WISH: Wide-field Imaging Surveyor for High-redshift

WISH 超広視野初期宇宙探査衛星 **検討チーム**

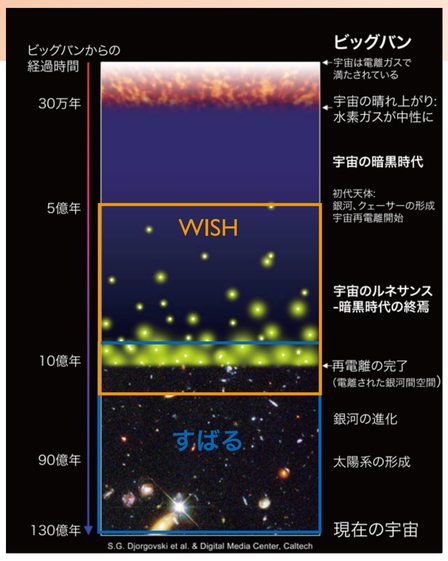
山田 亨 (東北大), 岩田 生 , 常田 佐久 , 児玉 忠恭 , 諸隈 智貴 , 小宮山 裕 (国立天文台), 松原 英雄 , 和田 武彦 , 大藪 進喜 (宇宙研), 河合 誠之 (東工大), 太田 耕司 , 矢部 清人 (京都大),
土居 守 , 安田 直樹 , 内一・勝野 由夏 (東京大), 後藤 友嗣 (ハワイ大), 井上 昭雄 (大阪産大)
池田 優二 (フォトコーディング), 岩村 哲 (エム・アール・ジェイ)

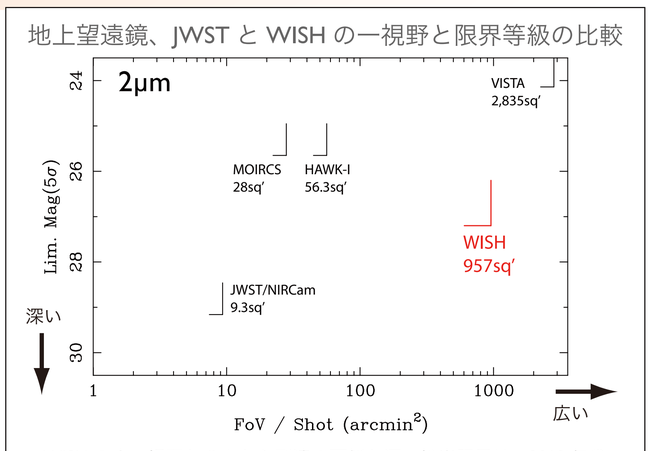
科学目標

WISH 計画では、主要な科学目標として以下を設定している：

(1) 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
(2) 遠方 Ia 型超新星による宇宙膨張則と暗黒エネルギーの研究を中心とする、突発天体・変光天体の探査
(3) 超広視野近赤外線サーベイの特徴を活かした銀河形成・進化についての広範な研究

これらは、すばる望遠鏡やあかり衛星によって日本の天文学コミュニティが世界をリードしてきた分野の一つであり、WISH 計画はその成果を踏まえ、さらに発展させるものと位置づけられる。国際的にもスペースでの 5μm までの広視野サーベイ計画は他になく、上記目標にとどまらず幅広い分野への大きな貢献が期待できる。





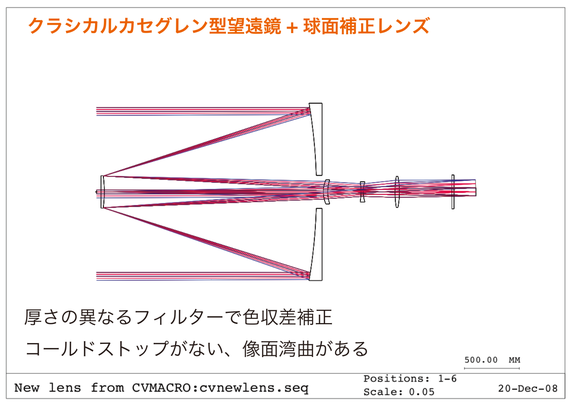
WISH の広い視野と地上から到達不可能な深い検出限界は、2010 年代において極めてユニークな観測能力をもった facility たらしめている。

