

宇宙年齢後半 ($0.4 < z < 1.2$) の 銀河の星質量と星形成率の進化

名古屋大学 銀河進化学研究室 (Ω 研)

M2 村田勝寛

共同研究者:

Tsutomu T. Takeuchi(Nagoya Univ.)

Veronique Buat(OAMP)

Elodie Giovannoli (OAMP)

Denis Burgarella(OAMP)

Ryosuke Asano(Nagoya Univ.)

定義・記法

- 銀河の質量、 M は 銀河の星質量
- SFRは Star Formation Rate
- SSFRは Specific Star Formation Rate
 $SSFR = SFR/M$

downsizing

星形成に関する

観測的に

昔

多くの銀河で星形成活動が活発

大規模な銀河から星形成をやめていく

今

小規模な銀河が主に星形成活動

例えば質量-SSFRをみることで定量的な評価

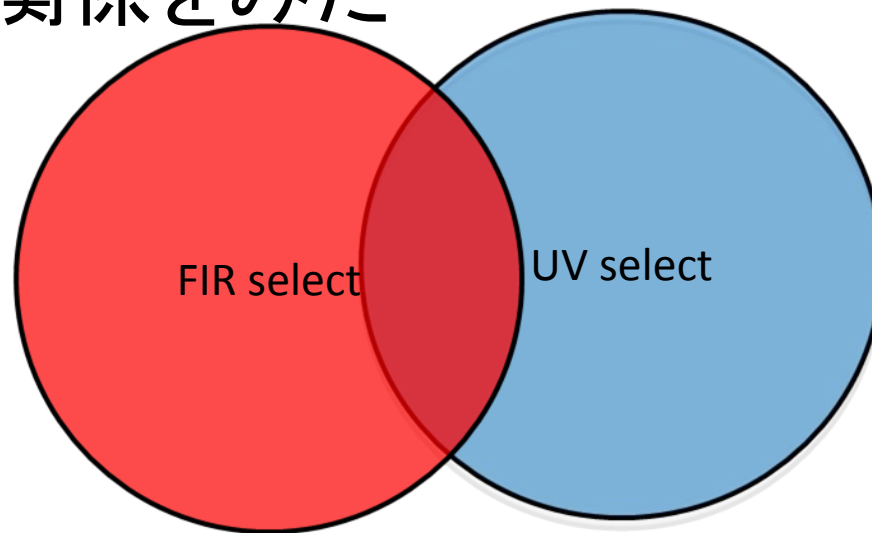
FIR select / UV select

我々のグループは

Chandra Deep Field South(CDFS)における

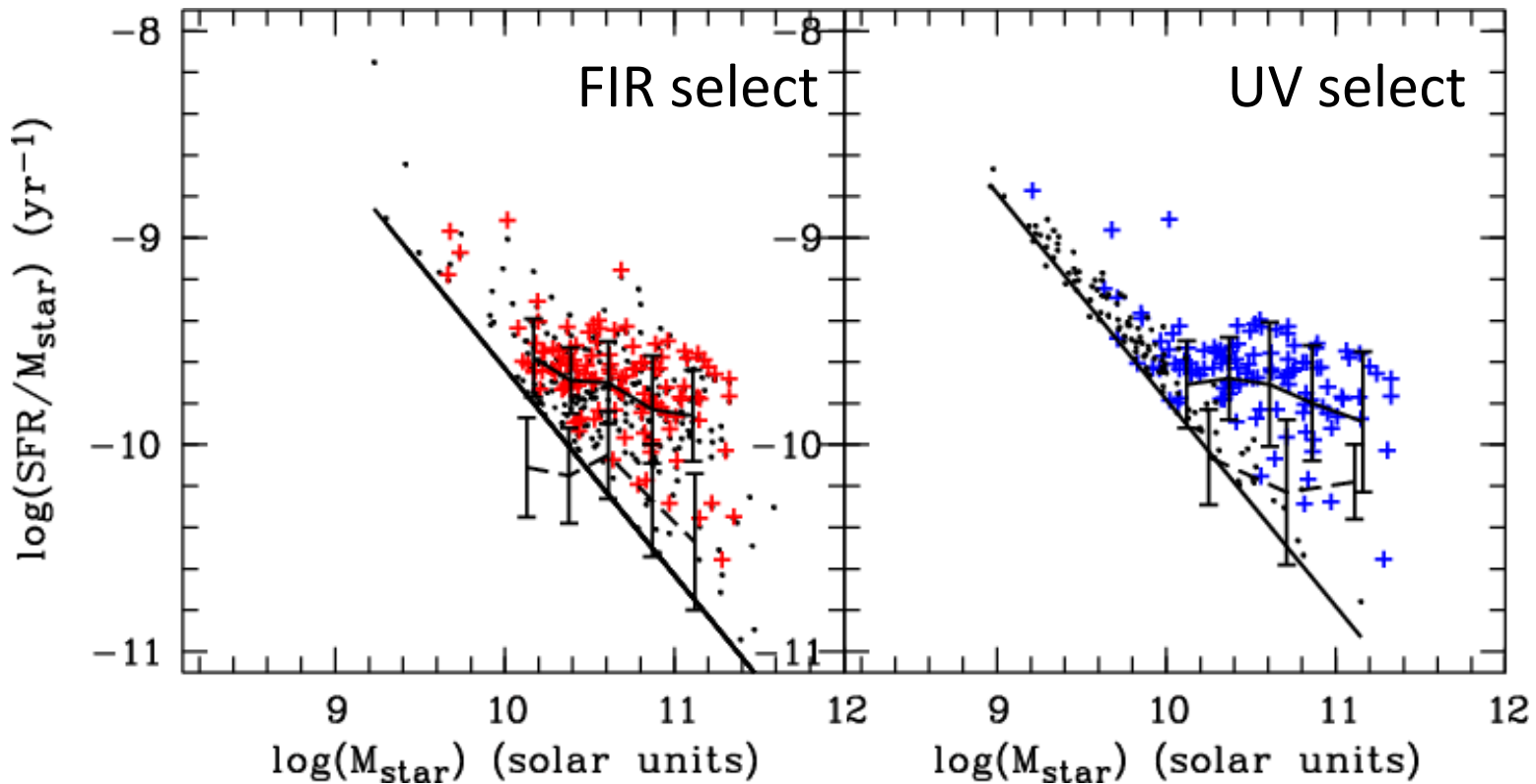
