



dTV.II

dTV.II SR

diffusion TENSOR Visualizer II, the Second Release

ユーザーズマニュアル
Rev.0.90 (2005.08.22)

目次：

1 . dTVソフトウェアおよび本マニュアルについて	3
2 . 起動および解析の準備	6
3 . 解析オブジェクトおよびROI オブジェクト	10
4 . G U I 概要	11
5 . 解析パフォーマ使用法	15
6 . ROI エディタ使用法	21
7 . その他の機能	23
付録	25

1. dTVソフトウェアおよび本マニュアルについて

1.1 dTVソフトウェアについて

dTV (diffusion TENSOR Visualizer) は, MR 拡散テンソル画像の解析および表示のための処理を行うソフトウェアであり, マルチチャンネルのボリウムデータを表示する汎用表示ソフトウェア, VOLUME-ONE の機能を拡張する「プラグイン」です. dTV と VOLUME-ONE が協調して動作することにより, ROI の設定による特定の神経線維の追跡, 拡散テンソル楕円体の表示や, 拡散に関する計測などを行うことができます (図 1.1). 現在の最新バージョンは, dTV.II SR (the Second Release) で, VOLUME-ONE 1.72 以降のバージョンに対応しています.

VOLUME-ONE, dTV.II SR とともに**非営利かつ非商用の研究を目的とした場合に限り**, フリーウェアとして利用ができます. VOLUME-ONE や dTV.II SR の著作権, 使用条件などに関しては, 以下のウェブサイトをご覧ください.

VOLUME-ONE: <http://www.volume-one.org/>

dTV: <http://www.ut-radiology.umin.jp/people/masutani/dTV.htm>

推奨される実行環境 (PC) は使用するデータのサイズによって異なりますが, 以下を参考にしてください.

CPU:	Pentium III 1 GHz 以上
RAM:	512M byte 以上
ビデオカード:	3D アクセラレータ機能付きビデオカード
OS:	Windows 98SE 以降 (NT 系を推奨)

これらを満たしていても, モバイル環境など, 一部のグラフィックハードウェアでは相性の悪いものがあり, デスクトップ PC で使用することをおすすめします.

多くのフリーウェアと同様, dTV はいかなる動作や結果について保証されていません. すなわち, 開発者は, ユーザに対し, いかなる性質の保証責任, その他の義務, 責任も負いません.

また, dTV に使用による一切の損害について, それらの損害の発生, または第三者からの請求の可能性について通告を受けていた場合であっても, 開発者・配布者は, いかなる賠償責任も負いません.

また, **インストール法や使用法など, dTV に関する質問は一切お受けできません**. 掲示板を開設してあるのでそちらをご利用ください. また, 掲示板においても, 学術的なコミュニケーションの慣習に従ってください.

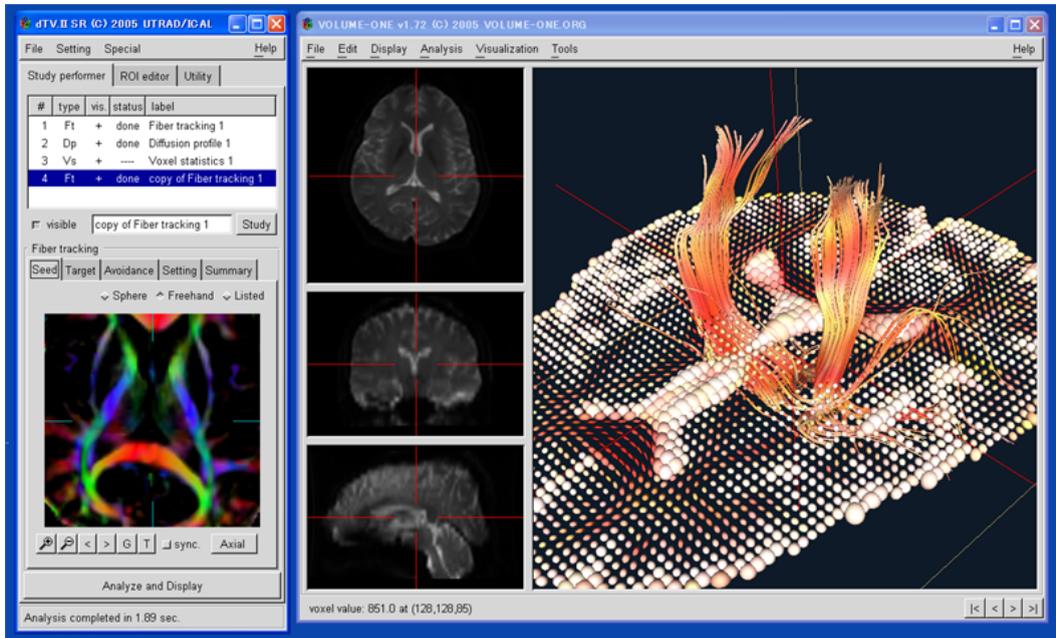


図 1.1 VOLUME-ONE 1.72 と dTV.II SR による拡散テンソル解析

また、VOLUME-ONEの機能や他のプラグインと併用することで、より効果的な解析や表示が可能となります（図 1.2）。

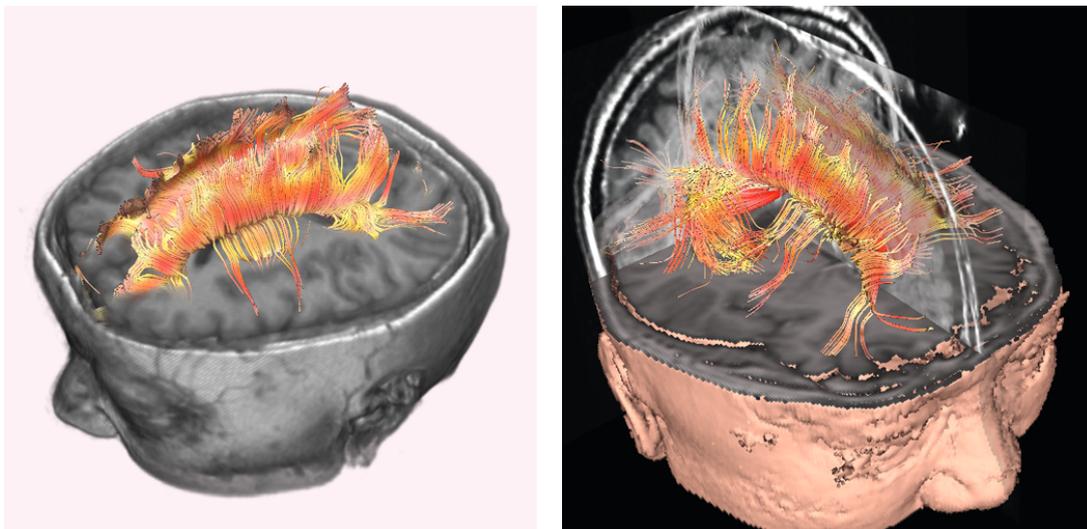


図 1.2 VOLUME-ONEの機能による表示効果

左：VOLUME-ONEの Volume Texture によるボリュームレンダリング像と線維追跡の同時表示
 右：VOLUME-ONEの標準プラグイン（LEGO-RENDER）による表示オブジェクトの追加

1.2 本マニュアルについて

本マニュアルは、拡散テンソル MR 画像について十分な予備知識のある方を対象としています。よって、拡散テンソル画像とは何か、MPG とは何かなど、拡散テンソル MR 画像の解析において必要な事項、用語、臨床研究における標準的な使用法などに関しては特に解説しません。

拡散テンソル MR 画像やその解析技法については、「これでわかる拡散 MRI (秀潤社)」など、付録に挙げた参考文献をご覧ください。

また、VOLUME-ONE ソフトウェアの操作についても、最小限の記述にとどめます。詳しくは、VOLUME-ONE のマニュアルを参照してください。

2. 起動および解析の準備

dTV.II SR による MR 拡散テンソル画像の解析を行うには、下記に説明する手順でソフトウェアを起動する必要があります。データの読み込み形式により 2 通りの方法があります。

- () dTV から DICOM などの画像データファイルを読み込む
- () VOLUME-ONE に画像データファイルを読み込み使用する

拡散テンソル画像に含まれる拡散強調像のすべての画像を VOLUME-ONE で観察したい、といった特殊な場合を除き、() の方法を強くお勧めします。() の方法で VOLUME-ONE に読み込んだデータも、いったん保存して VOLUME-ONE 形式のファイルとして dTV で読み込む方がメモリ使用量を節約できます。() の方法でデータを読み込んだ場合はファイルの形式によらず、 $b=0$ の画像のうち、最初のチャンネルのみが VOLUME-ONE に転送されます。この点は以前のバージョンと異なります。下記にそれぞれの場合について解説します。

