



# WISHとHSC観測

WISH: Wide-field Imaging Surveyor for High-Redshift  
超広視野初期宇宙探査衛星

Toru Yamada (Tohoku University)

<http://www.wishmission.org/en/index.html>

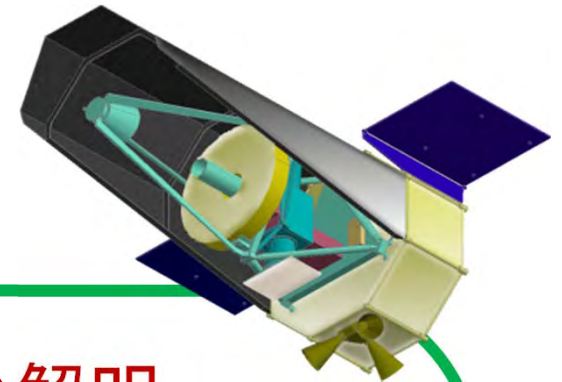
Filter	Wide	Optimal Wide	Deep	Medium	UltraDeep
<i>g</i>	27.3	27.3	28.4	28.4	29.3
<i>r</i>	26.8	26.8	28.0	28.0	28.9
<i>i</i>	26.6	26.6	27.6	27.6	28.7
<i>z</i>	25.8	25.8	26.8	26.8	28.0
<i>y</i>	25.0	25.0	26.0	26.0	—
<i>F0</i>	(24-25)	(26.0)	28.0	26.5	28.0
<i>F1</i>	24-25	26.0	28.0	26.5	28.0
<i>F2</i>	24-25	25.5	28.0	26.5	28.0
<i>F3</i>	24-25	25.0	28.0	26.5	28.0
<i>F4</i>	(24-25)	(25.0)	28.0	26.5	28.0
<i>F5</i>	(24-25)	(25.0)	28.0	26.5	28.0

HSC-Wide / WISH-UWS

HSC-Deep/ WISH-UDS

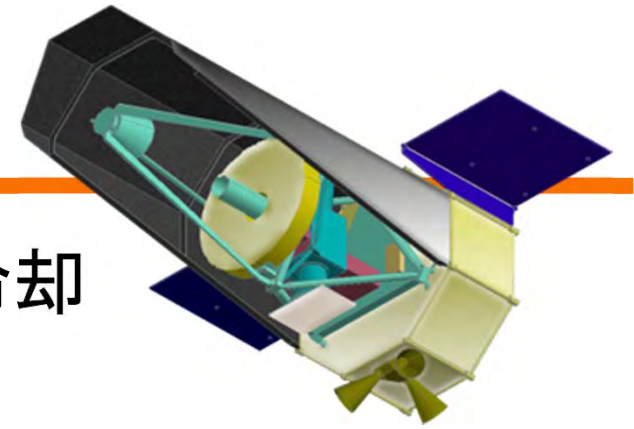
田中、WISH 提案書より

# WISH 宇宙望遠鏡計画



- 銀河形成史の究極のフロンティアの解明  
第1世代銀河を多数観測し  
 $z=7-15$  の時代に渡って宇宙再電離を研究
- Ia 型超新星の静止系近赤外線検出・光度曲線  
宇宙の膨張史と暗黒エネルギー
- Transients: 高赤方偏移 GRB、明るい超新星
- 様々な分野における近赤外広視野観測研究

# WISH 計画・主要な特徴



- 口径 **1.5m** の光学望遠鏡 **100K** に冷却
- **~ 850 平方分角** の広視野カメラ  
近赤外線 (**波長  $1-5\mu\text{m}$** ) の  
「宇宙のすばる **Suprime Cam**」
- 広視野 **サーベイ** に特化した運用
- 十分なサンプリング  
( **$0.155''/18\mu\text{m pix}$**  ←  $1.5\mu\text{m}$  回折限界に最適化)
- 望遠鏡  $\sim 90-100\text{K}$ , 検出器  $\sim 40-50\text{K}$  の低温  
機械式冷凍機を使わず冷却 **SE-L2軌道 HIIA**
- シンプルな構造、現在利用可能な技術

# WISH: サーベイ戦略

## 基本サーベイプラン

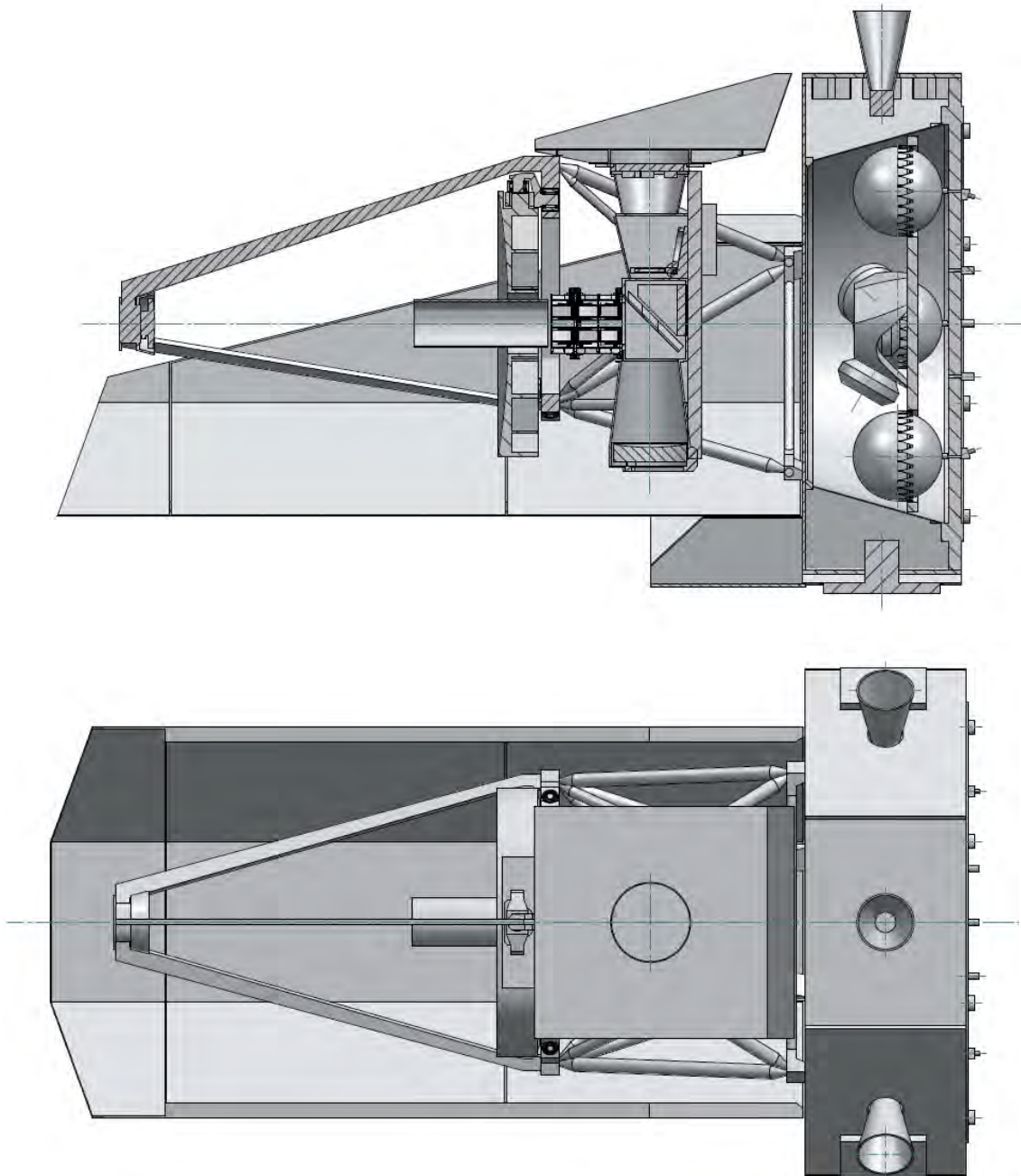
	Depth (3 $\sigma$ ) (AB mag)	Area	Example of the Filters (a plan, to be determined)
<b>Ultra Deep Survey (UDS)</b>	28	100 deg <sup>2</sup>	1.0, 1.4, 1.8, 2.3, 3.0 $\mu\text{m}$
<b>+ Filter 5</b>	28	10 deg <sup>2</sup>	4.0 $\mu\text{m}$
<b>Ultra Wide Survey (UWS)</b>	24-25	1000 deg <sup>2</sup>	1.4, 1.8, 2.3
<b>Extreme Survey</b>	29-30	0.25 deg <sup>2</sup>	1.0, 1.4, 1.8

UDS 1500days (with 50% overhead)

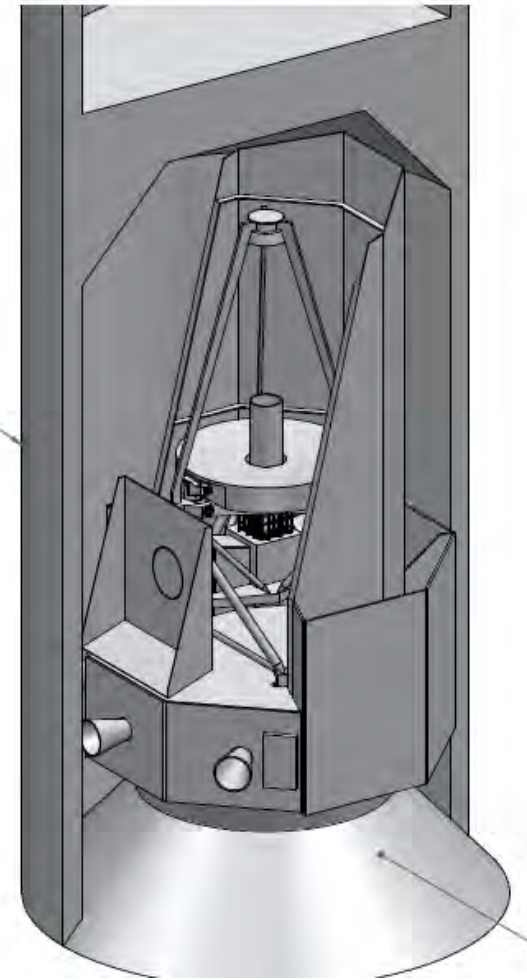
UWS 50-60 days Filter5 150 days

ExS 20 days/FoV

Nominal Five Years



Size: (HII-A) 4/4D-LC 下段  
Mass: ~ 1.3t



2008年9月～

JAXA 宇宙科学研究所 理学委員会

WISH ワーキンググループ

c.f.

JAXA ISAS プロジェクト

ASTRO-H (2014) / BepiColombo (2014)

CALET (ISS 2013) / はやぶさ2 (2014 JSPEC)

プリプロジェクト

SPICA (リスク低減フェーズ, 2022)

2020前後の打ち上げを目指す(小型以外) WG

Solar-C / WISH / SCOPE / MELOS / (Athene)

JTPF (国際協力の場合)

2012年7月19日－20日 WISH サイエンスワークショップ

<http://www.wishmission.org/files/20120719/index.html>

(or google “wishmission” )





2012年7月19日－20日 WISH サイエンスワークショップ

<http://www.wishmission.org/files/20120719/index.html>

(or google “wishmission” )

- Surveys
  - 初期宇宙銀河観測
  - Ia型超新星探査と宇宙膨張史／暗黒エネルギー
  
  - 初期宇宙クエーサー / AGN
  - 高精度 photo-z による銀河進化研究 / 原始銀河団
  - Orphan GRB / Very High-z GRB
  
- 銀河面 Campaign 散開星団/変光天体
- バルジ Campaign 位置天文観測 JASMINE 計画との協力
- Transit 系外惑星 Campaign
- 重力レンズ系外惑星 Campaign
- 太陽系小天体 氷探査 Campaign

