

---

---

---

# 原 著

---

---

---

## パーソナルコンピュータによる MRI の画像処理

## Uses of Personal Computer Image for Processing a Magnetic Resonance Image (MRI)

---

山本 哲夫 (千葉大医学部附属診療放射線技師学校)

田中 仁 (千葉大医学部附属診療放射線技師学校)

Tetsuo Yamamoto

(The Institute for Training Radiological Technicians Affiliated to Chiba University School of Medicine)

Hitoshi Tanaka

(The Institute for Training Radiological Technicians Affiliated to Chiba University School of Medicine)

---

### キーワード

MRI, image processing, histogram, edge detection, computer, proton relaxation time

---

### 要 旨

Image processing of MR imaging was attempted by using a popular personal computer as 16-bit model. The computer processed the images on a  $256 \times 256$  matrix and  $512 \times 512$  matrix. The software languages for image-processing were those of Macro-Assembler performed by (MS-DOS). The original images, acquired with an 0.5T superconducting machine (VISTA MR 0.5T, Picker International) were transferred to the computer by the flexible disket. Image process are the display of image to monitor, other the contrast enhancement, the unsharped mask contrast enhancement, the various filter process, the edge detections or the color histogram was obtained in 1.6 sec to 67 sec, indicating that commercialized personal computer had ability for routine clinical purpose in MRI-processing.

---

### [1] はじめに

MRI 装置により得られる画像は、良好な組織コントラストを描出する。しかし、X線デジタル画像 (写真フィルムから TV カメラによる

デジタル入力) に比較してノイズが多く、画質は撮像パラメータによって左右される。特に信号強度の低いときは画像処理によりある程度の画質改善を必要とする。そこで、MR 画像について、パーソナルコンピュータによる画像処理ソフトを各種作成して、画像コントラストの

改善およびエッジ検出などのデジタル処理を行い処理効果を確認した。また、ヒストグラム解析では、IR 法と SE 法のパルスシーケンスパラメータを変化させたときのヒストグラム分布と画像コントラストの推移関係を調べた。更に  $T_1$ 、 $T_2$  画像ではヒストグラム分析を応用することにより緩和時間分布が明らかになり、表示画像とヒストグラムの関係を明確にする方法として、画像の強度変化と対応したカラーヒストグラムの作成により、画像の強度分布とヒストグラム分布の関係を視覚的に捉えることを試みた。これらの画像処理は、全てアセンブリ言語で記述して高速処理を行った。

〔2〕使用機器と画像処理の種類  
〔使用機器構成〕

使用した MR 装置はピッカー社製超電導 VISTA-MR 0.5 T でパーソナルコンピュータは PC-9801 VM 2 と XL (NEC 製) である。VM 2 には増設メモリ、RAM ディスク、16 色グラフィックカードを増設し、両機種には数値演算プロセッサを備えた。その他に 8 インチフロッピーディスクドライブと 20 M バイトのハードディスクが備えられている。ポインティング装置としてマウスを用いて、関心領域 (ROI) の設定やプロフィール曲線の表示用に使用した。

画像データは、ピッカー社の MRI 装置の 8 インチ floppy disk から、画像フォーマットを解析して読み取りプログラムを自作して入力した。処理画像のデータ形式は、マトリクスサイズ 512×512 のワードデータは記憶容量を減らすためバイトデータに変換し、マトリクス 256×256 はワードデータを用いた。

使用言語は MS-DOS (マイクロソフト社) のマクロアセンブラである。この言語は、マクロ命令を作成することによりプログラムの効率化がはかられている。

〔画像処理の種類〕

表 1 画像処理の種類

処 理	プログラムの種類	処理時間：PC-98XL	
		256×256 マトリクス	512×512
画像処理 1	メディアンフィルタ	1.6sec.	5.6sec.
	コントラスト：		
	コントラストフィルタ	1.7	4.0
	25点アンシャープマスク法	3.0	10.8
	通過フィルタ：低域	2.8	9.1
	高域	3.0	9.6
	高周波成分検出	2.4	6.8
	エッジ検出：		
	SOBEL オペレータ法	10.0	32.0
	微分 A 法	2.4	5.9
	微分 B 法	2.1	5.4
画像処理 2	15×15マトリクスの平滑化処理	—	3.8
	V フィルタ処理	21.9	67.0
	画像の 2 値化 (任意レベル)		
	処理画像間の演算： 加算，減算，除算 画素値の反転 ヒストグラム解析 カラーヒストグラム解析 (画像も同時表示)	5.8	6.9
	ROI の作成：4 方法 (平均値，標準偏差) ROI 内の画像抽出 面積計算		
表 示 (16階調)	レベル指定表示	6.3	8.2
	レベル固定表示		5.3
	2 画像レベル指定表示 表示色の選択：5 種類 鳥かん図表示 (陰線消去) プロフィール曲線表示	8.0	10.0
画像データ	MRI フロッピーディスクからデータ変換 フロッピーディスクからの読み込み 処理画像及び ROI の保管 画像転送	5.1	11.0

