

# WISHの進捗

Wide-field Imaging Surveyor for High-redshift

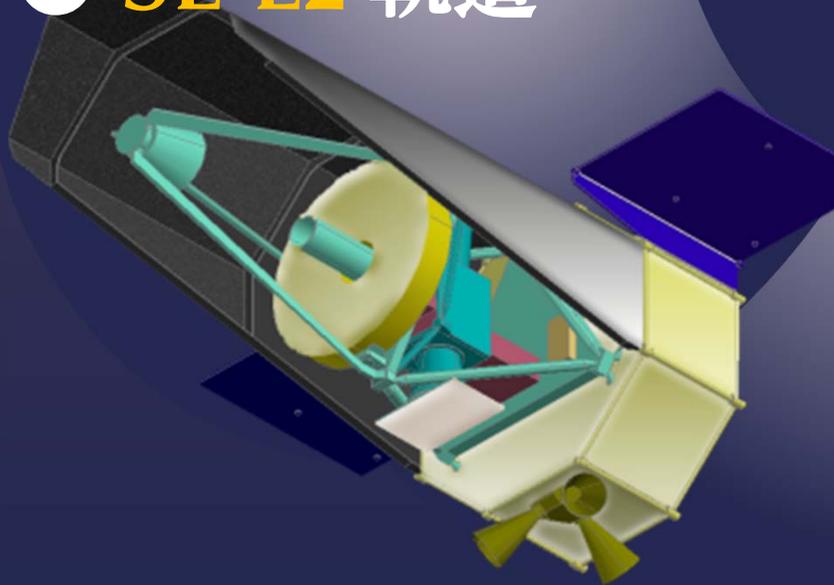
超広視野初期宇宙探査衛星計画

山田亨（東北大学）

For WISH Working Group

# WISH計画・概要

- 口径 **1.5m** の宇宙望遠鏡 (~1.4t)
- 波長 **1-5 $\mu\text{m}$**  (近赤外線、80-100K 放射冷却)
- 広視野 **850 平方分角** (0.155"/pix, 128Mpix)
- **SE-L2 軌道**



JAXA 宇宙科学研究所  
理学委員会において  
WISH ワーキンググループ  
2008年9月～  
2020年までの打上を目指す

# WISH 計画の科学目的

## 1. 宇宙最初期の銀河形成（主目的）

- 銀河宇宙史・最後のフロンティア
- 宇宙再電離を跨ぐ初期銀河形成
- 高赤方偏移の高光度超新星

## 2. Ia型超新星による宇宙の加速膨張史

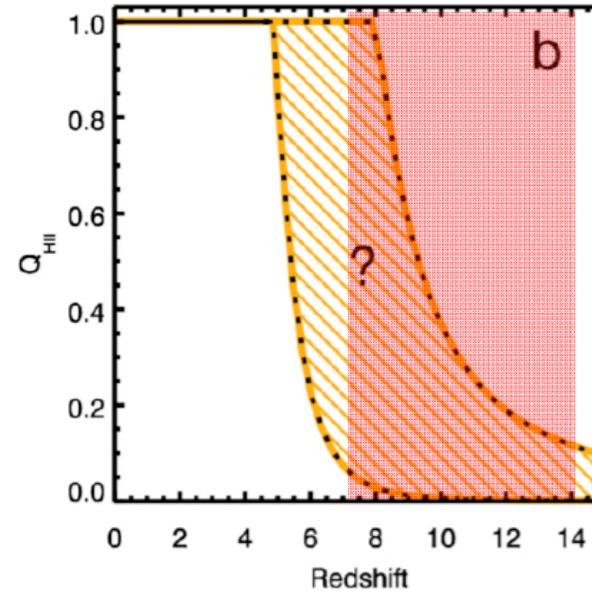
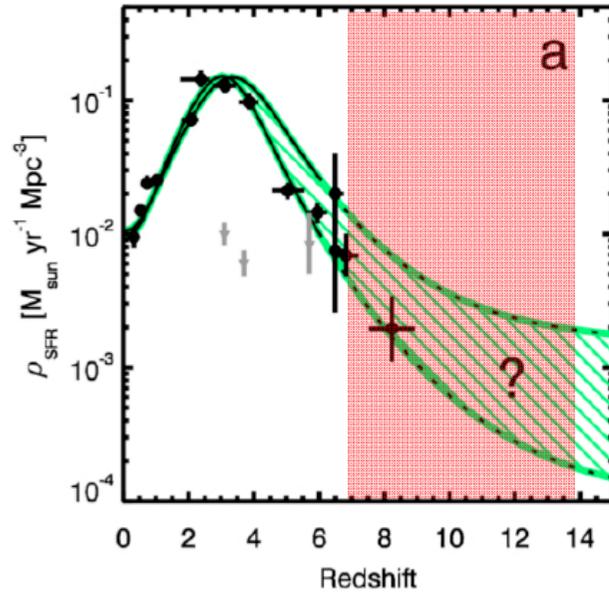
- 高精度観測による精密宇宙論

## 3. 次世代の近赤外線撮像サーベイ

- 様々な分野で新たな天文学研究を開拓
- これまでにない、深さ・広視野の観測

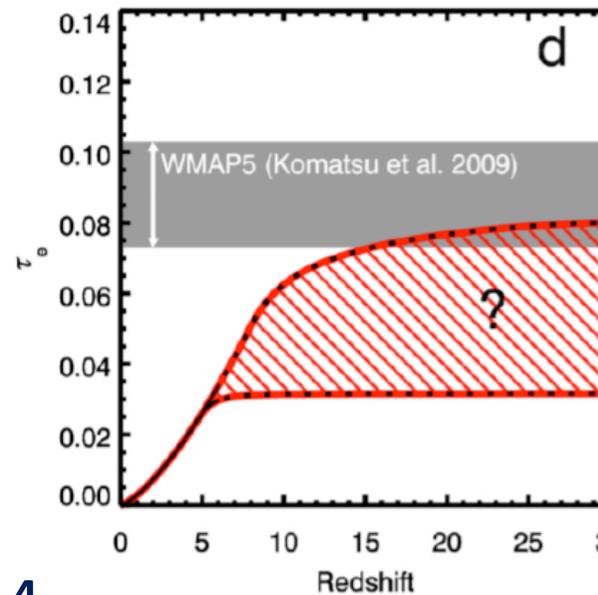
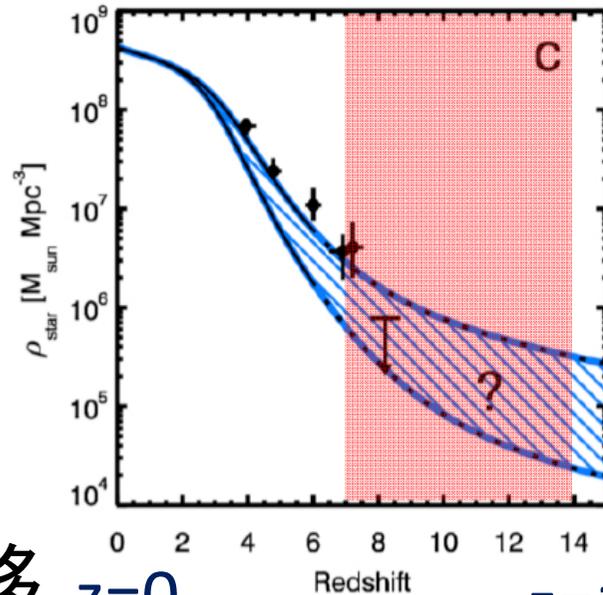
# 宇宙再電離期をまたぐ観測へ

