

# 原 著

## MRI からの脳下垂体血腫の三次元表示

### 3 D - Display of the Pituitary Gland in the MRI

山本 秀樹 (岡山大学工学部電気電子工学科)  
美咲 隆吉 (岡山大学工学部電気電子工学科)  
木本 真 (岡山大学医学部放射線科)  
平木 祥夫 ( " )  
桑原道義 (大阪産業大学)

Hideki YAMAMOTO

(Dept. of Electrical and Electronic  
Engineering, School of Engineering, Okayama  
Univ.)

Takayoshi MISAKI

(Dept. of Electrical and Electronic

Shin KIMOTO

(Dept. of Radiology, Okayama  
Univ. Medical School)

Yoshio HIRAKI

(Dept. of Radiology, Okayama  
Univ. Medical School)

Michiyoshi KUWAHARA

(Osaka Industrial Univ.)

山本 淑雄 (岡山大学医学部放射線科)

上者 郁夫 (岡山大学医学部放射線科)

橋本 啓二 ( " )

青野 要 ( " )

Yoshio YAMAMOTO

(Dept. of Radiology, Okayama  
Univ. Medical School)

Engineering, School of Engineering, Okayama  
Univ.)

Ikuo JOHJA

(Dept. of Radiology, Okayama  
Univ. Medical School)

Keiji HASHIMOTO

(Dept. of Radiology, Okayama  
Univ. Medical School)

Kaname AONO

(Dept. of Radiology, Okayama  
Univ. Medical School)

#### キーワード

MRI, pituitary gland, three-dimensional display, image processing

#### 要 旨

The purpose of this paper is to present 3D-display of the pituitary gland in the MRI. MRI is performed using a TOSHIBA MRT-15A resistive magnetic system, which is capable of spin-echo (SE) and inversion-recovery (IR) images with a slice thickness of 10 mm. The visualized anatomical region of the head were recorded on the films in the

constant slice intervals. Image data were taken by using a TV-camera, and digitized into 256 gray levels at an 512x512 array of points. By the region segmentation, the boundaries of the pituitary gland, ventricles and brains were extracted. And the boundaries of the pituitary gland at 7 sagittal sections and 2 axial sections were displayed three-dimensionally.

As a result of this study, the following conclusions were obtained.

(1) The boundaries of the brain tumor, ventricles and brain were precisely extracted by image processing techniques.

(2) Making use of this method, we may be able to obtain valuable diagnostic and physiologic information.

## 1 はじめに

従来、人体内部構造の情報を得る手段として、CTは有用であり常用されている。しかし、その画像は二次元表示されたものが殆どであり、人体内の立体的情報を得るためには、像を三次元的に再構成する作業が要求されている。その過程の簡略化・客観化を目的として、様々な試みがなされてきた。近年、新しい画像診断の modality として MRI が登場した<sup>1)~4)</sup>。ここでは、人体頭部内の病変を対象に、その三次元表示を試みた。

以下、領域分割法による脳内血腫の検出、三次元表示法、臨床例などについて報告する。

## 2 対象

14才男性、脳下垂体血腫の症例を対象とした。この患者は当初脳下垂体腺腫を発見されたが、経過中に腫瘍内出血を起こし、血腫を形成したものである。

この症例の撮像に使用した装置は、常電導 0.15 Tesla の静磁場強度を有する東芝 MRT 15A である。画像は二次元フーリエ変換法によって

得られる。パルス系列は SE(320, 30), SE(2000, 50), IR (2400, 400, 30) を使用した。

得られた画像を検討した結果、画質は IR がすぐれているが、スライス数が多く又撮像時間が短くてすむ SE (320, 30) を使用することにした。

## 3 方法

### 3.1 画像の入力

MRI フィルムをテレビカメラを用いて読み取り、512×512 の画素に分け、1画素あたりの濃度レベルが 8 ビット (256 段階) のカラーデジタル画像に変換する。

