

Proceedings of the Research Institute of Atmospheric,  
Nagoya University, vol.33(1986)

## TECHNICAL REPORT

# REAL TIME COLOR DISPLAY OF THE RADAR RETURN SIGNALS BY A PERSONAL COMPUTER

Masahiro NAGATANI and Hiroshi NAKADA

### Abstract

In order to display the radar echo intensity with colors on a monitor scope in a real time, a new system which employs a personal computer is developed. The system is composed of a digitization unit and a personal computer. The return video signals from the radar receiver are digitized at every one microsecond by a 8-bit A/D converter, synchronizing with a trigger pulse of a radar transmitter. The digitized data are averaged for the successive 16 return signals, and converted to three color codes which represent echo levels. These color code data are sent to the personal computer and displayed on the monitor scope in the positions corresponding to the range and the antenna azimuth. The data stored on the main memory of the personal computer are transferred to a floppy disk after one scanning of the radar antenna.

## 気象用レーダー・エコーのリアルタイム カラー表示

長谷 正博      中田 滉

要旨： 気象レーダーで得られるエコー・パルスのビデオ信号は、通常、ブラウン管を用いた指示機に、その強度が、輝度の明暗としてアナログ表示される。このビデオ信号をデジタル化し、パーソナル・コンピュータを用いて、リアルタイムでエコー強度のカラー表示をおこない、フロッピー・ディスクにデータを保存出来る装置の開発をおこなった。

装置は、デジタル化ユニットとパーソナル・コンピュータから構成される。デジタル化ユニットは、アンテナの角度信号を受け取ると、送信トリガー信号に同期して、8ビットのアナログーデジタル変換器でビデオ信号のA-D変換をおこない、そのデータをメモリーに書き込む。表示画面上、1掃引のビデオ信号のサンプル点数は100点で、これを16回繰り返して、加算平均を求め、2ビット（3レベル）のカラー・コードに変換して、パーソナル・コンピュータに転送する。コンピュータはディスプレイ・モニターの対応角度方向にエコーとしてカラー表示を行うと共に、データの蓄積をおこない、これらを繰り返す。レーダー・アンテナの1回転で1画像を完成すると、蓄積データをディスクに記録保存する。

保存したデータは、観測時と同様の表示方法で再生し、その画像をカラーで、プリンターに印刷することが出来る。

### 1. はじめに

雷観測において、観測中の雷雲の位置・強度の状況を逐一把握することは、重要である。そのため、レーダーを用い、指示機の画像を常に監視している。しかしながら、その画像は、ブラウン管の残像でしか捕らえられず、目視による解析には、熟練を必要とする。そのため、指示機の画像を、ビデオ・カメラで撮影し、デジタル画像処理によって、印刷した画像を得ることを試みたが、この方法は、エコー強度を表現する濃淡の階調が得られないものであった。また、画像の保存には、写真撮影をおこなっているが、その画像は単色の濃淡だけで表現されており、エコー強度の定量的な解析が困難である。

近年、電子技術の発達により、ビデオ信号のデジタル化も容易であり、そのデジタル・ビデオ信号のデータを記録し、のちに、画像化することも可能である。本装置は、デジタル化したデータをパーソナル・コンピュータ（以下単にコンピュータと表す）を使用して、リアルタイムでカラー表

示することを目的として、開発されたものである。デジタル化データの蓄積による表示は、等価的に、長時間残像のブラウン管を用いたことになり、リアルタイムでも目視によるエコーの解析が、容易となった。また、データをフロッピー・ディスクに書き込んで保存することにより、必要に応じて画像を再生することも、出来るようになった。

