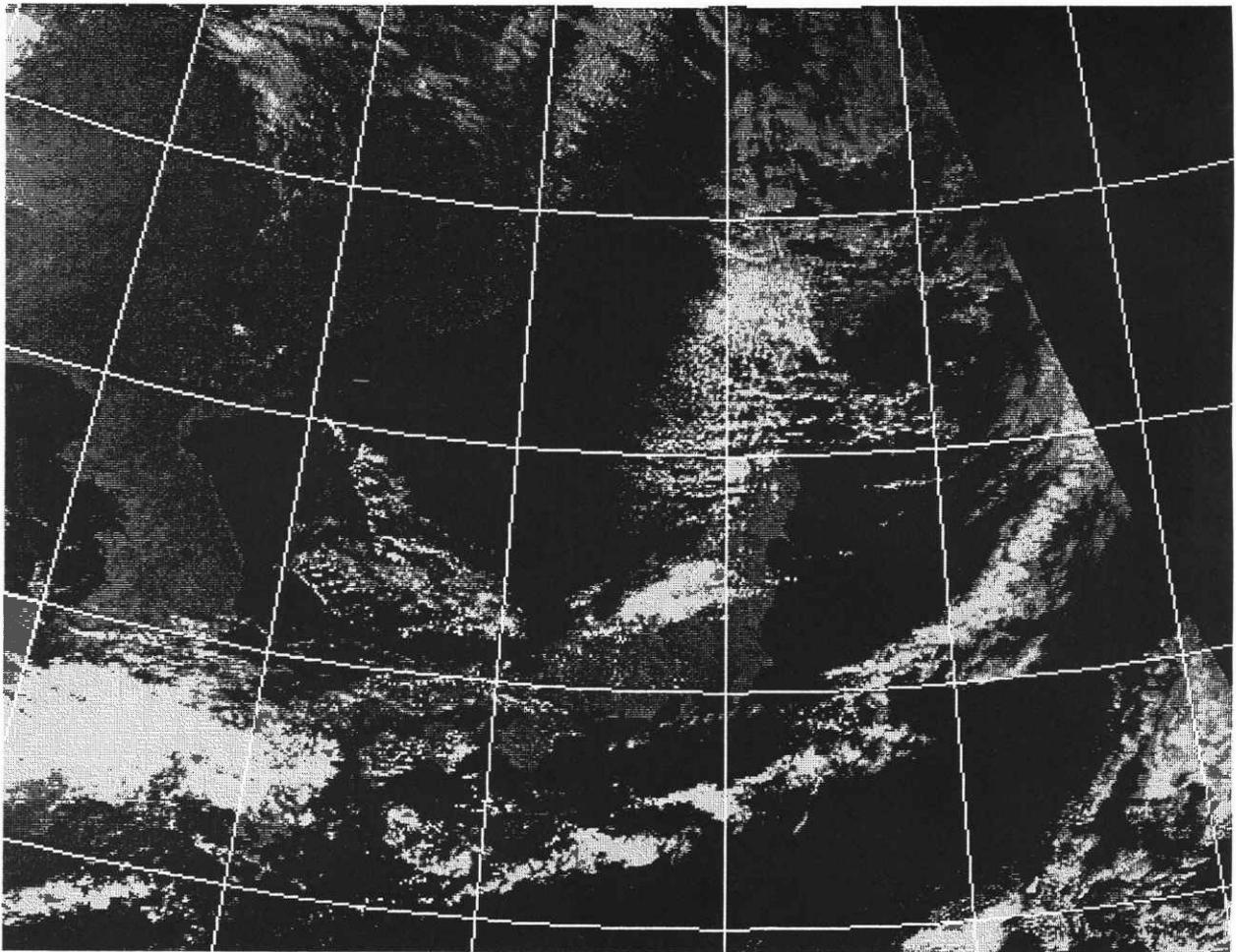


Fig.13 AVHRR visible image by NOAA11. (CH.2, orbit number 21191, 04 Nov.1992)  
The area is Japan.