星形成率  
密度  
SFR  
density



電離度  
Ionization  
degree

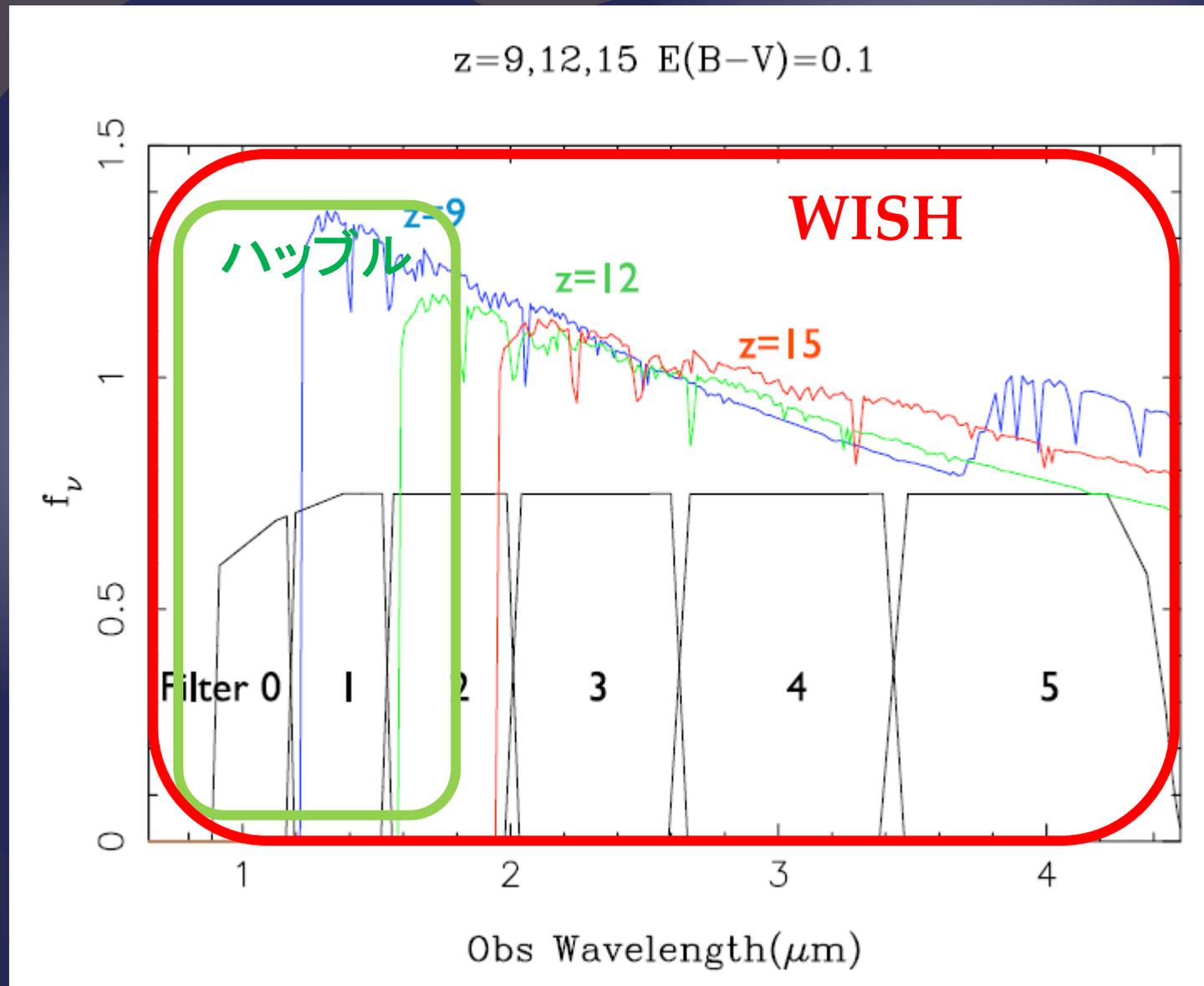
星質量  
密度  
Stellar mass  
density



電子散乱  
光学深さ  
Electron  
scattering  
optical depth

赤方偏移  $z=0$   $z=14$

# 現在までの研究と WISH が目指す観測



# WISH = 広視野サーベイ専用

## WISH による基本サーベイ計画

(全観測時間の 8 割以上、計画を最適化)

	Depth (5 $\sigma$ , Pole) (AB mag)	Area	フィルタ中心波長
Ultra Deep Survey (UDS)	28	100 deg <sup>2</sup>	1.0, 1.4, 1.8, 2.3, 3.0 $\mu\text{m}$
+ Filter 5 (4.0 $\mu\text{m}$ )	28	10 deg <sup>2</sup>	4.0 $\mu\text{m}$
Ultra Wide Survey (UWS)	24-25	1000 deg <sup>2</sup>	1.4, 1.8, 2.3 $\mu\text{m}$
Extreme Survey	29-30	0.25 deg <sup>2</sup>	1.0, 1.4, 1.8 $\mu\text{m}$

UDS 1500days (with 50% overhead)

UWS 50-60 days Filter5 150 days

ExS 20 days/FoV

Nominal Five Years

# WISH UDSで期待される 銀河検出数

$\sim 10^{4-5}$  galaxies at  $z=8-9$ ,

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

and

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

# WISH ミッション提案書・第1版 完成



～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

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” )