# WISH ミッション提案書 第1版 完成 2012年8月



～500ページ

はじめに

目次

第1章 ミッションの概要

第2章 WISH が目指す科学

第3章 成功基準とミッションへの要求

第4章 衛星システム概要

第5章 広視野撮像システム

第6章 望遠鏡構造システム

第7章 ミッション部温度と熱解析

第8章 ミッション運用計画

第9章 衛星サブシステムの設計・検討

第10章 試験計画

第11章 フェーズA計画

第12章 スケジュール

第13章 体制

第14章 国際計画

第15章 波及効果

第16章 成果の普及・教育への活用

図目次

表目次

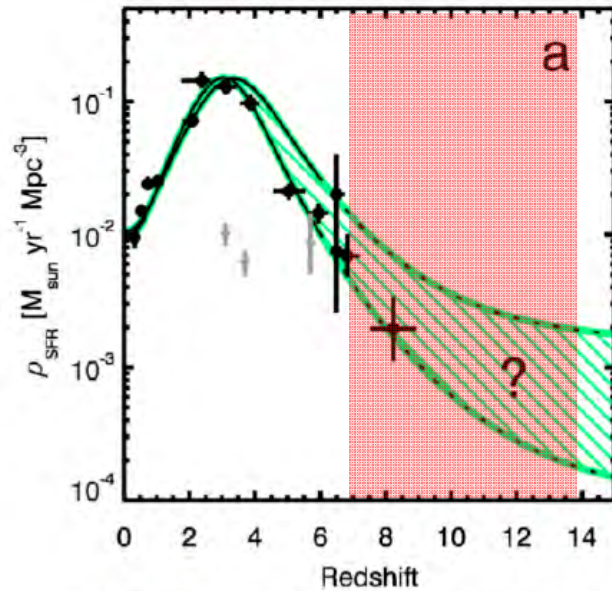
# WISH:宇宙再電離期を跨ぐ 初期宇宙の研究

HSC  $z < 7.4$

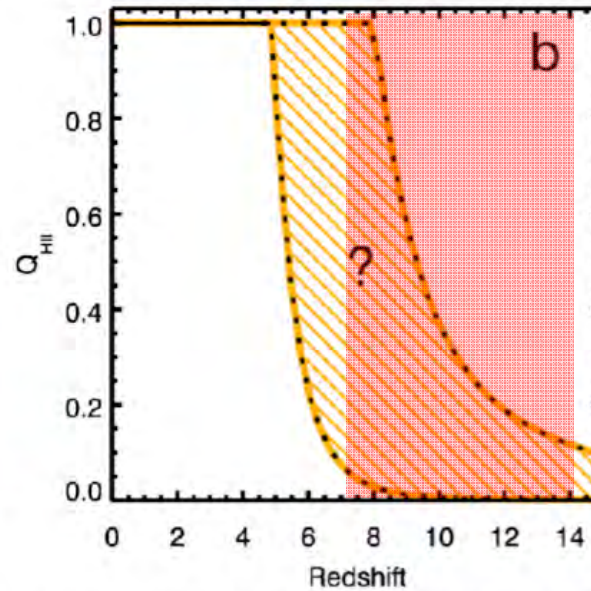
WISH  $z = 7-14$

# A schematic picture Robertson et al. 2010

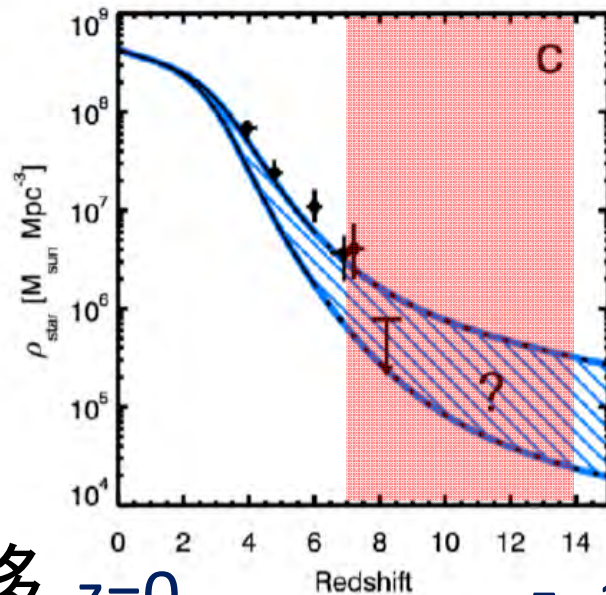
星形成率  
密度  
SFR  
density



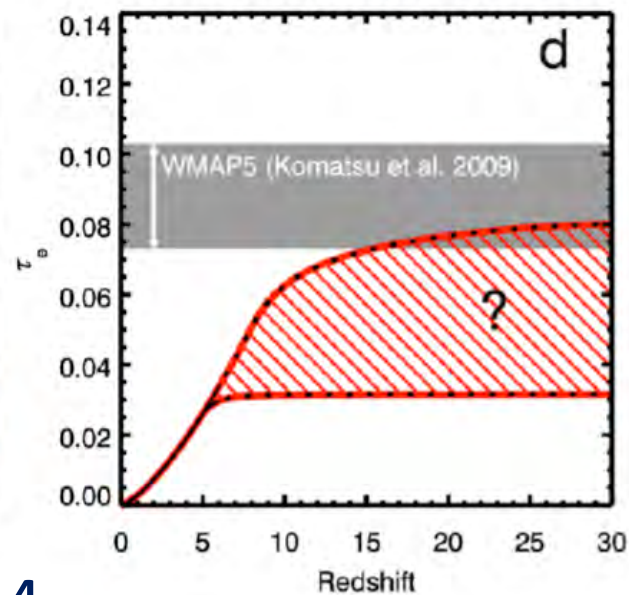
電離度  
Ionization  
degree



星質量  
密度  
Stellar mass  
density



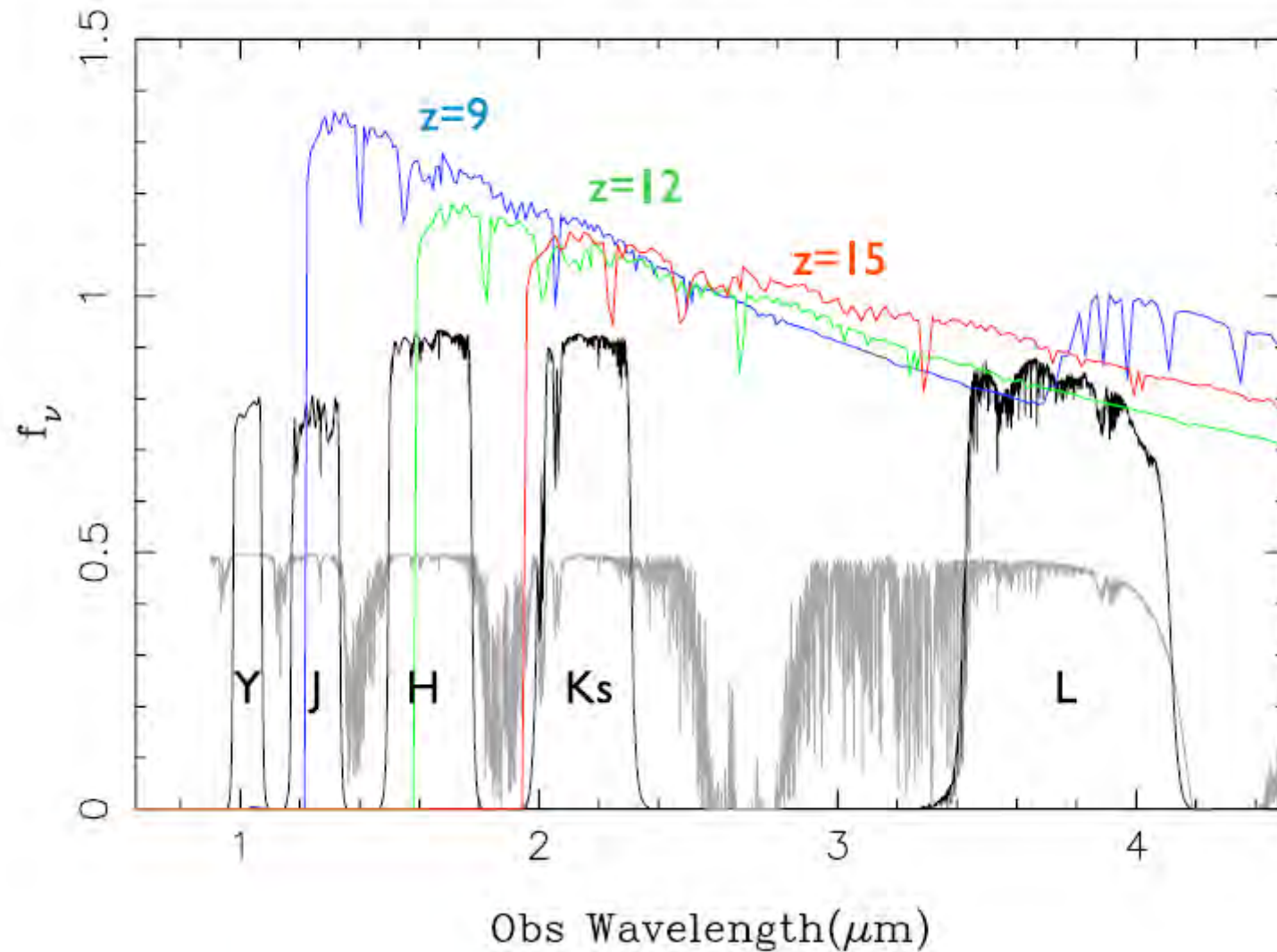
電子散乱  
光学深さ  
Electron  
scattering  
optical depth



赤方偏移  $z=0$   $z=14$

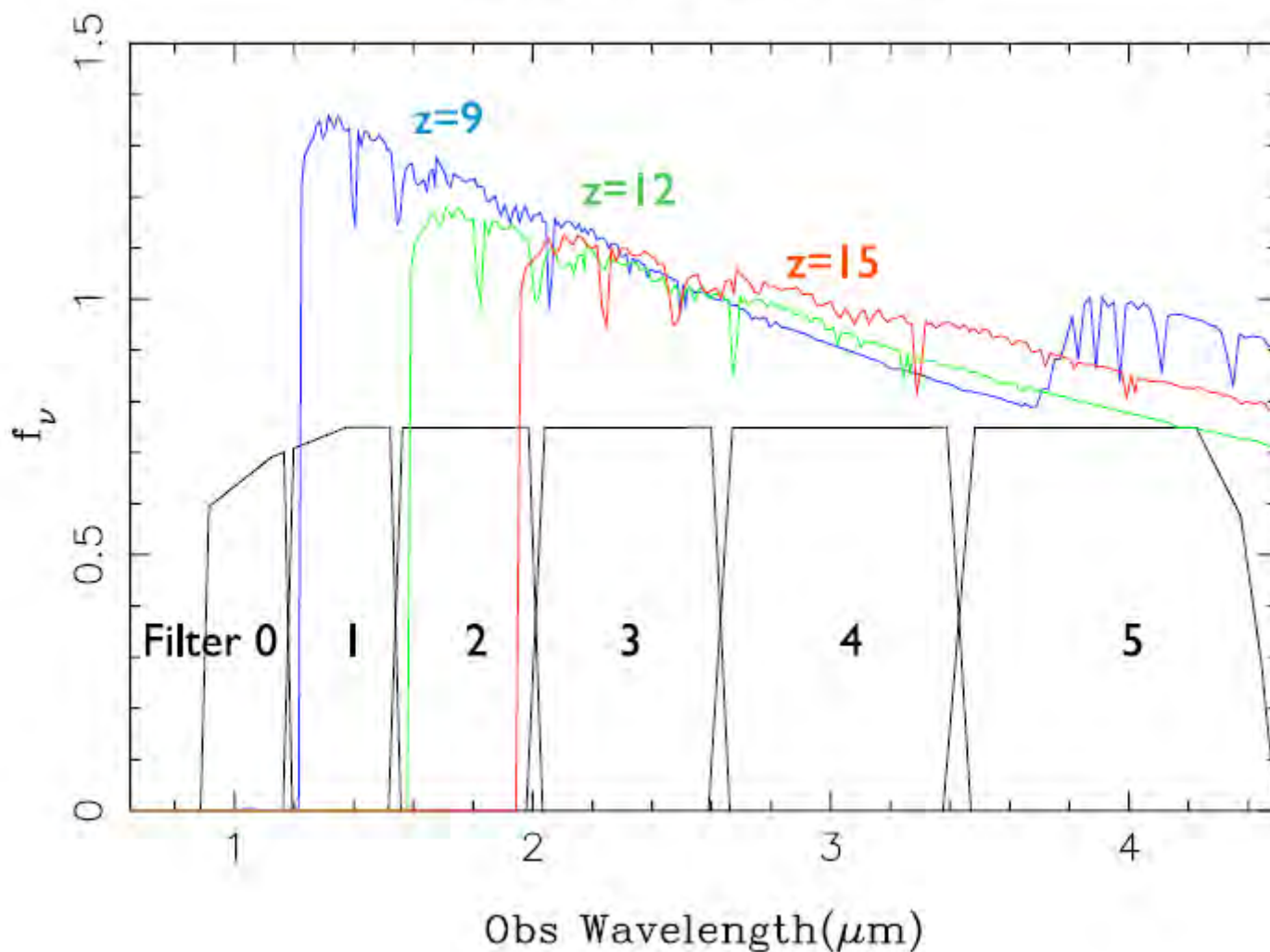
# 高赤方偏移星形成銀河のスペクトル

$z=9,12,15$   $E(B-V)=0.1$



# 高赤方偏移星形成銀河のスペクトル

$z=9,12,15$   $E(B-V)=0.1$



# Lyman Break 銀河

## 0-drop

## 1-drop

## 2-drop

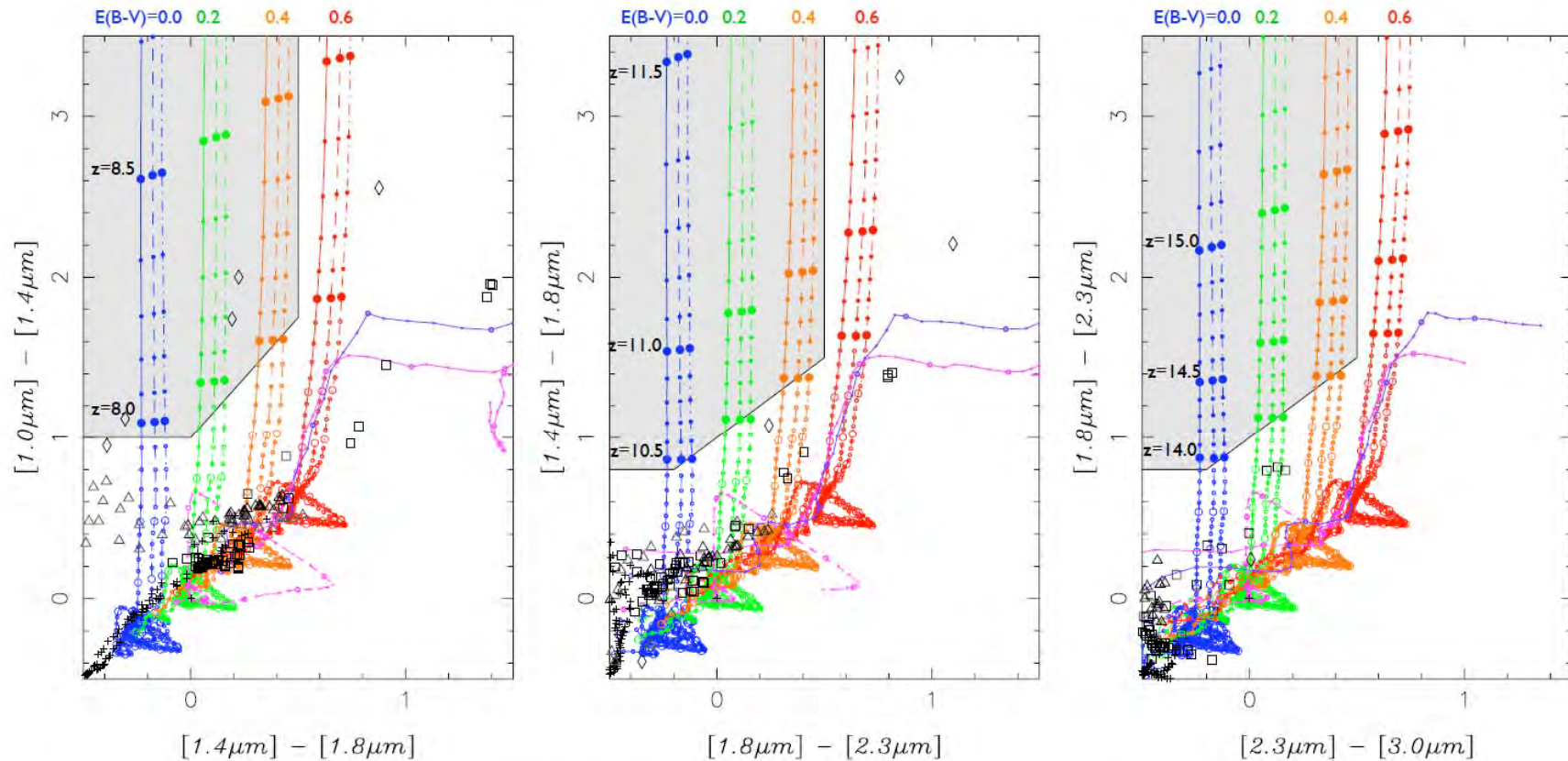
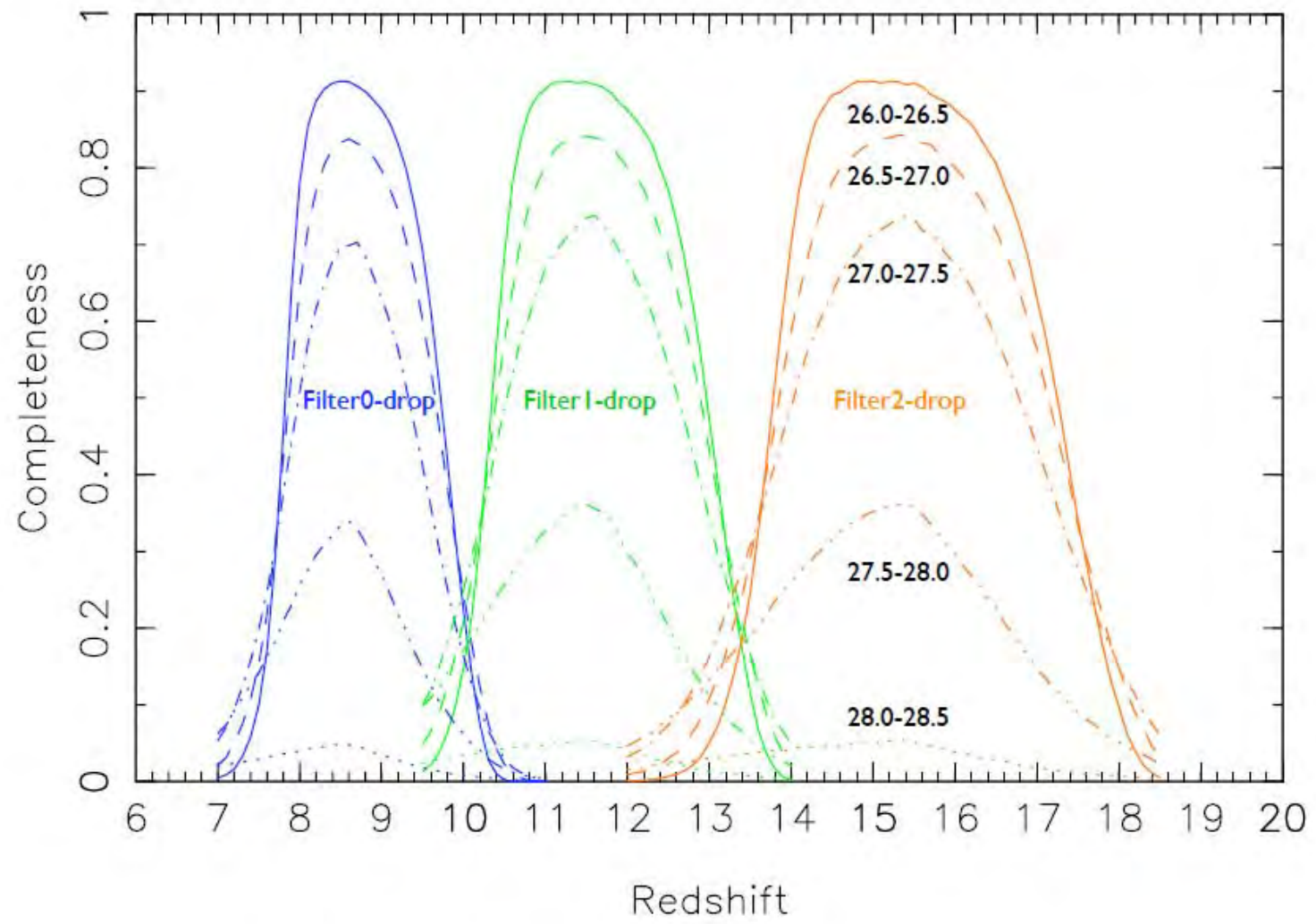


