

V113b: LiteBIRD搭載光学系のトレードオフ検討

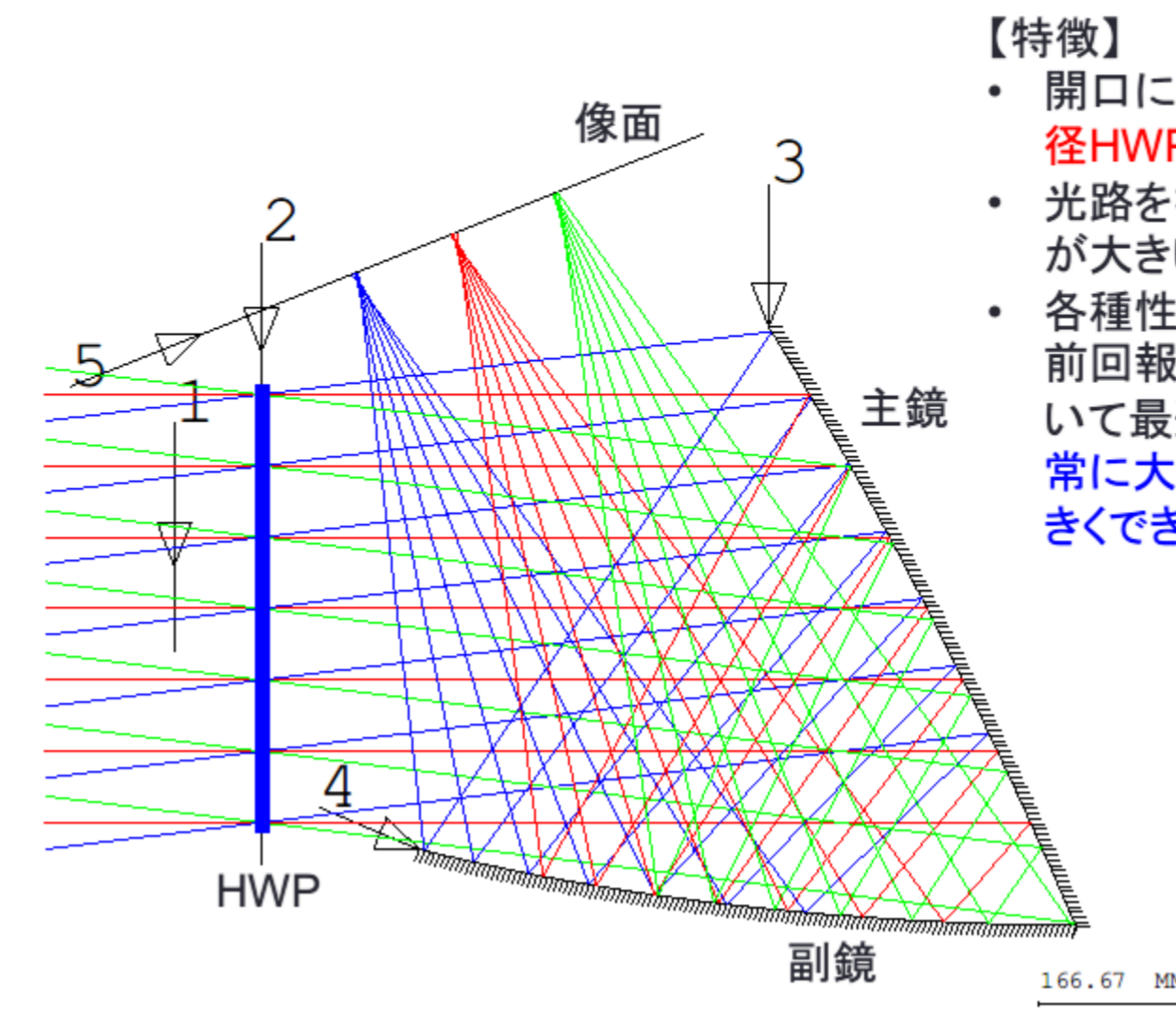
○鹿島伸悟¹⁾, 関本裕太郎¹⁾, 松村知岳²⁾, 菅井肇²⁾ 他LiteBIRDメンバー

1:国立天文台 2:Kavli IPMU

1.Introduction

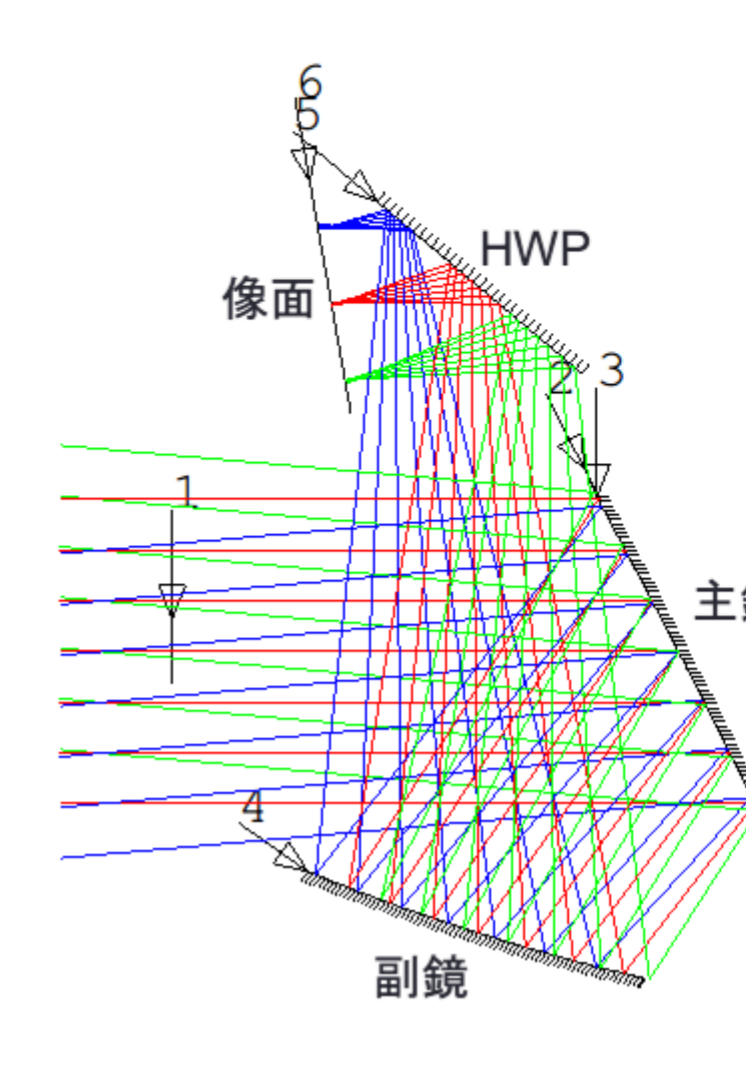
- LiteBIRD搭載光学系の検討を行っているが、現状光学系で大きな課題となっているのが、**広帯域ARコートと大口径・広帯域半波長板(HWP)**である
- これまでは**透過型のHWPを瞳位置に配置**することを条件に考えて来たが、これは下記**大きな開口径という観点に対して大きな制限**となる
- そのため、瞳を縮小投影する光学系の検討を行った
- 最近、**反射型のHWP製造の技術が向上し**、広帯域且つ大口径のものが製造可能となったため、これについても検討した
- また、光学系に求められる仕様として、以下のものがある
 - キャリブレーション精度向上のため、できるだけ**大きな開口径**
 - 全天サーベイを効率化するため、できるだけ**大きなAΩ**:Aは開口面積、Ωは画角によって決まる立体角、但し本発表では簡単のため、x画角とy画角の積とする
 - 打ち上げはH3ロケットを想定しているため、**大きな質量制限は緩いが、それは言ってもできるだけコンパクト且つ軽いこと**

