序　融合 3 次元画像の作り方

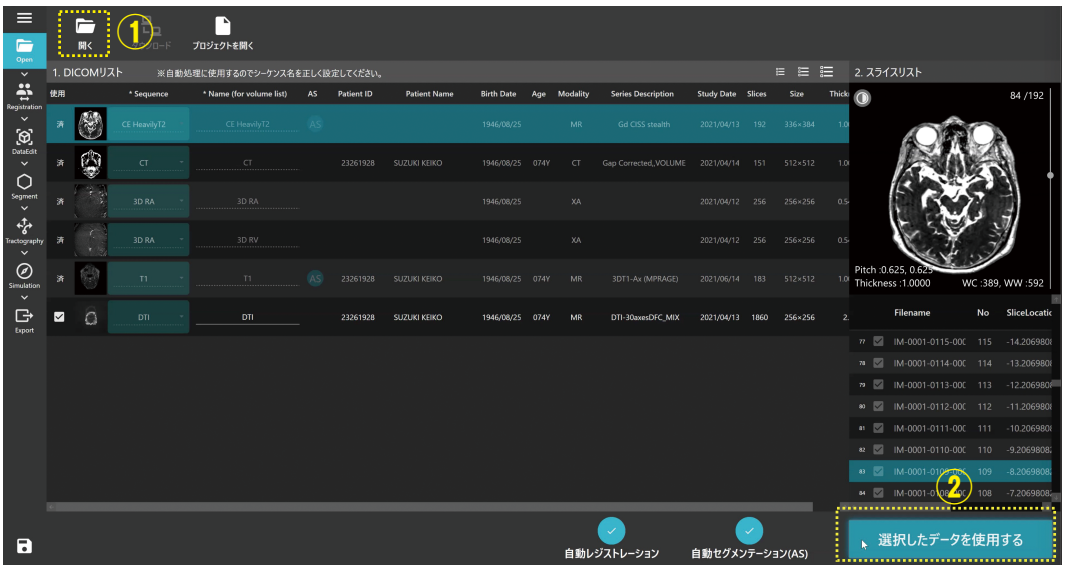
融合 3 次元画像の実際の作り方について解説する．ここでは市販の脳神経外科手術検討ソフトウェア「GRID」（Kompath 社）を使用する．GRID は多くの画像処理が自動化されており，効率的に融合 3 次元画像を作成できる．さらに，トラクトグラフィー解析，変形などの仮想手術操作，仮想手術器具の使用も可能である．本文中の多くの症例で本ソフトウェアを用いている（ただし本書に掲載してある図では別ソフトにてレンダリング処理を施している）．融合 3 次元画像作成に必要なツールや画像処理技術の詳細に関しては，本文中に記載してある「融合 3 次元画像作成に必要なもの」や Topics を参照されたい．

