

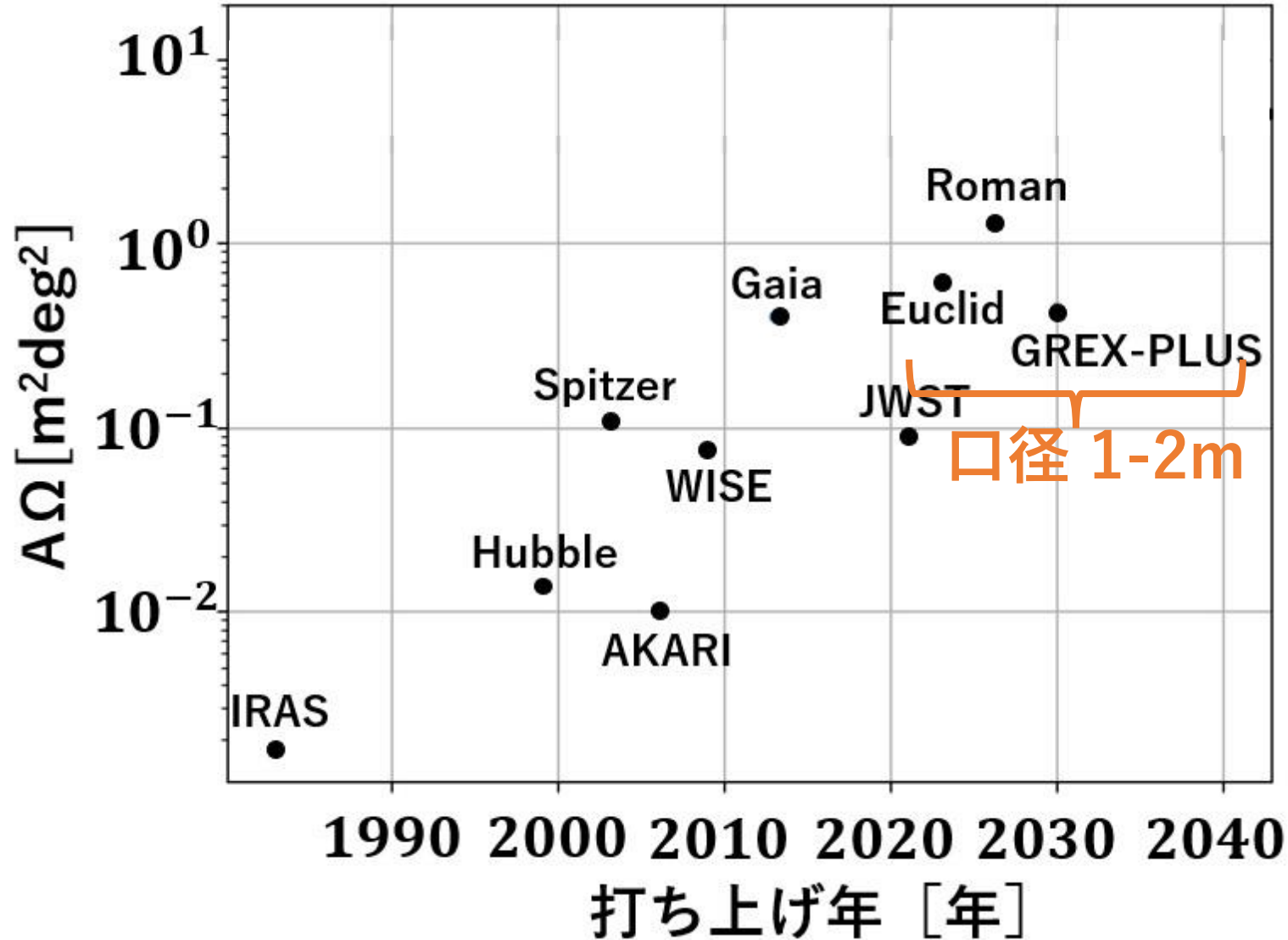
自由曲面を用いた 超広視野望遠鏡の開発

橋ヶ谷武志 栗田光樹夫

2023/09/28

光赤天連シンポジウム

背景：広視野の必要性

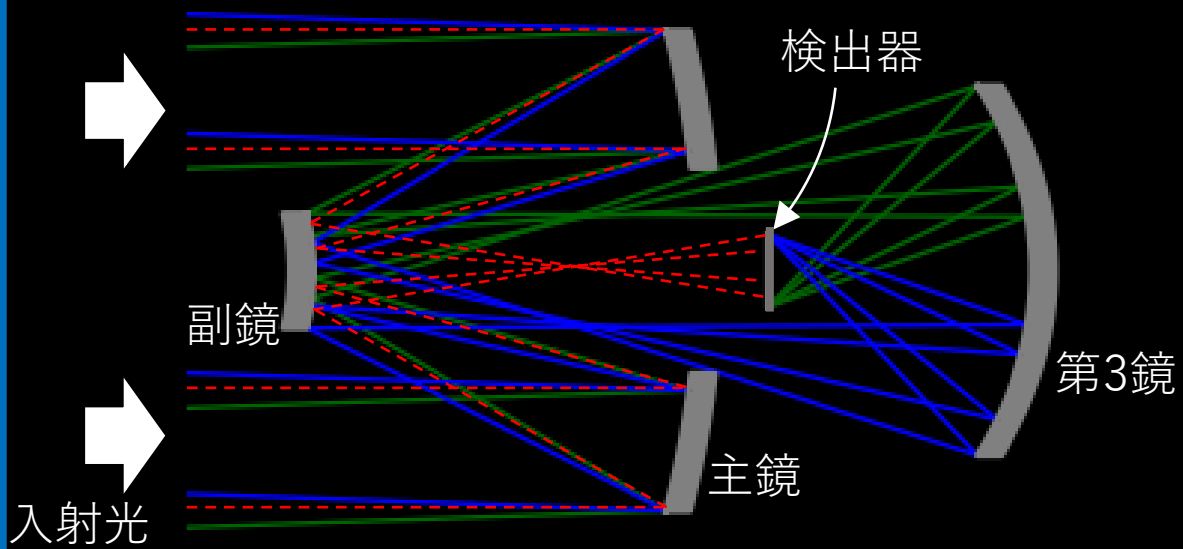


大口径化はコスト増大

