

---

---

原 著

---

---

### 3 - dimensional rotational angiography を用いた 正確な working projection の検討

北 澤 圭 子

新潟大学脳研究所脳神経外科

(主任教授：藤井幸彦)

#### A Carving Method to Determine an Optimal Working Projection Using Three - dimensional Volume Rendering Digital Subtraction Angiography in Coil Embolization of Cerebral Aneurysms

Keiko KITAZAWA

*Department of Neurosurgery, Brain Research Institute, University of Niigata*

*(Director: Prof. Yukihiko FUJII)*

#### 要 旨

【はじめに】脳動脈瘤のコイル塞栓術時に使用する working projection は、3 - dimensional rotational angiography (3D RA) を用いて決定することが多い。通常の方法では動脈瘤と母血管の境界を前面からしか確認できないため、後面の境界を同時に観察できず、working projection が不正確になる可能性がある。そこで我々は、動脈瘤と母血管の境界を明確に表示し、より正確な working projection を決定する方法 (切り出し法) を考案した。

【方法】2005年9月から2010年2月に当科でコイル塞栓術を行い3D RAのデータがある83例を対象とした。Work station上で3D RA画像を元に動脈瘤と母血管の境界を4方向から観察し、動脈瘤だけを正確に切り出した。切り出した動脈瘤にtranslucent modeの母血管と動脈瘤とをfusionさせた(切り出し法)。動脈瘤が母血管と接している面積と、実際の治療に使用したworking projectionで観察される動脈瘤の底面積の比をworking projectionのずれ割合として評価した。さらにどのような動脈瘤でより切り出し法が有用であるかを統計的に検討した。

【結果】対象とした全動脈瘤で切り出し法を行うことができ、実際の治療時と切り出し法によるworking projectionが一致した症例は32例(38.6%)であった。母血管と動脈瘤の位置関係によりterminal type, side wall type, その他に分類すると、この3群間でずれ割合に有意差があり( $p < 0.05$ )、terminal typeで治療時のworking projectionがより正確であった。また、最大径

---

Reprint requests to: Keiko KITAZAWA  
Department of Neurosurgery  
Brain Research Institute University of Niigata  
1 - 757 Asahimachi - dori Chuo - ku,  
Niigata 951 - 8585 Japan

別刷請求先：〒951 - 8585 新潟市中央区旭町通1 - 757  
新潟大学脳研究所脳神経外科 北澤圭子

が5mm未満の動脈瘤は、5mm以上の動脈瘤に比べ、ずれ割合が有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。

【考察】切り出し法を用いると治療時の working projection の半数以上が不正確であることがわかった。特に terminal type 以外の動脈瘤と、最大径5mm未満の動脈瘤で、治療時の working projection が不正確になることが多かった。このような動脈瘤では、切り出し法を用いた working projection の決定がより有用な可能性があると思われた。

キーワード：cerebral aneurysm, coil embolization, 3-dimensional rotational angiography, working projection

## はじめに

脳動脈瘤のコイル塞栓術時に、実際の治療に用いる digital subtraction angiography (DSA) の撮像方向を working projection という。血管内手術では、working projection で撮像した 2-dimensional digital subtraction angiography (2D DSA) 画像を overlay や road map を用いて real time な透視画像と重ね合わせながら動脈瘤にマイクロカテーテルを進めたり、コイルを入れる操作を行う。脳動脈瘤に対するコイル塞栓術では、再開通の予防には tight packing を行うことが重要とされている<sup>1)–5)</sup>。更に、母血管にコイルが突出したり迷入して、虚血性合併症を生じないように注意する必要がある。このためには動脈瘤と母血管が極力重ならないようにした、より正確な working projection を決定することが重要である<sup>6)7)</sup>。より正確な working projection を治療時に使用することで、動脈瘤の tight packing ができる可能性と、母血管へのコイルの迷入を防ぐ可能性が高くなる。動脈瘤と母血管の境界は 3D 画像の前面と後面にある。理想的な working projection ではこの前面と後面の境界が重なることになる。Working projection は通常、3-dimensional rotational angiography (3D RA) の volume rendering 画像で、surface mode や translucent mode を用いて術直前に決定される。ところが、3D 画像で surface mode や translucent mode を用いても、前面と後面にある動脈瘤と母血管の境界を同時に観察することは困難である。そのため、通常の方法では 3D 画像の前面と後面にある動脈瘤と母血管の境界が

