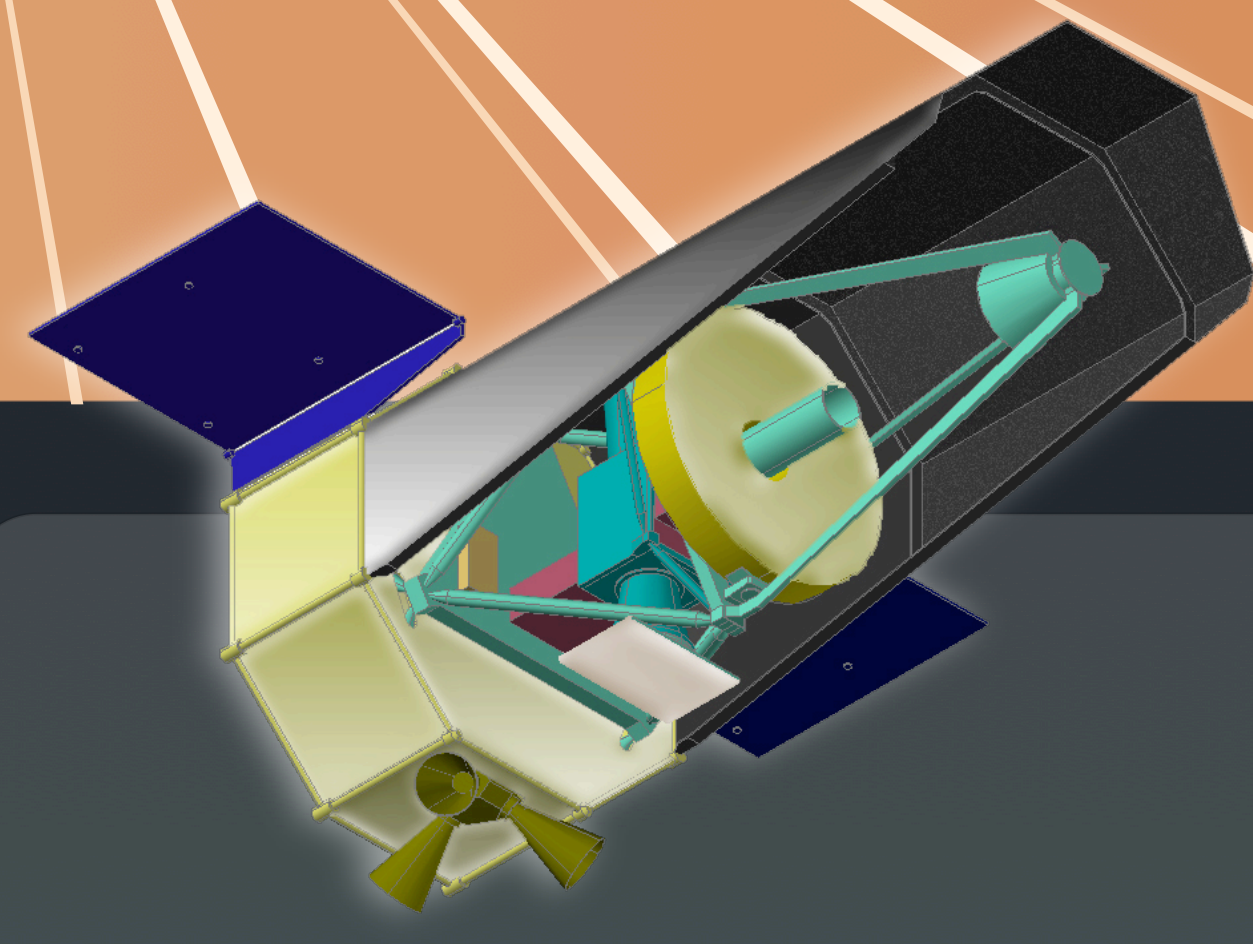


WISH as a Unique Sample Provider for TMT

○岩田 生¹、山田 亨²、矢部 清人³、諸隈 智貴¹、小林 正和¹、常田 佐久¹、東谷 千比呂²、松原 英雄¹、和田 武彦⁴、大藪 進喜⁴、杉田 寛之⁴、佐藤 洋一⁴、岡本 篤⁴、
太田 耕司⁵、河合 誠之⁵、児玉 忠恭⁶、小宮山 裕¹、米徳 大輔⁶、筒井 亮⁷、土井 守⁷、安田 直樹⁷、井上 昭雄⁷、後藤 友嗣⁹、池田 優二¹⁰、岩村 哲¹¹ ほか WISH 検討チーム
(1: 国立天文台、2: 東北大、3: 京都大、4: JAXA、5: 東工大、6: 金沢大、7: 東京大、8: 大阪産業大、9: ハワイ大、10: フォトコーディング、11: MRJ)



WISH: Wide-field Imaging Surveyor for High-redshift

WISHは口径1.5mの鏡と約1000平方角の広視野近赤外カメラを搭載した宇宙望遠鏡により、地上からは達成不可能な深さで非常に広い天域をサーベイする計画である。現在、JAXA宇宙理学委員会のもとに設立されたWISHワーキンググループにおいて、活発な検討・要素技術開発が進められている。