→口径 1-2 mで
広視野が望ましい

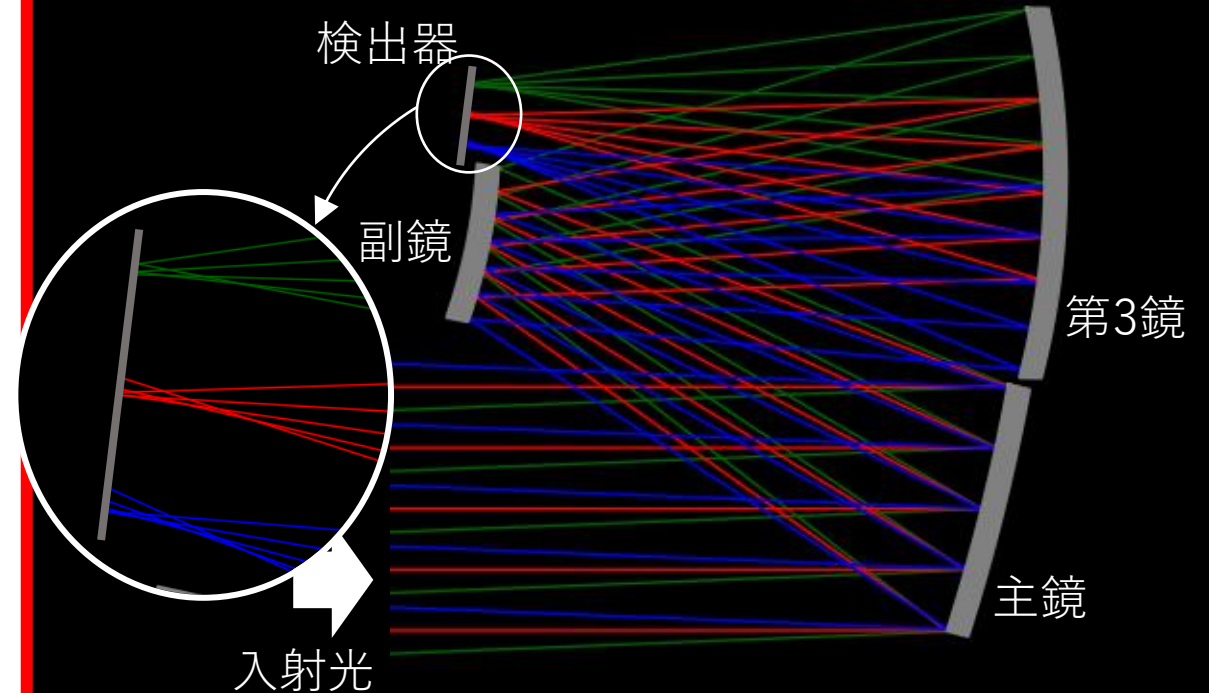
背景：自由曲面を用いた軸外し光学系

軸対称光学系



- ・主鏡の穴により鏡の有効面積が減少
 - ・検出器が視野中心の光線を遮蔽
- 軸外し光学系によって解決

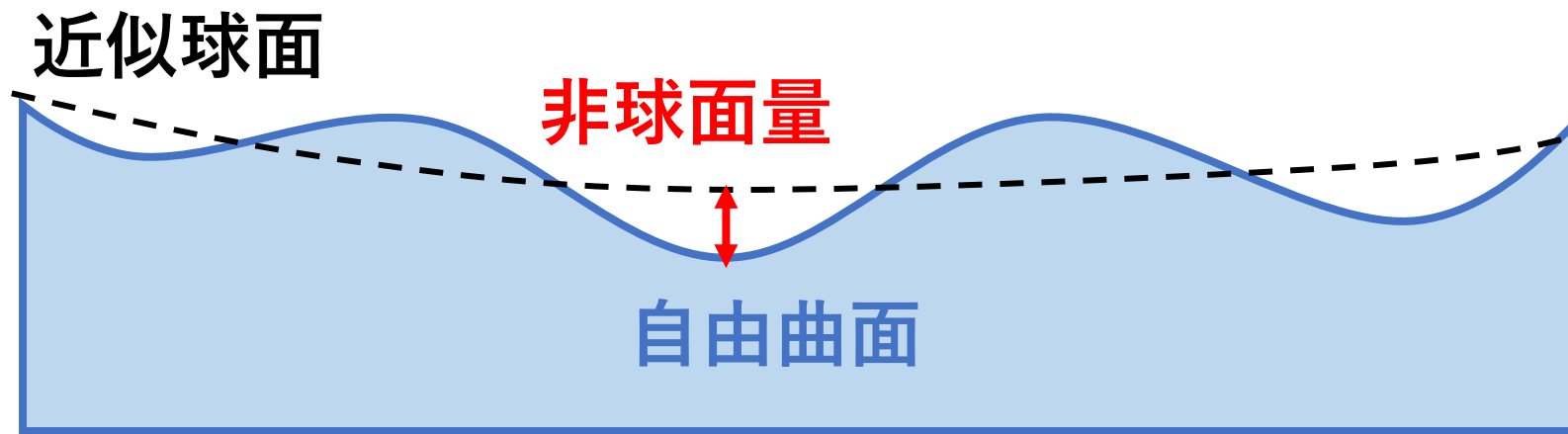
