

WISH: フィルター交換機構開発の現状

○諸隈 智貴、岩田 生(国立天文台)、山田 亨、東谷 千比呂(東北大学)、大藪 進喜(ISAS/JAXA)、岩村 哲(MRJ)、池田 優二(フォトコーディング)、他WISH検討グループ

[概要] 超広視野初期宇宙探査ミッション(WISH衛星)計画の主目的は、スペースからの近赤外線波長での広域かつ深い撮像観測サーベイを行うことによる、初期宇宙における銀河形成の解明である。この目的を達するためには、複数のフィルターを搭載し、それらを自由に交換する機構を保持することが要求される。フィルター交換のために、全視野(ドーナツ状)を1枚のフィルターで覆い、それらをターレットの回転で交換する方法、スライド式の機構を積み重ねる方法などを検討してきたが、スペースでの観測ということ考えた場合、フィルター交換機構が動作中に事故停止し、光路がふさがれてしまうと、それがそのままミッション全体の終了を意味してしまうため、リスクが大きい。また、焦点面付近で視野全体を一度に覆うためには、直径400mmもの大きさのフィルターが必要になるが、そのようなフィルター製作そのものが可能かどうか、今後の検討が必要である。そこで我々は、フリップ式フィルター交換機構の導入を検討している。これは、検出器1枚ないし2枚に対して、それぞれ小さなフィルターを割り当て、それらを交換する機能を持ち合わせた機構である。個別の検出器に対して交換機構を用意するため、それぞれの機構は十分にコンパクトなサイズにおさまり、かつ打ち上げ衝撃・振動および冷却運用に対応する必要がある。これまでの検討で、視野の広さを損なわない程度のコンパクトな交換機構、および検出器配置が成立可能であることが確認できた。本講演では、WISHで採用する可能性のあるフィルター交換機構の検討状況をまとめ、それらの長短を議論するとともに、試作試験を含めた今後の検討課題について発表する。

[現在の光学系案]

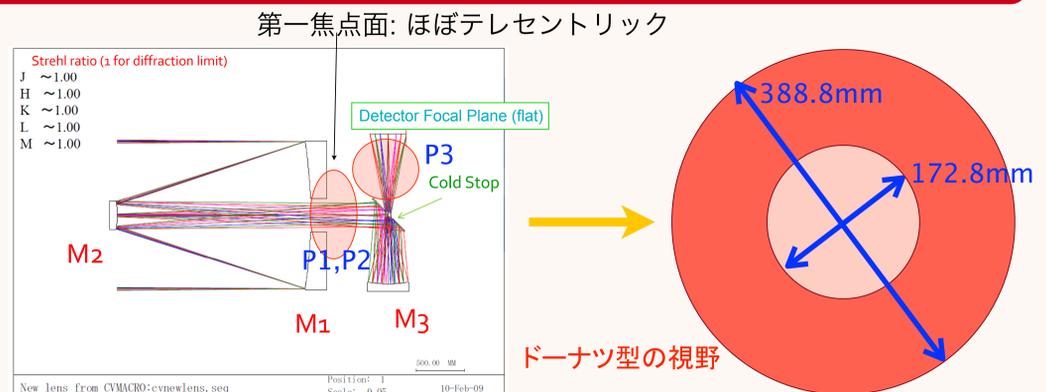
- 準リッチクレチアン
- 3枚非球面望遠鏡TMA (=Three Mirror Anastigmatic system): 球面、コマ収差、像面湾曲を補正可能(例: SNAP望遠鏡)
- 補助光学系なし、コールドストップあり、主鏡を瞳に
- 第3鏡(楕円鏡)は光軸上に → 真ん中がけられたドーナツ型の視野
- ストレール比: ~1.0 (1.0-5.0 μ m)
- ディストーションは視野端で、D<1%に。
- 反射系のみ → 色収差なし
- 視野端での主光線傾き角が大きい(最大18度)

WISHの特長:

「スペースからの近赤外線多波長広視野(~1000平方分角)深撮像観測」

- 複数のフィルターを搭載
- それらを自由に交換する機構

が必要。



考えるフィルター配置位置

- P1: 第一焦点面前
- P2: 第一焦点面後
- P3: 最終焦点面(検出器)とCold Stopの間

←フィルターへの斜入射による波長シフトの影響、バッFRINGの検討が必要。

[考えるフィルター交換方法・焦点面配置]

1. フリップ式フィルター交換: 検出器1枚ないし2枚に対して、それぞれ小さなフィルターを割り当て、それらを交換する機能を持ち合わせた機構。図1-5参照。駆動機構を検出器とともに視野内に配置する必要があるので、視野全体を覆うことができない。
2. ターレットの回転で交換する方法: Hubble Space Telescope(HST)の装置で採用されている方法。James Webb Space Telescope (JWST)でも採用予定。図6参照。
3. スライド式の機構を積み重ねる方法: Subaru/Suprime-Camなど、地上望遠鏡の装置で採用されている。
- (4. 貼付け式: “駆動”を避けなければならない場合、各検出器にフィルターを貼付けてしまう方法。他の方法が確立せず、やむを得ない場合の最終手段。)

