

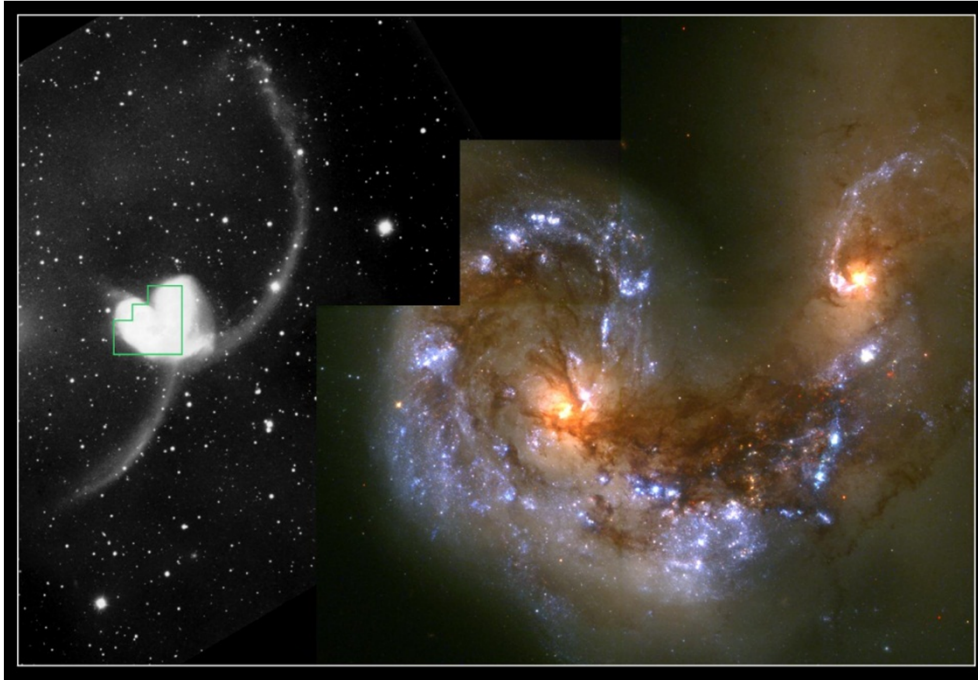
アンテナ銀河の 形成シミュレーション

宇宙物理学研究室
中根智寿

発表の流れ

- アンテナ(触角)銀河とは何か
- 銀河をどのようにとらえるか
- 星の運動方程式、重力ポテンシャル
- 星の初期配置
- 回転方向、質量、距離を変更しての結果
- Tail(尾)、bridge(橋)の形成
- まとめ

アンテナ(触角)銀河とは何か



左はカラス座に存在する
NGC4038,4039の画像

<http://hubblesite.org/gallery/album/galaxy/pr1997034a/>

- 名前の由来はtail(尾)が昆虫のantenna(触角)に見えることによる
- 2本の長く伸びるtail(尾)を持っていることと銀河中心をつなぐbridge(橋)が生じるのが特徴
- 2つの銀河の衝突の過程でみられる
- アンテナ銀河の形成シミュレーションはToomreが行っている

銀河をどうとらえるか

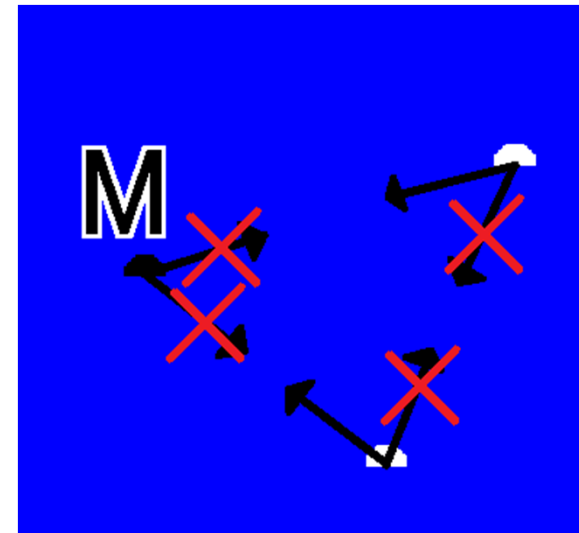
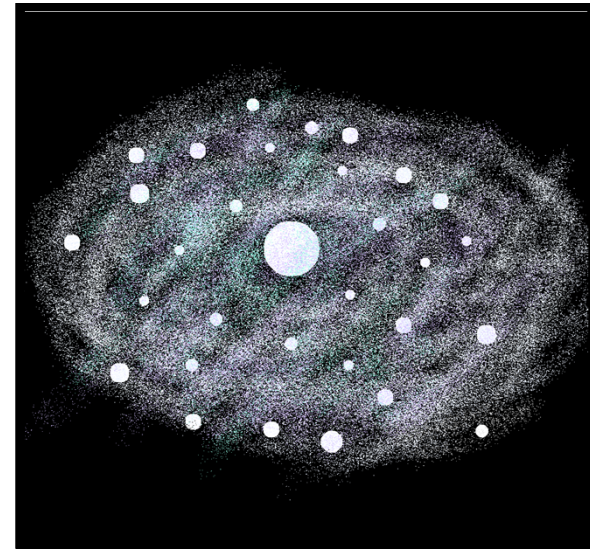
銀河は**星のみ**で構成されているとする
銀河の星は全て**平面上**に存在するとする
星は**質点**であるとする



