

# PFS銀河サーベイへのコメント

## FMOS SSP(銀河編)失敗談(;;)

太田耕司 (京大宇宙物理)

2015年7月9日 三鷹

その前に:

## 私家版: 銀河分光サーベイ小史

1970-1990年

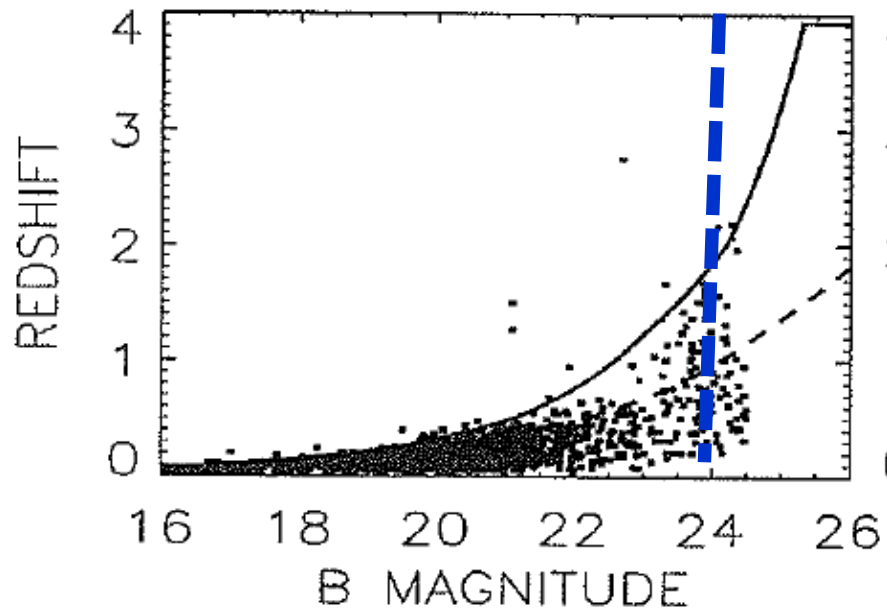
- 1970年代 4m級望遠鏡の建設
- 1980年代 CCDの登場
- 1980年代半ば マルチスリット分光器の開発  
(それまではシングルスリットのみ)
- 4m級マシンタイムに余裕? 大型プロジェクト?
- 銀河分光サーベイの開始

# 1990年代

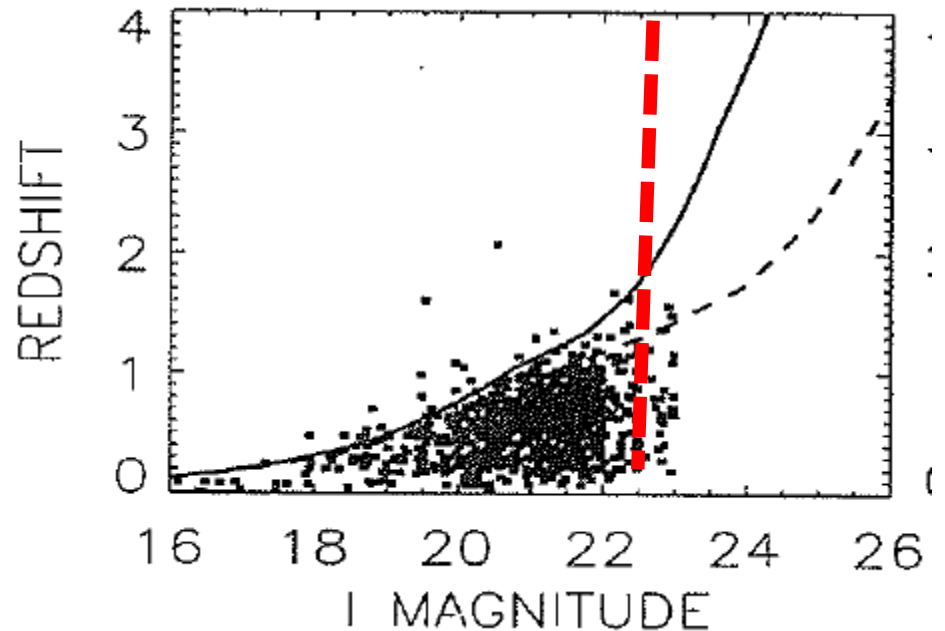
- 4mクラスによる 等級リミットサーベイ  
B<24等とか I\_AB<22.5等とか  
通常は可視セレクト  
本格的MOS登場(と、言っても1視野30程度)、  
数百個銀河の分光サーベイ

