Visualizing Biological 3D/4D Volume data using (free) Ray-Tracer

National Astronomical Observatory of Japan.
Center for Computational Astrophysics,

Takaaki Takeda

イントロダクション

■自己紹介

主な活動場所

国立天文台４Ｄ２Ｕプロジェクト

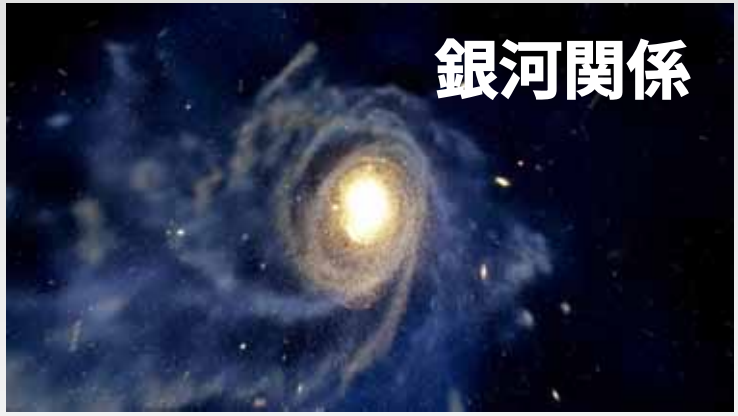
4D2Uは、**4**-**D**imensional **D**igital **U**niverse Project
の略で、4次元をあなたに、の意味もこめられている

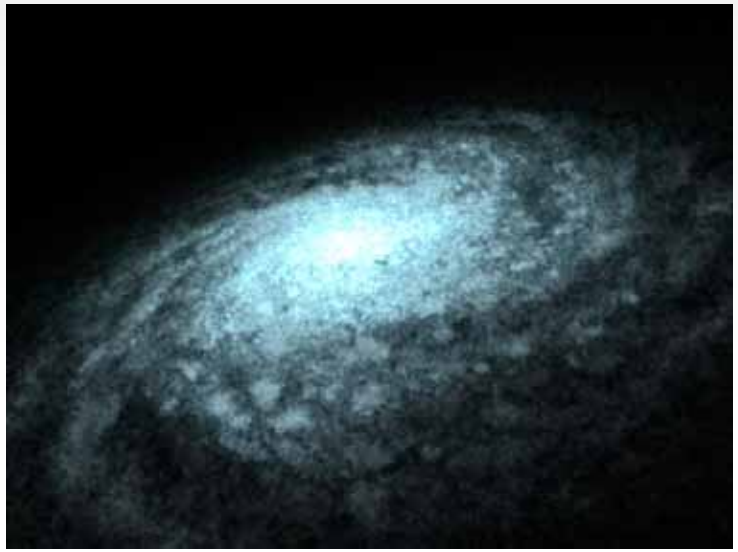
空間（3次元）＋時間（1次元）＝時空（4次元）

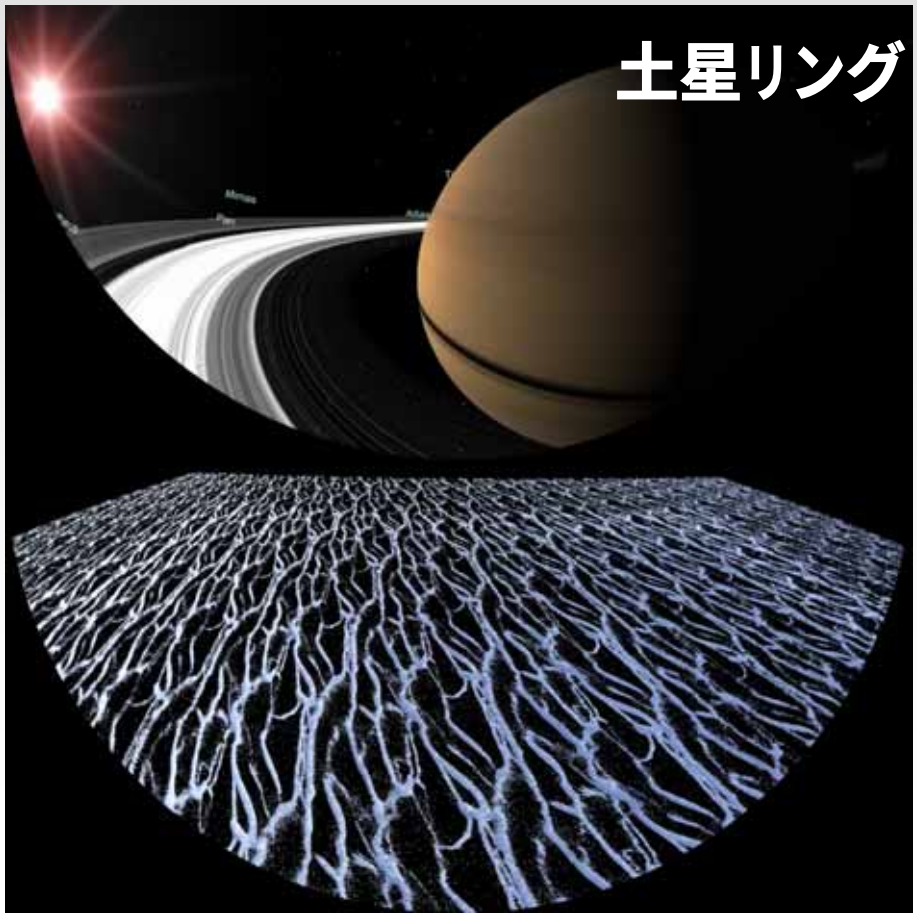
- **フリーウェアの宇宙ビューワーの提供**
- **各種天文シミュレーション映像の提供**
- **ブラウザ上で動く宇宙ビューワー**(Flash)**も提供**

イントロダクション

■第１３回～１５回のVisualization Conferenceで
天文関係で、大量の星やら粒子やらの運動から可視化映像を作る
というテーマで講演させていただいていました。

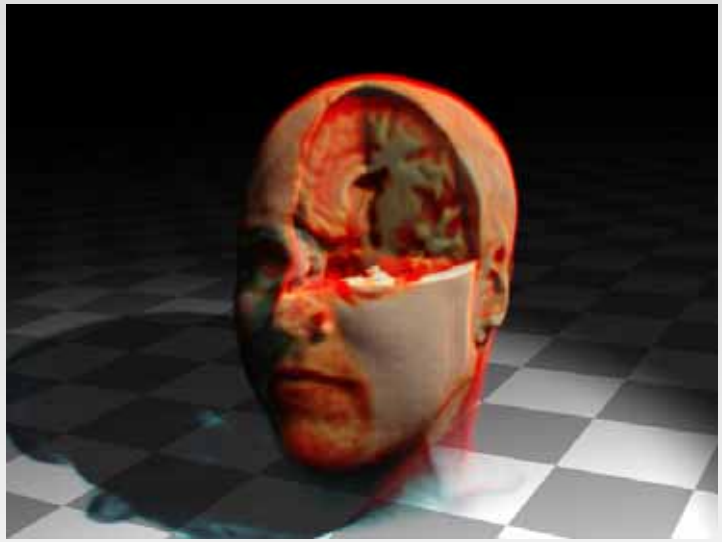






イントロダクション

■今回は何故か生物分野のデータから可視化を行なった話をします。



人間の頭部のCTスキャンデータから
見栄えのする絵を作る、とか

■天文の専門の人が、可視化のことを学んで
天文の絵を作るという立ち位置

■可視化のことを学んだ人が
あまり知らない分野の絵を作る立ち位置

イントロダクション

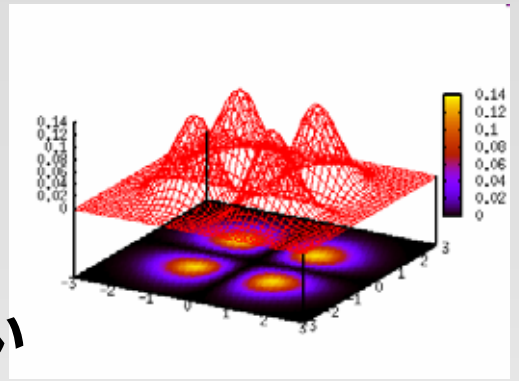
■これが最新の可視化技術だ！
といった話は出来ませんが

■こんなところで躓いた、こんなところを苦労した
というようなことをお話できると思います。

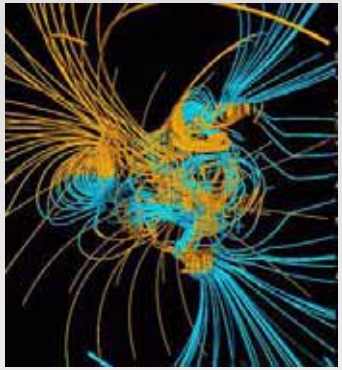
可視化の舞台裏

※) このページで使っている画像は、法律で認められている引用目的の利用としてウェブ上から勝手に拝借したものです。

データの可視化には…



1.研究用の可視化ツールをうまく使う

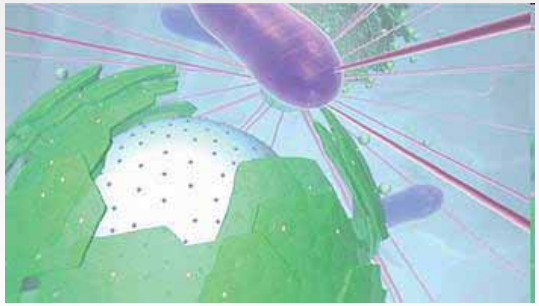


それなりの絵は非常に作りやすい

カメラワーク設定や、綺麗な絵作りは難しい

磁力線や流線といった、いかにもな絵には向いている

2.市販の３ＤＣＧツールを使う



一旦ツールに読み込める形にデータを変換できれば、
頑張り次第でいくらでも凝った絵がつくれる。

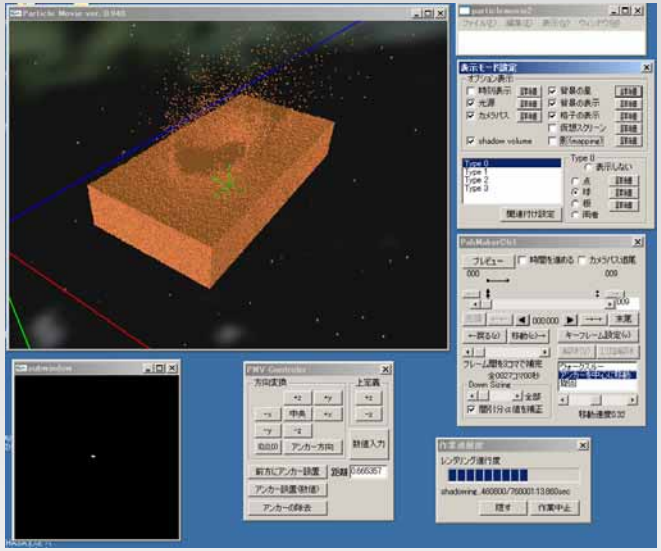
メモリ食い。凝れば遅い。大規模データには工夫が必要。

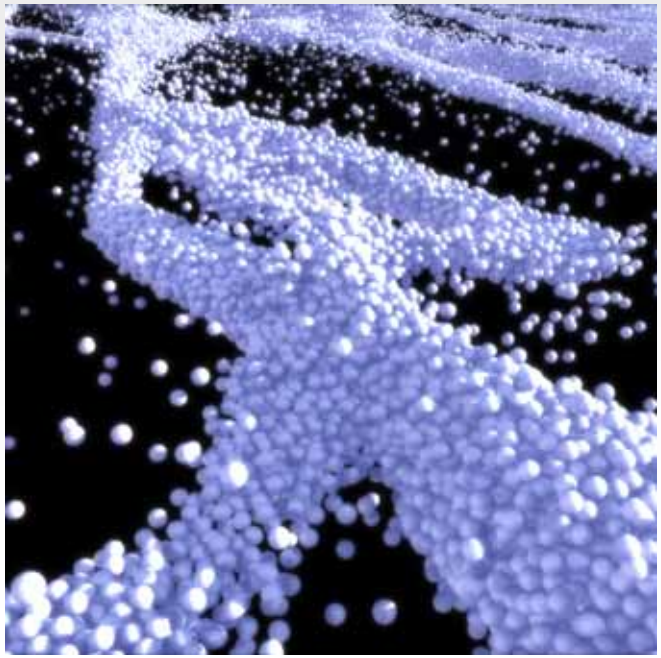
3.データに合わせてツールから

大規模データを前提に作ったりと、自由度は高いが、とにかく大変。

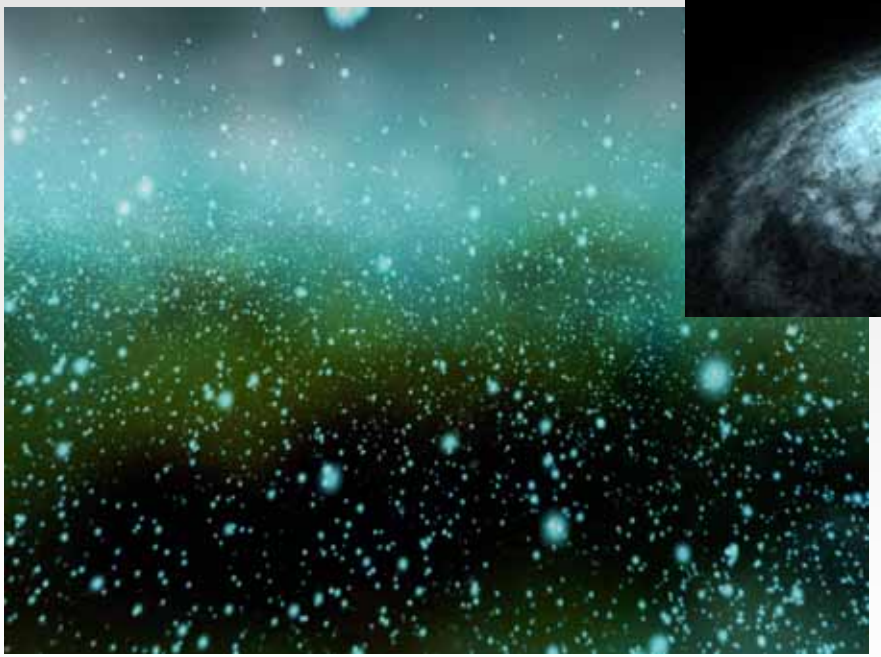
一旦「誰かが」作ってしまえば、あとは使えばいい。

自家製ツールの開発と利用





■大量の粒子のデータから絵を作るというツールがなかなか無かったので、
メモリいっぱい粒子データを載せて、
グラフィックボードでレンダリングする
自作ツールでの映像化



