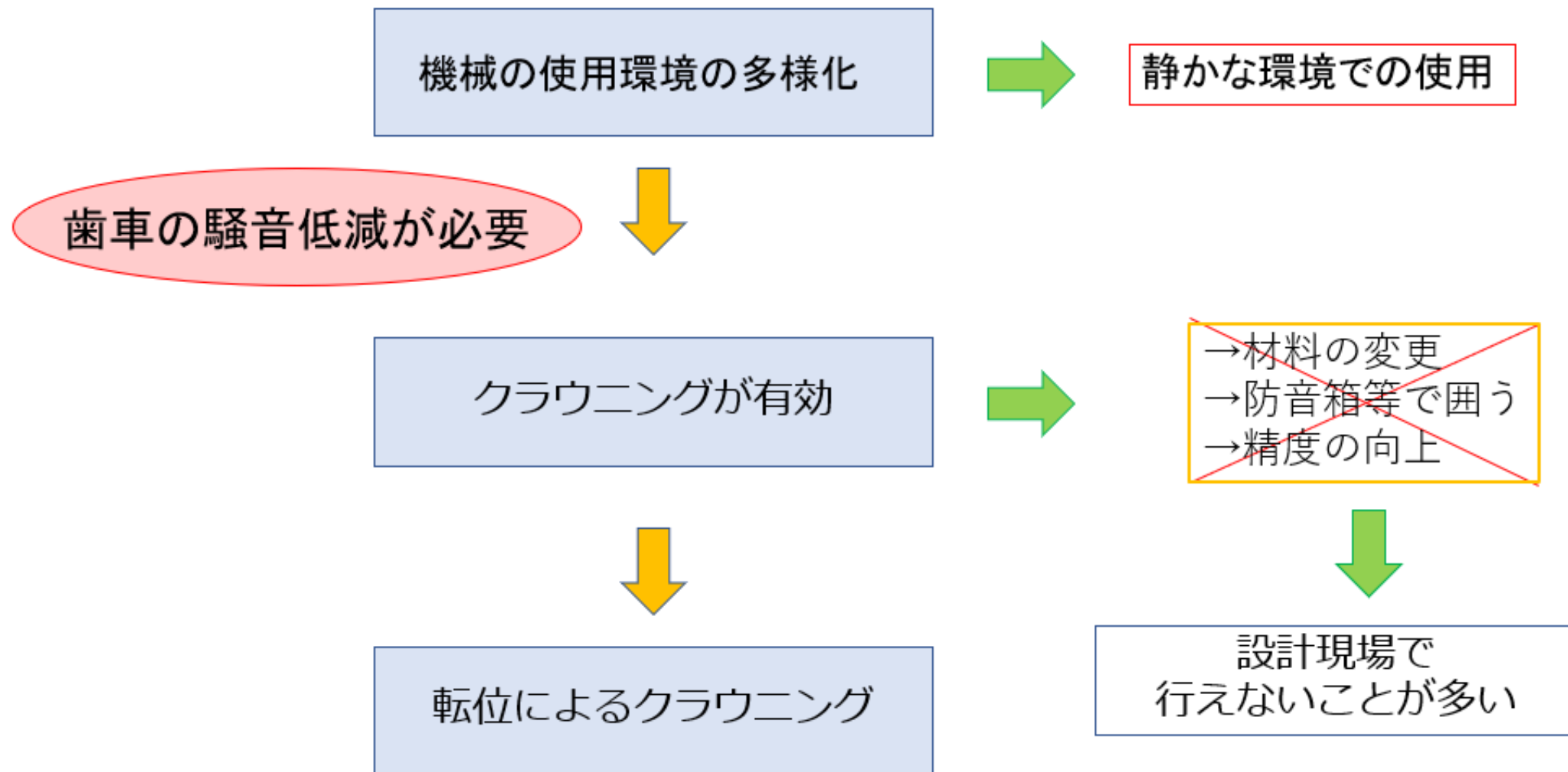


転位クラウニング成形樹脂歯車 の騒音低減効果

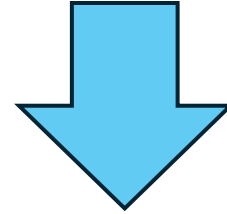
千葉工業大学機械工学科 4 年 加藤 大陸

研究背景

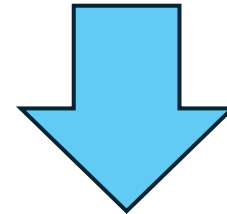


研究目的

クラウニング歯車の方が標準歯車よりも騒音が小さい



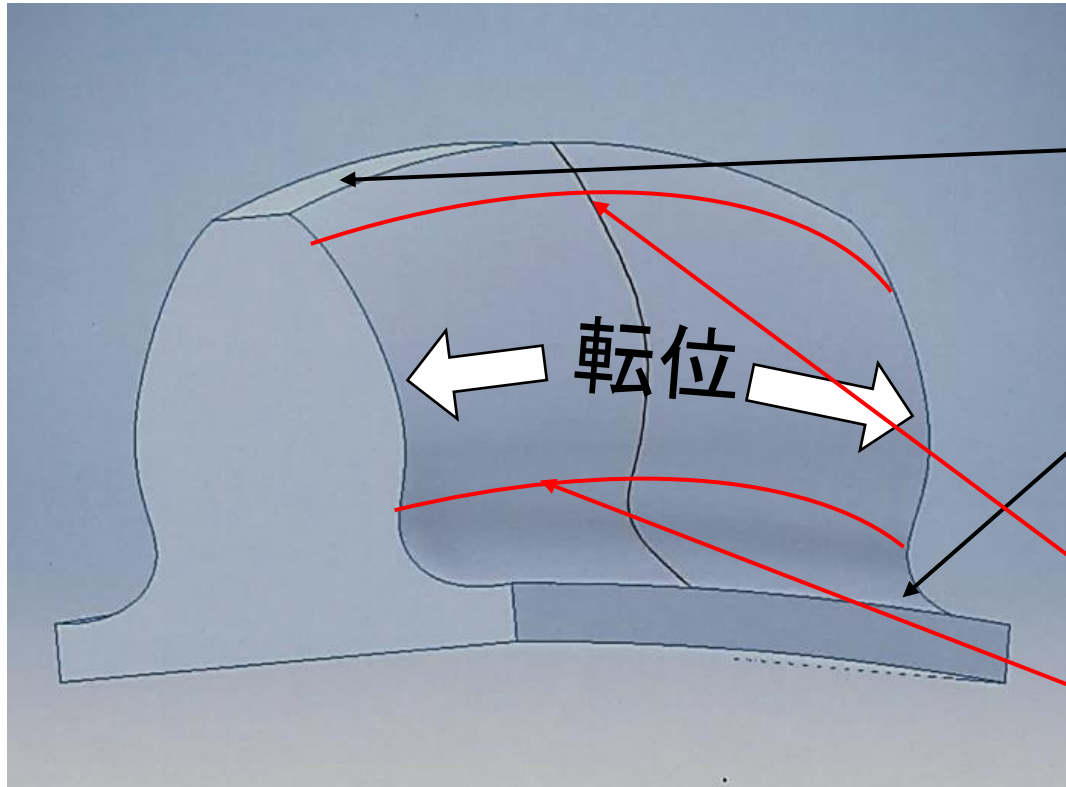
両者の騒音の違いがどのようなメカニズムで生じているか分からない



騒音の違いに影響を及ぼす
要因を特定

歯形の変化によって音はどのように変化するか確かめる

歯形修正

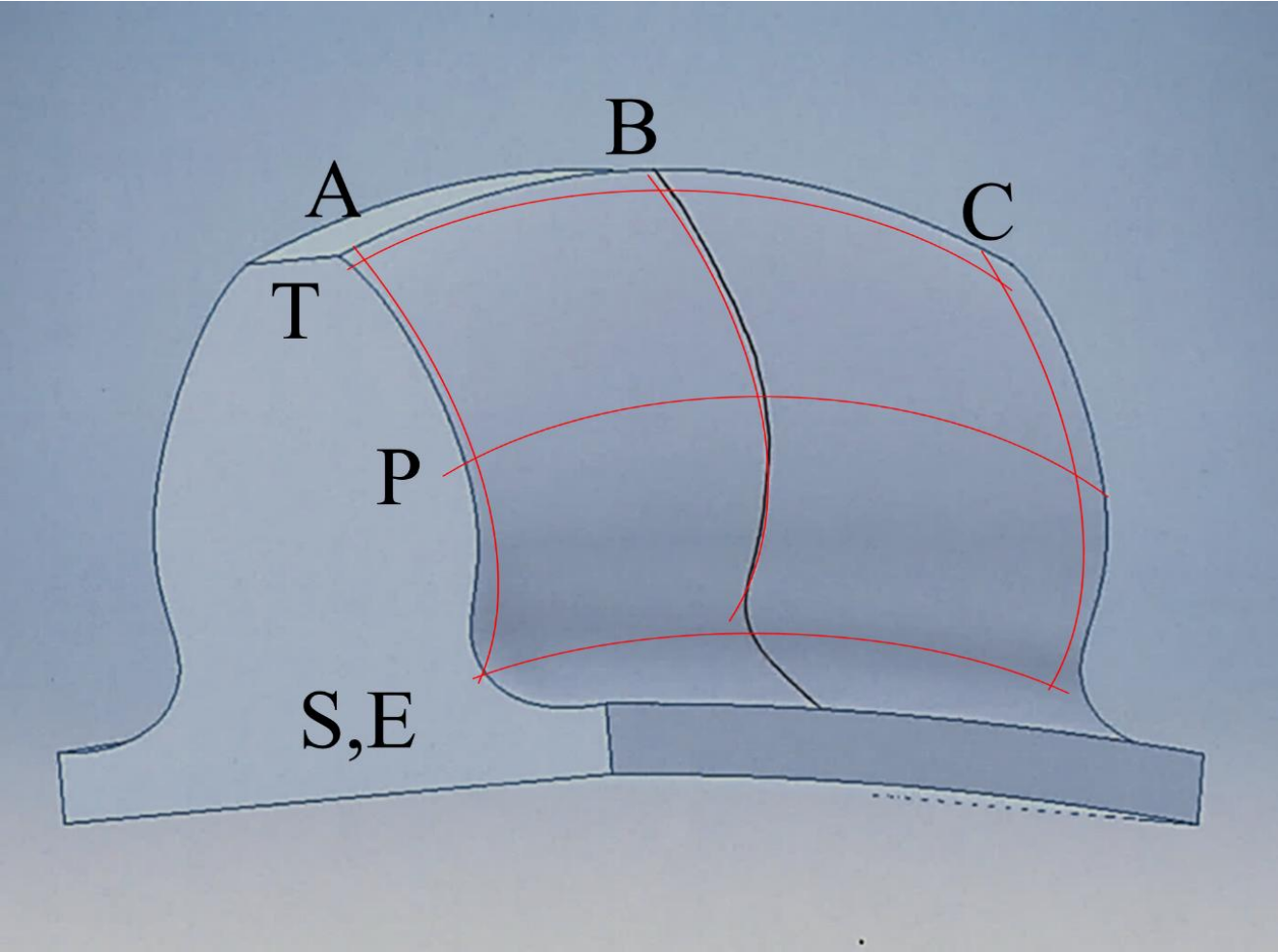


転位クラウニング

①歯先・歯底 円直径
端面に向かうにつれ
小さくなる

②歯先・歯底
クラウニング量が
異なる

転位クラウニング歯車について



	駆動	被動
歯直角モジュール [mm]	0.8	
歯数	30	30
圧力角 [deg.]	20	
ねじれ角 [deg.]	20(右)	20(左)
歯幅 [mm]	12	

図2 転位クラウニングを施した試験歯車

選定した歯車対について

標準歯車対の歯形精度

論文上呼称		歯形誤差 [μm]	歯すじ誤差 [μm]	相対ねじれ 角誤差	歯車の精度
標準1 (1対)	駆動歯車	4.7	14.8	0.0090	
	被動歯車	5.8	15.2		
標準2 (2対)	駆動歯車	4.4	14.5	0.0404	
	被動歯車	6.2	15.6		
標準3 (5対)	駆動歯車	4.6	14.5		最良
	被動歯車	5.8	15.2		
標準4 (6対)	駆動歯車	6.6	15.1		最悪
	被動歯車	7.7	15.2		
標準5 (7対)	駆動歯車	11.4	17.2		等級外最悪
	被動歯車	14.8	25.2		

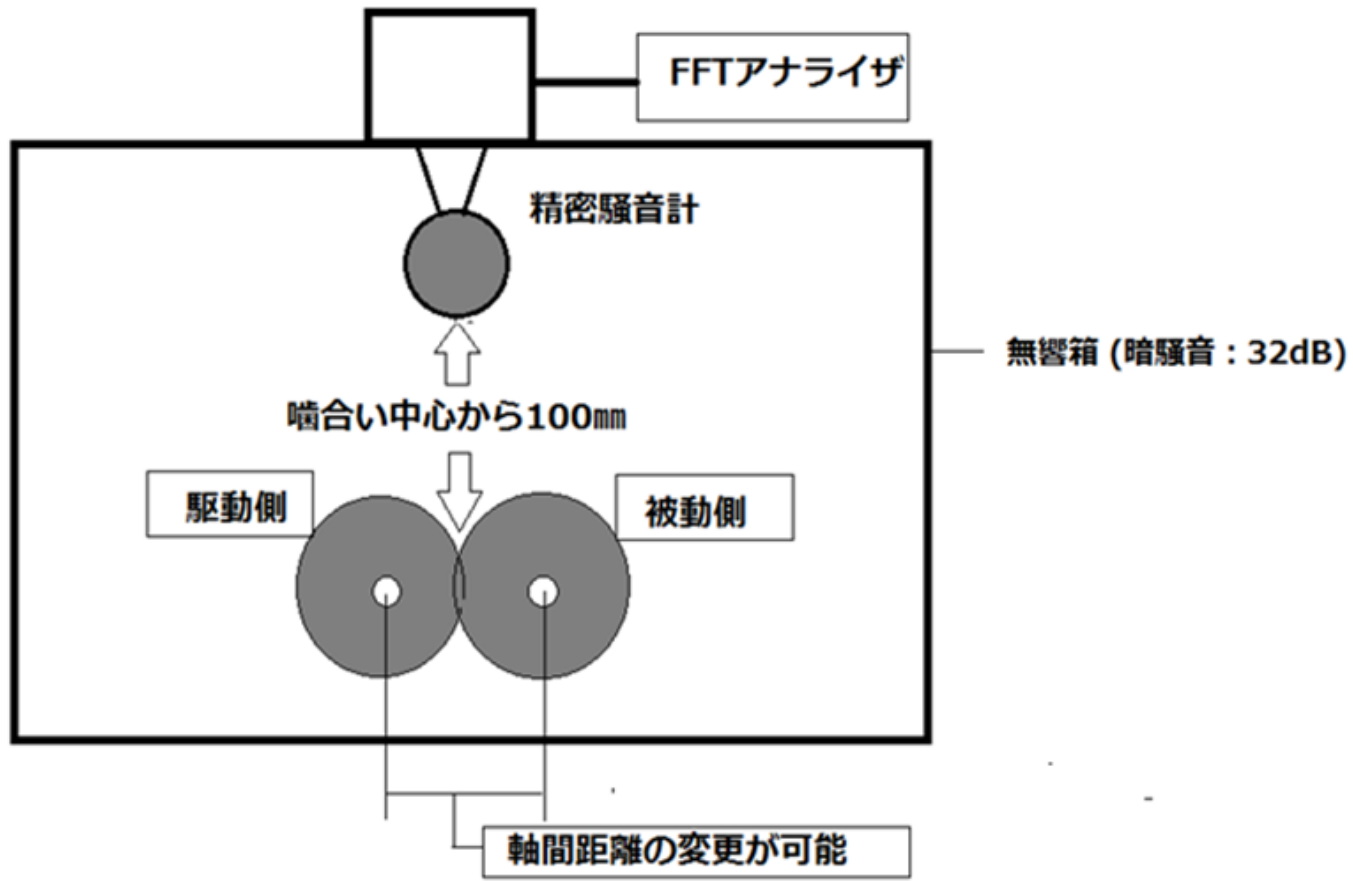
クラウニング歯車対の歯形精度

論文上呼称		歯形誤差 [μm]	歯すじ誤差 [μm]	相対ねじれ 角誤差	歯車の精度
クラ1 (3対)	駆動歯車	4.4	13.6	0.0041	
	被動歯車	4.3	10.2		
クラ2 (4対)	駆動歯車	4.7	14.7	0.0696	
	被動歯車	3.9	11.2		
クラ3 (8対)	駆動歯車	5.0	14.2		最良
	被動歯車	4.0	9.7		
クラ4 (9対)	駆動歯車	5.3	16.7		最悪
	被動歯車	7.5	14.8		
クラ5 (10対)	駆動歯車	11.1	19.1		等級外最悪
	被動歯車	9.6	14.8		

