

WISH

upon a first galaxy....

WISH

Wide-field Imaging Surveyor for High-Redshift

超広視野初期宇宙探査衛星
(仮称)

2008年9月 宇宙理学委員会 WISH WG 結成

WISH 計画 推進・検討チーム

<http://www.oao.nao.ac.jp/%7Eiwata/wish/index.html>

宇宙科学シンポジウム 2009年1月7日

メンバー構成 (これまでのWISH 検討会参加のメンバー)

山田亨(東北大、PI)

岩田生、常田佐久、児玉忠恭、諸隈智貴、小宮山裕(国立天文台)

松原英雄、和田武彦、大藪進喜(JAXA/ISAS)

河合誠之(東工大)

太田耕司、矢部清人(京都大)

土居守、安田直樹、内一由夏(東京大)

後藤智嗣(ハワイ大)

井上昭雄(大阪産業大)

池田優二(フォトコーディング)

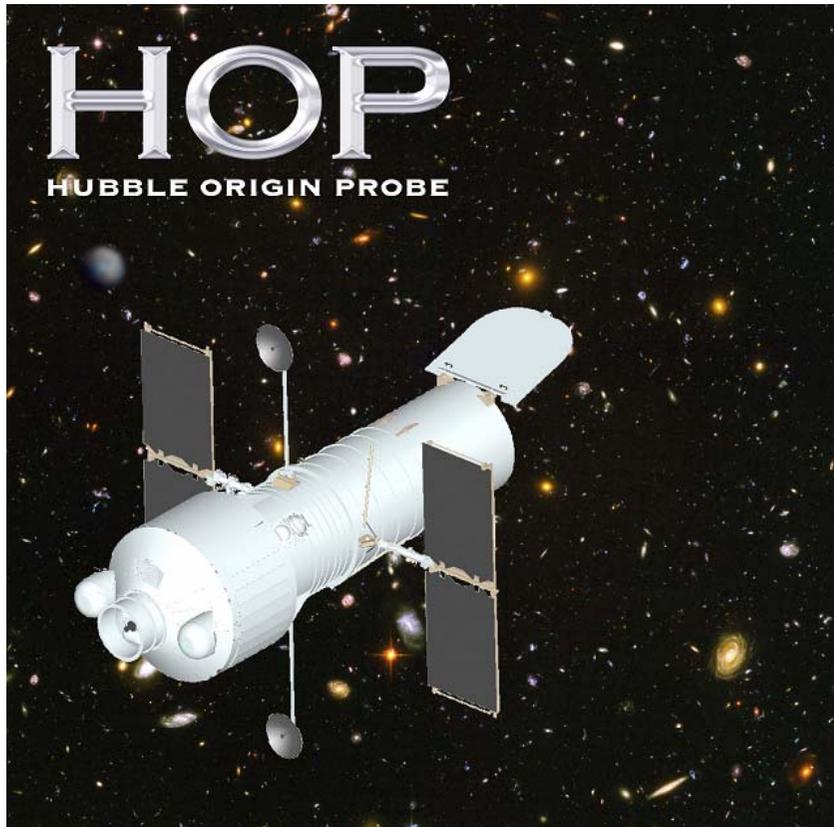
岩村哲(エム・アール・ジェイ)

WISH 計画の概要

- 近赤外線(波長 1-5 μm)における、これまでにない超広視野・深宇宙探査計画
- 再電離期の宇宙を探索し、第1世代と呼べる初期の天体形成をとらえる
== 銀河宇宙史の究極のフロンティア
- 主鏡口径 1.5m、広視野(~1000平方分角) シンプルな光学系を持つ、単機能・専用望遠鏡
- TMT、JWST、SPICA、すばる [HSC, WFMOS] とも相補的な機能
すばる、ひので、あかりからの発展

HOP 超広視野カメラ計画 (2004-2006)

- HST SM4 中止時の代替オプション (Hubble Origins Probe)
に搭載する超広視野カメラ (波長 $<1.05 \mu\text{m}$) の概念検討、R&D
- ユニークなプリズム補正光学系、完全空乏型 CCD、
低消費電力のモザイクカメラ・エレクトロニクスの試作、冷凍機低擾乱化、
宇宙用大型フィルタ・シャッタ機構の設計、試作



- 「HOP 超広視野カメラ提案書」
- HOP VWFI は、すでに制作されていた HST 用観測装置のため、HST と同様の前提条件のもとでの検討
- WISH 計画では、HOP VWFI 検討チームが中心になってキックオフ (現在は、より広い範囲に拡大)

唐突な新計画ではなく、
HOP VWFI からの発展的検討

WISH が目指すもの

宇宙第1世代の銀河

ORIGIN

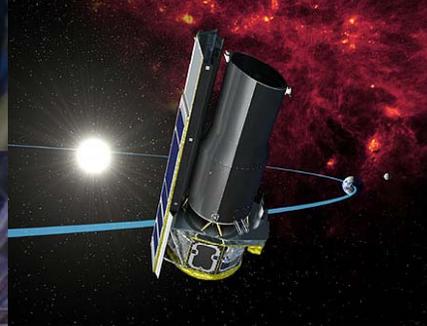
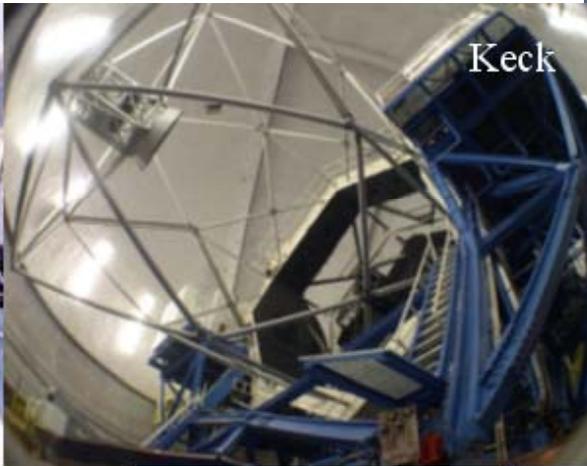
起源