2.1 dTV から画像データファイルを読み込む

(1) VOLUME-ONE の起動

VOLUME-ONE が起動していないと、dTV は起動しません。また、バージョンが 1.72 以降であることを確認してください。

(2) dTV.II SR の起動

VOLUME-ONE の“ Tools->Launch Plug-in...”メニューから、dTV.IISR.exe を指定してください。予め dTV.IISR.exe を VOLUME-ONE の plug-ins のフォルダに移動しておくとう便利です。このとき、チャンネル数が拡散テンソル画像データセットを構成する上で不足していることを警告するダイアログ(図 2.1)が表示されますが無視して OK ボタンを押し、次のステップに進みます。



図 2.1 データ不足の警告ダイアログ

(3) dTV.II SR における画像データの読み込み

dTV.II SR の File メニューの Open コマンドを使用します。サポートされる画像データは、下記 ~ の 3 種類です。これ以外の形式も、dTV を起動する前に VOLUME-ONE に import し、補間処理、上下(あるいは左右)反転(flip)などの前処理の後、チャンネル分割された VOLUME-ONE ファイルとして保存することで、dTV から読み込み、使用することができます。

DICOM 画像

File メニューの Open DICOM directory コマンドでディレクトリを指定すると、自動的に補間処理を開始し、最初の 1 チャンネル分のデータが VOLUME-ONE へ転送されます。この処理は 1 分程度かかる場合があります。DICOM データについては、少なくとも以下の条件を満たす必要があります。

あるフォルダに必要なすべての DICOM データのみが収められている
各 DICOM データファイルのイメージナンバが 1 から始まる連番である
順序が MPG 毎になっている (スライス毎ではない)
FOV あるいは Pixel Spacing の情報がヘッダに含まれている

この他にも DICOM データとして本来は満たしておくべき条件がありますが、データによっては満たしていない場合があります。これらを含めて何らかの理由により DICOM が正しく読めない場合は、他のソフト (grosaDICOM, MRIcro など) で RAW 形式に変換し、必要に応じて補間、チャンネル分割などの処理を VOLUME-ONE で行ってください。

DTI ファイル (dTV) 形式

DTI ファイルは、dTV 独自のファイル保存形式で、画像データの他にボクセル実寸や MPG データなどを含んでおり、この形式で保存しておくことで、読み込み時の MPG 設定が必要ありません。

VOLUME-ONE ファイル

解像度が等方的になっている (補間されている) ことが必要です。また、VOLUME-ONE における上下反転などの前処理を行うことで、MPG の座方軸が相対的に変化している場合があります。その場合、MPG ファイルでの記述にて修正してください。

(4) チャンネル数確認ダイアログの表示

データが正常に読み込まれると、チャンネル数、MPG 数などの確認ダイアログ (図 2.2) が表示されるので、確認してください。

また、デフォルトの MPG ベクトルデータ (6 ~ 129 方向に対応) がコンソールウィンドウ (図 2.3) に表示されるので、内容を確認して正しくない場合は次のステップ (5) を行ってください。

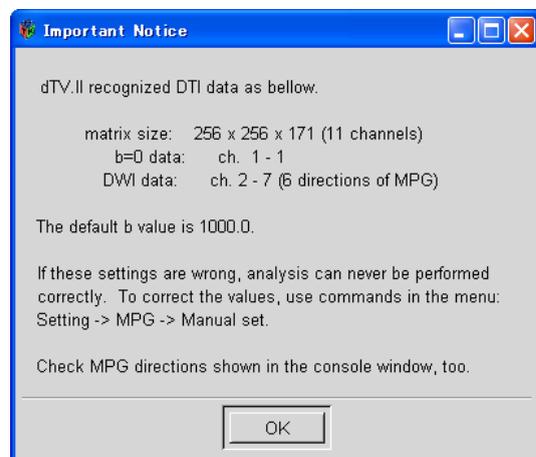
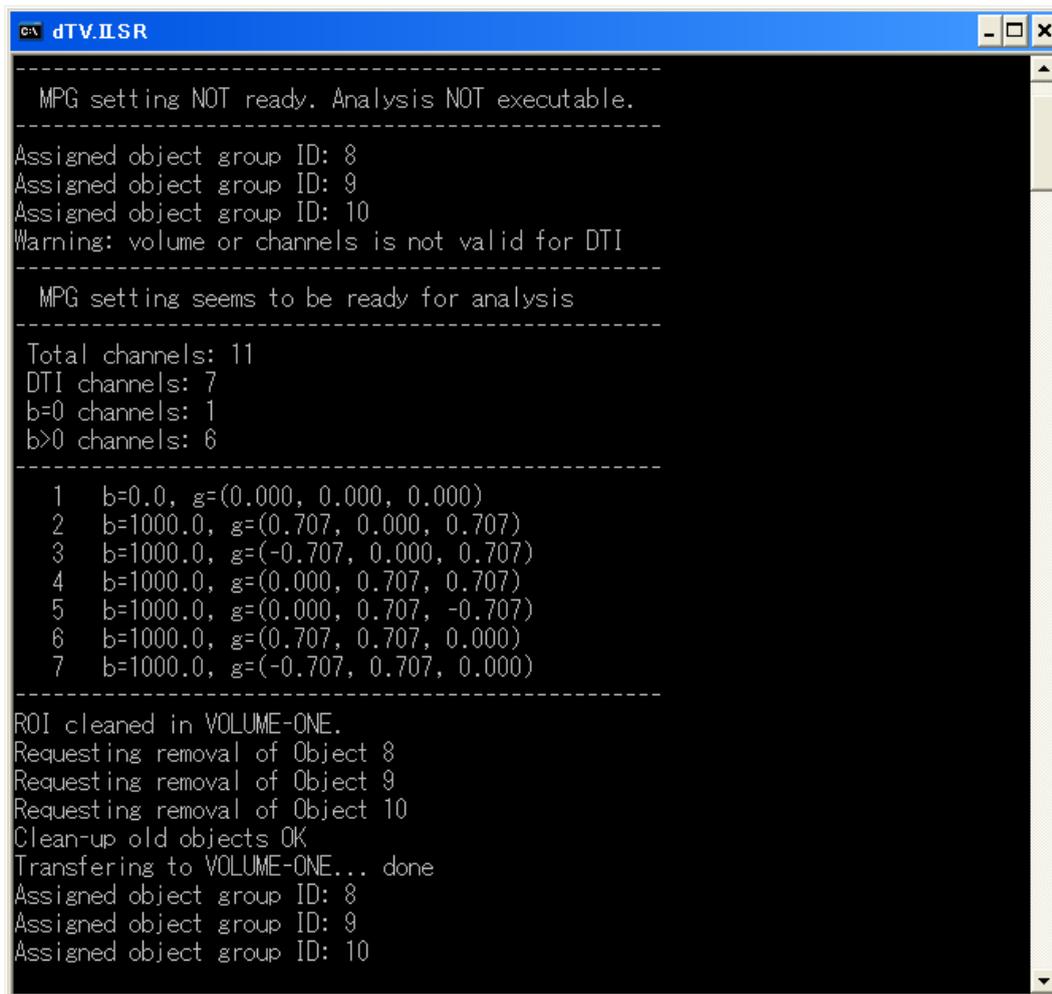


図 2.2 MPG 設定の確認ダイアログ



```
-----
MPG setting NOT ready. Analysis NOT executable.
-----
Assigned object group ID: 8
Assigned object group ID: 9
Assigned object group ID: 10
Warning: volume or channels is not valid for DTI
-----
MPG setting seems to be ready for analysis
-----
Total channels: 11
DTI channels: 7
b=0 channels: 1
b>0 channels: 6
-----
 1  b=0.0, g=(0.000, 0.000, 0.000)
 2  b=1000.0, g=(0.707, 0.000, 0.707)
 3  b=1000.0, g=(-0.707, 0.000, 0.707)
 4  b=1000.0, g=(0.000, 0.707, 0.707)
 5  b=1000.0, g=(0.000, 0.707, -0.707)
 6  b=1000.0, g=(0.707, 0.707, 0.000)
 7  b=1000.0, g=(-0.707, 0.707, 0.000)
-----
ROI cleaned in VOLUME-ONE.
Requesting removal of Object 8
Requesting removal of Object 9
Requesting removal of Object 10
Clean-up old objects OK
Transferring to VOLUME-ONE... done
Assigned object group ID: 8
Assigned object group ID: 9
Assigned object group ID: 10
```

