

電子計算機を用いた R. I. イメージの表示

福 久 健二郎 飯 沼 武

緒 言

近年, R. I. イメージングに電子計算機が用いられ各種のデータ処理が行なわれている⁽¹⁾⁽²⁾. その中で一つの重要な要素は処理された R. I. 像を如何によく表示するかという点にあることは周知の通りである. 電子計算機の出力機器を用いた像の表示においては過去の R. I. イメージ装置の記録部(スキャナにおけるドット・スキャンやフォト・スキャンおよびカメラにおけるCRT) に比していくつかの利点がある. それらは先ず測定された R. I. 像が計算機のメモリーに保存されているため, 元の画像情報を失わずに表示条件(コントラストや表示する場所など)を自由に变化できること, 次に条件が異なった像を眼で見ながら短時間に何回も更新できることなどである.

われわれは昨年度, R. I. イメージのデジタル収集と処理を行なうためオン・ライン計算機システムを導入し現在スキャナのデータ処理をルーチンに行なっているが⁽³⁾, データ処理プログラムの一つとして医師の診断に必要な R. I. 像を表示する各種のプログラムを開発した. 表示機器としてはリアル・タイムで表示を行なう CRT 表示装置, バッチ・ジョブ的な表示を行なうライン・プリンタとカーブ・プロッタを用いている. 本論ではそれらに R. I. 像を表示するための表示プログラムについて論ずる.

計算機の構成と表示装置

放医研の計算機システムは東芝製 TOSBAC-3400 Model 31 を中心としたコア・メモリー16K語, 1語24ビット+パリティ1ビットの中型システムで, ディスクバックベースのステップバイステップ・マイクロプロ

放放射線医学総合研究所

受付: 1971年7月

別刷請求先: 千葉市穴川4丁目9番1号

福 久 健二郎

飯 沼 武 (〒 280)

ラム方式である. Fig. 1 にその構成図を示す. 本システムは1970年2月より移動しスキャナやヒューマン・カウンタのデータ処理に使われている. 以下, 構成図をもとに表示装置とそれに関連する機器につき特徴を述べる.

(2-1) DAC 系 (特に CRT 表示装置)

DAC は Direct Access Controller (直接入出力制御装置) の略で, 本システムのオン・ライン機能をつかさどる. 主に高速な放射線パルスを収集するために中央演算処理装置 (CPU) の命令を介さず, ハード的に直接コア・メモリー (CM) の読み書きを可能にする装置で一種のプロセス制御の働きをする. この系のもとに表示制御装置 (DISP C), 通信制御装置 (COC), タイマー (TM) およびデータ収集用の各装置が接続されている. これらのうち, 表示制御装置と通信制御装置は当研究所病院 R. I. センターに設置したオン・ライン端末機器である CRT 表示装置 (CRT) と入出力タイプライタ (IOTW) の制御を行なう.

IOTW はプログラム・コール (磁気ディスク (DK) に登録されているプログラムをその名称で呼び実行させること) およびプログラム中のパラメータのセットや分岐点の決定に使われるほか, 特定番地のコア・メモリーに直接データを書いたり, ダンプアウトしたり, オン・ライン・ジョブ実行中のチェックにも活用されている. 例として後述の CRT 表示プログラムで出力されたメッセージおよびそれに対してキーンされたメッセージならびにコア内容の変更を行なった際のメッセージを Fig. 2 に示す. =記号と*記号が先頭についているメッセージが DAC 系のモニター (Group X 割込という) によるもので, =が割込要求, *が割込受理を表す. メッセージの内容については後述するが, ここで見られるように CRT 表示は IOTW による実験者と計算機の対話形式で進められる.

CRT 表示装置は有効視野 $8 \times 8 \text{ cm}^2$, point 方式による表示で速度 $5 \mu\text{sec/point}$, point の X・Y 座標は各々10ビット (1024点) が指定可能, 輝度レベルは4レベル+暗の5段階である. CRT 表示用の標準サブプログラム

