

Wavefront Sensor 法による三角共振器のミスアラインメント検出

齊藤高大

新潟大学大学院 自然科学研究科 電気情報工学専攻 博士後期課程 2 年

2014 年 6 月 17 日

1 はじめに

三角共振器を構成する各ミラーが傾いたときに、入射光軸と共振器軸のずれが生じる。Wave front sensor 法(WFS)を用いてこのミスアラインメントを検出する際の WFS 信号をまとめる。

2 三角共振器の反射係数

入射光軸と共振器軸が一致している場合の振幅反射率を 0 次と 1 次のモードについてまとめる。[1]

00 モードが三角共振器を 1 周するときの位相変化を φ とすると、三角共振器の 00 モードに対する振幅反射率は、

$$r_{c0} = -r_F + \frac{t_F^2 r_E e^{i\varphi}}{1 - r_F r_E e^{i\varphi}} \quad (1)$$

10 モードの場合は 00 モードと Gouy phase だけ位相が異なるため、三角共振器を 1 周して進む Gouy phase を η とすると、

$$r_{c1} = -r_F + \frac{t_F^2 r_E e^{i(\varphi+\eta)}}{1 - r_F r_E e^{i(\varphi+\eta)}} \quad (2)$$

3 各ミラーの傾きに対する入射光軸と共振器軸のずれ

三角共振器の各ミラーが傾いたとき、入射光軸と共振器軸がどのようにずれるかを Table.1 にまとめた。水平方向のミラーの傾きについては、凹面ミラーの傾きを α_b 、1組の平面ミラーの同相傾き変化を α_+ 、1組の平面ミラーの差動傾き変化を α_- として表した。垂直方向のミラーの傾きについては、凹面ミラーの傾きを β_b 、1組の平面ミラーの同相傾き変化を β_+ 、1組の平面ミラーの差動傾き変化を β_- として表した。[2]

Table.1: ミラーの傾きに対する入射光軸と共振器軸のずれ

Direction	Cause	δx	δz	$\delta \theta_x$	$\delta \theta_z$
Horizontal	α_b	0	0	$-\frac{R}{(R-L-d)}\alpha_b$	0
	α_+	0	0	$-\frac{R-L}{(R-L-d)}\alpha_+$	0
	α_-	$-\sqrt{L^2+d^2}\alpha_-$	0	0	0
Vertical	β_b	0	$-\beta_b R$	0	0
	β_+	0	0	0	$\beta_+ \frac{R}{\sqrt{2}}$
	β_-	0	0	0	$-\frac{\beta_-}{\sqrt{2}}$

4 ミラーの傾きに対する WFS 信号の gouy 位相依存性

WFS 信号は以下の式で表すことができる。[1]

$$P_{WFS}^I = 2P_0 J_0(\beta) J_1(\beta) U_1^* U_0^* U_0 U_0 (r_{c0} r_{s1} - r_{c1} r_{s0}) \left(\frac{\delta x}{w_0} \sin \eta - \frac{\delta \theta}{\alpha_0} \cos \eta \right) \quad (3)$$

入射光軸に対して、共振器軸が δx 平行移動したとすると、WFS 信号強度は、

$$I_{displacement} \propto \frac{\delta x}{w_0} \sin \eta(z) \quad (4)$$

入射光軸に対して、共振器軸がウェスト周りで $\delta \theta$ だけ回転したとすると、WFS 信号強度は、

$$I_{tilt} \propto -\frac{\delta \theta}{\alpha_0} \cos \eta(z) \quad (5)$$

水平方向と垂直方向について各ミラーの傾きに対する WFS 信号強度を Table.2 にまとめた。

Table.2: ミラーの傾きに対する WFS 信号

Direction	Cause	WFS signal Intensity
Horizontal	α_b	$\propto \frac{R}{(R-L-d)} \frac{\alpha_b}{\alpha_0} \cos \eta(z)$
	α_+	$\propto \frac{R-L}{(R-L-d)} \frac{\alpha_+}{\alpha_0} \cos \eta(z)$
	α_-	$\propto -\sqrt{L^2 + d^2} \frac{\alpha_-}{w_0} \sin \eta(z)$
Vertical	β_b	$\propto -\frac{R\beta_b}{w_0} \sin \eta(z)$
	β_+	$\propto -\frac{R\beta_+}{\sqrt{2}\alpha_0} \cos \eta(z)$
	β_-	$\propto \frac{\beta_-}{\sqrt{2}\alpha_0} \cos \eta(z)$