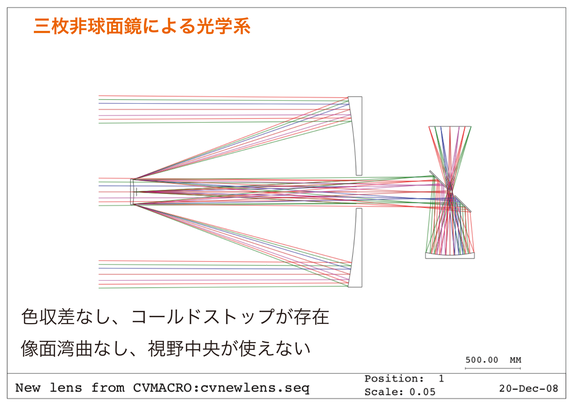
基本仕様

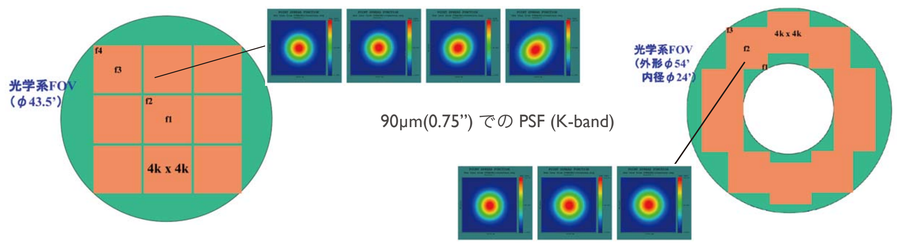
望遠鏡	
主鏡口径	1.5m
観測波長帯	1μm - 5μm
視野角	約 1000 平方分角
冷却温度	100K 以下 (目標 40K) 受動的冷却
合成 F	16
広視野赤外線カメラ	
検出器	HgCdTe (4k x 4k) 9 個
空間サンプリング	0.15”/pixel
フィルター	広帯域フィルター約 5 枚 , 狭帯域フィルター又はスリットレス分光 (TBD)
軌道・ロケット	
軌道	S-E L2
ロケット	HII-A (Dual Launch 対応)
総重量	約 1.3t
その他	
データダウンリンクレート	<10Mbps (非圧縮の場合)
打ち上げ時期	2010 年代中盤以降
ミッションライフタイム	打ち上げから 5 年間

検討状況 (1) 光学系

光学系として (1) クラシカルカセグレン型望遠鏡 + 球面補正レンズ、(2) 三枚非球面鏡による全て反射系による光学系 の二つの案を検討している。







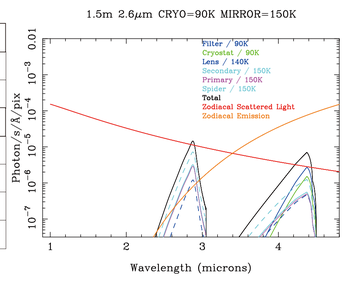
両案とも視野全面で観測波長域において概ねストレール比 0.9 以上を達成しており、かつ視野中心においては望遠鏡単独での光学検査が可能になっている。鏡や補正レンズ等の製作可能性を含めた検討を進めていく。

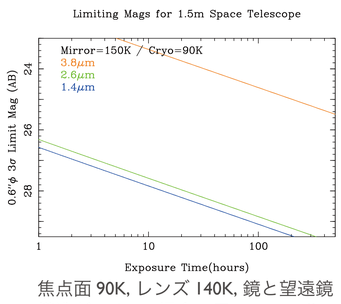
達成 : 広視野で高い像質をもつシンプルな光学系が可能である見通しが得られた
今後の課題 : 製作可能性の検討、試験方法の検討

検討状況 (2) 検出限界

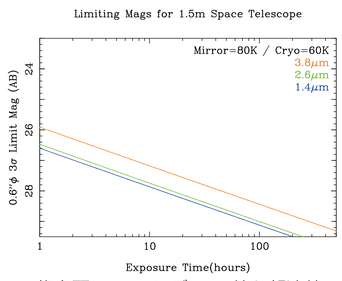
期待される検出限界の推定を行った。まず、カセグレン + 補正レンズの光学系の場合に、0.6μm 幅のフィルターでの装置からの熱的輻射と黄道光から背景ノイズを推定した。右表のような仮定のもと、フィルターと検出器周囲が 90K, レンズが 140K, 鏡と副鏡スパイダーが 150K の場合の 1pixel あたりの光子数を計算した結果が右図である。この程度の冷却の場合、単位波長あたりのノイズは黄道光と同程度となる。ただし、現在の計算では光路外の迷光は考慮していないので、実際には衛星からの熱輻射は大きくなると考えられる。

Assumptions	
Maximum Leak of Filter	1e-5
Detector Sensitivity Cutoff	4.5μm
Assumed Emissivities	
Filter	0.1
Lens & Mirror	0.05
Cryostat	0.1
Secondary Mirror Spider	0.9



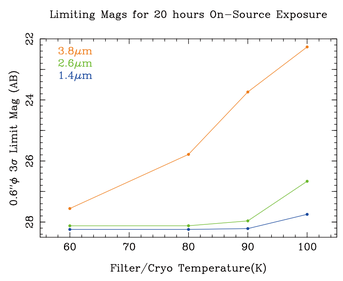


焦点面 90K, レンズ 140K, 鏡と望遠鏡構造が 150K の場合の三つのフィルターでの検出限界



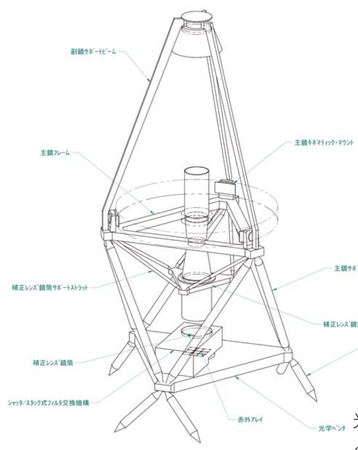
焦点面 60K, レンズ 80K, 鏡と望遠鏡構造が 80K の場合の三つのフィルターでの検出限界

