

星系的光度函数

冯帅

2017-09-15

主要内容

- 光度函数定义
- 光度函数的计算
- 不同类型的光度函数

光度函数定义

- 光度的分布函数

$$dN = \Phi(L)dLdV.$$

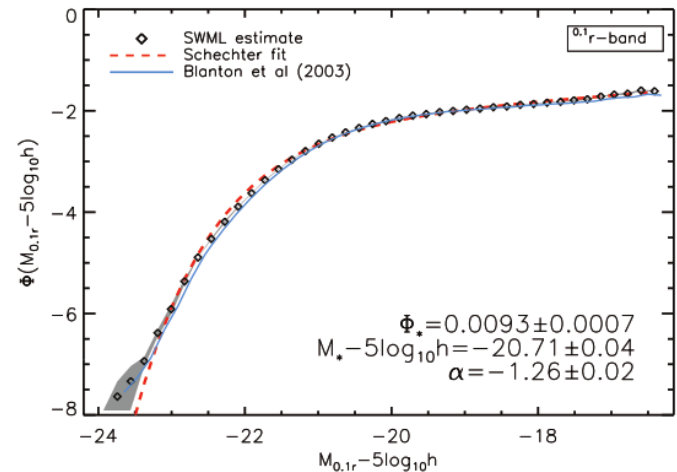
- 单位光度范围内星系的数密度

$$\int_0^{\infty} \Phi(L)dL = \rho,$$

$$N = \int_V \rho(\mathbf{x}) d\mathbf{x}$$

- 单位: $\text{ergs s}^{-1} \text{ Mpc}^{-3}$

Montero-Dorta+2009

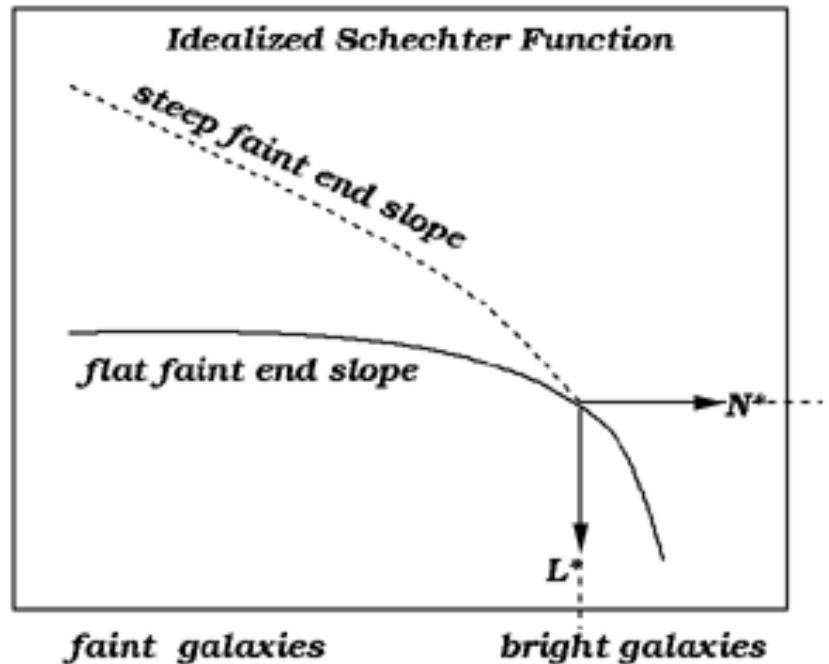


光度函数的数学描述

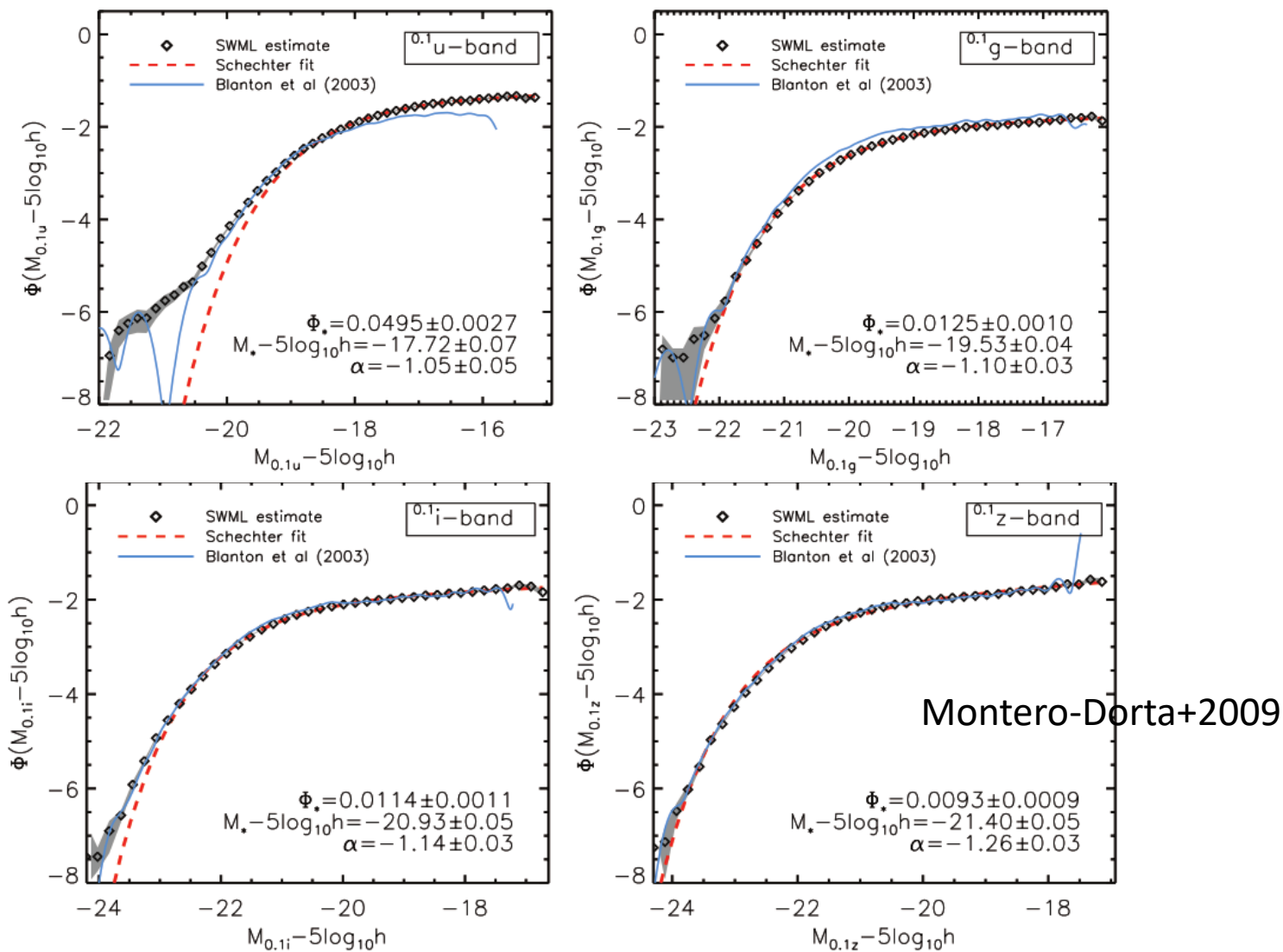
- Schechter Function (Schechter+1976)

$$\Phi(L)dL = \left(\frac{\Phi^*}{L^*}\right) \left(\frac{L}{L^*}\right)^\alpha \exp\left(-\frac{L}{L^*}\right) dL,$$

