

# Subaru GLAO Simulation

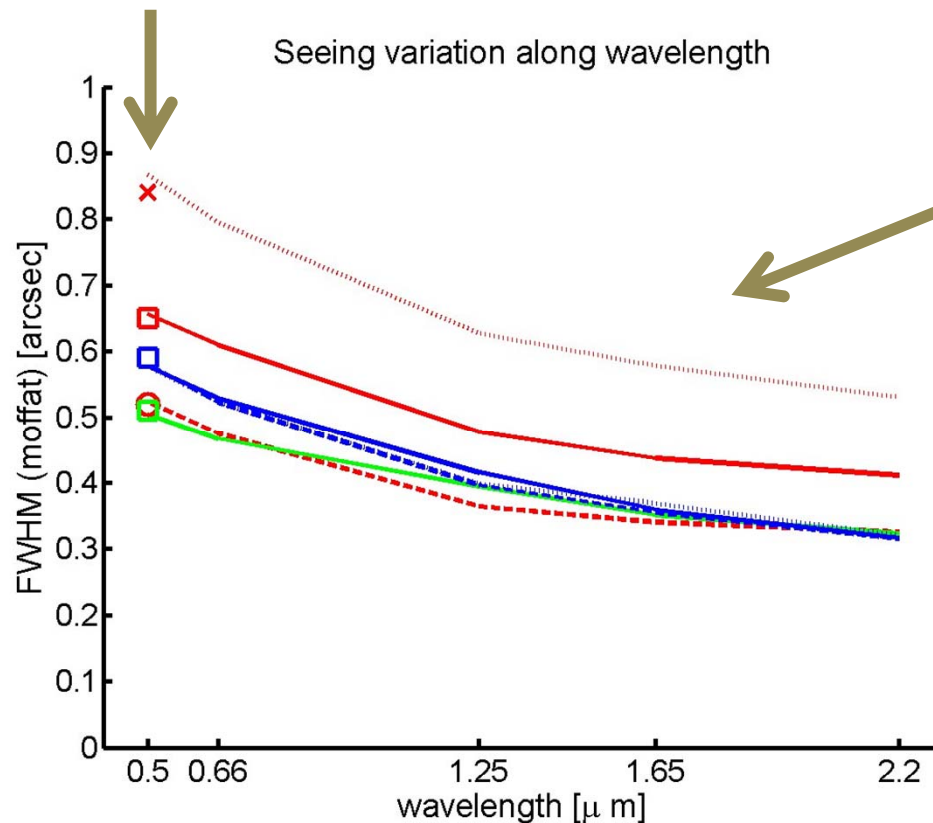
Shin Oya (Subaru Telescope)

2011/6/23 @ Hilo, Hawaii

2011/6/27 revised

# 1. シーイング

(1) MAOSの計算結果で回折限界のPSFのFWHMを1.22倍にスケールすると0.5 $\mu$ mのシーイングはよく再現する



(2) 波長依存性  
 $\text{Seeing} \propto \lambda^{-0.2}$   
fitting: -0.3 ~ -0.4  
長波長では小さ目に計算される

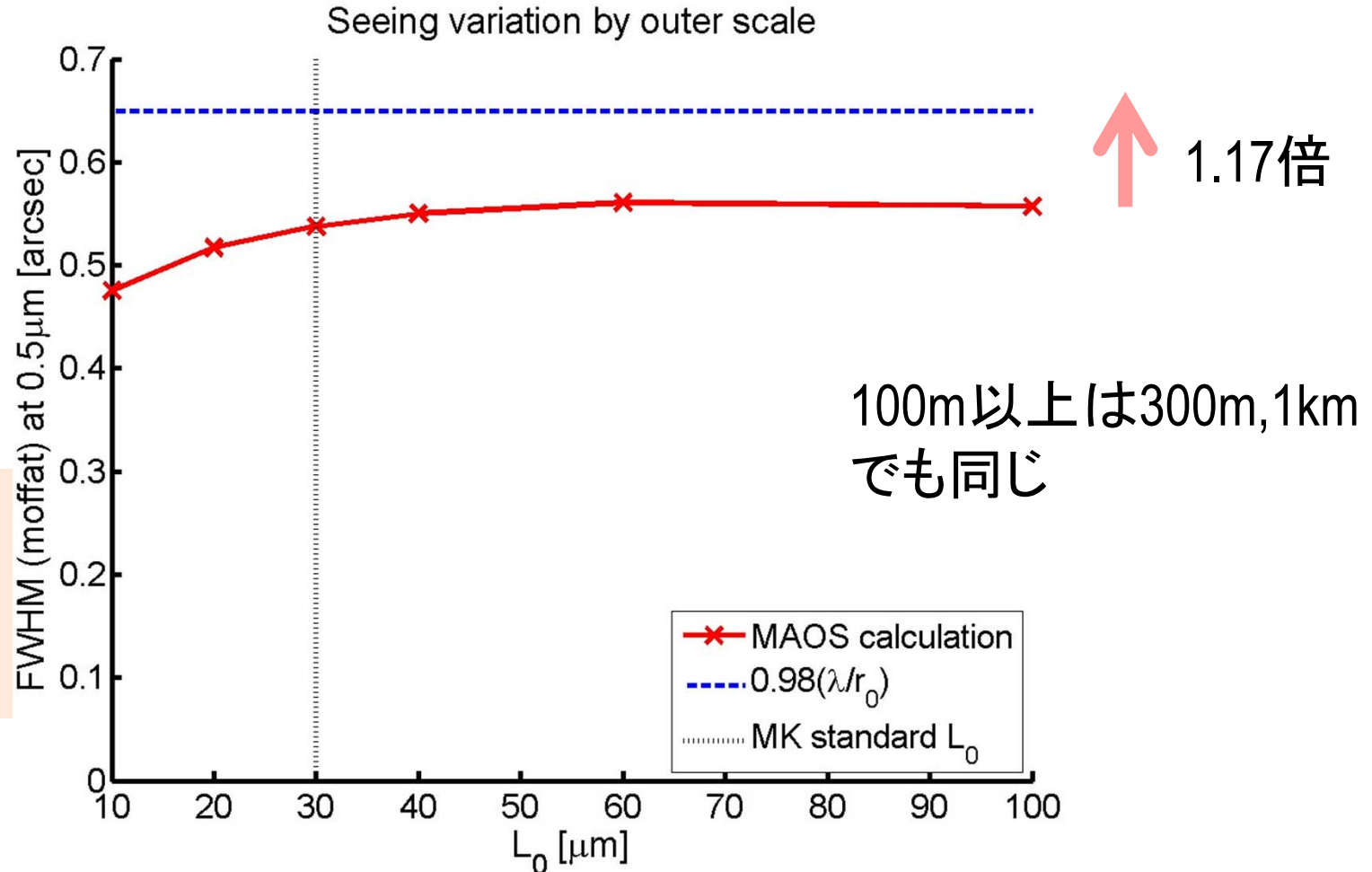
以降では、RAVENのシーイングを使用

赤: RAVE: good(破線; r0 ○), moderate(実線; r0 □), bad(点線; r0 ×)  
青: Gemini: low gray-zone(実線), mid gz(破線), high gz(点線); r0 □  
緑: IMAKA: moderate(実線); r0 □

