



HiZ-GUNDAM/MONSTER 用ケース タープリズムの評価とホルダー製作

日本天文学会2025年秋季年会 V244a 9月10日

堀友哉, 川端弘治, (広島大), 津村耕司 (東京都市大), 米徳大輔 (金沢大),
松浦周二(関学大), 松原英雄, 土居明広(ISAS/JAXA), 秋田谷洋 (千葉工大),
(ほかHiZ-GUNDAMチーム)

HiZ-GUNDAM衛星

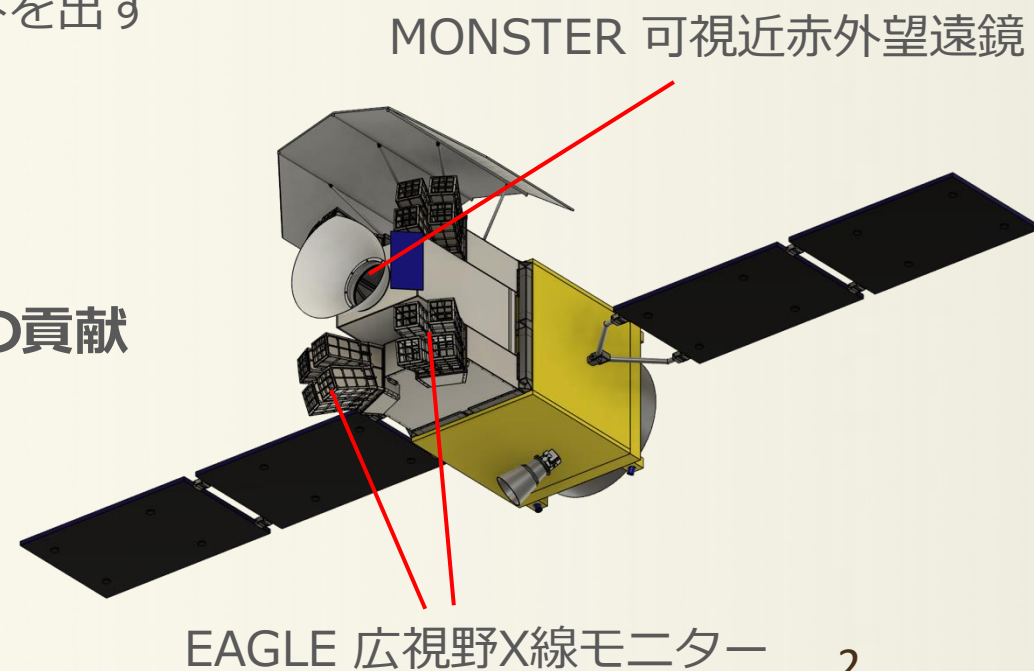
High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission

観測戦略

1. EAGLEでGRB/突発天体を発見
2. 自律制御により自動的に衛星の姿勢を変更
3. MONSTERでGRB残光の追観測しつつ地上にアラートを出す
4. 地上望遠鏡による追観測

ミッション目的

初期宇宙の探査とマルチメッセンジャー天文学への貢献

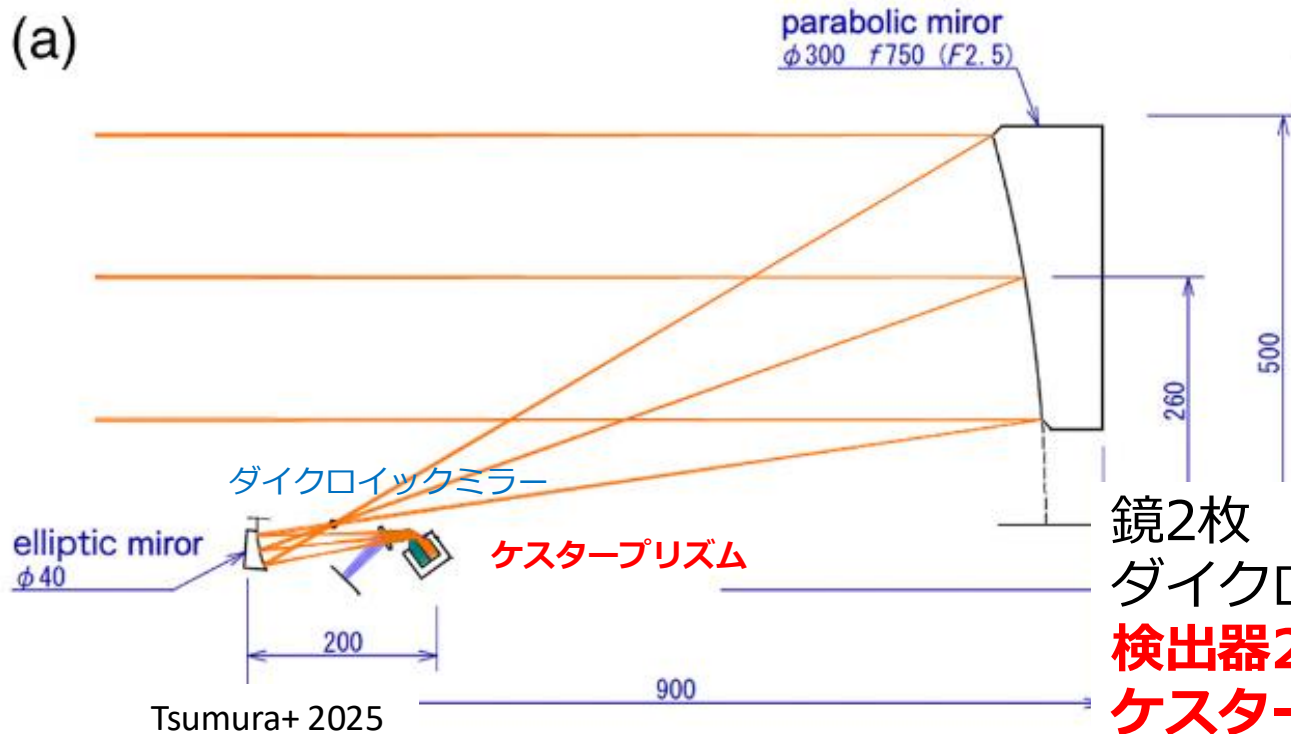


可視光・近赤外望遠鏡MONSTER

Multiband Optical and Near-infrared Simultaneous Telescope for Efficient Response

ケスタープリズムの採用により1つのH1RG検出器で0.9-2.5 μm を同時に撮像観測

(a)



口径	30cm				
視野	15分角 \times 15分角				
ピクセルスケール	2秒角 \times 2秒角				
積分時間	10分 (2分 \times 5フレーム)				
観測波長域 (μm)	0.5-0.9	0.9-1.3	1.3-1.7	1.7-2.1	2.1-2.5
限界等級 (ABmag)	21.3	20.9	20.6	20.5	20.4