# WISH Auxiliary Campaign Science (限られた時間で実施)

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>

## 様々な可能性

- 銀河面 Campaign 散開星団/変光天体
- バルジ Campaign 位置天文観測

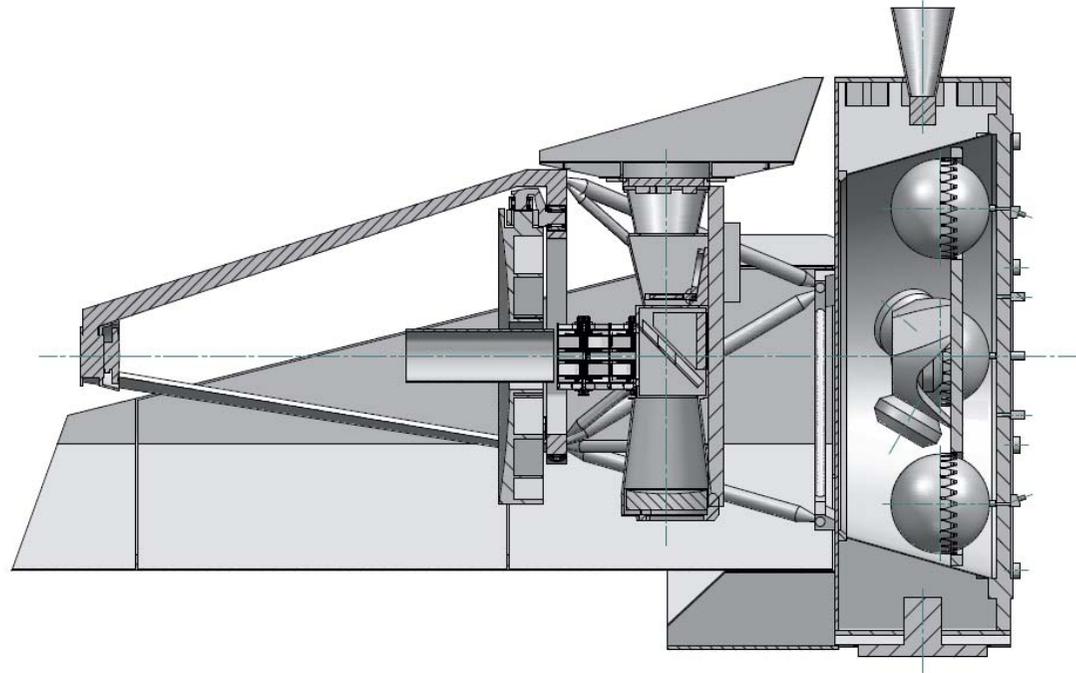
JASMINE 計画との協力

- 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

# 国際協力

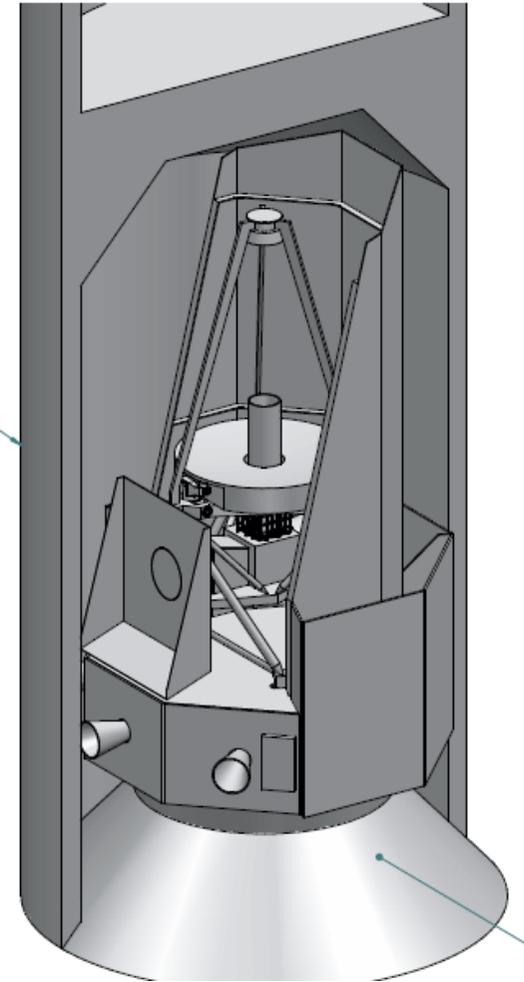
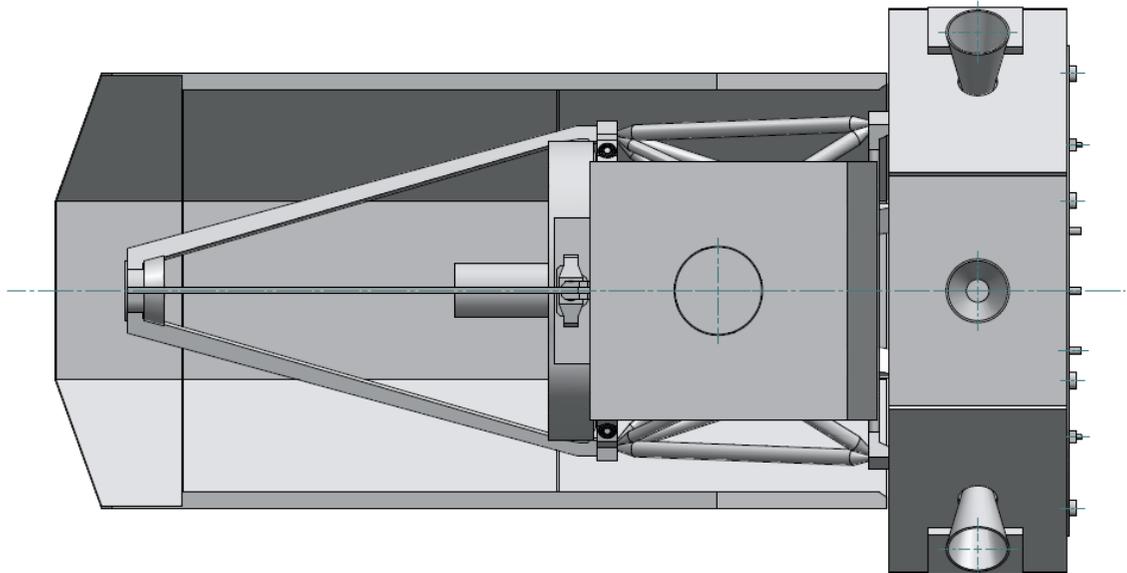
- 米国 CfA/SAO (Fazio )  
2012 NASA SALMON2 Missions of Opportunity 提案済み  
→ NASA の予算事情により SALMON2 自体が stop  
焦点面検出器 を担当
- フランス LAM (Burgarella 他)  
2013 CNES MoO に提案済み  
直進光分光器 IFU ~2' 視野 を担当
- カナダ (Sawicki 他)  
フィルタ交換機構 を担当

