

軌道補正のための下準備スタディ

軌道補正

- リングでは、遅い補正と速い補正を使い分けている。遅い補正は全周の COD を数分おきに何割か補正する。AR は遅い補正のみ。PF はその他に垂直方向のみ速い補正があり、BPM を司る IOC (システムは EPICS ではないが.....) 上で行列計算をまわし、1 秒分くらいの時間定数で垂直 COD を直している。
- AR の場合、もうすぐ Libera による全数同時測定に切り替わるが、現状は水銀リレーで BPM ヘッド切り替え、検波回路 4 カ所で 1 周の測定に約 6 秒かかっている。PF の場合もボタンの数だけ検波回路があるわけではないが、時間的にずらしてまとめるなどして、全数を常時測定している。

何を指すか？

- 現状、モニタ系にほとんどお金がかけられていない（回すための必要最小限だけやっと整備……）ので、測定間隔と精度に限界がある。投入する予算がなかったのは仕方が無いが、3GeV の為の準備を「まじめに」行うならば、モニタ系にもっと予算を投入しなければいけない。
- 非破壊型でビーム位置を測定するのは、現状では BPM しかない。現状の BPM 系は、周回部全体を測定する場合、スキャン間隔は 20～30 秒（個々の BPM の複数回測定を含む）、精度は複数回の平均後で 100～200 μm 程度。
- 現状では、全周に対してはビーム周回とエネルギー回収以上の何かをすることは難しい。

本当に必要か？

- そもそも論として、遅い軌道補正、速い軌道補正は R&D 目的以外で必要なのか？
- ドリフトや不安定性がどの程度あるか、調べていないので分からない。(運転中はもったいないので常に誰かがいじっている……。長期の流し運転のデータは無い。) 変動はスクリーンでは処理速度で決まる測定間隔で「見た感じ」程度 (CW ビームでは測定できない)、BPM では測定精度なのかビームの位置変動なのかの区別は難しい。
- アリバイ作り以上の「ユーザーラン」を実施する予算があるのか？ 設備を整備するのか？ LCS もテラヘルツも、“できました” という為だけの運転なら、現状以上の何かは必要ない。ユーザーランの費用も R&D の費用もないなら、軌道補正としてはスタディ以外にできることはない。

とすることを踏まえた上で……

- 周回部全体の現状の軌道補正：BPM とスクリーンの“位置”で補正していない。QM を振ってスクリーンで見て、QM の中心通しをしている。QM の中心通しをした座標を BPM やスクリーンで記録しておいて、それに合わせたかどうか、というスタディが必要。また、モード毎、入射部の調整毎（ビームプロファイルやエネルギープロファイル、テールやハローが変わった時）に BPM、スクリーンでの測定ビーム位置が同一かの検証も必要。
- LCS 衝突点のみで補正を行う場合：他は測らないと決めてしまえば、速い測定が可能。
- 電源と電磁石は、何 Hz で振れるかは試してみないと分からない。磁場測定時、周波数応答測定はしていない。遅い常時補正は全く問題なし、速い補正も数 Hz のオーダーなら問題なしと思われる。

現在までに行った測定

- 周回部の全ステアリングの応答測定 2 回。
- 1 回目は電流 0.5A 変化させて測定したが、ほとんど全ての場合で蹴りすぎ。ビームロスして正しく測定できず。
- 2 回目はステアリングが正しく蹴り角で制御できる様に直した上で、最大軌道偏差が 2mm になる様に蹴ったつもりだったが、セクタ BM の変換係数だけ訂正しきれず、水平に大きな軌道偏差が出た状態で測定した。
- (結局、正しい測定はまだできていない。)

ステアリング応答を1周測定した目的

- 単発では数多く測定と解析がなされているが、全数同条件で一気に測定し、不審な点がないか、結線ミスがないか、確かめたかった。
- リングでも基礎データとして時々測定している。(先日は5年ぶりくらいの測定でPFを焼いたが……)
- 解析しやすい形式のデータが欲しかった……

- リングとの違い

- リングは周回のチューンは補正してあるので、位相に大きな差は出ない。
- “Closed”になるので、誤差はどの場所でも同じ条件。蹴った場所から遠いところだからといって大きくはならない。
- 軌道補正した状態で測定するので、大きなオフセットありの応答測定は余り経験が無い。

蹴り角

1回目 (6/6) : 全て 0.5A

2回目 (6/11) : 最大 COD が 2mm になる様に調整 (dk (mrad)、dl (A))

	dk	dl		dk	dl		dk	dl		dk	dl
ZHQMAD01	0.1616	0.0988	ZHQMIL04	0.1061	0.0580	ZVQMAD01	0.1942	0.1257	ZVQMIM08	0.0495	0.0269
ZHQMAD01	0.1223	0.0669	ZHQMLC01	0.2717	0.1486	ZVQMAD04	0.1582	0.1024	ZVQMIR01	0.0856	0.0464
ZHQMAD03	0.0799	0.0437	ZHQMLC05	0.0596	0.3231	ZVQMAC01	0.0944	0.0512	ZVQMIR03	0.1486	0.0806
ZHQMAM02	0.1170	0.0640	ZHQMIM05	0.1449	0.0793	ZVQMAC03	0.1080	0.0586	ZVQMIR04	0.3622	0.1965
ZHBMIF01	0.2292	0.0415	ZHBMIR01	0.3350	0.0121	ZVQMAM02	0.2273	0.1232	ZVQMIR06	0.3525	0.1912
ZHBMIF02	0.2370	0.0429	ZHQMIR02	1.0233	0.5597	ZVQMAM04	0.0473	0.0257	ZVQMAM05	0.2694	0.1461
ZHQMIF02	0.2937	0.1607	ZHQMIR03	0.6283	0.3437	ZVQMIF01	0.0820	0.0445	PVQMLC03	0.0288	0.0156
ZHQMIF03	0.4557	0.2493	ZHBMIR02	0.3589	0.0130	ZVQMIF03	0.1428	0.0774	PVQMLC04	0.0628	0.0341
ZHBMIF03	0.2824	0.0512	ZHBMIR03	0.4530	0.0164	ZVQMIF04	0.0864	0.0468	PVQMLC05	0.0621	0.0337
ZHQMIF04	0.3521	0.1926	ZHQMIR04	2.2183	1.2134	ZVQMIF06	0.0503	0.0273	PVQMLC06	0.0286	0.0155
ZHQMIF05	0.3358	0.1837	ZHQMIR05	0.6566	0.3592	ZVQMIM01	0.0292	0.0158	ZVQMAM03	0.1082	0.0587
ZHBMIF04	0.2703	0.0490	ZHBMIR04	0.4694	0.0170	ZVQMIM02	0.0746	0.0404	ZVQMAM08	0.4629	0.2510
ZHQMIM02	0.0606	0.0332	ZHQMAM05	0.5573	0.3049	ZVQMIM03	0.0771	0.0418			
ZHQMIM03	0.4698	0.2570	PHQMLC03	0.1064	0.0582	ZVQMIM04	0.1661	0.0901			
ZHQMIM04	0.1056	0.0578	PHQMLC04	0.0597	0.0327	ZVQMIL02	0.0537	0.0291			
ZHBMIL01	0.1432	0.0890	PHQMLC05	0.0596	0.0326	ZVQMIL03	0.0353	0.0191			
ZHBMIL02	0.1725	0.1072	PHQMLC06	0.1063	0.0582	ZVQMIL04	0.1263	0.0685			
ZHBMIL03	0.2259	0.1404	ZHQMAM03	0.0917	0.0501	ZVQMLC01	0.1806	0.0979			
ZHBMIL04	0.3085	0.1917	ZHQMAM08	0.4569	0.2499	ZVQMLC05	0.0621	0.3399			
ZHQMIL03	0.2393	0.1309				ZVQMIM05	0.1172	0.0636			

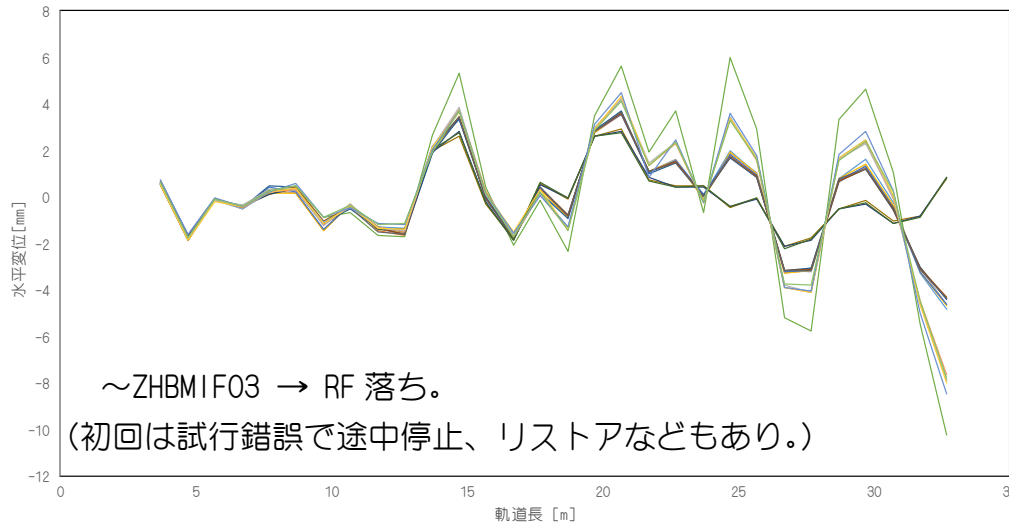
測定手順

- 1、最初に「蹴る前」の軌道測定
- 2、測定するステアリングに対し、正の方向に電流(+dl、+dk)を増やして測定。
- 3、蹴っていない場合の値から負の方向に電流を減らして(-dl、-dk)測定。（“2”からは変化量の2倍減らすということ。）
- 4、最終ステアリングを除き、次のステアリングに対して1へ戻る。次のステアリングの1の測定が、「蹴りを戻した後」の軌道になる。最終ステアリングの場合は最後の1回軌道測定。

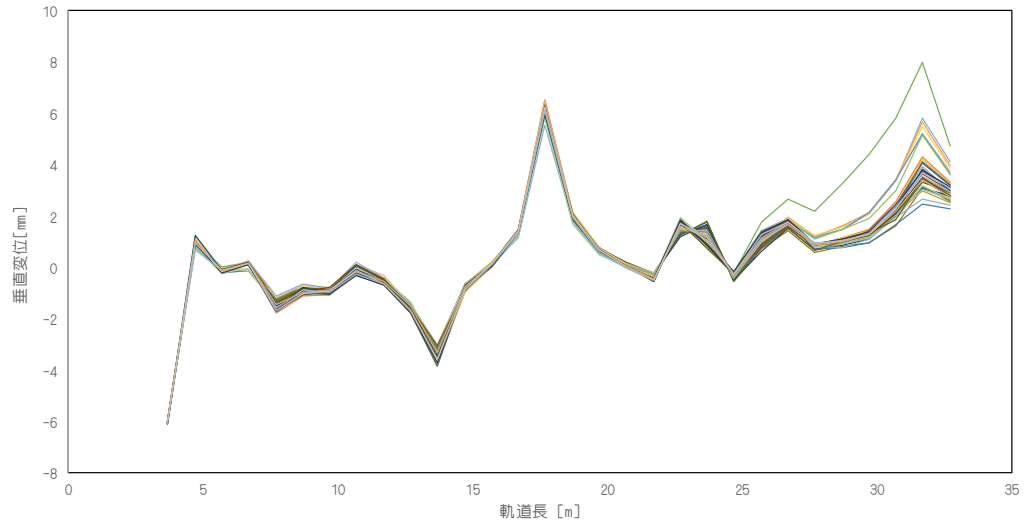
解析：蹴っていない値→測定前後の蹴っていない読み値。

蹴った時の値→プラスバンプとマイナスバンプの変化量の平均（計算上は差の 1/2）から、蹴っていない時の値を引く。

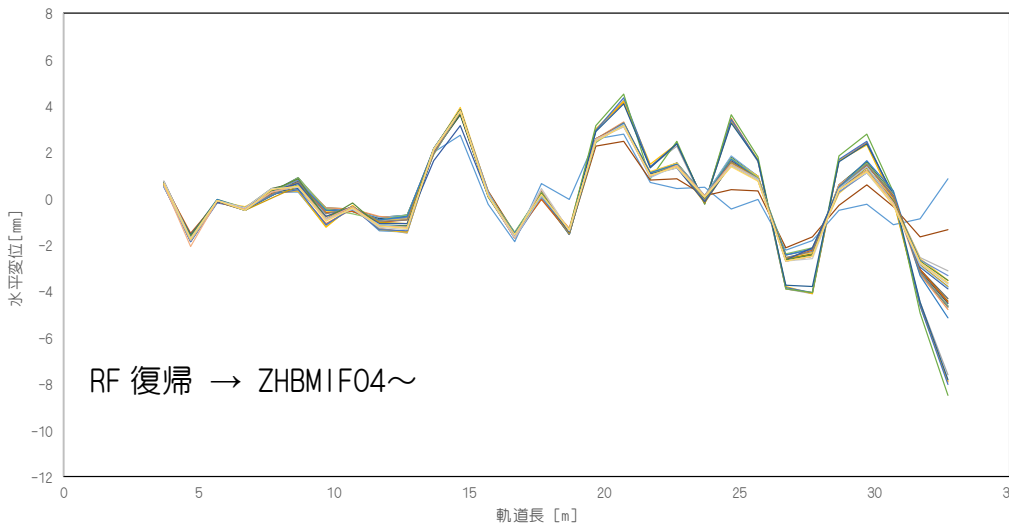
蹴っていない場合の軌道の変遷(6/6の水平ステアリングに対する場合)



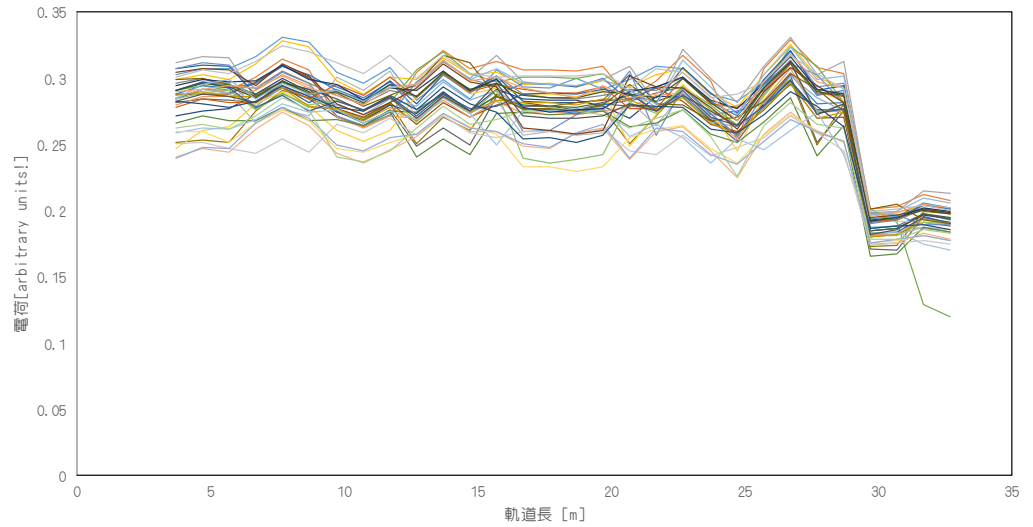
- ZHQMAD01
- ZHQMAC01
- ZHQMAC03
- ZHQMAM02
- ZHBMI F01
- ZHBMI F02
- ZHQMI F02
- ZHQMI F03
- ZHBMI F03
- ZHBMI F04
- ZHBMI F05
- ZHBMI F04
- ZHQMI M02
- ZHQMI M03
- ZHQMI M04
- ZHBMI L01
- ZHBMI L02
- ZHBMI L03



- ZHQMAD01
- ZHQMAC01
- ZHQMAC03
- ZHQMAM02
- ZHBMI F01
- ZHBMI F02
- ZHQMI F02
- ZHQMI F03
- ZHBMI F03
- ZHBMI F04
- ZHQMI F05
- ZHBMI F04
- ZHQMI M02
- ZHQMI M03
- ZHQMI M04
- ZHBMI L01
- ZHBMI L02
- ZHBMI L03
- ZHBMI L04
- ZHQMI L04
- ZHQMLC01
- ZHQMLC05
- ZHQMI M05
- ZHBMI R01
- ZHQMI R02
- ZHQMI R03
- ZHBMI R02
- ZHBMI R03
- ZHQMI R04
- ZHQMI R05
- ZHBMI R04
- ZHQMAM05
- PHQMLC03
- PHQMLC04
- PHQMLC05
- PHQMLC06
- ZHQMAM03
- ZHQMAM08

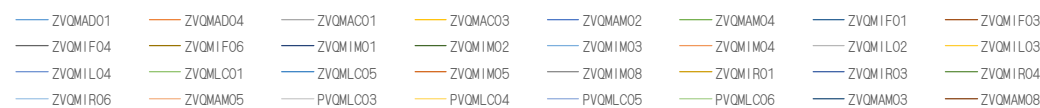
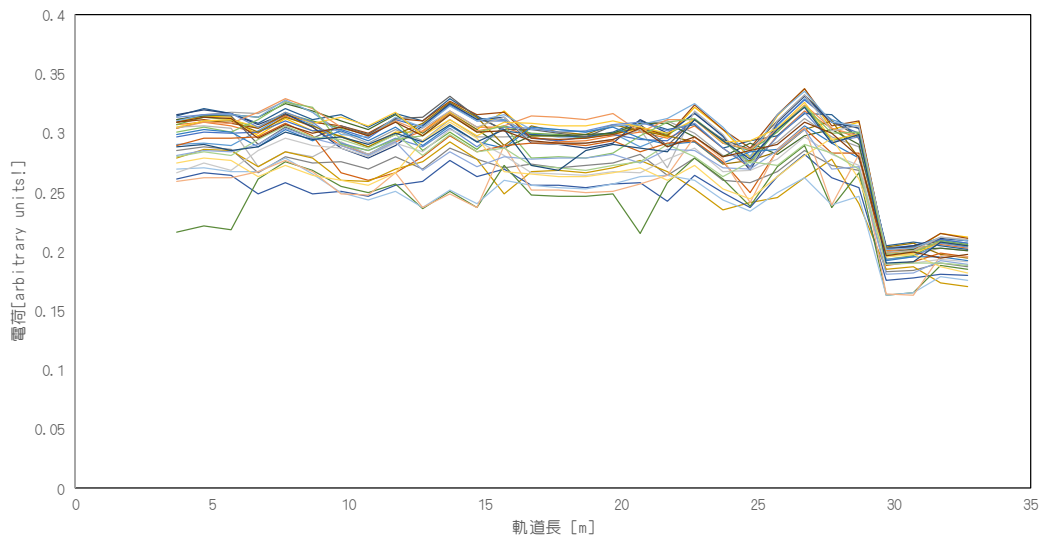
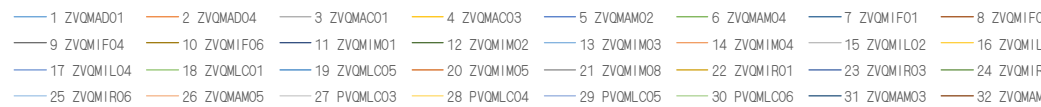
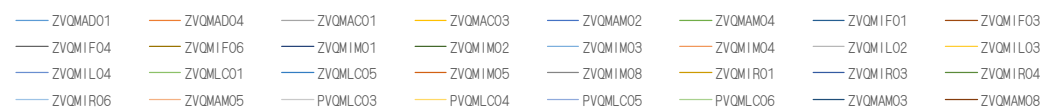
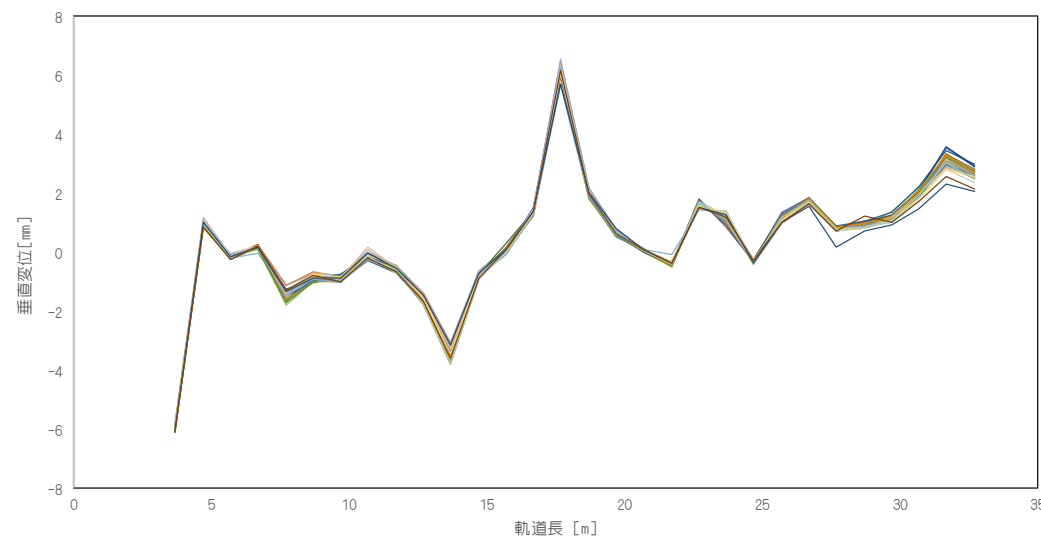
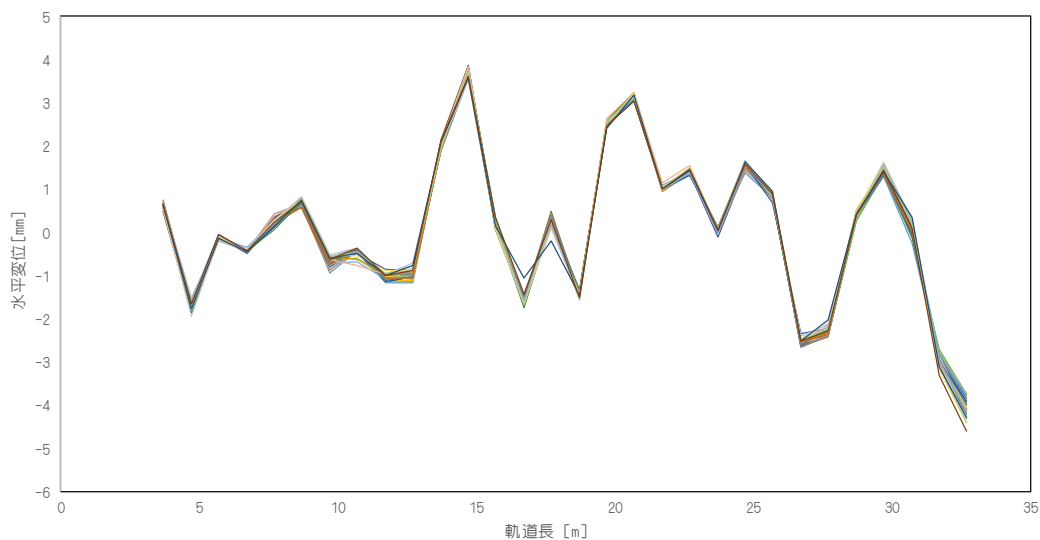


- ZHBMI F04
- ZHQMI M02
- ZHQMI M03
- ZHQMI M04
- ZHBMI L01
- ZHBMI L02
- ZHBMI L03
- ZHBMI L04
- ZHQMI L03
- ZHQMI L04
- ZHQMLC01
- ZHQMLC05
- ZHQMI M05
- ZHBMI R01
- ZHQMI R02
- ZHQMI R03
- ZHBMI R02
- ZHBMI R03
- ZHQMI R04
- ZHQMI R05
- ZHBMI R04
- ZHQMAM05
- PHQMLC03
- PHQMLC04
- PHQMLC05
- PHQMLC06
- ZHQMAM03
- ZHQMAM08

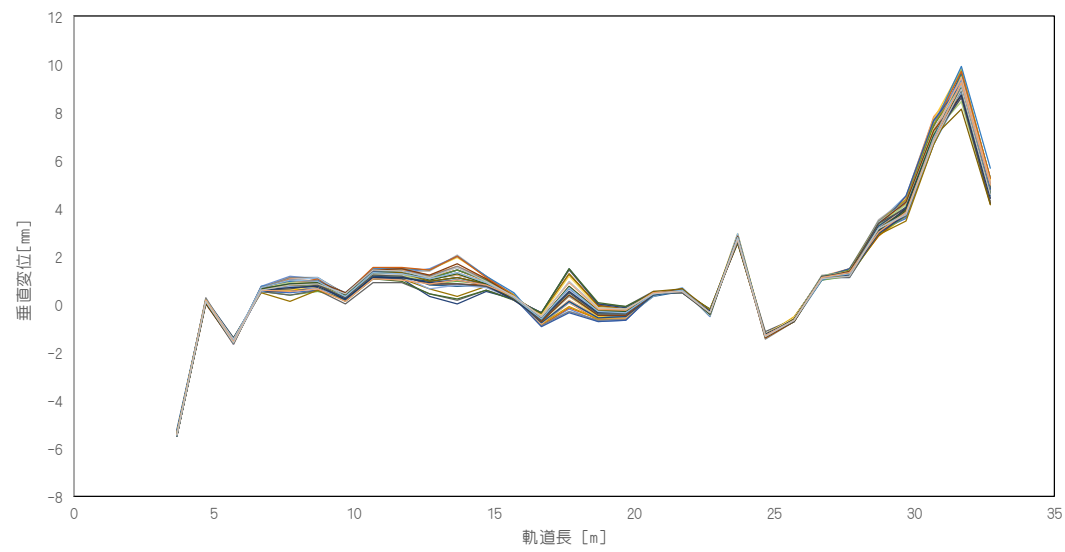
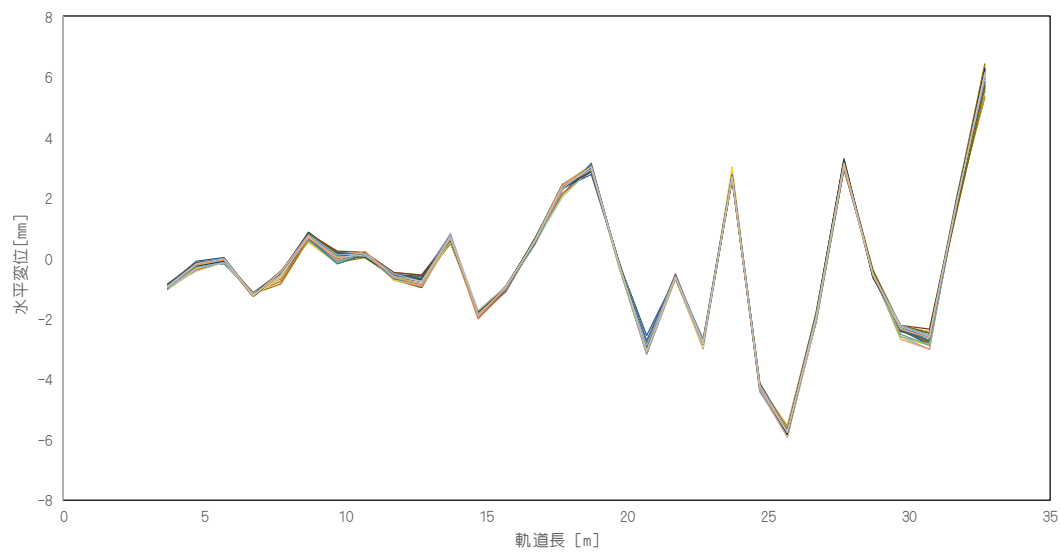


- ZHQMAD01
- ZHQMAC01
- ZHQMAC03
- ZHQMAM02
- ZHBMI F01
- ZHBMI F02
- ZHQMI F02
- ZHQMI F03
- ZHBMI F03
- ZHBMI F04
- ZHQMI F05
- ZHBMI F04
- ZHQMI M02
- ZHQMI M03
- ZHQMI M04
- ZHBMI L01
- ZHBMI L02
- ZHBMI L03
- ZHBMI L04
- ZHQMI L04
- ZHQMLC01
- ZHQMLC05
- ZHQMI M05
- ZHBMI R01
- ZHQMI R02
- ZHQMI R03
- ZHBMI R02
- ZHBMI R03
- ZHQMI R04
- ZHQMI R05
- ZHBMI R04
- ZHQMAM05
- PHQMLC03
- PHQMLC04
- PHQMLC05
- PHQMLC06
- ZHQMAM03
- ZHQMAM08

蹴っていない場合の軌道の変遷(6/6の垂直ステアリングに対する場合)

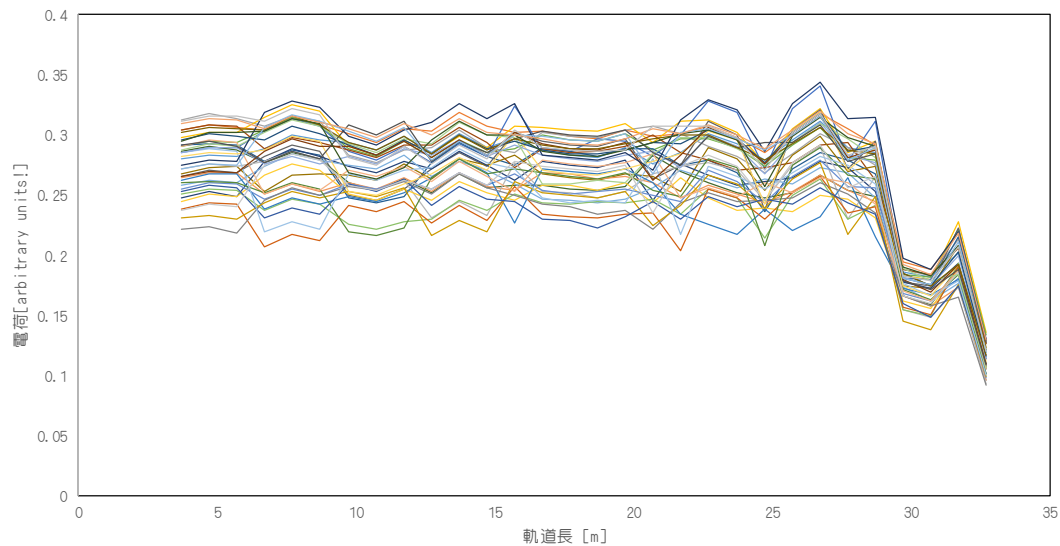


蹴っていない場合の軌道の変遷(6/11の水平ステアリングに対する場合)



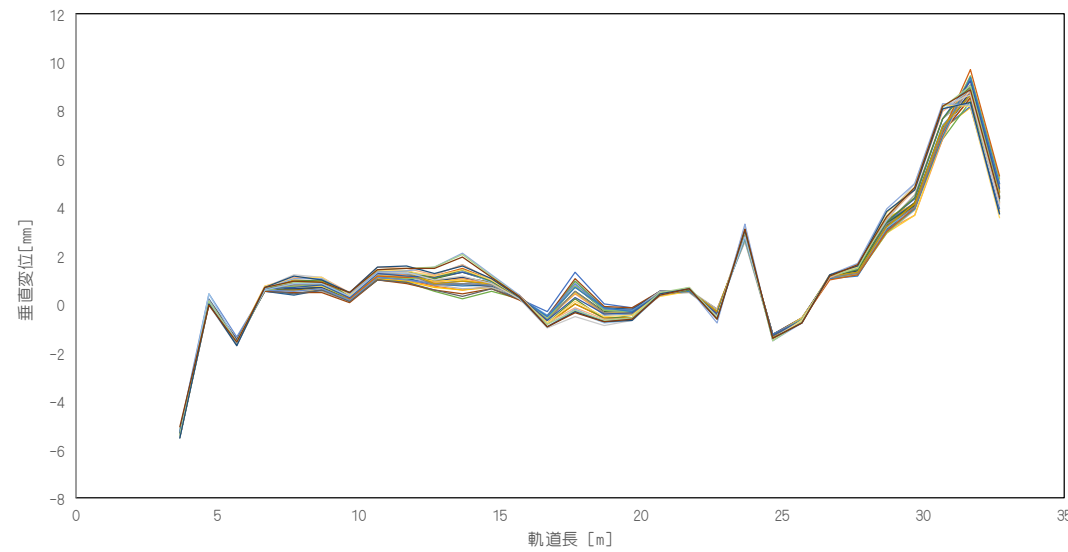
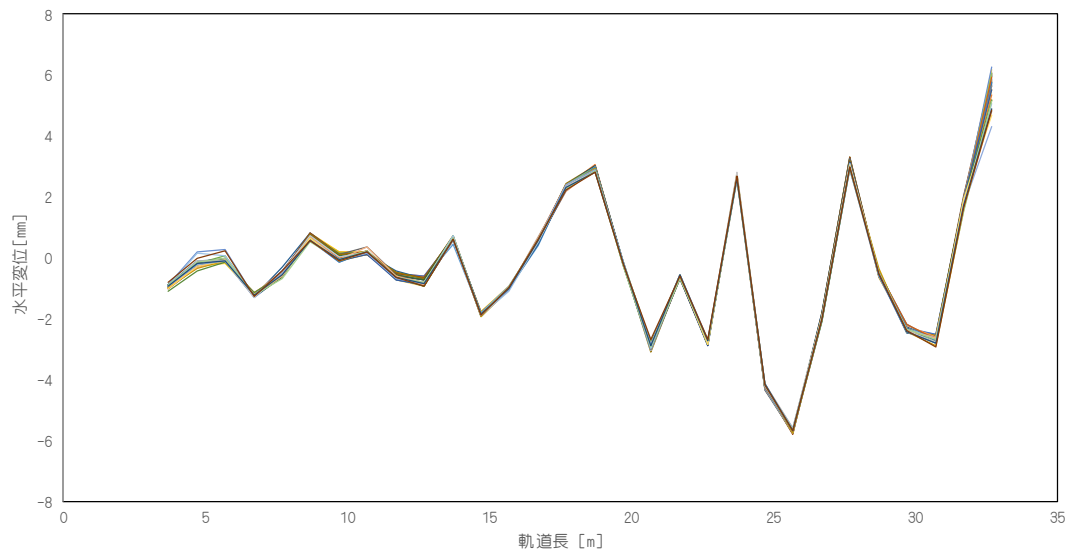
- ZHQMAD01 ZHQMAC01 ZHQMAC03 ZHQMAM02 ZHBMIF01 ZHBMIF02 ZHQMIF02 ZHQMIF03 ZHBMIF03 ZHQMIF04
- ZHQMIF05 ZHBMIF04 ZHQMIM02 ZHQMIM03 ZHQMIM04 ZHBMIL01 ZHBMIL02 ZHBMIL03 ZHBMIL04 ZHQMIL03
- ZHQMIL04 ZHQMLC01 ZHQMLC05 ZHQMIM05 ZHBMIR01 ZHQMIR02 ZHQMIR03 ZHBMIR02 ZHBMIR03 ZHQMIR04
- ZHQMIR05 ZHBMIR04 ZHQMAM05 PHQMLC03 PHQMLC04 PHQMLC05 PHQMLC06 ZHQMAM03 ZHQMAM08

- ZHQMAD01 ZHQMAC01 ZHQMAC03 ZHQMAM02 ZHBMIF01 ZHBMIF02 ZHQMIF02 ZHQMIF03 ZHBMIF03 ZHQMIF04
- ZHQMIF05 ZHBMIF04 ZHQMIM02 ZHQMIM03 ZHQMIM04 ZHBMIL01 ZHBMIL02 ZHBMIL03 ZHBMIL04 ZHQMIL03
- ZHQMIL04 ZHQMLC01 ZHQMLC05 ZHQMIM05 ZHBMIR01 ZHQMIR02 ZHQMIR03 ZHBMIR02 ZHBMIR03 ZHQMIR04
- ZHQMIR05 ZHBMIR04 ZHQMAM05 PHQMLC03 PHQMLC04 PHQMLC05 PHQMLC06 ZHQMAM03 ZHQMAM08



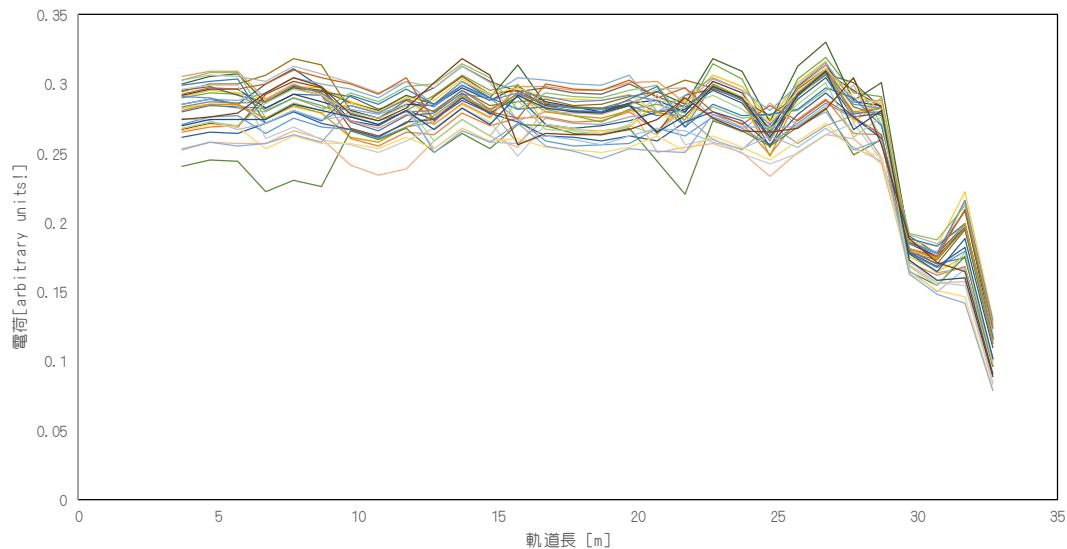
- ZHQMAD01 ZHQMAC01 ZHQMAC03 ZHQMAM02 ZHBMIF01 ZHBMIF02 ZHQMIF02 ZHQMIF03 ZHBMIF03 ZHQMIF04
- ZHQMIF05 ZHBMIF04 ZHQMIM02 ZHQMIM03 ZHQMIM04 ZHBMIL01 ZHBMIL02 ZHBMIL03 ZHBMIL04 ZHQMIL03
- ZHQMIL04 ZHQMLC01 ZHQMLC05 ZHQMIM05 ZHBMIR01 ZHQMIR02 ZHQMIR03 ZHBMIR02 ZHBMIR03 ZHQMIR04
- ZHQMIR05 ZHBMIR04 ZHQMAM05 PHQMLC03 PHQMLC04 PHQMLC05 PHQMLC06 ZHQMAM03 ZHQMAM08

蹴っていない場合の軌道の変遷(6/11の垂直ステアリングに対する場合)



- ZVQMAD01
- ZVQMAD04
- ZVQMAC01
- ZVQMAC03
- ZVQMAM02
- ZVQMAM04
- ZVQMI F01
- ZVQMI F03
- ZVQMI F04
- ZVQMI F06
- ZVQMI M01
- ZVQMI M02
- ZVQMI M03
- ZVQMI M04
- ZVQMI L02
- ZVQMI L03
- ZVQMI L04
- ZVQMLC01
- ZVQMLC05
- ZVQMI M05
- ZVQMI M08
- ZVQMI R01
- ZVQMI R03
- ZVQMI R04
- ZVQMI R06
- ZVQMAM05
- PVQMLC03
- PVQMLC04
- PVQMLC05
- PVQMLC06
- ZVQMAM03
- ZVQMAM08

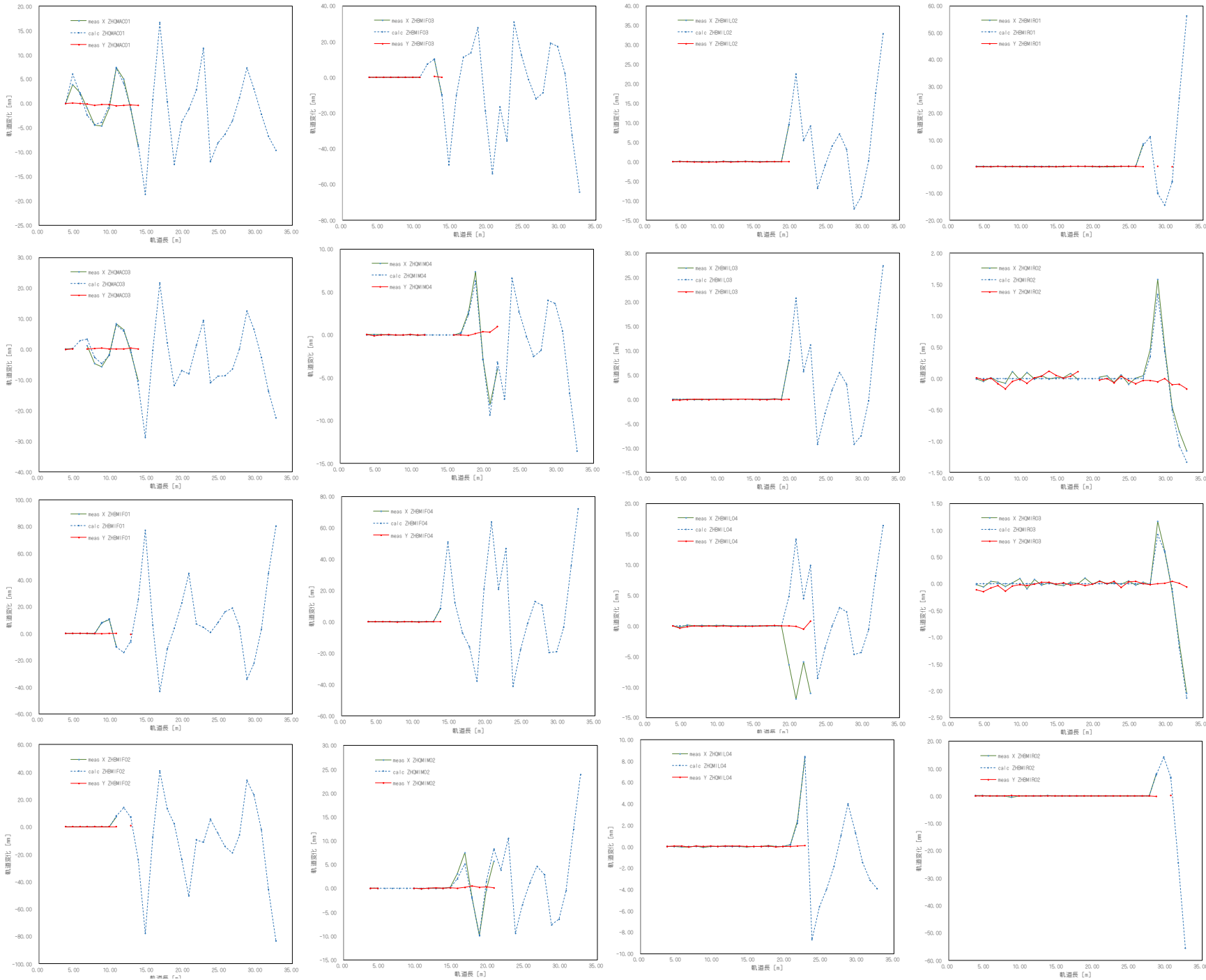
- ZVQMAD01
- ZVQMAD04
- ZVQMAC01
- ZVQMAC03
- ZVQMAM02
- ZVQMAM04
- ZVQMI F01
- ZVQMI F03
- ZVQMI F04
- ZVQMI F06
- ZVQMI M01
- ZVQMI M02
- ZVQMI M03
- ZVQMI M04
- ZVQMI L02
- ZVQMI L03
- ZVQMI L04
- ZVQMLC01
- ZVQMLC05
- ZVQMI M05
- ZVQMI M08
- ZVQMI R01
- ZVQMI R03
- ZVQMI R04
- ZVQMI R06
- ZVQMAM05
- PVQMLC03
- PVQMLC04
- PVQMLC05
- PVQMLC06
- ZVQMAM03
- ZVQMAM08



- ZVQMAD01
- ZVQMAD04
- ZVQMAC01
- ZVQMAC03
- ZVQMAM02
- ZVQMAM04
- ZVQMI F01
- ZVQMI F03
- ZVQMI F04
- ZVQMI F06
- ZVQMI M01
- ZVQMI M02
- ZVQMI M03
- ZVQMI M04
- ZVQMI L02
- ZVQMI L03
- ZVQMI L04
- ZVQMLC01
- ZVQMLC05
- ZVQMI M05
- ZVQMI M08
- ZVQMI R01
- ZVQMI R03
- ZVQMI R04
- ZVQMI R06
- ZVQMAM05
- PVQMLC03
- PVQMLC04
- PVQMLC05
- PVQMLC06
- ZVQMAM03
- ZVQMAM08

4データの結論：
履歴の影響は考えなくて良さそう。

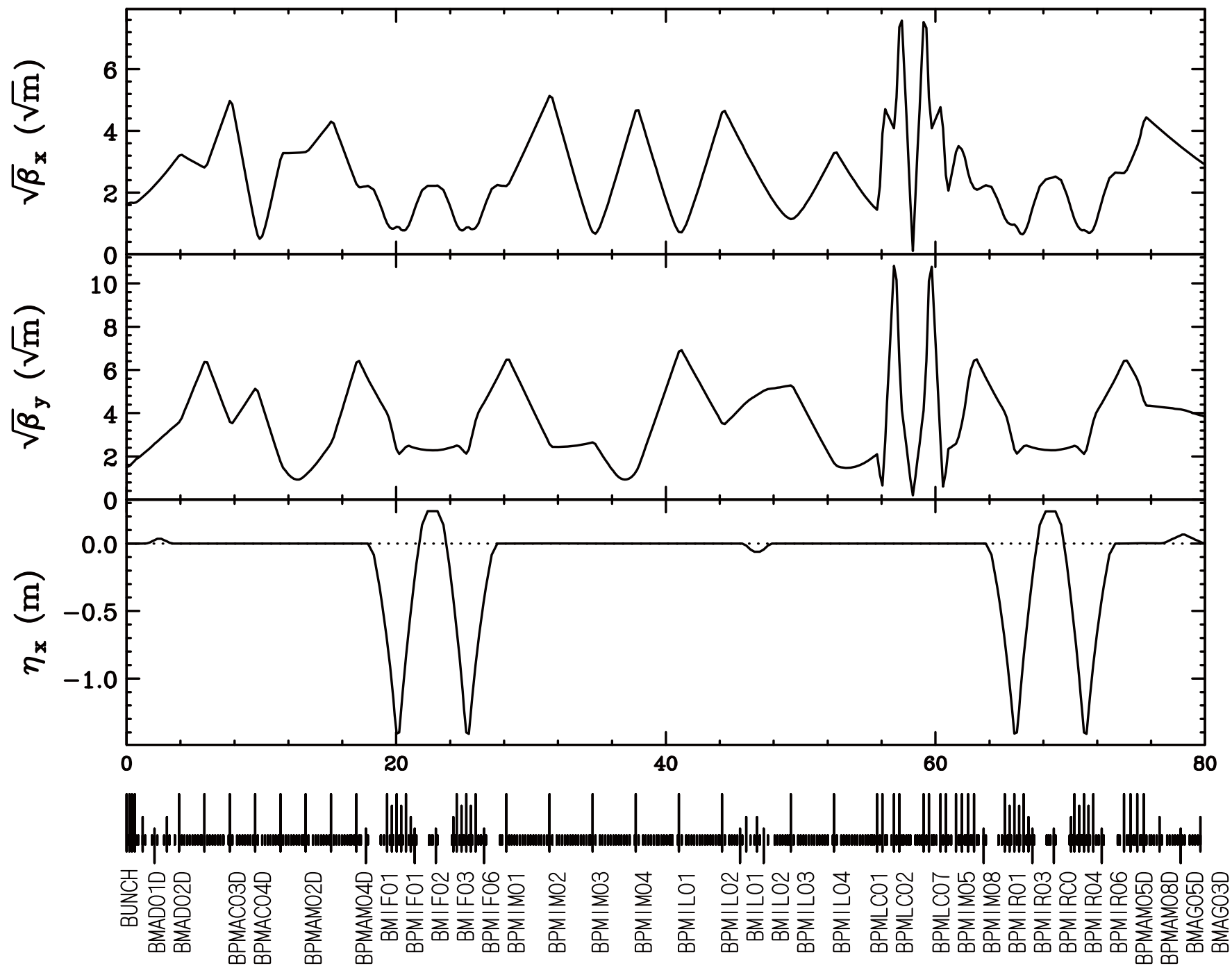
6/6の結果（まあ一言で言うと……蹴りすぎ。）

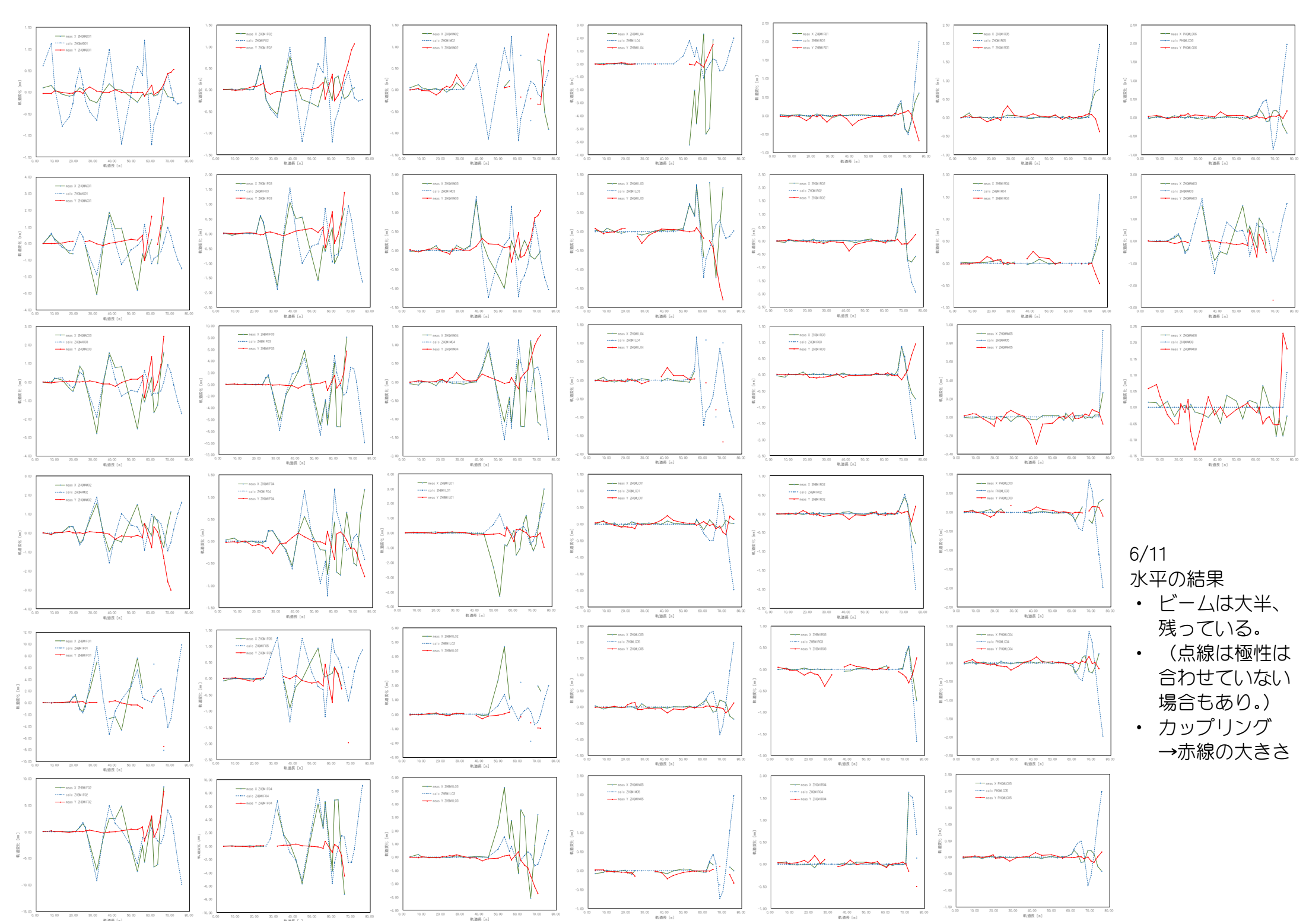


緑：水平軌道
 赤：垂直軌道
 点線：計算値
 (振幅フィット)

