



Title	Computed Tomography像(EMI brain)のoff-lineデータ処理と表示
Author(s)	滝沢, 正臣; 丸山, 清; 矢野, 今朝人 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1978, 38(1), p. 42-53
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18165
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Computed Tomography 像 (EMI brain) の off-line データ処理と表示

信州大学医学部附属病院中央放射線部 (部長 小林敏雄教授)

滝沢 正臣 丸山 清 矢野今朝人

東京大学医学部附属病院中央放射線部 (部長 田坂皓教授)

竹 中 栄 一

(昭和52年8月22日受付)

(昭和52年10月27日最終原稿受付)

Off-Line Data Processing and Display for Computed Tomographic Images (EMI brain)

Masaomi Takizawa, Kiyoshi Maruyama, Kesato Yano and
Eiichi Takenaka*

Department of Radiology, Shinshu University Hospital,

*Department of Radiology, University of Tokyo Hospital

Research Code: 208

Key Words: CT scan data, Off-line data processing,
Multi-format display, Brain CT

Processing and multi-format display for the CT (EMI) scan data have been tried by using an off-line small computer and an analog memory. Four or six CT images after processing are displayed on the CRT by a small computer with a 16 kilo-words core memory and an analog memory. Multi-format display of the CT image can be selected as follows; multi-slice display, continuative multi-window display, separate multi-window display, and multi-window level display. Electronic zooming for the real size viewing can give magnified CT image with one of displayed images if necessary.

Image subtraction, edge enhancement, smoothing, non-linear gray scale display, and synthesized image for the plane tomography reconstructed by the normal CT scan data, have been tried by the off-line data processing.

A possibility for an effective application of the data base with CT image was obtained by these trials.

はじめに

CT スキャナに関する Hounsfield の最初の報告¹⁾よりそれほど長い年月が経っている訳ではないが、その普及の急速なことには驚くばかりである。このような普及の背景には、この装置によって、これまで困難であつた臓器のわずかなX線吸収の差異を分離した上で、正確な横断像を表示で

きることにあり、また、社会的要請もあつたのではないかと考えられる。

このように装置が一般化して来ると、これまであまり考慮されなかつた装置の性能の差や、データの互換性、オフラインのデータ処理等に関する検討が必要になつて来る。実際には、同一メーカー製の同一機種でさえ表示能力に差があつたり、

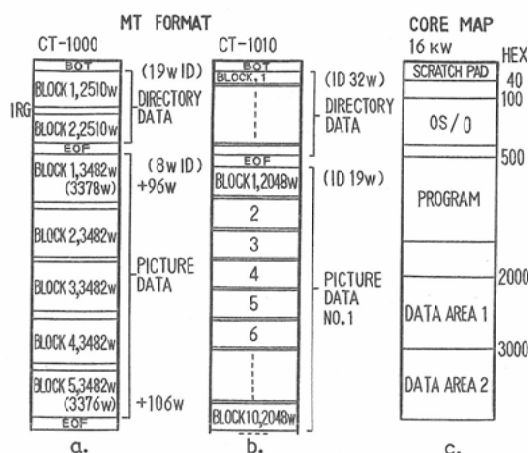


Fig. 2 Formats of the magnetic tape with CT-1000 and CT-1010, and off-line computer core map; a: CT-1000, b: CT-1010, c: core map.

られている。

画像データは、EOF (End of File) の次に CT-1000では5ブロック (3,482×5) で構成され、CT-1010では10ブロック (2,048×10) となり、最初には患者 ID が含まれる。また最初と終りには未使用の領域がある。表示サイズは160×160であるが、CT 像が円形に表示されるため、4隅のデータは必要がない。従つてこの部分は、データ中に含まれず、メモリの節約を計っている。

T-16によるデータ処理に当つては、このデータをコンピュータに同時入力することができないので、画像データを、CT-1000では1～2ブロック、CT-1010では2又は4ブロックに分割処理を行つた。Fig. 2C のコンピュータコアマップでは operating system に4kw、処理プログラムに4kw、8kw はデータバッファとして用いている。

データ処理および表示法と結果

CT-1000では CT ナンバーは±500、CT-1010では-500、+1,500を用いてX線吸収係数の分解能を向上させている。ここでは4又は6枚のCT像の多重スライス表示と、多重フォーマット表示、3種のデータ処理を考えた。6枚の多重スライス表示は、13mm厚でスキャンとしたとき、脳底から頭頂までのすべてのスライスを同時に観察できることとなる。表示する文字等は、EMI の

ものより自由に任意に行うことができる。

1. 多重スライス表示

ビデオモニター上に、4又は6枚のスライスを、同一ウィンドウレベル (以下L)、同一ウィンドウ幅 (以下W) で同時表示する方法で、multi-format camera によるものと同様であるが、現像なしに即時に表示され、必要により電子的に拡大でき、転送が容易な点異なる。Fig. 3には、これ等のデータ処理のプログラムリストを示した。左側はプログラム名、右は処理内容を示した。いくつかの多重表示、処理に加え、テープ編集日、画像リスト、テープの内容のダンプ等が可能であ