# 1.1 アウタースケールの影響(FWHM)

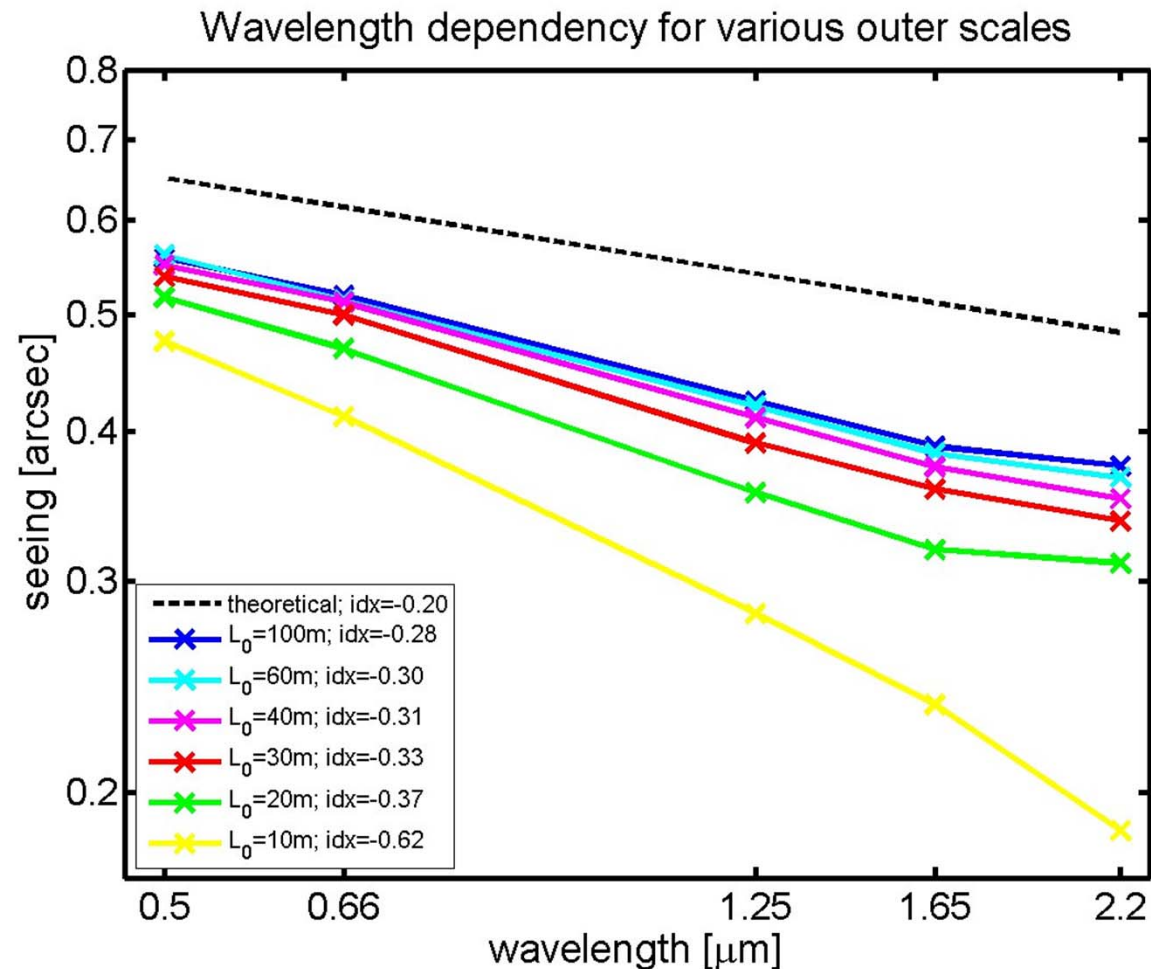
RAVEN  
moderate  
の場合

この図では  
FWHMを  
スケーリング  
していない



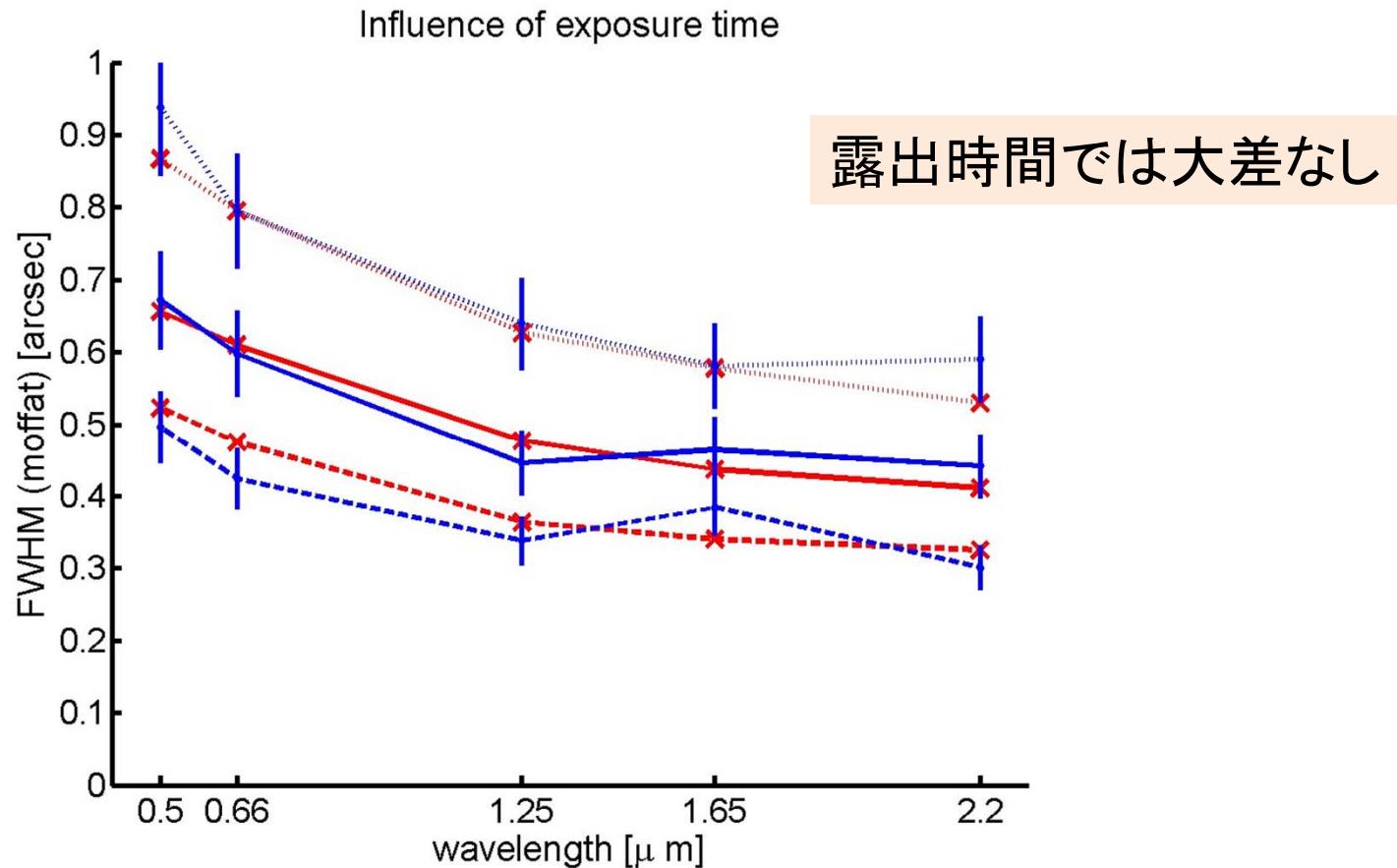
$L_0$ 無限大の場合 $L_0=30$ mに比べてシーイングは1.04倍  
それでもまだ、 $r_0$ からの計算値の1/1.17

## 1.2 アウタースケールの影響(波長依存性)



波長依存性: Seeing  $\propto \lambda^{-0.2}$ ; fitting: -0.28  $\sim$  -0.62  
0.5 $\mu\text{m}$ より長波長ではシーイングが良い目に計算される

# 1.3 露出時間の影響

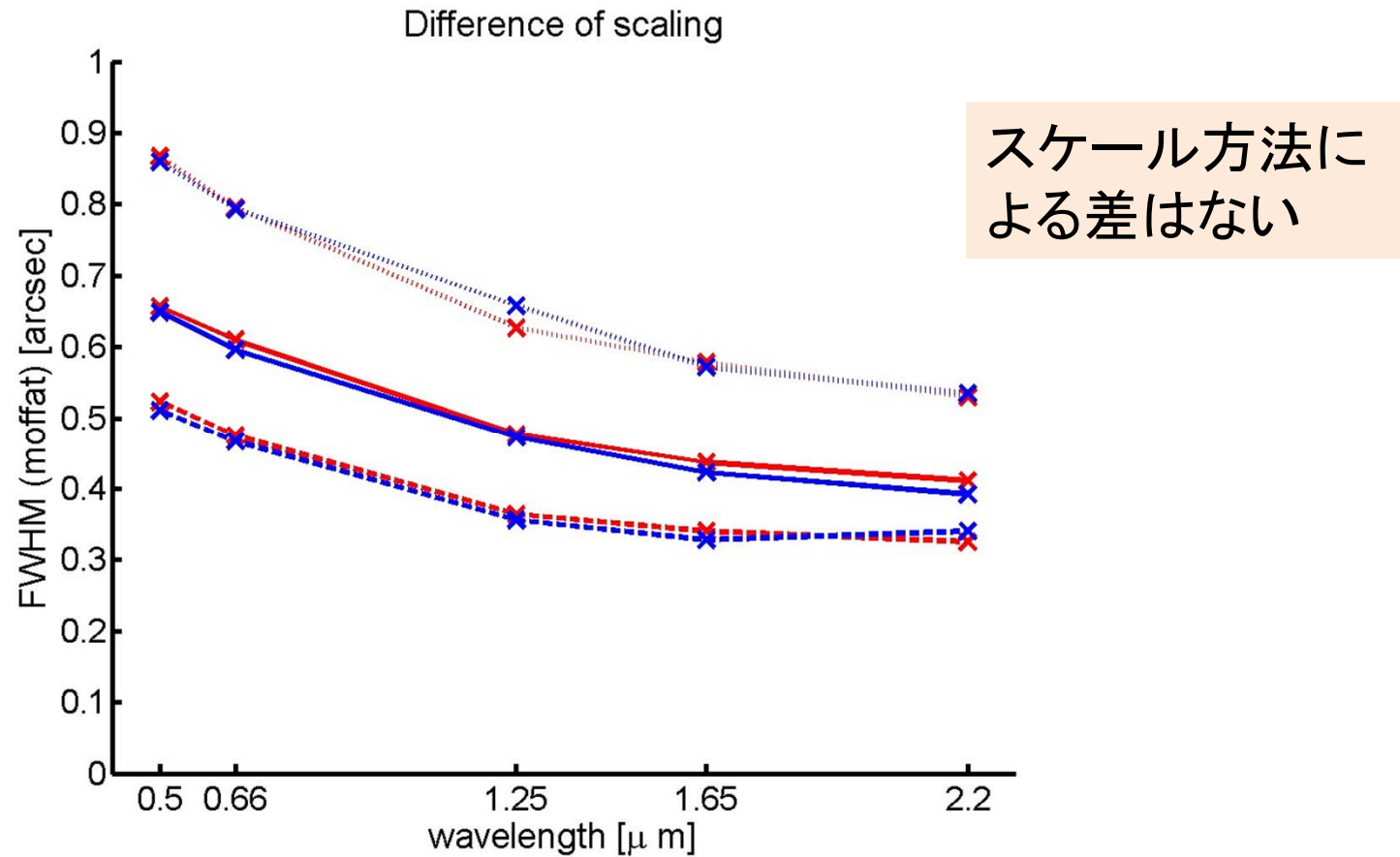


赤: dt=1/100: good(破線), moderate (実線), bad(点線); シーイング計算

青: dt=1/500: good(破線), moderate (実線), bad(点線); エラーバーは10%

dt=1/500の誤差は、GLAOで同積分時間で計算した結果のバラつきに基づく。  
積分時間が短くなるとピークが凸凹になってフィッティングが悪くなる。

## 1.4 スケーリング方法の違い



赤: FWHM(出力)を1.22倍にスケール: good(破線), moderate (実線), bad(点線)  
青: r0(入力)を0.87倍スケール: good(破線), moderate (実線), bad(点線)

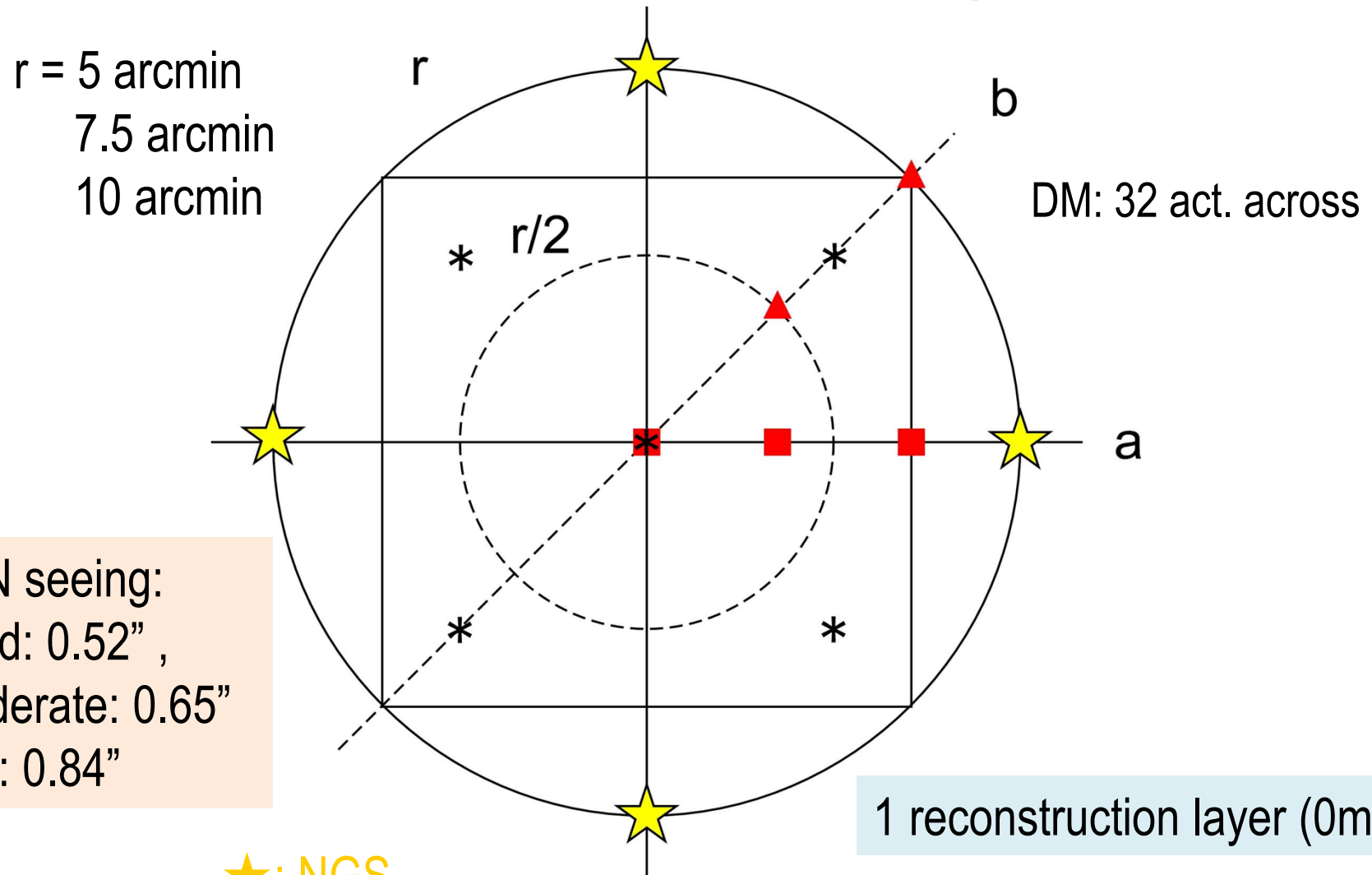
## 2. 誤差の見積もり

- 正確に評価するためにはseedを代えて複数回計算して標準偏差を求めればよい。ただし、非常に時間が掛かるので最終的なコンフィギュレーションを決定してから行う。
- GLAOのコンフィギュレーションを変えても、シーイングは同じであるはずなので、これらにシーイングのみ計算した場合の結果も加えて標準偏差を求め、これをシミュレーションの誤差として代用する。