- 電荷が最初の約 1/3 以下になっていたら、プロットしないことにすると、だいたい蹴った直後にもう無くなっている。
- いくつかは最後まで測定できているが、いくつかを除いて蹴りすぎ。

グラフの横軸と場所の対応：

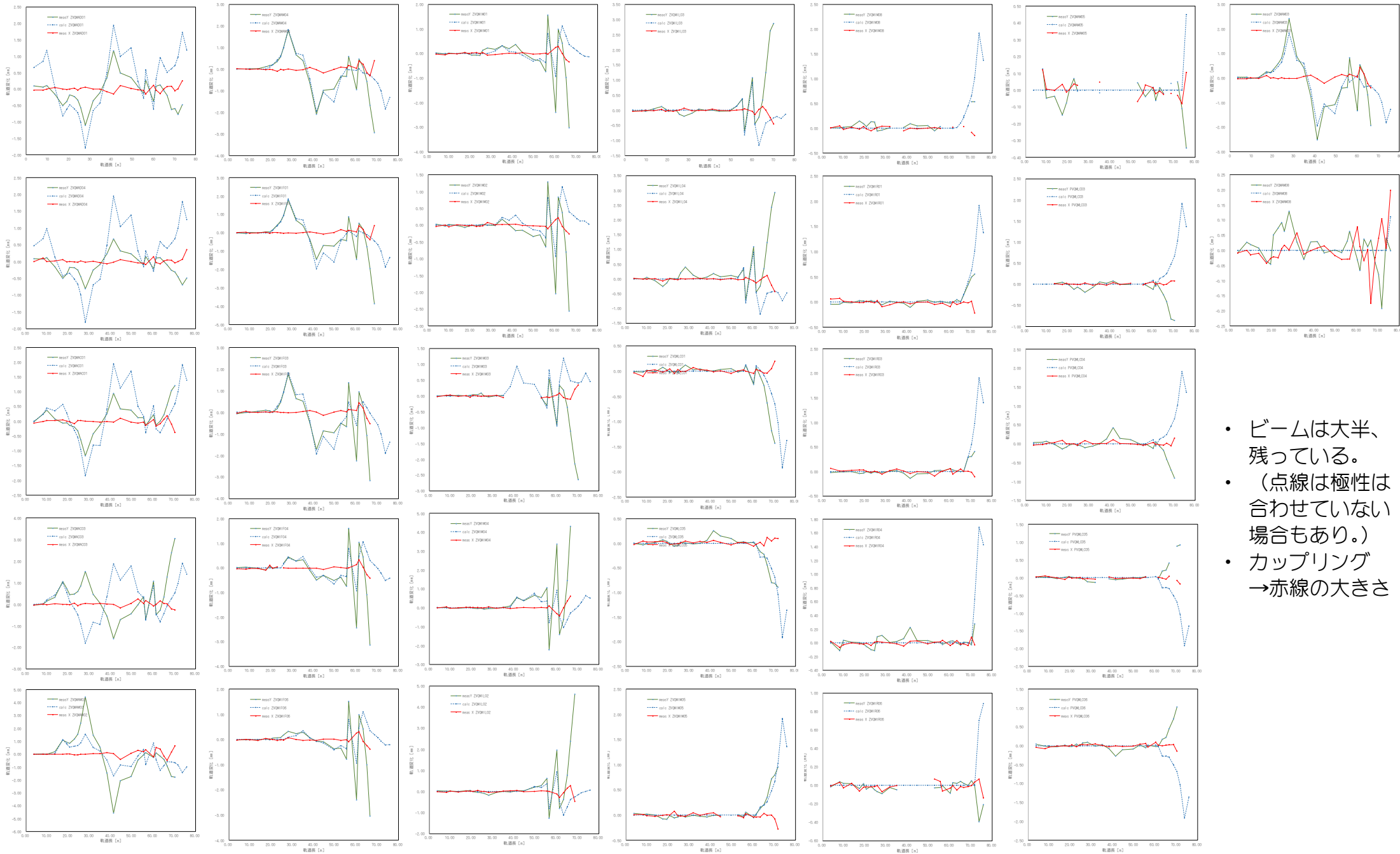




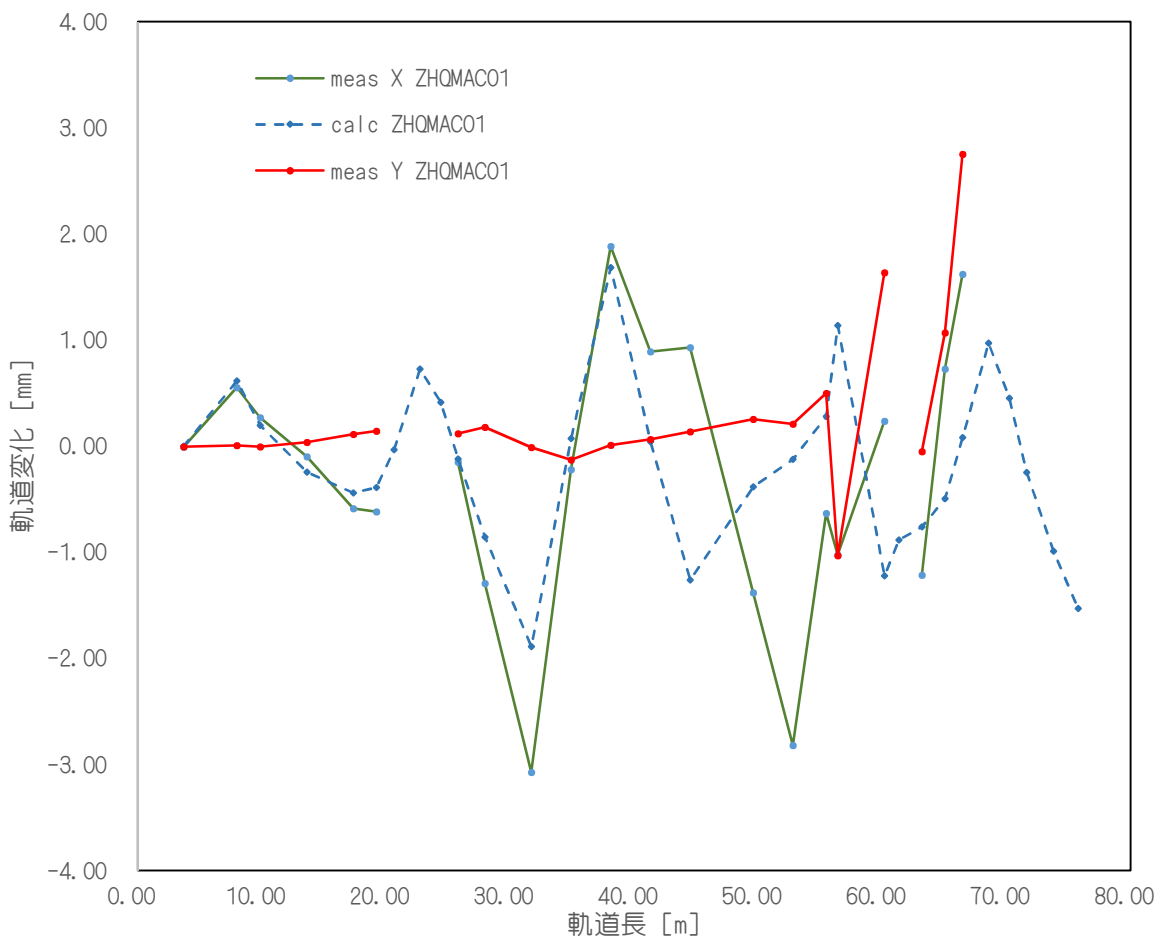
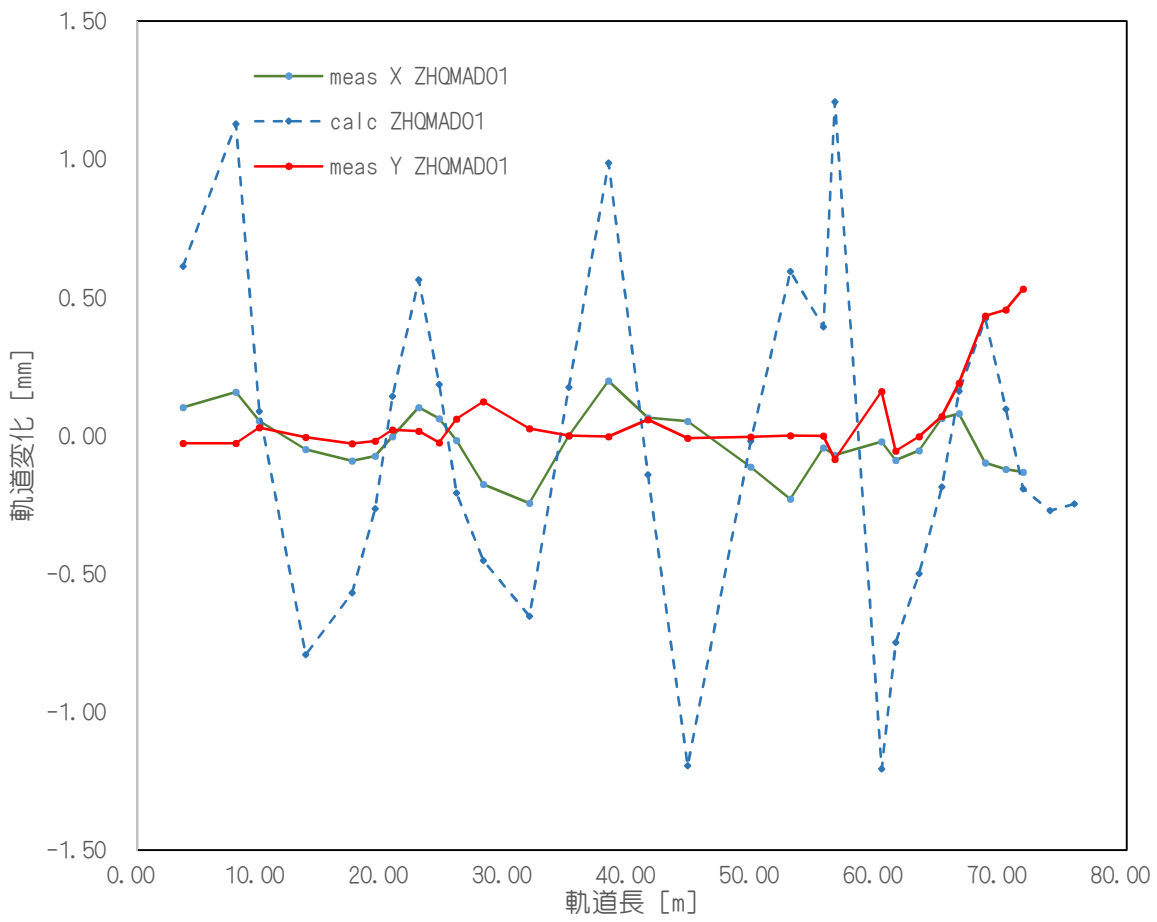
6/11
水平の結果

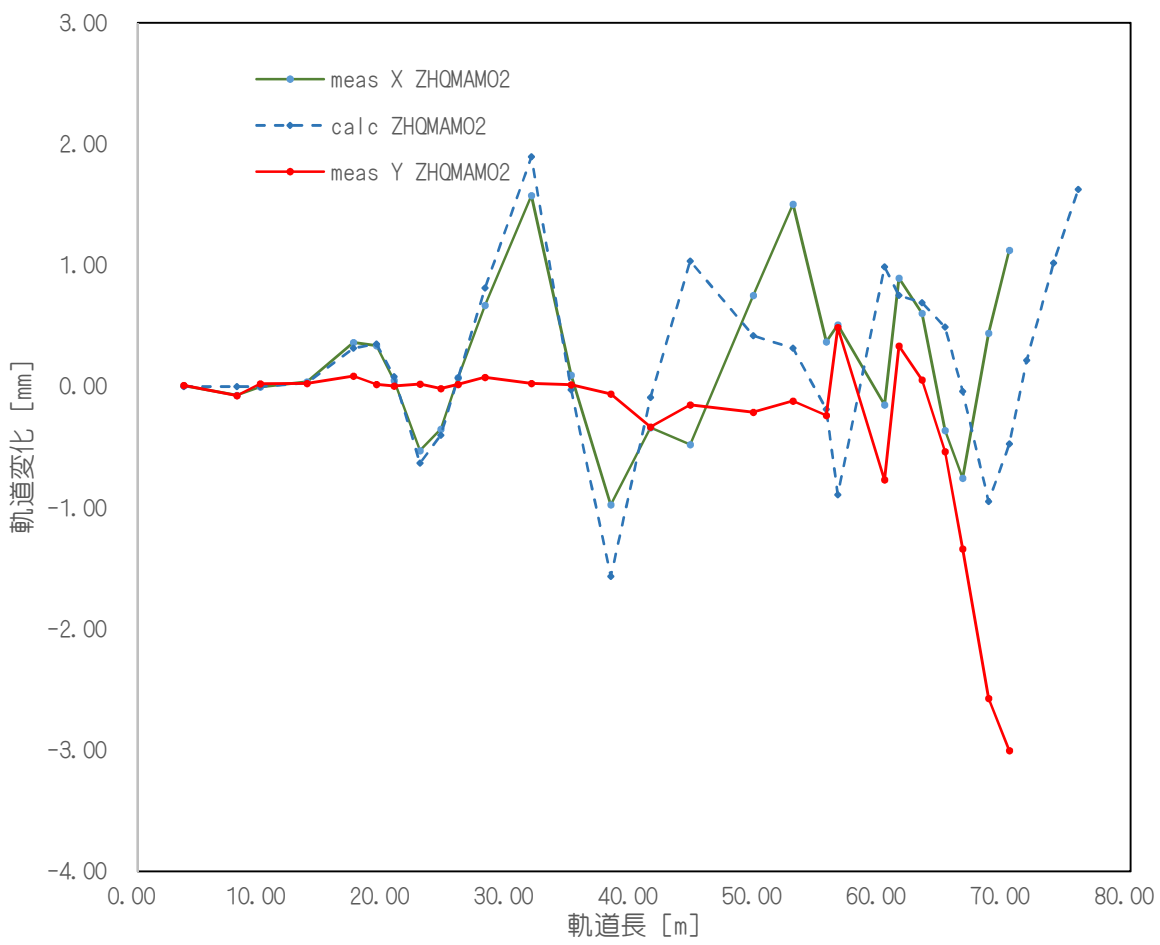
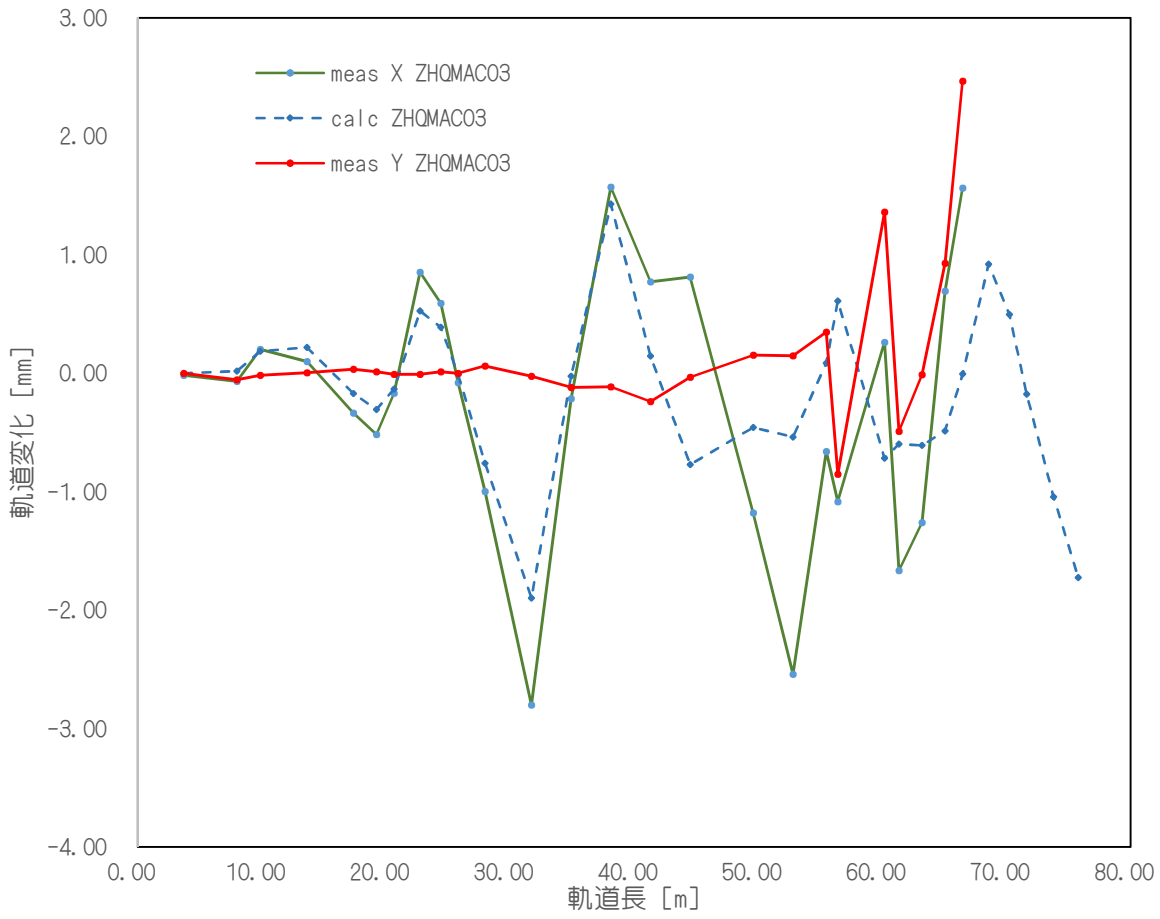
- ビームは大半、残っている。
- (点線は極性は合わせていない場合もあり。)
- カップリング → 赤線の大きさ

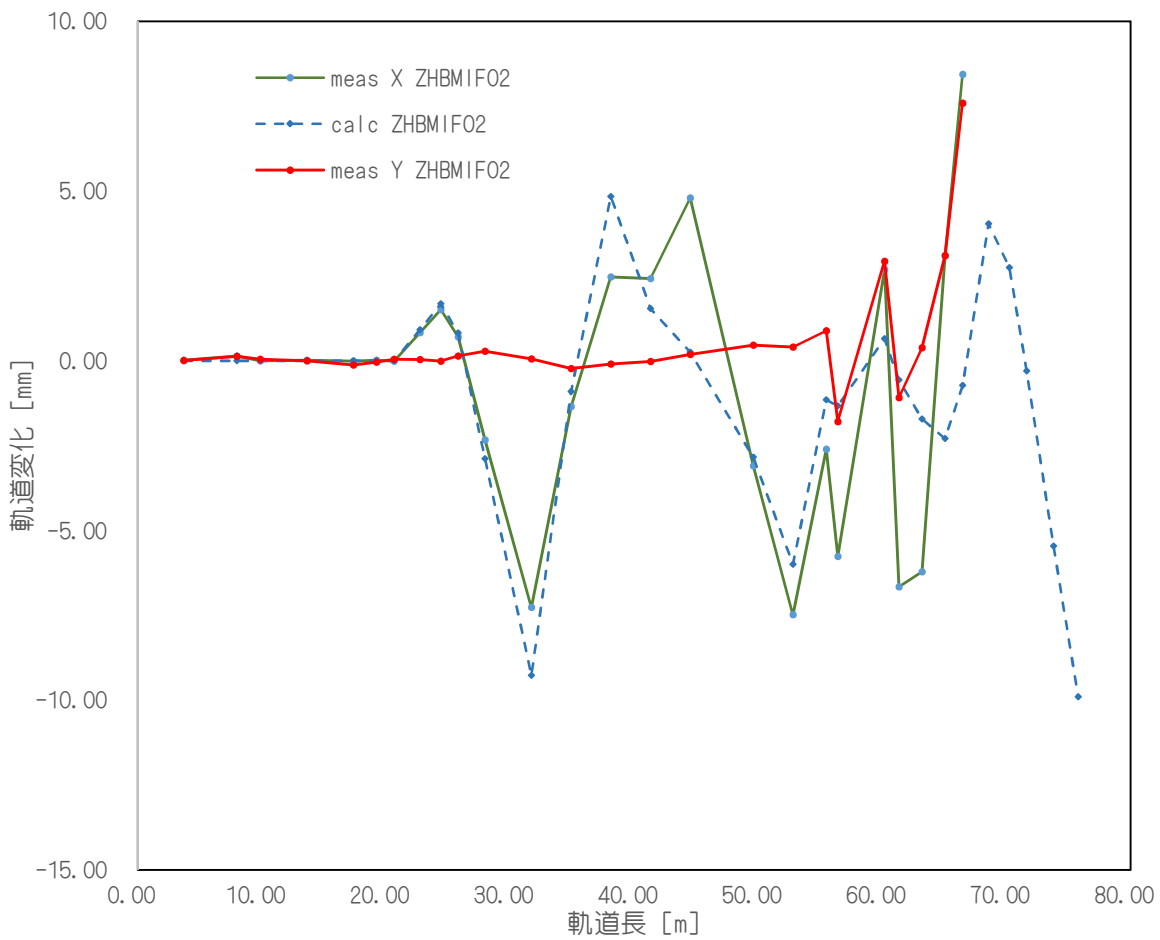
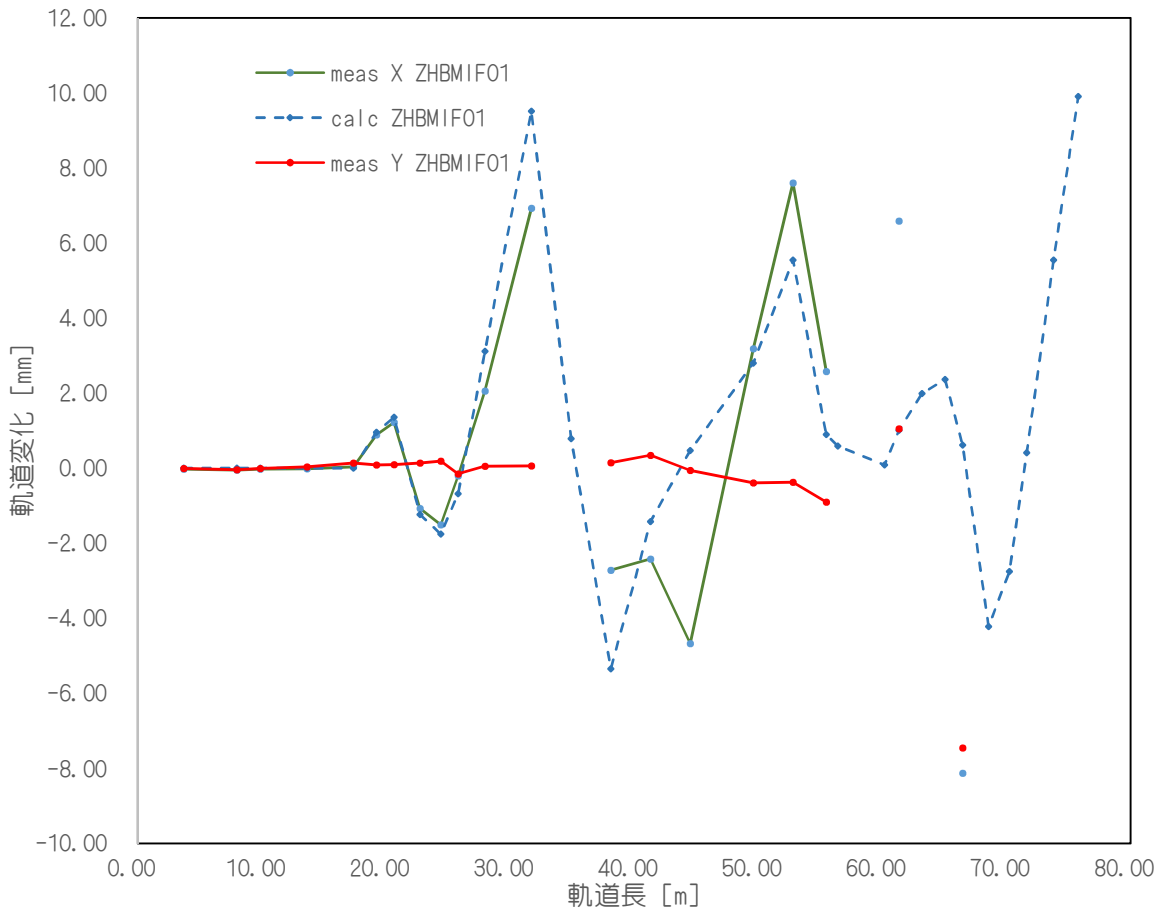
6/11 垂直の結果

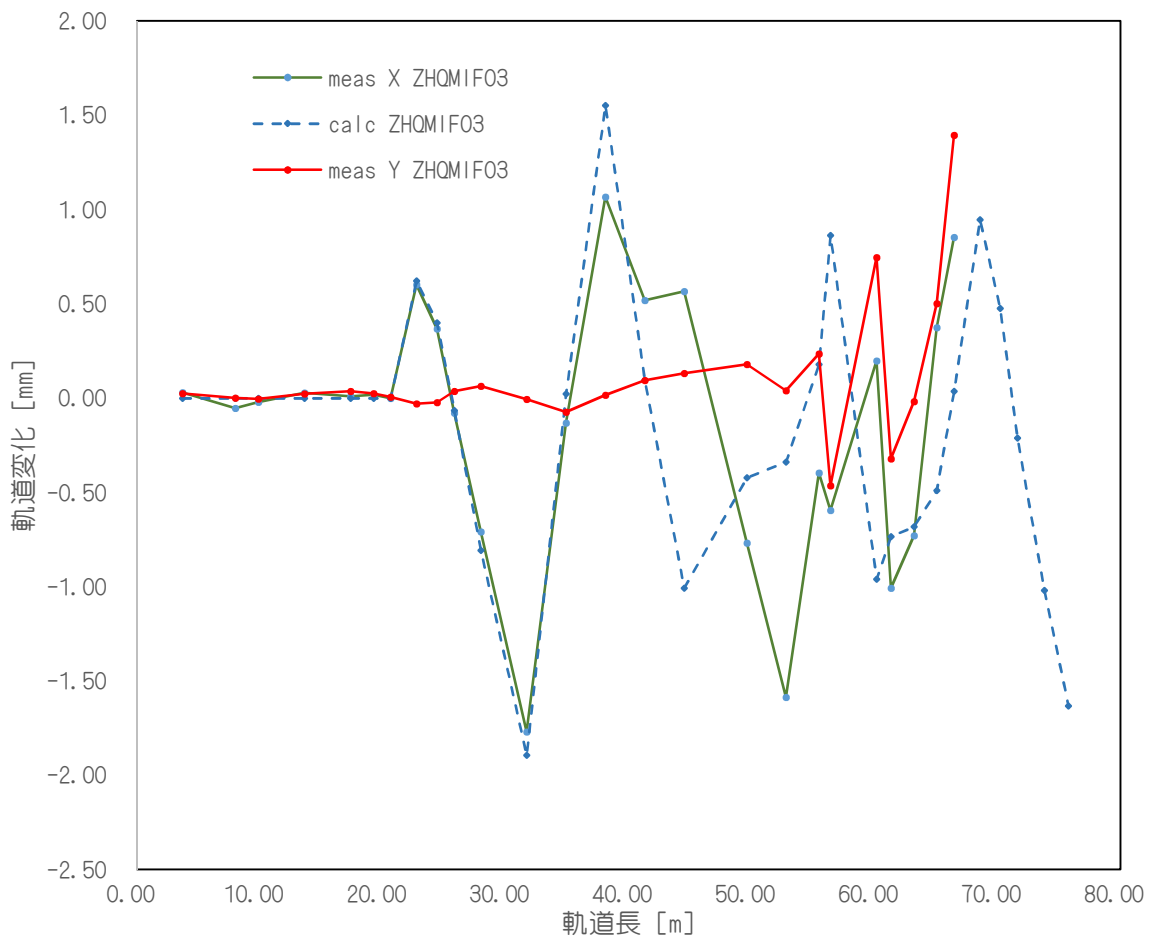
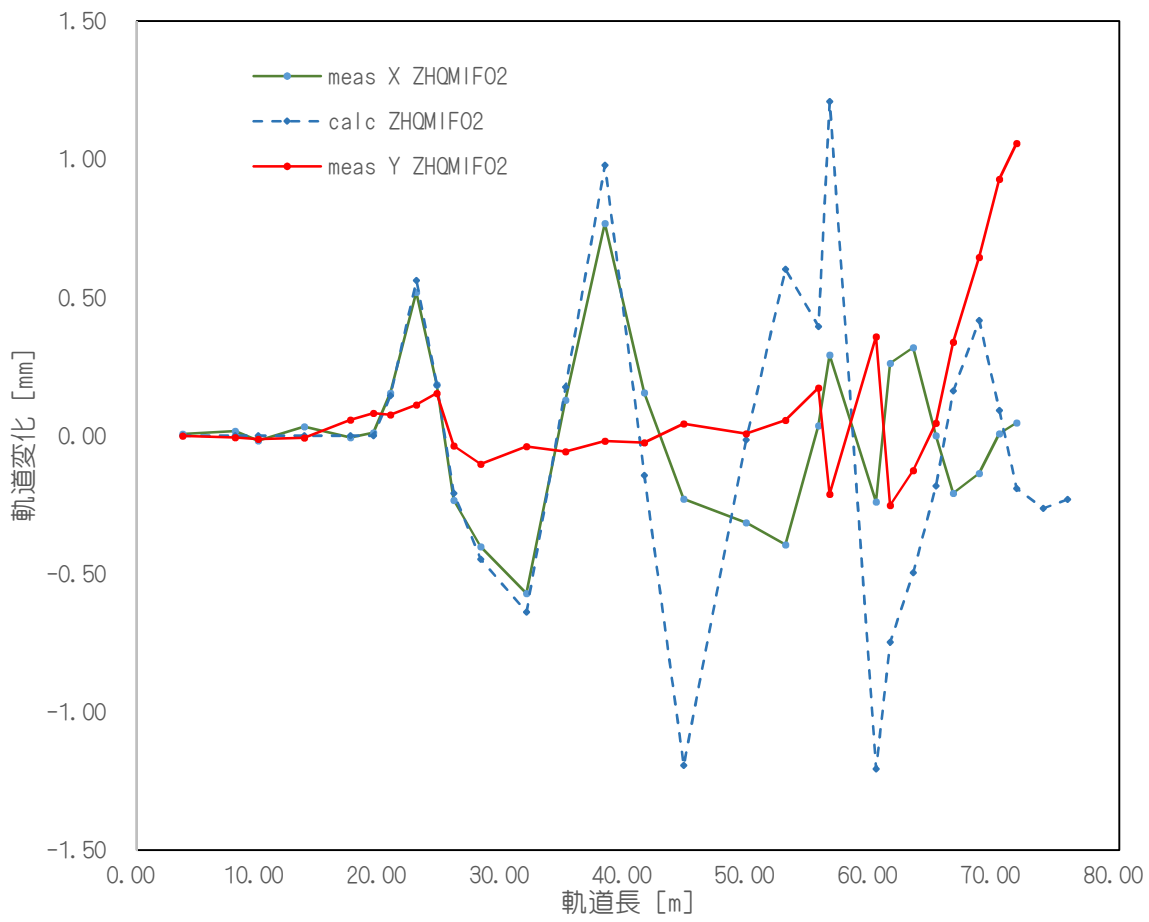


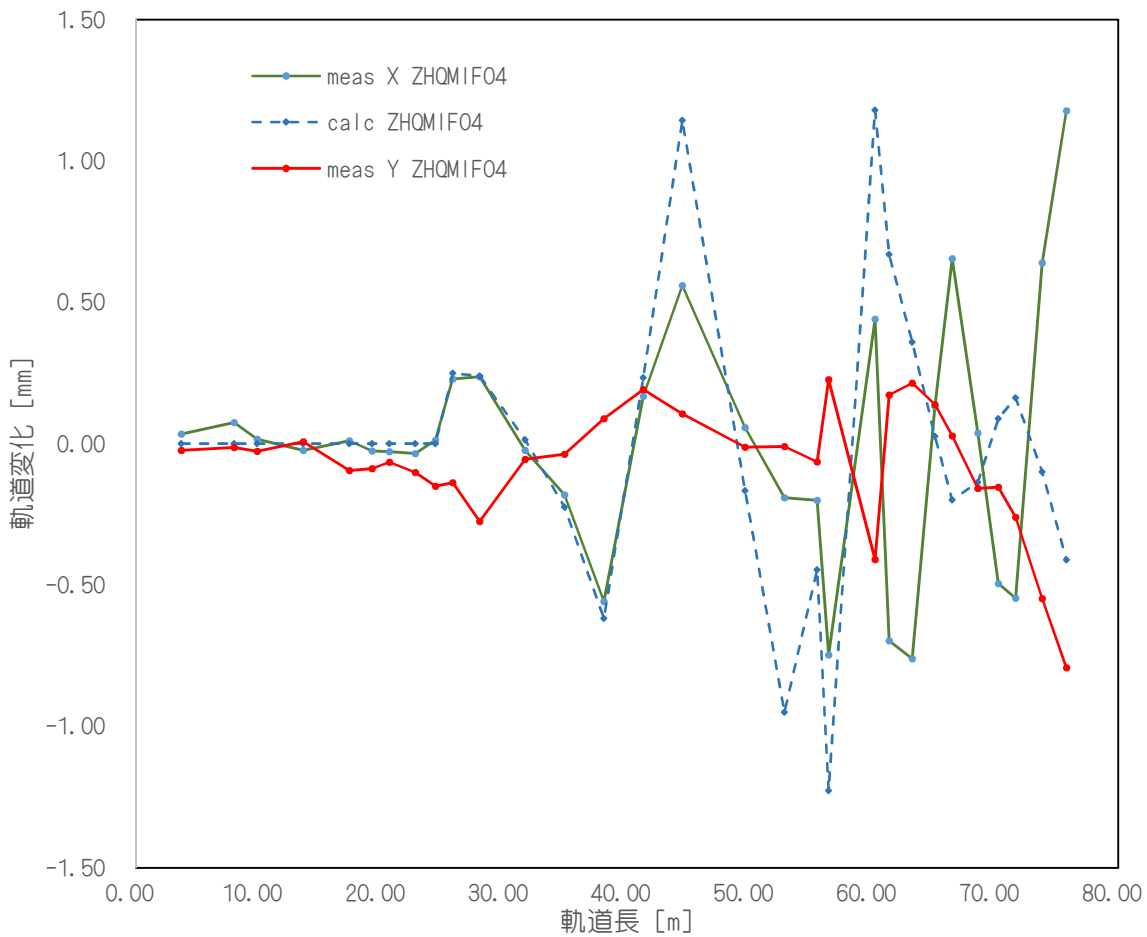
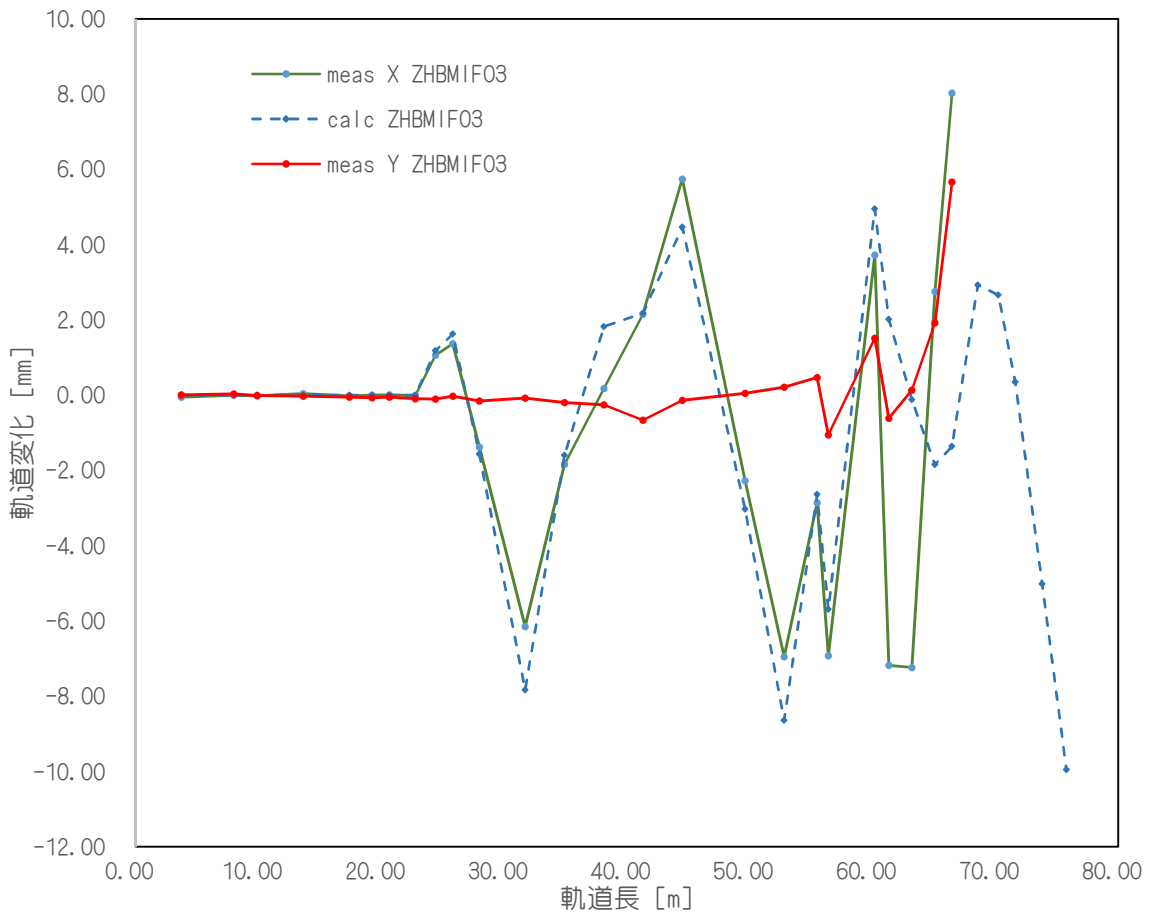
- ビームは大半、残っている。
- (点線は極性は合わせていない場合もあり。)
- カップリング → 赤線の大きさ

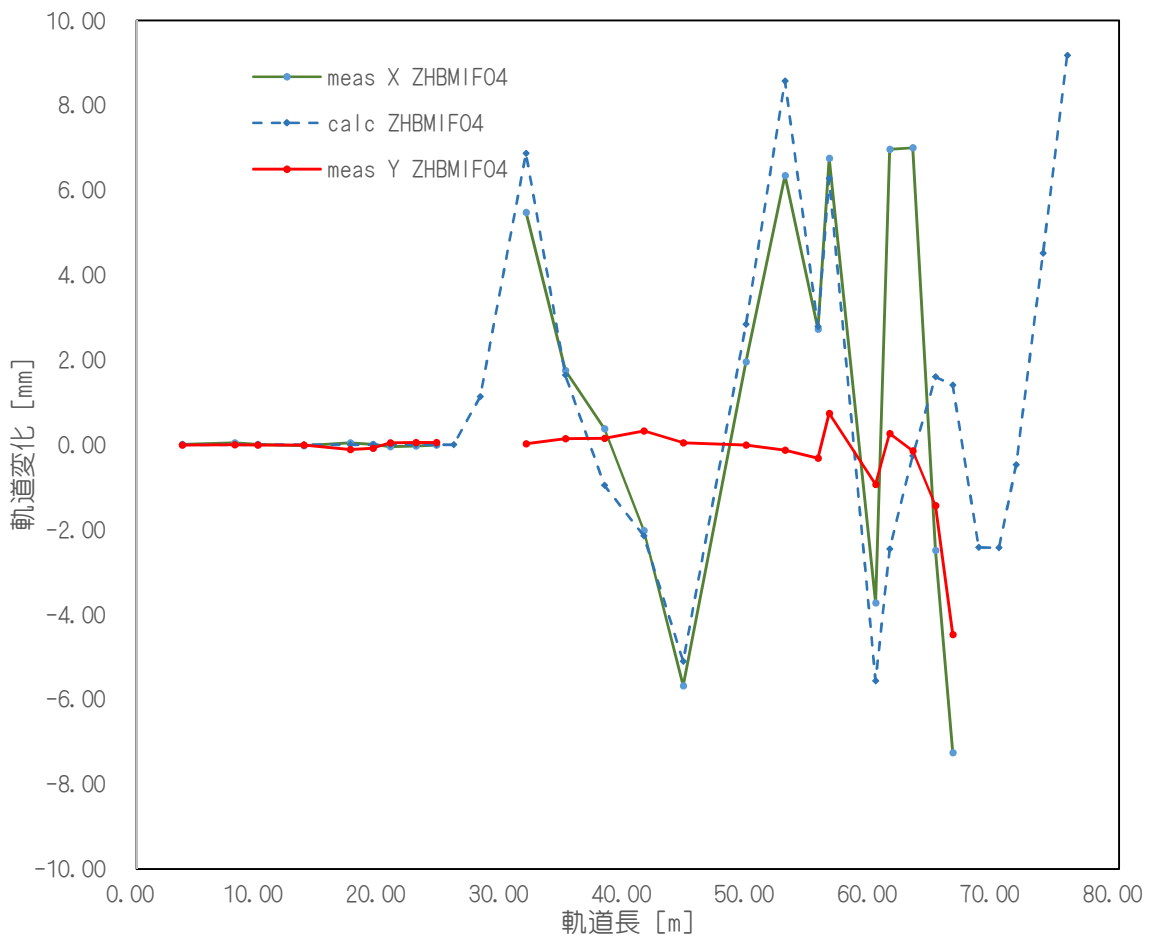
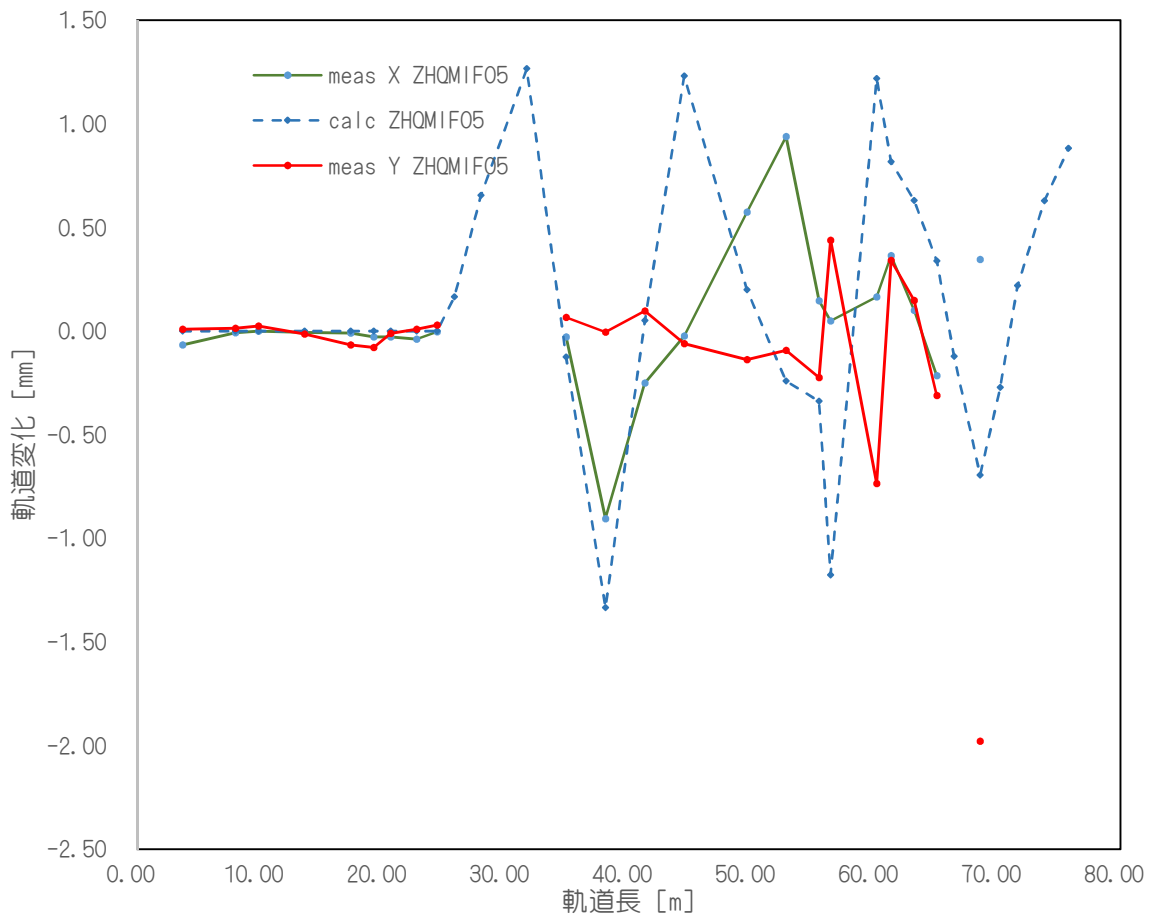


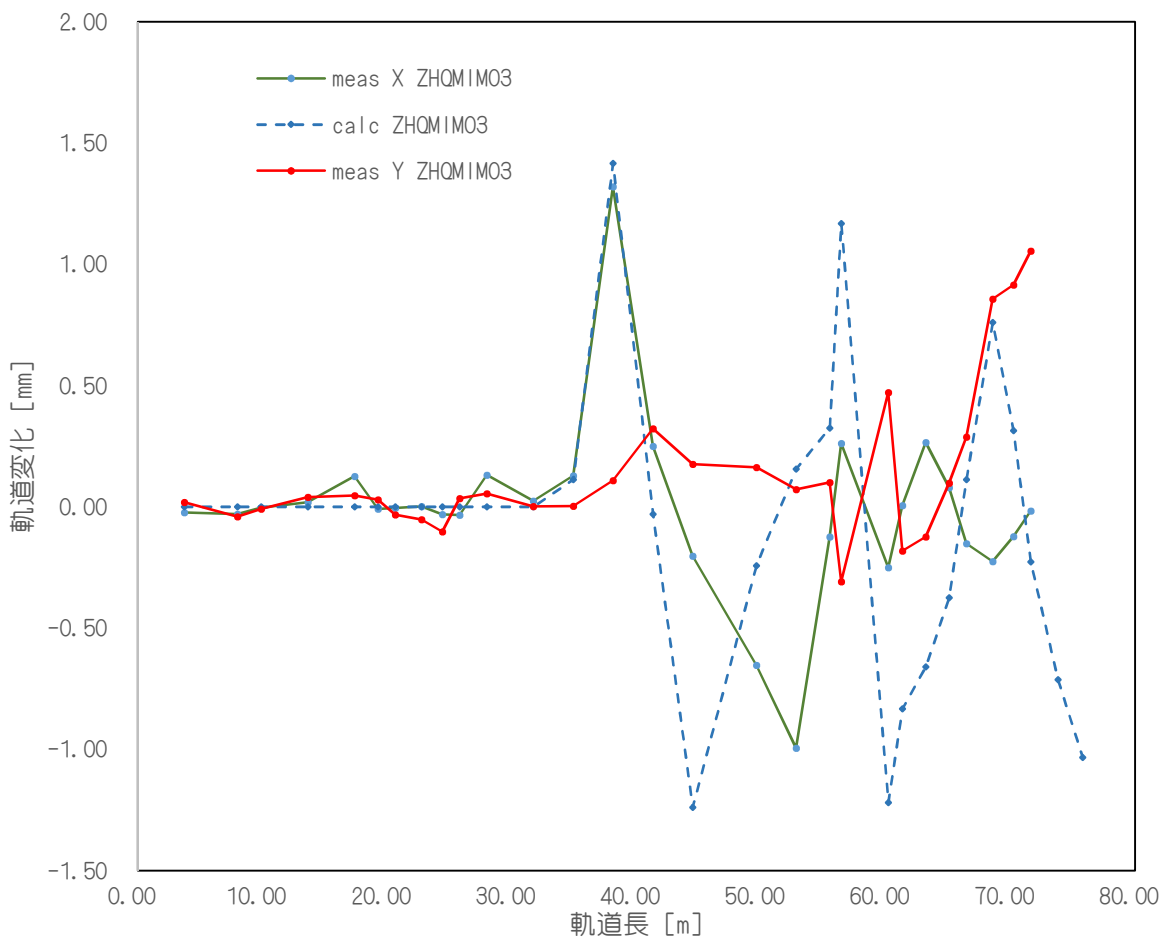
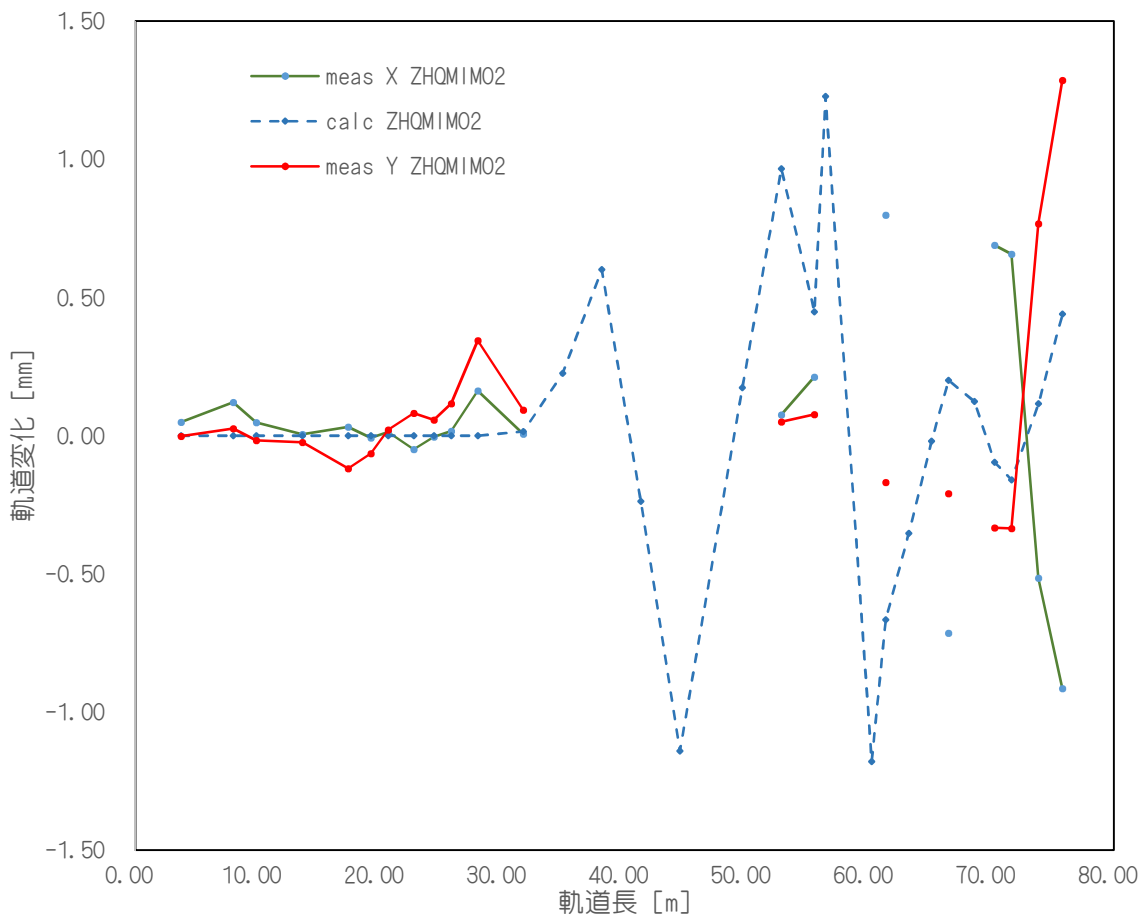