WISH基本仕様

主鏡口径	1.5m
視野	~1000平方分
Pixel Scale	0.15" (~diffraction limit@1μm)
検出器	32 2k × 2k HgCdTe Arrays
波長	1 - 5 μm
軌道	Sun-Earth L2
口ケット	HII-A
打ち上げ時期	2010年代後半
Mission Lifetime	>5 years at L2

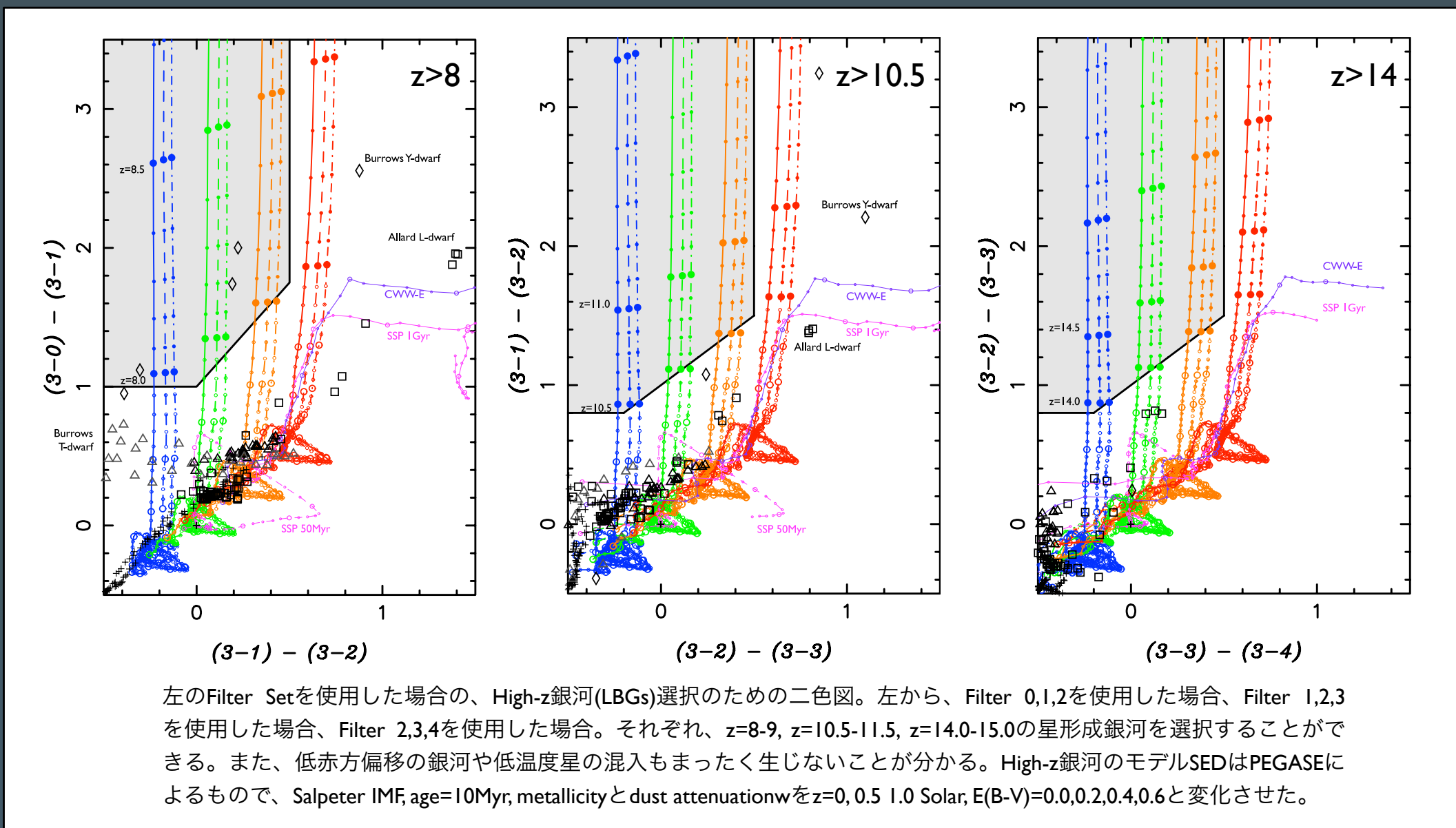
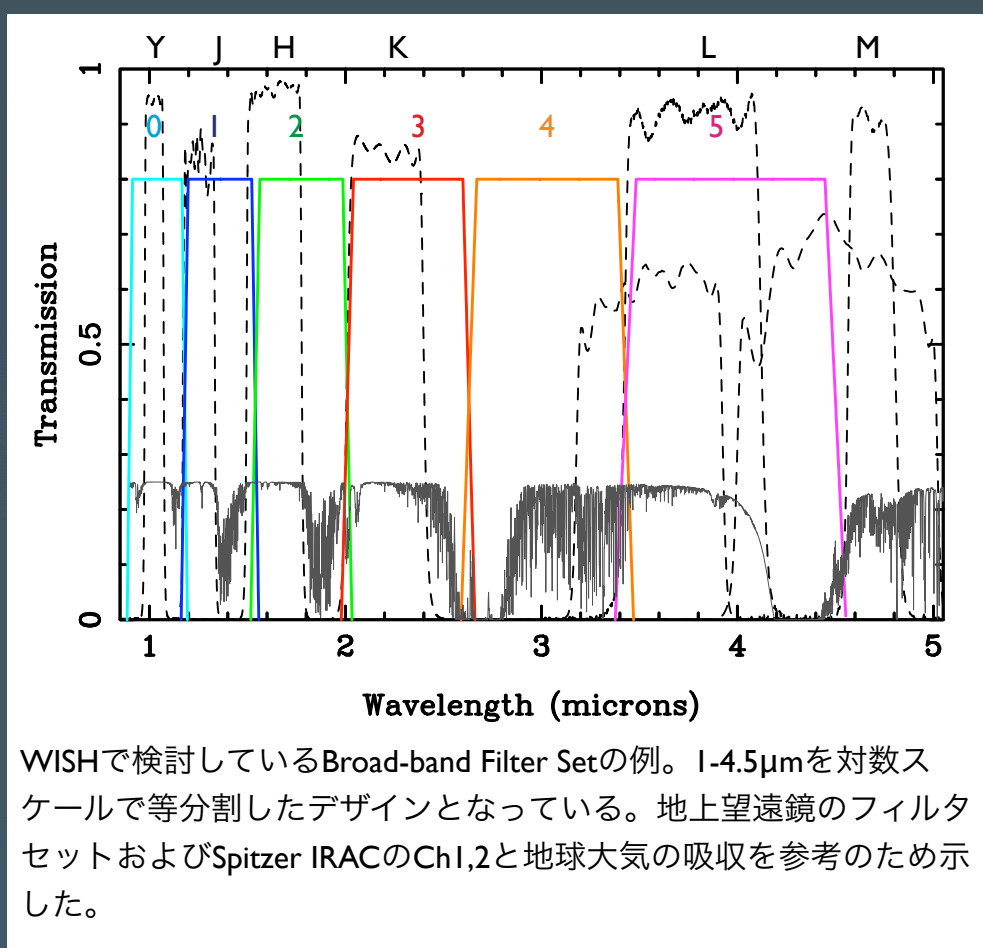
WISH Science Goals

