



矮小不規則銀河NGC4449の 星形成領域探索

東京学芸大学 三澤 瑠花, 西浦慎悟

目次

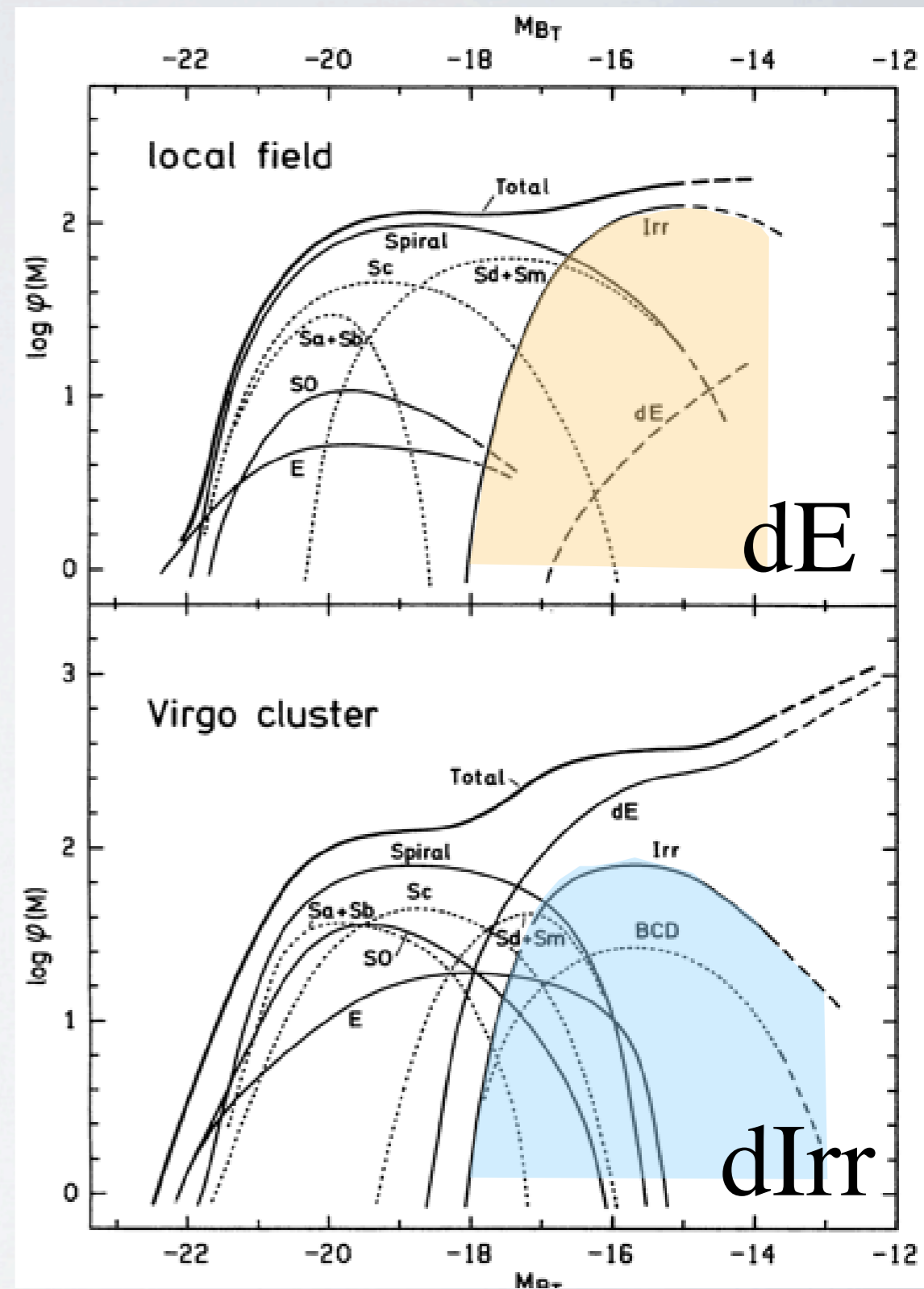
- Introduction
 - 星形成現象と星形成領域
 - 矮小銀河
 - 矮小不規則銀河NGC4449
- 観測と解析
- 結果
- まとめと展望

星形成現象と星形成領域

- ガスやダストが濃密な領域での星形成
 - 従来から考えられている星形成現象
- ガスやダストが希薄な領域での星形成
- 銀河系外縁部のB型星やYSOの発見(i.e., Smart+96), 近傍渦巻銀河外縁部でのH α 源の検出(i.e., Ferguson+98)
 - 稀薄で低密度、低金属量下での星形成
- 相互作用した銀河のtidal structure中にCOが検出(i.e., Brain+00)
 - 銀河外縁部における星形成と銀河間相互作用に関連
 - ⇒矮小銀河でも同様のことが起きているはず

矮小銀河

- $M_B < -18\text{mag}$ (Grebel 2000)
 - $10^6 M_{\text{sun}} < M < 10^{10} M_{\text{sun}}$
- { 矮小楕円(体)銀河(dE, dSph)
 { 矮小不規則銀河(dIrr)
- 光度関数の faint end
 ⇒ 宇宙空間に最もありふれた銀河！



	dE	dIrr
Color	赤	青
Star Formation	終了	on-going
HI	ちょっと	たくさん
HII	ほぼなし	あり
CO and Dust Emissions	あり	あり

矮小不規則銀河 NGC4449

- gas-richで現在も激しく星形成
- gas-richな矮小不規則銀河DDO125と0.5Gryほど前に銀河間相互作用したかも (by シミュレーション)
- 移動距離と相対速度の計算からもシミュレーションの値とだいたい一致
- NGC4449とDDO125近傍にまで及ぶHIガスの分布が途切れた部分にtidal tailが存在