dt=1/500の場合各条件、各バンドとも10%以下。

たいてい5%以下。

### 3. Subaru GLAO 配置



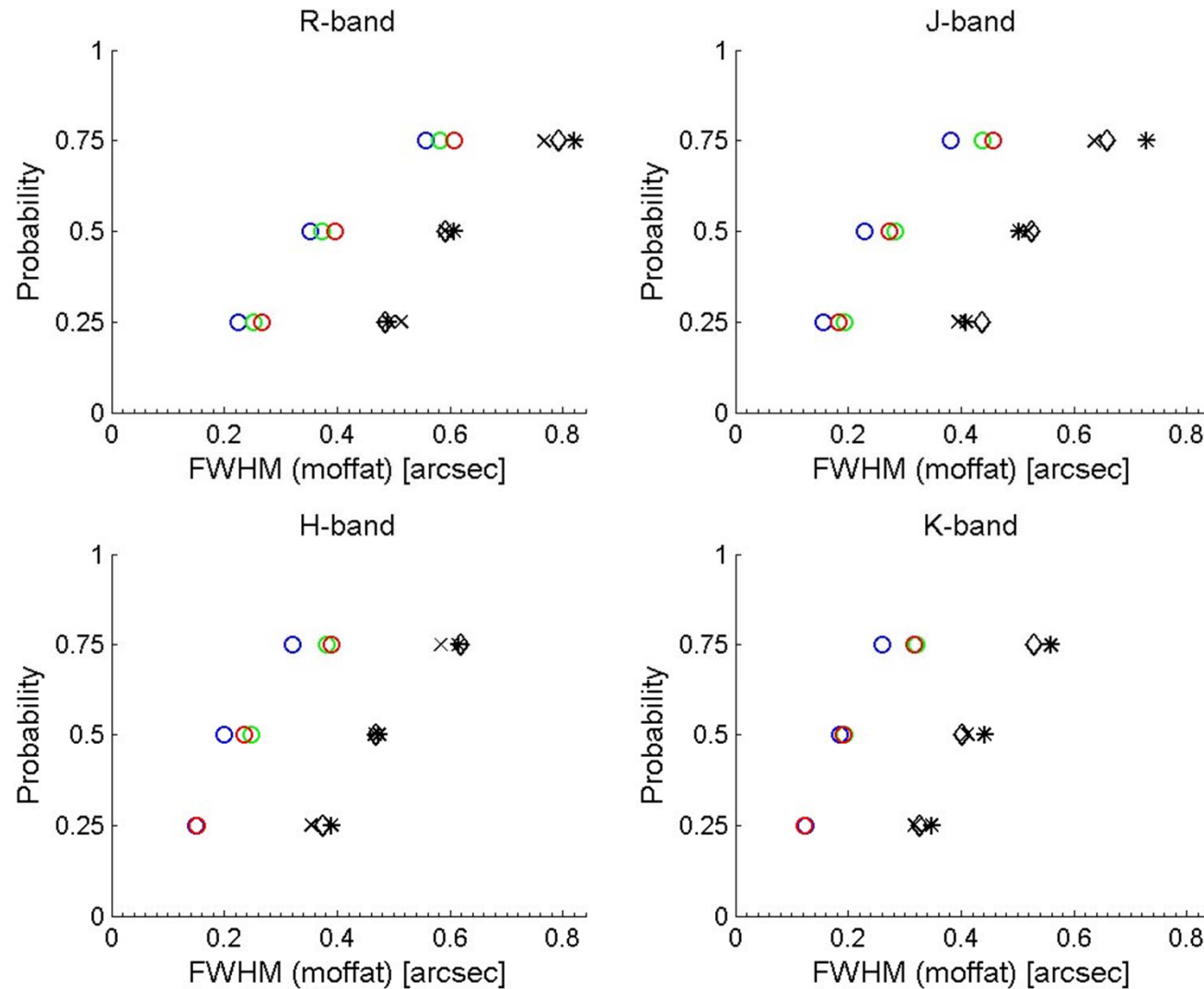
★: NGS

■: PSF評価点(GS方向) ▲: (対角方向)

\* : DM fitting



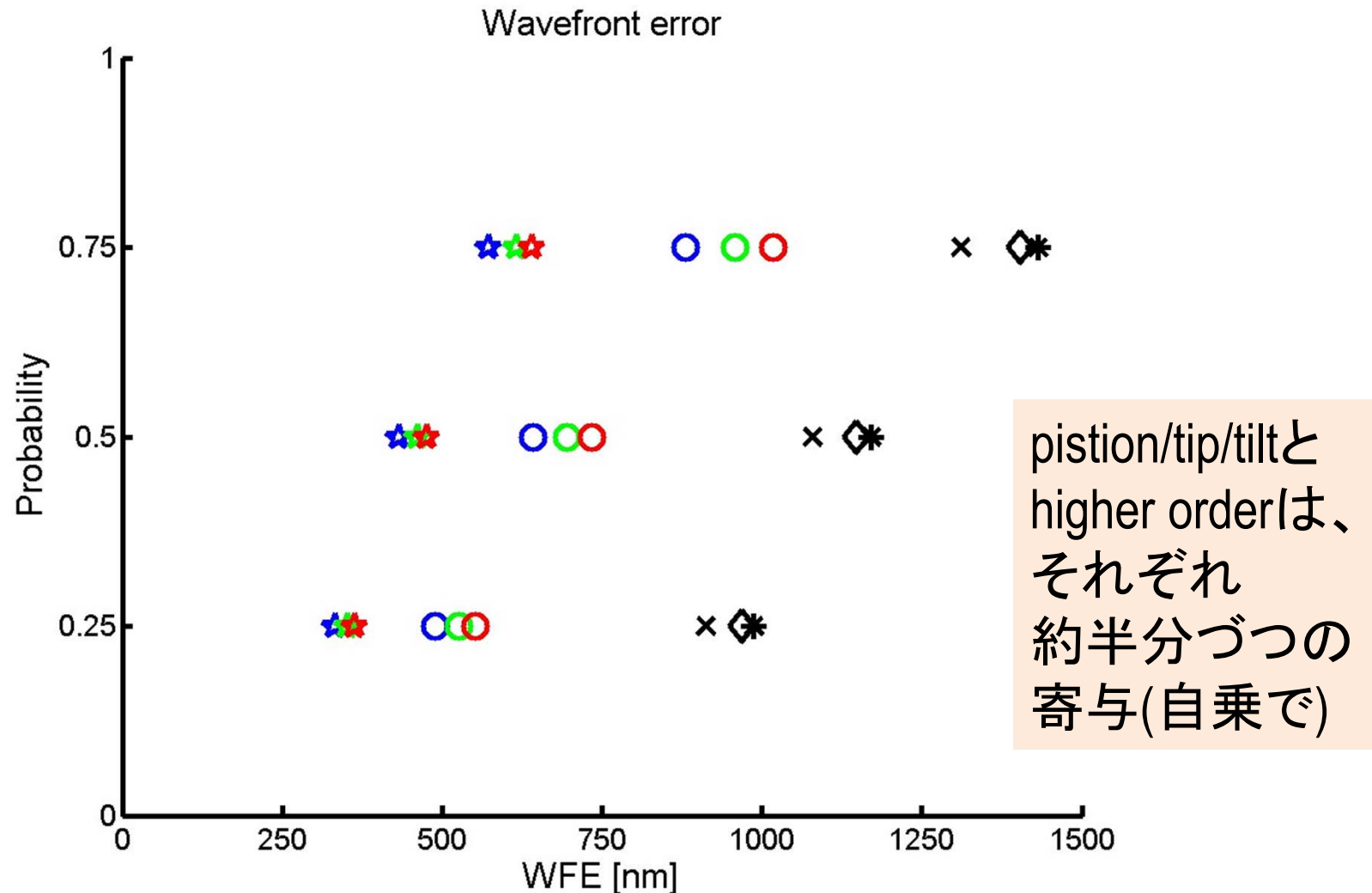
## 4.1 Seeingによる補正の違い(FWHM)



FOV:  $\phi = 10\text{arcmin}$  (Blue circle),  $\phi = 15\text{arcmin}$  (Green circle),  $\phi = 20\text{arcmin}$  (Red circle)

Seeing:  $\phi = 10\text{arcmin}$  (Black cross),  $\phi = 15\text{arcmin}$  (Black asterisk),  $\phi = 20\text{arcmin}$  (Black diamond)

## 4.2 Seeingによる補正の違い (WFE)

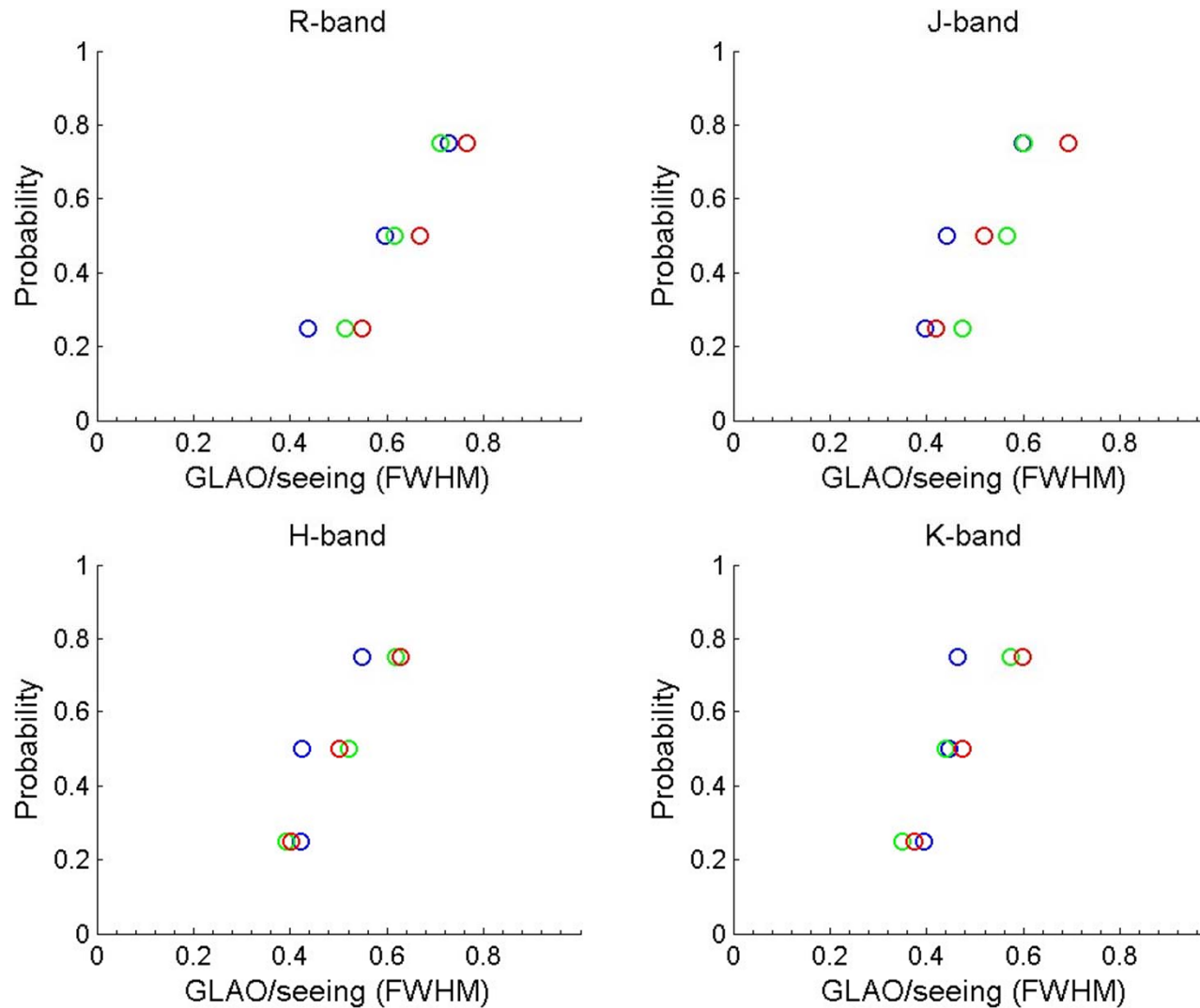


FOV: 青:  $\phi = 10\text{arcmin}$ 、緑:  $\phi = 15\text{arcmin}$ 、赤:  $\phi = 20\text{arcmin}$