銀河中心による重力作用

$$\left(\frac{dv}{dt} \right) = \frac{GM}{r^2}$$

以外は受けないとする



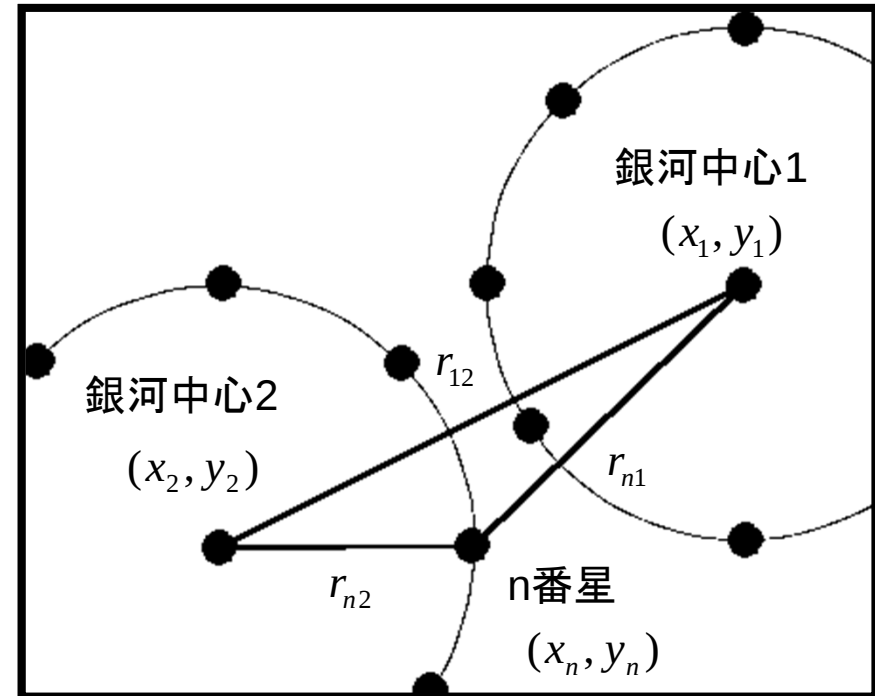
星の運動方程式

- 銀河中心1: $\left(\frac{dv_x}{dt}\right)_1 = \frac{GM_2}{r_{12}^2} \frac{x_{12}}{r_{12}}$
- 銀河中心2: $\left(\frac{dv_x}{dt}\right)_2 = \frac{GM_1}{r_{21}^2} \frac{x_{21}}{r_{21}}$
- n番星: $\left(\frac{dv_x}{dt}\right)_n = \frac{GM_1}{r_{n1}^2} \frac{x_{n1}}{r_{n1}} + \frac{GM_2}{r_{n2}^2} \frac{x_{n2}}{r_{n2}}$

