

切削で製作した転位クラウニング 歯車による騒音低減効果の確認

千葉工業大学 機械工学科
4年 鴻巣正凱

実験歯車の設計

・ 転位クラウニング量

⇒ 成形歯車と同様

0mm、0.02mm、0.05mm、0.1mmの4種類で設定

表1 歯車の諸元

歯直角モジュール	0.8
歯数 [枚]	30
歯直角圧力角 [°]	20
基準円直径[mm]	25.54
ねじれ角[°]	20
歯幅[mm]	12

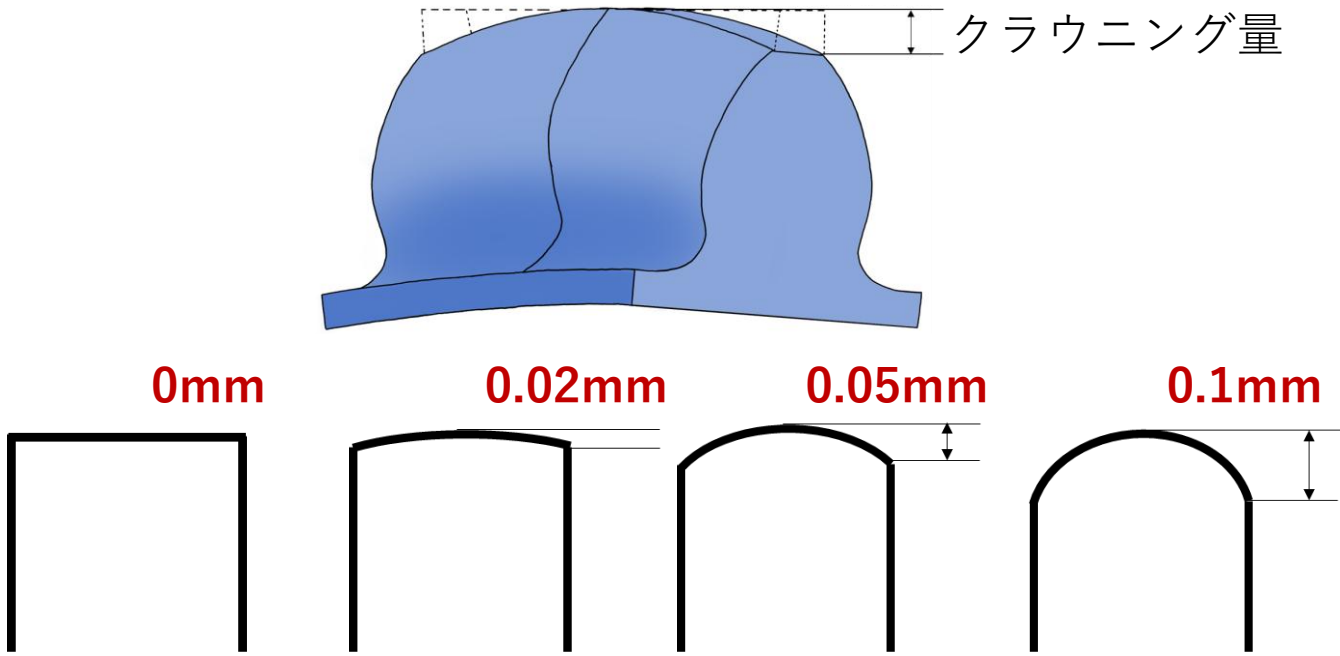


図1 転位クラウニング歯車のクラウニング量

実験歯車の設計

- ・ 歯車に与える誤差

JISの精度等級から誤差の大きさを設定

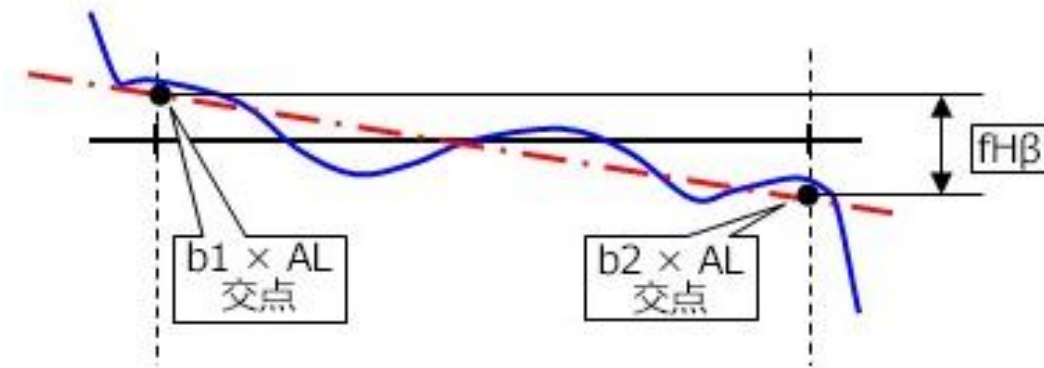
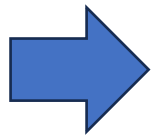


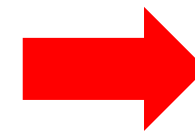
図2 歯すじ傾斜誤差

角度に換算

歯すじ傾斜誤差
$40 \mu\text{m}$



ねじれ角誤差
0.2°



$\pm 0.1^\circ$ と $\pm 0.2^\circ$

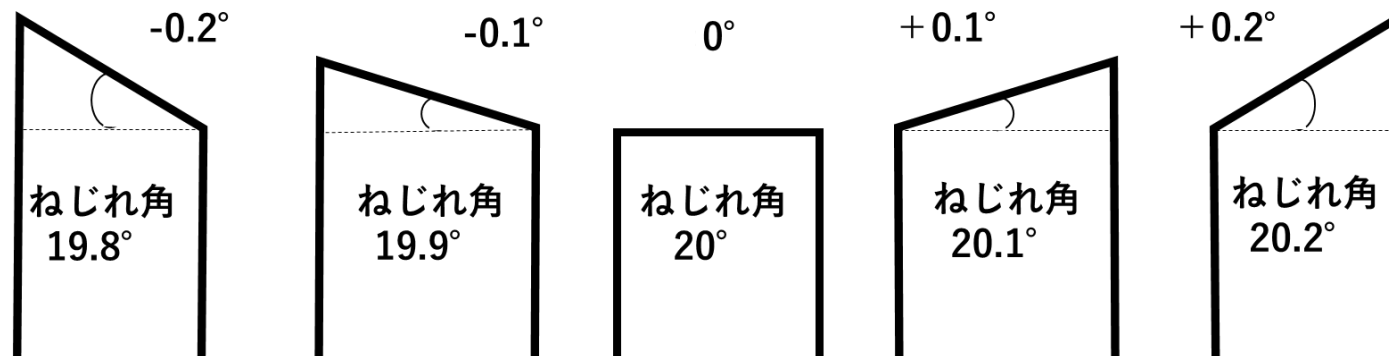


図3 設定したねじれ角のイメージ図

実験歯車の設計

駆動歯車はねじれ角を変えて5種類

被動歯車にクラウニング量を与えて4種類 → 20対の歯車対

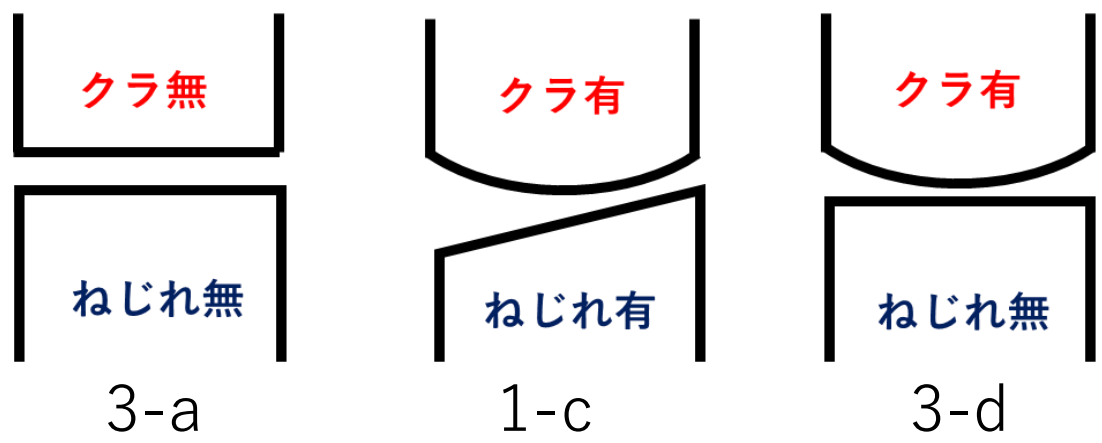


図4 歯車を組み合わせた時のイメージ図

表2 歯車対の組み合わせまとめ

			被動歯車			
			クラウニング量			
			a	b	c	d
駆動	ねじれ角		0mm	0.02mm	0.05mm	0.1mm
	1	20.2°	1-a	1-b	1-c	1-d
	2	20.1°	2-a	2-b	2-c	2-d
	3	20.0°	3-a	3-b	3-c	3-d
	4	19.9°	4-a	4-b	4-c	4-d
	5	19.8°	5-a	5-b	5-c	5-d

歯車のウェブ厚さについて

駆動側と被動側両方でウェブ厚さを変更し、

2mm、4mm、6mm、12mmの4種類を製作

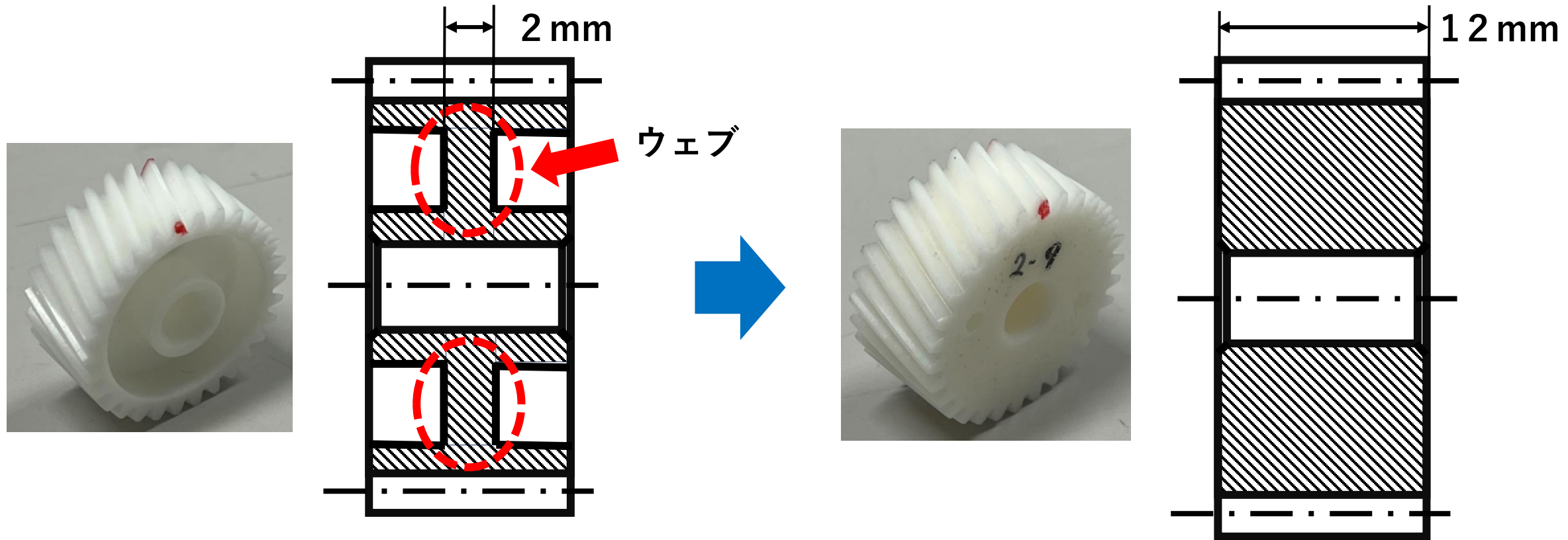


図5 歯車の断面図と実際の写真

実験装置

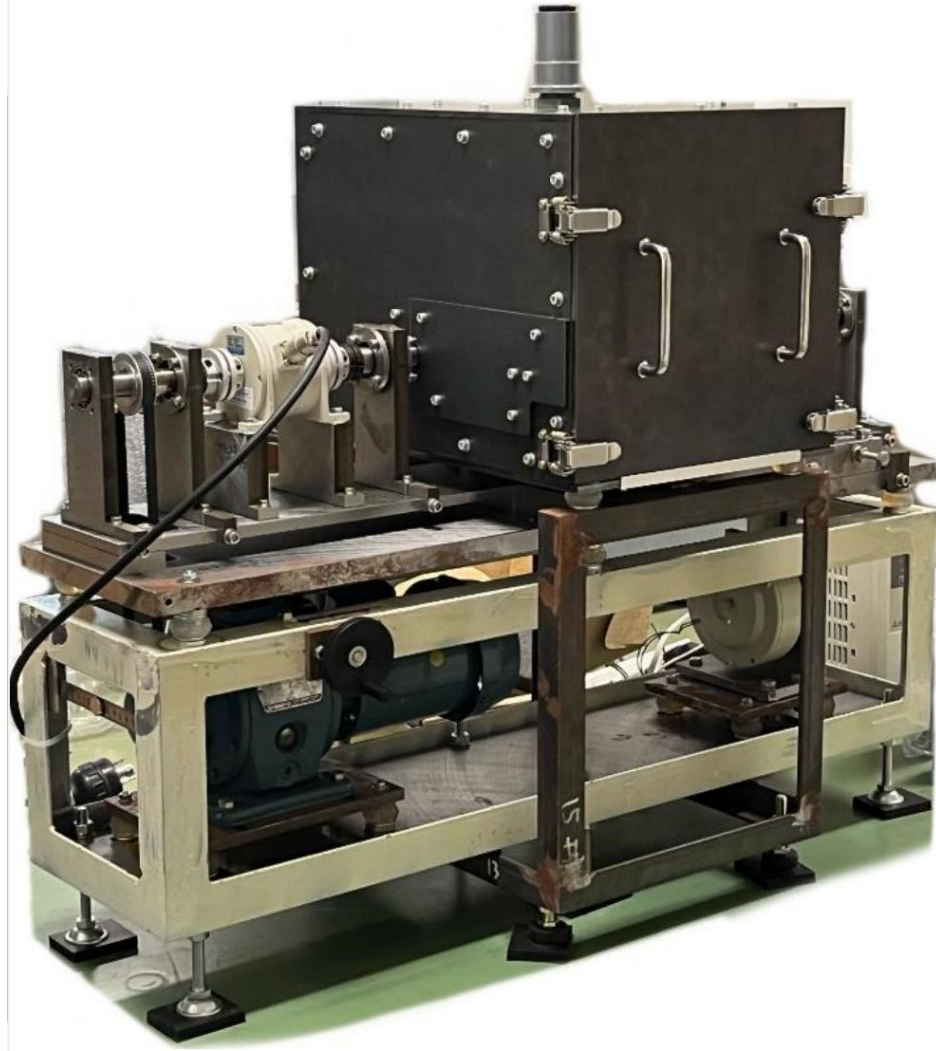


図6 実験装置の外観

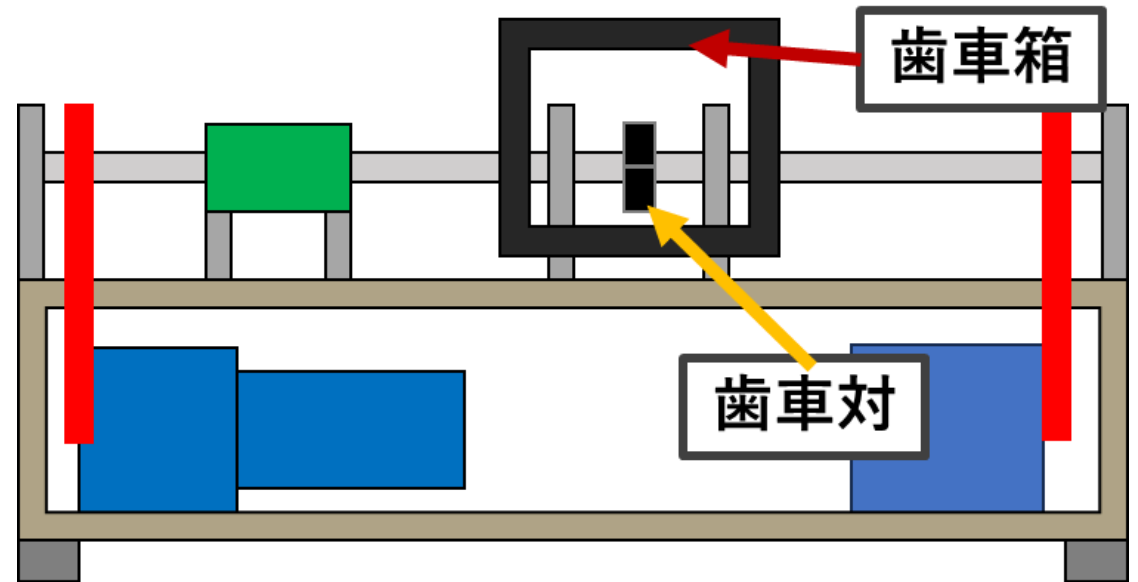


図7 装置の模式図

実験装置



精密騒音計 NL-42EX

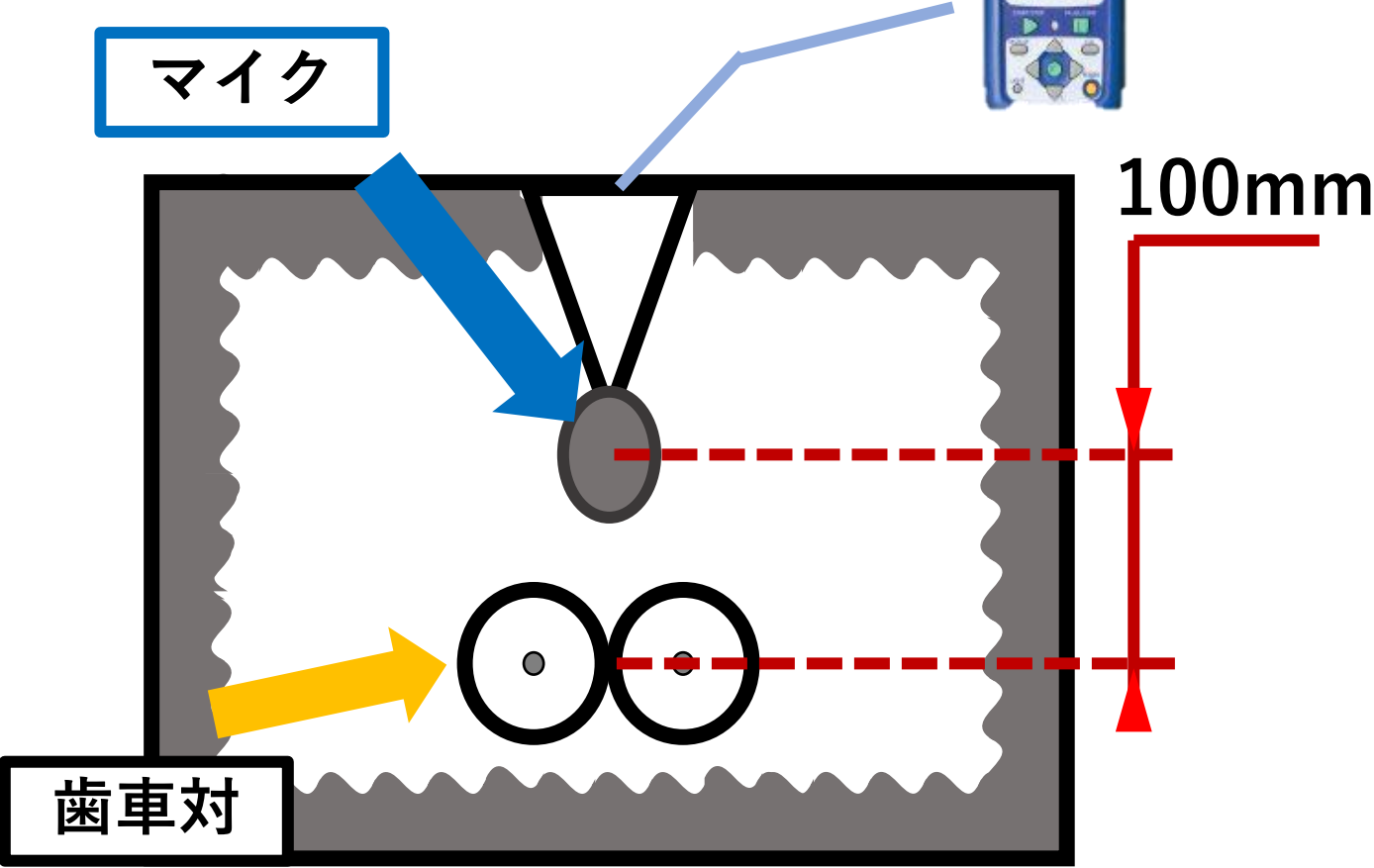


表3 実験条件

回転速度[rpm]	800
トルク[Nm]	0.3
中心距離[mm]	25.54
室温[°]	22 ～ 24
潤滑	無潤滑

図8 防音箱内部の模式図

製作した歯車の精度

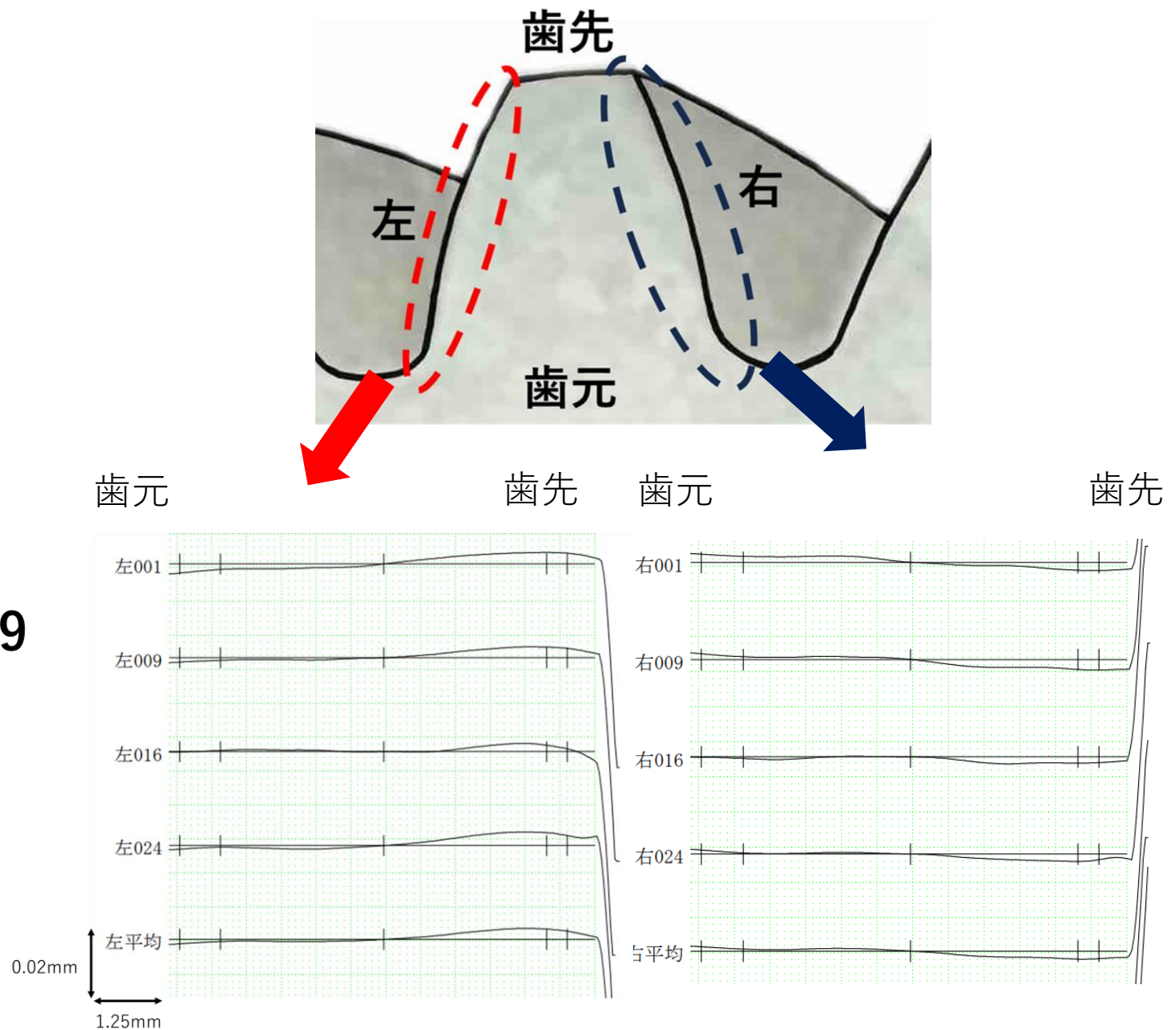
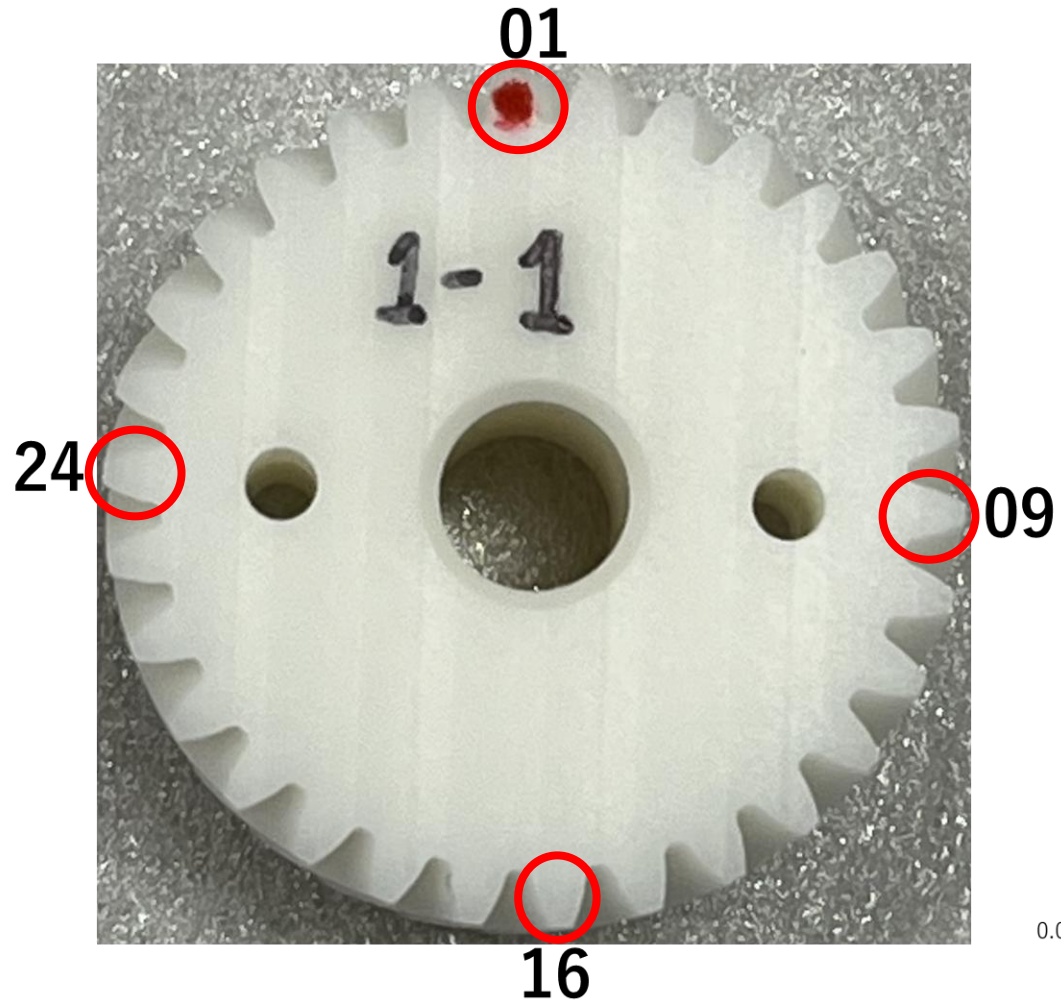