Order: ○: all order、☆: piston/tip/tilt removed = higher order

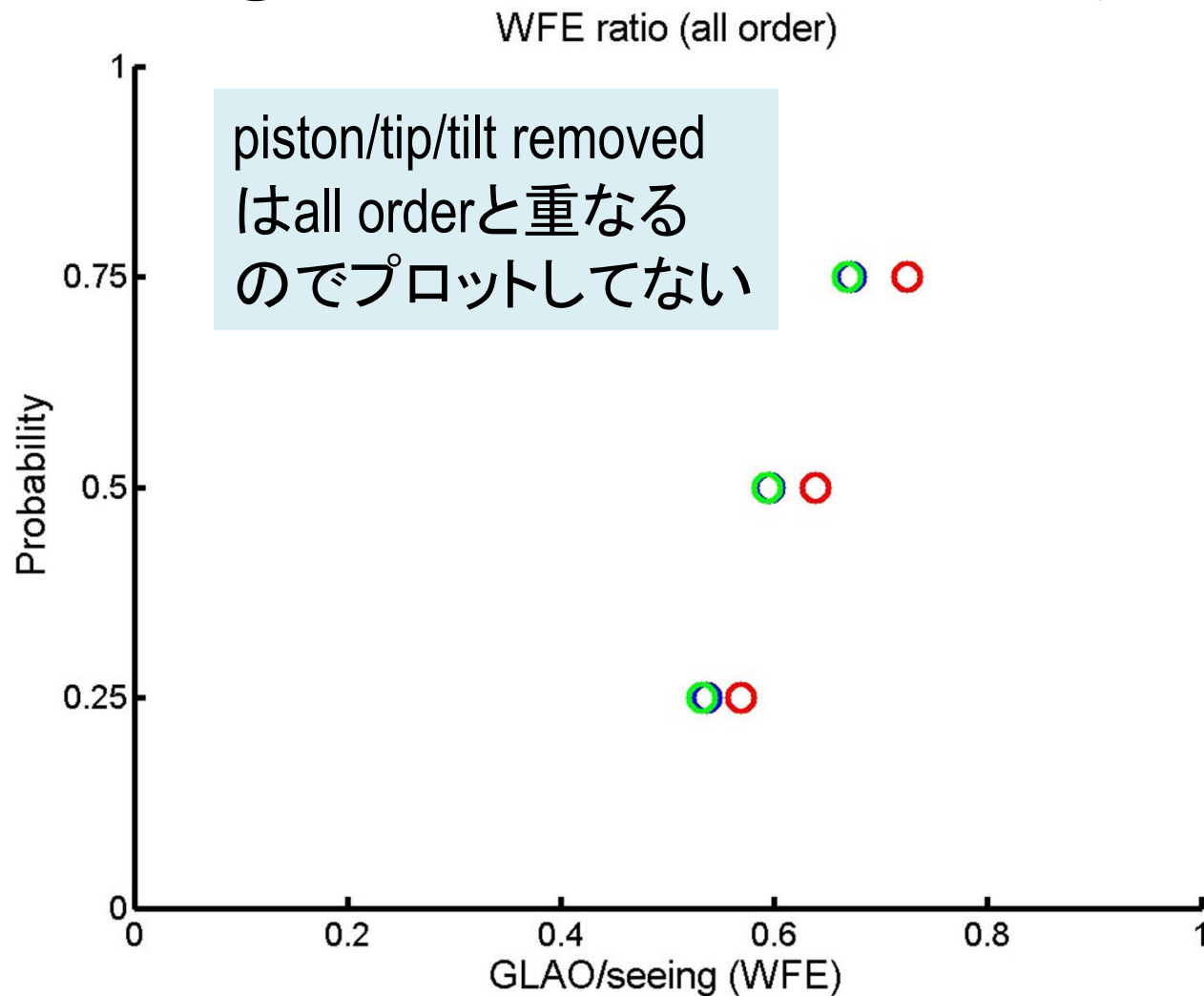
Seeing: ×:  $r = 10\text{arcmin}$ 、\*:  $r = 15\text{arcmin}$ 、◇:  $r = 20\text{arcmin}$

## 4.3 Seeingによる補正の違い(FWHM比)



FOV:  $\phi = 10\text{arcmin}$  (blue circle),  $\phi = 15\text{arcmin}$  (green circle),  $\phi = 20\text{arcmin}$  (red circle)

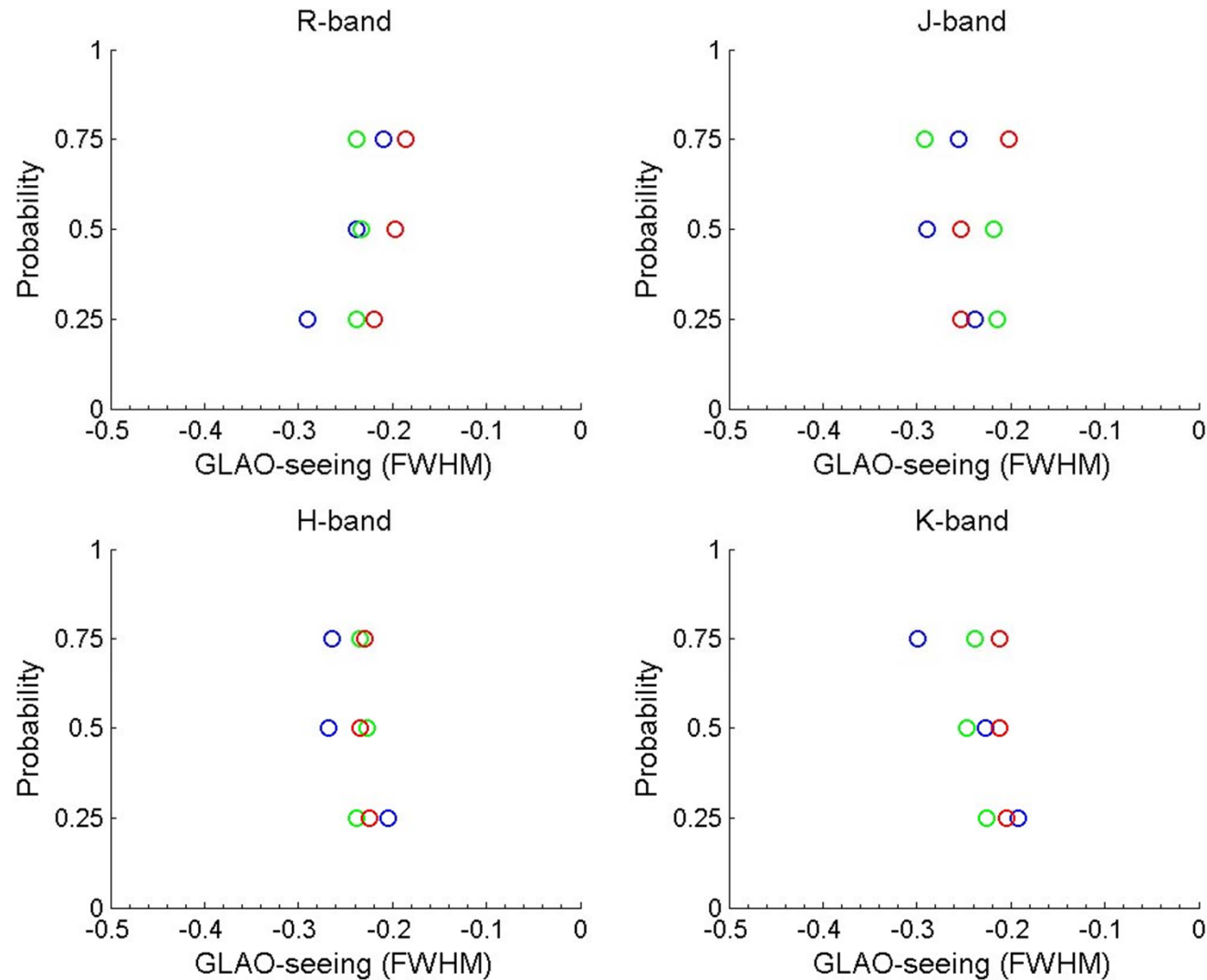
## 4.4 Seeingによる補正の違い (WFE比)



FOV: 青:  $\phi = 10\text{arcmin}$ 、緑:  $\phi = 15\text{arcmin}$ 、赤:  $\phi = 20\text{arcmin}$

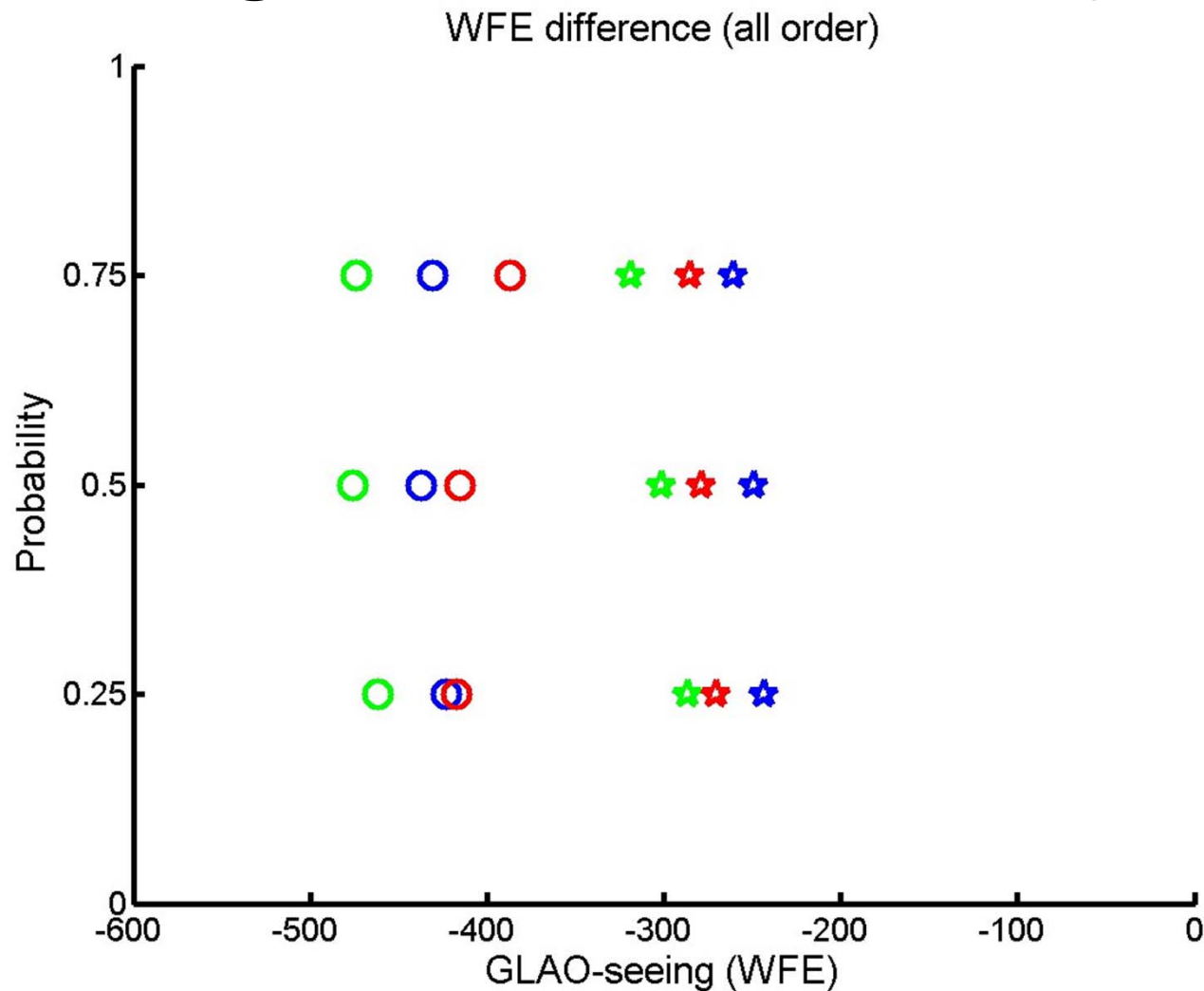
Seeing:  $\times$ :  $r = 10\text{arcmin}$ 、 $*$ :  $r = 15\text{arcmin}$ 、 $\diamond$ :  $r = 20\text{arcmin}$