### 3.2 カラー画像の白黒画像への変換

カラー画像を白黒画像に変換するために、次式を用いて R, G, B, それぞれの成分に対し RGB-YIQ 変換<sup>5)</sup>を行う。

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

受付年月日 昭和62年 9月14日

最終稿受付 昭和62年 9月29日

別刷請求先 (〒700)岡山市津島中3-1-1 岡山大学工学部電気電子工学科 山本秀樹

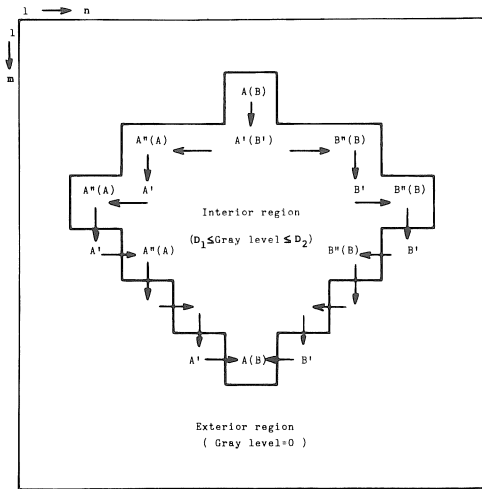


図1 領域分割

ここで、 $Y$  は明るさを表す成分で、 $I$ 、 $Q$  は色度を表す成分である。この  $Y$  の値を白黒のデジタル画像の濃度値として使用する。

### 3.3 領域分割による輪郭線の検出

関心領域の切り出しを行いその内部にある脳内血腫、その他の輪郭線を領域分割によって求める。

画像から対象物を一つの塊として取り出す操作は領域分割と呼ばれる<sup>9)</sup>。ここでは画像の濃度ヒストグラムから対象物の濃度範囲を設定した後、領域を決定する。その手順は次の通りである。

(1) MRI の関心領域における濃度ヒストグラムを求める。

(2) 濃度ヒストグラムより、対象物の濃度範囲 ( $D_1 \leq \text{Gray Level} \leq D_2$ ) を設定する。

(3) 画面全体に対し、この濃度範囲内の画素については濃度値をそのままにし、濃度範囲外の画素については濃度値を 0 とするしきい値処理をする。

図 1 に示す画面上を左上の点 ( $m=1, n=1$ ) から  $n$  方向に濃度値が 0 でない画素を探索する。

$m=1$  上に条件を満たす画素が存在しない場合、 $m=2$  行上を探索する。このようにして  $A$  点を検出する。 $A$  点と同一行に条件を満たす点が存在する場合はこれを  $B$  点とする。説明を簡単にするため、 $A$  点だけが検出された場合すなわち  $A$  点と  $B$  点の位置が一致した場合について述べる。 $A$  点の下の  $A'$  点の濃度値が 0 か否かを調べる。いま  $A'$  点の濃度値が 0 でない場合、 $A'$  点は領域内の点であるから、 $A'$  点より左方に探索を行い、領域の左端の  $A''$  を決定する。 $A'$  点の濃度値が 0 の場合、 $A'$  点は領域の外点であるから  $A'$  点より右方向に点の探索を行い  $A''$  点を決定する。 $A$  点と同一行に存在する  $B$  点について同様に探索を行い  $B''$  点を決定する。この場合  $B'$  点の濃度値による探索の方向は  $A'$  点の場合と逆方向である。以上によって検出された  $A''$  点及び  $B''$  点をそれぞれ新しい  $A$  点、 $B$  点とする。この操作を  $A$  点と  $B$  点の位置が一致するまで繰り返す。

### 3.4 しきい値の決定

領域分割により画像から対象物を検出するために画像の濃度ヒストグラムから、しきい値を求めることが必要である。

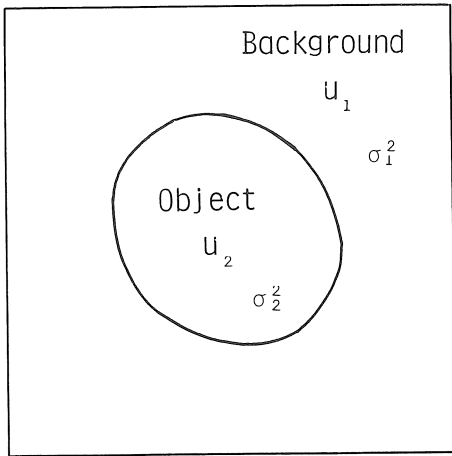
図 2 (a) に示すような、対象物と背景をもつ画像の濃度ヒストグラムは同図 (b) のように双峰的なもので表される。この谷を与える濃度値をしきい値とすることになるが、画像に雑音があるため、その谷が雑音によるものかどうか判断しにくい場合が多い。

