GUI Devel Meeting報告

2021年7月15日(木)17時

廣瀬千晶

目的　IMCの鏡にASCを導入する。

解析計算とシミュレーションで比較。

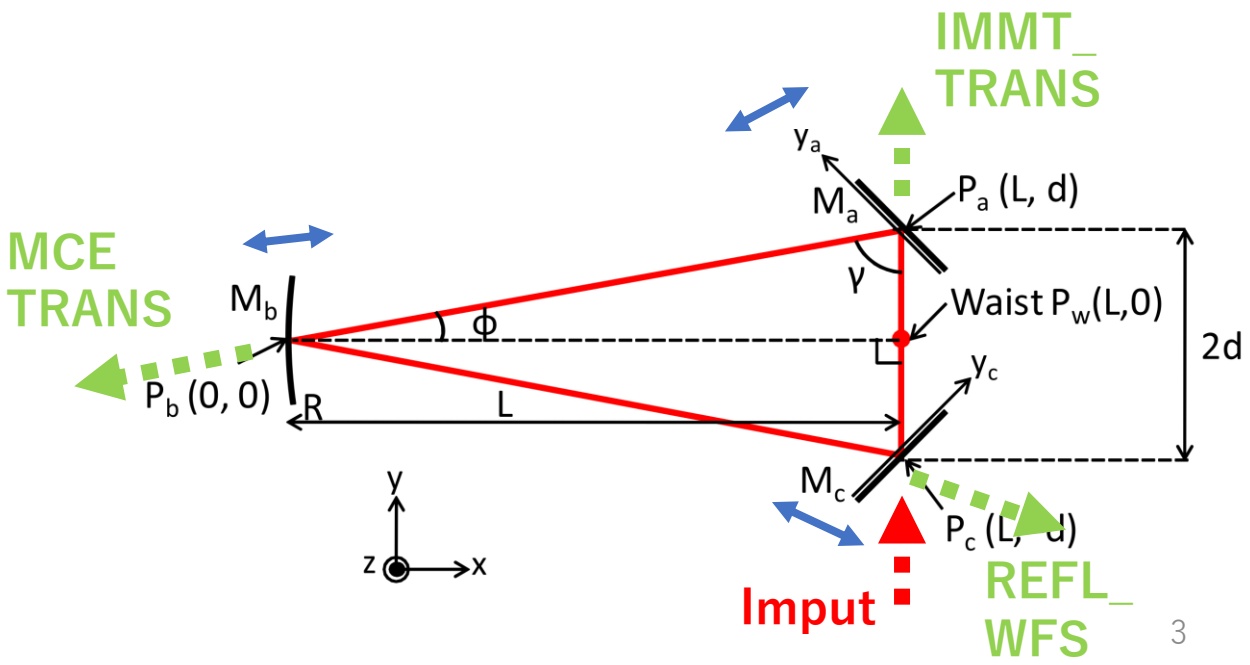
- 川添さんの論文からの引用を確認
- フラットミラー→1枚ずつに直すときに
  (Com+Dif)/2ではなく(Com+Dif)にする。
- シミュレーションで、
  accumulated gouy phaseがどうなっているか確認。

Analysis calculation of IMC_ASC

View the signal in reflected power (REFL_WFS) and transmitted power (IMMT_TRANS, MCe_TRANS) when the mirror is moved in **6 patterns**.

Signal separation of the six patterns of motion at the position of the QPD (by Gouy phase).

(Yaw)	Move the flat mirror to in-phase	b_p
	Move the flat mirror to differential.	b_m
	Move end mirror	b_b
(Pitch)	Move the flat mirror to in-phase	a_p
	Move the flat mirror to differential.	a_m
	Move end mirror	a_b



具体的な解析計算の流れ

REFL_WFS

各ミラーの角度変化によって生じる入射光軸に対する共振器軸のウェスト周りでの平行移動をδx、回転$\delta\theta$とすると、REFL で得られる WFS 信号は、[1]

$$P_{\mathrm{WFS}}^{\mathrm{I\ total}} = -\sqrt{\frac{8}{\pi}} P_0 J_0(\beta) J_1(\beta)(r_{\mathrm{c0}} r_{\mathrm{s1}} - r_{\mathrm{c1}} r_{\mathrm{s0}}) \left(\frac{\boxed{\delta x}}{w_0} \sin\eta - \frac{\boxed{\delta\theta}}{\alpha_0} \cos\boxed{\eta} \right)$$

代入する

グイ位相

ミスアライメントしたときのウエスト位置での共振軸の変化

Direction	Cause	Δx	Δz	$\Delta\theta_x$	$\Delta\theta_z$
Yaw	α_b	0	0	$-\frac{R}{(R-L-d)}\alpha_b$	0
	α_+/α_p	0	0	$\frac{R-L}{(R-L-d)}\alpha_+$	0
	α_-/α_m	$-\sqrt{L^2+d^2}\alpha_-$	0	0	0
Pitch	β_b	0	$-\beta_b R$	0	0
	β_+/β_p	0	$\beta_+\frac{R-L}{2}$	0	0
	β_-/β_m	0	0	0	$\frac{\beta_-}{\sqrt{2}}$

