

銀河の構造について

金光研究室 川越 美枝

1. 序論

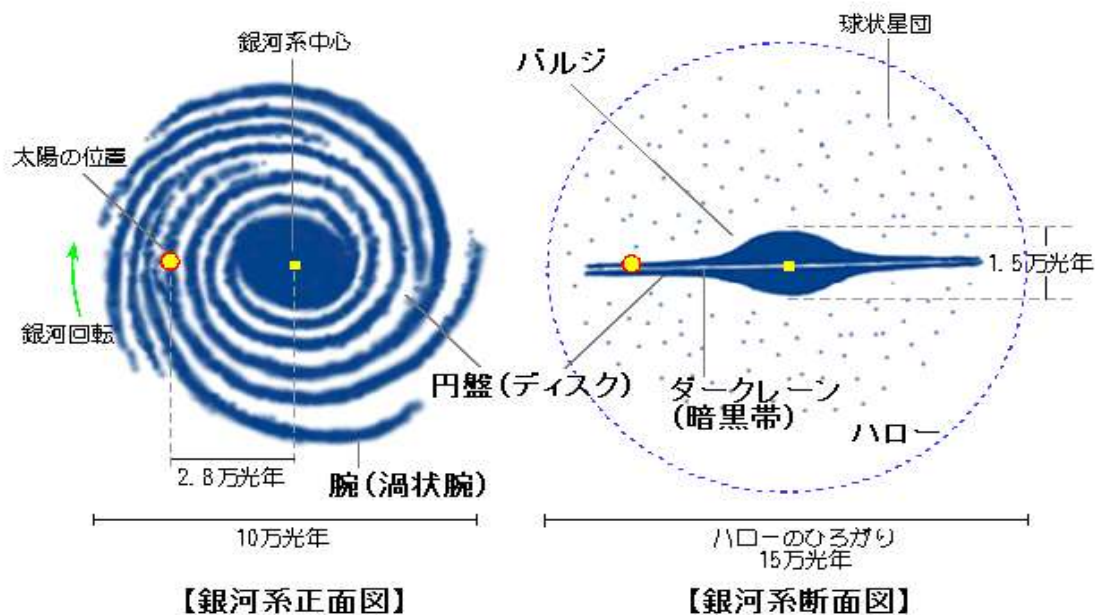
晴れた日の夜空を見ると、たくさんの星が輝いている。私たちの住む地球・太陽系を含んだ銀河系は、これらの星が約 1000 億個も集まってできている。また、宇宙にはおよそ 1000 億個もの銀河が存在していることが確認されている。銀河は渦巻腕をもっていたり、楕円形になっていたり、実にさまざまな形をしている。なぜこのようにさまざまな形ができたのだろうか。考えられる理由としては2つある。まず1つは銀河が生まれ育った環境である。100 億年という気が遠くなるような歳月の中で、銀河同士が衝突したり、星間物質やダークマターが影響したりしてさまざまな形に変化していったのだろう。もうひとつは銀河の質量によるものである。銀河中心核の質量が何らかの形で非対称的なものになったとき、銀河の形は変化すると考えられる。

本研究では、銀河の基本的な構造について調べ、非対称的質量核を持つ円盤銀河の回転運動による円盤のでき方を観察できるシミュレーションを作る。

2. 銀河の構造

2. 1 円盤銀河 (渦巻銀河・棒渦巻銀河)

円盤銀河は、銀河本体はディスクと呼ばれる円盤からなり、回転運動を行っている。ディスクには種族 I (ヘリウムより重い元素、「金属 (metal)」を多く含む星) と呼ばれる恒星を多く含み、星間物質も多く存在する。中心付近にはバルジという膨らんだ部分があり、種族 II (古くて金属量の少ない星) と呼ばれる恒星が多い。ディスクやバルジの外側にはハローと呼ばれる領域が広がり、数百個の球状星団が対称的に分布し、銀河を周回している。



