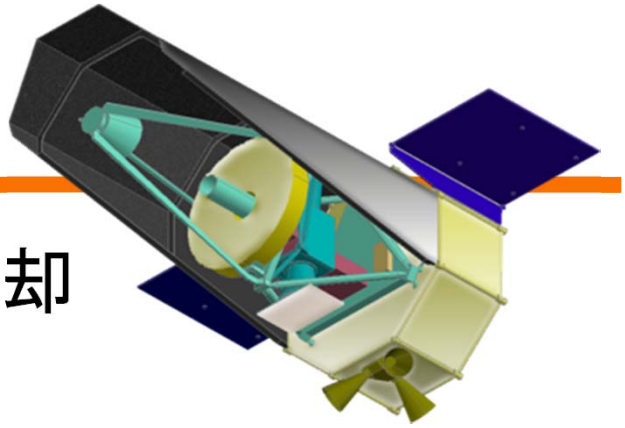
WISH計画
WISH: Wide-field Imaging Surveyor for High-Redshift
超広視野初期宇宙探査衛星
Toru Yamada (Tohoku University)
on behalf of
WISH Working Group
http://www.wishmission.org/en/index.html

# WISH　Working Group and Meetings

山田亨 (主査、東北大)
岩田生、矢部清人、常田佐久、児玉忠恭、小宮山裕、中屋秀彦(国立天文台)
松原英雄、和田武彦、杉田寛之、佐藤洋一、岡本篤、安藤麻紀子　(JAXA)
馬渡健,久保真理子(東北大)
太田耕司、筒井亮(京都大)
諸隈智貴、東谷千比呂、土居守、安田直樹(東京大)
大藪進喜(名古屋大)
河合誠之(東工大)
米徳大輔(金沢大)、後藤友嗣(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)

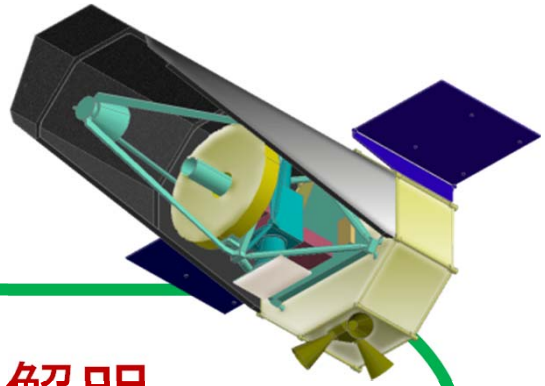
定例 WISH 検討会　毎月・第2火曜日
WISH 技術検討会　随時
WISH サイエンスミーティング

# 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1-5μm**）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”/18μm pix** ← 1.5μm 回折限界に最適化）
- 望遠鏡 ~ 90-100K, 検出器 ~40-50K 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 Science Goals

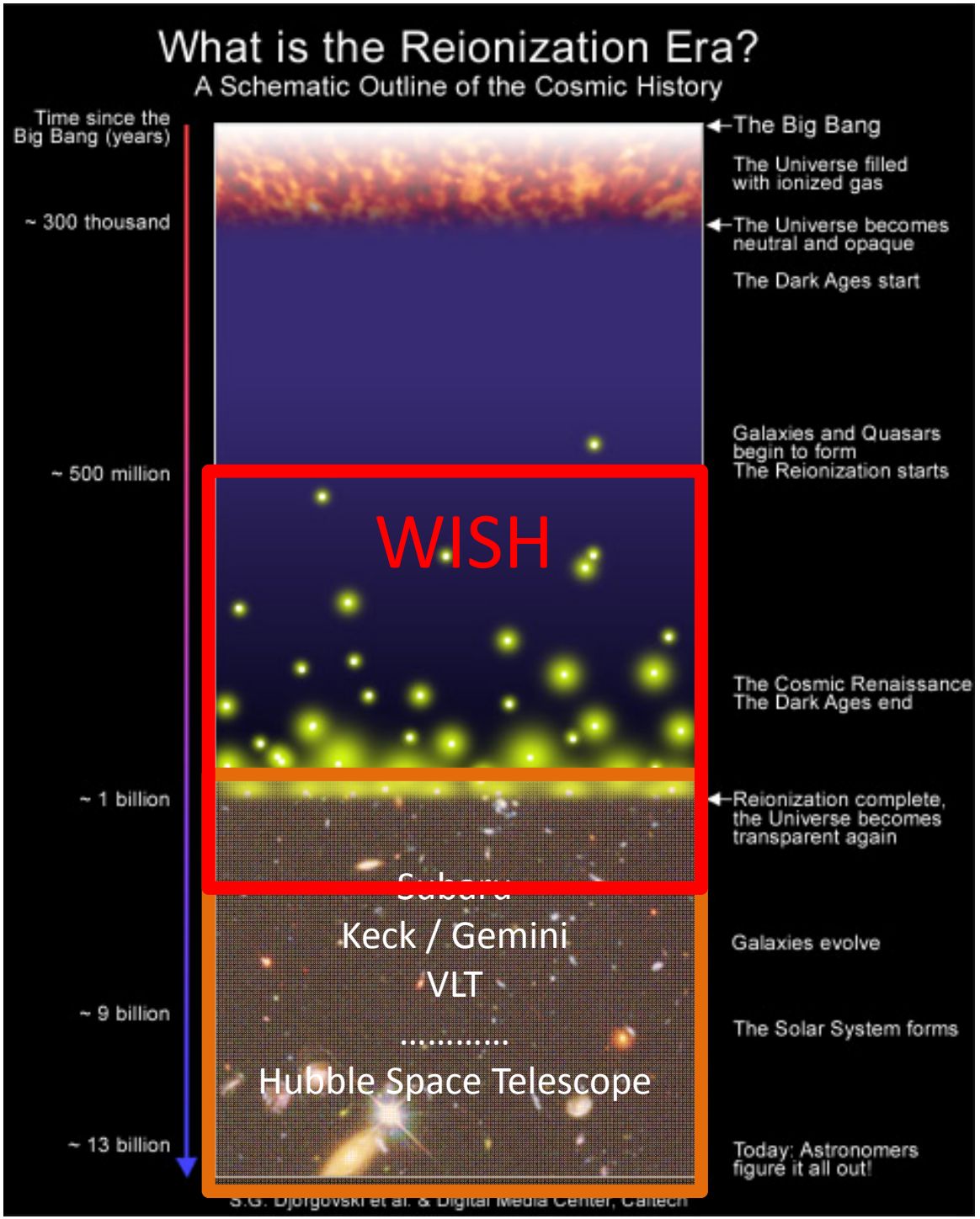


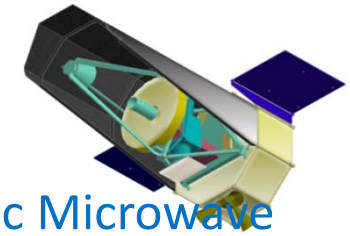
- 銀河形成史の究極のフロンティアの解明
  第1世代銀河を多数観測し
  z=7–15 の時代に渡って宇宙再電離を研究

- 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



Cosmic Microwave Background (CMB)

