



# 流体アニメーションと メタボール

コンピュータグラフィックス基礎（第10回）

# 流体アニメーション

- **流体**

- 炎、煙、雲、水（液体）など



- **CGの研究分野・映像表現において最も注目が集まっているもののひとつ**

# 水のアニメーション

- 映画などで特に利用頻度が高い



# 流体シミュレーション

- Navier-Stokes (ナビエ・ストークス) 方程式
  - 流体の支配方程式

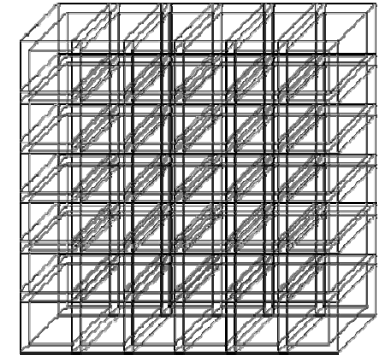
$$\nabla \cdot \vec{u} = 0$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} = -(\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{u} + \vec{f}$$

- コンピュータで流体をシミュレートするにはこの方程式に基づいて、時間を少しずつ進めながら状態を更新していく
- 時間を更新する刻み幅：タイムステップ

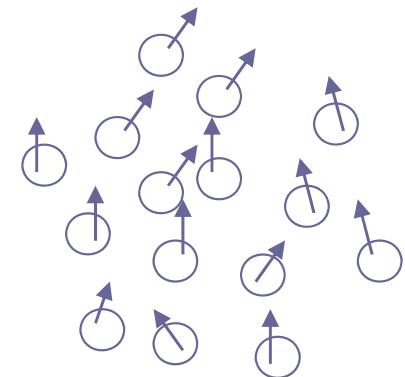
# シミュレーション手法

- **グリッドベース (Eulerian)**
  - 流体の全体的な挙動を捉えやすい
  - 格子解像度より細かい動きを捉えられない



グリッドベース

- **パーティクルベース (Lagrangian)**
  - しぶきなどの局所的かつ詳細な挙動を捉えやすい