WISH が目指す主要なサイエンス

- ★地上から達成不可能な深い探査による
宇宙最遠方＝宇宙最初期の第1世代の銀河の発見、および
宇宙再電離期における天体形成の系統的研究

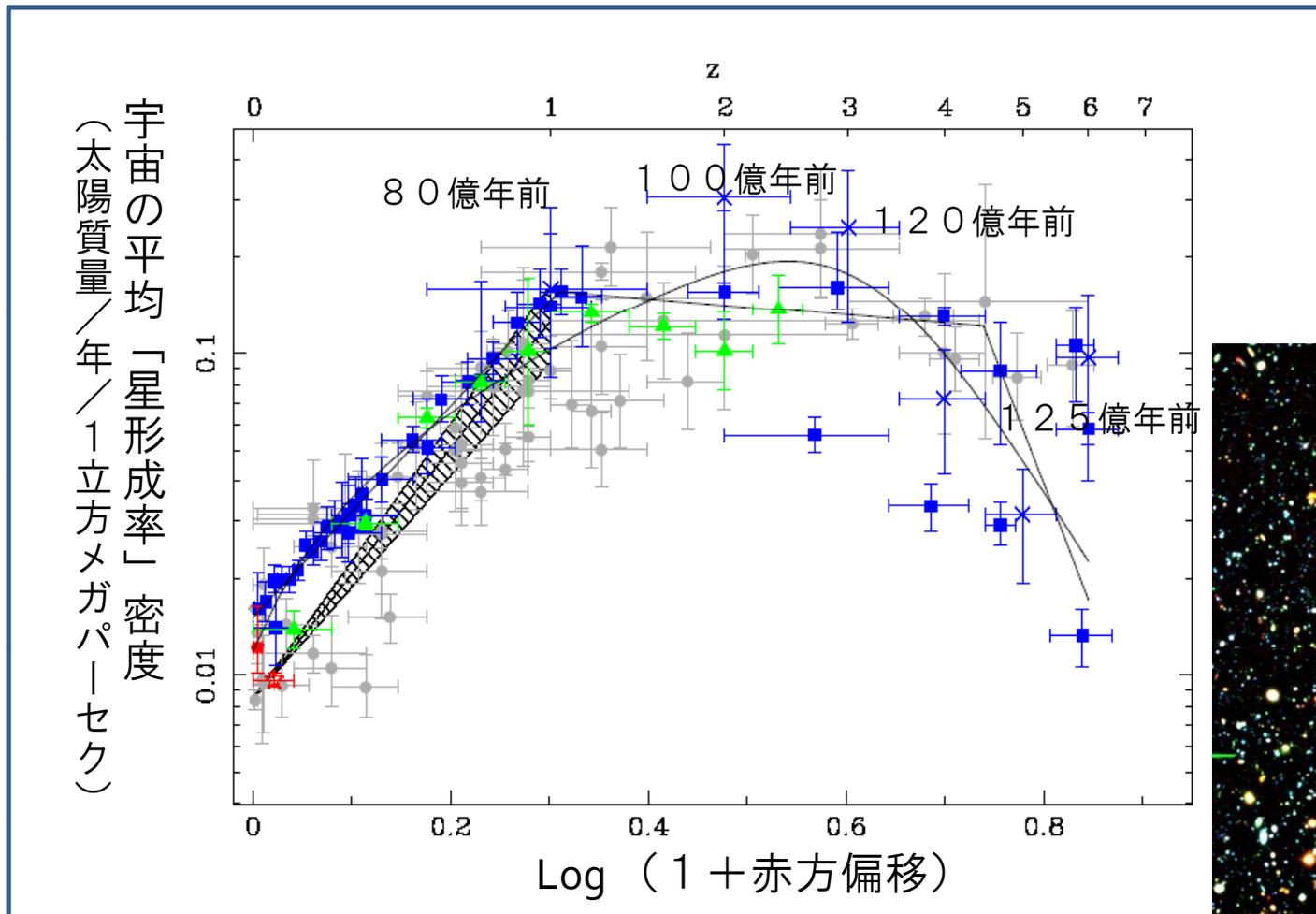
地上巨大望遠鏡と宇宙大天文台

「宇宙史を俯瞰的に捉えることに成功」



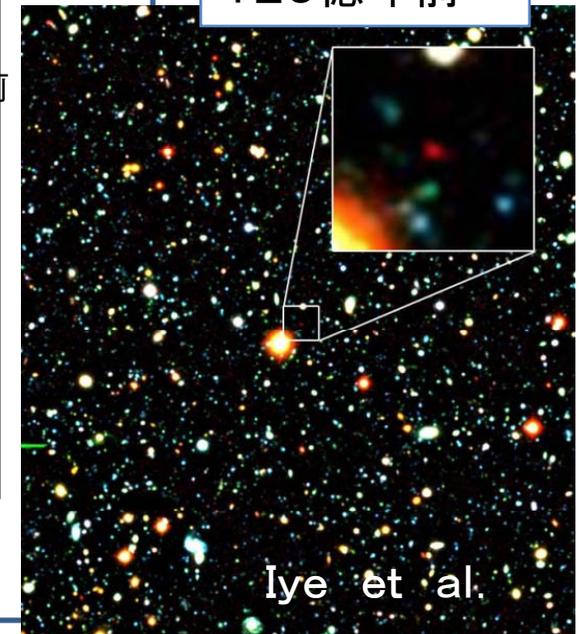
銀河の歴史を俯瞰する

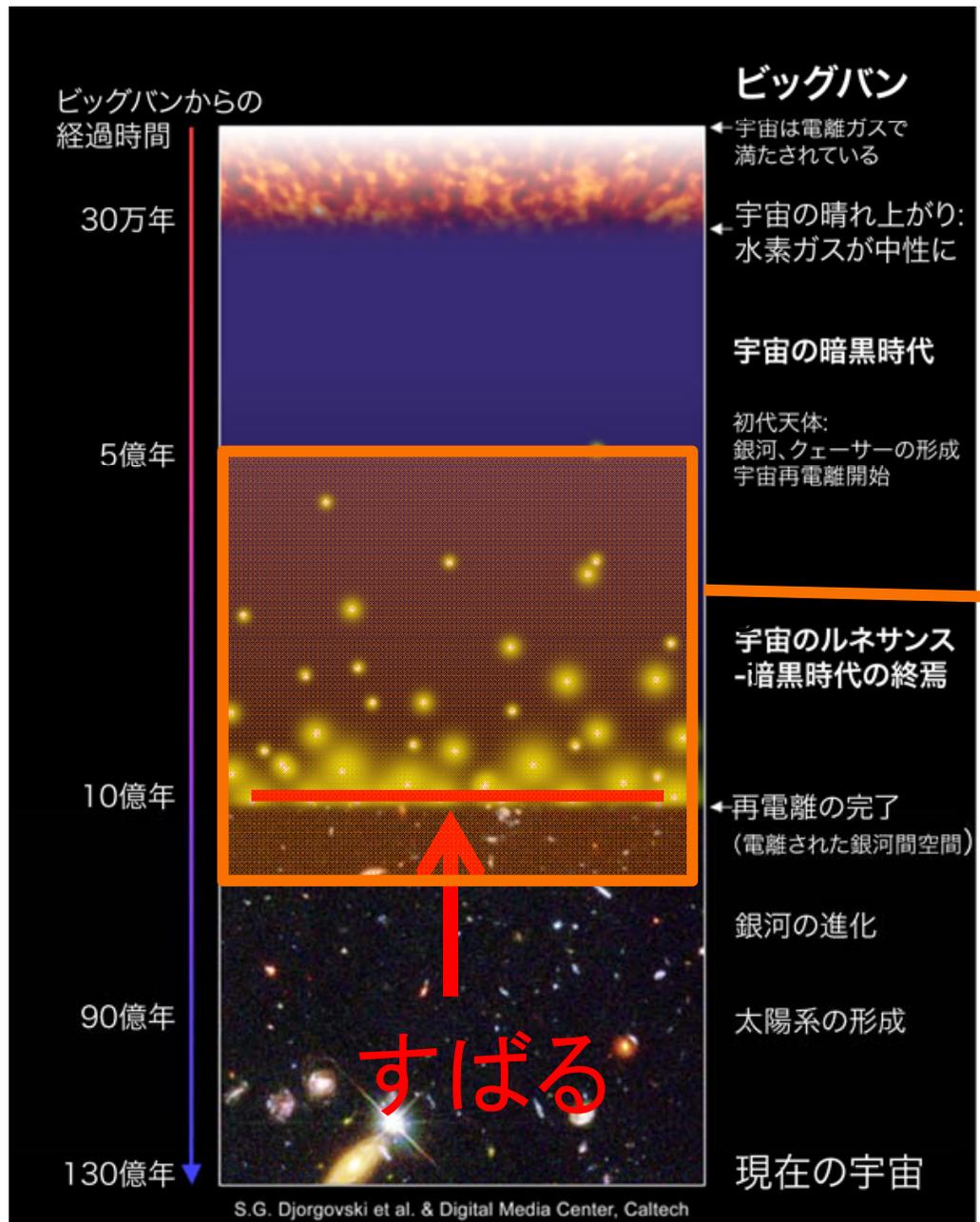
宇宙における銀河・星形成の歴史



Hopkins and Beacom 2006

知られている
現在の最古の
銀河。
129億年前





マイクロ波宇宙背景放射CMB

Dark age ~ 密度揺らぎの成長
HI

WISH

銀河宇宙史の
究極のフロンティア

第1世代銀河の観測

● なぜ、「すばる」では見えないか？

赤方偏移 $z > 7$ (> 130 億年前)の天体からの光

- 波長 $1\mu\text{m}$ より長い近赤外線となり
夜光、熱雑音のため
地上からの「広視野・深」観測は著しく困難

→ WISH

WISH が目指す主要なサイエンス

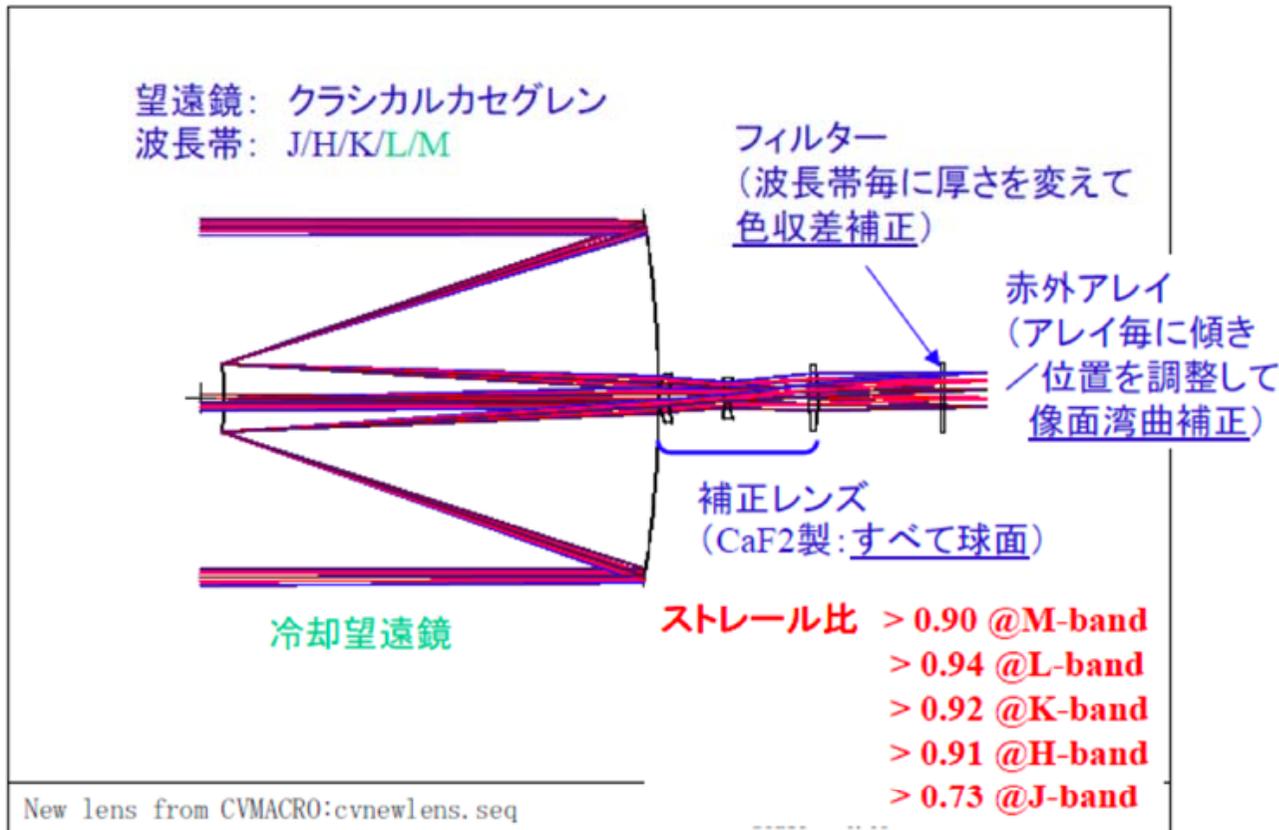
- ★地上から達成不可能な深い探査による
宇宙最遠方＝宇宙最初期の第1世代の銀河の発見、および