# WISHの開発



Size: (HII-A) 4/4D-LC 下段

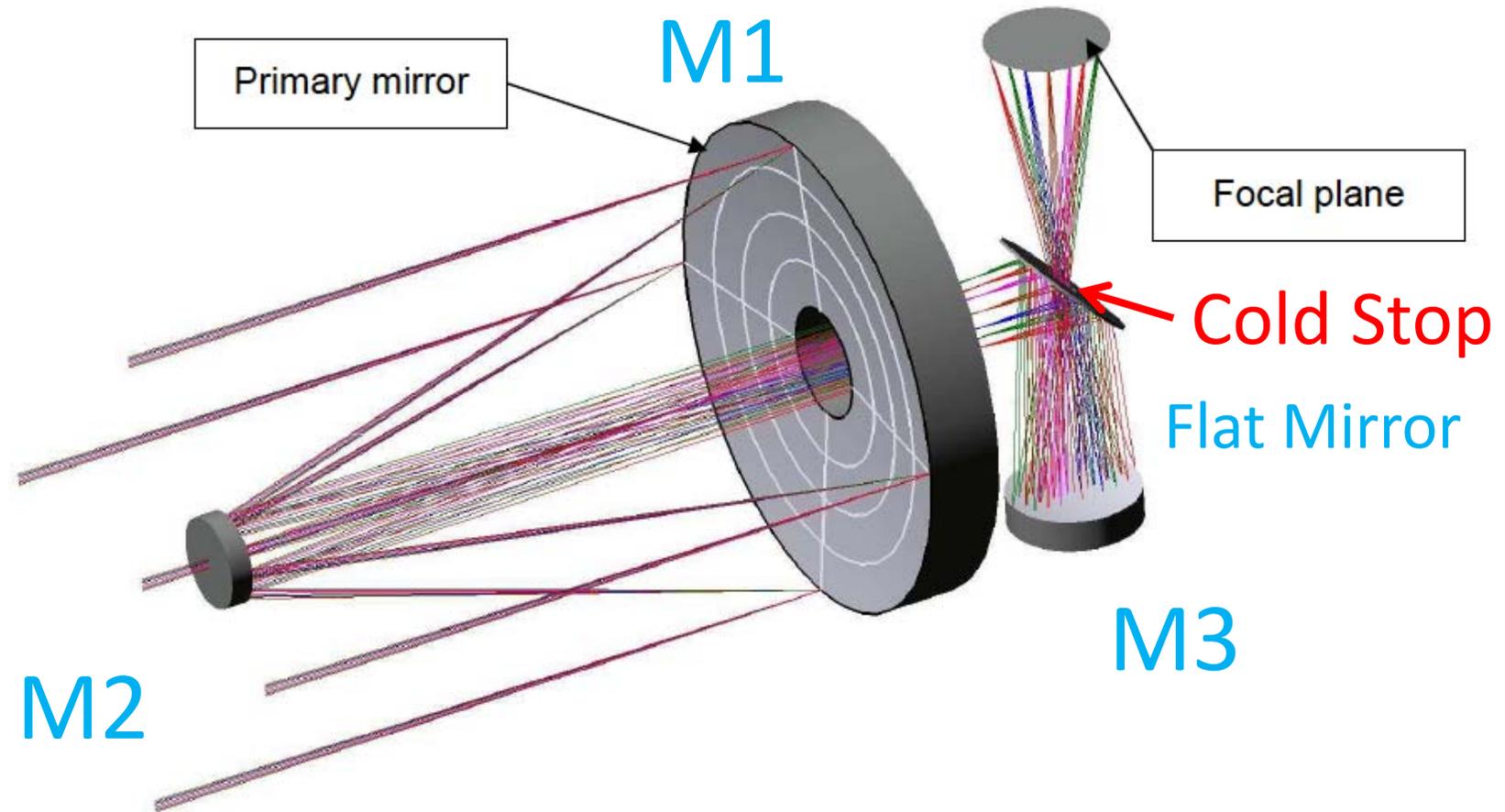
Mass: ~ 1.4t



# 2012年度までの開発検討

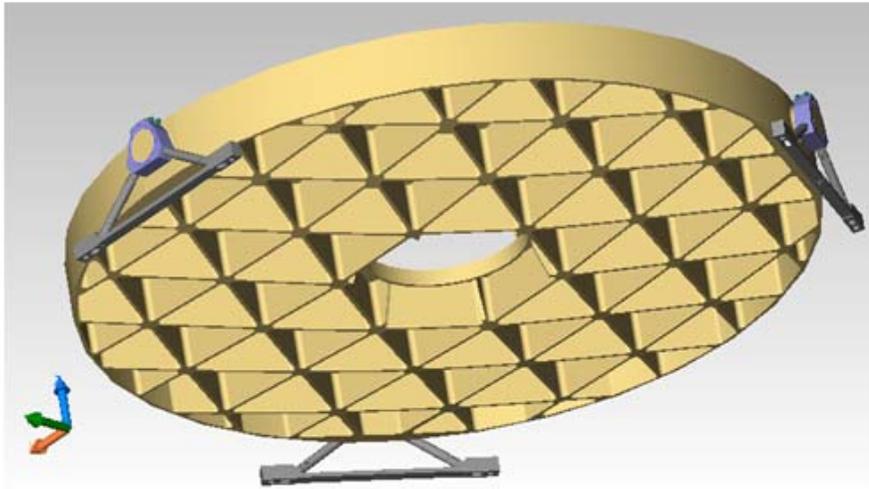
要素	現状	課題 / 補足
光学系 基本レイアウト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3枚非球面鏡 M1:1.5m 軽量鏡</li> <li>・(静的)公差解析</li> <li>・ゴースト評価/バッフル基本案</li> <li>・グリズム分光系検討(オプション)</li> </ul>	長波長グリズム HAWAII-4RG option? Off-axis option ?
望遠鏡構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CFRPトラス構造基本案</li> <li>・CFRP 構造部材・低温物性・吸湿測定</li> <li>・予備的構造解析</li> <li>・主要部材(鏡材、INVAR、接着剤) 低温物性</li> <li>・主鏡概念設計</li> </ul>	望遠鏡システム設計 コスト評価
主鏡保持機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・主鏡接合(パッド)部概念検討 解析(クランプ式、接着式)</li> <li>・CFRP パッド接着方式の検討 強度評価／低温変形解析／試験</li> <li>・望遠鏡構造機構部 概念検討(クランプ式に対応)</li> </ul>	<b>クランプ式:</b> <b>成立のみこみ</b> <b>接着式:</b> <b>金属パッドは不成立</b>

# WISH Optical Layout



# 主鏡概念設計

主鏡デザイン: 143kg  $\phi$ 1530mm

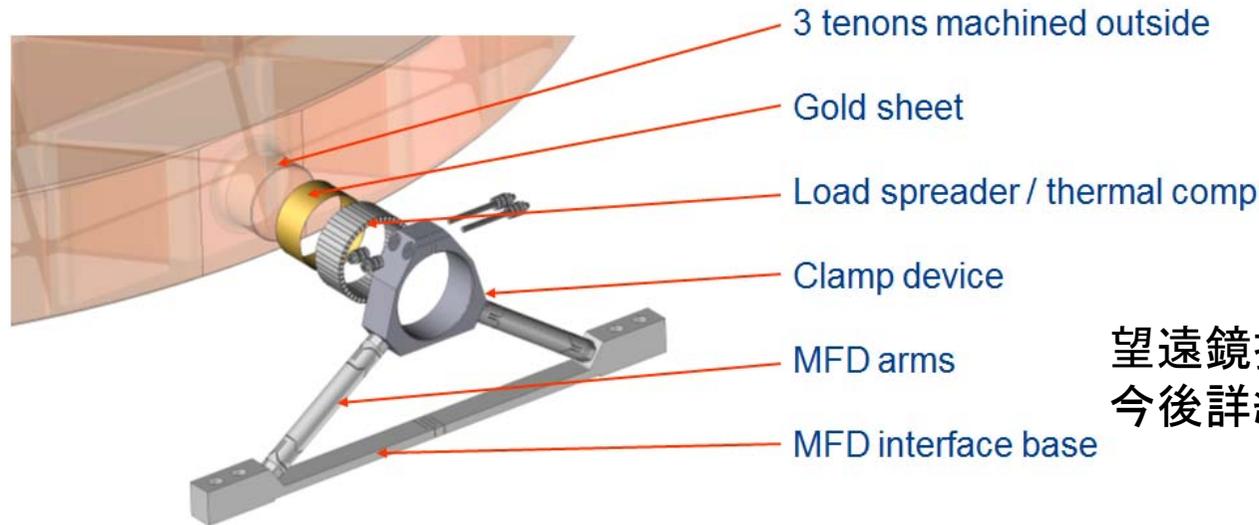


Parameter	Value	Remark
Mirror mechanical diameter	1530 mm	30 mm margin / useful diameter
Hole diameter	340 mm	Useful diameter = 370 mm
Radius of curvature	4808.7419 mm	Radius of conic
Conic constant	-0.988648	
Mirror thickness	115 mm	Constant
Ribs thickness	8 mm	
Radius of pockets corners	10 mm	Min for diamond tool
Tenons diameter	70 mm	Polished
Mass of the bare mirror	143 kg	
Mass of the equipped mirror	153.5 kg	
MFD arms diameter	20 mm	
MFD blades thickness	2 mm	
Athermalisation ring thickness	6.4 mm	

- 静荷重、打上荷重、冷却荷重に対する変形量の解析  
（主鏡保持機構は上の案を仮定）
  - コーティング（+冷却）による変形量の解析
- 成立案の策定

# クランプ式結合部の成立モデルの検討、主鏡概念設計

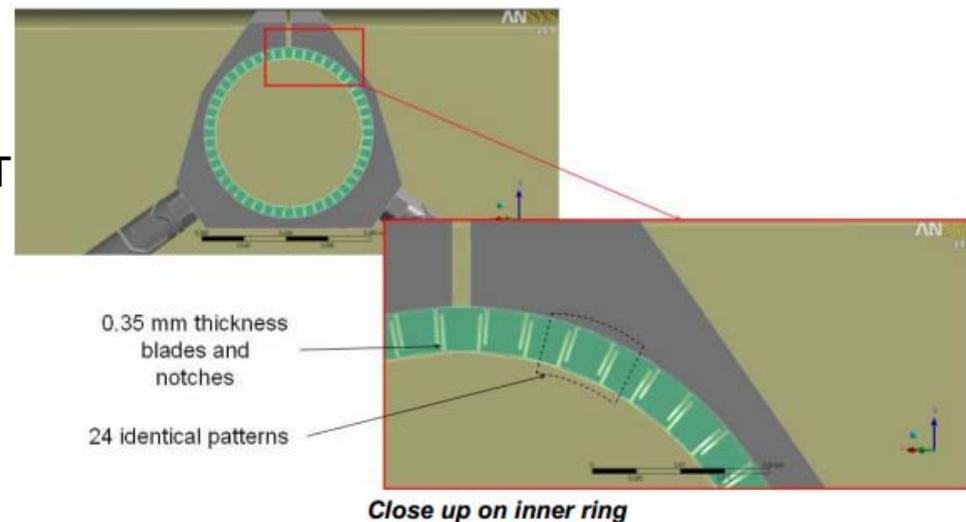
台形ラグ → 円柱テノン、熱変形吸収機構 (thermal compensator)

