

銀河形成と初期質量関数

中村有希(東北大学)

山田 亨、林野友紀、香西克紀、森本奈々、
山内良亮(東北大学)、
松田有一(京都大学)

Introduction

銀河形成過程を探る鍵の一つ → 初期質量分布関数(IMF)

最近の観測結果から、

大質量星に偏った星形成が $z=3\sim 6$ でも起きた間接的証拠



非常に大きな静止系輝線等価幅(EW_0)を持つ

$Ly\alpha$ 輝線天体(LAE)の存在 $EW_0 > 200 \text{ \AA}$

- LALA survey; $z=4.5$ LAE 150個の内60%で、 $EW_0 > 200 \text{ \AA}$
(Malhotra & Rhoads (2002))
- Subaru/XMM-Newton Deep Field; $z=3.7$ LAE 23個で、 $EW_0 > 250 \text{ \AA}$
(Fujita et al. (2003))
- SDF; $z=5.7$ LAE 28個の内30-40%で、 $EW_0 > 240 \text{ \AA}$
(Shimasaku et al. (2006))
- 我々の観測で、 $z=3.1$ SSA22領域に **$EW_0 > 200 \text{ \AA}$ 約170個**

Introduction

LAEの輝線等価幅を決定する要因

■ ガスによって吸収された電離光子の量

■ 星間物質内のダスト量

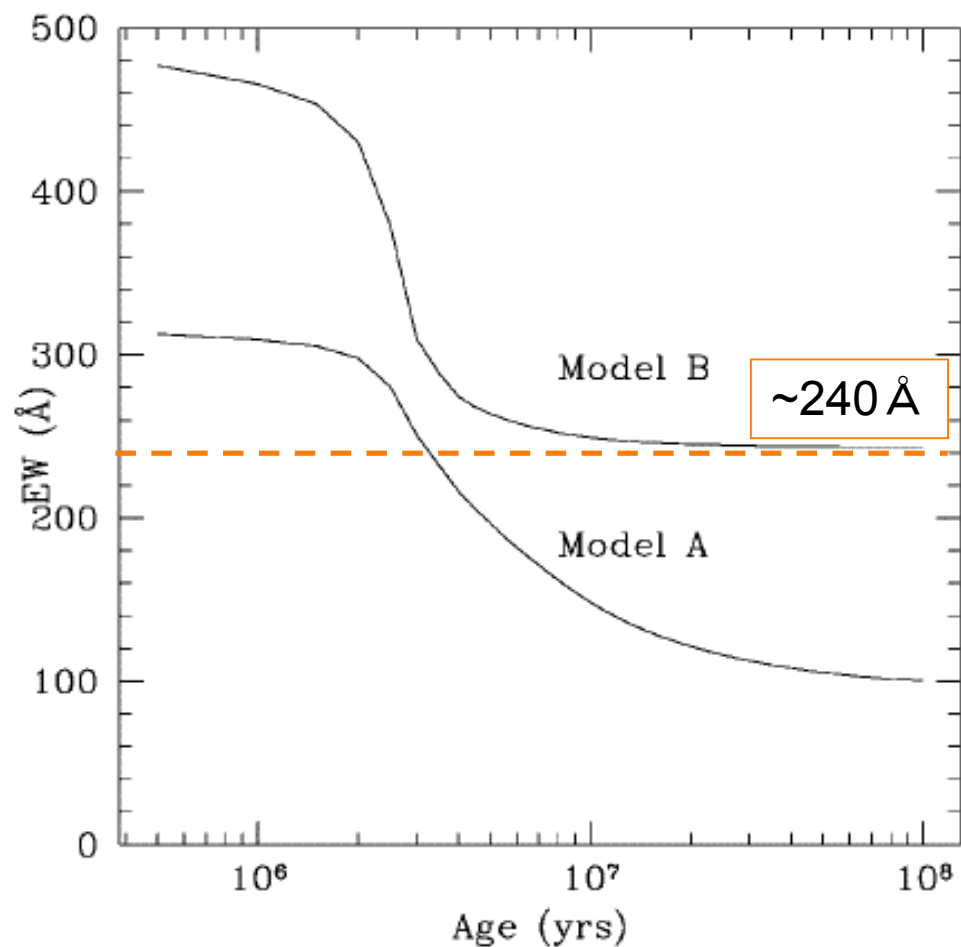
■ UVの電離光子と非電離光子の比率

■ IMFのスロープ — よりflatになればEWが大きくな

■ 金属量 ————— 少ない程、EWが大きくなる。

■ 年齢 ————— 若い程、EWが大きくなる。

Ly α 輝線等価幅とIMF(1)



