



情報メディア工学特論

可視化技術の基礎

2004/10/19

京都大学高等教育研究開発センター情報メディア教育部門

学術情報メディアセンター連携研究部門(兼任)

大学院工学研究科電気工学専攻(兼担)

小山田耕二



コース概要 (1/2)

- ガイダンス・ボリュームコミュニケーション技術による協調可視化環境の実現 (10/5)
- 可視化技術基礎
 - スカラデータ可視化技術 (10/12)
 - ボリュームレンダリング技術 (10/19)
 - ベクタ・テンソルデータ可視化技術 (10/26)
- ボリューム処理技術
 - 生成技術 (多視点映像処理、ボクセル生成) (11/2)
 - 表示技術 (多視点表示、全方位表示) (11/9)

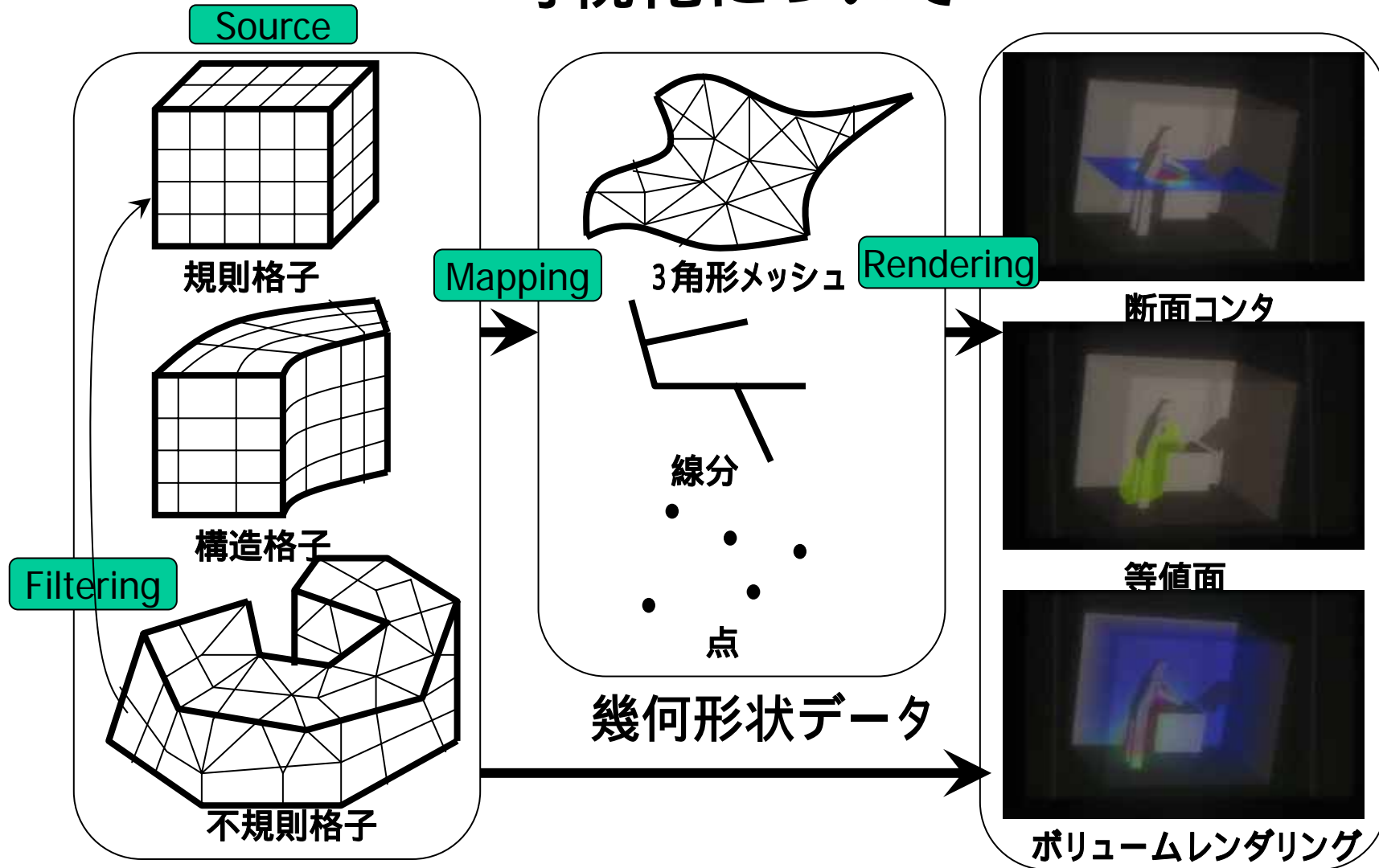


内容

- 可視化技術の基礎
 - スカラデータ表示技術
 -
 - ボリュームレンダリング表示
 - 散乱方程式
 - 輝度値方程式
 - 計算アルゴリズム



可視化について

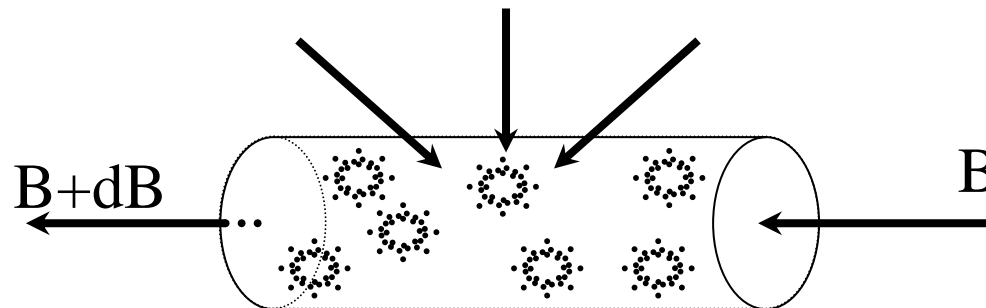




散乱方程式

- Blinnのモデル
 - 同一半径をもつ粒子が均一に分布する.
 - 粒子の半径は,十分小さく,かつ粒子表面の反射率が小さい
- 雲状の物体の中での光の放射を記述
- 円筒状のチューブにおける放射強さ(B)の差を考えるとにより定式化

$$\begin{aligned} dB(\underline{X}, \underline{D}) &= -(\text{粒子による吸収}) + (\text{粒子による散乱}) \\ &= (-B(\vec{X}, \vec{D}) + \int p(\vec{D}, \vec{D}') \times B(\vec{X}, \vec{D}') d\omega) \times \pi r^2 \rho' dt \end{aligned}$$





