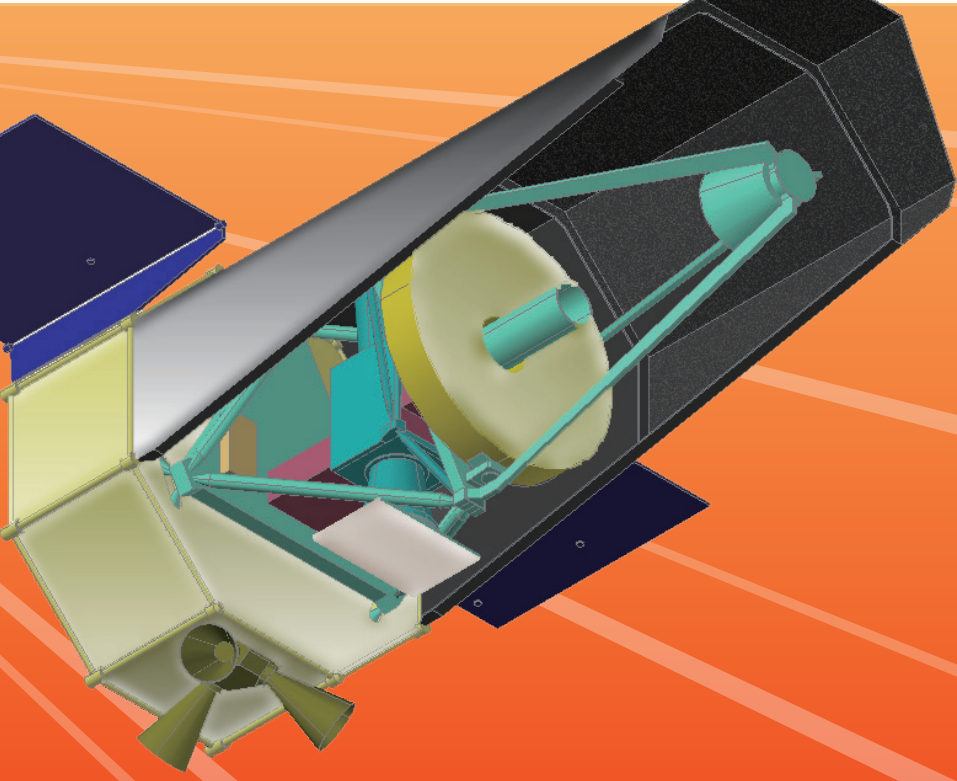




超広視野初期宇宙探査衛星 WISH: 技術開発状況

WISH ワーキンググループ

山田 亨¹, 岩田 生², 諸隈 智貴³, 矢部 清人², 常田 佐久², 東谷 千比呂³, 大藪 進喜⁵, 和田 武彦⁶, 松原 英雄⁶, 杉田 寛之⁶, 岡本 篤⁶, 佐藤 洋一⁶, 太田 耕司⁴, 河合 誠之⁷, 児玉 忠恭², 小林 正和², 馬渡 健¹, 池田 優二⁸, 岩村 哲⁹ ほか

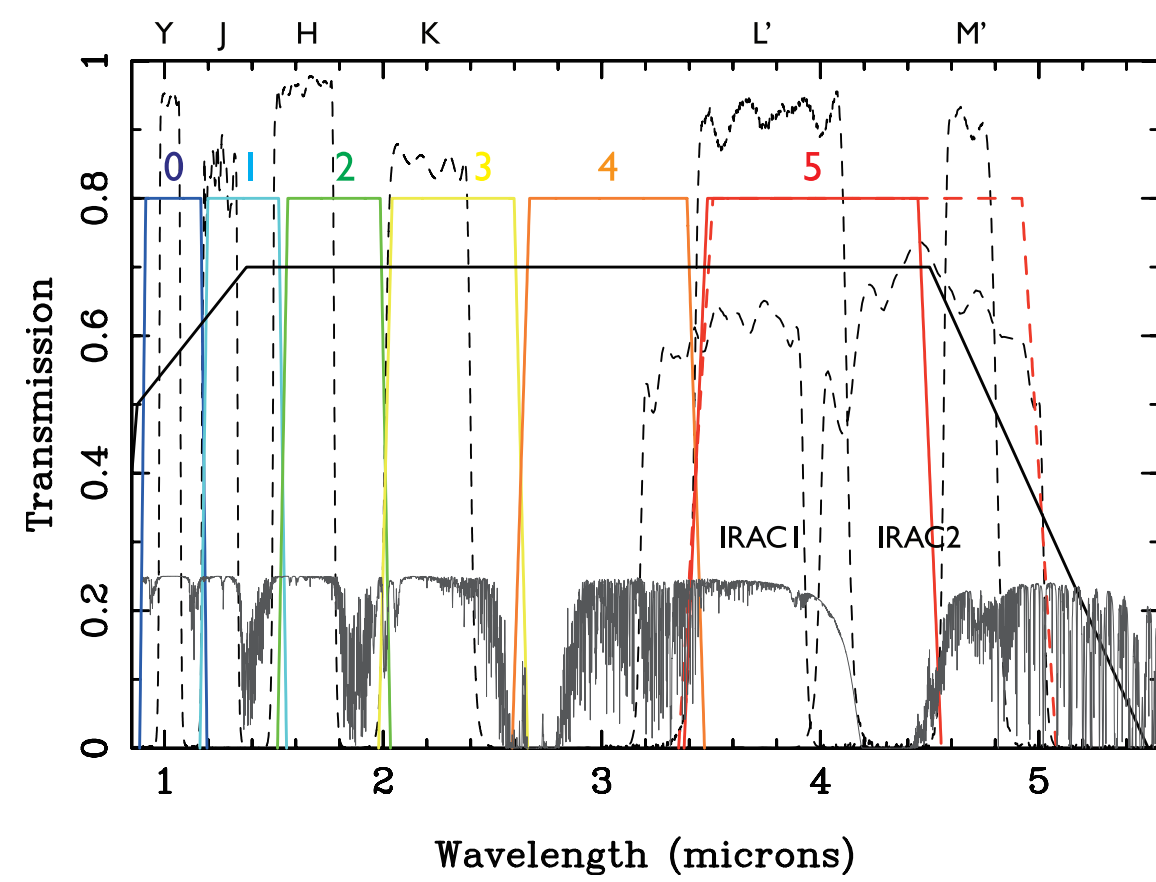
1: 東北大学 2: 国立天文台 3: 東京大学 4: 京都大学 5: 名古屋大学 6: JAXA 7: 東京工業大学 8: フォトコーディング 9: MRJ

