

## 3D-Angio の原理とその進化

東芝メディカルシステムズ株式会社  
営業本部 営業推進部  
廣瀬 聖史

X線血管撮影装置は、X線曝射により得られた透過像を収集・再生させる装置である。その実態は2次元観察を中心とする。そのため、立体情報を得ることはできなかった。技術の発展において、現在ではX線血管撮影装置であっても3次元画像が得られるようになった。本稿では、X線血管撮影装置による3次元画像「3D-Angio」の原理と進化について述べる。

### 3D-Angio 以前の血管観察

血管の立体的な構造をX線像という透過像で捉える為に、複数方向からの造影像を用い、術者の頭の中で立体構築を行っていた。バイプレーン装置では2方向からの同時撮影が可能となり、安全かつ迅速な立体観察を可能とした。より直感的な立体観察を行う目的で、焦点を2つ持つステレオX線管によるステレオ撮影というものが広まった。表示される2画像を立体視することにより、リアルタイムに立体観察が可能になった。(図1) その次に、より広範囲な立体構造を把握するために、回転撮影が生まれた。回転DSAでは、血管の分離、動脈瘤の形状や腫瘍への栄養血管の同定などに、大きな力を発揮した。<sup>1)</sup>

このように、立体観察を行うため様々なアプリケーションが登場したが、撮影角度以外の情報は得られないと言う弱点が残る。そこで、X線撮影していない方向からも立体観察を可能とすべく、3D-Angioが登場した。<sup>2)</sup>

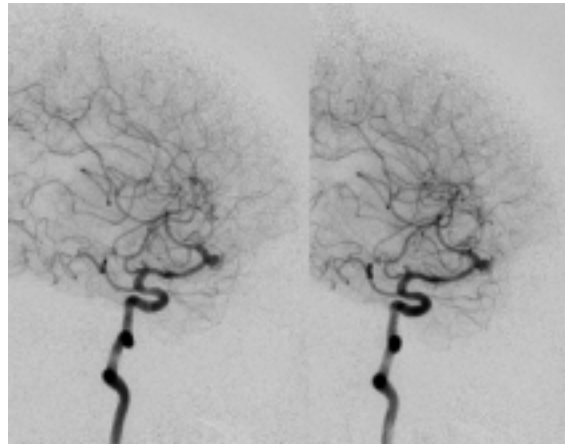


図1 ステレオ画像

### 3D-Angio の原理

3D-Angio では、撮影部位周りにCアームを回転させながらX線曝射を行い、画像を収集する。得られた画像を計算機にて処理し3次元画像化する。この作業を再構成と呼ぶ。このように得られた再構成画像を専用の3次元観察装置にて3次元表示させる。3D-Angio はコンピュータグラフィクスである。しかしそこには実血管に忠実な画像を提供することが求められる。高精細な3次元再構成を行うにあたり、次の5点が鍵になる。

1. 画像収集範囲
2. 再構成アルゴリズム
3. 投影データ(原画像)の画質
4. サンプリング数
5. 再構成ボクセル数

これらについて説明する。

1. 画像収集範囲

全空間をアーティファクト無く3次元再構成するには、観察対象の180度分の画像が必要である。Angio装置の場合、Cアームを180度回転させただけでは、観察対象の180度分の画像は得られない。実際は検出器の面積分のX線錐を考慮しなければならない。そのため180度+の角度が必要になる。このをファン角と呼ぶ。図2に概念図を示す。当社の場合は200度収集している。

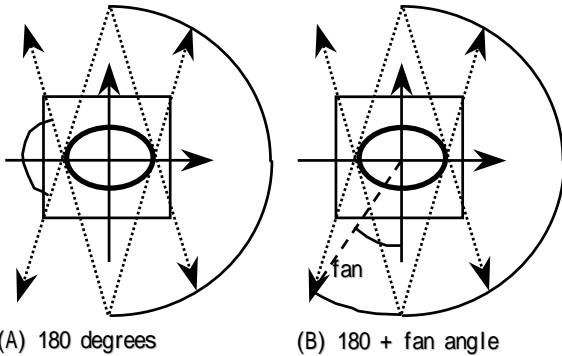


図2

2. 再構成アルゴリズム

X線Angio装置による画像収集は、コーンビーム状のX線曝射となる。(図3)X線管焦点と回転中心を結ぶ平面Aでは、図4のA点のようにデータ収集も完全な平面で得られるが、回転中心から外れたB点のような部分では図4のB点のような糸巻き状の画像収集となり、そのままバックプロジェクション法を用いても正確な再構成像は得られない。それらを3次元的な歪みを補完しバックプロジェクション再構成させるのが、Feldkamp法である。

