

## 機械工学科

さとなが のりあき  
里永 憲昭 教授



専門分野 設備診断工学、設備保全工学  
最終学歴 三重大学 大学院 生物資源学研究所後期博士課程  
共生環境学専攻修了(平成21年3月)  
学位 博士(学術)(三重大学)  
職歴 昭和電工株式会社

たけだ ゆうすけ  
竹田 雄祐 助教



専門分野 要素設計工学、FA(ファクトリーオートメーション)  
最終学歴 崇城大学 大学院 工学研究科博士後期課程  
機械システム工学専攻修了(令和4年3月)  
学位 博士(工学)(崇城大学)  
職歴 平田機工株式会社



### <はじめに>

生産技術システムとは、具体的にモノを作る際に、設計する工程「計画」と、それに従い実際にモノを作り出す工程「生産」をつなぎ、いかにして品質高く、効率的に生産する方法を工程として設計する技術である。実際の生産現場では「品質、コスト、納期」を3本の柱として重要視して、PDCAサイクルを意識した業務遂行が徹底されており、さらに改善意識に主眼をおいたCAPDサイクルへの移行をスムーズに定着させたいと考えている。

里永・竹田研究室の生産技術システム設計に関する研究は、生産設備の信頼性について、高い診断・評価技術の確立と、生産設備や自動車などの寿命延長を目指した、新しい潤滑油や添加剤の開発と、その性能評価方法の確立に取り組んでいる。

### <研究内容>

#### 1.潤滑油の性能評価と性能改善メカニズム究明

地球環境の負荷低減や温室効果ガスの排出削減のために、自動車や産業機械の省エネルギー化、高効率化などが進められている。自動車の潤滑油においては、機械損失低減などを目的として低粘度化が進んでいる。加えて、摺動部の寿命延長、高い耐磨耗性も求められている。

これらの要求に答えるために、メタロセン触媒を用いたポリ $\alpha$ オレフィン系合成潤滑油が注目されている。その一つとして共同研究者の(有)D1ケミカルが、自動車や産業機械の潤滑、耐磨耗性能などのトライボロジー性能を改善するため、独自に開発した新還元添加剤(SOD-IPN)がある。

また、資源を海外からの輸入に頼る日本において、石炭を原料とした液化石炭潤滑油(CTL)にも注目が集まっている。

本研究室では、それらの新しい添加剤や潤滑油について、その寿命延長効果や、トライボロジー性能を検証するために、以下の研究を進めている。

#### ①潤滑油が軸受寿命に与える影響と評価技術

潤滑油を構成する成分の違いが、軸受の寿命にどのような影響を及ぼすのか、図1に示す「軸受寿命試験機」を用いて、実際に軸受が破損するまで稼働させ観測している。試験機には、各種センサのほか、潤滑油の絶縁性に着目した電氣的接触抵抗法(ECR)を用いた潤滑油膜の形成状態監視回路や、消費電力計などを搭載しており、軸受の

運転状態を監視することで、寿命延長効果と、そのメカニズムについて研究している。

軸受寿命試験機の1,2号機は基礎実験に用いている。2019年に新たに開発した3号機は、動力源にサーボモータを搭載しており、実際のエンジンや産業用ロボットのように回転方向、速度を著しく変動する複雑な動作環境を再現することが可能であり、動作条件が軸受の寿命に与える影響やトライボロジカルなメカニズムを検証する発展的な研究に取り組んでいる。

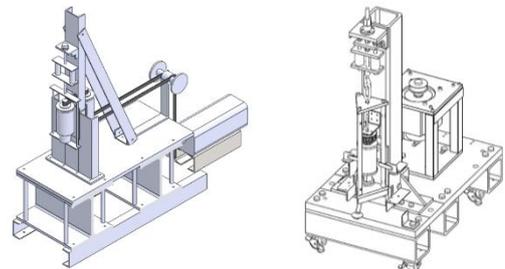


図1. 軸受寿命試験機(左:1,2号機 右:3号機)