FIR select, UV selectサンプルで

質量-SSFRの関係をみた



～星形成銀河selectサンプル

FIR select / UV select の質量- SSFR@z=0.7

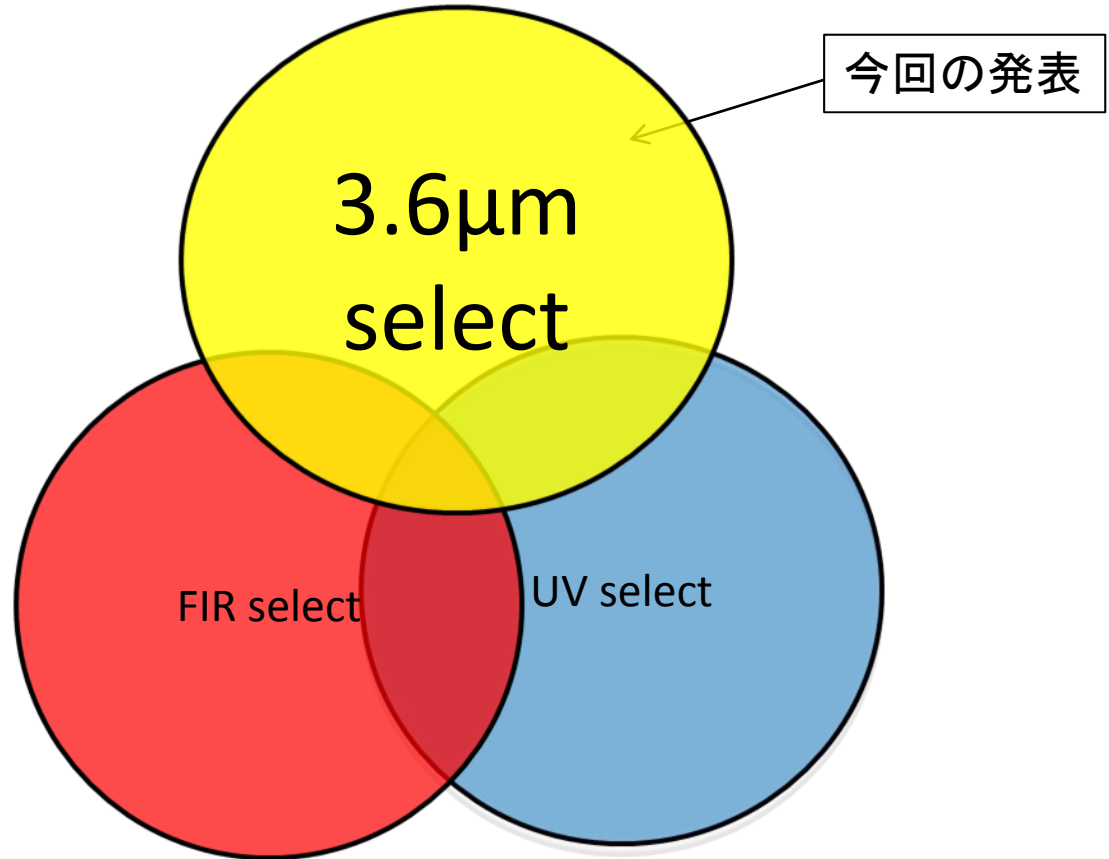


solid line : $z=0.7$
dash line : $z=0$

FIR select, UV selectで
それほど変わらない結果

さらに今回 3.6 μ m select

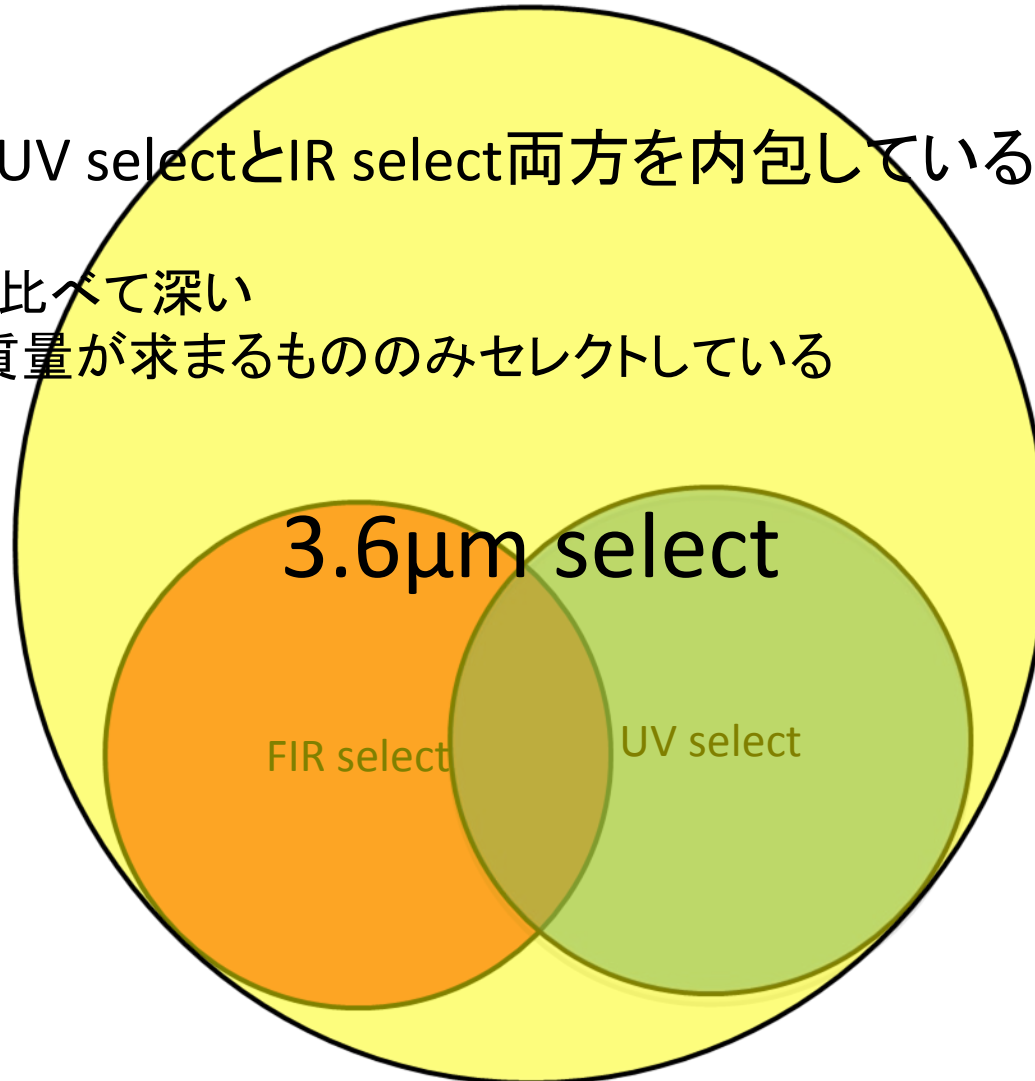
~星質量銀河select



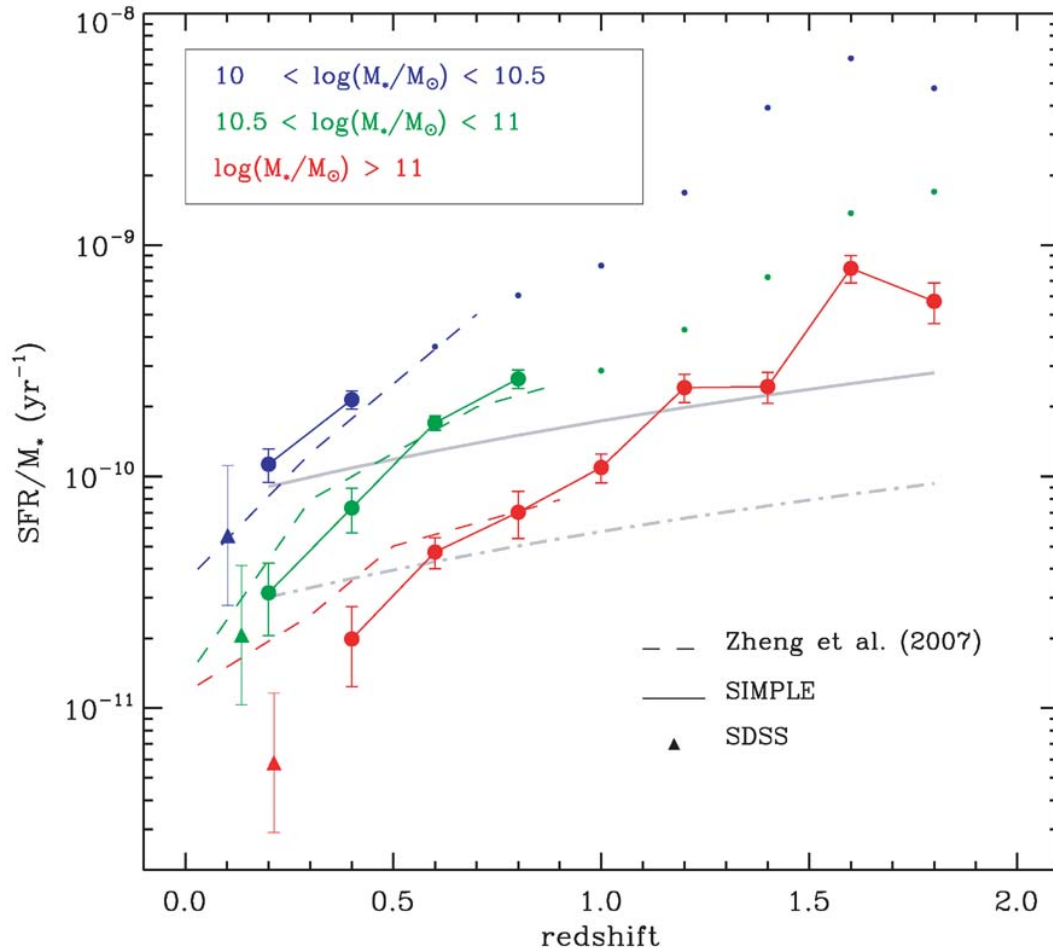
実際にはこんな感じ

3.6 μ m select はUV selectとIR select両方を内包している

- 3.6 μ mはUV,FIRに比べて深い
- UV,FIRセレクトも質量が求まるもののみセレクトしている



downsizing 3.6 μ m select sample



CDFSの同じ領域を含む
使ってるデータが多少異なる

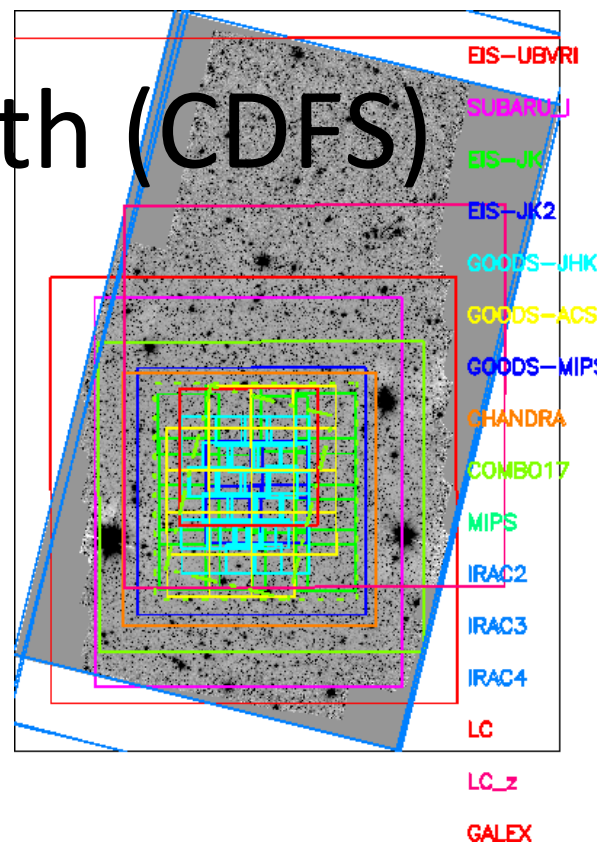
Damen+(2008)

やることは3つ

1. 質量とSSFRの関係を求める($0.4 < z < 1.2$)
