

特 集 — 回転 DSA・DA からの 3 次元画像処理 —

回転 DSA・DA からの 3 次元画像の臨床応用

東京警察病院 放射線科 半沢 聡

シーメンス旭メディテック アプリケーショングループ 佐野 耕太郎

はじめに

DSA、MRA、3D-CTA において捕らえにくい血管病変に対して回転 DSA・DA からの画像をワークステーションにて 3 次元画像処理を行い、リアルタイムにカラー化した 3 次元動画表示できるようになり、IVR (interventional radiology) 時に必要な血流動態の把握及び血管内手術 (脳神経外科領域) では見るべき成果を挙げている。

我々は、DSA 装置として 3D-rotational angiography image は ANGIO STAR Puls(SIEMENS) 及び 3D Virtuoso Angio イメージプロセッサ (Silicon Graphics,inc O2 ワークステーション) を使用して約 1 年半が経過した。以下、使用経験を基に考察を述べる。

3D 画像の収集

この ANGIO STAR では、40cm の I.I. を搭載しており、3D 撮影時の回転角度は 200 度を 5 秒間または 8 秒間で回転 DSA 撮影を行う。このときの収集マトリックスは 1024^2 である。撮影終了直後から回転 DSA 画像の観察及び回転 NAT 画像の観察が可能である。一方バックグラウンド処理でワークステーションに回転画像が転送されるので、待ち時間が無く続いての透視および撮影が可能である。画像収集枚数は 10 f/秒のパルスモードで撮影されるため 5 秒モードの場合は、マスク像と造影像と合わせて 100 枚の収集となる。この画像は静止画像としても観察や必要であればダイナミックなピクセルシフトも可能である。また、ペアになる 2 画像でステレオの回転画像をモニター上で実現できる。

造影剤の濃度及び最適なタイミング

造影剤の濃度は、ヨード含有量 300mg/ml を原

液のまま使用している。使用量は、脳血管領域で 1.8ml から 3.5ml を回転秒数に乗じた値を総注入量にしている。例えば 8 秒の撮影モードの場合は $3.0\text{ml} \times 8 = 24\text{ml}$ となる。1 回あたりの注入総量の上限は 30ml としている。動脈相目的とした場合は、3D 撮影時は X-ray Delay を 0.3 秒ないし 0.6 秒で行っている。3D では画像処理時に造影像が積分された状態が立体再構成される訳であるから、撮影時のタイミングはやや造影されたところからの撮影開始が望ましい。また、静脈相を多く含む画像を収集すると動脈相画像の S/N 比が低下する。従ってボーラス注入に努め造影中の平均濃度を高めるためにはパワーインジェクションが最適である。静脈相を目的とした場合は、基本的には動脈相と同じであるが、造影剤注入後に血流をリアルタイムにモニタリングしながら撮影開始のタイミングを決めている。

画像処理

一般的に CT のスライスデータに比して 3D-Angio で得られるデータは面のデータである (パルスモードで撮影された角度と時間が異なる面のデータの連続である)。そのため、この面のデータをボリュームデータに変換して CT のようにスライスデータに変換をおこなう。さらにレンダリング画像として画像を積み上げる作業をおこなう。具体的にはワークステーションの画面上でマウスの操作により任意の FOV (関心領域) の設定を行い解像力は $(512^3, 256^3, 128^3)$ からの選択を行い数分間で最大値投影法画像 (maximum intensity projection : MIP) が得られる。さらに数分間で RT-VR (リアルタイムボリュームレンダリング) 画像が得られる。

VR (ボリューム - ムレンダリング) について

VR は SR (サーフェスレンダリング) とは異

なり、物体表面のみの情報だけでなく内部の情報も透明度を任意に設定しながら正確に表現する事ができる。SR は3次元グリッドデータをポリゴンデータに変換する前処理が必要であるのに対して、直接画像化できる。VR 画像では物体の前後関係がわかるように、各々の画素ごとにレイキャスティングの計算処理をおこなう。レイキャスティングとは、仮想的な視点を一方の端点として持つレイとよばれる半直線を3次元空間上に設定し、レイ上で視点から出た光が物体に当たり減衰して反射すると言う仮想的な物理現象をシミュレーションする計算処理を言う。この事は、連続的にスレッシュホールドを変化させたり、マルチプルスレッシュホールドの設定によりデンシティの異なる例えば血管像とコイルを同時に同一画面上に表示可能であり、デンシティに色を与えてカラー化による物体の識別分離も可能である。

