

# シミュレーションと3次元コンピュータグラフィックス

URL: <https://www.kkaneko.jp/cc/3d/panda3dapp.html>

金子邦彦



# シミュレーションの基本



シミュレーションは、系の時間変化を計算する技術

- **状態**：位置や速度など、系を記述する変数
- **状態の更新**：現在の状態から次の状態を計算する方法
- **時間ループ**：微小な時間刻み幅 $dt$ ごとに状態を更新する処理

## 計算の流れ

1. 初期状態を設定する
  2. 状態を更新する
  3. 時間を進める
- 2と3を繰り返す

# 計算結果を3次元空間で視覚的に表現



## 形状による表現

- 点：場所を表現
- 線：軌跡を表現
- 面：メッシュ（三角形の集合）で立体を表現

## 属性による表現

- 位置：3次元座標(x, y, z)
- 色：RGB値と不透明度
- 向き：速度ベクトルから計算

# 重力N体シミュレーション：50個の天体の相互作用



# 重力N体シミュレーション：50個の天体の相互作用



## 銀河1（青、25個）と銀河2（赤、25個）、合計50個の天体

- 各天体の状態変数
- 位置 :  $(x, y, z)$
- 速度 :  $(vx, vy, vz)$
- 質量 :  $m$
- 色 :  $(r, g, b, a)$

## 銀河

- 円盤状に配置：中心から一定範囲にランダムに配置
- 回転運動：銀河中心周りの円軌道速度を与える

# 計算手順



## ステップ1：全天体ペア間の重力を計算

- 50個から2個を選ぶ組み合わせ：1225通り
- 各ペアについて相対位置と距離を求める
- 万有引力の大きさを計算： $F = G \times m_1 \times m_2 / r^2$