REFL_WFS

Y方向の変化分に関して

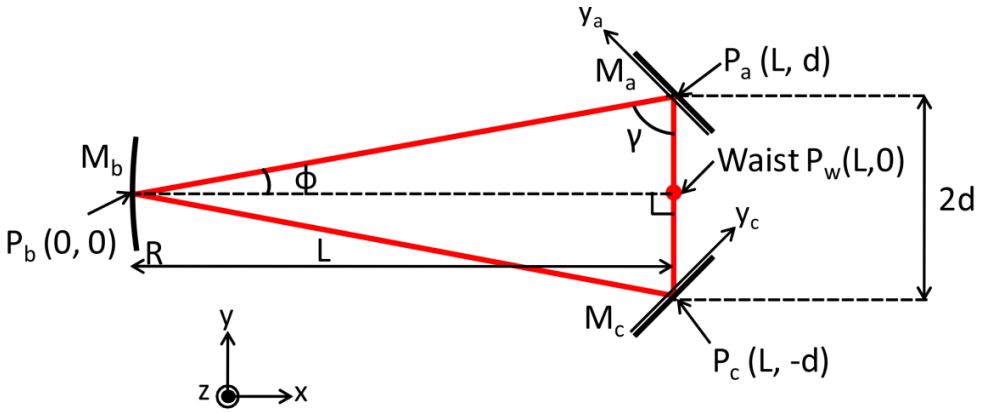
Kawazoeさんの論文から(出版版)

Table 2. Horizontal misalignment comparison.

Type	Method	M_a Δx	M_a Δy	M_c Δx	M_c Δy	M_b Δx	M_b Δy	Waist Δx	Waist Δy	Waist θ
α_b	Geom. analy.	0.205	−0.205	−0.205	−0.205	0	−13.970	0	0.205	−1.370
	OptoCad	0.206	−0.202	−0.206	−0.202	0	−13.974	0	0.209	−1.370
	IFOCAD	0.206	−0.202	−0.206	−0.202	0	−13.974	0	0.209	−1.370
α_-	Geom. analy.	−10.051	10.051	−10.051	−10.051	0	0	−10.051	0	0
	OptoCad	−10.051	9.902	−10.051	−9.902	0	0	−10.051	0	0
	IFOCAD	−10.051	9.902	−10.051	−9.902	0	0	−10.051	0	0
α_+	Geom. analy.	−0.151	0.151	0.151	0.151	0	0.205	0	−0.001	1.005
	OptoCad	−0.151	0.149	0.151	0.149	0	0.206	0	−0.003	1.005
	IFOCAD	−0.151	0.149	0.151	0.149	0	0.206	0	−0.003	1.005

Table 3. Vertical misalignment comparison.

Type	Method	M_a Δx	M_a Δz	M_c Δx	M_c Δz	M_b Δx	M_b Δz	Waist Δx	Waist Δz	Waist θ
β_b	Geom. analy.	0	−37.800	0	−37.800	0	−37.800	0	−37.800	0
	IFOCAD	0	−37.800	0	−37.800	0	−37.800	0	−37.800	0
β_-	Geom. analy.	0	−0.106	0	0.106	0	0	0	0	0.707
	IFOCAD	0	−0.106	0	0.106	0	0	0	0	0.702
β_+	Geom. analy.	0	19.622	0	19.622	0	26.729	0	19.622	0
	IFOCAD	0	19.770	0	19.770	0	26.930	0	19.770	0



ウエスト位置でのΔy成分が発生しているものの、
ウエスト位置においての並進方向と傾きの代入なので、Δyはそれぞれ関係ない

MCe TRANS

TRANSでの信号 $P_{diff} = \sqrt{\frac{8}{\pi}} P_0 \left(\frac{\delta x}{w_0} \cos\eta - \frac{\delta\theta}{\alpha_0} \sin\eta \right)$

MaMb光軸上のウエスト位置とは、
（フラットミラーで折り返さない想定で）
MaMb光軸をフラットミラーよりも延長して、
フラットミラーからウエストと同距離の点

Table7.7：ミスアラインメントによる Ma-Mb 光軸上のウェスト位置の平行移動、回転

Direction	Cause	δy	δθ
Horizontal	α_b	$S\left(1 - \frac{L + d\theta_b}{L - d}\right)\delta\theta$	$\tan^{-1}\left(\frac{(L^2 - d^2)\theta_b}{S^2 + 2Ld\theta_b}\right)$
	α_+	$S\left(1 - \frac{R(L - d\theta_+)\varphi_+}{(L\varphi_+ - d\theta_+)L}\right)\delta\theta$	$\tan^{-1}\left(\frac{d(d\theta_+ - L\varphi_+)}{S^2 - Ld\theta_+ - d^2\varphi_+}\right)$
	α_-	$S\delta\theta$	$\tan^{-1}\left(\frac{(d + L)\alpha_-}{S + (d - L)}\right)$

Direction	Cause	δz	δθ
Vertical	β_b	$-\beta_b R$	0
	β_+	$(S - R)\delta\theta$	$\tan^{-1}\left(\frac{-\beta_+}{\sqrt{2}}\right)$
	β_-	$S\delta\theta$	$\tan^{-1}\left(-\frac{d\beta_-}{L\sqrt{2}}\right)$