WISH は口径 1.5m の鏡と直径約 30 分角の視野をもつ近赤外線 (1-5 μ m) カメラを搭載した衛星により、地上では到達不可能な深さでの広い天域の探査を行う計画です。赤方偏移 7-15 の宇宙最初期の銀河の探査、遠方宇宙の Λ 型超新星検出による宇宙膨張史=ダークエネルギーの性質の解明をはじめとするユニークなサイエンスの実現を目指します。2008 年 9 月に WG が設立され、活発な検討・開発を進めてきました。本ポスターではこれまでの進捗を報告します。

仕様

主鏡口径 : 1.5m
視野 : ~1000 平方分
Pixel Scale: 0.15"
検出器 : 32 2k x 2k HgCdTe
波長 : 1-5 μ m
軌道 : Sun-Earth L2
ロケット : HII-A
打ち上げ時期 : 2010 年代後半
Mission Lifetime: L2 で 5 年間

フィルタ仕様



科学目標の効率の達成と感度の検討から、6 枚のフィルタによるブロードバンドフィルタセットを基本案として設定した。地球大気による吸収がないため、0.9 μ m から 5 μ m 程度までを隙間なくカバーできる。この他、非常に遠方の星形成銀河の探査などのための狭帯域フィルタを搭載する。

サーベイ計画

	# of Filters	Limiting Mag.	Area	Days*
Ultra Deep Survey	5	28 AB	100 deg ²	1,500
Ultra Wide Survey	3-4	25 AB	1,000 deg ²	50-70
Extreme Survey	3	29.5-30 AB	~1 deg ²	~100

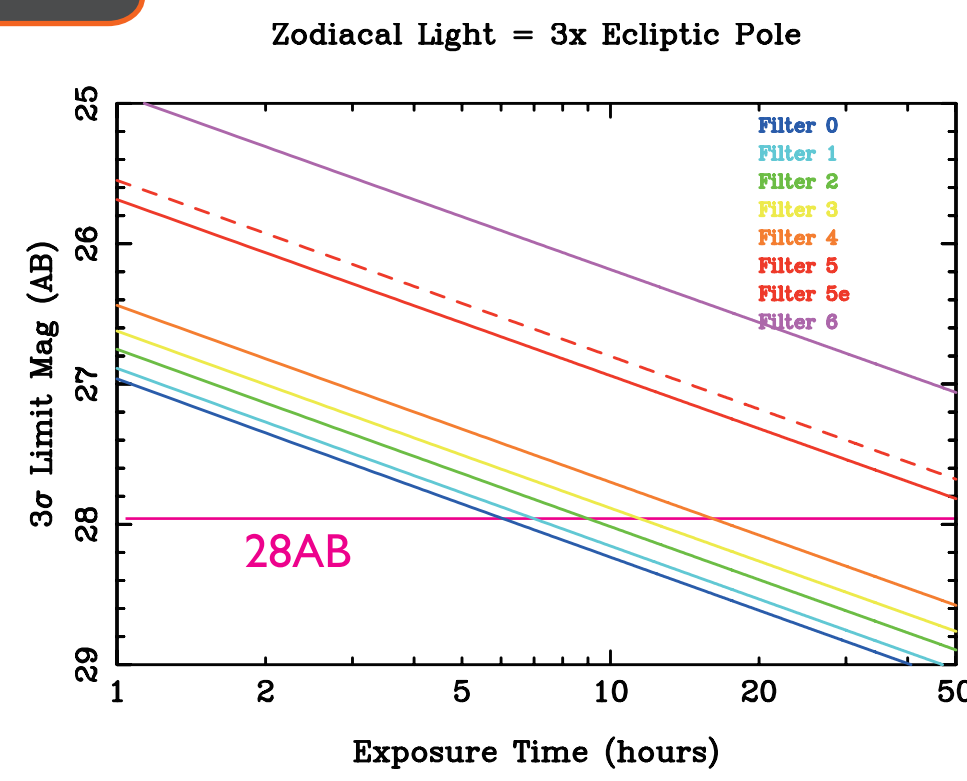
*サーベイに要する日数には 50% のオーバーヘッドを含む

主体となる Ultra Deep Survey に加え、遠方クエーサーの探査などを行う Ultra Wide Survey、Visibility の高い天域で最も深い Extreme Survey を展開する。これらのほか、Narrow-band Filter を用いたサーベイなどを組み込むことを検討する。サーベイ中に WISH が指向できる方向にガンマ線バーストが発生した場合はフォローアップを実施する。