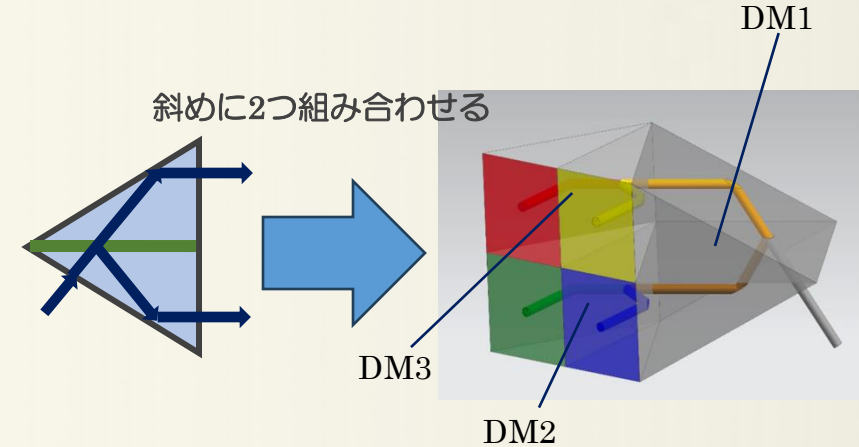
鏡2枚
ダイクロイックミラー1個
検出器2個
ケスタープリズム1個

ケスタープリズム

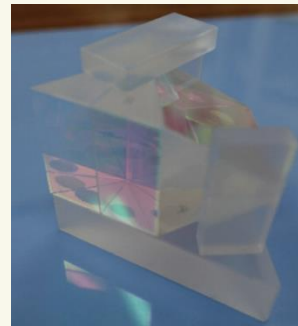
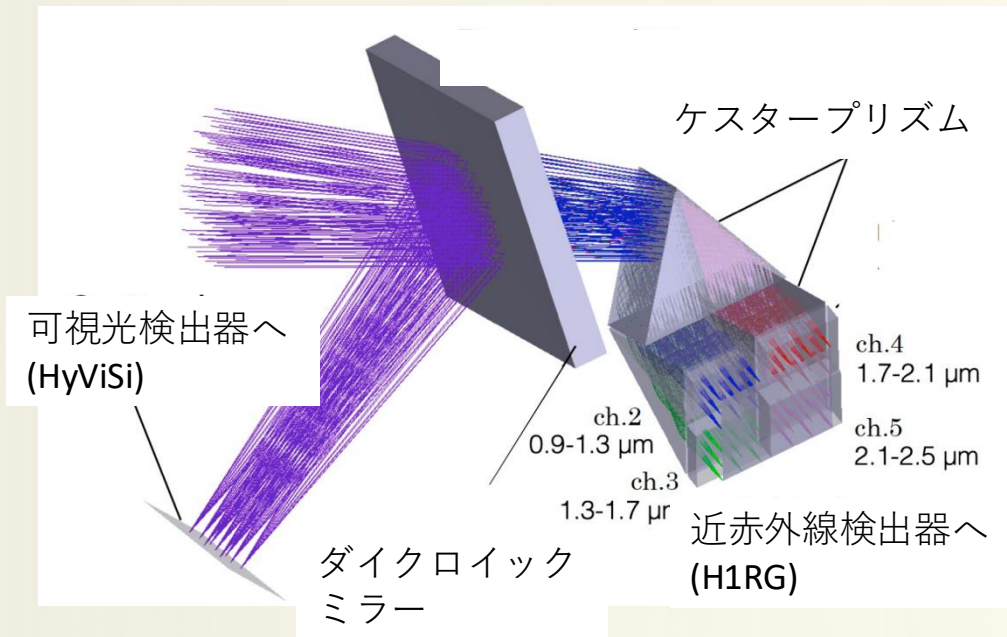
光軸が同一方向になるように光を分割して出射する光学素子
 ケスタープリズムを2つ組み合わせて4波長に分割したダブル
 ケスタープリズムを採用

→検出器の要求数を抑え、省スペース・省コストの実現が可能

宇宙空間での使用実績は今の所無い→性能評価の実施

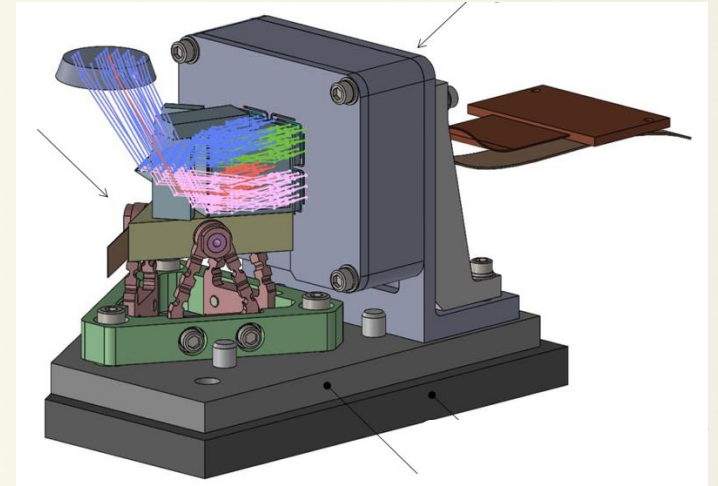
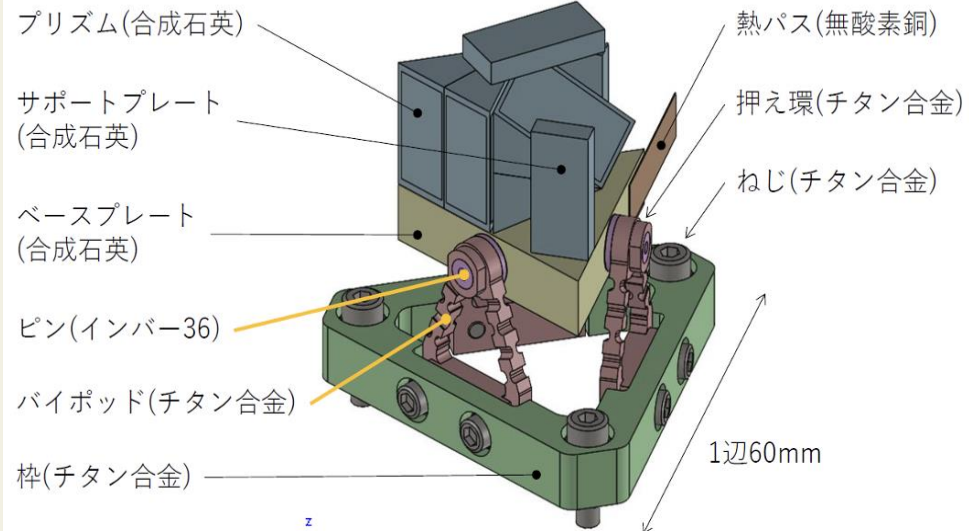


