



SPH法による重力崩壊シミュレーション

Astrophysics Group, OIT

福島 宏章

目的

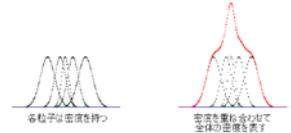
- 2つの星あるいは星とブラックホールがあるとき、重力の潮汐力効果でどのように変形・破壊されるかのシミュレーションを行う
- 今回はそのための多粒子法プログラムを開発し、SPH法によって流体要素を取り入れた場合と単純なニュートン重力の場合との比較を行う
- 開発言語にはJavaを利用し、モデルにはSPH法を計算にはRunge-Kutta法を用いる

SPH法(Smoothed Particle Hydrodynamics)

- 星を流体として扱うためには、圧力・密度を取り入れる必要がある
- 粒子法の一つで流体を粒子の集合として表し、粒子一つ一つの運動を計算することで流体全体の挙動を計算する方法

SPH法(2)

- 各粒子は粒子の周りに密度を滑らかに分布している
- 分布形状は平均化関数によって決まり、今回はガウス関数を用いた



SPH法の長所と短所

格子法と比較

長所

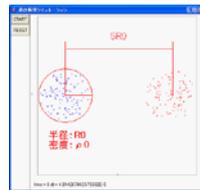
- アルゴリズムが容易
- 粒子の存在するところの精度が自然と良くなる

短所

- 計算時間がかかる

シミュレーションの初期条件

- 粒子数200個



自由落下時間: $t_{ff} \equiv \sqrt{\frac{32}{3\pi G \rho_0}}$

式

I. $P = K\rho^{1+\frac{1}{n}}$ 状態方程式

II. $h_j = \left(\frac{m_0}{\rho(x_j)}\right)^{\frac{1}{3}}$ 広がりの式

III. $\rho(x) = \sum_{j=1}^N \frac{m_0}{\pi\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{h_j^3} \exp\left[-\frac{(x-x_j)^2}{h_j^2}\right]$ 密度の式

IV. $\frac{dx_i}{dt} = -\frac{1}{\rho(x_i)} \nabla P(x_j) - G_j - Q_j$ 運動方程式

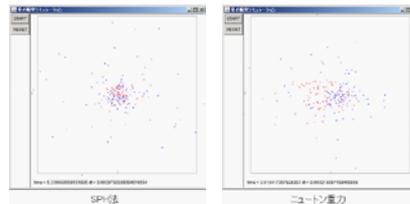
P: 圧力 K, N: 定数 ρ: 密度 G: 重力 Q: 人工粘性項

フローチャート

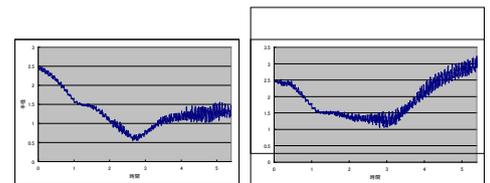


SPH法とニュートン重力との比較

- SPH法では密度・圧力についても計算する。これにより、星の計算に適している。



半径の変化を表したグラフ



SPHの場合圧力勾配が働き、重力に抵抗する斥力が働いてつりあうので粒子が一定体積でまとまりやすい。ニュートンの場合はそれが無いので互いに粒子間で近接後放物運動で広がっていく。

まとめ

SPH法

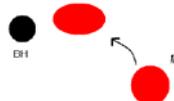
- 流体として扱うので密度を考える必要がある
- 徐々に安定してくる
- 星の計算に適している

ニュートン重力

- 密度・圧力がない
- 広がりが続ける
- 銀河など圧力を用いない計算に適している

今後の展望

- 現在は星と星とのシミュレーションを行っているが、星とブラックホールとのシミュレーションを行う



潮汐力

- 重力によるもので、物体に働く重力は場所によって強さが異なるため生じる
- 満潮・干潮といった潮汐の原因となる力