一致しにくく、working projection が不正確になる可能性がある。そこで我々は、volume rendering 画像を用い、work station 上で surface mode で作成した画像から前面と後面にある動脈瘤と母血管の境界で動脈瘤を分離し、より正確な working projection を決定する方法(切り出し法)を考案した。

本研究の目的は、まず、第一に、すでにコイル塞栓術を行った症例の 3D RA データを用いて、我々の切り出し法で working projection を決定することが可能であることを retrospective に確認することである。次にこの方法で計測した working projection と、実際の治療で使用した working projection の比較を行い、どのようなタイプの動脈瘤で両者に差があったかを検討する。これにより、本方法が特に有用な可能性のある動脈瘤を推測することである。

## 対象と方法

2005年9月から2010年2月に、当科でコイル塞栓術を行った連続142症例を対象とした。3D RA データが残っていない31例、治療時の working projection が不明の症例26例、再治療の症例2例を除外し、残りの83例を検討した。未破裂動脈瘤は68例、破裂動脈瘤は15例であった。動脈瘤の部位は表1に示した。母血管と動脈瘤の形状、位置関係の違いにより動脈瘤を terminal type<sup>8)9)</sup>、side wall type<sup>10)</sup>、その他に分類し、terminal type は脳底動脈先端部瘤、内頸動脈先端部瘤、side wall type は内頸動脈瘤、脳底動脈瘤、椎骨動脈瘤、

表1 動脈瘤の部位と底面積のずれ割合

動脈瘤のタイプ	動脈瘤の部位	ずれ割合 (mean±SD[%])
Side wall type	内頸動脈 (n=32)	25.2±23.4
	椎骨動脈 (n=2)	16.0± 8.0
	脳底動脈 (n=1)	57.0
	椎骨動脈後下小脳動脈分岐部 (n=1)	13.0
	後大脳動脈 (n=1)	0
Terminal type	脳底動脈先端部 (n=13)	11.2±23.2
	内頸動脈分岐部 (n=5)	1.4± 2.8
その他	前交通動脈 (n=16)	29.1±26.0
	中大脳動脈 (n=10)	18.3±19.9
	脳底動脈上小脳動脈分岐部 (n=2)	24.0±12.0

椎骨動脈後下小脳動脈, 後大脳動脈瘤, それ以外の中大脳動脈瘤と前交通動脈瘤等をその他とした. Terminal type は 18 例, side wall type は 37 例, その他の type は 28 例であった.

## DSA

Axion Artis (Siemens, Munich, Germany) を使用しコイル塞栓術直前に脳血管造影を行った. 全身麻酔下に大腿動脈経路で内頸動脈か椎骨動脈に 6Fr.カテーテルを入れた. 2D DSA では造影剤に Ioxaglic acid (ヘキサブリックス:ゲルベジヤパン, 東京) を用い, 内頸動脈造影では注入速度 3ml/秒, 総量 5ml で, 椎骨動脈造影では注入速度 2.5ml, 総量 4.5ml で injector を用いて注入した. 3D RA では 2.5ml/秒, 総量 15ml の造影剤を使用した. 毎秒 3 フレームで正面と側面の 2D DSA を撮影した後, 3D RA を行った. 3D RA は C アームを 5 秒間に 190 度回転させた. 512 × 512 matrix で 126 枚の画像を撮影した. すべての画像はネットワークを介して Work station (Syngo Work-place: Siemens, Munich, Germany) に転送した. これをハードディスクに取り込み, 画像の構成を

行った.

## 治療時の working projection の決定

塞栓術は 15 年以上の経験のある脳神経外科と脳神経血管内治療の両方の専門医資格がある術者が行った. Working projection は術者が術直前の血管造影で決定した. Work station 上に 3D RA の volume rendering 画像を surface mode あるいは translucent mode で表示し, 動脈瘤が母血管と最も分離されると思われる角度を決定した. その角度に DSA 装置の flat panel を移動し 2D DSA を撮影した. 2D DSA で動脈瘤と母血管が分離されていることが確認できれば, その角度を working projection と決定した.