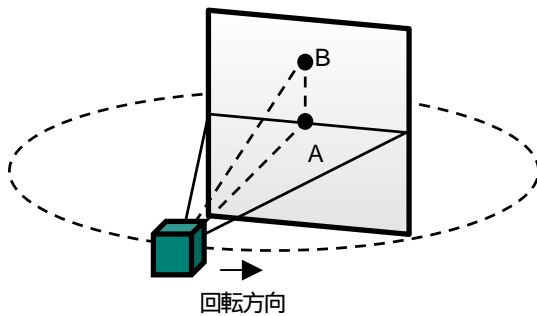


図3

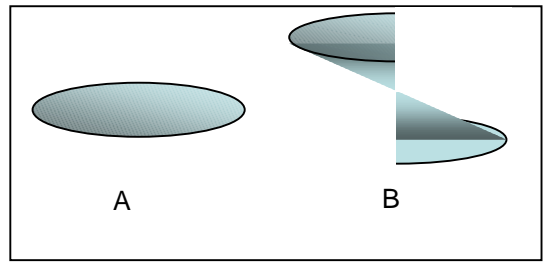


図4

3. 投影データ(原画像)の画質

原画像の残像特性、ひずみ特性、ダイナミックレンジ特性などが、再構成画像の鮮鋭度やアーティファクトを左右する。特にI.I.装置の場合は、撮影像に磁気歪みなどが入り、それらを再構成前に補正しておかなければならない。

4. サンプリング数

一度の撮影で、多くの画像を収集できればできるほど、正確な再構成画像を描出できる。図5のような、楕型ファントムにてサンプリング数の違いとアーティファクトの発生の違いを評価した。図6のように、1度に1画像収集する場合と4度に1画像収集する場合は、0.5mmピッチの楕にて全く異質の画像となる。



図5 楕型ファントム(アクリル製 5mm厚)

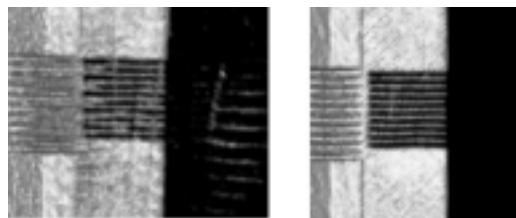


図6 楕0.5mmピッチ再構成画像比較  
(左 4°/frame、右 1°/frame)

### 5 .再構成ボクセル数

通常のDAやDSAでも1024マトリックスと512マトリックスでは、解像度に大きな差が現れる。ある撮影領域を256×256×256ボクセルと512×512×512ボクセルで再構成したものを図7で比較する。256ボクセルに比べ、512ボクセルでは空間解像度は向上する。しかし、8倍のデータ量を持つため、512ボクセルの高精細画像をリアルタイムに処理できるような高性能なワークステーションが必要になる。

