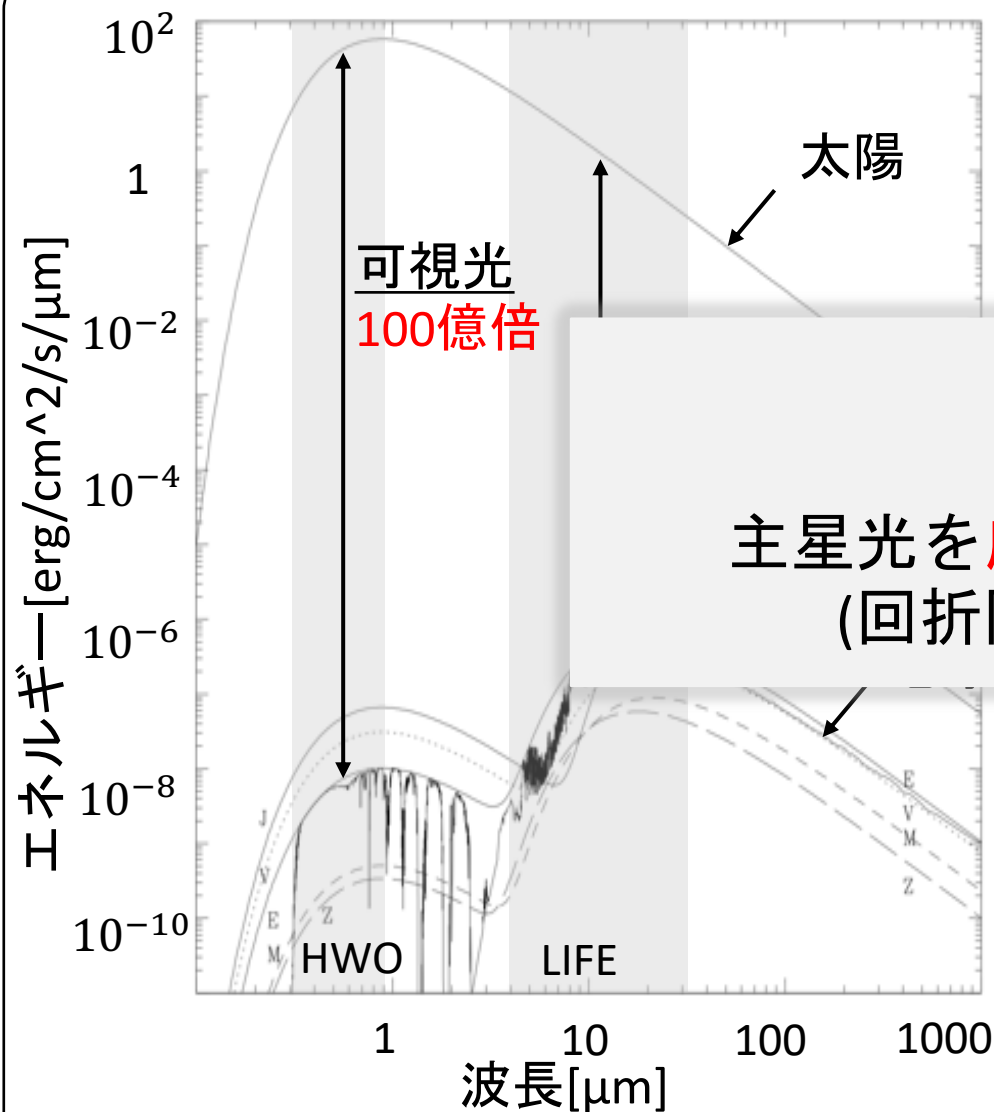


回折限界分光コロナグラフ の理論的性能評価

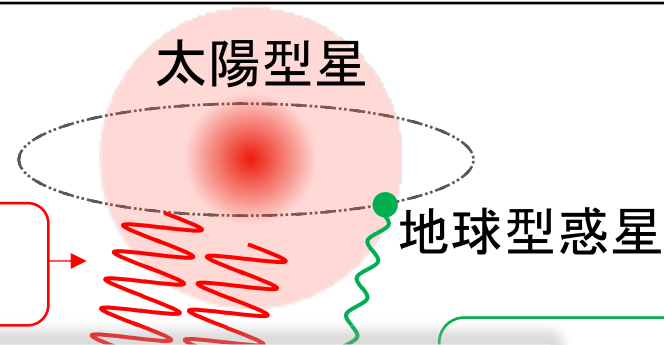
小島礼己(D2 名古屋大学)

伊藤哲司(名古屋大学)、池田優二(フォトクロス)
別所泰輝(フォトクロス)、松尾太郎(名古屋大学)

惑星の直接撮像を阻む問題



Traub & Oppenheimer 2011を改変



研究目的

主星光を**広帯域**で取り除けるコロナグラフ
(回折限界分光コロナグラフ)の開発

生物活動由来の
ナールを含む惑星光

放射光観測
(外線)

NASA(米国)主導

HWO

(Habitable Worlds Observatory)