## 切り出し法による working projection の決定

Work station のハードディスクに 3D RA のデータを保存し, さらに同じデータを別名でもう一度保存した. 前者をデータ A, 後者をデータ B とした. 図 1 に操作方法を示す. データ A を volume rendering の surface mode で開き, 動脈瘤全体が含まれるように母血管の両端を中枢側と末梢

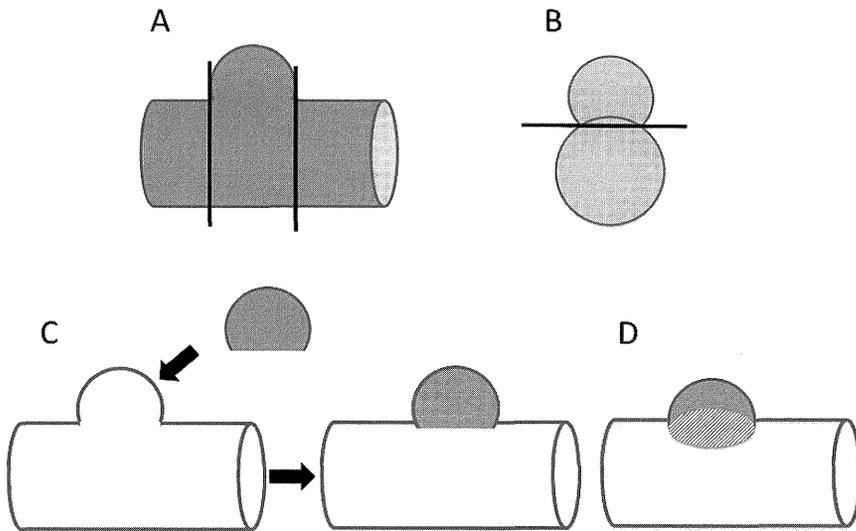


図1 切り出し法による working projection の決定方法

- A：動脈瘤と母血管を surface rendering で表示し、母血管を動脈瘤の両端で切断する。
- B：切断面の両方向から動脈瘤と母血管の境界を確認し、境界線を引く。
- C：境界線に沿って動脈瘤を切り出し、切り出した動脈瘤を translucent mode で表示した血管に fusion する。
- D：動脈瘤の底面部分（斜線部分）の面積を計測し、この面積が最も小さくなる角度を working projection とする。

側で切除した（図1A）。動脈瘤と母血管を前面、後面と母血管の断面がみられる中枢側、末梢側の計4方向から動脈瘤を観察し、動脈瘤と母血管の表面上で動脈瘤と母血管の境界を決定した（図1B）。境界線で母血管から動脈瘤を分離し、動脈瘤を切り出した。データBはtranslucent modeで開き、データAで切り出した動脈瘤をデータBのtranslucent modeとfusionさせた（図1C）。Fusionさせた画像を全方向から観察し、動脈瘤が母血管から正確に分離されていることを確認した。切り出した動脈瘤とtranslucent modeで示した母血管と動脈瘤をfusionさせた画像において、切り出した動脈瘤の底面が前後方向から見えない角度を正確なworking projectionとした（図1D）。

#### 治療時の working projection と切り出し法による working projection の比較

対象症例の3D RAデータを使用し、前述した切り出し法により分離した動脈瘤の底面積をImage J (Wayne Rasband, National institutes of Health (NIH), USA) で計測した。更にこの動脈瘤をtranslucentの母血管とfusionした画像で治療時のworking projectionと同じ角度にして、この角度で二次元画像上の前面から見える動脈瘤の底面積（ずれ底面積）を計測した。Working projectionでのずれ底面積と分離した動脈瘤の底面積からずれ割合（ずれ底面積/動脈瘤底面積×100[%]）を算出した。治療時のworking projectionと切り出し法によるworking projectionのずれがなければ、この値は0%となる。一方、ずれが大きいく程この値は大きくなる。対象全例でこの