**Universe: Neutral**

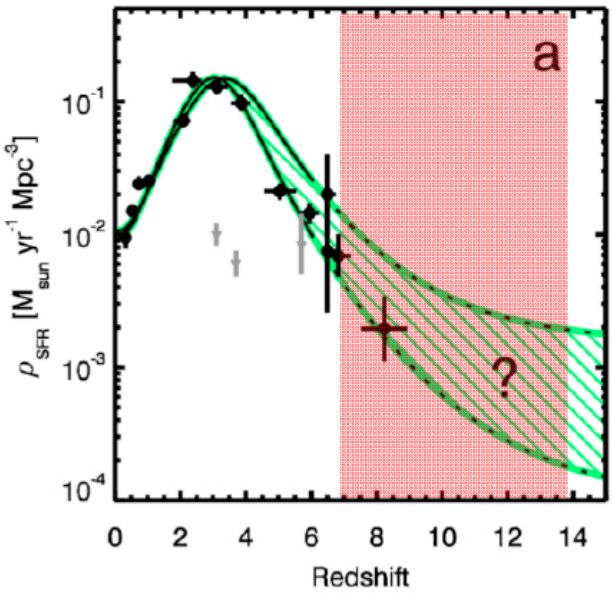
**First-Generation Galaxies**

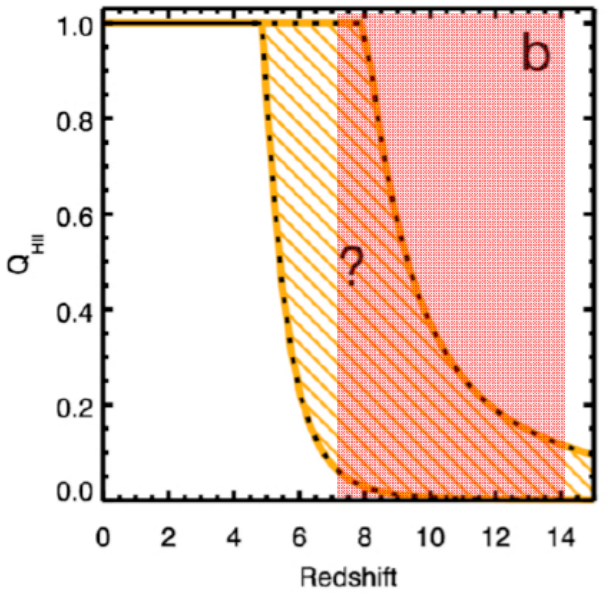
Ultimate Frontier of Galaxies

**Universe: Ionized**

# A schematic picture Robertson et al. 2010

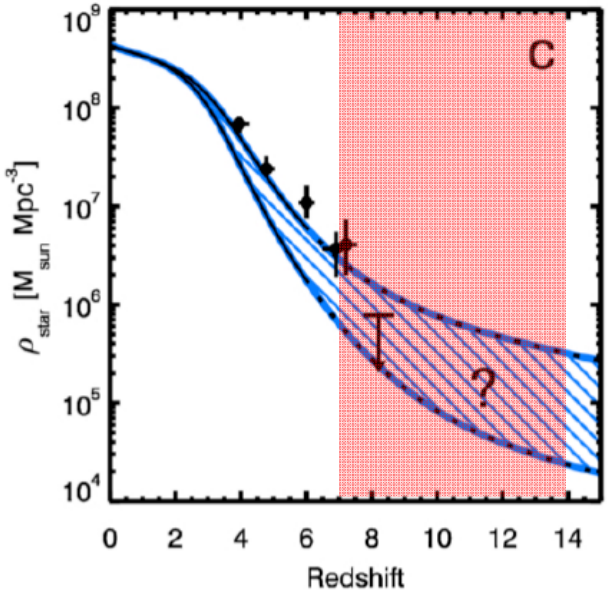
SFR density

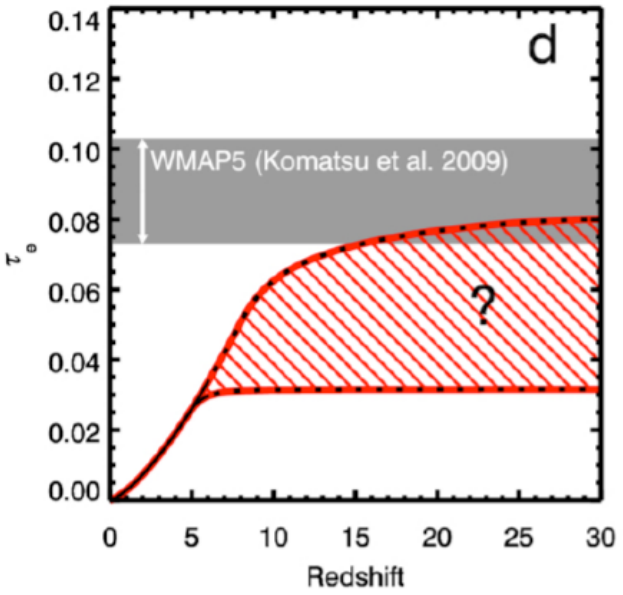



Ionization degree

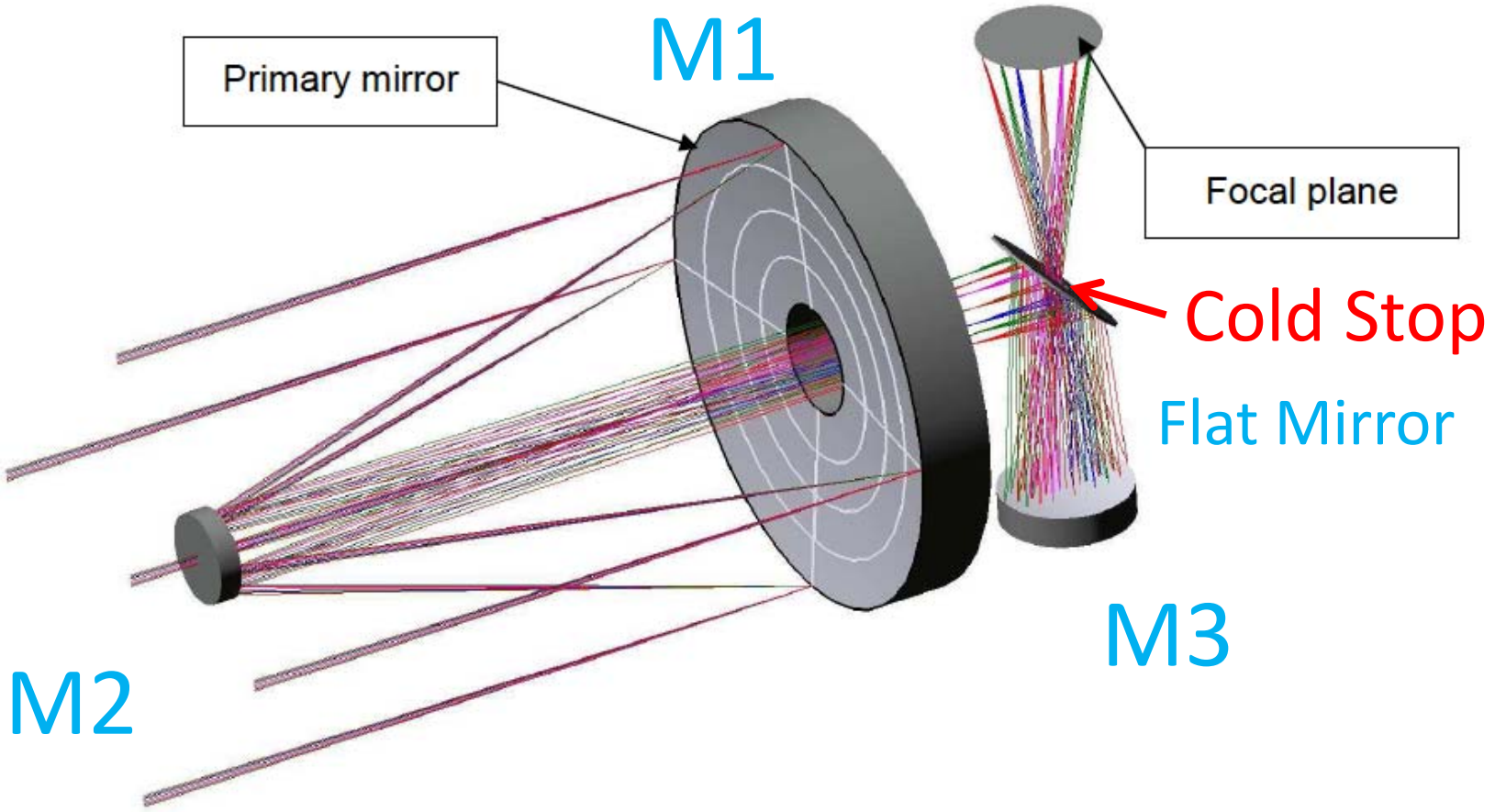
Stellar mass density



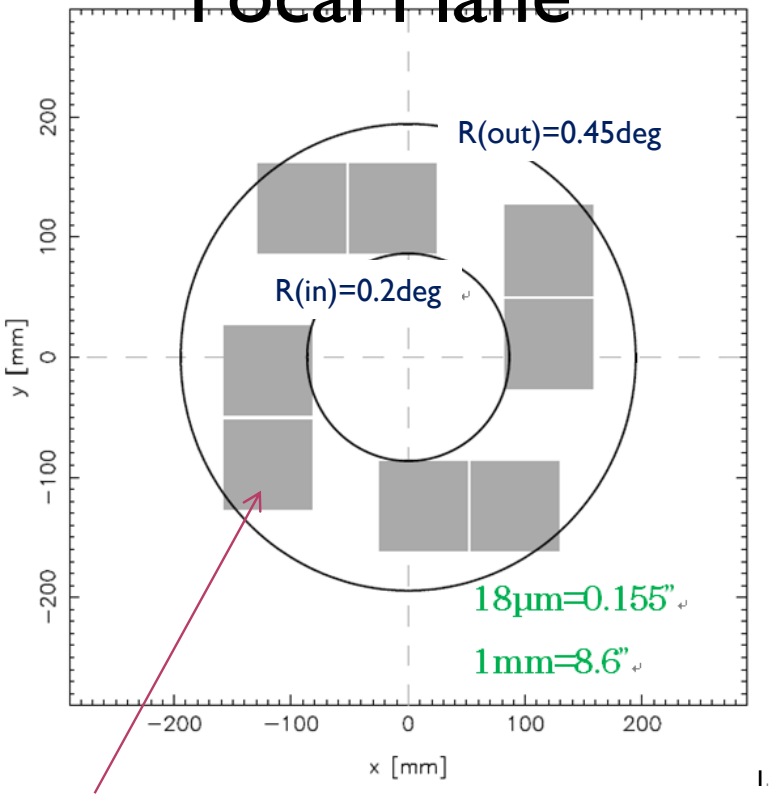




Electron scattering optical depth

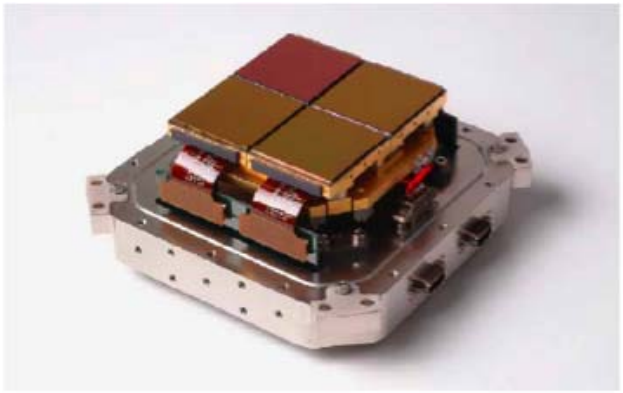