図 2.3.4: WISH によるライマンブレイク法で用いる二色図。左: Filter 0 ドロップアウト銀河 ( $8 \leq z \leq 10$ )。中: Filter 1 ドロップアウト銀河 ( $10.5 \leq z \leq 13$ )。右: Filter 2 ドロップアウト銀河 ( $14 \leq z \leq 17.5$ )。

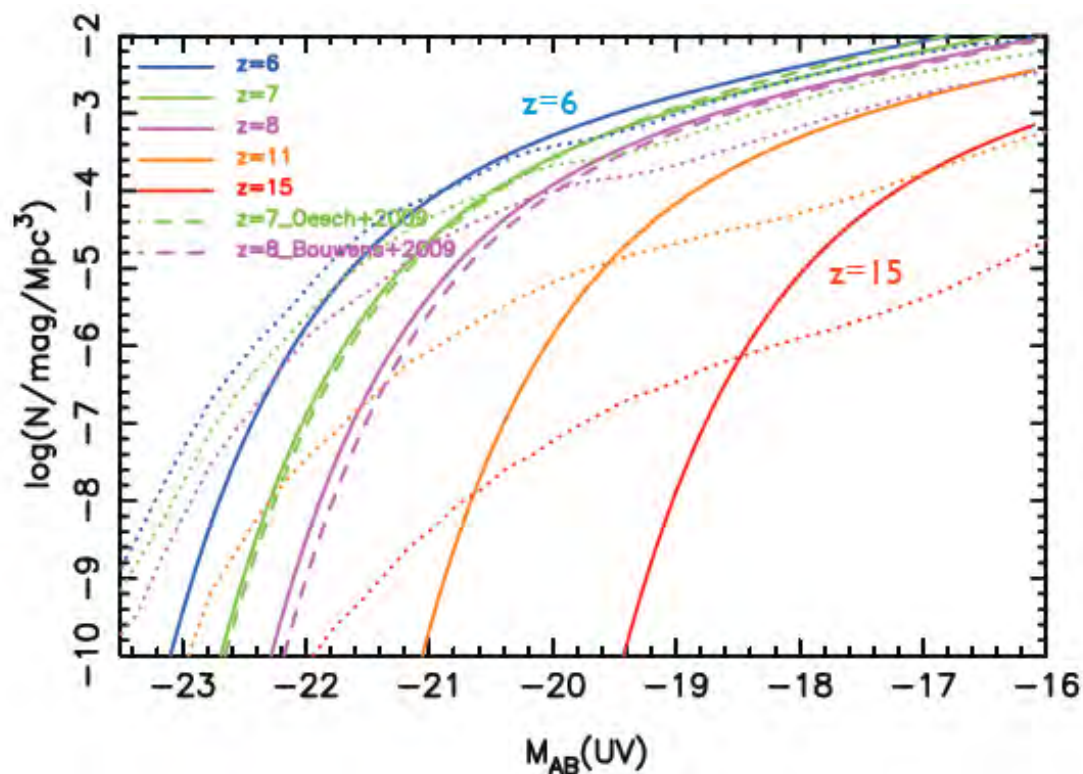
0-drop      1-drop      2-drop  
WBF0300





# How deep, how large area should we observe?

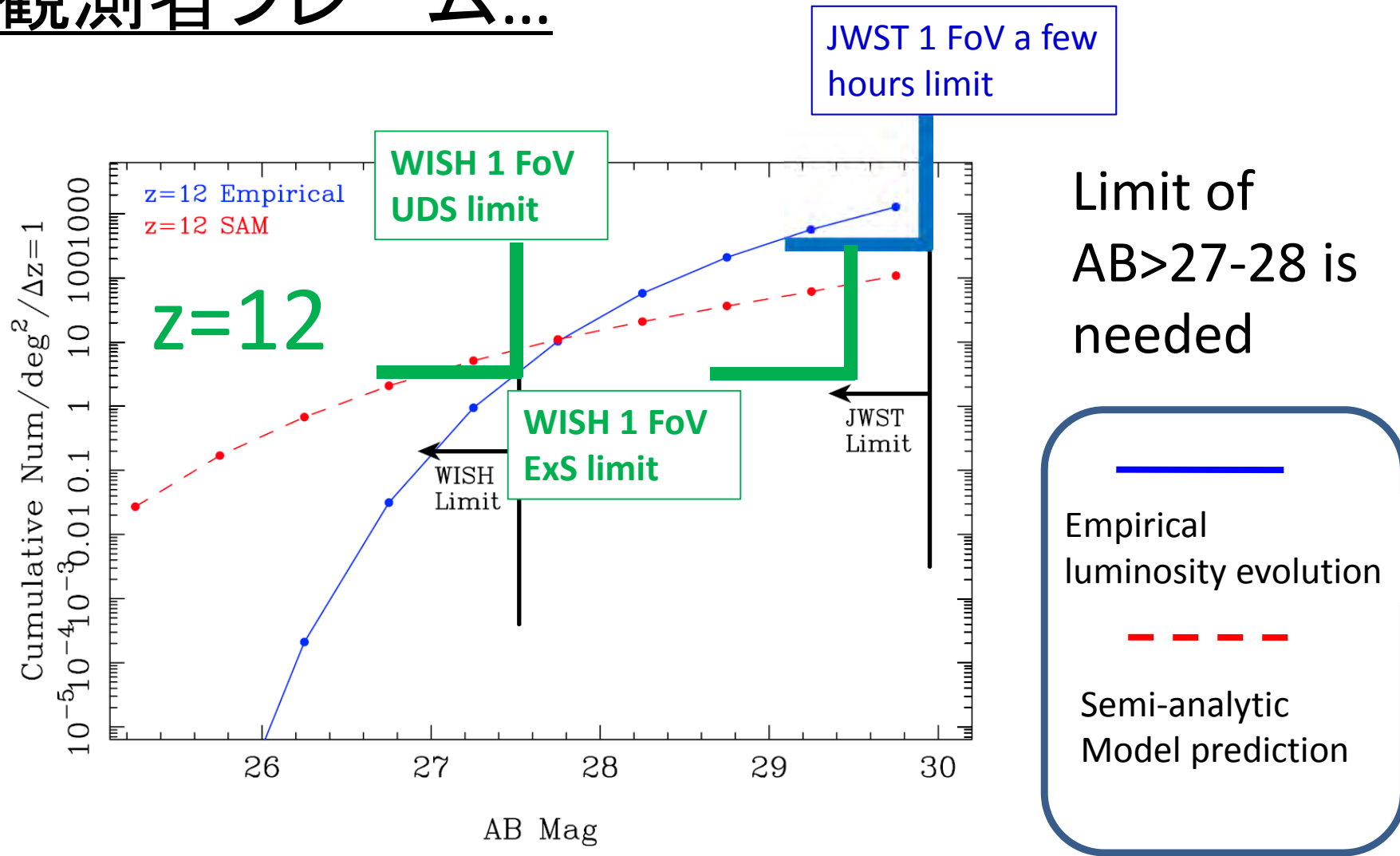
観測されているもの ( $z=6-8$ , HST WFC3 **dashed lines**) と  
予想される ( $z=6-15$ ) UV 光度関数



実線:  $L^*$  光度進化外挿 : from  $z=6-8$  luminosity function

点線: expectation based on galaxy models (小林、他 準解析モデル)

# 観測者フレーム...



FoV JWST NIRCам 2.2'x2.2' x 2ch (per filter)