処理画像サイズは 256×256 マトリクスと 512×512 マトリクスの 2 種類である。ただし 512×512 ではパソコンモニターの制限から 512×

受付年月日 昭和63年 2月 6日

別刷請求先 (〒280) 千葉市亥鼻 1-8-1 千葉大学医学部附属診療放射線技師学校 山本哲夫

400 について、表 1 のような処理を行った。参考に PC-98 XL での処理時間を示した。PC-98 VM では、およそ 2 倍の時間が必要である。

### 〔 3 〕 方法

処理用の MR 画像は、インバージョンリカバリ法（以下 IR 法）とスピンエコー法（以下 SE 法）で撮像した健康人の頭部画像と腹部画像である。撮像パラメータはパルス繰り返し時間（TR：msec）、反転回復時間（TD：msec）、エコー時間（TE：msec）である。

#### （ 3. 1 ）〔画像処理の計算方法〕

画質改善の方法として、画像に各種演算子を施して行なわれる。演算子を 3 x 3 点や 5 x 5 点を用いる方式は処理時間が短いのでパソコンでの画像処理には適当と考えられる。また処理を迅速におこなうため 4 隅を計算から除外する方式も用いた。

メディアンフィルタ処理は中央の重みを 4 にとる 9 点法、コントラストフィルタ法は前後左右を用いる 5 点法、高域通過フィルタは文献<sup>3),4),5)</sup>を参考に 21 点フィルタを設計した。

アンシャープマスク法によるコントラスト強調法として、5 x 5 マトリクスの 25 点単純移動平均画像を求め原画像との差分を原画像に加算する方法をとった。

ここで使用した各オペレータを以下に示す。

（メディアンフィルタ）

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

（コントラストフィルタ<sup>2)</sup>）

$$\begin{matrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{matrix}$$

（高域通過フィルタ）

$$\begin{matrix} 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & 32 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{matrix}$$

#### （ 3. 2 ）〔エッジ検出方法とアルゴリズム〕

偏縁の検出は、画像の計測で輪郭を求める方法として利用されている。

手法としてはいくつかの方法が考案されているが、ここでは、SOBEL オペレータ法<sup>6),7)</sup>、微分法 A<sup>7)</sup>、微分法 B<sup>7)</sup>をとる方法について処理を行う。以下にこれら 3 方法の処理方法と特徴を示す。

（SOBEL オペレータ法）

画素の X 方向と Y 方向にオペレータで演算を施し各自乗和の平方根をとる。この SOBEL 法は、演算に用いる画素数が多く演算時間を必要とするが、雑音に強いことが知られている。

（微分法 A）

中心画素以外の 8 点の中から最小値を求めてその差をとる方法で、最急勾配を追跡するオペレータであり、線がとぎれない特長を有する。

（微分法 B）

中心画素とすみの画素との差をとり、絶対値の和をとる方法で、雑音の少ない画像には実行時間が迅速で有効な方法である。

#### （ 3. 3 ）〔カラーヒストグラム表示方法〕

画像の解析には、画素値の頻度数を示すヒストグラム表示が良く利用されている。MR 画像は、撮像時のパルスシーケンスパラメータの選択の違いにより得られる像が変化する。有用な診断情報を得るためには適切なパルスシーケンスパラメータの選択が要求されている。MR 画像のヒストグラム解析は最適パラメータを選択するうえで良い情報を与えると考えられる。

また T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 計算画像では時間分布が明確に表現できるため、組織の緩和時間を知るため有益な時間情報提供の助けとなる。

従来のヒストグラムは、画像とヒストグラム

の対応が不明確である。そこで、画像信号強度の 16 階調擬似カラーと同一の色で頻度分布を示すカラーストグラム方法で、画素位置とヒストグラム分布値を対応させる。この方法により画像信号強度値とヒストグラム分布値の関係が視覚的に簡単に判断でき、画像のヒストグラム解析方法の応用範囲を広げることができる。画像とヒストグラムの表示は任意のレベルで指定できる方式を採り、マウスを使用して任意 ROI 内のヒストグラム表示も得られる。

