

矮小不規則銀河 NGC4449 の潮汐尾における星形成

東京学芸大学大学院 三澤瑠花

1 はじめに

星形成現象は従来、ガスやダストが濃密な領域で起こるとされてきた。しかし近年、銀河系外縁部の早期 B 型星や YSOs の検出 (i.e., Smartt et al. 1996) や近傍渦巻銀河の外縁領域 (i.e., $R > 25$) での大質量星形成の証拠となる $H\alpha$ 源の検出 (i.e., Ferguson et al. 1998) といった稀薄な領域での星形成が指摘されている。また稀薄な領域での星形成という観点では、銀河間相互作用によって形成さ

れた潮汐尾中で CO が検出されており (i.e., Braine et al. 2000), このような現象は通常サイズの銀河のみならず矮小銀河でも起きている可能性が高い。

矮小銀河とは一般的に B バンドの絶対等級が -18 等より暗く、質量が 10^6 - $10^{10} M_{\odot}$ 程度の銀河の総称であり (Grebel 2000), 矮小楕円 (体) 銀河と矮小不規則銀河に大別できる。矮小楕円 (体) 銀河は既に星形成を終えた古い星から構成されるため赤い色をしており、含有する HI ガスの量は僅かで、HII 領域は殆どない。一方で矮小不規則銀河は現在も星形成を行っており、若い星が多く青い色をしており、沢山の HI ガスと数個~数十個の HII 領域を持つ。Figure 1 に示すように矮小楕円 (体) 銀河はフィールドの光度関数の faint-end を、矮小不規則銀河は銀河団の faint-end を占めており、これらは現在の宇宙において最も数が多い銀河であると考えられている。

本研究で取り上げる NGC 4449 はガスが非常に多く、現在も活発な星形成を行っている矮小不規則銀河である。NGC 4449 は過去に同様にガスが豊富な矮小不規則銀河 DDO 125 と銀河間相互作用を経験したのではないかと指摘されている (Hunter et al. 1998)。NGC 4449 は DDO 125 本体に及びそうなほど広がった HI ガスの分布を持つが、現在 DDO 125 との明確な HI ガスの繋がりは確認されていない (Hunter et al. 1998)。Figure 2 に NGC 4449 の HI ガスの分布の様子と、同領域を東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡 / 2kCCD カメラの V バンドで撮像した画像を示す。

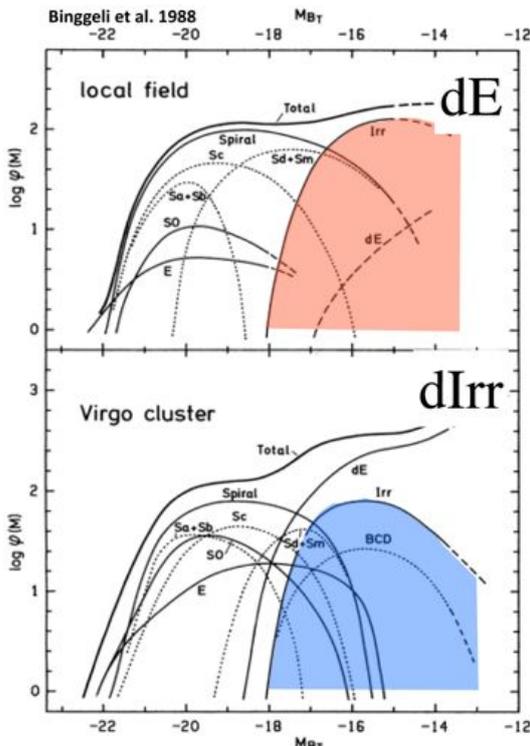


Figure 1: フィールドと銀河団の光度関数

NGC 4449 の潮汐尾は DDO 125 方面に広

がる HI ガスと分布のピークは一致していないが、潮汐尾に沿う形で分布している。そのためこの潮汐尾は物質密度が稀薄であると推定でき、ここでの星形成現象の詳細を知ることによって従来のパラダイムとは異なった、即ち極めて物質密度が希薄な環境における星形成現象の解明に近づくことが出来ると思われる。

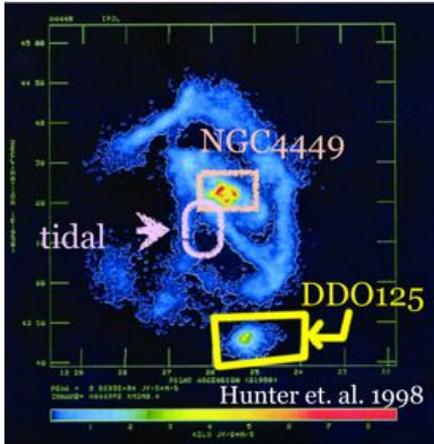


Figure 2: 同スケールでの NGC 4449 と DDO 125 の HI ガスの分布 (Hunter et al. 1998)(上図); V バンド画像 (本研究)(下図)

2 観測データについて

本講演で用いたデータは、2007 年 1 月から 2010 年 4 月にかけて、東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡 / 2kCCD カメラで広帯域 3 バンド (V, R, I) と狭帯域 3 バン