## 4.5 Seeingによる補正の違い(FWHM差)



FOV:  $\phi = 10\text{arcmin}$  (blue circle),  $\phi = 15\text{arcmin}$  (green circle),  $\phi = 20\text{arcmin}$  (red circle)

## 4.6 Seeingによる補正の違い (WFE差)

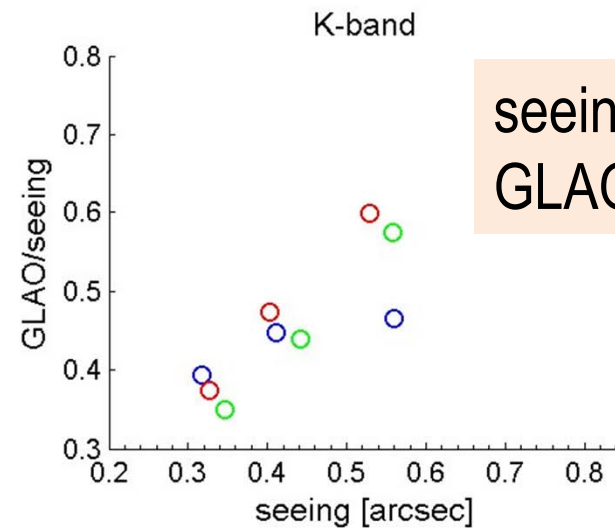
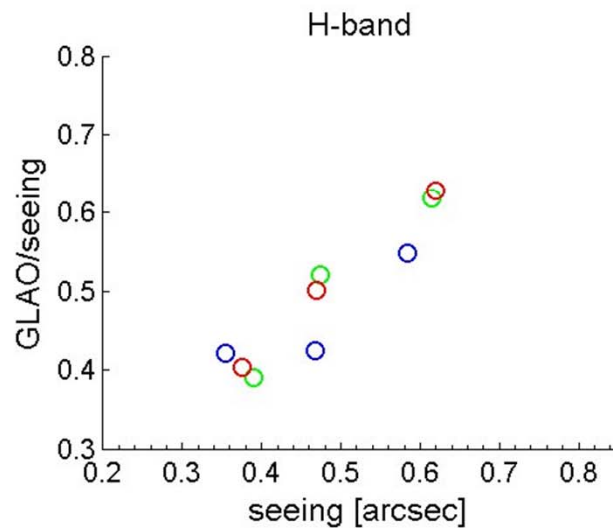
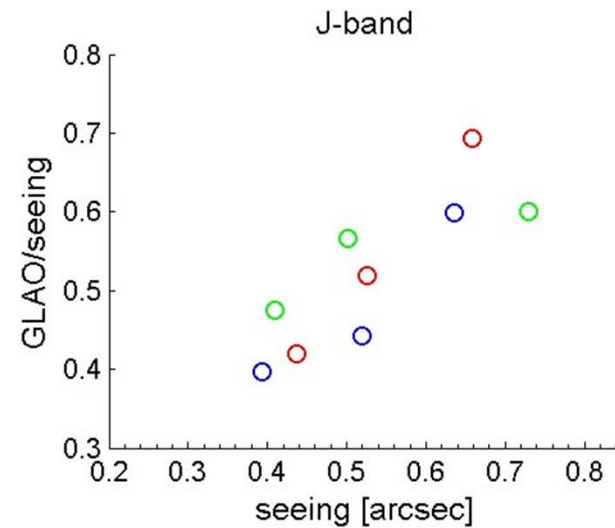
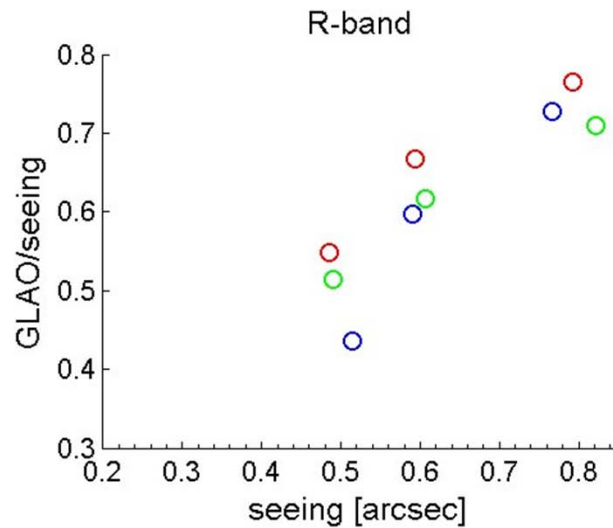


FOV: 青:  $\phi = 10$  arcmin、緑:  $\phi = 15$  arcmin、赤:  $\phi = 20$  arcmin

Order: ○: all order、☆: piston/tip/tilt removed = higher order

Seeing: ×:  $r = 10$  arcmin、\*:  $r = 15$  arcmin、◇:  $r = 20$  arcmin

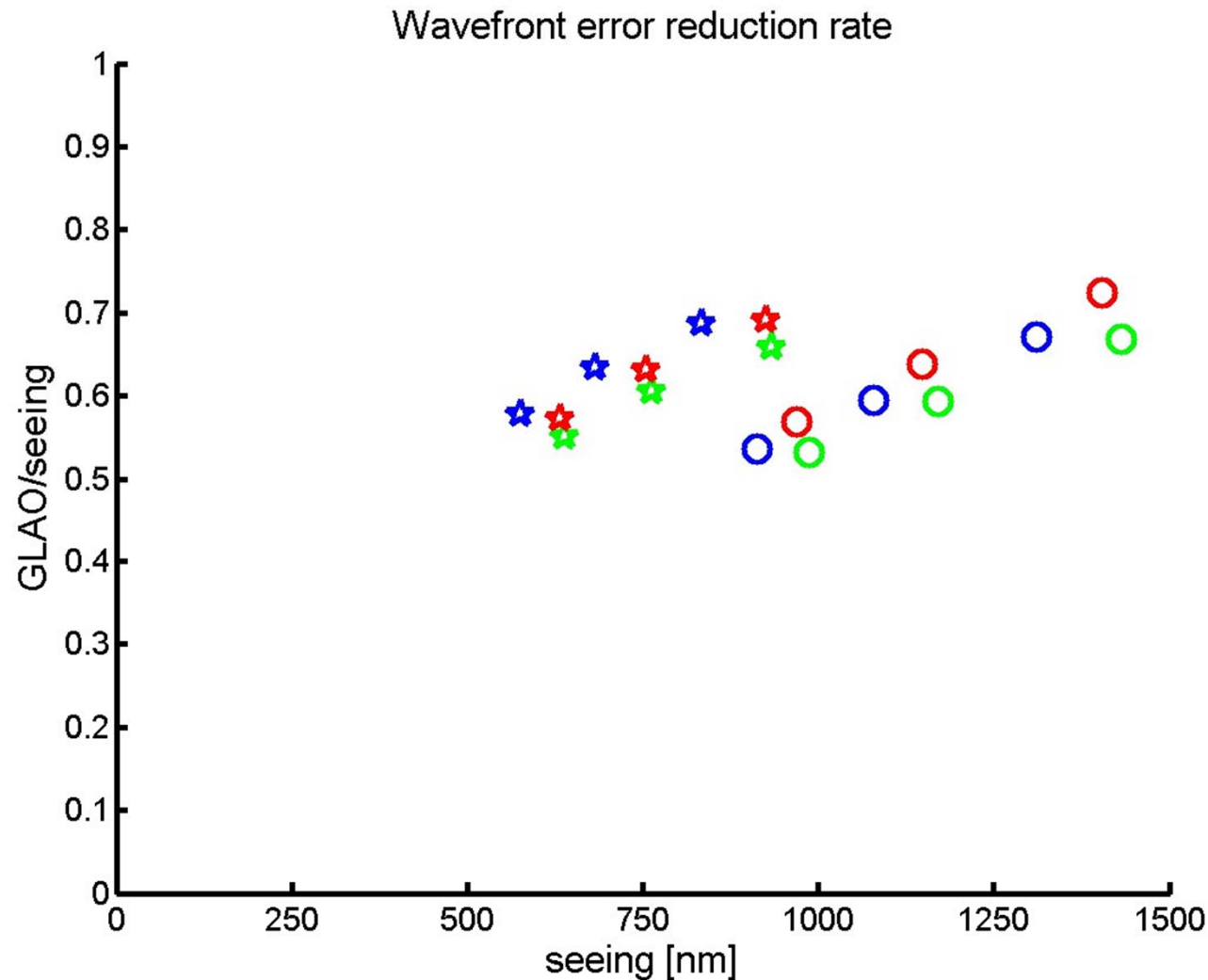
## 4.7 Seeing vs FWHM比(GLAO/seeing)



seeingが良いと  
GLAOの効果大

FOV: ○:  $\phi=10\text{arcmin}$ 、○:  $\phi=15\text{arcmin}$ 、○:  $\phi=20\text{arcmin}$

