

アルツハイマー型認知症診断支援のための側頭葉領域の抽出法

伊藤 桃代[†] 西田 眞[†] 苗村 育郎[‡]

[†]秋田大学 [‡]秋田大学保健管理センター

1. はじめに

高齢者の認知症の一つであるアルツハイマー型認知症 (Alzheimer-Type Dementia : ATD) は、病初期に適切な処置を施すことで進行を抑制することが可能となることから、早期発見が重要であるとされている^[1]。通常に加齢に伴う脳萎縮は脳がバランスよく全体的に萎縮するが、ATD は脳の中でも側頭葉から萎縮する^[2]。我々は、放射線被爆がなく検査費用が安価なことから、日常診断に多く使用されている MRI 脳画像を対象に、頭蓋骨で囲まれた脳全体 (以下、頭蓋内領域と表記する) の萎縮と側頭葉領域の萎縮に着目した ATD の画像診断支援システムの構築を目指している。

我々の提案する画像診断システムでは、個人の MRI 脳画像における頭蓋内領域と側頭葉領域を関心領域として抽出し、関心領域内での萎縮率を算出して診断支援に用いる。本システムでは、脳萎縮の進行に伴い増加する脳脊髄液を確認可能な T2 強調画像を対象とする。なお、T2 強調画像は脳萎縮の程度を表す脳脊髄液を確認できる反面、異なる脳組織間の境界が不鮮明なため、単純な 2 値化処理やエッジ抽出処理による領域分割は困難と言った問題がある。さらに、脳形状は個人差を有することも抽出を困難にする要因である。

そこで、動的輪郭モデルの一つである Snakes^[3] の輪郭欠損部分の補間能力と、自由形状を抽出可能である点に着目し、Snakes による関心領域の抽出を試みた。本報では、側頭葉内部のエッジに輪郭が収束するのを抑制するために、輪郭を膨張させるエネルギー項 (以下、Balloon 項と表記する) を含む Snakes を提案し、側頭葉領域抽出における振る舞いについて Balloon 項を含まない Snakes との比較実験を行ったので報告する。

2. 側頭葉領域の定義

本研究では、ATD の診断において重要な海馬周辺や側頭葉を明確に確認できる MRI T2 強調前額断画像を対象とし、頭蓋内領域と側頭葉領域を図 1 に示すように定義した。側頭葉領域は頭蓋内領域の左右下方に存在し (図 1(c)参照)、脳の解剖図譜に基づいて以下の 3 つの形状特徴により定義される (図 1(d)参照)。

①シルビウス裂から続く島皮質までの空隙

②馬を囲む空隙

③頭蓋内領域外輪郭

上記 3 つの形状特徴に沿って側頭葉領域を抽出する。

Extraction of Temporal Lobe for Diagnosis of Alzheimer-type Dementia

[†]Momoyo Ito and Makoto Nishida

Akita University

[‡]Ikuro Namura

Akita University Health Administration Center

3. 側頭葉領域の抽出法

我々の提案する側頭葉領域の抽出法は以下の処理により構成される。

脳構造鮮鋭化処理

関心領域抽出処理の前処理として、T2 強調画像における脳構造を鮮明にするため、脳構造鮮鋭化処理を施した。以下にその手順を示す。

(1) 原画像から、頭蓋内領域と脳幹以外の組織を削除するため、原画像に対し、判別分析法による 2 値化処理を施した^[4]。

(2) 2 値化画像において、最大面積 (輝度値 255) となる領域をラベリング処理により抽出し、穴埋め処理を施してノイズ除去を行った^[4]。

(3) 処理(2)により得られた領域を用いて、原画像に対しマスク処理を施すことで脳幹を含む最大面積画像を取得した (図 2(a)参照) ^[4]。

(4) 最大面積画像に対し、ヒストグラムの平坦化を行うことでコントラストの強調を行い、さらにノイズ除去を目的とし、メディアンフィルタによる平滑化処理を施した (図 2(b)参照) ^[4]。

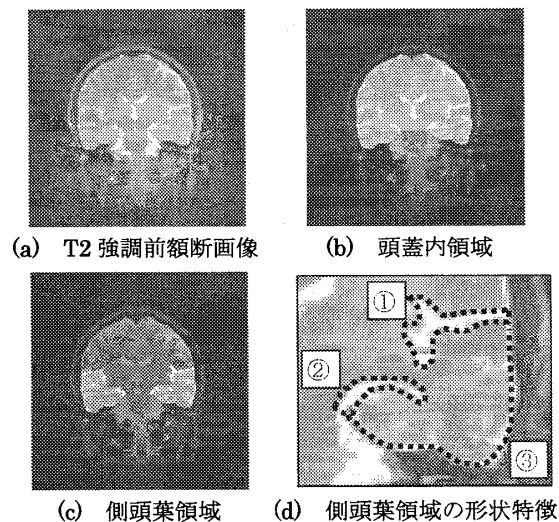


図 1 対象画像と関心領域

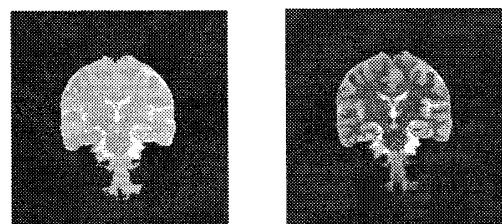


図 2 脳構造鮮鋭化処理画像

初期輪郭の設定

Snakes の適用には、側頭葉領域の形状特徴を考慮した初期輪郭の設定が必要である。本研究では、側頭葉領域の形状を 3 点で三角形近似し、Snakes の初期輪郭を設定する。初期輪郭を設定するための 3 点は、図 3 に示す様に側頭葉領域を定義する構造特徴に沿った点 A, B, C であり、オペレータにより最大面積画像上で選択される。点 A, B, C の詳細を以下に示す。