ダブルケスタープリズム
 J. Greiner & U. Laux 2022



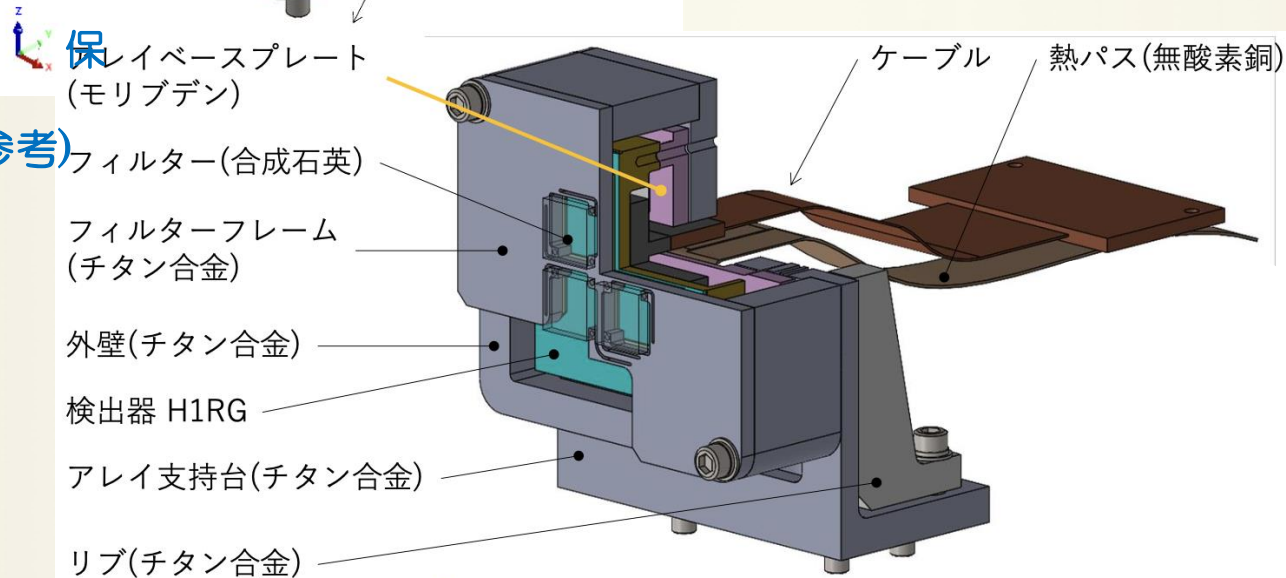
材質	Anhydrous Fused silica
DM1	$T = 92.3\% @ 0.9-1.7\mu\text{m}$ 、 $T = 1.7\% @ 1.7-2.5\mu\text{m}$ 有効面積 19.4mm×17.8mm
DM2	$T = 92.2\% @ 0.9-1.3\mu\text{m}$ 、 $T = 4.1\% @ 1.3-1.7\mu\text{m}$ 有効面積 9.2mm×17.8mm
DM3	$T = 93.7\% @ 1.7-2.1\mu\text{m}$ 、 $T = 8.3\% @ 2.1-2.5\mu\text{m}$ 有効面積 9.2mm×17.8mm

保持機構

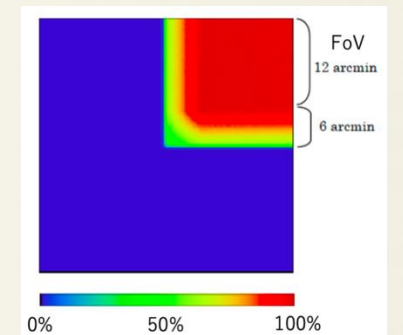


ユニット部

ケスタープリズム
保持機構
(Rothhard+ 2022を参考)



検出器保持機構



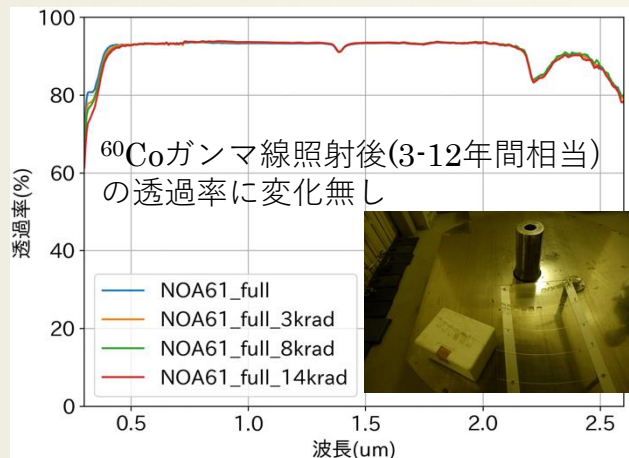
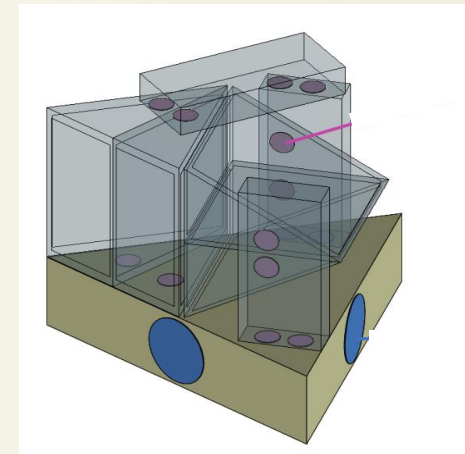
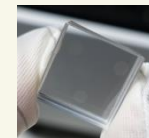
検出器における視野内の透過率分布

性能評価試験(接着)

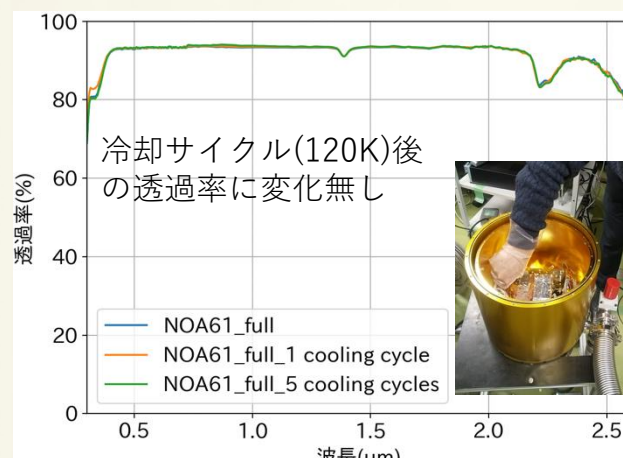
接着剤の評価

- プリズム・ベースプレート・サポートプレートを接着(●14箇所)
- ベースプレートとピンを接着(●3箇所)

2枚の石英板を3種類の接着剤で接着し、放射線・冷却耐性試験を行った後に透過率を測定



放射線照射



冷却試験

接着剤	放射線耐性 (⁶⁰ Co ガンマ線)	冷却・真空耐性 (130K)	光学透過性
Norland NOA61	良好	良好	○
Scotch Weld EC 2216 B/A	良好	良好	△
Masterbond EP21TCHT-1	良好	良好	--- (白色)