⇒物質が稀薄な領域における星団の形成・進化を調べるのに適している

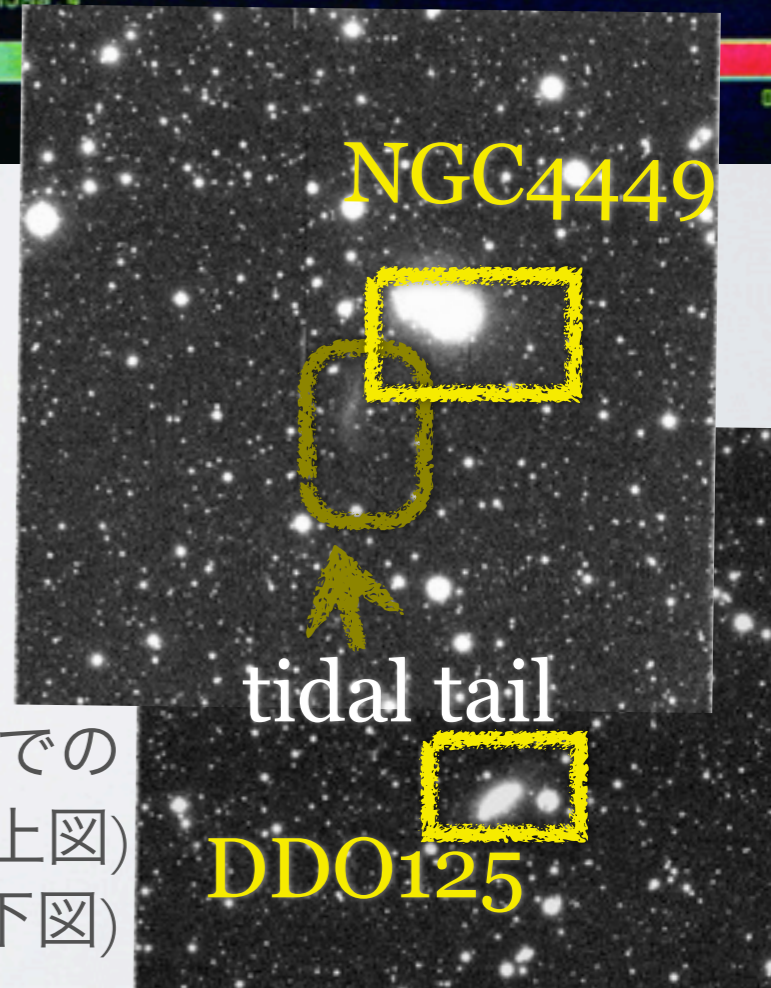
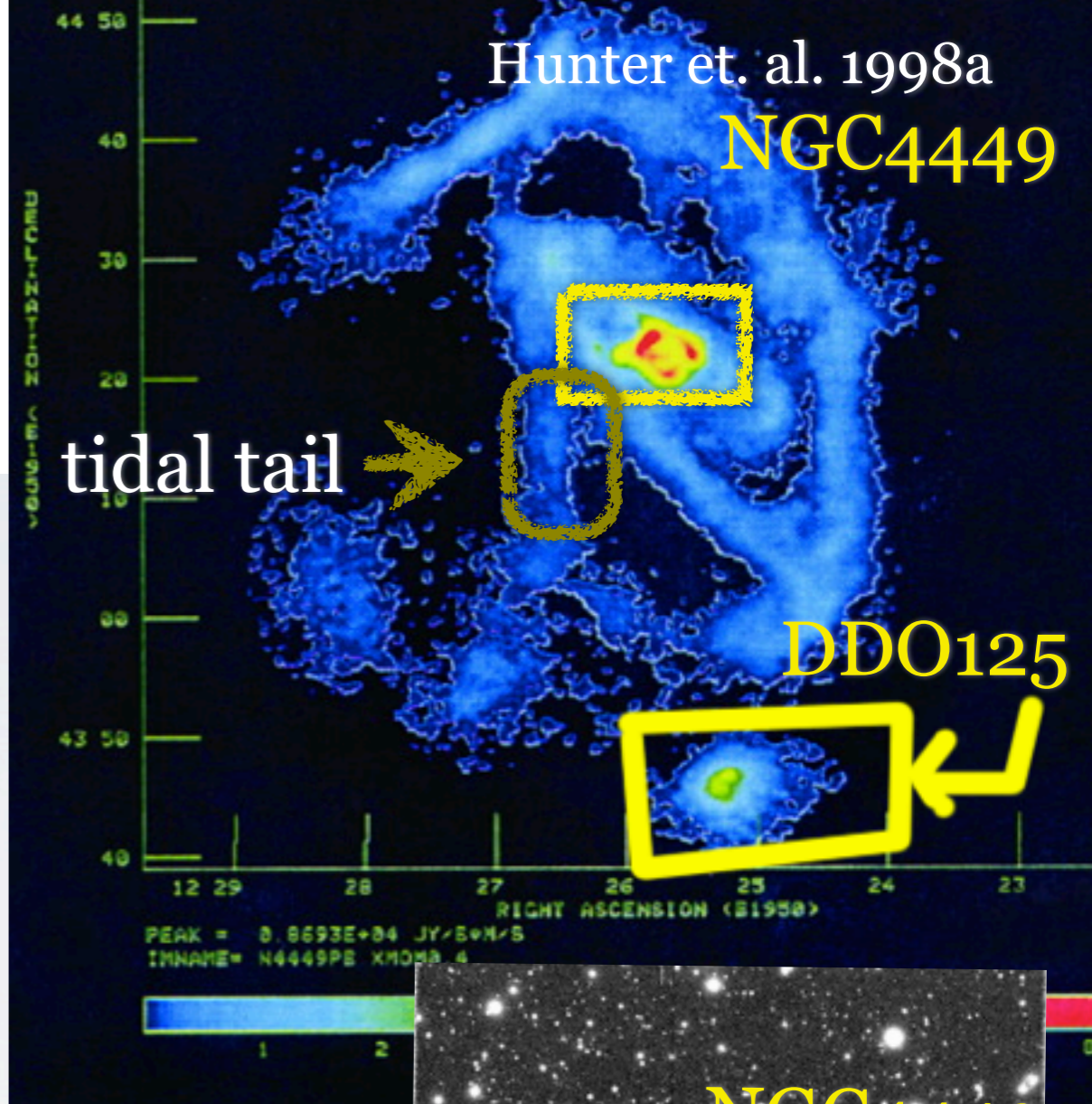


図: 同スケールでのHIガスの分布(上図) Vバンド画像(下図)

解析データ概要

- 装置: 105cmシュミット望遠鏡 / 2kccd
- filter: U, B, V, R, I, H α 6417 H α 6577 H α 6737, N487, N499, N519
- 観測日:
2007/01/18, 2007/01/23, 2007/04/15, ~~2008/3/8~~, ~~2008/03/11~~, 2008/05/03, ~~2008/5/6~~,
~~2009/3/29~~, ~~2009/3/30~~
- tidal成分のdeep imagingのための追加観測日:
2010/03/11, 2010/03/13, 2010/03/14, 2010/04/17, ~~2010/04/18~~
- 総積分時間
 - 狭帯域 H α 6417: 12540s(2700s+9840s); H α 6577: 12240s(2100s+10140s);
H α 6737: 12540s(2700s+9840s);
 - 広帯域 V: 2400s(900s+1500s); R: 2820s(720s+2100s); I: 3720s(720s+1200s);
- seeing(FWHM)
 - 狭帯域 2.5 ± 0.5 pixel (3.75 ± 0.75 arcsec)
 - 広帯域 3.5 ± 0.5 pixel (5.25 ± 0.75 arcsec)
- 解析ツール
 - IRAF/apphot, SPIRAL, SExtractor
 - 測光原点: 天体と同視野内にあるSDSS天体(7天体)から算出

