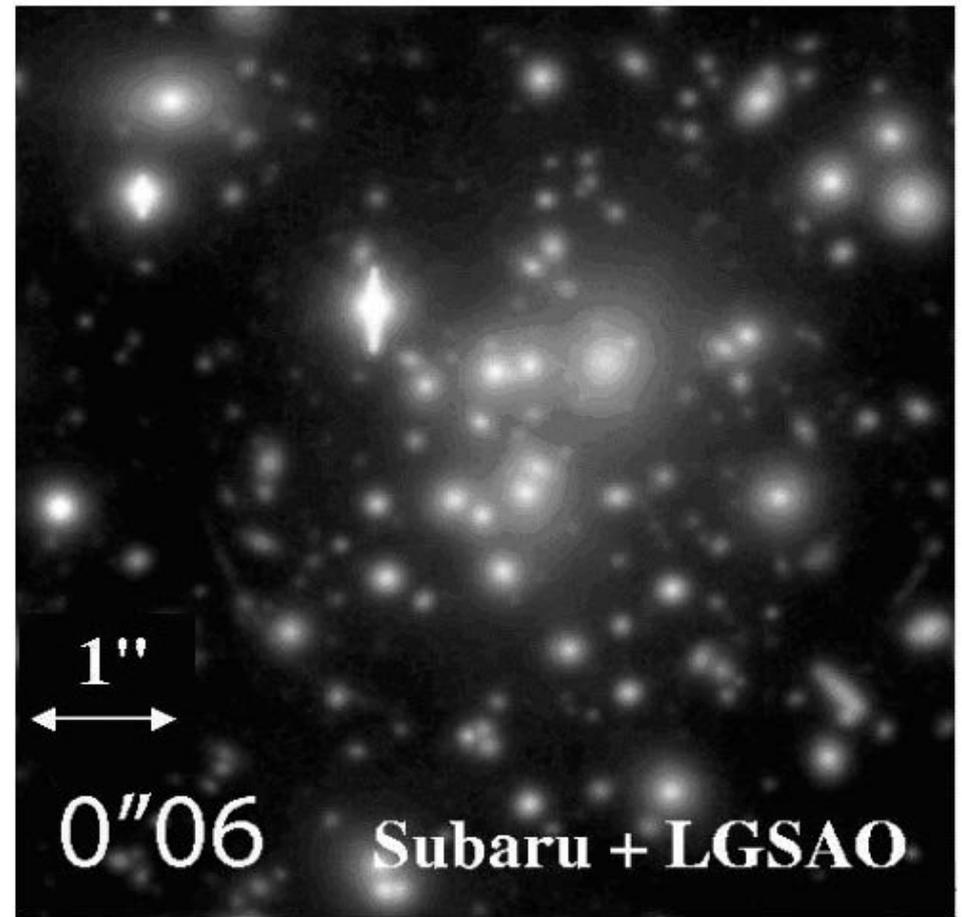
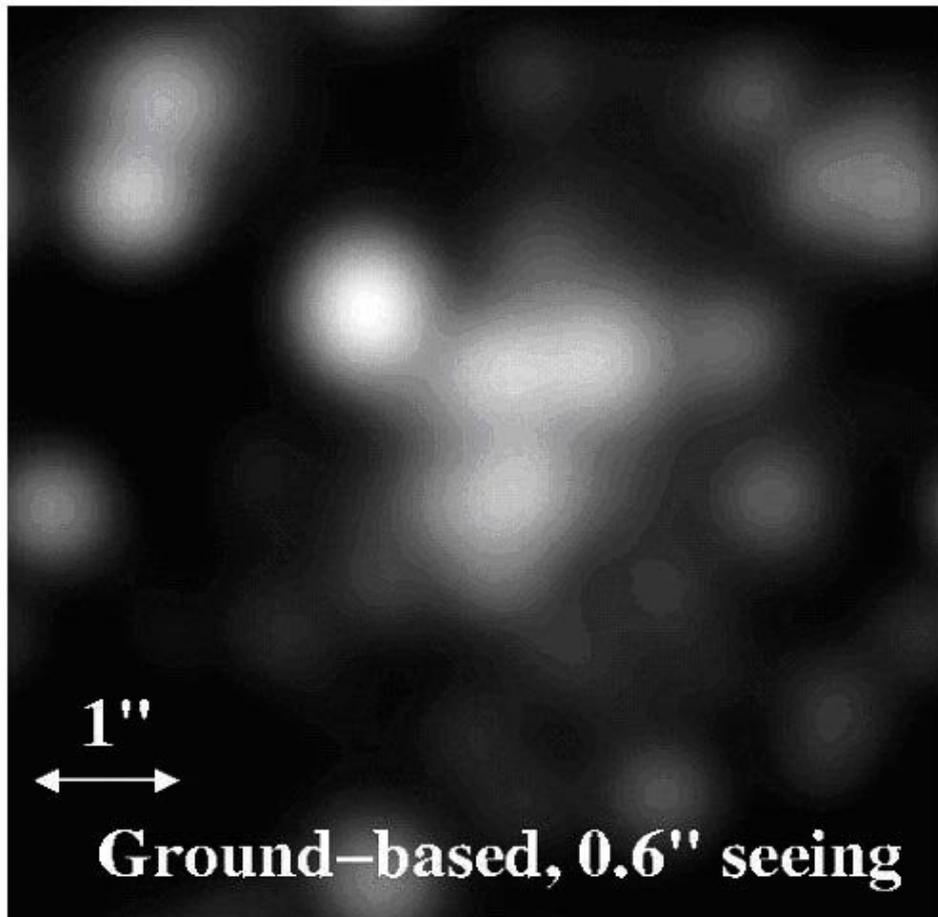