図 2.3 コンソールウィンドウに表示された MPG データ

(5) チャンネル数の再設定および MPG ファイルの読み込み (**必要時のみ**)

(4) で表示された内容が、実際のデータの設定と異なる場合は、ここで修正してください。修正の方法としては、メニューより数を直接入力するか、ファイルを作成して読み込む方法があります。メニューでは、拡散テンソル画像を構成する総チャンネル数 $b=0$ 画像のチャンネル数、共通の b 値が入力できます。これらを入力した後、コンソールウィンドウ (図 2.3) に表示される設定を確認し、もし異なる設定ならばファイルを作成します。

ファイルによる設定では、複数の b 値の使用や、MPG の回転の記述など、より自由度の高い設定が可能です。付録にサンプルファイルの内容を示します。このファイルは、ウェブサイトからもダウンロードできます。

2.2 VOLUME-ONE に画像データファイルを読み込み使用する

(1) VOLUME-ONE の起動

VOLUME-ONE が起動していないと、dTV は起動しません。また、バージョンが 1.72 以降であることを確認してください。

(2) VOLUME-ONE における画像データの読み込み

VOLUME-ONE 形式、RAW フォーマットなどの画像を読み込み、補間、上下（あるいは左右）反転、チャンネル分割処理などを行い、準備します。

(3) dTV.II SR の起動

VOLUME-ONE の Tools メニューの Launch Plug-in... から dTV.IISR.exe を指定し、起動します。データが全て dTV.II SR に転送されるので時間がかかることがあります。また、メモリの確保に失敗すると強制終了することがあります。

これ以降は (4) 以降と同様です。ただし、チャンネル数が拡散テンソル画像データセットを構成する上で不足する場合（チャンネル数が 6 以下）、データ不足のダイアログが表示されます（図 2.1）。

3. 解析オブジェクトおよびROI オブジェクト

3.1 解析オブジェクト

dTV.II SR では、3つのタイプの解析（線維追跡：fiber tracking / 拡散プロファイル表示：diffusion profile / ボクセル統計解析：Voxel Statistics）が実行可能です。これらの解析の実行においては、解析の設定および表示データを、**解析オブジェクト**（*study object*）として保持することにより、必要に応じて設定を変更して解析をやり直したり、必要な解析オブジェクトの結果のみを表示したり、といった自由度の高い操作が可能です。

起動時には、デフォルト設定でこれらのオブジェクトが一つずつ作成され、リストに表示されていません（図 3.1）。必要に応じて解析オブジェクトの追加や、複製、消去が可能です。

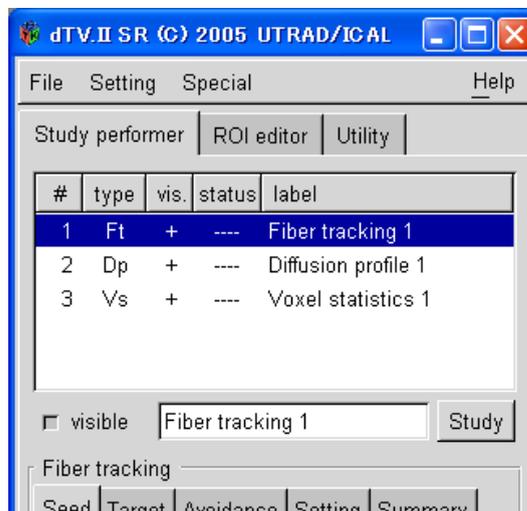


図 3.1 解析オブジェクトリスト

3.2 ROI オブジェクト

ROI オブジェクトは各解析オブジェクトで使用されるもので、それぞれの解析オブジェクトが独自に設定するものと、ROI エディタで作成された共有可能なものの2種類があります。

本マニュアルでは、前者を各解析オブジェクトに固有で他のオブジェクトが使用できない意味で**ローカル ROI**、後者を複数の解析オブジェクトで共有できる意味で、**グローバルROI**と呼びます。ローカルROIとしては、**球形ROI**、**自由曲線ROI**の2種類があり、グローバルROIでは、これらに加えて**ボクセルグループROI**が利用できます。

グローバルROIオブジェクトは、次節で解説されるROI エディタで作成するか、各解析オブジェクトで設定したローカルROIをROIエディタへexport（実際には複製されます）することで作成できます。起動時には、グローバルROIオブジェクトは各種一つずつ作成され、リストに表示されています（図 3.2）。

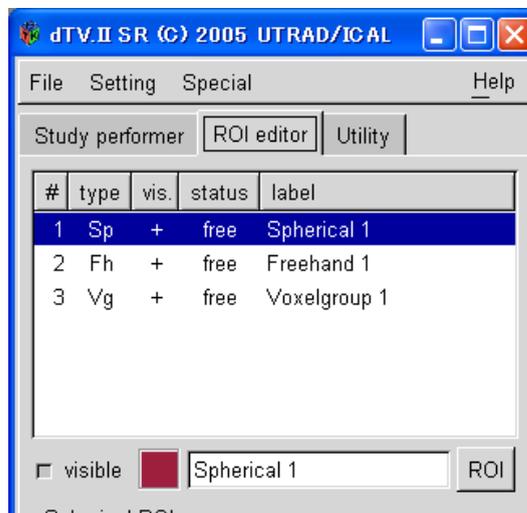


図 3.2 ROI オブジェクトリスト

4 . GUI概要

4 . 1 GUI全体

dTV.II SR の GUI (Graphical User Interface) は , 最上部にファイル操作などのプルダウンメニューがあり , その下に , 以下の 3 つのパネルが重なって表示されています .

- ・解析パフォーマ (Study performer)
- ・ROIエディタ (ROI editor)
- ・ユーティリティ (Utility)

タブ部分をクリックしてこれらのパネルを切り替えます (図 4.1 赤枠) . それぞれのパネルでは , 選択された解析オブジェクトや ROI オブジェクトに応じて , 自動的にその設定パネルが切り替わります . 各オブジェクトの設定パネルでは , さらに目的に応じて様々なパネルが用意されているので , 必要に応じて切り替えます .

各オブジェクトのパネルの詳細な使用方法やメニューにある共通な処理については次節以降の解説を参照してください .

また , 最下部には , 後に述べるリアルタイム計測機能などで共通に使用されるテキスト表示エリアがあります (図 4.1 緑枠) .

注意すべき点は , プルダウンメニューなどに割り当てられている , キーボードショートカットでず . VOLUME-ONE と dTV.II SR は , キーボードショートカットをそれぞれ独自に割り当てていますので , 使いたい機能のソフトウェアのウィンドウをアクティブにしてから , キーボードショートカットを使用するようにしてください . 但し , チャンネルの変更など , 共通しているものもあるので注意してください .

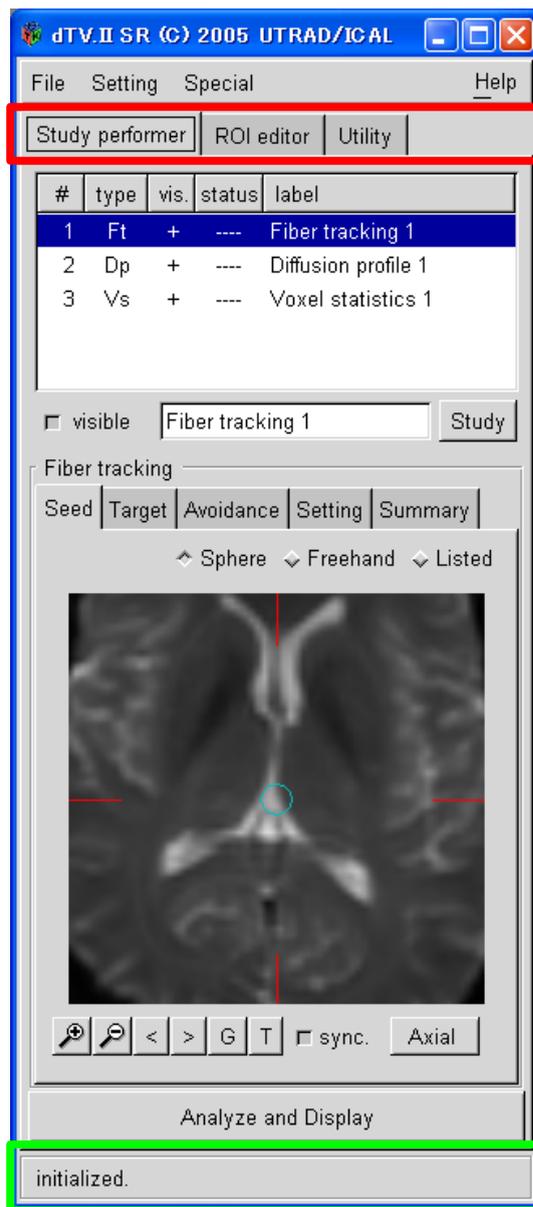


図 4.1 dTV.II SR の GUI

(解析パフォーマ 線維追跡オブジェクト選択時)