輝度値方程式

- 散乱方程式では,光はすべて外側からやってきて,雲状の物体は,これを散乱させる
- ボリュームレンダリングでは,データを表示するという立場から粒子自身が光を放つという仮定をおく.

$$dB(t) = -(\text{粒子による吸収}) + (\text{粒子による発光})$$



輝度値方程式

- 光源から粒子にいたる経路における積分計算が不要となる.
- 粒子自身が光を放つことによりボリュームデータの内部構造も強調された画像が作成できる.
- 両辺に $\exp\left(\int_{t_n}^t \rho(u) du\right)$ を乗じて輝度値方程式を解く

$$B = \int_{t_n}^{t_0} c(t) \times \rho(t) \times \exp\left(-\int_t^{t_0} \rho(\lambda) d\lambda\right) dt$$

指数項は,粒子による発光が視点に到達する確率を表現

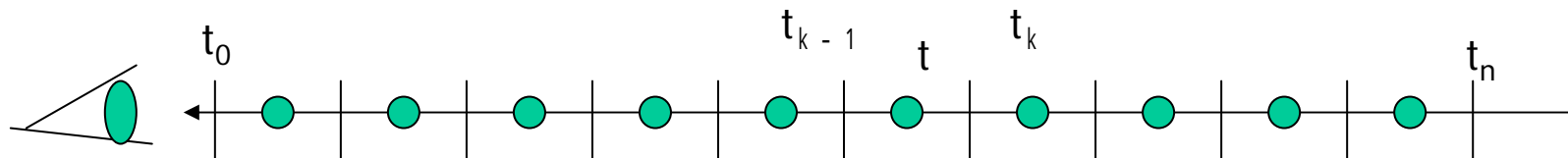




輝度値の数値計算

- 輝度値Bを数値的に計算するには、視線上に定義される積分領域を粒子による発光が一定と見なせる刻み幅で分割する

$$B_k = \int_{t_k}^{t_{k+1}} c_k \times \rho(t) \times \exp\left(-\int_t^{t_0} \rho(\lambda) d\lambda\right) dt$$