2. Buat+(2008)と整合的か確認 @ $z=0.7$
3. 同じ領域、同じ $3.6\mu\text{m}$ select sampleである
Damen+(2008)と比較する

Chandra Deep Field South (CDFS)

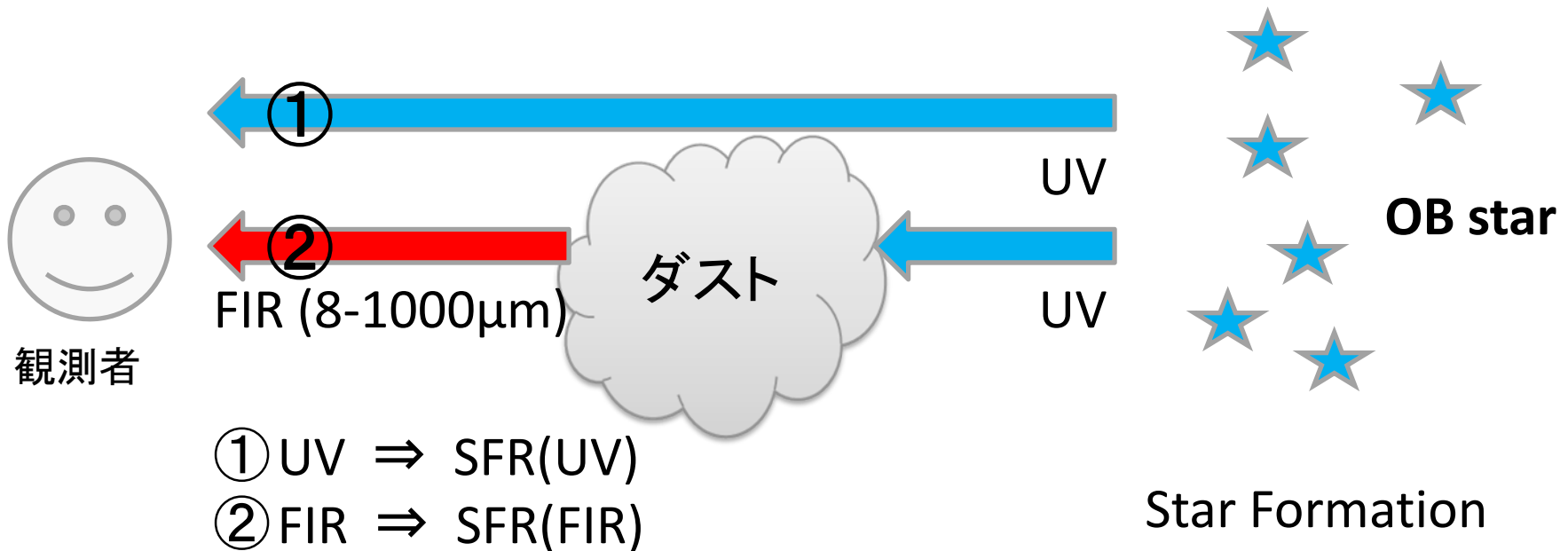
- Spitzer/IRAC 3.6 μ m select
 ~ 銀河の星質量セレクト
- 約3500個の銀河
 ($F(3.6\mu\text{m}) > 3\mu\text{Jy}, 0.4 < z < 1.2$)
- 10' \times 16'



GALEX/NUV, FUV \rightarrow SFR(UV)
 Spitzer/MIPS \rightarrow SFR(FIR)
 EIS(U,B,V,R,I)
 COMBO-17 \rightarrow 赤方偏移

} SFR(total)

SFRの求め方 ダストに隠された星形成



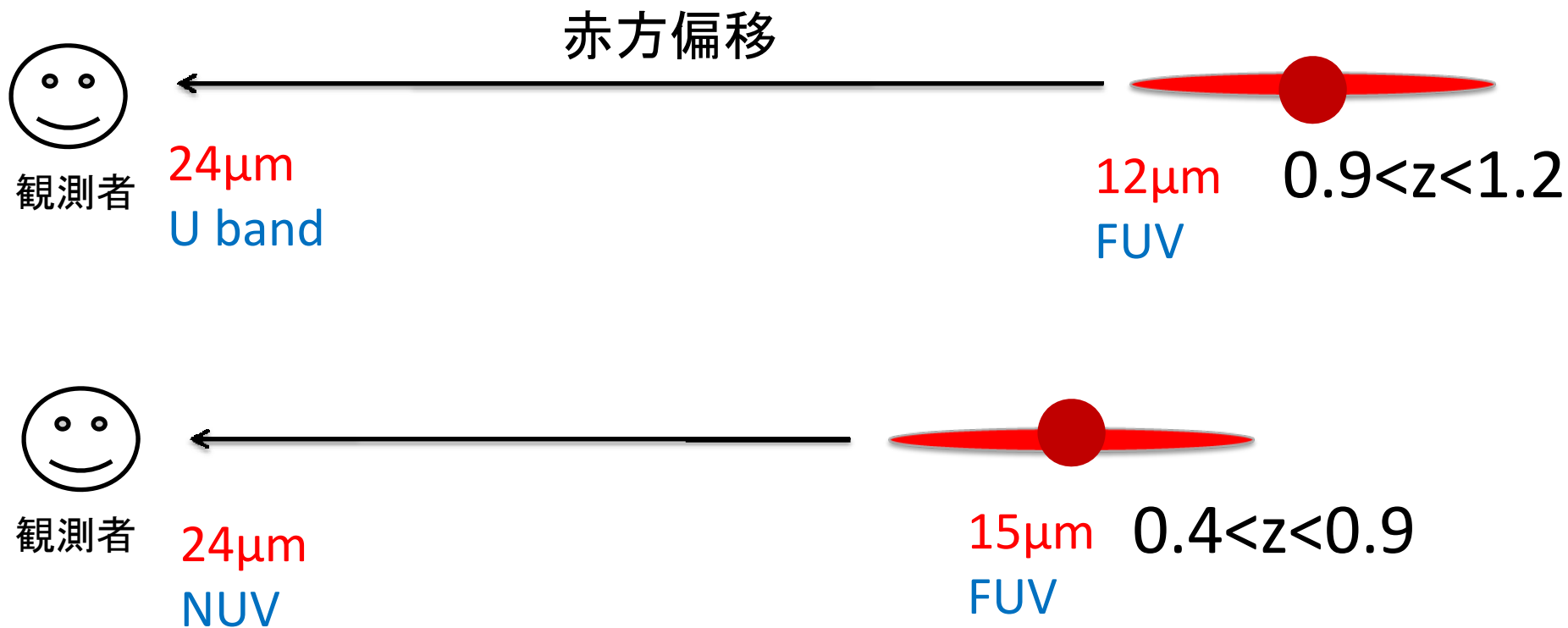
$$\log \text{SFR(UV)} / (\text{M} \odot \text{yr}^{-1}) = \log L(\text{UV}) / L \odot - 9.69$$

