

# 歯車装置の小歯車軸受への つば付き円筒ころ軸受の適用

材料技術研究部 潤滑材料研究室

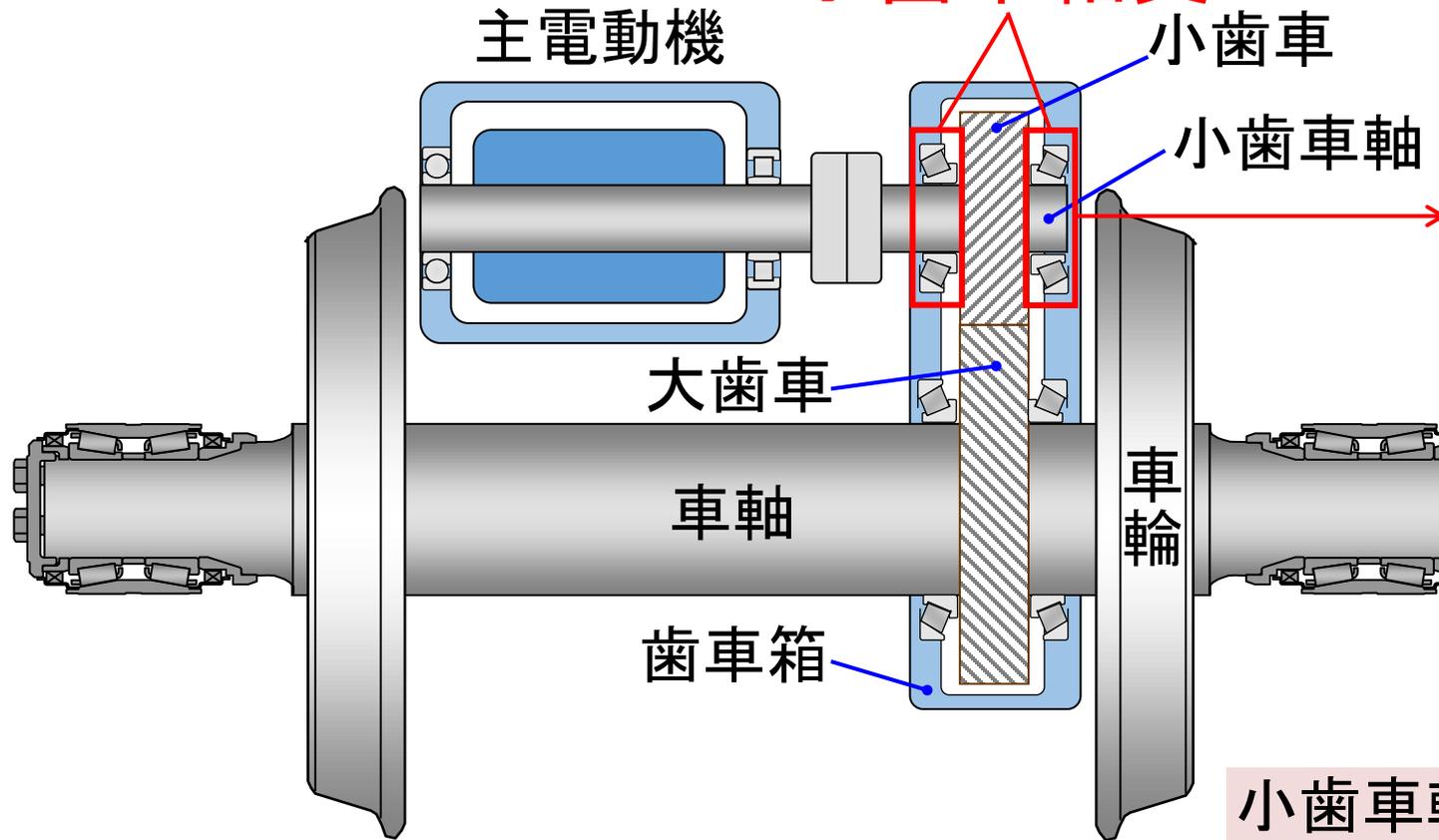
主任研究員 高橋 研

# 本日の発表

- ◆はじめに
- ◆試験軸受
- ◆実機歯車装置による回転試験
- ◆軸受単体での回転試験
- ◆まとめ

# ■はじめに ー小歯車軸受ー

## 小歯車軸受



## 円すいころ軸受

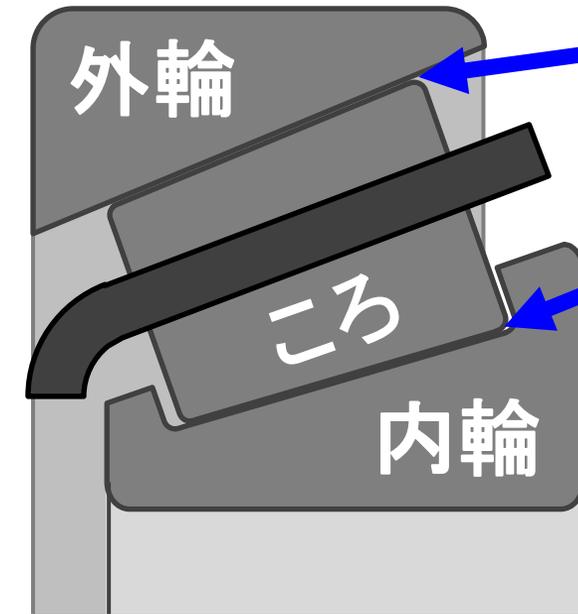
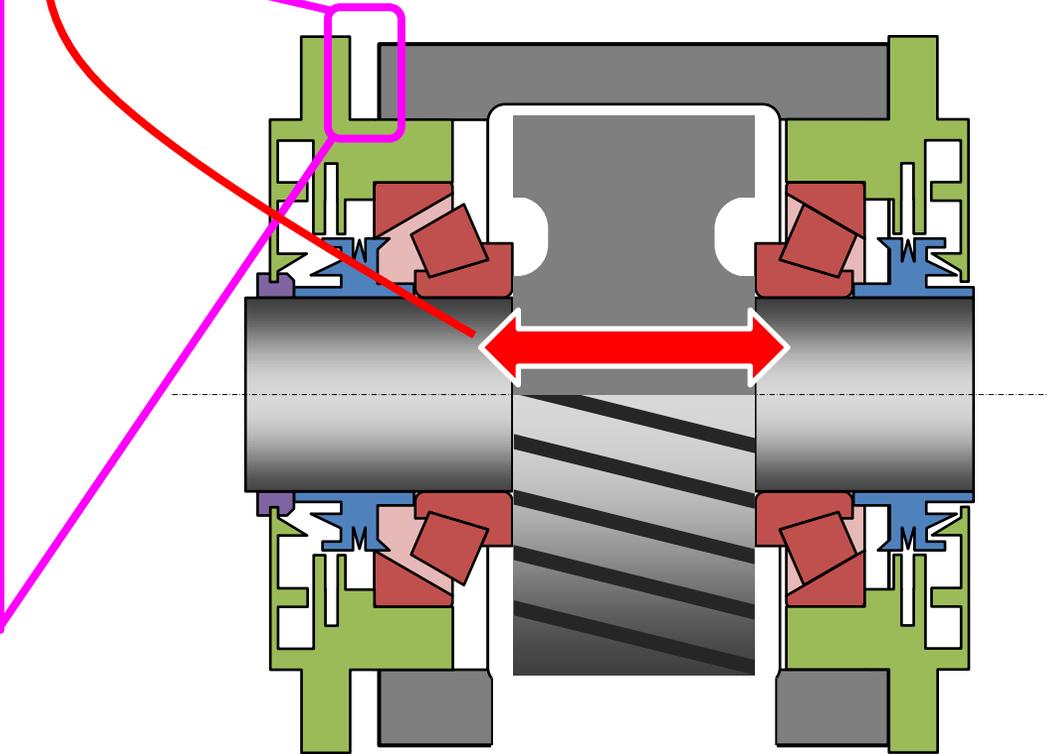
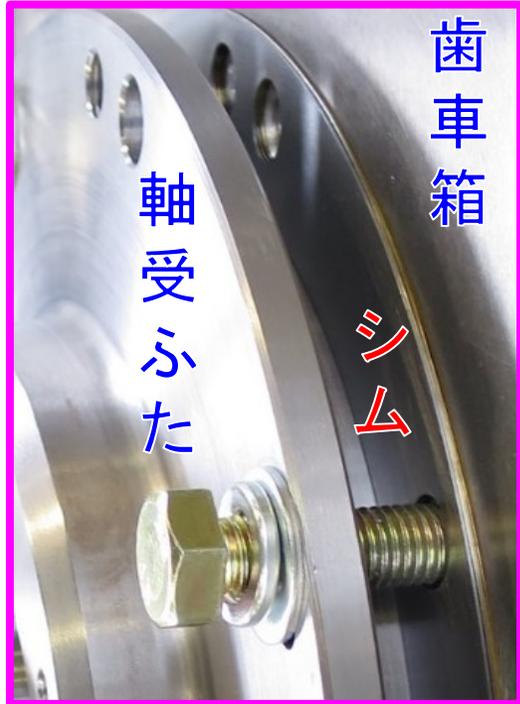


小歯車軸受として円すいころ軸受を広く使用

- 比較的小さい大きさで大きな荷重を支持
- 回転による圧力差で歯車箱外側から内側へ油を流す作用 (ポンプ作用⇒耐漏油性大)