■粒子データの映像ばかり作ってたので、
他の種類のデータの映像も作らないと…

自家製ツールの利点と弱点

(本格的にツール開発をしている大手はともかく)
個人から小規模研究室レベルのツールだと…

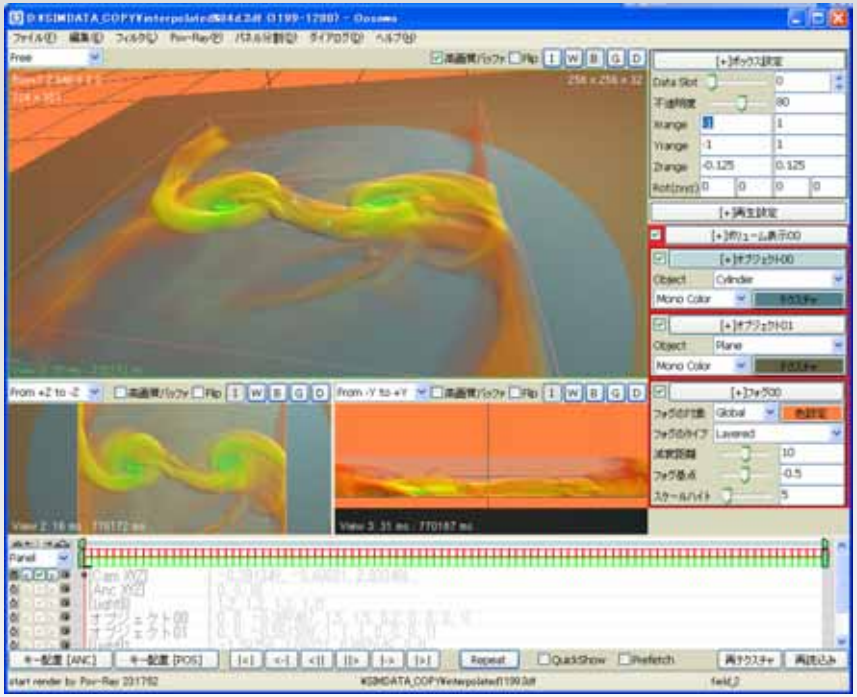
■利点通常の手段で映像化の難しいデータも、
ある程度高い品質での映像化することが可能

■難点A レンダリング機能に制約があり、
ある程度以上の綺麗さを持った映像をつくりにくい

■難点B GUIの操作性の完成度をあげるのも大変

これらの弱点をできるだけ減らしつつ
ボリュームデータ用のツールを開発しよう！

ボリュームデータ用に作ったツール

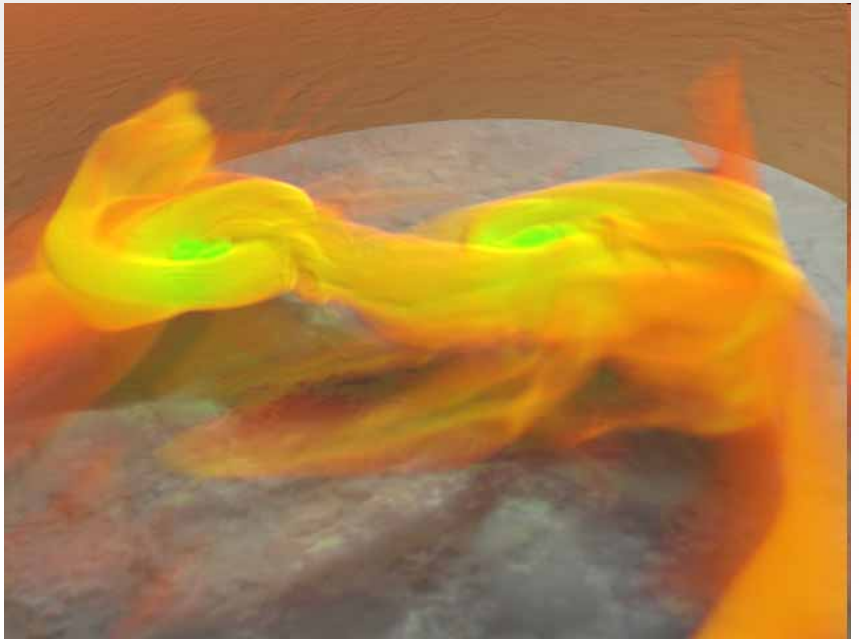


■難点Aを克服するために…

Pov-Rayを利用

■3Dテクスチャを張った板を
たくさん重ねる（良くある）ボリューム表示で
プレビュー

■最終的なレンダリングをPov-Rayに
任せることで、レンダリングの品質を
あげられるようにする。



Pov-Rayの特徴

```
#macro DensityProfile_ALL ( VTranslate, VScale)
density{
        density_file df3 "D:\SIMDATA_COPY\DF3_512\SnapshotALL193.df3"
        interpolate 1
        frequency 0
        scale VScale
        translate VTrans
        CLRMAP ()
}
#end

#macro INTERIOR_ALL ()
interior {
        media {
                DensityProfile_ALL (<0, 0, 0>, <1.00392,1.00392,1.00392>)
                intervals 8
                samples 32,64
                method 3
                emission rgb < 41.6, 41.6,
                absorption rgb <
                scattering { 1
        }
        media {
                absorption rgb <
        }
}
#end
```

このファイルを読むぜ

ここに表示するぜ

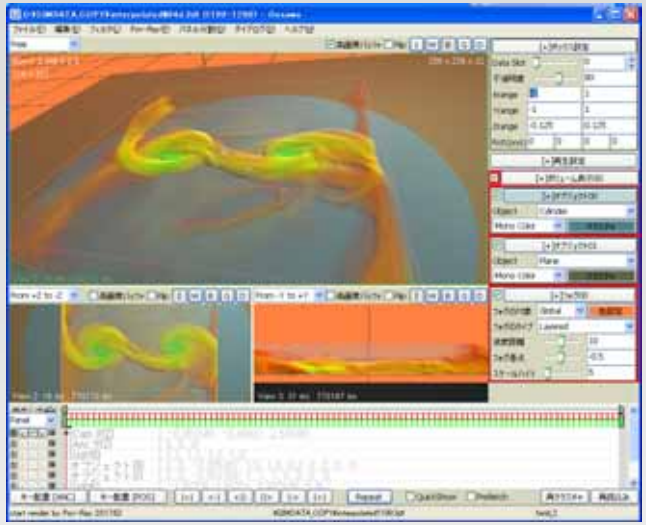
明るさはこれぐらいだぜ

■テキストで
シーンファイルを作成

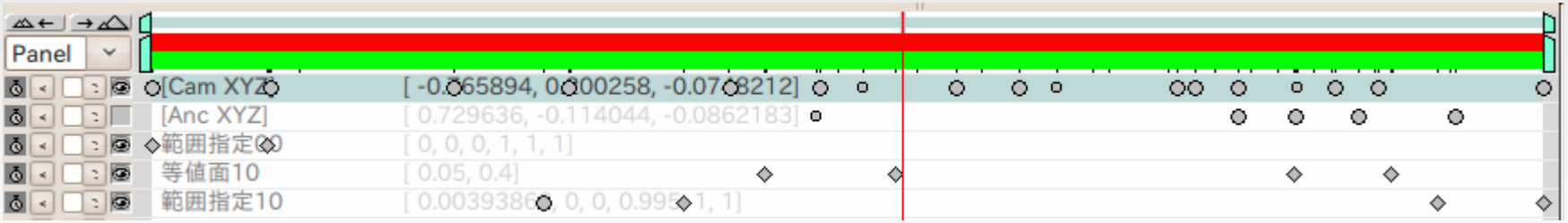
■プログラムやスクリプトで
シーンファイルを作るのが比較的簡単

■カメラワークとか無理！

GUIのフロントエンドを



■GUI部分については、
(前回で経験値も少し増えたので)
既存の映像編集ソフトや3DCGソフトを
参考にできるだけ頑張る



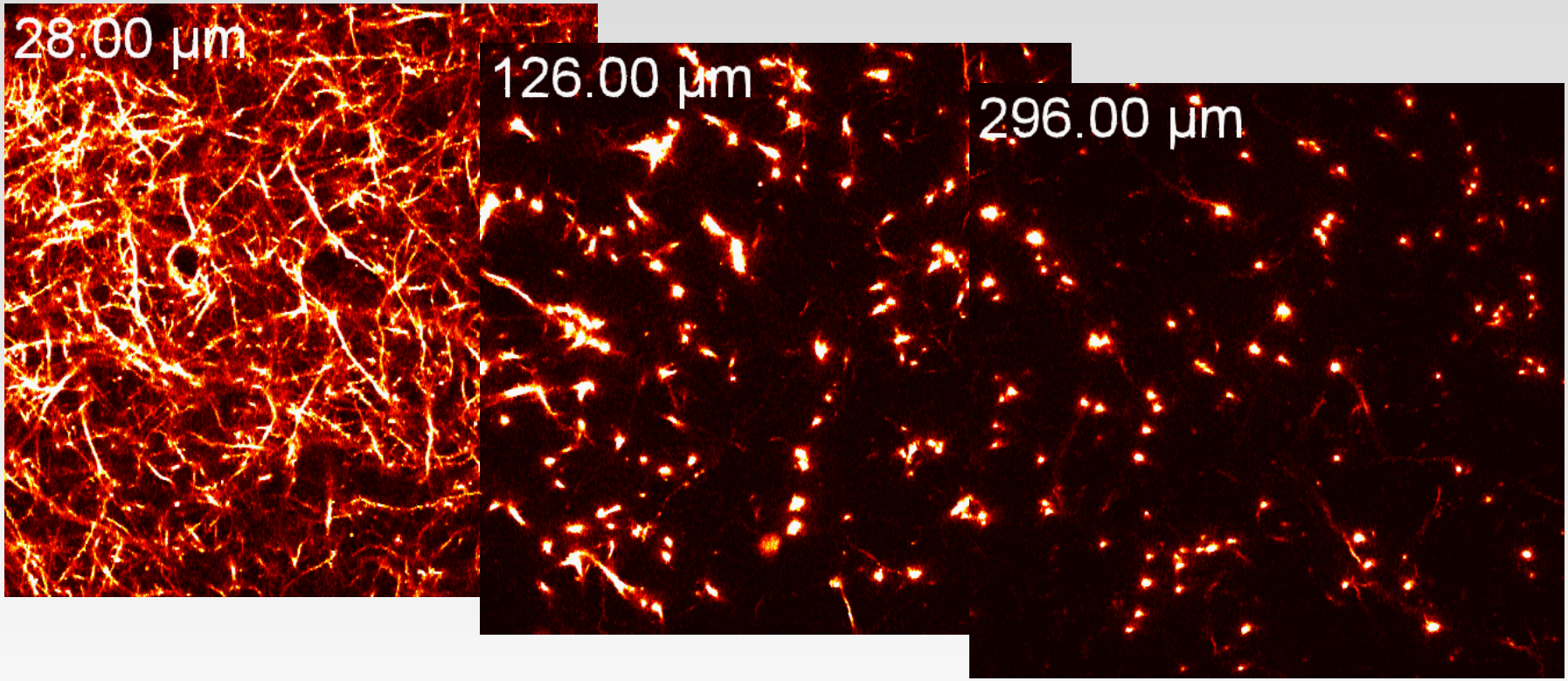
■TimeLine をつけたり、Undo操作を出来るだけ可能に…

Oosawa (天文台の住所から)

