

ISSN 1880-7410

KYB TECHNICAL REVIEW

カヤバ技報

OCT. 2025 No. 71

カ
ヤ
バ
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW No. 71 OCT. 2025

KYB
Our Precision, Your Advantage

カヤバ株式会社

KYB

カヤバ技報

第71号 2025-10

目 次

巻頭言

フォースプレート内蔵トレッドミルを用いた各種ロコモーション解析と製品評価

山田 洋 1

技術紹介

音のデザインと感性

小西 聖英 3

油圧モジュールロボットの開発

現場作業での利便性を考慮した脱着機構の開発

弘中 剛史 9

荒川 拓也

北村 佳彬

安藤 了

玄 相昊

岸 智裕 16

誘導加熱焼入れにおけるシミュレーションによる最適条件導出方法の検証

製品紹介

小型油圧ショベル用コントロールバルブ KVSX-12C-PSLの開発

福島 亮 24

紹介

Sagamihara Innovation Gate活動記

永井 勇牙 28

Shanghai Automotive Thermal Management Exhibition出展後記

久保 康平 33

随筆

タイ駐在記

河部 俊晴 37

チェコ駐在記

斉藤 拓也 44

用語解説

①快音設計と音響分析

小西 聖英 48

②ヒステリシス

福島 亮 49

編集後記

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 71 OCT. 2025

CONTENTS

Foreword

Comprehensive locomotion analysis and product evaluation using a treadmill equipped with an integrated force plate

YAMADA Hiroshi 1

Technology Introduction

Sound Design and Sensitivity

KONISHI Masahide 3

Development of Modular Hydraulic Robots

Development of a detachable mechanism for convenience in on-site work

HIRONAKA Tuyoshi 9

ARAKAWA Takuya

KITAMURA Yoshiaki

ANDO Ryo

HYON Sang Ho

Validation of a Simulation-Based Method for Deriving Optimal Conditions in Induction Hardening

KISHI Tomohiro 16

Product Introduction

Development of the KVSX-12C-PSL control valve for small hydraulic excavators

FUKUSHIMA Ryo 24

Introduction

Sagamihara Innovation Gate Activities

NAGAI Yuuki 28

Post-show report from the Shanghai Automotive Thermal Management Exhibition

KUBO Kouhei 33

Essay

Essay from Expatriate in Thailand

KAWABE Toshiharu 37

Essay from Expatriate in Czech

SAITO Takuya 44

Glossary

1. Comfortable sound design and acoustic analysis

KONISHI Masahide 48

2. Hysteresis

FUKUSHIMA Ryo 49

Editors Script

巻頭言

フォースプレート内蔵トレッドミルを用いた 各種ロコモーション解析と製品評価

山 田 洋*



1 はじめに

「バイオメカニクス」はバイオ（生体）と、メカニクス（力学）からなる学問領域である。ヒトの動きやフォームを、その源となる力学的な視点から分析・理解することを目的としている。力を生み出す筋肉の構造や機能、それらを支えるエネルギー供給機構など、多角的な視点からヒトの身体運動を捉えることが求められる。

筆者は、「バイオメカニクス」、「スポーツ科学」を専門領域としており、これまで、アスリートから子供、高齢者に至るまで、幅広い対象に対して、その動きや力発揮の仕組みに関する研究を行ってきた。本稿では、フォースプレート内蔵トレッドミルを用いて計測した各種移動運動：ロコモーションの研究成果を紹介する。加えて、それらの知見をもとにした製品開発、製品評価への応用の可能性について考察を試みたい。

2 ランニングラボSHIP

東海大学は、2018年に学内の共同利用研究施設として「スポーツ&ヘルス・イノベーションプラザ（SHIP）」と称するランニングラボを開設した。SHIPは、分野横断型の学際的なスポーツ・ヘルス研究の推進を目的とし、体育学部、健康学部、スポーツ医科学研究所をはじめ、理学部、工学部、医学部など、学内の多様な研究者による共同利用が可能な施設である。これまでに、箱根駅伝選手を対象としたランニングフォームの経済性に関する検討や、側湾症患者のQOL（生活の質）向上を目的とした運動機能評価など、多様な研究が実施されている。これらの研究成果は、科学的知見として社会へ還元されるとともに、大学運動部へフィードバックされ、