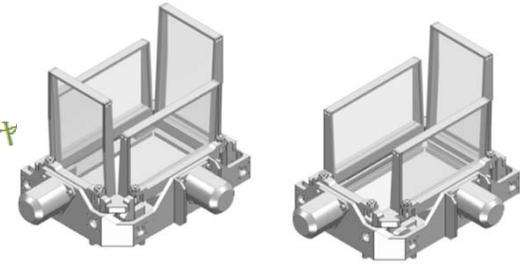
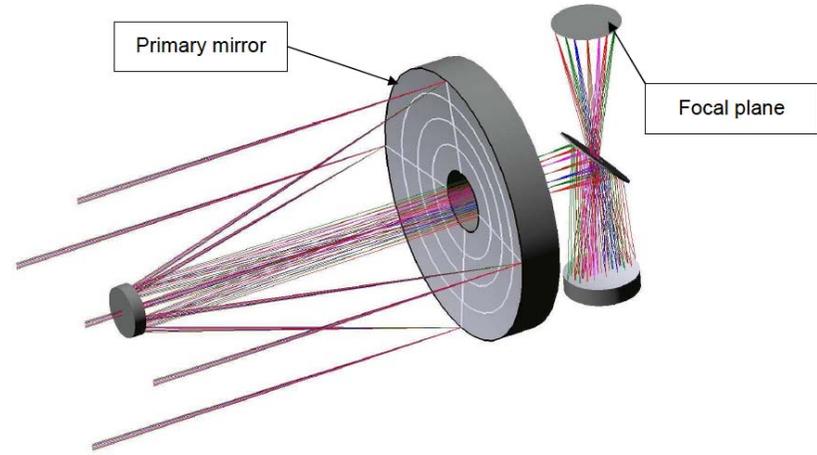
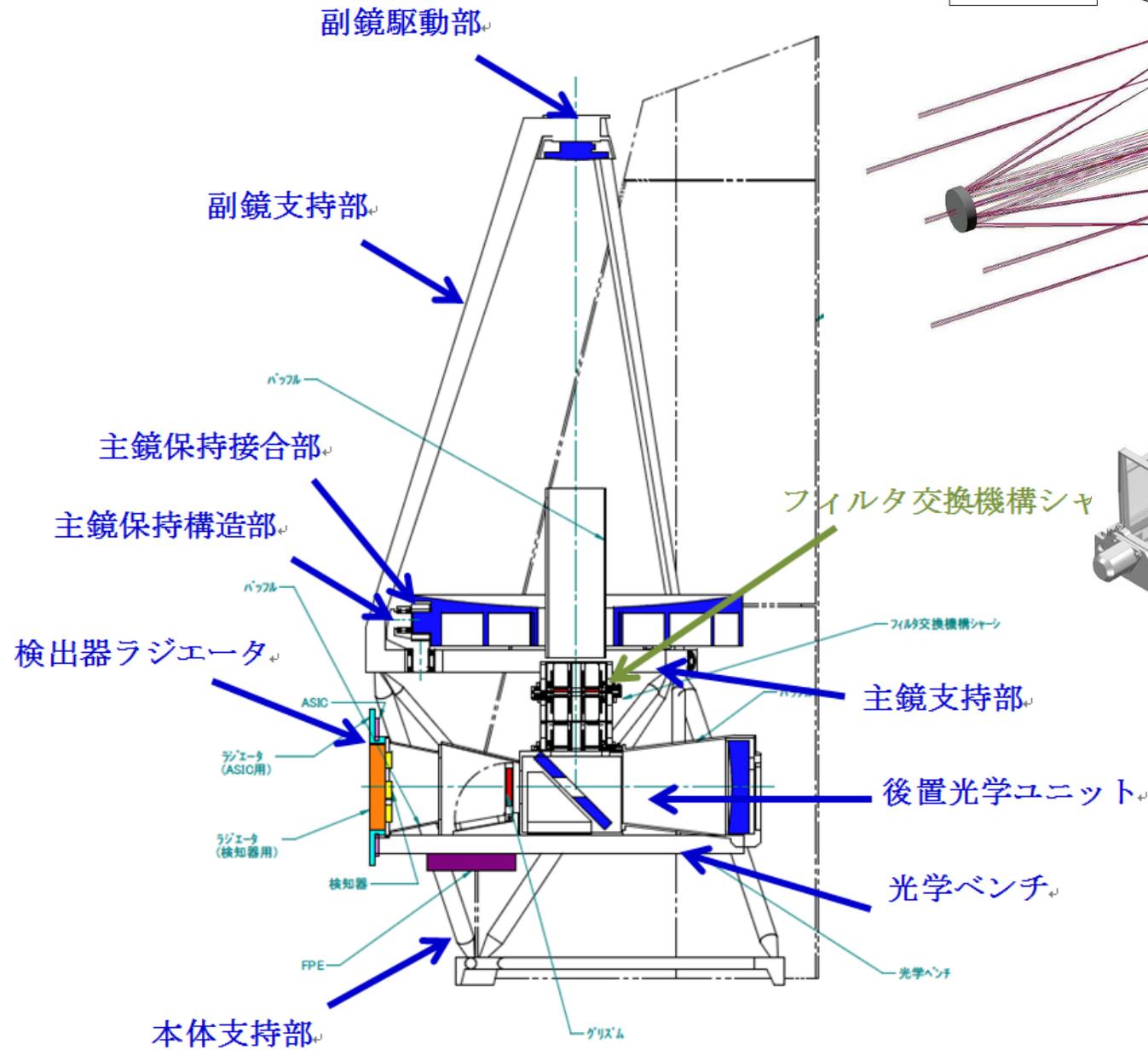


望遠鏡接合部については  
今後詳細検討

Φ1.5m, <  
打上荷重 20G along X, Y, Z RT  
冷却 80K

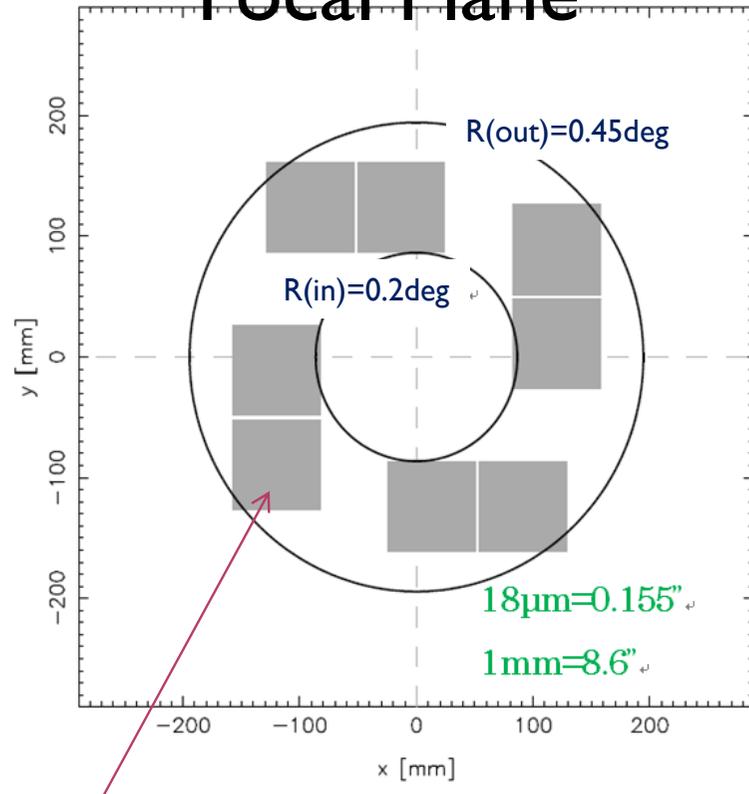
- 熱変形吸収機構(鉄)
- 最大荷重に対してテノンとの間に隙間を生じない最適なクランプカの解析