と、そんなあたりで

■とそんな頃に、所属が移って
天文データ以外の生物関係のデータも扱うことになり
Oosawa を使ってデータを絵にすることになりました

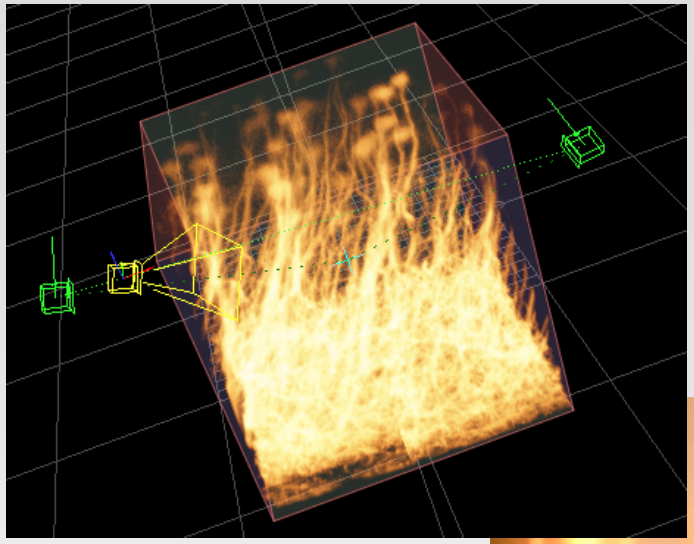
最初に扱ったデータ

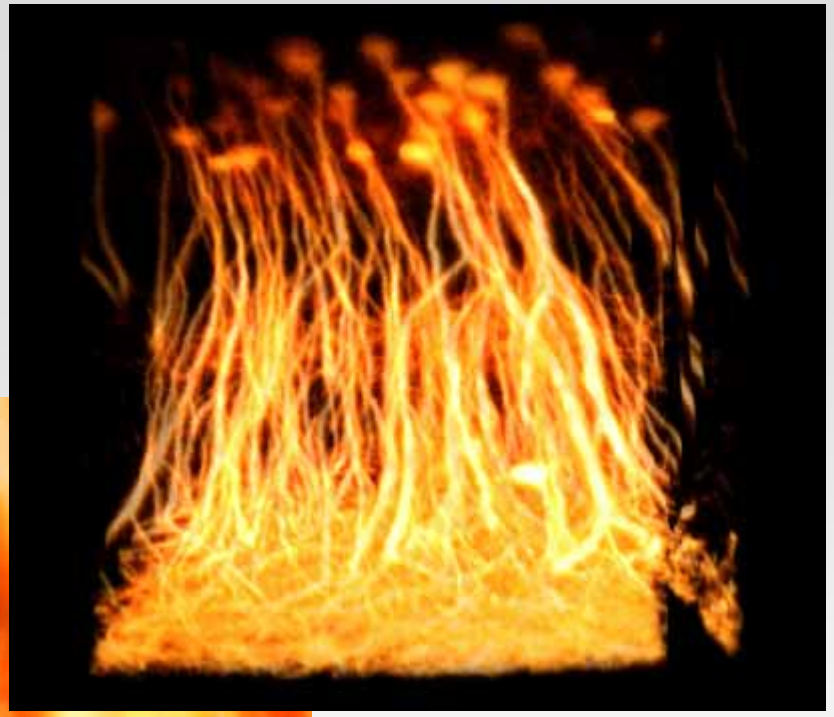


■最初に扱ったデータ
脳神経のネットワーク

z方向の連番スライス画像 → ボリュームデータにして画像（映像）にしてみる

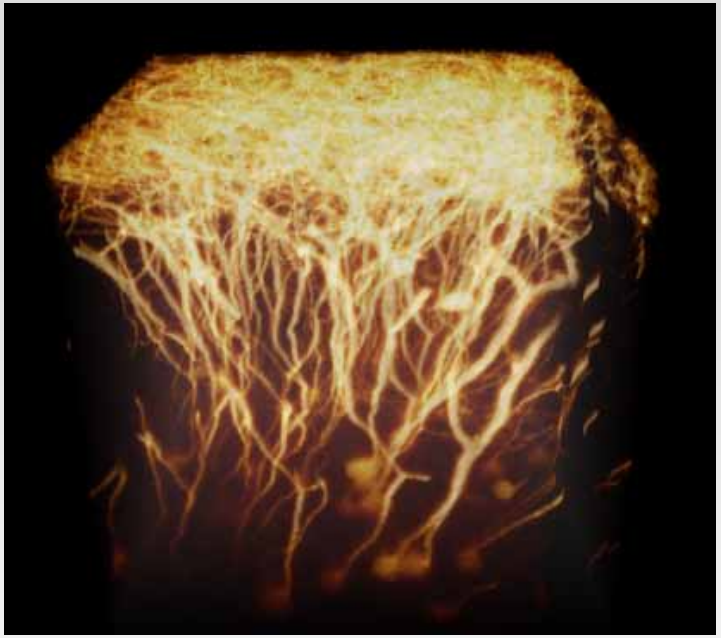
最初に扱ったデータ





■とりあえず、林立するニューロンの柱の中を
フライスルーなどして、問題なく出来たか…？

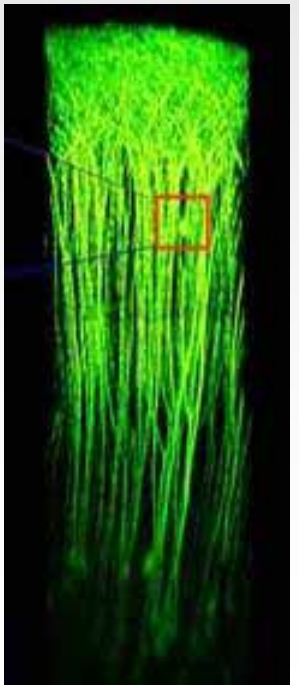
最初に扱ったデータ



■向きが違った！(z方向に鏡像)

■ (元が連番画像なので)
x-y と z の縦横比が分からない！

■本当はこれぐらいの
縦横比だったらしい…

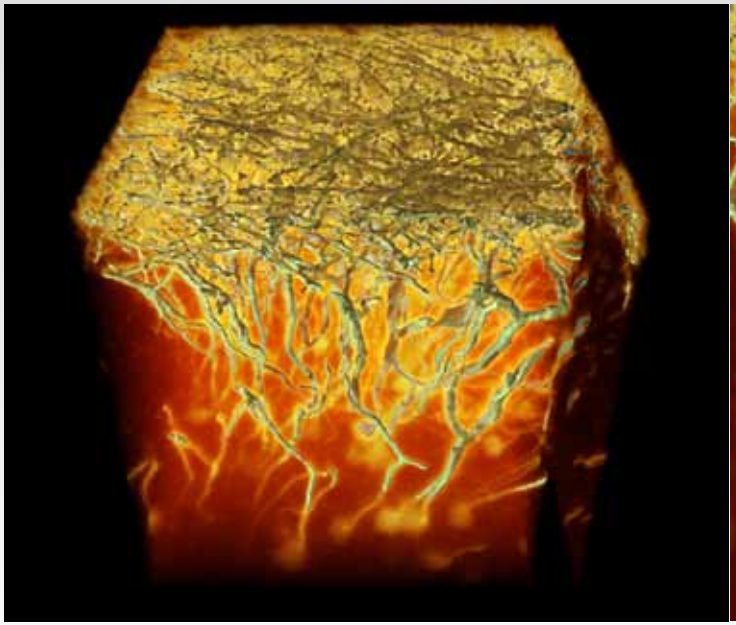


■面白いことに、この後データをもらっても
縦横比の情報を一緒につけるのを忘れてることがほとんど

研究者でも(普段はスライス画像を見ているの)
あまり気にしていない人が多いの？

最初に扱ったデータ

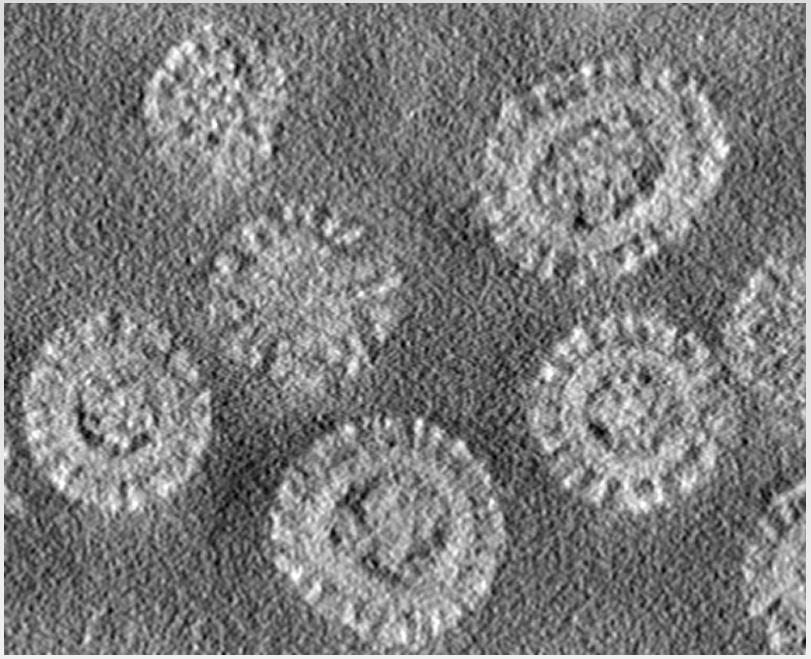
■重ねあわせると前後関係が分かりにくいので
等値面の表示を…



■レンダリング時間はかかるけど綺麗になった！

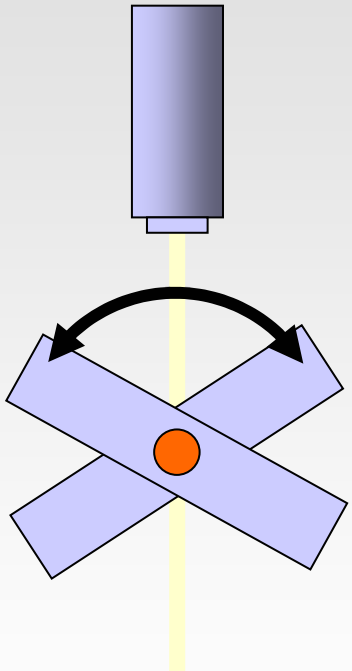
（毎ステップで等値面を計算しているので
遅くて当然ということにまだ気づいていない…）

次に扱ったデータ(ウィルス)



■次に扱ったデータ

インフルエンザウィルスの
位相差電子顕微鏡による立体情報



資料を回転させて撮影して
立体情報を再構築したもの

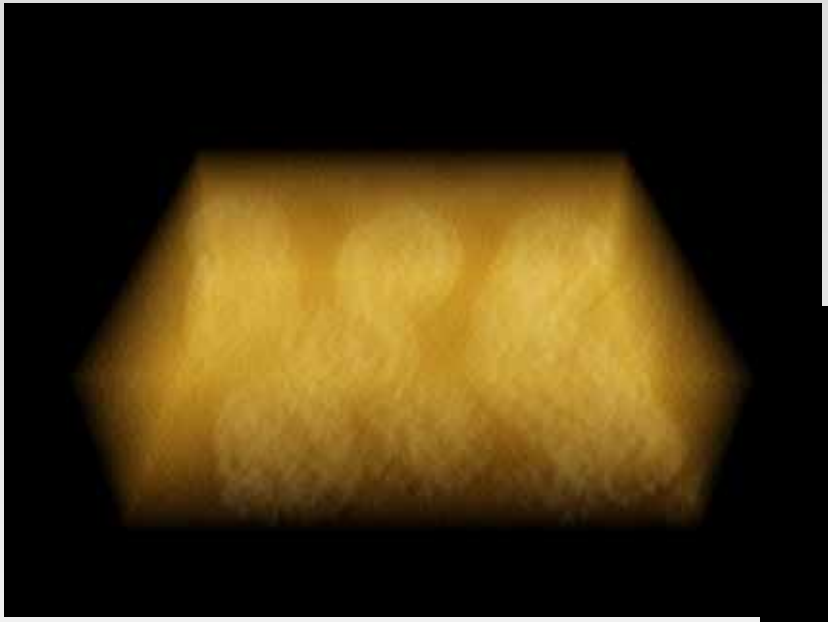
外側にもノイズが一杯

→ レベル補正して表示

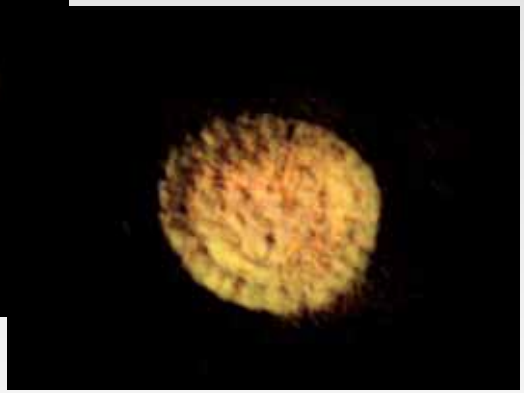
殻と中身を分離したい（セグメンテーション）

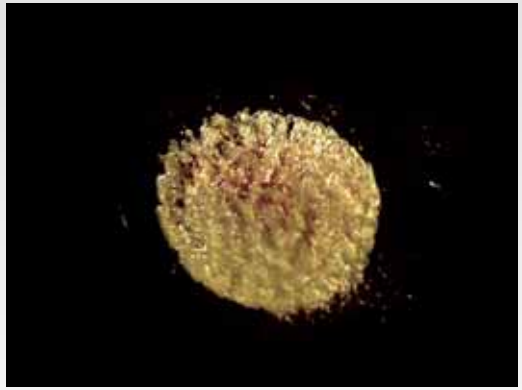
→ 殻と中身は目視で分けられるので
連番画像をAfterEffect上で区分け（とても原始的…）

