

## 医療現場でのインフォームド・コンセントを指向した MR画像処理システムの試作と検討

大浦 邦彦\*, 神津 薫\*

### A Development of Image Processing System for Magnetic Resonance Images Considering Informed Consent at the Medical Spot

Kunihiko Oura\*, Kaoru Kouzu\*

**Abstract:** In recent years, the importance of informed consent is increasing at the medical spot. The informed consent builds the better relation between a doctor and a patient. However, it is difficult for the doctor to tell diagnostic results for a patient who has few medical knowledge, in several minutes of consultation. Under such backgrounds, this paper develops an image processing system for images taken by magnetic resonance imaging system, MRI. The system extracts specific areas including pathological change automatically, by considering the property of T1 weighted and T2 weighted images. Also, the system reconstructs the 3D image and displays the picture intelligible for both an operator and a patient. When this system completes, the doctor can use the system at the time of consultation, and the system is useful for informed consent.

**Key words:** Informed consent, MR image, Image processing, 3D

#### 1. はじめに

近年、医療の現場ではインフォームド・コンセントの重要性が高まっている。より良い医療のあり方として、インフォームド・コンセントは医師と患者との関係を構築するために必要な手段であり、医療の中核をなすものとして捉えられるべきとの意見も多い。しかしながら、わずか数分間の診療で「医学に関する知識」が乏しい患者に診断内容をわかりやすく伝えることは困難であるとされ、この欠点を補うものとして医師による説明の際に用いられる補助手段の開発が、工学分野を中心に進んでいる現状にある。特に、画像診断装置といわれるX線、CT、MRIといった機器で撮影された画像に対しては多くの技術、主として3次元可視化モデルの性能向上を企図したものが提案されているように見受けられる。

このような背景の下で、本論文では実験装置として磁気共鳴イメージング装置（MRI）を用い、撮影されたDICOM形式2次元画像から病変に代表される特定組織を自動抽出して、操作者に分かりやすい3次元再構成された画像を表示する画像処理システムについて試作し、

検討した結果についてまとめる。具体的には、撮影されたT1、T2強調画像の濃度比較を通じて体内組織を推定できる事実を援用し、特定組織を表現できる階調値を選定、さらに撮影時の位置および視点を表すパラメータを導入し、より実物に近い状態での表示を可能とする。本システムが完成すると、医師の診療時にノートパソコン等のモニターに3次元画像の形で病変危険部位を映し出すことが可能であり、インフォームド・コンセントの一助となることが期待される。

#### 2. MRIによる組織抽出

##### 2.1 MRIと強調画像

MRIとは核磁気共鳴画像法（Magnetic Resonance Imaging）のことであり、核磁気共鳴現象を利用して生体内部の情報を映像化する方法である。核スピンの緩和方向の違いから縦緩和と横緩和の2種類に分け、それぞれに対応する画像をT1強調画像とT2強調画像のように呼ぶ。体内の各組織はそれぞれ固有のT1値、T2値を持っていることから、画像処理により各画像のT1、T2値（濃淡）を比較することで組織を特定できる。医師は造影剤の使用などを指示することで病変部位を強調して撮像を依頼することもあるが、基本的には同一スライスにおけるT1、T2両強調画像を目視により確認して診断

\* 国士館大学  
Kokushikan University

すると考えられる。国士館大学ハイテク・リサーチ・センターに設置されているMRI装置を図1に示す。装置の磁場強度は0.3Tである。

T1, T2両画像における濃淡の組み合わせと組織との関係は、表1に示すようなパターンが知られている。これは参考文献<sup>1)</sup>に記されている色合いの組み合わせを、著者がまとめたものである。実際のMR画像では撮影状況により色合いに若干の変化が出るため、表にある濃淡を直接は適用できないが、病変を含む組織変化を一次的に把握するものとして本表は有効と思われる。色合いに関しては一般に、T1強調画像で水は黒・脂肪は白、T2強調画像では水が白・脂肪が白、と写ることのみ周知されていることが多い。

## 2.2 画像処理の適用

前節で述べた事実をもとに、MR画像から判断される組織変化を、画像処理アルゴリズムを用いて抽出する方



図1 MRI装置 (日立メディコ社製, AIRIS2, 0.3T)

表1 各強調画像の濃淡と組織変化

| T2 | T1 | 疑われる組織     |
|----|----|------------|
|    |    | 良性腫瘍, 急性炎症 |
|    |    | 悪性腫瘍, 慢性炎症 |
|    |    |            |
|    |    | 高蛋白液, 石灰化等 |
|    |    |            |
|    |    | 陳旧性血腫, 肉芽腫 |
|    |    | 繊維性組織      |

