

Investigation of couplings with other DoFs of OSEM shadow sensor

June 20, 2016

藤井 善範

Contents

1 Overview	1
2 Introduction	2
2.1 Original OSEMs	2
2.2 Wide cavity OSEMs	2
2.3 Test Bench	3
3 Investigation	4
3.1 Calibration	4
3.2 Couplings with other DoFs	4
A IM の傾きとの対応	8

1 Overview

以下に、OSEM (Optical Sensors and Elector-Magnetic actuators) のセンサーの校正と他自由度カップリングの測定結果をまとめた。OSEM は、Payload に用いられるセンサ/アクチュエータユニットである。本測定の目的は、PD, LED の間隔を既存のものから 10 mm 広げた場合でも顕著な他自由度カップリングがないことを確かめ、bKAGRA で用いる Wide cavity OSEM のデザインとして決定することである。以下、PD, LED の間隔が狭い OSEM を”Normal OSEM”、PD, LED の間隔広い OSEM を”Wide cavity OSEM”と呼ぶことにする。

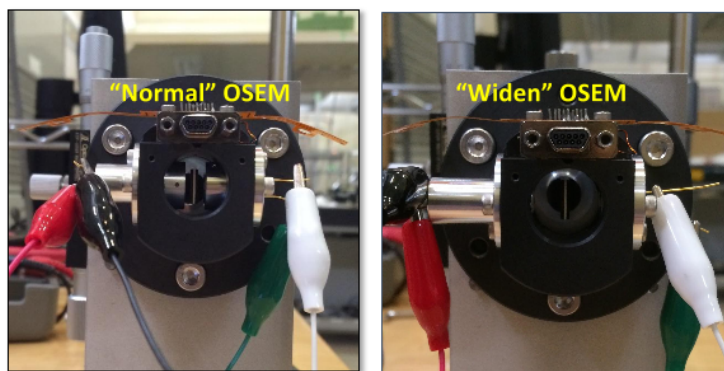


Figure 1.1: Original and wide cavity OSEM

2 Introduction

OSEM は懸架されたマスの振動のモニターしたり、共振をダンブするための shadow センサーと coil-magnet アクチュエータユニットである。IM には6この OSEM が、TM には4この OSEM が取り付けられていて、それぞれ6自由度、3自由度の振動をセンス/アクチュエートすることが出来る。iKAGRA までは IM, TM ともに Nomal OSEM を取り付けていたが、bKAGRA 以降は、TM の OSEM のから shaow sensor が取り外され、また IM には wide cavity OSEM が用いられることとなっている。

2.1 Original OSEMs

Type-B1 試作機試験と iKAGRA-PR3 SAS の payload に用いられた OSEM。iKAGRA-PR3 SAS の payload 組み立ての際に、OSEM Flag が PD, LED に当たって (力を受けて) 折れる事案が2度発生したため、PD, LED 間隔を広げることが考案された。fig は当初の (Original)OSEM の図面を示している。

