

## 3D MR Angiography からの脳動脈瘤検出システムの開発

## Development of a Computer-aided Detection System for Cerebral Aneurysms with 3D MRA Data

林 尚典<sup>\*1</sup> 大島 康実<sup>\*1</sup>  
HAYASHI Hisanori OSHIMA Yasumi

多田 浩章<sup>\*2</sup> 小沢 義典<sup>\*3</sup>  
TADA Hiroaki OZAWA Yoshinori

日本の3大疾病の1つである脳疾患の中で最も深刻なくも膜下出血の原因のうち、85%は脳動脈瘤の破裂によるものである。成人の5%程度は、未破裂脳動脈瘤を持っていると言われ、早期発見は重要な課題の一つである。脳動脈瘤検出のためのスクリーニングには、一般にMRアンギオグラフィが用いられるが、脳血管は複雑に走行しているため、脳動脈瘤の検出には熟練を要する。本研究は、当社と千葉労災病院との共同研究により、3D-MRAデータから脳動脈瘤を検出のためのコンピュータ診断支援(CAD: Computer-aided Diagnosis / Detection)システムの開発を行い、臨床におけるCADの有効性を検証することを目的とする。脳動脈瘤を検出する手法として、先ず、血管領域の抽出処理手法の開発を行った。続いて、抽出された血管領域を対象として、血管径のプロファイルを抽出して、脳動脈瘤検出のための特徴量の検討を行った。

Eighty-five percent of subarachnoid hemorrhage that is the most serious case among the brain disease, which is one of three major diseases in Japan, is caused from the rupture of a cerebral aneurysm. It is estimated that about 5 percent of adults are unaware of having unruptured cerebral aneurysms, which makes early detection of cerebral aneurysms a significant issue. Although three-dimensional magnetic resonance angiography (3D-MRA) is generally used in screening for cerebral aneurysms, the detection of cerebral aneurysms requires considerable skill and experience due to the complexity of cerebrovascular networks. This study is intended to verify the availability of our computer-aided diagnosis and detection (CAD) system in clinical use, which we have developed for detecting cerebral aneurysms with 3D-MRA data in collaborative research with Chiba Rousai Hospital. Therefore, in order to detect cerebral aneurysms, we have first developed an image filtering technique for extracting cerebrovascular areas and then examined the shape characteristics of cerebral aneurysms by profiling the spherical part of cerebrovascular expansion with regard to the extracted cerebrovascular areas.

## 1. はじめに

医用画像の分野では、画像検査装置の性能向上に伴い、大量の画像データが生成されるようになり、診断の手段として画像検査は欠かせないものとなってきている。近年、急速に大規模病院に導入されたマルチスライスCT装置では、サブミリ間隔での画像取得を高速に行うことができるようになり、胸部全体を数十秒で取得することができ、1検査で1000枚以上の画像が生成される。これらの大量の画像をコンピュータの支援なしに1枚ずつ医師

が診ることは、医師にとって過大な負担である。コンピュータの処理速度も高速になり、大量のメモリを積むことが可能となり、一般に、3次元表示によるコンピュータ支援が行われ始めている。しかし、2次元であるディスプレイ画面内に表示される3次元再構成像から、臓器や血管などの複雑な形状を自由に観察することは容易ではない。

近年、医師の診断時に注意を促すことを目的として、CADに関する研究が盛んに行われ、マンモグラフィからの乳がんの検出や胸部CTやX線写真からの肺結節の検出を行うシステムが製品化され、一部の医療機関では実験的に使われ始めている。

本稿では、CADの一環として、脳動脈瘤の検出に関する当社と千葉労災病院との共同研究の取り組みについて報告する。

\*1 ETS開発医療ソリューション統括部 技術部

\*2 千葉労災病院 放射線部

\*3 千葉労災病院 脳神経外科

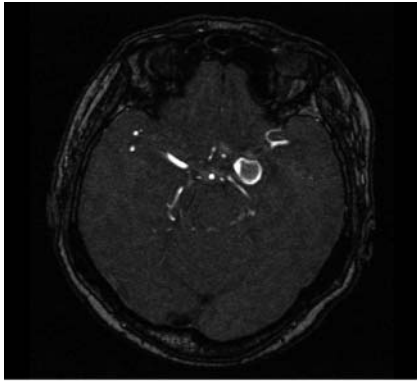


図1 MRA データの例

脳動脈瘤の検出は、勤労者医療の重要なテーマの一つである。膜下出血の予防に貢献するものであり、通常スクリーニングの手段として、3D MR Angiography(以後、3D-MRA)によるMIP(Maximum Intensity Projection: 最大値投影)画像が多く用いられている。MIP画像は、投影面に対して垂直な軸上での画素値の最大値の集合であり、血管の表示方法として、一般的に用いられている。MIP画像では、奥行き情報が欠落しているだけでなく、注目する脳動脈以外に静脈や脂肪なども同時に投影されるので、動脈瘤が見辛い時には、多方向からの視点によるMIP画像を再構築する必要がある。