## 4.8 Seeing vs WFE比(GLAO/Seeing)



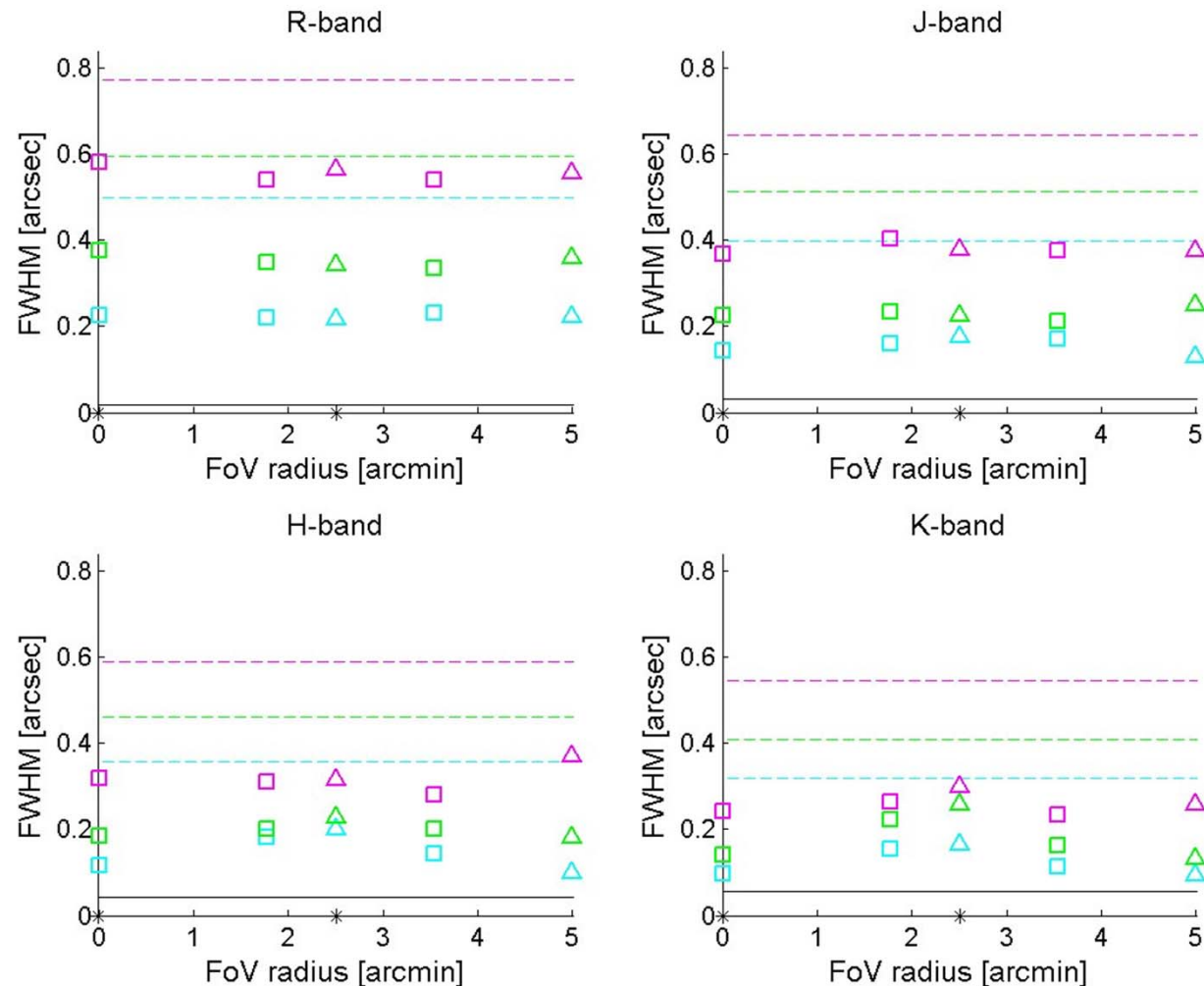
FOV: 青:  $\phi = 10\text{arcmin}$ 、緑:  $\phi = 15\text{arcmin}$ 、赤:  $\phi = 20\text{arcmin}$

Order: ○: all order、☆: piston/tip/tilt removed = higher order

Seeing: ×:  $r = 10\text{arcmin}$ 、\*:  $r = 15\text{arcmin}$ 、◇:  $r = 20\text{arcmin}$



## 5.1 Fieldによる補正の違い( $\phi=10'$ )



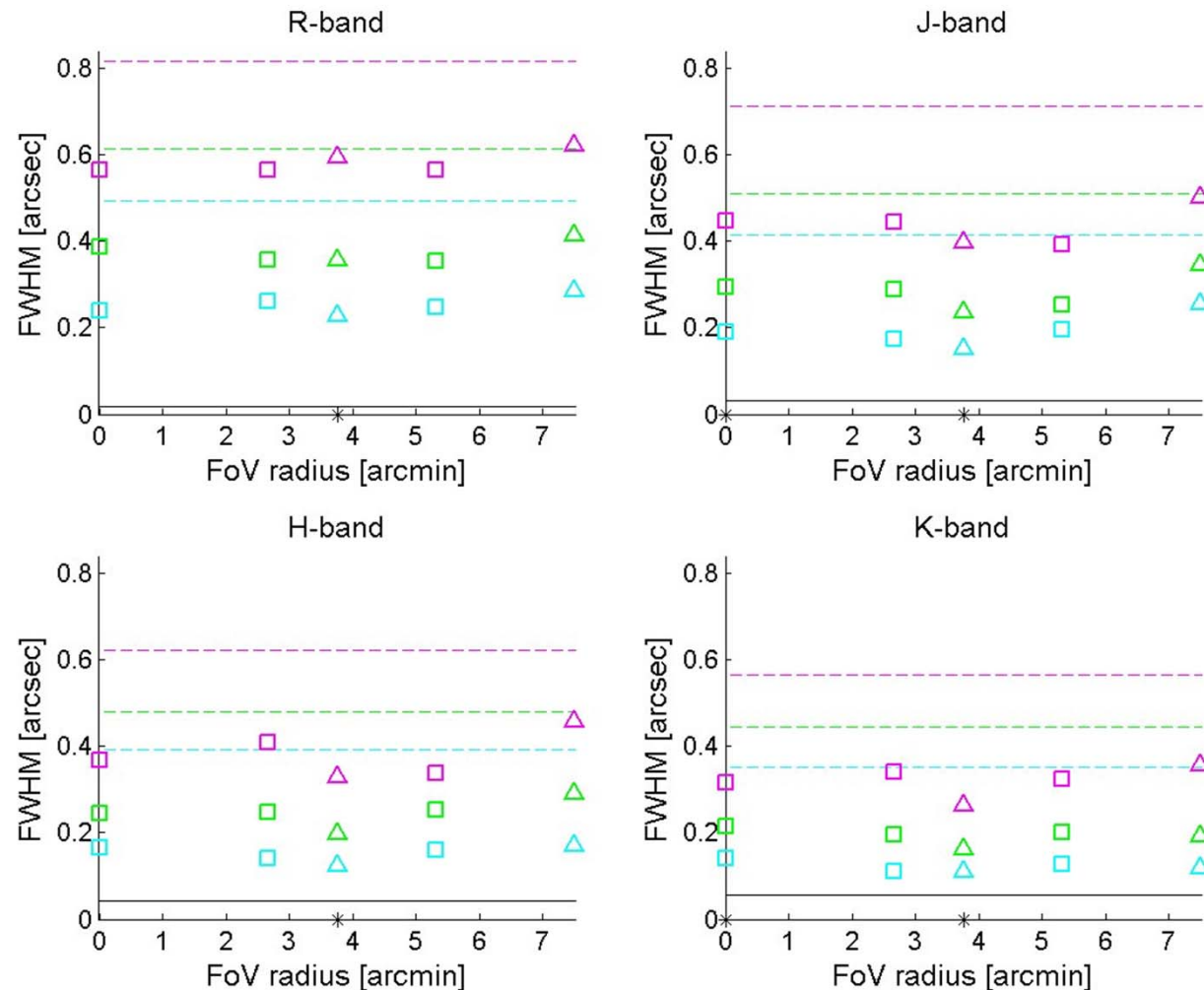
Seeing: 青: good、緑: moderate、赤: bad

方向: □: GS方向、△: 対角方向、\*: DMfitting

破線: Seeing、実線: 回折限界

±10%の誤差は、  
点の大きさ程度

## 5.2 Fieldによる補正の違い( $\phi=15'$ )



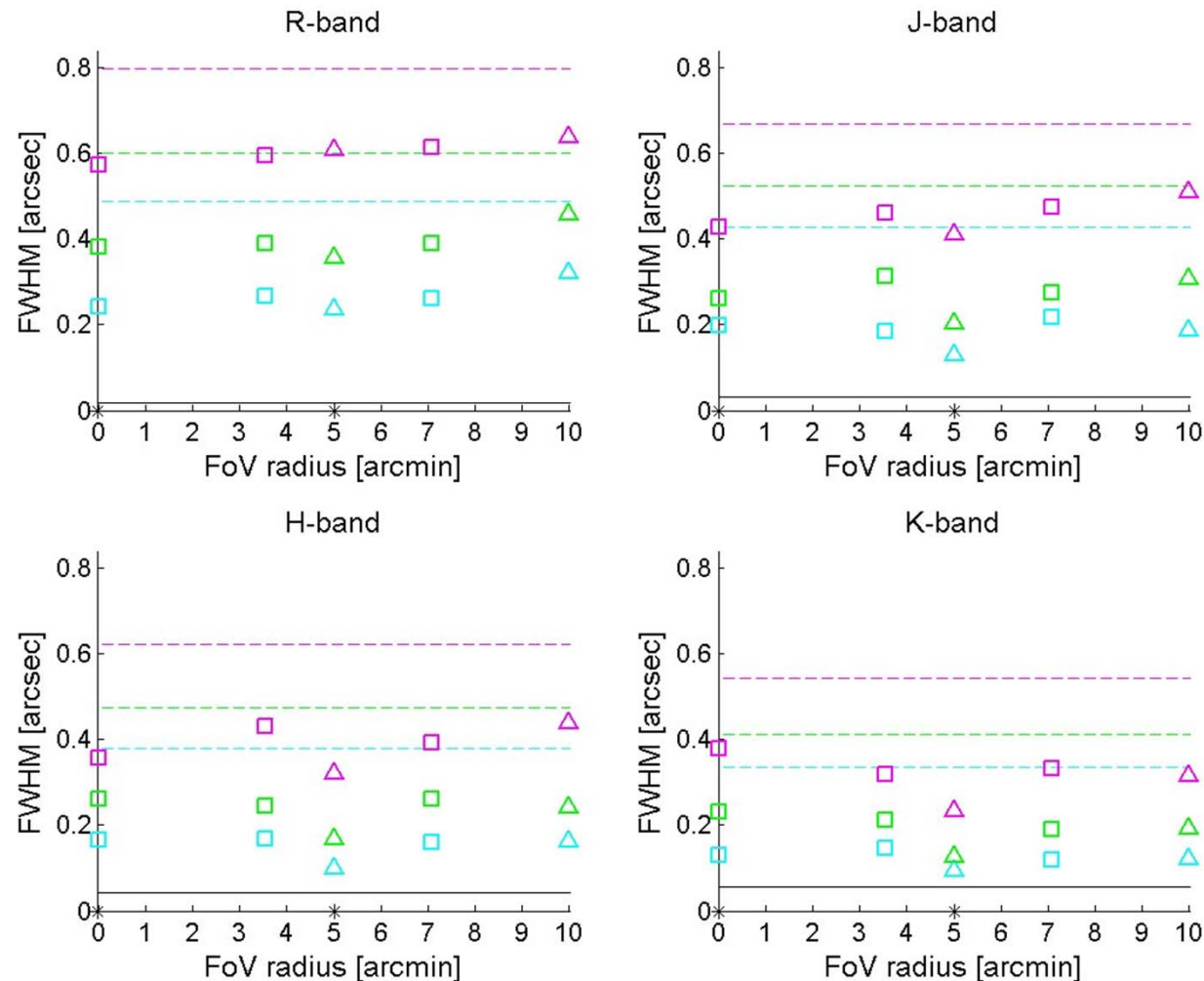
Seeing: 青: good、緑: moderate、赤: bad

方向: □: GS方向、△: 対角方向、\*: DMfitting

破線: Seeing、実線: 回折限界

±10%の誤差は、  
点の大きさ程度

## 5.3 Fieldによる補正の違い( $\phi=20'$ )



Seeing: 青: good、緑: moderate、赤: bad

方向: □: GS方向、△: 対角方向、\*: DMfitting

破線: Seeing、実線: 回折限界

±10%の誤差は、  
点の大きさ程度

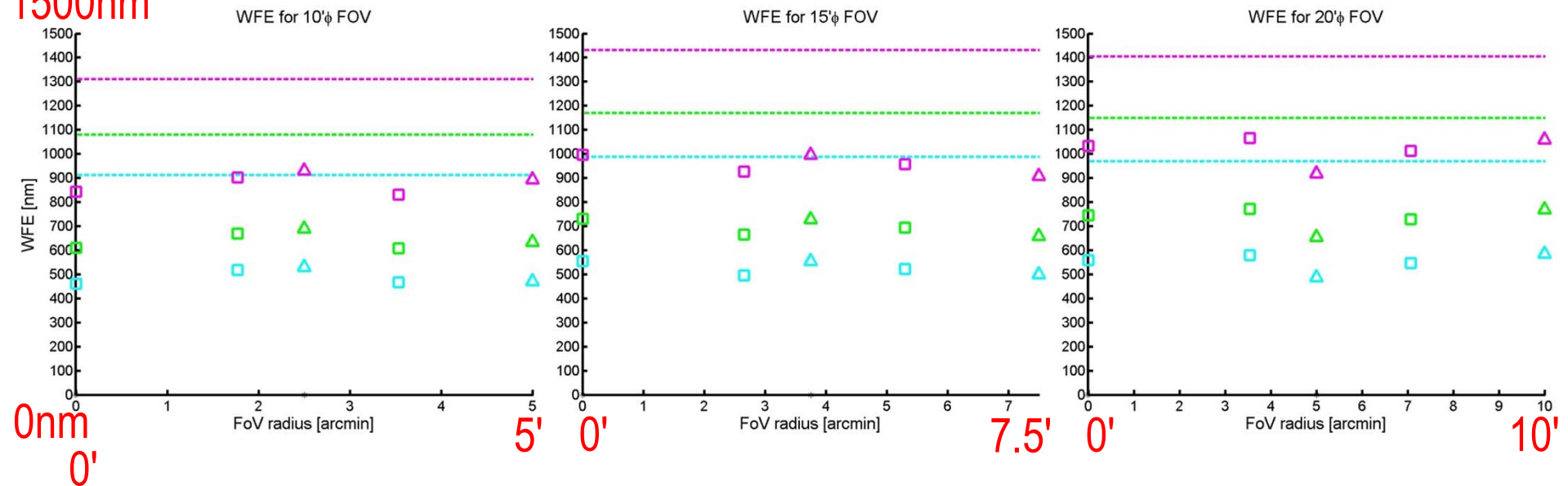
## 5.4 Fieldによる補正の違い(WFE)

