

円盤銀河の渦状腕の強度を用いた形態分類

2年4組 山本 純大 2年4組 弓達 太一
 2年4組 森本 信介 2年4組 二宮 政人
 指導者 浦辻 規幸

1 はじめに

宇宙にはさまざまな銀河が存在している。私たちは今回、円盤銀河に着目して、研究を行ってきた。円盤銀河には渦状腕と呼ばれる場所がある。宇宙の円盤銀河全体における渦状腕には、星や星生成に必要なガスが集中している。腕の構造についてはシミュレーションが行われ、LEC 実験では水槽における表面波という形で再現されている（津田ら, 2011）。

渦状腕への星の集中度は Arm Class（Elmegreen, 1987）や M.F.S Schroder et al.による渦状腕の振幅など、数値化されてきた。しかし、前者は目視であり、後者は腕の本数であるモードや腕の巻き込み度合いを表すピッチ角が必要であるため、羊毛のような腕を持つ銀河を含むすべての銀河を機械的に数値化することは難しい。本研究では、解析が可能な近傍銀河において、渦状腕への星の集中度を機械的に数値化することを目指し、本研究を行った。

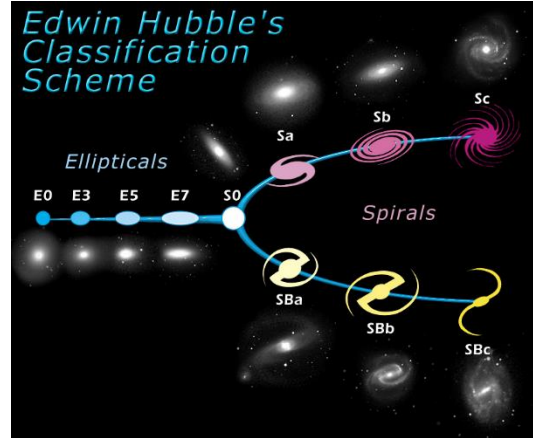


図 1 : 音叉図 (参照 SDSS)

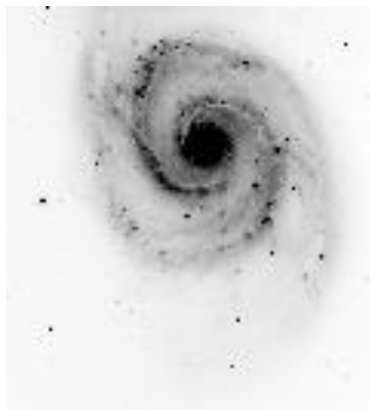


図 2 : 2本の強い腕を持つ
NGC5055 (参照 NED)

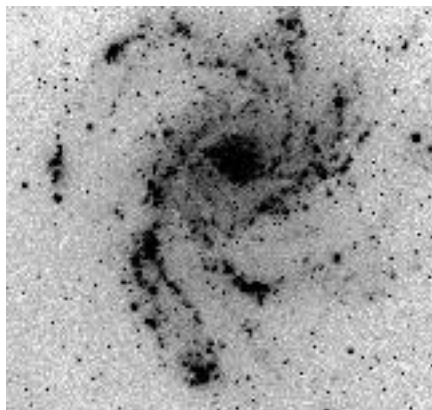


図 3 : 複数本の腕を持つ
NGC5194 (参照 NED)

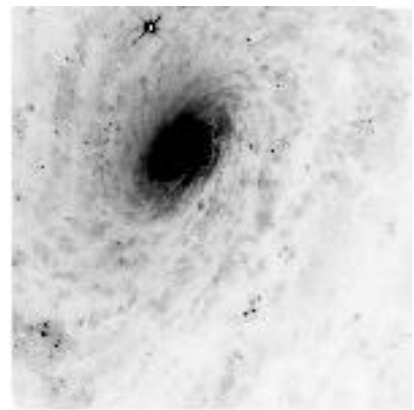


図 4 : 羊毛のような腕を持つ
NGC4144 (参照 NED)

2 方法

銀河の腕の強さによって形態分類を行う。銀河を正面から観測した形によって形態分類を行うために、(久野ら, 2008) でまとめられている値を用いて位置角と傾斜角の補正を行った。

