

Proceedings of the Research Institute of Atmospheric,
Nagoya University, Vol. 37 (1990)

TECHNICAL REPORT

Acquisition of CNA data from Multi-beam Riometer and their 2-Dimensional Color Graphics -Quick Look System by Personal Computer-

Mitsugi SATO and Yasuo KATOH

A quick look system of CNA(Cosmic Noise Absorption) data from a multibeam Riometer at 30 MHz has been developed by using a personal computer(PC). The PC system can perform scanning control and acquisition of 16-channel CNA data from eight elements of a half-wavelength dipole antenna arrayed toward geomagnetic north-south and east-west directions. The PC system can also demonstrate 2-dimensional color graphics of CNA region at the ionospheric level within about 45° centered at the zenith. The merit of the PC system is to be capable of estimating dimension and movement of the CNA region, comparing with a display of visual aurora at an observation station. Examples of color graphics of CNA events observed at Ny-Alesund in the polar cap region is represented.

技 術 報 告

マルチビームリオメーターのデータ収集と画像化システムの開発 (パーソナルコンピューターを用いたQLシステム)

佐藤 貢 加藤 泰男

要旨： マルチビーム・リオメーターのビームスキャン等のコントロールとデータ収集、および、収集データのクイックルック (QL) をパーソナルコンピューターで実行する装置の開発をおこなった。装置は $1/2$ λ ダイポールアンテナを東西、南北に各8素子を水平方向に配置して、バトラーマトリクスによる位相合成でアンテナビームを形成し、その方向を切り替えて天空約 $\pm 45^\circ$ の範囲を東西、南北、各8本の扇状ビームで分割して約 30 MHz の周波数の宇宙電波雑音を観測する。得られた宇宙電波雑音電離層吸収現象 (Cosmic Noise Absorption) の観測データは A/D 変換してデジタル記録すると同時にグラフィック表示を行い吸収領域の移動方向と大きさをリアルタイムでモニターできる。

また、記録されたデータを再生編集し CRT にカラーグラフィック表示する、あるいはプリンターにグラフィック印刷する、などの QL 機能により観測サイトで簡易なデータ解析を行うことができる。

1. はじめに

従来、磁気圏物理現象の観測データは一部を除いて、長時間記録型アナログデータレコーダーで記録して持ち帰り再生して A/D コンバーターを通して計算機に取り込む、あるいは、A/D コンバーターが内蔵されたデータレコーダー、いわゆるデジタルデータレコーダーで記録して持ち帰り計算機に取り込む、などの方法が行われてきた。この方法は大容量のデータを詳細に総合的に解析できるが、結果を得るまでに時間を要し、解析結果を最適の観測条件を決めるために利用する事はできなかった。1987年、オーストラリア、ダリイ・リバーでのデッカ局の磁気共役点観測では、パーソナルコンピューターによる QL 機能を持つデータ収集装置を開発し観測を行った。観測サイトでデータの簡易解析が可能なることから、その結果をシステム設置時の調整および動作の可否判断、あるいは観測時の条件パラメータの設定変更の際、即時に反映させることができるなど、観測システムを的確に運転保守するのに効果を発揮した。

近年、パーソナルコンピューターは CPU 処理速度などのハードウェア性能の向上とともに外部マスストレージなどの周辺機器の充実、ソフトウェアの開発環境の向上により、より高度でコンパクトなデータ収集システムを構築することが容易になってきた。本システムでは、マルチビームのスキャン、自動キャリブレーションなどのコントロールと A/D コンバーターを駆動してデータをディスクに記録するデータ収集、そして、データの

リアルタイムカラーグラフィック表示等を割り込み処理により、一台のパーソナルコンピュータで実行している。また、データ収集を一時停止した状態では記録されたデータを編集再生してデータ解析を行い、結果をグラフィックプリンターに印刷することもできる。取り扱うデータ量は、ビームスキャン速度の設定により大幅に変化する。データ記録には通常、内蔵フロッピーディスクに収集されるが、ハードディスク、DATデータストレージなどの外部マスストレージも使用できる。このようなシステムをパーソナルコンピュータで構成できるのも、そのCPU処理速度あるいは描画速度の向上と周辺機器の充実による。ソフトウェア作製には、MS-DOS¹⁾上で稼働するCコンパイラ^{2) 3)}とマクロアセンブラ⁴⁾を使用した。本報告では、パーソナルコンピュータを用いた電離層吸収現象(CNA)のデータ収集とクイックルック画像化システムの開発について、そのソフトウェアを中心に報告する。