いま、対象物と背景における平均濃度の差の絶対値と、両者の濃度分布の標準偏差の和の比を考え

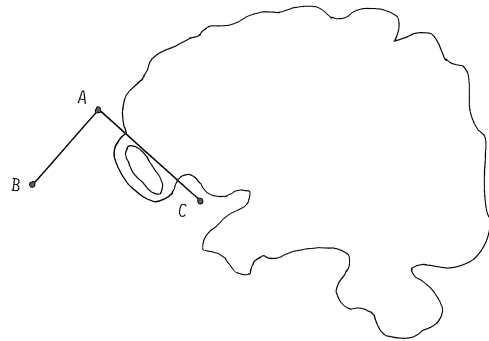
$$S/N = |u_1 - u_2| / (\sigma_1 + \sigma_2) \quad (2)$$

を SN 比と定義する。

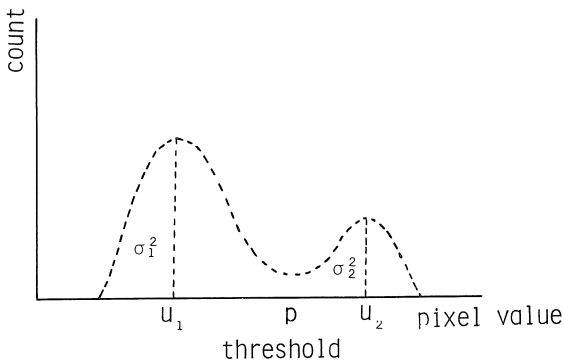
ある低い濃度値  $p$  を決め、 $p$  より低い濃度の画素全てが背景であるとし、 $p$  より高い濃度の画素全てが対象物であるとする、SN 比はそれぞれの平均濃度と標準偏差を計算することによって求



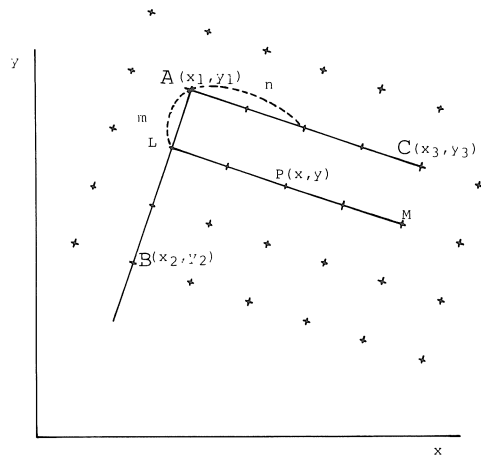
(a)



(a)



(b)



(b)

図2 対象物とその濃度ヒストグラム

図3 隣接領域の分離

めることができる。

次に、 $p$  の値を 1 つ増し SN 比を求めこれを  $p$  が高い濃度になるまで繰り返し SN 比を求める。この求まった SN 比が最大のとき、対象物と背景の境界が最も急峻であり、SN 比が最大となる濃度値  $p$  をしきい値と決定する。

### 3.5 隣接領域の分離

MRI フィルムは複数の断面について撮影されており、断面によっては輪郭の切り出しが困難な場合がある。その例として脳の輪郭がある。脳内血腫の場合は周囲とのコントラストが高い

ので濃度による分離ができるが、脳の場合コントラストが低いので周りの骨髄や頭皮などを含んで検出してしまふ。そこで、次の手法を用いて unnecessary 部分を取り除く作業を行う。

図 3 に示すように unnecessary 部分を囲むように 3 点 A, B, C を決める。2 点 A, B 及び A, C はそれぞれ直線を決定する。直線 AB 上に、点 A からの距離が  $m$  である点 L を選ぶ。点 L から直線 AC に平行な直線 LM を引く。直線 LM 上