法を提案する。医療現場ではMR画像を用いて医師により病気が診断され、専門的知識また豊富な経験を用いて画像の提供者(患者)に対して診断結果を伝えることになる。ただし、患者の持つ知識は乏しくMR画像を見る目も養われていないこと、また診察時間(MR画像による診断結果を伝える時間)が短いことなどの理由により、医師から患者への一方向の説明となることも少なくない。本節で提案するアルゴリズムはインフォームド・コンセントの観点からこの欠点を補うために用いられるべきものであり、医師による診断の補助的な位置付けとして、患者の理解しやすさ、ひいては画像の理解しやすさに重点を置いて考えねばならない。

## 3. 画像処理アルゴリズム

本論文で提案するアルゴリズムを図2に示す。

まずDICOM形式で出力された2次元MR画像を全てPCに取り込み、bitmap形式となったものを縮小して128×128の大きさとする。より詳細な結果を得るには画像を縮小しない方が良いのは当然であるが、前節で言及した診断の補助的立場という位置付け、および処理速度を考慮してこの操作を組み入れる。縮小した後の画像でも1pixelが4mm<sup>2</sup>程度であり、臨床的には大きな問題にならないと考えられる。

次に、各画像の輝度はそのままに色調と彩度を削除して、濃淡化処理をおこなう。さらに表1の濃淡を参照に階調値を決定して2値化処理を適用し、白黒の2値画像に変換する。ただしここで、撮影時のハードウェア的な問題から多少色合いの違いが生ずる可能性もある事実を考慮し、基本的には表1に準じた固定閾値により2値化をおこなうが、撮影状況に応じて階調値を修正できる可変閾値を採用した。設定値は、操作者が撮影画像の一

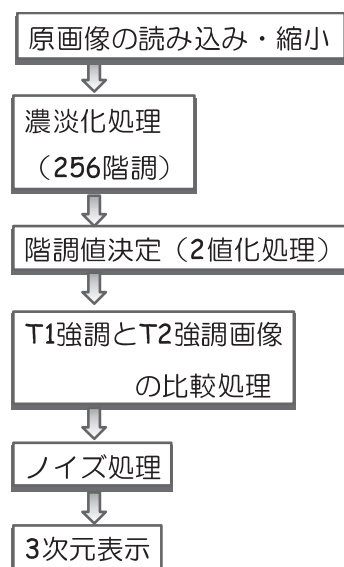


図2 アルゴリズム

部を目で確認して決定する形となる。アルゴリズムでの判定画面を図3に示す。

なお閾値の設定に用いるのは、MRIにより撮影された各断層画像のうち1スライスにおけるT1、T2強調画像のみである。これには撮影部位の端でなく中間部分の

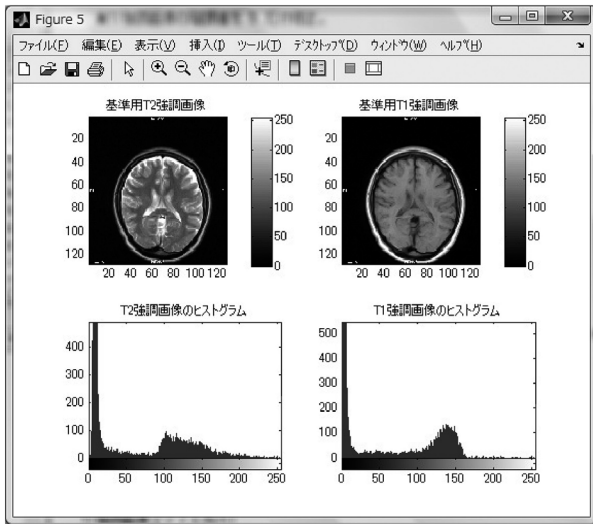


図3 階調値決定プロセス

断面を選ぶことが多いが、注目すべき部位が分かっている場合にはその断面を用いる。他のスライスには、そこで設定された閾値と同じものを適用する。

2値化された各断層画像でパターンマッチング（比較処理）を行い、得られた結果にノイズ除去処理として小面積を削除したのち、各スライス画像を3次元再構成したものが、本アルゴリズムの処理結果となる。簡易的には各2次元画像を層状に積み重ねて3次元表示する処理により、結果を理解できる（図4）。結果表示の際には、抽出成分のみでなく撮影部位の外形を把握するため、処理を施さない画像（T1強調）と抽出部位を並べて表示させる。

