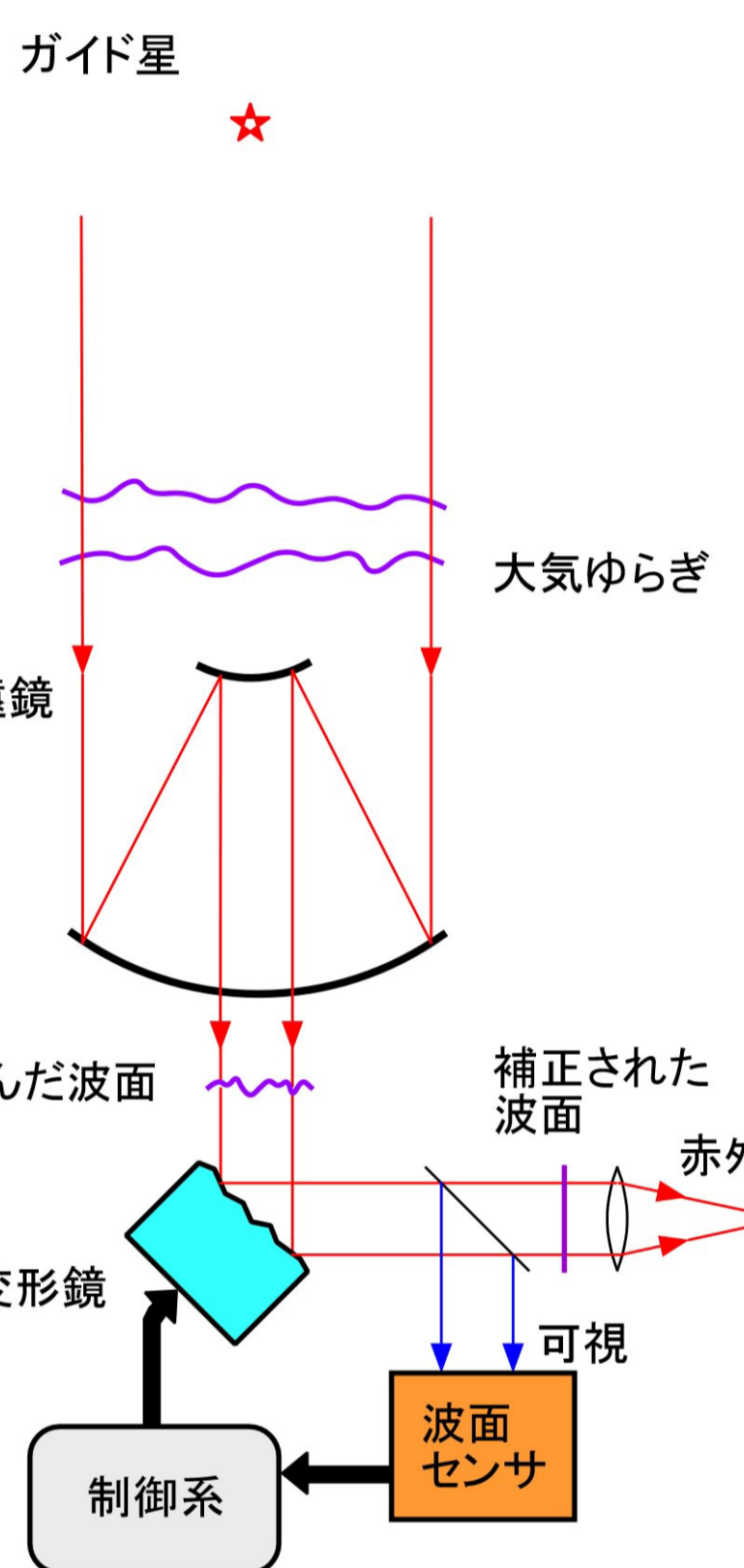
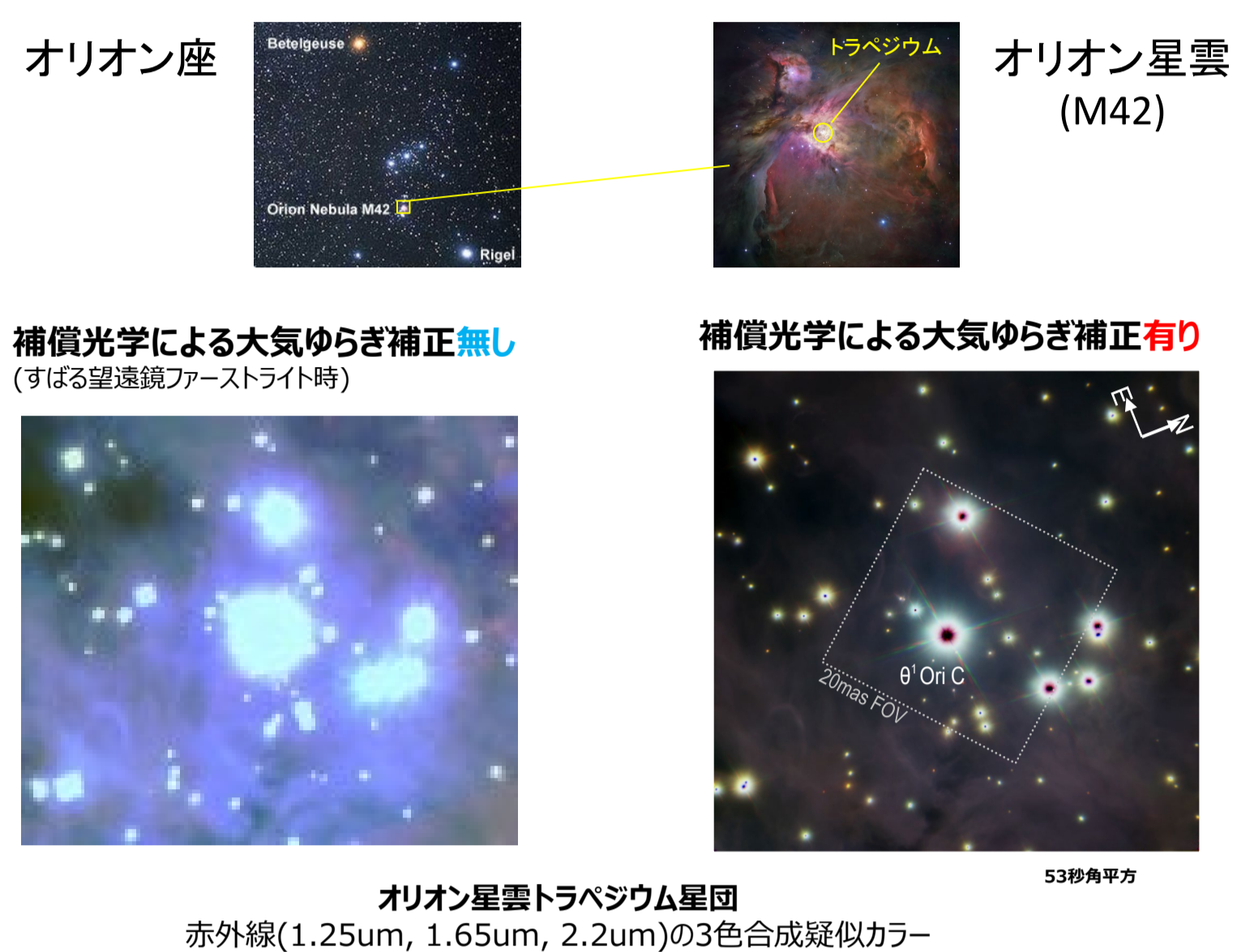
