

### 3次元標準脳地図の作成と弾性変形による個人脳構造の推定

6D-6

木村 雅彦<sup>†</sup>  
日本アイ・ビー・エム株式会社  
東京基礎研究所

大槻 泰介<sup>‡</sup>  
国立療養所宮城病院  
脳神経外科

#### 1. はじめに

脳を手術するにあたっては、機能的に重要な組織を破壊しないよう、正確に治療部位を同定したり進入経路を設定したりする必要がある。また、機能的脳外科という脳の特定の解剖学的構造物に手術操作を加える分野では、画像から標的組織の位置を推定する必要がある。しかし、このような脳内の構造物は、CTやMRI等の断層画像で常に識別できるわけではない。

そこで、脳外科医の間では、脳組織の標準的な形状や分布を記した「脳地図」と患者の断層像を比べることにより、治療部位をはじめとするその患者の組織分布を推定することが従来から行なわれてきた。最近、この脳地図をコンピュータ上に構築し、それを患者の断層像を基に様々な方法で変形することにより、推定を行なおうとする研究が報告されている。[1-3]

筆者らは、昨年の大会で従来の研究より正確性と柔軟性の向上を目指した変形手法について報告した。[4] その手法は、脳地図を弾性変形する点では [2] と変わらないが、脳地図と断層像とから対応する特徴的な輪郭・点をユーザーがあらかじめ抽出しておき、変形の際、断層像上の対応する輪郭・点からずれないように拘束する点が特徴だった。昨年の段階では、脳地図・変形アルゴリズムとも2次元ベースであったので、筆者らは、その後、脳地図を3次元に拡張するとともに、昨年と同様の変形を断面毎に行なうことにより、3次元画像を用いた推定を可能にした。本稿では、これらについて報告する。

#### 2. 3次元脳地図の構成

図1は、コンピュータ上に構築した3次元脳地図の構成を示している。

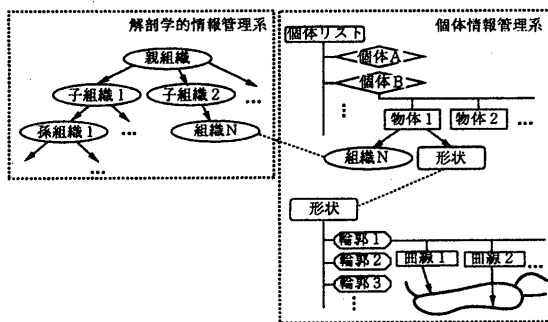


図1: 3次元脳地図の構成

図からもわかる通り、脳地図は、大きく二つの管理系から構成されているが、それは個体差に依存する情報とそうでない情報を分けて管理するためである。

「解剖学的情報管理系」は、個体によって変わることのない、脳組織の一般的な解剖学的情報を管理している。組織名や種別等の属性データの他、「木構造」の形をした組織間の関係を記述するためのデータが、これに含まれる。

「個体情報管理系」は、個体によって異なる、脳組織の形状を管理するのが大きな役割である。同一名の複数の組織を矛盾なく管理するため、まず複数の「個体」をリストによって管理し、「個体」の下に各組織形状を「物体」として管理している。「物体」からは、それが何の組織であるかを示す「組織」へのリンクとどんな形状であるかを示す「形状」へのリンクとが張られている。

3次元の組織形状を表現する方法としては、一般によく使われる手法の「輪郭列表現」を拡張して使っている。「輪郭列表現」は、3次元形状を平行な複数平面で切ったスライス断面の輪郭の積重ねとして近似する表現法である。通常、輪郭は一本の閉曲線として表されるが、筆者らは、複数の連続した曲線として定義できるように拡張した。その結果、ある組織の輪郭線をいくつか分割してから定義し、一部を隣の組織と共有させることができるようになった。脳地図の場合、組織同士が隣接していることが多いので、共有化できる方がデータ量や輪郭線定義時の時間効率の点で優れている、と考えたのである。

#### 3. 3次元脳地図の作成過程

上記の構造を持つ脳地図を作成するために用いた過程を図2に示す。

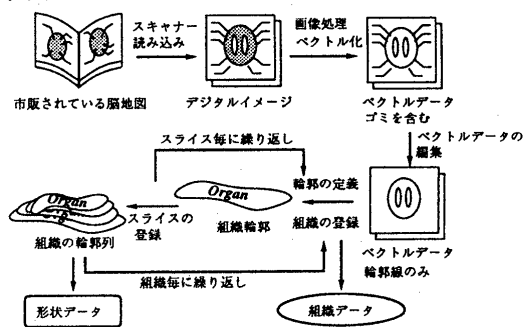


図2: 3次元脳地図の作成過程

Construction of a 3D Standard Brain Map and Estimation of Individual Brains' Geometric Structure by Elastic Deformation

<sup>†</sup>Masahiko KIMURA, Tokyo Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.