・スペースではじめて可能になる近赤外線広視野深観測による赤方偏移7-15の宇宙最初期の天体の探索

・深宇宙探査に伴う多数回観測によって遠方宇宙($z \sim 1.5$)の Λ 型超新星の検出を検出し、宇宙膨張史を調査することによる**暗黒エネルギー**の性質の解明

・かつてない高感度・広視野の近赤外線撮像データ: 銀河・QSO進化、銀河系、恒星、惑星などの多様な天文学に貢献する画期的なデータセット

Finding Luminous Galaxies at $z > 7$



WISHは28 AB mag.の深さでの広視野多色撮像サーベイを展開する。ここでは、現在検討しているフィルタセットでのHigh- z 星形成銀河の検出期待数を評価した。High- z 銀河の検出には、主としてIGM吸収によるSEDの不連続(Lyman break)を撮像観測で検出するdrop-out法を用いる。現在検討しているフィルタセットでは、 $z > 7$ 以上の銀河を、低赤方偏移の銀河や銀河系内の低温度星の混入がほとんどない**クリーンなLyman break銀河(LBG)**の選出が可能である。これらの二色図をもとに、測光の不定性、IGM吸収の不定性、前面に銀河が存在して検出に失敗する確率を考慮して見かけの等級に依存したcompletenessを計算し、各フィルタセットを用いたLBGの1平方度あたりの検出期待数を計算した。UV光度関数の進化がどのように進むかによって、検出期待数にはかなり変化があるが、WISHでは1平方度あたり50-100個程度の $z=11-12$ のLBGを検出できる見込みである。WISH Ultra-Deep Survey (UDS)は、現在の検討では28 AB mag.で約70平方度をサーベイする。 $z=11-12$ の銀河の総検出期待数は3600-7500個、 $z=14-16$ の銀河の総検出期待数は50-80個となる。 $z=11-12$ の銀河では、TMTでの分光検出限界である26.5 AB mag.よりも明るい銀河が10-260個検出されると期待される。検出数の変動は仮定したUV光度関数進化に依存したものであり、WISH UDSによって、特にbright-endのUV光度関数進化が明らかになることが期待できる。

WISHでの検出期待数

Survey Area redshifts	redshifts	Survey Area (deg ²)	Empirical Evolution		SAM	
			$m < 28$	$m < 26.5$	$m < 28$	$m < 26.5$
Filter 0-drop	$z=8-9$	10	17400	859	6483	975
Filter 1-drop	$z=11-12$	72	7534	12	3596	266
Filter 2-drop	$z=14-16$	72	52	0	77	1