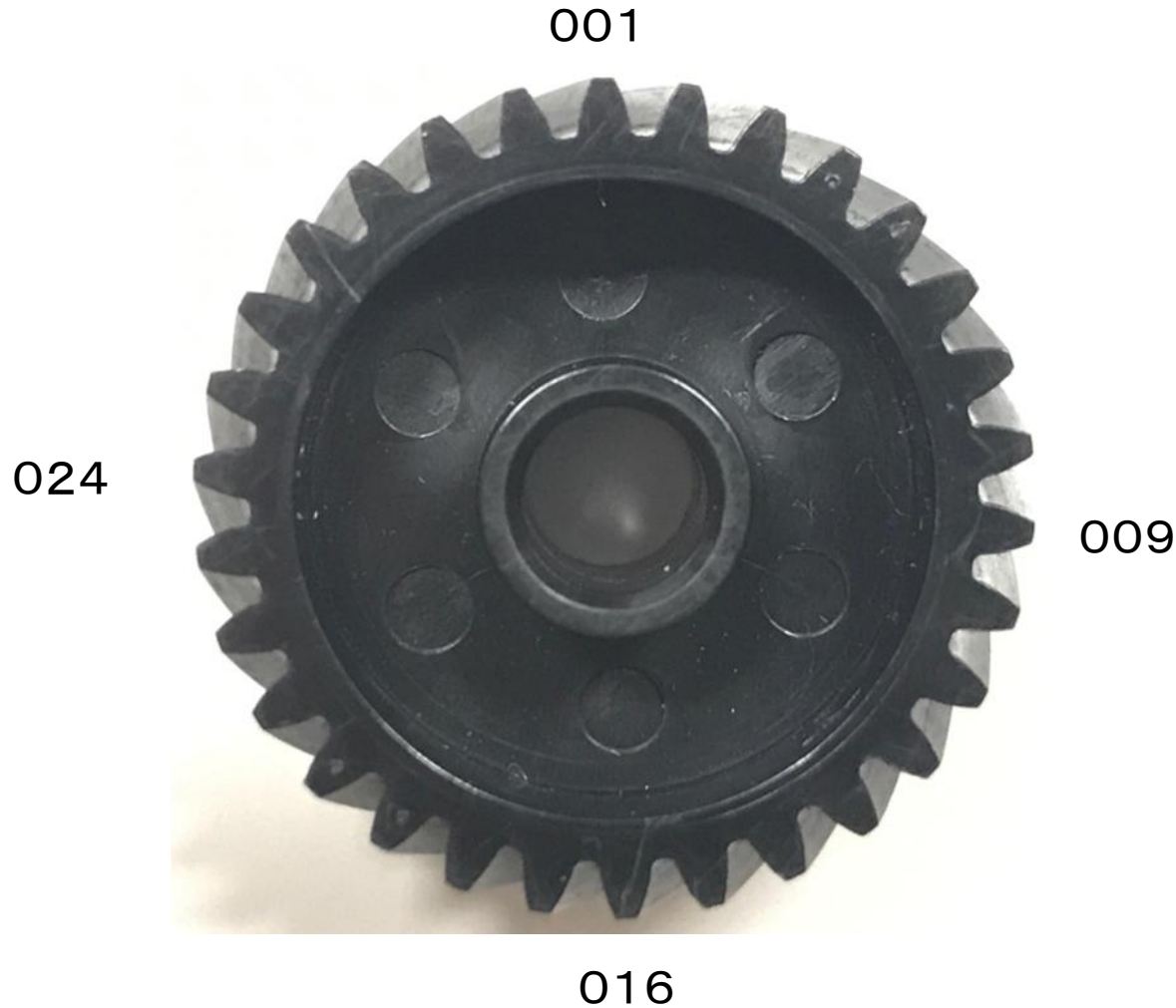
実験条件

	実験条件
回転数 (rpm)	800
トルク (Nm)	0.3
中心距離 (mm)	25.54
総回転数	800万回転
室温 (°C)	22～24
潤滑	無潤滑

騒音試験

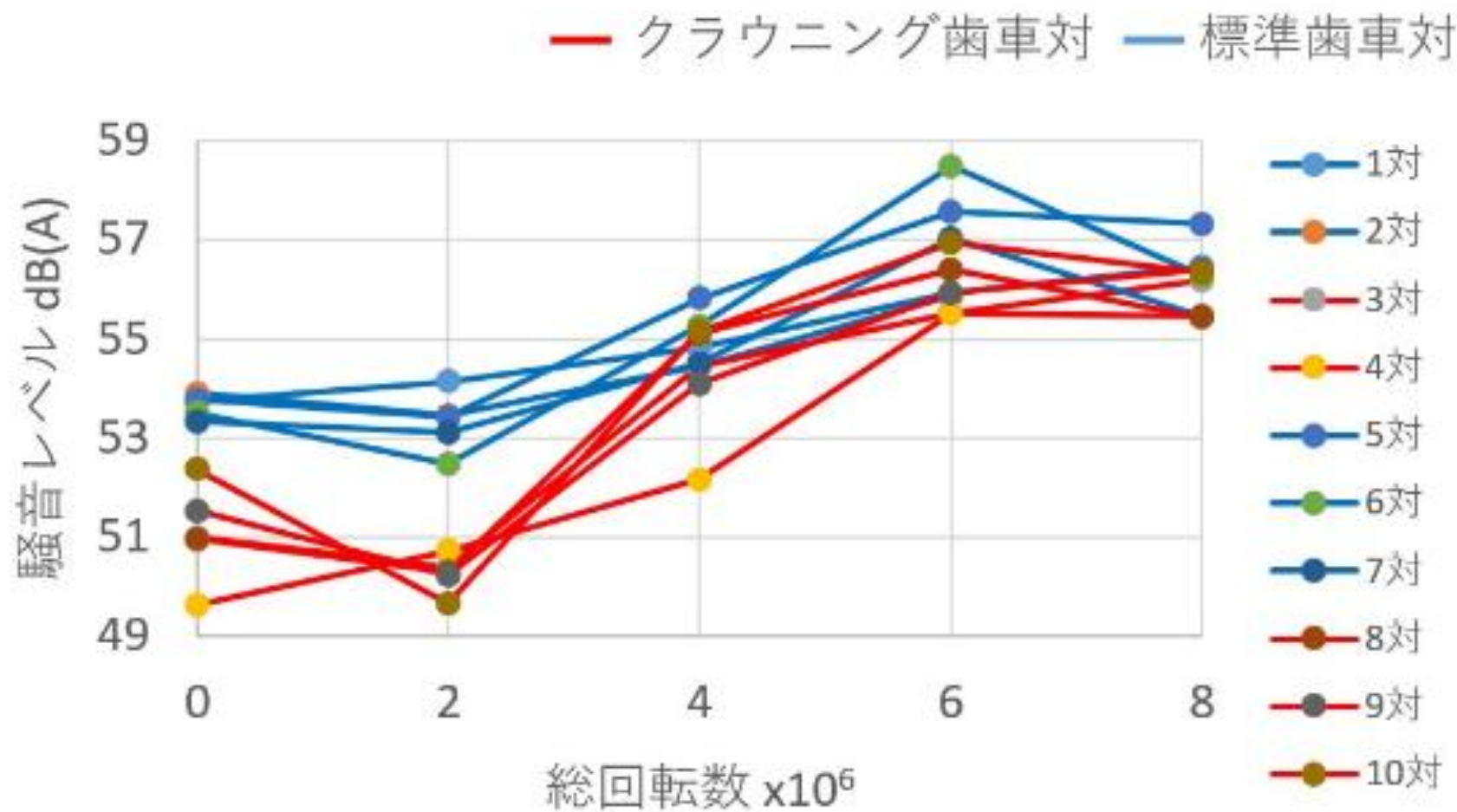


測定した歯の位置



0回転時、001～024の中で、一番精度の悪い歯を選定しその歯を最悪歯とし、0～800万回転までの結果を確認した。

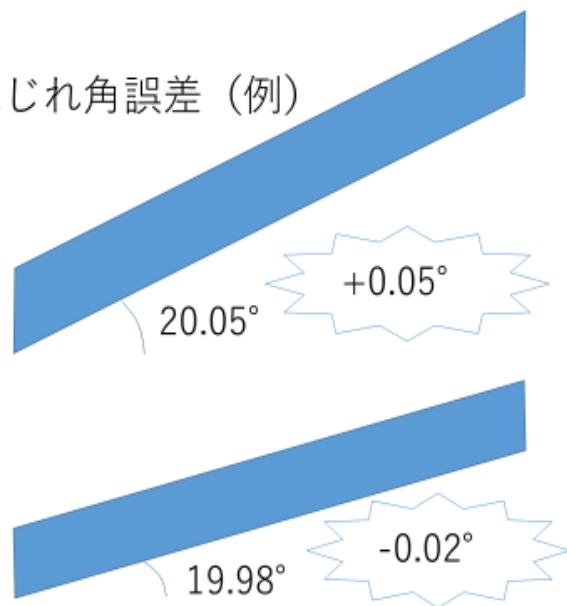
歯車対と騒音の関係性



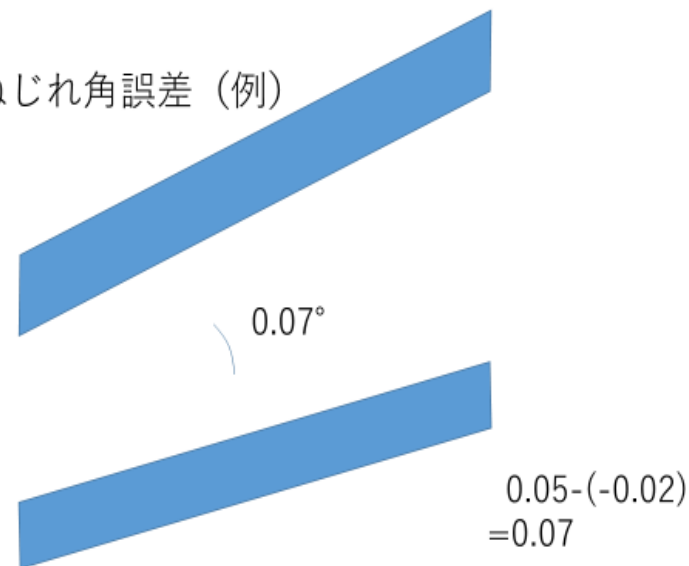
相対誤差

- 歯形方向 → 相対歯形誤差、相対ねじれ角誤差
- 歯すじ方向 → 相対歯すじ誤差、相対圧力角誤差

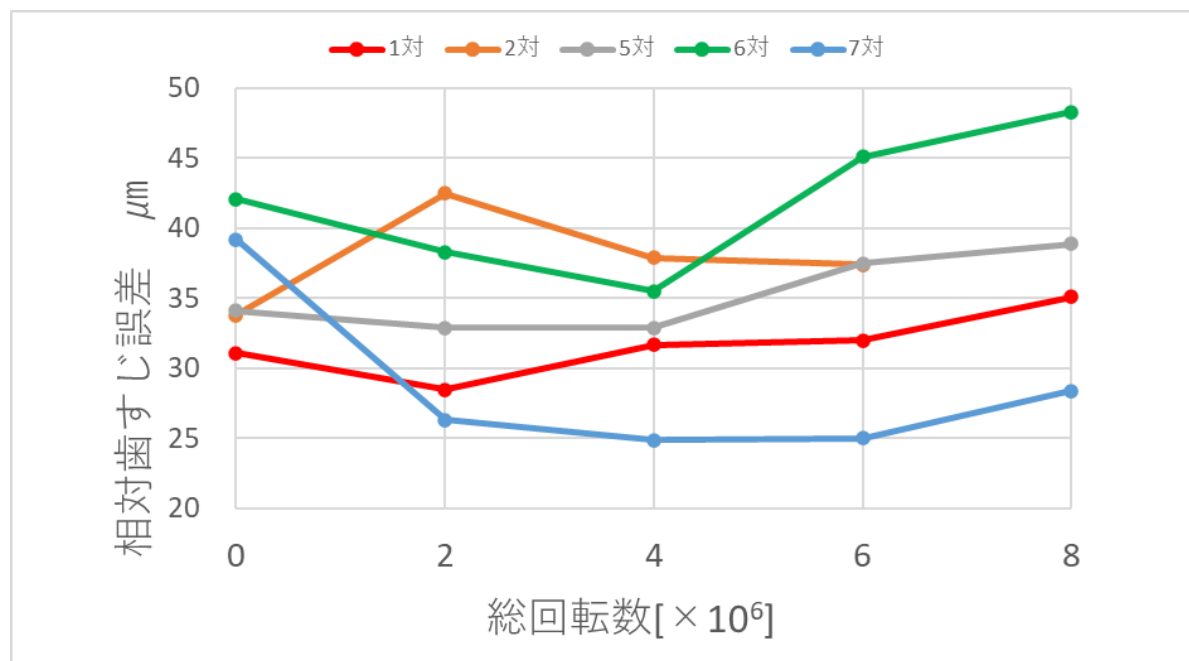
相対ねじれ角誤差 (例)



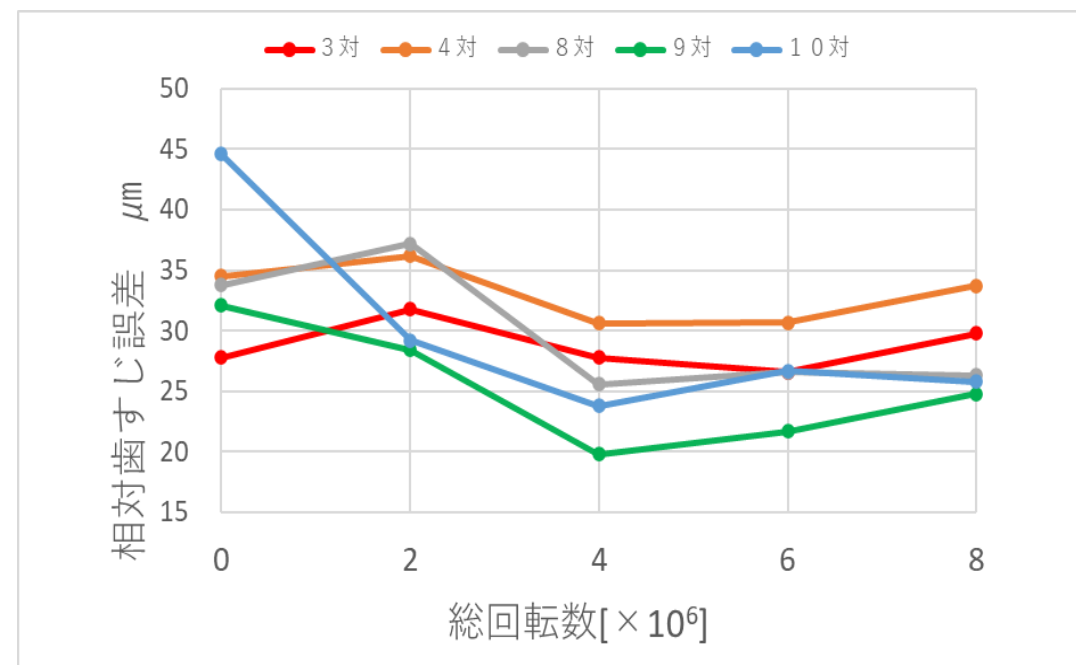
相対ねじれ角誤差 (例)



相対歯すじ誤差

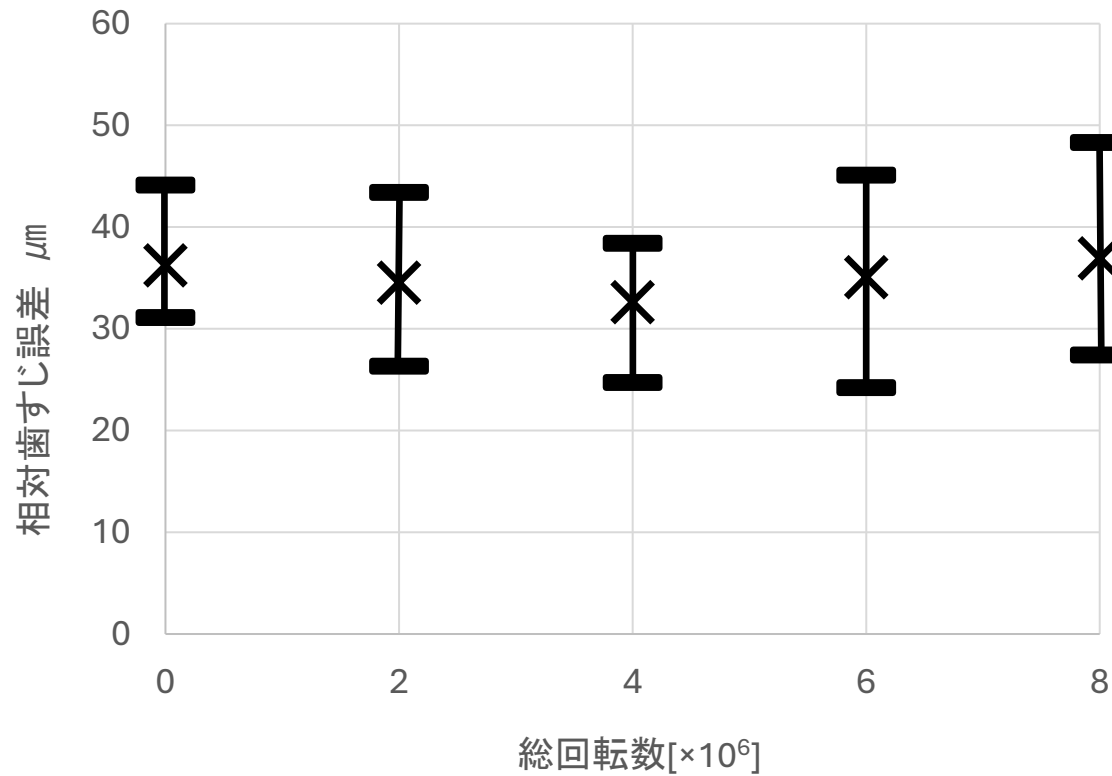


運転に伴う相対歯すじ誤差の変化（標準歯車対）

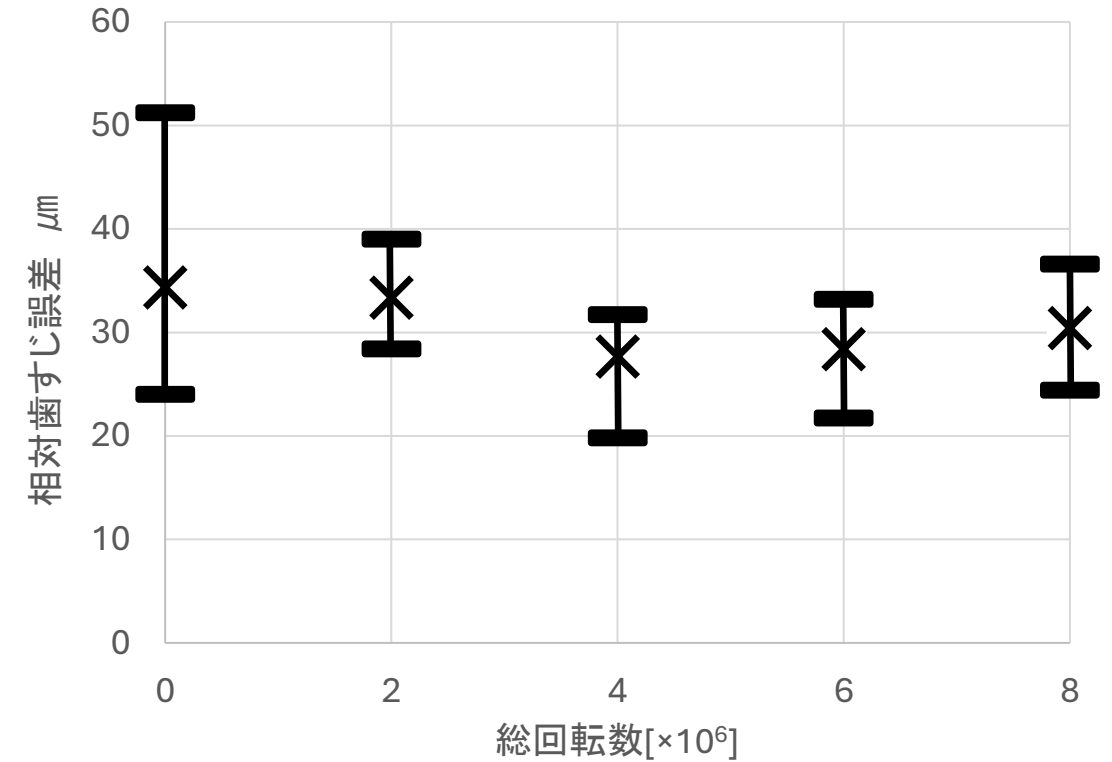


総回転数ごとの相対歯すじ誤差（クラウニング歯車対）

相対歯すじ誤差

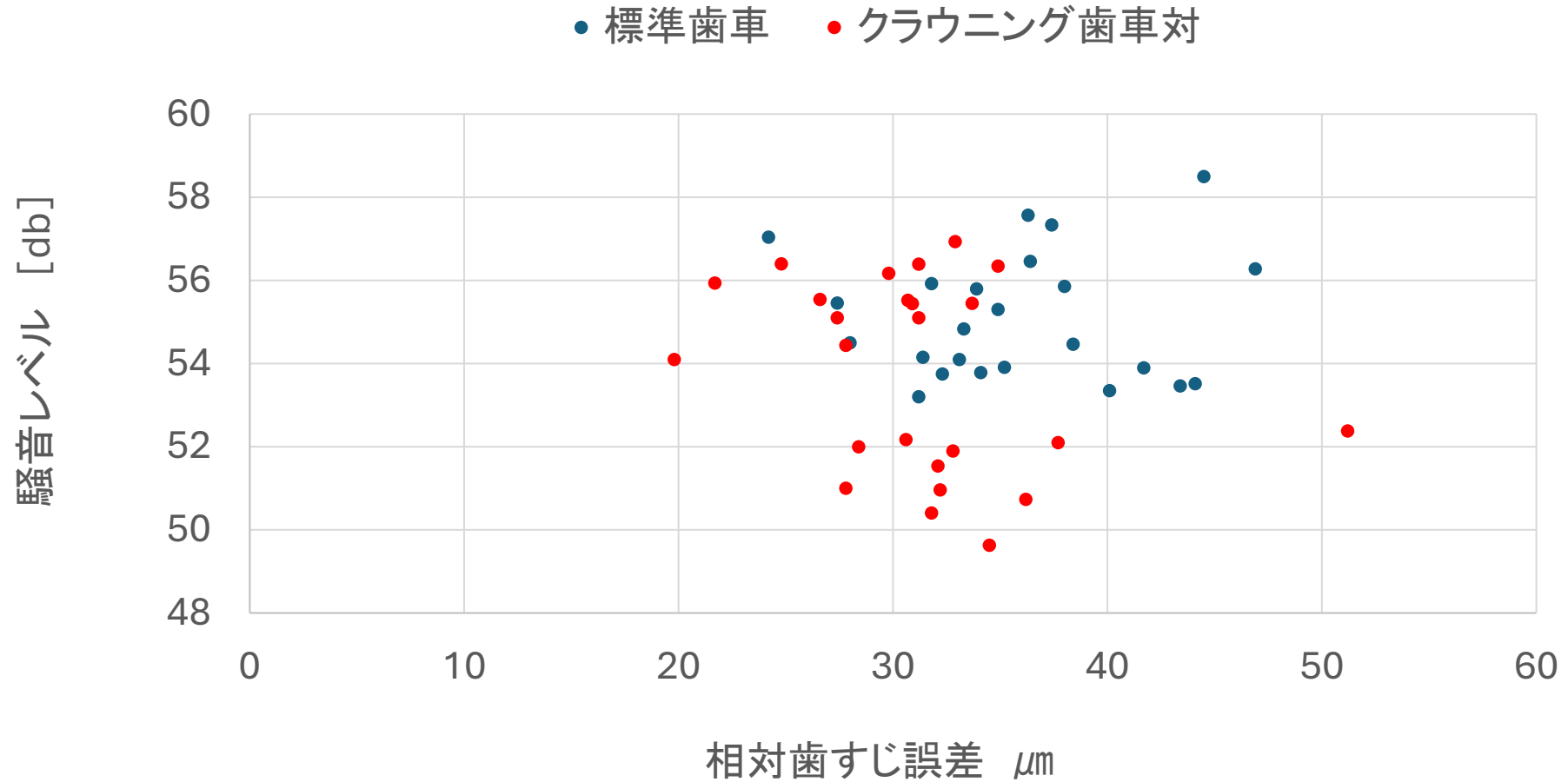


運転に伴う相対歯すじ誤差の変化 (標準歯車対)

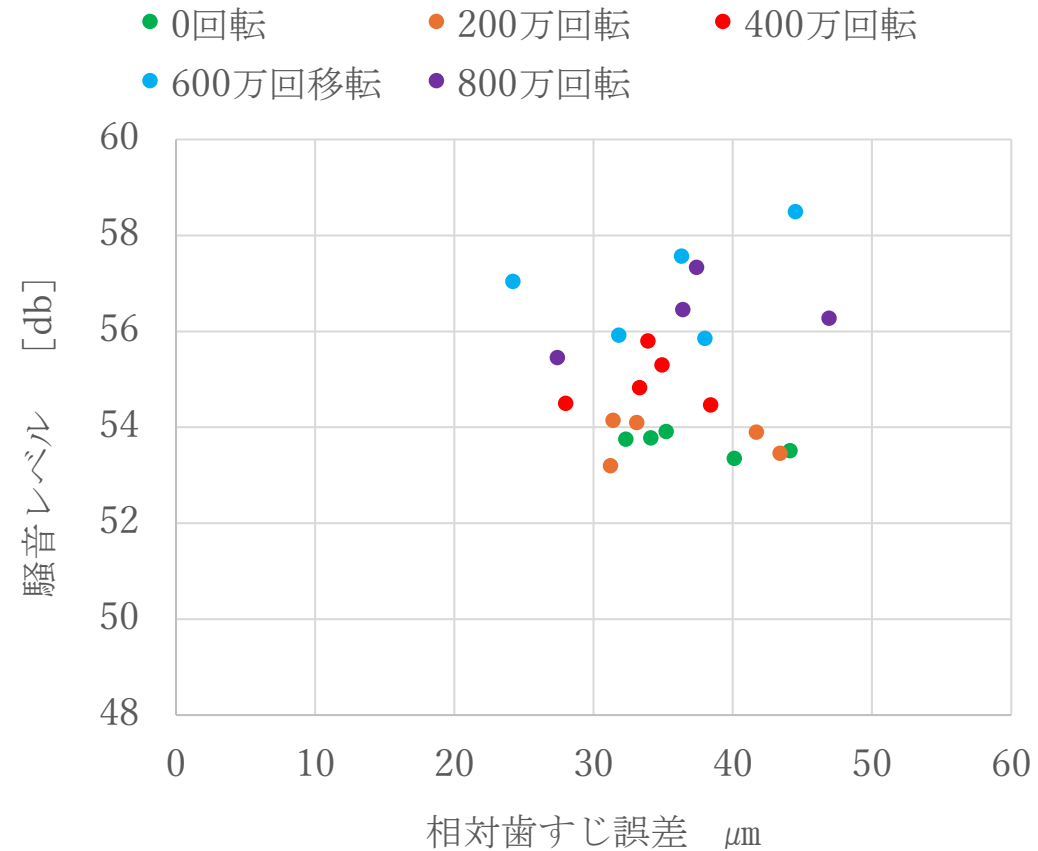


運転に伴う相対歯すじ誤差の変化 (クラウニング歯車対)