- 归一化参数 ϕ
- 暗端斜率 α
- 特征光度 L^*



光度函数的数学描述



光度函数的计算

- Classical Method

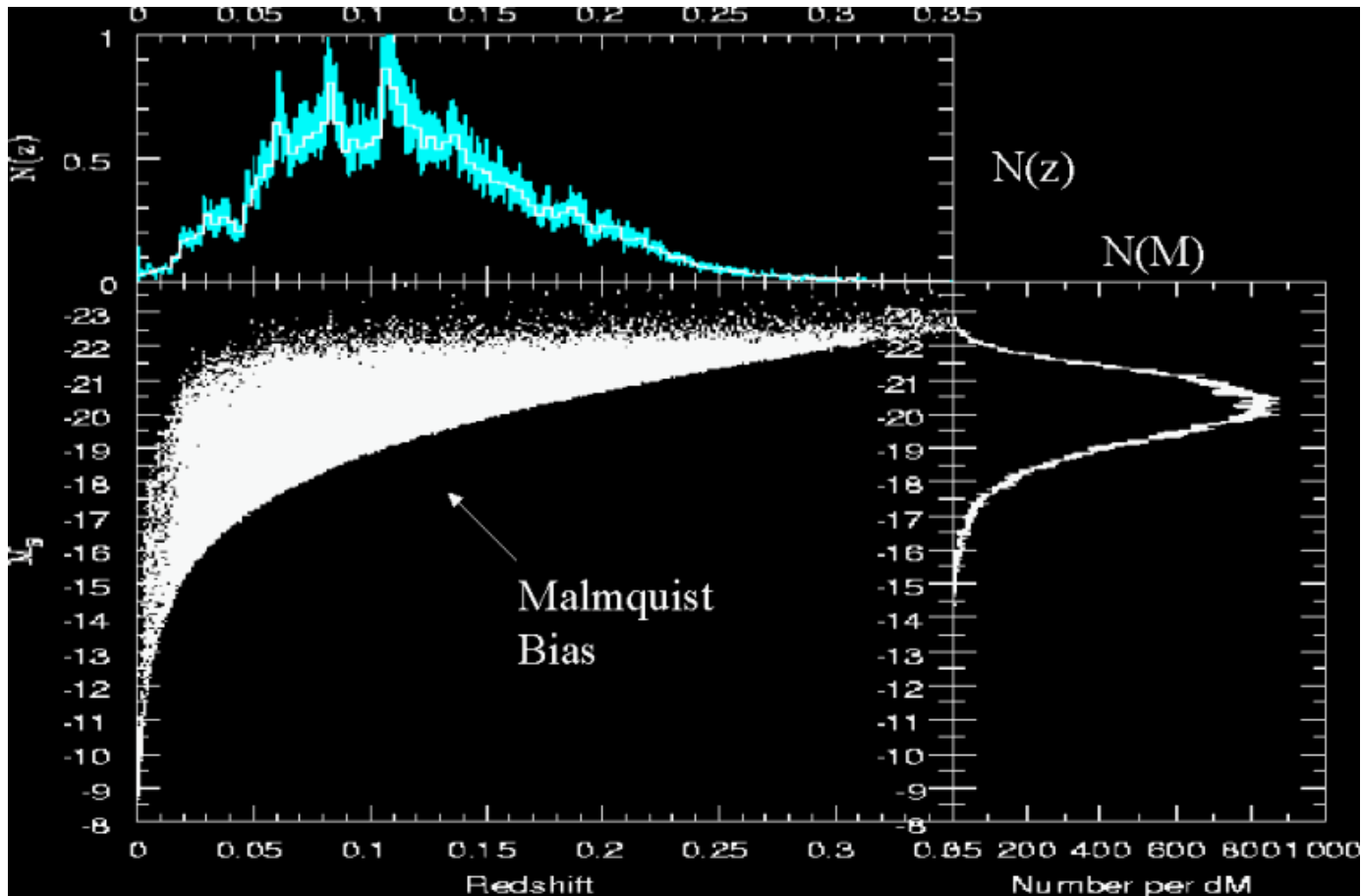
$$dN = \Phi(L)dLdV.$$

- 直接数！
- 适用范围很小
 - 数值模拟样本
 - 星系团样本
 -
- 得到的结果可能存在偏差！

光度函数的计算

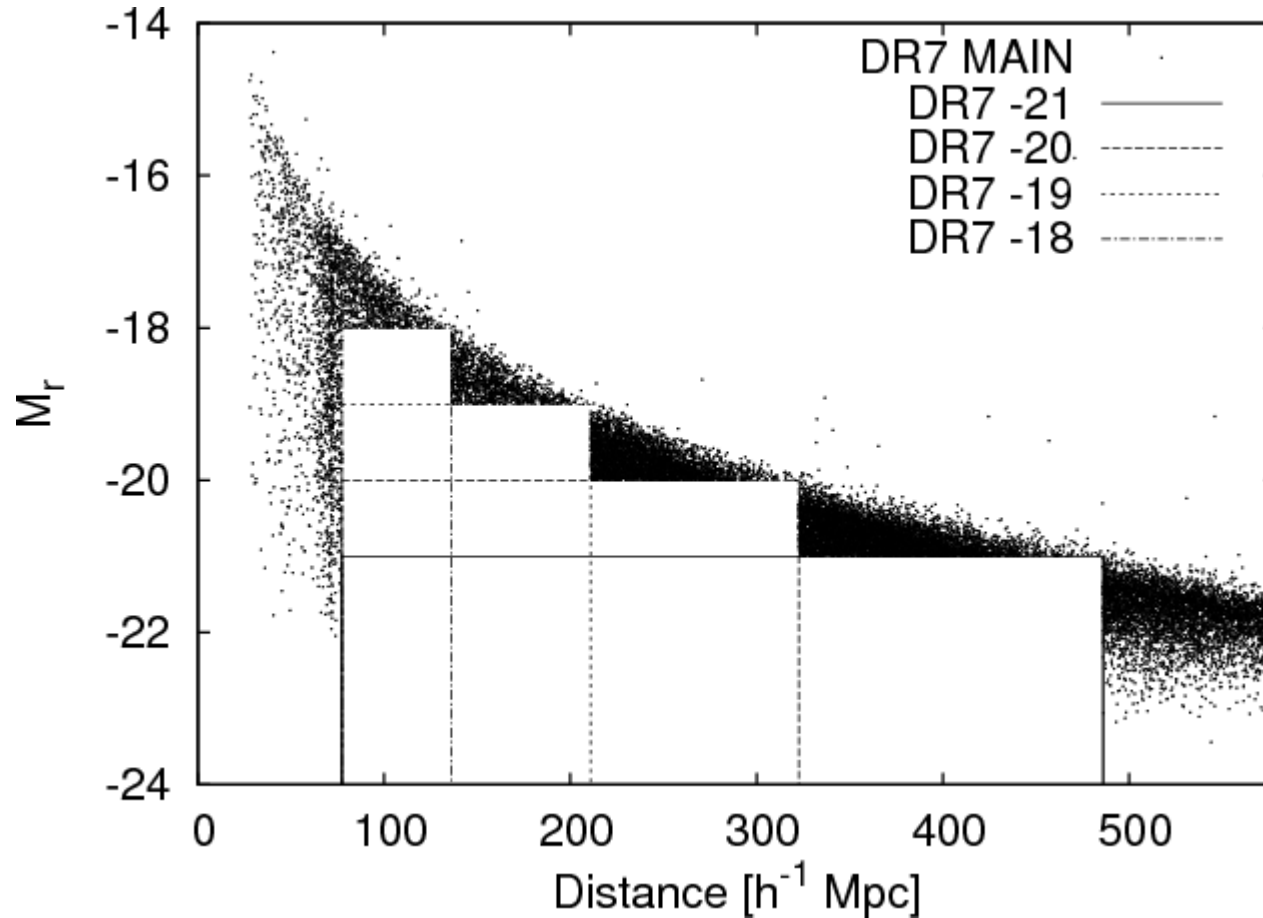
- Malmquist Bias

- 由于观测存在流量限（极限星等）而造成的选择效应



光度函数的计算

- Volume Limit Sample



光度函数的计算

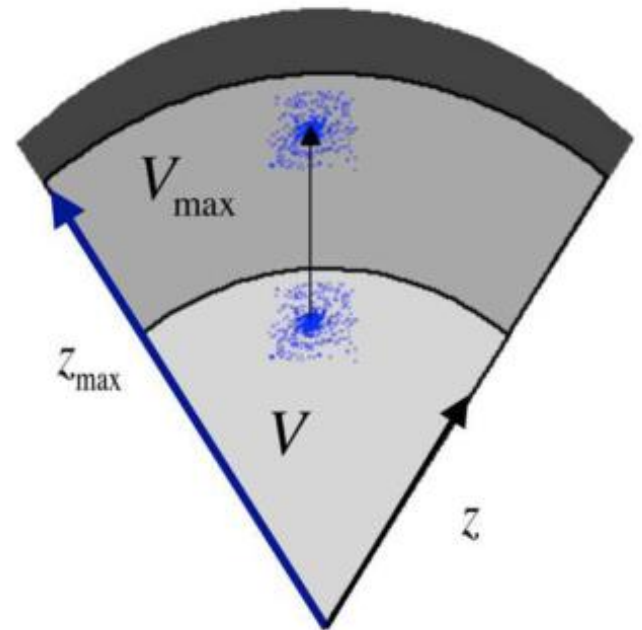
- Vmax方法

$$\phi(L) dL = \frac{dN(L)}{V_{\max}(L)} = \sum_i \frac{1}{V_{\max}(L_i)},$$

- 星系样本空间分布完全均匀

$$\left\langle \frac{V}{V_{\max}} \right\rangle = \frac{1}{2},$$

- 偏离1/2可能的情况
 - 样本不完备 (Malmquist bias)
 - 空间分布不均匀



光度函数的计算

- 最大似然法
- 对于样本中任意一个源(星等为 M ，红移为 z)，其被观测到的概率

$$p(M_i, z_i) = \frac{\partial p(M, z)}{\partial M} = \frac{\phi(M_i)}{\int_{M_{\text{faint}}(z_i)}^{M_{\text{bright}}(z_i)} \phi(M') dM'}$$

- 定义似然函数

$$\mathcal{L} = \prod_{i=1}^N p(M_i, z_i).$$

- 由于样本中所有的源都被观测到了，那么使似然函数最大的光度函数 ϕ 就是最佳的光度函数

光度函数的计算

- 利用最大似然法计算光度函数需要给定光度函数的参数形式
 - 假定光度函数形式为:

$$\Phi(L)dL = \phi^* \left(\frac{L}{L_*} \right)^\alpha \exp \left(\frac{-L}{L_*} \right) \frac{dL}{L_*},$$

STY (Sandage, Tammann, & Yahil 1979)

- 假定光度函数形式为:

$$\Phi(M) = \phi_k, \quad M_k - \frac{\Delta M}{2} < M < M_k + \frac{\Delta M}{2},$$

where, $k = 1, \dots, N_p$

Step-wise maximum likelihood (SWML) ; EEP (Efstathiou, Ellis, & Peterson 1988)