# 代表的分光サーベイ1

LDSS 英国オーストラリア連合  
WHT, AAT 4m  
 $B < 24$

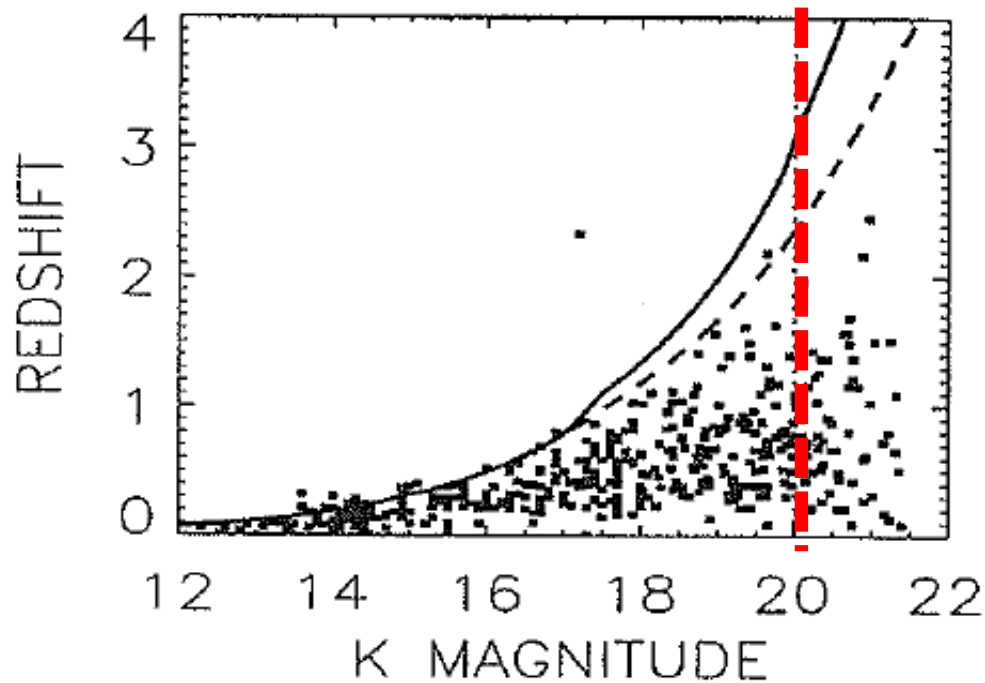


カナダフランス連合  
CFHT 4m  
 $I_{AB} < 22.5$

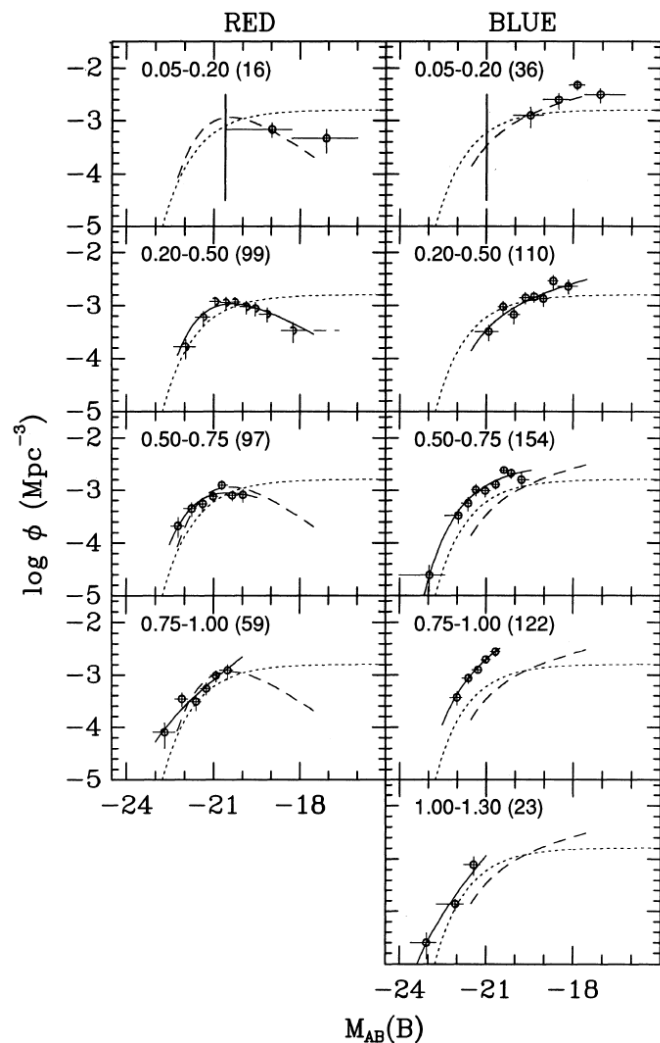


# 代表的分光サーベイ2

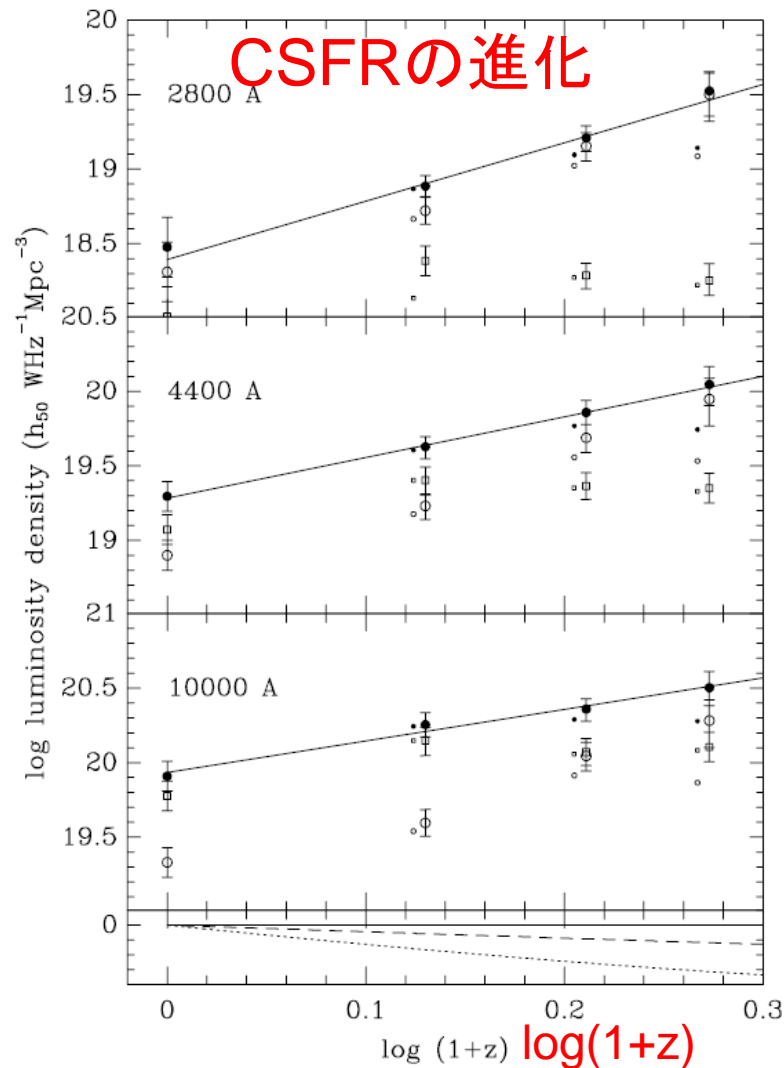
ハワイグループ  
分光はKECK 10m LRIS  
(K撮像はUKIRT)  
 $K < 20(-21)$