宇宙再電離期における天体形成の系統的研究
- ★遠方 Ia 型超新星探査による
宇宙膨張則と暗黒エネルギーの研究、
活動銀河核、ガンマ線バーストなど、
突発天体・変光天体の探査
- ★近赤外線観測の特徴を活かした
銀河形成・進化についての広範な研究

WISH 衛星・望遠鏡、基本案

望遠鏡	
主鏡口径	1.5m
観測波長帯	1 μ m - 5 μ m
視野角	約 1 0 0 0 平方分角
冷却温度	100K以下 (60-100K)
広視野赤外線カメラ	
検出器	HgCdTe (18 μ m/pixel) 焦点面にモザイク状に配置
空間サンプリング	0.15"/pix
動作温度	~80K (受動的冷却)
フィルタ	1 μ mから5 μ mまでを均一にカバーする約5枚の広帯域フィルター 狭帯域フィルター / スリットレス分光: (TBD)
衛星・ロケット	
軌道	L2 軌道を主に検討中
打ち上げ	HIIA を主に検討中
総重量	1.3t (TBD)
その他	
ミッション ライフタイム	5年間

WISH 光学系 基本案

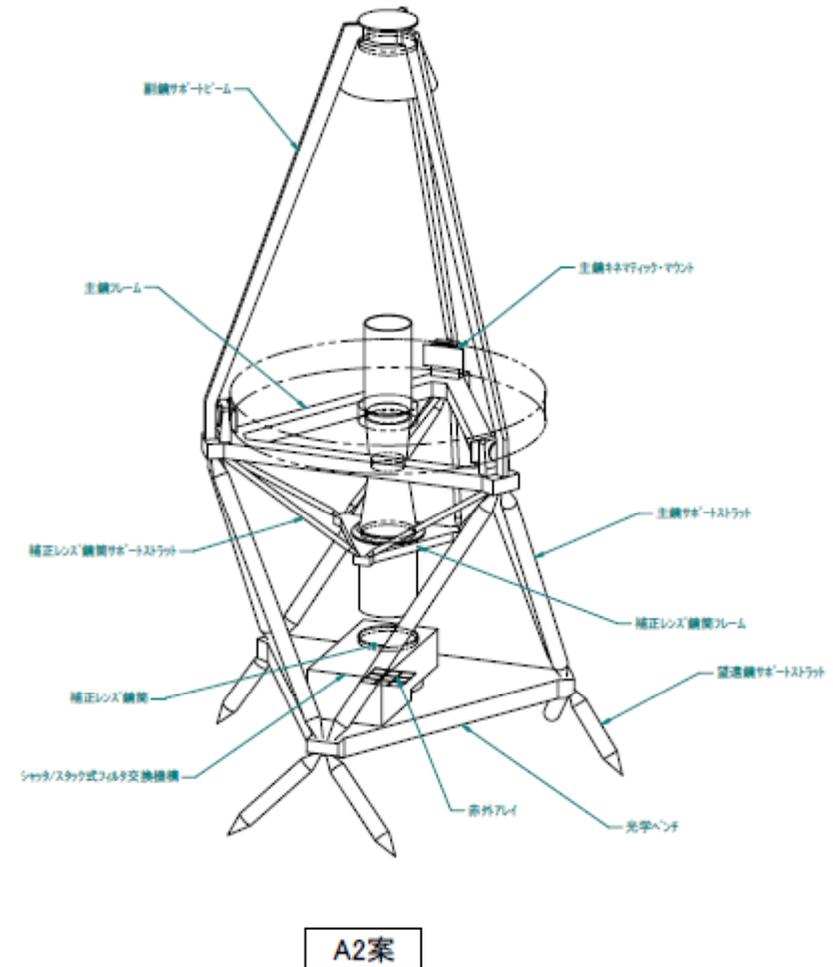
主鏡有効径	1.5m
視野	直径 30 分角以上、または約 1000 平方分角以上
焦点面 (ピクセル) スケール	F16 0.15秒角/18 μ m (想定される検出器のピクセルサイズ)
波長範囲	波長範囲 1-5 μ m