2.検討中の光学系:透過型HWP MD光学系



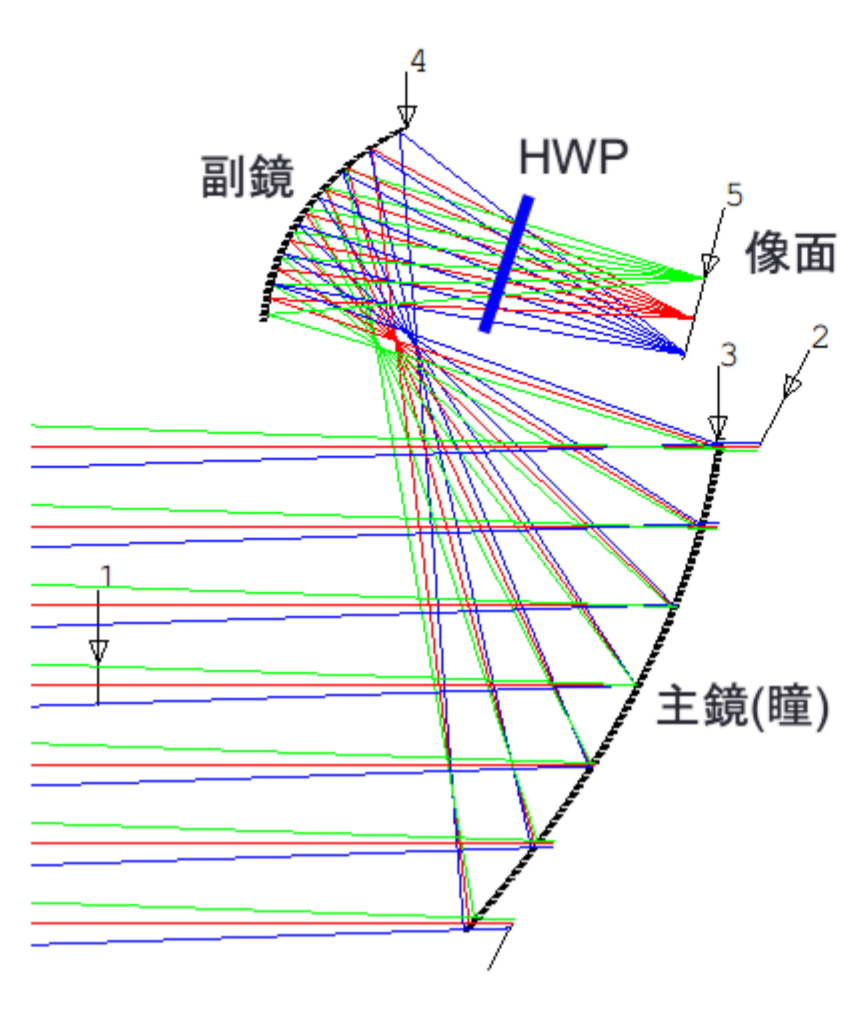
- 【特徴】
- 開口に瞳があるため、**大開口=大口径HWP**
 - 光路を折りたたんでいるため、ミラーが大きい割に**全体はコンパクト**
 - 各種性能は非常に出しやすく、特に前報告したように、**ABCD行列を用いて最適化することにより、画角を非常に大きくできるため、AΩもかなり大きくできる**