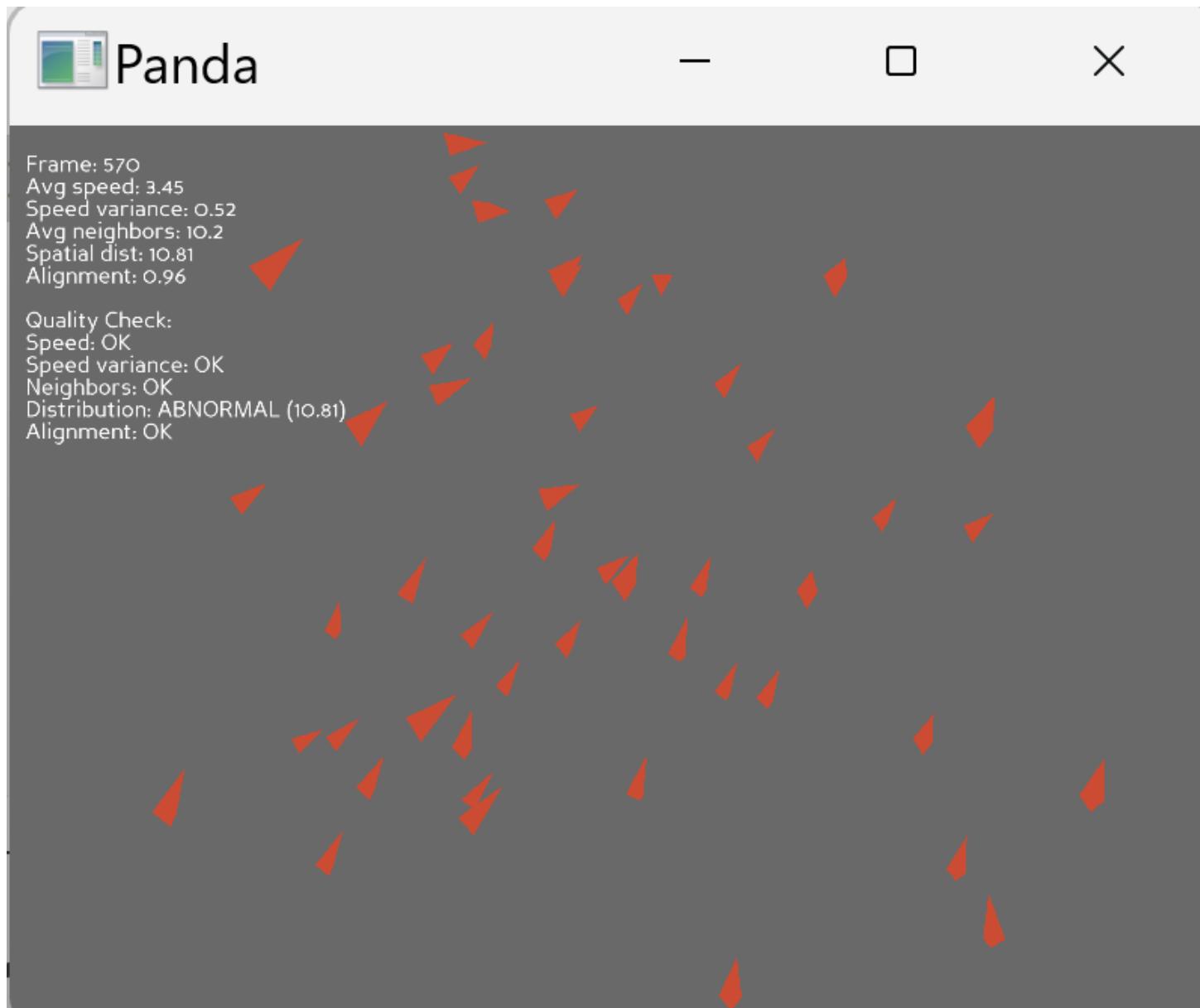
## ステップ2：各天体の加速度を計算

- 加速度 = 受けた力の合計 / 質量

## ステップ3：速度と位置を更新（オイラー法）

- 速度 = 速度 + 加速度 × dt
- 位置 = 位置 + 速度 × dt

# 群れ行動シミュレーション：50個体の局所的相互作用



# 群れ行動シミュレーション：50個体の局所的相互作用



## 各個体の状態変数

- 位置 :  $(x, y, z)$
- 速度 :  $(vx, vy, vz)$
- 加速度 :  $(ax, ay, az)$

## 1フレームの計算手順

- 周囲の仲間を認識
- 自分から一定距離以内の他個体のみを認識対象とする

## 3つの力を計算

- 分離 : 近くの個体から離れる方向の力
- 整列 : 周囲の個体の平均速度に合わせせる力
- 結合 : 周囲の個体の重心に向かう力

3つの力に重みを掛けて合成

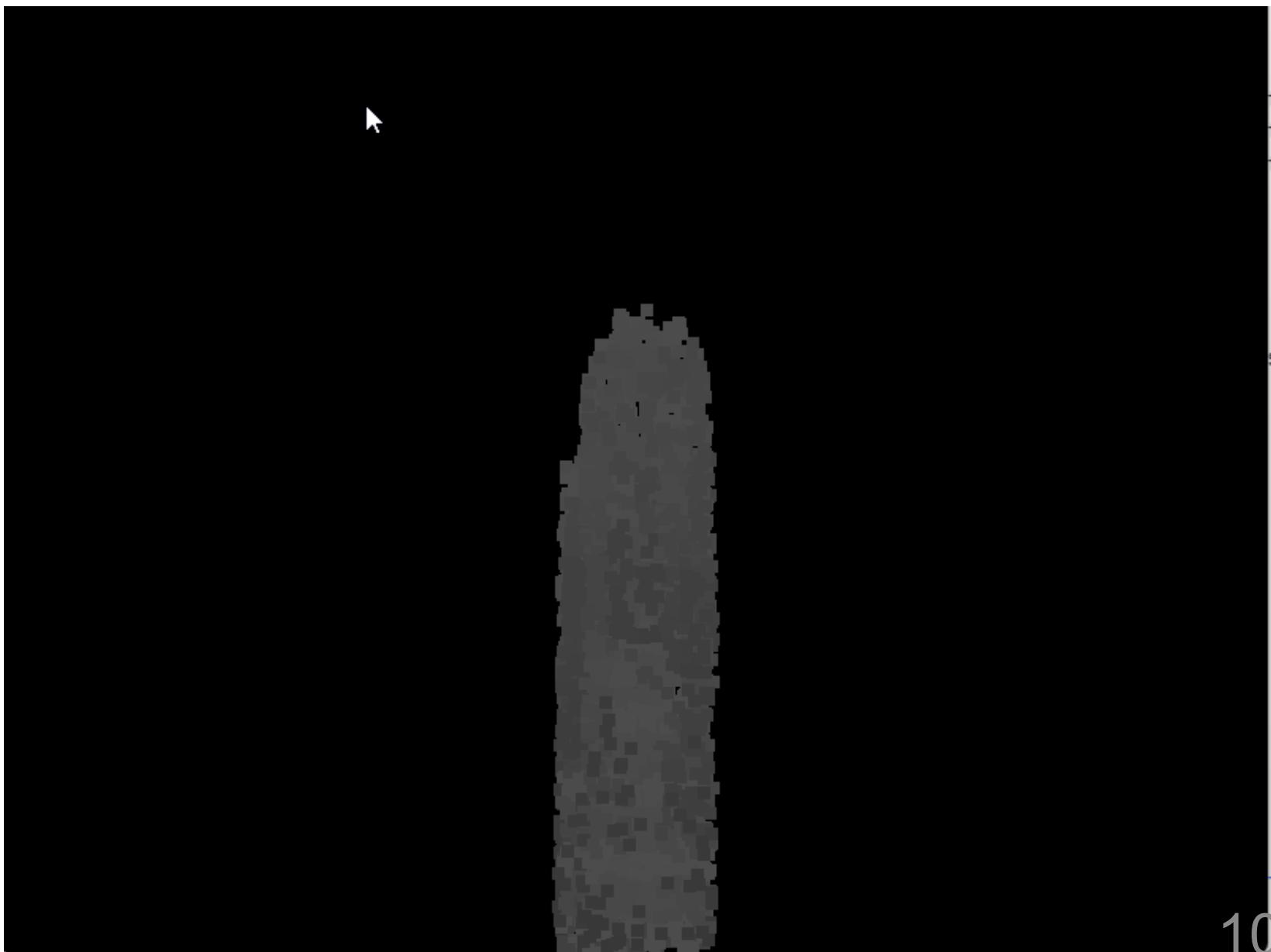
## 三角錐メッシュによる個体の表現

- 4つの頂点で三角錐を構成
- 先端1点と底面3点
- 速度の方向に三角錐の先端を向ける

## 画面表示される指標

- 平均速度、速度分散、平均近傍個体数
- 空間分布、整列スコア
- 各指標が正常範囲内かの判定結果