## 4. 実行例

### 4.1 脳からの水分抽出

アルゴリズムの適用結果を示す。13名の20歳代被験者について、横断方向（transverse）に脳のMR画像を撮影した。撮影方向には横断のほかに冠状断（coronal）と矢状断（sagittal）があり（図5）、これらを組み合わせれば図の正確さひいては3次元画像の理解も高めることが可能である。

各被験者から、断面の間隔6mmで16枚の画像を撮影

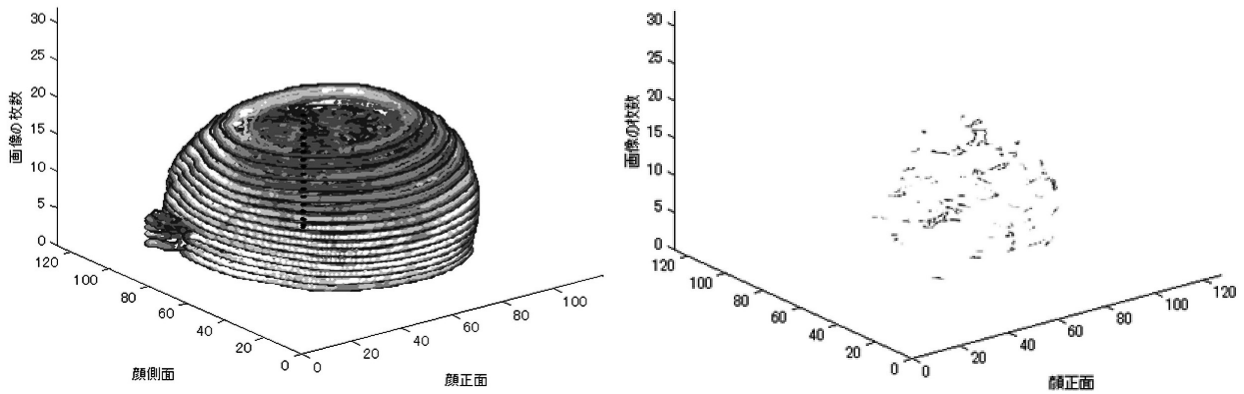


図4 撮影部位の3次元再構成画像（左）、抽出された水分（右）

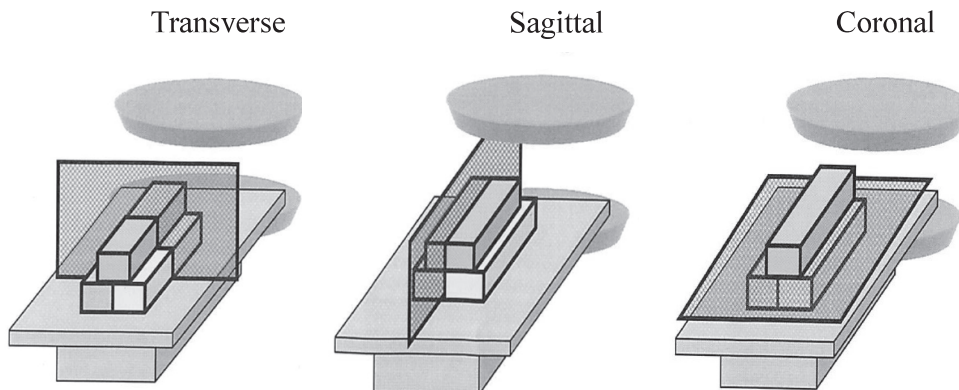


図5 MR画像の撮影方向

した。撮影部位を矢状断方向から写したのが図6で、線で示される部位が撮影の断面になる。実験時には、はじめに図6の画面により断面を設定し、T2画像の16枚、T1画像の16枚の順に撮影する。パラメータ設定後



図6 スライス設定画面

の所要時間は概ね15分程度といえる。撮影の途中、パターンマッチングにより領域を抽出する本論文でのアルゴリズムを適用する場合には、撮影中に身体を動かさないことが前提条件となる。体動があった場合には、画像より特徴領域を抽出してマッチング前に補正する処理を加えねばならない。ただし今回の実行例では体動の出にくい脳のみを対象としたため、補正処理を加えていない点を注記しておく。

1名の20歳代男性の実験結果を例に、アルゴリズム適用結果を示す。実際のプログラミングには、Math Works社の数値解析ソフトウェアMATLABを使用した。まず各16枚のT1,T2画像から8枚目の断面を選んで、閾値の設定を行う。原画像を図7に、縮小した後の階調値決定画面を図8に示す。被験者は健康であることから、脳内水分の抽出を目的に閾値を設定した。