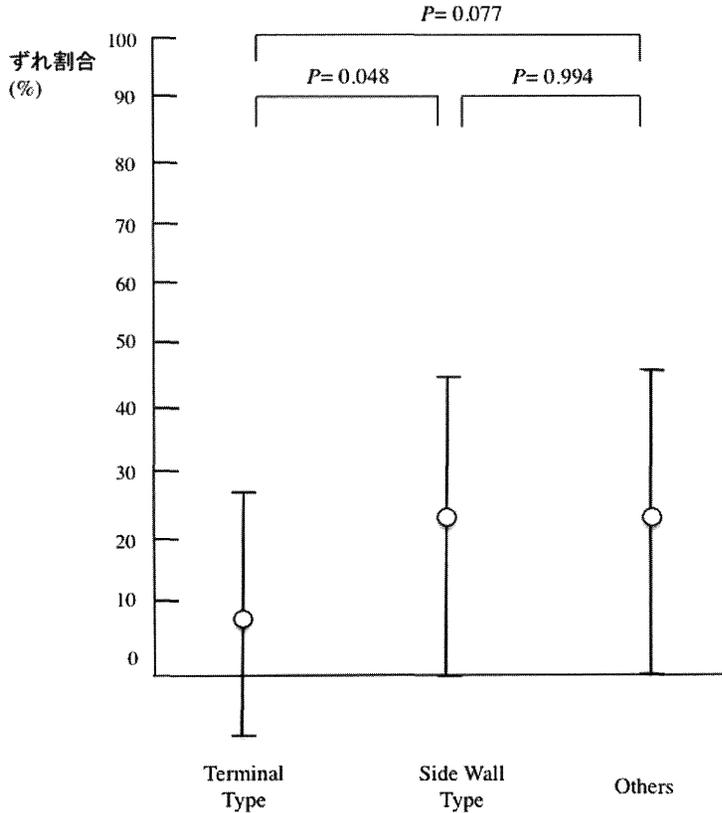


図2 動脈瘤の type とずれ割合の関係

Terminal type と side wall type のずれ割合の間には有意差がある ( $p < 0.05$ )。一方, terminal type とその他のずれ割合, side wall type とその他のずれ割合の間には有意差がない。白丸は平均値を表す。

方法により, 切り出し法による working projection と治療時の working projection のずれを評価した。さらに, どのような動脈瘤で切り出し法による working projection と治療時の working projection のずれが大きくなるかを検討した。

統計学的検討

動脈瘤底面のずれ割合と動脈瘤の type (side wall type, terminal type, その他) との関係については, 分散分析 (Analysis of Variance; ANOVA) の一元配置分析を用いて検討した。主効果が有意という結果が出た場合には, さらに多重比較

(Tukey HSD) を用いて各群間の比較を行った。動脈瘤の大きさ と動脈瘤底面のずれ割合の関係については Mann-Whitney 検定を用いて検討した。 $p < 0.05$  を有意差ありとした。統計ソフトは SPSS (IBM, Armonk, New York, USA) を使用した。

結 果

対象とした全動脈瘤で, 切り出し法を用いて working projection を決定することができた。全動脈瘤 83 例では, 治療時の working projection と切り出し法による working projection のずれ割合