WISH 主鏡

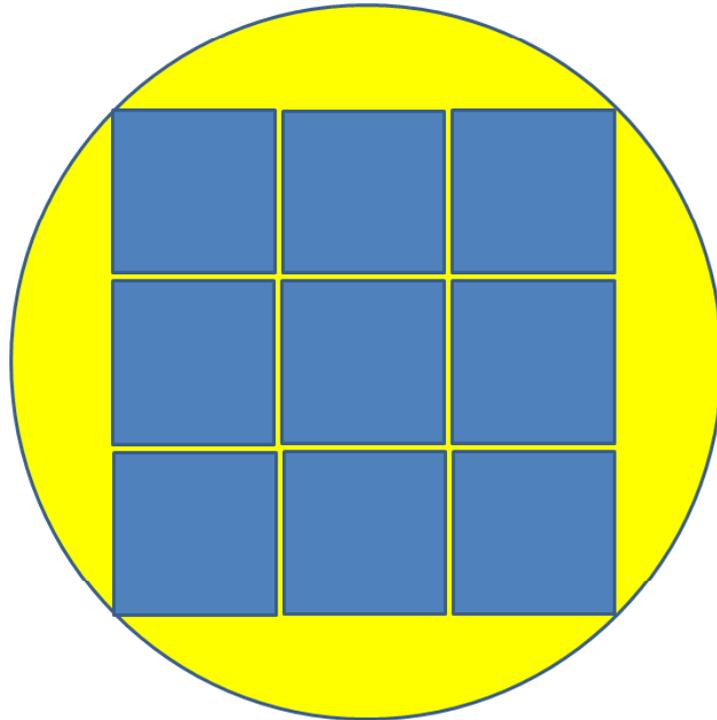
ULE ガラス

- 高い研磨性
- 「ひので」衛星などの実績
- 高い製作性
- 課題 軽量化



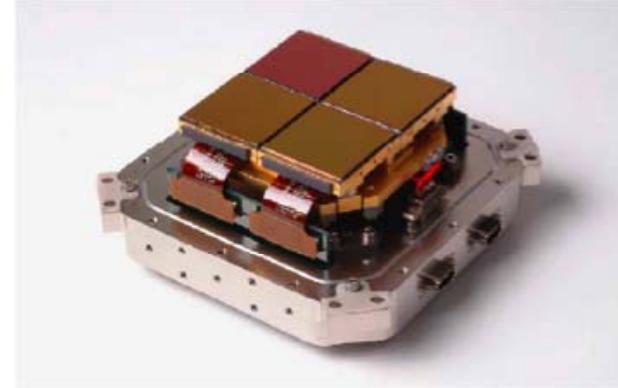
ひので 50cm 鏡

WISH 焦点面検出器配置模式図



視野直径
43.5'

検出器
0.15"/pix
4k x 4k
10.3' x 10.3'
X 9



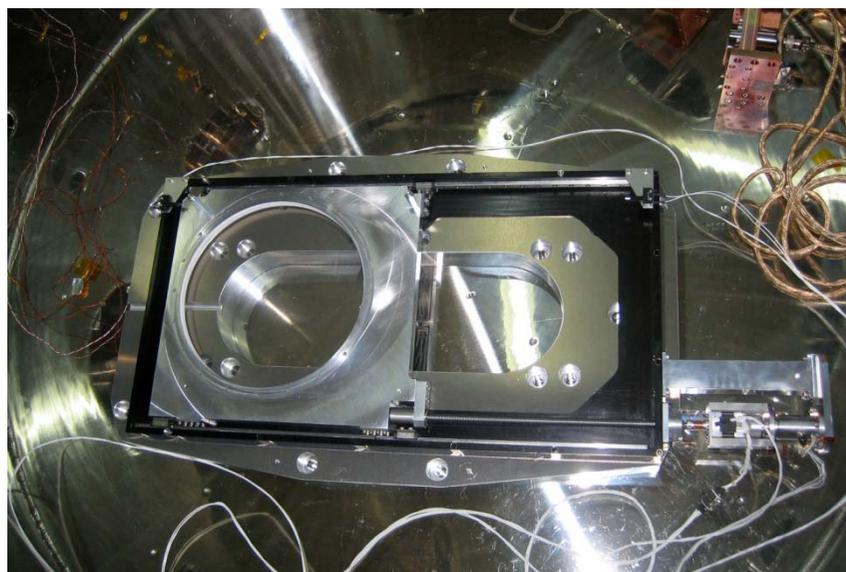
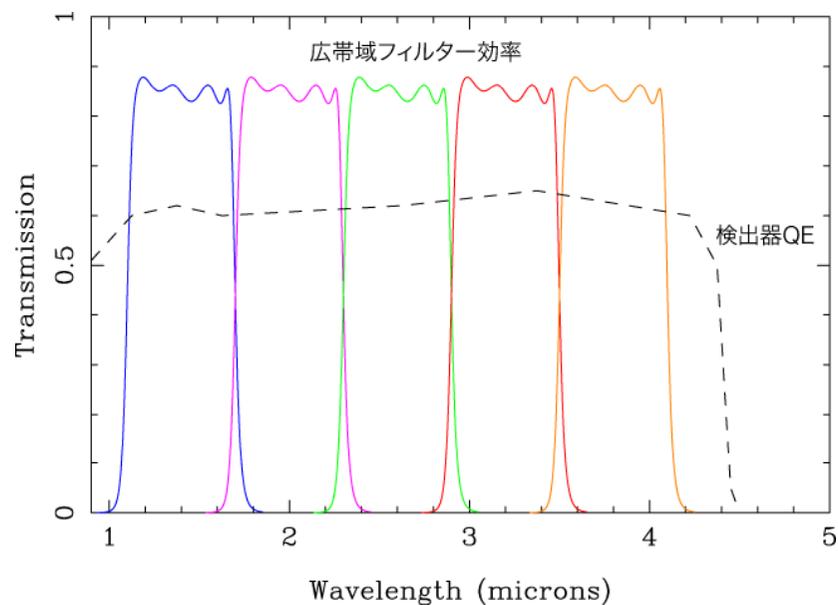
	$\lambda_{\text{cutoff}}=2.5\mu\text{m}$	$\lambda_{\text{cutoff}}=5\mu\text{m}$
Detector material	HgCdTe	HgCdTe
Spectral range	1 ~ 2.5 μm	1 ~ 5 μm
Array configuration	2048 x 2048	2048 x 2048
Unit cell size	18 μm x 18 μm	18 μm x 18 μm
Operating temperature	80 K	35 ~ 37 K
Dark current	<0.01e-/s/pixel	<0.01 e-/s/pixel
Quantum efficiency	>80 %	>80 %
Read noise (CDS)	17 e- rms	15 e- rms
Full well	10^5e-	10^5e-