WISH のユニークネス

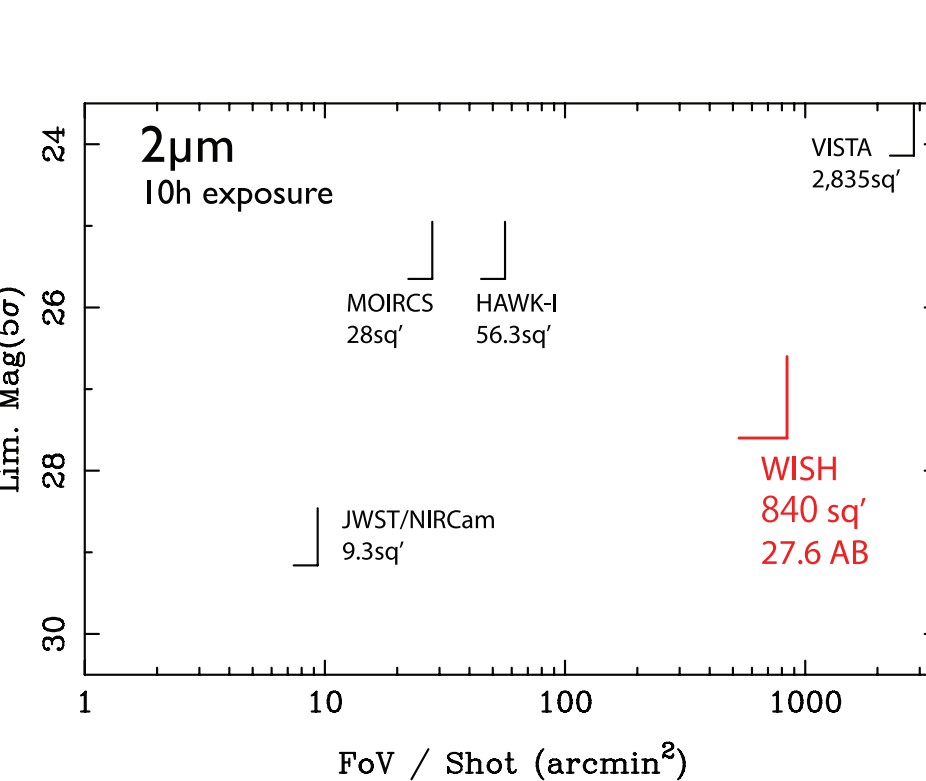
WISH では、冷却された光学系により、**地上望遠鏡では到達できない深さのサーベイ**を実現できる。宇宙最初期の銀河を検出するためには、Ultra-Deep Survey で実現する 28AB 等級の達成が必須である。これは、ESA が推進する **Euclid よりも 2 等程度深い**。1-5 μ m の波長範囲を、このような深さで、100 平方度もの天域についてサーベイするミッションは他には提案されていない。

サーベイの深さ



十分に光学系が冷却された状態での積分時間あたりの予想限界等級。3 μ m までのどのバンドでも、20 時間未満で 28AB 等級にまで到達することが可能。

サーベイの広さ

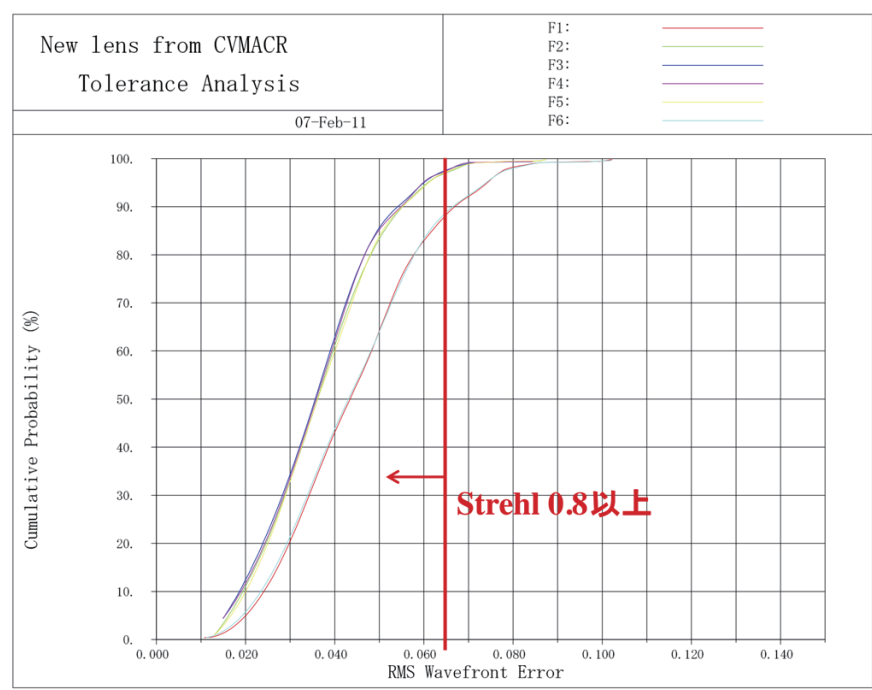
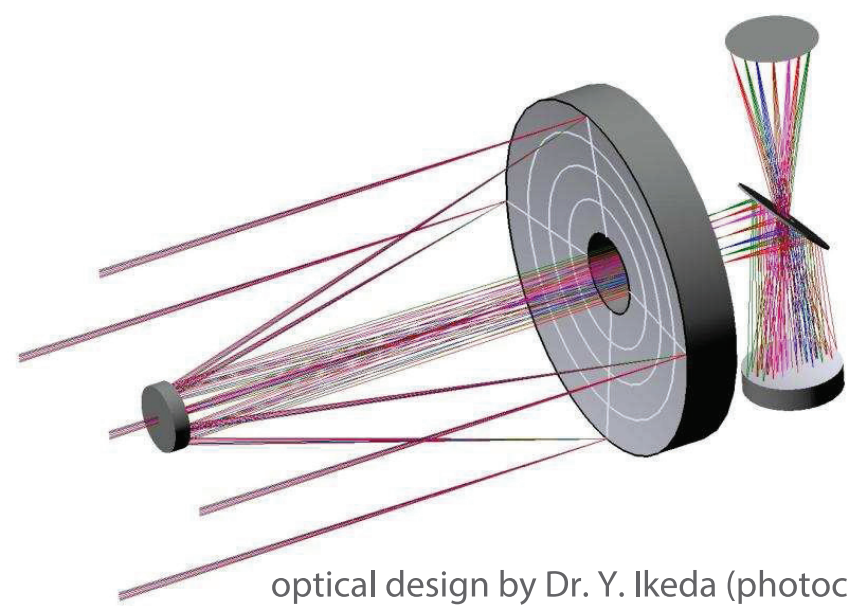