宇宙望遠鏡に
コロナグラフを搭載

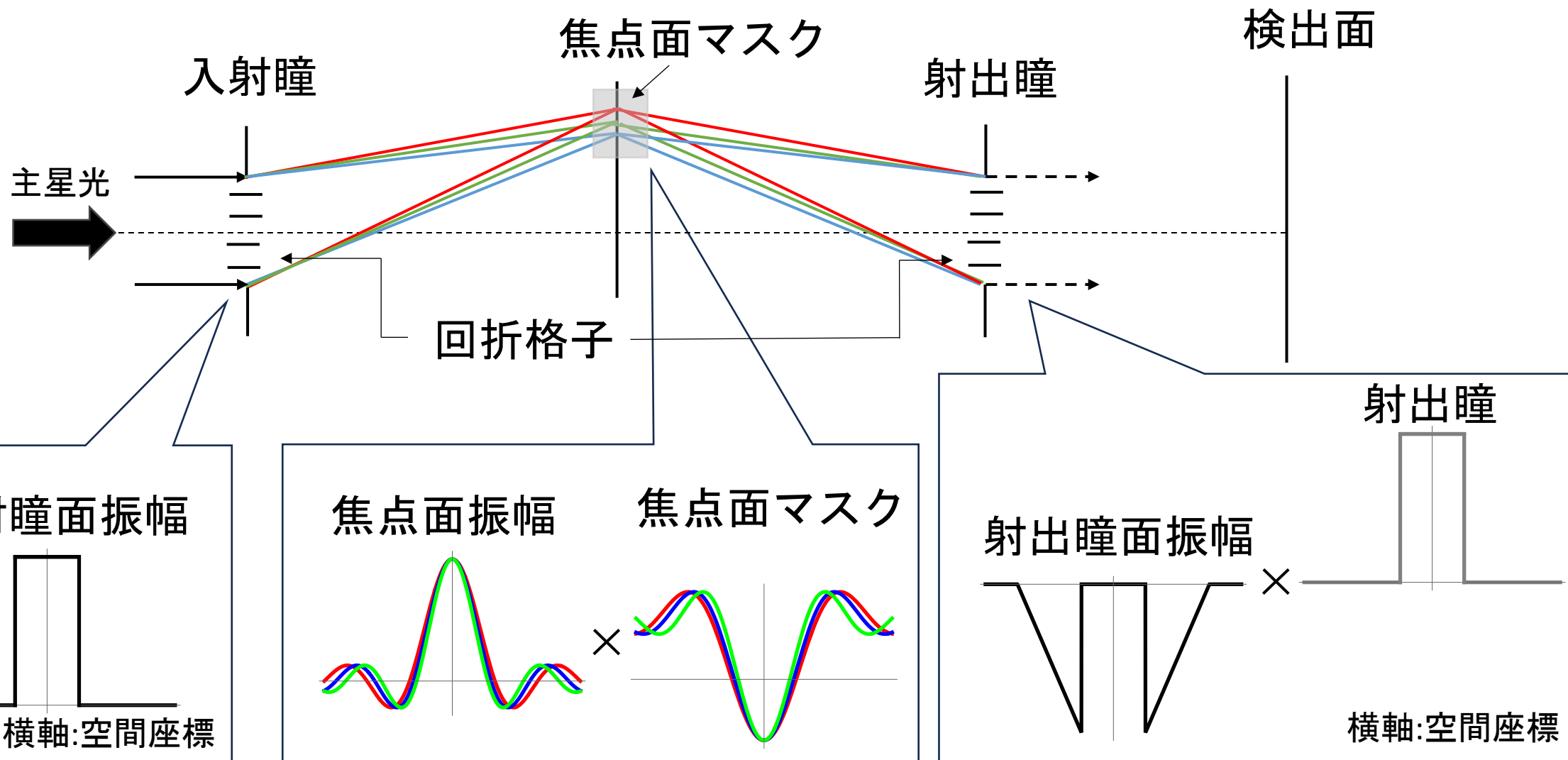
ESA(欧州)主導

LIFE

(Large Interferometer for Exoplanets)