~ 2.8x10<sup>-3</sup> deg<sup>2</sup>

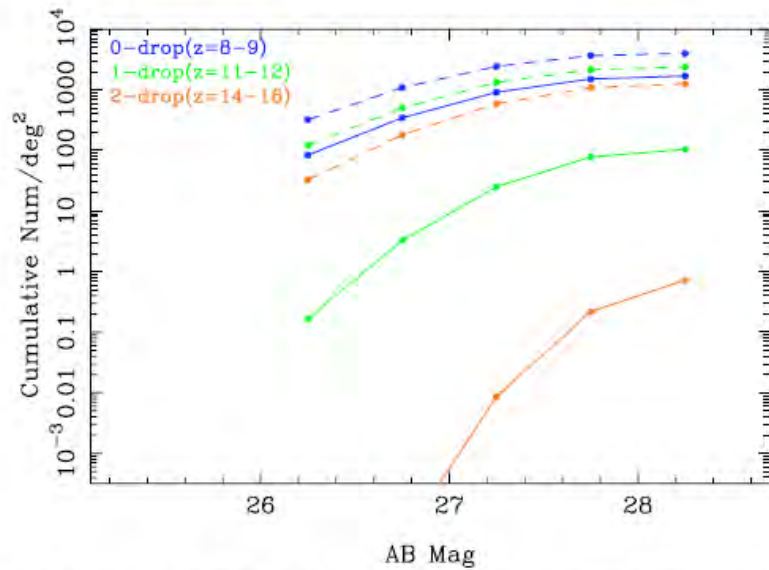


図 2.3.17: 1 平方度あたりの検出期待数。実線は Empirical な UVLF 進化有り、破線は進化なしの場合

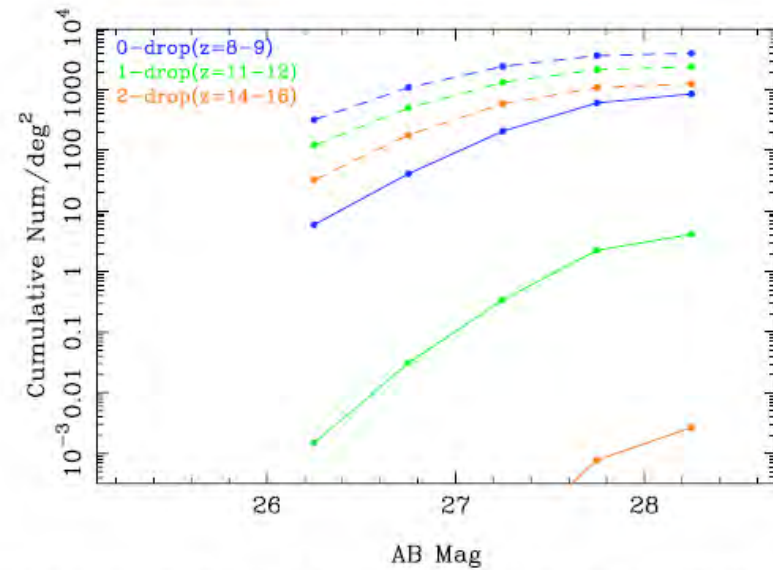


図 2.3.18: 1 平方度あたりの検出期待数。実線は DMH 進化に比例した UVLF 進化、破線は進化なしの場合

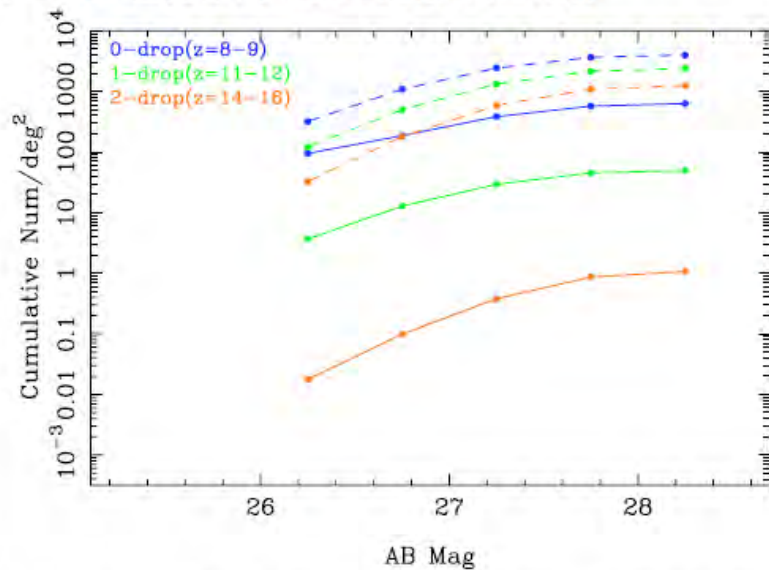
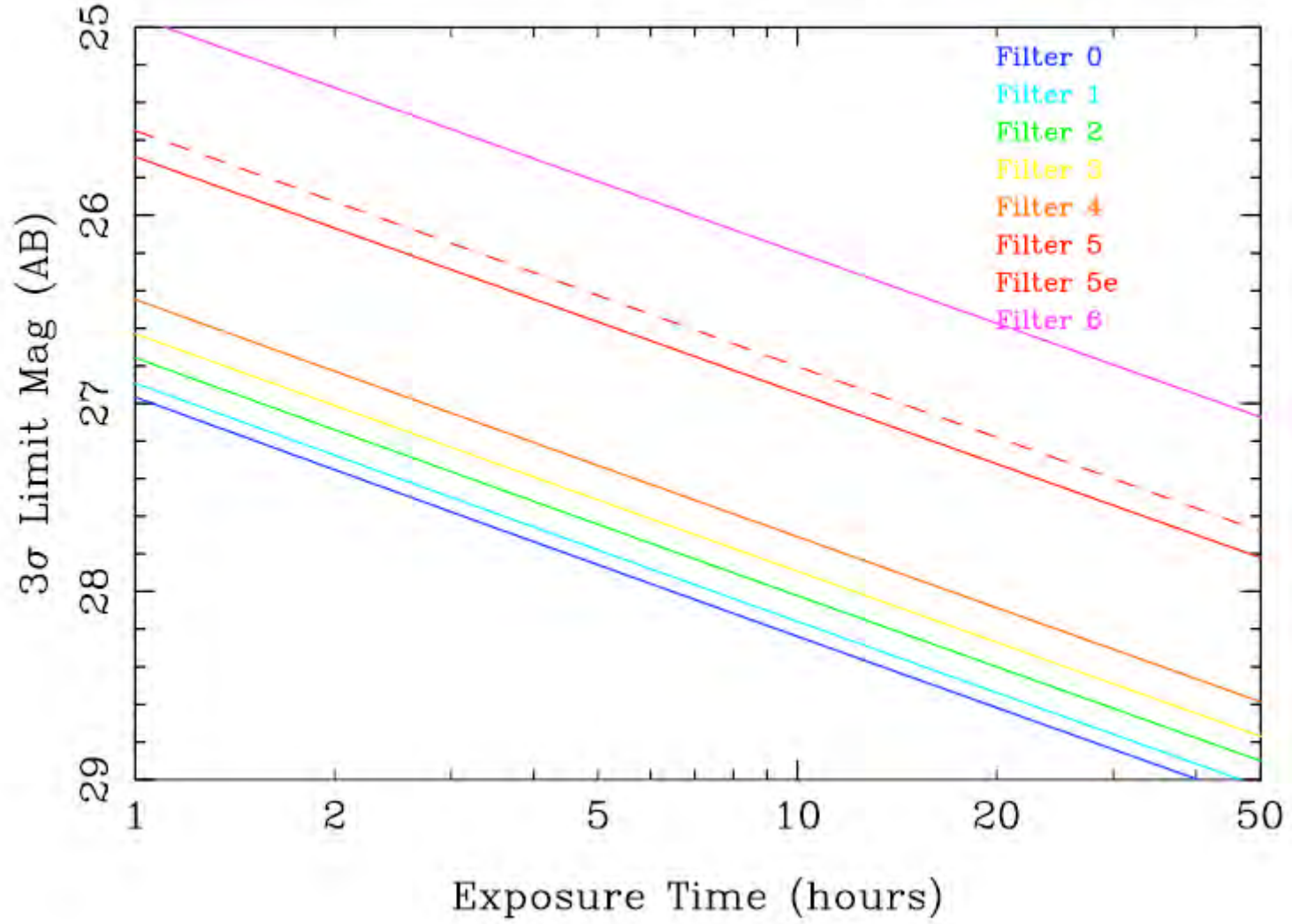


図 2.3.19: 1 平方度あたりの検出期待数。実線は準解析的モデルによる UVLF 進化、破線は進化なしの場合

	redshift	LF 進化なし	'Empirical' 進化	DMH 進化	SAM
0-dropout	8-9	4,000	1,690	852.3	631.2
1-dropout	11-12	2,393	104.2	4.116	49.7
2-dropout	14-17	1,249	0.723	0.003	1.071

表 2.3.1: Lyman Break 銀河の 1 平方度あたりの検出期待数。3 $\sigma$  28.0 AB 等級の検出限界での期待数。

Zodiacal Light = 3x Ecliptic Pole



# WISH: Survey Strategy

---

Surveys achieved within  $\sim 1000$  days (50% overhead)

WISH can detect

$\sim 10^4$  galaxies at  $z=8-9$ ,

$\sim 10^{3-4}$  galaxies at  $z=11-12$ ,

and

$\sim 50-100$  galaxies at  $z=14-17$

*Many of them are feasible spectroscopic targets*

# 宇宙再電離とWISH

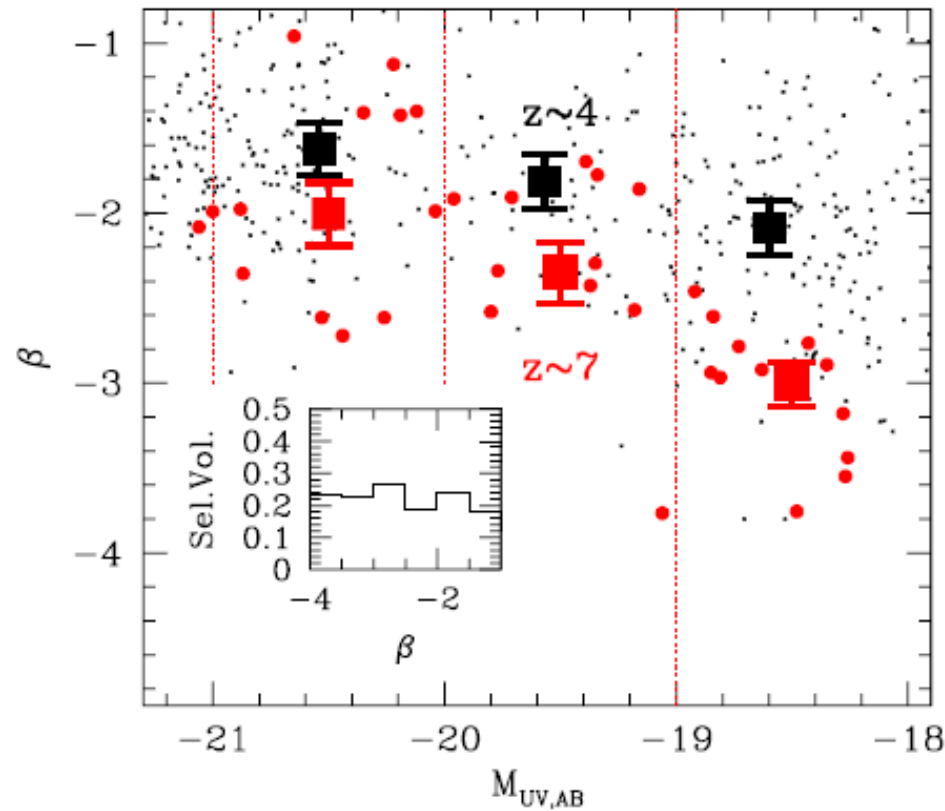
- 紫外線光度関数・光度密度
- 紫外線波長スペクトル

電離光子数、 $F_{\text{esc}}$ 、 $\tau_{\text{IGM}}(\text{UV}, \text{Ly}\alpha\dots)$

- 空間分布
- HI 21cm との相関
- $z=8-9$  狭帯域撮像観測

# UV slope

$$F_{\lambda} \sim \lambda^{\beta} \quad (\text{UV})$$

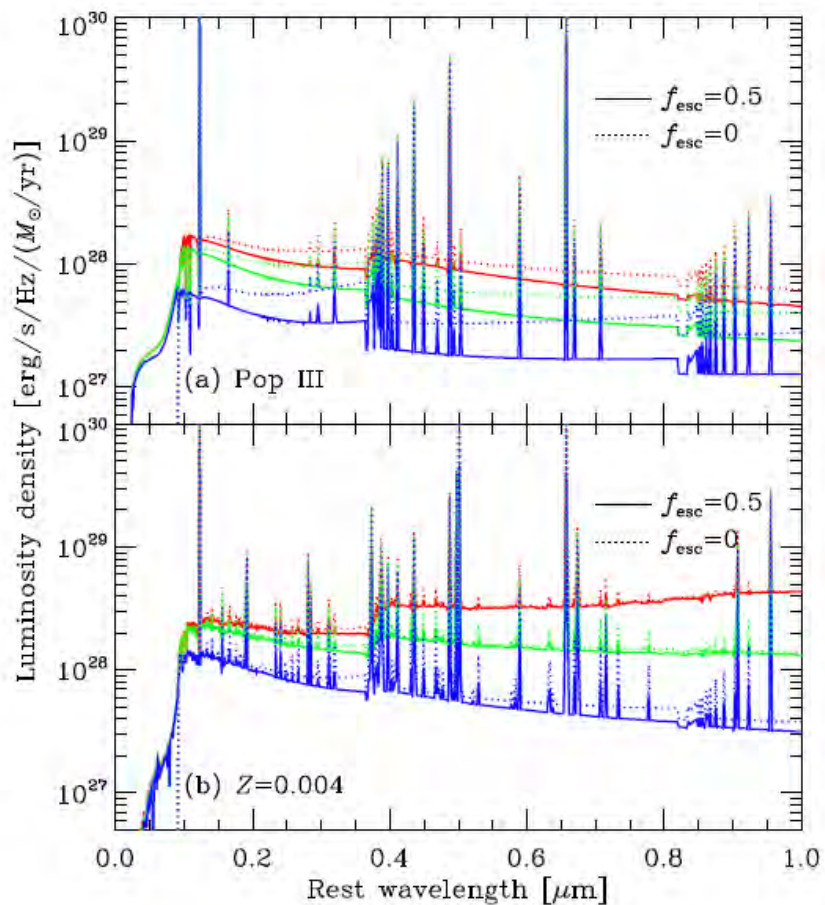


- ◆ Higher Redshift
- ◆ Fainter Galaxies
- Blue

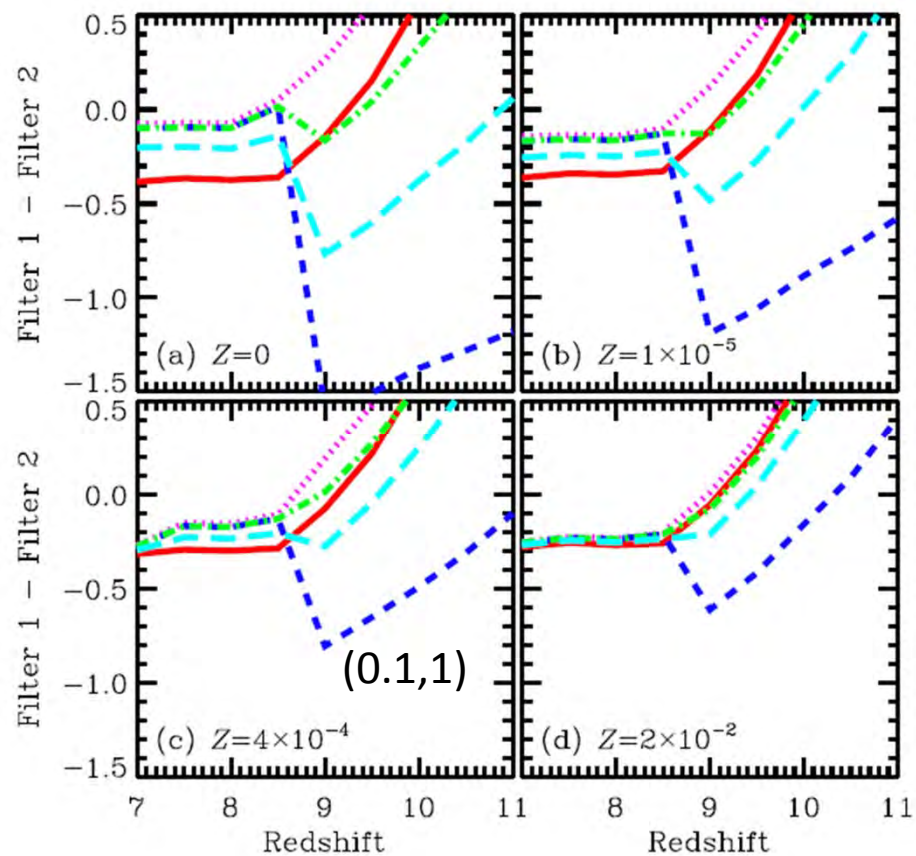
How to produce spectra with  $\beta \sim -3$  ?

# Nebulae 輝線と広帯域カラー

(井上、他、WISH提案書)



金属度、Ly $\alpha$ 輝線と脱出率、IGM透過率による広帯域カラーの変化

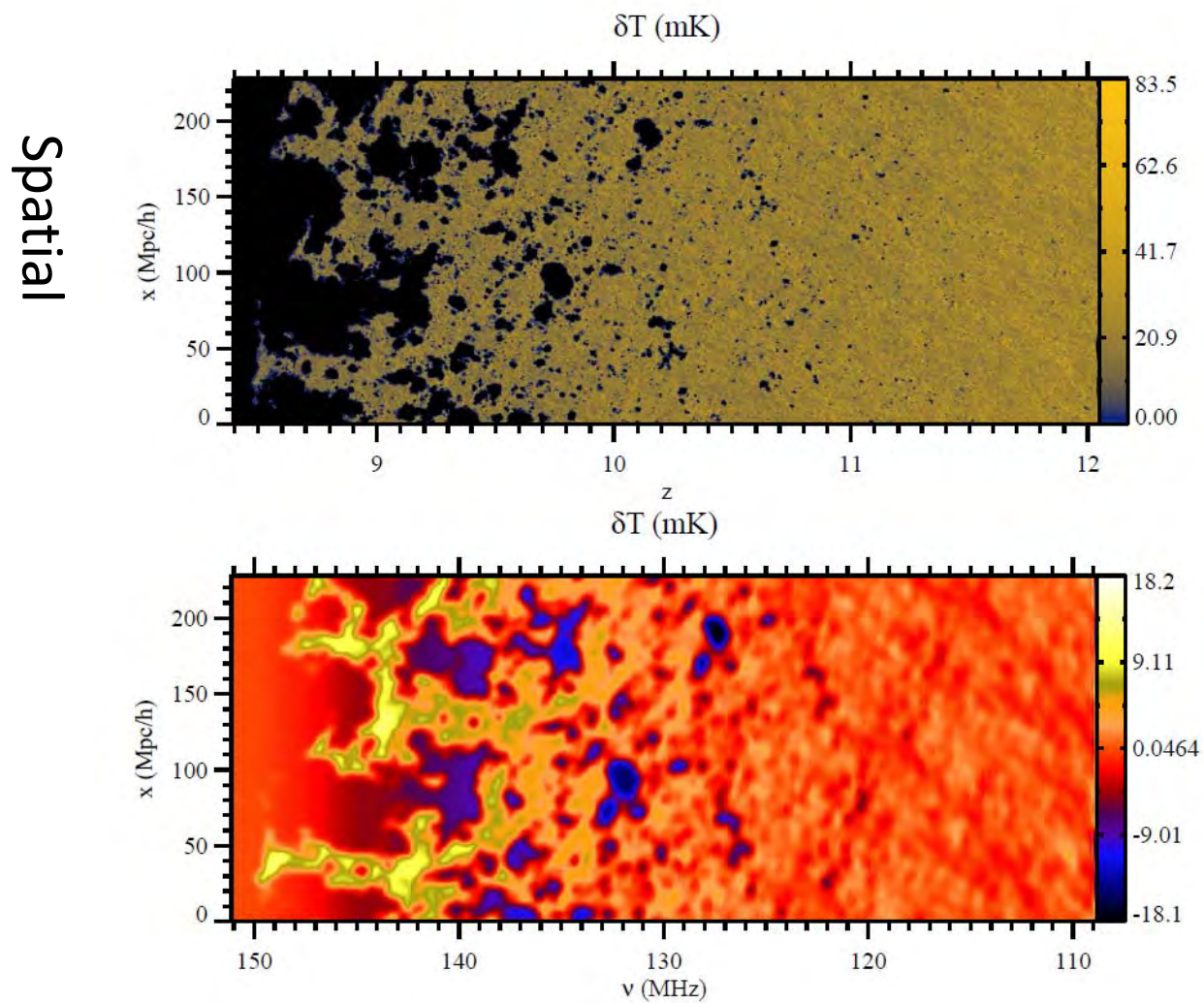


( $f_{\text{esc}}, T_{\text{a}}$ )=(1,1)(0,0)(0.1,0.1),(0.1,1)(0.5,0.5)