軸外し光学系



- ・結像性能が悪い
- 自由曲面で解消

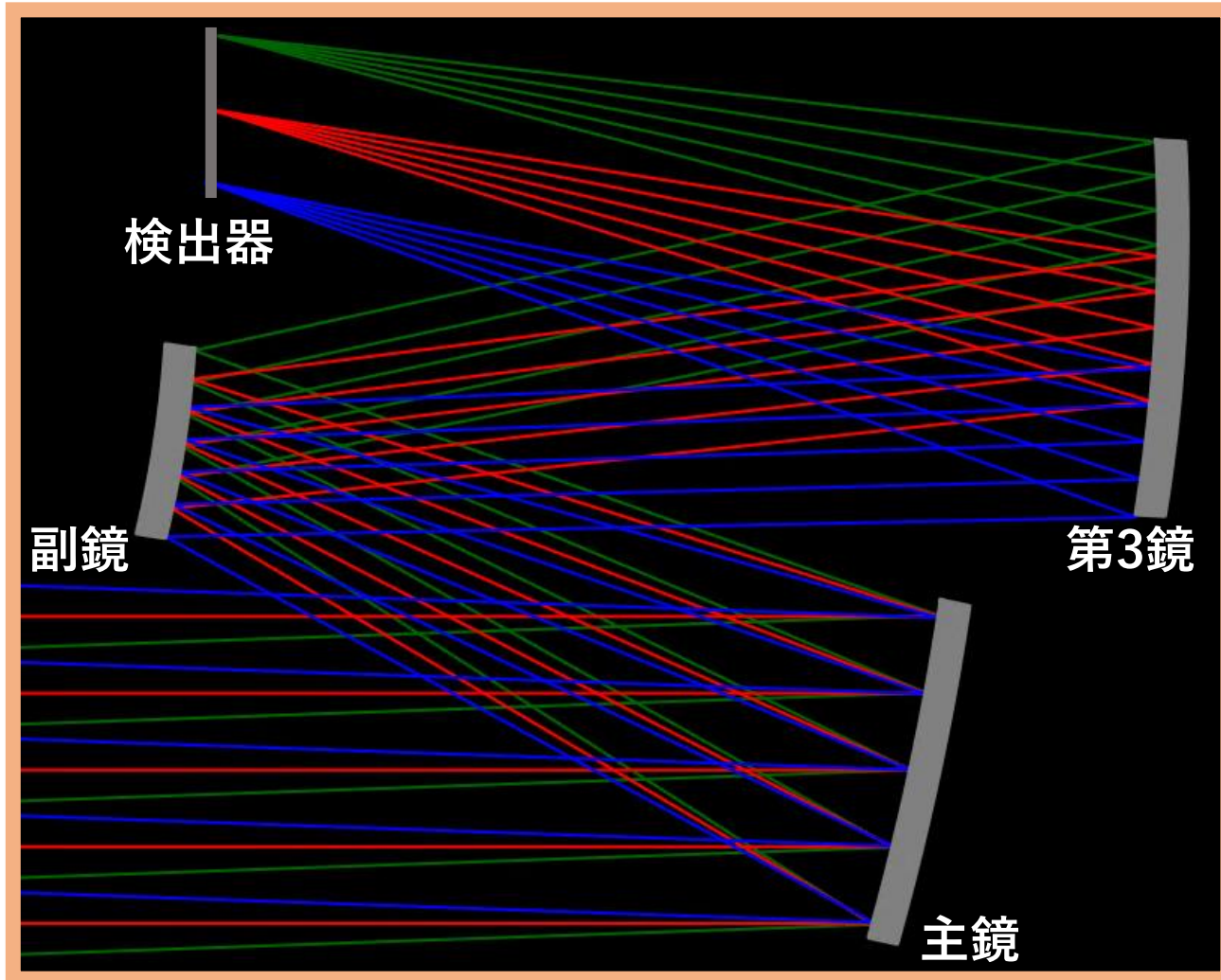
背景：課題

- ① 1-2 mの自由曲面の精密計測が困難
 - ② 自由曲面の光学調整が困難
 - ③ 軸外し光学系の有効径に対する体積が大きい
- } 大きな非球面量による