10 arcmin  $\phi$  FOV

15 arcmin  $\phi$  FOV

20 arcmin  $\phi$  FOV

1500nm

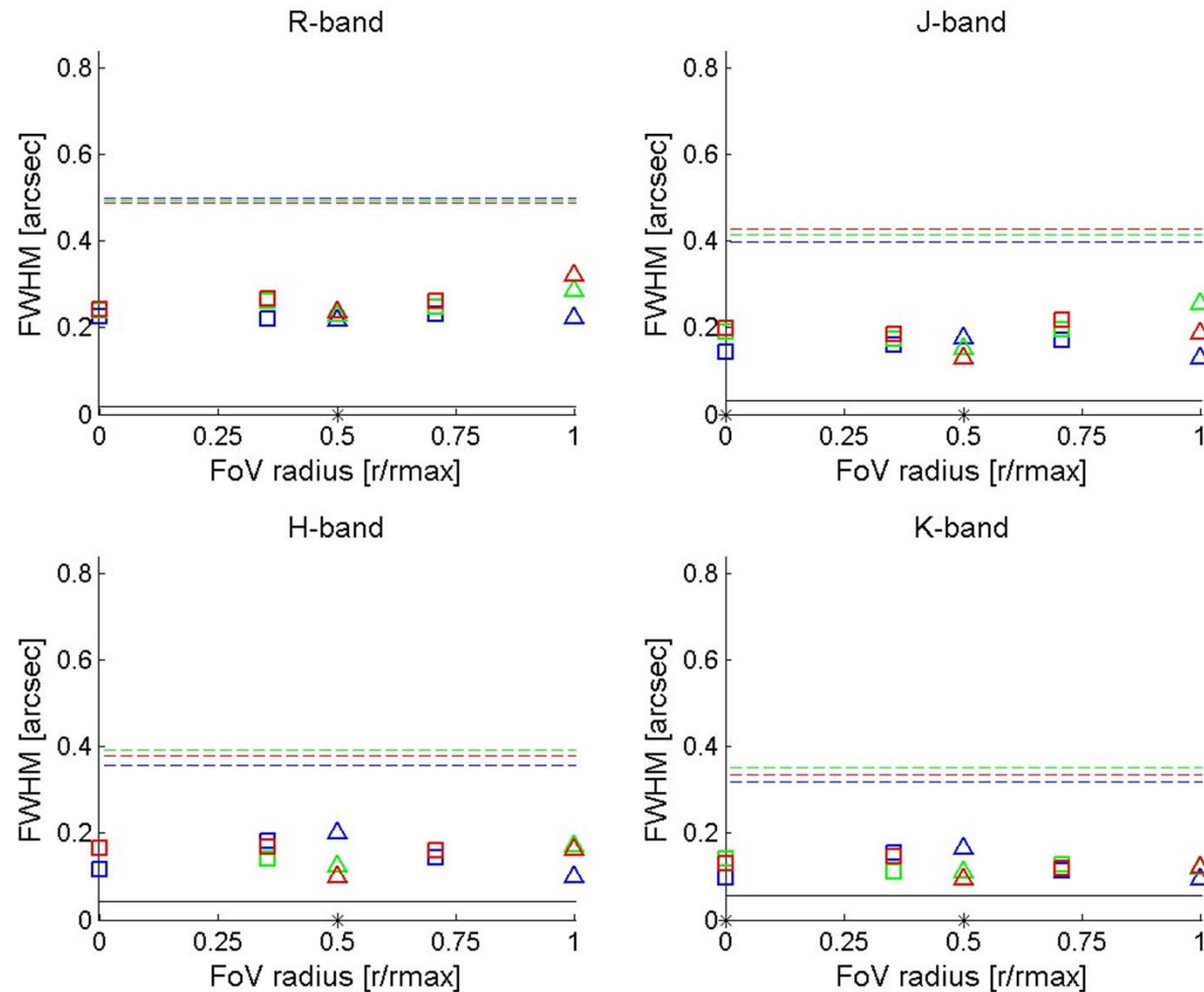


Seeing: 青: good、緑: moderate、赤: bad

方向: □: GS方向、△: 対角方向

破線: Seeing (uncorrected)