Malhotra et al. 2002; Charlot and Fall 1993

連続的 一定の星形成モデル

1/20太陽金属量

Model A

Salpeter IMF $x=2.35$

Model B

Top heavy IMF $x=0.5$

$M_l = 1 M_{\text{sun}}$

$M_u = 120 M_{\text{sun}}$

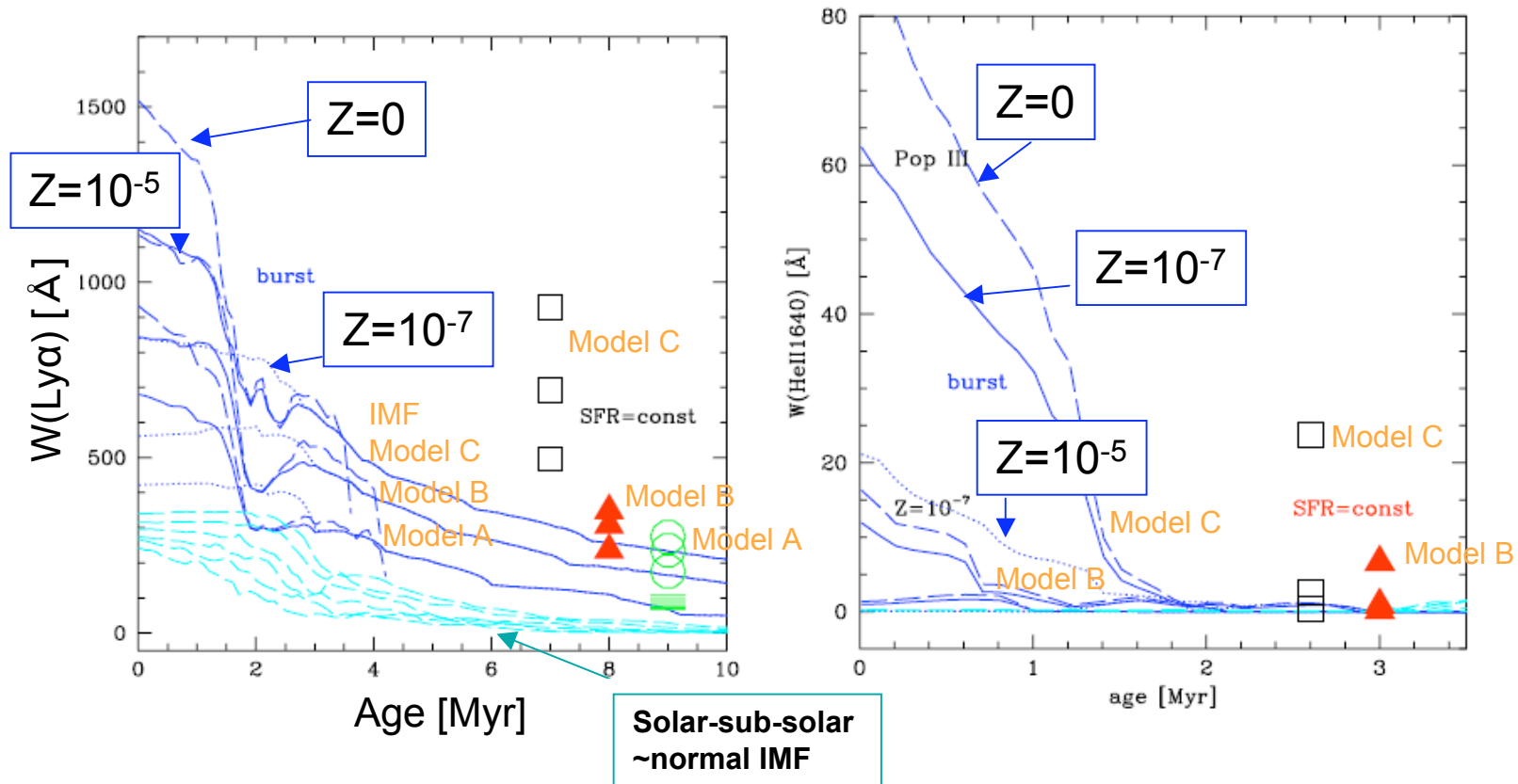
$EW_0 > 240 \text{ \AA}$

更にTop heavyなIMF ?

→ **POIII ?**

非常に若い銀河($\sim 10^6 \text{ yr}$) ?