●左中大脳動脈瘤の融合 3 次元画像作成の流れ

左中大脳動脈瘤を例に融合 3 次元画像の作り方について解説する．

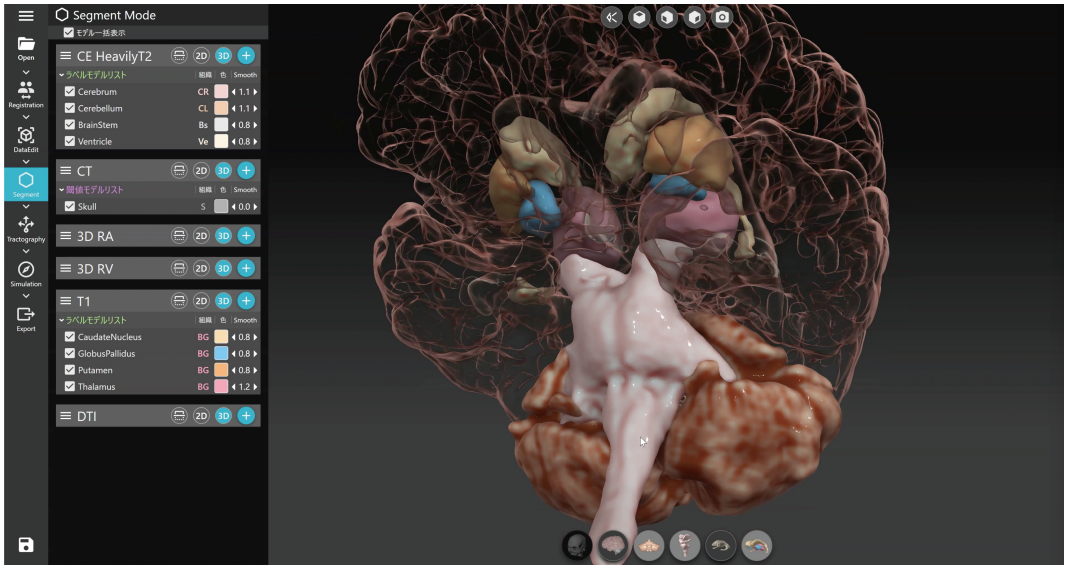
1．医用画像データの読み込み

融合 3 次元画像を作成するための素材となる医用画像データを DICOM フォーマットで準備する．左中大脳動脈瘤の開頭クリッピング術の手術検討に必要な 3 次元モデルは頭蓋骨（CT），大脳（造影増強 FIESTA），動脈（3 次元脳血管撮影），静脈（3 次元脳血管撮影）なので，それぞれの DICOM データを読み込む（図 1①）．データ読み込み後に，「選択したデータを使用する」図 1②をクリックすると自動組織抽出と自動位置合わせが開始され，大脳・小脳・脳幹・脳室が抽出される（図 2）．



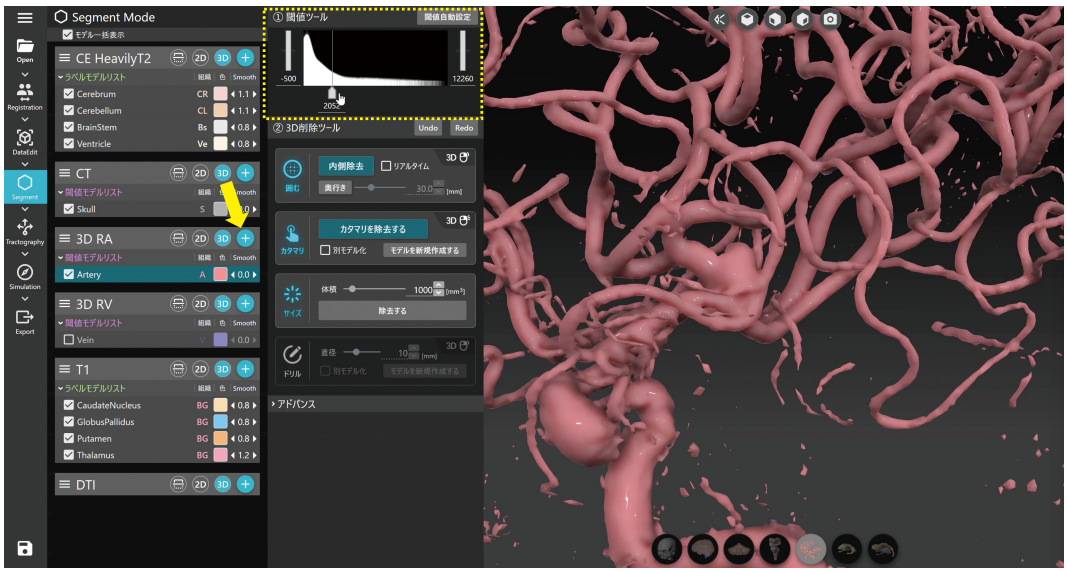
【図 1】　GRID 起動直後の画面

「開く」をクリックして DICOM データを読み込み，「選択したデータを使用する」をクリックすると自動処理が始まる．



【図 2】 自動位置合わせと自動抽出直後

造影増強 FIESTA から大脳，小脳，脳幹，脳室が自動作成される．脳動脈瘤の手術検討にはあまり関係ないが T1 強調画像データを入力すれば，尾状核，被殻，淡蒼球，視床が自動作成される．
FIESTA：fast imaging employing steady-state acquisition