不透明度の定義

- k番目の積分領域で 不透明度なる変数を定義

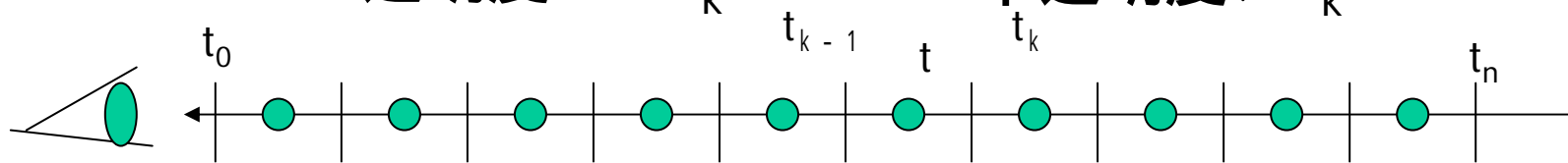
$$B_k = \int_{t_k}^{t_{k-1}} c_k \times \rho(t) \times \exp\left(-\int_t^{t_n} \rho(\lambda) d\lambda\right) dt$$

$$B_k = \left(\prod_{i=0}^{k-2} \exp\left(-\int_{t_{i+1}}^{t_i} \rho(\lambda) d\lambda\right)\right) \times \int_{t_k}^{t_{k-1}} c_k \times \rho(t) \times \exp\left(-\int_t^{t_{k-1}} \rho(\lambda) d\lambda\right) dt$$

$$= \left(\prod_{i=0}^{k-2} \exp\left(-\int_{t_{i+1}}^{t_i} \rho(\lambda) d\lambda\right)\right) \times c_k \times \left(1 - \exp\left(-\int_{t_k}^{t_{k-1}} \rho(\lambda) d\lambda\right)\right)$$

透明度: 1 -

不透明度:

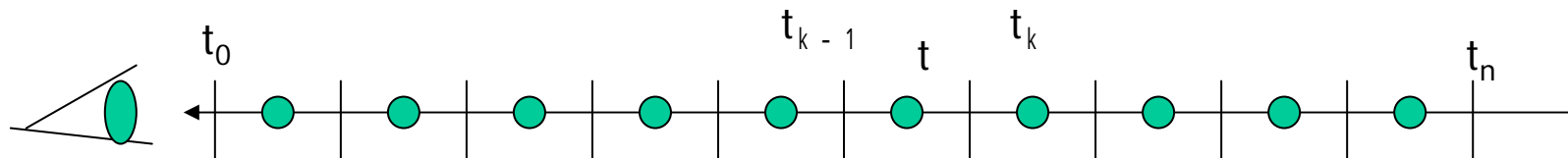




輝度値の数値計算

- 新しい変数,不透明度 を導入することにより指数項を取り除くことができ,輝度値Bは、

$$B = \sum_{i=1}^n c_i \times \left(\alpha_i \prod_{j=1}^{i-1} (1 - \alpha_j) \right)$$