上：私たちの銀河 (天の川銀河) の構造図

2. 2 楕円銀河

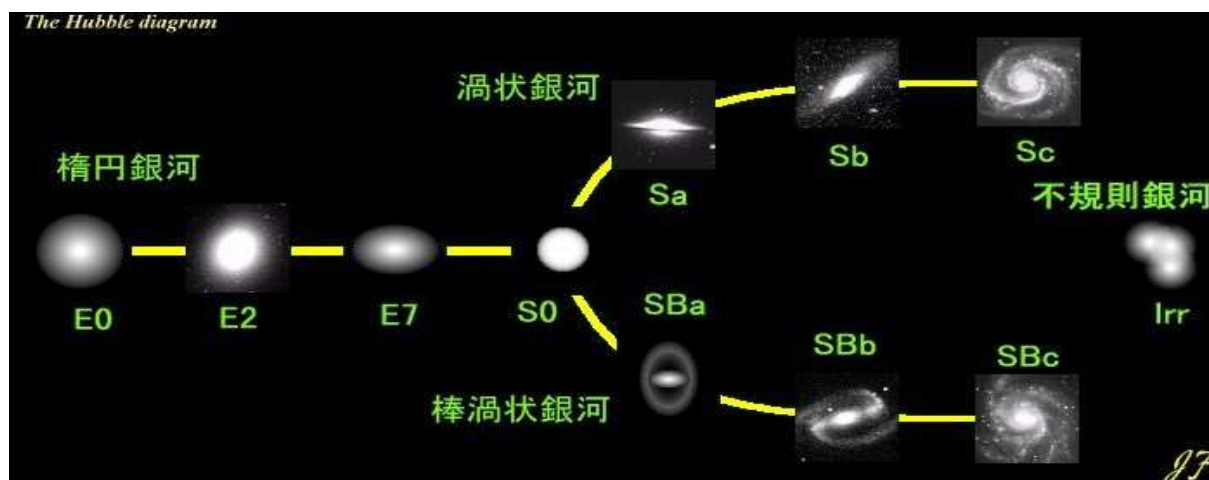
楕円銀河の本体は、3軸不等の楕円体をした恒星の集団で、顕著な構造は見られない。銀河全体としての回転運動はほとんど持たず、代わりに恒星のランダムな運動によって重力とバランスをとり、銀河全体の形が保たれている。星間ガスはほとんど含まれていない。銀河の外側には円盤銀河と同様に球状星団を含むハローが存在している。

2. 3 不規則銀河

不規則銀河は、名前のおり明瞭な形をもたない銀河で、矮小銀河や、数十億光年先のような、宇宙初期のころの銀河に比較的多く見られる銀河である。属している星やガスの重力的結びつきが弱く、明瞭な形へと進化している段階とも考えられている。この不規則型銀河の一部はスターバースト銀河（爆発的に星が生まれている銀河）である。