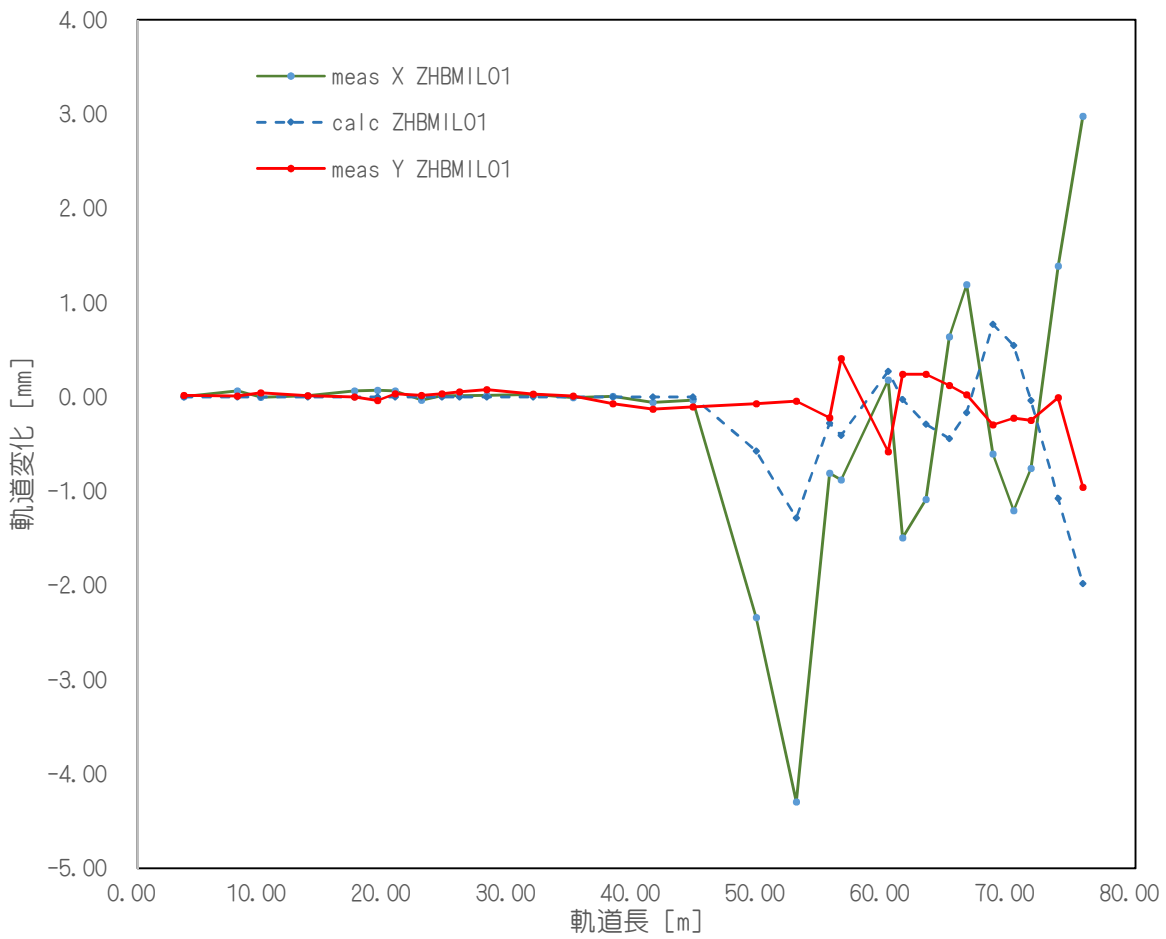
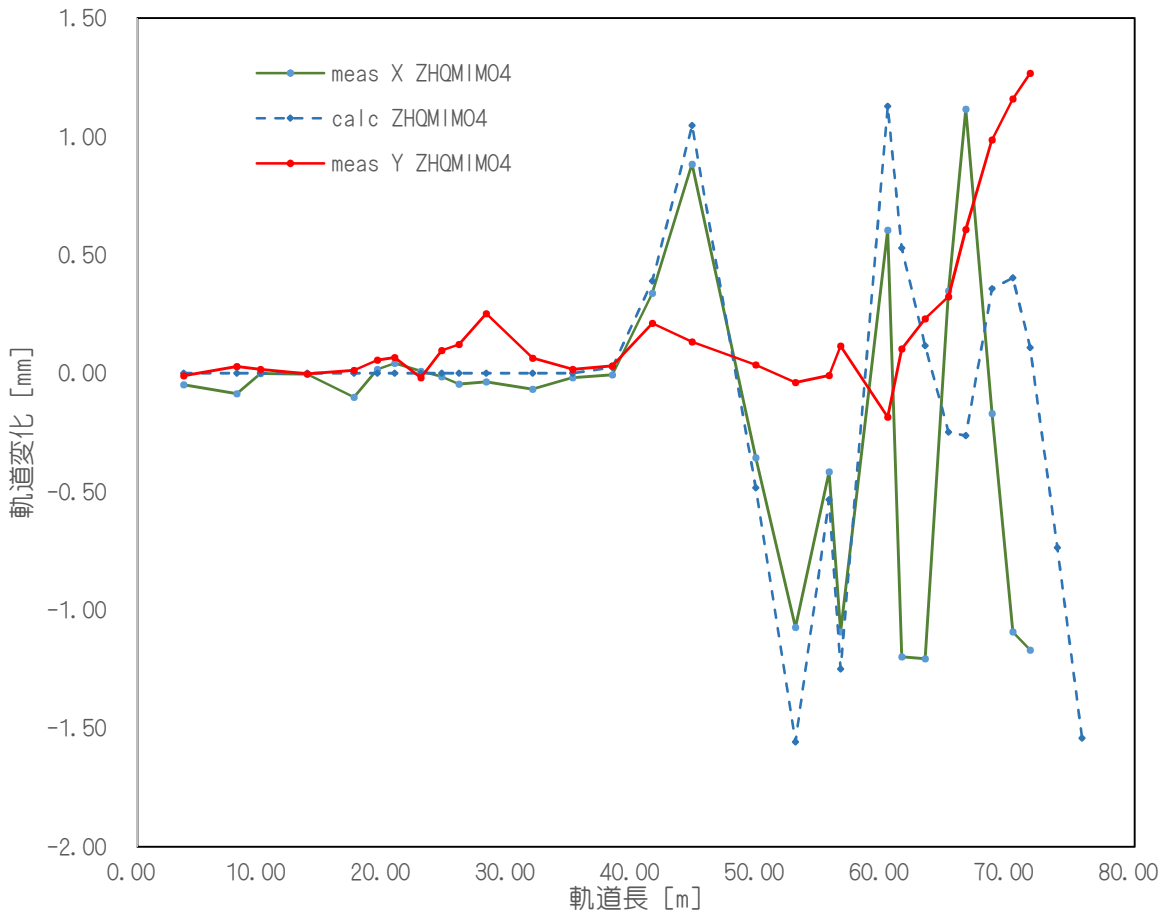


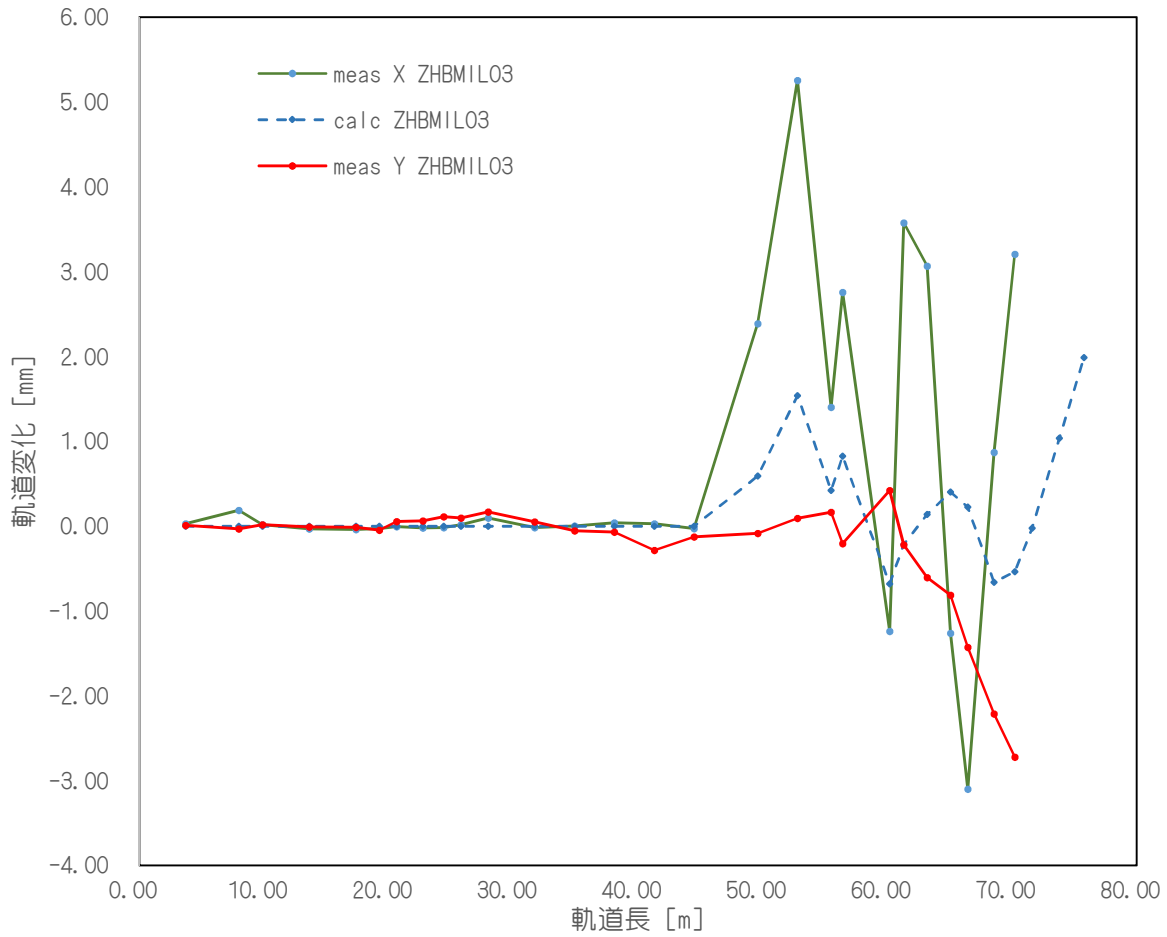
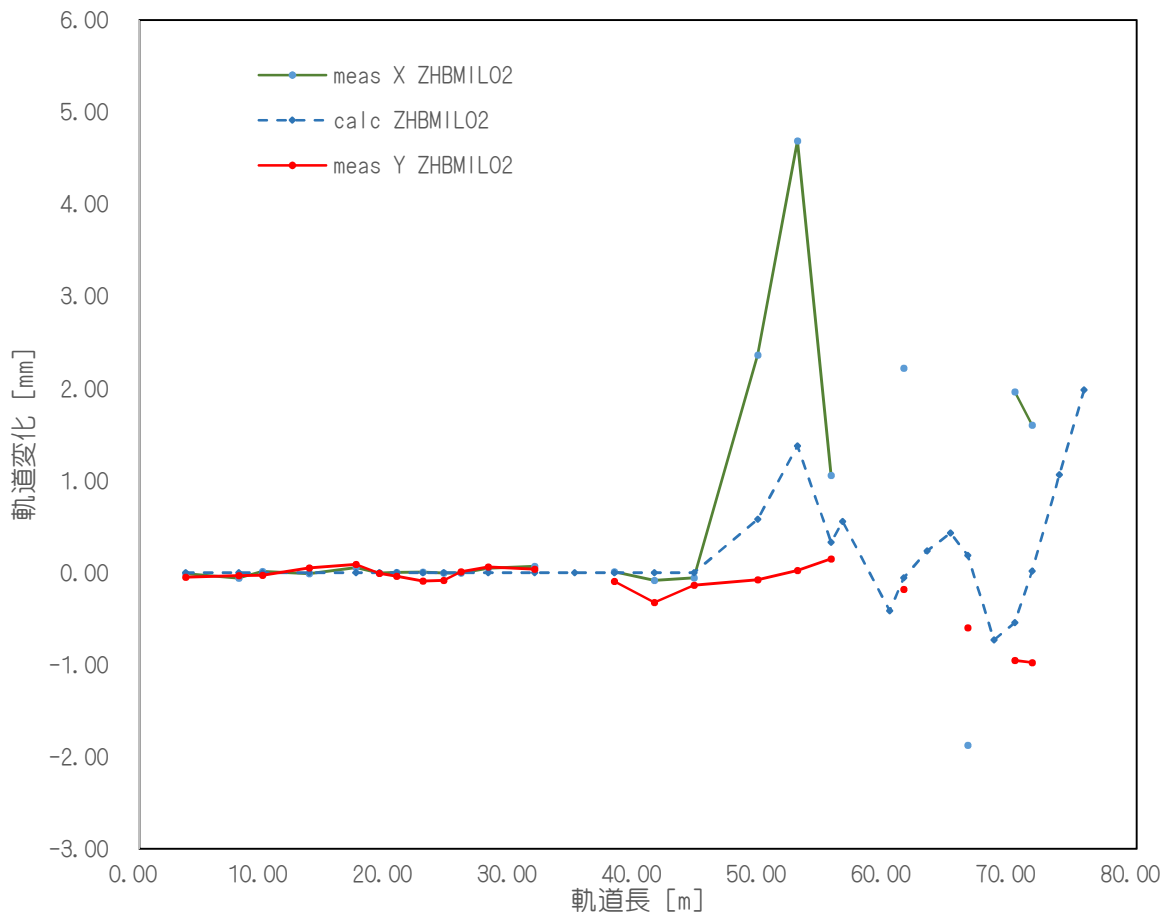


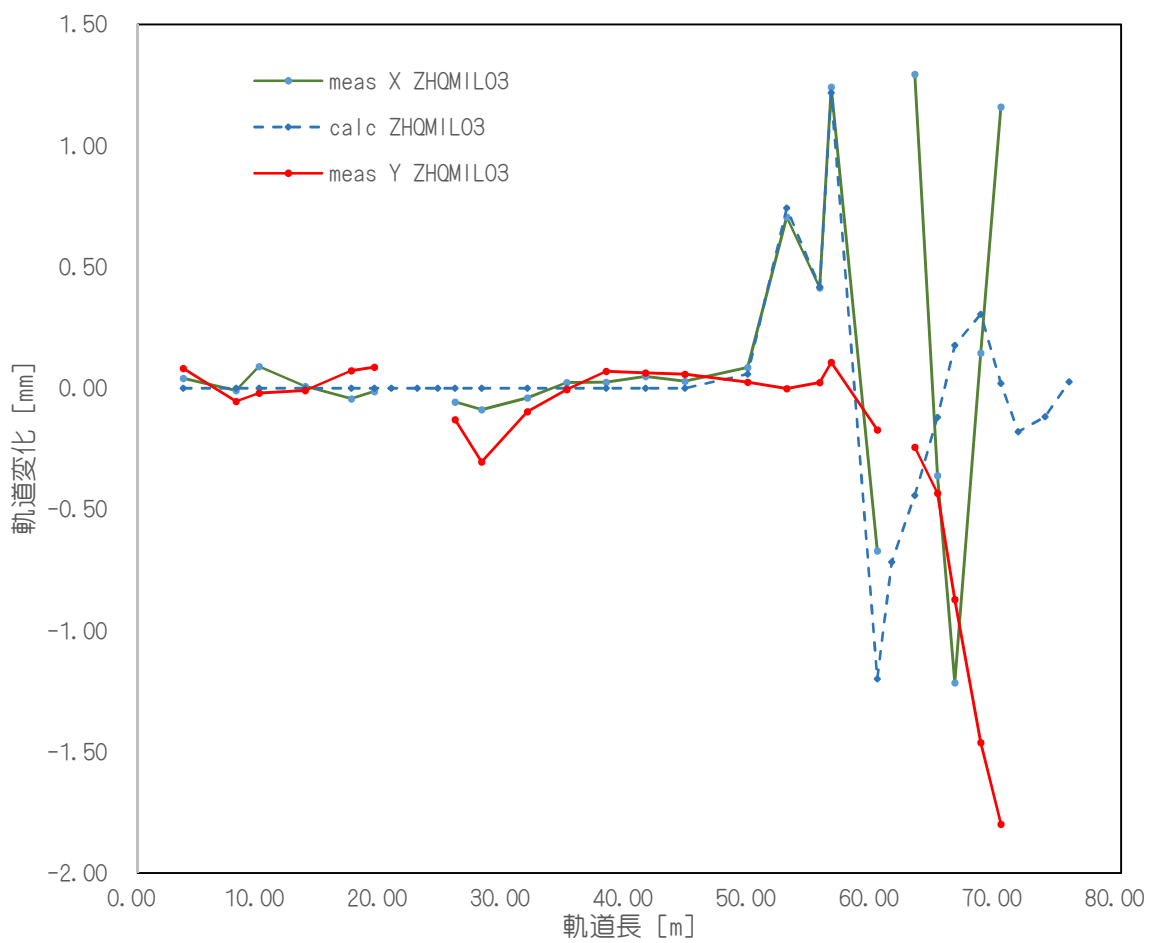
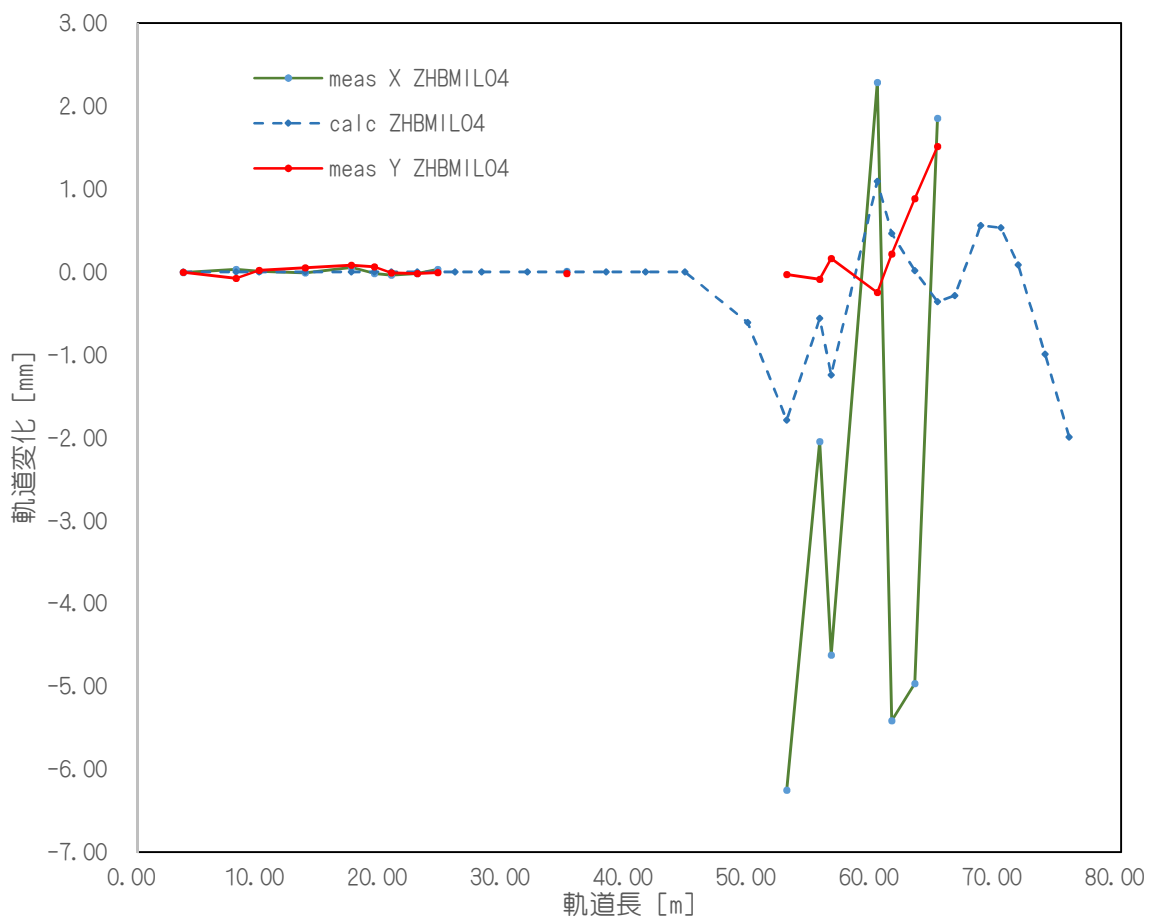


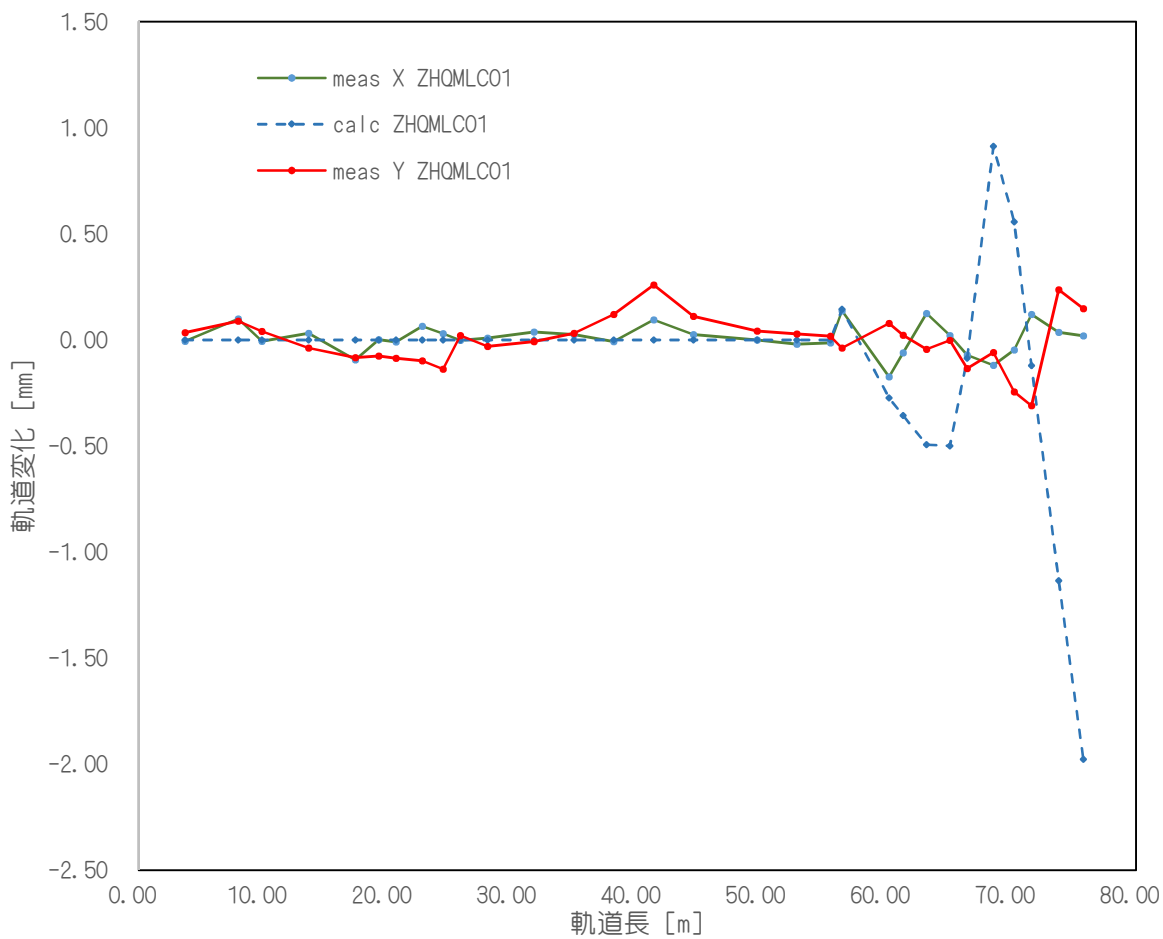
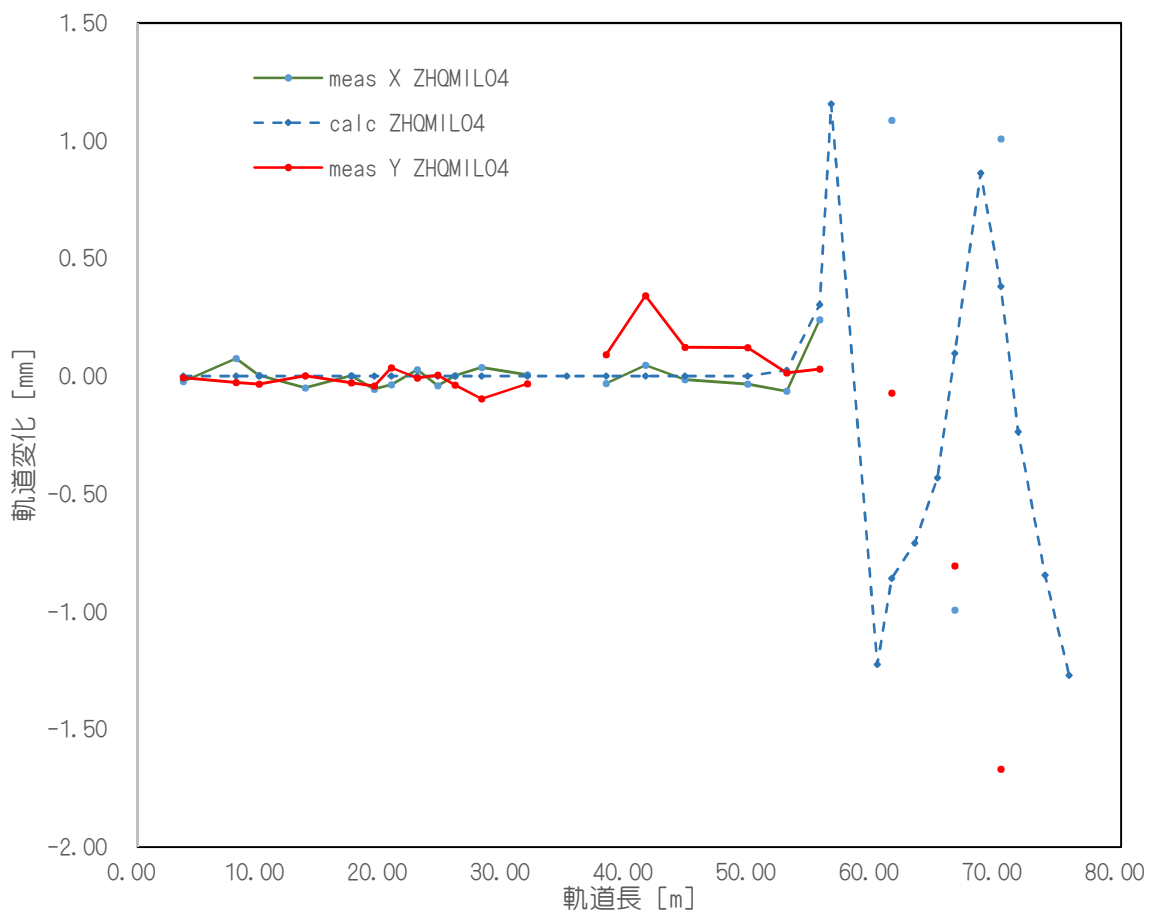


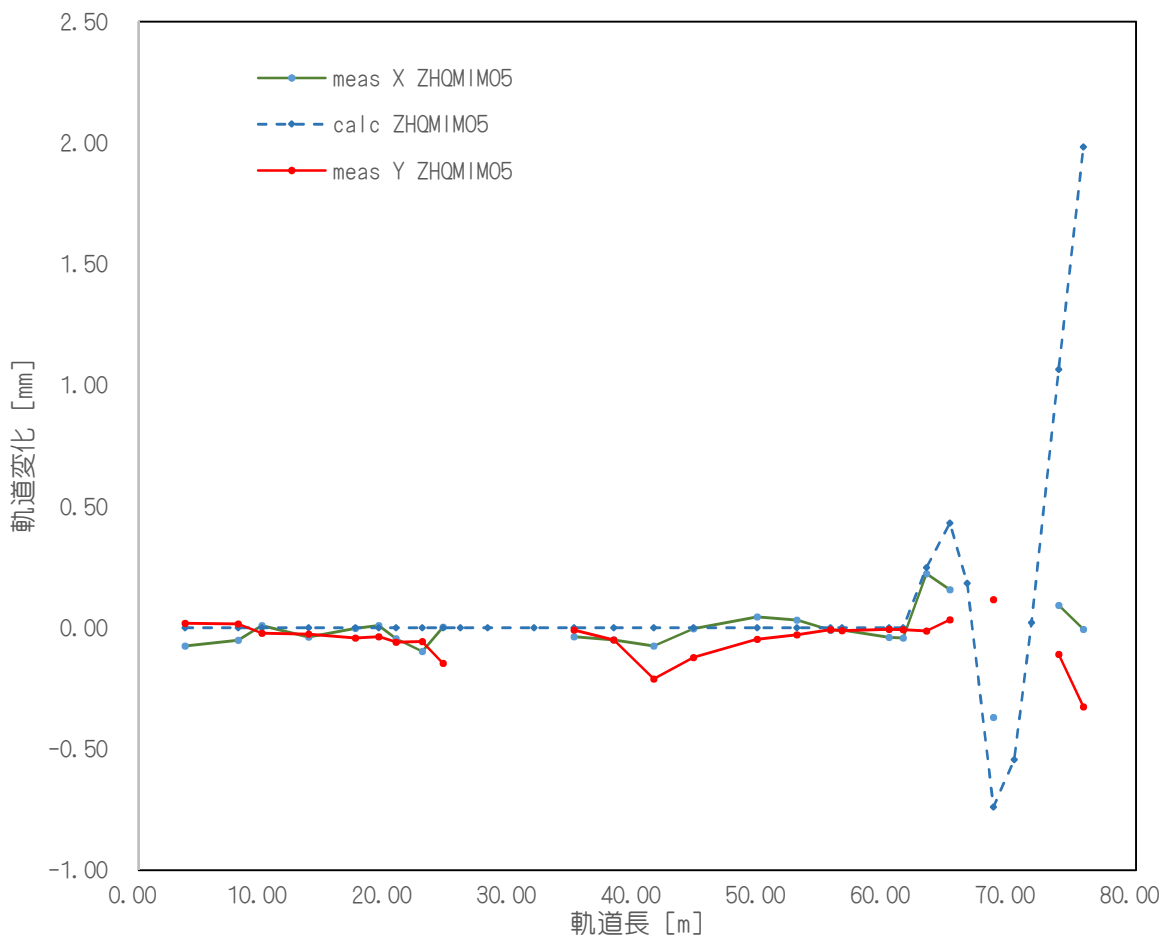
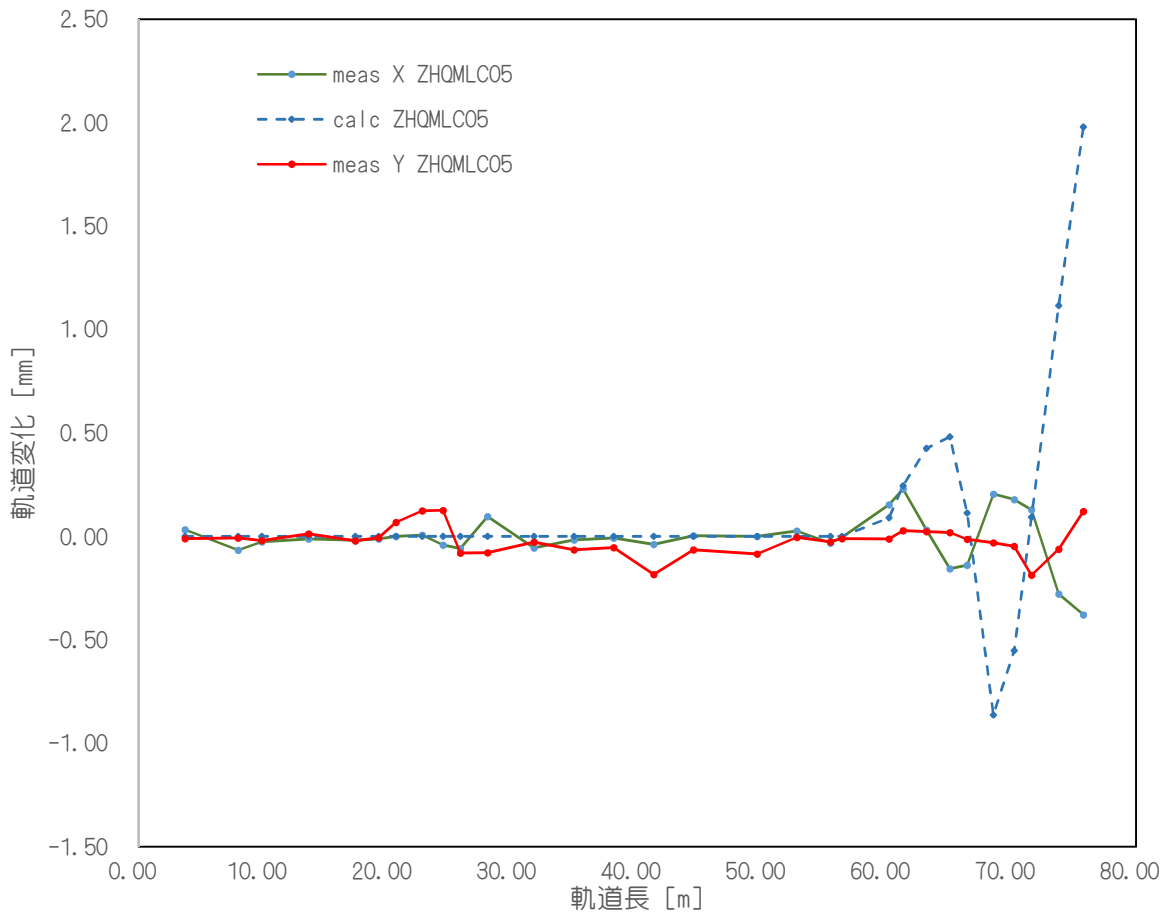


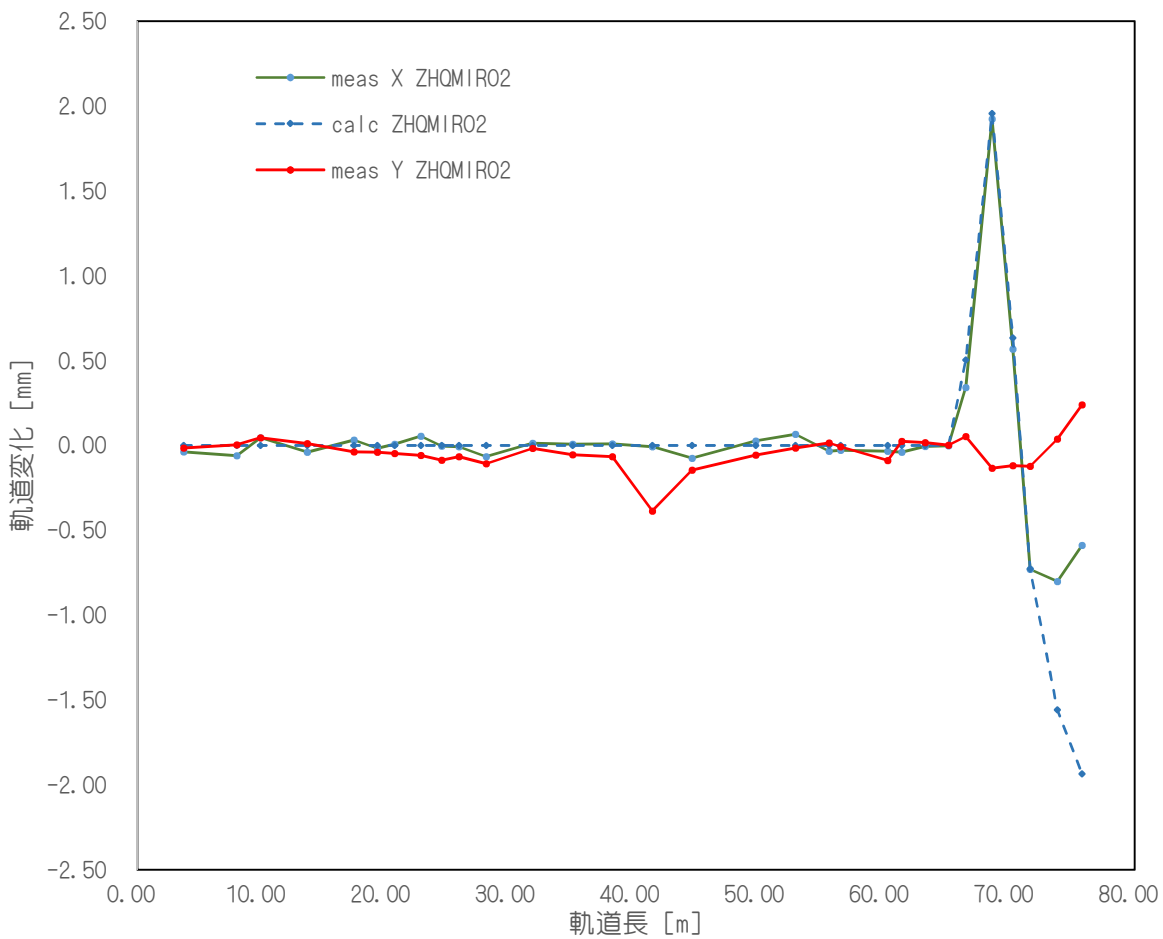
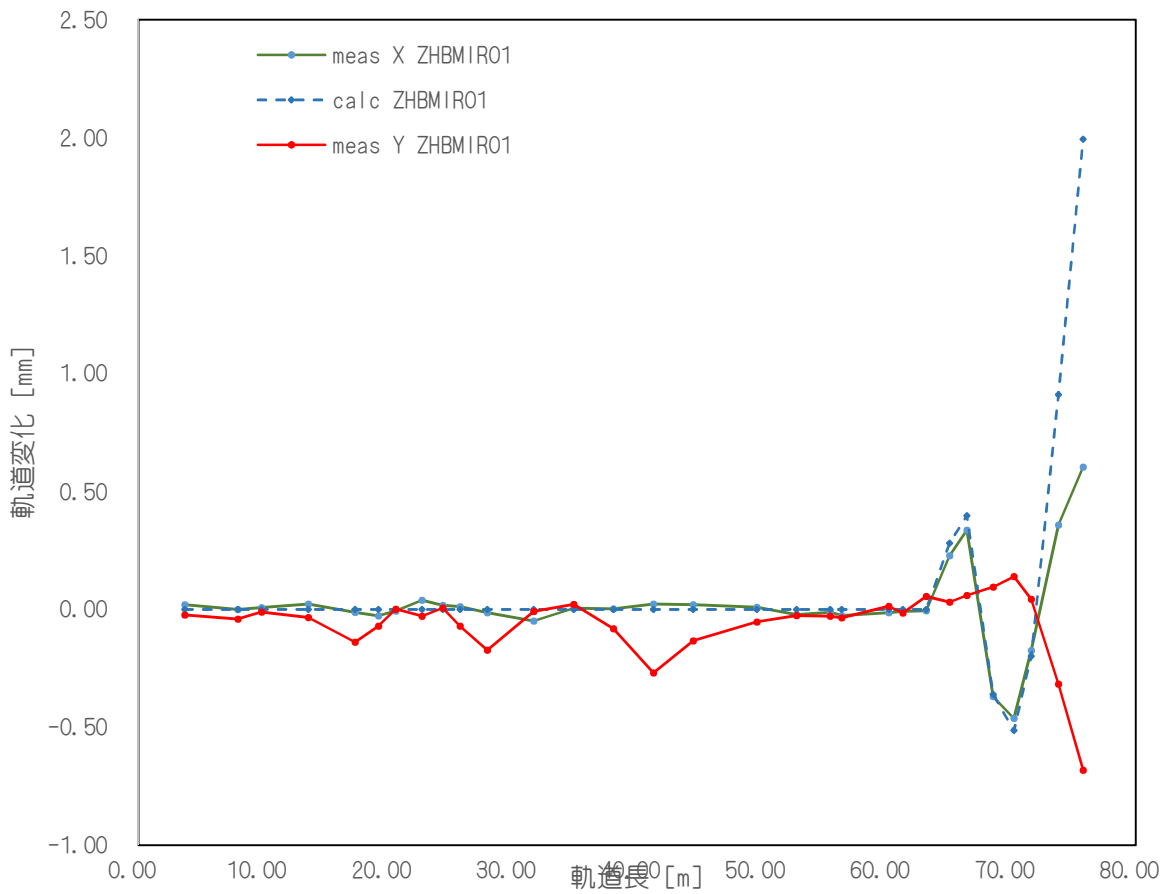


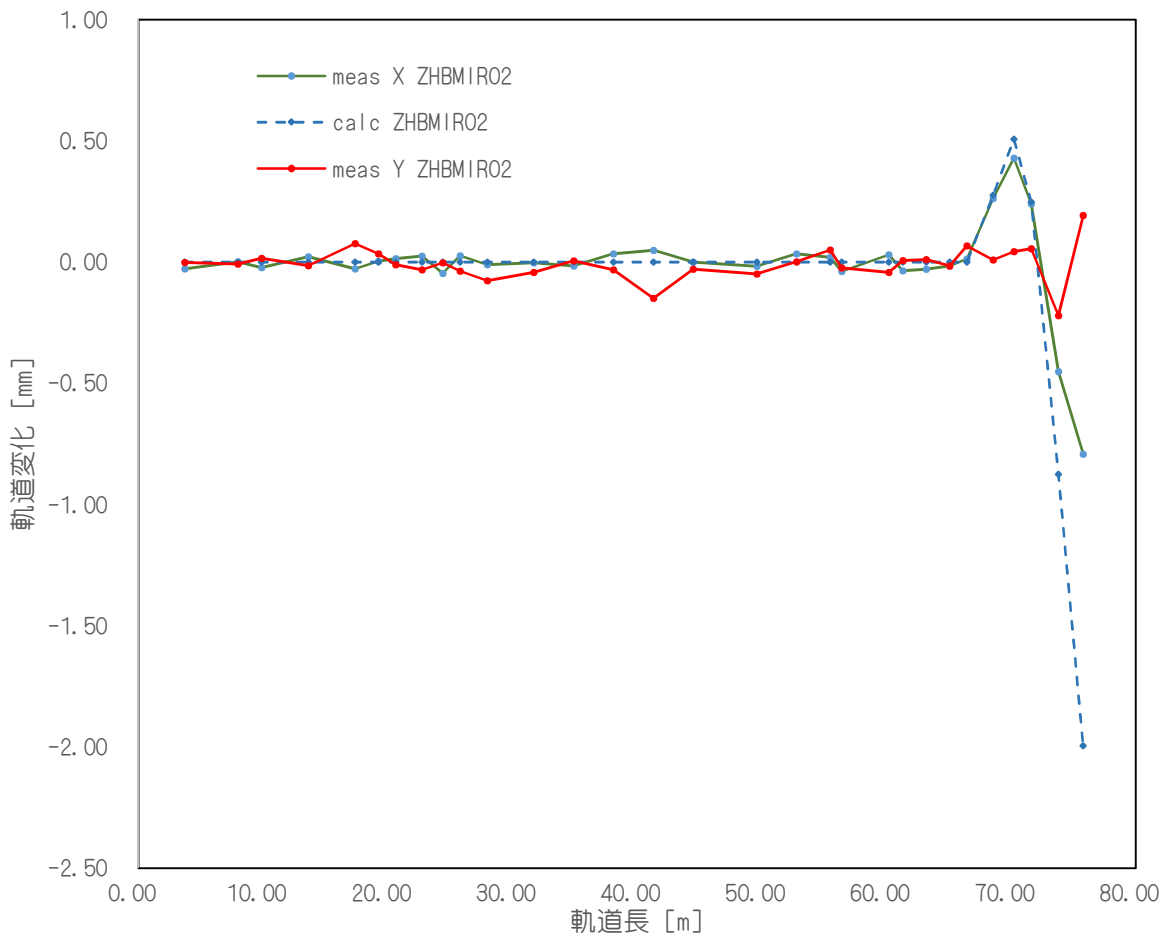
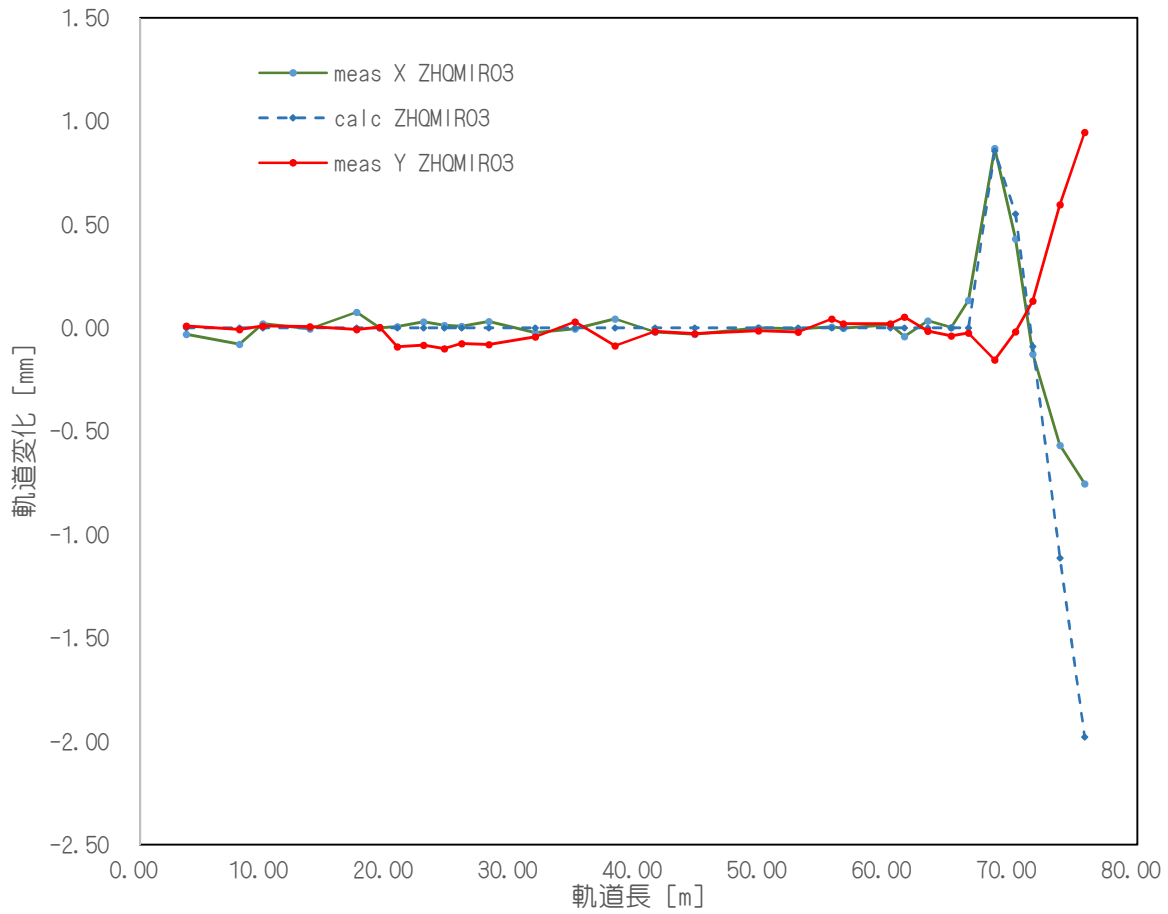


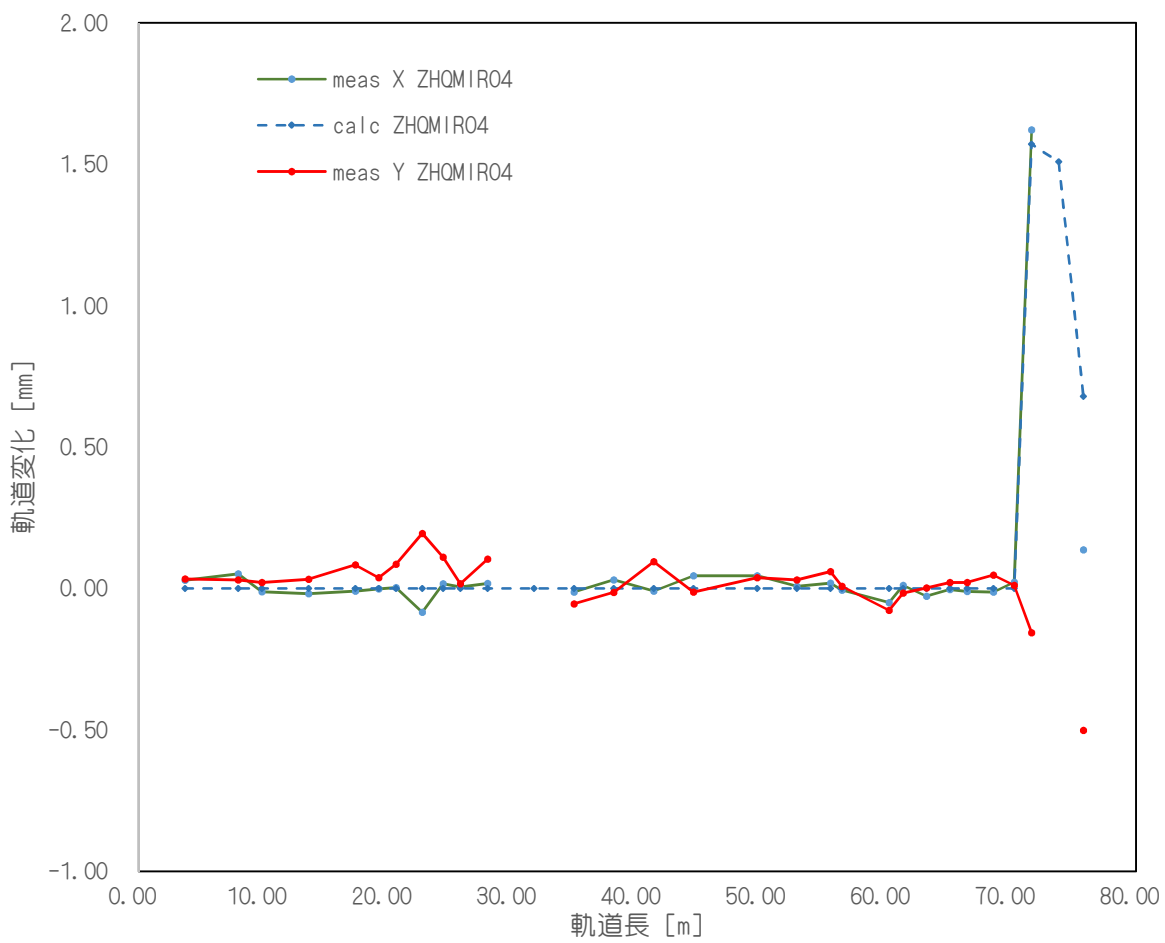
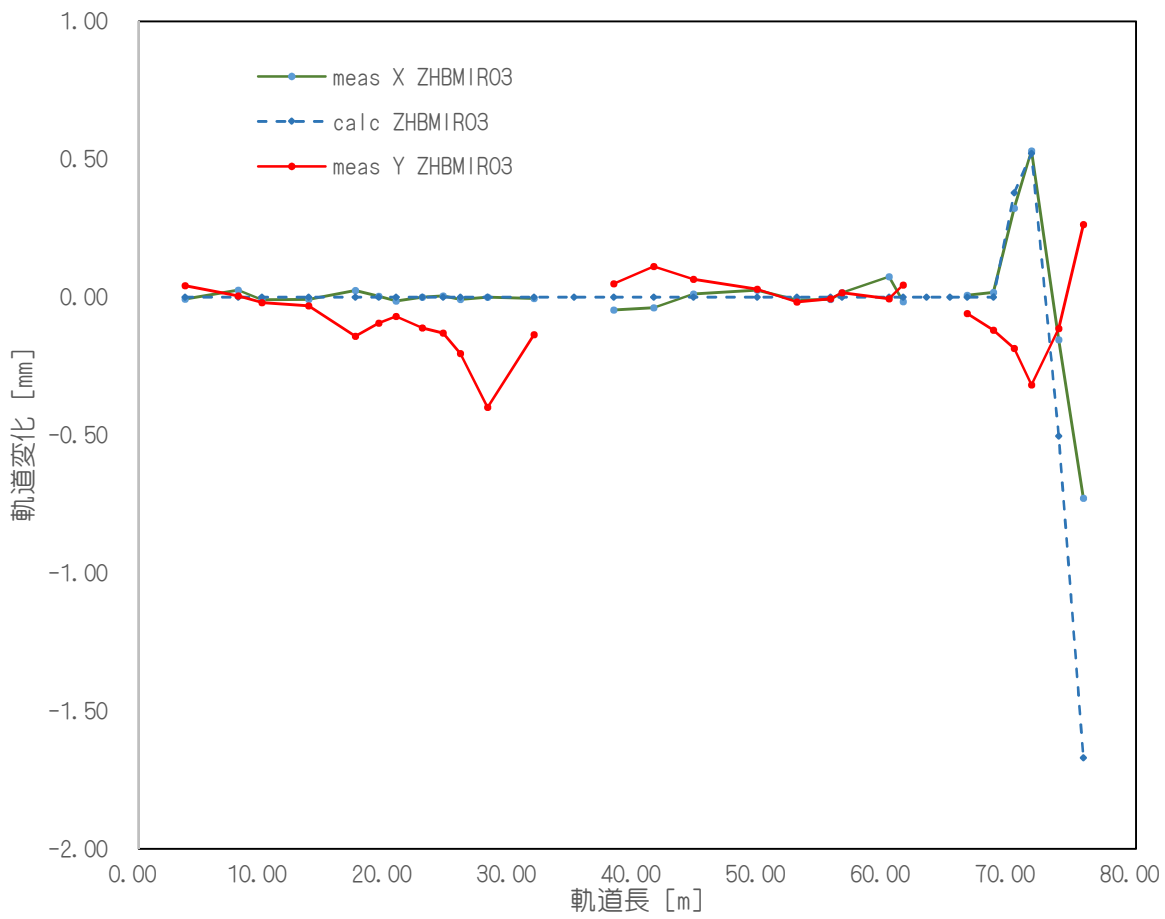