赤枠 : パネル切り替えタブ

緑枠 : メッセージ表示領域

4.2 共通 GUI

ここでは、複数のパネルに共通して使用されている GUI 要素として、ROIパレットと ROIセレクトラについて解説します。

(1) ROIパレット

ROI パレットは、各解析オブジェクトの設定や ROI エディタで共通に使用されるインターフェイスであり、図 4.2 に示すように断面画像表示パネルと、その下に、拡大縮小、チャンネル変更、グレースケール変更、VOLUME-ONE のカーソルとの位置同期ボタンと、断面タイプの選択メニューから成ります。

断面画像表示パネル内におけるマウスでの操作で、球形 ROI の半径を変更したり、自由曲線 ROI を直接描画したりします。使用できる ROI のタイプは、解析オブジェクトや ROI オブジェクトによって異なります。また、マウスとキーボードの同時操作により、位置の移動、グレースケールの変更、閉曲線の自動キャプチャなどが可能です。操作を下記の表にまとめます。

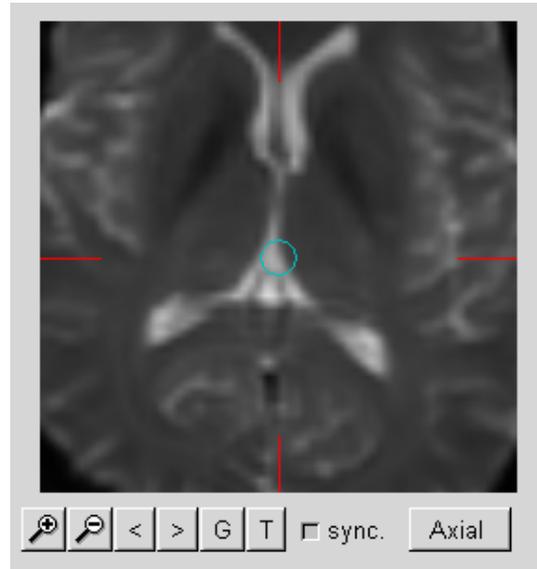


図 4.2 ROIパレット

	マウス左ボタン	マウス中ボタン	マウス右ボタン
通常	球形 ROI の半径設定 / フリーハンド形状の描画		
Ctrl キー使用時	表示面内での位置の移動	表示面に垂直な方向への位置変更	グレースケール変更

表 ROIパレットでのマウス操作

ROI 設定パネルの画像のグレースケールは、マウスのドラッグ方向の上下で明るさ (level) の変更、左右でコントラスト (width) の変更ができます。

フリーハンド ROI 形状タイプを使用中に、グレースケールの調整で 2 値化状態となった場合、あるいは VOLUME-ONE との同期時に VOLUME-ONE 側で 2 値化状態になった場合には、中心位置を示す 4 本の線が白色となり、自動キャプチャ機能が使用できます (図 4.3) 。高い信号の場合は領域内で、低い場合は領域のすぐ左側をクリックすると ROI が自動的にキャプチャされます。

断面のタイプは、Axial , Sagittal , Coronal , Oblique , Spherical の 4 種類です。Oblique 断面は、

VOLUME-ONE との同期中に，VOLUME-ONE の oblique 断面と向き，位置が一致します．
VOLUME-ONE の oblique 断面は，カーソル位置や 3D の観察方向に依存します．

Spherical 面は，ボリュームデータの中心をその中心とする球面を外側から観察したものです（図 4.4）．脳表付近の ROI を球面状に決定するとき使用します．

この時のマウス操作は，他の平面設定と同じように，マウスの左ボタンで面内の移動，すなわち同じ半径の球面上での緯度 / 経度を変更します．中ボタンは，球面に垂直な方向，すなわち球面を形成する際の半径を変更します．