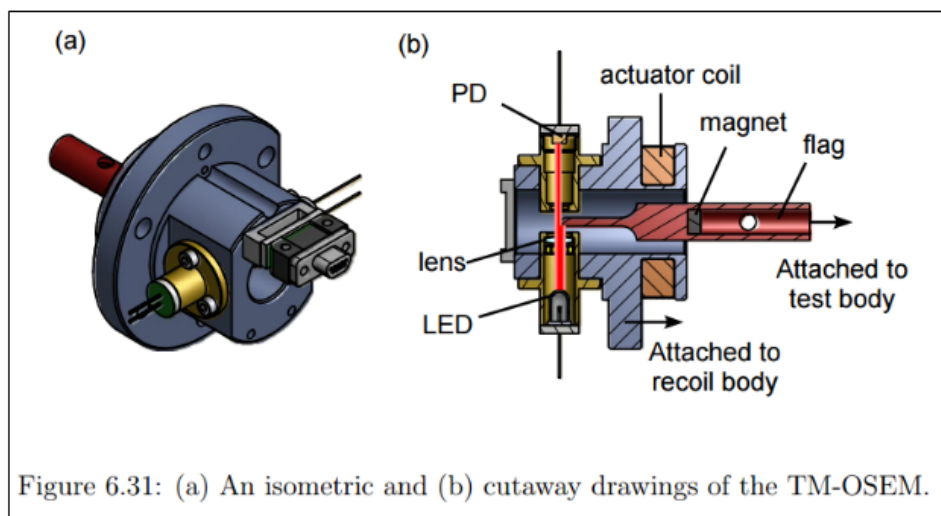


Figure 2.1: Original and wide cavity OSEM[1]

2.2 Wide cavity OSEMs

新たに bKAGRA 以降の SAS の payload(IM のみ) に用いられることが予定されている OSEM。Nomal OSEM に比べて PD, LED 間隔は 10 mm 広がっている。Wide cavity OSEM では、OSEM flag の可動域は、PD, LED ではなく OSEM body に制限される。

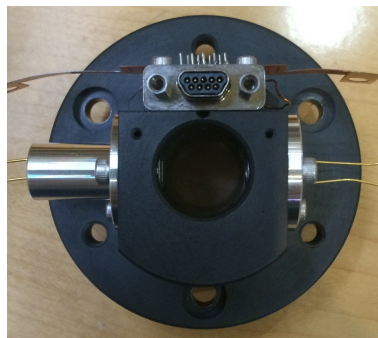


Figure 2.2: wide cavity OSEM

2.3 Test Bench

今回の測定では fig の test bench を用いた。このテストベンチにより、6 自由度方向に flag を移動、回転させることができる。この回転中心は OSEM flag の中心と根本となるように設計されている。(Figure 2.4 参考) またこの測定に用いられた OSEM flag の長さは 60 mm である。

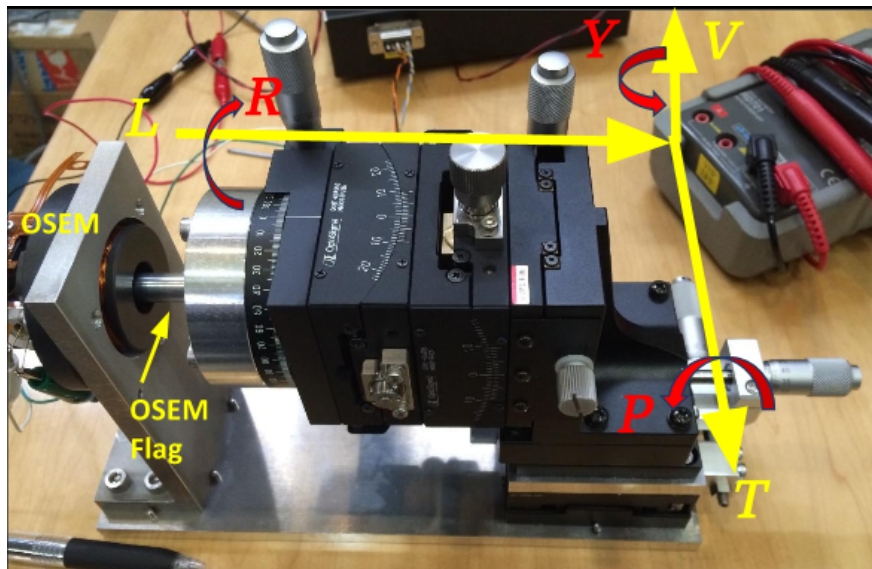


Figure 2.3: Overview of the test Bech(a)

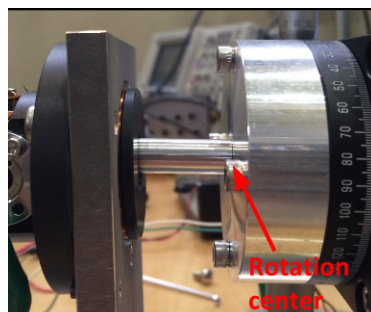


Figure 2.4: Overview of the test Bech(b)