図9 測定した歯形線図の一例（歯車番号1-1）

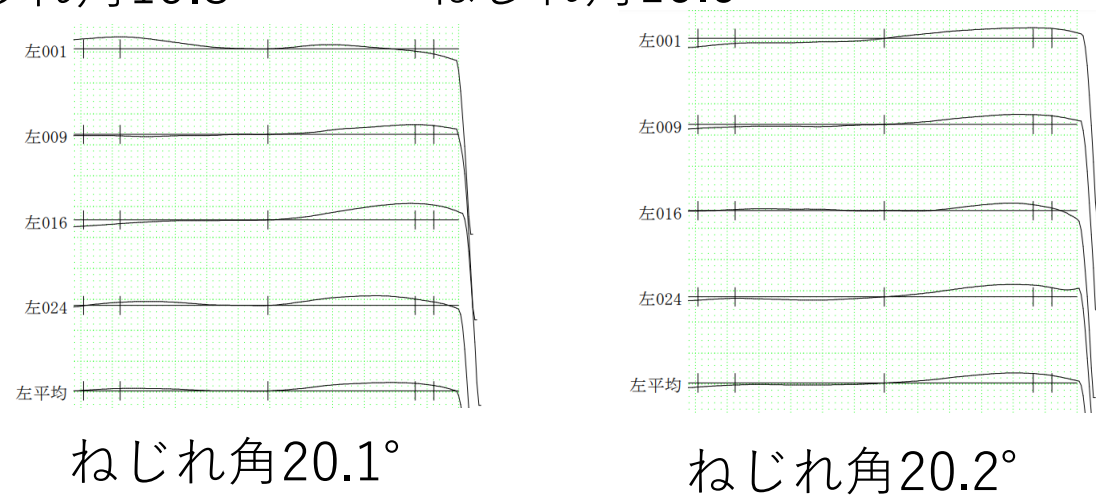
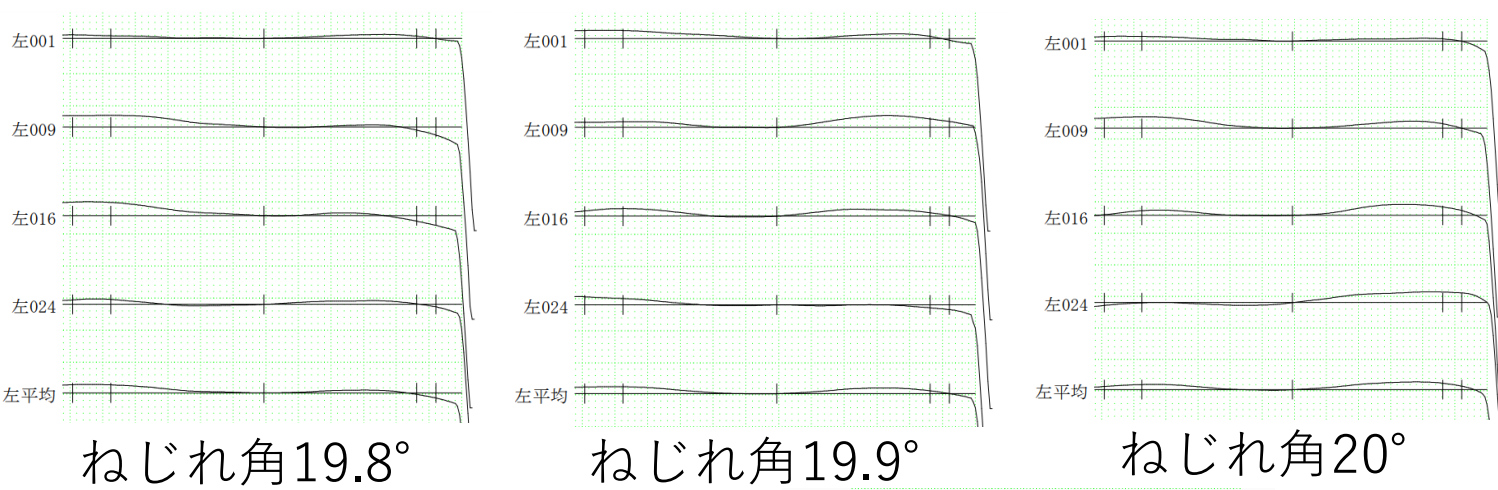


図10 ねじれ角ごとの歯形線図

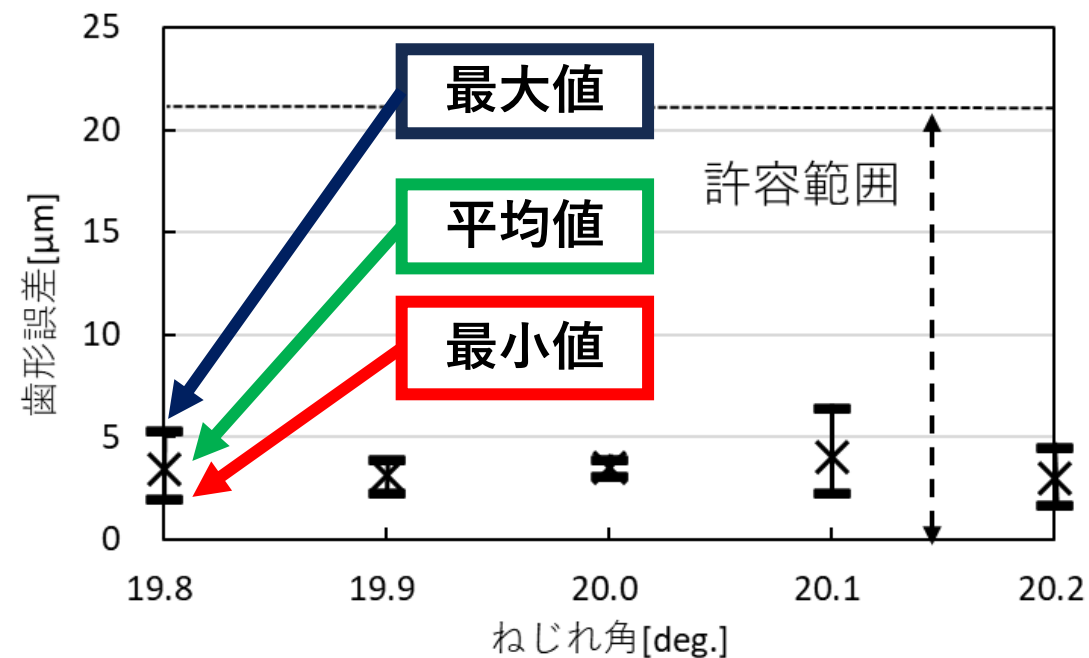


図11 ねじれ角ごとの歯形誤差

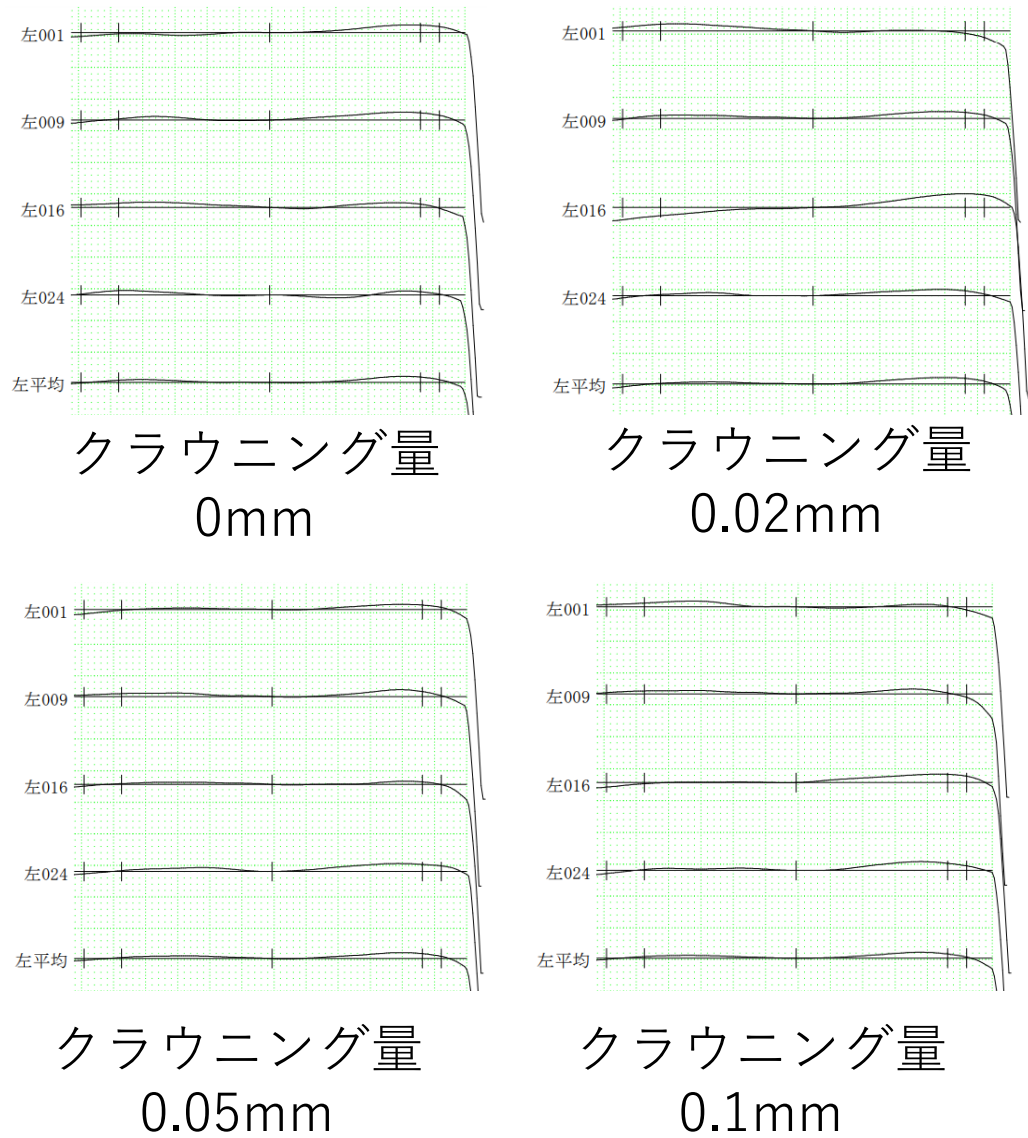


図12 クラウニング量ごとの歯形線図

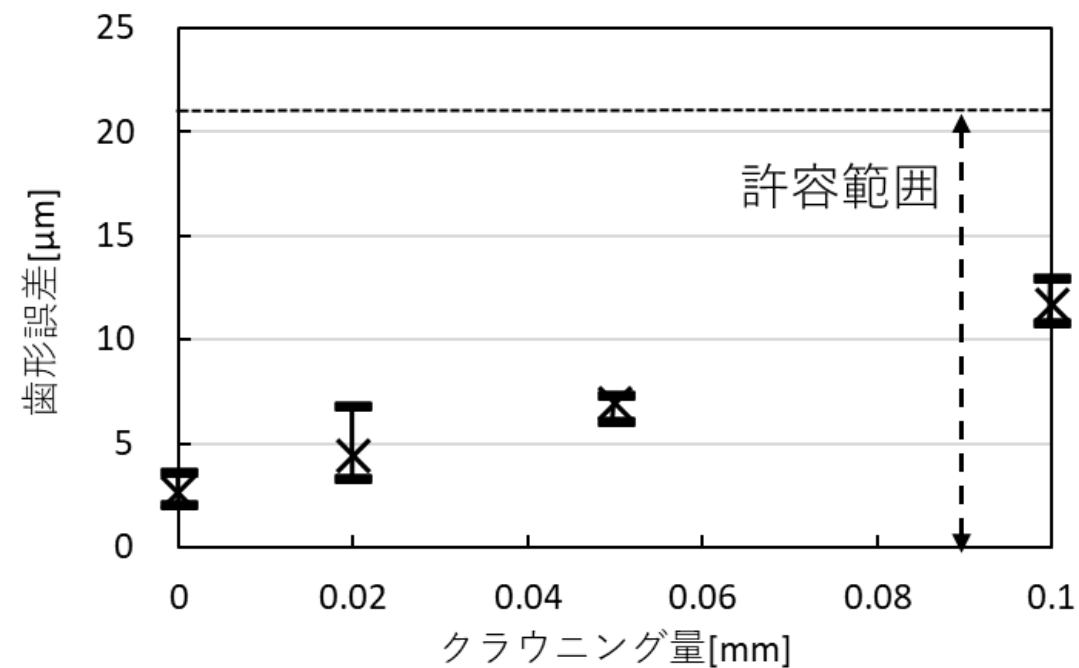
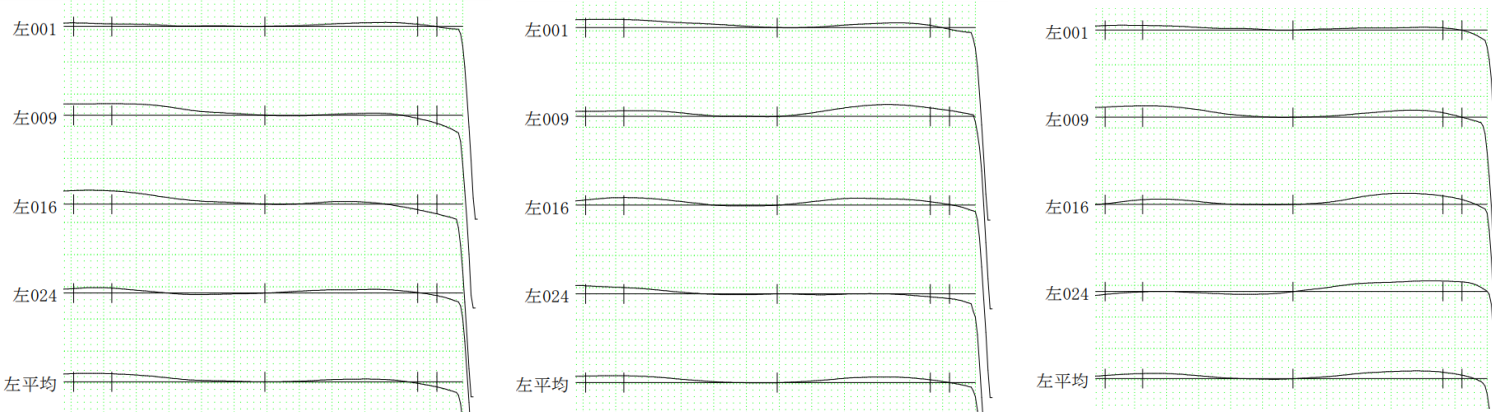