Ly α 輝線等価幅とIMF(2)



Burst Models: $Z < 10^{-5}$ HI Ly α $EW_0 > 200 \text{ \AA}$ @ $< \text{a few Myr}$
 $Z \sim 0$ HeII 1640 $EW_0 > 20 \text{ \AA}$ @ $< \sim 1 \text{ Myr}$

Constant Continuous Models: only zero metal case \rightarrow observable HeII

Observation

すばる望遠鏡 Suprime Cam による $z=3.1$ 狭帯域フィルターサーベイ

SSA22 7視野

一般領域(SXDS 3視野/SDF/GOODS-N)計5視野

LAEを約**2000**個検出。

SSA22領域は一般領域に比べて非常にLAEの密度が高い。

視野全体で~2倍

LAE detection criteria $BV=(2B+V)/3$

(1) $NB497 < 25.8(ABmag)$

(2) $BV-NB497 > 1.0$

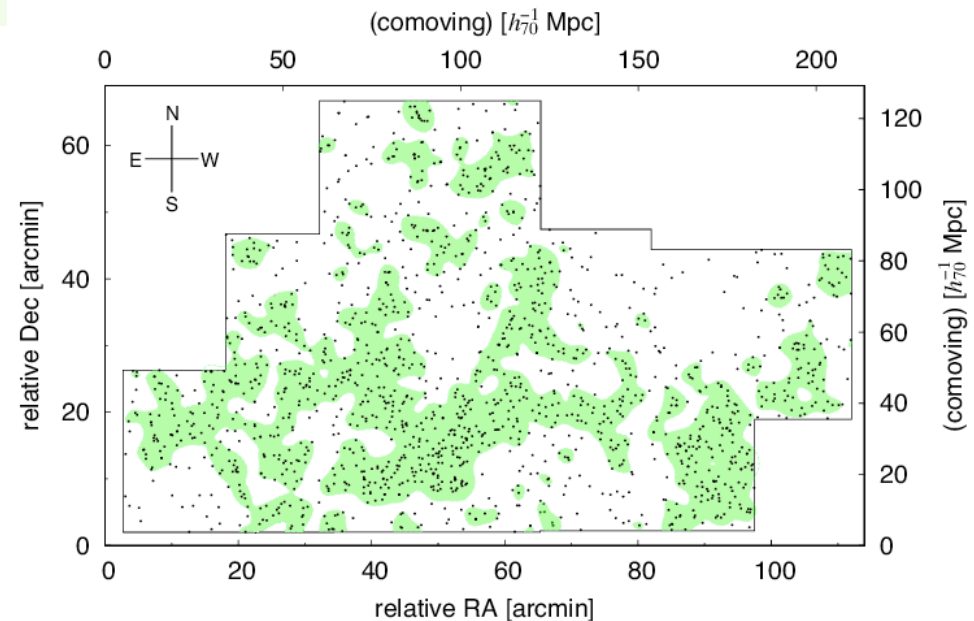
(3) $BV-NB497_{color} > 4\sigma$

(4) $V_c < 26.6(S/N < 4): B-V_c > 0.2$

(5) $V_c > 26.6(S/N > 4): BV-NB497 > 1.3$

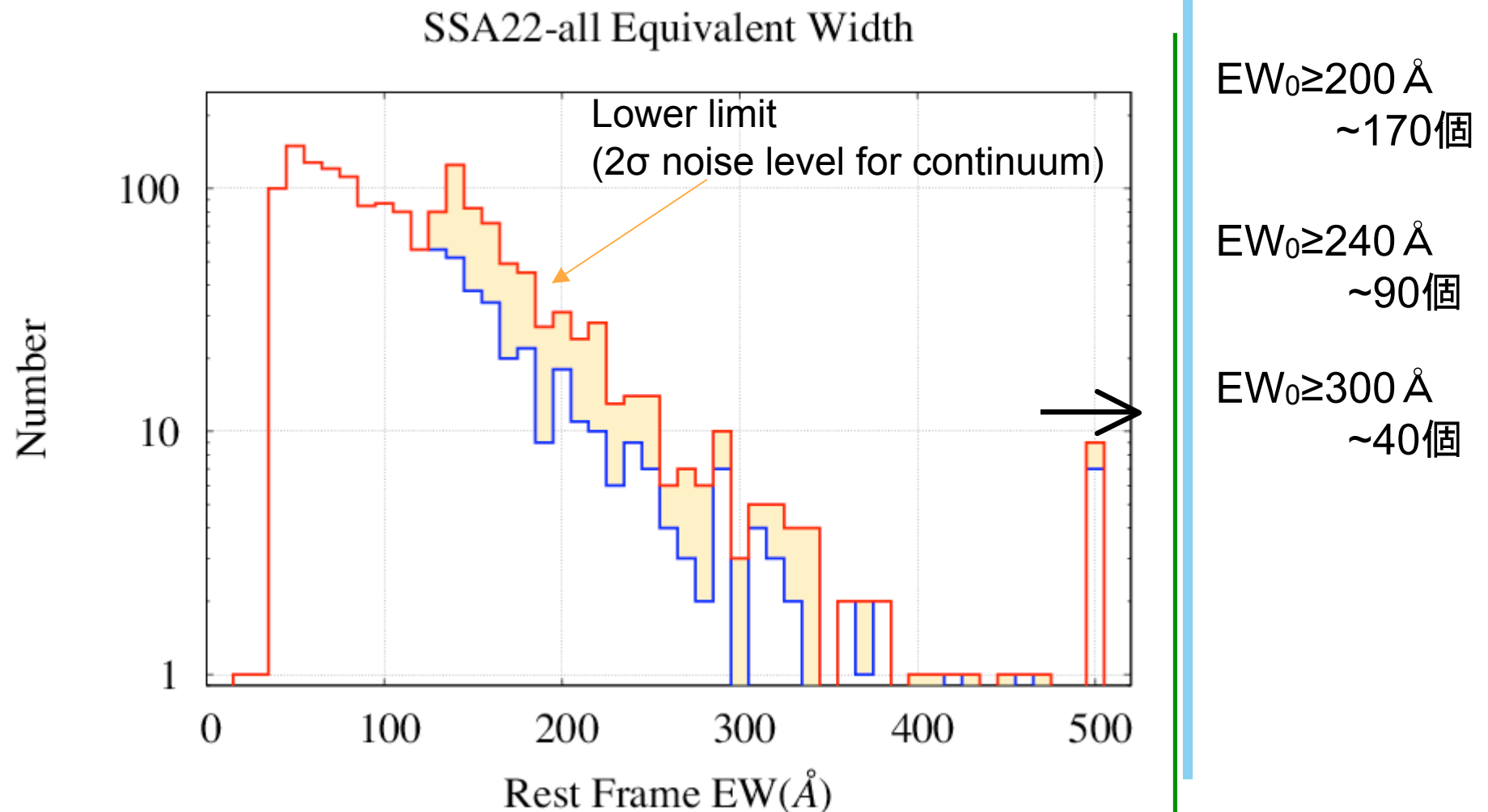
$SFR(UV) \sim 1-10 M_{\text{sun}}/\text{yr}$

