



赤外線、紫外線セレクトサンプルでみた
近傍銀河の星形成に関する研究

名古屋大学銀河進化学研究室(Ω研)

櫻井茜

Introduction

★銀河とは？

銀河とは数百億個から数千億個の恒星と星間物質、ダークマター等が重力的にまとまってできた天体のこと。

★銀河の特徴

銀河は、時間と共にその物理量を変化させている。

Ex) 力学進化、化学進化、星形成進化等

銀河はその質量、形態、環境によって個性的な履歴で星を形成してきた。銀河進化の鍵を握るものとして、銀河内の「星形成」に注目してみる。

Introduction

★研究内容

近傍銀河の、

1. 星形成活動の特徴(星形成率など)

2. 赤外線(IR)、紫外線(UV)サンプルセレクトによる影響を調べる。

★星形成率とは？

銀河の中で単位時間に新しく作られる星の総質量[$M_{\odot}\text{yr}^{-1}$].

(= SFR : Star Formation Rate)

★サンプルセレクトによる影響とは？

赤外線セレクトサンプル…赤外線で明るく光っている銀河で構成されたサンプル。

紫外線セレクトサンプル…紫外線で明るく光っている銀河で構成されたサンプル。

解析に使用するサンプルの構成方法によって、異なる結果が得られることがある。

本研究ではその効果もみてる。

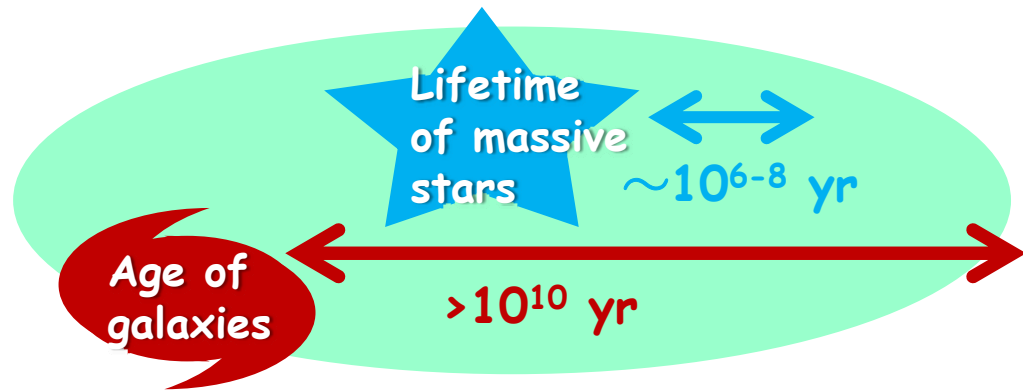
★モチベーション

より大きなサンプル、精度のいいデータで星形成活動を見積もること。

The logo features the text "STAR FORMATION ACTIVITY" in a white, hand-drawn, sans-serif font with a blue glow. The text is centered within a black, horizontally-oriented oval shape that has a jagged, lightning-bolt-like border. This black oval is itself surrounded by a larger, bright blue, horizontally-oriented oval shape with a smooth border.

STAR FORMATION ACTIVITY

DIRECTLY VISIBLE STAR FORMATION



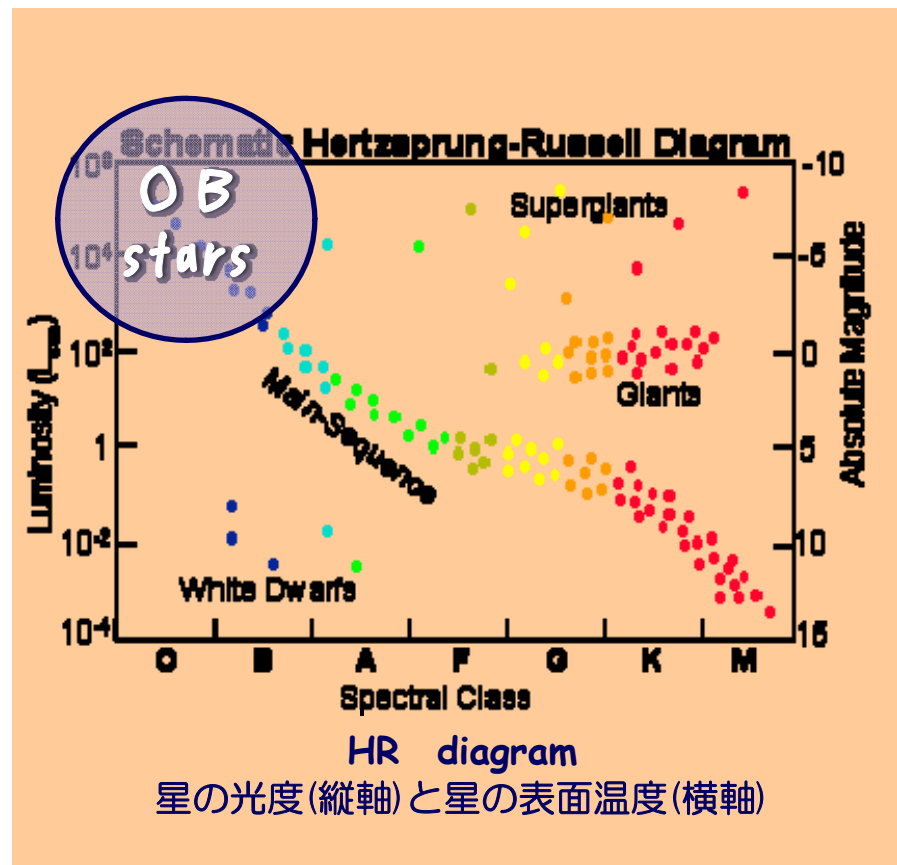
★目に見える星形成活動

ここ最近の銀河の星形成活動を見積もるには、銀河年齢に比べ、十分寿命の短い**大質量星**(OB型星：寿命 $\tau \sim 10^6\text{-}8$ yr)からの観測量を調べる。ここから銀河の中で新しく生まれた星の総量に換算する。

★大質量星の特徴

HR図(左の図)上で左上を占めるのが大質量星。大質量星からは、エネルギーの高い**紫外線領域の光**(波長： $1500\text{\AA} \sim 2800\text{\AA}$)が多く放射される。

つまり基本的には、大質量星からの紫外線の観測量から銀河の星形成率を見積もることができる。



DUST FORMATION

★ダストの特徴

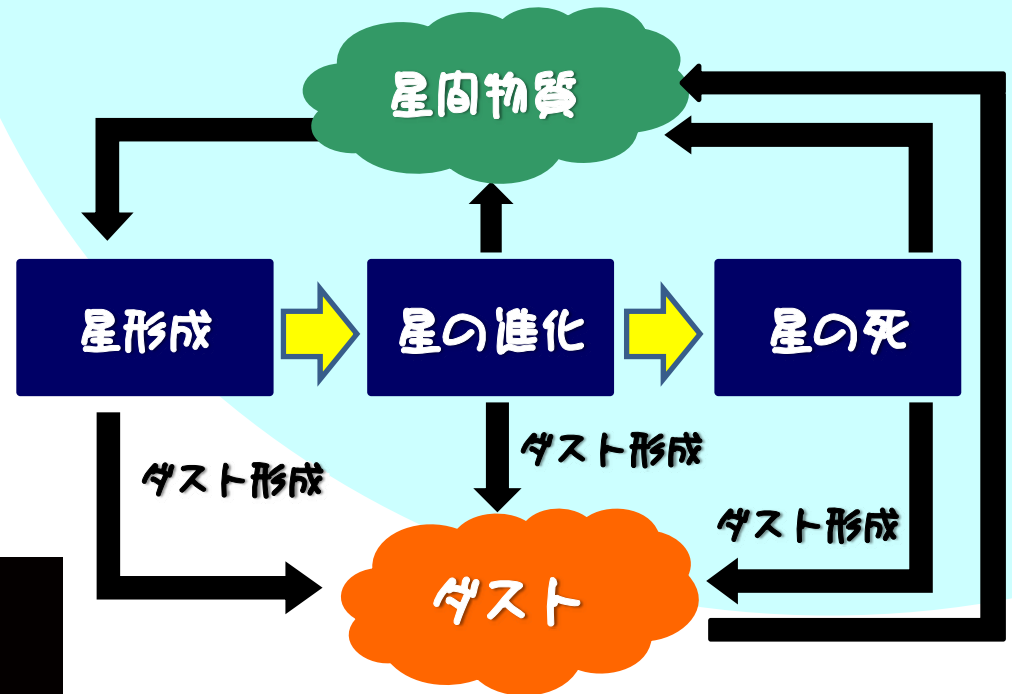
ダスト粒子は紫外線のような波長の短い光を**吸収(減光)**し、温められることではるかに波長の長い赤外線
で再放射する性質を持つ。