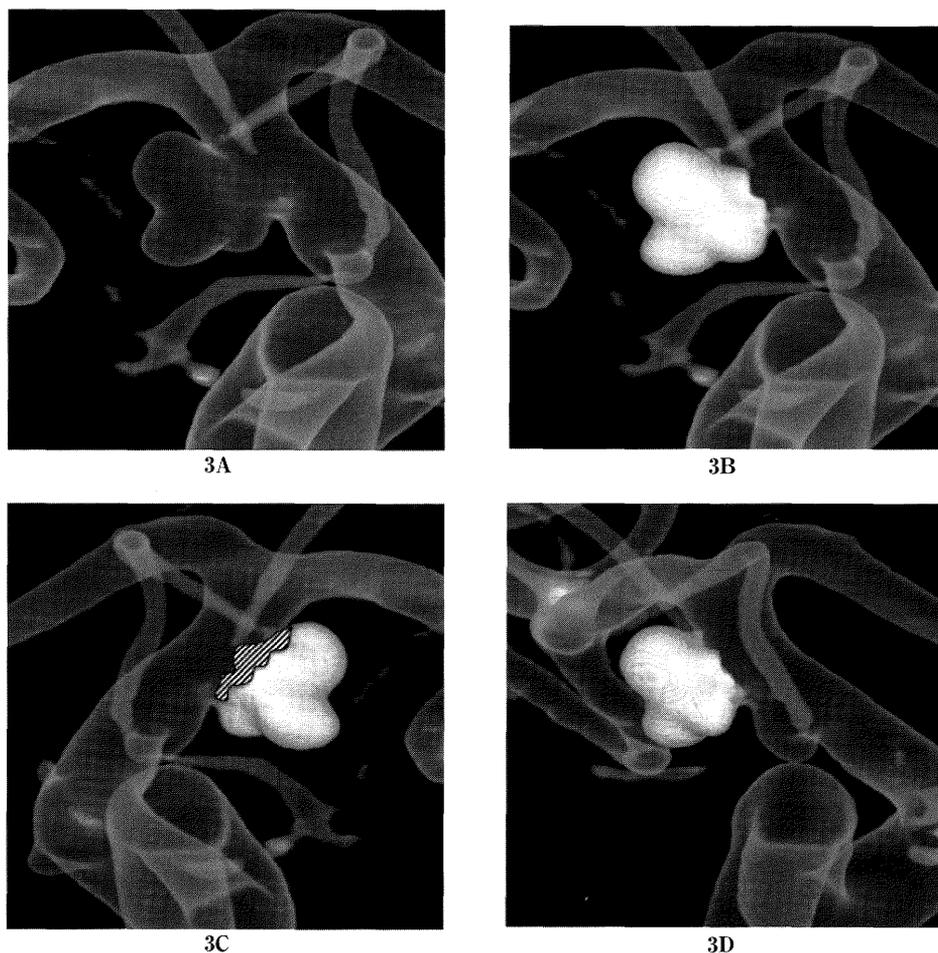


図3 治療時の working projection が不正確であった症例の血管造影（症例1）

- A：translucent mode で表示した実際の治療時の working projection.  
 B：治療時の working projection に切り出した動脈瘤を fusion した画像.  
 C：治療時の working projection を後方から表示した画像. 動脈瘤の底面（斜線部分）が見えており，治療時の working projection が不正確であったことが分かる.  
 D：切り出し法で決定した正確な working projection.

は平均 20.9% (0-88%) であった。このうち、ずれ割合が 0% の症例は 32 例 (38.6%) であった。未破裂脳動脈瘤 68 例では、ずれ割合は平均 20.9% (0-88%) であり、ずれ割合が 0% の症例は 27 例であった。破裂動脈瘤 15 例ではずれ割合は平均 21.1% (0-70%) で、ずれ割合が 0% の症例は 5 例であった。動脈瘤の部位とずれ割合

の関係を表 1 に示す。ずれ割合が 0% で実際の治療に用いた working projection と切り出し法による working projection が一致した症例は、terminal type では 18 例中 12 例、side wall type では 37 例中 10 例、その他の type では 28 例中 10 例であった。この 3 群間とずれ割合の関係を図 2 に示す。分散分析では動脈瘤の type によりずれ割合に有

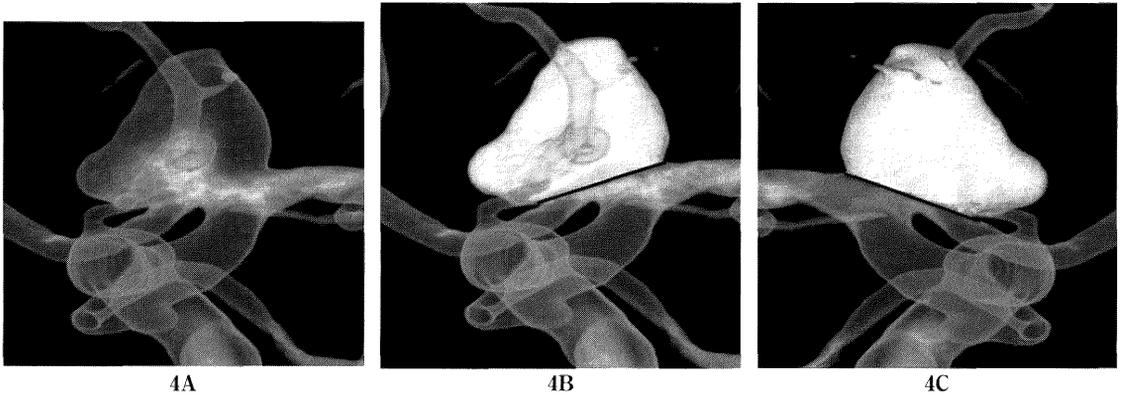


図4 治療時の working projection が正確であった症例の血管造影 (症例2)