# 流体シミュレーション：64000格子点での密度と速度の時間変化



## 格子法による空間の表現

- 3次元空間を $40 \times 40 \times 40 = 64000$ 個の格子点に分割を記録

## 各格子点(i, j, k)の状態変数

- density : 密度 (0.0~1.0の範囲)
- velocity\_x : x方向の速度成分
- velocity\_y : y方向の速度成分
- velocity\_z : z方向の速度成分

## シミュレーションパラメータ

- **拡散係数** : 密度や速度の広がりやすさを制御
- **粘性係数** : 速度場の拡散の度合いを制御
- **浮力係数** : 上向きの力の大きさを制御
- **減衰係数** : 密度の減少率を制御

# 計算



## ステップ1：浮力を加える

- ・密度が高い格子点ほど強い上向きの力を受ける

## ステップ2：速度場の拡散

- ・各格子点の速度を周囲の格子点の速度に近づける

## ステップ3：速度場の移流

- ・各格子点について速度の逆方向に遡った位置の速度を求め、その値を新しい速度とする

## ステップ4：密度場の拡散

- ・各格子点の密度を周囲の格子点の密度に近づける

## ステップ5：密度場の移流

- ・速度場と同様の方法で移流を計算

## ステップ6：減衰と煙源の追加

- ・全格子点の密度を減少させる
- ・底面中央の格子点に新しい点を追加