■はじめに —課題—

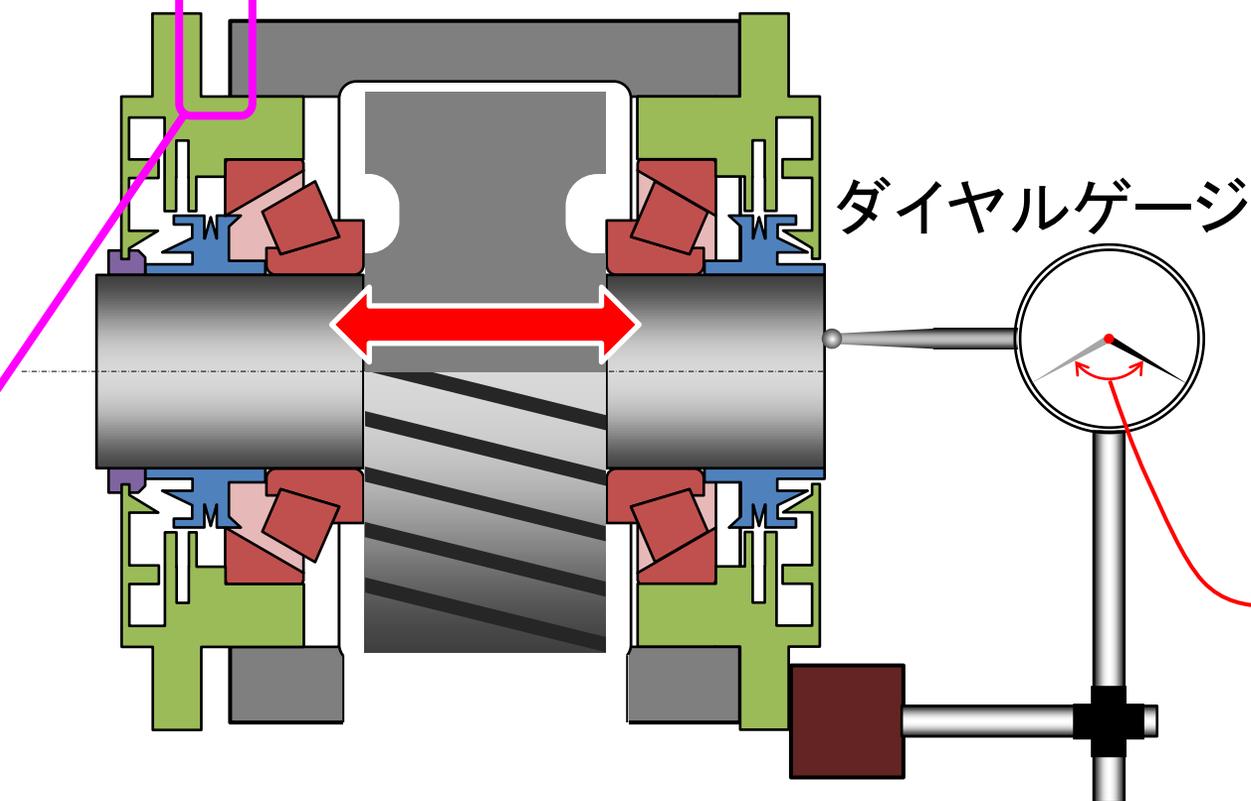
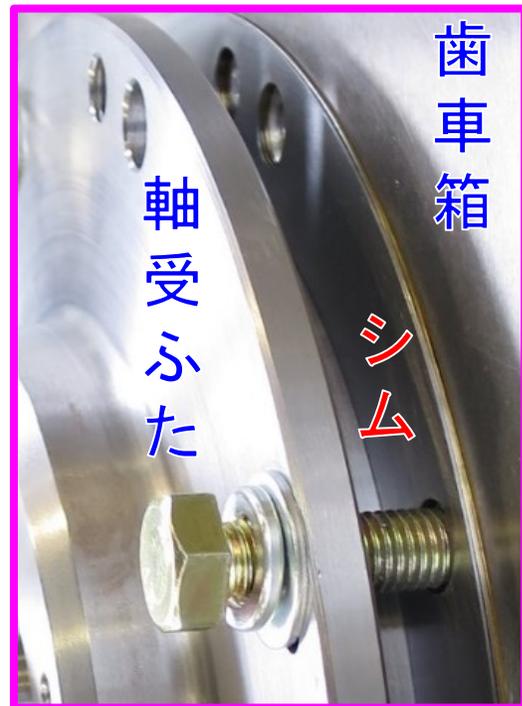
エンドプレイ値 : 2個の軸受の組合せすきまによる小歯車軸の水平方向の移動量



- 軸受の損傷を防止するためにエンドプレイ値を厳密に調整する必要
- エンドプレイ値は、歯車箱と軸受ふたの間に挿入するシムの厚さと枚数だけで調整

## ■はじめに -エンドブレイ値の調整-

### エンドブレイ値調整作業の一例



シム厚さ	シム枚数
0.50mm	○枚
0.30mm	△枚
0.15mm	□枚
0.13mm	◇枚
0.10mm	▽枚

管理値：  
0.09～0.12mm

- わずか0.03mmの幅の管理値内に5種類のシムの組合せで調整しなければならない
- ダイヤルゲージで測定するなど、現状は全て手作業で調整

■はじめに -エンドプレイ値が小さすぎると-



ころ端面



内輪大つば面

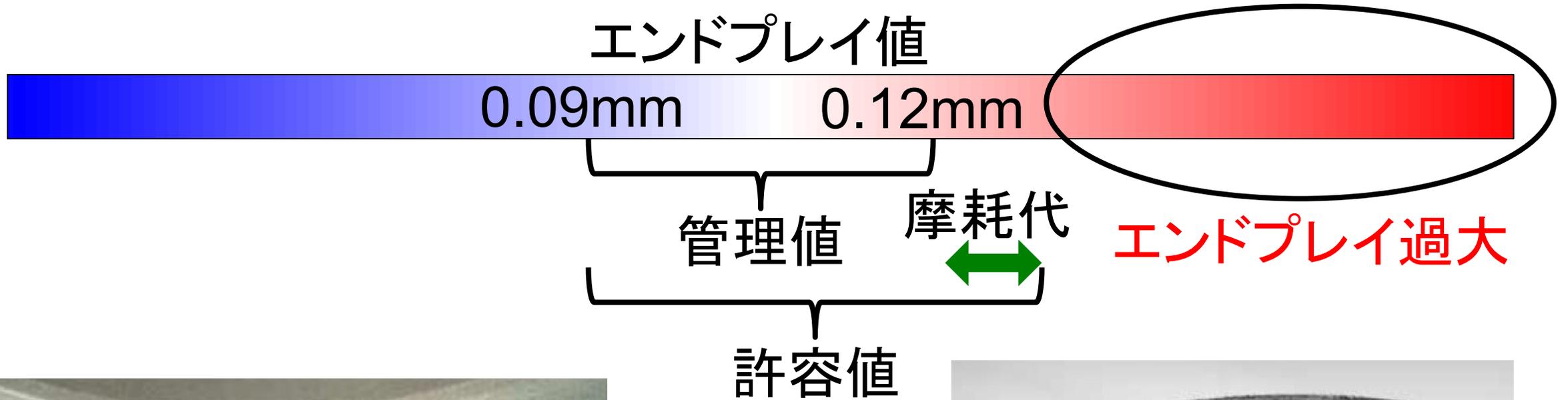
ころ端面と内輪大つば面の  
すべり接触部の かじり、焼付き

出典：The Timken Company,

Timken Bearing Damage Analysis with Lubrication Reference Guide



■はじめに -エンドプレイ値が大きすぎると-



出典 : SKF, Past and Present, Railway Technical Handbook

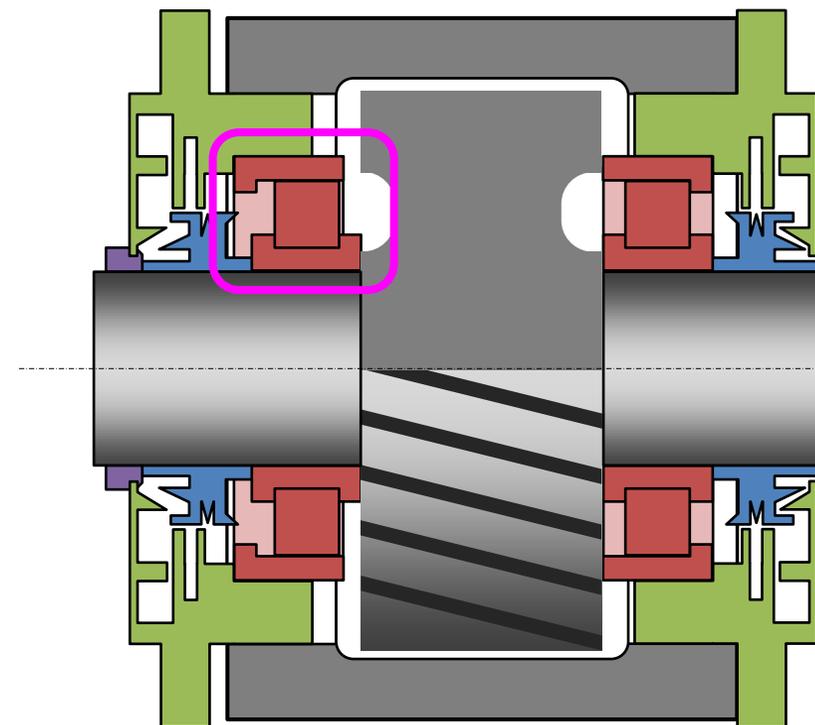
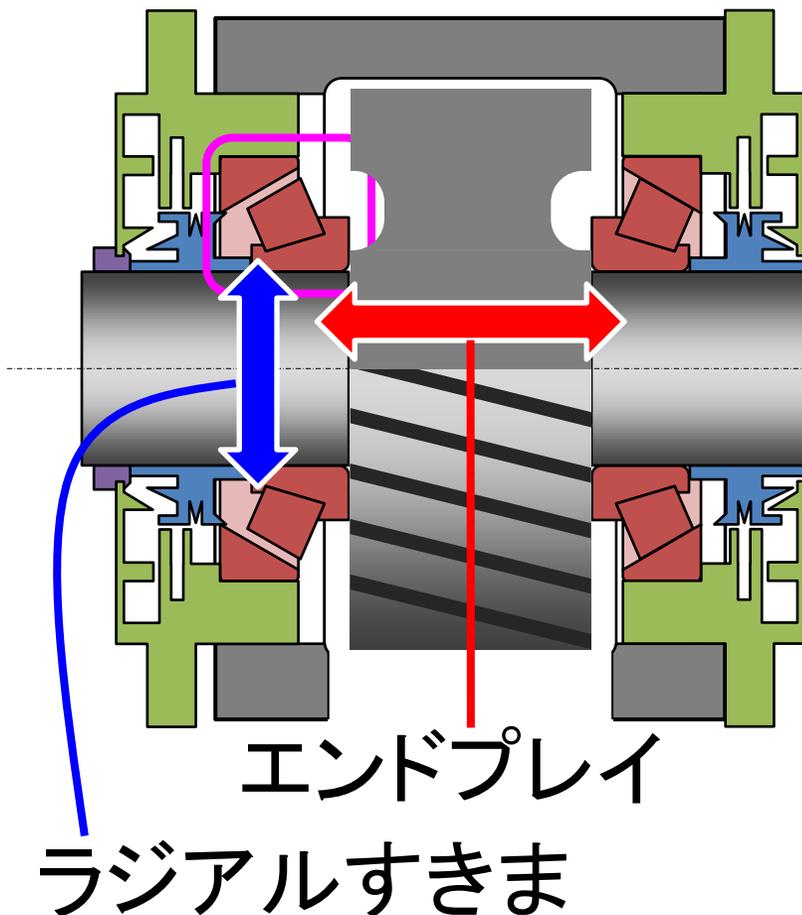
出典 : The Timken Company,  
Timken Bearing Damage Analysis with Lubrication Reference Guide  
Railway Technical Research Institute