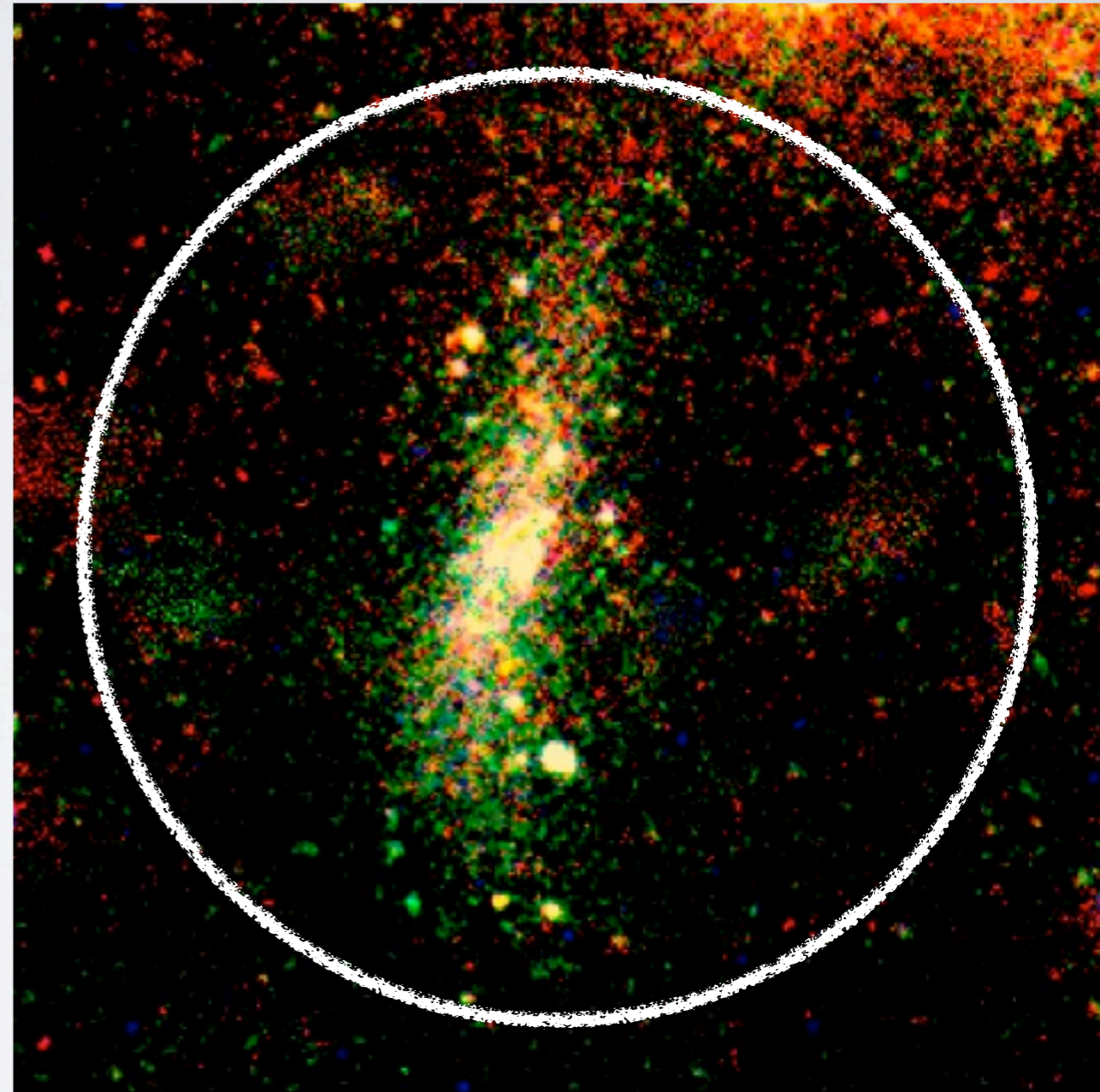
結果①-1

TIDAL TAILの開口測光

- IRAF/apphot
- apertureの半径: 135pixel
tidal tail外にある明るい天体は
imregistで周辺の色を補完
- M_V : -15.01 mag
flux: 1.63×10^{-11} erg/cm²/s
- M_R : -16.02 mag
flux: 5.23×10^{-11} erg/cm²/s
- M_I : -15.75 mag
flux: 2.26×10^{-11} erg/cm²/s