$$\log \text{SFR(FIR)} / (\text{M} \odot \text{yr}^{-1}) = \log (1-\eta)L(\text{FIR}) / L \odot - 9.75 \quad \text{Kroupa IMF}$$

$$\text{SFR(total)} = \text{SFR(UV)} + \text{SFR(FIR)} \quad \eta: \text{FIRでの古い星の寄与}$$

Buat+(2008)

obs とrestの対応 (SFR)



$0.9 < z < 1.2$ obs $24\mu\text{m} \rightarrow$ rest $12\mu\text{m} \rightarrow$ L(FIR) \rightarrow SFR(FIR)

$0.4 < z < 0.9$ obs $24\mu\text{m} \rightarrow$ rest $15\mu\text{m} \rightarrow$ L(FIR) \rightarrow SFR(FIR)

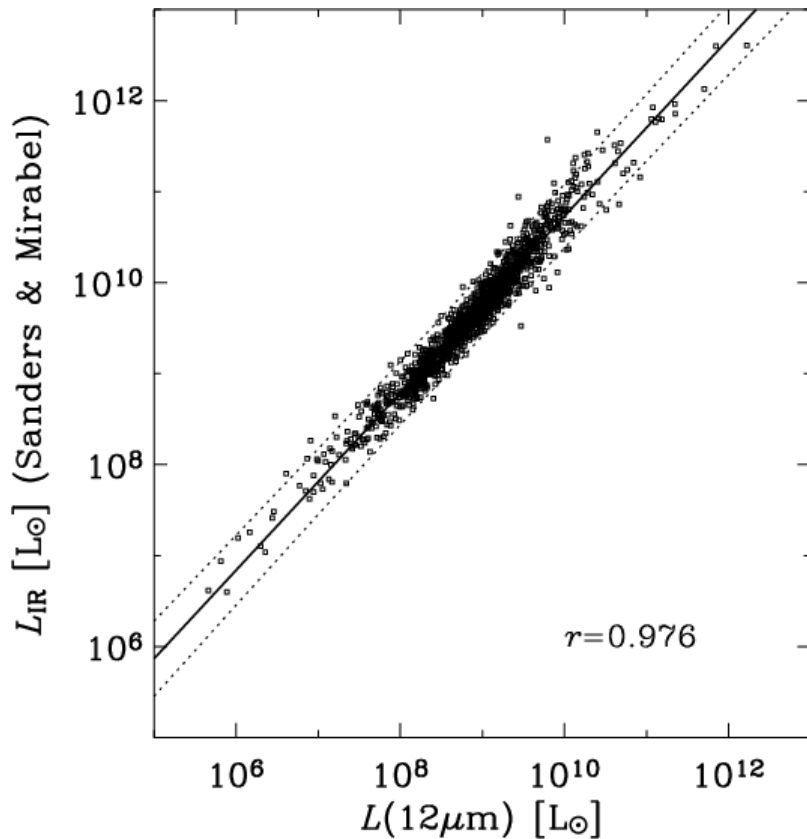
MIR band — IR relation

IR : 8 - 1000 μm

観測からの経験則

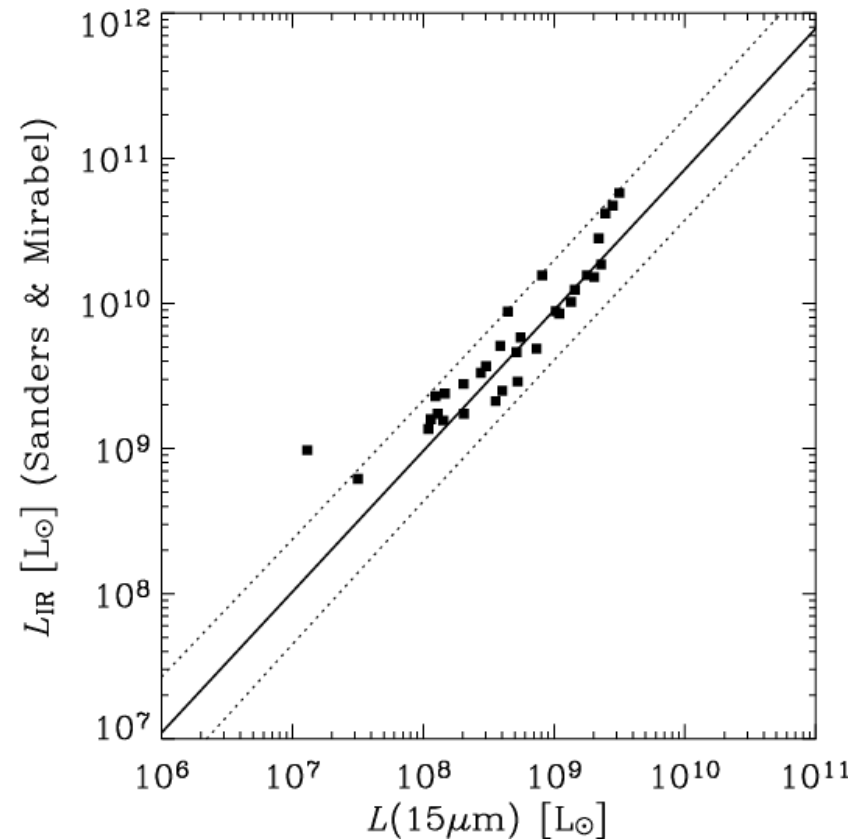
Takeuchi +(2005)

12 μm —IR



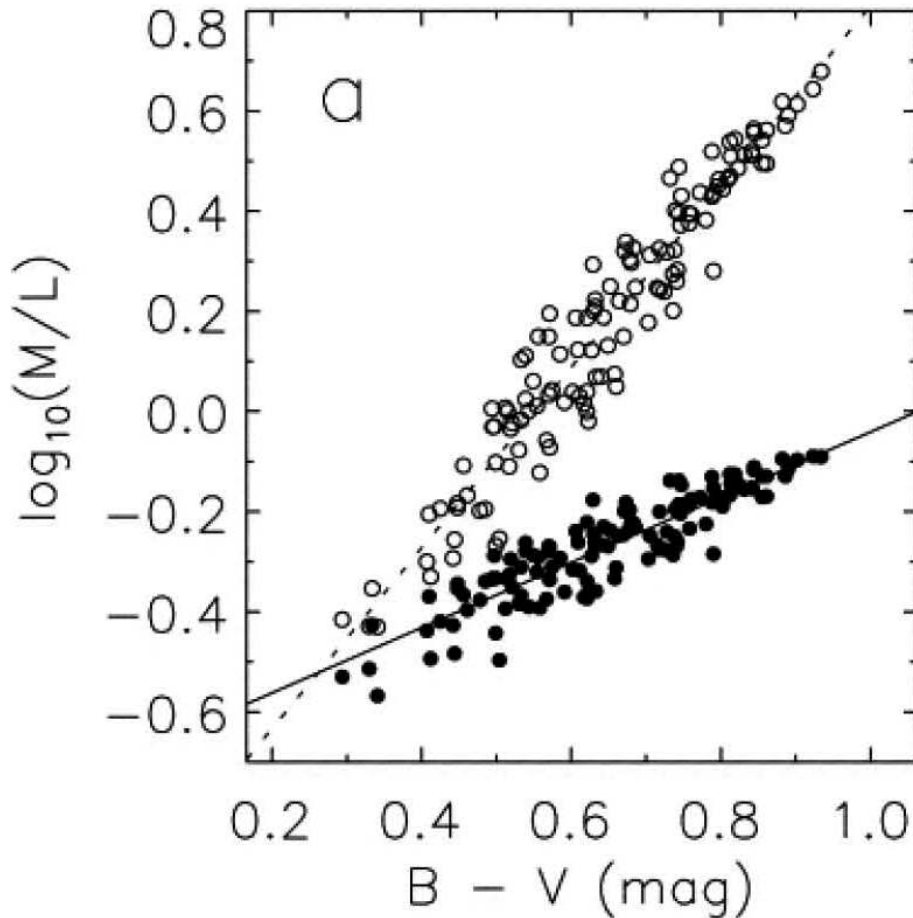
obs 24 μm (rest 12 μm @z=1.0)