WISH ではこれまでのスペースミッションにはなかった極めて視野の広い近赤外カメラが搭載される。これにより、100-1,000 平方度という圧倒的な広域サーベイを実現する。分光フォローアップが可能な明るい遠方銀河は非常に稀であり、このような**広域サーベイが検出の正否のカギを握る**。WISH で検出された明るい銀河は TMT などの次世代超大型地上望遠鏡で追究観測可能で、**WISH と TMT は極めてよい連携関係を構築できる**。

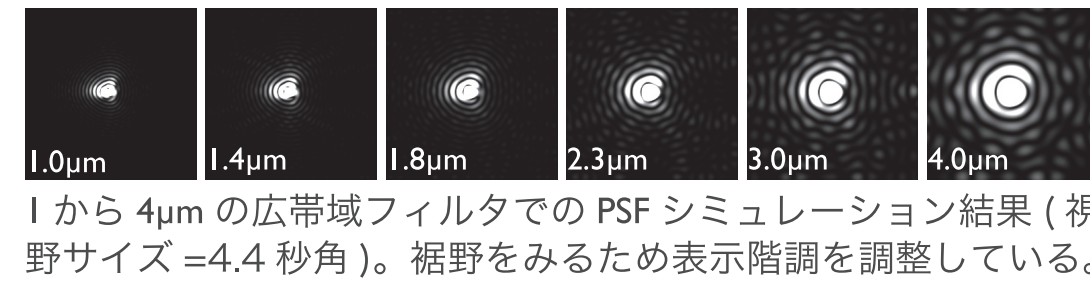
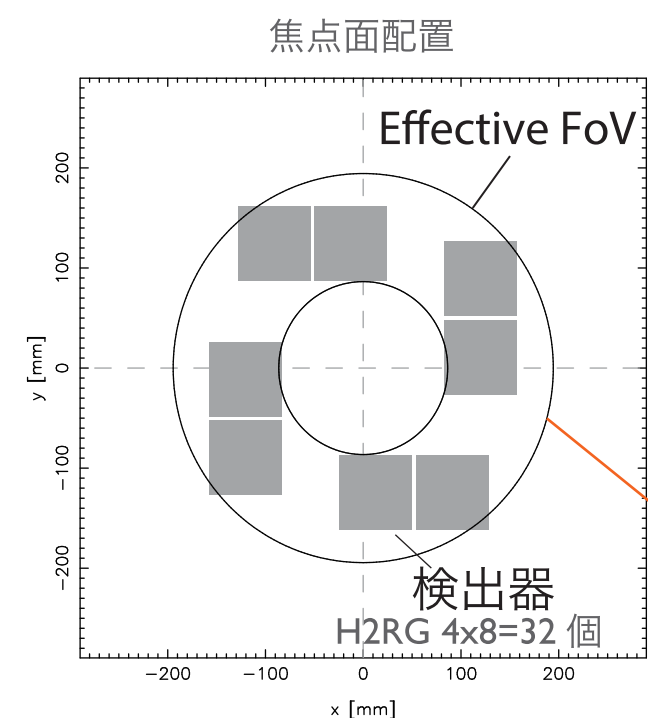
広視野カメラ

光学系

3 枚鏡 + 平面鏡によるドーナツ型の視野をもつ光学系を予定しており、角視野 1 度の全面にわたりストレール比 >0.8 を達成している。検出器は H2RG 32 個を搭載し、フィルタ交換機構によって多色撮像を実行する。