前回の報告にてプリズム内の接着には
Norland NOA61を使用することに決定

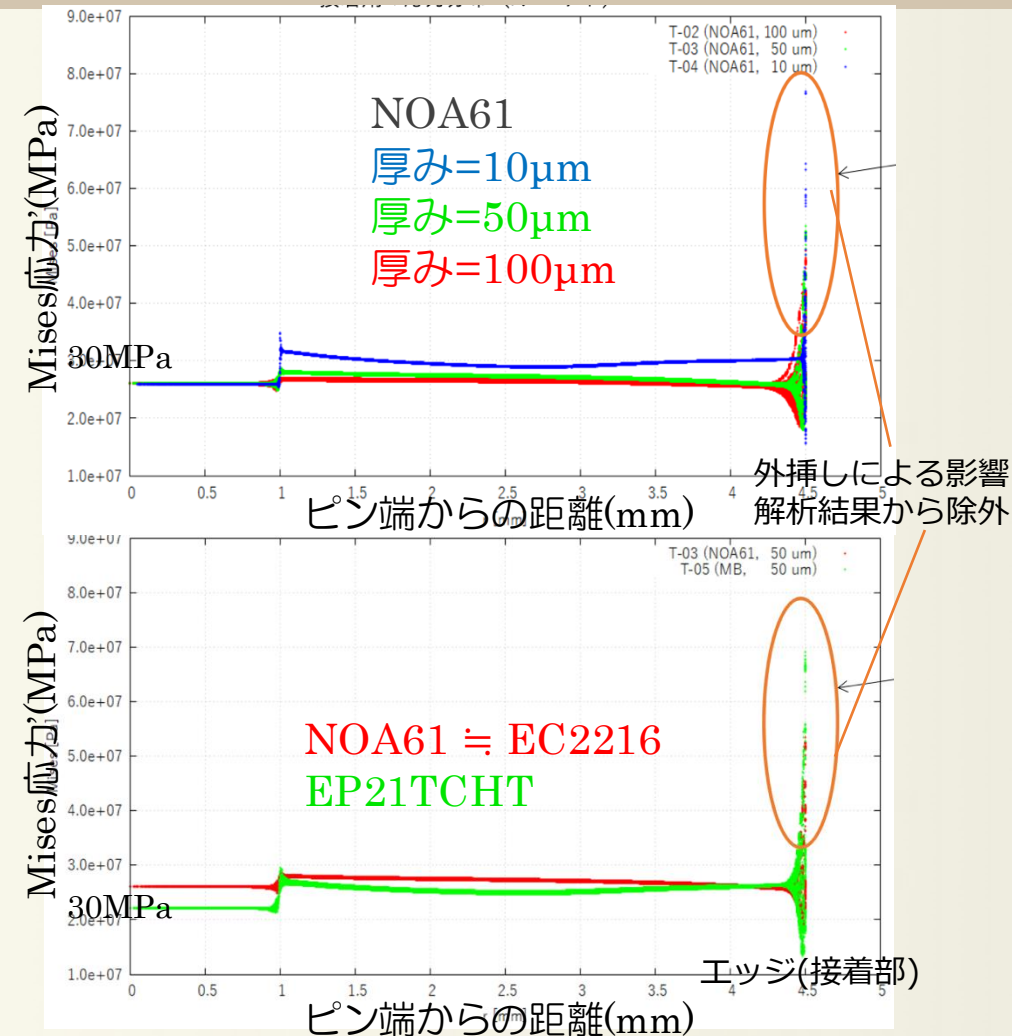
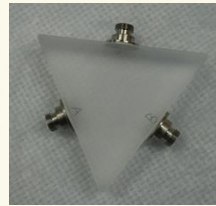
性能評価試験(接着)

ピン接着

ベースプレートとピンの接着について
接着剤の厚み、種類を変えてピン上での応力を調べる

- NOA61, EC2216では接着部での内部応力値が強度限界を超える
- EP21TCHTの場合も接着層の厚みが50 μm 以下だと応力が急激に大きくなる

→ピン接着にはEP21TCHTを用い、
50 μm の厚さとする(ビーズ使用)



接着剤の厚み(上)と接着剤の種類(下)によるMises応力分布
なお、NOA61とEP21TCHTの引張強度はそれぞれ21MPa, 55MPa

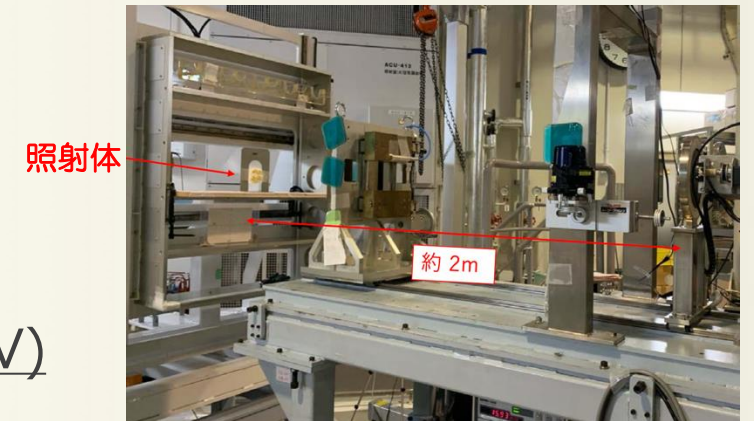
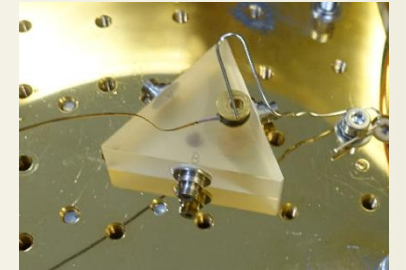
性能評価試験(接着)

ピン接着

ケスタープリズム・ベースプレート・サポートプレートの合計の質量は46.9g
その100G相当の荷重にピン1つで耐えられるかどうか

耐荷重試験の後に、冷却デューワー内ステージ温度が120Kになるまで冷却、常温にて再び同様の耐荷重試験
→接着効果に不可逆な不具合は生じなかった

接着試験に使用した各サンプルについて陽子照射(約100MeV)を実施済み、透過率測定や強度試験などを行う予定

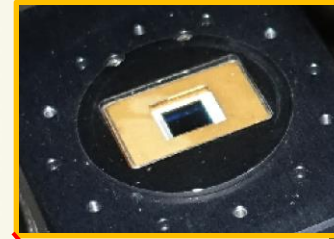


ビームラインの様子
@若狭湾エネルギー研究センター

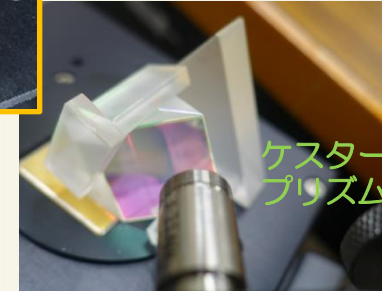
性能評価試験(透過率)

