

3 次元頭部 MRI 画像脳領域自動抽出法の提案とその性能評価

6P-07

三浦 直樹¹ 種田 晃人¹ 志田 和人² 川島 隆太³ 川添 良幸⁴ 福田 寛⁵ 清水 俊夫¹¹弘前大学理工学部電子情報システム工学科 ²東北大学学際科学研究センター³東北大学未来科学技術共同研究センター ⁴東北大学金属材料研究所 ⁵東北大学加齢医学研究所

1. はじめに

脳画像解析において、脳組織形態等を定量的に解析するためには、得られた画像から脳組織を正確に抽出することが不可欠である。現在、最も広く用いられている脳組織抽出処理は、専門家の手作業によるものであるが、手作業での脳組織抽出処理は、(i) 高度な知識と熟練を要する、(ii) 作業に多大な労力を要する、(iii) ヒューマンエラーの影響、といった問題を抱えている。そこで、これらの問題を解消するために、様々な脳組織抽出手法が提案されてきている^{[1],[2]}。

本研究では、頭部MRI (磁気共鳴画像法) T1強調画像からの自動脳領域抽出手法を提案する^[3]。本手法では脳組織とその周辺組織の信号特性、及び頭部の解剖学的構造に着目し、判別分析法による閾値処理と領域の収縮・膨張処理との組み合わせによって脳領域抽出を行う。また、条件の異なる画像を用いて手法の実用性を評価する。

2. 方法

本手法の処理手順は以下の通りである。

- (1) 判別分析法により閾値を求め、閾値以上の信号を持つ画素に“1”、閾値以下の信号を持つ画素に“0”を割り当てる。
- (2) “1”領域に対し、領域の収縮処理を行う。

(3) 残された“1”領域の中で、最大領域を残し他を削除する。

(4) “1”領域に対し、領域の膨張処理を行う。

(5) “1”領域の画素の信号を、原画像の信号強度で置き換える。

頭部MRI T1 強調画像では、脳組織は脳脊髄液 (CSF) に覆われており、また、血管や脳神経、ノイズ等によって CSF を越えて周辺の組織と連結されている。CSF は、脳組織でよりも低信号であるため、信号差を用いて削除することが可能である。本手法では、判別分析法を用いて閾値を決定し、CSF を取り除くこととした。

しかし、血管等の連結部分は脳組織と類似した信号特性を持つため、閾値処理では削除することができない。そこで、これらの連結部分が非常に細いことに着目し、領域の収縮・膨張処理によって削除することとした。脳組織と他組織とを分離できたならば、脳組織は画像中の最大領域であるため、容易に抽出することができる。

収縮・膨張処理の回数は、連結部分中で最も太いものが視神経の約 3mm であることから、それ以上の太さを削除できる回数に設定する。例えば、画素の大きさが、 $1 \times 1 \times 1 \text{mm}$ であるならば、収縮回数は 4mm 以下の領域を削除できる、2回が最適であると考えられる。

手法の評価を行うためのデータとして、シミュレーション画像^[4]18画像と被験者の画像3画像を使用した。そして、評価基準として、脳組織を正しく抽出できた割合と結果画像中の脳組織の割合との相乗平均から、抽出精度 (Extraction Accuracy: EA) を定義した。

A new method for extracting the brain tissue from 3D MRI data and its evaluation.

Naoki Miura¹, Akito Taneda¹, Kazuhito Shida², Ryuta Kawashima³, Yoshiyuki Kawazoe⁴, Hiroshi Fukuda⁵, and Toshio Shimizu¹

¹Department of Electronic and Information System Engineering, Faculty of Science and Technology, Hirosaki University

²Center for Interdisciplinary Research, Tohoku University

³New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University

⁴Institute of Material Research, Tohoku University

⁵Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University

収縮回数	EA[%]	
	シミュレーション画像	被験者の画像
1	80.1	89.9
2	97.4	96.4
3	96.8	95.7

表1. 収縮処理の回数を変化させた際のEAの平均値
(膨張処理回数は収縮処理と同一)

膨張回数	EA[%]	
	シミュレーション画像	被験者の画像
2	97.4	96.4
3	97.6	96.7
4	97.6	96.6

表2. 膨張処理の回数を変化させた際のEAの平均値
(収縮処理回数2回)

3. 結果と考察

はじめに、収縮・膨張処理の回数が、抽出精度に与える影響について評価を行った。表1に、収縮処理の回数を1~3回として脳領域抽出を行った場合のEAの平均値を示す。この際、膨張処理の回数は収縮処理と同一である。

表1より、収縮処理が2回の時に最もEAが高くなることが確認された。データの画素サイズは、シミュレーション画像が $1 \times 1 \times 1$ mm、被験者の画像が $1.0156 \times 1.0156 \times 1.5$ mmであるので、この結果は連結部分を削除するのに必要だと考えられる収縮処理の回数と一致しており、最適な結果が得られているといえる。

表2に、収縮処理を2回、膨張処理を2~4回として脳領域抽出を行った場合のEAの平均値を示す。表2より、EAが最も高くなるのは、膨張処理が3回の場合である。従って、本手法では、収縮処理2回、膨張処理3回を最適な処理回数として採用した。図1に収縮処理2回、膨張処理3回での結果画像例を示す。

次に、撮像時のスライスの厚さが結果にどのような影響を及ぼすか評価を行った。スライスを厚くした被験者の画像に対して脳領域抽出処理した際の、EAの平均値を表3に示す。スライ

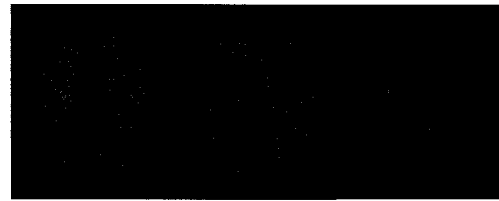


図1. 最適なパラメータ（収縮処理2回、膨張処理3回）での脳組織抽出処理結果

スライスの厚さ [mm]	EA[%]
1.5 (原画像)	96.7
3 (原画像の2倍)	96.2
4.5 (原画像の3倍)	95.1
6 (原画像の4倍)	94.0

表3. スライスを厚くした際の各画像のEAの平均値
(収縮処理2回、膨張処理3回)

スが厚くなるにつれて、若干減少するものの、EAの平均値が高く保たれており、スライスが厚い画像に対しても、十分な信頼度が保たれていることが確認された。

4. まとめ

本研究で提案した脳領域抽出手法は、高い精度での自動抽出処理が可能であり、また、スライスの厚い画像に対しても、高い精度で脳領域を抽出できていることが確認された。また、本手法は単純な処理の組み合わせであるため非常に高速であり、処理時間のストレスの軽減や、解析の効率化に大きく寄与すると考えている。

文献

- [1] Stokking, R. et.al.: Automatic morphology-based brain segmentation (MBRASE) from MRI-T1 data, NeuroImage, Vol.12, pp.726-738, (2000).
- [2] Kapur, T. et.al.: Segmentation of brain tissue from magnetic resonance images, Medical Image Analysis, Vol.1, pp.109-127, (1996).
- [3] Miura, N. et.al.: BREED: Automatic brain tissue extraction method from 3D MRI T1-weighted data, (投稿中)
- [4] Cocosco, C. A. et.al.: BrainWeb: Online interface to a 3D MRI simulated brain database, NeuroImage, Vol. 5, No. 4, pt. 2/4, S425, (1998)