データ・生成率 3-4 Mbps

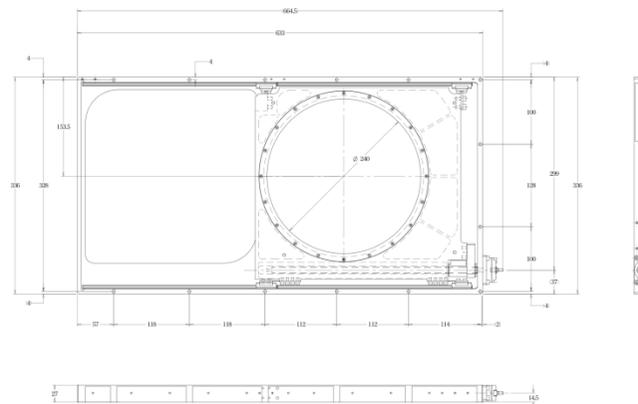
データ・ダウンリンクレート < 10 Mbps

WISHフィルタ基本案

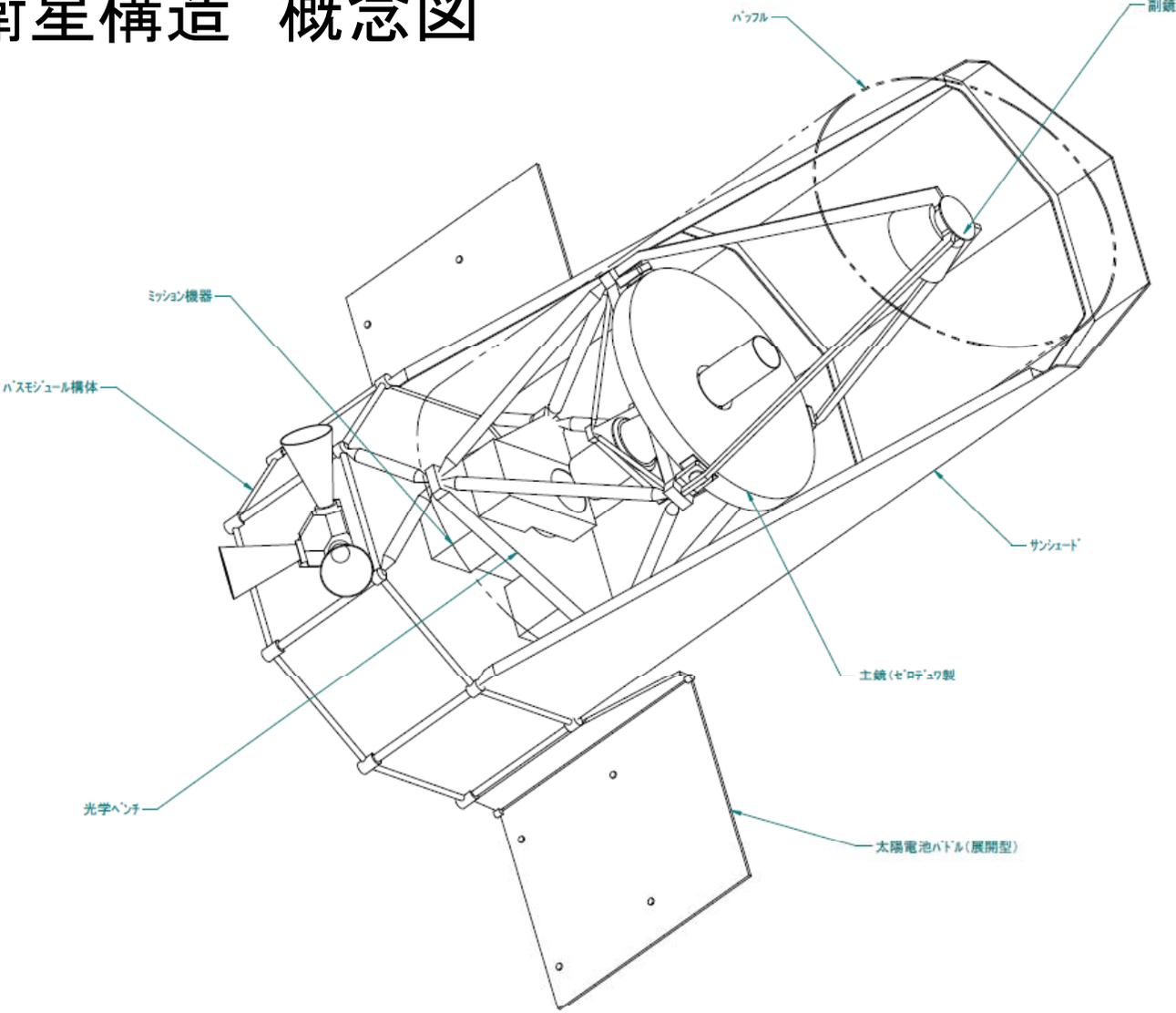
1-5 μm 広帯域フィルタ 5枚
+ 狭帯域フィルタ

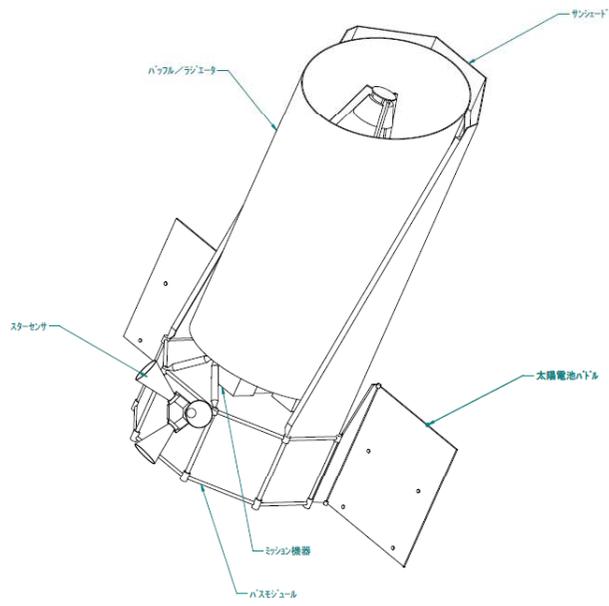


HOP VWFI 用に開発した
大型フィルタ・シャッタ機構
現在連続稼働試験中(10万回クリア)

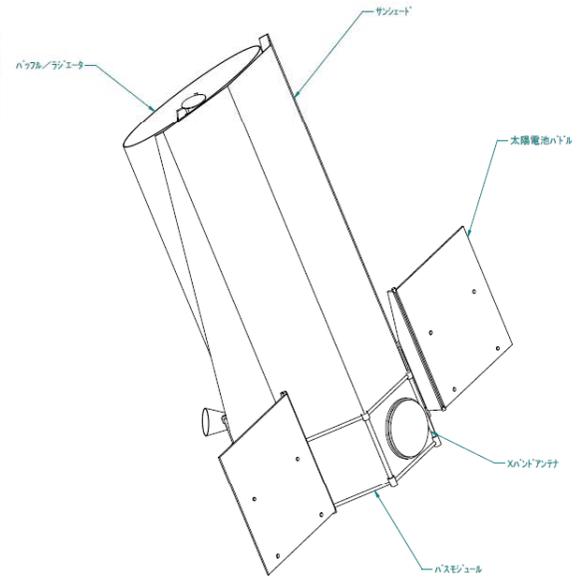


衛星構造 概念図

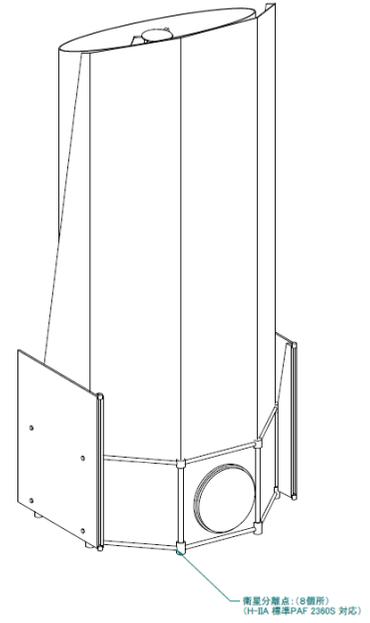
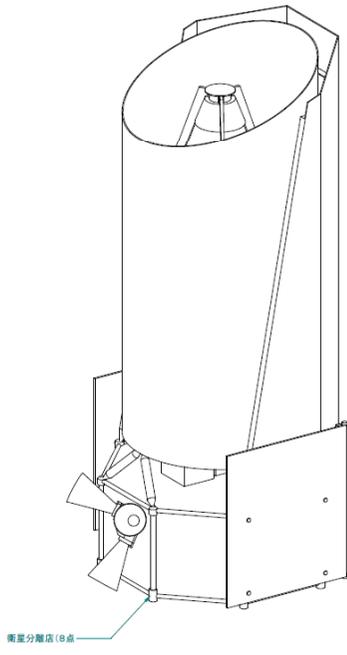