## 2. レーダー観測システムの構成

図1は、全システムの構成図である。

レーダ・アンテナ(ANT)は、PLAN-POSITION INDICATION (REI)・RANGE ELEVATION INDICATION (REI)モードとも  $9^{\circ}/\text{SEC}$  で駆動されていて、その方位・仰角(以下単にアンテナ角度と表す)のアナログ信号(SYNC)を、アンテナ・コントローラ(CONTROLLER)に送っている。このアンテナ角度信号とアンテナ駆動モード信号(MODE:PPI/REI)は、時計部(CLOCK-UNIT)を経由して、デジタル化ユニット(D-UNIT)に送られる。送受信機(T/R)は、指示機(DISPLAY-UNIT)から送られる送信トリガ信号(TRIG)で、電波を発射し、受信検波したビデオ信号(VS)を指示機へ送る。送信トリガ信号とビデオ信号は、分岐されて、デジタル化ユニットに接続される。コンピュータ(PC)は、デジタル化ユニットを制御して、デジタル・データを作成し、モニター(MONITOR)にエコーの表示とディスクへのデータの書き込みをおこなう。

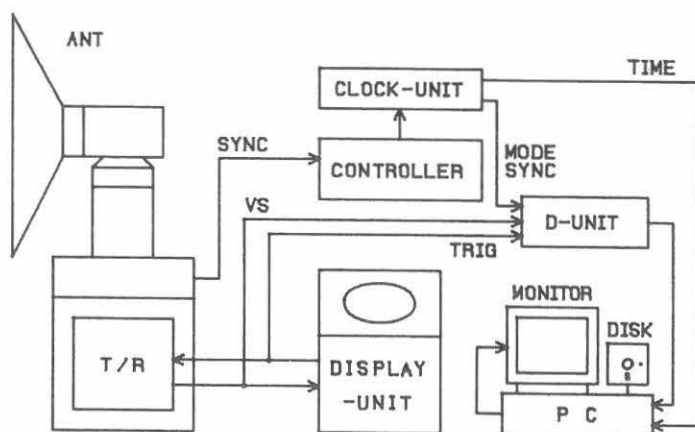


図1. レーダ・システム・ダイヤグラム

### 3. リアルタイム・エコー表示ルーチンの開発

コンピュータには、パーソナル・コンピュータ PC-8001mk II<sup>(1)</sup>を使用した。このコンピュータのグラフィックス機能は、320×200点(ドット)で、4色表示が可能である。本目的では、背景色を考慮すると、エコー強度の表現は、3色となる。

エコー表示の方法は、定められたアンテナ角度毎に、1掃引分の100点のビデオ信号のデジタル・データを作成し、これを、次の掃引を始めるアンテナ角度に到達するまでの猶予時間に、全点表示するものとする。

各データは、画面上の対応する点に表示しなければならないが、この位置を逐一算定していると時間がかかり、9°/SECのアンテナ駆動速度に追従出来ず、リアルタイム表示の機能が、損なわれる。また、位置テーブルをコンピュータの内部メモリーに用意し参照する方法は、およそ62.8Kバイトのメモリーを必要とし、本コンピュータのメモリー容量から考えて、適当でない。そこで、データの並びを、それぞれ、異なった色の点の連なった線分と考え、中心点から対応する方向へ、この線を引く方法を実現した。

用いたコンピュータでは、ベーシック・ステートメントのLINE文(N-80 BASIC: CMD LINE)<sup>(2)</sup>での、直線の描画方法は、デジタル微分解析機<sup>(3)</sup>の方式が用いられている。この方法では、高速で線分を引くことが出来るが、そのままでは、表示点に任意の色を指定することは出来ない。そこで、このコンピュータの内部ルーチンを改造し、1点ごとに色を指定出来るようにした。