2. 観測システムの構成

オーロラと関連するCNA観測の空間及び時間分解能はオーロラの発生領域の大きさと移動速度を目安として決められる⁵⁾。高度90kmの電離層高において発光領域を10~50kmとすると天頂方向では、6.3~30度、45度斜め上方で3~12度の角度分解能を要する。また移動速度を3km/sとすると時間分解能は3.3~16.7秒を要する。ビームスキャン時のリオメーター受信機(増幅検波器)のレスポンスは100ms以下であるため時間分解能は問題ないが上述の角度分解能を満足するには16素子以上のアンテナアレーが必要である。しかし、システム構成の経費、観測サイトでのアンテナの建設労力、時間等の制約を考慮し、本マルチビームリオメーターとしては、要求性能をほぼ満たし、かつ、アンテナ構成が簡易な8素子による観測システムを構成した。アンテナ系は、極地研究所が1988年9月にグリーンランドに設置したものと同一である。

図1は、全システムの構成図である。観測周波数は29.95MHzで、アンテナ系は、1/2λダイポールアンテナを東西、南北に、各8素子を水平方向に0.65λ間隔で配置して、パトラーマトリクス⁶⁾による位相合成により、ビーム半値幅約11°で、天空約±45°の範囲を東西、南北、それぞれ8本に分割した扇状(ファン)ビームを形成する。半値幅11°の分解能は天頂方向の高さ90kmでは約17.5kmの空間分解能に相当する。パトラーマトリクスの位相合成出力は2系統の8チャンネル・スキャナーで順次切り替えられ受信機に導かれる。受信機はシングルコンバージョン型で、IF周波数10.7MHz帯域幅±100kHzであり、増幅度キャリブレーションのための信号源を内蔵している。受信機によって2乗検波された2系統の信号は、最大長300mの多芯ケーブルで屋内のデータ収集部に供給される。また、スキャナーへのビームスキャンコントロール信号と増幅器へのキャリブレーションコントロール信号もこのケーブルで、データ収集部よりインターフェース部を経由

して供給される。

データ収集部は、NEC製パーソナルコンピュータPC9801シリーズに、A/Dコンバーターボード（カノープス社製 ANALOG-PRO 8チャンネル 12bit）と、パラレルI/Oボード（アドテック社製 AB98-04A）を装着し、データ収集と各種コントロールおよびデータ解析と画像化をプログラマブルに実行する。