15 μm —IR



obs 24 μm (rest 15 μm @z=0.6)

質量の求め方 M/L – color



- M/L(B band)
- M/L(K band)

今回使ったのは

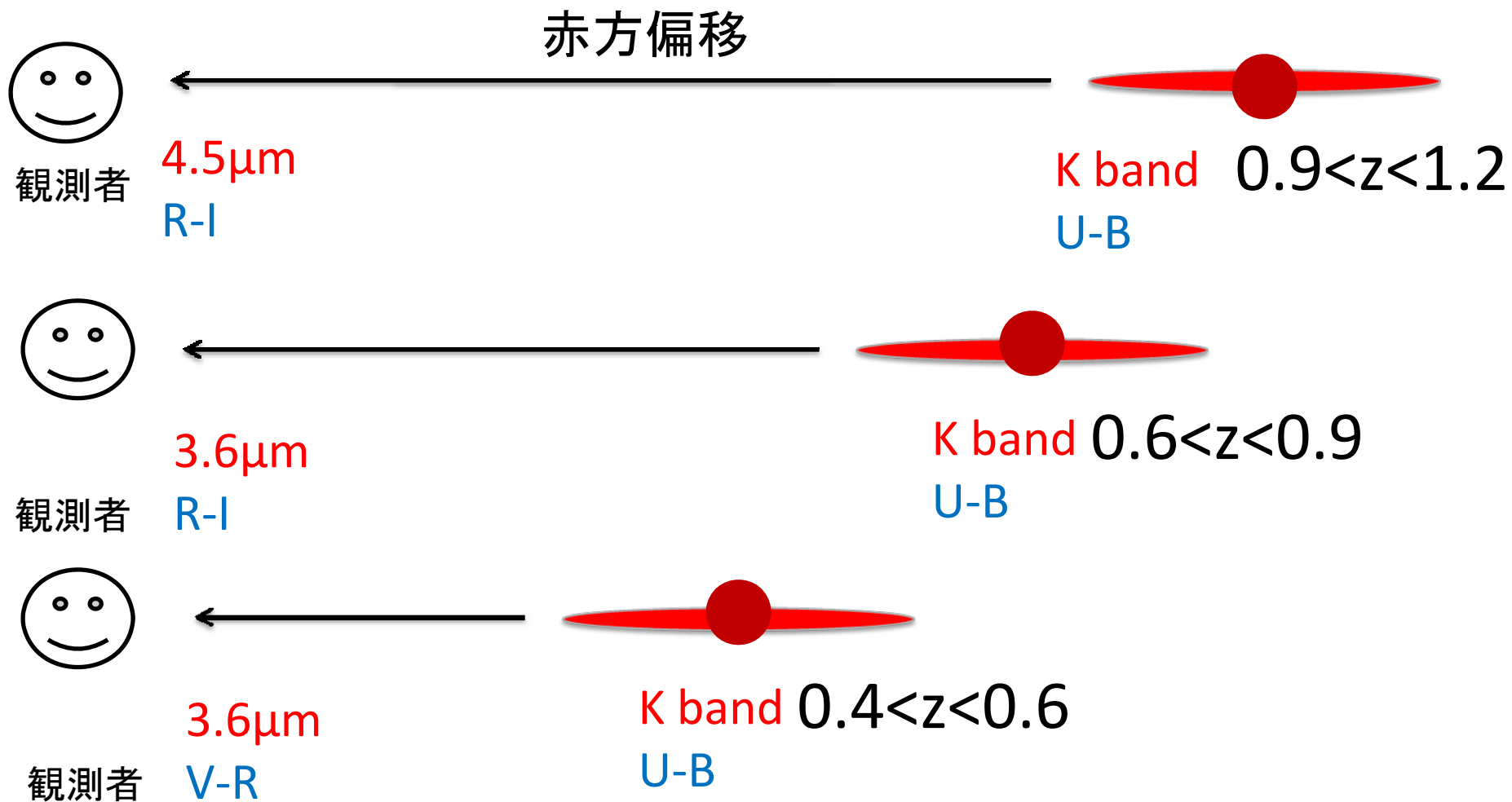
M/L(K band)と(u-g)との関係
u-gはBlanton & Roweis(2007)を用いて
U-Bに書き換え

Kroupa IMFにした

銀河のスペクトルの進化モデルから
の結果

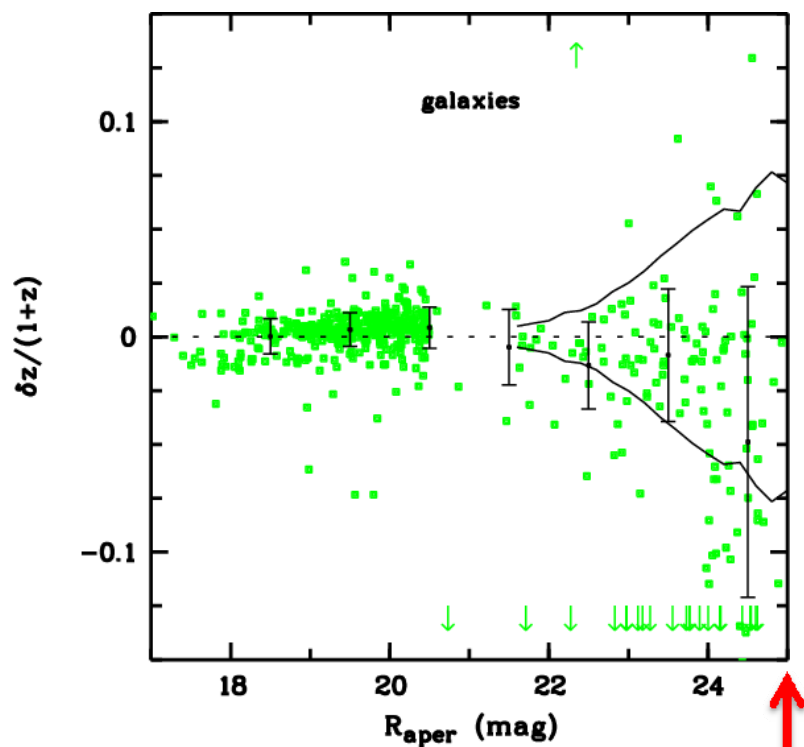
Bell & De Jong(2001)
Bell+(2003)

obsとrestの対応 (質量)