⇒等級→色

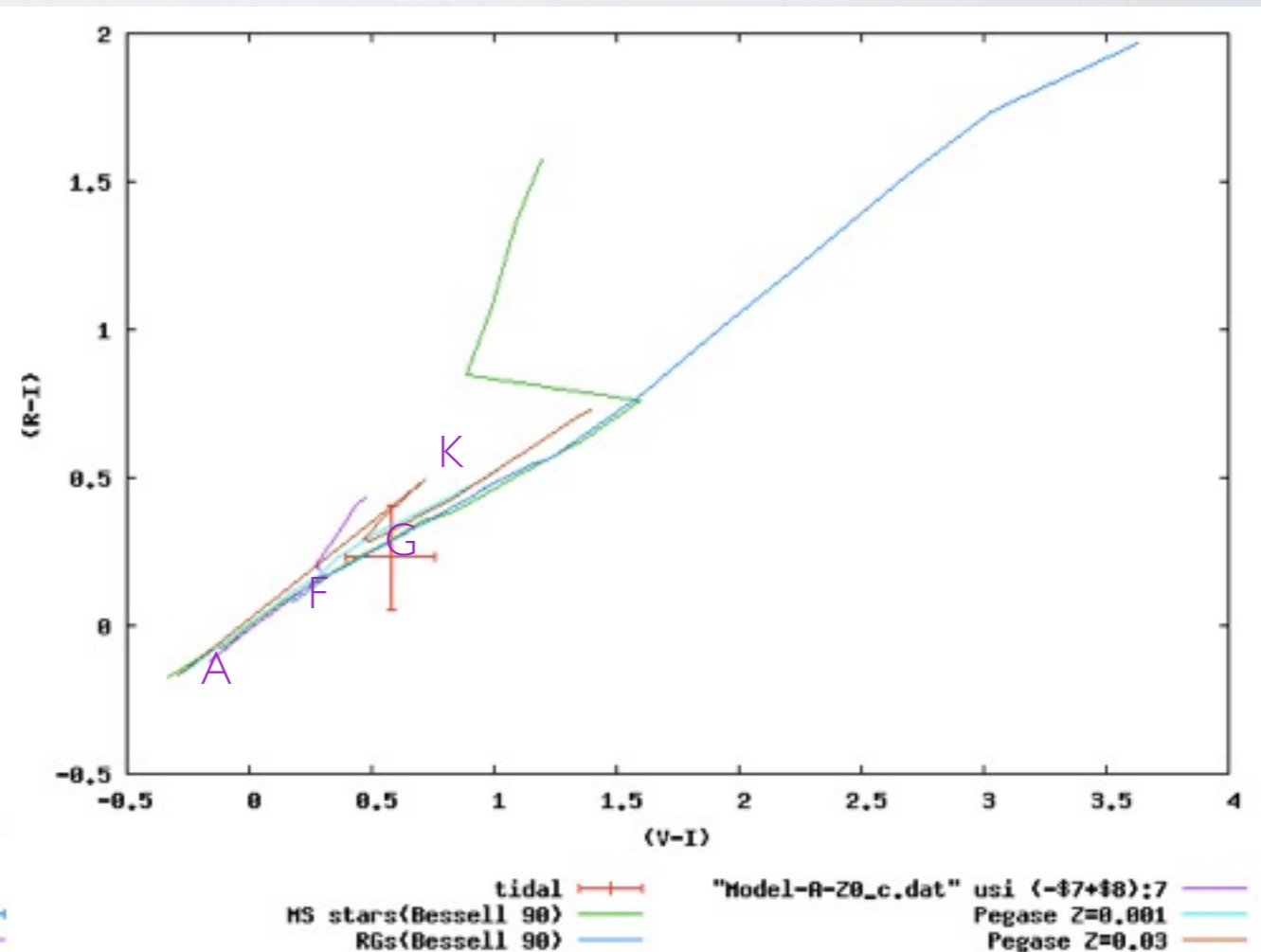
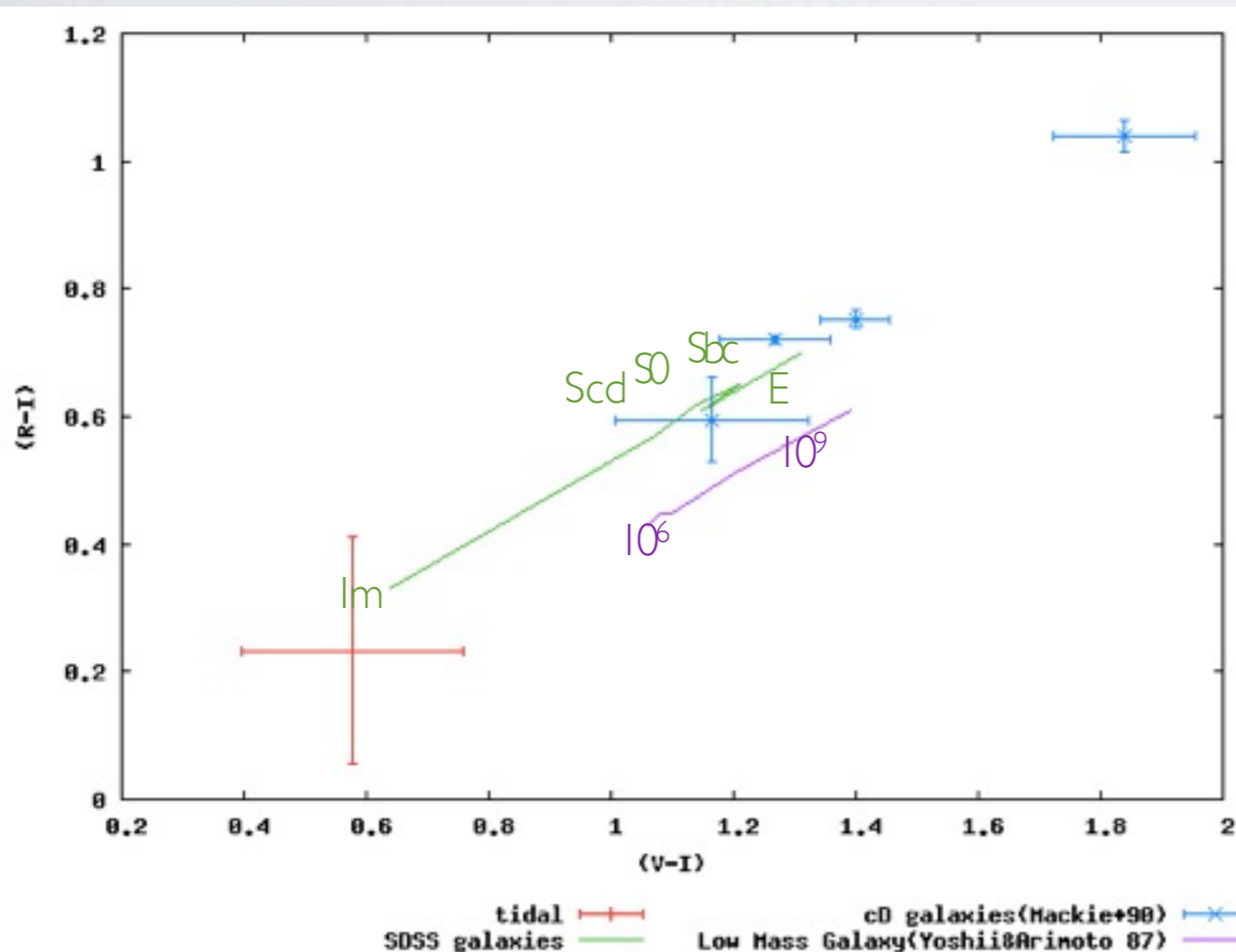
flux→質量を出してみた



結果①-1

TIDAL TAILの開口測光

- $(V - I_c)$ vs $(R_c - I_c)$
 - 不規則銀河のカラー
 - 古い星の種族(G型-F型)がdominant



結果①-1

TIDAL TAILの開口測光

- V, R, Iの3バンド中, 低質量星を最も反映しているIバンドの質量-光度比から質量を算出
(Worthey 94)