- A : translucent mode で表示した実際の治療時の working projection.  
 B : 治療時の working projection に切り出した動脈瘤を fusion した画像.  
 C : 治療時の working projection を後方から表示した画像. 前面, 後面とも動脈瘤の底面が見えておらず (直線で示す), 治療時の working projection は正確であったことが分かる.

意差が見られた ( $p < 0.05$ ). Tukey HSD で多重比較を行うと terminal type 群と side wall type 群の間で有意差が見られた ( $p = 0.048$ ). Terminal type 群とその他の type 群では  $p = 0.077$  で有意差はなかったが, Terminal type はそれ以外の動脈瘤と比較し, 実際に使用した working projection が切り出し法での working projection に近い傾向があった.

動脈瘤の最大径で分類し, ずれ割合を検討した. 動脈瘤最大径を 5mm 未満と 5mm 以上で分けると, 5mm 未満は 42 例でずれ割合は平均 25.4% (0-88%), 5mm 以上は 41 例でずれ割合は平均 15.0% (0-67%) であった. 最大径が 5mm 未満の動脈瘤は 5mm 以上の動脈瘤に比べ, 有意にずれ割合が大きかった ( $p = 0.043$ ).

#### 代表症例

症例 1 : Side wall type 動脈瘤.

58 歳女性. めまいと頭痛の精査で MRA を行い, 偶然脳動脈瘤が見つかった. 脳血管造影では, 最大径 5mm の左内頸動脈瘤を認めた. Balloon neck remodeling を用いてコイル塞栓術を行った.

術直後血管造影では動脈瘤頸部が残存していた. 図 3 で示すように, 実際の治療に用いた working projection は切り出し法で求めた working projection とずれていた. ずれ面積の割合は 15.1% であった.

症例 2 : Terminal type 動脈瘤.

77 歳男性. 頭部外傷の精査で頭部 CT を行い, 偶然脳動脈瘤が見つかった. 脳血管造影では左内頸動脈先端部に最大径 14mm の動脈瘤を認めた. Balloon neck remodeling でコイル塞栓術を行った. 術直後の血管造影では動脈瘤頸部がわずかに残存した. 図 4 で示すように, 実際の治療に用いた working projection と切り出し法で求めた working projection が一致しており, ずれ面積の割合は 0% であった.

#### 考 察

コイル塞栓術では治療後の再開通が問題とされており, 再開通とその原因について検討した報告は多い<sup>11) - 13)</sup>. 初回治療時の packing が不十分である

ことは再開通の原因の一つに挙げられており<sup>1) - 5)</sup>、コイル塞栓術を行う際には、tight packing を目指すことが必要である。十分な tight packing を安全に行うためには、より正確に working projection をとることが重要である。Working projection は working angle や working view ともいうが、母血管と動脈瘤の neck を分離して表示可能な角度であり<sup>7)</sup>、かつては、working projection を決定するために 2D DSA を繰り返し行い、より適切な working projection を決定していた。3D RA が用いられるようになってからは、1回の撮影で様々な方向から動脈瘤と母血管の境界を観察でき、2D DSA と比較して撮影の回数を減らすことができるため<sup>14)</sup>、3D RA が working projection の決定に用いられるようになった。

3D RA は、従来の 2D DSA と比較し、よりはっきりと動脈瘤の描出を行うことができるため、脳血管内治療を行う場合に有用であるという報告が多い<sup>6) 15) - 19)</sup>。Anxionnat R らは、3D DSA の surface shaded display が 2D DSA や 3D DSA の MIP 画像と比較し、working projection の決定や動脈瘤の正確なサイズの測定に最も有用であったと報告している<sup>6)</sup>。しかし、3D RA による surface rendering では、前面と後面にある動脈瘤と母血管の境界を同時に観察できない。そのため、通常の方法では working projection が不正確になる可能性があり、より正確な方法が求められていた。