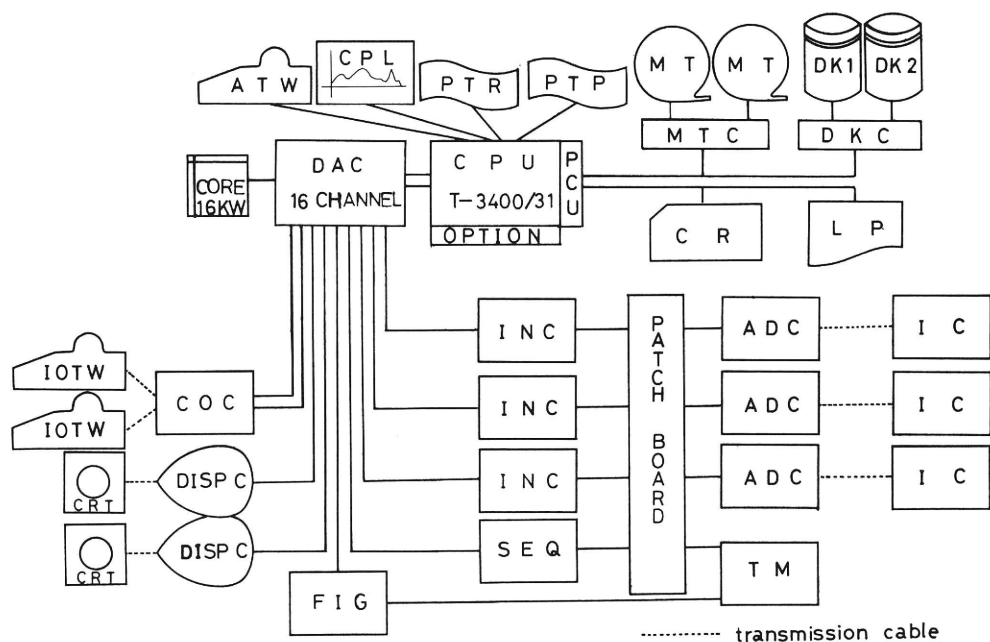


Fig. 1 放医研オン・ライン電子計算機システムのブロック構成図

CPU: 中央演算処理装置, TOSBAC 3400 Model 31

DAC: 直接入出力制御装置

CORE: コア・メモリー 16K語

IC: インピーダンス変換器

ADC: アナログ・デジタル変換器

TM: タイマー

INC: インクリメント装置

SEQ: シークエンス装置

FIG: 固定情報発生装置

COC: 通信制御装置

DISP C: ブラウン管表示制御装置

IOTW: 入出力タイプライター

CRT: ブラウン管表示装置

PCU: 優先度制御ユニット

CR: カード読取機

LP: ライン・プリンタ

MTC: 磁気テープ制御装置

MT: 磁気テープ装置

DKC: 磁気ディスクバック制御装置

DK: 磁気ディスク・バック装置

ATW: コンソール・自動タイプライター

CPL: カーブ・プロッタ

PTR: 紙テープ読取機

PTP: 紙テープせん孔機

```

=start di11
*START DI 11 yes } (割込みによる表示プログラム (DI 11) のスタート)
WRITE END OR NO
no
WRITE INFORMATION X-CHANNEL, Y-CHANNEL=2I5 (全体の絵素数)
85, 85,
85 85 WRITE YES OR NO
yes
WRITE DISPLAY LENGTH FOR X AND Y-CHANNELS =4I5 (表示する絵素数)
11, 74, 11, 74,
X-DISPLAY CHANNEL=11 TO 74, AND Y-DISPLAY CHANNEL = 11 TO 74, WRITE YES OR NO
yes
MAX COUNT = 506 MIN COUNT= 406 WRITE ANGLE, DIRECTION AND BRIGHTNESS LEVEL
= 6I5 (パラメータの設定)
90, 1, 500, 490, 450, 406,
90 1 500 490 450 406 WRITE YES OR NO
yes
ANGLE=4342, DIRECTION=4342, BRIGHTNESS LEVEL=4344—4347 AND FULL SCALE=4350
=write 4346//470 } (割込みによるパラメータ変更. 輝度レベルのうち, 中輝度を450より470カウントに変更)
*WRITE 4346//470
yes
=write 30014//0 } (次のイメージを表示するため DI 12 を終了, DI 11 にもどる)
*WRITE 30014//0
yes
WRITE END OR NO
end (表示プログラム終了)

```

Fig. 2 CRT表示プログラムにおける入出力タイプライタの対話型メッセージ.

小文字は実験者側の入力メッセージ.

大文字は計算機の出力メッセージ.

は起動, 停止, 点, 直線, 円, 文字, 1次元波高分布および2次元波高分布データ配列, 輝度変調ならびにデータクリヤなどを含む. Fig. 3にCRTとIOTWの写真を示す.

(2-2) カーブプロッタ (CPL)

有効面積 25cm×34cm, 300step/sec, 標準ステップが0.2mmのX-Yレコーダでコンソール接続機器である. 基本ルーチンとしてのペンの up, down, position 移動, 原点決定などがあり, 応用ルーチンとして FORTRAN 入出力ルーチンとリンクをとり, 通常の write 文で文字を画くことができる. 他に線, 円, アルキメデスらせ線, 格子などがある. 本機は極めて低速のため像を描くのに

時間がかかるので将来は磁気テープを用いたオフライン機器として使う考えである.

(2-3) ラインプリンタ (LP)

132字/行, 印字速度435行/分のラインプリンタで活字並びはチェンベルト方式を用いている. 本ラインプリンタは速度はおそいがチェンベルト式のため活字の上下ずれが少なく, 重ね打ちによる R.I. 像のプリントアウトに適している. 活字は英数字と特殊文字24種類の計60種類で, そのうち FORTRAN では48種類が使用可能である. R.I. 像のプリントには・, O (オー) 0 (ゼロ), I, +, *, H, X など左右上下対称形の文字が有効である.

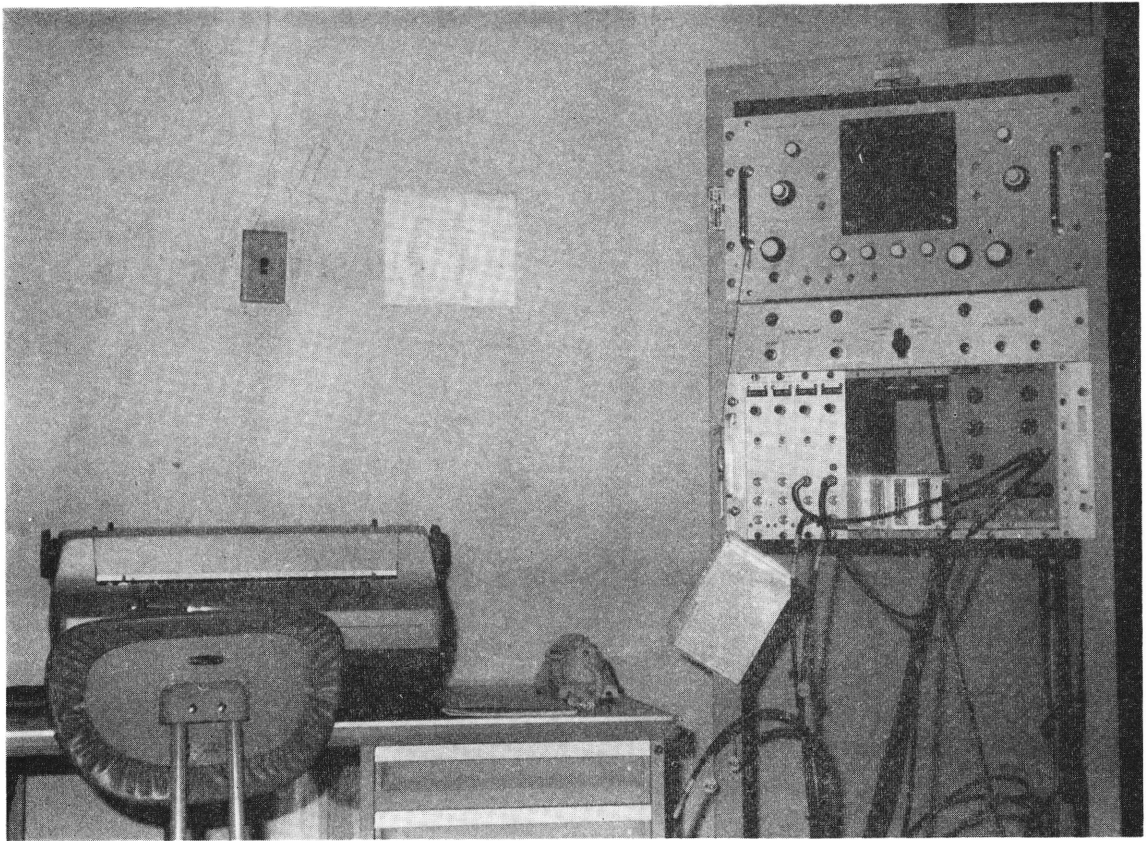


Fig. 3 入出力タイプライターとCRT表示装置の外観.