# ■はじめに ーつば付き円筒ころ軸受適用の検討ー

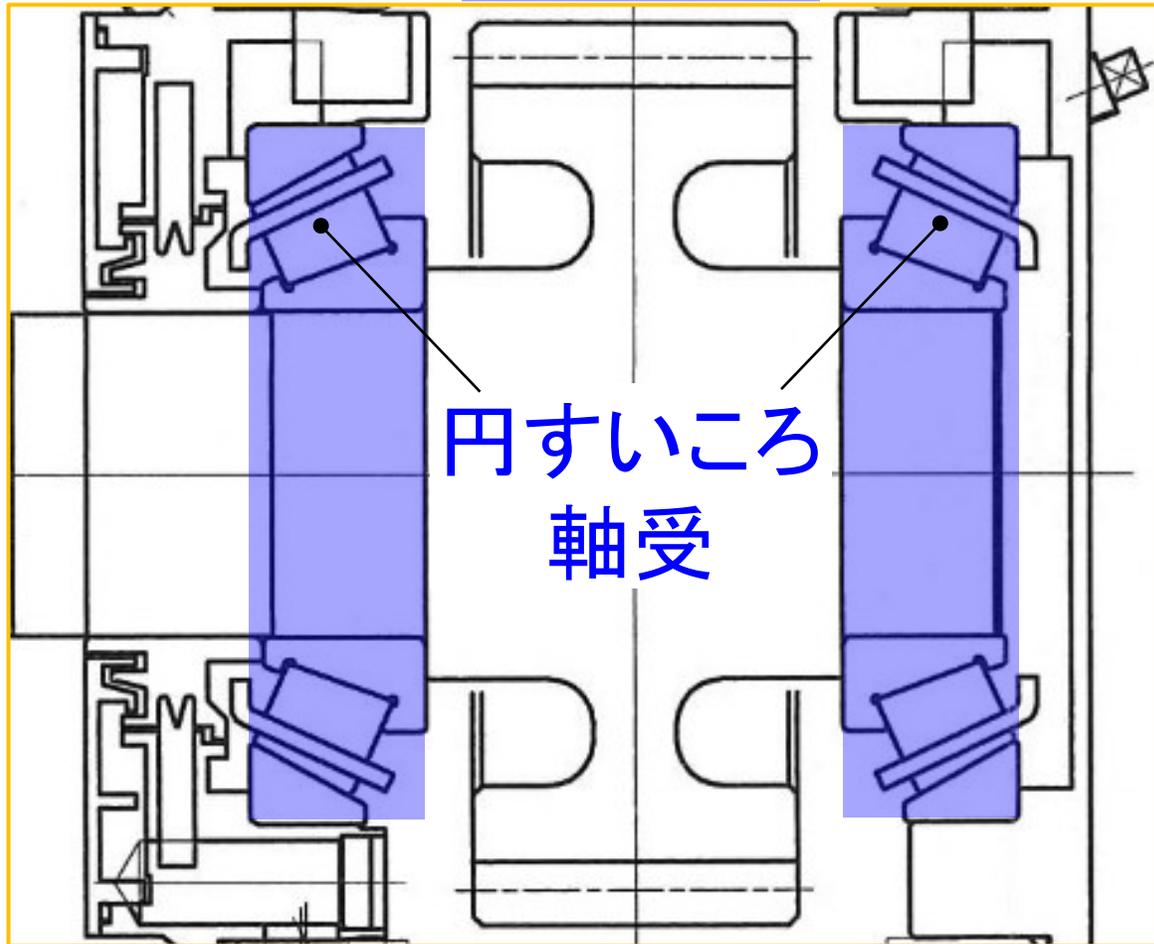
## つば付き円筒ころ軸受

早期はく離や保持器破損といった損傷は、いずれもエンドプレイが大きくなると軸受のラジアルすきま（軸垂直方向のすきま）が大きくなることにより発生

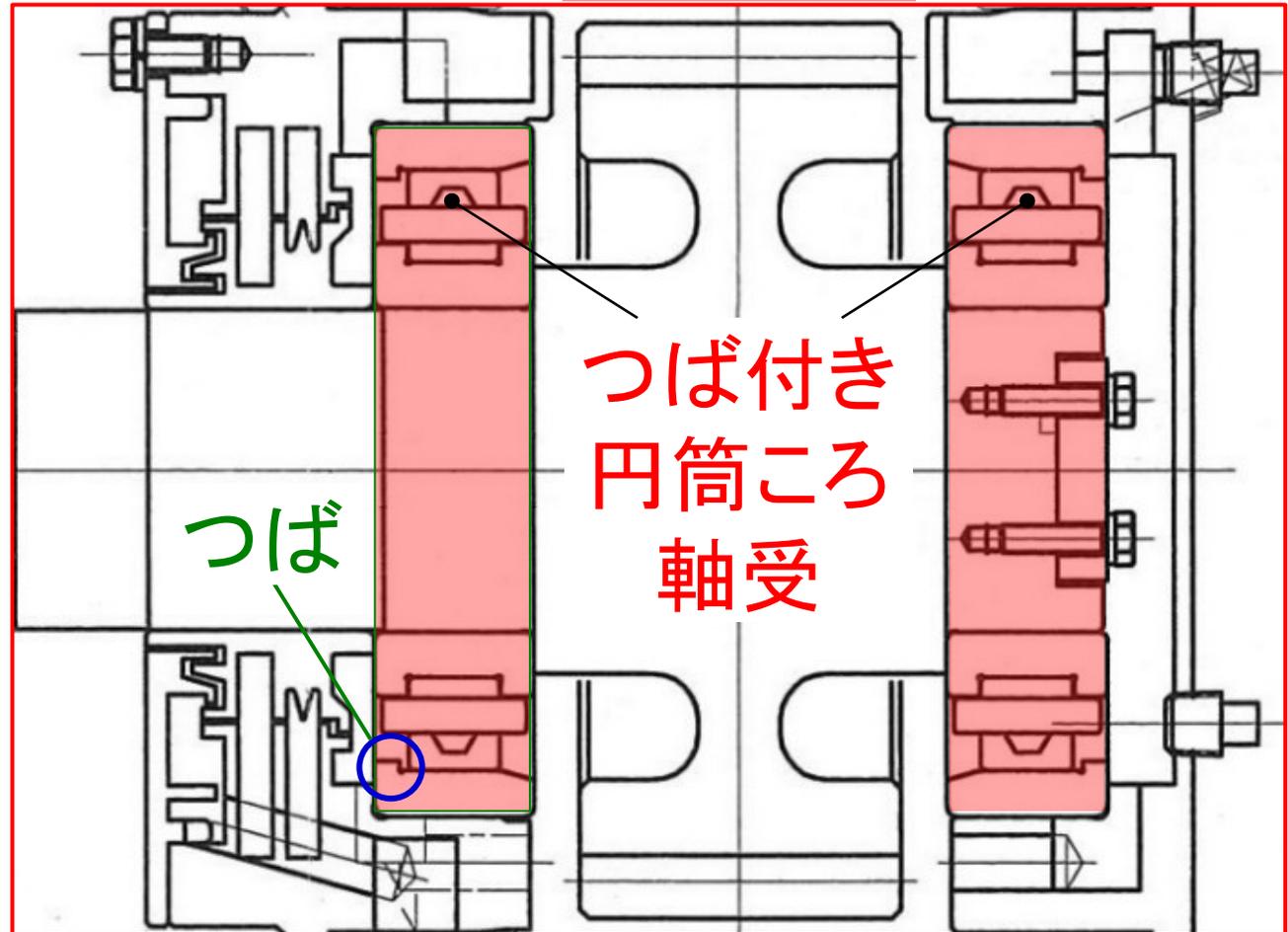


エンドプレイ値（許容値）を拡大できると歯車装置の保守低減や焼付き損傷防止が期待できる  
➤エンドプレイが大きくなってもラジアルすきまが変化しないつば付き円筒ころ軸受の適用検討