光度函数的物理内涵

- 一个成功的模型应该能够重现由观测得到的光度函数

不同类型的光度函数

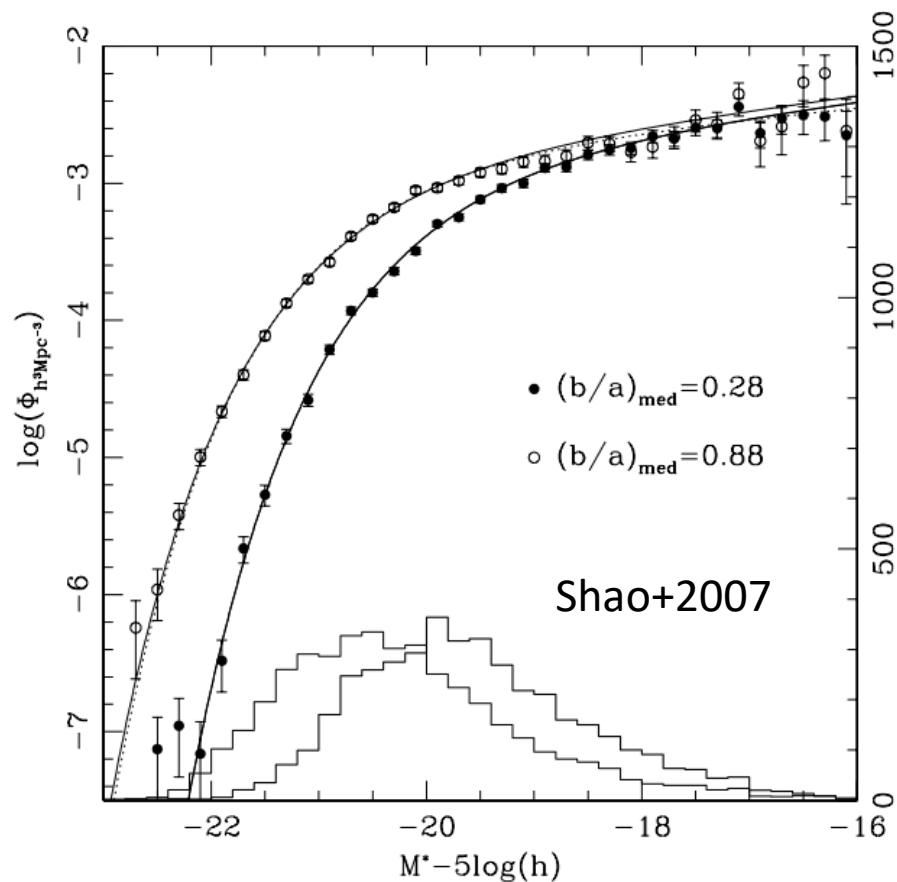
- 不同波段的光度函数

Table 15.1. Galaxy luminosity functions in different bands.

Band	α	$\mathcal{M}^* - 5 \log h$	$\phi^*/(h^3 \text{ Mpc}^{-3})$	Reference
<i>u</i>	-0.92 ± 0.07	-17.93 ± 0.03	$(3.05 \pm 0.33) \times 10^{-2}$	Blanton et al. (2003)
<i>g</i>	-0.89 ± 0.03	-19.39 ± 0.02	$(2.18 \pm 0.08) \times 10^{-2}$	Blanton et al. (2003)
<i>r</i>	-1.05 ± 0.01	-20.44 ± 0.01	$(1.49 \pm 0.04) \times 10^{-2}$	Blanton et al. (2003)
<i>i</i>	-1.00 ± 0.02	-20.82 ± 0.02	$(1.47 \pm 0.04) \times 10^{-2}$	Blanton et al. (2003)
<i>z</i>	-1.08 ± 0.02	-21.18 ± 0.02	$(1.35 \pm 0.04) \times 10^{-2}$	Blanton et al. (2003)
<i>J</i>	-1.10 ± 0.04	-22.85 ± 0.04	$(0.71 \pm 0.01) \times 10^{-2}$	Jones et al. (2006)
<i>H</i>	-1.11 ± 0.04	-23.54 ± 0.04	$(0.72 \pm 0.01) \times 10^{-2}$	Jones et al. (2006)
<i>K</i>	-1.16 ± 0.04	-23.83 ± 0.03	$(0.75 \pm 0.01) \times 10^{-2}$	Jones et al. (2006)
<i>b_J</i>	-1.21 ± 0.03	-19.66 ± 0.07	$(1.61 \pm 0.08) \times 10^{-2}$	Norberg et al. (2002b)
Near-UV	-1.12 ± 0.10	-17.77 ± 0.15	$(1.22 \pm 0.20) \times 10^{-2}$	Budavári et al. (2005)
Far-UV	-1.10 ± 0.12	-17.20 ± 0.14	$(1.30 \pm 0.20) \times 10^{-2}$	Budavári et al. (2005)

不同类型的光度函数

- 光度函数-盘星系倾角
- 光度函数-不同波段
- 盘星系的尘埃消光



不同类型的光度函数

- 光度函数与形态

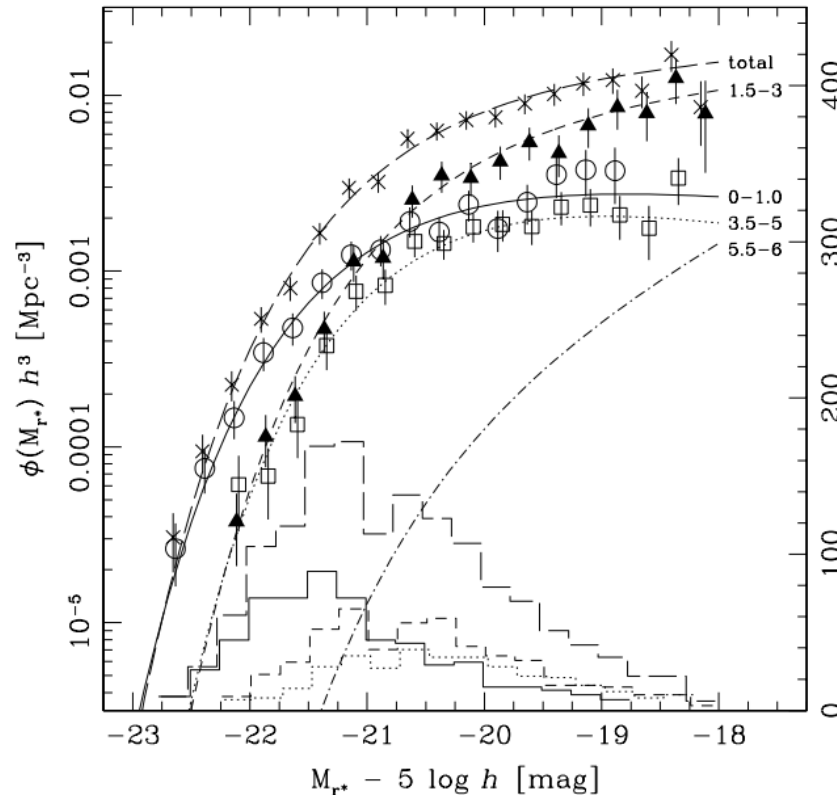
$0 \leq T \leq 1$
(E and S0)

$1 < T \leq 3$
(S0/a-Sb)

$3 < T \leq 5$
(Sbc-Sd)

$5 < T \leq 6$
(Im)