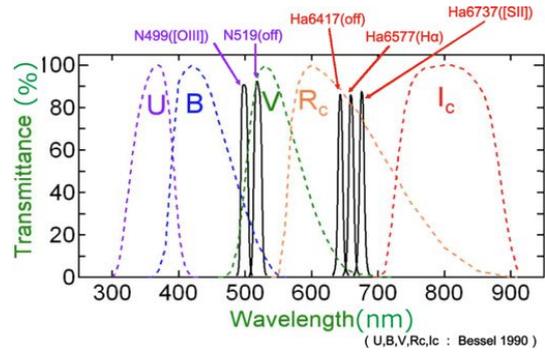


Figure 3: 105cm シュミット望遠鏡 / 2kCCD カメラのフィルタ特性

ド (Ha6417, Ha6577, Ha6737) による撮像を行った。東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡 / 2kCCD カメラのフィルタ特性を Figure 3 に示す。観測の概要を Table 1 に示す。

Table 1: 観測の概要

フィルタ	積分時間	シーイング
V	2400 秒	5.25 arcsec
R	2820 秒	5.25 arcsec
I	3729 秒	5.25 arcsec
Ha6417(Ha-off)	12540 秒	3.75 arcsec
Ha6577(Ha-on)	12240 秒	3.75 arcsec
Ha6737([SII]-on)	12540 秒	3.75 arcsec

解析には IRAF, SPIRAL, SExtractor を用い、測光原点は天体と同視野内にある SDSS で測光済みの恒星から算出した。

3 結果

3.1 潮汐尾全体の性質

Figure 4 に潮汐尾の V, R, I バンドによる三色合成を示した。この潮汐尾全体の開口測光 (半径=202.5 arcsec) の結果、 M_V で -15.01 等であった。また Figure 5 に示した横軸 (V - Ic), 縦軸 (Rc - Ic) の二色図より潮汐尾は不規則銀河に近い色を持っていること

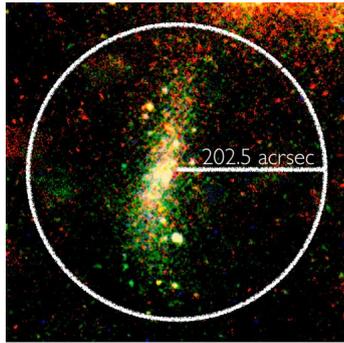


Figure 4: 潮汐尾の三色合成図 (V, R, I) と開口測光範囲

がわかった. 次に一番古い星を多く反映していると考えられる I バンドを用いて, 典型的な矮小銀河の金属量 $[Fe/H] = -0.22$ から質量光度比 $M/L_I = 0.901-2.341$ を仮定し (Worthey 1994), 総質量を算出したところ $3.6-9.3 \times 10^7 M_\odot$ となった.

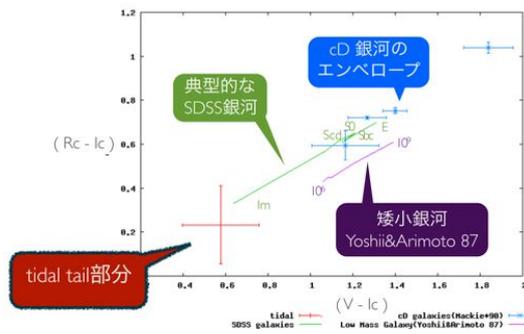


Figure 5: 潮汐尾の $(V - Ic)$ v.s. $(Rc - Ic)$

3.2 潮汐尾中の $H\alpha$ 源の性質

目視可能な $H\alpha$ 源を一つだけ検出した (Figure 6). この $H\alpha$ 源を FWHM の 3 倍で開口測光した結果 $L_{H\alpha}$ は $1.76 \times 10^{-4} \text{ erg/s}$ となった. この値を用いて式 (1), (2) より星形成率を計算した (Kennicutt1998, Lee et al. 2009).

$$SFR[M_\odot/\text{yr}] = 7.9 \times 10^{-42} \times L_{H\alpha}[\text{erg/s}] \quad (1)$$

$$\log(SFR[M_\odot/\text{yr}]) = 0.62 \times \log(7.9 \times 10^{-42} \times L_{H\alpha}[\text{erg/s}]) - 0.47 \quad (2)$$

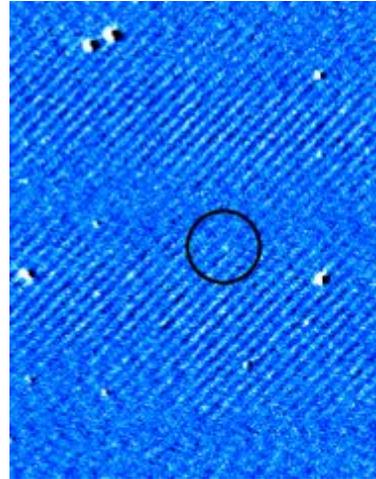


Figure 6: 潮汐尾の $H\alpha$ 源, $Ha6577[Ha-on]-Ha6417[Ha-off]$ 画像

それぞれの式を用いて計算した結果, 潮汐尾中の $H\alpha$ 源の星形成率は $6.4 \times 10^{-4} - 4.0 \times 10^{-5} M_\odot/\text{yr}$ であった. これはちょうこくしつ座銀河群の矮小不規則不銀河の星形成率 (i.e., Skillman et al. 2003) と同程度である.