表示用プログラム

(3-1) ブラウン管表示 (CRT 表示)

ヒューマンカウンタおよび病院 R.I. 診療センターにオンライン用の CRT 表示装置を導入した。この装置は計算機室にある A/D 変換器の測定開始前の設定、測定中のデータ入力状況のモニターならびに測定終了後の R.I. 像の表示に利用されている。本節では CRT 表示装置による 2 次元的な表示について論ずる。

まず、表示方法として以下の 3 つの方法を考えた。

(i) 輝度変調による平面的なパターン (ii) R.I. 像の各絵素の X・Y 座標とその計数値 Z に対応した立体的な 3 次元表示 (眺観図表示) ならびに (iii) R.I. 像の断面を示す 1 次元表示である。これらの 3 つの表示は X・Y 面を見る角度の変化によるものであるから、見かけの X・Y 面の X 軸に対する角度指定を変えることで行なうことができる。更に眺観図の場合には見る方向を変えるこ

とにより形態異常が発見しやすい画像をうるできるので (特に脳スキャンのような場合)、90°毎に視方向を容易に変えられるように考えた。

次に表示用のパラメータとして次のものを定義する。X・Y 面の X 軸に対する角度 θ 、フルスケール F、X 方向および Y 方向の絵素の数を各々 M と N (すなわち画像全体の絵素数は $M \times N$)、方向 D および輝度レベル 4 段階 B_1, B_2, B_3, B_4 とする。

前述の 3 つの画像表示法を満足させるため、座標 (X, Y) の絵素 (カウント数: Z) に対応する CRT 面上の表示点の座標 (X' , Y') を以下の式で表わす。

(a) 角度 $\theta = 0^\circ$ ((iii) の断面表示に相当)

$$X' = \frac{1024}{N} \cdot Z \quad (1)$$

$$Y' = \frac{1024}{F} \cdot Z \quad (2)$$

(b) 角度 $\theta = 90^\circ$ ((i) の平面表示に相当)

$$X' = \frac{1024}{M} \cdot X \quad (3)$$

$$Y' = \frac{1024}{N} \cdot Y \quad (4)$$

CRT 表示の場合、M、N および F は CRT 面上でフルスケールの 1024 に規格化される。

(e) $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ((ii) の眺観図表示に相当)

この場合は座標変換の方法として各種考えられるが、われわれは最も単純な方法を採用した。すなわち、Fig 4 に示すように Y 軸の見かけ上最も奥の点が座標 (0, 1024)。

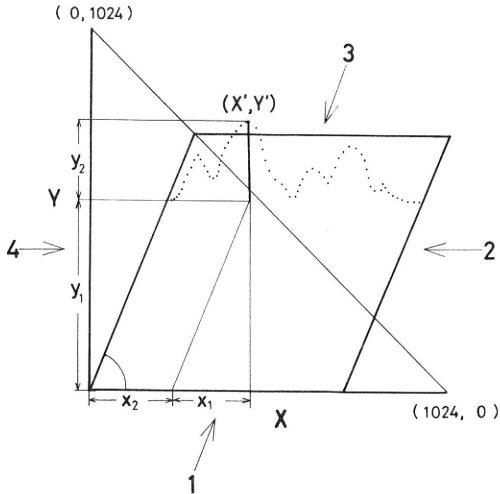


Fig. 4 CRTにおける眺観図表示の座標変換説明図。

1024) と (1024, 0) の対角線上を移動するようにすると、角度 θ における座標 (X, Y) の絵素 (カウント数: Z) の CRT 面における座標 (X', Y') は次式で与えられる。

$$X' = 1024 \left(\frac{X \cdot \sin \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)M} + \frac{Y \cdot \cos \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)N} \right) \quad (5)$$

$$Y' = 1024 \left(\frac{Y \cdot \sin \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)N} + \frac{Z \cdot \cos \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)F} \right) \quad (6)$$

ここで

$$x_1 = 1024 \frac{X \cdot \sin \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)M} \quad x_2 = \frac{1024 \cdot Y \cdot \cos \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)N}$$

$$y_1 = \frac{1024 \cdot Y \cdot \sin \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)N} \quad y_2 = \frac{1024 \cdot Z \cdot \cos \theta}{(\sin \theta + \cos \theta)F}$$

とおくと、Fig. 4 に示した値に対応する。

(5), (6)式は前述 (ii) の条件を満足し、 $\theta = 0^\circ$ および 90° の時は式 (1), (2) および (3), (4) になることが判る。

次に方向 D については Fig. 4 に示したように、1 ~ 4 の 90° づつ変化する 4 つの方向を考える。方向 D = 1

における絵素の座標 (X_1, Y_1) は D = 2 において対応する座標 (X_2, Y_2) と以下の関係にある。

$$X_2 = Y_1 \quad Y_2 = M - X_1$$

D = 3 と D = 4 における対応する座標を (X_3, Y_3) および (X_4, Y_4) とすると、

$$X_2 = M - X_1 \quad Y_3 = N - Y_1$$

$$X_4 = N - Y_1 \quad Y_4 = X_1$$

となり、極めて単純な変換でよいことになる。従って前述の角度 $\theta = 0^\circ$ の場合 (断面表示)、D = 1 から 2 または 1 から 4 へ方向を変化してやれば、X 方向の断面が表示できることになる。

上記で計算された表示点は 1 語の 24 ビット中、4 ビットを輝度 (Z に応じて $B_1 \sim B_4$ を任意に割り当てる)、10 ビットを X' 、10 ビットを Y' の情報としてバックしてコアメモリーに記憶し、 X' と Y' に対応する CRT 面上にその絵素の Z に応じた輝度を有する点を表示する。

実際の表示プログラムは角度、方向、フルスケールなどのパラメータを迅速に変化して各種の異なった画像をオンラインで表示するため以下の諸点を配慮して作成した。(Fig. 5 (a) 参照)

- (1) R.I. 像のデータ (image data) をコア内に保存する。
- (2) プログラム・リンクにより表示データ (CRT point) を常時変化させる。