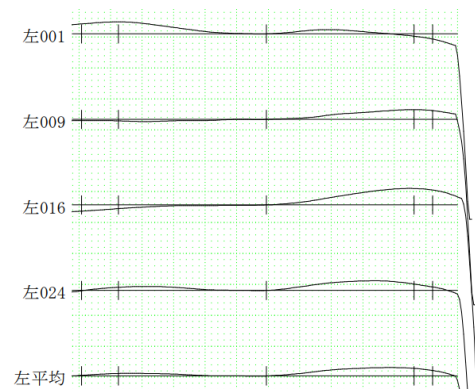
図13 クラウニング量ごとの歯形誤差



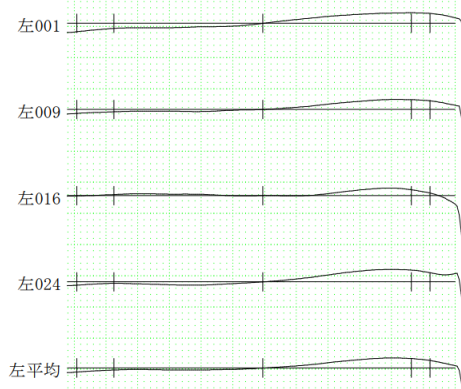
ねじれ角 19.8°

ねじれ角 19.9°

ねじれ角 20°



ねじれ角 20.1°



ねじれ角 20.2°

図10 ねじれ角ごとの歯形線図

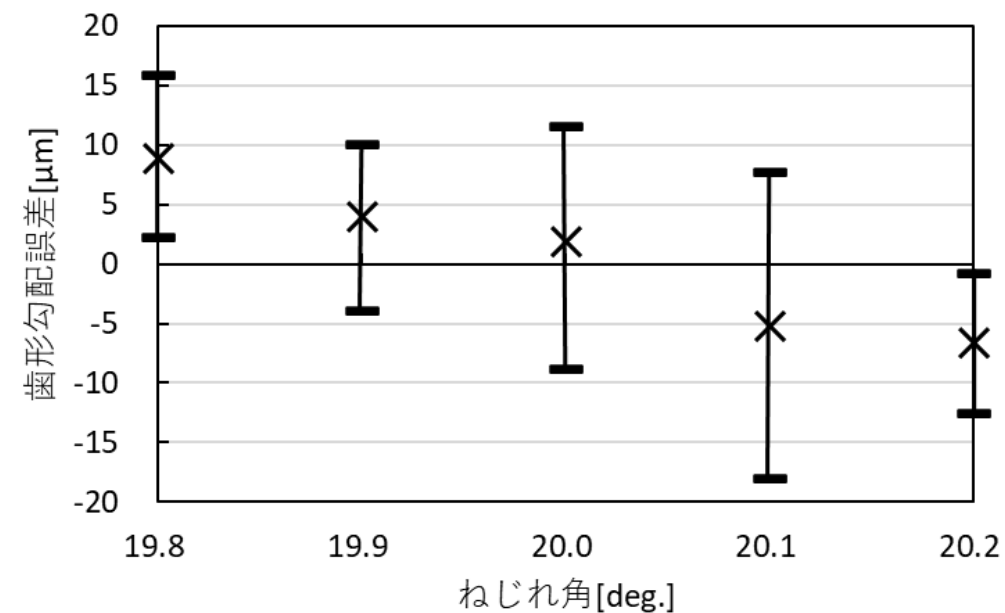


図14 ねじれ角ごとの歯形勾配誤差

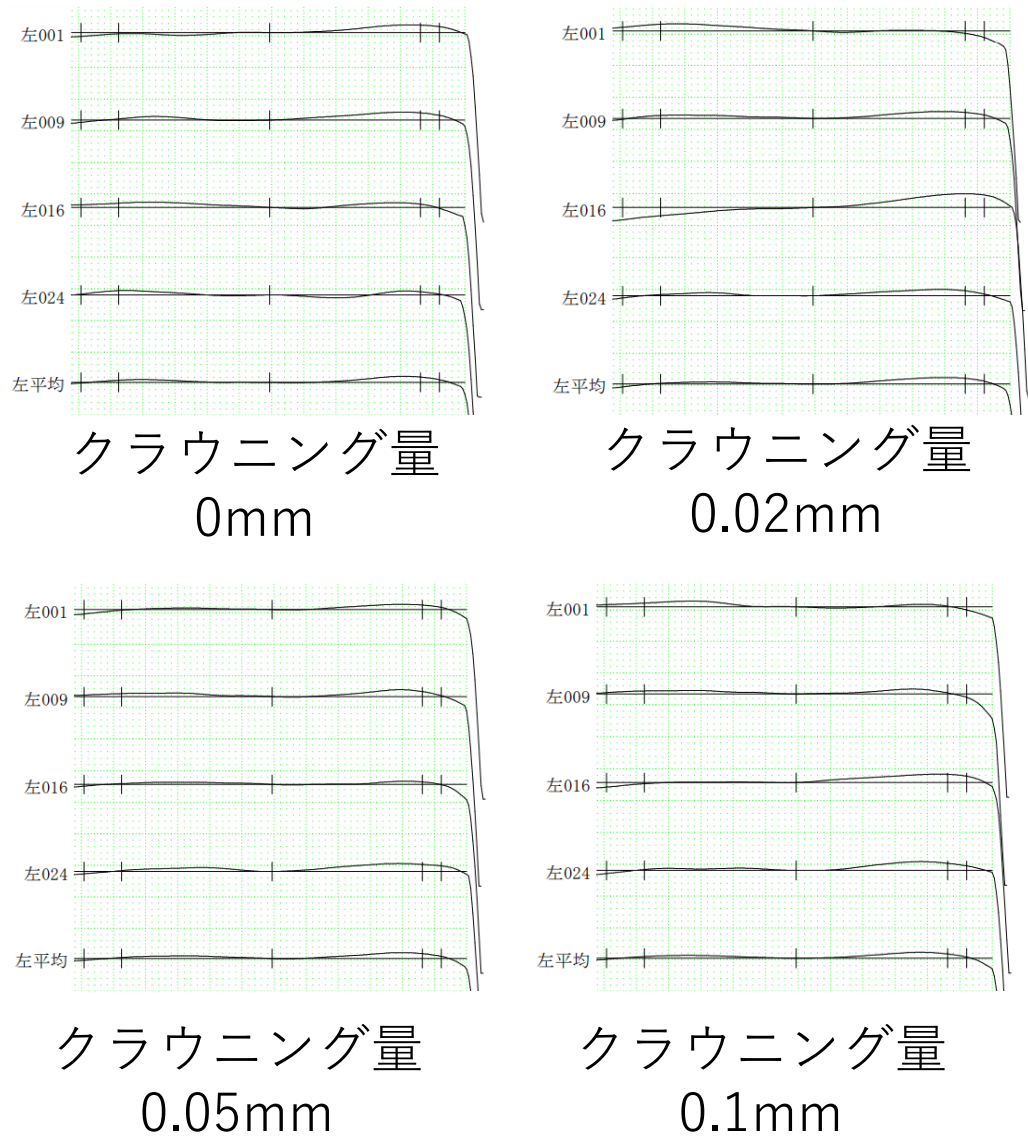


図12 クラウニング量ごとの歯形線図

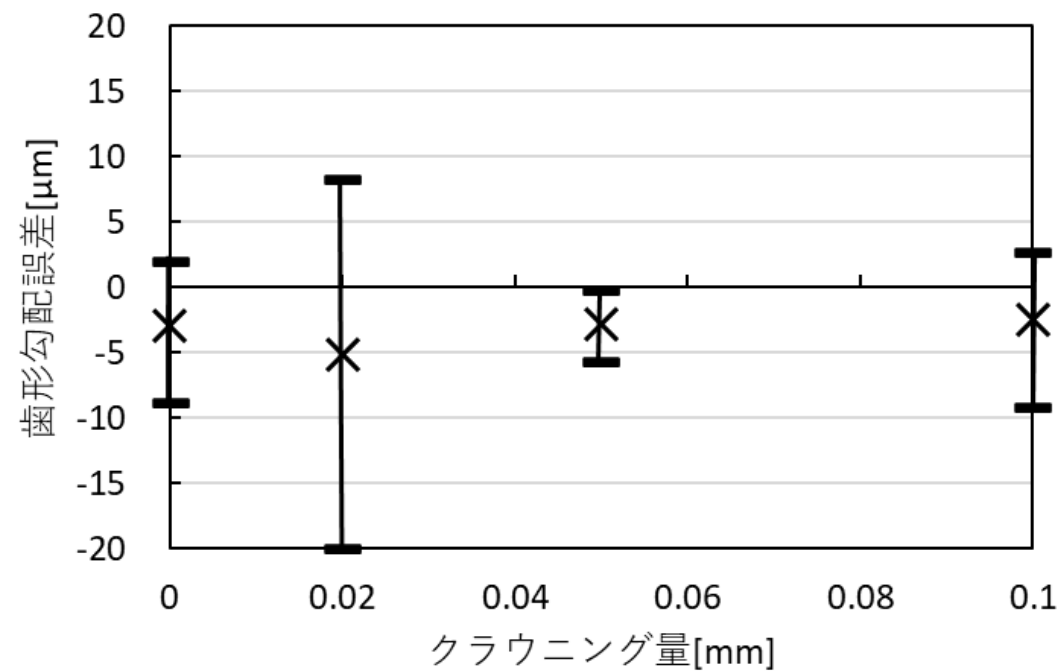


図15 クラウニング量ごとの歯形勾配誤差

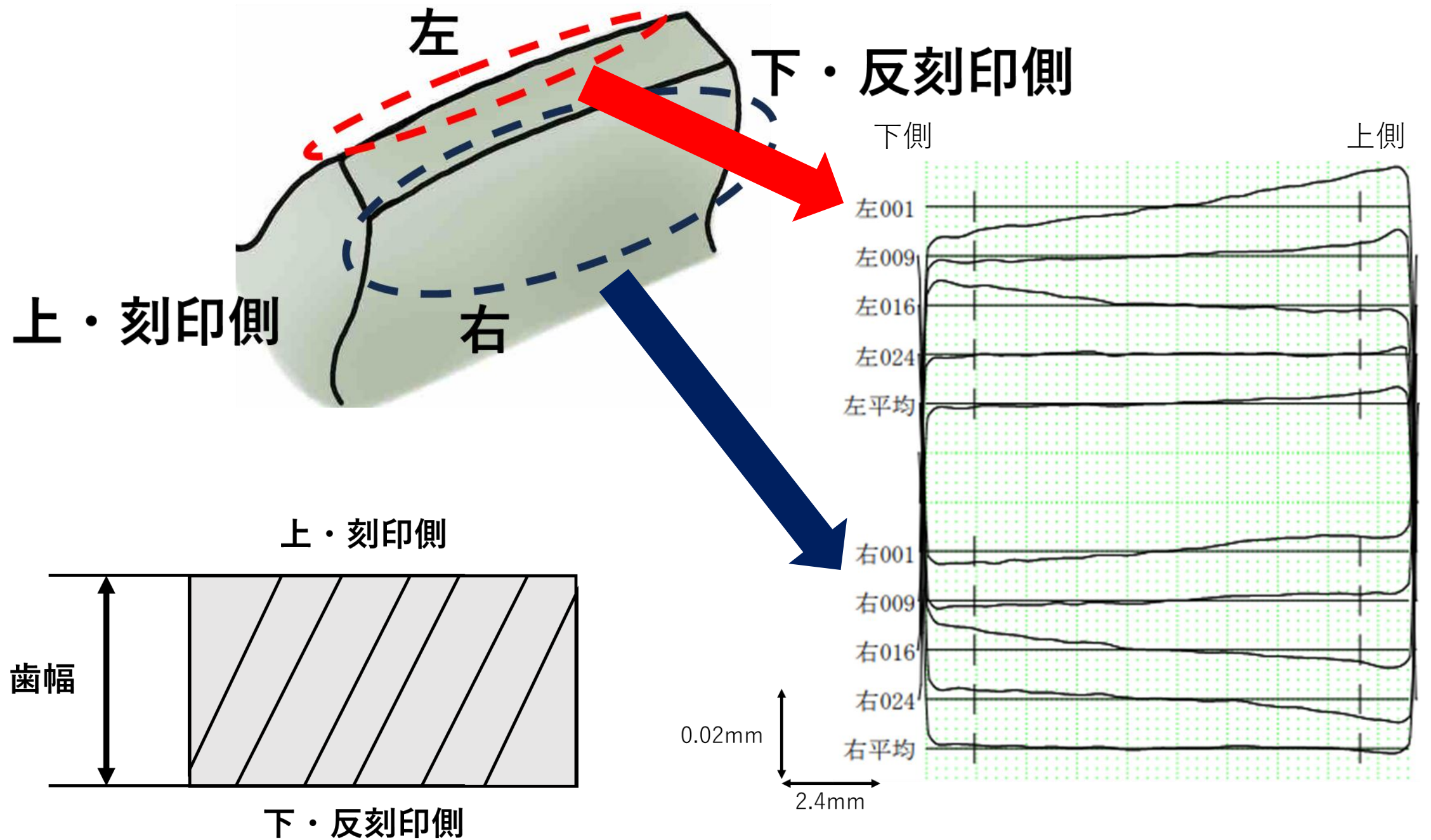
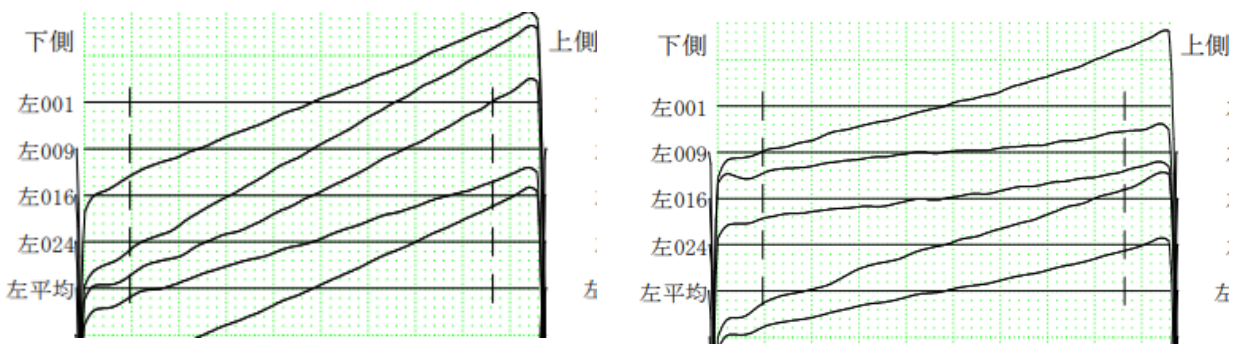
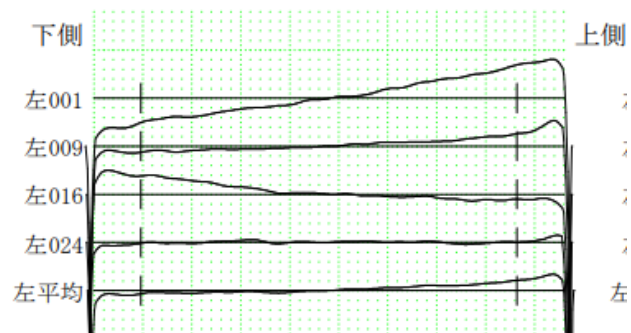


図16 測定した歯すじ線図の一例（歯車番号1-1）

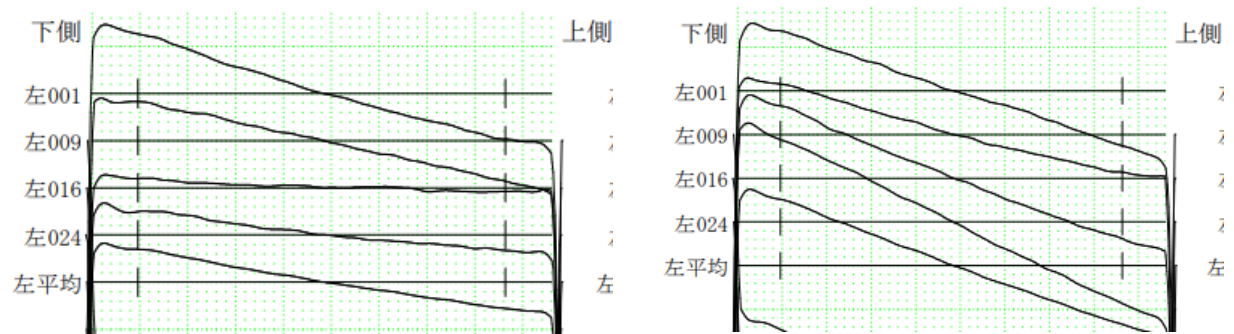


ねじれ角 20.2°

ねじれ角 20.1°



ねじれ角 20°



ねじれ角 19.9°

ねじれ角 19.8°

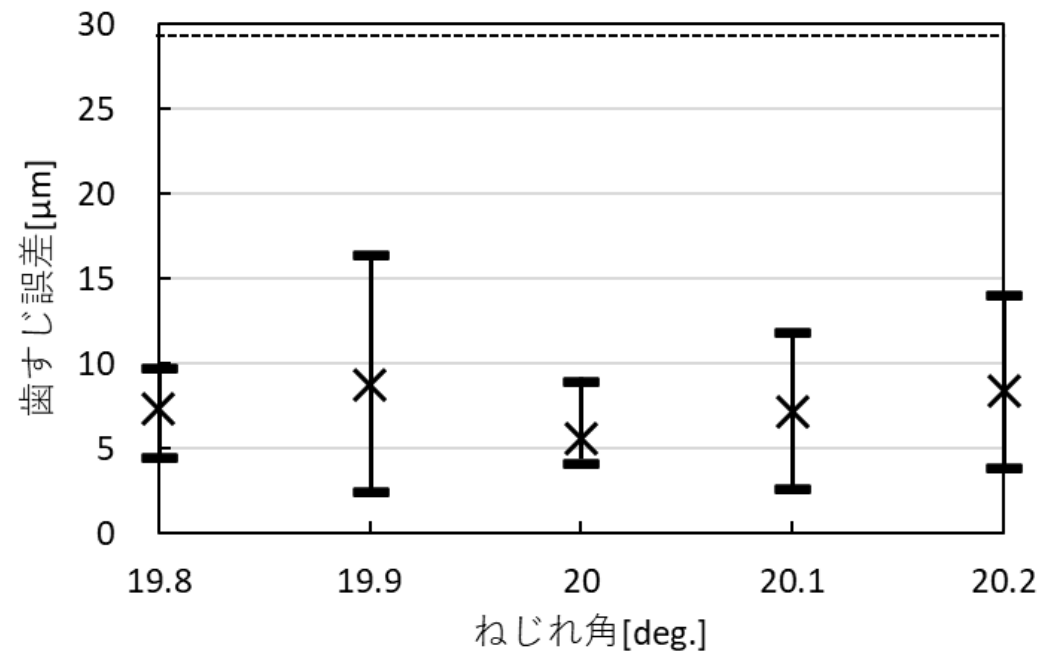
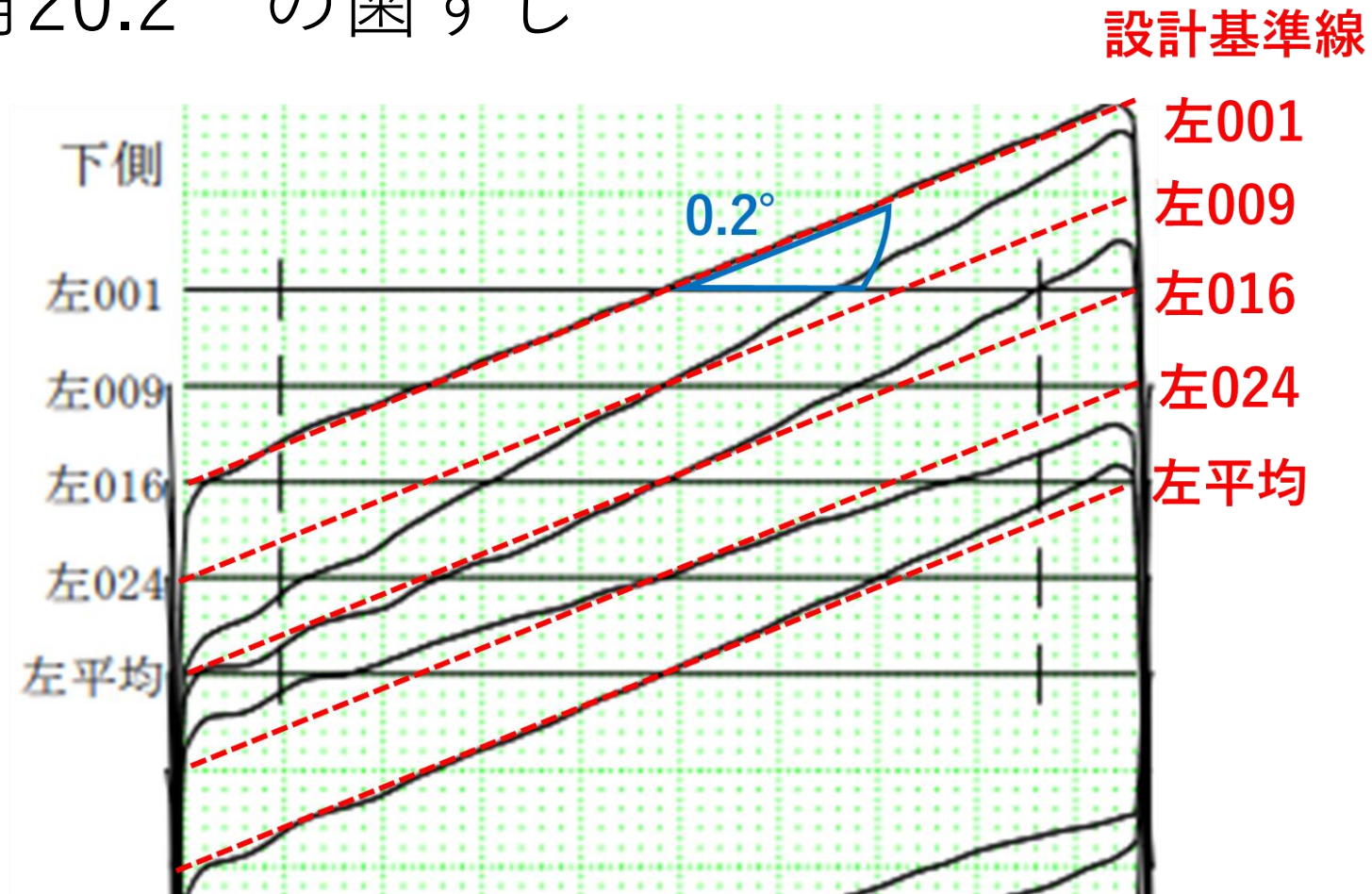


図18 ねじれ角ごとの歯すじ誤差

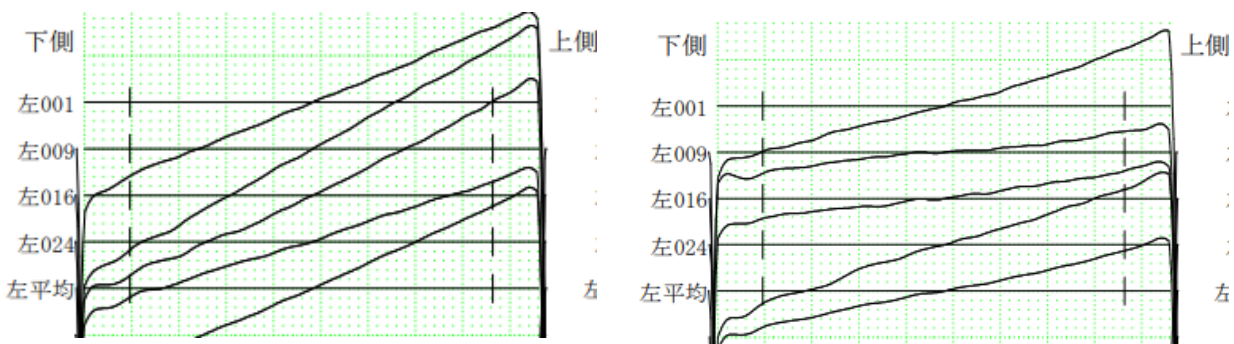
図17 ねじれ角ごとの歯すじ線図

基準を設計値に取った誤差の測定

例：ねじれ角 20.2° の歯すじ

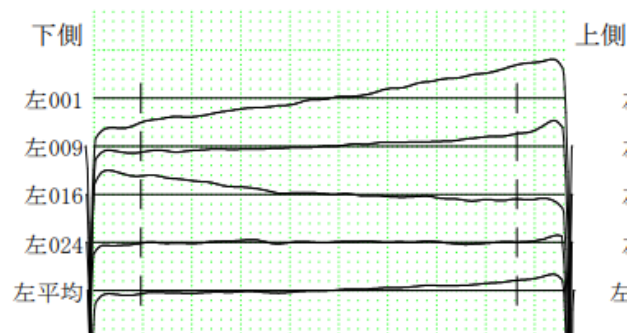


ねじれ角 20° の基準線から、
設計値分だけずらした基準線を挿入

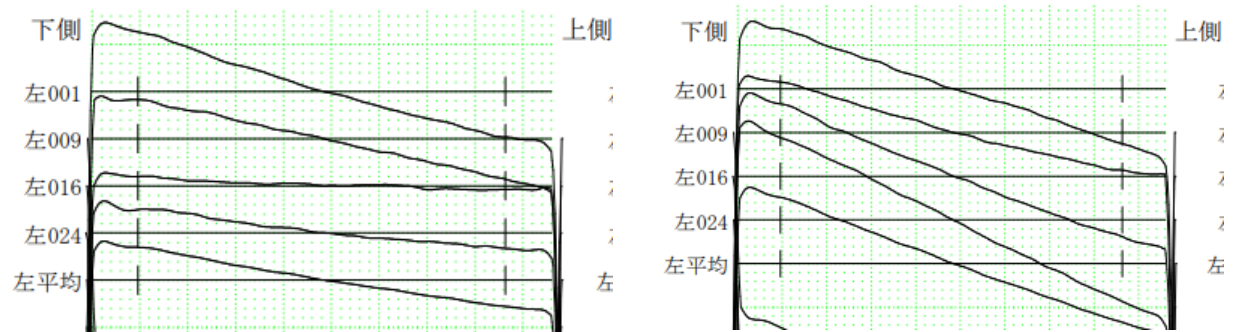


ねじれ角 20.2°

ねじれ角 20.1°



ねじれ角 20°



ねじれ角 19.9°

ねじれ角 19.8°

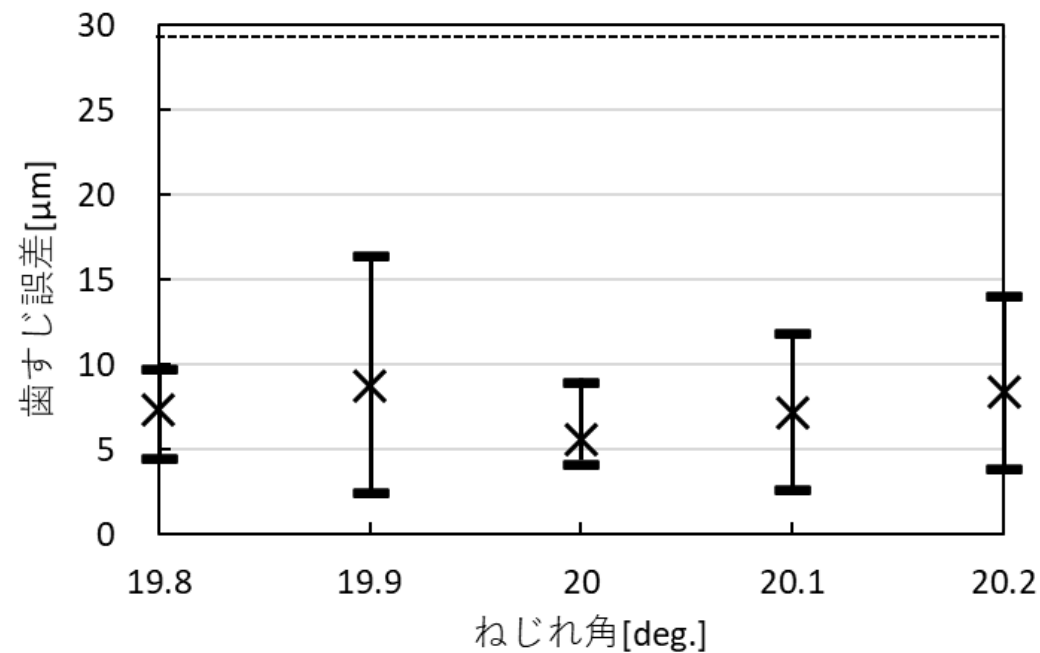


図18 ねじれ角ごとの歯すじ誤差

図17 ねじれ角ごとの歯すじ線図

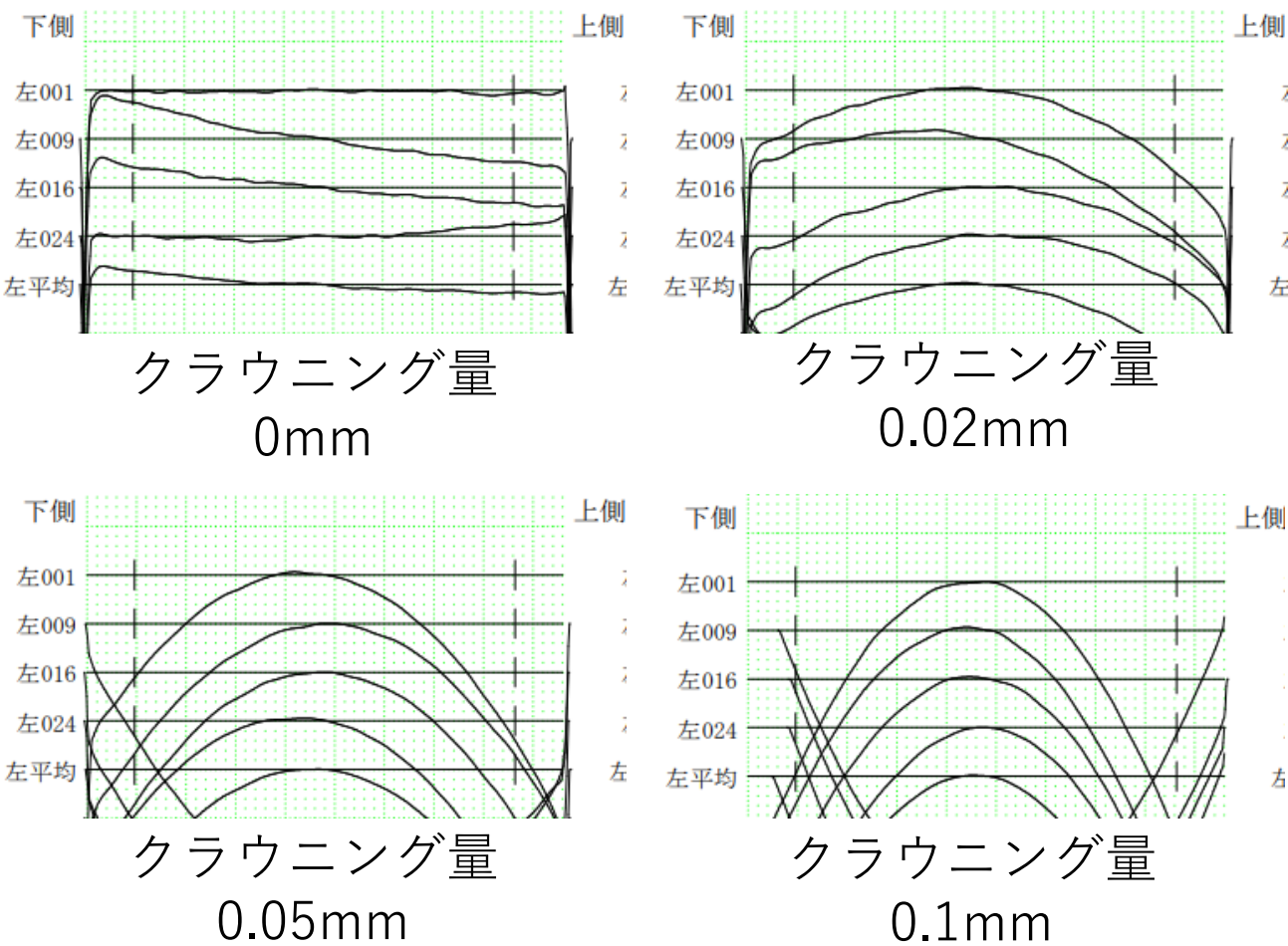


図18 クラウニング量ごとの歯すじ線図

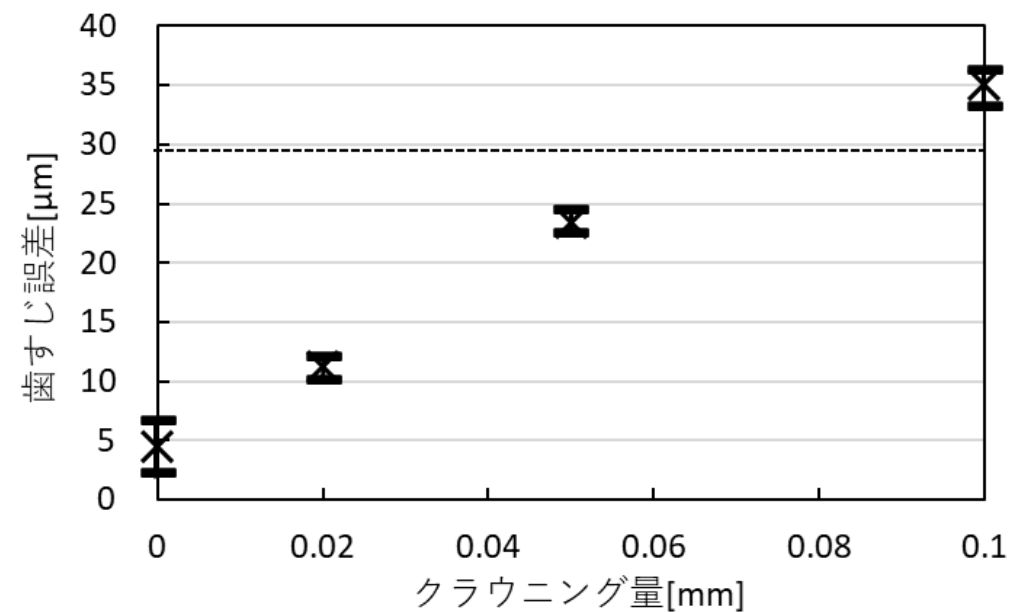
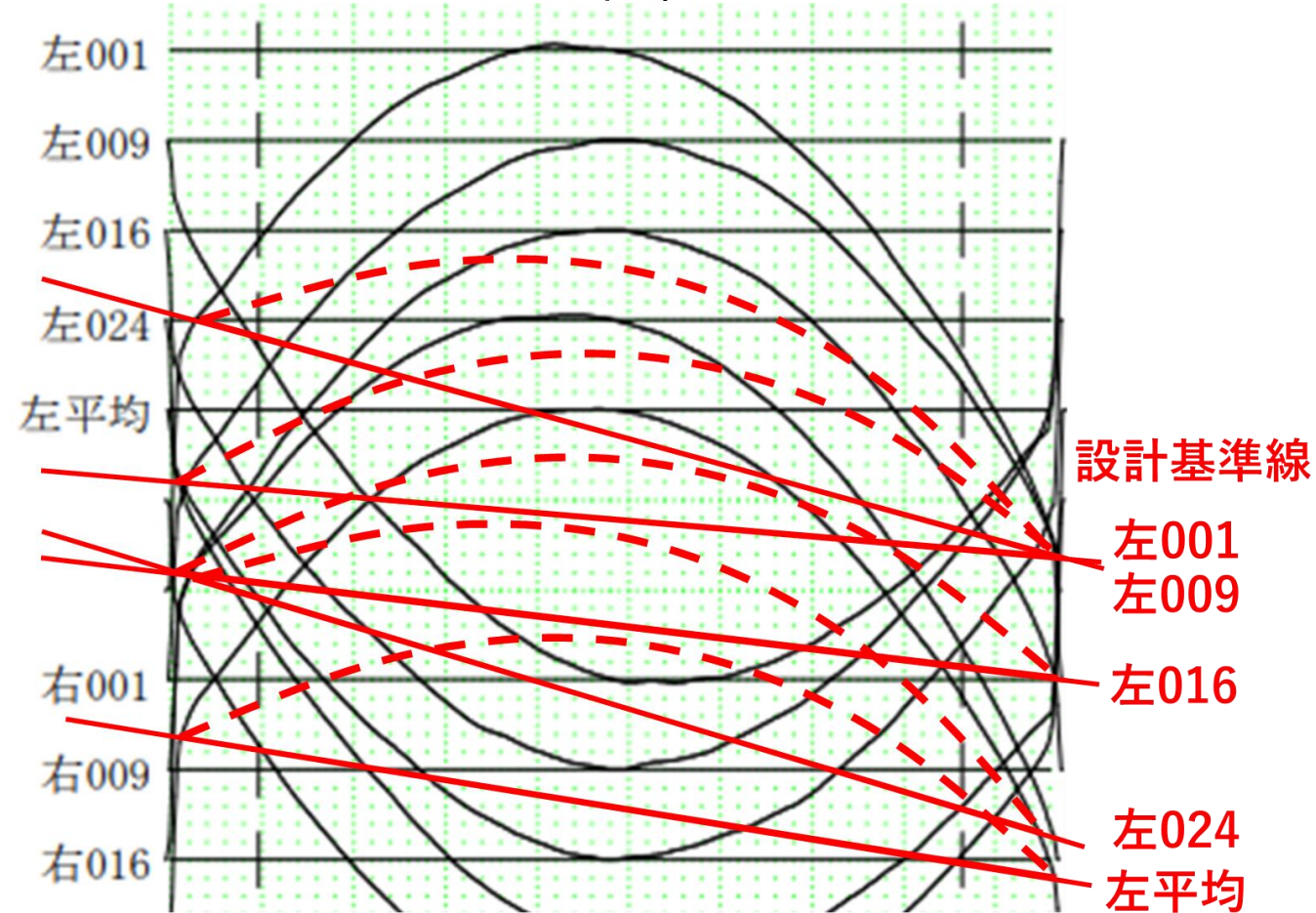


