

WISH による high- z 銀河の検出期待数: HST WFC3/IR First Epoch の結果からの議論

2009/11/06 岩田 生 (国立天文台)

HST WFC3/IR による Hubble Ultra Deep Field の観測結果から、 $z = 7-10$ の Lyman Break Galaxies (LBG) の UV 光度関数を導出する結果が出てきた。これは従来の HST/NICMOS による観測よりも 0.5 等程度深くなっている。PI チームによる結果 [Bouwens et al.(2009), Oesch et al.(2009)] に続いて、公開されたデータを用いた結果も発表されている [Bunker et al.(2009), McLure et al.(2009), Yan et al.(2009)]。これらの結果は必ずしも互いに一致しておらず、特にデータ解析、サンプルの構築の妥当性が検証されなくてはならないが、現時点で得られている $z > 7$ の UV 光度関数から、WISH で探査すべき限界等級について検討した。

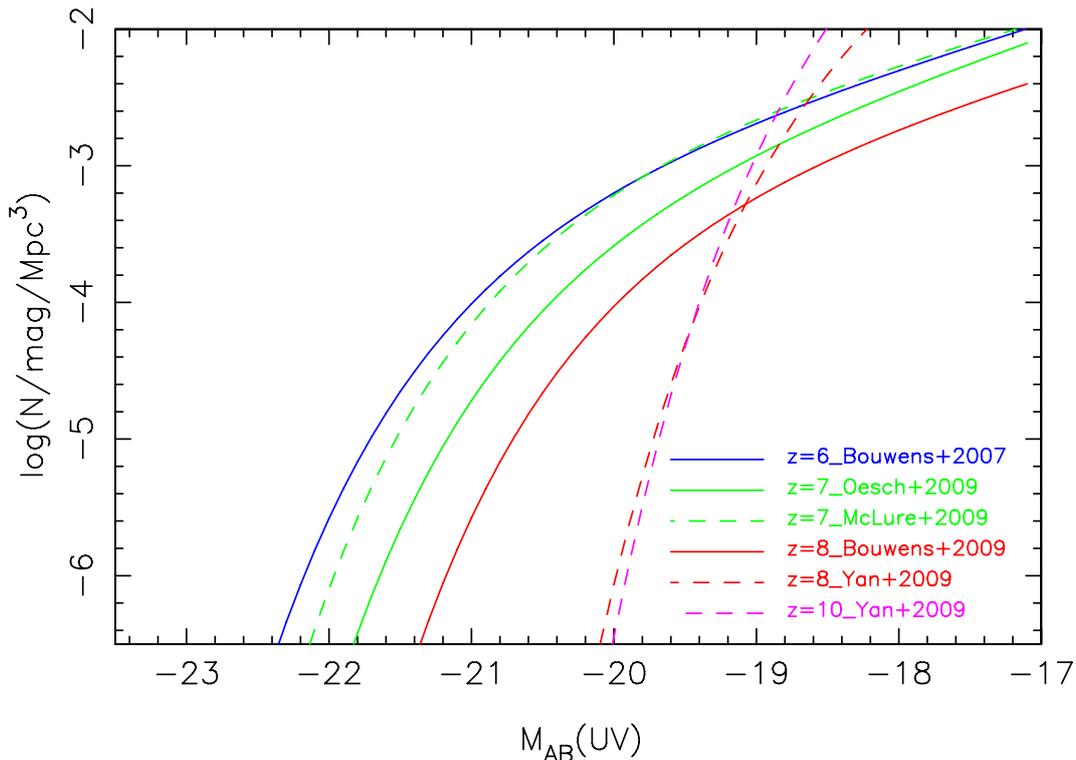


Figure 1: $z = 6-10$ での UV 光度関数。 $z = 6$ については GOODS+HUDF の結果の一つ [Bouwens et al.(2007)] を示した。

図 1 に各論文で導出されている Schechter 関数の best-fit 値を示した。 $z = 7$ (z -drop) でも数密度にずれが見られるが、顕著なのは [Bouwens et al.(2009)] と [Yan et al.(2009)] での $z = 8$ (Y -drop) での光度関数の形の違いである。これは、[Yan et al.(2009)] は暗い LBG を [Bouwens et al.(2009)] よりも多く検出したと主張しているためである。[Yan et al.(2009)] は J -drop LBG も 20 個検出したとしており、結果 $z = 8$ と $z = 10$ で同じような光度関数となっているかもしれない — すなわち、 $z \approx 10$ で faint な銀河での大量の星形成が起こっており、一旦 $z \approx 7$ 付近で星形成量が落ち込んだ後再び活発になった (明るい銀河が出現した)、と主張している。一方、HUDF はわずか 4.7 平方分の広さしかないので、明るい LBG は検出されておらず、UV 光度関数の bright-end は全く制限がついていない。

