

概要:超広視野初期宇宙探査衛星WISHは、口径1.5m級の鏡と直径約30分角 (または約1000平方分角)の視野をもつ近赤外線(1-5um)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目指す計画である。本講演では、望遠鏡およびカメラ部の光学設計の検討状況について発表する。これまで、3タイプの光学設計案を検討した結果、現在、三枚非球面型望遠鏡で、すべて反射光学系の色収差のないC案をベースに検討を進めている。この案では、コールドストップによる光路外からの熱雑音の軽減が可能であり、ストレール比はすべての波長帯にわたってほぼ1を達成している。ピクセルスケールは0.15秒角/18umで、視野はリング状になる。望遠鏡単体で得られる第一焦点面において、視野中心のみながらも収差が十分に補正されており、望遠鏡単体での性能試験も可能な設計となっている。今後、カメラ部も含め、製作・調整方法の検討を詳細に行っていく予定である。(年会予稿提出後の検討により一部改訂。)

1. 初期検討

右の表1の光学系仕様を元に、以下の3つの光学モデルを考えた。
各A/B/C案の特徴を表2(↓)に、光学レイアウトを右図1/2/3(→)に示す。

望遠鏡製作/テストの困難さ、光学性能等々を総合的に判断し、**C案をベースに検討を進める。**
※2で述べる検討の後の最新の状況を紹介する。

↓表2: A/B/C案設計

	A案	B案	(改訂)C案
望遠鏡タイプ	クラシカルカセグレン	リッチクレチアン	準リッチクレチアン
補助光学系	コマ補正光学系(透過系)	オフナー光学系(反射系) +フラットナ(透過系)	なし
コールドストップ	なし	あり	あり
ストレール比	>0.73 (J, 視野端), >0.9 (HKLM)	>0.8 (JHK), >0.7 (L), >0.5 (M)	~1.0 (JHKLM)
特徴・問題点	<ul style="list-style-type: none"> 透過系なため、脆く熱膨張率の大きなCaF₂をレンズ材として使用。 像面湾曲が残るので検出器を場所によって傾けて置く必要(最大3.9度)。 色収差が残るため、バンドごとにフィルターの厚さを変える必要。 コールドストップがないので望遠鏡全体を冷やす必要がある。 望遠鏡の軸ズレ、ティルトの公差が厳しい。 	<ul style="list-style-type: none"> A案同様、CaF₂を使用。BaF₂も。 視野端での結像性能の劣化が大きい。 空間的な都合上、フィールドフラットナを透過系で組むしかない。 色収差が残るため、バンドごとにフィルターの厚さを変える必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 3枚非球面望遠鏡TMA (=Three Mirror Anastigmatic system): 球面、コマ収差、像面湾曲を補正可能(例: SNAP望遠鏡) 主鏡を瞳に。 反射系のみ→色収差なし 第3鏡(楕円鏡)は光軸上に→真ん中がけられたドーナツ型の視野(図4↓) 視野端での主光線傾き角が大きい(最大18度)→最終焦点面付近にフィルターを設置する場合は、斜入射光による有効波長のシフトを気にかけておく必要。

表1: WISH光学系仕様。

有効径	1.5m
口径比	f/16
視野	30 arcmin φ
波長帯	1.1-5.0 um
アレイ	Hawaii2-RG 4k x 4k (18um=0.155 arcsec/pixel サンプルング)
ストレール比	>0.85

図1: A案光学レイアウト。

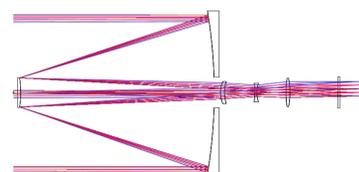
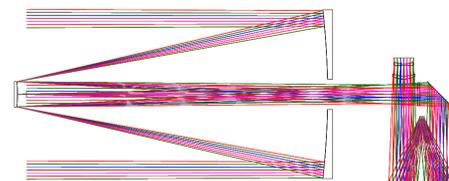


図2: B案光学レイアウト。



2. C案における望遠鏡構造、製作可能性の検討、今後の要検討事項

望遠鏡光学メーカーとの打ち合わせ (2009/01)