深宇宙面側

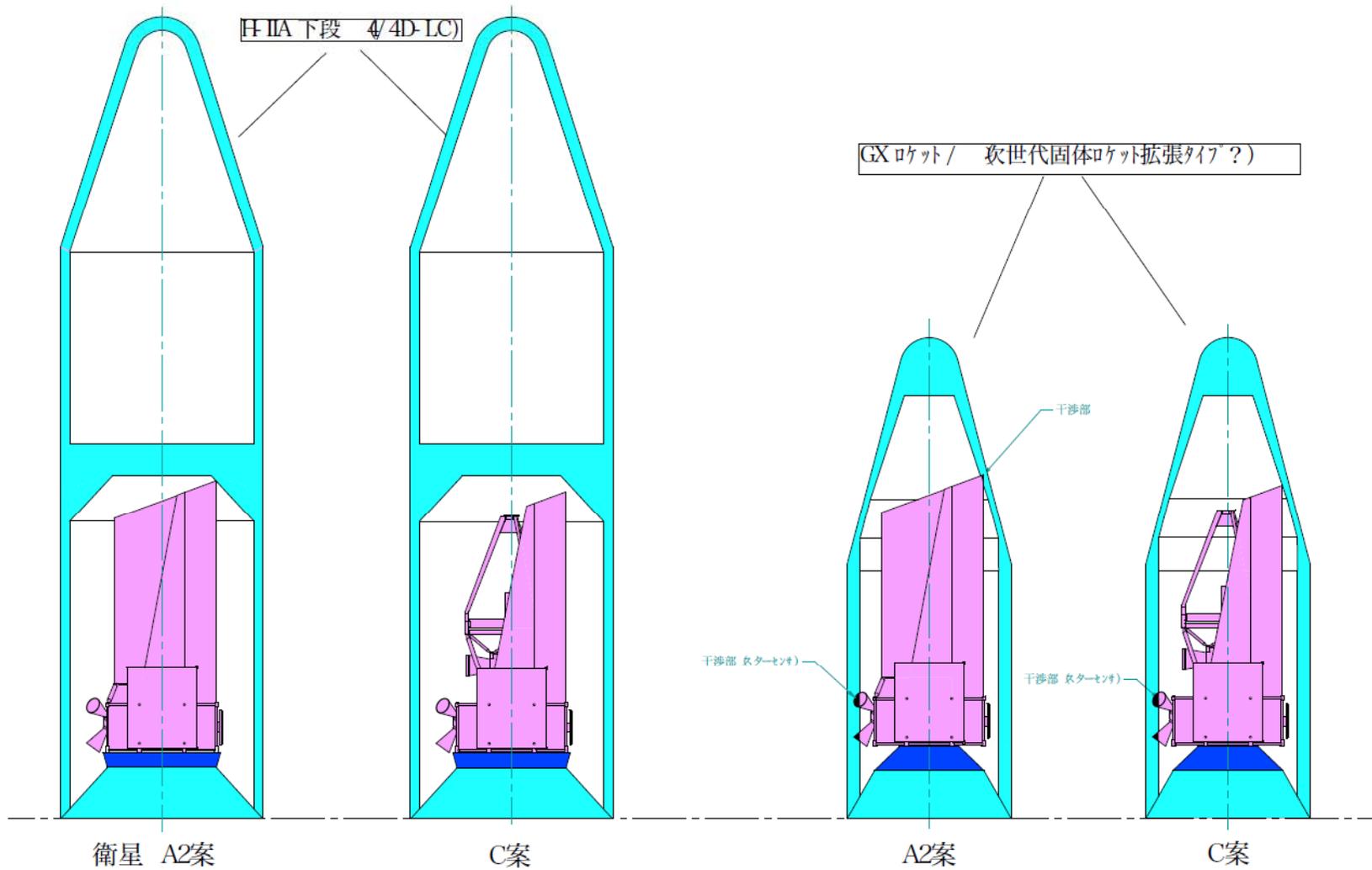


地球・太陽指向面側



WISH サイズ 概念図

-- HIIA 二段打ち上げ下段に収まるサイズ

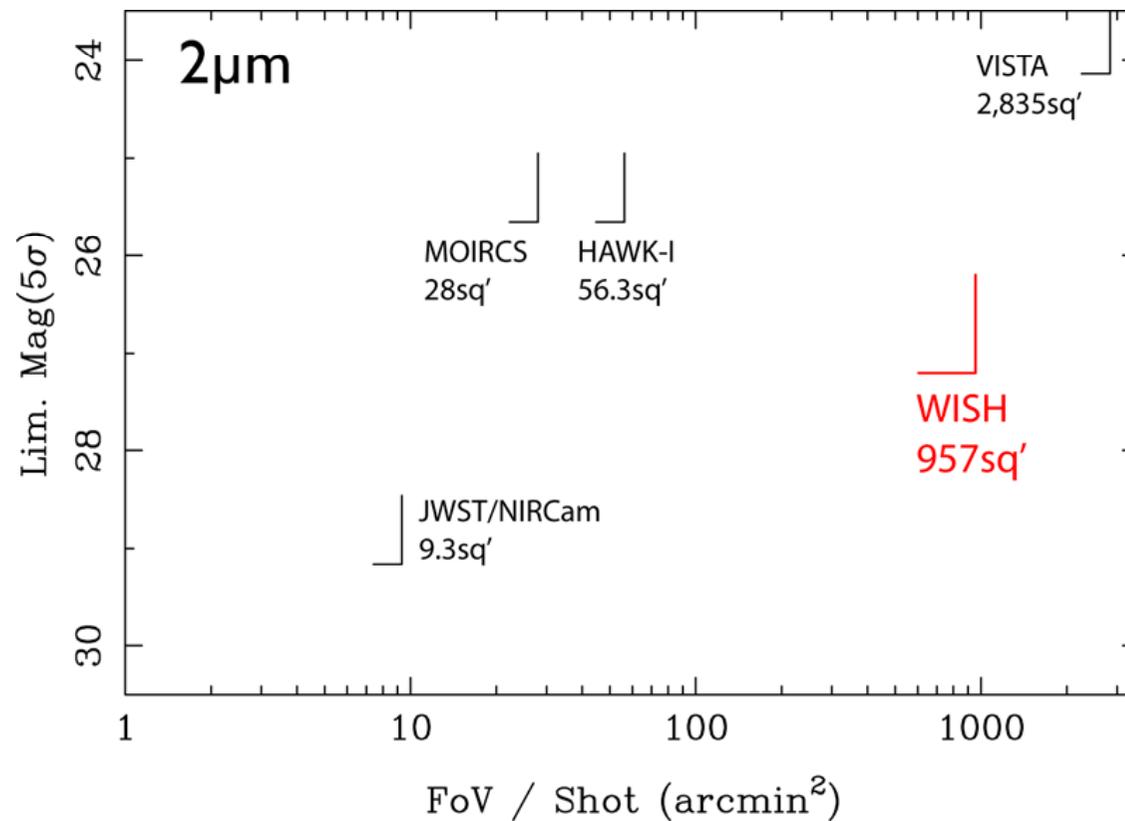


WISH 重量バジェット (単位 kg)

	サブシステム		重量		
ミッション機器	望遠鏡	主鏡/副鏡等	320.0	661.0	
		支持構造	82.0		
		光学ベンチ	27.0		
	焦点面観測装置		120.0		
	冷却系	サンシールド	52.0		
		ラジエータ(ハッフル)	60.0		
	機械式冷凍機等		0.0		
	衛星バス部	電源系	太陽電池パネル		19.0
その他			33.0		
通信系		30.3			
データ処理系		24.3			
姿勢制御系		93.9			
推進系		82.0			
構体系		158.0			
熱制御系		20.0			
その他		3.0			
電装系		30.0			
衛星ドライ重量			1154.5		
推薬			120.0		
打上重量			1274.5		