(iii) 画像データ表示プログラム

保存したデジタルデータを呼び出し、画像表示するプログラムである。基本的にはアナログ信号表示用プログラムと同じであるが、簡単な地球曲率変換や軌道計算を用いたマッピング、また画面保存、画像の重ね合わせ、拡大、上下左右へのスクロール、連続再生、ハードコピー等の機能を持っている。

主な機能を説明すると、

a) 地球曲率補正

曲率補正の式はFig.12のとおりである。地球を近似的に球体として衛星高度や地球半径を一定として計算している。ここからアフィン変換を用いて狭い範囲での緯度経度を決定することもできる。この場合には半島などの基準地点を入力しなければ

ならない。

アフィン変換

入力画像座標系を  $(u, v)$ 、出力地図座標系を  $(x, y)$  として

係数を  $a, \dots, f$  として、

$$u = ax + by + c$$

$$v = dx + ey + f$$

各係数を最小二乗法を用いて決定する。

この結果を出力したものがFig.13である。日本の半島などの緯経度を入力し、アフィン変換を行ってNOAA11号の可視画像を出力した。

b) 軌道計算

軌道計算は軌道6要素を用いた単純な計算ルー

軌道計算ルーチン

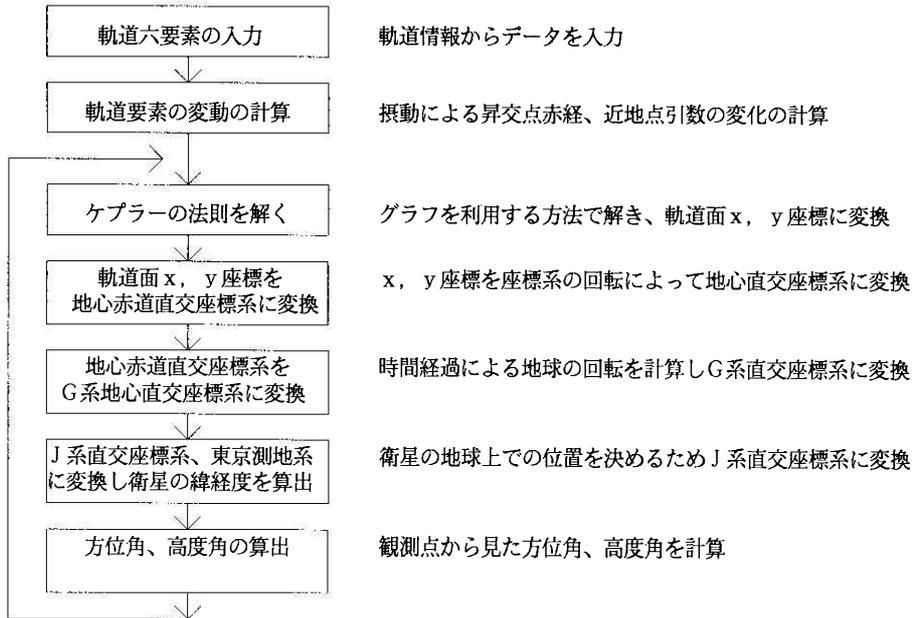


Fig.14 Processing flow of the monitor system to calculate NOAA orbit.