条件

[Fe/H]=-0.22

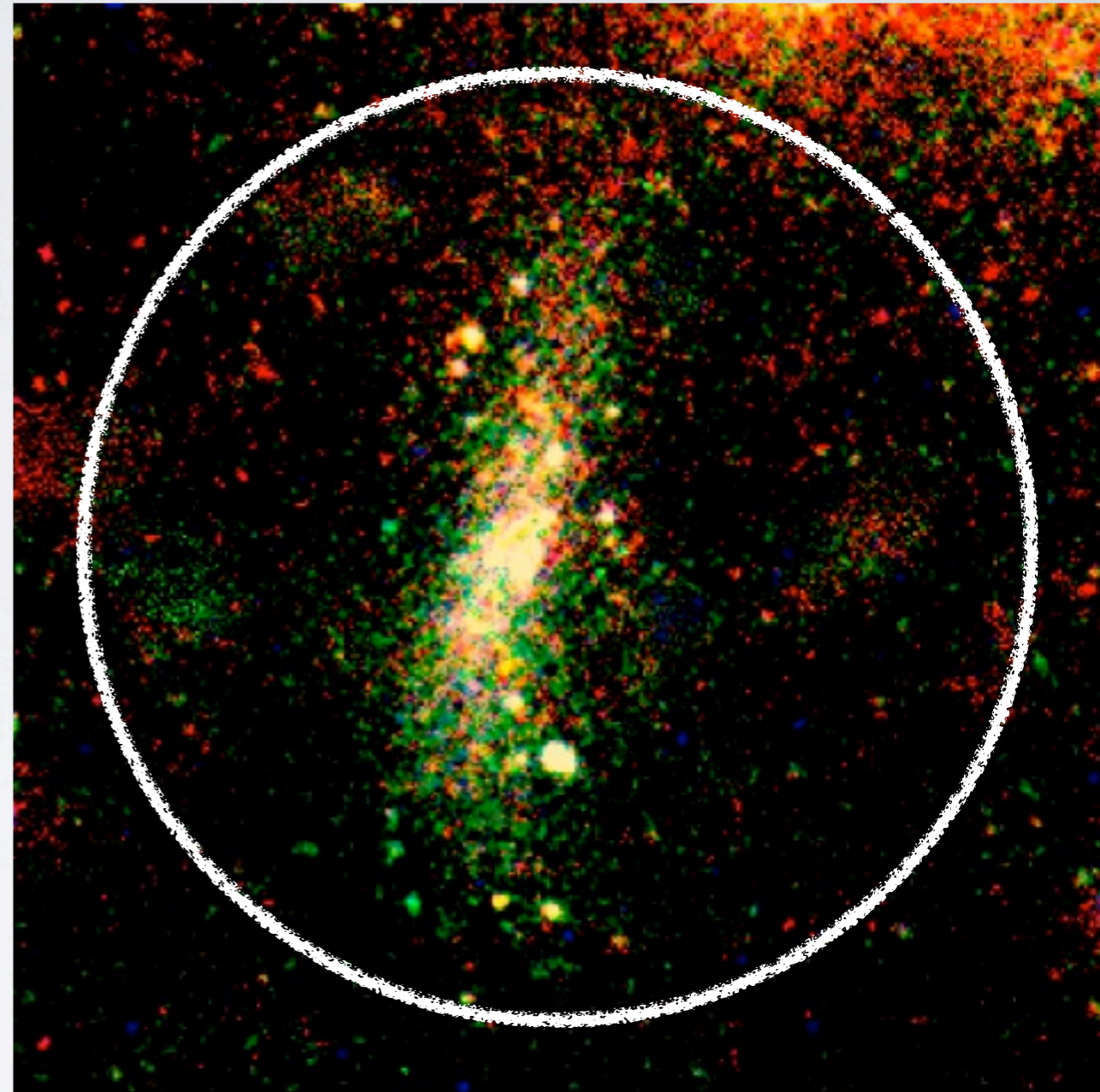
↑典型的な矮小不規則銀河程度

Age: 1.5Gyr~8Gyr(A型~G型)

→ $(M/L)_I: 0.901 \sim 2.341$

⇒ $3.6 \times 10^7 \sim 9.3 \times 10^7 M_{\text{sun}}$

⇒矮小銀河の低質量な銀河程度



結果①-2

TIDAL TAILのH α 源



追加観測申請分...

3時間半の積分では残念ながら十分なS/Nが得られなかった

目視可能なH α 源 1 つ \rightarrow 開口測光(7.5pixel)

$$1.76 \times 10^{-4} \text{ erg/s}$$

SFRを算出

- Kennicutt 98

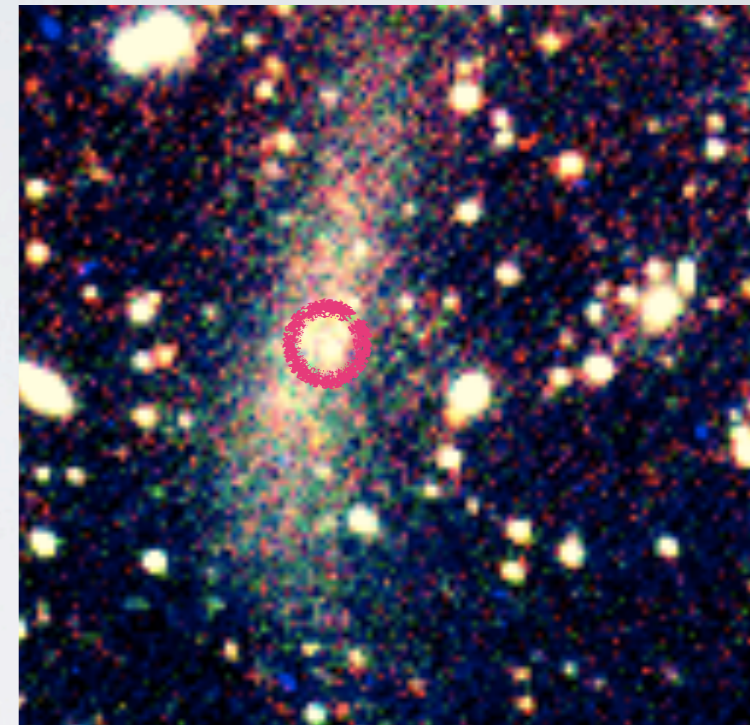
$$\text{SFR}[\text{Msun/yr}] = 7.9 \times 10^{-42} \times L(\text{H}\alpha)[\text{erg/s}]$$
$$\Rightarrow 4.0 \times 10^{-5} \text{ Msun/yr}$$

- \uparrow 式を $L(\text{H}\alpha) < 2.5 \times 10^{39} \text{ erg/s}$ にあわせてリバイズ(Lee+09)

$$\log(\text{SFR}[\text{Msun/yr}]) = 0.62 \log(7.9 \times 10^{-42} \times L(\text{H}\alpha)[\text{erg/s}]) - 0.47$$
$$\Rightarrow 6.39 \times 10^{-4} \text{ Msun/yr}$$