本研究では、脳動脈瘤検出を支援するために3D-MRA画像データを対象として、初めに血管の連続性を考慮し、局所的に閾値を決定して領域拡張を行うことによって、血管領域の抽出を行った<sup>(1)</sup>。続いて、脳動脈瘤を形態・大きさに着目して分類し、脳動脈検出のための手法および特徴量についての検討を行った<sup>(2)</sup>のでここに報告する。

## 2. 血管領域抽出

### (1) 手法

図1に、3D-MRAデータの1スライスを示す。MRAでは、造影剤を使わずに血流のみによって、血管情報を取得する手法として一般的に用いられており、血流のある部分が白く撮像される。動脈瘤は、血管の一部が膨れてコブができた状態をいい、大きな動脈瘤部分では血流の乱れのため、不明瞭な画像となる。本研究で扱うデータは、これらのスライス画像が一定間隔で垂直に積み重なった3次元データである。血管抽出処理のアルゴリズムを、図2左のフローチャートに示す。初期血管領域を指定し、この領域を基にして隣接スライスの血管領域を設定する。図2右上に示すように、血管探索領域は隣接スライスで抽出された血管領域を面積が2倍程度になるように膨張処理を行い、次に、領域を膨張する。血管探索領域内の画素について、濃度値ヒストグラムを作

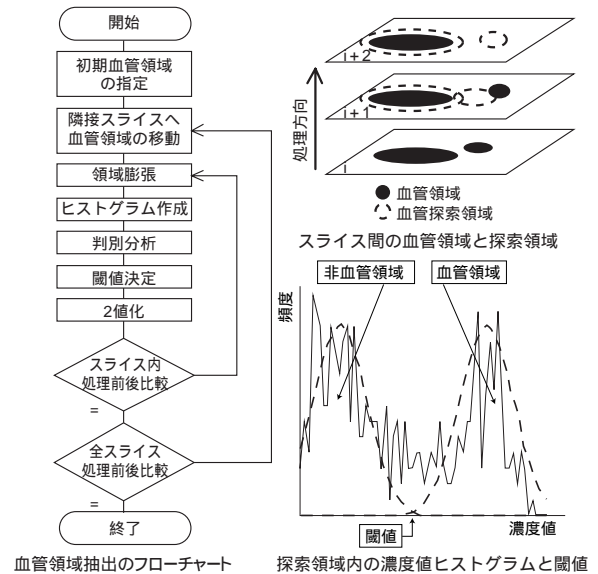


図2 血管領域抽出処理アルゴリズム

成する。ここで、図2右下のように、血管領域と非血管領域がそれぞれ破線のような正規分布で構成されていると仮定することにより、2つの分布の境界を閾値として、血管探索領域について2値化処理を行う。以下、順次隣接スライスについて血管領域の抽出を行い、全スライスについて処理することにより、3次元的に血管領域を抽出することができる。