#### 〔4〕結果

##### (4, 1) 〔画像処理〕

健康人の頭部 MR 画像 (IR : TD 500 msec /

TR 1000 msec) について各画像処理を施し、図 1 に示した。以下の図はパソコンモニター上の白黒 16 階調画像である。

図 1. a は未処理像であり、以下にこの像について各画像処理を施した結果を示す。中央に重みのかかっている 9 点メディアンフィルタ処理 (図 1. b)、前後左右 5 点コントラストフィルタ処理 (図 1. c)、21 点高域通過型フィルタ処理 (図 1. d)、25 点アンシャープマスク法によるコントラスト強調処理を行った画像 (図 1. e) である。頭部は比較的 MRI 装置では良好な画像が得られるがコントラストフィルタ処理と高域通過フィルタ処理ではノイズが強調されている。

##### (4, 2) 〔エッジ検出〕

エッジ検出として SOBEL オペレータ処理画

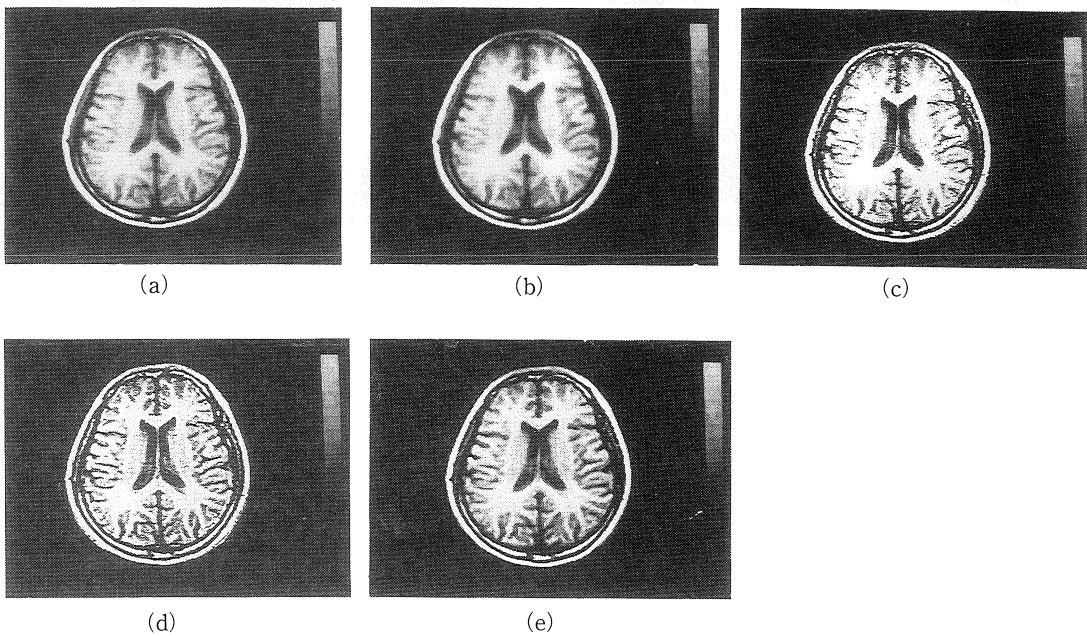


図 1 頭部インバージョンリカバリー画像の各種画像処理

(a) 原画像, (b) メディアンフィルタ処理, (c) コントラストフィルタ処理, (d) 高域通過フィルタ処理, (e) アンシャープマスク法によるコントラスト強調処理。