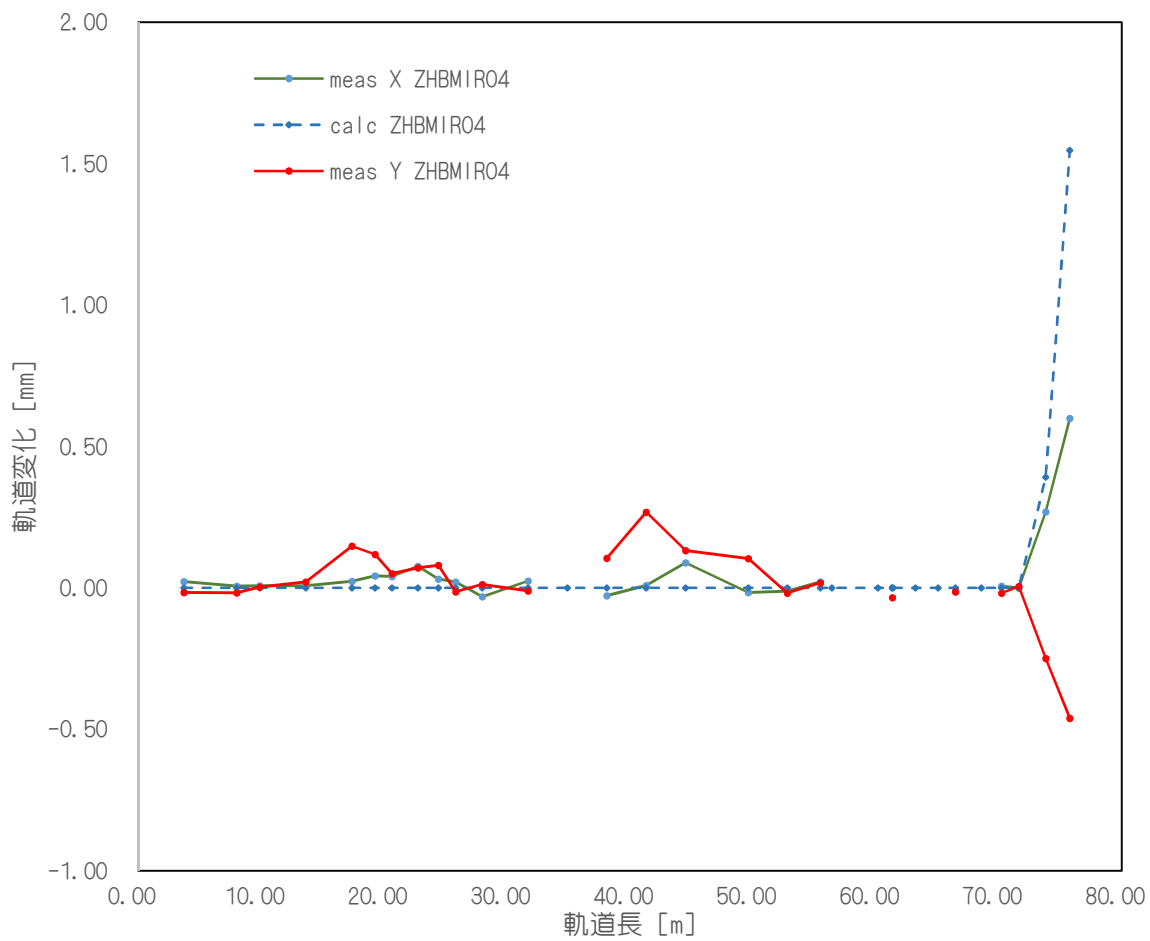
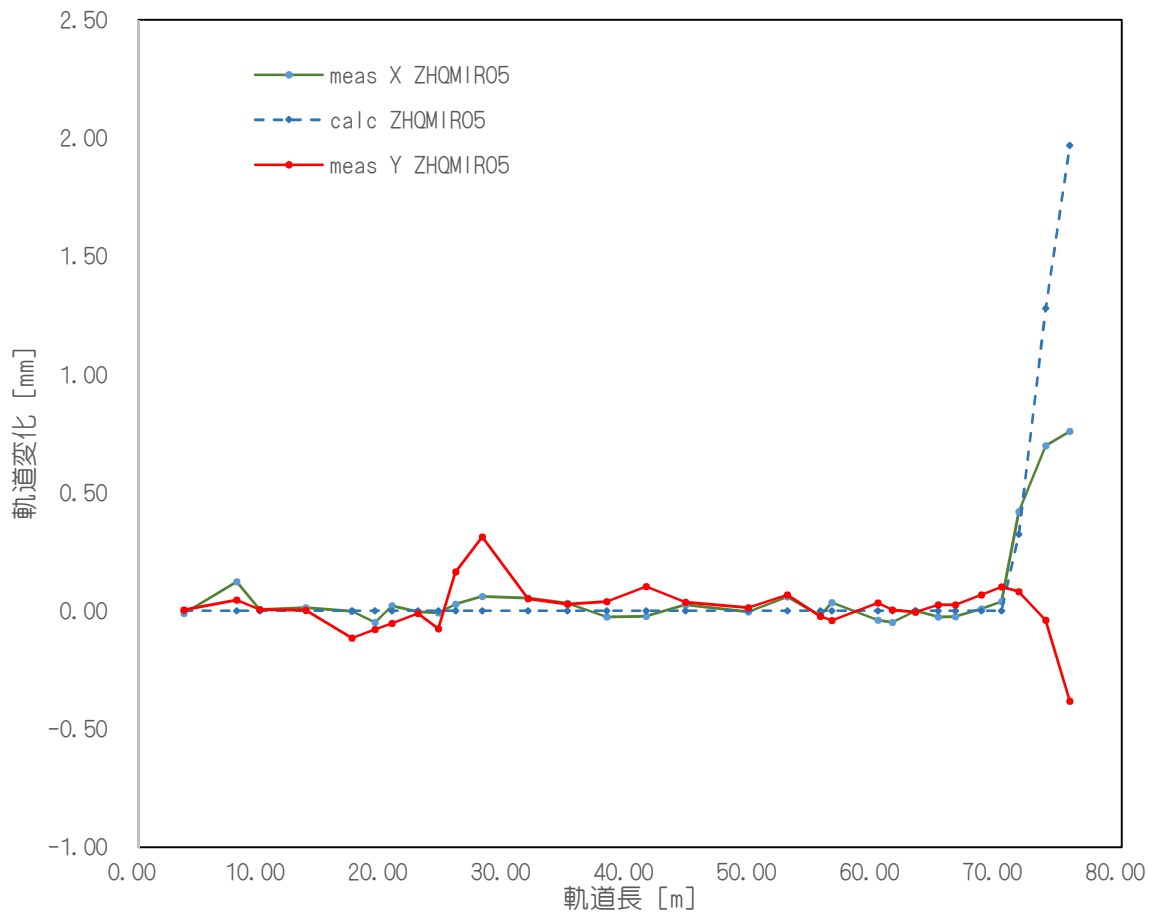


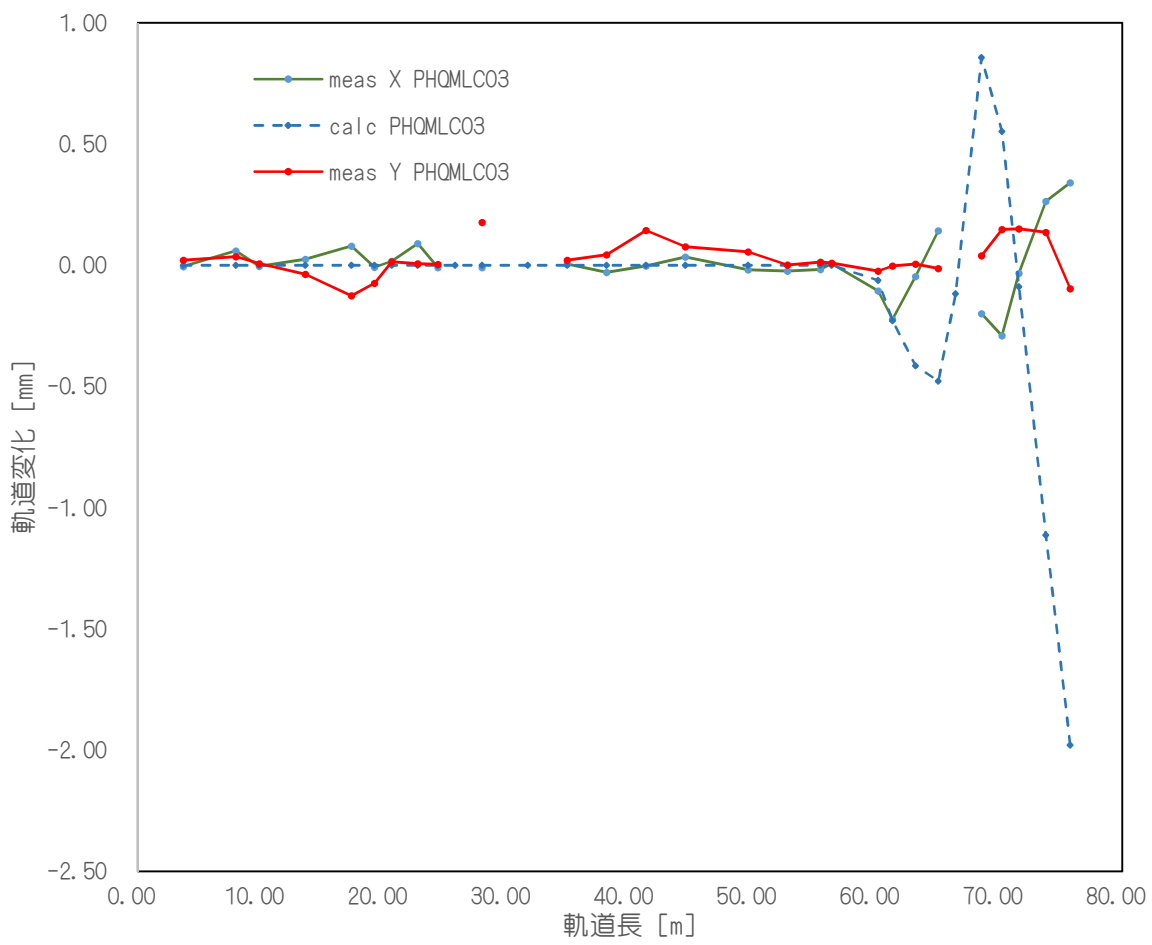
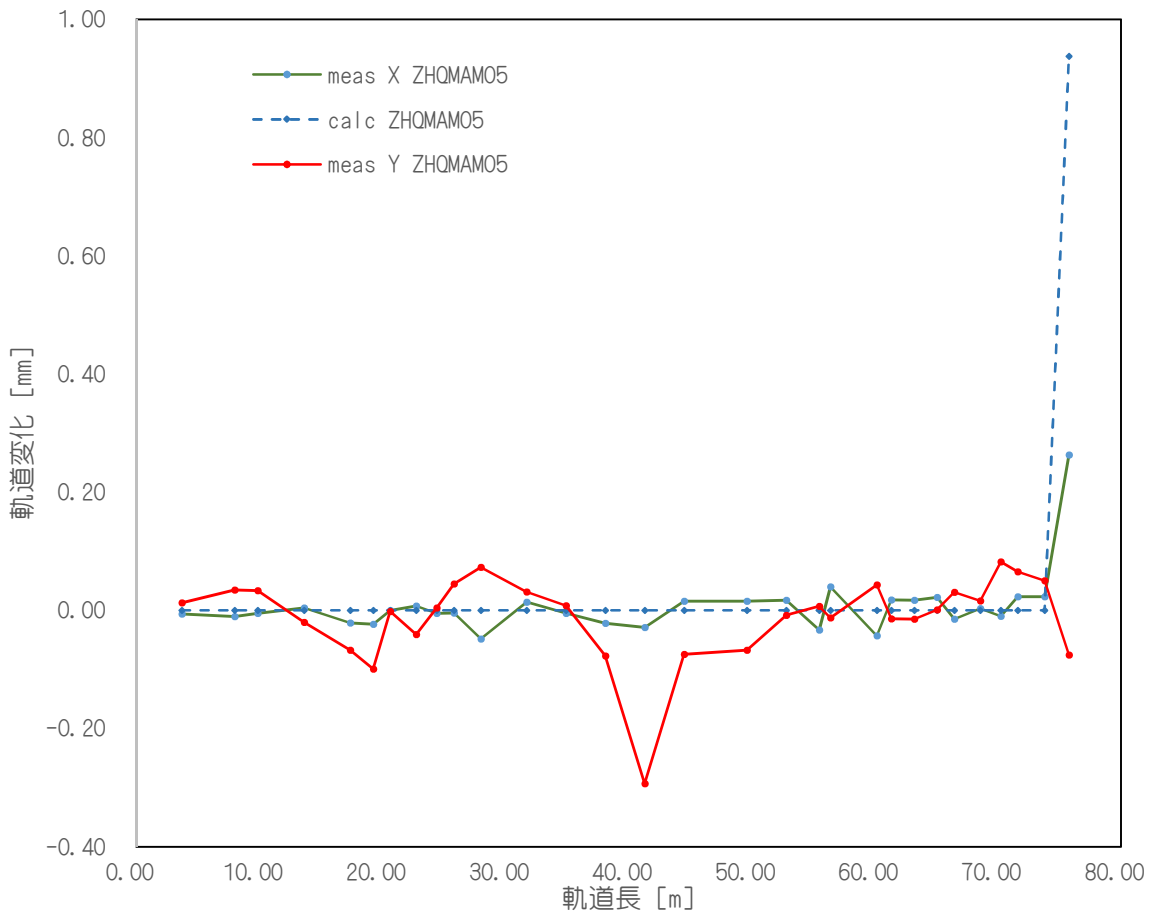


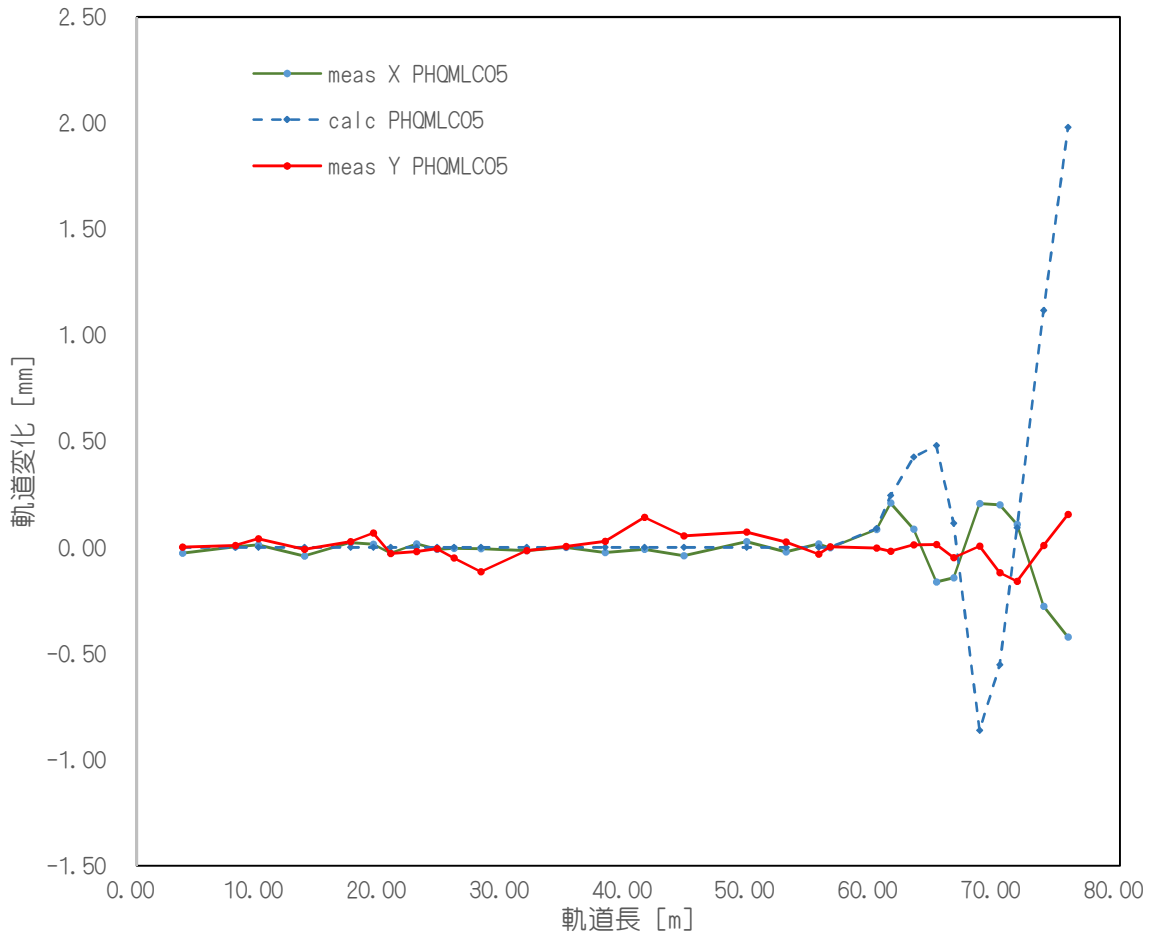
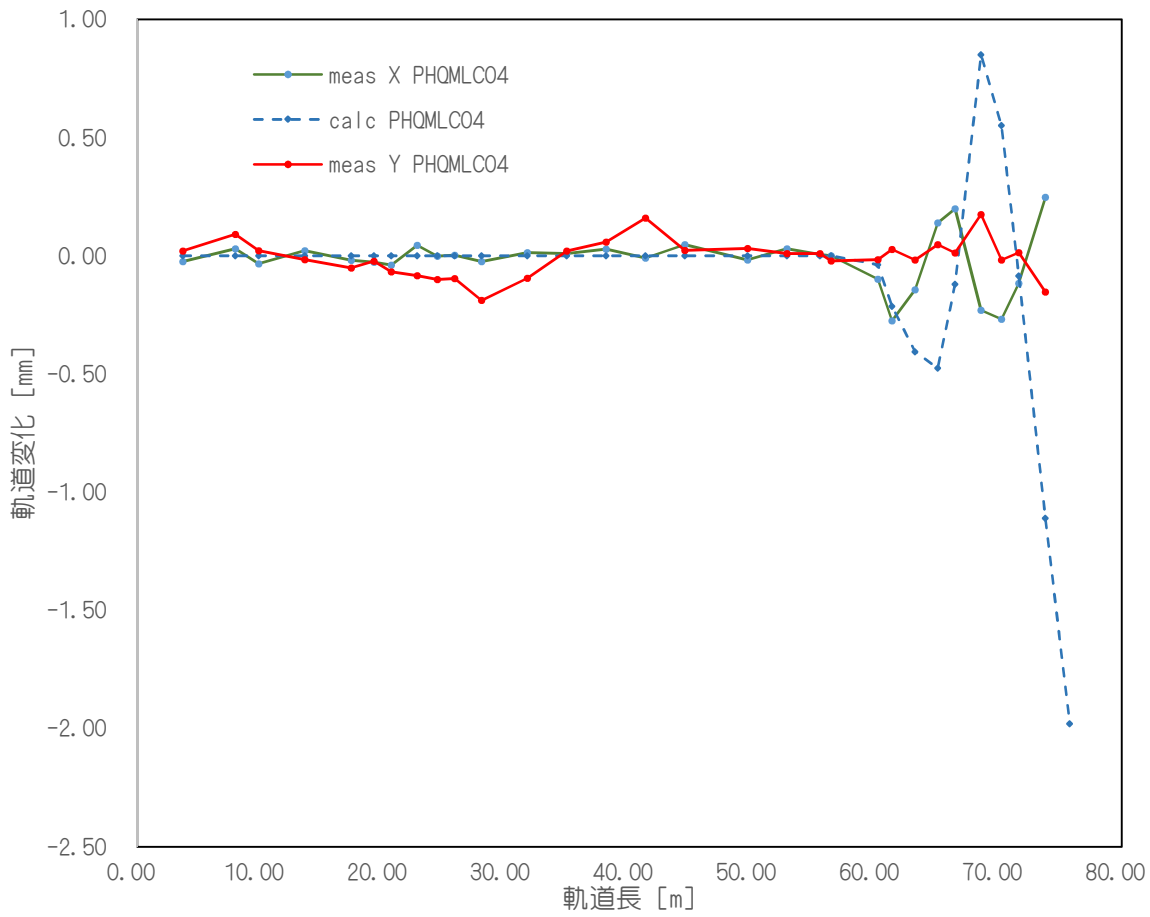


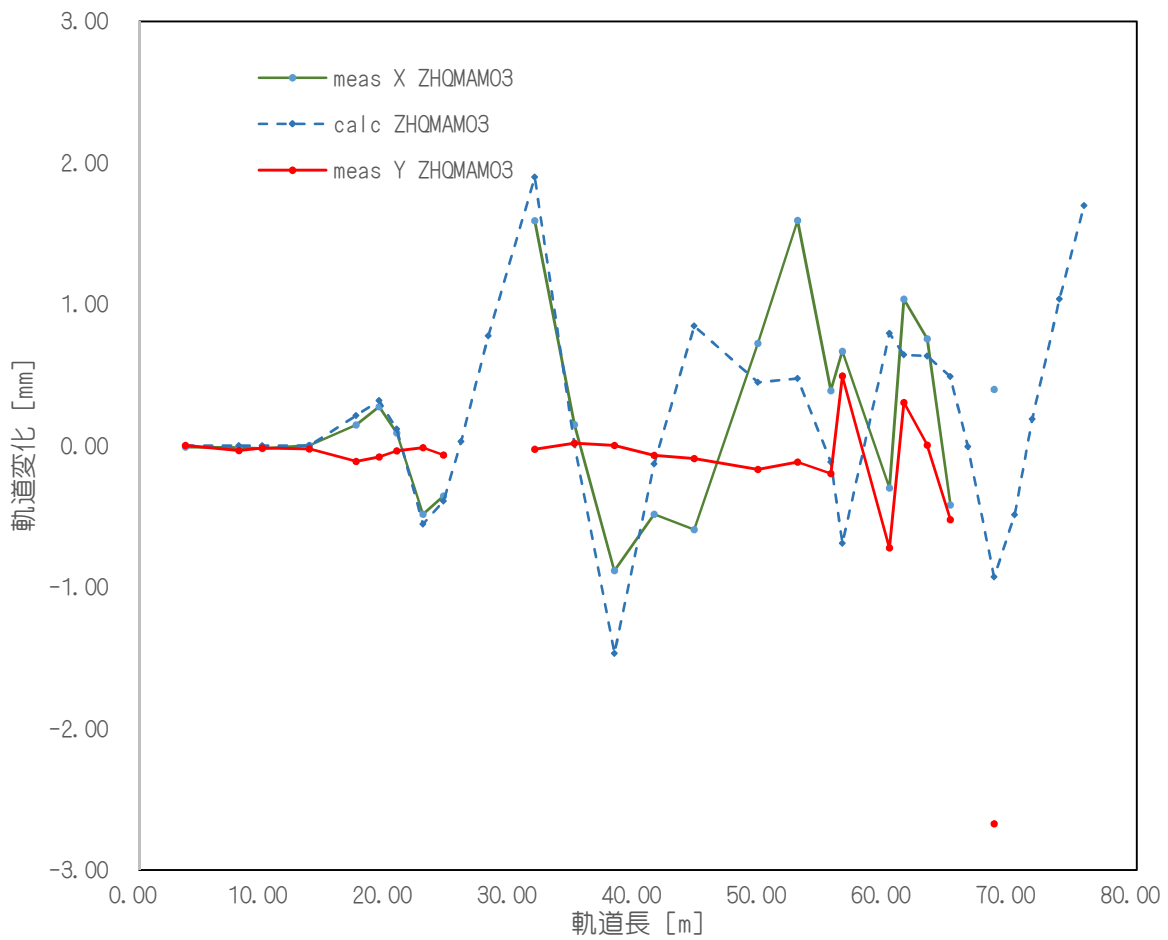
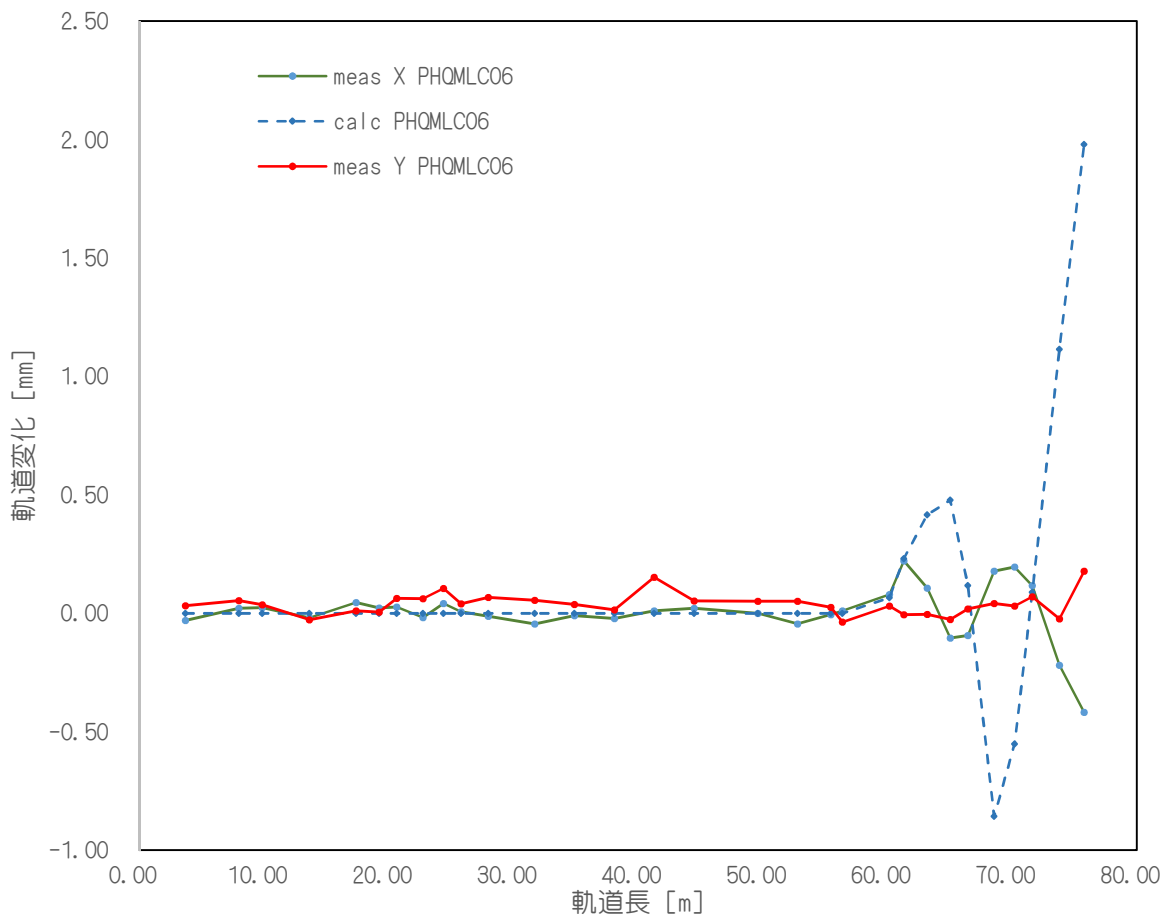


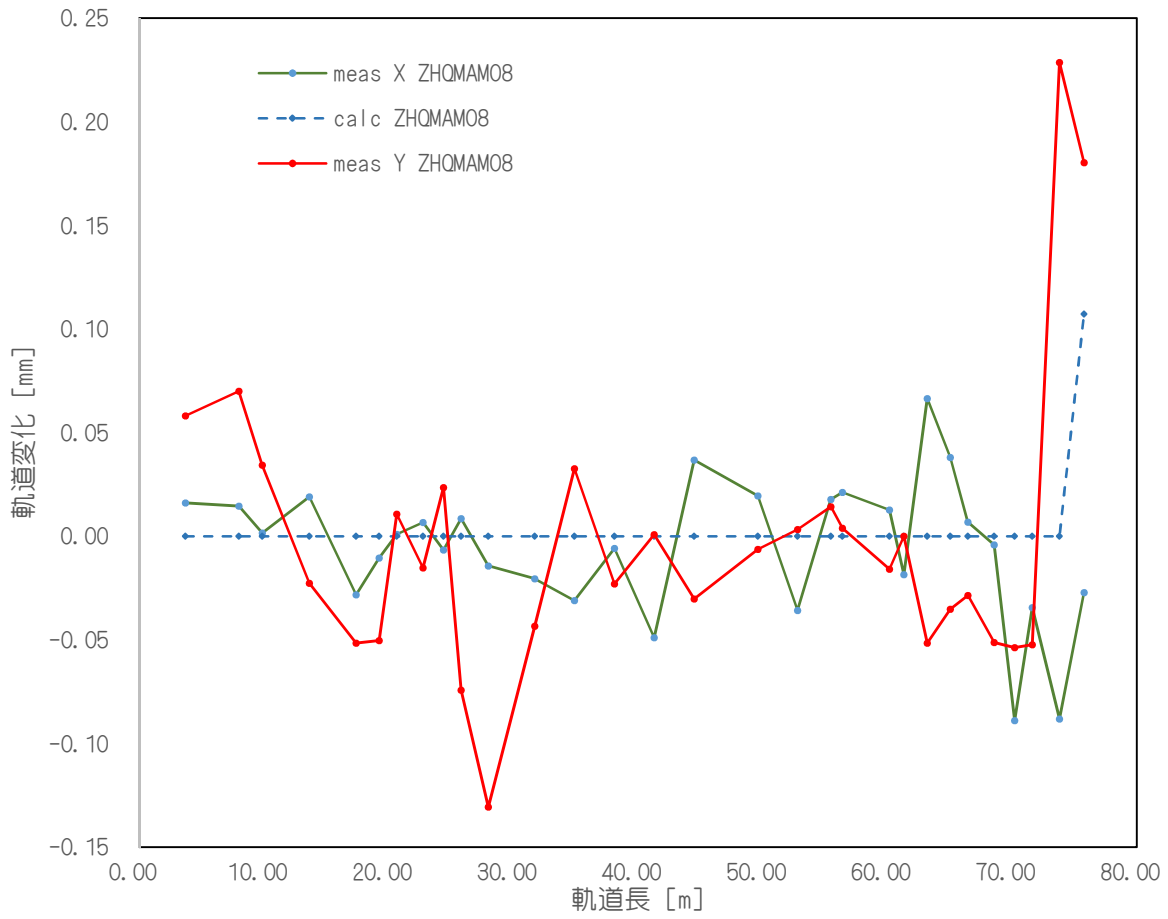


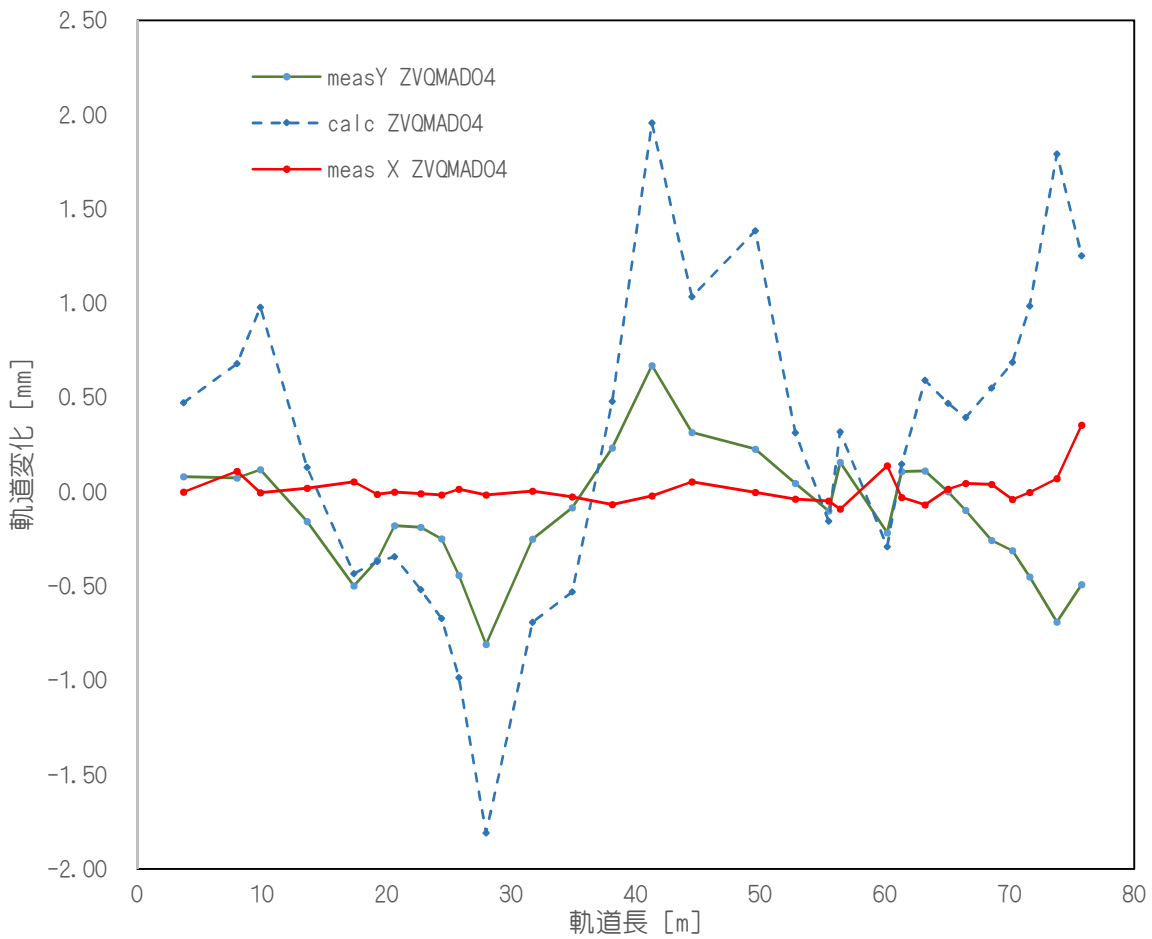
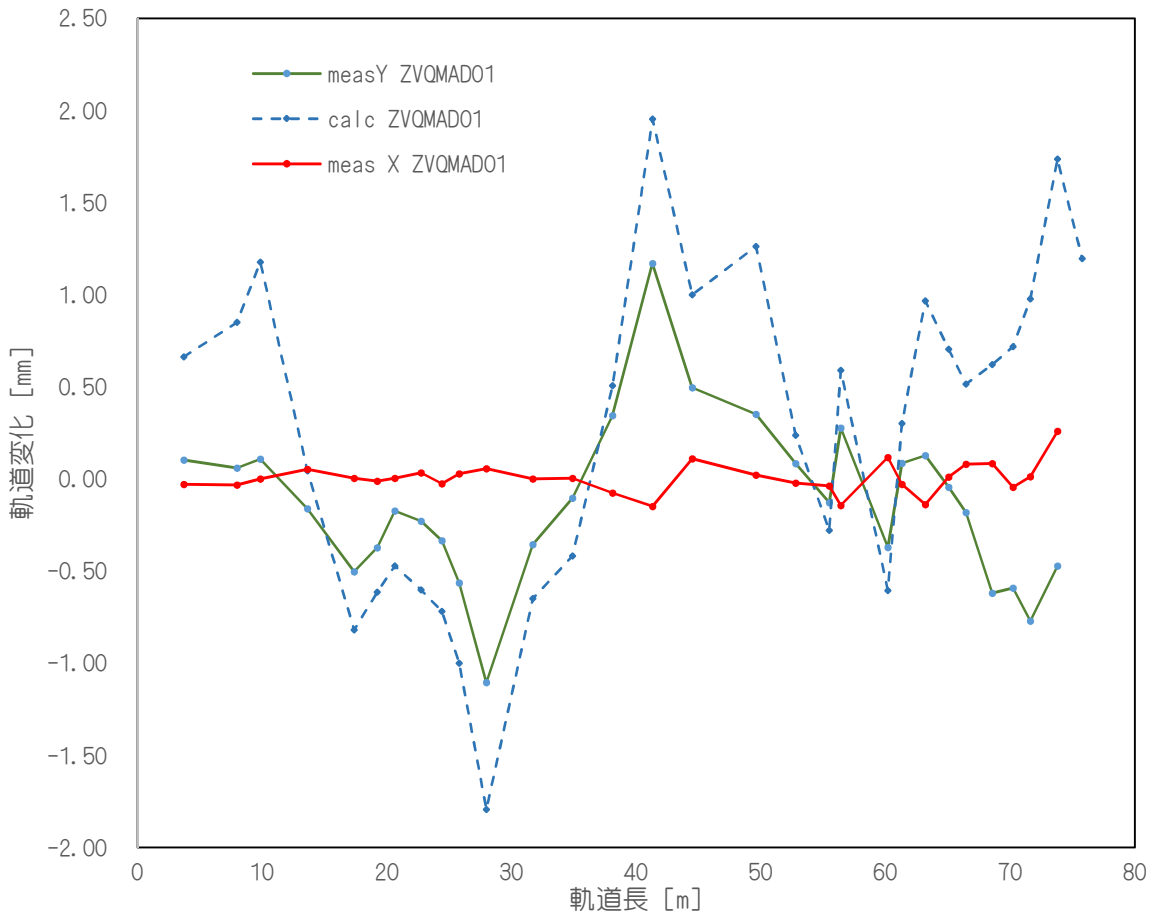


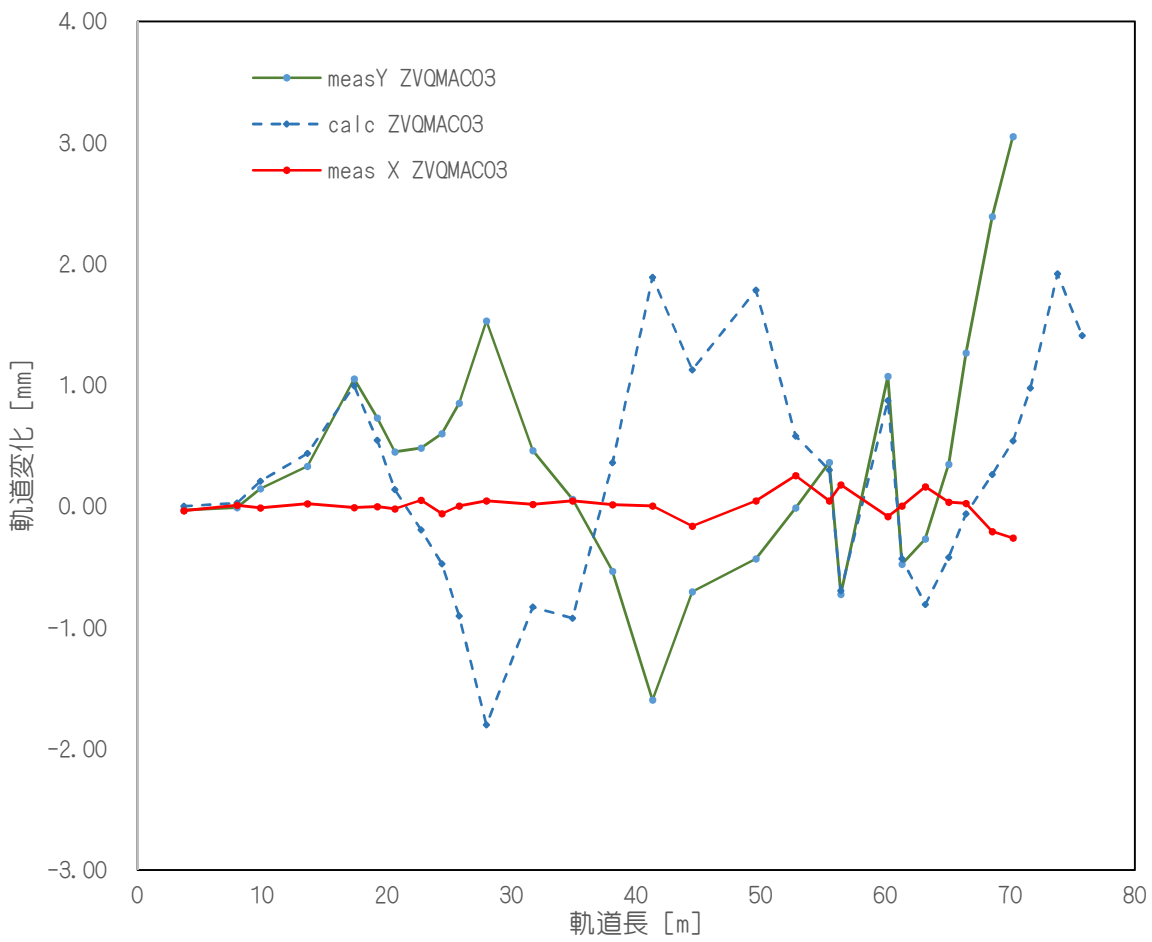
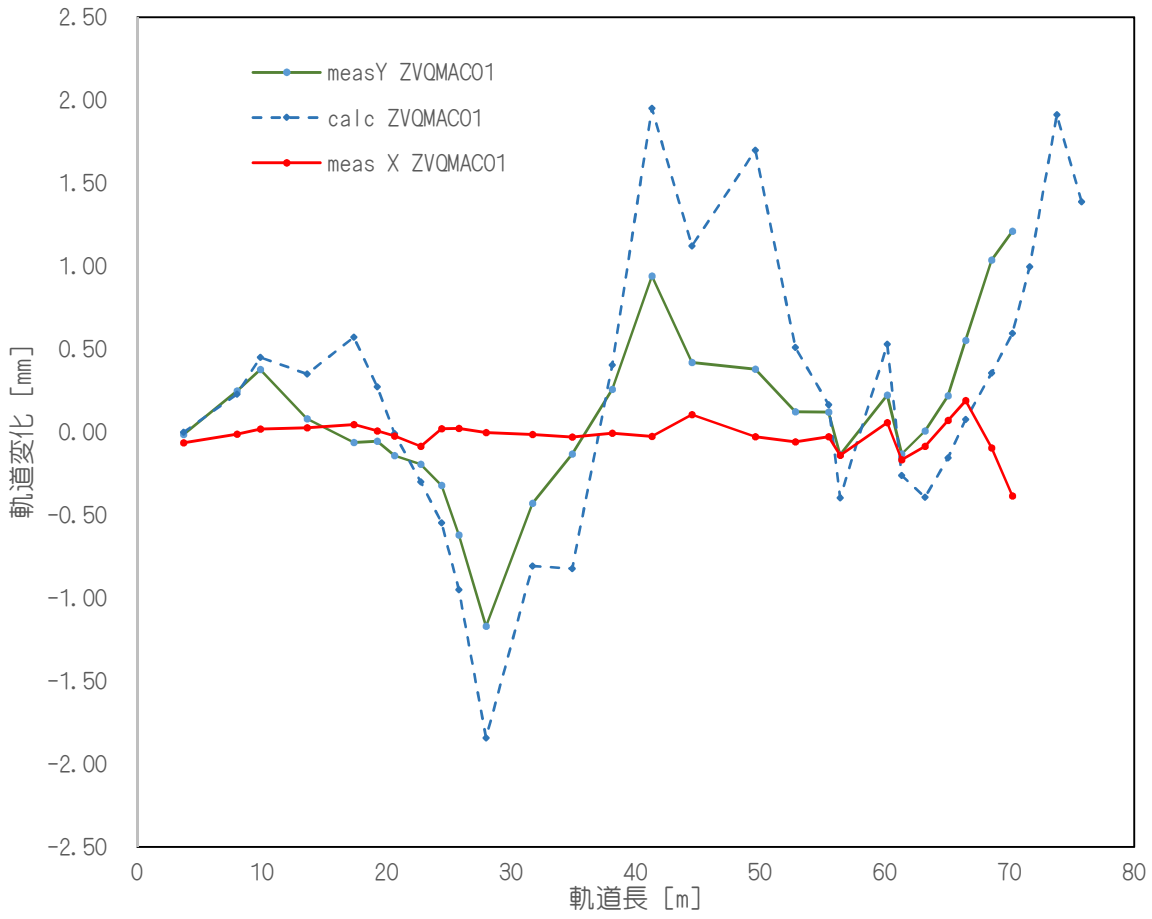


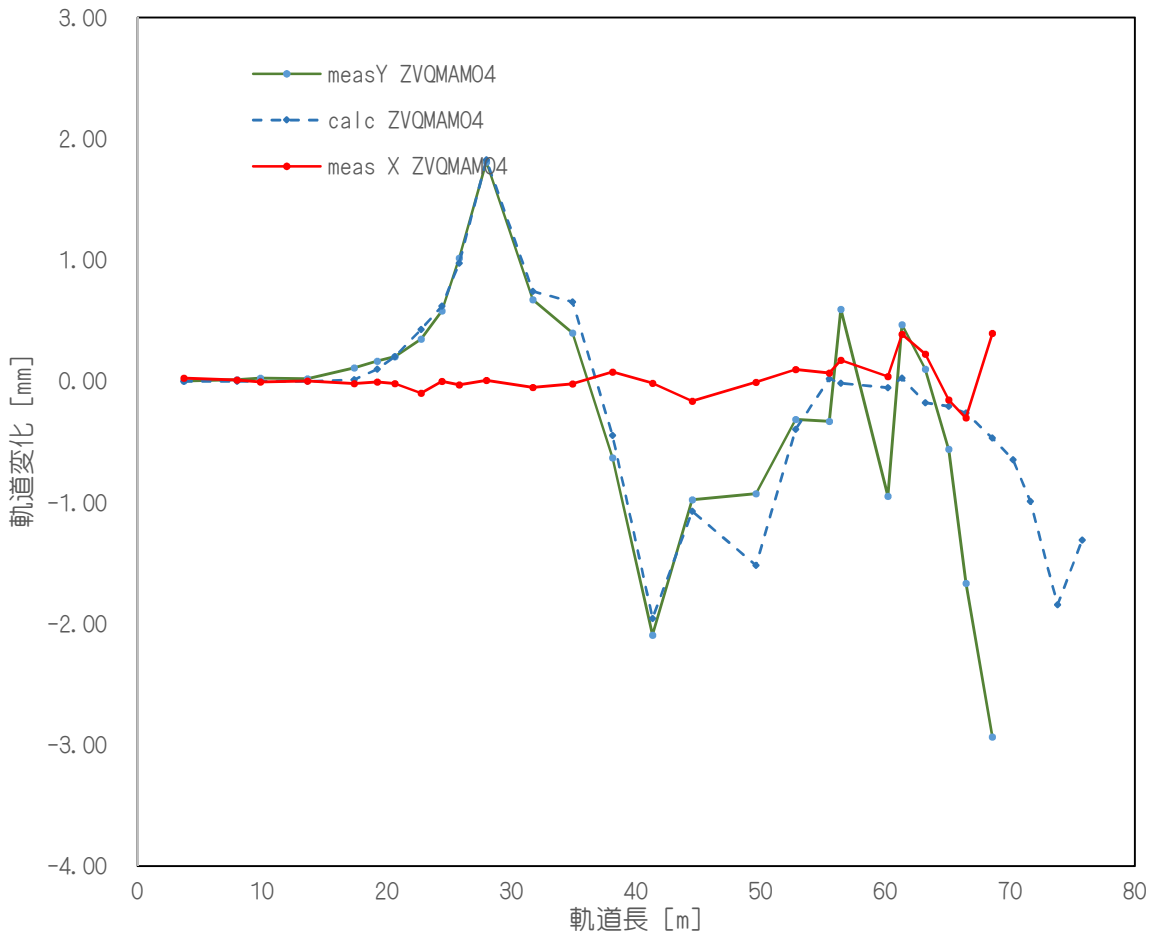
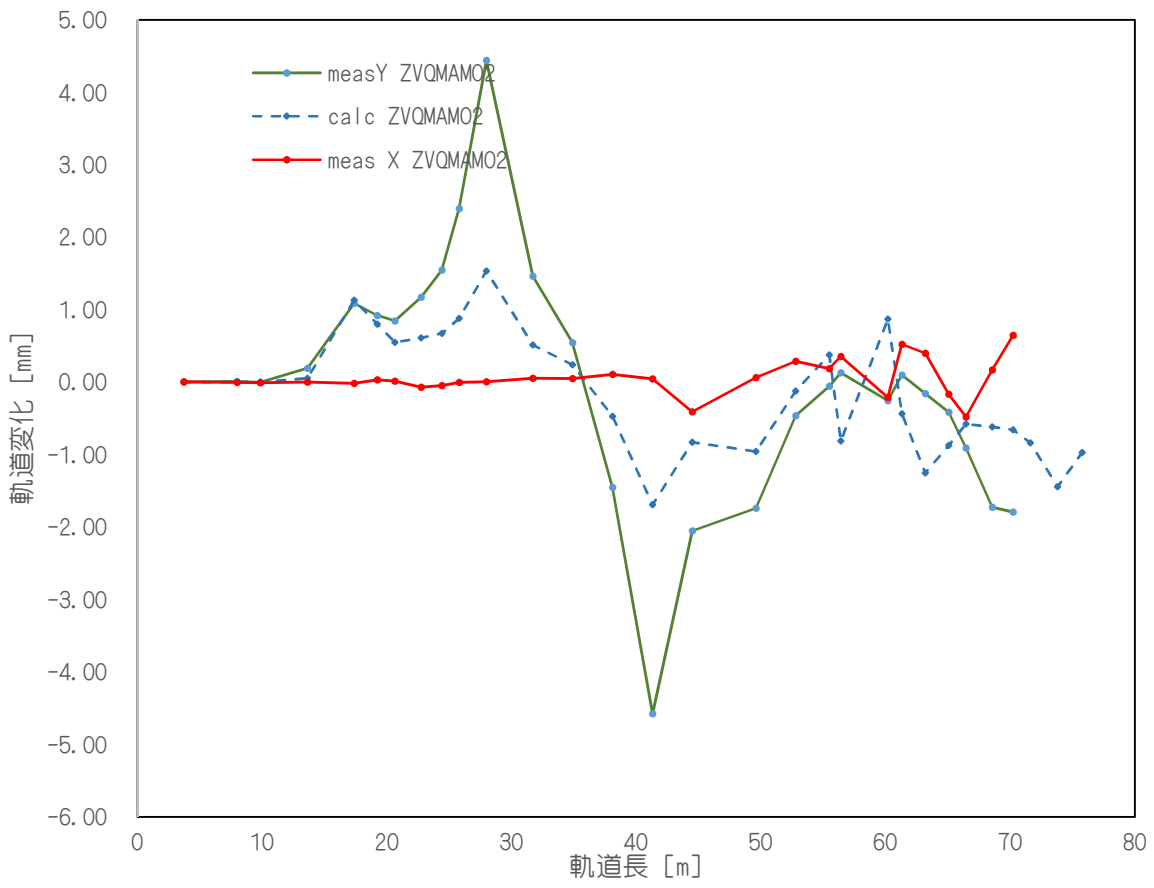


