



文書番号:08E1-B-18-015

東京大学-JAXA社会連携講座シンポジウム
「産官学の連携による宇宙開発分野でのブレークスルー」

軸受メーカーにおける接触摩擦研究の 取り組みと数値計算に対する期待

株式会社 ジェイテクト
研究開発本部
解析技術研究部
春山 朋彦

JTEKT CORPORATION

本日の内容



1. ジェイテクトの軸受製品と接触摩擦研究
各軸受製品と潤滑状態計測概要
2. グリース潤滑玉軸受の事例
蛍光粒子によるグリース流動可視化
(内容: 春山, 澤田, 南里, トライボロジー会議2016 秋 新潟, B34
春山, 澤田, トライボロジー会議2017 春 東京, E13)
3. 油潤滑円すいころ軸受の事例
PIV法による流速分布計測
(内容: 春山, 南里, 戸田, トライボロジー会議2016 春 東京, A13)
4. まとめと数値計算に対する期待

JTEKT CORPORATION

1. ジェイテクトの軸受製品と潤滑



<p>モータ用</p> <p>HV/EV用軸受 事務機器用軸受</p>	<p>駆動部品用</p> <p>低トルク 円すいころ軸受</p>
<p>ホイール用</p> <p>駆動輪用 ハブユニット</p>	<p>鉄道車両用</p> <p>車軸用軸受</p>

出展: <https://koyo.jtekt.co.jp/>

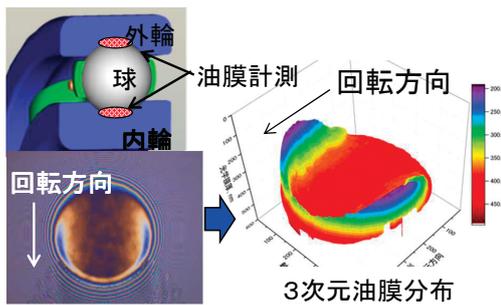
製品の要求性能により、**グリース潤滑**と**油潤滑**がある

JTEKT CORPORATION

1. ジェイテクトの軸受製品と潤滑(弊社の計測技術)