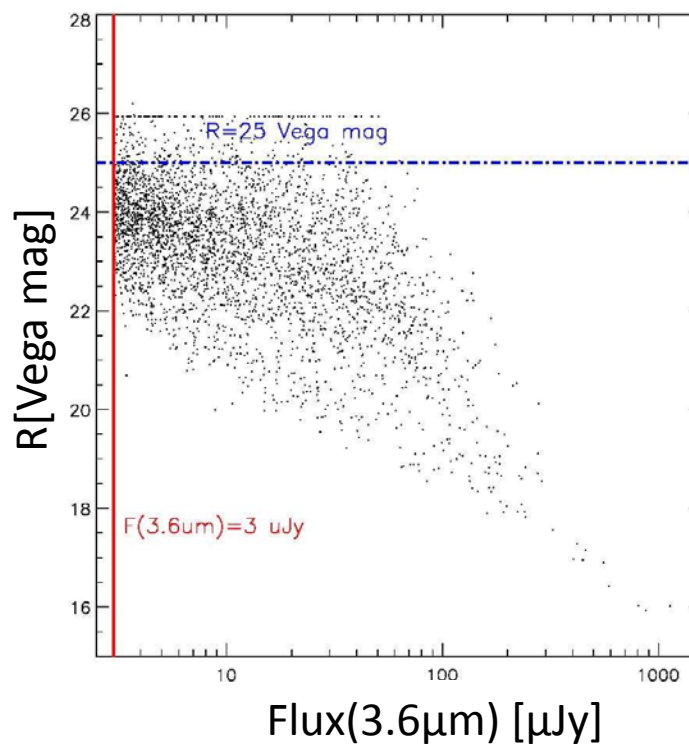
赤方偏移の信頼性

- COMBO-17 (Wolf+2003) のphoto-z を使用



$\delta z < 0.04 @ z=0.4$
 $\delta z < 0.12 @ z=1.2$

25 Vega mag



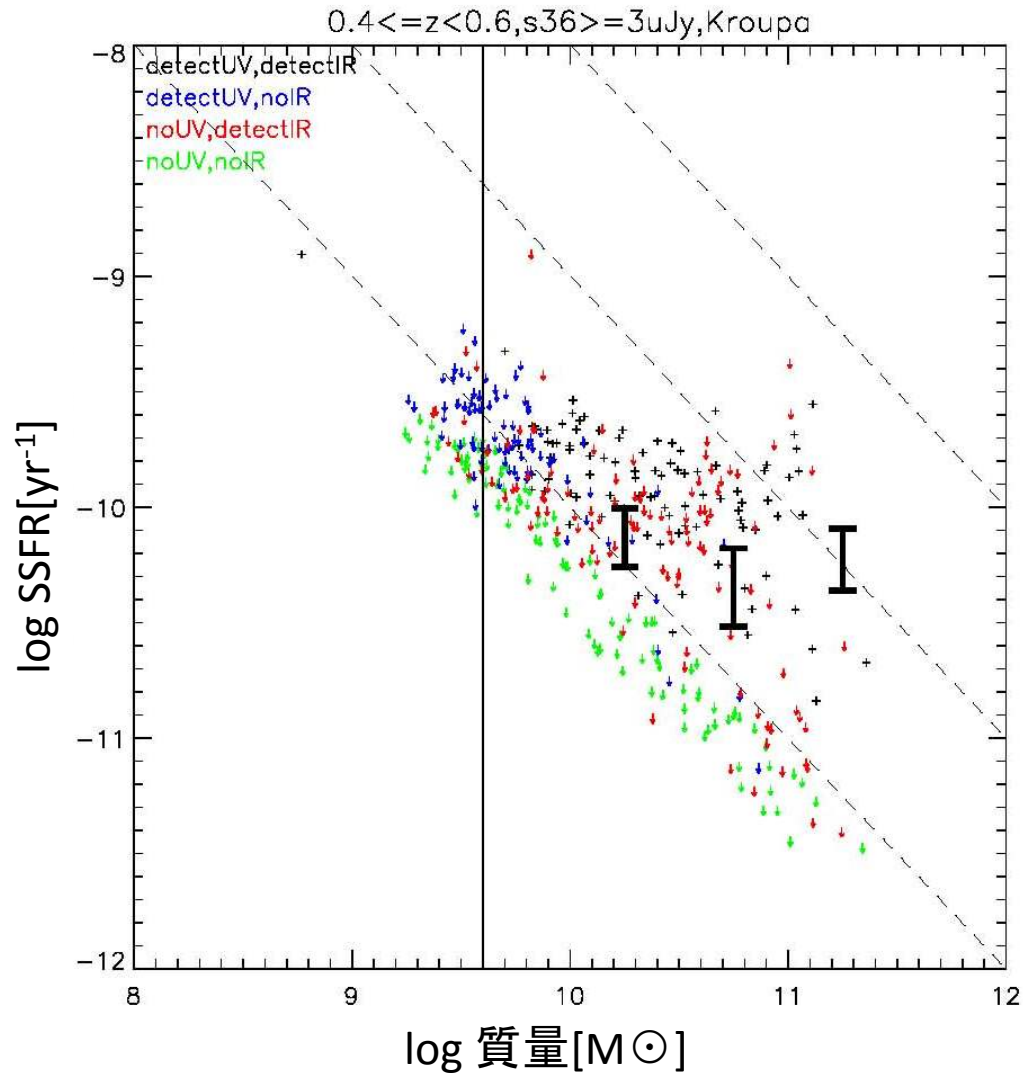
$\text{Flux}(3.6\mu\text{m}) > 3 \mu\text{Jy} \Leftrightarrow R < 25$ Vega mag

結果

やることは3つ

1. 質量とSSFRの関係を求める($0.4 < z < 1.2$)
2. Buat+(2008)と整合的か確認 @ $z=0.7$
3. 同じ領域、同じ $3.6\mu\text{m}$ select sampleである Damen+(2008)と比較する