ケスタープリズムの簡易透過率測定

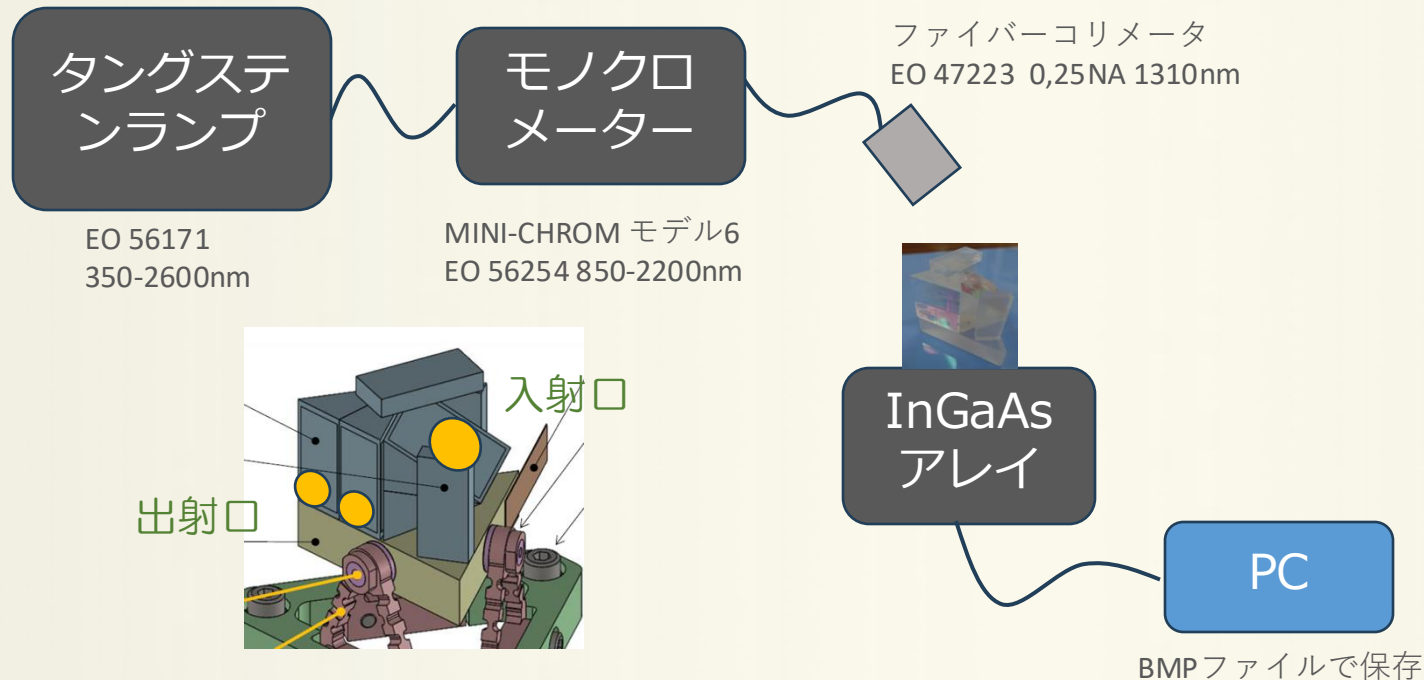
0.8-1.7 μm に感度を持つInGaAsアレイを用いてケスタープリズムch2,ch3の簡易透過率を測定



InGaAs
アレイ



ケスター
プリズム

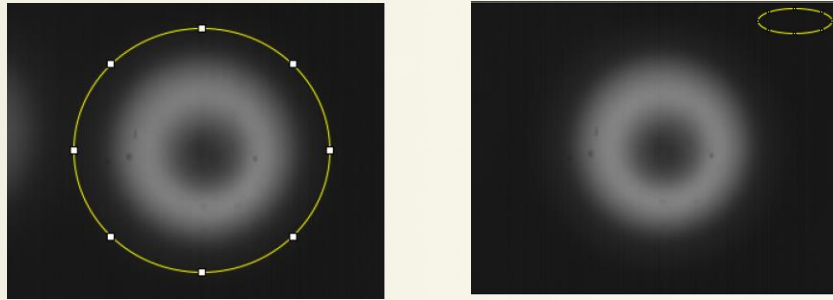


モノクロメータ

タングステンランプ

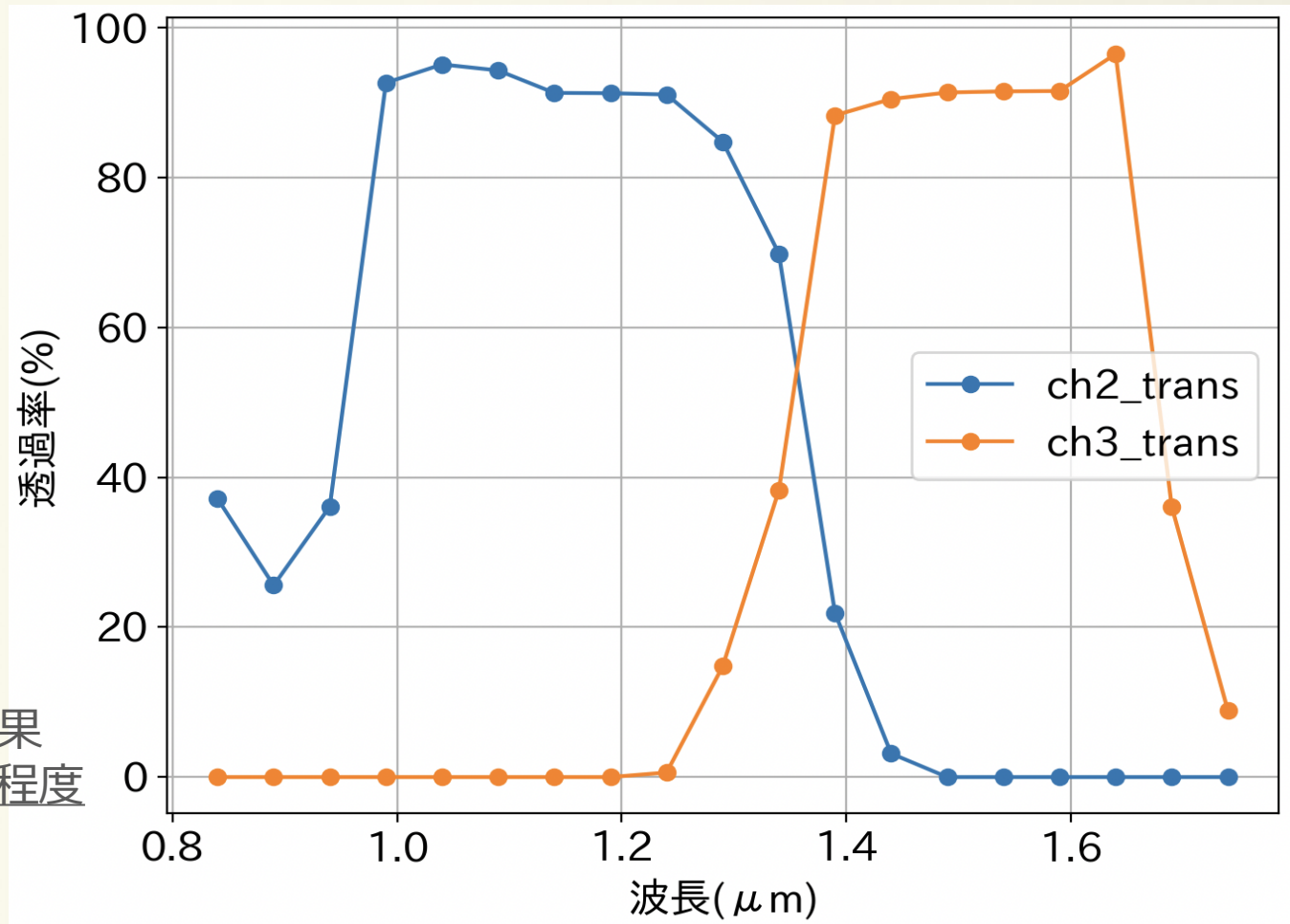
性能評価試験(透過率)