【図 3】 閾値ツールを用いた動脈モデルの作成

2. 血管モデルの作成

1）動脈モデルの作成

GRID では血管・神経・腫瘍・トラクトグラフィーなどは必要に応じてユーザ自身による作成作業が必要となる．本症例ではまず動脈を作成する．モデルリストにある 3 次元脳血管撮影データ（3DRA）の「＋」（図 3 の黄矢印）をクリックし，「閾値ツール」のスライダーバーを調整して動脈瘤と周囲の血管を作成する（図 3 の黄点線）．「3D 削除ツール」にさま

JCOPY 498-32884

Chapter 3

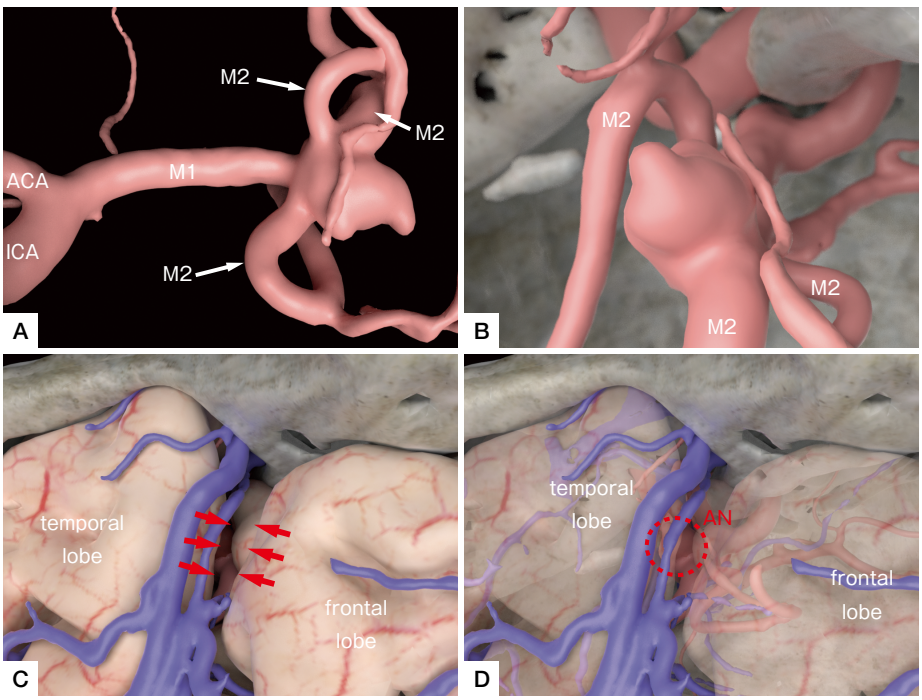
中大脳動脈瘤

本章では中大脳動脈瘤の手術検討に関して，複数の症例を紹介する．

● 中大脳動脈瘤の手術検討の実際

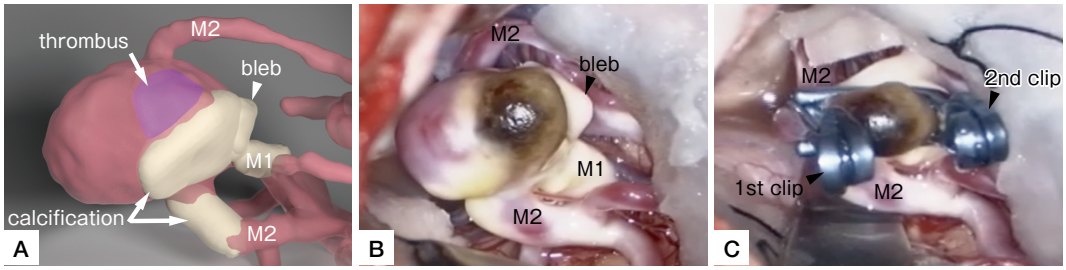
症例 1：68 歳女性，左中大脳動脈の未破裂動脈瘤

3 次元脳血管撮影では 3 本の M2 分岐部からドーム 6 mm，ネック 5 mm の不整径な動脈瘤を認めた（図 1A）．M1 は比較的長く，レンズ核線条体動脈は動脈瘤から十分離れていた．血栓化や石灰化は認めなかった．仮想術野のビューでは，動脈瘤の頚部に 1 本の穿通枝が癒着していることが予想された（図 1B）．融合 3 次元画像では，Sylvius 静脈の走行や動脈瘤と脳実質との位置関係を詳細に検討できる．本症例では 2 本の Sylvius 静脈は側頭葉側へ注いでおり，Sylvius 裂間の剝離を最小限に，かつ working space を最大限に確保するために，図 1C の矢印の部分を剝離することとした（図 1D）．またこの部位はくも膜下腔のスペースも広いことがわかった．図 1D では，脳動脈瘤が側頭葉に埋没していたので，前頭葉側からの観察が必要であると予想された．