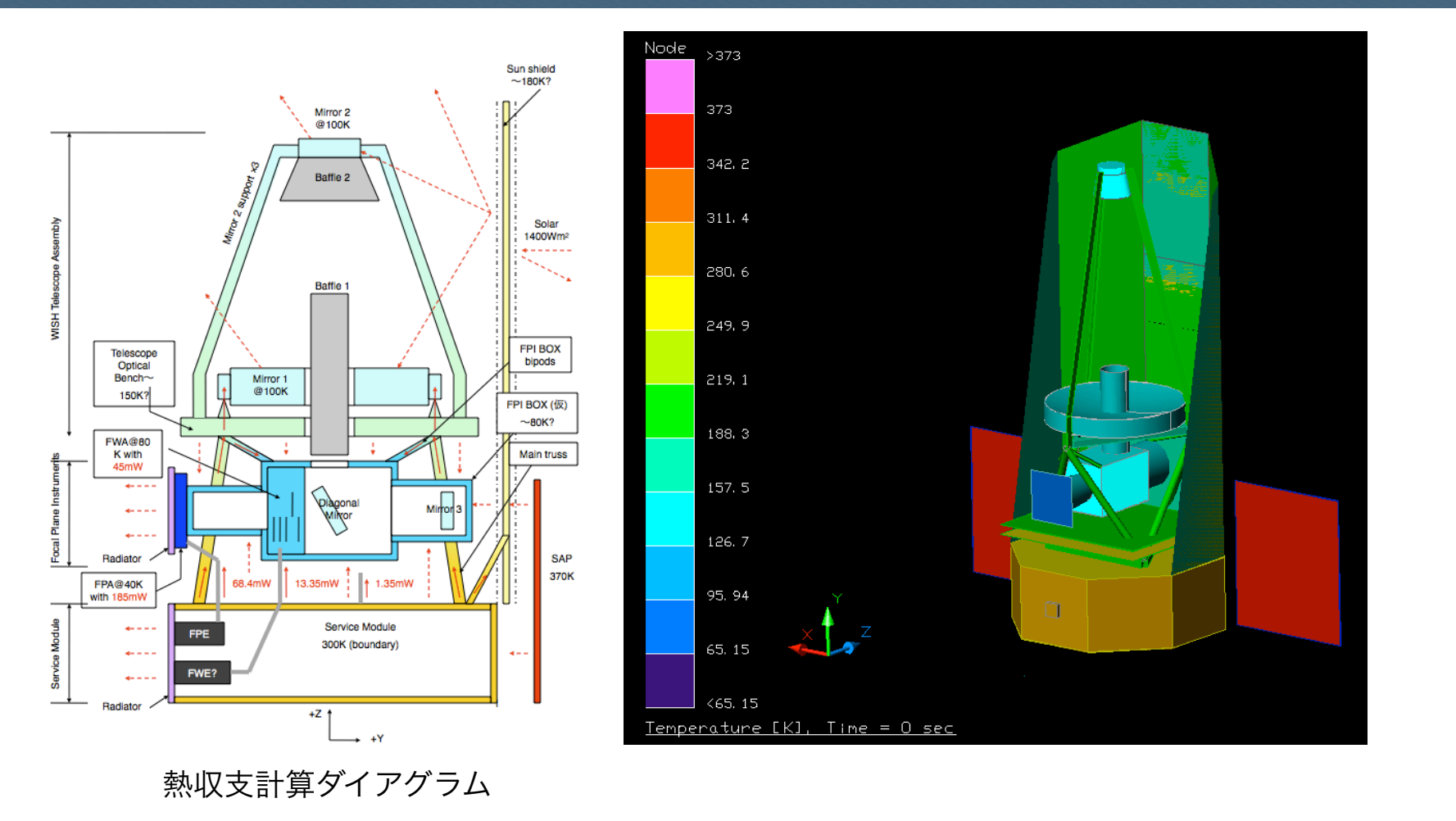
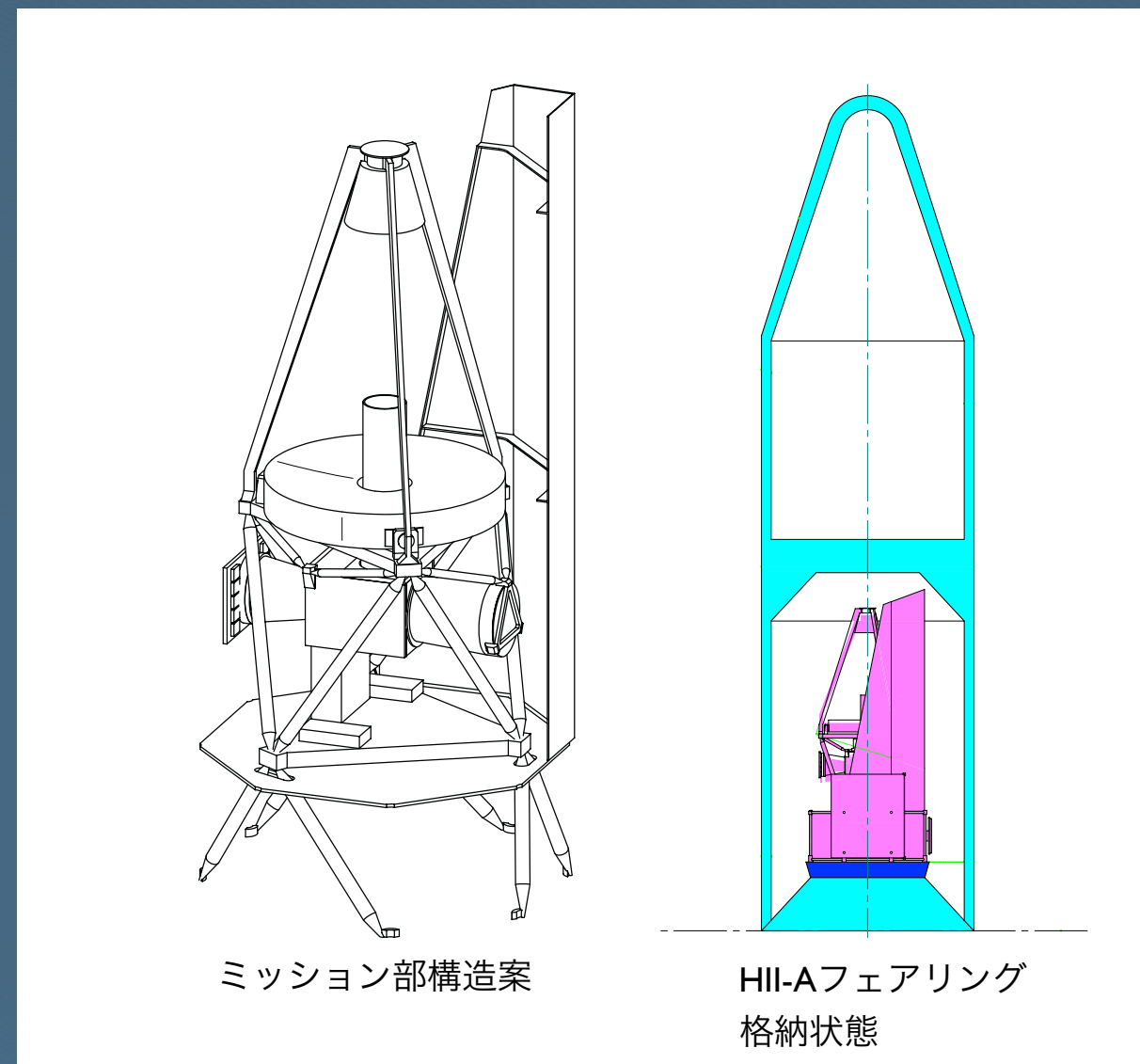
**WISHなら、TMTで分光できる
 $z > 10$ 銀河を確実に検出することができる**

