

# 医用ボリュームデータ 可視化の原理

佐藤 嘉伸

大阪大学 大学院医学系研究科 多元的画像解析分野

yoshi@image.med.osaka-u.ac.jp

http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/yoshi/



## 講義の予定:

医用3次元データ解析の原理と応用

3次元データの可視化  
ボリュームグラフィックスの基礎

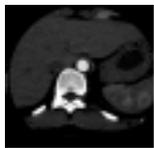
3次元データの情報量  
等方ボクセルの本質的利点

3次元データの定量化  
強調処理, 領域の切り出し, 定量化

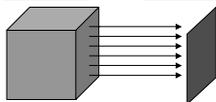
3次元データの統合  
異種データの統合, 手術支援システム

## 医用ボリューム(3次元)データの可視化

ボリュームデータ  
(CT Angiography)



ボリューム 可視化画像



可視化画像 (Volume Rendering)

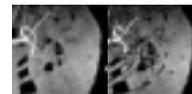


## ボリュームデータの可視化

Maximum Intensity Projection (MIP)

最大値表示 (MIP)

極大値表示 (LMIP: Local MIP)



Surface Rendering (SR)

表面の陰影表示

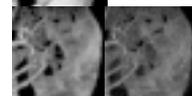


Volume Rendering (VR)

ボリュームの透過表示

陰影なし (Unshaded)

陰影つき (Shaded)



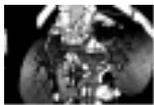
## ボリュームデータ可視化法の比較

	SR	VR Unshaded	VR Shaded	MIP	LMIP
濃淡	×				
形状					
空間関係				×	
客観性				×	×

客観性: しきい値などへの依存性  
多様性: 多彩な描画表現能力



MIP



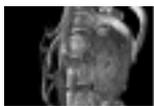
LMIP



SR

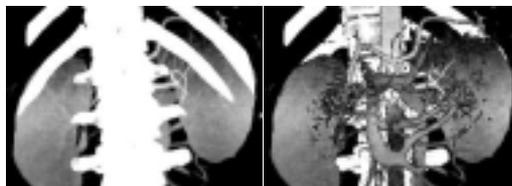


VR Unshaded



VR Shaded

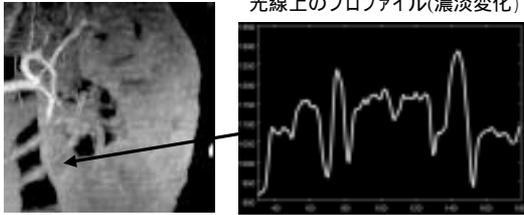
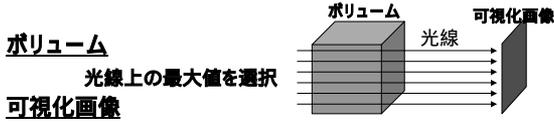
## Maximum Intensity Projection (MIP)



MIP

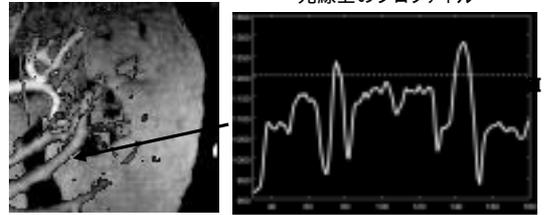
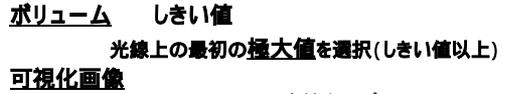
LMIP

## MIP

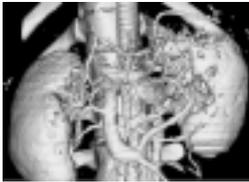


## LMIP: Local Maximum Intensity Projection

Y. Sato, et al., JCAT, 22(6), 1998.

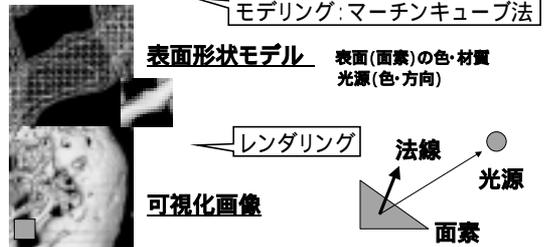


## Surface Rendering



## Surface Rendering

ボリューム しきい値



## モデリングの原理: マーチンキューブ法

### 高解像度3次元形状モデリング手法

W. E. Lorensen and H. E. Cline, Computer Graphics, 21(3), 1987.

原画像に適用



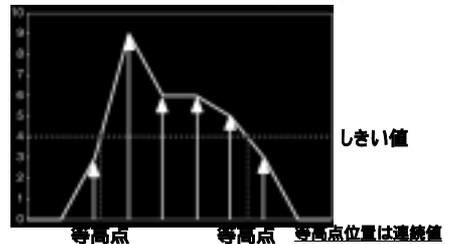
二値画像に適用



## モデリングの原理: マーチンキューブ法

### 1次元マーチンキューブ(インターバル)法

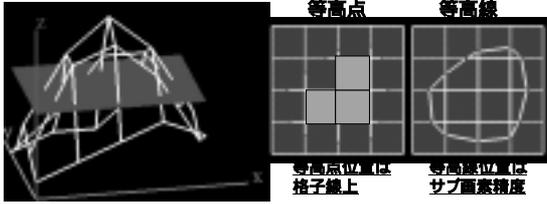
離散点での濃淡値を線形内挿して、2次元空間にプロットし、しきい値に対応する直線で切った切断点(等高点)