$EW_0 > \sim 30 \text{ \AA}$



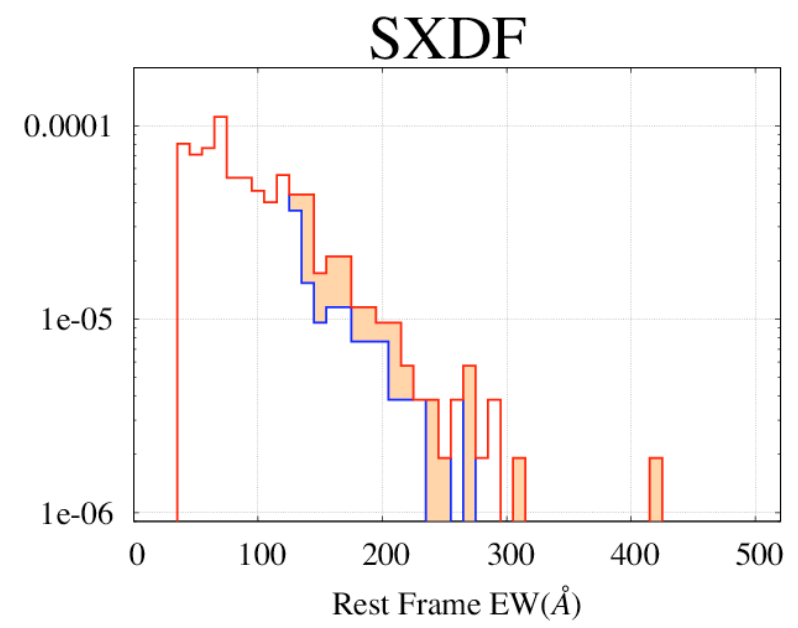
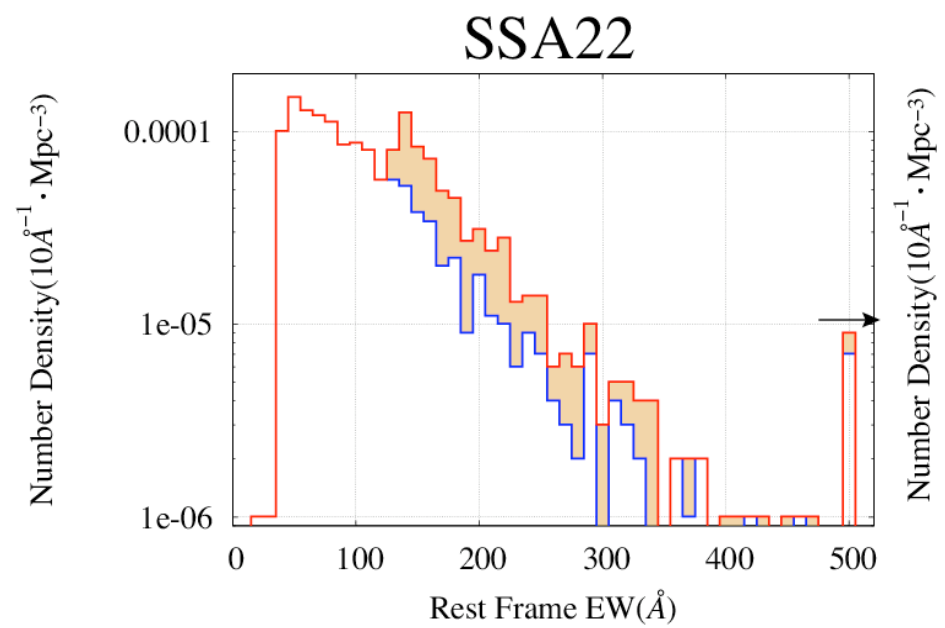
Observational Results

Ly α 輝線等価幅分布(SSA22)