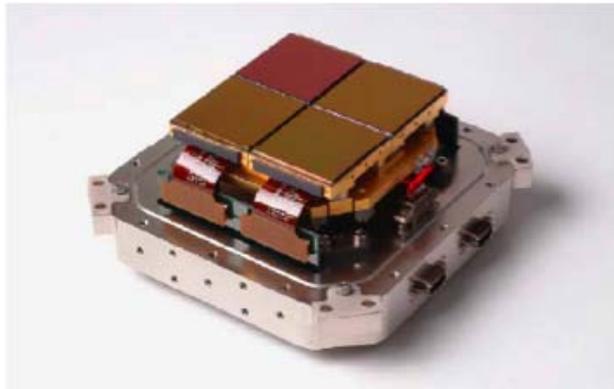


要素	現状	課題 / 補足
焦点面検出器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HAWAII-2 (HgCdTe, Teledyne社)</li> <li>+SIDE CAR/ASIC (JWSTなど、TRL9)</li> </ul>	焦点面パッケージ 常温部 駆動回路 HAWAII-4RG?
フィルタ交換機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フリップ式機構策定                (焦点面4分割、3段式)</li> <li>・1ユニット試作 振動試験(OK)・                冷却耐久試験(10万回駆動)</li> <li>・ゴースト解析</li> <li>・宇宙用真空極低温駆動モータ評価</li> </ul>	低温モータ耐久試験
赤外フィルタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試作・試験(冷却、放射線)</li> </ul>	国内A社 コンタミによる吸収
熱解析・設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本構造案に基づく予備的熱解析                望遠鏡構造部(目標90-100K)                検出器ラジエータ部(目標40K)</li> </ul>	サンシールド (SPICA) 検出器ラジエータ
データ生成量・通信量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的運用プランに基づく                データ生成量評価</li> <li>・データ伝送に必要な通信回線の検討</li> </ul>	Ka バンド

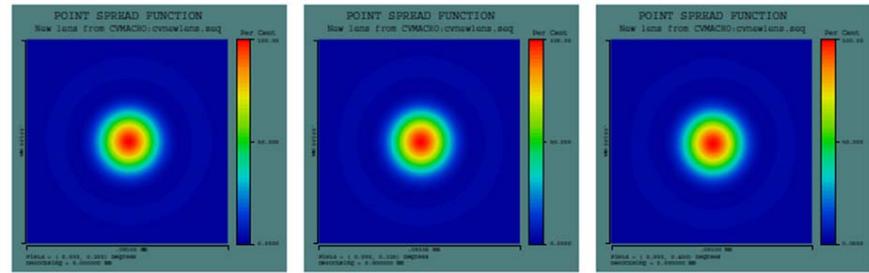
# Focal Plane



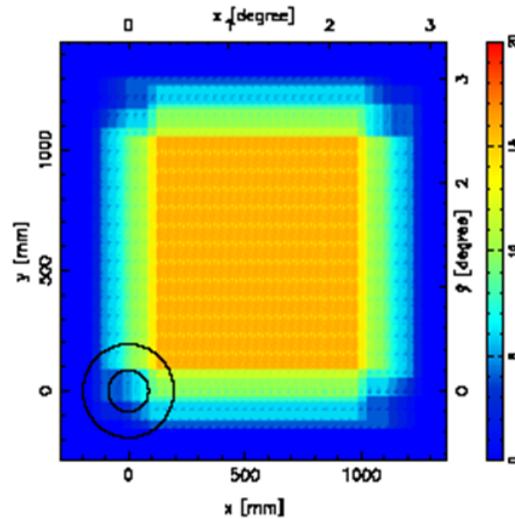
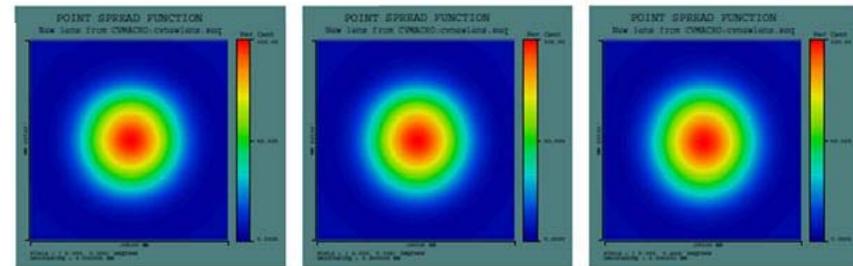
4 x 2kx2k FPA



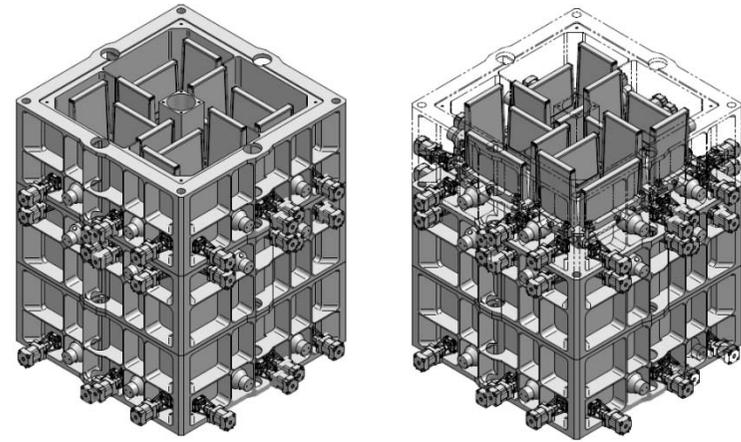
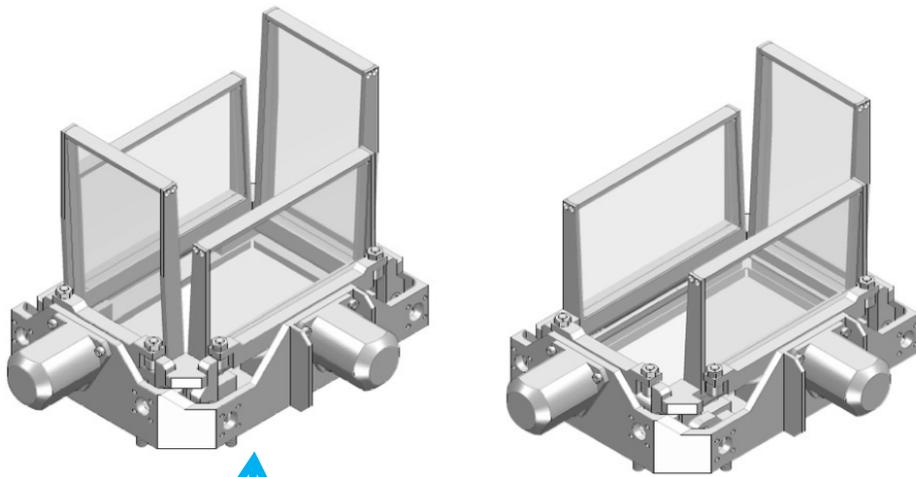
$R=0.2, 0.325, 0.4 \text{ deg @ } 1.25 \mu\text{m}$