★ダストの形成

星は進化の各段階で、ダストと呼ばれる固体微粒子を形成し宇宙空間に放出する。

星形成が活発であるほど、ダストの形成も活発になる。



紫外線(左)と赤外線(右)でみたアンドロメダ銀河。
左の図で紫外線が遮られ黒く写っているダストの部分が、赤外線
でみた右の図では明るく輝いている。

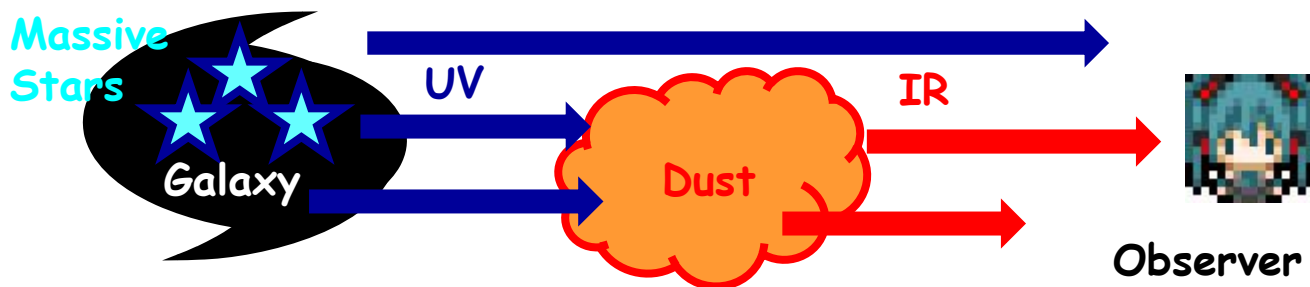
HIDDEN STAR FORMATION

★星形成

大質量星から放射される紫外線(UV)、ダストから放射される赤外線(IR)両方の観測量から、より正確な星形成活動を見積もることができる。

★研究方法

本研究では、赤外線セレクトサンプルと紫外線セレクトサンプルのデータより、紫外線光度 L_{FUV} 、赤外線光度 L_{TIR} を求め、解析に使用した。





OBSERVATIONAL DATA

OBSERVATIONAL DATA

使用したデータとサンプルセレクト方法を紹介する。主にAKARIとGALEXの観測量を使用して解析を行った。

IRAS

an infrared satellite

IRAS IIFSCz survey (Wang & Rowan-Robinson, 2009)による赤方偏移 z を含む銀河を使用。

SDSS

(Sloan Digital Sky Survey)
an optical telescope

分光サーベイによって天体のスペクトルから赤方偏移などを測定したDR7のデータを使用。

AKARI

an infrared satellite

AKARI FIS all sky surveyによるbright source catalog (BSC v.1)の銀河を使用。

wavebands

AKARI FIS

- 65 μ m(N60)
- 90 μ m(WIDE-S)
- 140 μ m(WIDE-L)
- 165 μ m(N160)

detection limits

- 0.45 Jy (90 μ m)
- 1.4 Jy (140 μ m)

GALEX

an UV satellite

AIS、MISによるall sky surveyの銀河を使用。

wavebands

- 1530Å(FUV)
- 2310Å(NUV)

detection limits

- 19.9 mag (FUV)
- 20.8 mag (NUV).

(Morrissey et al. 2007)

OBSERVATIONAL DATA

使用したデータとサンプルセレクト方法を紹介する。主にAKARIとGALEXの観測量を使用して解析を行った。

IRAS

an infrared satellite

IRAS IIFSCz survey (Wang & Rowan-Robinson, 2009)による赤方偏移 z を含む銀河を使用。

SDSS

(Sloan Digital Sky Survey)
an optical telescope

分光サーベイによって天体のスペクトルから赤方偏移などを測定したDR7のデータを使用。

AKARI

an infrared satellite

AKARI FIS all sky surveyによるbright source catalog (BSC v.1)の銀河を使用。

wavebands

AKARI FIS

- 65 μ m(N60)
- 90 μ m(WIDE-S)
- 140 μ m(WIDE-L)
- 165 μ m(N160)

detection limits

- 0.45 Jy (90 μ m)
- 1.4 Jy (140 μ m)

GALEX

an UV satellite

AIS、MISによるall sky surveyの銀河を使用。

wavebands

- 1530Å(FUV)
- 2310Å(NUV)

detection limits

- 19.9 mag (FUV)
- 20.8 mag (NUV).

(Morrissey et al. 2007)

観測器の検出限界以下の観測量は、検出限界の値を観測量として代用する。

IR SELECT

赤外線(IR)で明るく光っている銀河サンプルのセレクト方法

IRAS + AKARI
座標マッチング



GALEX AIS イメージ
測光

IRAS

an infrared satellite

IRAS IIFSCz survey (Wang & Rowan-Robinson, 2009)による赤方偏移 z を含む銀河を使用。

AKARI

an infrared satellite

AKARI FIS all sky surveyによるbright source catalog (BSC v.1)の銀河を使用。

wavebands

AKARI FIS

- 65 μm (N60)
- 90 μm (WIDE-S)
- 140 μm (WIDE-L)
- 165 μm (N160)

90 μm の観測量が信用できるもの。

- 1.4 Jy
 - 6.3 Jy
- (Kawada et al. 2007)

GALEX

an UV satellite

AISによるall sky surveyの銀河を使用。

wavebands

- 1530 \AA (FUV)
- 2310 \AA (NUV)

detection limits

- 19.9 mag (FUV)
- 20.8 mag (NUV).

(Morrissey et al. 2007)

AISの銀河のimage(画像)を用いて、手で測光を行った。

SDSS

(Sloan Digital Sky Survey)
an optical telescope

分光サーベイによって天体のスペクトルから赤方偏移などを測定したデータを使用。

IR SELECT

赤外線(IR)で明るく光っている銀河サンプルのセレクト方法

IRAS + AKARI
座標マッチング



GALEX AIS イメージ
測光

IRAS

an infrared satellite

IRAS IIFSCZ
Rowan-Rob
る赤方偏移
用。

AKARI

an infrared satellite

GALEX

an UV satellite

sky
用。

3,567 個

(Morrissey et al. 2007)

90umの観測量が信用
できるもの。

- 1.4 Jy
- 6.3 Jy

(Kawada et al. 2007)

AISの銀河のimage(画
像)を用いて、手で測光
を行った。

UV SELECT

紫外線(UV)で明るく光っている銀河サンプルのセレクト方法

SDSS + GALEX MIS
座標マッチング



GALEX MIS + AKARI
座標マッチング

IRAS

an infrared satellite

IRAS IIFSCz survey (Wang & Rowan-Robinson, 2009)による赤方偏移 z を含む銀河を使用。

SDSS

(Sloan Digital Sky Survey)
an optical telescope

分光サーベイによって天体のスペクトルから赤方偏移などを測定したDR7のデータを使用。

AKARI

an infrared satellite

AKARI FIS all sky surveyによるbright source catalog (BSC v.1)の銀河を使用。

wavebands

AKARI FIS

- 65 μ m(N60)
- 90 μ m(WIDE-S)
- 140 μ m(WIDE-L)
- 165 μ m(N160)

detection limits

- 0.45 Jy (90 μ m)
- 1.4 Jy (140 μ m)

GALEX

an UV satellite

MISによるall sky surveyの銀河を使用。

wavebands

- 1530Å(FUV)
- 2310Å(NUV)

MISの銀河のpipe lineによる既存の測光値を使用。また、FUVのフラックス密度が18.5 mag以上のものを選択。

紫外線(UV)で明るく光っている銀河サンプルのセレクト方法

UV SELECT

SDSS + GALEX MIS
座標マッチング



GALEX MIS + AKARI
座標マッチング

IRAS

an infrared satellite

IRAS IIFSC
Rowan-Rob
る赤方偏移
用。

AKARI

an infrared satellite

GALEX

an UV satellite

all sky
使用。

11,082 個

(Sloan Digital Sky Survey)
an optical telescope

分光サーベイによって天体の
スペクトルから赤方偏移など
を測定したDR7のデータを使用。

detection limits

- 0.45 Jy (90 μ m)
- 1.4 Jy (140 μ m)

(Morrissey et al. 2007)