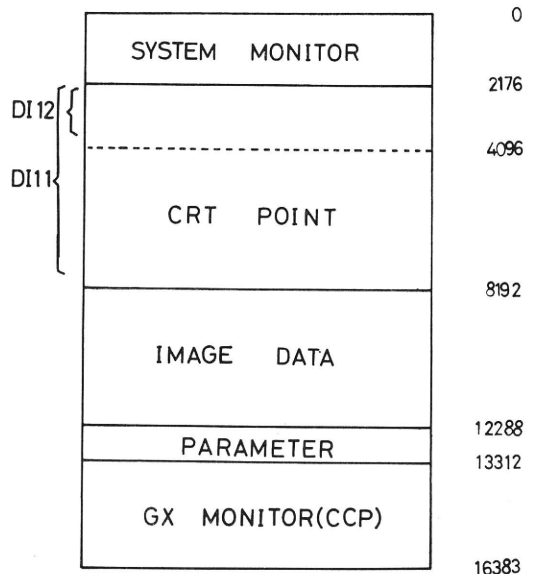


Fig. 5 (a) CRT表示プログラムおよびイメージ・データのメモリー配置。

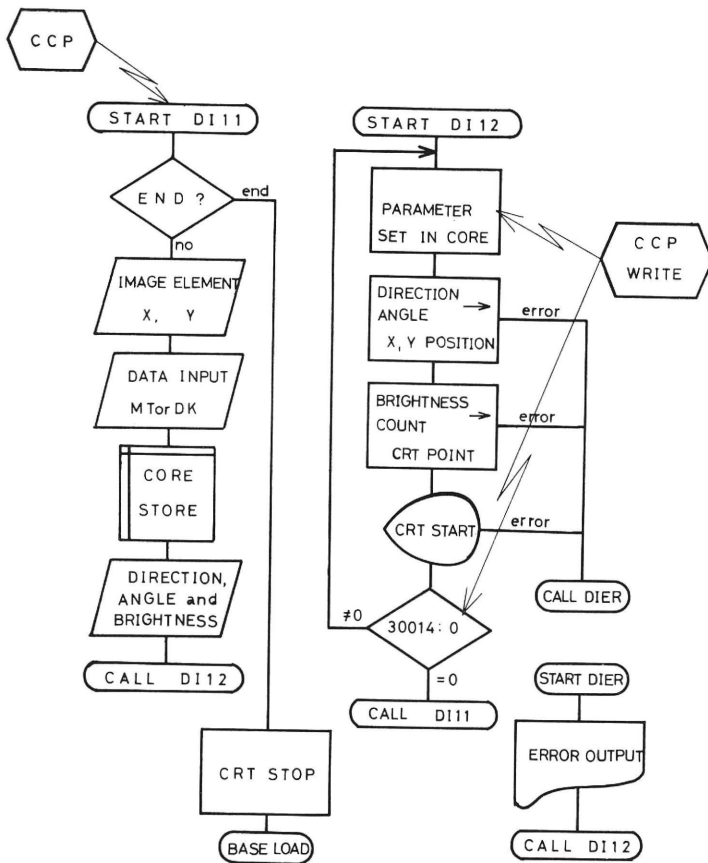


Fig. 5 (b) CRT表示プログラム (DI11 と DI12) のブロックフローチャート.

(3) パラメータ (parameter) は連続したコアの番地に確保する.

(4) エラー発生時には必ずこれを解除するルーチンに入る.

全体のプログラムは3つのサブ・プログラムからなり、第1のサブ・プログラム (DI11) では磁気ディスク (DK) や磁気テープ (MT) からデータをコア・メモリー (CORE) に転送すると共に、方向 (DIRECTION)、角度 (ANGLE) および輝度レベル (BRIGHTNESS) などのパラメータを特定の番地のコア・メモリーに確保するなど、全ての入出力作業を行なう. 第2のサブ・プログラム (DI12) は上記のデータやパラメータを用いて実際に CRT に表示を行なうもので、命令語数をできるだけ少なくするように配慮した. 第3のサブ・プログラムはエラー発生時の処理ルーチンである.

Fig. 5 (b) には全体のフロー・チャートを示す. 先ず DI11 は入出力タイプライタ (IOTW) からの割込

み (CCP) によってプログラム名をキ・インすればスタートできる. (以下 Fig. 2 も参照) 続いて END 可否かと計算機側からタイプライタしてくるので、それに対し END とキ・インすれば、CRT 表示を停止 (CRT STOP) して終了する. オンライン実行中は計算機が実際にジョブを行っていない時でも常に割込みが受け付け可能なベースロード状態 (Base Load: B. L. と略) にある. END 以外の文字をキ・インし、次に R.I. 像データの X および Y 方向の絵素数 (IMAGE ELEMENT X, Y) をキ・インすると、その絵素数に応じて前もって DK または MT に記録されている像データを読み (DK READ または MT READ), コア・メモリー中の8192番地から12287番地までの4096コメモリーにデータを転送する (CORE STORE). 続いて各種パラメータ (方向、角度および輝度レベル) を12289番地以降のメモリーに IOTW によってセットし、第1のプログラム (DI11) を終了、第2のプログラム

(DI 12) が呼ばれている。

DI 12 では DI 11 でセットされたパラメータを使って前述した計算を行ない、4096番地より8191番地までの4096コのメモリーに表示データ (CRT POINT) を作り、CRT 表示をスタートするというルーチンをエンドレスにまわる。尚計算に必要なパラメータのうちフルスケールは DI 11 において像データの最大値を求めその値を使う。像の表示を止めて新しい像データを読む時は8進数で30014番地のメモリーに0を IOTW よりキィ・インすると DI 12 を終了して再び DI 11 にもどる。

エラー処理用のプログラムはセットしたパラメータが実行不可能な場合 (例えば角度が 90° 以上とか、方向が4以上の指定を行なった時) エラー・メッセージを IO

TW に印刷して、もとのパラメータ値を保存したまま DI 12 の実行を続ける。また DI 12 実行中にパラメータを変化したい時は IOTW からの割込み (CCP) によって、それらを自由に変えることができるので、表示条件の異なった画像が数秒で表示可能である。(Fig. 2 に示した例では輝度レベルの1つを変更している。) この表示プログラムを完全に停止する場合には前述の DI 11 における END をキィ・インすればよい。

本表示プログラムはオン・ラインのジョブとして磁気ディスクに登録されており、DI 11 は FORTRAN で約180ステップ、約5K語、DI 12 はマクロ・アセンブラーで約100ステップ、約600語であった。