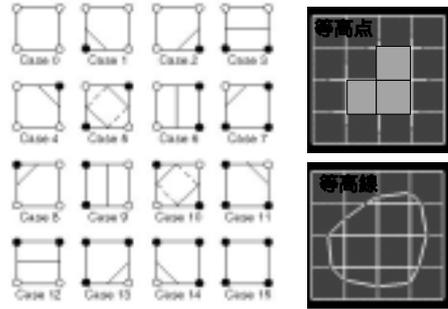
## モデリングの原理: マーチンキューブ法

### 2次元マーチンキューブ(スクエア)法

3次元空間のしきい値平面で切った切断輪郭(等高線)



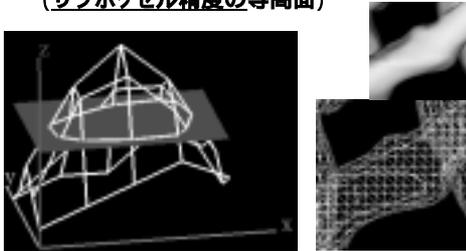
## 2次元マーチンキューブ(スクエア)法 等高点から等高線へ



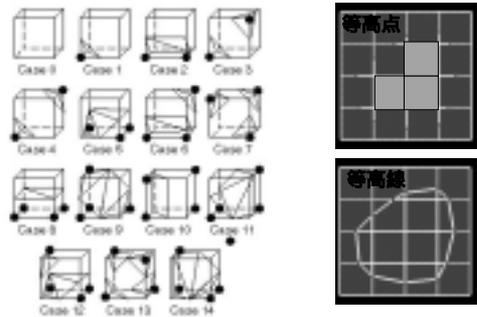
## モデリングの原理: マーチンキューブ法

### 3次元マーチンキューブ法

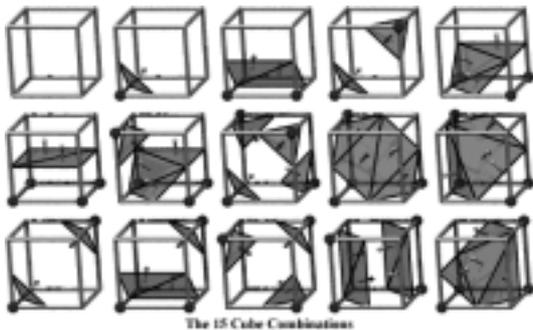
4次元空間のしきい値超平面で切った切断表面  
(サブボクセル精度の等高面)



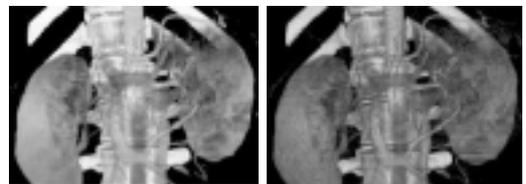
## 3次元マーチンキューブ法 等高点から等高面へ



## 3次元マーチンキューブ法 等高点から等高面へ



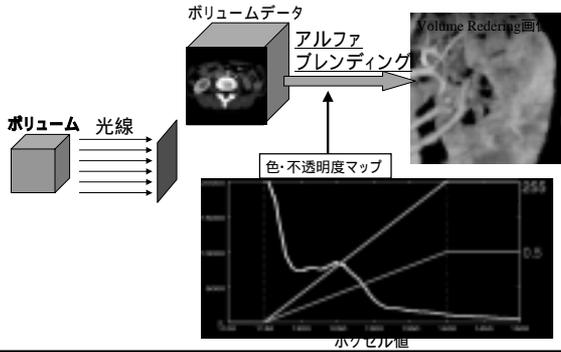
## Volume Rendering



VR Unshaded

VR Shaded

## Volume Rendering: Unshaded (陰影なし)



## 不透明度合成の原理: アルファブレンディング

ボクセル = 半透明の色つきゼリー

色, 不透明度 (0 ~ 1.0) 各ボクセルの画素値への寄与

透過した光線の強さ × 不透明度 × 色

$$(1 - R) \times (1 - G) \times B \times B$$

$$(1 - R) \times G \times G$$

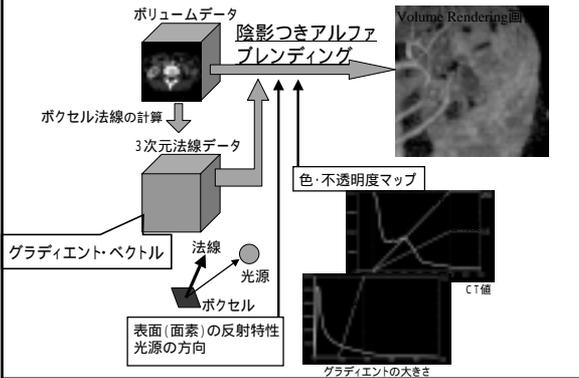
$$1 \times R \times R$$

光線 (強さ 1)