質量—SSFR @ $0.4 < z < 0.6$



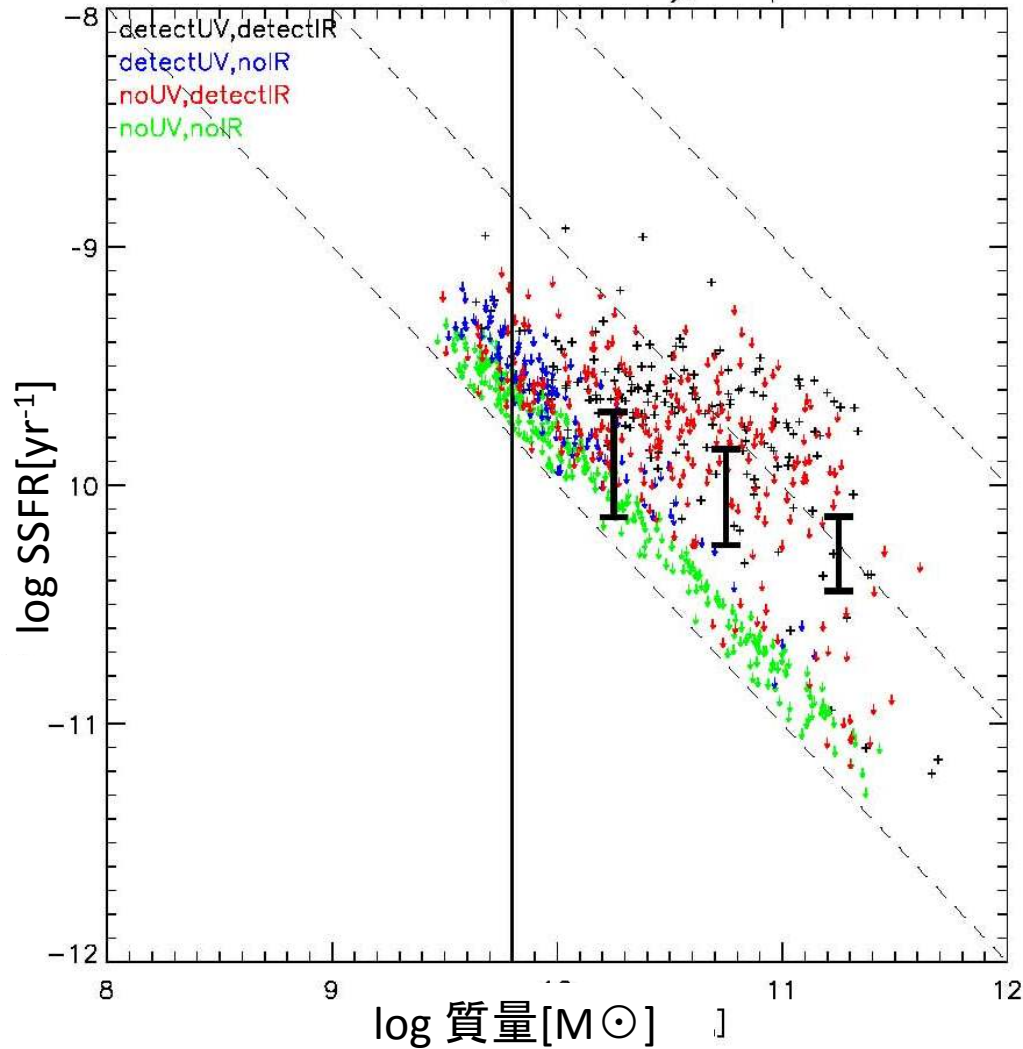
IRにおける古い星
の寄与は30%とし
た

黒: detect UV, detect IR
青: detect UV, no IR
赤: no UV, detect IR
緑: no UV, no IR

I: 平均値の上限、下限

質量—SSFR @ $0.6 < z < 0.8$

$0.6 \leq z < 0.8, s36 = 3\text{Jy}, \text{Kroupa}$

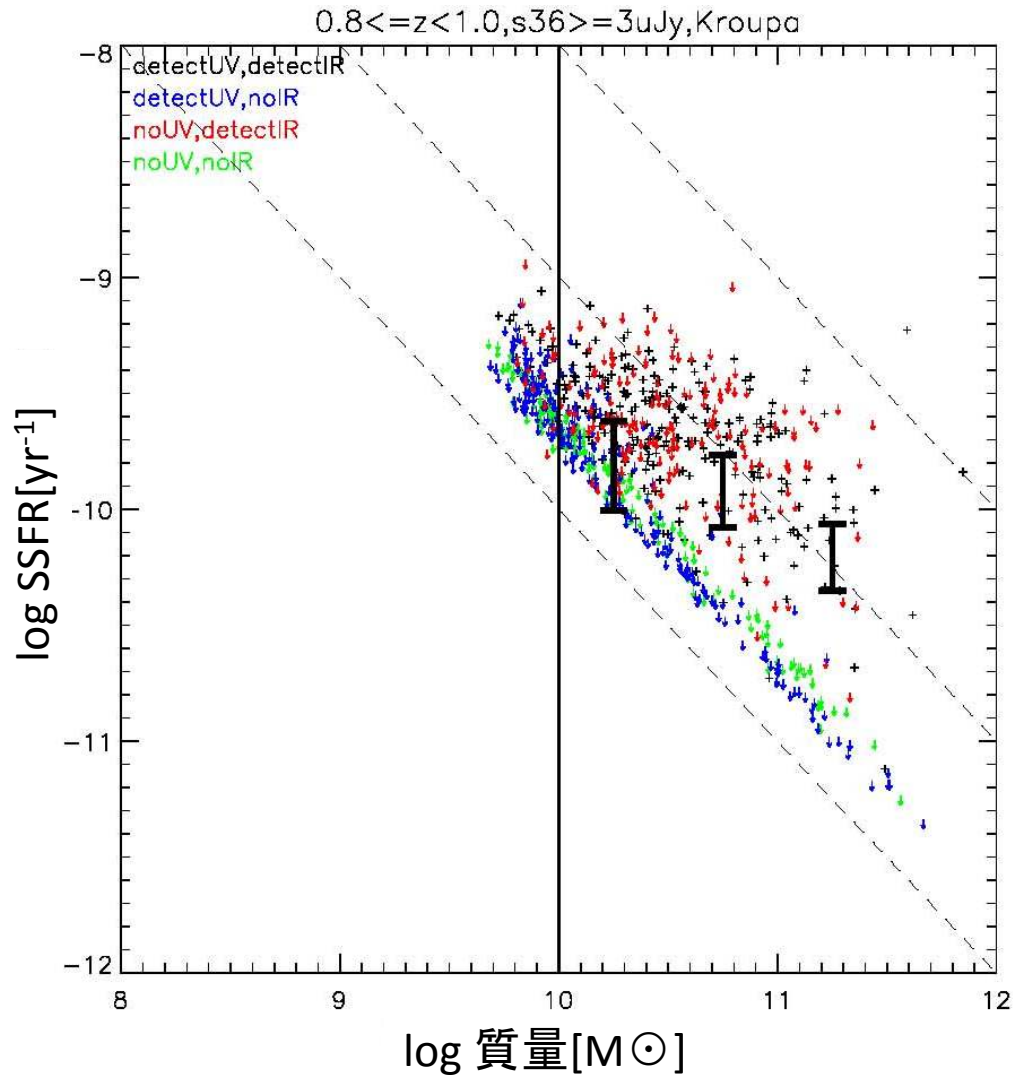


IRにおける古い星の
寄与はないとした

黒: detect UV, detect IR
青: detect UV, no IR
赤: no UV, detect IR
緑: no UV, no IR

I: 平均値の上限、下限

質量—SSFR @ $0.8 < z < 1.0$

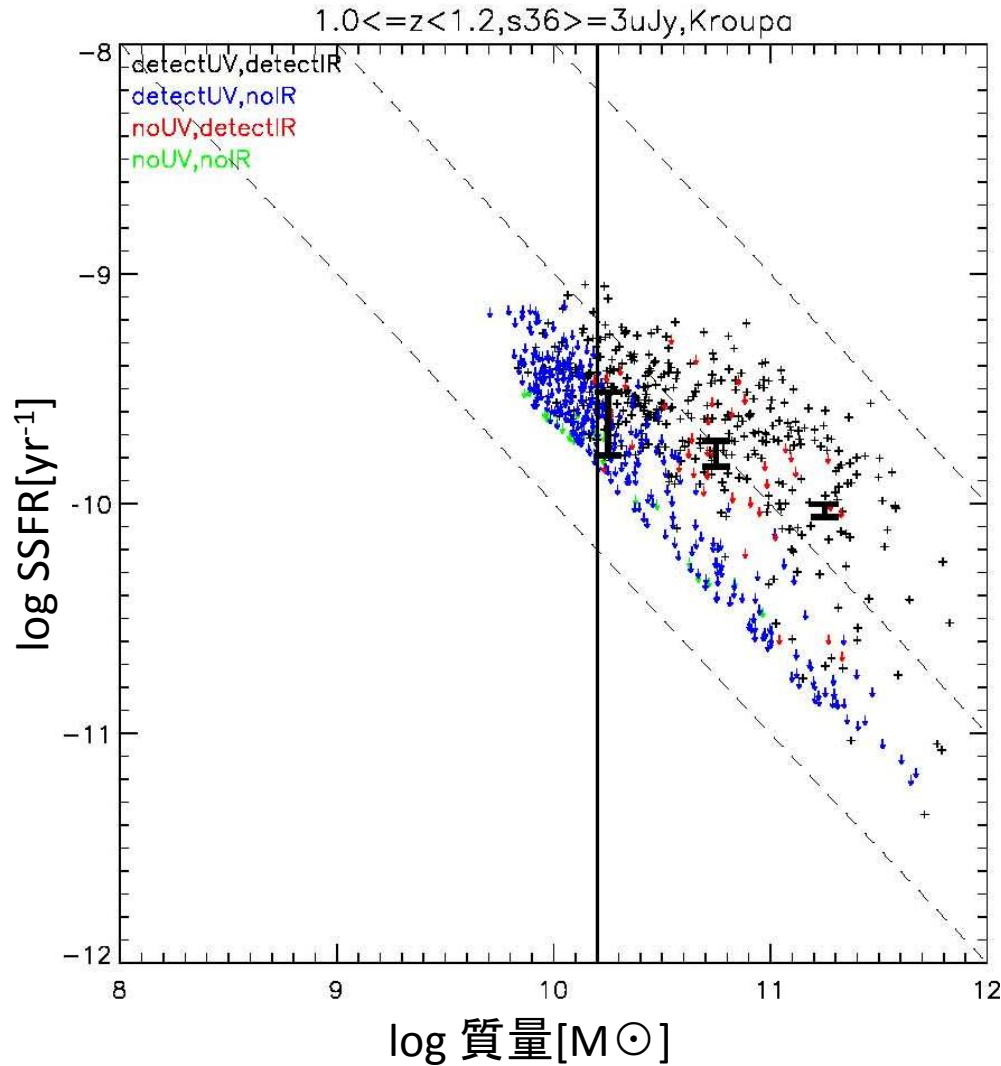


IRにおける古い星の
寄与はないとした

黒: detect UV, detect IR
青: detect UV, no IR
赤: no UV, detect IR
緑: no UV, no IR

I : 平均値の上限、下限

質量—SSFR @ $1.0 < z < 1.2$



IRにおける古い星の
寄与はないとした

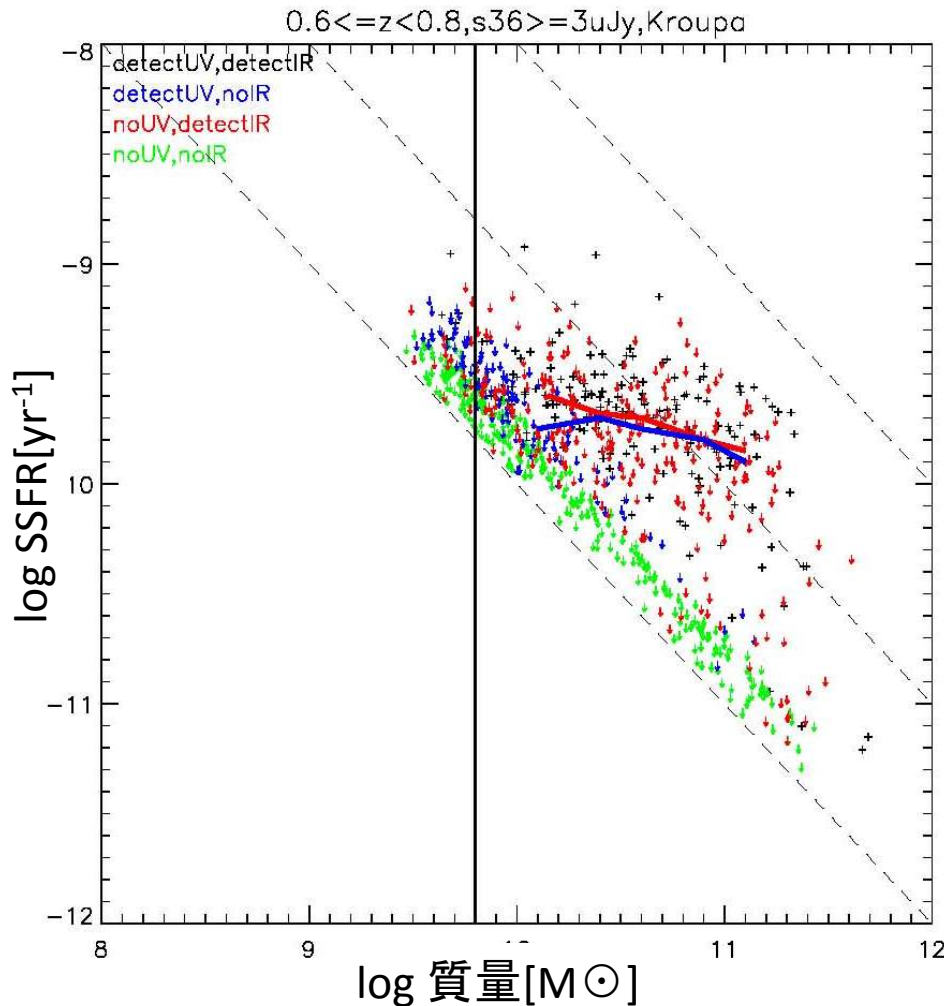
黒: detect UV, detect IR
青: detect UV, no IR
赤: no UV, detect IR
緑: no UV, no IR

I: 平均値の上限、下限

やることは3つ

1. 質量とSSFRの関係を求める($0.4 < z < 1.2$)
2. **Buat+(2008)と整合的か確認 @ $z=0.7$**