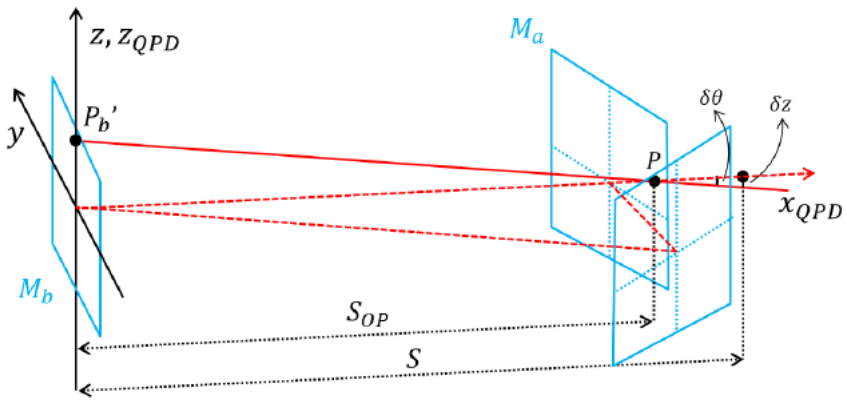


Fig.7.4　垂直方向の光軸の変化

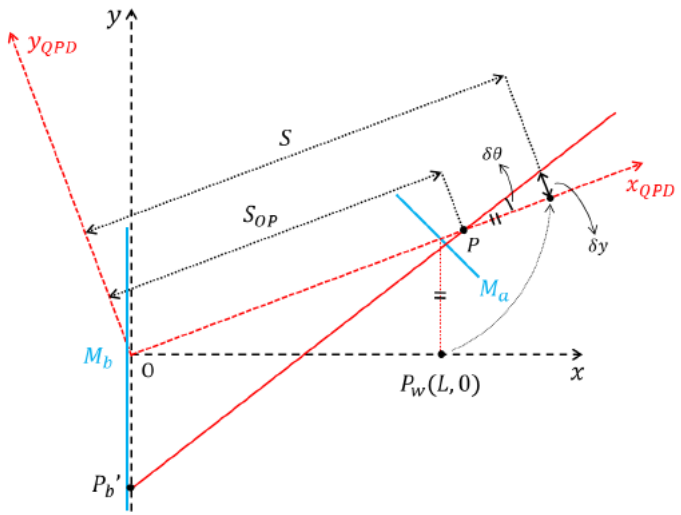


Fig.7.3　水平方向の光軸の変化

IMMT1_TRANS

TRANSでの信号 $P_{diff} = \sqrt{\frac{8}{\pi}} P_0 \left(\frac{\delta x}{w_0} \cos\eta - \frac{\delta\theta}{\alpha_0} \sin\eta \right)$

IMMT1_TRANSはウエスト位置がある光軸と同じ光軸にあるため、
実際のウエスト位置での共振軸の変化をそのまま代入する。

ミスアライメントしたときのウエスト位置での共振軸の変化

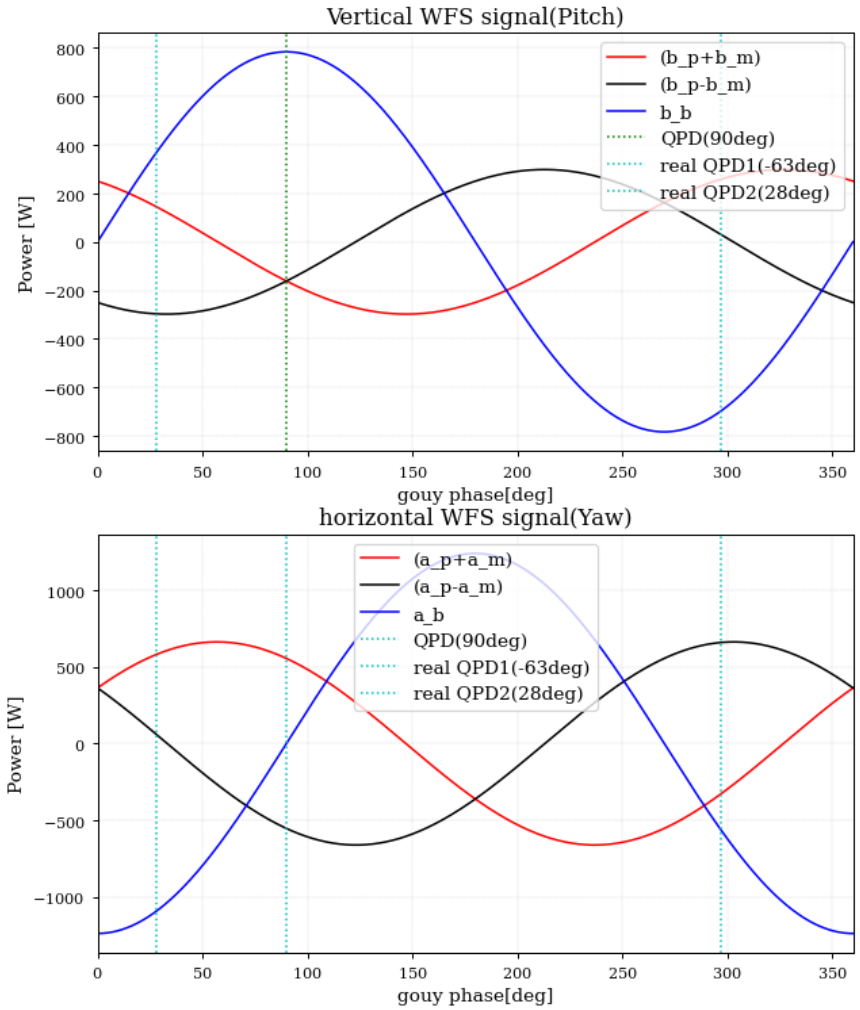
Direction	Cause	Δx	Δz	$\Delta\theta_x$	$\Delta\theta_z$
Yaw	α_b	0	0	$-\frac{R}{(R-L-d)}\alpha_b$	0
	α_+/α_p	0	0	$\frac{R-L}{(R-L-d)}\alpha_+$	0
	α_-/α_m	$-\sqrt{L^2+d^2}\alpha_-$	0	0	0
Pitch	β_b	0	$-\beta_b R$	0	0
	β_+/β_p	0	$\beta_+ \frac{R-L}{2}$	0	0
	β_-/β_m	0	0	0	$\frac{\beta_-}{\sqrt{2}}$