これらの結果を用いて、単位平方度あたりの LBG の検出期待数を計算した (図 2)。selection function (completeness) は、[Oesch et al.(2009), Bouwens et al.(2009)] で示されているものを 23.5 等での completeness とし、0.5 等暗くなる毎に 0.9 倍の completeness となると仮定した。この場合 29.0AB での peak completeness は 30% 程度である。また、[McLure et al.(2009), Yan et al.(2009)] では completeness は示されていないので、 $z = 7$, $z = 8$ についてはそれぞれ [Oesch et al.(2009)], [Bouwens et al.(2009)] と同じとし、 $z = 10$ については $z = 8$ と同じ completeness と仮定した¹。

¹フィルタのカバレージが異なるため、この仮定は不適当だが、 $z = 10$ (J -drop) の方が redshift coverage は広いので検出期待数としては過小評価する方向である。

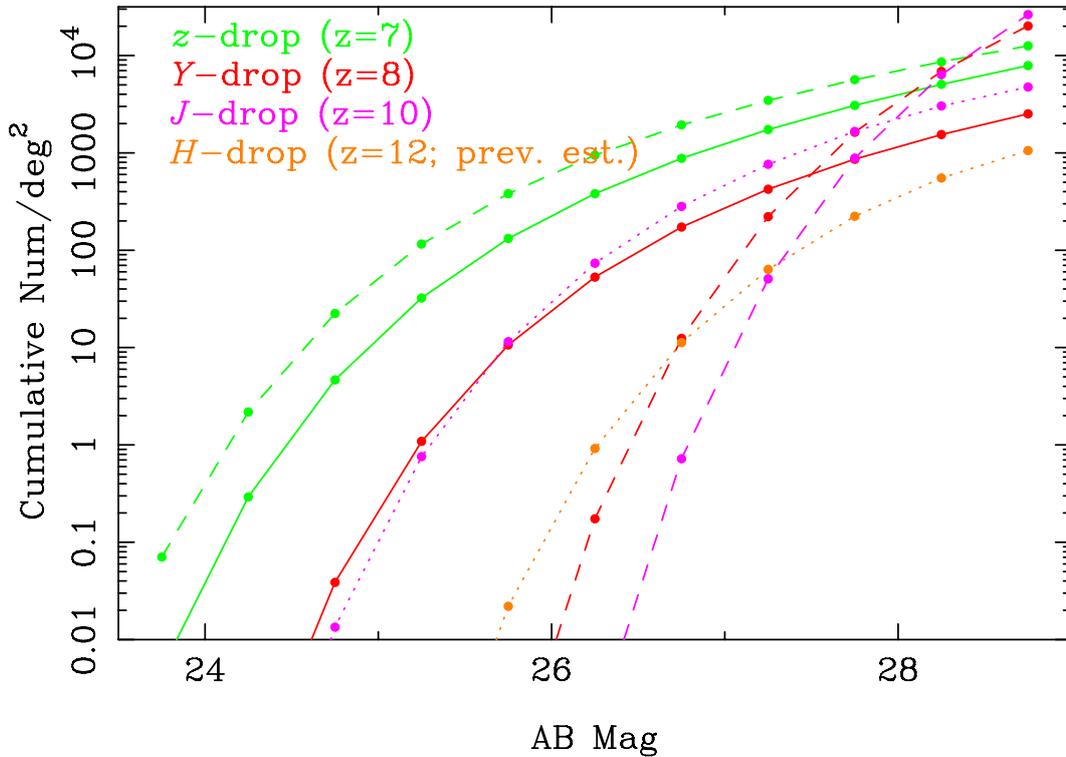


Figure 2: 単位平方度あたりの Cumulative な検出期待数。緑破線: [McLure et al.(2009)], 緑実線: [Oesch et al.(2009)], 赤実線: [Bouwens et al.(2009)], 赤破線, マゼンタ破線: [Yan et al.(2009)]. マゼンタ, オレンジ点線: WG 提案書に載っている, $z = 7.5$ での結果に基づく以前の計算結果

図 2 で、実線と破線は WFC3/IR による結果を用いたものであり、点線は、以前 $z = 7.5$ の UV 光度関数に対し、 J -drop で 0.5 等、 H -drop で 1.0 等の進化があると仮定した場合に得ていた値である。WFC3-IR のデータでは Y -band を selection に使っているため、redshift 範囲が異なっているが、 J -drop については [Yan et al.(2009)] の結果が正しければ、明るい LBG の数を過大評価していることになる。また、 $z > 8$ での UV 光度関数の進化がどうなっているか ($z = 7$ までと同様に M^* が暗くなっていき数密度変化はないのか、[Yan et al.(2009)] が主張するような faint な銀河の増大があるのか) を調べるためには、27AB 等級までの銀河サンプルでは不十分であることが分かる。非常に faint な銀河の探査は JWST/NIRCam に任せるとしても、28AB 等級までのサンプルを形成する必要がある。

dropout 銀河の探査をするためには、短波長側 ($Ly\alpha$ forest の影響を受ける側) のフィルタのデータが長波長側より 1 等程度深い必要がある。すなわち、WISH の場合、 $2\mu\text{m}$ くらいまでのデータは検出限界 29AB 等級に達している必要がある。この深さは、これまでの検討によると、1.5m 望遠鏡で十分な冷却が実現できた場合、50 時間/field 程度の積分を行うことを意味する。さらに、可視域でも 29AB 等級程度の深いデータがあることが望ましい。