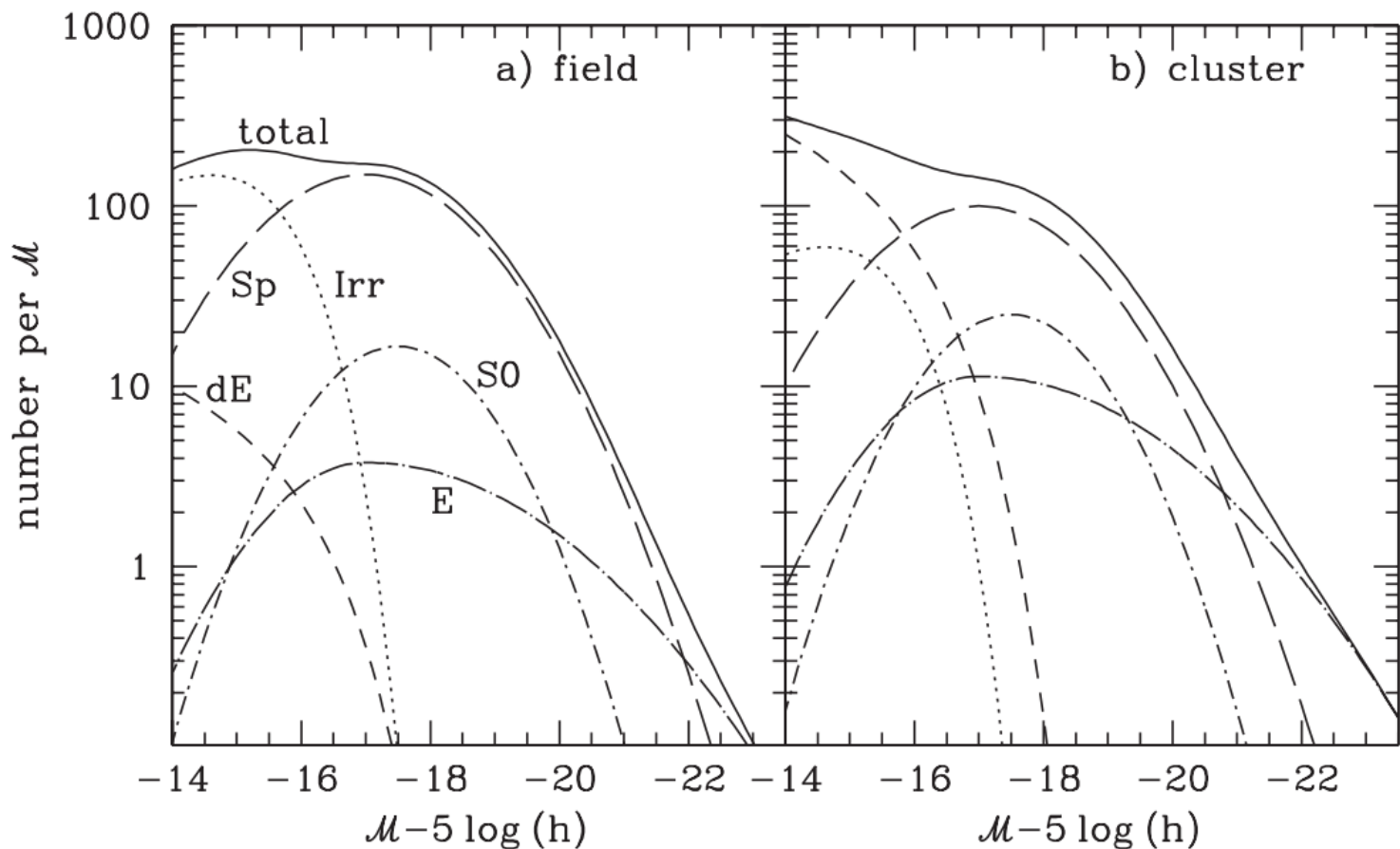
$T = -1$
(Unclass.)