私たち銀河系の伴銀河である大マゼラン、小マゼラン星雲も不規則型である。これらは、銀河系の重力の影響で、形が崩されているためと考えられている。

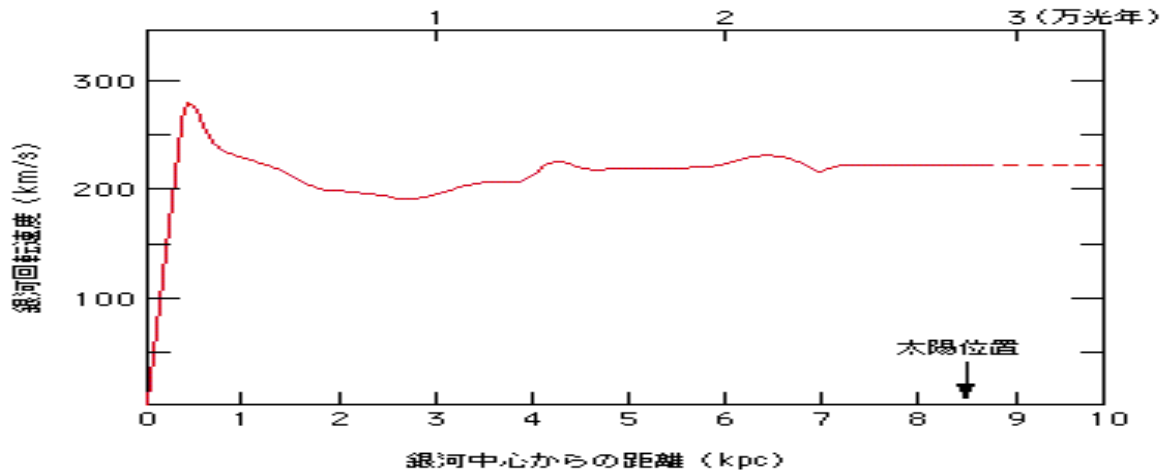
3. 銀河の分類



銀河の分類・進化の系統的観測を始めて行ったのは、エドウィン・ハッブルである。彼は通常銀河をその形状により上の図のように分類した（ハッブル分類）。分類当時はこの図において左側（E側）に行くほど早期型、右側（I側）に行くほど晩期型銀河となっていくと考えられていた。現在ではこの「連続して変化していく」という考えが誤りだったことがわかっている。しかしながら、ハッブル分類は現在でも見た目の形状分類として広く使われている。

4. 銀河の回転曲線

円盤銀河は星やガスが円盤に沿って回転運動をしていることがわかっている。この回転運動は一様ではなく、回転角速度が銀河の中心からの距離と共に変化する微分回転と呼ばれる回転をしている。この回転速度 V を銀河中心からの距離 R の関数として表した曲線は銀河の回転曲線と呼ばれている。



上：銀河系の回転曲線

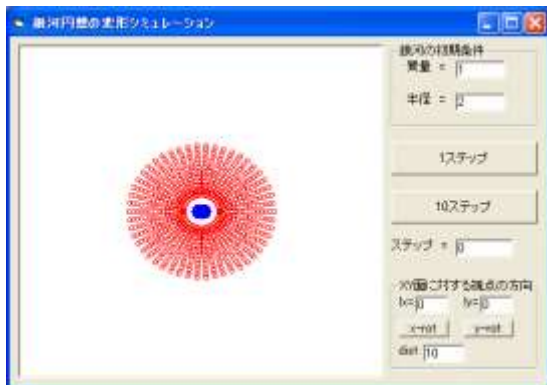
微分回転をしているので、本来ならば銀河中心からの距離が離れていくにつれて銀河回転速度は減少に転じなければならない。ところが、上の図のように、2 k p c より外側ではほぼ一定の速度になっている。これは、銀河の中にある星間物質や、目に見えない物質（ダークマター）の影響を受けて、角速度が遅くなっているためと考えられる。

(昨年の松本奨勢卒業論文参照)

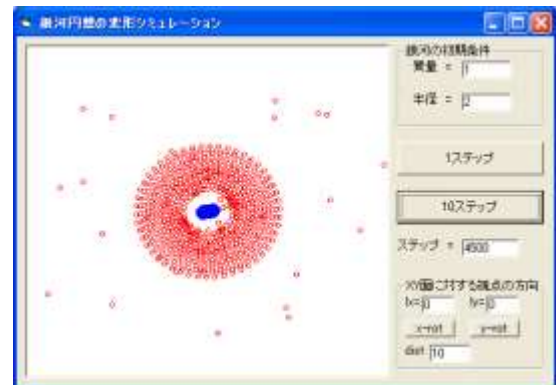
5. シミュレーション

このシミュレーションでは、質量が非対称であるバルジを持つ銀河が回転運動をする中で、銀河円盤の星がどのような運動をするかについて調べる。まず、中心の質量が $10^{11} M_{\odot}$ で半径が 10k p c の仮定の銀河をつくり、銀河の可視総量 $10^{11} M_{\odot}$ と半径 10k p c をそれぞれ 1 とした。この銀河のバルジを非対称的な質量になっているものと考え、回転運動するプログラムをつくった。これによってできる銀河の回転曲線の変化について考察する。その際、運動方程式の数値積分には、ルンゲ・クッタ法を使用した。また、周囲の星の質量、星間物質・暗黒物質の質量は考えないものとした。