# HI fluctuation over Cosmic Reionization

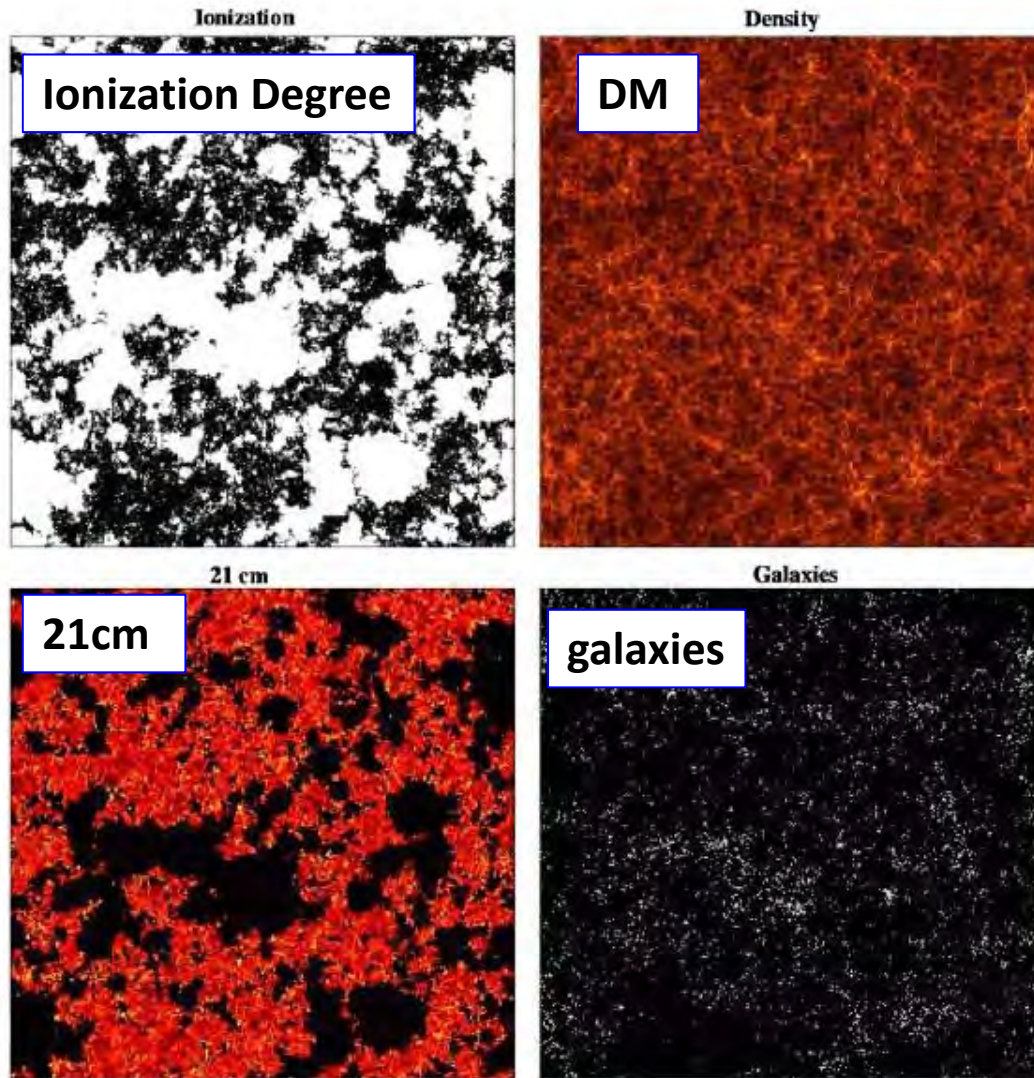
---



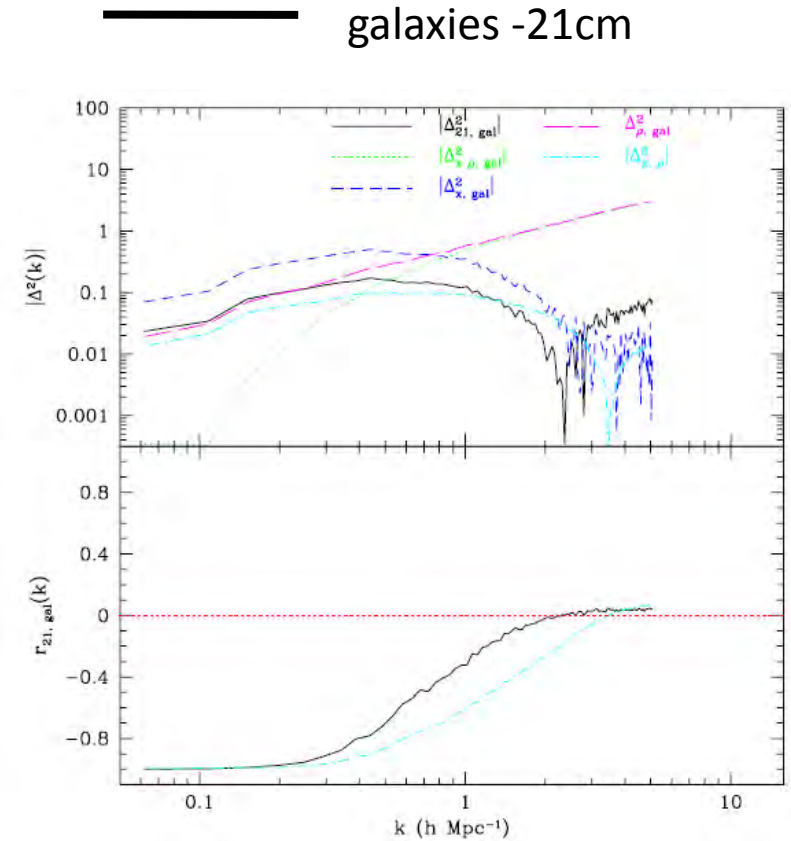
HI 21cm Brightness

Iliev et al.2012

# Galaxy / HI Cross Correlation is needed



シミュレーション



Lidz et al. 2009

# WISH による様々なサイエンス

## WISH サーベイ

- ★ Ia型超新星 (HSC 可視 WISH 近赤外)
- ★ クェーサー探査 (HSC  $z < 7$ , WISH  $z = 8-15$ )
- ★ 変光天体 (超新星 HSC  $z \sim 2$  WISH  $z \sim 5$ )
- ★ 銀河進化 ( $M_{\text{str}} > 10^8 M_{\text{sun}}$ )

## 静止系可視光

HSC  $z < 1.4$ , WISH  $z = 0-7$

- ★ photometric redshift

## WISH キャンペーン

- ★ 我々の銀河系: 散開星団、構造
- ★ 太陽系天体  $\text{H}_2\text{O}$  ICE, NEO-WISH
- ★ 太陽系外惑星 Transit / Micro Lensing

WISH-UDS  
クエーサー  
検出期待数

redshift	F0–F1	F1–F2
8–9	11	0
9–10	3	0
10–11	1	0
11–12	<1	<1

WISH-UWS  
クエーサー  
検出期待数

- Case 1: 限界等級 25.5 AB mag., サーベイ面積 400 deg<sup>2</sup>
- Case 2: 限界等級 25.0 AB mag., サーベイ面積 1,000 deg<sup>2</sup>
- Case 3: 限界等級 24.0 AB mag., サーベイ面積 6,300 deg<sup>2</sup>

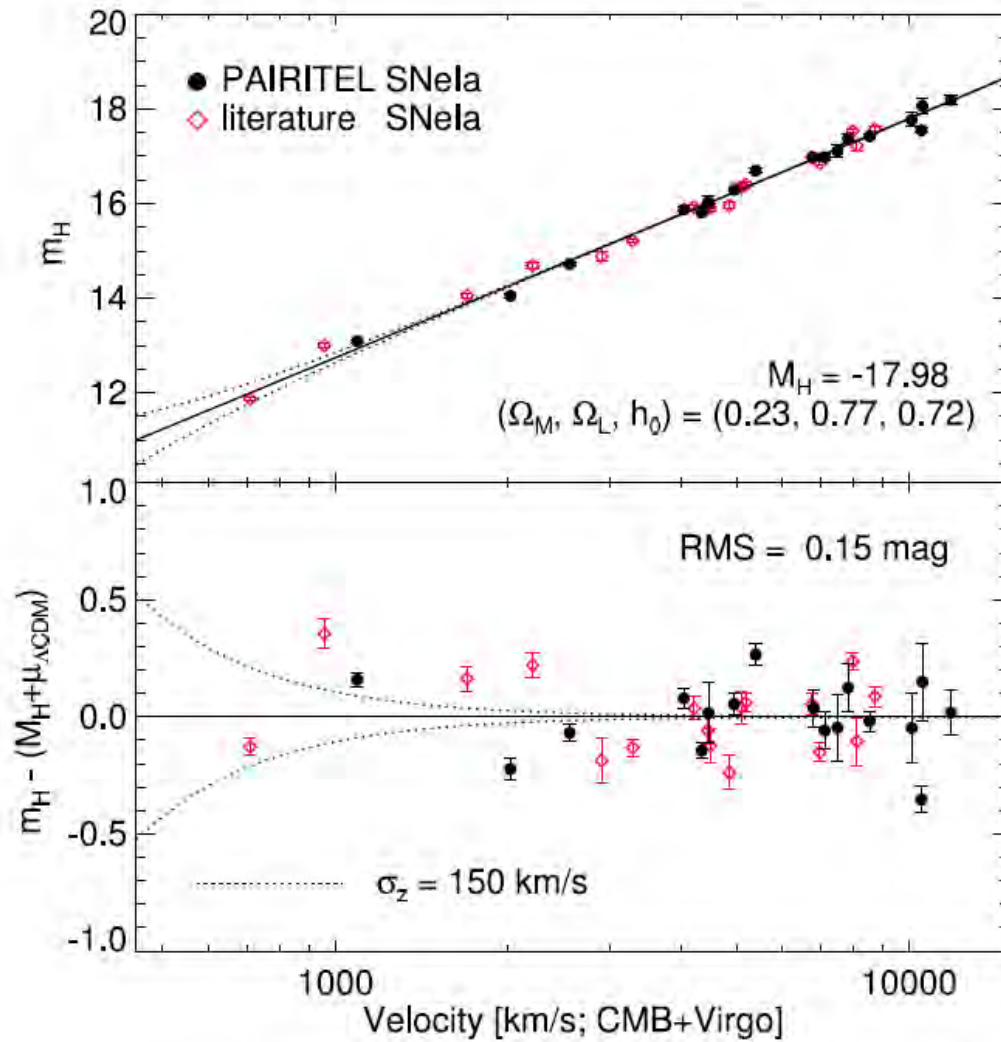
redshift	Case 1		Case 2		Case 3	
	0–1	1–2	0–1	1–2	0–1	1–2
8–9	10	0	18	0	49	0
9–10	2	0	4	0	9	0
10–11	<1	<1	1	1	1	1
11–12	<1	<1	<1	<1	<1	1