$$x_{ij} = x_j - x_i$$

$$r_{ij} = (x_{ij}^2 + y_{ij}^2)^{\frac{1}{2}}$$

yについても同様である

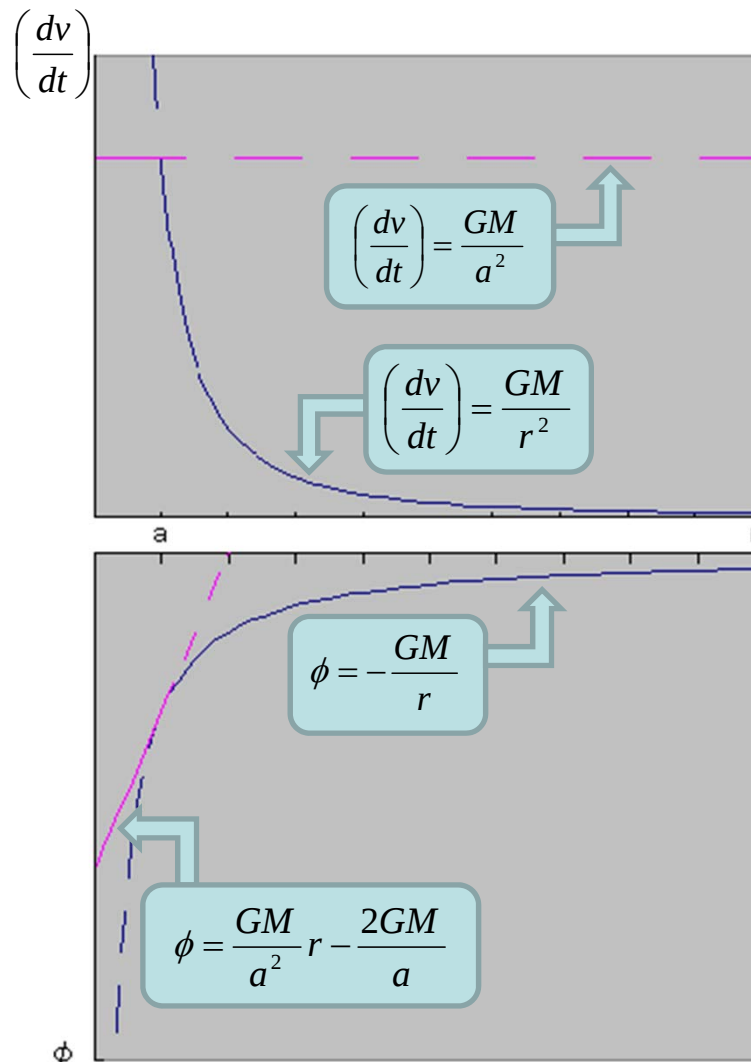


星の重力ポテンシャル

$\left(\frac{dv}{dt}\right) = \frac{GM}{r^2}$ は $r=0$ 近傍で計算上無視
できない誤差を生じさせる

$r < a$ では $\left(\frac{dv}{dt}\right) = \frac{GM}{a^2}$ とする

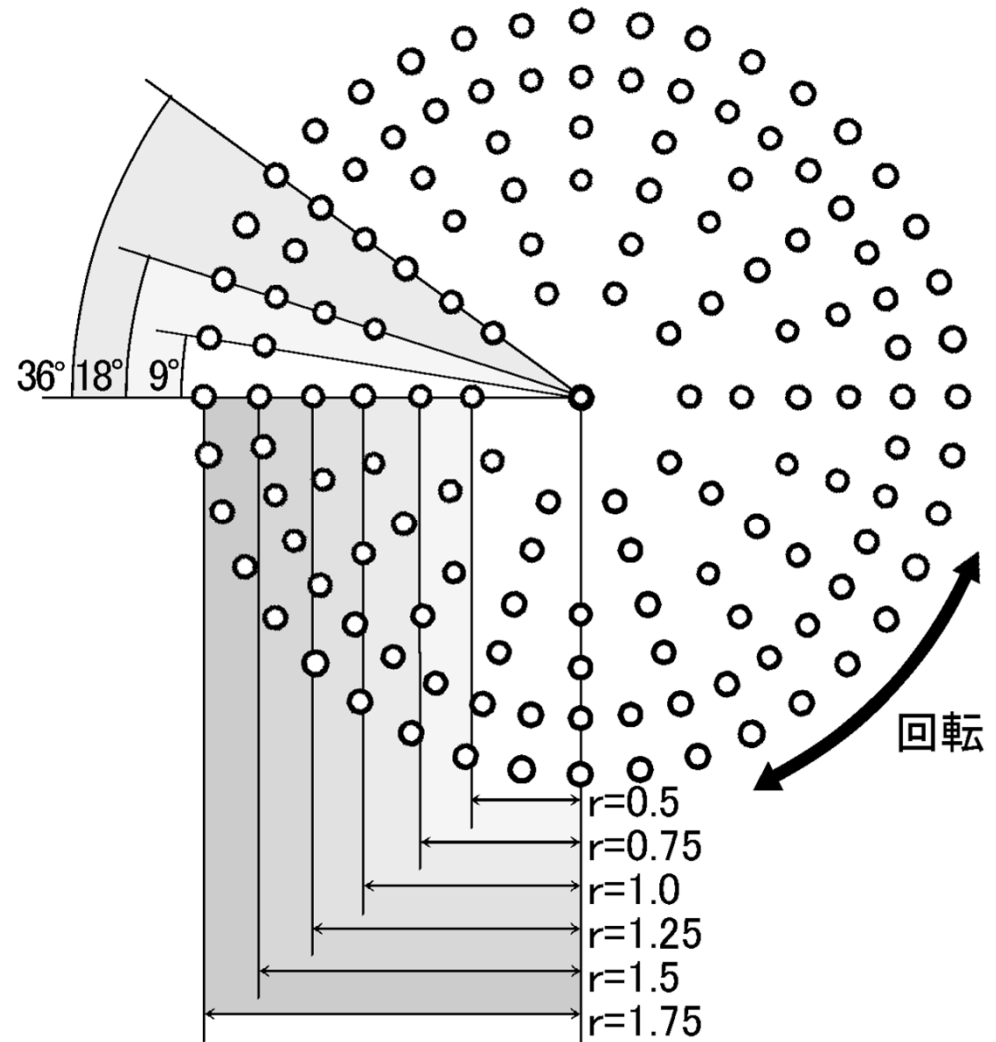
この時の $\left(\frac{dv}{dt}\right)$ とポテンシャル ϕ は
右のようになる