### (2) 結果

脳動脈瘤を含む20症例を対象として、血管領域抽出を行った。3D-MRAデータは、512×512画素×108

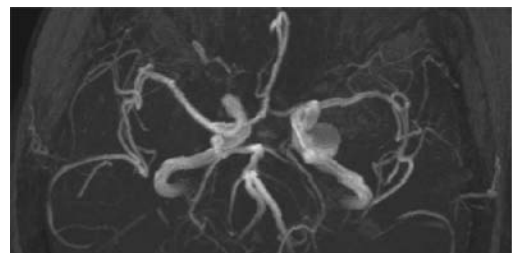


図3 頭部3D-MRAデータのMIP画像

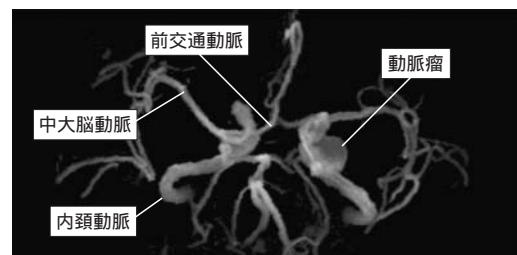


図4 血管抽出処理を行ったMIP画像

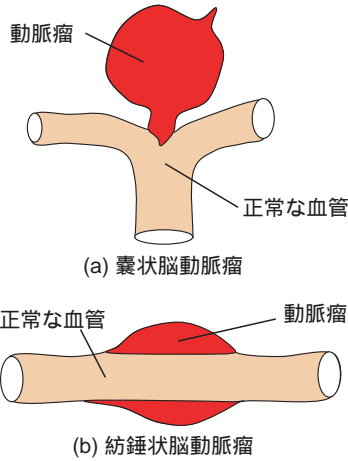


図5 脳動脈瘤の形状

枚で構成される。

全症例について、連続性が明瞭である動脈は、良好に抽出できることを確認した。また、治療や疾患によって、血流が滞っているような箇所は、血管の抽出ができない場合があることを確認した。さらに、末端に近い細い血管や脳底部の脳実質とのコントラストが低い領域では、ノイズ部分を多く含んでいた。よって、このような部分は、濃度情報以外に、抽出した領域の形状に関する情報も合わせてノイズを判定し、ノイズ除去を行う処理を追加した。

一般的に、血管走行の観察にはMIP画像がよく用いられる。図3に、動脈瘤を含む3D-MRAデータのMIP画像の1症例を、図4に、血管抽出処理を行った同一データのMIP画像を示す。原画像では、脳実質や脂肪などの影響により、血管の走行が見辛くなっているが、血管抽出画像では、非血管領域が除去され、脳動脈瘤を含めた動脈の全体構造がはっきり見えるようになっていることが判る。

本血管抽出処理を用いて非血管領域を除去すること

により、複雑に走行する脳血管を明瞭に観察することが可能となる。本処理は、次の脳動脈瘤検出のための前処理として位置付けられるが、血管の走行の3次元的な理解のためにも、十分有効な処理であることを確認した。

### 3. 脳動脈瘤検出

脳動脈瘤は、脳の動脈の一部が膨れてコブができた状態をいい、コブの形状や大きさは様々である。大きさについては、2 mm以上を検出対象とする。形状については、大きく分けて、囊状と紡錘状がある(図5)。今回は、形状と大きさを合わせて、囊状巨大動脈瘤と囊状小脳動脈瘤、紡錘状脳動脈瘤の3タイプに分類して検討を行った。

- ( ) 囊状巨大脳動脈瘤(図6)
- ( ) 囊状小脳動脈瘤(図7)
- ( ) 紡錘状脳動脈瘤(図8)

脳動脈瘤の検出に関する研究は他の研究者からも報告されている<sup>(3)(4)</sup>が、動脈瘤の形状および大きさによる分類を考慮して検出手法を検討している研究はない。

今回は、分類した3つのタイプの脳動脈瘤のうち、( ) 囊状巨大脳動脈瘤と( ) 紡錘状脳動脈瘤を検出するための手法および特徴量の検討を行った。

#### (1) 手法

血管は一般に末端へ向うに連れて、径が細くなっている。しかし、脳動脈瘤は球状に膨らんだ形状をしているため、血管領域の直径を測定すると、直径のプロファイルの勾配が一様でないことが予想される。そこで、脳動脈瘤の検出を行うにあたり、血管領域抽出処理によって抽出された領域を対象として、球形のフィルタとのマッチングを取ることにし、血管径のプロファイル(球径プロファイル)を求めた。球の直径は、2 ~ 15 mmを適用した。図9に、原画像上に重ね合わせた球径プロファイルの画像を示す。マッチングする球の直径毎に色付けしてある。血管