解析 vs Finesse simulation

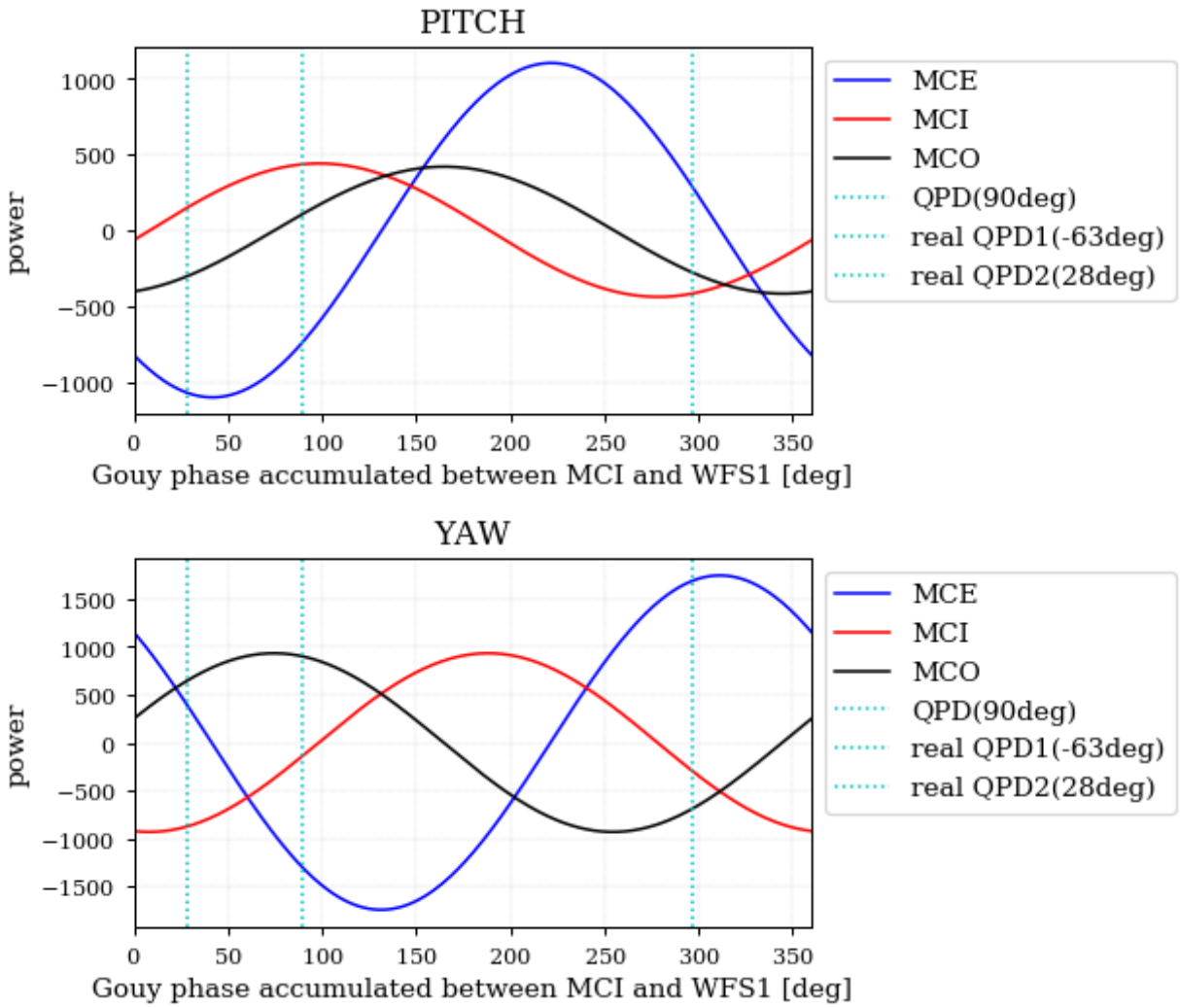
REFL_WFS 1枚ずつ鏡を動かした場合

Finesse simulationではgouy phaseシフトしてる。

解析計算 **VS** simulation



不一致

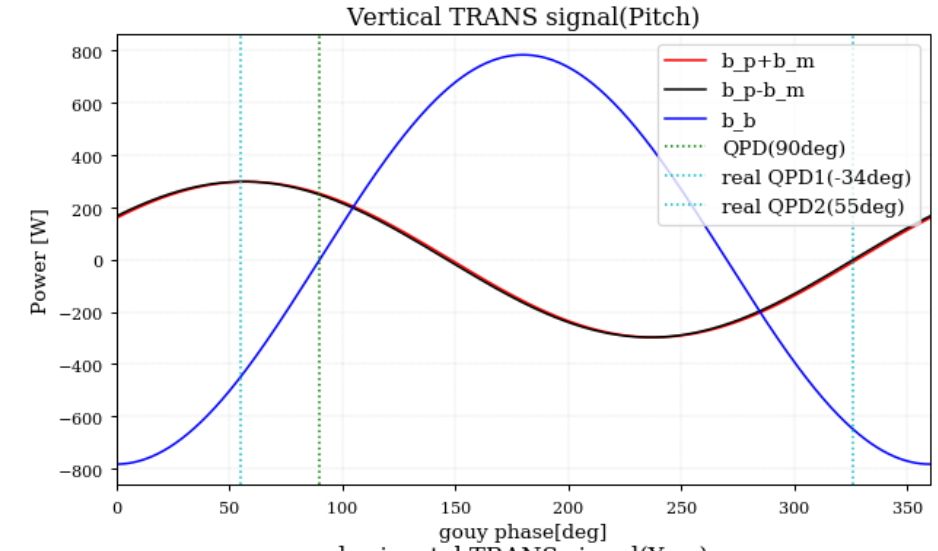