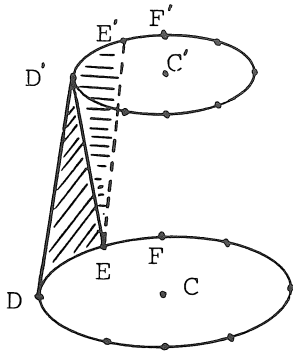


図4 三次元表示

に点Lからの距離がnである点Pを選ぶ。このとき、点Pの座標(x, y)は次のように与えられる。

$$a = (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2)$$

$$b = (y_1 - y_3) / (x_1 - x_3)$$

$$x_5 = x_1 - \sqrt{m^2 / (1 + a^2)}$$

$$y_5 = a(x_5 - x_1) + y_1$$

$$x = x_5 + \sqrt{n^2 / (1 + b^2)}$$

$$y = b(x - x_5) + y_5$$

このようにして決まった点P(x, y)の画素の濃度を0にすることにより不必要な部分を取り除くことができる。

### 3.6 三次元表示

MRIから検出された脳内血腫、脳、脳室系の輪郭線を用いてこの輪郭線上の点の重心Cの座標を計算する。

図4に示すように、この重心と同一行に存在する輪郭線上の点Dを求める。この点Dを基準として、輪郭線をn等分した点E, F……を求め、同様にして得られる異なる断面において同様に異常部位の輪郭線の重心C'を求め、重心と同一行に存在する輪郭線上の点D'を求める。この点D'を基準として輪郭線をn等分した点E', F'を求める。ここで、3点D, E, D'は一つの3角面を、又3点D', E, E'は他の3角面を決定する。次に、これらの3角面をカラーで塗りつぶす。