シェーディング付き VR 画像グラデュエントを使いシェーディングを付加して物体の表面や陰影の情報を正確に3D 画像に反映させるようにした手法は、SR と同様に表面情報を表現しつつ VR のメリットをそのまま保持している。つまり、SR と VR の長所を併せ持つ手法と言える。

SR と VR の違いを簡単に喩えて言うと次の様になる「SR 画像は、いわば豆腐の様な不透明な立方体のブロックを積み上げて物体を表現するのに対して VR は、透明または半透明なゼリー状の立方体を積み上げた画像である。そもそもこのゼリーのブロックはデンシティの情報を保持しているので多様な表示が可能である。」この透明度に関してオパシティ（不透明度）と言う逆の表現法がしばしば用いられる。

3D 画像の適応

3D で得られた画像は地磁気による画像の歪、幾何学的な歪は総て補正がなされている。従って、バルーン等のサイズの決定にあたりモニター上での3D 計測が可能である。

☆ stenting 前のナビゲーション画像及び後の効果の判定

これまで適応の難しかった頸部頸動脈狭窄症も stent の登場により血管内治療が積極的に行われるようになった。stent のサイズや長さの決定も3D 画像から情報が有用である。

☆ embolization 前のナビゲーション画像 (Fig1、

Fig2) 及び後の効果の判定 (Fig3)

脳動脈瘤の embolization は GDC (Guglielmi detachable coil) の普及に伴い飛躍的に増加してきた。基本的な方法は、マイクロカテーテルを動脈瘤内に挿入してコイルでケージを作成後、瘤内を完全にバックしてしまう手法である。大きな動脈瘤や不整形の動脈瘤の場合はコイル一部の瘤のコンパートメントが残ってしまい、将来のコイルコンパクションの原因になる場合がある、これらを予防するためできるだけタイトパッキングに努める必要がある。このような場合に3D-Angio の DSA・DA の両方の画像が有効である。ボリュームレンダリングで再構成された3D-DSA 像から得られた画像では、コイル GDC (Guglielmi detachable coil) はサブトラクションされて瘤内の残像スペースを示す。一方、3D-DA 像からは瘤内のコイルの様子を容易に観察できる。従ってコイルの追加の要、不要の判別の指針となりうる。

脳血管領域の応用手技

通常の方法では embolization 困難な動脈瘤としては、頸部の広い動脈瘤、不整形をした大きな動脈瘤、3mm未満の小さな動脈瘤がある。頸部の広い動脈瘤に対して remodeling technique (親動脈にバルーンカテーテルを置き、コイルが親動脈に出てこないようにしながら瘤の塞栓を行う)を行う場合、精度の高い3D 画像が要求される。また、stent を最初に留置してそのストラットの間から塞栓をする高度な手法が存在する。このような場合もバーチャルエンドスコーピー画像が有効なナビゲーション画像を提供する。

結 論

回転 DSA・DA からの3次元画像処理は、従来の DSA、MRA の弱点であった血管病変の立体的把握、3D-CTA の弱点である implantsartifact や海綿静脈洞部の血管病変の描出を容易に立体把握する事ができ、さらに得られる断層像からは立体把握や implant により生ずる死角を捕うことができる。一方、血流の層流 (laminar flow) により生じる artifact、造影剤の血管内腔の不均一さから生ずる filling defect、3D 画像再構成不良などが今後の課題である。