- + 主鏡: physical size<1.53m, clear aperture<1.5m
- + 主鏡を瞳に。
→ 第3鏡が高次の非球面になる可能性があるが、製作上問題なし。
- + 主鏡の製作、研磨、コーティング、軽量化(<200kg)、望遠鏡光学性能試験は実現可能。
=Phase-Cに進める。
- + 主鏡の"fixation"が最大の問題: 接着?機械的に保持? → 検討/テストが必要
約80-100Kに冷却する主鏡の保持(鏡面と固定部の接合、固定部と望遠鏡構造の接合)。

C案の公差解析結果(望遠鏡に対して、2.2um, ストレール比>0.8)

- + 面精度 λ/6@633nm (PV)
- + 面間隔 1 mm

	主鏡	副鏡	第3鏡
ザグエラー	0.2 mm	0.1 mm	0.2 mm
軸ズレ	-	0.1 mm	0.2 mm
ティルト	-	0.5 arcmin	3 arcmin

表3(→): C案公差解析結果。

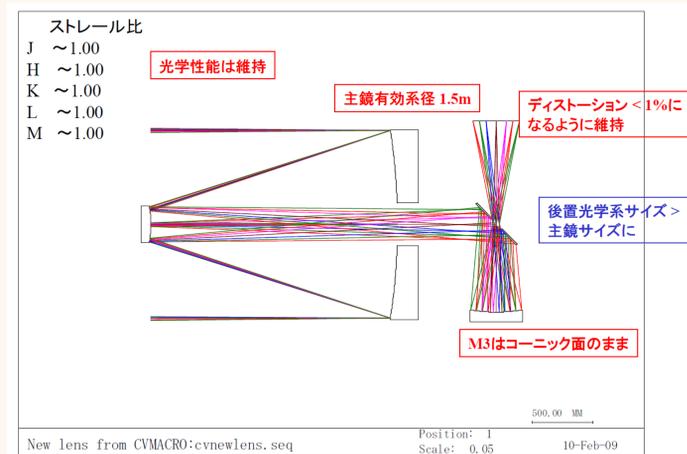


図3: 改訂C案光学レイアウト。

主鏡サイズを小さくするために、C案において、主鏡を瞳においた場合の検討を実施(図3)。

- + 十分な結像性能(ストレール~1.0)。
- + ディストーションは視野端で、D<1%(図5)。
- + 後置光学系の主鏡に対する相対比が大きくなる。

- + 光学系サイズのコンストレインツについて議論。
- + 評価/検査方法の検討: 主鏡・第3鏡はCGH(計算機合成ホログラム)で、第2鏡(凸面鏡)はヒンドル球でテスト可能。
- + 主鏡の保持方法の検討・試験、および冷却試験。
- + 大型フィルター製作の可能性: 無理なら検出器ごと?
- + フィルターをどこに置くか?: 検出器直前? 第一焦点面?
- + 具体的なサーベイプラン(検出器の配置、ditheringパターン)の検討が必要。

今後の検討事項

C案 - 焦点面レイアウト

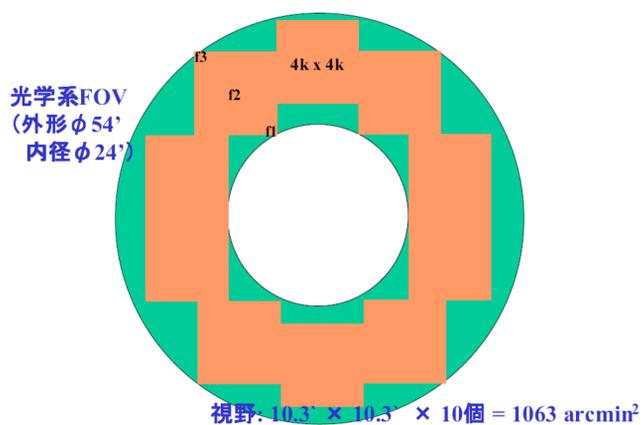


図4(←): C案焦点面レイアウト。
緑色が観測可能な視野、オレンジ色は4kx4k検出器を10個配置した場合の視野。

図5(→): 改訂C案ディストーション。