WISH サーベイ計画と期待される成果

近赤外線で、ユニークなサーベイ能力

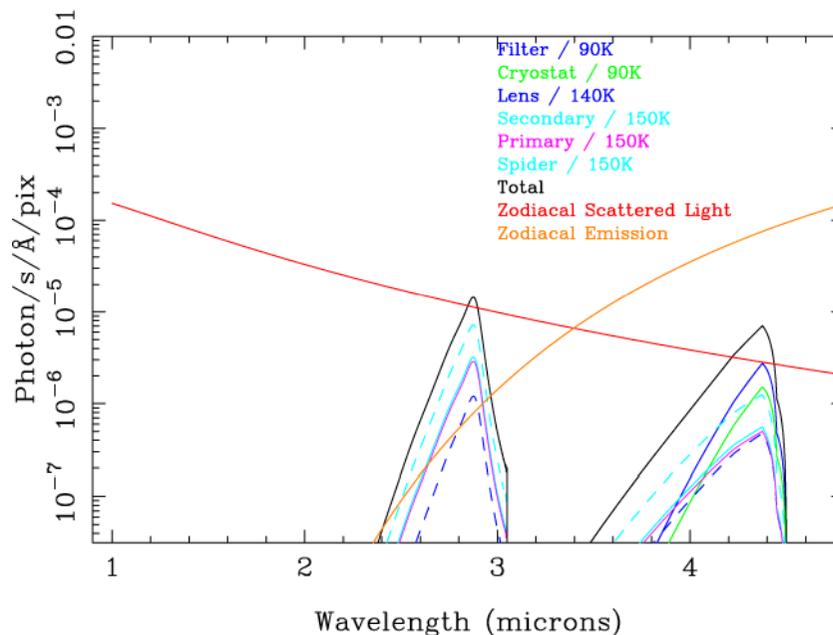


- 広視野
- 安定した広視野での高解像度
- スペース環境での低背景光による高感度

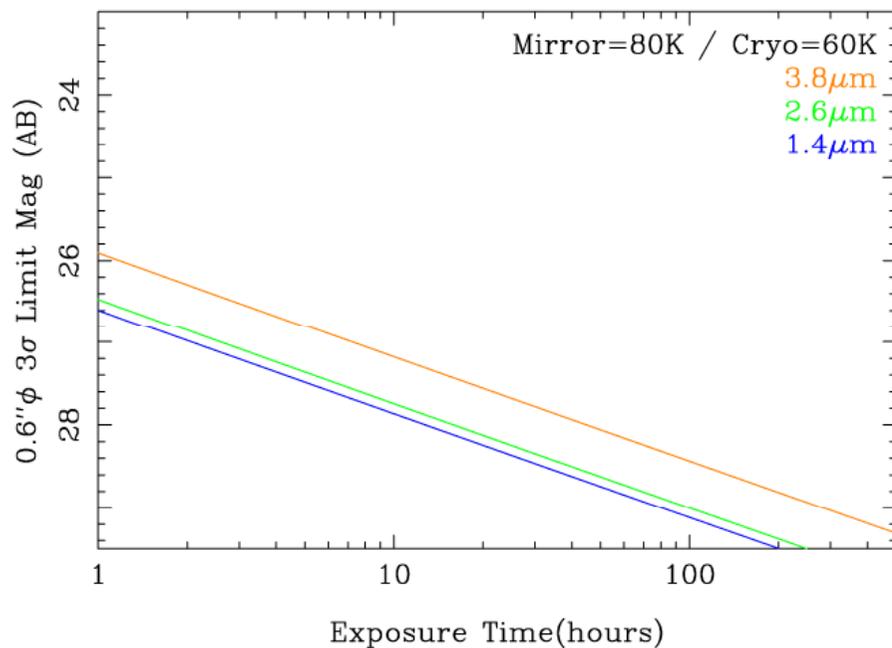
WISH 検出限界

- 1.5m
- 0.15" /pix
- 黄道光、熱背景雑音

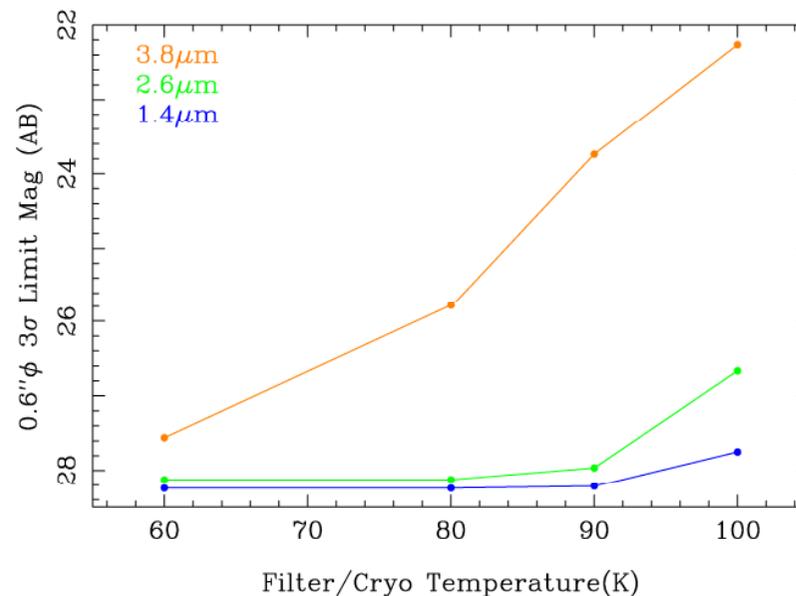
1.5m 2.6 μ m CRYO=90K MIRROR=150K



Limiting Mags for 1.5m Space Telescope



Limiting Mags for 20 hours On-Source Exposure



WISH サーベイ観測を主体とする衛星

サーベイ	検出限界	バンド数	面積	備考
Ultra Deep Survey	28 AB	3	100 平方度	
Multi-Band Survey	27-28 AB	5	UDS 内	Narrow-Band? Grism?
Ultra Wide Survey	24-25 AB	2-3	1000 平方度	

期待される最遠方銀河の検出数 (UDS)

~28 等まで探査し、静止系 UV 波長で27AB より明るい銀河

(A) $z=7$ から No Evolution

(B) $z=7$ から、0.5等、暗くなる進化

(C) $z=7$ から、1等、暗くなる進化

赤方偏移	検出数(A)	検出数(B)	検出数(C)
$z=8-11$ (J-drop)	82,600	28,200	6,900
$z=11-14$ (H-drop)	68,500	6,900	1,100

今後の検討の進め方、スケジュール案

年度	目標	タスク
Yr0 (2008-)	プロジェクト検討開始 概念検討、WG 結成 口径、軌道など主要素策定	宇宙研 理学委員会 WG 申請 科研費 申請開始
Yr1-2 (2009-2010)	概念検討 主要素決定 / 要素技術検討 ミッション定義要求書 ミッション移行審査	天文台 R&D 開始 大型科研費申請
Yr3 (2011)	Phase A / Proto Model 制作開始 システム要求審査 / システム仕様審査	
Yr4-5 (2012-13)	PM 制作・試験 基本設計審査(PDR) 主鏡制作開始 / 検出器制作開始	
Yr6-7 (2014-15)	PM試験 詳細設計審査 (CDR) Flight Model 制作開始	
Yr8 (2016)	FM 制作 / 試験	
Yr8-9	FM 試験 / 打ち上げ	

WISH 今後の進め方

2008年9月 宇宙研理学委員会に WG 設立

-定例 WISH 検討会(毎月、第二火曜日、午後3:00ー)

-WISH 技術検討会(不定期)