点 A: シルビウス裂から続く島皮質までの空隙と頭蓋内領域外輪郭の交点

点 B: 海馬を囲む空隙と頭蓋内領域外輪郭の交点

点 C: 頭蓋内領域外輪郭上の点

上記 3 点により、側頭葉領域を三角形近似し、初期輪郭を設定した。なお、Snakes の探索開始点は、初期輪郭上の点 A とした。

Snakes の適用

本研究で提案する Snakes は以下の式で定義される。

$$E_{snake} = \int \{E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{balloon}(v(s))\} ds \quad (1)$$

ここで、 $v(s)$ は輪郭の座標 $(x(s), y(s))$ ($0 \leq s \leq 1$) である。また、 E_{int} は輪郭の滑らかさを表す内部エネルギー、 E_{image} は画像のエッジ強度を表す画像エネルギー、 $E_{balloon}$ は輪郭を膨張させる Balloon エネルギーであり、 E_{snake} が最小になる位置を最終的な輪郭とする。 E_{int} 、 E_{image} 、 $E_{balloon}$ は以下の式で与えられる。

$$E_{int} = \alpha(s) \left| \frac{\partial v(s)}{\partial s} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{\partial^2 v(s)}{\partial s^2} \right|^2 \quad (2)$$

$$E_{image} = -|\nabla I(v(s))|^2 \quad (3)$$

$$E_{balloon} = -n(v(s)) \quad (4)$$

ここで、 $\alpha(s)$ 、 $\beta(s)$ は重み係数、 $\nabla I(v(s))$ はエッジ強度、 $n(v(s))$ は $v(s)$ における単位法線ベクトルを表す。本研究では、 $\alpha(s)=30.0$ 、 $\beta(s)=30.0$ と設定し、 $\nabla I(v(s))$ の算出には脳構造鮮鋭化処理を施した画像 (図 2(b)) を用い、Snakes の探索範囲は 3×3 の局所領域である。

4. 実験および考察

本研究で提案する Balloon 項の有用性を検証するため、Balloon 項を含む Snakes と含まない Snakes による側頭葉領域の抽出結果を比較した。

本研究で対象とした MRI 脳画像は、解像度が 512×512 pixel、輝度値が 16bit の臨床用に用いられる MRI T2 強調前額断画像 (島津製作所 SMT-100X 1.0T により撮影) を直線量子化により、解像度を

256×256 画素、輝度値を 8bit に変換している。本実験では、側頭葉内部にエッジの存在する典型的な画像 1 例を用い、Snakes を適用した。なお、繰り返し数は 10 回とした。

実験結果を図 4 に示す。Balloon 項を含む Snakes、含まない Snakes 共に、初期輪郭は図 4(a) のように設定した。図 4(b) の領域 A と領域 B において、側頭葉内部に収束しているのが Balloon 項を含まない Snakes、側頭葉領域の輪郭に収束しているのが Balloon 項を含む Snakes である。Balloon 項の側頭葉領域内部に存在するエッジへの収束を抑制する効果が分かる。しかしながら、図 4(b) の領域 C において、Balloon 項を含む Snakes を用いても理想的な輪郭に到達していない領域が認められる。側頭葉領域をより実際の形状に近い形で抽出するには、側頭葉領域の統計モデルを作成し、適用する必要があると考える。

5. まとめ

Snakes に輪郭を膨張させる Balloon 項を追加することで、側頭葉内部に存在するエッジへの輪郭の収束を抑制することが可能となった。今後は、側頭葉領域の統計モデルの作成と適用について検討を加える予定である。

参考文献

- [1] 朝田 編著, "軽度認知障害 (MCI) 認知症に先手をうつ," 中外医学社, (2007)
- [2] 黒田, "アルツハイマー病," 岩波新書, (1998)
- [3] Kass, M., Witkin, A. and Terzopoulos, D., "Snakes: Active Contour Models.," IJCV, 1(4), pp.321-331(1987)
- [4] 高木, 下田, "新編 画像解析ハンドブック," 東京大学出版会, (2004)

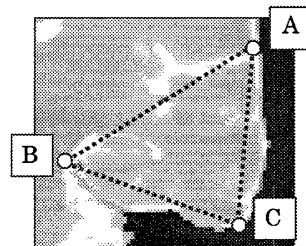


図 3 初期輪郭の設定

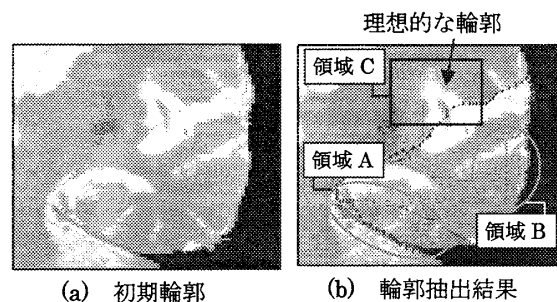


図 4 実験結果 (左側頭葉)