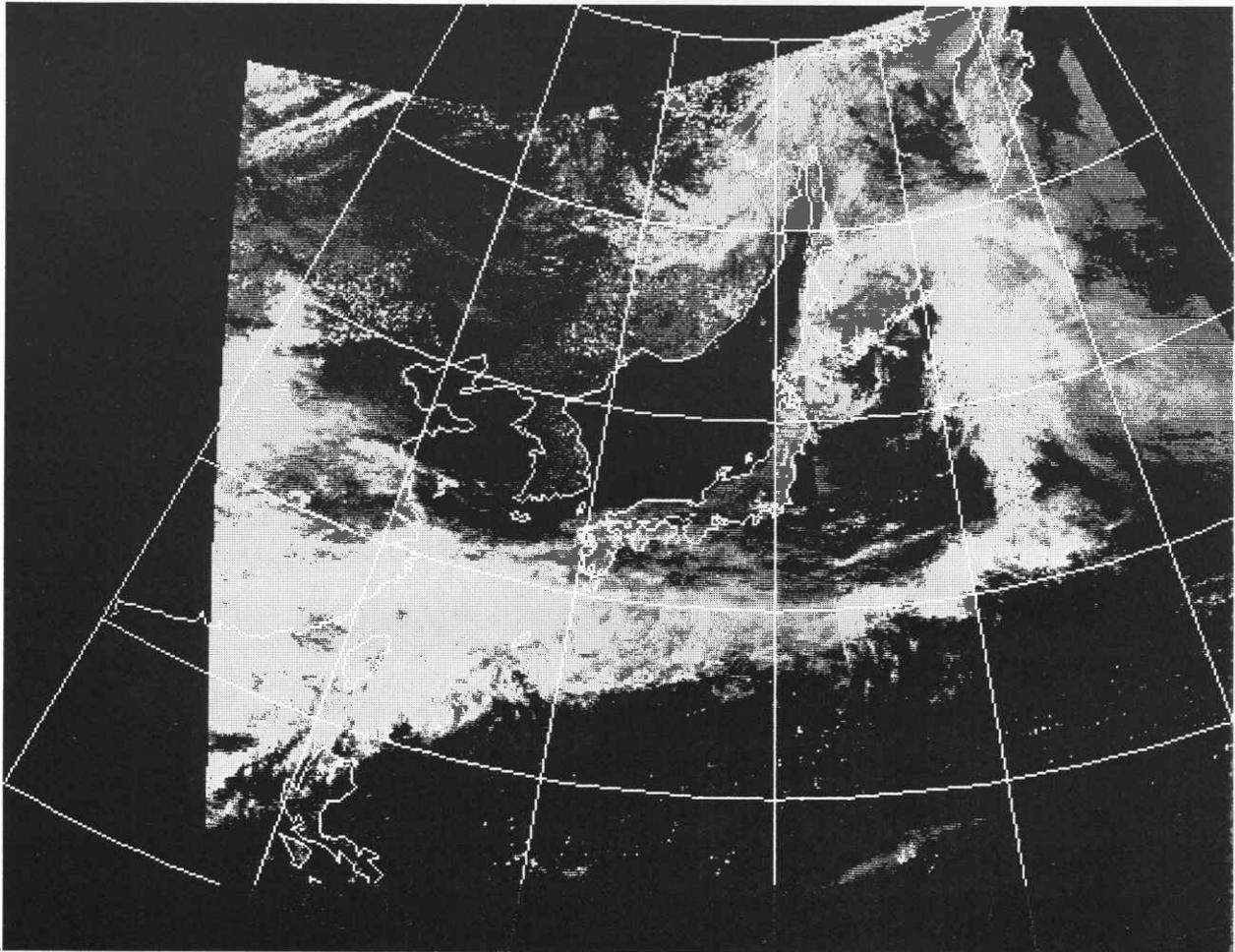


Fig.15 AVHRR visible image by NOAA11. (CH.2, orbit number 24057 and 24058, 26 May.1993)  
The area is Japan and it's surrounding countries.

チンを用いている。ケプラーの法則を近似的に解いて計算する。得られた軌道面内の位置を座標変換して衛星の位置を求めている。その計算処理をFig.14に示す。ここから得られた衛星の緯度、経度、高度などを用いて画素の緯度経度を決定し地図上に張り付けることもできる。これにより2～3軌道の画像データも同一画面に表示可能である。その出力結果をFig.15に示す。この画像はNOAA11号の軌道番号24057と24058の可視画像である。太陽光の反射の補正などをまったく行っていないため、画像の両端で輝度が違っている。また重なった部分は新しい軌道データを上書きしている。

#### c) 画面ハードコピー

ハードコピーは画面上の1ドットをプリンターの4×4, 2×2ドット等にあてはめ濃淡、カラーを決定して出力している。このため一般のプリンターでも16階調画面のハードコピーが可能である。

#### d) 画像連続表示

連続表示機能は、データ処理部で処理し保存した画面を連続的に表示するプログラムである。LIBGR98の画面保存再生機能を使用している。このライブラリーは100枚までの画面を保存再生できるので、連続再生することによりアニメーションのように見ることができる。ただしNOAAは受信時間帯の間隔が6時間あるため、雲の動きなどを見る場合には、ひまわりの地球画像のようになめらかな表示はできない。

## 4. まとめ

一般に良く使われているパーソナルコンピュータを用いてリアルタイムモニターシステムを試作してみた。モニターを見ながらリアルタイムでデータ受信状態を監視でき、また画像を簡単に保存再生できるので実況監視には役立つものと考えられる。今回の試作にあたり、既存のCPUの処理能力等の問題から画素抜けが生じているが、現在ではこのコンピュータの2～4倍程度の処理能力を持ったものが市販されており、そのような機種を用いればこのような問題が生じないのではないかと思われる。

またUnix等のOSも次々とパーソナルコンピュータ上に移植されており、ワークステーションと変わらない状況が生まれつつある。今後より高速のCPUを持ったコンピュータや32bitOS, 32bitプロテクトモード開発言語等の登場により、NOAA画像データのような大量のデータを扱う分野においてもパーソナルコンピュータの利用範囲が広がってくるものと思われる。

## 参考文献

- 高山豊治：極軌道気象衛星概要：気象衛星センター技術報告，第2号，105-124，1980  
 観測解析センター：画像データの処理(1)：観測解析センター，169，1980  
 虎尾正久：宇宙航行の数学：森北出版，177，1970  
 長沢工：天体の位置計算：地人書館，256，1985  
 安田英之：GUN C Compiler：C MAGAZINE，54-82，1991，10月号