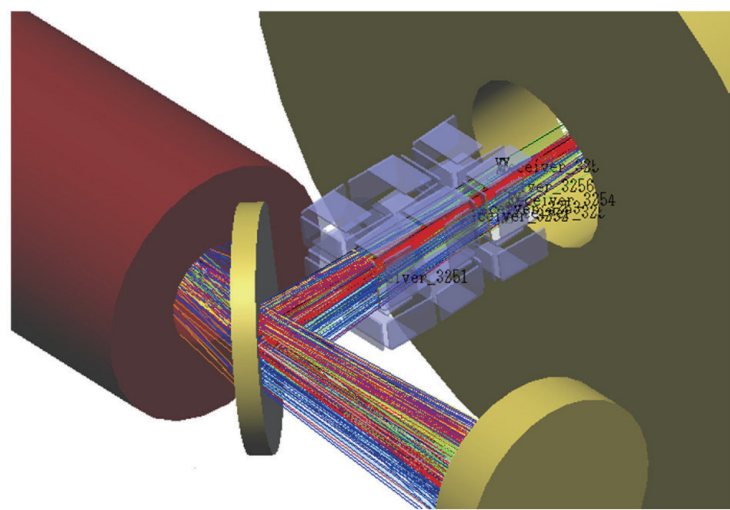


← 公差解析の結果を考慮した 2.2 μ m での波面収差の確率分布概算図。全ての画角で Strehl>0.8 をほぼ達成している。



光路解析・バッフル検討

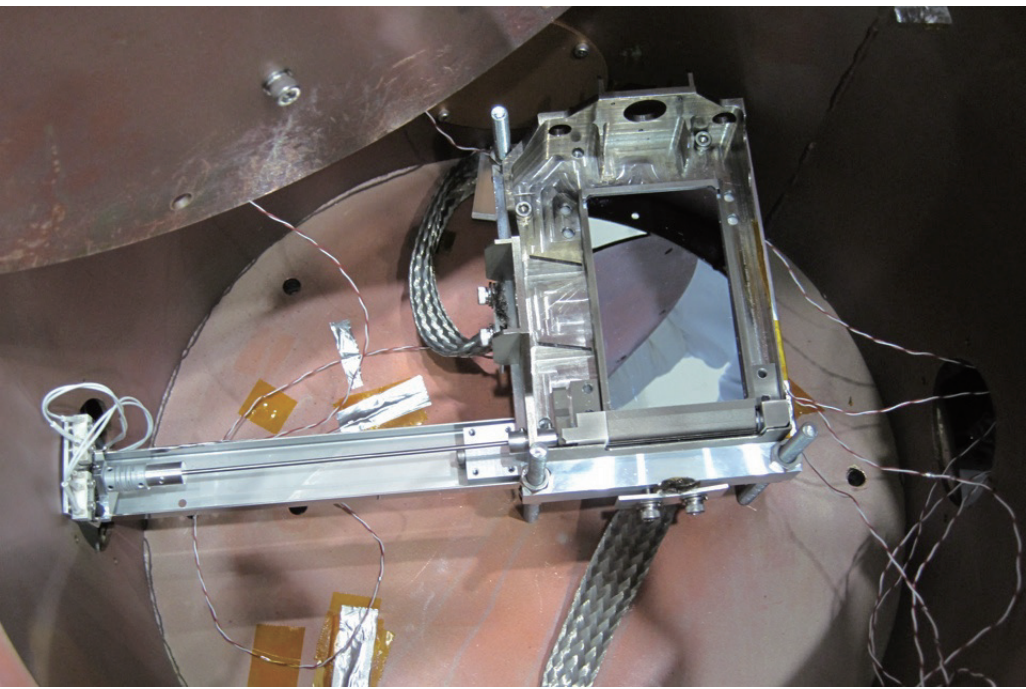
光路上にフィルタ交換機構等の複雑な構造物があるため、ゴースト解析、ケラレ解析を実施した。この結果に基づいて、主鏡、副鏡部などに施すバッフルについて簡易的な解析を実施しており、迷光を防ぐことができると考えている。



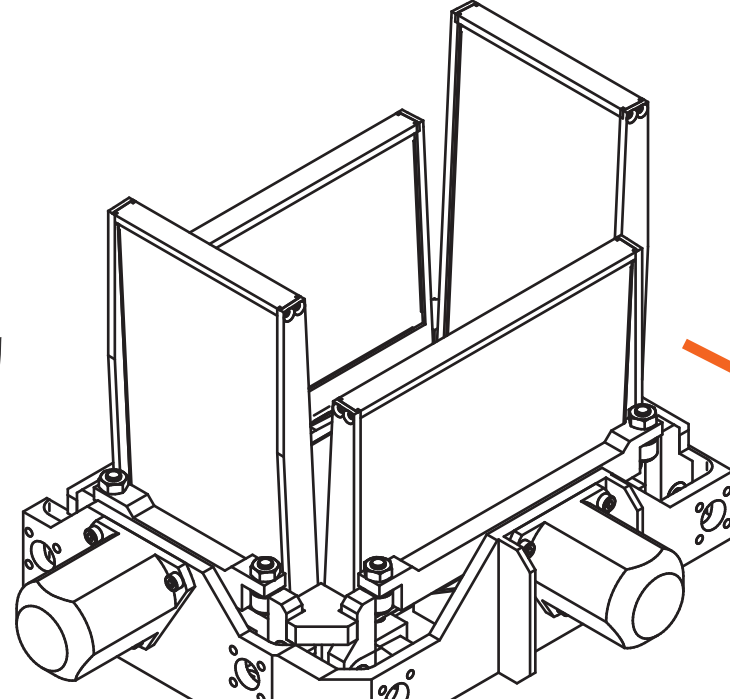
逆光線追跡によるゴースト解析

フィルタ交換機構

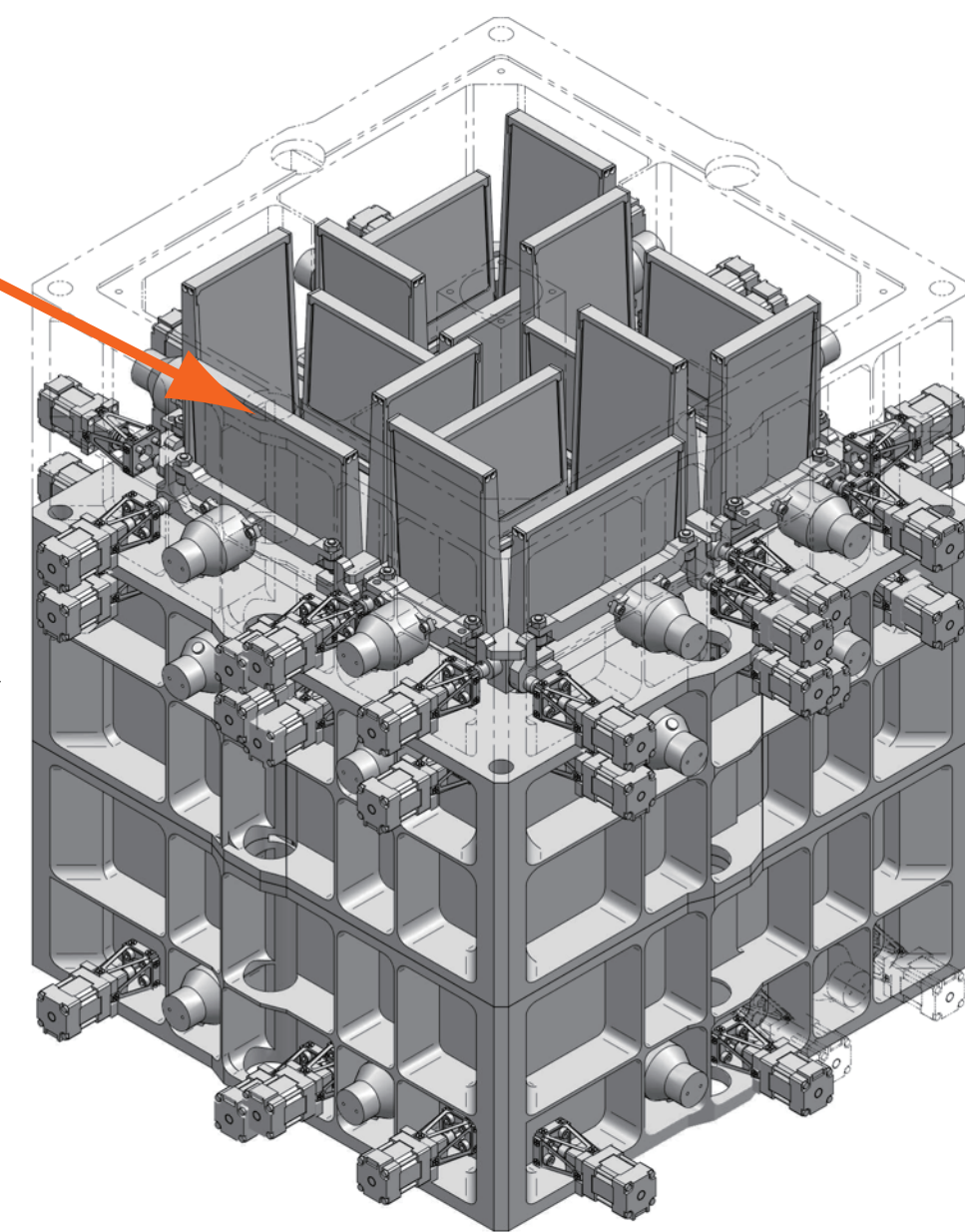
多波長撮像を実行するためのフィルタ交換機構として、フリップ式フィルタ交換機構を設計した。試作品の振動試験、耐久試験を実施し、ミッションで予想される 10 万回の往復動作が低温下で可能であることを実証した。