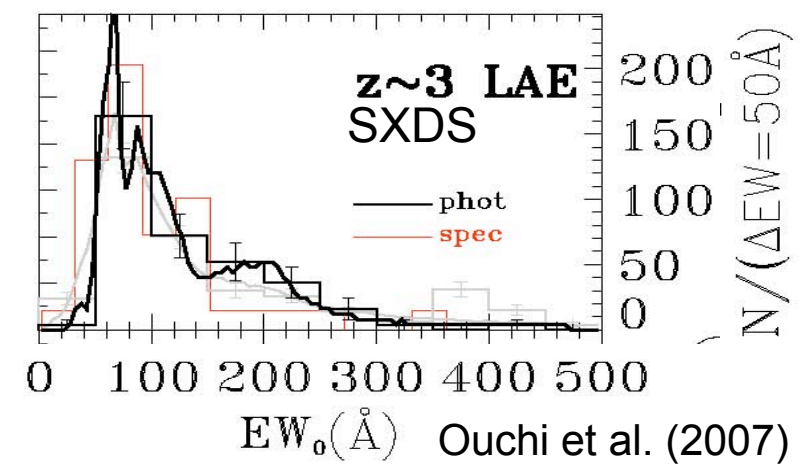


Observational Results

Ly α 輝線等価幅分布の環境依存性

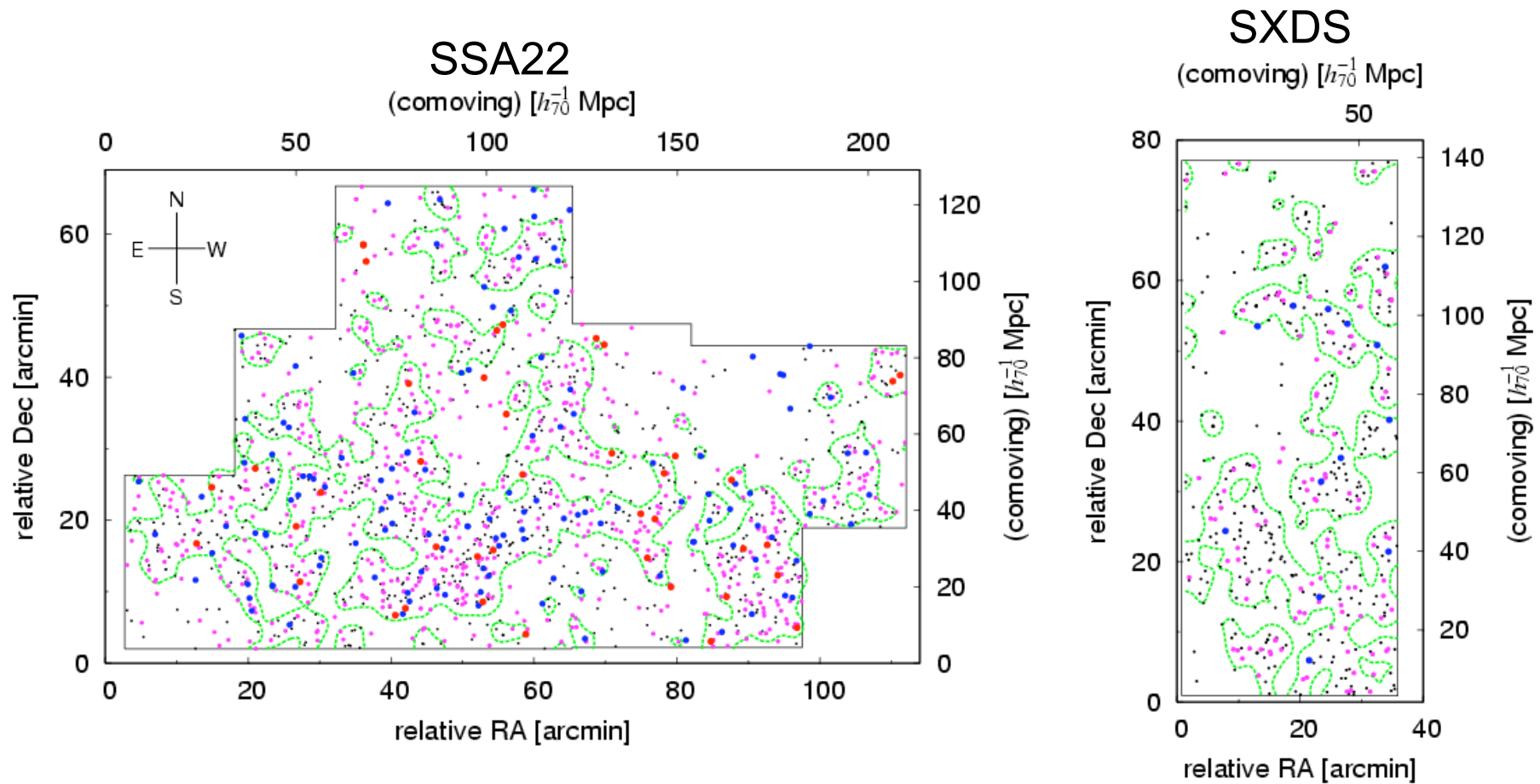


- LAE高密度領域であるSSA22領域では、一般領域に比べてEWの大きい天体数が多い。
- Ouchi et al. (2007)のz~3 SXDSのLy α 輝線等価幅分布と我々のSXDSの等価幅分布はほぼ一致。