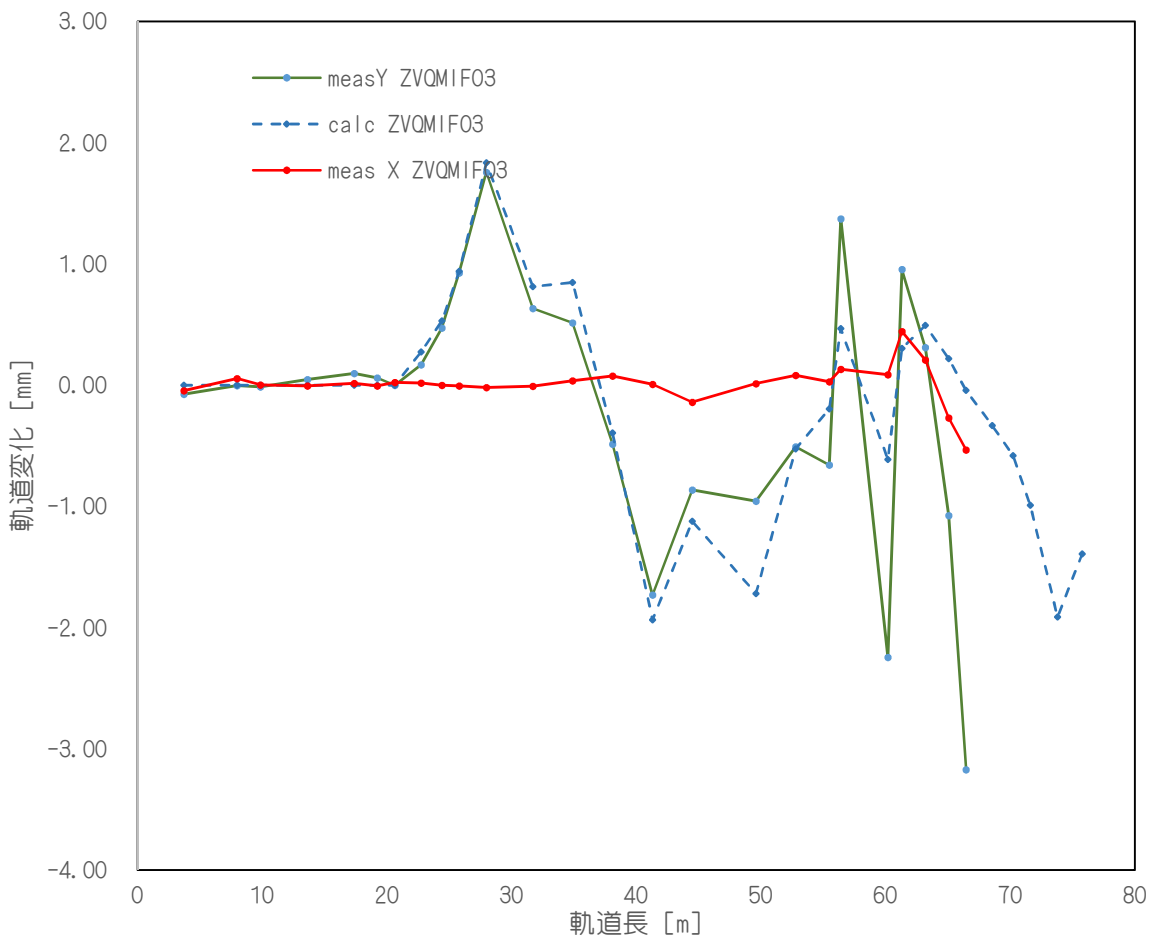
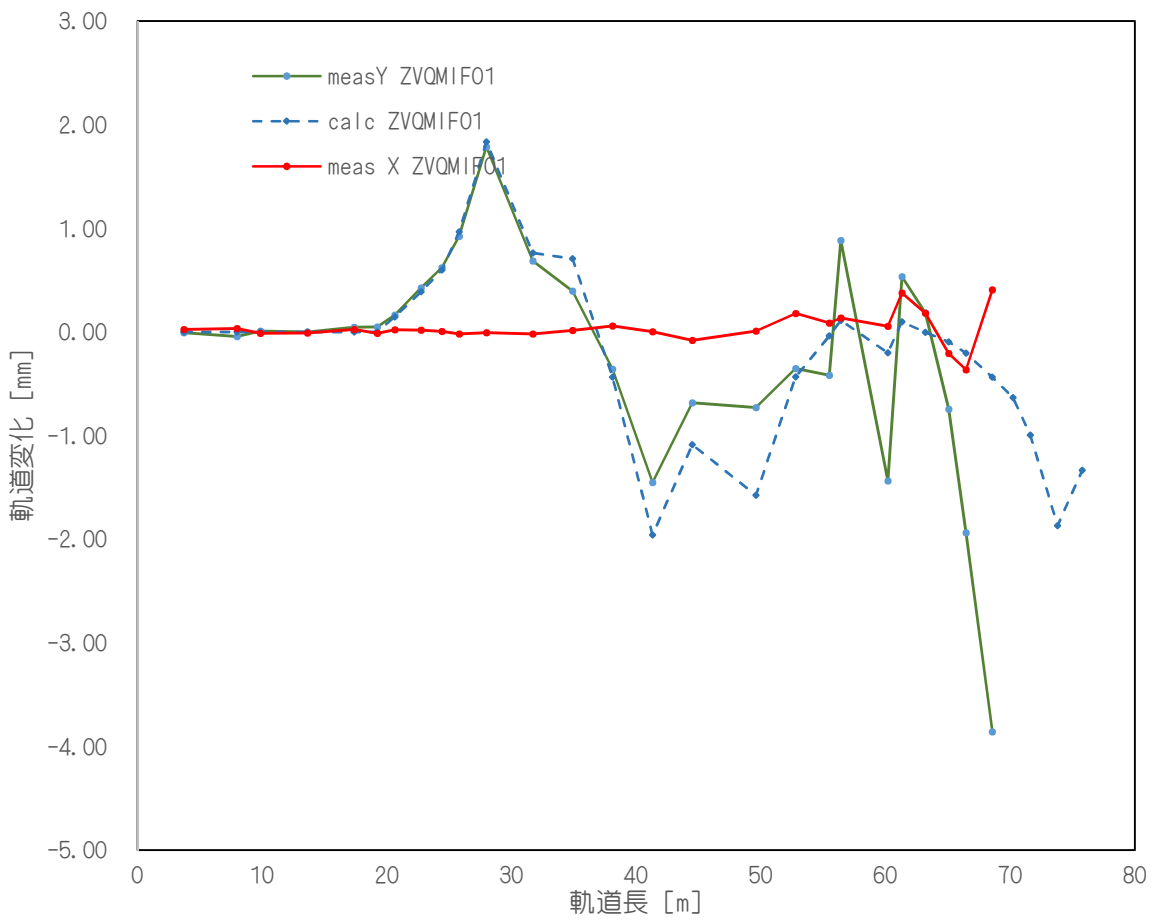


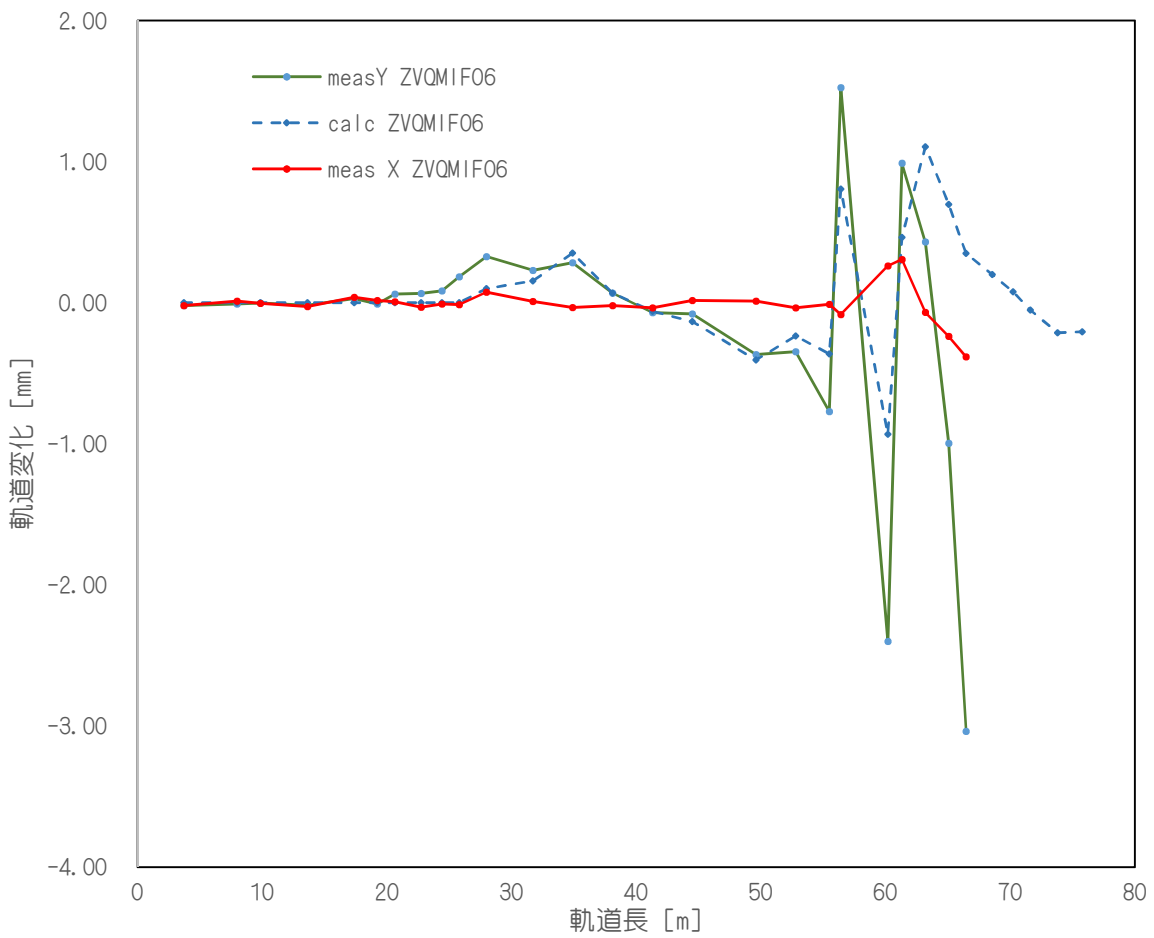
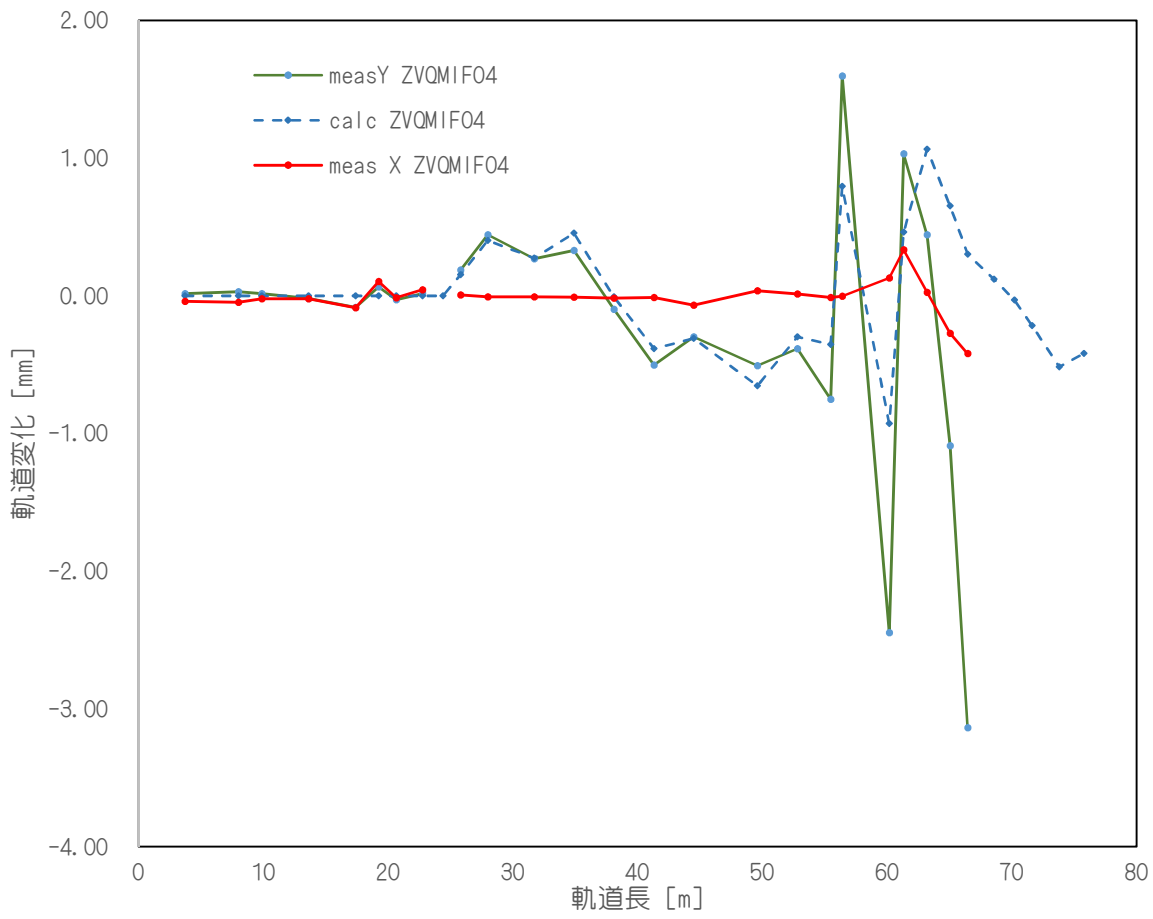


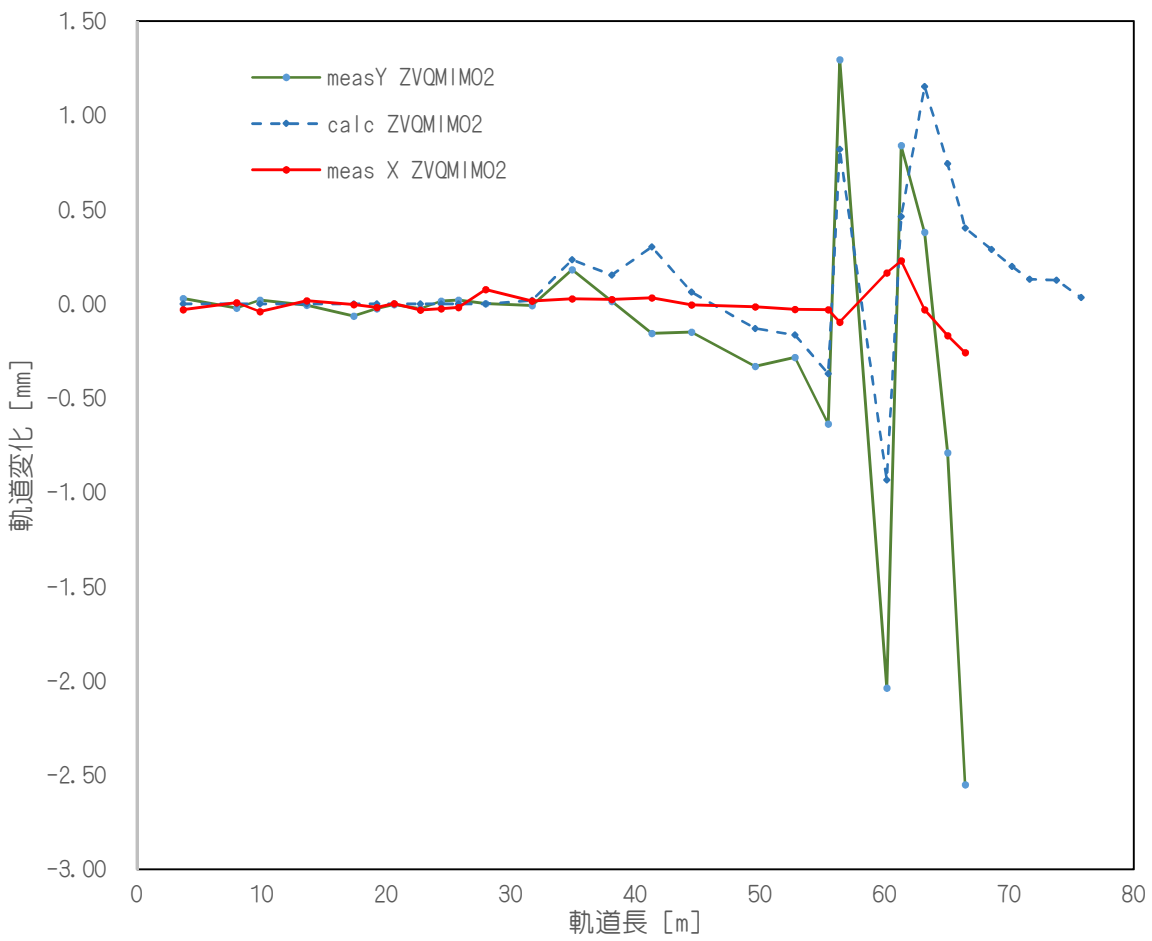
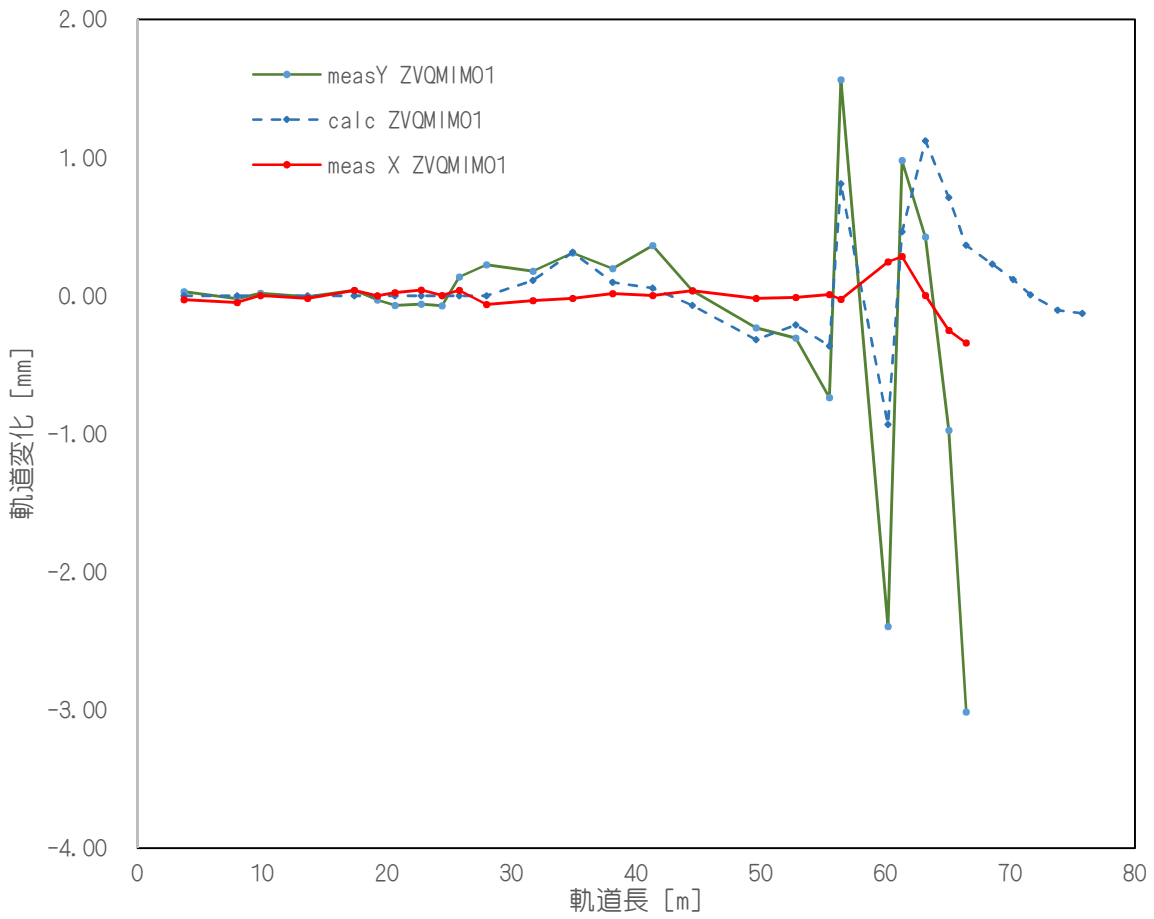


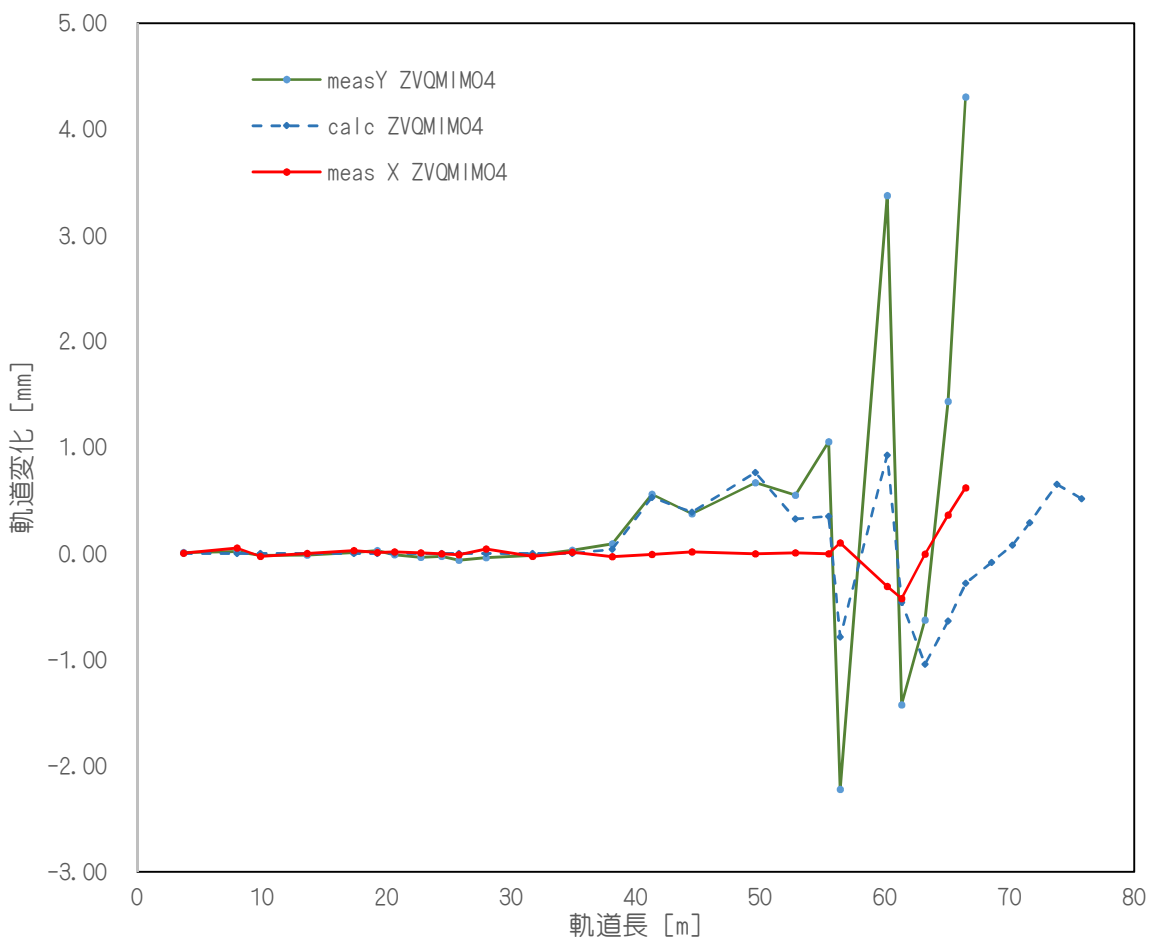
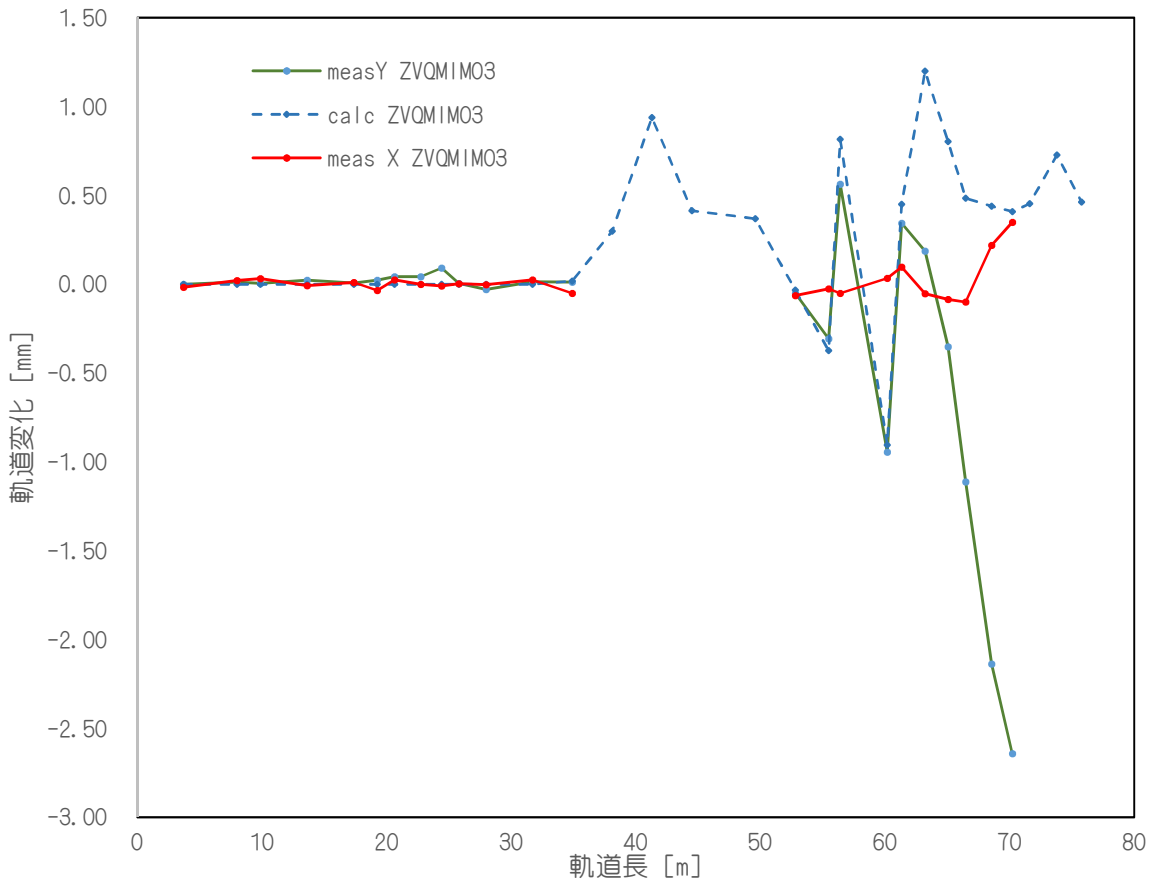


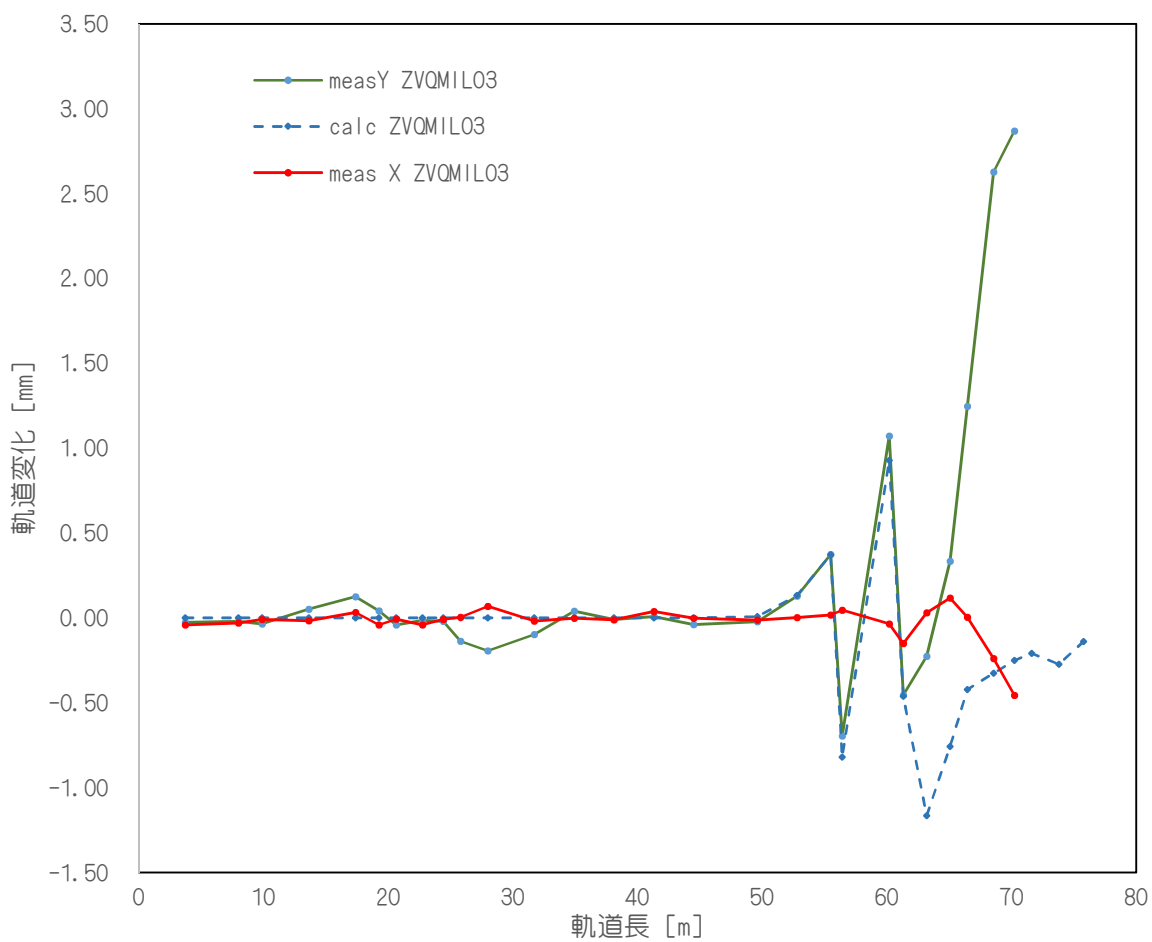
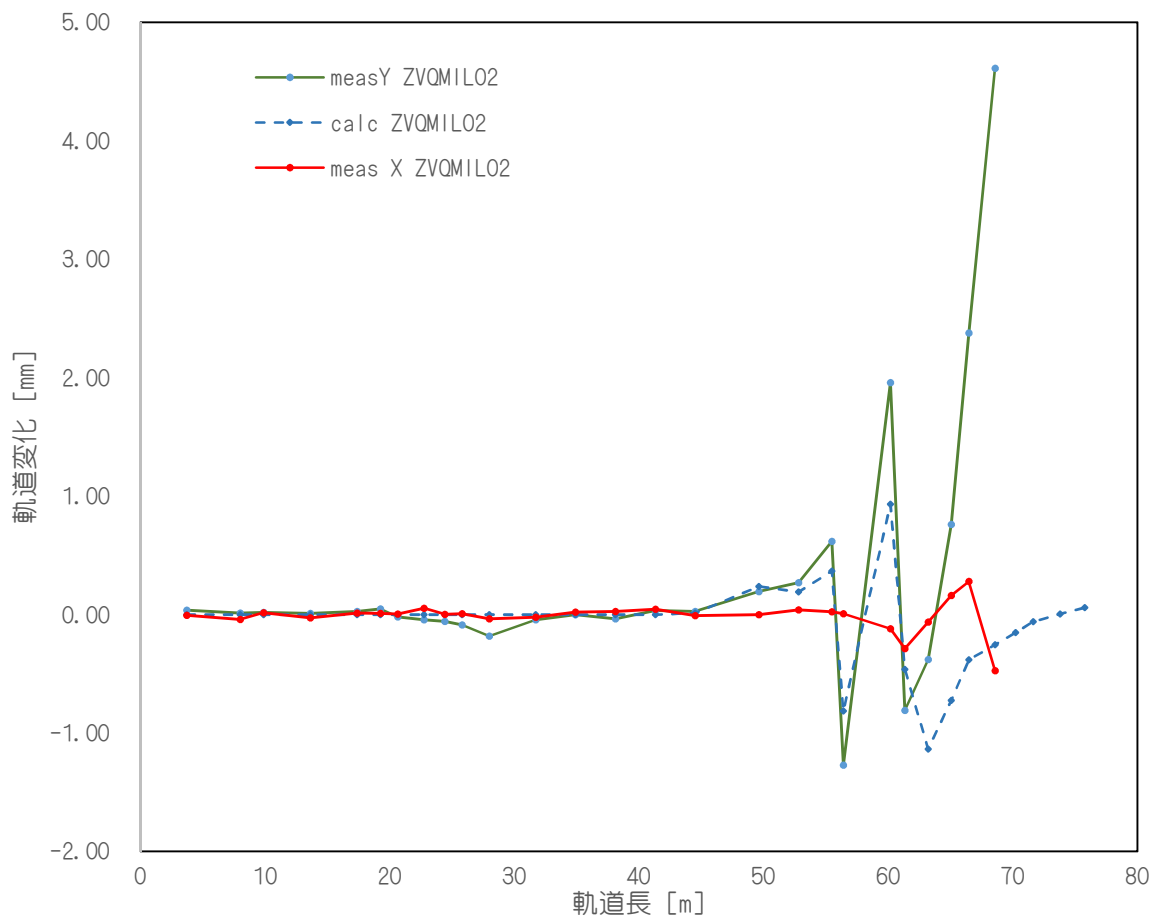


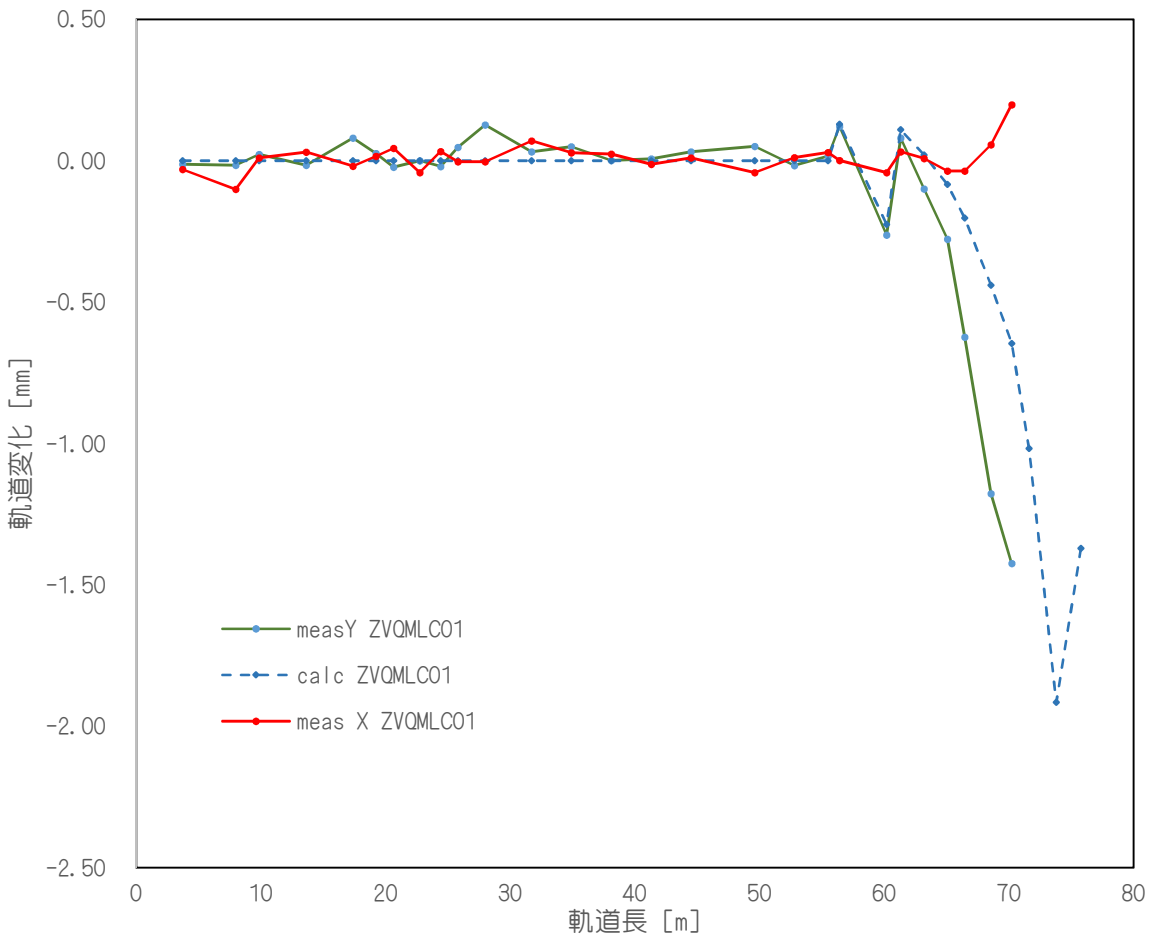
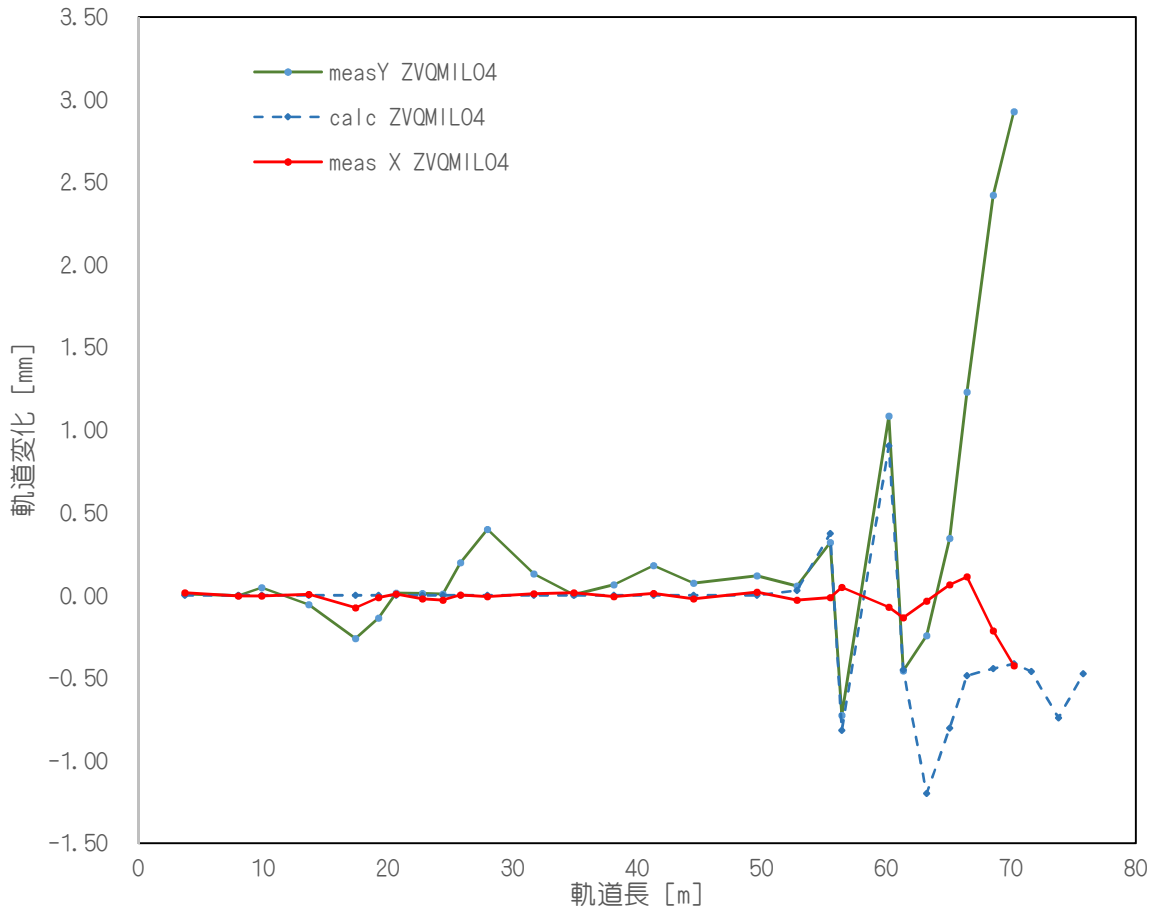


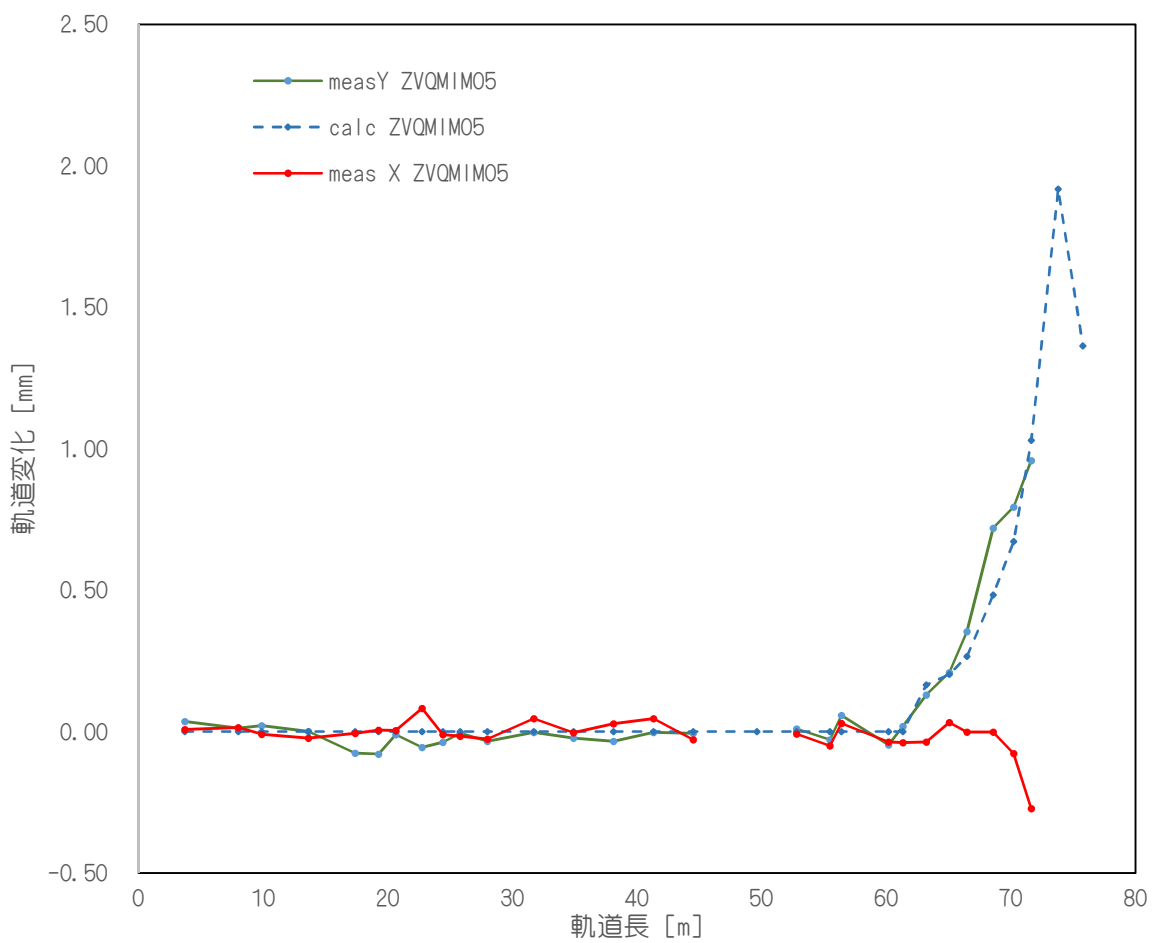
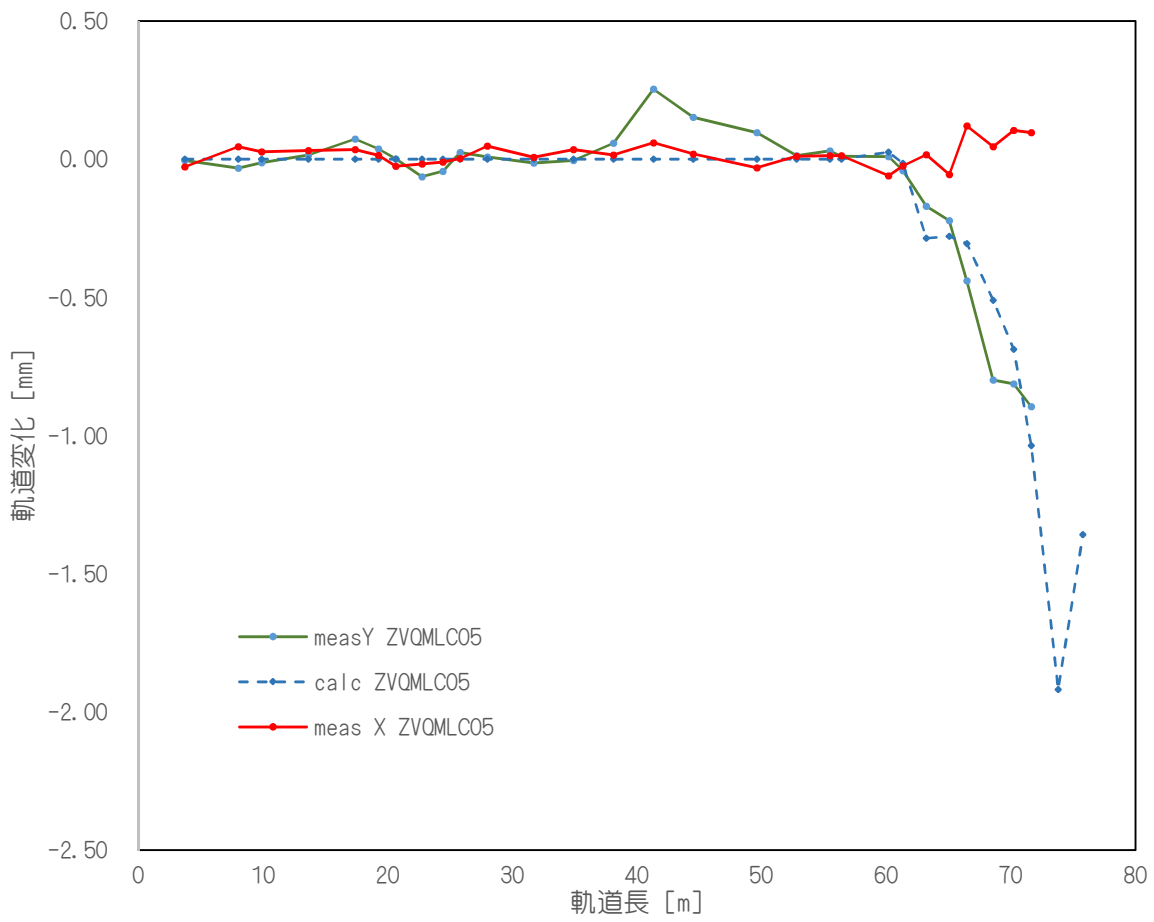


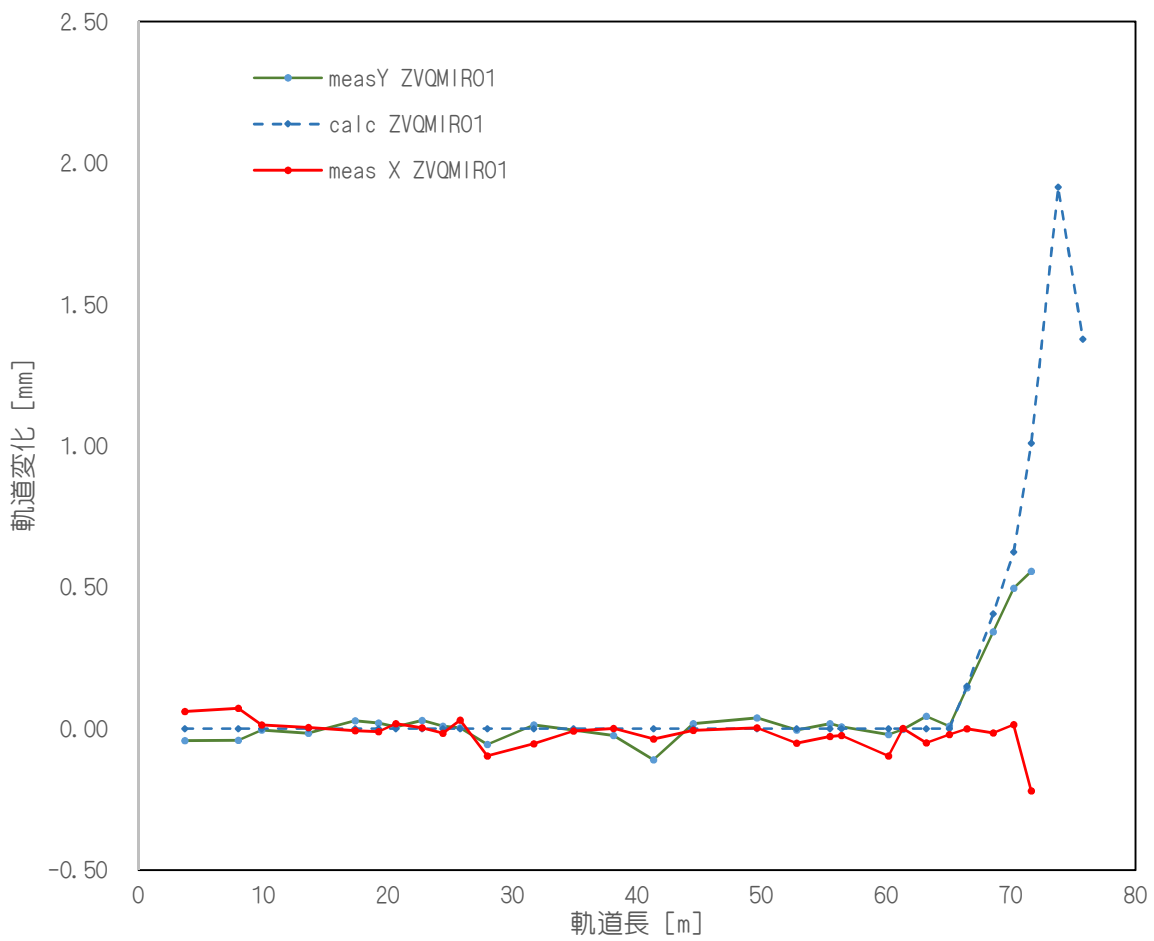
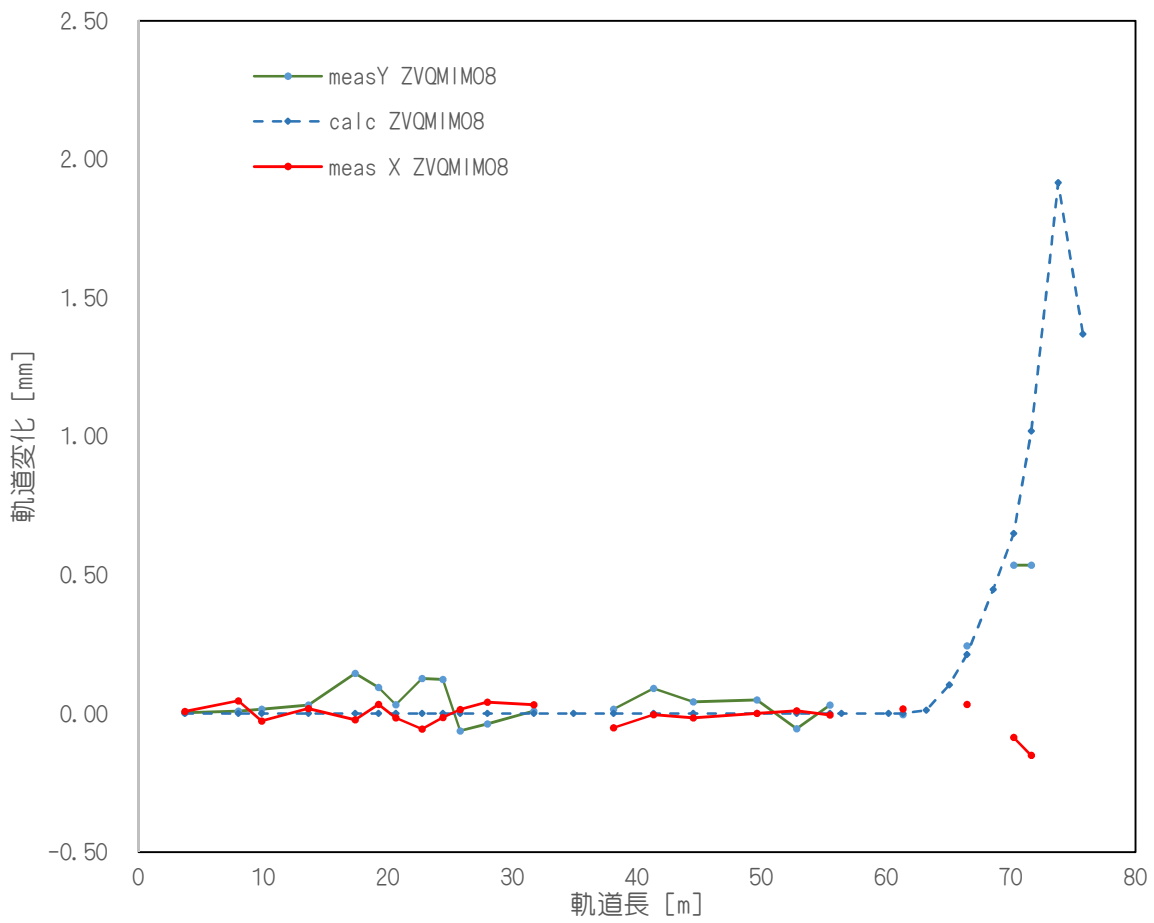