以下に CRT 表示の実例を示す。先ず Fig. 6 は CRT

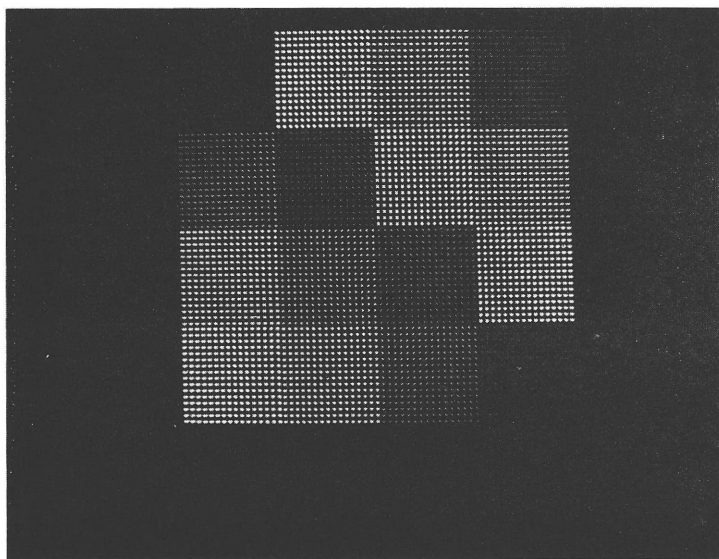


Fig. 6. CRT表示装置の輝度レベル調整用のテスト・パターン。

のテスト・パターンで4つの輝度レベル (特大, 大, 中, 小) を調整するためのもので、各輝度をサイクリックに表示している。Fig. 7 は臨床例で ^{99m}Tc 10mCi 投与後の脳正面スキャン像に対しウエイトをもつフィルターによる smoothing を行なった後表示したものである。左上の図は $\theta=90^\circ$ で4レベルの輝度により計数値の大きい部位を明るく表示した像で、前述 (i) の平面表示に対応する。右上は前述 (iii) の断面表示に対応する像で平面表示像の中心付近を水平に切った断面を示している。中段と下段の4つの像は $\theta=75^\circ$ の眺観図で左上の像と同じように輝度レベルも変化させている。各像は方向が

90° づつ異なっており、左下が方向1、左上が方向2、右下が方向3、右中が方向4である。これらの像は前述の IOTW によるパラメータの書きかえただけで変化、更新でき、その操作に要する時間は数秒である。Fig. 8 は肝臓のシンチグラムを示す。この像は $\theta=90^\circ$ の平面表示で R.I. 像データの絵素数が大きいので、肝臓の像を二分割して CRT に表示しポラロイドフィルム上でつなげたものである。

(3-3) カーブ・プロットによる表示

カーブ・プロット (X-Yレコーダ) による R.I. 像の表示には (i) 等計数値の輪郭を描く iso-contour を

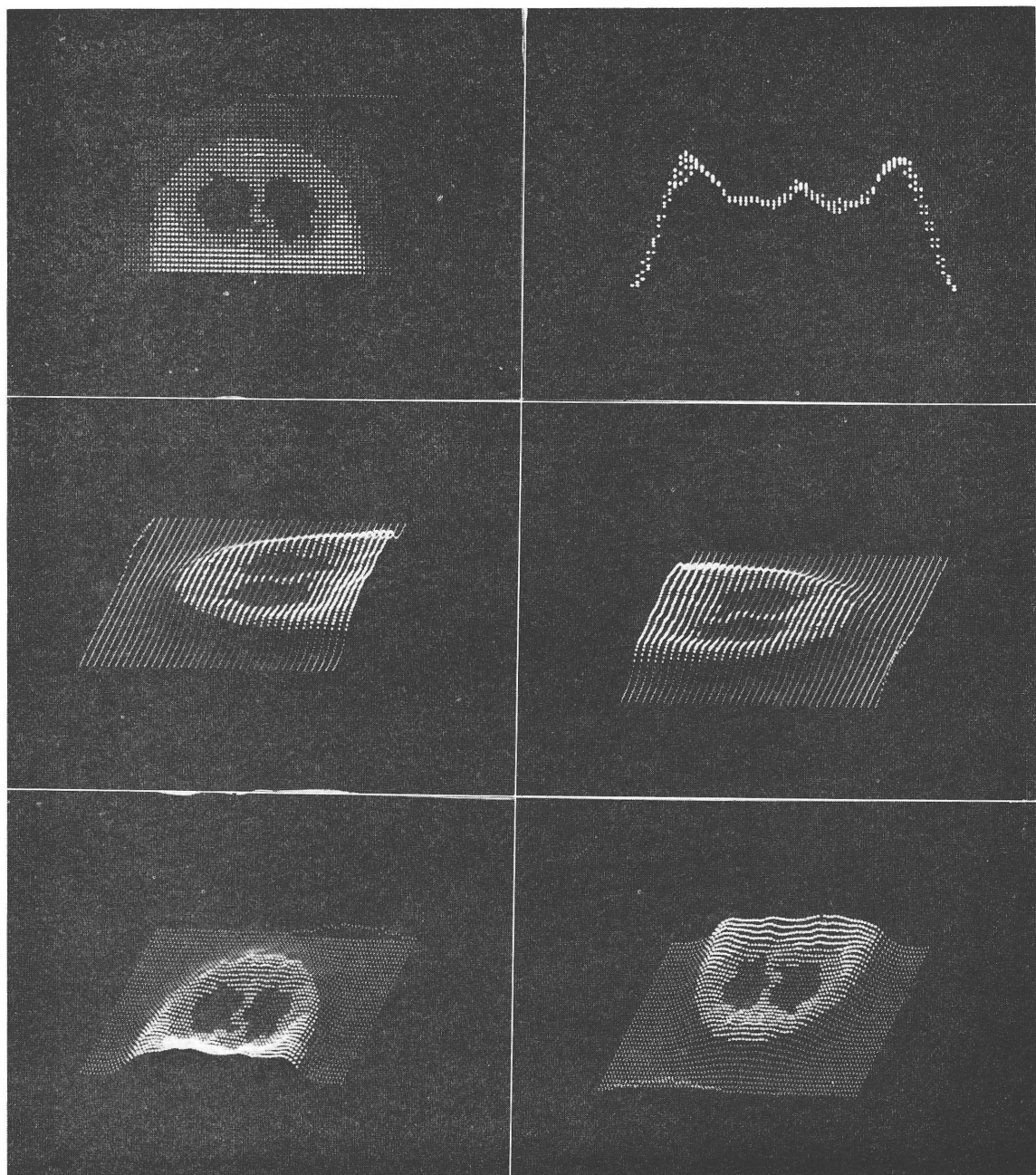


Fig. 7. ^{99m}Tc 投与後の脳スキャン正面像の CRT 表示.