Nakamura+2002

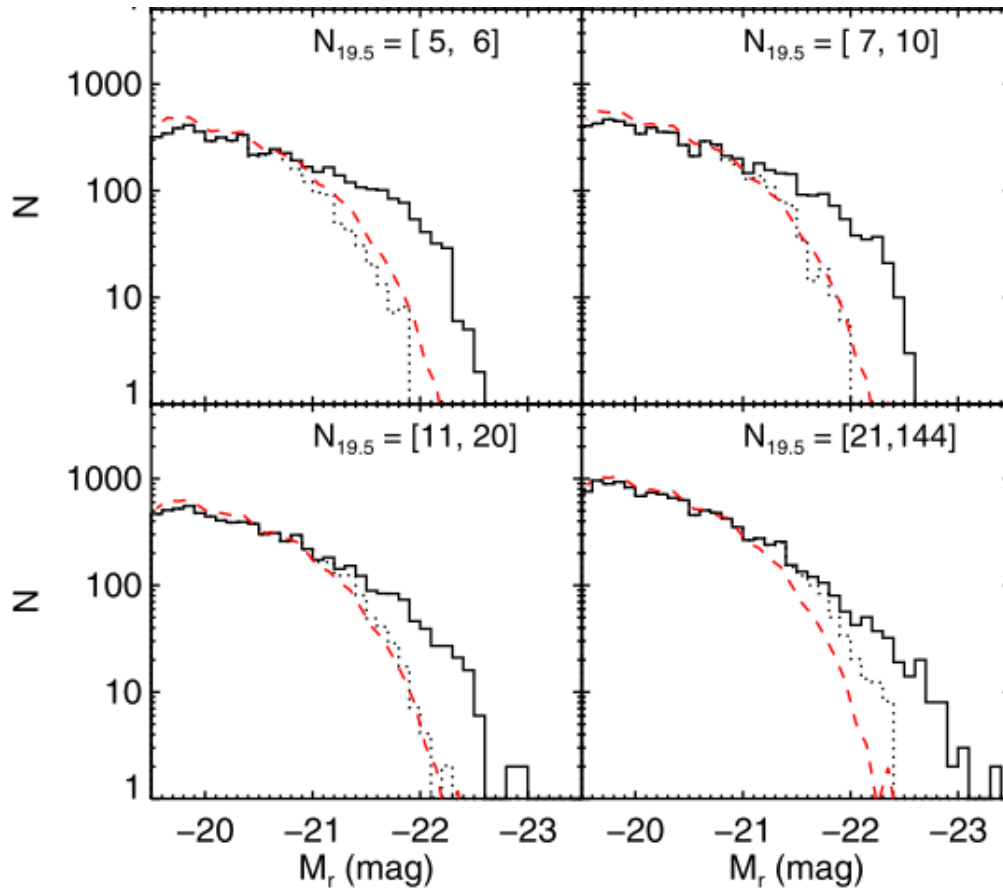
不同类型的光度函数

- 光度函数与环境



不同类型的光度函数

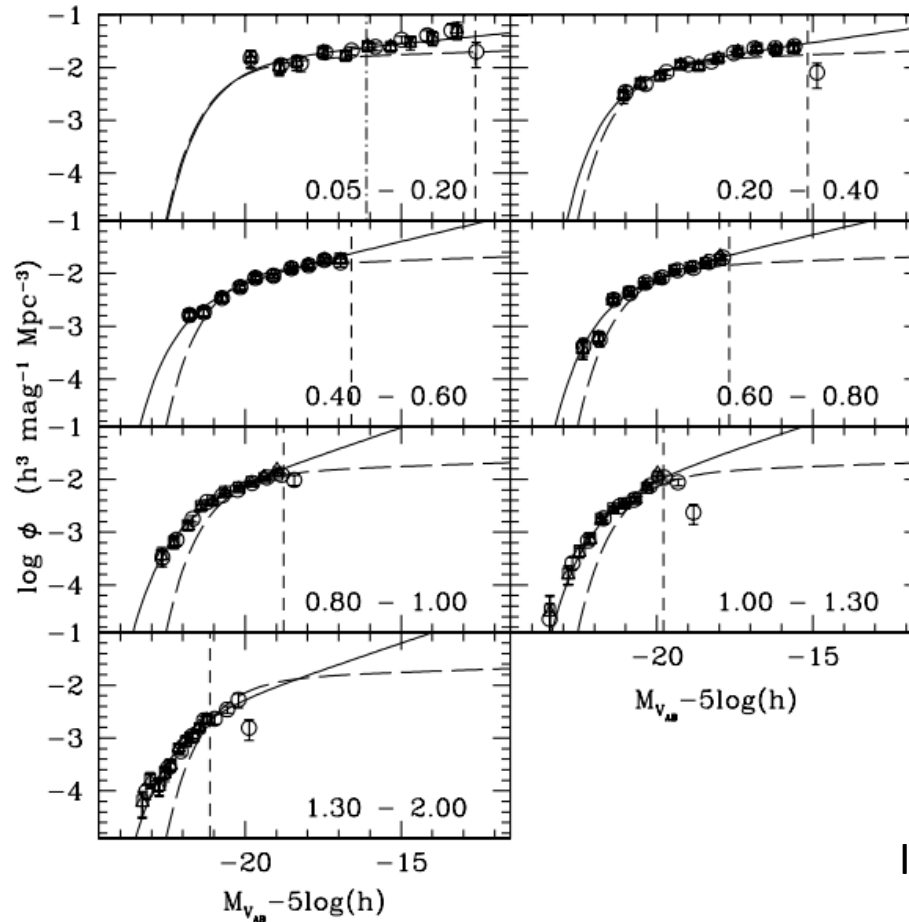
- BCG(brightest group/cluster galaxies)