望遠鏡構造

WISHは単一の観測装置を搭載し、冷凍機をもたないシンプルな構成をベースラインとしている。H-IIAでのDual Launchに対応する。

基礎的熱設計

十分にバックグラウンドノイズを低減するために、鏡を100K、検出器周辺を80K、検出器自体を40Kに冷却する必要がある。JAXA研究開発本部 熱グループの協力により、基礎的な熱計算を進めている。



詳しくは飛翔体観測機器セッション ポスター (口頭発表は3/25(木) 10:00-)

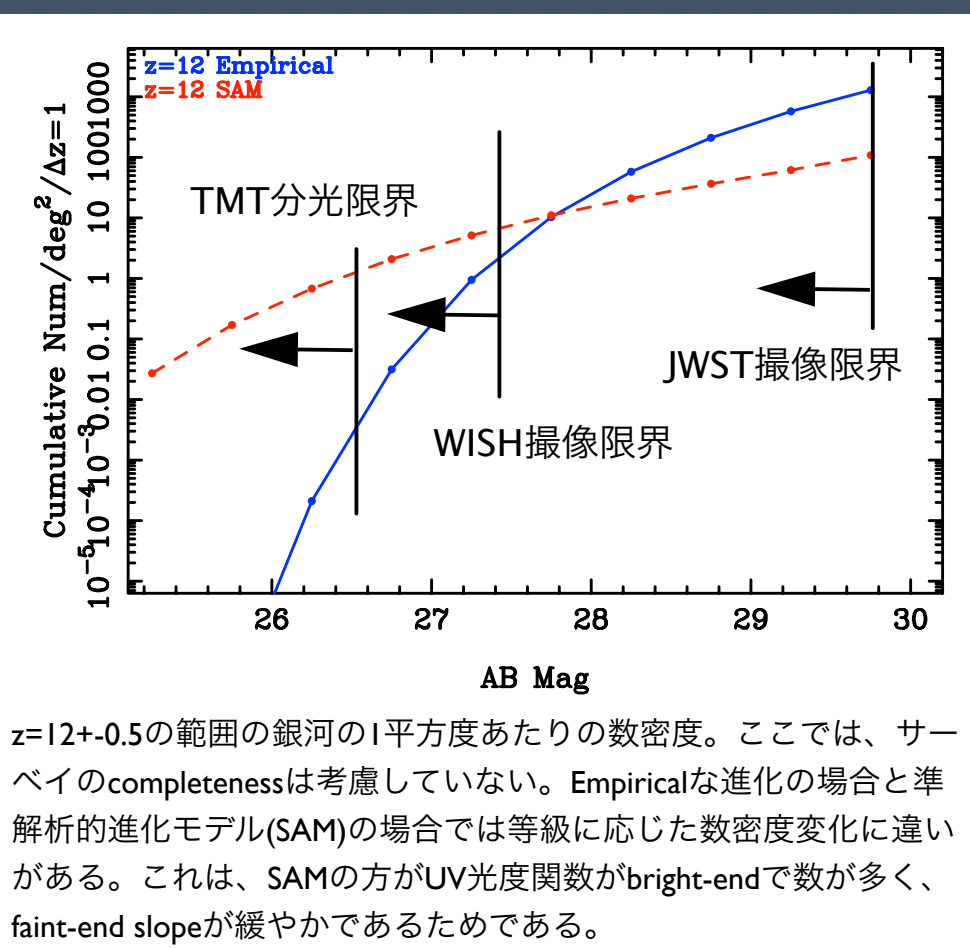
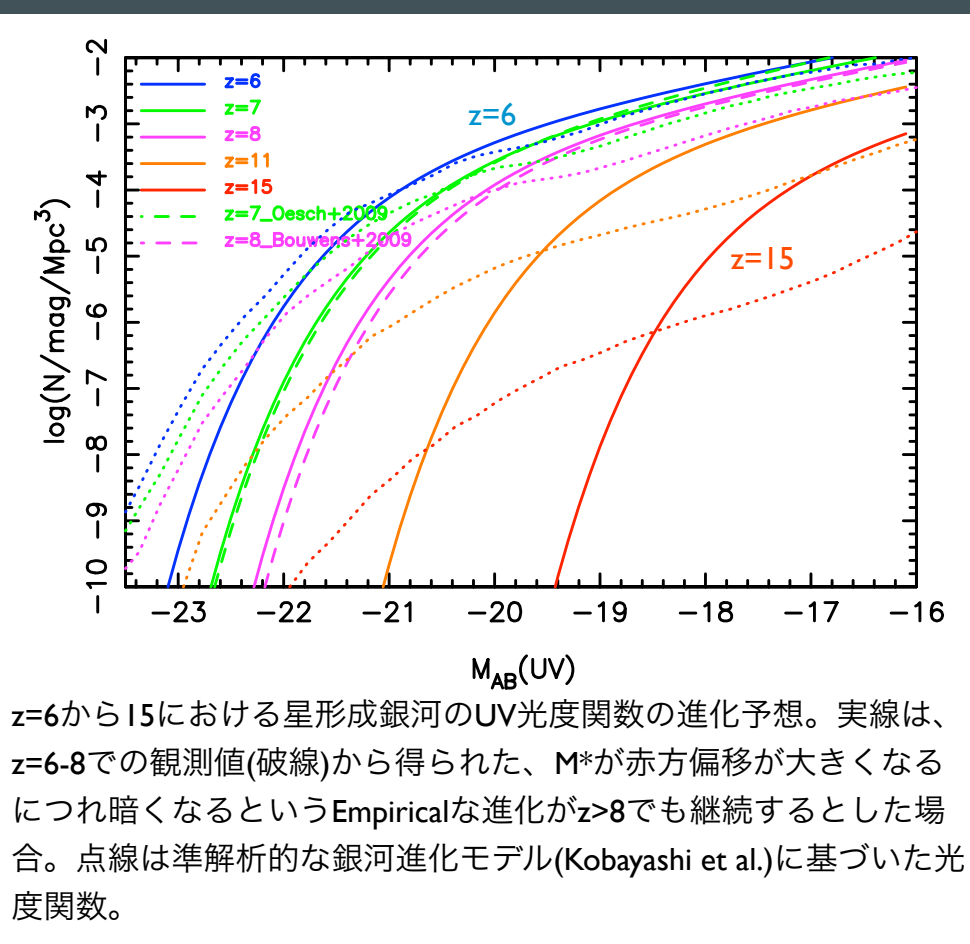
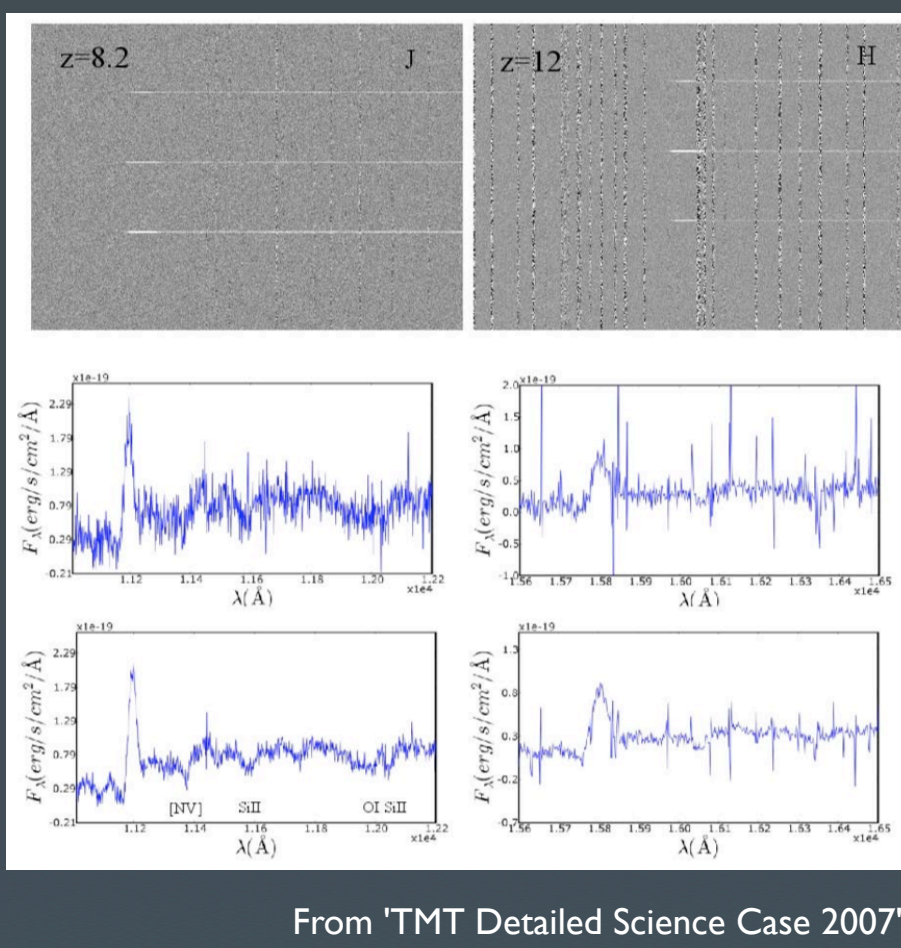
W09b 山田 亨 「超広視野初期宇宙探査衛星WISH計画の進捗」