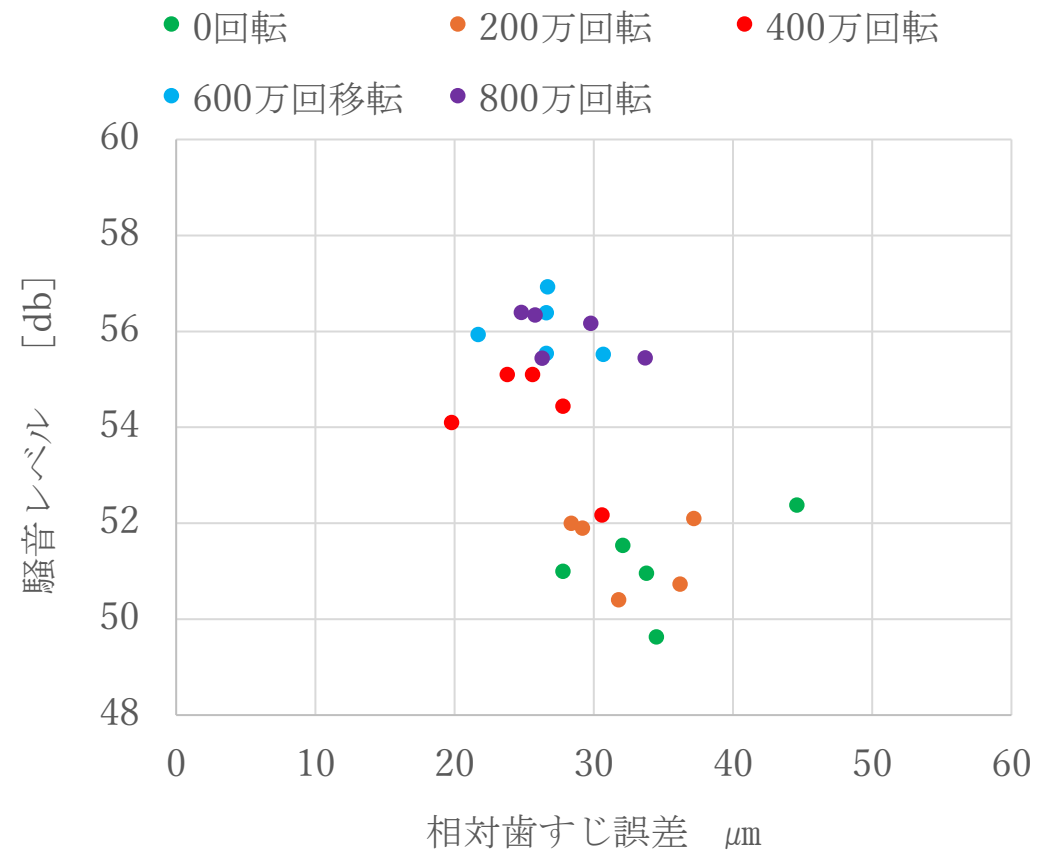
相対歯すじ誤差



相対歯すじ誤差

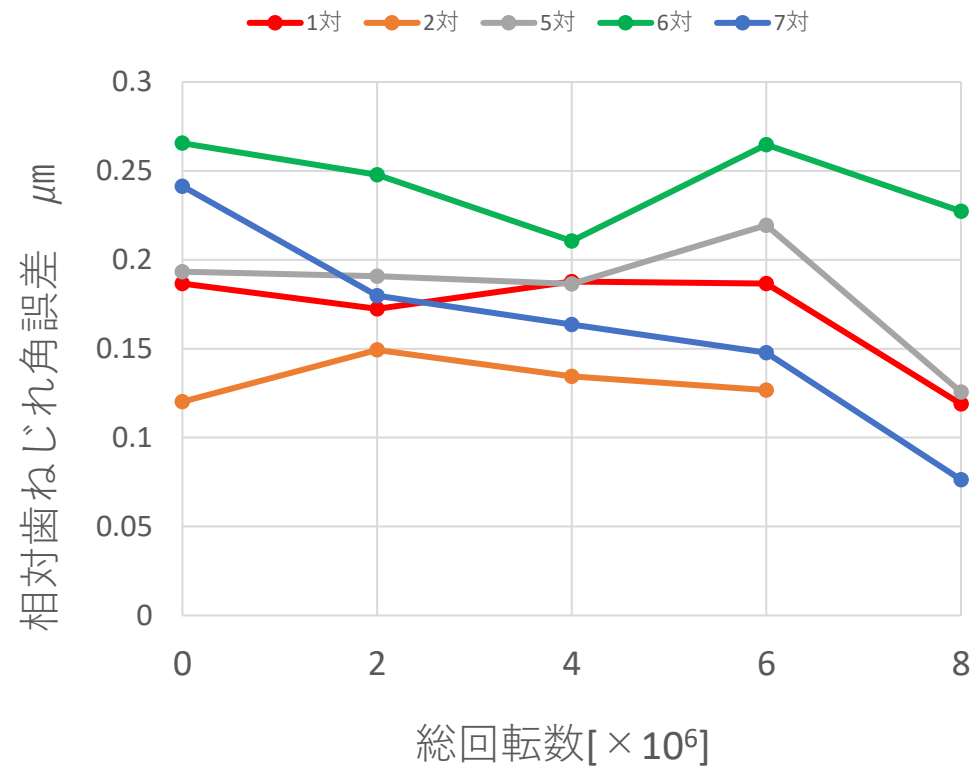


相対歯すじ誤差と騒音レベル (標準歯車対)

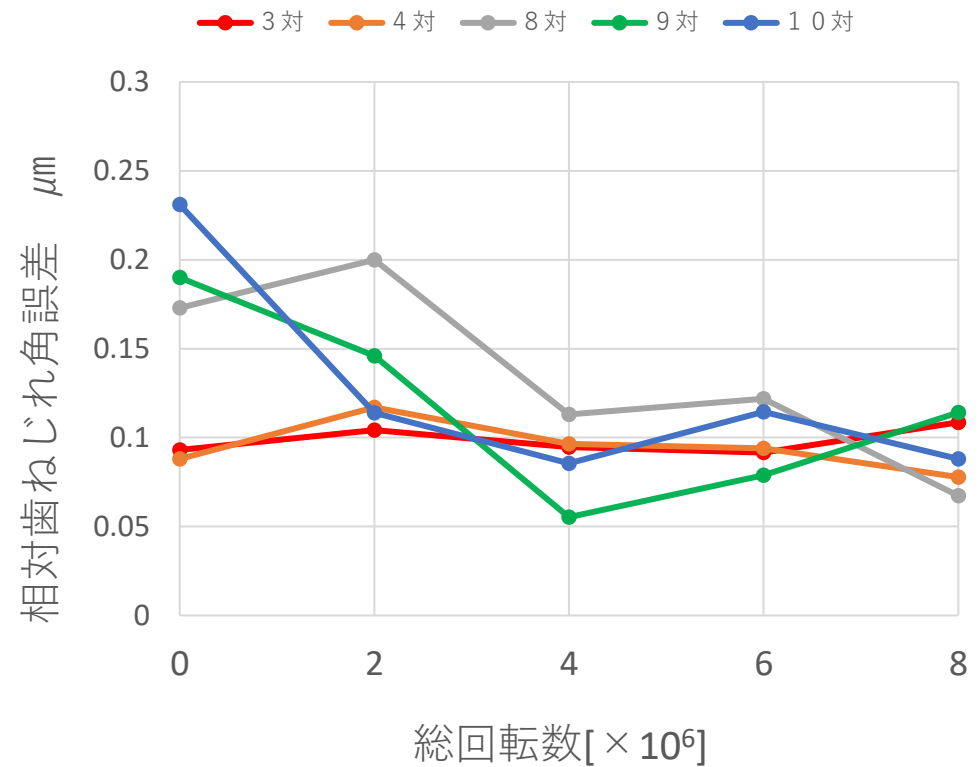


相対歯すじ誤差と騒音レベル (クラウニング歯車対)

相対ねじれ角誤差

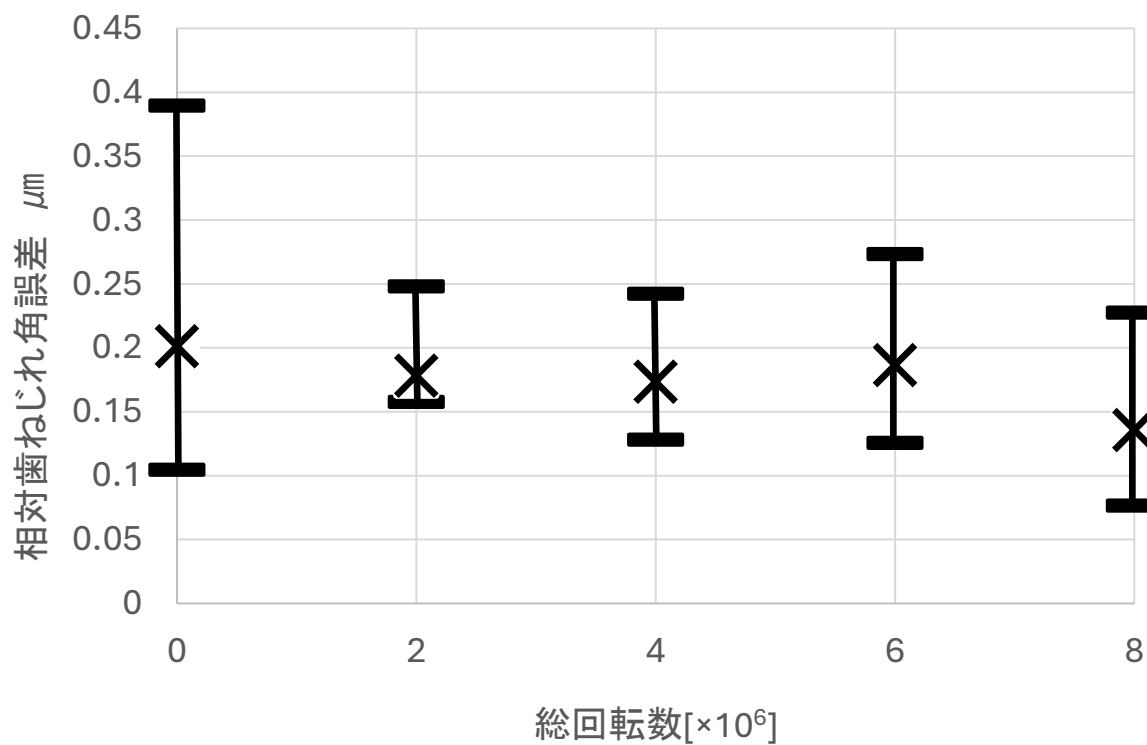


運転に伴う相対ねじれ角誤差の変化（標準歯車対）

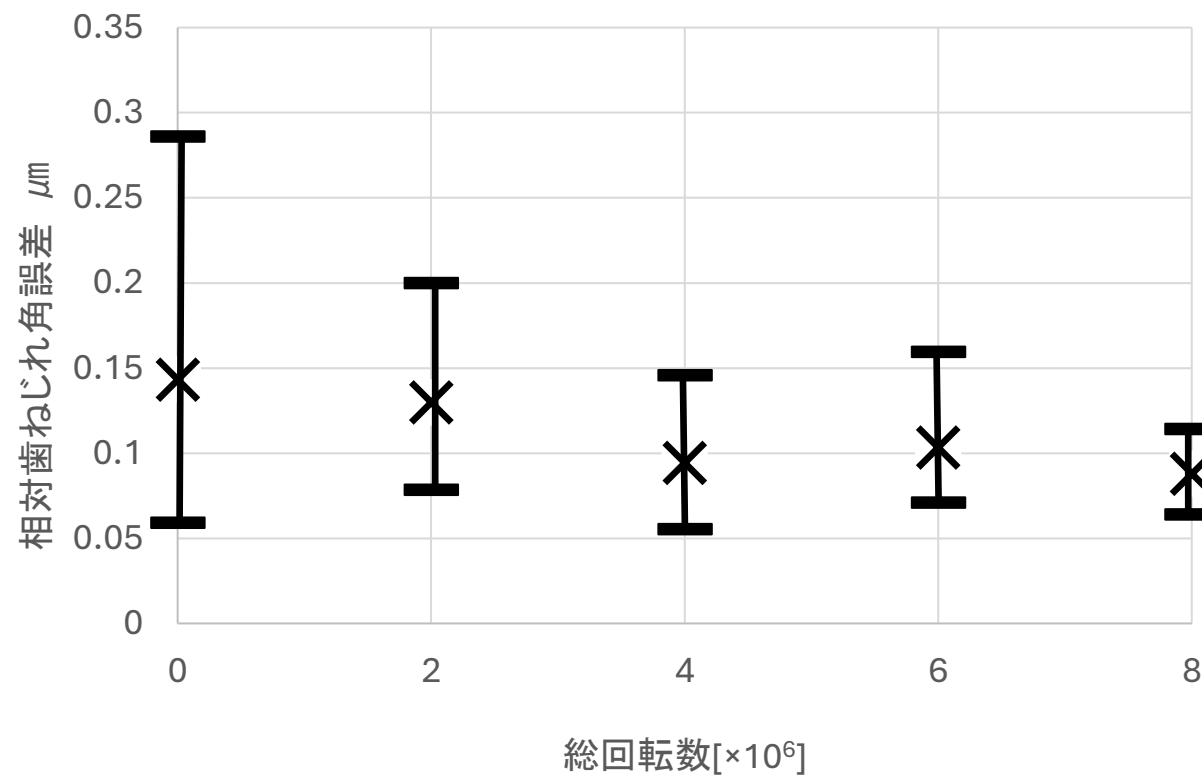


運転に伴う相対ねじれ角誤差の変化（クラウニング歯車対）

相対ねじれ角誤差

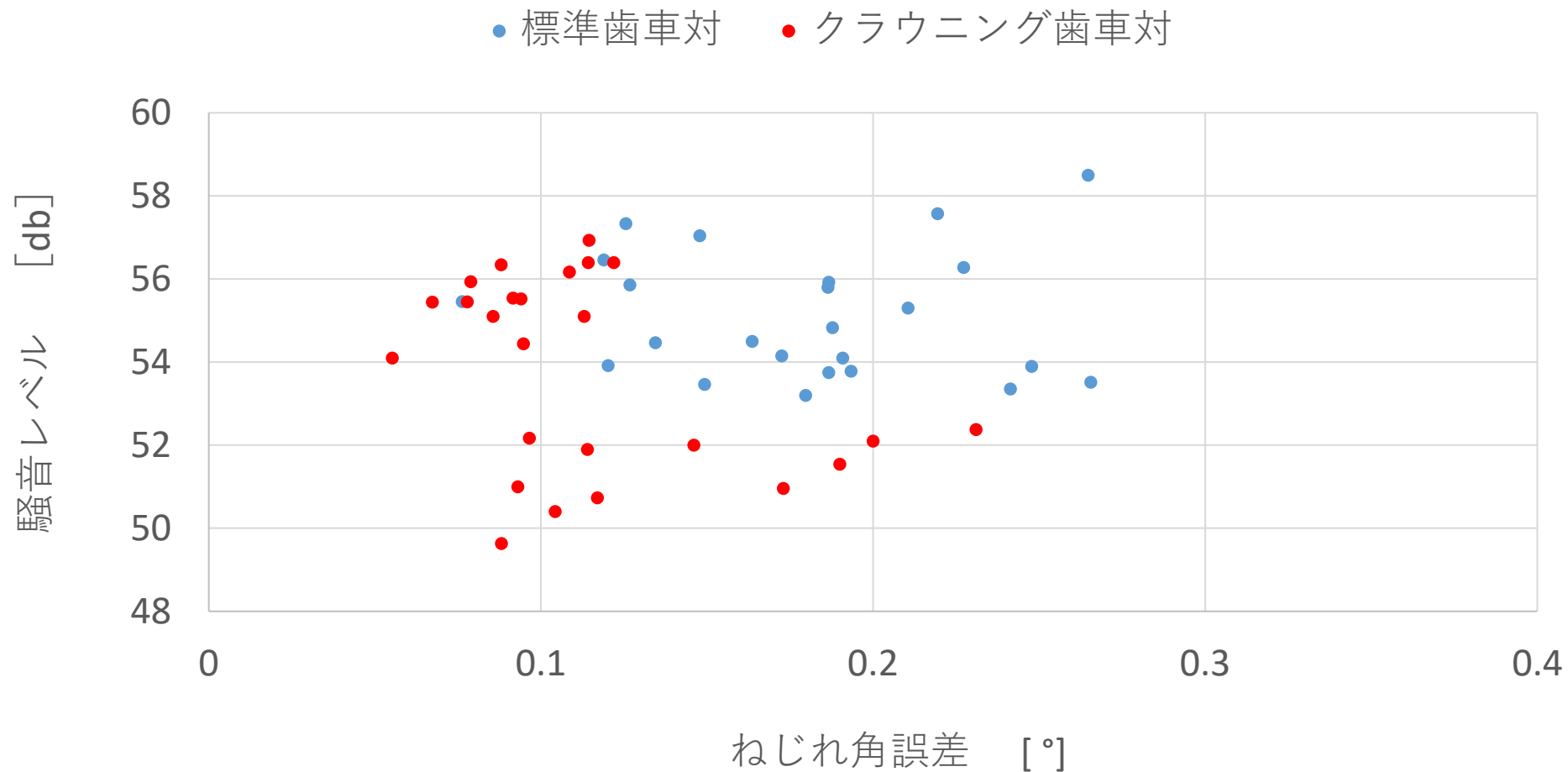


運転に伴う相対ねじれ角誤差の変化（標準歯車対）

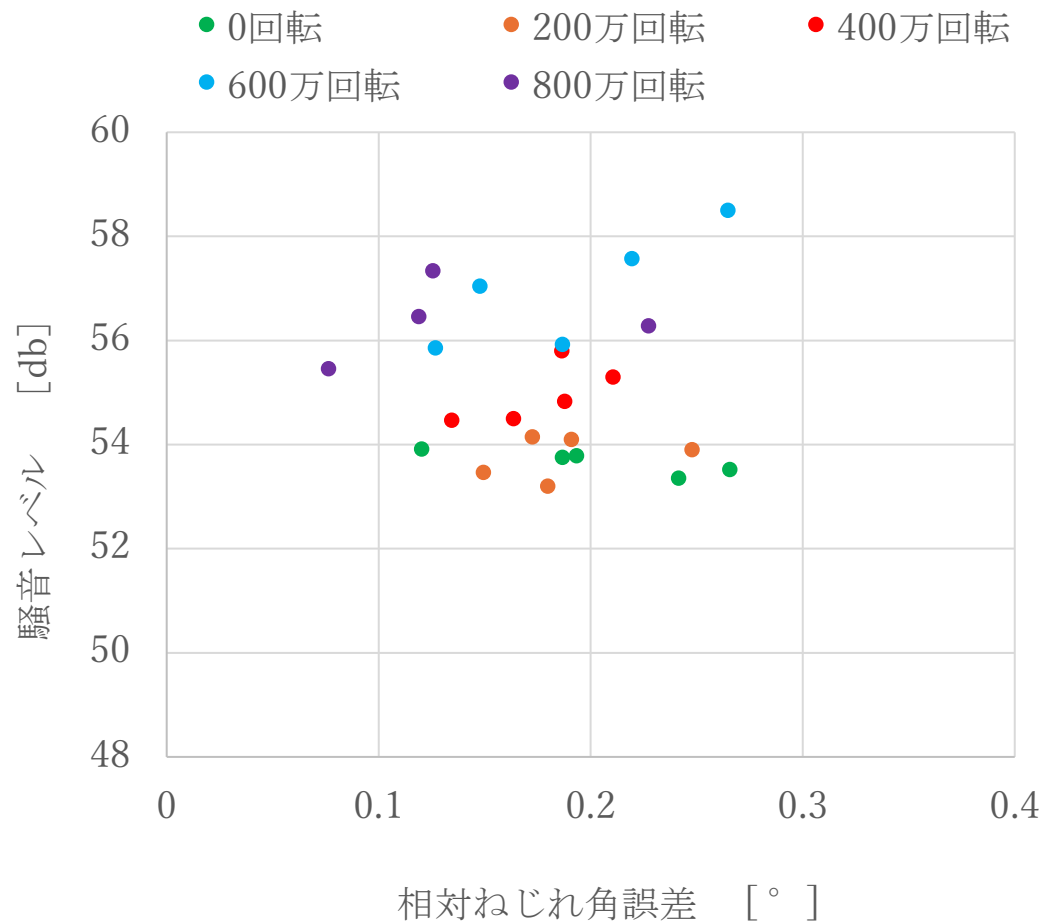


運転に伴う相対ねじれ角誤差の変化（クラウニング歯車対）

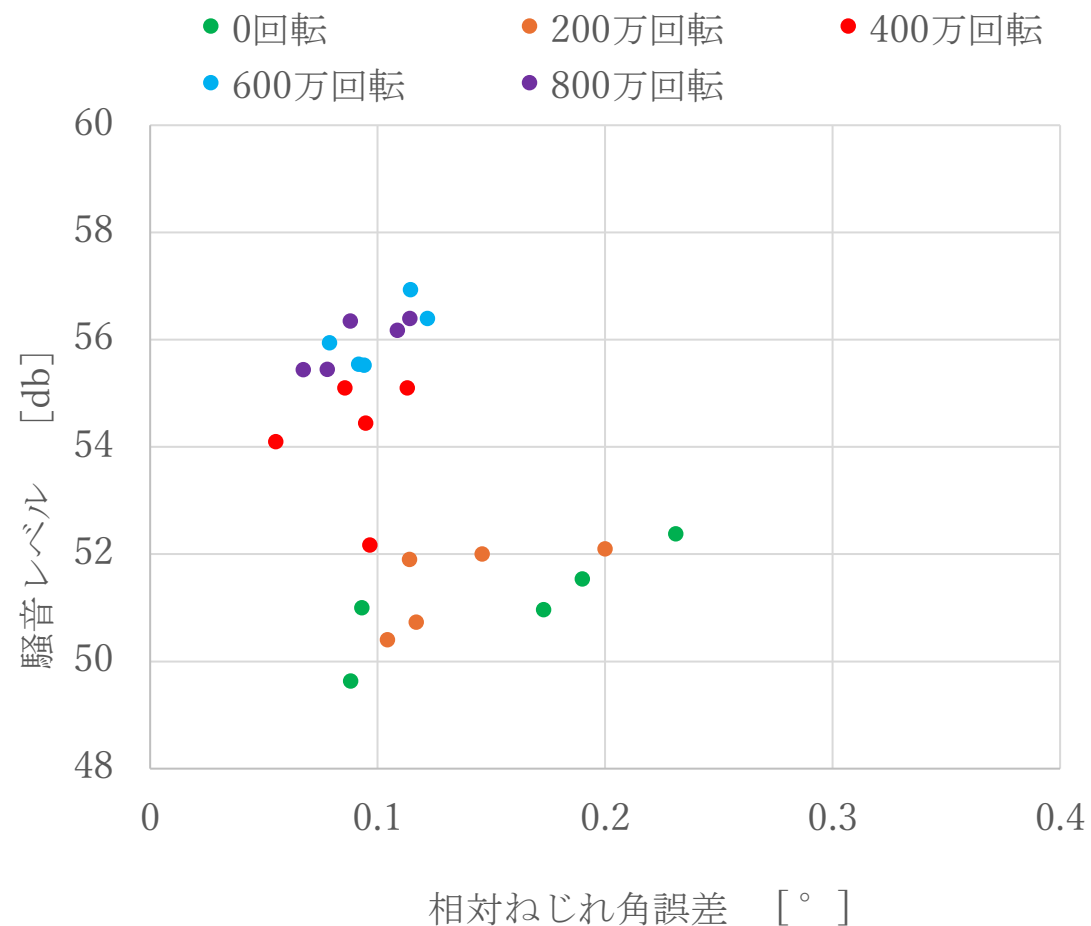
相対ねじれ角誤差



相対ねじれ角誤差

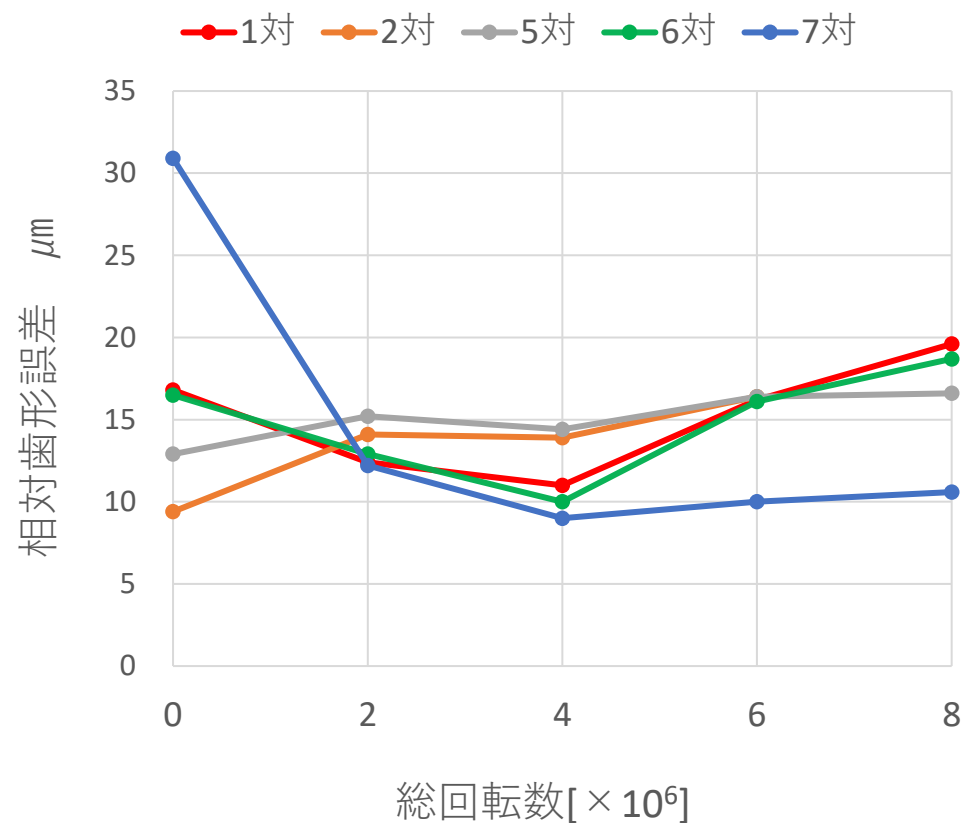


相対歯ねじれ角誤と騒音レベル (標準歯車対)