(1) 位置角 θ の補正

初めに銀河の補正する前のある点を (X_1, Y_1) を定め、位置角を補正した点を (X_2, Y_2) 、傾斜角を補正したときの点を $(X_3,$

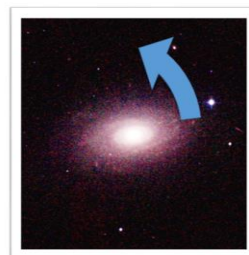


図 5 : 位置角の補正

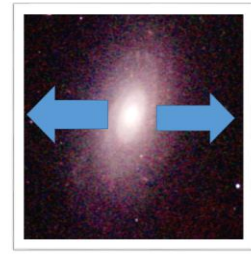


図 6 : 傾斜角の補正

Y_3) とする。原点 O から (X_1, Y_1) までの線分を r 、 X 軸と r のなす角を α 、位置角の傾きを θ とする。

始めに位置角の補正では、

$$\begin{cases} X_1 = r \cos \alpha \\ Y_1 = r \sin \alpha \end{cases}$$

となり、 X_1 と Y_1 の座標を表すことができる。

よって補正された位置角の座標 (X_2, Y_2) は、

$$\begin{cases} X_2 = r \cos(\alpha + \theta) \\ Y_2 = r \sin(\alpha + \theta) \end{cases}$$

となり、右辺を、加法定理を用いて展開し、それぞれの式に X_1 と Y_1 の式を代入すると、

$$\begin{cases} X_2 = X_1 \cos \theta - Y_1 \sin \theta \\ Y_2 = Y_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta \end{cases}$$

となり位置角の補正が完了する。

(2) 傾斜角 φ の補正

次に傾斜角の補正も同様に行う。傾斜角の補正は、平面上で考えると Y 座標は変わらない。よって傾斜角 φ を用いて、 X 座標を表すと、

$$\begin{cases} X_3 = X_2 \cos \varphi \\ Y_3 = Y_2 \end{cases}$$

となり、傾斜角の補正が完了する。本研究では銀河の形態に寄与する星のデータを使用するため、質量の小さい星を観測した 2MASS の K_s バンドの面輝度分布を用いた。図 6 のような銀河の半径の 2 分の 1 の円周上の場所を、平均値で規格化し二次元分布を作成した。腕の集中度は、図 7 ように二次元分布上で値が 1 以上 2 以下の範囲で方位角が 2 分の π の長さで区分される四角形を埋める面積の割合の最大値で求めた。



図 6 : 銀河の半径の 2 分の 1 の円周

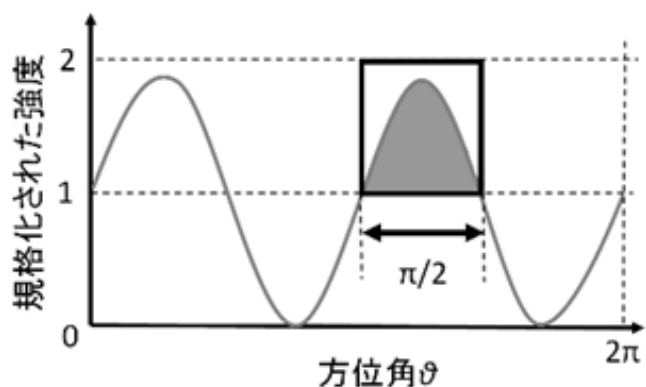


図 7 : 星の集中度を表したグラフ

3 結果

各銀河の腕の集中度を表1にまとめた。

表1：結果と相関

銀河の名前	腕の集中度	AC
NGC5055	5.8%	3
NGC6946	8.0%	9

AC: Arm Class

4 考察

複数本の腕を持つ NGC6946 に対して羊毛のような腕を持つ NGC5055 の腕の集中度の値は大きく Arm Class とも整合性が取れる。また、規格化により腕の集中度の値が顕著に得ることができた。高温な星ほど青白であり、低温な星ほど赤いということから黒体放射であるとわかった。黒体放射とは黒体が放出する熱放射であり、これは光の波長は黒体の温度のみで定まる。したがって、質量の大きい星と比べて質量の小さい星は核融合が激しく進行していないので温度が低く赤色に近くなる。

$$\tau_{ms} \approx \frac{0.1 \times 0.007 M c^2}{L} \approx 10^{10} \frac{M/M_{\odot}}{L/L_{\odot}}$$