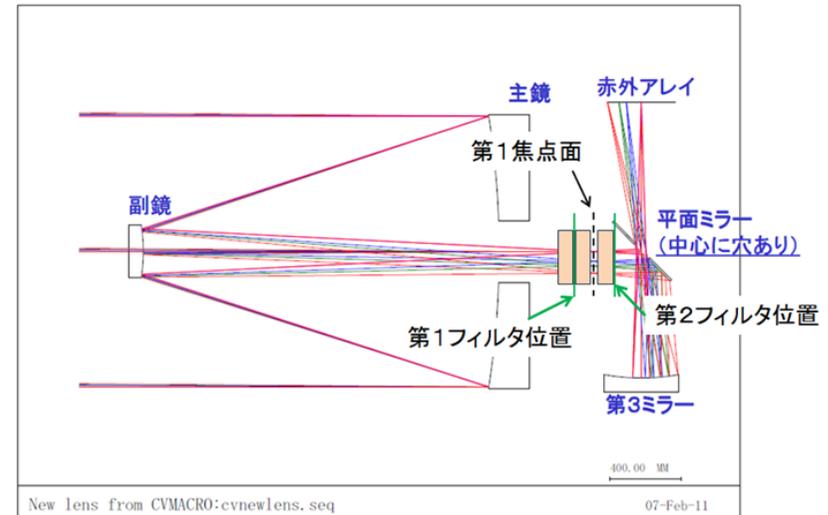
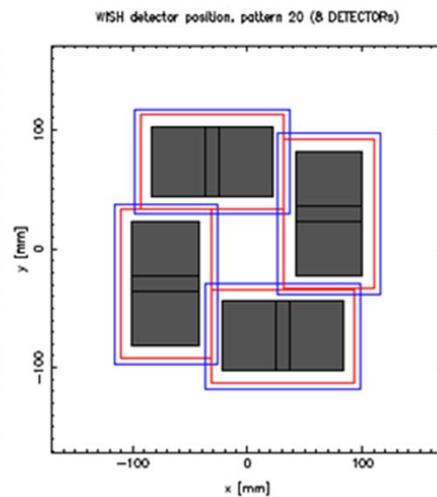
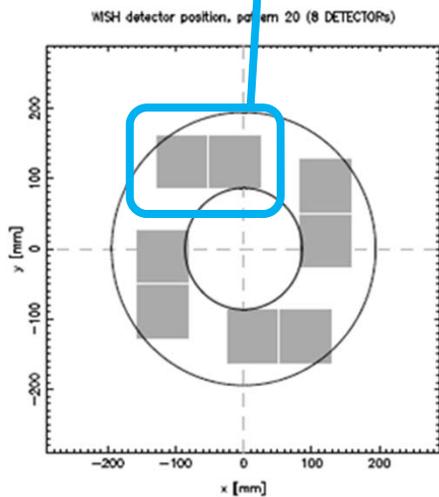
$R=0.2, 0.325, 0.4 \text{ @ } 2.2 \mu\text{m}$



# WISH Flip-type Wide-field Filter Exchange System



フィル交換機構ASSY 概要図



# フリップ式フィルタ交換機構 試作・試験

真空低温下での耐久試験

2010年12月～2011年1月

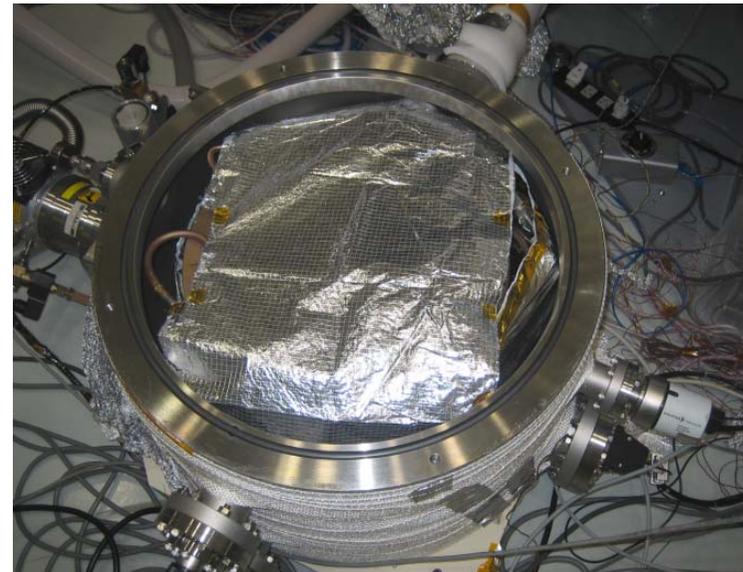
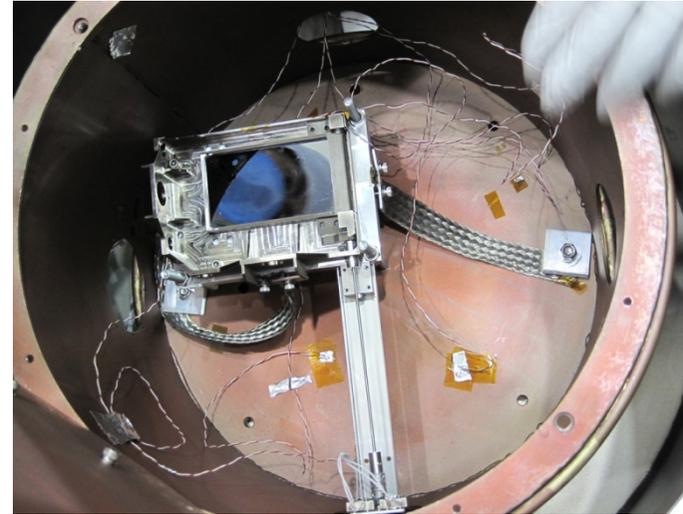
於: 国立天文台

先端技術センタ 大クリーンルーム

真空チャンバ内にシュラウドをおき、  
液体窒素循環により 100-120K に冷却  
供試体の温度も 120-150K

10万回の往復動作を達成。  
→ 駆動シャフトのトルクに  
異常なし。

注: 今回は交換機構のメカ部の耐久性を検証することを  
目的としており、駆動に使用したモータは  
-60°C程度までの冷却に対応した製品を用いて、  
チャンバ内のシュラウドから出した状態で試験。