2.検討中の光学系:反射型HWP MD光学系



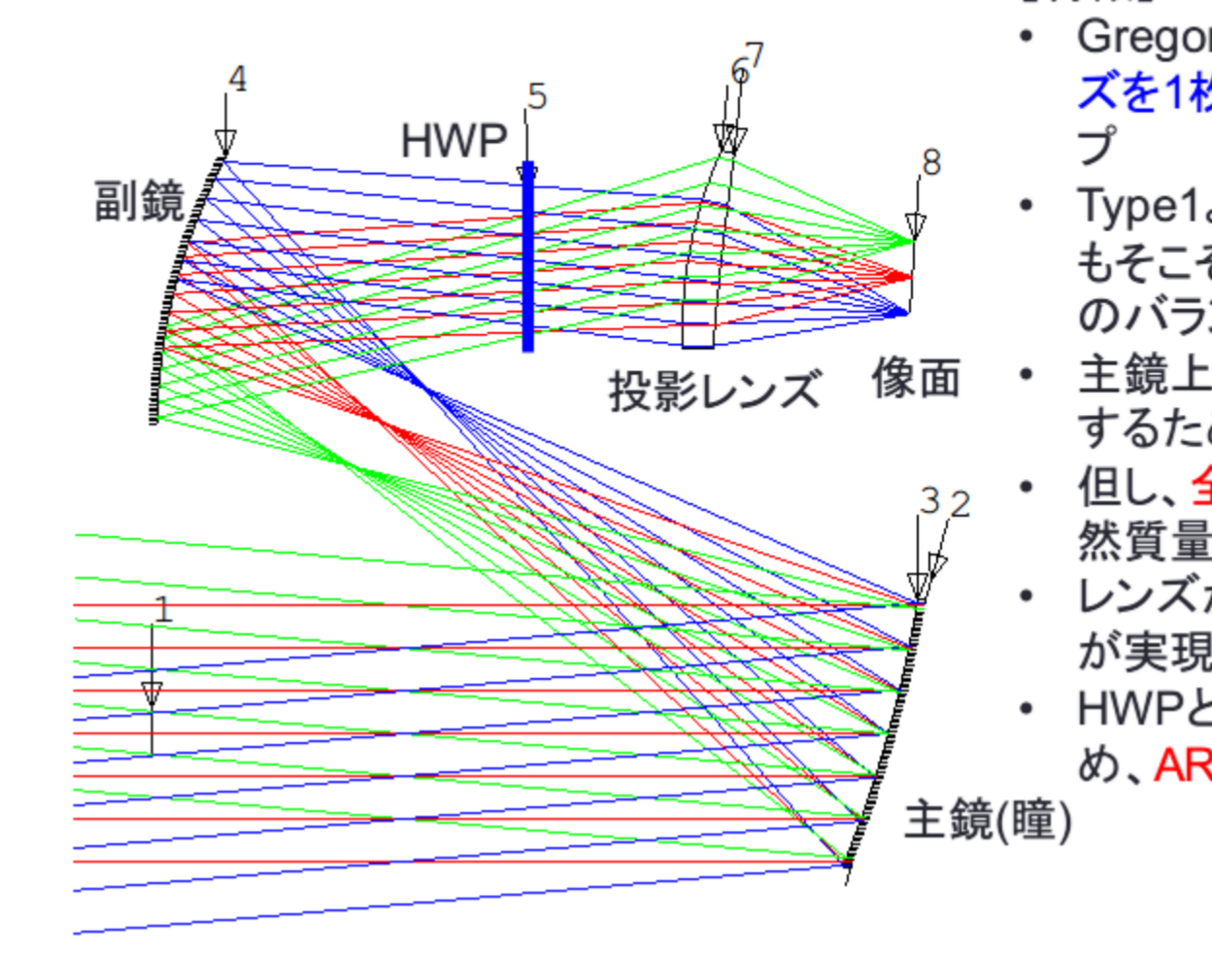
- 【特徴】
- 開口径=HWP径とはならないため、開口径の拡大が比較的問題にならない
 - 光路を折りたたんでいるため、ミラーが大きい割に**全体はコンパクト**
 - 但し、**反射型HWPで折り曲げるスペースがあるため、その部分が結構突き出す**
 - 上記制約のため、画角はあまり大きく出来ない
 - 開口径を大きくして、AΩを稼ぐ**という感じになる

2.検討中の光学系:Gregorian光学系Type1



- 【特徴】
- 開口及び主鏡を非常に大きくし、**縮小投影された瞳位置に透過型HWPを配置するタイプ**
 - 図の通り、HWP径は**開口径の1/3以下**になる
 - 性能は極めて出しづらく、**画角が非常に小さくなる**
 - これも、**開口径を大きくして、AΩを稼ぐ**という感じになる
 - 主鏡上の瞳のみで投影するため、**像側はテレセンから大きく外れる**