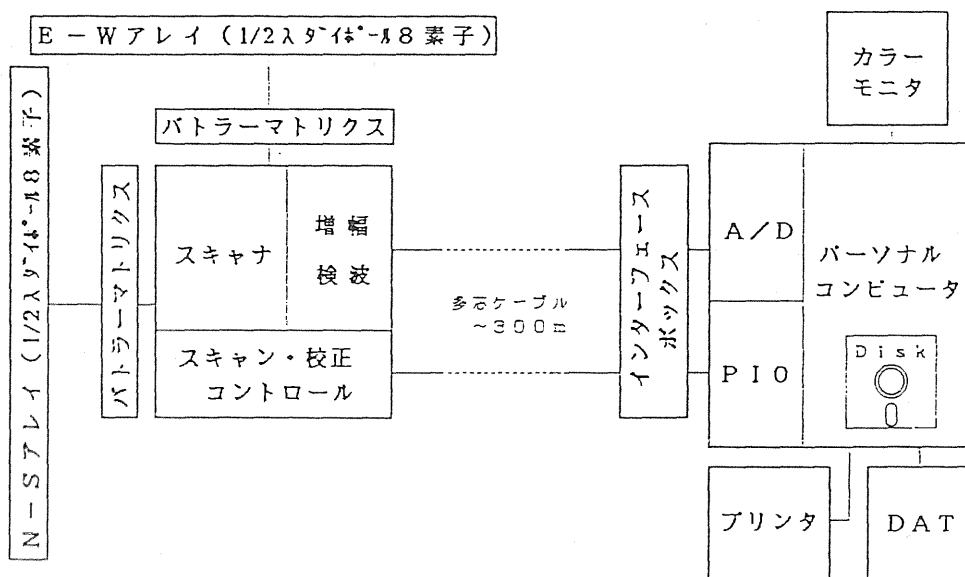


図1. システム構成

PC9801シリーズは、V30 (8086)、80286、80386と処理能力が大幅に異なるCPUを搭載した各種モデルがあるが、本システムのプログラムはデータ収集とコントロールおよびリアルタイム画像化の同時処理が、V30モデルでも充分可能な範囲になるよう設計したので観測条件により、どのモデルを使用するか選択できる。同様に、データ記録メディアもフロッピーディスク (1.2MB¹付)、ハードディスク (40MB¹付) または、DATデータストレージ (1GB¹付) 等を選択できる。QL機能を重視するなら80386を使用したモデルにDATデータストレージとカラーCRT、グラフィックプリンターを接続して使用するが装置が大きくなる。装置の輸送等を考慮した最小システムでは拡張スロットを2個有するラップトップ型でも可能である。極域多点観測計画の一環として、1989年9月、スピッツベルゲン・ニーオルソン基地 (NY-ÅLESUND) に設置したシステムでは、PC9801UV11に液晶ディスプレイを接続し、内蔵3.5インチフロッピーディスクにデータ記録を行うコンパクトな構成である。

3. コントロールプログラム

観測システムのシーケンスコントロールはパーソナルコンピューターが行い、その手順とパラメータはプログラム起動時に「パラメータ設定ファイル」を読み込み決定される。起動後も操作メニューにより適宜変更できる。特殊な操作を除き、機能選択、パラメータ設定、など各階層ごとにポップアップメニューが表示され選択指示するだけでよい。プログラムの構成概略を図2に示す。

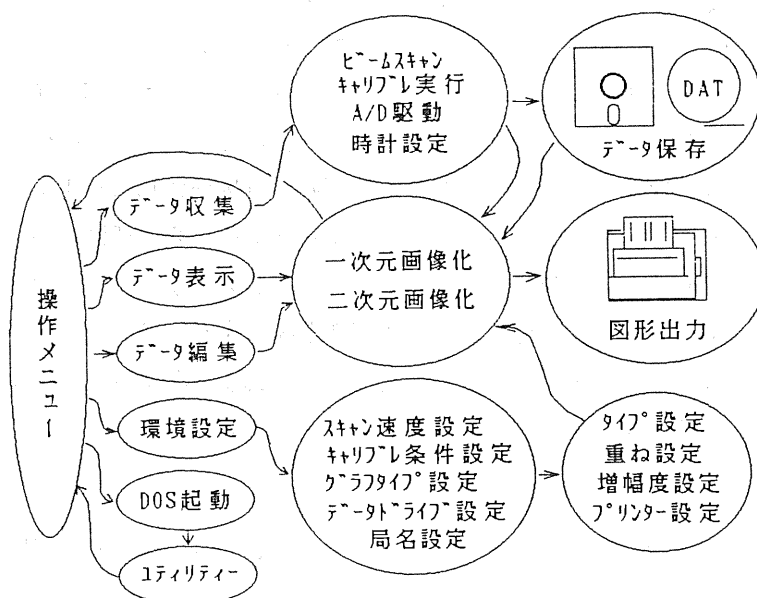


図2. プログラム構成概略

(1) ビームスキャン： ビームスキャンは、東西、南北の2系統のアンテナ系を同時に北から南と西から東へ8ステップで行われる。ステップ切り替えと同期して、A/Dコンバーターによりデータのサンプリングを行うが、増幅器と検波器の過渡応答特性によるステップ切り替えの擾乱がおさまった時点より以後にデータのサンプルを行わなければならない。また、スキャン速度は、アンテナビーム特性による空間分解能とともに吸収領域の移動検出分解能を決定する。必要時間分解能と増幅検波器のレスポンスを考慮して設定可能な最大スキャン速度を決定し、スキャンコントロールはデータサンプリングの完了した直後、ステップ切り替えを行うようにする。サンプルデータ数は1ステップで2データ、1スキャンでは16データになる。スキャン速度の設定により収集データ容量も変化する。観測条件により選択設定する。設定範囲は、1.6秒・3.2秒・4秒・8秒・16秒・32秒で、1.6秒スキャン時の1ステップ時間は、200mSになる。

(2) キャリブレーション： 増幅検波系のキャリブレーションのため、レベルをステップ状に4レベル変化させた信号を設定時間間隔で注入する。時間間隔設定は、00時を基準にして何時間毎かを設定し、設定範囲は、1時間・2時間・3時間・4時間・6時間・12時間・24時間で、たとえば、12時間を設定すると、00時と12時にキャリブレーションが自動実行される。1ステップあたりの継続時間長も、5秒・10秒・30秒・60秒の範囲で設定できる。