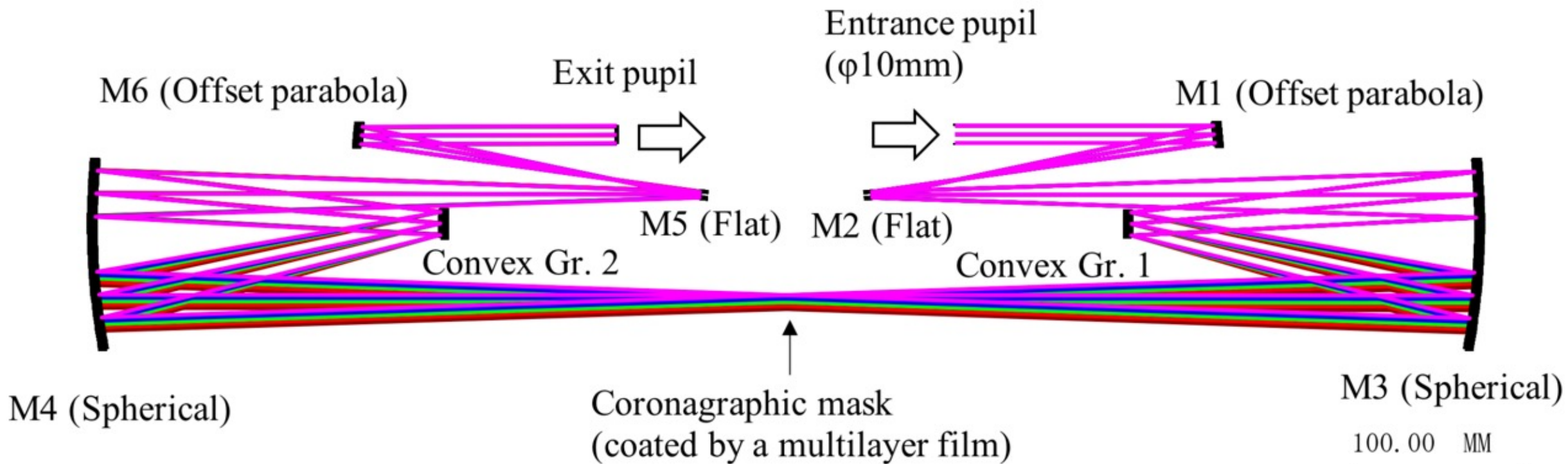
宇宙赤外線干渉計(ナール干渉計)