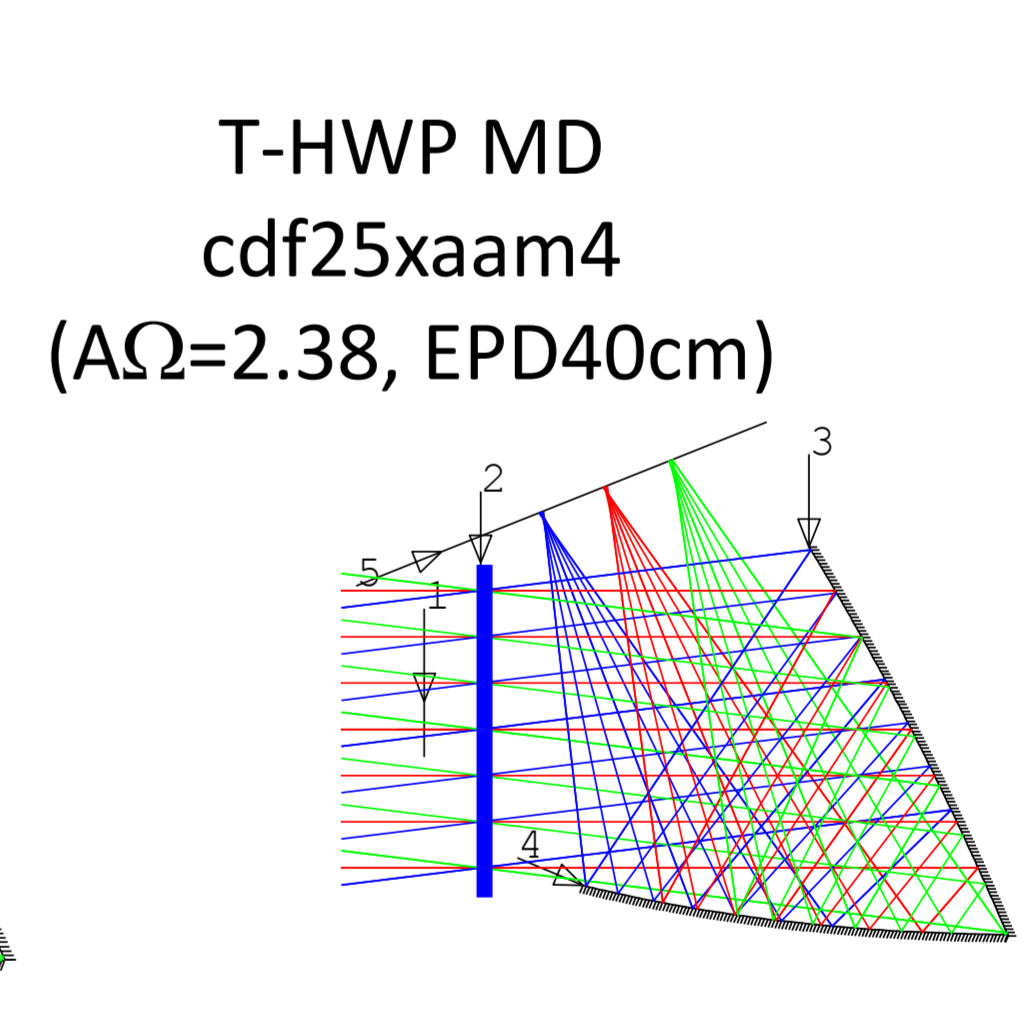
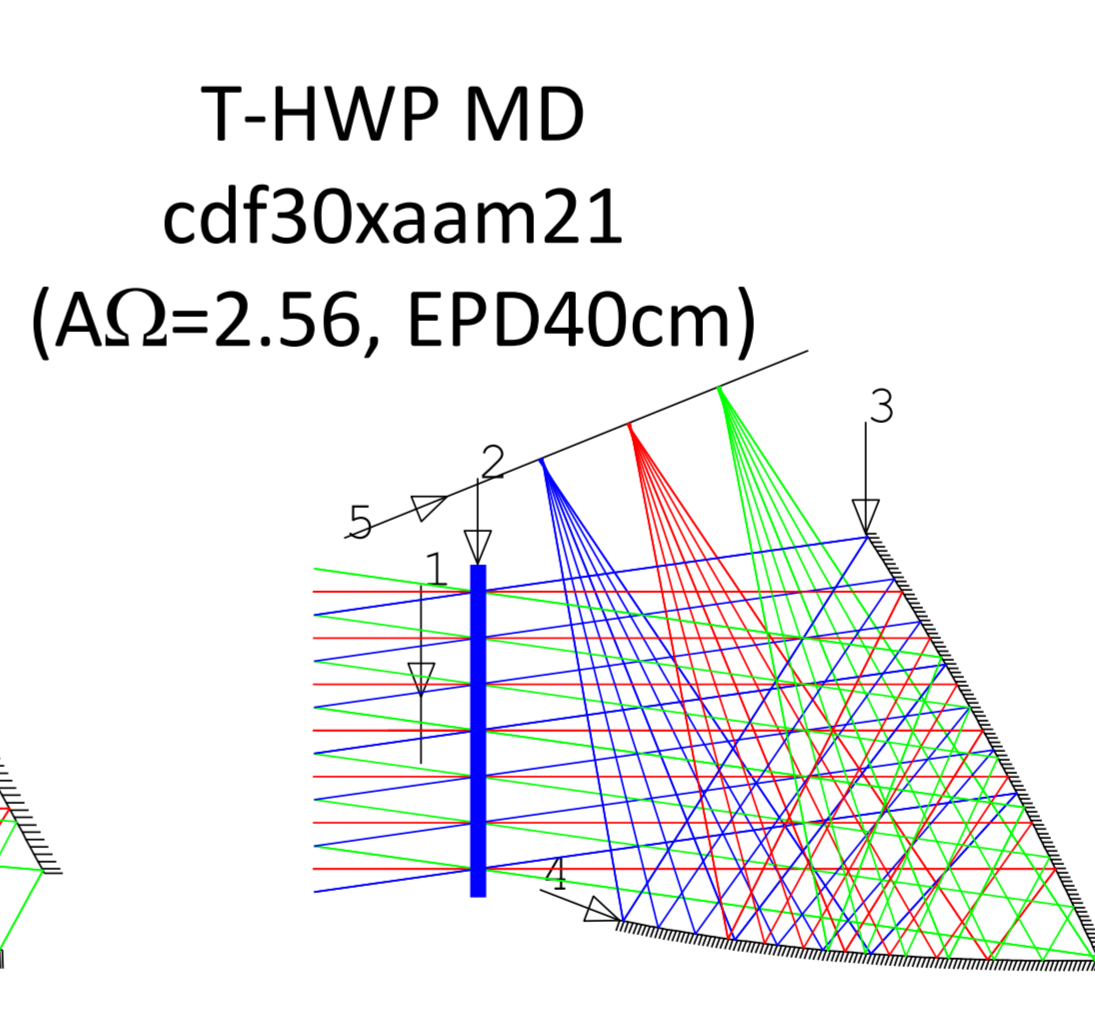