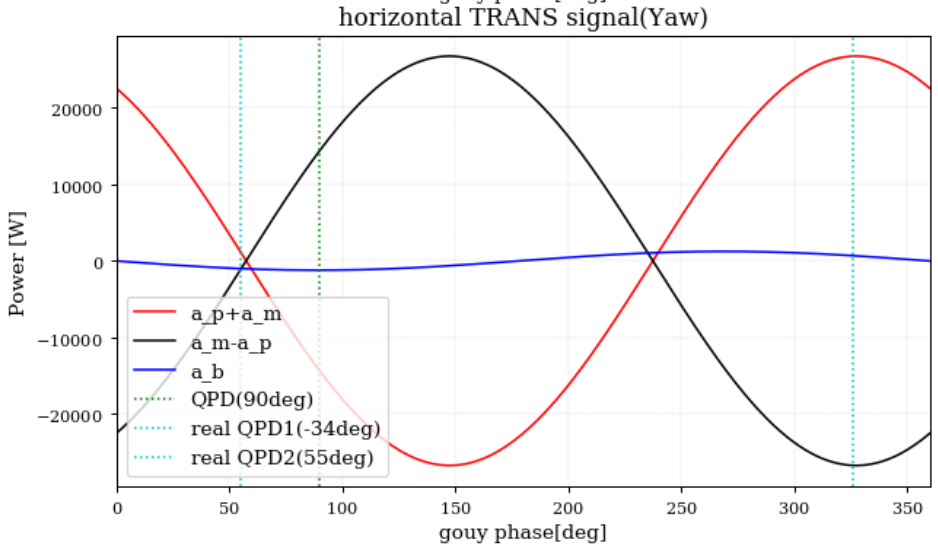
MCe TRANS

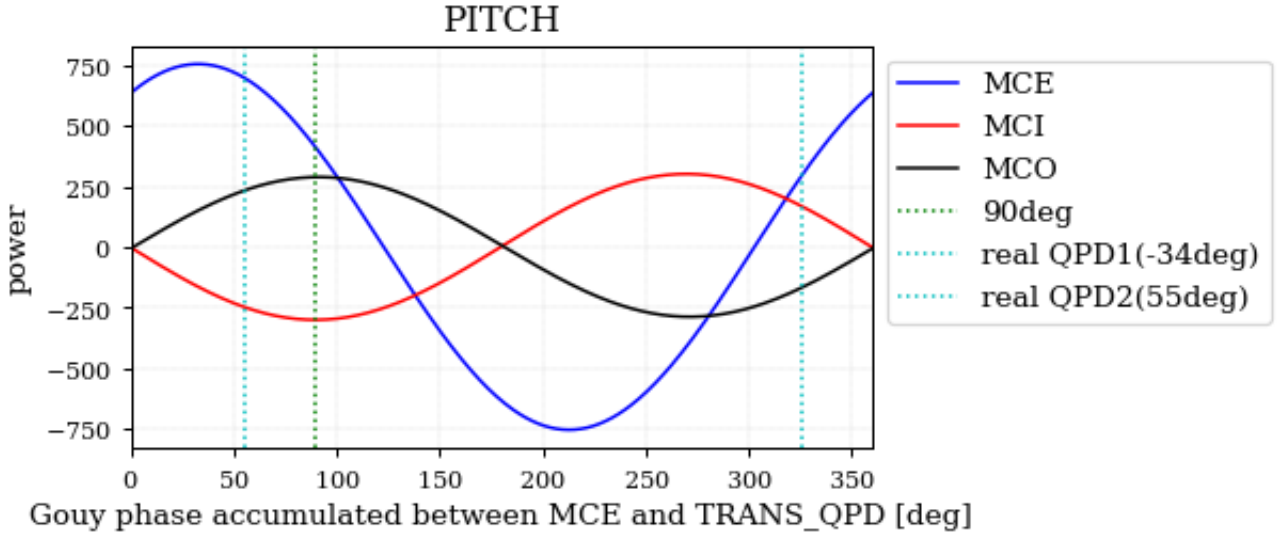
1枚ずつ鏡を動かした場合

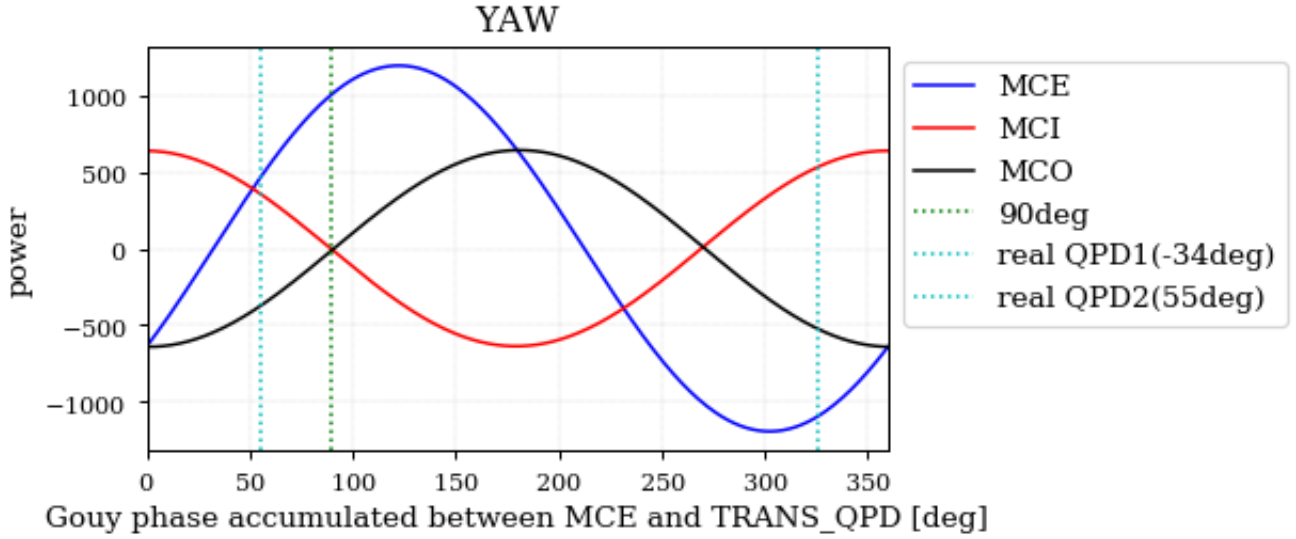
Finesse simulationではgouy phaseシフトしてる。

解析計算 **VS** simulation