今回の研究で、我々は従来の方法より正確な、切り出し法による working projection の決定方法を報告した。このように三次元的に前面と後面の動脈瘤と母血管の境界を同時に考慮に入れた working projection の決定方法は、我々が調べた範囲では今までに報告がない。今回の研究で検討した 83 例では、切り出し法を用いた working projection と実際の治療で用いた working projection は 32 例 (38.6%) で一致していた。従来の方法では主に一方向から動脈瘤と母血管の境界を観察し、更に translucent 画像で volume rendering 画像を回転させ術者の主観で動脈瘤と母血管が分かれる角度を working projection としていた。一方、我々の切り出し法は、4 方向から動脈瘤を観察することで動脈瘤と母血管をより客観的に正確に分離することができると考えら

れた。今回の研究では、経験のある術者が 3D RA を用いて決定した working projection でも、切り出し法に比べると不正確な working projection となっていたことが示された。

今回の研究では、脳底動脈先端部動脈瘤や内頸動脈先端部動脈瘤のような terminal type の動脈瘤は他の type に比べ、治療に用いた working projection と切り出し法による working projection が一致していた。Terminal type は動脈瘤が母血管の延長上に発生することが多いため、母血管と動脈瘤の長軸方向に対して垂直な方向で working projection がとりやすい。そのために、side wall type などと比べ、working projection がより正確になったものと思われた。今回の結果からは、特に terminal type 以外の動脈瘤で切り出し法はより有用であると推測された。

今回の研究は、動脈瘤の大きさが working projection の正確性と関連することも示した。最大径が 5mm 以上の動脈瘤では 5mm 未満のものに比べ、治療に用いた working projection が切り出し法による working projection により近かった。大きい動脈瘤は小さい動脈瘤に比べ、動脈瘤と母血管との関係を観察しやすい。そのため、大きい動脈瘤では通常の working projection の決定方法でも動脈瘤と母血管の境界の分離がより容易に行うことができ、そのためにこのような結果になったものと思われた。我々の切り出し法は、特に小さい動脈瘤でより有効な可能性が考えられた。

## 結 語

3D RA の volume rendering 画像を用い、work station 上で surface mode で作成した画像から前面と後面にある動脈瘤と母血管の境界で動脈瘤を分離し、より正確な working projection を決定する方法 (切り出し法) を提案した。すでにコイル塞栓術を行った 83 症例の 3D RA データを用いて、この方法で working projection を決定することが可能であることを確認した。更にこの方法で計測した working projection と、実際の治療で使用した working projection の比較を行い、terminal type の動脈瘤では他の type のものより両者の値が一致しやすいこ

とが明らかになった。また、最大径5mm以上の動脈瘤では5mm未満の動脈瘤に比べ、両者の値が一致しやすい事も示した。

脳動脈瘤のコイル塞栓術では、我々の方法を用いてより正確な working projection をとることで、母血管へのコイル突出を避けながら、より tight な packing を行える可能性があると考えられた。Terminal type 以外の動脈瘤や5mm未満の大きさの動脈瘤で、本方法がより有用な可能性があると思われた。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり、研究の機会を与えて頂きました新潟大学脳研究所脳神経外科学分野（兼：新潟大学大学院歯学総合研究科脳神経外科学分野）藤井幸彦教授、ご指導頂きました反町隆俊准教授ならびに伊藤靖特任教授に深謝申し上げます。また研究を支えて頂きました脳研究所脳神経外科学分野の皆様にも併せて感謝いたします。