このようにして、複数の輪郭線で決定される

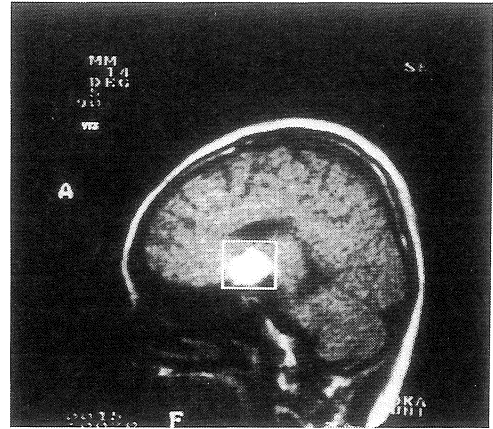


図5 MRIと関心領域

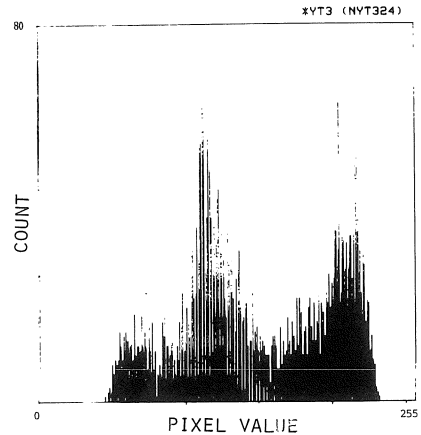


図6 関心領域の濃度ヒストグラム

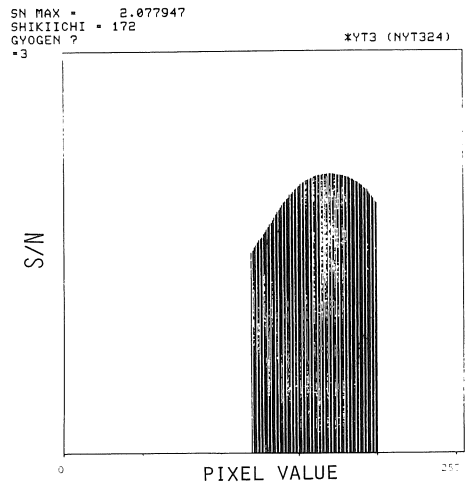


図7 濃度ヒストグラムからのしきい値の決定

面が表示できる。この操作を複数の断面に適用し、対象物の三次元表示を行う。

#### 4 臨床例

図5は、MRI フィルムをテレビカメラでデジタル化して、カラーイメージディスプレイ上に表示した結果である。同図は、正中より14 mm 右における矢状断像である。図の四角で囲んだ部分は関心領域を示し、その中の明るい部分が脳内の異常部位（脳下垂体血腫）である。この異常部位の輪郭線を領域分割によって検出するために、関心領域の濃度ヒストグラムを求めた。これを図6に示す。ヒストグラムをみると、大きい山が2つ存在し、このうち濃度が最も高いところが異常部位に当たる。しきい値の決定法を用いてSN比を計算する。この結果を図7に示す。これからSN比の最大値を与える濃度の172がしきい値となる。以上から、しきい値を $D_1=172$ 、 $D_2=250$ に設定して、領域分割によって輪郭線をもとめた。また、同様にして脳の輪郭も求めた。

次に、脳室系の切り出しであるが、図5に示すようにこれらは全体的に濃度が低いためそれぞれの画素の濃度を255から減ずることにより反転させる。こうすることによって、脳室系の部分が明るくなり、脳内血腫を切り出したときと同じ手法で切り出すことができた。

図8(b)は、図5における脳内血腫、脳および脳室系の輪郭を表示したものである。同図(c)（正中4 mm 右）、同図(d)（正中6 mm 左）は異なる断面における矢状断像である。

図8(a)（正中24 mm 右）は、脳だけの切り出しであるが、脳のその周囲とのコントラストが低いため、頭皮や骨髄の部分が脳の濃度範囲に含まれてしまい脳に近い部分は一緒に検出されてしまうので、この部分を切り離す必要がある。この場合、先に述べた方法を用いて不必要

な部分の濃度を0にしてから取り除く作業を行った。

このようにして得られた水平断像（2スライス）、矢状断像（7スライス）における脳内血腫、脳および脳室系の三次元表示するため輪郭を等分した。脳の輪郭を128等分し、脳内血腫、脳室系についてはそれぞれ64等分して三次元表示した結果を図9に示す。

#### 5 考察

以上のように、MRI から脳内血腫、脳および脳室系を検出し、これらを三次元表示する手法および臨床例について述べた。ここで結論をまとめると次の通りである。

(1)濃度ヒストグラムから対象物の濃度範囲を設定してその領域を決定する領域分割法は境界が鮮明な脳内血腫だけでなく境界が入り込んだ脳、脳室系についても有効でありこの手法によりこれらの輪郭線を正確に検出することができる。

(2)対象物とその周囲のコントラストが低い場合、骨髄、頭皮などの不必要な部分を検出することがあるが、三つの基準点を用いて、それらで囲まれる部分の濃度を0にする方法は、不必要部分を除去するのに有効である。

(3)脳内血腫の三次元表示をすることによって、脳内血腫の立体的構造が明らかになり、脳および脳室系も同時に表示することにより、脳内における血腫や脳室系の位置の把握が可能である。

(4)脳内血腫の立体構成像は、熟練した医師にとっては経験的直観による細部構造の誤りを訂正する規準となるし、未経験な医師にとっては頭部構造の読影の教材として役立つものと考えられる。