## 6.1 Fieldによる補正の違い: Good seeing (0.52" @ 0.5 $\mu$ m)

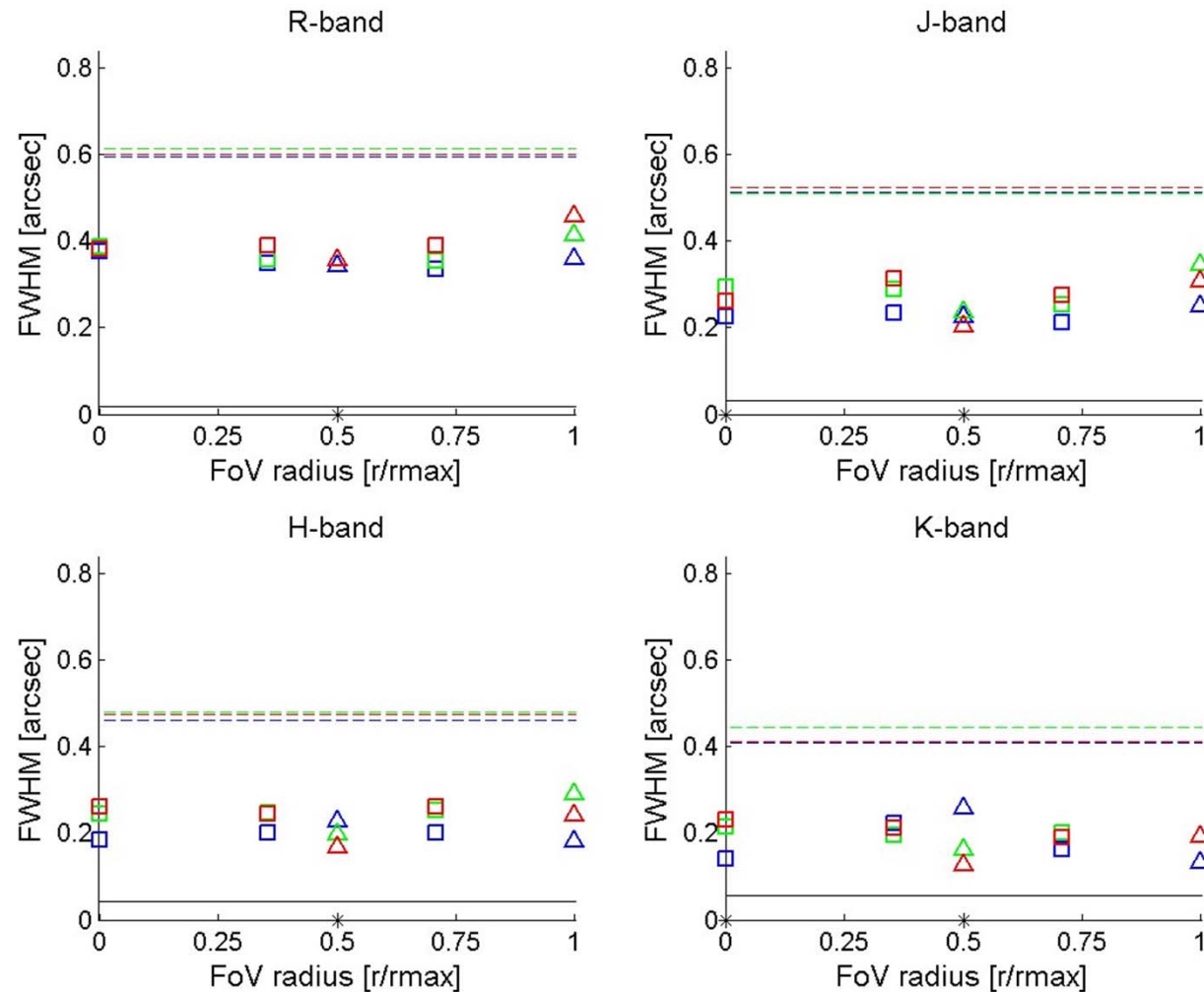


Seeing: 青: 10'  $\phi$ 、緑: 15'  $\phi$ 、赤: 20'  $\phi$

方向:  $\square$ : GS方向、 $\triangle$ : 対角方向、\*: DMfitting

破線: Seeing、実線: 回折限界

## 6.2 Fieldによる補正の違い: Moderate seeing (0.65" @ 0.5 $\mu$ m)

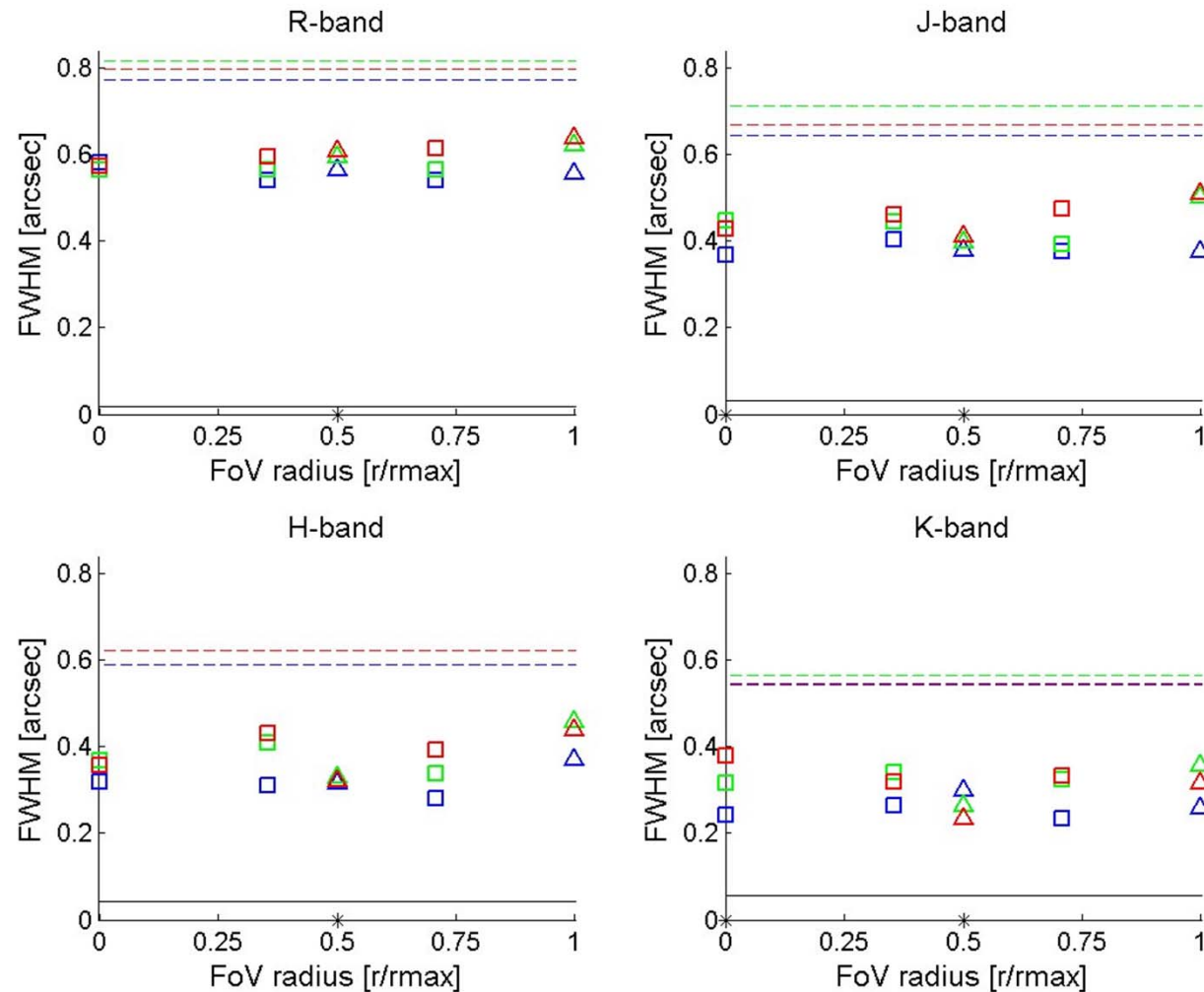


Seeing: 青: 10'  $\phi$ 、緑: 15'  $\phi$ 、赤: 20'  $\phi$

方向:  $\square$ : GS方向、 $\triangle$ : 対角方向、\*: DMfitting

破線: Seeing、実線: 回折限界

## 6.3 Fieldによる補正の違い: Bad seeing (0.84" @ 0.5 $\mu$ m)



Seeing: 青: 10'  $\phi$ 、緑: 15'  $\phi$ 、赤: 20'  $\phi$

方向: □: GS方向、△: 対角方向、\*: DMfitting

破線: Seeing、実線: 回折限界



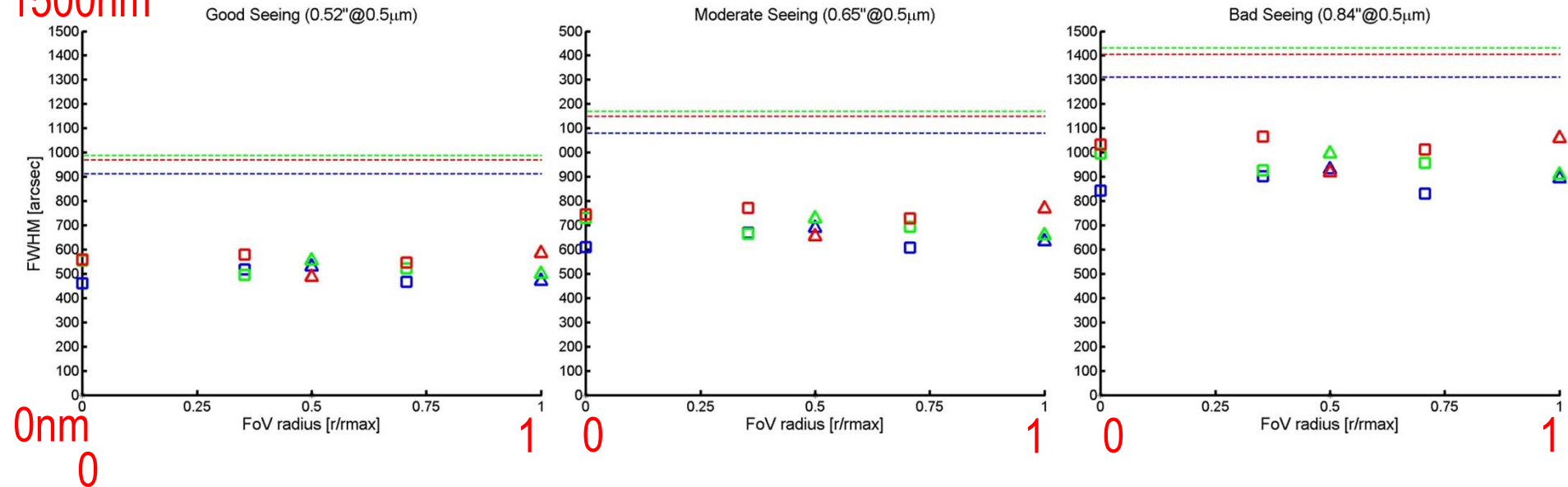
## 6.4 Fieldによる補正の違い(WFE)

Good seeing (0.52")

Moderate seeing (0.62")

Bad seeing (0.84")

1500nm



Seeing: 青: 10'  $\phi$ 、緑: 15'  $\phi$ 、赤: 20'  $\phi$

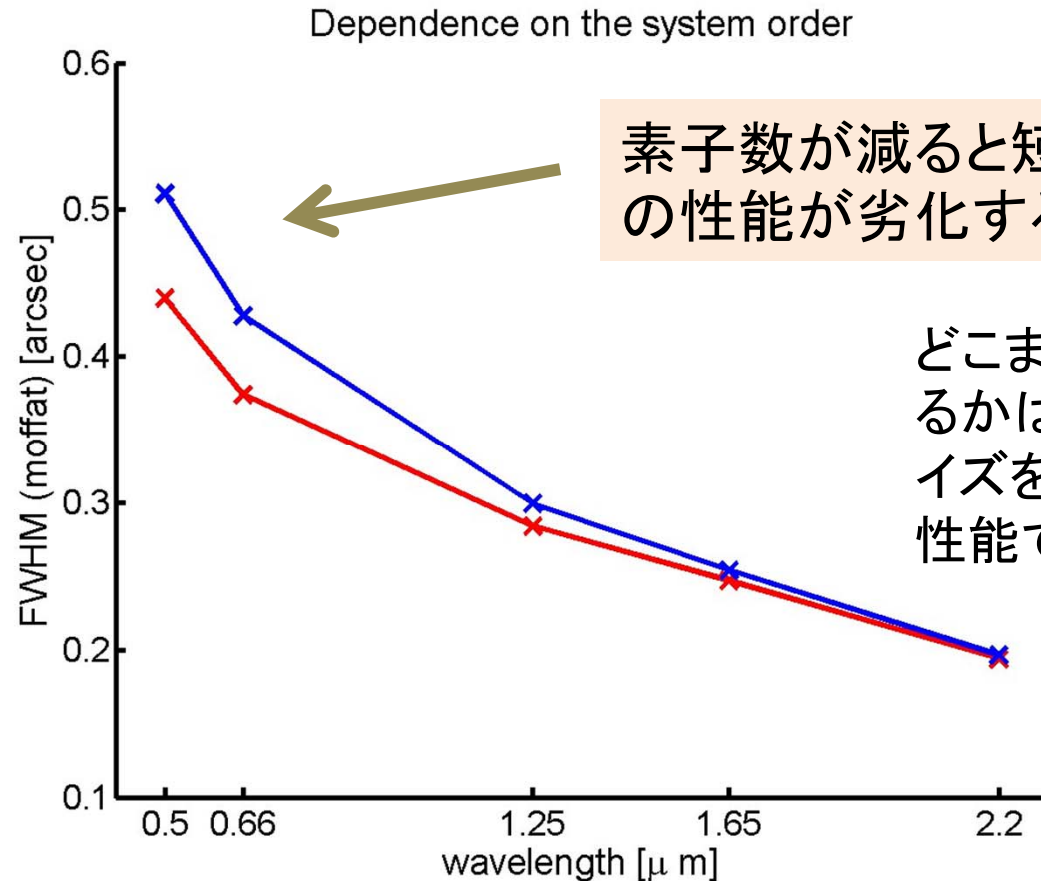
方向: □: GS方向、△: 対角方向

破線: Seeing (uncorrected)



## 7. 素子数による補正の違い

$r=15'$   
RAVEN  
moderate  
の場合



素子数が減ると短波長の性能が劣化する

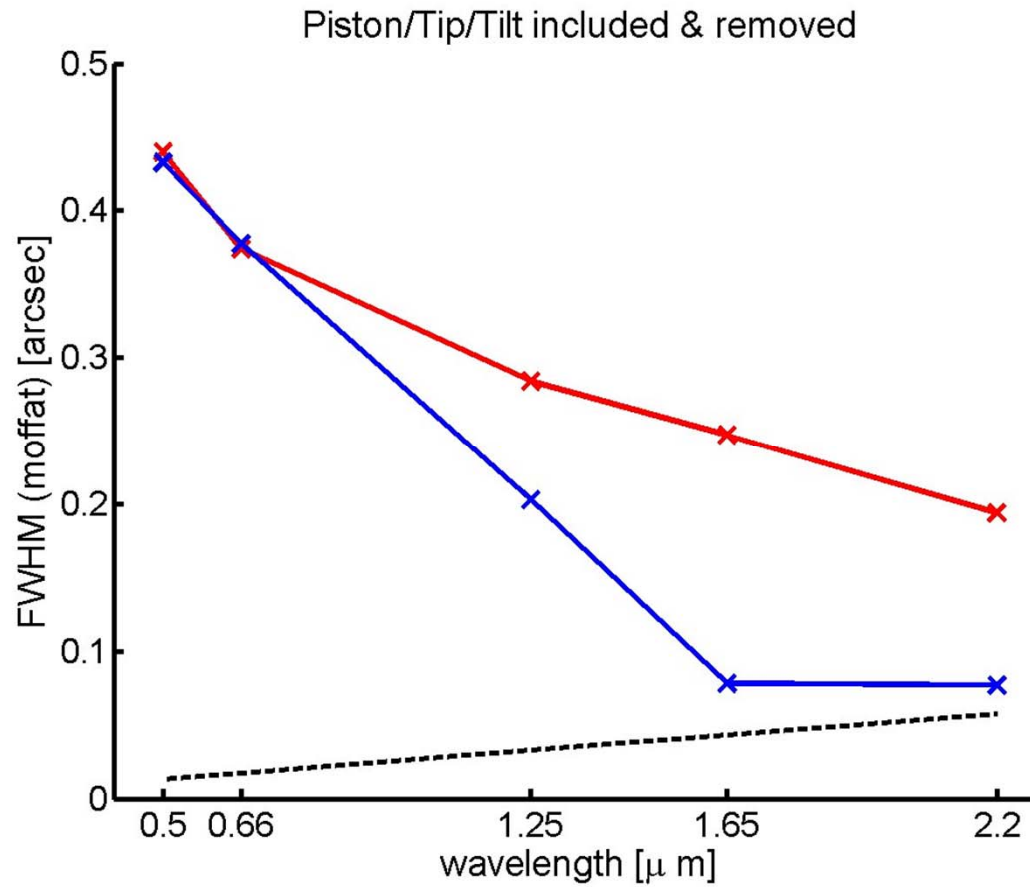
どこまで素子数を増やせるかは、LGSの明るさとノイズを考慮した場合の性能で決める

赤: 32 act. across DM (& WFS)、青: 10 act. across DM (& WFS)

high-order DM (32 act. across), low-order WFS (10 act. across)の組み合わせは、10 act. across DM (&WFS)の場合と同じ結果になる(WFSリミット)。

## 8. piston/tip/tiltを除いた場合の性能

r=15'  
RAVEN  
moderate  
の場合



赤実線: PTT included、青実線: PTT removed、黒破線: 回折限界