SOFTWARE LIST CT-1000 CT-1010

ELVS	WINDOW & LEVEL SET
PTBL	PIC. DIAMETER TABLE
MDR	DIRECTORY TABLE READ
MDW	DIRECTORY TABLE WRITE
EMPA.B	PIC. READ
EMRA-D	PIC. READ
EMWA.B	PIC. WRITE
EMID	PIC. LIST PRINT
EIDP	ID DISPLAY
EMED	EDITOR, CONVERSION
ESMG	SMOOTHING
EEHM	EDGE ENHANCEMENT
EGTS	STAIR STEP PATT. GEN
EDSI	SEPARATE MULTI-WINDOW
4	4 FRAME DISPLAY
6	6 FRAME DISPLAY
ESUB	SUBTRACTION
ECVE	CURVE PLOTTING

Fig. 3 A program list of the computer processing.

る。Fig. 4は、4スライスの多重表示 (a) と、その内1枚の電子拡大を行つた例 (b) を示した。最大6枚まで同一 L, W で表示できるため1人の患者のデータを即時に概観できる利点をもっている。*

2. 多量ウィンドウ表示

L, W を種々変化させた1スライスのCT像

* ここで行っているテープ編集日は、MT-1000のみが持つており ASC II コードでファイルされている。

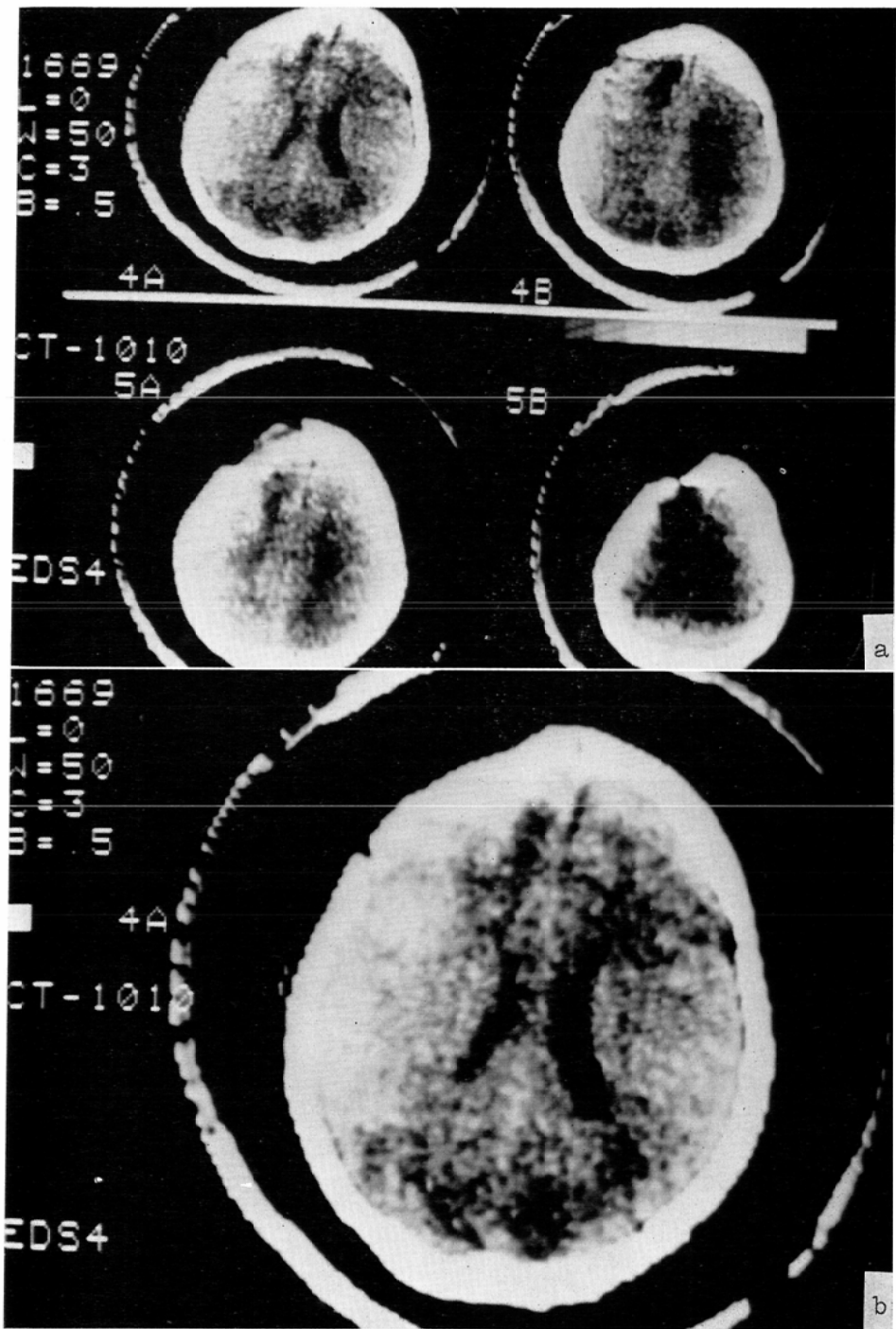


Fig. 4 A multi-slice display with four slices (a.), and an electronic zooming image (b.) of one of them.