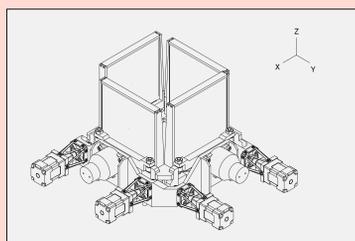


図1: WISHフリップ式フィルター交換機構設計案。この機構で4枚のフィルターが“交換”可能。背中合わせにすると8枚になる。

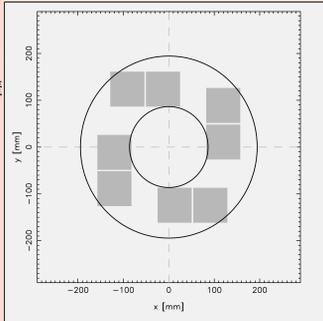


図3: フリップ式フィルター交換機構での検出器焦点面配置案。2枚の検出器に対して1つの機構を割り当て、8枚(~900平方分角)の視野を確保できる。

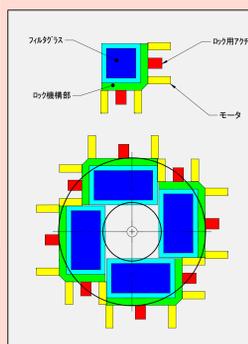


図4: 駆動部も含めたフリップ式交換機構の配置。

図5: 片面のみ(各4枚)フリップ式を2つ向かい合わせた場合の配置。合計4x4x2=32枚のフィルターが格納されている。光軸方向(この図では横方向)のサイズは255.4mmで、この内部に第一焦点面がある。

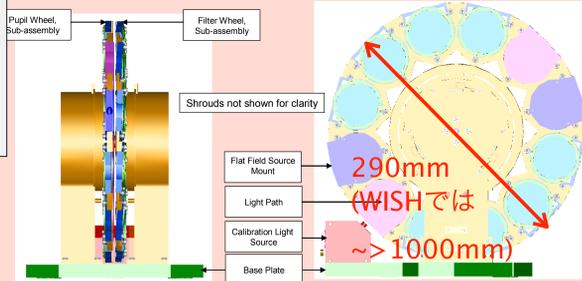


図6: JWST/NIRCAMのフィルターセットの配置案(ターレット式)。12枚x2段=24枚。フィルターは48mm Φ 。McCully et al. (2005, SPIE) Figure 1より引用。

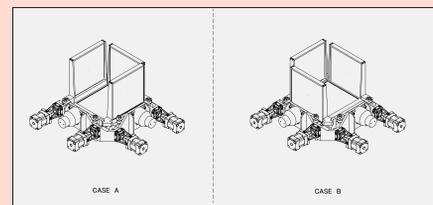


図2: WISHフリップ式フィルター交換機構設計案。ある1枚(左手前)のフィルター使用中の場合(CASE A)を左に、別のフィルター(右手前)使用中の場合(CASE B)を右に示した。

交換機構	フリップ式	ターレット式	スライド式
フィルターの配置位置	第一焦点面前後(P1,P2)、最終焦点面前(P3)どこでもOK。 [○]	第一焦点面付近ではフィルターのサイズが~400mmとなり、 大きな保持・駆動機構が必要で非現実的(4枚でも1200mmΦ以上) 。Cold Stop直後では、第一焦点面付近よりは小型化が可能で、今後、光学設計の見直し等によりビームサイズが縮小できれば可能性あり。 [△]	第一焦点面前後(P1,P2)、最終焦点面前(P3)どこでもOK。 [○]
フィルター(厚さは5-7mmを予定)のサイズ	検出器1つに対して1枚のフィルターを割り当てる場合は80x80mm程度になる。検出器2つに対して1枚のフィルターを割り当てるのであれば80x160mm程度となる。 [○]	Cold Stop直後に置いた場合、150-200mm Φ 程度。 [○]	第一焦点面前後だと400mm Φ 程度。モザイク化で対応する可能性もある。最終焦点面だと200mm程度。 [△]
視野	900平方分角(検出器8枚を並べる)。図2。 [○]	1800平方分角(視野をfullに使える)。 [○]	1800平方分角(視野をfullに使える)。 [○]
事故停止すると...	1つの機構が停止すると、2枚の検出器は使用不可能となるが、 残りの6枚は影響を受けず、そのまま使用可能 。 [○]	光路がふさがれ ミッション終了 。 or ある特定のフィルターのみ観測しかできなくなる 。 [△]	光路がふさがれ ミッション終了 。 or ある特定のフィルターのみ観測しかできなくなる 。 [△]
スペース望遠鏡での実績	なし。 [△]	HST/ACS, NICMOS, WFC3等で実装済み。 JWST等で実装予定。 [○]	なし。 [△]
地上望遠鏡での実績	岡山91cm望遠鏡OAO/WFCなど。 [○]	多くの装置で実績あり。 [○]	Subaru/Suprime-Camで実績あり。 [○]
今後検討すべき課題	ゴーストの検討。試作品製作による振動試験、冷却状態での耐久試験。異なる素材(光学ガラス、合成石英、シリコン等を想定)のフィルターへの対応。詳細な熱設計。	保持・駆動機構縮小化の可能性の検討。ビームサイズ縮小のための光学系変更の可能性の検討。詳細な熱設計。	~400mm Φ の大型フィルター製作の実現性の検討。スライド式駆動機構の冷却状態での耐久試験。詳細な熱設計。

[まとめ]

- + WISHのフィルター交換機構として、フリップ式、ターレット式、スライド式(、貼付け式)の3(4)つが考えられる。
- + 打ち上げ後の事故停止を想定した場合、**フリップ式が最もリスクが小さい**が、スペース望遠鏡での実績がなく、2010年度前半に、試作品による試験を行っていく。
- + フリップ式だと、一度に観測できる視野が900平方分角となり、他の方法と比べて半分程度になってしまうが、許容できる程度である。
- + **熱設計**の観点も含め、他の方法の検討も並行して進める。