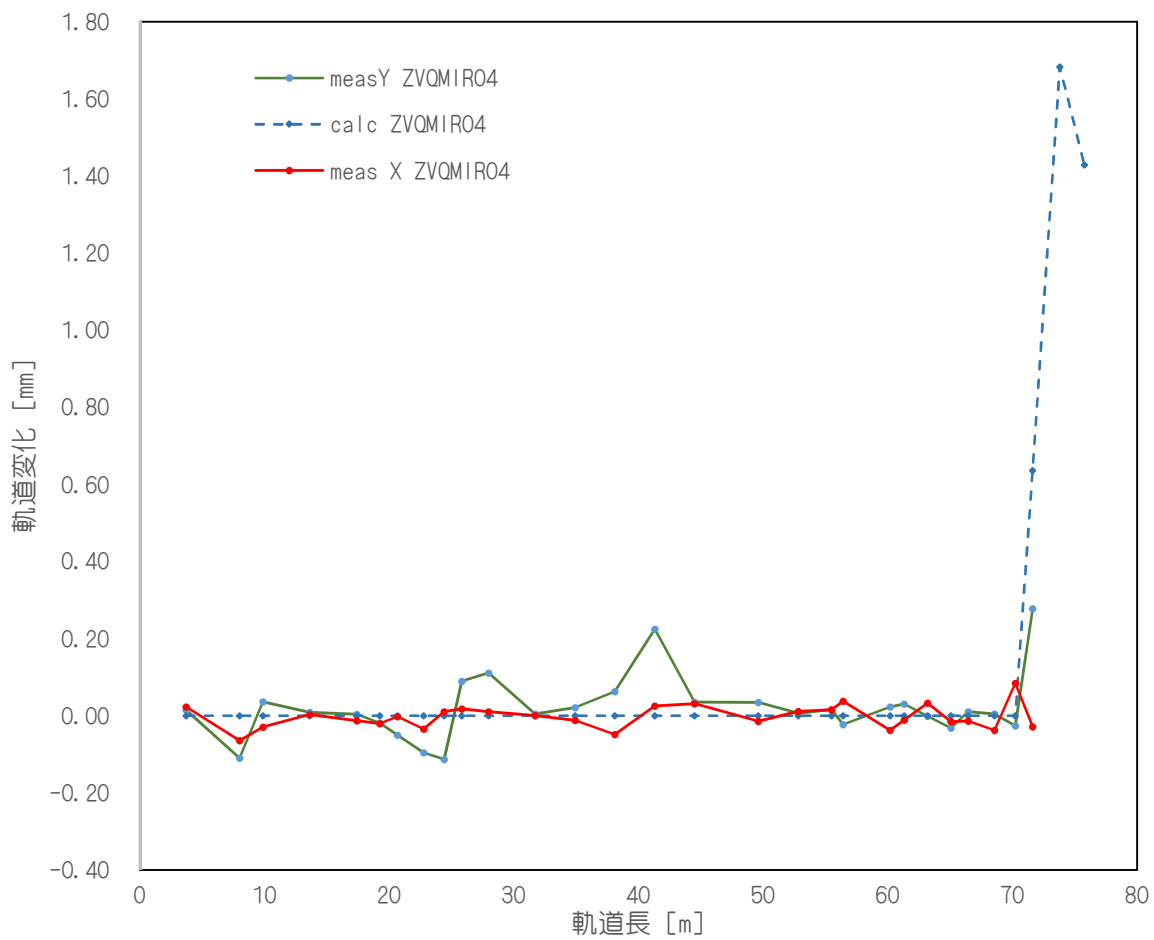
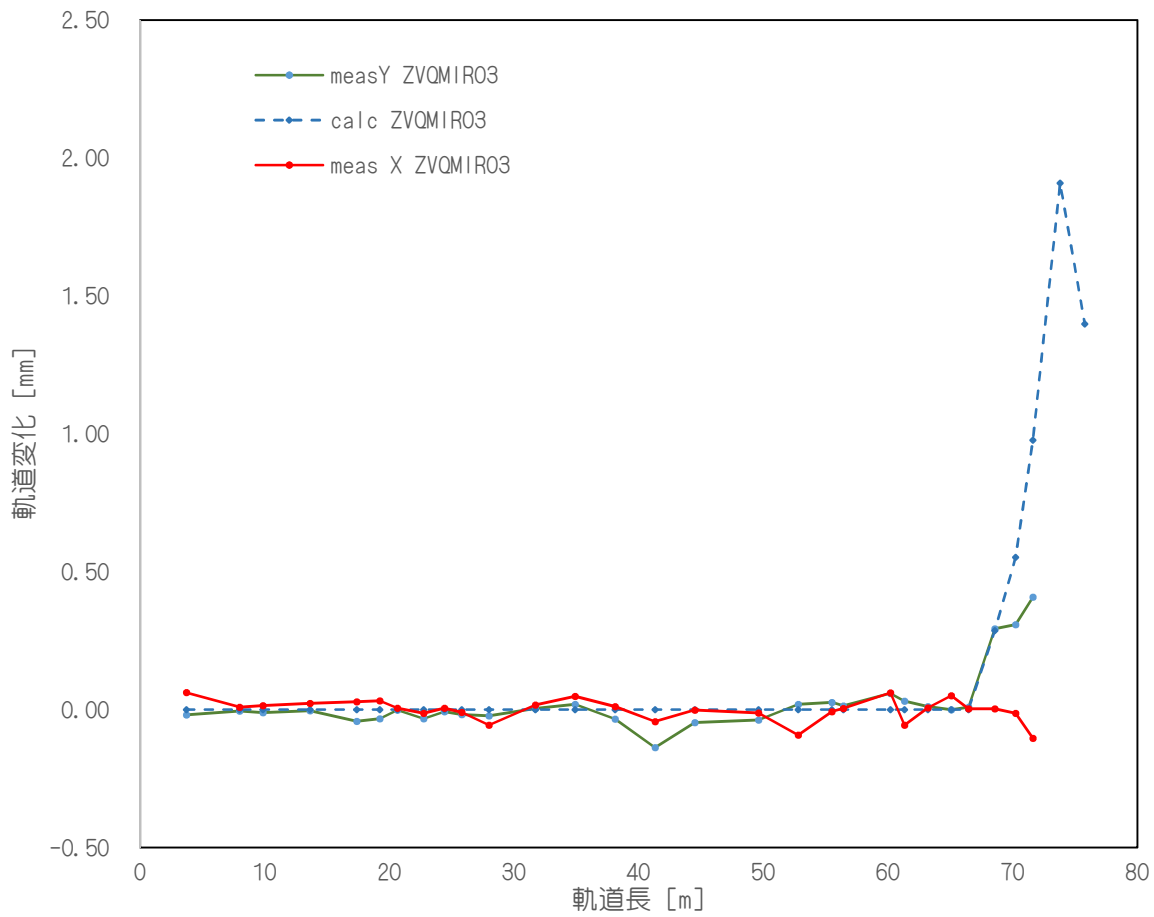


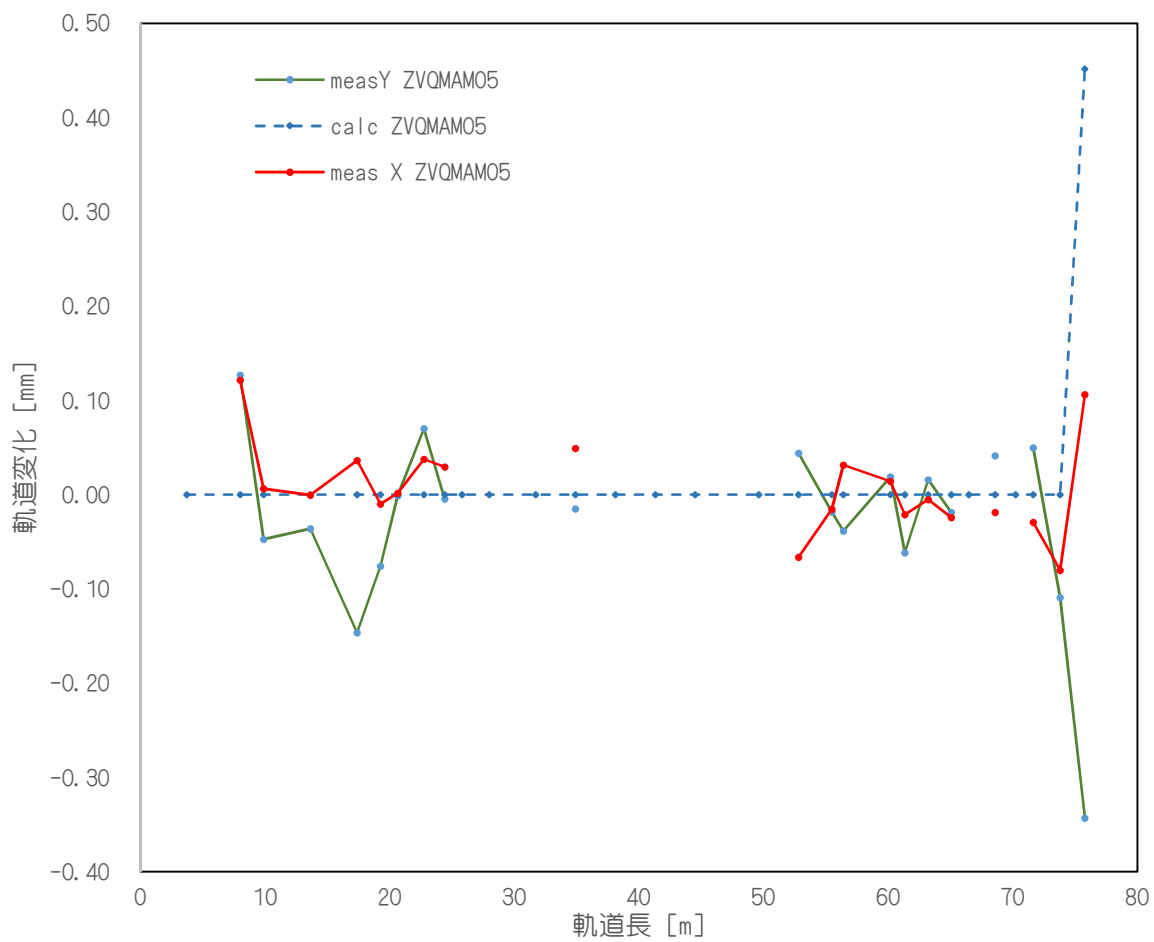
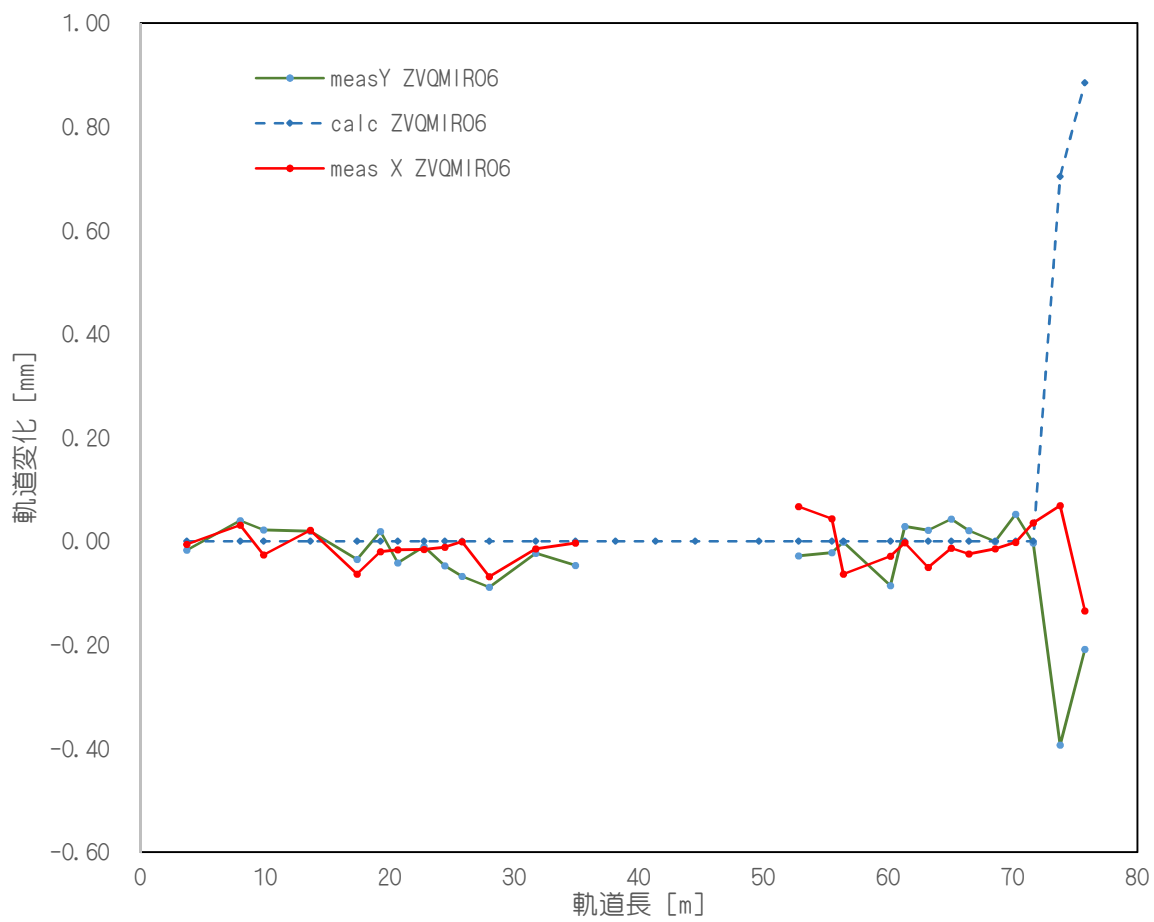


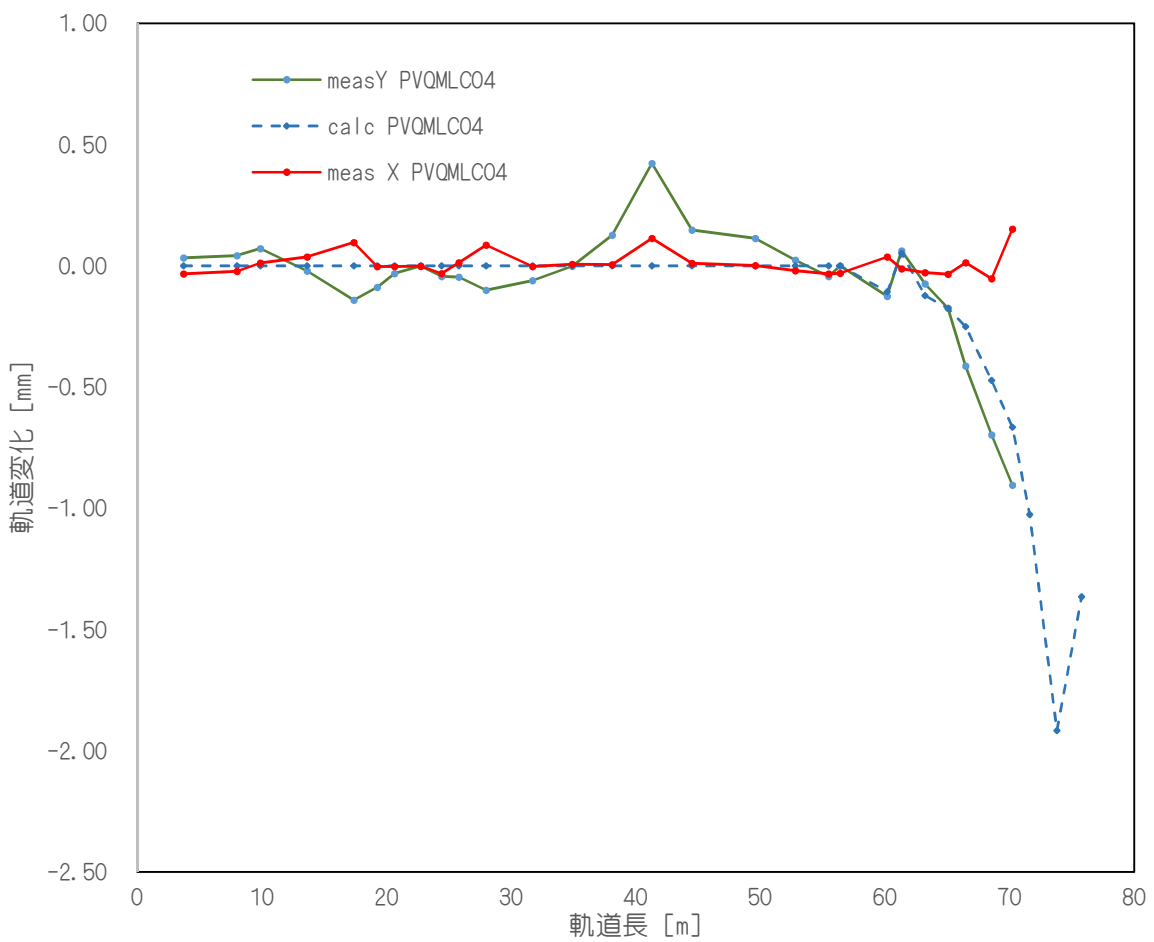
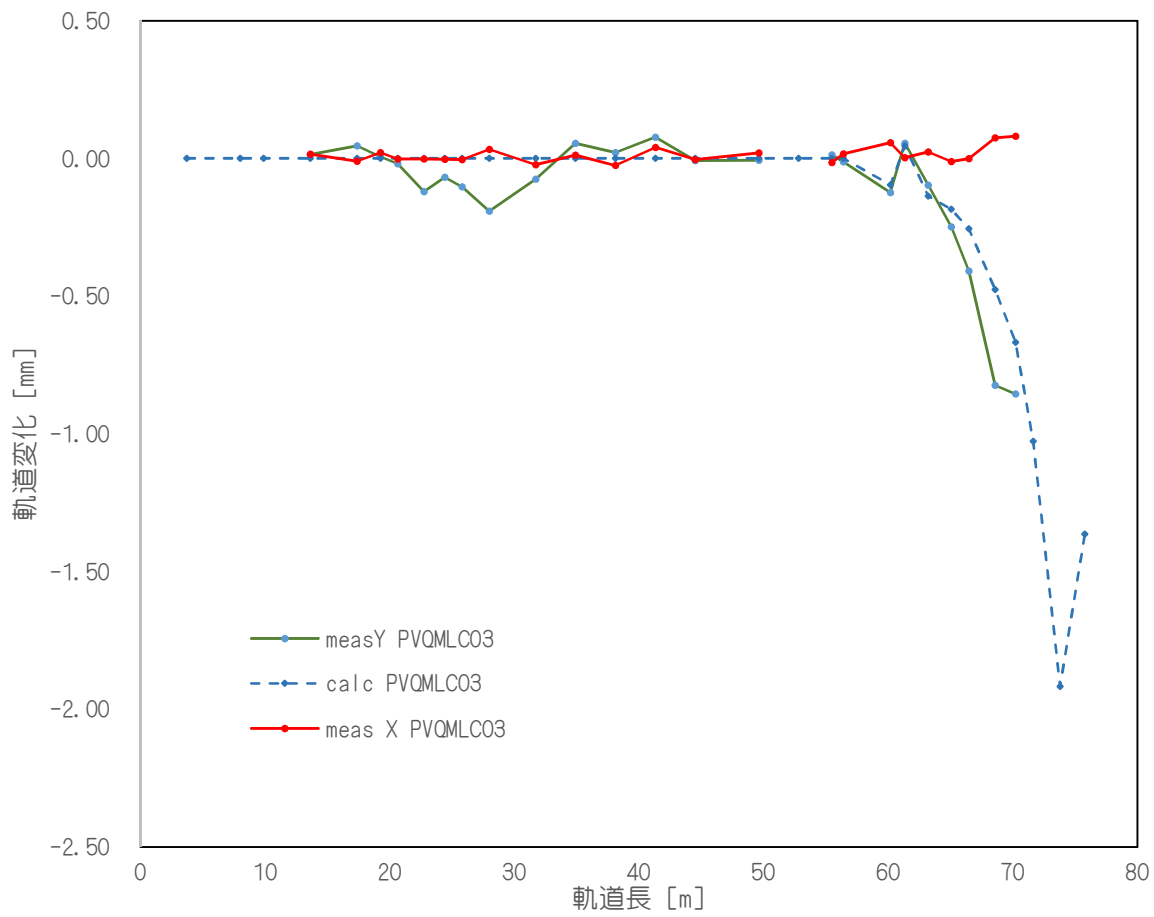


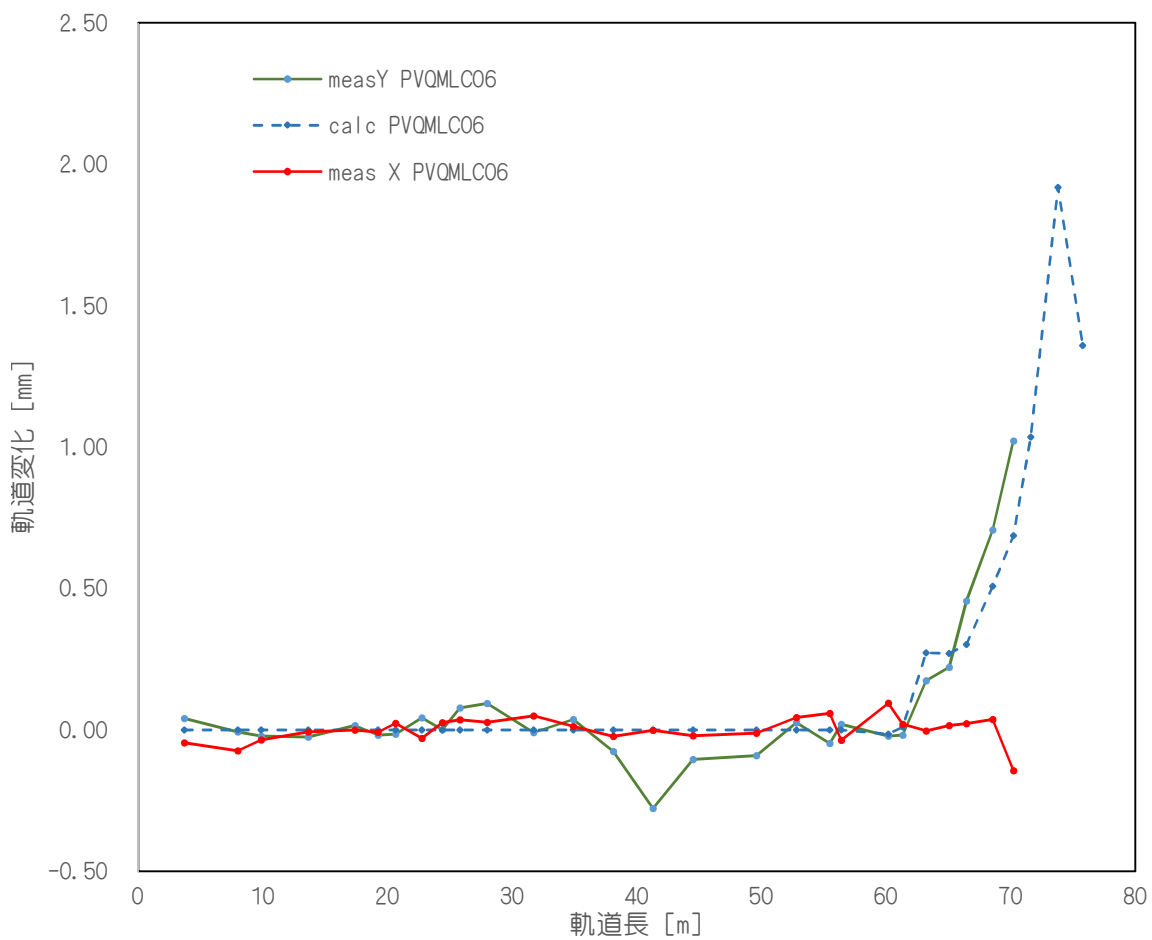
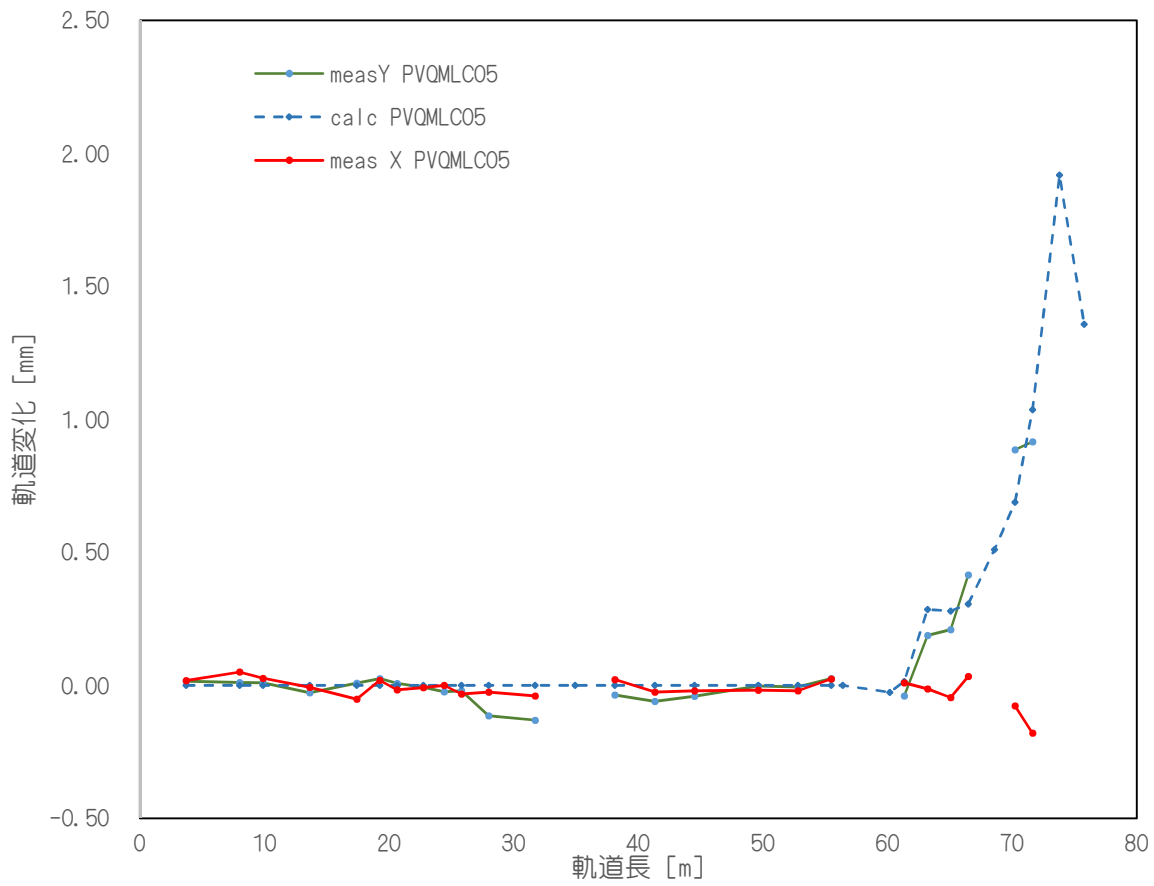


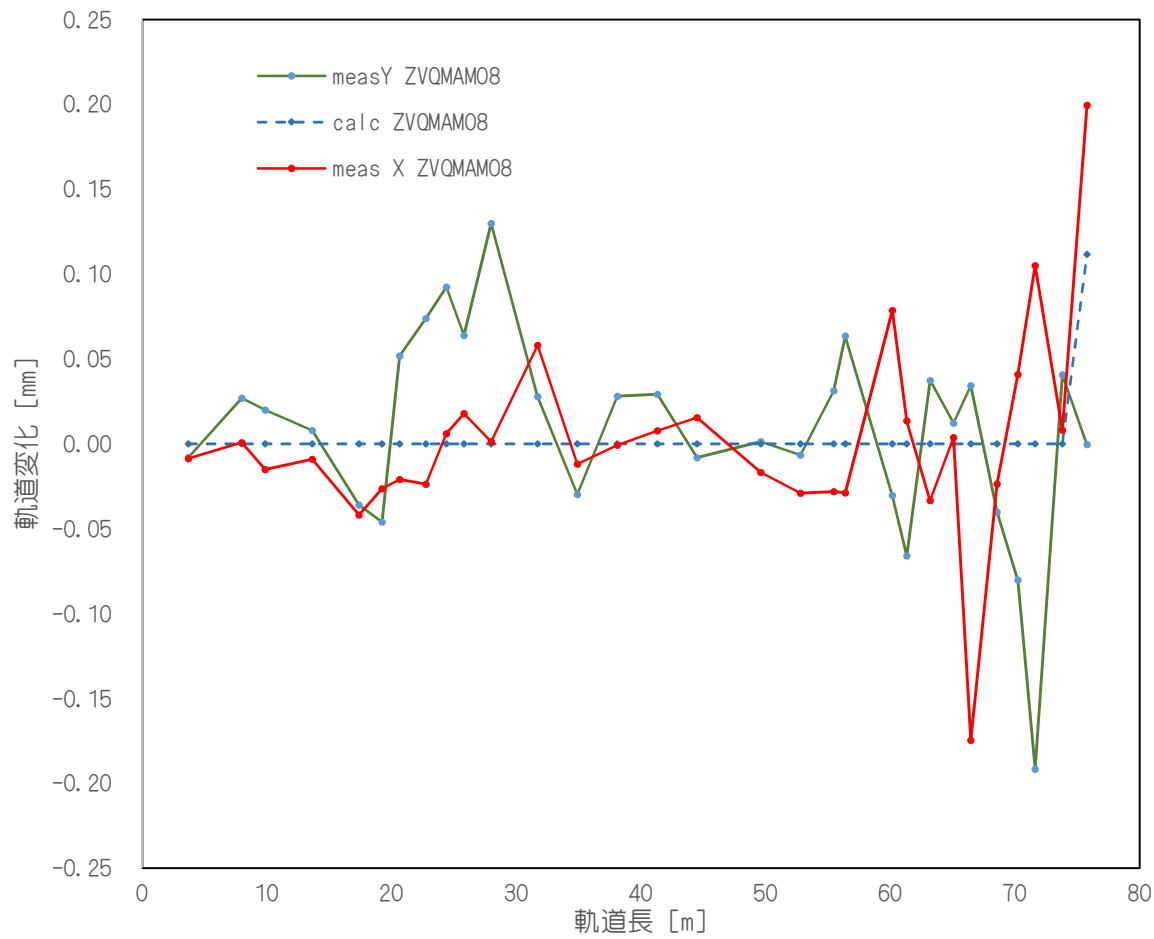
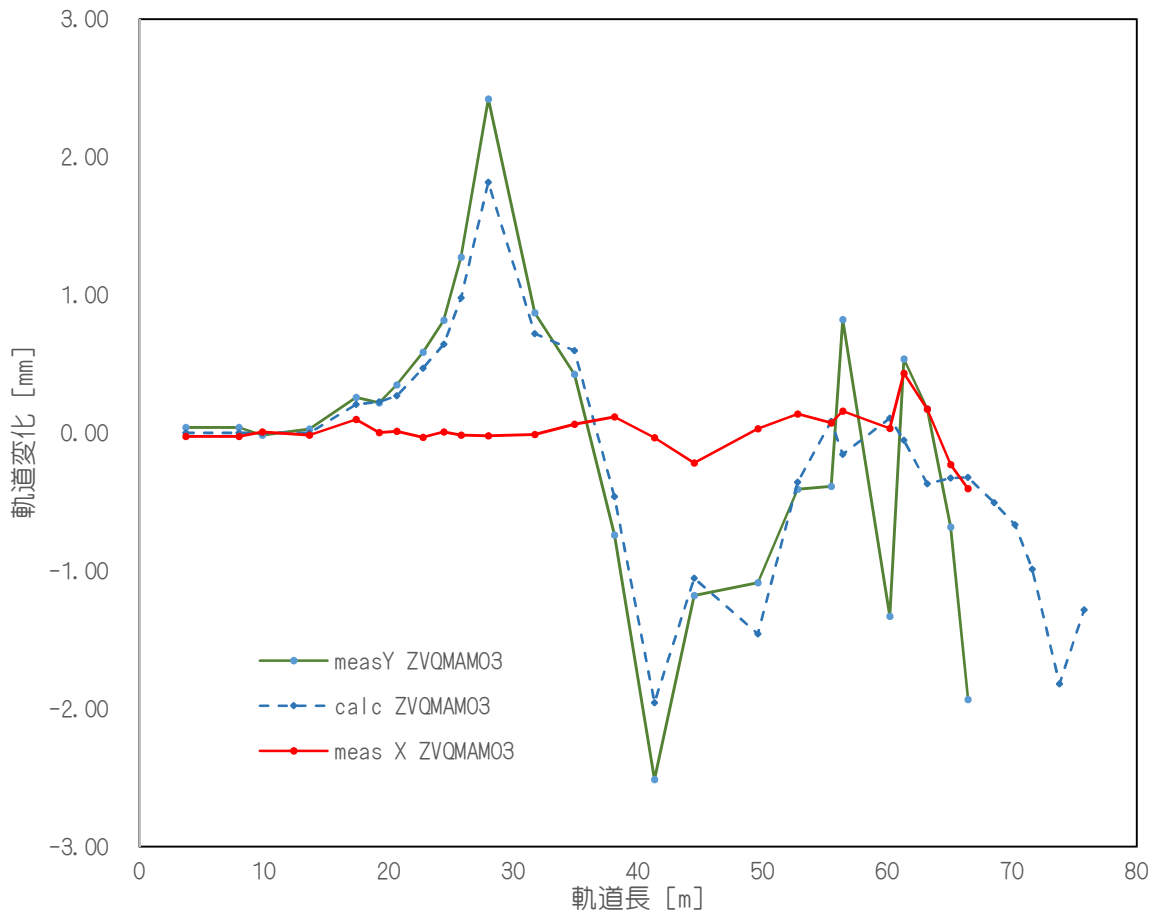








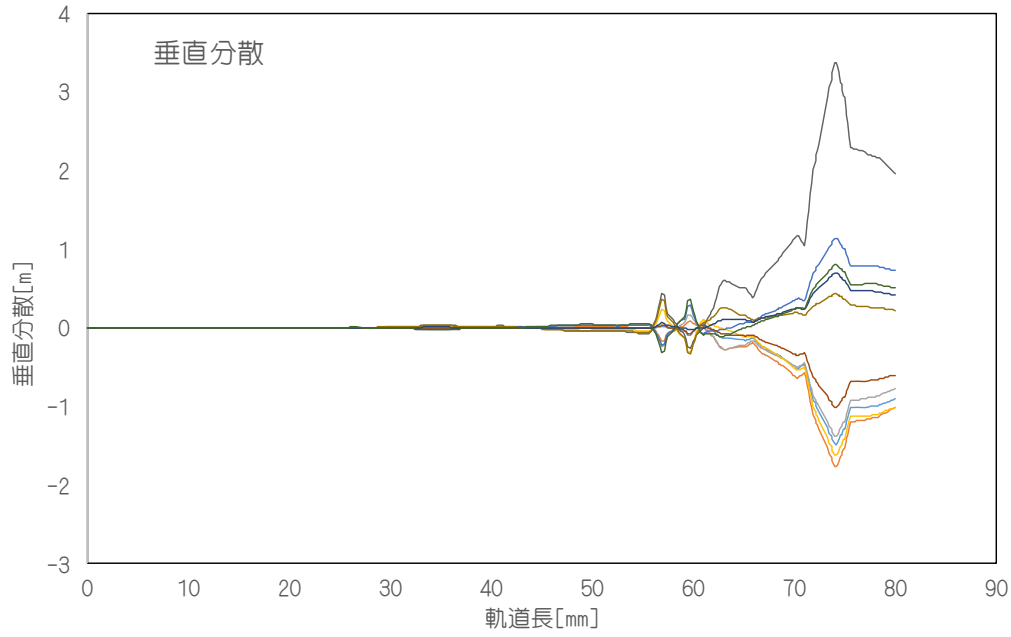
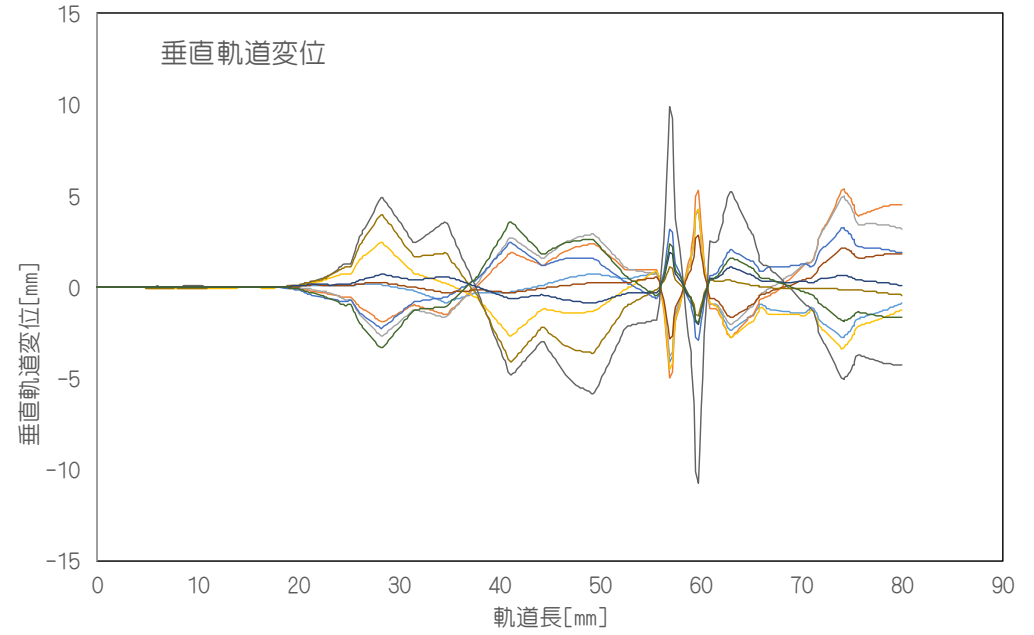
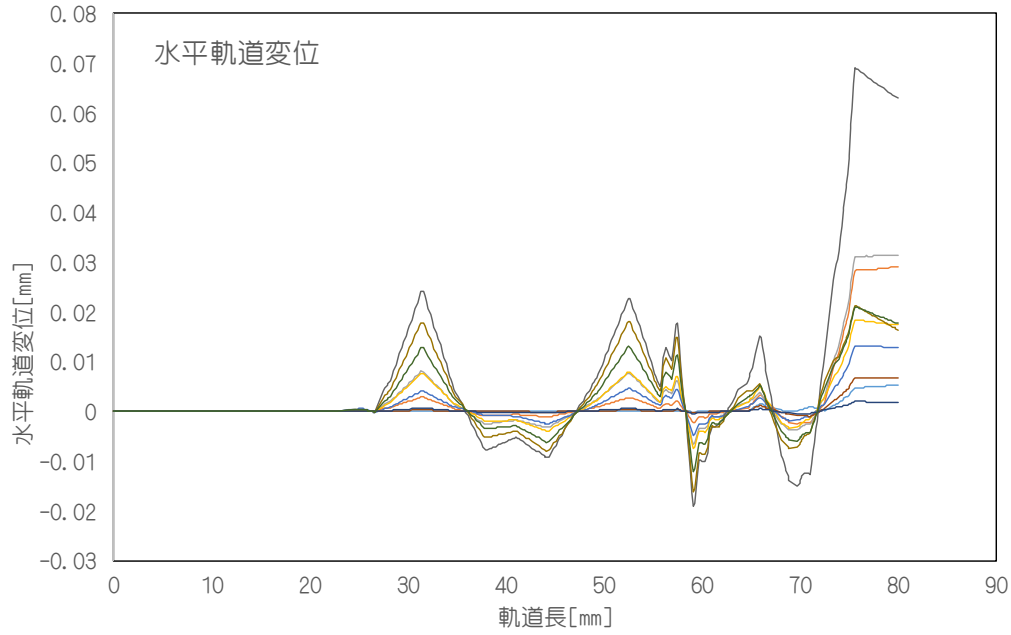




- あわない。
- なぜ合わないか分からないが、合わなすぎる……
- カップリング（水平キックで垂直が出る、垂直キックで水平が出る）も大きい。50m 付近（周長補正シケイン下流くらい）から出ることが多い。
- 何が合わないか分からないので、誤差を入れてシミュレーションしてみる。

誤差の影響

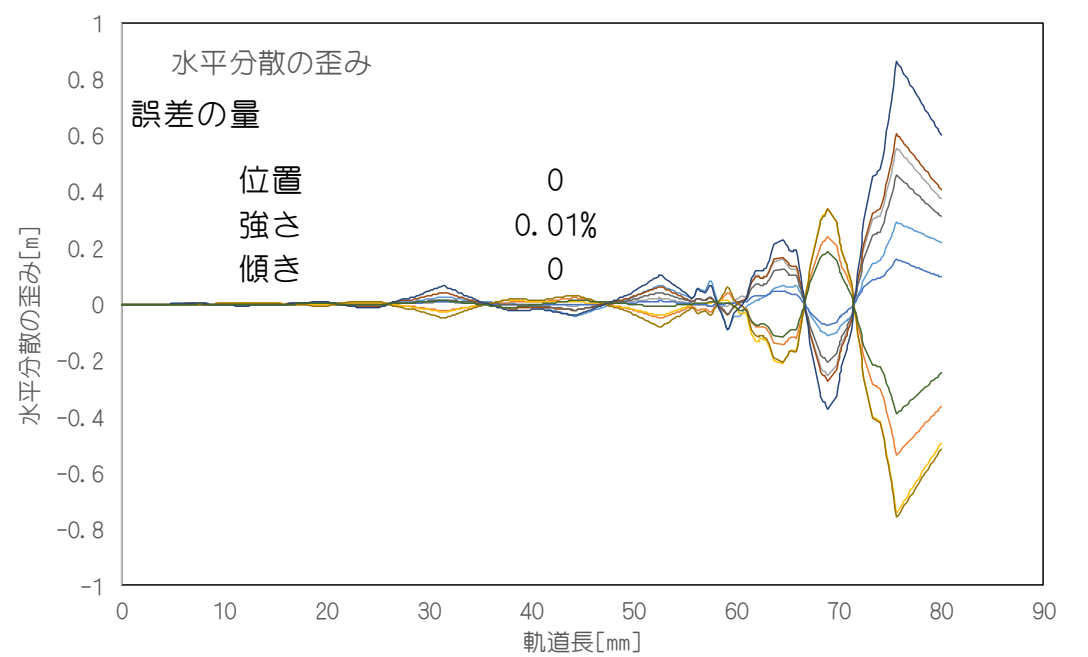
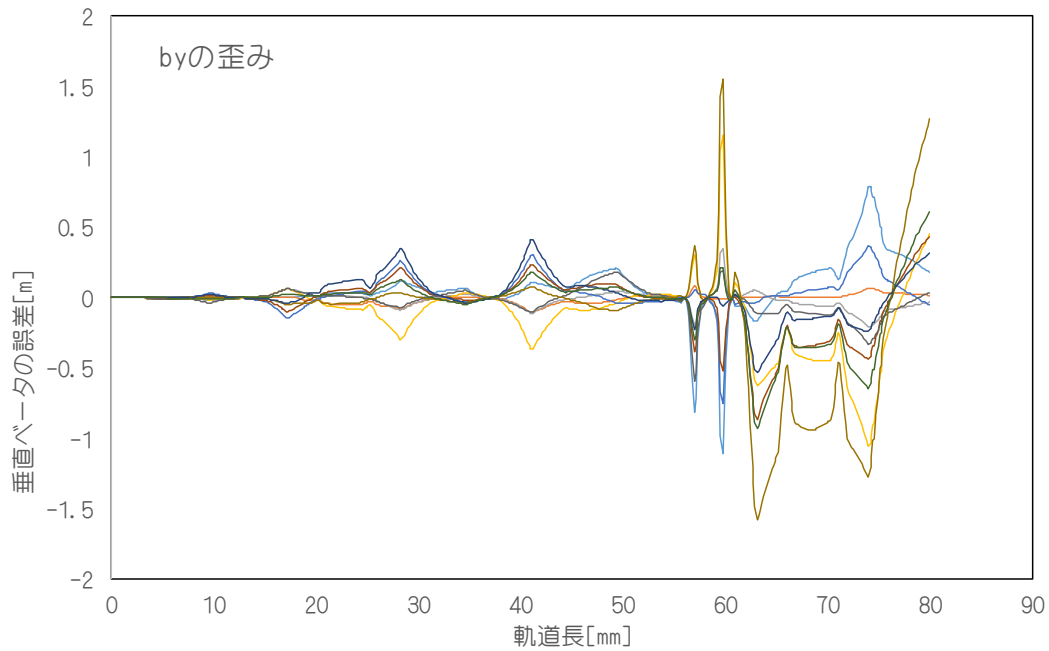
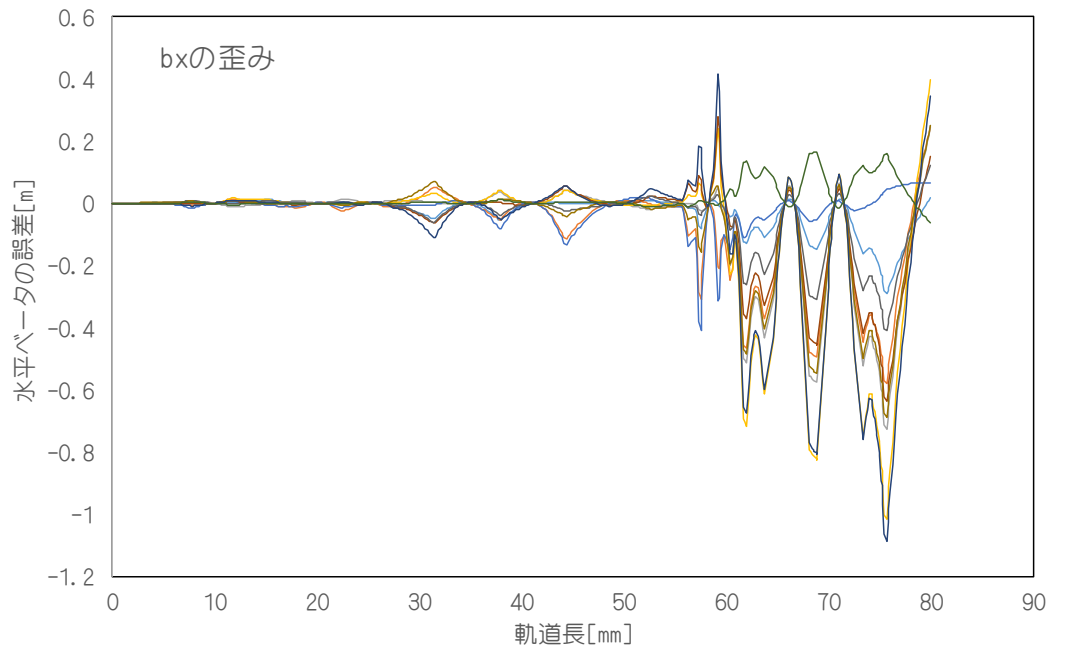
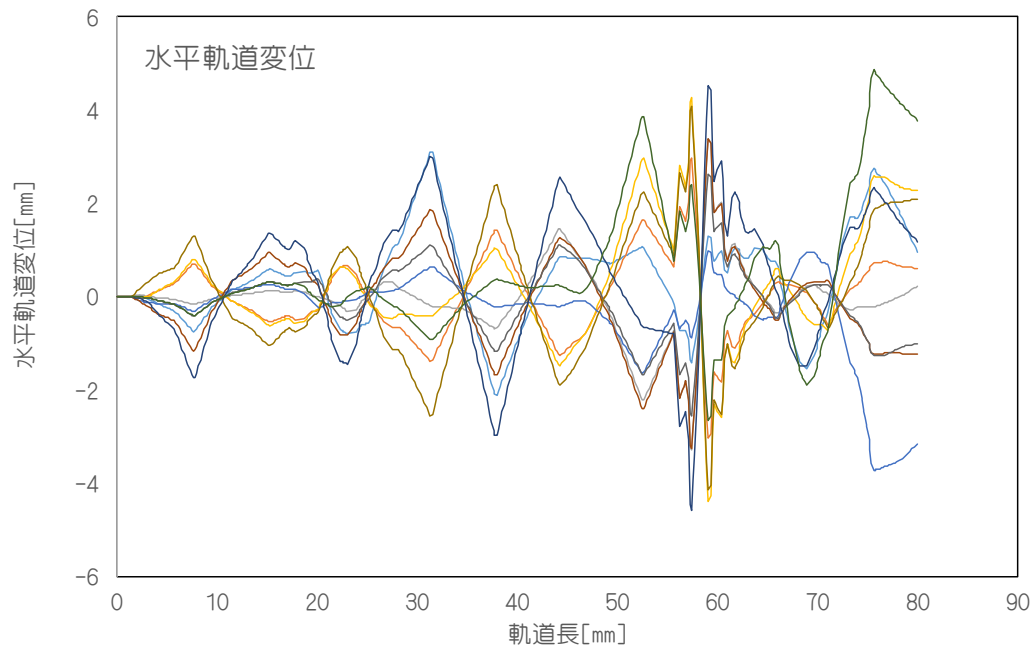
(勿論、運転では上流から徐々に補正されていくので、遊びに過ぎないが……)