Sculptor Group ある dlrr の cluster と同程度(Skillman 03)

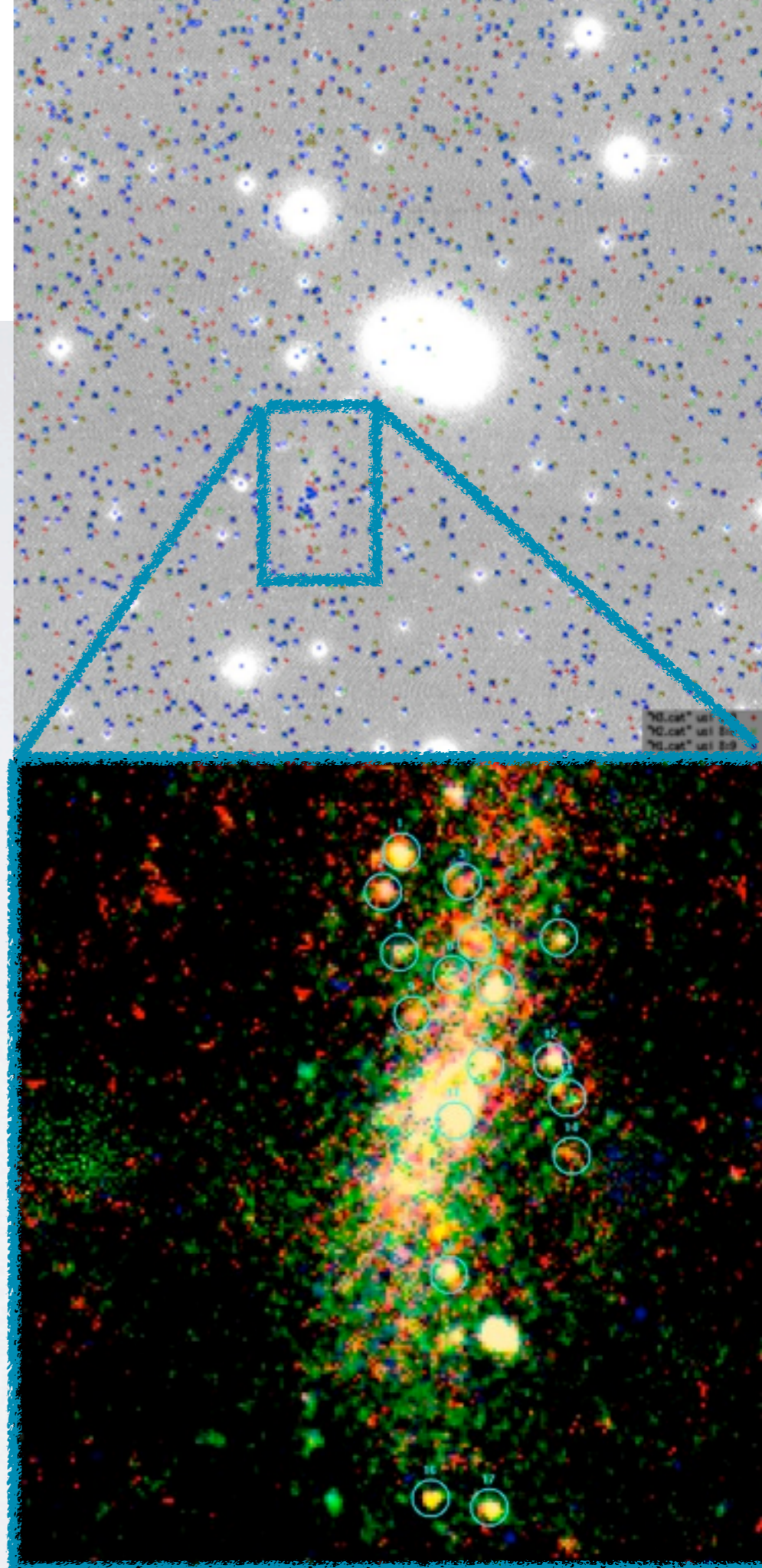
\rightarrow そこそこ reasonable な値



結果②

TIDAL TAILのSTAR CLUSTER CANDIDATES

- 1) tidal tail領域に検出が集中
(狭帯域画像にSExtractorをかけた)
 - 2) $H\alpha 6417$ ($H\alpha$ on点) - $H\alpha 6577$ ($H\alpha$ off点) ではtidal成分の $H\alpha$ 未検出
→ tidal成分のものはcontinuumで光っている
⇒ tidal tail中にあるstar clusters ?
- 狭帯域のSExtractorの結果を参照しながら目視で17個検出
⇒ 開口測光(3FWHM)



結果②

TIDAL TAILのSTAR CLUSTER CANDIDATES

- 等級と個数の分布
- 球状星団の質量-光度比 $(M/L)_V=2$ (Pryor&Meylan 93)
- Worthey 94のデータによればVバンドとR, Iバンドで質量光度比に大差なし
→ $M/L=2$ とした