図19 クラウニング量ごとの歯すじ誤差

基準を設計値に取った誤差の測定

例：クラウニング量0.05mmの歯すじ



導出した歯厚から近似曲線を導出して、
設計歯すじ線図を求めた

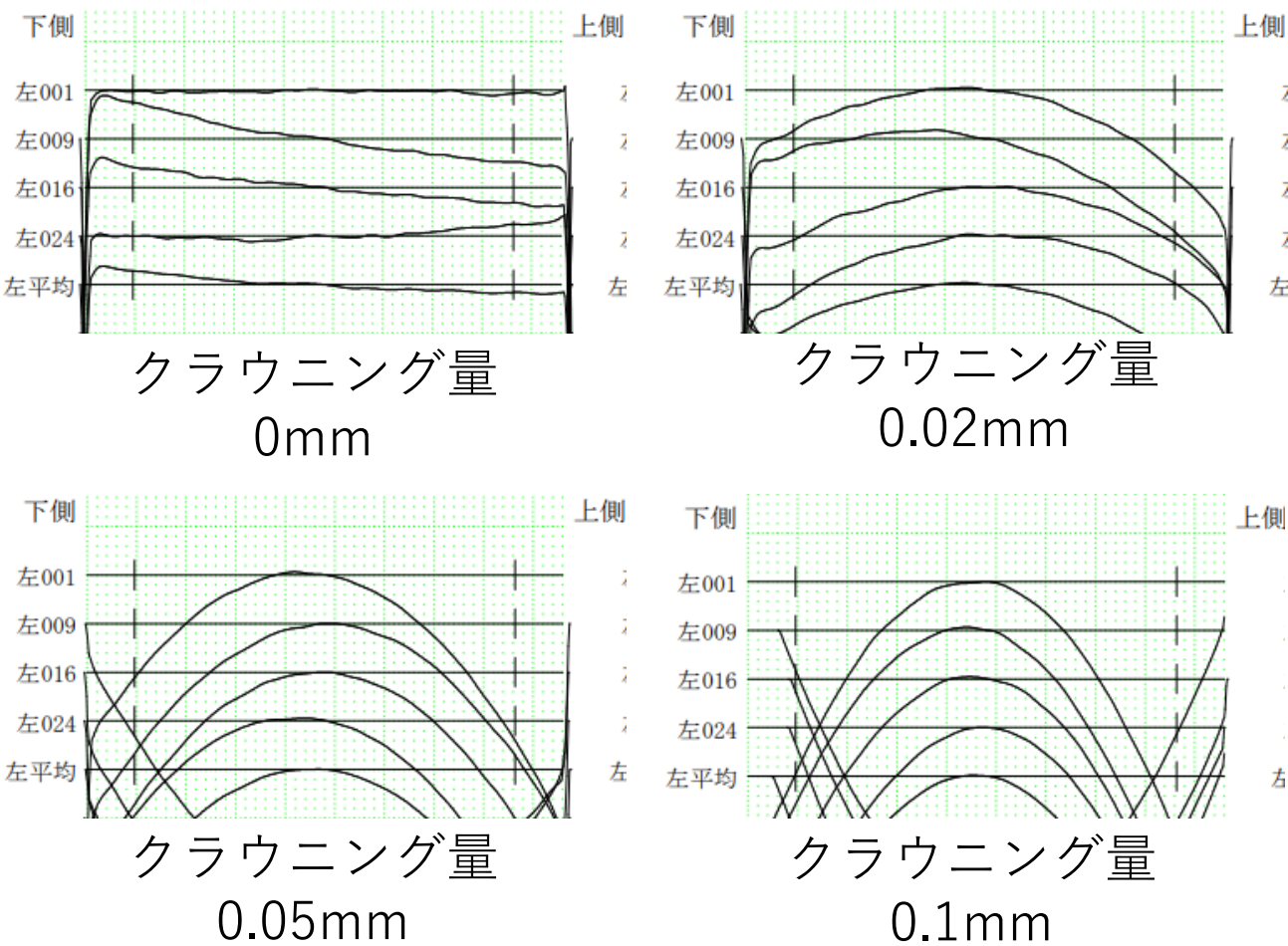


図18 クラウニング量ごとの歯すじ線図

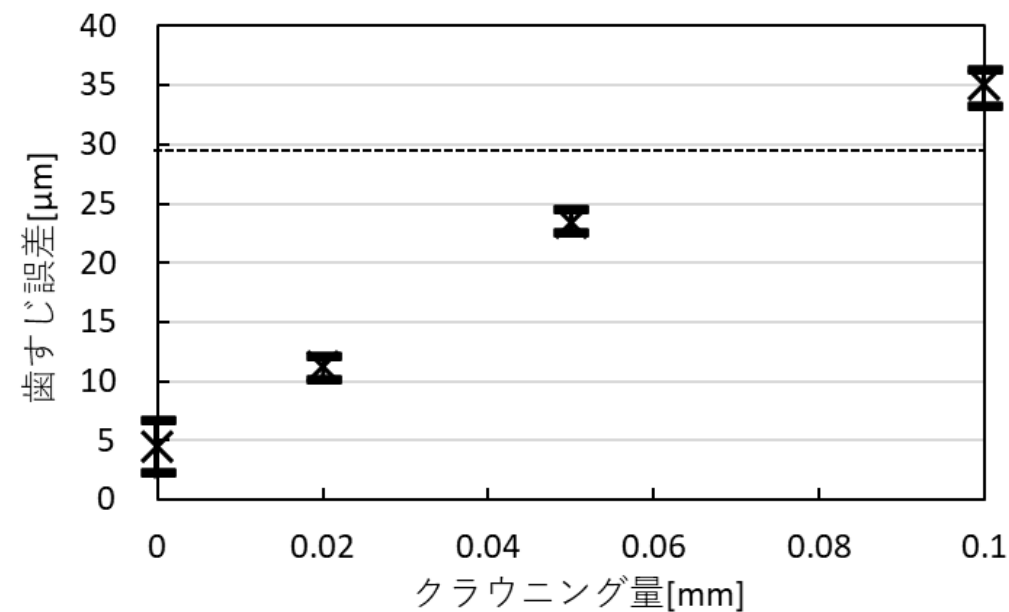
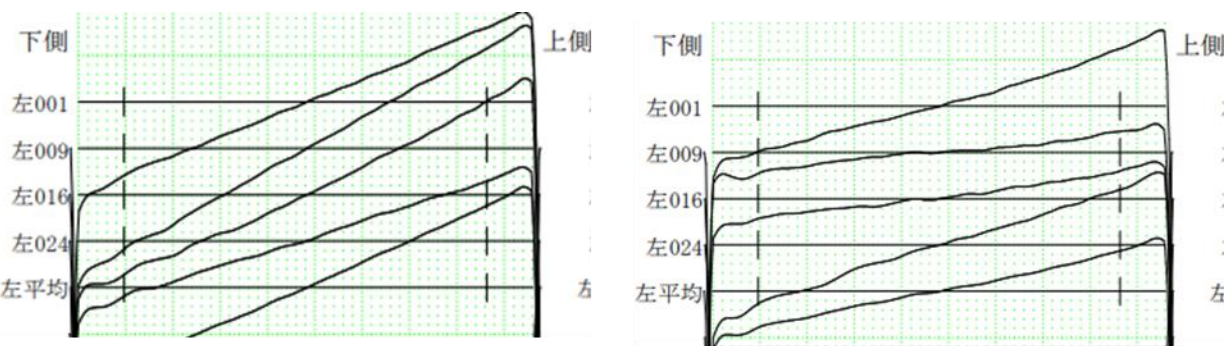
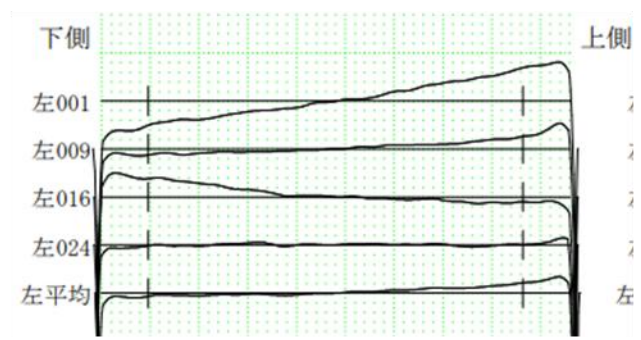


図19 クラウニング量ごとの歯すじ誤差

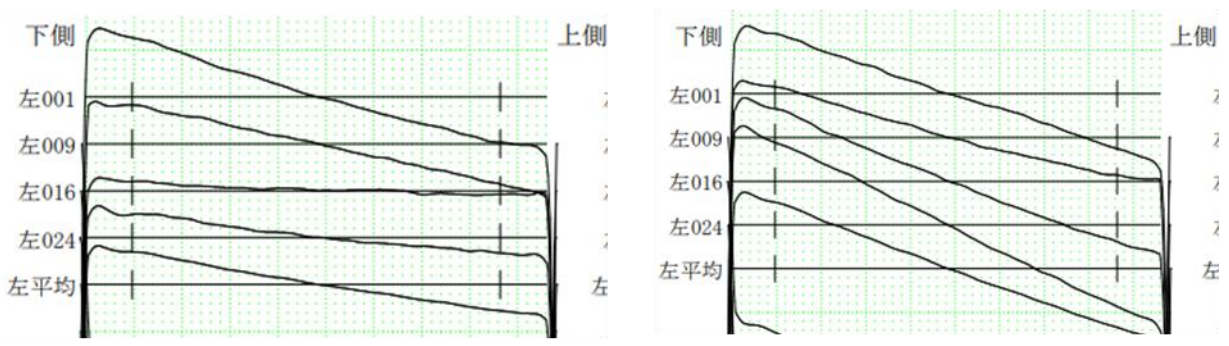
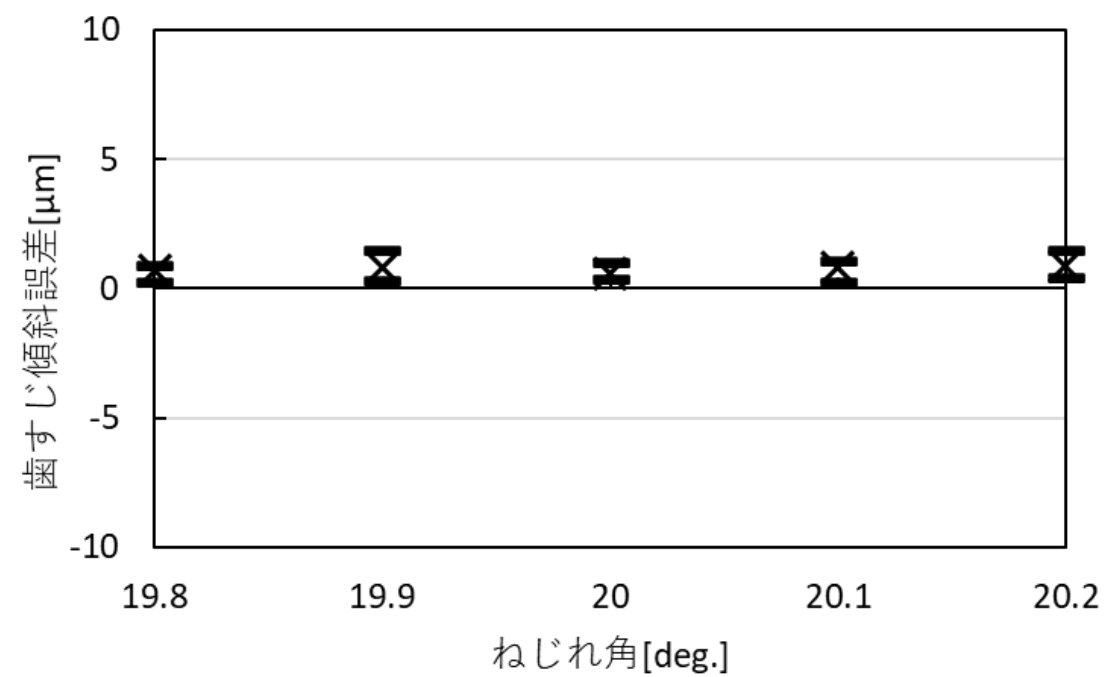


ねじれ角20.2°

ねじれ角20.1°



ねじれ角20°



ねじれ角19.9°

ねじれ角19.8°

図17 ねじれ角ごとの歯すじ線図

図17 ねじれ角ごとの歯すじ傾斜誤差

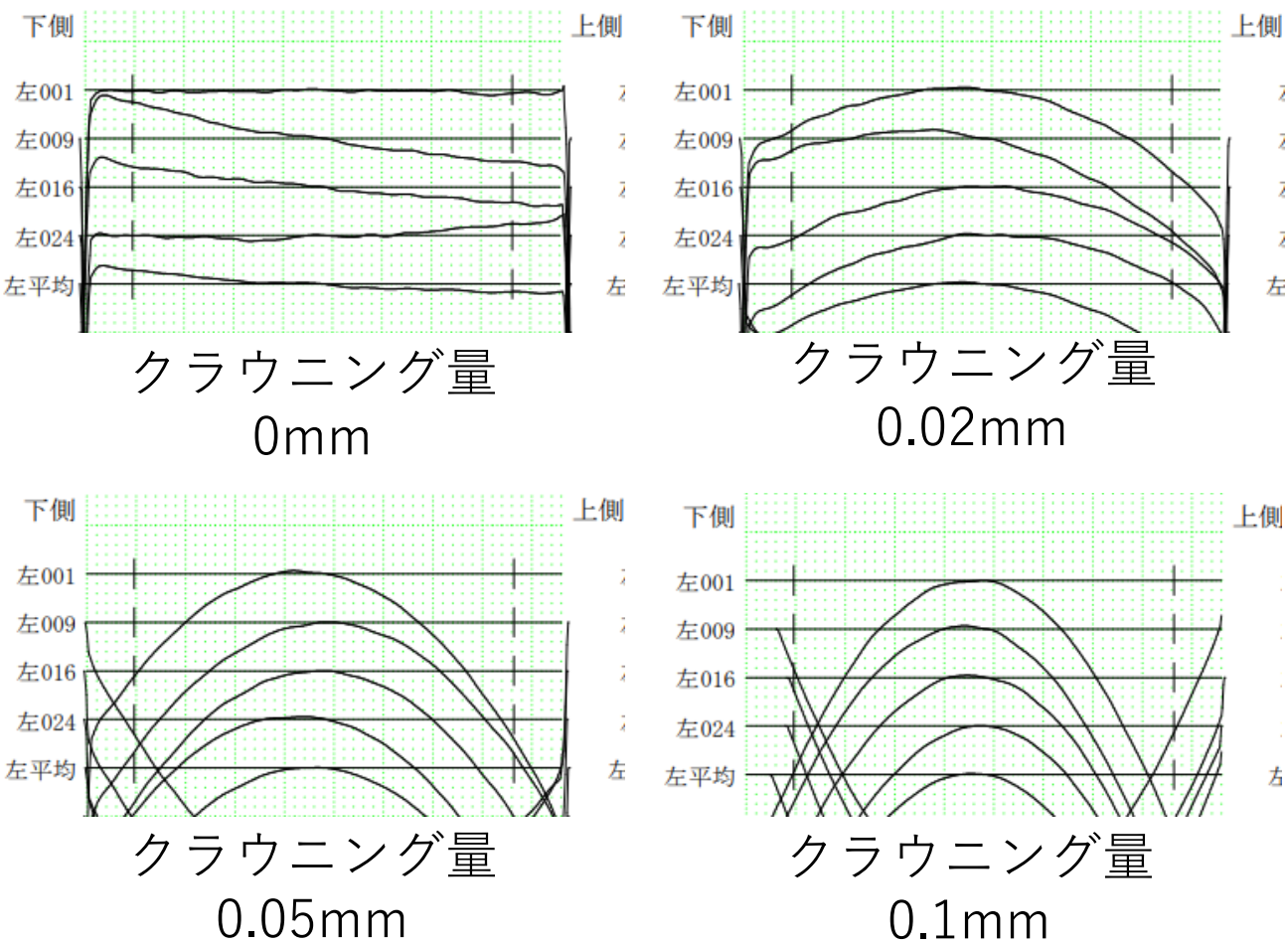


図18 クラウニング量ごとの歯すじ線図

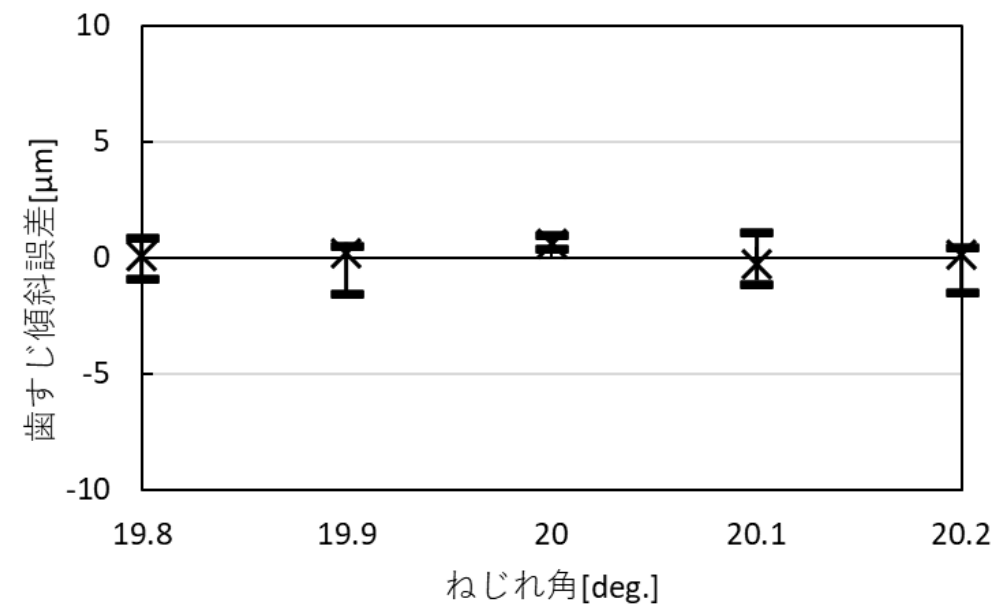
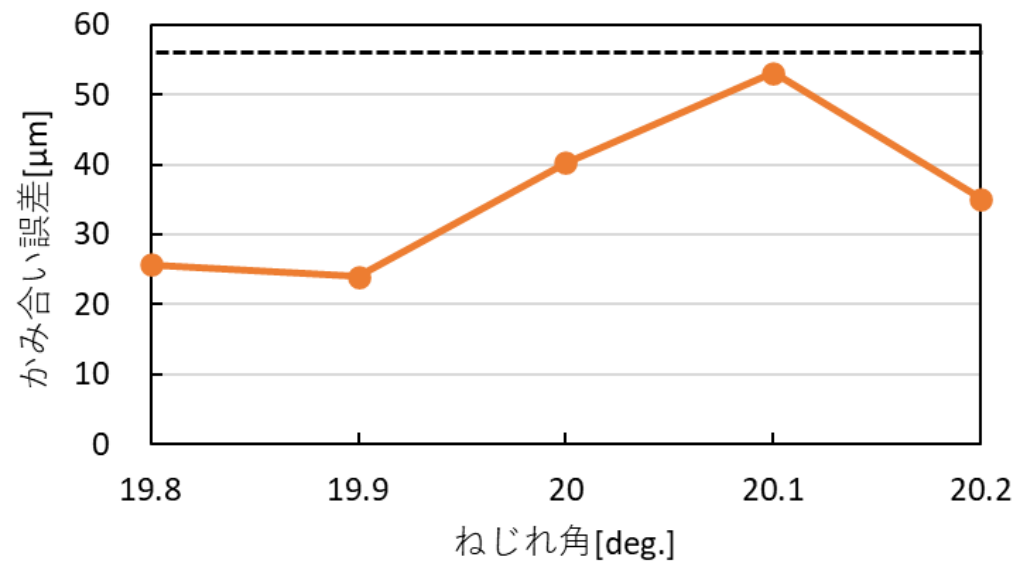
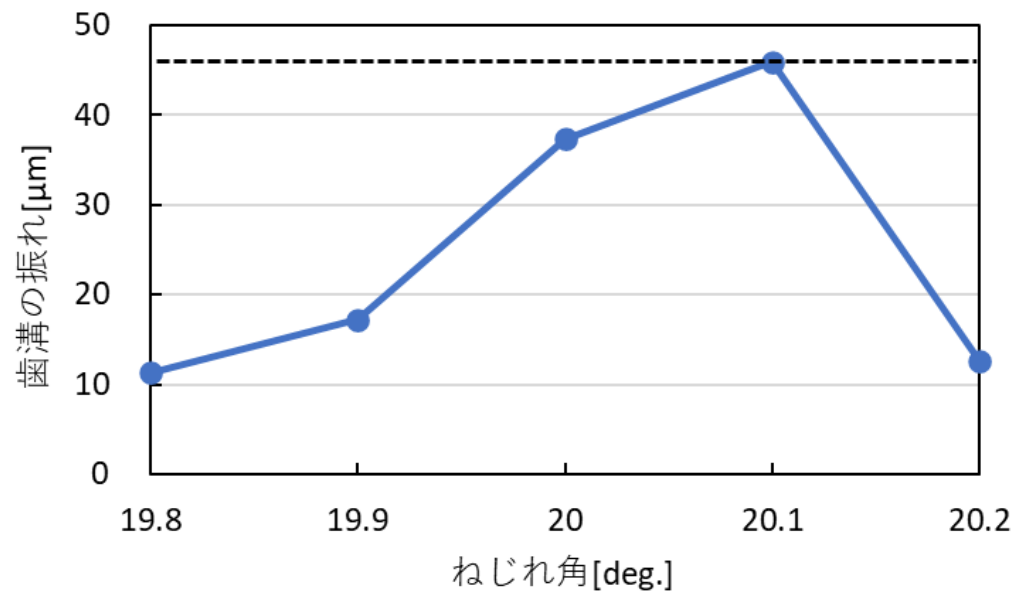