光線に対応する画素値

演習問題 C: 光線に沿ったアルファブレンディングの一般式をかけ. 光線に沿ってN個のボクセルがあるとし,  $i (1 \sim N)$ で参照する.  $i = 1$ が最も視点に近いとする. また, 不透明度を  $\alpha_i$ , 色を  $C_i$ とする.

## Volume Rendering: Shaded (陰影つき)



## ボクセル法線計算の原理: グラディエントベクトル

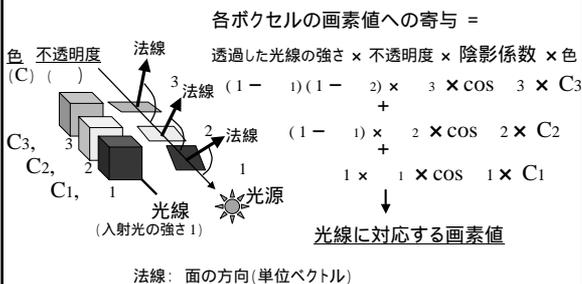
グラディエントベクトルの方向: 濃淡変化が最大となる方向  
グラディエントベクトルの大きさ: 濃淡変化の大きさ



法線 = グラディエントベクトルの方向

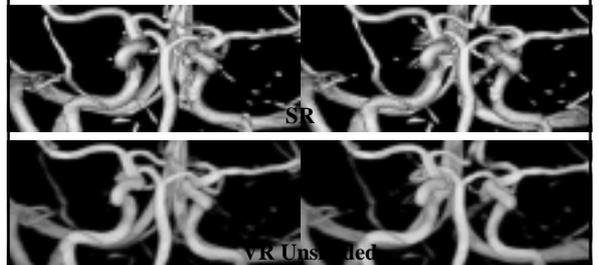
近傍ボクセルからの推定

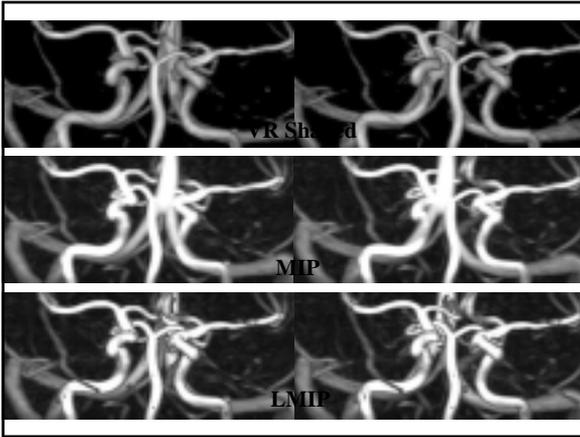
## 陰影つきアルファブレンディング



## ボリュウムデータ 可視化法の比較

Phase Contrast MR Angiogram





**ポリウムグラフィックス  
フリーソフト**

**Visualization Toolkit (VTK)** 開発元: GE (General Electric)  
 動作環境: Unix, Windows <http://www.kitware.com>  
 機能: SR, VR (Shaded, Unshaded), 種々の3次元画像解析ツール  
 特徴: C++クラスライブラリ, Tcl/Tk スクリプト言語をサポート。

**Volpack** 開発元: スタンフォード大学  
 動作環境: Unix <http://graphics.stanford.edu/software/volpack/>  
 機能: VR (Shaded)  
 特徴: C関数ライブラリ。  
 不透明度関数設定におけるグラディエントの利用可能。

**医用ポリウムデータ可視化の原理:  
まとめ**

**Maximum Intensity Projection (MIP)**  
 極大値選択による整合性のある前後関係の描出:  
LMIP: Local Maximum Intensity Projection

**Surface Rendering (SR)**  
 高解像度3次元モデリング: マーチンキューブ法

**Volume Rendering (VR)**  
 陰影なし (Unshaded)  
 不透明度合成: アルファ・ブレンディング  
 陰影つき (Shaded)  
 法線ベクトル計算: グラディエント・ベクトル

**医用3次元データ解析の原理と応用: 続編**

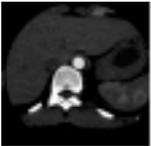
**3次元(ポリウム)データの情報量  
等方ボクセルの本質的利点**

**3次元(ポリウム)データの定量化  
強調処理, 領域の切り出し, 定量化**

**3次元データの統合  
異種データの融合, 手術支援システム**

**医用3次元データの可視化: 演習問題**

•以下のCTデータに対して、MIP法を用いて腎血管を描出するためには、CTの原データに対して、どのような前処理を施すことが必要か？




MIP



(参考: LMIP像)