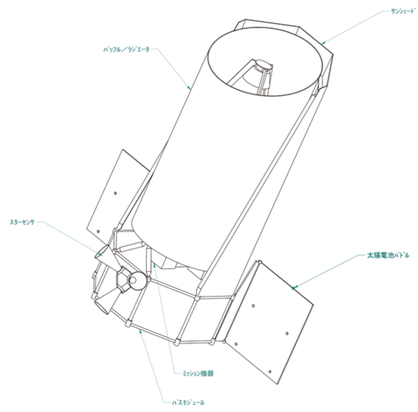
焦点面付近が 90K の場合および 60K の場合のオンソース積分時間 (300 秒露出の重ね合わせ) と点源天体の検出限界の関係を示したのが左図で、20 時間積分での検出限界と焦点面温度の関係を示したのが右図である。2.6μm までは 90K でも衛星からの熱輻射の影響が少なく、非常に深い観測が可能であることが分かる。一方、3μm より長波長では、十分な冷却が高感度観測のためには必須である。今後は構造検討と熱計算を進め、受動的冷却で達成可能な冷却温度を慎重に検討し、観測波長の設定に反映させる。



達成 : 地上で到達できない非常に深い観測に必要な冷却要求を明らかにしつつある
今後の課題 : 構造・熱設計との整合性

検討状況 (3) 構造検討





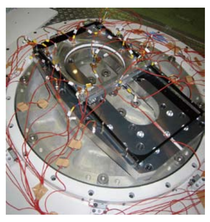
光学系 A2 案に基づく望遠鏡構造と軌道上運用状態の模式図。今後冷却に配慮した改良を進めていく。

主鏡素材は高い結像性能の実績を持ち、ひので可視望遠鏡でも採用された ULE ガラスを基本案としている。望遠鏡構造の基本案として、CFRP 製フレームによるトラス構造を採用している。これにより、300kg におよぶ光学ガラス製の大型鏡面を安定に支持するとともに、熱変形、弾性干渉を防ぎ、光学系の寸法精度を高く保つことができる。構造重量は光学ベンチを含めて約 110kg 程度と評価している。衛星重量としては、ミッション機器 (望遠鏡、焦点面装置、冷却系) で約 660kg、衛星バス部で約 500kg で、打ち上げ重量は約 1.3t と見積もっている。サイズ、重量とも H-IIA での Dual Launch に対応できる範囲に収めることができると考えている。

達成 : H-IIA Dual Launch に対応した基礎的な衛星構成の検討を行った
今後の課題 : 熱設計、姿勢安定性の検討

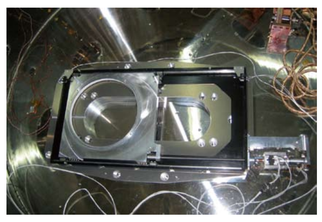
検討状況 (4) 大型フィルターと交換機構

広視野化のためには従来の宇宙望遠鏡よりもはるかに大きいフィルターの搭載が必要である。通常使用されるターレットによるフィルター交換機構ではなく、スライド式の (シャッターを兼ねる) フィルター交換機構を検討している。空間的にコンパクトにおさめることができ、スタックすることで多数のフィルターに対応できるが、可動部分が多いため信頼性の検証を要する。我々は試作した交換機構について宇宙研振動試験室での振動試験や真空チャンバー内での耐久試験等を進めてきた。今後は冷却を考慮した交換機構の検討とともに、フィルターの試作を進めていく予定である。



ISAS 振動試験室での振動試験 (垂直方向加振試験)

振動試験では、液体ロケット打ち上げを想定した加振レベルでの正弦波、ランダム加振と衝撃試験を行った。一部のボルト等に緩みが生じたが、フィルターやガイドレールの破損は発生しなかった。



国立天文台先端技術センター真空チャンバー内での耐久試験

耐久試験では、真空常温環境での連続往復動作を行った。10 万回の連続動作で、動作時のトルクの漸増がみられた。ガイドレールの潤滑剤 (ブライコート) の劣化によるものとみられる。冷却に対応した機器、素材の選定が必要である。

達成 : 大型フィルターのための新たな交換機構の試作、信頼性試験の実施
今後の課題 : 冷却望遠鏡への対応

Summary

- WISH は、2010 年代後半に、1.5m 宇宙望遠鏡により非常に深くかつ広い宇宙の領域を探索することで、宇宙最初期の探査をはじめとする高い科学的価値を持つ観測の実現を目指す計画である。
- 2008 年 9 月に宇宙理学委員会にワーキンググループ設立を提案し、認められた。
- 光学系、望遠鏡と衛星構造、大型フィルター交換機構などの主要部分で、試作・試験を含めた開発を進めてきており、今後さらに活発な研究開発を行うとともに、コミュニティへの浸透を図る予定である。

ご支援を宜しくお願い致します。