τ_{ms} : 寿命, M: 質量, L: 光度, c: 光速

図8より質量と光度には比例関係が見られる。

この式より、質量 (M) の小さい星は、分母が小さくなり、核融合が激しく行われないので寿命が長くなり、質量が大きいほど、分母が大きくなり、核融合が激しく進行するので寿命は短くなる。このことから、円盤銀河の渦状腕の形成に質量の小さい星がより寄付していると考え、波長が長くより赤い、質量の小さい星のデータを集めている Ks バンドのデータを使用した。主系列星の平均寿命の公式からも恒星の寿命と質量との関係性が見えた。

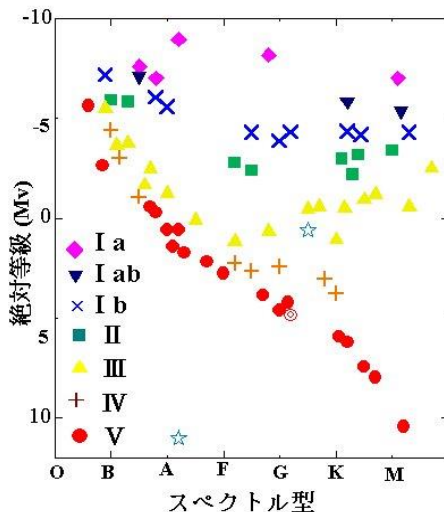


図8：HR図

(ヘルツシュプルングーラッセル図)

参照 国立天文台 岡山天体物理観測所

縦軸は絶対等級、横軸は色指数

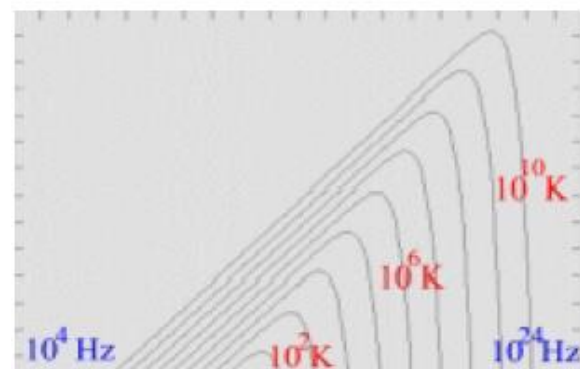


図9：黒体放射

参照 大阪教育大学

横軸は振動数の対数、縦軸は強度の対数

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4$$

この式から温度 (T) が高くなるほど明るさ (L) の値が大きくなることが分かる。

5 まとめ

複数本の腕や羊毛のような腕について集中度を求めることができた。今後は本研究では求めなかった NGC5194 のようなグランドデザインの腕を持つ銀河を含んだ多くの銀河について腕の集中度を求めていきたい。また、本研究では行わなかった銀河の画像データの分解能の補正の仕方を考慮して、精度を上げていきたい。

謝辞

本研究では本校 SSH 運営指導委員の皆様にご指導いただきました。この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- SDSS
<http://skyserver.sdss.org/edr/jp/proj/advanced/galaxies/tuningfork.asp>
- Elmegreen, Debra Meloy; Elmegreen, Bruce G. : Arm classifications for spiral galaxies (ApJ 1987)
- 銀河の渦状構造と水面に発生する渦の表面波：津田裕也、祖父江義明、及川翔太(日本天文学会年会講演予稿集 2011)
- Schröder, M. F. S., Pastoriza, M. G., Kepler, S. O., & Puerari, I. The distribution of light in the spiral galaxy NGC 7412. (A&AS 1994)
- Kuno et al : Nobeyama CO Atlas of Nearby Spiral Galaxies: Distribution of Molecular Gas
- NED
<https://ned.ipac.caltech.edu/>
- 大阪教育大学
<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~fukue/lecture/astrophysics/radiation1.pdf>
- 国立天文台 岡山天体物理観測所
http://www.oao.nao.ac.jp/stockroom/extra_content/story/ippan/hr/hr.htm