Observational Results

大きなLy α 輝線等価幅をもつ天体の空間分布

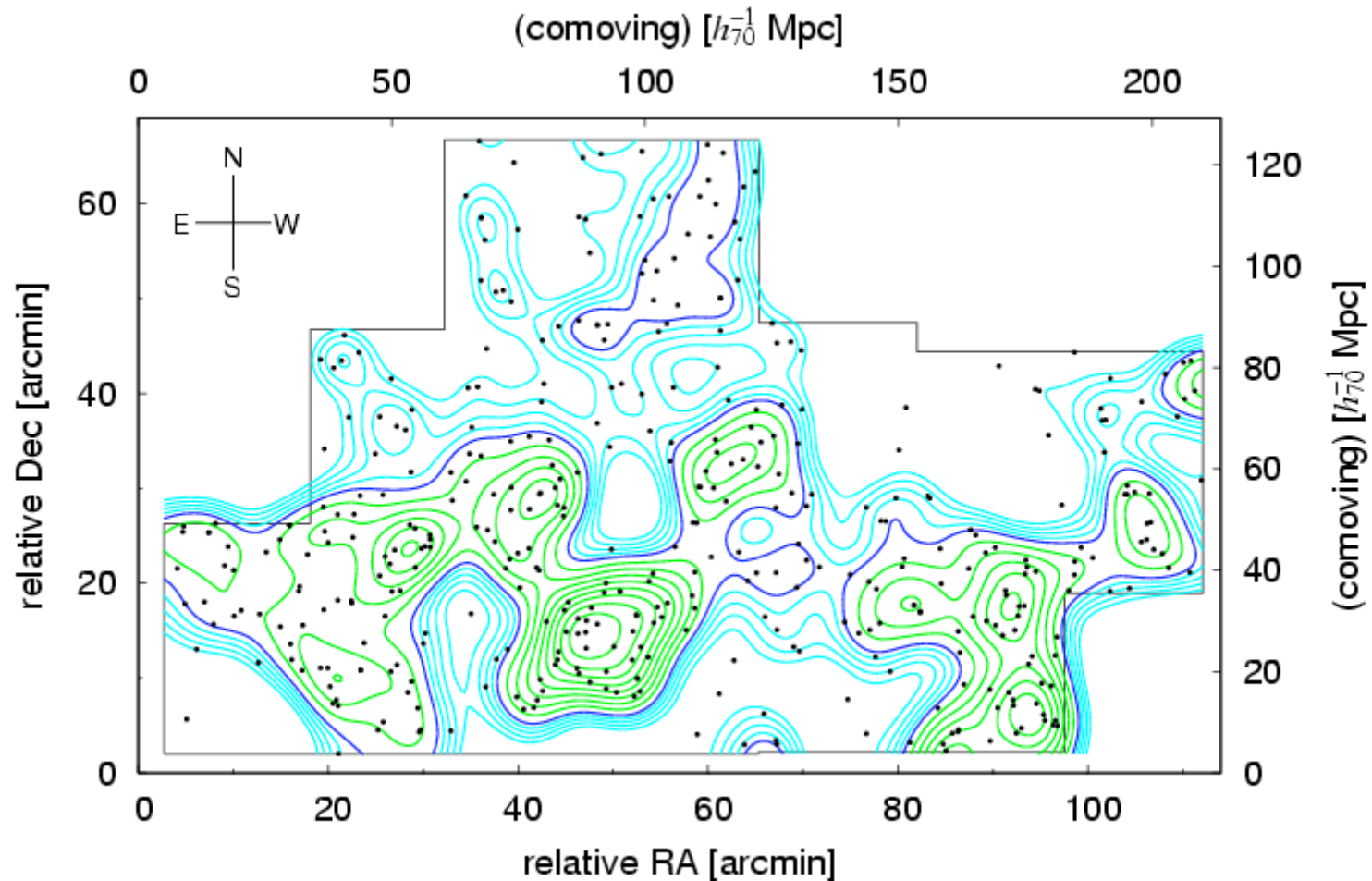


● $EW_0 > 300 \text{ \AA}$ ● $EW_0 200-300 \text{ \AA}$

* Include lower-limit objects due to shallow V