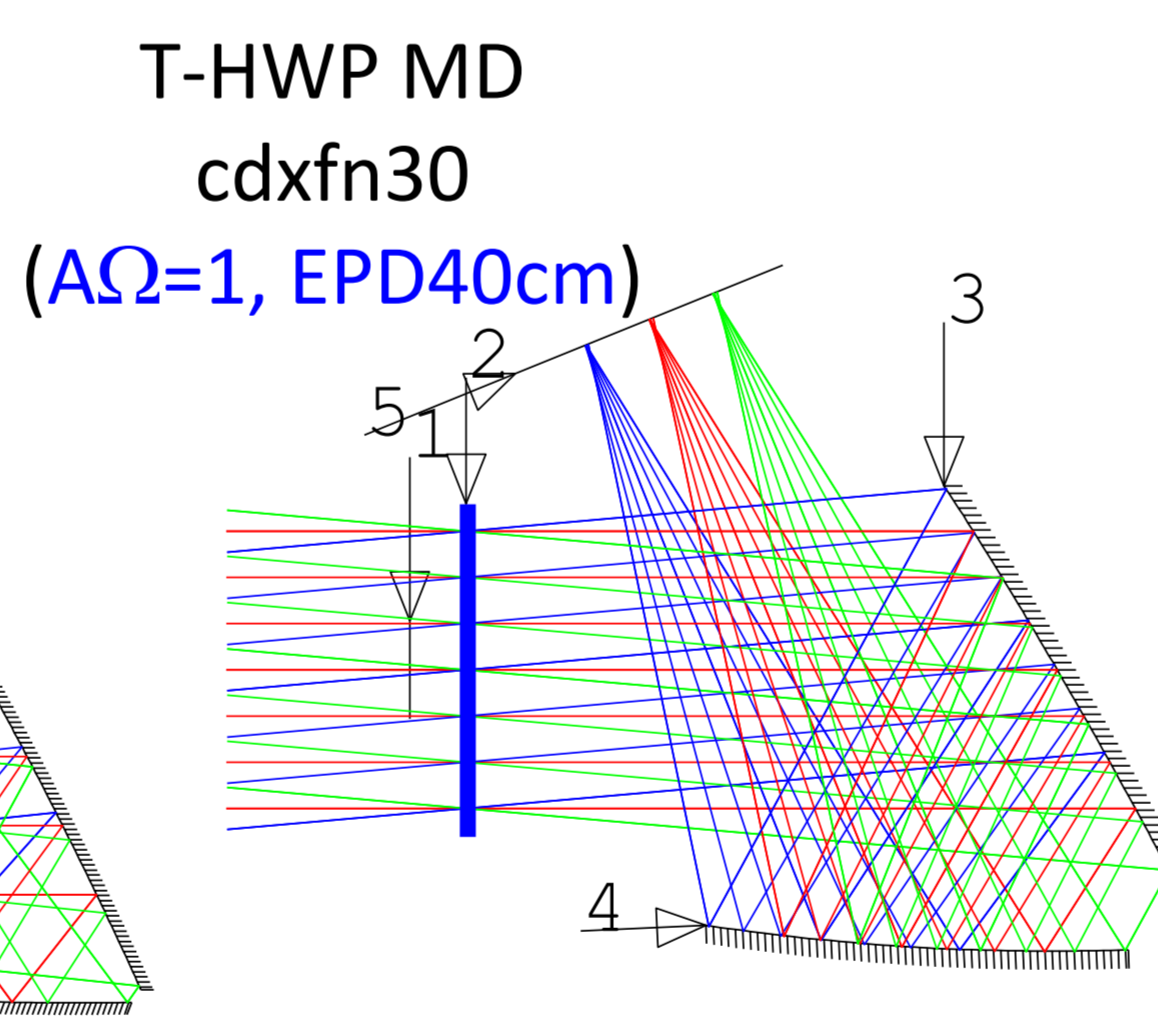
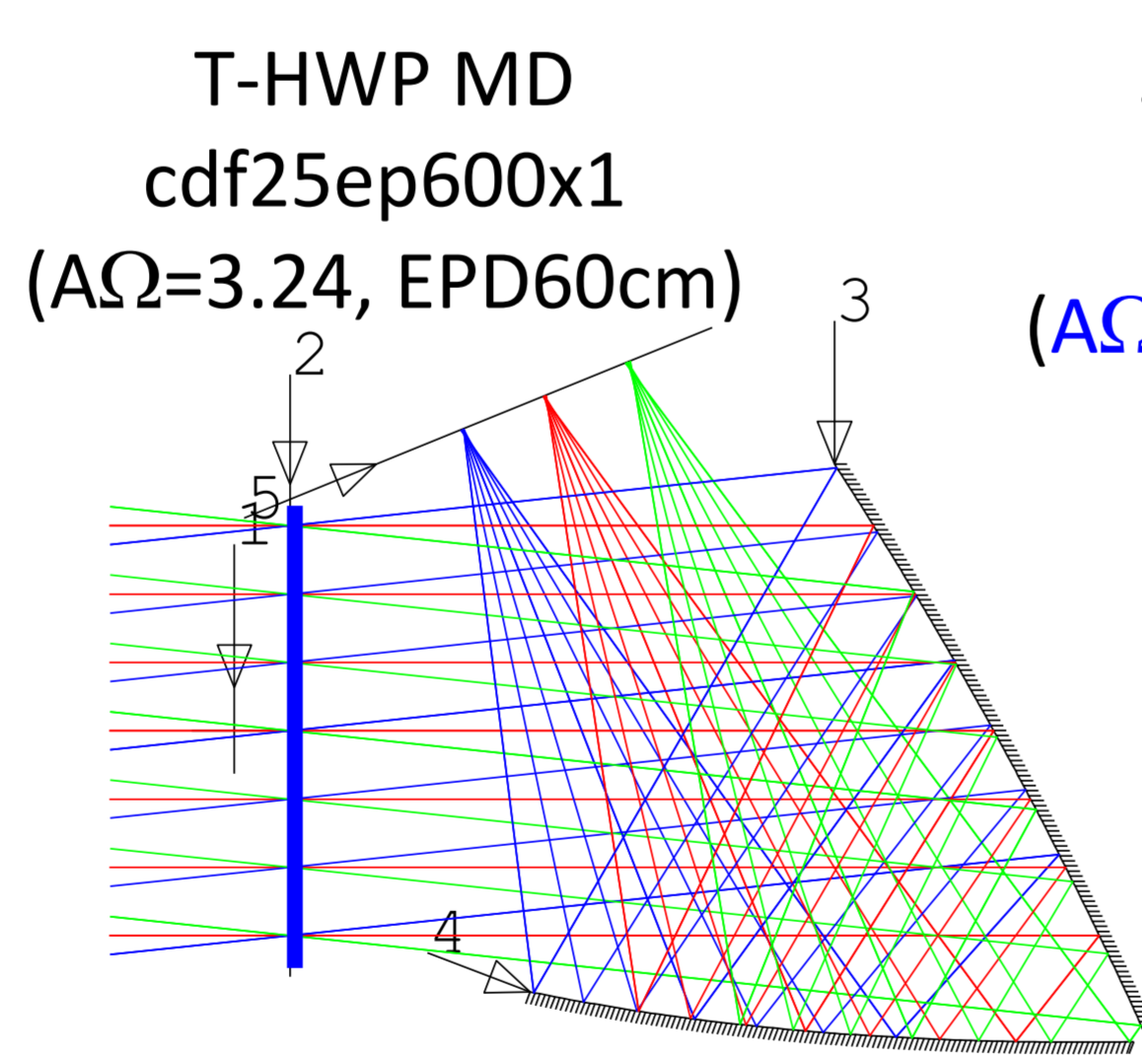