以上のモデルを4次のルンゲクッタ法を用いて解く

星の初期配置

- 半径 r の円上に等間隔に配置
- 星の数は内側から10, 10, 20, 20, 40, 40で計140個である
- 軌道は重力と遠心力が釣り合った円軌道とする
- 速度の大きさは $\sqrt{GM/r}$



回転方向による違い

t=5.0のとき

銀河中心1

M=1.0

$r=(-2.0,0.0)$

$v=(0.0,-1.0)$

銀河中心2

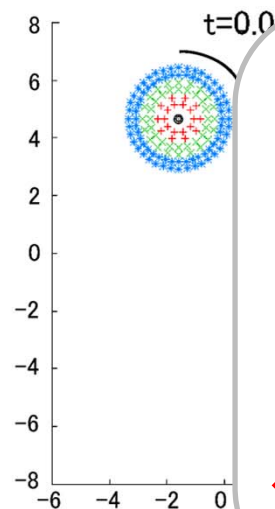
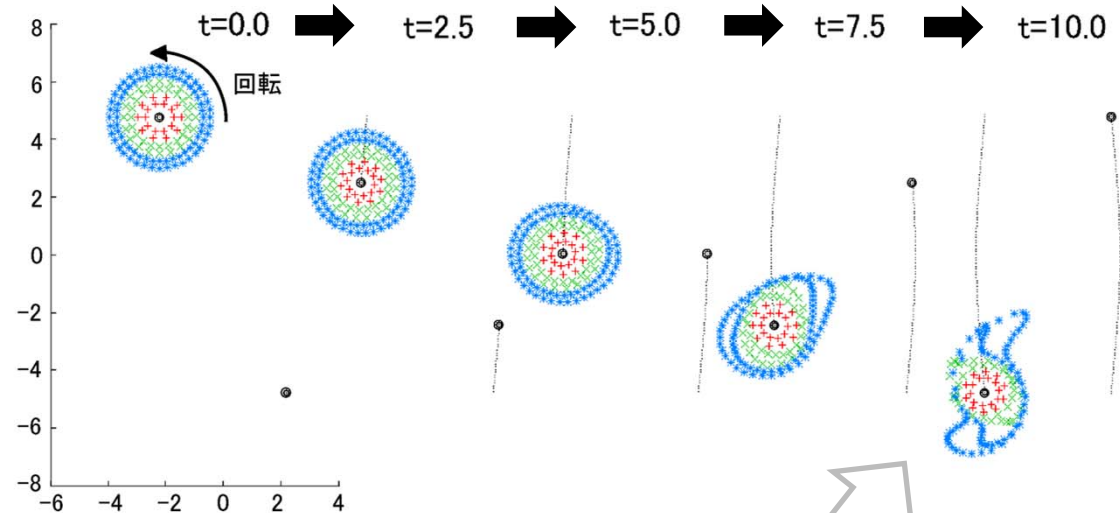
M=1.0