(3) データ収集： 2系統のアナログ入力データは、ビームスキャンの1ステップごとに起動される割り込みルーチンによりA/D変換されデータバッファに書き込まれる。データバッファは、データ取得とデータ保存用に各1ブロック長がメインメモリに割当てられ、データ取得バッファが満たされるとデータ保存バッファに転送しディスク書き込みルーチンを起動する。この時、データ解析も並行処理されCRTにグラフィック表示される。データファイルはタイムスタンプによるファイル名と観測地名(局名)の3文字による拡張子で作製し、日付けが変わるとファイル名を更新して、1日1ファイルのデータファイル作製を行いながら収集データの記録を実行する。データファイルは、つぎのようなフォーマットのブロックデータの連続で作製される。各ブロックはブロック長固定で、ヘッダーと15スキャン分のデータから構成される。

ファイル名 YYMMDDHH.STN {YY=年、MM=月、DD=日、HH=時、STN=局名}

ブロック Header	HH MM SS SL SH ·· ·· ·· ·· ·· ·· ·· ·· ·· ·· ·· ··
Scan 1	Y1 X1 Y2 X2 Y3 X3 Y4 X4 Y5 X5 Y6 X6 Y7 X7 Y8 X8
...	... Scan 2 to 14, same above ...
Scan 15	Y1 X1 Y2 X2 Y3 X3 Y4 X4 Y5 X5 Y6 X6 Y7 X7 Y8 X8

{HH|MM|SS=タイムスタンプ、SL|SH=スキャンレート(x10mS)、Xn|Yn=信号データ}

4. 画像化プログラム

(1) 時系列グラフ表示：直交ファンビームによるスキャンで得られた強度データの経時変化を描く。観測現象の概略を見るために、また、装置設置時のアンテナ系の極性、増幅系の接続等の可否確認に有用である。東西面と南北面の各8ビーム、計16ビームの強度データを、CRT画面縦軸に時間を横軸に強度を設定して2系統8列のドットグラフで描画する。画面を左右に2分割して2系統を列相互のオフセットを30ドット、フルスケールを90ドット相当で表示する。データ重ねを1、4、8、16のステップで設定できるようにし、強度データは、その間の平均値を用いる。1データ毎にプロットし、急激な変化も表現できるようプロット間を直線で補間する。描画位置が画面下端に達したら16データ毎にスクロールしながら描画する。(図6の上段左に表示例を示す)

また、データの編集表示機能を実行する時プリンターONの設定を行うと、CRT表示と同時にプリンターへもグラフィック印刷が出力できる。プリンター出力の例を図3に示す。