MISの銀河のpipe lineによる
既存の測光値を使用。また、
FUVのフラックス密度が18.5 mag
以上のものを選択。

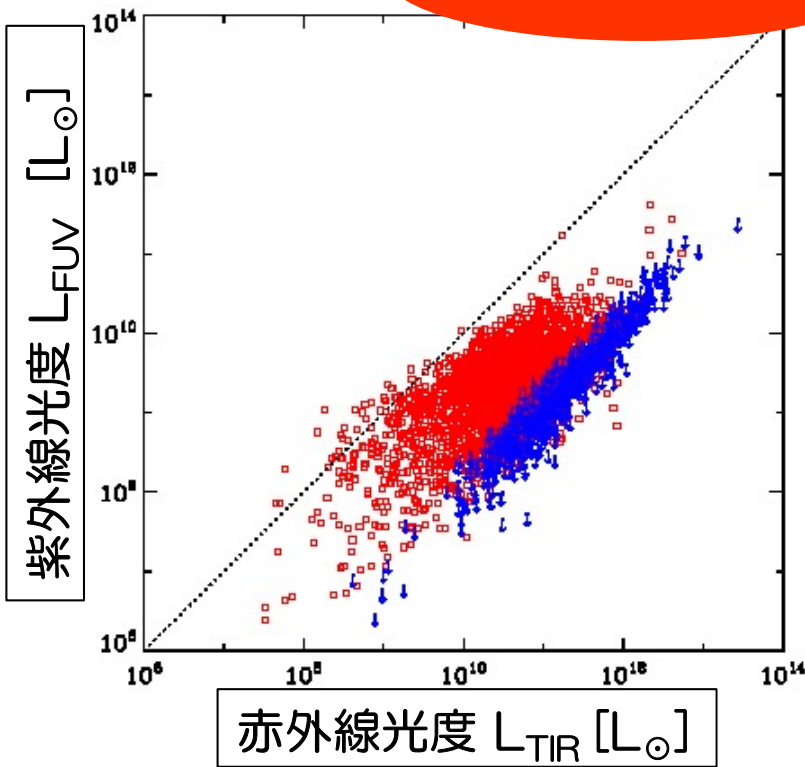


RESULT-1

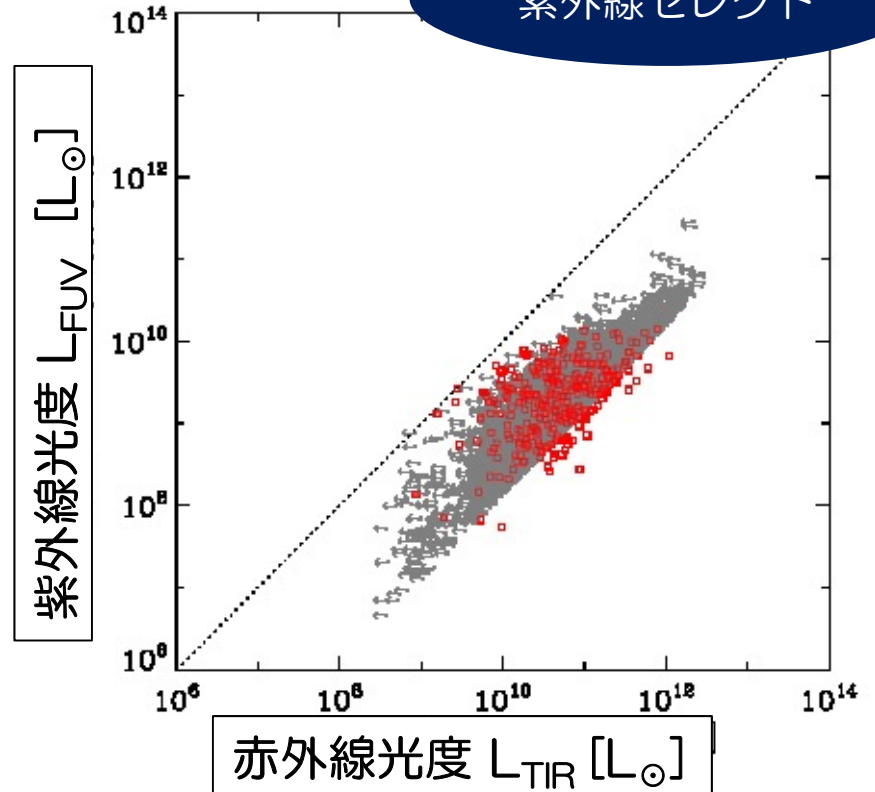
紫外線光度 L_{FUV} と赤外線光度 L_{TIR} の関係を見る。

L_{FUV} vs L_{TIR}

赤外線セレクト



紫外線セレクト



紫外線光度 L_{FUV} (縦軸) と赤外線光度 L_{TIR} (横軸)

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

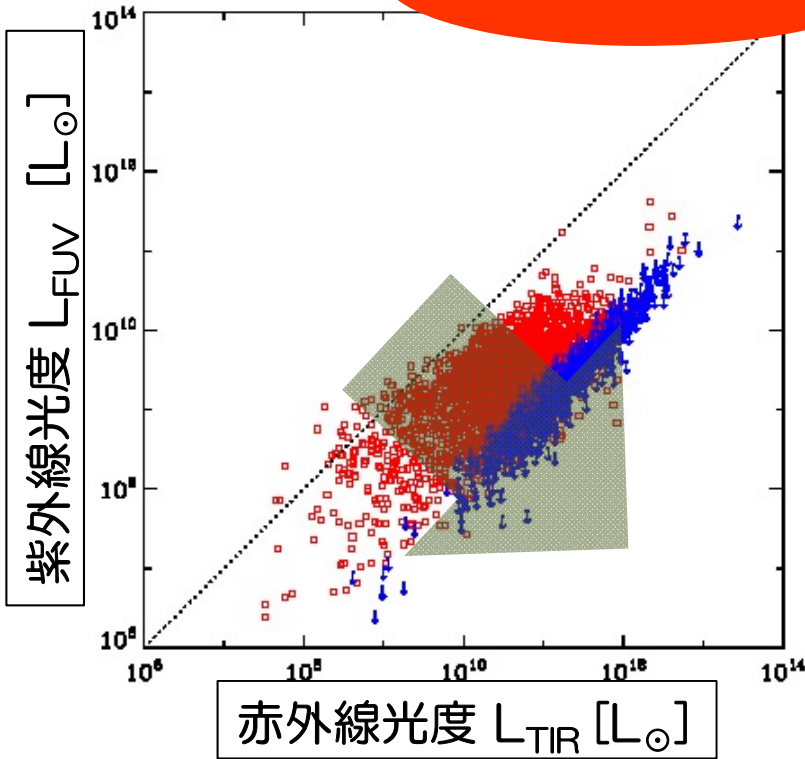
赤：赤外線測光値を検出できたもの
灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

L_{FUV} vs L_{TIR}

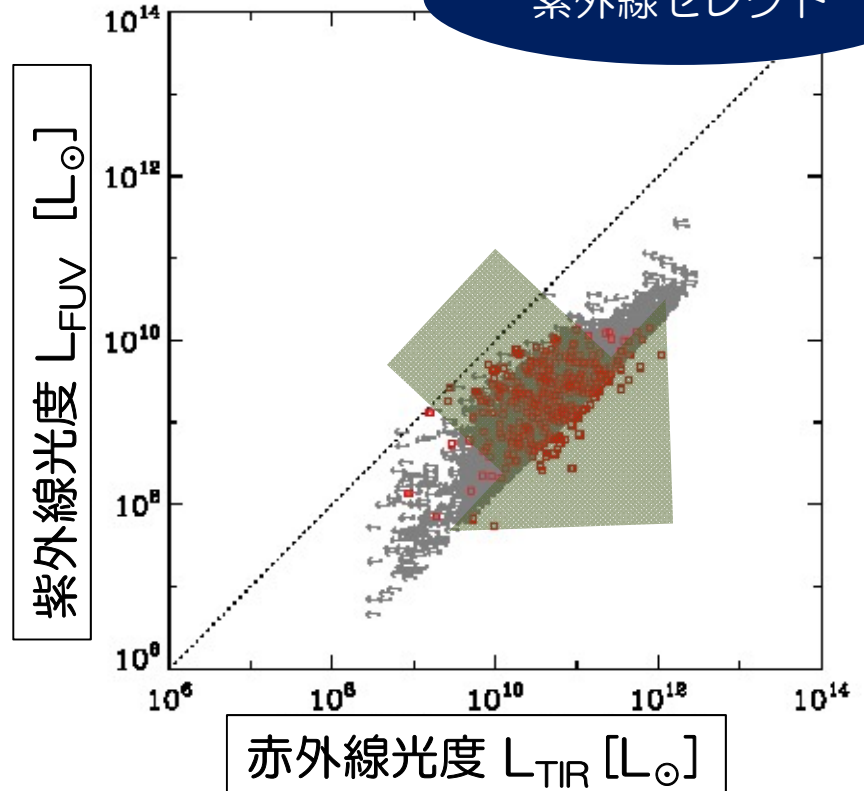
紫外線光度 L_{FUV} と赤外線光度 L_{TIR} の関係を見る。

赤外線セレクト、紫外線セレクトの銀河共に、赤外線光度が優勢となっている。

赤外線セレクト



紫外線セレクト



紫外線光度 L_{FUV} (縦軸) と赤外線光度 L_{TIR} (横軸)

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

赤：赤外線測光値を検出できたもの
灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

STAR FORMATION RATE

全赤外線光度 L_{TIR} 、紫外線光度 L_{FUV} から、
星形成率 SFR を求める。

※ここでは Salpeter 初期質量関数を仮定している。

換算式 (Takeuchi et al. 2010)