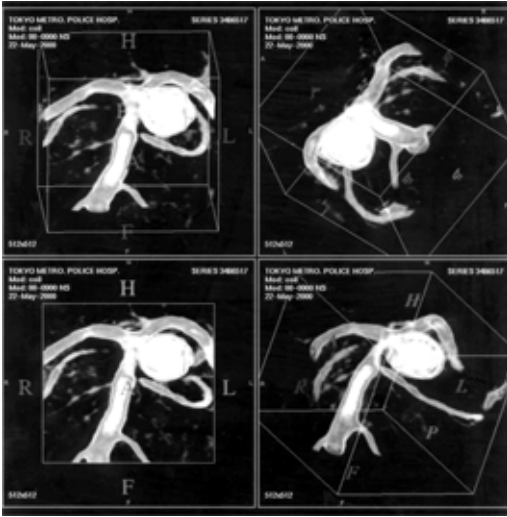


Fig.1



Fig.3

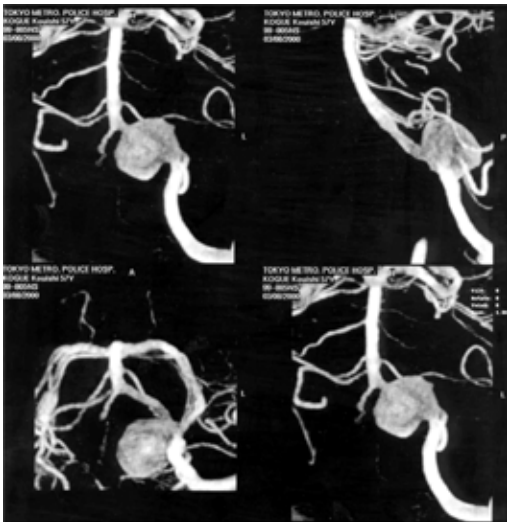


Fig.2

参考文献

- 1) GDCを用いた脳動脈瘤血管内手術 根本 繁 兵藤明夫 編集 医学書院
- 2) コンピュータグラフィックス理論と実践 JAMES D.Foley,Steven K.Feiner, John F. Hughes オーム社
- 3) 画像通信 Vol24 No1 日本放射線技術学会 画像分科会
- 4) 医学における三次元画像処理 周藤 安造著 コロナ社
- 5) Shade R4 3D グラフィック入門 森 恭三著 池田書店

- 6) THE ART OF STAR TREK by JUDITH AND GRAFIELD REEVES-STEVNS ジャパンミックス社
- 7) 医用画像辞典 飯沼一浩 著 日経メディカル開発
- 8) デジタルビデオの達人 尾崎行雄 SOFT BANK
- 9) 症例から学ぶ脳血管内手術 滝 和郎 メディカ出版
- 10) 脳神経外科領域における血管内手術法 菊池 晴彦 監修 へるす出版
- 11) electro medica Volome 68 SIEMENS
- 12) 図説 中枢神経系 水野 昇著 医学書院
- 13) 脳神経外科の最先端 高倉 公朋 監修 先端医療技術研究所
- 14) 脳神経外科の最先端 No.2 高倉 公朋 監修 先端医療技術研究所
- 15) 脳神経外科医のための血管内治療 菊池 晴彦 監修 先端医療技術研究所
- 16) INNERVISION 第14巻第4号 医療科学社
- 17) INNERVISION 臨時増刊号 症例で見る高速ラセンCTの実際 第14巻第13号 医療科学社
- 18) 脳のイメージング up Date 宮坂 和男 編集 金原出版
- 19) 臨床英語辞典 小林 充尚 編集 分光堂
- 20) 画像診断 Vol.17 No.1 秀潤社
- 21) 画像診断 Vol.20 No.5 秀潤社

- 22) 九州循環器撮影研究会誌 No.7.8.9.10.11号
- 23) 第57回日本脳神経外科学会総会 抄録集
札幌
- 24) 第30回日本神経放射線学会 抄録集 大阪
- 25) 第16回日本脳神経血管内治療学会 抄録集
仙台
- 26) 放射線防護マニュアル 草間 朋子 著
日本医事新報
- 27) 現代 2001MAY 全国の最先端病院 62 で
脳卒中はここまで治る 講談社
- 28) 極めるマルチスライス CT 山下康行 中外
医学社