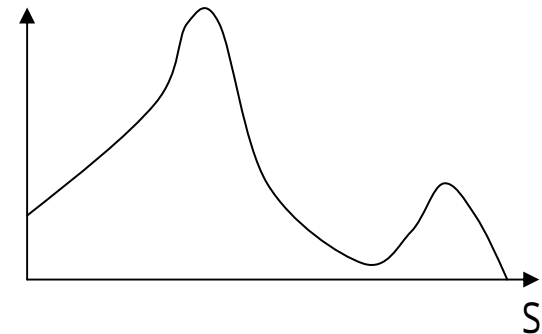


不透明度の指定

- 不透明度は、カラーマッピングと同じようにスカラデータ値の関数として指定する（但し、積分領域の長さ を一定と考える.）

k

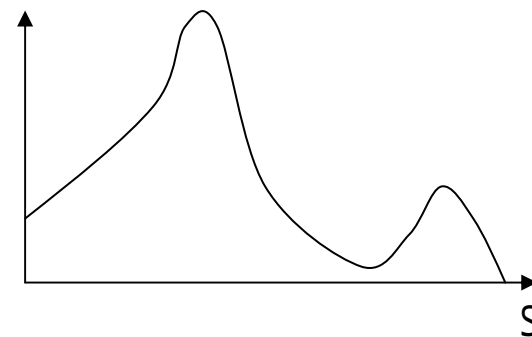
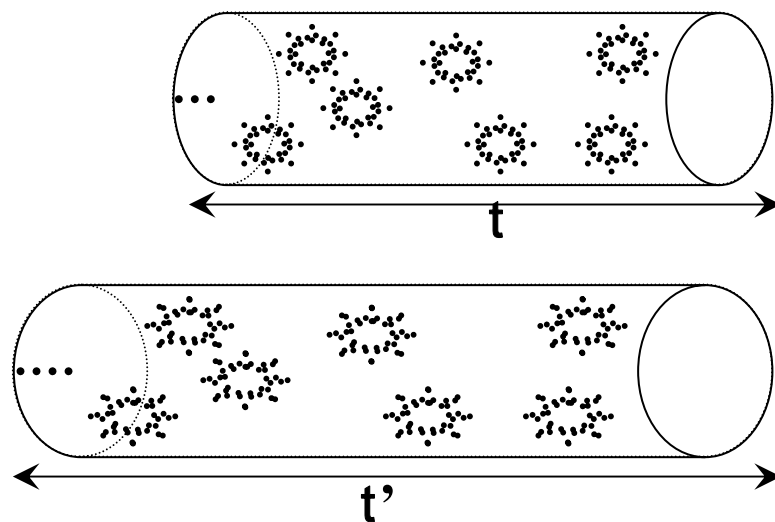
- 強調したいデータ値に対しては、大きな不透明度(最大値は1.0)を指定し、そしてあまり強調したくないデータ値に対しては、小さな不透明度(最小値は0.0)を指定する.
- スカラデータ値と不透明度の関係を定義することにより、ボリュームデータの定義されている3次元領域において粒子密度を設定したことになる.





不透明度の補正

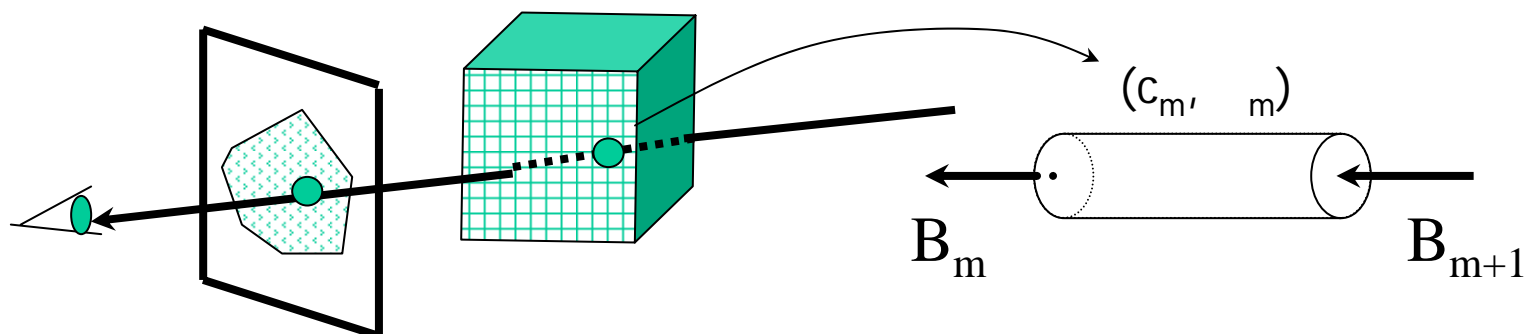
- 実際の積分領域の長さ t' が t と違う場合は, 以下の補正を行う.