冷却試験 チャンバー内に収められたフリップ式フィルタ交換機構試作品



フィルタ 4 枚を交換可能にするユニットを 3 段重ねて、11 枚 (+ コールドシャッター) の使用を可能にする



衛星システム検討

衛星システムの基礎的な検討として、システム要求を定義し、衛星構造、軌道、指向精度、通信、電力、打ち上げウィンド、衛星システム構成、運用モード、質量バジェット、サブシステム (電源、データ処理系、通信、姿勢制御、推進系、熱制御) の各項目の検討を進めている。

データ量、通信検討

データ生成量は定常時 30 - 120GB/日 (50% 圧縮時)、データ通信量は 3 - 30 Mbps と見込まれる。ダウンリンクについては、X-band にて臼田 16Mbps 8 時間/日 + 海外局 8Mbps 16 時間/日に対応可能であるが、データ量が非常に大きいので、Ka バンドの国内地上局が新設されることが望ましい。

重量バジェット

ミッション部、バス部の各コンポーネントを積算したドライ重量は約 1.3t と見積もられた。これは H2A でタンデム打ち上げの条件を満たしている。

運用計画

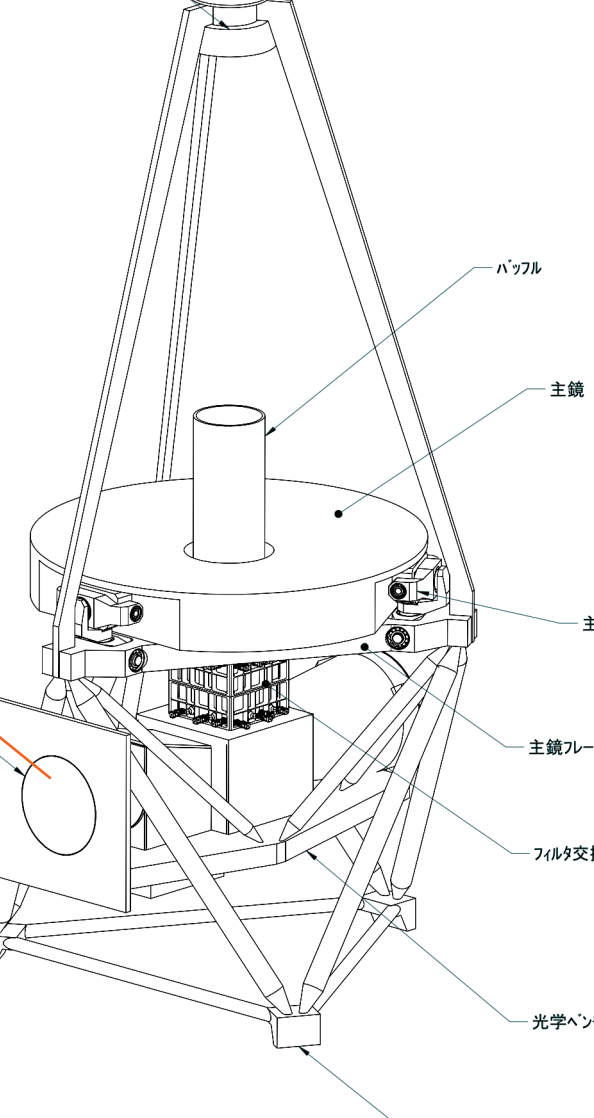
定常的な多数回撮像のサーベイ観測モードに加え突発天体への指向を含めた運用計画を吟味し、マナーバ、電力などを検討して成立可能であることを確認した。一方、指向方向や衛星安定までの時間から科学観測への制約も明らかにしつつある。