左上：輝度変調による平面表示 ($\theta=90^\circ$)

右上：断面表示 (左図の中心附返, $\theta=0^\circ$)

左下：眺観図 ($\theta=75^\circ$) と輝度変調を加えたもの, 方向 = 1

左中：同上, 但し方向 = 2

右下：同上, 但し方向 = 3

右中：同上, 但し方向 = 4

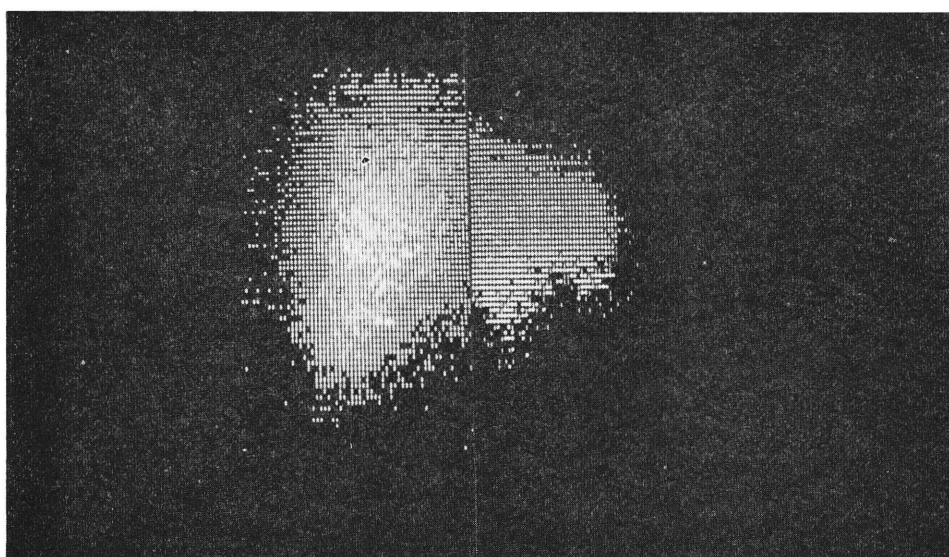


Fig. 8. 肝臓シンチグラムの輝度変調による平面表示，右葉・左葉を別に表示し，ポロライド・フィルム上で重ね合わせた。

用いる方法と (ii) 2次元の像を1次元の曲線の重なりとして描く眺観図による方法とが考えられる。前者については Calcomp X—Y プロッタを用いるサブ・ルーチンが開発されているのでわれわれは後者のプログラムについて研究した。

本プログラムの作成にあたっては以下の条件を満足するように配慮した。

- (1) 表示する R.I. 像の X (横) および Y (縦) 方向の絵素数は各々最大 512 まで可変なこと。
- (2) CRT 表示の項で述べたように眺観図の角度，方向，フルスケールが可変なこと。
- (3) 眺観図の場合，裏側の線が描かれると画像が見にくくなるのでそれらを描かないようにすること。
- (4) 必要に応じて縦横の格子状の線で画像表示を行うこと。
- (5) R.I. 像データは整数型，実数型とも入力可能なこと。
- (6) カード，紙テープまたは磁気テープから入力が可能なこと。
- (7) 表示した R.I. 像に適当なタイトルがつけられること。

上述 (2) の眺観図の角度については 0° から 90° までと 90° から 180° までを区分して使用できるようにした。次に (3) については裏側の線を描かないため，X 方向の 1 本

の曲線毎に手前側から描いていくが，1 本前の線を記憶し，次の線の Y 方向の値が前の線よりも小さくなる点ではペンをアップして線を描かないようにした。角度を一般に θ とした場合，X 方向の 1 本の曲線のスタート点の座標 (X'_1 , Y'_n) は，その曲線が Y 方向 n 番目の線とすると以下の式で表わされる。

$$X'_1 = n \times K_y \cos \theta$$

$$Y'_n = n \times K_y \sin \theta + Z$$

但しはディジタル R.I. 像の各絵素の計数値をカーブ・プロッタのフルスケールによって正規化した値を示し， K_y は Y 方向の 1 線毎の見かけ上のきざみを示す。

表示す可きディジタル R.I. 像の絵素数が少ない場合，眺観図を描くと θ に応じて端数が生じ線の重なりがおこる。そのため本カーブ・プロッタが 0.2mm ステップで動くことから，これを最小の記憶単位として X 方向の絵素を内挿によって 1500 コの配列に変換して軌跡を求めていく。この方法で絵素の少ない像の場合にも裏側の線の重なりを殆んど解消することができた。

本プログラムのブロック・フロー・チャートを Fig. 9 に示す。まず，最初に各種のコントロール・データをカードリーダー (CR) から読みこむ。その中には角度，フルスケール，絵素の数，X 方向の線のみ描くか，X・Y 方向のメッシュ状にするか等の情報を含む。続いて像データを磁気テープ (MT) またはカードから読み，一端磁

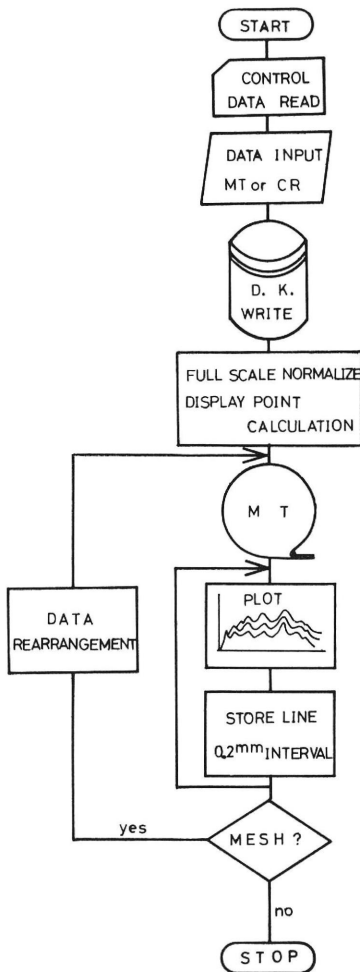


Fig. 9. カーブ・プロッタ用眺観図表示プログラムのブロック・フロー・チャート

気ディスク (DK) に記憶する。全データの書きこみが終ると DK より再びデータを一部づつ読みだして表示点の計算を行ない MT に書く。MT の書きこみが終るとカーブ・プロッタが MT に記憶されている座標をもとに曲線を描くと同時に、その線は線型補間により 0.2 mm きざみで一時的に記憶される。(STORE LINE) 再びカーブ・プロッタが次の線を描く時は前の線の値と比較が行なわれ裏側を描かないようにペンを操作する。全体の眺観図は上のルーチンを Y 方向の絵素数だけまわると完成する。但しメッシュ (MESH) 状に図を描きたい時は像データの絵素を並べかえた後 (DATA REARRANGEMENT), Y 方向の線を描く。