ボリウムレンダリング表示 計算アルゴリズム

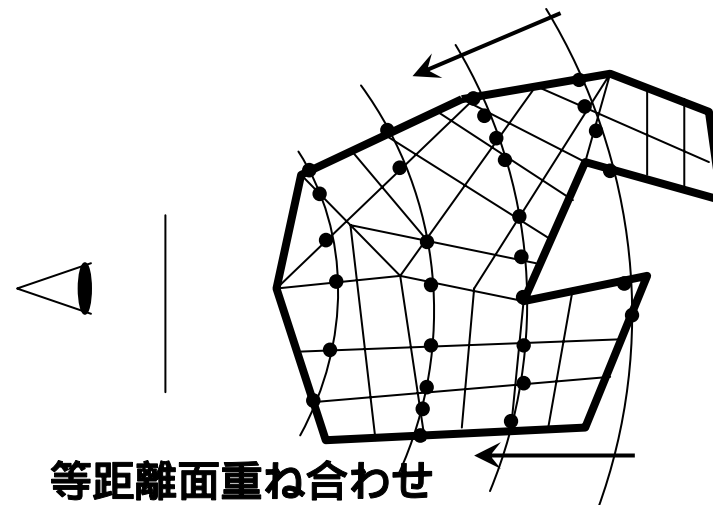
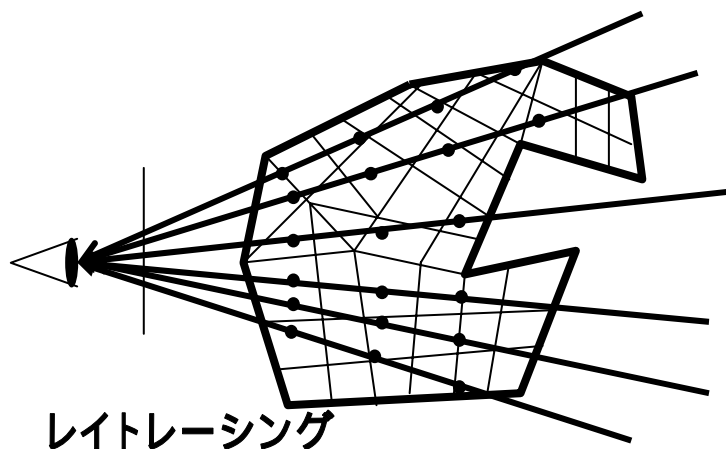
- 視線探索法(レイトレーシング法)に基づく計算アルゴリズム
- 各々のグラフィックスディスプレイ上の画素点について
- 視点と画素点を通過する視線を定義
- 中間輝度値の初期値 を0に設定し、視線上のサンプリング点について(奥から順に)
 - サンプリング点を含む格子においてデータ・勾配データを補間計算する.
 - 補間計算されたデータ・勾配データを使って,不透明度,発光量 を計算する.
 - 不透明度や発光量による寄与を中間輝度値に加算する.





等値面を使った高速アルゴリズム

- 全ての視線において, サンプリング点が視点からの距離を同じくするように配置されていると仮定すると, 対応するサンプリング点は, 視点を中心とする球面を形成
 - レイトレーシングに基づくアルゴリズムは, 視線ごとに最終輝度値を計算
 - 本アルゴリズムでは, 対応するサンプリング点の作る球面ごとに中間輝度値を計算
 - 全ての画素での中間輝度値を格納するためのメモリ空間(フレームバッファ)が必要





まとめ

- ボリュームレンダリング技術の基礎について理解した
 - 散乱方程式
 - 輝度値方程式
 - レイトレーシングアルゴリズム
 - 等距離面重ね合わせ



小テスト(氏名:)

- ボリュームレンダリング技術についてみなさんの研究テーマに関する適用を考えてください。

- koyamada@kudpc.kyoto-u.ac.jp
- <http://www.viz.media.kyoto-u.ac.jp>
- 講義からはいってください