# WISH Optical Layout



# Focal Plane

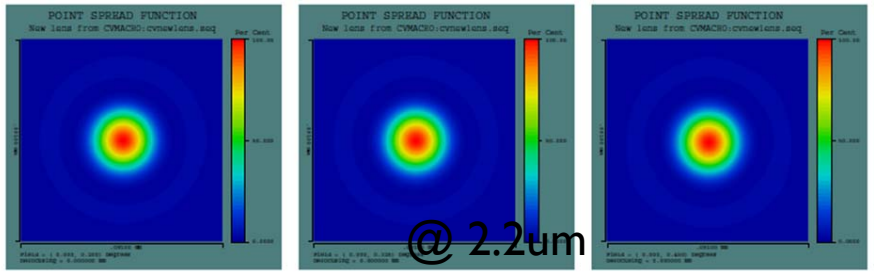



4 x 2kx2k FPA



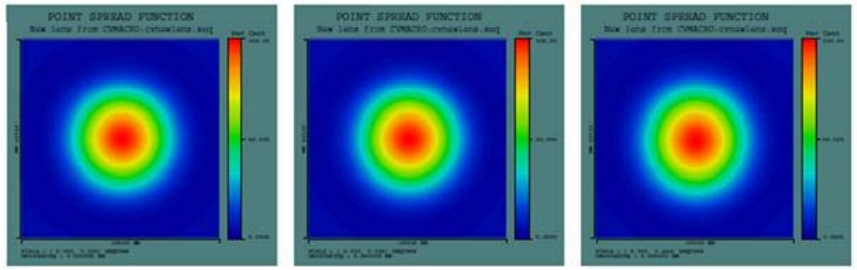
# Diffraction Limited Image at 1-5μm

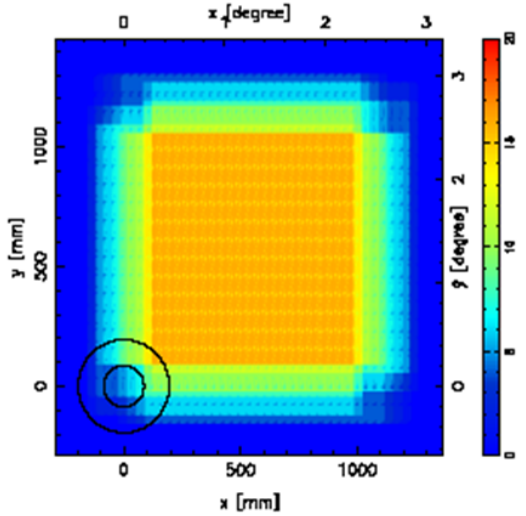
R=0.2, 0.325, 0.4 deg @ 1.25um

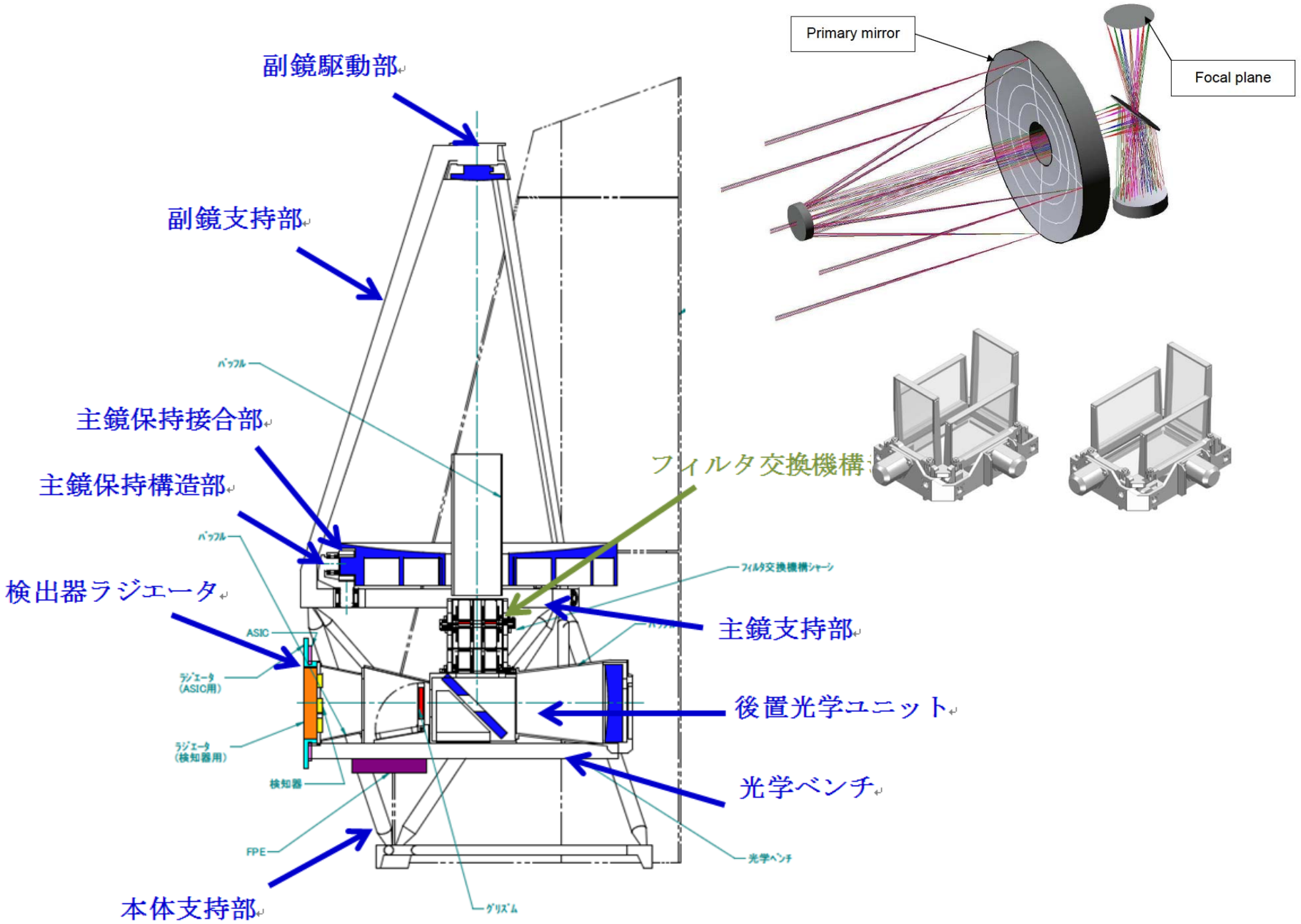


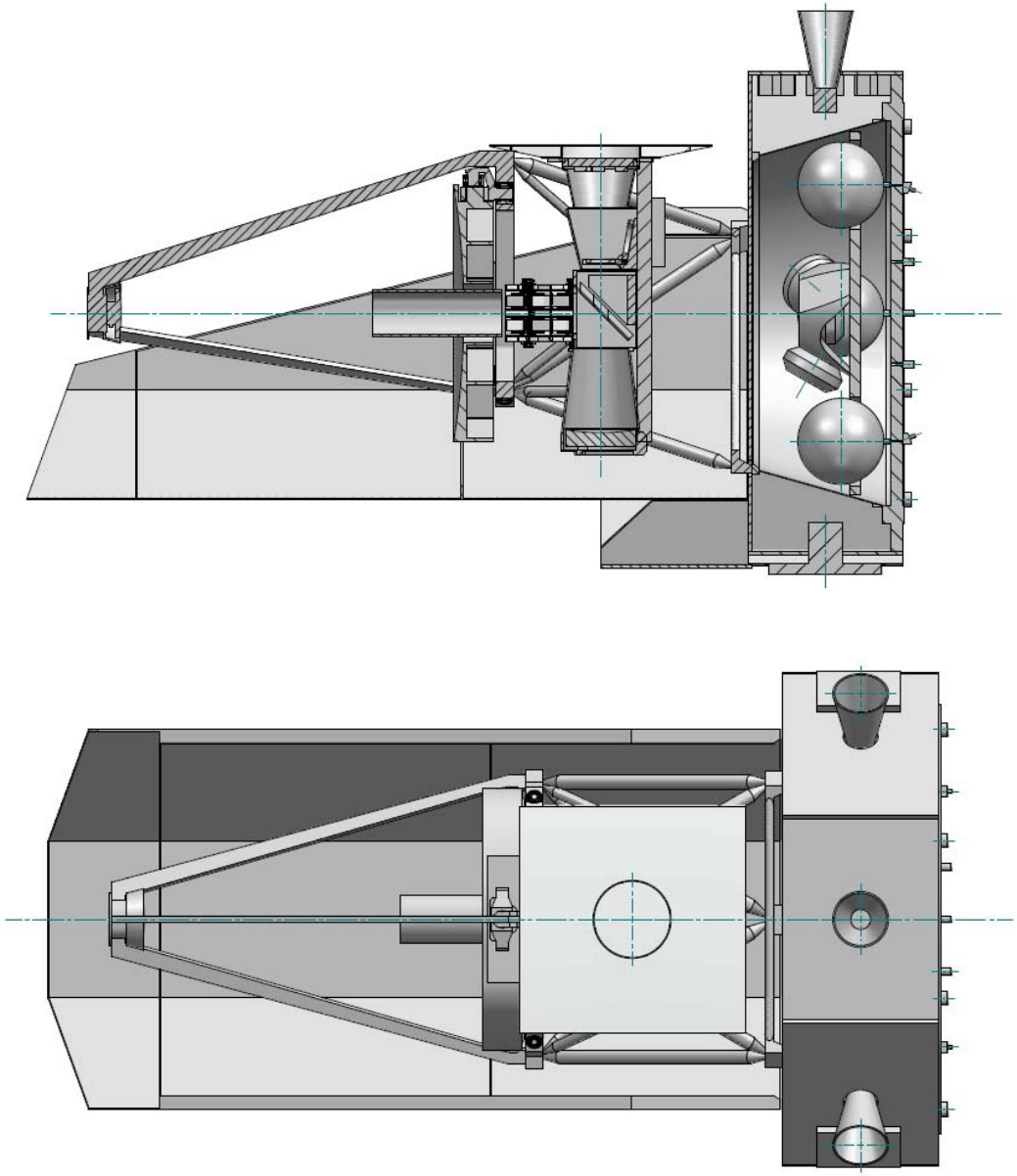

@ 2.2um

R=0.2, 0.325, 0.4

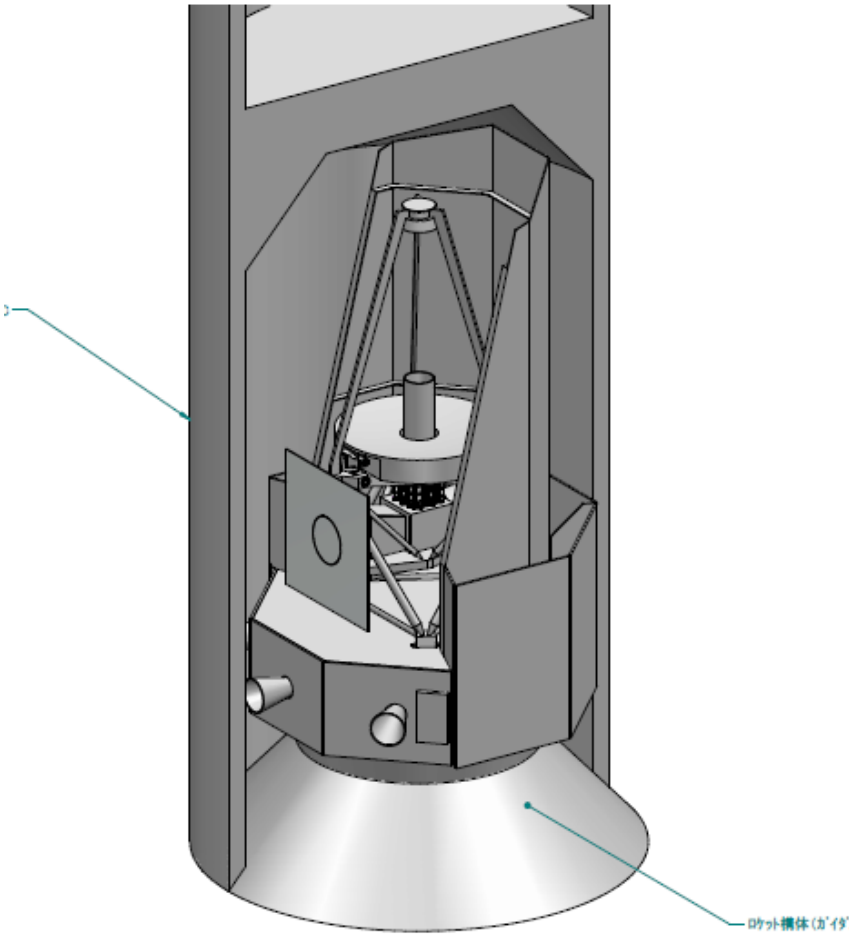



副鏡駆動部
副鏡支持部
主鏡保持接合部
主鏡保持構造部
検出器ラジエータ
本体支持部
フィルタ交換機構
主鏡支持部
後置光学ユニット
光学ベンチ
Primary mirror
Focal plane
バッフル
ASIC
ラジエータ (ASIC用)
ラジエータ (検知器用)
検知器
FPE
グリズム
フィルタ交換機構シャーシ
光学ベンチ



後面図




打上時コンフィギュレーション　概観図

# 主要観測パラメータ

視野　1ショット 約 850 平方分角
星像　回折限界　0.15” (1μm),  0.30” (2μm),  0.45” (3μm), 0.75” (5μm)
サンプリング　0.155”/pix (18μm pitch)  optimized at 1.5μm (FWHM ~ 0.23”)

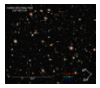
フィルタ　フィルタ交換機構を搭載　７枚～１１枚（最大の場合）
広帯域フィルタ　６枚　Filter0 – Filter5 (1.0, 1.4, 1.8, 2.3, 3.0, 4.0μm)
狭帯域・中帯域フィルタ（オプション）

感度　1h  26.5-27 AB  mag (3σ)  @ Filter0-Filter4
25.7 AB mag (Filter5)
20h  28-28.5 AB mag  @ Filter0-Filter4

姿勢安定性要求  300sec r.m.s. 0.05” (goal)  [< 0.07”]