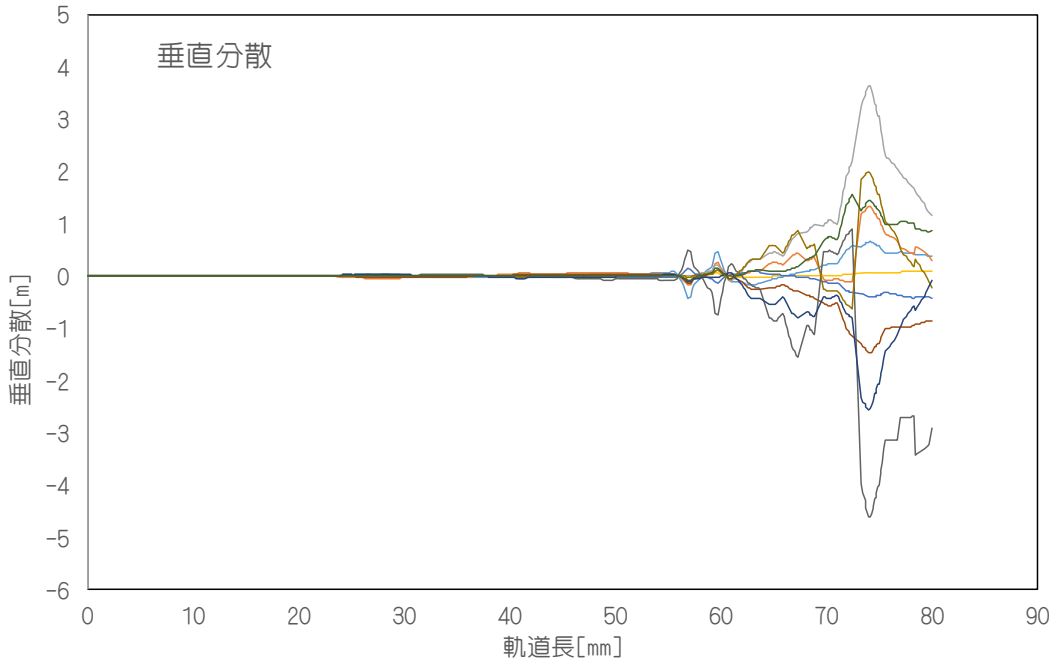
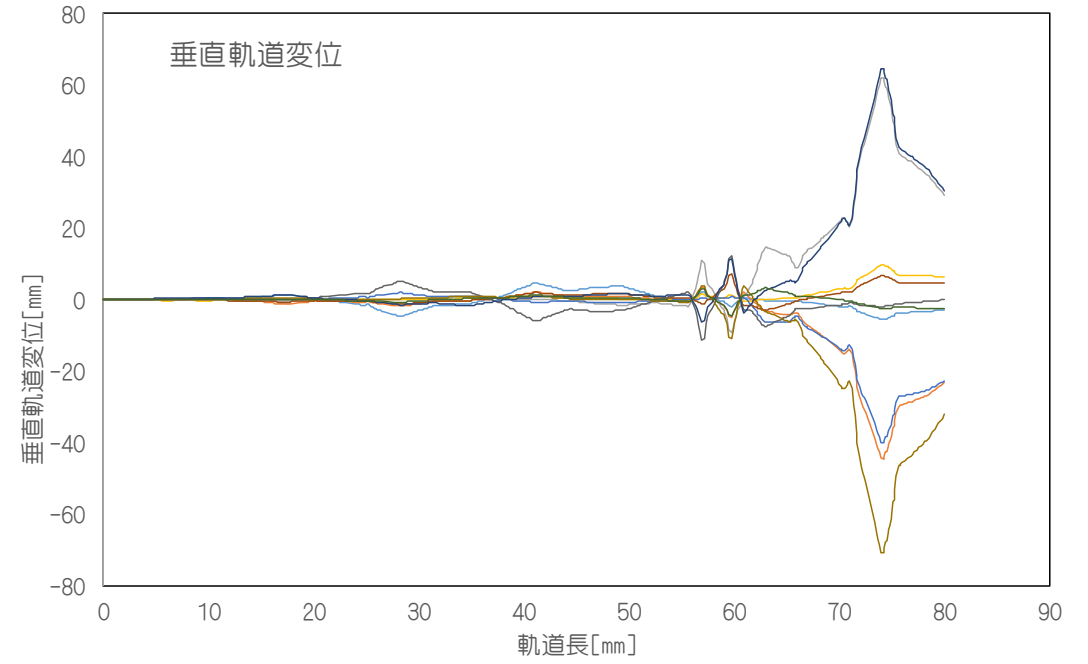
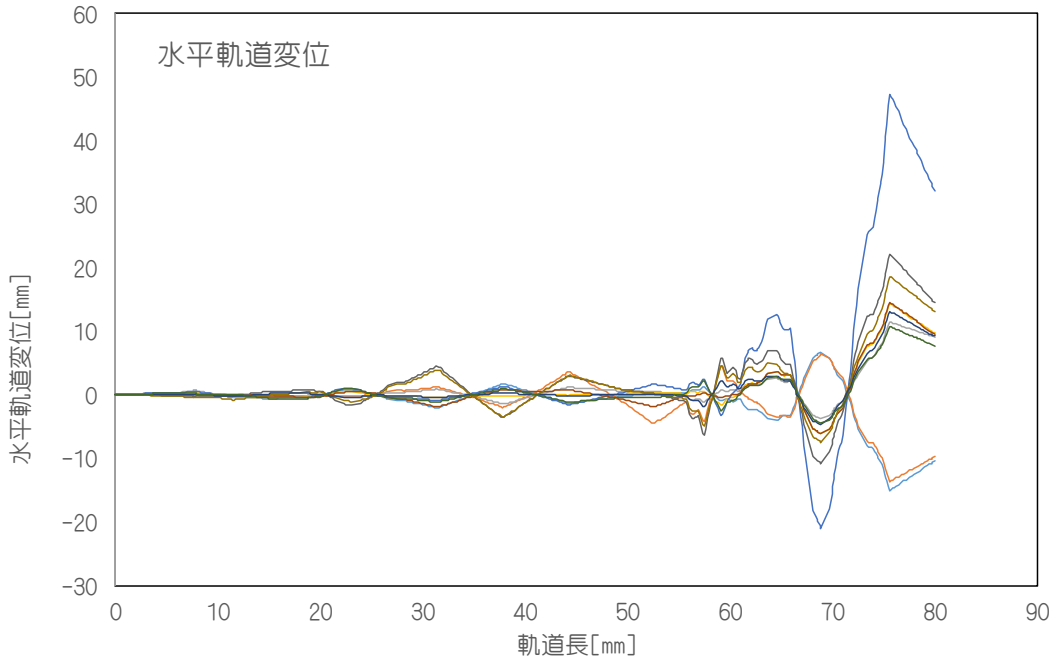


誤差の量

位置	0
強さ	0
傾き	0.1mrad

その1：
位置、強さ、傾き誤差をそれぞれ別に入れる。





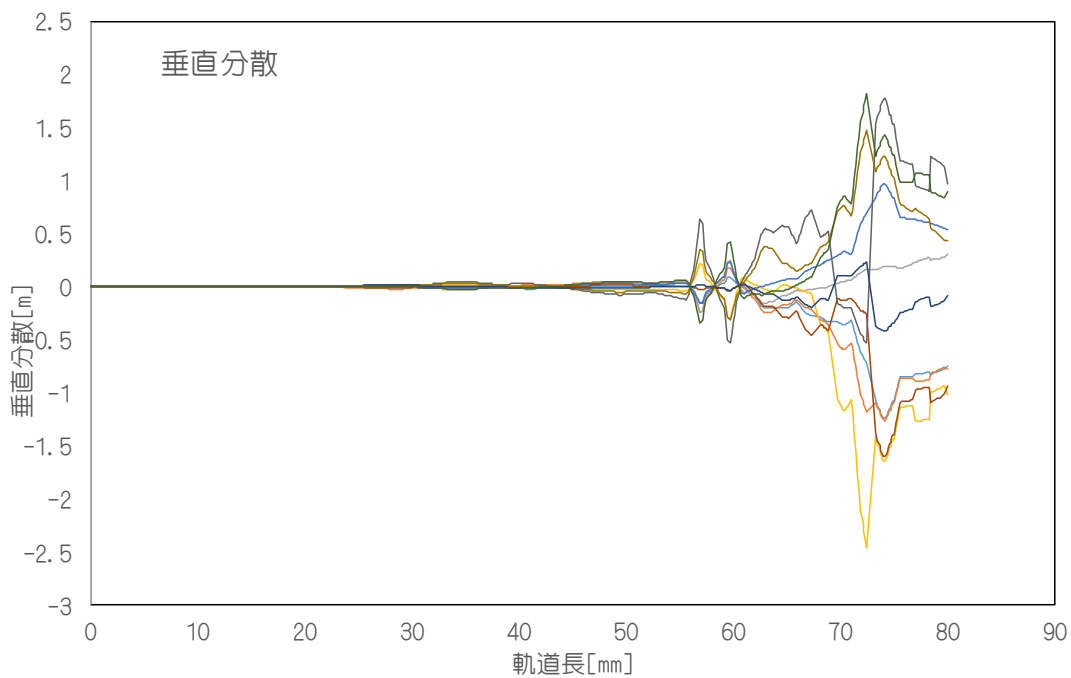
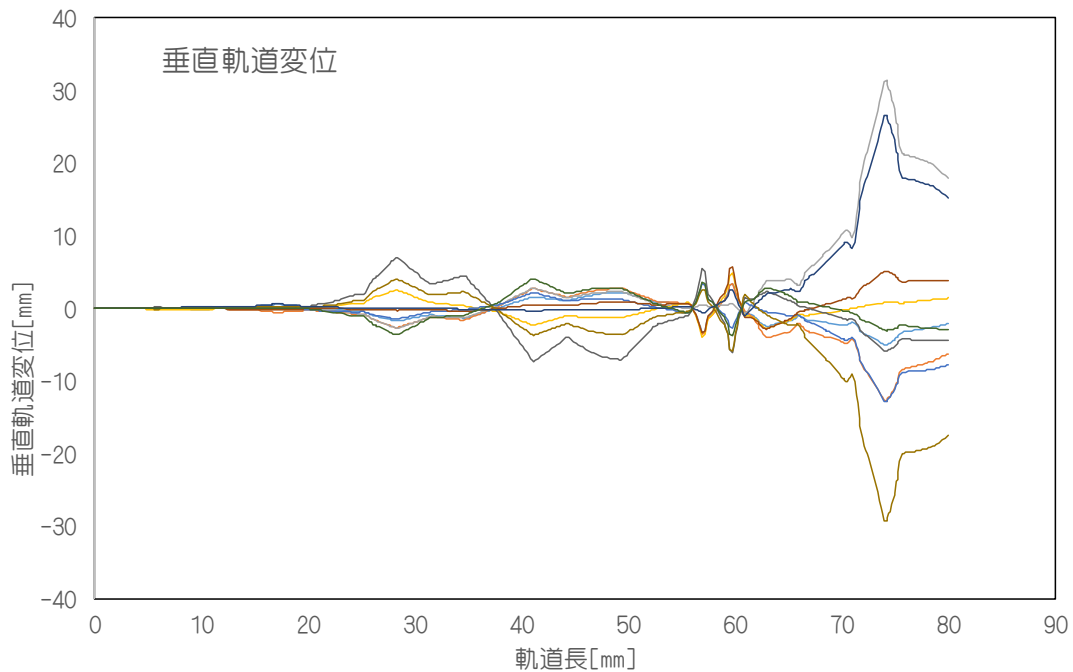
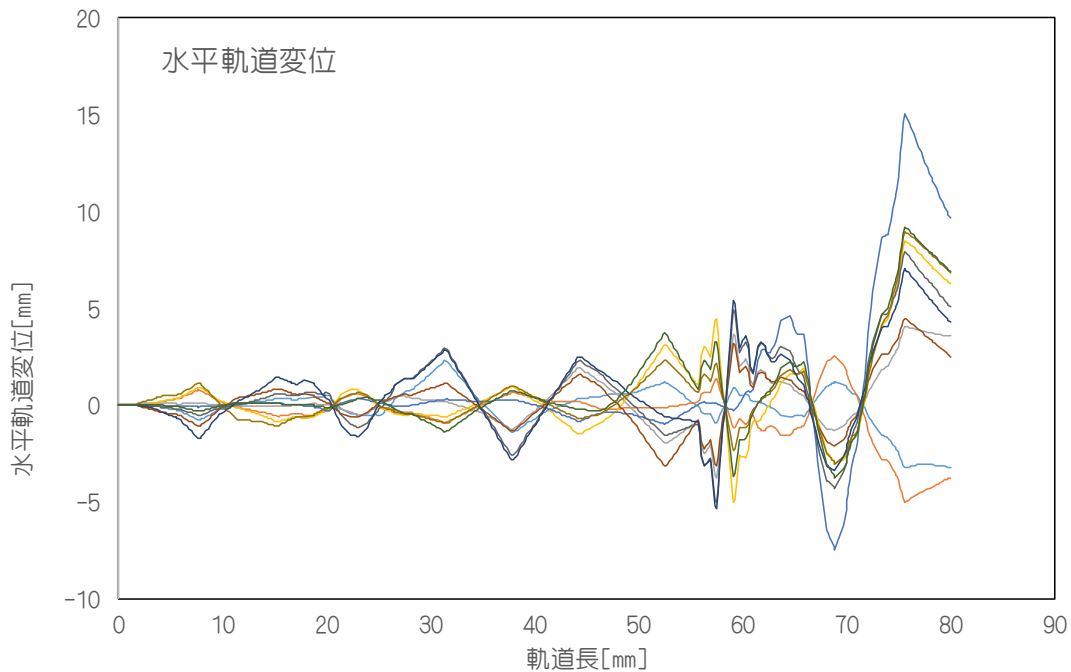
誤差の量

位置	0.1mm
強さ	0
傾き	0

それぞれ分離した場合の誤差の影響

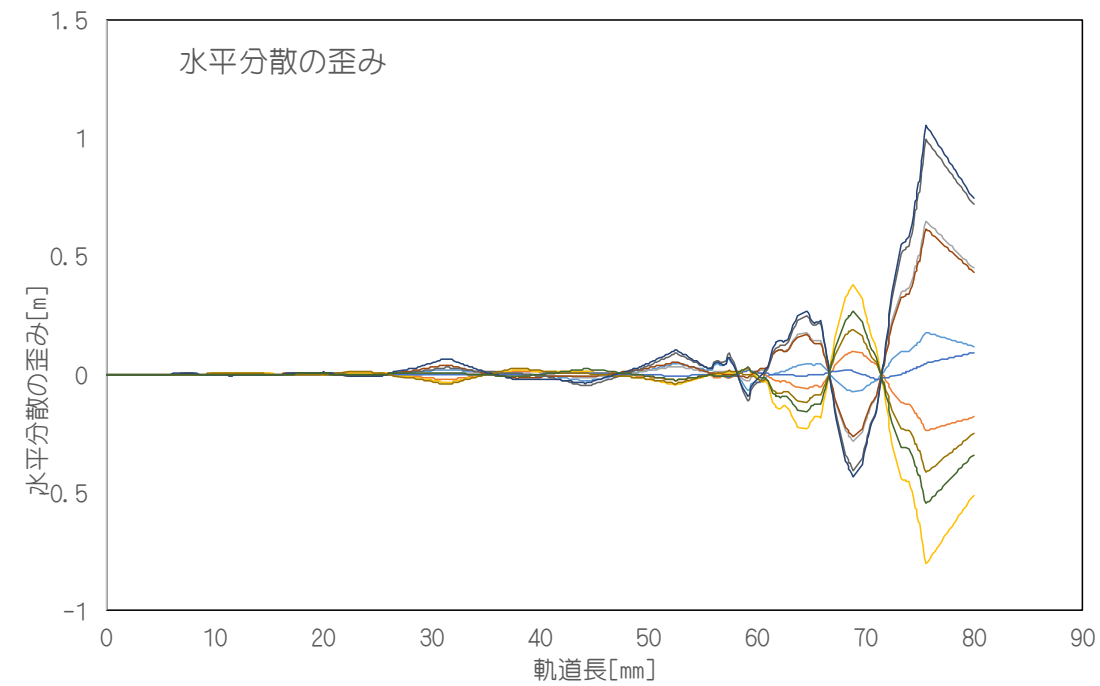
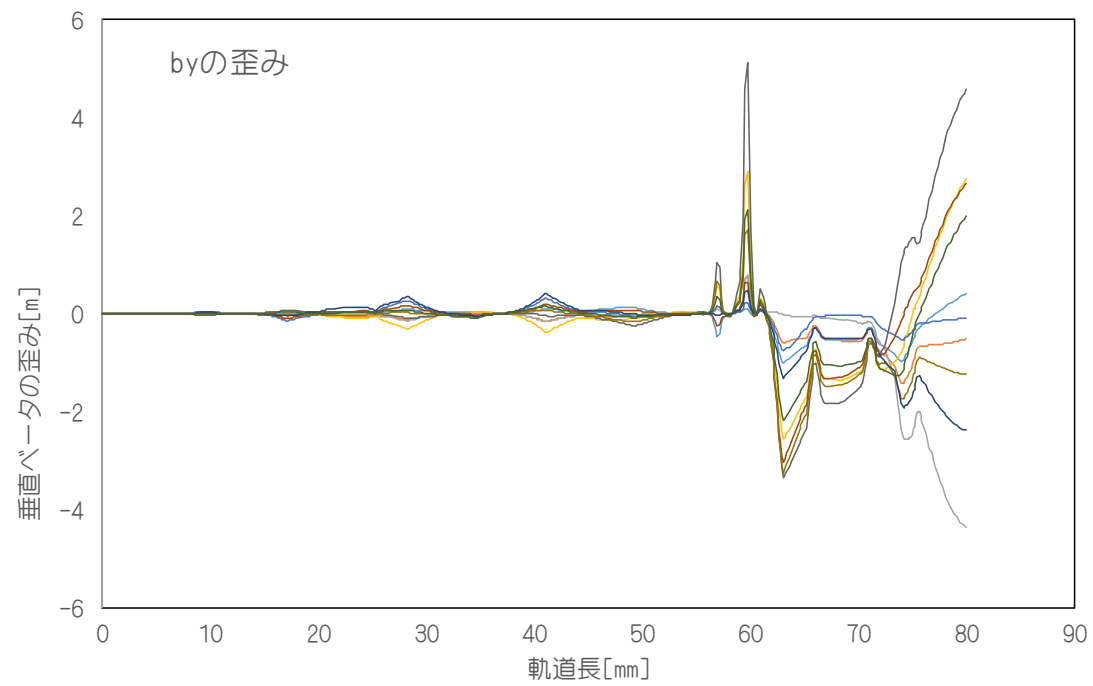
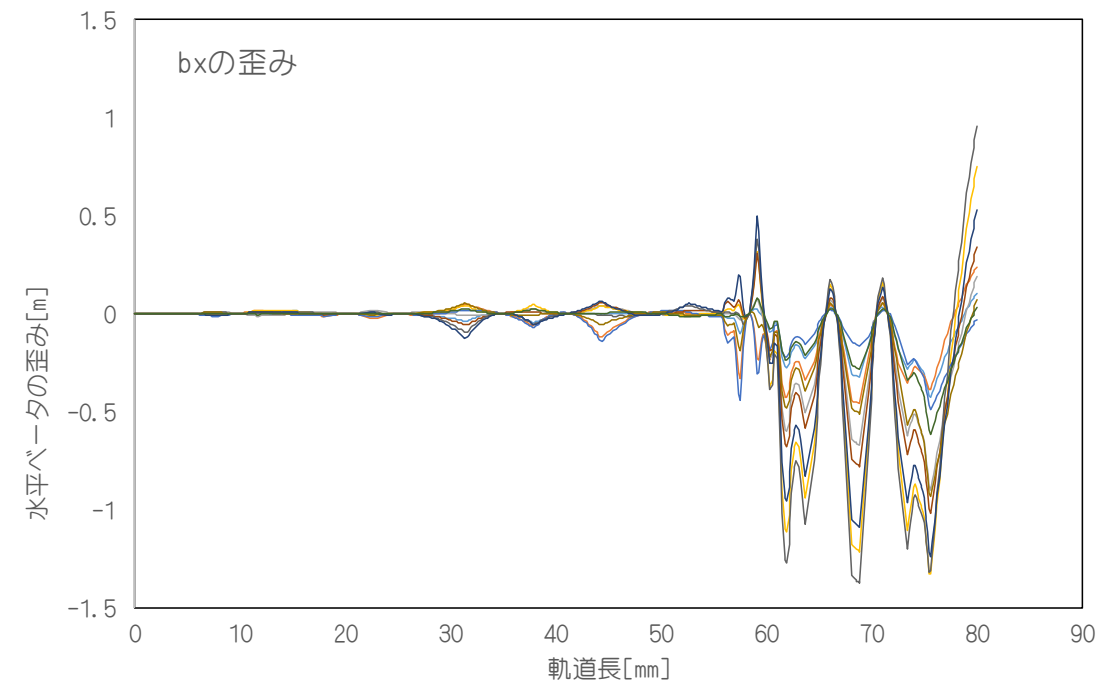
- なんとと言っても下流で大增幅。現実には、上流側誤差は上流で補正されるので、こうはならないだろう。
 - 回転誤差→水平より垂直にものすごく効く。
 - 強さの誤差→ベータの誤差は思ったより効かない。水平分散の歪みも、思ったより効かない。
 - 位置誤差→水平垂直同じくらいの軌道変位が生じる。巨大な垂直分散が生じる。

リングならこのくらいを仮定するという誤差を入れてみる



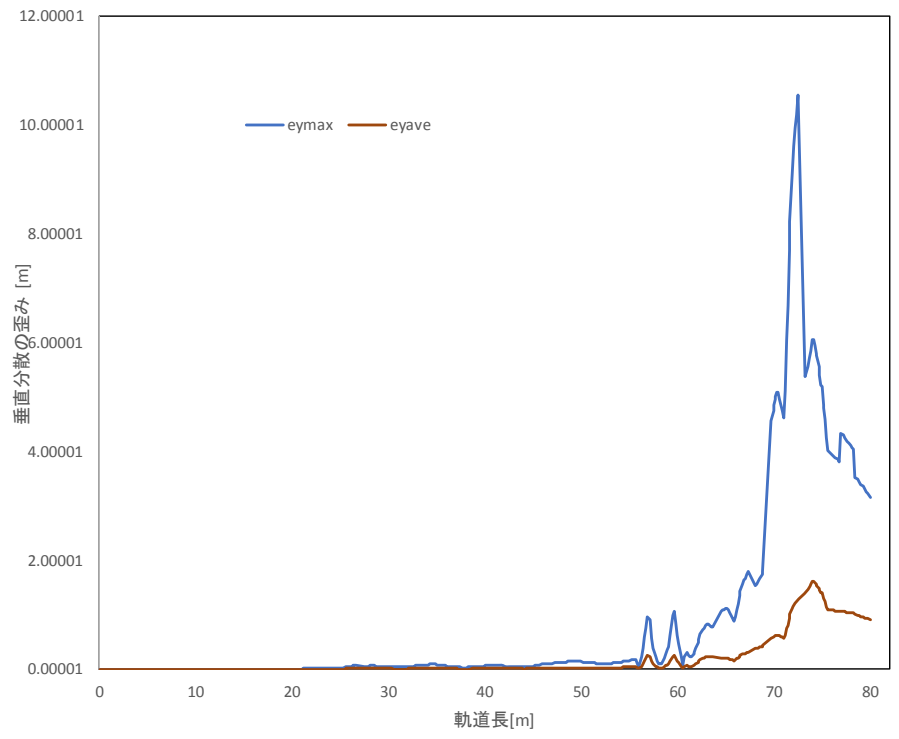
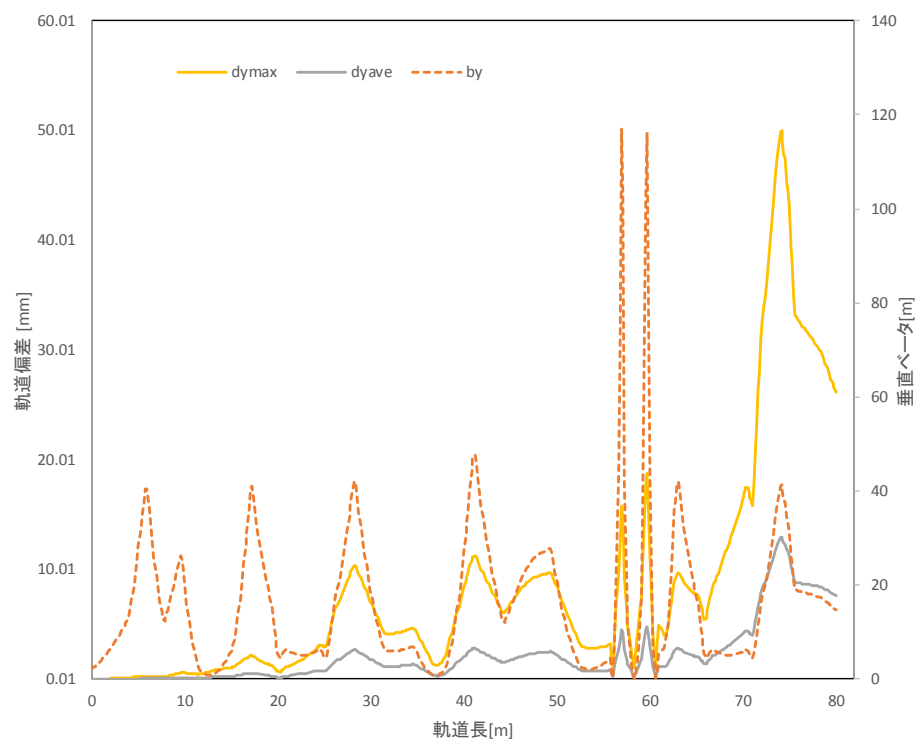
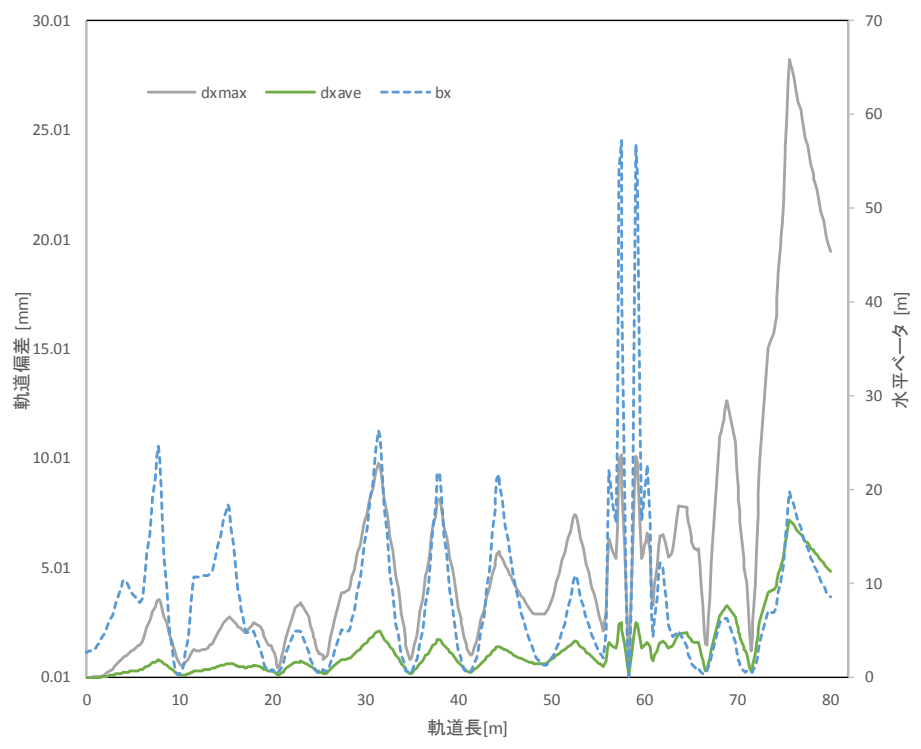
誤差の量

位置	0.05mm
強さ	0.01%
傾き	0.1mrad

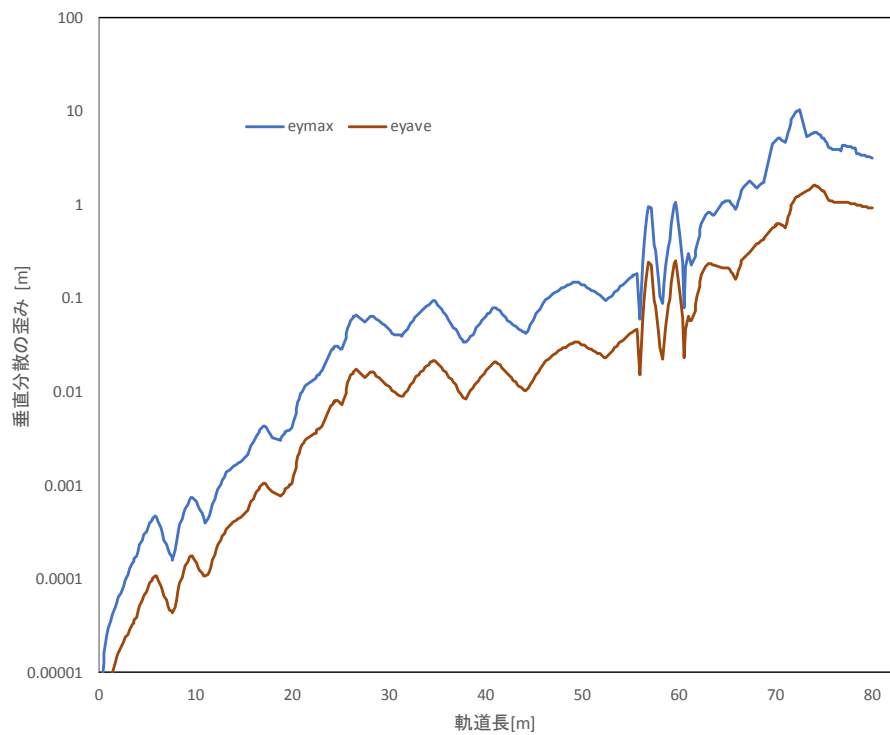
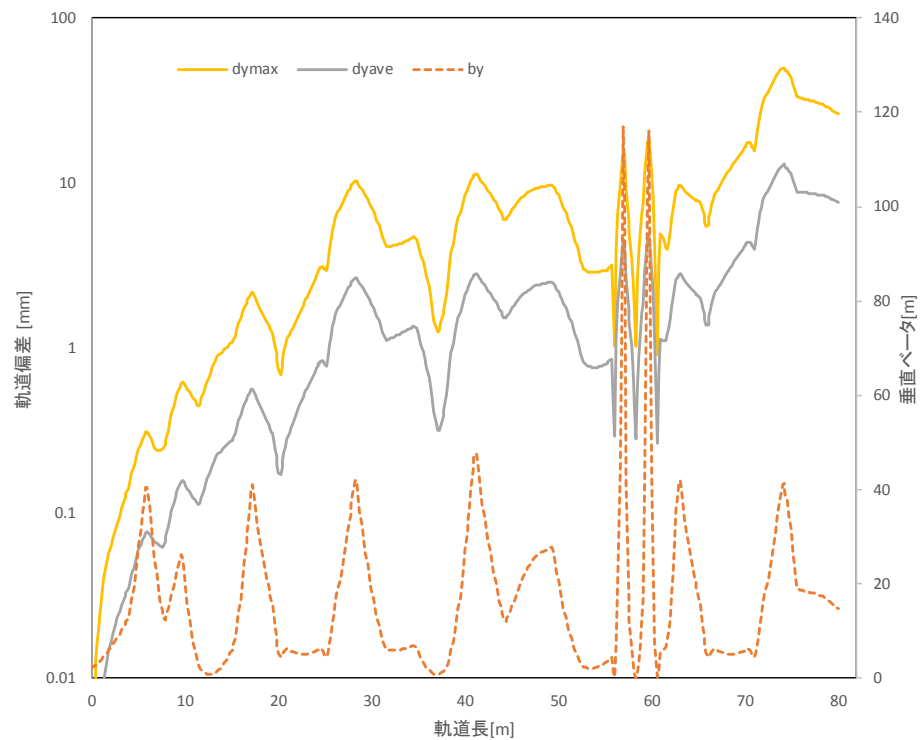
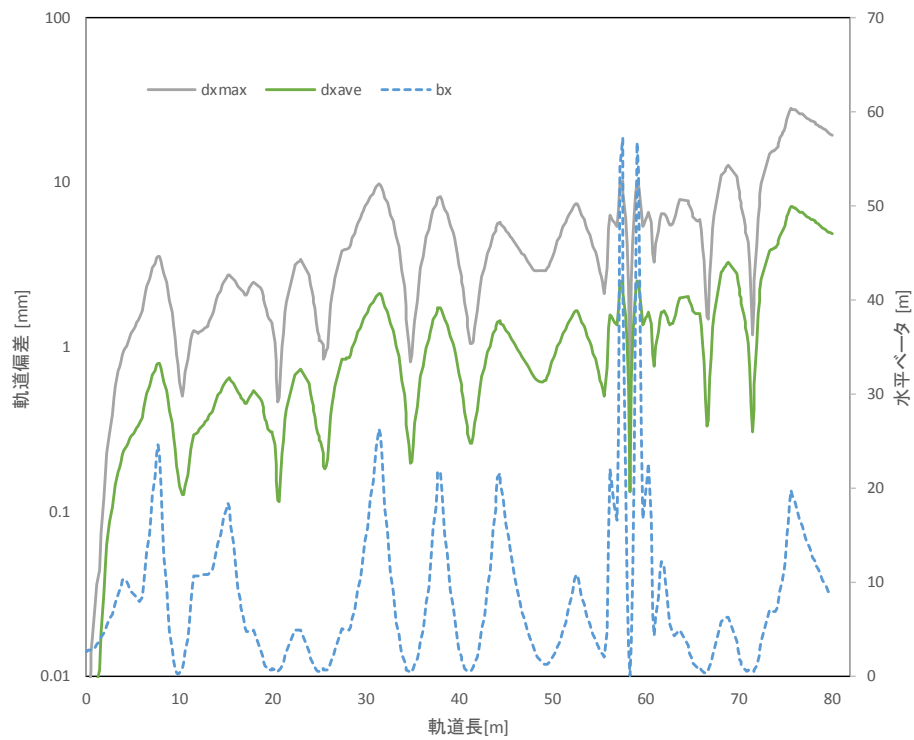


誤差の量

位置	0.05mm
強さ	0.01%
傾き	0.1mrad

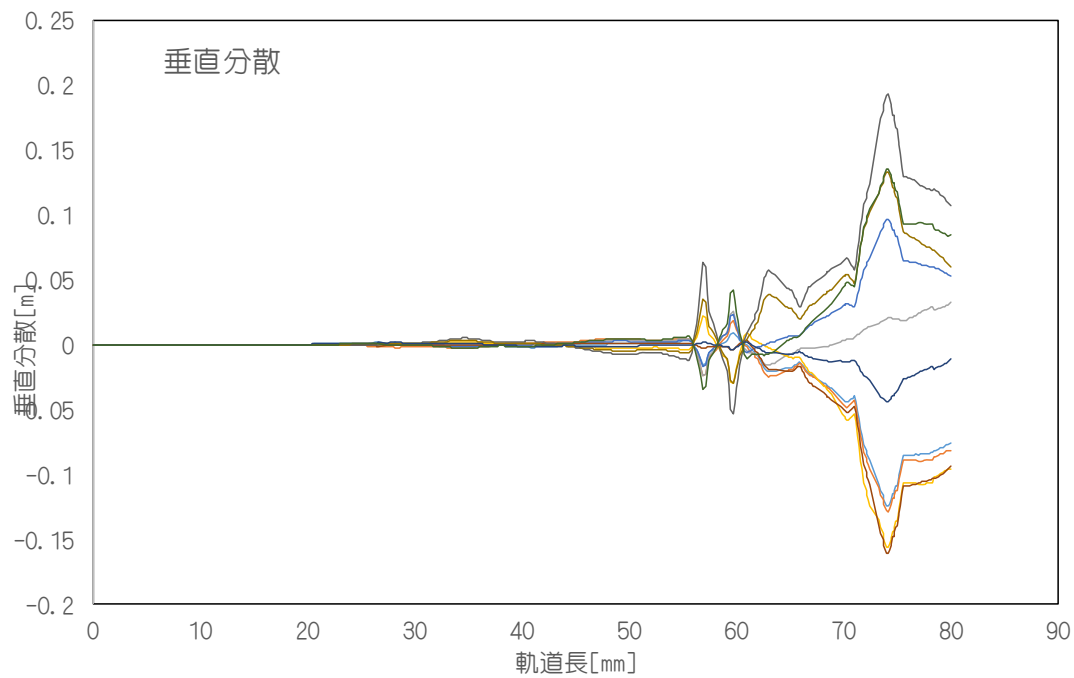
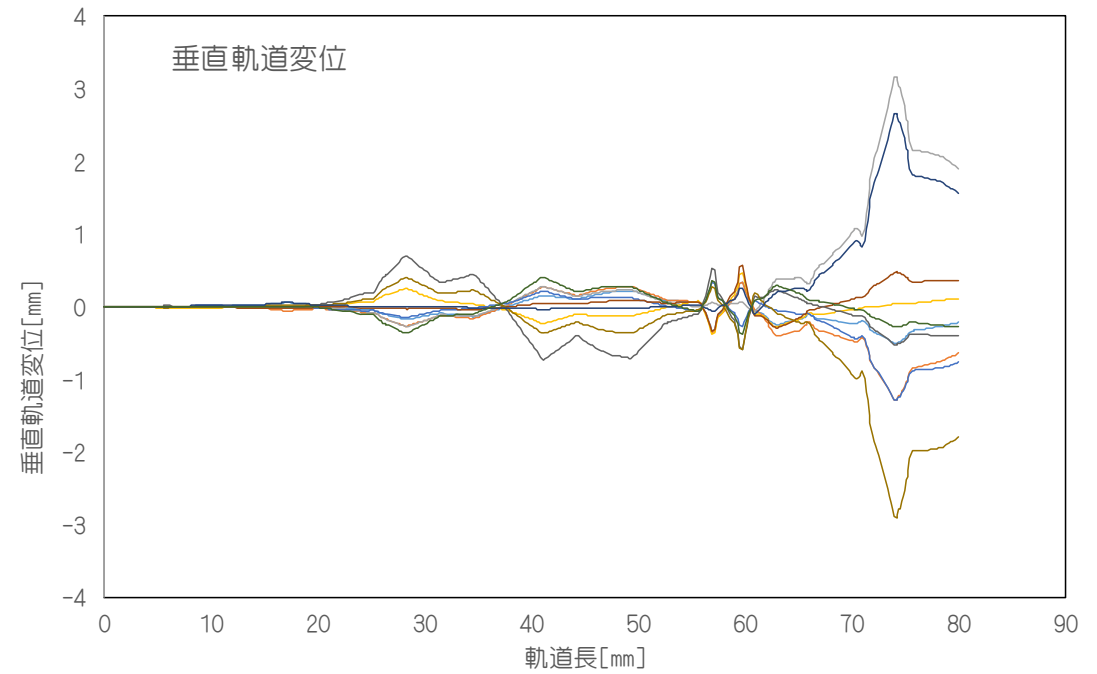
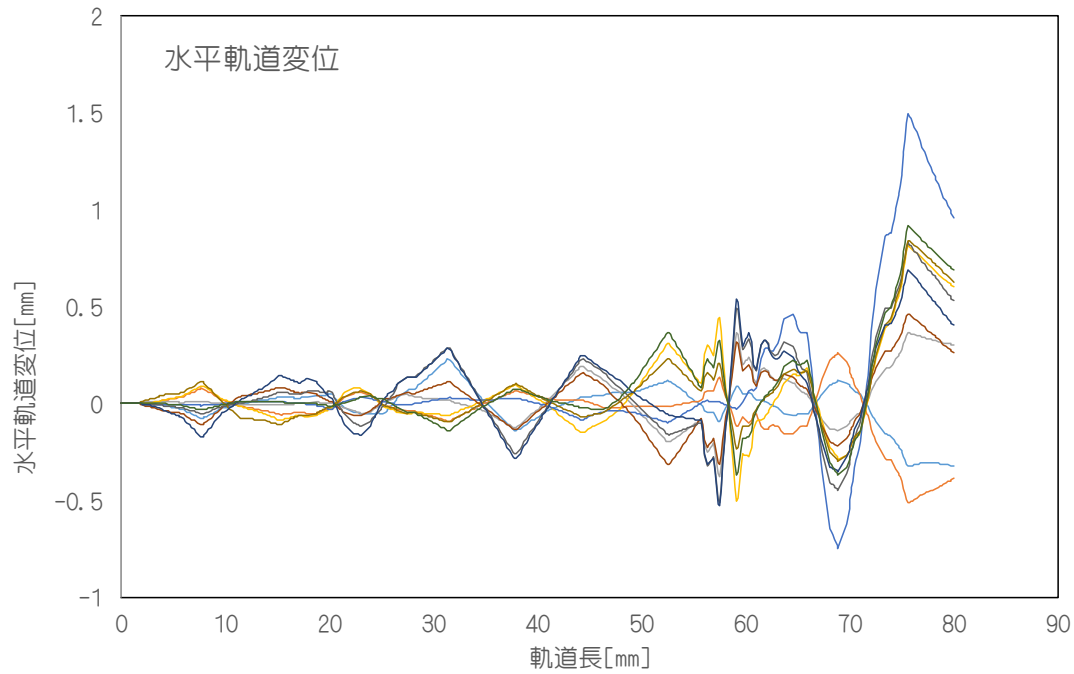


1000 回の誤差計算の統計
 50 μ m、0.01%、0.1mrad、最大 3 σ



1000 回の誤差計算の統計 (対数縦軸)

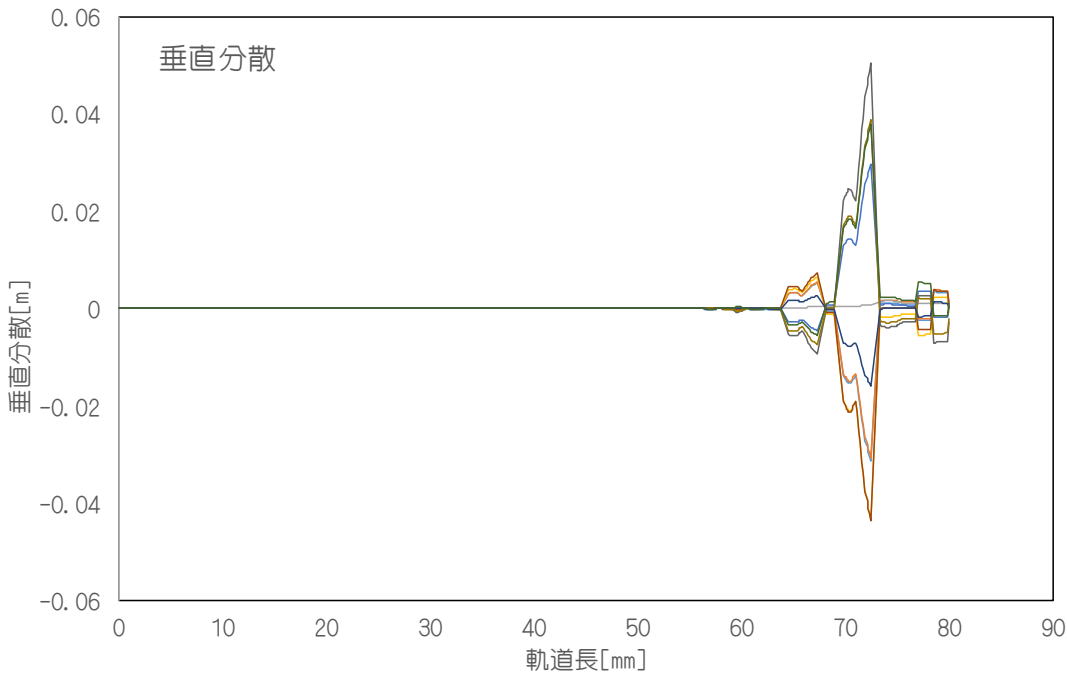
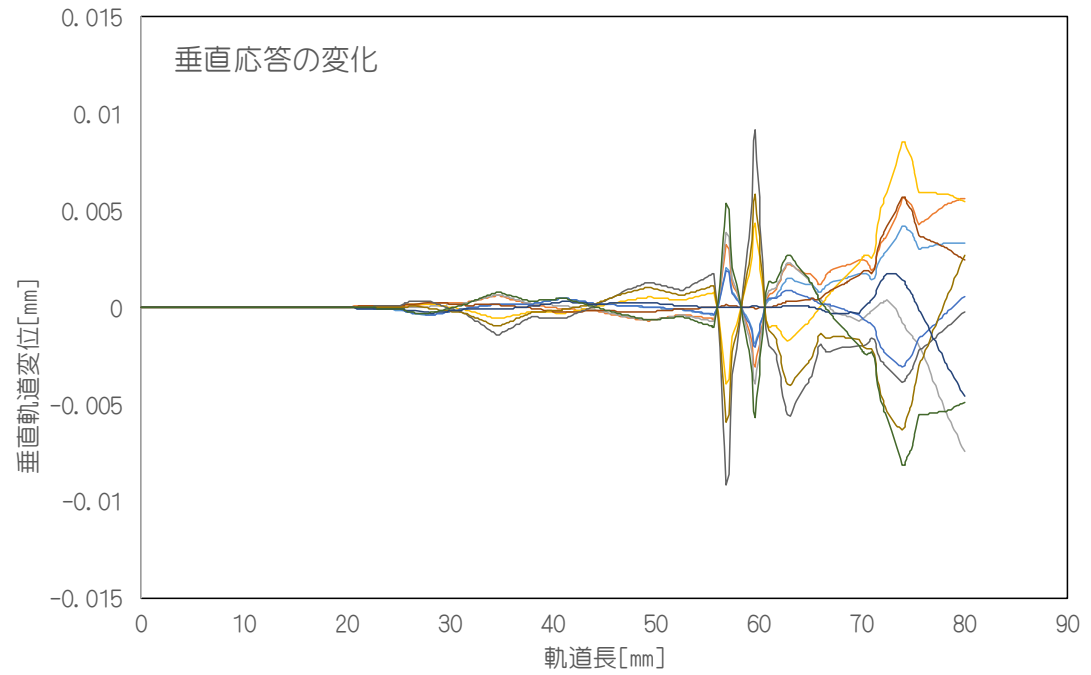
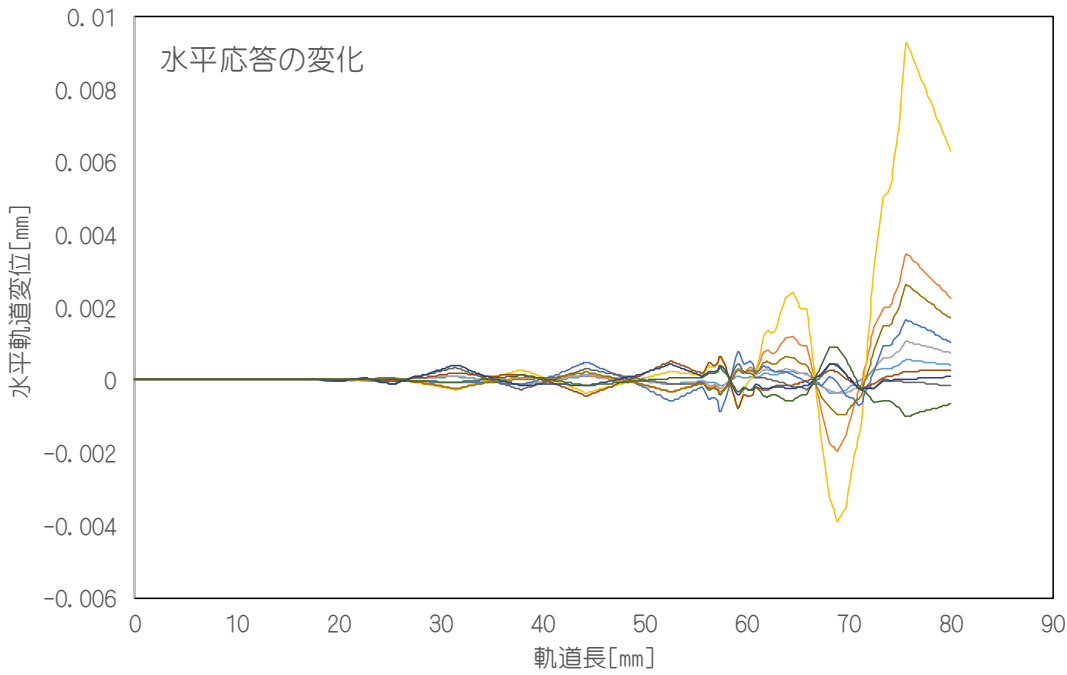
誤差 1/10 にして、無補正でステアリング応答を計算してみる。 ↓ 今ここにある誤差



誤差の量

位置	0.05mm/10
強さ	0.01%/10
傾き	0.1rad/10

応答の変化 (ZHQMAM02)

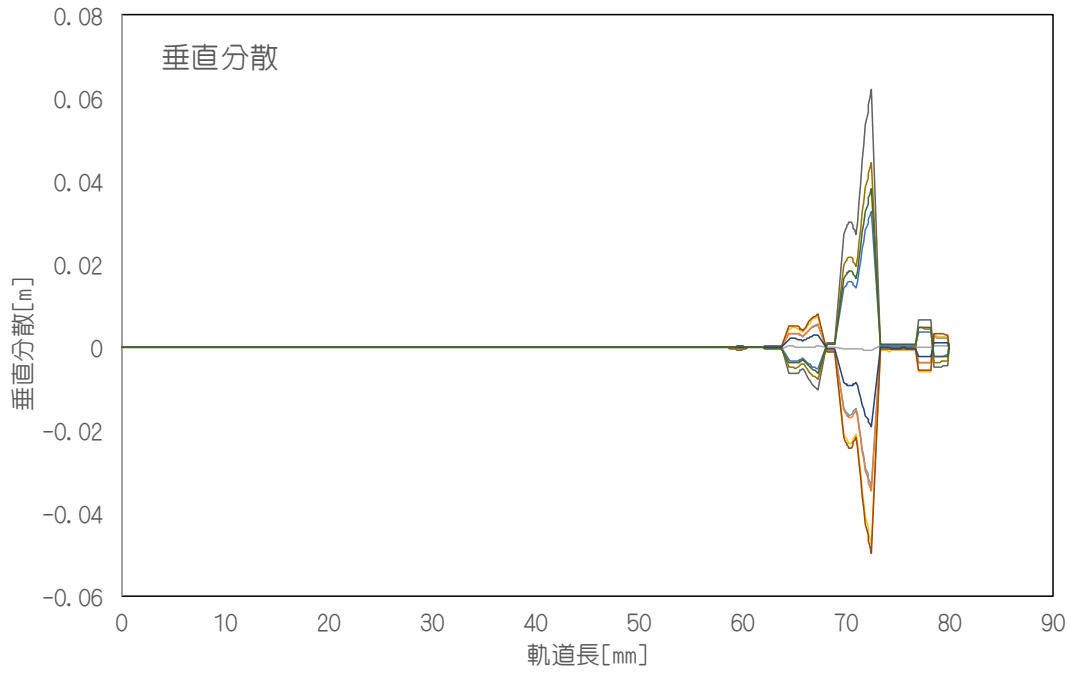
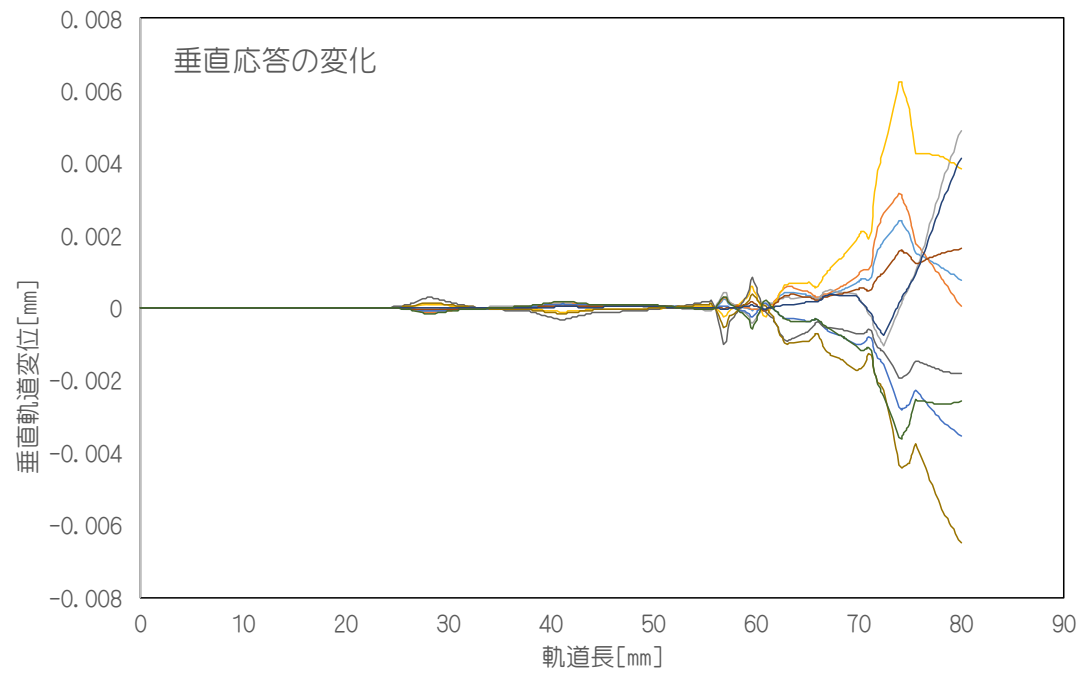
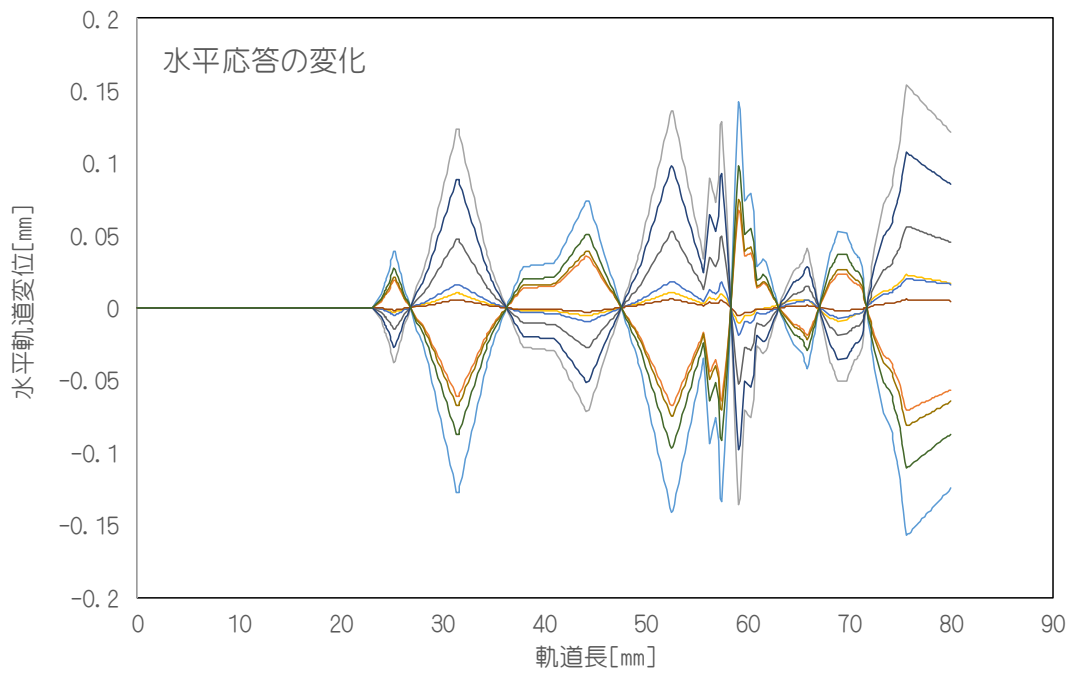