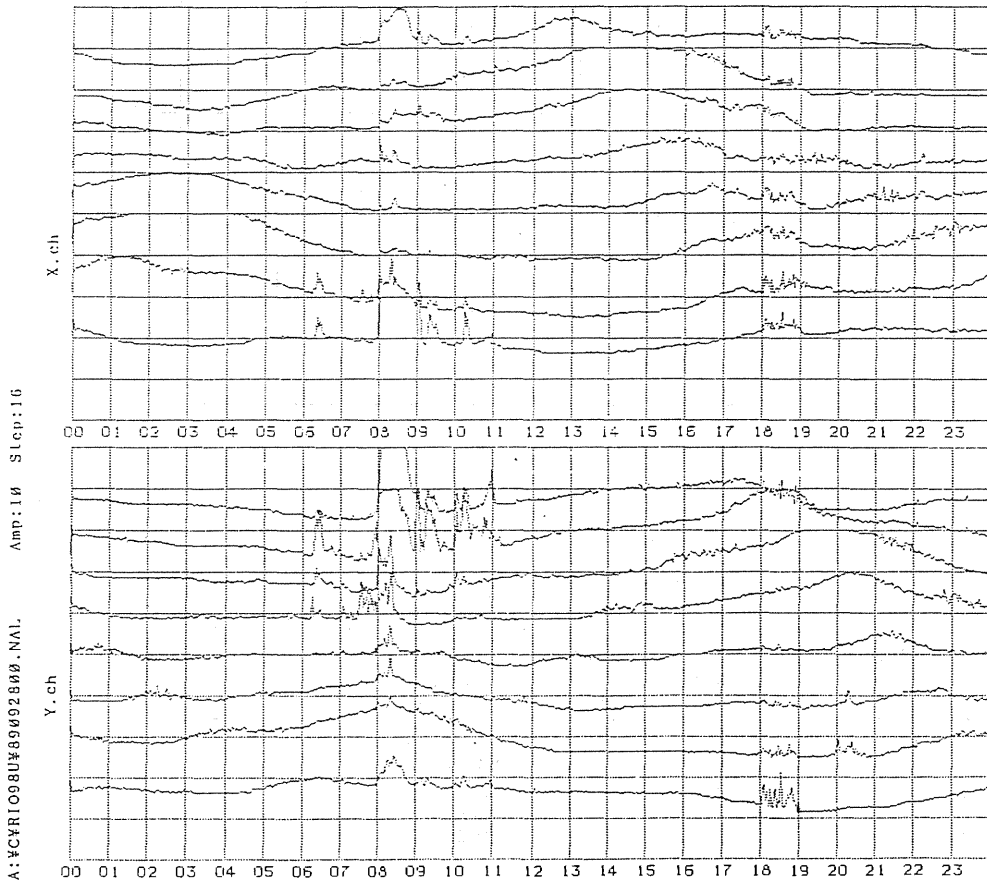


図3. 時系列グラフ・プリンター出力例 (ニイカツ 28/Sep.-89')

(2) 2次元画像表示： 天空約 $\pm 45^\circ$ の範囲をビーム半値幅 11° で8分割した直交ファンビームによるスキャンで得られたデータを2次元カラー画像で表現する。

縦横8分割した64画素へ、各画素の強度データに応じたカラーで描画するが、図4に示すようにビーム方向により領域分解能が異なる。吸収層高度を90kmとした時、ビーム半値幅による領域は、天頂より傾斜するのに従い順に約18、20、26、36kmとなり、それにしたがって各画素の大きさも広がってくる。