5. 1 中心質量が円に近いとき



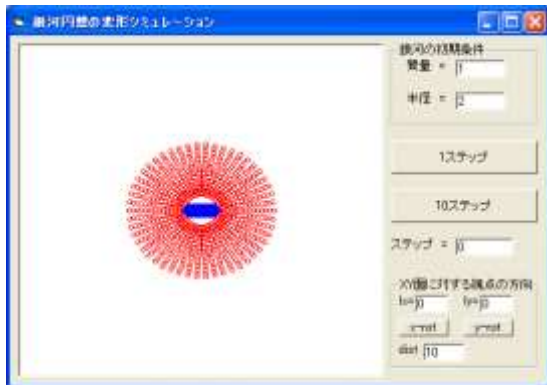
左：ステップ0のとき



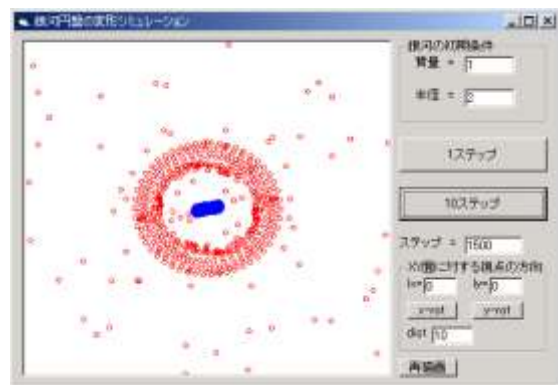
右：ステップ4500のとき

中心質量の形が非対称でないときに近い円盤銀河は、ステップを進めると中心部分の星の密度にゆがみができ、少しずつ星が外に散らばっていくものの、円の形はほとんど崩さずに存在している。

5. 2 中心質量が楕円のとき



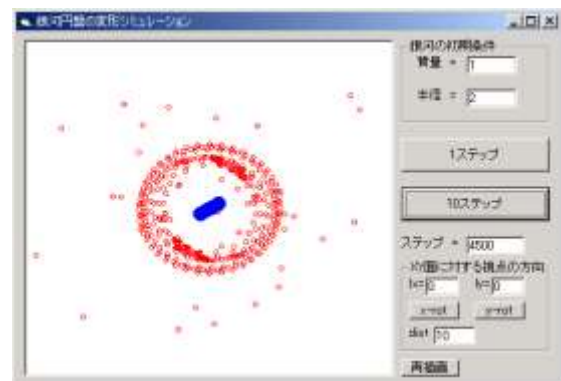
左：ステップ0のとき



右：ステップ1500のとき



左：ステップ3000のとき



右：ステップ4500のとき

中心質量の形が楕円体のときの円盤銀河では、ステップを進めると内側の星がバルジに引き寄せられていき、S字状のゆがみを作っていく、バルジと星の間が広がっていく。また、ゆがみに耐え切れなくなった星が銀河の外へ飛び散っていく。次第に全体の形が楕円に近くなっていき、一對の腕のようなものができてくる。

6. まとめ

今回の研究では、円盤銀河の中心質量の形が変化することで、銀河全体の形がどのように変化していくか視覚的に捉えることができた。しかしながら、今回は星間ガスや暗黒物質などの質量を入れていない簡易的なシミュレーションであるため、誤差が大きくなってしまった。これらのことを考えたプログラムに修正することが今後の課題である。