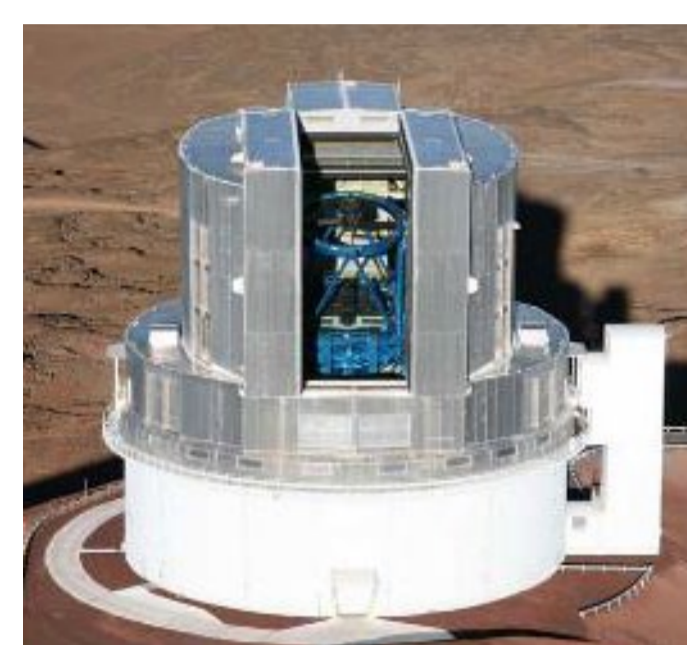