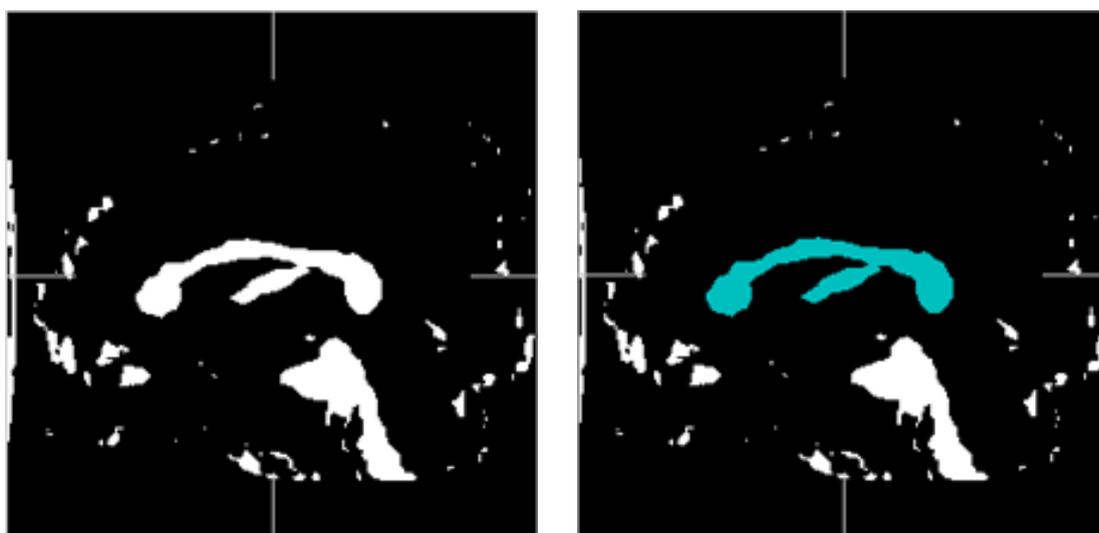


図 4.3 自動 ROI キャプチャ

左：上下左右の 4 本の線が白色になっている 2 値化状態で対象となる領域をクリック

右：キャプチャされた ROI

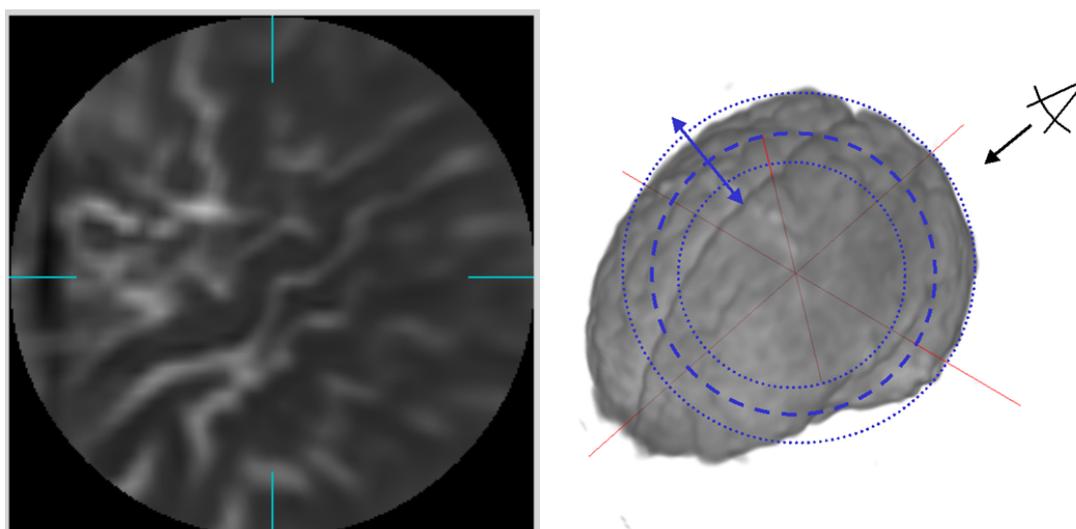


図 4.4 Spherical 面の設定

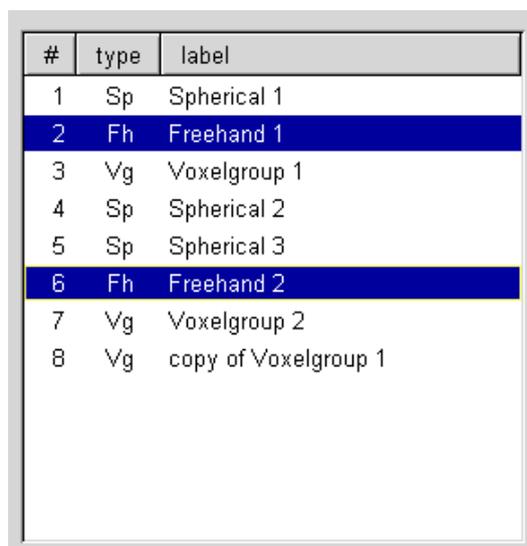
左：表示画面，右：設定される面とその変更

(2) ROIリスト

ROIリストは、解析オブジェクト(のみ)の設定パネルで共通に使用されるものです(図4.5)。これは、ROIエディタ内に含まれるROIのリストを表示したもので、ROIエディタの最上部にあるリストと似ていますが、状態や可視/不可視の項目が表示されないことと、**複数の項目が選択できる**点が異なります。

解析において、単一の目的(例えば線維追跡のSeed ROI)に、複数個のROIを割り当てたいとき、このROIリストを使用してグローバルROIを選択します。使用法は、リストの中から選択する項目を1つ以上指定するだけです。

ROIエディタで変更された内容や、ROIの消去などは、ROIリストにすぐ反映されます。



#	type	label
1	Sp	Spherical 1
2	Fh	Freehand 1
3	Vg	Voxelgroup 1
4	Sp	Spherical 2
5	Sp	Spherical 3
6	Fh	Freehand 2
7	Vg	Voxelgroup 2
8	Vg	copy of Voxelgroup 1

図 4.5 ROI リスト

5. 解析パフォーマンス使用法

5.1 解析オブジェクトリストと関連 GUI

作成されている解析オブジェクトは、図 3.1 に示すリスト内に表示され、オブジェクトのタイプや名称、状態が表示されています。また、選択されている解析オブジェクト（常に 1 つだけ）は色が反転して表示されています。

リストの下には、名称の変更や表示 / 非表示の切り替えのためのインターフェイスと解析オブジェクトに関する処理をまとめたメニューがあります。

5.2 解析オブジェクトメニュー

解析オブジェクトメニューでは、新しい解析オブジェクトの作成やリストで選択されているオブジェクトの複製、消去が可能です。

この他に、表示 / 非表示の一括制御、よく使用するプリセットラベルの適用やメモの保存に関するコマンドや後に述べるメモの保存など、解析オブジェクトの各種操作に関するコマンドが使用できます（図 5.1）。

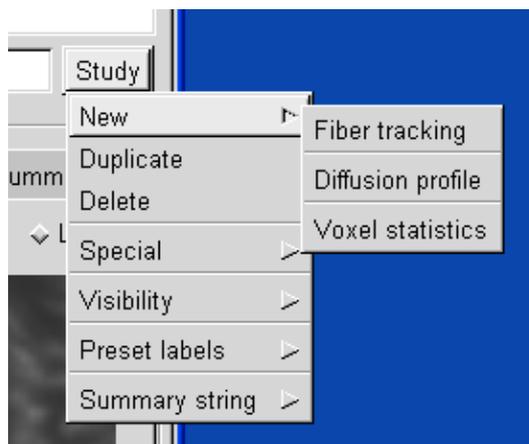


図 5.1 解析オブジェクトメニュー

5.3 各解析の実行方法<1>: 線維追跡

Seed（追跡開始）ROIに加えて、必要に応じてTarget（目標）ROI、Avoidance（忌避）ROIを設定することにより、描出したい線維構造を限定することができます。また、追跡の終了条件、表示設定などが、それぞれのオブジェクトに割り当てられているので、後で変更して再解析することで容易に結果の比較ができます。以下に、基本的な手順を示します。

（1）線維追跡オブジェクトの選択あるいは作成

起動時には、既にデフォルトとして作成されている“Fiber Tracking 1”を選択するか、あるいは解析オブジェクトメニューの中から“New->Fiber tracking”を選択して、作成します。

（2）Seed ROIの設定

Seed ROIは、“Seed”タブをクリックして表示されるROIパレットを使うことにより、ローカルROIとして球形あるいは自由曲線のROIを設定できます。また、リストに表示されたグローバルROIの中から球形ROI、自由曲線ROI、ボクセルグループROIを選択して使用することができます（複数可）。これらの切り替えはROIパレット上部のボタンで、Spherical（球形）、Freehand（自由曲線）、Listed（リスト内）の中から指定します。

(3) Target ROI/ Avoidance ROIの設定

これらのROIもSeedと同様に設定できます。これらのROIは、デフォルトでは不使用となっていますので、“Use”ボタンをクリックして、ROIパレットをアクティブにする必要があります。

(3) 追跡設定

追跡設定は、Seed ROIにおける開始点発生密度、追跡方法、使用/不使用を含めた追跡終了条件のパラメータからなります(図 5.2)。“Setting”タブおよび“Tracking”タブをクリックして表示します。追跡方法は、基本となる第一固有ベクトル方向(basic)と、異方性に応じた方向の補正を含めた方法(Advanced)の2つから選択できます。異方性に応じた方向の補正の方法は、付録の参考文献[4]を参照してください。

(4) 表示設定

表示設定は、結果の表示のプリミティブとしてヘアライン/チューブの選択、追跡軌跡の色づけ方法が選択できます。“Setting”タブおよび“Display”タブをクリックして表示します。

色づけ方法は、異方性およびその特性に応じた色づけ(anisotropy coding)、Seedからの距離による色づけ(distance coding)、追跡方向による色づけ(directional coding)、軌跡ごとの色づけ(unique color)、単色の色づけ(uniform color)が可能です(図 5.3)。単色の切り替えは、色が表示されている領域(図 5.3の赤色の矩形)をクリックすると設定ダイアログが表示して行ってください。

(5) 解析の実行と結果の表示

上記の各種設定が完了したら、“Analyze and Display”ボタンを押して線維追跡を実行します。線維追跡の軌跡がVOLUME-ONEに、Seed点数などの情報がdTV.II SRの線維追跡パネルの“Summary”パネルに表示されます。“Summary”パネルには、自由にメモなどが追加できます。

追加したメモを記録したい場合は、“Study->Summary string->Record current”コマンドを使用してください。これを行わないと、他の解析オブジェクトに切り替えたときに失われます。

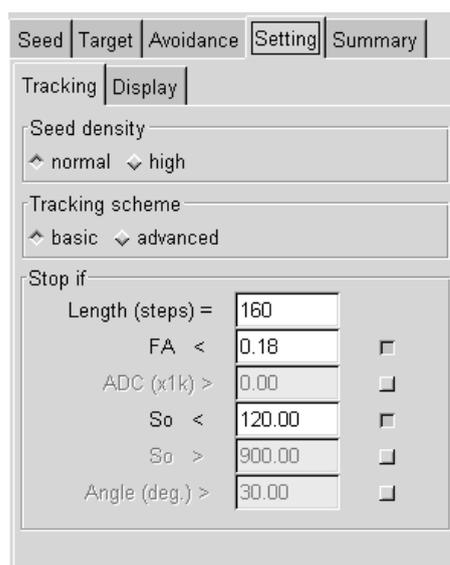


図 5.2 追跡設定

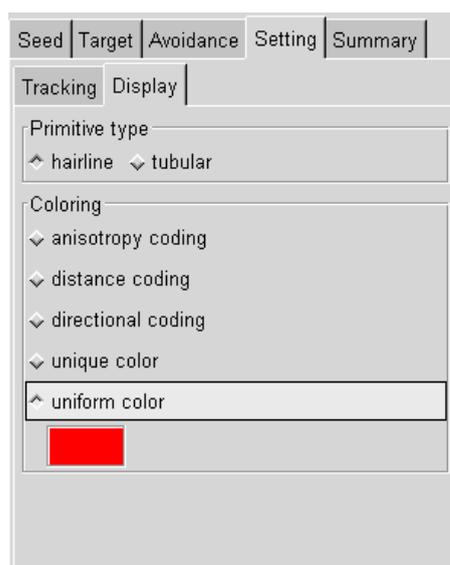


図 5.3 表示設定

5.4 各解析の実行方法<2>: 拡散プロファイル

この解析では、設定したROI内部に拡散プロファイルやその楕円体近似を、3次元形状にて表示するもので、線維追跡では不可能な、各点ごとの拡散の詳細な状況を表示・観察することができます。下記に手順を示します。