3. 同じ領域、同じ $3.6\mu\text{m}$ select sampleである
Damen+(2008)と比較する

Buat+(2008)との比較 @z=0.7



UV, FIR両方受かっている銀河(黒+)は
UV selectでもFIR selectでも
受かっている
→FIR select, UV selectとほぼ同じはず

Buat+(2008)との矛盾はなさそう

黒: detect UV, detect FIR

青: detect UV, no FIR

赤: no UV, detect FIR

緑: no UV, no FIR

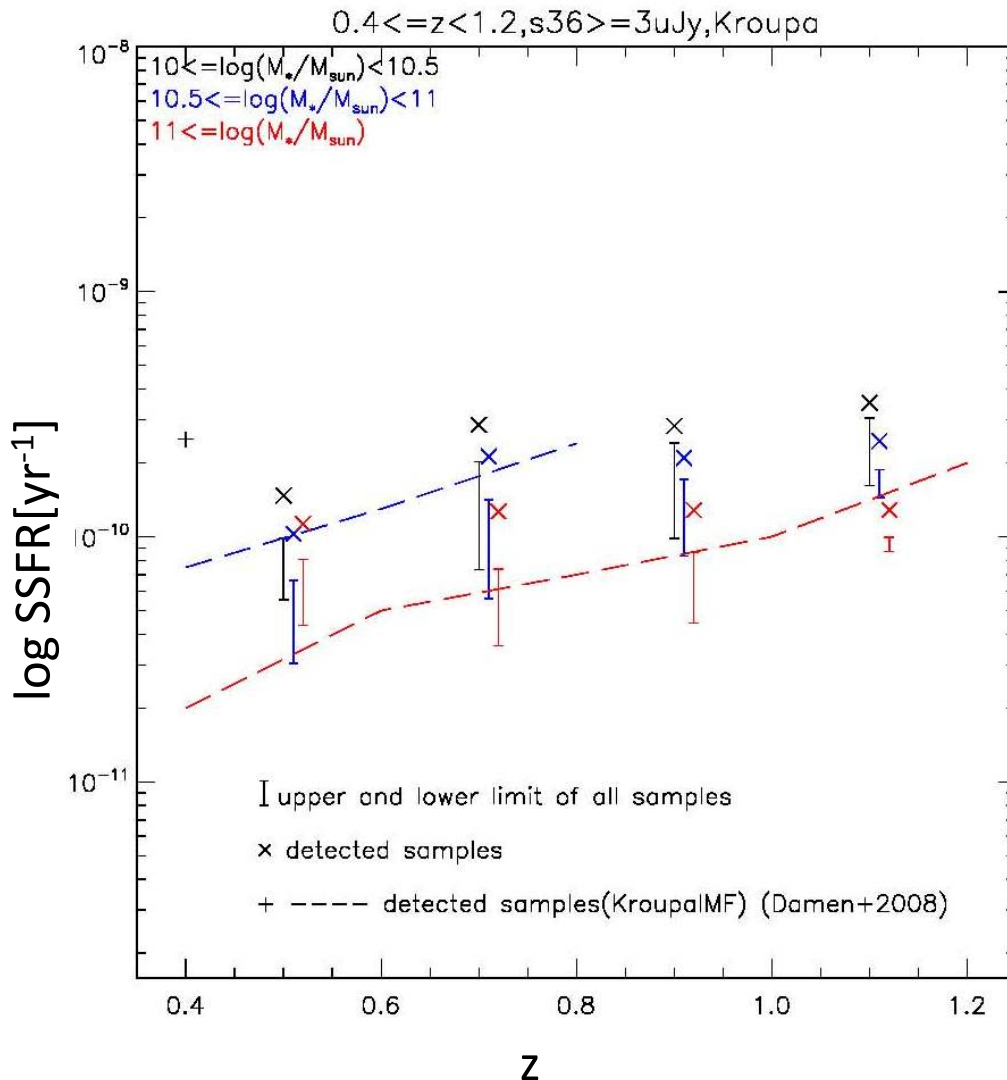
赤solid line : FIR select(Buat+2008)

青solid line : UV select(Buat+2008)

やることは3つ

1. 質量とSSFRの関係を求める($0.4 < z < 1.2$)
2. Buat+(2008)と整合的か確認 @ $z=0.7$
3. 同じ領域、同じ $3.6\mu\text{m}$ select sampleであるDamen+(2008)と比較する

z-SSFR(Damen+(2008)との比較)



Damen+(2008)と異なる結果

原因

- 古い星の寄与の仮定が異なる？
- 質量を求める方法の違い？

黒 : $10 \leq \log(M/M_{\odot}) < 10.5$

青 : $10.5 \leq \log(M/M_{\odot}) < 11$

赤 : $11 \leq \log(M/M_{\odot})$

結果

- Buat+(2008)のUV/IR selectとは $z=0.7$ で矛盾なさそう
- 我々の $3.6\mu\text{m}$ select sampleでの結果はDamen+(2008)とは異なる結果