1. 補償光学の効果と仕組み

天文用補償光学は大気ゆらぎを補正してシャープな画像を得る。



補償光学(Adaptive Optics; AO)の主要構成要素

- **可変形鏡(DM)**
表面形状を変形させて光波面の位相の乱れを補正する。
- **波面センサ(WFS)**
大気ゆらぎによる光波面の位相の乱れを検出する。
- **リアルタイム計算機(RTS)**
必要な位相補正量を計算する。

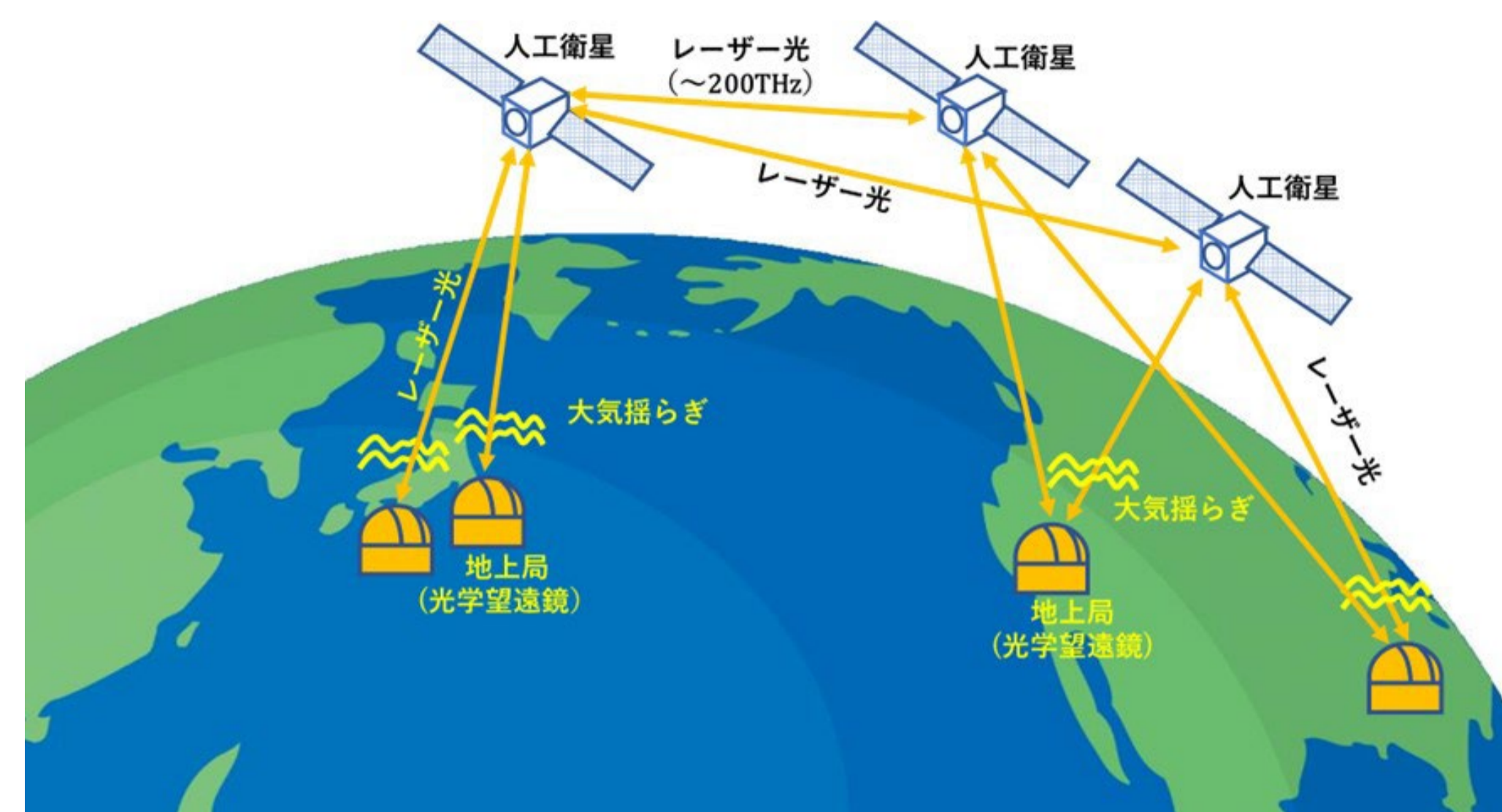
補償光学は、

『光波面の位相歪みを補正して回折限界像を取得する技術』

⇒ 解像度、感度の向上

観測対象が天体(補正対象が大気ゆらぎ)である必要はない。

2. 地上衛星間光通信への応用



大容量化のために衛星通信を電波から光りへ置き換える試みが進んでいるが、地上衛星間の通信では大気ゆらぎにより波面が乱れてファイバーへの結合効率が低下する。

(参考) 衛星光通信用次世代補償光学デバイスの研究開発

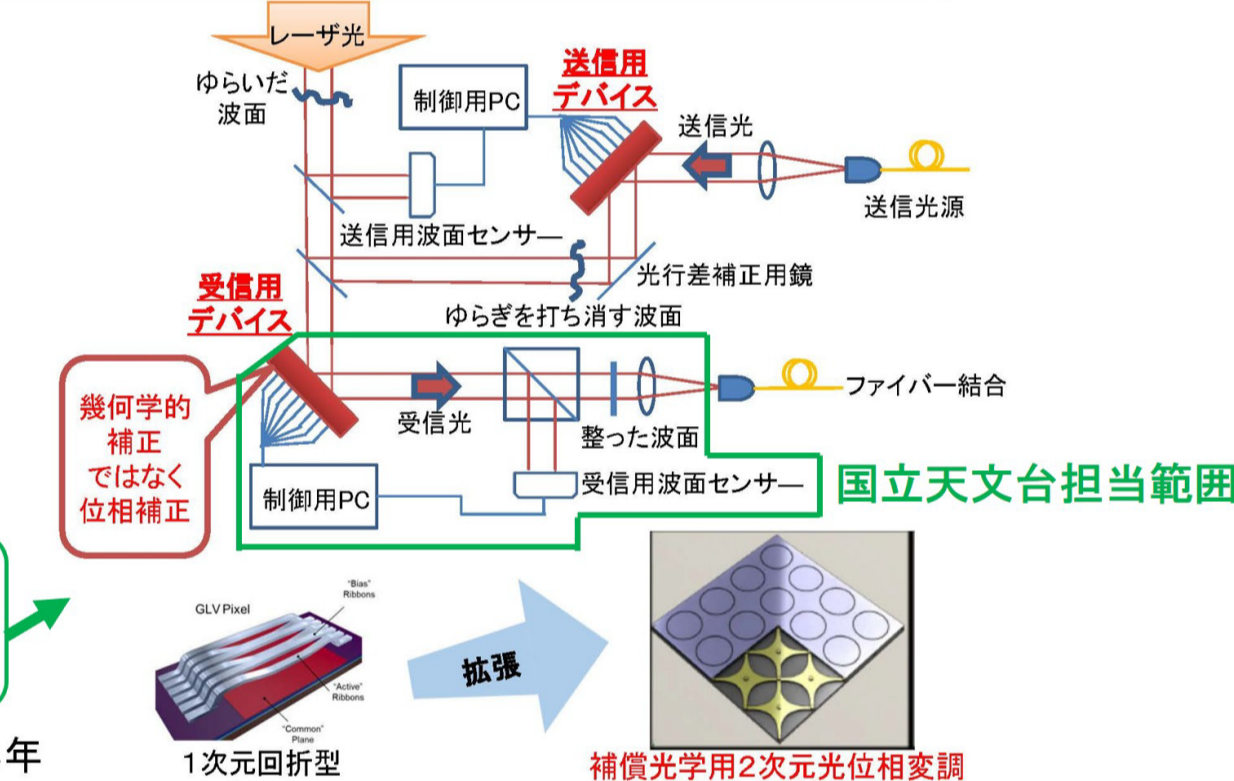
- 衛星-地上間の通信需要増加に伴い、Tbpsクラスの光通信や長距離光通信の実現が求められているが、大気ゆらぎによるレーザー光の歪が通信品質に多大な影響を与える。