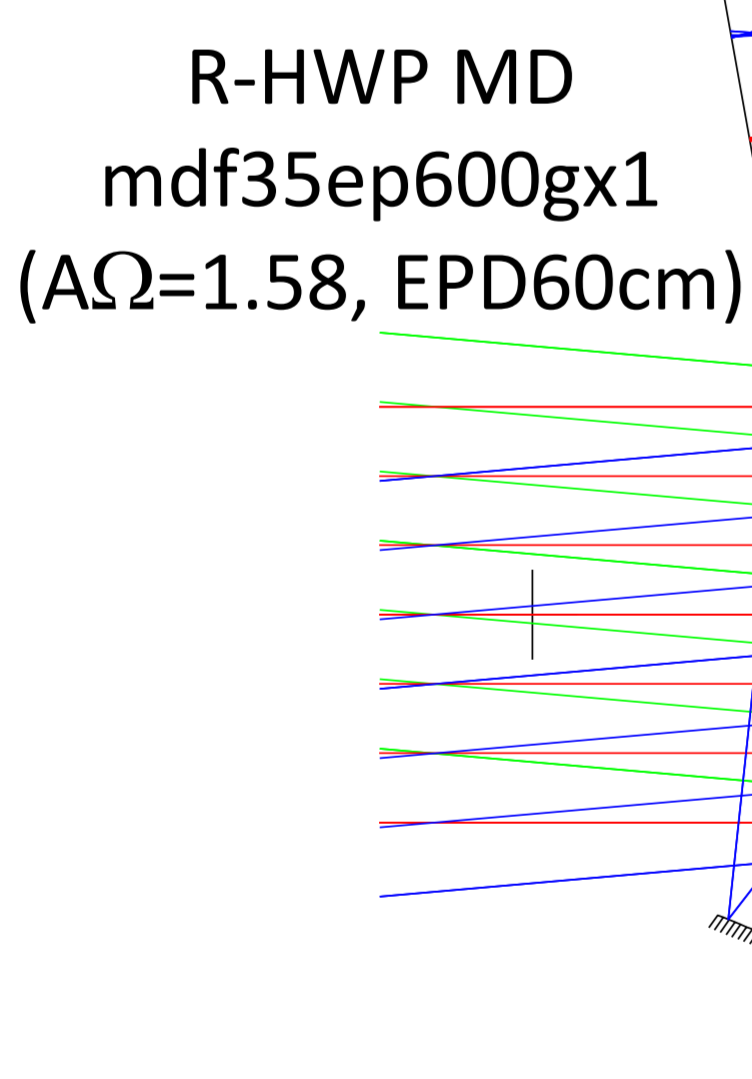
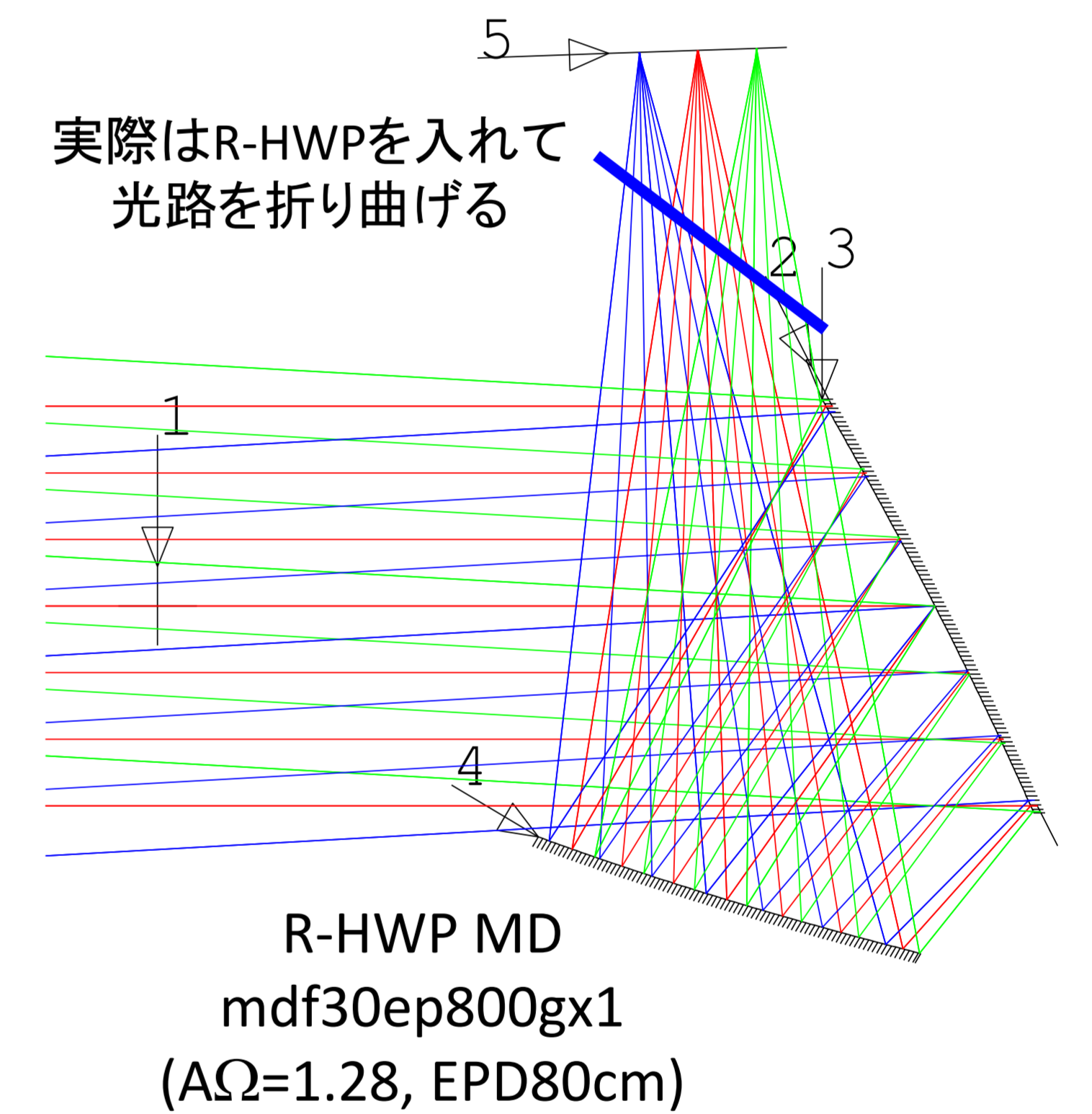
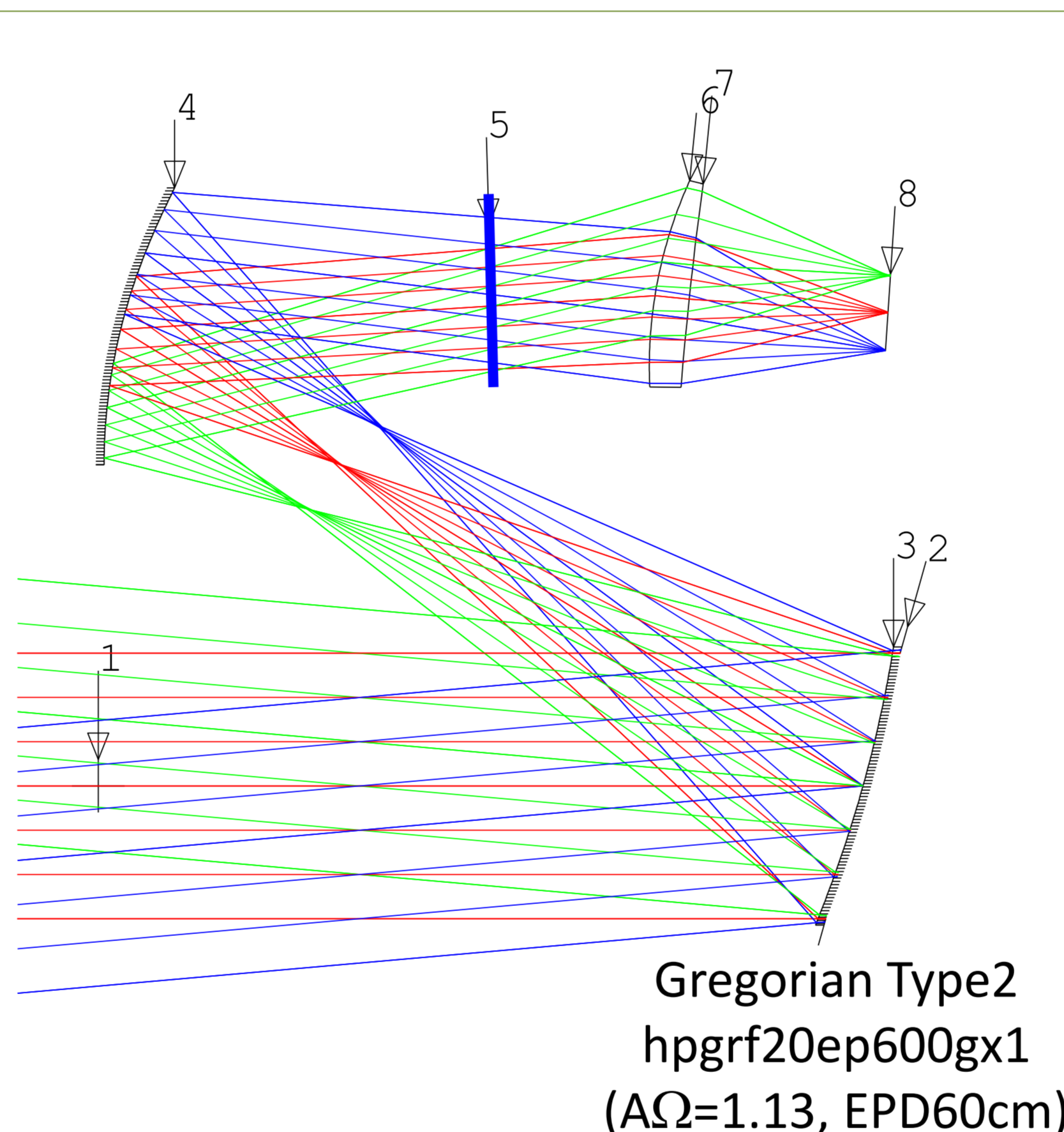