大質量星の紫外線由来の星形成率 SFR_{FUV} [$M_{\odot}\text{yr}^{-1}$]

$$\log \text{SFR}_{\text{FUV}} = \log L_{\text{FUV}} - 9.51$$

ダストからの赤外線由来の星形成率 SFR_{dust} [$M_{\odot}\text{yr}^{-1}$]

$$\log \text{SFR}_{\text{dust}} = \log L_{\text{TIR}} - 9.75 + \log (1 - \eta)$$

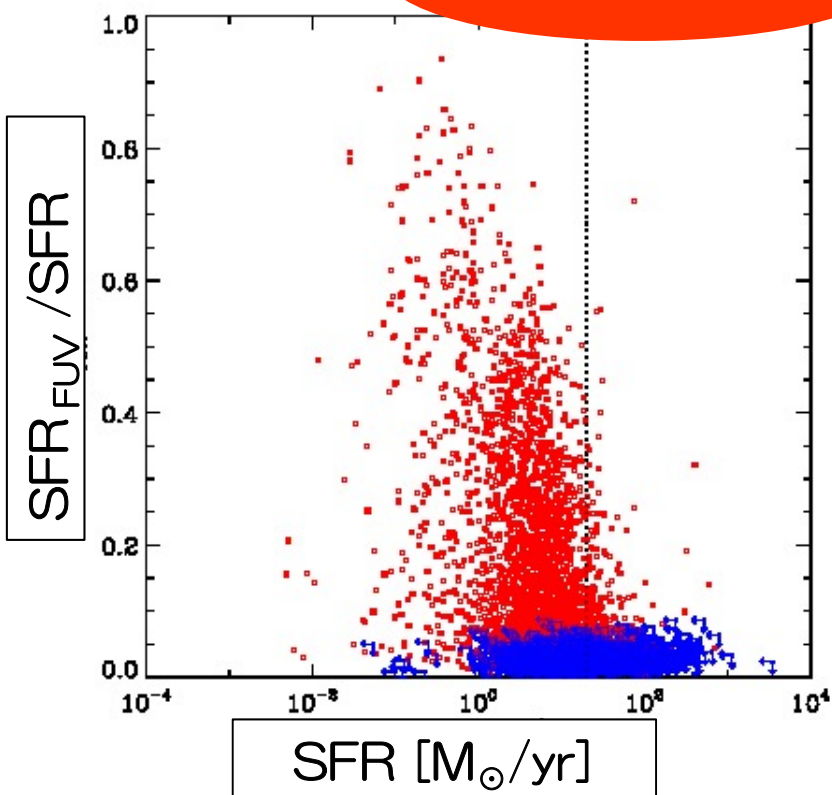
全星形成率 SFR [$M_{\odot}\text{yr}^{-1}$]

$$\text{SFR} = \text{SFR}_{\text{FUV}} + \text{SFR}_{\text{dust}}$$

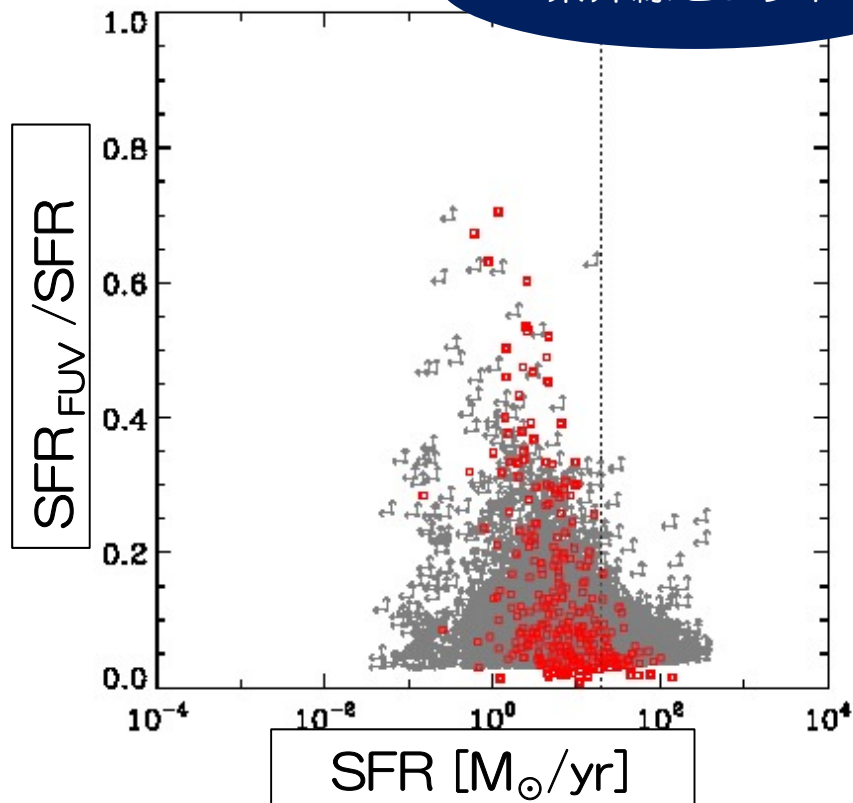
STAR FORMATION RATE

全星形成率に対する紫外線星形成率の割合
 SFR_{FUV}/SFR と、全星形成率 SFR との関係を見る。

赤外線セレクト



紫外線セレクト



SFR_{FUV}/SFR (縦軸)と SFR (横軸)の関係

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

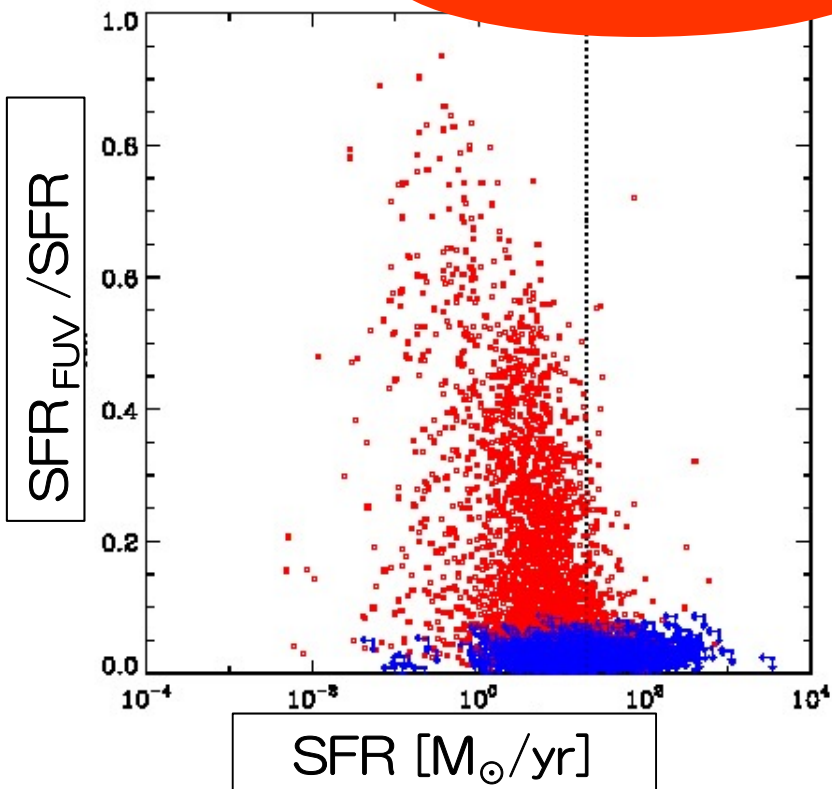
赤：赤外線測光値を検出できたもの
灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

STAR FORMATION RATE

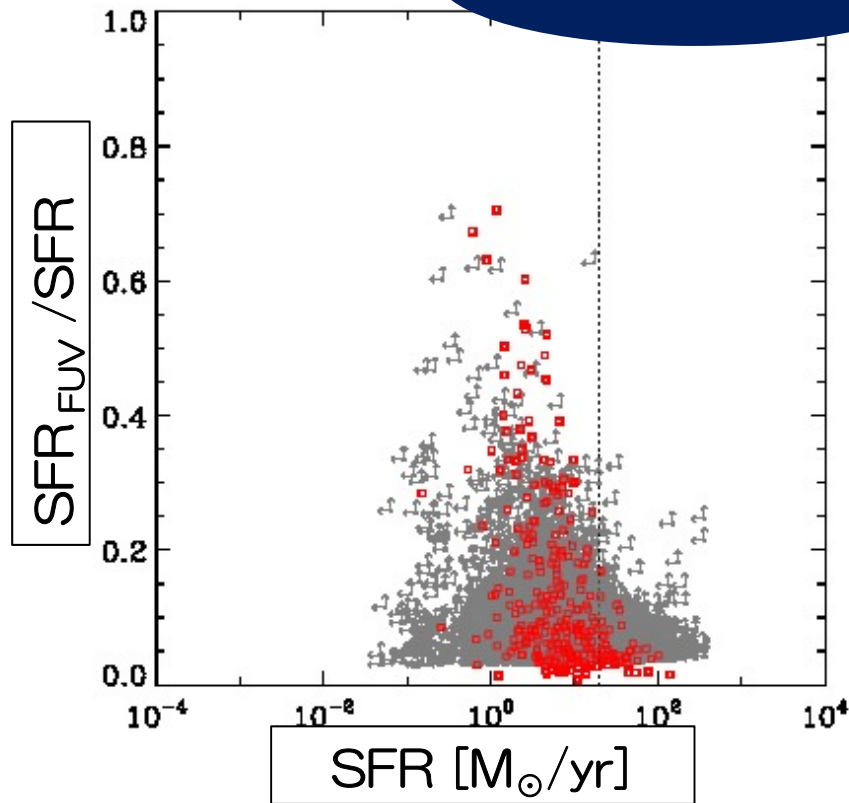
全星形成率に対する紫外線星形成率の割合
 SFR_{FUV}/SFR と、全星形成率 SFR との関係を見る。

両セレクト銀河は、同じ傾向に乗る結果となった。

赤外線セレクト



紫外線セレクト



SFR_{FUV}/SFR (縦軸)と SFR (横軸)の関係

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
 青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