- 大気ゆらぎの解決手段として補償光学技術があり、現在は可変形鏡を用いて幾何学的に歪みの補正を行っているが、現在の補償光学系では数kHzの応答速度であるため、10kHz程度の複雑な場合や変動が激しい場合には追従できないことが課題となっている。また、高出力レーザーの光の強度に対する熱の耐性を持つ素子の開発が課題である。
- このため、100kHzレベルの制御が可能で、100W/cm²以上の高出力レーザーに対する耐性を有し、大口径化アンテナに対応する高分割化が可能な補償光学用波面制御デバイスを開発し、革新的な次世代補償光学技術を確立する。

研究開発内容

- 高速位相変調可能な一次元回折型光変調素子を基礎とし、これを二次元に拡張した光位相制御による補償光学デバイス技術の開発を実施する。
- 多くの分割素子を持ち、高い表面平滑精度を備え、高出力レーザーに対しても耐性を有する二次元光位相変調素子の開発
- 開発された二次元光位相変調素子の各素子を独立に、かつ100kHz以上の速度で制御することができる制御器の開発、当該制御器を備えた制御ドライバと組み合わせたモジュール化
- 大気ゆらぎの影響を適切に二次元光位相変調素子による補正を実行させるための補償光学系制御ソフトウェアの開発、実空間によるデバイスの評価検討

所要経費 3.0億円(R5年度)

