

H_012

3D-MR Angiography を用いた脳内血管の解析に関する研究

Brain vessel analysis using Three-Dimensional MR Angiography

河西 菜美子† 長尾 智晴† 竹林 茂生†
 Namiko Kawanishi Tomoharu Nagao Shigeo Takebayashi

1. はじめに

現在、脳血管障害は癌・心疾患と並び、日本における三大死因の1つとなっている。脳血管障害は三大死因の第三位で、年間死亡者数は約13万人にのぼっている。また、脳血管障害は何の前ぶれもなく突然発症するので、仮に命を取りとめたとしても言語障害や半身不随などの後遺症を引き起こす可能性がある。そのため、脳血管障害は脳ドックによる早期発見が重要視されている。しかしながら、医師の読影ミス・見落としや読影困難なものなど診断精度上の問題が残っている。そのため、医師のパートナーとして診断を支援するCAD(Computer Aided Diagnosis)に大きな期待が寄せられている。

そこで、本研究の最終目標として『脳血管障害CADシステム』の開発を目指す。具体的にはregion growingにより血管部分を抽出し“病変部のマーキング”を行う事で医師の誤診や見落としを防止し、“血管形状・血流解析”を行う事で将来的に脳血管障害の発症が予測される部位を解析し、医師に提示をする事で脳血管障害の予防につなげていきたい。また、従来のように処理過程に医師の関与が必要な対話的なシステムではなく全自動解析可能なシステムの開発を目標とする。

また、今回は脳血管障害の1つであるクモ膜下出血の原因である“脳動脈瘤検出”に焦点を絞りregion growingを用いた3D-血管セグメンテーション処理に関する実験を行ったので報告する。

2. 本研究に関連する従来研究

従来の脳動脈瘤の診断法としては血管内の血流を画像化したMRA(Magnetic Resonance Angiography)をMIP(Maximum Intensity Projection)により統合した画像を用いていた。しかしながら、この診断法では3D位置情報欠如の要因のため血管の前後関係が把握できず、また血管の蛇行や重なりによって誤診をまねく可能性がある。そのため、MRA画像から脳血管を抽出し3D-可視化を行うことで医師の診断を支援する3D-血管セグメンテーション系の研究[1]や、正常血管を推定することで形状に依らない検出法を考案した脳動脈瘤検出系の研究[2]、さらに血流の流れをシミュレーションすることで脳動脈瘤発生のメカニズムを解析する数値シミュレーション系の研究[3]など脳動脈瘤に関する研究が盛んに行われてきた。しかしながら、脳動脈瘤検出までを全自動解析しているシステムは未だ存在せず、3D-可視化をした血管に対して医師が手探りで脳動脈瘤検出を行うなど処理過程で医師の関与を必要とする対話処理に依存しているものがほとんどである。

また、3D-血管セグメンテーション処理系では、背景との輝度値の差がほとんど見られない毛細血管などの細い血管までの抽出ができておらず、汎用性の高いアルゴリズムが確立されていない。そして、脳動脈瘤検出系では検出精度が大きさ・部位に依存しており、医師の読影が困難とされている直径3mm以下の脳動脈瘤検出法が未だ確立されていない。さらに、検出部位は主要血管に偏りが見られ、毛細血管レベルの瘤の検出まで考慮されていない。

3. 用語解説

3.1 MRA (Magnetic Resonance Angiography)

MRA(Magnetic Resonance Angiography)とは、造影剤を必要としない非侵襲的な撮影法であり、脳動脈瘤の検査で広く用いられている。血管内の血流を画像化するため、血流の多い太い血管は高輝度にうつり、血流の少ない細い血管は低輝度にうつる特徴がある。そのため、コントラストの変化が広範囲に及び、医師の誤診や見落としが懸念されている。

3.2 脳動脈瘤

脳動脈瘤とは、血管分岐部や血管のもろくなっている部分に発生するコブの事を指し、コブの形状や大きさは多種多様である。破裂をすることも膜下出血の原因となる重篤な症状であり、成人の約5%程度は、未破裂脳動脈瘤を保持していると言われる。脳動脈瘤の形状としては、主に血管分岐部に発生する嚢状脳動脈瘤と血管壁のもろくなっている箇所が膨れ上がって発生する紡錘状脳動脈瘤の2タイプに分類される。現在、脳動脈瘤の形状・大きさを考慮した検出法を検討している研究はほとんど存在せず、発展途上の段階である。

4. 実験の概要

4.1 対象画像

本報告ではGE製Signa 1.5T HorizonLXを用いて、3D-TOF法(TR-29msec TE-6.9msec)により撮影された115枚程度のMRA画像を使用する。データ構成は、画像サイズ256×256、ピクセルサイズ0.55×0.55mm、スライス厚1.5mmとする。

4.2 region-growing

今回、血管セグメンテーション処理の手法としてregion-growingを選択した。MRAにおける輝度値は血流量に依存する。そのため、血流の多い太い血管の輝度値は高くなるが、血流の少ない細い血管の輝度値は低くなり、コントラストが一意に定まらない。さらに、毛細血管などの細い血管ではパーシャルボリュームエフェクトによって、輝度値がさらに低下する。そのため、単純な閾値処理では血管領域をすべ

† 横浜国立大学大学院環境情報学府
 Graduate School of Environment and Information Sciences,
 Yokohama National University