(1) 拡散プロファイルオブジェクトの選択あるいは作成

起動時には、既にデフォルトとして作成されている“Diffusion Profile 1”を選択するか、あるいは解析オブジェクトメニューの中から“New-> Diffusion profile”を選択して、作成します。

(2) ROIの設定

拡散プロファイル表示の範囲を指定するROIは、ローカルROIとして球形ROIあるいは自由曲線ROI、またグローバルROIとしてROIエディタで作成した球形ROI、自由曲線ROI、ボクセルグループROIをリストから選択できます。また、VOLUME-ONEで設定した箱型VOI (Volume Of Interest) も使用でき、これがデフォルトとなっています。上記のタイプのローカルROIを使用するには、“Box VOI”ボタンをクリックして、ROIパレットをアクティブにします。

(3) 表示設定

表示設定は、プロファイル形状を表示する条件、およびプロファイルのタイプ(テンソル楕円体: tensor ellipsoid / 包絡面: envelop surface / 星型: star) や、ROI内で発生させるプロファイル形状の密度、色づけ方法(異方性: anisotropy / 方向: direction), 異方性強調(anisotropy emphasis)の使用/不使用です(図5.4)。包絡面の表示にはは、多くの計算時間を必要としますので、小さなROIで計算時間を確認してから、お試しください。

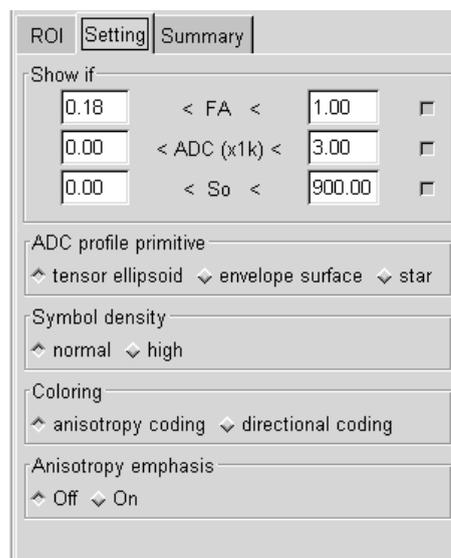


図 5.4 拡散プロファイルの表示設定

(5) 解析の実行と結果の表示

上記の各種設定が完了したら、“Analyze and Display”ボタンを押して実行します。プロファイル形状がVOLUME-ONEに 表示プロファイル数などの情報が、dTVII SR 拡散プロファイル表示パネルの“Summary”パネルに表示されます。“Summary”パネルには、自由にメモなどが追加できます。

5.5 各解析の実行方法<3>: ボクセル統計解析

この解析では、設定したROI内部のボクセルごとの拡散パラメータを集計し、その統計情報を表示するものです。

(1) ボクセル統計解析オブジェクトの選択あるいは作成

起動時には、既にデフォルトとして作成されている“Voxel Statistics 1”を選択するか、あるいは解析オブジェクトメニューの中から“New Voxel statistics”を選択して、作成します。

(2) ROIの設定

ボクセル統計解析の範囲を指定するROIは、ローカルROIとして球形ROIあるいは自由曲線ROI、またグローバルROIとしてROIエディタで作成した球形ROI、自由曲線ROI、ボクセルグループROIをリストから選択できます。また、VOLUME-ONEで設定した箱型VOI (Volume Of Interest) も使用でき、これがデフォルトとなっています。上記のタイプのROIを使用するには、“Box VOI” ボタンをクリックして、ROIパレットをアクティブにします。

(3) 解析の実行と結果の表示

上記の各種設定が完了したら、“Analyze and Display” ボタンを押して実行します。ROI形状がVOLUME-ONEにワイヤフレームとして表示され、ボクセル統計解析の結果がdTV.II SRのボクセル統計解析パネルの“Summary”パネルに表示されます。“Summary”パネルには、自由にメモなどが追加できます。

表示内容は、ROI内の解析に有効なボクセル数(拡散テンソルが正常に計算されたボクセル数)とSo(b=0)画像の信号値、FA値、ADC値、3つのテンソル固有値の各最大、最小、平均、標準偏差です。

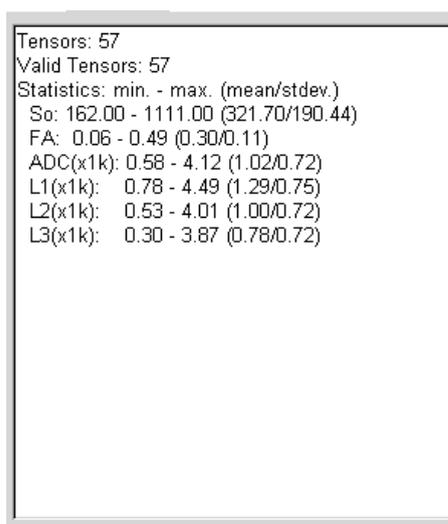


図 5.5 ボクセル統計解析結果

5.6 ローカルROIのexport

各解析オブジェクトのために設定したローカルROIを、他の解析オブジェクトで使用したり、加工したりするために、ROIエディタにexportできます。対象となる球形、または自由曲線ROIを設定したROIパレットが表示されている状態で、“Special->ROI palette frame->Export ROI to Editor”を使用してください。GUIがROIエディタに自動的に変わり、編集可能な状態になります。