パフォーマンスの向上や障害予防にも寄与している。本施設の中心的な測定機器のひとつが、「フォースプレート内蔵型トレッドミル」である。この装置は、2本のベルト速度を任意に可変でき、歩行から走行までさまざまな運動負荷条件下での測定を可能とし、ベルト下部に組み込まれたフォースプレートにより、足裏にかかる床反力をリアルタイムに計測できる（図1）。

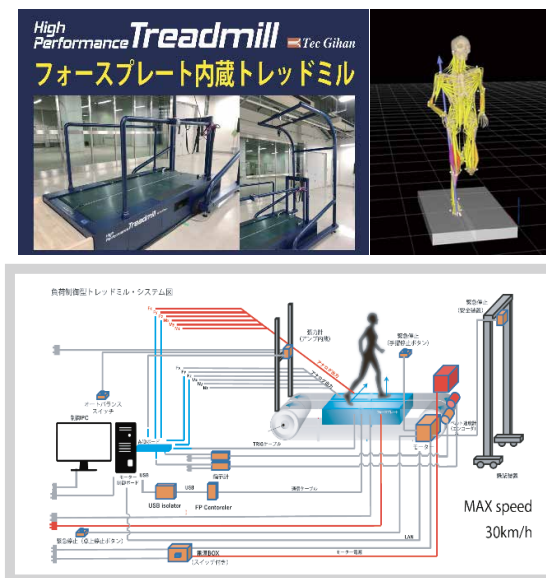


図1 フォースプレート内蔵トレッドミル

本稿では、同装置を活用した事例として次の3つの研究、「伝統的な走り“ナンバ”の正体を探る」、「履物の適合性—転倒予防シューズを例に—」、「新しい機構の義足の評価」に焦点を当て、それぞれの計測データとその応用について紹介する。

3 伝統的な走り“ナンバ”の正体を探る

“ナンバ”とは、江戸時代の飛脚が行っていた走法であると言われている。本研究では、ラクロス競

*東海大学体育学部 教授／スポーツ医科学研究所 所長

技においてクロス（スティック）を保持した状態での走行動作を「ナンバ走行」と見立て、通常の走行と比較した。その結果、通常走行と比較してナンバ走行時には体幹の捻転角度が小さく、かつ床反力の増大が認められた（図2）。その一方で、走行速度の向上は認められなかった。これらの結果から、ナンバ走法は必ずしもスピード向上を目的とした走りではなく、特定の道具使用時や環境下に適応した動作様式である可能性が考えられる。特に、障害物がある場合や予期せぬ外乱に対する有用性も報告されており¹⁾、道路や街頭が整備されていない江戸時代に、飛脚が採用していたという説にも頷ける結果である。

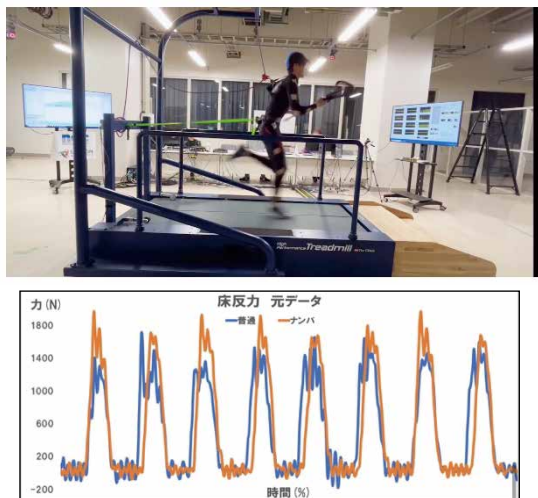


図2 ナンバ走法時の床反力

4 履物の適合性—転倒予防シューズを例に—

本研究では、転倒予防を目的とした介護用シューズとスリッパの歩行時動作の違いに着目し、履物の適合性を検討した。介護現場で広く使用されている介護用シューズとスリッパを比較し、下肢キネマティクス、とくに足関節角度の変化を分析した。その結果、立脚期では有意な差はなかったものの、遊脚期では介護用シューズ着用時に有意な背屈角の増大が確認された（図3）。これは、歩行中のつまずきを回避する動作（離地時の背屈強調）によるもの