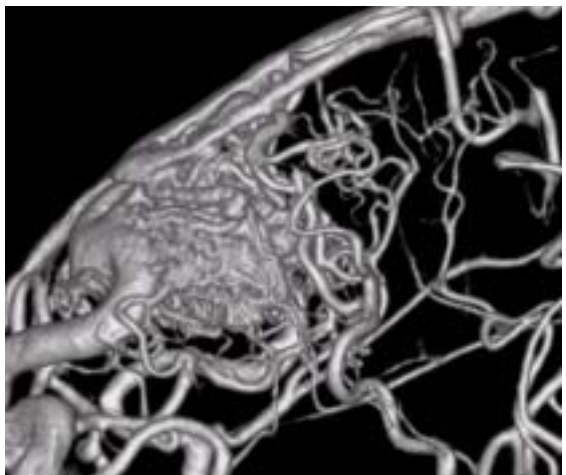
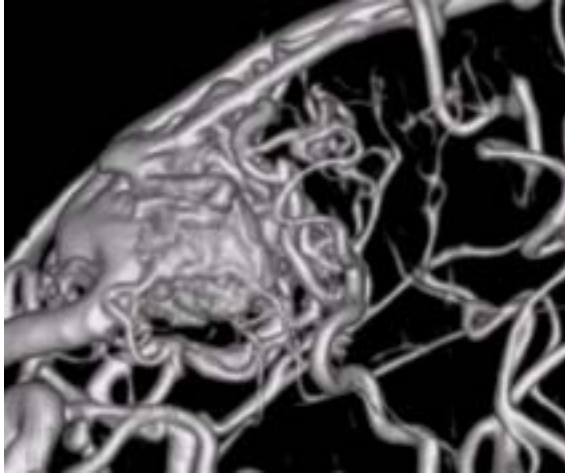


図7 再構成ボクセルの比較(AVM)上:256ボクセル、下:512ボクセル

#### 3D-Angioの応用例

3D-Angioでは、回転DSAおよび回転DAから3次元再構成可能である。それぞれ特徴があり、臨床目的に応じて使い分けている。

回転DSAから再構成すると、画像としては血管画像のみ

となる。そのため、ポリウムレンダリング(以下VRと略す)表示で血管のみを残すためにCTのように骨や組織を消去する必要がない。そのため、骨に近い病変の描出や微小な病変の描出には優れている。(図8,9)

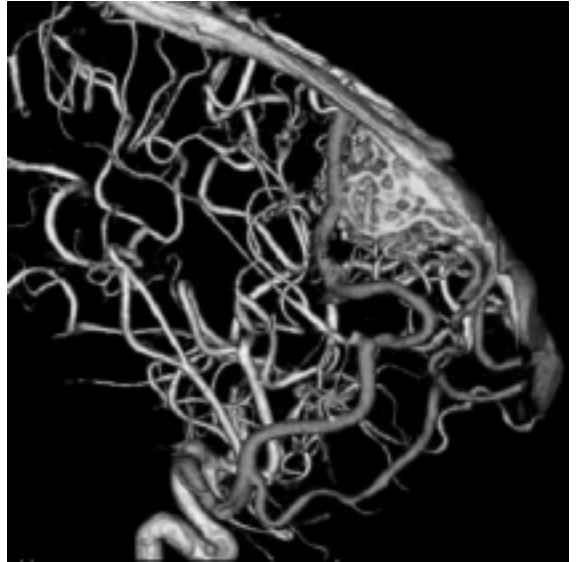


図8 DSA再構成によるAVM

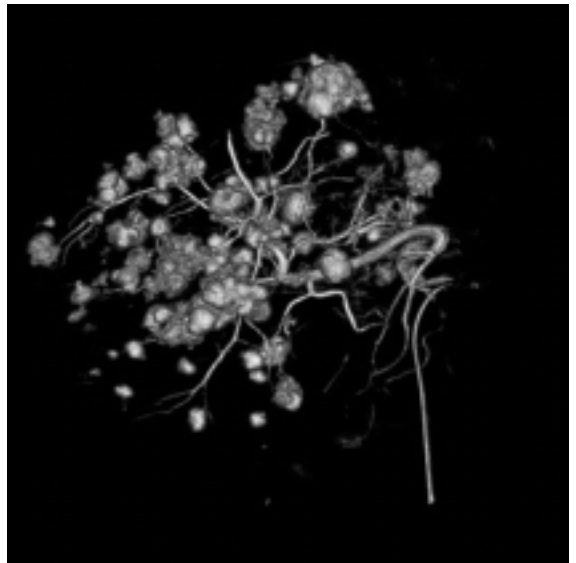


図9 DSA再構成によるHCC

回転DSAからの3次元再構成(3D-DSA)では、高精細な血管像は得られるが、それ以外の情報を得ることが出来ない。骨との位置関係や画像濃度の薄い病変に対しては、回