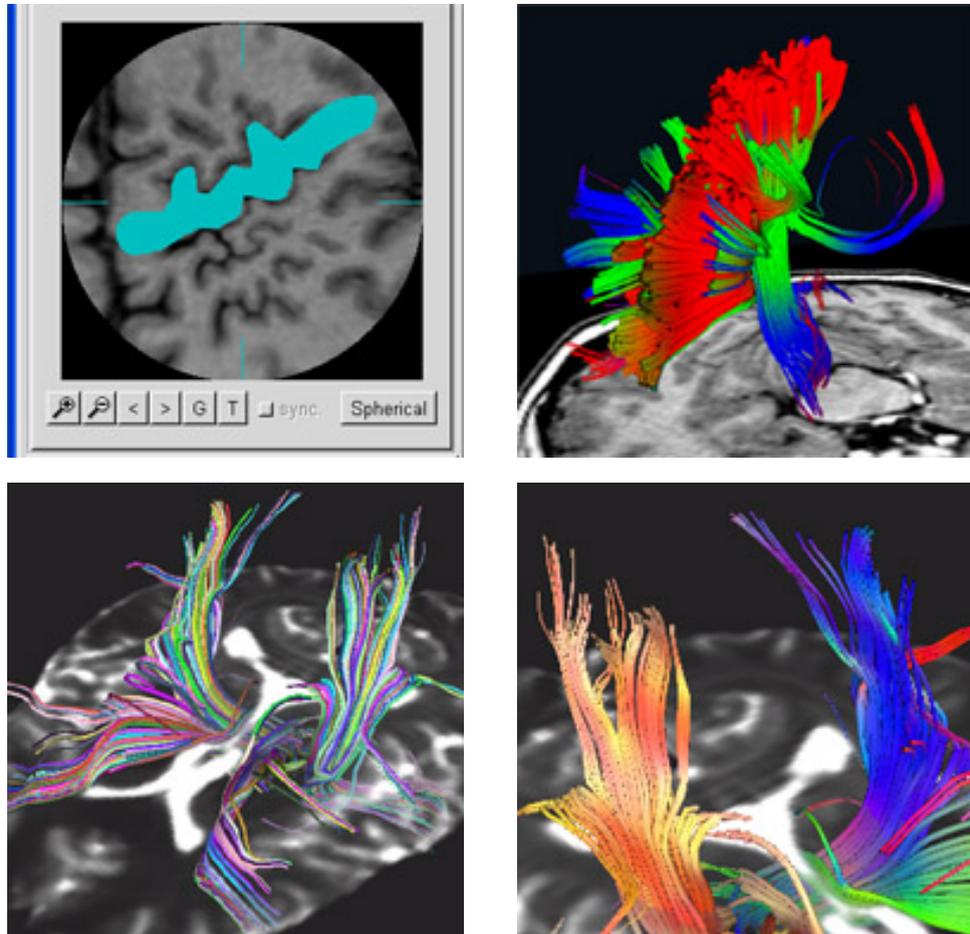


図 5.6 解析パフォーマンスによる結果例（線維追跡）

左上：脳表に ROI 設定

右上：追跡結果（distance coding）

左下：追跡結果の他の色づけ（unique color）

右下：同（anisotropic coding と directional coding）

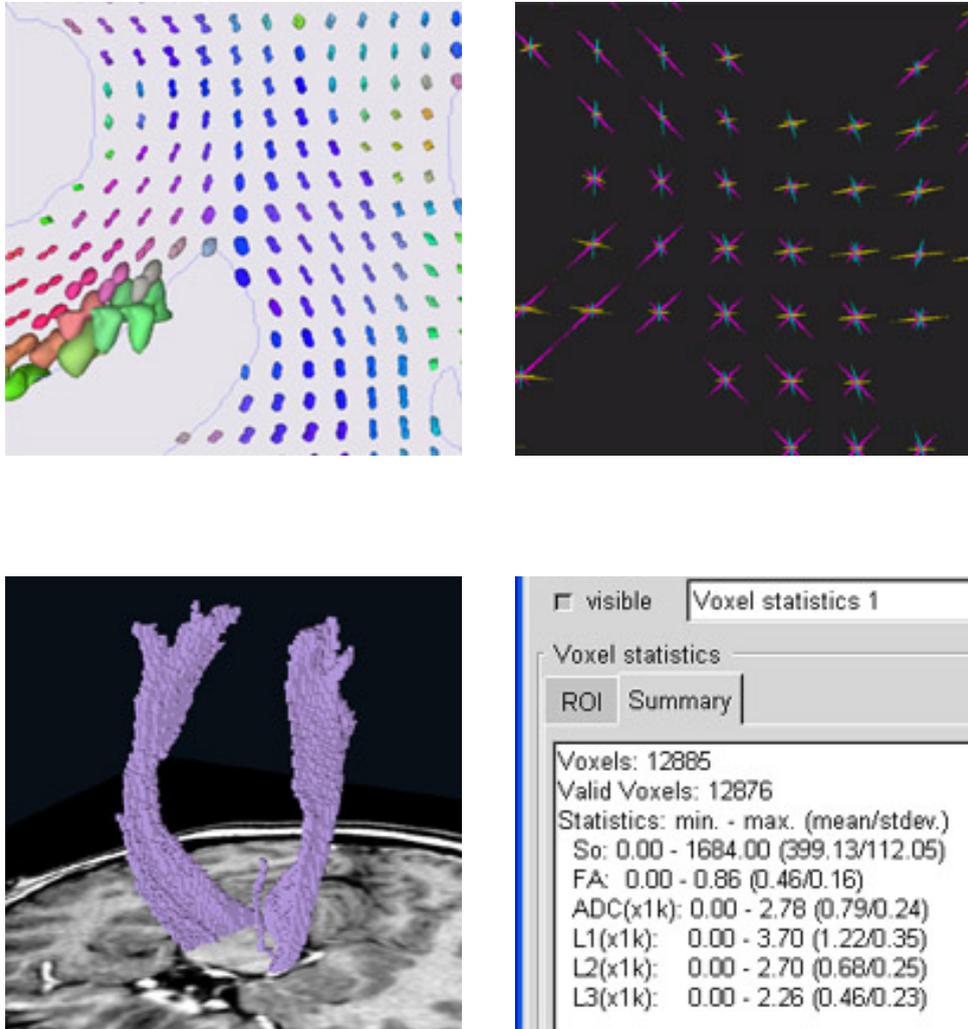


図 5.7 解析パフォーマンスによる結果例（拡散プロファイルとボクセル統計解析）

左上：拡散プロファイルの包絡面表示（directional coding）

右上：同星型表示

左下：線維追跡結果のボクセルグループ ROI 化（その他の機能参照）

右下：同ボクセル統計解析結果

6. ROIエディタ使用法

ROIエディタでは、複数の解析オブジェクトで共有可能なグローバルROIの作成ができます。また、解析オブジェクトのローカルROIをROIエディタにexportすることで、複数の解析オブジェクトでROIを共有することができます。作成したROIは、図3.2のようにROIオブジェクトのリストとして表示されています。

リストの下には、名称の変更や表示/非表示の切り替え、またエディタ使用中にVOLUME-ONEで表示される色の変更のためのインターフェイスとROIオブジェクトに関する処理をまとめたメニューがあります。

変更を加えたいROIをリストから選択することにより、自動的に各タイプのROIの設定パネルが表示されます(図6.2~6.4)。また、ROIオブジェクトメニューでは、ROIオブジェクトの新規作成や複製、複製や消去、表示に関するの設定などの変更が可能です。

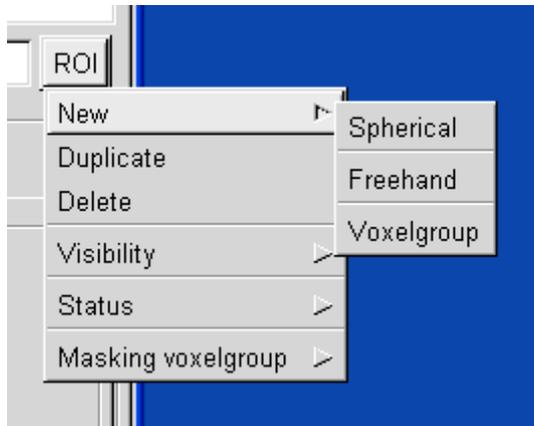


図 6.1 ROI オブジェクトメニュー

6.1 球形ROI

ROIパレットを使用してマウスの操作で球の半径や中心位置を変えられる他、数値入力も可能です(図6.2)。表示される座標や半径の単位はボクセルです。座標や半径の入力はすべてボタンで行います。左ボタンで最小ステップ(± 0.1)、中ボタンで整数ステップ(± 1.0)、右ボタンで両端まで移動します。

6.2 自由曲線ROI

ROIパレット内で、マウスを使って自由曲線を描き、ROIとします。また、面内すなわち2次元の膨張(dilation)あるいは収縮(erosion)処理が可能です(図6.3)。

収縮により閉曲線で囲まれた領域が分割されてしまうような場合は、分割された

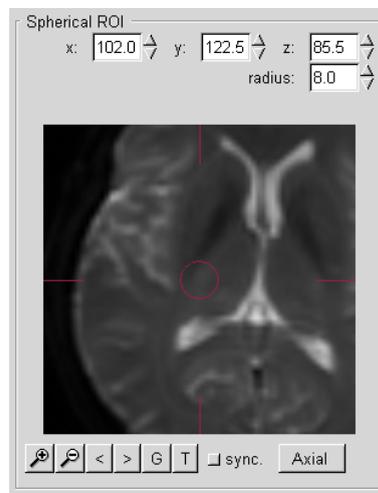


図 6.2 球形 ROI 設定

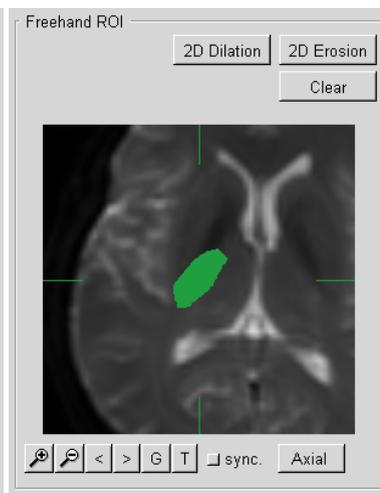


図 6.3 自由曲線 ROI 設定

もののどれか1つのみが残されます。

6.3 ボクセルグループROI

自由曲線ROIのパネルと同様，ROIパレット内に自由曲線が描け，そのまま使用すると自由曲線ROIとほぼ同等ですが，データはボクセルのグループに変換され，さらに3次的に拡張することができます（図6.4左上）。拡張の条件としては，拡張回数その他，ROIパレットに表示されている画像（グレーのみ）の単一の信号のしきい値（最大，最小）と，テンソル情報（主方向の変化，異方性など）の2種類が可能で，ボタンによって切り替えます（図6.4右上）。また，形状の単純な膨張や収縮も可能です。