$r=(2.0,0.0)$

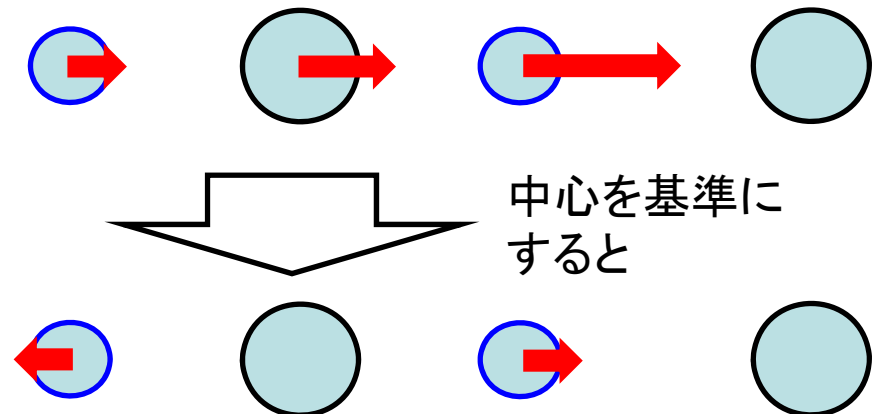
$v=(0.0,1.0)$

となるように初期条件を
設定してある

銀河の回転方向のみを
変更した結果である

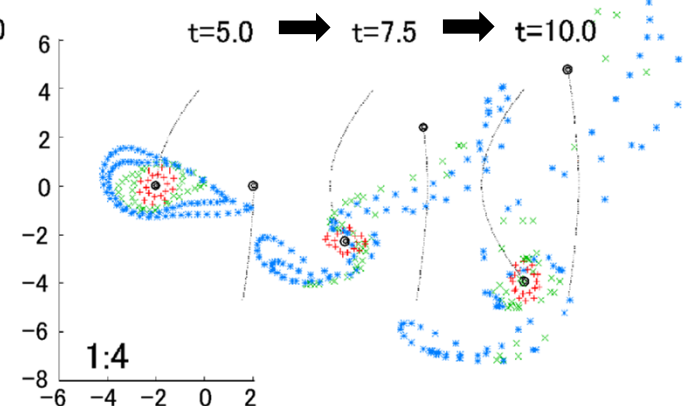
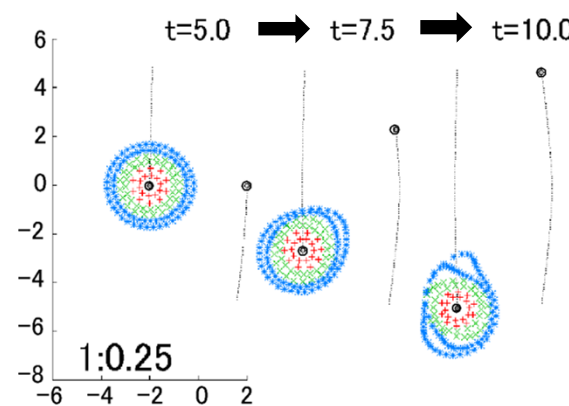
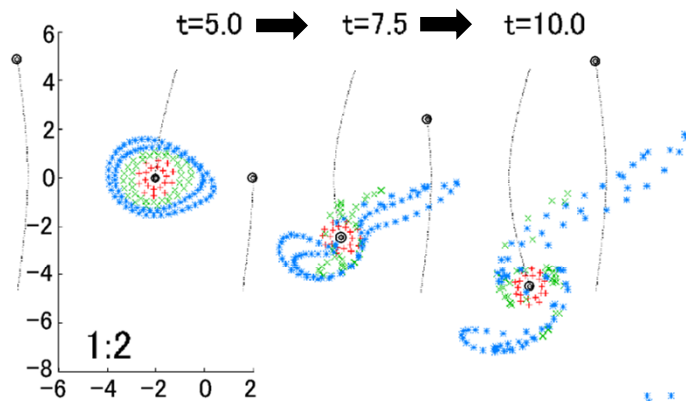
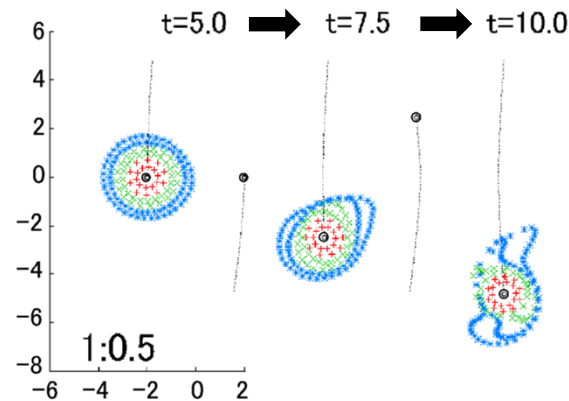
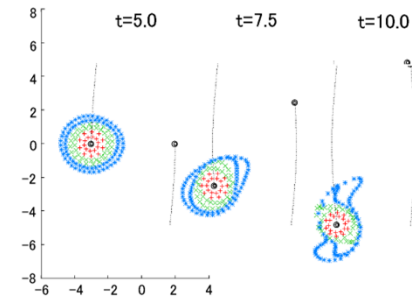