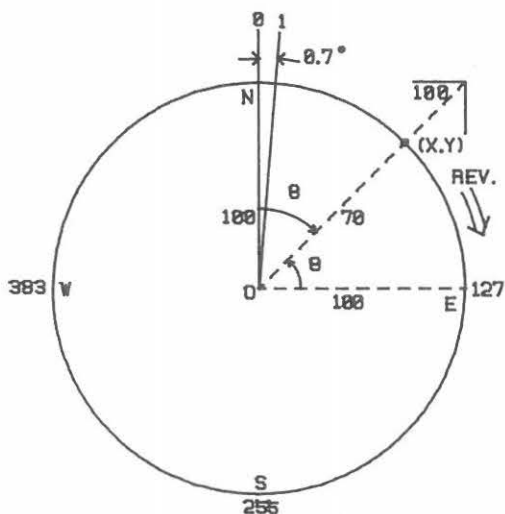


図2. 表示画面の設定

画面の表示領域を水平・垂直両軸方向で半径100点の円に設定し、表示の様子を図2にあらわす。ここで、注意しなければならないのは、実際に100点をプロット出来るのは、両軸方向のみで、他の方向では、近い軸とのあいだの、角の余弦を乗じたものになることである。したがって、方向別に表示点数を圧縮しなければならない。そのため、1掃引分のデータの並びを、その角度別に用意した圧縮係数に従って圧縮してから、表示ルーチンを通すようにした。

以上の方法によれば、テーブルとして円周上の 512 点の分割点の座標 ( $X, Y$ ) と圧縮係数を用意するだけでよい。実際にルーチンを作成してベンチマーク・テストをおこなったところ、1 線分を引くのに、平均 24ms を得た。本装置では、この数値は充分なものである。

#### 4. 表示画面の設計

表示画面上に半径 100 点の円を描き、円周上の点を順次移動させながら、中心と結ぶ線分を引いて行くと、円内を放射状の線分で、ほぼ、塗りつぶすことができる。きめ細かさは、円周の分割数による。この線分を、エコーの掃引表示とすると、できる限り分割数が多い方が、より見易い画像となる。実験的に、320×200 点の画面では、570 以上に分割することが望ましいことがわかった。本装置では、アンテナのビーム幅  $2^\circ$  を考慮し、また、アンテナ角度のデジタル値が、9 ビット・バイナリ数であらわせるよう、分割数を 512 に設定した。これを、角度分解能であらわすと、 $0.7^\circ$  になる。これによって、PPI モードでの全方位の掃引線分を 512 本、REI モードでは、円の  $1/4$  に表示するので、128 本でエコーを描くことになる。アンテナの駆動速度を  $9^\circ/\text{SEC}$  とすると、掃引時間間隔は、約 78ms であり、この時間内に、1 掃引分のデータを作成し、表示をおこなえばよい。

この掃引数で表示すると、外周付近で、若干のプロット出来ない空白部分が、背景色として残り、補間をおこなうことが望ましい。このため、補間の可能な 64 掃引の位置テーブルを別に用意し、1 画面作成終了後、おのおの、その掃引位置の、一つ前の掃引データを使って、補間をおこなうことにした。

エコー強度と表示色の対応は、デジタル化したデータの値をビット間隔の値 (6dB) ごとに区切り、3 色に分け、強度の高いほど暖色で表現する。レベル間のエコー強度は、ビデオ信号が対数圧縮されているので、レベルの高いほうから相対的に、40dB 以上・40 ~ 20dB ・20dB ~ 10dB に対応する。10dB 以下は、背景色となる。

表示距離範囲は、観測対象である雷雲の大きさと、その移動範囲を考慮すると、PPI モードでは、半径 60km、REI モードでは、高さ 10 km までの表示が必要である。したがって、観測対象に応じて表示レンジを切り替える必要が生じる。ビデオ信号のサンプリング周期を  $1 \mu\text{S}$  とすると、距離分解能 150m を得る。これで 100 点の表示をおこなうと、半径 15km の範囲が表示できる。同様に、サンプリング周期を  $2 \mu\text{S}$  でおこなうと、30km となる。次に、同じ  $2 \mu\text{S}$  のサンプリング周期で、200 点以上のデータを採っておき、これを 1 データおきに 100 点表示すると、半径 60km となる。このようにして、3 レンジを設定した。

## 5. D-UNITの構成と動作

図3に、デジタル化ユニットのブロック・ダイアグラムを示す。パーソナル・コンピュータとデジタル化ユニットは、コンピュータの拡張スロットに挿入した、市販の24ビット汎用I/O(入出力)インターフェース・ボードを介して接続する。