2値化された画像(8枚目のスライスのみ)を図9に示す。比較処理により領域を抽出したものが図10、ノイズ処理として10画素未満を削除し、白黒を反転して

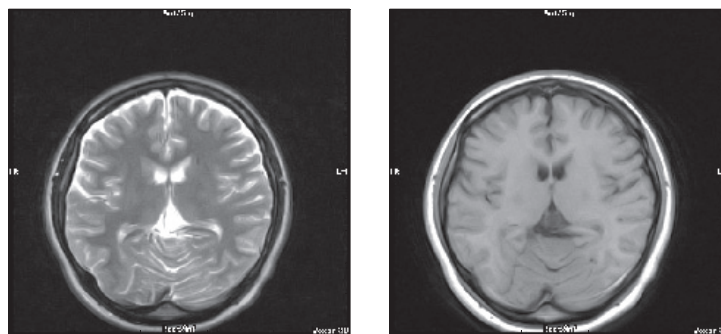


図7 原画像(左:T2強調, 右:T1強調)

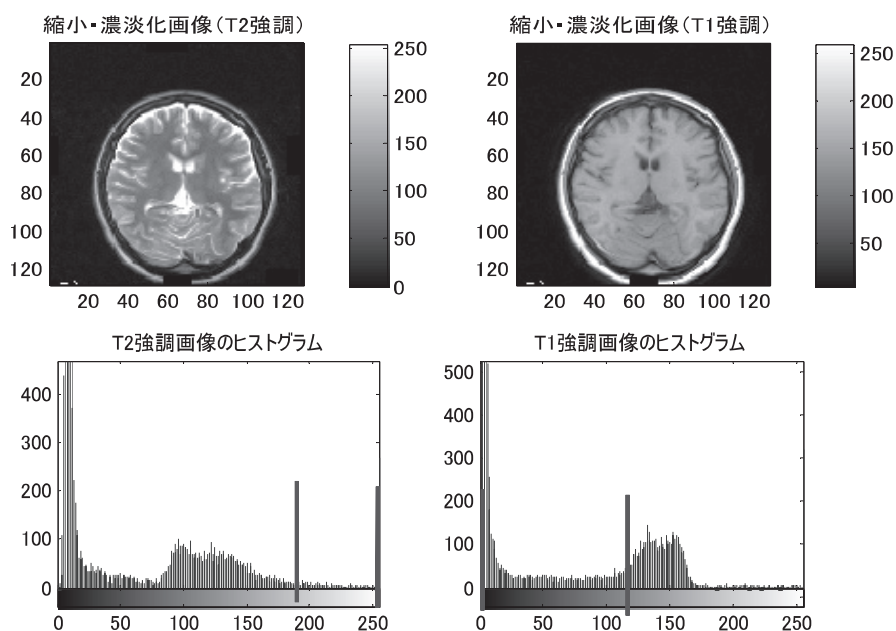


図8 階調値設定画面(太線が閾値)

分かりやすく表示したものが図11である。

同様の処理を16枚のスライス全てに行い、3次元表示としてこれらを層状に積み重ねたのが図12である。脳幹部の髄液を中心に抽出されていると分かり、アルゴリズムの有効性が示されたと考える。なお階調値等、対話的に処理する部分を除き、最終結果表示までの処理時間は一般的な性能のWindowsVISTAパソコンを用いて3秒以内であり、実用的に問題ないと考えられる。

#### 4.2 食料からの成分抽出

脳以外の物質（食料）から、成分抽出を試みた。生卵とゆで卵2種類を同時に撮影し、その水分量の違いから生卵のみが抽出された結果を図13に示す。また、マンガーから脂肪分を抽出して、種子と皮のみが抽出された結果を図14に示す。これらはいずれも食料を対象としているが、2.1節に示す色の組み合わせを確認する目的において有意であり、医師でなく病変を処理対象とできない著者にとって重要と考えられる。