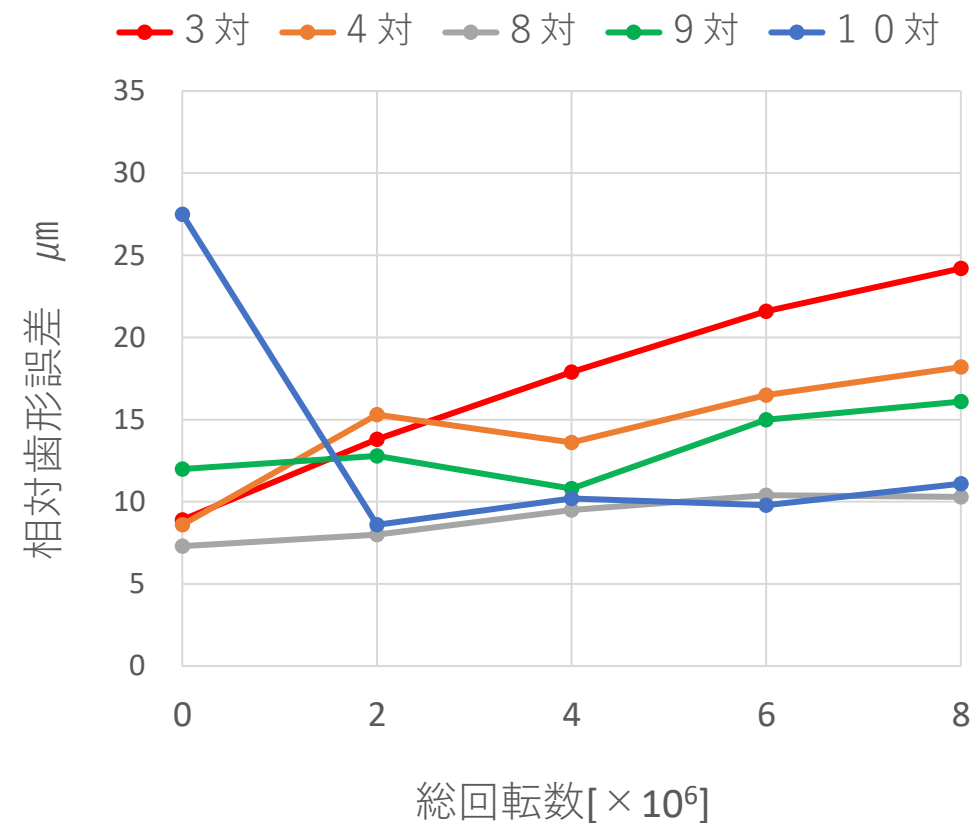


相対歯ねじれ角誤と騒音レベル (クラウニング歯車対)

相対歯形誤差

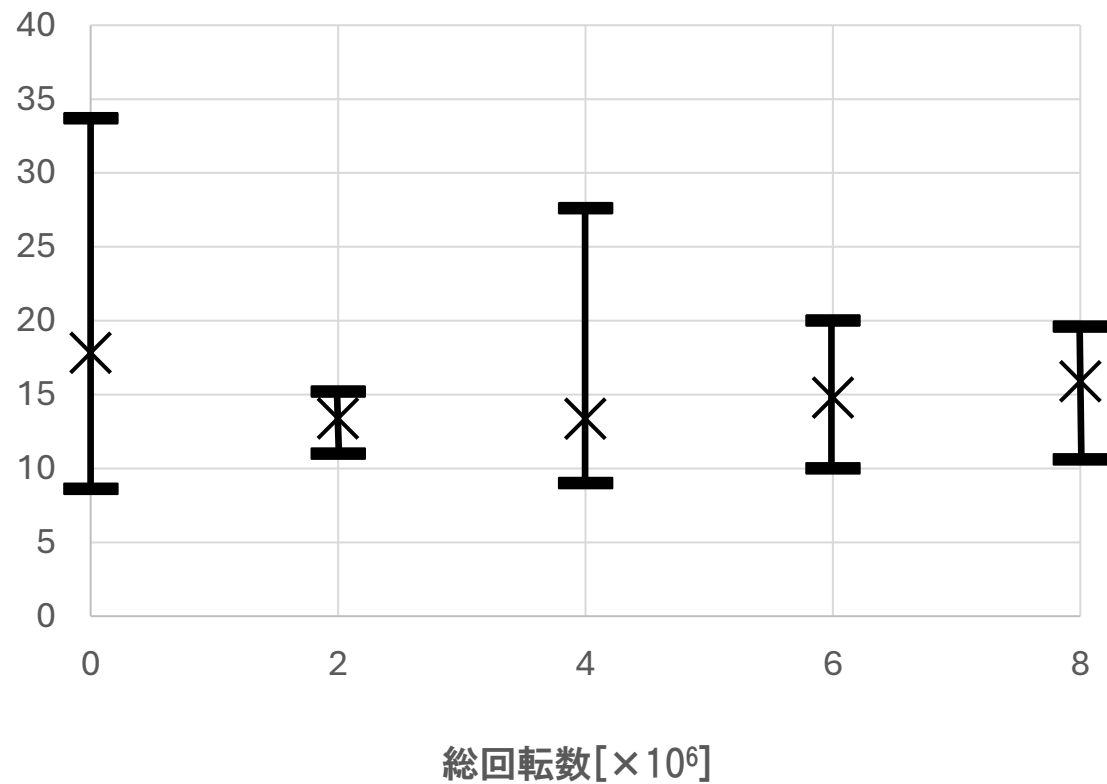


運転に伴う相対歯形誤差の変化（標準歯車対）

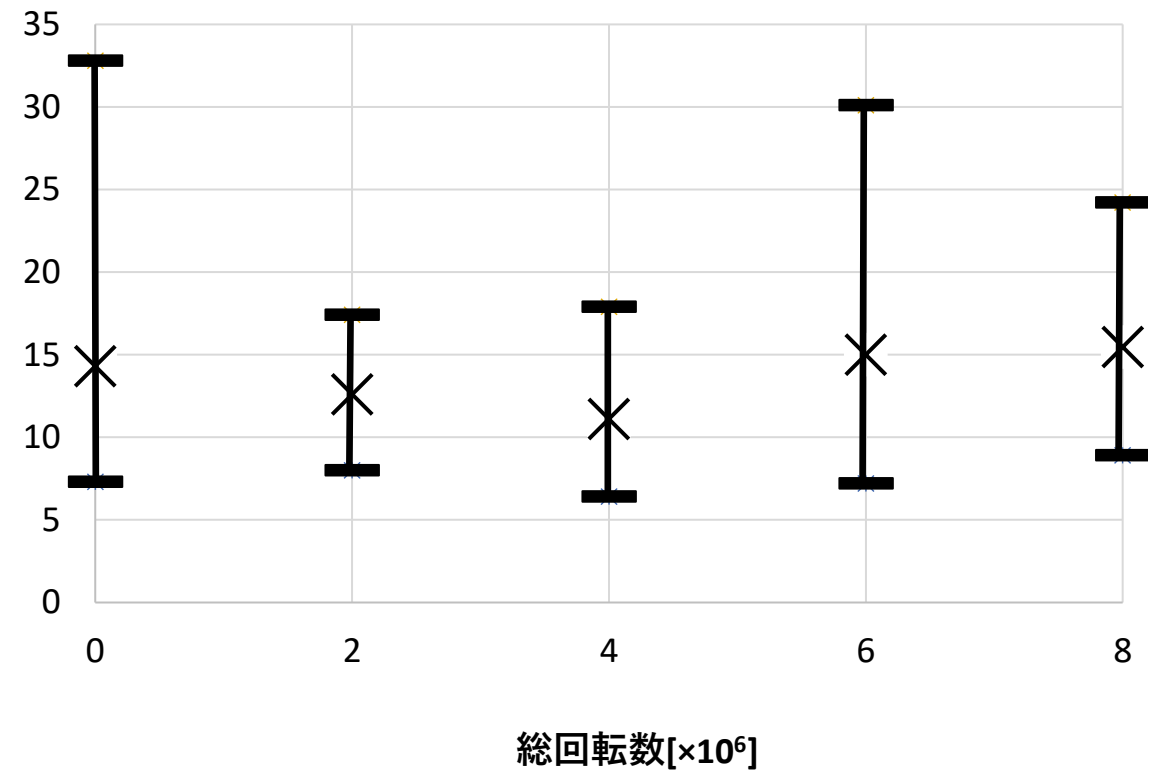


運転に伴う相対歯形誤差の変化（クラウニング歯車対）

相対歯形誤差

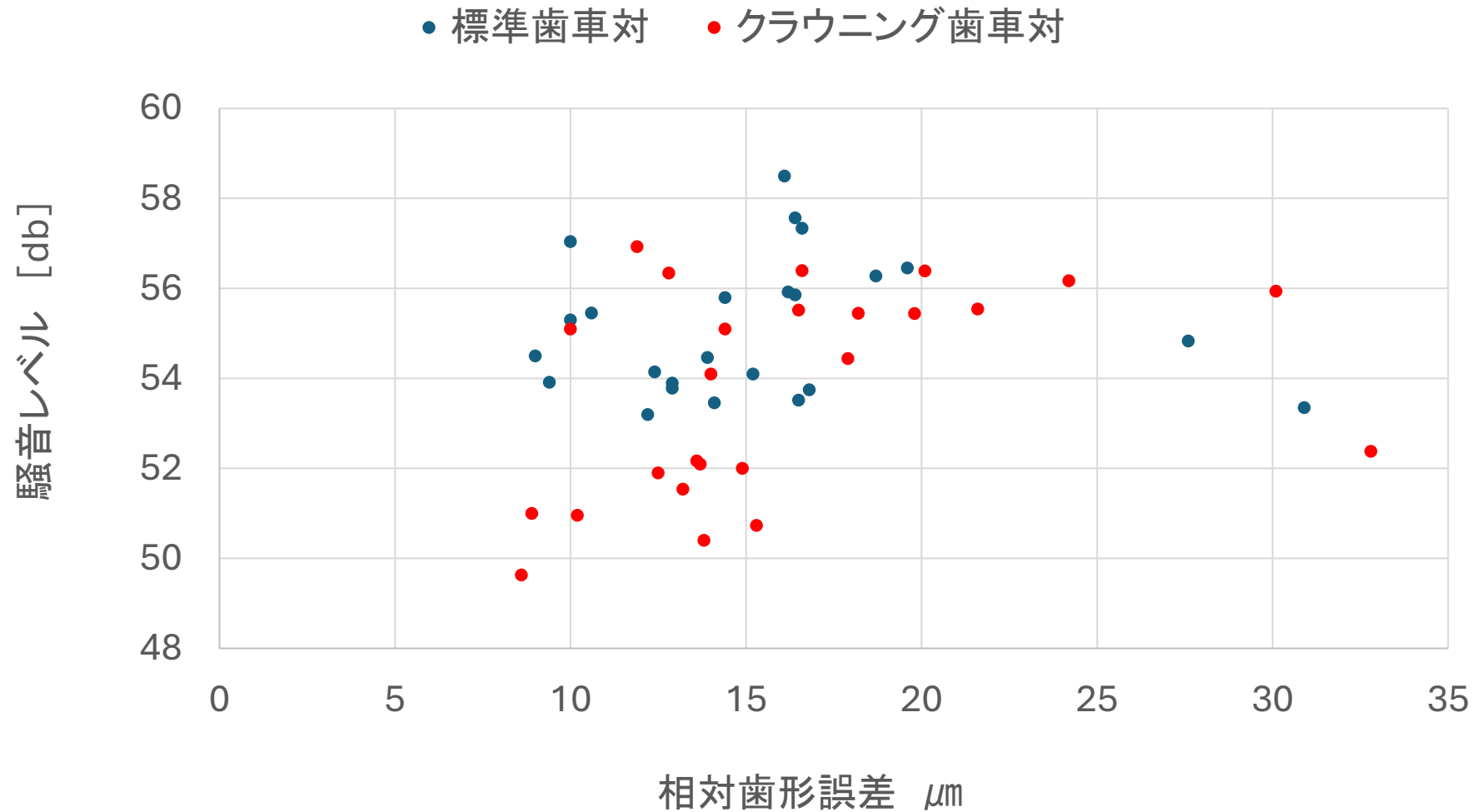


運転に伴う相対歯形誤差の変化（標準歯車対）

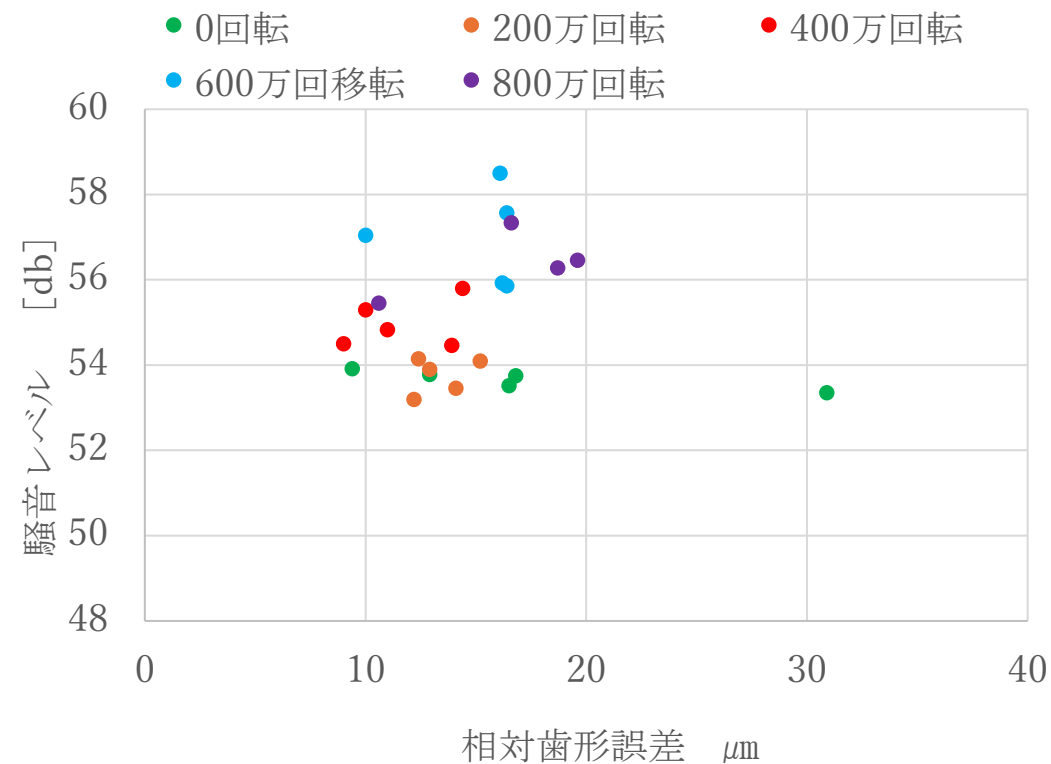


運転に伴う相対歯形誤差の変化（クラウニング歯車対）

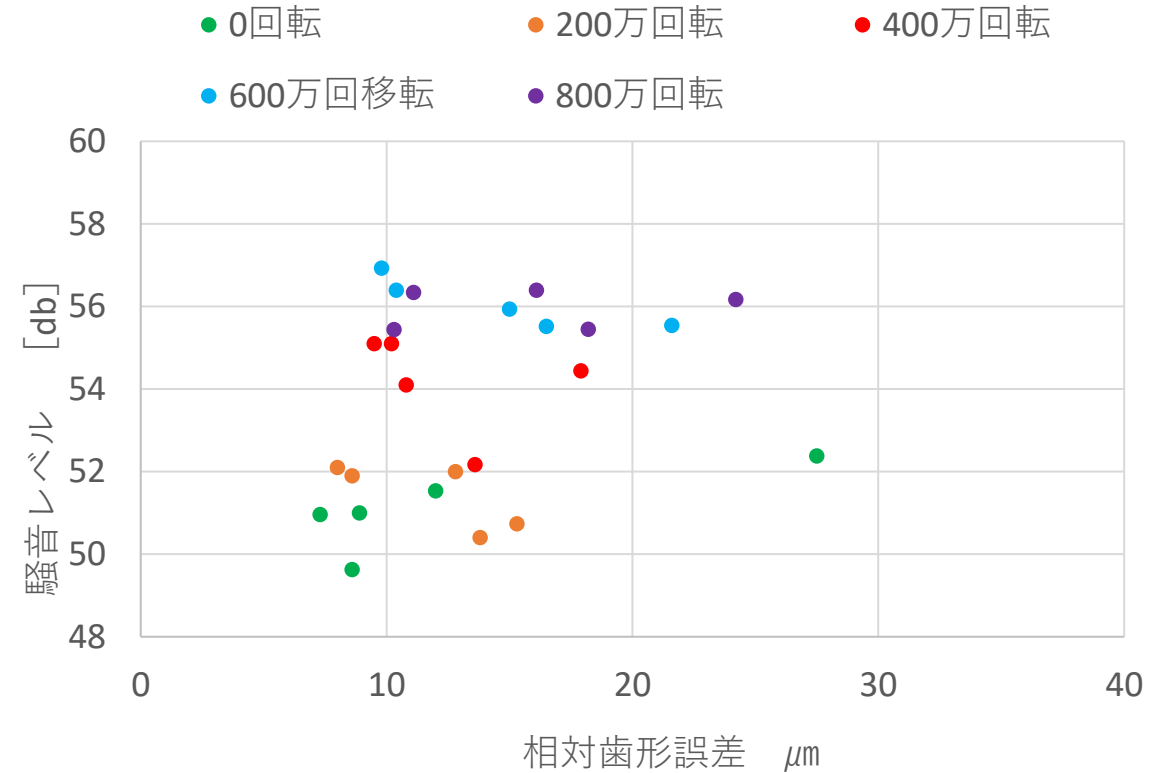
相対歯形誤差



相対歯形誤差

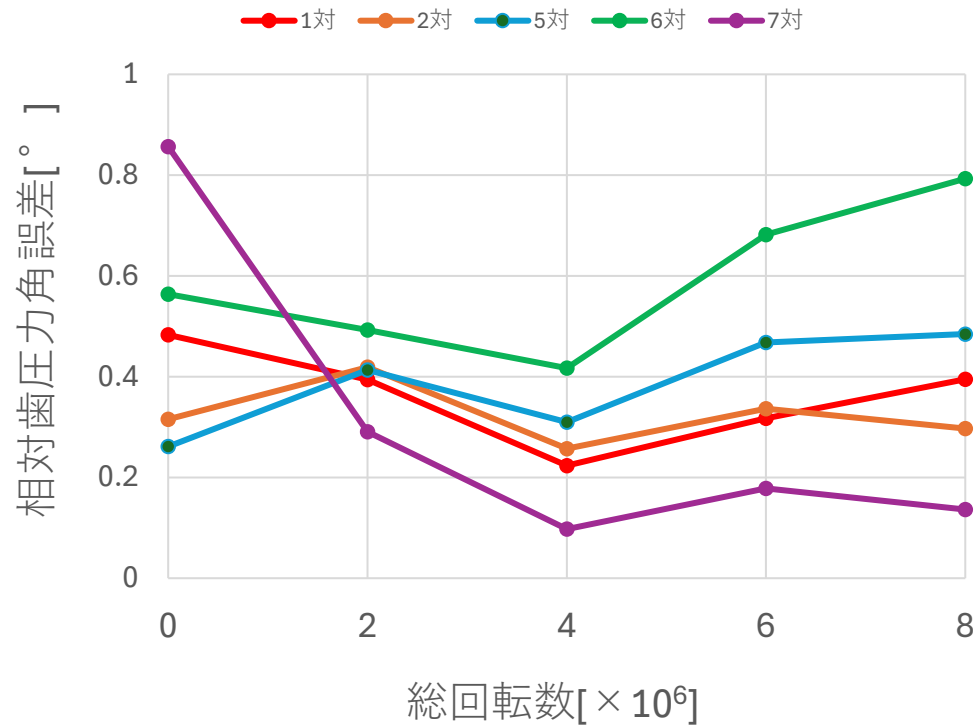


相対歯形誤差と騒音レベル (標準歯車対)