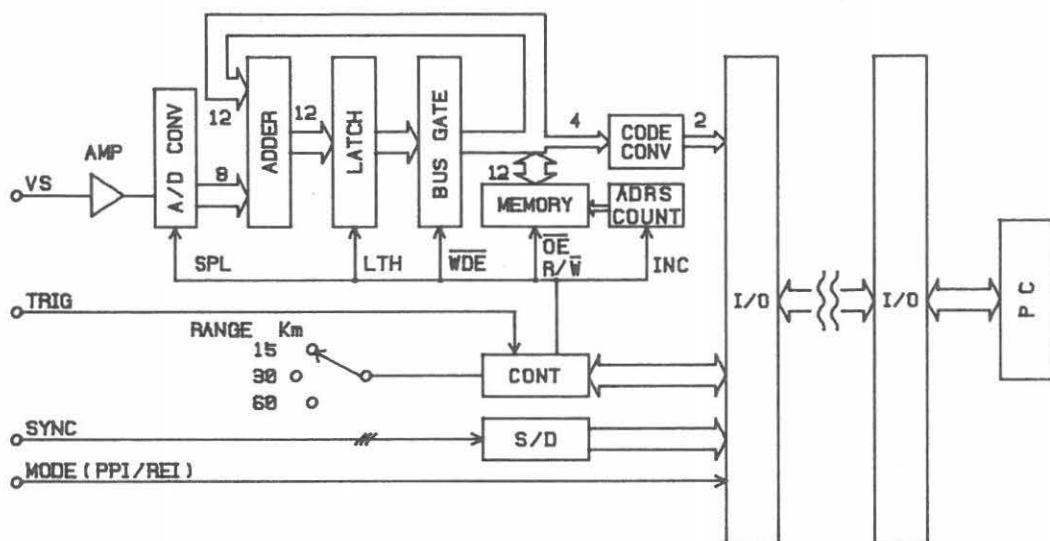


図3. D-UNIT ブロック・ダイアグラム

コンピュータは、アンテナ角度を監視して、所定の角度になると、データ採集指令をデジタル化ユニットに送出するが、この、アンテナ角度は、デジタル化ユニット内の、シンクローデジタル変換器(S/D)によって、アンテナのアナログ角度信号(SYNC)が、9ビットのデジタル値に変換されて、コンピュータに送られている。

デジタル化ユニット内のコントローラは、コンピュータからの指令で、データ採集の制御をおこなう。

データを蓄積するためのメモリー(MEMORY)は、加算平均処理を行うために、1掃引分のデータ採集前に、初期化されなければならない。この初期化は、ラッチ回路(LATCH)を制御信号(LTH)で、0(ZERO)信号出力モードに設定して、その出力信号をバス・ゲート回路(BUS GATE:データ信号の通過を制御する)を通して、メモリーに書くことにより、おこなう。

採集指令があると、8ビットのアナログーデジタル変換器(A/D CONV)は、送信トリガ信号の立ち上がり部分に同期して、クロック信号(SPL)の周期ごとに、ビデオ信号のデジタル・データを作

成する。その出力データは、1データごとに、メモリーから出力されている前回のデータと、加算器 (ADDER) で加算されて、ラッチ回路に送られ、ラッチ信号(LTH) で保持される。バス・ゲート回路が、通過モードに設定され、メモリーも、その制御信号 (OE・R/W) で、書き込みモードに設定されると、データは、メモリーに書き込まれる。バス・ゲート回路は、このメモリー書き込み時以外は高インピダンス・モードに設定される。

このあと、アドレス・カウンター (ADRS COUNT) を1カウント進める(INC) ことにより、メモリーのアドレスが1番地進められ、次のデータを採集する。

1掃引での加算平均を取るための加算回数は16回であり、採集をおこなうデータの点数は、アドレス・カウンターに都合のよい256点としが、実際に使用されるデータ数は、最大で200点までである。また、加算平均処理をおこなうため、メモリーは16ビットで構成され、そのうち12ビットが使用される。