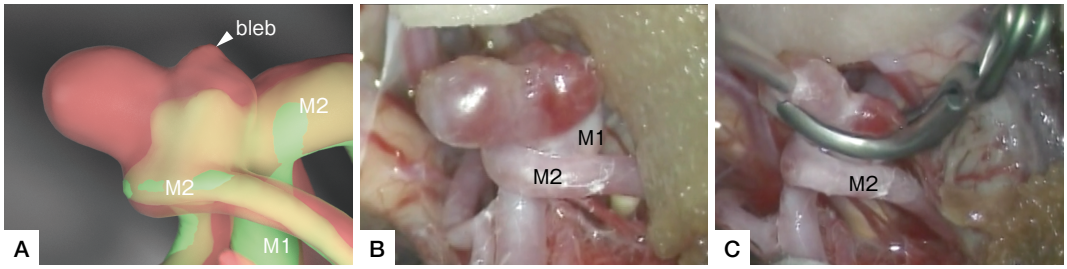
【図 1】

A）3 次元脳血管撮影，B～D）融合 3 次元画像による仮想術野．ACA：anterior cerebral artery，AN：aneurysm，ICA：internal carotid artery．



【図 2】

A）融合 3 次元画像，B，C）術中所見．



【図 3】

A）融合 3 次元画像，B，C）術中所見．

● 中大脳動脈瘤の壁の性状

中大脳動脈瘤は，その分岐部や動脈瘤の形状の複雑さから，クリッピング時における closure line の判断が困難であることが少なくない．これに加えて動脈瘤の壁在血栓，石灰化なども考慮しなくてはならない．瘤の発育方向も貴重な情報となる．融合 3 次元画像では，これらの所見が立体的に統合可視化されるので，詳細なクリッピング計画が可能となる．

症例 2：68 歳女性，右中大脳動脈の未破裂動脈瘤

- M1–M2 分岐部に broad neck な動脈瘤を認める．
- 瘤内の一部は造影 T1 強調画像にて造影されず，血栓化している（図 2A）．
- ブレブや M1，M2 には，壁の固い部分（石灰化）が存在する（図 2A）．
- 以上より，まず瘤内の血流豊富な部分を中心にクリップすることにした（図 2C の 1st clip）．ブレブは固いことがわかっていたので，ブレブへの血流遮断は優先しなかった．また親動脈（M1）の血管が固いことや動脈瘤頚部の形状が複雑なことに十分注意しつつ 2 つめのクリップをアプライした（図 2C の 2nd clip）．