図19 クラウニング量ごとの歯すじ傾斜誤差

駆動側



被動側

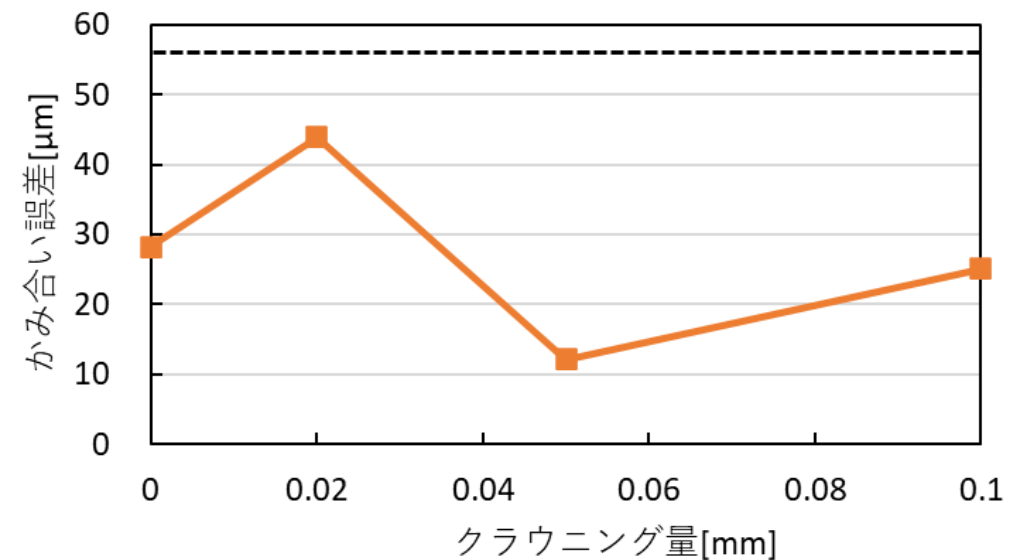
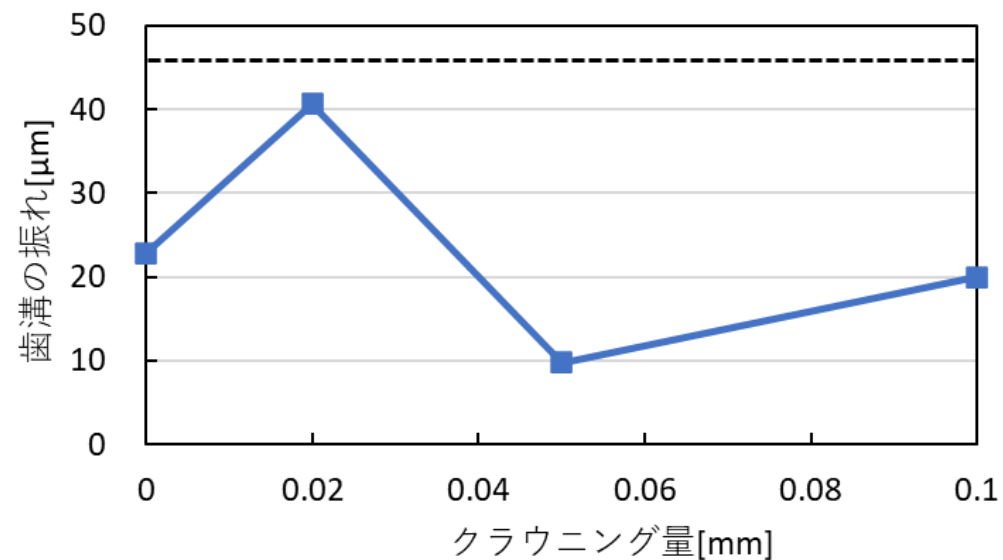


図20 歯溝の振れとかみ合い誤差のまとめ

騒音実験の結果

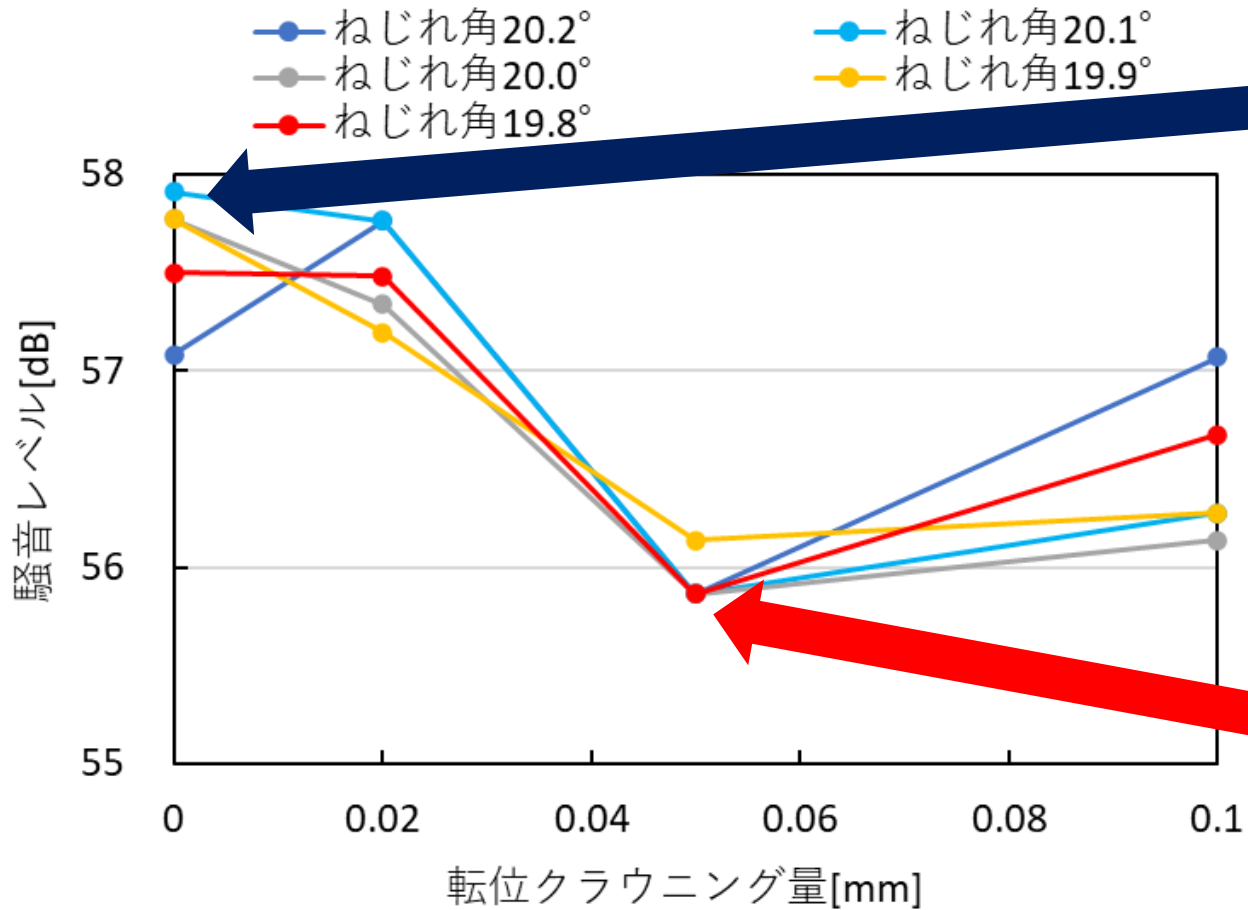
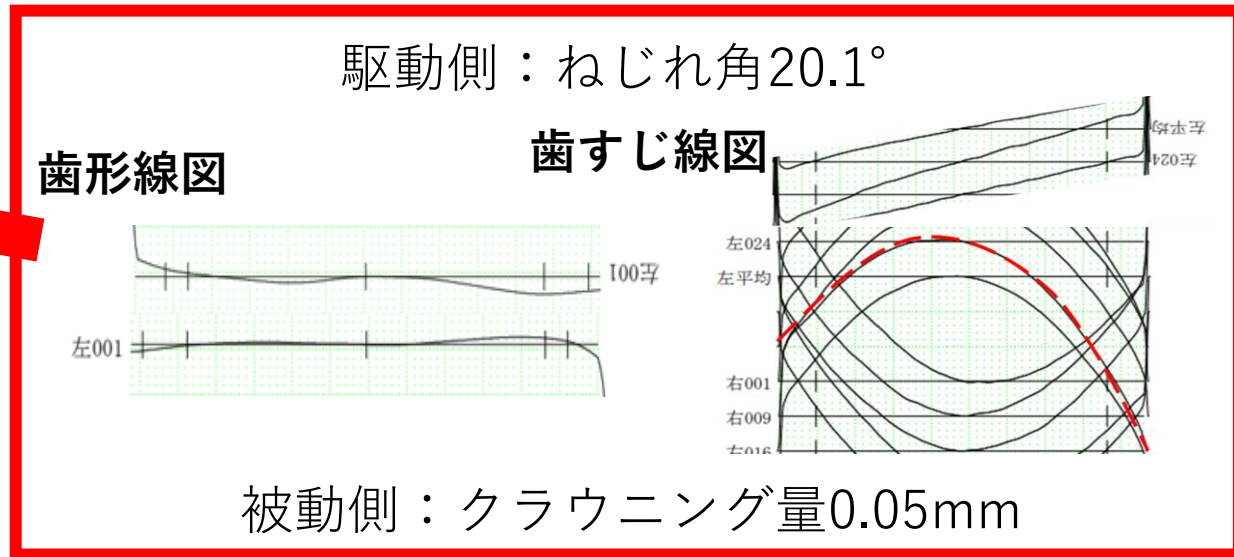
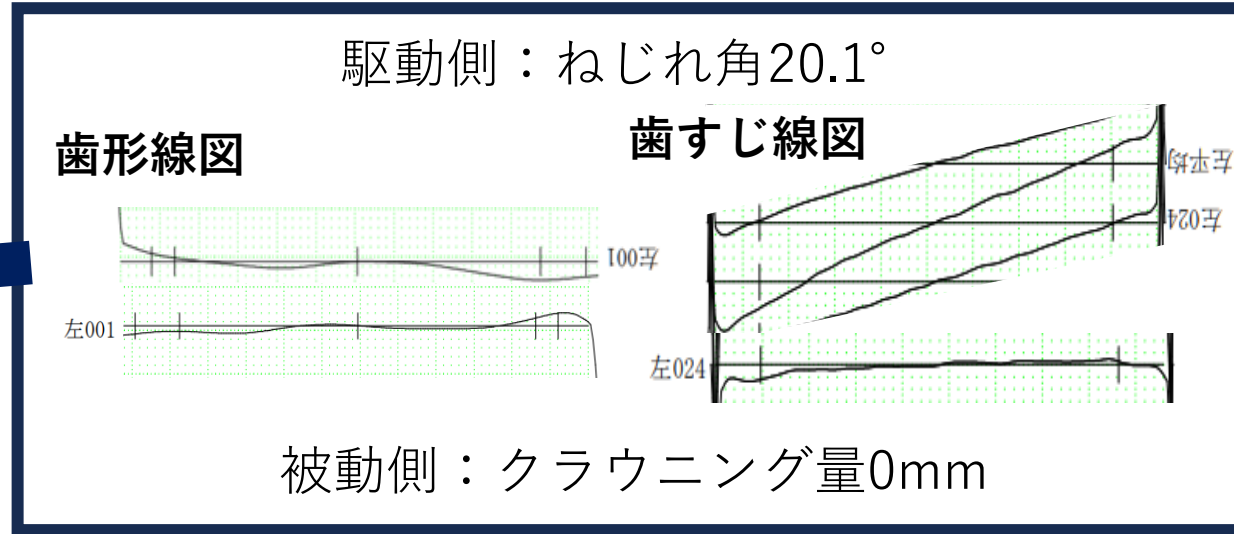


図21 クラウニング量と騒音レベルの関係



クラウニングによる騒音レベルの変化が見られた

→ クラウニング量0.05mmで一番騒音レベルが小さくなった

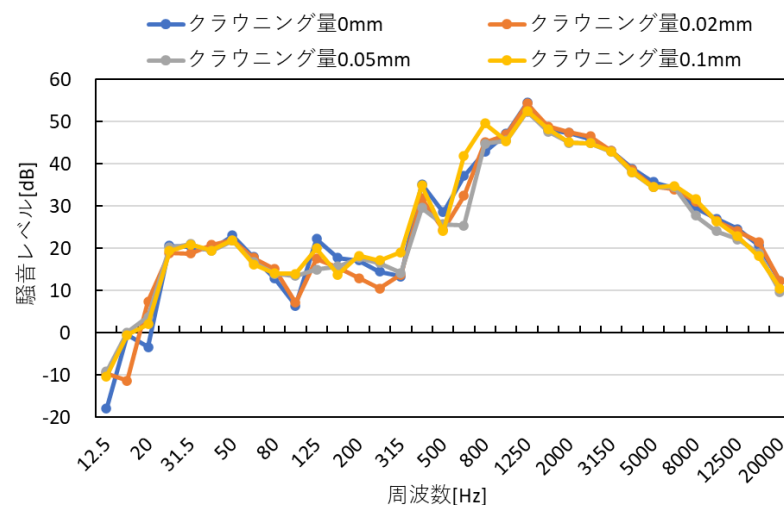
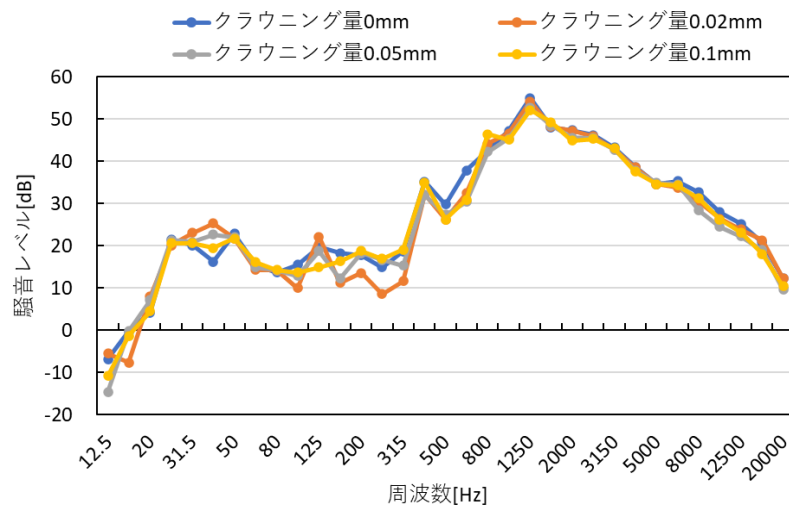
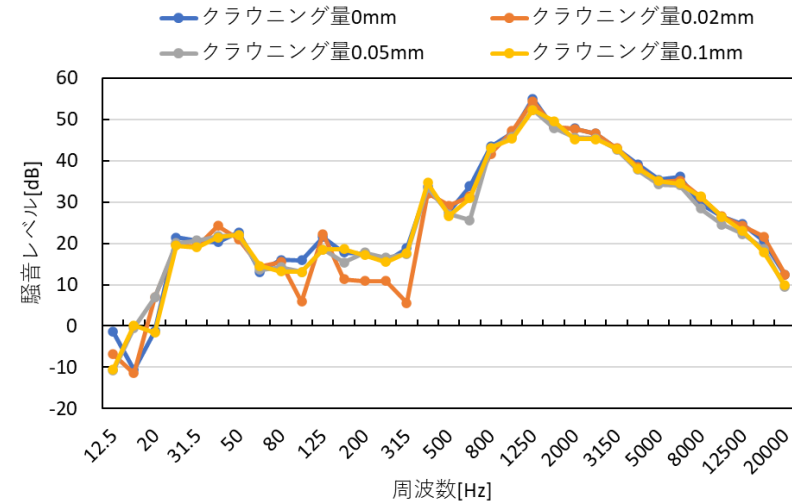
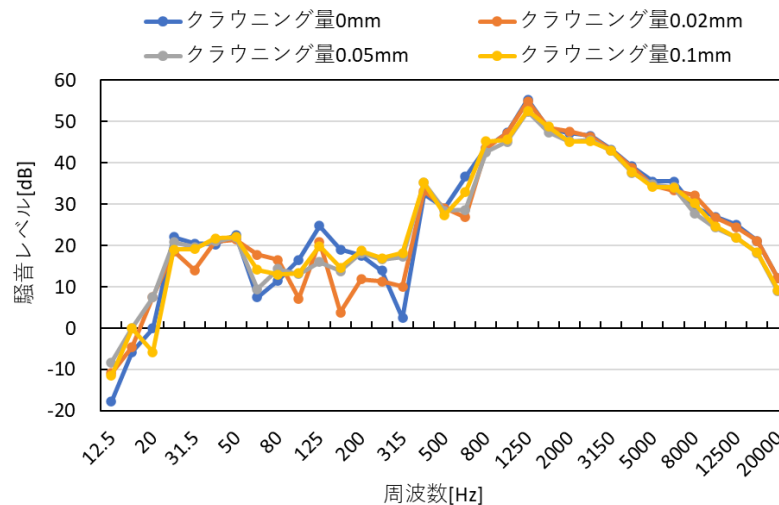
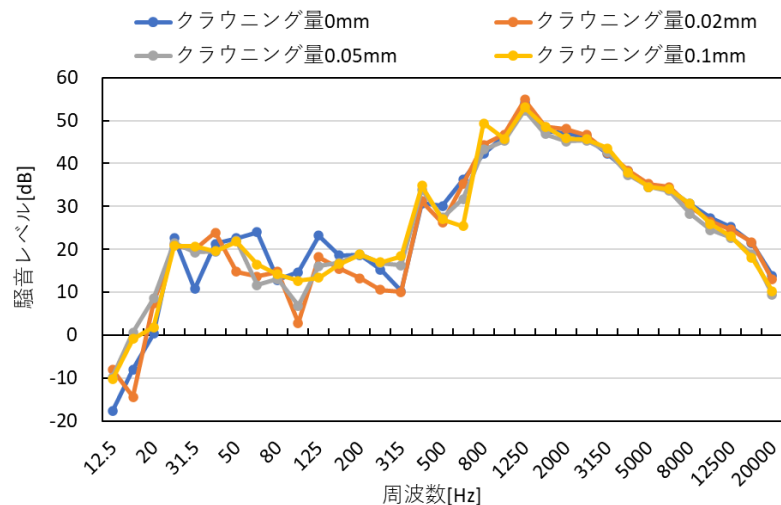


図22 ねじれ角ごとの周波数分析の結果の比較

騒音レベルと誤差の比較(歯形方向)

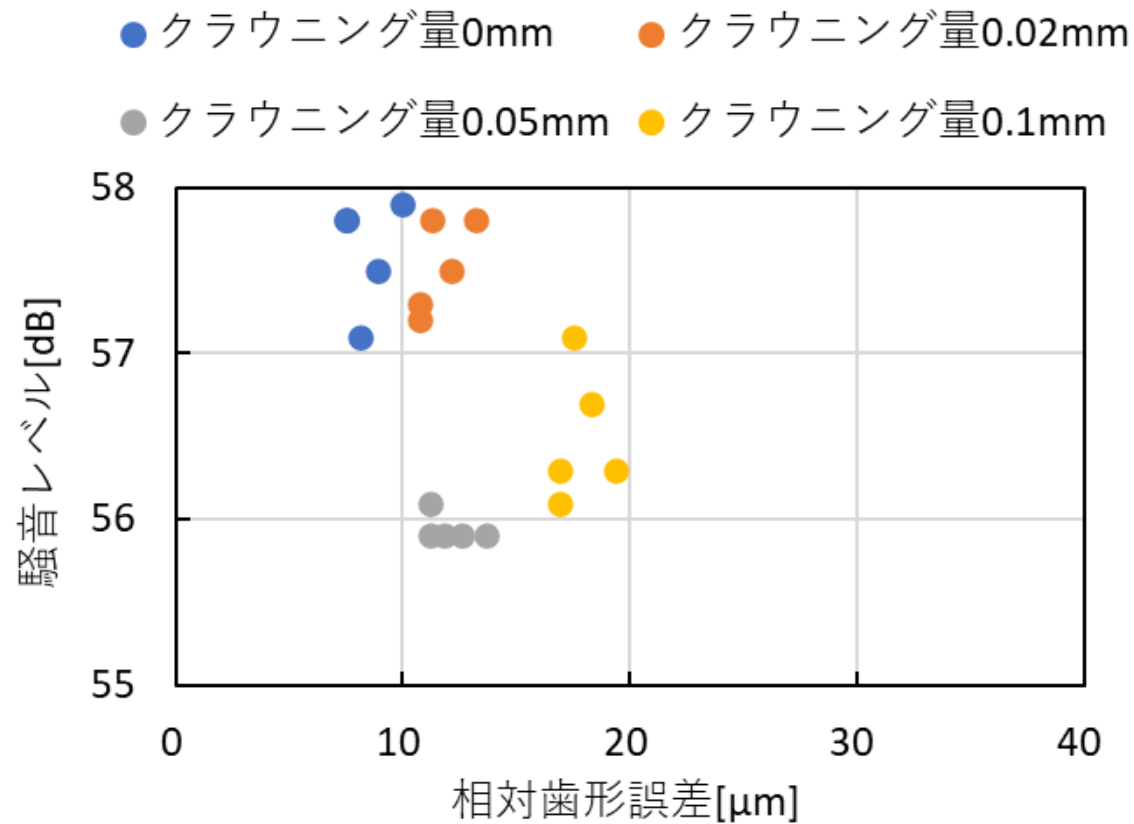


図23 クラウニング量ごとの歯形誤差と騒音レベルとの関係

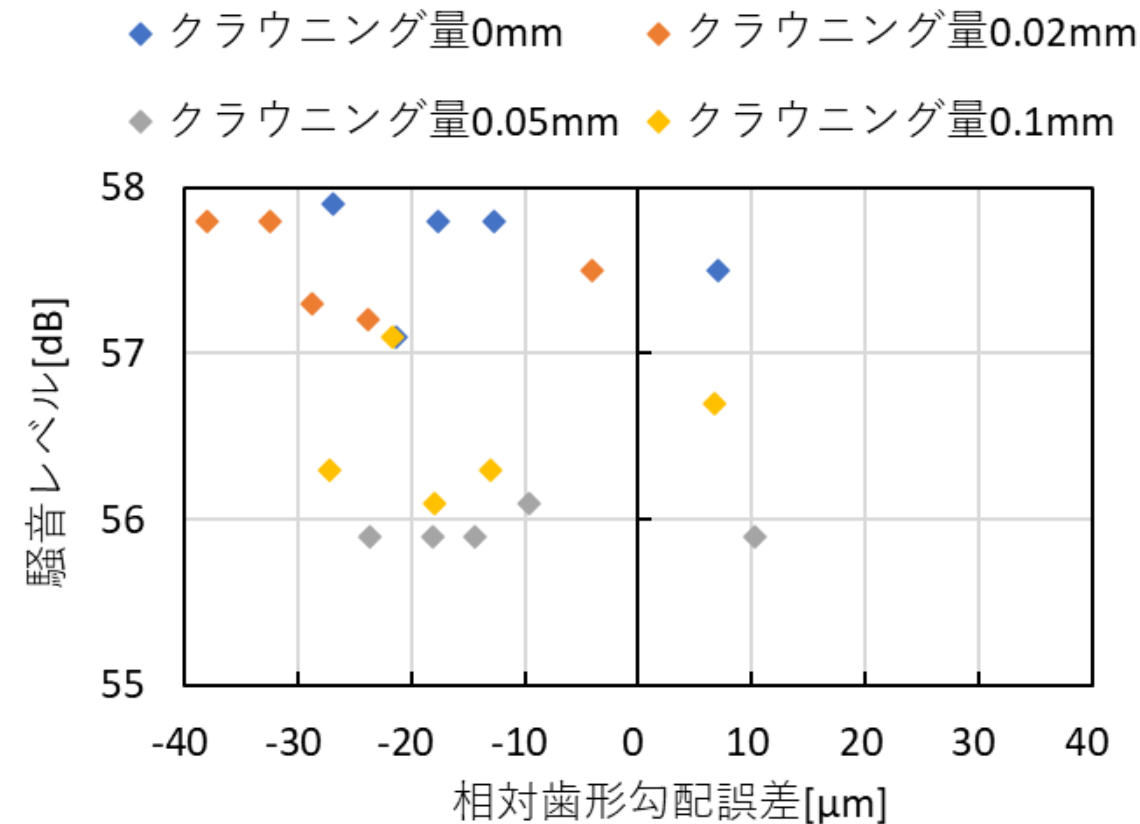


図24 クラウニング量ごとの歯形勾配誤差と騒音レベルとの関係

騒音レベルと誤差の比較(歯すじ方向)