Observational Results

大きなEW($>200 \text{ \AA}$)をもつ天体の密度分布



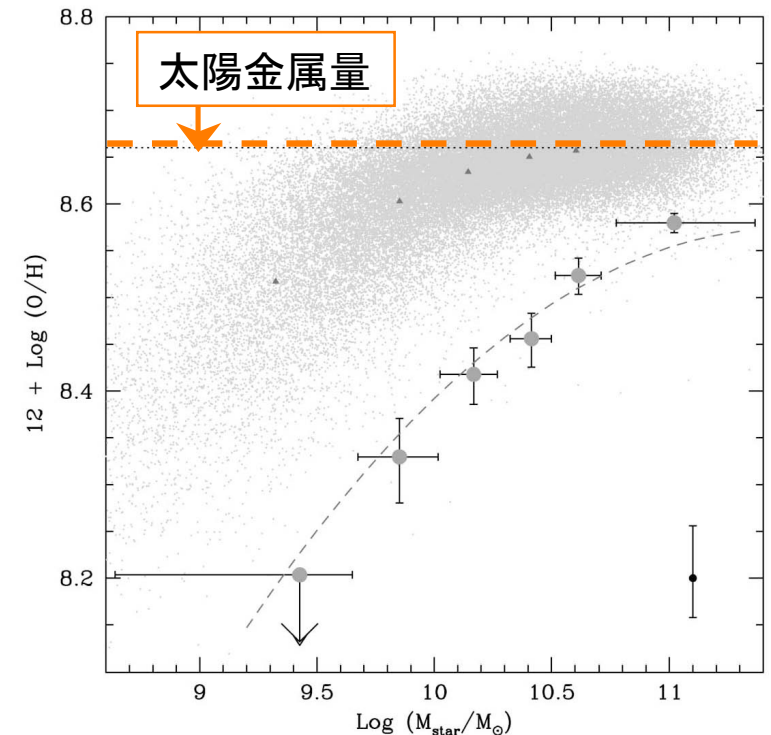
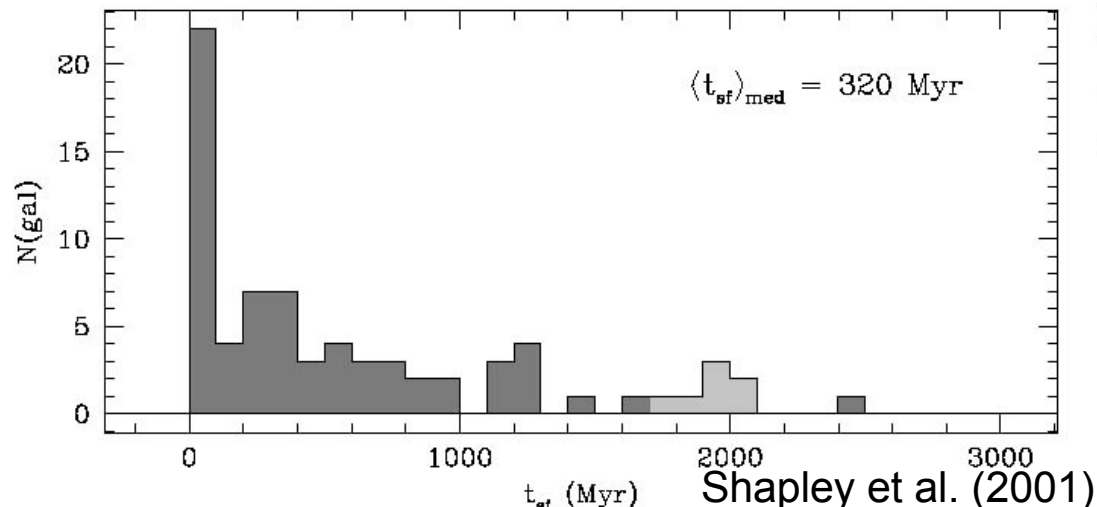
Discussion (1)