WISH提案書  
松岡、他

表 2.10.2: サーベイパラメータを変えた UWS における QSO の検出期待数

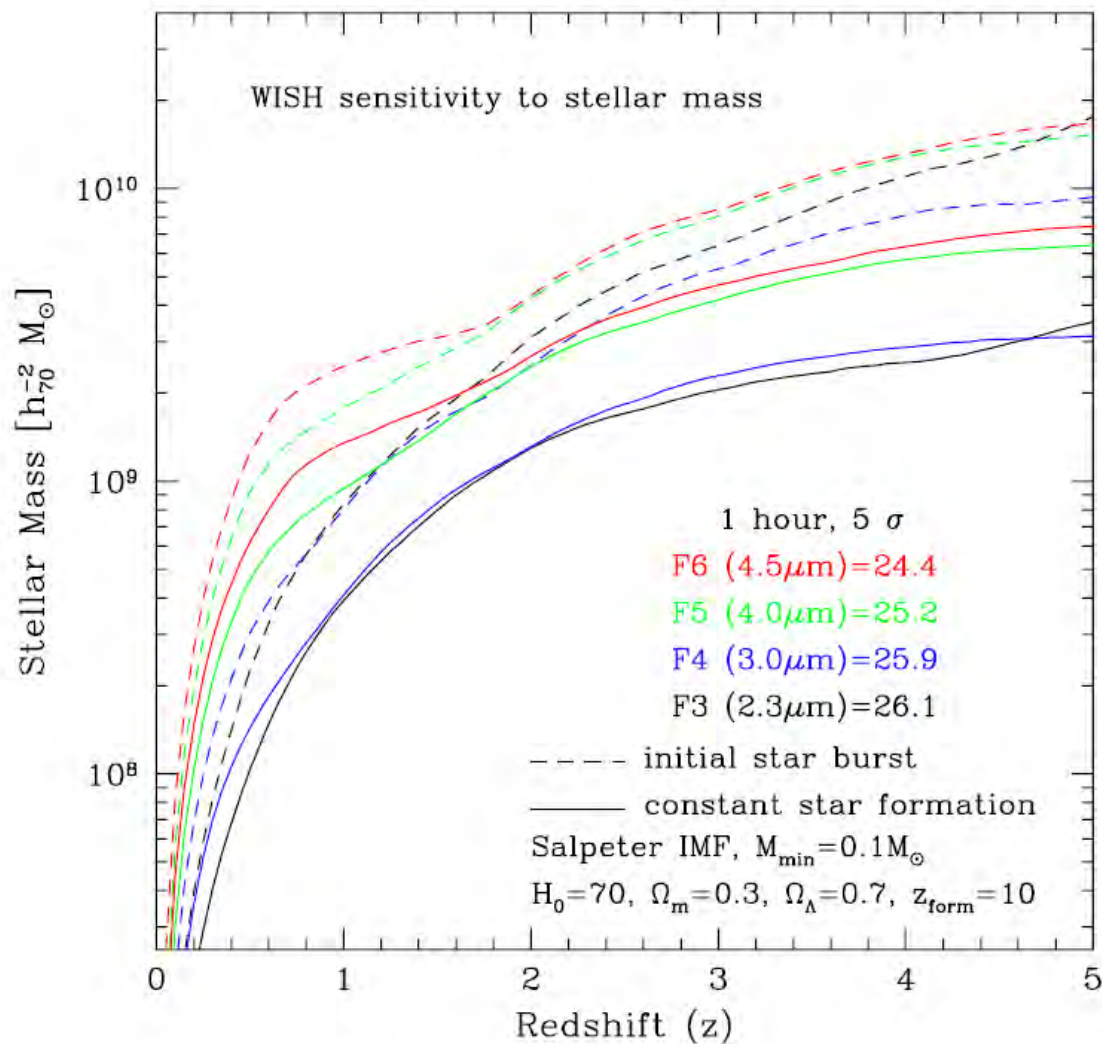
# Ia型超新星

- 高精度、広い赤方偏移の範囲
- 静止系近赤外



# WISH 星質量: 1時間積分での検出限界

星質量

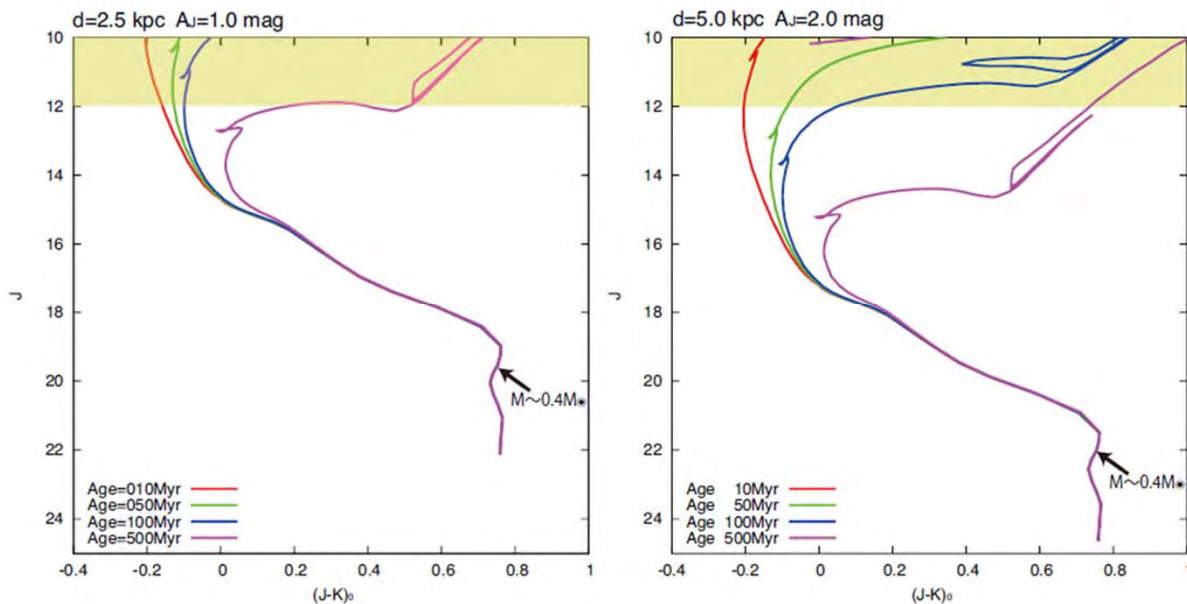


$10^9 M_{\text{sun}}$

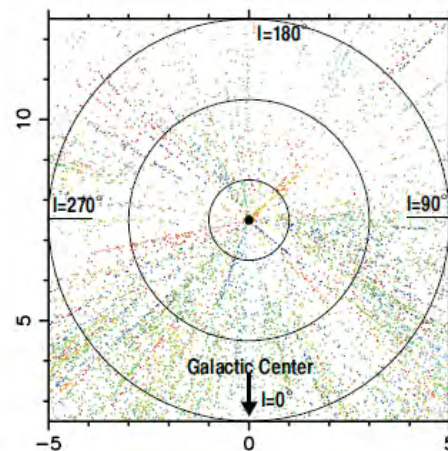
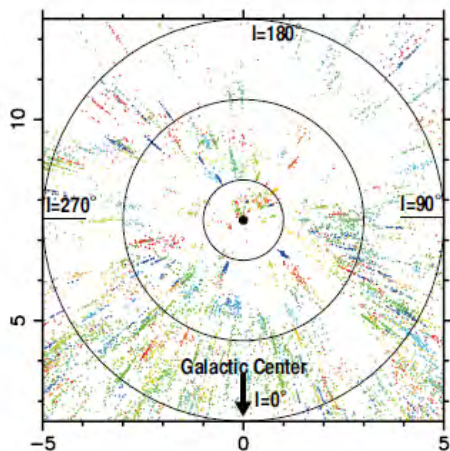
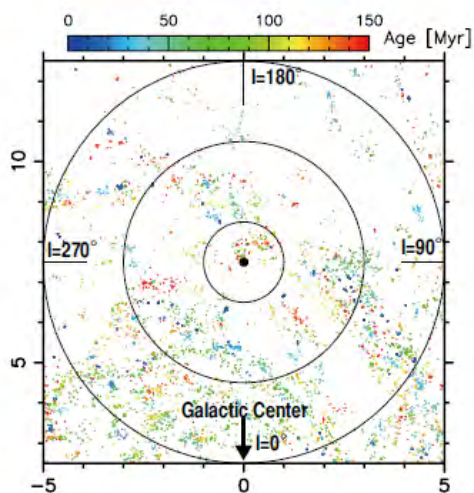
WISH提案書  
見玉、他

赤方偏移

# WISH 銀河面キャンペーンと散開星団



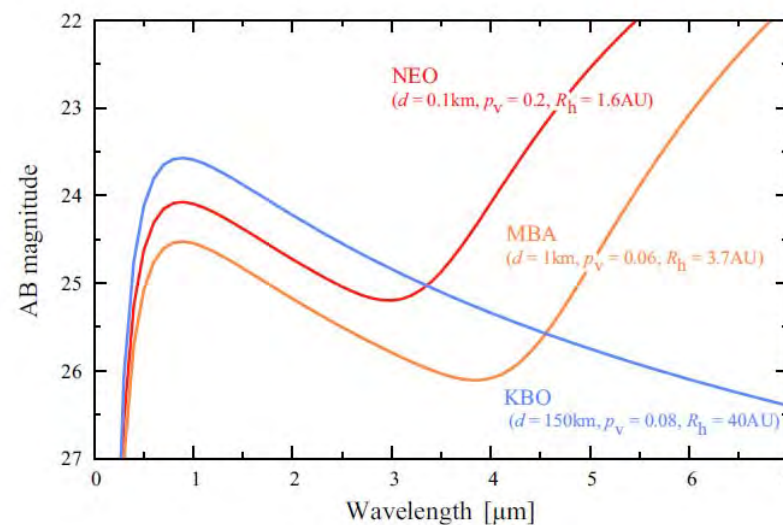
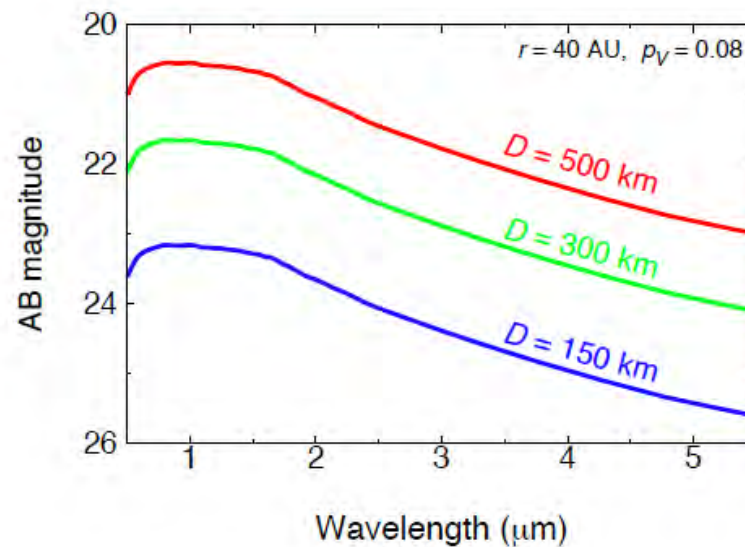
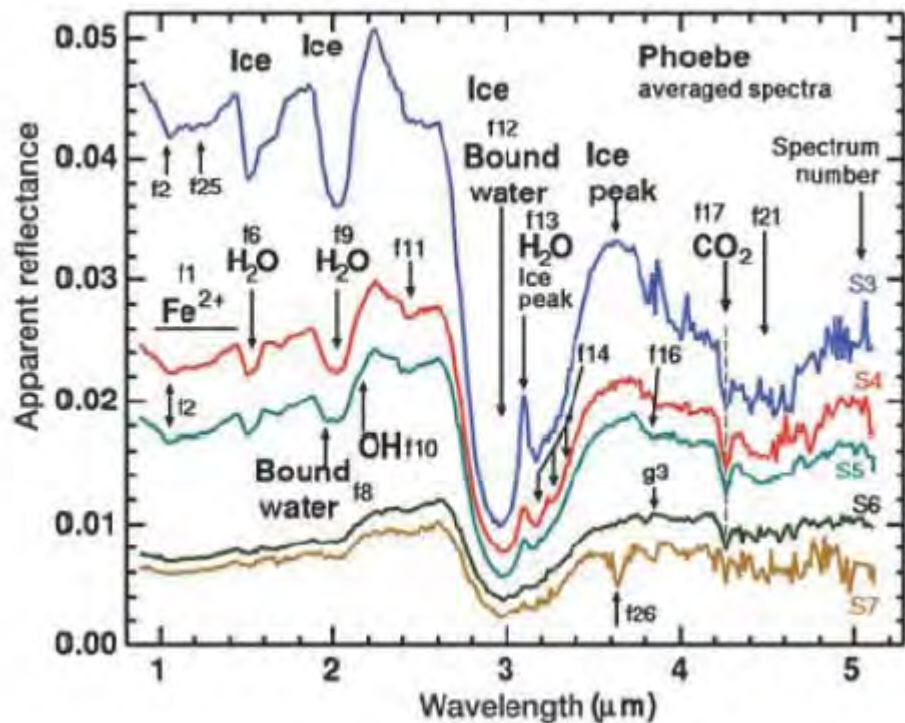
J vs J-K  
HR図  
と  
年齢



松永、他 WISH提案書

馬場、他によるシミュレーション

# 海王星以遠の天体表面の水



寺居、他  
WISH 提案書



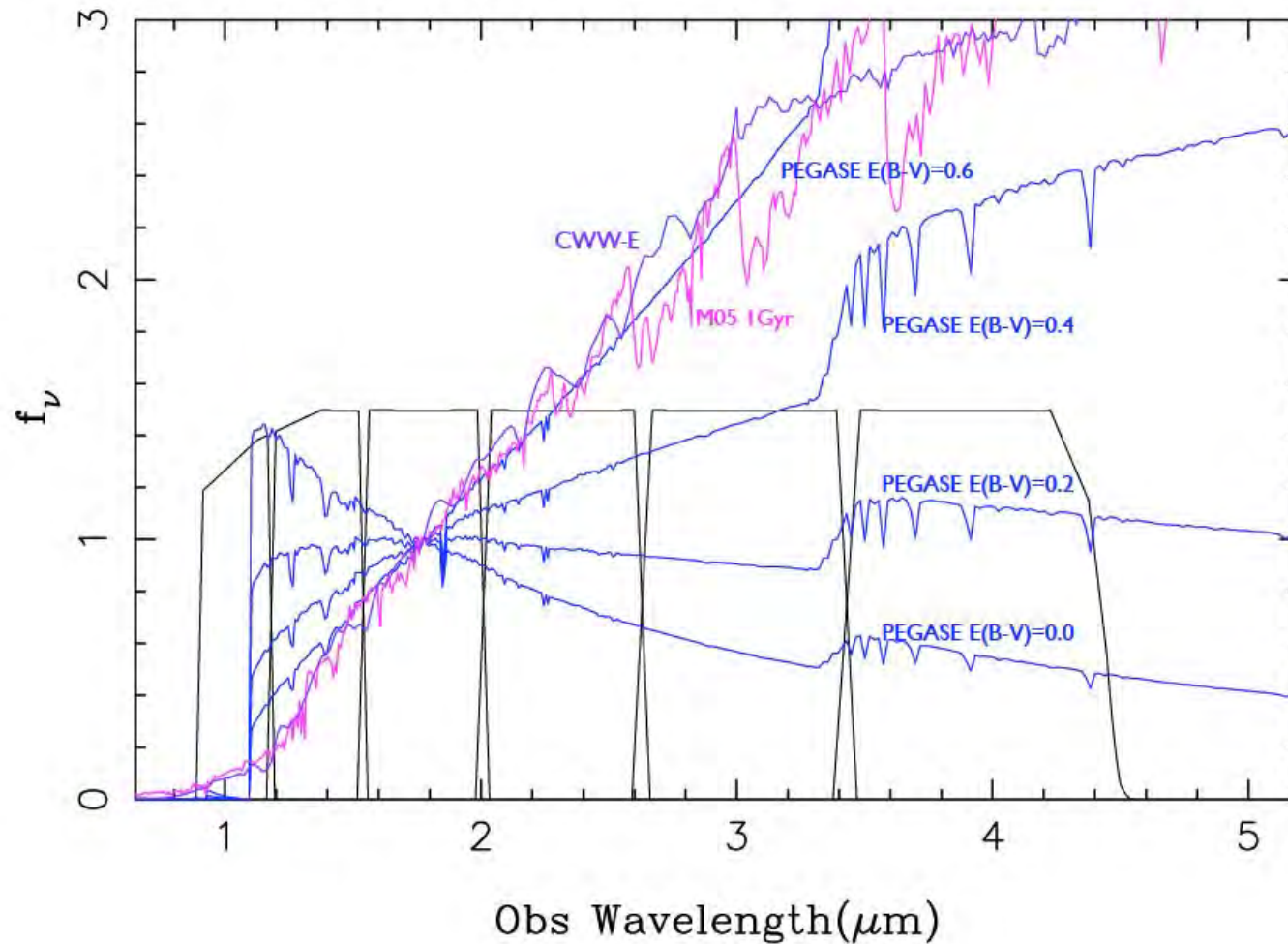
WISH needs HSC

# WISH 1-5 $\mu$ m selected (studied) objects

- Deep optical data helps removing the foreground objects from the high-z candidates
- Utilizing the extremely deep NIR selected sample
  - photometric redshift
  - SED (SFR,  $M^*$ , age, extinction)
    - down to  $M^* \sim 10^8 M_{\text{sun}}$  galaxies
  - NIR morphological analysis
    - down to  $K \sim 25$ AB mag objects

