

# ダークマターのモデルシミュレーションの開発

京都市立堀川高等学校 安藤 万瑞奈

## 目的

正体不明の物質であるダークマターの運動をシミュレーションに落とし込むことで、視覚的に捉えやすくする。

## 方法

- ・独自で開発
- ・Excelのマクロを用いて実行
- ・ニュートンの万有引力の法則を用いた
- ・N体シミュレーションという手法を基にした
- ・ダークマターを**粒子**として扱い、その運動を簡略化、単純化

ニュートンの万有引力の法則

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F:万有引力の大きさ

G:万有引力定数

$m_1, m_2$ :物体1と2の質量

r:物体1と2の距離

## 定義

ダークマター:宇宙空間において多量に存在しており、重力とのみ相互作用をする粒子である。

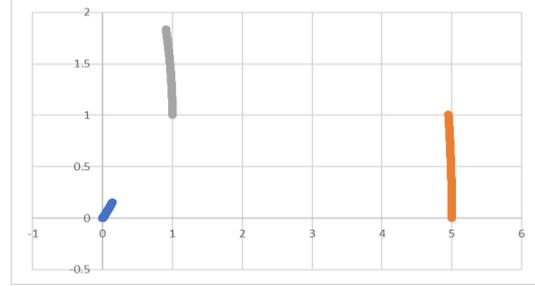


図1 シミュレーションの例

## 結果①

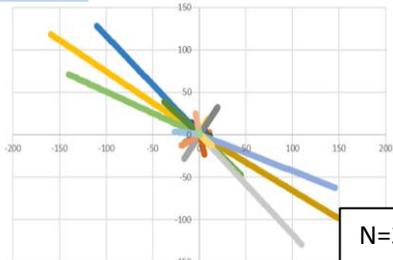


図2 位置x, y, 速度 $v_x, v_y$ の初期値を0から1までにした場合の粒子の軌道

## 考察①

(1) 座標平面上での偏りが生じた。

原因:初期値が正の値のみしか取らない。

解決方法:初期値に用いた乱数の取り得る範囲を-2から2とした。

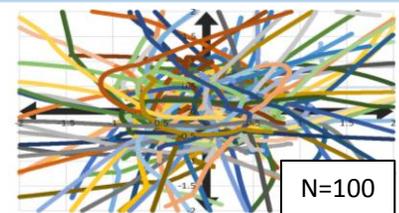
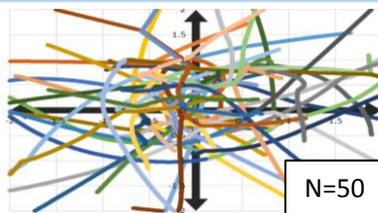
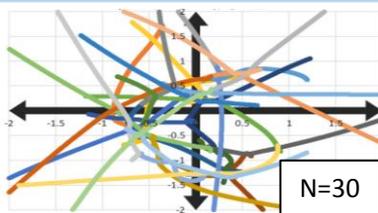
(2) 粒子が発散している。

原因:任意の2つの粒子が近付きすぎていることによって、お互いの軌道が大きく曲げられている。

解決方法:加速度を求める関数にソフトニングパラメータを入れる。

## 結果②

図3 改良したシミュレーションの粒子の軌道



## 考察②

桑原(2018)は、ダークマターが銀河の中心に分布する傾向にあることを示唆しており(図5)、シミュレーションと整合性がある。

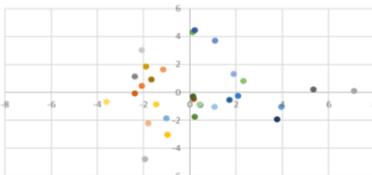


図4 ダークマターの分布図

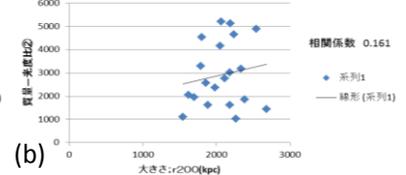
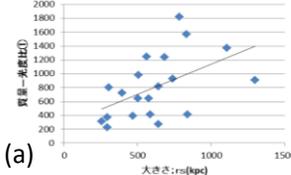


図5 質量-光度比と大きさの相関図((a):rs, (b):r200; 桑原(2018))

## 結論

正と負の値を同じ幅で位置の初期値を取り、ソフトニングパラメータを入れることで、ダークマターの運動をシミュレーションができる。

## 今後の展望

バリオンとの相互作用も考慮したシミュレーションを開発する。

## 参考文献

- 1) 村木正芳. (2009). 工学のためのVBAプログラミング基礎. 東京電機大学出版局.
- 2) 永田夏海. (2011). 暗黒物質直接探索に関する理論的研究. 東京大学大学院理学系研究科.
- 3) 新居見励. (2008). ダークマターのN体シミュレーション. 大阪大学理学部.
- 4) 桑原和暉. (2018). 重力レンズ効果を用いたダークマターの分布予想. 京都市立堀川高校.