データが揃うと、コンピュータからデータの読み出し指令を受け、コード・コンバート回路 (CODE CONV) で、2ビットのカラー・コードへの変換をおこない、I/Oインターフェースを通してコンピュータに送る。距離レンジ(RANGE) の変更があると、サンプリング周期およびデータの取り込み間隔のステータス信号の変更をおこなう。

## 6. コントロール・プログラムの動作

図4に、デジタル化ユニットをコントロールするコンピュータのプログラム・フローチャートを、図5には、1掃引分のタイミング・チャートを示す。メインプログラムは、ベーシックで、サブルーチンは機械語で作成した。

### 6-1 メインプログラム

メインプログラムはスタートすると、時計部から送られてくる時刻のシリアル・データ (TIME) で、コンピュータ内部の時計を同時刻に設定 (TIME SET) し、次に、観測者が作業の選択 (JOB SELECT: 観測実行・終了) をおこなうと、観測ループ (OBS LOOP) にはいる。

ループ先頭では、アンテナ角度が、表示開始角度に近づいたか (READY ANGLE?) を監視し、同時に、アンテナ駆動モード・距離レンジを監視して、それらのステータスの更新 (STATUS READ) をおこなっている。所定角度になると、ステータスに従って初期画面を表示 (DISPLAY SET) し、画面表示サブルーチン (ECHO-SUB) に入る。

サブルーチンから戻ると、ステータスの検査 (STATUS CHANGED?) をおこなって、観測中断を検出し

たときは作業選択のところに戻り、他のステータスが変更されたことを検出したときは、観測ループにもどる。画像が完成しているときは、データ・バッファ内のデータをディスクに書き込む (WRITE DISK)。次に、ファイル数を調べて (DISK FULL?)、規定数に達しているときは、ディスクの交換 (CHANGE DISK) を要求する表示をする。完成した画像は、次の初期画面が設定されるまで表示されている。

データ・ファイルは、高速化のために、機械語のサブルーチンで、ディスクに、バイナリー・データで書かれる。ディスク・ユニットは、8 インチ両面倍密度のタイプを使用し、1 枚のディスクには、PPI モードで 75、REI モードでは 300 画面のデータが格納出来る。