従来構造



試作構造



➤ 試作構造では、全てのアキシアル荷重をつばが負担する

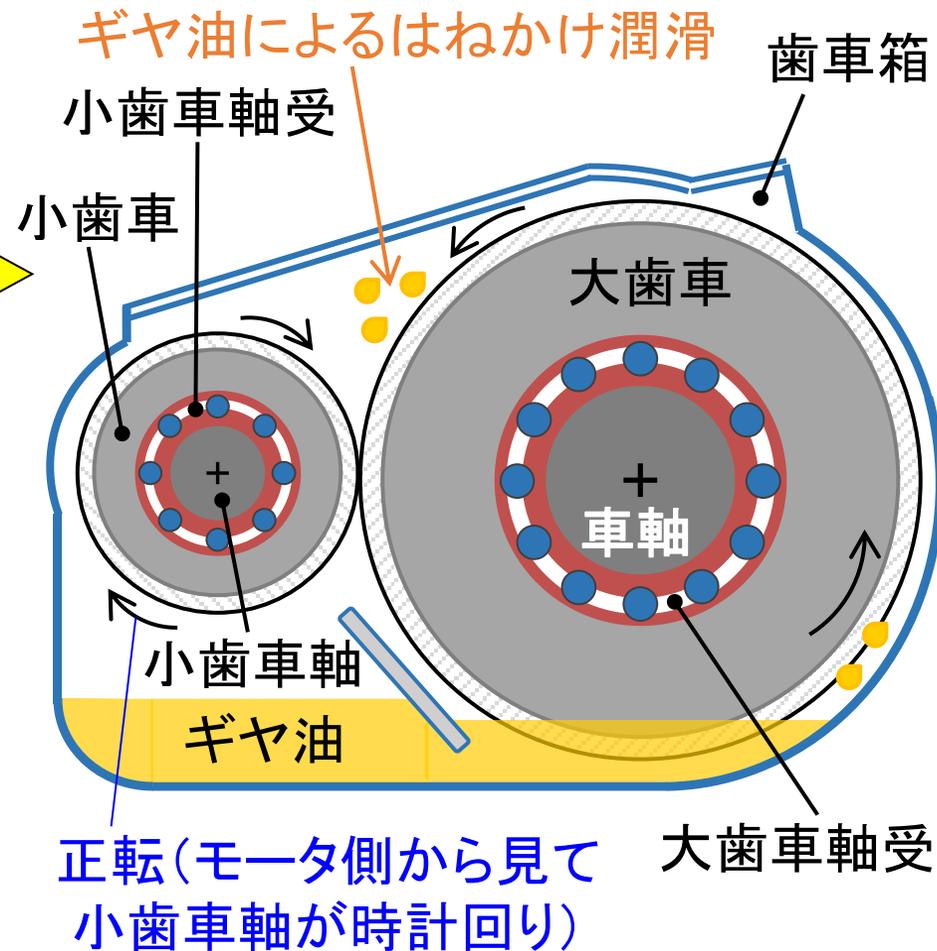
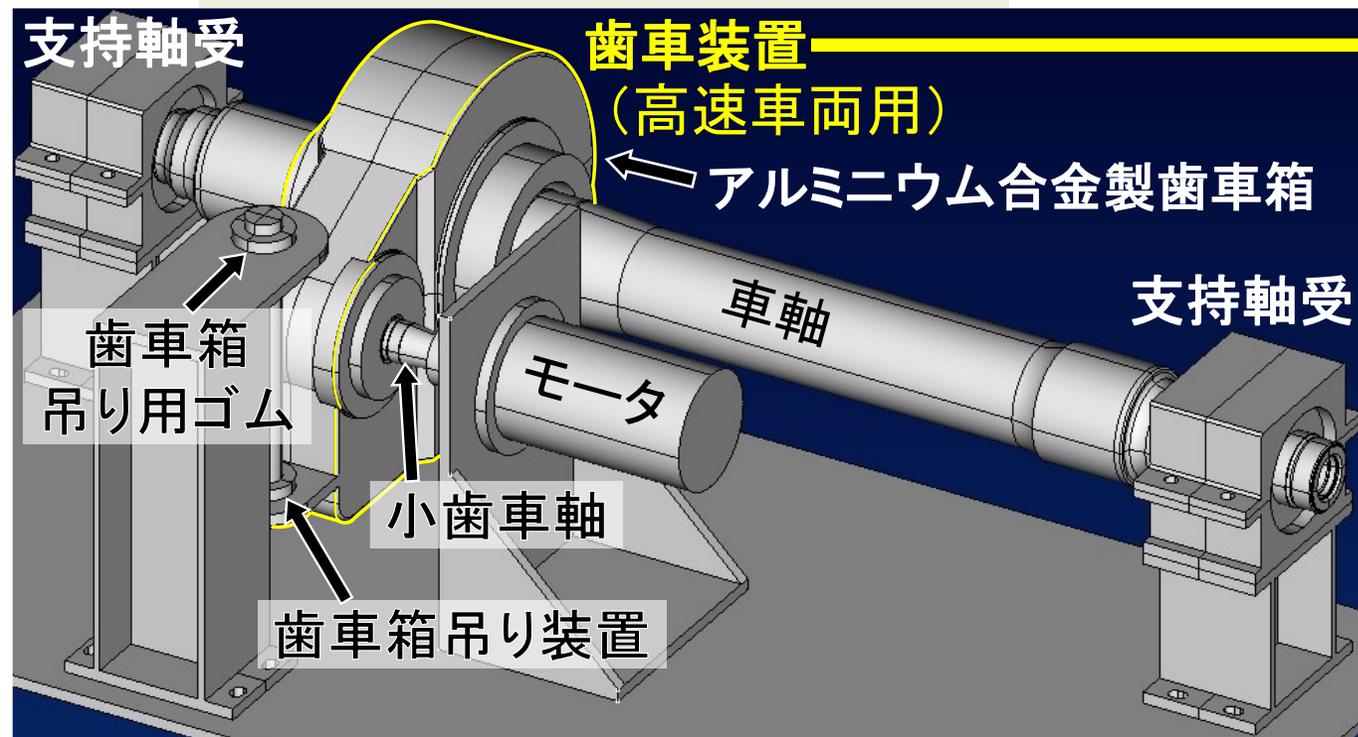
寸法・諸元

構造	従来構造	試作構造
軸受	円すいころ軸受	つば付き円筒ころ軸受
外径 [mm]	150	150
内径 [mm]	70	70
組立幅 [mm]	38	35
ころ数	15	13
動定格荷重 [N]	167000	158000
エンドプレイ上限値 [mm]	0.12	0.30

▶ 試作構造は、現在使用されている従来構造とほぼ同じ寸法・定格荷重

# ■実機歯車装置による回転試験 —試験機—

## 歯車装置回転試験機



試作構造について、損傷発生の指標となる温度とトルクに注目

- 実物の歯車装置を輪軸に取り付けた状態で回転
- 実機と同様の潤滑条件下で回転試験が可能
- 液化炭酸ガスによる冷却により低温試験が可能

### 試験における評価基準

- 温度 (軸受部、ギヤ油、歯車箱、小歯車軸…)
- トルク (小歯車軸)

温度、トルクともに上昇すると焼付き損傷の前兆

# ■実機歯車装置による回転試験 —試験機冷却—

▶低温起動試験時は歯車装置を液化炭酸ガスで冷却



# ■実機歯車装置による回転試験 —試験条件—

回転方向	正転／逆転	
回転パターン	右下図参照	
潤滑油	油種	ギヤ油(基油: 鉱油)
	動粘度	9.9 mm <sup>2</sup> /s (100 °C) 78.7 mm <sup>2</sup> /s (40 °C)
	粘度指数	105
油量	2.95 L	