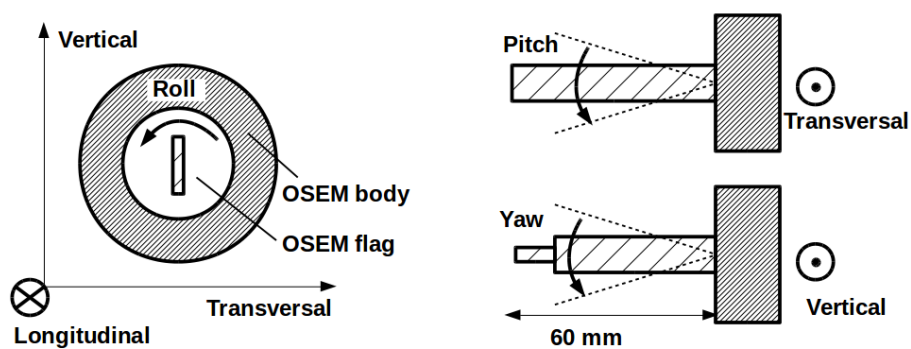


Figure 2.5: Definition of each degree of freedom

3 Investigation

今回は、OSEM Flag を引き抜いた状態での出力をおよそ -9.6V に合わせた後¹ に、以下の Calibration, 他自由度測定を行った。それぞれ、Test bench を用いて OSEM flag を動かし、それに対応する出力電圧をオシロスコープから読み取った。

3.1 Calibration

まず Figure 3.1 に calibration の結果を示した。Original and wide cavity OSEM の calibration factor の違いは 0.6% 程度と、差は見られなかった。ともに calibration factor はおよそ 8.6 V/mm , 線形レンジは $\pm 0.4\text{ mm}$ であった。