球状星団: $10^4 M_{\text{sun}} < M < 10^6 M_{\text{sun}}$

⇒球状星団に近い？

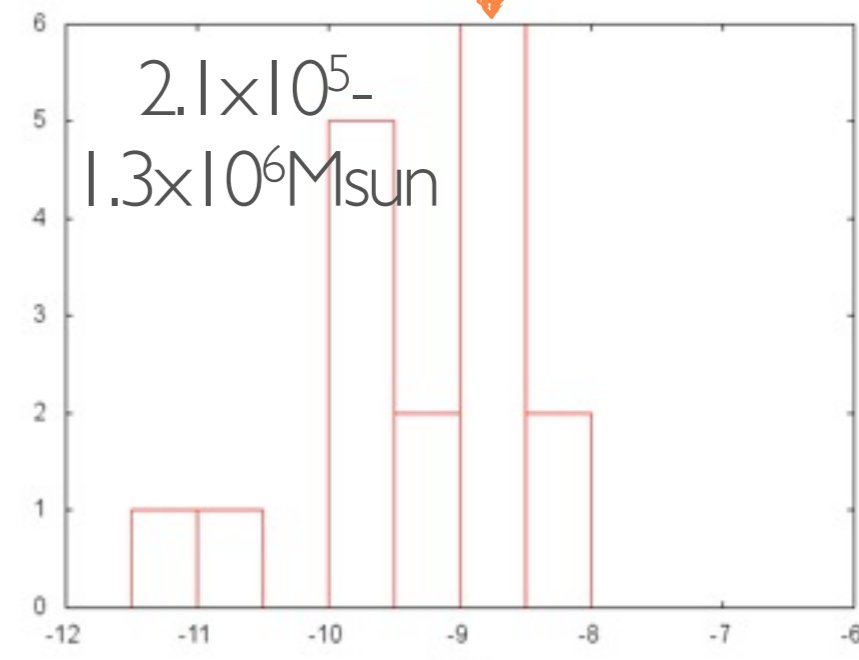
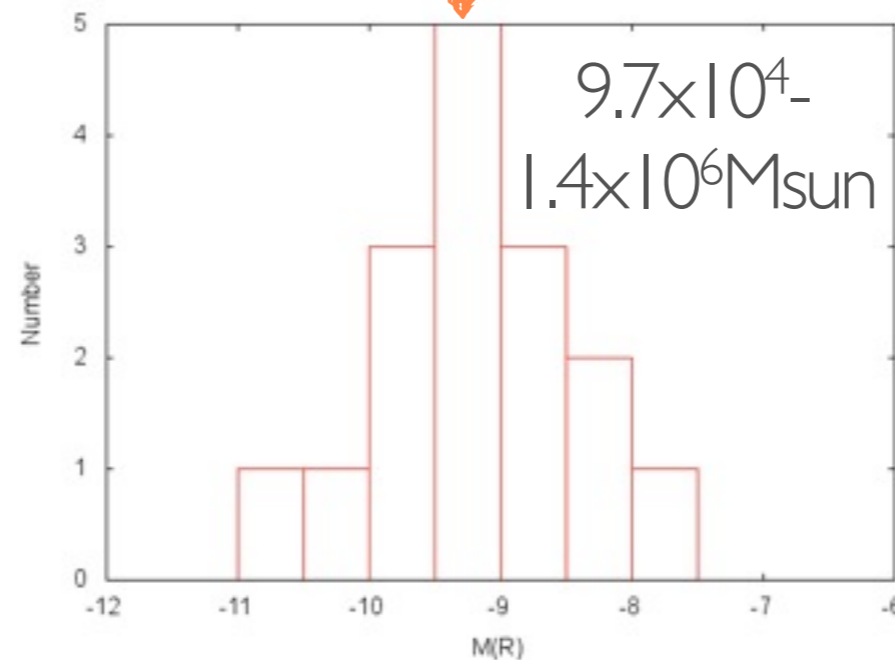
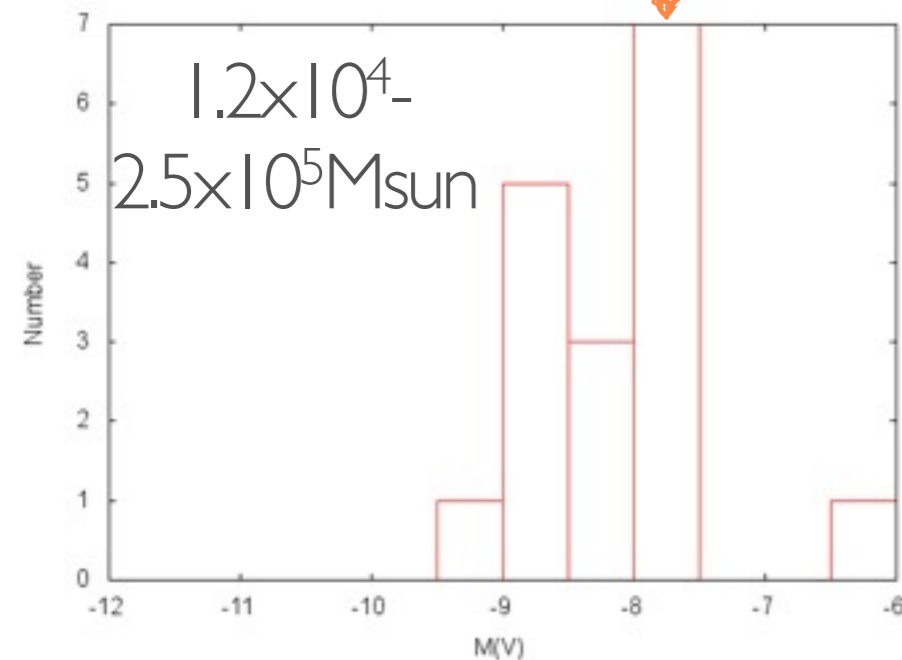
$5.5 \times 10^4 M_{\text{sun}}$