#### ②軸受接触面の流動状態の観察

軸受の寿命は、その転動体と転動輪の接触面に形成される潤滑油膜の状態に大きく影響される。

そこで、転動輪をオプティカルガラスに置換えた「潤滑油膜可視化装置」(図2)を用いて潤滑油膜を直接観察している。この装置は実際に転動中の油膜を観察し、光干渉法を用いて潤滑油膜の厚さを算出可能である。各潤滑油を比較評価することで分子構造を含む成分の違いが潤滑油膜の形成に与える影響について研究している。

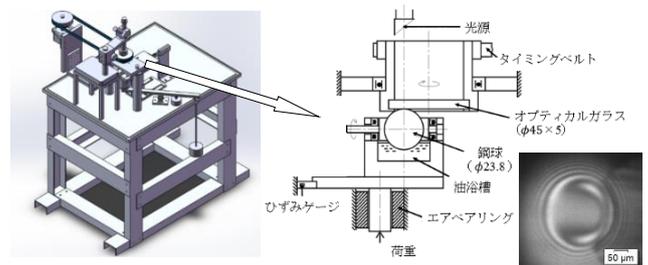


図2. 潤滑油膜可視化装置概要と油膜の観測写真

近年の著しく低粘度化した潤滑油の光学観測は困難であるため、同装置に ECR 観測回路を用いて電氣的な油膜状態の観測も取り組んでいる。

さらに、ECR 観測波形(図3)を分析することで、油膜厚さのみならず、その劣化具合や異物の混入などの潤滑油の状態も検証可能であり、今後更なる研究を進めていく計画である。

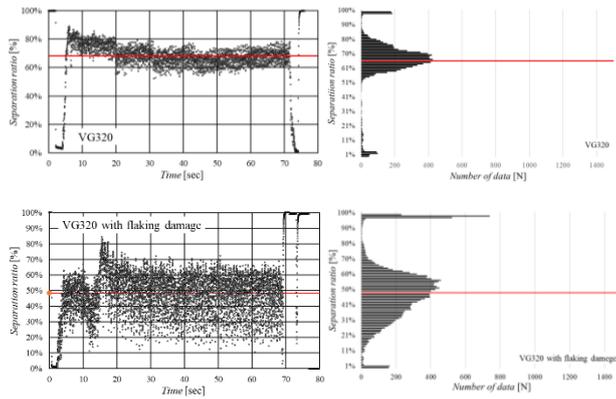


図 3. ECR 観測結果 (上:VG320 新油 下:損傷油)

### ③高圧下における潤滑油の物性評価

歯車の噛合部や、前述した軸受の接触面などには非常に高い圧力が発生する。そのような高圧下における潤滑油の粘度特性と、加えて含有成分の違いが与える影響について、図 4 に示す「落球式高圧粘度計」を用いて観測し、研究を進めている。

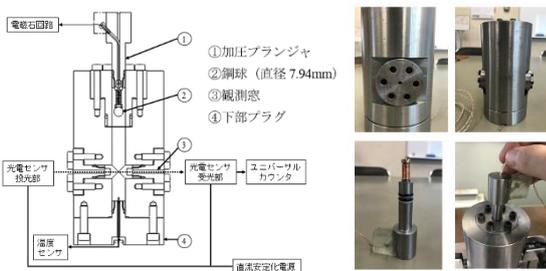


図 4. 落球式高圧粘度計の概要

2022 年度からは、高圧下の粘性に加えて密度の観測も目指し、「高圧密度計」の開発を始めている。

### 今後の検証項目

新還元添加剤の効果の一つとして、図 5 に示すエンジンのピストンに堆積した汚れ等の洗浄効果や、燃焼の異常現象（白煙）の改善などが、実車を用いた実験で確認されており、それらのメカニズムについても今後解析を進める考えである。