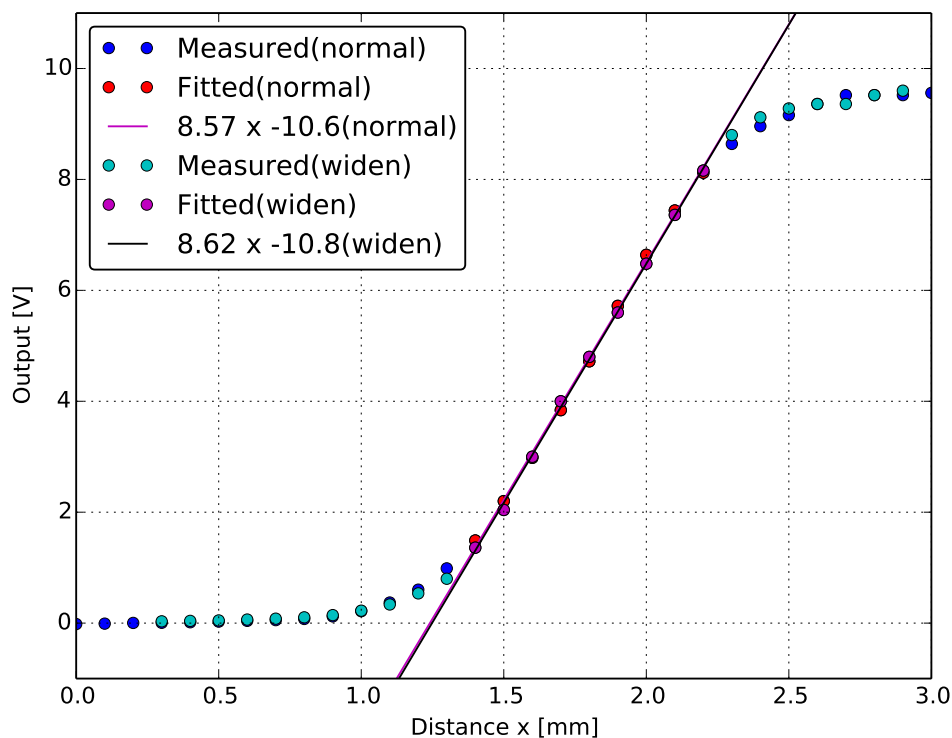


Figure 3.1: Calibration result

3.2 Coupings with other DoFs

今回の測定では、OSEM shadow sensor の線形レンジ中心とその両端の3点²にて、他自由度への影響を調べた。より具体的には、テストベンチを用いて、 L 軸方向の位置を線形レンジの中心もしくは端に固定し、その状態でその他の自由度 (T, V, R, P, Y) 方向に1自由度ずつ OSEM flag の位置を変化させて、それに対応する出力電圧を読み取った。 R 方向以外については、flag が OSEM body もしくは PD, LED に触れるまで変位または回転させた。各軸の定義は Figure 2.3 を参考。