- 光学系検討
- 熱・構造設計検討
- 大型フィルタ交換機構検討
- フィルタ試作・試験
- 姿勢安定性検討
- データリンク検討

2009年1月後半 渡仏 光学系設計打ち合わせ

2009年4月 第1回 WISH サイエンス検討会

backup

2008年9月 WISH 理学委員会WG 結成

検討すべき(特に)重要な技術課題

- 熱設計と冷却性能

サイエンス要求に基づく最適な光学系の策定

↓

望遠鏡、広視野カメラ、および衛星の構造・機構設計の具体化

↓

熱設計

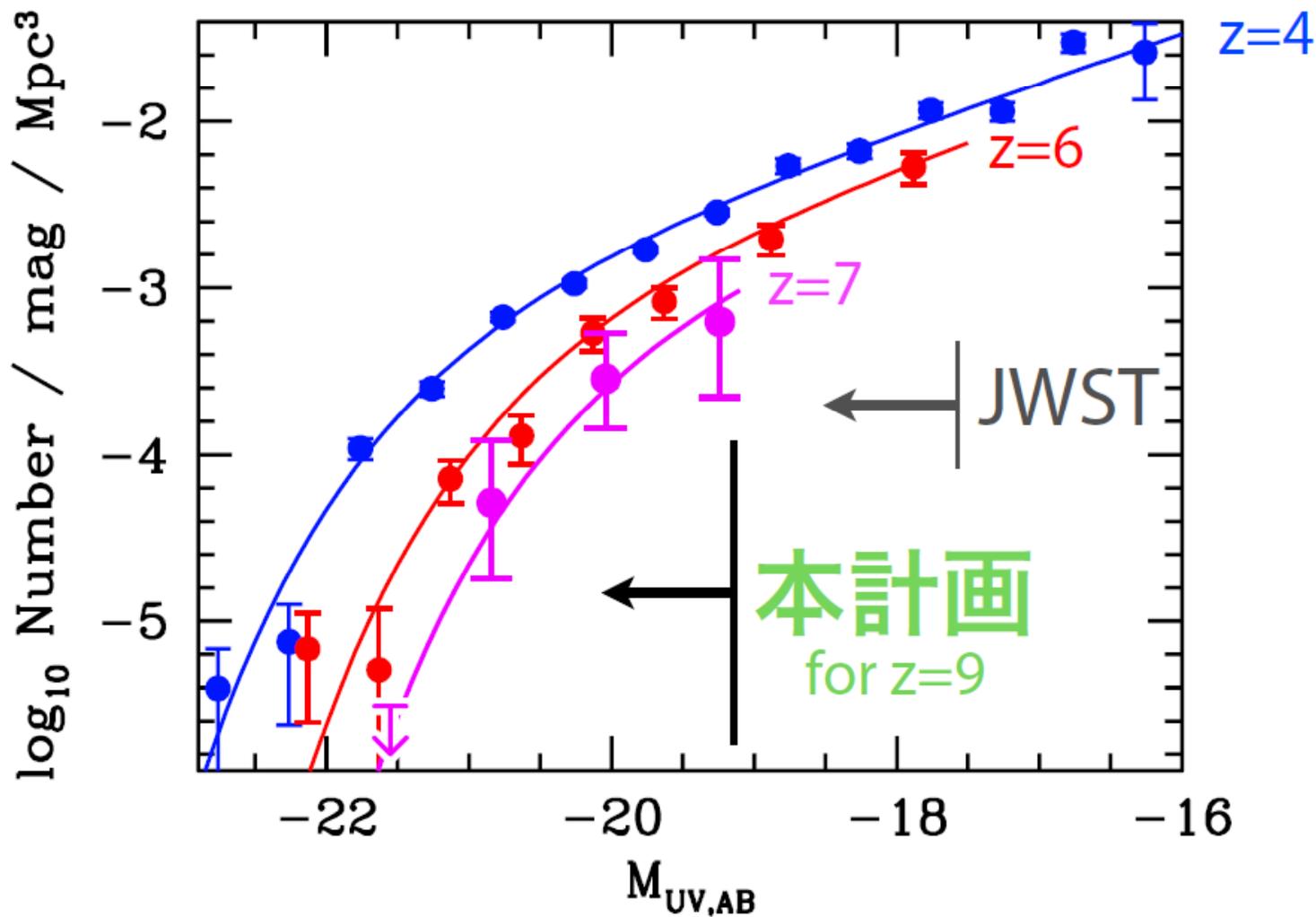
↓

光学系、構造へのフィードバック

- 姿勢制御

ひのでや ISAS/JAXA での蓄積を基に、企業と連携して技術検討を進める。

これまでの銀河探査による $z \sim 7$ までの銀河紫外線光度関数の進化と
WISH / JWST の到達する深さ



based on Bouwens+2008

WISH WG 結成後の活動と目標

1. 望遠鏡

赤字 初年度より優先的に

	担当	備考
光学系検討	天文台、大学、企業	光学系の実現性
主鏡	天文台、企業	軽量化、製作性
補正光学系	天文台、JAXA、企業	製作性、衝撃耐性
主鏡支持機構	天文台、大学、企業	最適構造、重量、打上衝撃耐性、熱安定性
望遠鏡構造	天文台、企業	最適構造、重量、打上衝撃耐性、熱安定性
副鏡移動機構	天文台、企業	機構、冷却性
バッフル	天文台、JAXA、企業	副鏡カバー、鏡筒

2. 広視野カメラ

	担当	備考
検出器	天文台、大学、企業	調達スケジュール
駆動、電気系	天文台、企業	低消費電力、軽量化
データレート	天文台	ダウンリンクレート、圧縮
焦点面配置	大学、企業	3次元配置と結像性能
フィルタ	天文台、企業	宇宙用大型フィルタ試作
フィルタ・シャッタ機構	天文台、企業	冷却駆動試験、多層化検討
グリズム	天文台、大学	薄型グリズム

3. 衛星、システム

	担当	備考
構造・機構	天文台、JAXA、企業	
熱設計	天文台、JAXA、企業	
重量バジェット	天文台、JAXA、企業	
電力バジェット	天文台、JAXA、企業	
姿勢安定精度	JAXA	1/10pix = 15mas
指向速度、精度	JAXA	
通信系	JAXA	10Mbps
軌道、推進	JAXA、天文台	L2 対案検討
打ち上げロケット	JAXA、天文台	HIIA 対案検討

4. サーベイ

	担当	備考
サイエンス要求検討	大学、天文台、JAXA	初期宇宙天体 暗黒エネルギー 銀河進化、他
サーベイデザイン	天文台、大学	最適積分時間 ディザリング／タイリング
データ解析・評価	天文台、大学	
データ公開	天文台、大学	

望遠鏡
(構造耐性、
補正光学系耐性)

衛星(構造、熱、通信、
姿勢安定性、ロケット、
推進、軌道)

ISAS/JAXA

企業

WISH R&D

国立天文台

望遠鏡
(主鏡、主鏡支持、望遠鏡構造
補正光学系、副鏡駆動、
バッフリング)

広視野カメラ
(フィルタ・シャッタ機構
データレート、圧縮)

サーベイデザイン、サイエンス要求

先端技術センタ
光赤外、すばる

大学

プロジェクト推進
光学系
サーベイデザイン
サイエンス要求
グリズム
データ公開

大学

光学系
検出器焦点面配置
サイエンス要求
検出器
データ解析・評価

フィルタ・シャッタ
機構
サイエンス要求

大学

他の超大型計画との相補性、親和性

● TMT / E-ELT など地上超大型望遠鏡

宇宙最初期の銀河探査は、いずれも中心課題(サイエンスの親和性)

WISH-撮像 ↔ TMT-分光 (TMTは広視野カメラは[現時点では]ない)

WISH 1時間検出限界 ~ 26.5 等 ~ TMT (IRMOS) による分光検出限界 ~ 0.1 μ Jy

(強い親和性)

おそらく、波長 1-2 μ m で、

> 1平方度で、AB26.5 等を超える撮像サーベイは他に存在しないだろう

“TMT へのターゲット供給源”

● SPICA

SPICA ~ 5-200 μ m

WISH 1-5 μ m (観測波長の相補性)

遠方銀河: WISH 宇宙最初期(再電離期)の銀河探査

SPICA 塵に包まれた銀河形成物理の解明

(サイエンスの相補性)

他の超大型計画との相補性、親和性

- すばる HSC / WFMOS

HSC $<1.05\mu\text{m}$ Ly α $z < 7$

WISH $1-5\mu\text{m}$ Ly α $z > 7$ (相補性)

WFMOS (分光) (相補性)

- ALMA

WISH 静止系可視光での画像データ

ALMA ガス、ダスト成分の分布 ($\sim 0.1''$ 分解能) (強い相補性)

WISH による星形成領域の観測も。

- JWST

視野の相補性

WISH 深探査 \rightarrow JWST 分光 ($\sim 10\text{nJy}$) へのターゲット供給

- HST WFC3 視野、観測波長 (WFC3 $< 1.7\mu\text{m}$)

- 地上望遠鏡 感度、観測波長