回折限界分光コロナグラフの原理



光学系

オフナー光学系 + コロナグラフ



回折限界分光コロナグラフの性能を制限する2つの要因

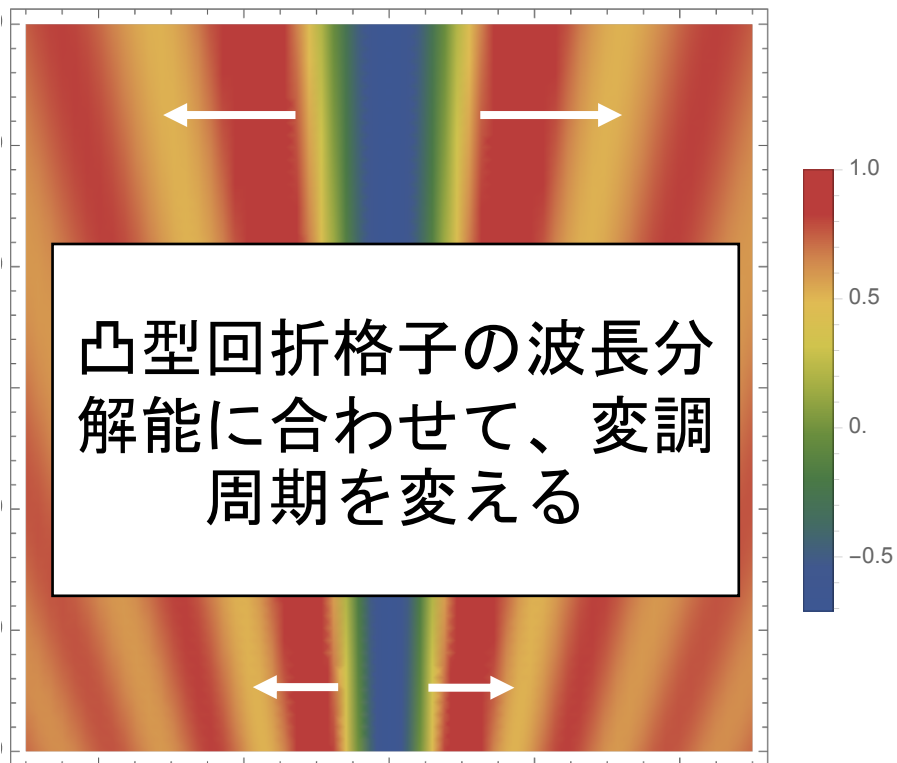
主星光抑制能力を制限する要因：焦点面マスクのミスモジュレーション

帯域制限：非共通光路差

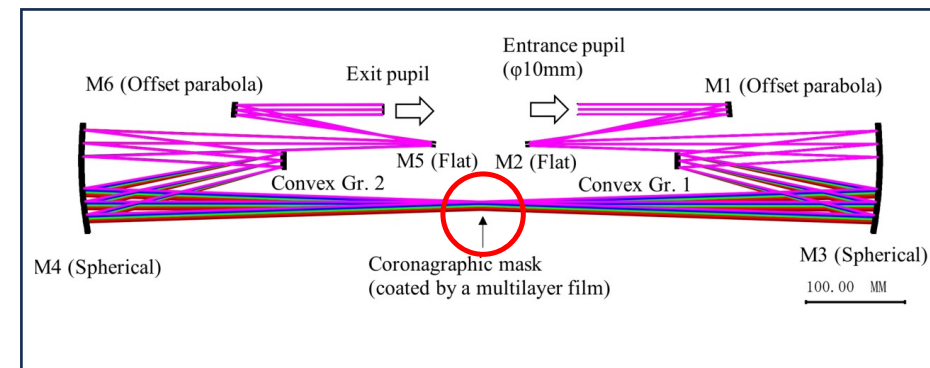
主星光抑制能力を制限する要因：焦点面マスクのミスモジュレーション

焦点面マスク

波長



変調軸

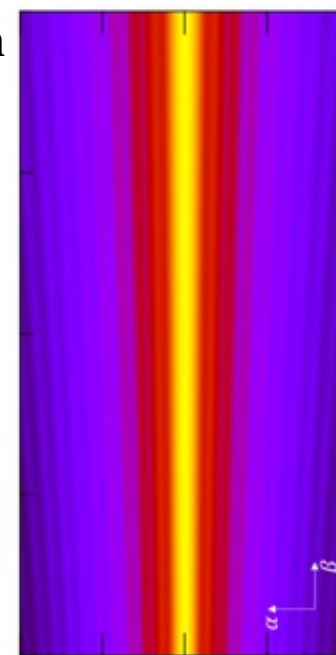


焦点面に形成されるスペクトル

800nm

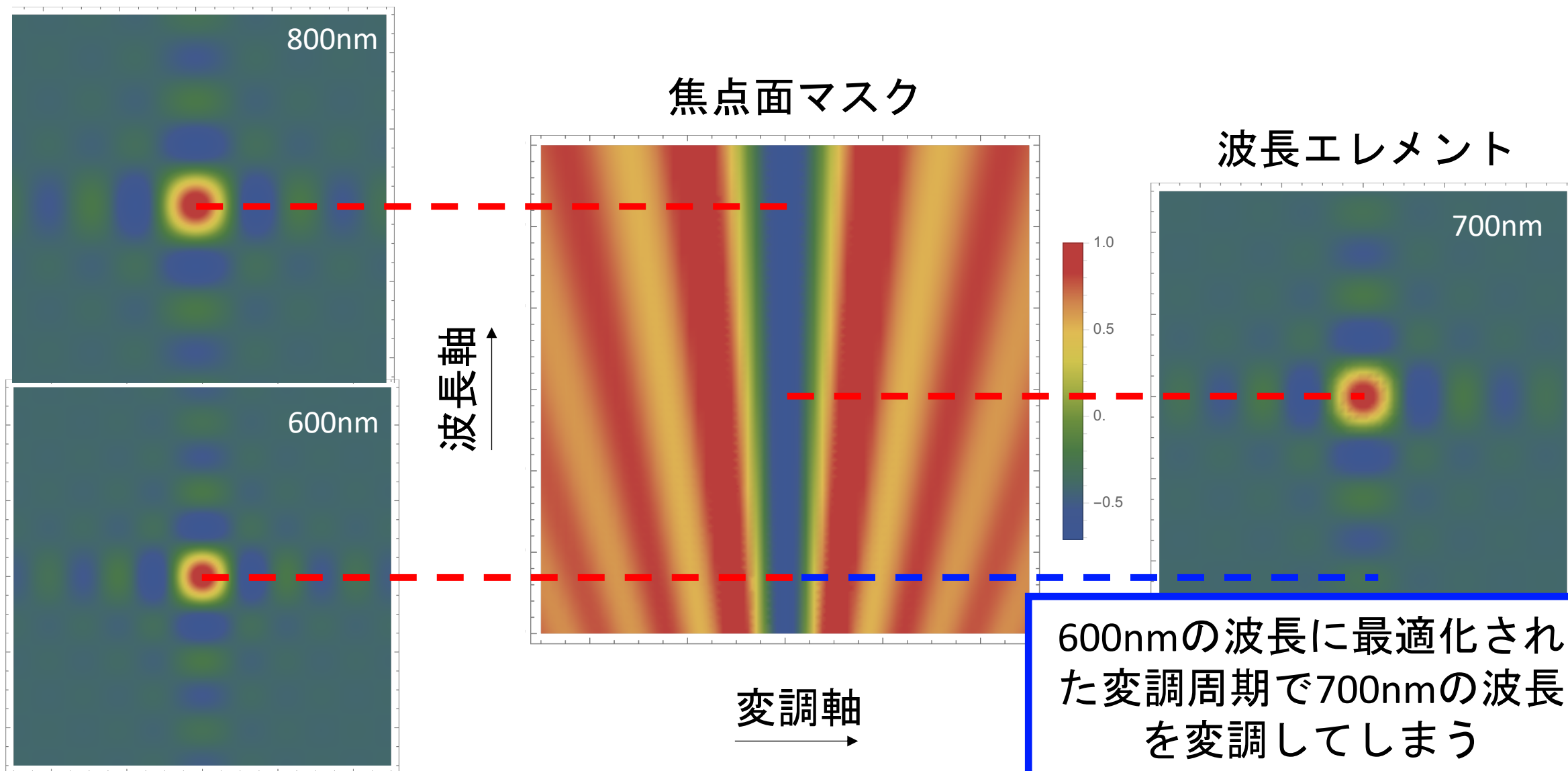
波長

600nm



Matsuo et al. (2021)