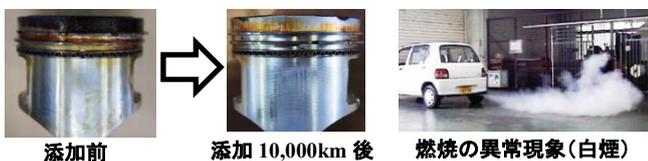


図 5. 新還元添加剤の洗浄効果、車両異常改善例

## 2.設備診断技術用いた余寿命評価技術の開発

生産設備に用いられるポンプなどの回転機械や、自動車のエンジンなどは安定的に振動しながら稼働している。しかし、構成部品が寿命を迎えることや、偶発異常の発生によって可動部は突如として故障に至る。人の身体は、血液検査や、心電図など様々な手法を用いて、健康診断や精密検査をしている。機械も同じように診断することが可能であり、故障原因を探求し対策や予防を施すことができる。

そこで、図 6 に示す「回転機械の状態診断シミュレータ」や、前述した軸受寿命評価試験の観測データを分析し、機械の余寿命を判定する手法の確立を目指している。アルゴリズムとしては図 7 に示すように、損傷の大きさを示す有次元、損傷の形態を示す無次元の特徴パラメータを統合的に評価する。特に摩耗系損傷を監視しながら早期の異常を検出し、設備として耐えうる限界までの摩耗形態を一つの尺度で見出すことが目標である。

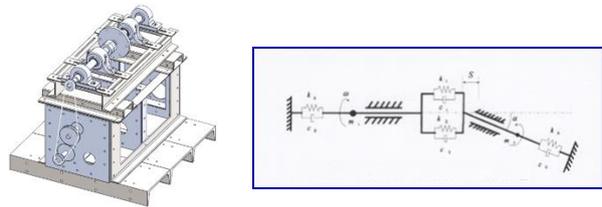


図 6. 回転機器の状態診断シミュレータ外観とミスアライメントのモデル図

### 統合処理の流れ

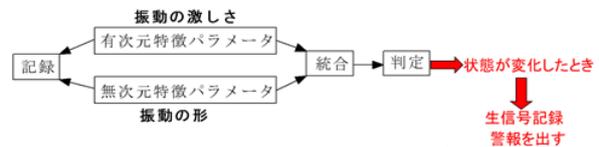


図 7. 有・無次元パラメータ統合の考え方

### <おわりに>

里永は 2014 年 3 月まで、化学系民間企業で生産技術を中心とした工場勤務を経験しており、企業内で「このようなものがあつたらいいな!」と想っていたことを実践的に研究してきました。

企業勤務においては理工学系学科、とくに機電系大学生の採用担当を長く担当していたことから、企業の求める人材、技術を熟知しています。みなさんの就職試験のための企業研究に私の経験は、きっと役立つはずです。

本研究室の研究内容は、工場で求められていながら、大学では教育されることが少なく、欲しがっている技術であり、言い換えれば欲しがらる人材となります。

社会での即戦力となるべく、時間意識とコスト感覚を指導していくものです。とても厳しい指導方法になりますが、バイタリティー（ヤル気）、ロジカル（論理思考力）、コミュニケーション（会話力）の 3 つを支える確かなテクノロジー（技術力）を備えた卒業生を世に送り出すことを目指しています。

さらに、2018 年度より FA（ファクトリーオートメーション）企業を経て竹田が加わり、FA や自動制御系も範疇に入りました。そこで、要素設計的な面もさらに深まりながら、技術的な広がりを加えて研究を進めています。

研究室の特徴として、実験機器は自分達で設計、製作し、常にカイゼン意識を持って育てています。生産技術として、より実践的な「ものづくり」と「研究」を追求する研究室です。

皆さんの「やってみたい!」「あつたらいいな!」を、時間を有効に使い、優れたコストパフォーマンスで「カタチ」に創り上げることを応援します!