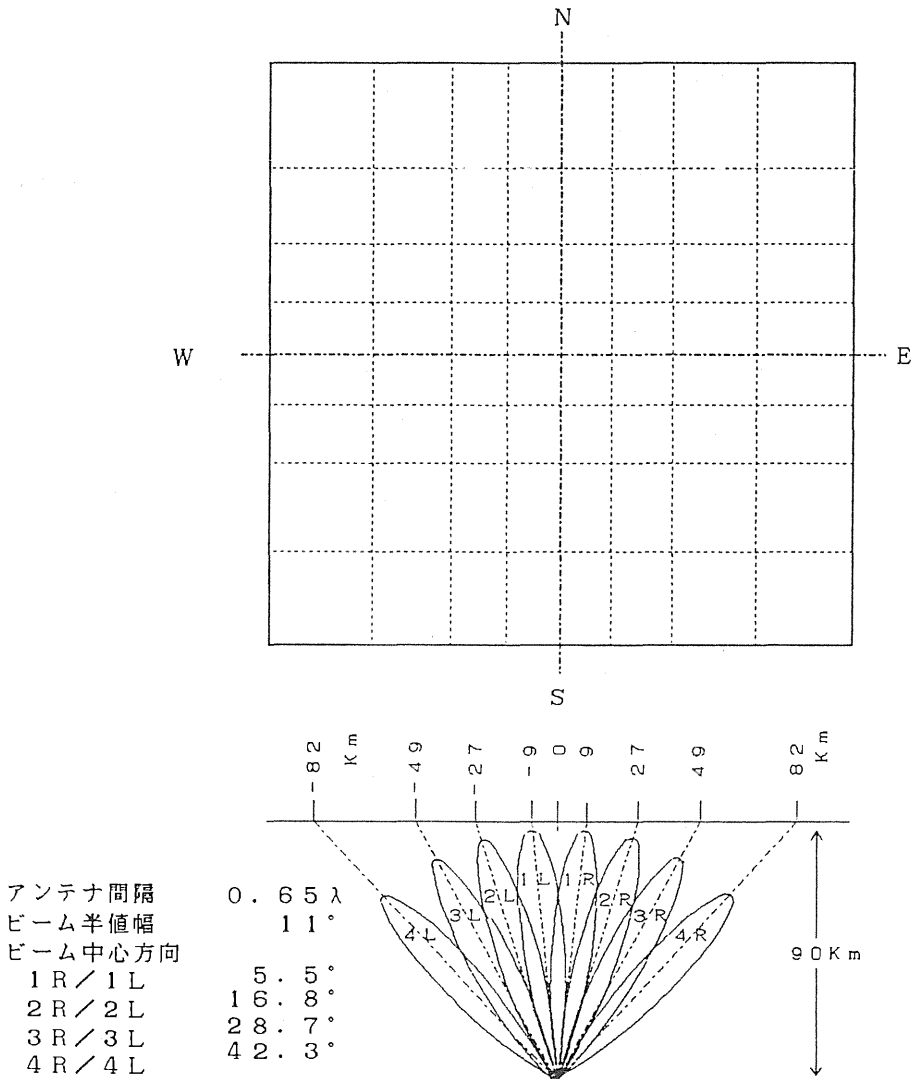


図4. 2次元画像表示座標

1画素の強度は、ビームスキャンにより得られた2組の一次元データ列からの縦横交点相互の演算で求める。この時、データ重ねを $1 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 30$ のステップで設定できるようにし、強度は、その間の平均値を用いる。強度を表現するのに色相により寒色系から暖色系へ順次割り当てていく。使用したコンピューターのグラフィック機能は、 640×400 ドットで、16色であるが、色の種類を多くするより4~5色として、階調はドット比率を変化させるタイリングパターンによる表現のほうが認識しやすい画像が得られる。また、画像のハードコピーに安価なカラードットインパクトプリンター(4色リボンによる加色混合)を使用するのも都合が良い。青、水色、黄色、赤の4色を16階調のタイリングパターンに従い混合することにより、寒色系から暖色系へ64階調スケールのカラーパターンができる。

こうして、各画素をその強度データに応じたカラーパターンで描くことにより2次元イメージが描画できる。カラーパターンデータは各画素を描画する毎に演算により求めると描画速度が遅くなる。速度を考慮してパターンデータは、プログラム初期化時にあらかじめデータ配列を作製しておき描画時に参照するようにした。データ配列は、横8ビット縦4ビットの64階調色タイリングパターンデータで、画素の面積に応じて4ビット単位で参照される。また、前述の画素の面積補正についても描画速度を考慮して4ビット単位で行うため8:8:12:16となっている。

CRTへのカラーグラフィック表示は1画面に、1コマの描画寸法を 88×88 ドットとして横5コマを3行、計15コマ分を同時に表示するタイプと、1コマを 184×184 ドットとして1コマのみを連続的に表示するタイプが選択できる。

ニーオルソンで観測されたデータの二次元画像表示の例を図5と6に示す。各図はビームスキャン速度8秒の設定で収集されたデータを1画面15コマ分表示するタイプでデータ重ね設定を30として描画した。画面上方のステータス表示ライン中央に表示されているデータファイル名(前述3.(3))が観測地と観測日時(右に表示しているのは現在時刻)を示している。各コマ左上に表示されている数値は観測の、時:分:秒を表している。また、画面下方には64階調カラースケールが表示され寒色系(青)がデータ強度弱、暖色系(赤)がデータ強度強を表している。

図5は、電離層活動の比較的静かな状態の時で(観測日1989年9月28日、図3.時系列表示例を参照)、宇宙電波雑音発生源の位置が時間と共に移動する様子が観測されている。その時間的位置と移動方向が正しいことから、設置された装置が正常に作動していることが確認できる。

図6にCNA現象が観測された一例として、1989年9月29日11時~15時(UT)のデータを示す。(図上段左は同日11時~21時(UT)の時系列グラフを参考の為、表示した)

5. おわりに

二次元画像化プログラムで、基本的なパターンのテストデータを描画させてシステムの機能試験を行ってみると、改善しなければならない幾つかの問題点がある。システムの空間分解能に近い比較的小さな範囲の吸収領域の場合、移動方向は明確に検出できるが縦横に尾を引いた像となる、斜め方向に楕円状に広がった領域の場合、その形状が特定できない、等、アンテナ系が直交ファンビームであるための欠点が見られる。アンテナ系を8素子8列に増加しペンシルビームとする等でも解決できるが、ハードウェアの負担増は大きい。直交するビームの一次元吸収量分布データから二次元分布像へ、より妥当な展開を行うソフトウェアの開発が今後の検討課題である。また、宇宙電波雑音分布（バックグラウンドレベル）の経時変化を差し引いて表示すると、吸収領域をより明確に表示できる。そのためには、ある程度の期間、観測を行い経時変化のデータテーブルを作らなければならない。できるだけ短期間の観測でデータテーブルが、観測サイトで作製できるソフトウェアの開発も必要と考えている。