→以上の課題解決のため試作機開発を開始

開発①：試作機の光学系

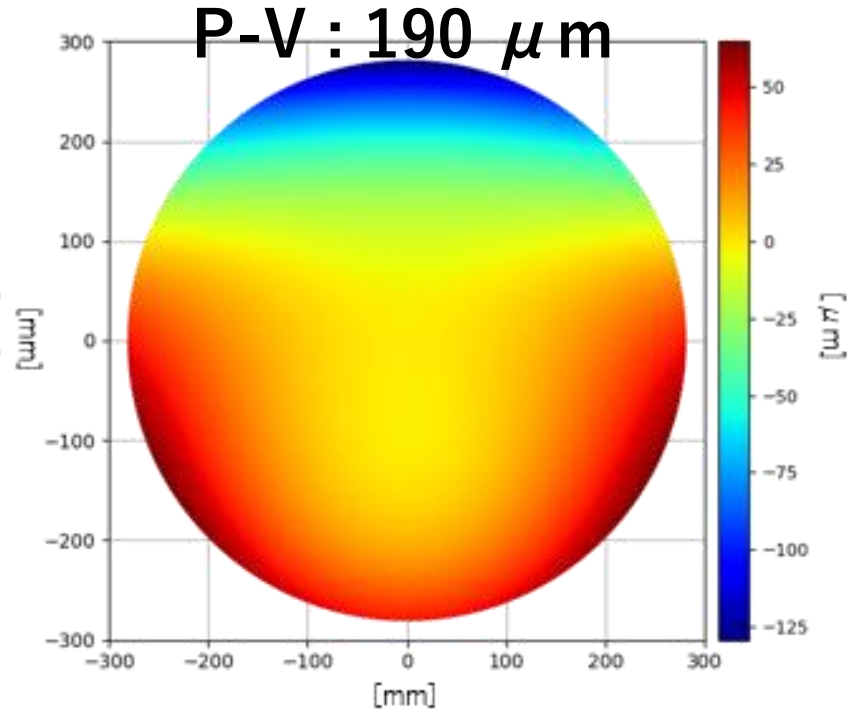
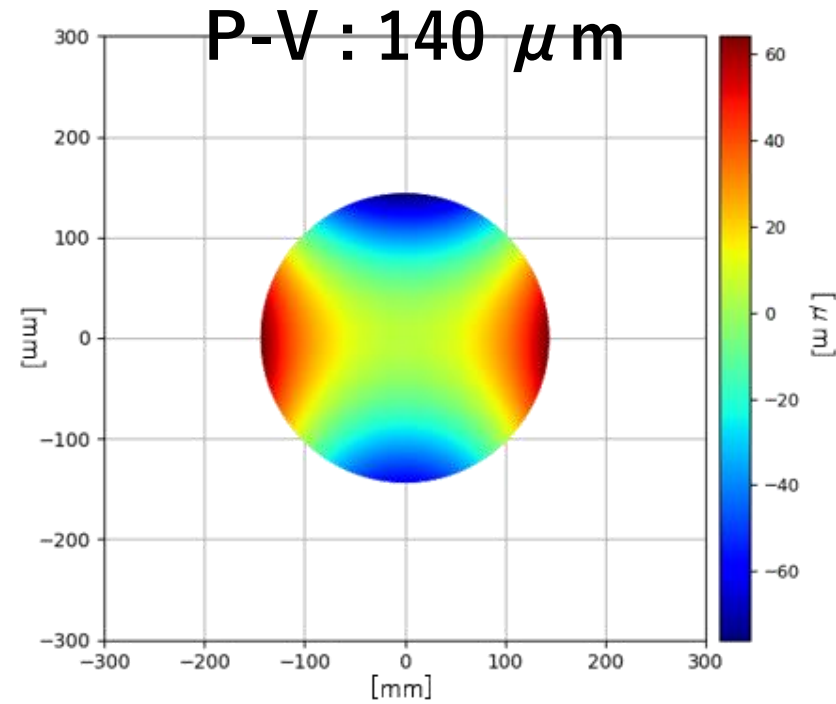
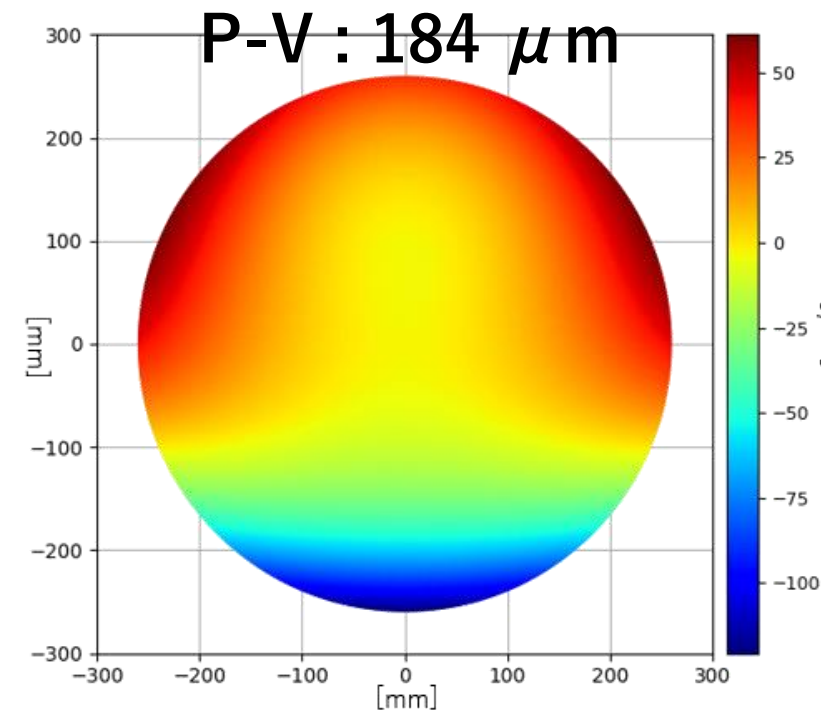