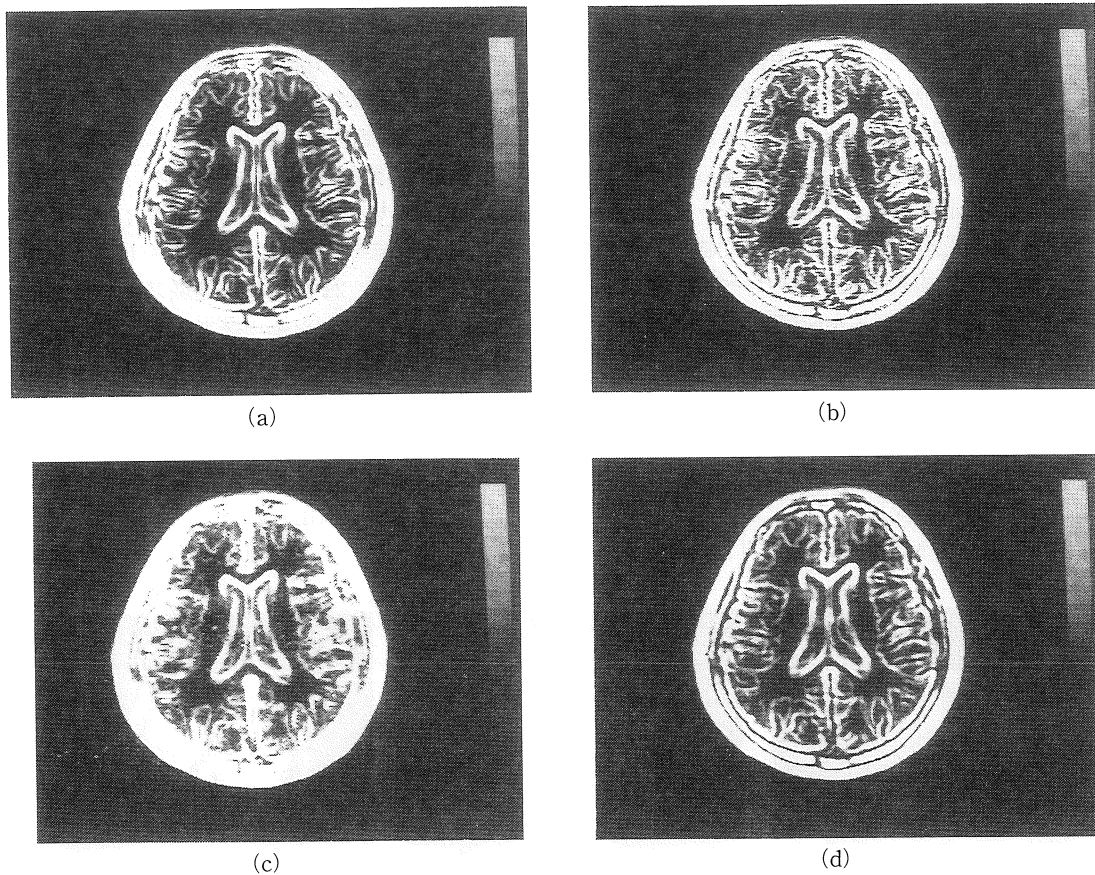


図2 各種エッジの検出画像

(a)sobel法, (b)微分A法, (c)微分B法, (d)メディアンフィルタ処理後の微分A法.

像(図2. a), 微分A法画像(図2. b), 微分B法画像(図2. c)の3方法を試みた結果, SOBEL法はエッジの線が太いがノイズの少ない画像が得られ, 微分A法画像はエッジ線は細いもののノイズが増加, 微分B法画像は更にノイズが著しく増加した. そこでエッジの検出の前処理としてメディアンフィルタ処理後の微分A法(図2. d)はノイズの低下した良好なエッジ像が得られた.

(4. 3) [ヒストグラム解析]

(パルスパラメータの違いによる脳の画像信号強度ヒストグラム変化)

IR法とSE法のパルスパラメータを変化させた頭部画像のヒストグラム分布の変化を図3と図4に示した.

IR法では繰り返し時間が長くなるにしたがい画像信号強度が高くなり, ヒストグラム分布が広がりコントラストが強くなっている.