# $z < 1$ までの銀河光度関数進化と星形成の宇宙史



Lilly et al. 1995, ApJ 455, 108

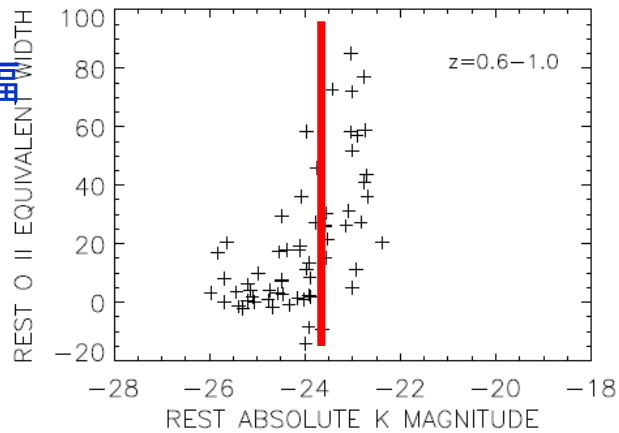


Lilly et al. 1996, ApJ 461, L1

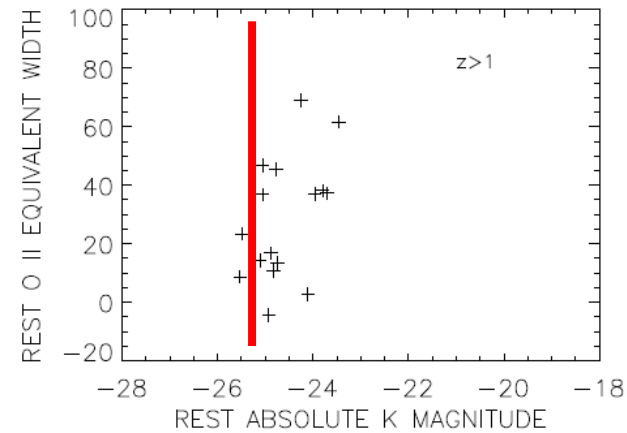
# $z < 1$ までの銀河のダウンサイズ

$0.6 < z < 1.0$

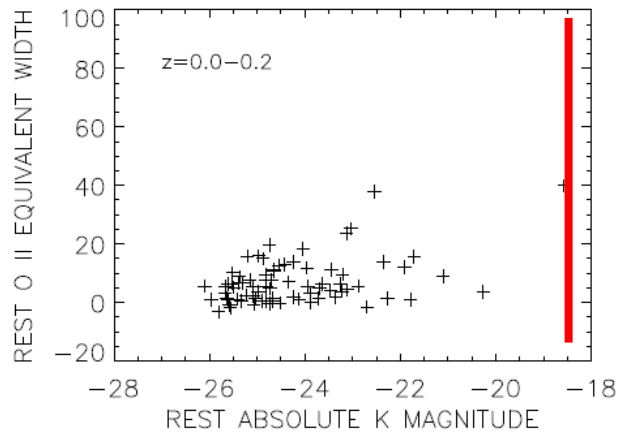
[OII]等価幅



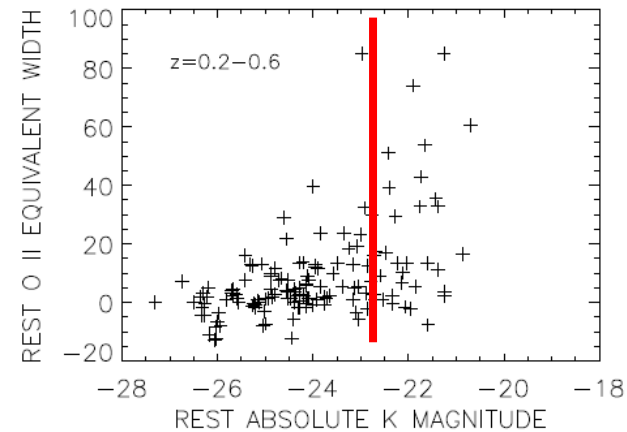
$1 < z$



$0.0 < z < 0.2$



$0.2 < z < 0.6$



明  $\leq$  絶対K等級  $\Rightarrow$  暗

# これまで未知だった、 $z < 1$ の銀河進化を開拓

- 銀河光度関数進化
- 色やタイプによる進化の違い
- CSFH
- ダウンサイジング
- 化学進化(質量—金属量関係)

など、 $z < 1$ での銀河進化がようやく見えてきた



# 2000年代

- 8mクラスによる等級リミットサーベイ

新世代MOS マルチプリシティ約10倍

サーベイのサンプルサイズ=> 数千-数万個の銀河

VVDS: VIMOS VLT Deep Survey 可視,NIRリミット

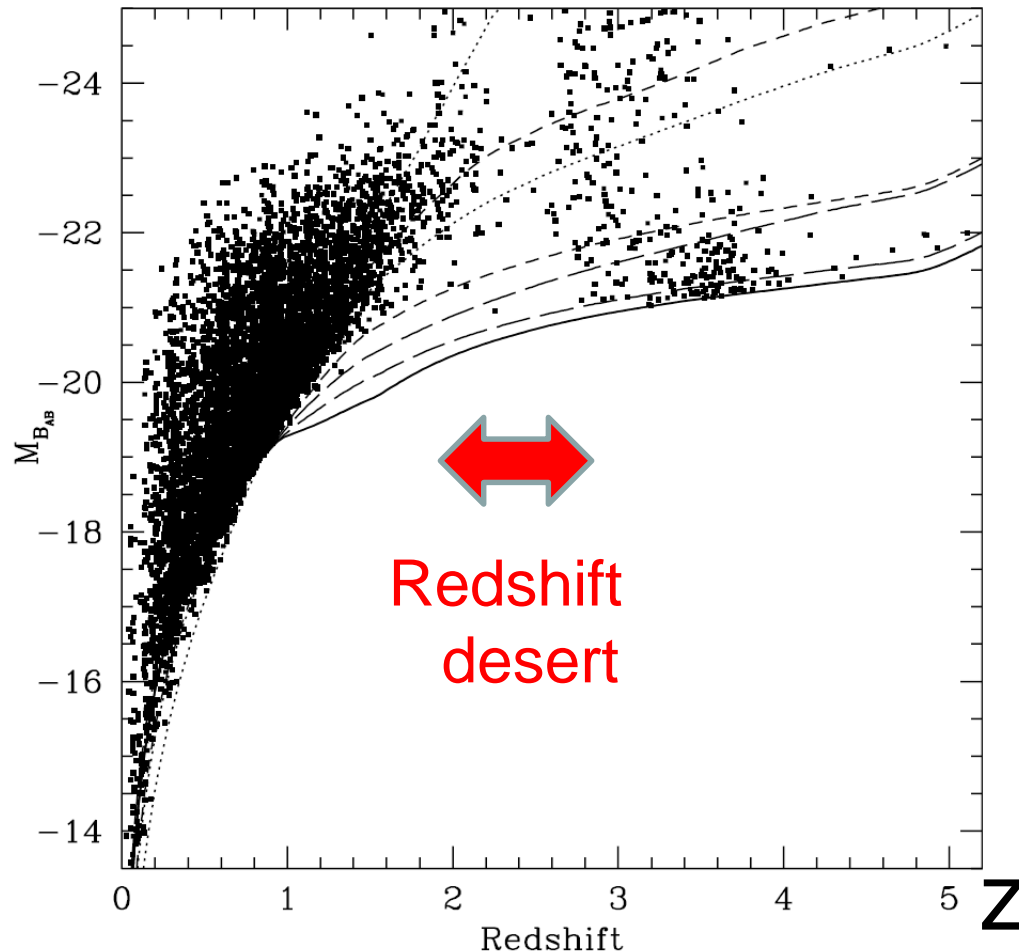
$17.5 < I_{AB} < 24$  とか

GDDS: Gemini Deep Deep Survey 可視,NIRリミット

DEEP2: KECK LRIS/DEIMOS I,R?リミット

(Kリミットも?) など

# 8m級分光サーベイでサンプルされた銀河： VVDS



$I_{AB} = 24$  magの  
Tracks

SED別(青いのが下)

$Z < 1.5$ 位の延び、  
暗いところもカバー

Le Fevre et al. 2005,  
AA 439, 845

**Fig. 21.** Absolute  $M_{AB}$  magnitude vs. redshift in VVDS-02h. The full sample is shown together with the tracks of CWW templates (Coleman et al. 1980) and starburst templates used to compute the  $k(z)$

# 2000年代の成果例

- $z < 1.5$

- VVDS: LF進化、環境、bimodal, clustering、RSD, etc

- LBG selection shock?