平面や曲面上の2次元のROIだけでなく3次元的な広がりをもつROIを使用することで，ボクセル統計解析などで，より精度の高い計測が可能です。

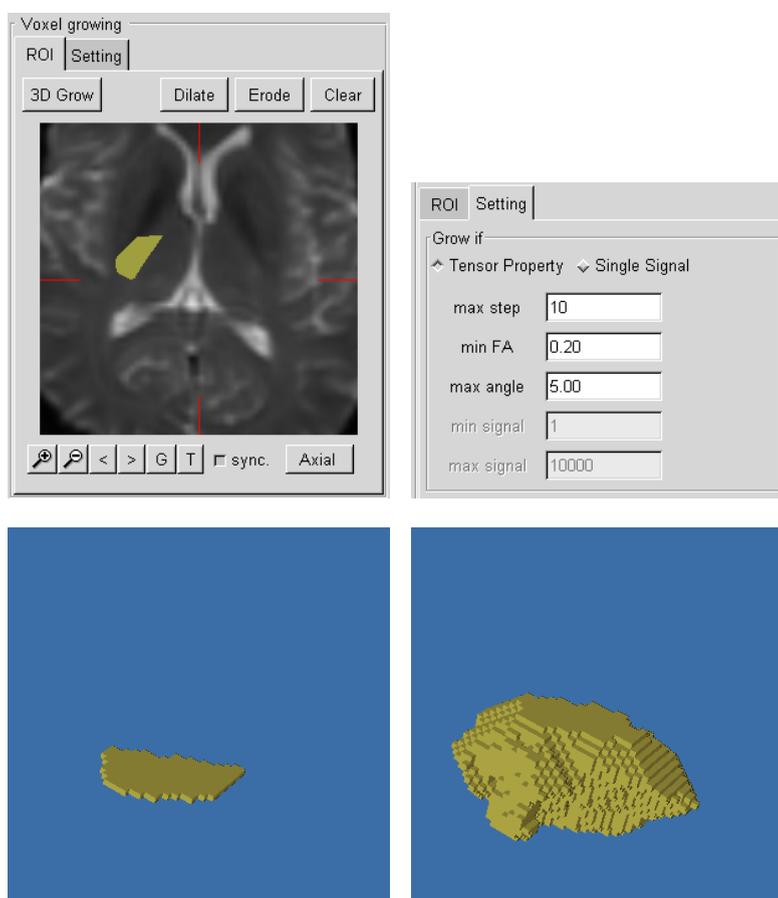


図6.4 ボクセルグループROI設定

左上: 拡張の開始領域，右上: 拡張条件

下段: VOLUME-ONE で表示される3次元ROIオブジェクト

(左: 拡張前，右: 拡張後)

7. その他の機能

7.1 計算画像作成

“ Special->Add computational channels ” コマンドで、カラーFA 画像（FA 画像に、テンソル主方向の XYZ 成分をボクセル色の RGB 成分に変換した色成分を重畳したもの）、FA 画像、ADC 画像、等方拡散画像が作成され、VOLUME-ONE に転送されます。**このとき、ボクセル値は精度を保持しながら整数となるよう、FA が 100 倍、ADC が 100,000 倍されています。**画像のサイズによっては数分を要することがあります。計算過程の進行状況は、コンソールウィンドウに表示されます。

7.2 線維追跡結果のボクセル化

線維追跡の結果を観察する場合、3次元オブジェクトよりも2次元の断面ごとに観察した方が適している場合があります。線維追跡結果のボクセル化は、線データである追跡結果を元画像データと同じ解像度の画像データへの変換を行うものです。

“ Special->Voxelize visible trackline as ” メニューのコマンドを使用してください。出力形式としては、カラーのボリュームデータ、グレーのボリュームデータ、ボクセルグループ ROI です。もし、ボクセル化したくない線維追跡の解析オブジェクトがあれば、解析オブジェクトリストのしたのボタンで不可視にしてください。線維追跡以外の解析オブジェクトは関係ありません。

ボリュームデータが出力形式の場合、ROI パレットが表示されている状態で、VOLUME-ONE の選択範囲の画像データをブレンドすることができます。但し、対象となる画像は、b = 0 画像や追加した T1 強調像など、符号付 16 ビットデータに限ります。

ボクセルグループ ROI への変換では、追跡結果をボクセルグループ ROI にすることで、描出線維束が通過するボクセル群の統計解析や拡散プロファイル表示などに適用可能です。また、そのボクセル ROI を利用して線維追跡を行なうこともできます。

7.3 線維追跡結果の詳細出力（ダンプ）

線維追跡結果の詳細なデータ、すなわち追跡線上の各点の座標やその点での拡散パラメータなどを解析に利用したい場合にこの機能を使用します。“ Analyze and Display ” ボタンを押す代わりに、解析オブジェクトリストの右下にあるメニューの “ Study->Special->Analyze and dump result ” コマンドを使用してください。出力結果はテキストファイルです。

7.4 リアルタイム計測機能

Specialメニューの “ Start realtime analysis ” コマンドを選択すると、VOLUME-ONE のカーソル位置での FA 値、ADC 値、テンソルの固有値がメッセージ表示領域に表示されます。この機能は Analyze and Display ボタンで他の処理を実行すると解除されます。

7.5 ROI 形状の VOLUME-ONE での表示

“ Special->Setting->ROI s ” メニューで、ROI 形状の VOLUME-ONE での表示・非表示の切り替えが可能です。ROI 形状を変更後は再度、表示を指定することで更新されます。

表示される ROI は、モードによって異なります。解析パフォーマ使用中は、選択されている解析オブジェクトの ROI が表示され、ROI エディタ使用中は表示設定が “ visible ” になっている ROI オブジェクトがすべて表示されます。

7.6 解析の作業状態の保存・復帰

“ File->Save work data ” で作業の途中の状態を保存、“ File->Open work data ” で復帰します。但し、保存される内容は解析の設定、および結果のサマリのみです。すなわち、ファイル容量を小さくするため、解析結果、および表示オブジェクトは保存されません。保存前の状態に完全に復帰するには、各解析オブジェクトに対して解析を再実行してください。“ Study->Special->Analyze all studies ” などを使用すると便利です。

付録

参考文献

- [1] VOLUME-ONE 簡易マニュアル (VOLUME-ONE ウェブサイトで入手可)
- [2] 青木, 阿部 編, これでわかる拡散 MRI, 秀潤社, 2005
- [3] 増谷 他, MR 拡散テンソル画像の解析による脳白質神経線維追跡: 追跡の信頼性を考慮した選択的 Tractography, 日本医用画像工学会誌, 20:5, 584-592, 2002
- [4] 増谷 他, MR 拡散テンソル画像の Tractography における拡散異方性に基づく Tracking 方向決定法の改善, 日本医用画像工学会大会, (CD-ROM 予稿集), 東京, 2002
- [5] Masutani Y, et al., MR Diffusion Tensor Imaging: Recent Advance and New Techniques for Diffusion Tensor Visualization, European J. of Radiology, vol.46 no.1, pp 53-66, 2003

MPG ファイルフォーマットの例

以下に, MPG ファイルのサンプルを示します.

```
=====このラインを除き,これより下がMPGファイルの内容=====
#dTV-II MPG description file (not used in earlier dTV)
1.0 0.0 0.0
0.0 1.0 0.0
7
1
0.0      0.000000  0.000000  0.000000
1000.0   0.707000  0.000000  0.707000
1000.0  -0.707000  0.000000  0.707000
1000.0   0.000000  0.707000  0.707000
1000.0   0.000000  0.707000 -0.707000
1000.0   0.707000  0.707000  0.000000
1000.0  -0.707000  0.707000  0.000000
=====このラインを除き,これより上がMPGファイルの内容=====
```

最初の行は, ID の文字列です. このままコピーしてください.

2, 3 行目は, 画像の軸を示すベクトルです. DICOM に含まれる Image Orientation と同じ意味です. MPG が画像の軸でなく, スキャナ座標系で記述されているときにここに, その向きを記述することで MPG を回転できます.

4, 5行目は、それぞれ総DTIチャンネル数、 $b = 0$ 画像チャンネル数です。総DTIチャンネル数は、計算画像の付加後など、実際のボリュームデータのチャンネル数より小さい場合があります。

6行目以降が、MPGベクトルの方向とそれに対応するMPGの大きさです。行の先頭が、MPGの強度(b 値)で、続く3つの数字がベクトルの $x y z$ 成分です。各MPGの大きさと向きは、方向が正規化されたベクトルで記述し、合成後の大きさを b 値としてください。