¹回路の可変抵抗で調整した。ただし、実際の KAGRA で用いられる OSEM-driver にはこの可変抵抗は付いていない。

²fig における $x = 1.4\text{ mm}, 1.8\text{ mm}, 2.2\text{ mm}$ の位置に当たる。

Result in original(nomal) OSEMs

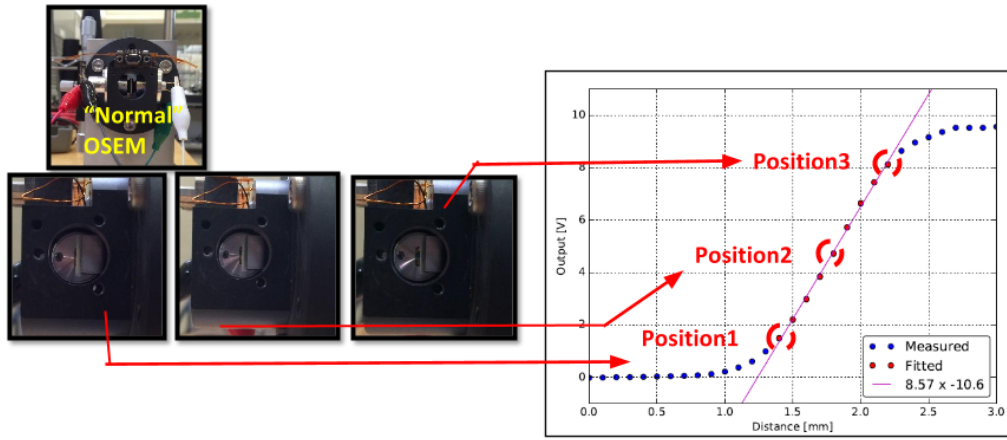


Figure 3.2: Investigation points

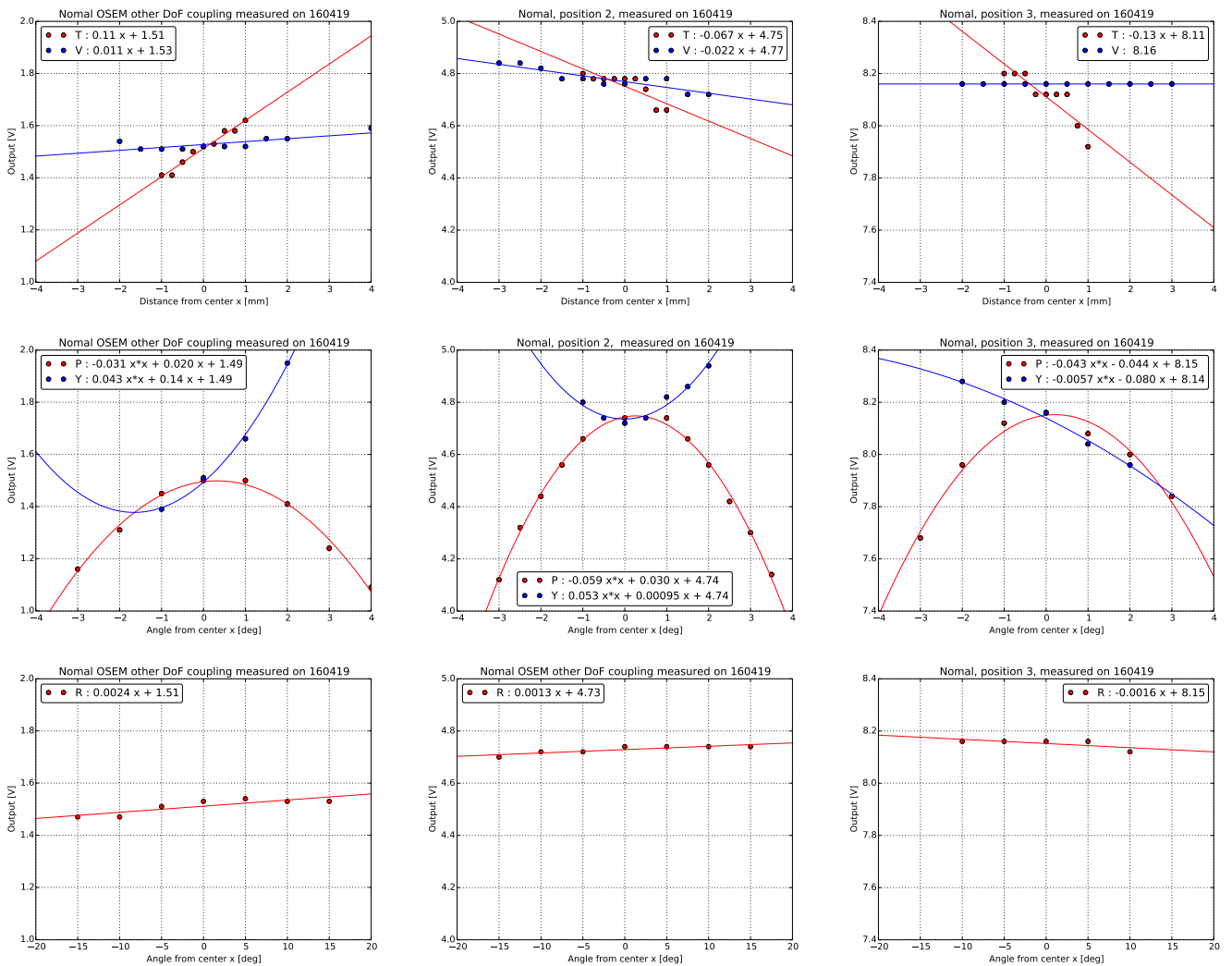


Figure 3.3: Couplings with other DoFs in nomal OSEM