- GDDS: stellar mass density evolution

- evolved massive galaxies の進化

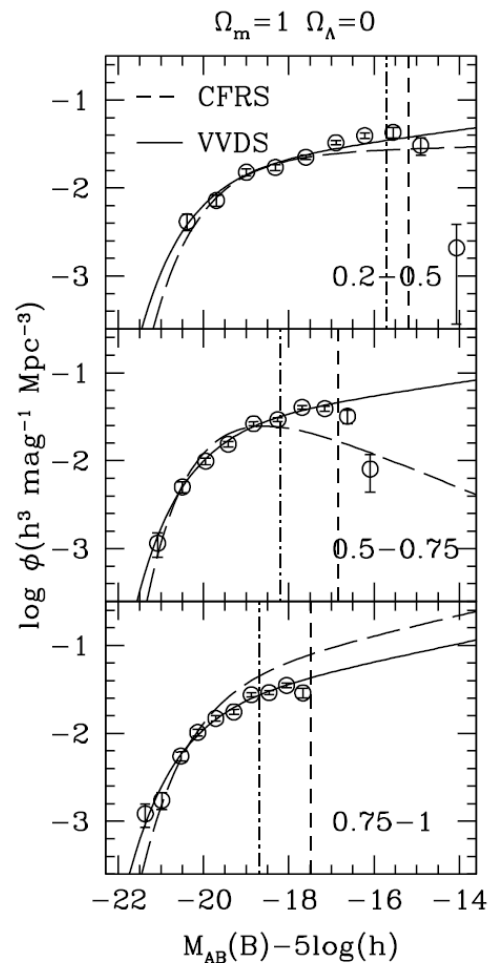
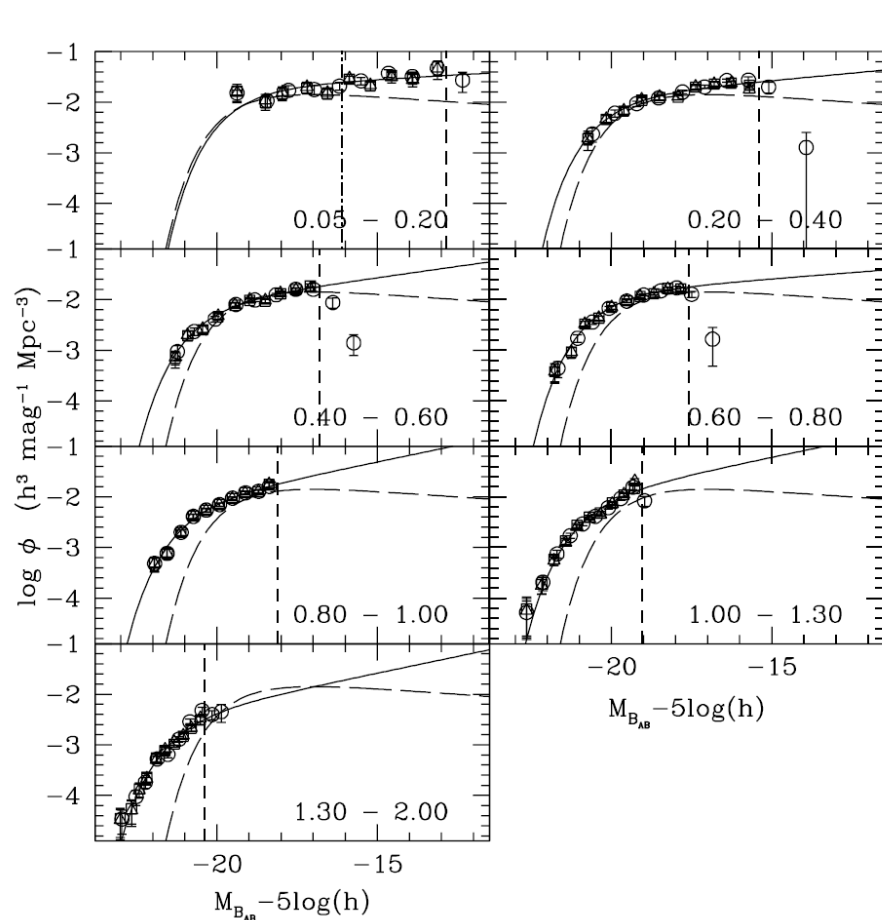
- mass-metallicity relation @  $z=0.7$

- DEEP2: down-sizing、clustering

# VVDSによる光度関数の進化

光度関数: 暗いところまで延びたけど  
あまり4m時代と変わらない?

Ilbert et al. AA 439, 863 (2005)



**Fig. 10.** Comparison between the CFRS and the VVDS global  $B$ -band LFs. The solid lines (STY) and the circles ( $1/V_{\max}$ ) correspond to the VVDS prediction. The circles are labeled with the redshift of the fit.

# GDDSでの結果例

## MZ関係@z~0.7

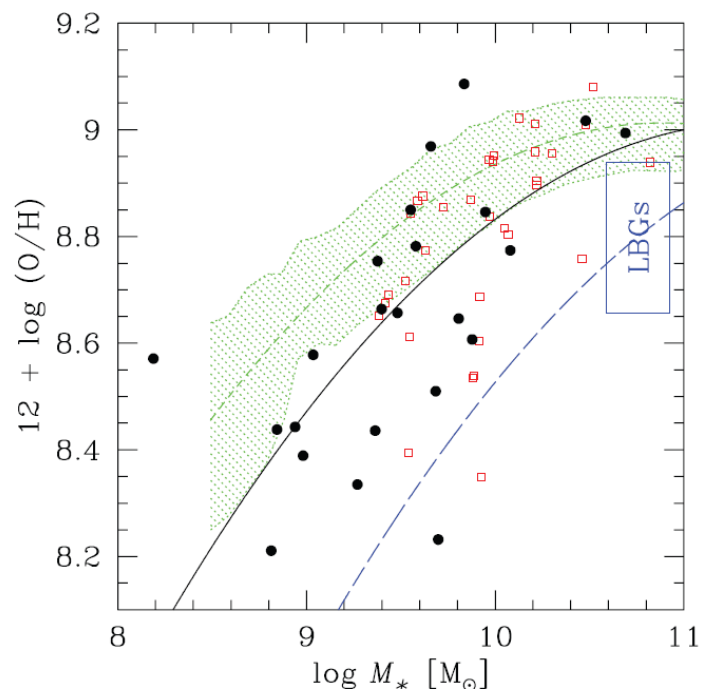


FIG. 13.—Metallicity as a function of stellar mass for GDDS (*filled circles*) and CFRS (*open squares*). The points are as in Fig. 12, but error bars are omitted. The green short-dashed line and hatched area indicate the polynomial fit and  $\pm 1\sigma$  dispersion, respectively, derived for the SDSS  $z \sim 0.1$  galaxies (T04). The blue rectangle is the region occupied by the LBGs at  $2.1 < z < 2.4$  (Shapley et al. 2004) after correcting from the N2 to the  $R_{23}$  calibrator. The black solid and blue long-dashed lines are the SDSS polynomial shifted to the right to match the galaxy distributions at  $z \sim 0.7$  and  $\sim 2.3$ , respectively.