注: 画像中の負のデータは除外

SE法では繰り返し時間とエコー時間が長くな

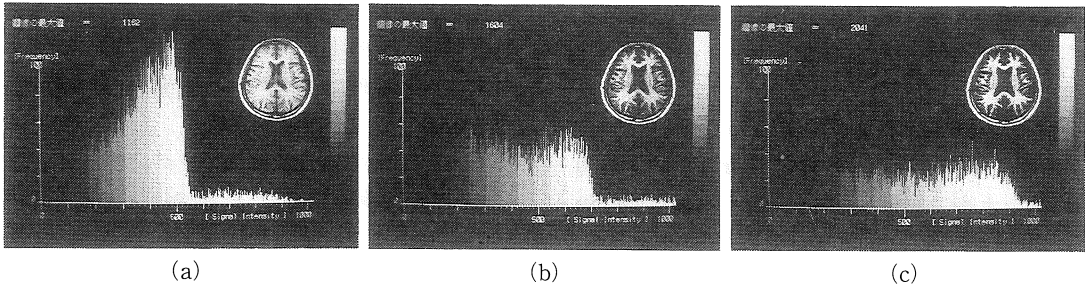


図3 インバージョンリカバリ法における繰り返し時間の変化による画像信号強度ヒストグラム分布の変化

(a) TD500/TR1000, (b) TD500/TR1500,  
(c) TD500/TR2000

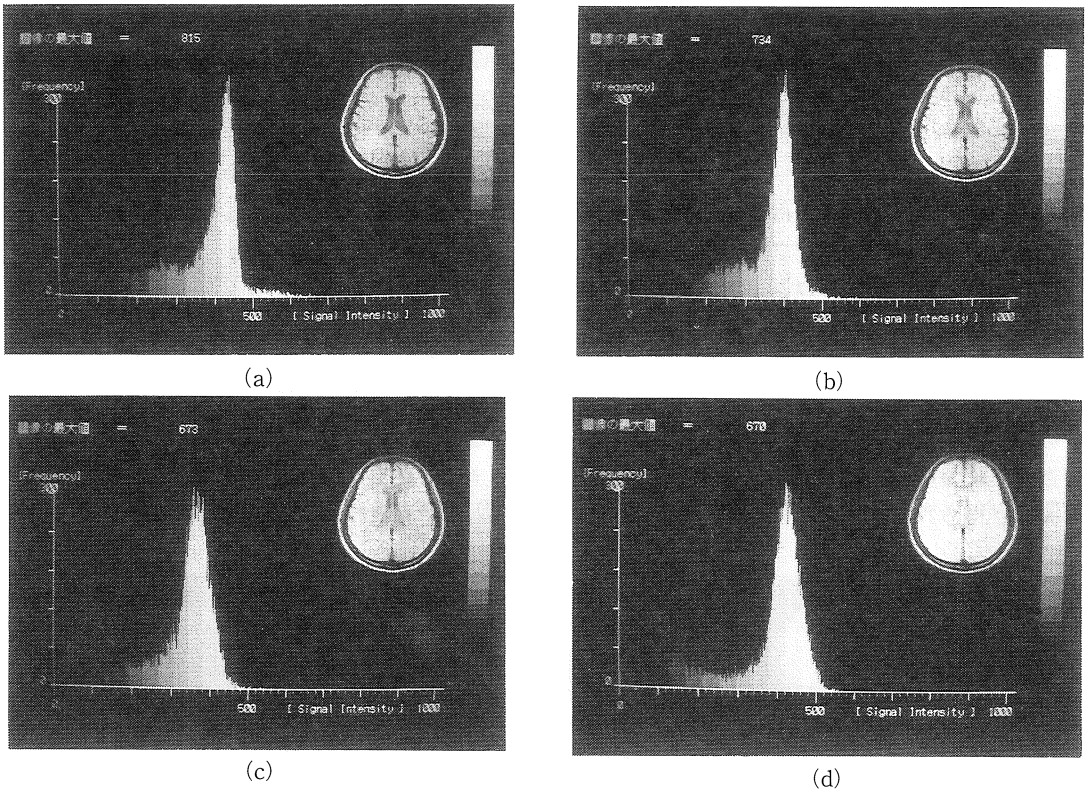


図4 スピンエコー法における繰り返し時間とエコー時間の変化による画像信号強度ヒストグラム分布の変化

(a) TE40/TR1000, (b) TE40/TR1500,  
(c) TE40/TR2000, (d) TE80/TR1500,

るにしたがい左の肩の部分が消失して、ヒストグラム分布が狭くなりコントラストの変化がみられる。

( $T_1$ ,  $T_2$ 画像のヒストグラム分布)

頭部  $T_1$ 画像(図 5. a)では 380 msec から 1000 msec 以上まで分布している。そして 400 msec から 500 msec 間と 600 msec から 800 msec 間での組織の違いが認められる。

頭部  $T_2$ 画像(図 5. b)では 60 msec から 200 msec の短い時間領域に分布して、ピークは 60 msec と 80 msec に 2 本見られる。60 msec のピークは頭皮部分である。

腹部の  $T_1$ 画像(図 5. c)では、頭部  $T_1$ 画像に比較して時間分布は短時間成分も多くなっている。

## 〔5〕 考察

MR 画像はコントラストは高いが高周波成分が比較的多く、メディアンフィルタでも画質改善効果が生じた。しかしコントラストの低い腹部領域の画像ではこのメディアンフィルタ処理とマスク法によるコントラスト強調処理は良い方法と考えられる。