謝辞

本システムを開発するにあたって御指導頂いた当研究所の田中義人教授、西野正徳助手に、アンテナ系の製作調整を担当して頂いた加藤利郎技官、石田善雄技官に、画像化プログラム開発に際して助言を頂いた国立極地研究所の山岸久雄助教授に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 「MS-DOS3.1™プログラマーズリファレンスマニュアル」、日本電気株式会社
- 2) 「Lattice C Compiler Ver.4.1 Reference Manual」、Lattice, Inc.,
- 3) 「C-TOOL/98(Lattice C Compiler library) User's Manual」、Lifeboat, Inc.,
- 4) 「マイクロプロセッサ-5.1 プログラマーズガイド」、日本電気株式会社
- 5) 山岸久雄、菊池崇、「掃天型リモメーターの開発」、南極資料第33巻第1号17頁
- 6) Butler, J. and Lowe, R. (1961) : Beam forming matrix simplifies design of electronically scanned antennas. Electron. Des., 9, 170.

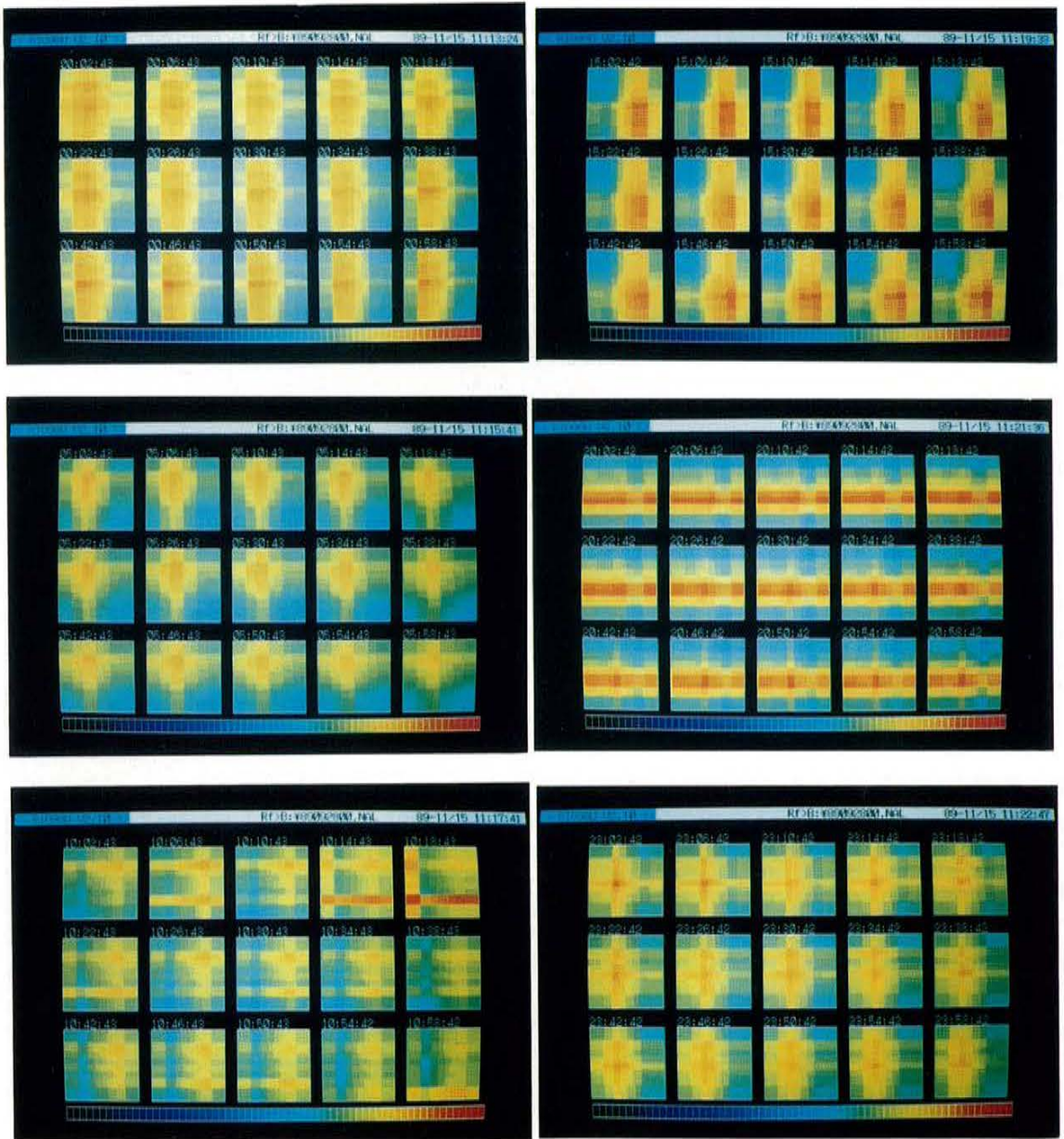


図5. 二次元画像表示例 (ニイ-ルツ 28/Sep.-89')