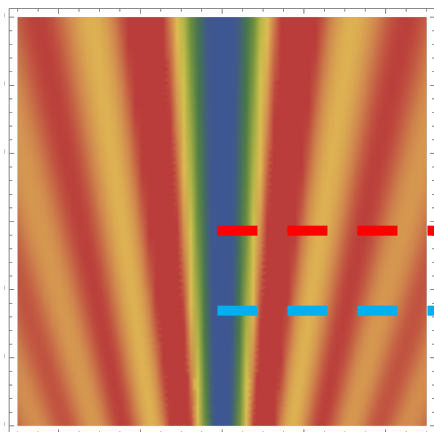
主星光抑制能力を制限する要因：焦点面マスクのミスモジュレーション



主星光抑制能力を制限する要因：焦点面マスクのミスモジュレーション

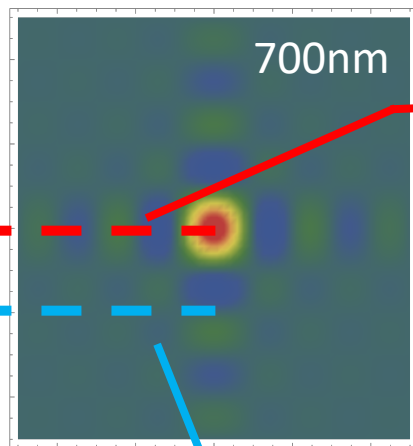
例) 焦点面マスク

$R=100$



変調軸

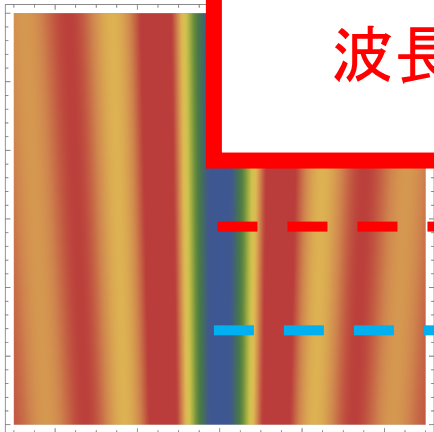
波長エレメント



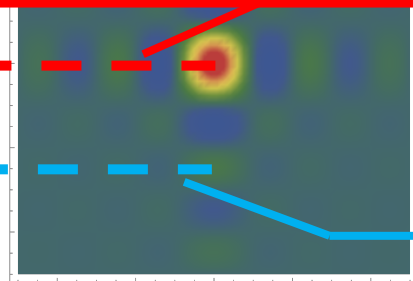