下記2種類の試験を実施

➤ **風冷回転試験**

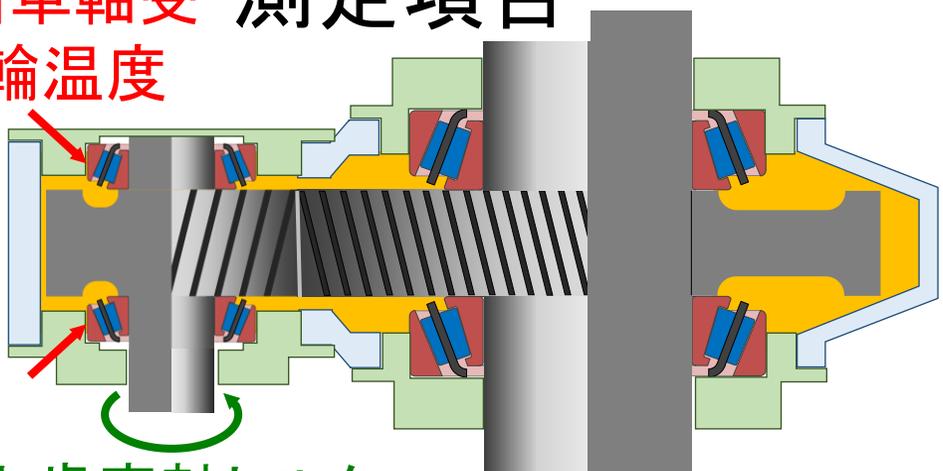
約10°Cの環境で風冷しながら回転  
冬期の走行条件を模擬

➤ **低温起動試験**

約-20°Cの環境で短時間の回転  
ギヤ油の流動性が低く、潤滑が  
厳しい低温起動の条件を模擬

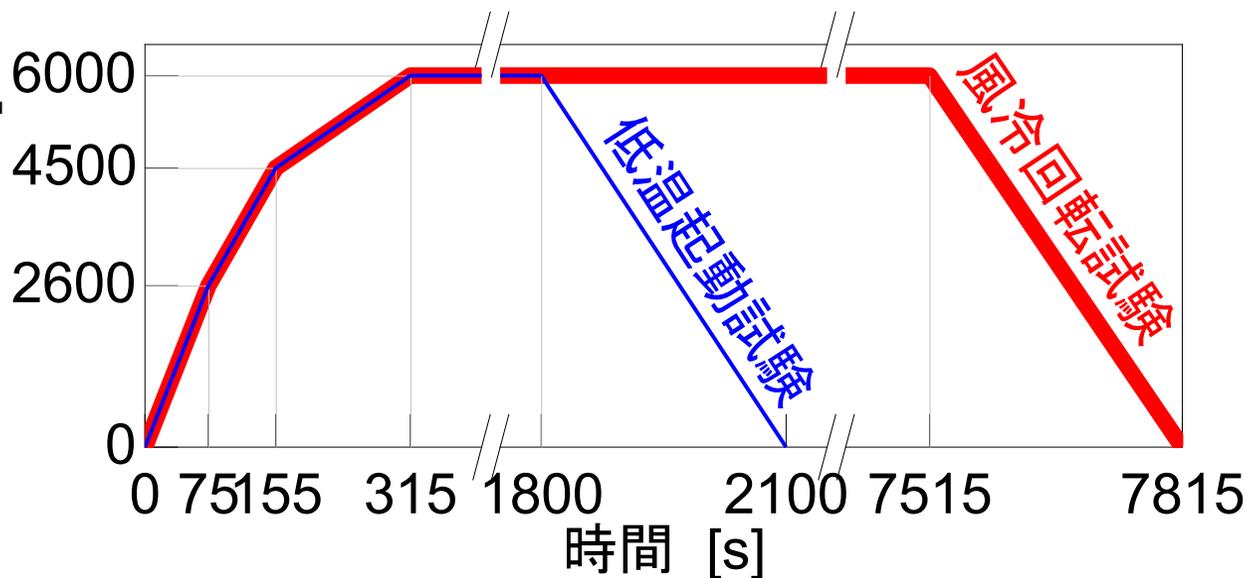
## 小歯車軸受 測定項目

外輪温度



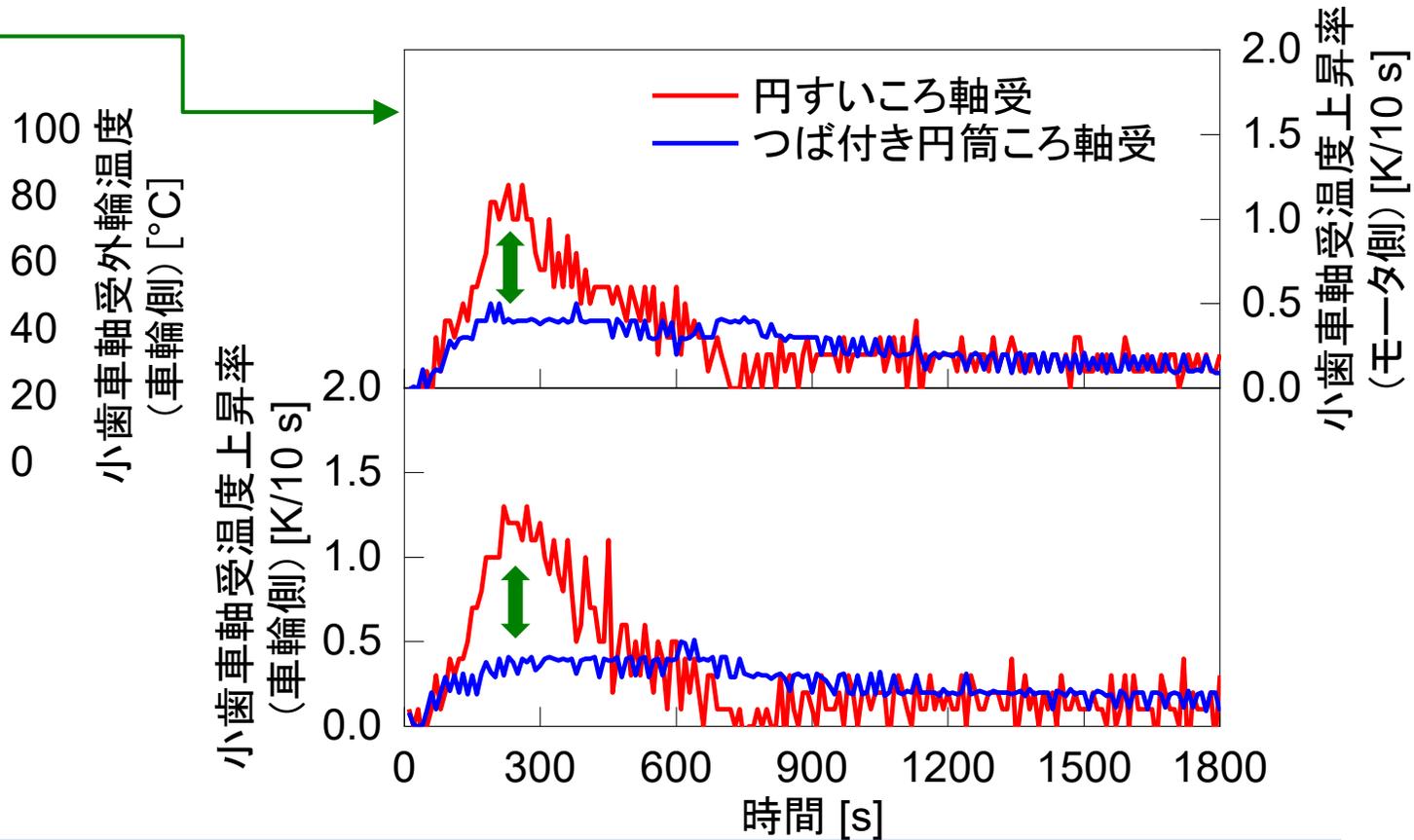
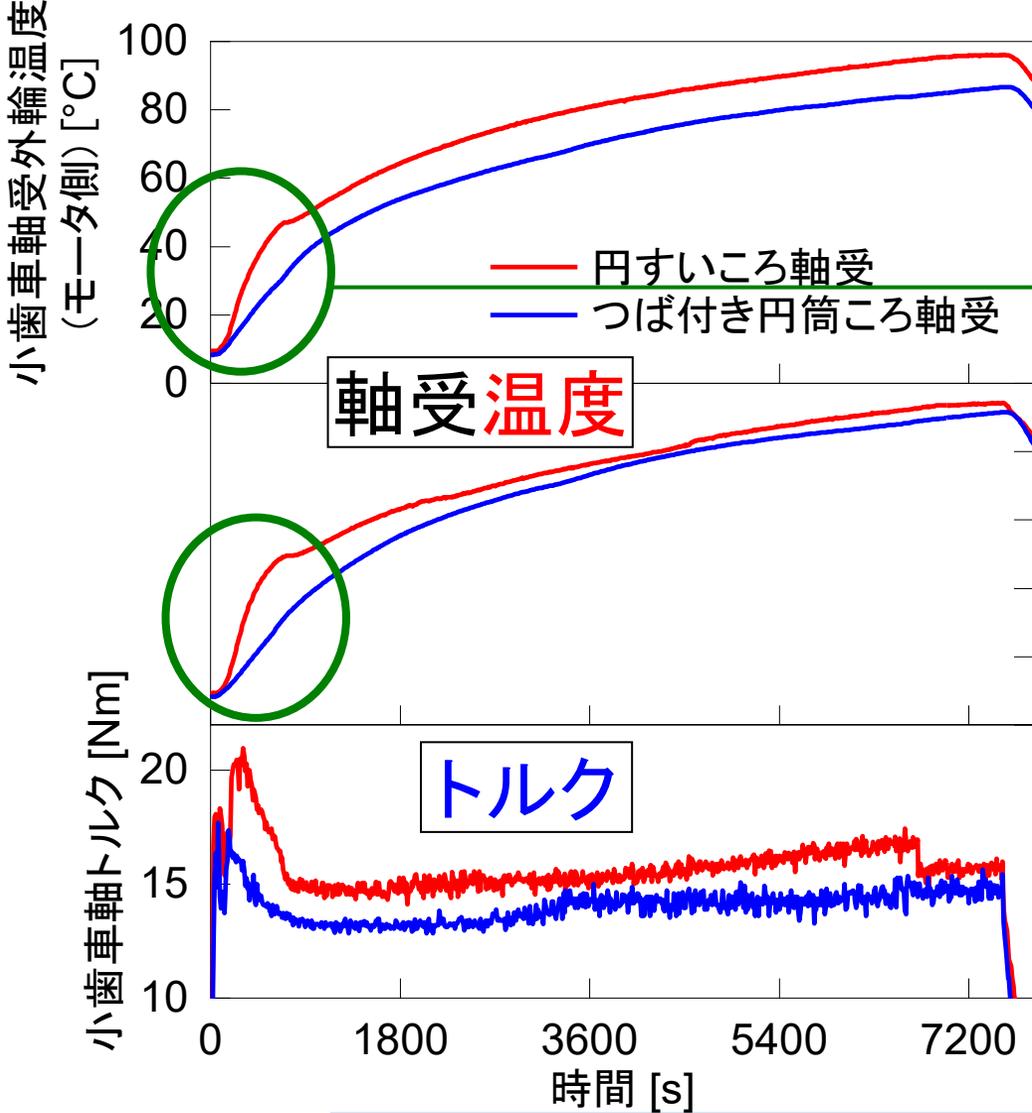
小歯車軸トルク

小歯車軸回転速度 [min<sup>-1</sup>]



# ■ 実機歯車装置による回転試験 — 風冷回転試験での軸受温度・トルク —

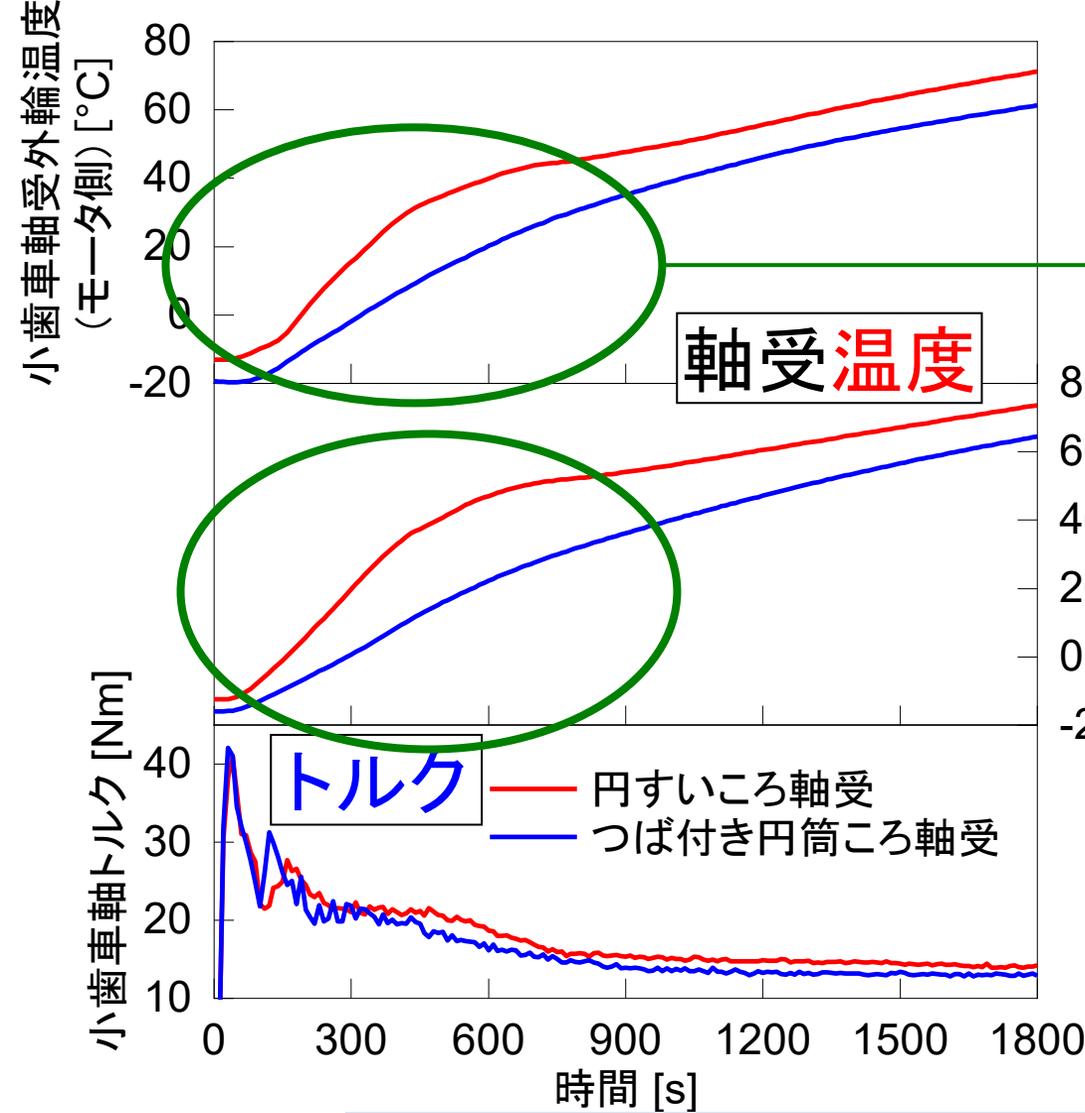
回転開始直後の温度上昇に大きな差  
 ⇒ 10sあたり(10s間)の温度上昇(温度上昇率)  
 に注目