電力バジェット

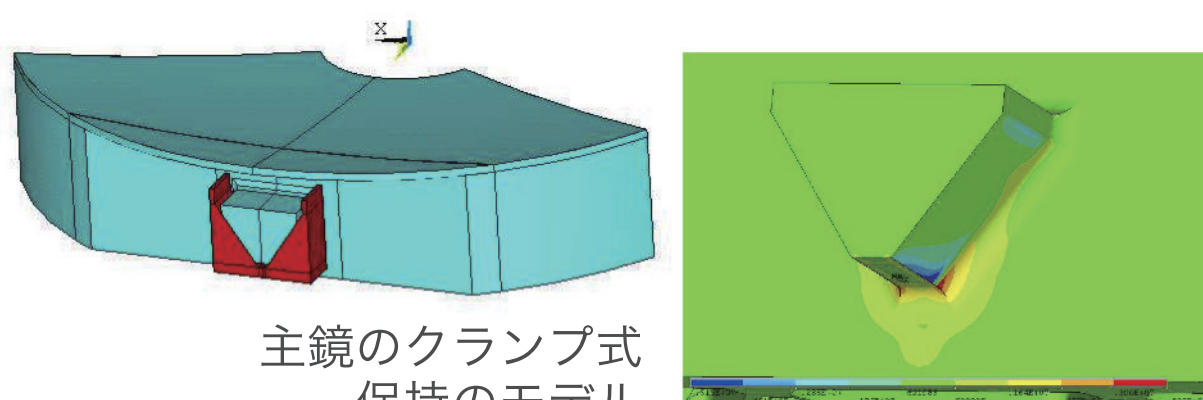
衛星全体の消費電力はマージンを含め約 1200W で、太陽に対する傾斜を考慮して十分な電力を供給するためには、太陽電池パネルの面積は 8.5m² が必要である。熱設計との整合性の検討を今後実施する必要がある。

ミッション部

ミッション部デザイン



望遠鏡構造・主鏡保持



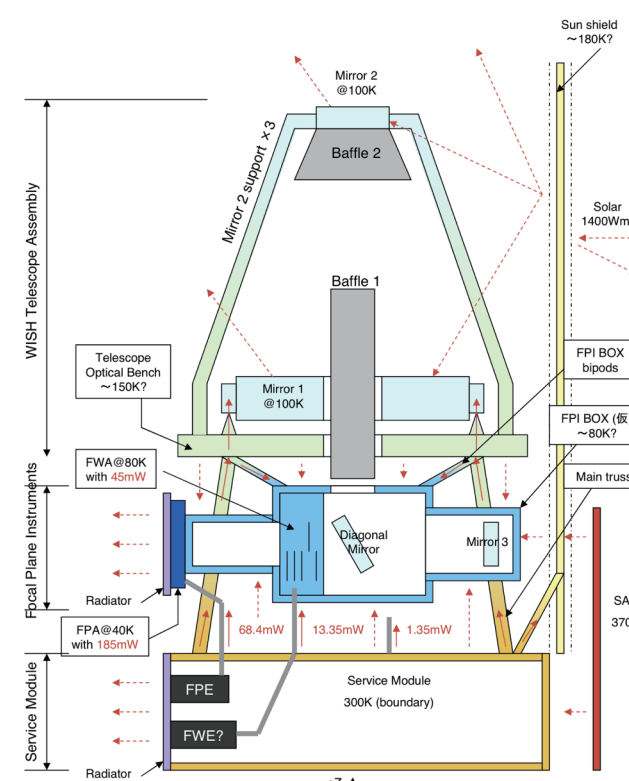
主鏡のクランプ式保持のモデル

ガイド系検討

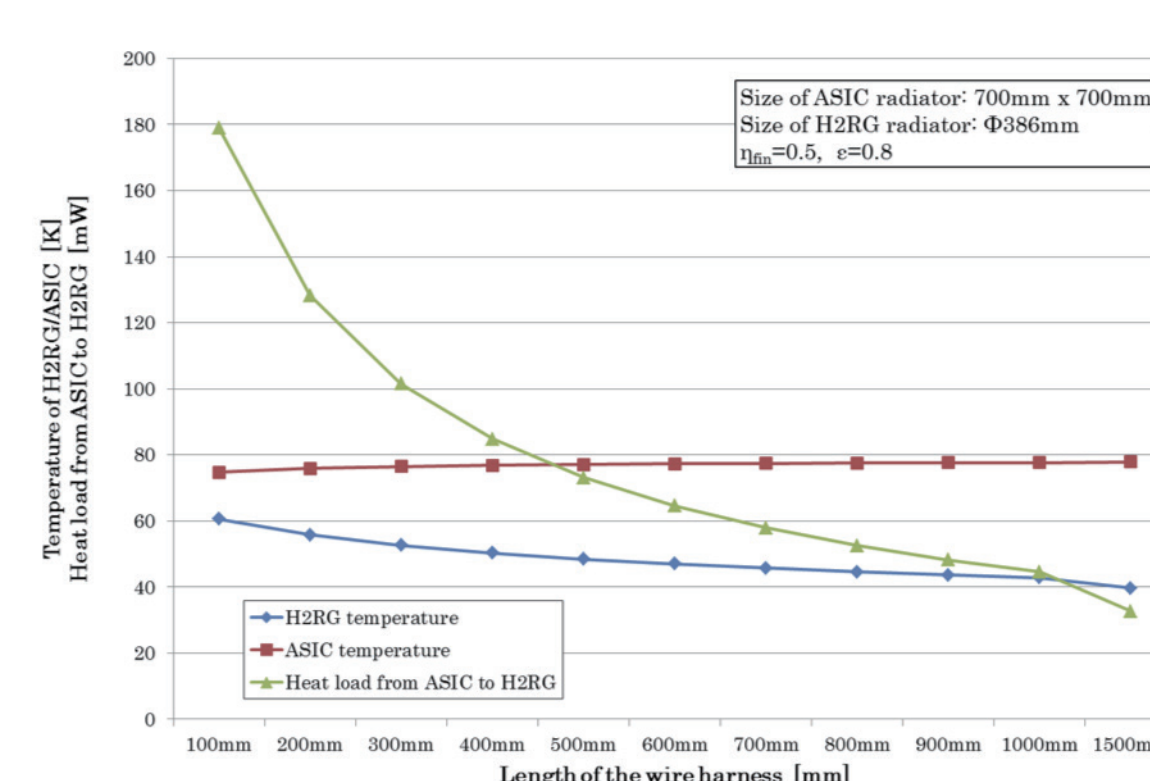
典型的に 300 秒程度の積分時間内において、望遠鏡の姿勢が十分に安定していることが必要であり、このためにガイド系の実装が必須である。独立したガイド用カメラの可能性を吟味したが、フィルタ交換機構との両立が容易でないことが分かった。一方、サイエンス検出器は非破壊での高速読み出しが可能であり、感度と重心検出誤差のシミュレーションの結果、WISH の視野内に十分な数存在する明るさの星を使って安定したガイドが可能と見込まれることが分かった。