## 星質量密度の進化

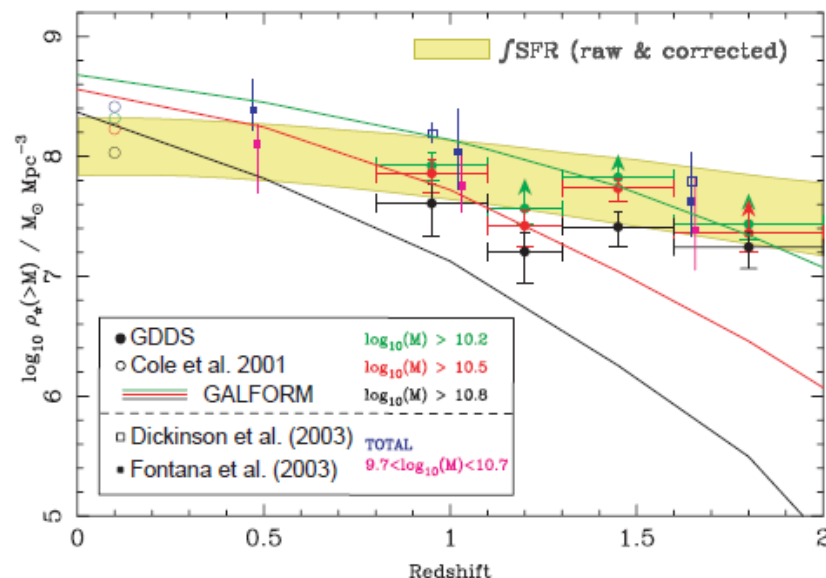
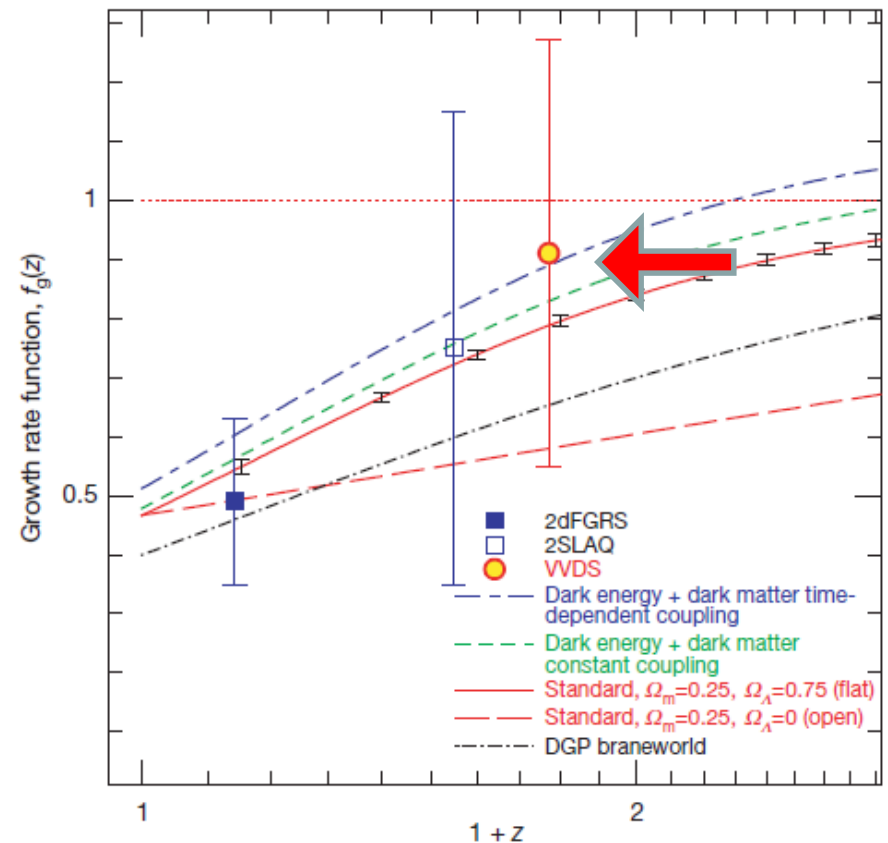
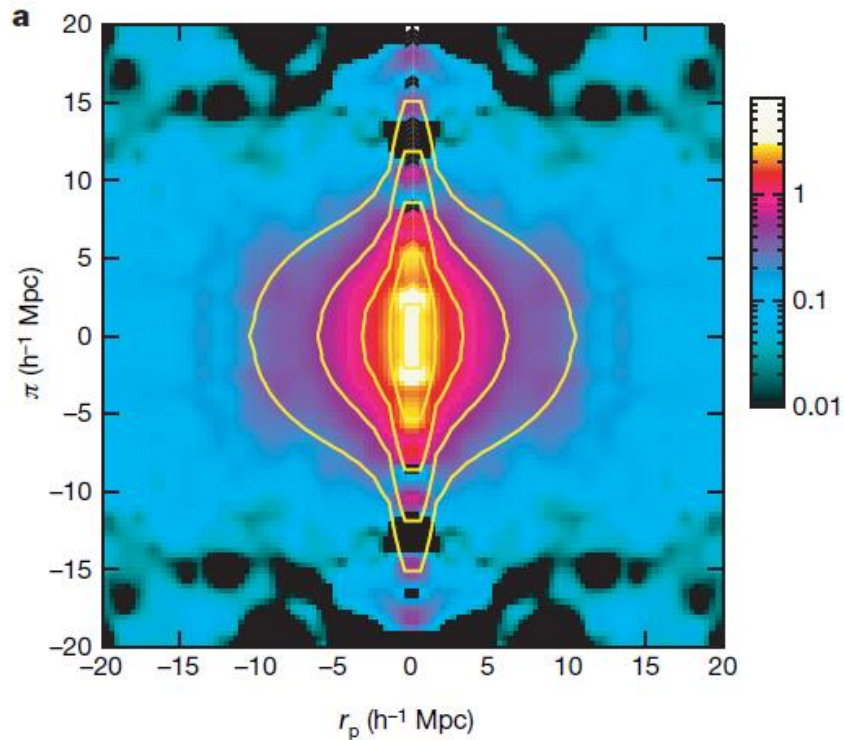


Figure 3: Mass density in stars vs redshift. Values from our spectroscopic sample are compared with previous estimates which are all based on photometric redshifts<sup>4,5</sup> (except for the local  $z = 0.1$  point<sup>20</sup>). We plot the cumulative mass density of galaxies (converted to our Initial Mass Function choice; error bars are  $1\sigma$ ) more massive than a given mass threshold (see legend for threshold colour coding). Theoretical 'GALFORM' models are also plotted (see text). The shaded region shows the result of integrating the Universal ultraviolet-derived star-formation history with and without a dust extinction correction.

むしろKバンド撮像のおかげ？

# VVDSを用いた Redshift Space Distortion



# で、どうだったか？

- 銀河進化の研究は発展したが、質的には、あんまり新しい感じはしない
- 観測的宇宙論には新しい風が吹いたような印象  
(数の多さか。でも決定的ではない。可能性を拓いた感じ)

個人の感想です

# もう一つの方方向性: SDSS

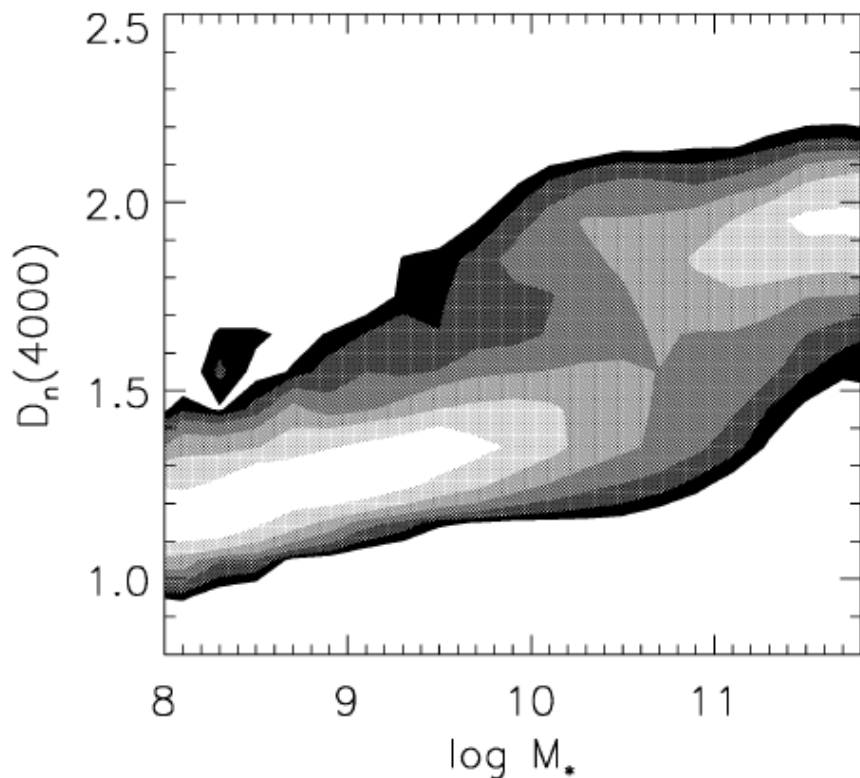
2dFとかもあるけど

- 2.5mで大量(~100万銀河)の系統サーベイ
- $r' < 18$  mag (?)