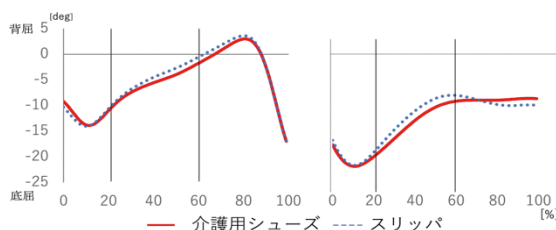


図3 介護サンダル着用時の足関節角度
(左：遊脚期 右：立脚期)

と考えられる²⁾。

5 新しい機構の義足の評価

本研究では、大腿義足使用者を対象に、新機構と旧機構の義足装着時の歩行評価を実施した。図4は遊脚期におけるつま先クリアランス（つま先と床面との鉛直距離）を示したものである。新機構の義足においては、クリアランスが大きくなる傾向が確認され、これは被験者がつまずきを回避するため、足全体を過度に引き上げている動作によるものと推察される。

今後は、こうしたデータを基に足関節周辺の機構の最適化を図り、使用感の向上を目指すとともに、立脚期における床反力データの解析も進め、歩行機能全体の改善に資する設計検討を行っていきたい。

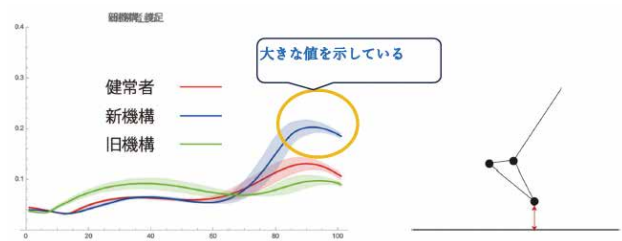


図4 義足側のつま先クリアランス

6 おわりに

本稿では、ヒトの身体能力の評価、人と製品との適合性の検討、および製品開発への応用の可能性について述べた。バイオメカニクスやスポーツ科学は、ヒトそのものを研究対象とする領域であり、インパクトファクターや商業的価値においては、他分野と比較して高いとは言えない側面もある。しかしながら、人間理解に基づいたものづくりや、安全性・快適性の向上といった観点において、その意義と有用性は極めて大きいと考えている。今後は、企業や産業界との連携をさらに強化し、研究成果を社会実装へとつなげることで、社会の発展と人々の生活の質の向上に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 山田洋, 内山秀一, 高野進, 木村季由, 八百則和, 長尾秀行, 青木真理子, 塩崎知美, 小河原慶太, 宮崎誠司, 走法の違いが方向転換能力に及ぼす影響—ナンバ走りの有効性に関するバイオメカニクスの研究—, 東海大学スポーツ医科学雑誌. 35 : 17-24, 2023.
- 2) 五十嵐健太, 山田洋, 小金澤鋼一, 不整地歩行中の下肢関節制御に接地パターンの違いが与える影響, バイオメカニズム学会誌. 44 : 179-186, 2020.