観測可能視野　黄極方向が高い。δ ~ 30-40度で ~50 days/year　以上
（衛星傾斜可能角による）

HST UDF

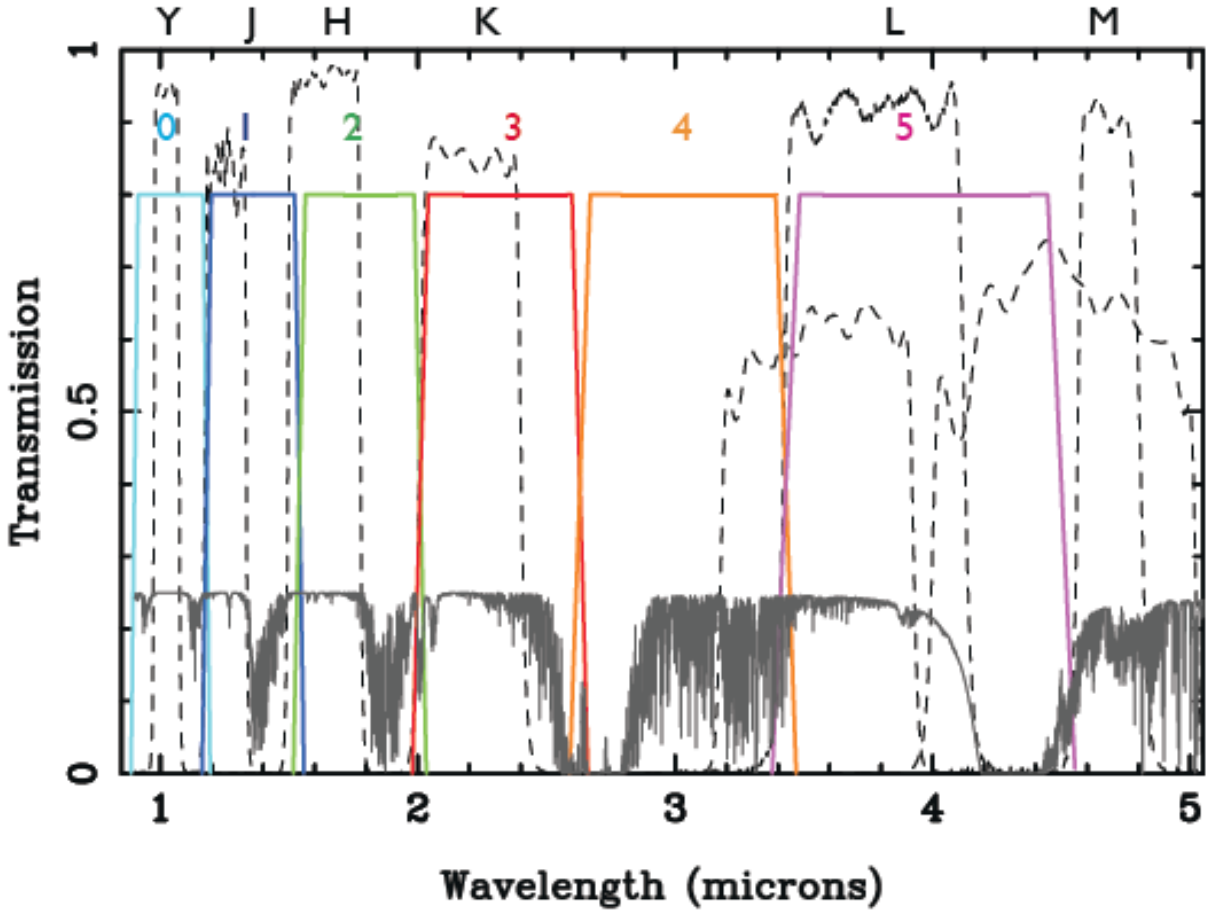


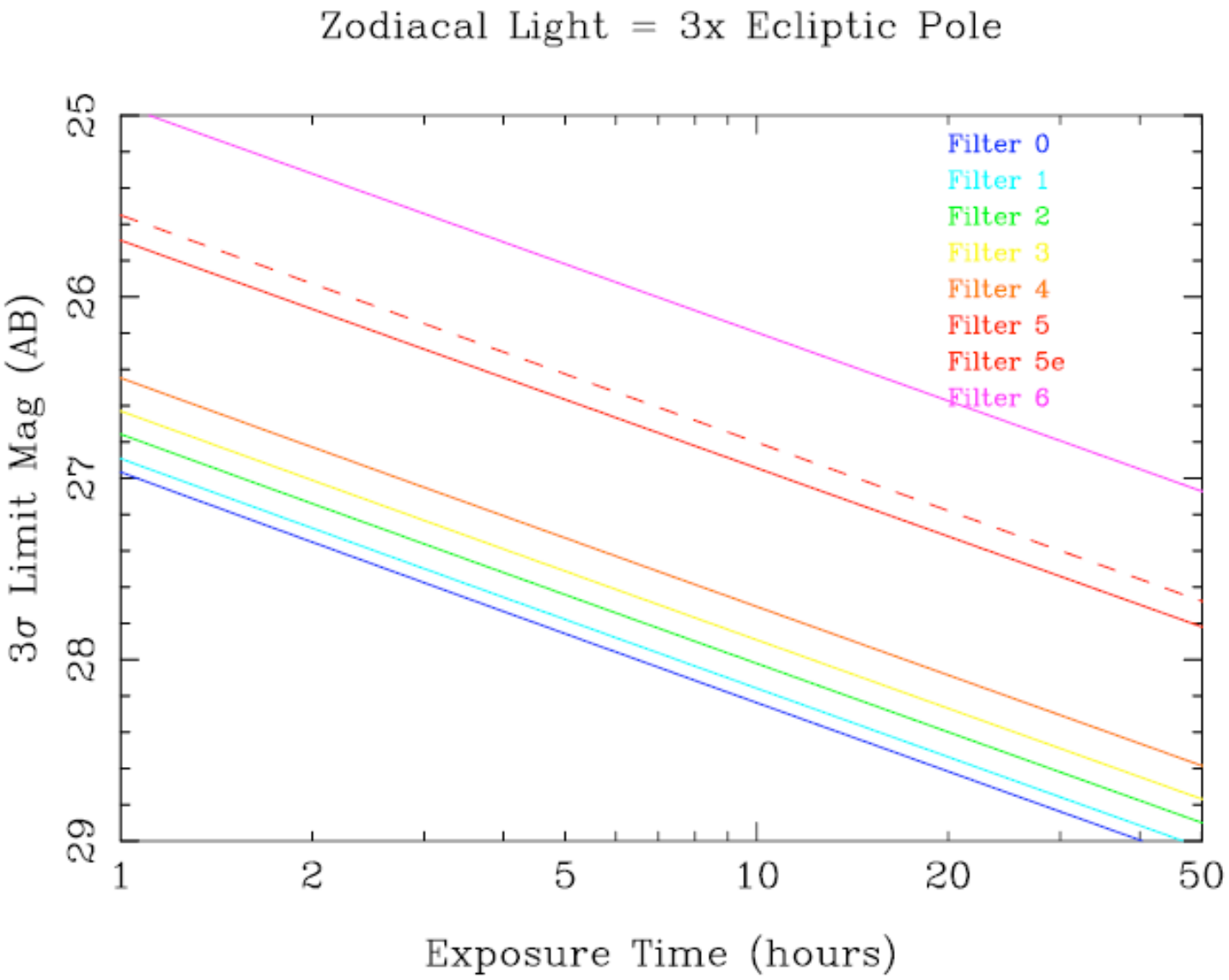
~ JWST
(2x2.2x4.3
=19 arcmin2)
~SPICA
FPC-S
5'x5'=25arcmin2

WISH 1FoV
(~900arcmin2)

# WISH: Survey Strategy

set of **6 broad-band filters** + 5 custom filters




Zodiacal Light = 3x Ecliptic Pole
3σ Limit Mag (AB)
25
26
27
28
29
1
2
5
10
20
50
Exposure Time (hours)
Filter 0
Filter 1
Filter 2
Filter 3
Filter 4
Filter 5
Filter 5e
Filter 6