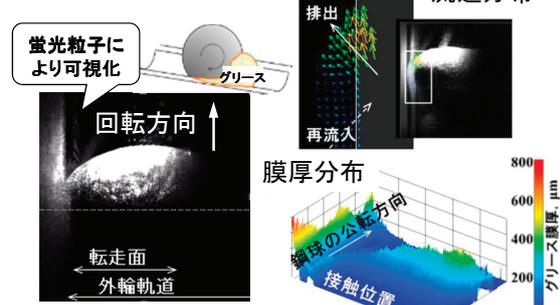


◇玉軸受:3波長光干渉法



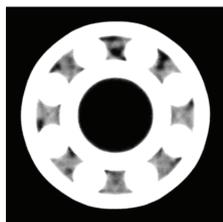
村田ら, トライボロジー会議2016春東京, B11

◇玉軸受:蛍光法



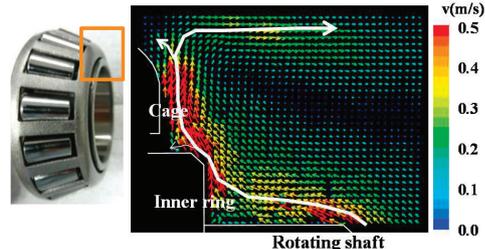
春山ら, トライボロジー会議2017春東京, E34

◇転玉軸受:X線CT計測



試験軸受6204, 産業用X線CT使用

◇円すいころ軸受:PIV法



春山ら, トライボロジー会議2016春東京, A13

JTEKT CORPORATION

本日の内容



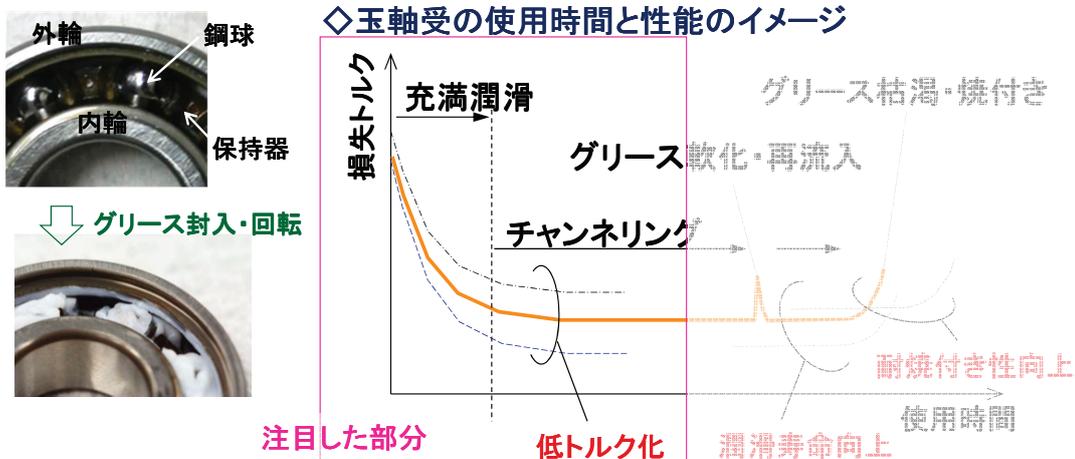
1. ジェイテクトの事業領域と接触摩擦研究
各軸受製品と潤滑状態計測概要
2. グリース潤滑玉軸受の事例
蛍光粒子によるグリース流動可視化
(内容: 春山, 澤田, 南里, トライボロジー会議2016 秋 新潟, B34
春山, 澤田, トライボロジー会議2017 春 東京, E13)
3. 油潤滑円すいころ軸受の事例
PIV法による流速分布計測
(内容: 春山, 南里, 戸田, トライボロジー会議2016 春 東京, A13)
4. まとめと数値計算に対する期待

JTEKT CORPORATION

2. グリース潤滑玉軸受の事例(着目点)



転がり玉軸受の低トルク化や潤滑寿命向上を目的とし、
グリースや保持器の開発が行われている



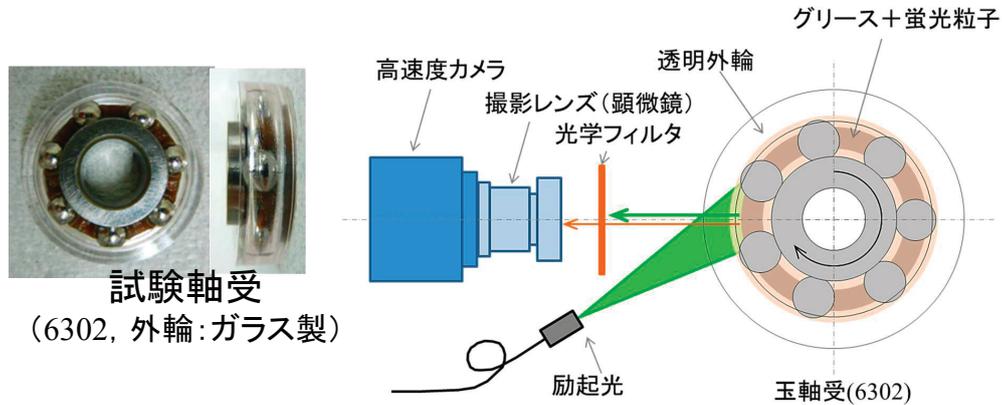
回転トルクが安定化する現象を明らかにする

JTEKT CORPORATION

2. グリース潤滑玉軸受の事例(計測システム)



軸受を回転させ、可視化と同時に損失トルクを計測



試験軸受
(6302, 外輪:ガラス製)

グリース可視化計測システム

試験軸受	6302, d15 × D42 × B13
高輝度光源	レーザ(532nm), 5W, CW
高速度カメラ	FASTCAM SA-Z (1024 × 1024pixel)

JTEKT CORPORATION

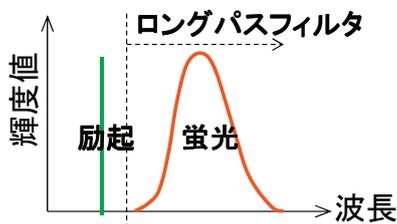
2. グリース潤滑玉軸受の事例(可視化原理)