Result in wide cavity OSEMs

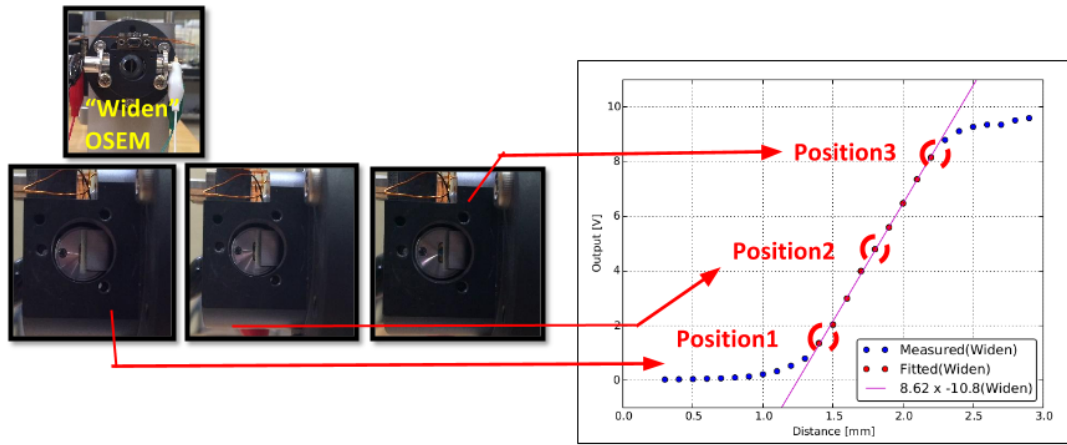


Figure 3.4: Investigation points

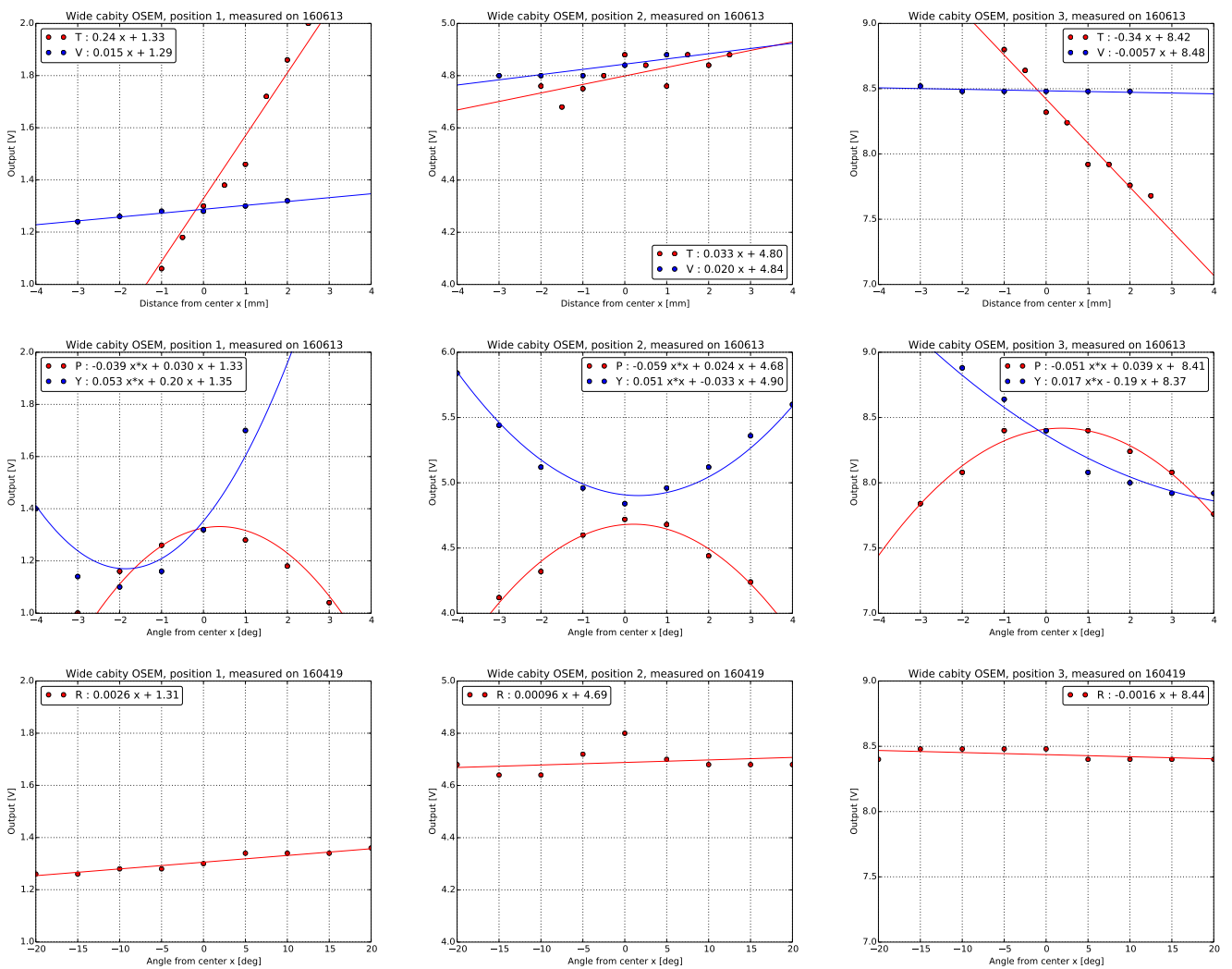


Figure 3.5: Couplings with other DoFs in wide cavity OSEM

Memo

table 4: Diagonal calibration factors at position 2, around center($x = 0$ mm, or deg)