て抽出することは困難であり限界がある。そこで、region-growing を用いて形状特徴を考慮にいれて動的に境界条件を変化させることによって血流量による輝度値の変化に左右されないセグメンテーション処理が可能ではないかと考え、region-growing を選択した。今回は輝度情報に着目した一定の境界条件でどの程度の血管領域が抽出できるか実験・検証を行った。

4.3 実験結果

実験結果を以下に示す。

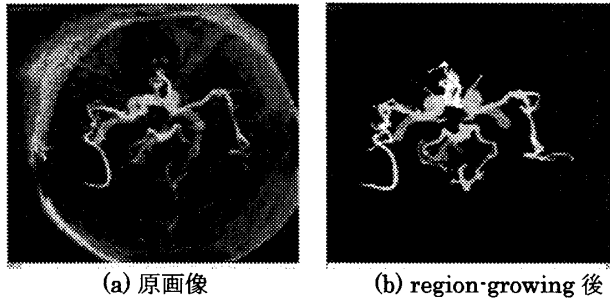


図1 実験結果

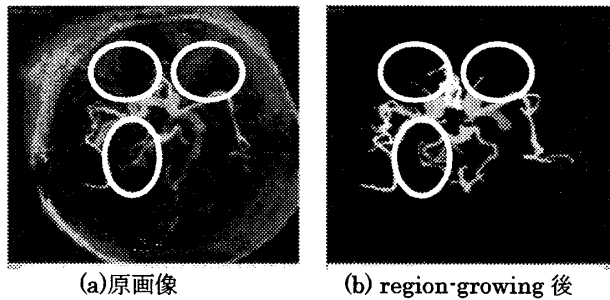


図2 過抽出箇所

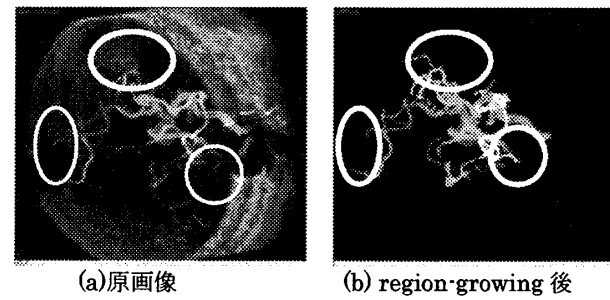


図3 抽出不足箇所

実験結果から、以下の点が考察できる。

- ・ ウィリス動脈輪上の脳動脈瘤好発部位は一定の境界条件で抽出することができた。
- ・ 中大脳動脈分岐部・中大脳動脈先端部の抽出は不完全である。
- ・ 大脳動脈・内頸動脈上においてリークの発生が見受けられる。
- ・ 輝度値の低い毛細血管レベルの細い血管の抽出ができていない。
- ・ 血管の途切れの箇所についての抽出が困難である。

今回の region-growing では輝度情報だけに着目した一定の境界条件における実験であったが、中大脳動脈分岐部を除く脳動脈瘤好発部位は一定の境界条件で抽出できた。これは、脳動脈瘤好発部位の血流量が多く太い血管であるため、高輝度値の状態が保てているためと考えられる。しかしながら、医師の誤診や見落としが高い部位としては、むしろ低輝度値である毛細血管レベルの細い血管における瘤であり、背景との輝度値の差がほとんど見られないため、輝度情報だけの境界条件では抽出が困難であることが分かった。

また、図2の過抽出箇所からも分かるように単純に輝度情報だけに着目した境界条件の場合は血管付近に存在する高輝度値のノイズに敏感に反応してしまい、リークの発生を防げない。さらに、MRA 特有のコントラストの変化によって血管の途切れが発生している箇所もあり、輝度情報だけの region-growing では抽出が困難である。

5. まとめ

今回、『脳血管障害 CAD システム』の開発を最終目標として、その前段階として、くも膜下出血の原因となる脳動脈瘤検出に焦点を絞り、region-growing を用いた血管のセグメンテーション処理に関する実験を行った。輝度情報だけに着目した一定の境界条件であると、中大脳動脈分岐部以外の脳動脈瘤好発部位は抽出することができた。しかしながら、背景との輝度値の差がほとんど見られない毛細血管レベルの細い血管の抽出が困難である点、血管付近に存在する高輝度値のノイズによるリークの発生を防げない点、MRA 特有のコントラストの変化によって血管の途切れが発生するため、region-growing での拡張に限界がある点が問題点としてあげられる。

今後の方針として、血管の形状特徴と輝度値との関係の解析を行うことにより、動的な境界条件を設定していきたいと考えている。MRA の輝度値は血流量に依存するため、血流量の変化を左右する血管の形状特徴と輝度値との関係の解析を行うことが動的な境界条件を設定するために必要不可欠である。

具体的には、

- ・ 血管の分岐角度による輝度値の変化の関係
- ・ 血管の太さの減衰による輝度値の変化の関係
- ・ 血管の走行方向変化による輝度値の変化の関係

を解析することによって、動的な境界条件を設定していきたいと考えている。

参考文献

- [1] S.Kobayashi, N.Kamimura, Y.Hata and F.Miyawaki, "Volume Quantization Based Neural Network Approach to 3D MR Angiography Image Segmentation." Image and Vision Computing, vol 19, no.4, pp. 1ge85-193. 2001.
- [2] 二宮美佳, 畑豊 "ファジィ論理を用いた正常血管推定による MRA 画像からの脳動脈瘤検出法" 第19回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp 387-390 2003
- [3] 大島まり "脳動脈瘤に関する医用画像からの血管形状モデリングと血流解析" 日本エム・イー学会雑誌, vol.16, no.8, pp.5-11,2002