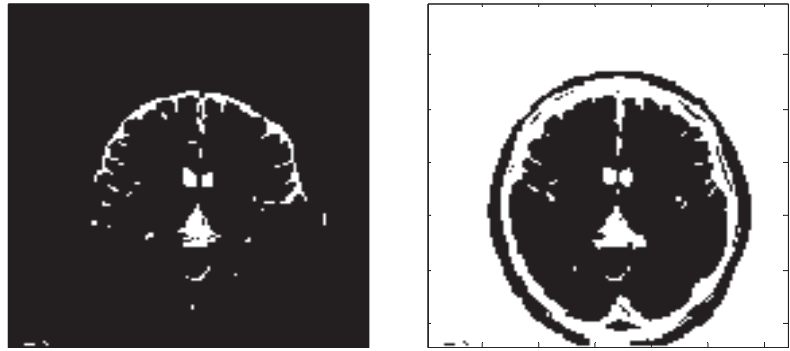


図9 2値化画像（左：T2強調，右：T1強調）

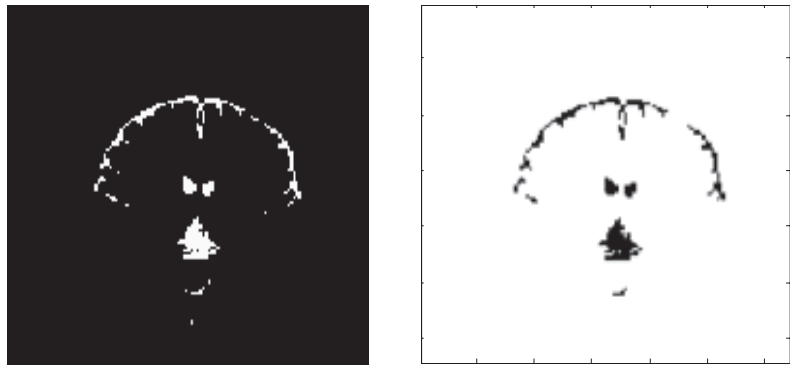


図10 比較処理後の画像

図11 小面積除去後，白黒反転した画像

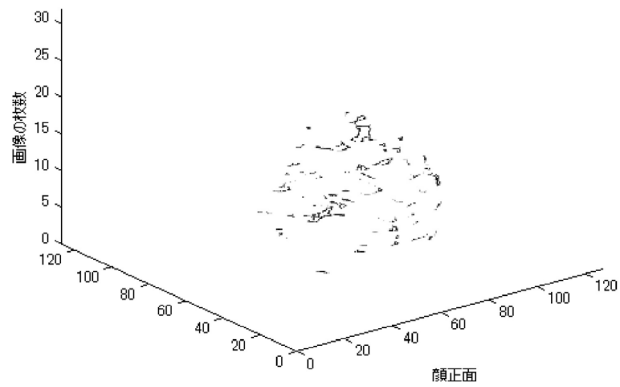


図12 脳からの水分抽出3次元画像

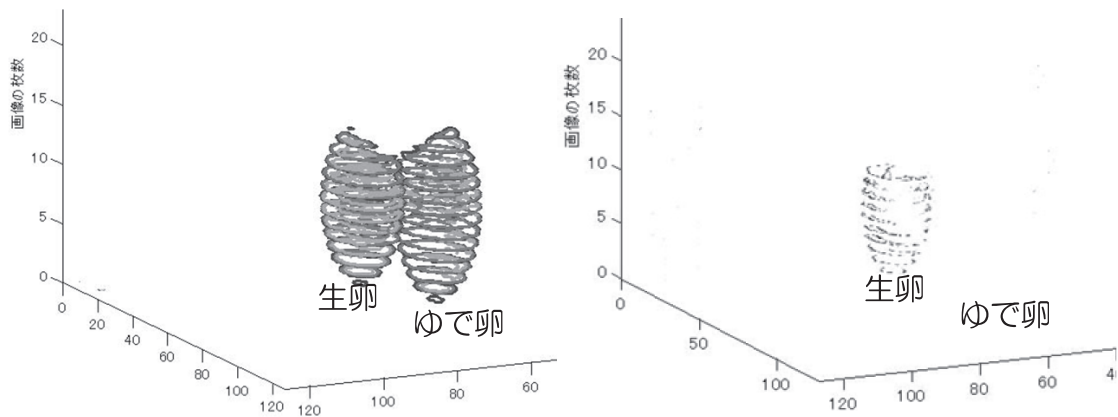


図13 水分抽出例（卵）

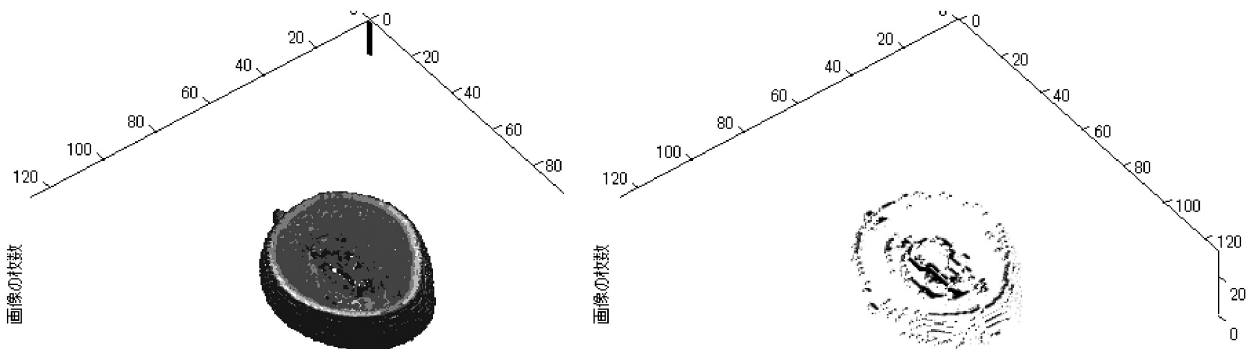


図 14 脂肪分抽出例 (マンゴー)

### 5. 画像表示の工夫

#### 5.1 視点を考慮した表示

前節では簡易な3次元表示として、処理したスライス画像を層状に積み重ねて示した。様々な形式によるMR画像の3次元表示法については、既に多くの先行研究において報告されているところである。その中で本論文では操作者の視点に注目し、画像の位置を理解しやすい角度に主眼を置く。そもそも、初期の3次元画像表示後に目で確認しながら画像を動かす、所望の角度に設定することは多くのシステムで可能であるが、始めから直感的に理解できる状態で表示されることが重要と考える。検討の結果、MRI撮影時の被験者の位置と、操作者（たとえば医師）の位置を考慮した画像が最も理解しやすいと考え、位置をパラメータとして組み入れた画像を表示させることにした。図15にMRにおける必要なパラメータ設定（写真に上書きしたもの）を示す。