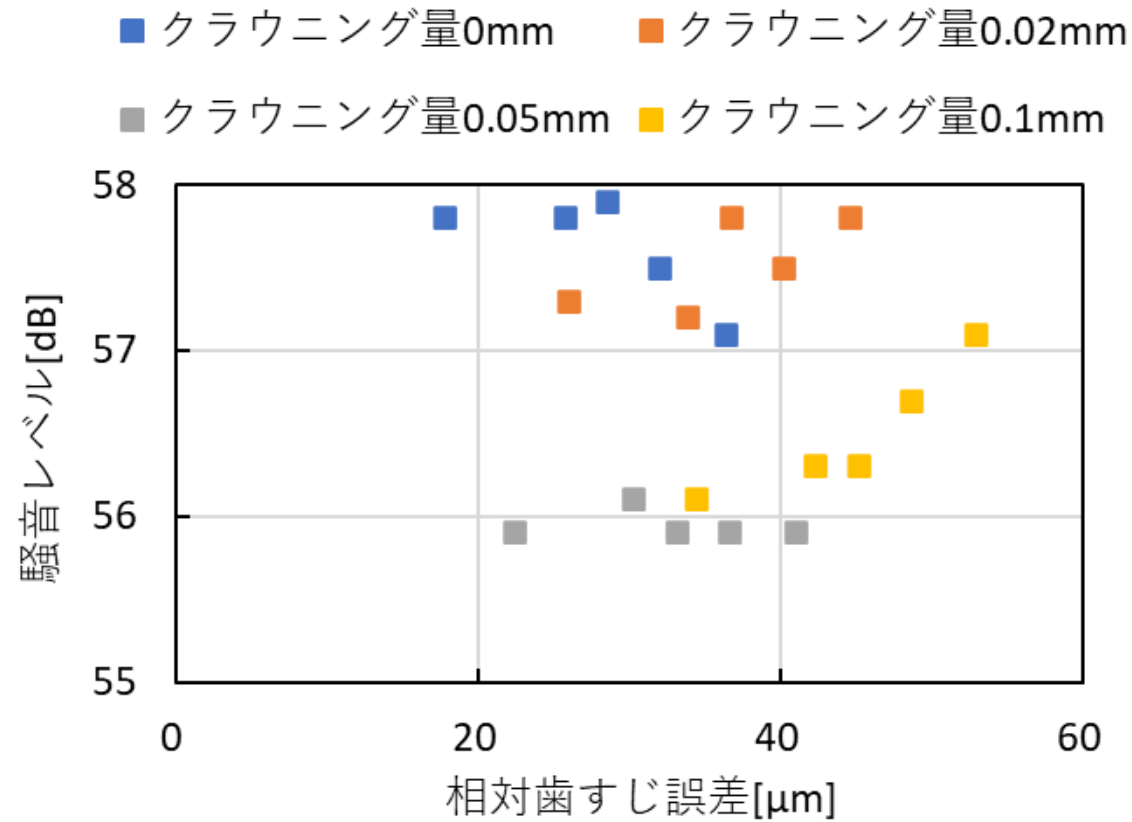


図25 クラウニング量ごとの歯すじ誤差と騒音レベルとの関係

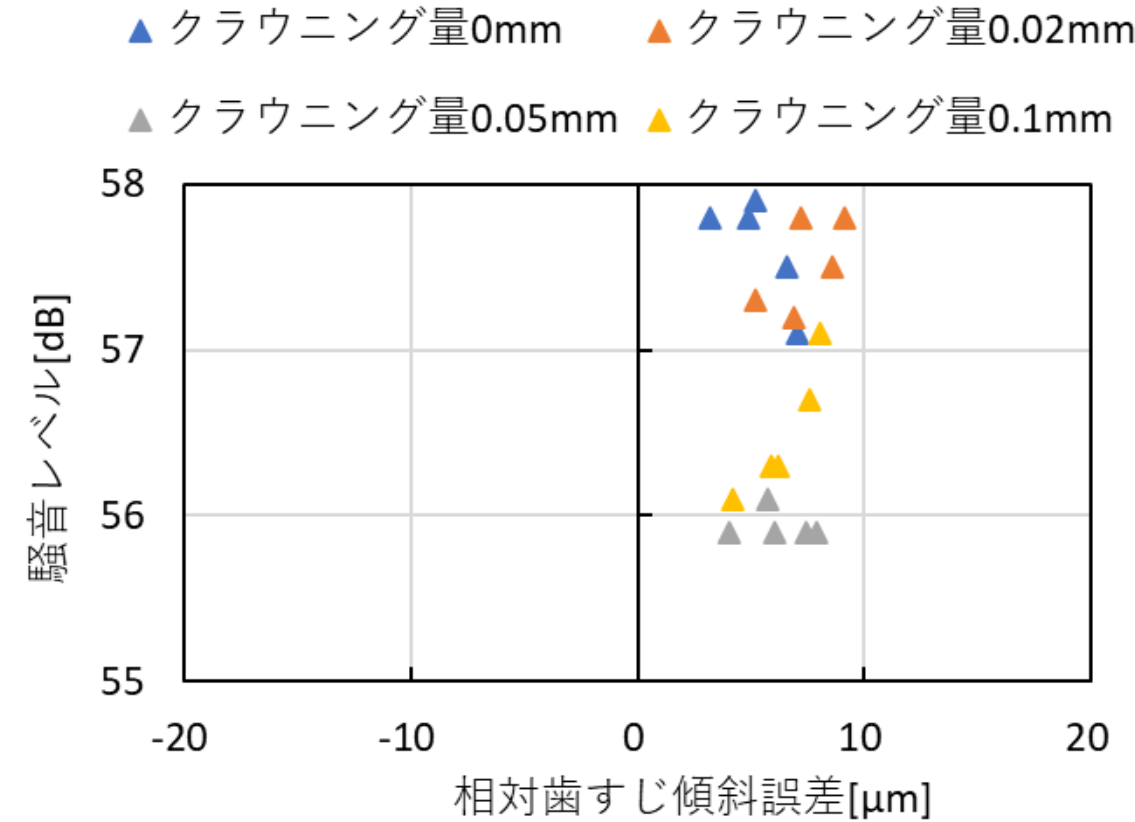


図26 クラウニング量ごとの歯すじ傾斜誤差と騒音レベルとの関係

騒音レベルと誤差の比較(歯溝、かみ合い)

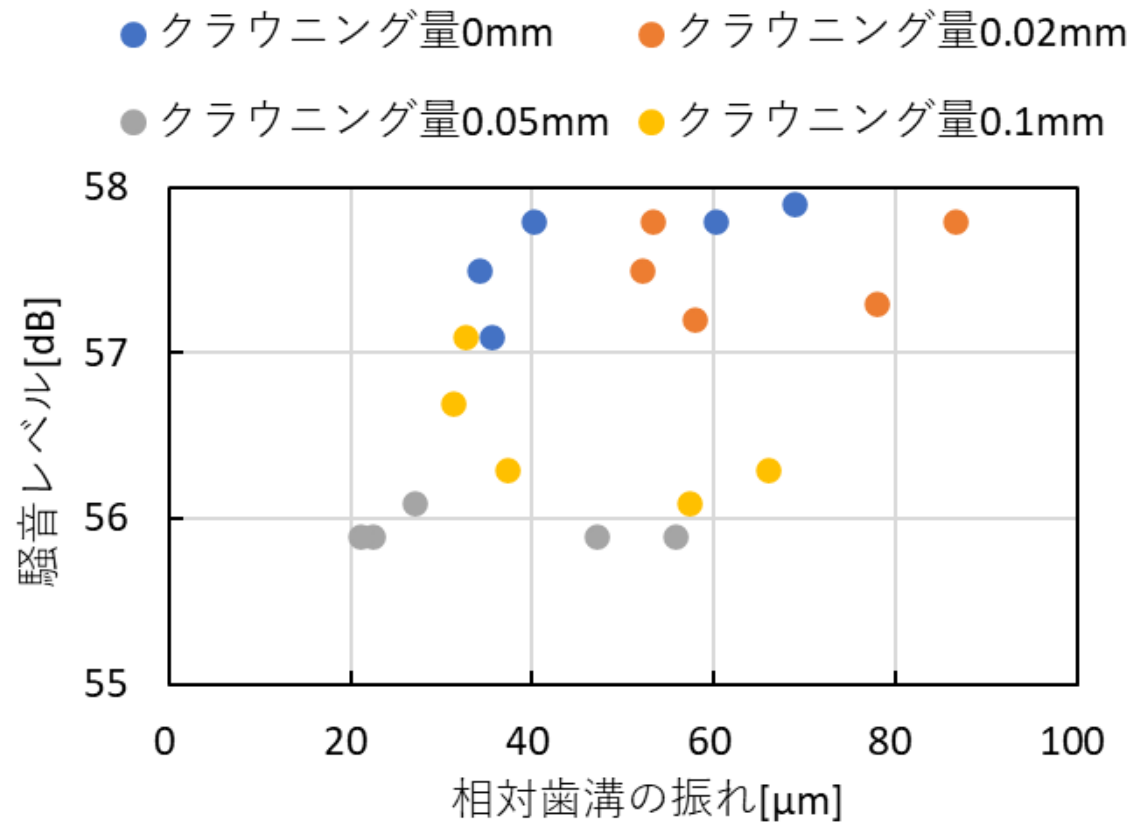


図27 クラウニング量ごとの歯溝の振れと騒音レベルとの関係

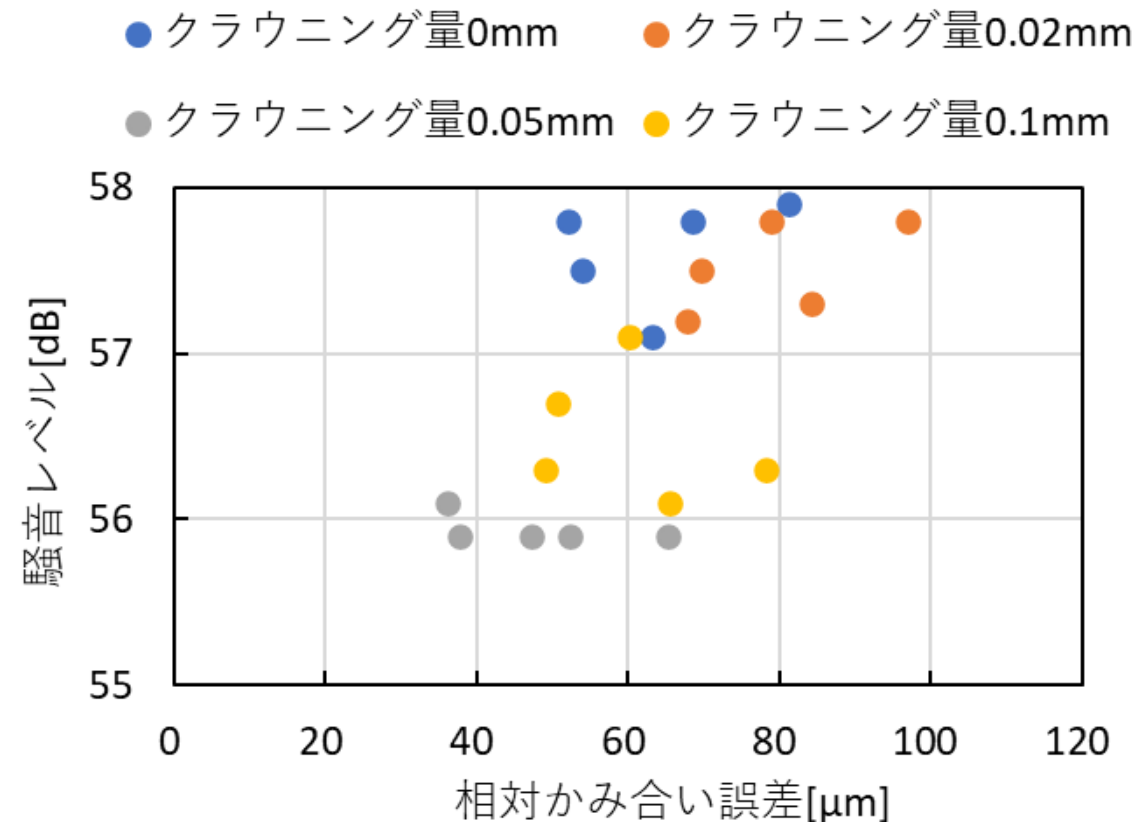
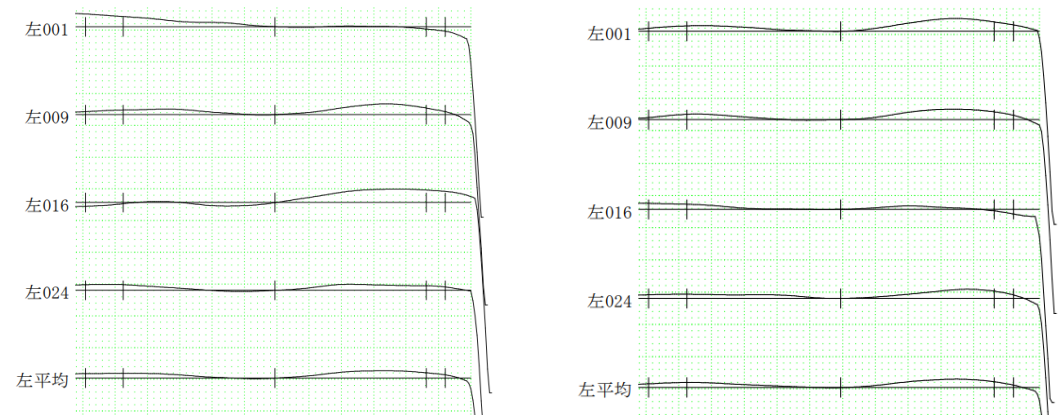
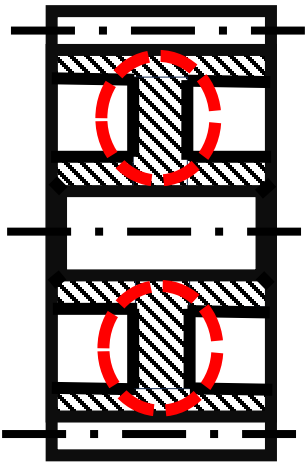


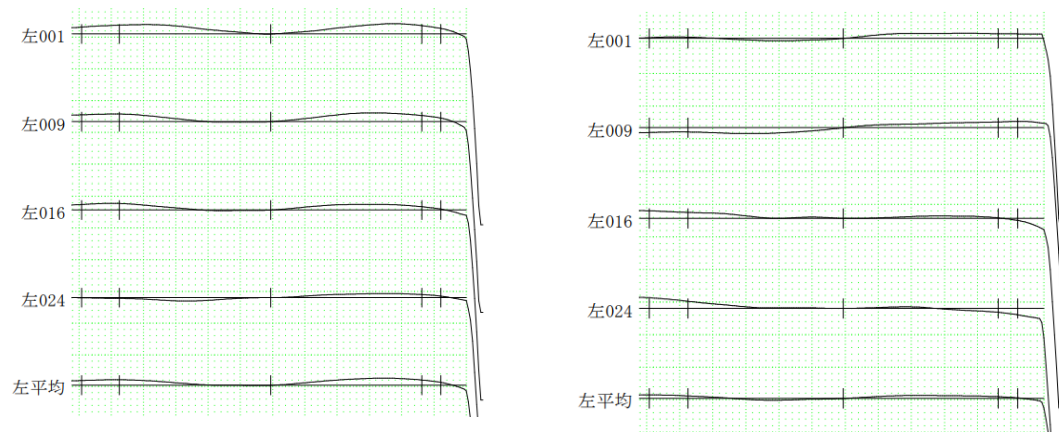
図28 クラウニング量ごとのかみ合い誤差と騒音レベルとの関係

製作した歯車の精度(ウェブ厚さ)



ウェブ厚さ2mm

ウェブ厚さ4mm



ウェブ厚さ6mm

ウェブ厚さ12mm

図29 ウェブ厚さごとの歯形線図

駆動側

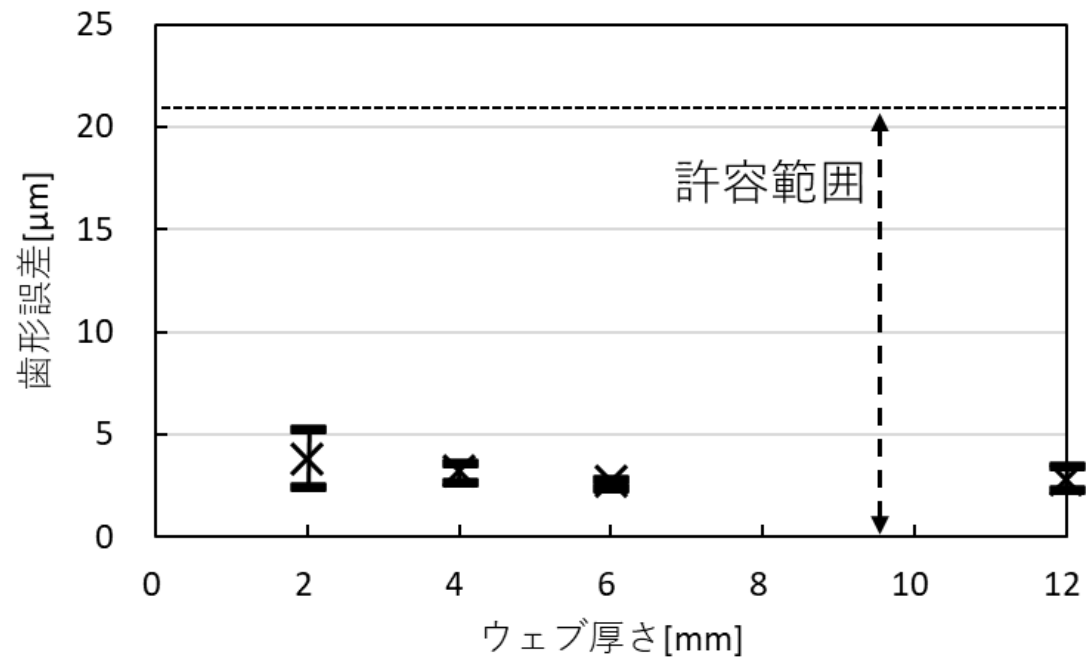
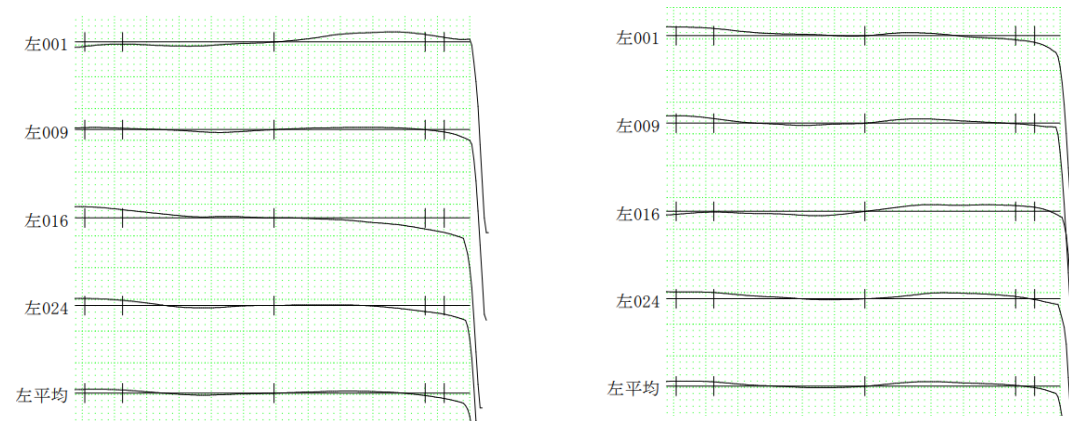
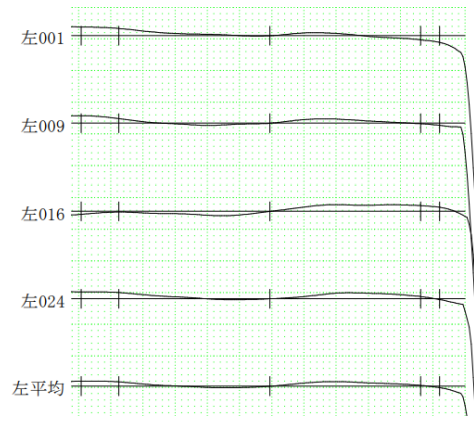


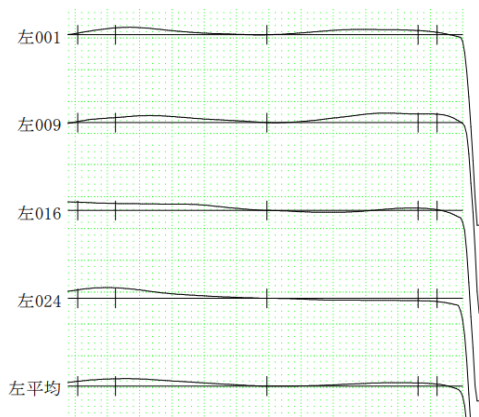
図30 ウェブ厚さごとの歯形誤差



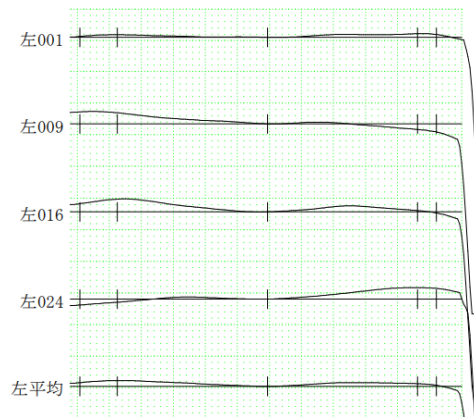
ウェブ厚さ2mm



ウェブ厚さ4mm



ウェブ厚さ6mm



ウェブ厚さ12mm

図31 ウェブ厚さごとの歯形線図

被動側

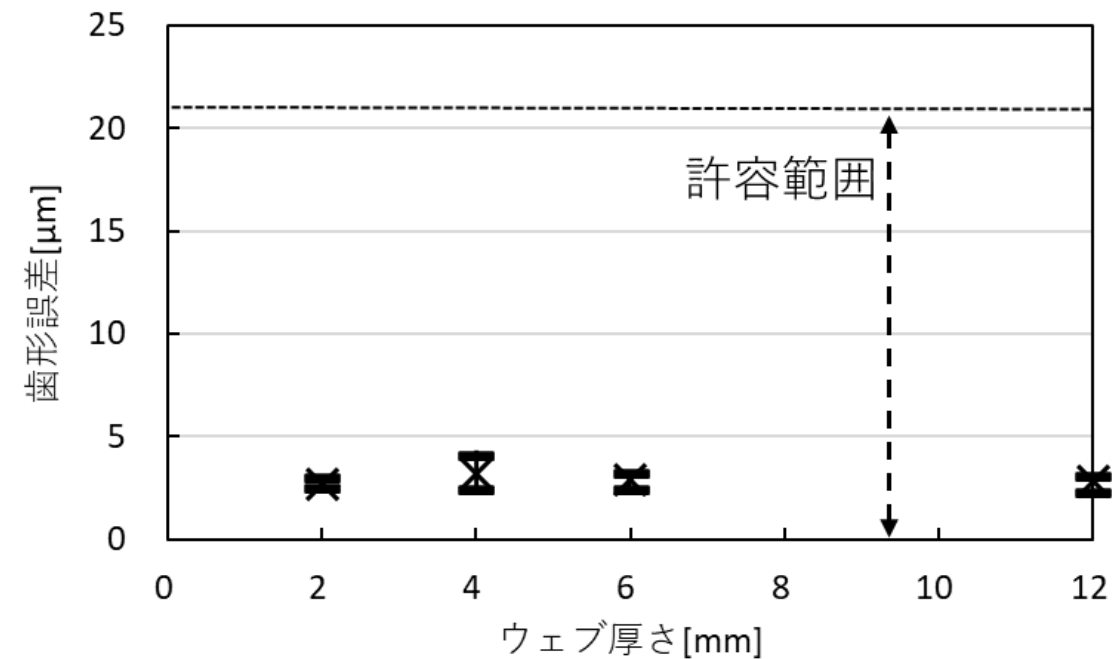
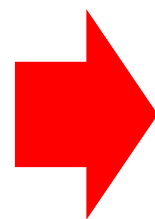
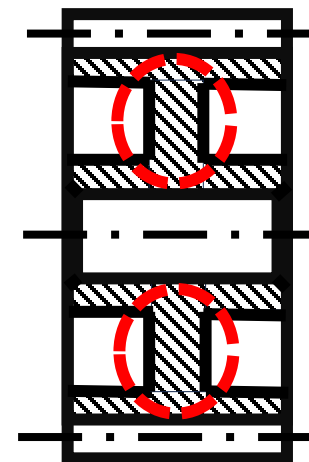
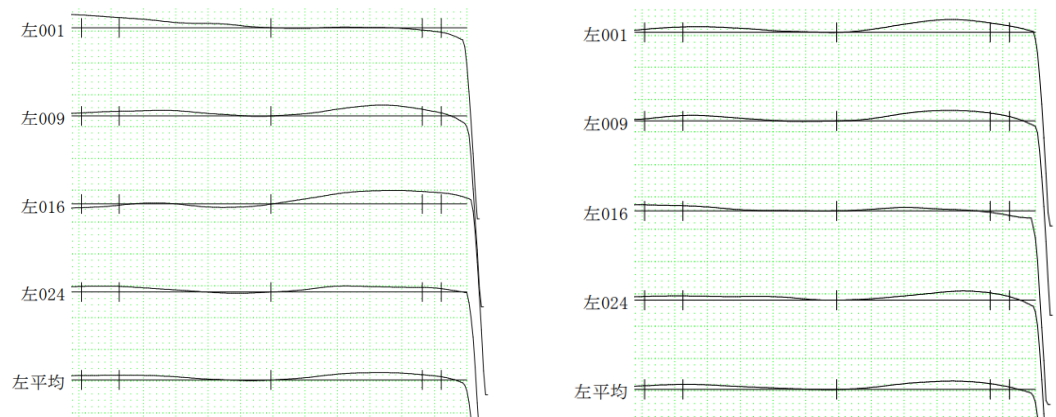
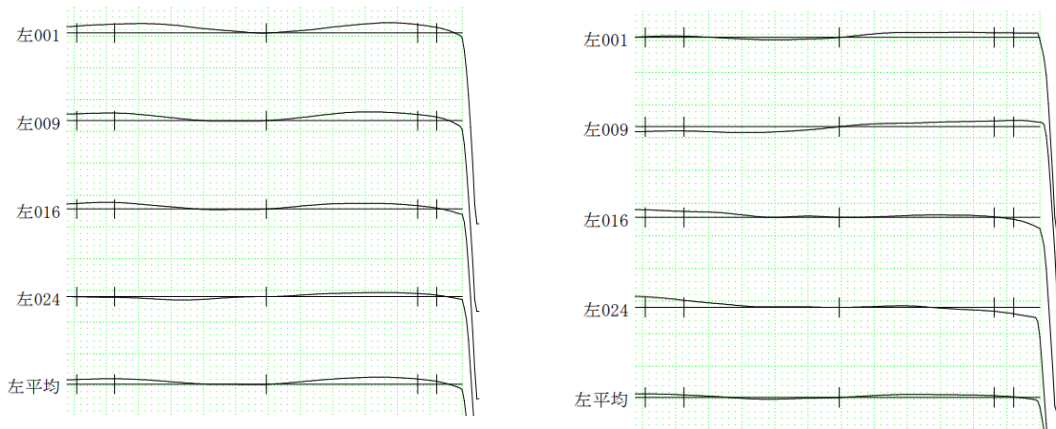