ケスタープリズムの簡易透過率測定



光量測定(左)と背景レベル測定(右)の領域

ケスタープリズムBBM簡易透過率測定結果
ch2,ch3の観測波長域において概ね90%程度
の透過率を持つ
透過率典型誤差：数%@60%以上の点



まとめ

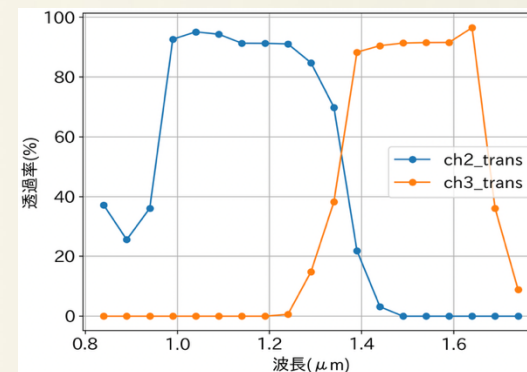
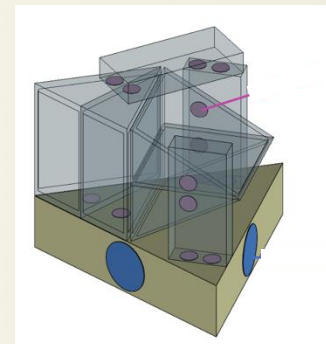
- ▶ ケスタープリズム：光軸が同一方向になるように光を分割して出射する光学素子
→ **検出器の要求数を抑え、省スペース・省コストの実現が可能**
- ▶ 宇宙空間での実績は今の所無い→各種性能評価の実施が必要

- ▶ プリズムの接着について

プリズム・ベースプレート・サポートプレートを接着する●14箇所NOA61

ベースプレートとピンを接着する●3箇所EP21TCHT を用いる

- ▶ InGaAsアレイを用いて簡易透過率測定を行ったところ、
ch2, ch3の観測波長域において概ね90%程度の透過率を持つ





Appendix

		NOA61*1	Masterbond EP21TCHT-1	Scotch-Weld EC-2216 B/A*3
弾性係数	GPa	1.034	4.137	0.982
ポアソン比	-	0.3(仮定)	0.3(仮定)	0.435
質量密度	kg/m ³	1290	1400*2	?
引張強さ	MPa	21	55	24
降伏強さ	MPa	21	55	24
熱膨張率	/K	9e-5	2e-5	1e-4

*1 : <https://www.norlandprod.com/adhesives/noa61pg2.html>
https://www.muro-chem.co.jp/dcms_media/other/norland.pdf

*2 : TR-230001.pdf (ケスタープリズム支持構造 簡易構造解析)

*3 : TDS_EC-2216BA.pdf, 3M-Scotch-Weld-Epoxy-Adhesive-DP190-Gray.pdf

接着剤の物性値

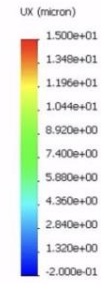
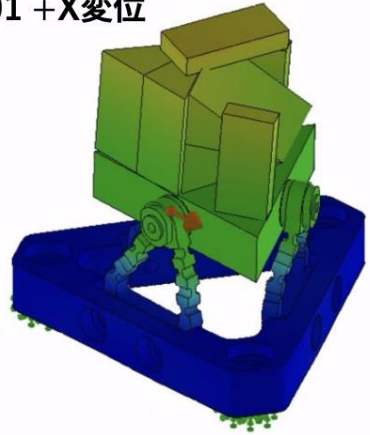
ケース	荷重	最大主応力/ミーゼス応力			
		プリズム	接着剤	ピン	バイポッド & 枠
		50MPa*2	21MPa*2	230MPa*2	827.38MPa*2
G-01	+Xに100G	3.6	6.5*1	4.9	33.1
G-02	-Xに100G	3.6	6.5*1	4.9	33.1
G-03	+Yに100G	3.4	7.5*1	5.5	37.8
G-04	-Yに100G	3.4	7.5*1	5.5	37.8
G-05	+Zに100G	1.1	1.5*1	2	8.5
G-06	-Zに100G	1.1	1.5*1	2	8.5
T-01 (NOA61)	100K	-	26	10.5	-
T-01 (Masterbond)	100K	-	25 (許容応力55MPa)	16.4	-

*1：プリズム内の接着部

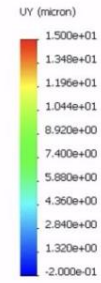
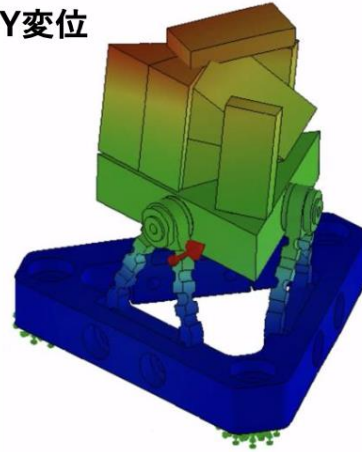
*2：許容応力

各静荷重解析

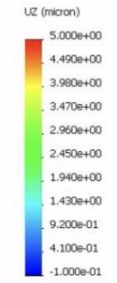
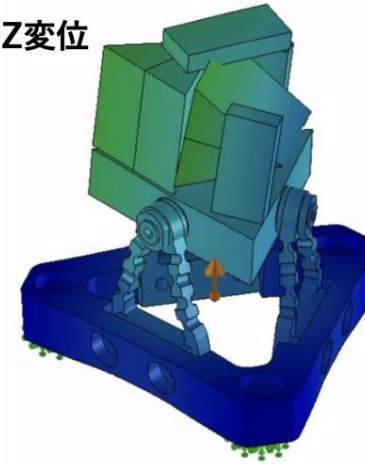
G-01 +X変位



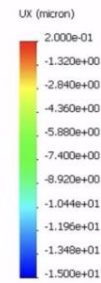
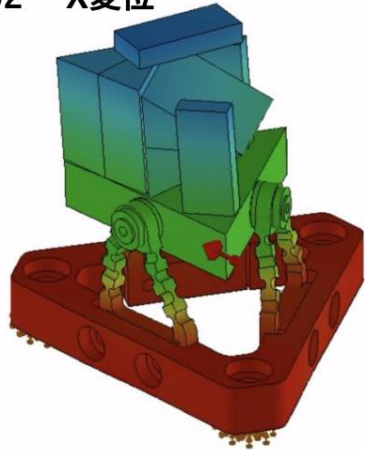
G-03 +Y変位



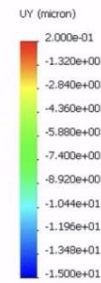
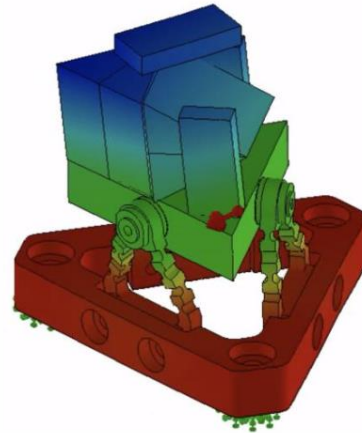
G-05 +Z変位