次に扱ったデータ(ウィルス)

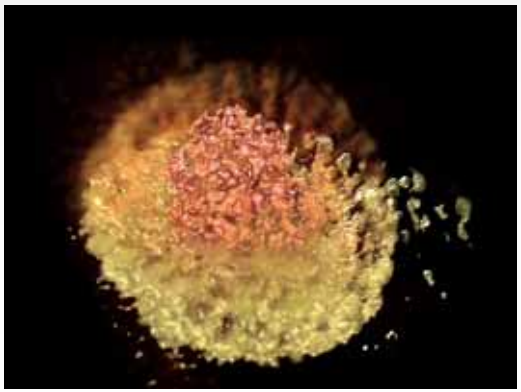


■半透明なりを駆使して
見た目に綺麗に





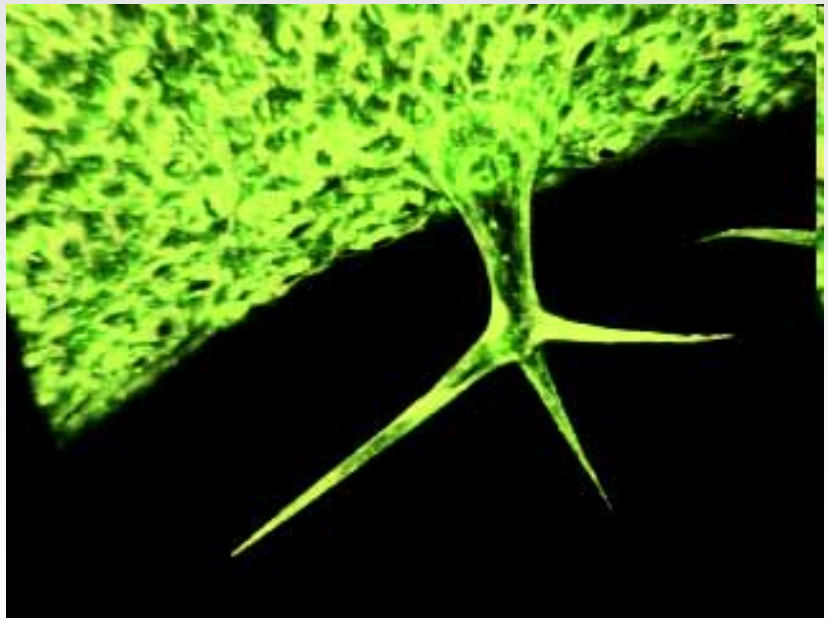
■ひとまず、見たいデータに関して
カメラワークなどをつけて
映像にすることが可能に



その他の色々なデータ

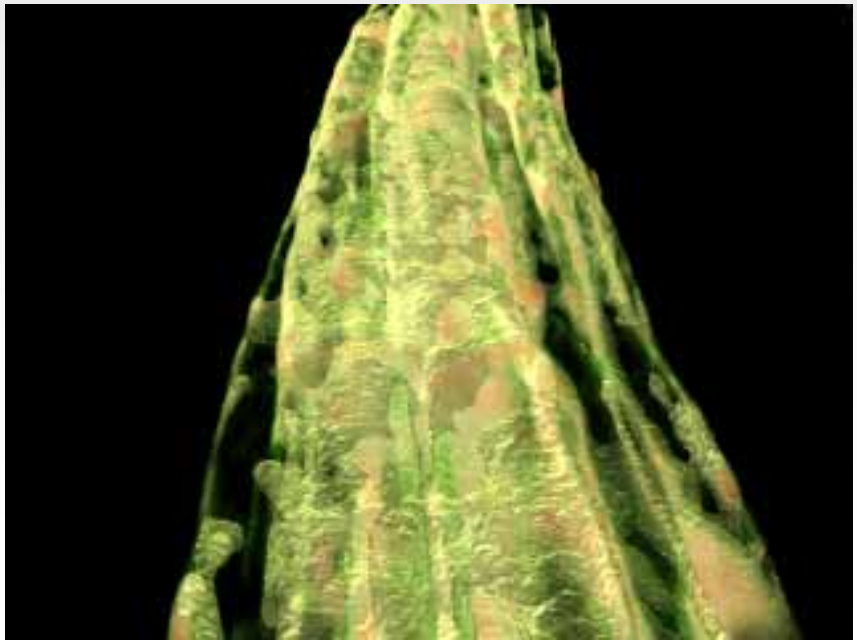
■共焦点顕微鏡による植物の立体データなど

ピンホイールで撮影して、
焦点の合っていない深度のデータははじかれるので
資料を動かしていきながら立体情報を構築



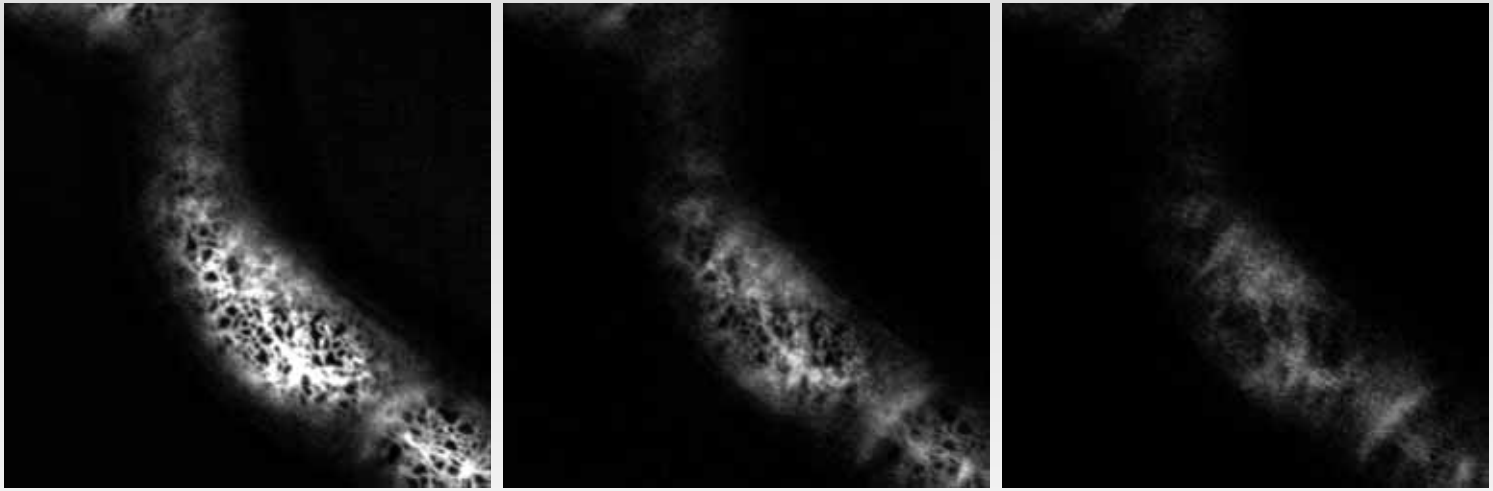
■シロイヌナズナ
（ボリューム表示と等値面）

■トライコーム



データの処理(タバコ細胞)

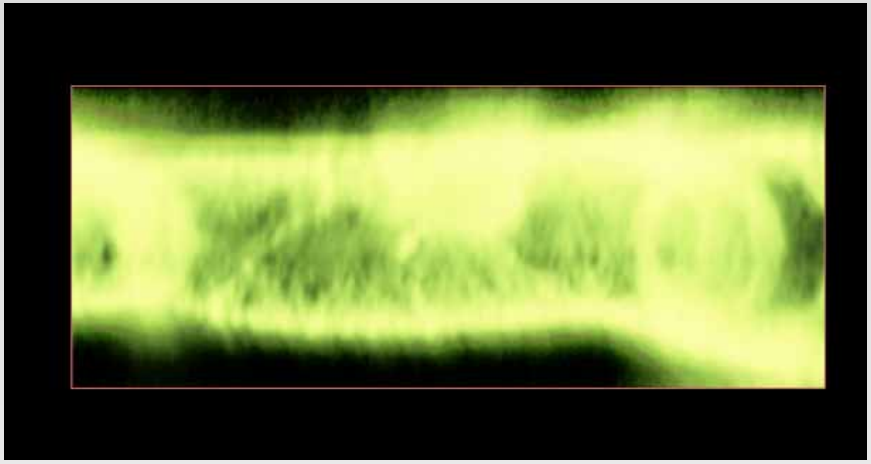
■共焦点顕微鏡による植物の
立体データなど



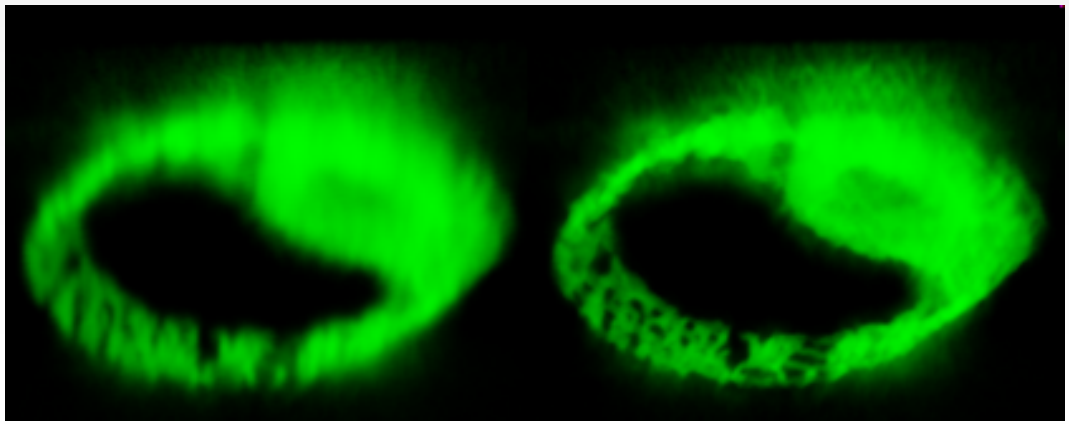
ただ実際に連番画像を見ると、
構造はもやーっと現れて、もやーっと消えていく。
（つまにz方向に伸びたように見える）

■z方向に関しては、やはり解像度がある程度低い

データの処理(タバコ細胞)

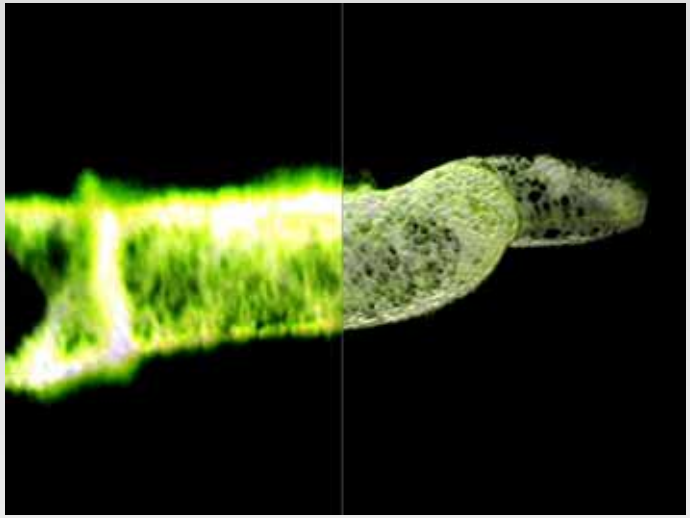


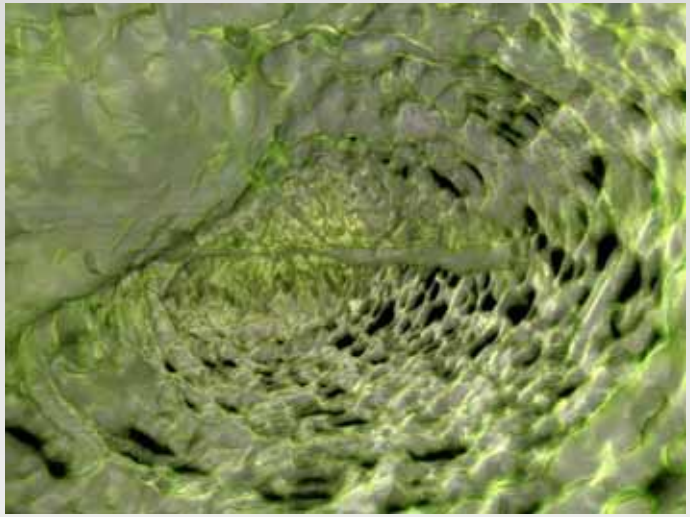
■上から見ると構造がはっきり見えるのに
横から見るとぼやーっと伸びている



■仕方が無いので、
z方向に広がったシグナル
を集中させる処理を…

データの処理(タバコ細胞)