図32 ウェブ厚さごとの歯形誤差



ウェブ厚さ2mm

ウェブ厚さ4mm



ウェブ厚さ6mm

ウェブ厚さ12mm

図29 ウェブ厚さごとの歯形線図

駆動側

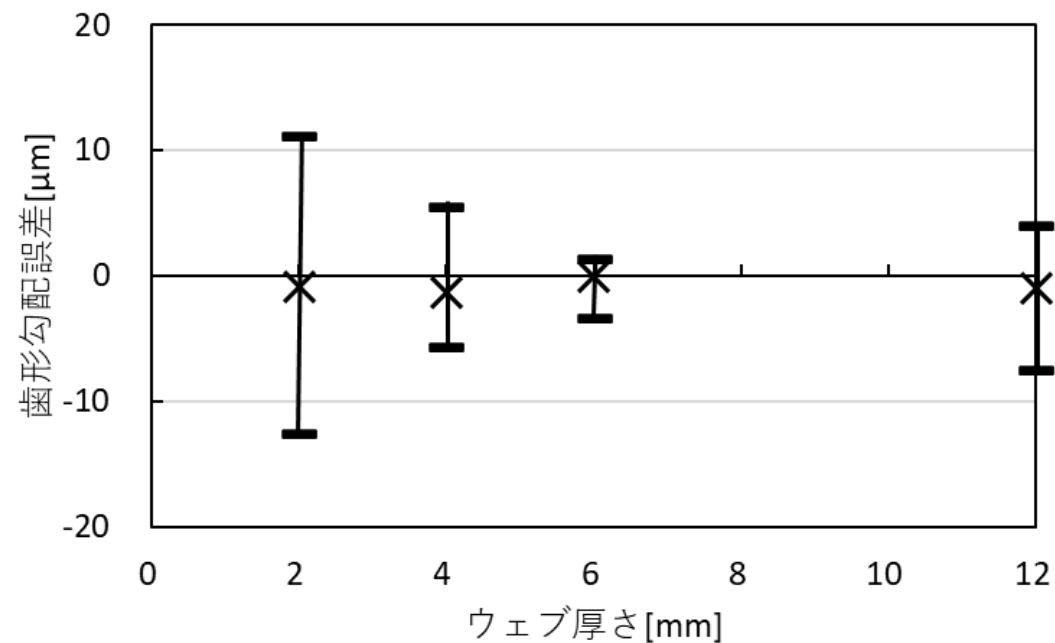
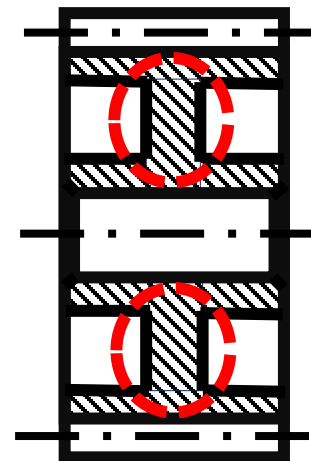
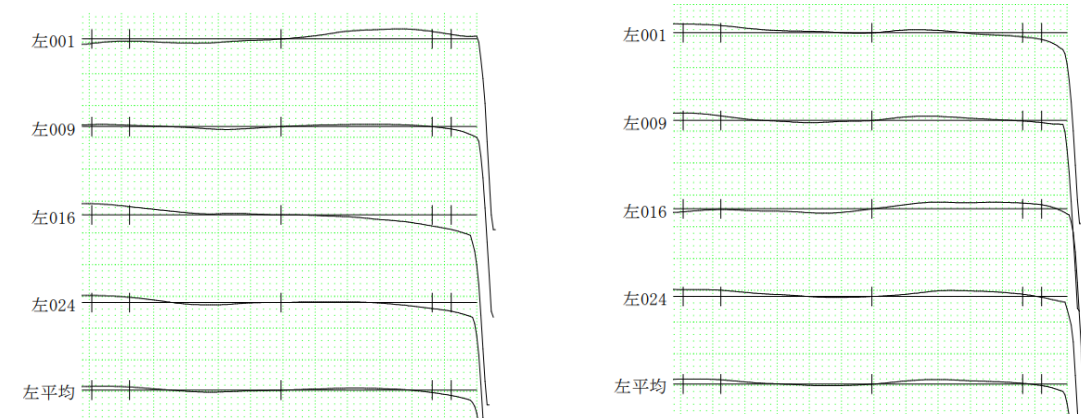
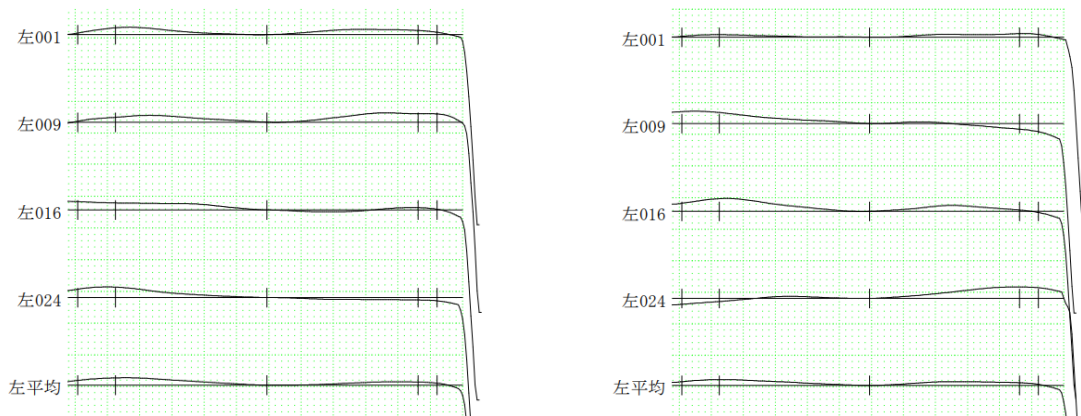


図33 ウェブ厚さごとの歯形勾配誤差



ウェブ厚さ2mm

ウェブ厚さ4mm



ウェブ厚さ6mm

ウェブ厚さ12mm

図31 ウェブ厚さごとの歯形線図

被動側

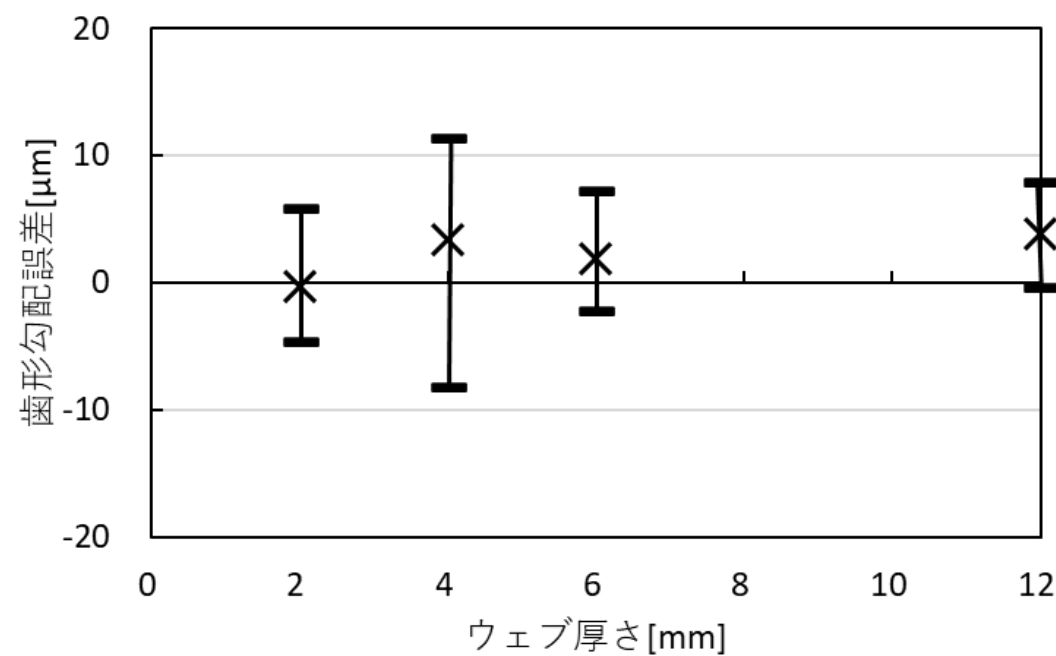
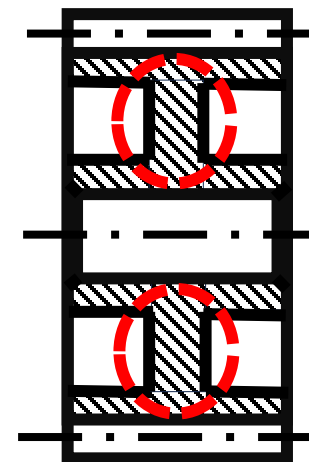
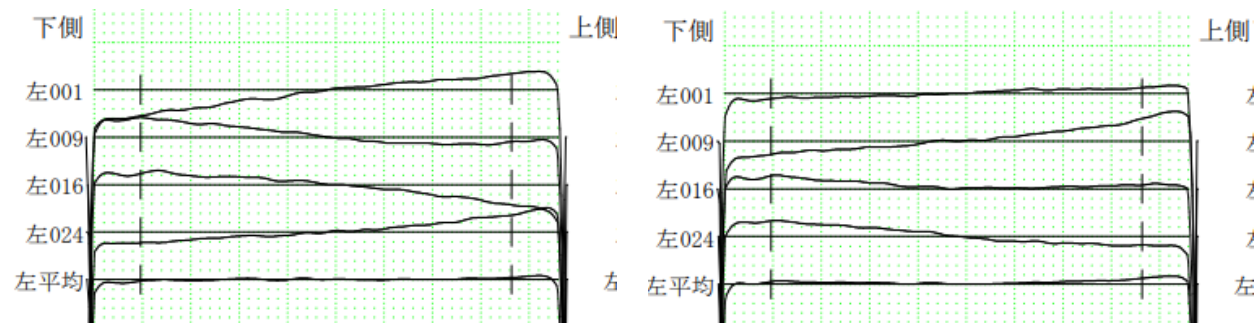
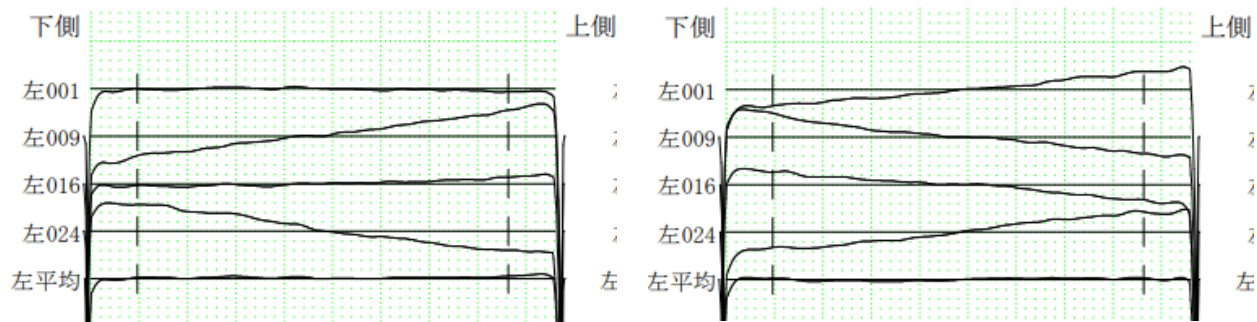


図34 ウェブ厚さごとの歯形勾配誤差



ウェブ厚さ2mm

ウェブ厚さ4mm



ウェブ厚さ6mm

ウェブ厚さ12mm

図35 ウェブ厚さごとの歯すじ線図

駆動側

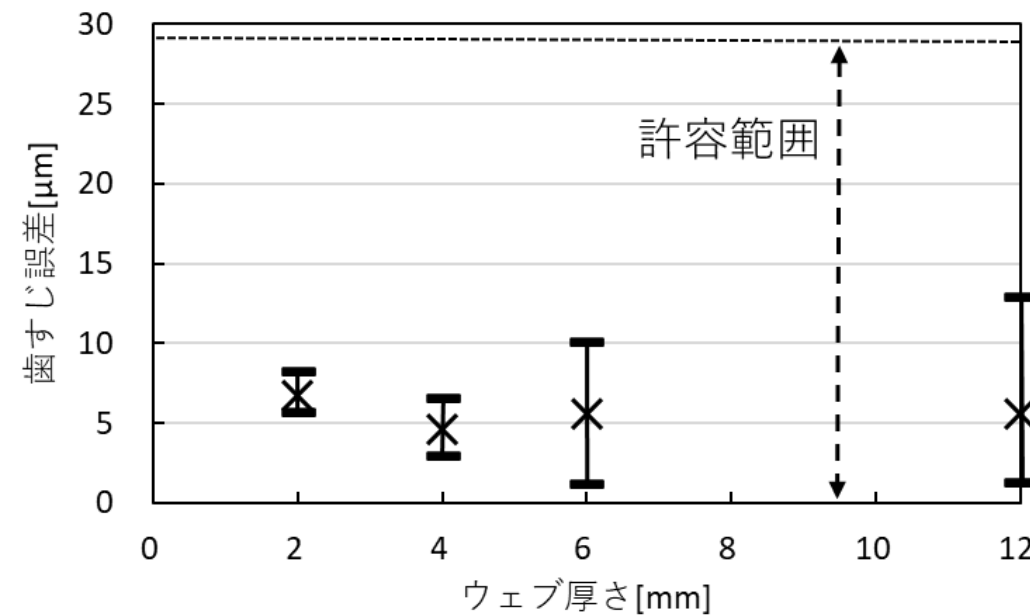
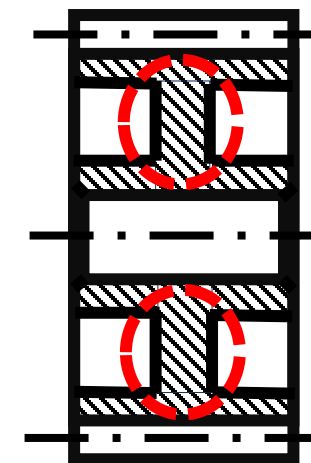


図36 ウェブ厚さごとの歯すじ誤差

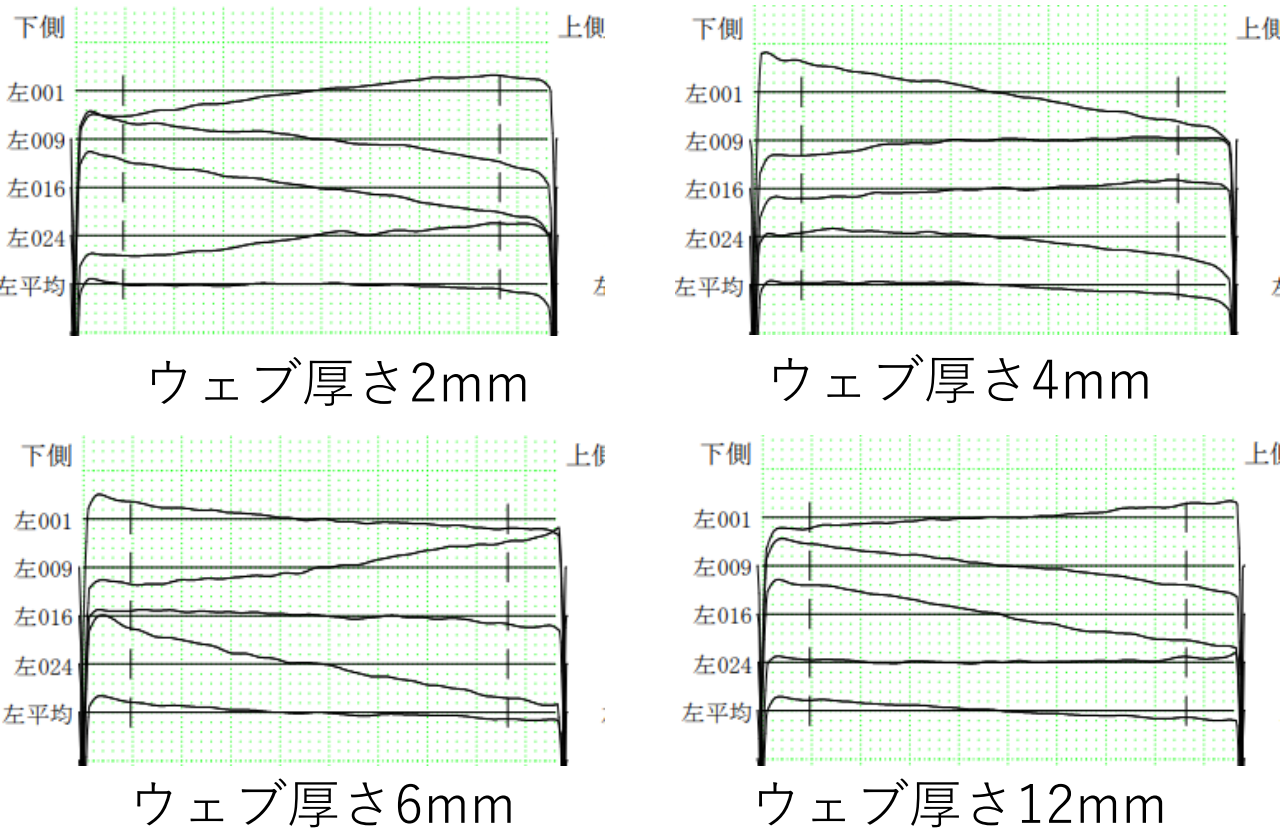


図37 ウェブ厚さごとの歯すじ線図

被動側

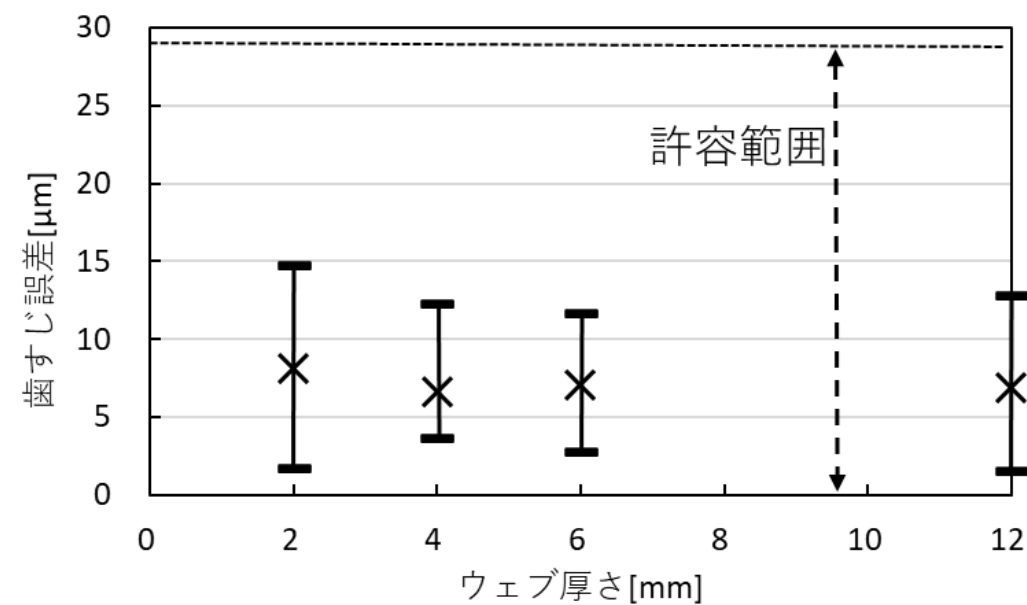
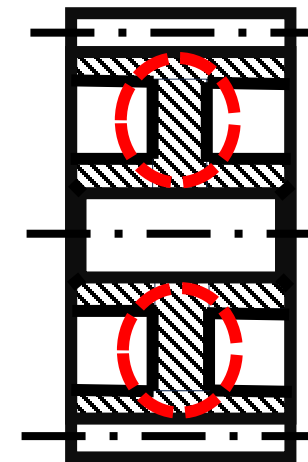
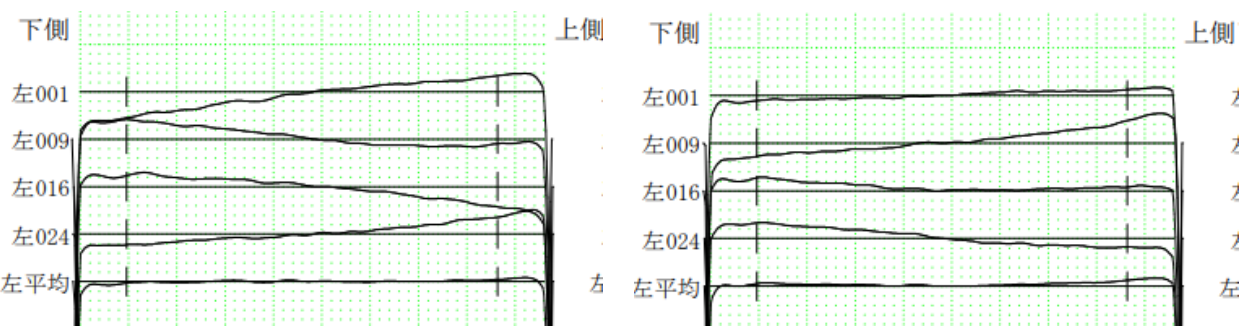


図38 ウェブ厚さごとの歯すじ誤差



駆動側

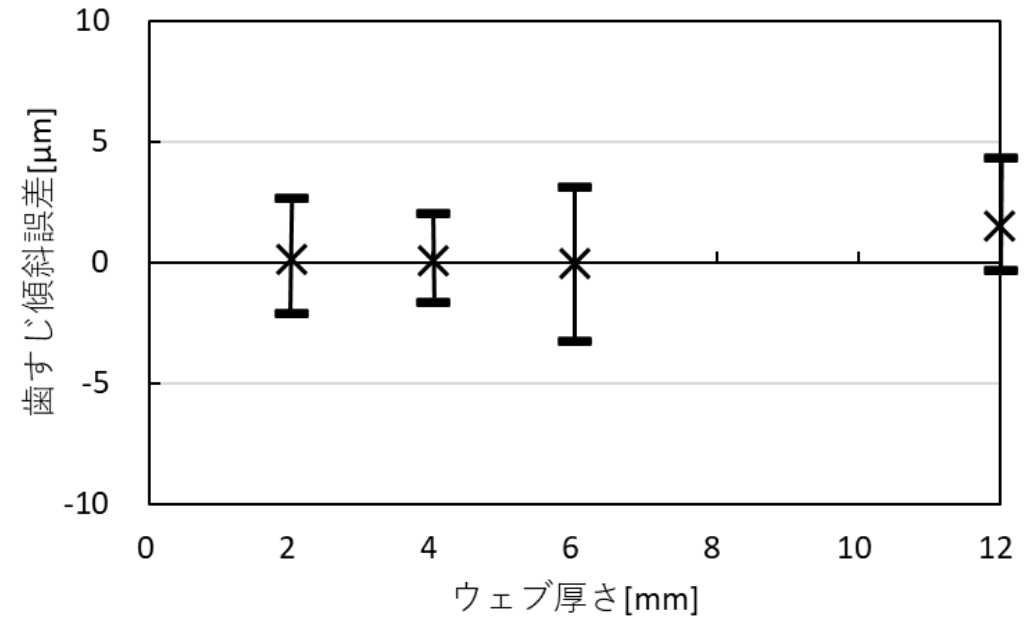
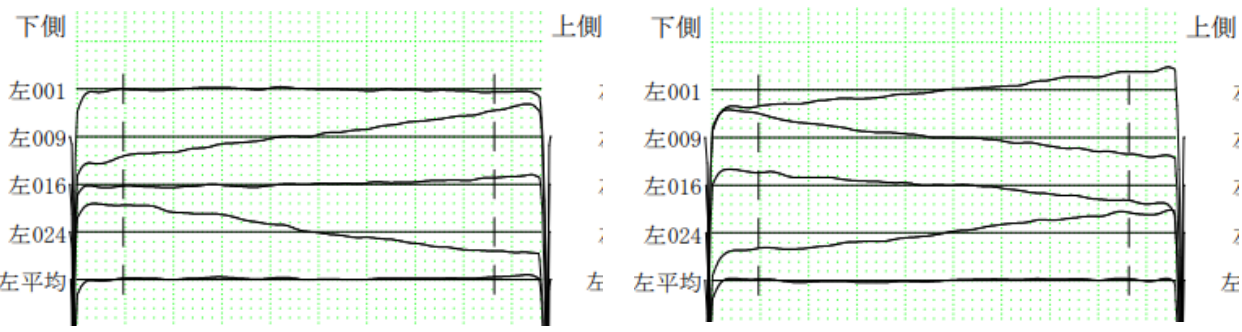
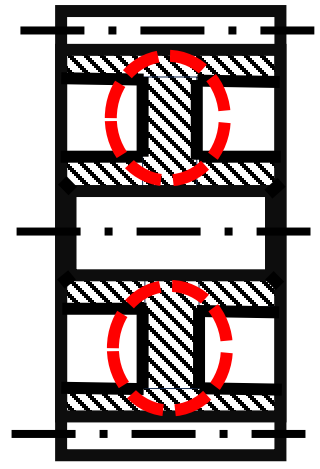