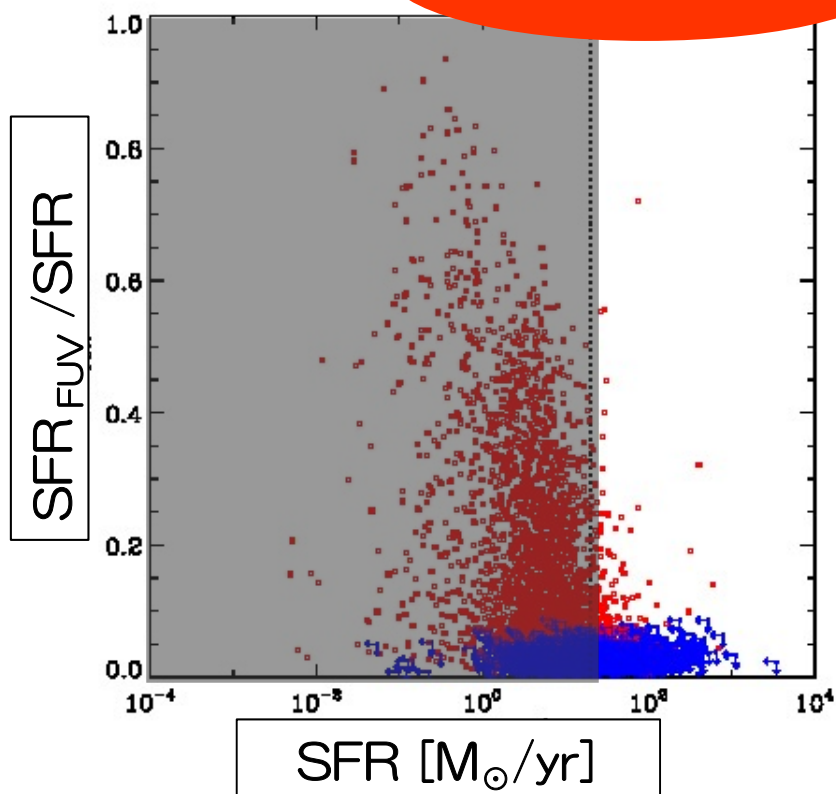
赤：赤外線測光値を検出できたもの
 灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

STAR FORMATION RATE

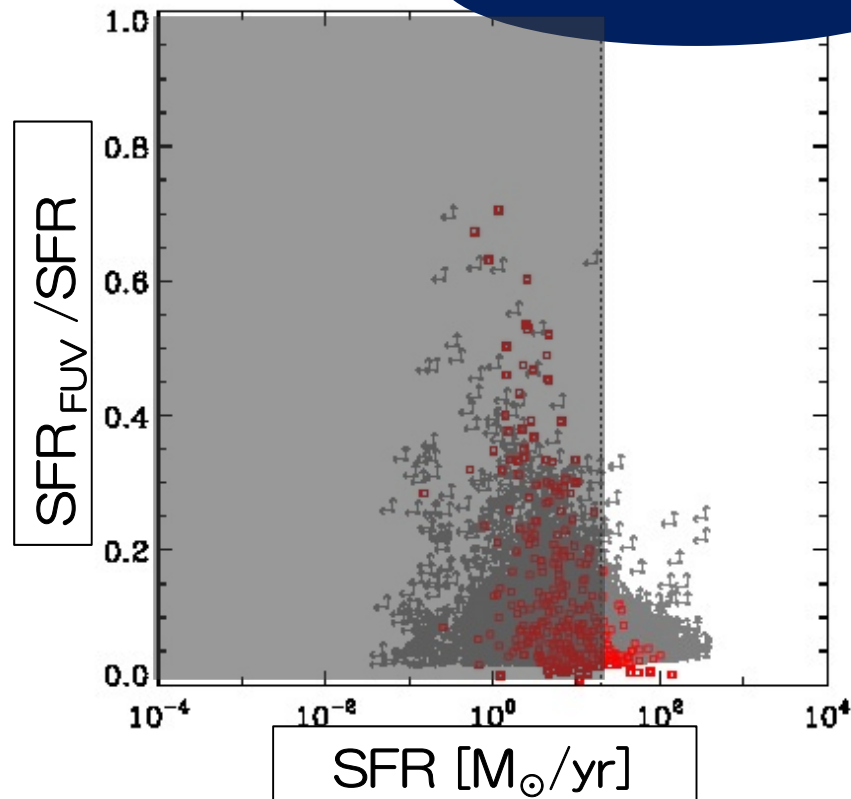
全星形成率に対する紫外線星形成率の割合
 SFR_{FUV}/SFR と、全星形成率 SFR との関係を見る。

赤外線セレクト銀河では、 $SFR \sim 20 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ のところで SFR_{FUV}/SFR の大きな落ち込みがみられる。

赤外線セレクト



紫外線セレクト



SFR_{FUV}/SFR (縦軸)と SFR (横軸)の関係

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

赤：赤外線測光値を検出できたもの
灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの



RESULT-2

SSFR

星形成率の活発さの目安である、
単位星質量当たりの星形成率、
SSFR (Specific Star Formation Rate)
について考えてみる。

$$\text{SSFR} = \text{SFR} / M_*$$

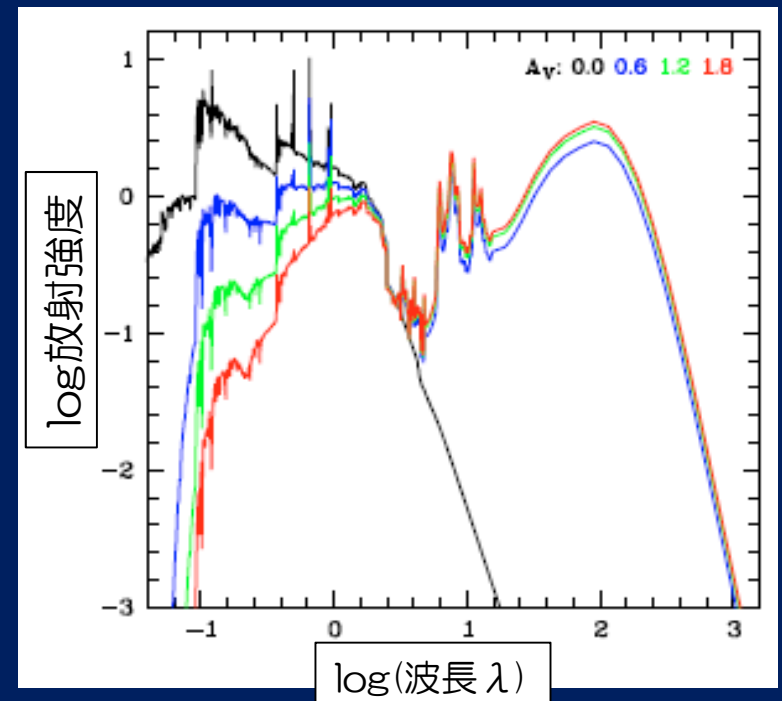
銀河の中の星質量

星質量を求めるために、
CIGALE code (Noll et al. 2009)
を使用してSED fitting。

SED : Spectral energy distribution
銀河の波長ごとの放射強度。

銀河のSEDの例→

これらの放射を担うのは、主に星、ガス、
ダストである。



CIGALE code

CIGALE = Code Investigating GALaxy Emission

Stellar populations
and
Star formation history

Dust attenuation
and
Infrared emission

+

Filter fluxes



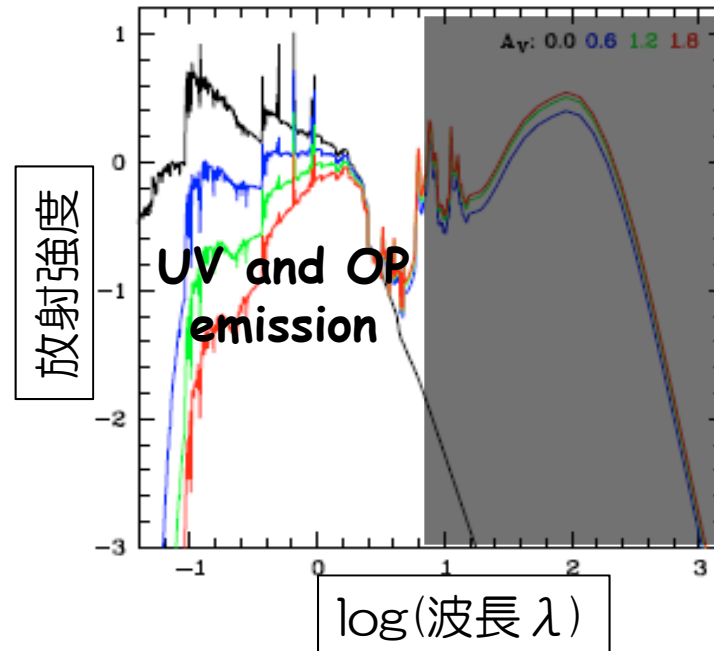
Calculation of
galaxy properties

CIGALE code

Stellar populations
and
Star formation history

Dust attenuation
and
Infrared emission

- 1) 星のSED modelを仮定。
Using [Maraston \(2005\)](#)
- 2) 初期質量関数(新しく生まれる星の質量分布)を仮定。
Using [Kroupa \(2001\)](#)
- 3) SFR historyを仮定。