# WISH: Survey Strategy

## A Base-Line Survey Plan

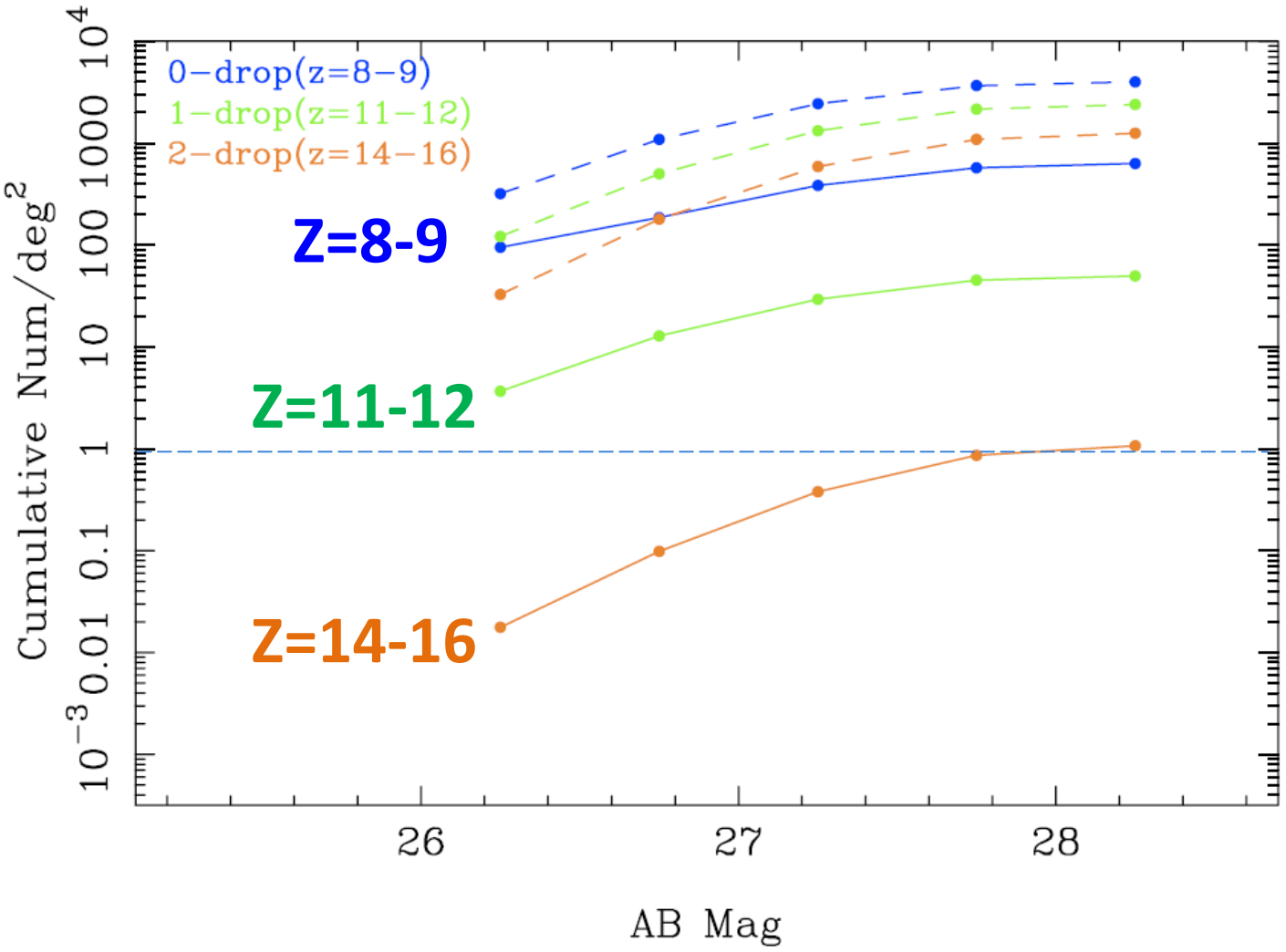
| | Depth (3σ) (AB mag) | Area | Example of the Filters (a plan, to be determined) |
|---|---|---|---|
| **Ultra Deep Survey (UDS)** | 28 | 100 deg$^2$ | 1.0, 1.4,1.8, 2.3, 3.0 μm |
| + Filter 5 | 28 | 10 deg$^2$ | 4.0μm |
| **Ultra Wide Survey (UWS)** | 24-25 | 1000 deg$^2$ | 1.4, 1.8, 2.3 |
| **Extreme Survey** | 29-30 | 0.25 deg$^2$ | 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

# Expected number of high-z galaxies in 1deg$^2$

Cases for empirical evolution (solid lines)



# WISH Science Goals

Expected number of the *observed* very high-redshift galaxies

| | | Number Density [objects per 1 deg$^2$] for AB < 28.0 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | redshift | No Evolution | Empirical | SAM | DMH |
| 1.0μm-drop | 8-9 | 4,000 | 1,700 | 630 | 850 |
| 1.4μm-drop | 11-12 | 2,400 | 100 | 50 | 4.1 |
| 1.8μm-drop | 14-17 | 1,200 | 0.72 | 1.1 | 0.003 |

Numbers for 1 deg$^2$ , <28AB

Galaxies bright enough for deep spectroscopy with ELT + AO spectrograph

# WISH: Survey Strategy

Surveys achieved within ~1000 days (50% overhead)

WISH can detect

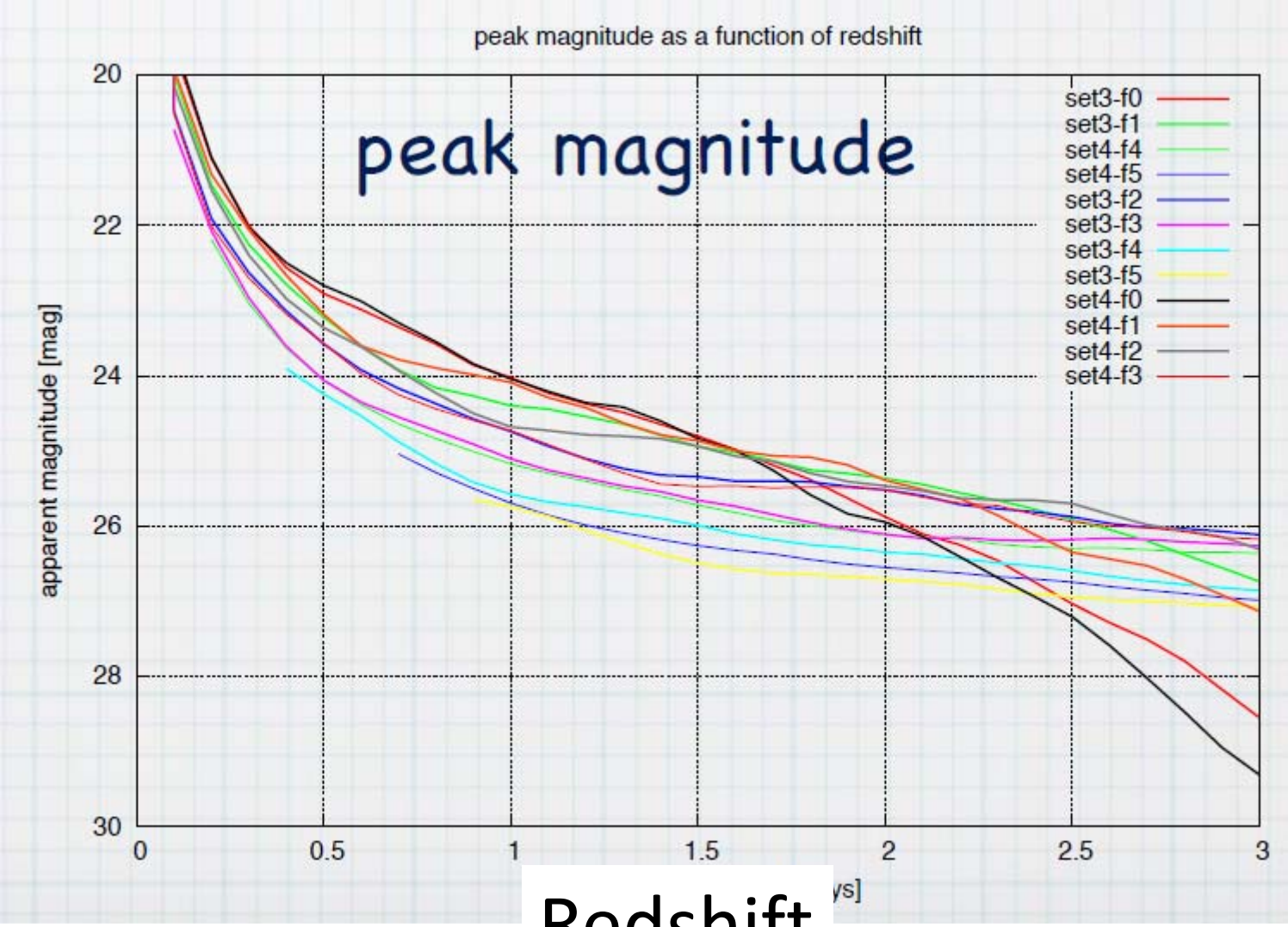
~$10^4$ galaxies at z=8-9,

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

and

~50-100 galaxies at z=14-17

***Many of them are feasible spectroscopic targets***




Redshift

Morokuma、2010

# WISH type-Ia SNe

**Ultra Deep Survey 3-4 band AB28mag**

N=5-10 times/year (@z~1 … Δt~10 days)