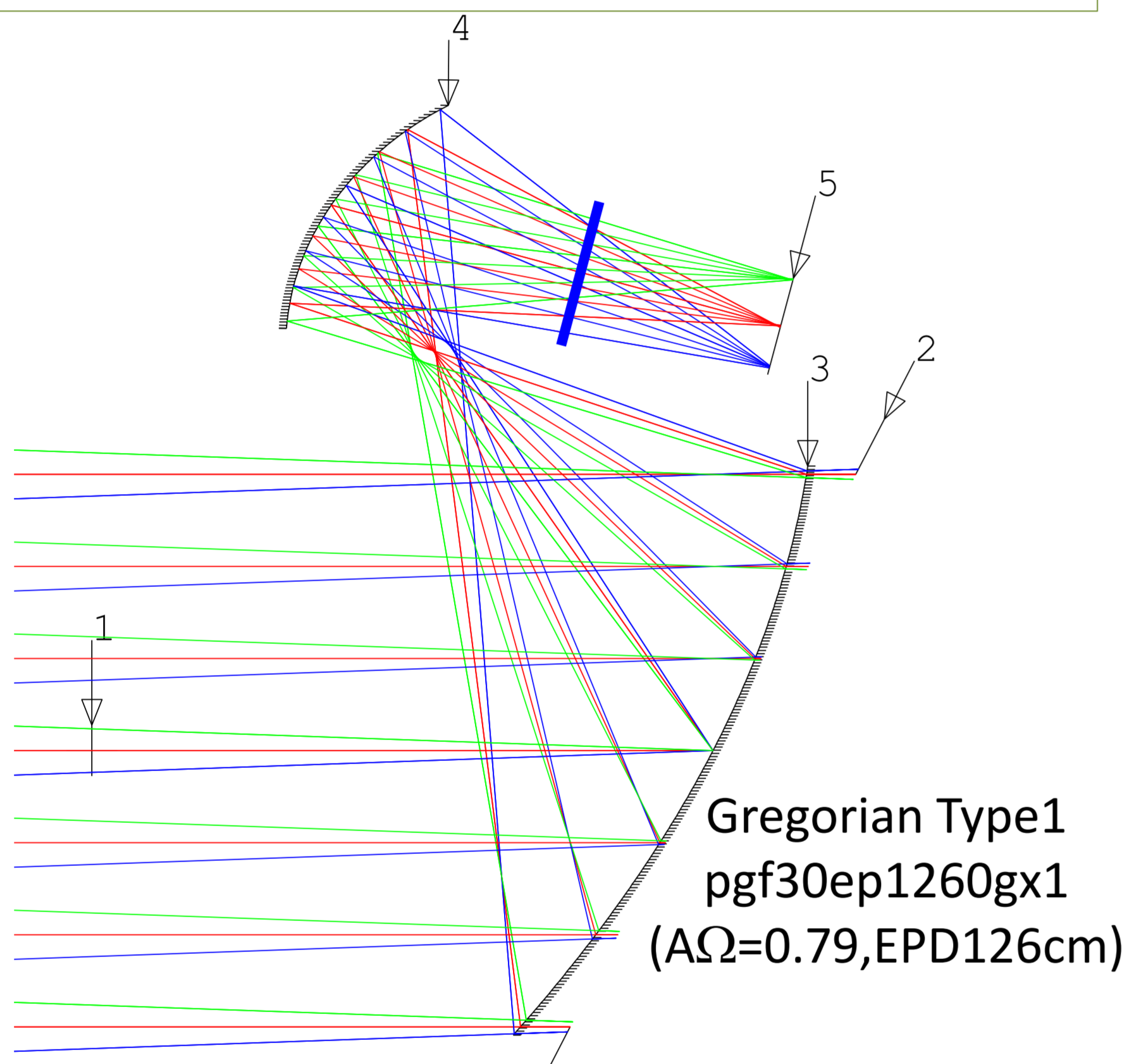
2.検討中の光学系:Gregorian光学系Type2