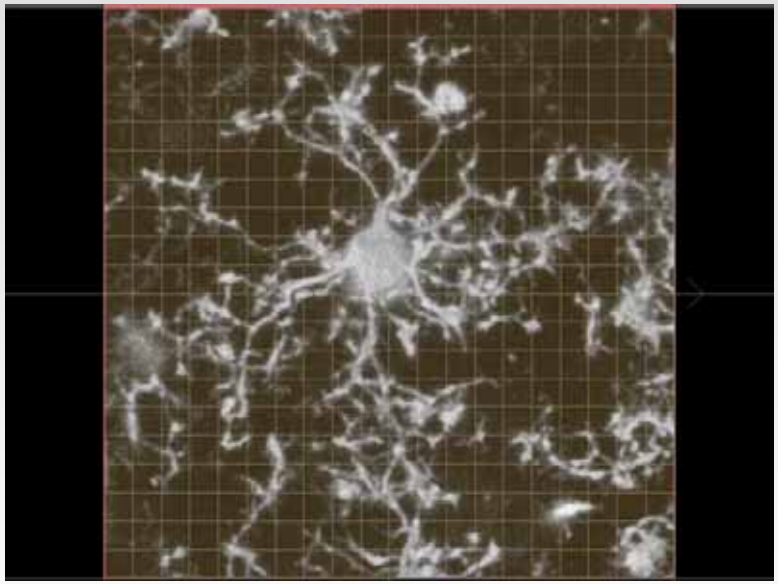


■処理済のデータを使って、等値面表示やフライスルーなど

時系列データ処理(グリア細胞)

■時系列データの表示など

■時系列データは、ものによっては結構揺れる。



動画の手振れなどの振動を抑える手段は結構あるけど、
z方向も見て振動を抑えるものはあまり無さそうだったので
z方向も含めたゆれ補正
（前後左右上下の平行移動のみだけど、結構良くなる）