転 DA からの再構成 (3D-DA) が力を発揮する。VR 表示だけではなく断層像を用いることが新たな価値を創造している。図 10 では、下垂体線腫の拡がりを確認する事ができる。また、3D-DA ではマスク像の撮影が不要であるため、3D-DSA に比べ短時間で撮影を終了することができる。息止めが困難な患者様にとって優しい撮影となる。

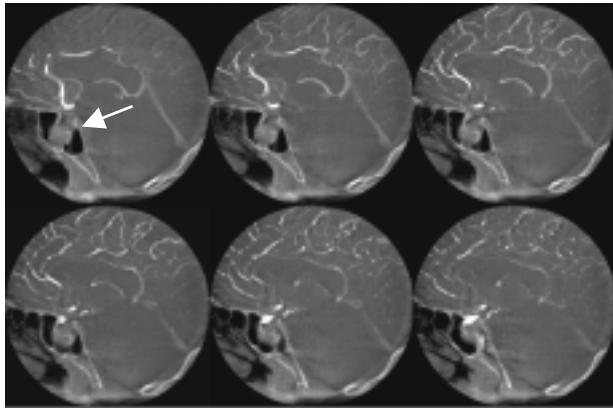


図 10 下垂体線腫 サジタル像

3D-DA には、1つの大きな問題がある。血管像のみを残す場合を考える。画像中の血管の閾値と骨の閾値、或いはその他組織の閾値がオーバーラップしている。そのため、閾値操作のみで骨像を削除すると必然的に血管像の閾値もカットしてしまい、本来あるべき血管の姿を観察できなくなる。この問題を解決する為、Fusion という再構成がある。

Fusion 再構成は、回転 DSA 撮影を基本とする。DSA 画像から高精細な血管画像を再構成し、DSA 撮影像のマスク像から、骨やクリップなどのデバイスを再構成する。それら別々のボリュームを画像観察装置上で加算する。これにより、閾値操作による血管 / 骨 / デバイスの分離が不要になる上、それぞれが非常に高画質で表示できる。図 11 では骨に囲まれた領域で動脈瘤が進展している様子が手にとるようにわかる。図 12 は頸動脈ステント留置術であるが、SMART ステントの拡張具合を明瞭に確認できると共に、金属アーティファクトに負けない血管画像を描出している。

3D-DA と Fusion ではどれだけの差があるか。図 13 では 3D-DA と Fusion 再構成での Axial 像を比較している。骨の描出能に大きな違いがあることが分かる。Fusion 再構成では、血管像と骨像ともに高精細な画像表示が可能である。

このように、3D-Angio は様々な再構成法により、様々な目的に活用されている。

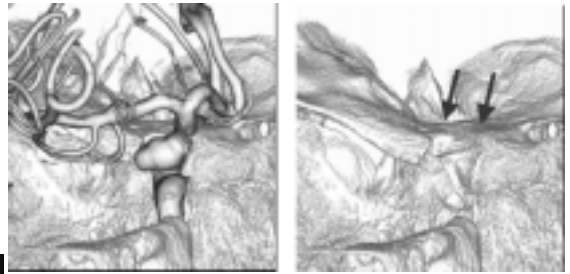


図 11 Bone Fusion 画像



図 12 Device Fusion 画像 頸動脈ステント留置術

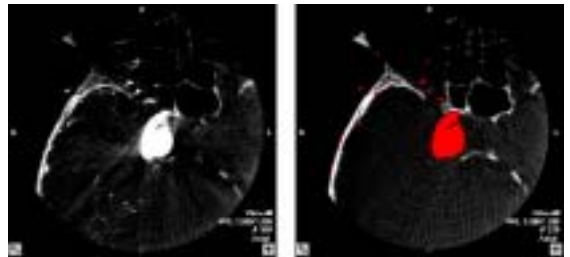


図 13 DA vs Fusion

Axial 画像で比較。左 DA 再構成、右 Fusion 再構成

1) 斉藤 孝行, 他 : 回転 DSA による肝区分別攻略法について .メディカルレビュー 82.vol25.(3):2-10.2001

2) 大石 悟, 他 : 3D-Angio システムの開発. メディカルレビュー 79.vol24.(4):2-8.2000