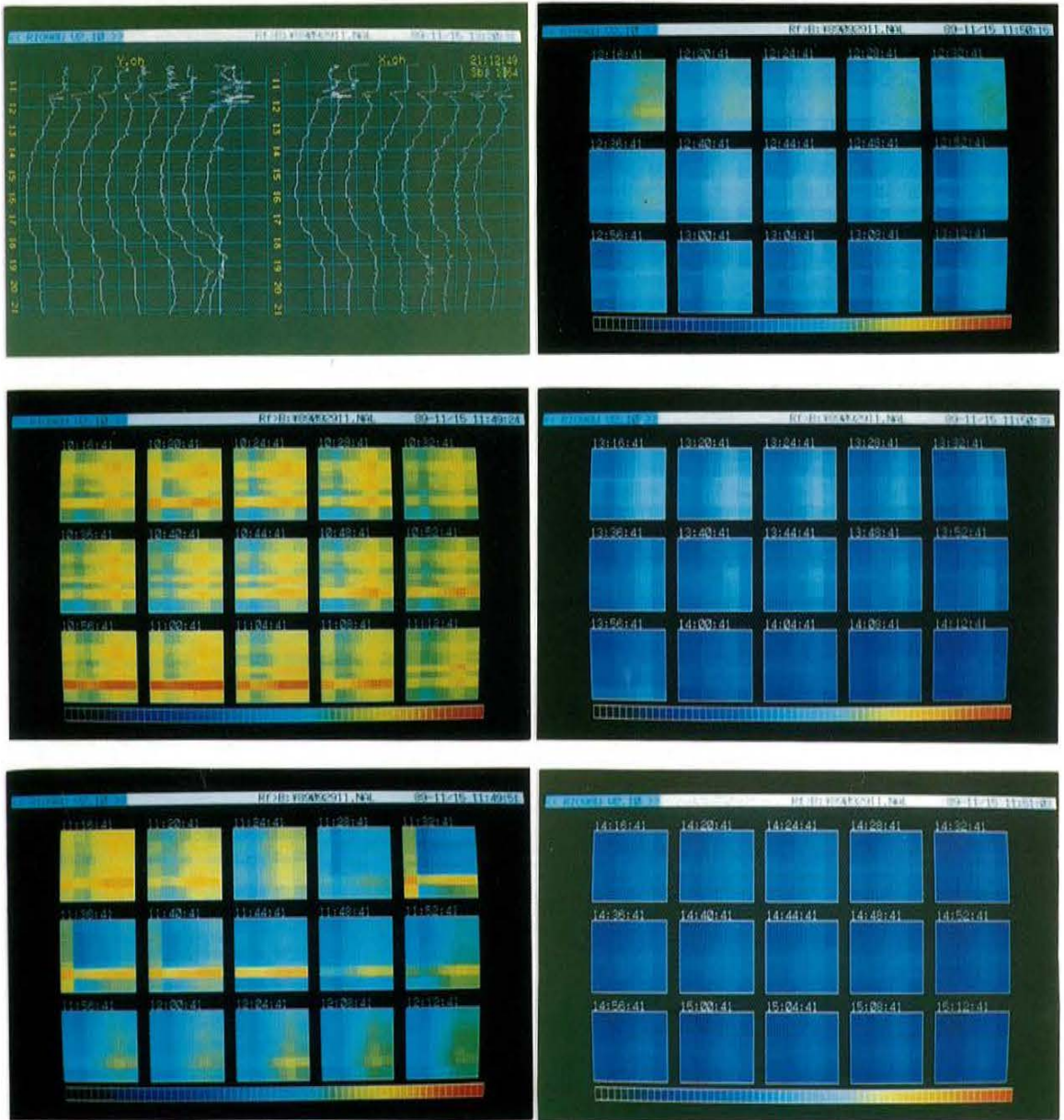


図6. CNA現象観測例 (ニイカフン 29/Sep.-89')