W10b 矢部 清人 「WISH: フィルターセット検討および3.2μm広帯域フィルター試作試験」

W11b 諸隈 智貴 「WISH: フィルター交換機構開発の現状」

をご参照下さい

TMT: Spectroscopic Exploration of 'First' Galaxies



TMTの主要な科学的目標のひとつとして、初期宇宙の銀河の探索が挙げられている。宇宙誕生から約10億年までの時代には、初代天体の形成とそれともなう宇宙再電離という、現在の宇宙の基本構成が成り立つ大イベントがあった。すばる望遠鏡をはじめとする8-10m級望遠鏡は、現在($z=0$)の1/10未満($z=7$)の宇宙年齢の時代までの銀河を発見し、その性質を明らかにするべく観測を試みてきたが、特に $z > 7$ 以遠の銀河の探索は、地上からの深い観測が困難になる近赤外線領域に入ってくる。TMTは圧倒的な集光力と補償光学による解像力の向上で宇宙最初期の銀河の探索を行う。特に、分光観測による候補天体の同定および性質の解明に大きな威力を発揮すると期待される。

現在公表されているTMTによる初期宇宙銀河探索プランでは、JWSTとの連携が強調されている。JWSTによる撮像観測で発見された候補天体を、TMTで分光するという筋書きである。しかし、このような組み合わせは本当にうまく行くのであろうか？ここでは、例として $z=12$ の星形成銀河を探索する場合を考えてみた。JWST/NIRCamの最大の特徴は、低バックグラウンドと大型鏡を活かした深い撮像観測である。On-source 10時間の積分で、2.0μmのフィルタ(F200W)の3σ検出限界は29.7 AB mag. に達する (銀河のサイズを150 mas = 0.75 kpc @ $z=12$ と仮定)。一方で、視野は2.2x4.4'と狭い。

TMT/IRMS, IRMOSによる連続光の分光検出限界は、1.65μm (H-band)でR~1200の場合、5σ 26.4 AB mag.と見積もられる。JWSTの撮像の検出限界と、TMTの分光の検出限界には非常に大きなミスマッチがある。Lyα輝線での検出を狙う場合でも、3e-19 erg/s/cm²以上の明るさが必要で、これは $z=12$ ですばるによる広視野狭帯域撮像探査で見つかった $z=6-7$ Lyα輝線銀河のLuminosityの下限の約半分(5e41 erg/s)に対応する。 $z=12$ の連続光29.5 AB mag.の銀河がこのような輝線を持つためには、静止系等価幅が35Å以上必要で、宇宙再電離期にはLyα脱出率が大幅に低くなると予想されることを考えると、非常にLyαが強い天体しか検出できないであろう。

TMTで分光可能な銀河は、どれくらいの数密度で存在するであろうか。その予想される数密度を、ここでは二つの方法で推定した。

・ $z=4-8$ のこれまでのUV光度関数の観測結果から得られた典型的光度(L*)の赤方偏移に応じた進化が、より遠方まで継続すると仮定してUV光度関数を推定する(Empiricalな進化)