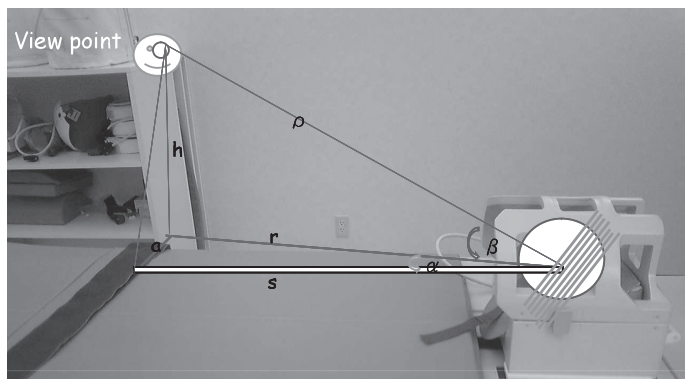


図 15 MR撮影時のパラメータ

図15右下のコイル内部に頭部が入り、足元右側に操作者が立つ設定を考え、 $a, s, h, \theta$ を測定して簡単な計算式(1)から $\alpha, \beta, \rho, r$ を求める。角度設定に関わる部分のみを図16に示す。 $\alpha, \beta, \rho, r$ から、視点を考慮した表示をソフトウェア上で行うことができる。なお一般に撮影の際には、脳の情報を広範囲で得るために後頭部に対して $30^\circ$ 程度傾けて撮影することが多いので、 $\theta = 30^\circ$ とする。

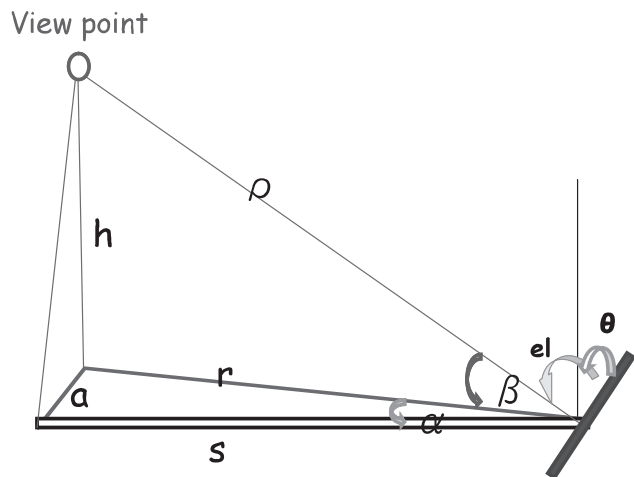


図 16 パラメータ設定の概念図

$$r = \sqrt{s^2 + a^2}, \rho = \sqrt{r^2 + h^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{a}{s}, \beta = \tan^{-1} \frac{h}{r}, el = \theta + 90 - \beta$$