潮汐力による作用



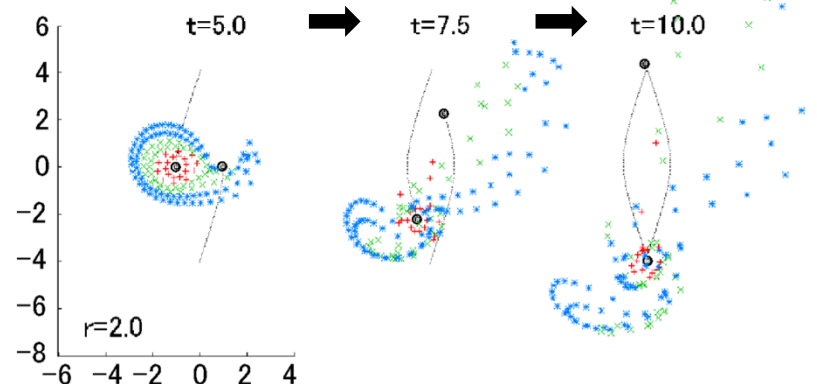
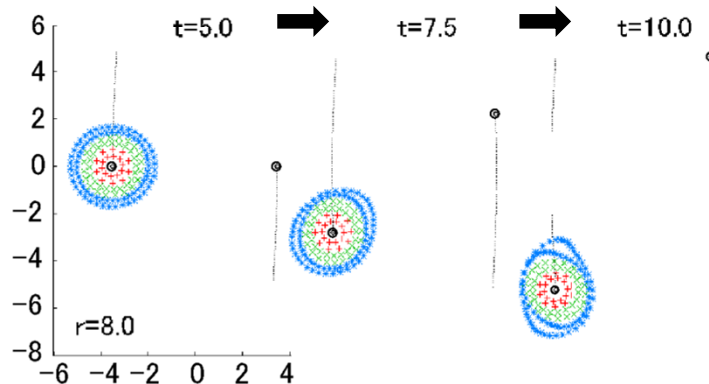
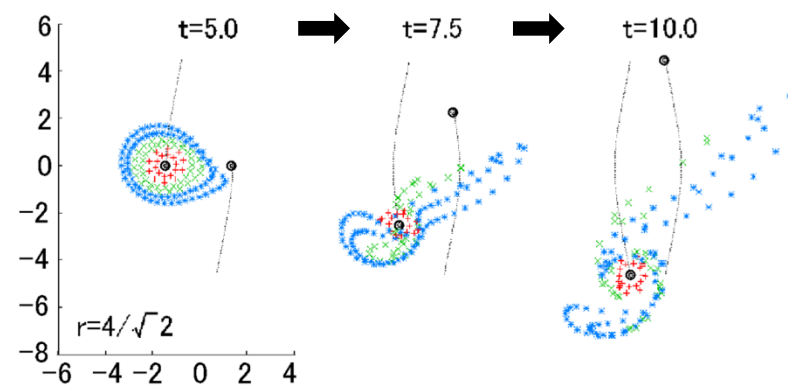
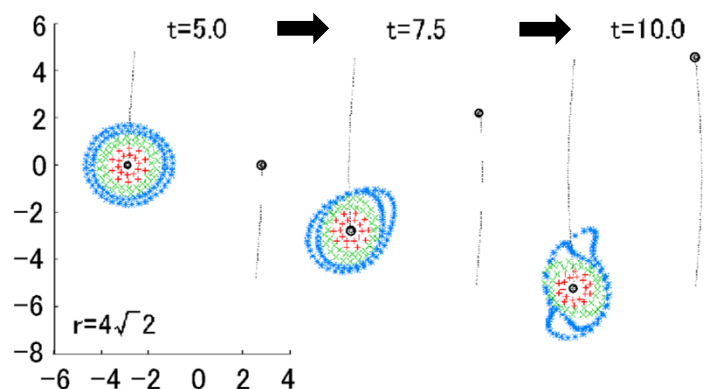
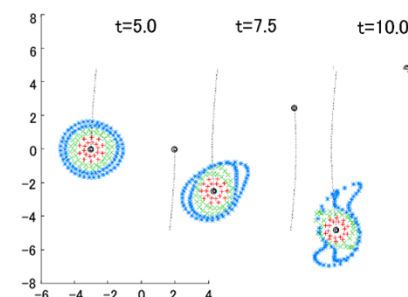
質量による違い