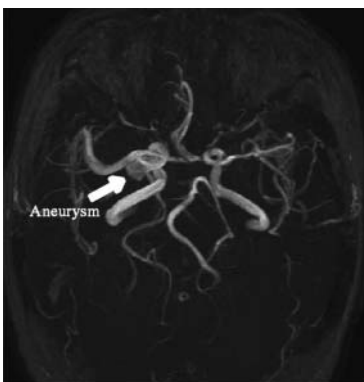


図6 囊状巨大脳動脈瘤の症例のMIP像

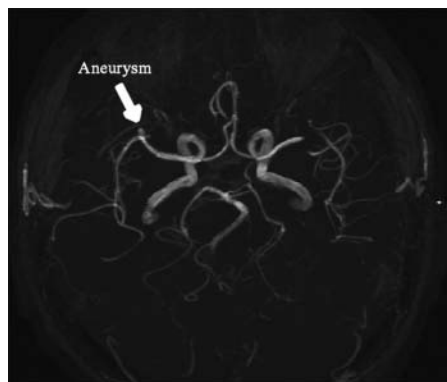


図7 囊状小脳動脈瘤の症例のMIP像



図8 紡錘状脳動脈瘤の症例のMIP像



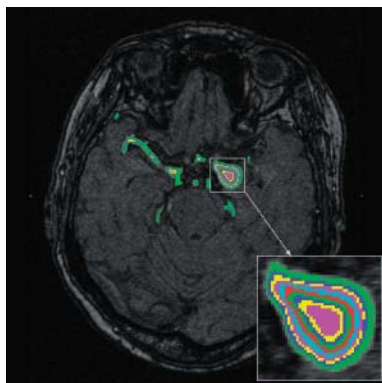


図9 嚢状巨大脳動脈瘤を持つ症例の球径プロファイル結果のスライス画像の例

領域は、ほとんどが同じ色、つまり同じ径になっており、動脈瘤領域は、同心円上に球径プロファイルが形成されていること判る。

(2) 特徴量の検討

抽出された球径プロファイルから、動脈瘤を検出するにあたって、球径毎の球径プロファイルの領域にラベル付けを行い、次の3つの特徴量について検討を行った。

(i) ラベル体積 V<sub>l</sub>

(ii) 凸度 T

(iii) 集中度 C

ここで、ラベル体積 V<sub>l</sub> は、ラベルを構成する画素数に画素間隔およびスライス間隔により実際の値に換算した値を表す。凸度 T は、ラベルの体積 V<sub>l</sub> のその凸包の体積 V<sub>ch</sub> に対する割合で、ラベル形状の凹みの少なさを表す評価値である。集中度 C は、球径の勾配ベクトルがどれだけラベル内に集中しているのかを表す評価値で、ラベル内の全ての画素毎に、その位置での勾配ベクトルと他の画素全ての位置での勾配ベクトルとの内積を取り、その内積の最大値を、ラベルを構成する画素数で割って正規化したものである。

(3) 結果

今回は、血管抽出処理を行った症例のうち、脳動脈瘤を含む14症例を用いて検討を行った。脳動脈瘤のタイプによる内訳は、嚢状巨大脳動脈瘤6例、嚢状小脳動脈瘤6例、紡錘状脳動脈瘤2例であった。これらのデータを対象として、球径プロファイルを求めて特徴量の算出を行い、脳動脈瘤検出のための有効性を検討した。

嚢状巨大脳動脈瘤は、6症例全てにおいて、最大の球径プロファイルのラベルに動脈瘤領域が存在した。しかし、最大の球径プロファイルのラベルに内頸動脈の湾曲部が存在する症例もあった。これについては、凸度によって分離することが可能であることを

確認した。よって、球径と凸度を組み合わせることにより、検出できると考えられる。

紡錘状脳動脈瘤は、動脈瘤部分に対応して、球径プロファイルのラベルが存在することを確認した。本タイプは、症例数が少ないため特徴量の傾向までは分析できなかったが、球径プロファイルの中から検出する可能性が示された。

嚢状小脳動脈瘤は、コブの大きさが隣接する血管径と同等であるため、小さい球径のプロファイルに、血管と接続された形で現れることから、他の検出手法が必要となる。

集中度についての有効性は、いずれの種類の動脈瘤でも確認されなかった。

4. おわりに

本稿では、3D-MRA データから血管領域の抽出を行い、脳動脈瘤のタイプ毎に検出手法および特徴量を検討し、脳動脈瘤検出の可能性を示した。今後は、本手法を発展させて、画像ビューアと連携を行って、システム化を検討していく。

本研究は、実際に脳動脈瘤に対峙している脳外科医と、日々検査データの取得と生成に勤しむ放射線技師の知識や意見と、それを実現する画像処理技術が組み合わせられて初めて成り立つものである。

CADシステムは、医師の診断業務を支援するものであり、医師に代って診断をするものではない。CADに関する研究は、工学的な立場で盛んに行われているが、CADシステムが本来の医療現場の支援として活用されるためには、医師の診断技術に基づくスクリーニング手法と、検査業務として行われている検査技術との組み合わせの検討が不可欠である。本研究を通して、臨床現場に則した診断支援への貢献を目指していきたい。

参考文献

- (1) 多田浩章, 小沢義典, 林尚典 他, "3D MR Angiography を用いた脳動脈瘤自動検出のための血管抽出", 日本放射線技術学会 第60回総会学術大会 予稿集, 2004, p. 209
- (2) 多田浩章 他, "3D-MRAを用いた脳動脈瘤自動検出システムのための特徴量の検討", JAMIT Ann. Met. 予稿集 P2-41, 2004,
- (3) Hayashi N, et al., "Feasibility of a Curvature-based Enhanced Display System for Detection Cerebral Aneurysms in MR Angiography" MR in Medical Sciences, vol. 2, no. 1, 2003, p. 29-36
- (4) Arimura H, et al., "Computerized Scheme for Detection of Intracranial Aneurysms in MRA Images by Use of Three-dimensional Selective Enhancement Filters", RSNA03, 2003