$3.6 \times 10^5 M_{\text{sun}}$



$1.3 \times 10^5 M_{\text{sun}}$



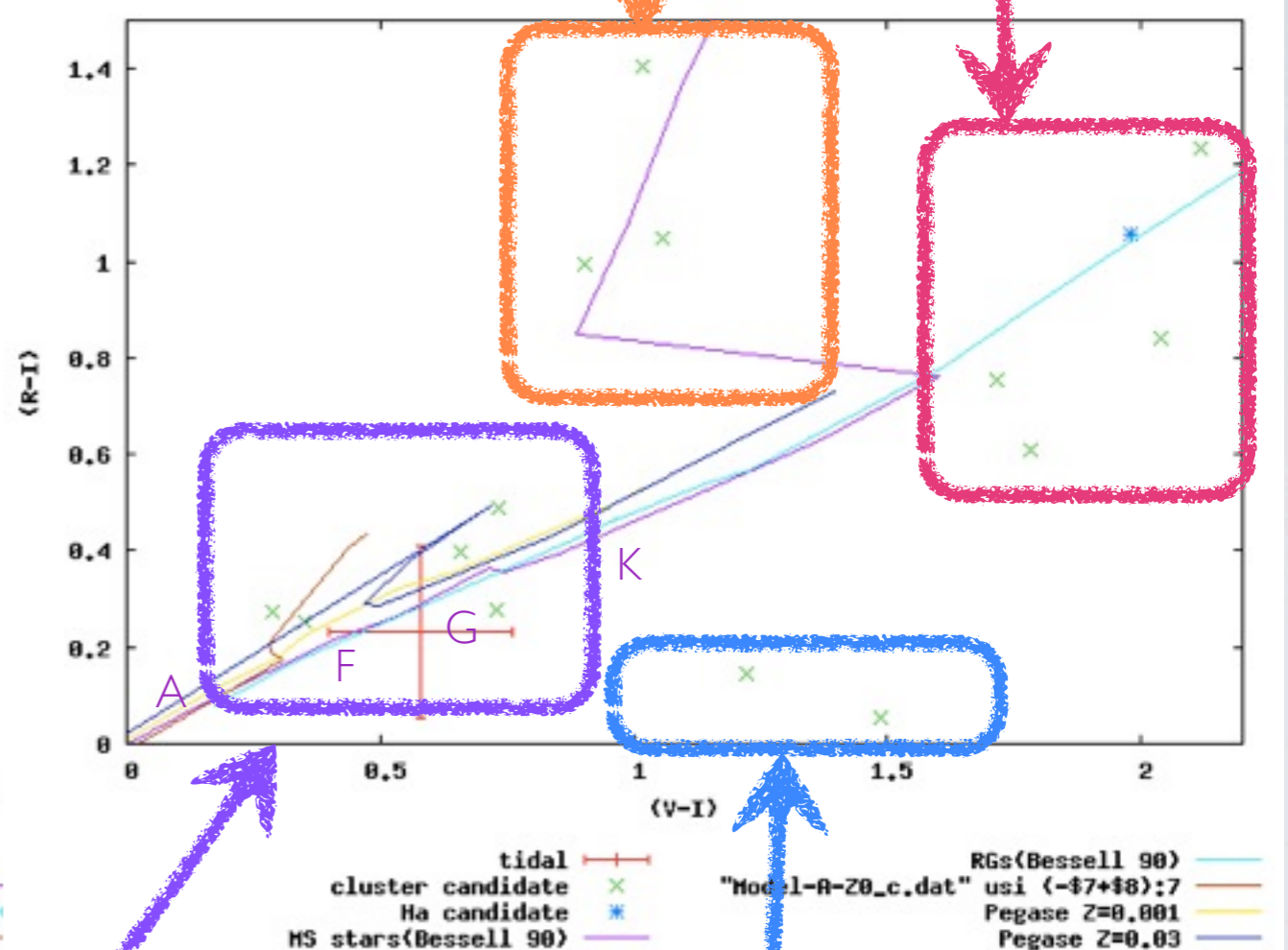
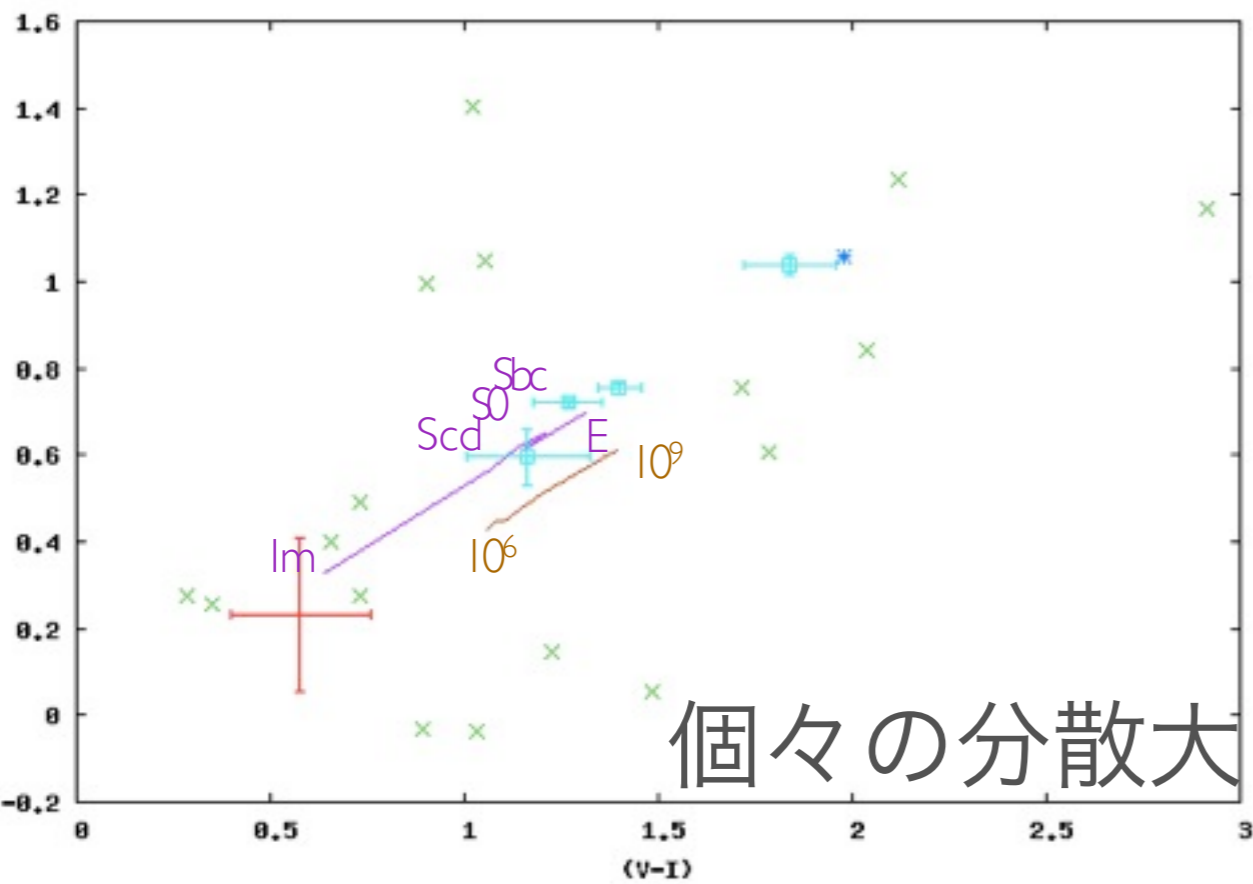
結果②

TIDAL TAILのSTAR CLUSTER CANDIDATES

• $(V - Ic)$ vs $(Rc - Ic)$

銀河間相互作用前に形成 (MS stars)

銀河間相互作用前に形成 (red giants)



F型がdominant → 数Gyr
銀河間相互作用前に形成

背景の天体？
特殊なSEDをもつ天体？

まとめと展望

- NGC4449のtidal tail全体の色&star cluster candidatesの色より
 - tidal tail全体では星の種族で見るとG型星がdominant(数~25Gry程度)&星団でも銀河間相互作用を起こす前に形成された星
- NGC4449のtidal tail全体の質量&star clustersの質量より
 - tidal tail全体は低質量な矮小銀河程度の質量
 - tidal tail中のstar cluster candidatesは球状星団のようなもの？
 - ⇒銀河間相互作用が引き金になってtidal tail中の星の多くが形成されたとはいいいにくい？

今後...

- NGC4449自身の星団の等級、質量分布（先行研究）との比較
- 理論モデルとの比較

銀河間相互作用や物質密度が希薄な領域での星形成について新たな知見が得られるかも