700nmの波長に最適な変調周期

680nmの波長に最適な変調周期

$R>1$



波長分解能を上げるとミスモジュレーション量が少くなる

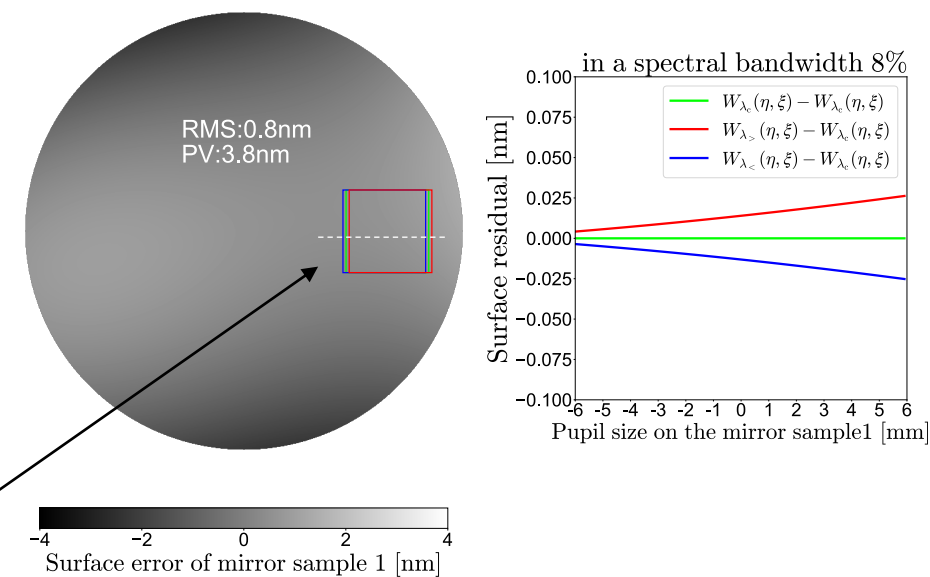
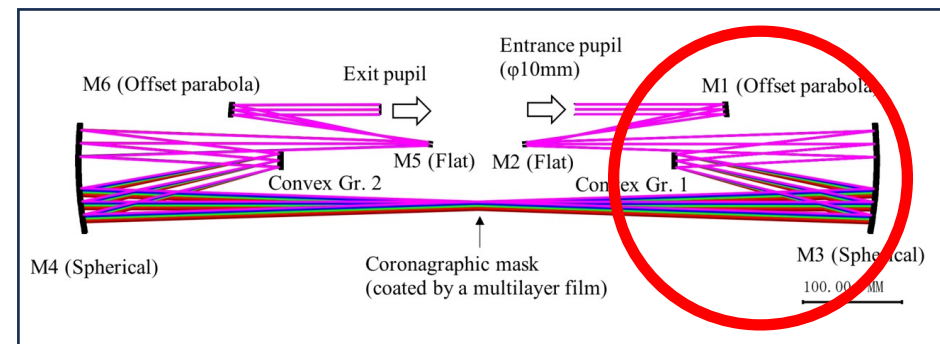
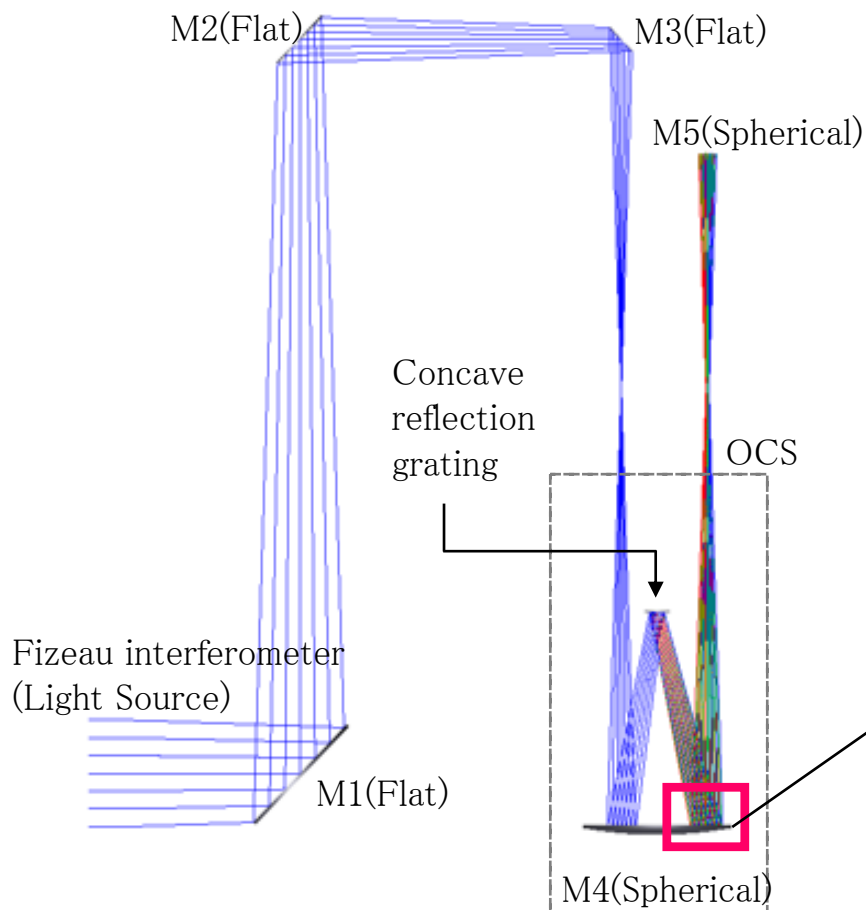
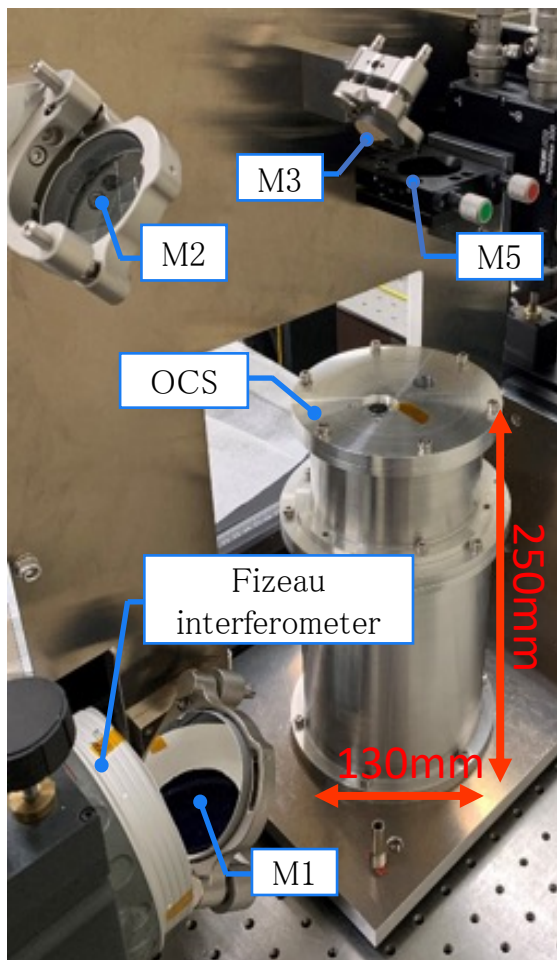