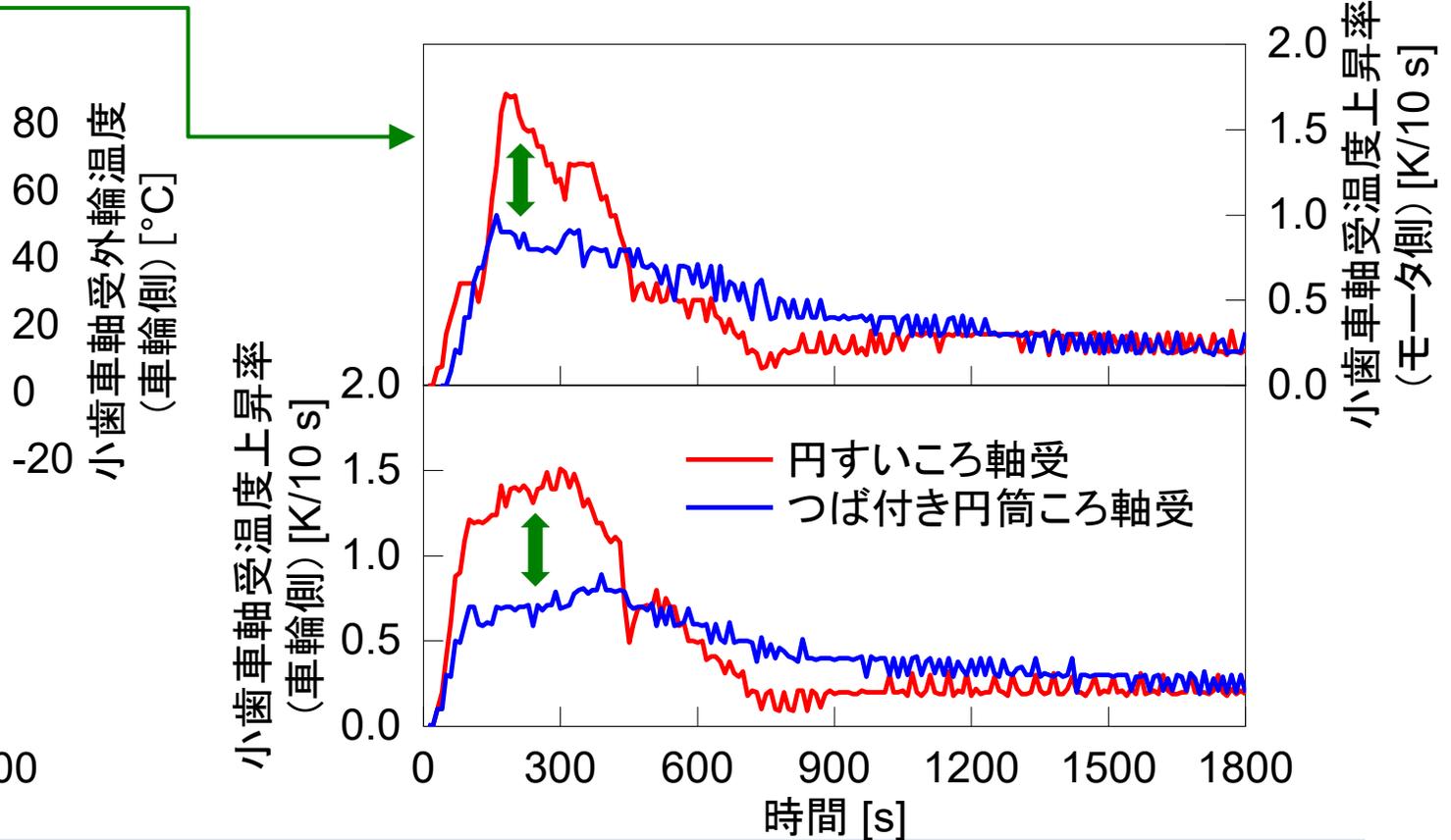
➤ 軸受の温度(上昇)と小歯車軸のトルクはつば付き円筒ころ軸受の方が低い



# ■ 実機歯車装置による回転試験 — 低温起動試験での軸受温度・トルク —



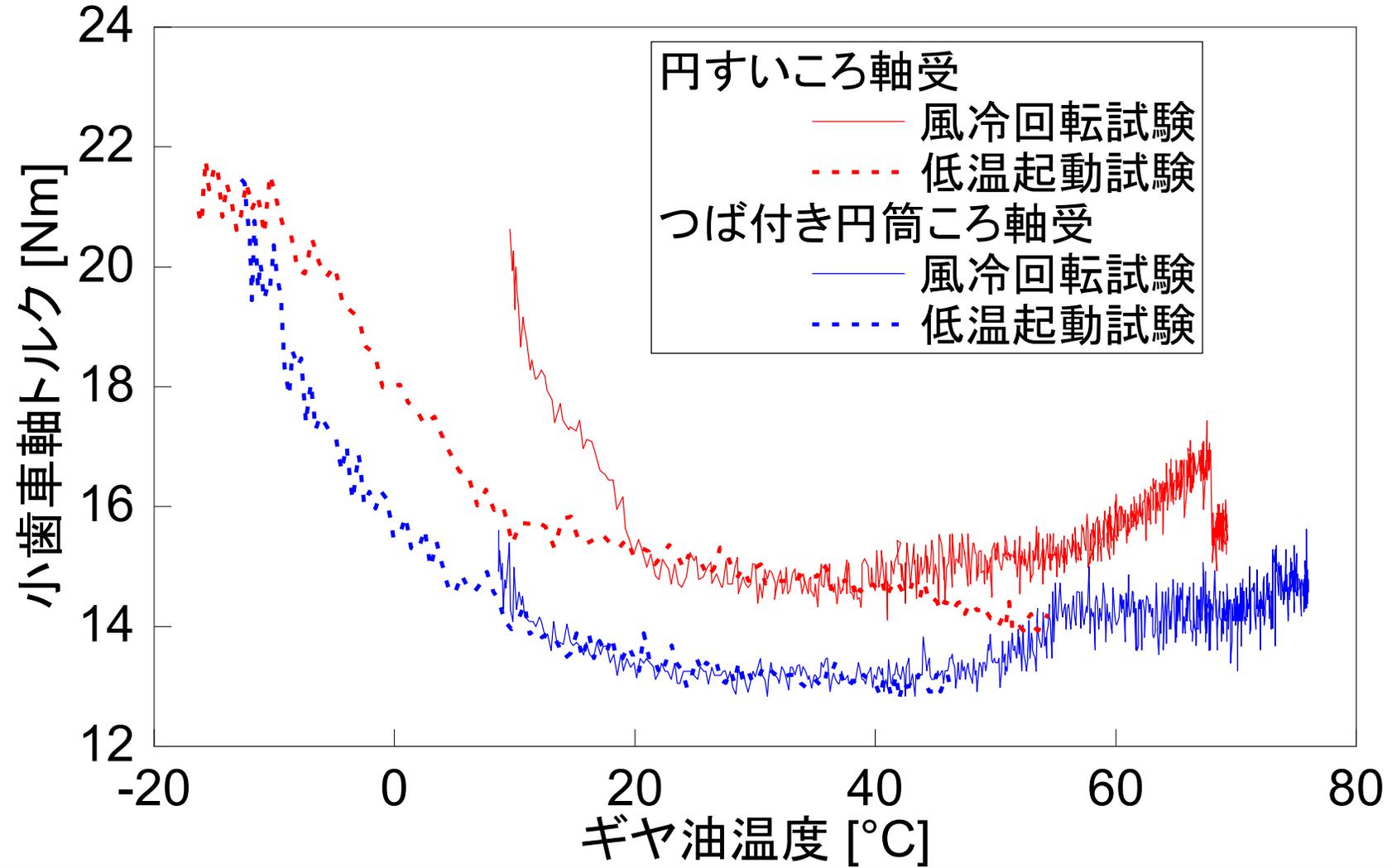
温度上昇率  
風冷回転試験よりもさらに急激に上昇



➤ 軸受の温度(上昇)と小歯車軸のトルクはつば付き円筒ころ軸受の方が低い



# ■ 実機歯車装置による回転試験 —ギヤ油温度とトルクの関係—



- ギヤ油温度が上昇するとトルクは低下するが、約40°C以上では横ばいか増加
- 同じギヤ油温度では、トルクはつば付き円筒ころ軸受の方が低い



# ■ 軸受単体での回転試験 — 試験機 —

実機歯車装置による回転試験では、潤滑条件や軸受設置状態を再現することができたが、外部トルクを負荷できない

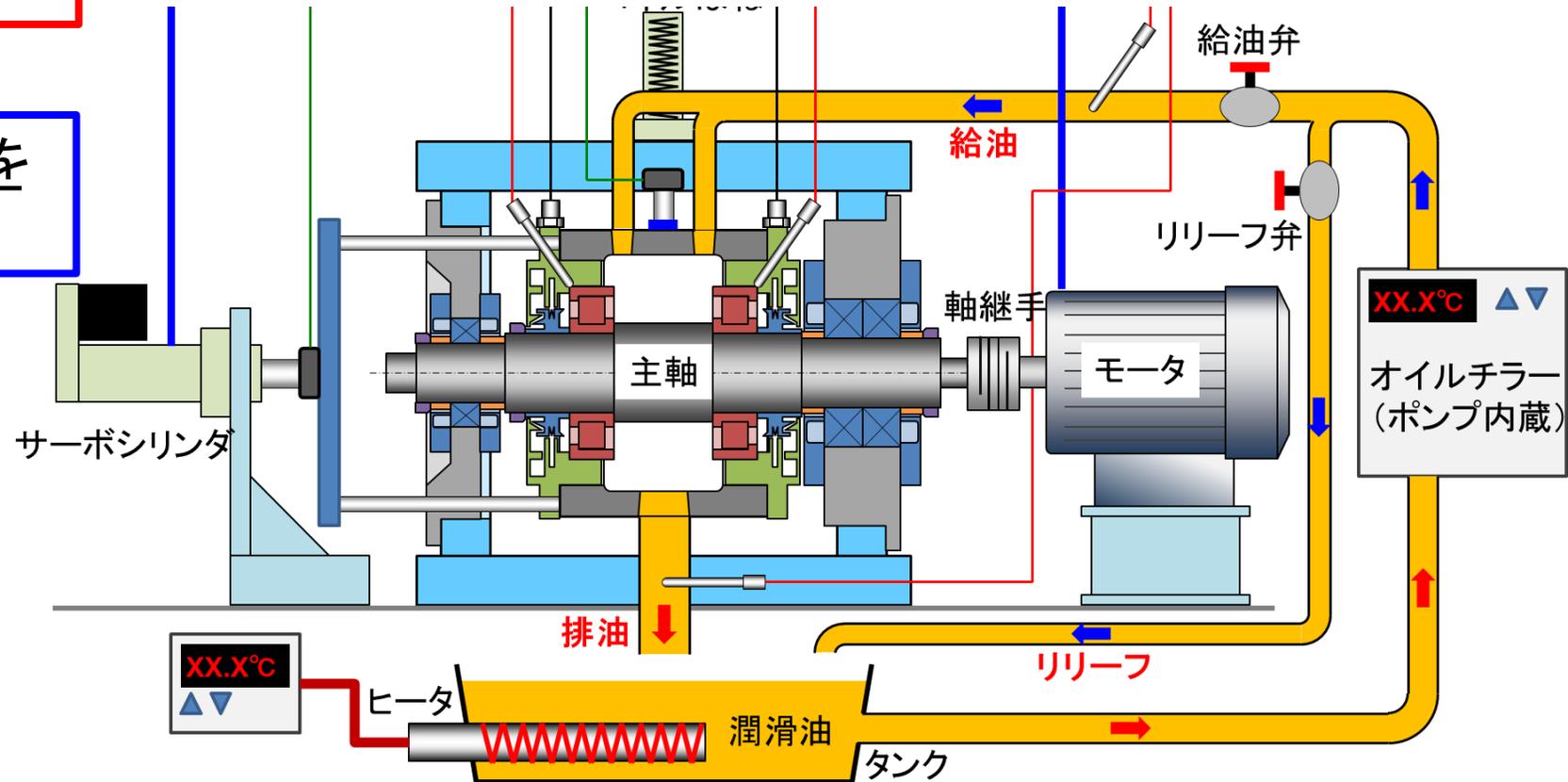
軸受に荷重を加えて回転試験を実施する必要

試験における評価基準

- 温度 (軸受部、給油、排油…)
- トルク (小歯車軸)