DoF	Calibration factors	
	Original OSEM	Wide cavity OSEM
L	8.57 V/mm	8.62 V/mm
T	- 0.067 V/mm	0.033 V/mm
V	- 0.022 V/mm	0.020 V/mm
R	0.0013 V/deg	0.00096 V/deg
P	0.03 V/deg	0.024 V/deg
Y	0.00095 V/deg	- 0.033 V/deg

- 興味がある Position 2 に注目。
- T,V(L 以外の並進) 方向の calibration factor は L のものと比べて 2 桁小さい(数 % 程度)。
- pitch, yaw は中心付近での傾きはほぼ 0。±1° 程度動くと傾きは無視できなくなるが、この変位が起こるのは、IM が数十 mrad 動いた場合である(Appendix 参照)。一方で、センスしたい IM の振動の振幅は、 μrad のオーダーであるので、十分このレンジの中に収まる。
- L 軸方向の線形レンジの中心に flag がある場合は、T, V, R, P, Y からの coupling は顕著ではないと考えられる。

A IMの傾きとの対応

以下、今回のセットアップにて OSEM flag が根本を中心に $\pm 1^\circ$ 動いた動いた場合を考えて、今回のセットアップでの Pitch, Yaw 方向の角度を、実際の IM の傾きに換算する。

今回使用した flag の長さが 60 mm であったことより、flag が根本を中心に 2° 動くと Flag 先端は $2^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} \times 60\text{mm} \simeq 2.1\text{ mm}$ 動く (Figure 2.5 参照)。一方で、IM 中心から IM-OSEM flag 先端までの距離がおおよそ 200 mm であることより、 $2\text{ mm} / 200\text{mm} = 10\text{ mrad}$ と求められる。(pitch 方向もおよそこの値。)

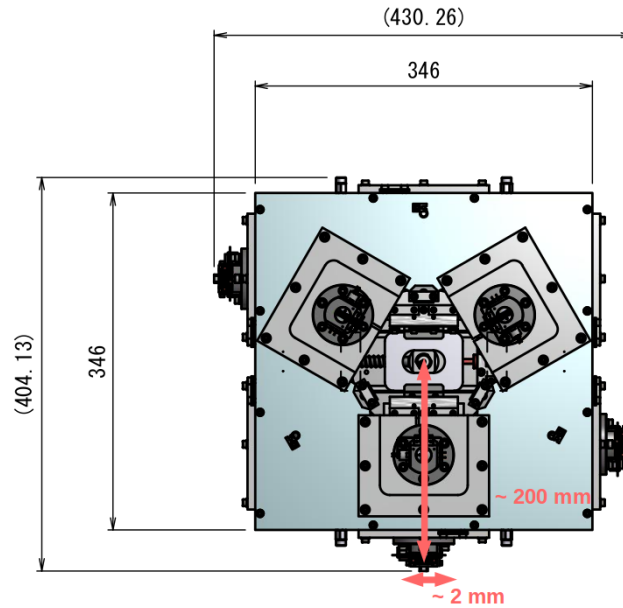


Figure A.1: Conversion to IM tilt

したがって、数十 mrad 程度の振幅の振動が励起されない限りは、Figure 3.3, Figure 3.5 における傾きがゼロに近い位置に対応している。これに対し実際に使用する際は、大きくても数百 μrad 程度の振動をモニターするため³、数百 μrad 程度の振動を測定する限りは、Pitch, Yaw 方向からのカップリングが効かないと考えられる。

References

- [1] T. Sekiguchi, Ph.D Thesis, University of Tokyo (2016)
- [2] Y. Fujii, "OSEM DoF coupling investigation" (2016)
"http://gwdoc.icrr.u-tokyo.ac.jp/DocDB/0051/G1605149/003/osem_DoFcoupling_160419v3.pdf"
- [3] photos; available from "https://goo.gl/photos/F9iDC65dp4NgfQsf9"
- [4] ...

³この値は適当。