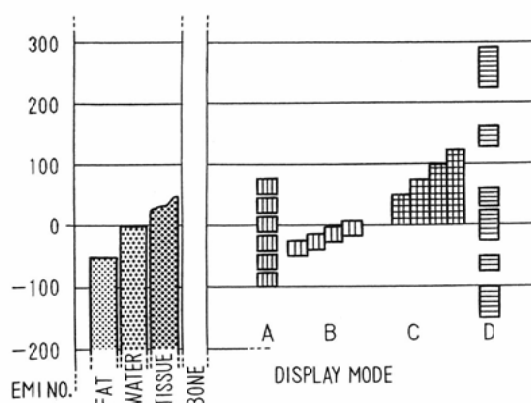


Fig. 5 A schematic sketch of each multi-window display mode (A-D).

を同一 CRT 面上で詳細に観察するための方法であり、主として Fig. 5 に模式的に示した、A-D までの 4 種の方法を選択できる、図中左端の数字は EMI ナンバーである。

1) A モード

画像データ中の CT ナンバーに対して、W は唯一つの値をとるが、L は最小値から 4 又は 6 ケ

が W の幅でシフトする。すなわち、 $P_1=L; W$, $P_2=(L+W); W$, $P_3=(L+2W); W$, ... となり、観察したい CT ナンバーの附近をサーベイできる。このモードでは各像は W のオーバーラップはない。Fig. 6 は A モードの例である。図中の 0~50 の数字は L の値を示す。

2) B モード

W が固定、L がスライドする点は 1) と同様であるが、このモードでは、L は $W/2$ づつ変化して示される、すなわち、 $P_1=L; W$, $P_2=(L+W/2); W$, $P_3=(L+W); W$, ... となり、各像は $W/2$ づつ重複して表示される。すなわち限局した吸収係数の範囲を精密に観察する際に有用である。Fig. 7a に 1) と同一患者の例について示した。Fig. 7b は CT-1000 で得た通常のポラロイド像である。腫瘍内の吸収係数の変化が良く観察される。

3) C モード

L が固定されており、W が像毎に整数倍に広がる表示法である。すなわち、 $P_1=L; W$, $P_2=L;$

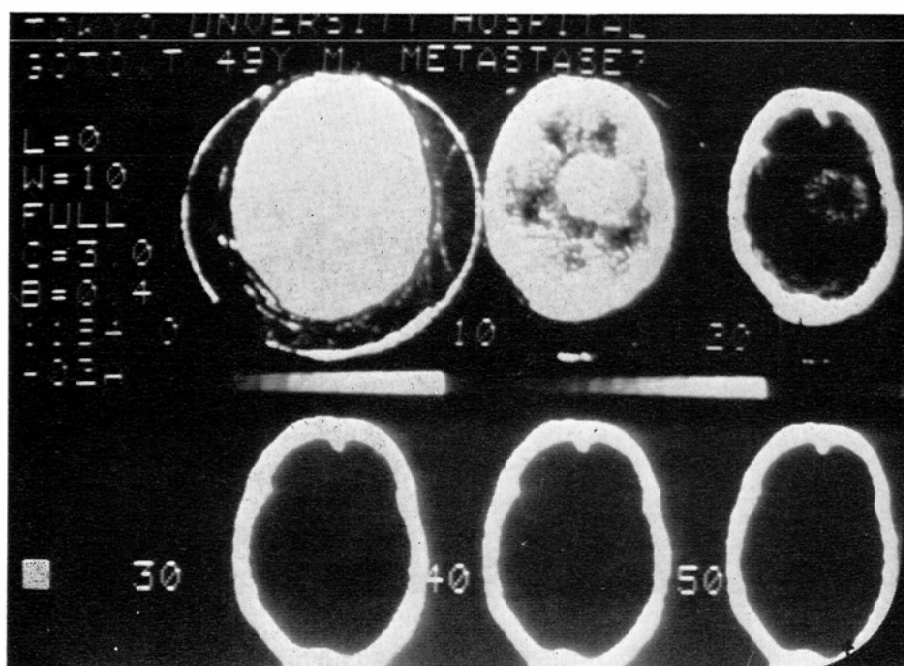


Fig. 6 A multi-window display of A-mode.