熱解析

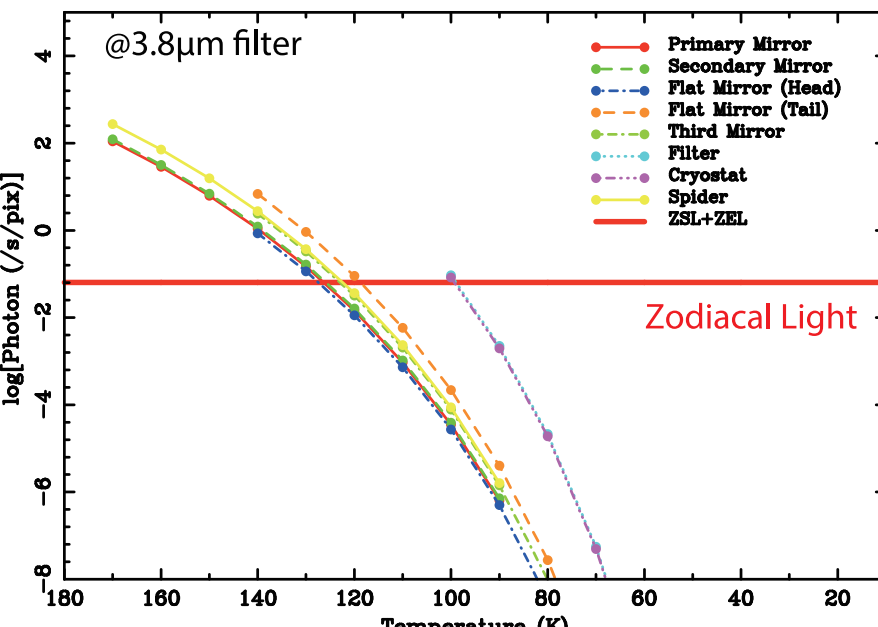
WISH ミッション部の温度要求は、望遠鏡構造 100K、フィルタおよび焦点面周辺部 80K、検出器 40K である。受動冷却でこの温度が達成できるかの検討を JAXA 研究開発本部熱グループと協力して進めている。特に検出器周辺の温度要求が厳しく、ラジエータの大型化や熱伝導率の変更などでの変化を調査している。サンシールド、ラジエータ、ミッション部コンポーネントの熱的結合の見直し等を進め、成立性の高い熱構造の実現を目指す。



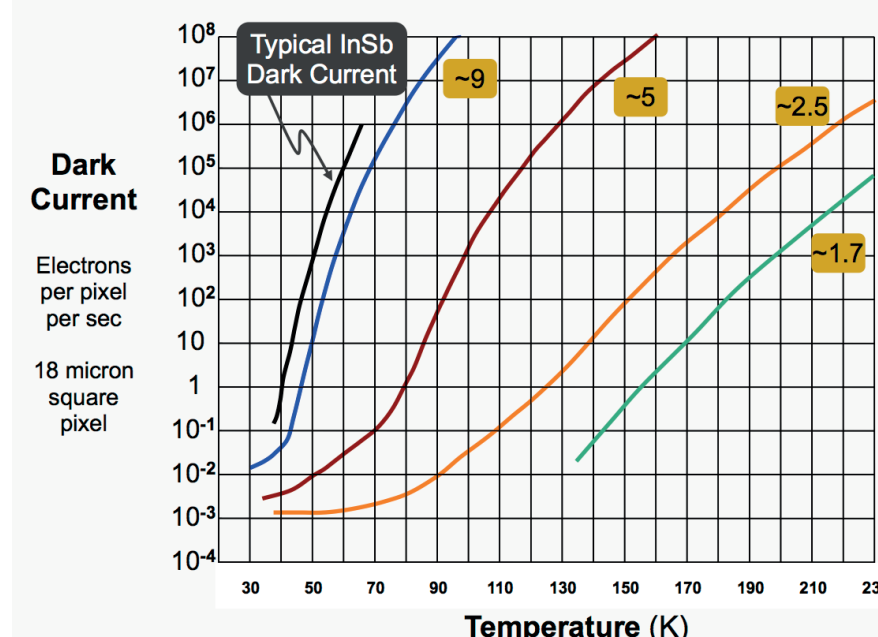
熱解析モデルブロック図



検出器・読み出し回路間の熱伝導の大きさによる検出器温度、読み出し回路の予想到達温度



各コンポーネントの温度による熱的雑音量の推定に基づき、目標温度を設定した。



Cutoff 波長の異なる H2RG の温度と暗電流の関係。WISH では 5 μ m cutoff の H2RG を使用する予定で、0.01e-/s に抑えるには 60K 以下への冷却が必要。

スケジュール

2008 年 9 月の WG 設立以降、概念検討と重要なコンポーネントの開発・実験、サイエンスケースの検討を進めてきた。2012 年夏にミッション提案書ドラフト (第 1 版) を発行予定。

<http://wishmission.org>

FYr 0 (2008) Project Launched
JAXA/ISAS Working Group
FYr 1-4 Conceptual Study / R&D
Mission Requirement / Definition Reviews
Mission Proposal
Mission Definition Review
FYr 4-5 Phase A / Proto Models
System Requirement Review
FYr 5-6 Proto Models / Tests
System Definition Review
FYr 6-8 Phase B
Preliminary Design Review
Primary Mirror / Detectors Fabrication Start
Critical Design Review
FYr 9-10 Phase C
Flight Model / Tests
Launch (2018 or later)