静止系輝線等価幅 $EW_0 > 200 \text{ \AA}$ のLAEを説明するために、

1) もし、 $z \sim 3$ の典型的な天体LBGを考えると、

- 例えば $z \sim 3$ のLBGの典型的な年齢は $0 \sim 10^9 \text{ yr}$ にばらつく。
→ $\sim 10^6 \text{ yr}$ の非常に若い銀河が多く存在しているとは考えにくい。
- $z \sim 2$ の銀河の典型的な金属量は、
 $\sim 0.3\text{-}0.5$ 太陽金属量程度。
→ $Z < 10^{-5}$ ($\sim 5 \times 10^{-4}$ 太陽金属量)
のような低金属量天体は考えにく

IMFのslopeがよりflatなのではないか？



Discussion (2)

- 2) SSA22領域の特徴、あるいはLAEの特徴？
 - SSA22には、非常に若い銀河が多数存在する。
LBGに比べてLAEは、非常に若い銀河である。
 - SSA22には、非常に低金属量の銀河が多数存在する。
LBGに比べてLAEは、非常に低金属量の銀河である。
 - 金属量とIMFが関係している。
低金属量でtop heavyなIMFを考える。
 - SSA22では、POPIII的な星形成が起こったのかもしれない？

Summary

我々の $z=3.1$ SSA22における観測結果から、

■ 輝線等価幅 $EW_0 > 200 \text{ \AA}$ LAE ~170個発見。

この説明として、

更にflatなslopeのIMFを考える。

→ 超低金属量、極端な場合POPIII的な星形成が起こった可能性。

■ 一般領域に比べ、LAEの高密度領域であるSSA22領域で、輝線等価幅の大きな天体数密度が大きい。

LAEの高密度領域では原始的な星形成がより頻繁に観測される。

Future Work

現在、より詳細な解析を行っているので、この解析後、EWを求めなおす。

今までの結果はPreliminaryなもの。

POPIII の証拠を探す。

Hell輝線検出(proposal; S08A P.I. Toru Yamada)

$Z > 10^{-2}$ 太陽金属量, Salpeter
IMF, $M_u = 100$ 太陽質量など通常
星形成

バースト年齢が数百万年を超えると、
Ly α 輝線 $EW_0 > 200 \text{ \AA}$ 生じない
Hell輝線 全く生じない

$Z = 0 - 10^{-5}$ 太陽金属量の
POPIII または超低金属量星

非常に強いLy α 輝線
 $EW_0 > 200 \text{ \AA}$ @ a few Myr
強いHell輝線
 $EW_0 > 20 \text{ \AA}$ @ ~1 Myr

Schaerer (2003)