# フリップ式フィルタ交換機構 試作・試験

## 振動試験

2010年11月16-19日

JAXA/ISAS 振動制御室

ダミーフィルタ

石英

白板ガラス

シリコン

ECSS-E-10-03A

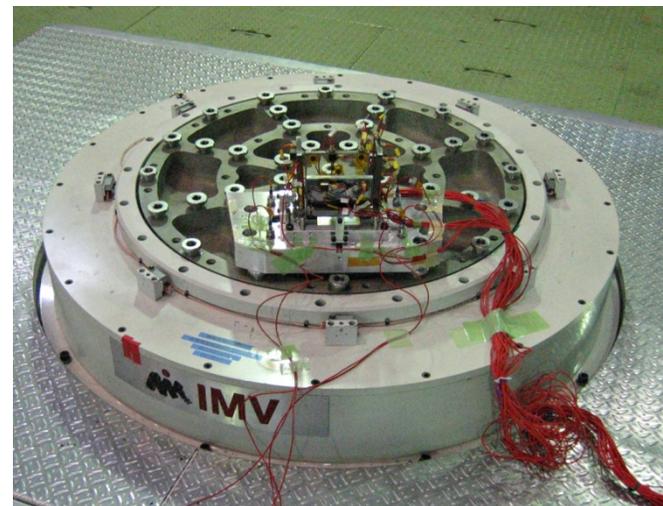
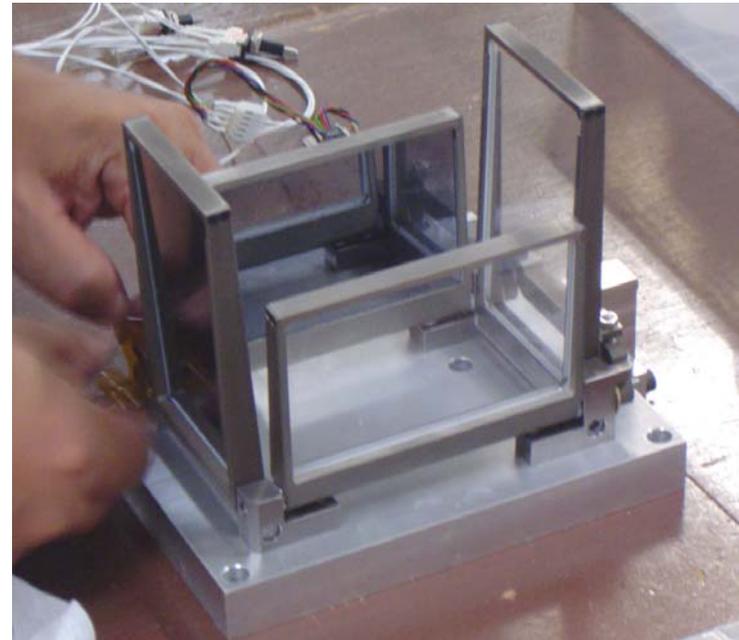
“Testing” ガイドラインによる

Generic 加振レベル

## 結果

破損無し

応答関数に変化無し



要素	現状	課題 / 補足
衛星システム 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 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 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 (TRL3 →TRL7@phaseA) ・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  圧縮を行う場合には、FPGA の導入が不可欠
衛星システム 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) ・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 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) ・焦点面ガイド 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  ガイド制御系検討
衛星システム 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 構造系サブシステム	・簡易構造解析を実施	
衛星システム 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

## 現在進行中

- 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

- 宇宙用低温モータ試験

# 日本の天文学大型計画における WISH の位置づけ

TMT

すばる



近赤外広視野  
深撮像  
(高赤方偏移へ)

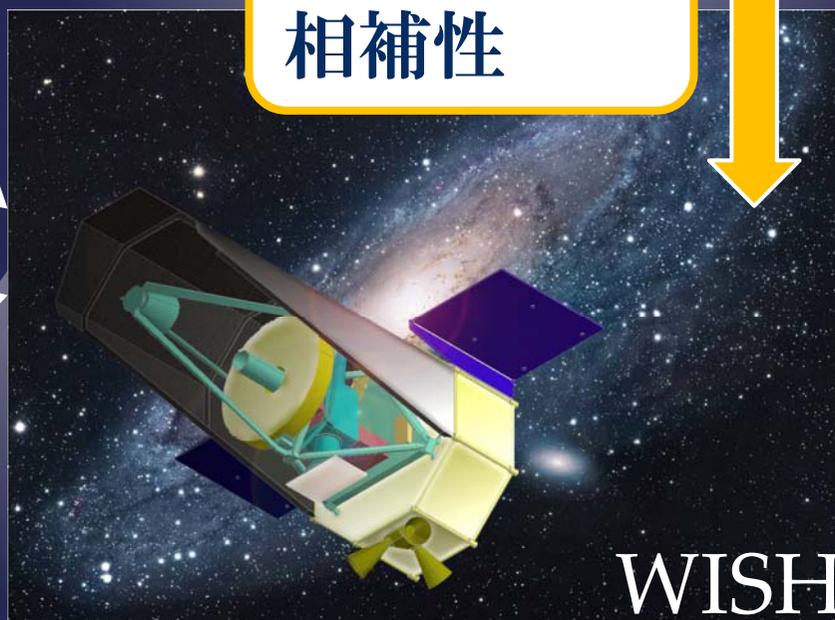


強い親和性  
相補性

あかり



大口径  
高解像度  
高感度



WISH

# Feasibility Matching

(例)  $z=11-12$  の銀河を WISH で見つけて TMT で分光する。

## WISH 撮像 Ultra Deep Survey

(100deg<sup>2</sup>, 28AB, 1-4um 各バンド 10-20時間積分)

近赤外多色測光により、 $z\sim 11-12$  銀河を同定

- $z=11-12$  銀河に期待される光度     $\sim 26.5$ AB等級     $\sim 27$ AB等級  
期待される検出個数     $\sim 5$ 個/平方度     $\sim 20$ 個/平方度  
( $z=6-8$  の光度進化を外挿)

## TMT IRIS 分光感度

0.1" aperture AO 観測

連続光 H-band 5時間積分 S/N= 2-3

26-27 AB (R $\sim 4000$  波長単位)

Wright et al. 2010

0.1" aperture / point source

0.05"/pix (最も粗い)

夜光平均背景光

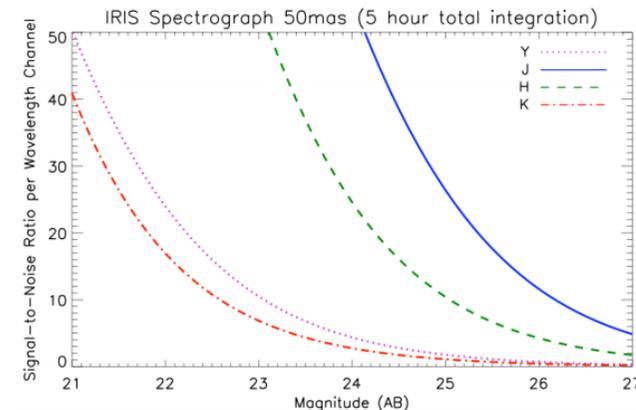
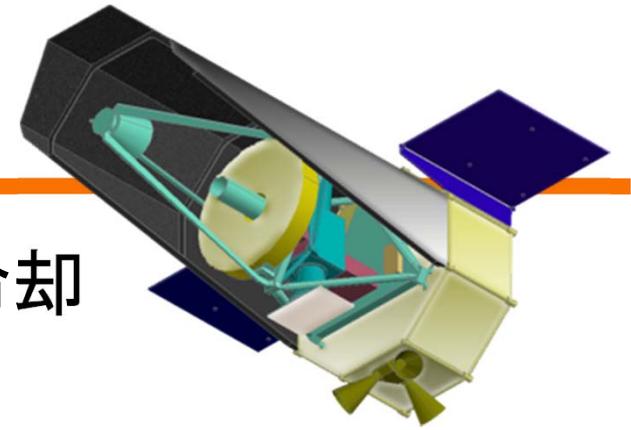


Figure 5: Estimated signal-to-noise ratio per wavelength channel versus a given magnitude (AB) illustrating the sensitivities for the integral field spectrograph at the 0.05" per spatial element scale in each broadband filter (Y, J, H, K) using a fixed aperture size of 0.1" over a single point source. A total integration time of 5 hours was made up of single exposures of 900 seconds stacked 20 times in Y, J, and H, and K. The coarser scale yields a higher background compared to the finer spatial scales and undersamples the PSF, therefore decreasing the signal-to-noise in these simulations.

# WISH 計画・まとめ



- 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 $\mu$ 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 $\mu$ m pix** ← 1.5 $\mu$ m 回折限界に最適化)
- 望遠鏡 ~ 80-100K, 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