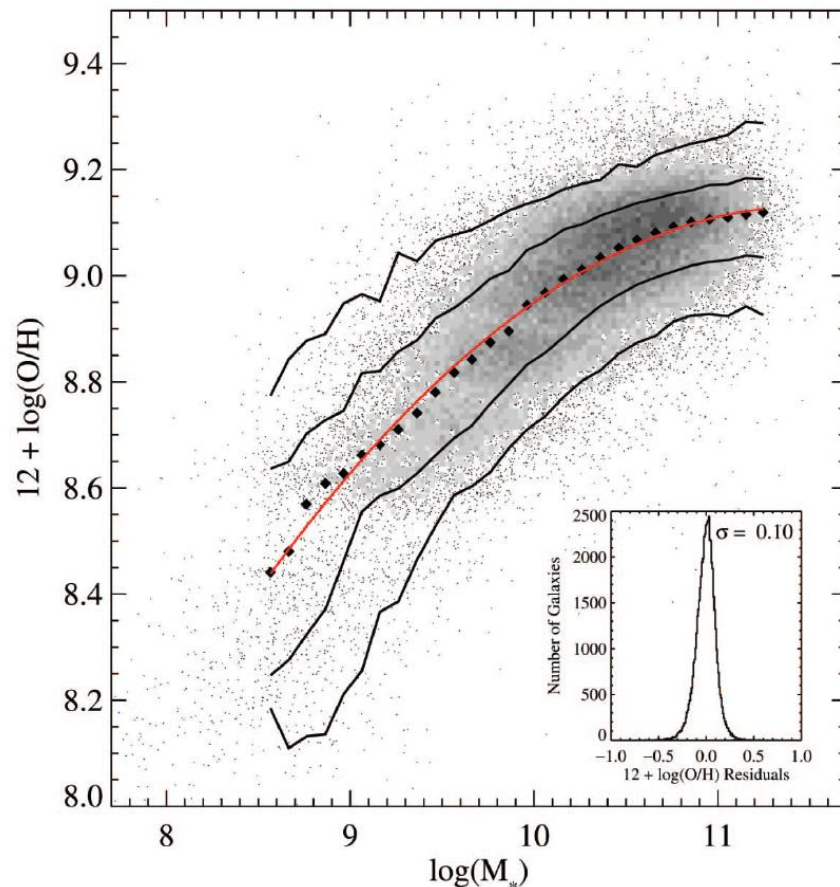
# 個人的に印象的な結果の例

## D4000 vs Mstarの確立



Kauffmann et al. 2003, MN 341, 54

## Local MZ relationの確立

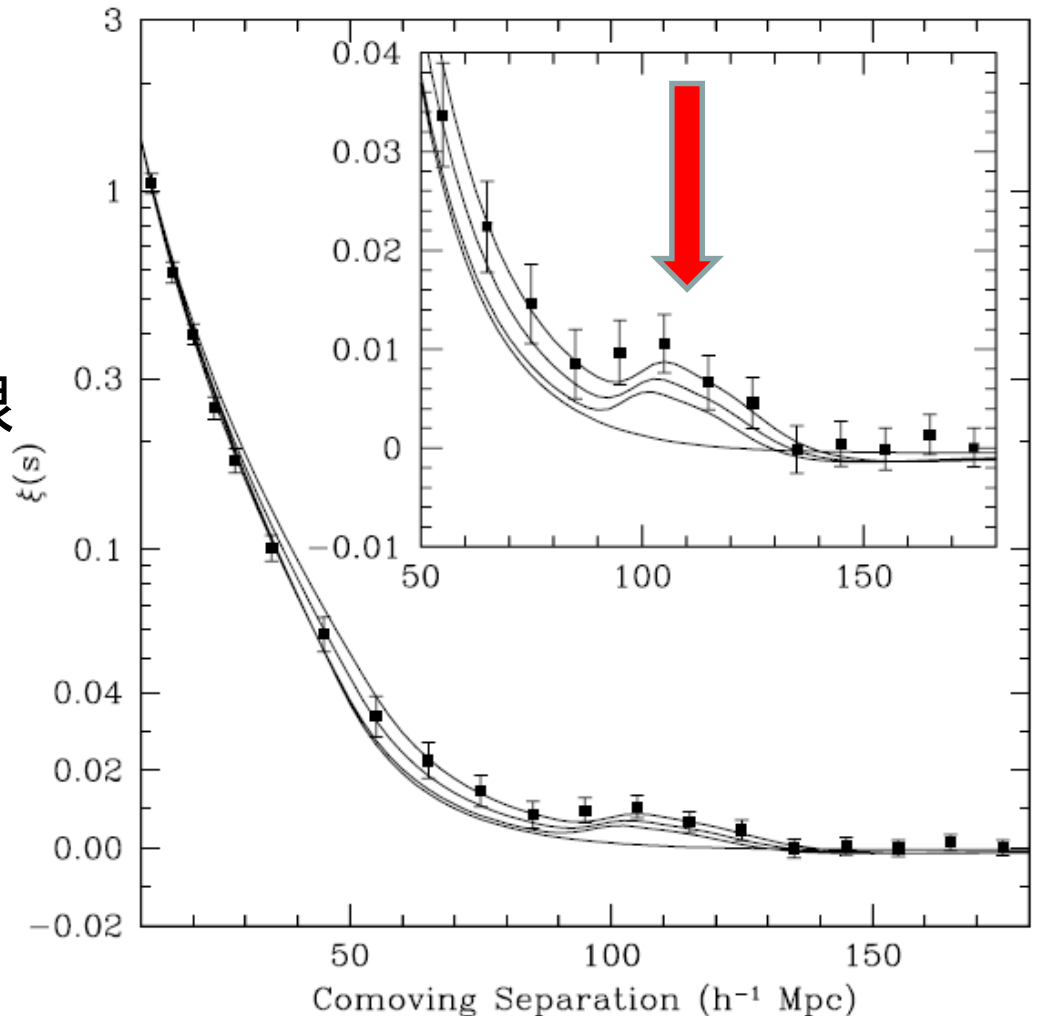


Tremonti et al. 2004, ApJ 613, 898

# Luminous Red Galaxies を用いたBAOの検出

~5万銀河 ( $0.16 < z < 0.47$ )  
BAOの検出

=>  
宇宙論パラメータへの制限  
DEの進化など