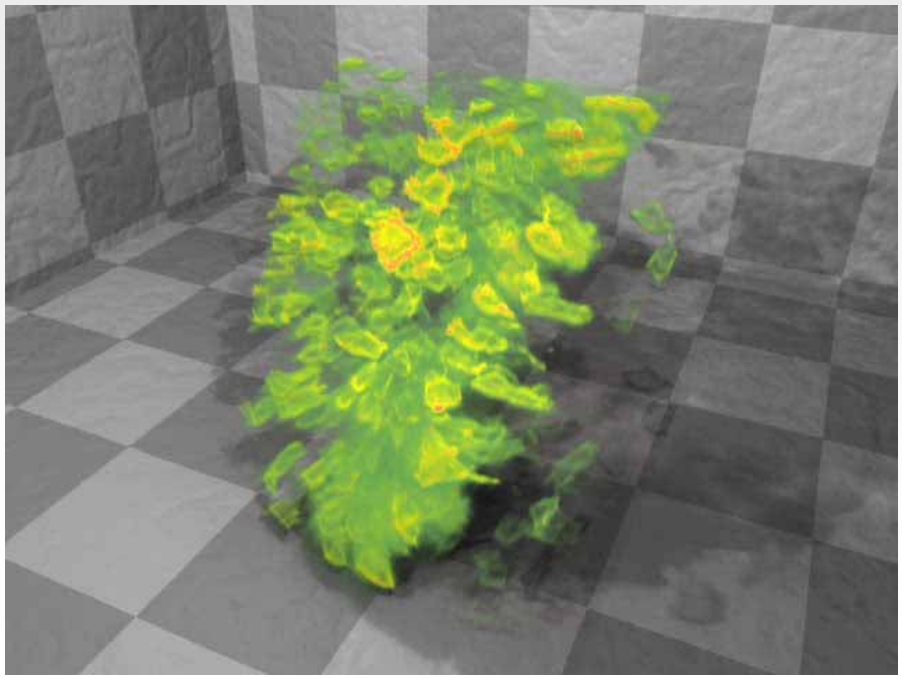
時系列データ処理

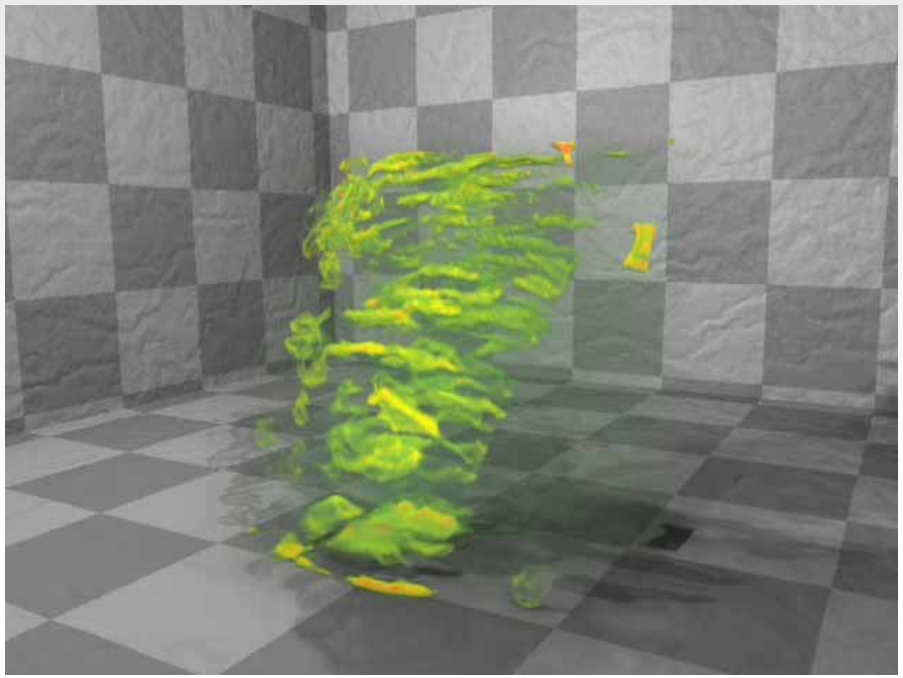
■魚の卵の中で脳がつくられる様子の時間進化

■元データ120GB　⇒ やむなく解像度を半分にして15GBぐらいに

■振動補正と、背景の追加

1 センチの100 分の1 より小さな細胞が、
だんだんと細長くなりながら、たくさん寄り集まって、
まるでチューブのような脳の素（もと）を形作ろうとしています。





差別化はどうしよう？

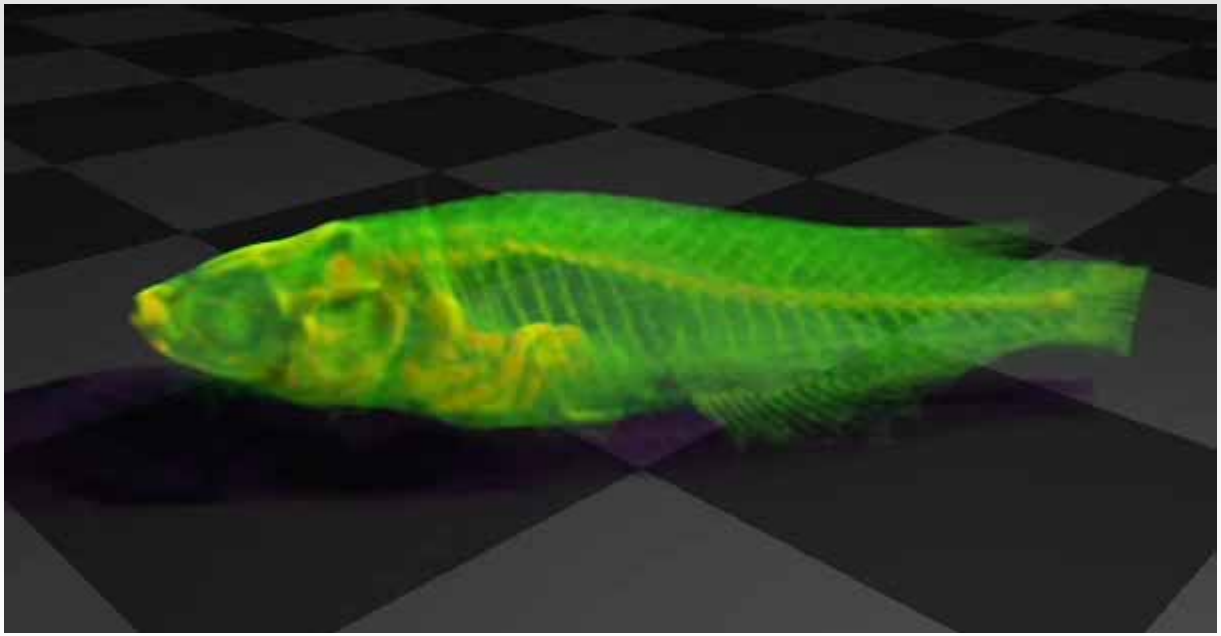
■DICOM VIEWER

■ところで、医療分野では、
やけによく出来たツールが存在している。

■その方向に攻めていってもこれはしょうがないか！

散乱の計算も入れる

■セルフシャドゥは立体の手がかりにもなるが、
構造を調べる上で邪魔にもなるので
普通の可視化では使わない。
光の散乱も入れれば、差別化にもなるか！

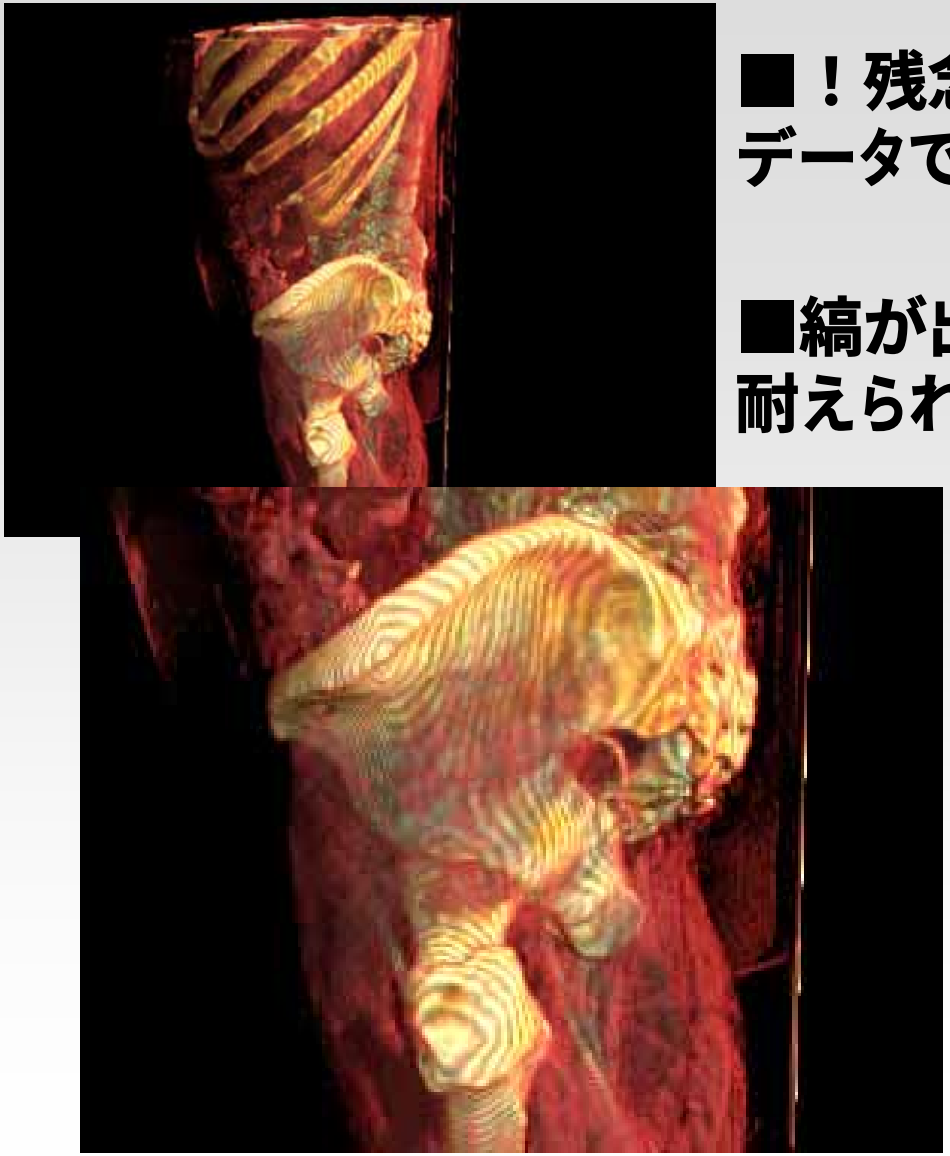


■重いけれども、いまどきのPC×複数台なら
これぐらいなら何とか…

散乱の計算も入れる

■人体のボリュームデータも、
少々見た目の傾向は違うが、影付きの
存在感のあるレンダリングができる。

散乱の計算も入れる

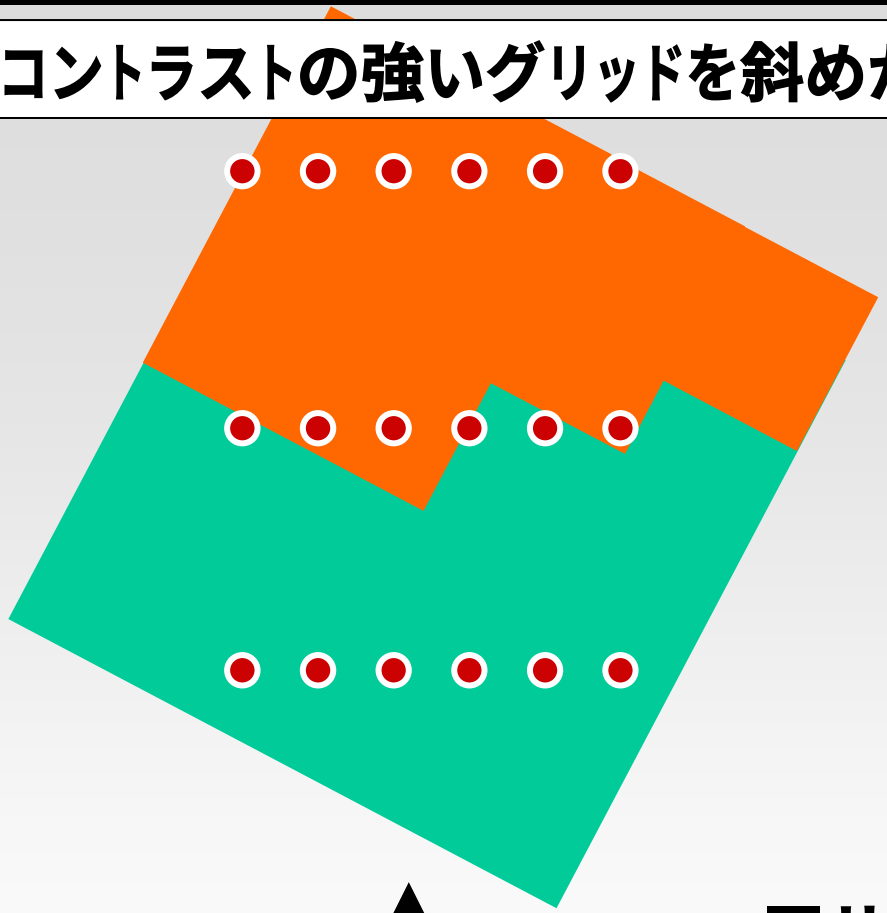


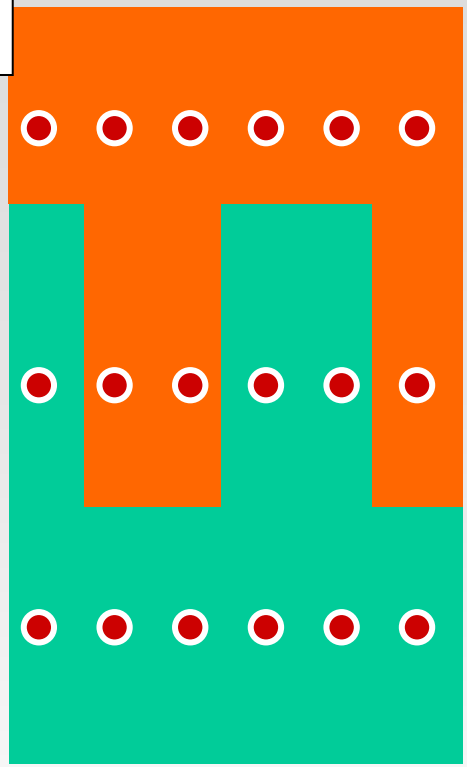
■！残念ながら、コントラストの高いデータで縞がでる！

■縞が出ないように画質をあげると、耐えられないほど重い！

散乱の計算も入れる

コントラストの強いグリッドを斜めから





サンプル点での
値だけで考えると

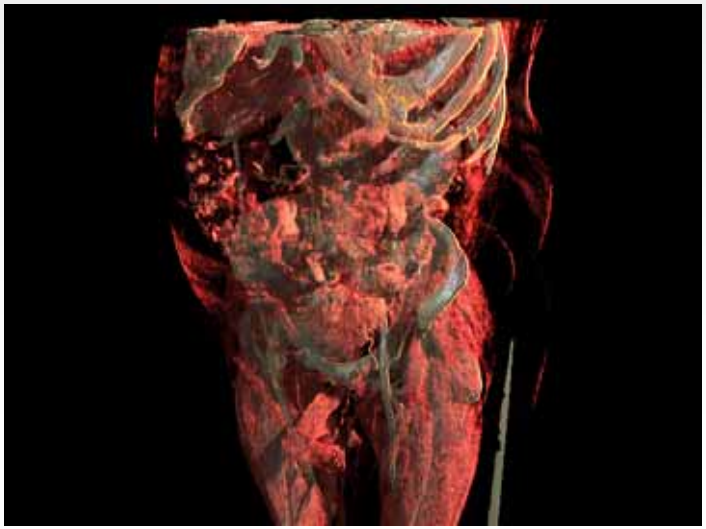
● サンプル点

視線

■サンプル点が少ないと