研究開発期間 R5年~R8年



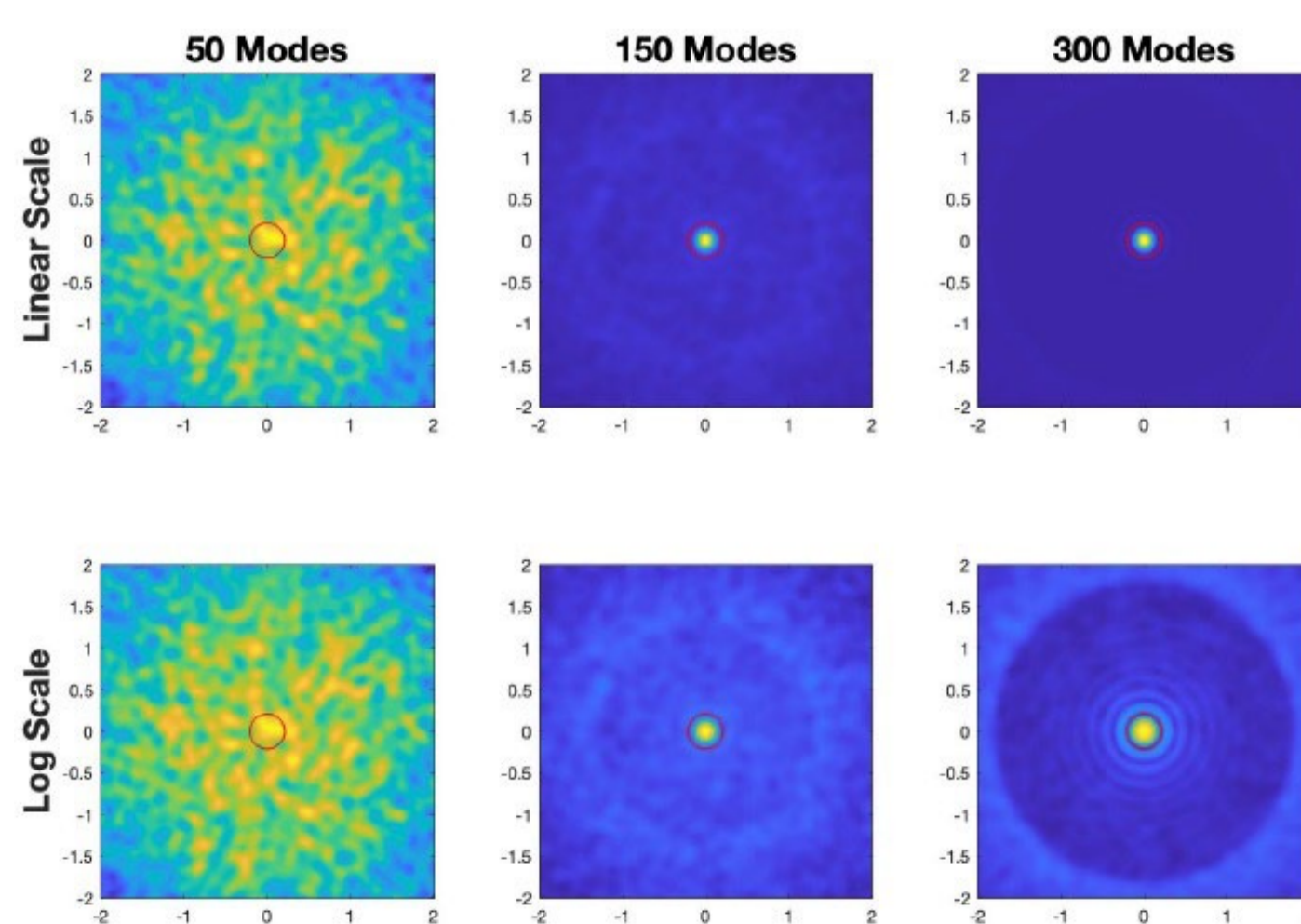
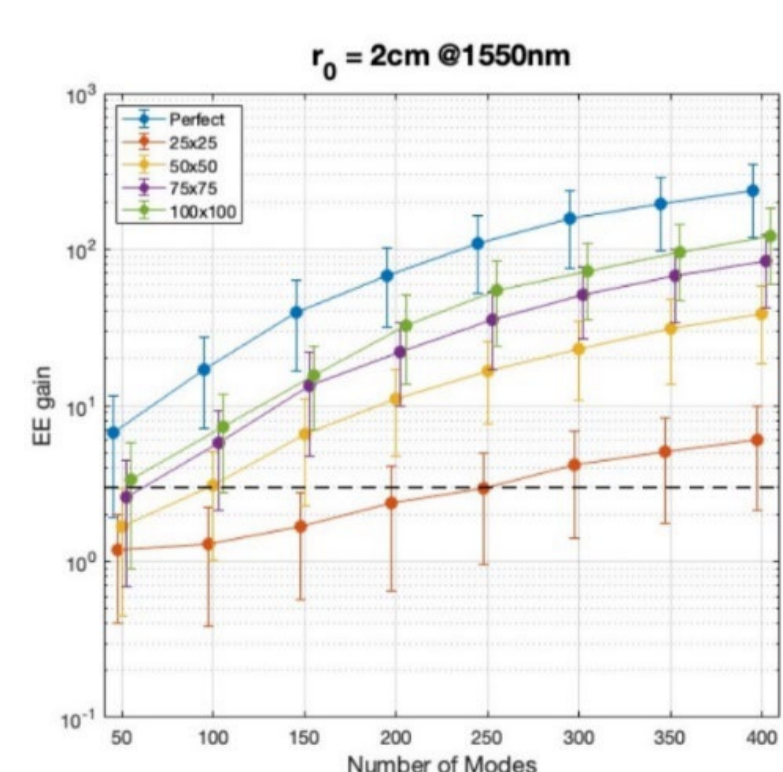
3. 開発状況