本プログラムは FORTRAN ステップで約 800, 約 13 K 語である。64×64 の画像を描くのに X 方向の線のみで描く場合約 7 分、メッシュ状に描く場合約 25 分を要する。Fig. 10 に ^{99m}Tc 投与後の脳腫瘍例のアンガー・

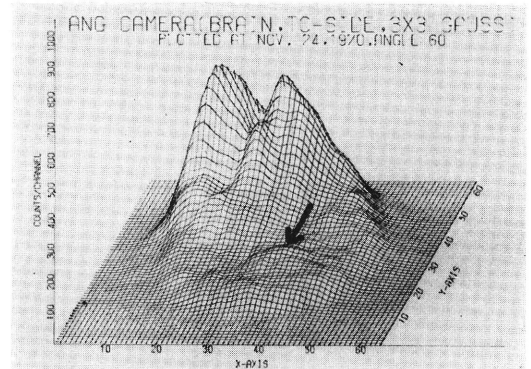


Fig. 10. カーブ・プロッタによる脳側面像のメッシュ状眺観図表示。矢印は腫瘍部位を示す。

カメラによる側面像を示す。本例は $64 \times 64 = 4096$ コのメモリに蓄積されたデジタル像を紙テープにパンチし、そのデータに Gauss 分布の荷重をもつ 3×3 点のフィルタによる smoothing を施したもので、角度 60° のメッシュ状眺観図として表示した。Y 方向の線を除くと X 方向の線だけの眺観図となる。尚、矢印の部位が腫瘍を示す。

(3-3) ライン・プリンタによる表示

ライン・プリンタは計算機の出力機器として数字や文字を印刷するのに使われる他、グラフや 2 次元のパターンを出力するのににも利用される。ライン・プリンタを用いた R.I. 像の印刷は広く行なわれているが、われわれの所でも独自のプログラムを開発したので以下にその概略を述べる。

ライン・プリンタによる R.I. 像の表示にはデジタル像データの絵素の計数値を任意のレベルに区分し、各レベルに適当な文字・数字・記号などを割り当て平面的にプリントすることにより (i) 外見上の濃度が連続的に変化していくパターンと (ii) 等しい計数値の絵素を等高線状に印刷するパターンの 2 種が考えられる。そこでこの両者を表示できる汎用なプログラムを作るため、以下のような条件を設定した。

- (1) 文字、数字、記号を割り当てるレベルは自由に選択できること。
- (2) そのレベルは絵素の計数値そのもので与えるか、

最大計数値で除した%計数値で与えるか指定できること。

- (3) 割り当てる文字、数字、記号は自由に選べること。(FORTRAN で許される範囲) しかも 6 重までの重ね打ちが可能なこと。
- (4) 像データは磁気テープ、紙テープおよびカードのいずれによっても入力可能なこと。
- (5) 1つのデジタル R.I. 像に対し、印刷すべき文字、数字、記号およびレベルを変えることにより条件の異なった表示が何回でも行なえること。
- (6) 出力されるパターンと共に、それに用いた表示用記号をそれに対応するレベル(計数値または%)と並べて一覧表として印刷する。

今までの経験ではレベルを計数値で指定す可きか、%で指定す可きかは目的とする臓器によって異なり、脳スキャン像では前者がよく、肝臓や甲状腺の場合は後者の方が便利である。デジタル R.I. 像では興味ある部位の絵素の計数値を知ること、全絵素中の最大計数値を得ることもプログラム次第で容易にできるので、どちらの指定も可能である。また表示レベル数は最大20レベル、重ね打ちによる濃度変化も4重が限度で、人間の目にリミットと思われる。表示文字としては、一、+, I, X, *, H, O, . のように左右上下対称形がよく、少なくとも M, W の如く左右対称であることが必要条件である。等高線状のパターンは適当なレベルをブランク(印字しない空白)にすることによってえられるので表示する文字、記号の間に空白のレベルを挿入する。

Fig. 11 に本プログラムのブロック・フロー・チャートを示す。先ずカードから各種のコントロール・データを読みこむ。続いて像データを読み磁気ディスク(DK)に書きこむ。DK への書きこみが終了するとカードによって与えられるレベル(計数値または%)とそれに対応する表示文字を読み、それらをタイトルと共にライン・プリンタに印刷する。その後 DK より像データを読みだし、各絵素を対応するレベルの表示文字に変換して印刷(重ね打ちを含む)を行なう。このルーチンは1画像分のデータが全て読まれるまで繰返えされる。次の R.I. 像データを表示する場合は、それが前もって DK に書かれているので第2回目のタイトルを打ち DK より読みだすことによって可能となる。

Fig. 12 にライン・プリンタによる表示例を示す。本例は Fig. 10 に示した症例と同一であり同じ smoothing 処理を行なったものである。表示に用いたレベルは%計数値で対応する表示文字と共に Tab. 1 に示した。本表