690nmの波長に最適な変調周期

周期

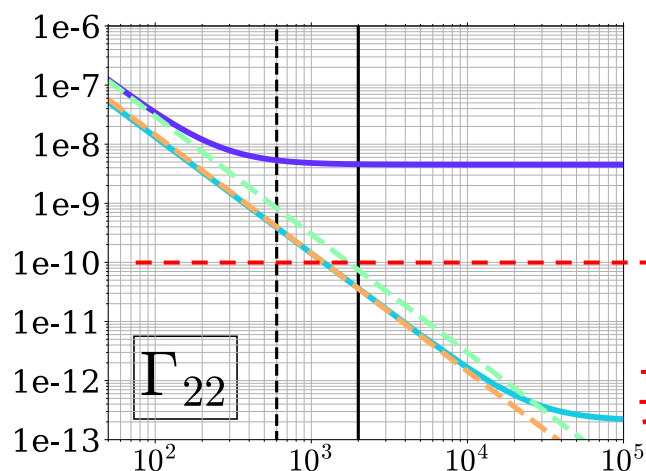
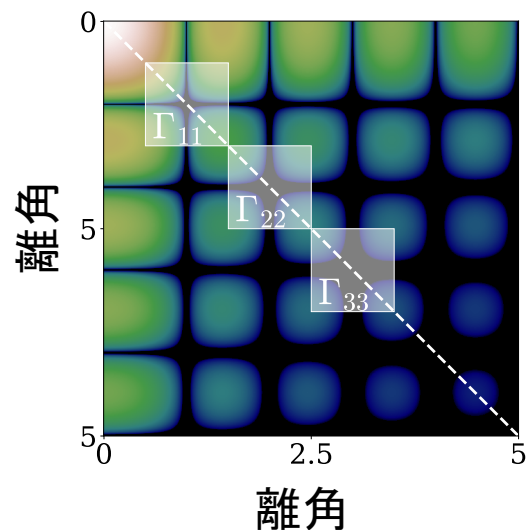
帯域制限する要因：非共通光路差

テストベット Ota et al. (2022)