・半解析的銀河進化モデル(SAM; Kobayashi et al. 2010を改訂)に基づくUV光度関数を用いる

これら二つの方法で推定されるUV光度関数は、 $z > 10$ ではかなり大きな違いがみられる。これらの進化予想に基づいて、 $z=12 \pm 0.5$ の範囲の銀河の数密度を計算した。

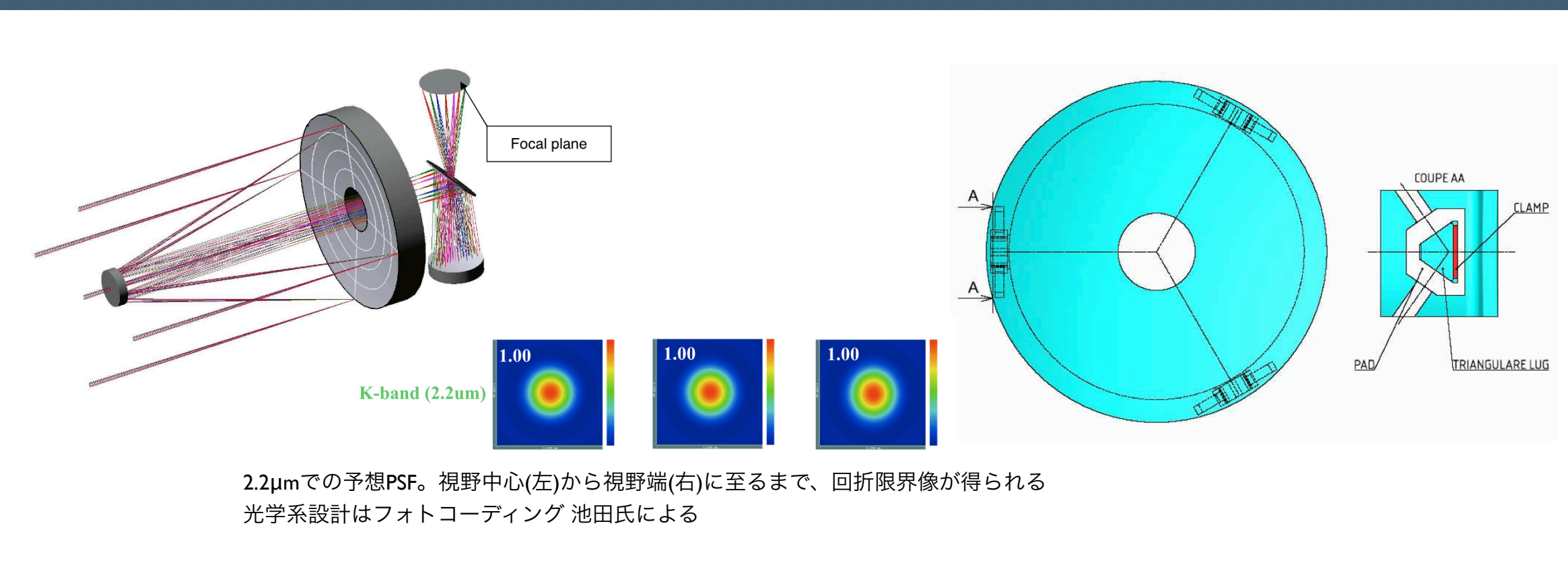
TMT/IRMS, IRMOSで分光可能な26.5 AB mag.(H-band)の $z=12$ の銀河は、completeness=100%の場合でも、SAMの場合で0.7個/deg²、Empiricalな進化の場合では2x10⁻⁴個/deg²しか存在しない。つまり、JWSTで現実的に実行可能な数平方度程度のサーベイでは、TMTで分光して連続光を検出できるような明るさの $z \sim 12$ 銀河は、せいぜい数個、進化によっては全く発見できないかもしれない。

JWSTによる撮像によって、宇宙初期の銀河候補は検出できるであろう。しかし、それらは、TMTで分光し、連続光を検出して、宇宙再電離過程や銀河形成の最初期過程を明らかにするには暗すぎる。

Active Development to make WISH come true

光学系

現在の光学系デザインは3枚鏡+平面鏡によるドーナツ型の視野をもつもので、視野の前面にわたりストレール比~1.0を達成している。



フィルタ交換機構

多波長サーベイを行うために、多数のフィルタを入れ替えながら観測を行う必要がある。いくつかのフィルタ交換機構の検討を行ってきたが、現在はフリップ式フィルタ交換機構を各検出器ブロックに対し割り当てる方法を検討している。

スケジュール

Fyr 0 (2008)	検討チーム発足、JAXA/ISASWG
Fyr 1-2	仕様検討、要素技術開発 Mission Requirement / Definition Review ミッション提案書
Fyr 3	Phase-A / Proto Models
Fyr 4-5	Proto Models / Test Preliminary Design Review
Fyr 6-7	Proto Models / Test 主鏡、検出器 製作 Critical Design Review Flight Model
Fyr 8-9	Flight Model / Test 打ち上げ

