WISH超広視野初期宇宙探査衛星計画:フィルターシステムおよびフィルター試作

○ 矢部清人 (京都大学)、岩田 生 (国立天文台)、東谷千比呂、山田 亨 (東北大学)、 他WISH検討グループ

A. 概要

WISHは、口径I.5mの主鏡と視野直径約30分角の近赤外 線カメラを搭載した宇宙望遠鏡衛星を2010年代中盤以降 に打ち上げ、地上からは達成不可能な深さで非常に広域 のサーベイを行なう計画である。

現在、我々はこの科学目標を達成するために最適なフィ ルターセットの検討を行っている。およそI-5µmの波長 域で6枚程度の広帯域フィルターを2種類仮定し、z≈8-15 のdropout銀河の期待される検出数を評価した。また、 現在想定している光学系において、各フィルターセット についての検出限界を推定し、サーベイプランの議論を 行なった。

また、フィルターセットの検討と平行して、宇宙での使 用を目的とした大型近赤外フィルターの制作可能性を検 証するための試作試験を進めている。これまでに、長波 長側の3.2µm広帯域フィルターの試作を行い、WISHで想 定されている80K程度までの冷却サイクル試験や、5年以 上の運用期間中に宇宙線による性能の劣化が生じないか を検証するためのコバルト60によるγ線照射試験などを 行った。その結果、これらの試験に対して概ね耐性を持 つことが確認できた。

B. フィルターシステムの検討

フィルターセットの検討



検出限界とサーベイプラン

現在WISHで想定されている光学系に基づき、理想的な温 度設計が達成出来た場合の検出限界を各フィルターセッ トについて推定した。

	コンポーネント名	温度(K)	emissivity(%)	立体角 (stı
	主鏡	100	5	0.036
	副鏡	100	5	0.036
	平面鏡(表面)	100	5	0.023
	平面鏡(裏面)	100	5	0.16
	第三鏡	100	5	0.057
	フィルター	80	10	2.8
	クライオスタット	80	10	2.8
	スパイダー	100	90	4.5×10 ⁻³
	表BI.各コン7	ポーネン	ントの温度と _{Set3}	emissivit
$\sum_{i=1}^{\infty} \text{Filter 0 } (1.0\mu\text{m})$				

各コンポーネントからの熱放
射はgray bodyを仮定し、各積
分時間で3σ限界等級(0.6"Φ)を
求めた。検出器の効率は 60% 種
度を仮定。また、フィルター
にIxIO-5リークがあると仮定し
ている。



本ポスター講演では、これまでに行ってきたフィルター セットの検討および3.2µmフィルター試作試験の結果を 報告する。



C.3.2µm広帯域フィルター試作試験

試作試験の概要

宇宙で使用可能な大型近赤外フィルターの制作を検討す るにあたり、まず長波長側での試作試験を行った。今回 中心波長3.2µm幅0.6µmの広帯域フィルターを試作した。 このフィルターはSi基盤に膜を蒸着させた干渉フィル ターでバンドパスフィルター(BPF)とカットフィルター (CUT)の2枚でIセットになっている。サイズは2枚で80 mm x 80 mm x tl0 mmで、これに加え25 mmΦ x t2 mmの テストピースも試作した。



冷却サイクル試験

た。

宇宙環境下での運用や打ち上げ時に起 こりうる急激な温度変化に耐性を持つ かを調べるため、冷却サイクル実験を 行なった。

常温から80Kまで冷やし、その後常温 に戻す温度変化をIサイクルとし、Iサ イクル当たり4時間かけるものと2時間

かけるものの2種類の実験を行なっ



図C7. (左上) 冷却サイクル実験の 様子。(左下)冷却サイクル実験に 使用したデュワー。(右下)フィ ルターホルダーに収まったフィル ター



今回、この試作フィルターに対し、透過率や表面精度な どの測定や冷却サイクル試験や放射線試験などの耐性試 験を行なった。



図CI.80 mm角の製品フィルター (上)と25

mmΦのテストピース (下)

Wavelength (μm)