# で、どうだったか？

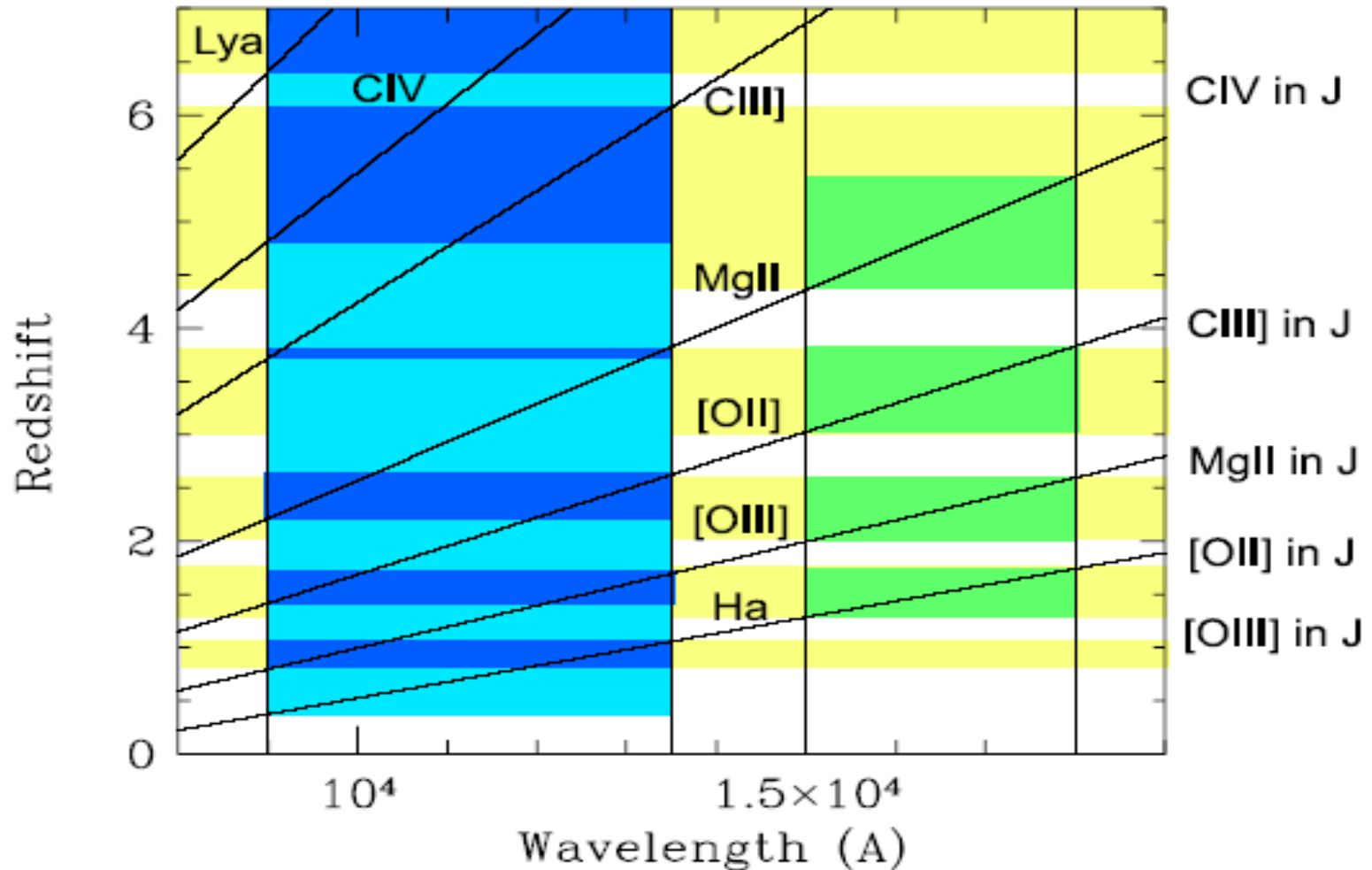
- 銀河進化研究の観点では、  
これまでなんとなくわかっていたlocal universeでの銀河の  
光度関数、各種物理量やその関係を圧倒的サンプル数によっ  
て確立
- 宇宙論研究としては、BAOの検出が印象的  
大規模サンプルで新しい宇宙論研究へのアプローチ

しつこいですが**個人の感想です**

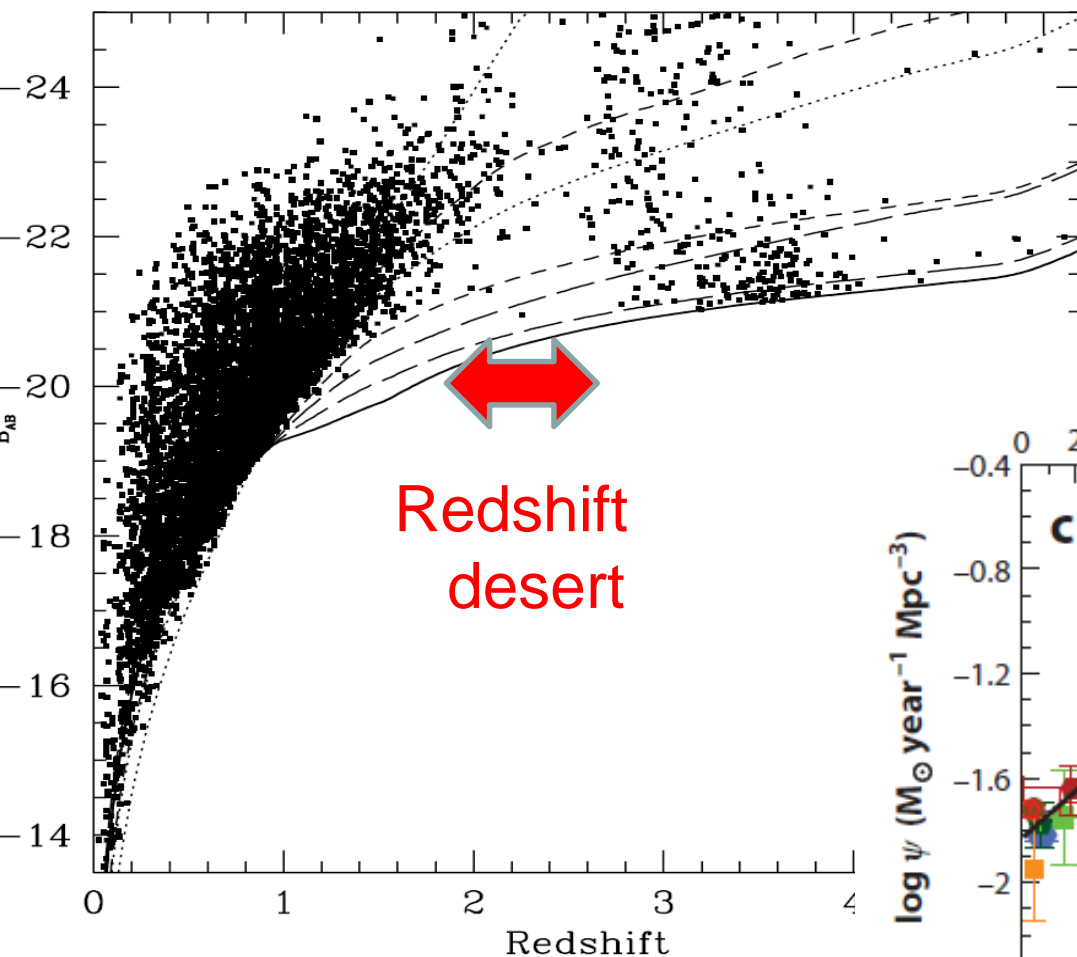
# 2010年代:FMOSの登場

- 8m級による近赤外多天体分光
- MOIRCS的な近赤外分光装置はあるものの
- FMOSは視野30分角の広視野で高いマルチプリシティ(400天体同時)
- 但し、zJHバンド