### 文 献

- 1) Li MH, Gao BL, Fang C, Gu BX, Cheng YS, Wang W and Scotti G: Angiographic follow-up of cerebral aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: An analysis of 162 cases with 173 aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 27: 1107-1112, 2006.
- 2) Raymond J, Venne D, Allas S, Roy D, Oliva VL, Denbow N and Salazkin I: Healing mechanisms in experimental aneurysms. I. Vascular smooth muscle cells and neointima formation. *J Neuroradiol* 26: 7-20, 1999.
- 3) Piotin M, Mandai S, Murphy KJ, Sugiu K, Gailloud P, Martin J and Rufebracht DA: Dense packing of cerebral aneurysms: An in vitro study with detachable platinum coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 21: 757-760, 2000.
- 4) Reul J, Weis J, Spetzger U, Konert C, Fricke C and Thron A: Long-term angiographic and histopathologic findings in experimental aneurysms of the carotid bifurcation embolized with platinum and tungsten coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 18: 35-42, 1997.
- 5) Tamatani S, Ito Y, Abe H, Koike T, Takeuchi S and Tanaka R: Evaluation of the stability of aneurysms after embolization using detachable coils: Correlation between stability of aneurysms and embolized volume of aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 23: 762-767, 2002.
- 6) Anxionnat R, Bracard S, Ducrocq X, Troussat Y, Launay L, Kerrien E, Braun M, Vaillant R, Scomazzoni F, Lebedinsky A and Picard L: Intracranial aneurysms: clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment. *Radiology* 3: 799-808, 2001.
- 7) Brinjikji W, Cloft H, Lanzino G and Kallmes DF: Comparison of 2D digital subtraction angiography and 3D rotational angiography in the evaluation of dome-to-neck ratio. *AJNR Am J Neuroradiol* 30: 831-834, 2009.
- 8) Ohshima T, Miyachi S, Hattori K, Takahashi I, Ishii K, Izumi T and Yoshida J: Risk of aneurysmal rupture: the importance of neck orifice positioning assessment using computational flow simulation. *Neurosurgery* 62: 767-773, 2008.
- 9) van der Kolk NM, Algra A and Rinkel GJ: Risk of aneurysm rupture at intracranial arterial bifurcations. *Cerebrovasc Dis* 30: 29-35, 2010.
- 10) Simon SD, Eskioğlu E, Reig A and Mericle RA: Endovascular treatment of side wall aneurysms using a liquid embolic agent: a US single-center prospective trial. *Neurosurgery* 67: 855-860, 2010.
- 11) Lubicz B, Leclerc X, Gauvrit JY, Lejeune JP and Pruvo JP: Three-dimensional packing with complex orbit coils for the endovascular treatment of intracranial aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 26: 1342-1348, 2005.
- 12) Raymond J, Guilbert F, Weill A, Georganos SA, Juravsky L, Lambert A, Lamoureux J, Chagnon M and Roy D: Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 34: 1398-1403, 2003.
- 13) Cognard C, Weill A, Spelle L, Piotin M, Castaings

- L, Rey A and Moret J: Long-term angiographic follow-up of 169 intracranial berry aneurysms occluded with detachable coils. *Radiology* 212: 348-356, 1999.
- 14) Abe T, Hirohata M, Tanaka N, Uchiyama Y, Kojima K, Fujimoto K, Norbash AM and Hayabuchi N: Clinical benefits of rotational 3D angiography in endovascular treatment of ruptured cerebral aneurysm. *AJNR Am J Neuroradiol* 23: 686-688, 2002.
- 15) Tanoue S, Kiyosue H, Kenai H, Nakamura T, Yamashita M and Mori H: Three-dimensional reconstructed images after rotational angiography in the evaluation of intracranial aneurysm: surgical correlation. *Neurosurgery* 47: 866-871, 2000.
- 16) Ishihara S, Ross IB, Pötin M, Well A, Aerts H and Moret J: 3D rotational angiography: recent experience in the evaluation of cerebral aneurysms for treatment. *Intervent Neuroradiol* 6: 85-94, 2000.
- 17) Missler U, Hundt C, Wiesmann M, Mayer T and Bruckmann H: Three-dimensional reconstructed rotational digital subtraction angiography in planning treatment of intracranial aneurysm. *Eur Radiol* 10: 564-568, 2000.
- 18) Turjman F, Bendib K, Girerd C, Froment JC and Amiel M: Pretherapeutic evaluation of intracranial aneurysms using three-dimensional angiography (3D morphometer): preliminary results. In: Taki W, Picard L, Kikuchi H, eds. *Advances in Interventional Neuroradiology and Intravascular Neurosurgery*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Science B.V. 75-79, 1996.
- 19) Anxionnat R, Bracard S, Macho J, Da Costa E, Villant R, Launay L, Troussset Y, Romeas R and Picard L: 3D angiography: clinical interest and first applications in interventional neuroradiology. *J Neuroradiol* 25: 251-262, 1998.

(平成 23 年 12 月 19 日受付)

---