なお、これらの検出期待数の見積りは従来の Y , J , H といったフィルタシステムに基づいたものであり、WISH では他の望遠鏡のデータとの兼ね合いも考えつつ、最適なフィルタセットを注意深く設定する必要がある。

Log-spaced フィルタセットの叩き台

6枚のフィルタで $0.9\mu\text{m}$ から $5.0\mu\text{m}$ をカバーし、フィルタの幅は log スケールで等間隔となるセットの例を以下に示す。参考のため、Y, J, H, K, L' (IRCS), M' (IRCS), IRAC の ch1,2 の透過曲線と Mauna Kea での大気透過率 (水蒸気が少ない天頂方向の場合)²も併せて示す。

中心波長 [μm]	波長幅 [μm]	λ_{low}	λ_{high}
1.05	0.30	0.90	1.20
1.04	0.39	1.20	1.59
1.86	0.53	1.59	2.12
2.47	0.70	2.12	2.82
3.29	0.93	2.82	3.76
4.38	1.24	3.76	5.00

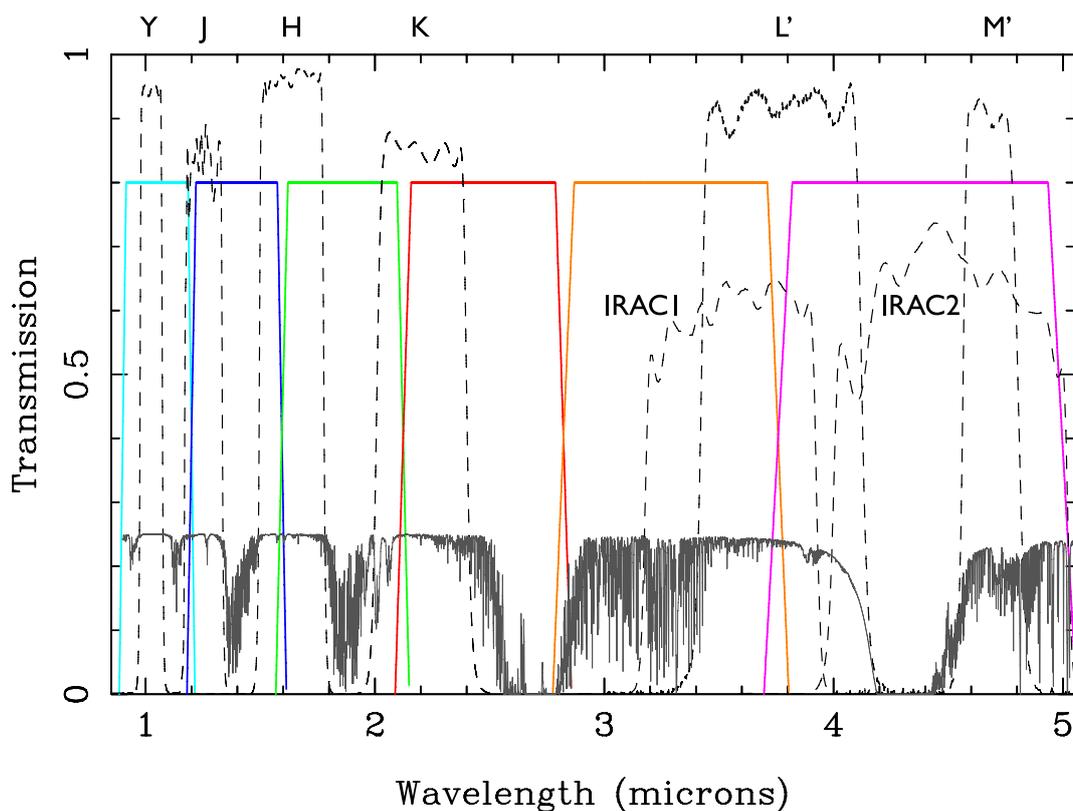


Figure 3: 幅を log スケールで等間隔にしたフィルタセットの例。

References

- [Bouwens et al.(2007)] Bouwens, R. J. et al. 2007, ApJ 670, 928
- [Bouwens et al.(2009)] Bouwens, R. J. et al. 2009, arXiv:0909.1803
- [Bunker et al.(2009)] Bunker, A. J. et al. 2009, arXiv:0909.2255
- [McLure et al.(2009)] McLure, R. J. et al. 2009, arXiv:0909.2437
- [Oesch et al.(2009)] Oesch, P. A. et al. 2009, arXiv:0909.1806
- [Yan et al.(2009)] Yan, H. et al. 2009, arXiv:0910.0077

²<http://www.gemini.edu/sciops/telescopes-and-sites/observing-condition-constraints?q=node/10789>