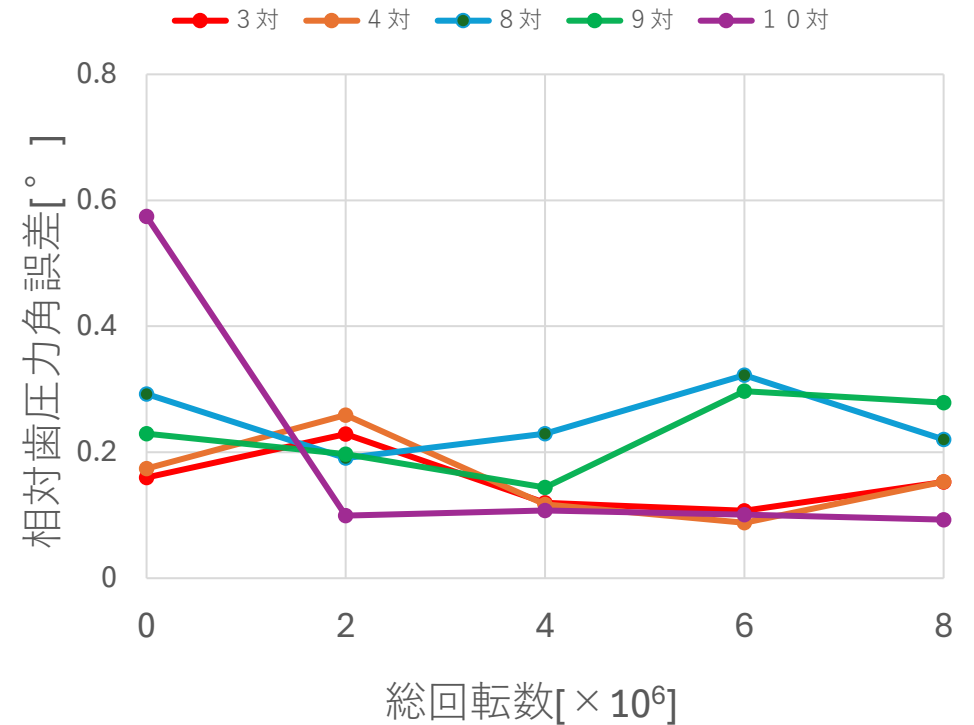


相対歯形誤差と騒音レベル (クラウニング歯車対)

相対圧力角誤差

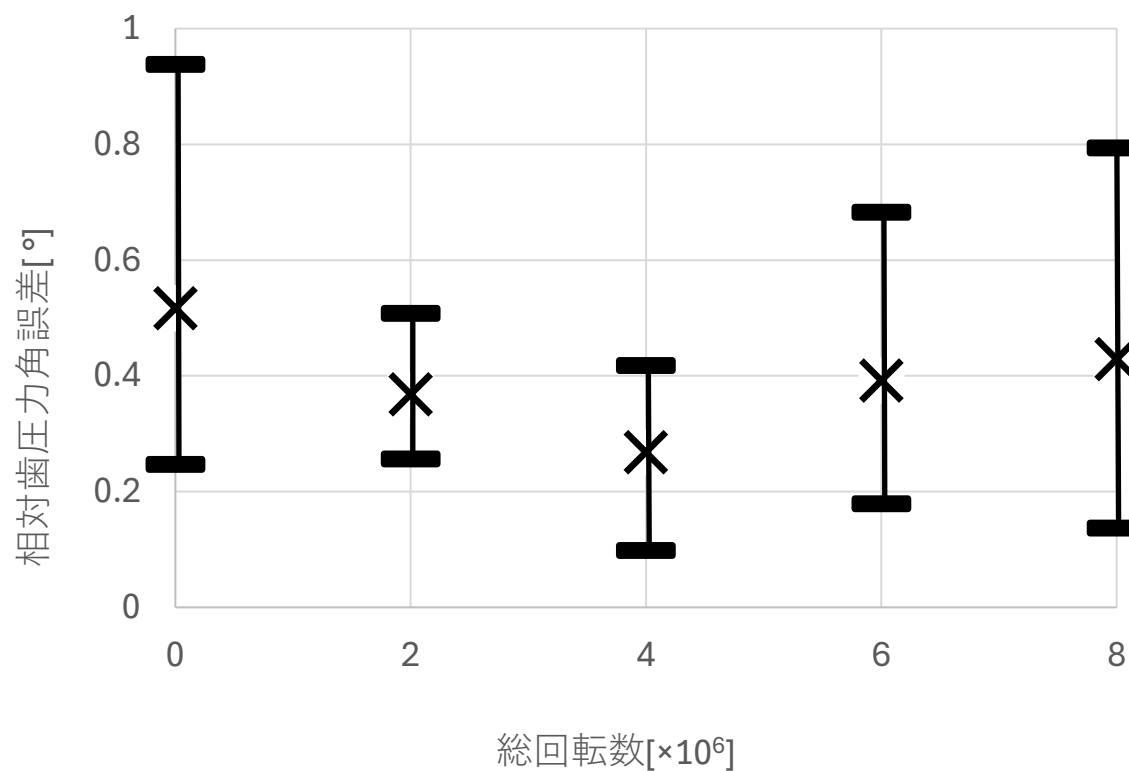


運転に伴う相対圧力角誤差の変化（標準歯車対）

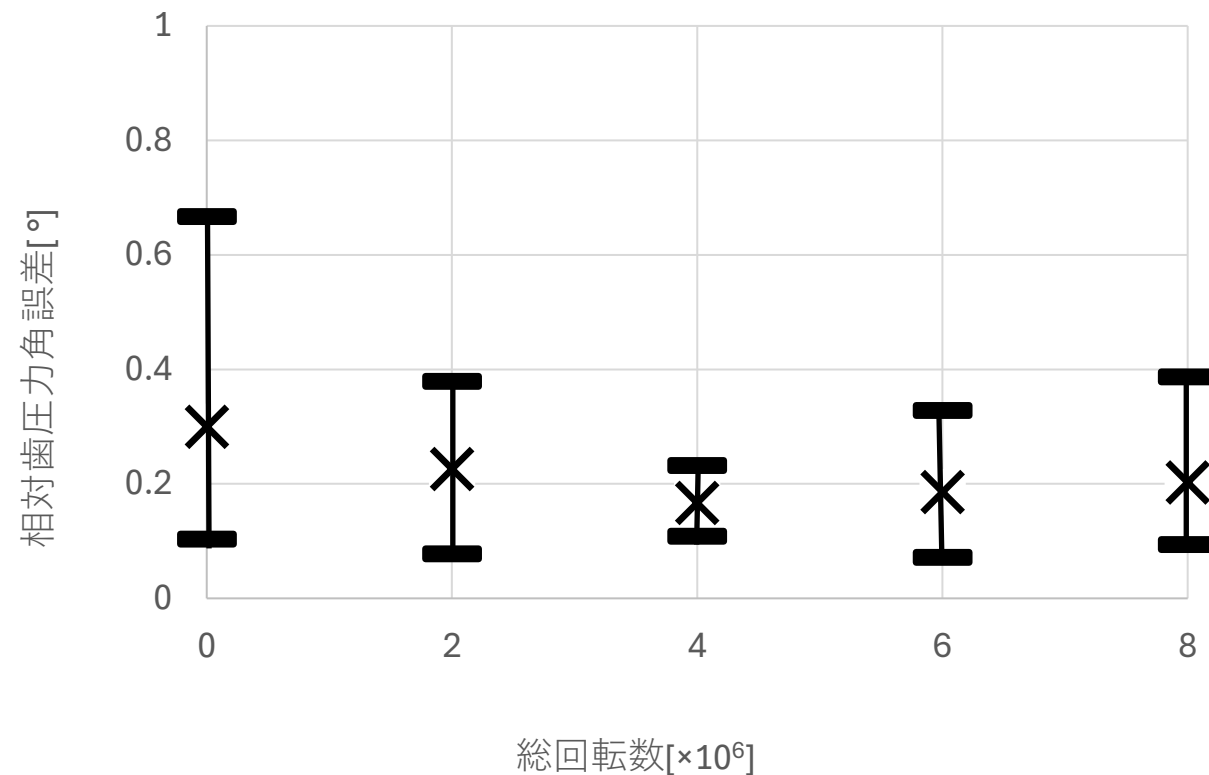


運転に伴う相対圧力角誤差の変化（クラウニング歯車対）

相対圧力角誤差

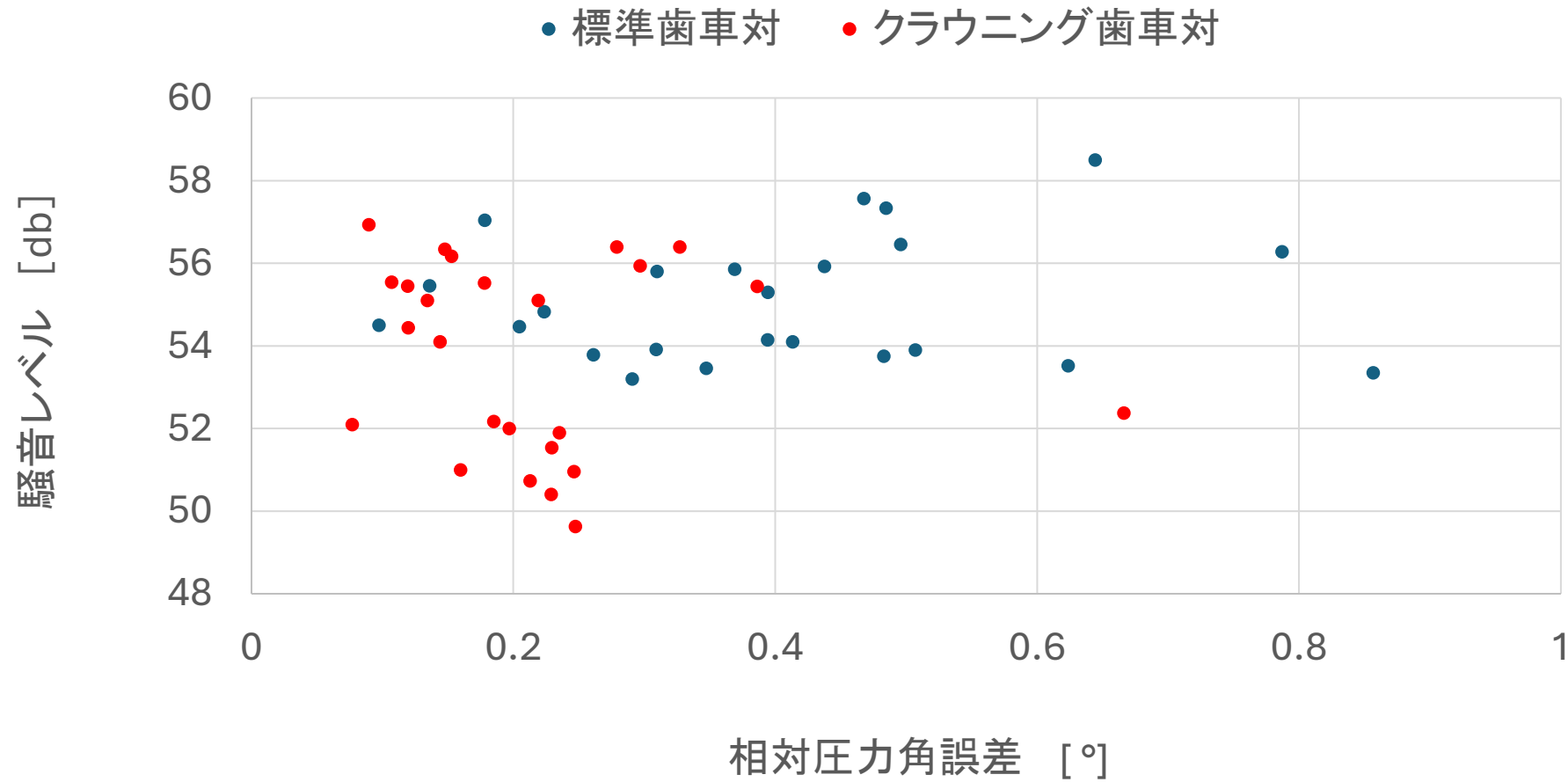


運転に伴う相対圧力角誤差の変化（標準歯車対）

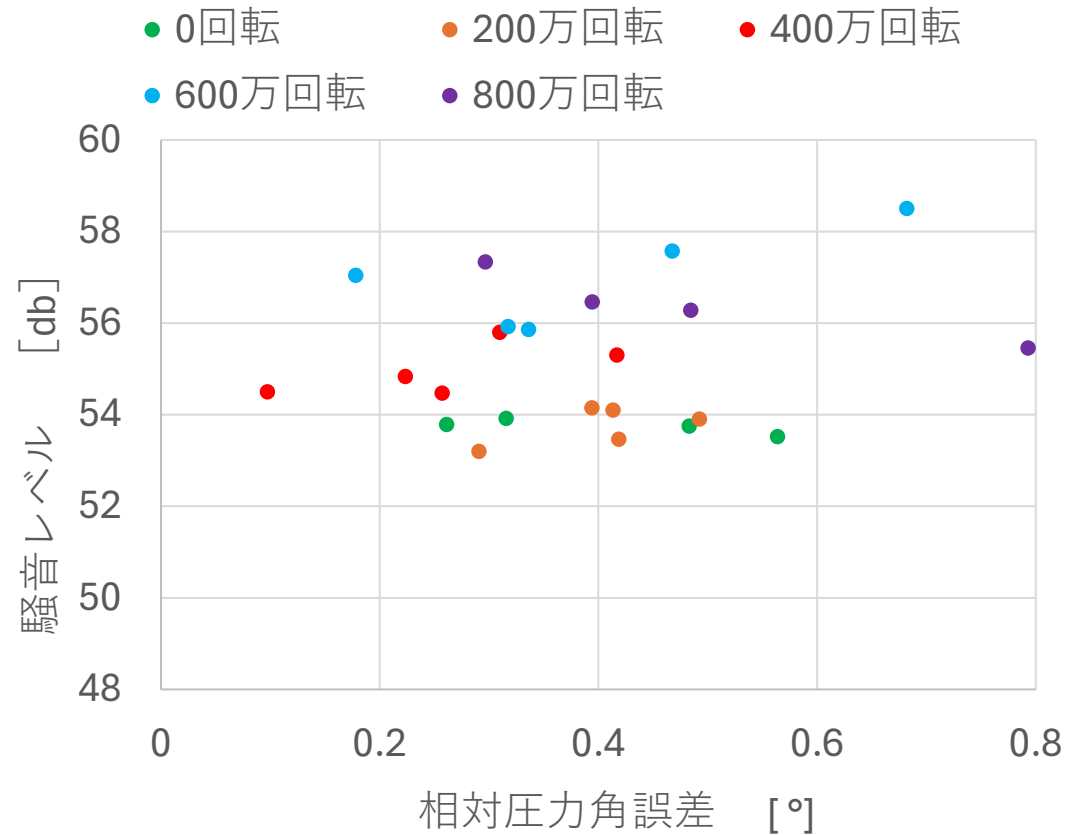


運転に伴う相対圧力角誤差の変化（クラウニング歯車対）

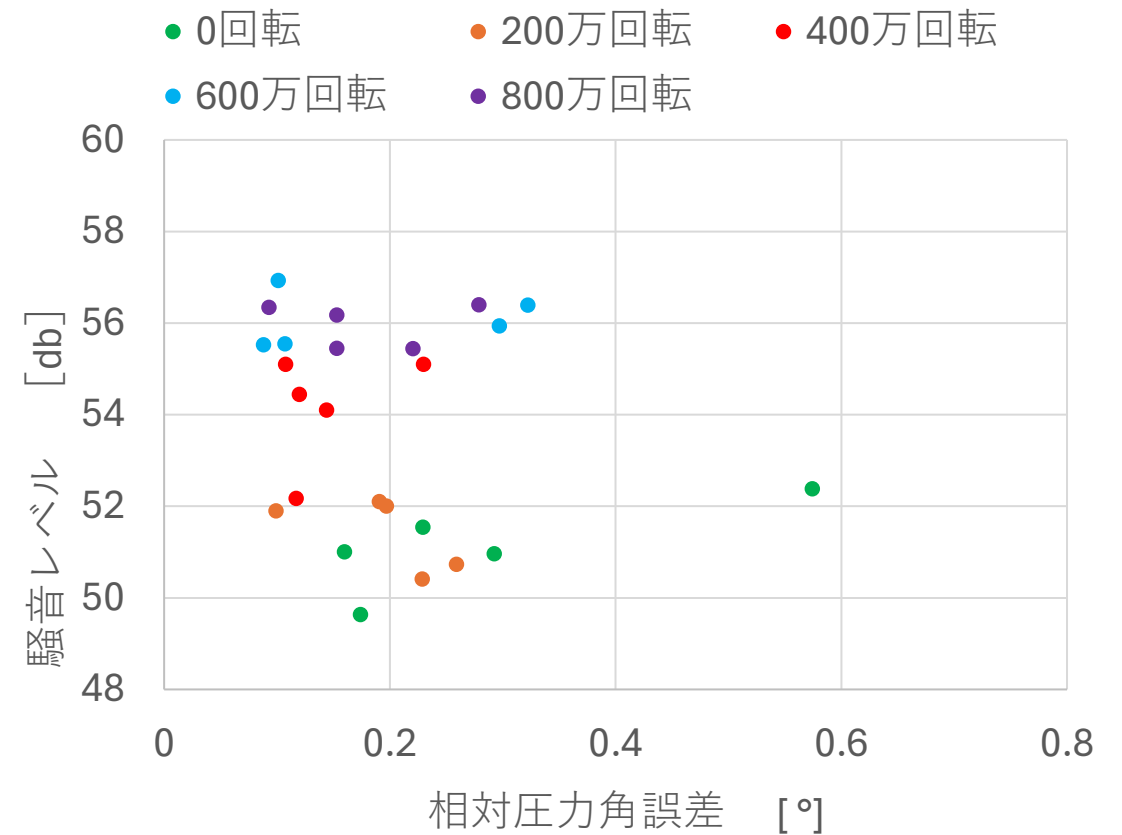
相對壓力角誤差



相対圧力角誤差

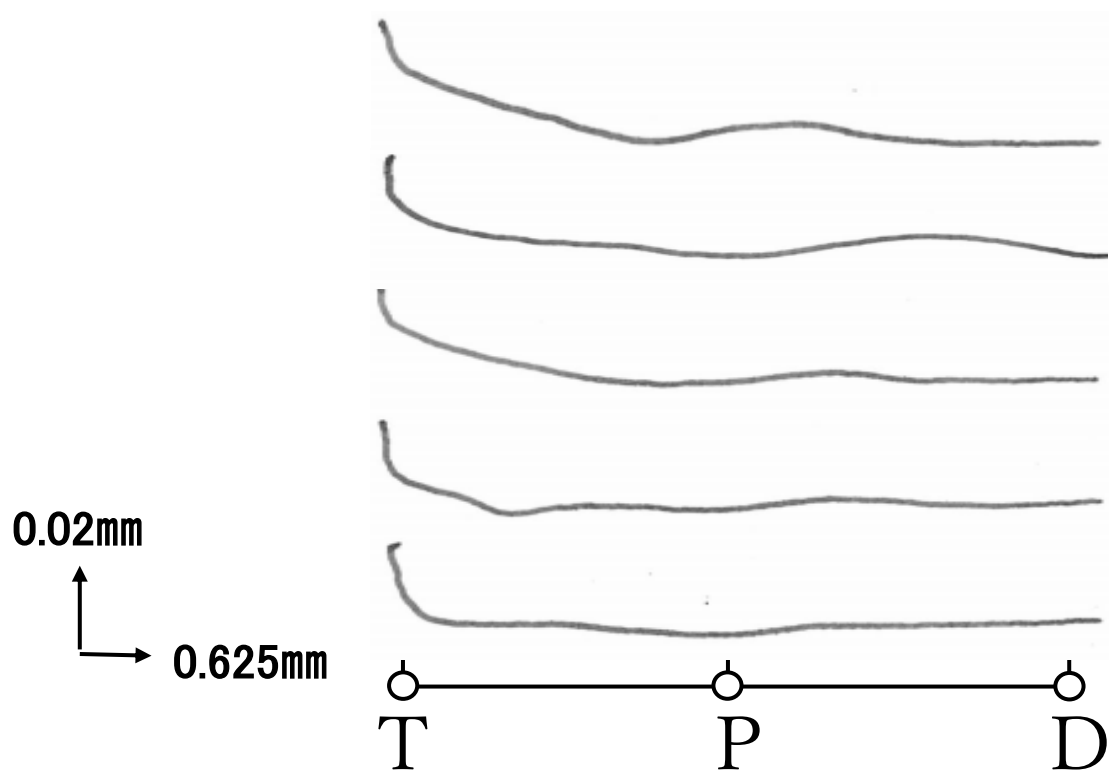
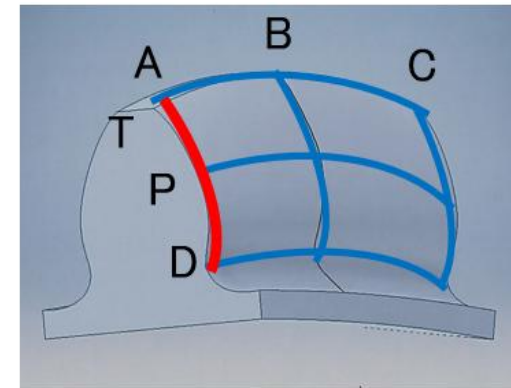


相対圧力角誤差と騒音レベル（標準歯車対）



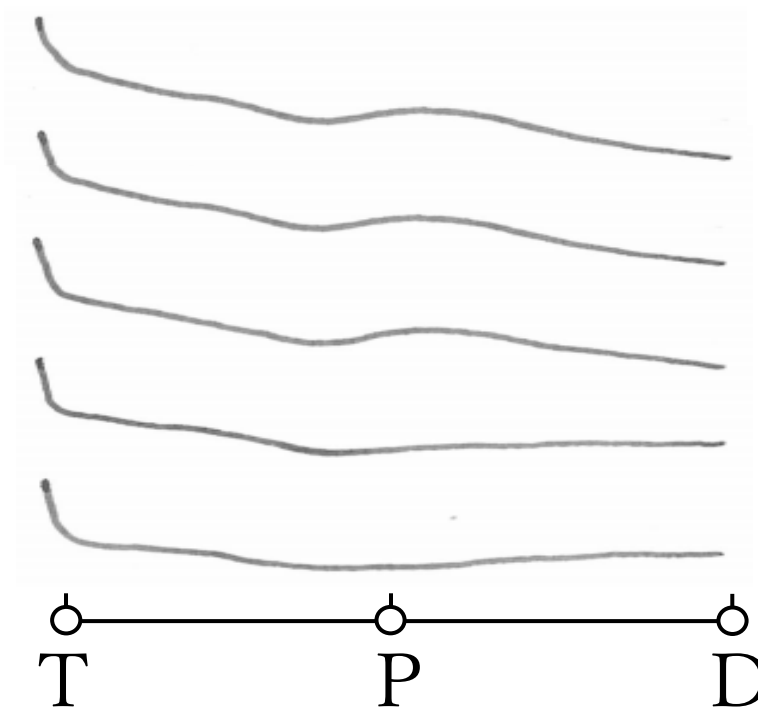
相対圧力角誤差と騒音レベル（クラウニング歯車対）

歯形線図 被動歯車 A-D (噛み合い起点 G側)