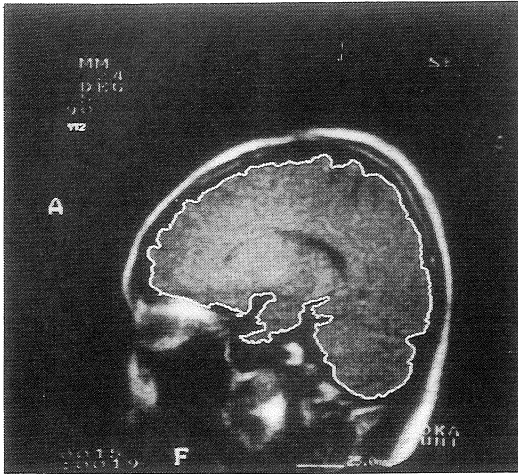


図 8(a) MRI (脳下垂体血腫) と検出された輪郭線

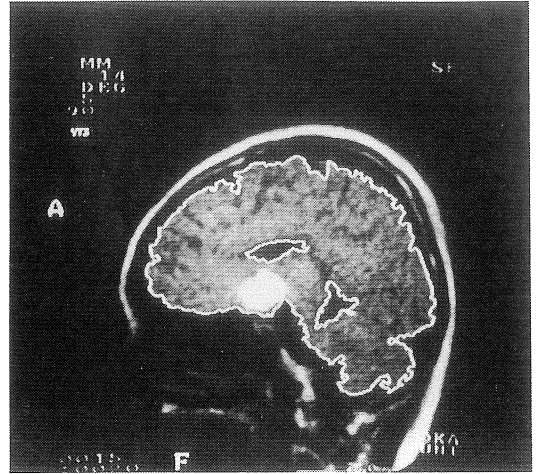


図 8(b) MRI (脳下垂体血腫) と検出された輪郭線

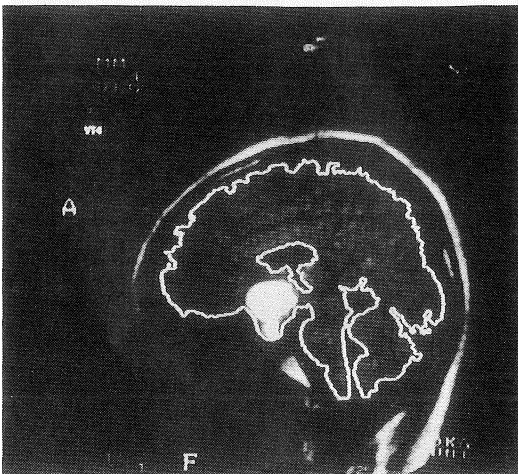


図 8(c) MRI (脳下垂体血腫) と検出された輪郭線

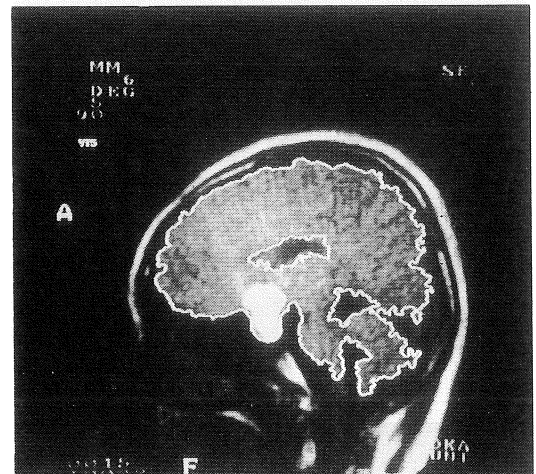


図 8(d) MRI (脳下垂体血腫) と検出された輪郭線

## 6 むすび

頭部疾患の三次元表示法について報告した。本手法は、対象物の輪郭線の検出をほぼ自動的に行えるので、多数の症例への適用も比較的に容易に行えるものと期待される。ここでは、頭部疾患の検討のみを行ったが、本手法は、他の部位の疾患に対しても有用であるものと考えられ

る。今後、さらに多くの症例について適用を検討したい。

## 文 献

- 1) G. Gademann : NMR-Tomography of the Normal Brain, Springer-Verlag, 1984.
- 2) V. Cappellini and R. Marco : Advances in Image Processing and Pattern Recognition : 318-322, North-Holland, 1986.