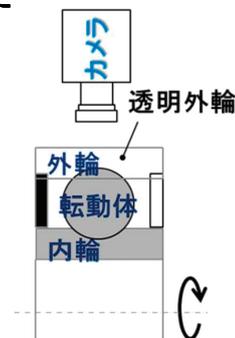
蛍光粒子とレーザ光を利用し、表面反射とグリースを分離

○ 蛍光粒子とその特性

粒子: 蛍光物質を樹脂で固めた



蛍光物質	Rhodamine B
樹脂	アクリル樹脂
平均粒径	15μm



撮影方向: 外輪

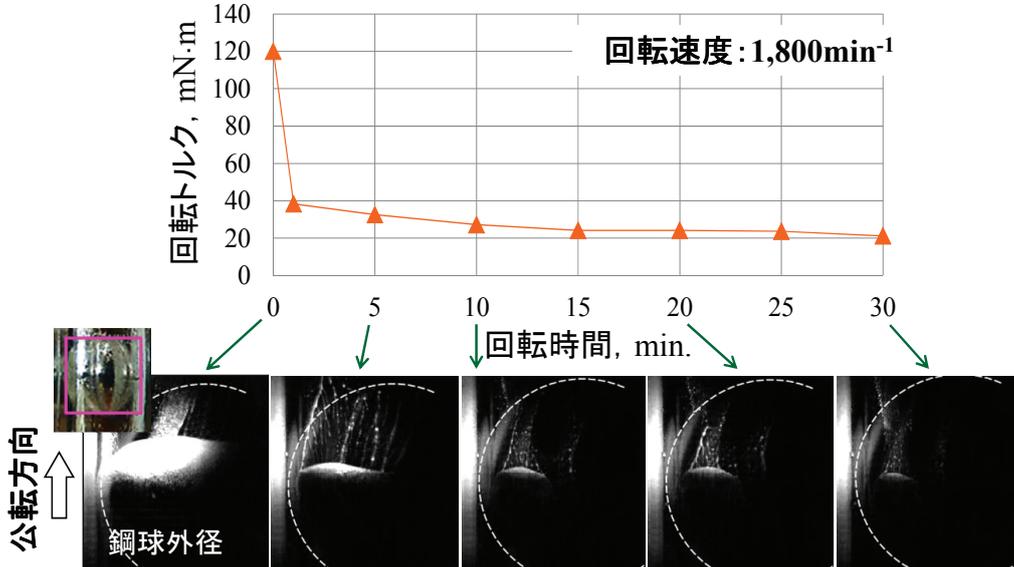
グリースを可視化
連続撮影によりグリース移動を観察

JTEKT CORPORATION



2. グリース潤滑玉軸受の事例(計測結果)

軸受回転トルクとグリース分布を同時計測



グリース分布変化が回転トルク変化の一因

2. グリース潤滑玉軸受の事例(流速分布)

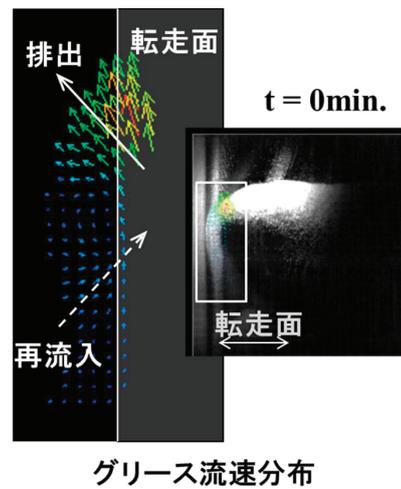
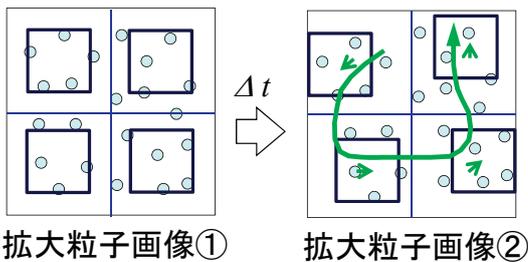


画像処理を応用し、蛍光粒子移動量を計算(PIV法)

相関係数の計算式

$$R_{fg}(\Delta X, \Delta Y) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \{f(X_i, Y_j) - f_n\} \{g(X_i + \Delta X, Y_j + \Delta Y) - g_n\}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \{f(X_i, Y_j) - f_n\}^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \{g(X_i + \Delta X, Y_j + \Delta Y) - g_n\}^2}}$$