  - 粒子数が少ないと挙動をうまく捉えられない

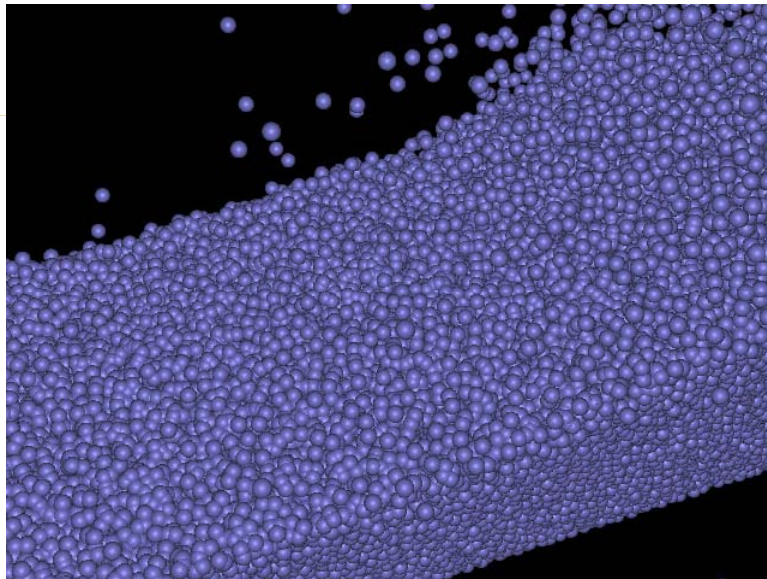


パーティクルベース

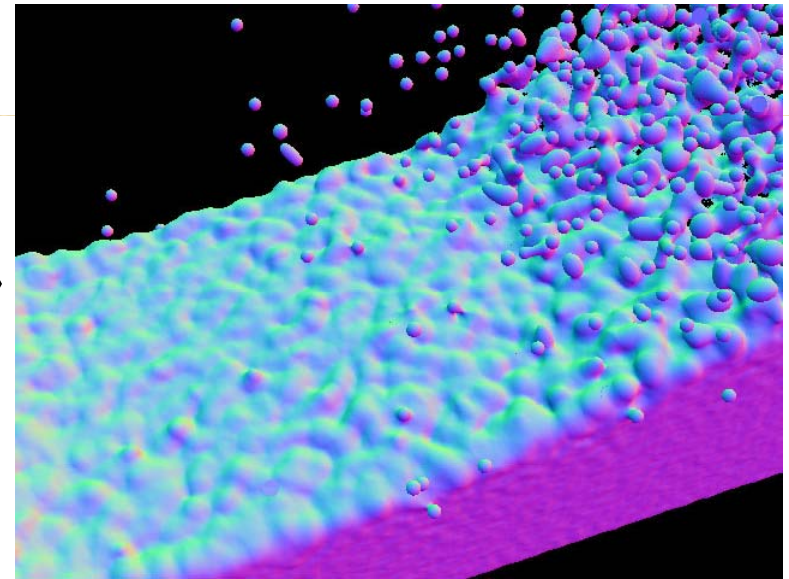
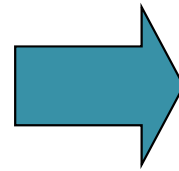


# 粒子ベースシミュレーション結果のレンダリング

- メタボールが使われる



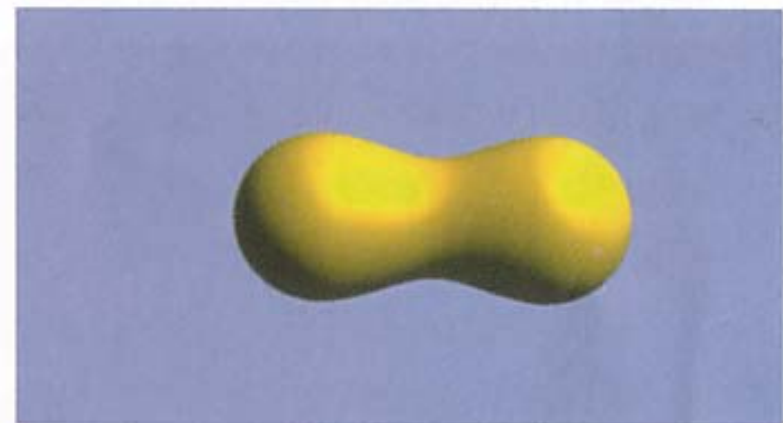
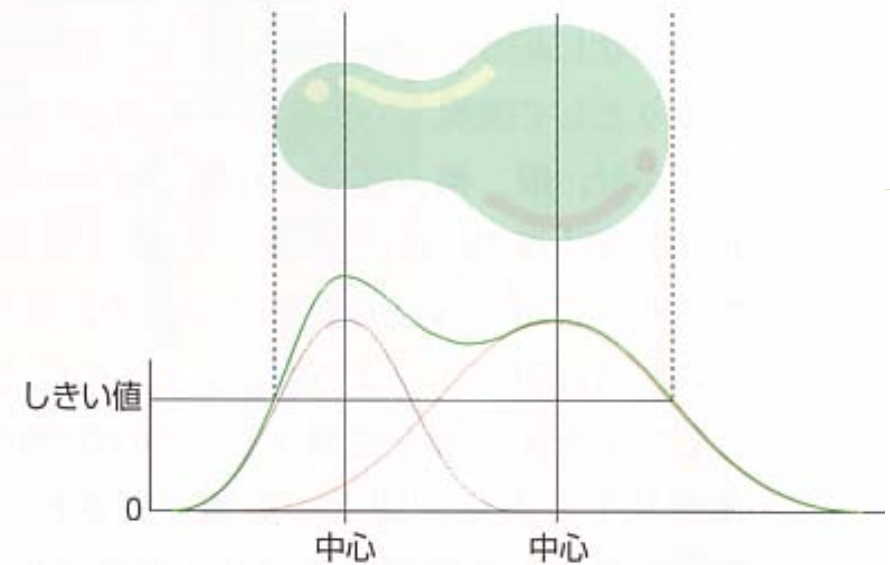
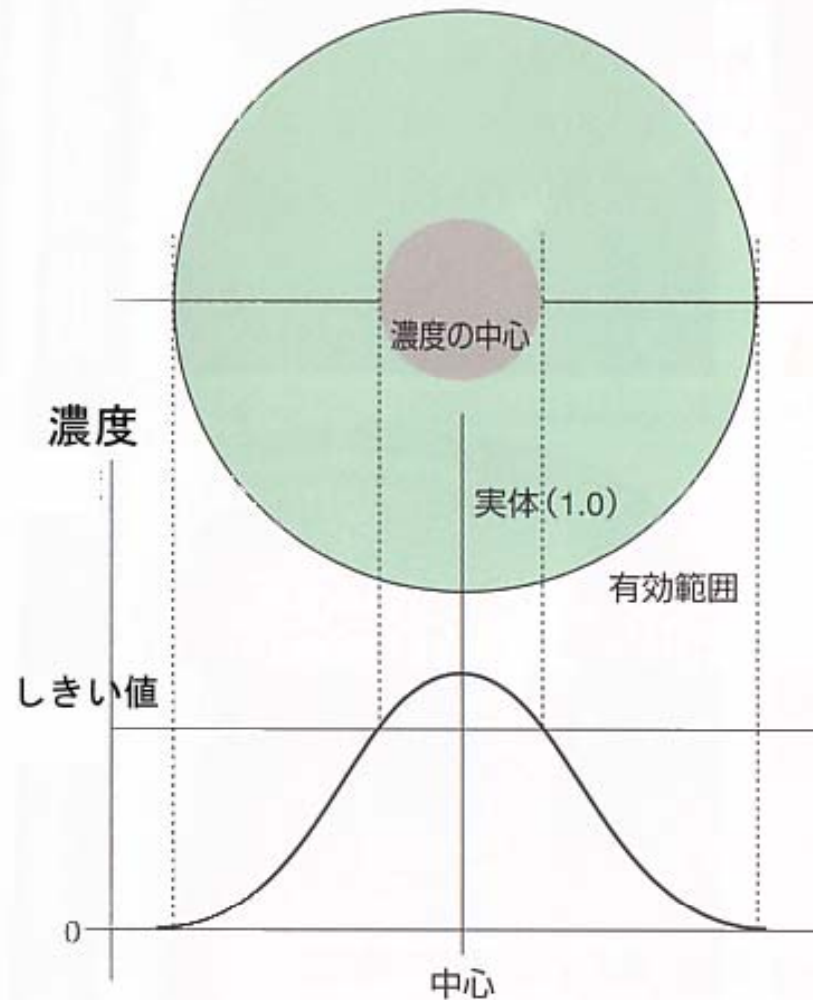
液体の各粒子を球として描画