.....(1)

実際に、視点を考慮して3次元表示した結果を示す。 $a = 60\text{cm}$ ,  $h = 60\text{cm}$ ,  $s = 5\text{cm}$ とした場合が図17であり、 $s = 150\text{cm}$ と変更したものが図18である。立ち位

置が変わると画像が変化し、直観的に理解しやすくなったといえる。

#### 5.2 立体視への試み

最近、立体視機能を組み込んだテレビやパソコンが多く見られるようになった。そこで本論文でも、画像の表示結果に偏光方式による立体視の適用を試みた。具体的には、前節までに述べた手順によって画像処理をおこな

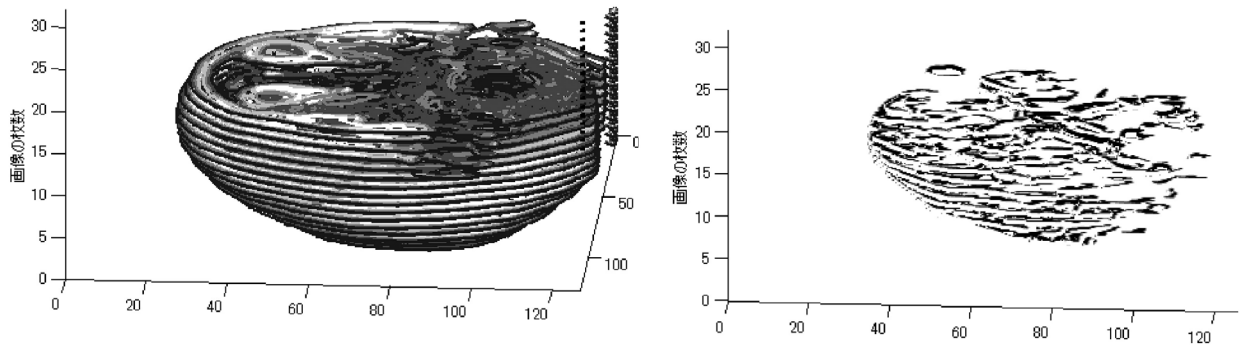


図 17 脳画像と水分抽出画像（視点考慮,  $a = 60\text{cm}$ ,  $h = 60\text{cm}$ ,  $s = 5\text{cm}$ ）

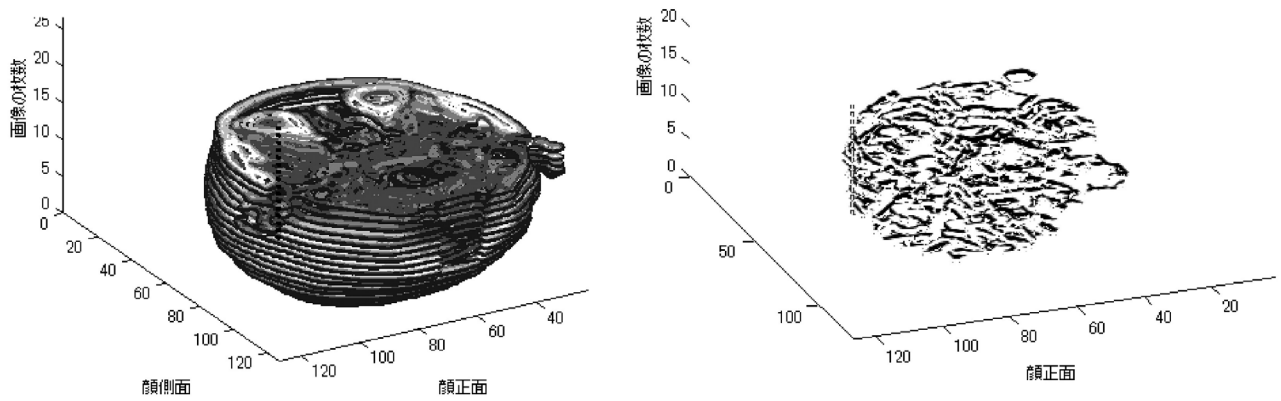


図 18 脳画像と水分抽出画像（視点考慮,  $a = 60\text{cm}$ ,  $h = 60\text{cm}$ ,  $s = 150\text{cm}$ ）