銀河中心2のMを変更している
その他の条件設定は
回転の場合と同様である



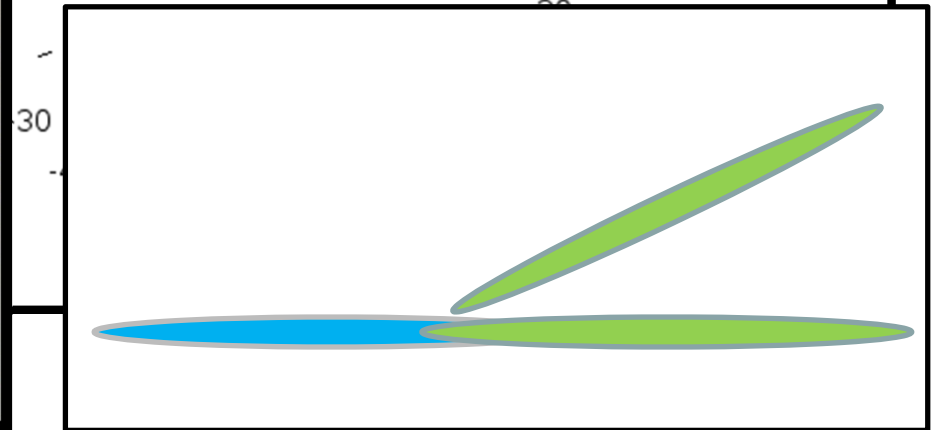
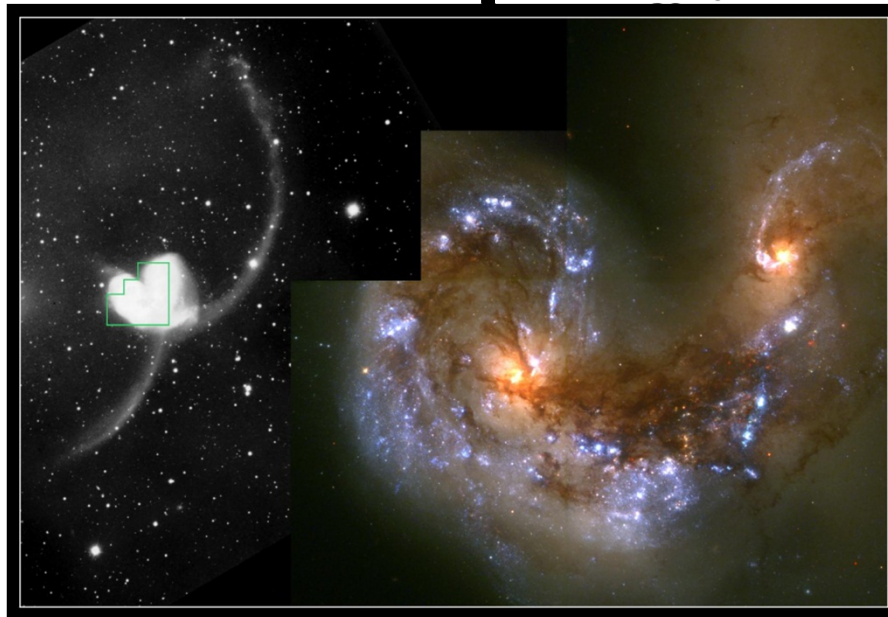
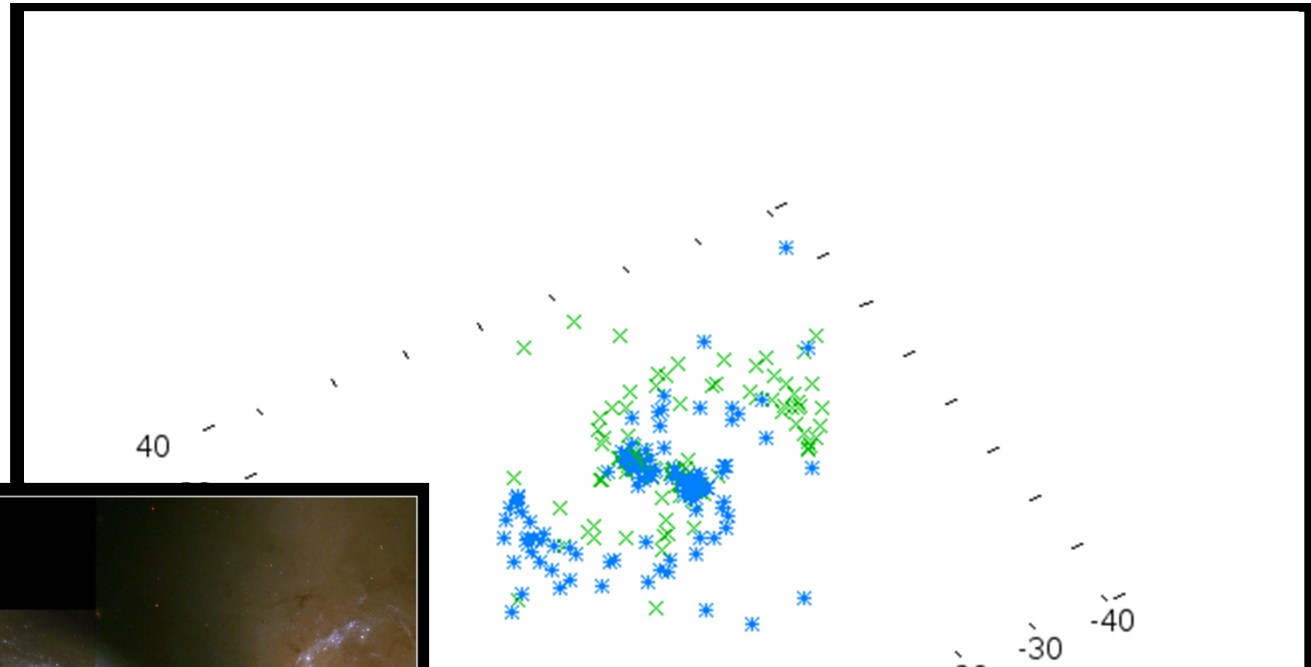
距離による違い

t=5.0の銀河中心間の距離を変更している
 そのほかの条件設定は回転の場合と
 同様である



Tail(尾)の形成

初期条件
銀河中心1
 $r=(0.0,0.0)$
 $v=(-0.25,-0.20)$
銀河中心2
 $r=(0.0,-5.0)$
 $v=(0.25,0.20)$