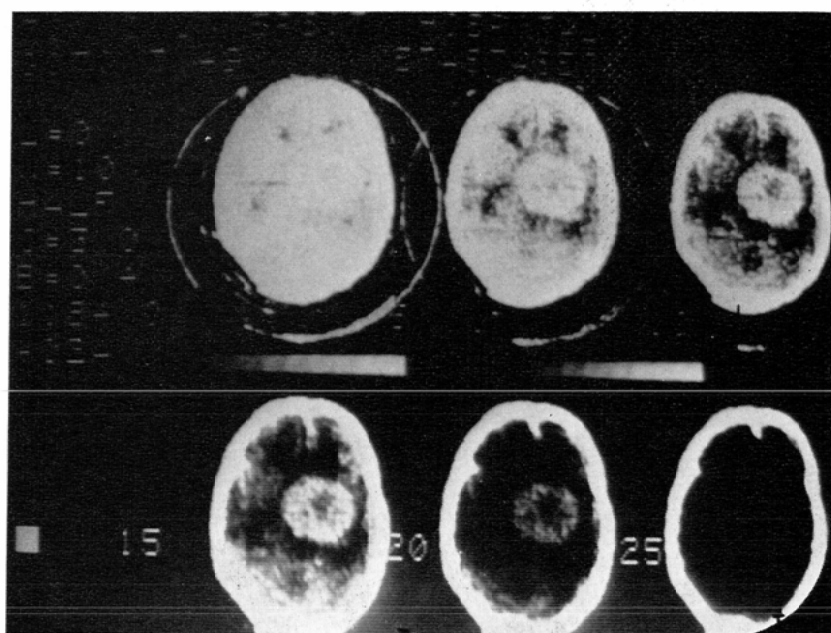


Fig. 7a

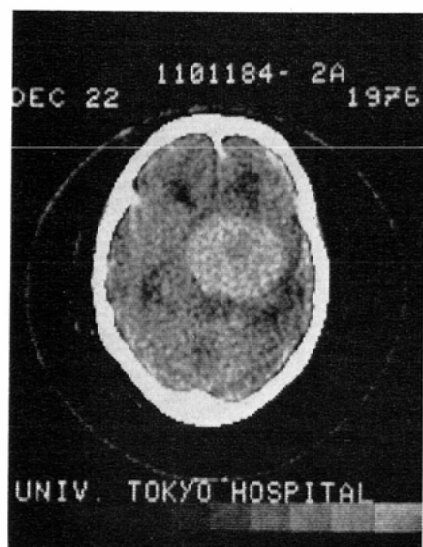


Fig. 7b

Fig. 7 A multi-window display of B-mode (7a) and its original CT image by the CT-1000 (7b).

$2W, P_3=L:3W, \dots$ となり, W を広げた際の像の現れ方を知ることができる. contrast enhancement の効果を形態学的に知るために有効な方法と考えられる. Fig. 8はその例で, enhance され

た腫瘍(矢印)の存在が $W=50$ 附近で消失していることが判る.

4) Dモード

4又は6種の L, W をまったく独立に設定して像を観察するための方法であり, 広範囲の吸収係数の変化を同時観察することができるため, EMI ナンバー=0附近のCT像と, 骨又は空気に近いCTナンバーの像を表示することにより骨病変の有無等を迅速に知ることができる.

3. 吸収係数の曲線表示

2値表示型CRTにより行う表示法で, Fig. 10に示す如く, 最初に知りたい像の表示を, window幅に入つたCT値を3分割して点の密度で階調を作る3段階濃度表示で行い, 次いで横, 又は縦方向の位置を指定して, 同時に7本までの吸収曲線を作製する. 表示の際に, 骨等の高い吸収値によりスケールアウトすることを除くため, 表示前に L と W の最大幅を指定して, 曲線がその範囲に納まるように表示する. この方法によつて, 吸収係数の小さな変化をも観察することができ, 横断面の吸収係数の変化, 装置の uniformity の変化

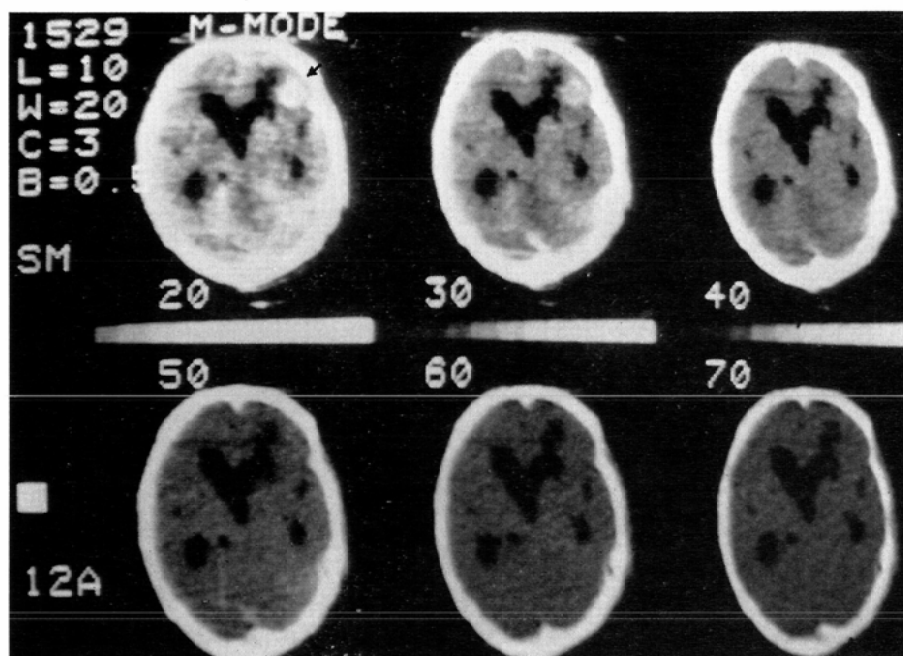


Fig. 8 A multi-window display of C-mode.