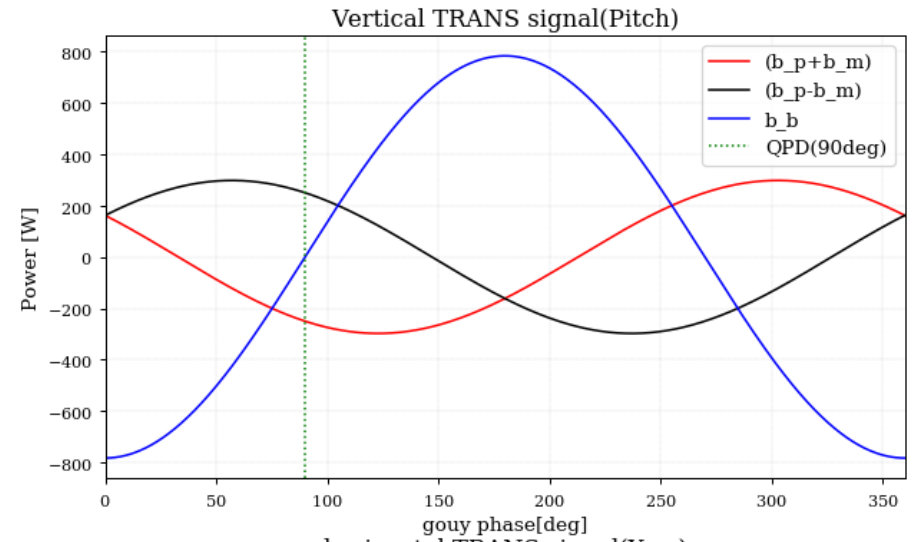


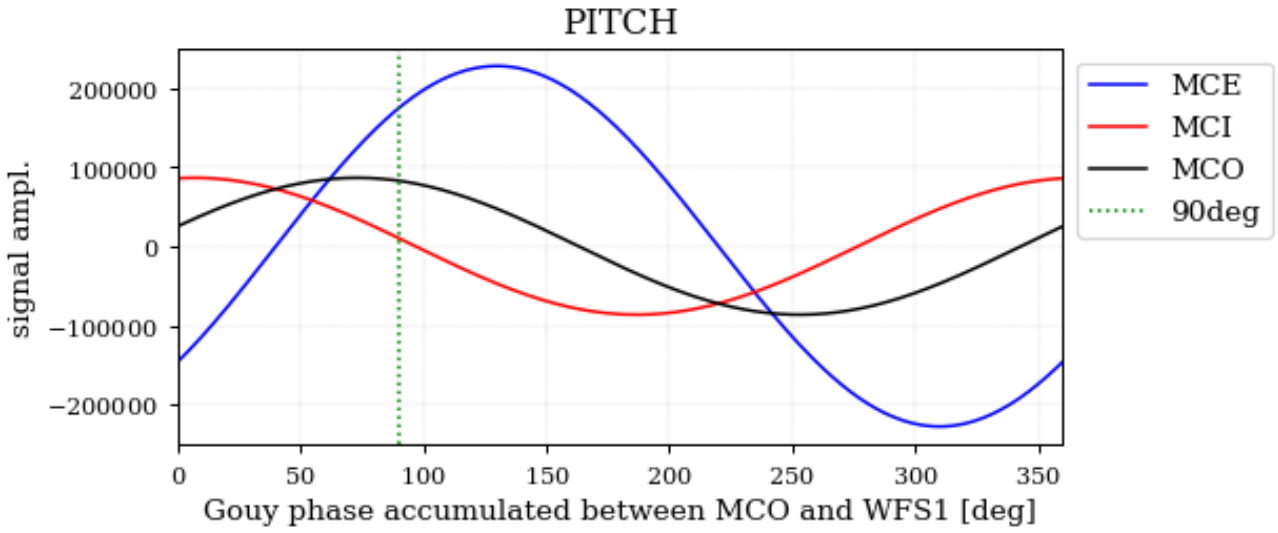


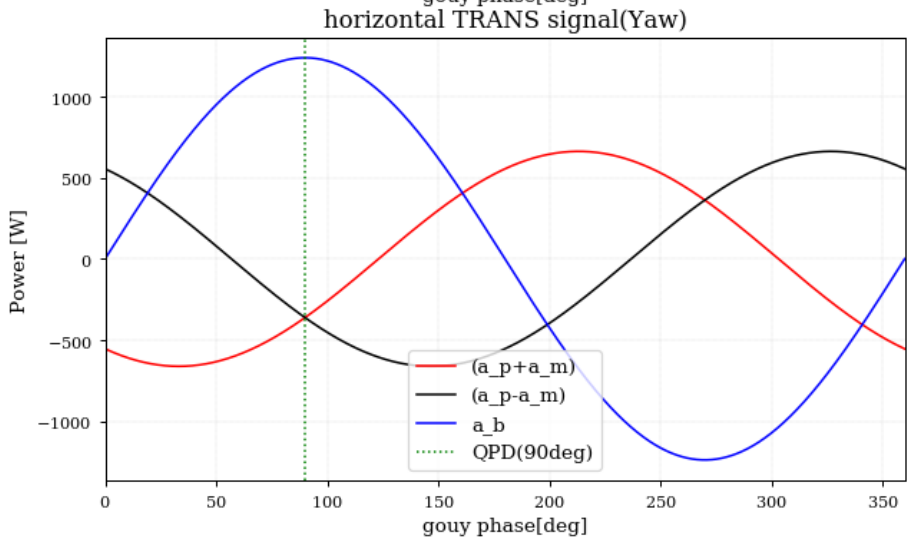
IMMT1__TRANS 1枚ずつ鏡を動かした場合

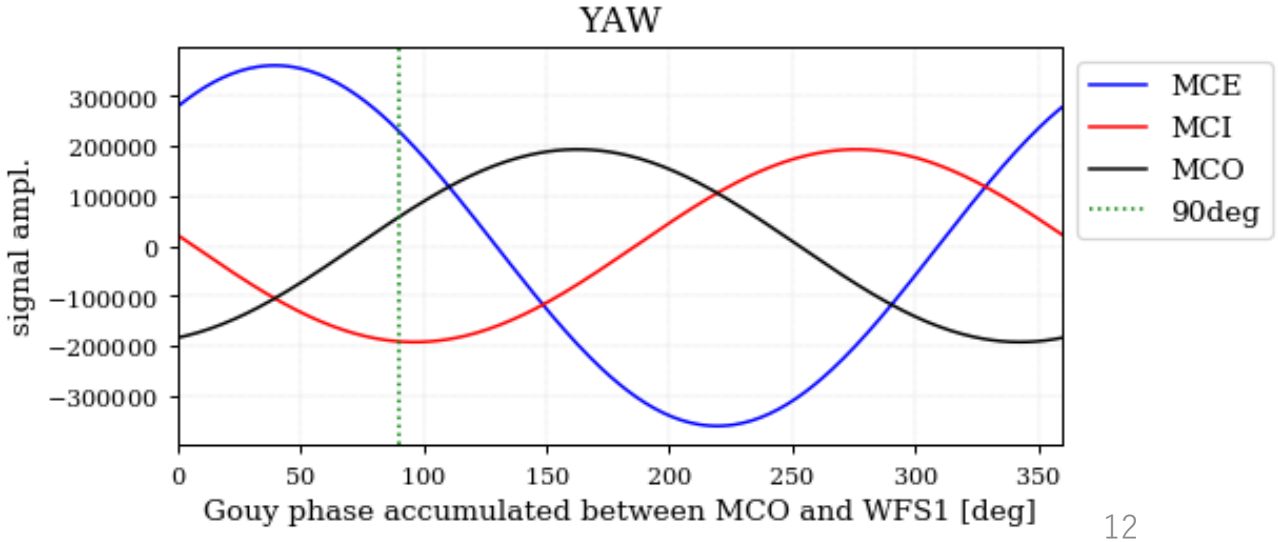