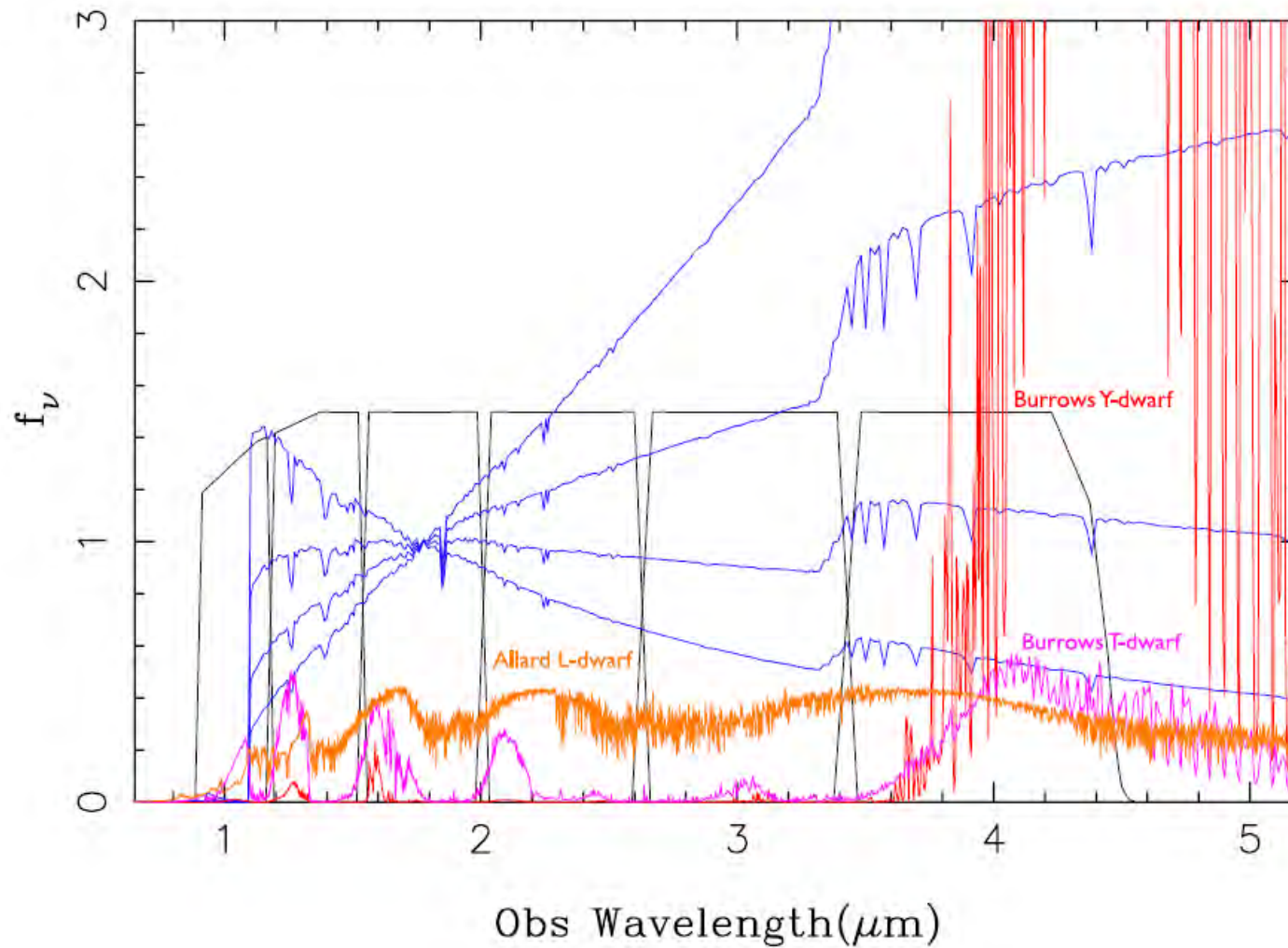
# 初期宇宙銀河 色選択とコンタミネーション

PEGASE( $z=8.0$ )/M05 SSP 1Gyr( $z=2.3$ )/CWW-E( $z=2.0$ )

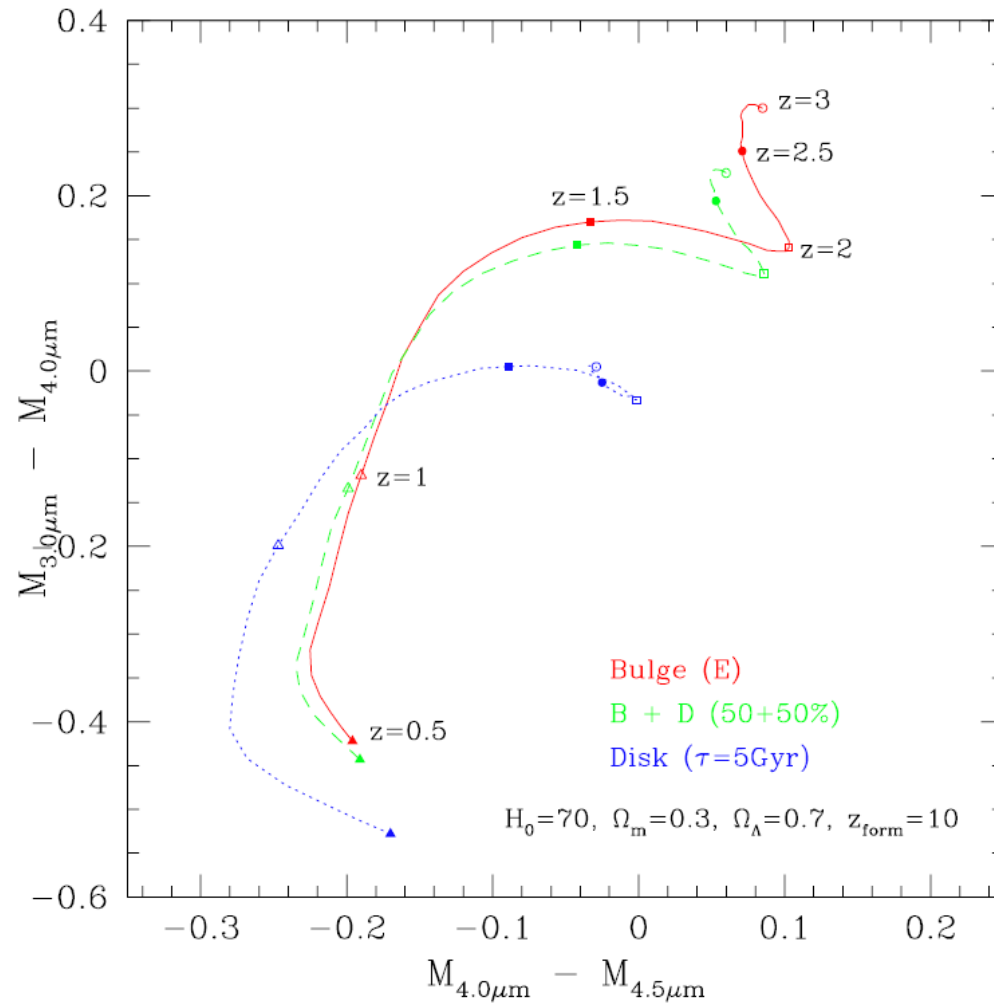


# 初期宇宙銀河 色選択とコンタミネーション

PEGASE(z=8.0)/L,T&Y-Dwarf Models

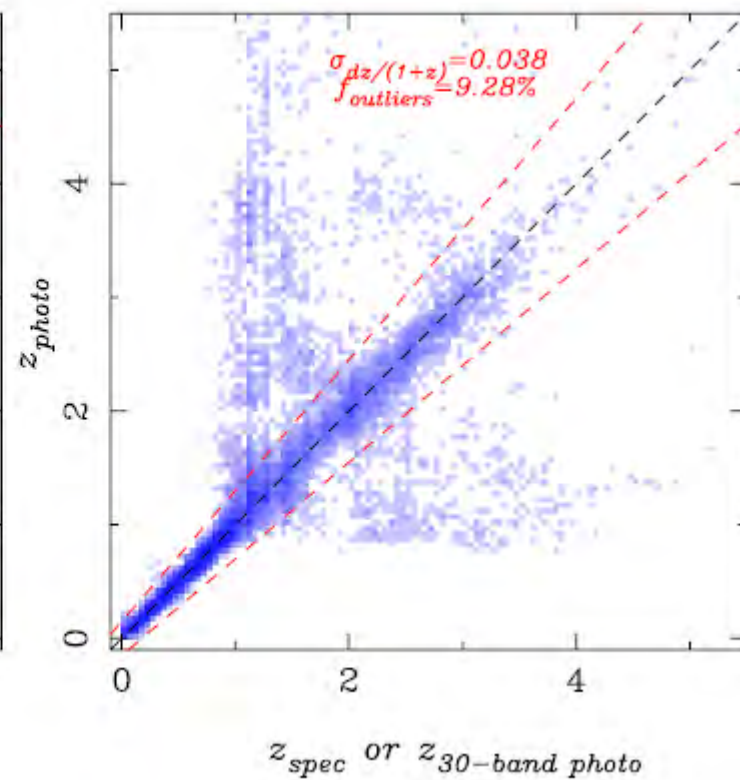
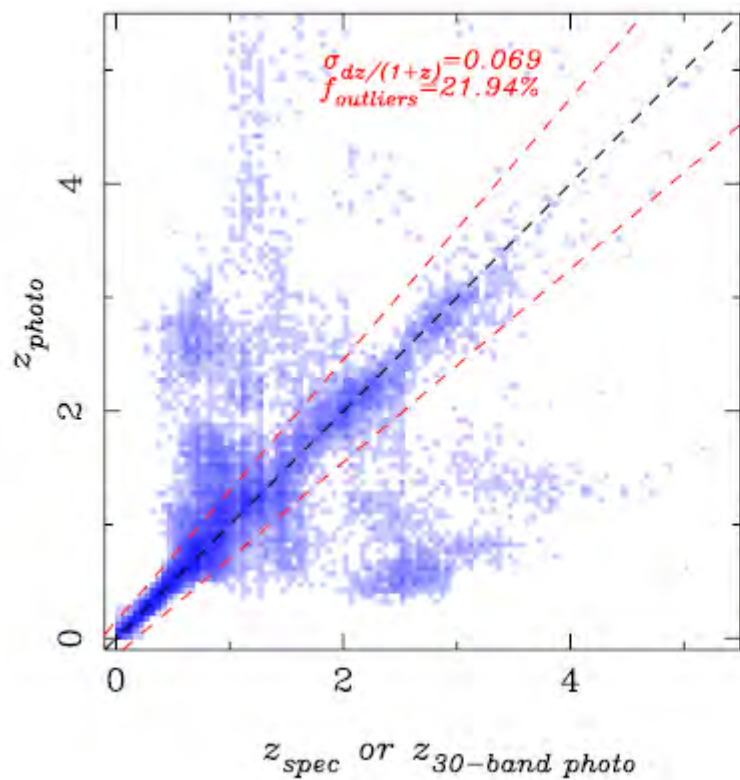


# WISH と HSC photometric redshift



WISH のみでの photo-z

# WISH のみでの photo-z 精度

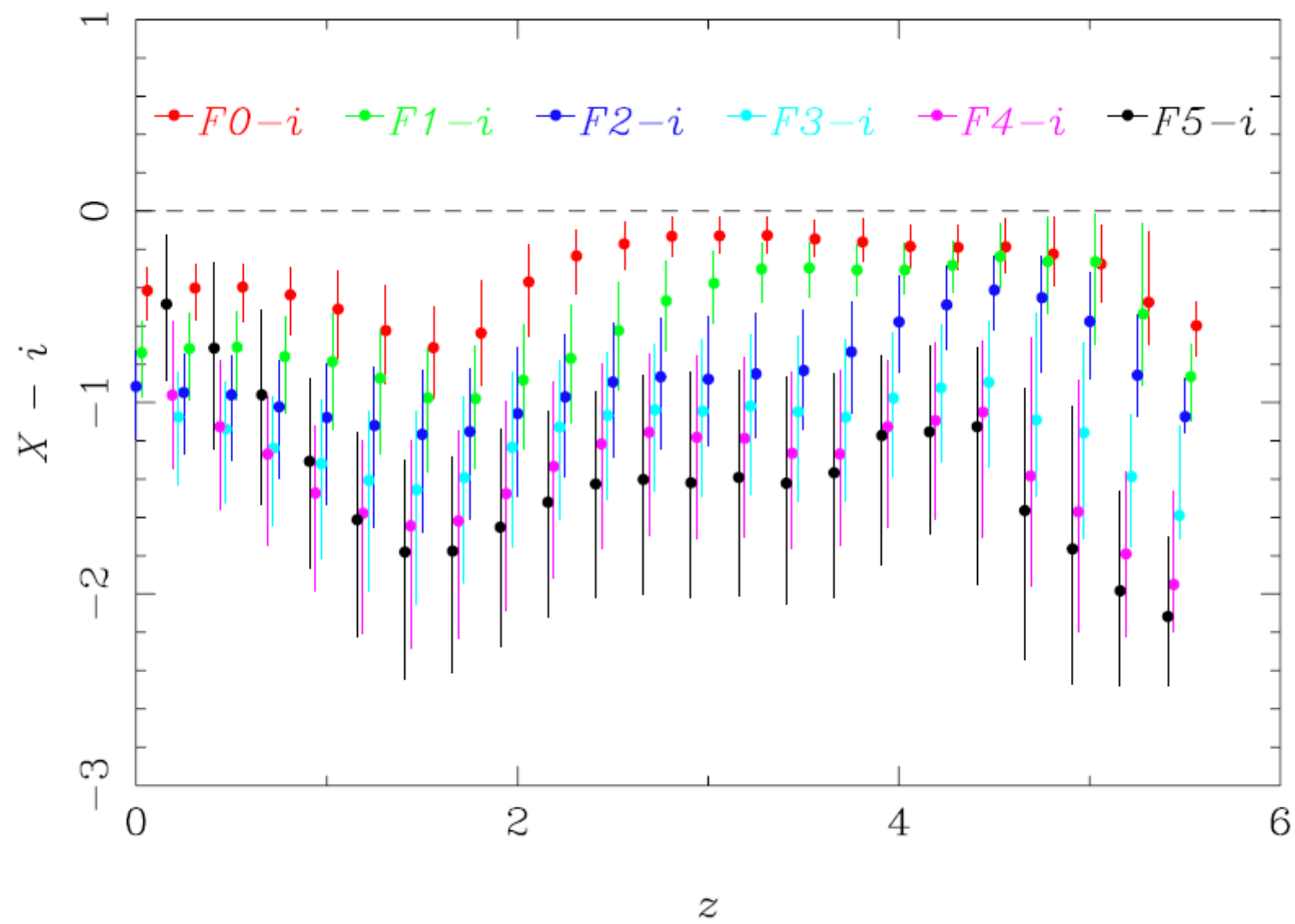


田中、他  
WISH 提案書

Filter	Wide	Optimal Wide	Deep	Medium	UltraDeep
<i>g</i>	27.3	27.3	28.4	28.4	29.3
<i>r</i>	26.8	26.8	28.0	28.0	28.9
<i>i</i>	26.6	26.6	27.6	27.6	28.7
<i>z</i>	25.8	25.8	26.8	26.8	28.0
<i>y</i>	25.0	25.0	26.0	26.0	—
<i>F0</i>	(24-25)	(26.0)	28.0	26.5	28.0
<i>F1</i>	24-25	26.0	28.0	26.5	28.0
<i>F2</i>	24-25	25.5	28.0	26.5	28.0
<i>F3</i>	24-25	25.0	28.0	26.5	28.0
<i>F4</i>	(24-25)	(25.0)	28.0	26.5	28.0
<i>F5</i>	(24-25)	(25.0)	28.0	26.5	28.0