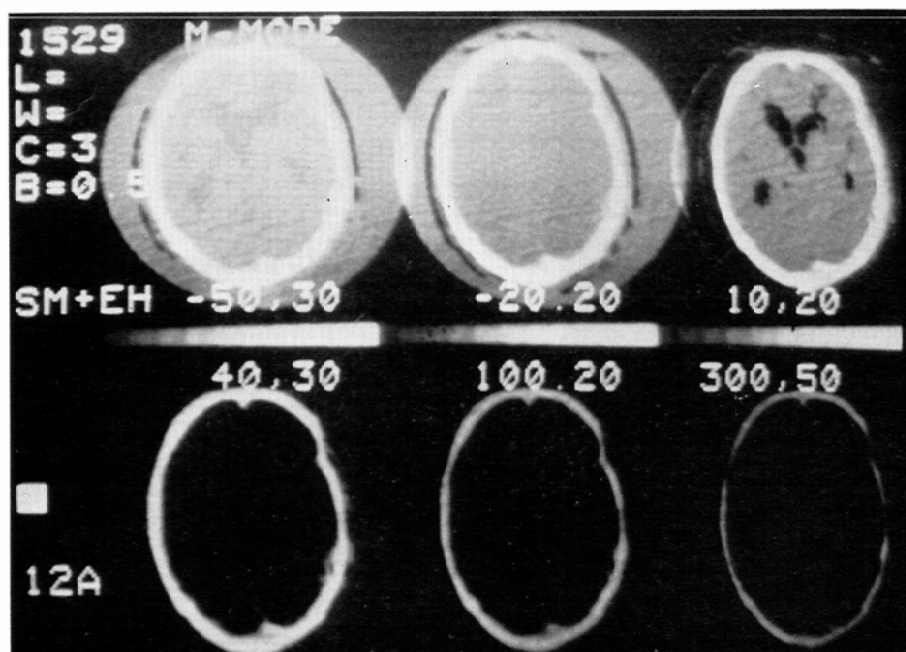


Fig. 9 A multi-window display of D-mode.

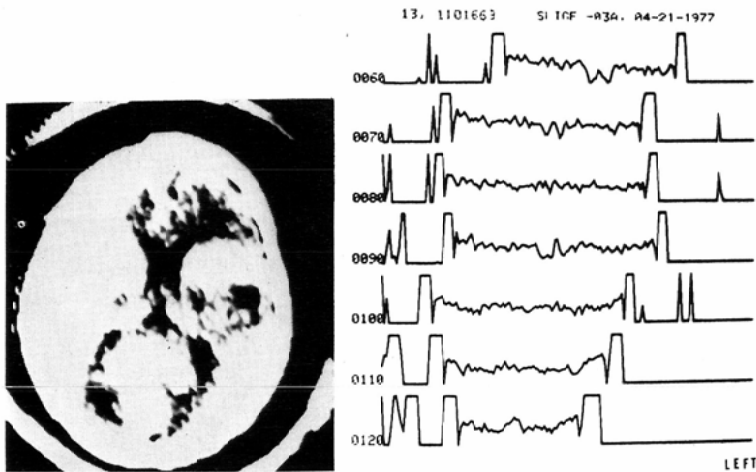


Fig. 10 The EMI number curve display of the CT image.

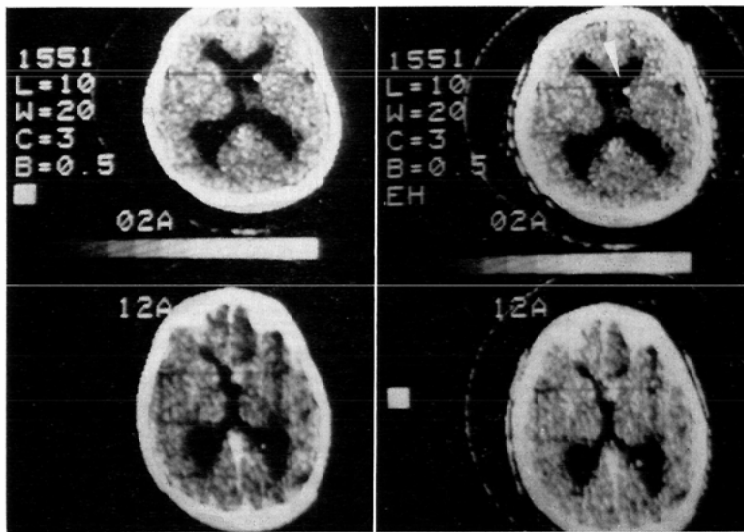


Fig. 11 An edge enhancement for the CT image ; left is without and right is with edge enhancement.