Finesse simulationではgouy phaseシフトしてる。

解析計算 **VS** simulation

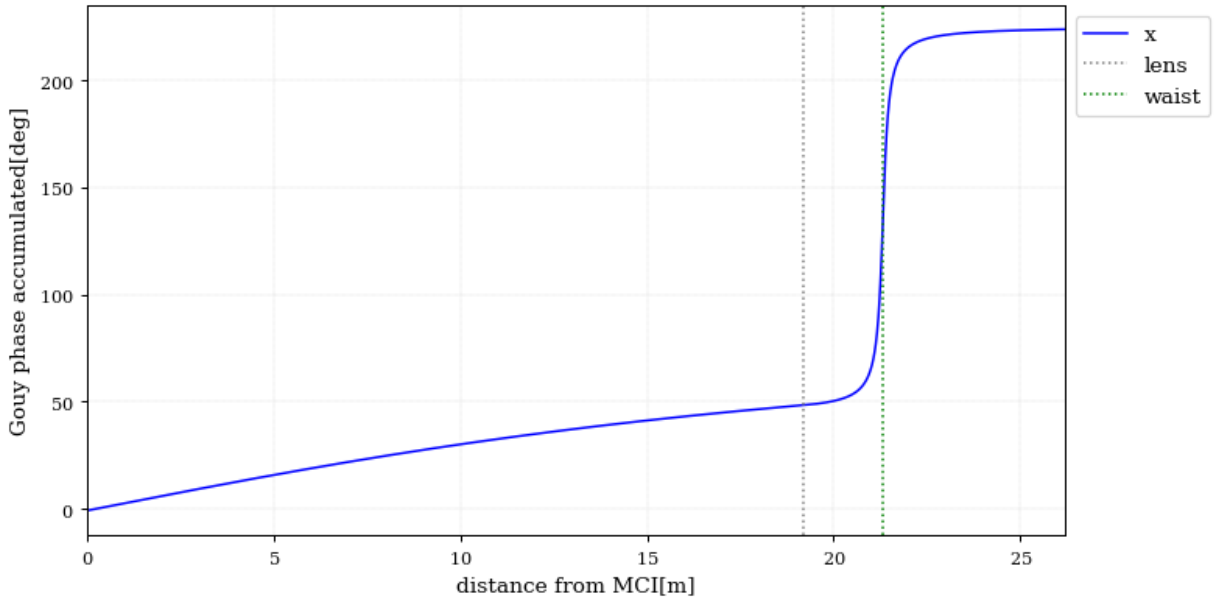






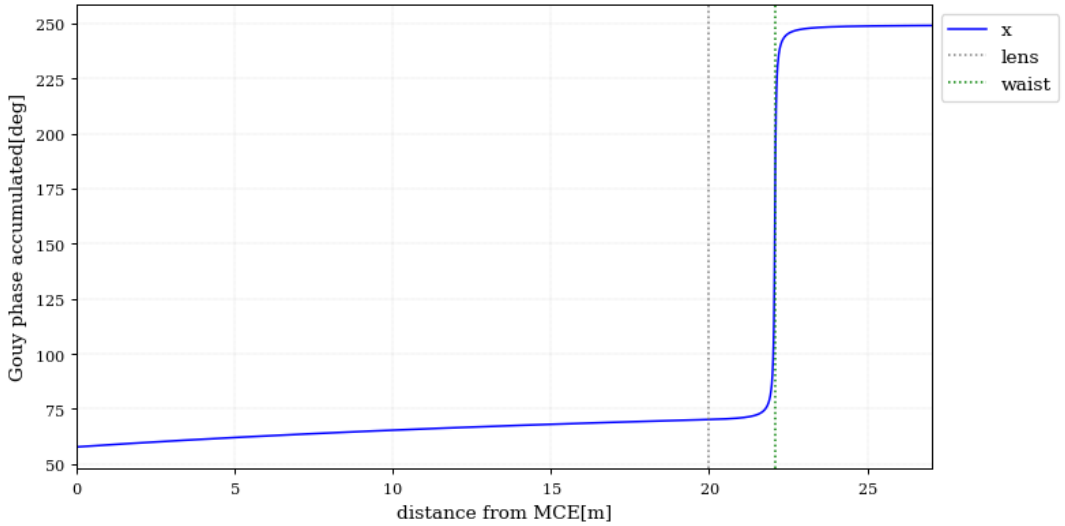


シミュレーションにて
Accumulated gouy phase 確認

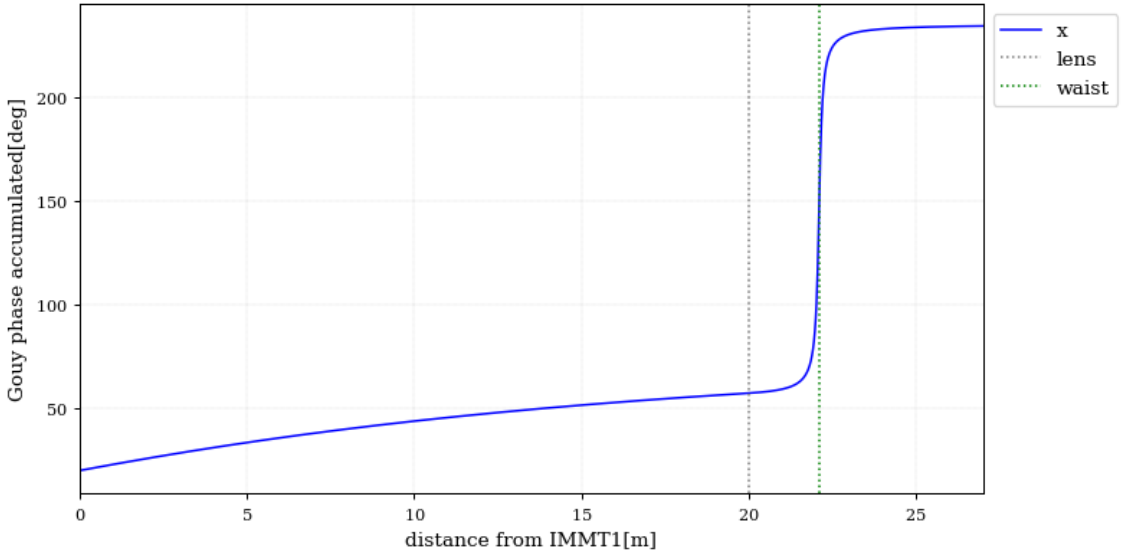


MCIからlensまで50度進む。
IMC WaistからMCIまで1度以下進む。

※注意　シミュレーションで
gouy phaseをプロットすると、
lens地点で-90度になる。
(今回は増加分をグラフにしました)



MCEからlensまで10度進む。
IMC WaistからMCIまで55度進む。



IMMT1からlensまで45度進む。
IMC WaistからMCIまで20度進む。