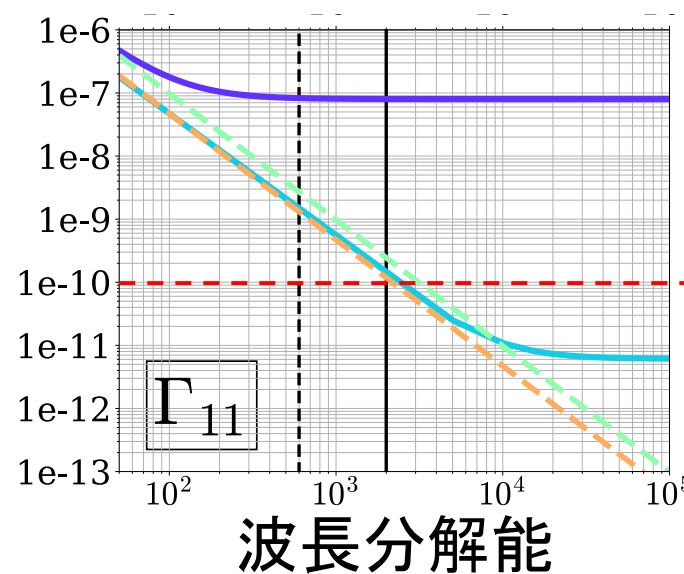
波長ごとに異なる面で反射

焦点面マスクのミスモジュレーションによるコントラスト制限

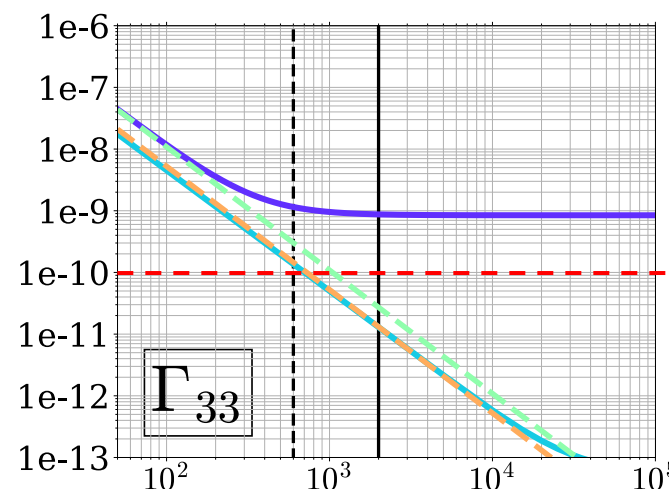


要求コントラスト

達成コントラスト

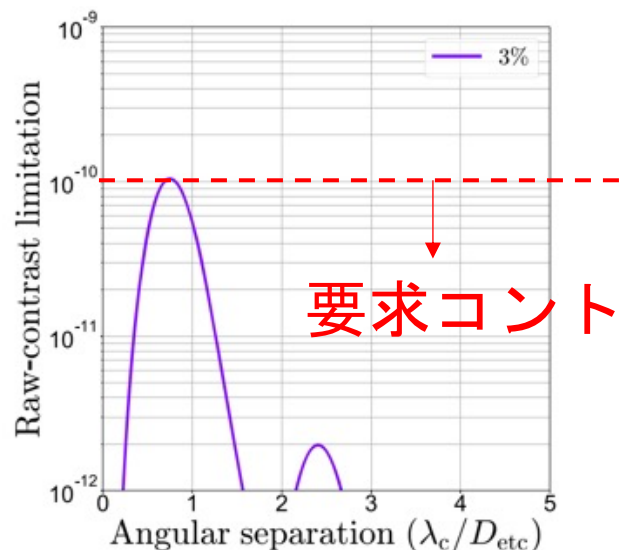
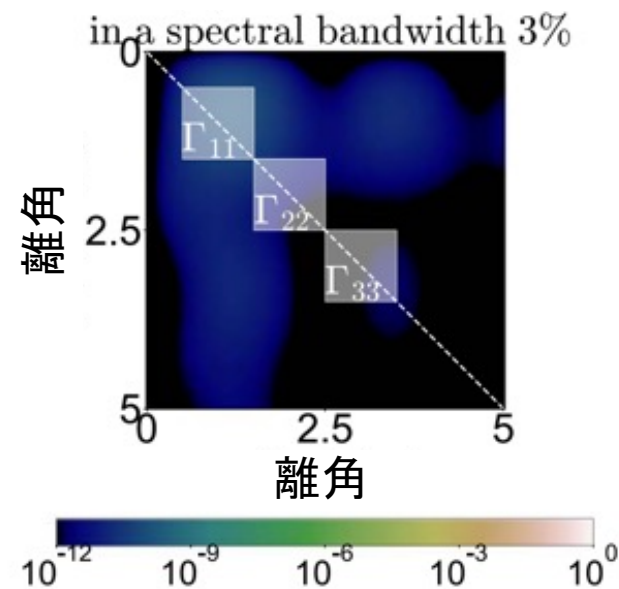


要求コントラスト

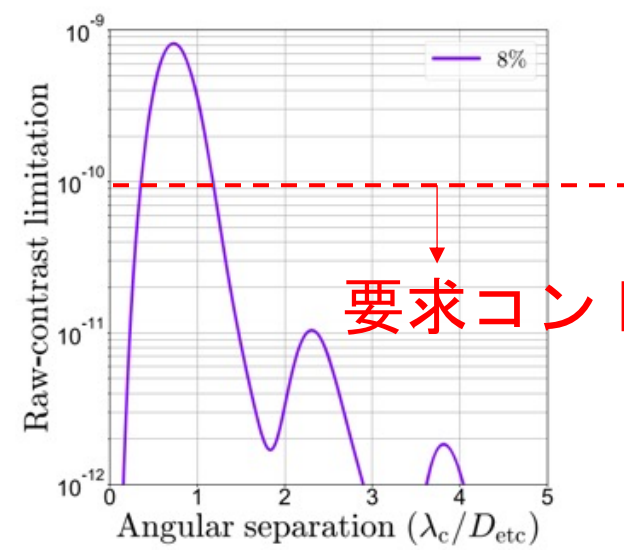
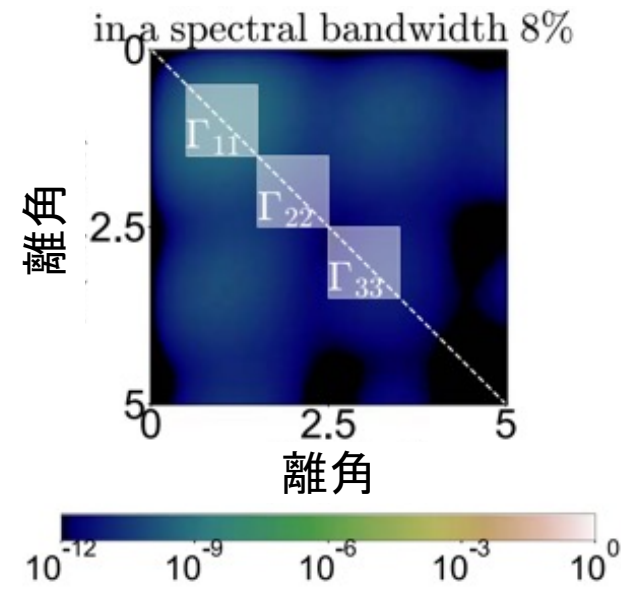


要求コントラスト

非共通光路差による帯域制限



要求コントラスト



要求コントラスト

まとめ

1. 主星光を**広帯域**で取り除く回折限界分光コロナグラフの理論的性能評価を行った
2. 焦点面マスクのミスモジュレーションで主星光を抑制する能力が制限される
 - 点光源と視直径 $0.03 \frac{\lambda}{D}$ の主星に対して、**波長分解能2000**で回折限界で 10^{-10} コントラストを達成できる
3. 非共通光路差で帯域制限される
 - RMS:0.8nm、PV3.8nmの鏡面精度を用いると、8%の帯域幅で 10^{-10} コントラスト以下に主星リークを抑えられる