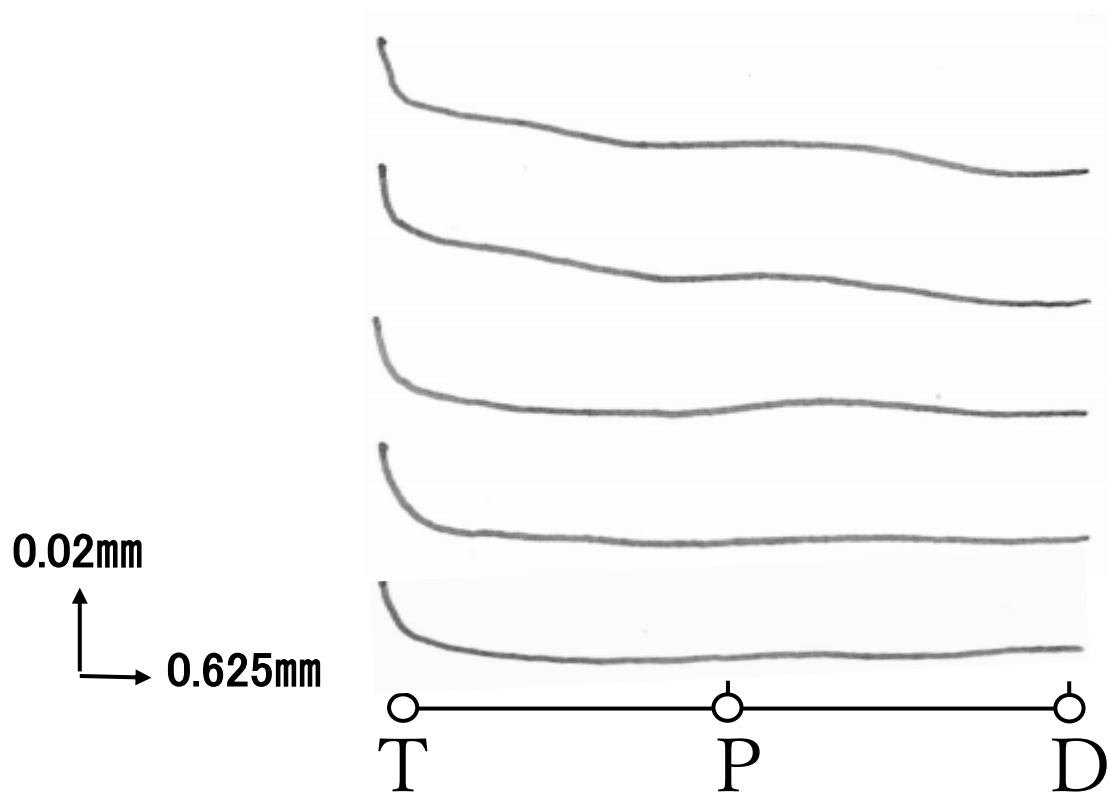
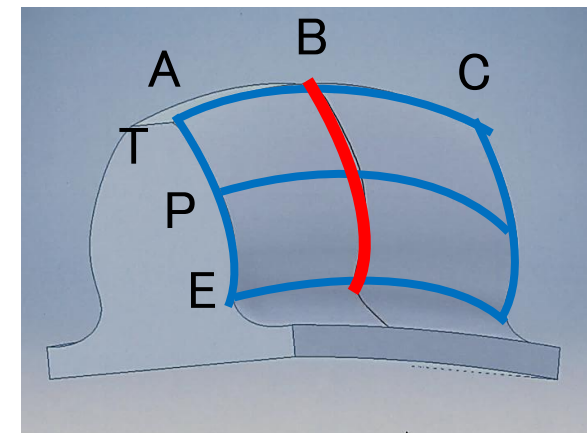
クラウニング歯車対 (4対)

8×10^6
 6×10^6
 4×10^6
 2×10^6
 $N_T = 0$



標準歯車対 (2対)

歯形線図 被動歯車 B-E (噛み合い起点 G側)



クラウニング歯車対 (4対)

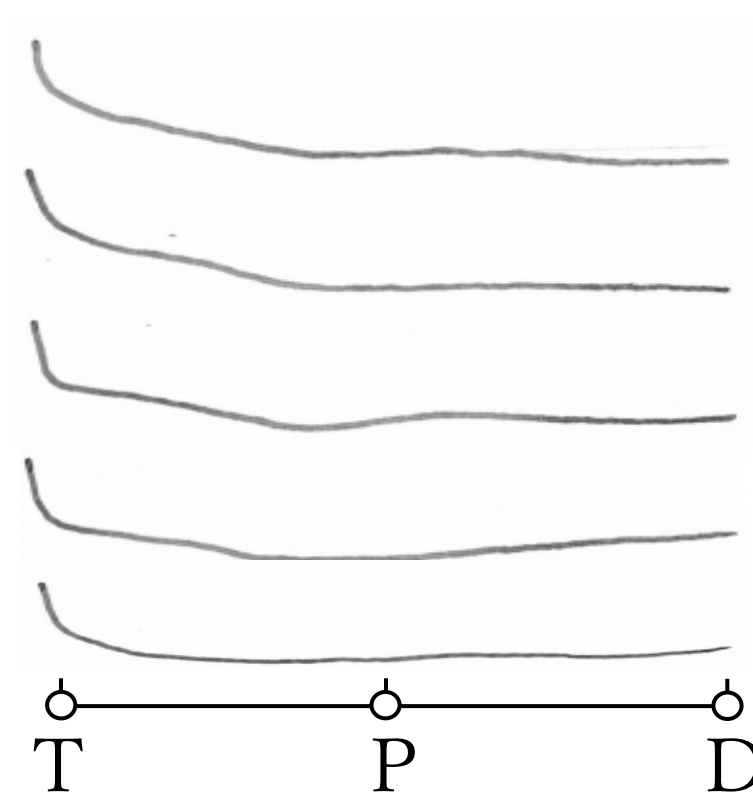
$$8 \times 10^6$$

$$6 \times 10^6$$

$$4 \times 10^6$$

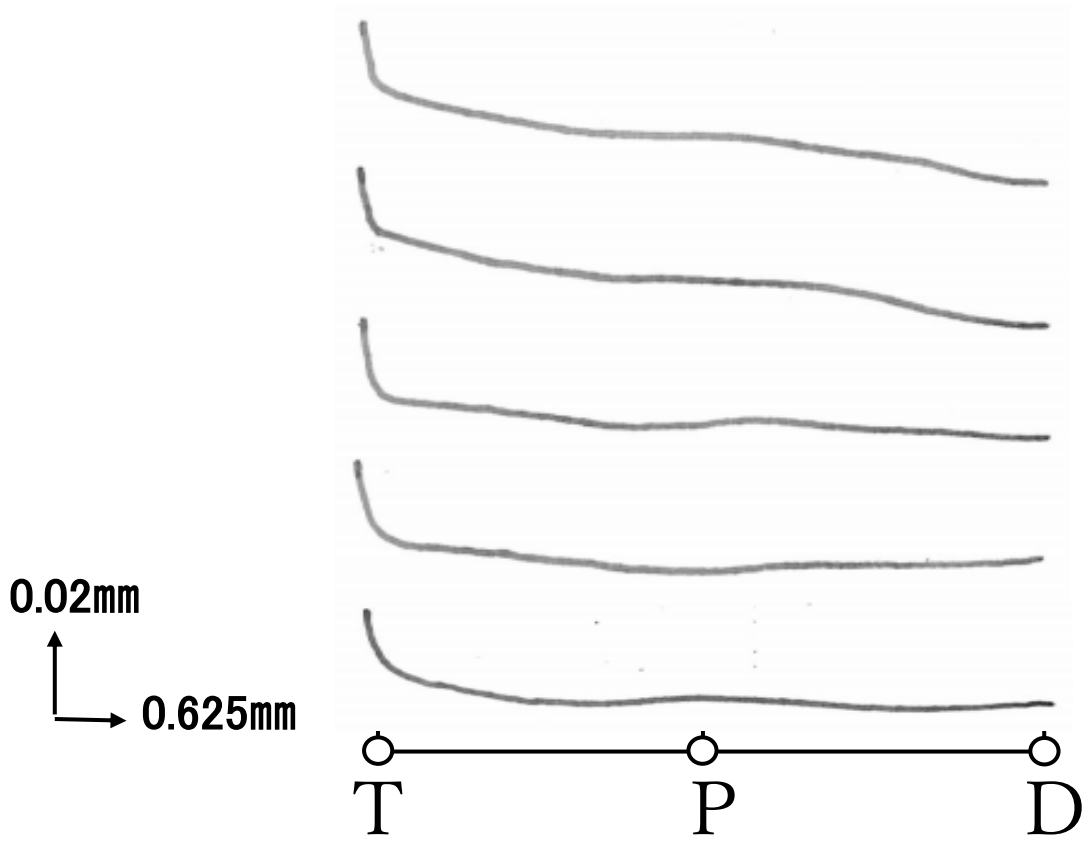
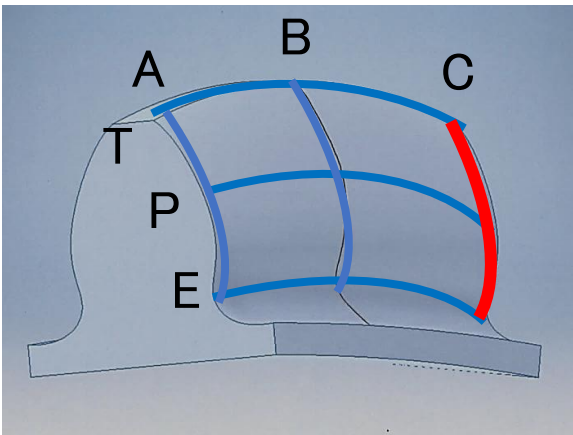
$$2 \times 10^6$$

$$N_T = 0$$



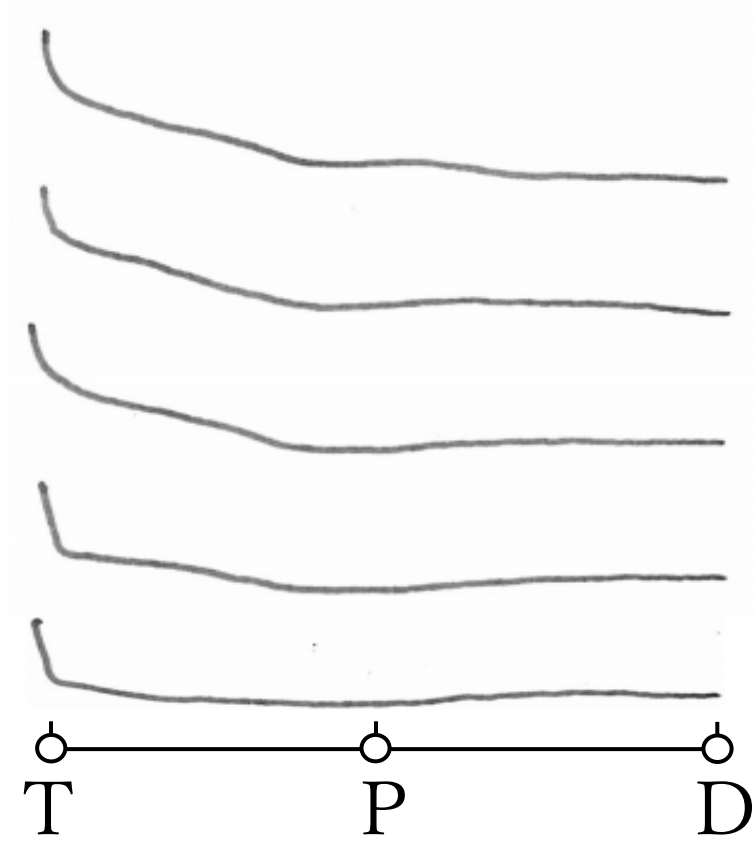
標準歯車対 (2対)

歯形線図 被動歯車 C-E (噛み合い起点 G側)



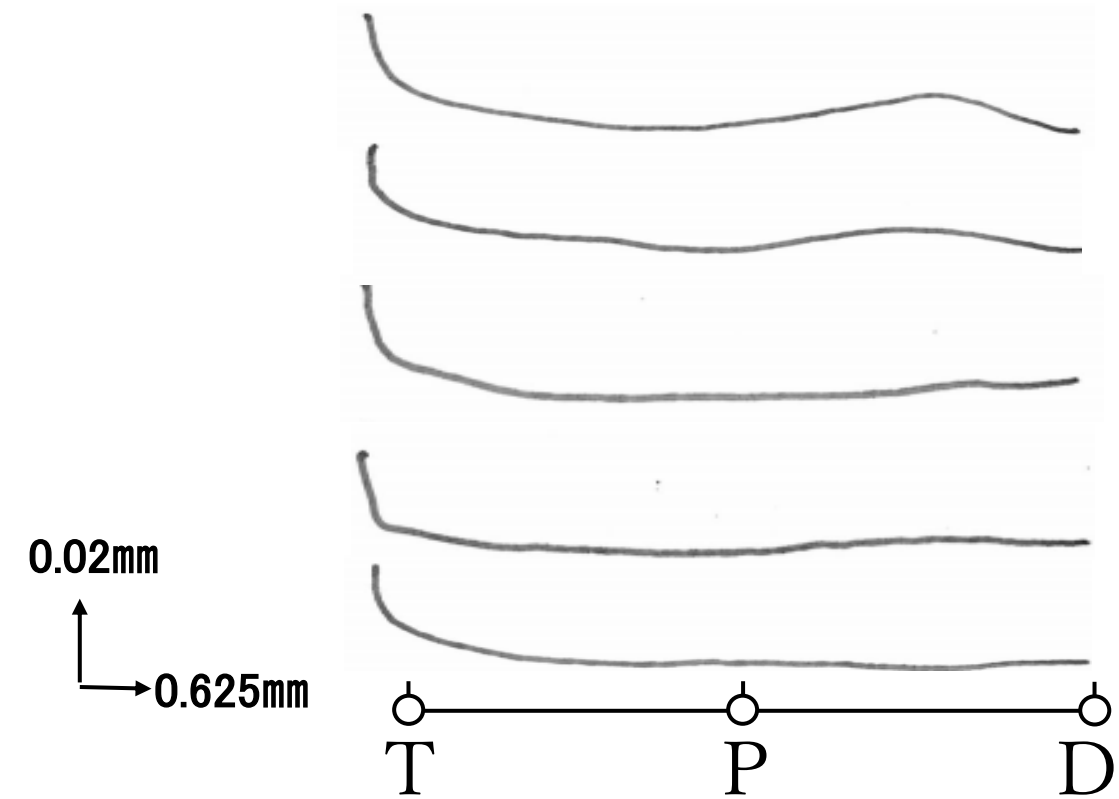
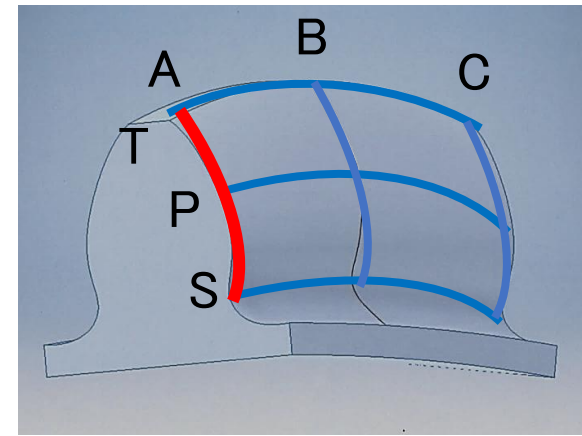
8×10^6
 6×10^6
 4×10^6
 2×10^6
 $N_T = 0$

クラウニング歯車対 (4対)



標準歯車対 (2対)

歯形線図 駆動歯車 A-T (噛み合い起点EP側)



クラウニング歯車対 (4対)

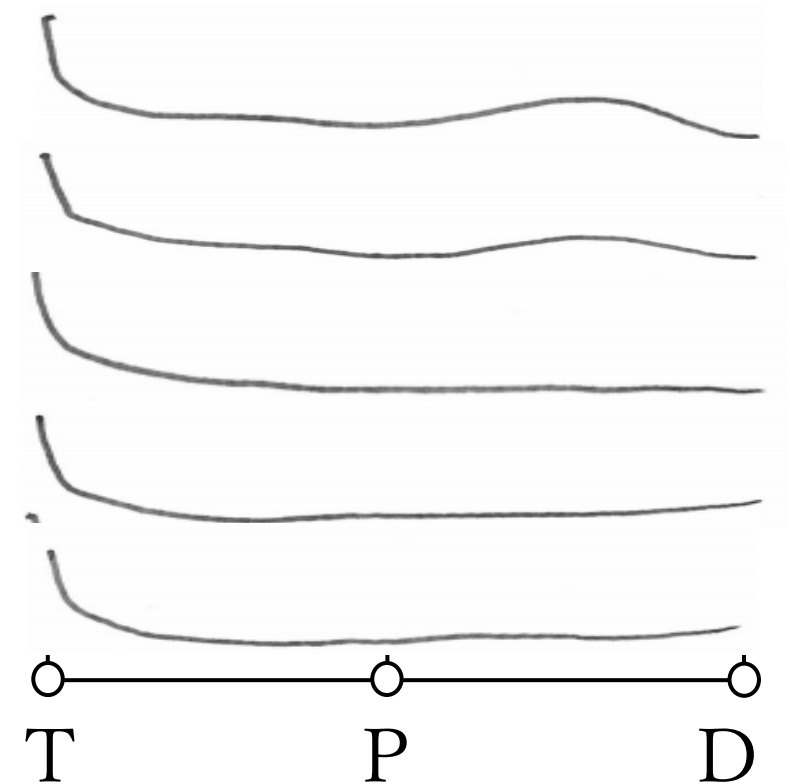
$$8 \times 10^6$$

$$6 \times 10^6$$

$$4 \times 10^6$$

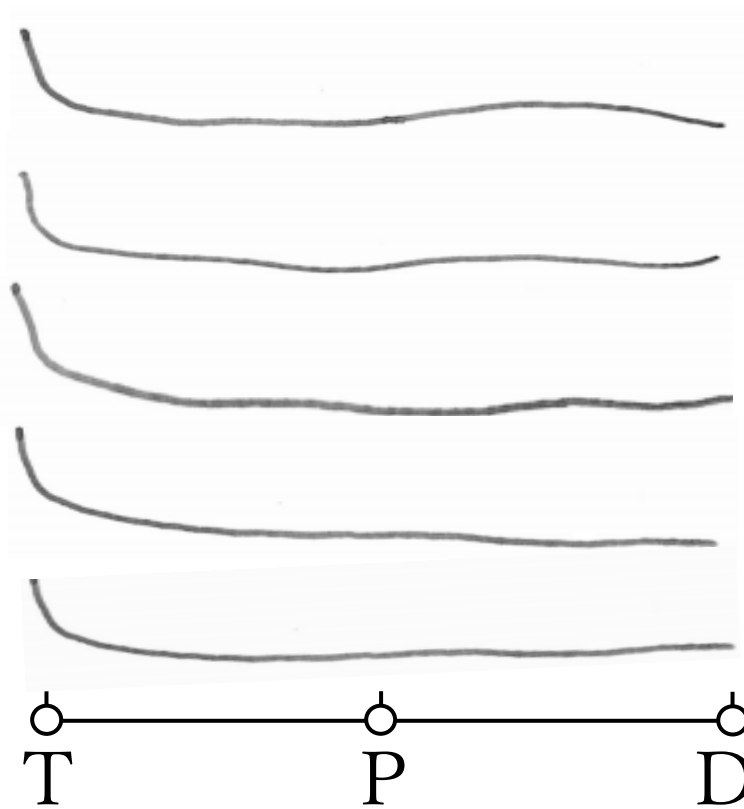
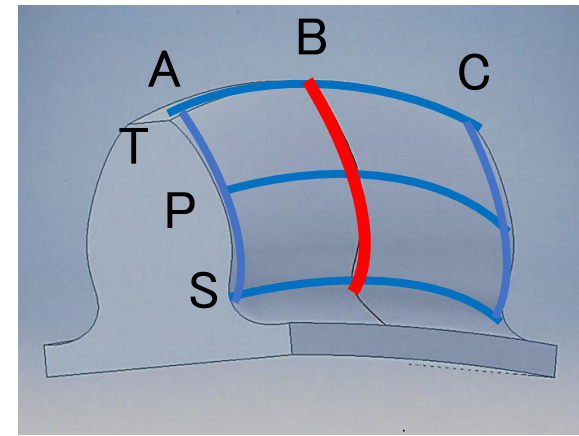
$$2 \times 10^6$$

$$N_T = 0$$



標準歯車対 (2対)