- 【特徴】
- Gregorian光学系Type1に**投影レンズを1枚追加して、欠点を補ったタイプ**
 - Type1よりは性能が出しやすく、画角もそこそこ大きく取れ、開口径と画角のバランスは良い
 - 主鏡上の瞳を、副鏡とレンズで投影するため、**像側テレセンも大凡可能**
 - 但し、**全体の大きさが大きくなり、当然質量も増す**
 - レンズが入るため、**広帯域ARコートが実現されない**と厳しい
 - HWPと合わせて透過面が**4枚あるため、AR特性が4乗で効く**ため

大きさ比較とトレードオフ表

- 以下に、現在検討している光学系の一部を「**同倍率**」で並べる
- 開口径φ40cm、画角20x10度のcdfxn30のAΩを基準**とし、それと比較した時の、**相対AΩを名称の後に加えた**
- 透過型HWPを青線で示した
- 全体の大きさとAΩの大きさがあまり比例していない等、興味深い傾向も見取れる
- 下表は、トレードオフ表からの抜粋である
- 実際の表は倍以上の項目があるが、字が小さくなり読めなくなること、また空欄の項目も多いため、一部を抜粋した
- 最終的には、トレードオフ表の項目を全て埋め、星取り表の要領で候補を絞り込んでいく
- 実は、**HWPを使わないという選択肢**もあるが、今回の検討では割愛している



model name	specifications										Mirror			Lens			HWP				optical performance					
	type	freq.	pupil	epd[cm]	F#	xan	yan	AΩ	AΩ ratio	#	pm size	sm size	TRL	#	L1 size	L2 size	TRL	type	pos	size	TRL	wfa	efv	telecen	hood	stray
cdxfn35	old MD	L,M	aperture	40	3.5	20	10	320000	1.00	2				0				tra	pupil	450		○		○	S	○
cdxfn30	old MD	L,M	aperture	40	3.0	20	10	320000	1.00	2				0				tra	pupil	450		○		○	S	○
cdxfn25	old MD	L,M	aperture	40	2.5	20	10	320000	1.00	2				0				tra	pupil	450		○		○	M	○
cdxba1	old MD	L,M	aperture	55	2.1	20	10	605000	1.89	2				0				tra	pupil	450		△		○	L	○
cdxba2	old MD	L,M	aperture	55	2.3	20	8	484000	1.51	2				0				tra	pupil	450		△		○	M	○
cdxba3	old MD	L,M	aperture	60	2.1	20	7	504000	1.58	2				0				tra	pupil	450		x		○	L	○
cdf30xaam21	abcd MD	L,M	aperture	40	3.0	32	16	819200	2.56	2	992x741	1050x807		0				tra	pupil	450		○		○	S	○
cdf25xaam3	abcd MD	L,M	aperture	40	2.5	32	14	716800	2.24	2	917x677	949x714		0				tra	pupil	450		○		○	M	○
cdf25xaam4	abcd MD	L,M	aperture	40	2.5	34	14	761600	2.38	2	941x676	975x719		0	-	-		tra	pupil	450		○		○	M	○
cdf25ep600x1	abcd MD	L,M	aperture	60	2.5	24	12	1036800	3.24	2	1260x999	1261x1035		0	-	-		tra	pupil	650		○		○	M	○
cdf25ep600x2	abcd MD	L,M	aperture	60	2.5	28	12	1209600	3.78	2	136x1005	1376x1039		0	-	-		tra	pupil	650		○		○	M	○
cdf20ep600x2	abcd MD	L,M	aperture	60	2.0	22	NG			2				0	-	-		tra	pupil	650		○		○	L	○
mdf30ep1260gx2	abcd MD	L,M	pm	126	3.0	10	6.4	1016064	3.18	2	1567x1607	1584x1476		0	-	-		refl	near image	400		△		△	S	?
mdf30ep800gx1	abcd MD	L,M	pm	80	3.0	10	6.4	409600	1.28	2	1125x1001	1119x943		0	-	-		refl	near image	700		○		△	S	?
mdf30ep600gx4	abcd MD	L,M	pm	60	3.0	14	10	504000	1.58	2	849x756	886x764		0	-	-		refl	near image	600		○		△	x	x
mdf30ep600gx4_rev	abcd MD	L,M	pm	60	3.0	14	10	504000	1.58	2	849x756	886x764		0	-	-		refl	near image	700		○		△	M	△
mdf35ep600gx1	abcd MD	L,M	pm	60	3.0	14	10	504000	1.58	2	829x435	907x806		0	-	-		refl	near image	640		○		△	M	△
mdf35ep600gx2	abcd MD	L,M	pm	60	3.0	14	10	504000	1.58	2	829x435	907x806		0	-	-		refl	near image	680		○		△	M	△
pgf30ep1260gx1	gregorian	L,M	pm	126	3.0	4	4	254016	0.79	2	1770x1472	731x618		0	-	-		refl	near image	500		△		x	?	?
hpgrf20ep600gx1	hyp-gre	L,M	pm	60	2.0	10	10	360000	1.13	2	787x758	772x755		1	544x569	-		tra	2nd pupil	500		○		△	?	?