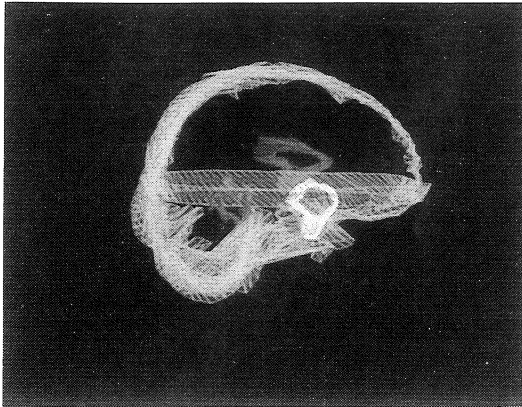


図 9 (a) 脳下垂体血腫の三次元表示

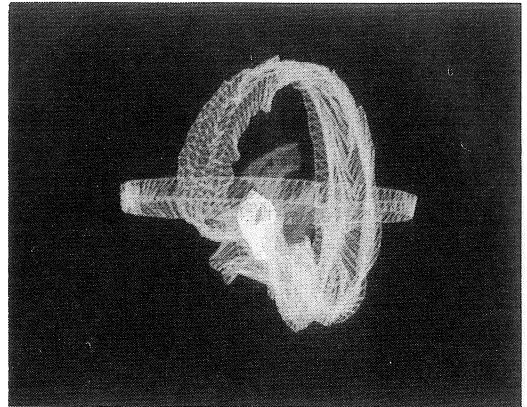


図 9 (b) 脳下垂体血腫の三次元表示

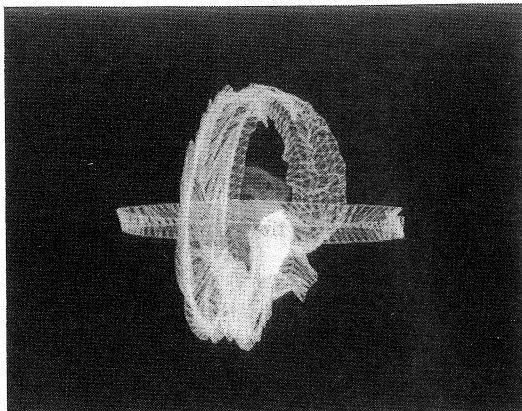


図 9 (c) 脳下垂体血腫の三次元表示

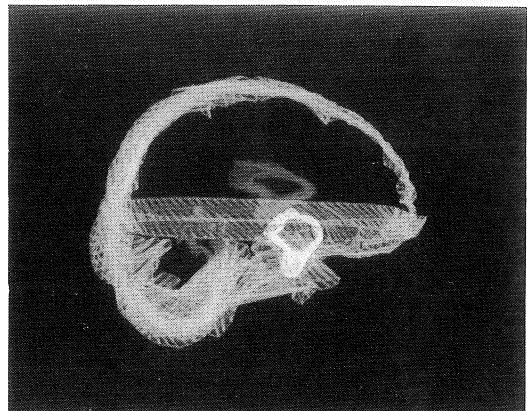


図 9 (d) 脳下垂体血腫の三次元表示

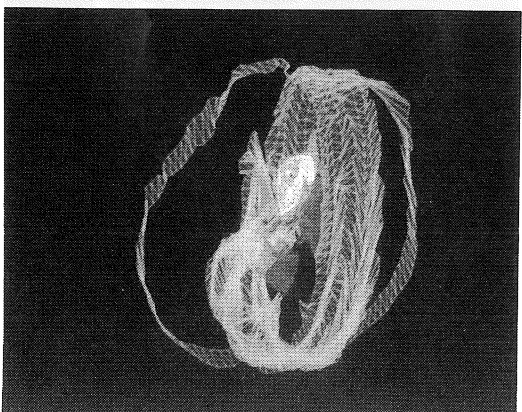


図 9 (e) 脳下垂体血腫の三次元表示

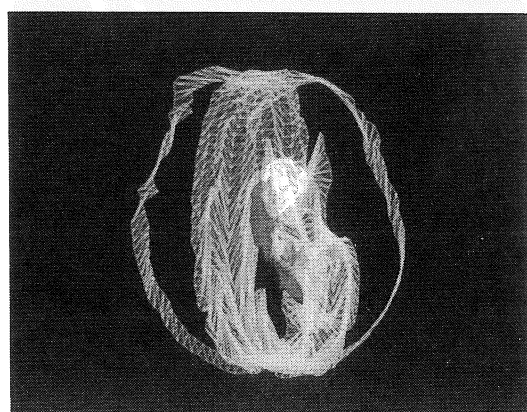


図 9 (f) 脳下垂体血腫の三次元表示



- 3) D.N. Kennedy and A.C. Nelson: Three-dimensional Display from Cross-Sectional Tomographic Images: An Application to Magnetic Resonance Imaging, IEEE Transactions on Medical Imaging, MI-6,2 : 134-140, 1987.
- 4) 西村恒彦, 柏木 徹: 心臓の MRI 三次元表示について, NMR 医学, 6 : 306-311, 1987.
- 5) W.K. Pratt: Digital Image Processing, Wiley, 1987, p.84.
- 6) 長尾 真: 画像認識論, 58, コロナ社, 1983, p.58.