3.3 潮汐尾中の星団候補天体の比較

最後に SExtractor で, 潮汐尾中に連続光で輝く星団候補を Figure 7 のように 17 候補検出し, これらの開口測光を行った. ここに典型的な球状星団の質量光度比 $M/L_V = 2$ (Pryor & Meylan1993) を仮定し星団候補は $10^4-10^5 M_\odot$ の質量を持っていた. また潮汐尾と同様に Figure 8 のように横軸 $(V - Ic)$, 縦軸 $(Rc - Ic)$ の二色図を描いた. 結果は二色図上で個々の星団の分散が大きく, また Pegase でサルピータ IMF を仮定したモデルや Bessell (1990) のモデルと比較したところ, 分布によって多少異なるがモデルと比較すると赤色巨星が支配的な天体や, 主系

列星が支配的な天体, F 型星が支配的な天体に分けられた.

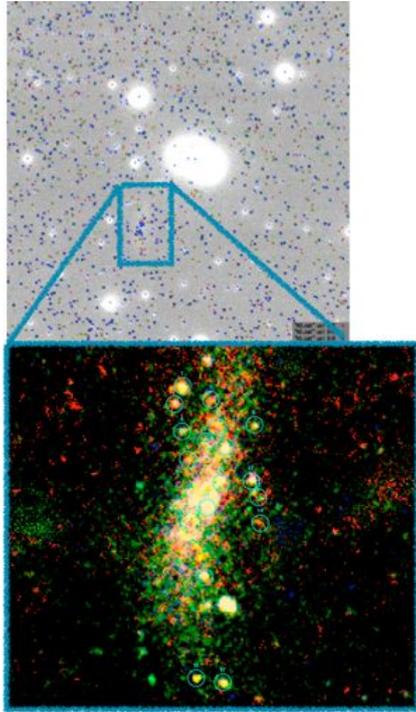


Figure 7: SExtractor で検出した潮汐尾中の星団候補 (上図, 矩形内) と三色合成図上 (V , R , I バンド) での星団候補の分布 (下図)

4 まとめと考察

以上より NGC4449 の潮汐尾は低質量な矮小銀河程度の質量を持つことがわかった. 潮汐尾中に含まれる星団候補の形成に銀河間相互作用が拘っていたかどうかは現時点では不明であるが, 二色図の星団候補天体の分布によると, 星団に含まれる多くの星は銀河間相互作用前に生まれたのではないかと考えられる. しかし二色図では厳密には年齢を議論できないため, 年齢を決定するために SED フィッティングを行う. そしてこれらの星団が相互作用時に母銀河から引きずり出された星団であるか, 相互作用がきっかけとなり形成された星団であるかを明らかにするた

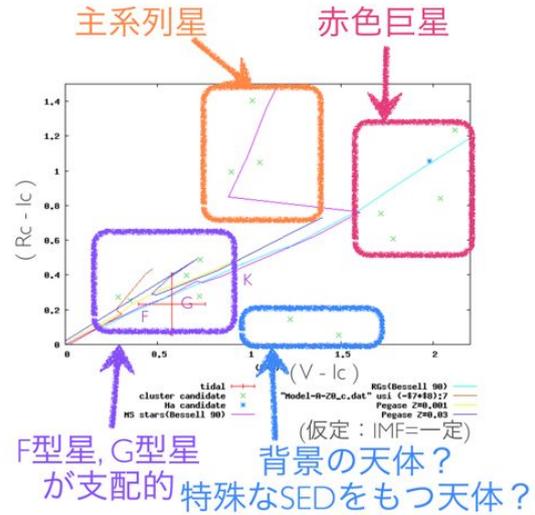


Figure 8: 星団候補の $(V - Ic)$ v.s. $(Rc - Ic)$

めに, 母銀河中の星団との性質の比較が今後の研究課題である.

References

- [1] Braine, J., Lisenfeld, U., Duc, P.-A., & Leon, S. 2000, *Nature*, 404, 904
- [2] Ferguson, A. M. N., Gallagher, J. S., & Wyse, R. F. G. 1998, *AJ*, 116, 673
- [3] Grebel, E. K. 2000, *ESASP*, 445, 87
- [4] Hunter, D. A., Wilcots, E. M., van Woerden, H., Gallagher, J. S., & Kohle, S. 1998, *ApJL*, 495, L47
- [5] Kennicutt, R. C., Jr. 1998, *A&A*, 36, 189
- [6] Lee, J. C., et al. 2009, *ApJ*, 706, 599
- [7] Pryor, C., & Meylan, G. 1993, *ASPC*, 50, 357
- [8] Smartt, S. J., Dufton, P. L., & Rolleston, W. R. J. 1996, *A&A*, 305, 164
- [9] Worthey, G. 1994, *ApJS*, 95, 107