($f(X, Y)$: 時刻 t の輝度値, f_n : $f(X, Y)$ の平均値,
 $g(X, Y)$: 時刻 $t + \Delta t$ の輝度値, g_n : $g(X, Y)$ の平均値)

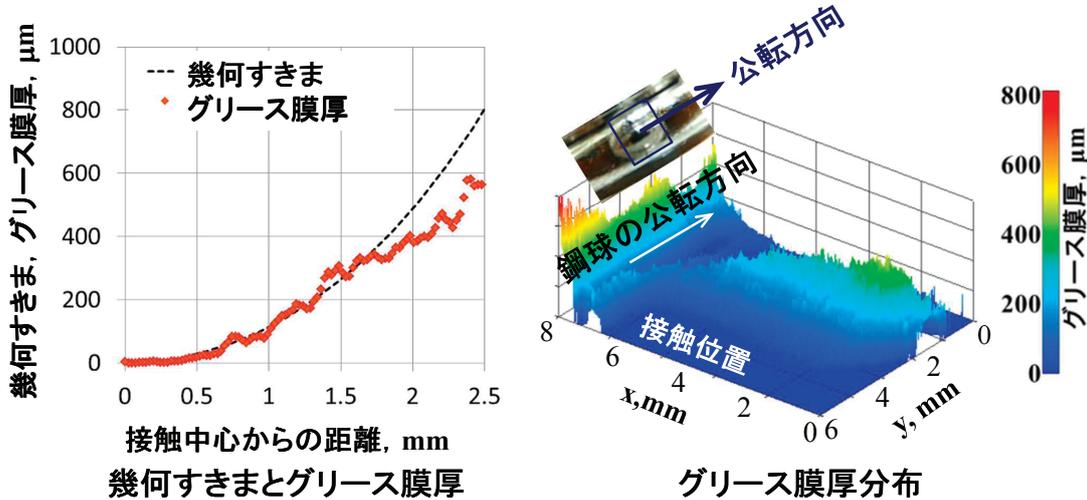


軸受回転中のグリース流速分布を計測
 ⇒グリースの排出・再流入現象を確認

2. グリース潤滑玉軸受の事例(膜厚計測)



蛍光輝度値から、グリース膜厚を換算(In-site)



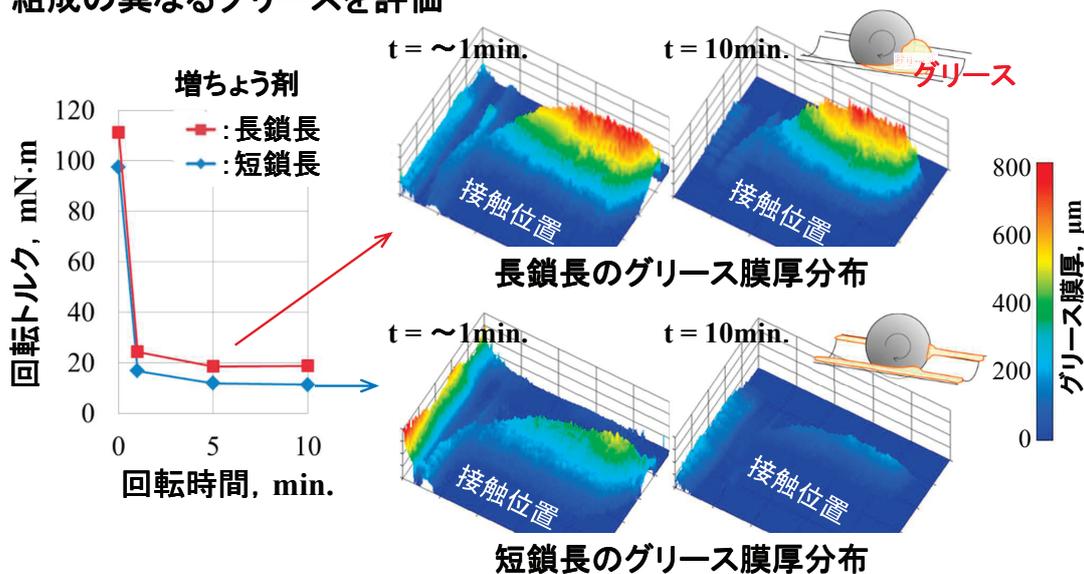
軸受回転中のグリース膜厚分布を計測
 鋼球がグリースを押しのけることで損失発生

JTEKT CORPORATION

2. グリース潤滑玉軸受の事例(開発への活用)