歯形線図 駆動歯車 B-T (噛み合い起点EP側)



$$8 \times 10^6$$

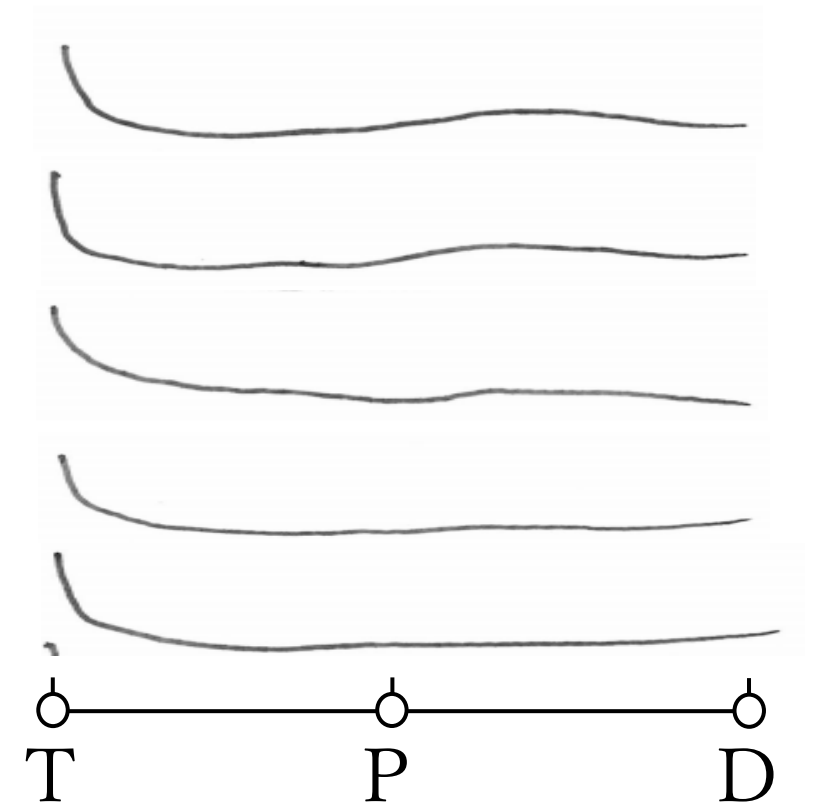
$$6 \times 10^6$$

$$4 \times 10^6$$

$$2 \times 10^6$$

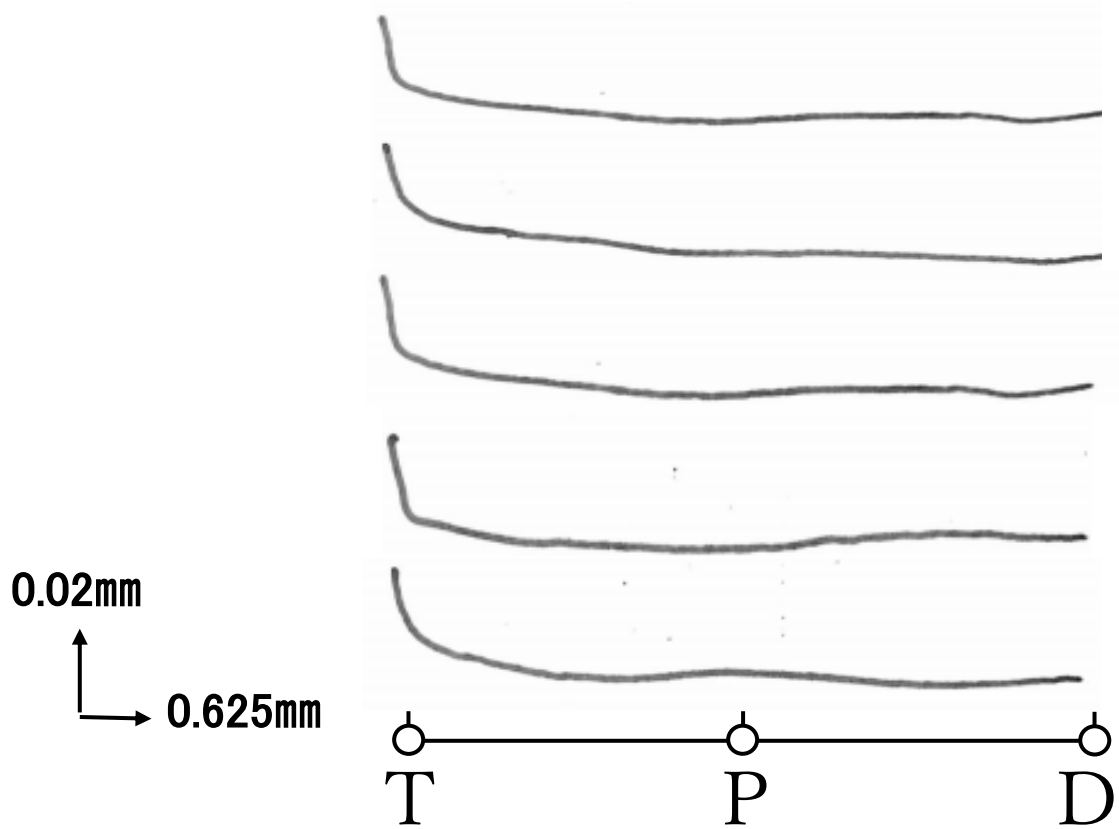
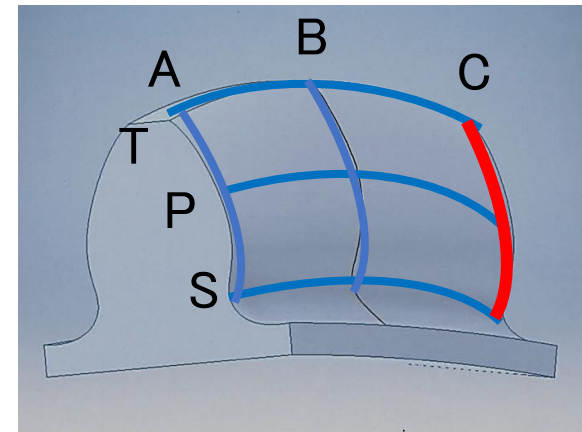
$$N_T = 0$$

クラウニング歯車対 (4対)



標準歯車対 (2対)

歯形線図 駆動歯車 C-T (噛み合い起点EP側)



クラウニング歯車対 (4対)

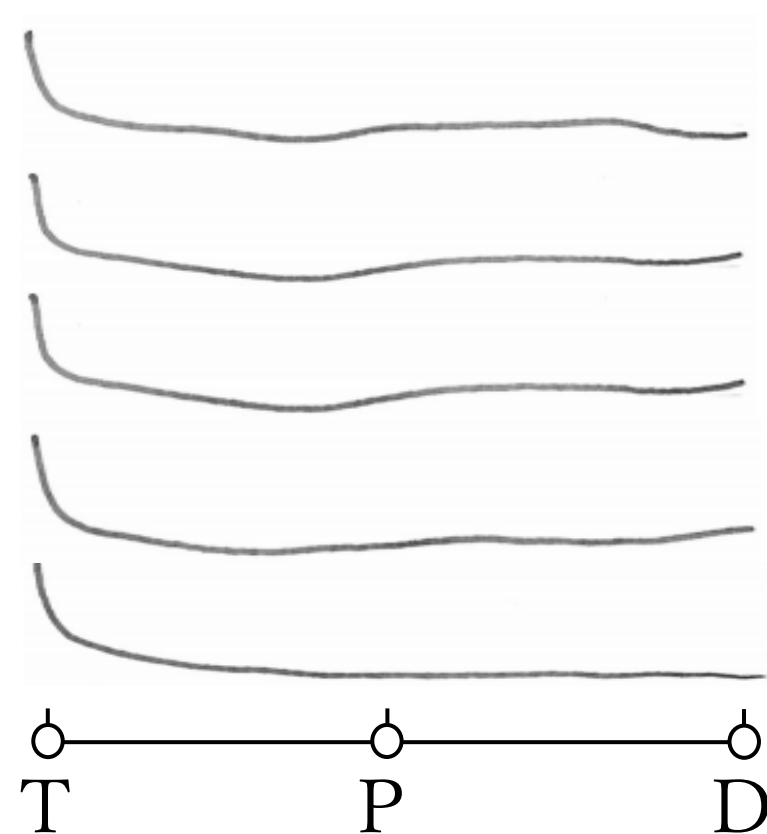
8×10^6

6×10^6

4×10^6

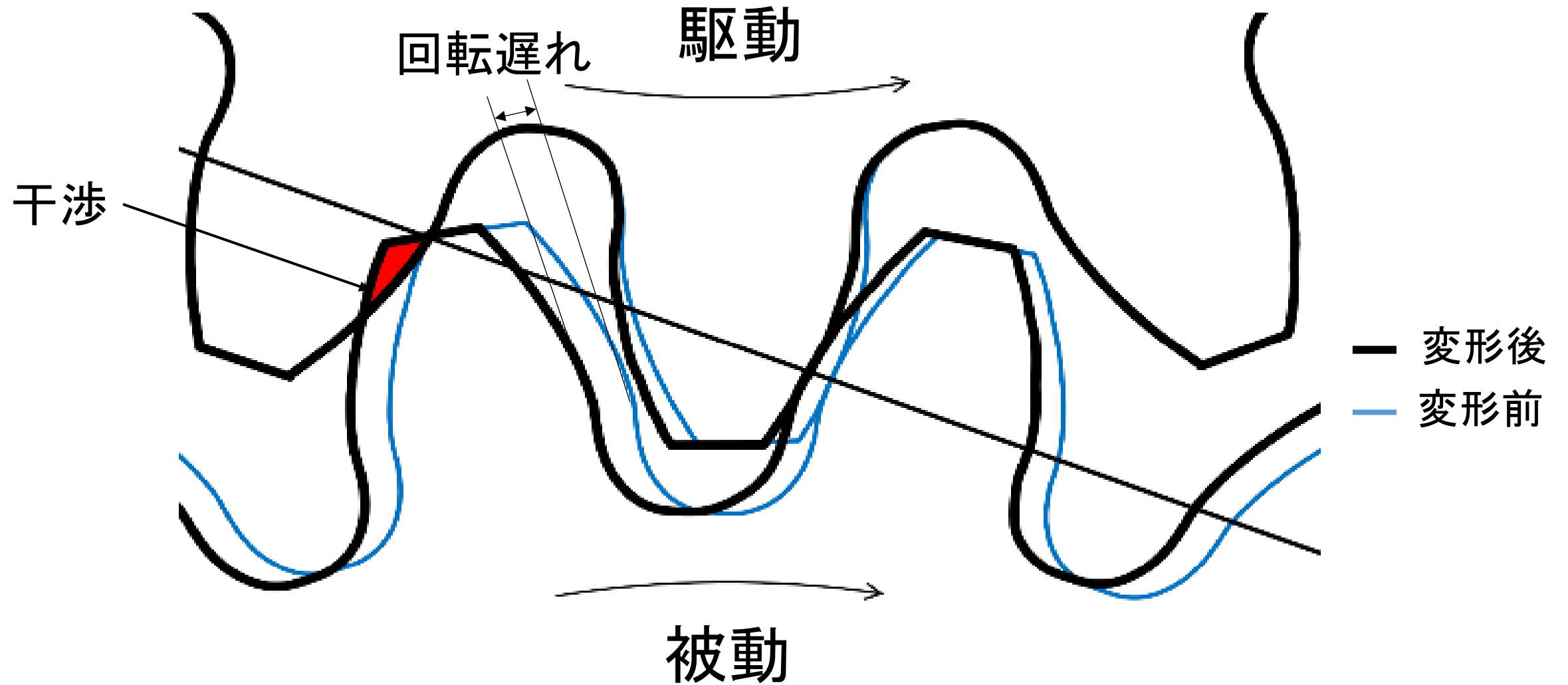
2×10^6

$N_T = 0$

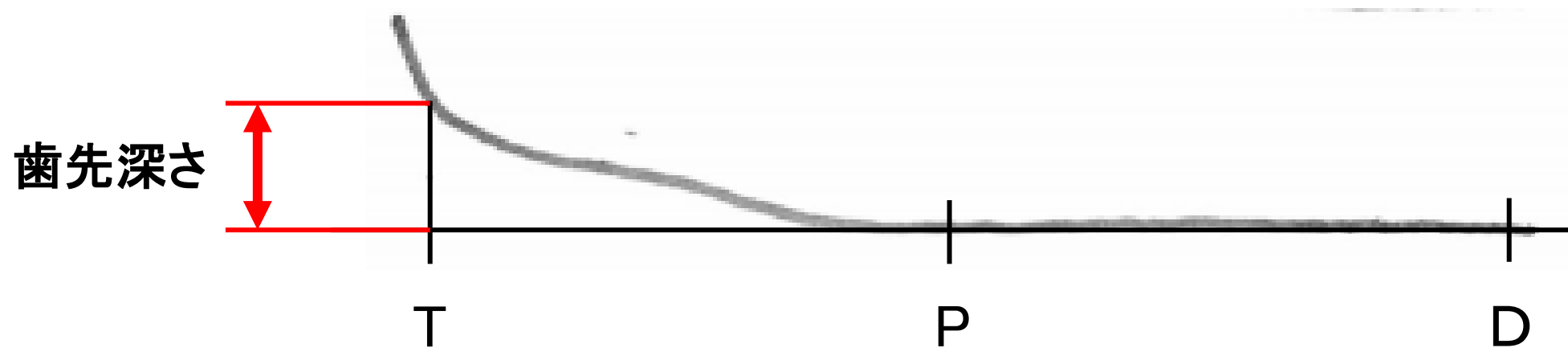
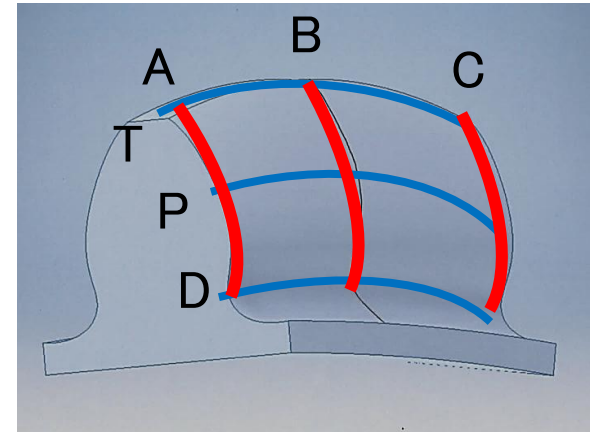


標準歯車対 (2対)

歯形の摩耗のメカニズム

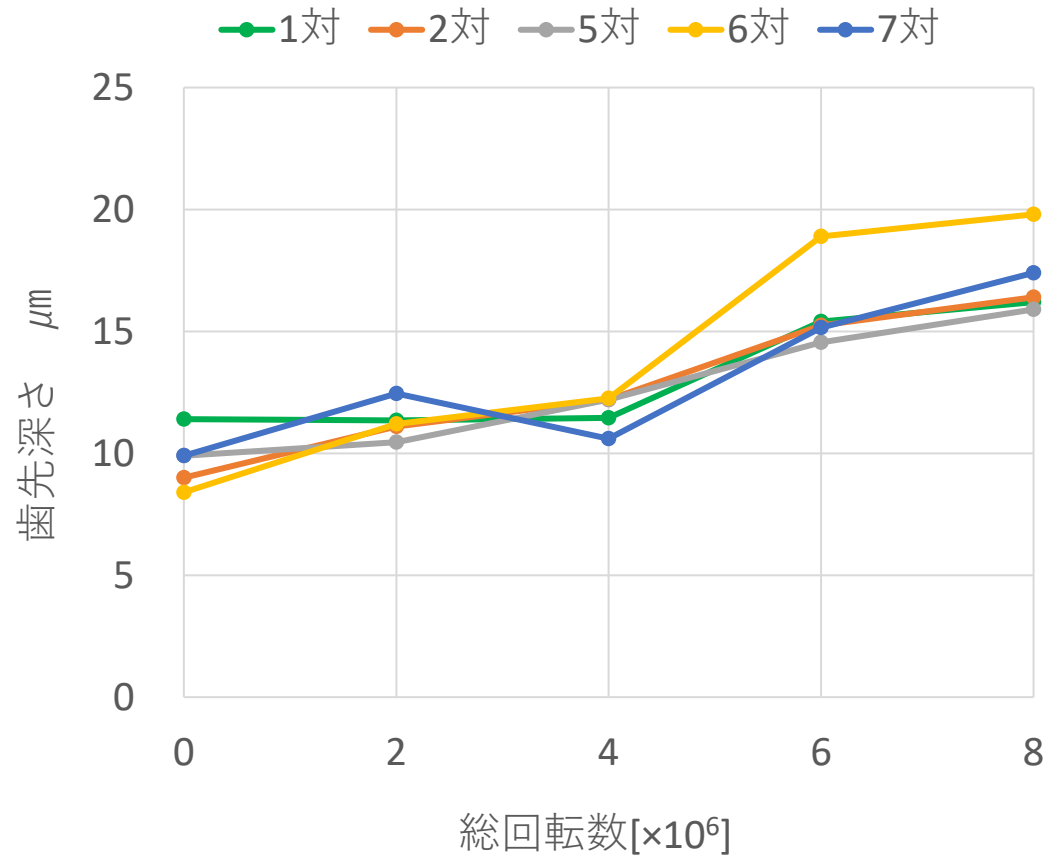


歯先深さ(被動歯車)

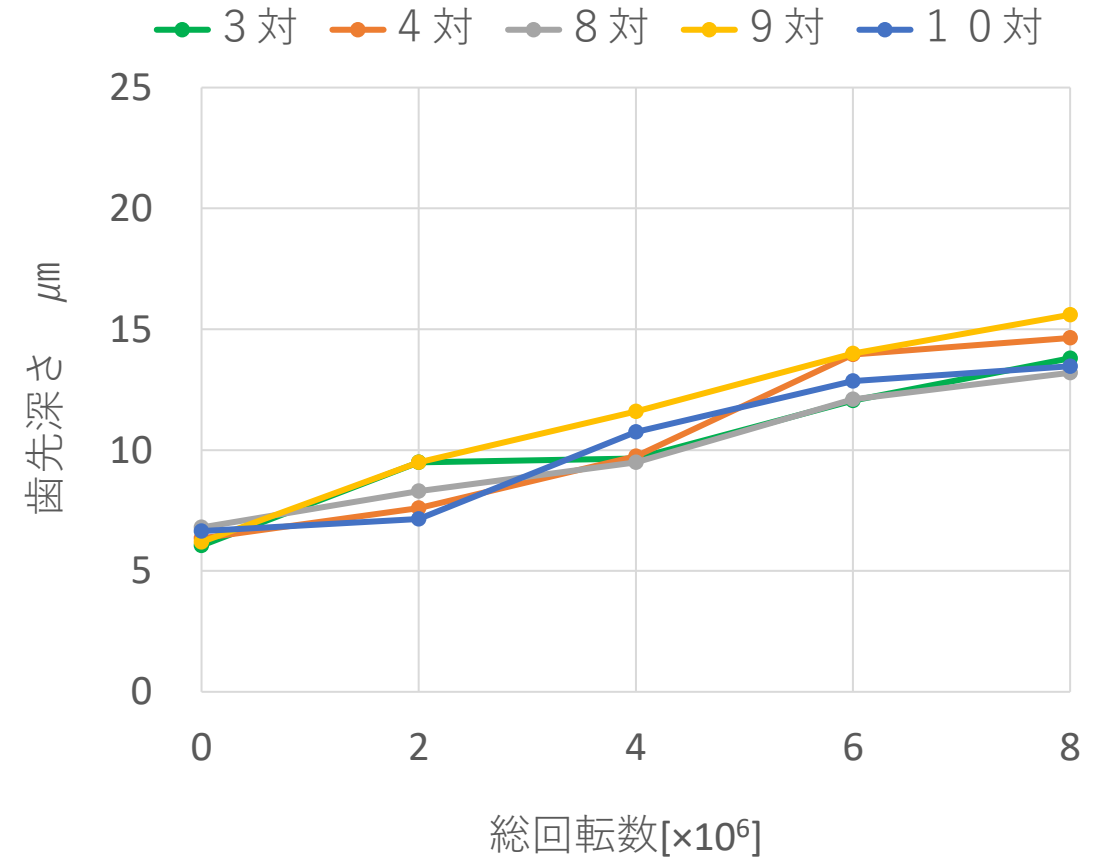


T: 歯先(かみ合い起点)
P: ピッチ点
D: かみ合い終点

歯先深さ(被動歯車)

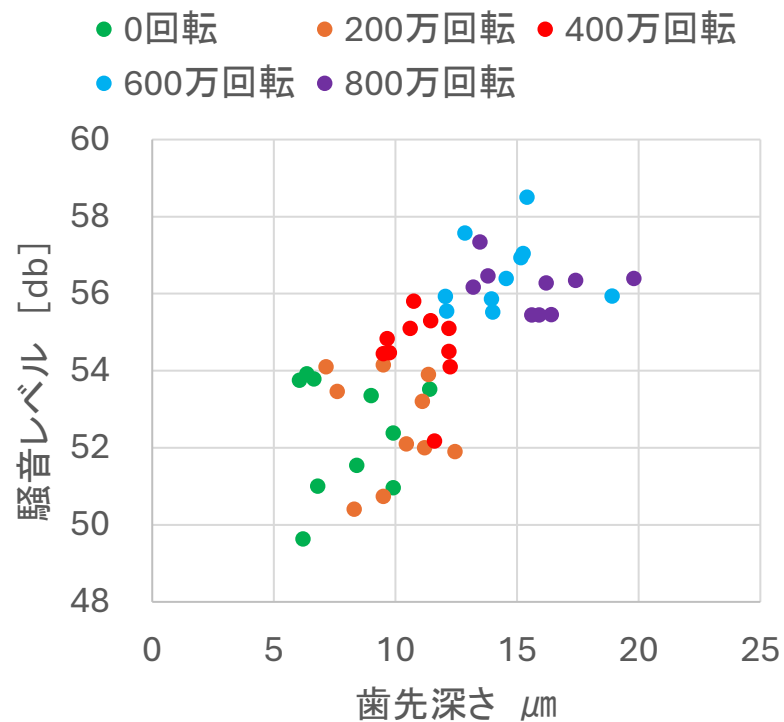
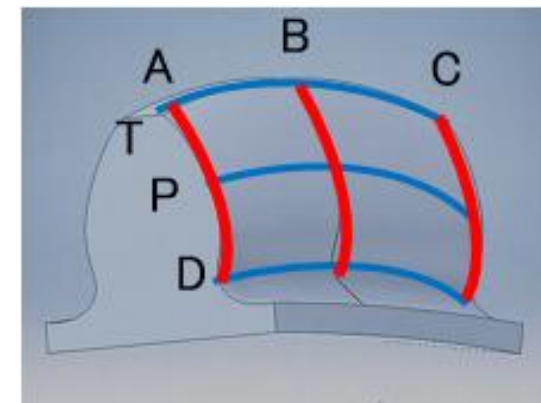


運転に伴う歯先深さの変化 (標準歯車対)

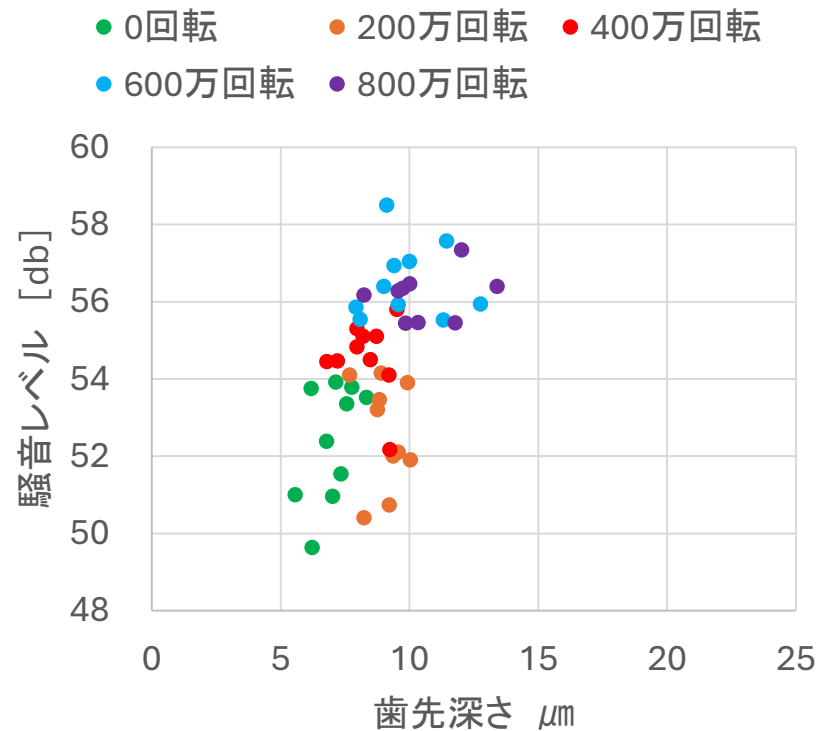


運転に伴う歯先深さの変化 (クラウニング歯車対)