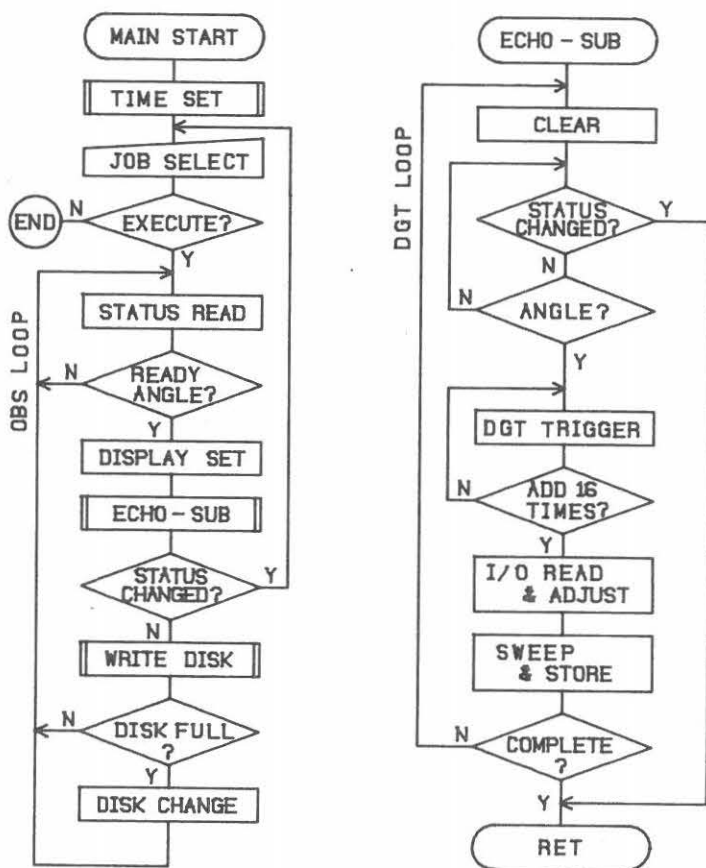


図4. プログラム・フローチャート



## 6-2 画面表示サブルーチン

デジタルイズ・ループ (DGT LOOP) の先頭で、デジタル化ユニット内のメモリの初期化 (CLEAR) をおこない、シンクロ・デジタル変換器からアンテナ角度の情報を得て、エコーの表示開始角度を監視 (ANGLE?) している。この間、アンテナ・モード変更・距離レンジの変更・観測中断入力監視 (STATUS CHANGED?) も併せて行い、これらの変更・入力があると、直ちにメインプログラムにもどる。コンピュータは、表示開始角度 (ANGLE) に達すると、デジタル化ユニットにデータ収集開始指令 (DGT TRIGGER) を出す。デジタル化ユニットは、1.33mS(750Hz) 周期の送信トリガ信号に同期して、ビデオ信号の A/D変換を開始し、加算平均処理のため同一点のデータを加算をしながら、256点のデータの採集をおこなう。コンピュータは、これを 16 回繰り返すのを監視 (ADD 16 TIMES?) する。採集が終了すると、コンピュータは、表示に必要な 100個のデータの読み出し (I/O READ) をおこなうが、このとき、データは、デジタル化ユニット内のコード・コンバート回路で、2ビットのカラー・コードに変換されて送出され、さらに、コンピュータ側で定数 55H (16進数) が乗じられ (この前処理によって保存データの圧縮や表示データ位置のマスキングが簡単になる)、1バイトのデータとして、表示用バッファに置かれる。次に、方向によるデータの圧縮処理 (ADJUST) をおこない、表示ルーチン (SWEEP SUB) を通すと、モニターに、1掃引分のエコーが描かれる。保存用データは、4データを1バイトに圧縮され、1掃引分 25 バイトのデータ列として、所定位置のメモリ・バッファに格納 (STORE) される。以上の動作で、1掃引分のエコー表示は終了し、画像完成までデジタルイズ・ループを回り、画像が完成すると、メインプログラムに戻る。

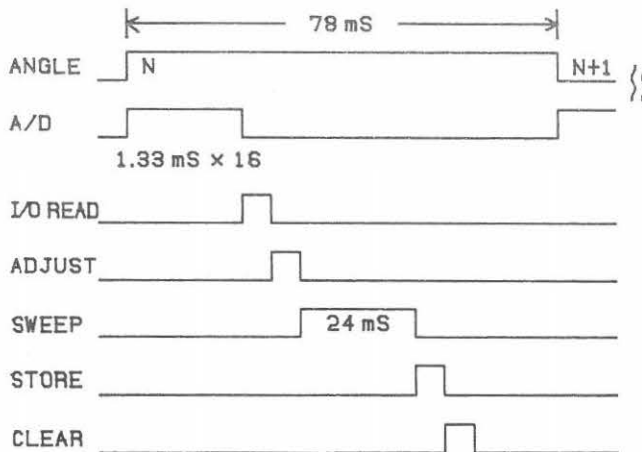


図5. タイミング・チャート (1掃引分)