組成の異なるグリースを評価



低トルクメカニズムを解明 ⇒ 低トルク・長寿命軸受の開発に活用

JTEKT CORPORATION

本日の内容



1. ジェイテクトの事業領域と接触摩擦研究
各軸受製品と潤滑状態計測概要
2. グリース潤滑玉軸受の事例
蛍光粒子によるグリース流動可視化
(内容: 春山, 澤田, 南里, トライボロジー会議2016 秋 新潟, B34
春山, 澤田, トライボロジー会議2017 春 東京, E13)
3. 油潤滑円すいころ軸受の事例
PIV法による流速分布計測
(内容: 春山, 南里, 戸田, トライボロジー会議2016 春 東京, A13)
4. まとめと数値計算に対する期待

JTEKT CORPORATION

3. 油潤滑円すいころ軸受の使用事例



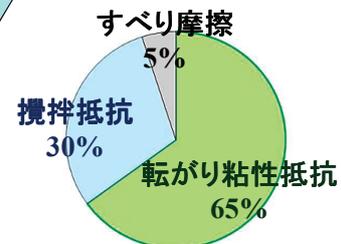
用途: デファレンシャル



出展: 弊社円すいころ軸受のカタログ



円すいころ軸受



軸受の損失割合

特徴

- ・油潤滑で使用
- ・大きなラジアル・アキシアル荷重を支えられる

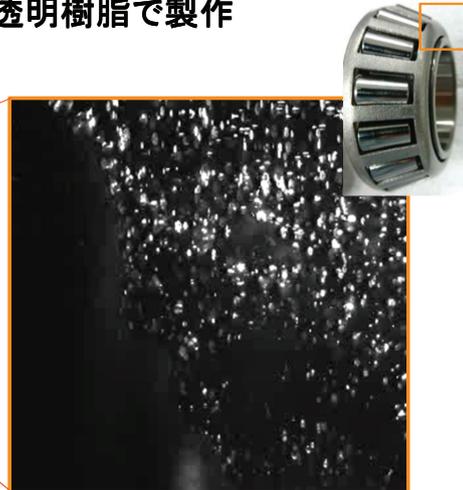
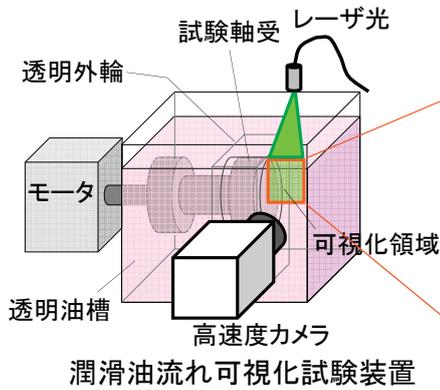
JTEKT CORPORATION

3. 油潤滑円すいころ軸受の事例(計測装置)



PIV法による計測では、流体を透視したい

⇒ 油槽と円すいころ軸受の外輪を透明樹脂で製作



円すいころ軸受回転中の様子
 (回転軸2,000min⁻¹)

表1 試験軸受

軸受	円すいころ軸受
内径, mm	35
軸受幅, mm	23.5
転動体数	16

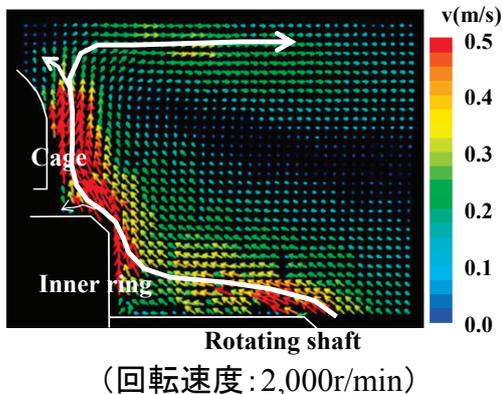
JTEKT CORPORATION

3. 油潤滑円すいころ軸受の事例(計測と解析)