画像信号強度の低い撮像パラメータ画像では、複数の処理と数回の繰り返しにより観察の可能な画像が得られた。またエッジ検出処理では、

SOBEL 法を除きあらかじめメディアンフィルタ処理が有効と考えられる。しかし前処理を施さなくても各処理にて得られた画像は観察が可能である。

パルスシーケンスのパラメータの相違によるヒストグラム解析では、インバージョンリカバリ法では繰り返し時間を延長するとヒストグラム分布が広がって、コントラストの増加を確認できた。スピンエコー法では繰り返し時間とエコー時間が長くなるとヒストグラム分布が狭まくなりコントラストの低下がみられた。

$T_1$ ,  $T_2$ 計算画像のヒストグラム解析では、頭部における  $T_1$ 計算画像のヒストグラム時間分布は異なる組織の境界が予想された<sup>8)</sup>。 $T_2$ 計算頭部画像のヒストグラムは短時間領域に分布して鋭いピークが 2 個存在した。腹部  $T_1$ 計算画像では、頭部に比べて短時間部分にも分布しを示した。この様に MR 画像のヒストグラム解析は有用な情報を与えてくれた。

## 〔6〕 まとめ

本画像処理プログラムは MRI 装置の補助解析装置として迅速で品質の良い処理を行うことができる。

また最近では、パソコンはほとんどの施設や個人で所有されるほど普及しており、その応用

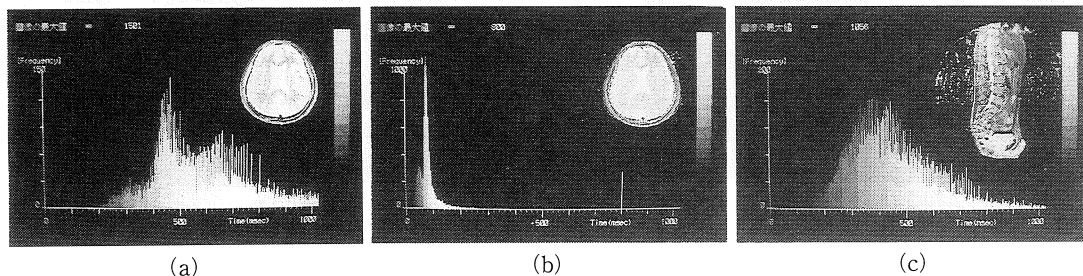


図 5  $T_1$ ,  $T_2$ 画像のヒストグラム分布  
(a)頭部  $T_1$ 画像, (b)頭部  $T_2$ 画像, (c)腹部  $T_1$ 画像。

は重要である。従来ミニコンレベルでしかできなかった画像処理はパソコン上でも広く応用されてきており、比較的安価なパソコンで MR 画像を解析することができる利点がある。

おわりにあたり、御校閲を賜った本学放射線医学教室有水昇教授ならびに MR 装置の使用の際には医学部附属病院の植松貞夫放射線部長、守田文範氏、井内啓子氏に御尽力を戴き、ここに深く感謝いたします。

本論文の要旨は第 9 回核磁気共鳴医学研究大会にて発表した。

#### 文 献

- 1) 尾上守夫編, 桑原道義: 医用画像処理, 朝倉書店, p 197-201, 1982.
- 2) 松山隆司: ラジオアイソトープを利用した画像診断(2), RADIOISOTOPES, Vol 33, No 11, p 824-833, 1984.
- 3) 村瀬研也, 望月輝一, 杉内矩昭他: 核医学に於けるデジタル・フィルタの応用, 日立メディコ, NEDIX, Vol 16, p 41-50, 1984.
- 4) 春日敏夫, 小林敏雄, 丸山清他: 高速 2 次元コンポリューション法による TV 像観察装置の試作と X 線像改良処理, 映像情報, Vol 15, No 13, p 631-637, 1983.
- 5) 榎本肇編: 画像の情報処理, 画像エレクトロニクス講座 9, コロナ社, p 262, 1978.
- 6) 手塚慶一, 北橋忠宏, 小川秀夫: デジタル画像処理工学, 日刊工業, p 74, 1985.
- 7) 榎本肇編: 画像の情報処理, 画像エレクトロニクス講座 9, コロナ社, p 272-275, 1978.
- 8) 小沢義典, 山浦晶, 福田信男他: 脳腫瘍 T<sub>1</sub>分布及び結合水分画(BWF), NMR 医学, Vol. 5, No. 2, p 52-59, 1985.