補償光学装置の開発



2012/8/1

京都大学 宇宙物理学教室
修士一回生 夏目典明

目次

- 目的
- 補償光学装置の光学系
- ピラミッド波面センサー
- 可変形鏡 (Deformable Mirror)
- 問題点
- まとめとこれから

目的



次世代大型望遠鏡Thirty Meter Telescope (TMT)
での系外惑星の直接観測

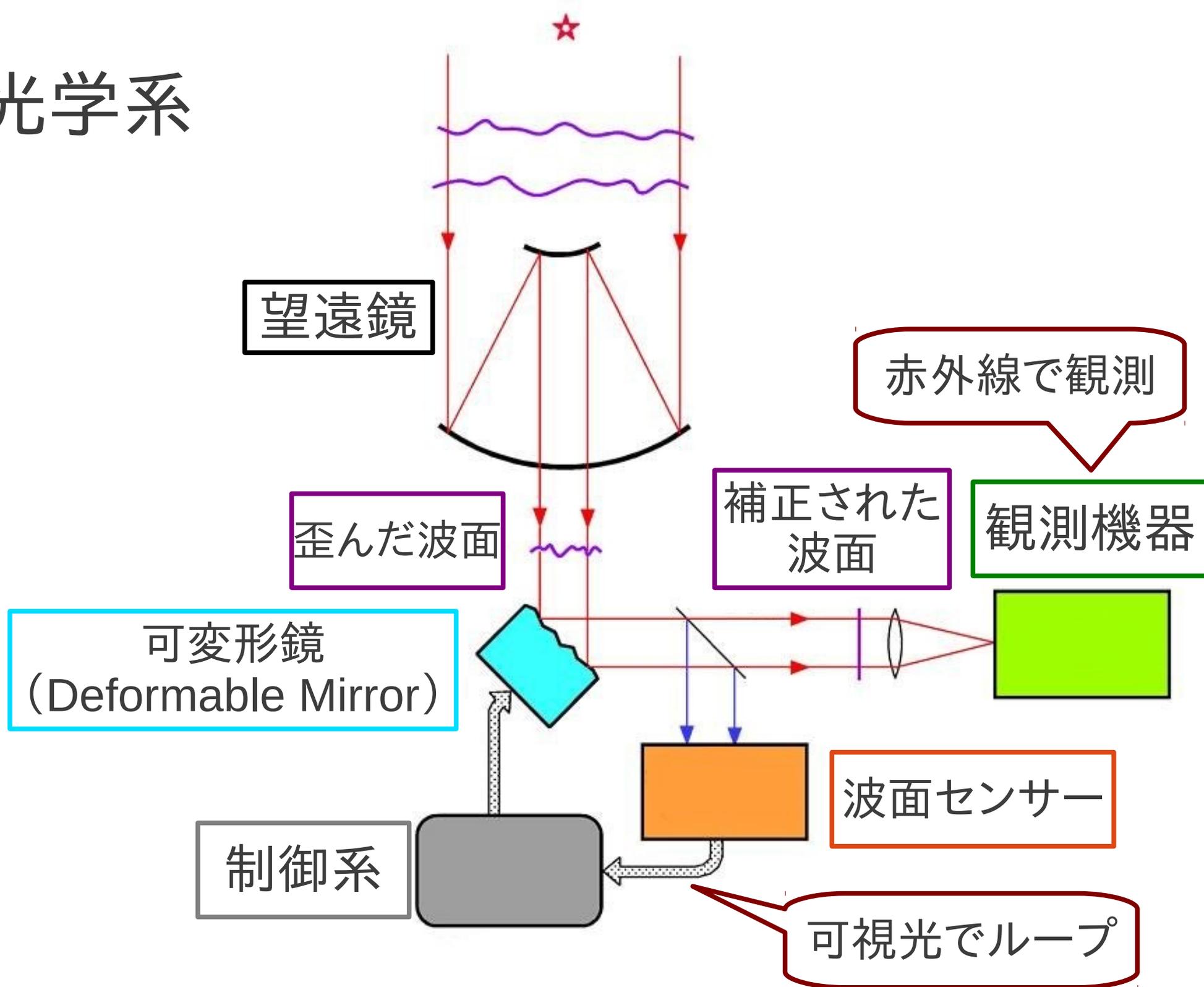