上の表に示した WFS 信号強度の中で、 $\cos \eta(z)$ に比例する WFS 信号は、共振器軸のウェスト周りでの傾きによって生じる WFS 信号であり、 $\sin \eta(z)$ に比例する信号は、共振器軸の平行移動によって生じる WFS 信号である。共振器軸の傾きによる WFS 信号と共振器軸の平行移動による WFS 信号に分けて、それらの信号の Gouy 位相依存性を水平方向については Fig.1 に、垂直方向については Fig.2 に示した。

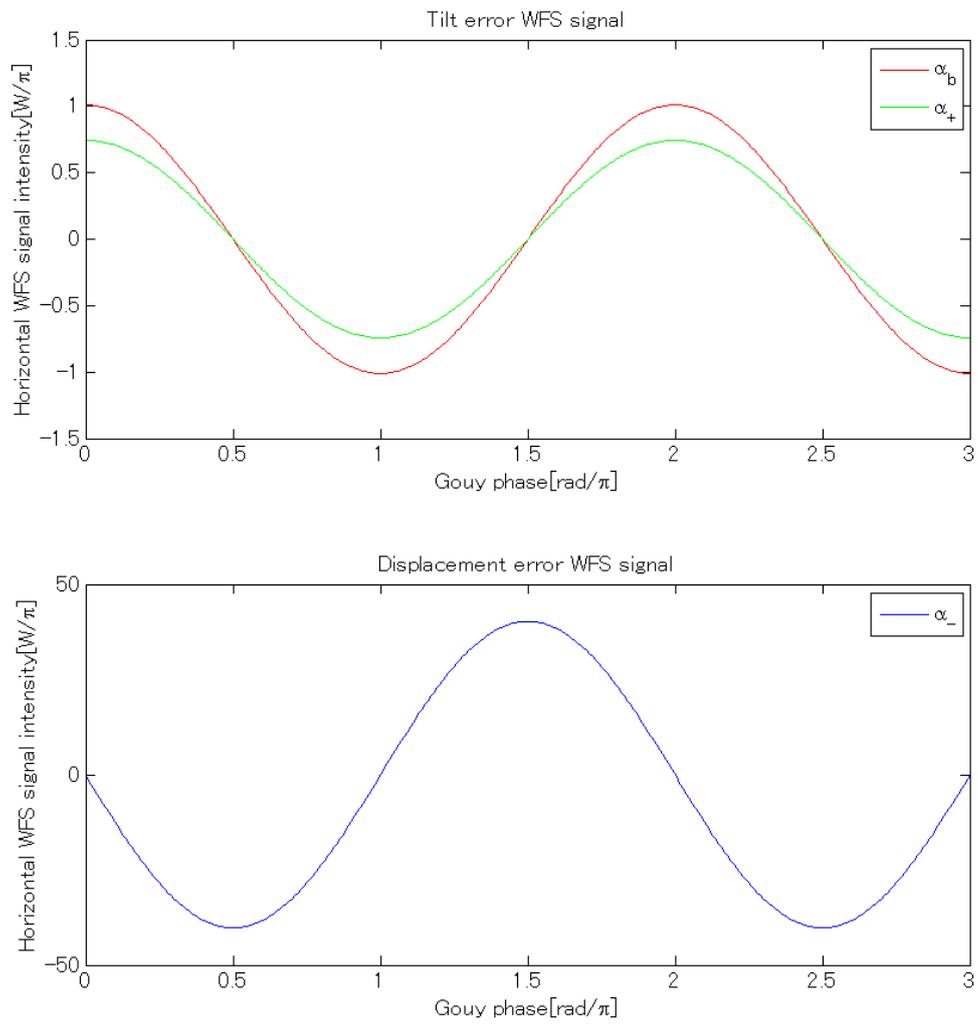