Shen+2013

不同类型的光度函数

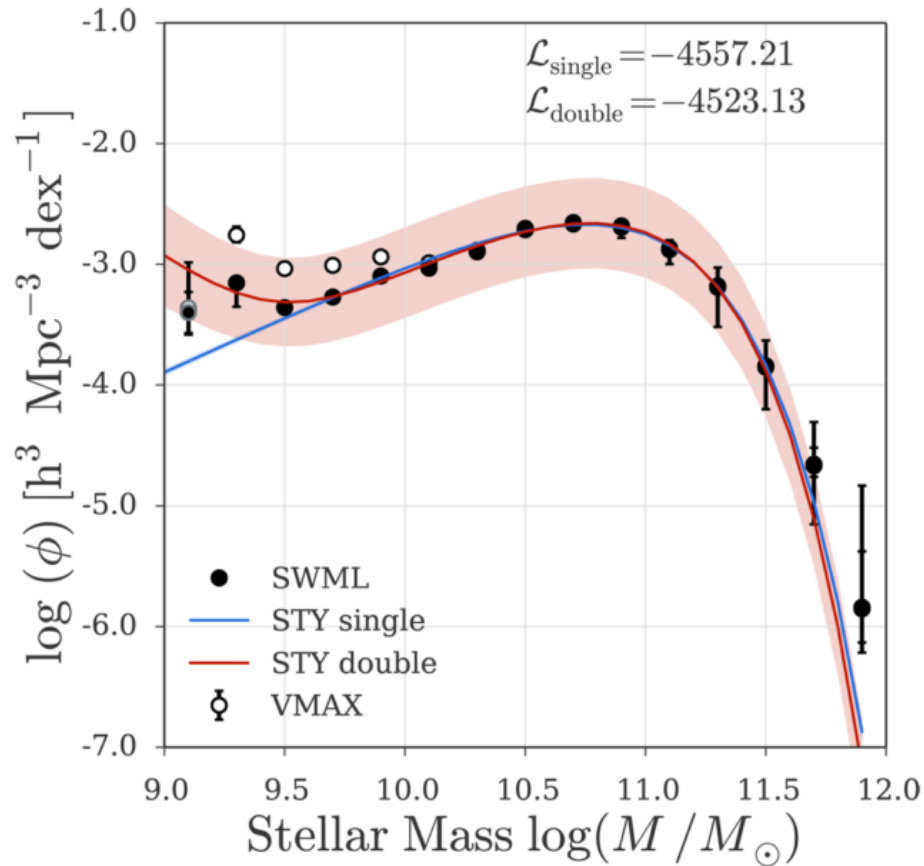
- 光度函数随红移的演化



Ilbert+2004

不同类型的光度函数

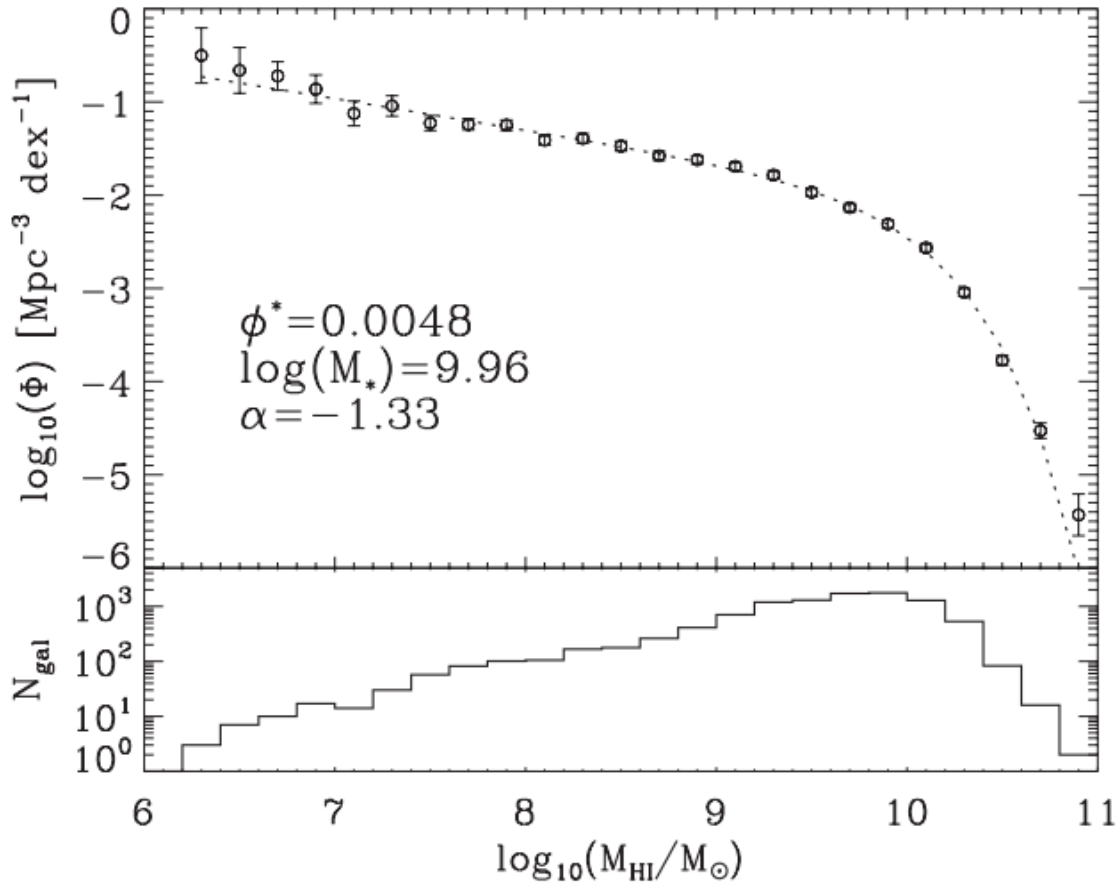
- 恒星质量函数



Weigel+2016

不同类型的光度函数

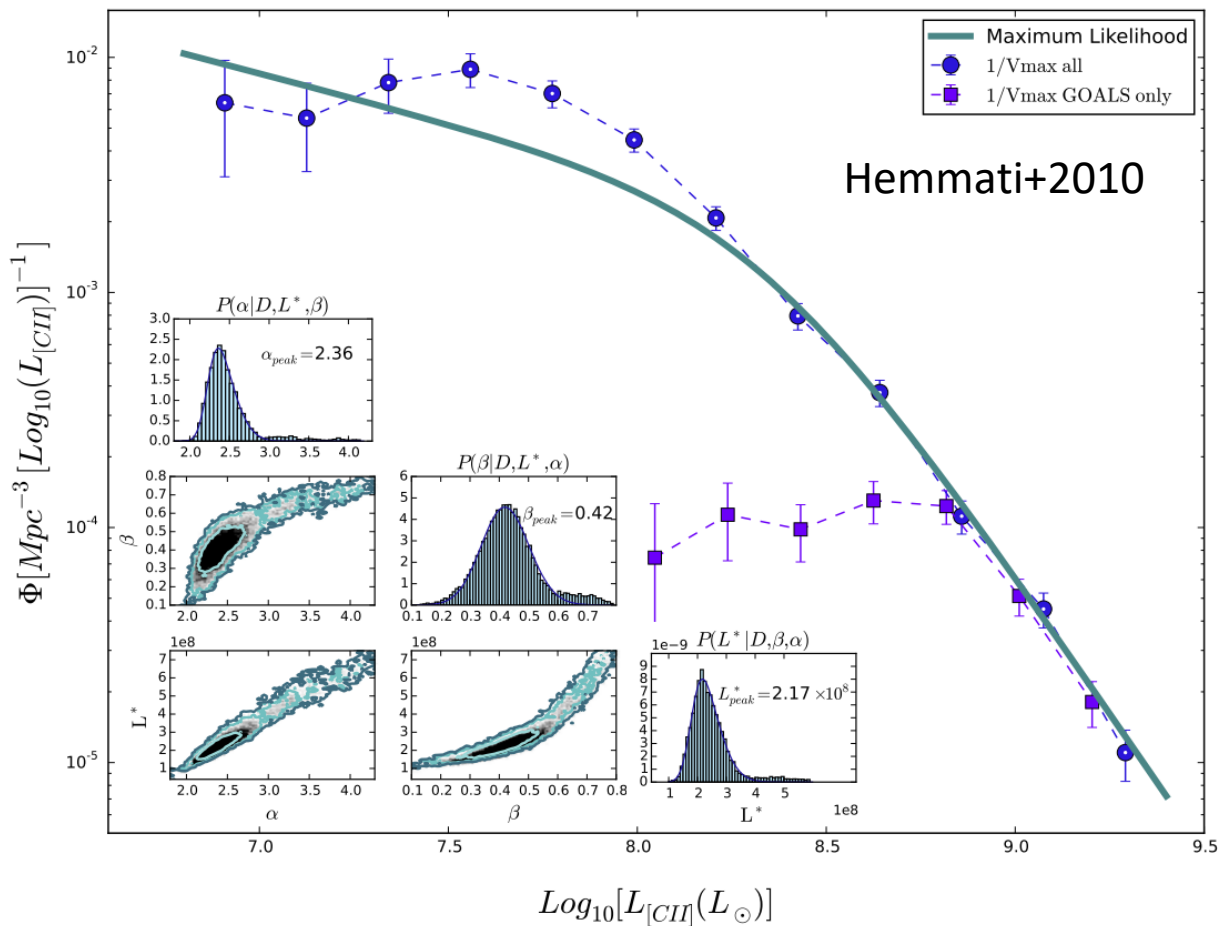
- HI 质量函数



Martin+2010

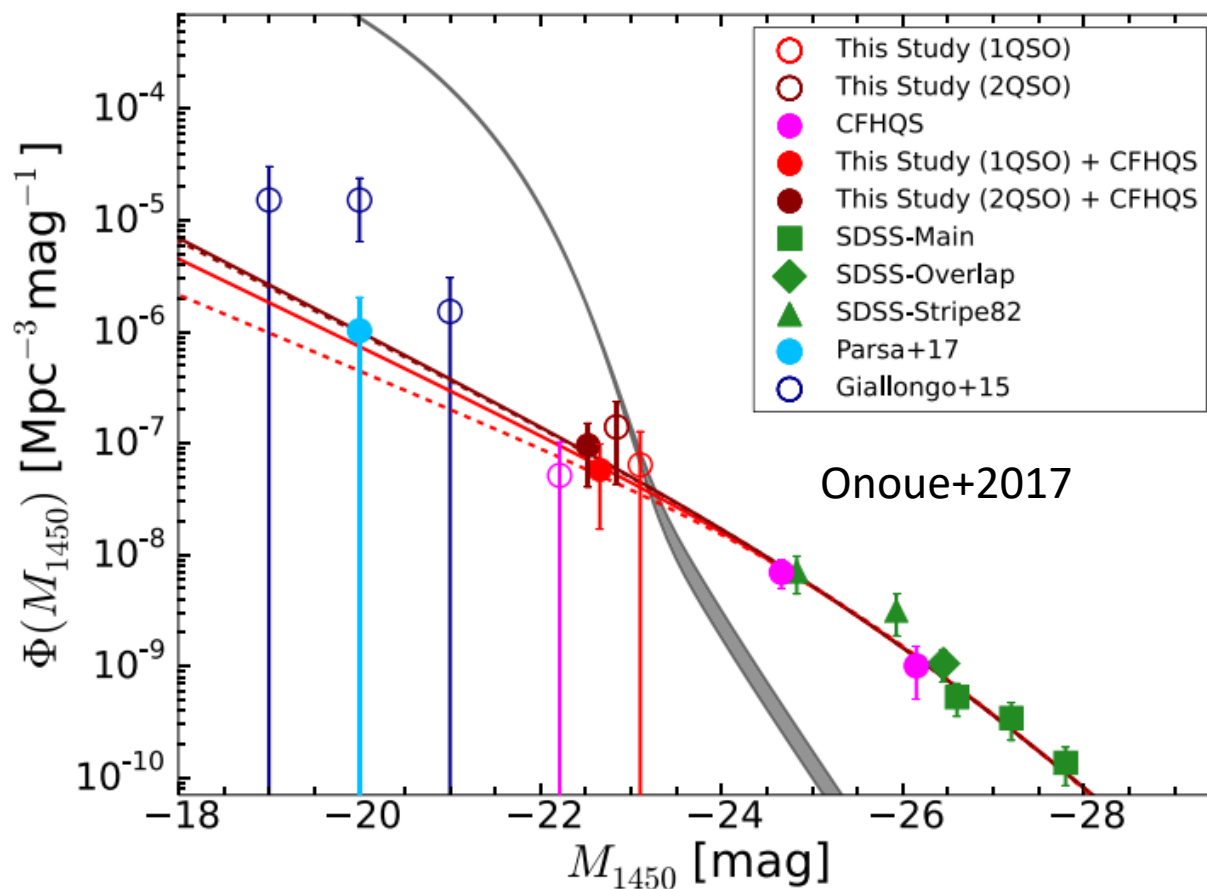
不同类型的光度函数

- 发射线流量的光度函数



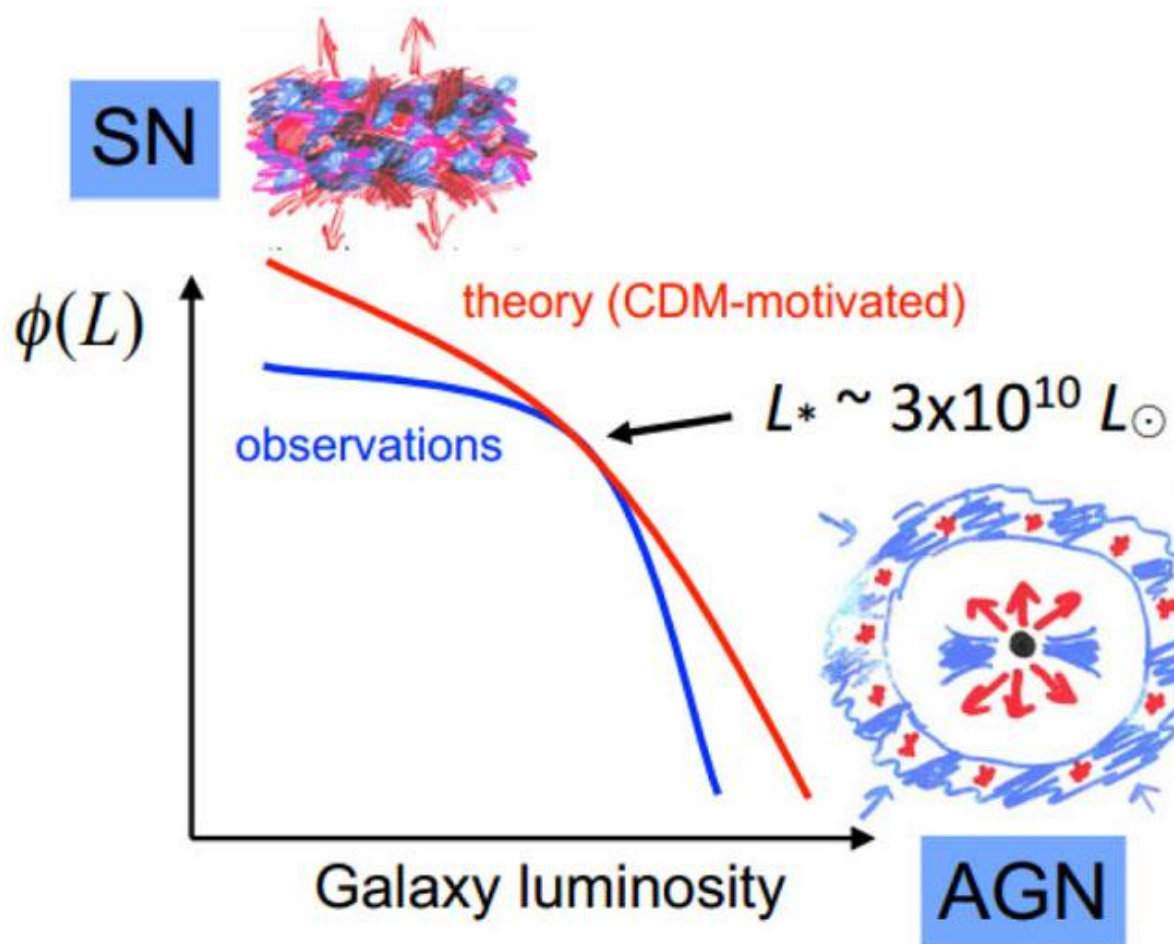
高红移的光度函数

- 利用 $z\sim 6$ 的光度函数研究宇宙再电离的主要电离源



光度函数与星系形成演化模型

- 光度函数的轮廓



其他参考文献

- Mo, H., van den Bosch, F. C., & White, S. (2010). *Galaxy Formation and Evolution. Galaxy Formation and Evolution.*
- Schneider, P. (2015). *Extragalactic Astronomy and Cosmology (Vol. 202)*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Willmer, C. N. a. (1997). Estimating Galaxy Luminosity Functions. *The Astronomical Journal*, 29.
- Johnston, R. (2011). Shedding Light on the Galaxy Luminosity Function. *Astronomy and Astrophysics Review*, 19(1).
- Blanton, M. R., Hogg, D. W., Brinkmann, J., Connolly, A. J., Csabai, I., Bahcall, N. a., ... Weinberg, D. H. (2002). The Galaxy Luminosity Function and Luminosity Density at Redshift $z=0.1$. *The Astronomical Journal*, 819–838.