想定する環境条件(左)と位相変調素子の要求性能(右)

項目	値
定義波長	1550 nm
観測方向	天頂方向(高度=90°)
フールド長	2 cm
望遠鏡	
口径	2 m
目標性能	
評価波長	1550 nm
評価する開口数	NA=0.1
入射効率の向上率	5dB(約3倍)以上

項目	値
素子数	10,000 (100x100) 以上
空間的な充填率	70%
制御速度	100 kHz 以上
制御計	
ループ制御速度	10 kHz

シミュレーション結果

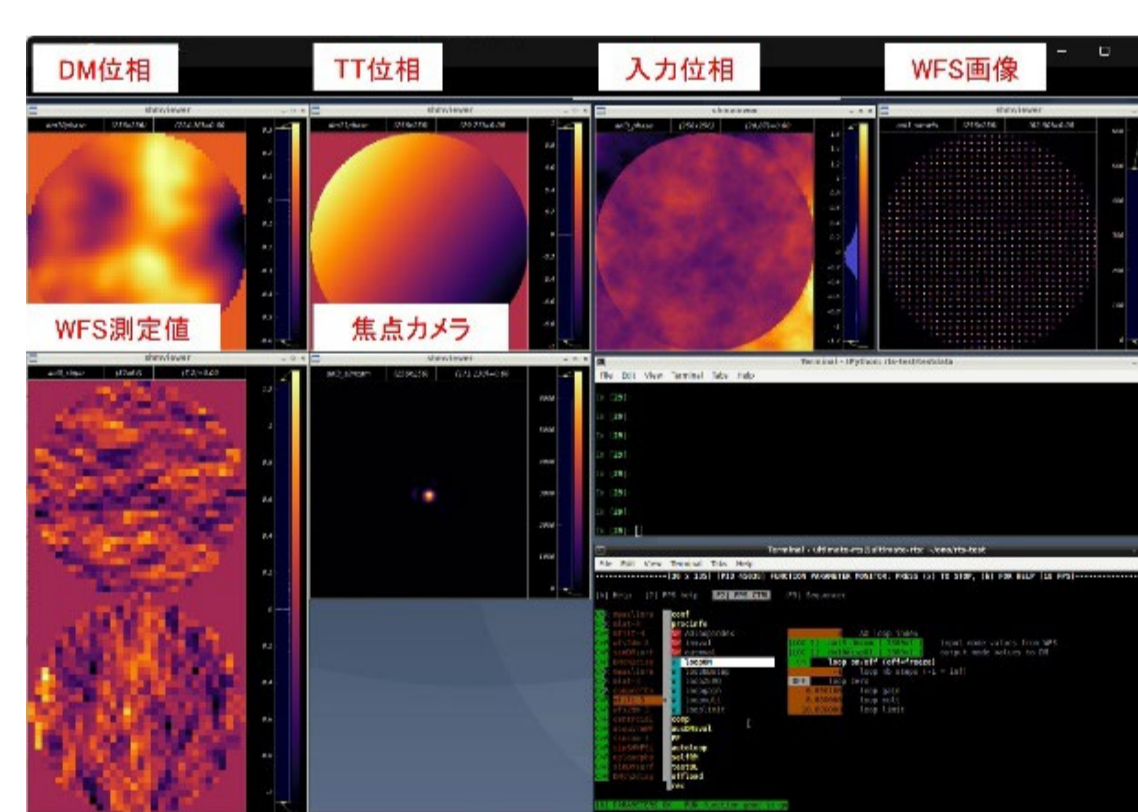


フールド長2cm@赤外1550nmの条件下におけるモード数とEncircled Energy(EE)の相関。横黒点線は本研究開発の目標値を示す。EEはNA=0.1の回折限界像のFWZIで評価している(口径2mの場合は0.39秒角に相当)