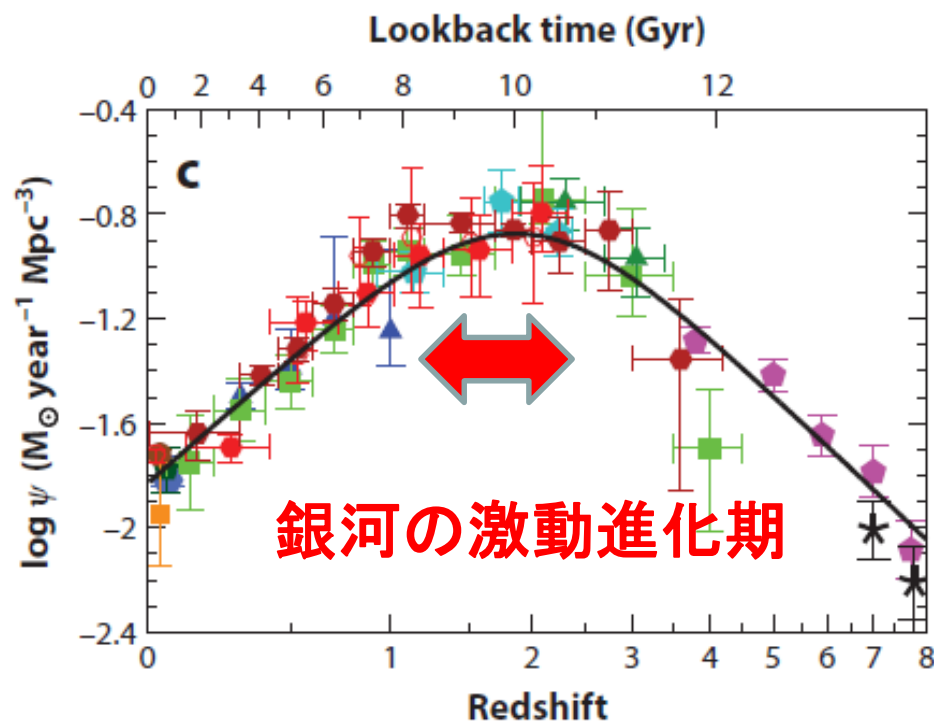
とはいえ、redshift desert  
( $z \sim 1.3 \sim 2.7$ )を開拓可能



# Redshift desertだった銀河の激動進化期を探れる



21. Absolute  $M_{AB}$  magnitude vs. redshift in V sample is shown together with the tracks of C (Seymour et al. 1980) and starburst templates used to compute the  $\kappa(z)$  correction. At high redshift, the bluest tracks (starburst galaxies) correspond to the faintest absolute  $M_B$  magnitudes. Each track has been normalized to produce  $L_{\nu} = 24$  at all redshifts. As redshift increases



# 新しい銀河進化の局面が開けそう

- 銀河進化

  - 星形成: SF銀河、輝線銀河

  - 隠されたSF: AKARI銀河、サブミリ波源

  - 星形成終末: passive 銀河

  - 化学進化: MZ関係

- AGNとフィードバック

  - AGNの発露と隠されたAGNの探査

  - フィードバックとの関係

- 環境効果

- 宇宙論 (BAO/RSD)

- などなど

=> All Japan + UK 体制で実行しなさい

# FMOSを用いたサーベイ

- 各グループがそれぞれのサイエンスをしたい
- このままでは寄せ集めである！
- 何度かのWSを通して（UK込み）
- H20サーベイ案（但し、phot-z cut付?）
- しかし、感度的に厳しい
- 輝線以外は情報ないので、死屍累々
- 仕方ないので輝線狙いに
- すると、サブサンプルだらけ・・・



Table 1. Sample summary

| Sample          | Parameter space covered                             | Number of targets  |
|-----------------|---|--------------------|
| core sample     | stellar-mass & emission-line flux (SFR) limit       | $\sim 5000$        |
| Extend-sample 1 | complete stellar-mass limit for massive galaxies    | $\sim 2000$        |
| Extend-sample 2 | passive galaxies                                    | $\lesssim 100$     |
| Extend-sample 3 | low-mass galaxies (emitters)                        | $\sim 5000$        |
| Extend-sample 4 | dusty star-forming galaxies (MIR/FIR/submm sources) | $\sim 2000$        |
| Extend-sample 5 | AGNs (X-ray/radio sources)                          | $\sim 1000$        |
| Extend-sample 6 | local density/environment (clusters)                | $\sim 10$ clusters |

一応、3次元でサンプルを整理

1: 星質量

2: SFR

3: BHAR (AGN)

+ 宇宙論 (RSD)

が、やはり批判の対象に

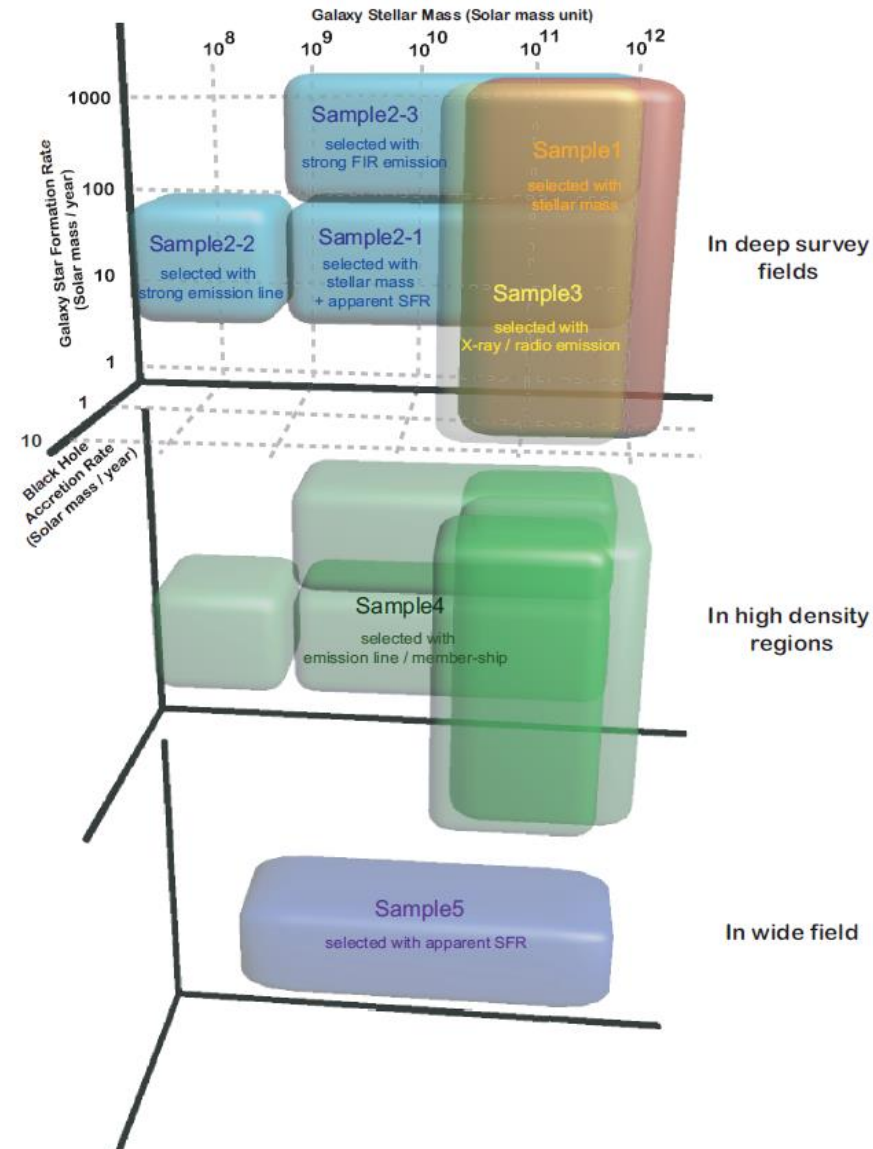


Figure 20: Schematic view of the input samples.

# PFSの目指す方向性は？

- Subaru Digital(Deep?) Sky Survey
- サンプルセレクション？

等級リミット？ 十色カット？ +Phot-z cut？

(星質量に近づける？)

宇宙論 vs 銀河進化？

必要時間？

- SDSSにならないなら 星もやるのですよねー
- 枠組み自体の変更？

SSP複数化？(複数IP？)

より長いSSP？とか？ 通常枠を長くする？ 短いIP？

**とにかく、仕様を満たすことが重要**

performanceを見て最終決定:個人的には支持