の測定等に応用することができた。

4. smoothing image enhancement 処理について

基本的にはこれ等の処理は CT 装置による reconstruction 手続きの中で行われており、磁気テープデータの改良、像の解像度向上にはそれほど役に立たないと思われるが、必要により表示特性を変化させて、特徴的なデータの表示を行うためには役立つと考えられる。Fig. 11は一次元で連

続した5点の単純平滑化を行つた上で、相隣る2点間の差の絶対値を高い方に加える方法により edge enhancement を行い、脳室壁の強調等を試みたものである。左はオリジナル、右は処理後であり、また下は造影剤を注射した後のものである。 **

**図からは脳室壁がシャープになり、内部構造等が観察しやすい(矢印)が、一方エッジ強調効果によって、beans bag の影も強調された。

5. サブトラクション

CT 像に対するサブトラクションの有用性については、これまで報告されており、特に造影剤の附加に効果があるとされた^{3) 4)}。ここでは多重スライス表示機能を用いて、Fig. 12の如き方法を試

みた。2つの像 (a, b) のうち各々を左側に表示し、(a-b) を右上に、(b-a) を右下に表示することによって、患者の動きにより生ずる artefact と、造影剤の効果による像の判別を容易とする方法をとった。Fig. 12では、2枚のスライス間の

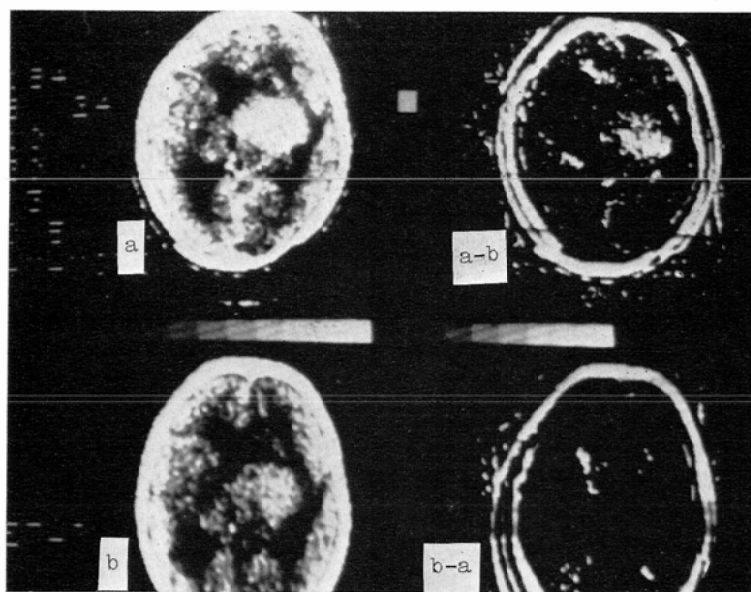


Fig. 12 Subtraction of two CT images with contrast and without contrast enhancement; left is before subtraction (image a and b), right is after subtraction with a-b and b-a.

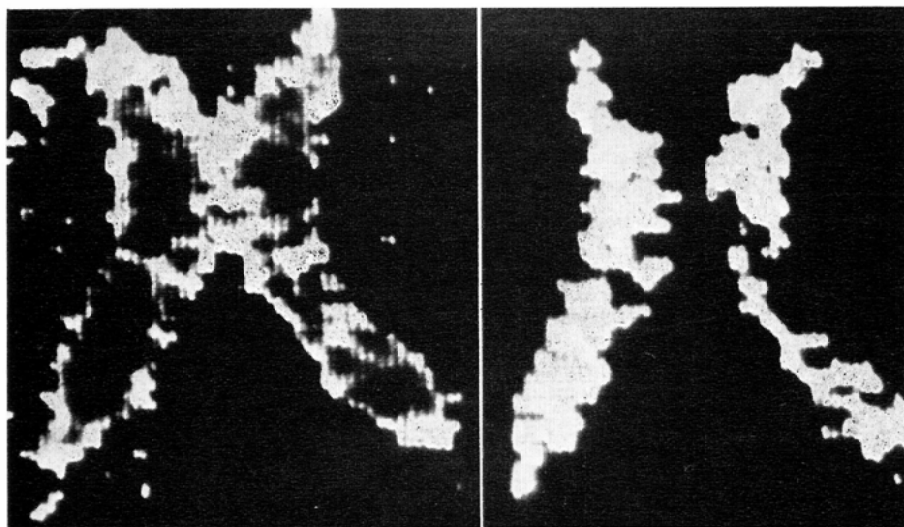


Fig. 13 An extraction and an electric zooming of the CT image; left is a normal display and right is a negative image display.