Fig.1 水平方向の WFS 信号強度の Gouy 位相依存性

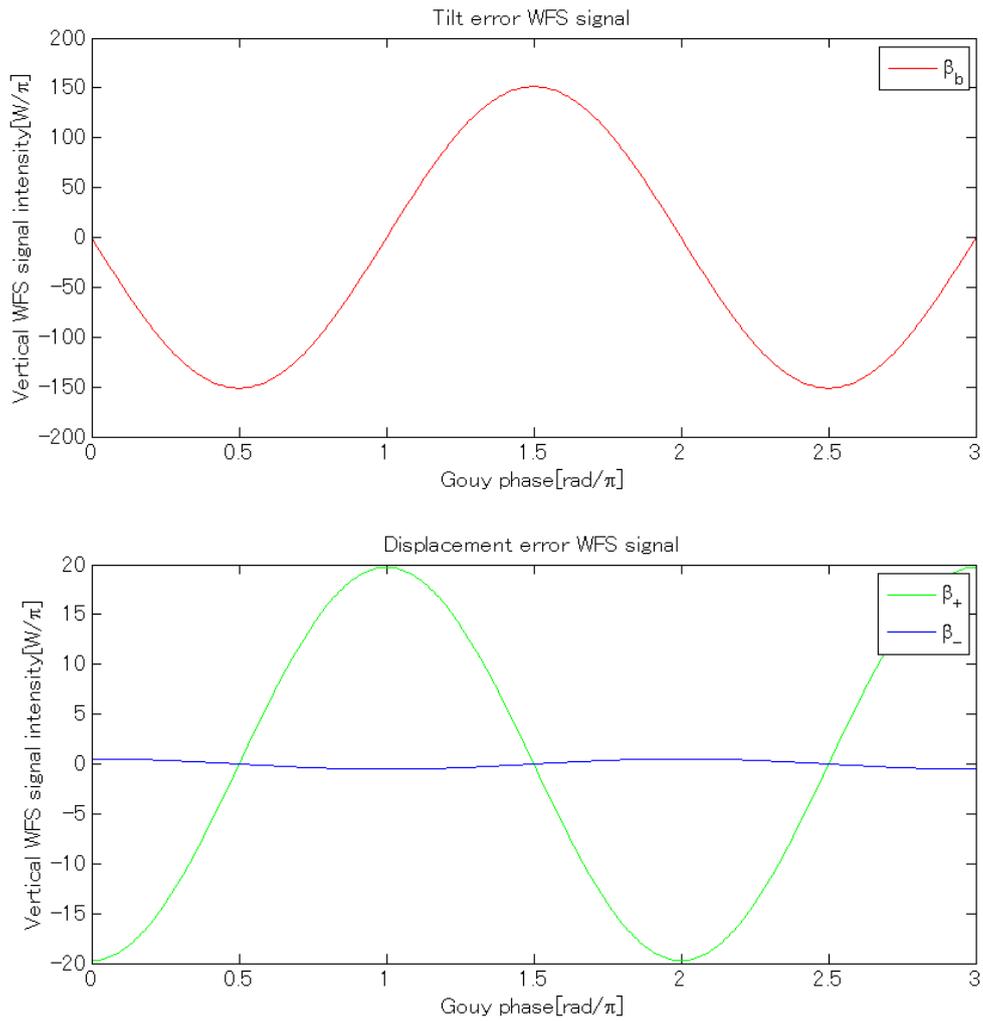


Fig.2 垂直方向の WFS 信号強度の Gouy 位相依存性

参考文献

- [1]道村唯太: Wavefront Sensor の原理 (2011)
- [2] F. kawazoe et al: Eigenmode changes in a misaligned triangular optical cavity ,J.Opt.13(2011)