症例 3：72 歳女性，右中大脳動脈の未破裂動脈瘤

- 5 年の経過で増大を認めた．
- 増大前（図 3A の緑色）と増大後（図 3A の赤色）の CT angiography を融合させると，片方のこぶにはブレブが出現し，もう一方のこぶは全体的に大きくなっていることがわかった．
- クリップはこれらの増大部分である 2 こぶをつぶすようにクリップする必要があると計画した（図 3C）．

JCOPY 498-32884

Chapter 9

髄膜腫（小脳テント）

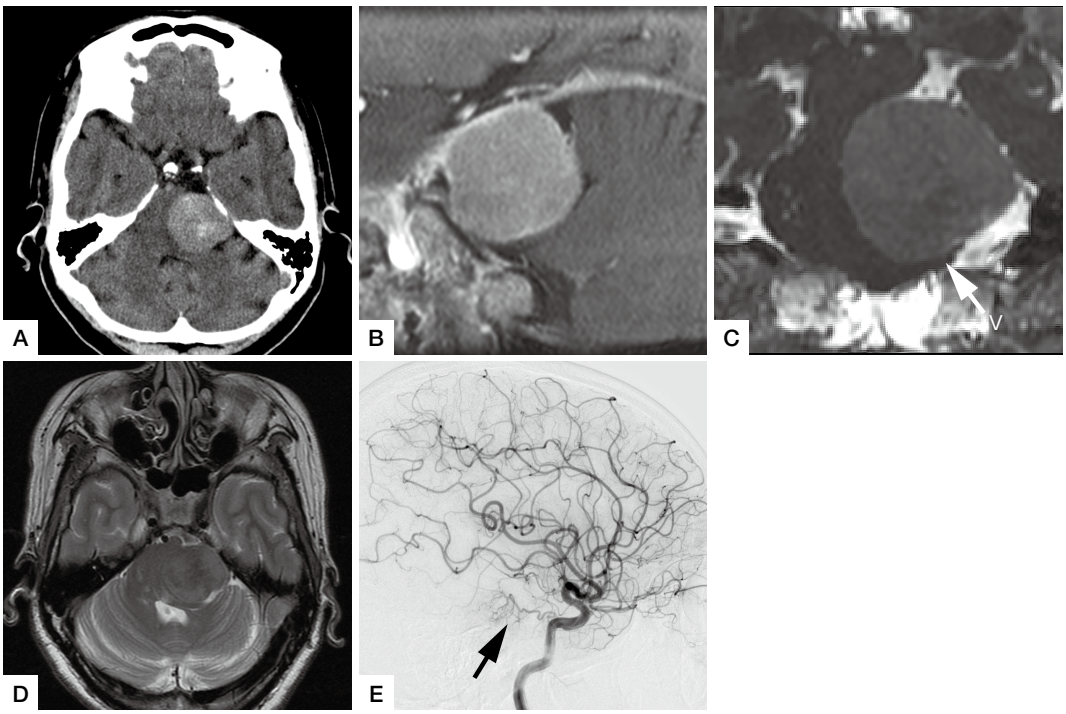
症例

52 歳女性．軽度右片麻痺にて発症．

画像所見

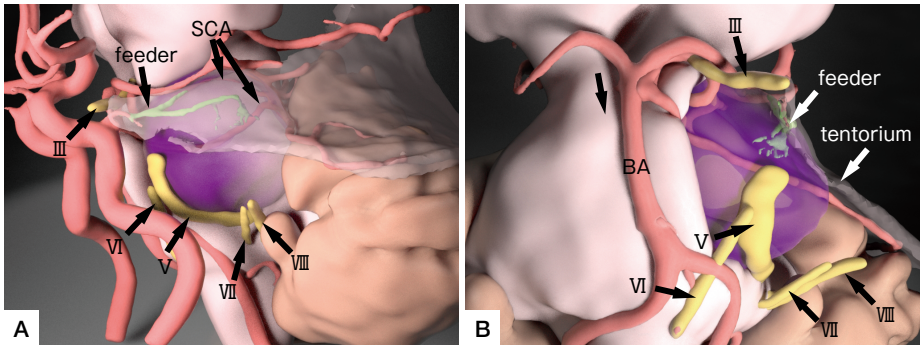
CT：左小脳橋角部に径 3 cm 大の占拠性病変．内部に一部石灰化を認め，均一に造影増強効果を認める（図 1A）．