表面での評価が大きくずれる

■サンプル点を多くするととても遅い…

等値面表示…

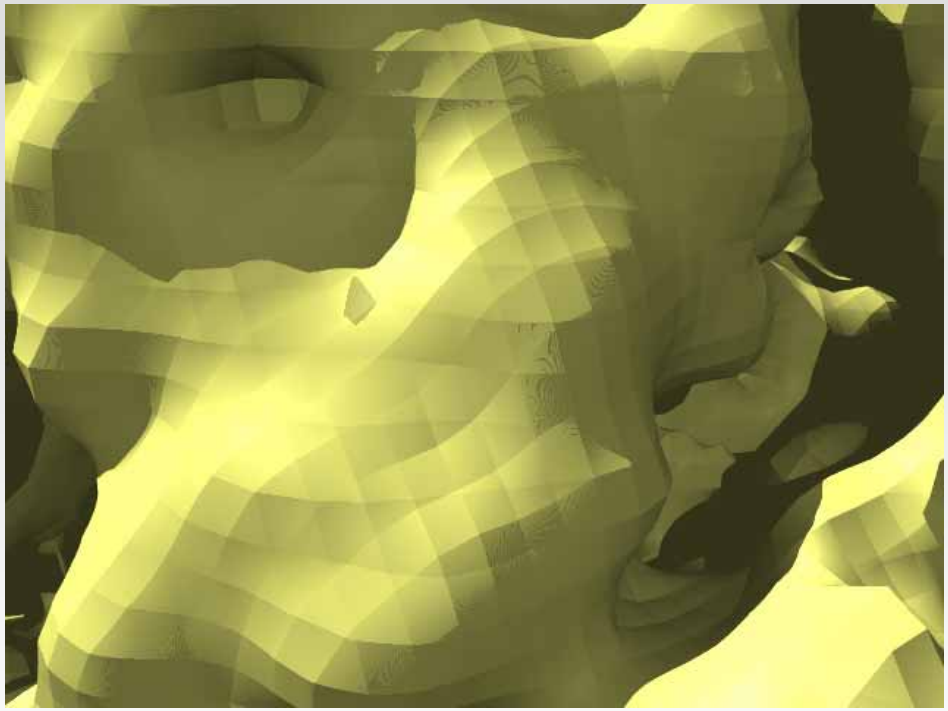


■結局等値面表示と組み合わせて
ボリューム表示しないと厳しかった…

（コントラストが弱い部分なら
サンプル点がある程度減っても見た目は平気）

等値面表示…

■PovRayで計算させたら



■メッシュが見える…
（厳密には見えるのが正しいが）

■カメラを近づけると
精度を上げないと縞がでる…

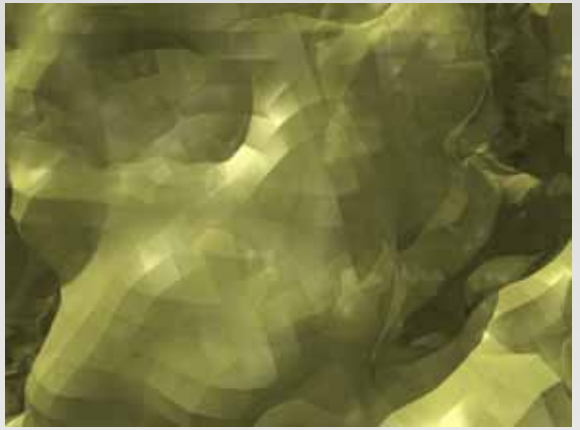
■半透明にしたら、
（何度も表面を計算するため）
精度を上げると重い…

■カメラを近づけなければ何の問題もないが…

等値面表示…

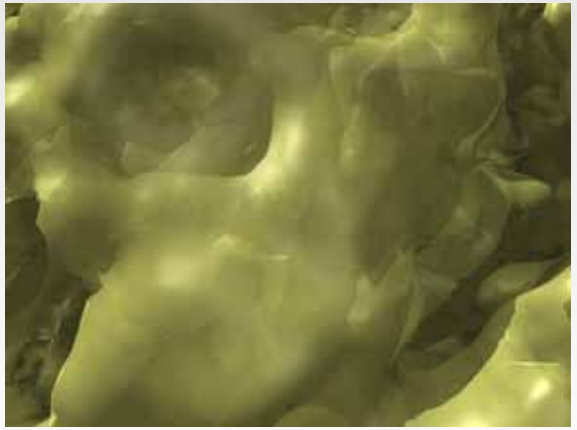
■計算させる

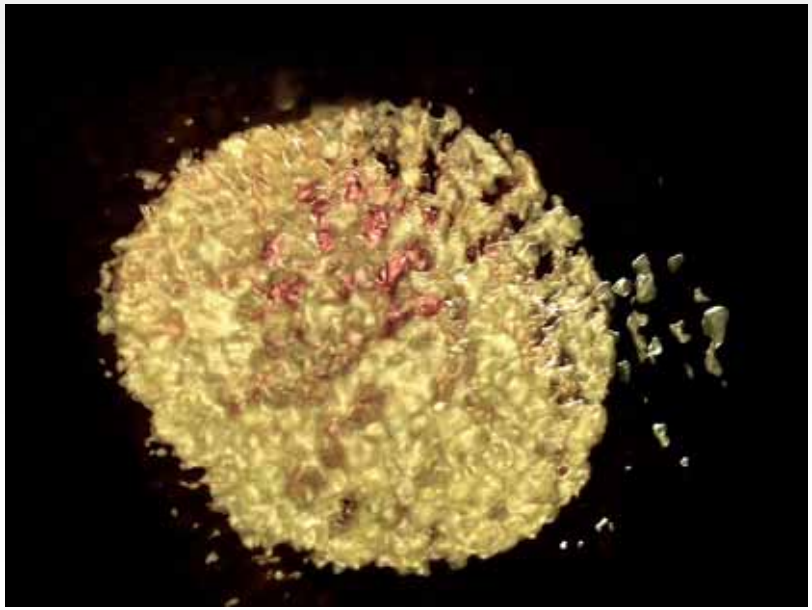
読み込み一瞬
レンダリング5分



■等値面オブジェクトを読み込ませる

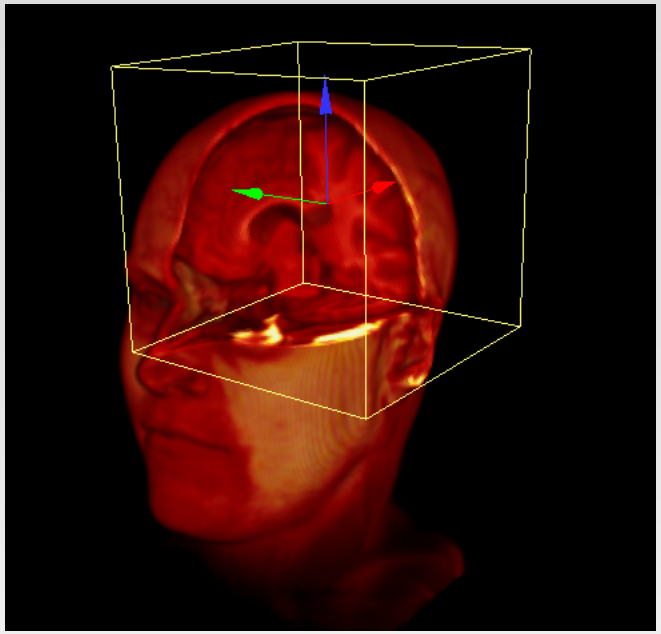
読み込み1分
レンダリング1分



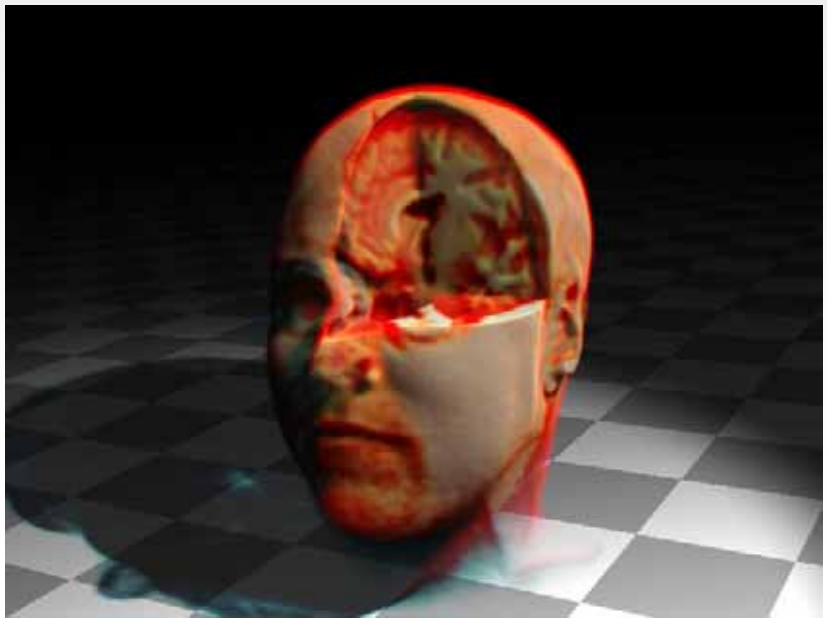


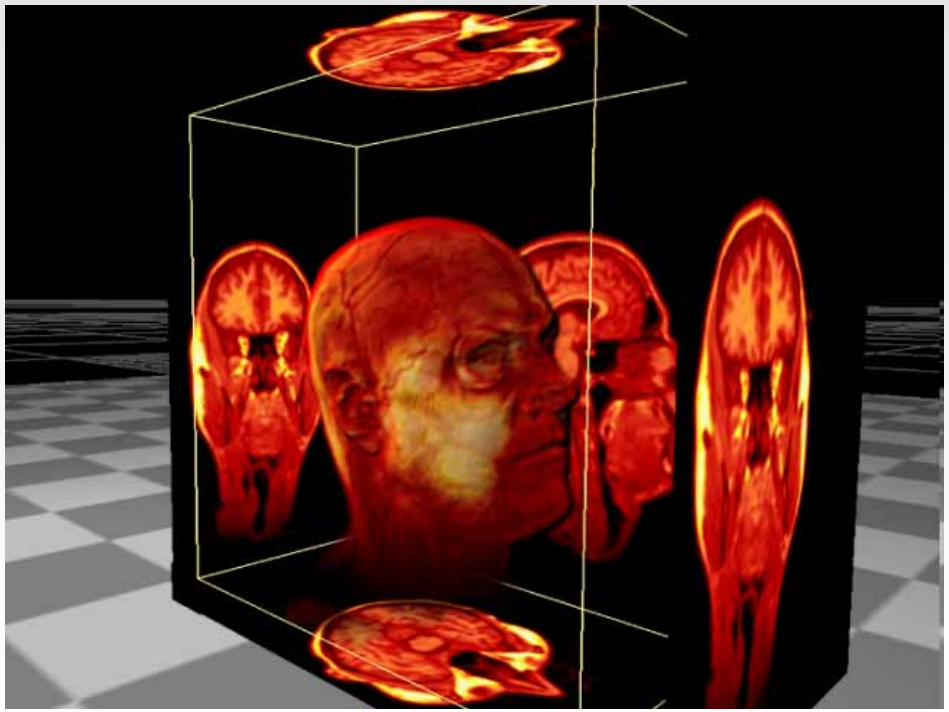
■こいつを作るときに、
毎フレームPovRayで計算させたのは
失敗だった…！

データの切り取り



■断面図や、三面図といった機能も
あったほうが良い



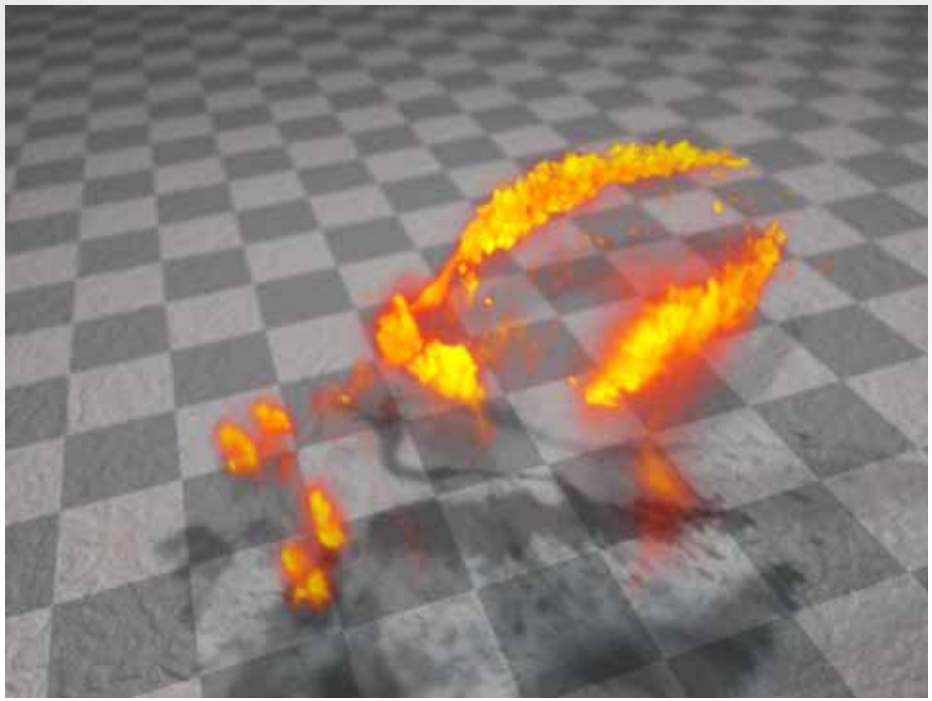


背景の追加

■背景の追加

■背景に何もないのは、少々寂しい。
（天文なら、星空を追加するなどの手段がある）

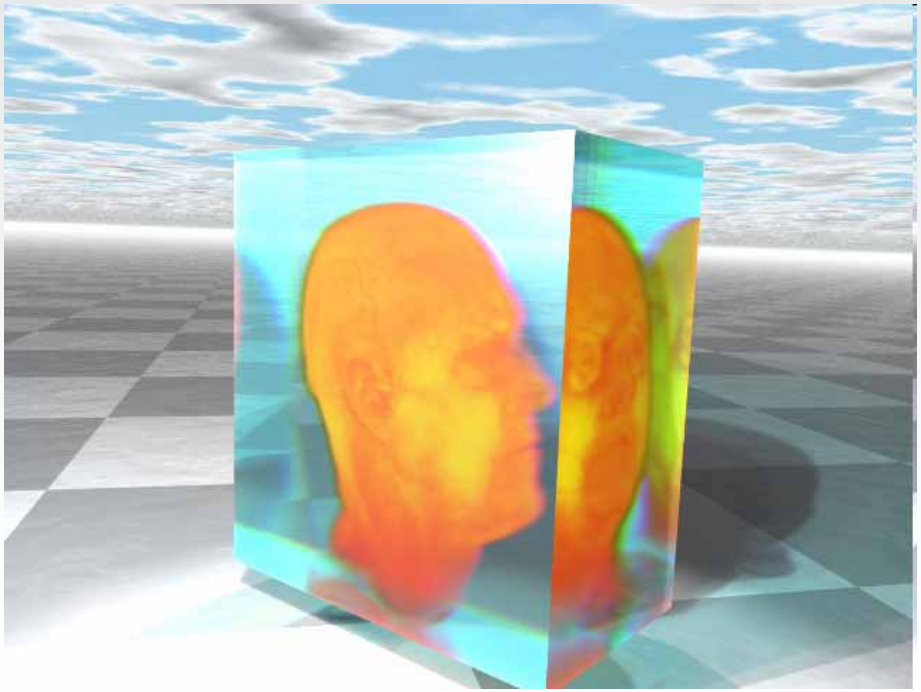
■カメラを移動させるのであれば、やはり
単純な背景でもあったほうが、位置関係が分かりやすい。