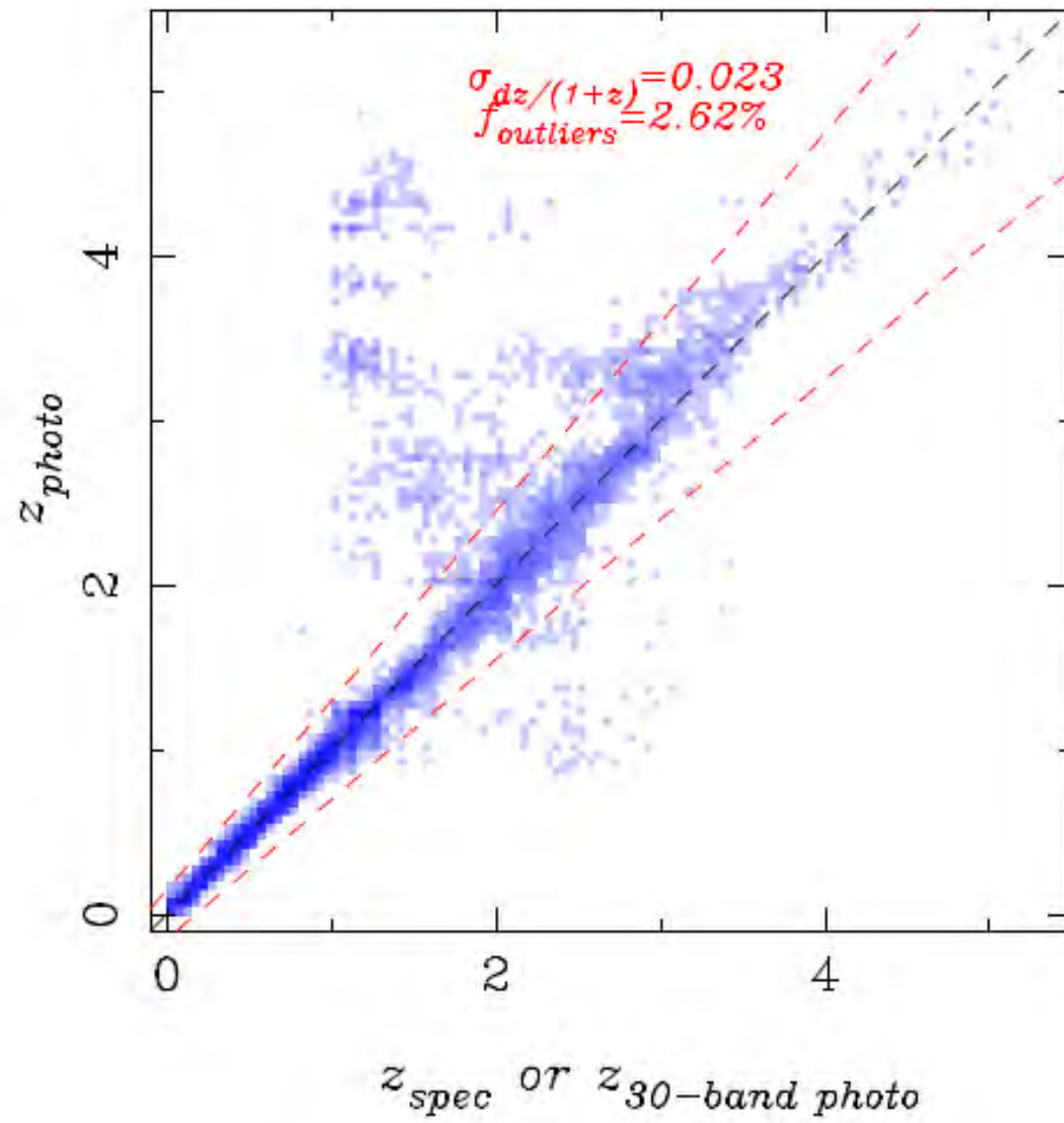
HSC-Wide / WISH-UWS

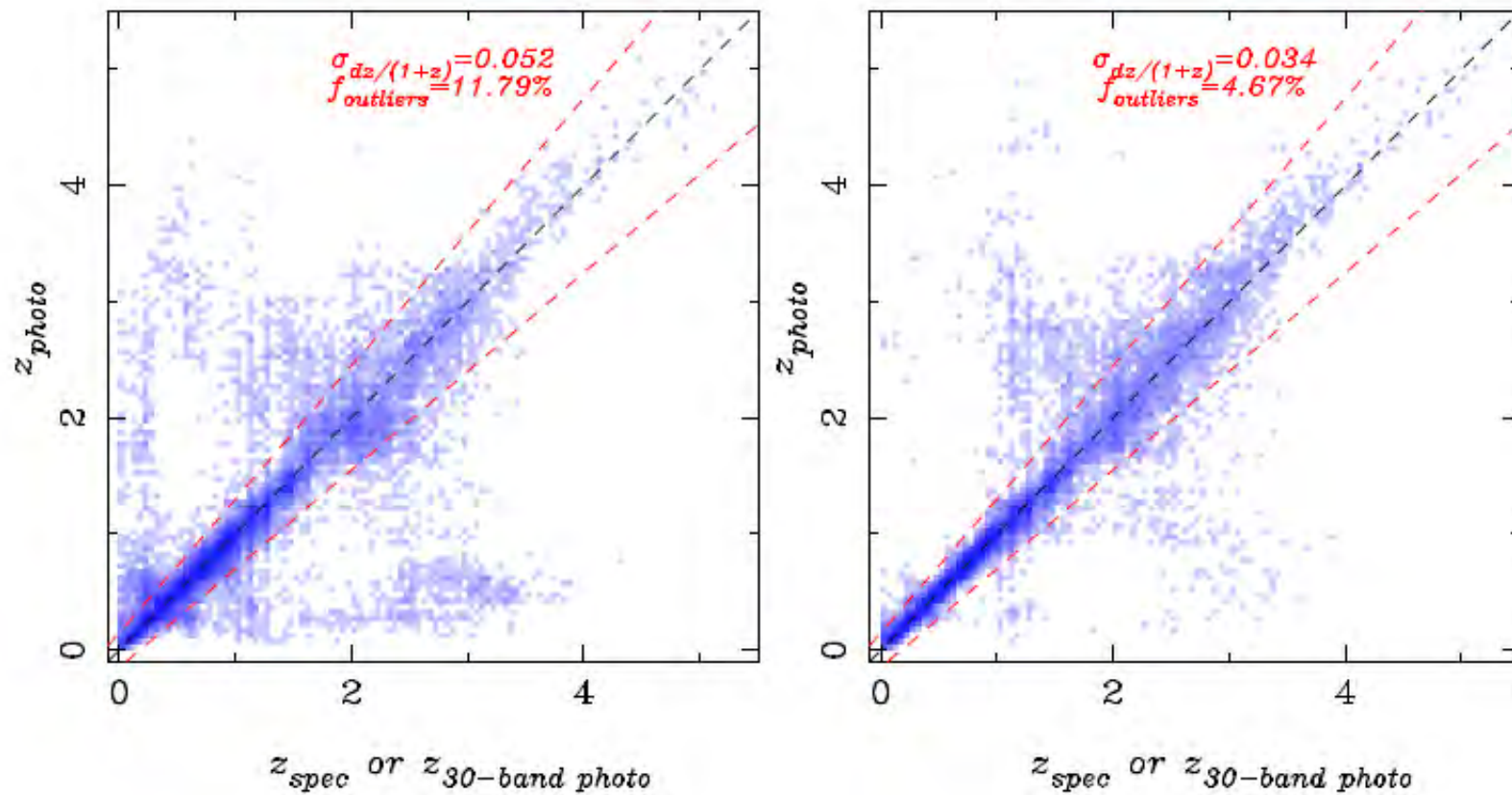
HSC-Deep/ WISH-UDS





# HSC Deep + WISH-UDS





HSC Wide + WISH UWS

# WISH 他的大型計画との比較

## 国内の他の計画との関連:

**すばる望遠鏡:** WISH は Suprime Cam の広視野観測を波長  $1\mu\text{m}$  以上に拡大する計画。すばるが進めてきた遠方銀河観測研究をさらに高赤方偏移へ進める。

**TMT 望遠鏡:** WISH は TMT など ELT と非常に強い親和性、相補性。

WISH の撮像感度と TMT による近赤外線分光感度がマッチしている。一方、TMT では、近赤外広視野観測はできない。

**SPICA:** SPICA コア波長  $5\text{-}200\mu\text{m}$  に対して、WISH 波長範囲  $1\text{-}5\mu\text{m}$  は相補的。

SPICA FPC-G とは視野で 30-40 倍であること、専用望遠鏡であることで相補的。科学的には、WISH が最遠方初期宇宙研究を主目的とするのに対して、SPICA はガス・ダスト観測による中間赤方偏移の銀河形成過程の解明に重点。

**ALMA:** 非常に強い吸収を受けた天体の可視・近赤外対応天体観測として WISH は重要。

**あかり:** 大口径、高い解像度、専用サーベイ戦略により、あかり衛星が達成した近赤外宇宙観測を、質的・量的に大きく拡大する研究を行うことができる。

## 海外の類似計画の有無、差別化:

波長  $1\text{-}5\mu\text{m}$  での広視野深宇宙探査計画という意味では WISH はユニークである。

比較的 WISH に近い広視野宇宙観測を行う計画としては、次のものがある。

**Euclid (ESA):** 口径  $1.2\text{m}$ 。可視光中心に  $15000$  平方度の分光・撮像観測。撮像検出限界 AB 24 等。赤外は波長  $1\text{-}2\mu\text{m}$ 。測光器という位置づけで、 $0.3$ 秒角/ピクセル。精密宇宙論。2019 打ち上げ予定。

NEP/SEP 近傍で Deep AB 26 等 (数十平方度) の観測を行うが、これより深くは行かない点で WISH と相補的。

**WFIRST (米国):** Astro2010 スペース最優先計画。口径  $1.3\text{m}$ 。波長  $0.6\text{-}2\mu\text{m}$ 。精密宇宙論。撮像および分光。

# WISH スペース国際広視野計画との比較

表 14.1.3 Euclid , WFIRST 近赤外撮像チャンネルと WISH の比較

	Euclid	WFIRST	WISH
Mirror	1.2m	1.3m	1.5m
Wavelength Coverage	0.9-2 $\mu$ m	0.8-2 $\mu$ m	1-5 $\mu$ m
FoV	0.5deg <sup>2</sup>	0.3deg <sup>2</sup>	0.23deg <sup>2</sup>
Pixel Scale	0.3arcsec	0.18arcsec	0.155arcsec
Num. Pixels	64Mpix	144Mpix	128Mpix
Filters	YJH	4BB	6BB+NB
Survey Area Deep	40deg <sup>2</sup>	?	100deg <sup>2</sup>
Survey Depth Deep	26AB	?	28AB
Survey Area Wide	20000deg <sup>2</sup>	HL >2500deg <sup>2</sup>	>1000deg <sup>2</sup>
Survey Depth Wide	24AB	25AB	24-25AB
Primary Science	Dark Energy	Dark Energy Exoplanets QSO	First Galaxies

WFIRST: 2011 July SDT Interim Report  
Euclid: web page

# WISH Visibility

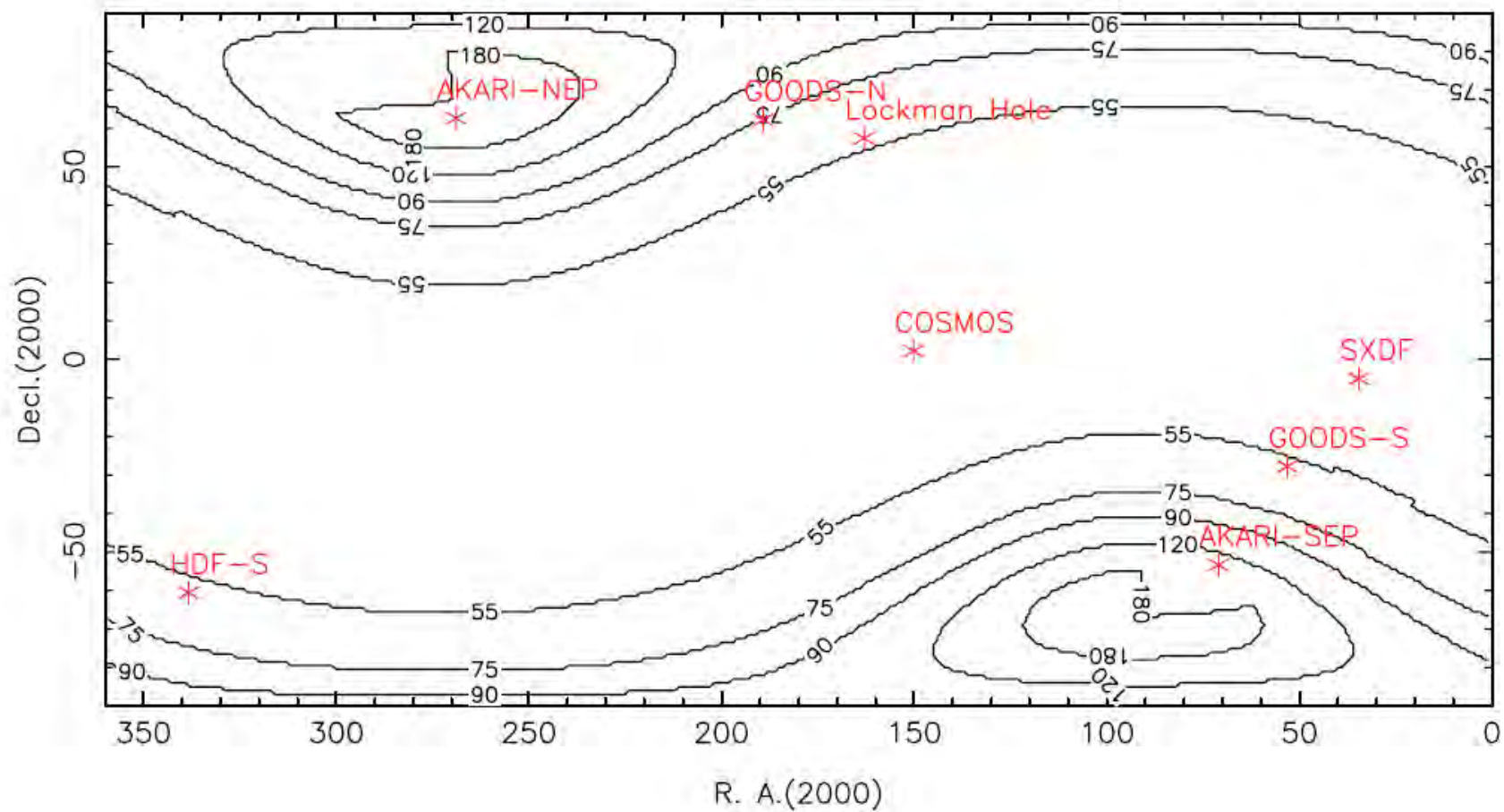


図 2.14.12: 1年間の観測可能日数 - 赤道座標の場合