MRI：造影 MRI では腫瘍は均一に造影される（図 1B）．CT や MRI の axial view では一見 petroclival meningioma のようにも見えるが，矢状断では付着部は小脳テントと考えられる．FIESTA（fast imaging employing steady-state acquisition）では，テント方向から腫瘍によって三叉神経の根部が下方に圧排されている（図 1C）．腫瘍は顔面神経および聴神経とは接していない．T2 強調画像で腫瘍は等信号を示す．腫瘍は中脳を圧排し，脳幹に軽度の浮腫を認める（図 1D）．



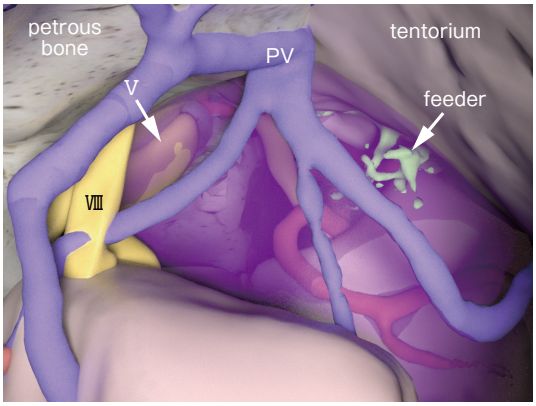
【図 1】 術前画像

A）CT，B）造影増強 TOF-MRA の矢状断，C）造影増強 FIESTA の冠状断，D）T2 強調画像，E）左内頚動脈撮影側面像．矢印は腫瘍濃染．
V：trigeminal nerve，FIESTA：fast imaging employing steady-state acquisition.



【図 2】 融合 3 次元画像（全体像）

A）側面から観察．腫瘍と小脳テントは半透明にしてある，B）正面から観察．
腫瘍と小脳は半透明にしてある．Ⅲ：oculomotor nerve，Ⅴ：trigeminal nerve，Ⅵ：abducens nerve，Ⅶ：facial nerve，Ⅷ：acoustic nerve，BA：basilar artery，SCA：superior cerebellar artery．



【図 3】 融合 3 次元画像（仮想術野）

Ⅴ：trigeminal nerve，Ⅷ：acoustic nerve，
PV：petrosal vein．

脳血管撮影：左内頚動脈の meningohypophyseal trunk の枝の tentorial artery からの栄養動脈を認める（図 1E）．ちなみに petroclival meningioma では dorsal meningeal artery が栄養動脈になる．外頚動脈や椎骨脳底動脈からの栄養動脈は認めない．

●手術戦略のポイント

メインの栄養動脈を最優先に処理する．主たる栄養動脈を早期に処理することにより，出血が早期からコントロールできる．術野への血液のたれ込みを防止することで脳神経の同定と温存を容易にする．

●術前検討

- 上記画像所見より，テント髄膜腫（T1 type）と診断された．
- 腫瘍付着部はテント切痕である．主たる接着面は小脳テントである．
- 栄養動脈は meningohypophyseal trunk のみからである．Tentorial artery が小脳テントを走行した後，内頚動脈から離れたところで腫瘍に入っている（図 2A，B）．
- 三叉神経は腫瘍によって尾側に圧排されている（図 2A，B）．
- 三叉神経と栄養動脈とは離れている（図 2A，図 3）．したがって栄養動脈の処理まで一挙

JCOPY 498-32884