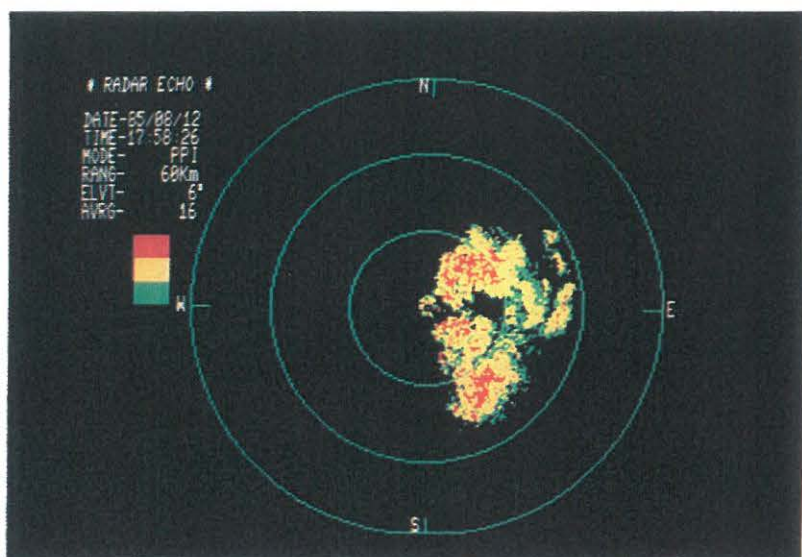


写真1 PPIモードでの観測例  
 (1985/8/12, 藤岡)

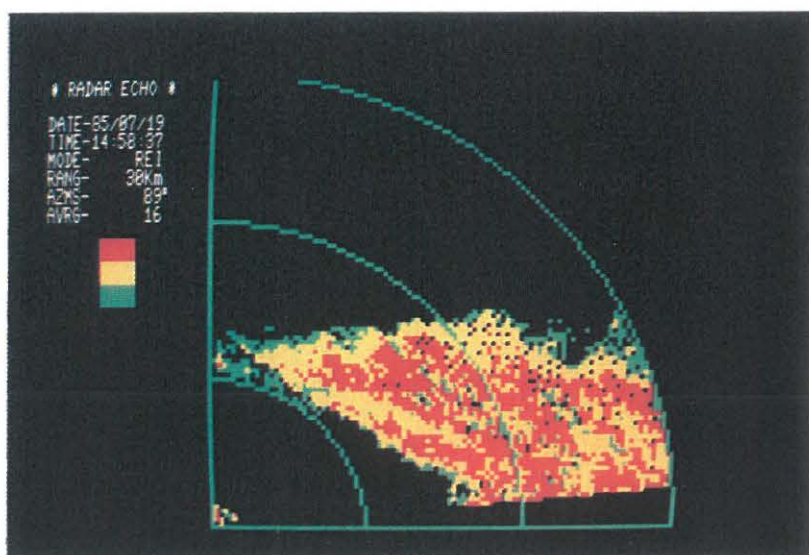


写真2 REIモードでの観測例 (画面上で拡大)  
 (1985/7/19, 藤岡)

## 7. 終りに

気象用レーダーのビデオ出力信号をデジタル化し、パーソナル・コンピュータを用いてリアルタイムでカラー表示する装置について説明した。本装置を使って 1985 年の夏季および冬季に観測を行ったが、ほぼ満足出来る結果が得られた。この観測で得られたデータの再生画像の例を写真 1・2 に示す。

本装置の完成度を高めるには次の事柄を検討する必要がある。

- ① エコー強度の分割を 5 レベル程度とする。これにはコンピュータのカラー表示能力の高い機種を使用することと、レーダー受信機のダイナミック・レンジを拡げる事が必要となる。
- ② 平均化処理のための加算回数は、距離分解能に関係するので、検討する余地がある。
- ③ データの保存方法は、本装置ではコンピュータのメモリーとディスクの容量の制限からデータ数の少なくて済む、2 ビットのカラー・コードの表現になっているが、デジタル化した 8 ビットの数値のまま保存することにより、再生時に、カラー表示能力の高いコンピュータを使用して、さらにデータを細かく分割し、多色で表示することも可能となる。
- ④ エコー強度の距離補正、及び雨量強度との対応は今後の検討課題である。

## 謝 辞

本装置を開発するにあたって、御助力を頂いた当研究所の仲井猛敏教授・竹内利雄助教授および仲野賛助手の各氏に、感謝の意を表する。

## 参考文献

- (1) PC-8001 mkII USER'S MANUAL 1983, 日本電気株式会社
- (2) PC-8001 mkII N-80 BASIC REFERENCE MANUAL 1983, 日本電気株式会社
- (3) 穂坂 衛 “コンピュータ・グラフィックス”, 産業図書株式会社, p.79