直接観測の達成のためには

- 暗い惑星を見つけるための高感度
→大型望遠鏡
- 主星と惑星の高い強度比を解消するための高コントラスト
→コロナグラフ
- 主星と惑星を空間的に分離するための高解像度
→補償光学

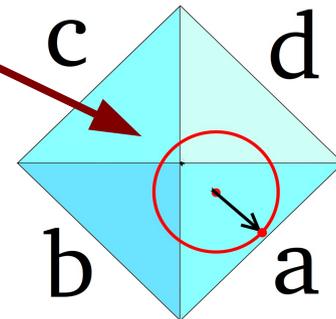
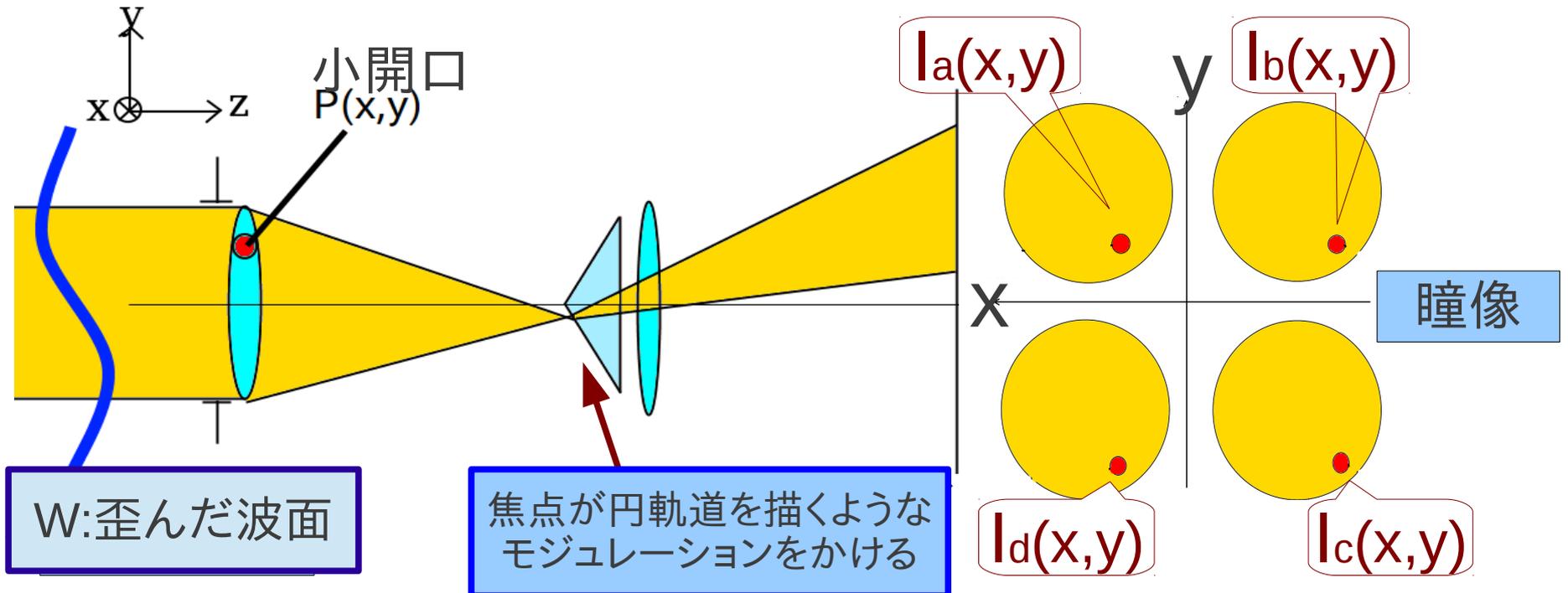
地上で高解像を実現するには補償光学が不可欠