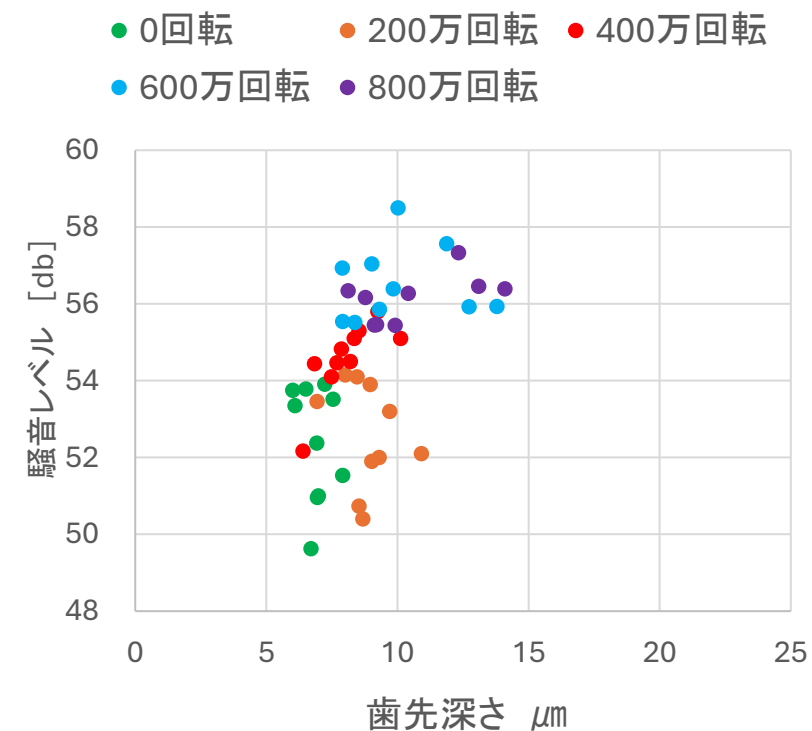
歯先深さ（被動歯車）



A側における歯先深さと騒音

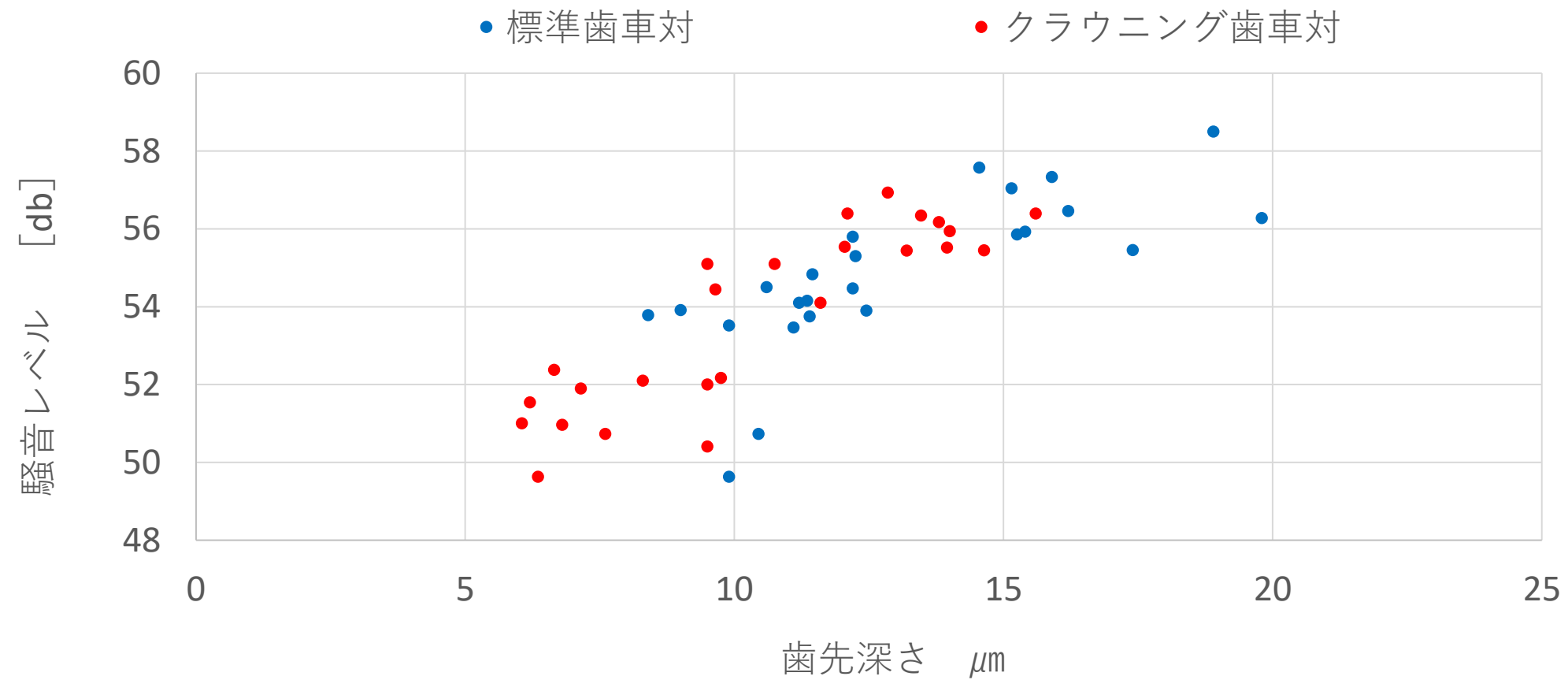


B側における歯先深さと騒音

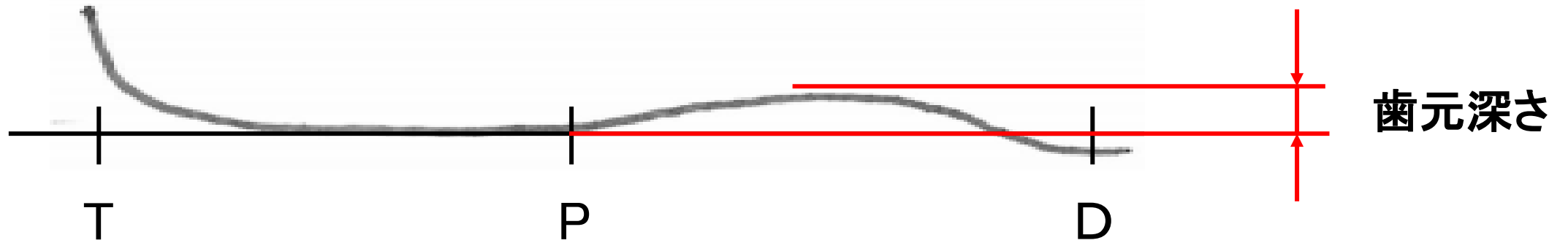
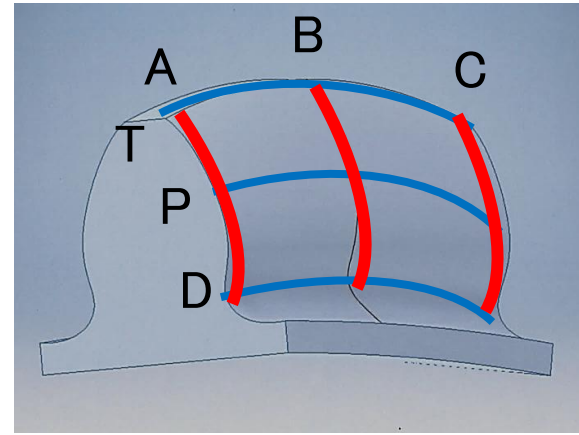


C側における歯先深さと騒音

歯先深さ(被動歯車)

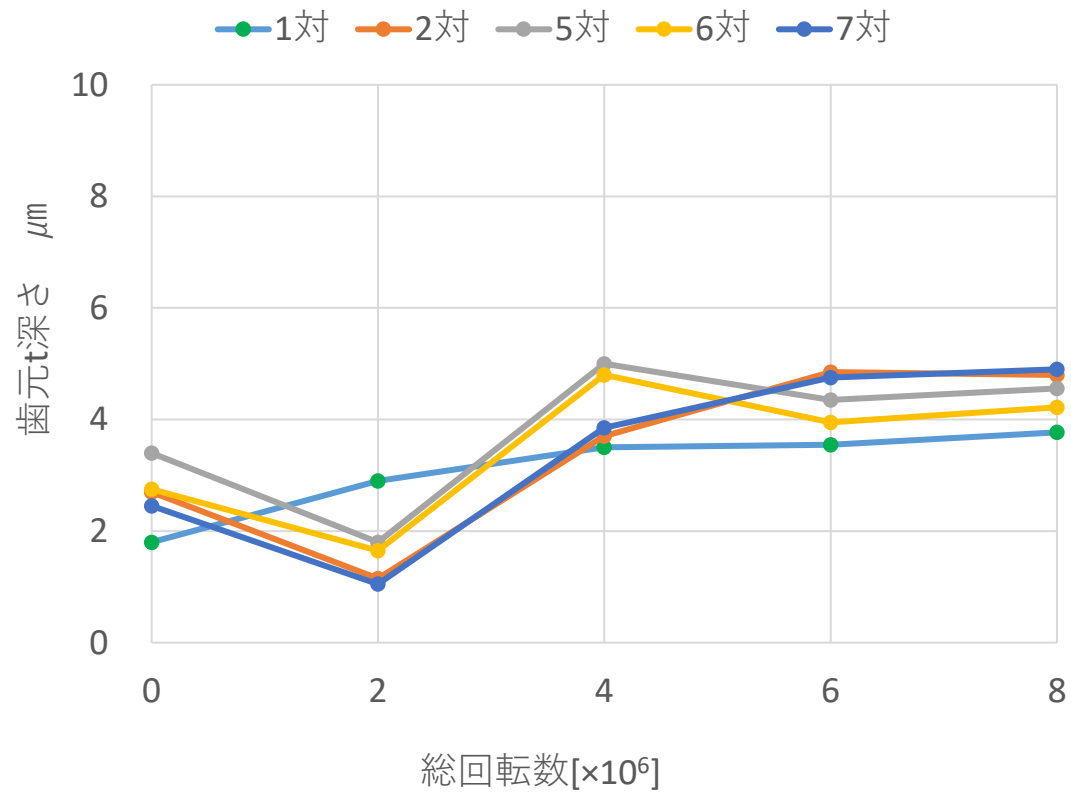


歯元深さ(駆動歯車)

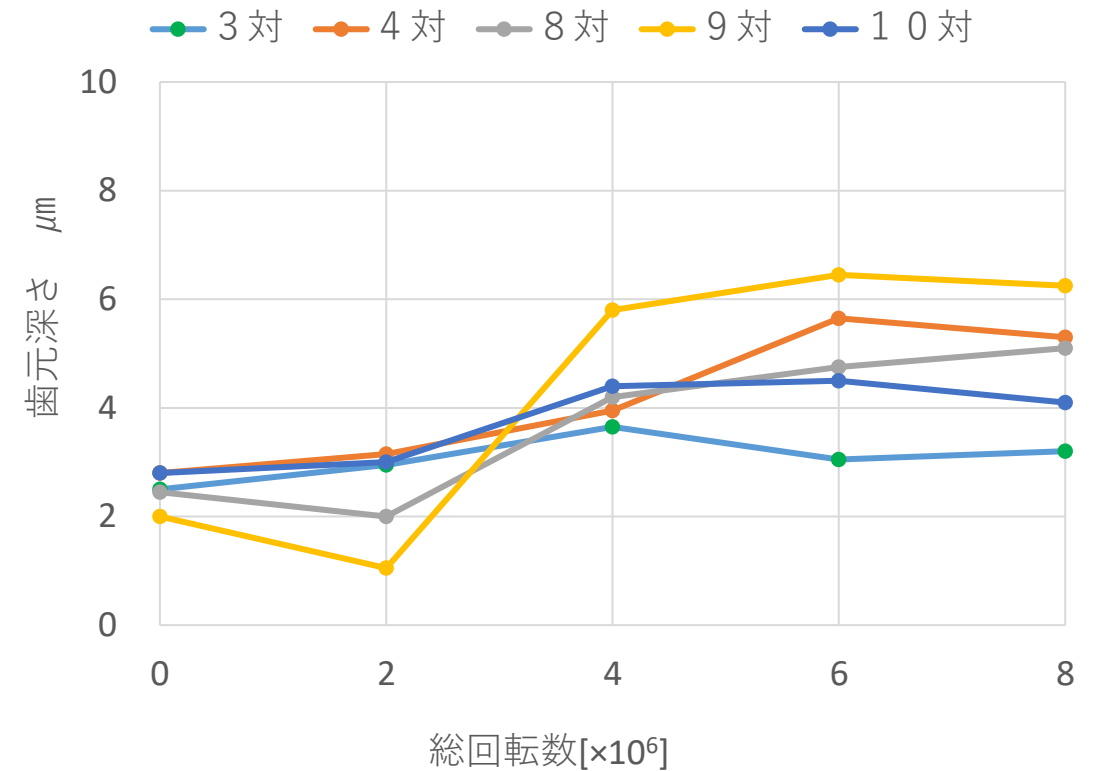


T: 歯先
P: ピッチ点
D: かみ合い起点

歯元深さ(駆動歯車)

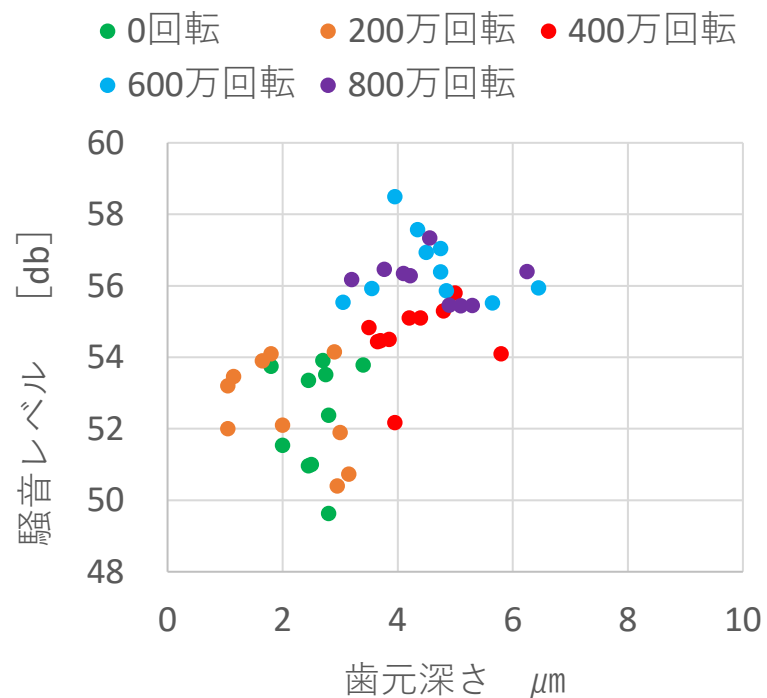
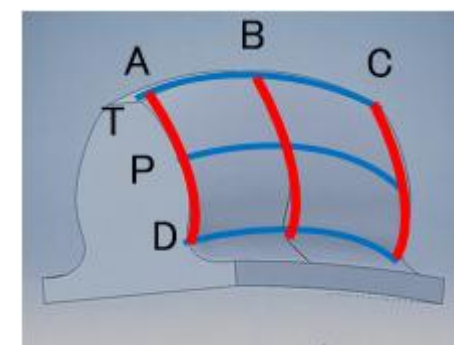


運転に伴う歯元深さの変化 (標準歯車対)

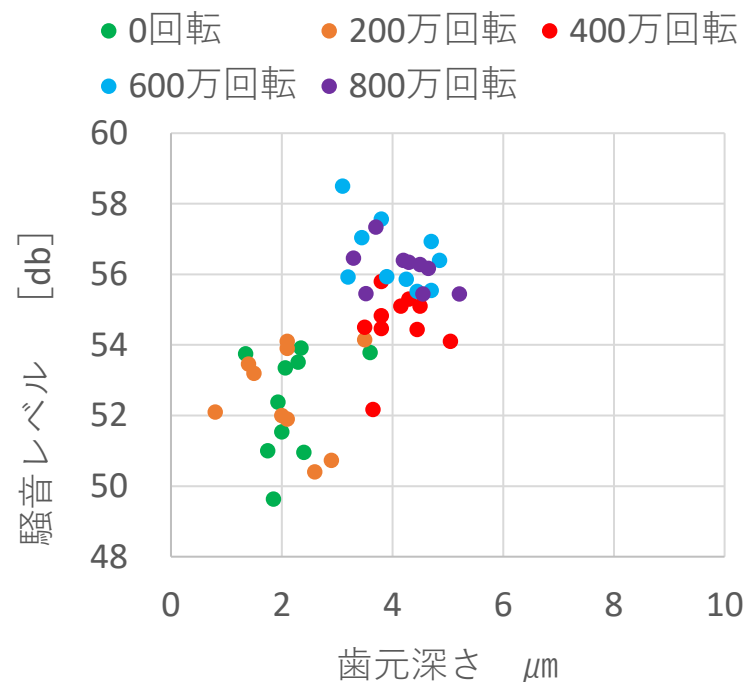


運転に伴う歯元深さの変化 (クラウニング歯車対)

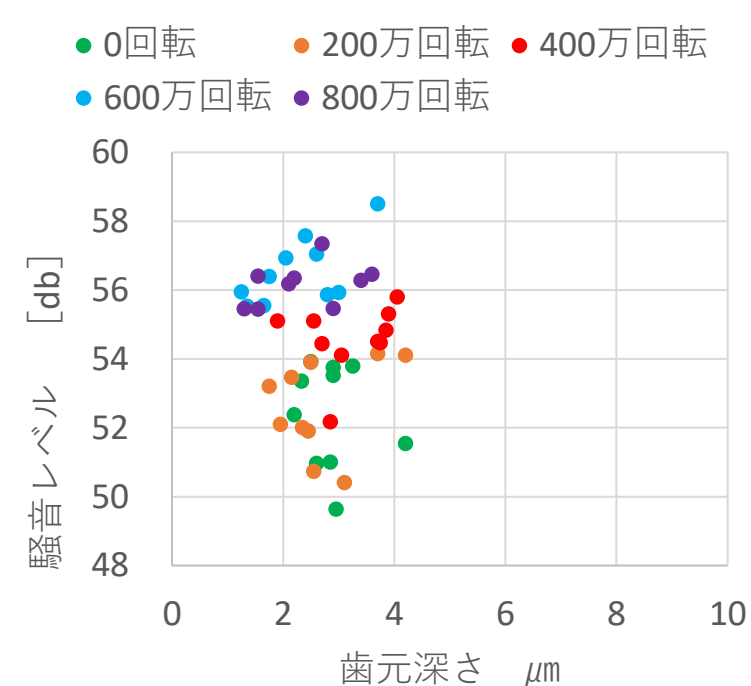
歯元深さ(駆動歯車)



A側における歯元深さと騒音

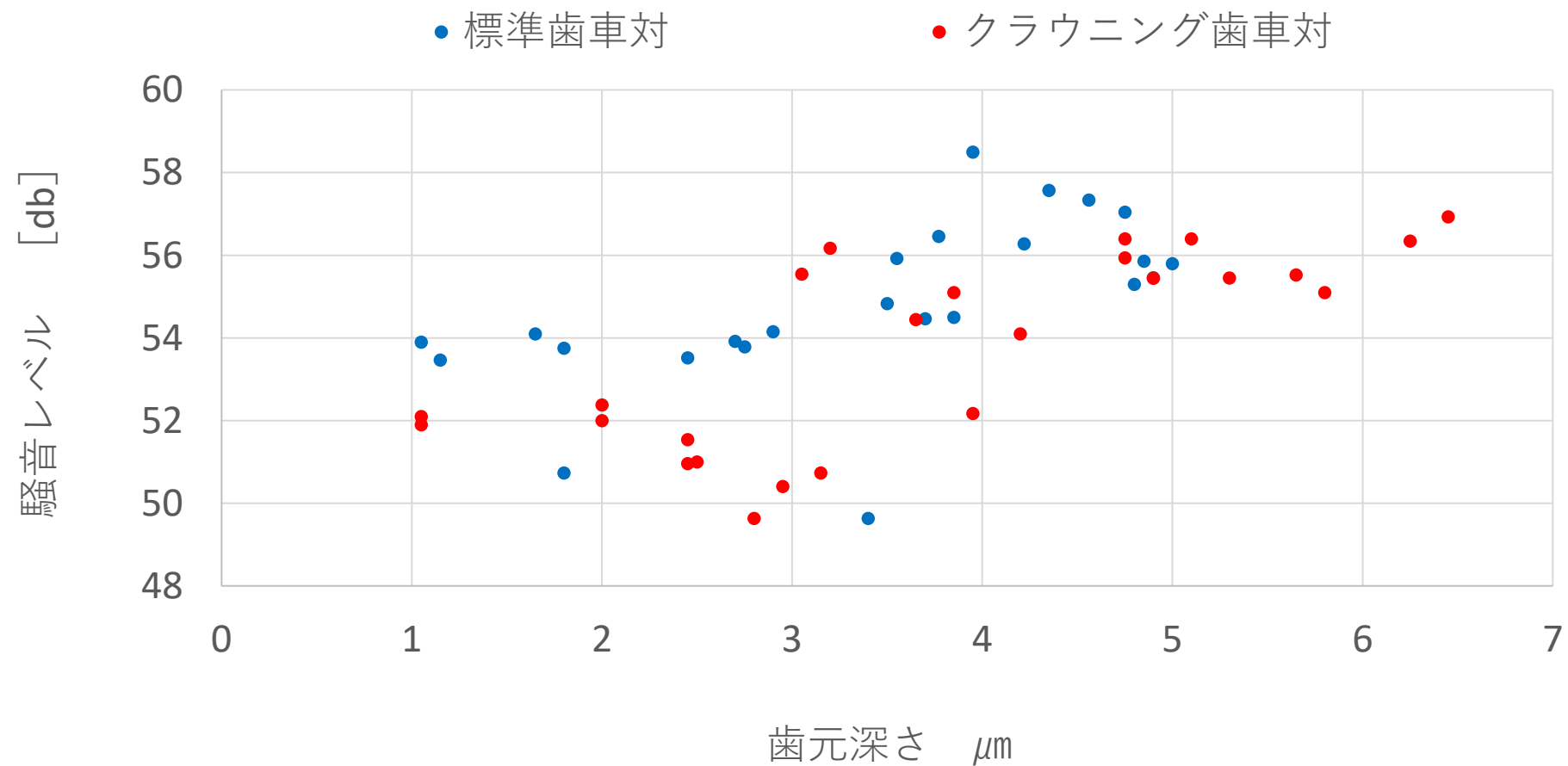


B側における歯元深さと騒音



C側における歯元深さと騒音

歯元深さ(駆動歯車)



まとめ

- 相対歯形誤差、相対歯すじ誤差、相対ねじれ角誤差、相対圧力角誤差は騒音には影響しない
- 歯先深さ、歯元深さが大きくなると騒音も大きくなる傾向がみられた。
- 歯先深さと騒音の関係のグラフより、標準歯車対、クラウニング歯車対ともに同様の傾向を示すことから、クラウニングの有効性はないと考えられる。