図C2.常温での透過率。使用したFTIRの性質上 透過率の絶対値には数%の不定性があることに 注意 (以下同様)。

納品検査/透過率測定/表面精度測定

試作フィルターの納品時にキズや膜の剥がれなどがないかどう かの検査を行なった。表面のキズの有無は目視確認で行ない、 膜の剥がれの有無はテープテストで検査した。テープテストは フィルターの角部分に絶縁テープを貼り、それを剥がした時に 膜の状態に変化がないかをみることで行なった。



また、東京大学のフーリエ分光光 度計(FTIR)を用いて、透過率の測定 を行なった。以下に、BPFとCUTの 常温での透過率曲線の様子を示す。 BPF+CUTの透過率は、図C2の通 り。

図C3. テープテストの様子





図C5. ZYGOのセッティングおよび測定の様子



図C6.ZYGOによる表面精度測定の結果

国立天文台先端技術センターのZYGO社GPIを用い BPFとCUTの両面に対し表面精度の測定を行なっ た。測定波長**λ=500 nm**に対し、RMSで0.2-0.6λと いう結果になり、『光学研磨程度』という試作の 条件を満たしていることを確認した。

納品検査の結果、重大なキズや膜の剥がれなどは見ら れなかった。透過率測定の結果、ほぼ仕様通りの透過 率のフィルターが出来たことが分かった。また、表面 精度も仕様通りに出来ている事が分かった。

実験の方法は、真空を引いたデュワー 内にフィルターを設置し、液体窒素に 接触させながらヒーターで温度変化を コントロールすることで行なった。各 サイクルについて、温度および真空度 の変化は図**C8**の通り。

各サイクルの後に、目視およびテープ テストを行なったが、フィルター表面 および膜に異常は見られなかった。



図**C8**. 冷却サイクルにおける温度変化および真空度変化。図 中のSlowは4時間のサイクル、Rapidは2時間のサイクル。



更に急激な温度サイクルとして、 テストピースを液体窒素の中に直 接入れる実験を行なった。

約15分間液体窒素に浸した後、 フィルター表面の状態を目視確認 したが、異常は見られなかった。 また、テープテストの結果、膜に 異常は見られなかった。

図C4. (左) 測定に使用したFTIR (中央) BPFの常温での透過率 (右) CUTの常温での透過率

放射線照射試験

都立産業技術センター協力の元、コバルト60によるγ線照射試験を行った。 照射量はフィルターの放射線源からの距離で決まり、5時間で計7 kradと14 kradの2種類を設定した。この照射量はL2点上での典型的な宇宙線量とエネ ルギーをそれぞれ10 prticles/cm2/sと300MeVと仮定した時の5年間(WISHが予 定するミッション期間)の放射線量に対応する。



図CII.放射線源が露出している様子。 中央やや下にフィルターと同じ高さに ある棒状の放射線源が見える。

目標の放射線量を照射した後に、フィルター表面 を目視検査した結果、目立った変化はなかった。 また、テープテストを実施した結果、表面の膜が 剥がれるなどの現象は起こらなかった。

また、常温での透過率を測定した所、透過率曲線 の形や波長範囲の変化などは見られなかった。



図CI0.放射線試験の様子。(左上)上から見たフィルターの配置。右側の球体が放 射線源の位置に対応。(右上)正面から見たフィルターの配置。(左下)7 kradに対応 する位置のフィルタースタンド。(右下) 14 kradに対応する位置のフィルタースタ ンド。

D. まとめと今後の課題

WISHの科学目標を達成するために最適なフィルターセットの 検討を行った。およそ1-5µmの波長域で6枚程度の広帯域フィ ルターを2種類仮定し、z≈8-15のdropout銀河の期待される検出 数を評価した。また、現在想定している光学系において、各 フィルターセットについての検出限界を見積り、サーベイプラ ンの議論を行なった。

また、長波長側の3.2µm広帯域フィルターの試作を行い、 WISHで想定されている80K程度までの冷却サイクル試験や、5 年分に相当する量のγ線照射試験などを行った。その結果、こ れらの試験に対して概ね耐性を持つことが確認できた。

今後、短波長側のフィルターの試作も含め、振動や曲げ応力 試験など更なる耐久試験を行う予定である。