光学系の概要

光学系の性能

口径	$\Phi 500 \text{ mm}$
焦点距離	3000 mm (F/6)
視野	$\Phi 4 \text{ 度}$
結像性能	640 nmの回折限界

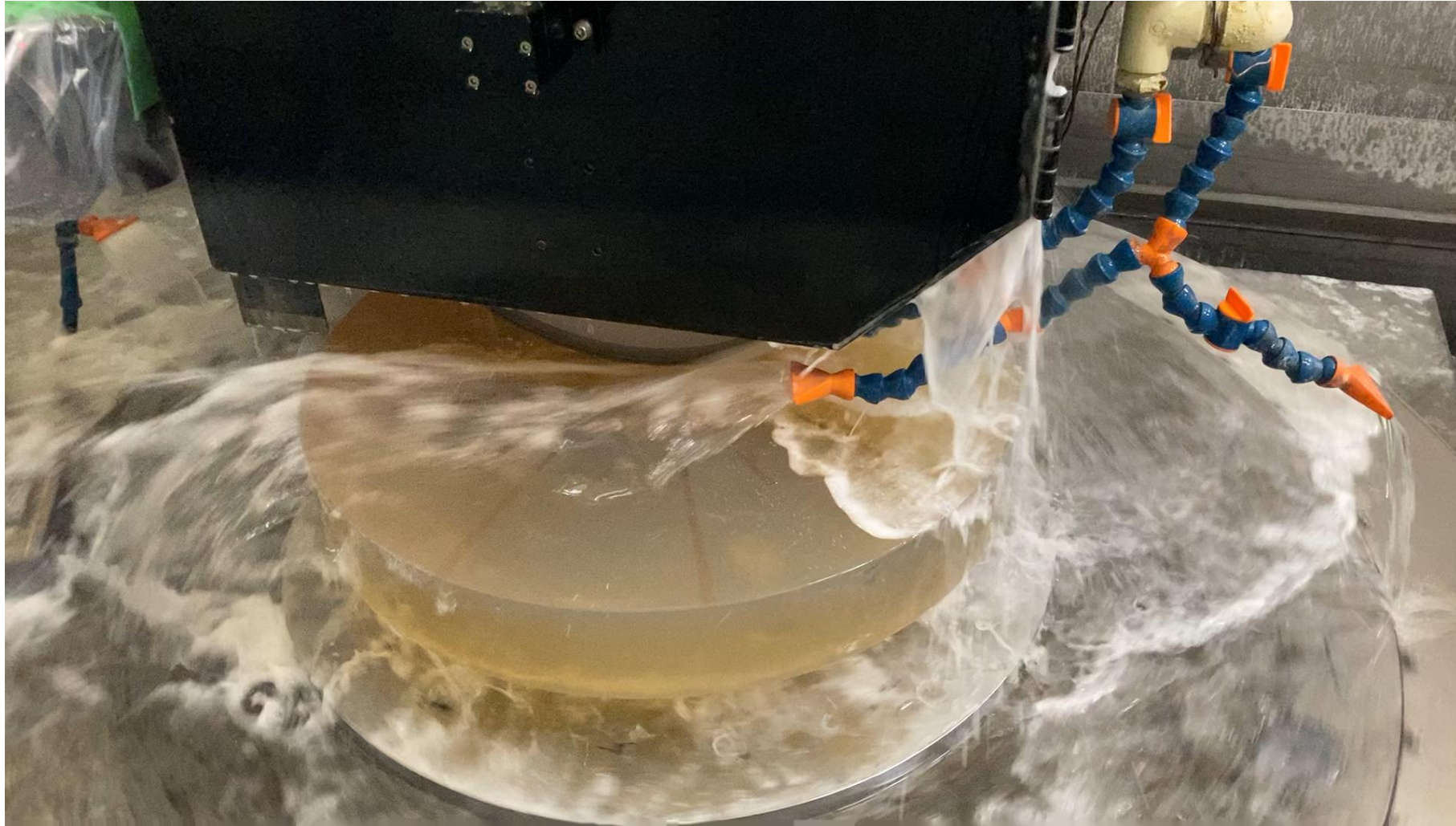
開発①：試作機の光学系



主鏡、副鏡、第3鏡の非球面量

→ 解析的計算によって非球面量を必要最小に

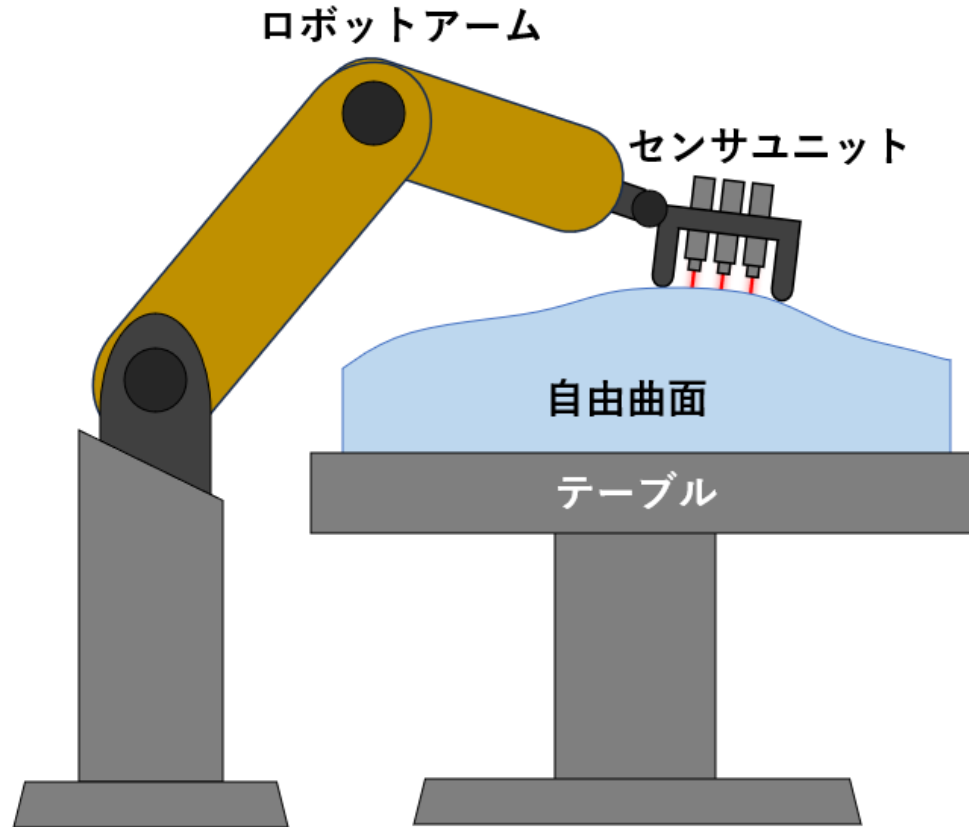
開発①：進捗状況



超精密研削盤による研削加工が終了

開発①：自由曲面の精密計測

3点計測法によって実証

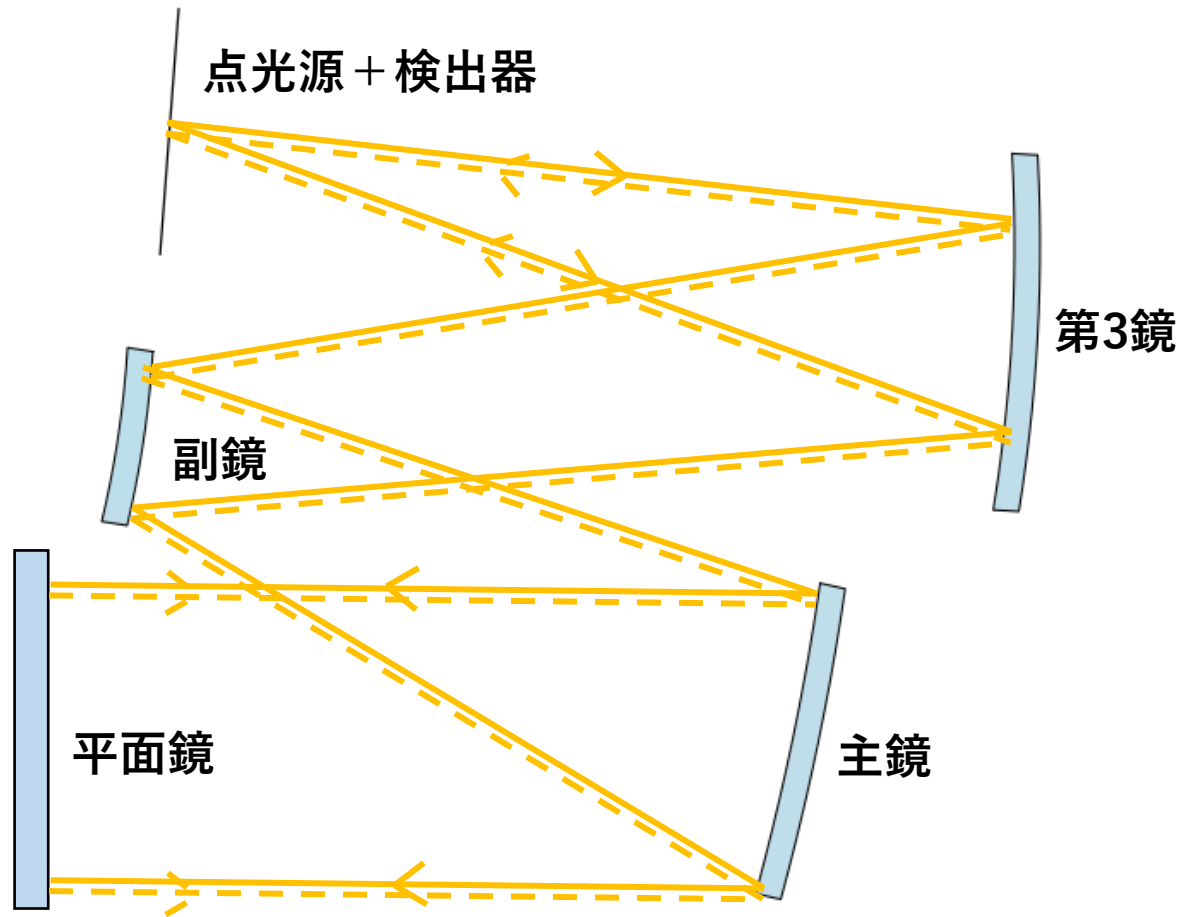