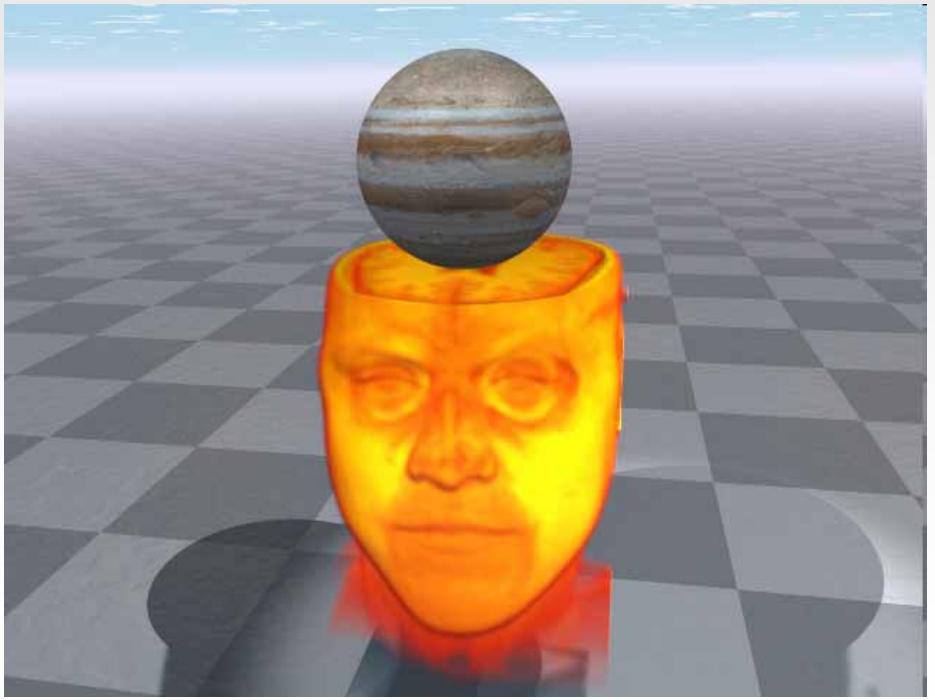
その他の機能など

■折角レイトレースで絵を作っているのだから…
と色々な設定も出来るように

屈折率を定義できるように…



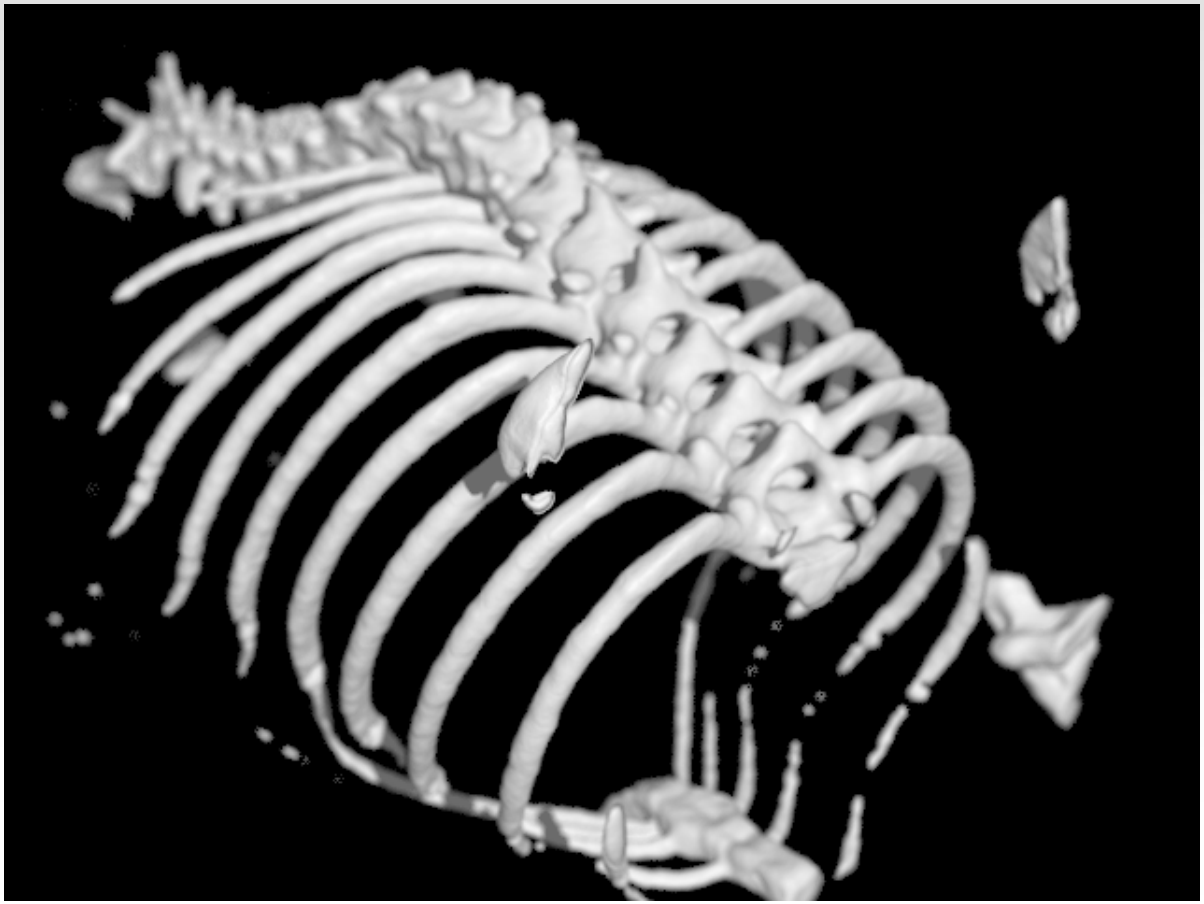
オブジェクトを配置できるように…



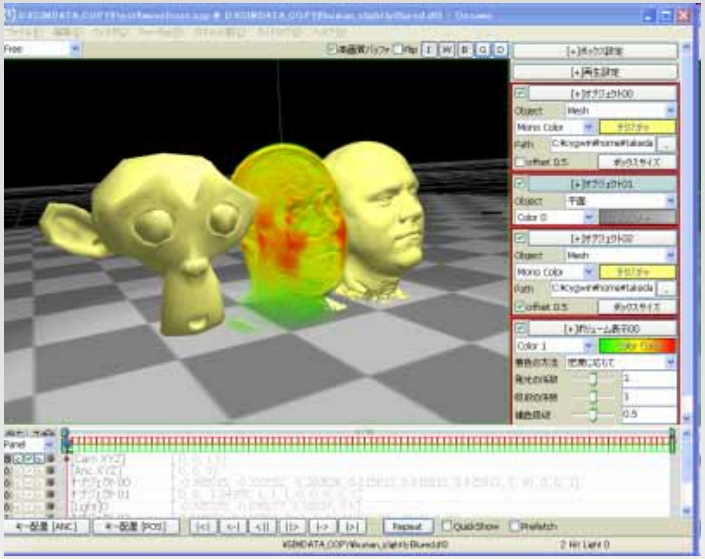
その他の機能など

■Focal Blur

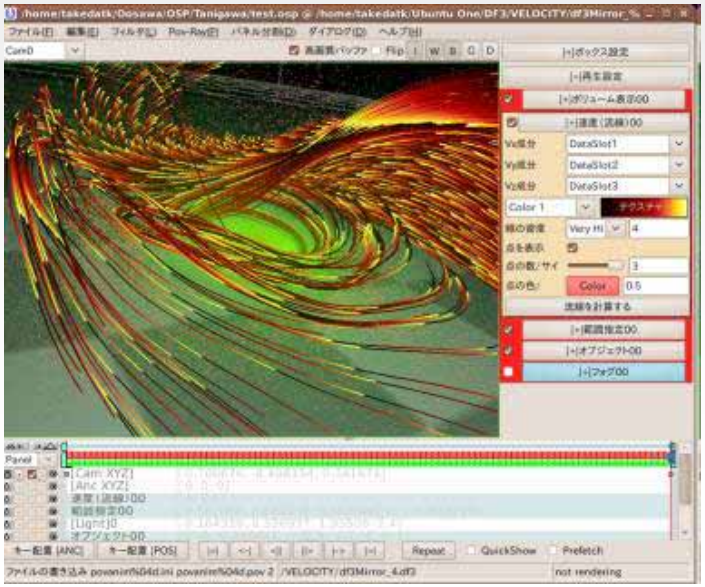
同じく、焦点ぼかしを適用することで、存在感の大きい絵に



その他の機能など



■.obj 形式の物体の表示
(テクスチャ情報はまだ未実装)

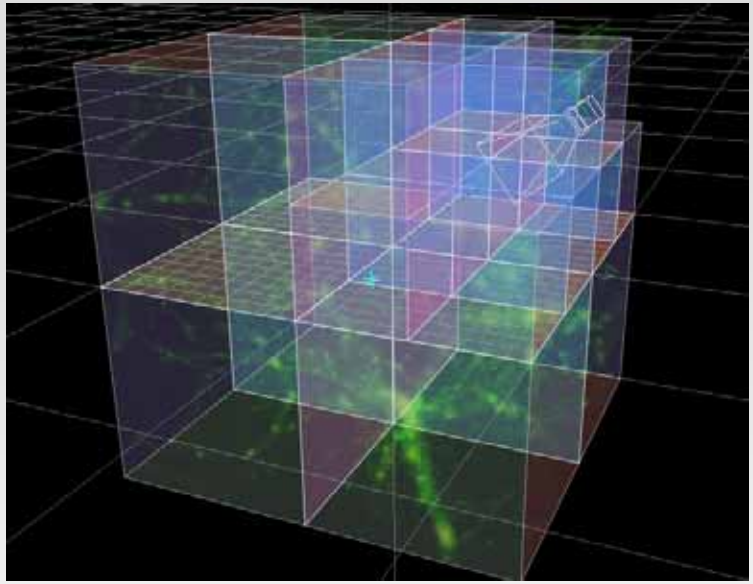


■流線の表示
(3つの成分をvx, vy, vzと解釈して)

□カラーカーブアニメーション
□流線を伸ばす
□粉を飛ばす

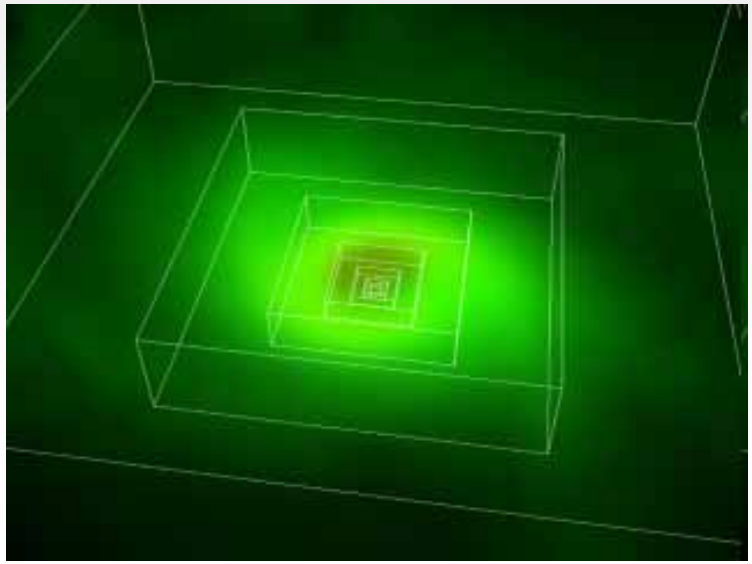
…などなどの機能も何とか実装

大規模データへの対応



■8分木ツリーの形式であれば

■レンダリング時に
カメラの距離に応じたデータで



■ネスティッドグリッドも一応対応

■レンダリング時に
中心近くでは詳細データで

□プレビューは対応していない

□境目が見えるのが難しい…

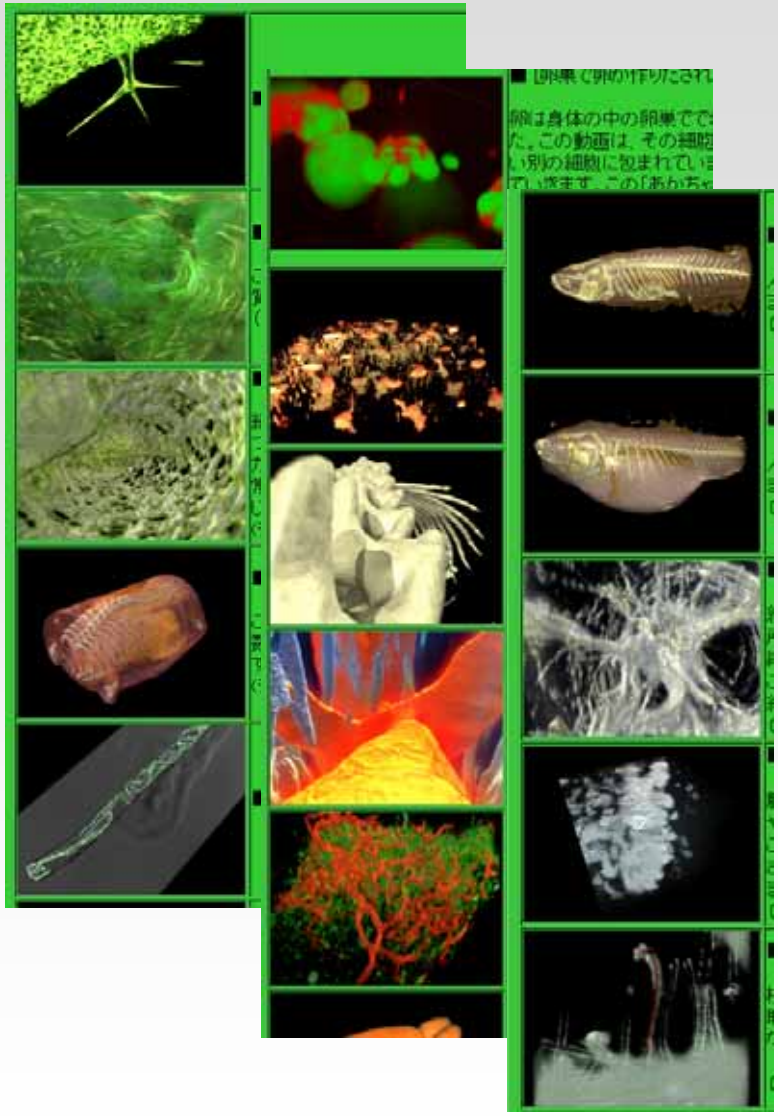
まとめ

■ボリュームデータを映像化するツール
Oosawaを開発して、生体データを可視化

■GUIで編集して、
PovRayで時間をかけてレンダリング

■結構綺麗な映像を作れる

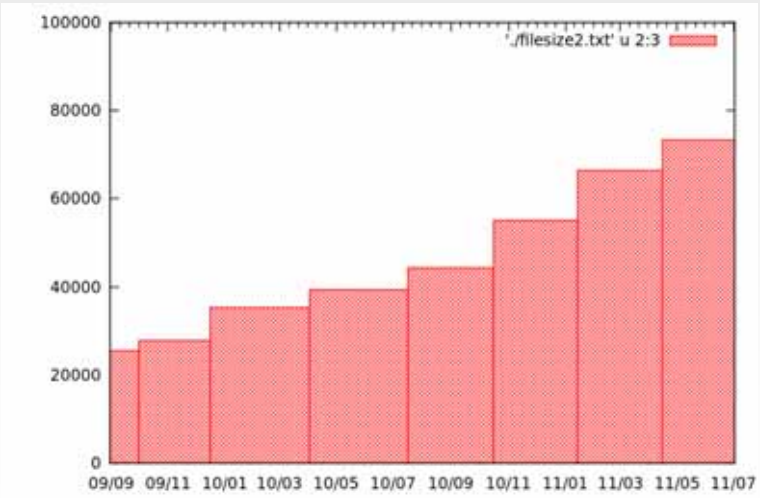
■差別化をしようと、画質をあげていくと
とてもレンダリング時間とか大変



Oosawaのコード

http://th.nao.ac.jp/~takedatk/COMPUTER/OOSAWA/oosawa.html

- ■Windows / Linux 版
- ■開発言語はC＋＋
- ■マルチプラットフォームなGUIライブラリとしてwxWidgetsを利用
- ■ソースコードごと公開中



7月の時点で空行、コメントを含んで
～7万3千行

興味があったら弄ってみてください