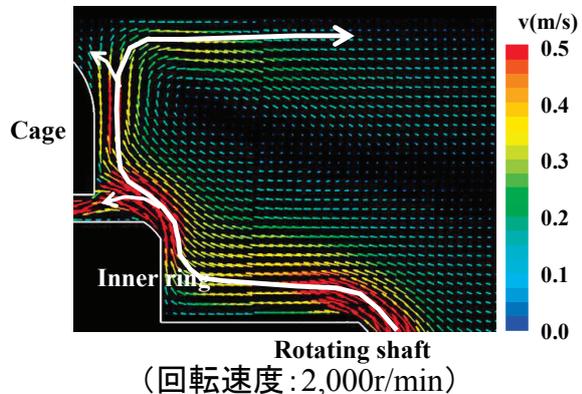


PIV法による流速分布と流体解析による流速分布を比較
 (解析には汎用の熱流体解析ソフトを利用)

◇計測(PIV法)



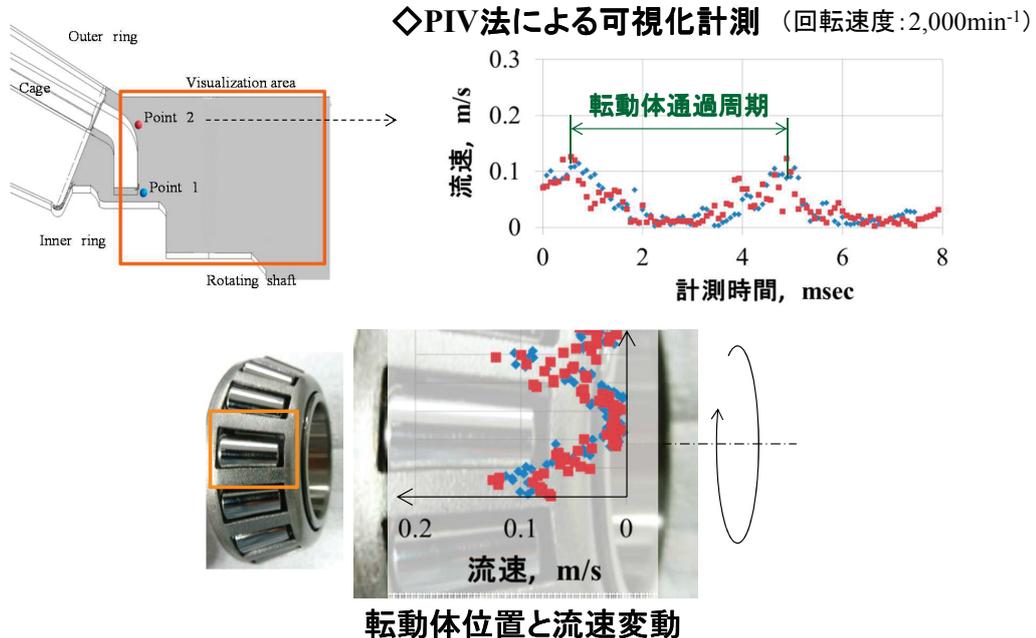
◇解析



潤滑油は2ヶ所から軸受へ入っていく
 ⇒ すき間や形状により潤滑状態が変化

JTEKT CORPORATION

3. 油潤滑円すいころ軸受の事例(流速変動)



転動体通過周期で流速が変化 ⇒ 攪拌状態を計測

JTEKT CORPORATION

4. まとめと数値計算に対する期待



軸受の潤滑には油潤滑とグリース潤滑があり、
損失トルクや潤滑寿命には潤滑剤の流動が大きく影響

・グリース潤滑玉軸受

蛍光粒子とPIV法を組合わせて、グリースの流動を計測

⇒グリースの流動をコントロールし、低トルク化、長寿命化へ

・油潤滑円すいころ軸受

PIV法を用いて、流速分布計測を行い、解析との比較も実施

⇒潤滑油の流入量をコントロールし、低トルク化、低昇温化へ

◇数値計算に対する期待

- ・マルチスケール(現状はマイクロ、マクロで解法が異なる)
- ・マルチフィジックス(挙動、応力、熱 ⇒ 潤滑剤劣化と表面損傷の解析)
- ・設計者が使用可能(検討に使用可能な計算時間)

JTEKT CORPORATION