<sup>‡</sup>Taisuke OHTSUKI, Miyagi National Hospital

#### 4. 脳中心部の3次元標準脳地図の作成

筆者らは、冒頭で触れた機能的脳外科にターゲットを絞り、そのために脳中心部の3次元標準脳地図を作成した。使用した市販の脳地図 [5] は、視床およびその副次組織を中心とした脳中心部の核に関するもので、Axial 方向 20 スライス、Coronal 方向 20 スライス、Sagittal 方向 16 スライスの3セットで構成されている。各スライスには、組織学的に同定された組織輪郭が手書きで記入されている。これらのセットから、大小約 200 の組織を登録し、それぞれの組織の輪郭を定義した。図 3 は、Coronal 方向のセットから 5 個の組織を選択し、その輪郭列を表示したものである。

なお、作成に使用したシステムは、IBM ワークステーション RS/6000 \* 上に構築したもので、ユーザーインターフェースとして Motif を、3D グラフィックス API として PHIGS ベースの graPHIGS\*\* を使っている。

#### 5. 弾性変形による個人脳構造の推定

上記の3次元標準脳地図のうち Coronal 方向のセットを使って、Parkinson 病患者の MRI 断層像から「V.im」と呼ばれる視床核の副次組織の形状・位置を推定する実験を行なった。(V.im は、Parkinson 病に特有の手の震えを軽減するために手術の標的とされる組織である。) 使用した MRI 画像は、Coronal 方向の T1 強調像で、2mm 間隔計 32 枚のスライスからなる。

実験では、まず脳地図中の V.im を含む 4 スライスそれぞれに対応する MRI イメージを、脳内の基準線 (AC-PC 線) を基に線形補間により抽出した。そして、そのイメージに対して、図 4 のような変形領域、拘束輪郭・点により変形した。(変形手法の詳細については [4] を参照のこと。) このような変形を各スライスで繰り返すことにより、V.im の3次元での形状や位置を推定した。

図 5 は、その中の一スライスの変形前後を比較したものである。変形の際拘束した輪郭・点は脳地図とイメージとでよく一致したが、脳中心部では特徴的な輪郭・点が断片的にしか得られないため、人工的な境界を補って変形領域を定義せざるをえ

\*,\*\*IBM の登録商標です。

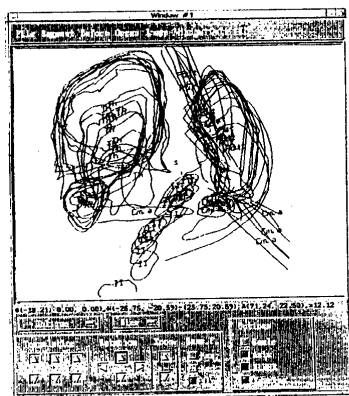


図 3: 脳中心部の3次元標準脳地図のシェーディング像

なかつた点で、不正確さが残った。また、対応する MRI イメージを補間する方法については、上記の方法は正確とは言い切れず、スライスに垂直な方向のずれはある程度やむを得ないと考える。

#### 6. おわりに

3次元標準脳地図を作成し、それに2次元弾性変形アルゴリズムを適用することにより、3次元画像における個人脳構造の推定を行なった。今後は、3次元ベースの変形を用いた脳構造の推定や、手術計画支援システムへの応用に取り組みたいと考えている。

#### 参考文献

- [1] T. Greitz, C. Bohm, et al.: "A Computerized Brain Atlas: Construction, Anatomical Content, and Some Applications", *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 15(1), pp.26-38, 1991
- [2] R. Bajcsy and S. Kovacic: "Multiresolution Elastic Matching", *Computer Vision, Graphic, and Image Processing* 46, pp.1-21, 1989
- [3] A.C. Evans, W. Dai, et al.: "Warping of a computerized 3-D atlas to match brain image volumes for quantitative neuroanatomical and functional analysis", *SPIE Vol.1445 Image Processing*, pp.236-246, 1991
- [4] 木村 雅彦, 大槻泰介: "2次元弾性モデルを用いた脳組織モジュールの階層的な変形とその適用", 情報処理学会第 43 回全国大会, pp.2-489-490, 1991
- [5] G. Schaltenbrand and W. Wahren: "Atlas for Stereotaxy of the Human Brain", Georg Thieme Publishers Stuttgart, 1977

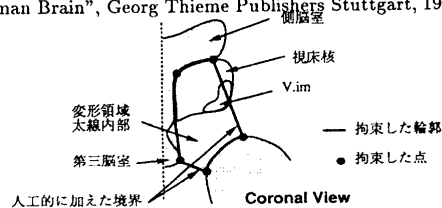


図 4: 変形時の拘束の概要

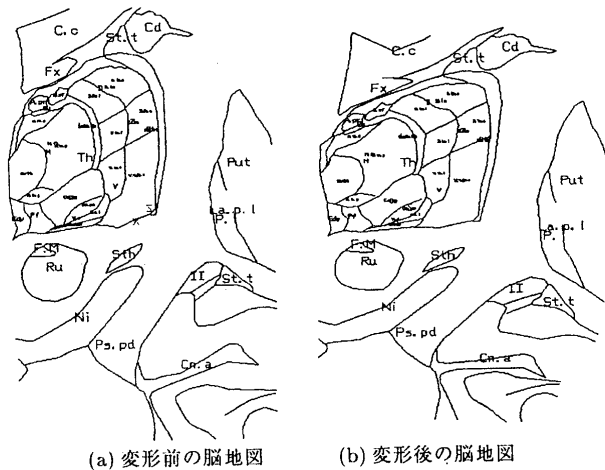


図 5: 脳地図の弾性変形前後の比較