図35 ウェブ厚さごとの歯すじ線図

図39 ウェブ厚さごとの歯すじ傾斜誤差

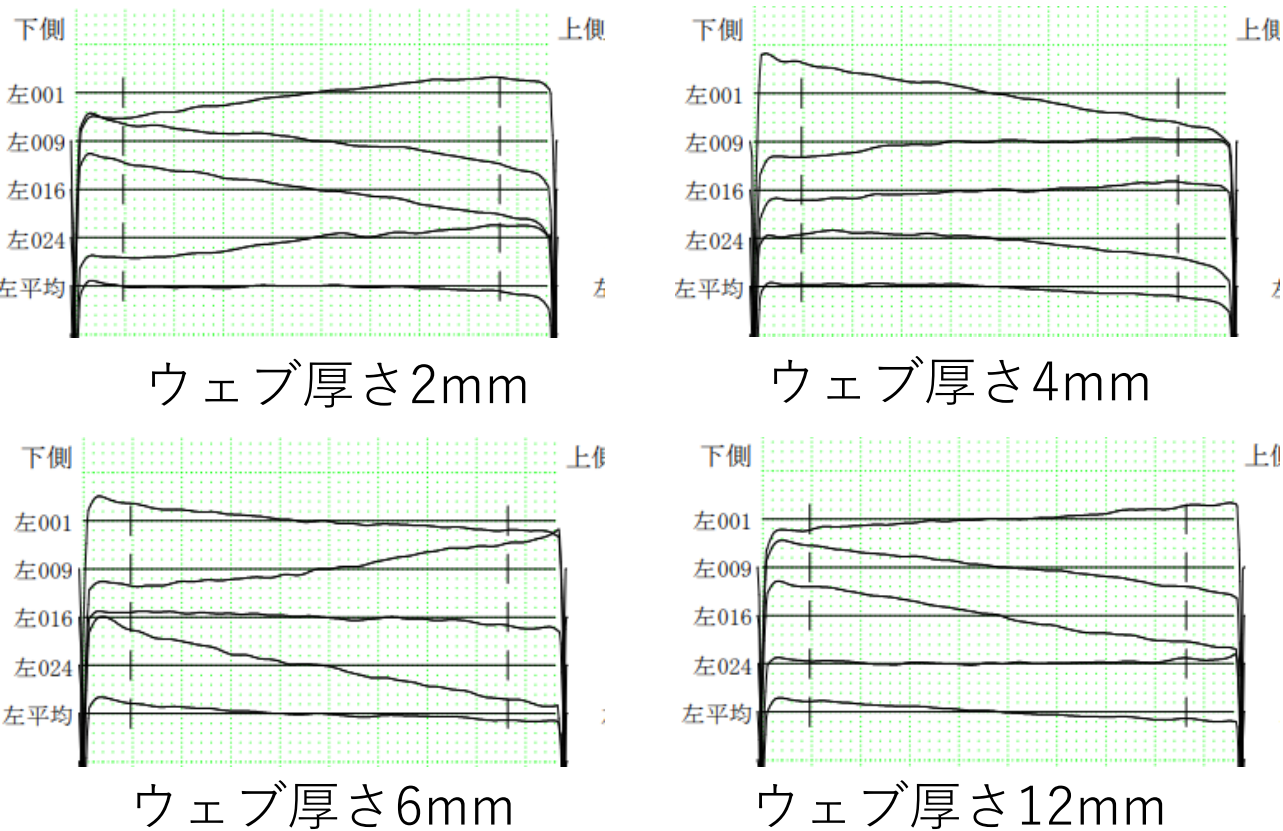


図37 ウェブ厚さごとの歯すじ線図

被動側

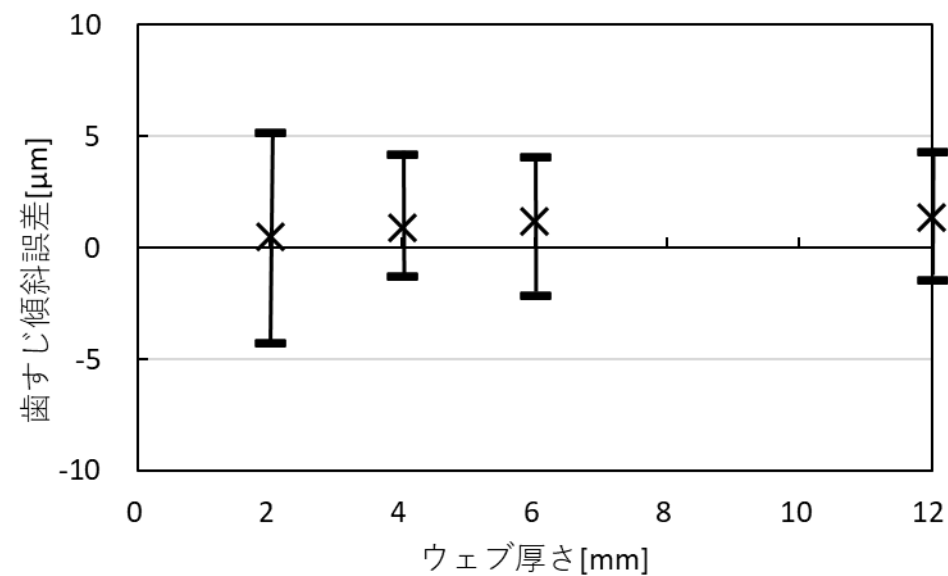
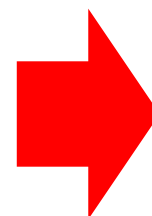
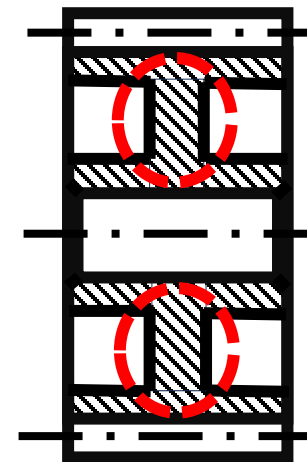
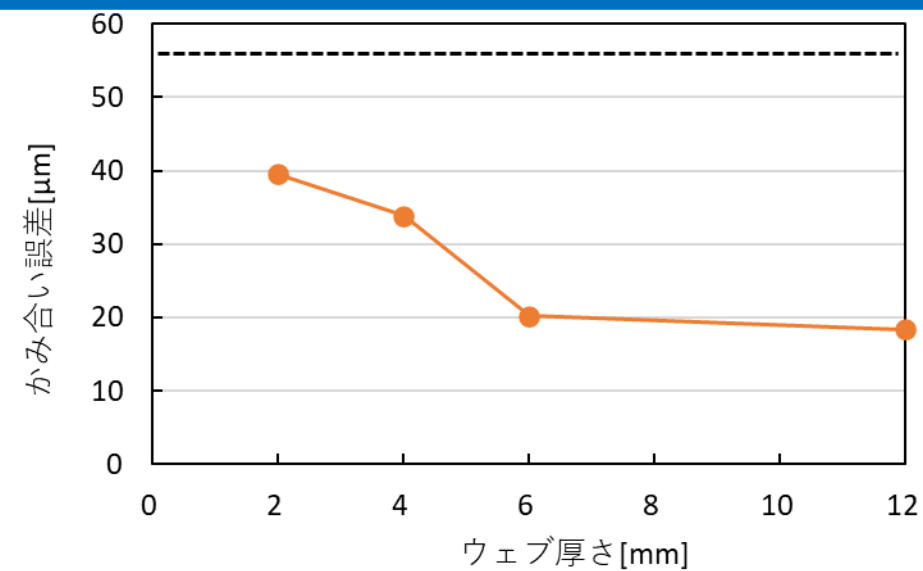
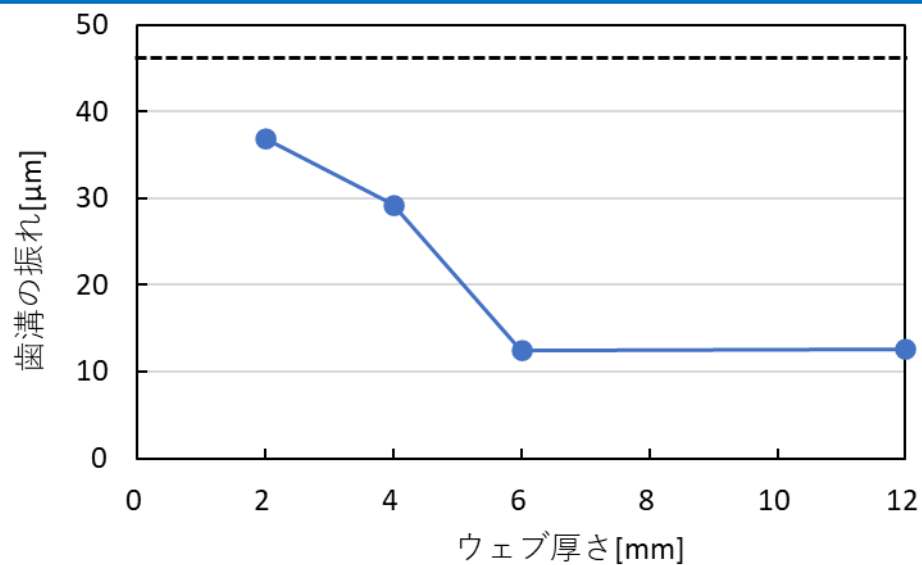


図40 ウェブ厚さごとの歯すじ傾斜誤差

駆動側



被動側

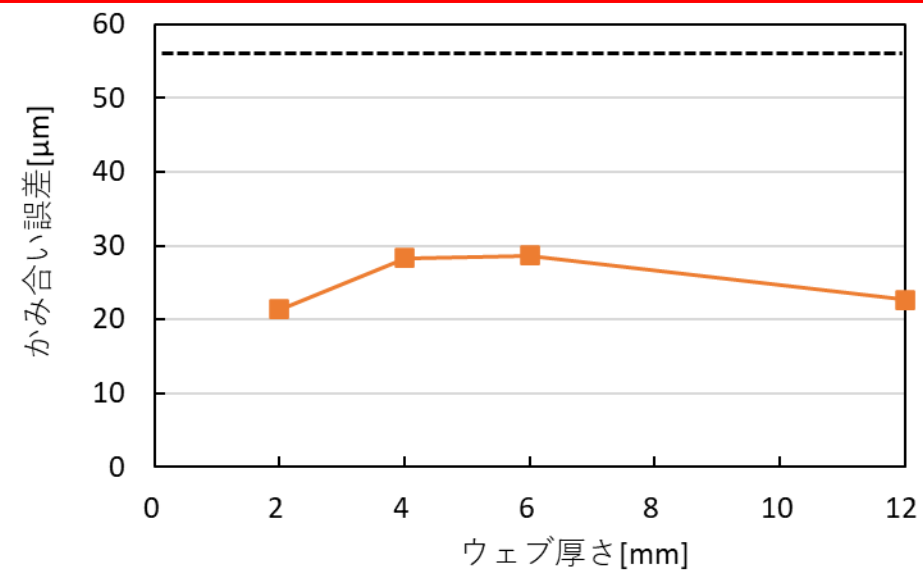
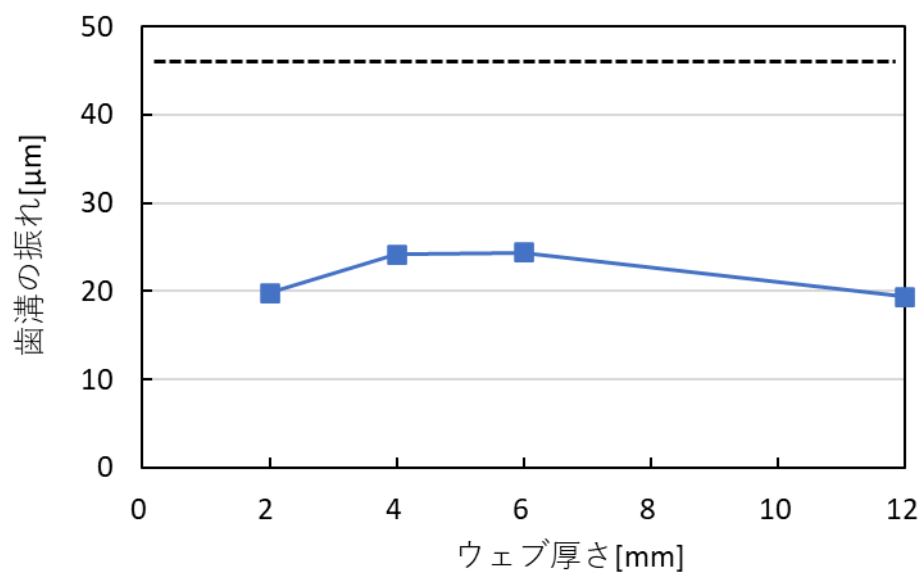


図41 歯溝の振れとかみ合い誤差のまとめ

ウェブ厚さを変えた実験の結果

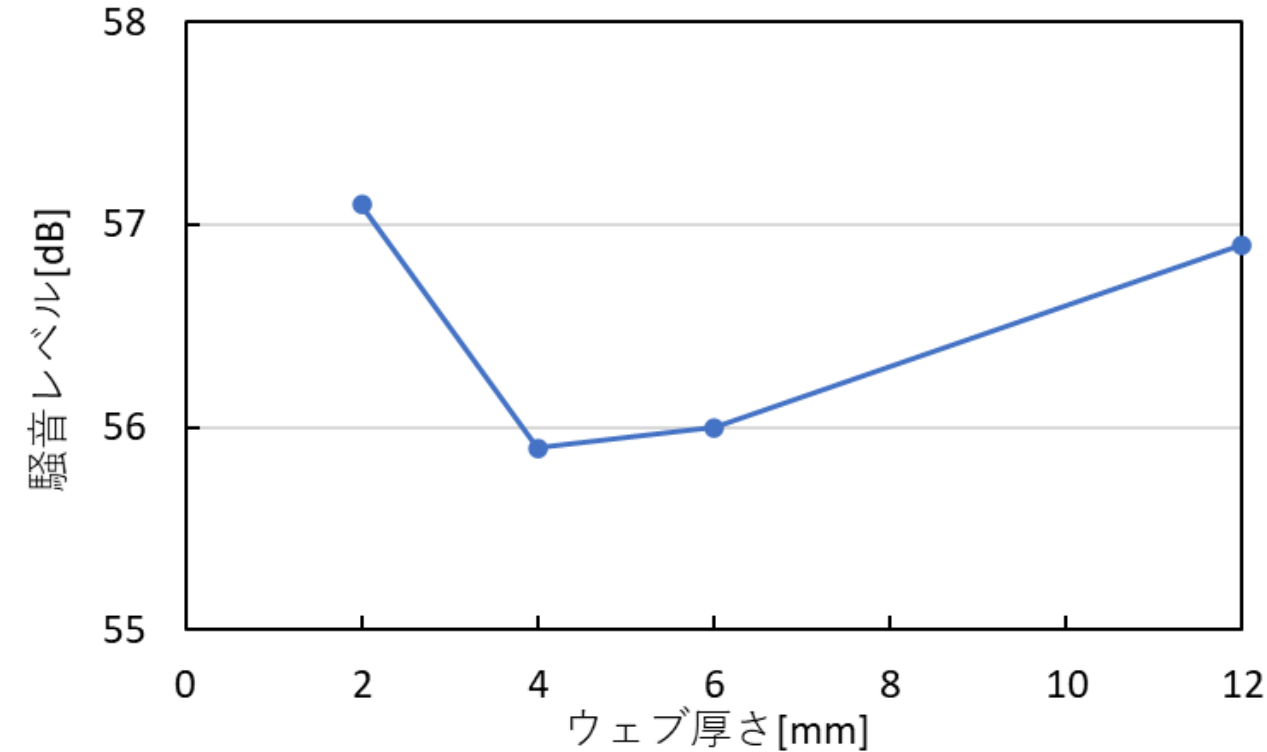


図42 ウェブ厚さと騒音レベルの関係

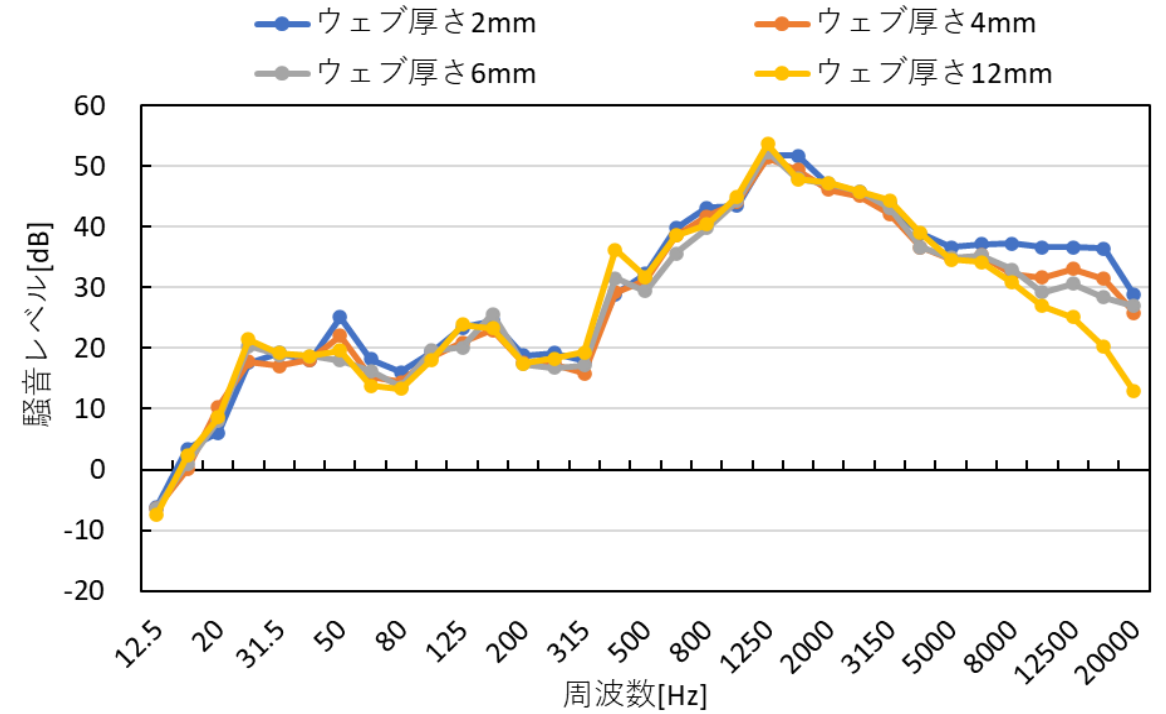


図43 周波数分析の結果

- ウェブ厚さ4mmで一番騒音レベルが小さくなった

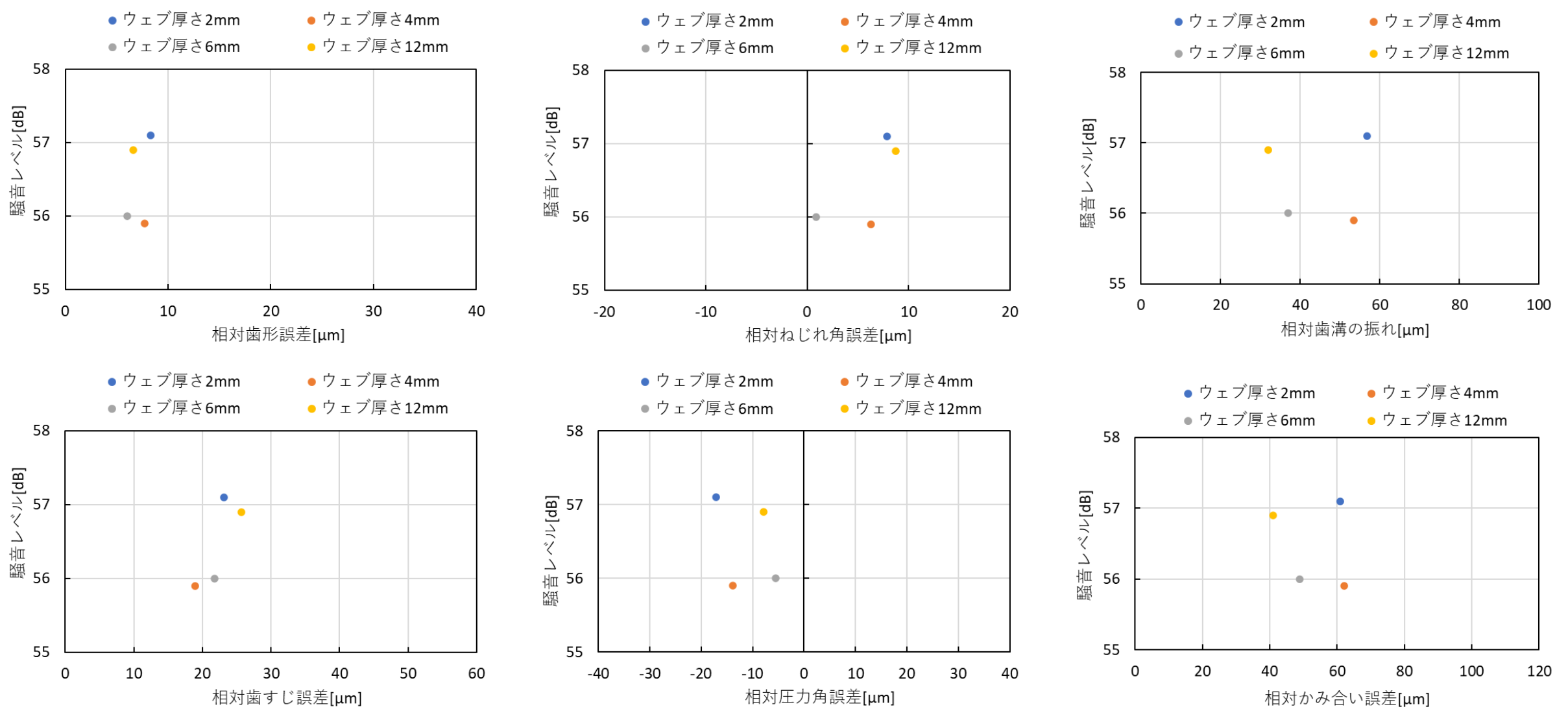


図44 歯車の誤差と騒音レベルの関係

- ・ 歯車の誤差は騒音レベルに影響していない
→ 騒音レベルの変化はウェブの厚さによるものではないか

まとめ・今後の課題

クラウニング歯車

- クラウニングによる騒音低減があることを確認できた
- ウェブ厚さとクラウニング量の変化を組み合わせることで、さらなる騒音低減が見込めるのではないか
- 転位クラウニングを施した歯車の外形にずれが発生していた

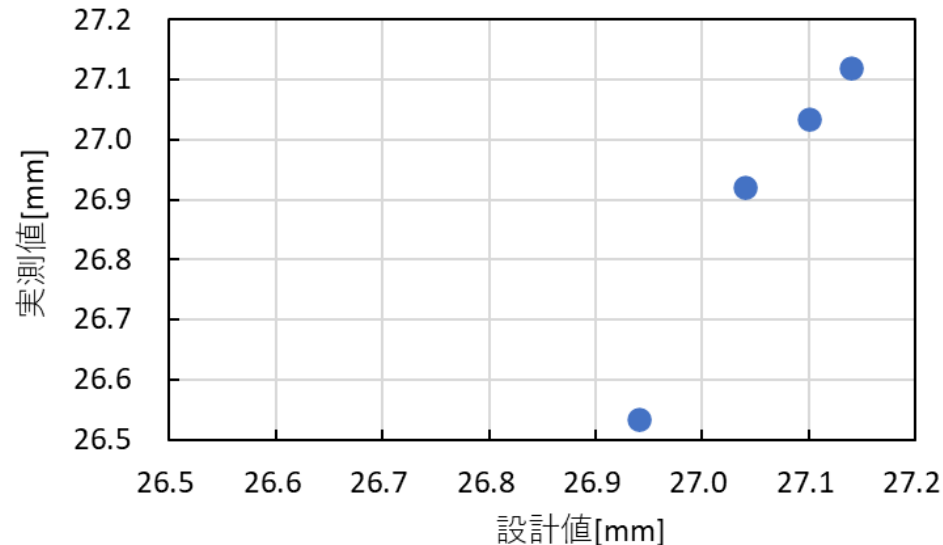


図45 歯先円直径の設計値と実測値の比較

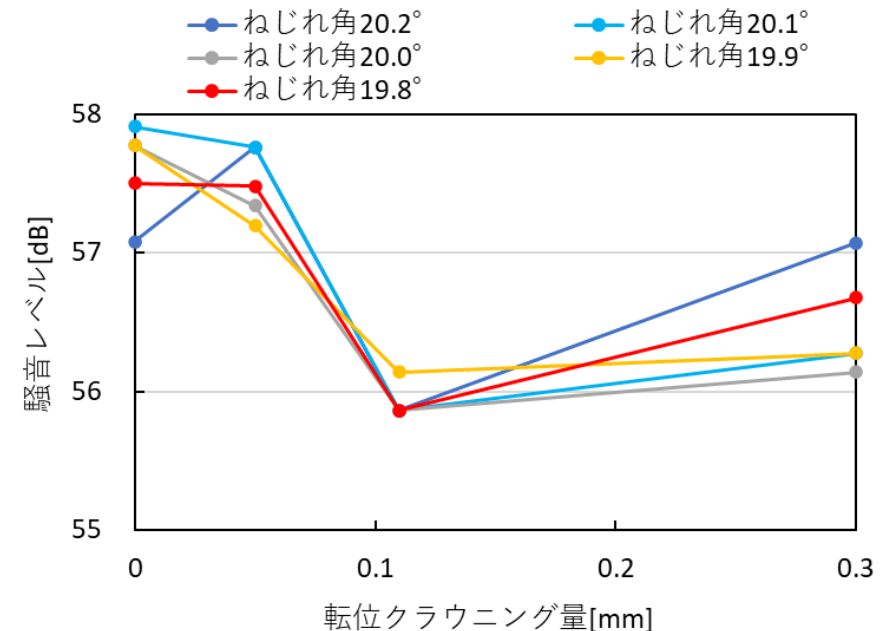


図46 実測値のクラウニング量と騒音レベルの関係

まとめ・今後の課題

ウェブ厚さを変えた歯車

- ウェブ厚さの違いで騒音レベルに影響を与えることができるかもしれないという可能性が見えた
- 実験数を増やして、さらに結果の確度を上げていく
- ウェブ厚さを変えた時に、周波数特性が変わる要因を確かめる

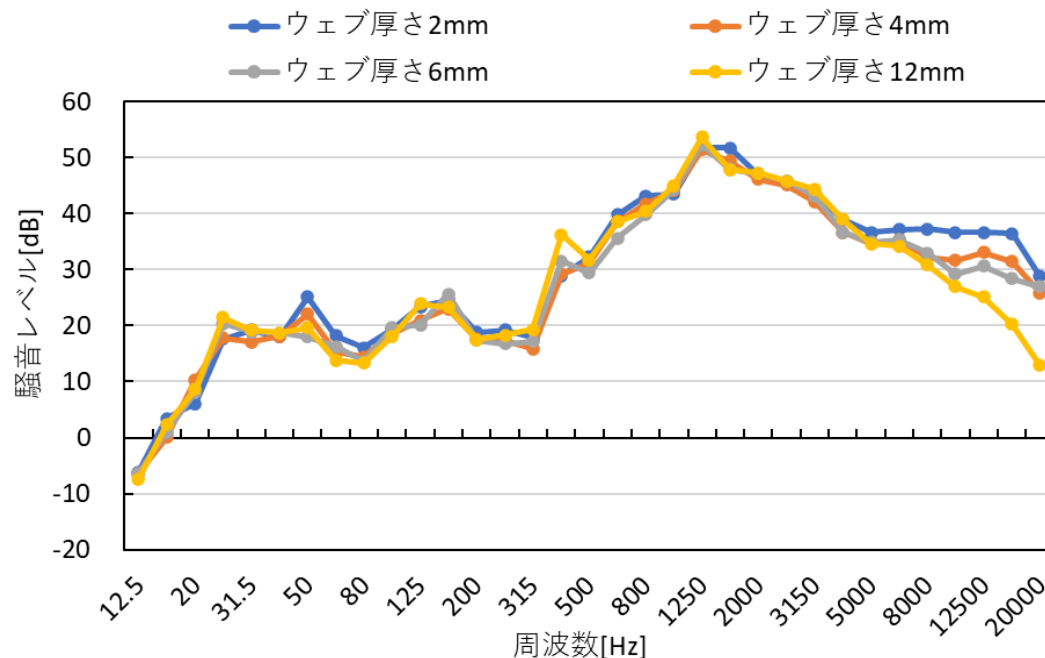


図43 周波数分析の結果