誤差の量

- 位置 0.05mm/10
- 強さ 0.01%/10
- 傾き 0.1mrad/10

ZHQMAM02 2mm軌道変位を作った場合。

応答の変化 (ZHBMIF03)

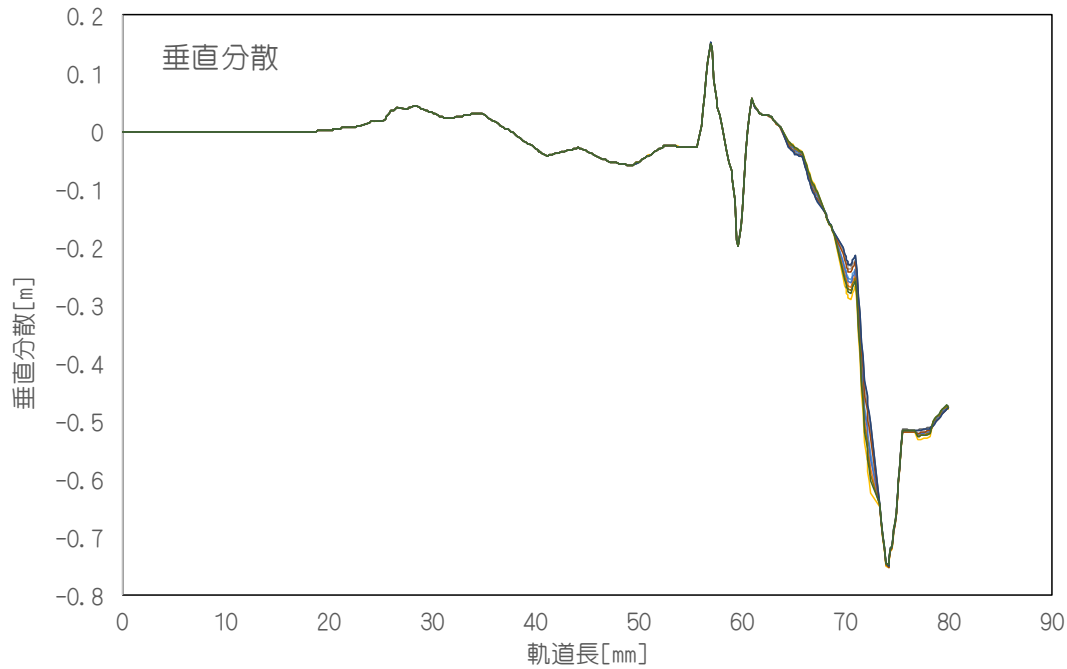
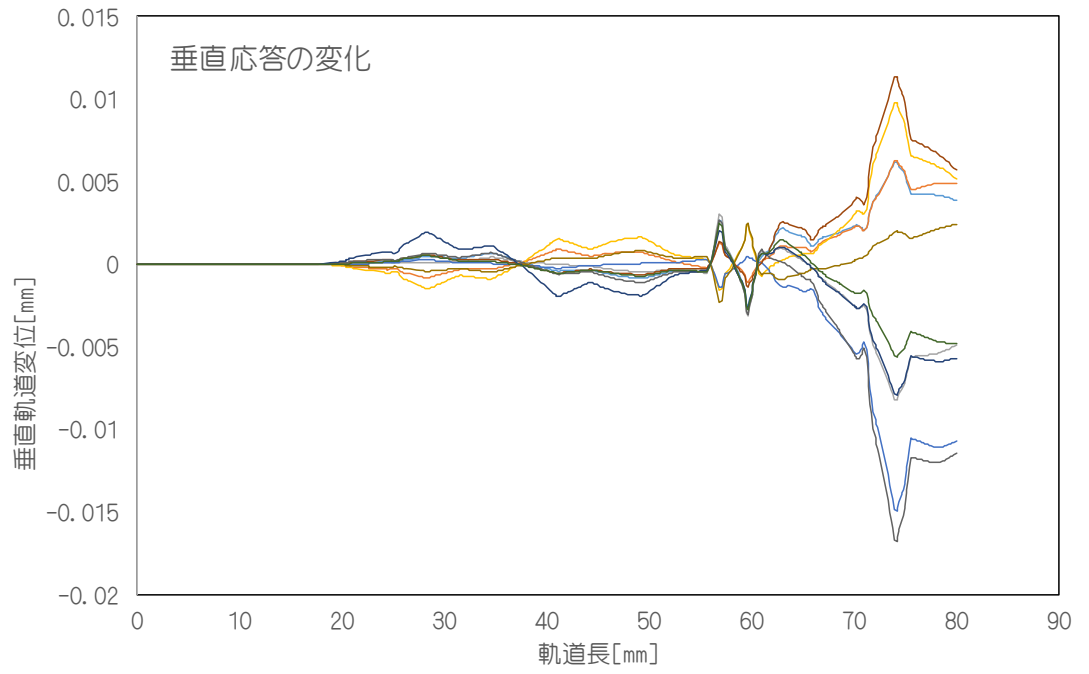
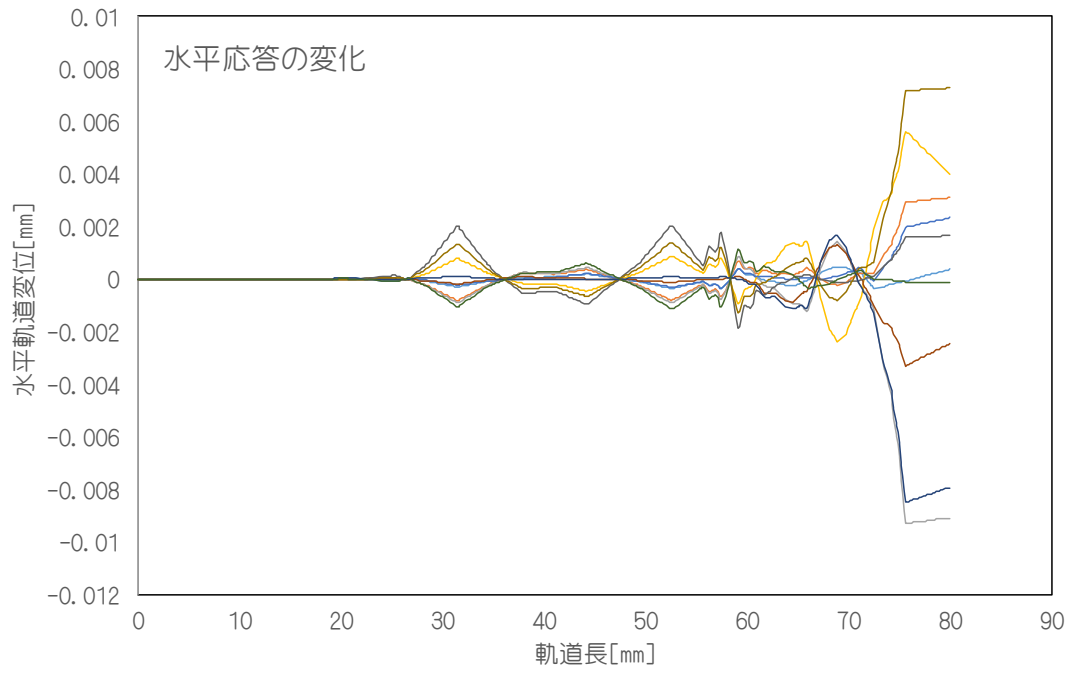


誤差の量

- 位置 0.05mm/10
- 強さ 0.01%/10
- 傾き 0.1mrad/10

ZHBMIF03 2mm軌道変位を作った場合。

応答の変化 (ZVQMAM02)

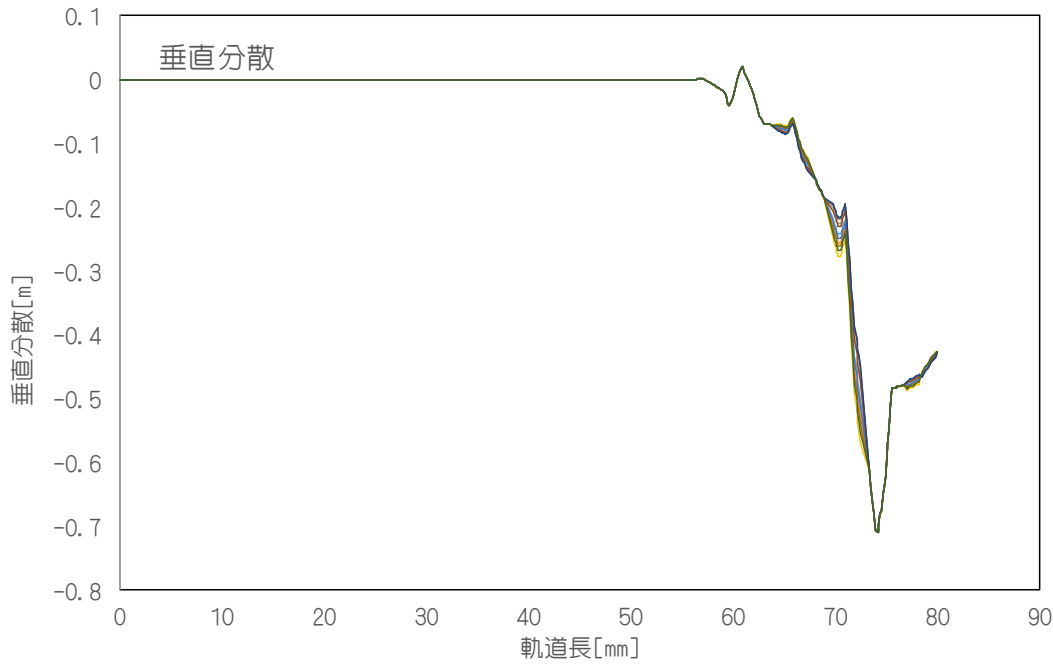
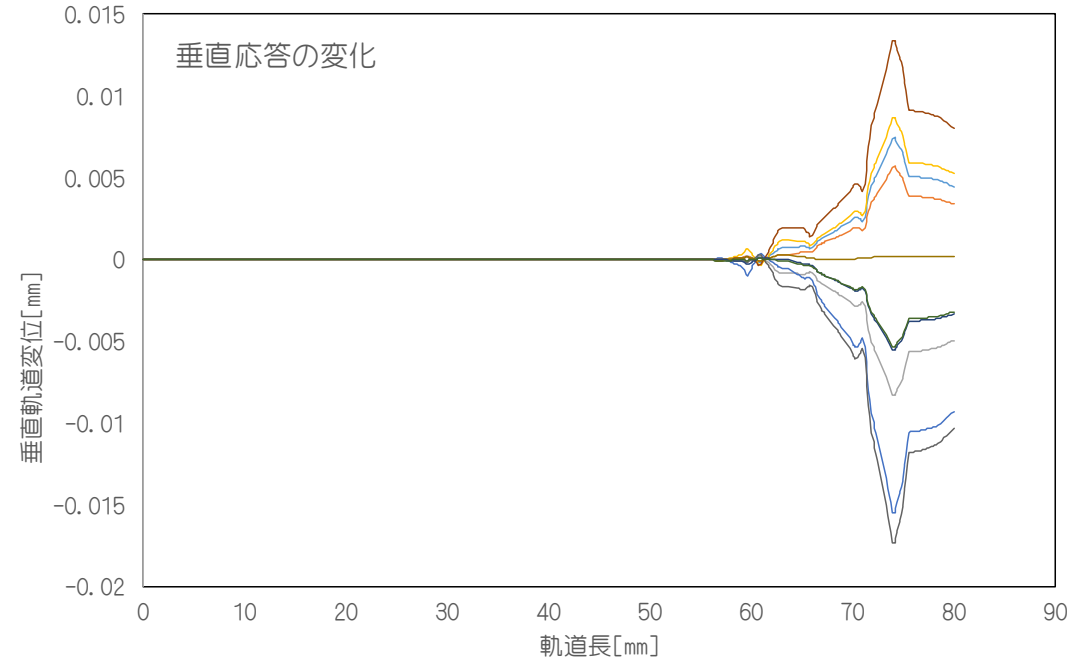
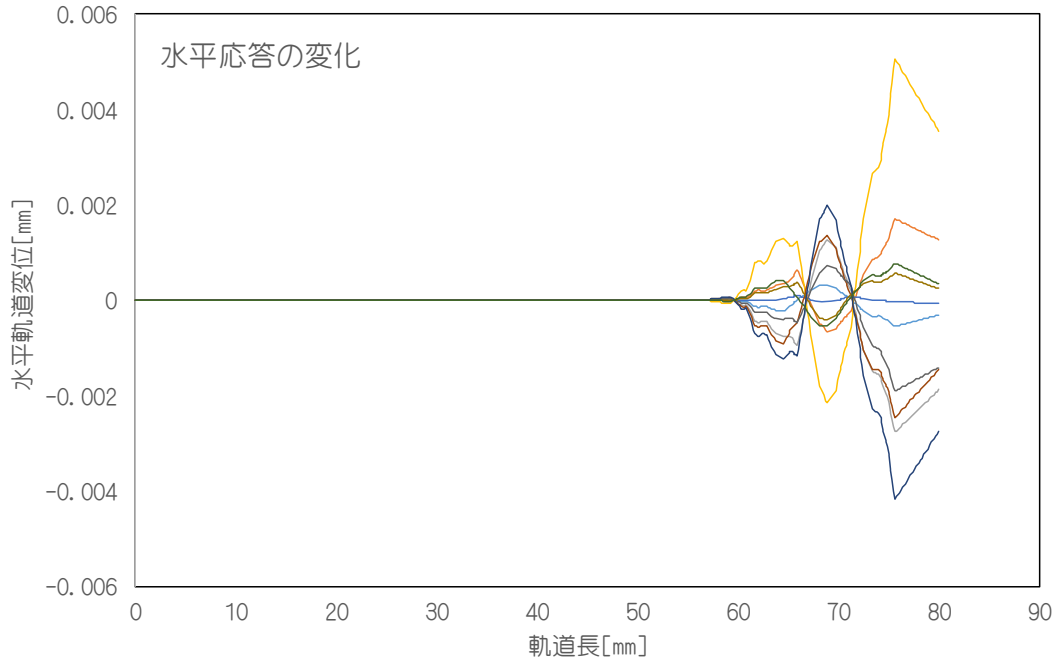


誤差の量

- 位置 0.05mm/10
- 強さ 0.01%/10
- 傾き 0.1mrad/10

ZVQMAM02 2mm軌道変位を作った場合。

応答の変化 (ZVQMIL02)

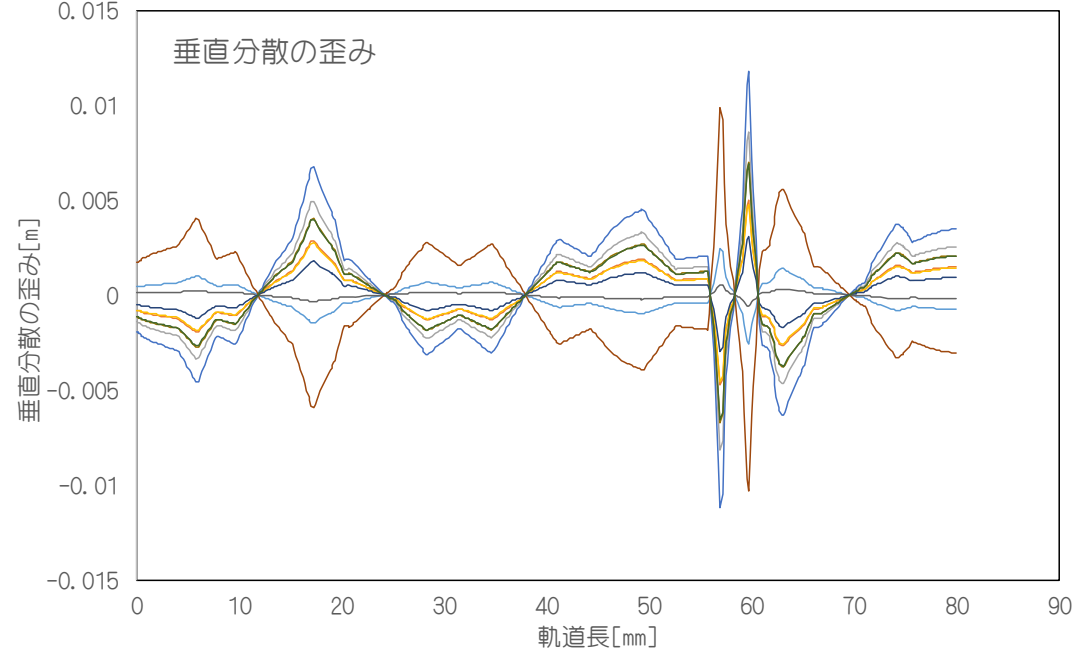
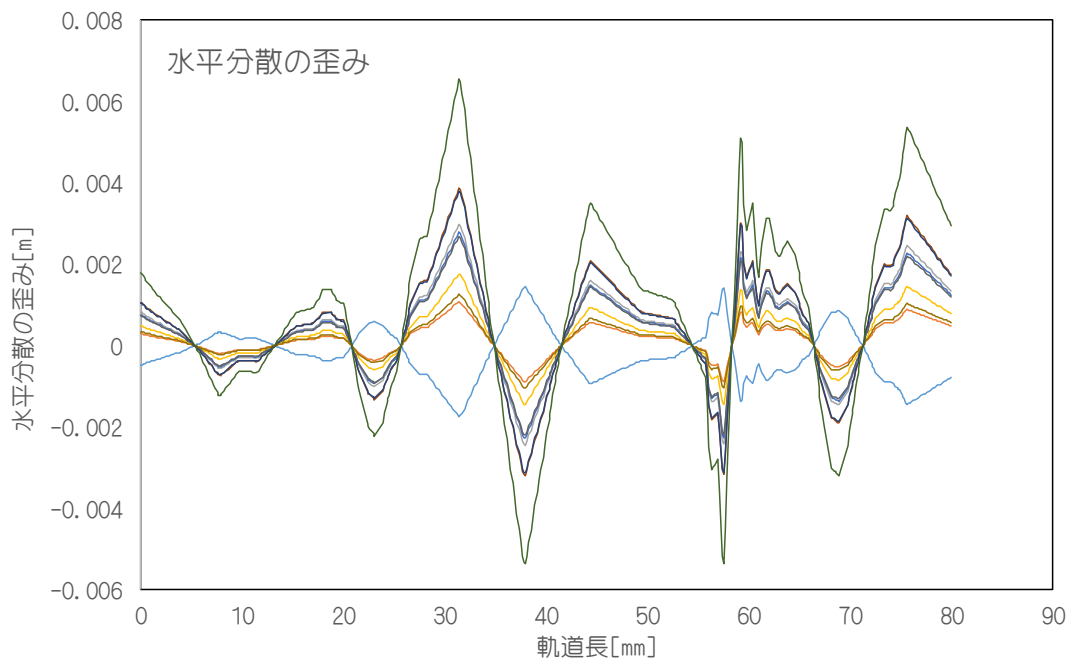
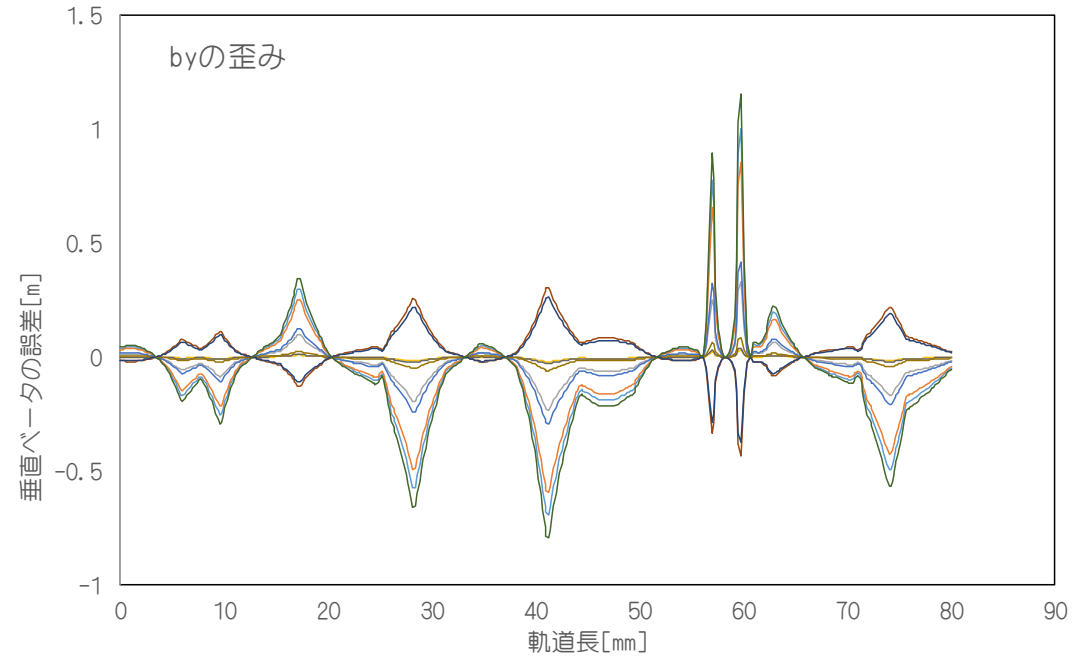
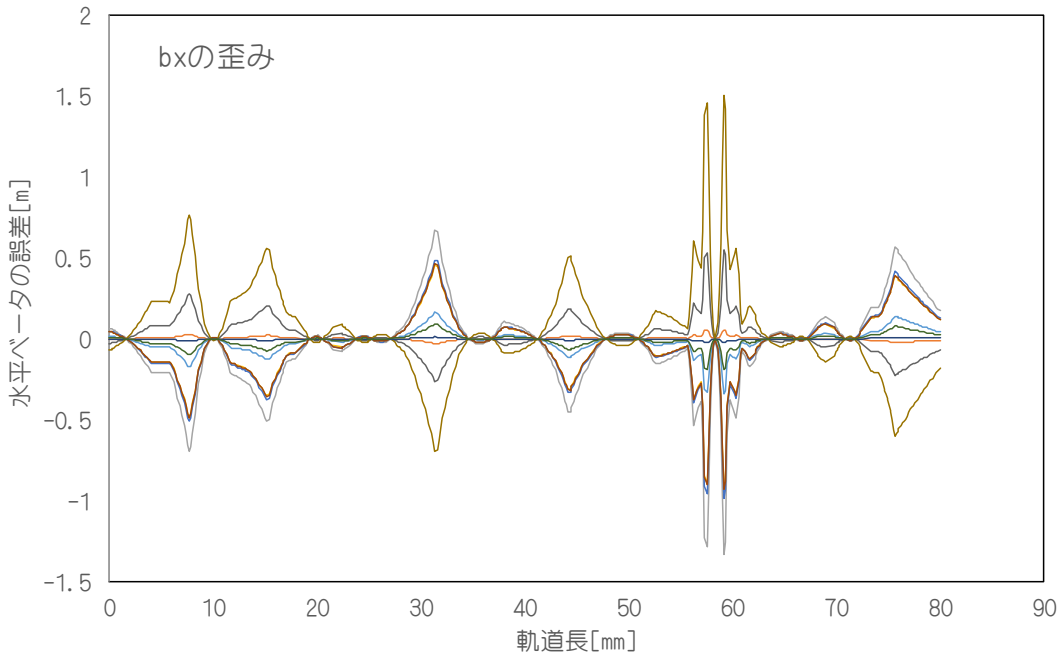


誤差の量

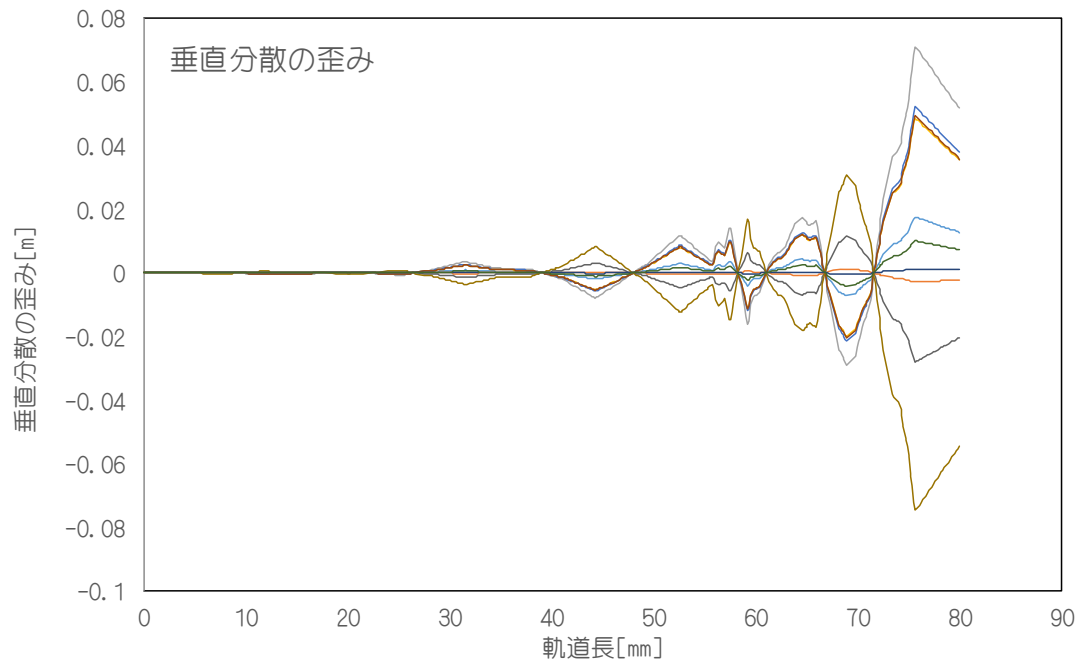
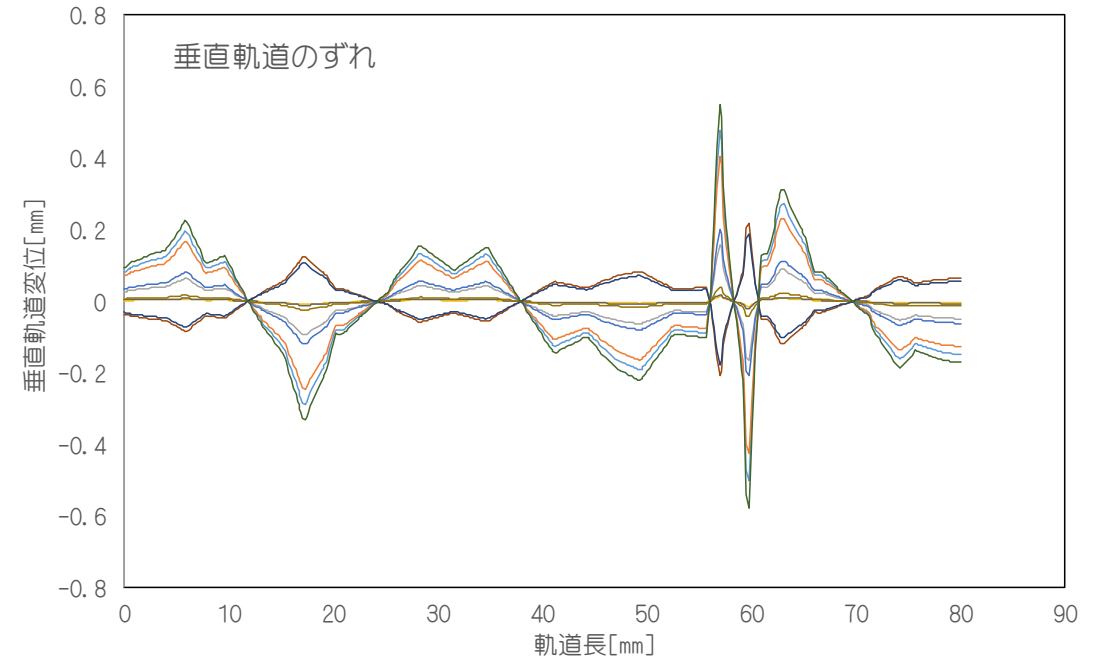
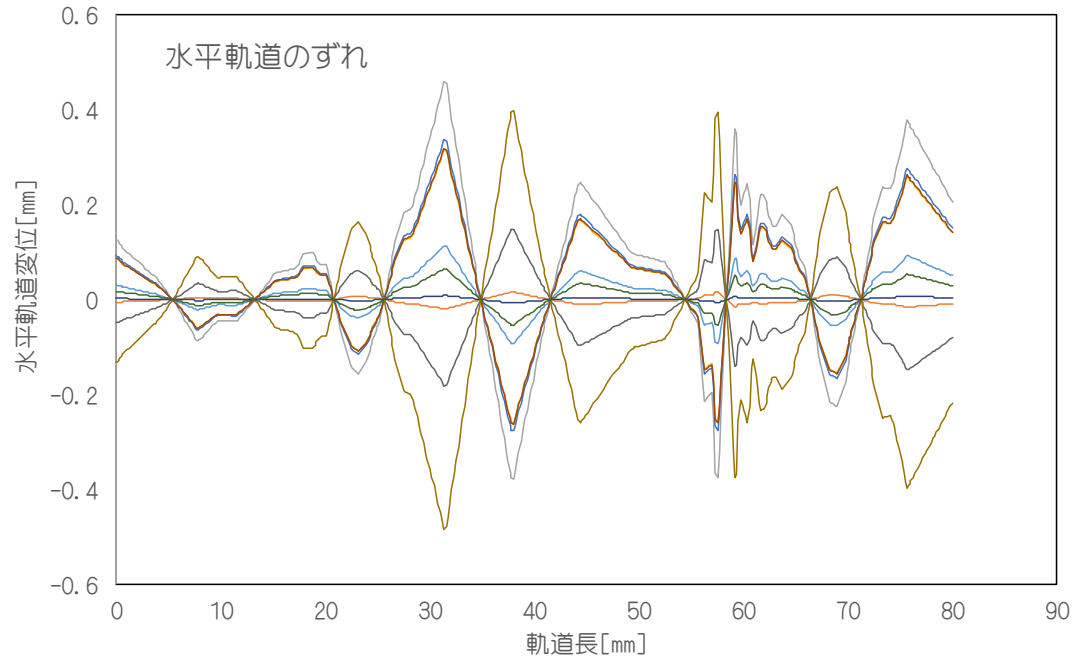
位置	0.05mm/10
強さ	0.01%/10
傾き	0.1mrad/10

ZVQMIL02 2mm軌道変位を作った場合。

初期値の誤差 (β_x 、 β_y を $\pm 1\%$ 、 η_x 、 η_y $\pm 1\text{mm}$ の σ で入れた場合 10通り。最大 3σ ($\pm 3\%$ 、 $\pm 3\text{mm}$))



初期値の誤差（初期軌道変位（dx、dy）を $\pm 50\mu\text{m}$ の σ で入れた場合 10 通り。（最大 $\pm 150\mu\text{m}$ ）



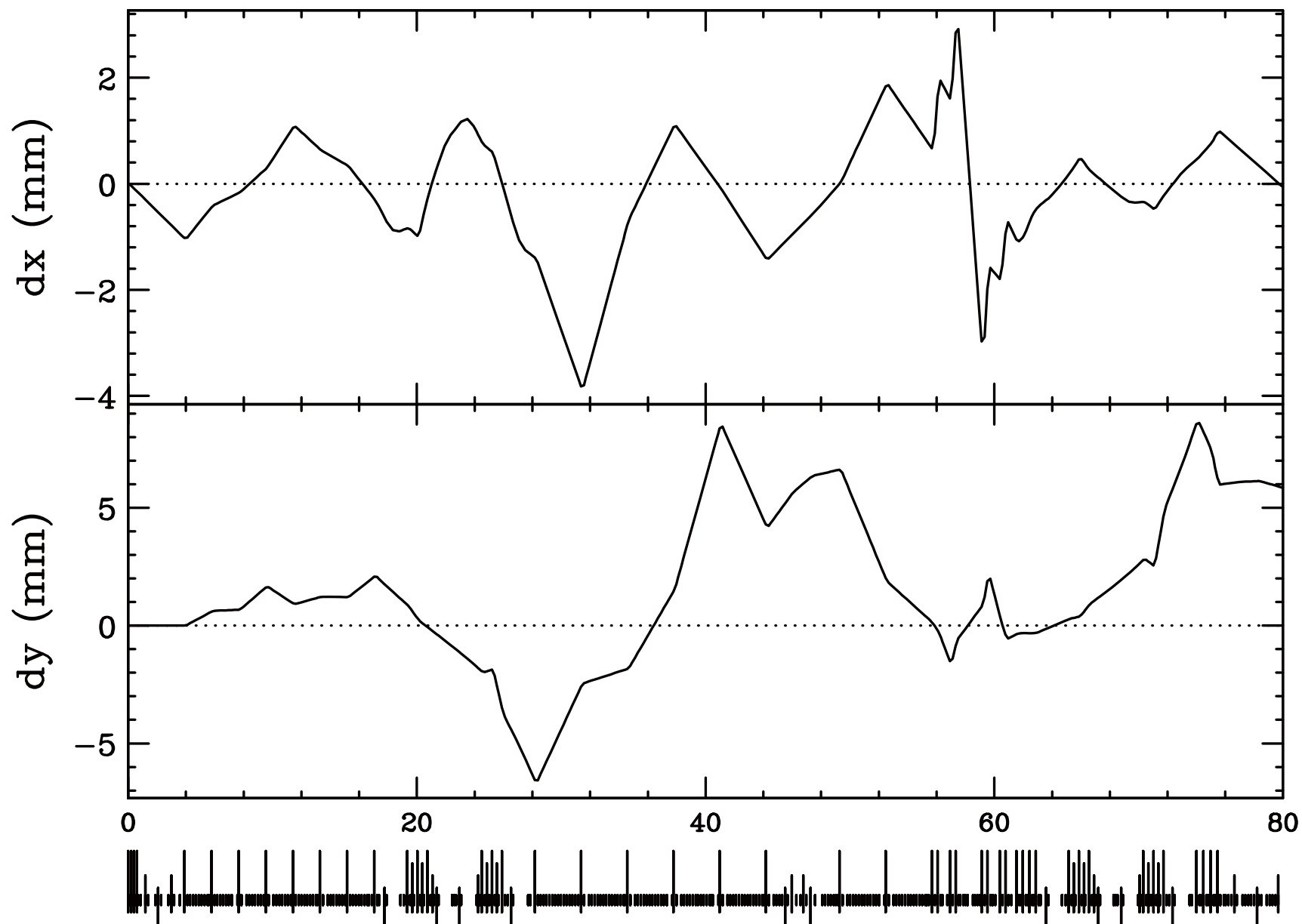
誤差がステアリング応答に与える影響

- 水平垂直 5 例計算してみたが、合理的だと思うオーダーの誤差を入れる限り、実測の様にはならない。

既存のステアリング値 (シャットダウン直前の値)

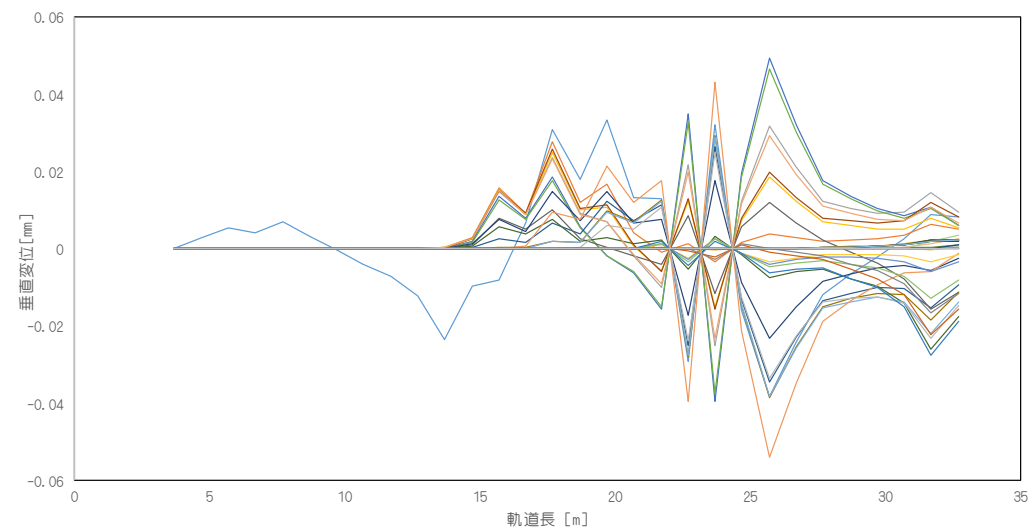
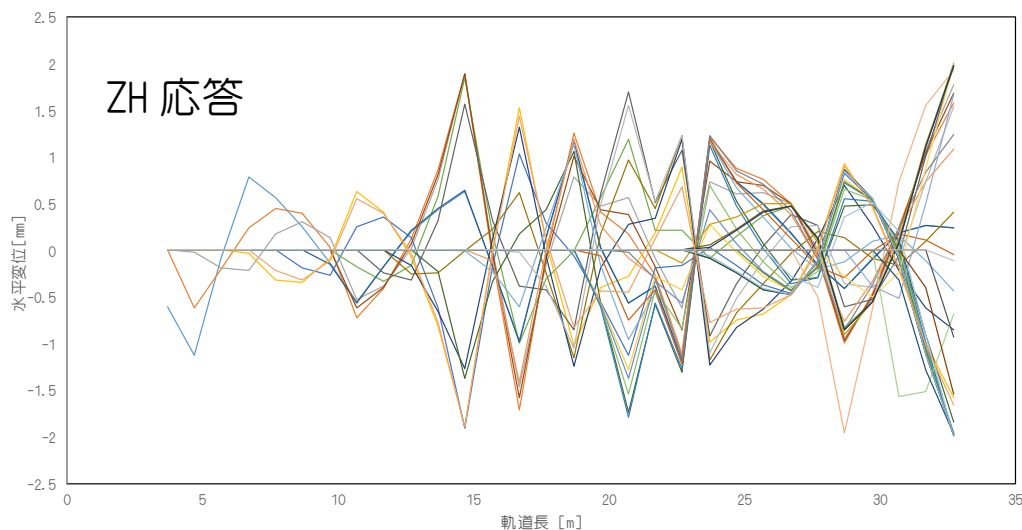
	dk	dl		dk	dl		dk	dl		dk	dl
ZHQMAD01	2.5691	1.5700	ZHQMIL04	0.8958	0.4900	ZVQMAD01	0.0000	0.0000	ZVQMIM08	0.3503	0.1900
ZHQMAC01	-3.3640	-1.8400	ZHQMLC01	1.0055	0.5500	ZVQMAD04	0.0000	0.0000	ZVQMIR01	0.0738	0.0400
ZHQMAC03	0.0000	0.0000	ZHQMLC05	0.0000	0.0000	ZVQMAC01	3.3006	1.7900	ZVQMIR03	0.1659	0.0900
ZHQMAM02	0.0000	0.0000	ZHQMIM05	-0.2377	-0.1300	ZVQMAC03	0.0000	0.0000	ZVQMIR04	-0.1659	-0.0900
ZHBMIF01	0.0000	0.0000	ZHBMIR01	0.0000	0.0000	ZVQMAM02	0.0000	0.0000	ZVQMIR06	0.5163	0.2800
ZHBMIF02	0.0000	0.0000	ZHQMIR02	0.8227	0.4500	ZVQMAM04	0.0000	0.0000	ZVQMAM05	0.4057	0.2200
ZHQMIF02	0.0000	0.0000	ZHQMIR03	-0.5485	-0.3000	ZVQMIF01	0.2028	0.1100	PVQMLC03	-0.3872	-0.2100
ZHQMIF03	2.8155	1.5400	ZHBMIR02	0.0000	0.0000	ZVQMIF03	-0.1844	-0.1000	PVQMLC04	-0.1844	-0.1000
ZHBMIF03	0.0000	0.0000	ZHBMIR03	0.0000	0.0000	ZVQMIF04	0.1844	0.1000	PVQMLC05	0.0000	0.0000
ZHQMIF04	-0.2011	-0.1100	ZHQMIR04	1.0238	0.5600	ZVQMIF06	-0.0184	-0.0100	PVQMLC06	-0.2950	-0.1600
ZHQMIF05	-1.2798	-0.7000	ZHQMIR05	0.7130	0.3900	ZVQMIM01	0.7929	0.4300	ZVQMAM03	-0.0738	-0.0400
ZHBMIF04	0.0000	0.0000	ZHBMIR04	0.0000	0.0000	ZVQMIM02	0.9957	0.5400	ZVQMAM08	0.0000	0.0000
ZHQMIM02	1.0055	0.5500	ZHQMAM05	0.9873	0.5400	ZVQMIM03	0.4057	0.2200			
ZHQMIM03	1.2249	0.6700	PHQMLC03	-0.1463	-0.0800	ZVQMIM04	1.6595	0.9000			
ZHQMIM04	2.6510	1.4500	PHQMLC04	-0.2011	-0.1100	ZVQMIL02	1.4014	0.7600			
ZHBMIL01	0.0161	0.0100	PHQMLC05	0.0000	0.0000	ZVQMIL03	0.0922	0.0500			
ZHBMIL02	0.0000	0.0000	PHQMLC06	0.0000	0.0000	ZVQMIL04	0.2028	0.1100			
ZHBMIL03	0.0000	0.0000	ZHQMAM03	0.5668	0.3100	ZVQMLC01	0.1844	0.1000			
ZHBMIL04	-0.3702	-0.2300	ZHQMAM08	2.2579	1.2350	ZVQMLC05	0.5064	2.7700			
ZHQMIL03	-2.6510	-1.4500				ZVQMIM05	0.2950	0.1600			

そのまま入れると発散。1/10 入れてみる。



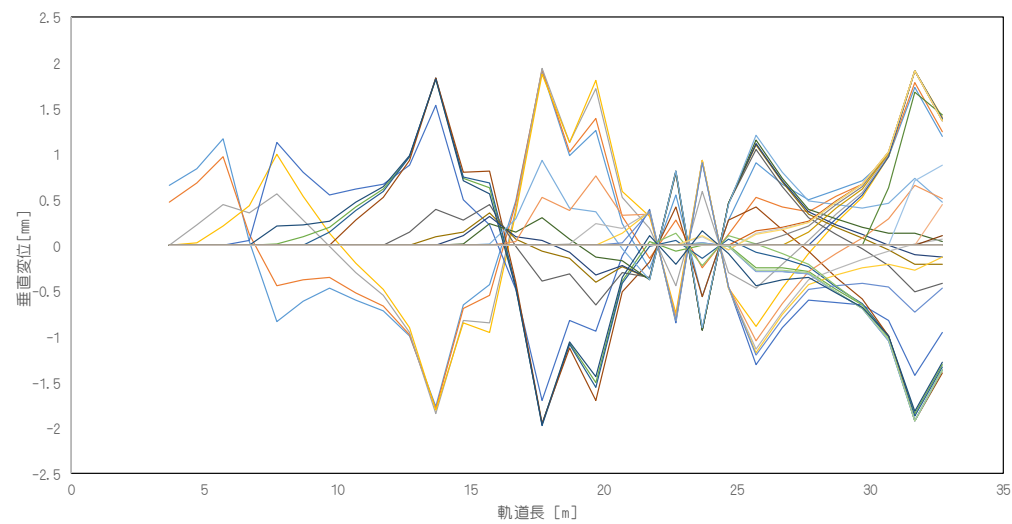
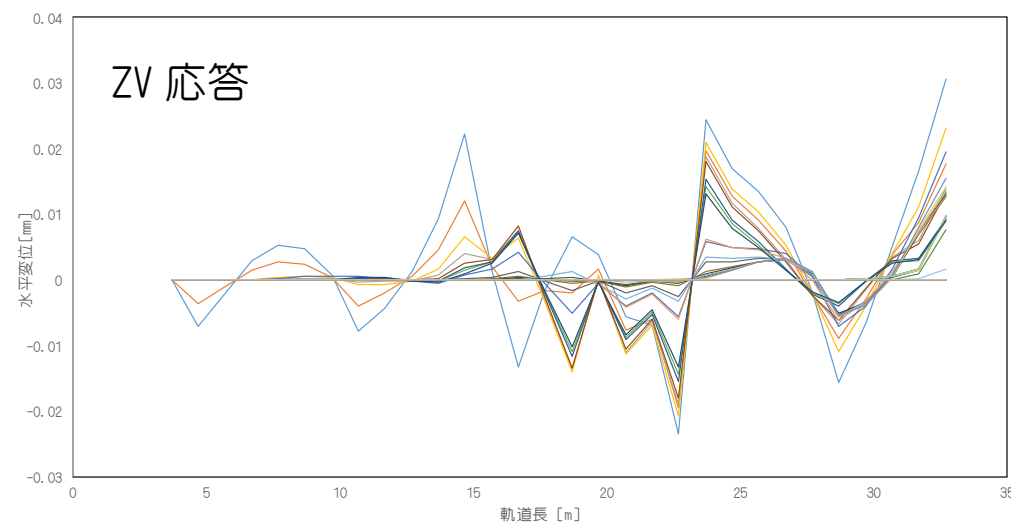
現実には、20mm、50mm の軌道変位に対する補正を行っているということになる。
誤差の量を考えると、まあそんなに外れた値ではないか。

1 A = 1 T/m² の6 極成分を入れてみる



- ZHQMAD01 ZHQMAC01 ZHQMAC03 ZHQMAC02 ZHBMIF01 ZHBMIF02 ZHBMIF03 ZHBMIF04
- ZHQMIF05 ZHBMIF04 ZHQMIM02 ZHQMIM03 ZHQMIM04 ZHBMIL01 ZHBMIL02 ZHBMIL03 ZHBMIL04 ZHQMIL03
- ZHQMIL04 ZHQMIL01 ZHQMIL05 ZHQMIM05 ZHBMIR01 ZHBMIR02 ZHBMIR03 ZHBMIR04 ZHQMIR04
- ZHQMIR05 ZHBMIR04 ZHQMAM05 PHQMLC03 PHQMLC04 PHQMLC05 PHQMLC06 ZHQMAM03 ZHQMAM08

- ZHQMAD01 ZHQMAC01 ZHQMAC03 ZHQMAC02 ZHBMIF01 ZHBMIF02 ZHBMIF03 ZHBMIF04
- ZHQMIF05 ZHBMIF04 ZHQMIM02 ZHQMIM03 ZHQMIM04 ZHBMIL01 ZHBMIL02 ZHBMIL03 ZHBMIL04 ZHQMIL03
- ZHQMIL04 ZHQMIL01 ZHQMIL05 ZHQMIM05 ZHBMIR01 ZHBMIR02 ZHBMIR03 ZHBMIR04 ZHQMIR04
- ZHQMIR05 ZHBMIR04 ZHQMAM05 PHQMLC03 PHQMLC04 PHQMLC05 PHQMLC06 ZHQMAM03 ZHQMAM08



- ZVQMAD01 ZVQMAD04 ZVQMAD01 ZVQMAD03 ZVQMAM02 ZVQMAM04 ZVQMIF01 ZVQMIF03 ZVQMIF04 ZVQMIF06
- ZVQMIM01 ZVQMIM02 ZVQMIM03 ZVQMIM04 ZVQMIL02 ZVQMIL03 ZVQMIL04 ZVQMLC01 ZVQMLC05 ZVQMIM05
- ZVQMIM08 ZVQMIR01 ZVQMIR03 ZVQMIR04 ZVQMIR06 ZVQMAM05 PVQMLC03 PVQMLC04 PVQMLC05 PVQMLC06
- ZVQMAM03 ZVQMAM08 0 0 0 0 0 0 0 0

- ZVQMAD01 ZVQMAD04 ZVQMAD01 ZVQMAD03 ZVQMAM02 ZVQMAM04 ZVQMIF01 ZVQMIF03 ZVQMIF04 ZVQMIF06
- ZVQMIM01 ZVQMIM02 ZVQMIM03 ZVQMIM04 ZVQMIL02 ZVQMIL03 ZVQMIL04 ZVQMLC01 ZVQMLC05 ZVQMIM05
- ZVQMIM08 ZVQMIR01 ZVQMIR03 ZVQMIR04 ZVQMIR06 ZVQMAM05 PVQMLC03 PVQMLC04 PVQMLC05 PVQMLC06
- ZVQMAM03 ZVQMAM08 0 0 0 0 0 0 0 0

2mm 軌道偏差で、50μm くらいのカップリングが生じる。せいぜいその程度。

結論

- 100 μm くらいの据付誤差、0.01%の強さの誤差、100 μrad の傾きの誤差……は十分に考えられる。発生するCODは最下流では10cmくらいになる。補正に必要なステアリングの値と、設定されたステアリングの値を比べても、それほど見当違いではなさそう。
- 誤差が補正されれば、十分に応答は計算値に近づくはず。
- QMのステアリングによる6極成分についても、カップリングの効果はそれだけではそんなに大きくない。
- 誤差、6極成分、などなど、何もかも全部あれば、全然合わない応答もありか……？
- いまいち、これだ！というものに行き当たらなかった。