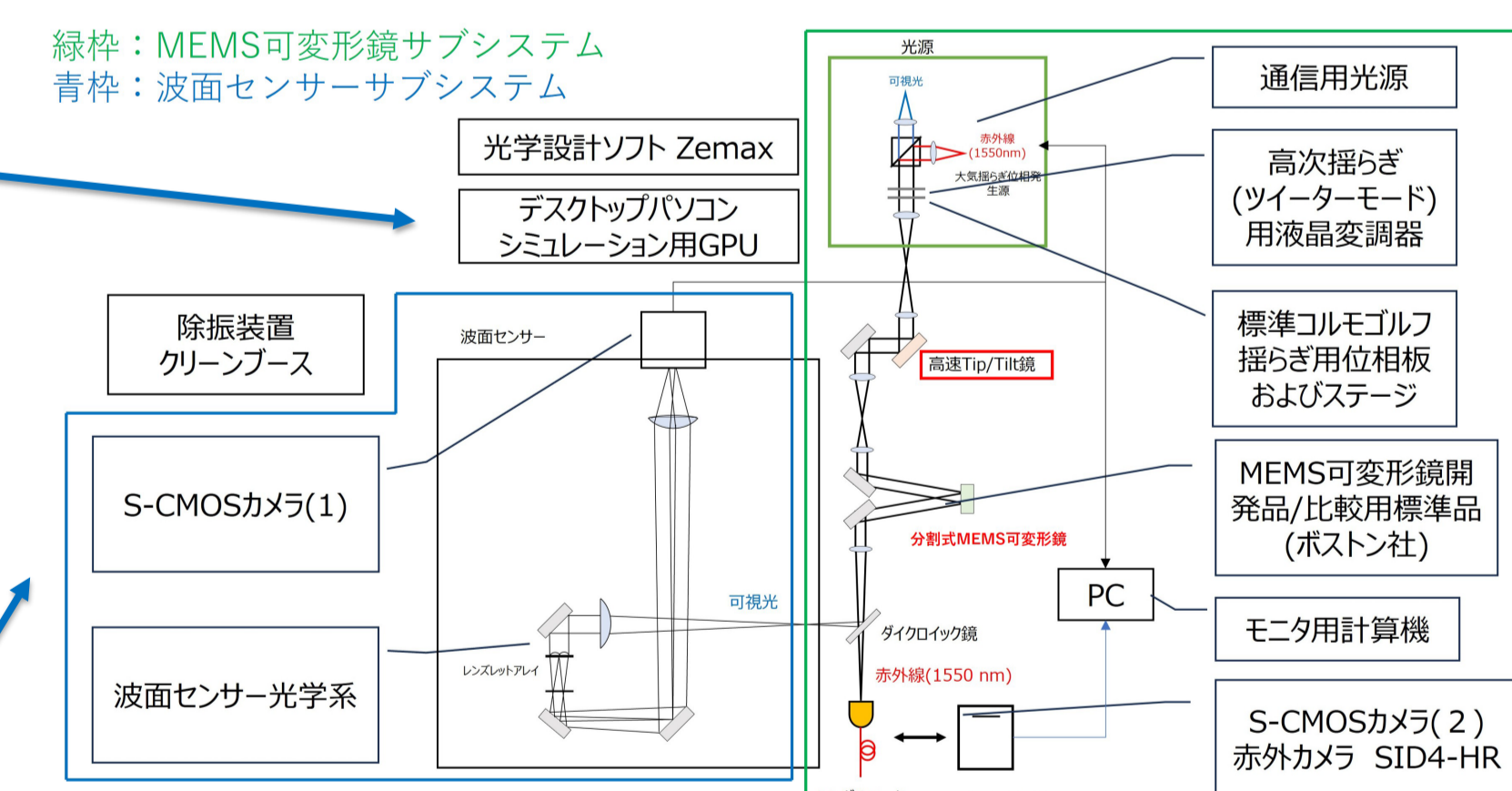
口径2mの円形開口における波長1550nmでの補正モード数とPSF(点像関数)。図中央の赤丸はNA=0.1の時の回折限界像のFull-Width at Zero-Intensity (FWZI)を表しており4秒角 x 4秒角に相当する。