- 開発中の京大3.8m望遠鏡を用いて補償光学の実験をする
- 目標とする解像度は回折限界の90%

光学系



ピラミッド波面センサーの原理



小開口での波面の傾きの量によって
a,b,c,dの面を通る弧の長さが違う
→ I_a, I_b, I_c, I_d はそれぞれ弧の長さ
に比例した光の強度を持つ

波面の傾きの導出

$$\frac{\partial W(x,y)}{\partial x} = \frac{\xi_0}{f} \sin\left(\frac{\pi}{2} S_x(x,y)\right)$$
$$\frac{\partial W(x,y)}{\partial y} = \frac{\xi_0}{f} \sin\left(\frac{\pi}{2} S_y(x,y)\right)$$

簡単な関数系

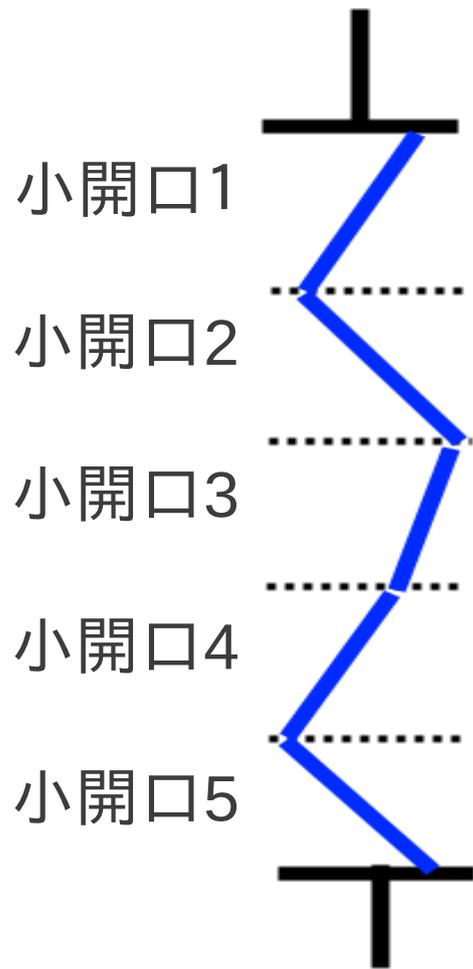
波面の傾き = 光の強度の関数

$$S_x(x,y) = \frac{I_a(x,y) - I_b(x,y) - I_c(x,y) + I_d(x,y)}{I_a(x,y) + I_b(x,y) + I_c(x,y) + I_d(x,y)}$$

$$S_y(x,y) = \frac{I_a(x,y) + I_b(x,y) - I_c(x,y) - I_d(x,y)}{I_a(x,y) + I_b(x,y) + I_c(x,y) + I_d(x,y)}$$

- I は光の強度
- f はレンズの焦点距離
- ξ_0 は円軌道の半径
- それぞれの I には
検出器のノイズがのる
(リードアウトノイズ、
暗電流、フォトンノイズ)