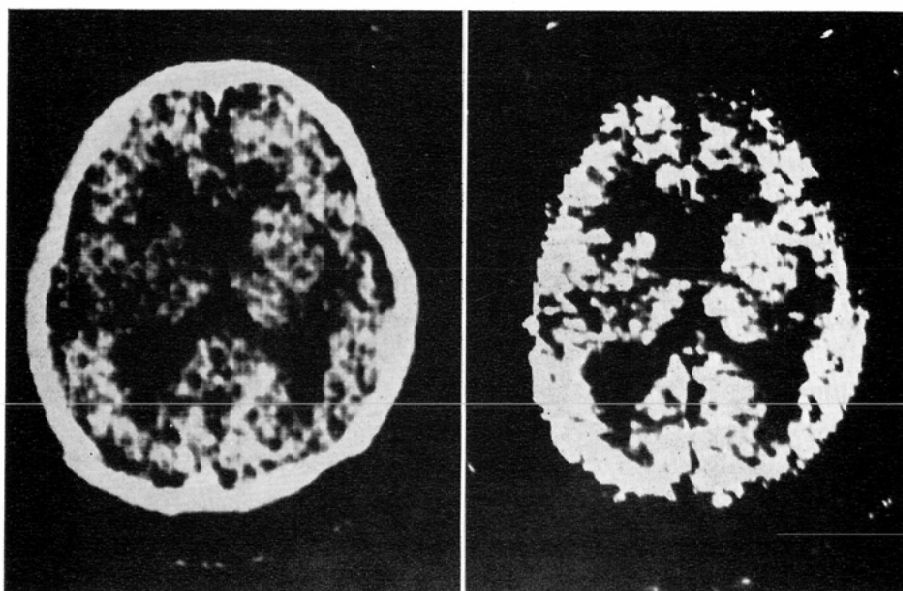


Fig. 14 A non-linear display of the EMI number and the brightness level ; left is normal and right is non-linear display.

患者の動き（右上下）と造影剤による吸収係数の増加（右上）が観察できる。

6. 特殊処理

ここでは2つの方法を試みた。1つは、Fig. 13に示す如く吸収係数の一定の部位のみを選択して閾値を設定することにより、特定の臓器の形状を知ろうとするものであり、図では、脳室の部分のみを抽出し表示している。図の右は、そのネガ像である。電子拡大を行っているので、脳室内部状態を観察するのに便利である。

Fig. 14は、表示の際の濃度の階調を非直線にして表示した例（図右）であり、オリジナル（左）と比較して特徴のある形を示している。尚Fig. 13, 14はビデオハードコピープリンタによりプリントしたものを用いた。

考 案

CTにおけるコンピュータ処理は、2つに大別される。1つは、CT装置本体の機能本来のデータ処理であり、その主たるものは、像の復元および各種補正のためのものである³⁾⁶⁾。市販の装置では、一般にその処理法は外部より、ほとんど知ることができない。いま1つは、装置により得ら

れた画像データを対象として、多くは off-line のデータ処理により、CT像の持つ疾患情報の抽出をより行いやすくする方法であり⁷⁾、著者らの試みもこれに属する。この方法は、磁気テープや磁気ディスクを介して off-line で行われるため、CT装置の稼動にまったく影響を与えず処理、観察が行われる利点を有し、結果的にCT装置の利用率を高めることになる。

CT装置の観察システムにおいては、像の表示は通常1枚であり、多いものでも2枚が限度である。従つて、直接的にCRT上から診断を行う場合、ウィンドウ幅を種々変化させてもそのデータは同時には観察できない。マルチフォーマットカメラを用いればこの点は解決されるが、現像操作を必要とする。アナログメモリを用いた方法は、階調の表現が10～15段階可能である上に分解能が、CTの分解能3～4lp/cmの比較して充分高いため多重表示が容易であり、TVモードで読み出されるため転送も容易という利点がある。これは treatment planning 等での重複表示にも有利である。また必要により電子拡大ができるため life size の表示を行える利点がある。さらに、ディジ

タル表示装置に比し低価格である点も特徴となっている。しかし、CRT に表示した像を記録となると、カメラを必要とする。著者らは、カメラの代りに、ビデオハードコピーを用いてプリントを得る可能性について検討を続けているが、Fig. 13, 14に示される如く、充分な階調を得るまでには至っていない。

著者らが試みた多重像表示法は、観察者がCRT の key board から指定して任意に表示し、即時的に観察可能となつているため、日常検査の能率化や精度の向上、更には定量診断に役立つものと考えられる。またプロファイル表示は、吸収データの数値的把握を容易とすることが予想される。ラインプリンタに打たれた数値からのカーブの作製はあまり能率的とはいえないからである。

CT 像間のサブトラクションについては、A, B 2つのスライス間の演算⁴⁾、時間の異なる像間の演算、造影前後の演算⁷⁾、電圧の異なつた像間の演算等⁸⁾多くの可能性を持つが、造影剤の効果を定量的に知るためのサブトラクションは、腫瘍の質的診断に寄与する可能性も高いとされるが、時間の経過による患者の動が artefact となるため注意を要する。著者らの相互サブトラクションと表示は、artefact との鑑別を容易とするものと思われる。