制御ソフトウェア系

擬似データを用いた制御試験

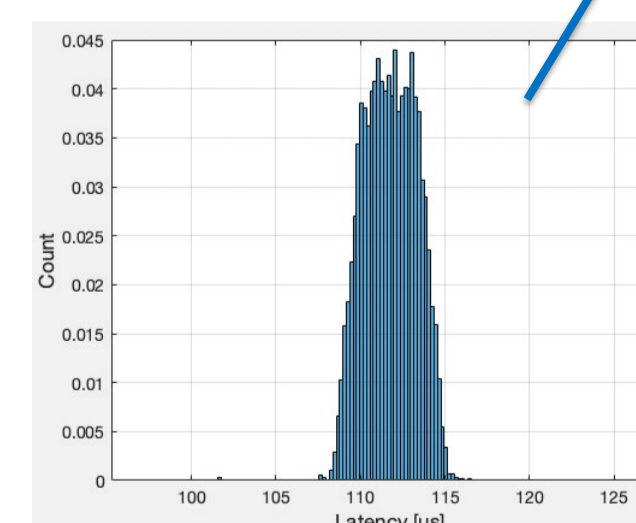


システム構成概略図

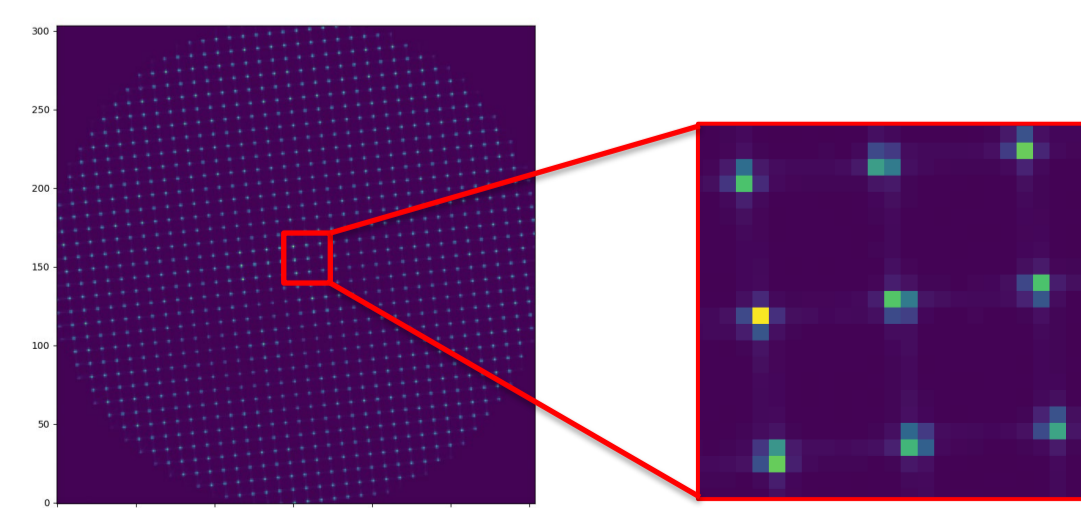
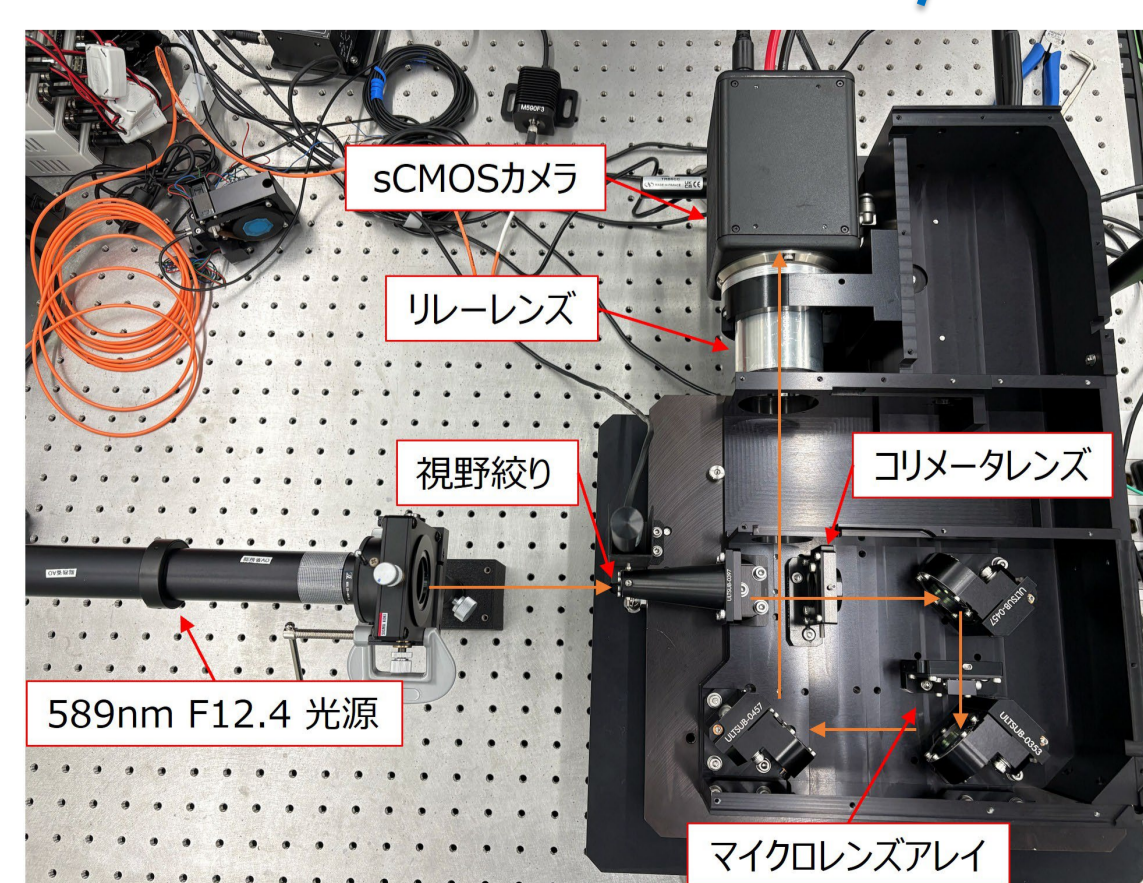


波面センサ

カメラのレイテンシ測定結果 (~100us)



光学系アライメント



シャックハルトマン・スポット像 (32x32レンズアレイ使用)