センサーがアウトプットする 波面の形状



観測値

曲線に近似



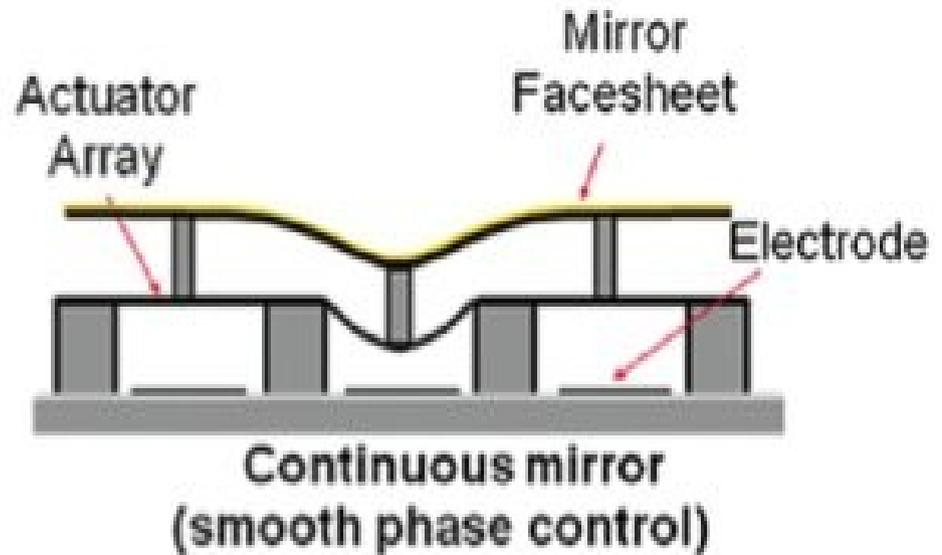
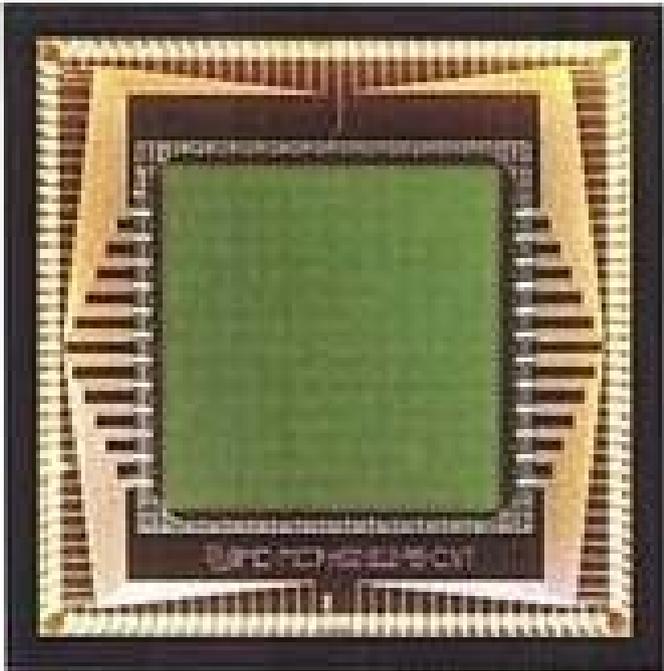
近似した値

この波面のゆがみを
可変形鏡で補正する

ピラミッド波面センサーの利点

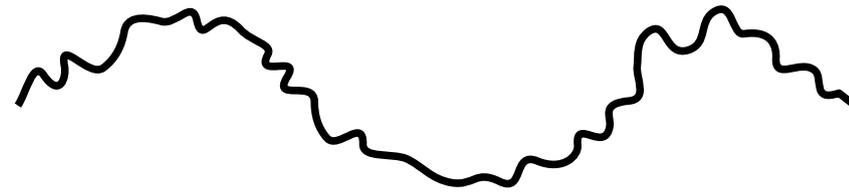
- 波面の傾きを簡単に導出してくれる
→制御系への負担が少なくなる
- 小開口の数を任意に変えられる
→光子の数などが少ない場合に便利
- 一つの小開口に割り当てられるピクセル数が他の波面センサに比べて少ないので、CCDのピクセル数が少なくて済む

Deformable Mirror (DM)



アクチュエーターを動かすことによって鏡の形状を変化させることができる鏡

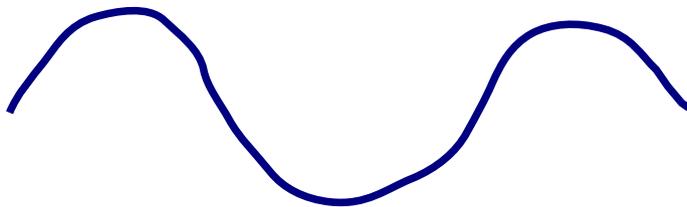
Woofers DMとTweeter DM



歪んだ波面

低次(低周波)の波面

高次(高周波)の波面



Alpao:97素子

Woofers DM

BMC:1024素子

Tweeters DM

- 素子数は少なくて良い
- 鏡を大きく変形させる必要がある

- 素子数は多くなくてはならない
- 鏡の変形は微小で良い

まとめ

- ピラミッド波面センサー
 - Woofer-Tweeter DMシステム
- 以上の2つを我々が開発する
- 制御面
- 大阪電通大が主導で開発

TMTでのファーストライトに向けて
京大3.8m望遠鏡で高解像度を達成する

これから

- 高解像達成を妨げる要因を洗い出し対応できるようにする
- モジュレーションのいらぬピラミッド波面センサーの開発？
- 今年度中にWoofler DMと波面センサーを用いた補償光学装置を完成させ実験室で実験をする