3点計測法の概要

- せいめい望遠鏡の副鏡や平面鏡の精密計測の実績あり
- テーブルサイズ(1800 mm)までの精密計測が可能

開発②：自由曲面の光学調整

オートコリメーション法による実証

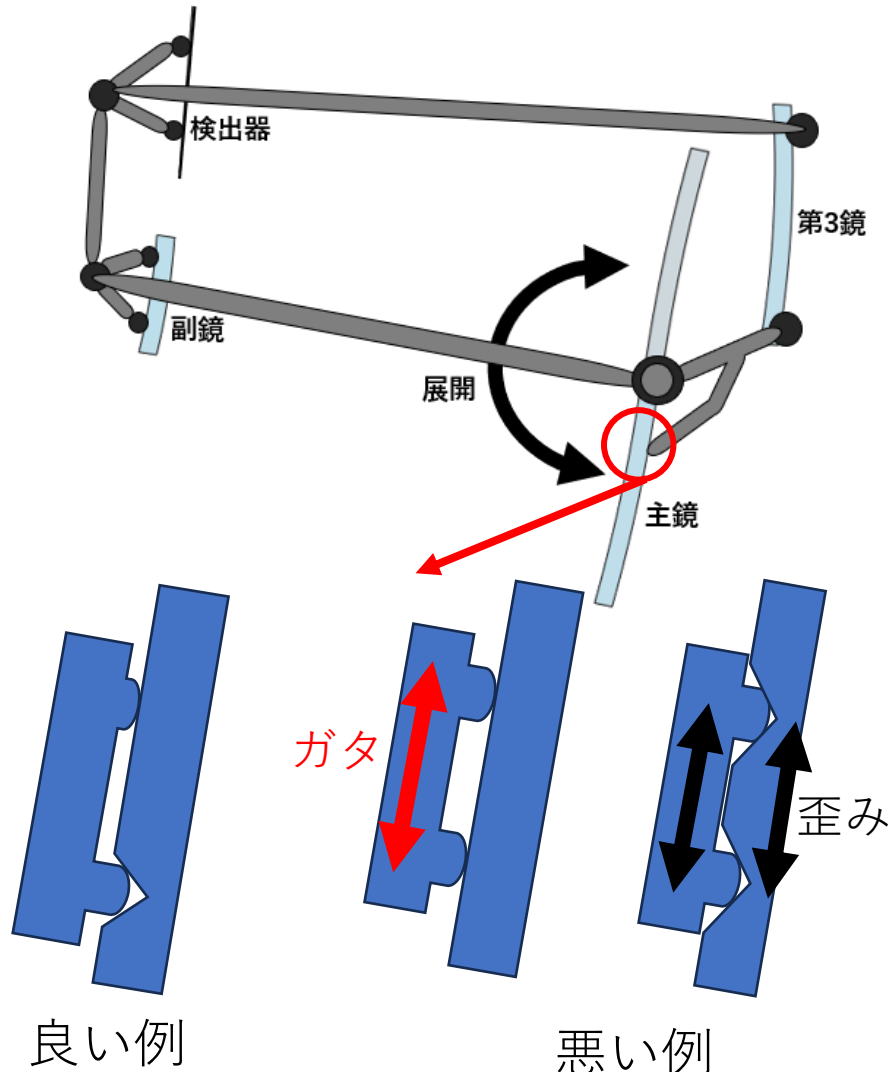


オートコリメーション法の概要

- 検出器で結像性能を確認し副鏡と検出器の修正量を逆算
- 組み立て公差は、
偏心 $100\ \mu\text{m}$, 傾き 30 秒角

開発③：光学系のコンパクト化

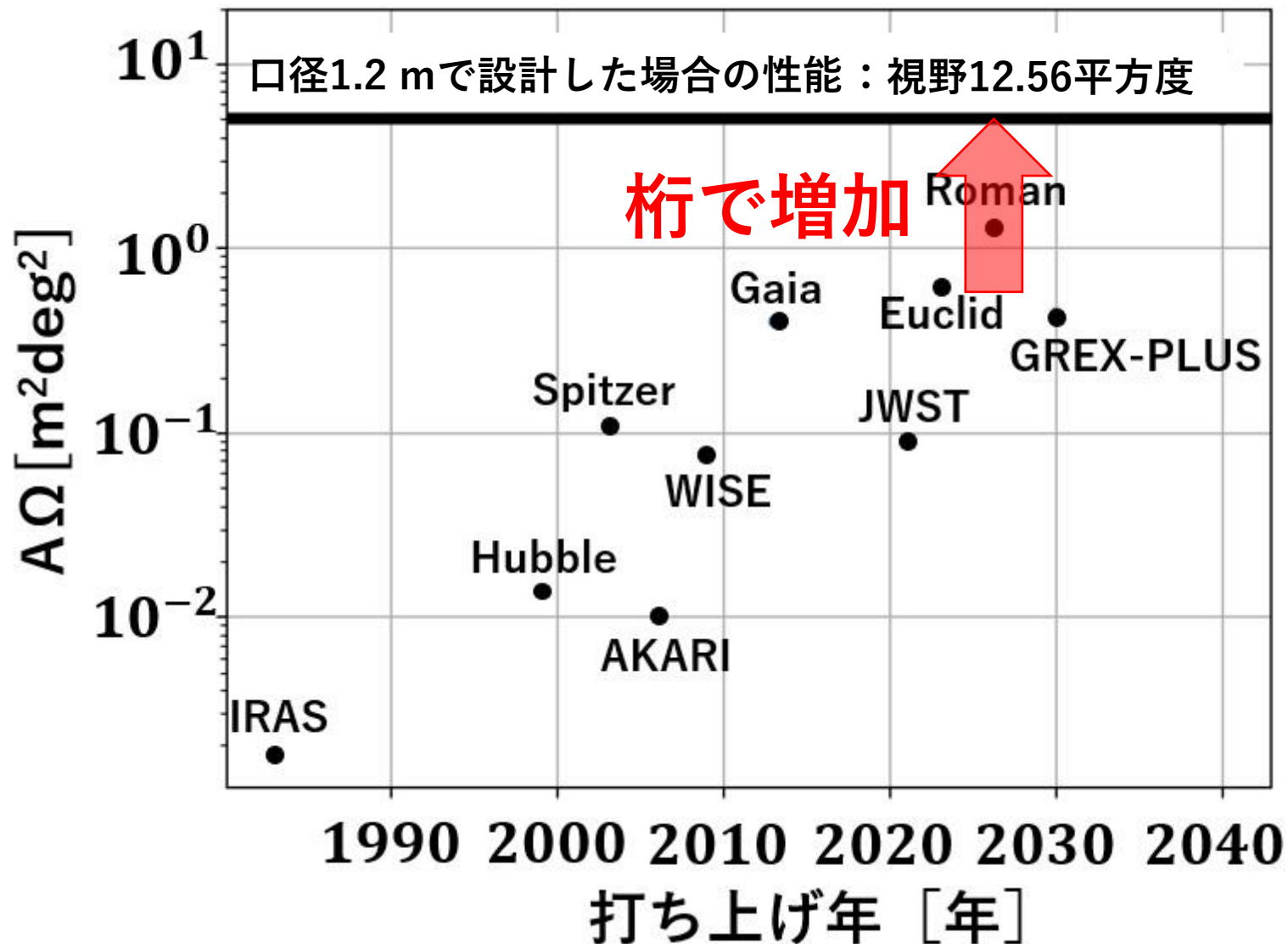
単純な1軸展開機構を採用