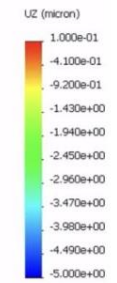
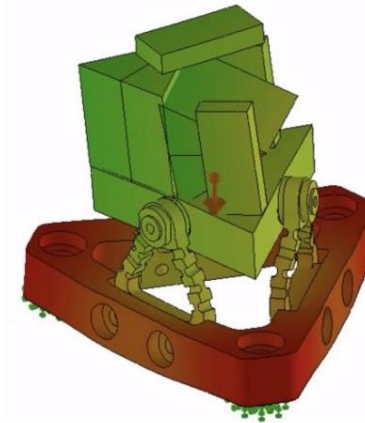
G-02 -X変位

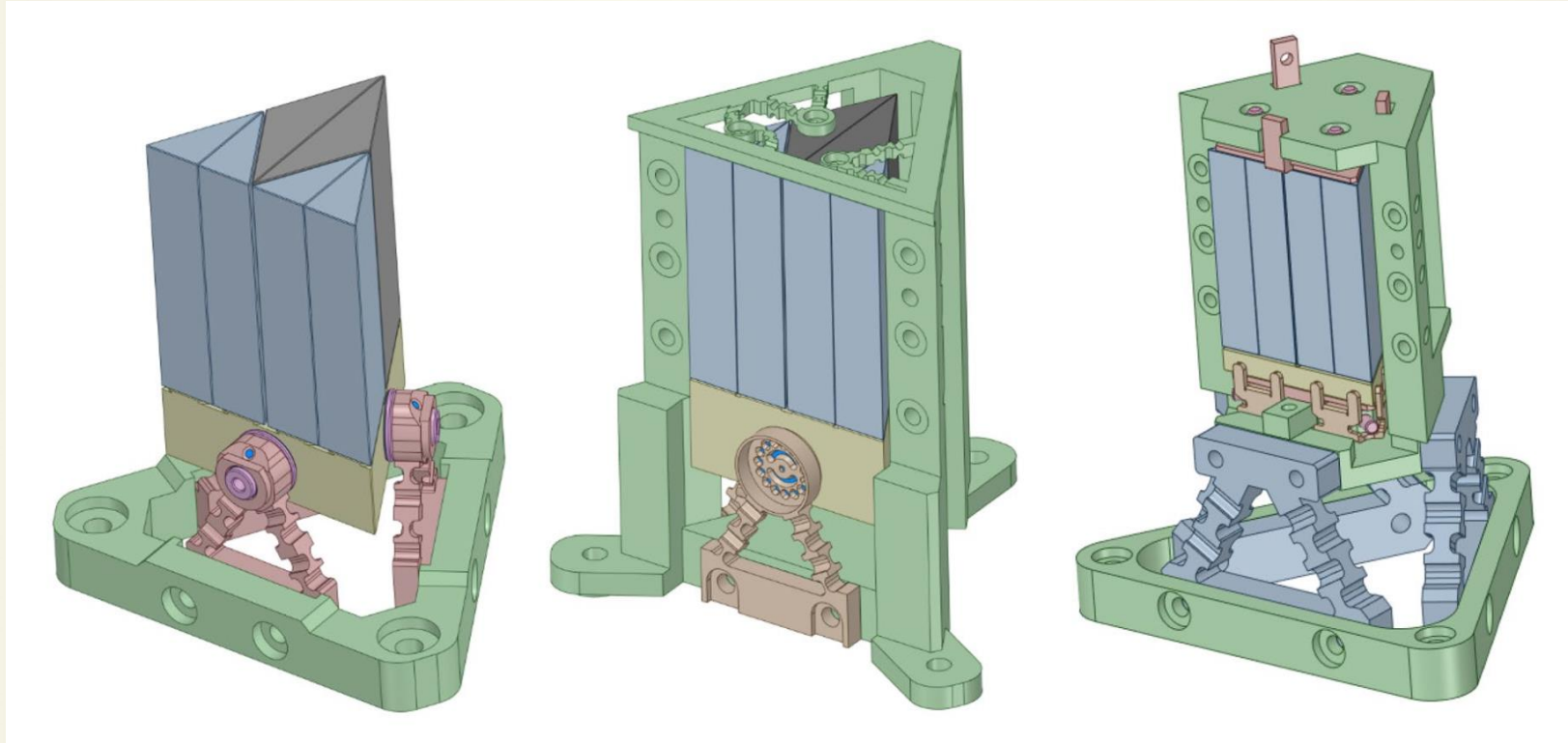


G-04 -Y変位

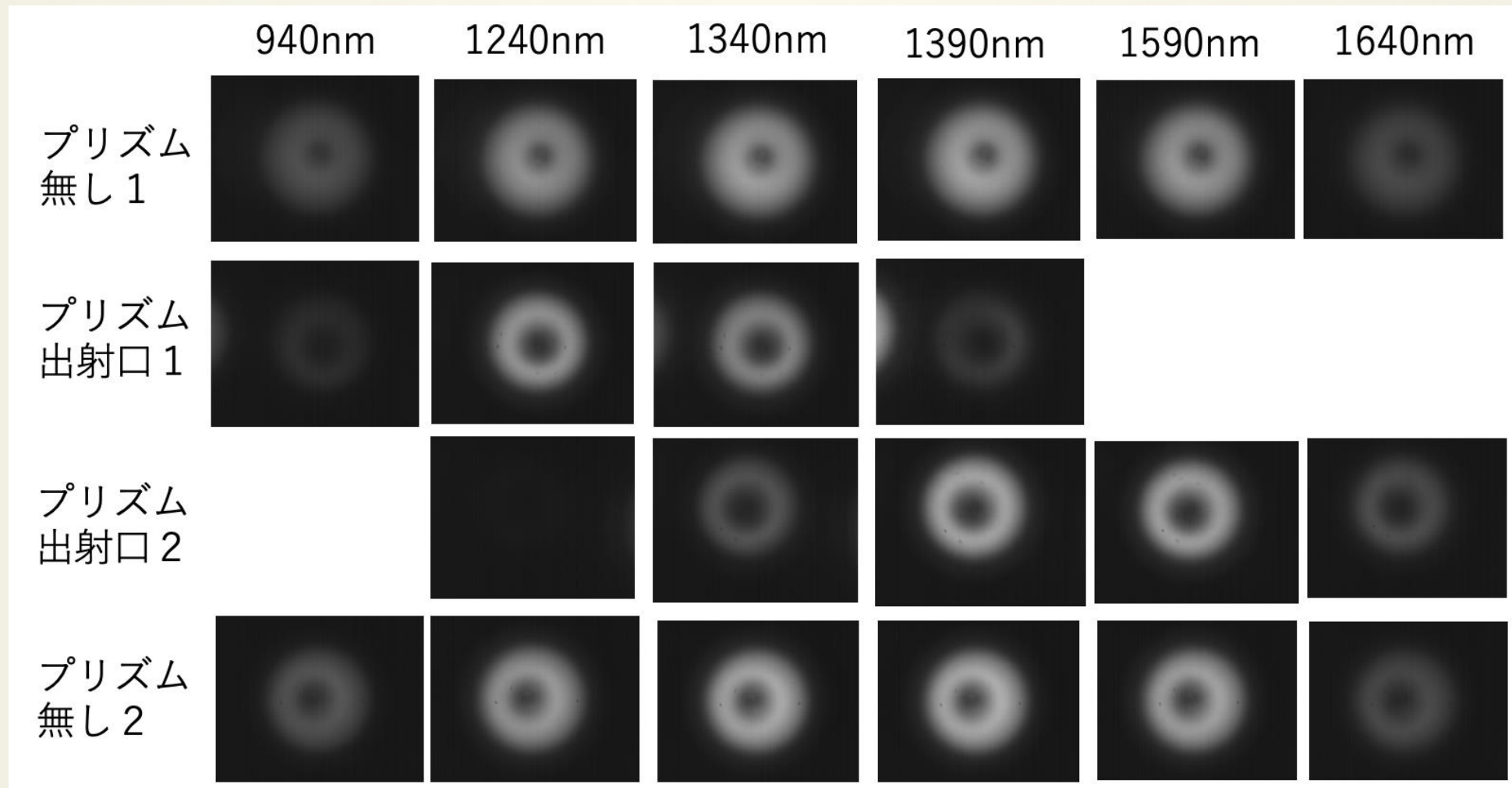


G-06 -Z変位

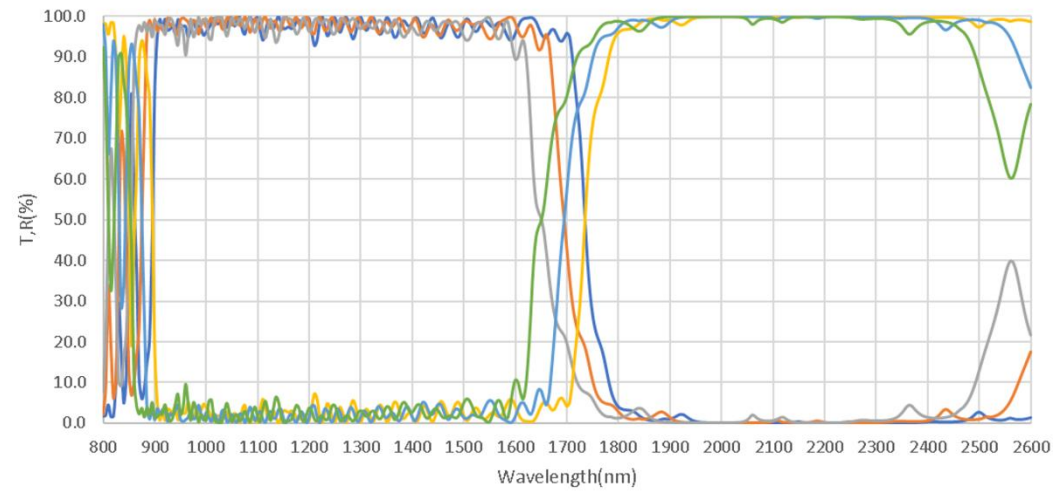




Rothhard+ 2022による(シングル)
ケスタープリズムの保持機構
左を採用



DM1シミュレーション(0° ±5° : 入射面に対する入射角)