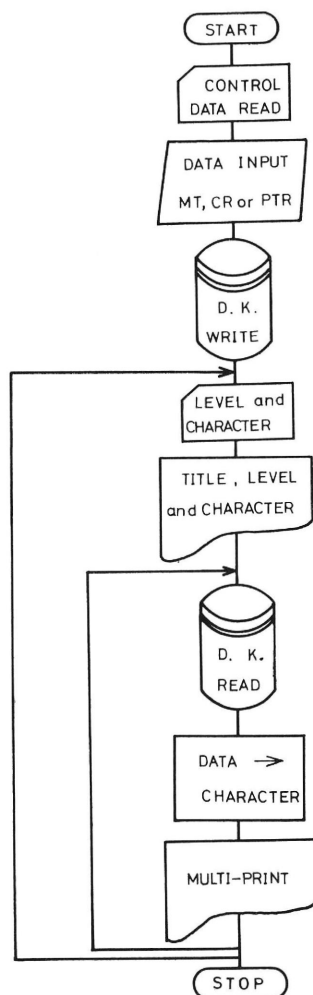


Fig. 11. ライン・プリンタによる平面表示プログラムのブロック・フロー・チャート。

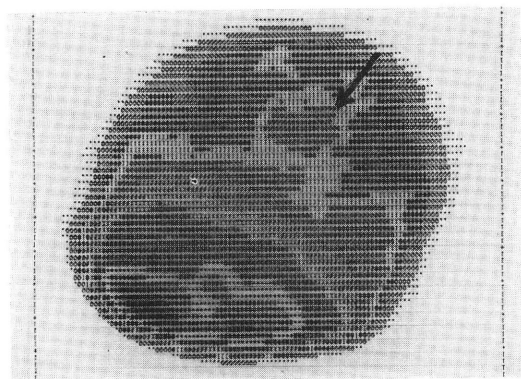


Fig. 12. 脳側面像 (Fig. 10 と同一症例) の濃度レベルによる平面表示。矢印が腫瘍部位を示す。

INPUT DATA(MULTIPUL		PRINT-OUT CHARACTER AND LEVEL	
MAX COUNT =		473.62	
CHARACTER =	5,000	PER CENT
CHARACTER	..0. . . . =	5,000	PER CENT
CHARACTER	..0.+. . . =	10,000	PER CENT
CHARACTER	1. =	15,000	PER CENT
CHARACTER	1.0. . . . =	15,000	PER CENT
CHARACTER	1./+. . . . =	20,000	PER CENT
CHARACTER	X. =	25,000	PER CENT
CHARACTER	X.0. . . . =	30,000	PER CENT
CHARACTER	X.0.+. . . =	40,000	PER CENT
CHARACTER	+. =	50,000	PER CENT
CHARACTER	+.0. . . . =	60,000	PER CENT
CHARACTER	+.0.+. . . =	70,000	PER CENT
CHARACTER	X.0.+.H. . =	80,000	PER CENT
CHARACTER	H.+.+.0.+. =	90,000	PER CENT

Table. 1. Fig. 12 の表示パターンに用いたレベル値と対応する表示用文字記号.

示は前述の濃度パターンと等高線状のパターンを混合した形式である。尚、矢印の部位が腫瘍の場所をあらわす。

討論と結言

電子計算機の出力機器による R. I. 像の表示は Brown⁽⁴⁾⁽⁵⁾および Tauxe⁽⁶⁾等によって開発され、わが国においても鳥塚等⁽⁷⁾の研究があるが、今までにシステム全体から見た R. I. 像表示の詳細な報告はなされていない。

われわれは放医研オンライン・システムの3種の表示機器を用いた R. I. 像表示について各種のプログラムを開発しここに詳細を報告した。これらは現在、ルーチンの臨床例に使用されているが、問題はこれらの方法を如何に使い分けるかにある。われわれは第1にオンライン機能を十分に活用できる CRT を利用して、各種の画像処理を行なった。R. I. 像を迅速に表示し最適と思われる像をカーブ・プロッタまたはライン・プリンタによって描くことがよいと考えている。また、表示プログラムの1つとして現在 CRT とカーブ・プロッタにおける等高線表示について研究を進めている。

今後の問題としては、特に CRT 表示装置の性能向上が重要であり、輝度レベルが16段階以上、画面の大きさは 20×20cm²、表示絵素数は 128×128 以上を必要とする。また画面のちらつきをなくするため CRT 表示装置に

安価な補助記憶装置を付属することと、人間側からの入力としてライト・ペンの付加が望ましい。CRT 以外の表示装置にも新しいハードウェアが次々と開発されることが予想されるのでよりよい表示法が生れる可能性も十分に考えられる。従って R. I. 像の計算機処理がルーチン化するに伴い、像表示に関する研究は他のイメージ処理（アナログ的な方法も含め）と共に増々必要になるであろう。この種の研究は R. I. 像に限らず、広く画像情報処理に寄与する所大と考えられる。

本研究に御援助と御指導を賜った本研究所臨床研究部松本徹、藪本栄三研究員、物理研究部田中栄一室長に感謝する。本研究の一部は厚生省がん研究助成金より御援助を頂いた。班長梅垣洋一郎臨床研究部長に深謝する。尚、データの一部を提供して下さいった慶応大学医学部脳外科飯坂陽一先生、同放射線科中沢圭二先生に感謝する。

文 献

- (1) Medical Radioisotope Scintigraphy vol. I (1969) IAEA, Vienna
- (3) 飯沼 武：電子計算機の R I イメージングへの応用、「シンチグラフィの基礎と臨床」平松 博、久田欣一編、P. 42 (1970) 金原出版
- (3) 福久健二郎：放医研の電子計算機のオンライン・システムについて、放射線科学 No. 5, 6, 7 (1970)
- (4) Brown, D. W.: Digital computer analysis and display of the radioisotope scan, J. Nucl. Med, 5, 802 (1964)
- (5) Brown, D. W.: Digital computer analysis and display of the radioisotope scan, J. Nucl. Med. 7, 740 (1966)
- (6) Tauxe, W. N.: 100-level smoothed scintiscans processed by a digital computer, J. Nucl. Med. 9, 58(1968)
- (7) 鳥塚莞爾他：Scinticamera による RI image の computer processing に関する研究、日医放誌 31, 119 (1971)

* * * * *

* * * * *

Summary

Programs for computer display of radioisotope image

Kenjiro Fukuhisa

Takeshi A. Inuma

Recently computer processing is widely used in radioisotope imaging throughout the world. One of the important factors in the computer processing is the method of image display by various I/O peripherals of computer, since diagnostic information is mainly extracted from displayed images by physician's eyes. In this paper, three methods computer display are described in connection with an on-line computer system established at the National Institute of Radiological Sciences. The first employs a cathode-ray tube (CRT) unit in which scintigrams are displayed by 4096 (64×64) points with four levels of brightness. Three types of display pattern can be generated by a CRT display program: (1) a usual two-dimensional pattern with brightness modulation, (2) a volumetric pattern with variable viewing angles, and (3) a cross-section of region of interest. As the CRT display has a fast response in changing a display pattern,

the program is written in conversational mode between operator and computer.

The second method uses a curve plotter (a X-Y recorder) and a program is developed to plot a volumetric pattern with variable viewing angles and full-scale.

The third method is a two-dimensional pattern printed by a line printer. Using suitable characters, a black and white pattern can be produced with an arbitrary contrast. The program allows to select any one of 48 characters for print and to multi-print up to 6 characters.

We have been using the three methods in clinical routine, but the CRT display is most frequently used because of its on-line real time function and display by the curve plotter and line printer is done after an intelligible pattern is found on the CRT display.

* * * * *

* * * *