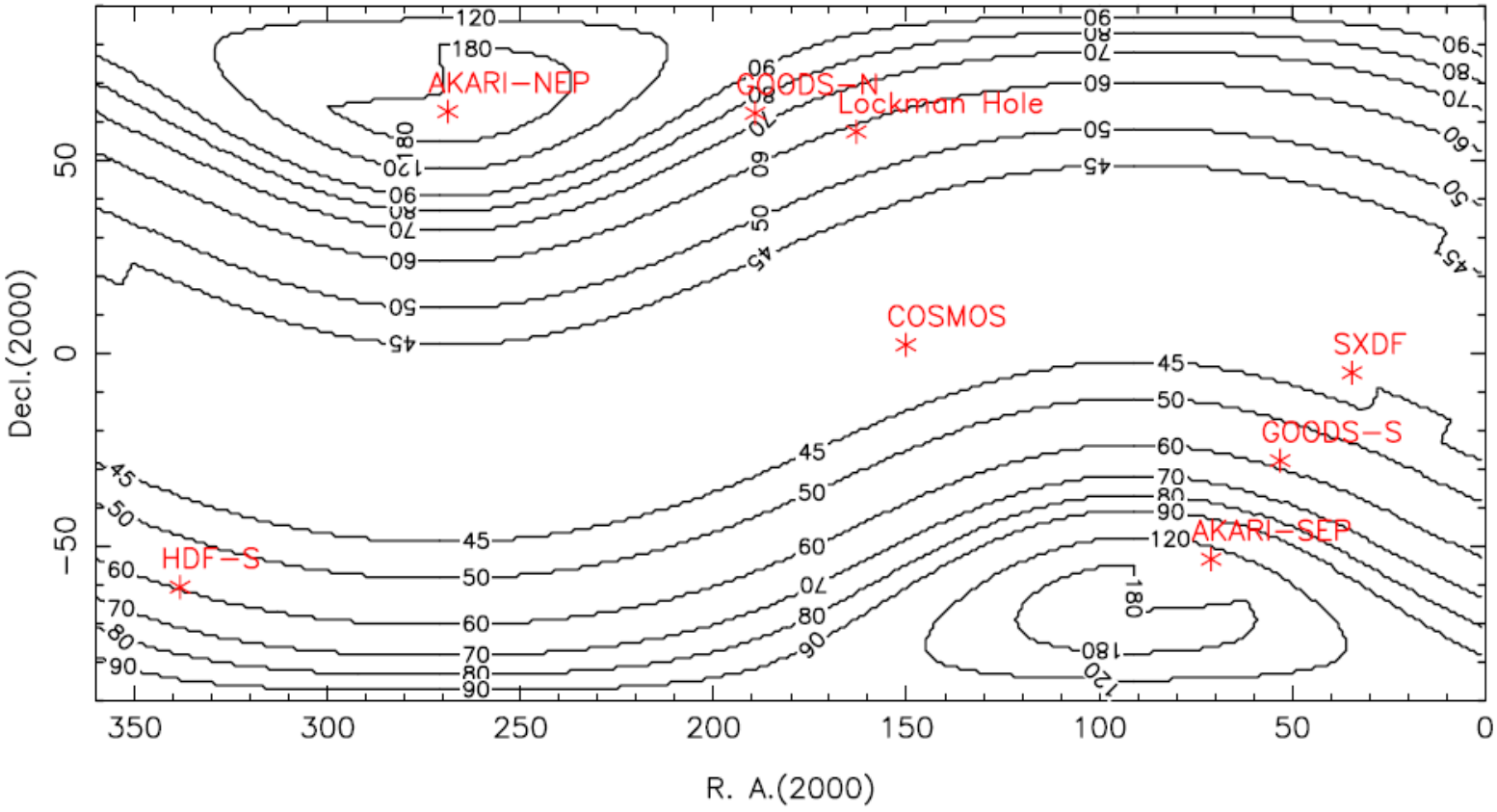
➔ magnitude limit 27.1 (N=5) – 26.8 (N=10)

**1mag margin : m<26.1(N=5) m<25.8(N=10)**

| | Rest-frame I Band | Rest-frame H Band |
|---|---|---|
| N=5 | z=0.2-2.2<br>2000 SNIa in 80 deg$^2$ | z=0.-1.4<br>2000 SNIa in 170 deg$^2$ |
| N=10 | z=0.2-1.6<br>2000 SNIa in 22 deg$^2$ | z=0.-1.0<br>2000 SNIa in 67 deg$^2$ |

# 年間観測可能夜数

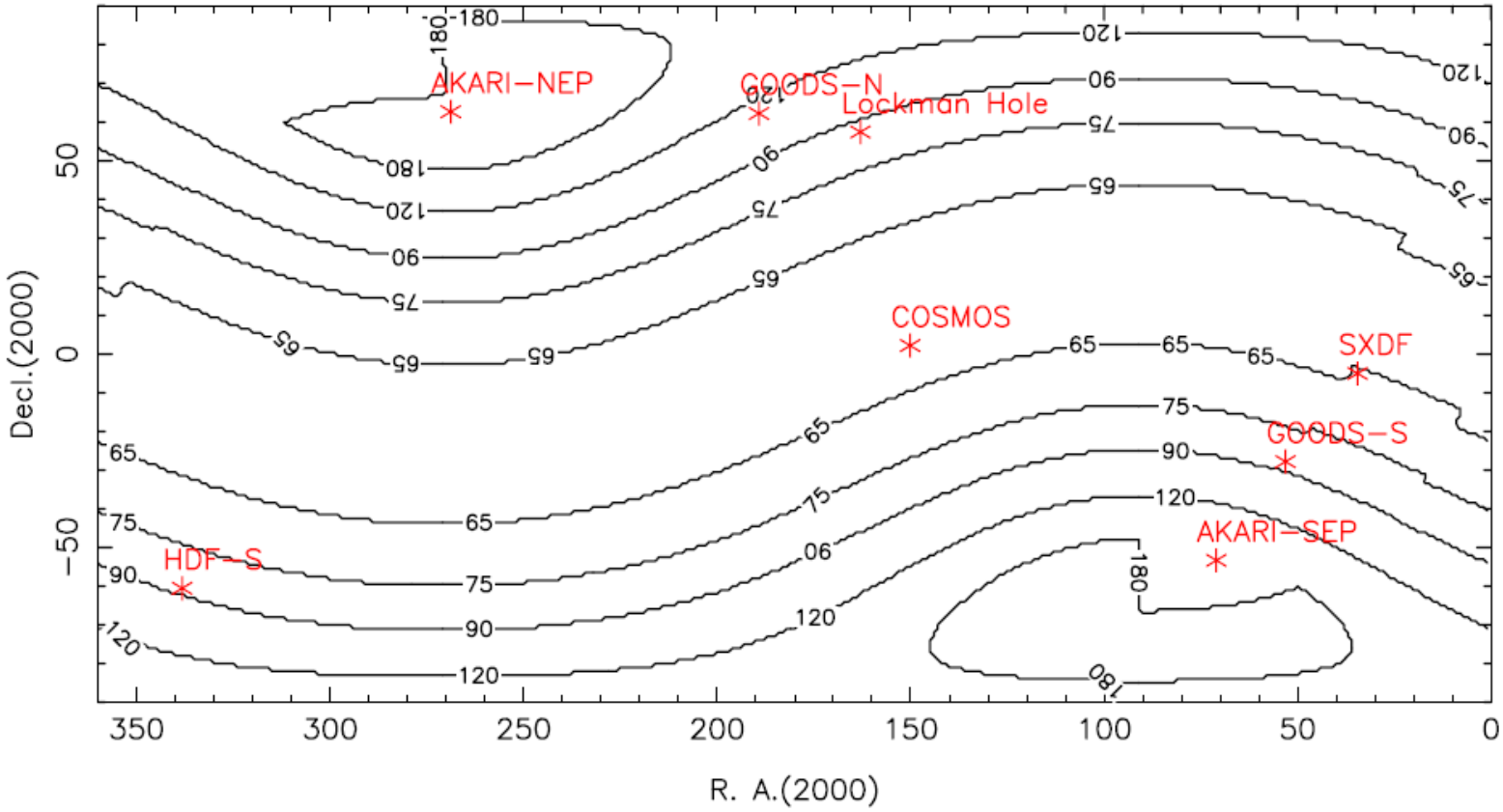
## 20 deg. against the Sun, 0 deg. toward the Sun (Equatorial coords)




Min. 42 days. Max. 180 days.

# 年間観測可能夜数

30 deg. against the Sun, 0 deg. toward the Sun
(Equatorial coords)




Min. 62 days. Max. 180 days.

# 運用プラン (TBD)

Ultra Deep Survey ~1500days 100deg$^2$,28AB

Ultra Wide Survey ~50-60 days

Extreme Survey ~20-30 days

+

Narrow-Band Campaign

Grism Campaign

+

Galactic Survey / Bulge Campaign

Extra-solar Planet Campaign

Solar-system Campaign

# WISH Schedule (WG提案)

| 予算年度 | 内容 | Phase |
|---|---|---|
| 第０年<br>(2008) | プロジェクト開始<br>JAXA/ISAS Working Groupの設立<br>仕様策定のための概念検討 | Working Group |
| 第１－４年<br>(2009-2012) | 概念検討、基礎開発研究の遂行<br>衛星計画ミッション提案のとりまとめ<br>初期プロトモデル制作、試験 | |
| ミッション提案<br>ミッション要求審査 (MRR) 、ミッション定義審査 (MDR) | | |
| 第４－５年 | ミッション定義段階<br>ミッション各部の概念設計<br>プロトモデル製作 | Phase A |
| システム要求審査 (SRR) | | |
| 第５－６年 | プロトモデル製作、試験<br>概念設計 | Phase A |
| システム定義審査 (SDR) | | |
| 第６－８年 | 基本設計<br>Preliminary Design Review<br>主鏡、検出器について調達（制作）開始<br>詳細設計<br>Critical Design Review<br>フライトモデル部分製作開始 | Phase B |
| ミッション最終審査 | | |
| 第９－１０年 | フライトモデル製作、試験 | Phase C |
| 第１０年<br>(NET 2018) | フライトモデル試験、打上 | |