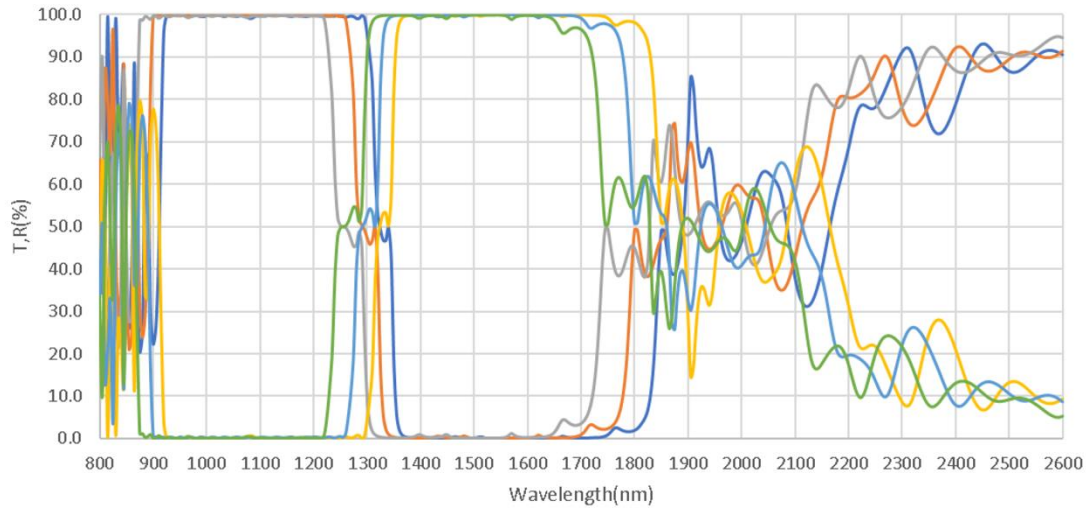


0.9-1.7 μm、1.7-2.5 μm分離

NITTO OPTICAL CO., LTD.

Confidential

DM2シミュレーション(0° ±5° : 入射面に対する入射角)

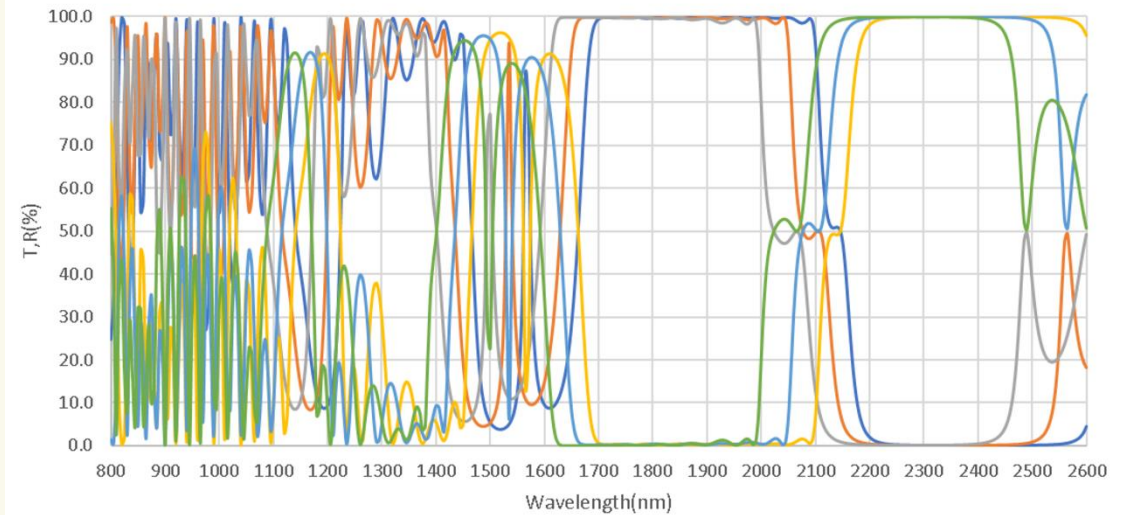


0.9-1.3 μm、1.3-1.7 μm分離

NITTO OPTICAL CO., LTD.

Confidential

DM3シミュレーション(0° ±5° : 入射面に対する入射角)



1.7-2.1 μm、2.1-2.5 μm分離

NITTO OPTICAL CO., LTD.

Confidential