メタボールとして描画

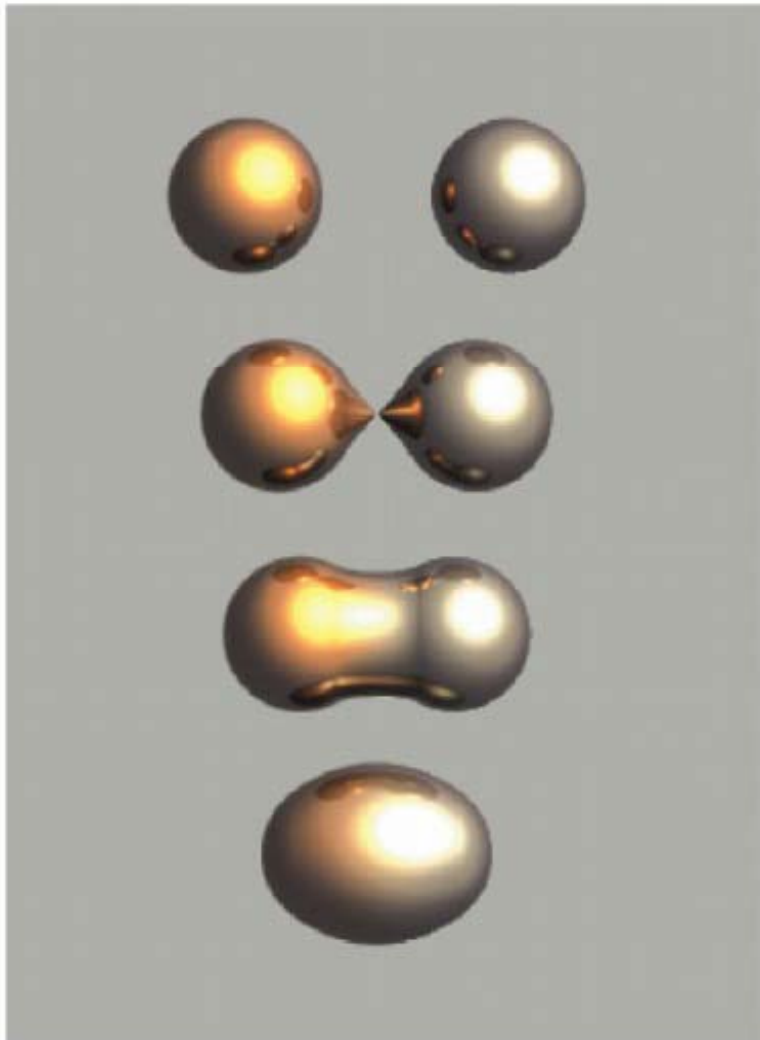
# メタボールとは？

- 密度（濃度）分布を持つ球
- 密度分布の等値面で形状を表現

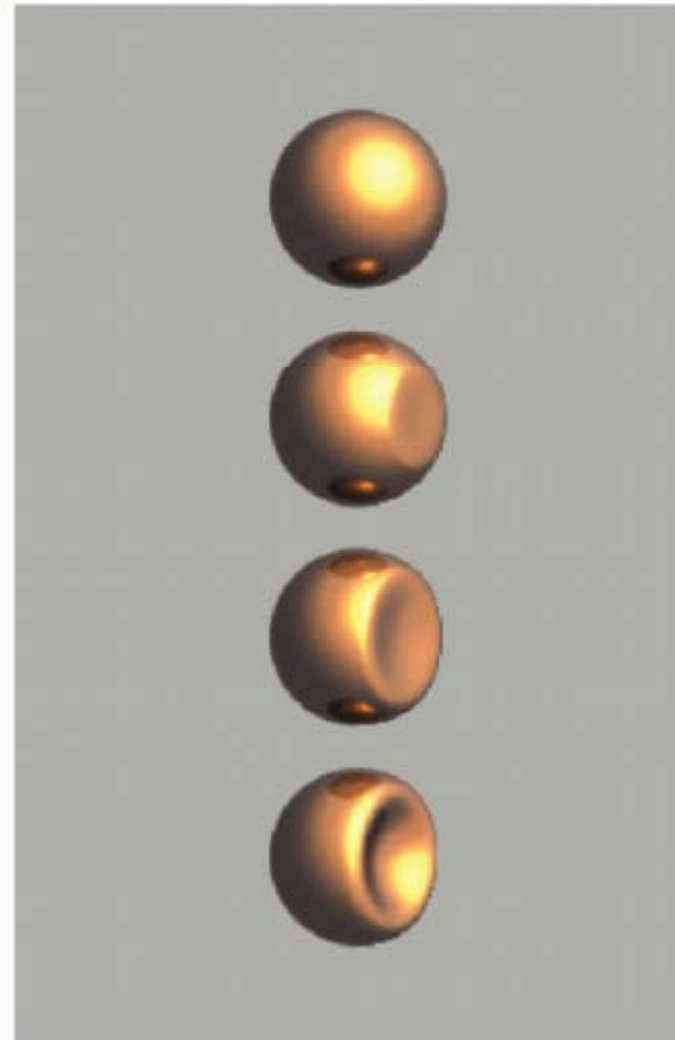


# メタボールとは？

■ 図3.61——メタボールによる形状生成の例



[a] メタボールの融合



[b] 負のメタボールによる変形

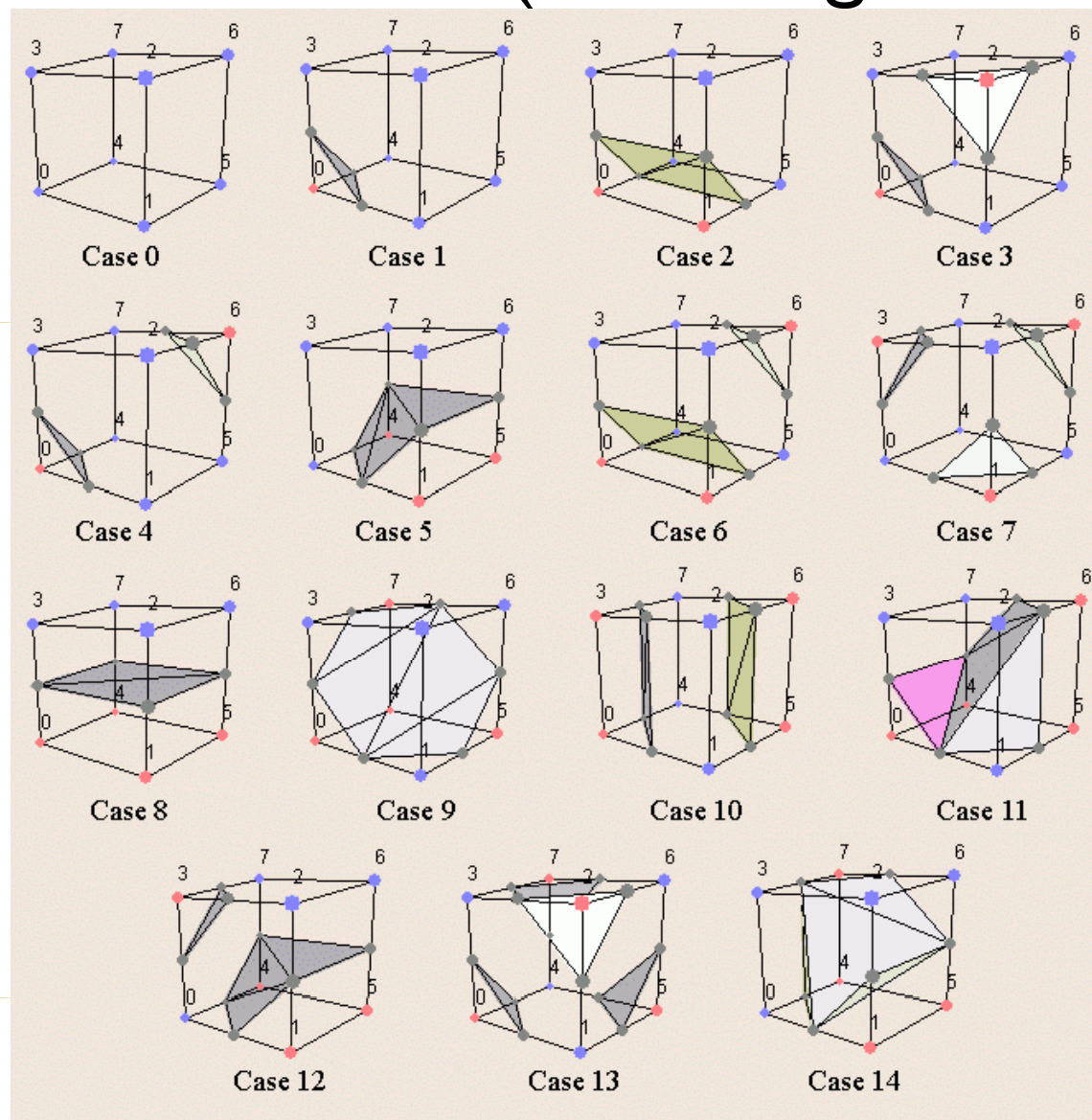


# メタボールのレンダリング方法

- 大きく分けて 2 種類
- レイトレーシング
  - 曲面を滑らかに抽出できる
  - 計算コストが高い
- ポリゴン抽出
  - 表示の仕方によっては計算負荷が低い
  - 滑らかな曲面を得るには細かく分割する必要あり...データ量が膨大に

# 液体表面のポリゴンによる抽出

- 3次元の場合 (Marching Cubes)



# 液体表面のポリゴンによる抽出

- 2次元の場合

(Marching Squares)

- 各正方形の4頂点の値について閾値より大きいか小さいか判定し境界面が存在するか判定
- 境界面 (2次元なら線分) は以下のパターンのどれかから得られる