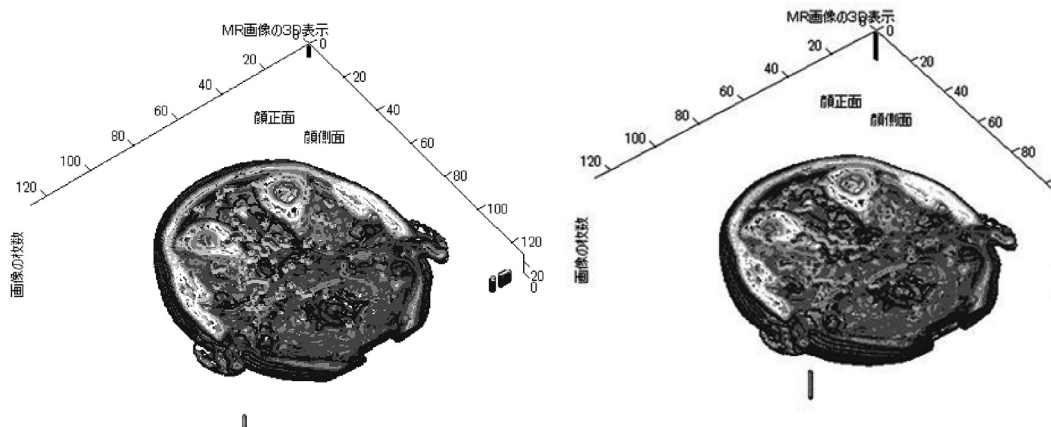


図 19 立体視用画像（左：左目用，右：右目用）

ったのち右目用と左目用の2枚の画像を両眼視差7cmとして作成，2つのプロジェクターに偏光レンズを取り付けスクリーンに投射して偏光メガネにより観察した。前節までと異なり立体視を考慮して，特定の抽出成分に色を付け外形の画像に重ねて示した。色は，外側のエッジが緑で内側に入るにつれて青くなるように付けられており，青い領域ほど面積が大きいことになる。図 19 に表示例を示す。

図 19 のような画像により立体視を試みた結果，良好な視認性を得ることができた。なお今回の立体視にあたり，偏光状態を保存するためにシルバースクリーンを使用した。これは普通のスクリーンと比べ，偏光性の強い光を拡散させず，偏光特性を損なわない映写をする場合に用いられる。そのため立体視に最適なスクリーンとされるものである。

## 6. おわりに

インフォームド・コンセントの観点から、MR画像処理システムについて検討した。システムはDICOM形式のMR画像をPCに取り込み、抽出したい組織の画像閾値を対話的に決定することで、外形と抽出領域が3次元表示されるようなアルゴリズム構成である。実行例では、脳内の水分抽出を確認したのみであるが、今後は医師の協力を受けて別組織（病変部位等）の抽出を試みる予定である。また画像表示の工夫として、画像の立体視もおこなった。本論文では特殊なスクリーンにプロジェクター2つを使用して表示させたが、いわゆる3Dパソコンが多く発売されている現状を鑑みると、近い将来に同様の表示がノートパソコン等で可能になると期待したい。

今後の医療を考えるうえで、インフォームド・コンセントは避けて通れない重要な概念である。患者の理解を向上させるために、医師には限られた時間で十分な説明をおこなう工夫が必要となる。進化し続ける情報技術は、PCの小型軽量化などにより医療支援の最右翼にあ

るといえる。本論文で提案したシステムを医師の助言を受けながら更に強化し、医療現場で有益なものとすることが目標である。

## 参 考 文 献

- 1) 高原太郎 「MRI自由自在」 メジカルビュー社 (1999)
- 2) 村上伸一 「3次元画像処理入門」 東京電機大学出版局 (2010)
- 3) 石田, 松本, 加藤, 下瀬川 「よくわかる医用画像工学」 オーム社 (2008)
- 4) 谷口, 長谷 「画像処理工学 応用事例編」 共立出版 (2005)
- 5) K.Oura, K.Kouzu, I.Hanazaki "A Simple Tissue Extraction and Reconstruction Method from Magnetic Resonance Images considering a View Point", Pacific Science Review, vol.12, no.1, pp.9/10 (2010)
- 6) 神津薫, 大浦邦彦 「MRIによる組織抽出システムと効果的な3D表示法」 平成22年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, pp.662/663 (2010)
- 7) 大浦邦彦, 神津薫 「画像処理によるMR画像からの組織抽出と3次元表示についての検討」 平成21年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, pp.473/474 (2009)