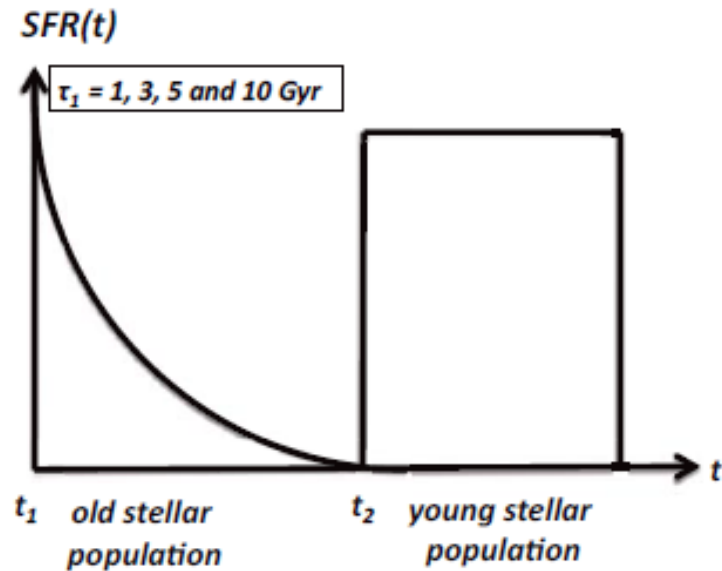


CIGALE code

Stellar populations
and
Star formation history

Dust attenuation
and
Infrared emission

- 1) 星のSED modelを仮定。
Using [Maraston \(2005\)](#)
- 2) 初期質量関数(新しく生まれる星の質量分布)を仮定。
Using [Kroupa \(2001\)](#)
- 3) SFR historyを仮定。



CIGALE code

Stellar populations
and
Star formation history

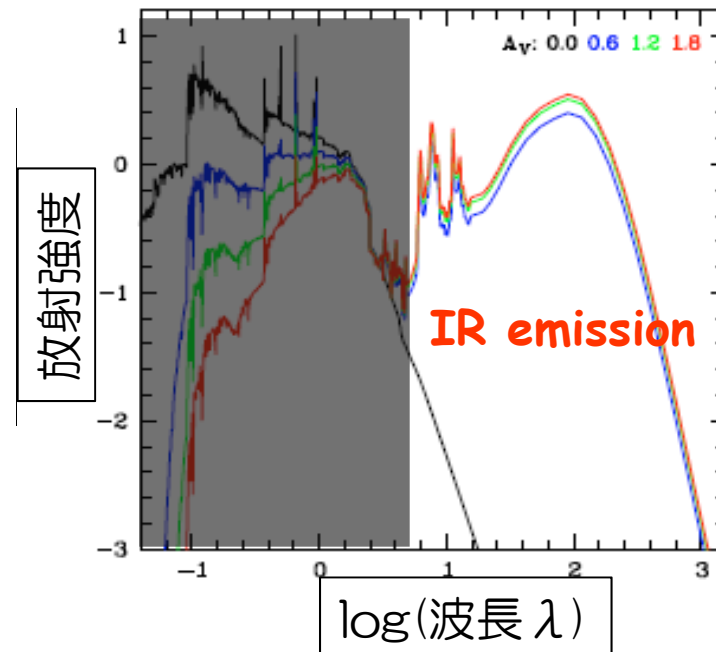
Dust attenuation
and
Infrared emission

1) Attenuation law(波長ごとの減光量)
を仮定。

Using Calzetti et al. (2000)

2) IRの放射を仮定。

Using Dale & Helou (2002)



CIGALE code

Stellar populations
and
Star formation history

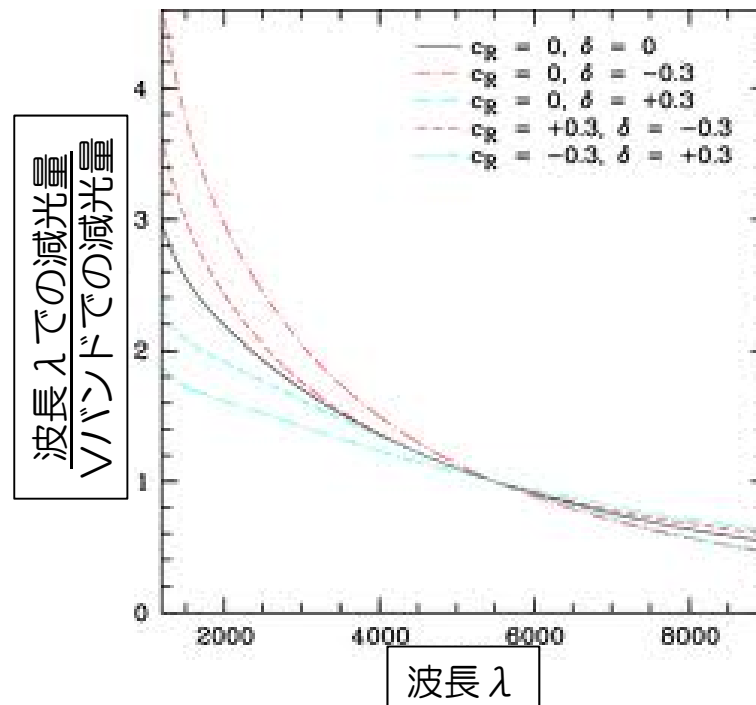
Dust attenuation
and
Infrared emission

1) Attenuation law(波長ごとの減光量)を仮定。

Using Calzetti et al. (2000)

2) IRの放射を仮定。

Using Dale & Helou (2002)



1) Calzetti atenuation law

CIGALE code

Stellar populations
and
Star formation history

Dust attenuation
and
Infrared emission

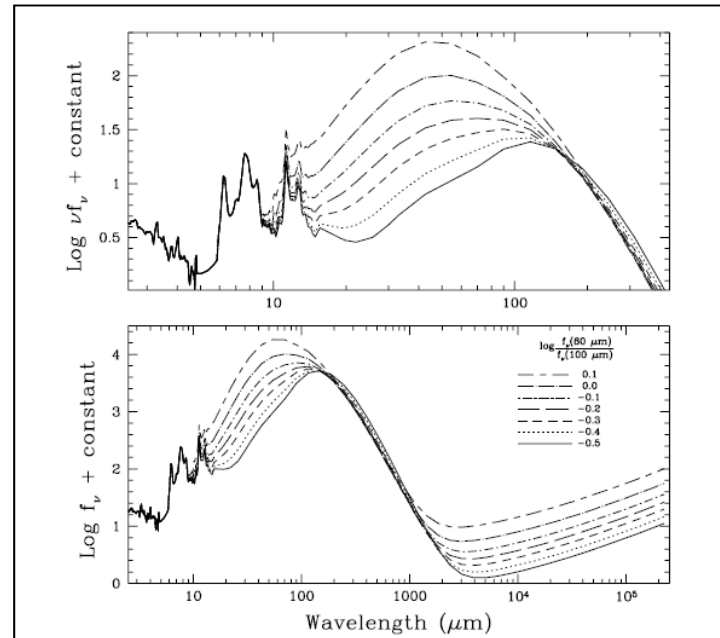
1) Attenuation law(波長ごとの減光量)
を仮定。

Using Calzetti et al. (2000)

2) IRの放射を仮定。

Using Dale & Helou (2002)