Bridge(橋)の形成

初期条件

銀河中心1

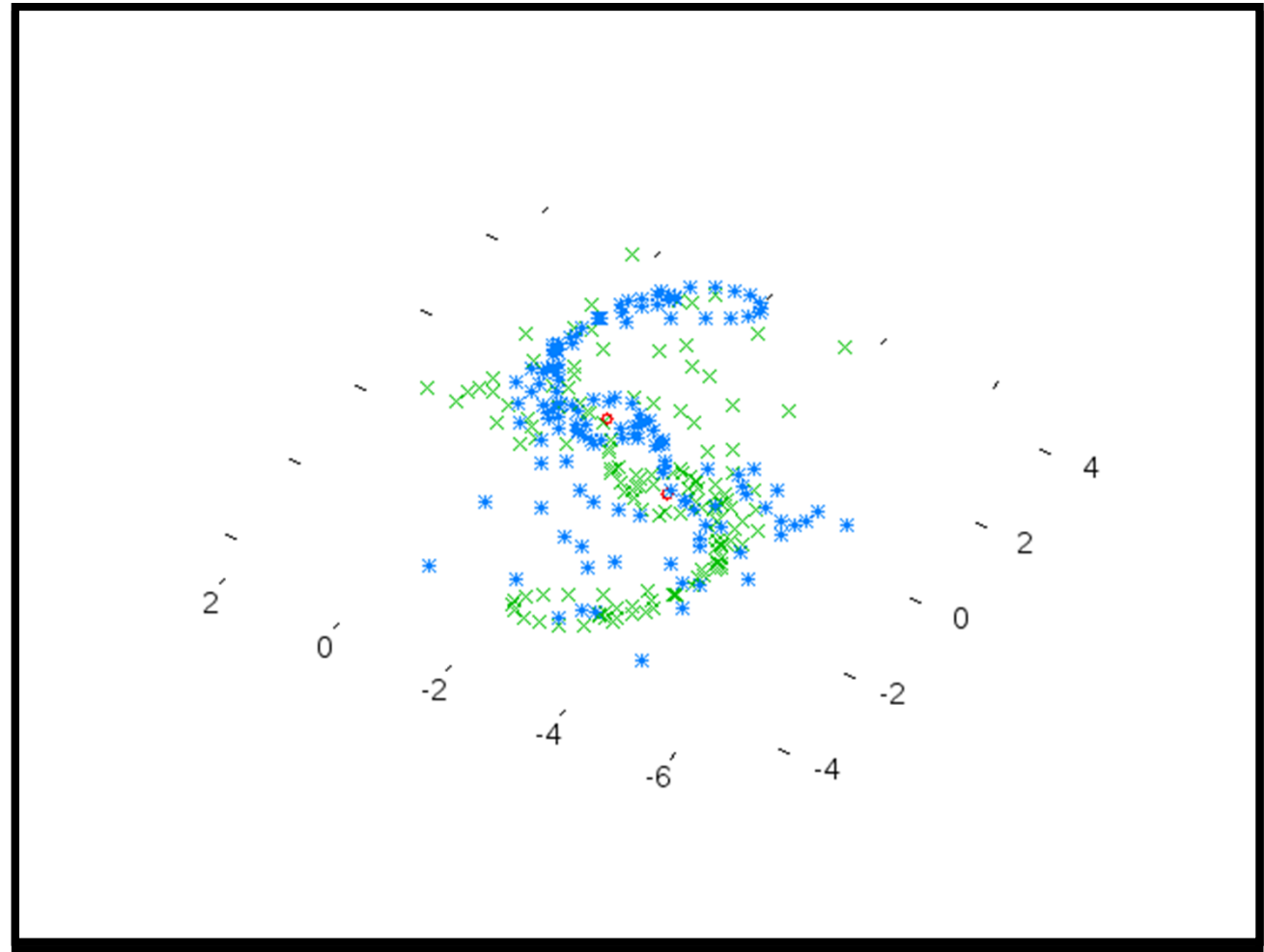
$r=(0.0,0.0)$

$v=(-0.25,-0.20)$

銀河中心2

$r=(0.0,-5.0)$

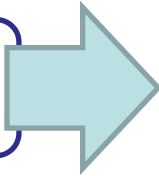
$v=(0.25,0.20)$



まとめ

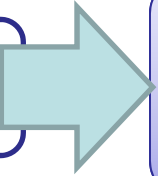
アンテナ銀河が形成される条件とは？

銀河の回転は



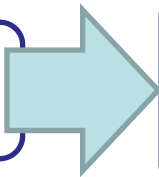
相手の銀河に
沿う方向である
必要がある

銀河の質量比は

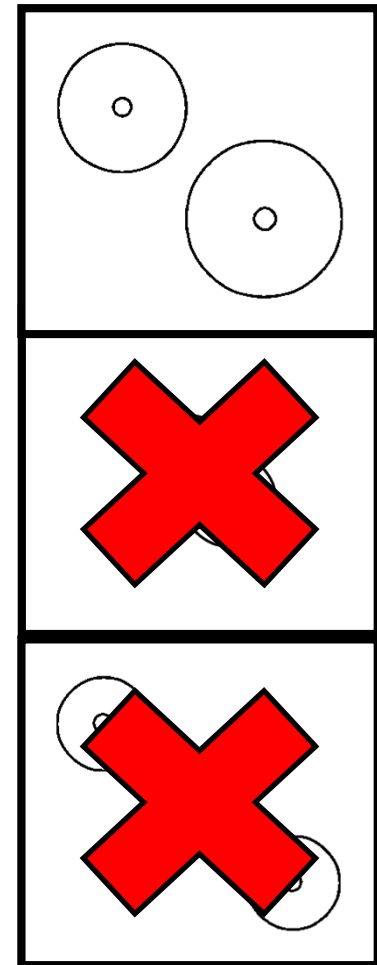


同程度である
必要がある

近接距離は



近すぎても
遠すぎてもいけない



参考文献

Alar Toomre & Juri Toomre 1972, ap.j., 178, 623