## 歯車装置軸受回転試験機

- 給油温度を任意に設定
- 給油量を任意に設定
- ラジアル荷重・アキシアル荷重を負荷



## ■ 軸受単体での回転試験 — 試験条件 —

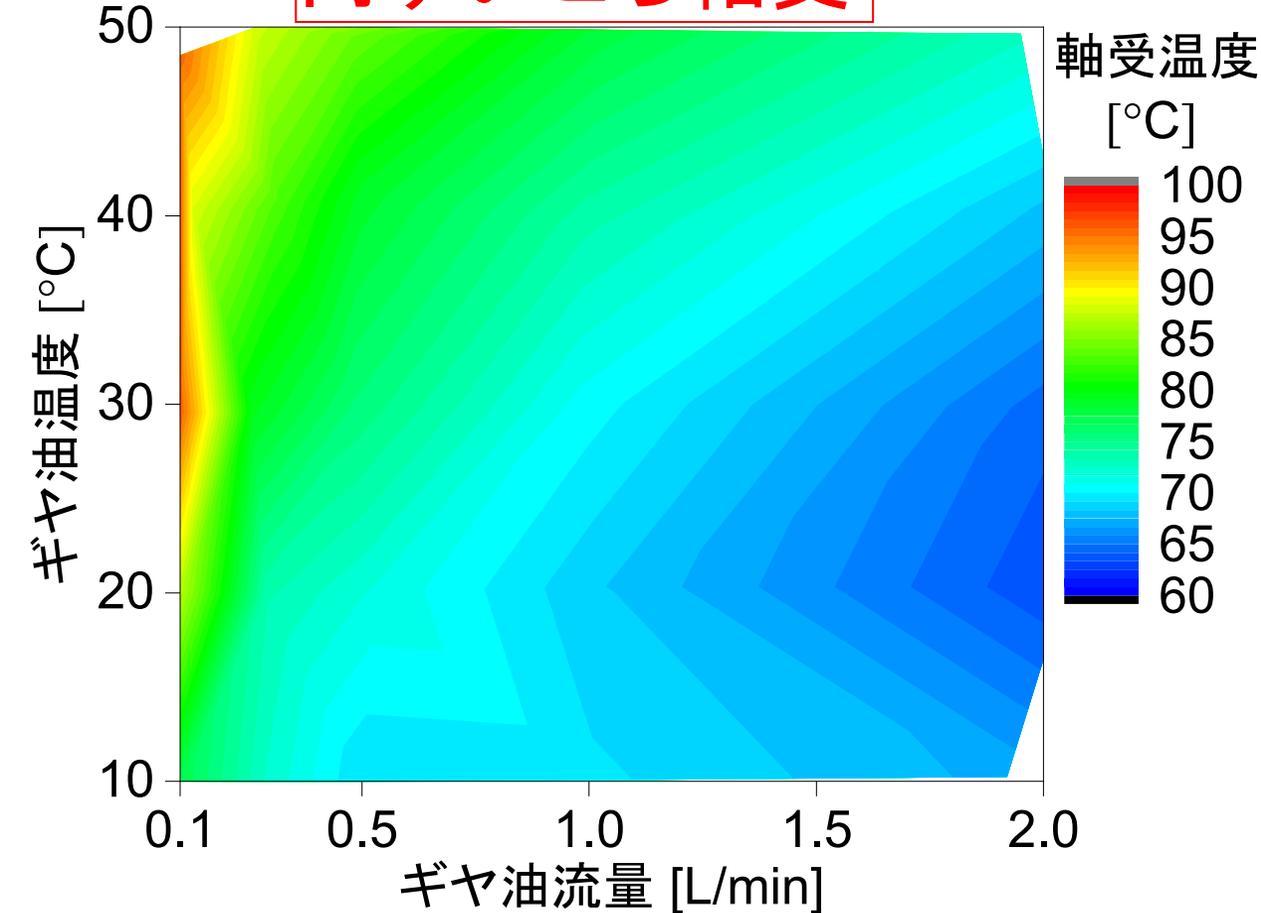
回転方向	正転	
回転速度	3000min <sup>-1</sup>	
潤滑油	油種	ギヤ油(基油: 鉱油)
	動粘度	9.9 mm <sup>2</sup> /s (100 °C)
		78.7 mm <sup>2</sup> /s (40 °C)
粘度指数	105	
ギヤ油温度	約 10, 20, 30, 40, 50 °C	
ギヤ油流量	約 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0 L/min/軸受	
ラジアル荷重	3500 N/軸受	
アキシアル荷重	12000 N	

実機歯車装置による  
回転試験と同じ

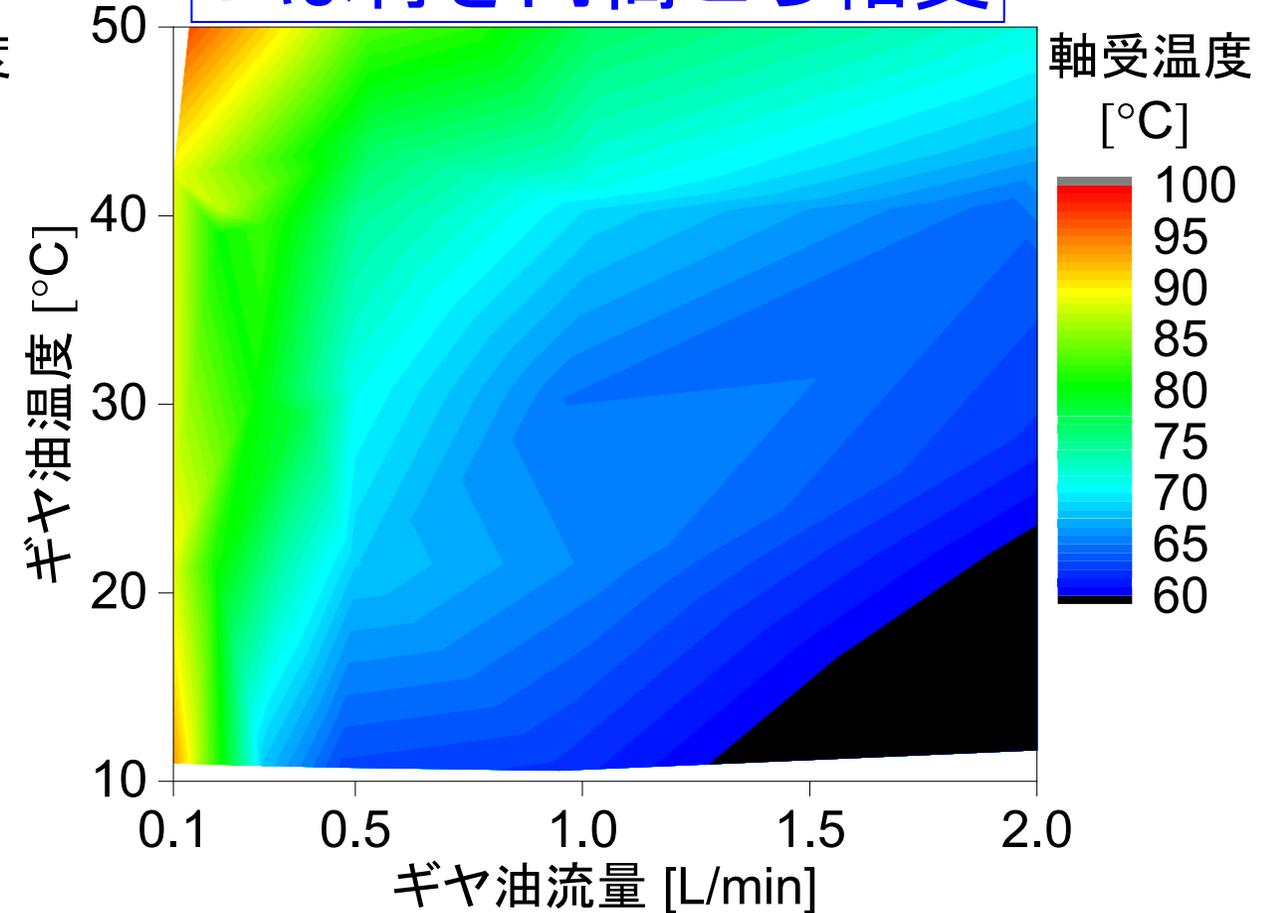
比較的大きなアキシアル荷重を作用させたくて、  
給油するギヤ油の温度と流量を様々に変化させて、  
軸受回転試験を実施