放射強度



波長 λ

2) Dale & Helou model

CIGALE code

CIGALE = Code Investigating GALaxy Emission

Stellar populations
and
Star formation history

Dust attenuation
and
Infrared emission

+

Filter fluxes



Calculation of
galaxy properties

CIGALE code

CIGALE = Code Investigating GALaxy Emission

Stellar populations
and
Star formation history

Dust attenuation
and
Infrared emission

AKARI (赤外)
GALEX (紫外)
SDSS (可視光)
の観測値・測光値

+

Filter fluxes

→

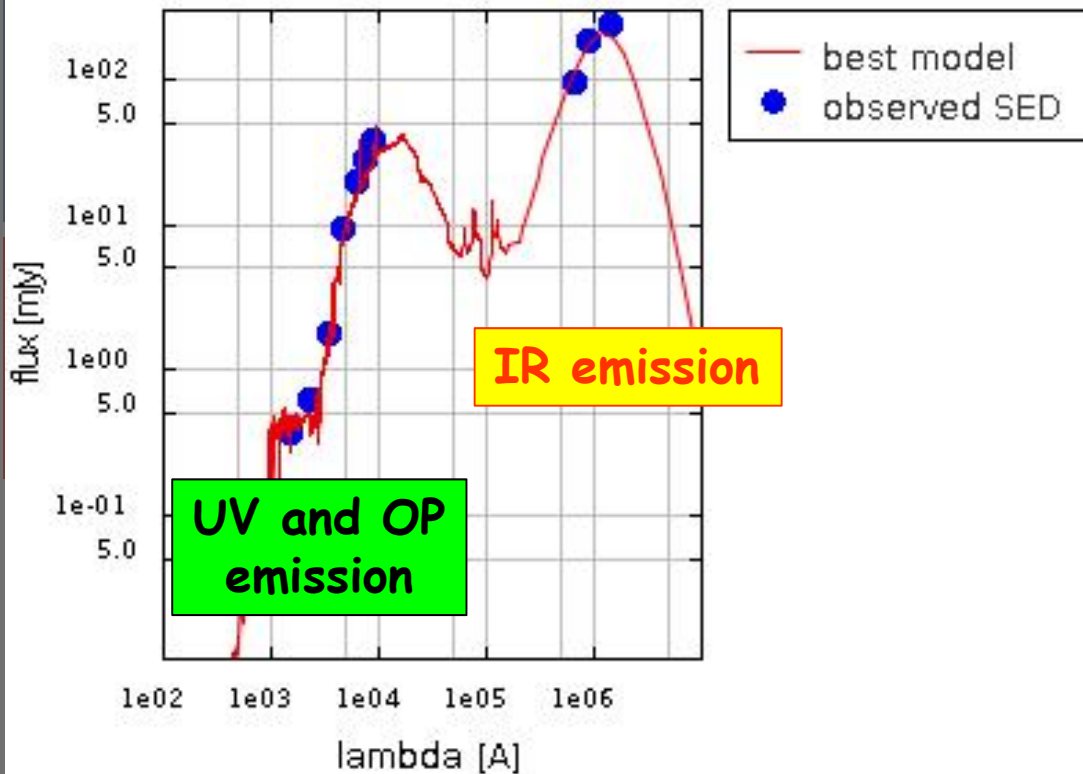
Calculation of
galaxy properties

CIGALE code

CIGALE = Code Investigating GALaxy Emission

AKARI (赤外)
GALEX (紫外)
SDSS (可視光)

実際に行ったFitting結果



Calculation of galaxy properties

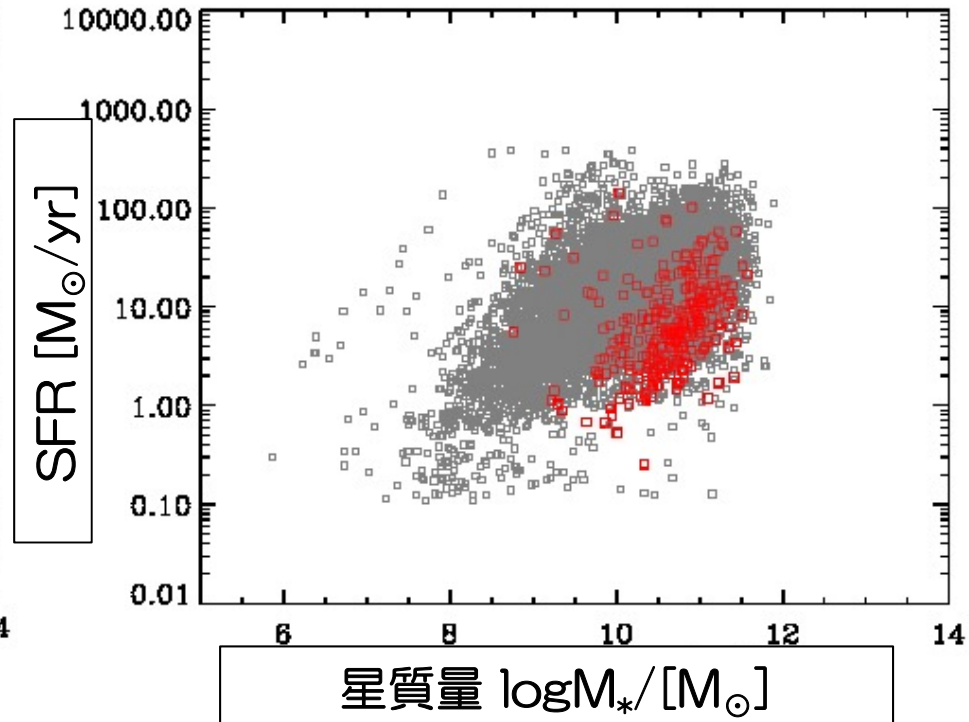
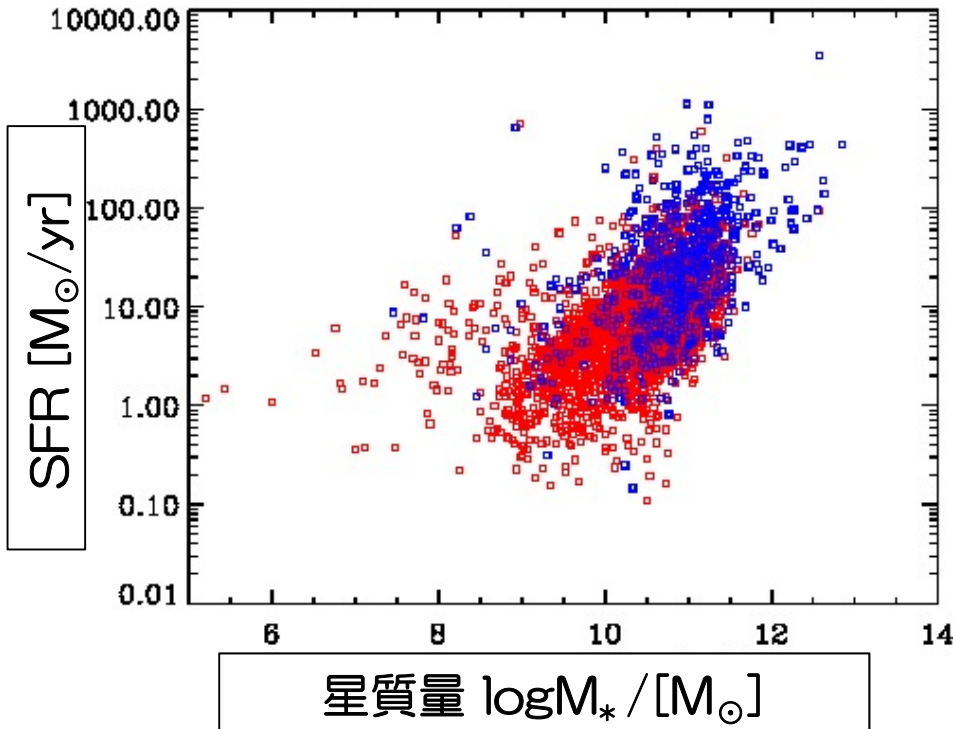
紫外線から遠赤外線までの波長におけるSED fittingを行い、銀河の星質量をはじめとする物理量を得る。

星形成率SFRと星質量 M_* の関係をみる。

SFR vs M_*

赤外線セレクト

紫外線セレクト



SFR_{FUV}/SFR(縦軸)とSFR(横軸)の関係

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

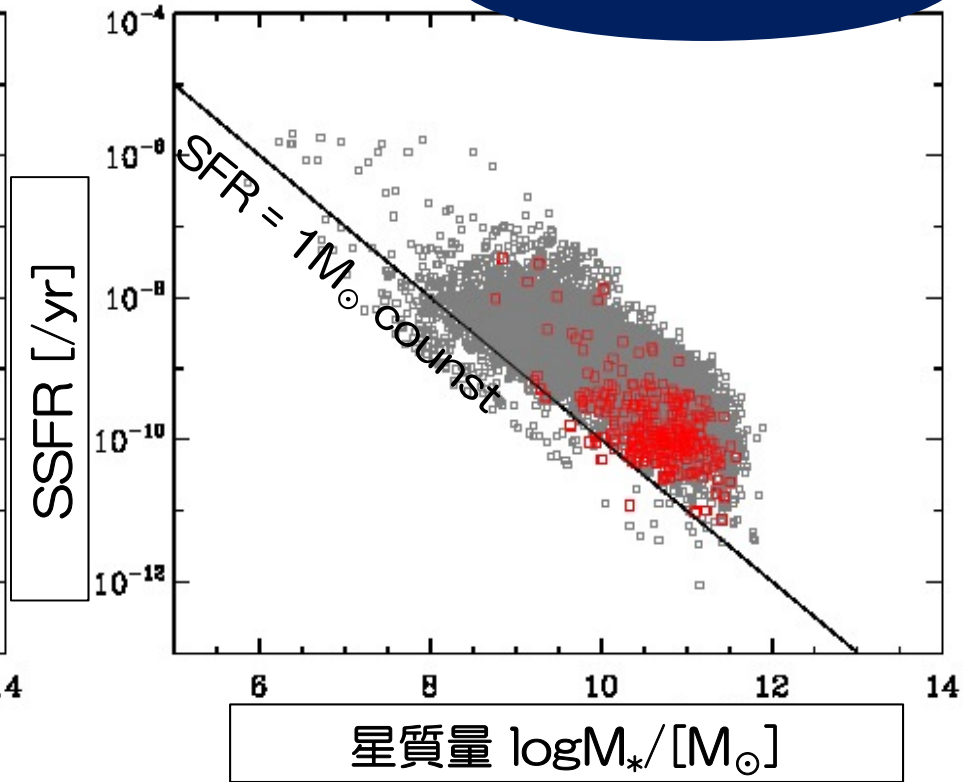
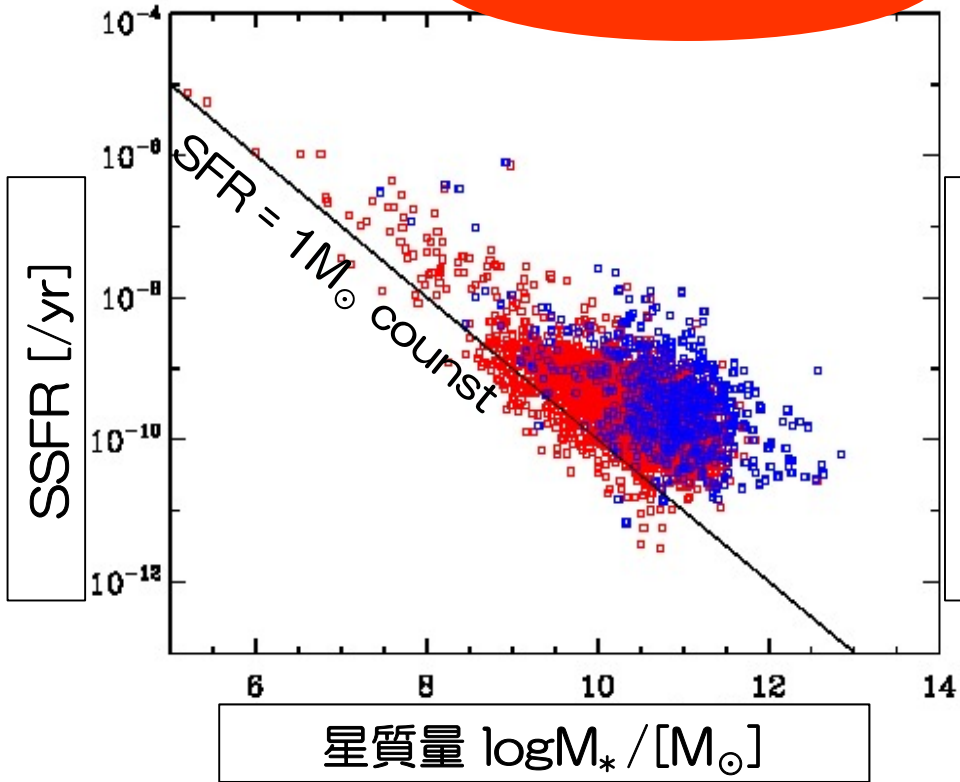
赤：赤外線測光値を検出できたもの
灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