磁気テープを介しての off-line データ処理は、これまでもいくつか試みられその有用なことが知られている。Dwyer らは EMI スキャンデータからの平面断層の合成を試み⁹⁾、また、pseudo three dimensional view を試み、Ackerman¹¹⁾、Robb¹²⁾ らも同様の試みを行つている。著者らも Fig. 15の如く、CT-1010のファントムによる通常の data (スライス厚10mm) から、平面断層を合成する試みを行つている。Fig. 15は円形の CT ファントムを用いて、スキャナ回転軸がファントム軸方向と直角になるようにスキャンし、その各スライスを合成して通常の CT スキャンと同じ平面で表示する逆の方法をとつた。平面断層は装置によつては、3mm 程度のスライス厚でスキャンし、合成する方法を備えたものが市販されているが被曝線量に問題を有する。

磁気テープを用いた off-line のデータ処理は、記録フォーマットが CT 装置により異なり、同一社製のものでも形式によつてまったく互換性を欠いている場合が多い。しかし多くの CT 装置は、少くとも一台の 磁気テープ装置と、CRT 装置を持つているため、共通の CT data base があれば、病院間の相互の利用が可能となるため、今後この点につき統一的な検討がなされるべきであると考えている。

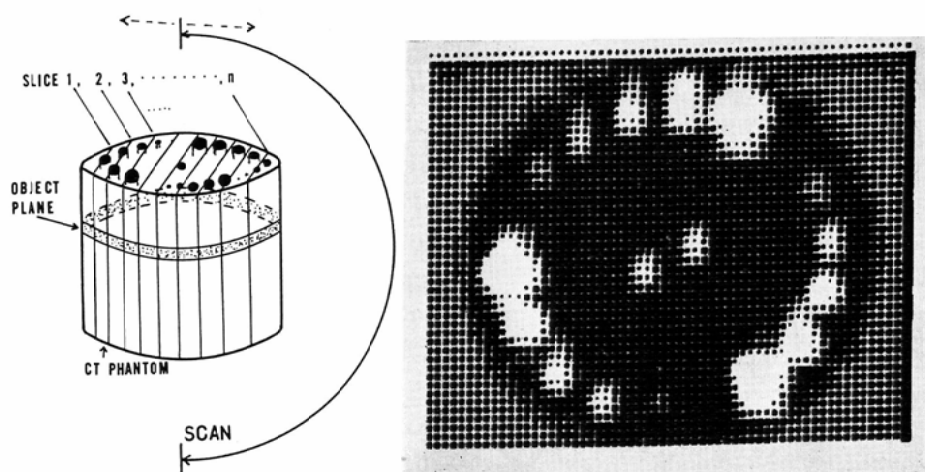


Fig. 15 A synthesized plane image of a CT phantom made by sixteen normal CT images.

結 語

CT-1000, CT-1010の磁気テープを用いて、off-line 処理を行い、結果をアナログメモリーに多重表示することを試みた。5種の多重表示と、5種のデータ処理法によつて、CT スキャンデータの多目的利用、精度向上に役立つ可能性が生じた。

本研究はその一部を厚生省がん研究助成金によつた。

文 献

- 1) Hounsfield, G.N.: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *Brit. J. Radiol.*, 46: 1016—1022, 1973
- 2) Lens Van Ryn, R.A.: Development of the EMI scanner. *Biomedical Computing*, pp. 161—174, 1977, Pitman Medical, London
- 3) Marshall, W.H., Scott, W.R., Avrin, D.: Subtracted image from contrast enhanced computed tomographic (EMI) brain scans. 6th Scientific Assembly and Annual Meeting of RSNA, Chicago, 1974
- 4) 中野善久, 向井孝夫, 小室裕甫, 小野山靖人, 鳥塚莞爾: CT スキャン (EMI-Brain) 等の画

像処理と画質特性について。日本医学放射線学会, 第32回物理部会, 横浜, 1976.

- 5) Brooks, R.A. and Di Chiro, G.: Theory of image reconstruction in computed tomography. *Radiology*, 117: 561—572, 1975
- 6) 飯沼 武, 田中栄一: 新しい医用 X 線診断装置. 計測と制御, 15: 190—201, 1976.
- 7) Bergstöm, M. and Sundman, J.: Picture processing in computed tomography. *Amer. J. Roentgenol.*, 127: 179—185, 1976
- 8) Marshall, W.H., Easter, W., Zats, L.M.: Analysis of the density lesion at computed tomography with dual kVp scans. *Radiology*, 124: 87—89, 1977
- 9) Dwyer III, S.J.: Texture analysis in diagnostic radiology. *Digital Processing Biomed. Images*, pp. 271—281, 1976, Plenum, New York
- 10) Ackerman, L.V.: A motion picture of the brain. *Proc. Symp. Computed tomography*, Montreal, 1974
- 11) Robb, R.A., Greenleaf, J.F., Ritman, E.L., Johnson, S.A., Sjostrand, J.D. and Herman, G.T.: Three-dimensional visualization of the intact thorax and contents: A technique for cross sectional reconstruction from multiplanar x-ray views. *Computers and Biomed. Research.*, 7: 395—419, 1974