# ■ 軸受単体での回転試験 — 軸受温度 —

## 円すいころ軸受



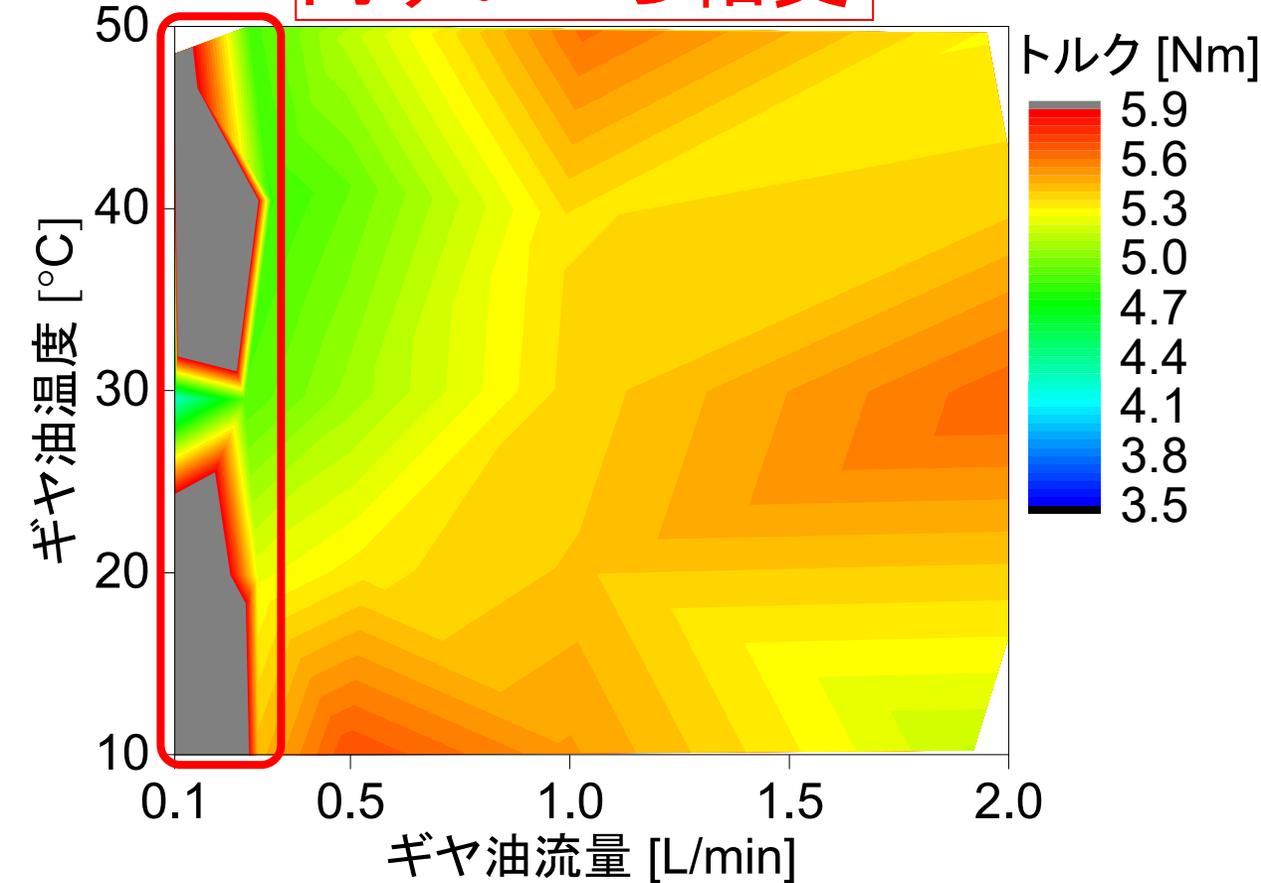
## つば付き円筒ころ軸受



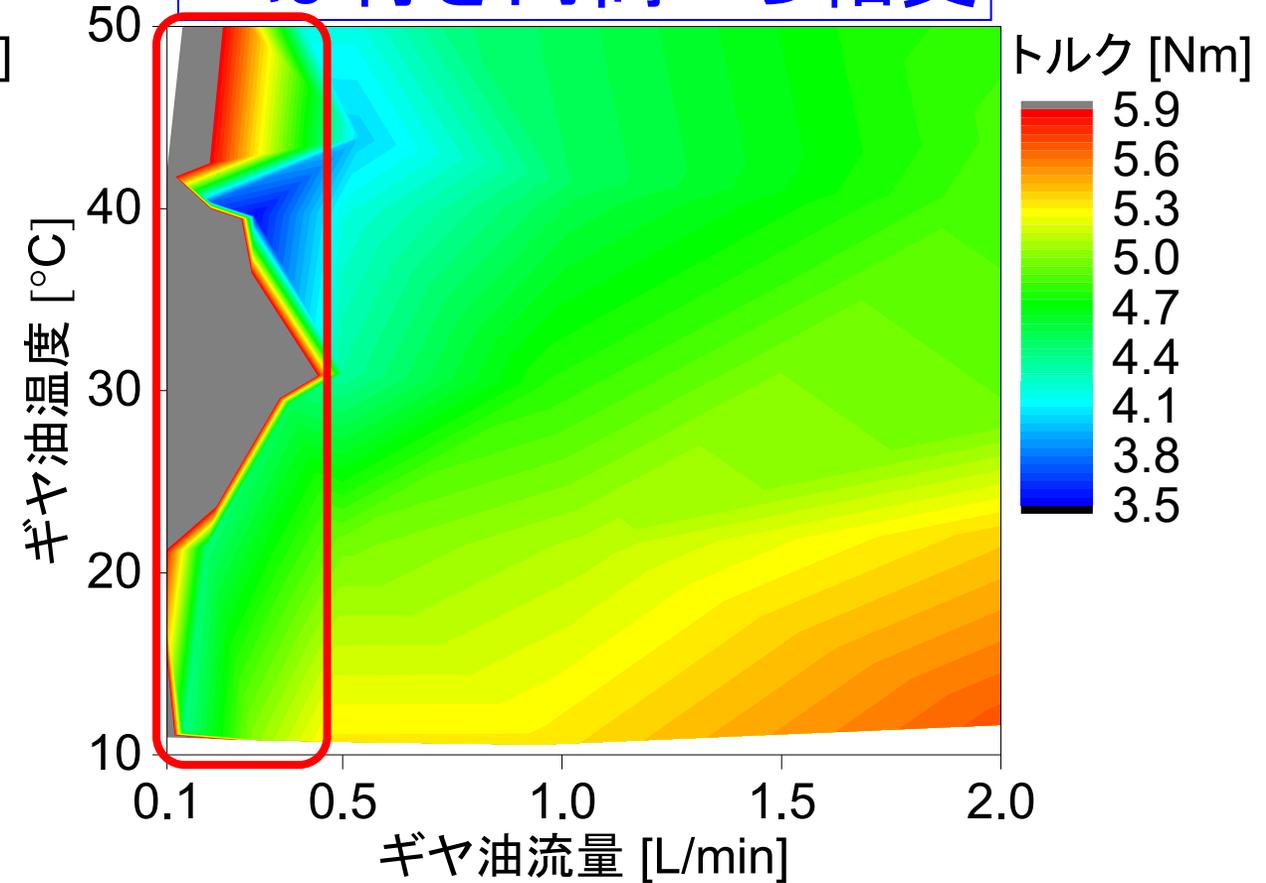
- いずれの軸受も、ギヤ油流量多く、ギヤ油温度が低いほど軸受温度が低下
- つば付き円筒ころ軸受の方が軸受温度がわずかに低い

## ■ 軸受単体での回転試験 -トルク-

円すいころ軸受



つば付き円筒ころ軸受



- いずれの軸受も、ギヤ油流量が非常に少ないと、トルクが急上昇⇒焼き付きの兆候
- 広いギヤ油流量・温度の範囲で、つば付き円筒ころ軸受の方がトルクが低い

## ■まとめ

エンドプレイ値の調整範囲を拡大できる小歯車軸用のつば付き円筒ころ軸受を試作し、従来の円すいころ軸受と性能を比較した。

- ◆ 実機歯車装置による回転試験では、軸受の温度と小歯車軸のトルクは円すいころ軸受に比べてつば付き円筒ころ軸受の方が低い結果となった。
- ◆ 回転開始直後の軸受の温度上昇率も、つば付き円筒ころ軸受の方が低い結果となった。
- ◆ 軸受単体での荷重負荷条件下での回転試験では、広いギヤ油流量・温度の範囲で、つば付き円筒ころ軸受の方がトルクが低く、軸受温度もわずかに低い結果となった。
- ◆ 上記より、小歯車軸受としてつば付き円筒ころ軸受を適用した場合、円すいころ軸受と同等以上の低トルク、低発熱特性となる見込みを得た。

## ■成果の活用

小歯車軸エンドプレイ値(許容値)を拡大できるつば付き円筒ころ軸受による小歯車支持構造の開発に活用し、歯車装置の保守低減・信頼性向上を目指す。今後、つば部の長期的な健全性を評価、確認して実用化につなげたい。

# 参考文献

高橋 研, 鈴木 大輔, 岡村 吉晃, 永友 貴史:  
歯車装置軸受へのつば付き円筒ころ軸受の適用,  
鉄道総研報告, Vol. 37, No. 7, pp. 9-15, 2023