SSFR(SFR/M_{*})と星質量M_{*}の関係をみる。

SSFR vs M_{*}

赤外線セレクト

紫外線セレクト



SSFR(縦軸)と星質量(横軸)の関係

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

赤：赤外線測光値を検出できたもの
灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

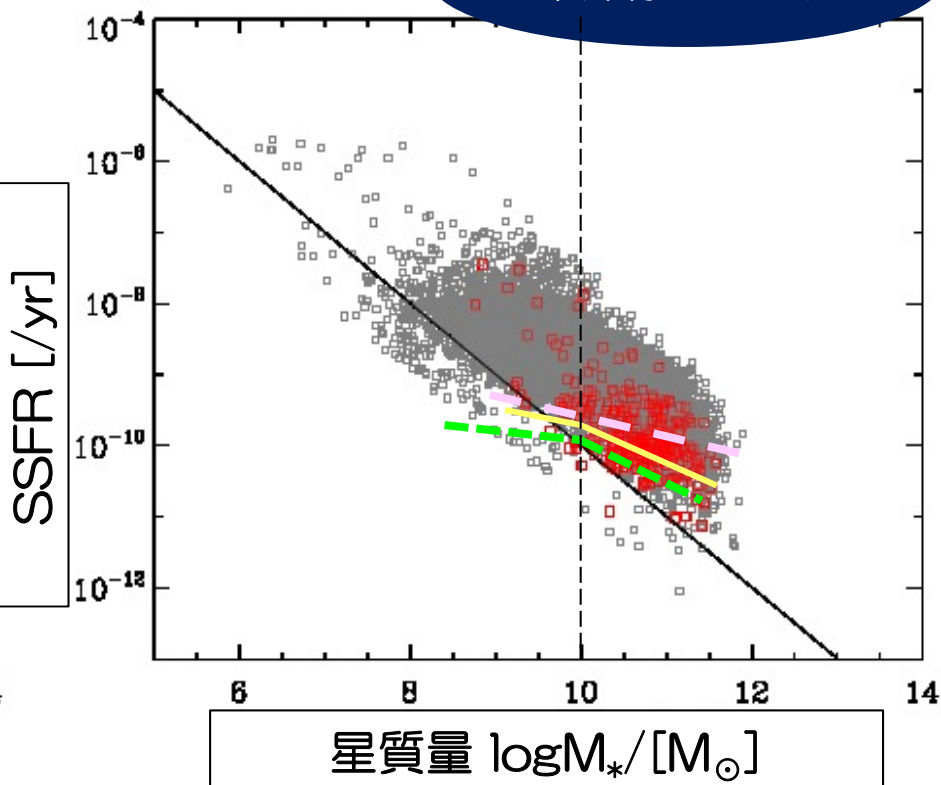
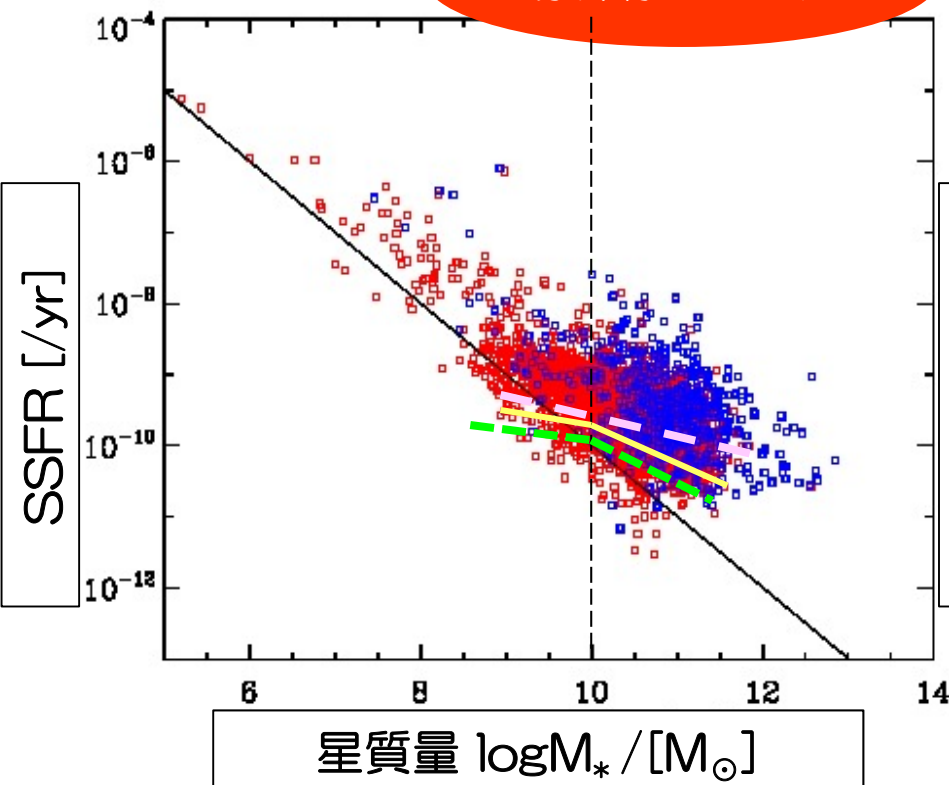
SSFR vs M_*

SSFR(SFR/M_*)と星質量 M_* の関係をみる。

- Brinchmann et al. (2009) op
- Buat et al. (2008) z=0 uv & ir
- Buat et al. (2008) z=0.7 uv & ir

赤外線セレクト

紫外線セレクト



SSFR(縦軸)と星質量(横軸)の関係

赤：紫外線の測光値を検出できたもの
 青：紫外線の測光値が検出限界を示すもの

赤：赤外線測光値を検出できたもの
 灰：赤外線測光値が検出限界を示すもの

SUMMARY

本研究では、近傍銀河の星形成活動を赤外線衛星AKARIと紫外線衛星GALEXのデータから、赤外線セレクトサンプル、紫外線セレクトサンプルを構成し、求めた。

- ・星形成活動を、その直接的な指標である紫外線光度のみを用いて求めてしまうと、星形成活動を過小評価してしまう。
- ・赤外線セレクトサンプルは、赤外線光度優勢という予想通りの結果となったが、紫外線サンプルに関しても赤外線光度優勢という結果となった。
- ・赤外線セレクト、紫外線セレクト両サンプルにおいて、星形成活動の見積もりにはダストの存在の考慮は不可欠である。

- ・赤外線セレクト、紫外線セレクト両方に $\text{SFR} > 20 M_{\odot}\text{yr}^{-1}$ では紫外線由来の星形成率が急に落ち込むという特徴が現れた。
- ・SSFRに関しても両サンプルは同様の傾向を示したが、可視光を用いた先行研究よりも星形成銀河を選択的に用いているので、SSFRが先行研究よりも高い結果となった。

END

include star

御静聴ありがとうございました!

include star