- 単純な1軸回転機構で JWSTに比べてはるかに簡単
- 必要最低限の拘束でガタや歪みを防ぐことで、高い位置再現性を実現

展開構造の概要

将来計画：大型化



- ・ 積分時間を上げることで深い領域のサーベイが可能
- ・ 掃天速度を上げることで高い時間分解能でのモニター観測が可能

将来計画：実現可能なサイエンス

発見可能な遠方銀河/超新星の数の一例

遠方銀河($z \sim 20$)	~150
遠方の対不安定型超新星($z \sim 10$)	~50

解析条件

- 視野(12.56平方度)をF397(60%),F232(20%),F303(20%)に分割
- 遠方銀河は、100平方度,27.9等級(AB等級)の観測
- 超新星は、100平方度,27.0等級(AB等級),ケーデンス0.5yrの観測
- 光度関数はDonnan+2023を仮定(悲観的場合)
- 初期質量関数はサルピーターを仮定(悲観的場合)

まとめ

- ・自由曲面を用いた光学系によってかつてない視野を達成
- ・この実証のために、小型の試作機開発をスタート
- ・光学設計の段階で非球面量を最小化し、製造可能性を高めた
- ・今後の課題とそれに対する解決策は以下の通り
 - ①自由曲面の精密計測 : 3点計測法により実証
 - ②自由曲面の光学調整 : オートコリメーション法により実証
 - ③光学系のコンパクト化 : 1軸展開機構を採用
- ・将来は~1mの口径に大型化、未発見の遠方天体に迫る