# WISH 他の大型計画との比較

## 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 1μm 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 5-200μm に対して、WISH 波長範囲 1-5μm 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 1-5μm 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1.2m。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 1-2μm。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 WSIH と相補的。

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

ミッション提案書ドラフト　14章参照

# WISH 他の大型計画との比較

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 | 0.9-2μm | 0.8-2μm | 1-5μm |
| FoV | 0.5deg$^2$ | 0.3deg$^2$ | 0.23deg$^2$ |
| Pixel Scale | 0.3arcsec | 0.18arcsec | 0.155arcsec |
| Num. Pixels | 64Mpix | 144Mpix | 128Mpix |
| Filters | YJH | 4BB | 6BB+NB |
| Survey Area Deep | 40deg$^2$ | ? | 100deg$^2$ |
| Survey Depth Deep | 26AB | ? | 28AB |
| Survey Area Wide | 20000deg$^2$ | HL >2500deg$^2$ | >1000deg$^2$ |
| Survey Depth Wide | 24AB | 25AB | 24-25AB |
| Primary Science | Dark Energy | Dark Energy<br>Exoplanets<br>QSO | First Galaxies |

ミッション提案書ドラフト　14章参照

| Overall Paremeters | | |
|---|---|---|
| Launch Date (plan) | NET 2017 | Mission Life Time<br>> 5yr |
| Launcher | H-IIA<br>4/4D-LC lower case<br>PAF 2360S | Capable to launch 1.5t<br>(dual launch, SE-L2) |
| Size | φ3.3m x 5.2m | Launch Configuration<br>Including the startracker |
| Mass | @launch (WET) 1.3t | margin 0.2t |
| Orbit | Sun Earth L2 Halo | |
| Power | Max 1.2 kW | SAP power<br>1.6kW (BOL)<br>1.4kW (EOL) |

| Mission Part | | |
|---|---|---|
| Optics | M1 φ1.5m ellipsoidal<br>M2 φ0.28m hyperboloid<br>M3 φ0.41m ellipsoidal<br>Deff..limit at 1-5μm<br>Fov φ0.2-0.7deg<br>0."15／18μm(pixel) | ・Cooled to 100K<br>・flat mirror also works as the cold stop<br>・light going through the flat mirror hole: option<br>・slitless grism spectroscopy at 1-2.5μm |
| Focal Plane Arrays | HgCdTe (HAWAII-2RG)<br>2K x 2K 32 chips (128Mpix) | 0.9-5.3μm<br>1pixel=18μm |
| Filter Exchanger | Flip-type exchanger<br>11 filters + Cold Shutter | Test module pass the robustness test<br>(120K, >100000 moving) and oscillation test |
| Cooling | M1 100K<br>Other telescope and instrument structure: 80-100K<br>Detector 40-50K<br>Passive radiative cooling | No mechanical cooler |

| BUS | | |
|---|---|---|
| SAP | Fixed, 2 wings<br>1.6kW (BOL) 1.4kW (EOL) | |
| Sun shield | Al panels ＋MLI 30/30 | SPICA R&D heritage |
| Positional Control | STT-IRU Strap down system<br>RW high accuracy<br>（tork-balance ） | ”internal accuracy” (w/o thermal flexure)<br><0.03” r.m.s. (300sec)<br><br>Guiding using the science arrays |
| Thruster | 一液触媒式ブローダウン方式<br>fuel >162kg<br>thruster 3Nx8 23Nx4 | Φ504mm tank　4 |
| Data link<br><br>Data processing | X-band (Data, 16Mbps),<br>S-band （telemetry）<br>BUS < 50Mbps<br>(Space Wire)<br>DR 48GB x 2 | Ka-band (32Mbps): option |

# WISH 開発研究

WISH 衛星の実現に向け、ミッション提案を行うにあたって
その前に克服しておかなければならない技術的課題の検討

- 冷却 (100K) 広視野光学望遠鏡の実現性の検討
  - 広視野を実現する光学系レイアウトの確立
  - 冷却 1.5m 主鏡保持機構
  - 光学望遠鏡構造・概念設計
- 冷却超広視野カメラ実現性の検討
  - スペース広視野フィルタ交換機構
  - スペース用大型赤外線フィルタ
- 予備的熱設計による冷却望遠鏡・観測装置の成立性
- 姿勢制御・姿勢安定性
- 衛星システムとしての成立性

# 2010年度まで / 11年度の開発検討

| 要素 | 現状 | 課題 / 補足 |
|---|---|---|
| 光学系　基本レイアウト | ・3枚非球面鏡　M1：1.5m 軽量鏡<br>・(静的)公差解析<br>・ゴースト評価/バッフル基本案<br>・グリズム分光系検討(オプション) | 長波長グリズム<br>HAWAII-4RG option?<br>Off-axis option ? |
| 望遠鏡構造 | ・CFRPトラス構造基本案<br>・CFRP 構造部材・低温物性・吸湿測定<br>・予備的構造解析<br>・主要部材(鏡材、INVAR、接着剤)<br>低温物性 | 望遠鏡システム設計<br>コスト評価 |
| 主鏡保持機構 | ・主鏡接合(パッド)部概念検討<br>予備解析(クランプ式、接着式)<br>・CFRP パッド接着方式の検討<br>強度評価／低温変形解析／試験<br>・望遠鏡構造機構部<br>概念検討(クランプ式に対応) | クランプ式：<br>マージナルな成立性<br>接着式：<br>金属パッドは不成立 |

| 要素 | 現状 | 課題 / 補足 |
| --- | --- | --- |
| 焦点面検出器 | ・HAWAII-2 (HgCdTe, Teledyne社）<br>+SIDECAR/ASIC (JWSTなど、TRL9) | 焦点面パッケージ<br>常温部 駆動回路<br>HAWAII-4RG? |
| フィルタ交換機構 | ・フリップ式機構策定<br>（焦点面４分割、３段式）<br>・１ユニット試作　振動試験（OK）・<br>冷却耐久試験（１０万回駆動）<br>・ゴースト解析<br>・宇宙用真空極低温駆動モータ評価 | 低温モータ耐久試験 |
| 赤外フィルタ | ・試作・試験（冷却、放射線） | 国内A社<br>コンタミによる吸収 |
| 熱解析・設計 | ・基本構造案に基づく予備的熱解析<br>望遠鏡構造部（目標90-100K)<br>検出器ラジエータ部（目標40K） | サンシールド (SPICA)<br>検出器ラジエータ |
| データ生成量・通信量 | ・基本的運用プランに基づく<br>データ生成量評価<br>・データ伝送に必要な通信回線の検討 | Ka バンド |

| 要素 | 現状 | 課題 / 補足 |
|---|---|---|
| 衛星システム<br>システム設計 | ・成熟した技術を用いた成立性が高い衛星システムの検討 | |
| 衛星システム<br>電源系サブシステム | ・技術成熟度の高い電源系サブシステムの検討(TRL8-9) | |
| 衛星システム<br>信号処理系 | ・技術成熟度の高い基本信号処理系サブシステムの検討<br>(TRL3 ➔TRL7@phaseA)<br>・データ圧縮／圧縮を行う場合に必要な信号処理能力の検討 | ASTRO-H 等で開発中<br><br>圧縮を行う場合には、FPGA の導入が不可欠 |
| 衛星システム<br>通信系サブシステム | ・技術成熟度の高い基本通信系サブシステムの検討 S/X バンド (TRL8-9)<br>・Ka バンドによる通信系の検討 | Kaバンド地上局の検討 |
| 衛星システム<br>姿勢制御系サブシステム | ・技術成熟度の高い姿勢系サブシステムの検討(TRL9、恒星センサTRL6)<br>・焦点面ガイド<br>サイエンス検出器部分読出によるガイド | ASTRO-H 恒星センサ<br><br>ガイド制御系検討 |
| 衛星システム<br>二次推進系サブシステム | ・技術成熟度の高い推進系サブシステムの検討(TRL9) | |

| 要素 | 現状 | 課題 / 補足 |
|---|---|---|
| 衛星システム<br>構造系サブシステム | ・簡易構造解析を実施 | |
| 衛星システム<br>熱制御系サブシステム | ・技術成熟度の高い熱制御系サブシステムの検討(TRL9) | ミッション部含む熱解析との整合性 |

## 2012 年度に向けて

- 成立性の高い主鏡保持機構の検討

  これまでの検討で成立の可能性が高い
  クランプ式接合部のより精度の高い解析

# WISH 課題

体制

国際協力

地上データ蓄積・解析

冷却望遠鏡設計・試験計画

望遠鏡部コスト評価