音のデザインと感性

小 西 聖 英

1 はじめに

近年、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組みが、自動車業界および建設機械業界でも活発化しており、電動化技術の開発が加速度的に進展している。この潮流を受け、建設機械分野においては、油圧を使わない完全電動化された機種に加え、既存のエンジンを電動モータに置き換えたハイブリッド型の油圧建設機械の導入が進んでいる。例えば、近年では、バッテリー式の油圧ショベルが開発されており、ディーゼルエンジンを完全に排除し、電動モータによる駆動を可能にしている。これにより、従来機と同等の作業性能を維持しつつ、排出ガスゼロおよび大幅な騒音低減が実現されている。しかしながら、こうした電動建設機械においては、主音源であったエンジンが排除されることにより、従来はエンジン音によりマスキングされていた機械部品の作動音が相対的に顕著になると考えられる。その結果、当社の主要製品である油圧ポンプの作動音が顕在化されることで、顧客からの騒音に対する要求水準が高まり、場合によってはクレームの要因となることが懸念される。このような背景から、さらなる低騒音化の必要性が高まっている。

カヤバでは、これまでも様々な騒音対策技術に取り組んできたが、油圧ポンプにおいては、吸い込み工程および吐き出し工程におけるポンプ室内の急激な圧力変動や、それに起因する管路内の圧力脈動により、音の発生は不可避である。そのため、低騒音化には限界があり、音を完全に抑制することは困難である。そこで本研究では、騒音を単に低減するのではなく、聴感上快適な音へと変換する「快音設計^{注1)}」に着目した。

本稿では、「快音設計」に基づく音質向上アプローチを製品開発に取り入れることを目的とし、音と人の感性の関係性について調査を行った。具体的には、油圧ポンプから発生する音に対して人が抱く印象を感性評価により明らかにし、印象と音響特性との関

連性を分析した。

本稿では、これらの取り組みの概要と得られた知見について紹介する。

2 快音設計の概要と応用事例

現代社会において、人々は、多種多様な製品に囲まれて生活しており、技術の進歩に伴い、それらの製品は年々静音化が進んでいる。しかしながら、単に音圧レベルを低減するだけでは、ユーザにとって快適な音環境が実現されるとは限らない。実際、音量が小さくても「耳障り」「不快」と感じられる音は存在し、たとえ技術的に十分な品質を満たしていたとしても、ユーザの印象を損ね、製品採用の見送りやクレームの要因となる可能性がある。

このような背景のもと、近年注目されているのが「快音設計」と呼ばれる新たな設計思想である。快音設計とは、従来の騒音対策のように単に音圧レベルを低減するのではなく、製品音を「聞こえても不快に感じにくい音」あるいは「人が心地よいと思える音」へと変換する、人の感性に配慮した設計手法である。このアプローチにより、騒音というネガティブな要素を快音というポジティブな要素へと転換し、製品に新たな付加価値を創出することが可能となる。

快音設計に関する取り組みは、すでに多くの企業において実践されている。例えば自動車業界では、電気自動車の普及に伴い、エンジン音が消失したことで静粛性が向上した。一方で、エンジン音は従来、車両の個性や性能を象徴する重要な要素であったことから、あえてエンジン音を模した「疑似サウンド^{注2)}」¹⁾²⁾の付加が行われている。この疑似サウンドは、単なる模倣ではなく、心理的快適性、機能性、安全性を兼ね備えた音のデザインが求められており、加速感やアクセル操作のフィードバックとしても機能している。

注1) 企業によって音色開発、サウンド開発など呼称が異なる場合がある

注2) 企業によって名称は異なる

さらに、サプライヤにおいても、空調やマフラなどの部品に対して、感性に配慮した音響設計の研究が進められている³⁾⁴⁾。これらの取組みは、快音設計の有効性を示す事例として注目されており、関連する研究成果や技術情報も徐々に公開されつつある。加えて、快音設計は製品の音響特性を通じて企業独自のブランドイメージを形成する手段としても期待されており、音のデザインによる差別化が競争力の一因となり得る。

3 人の聴覚特性と感性評価

人間の聴覚は、単に音の有無を検知するだけでなく、音の高さ（周波数）、大きさ（音圧）、方向性、時間変化など、複数の情報を同時に処理する高度な感覚器官である。一般的に、可聴域は20Hzから20kHzの範囲とされており、個人差や加齢による変化はあるものの、この範囲内でも周波数によって聴感上の感度が異なるという特性がある。

さらに、聴覚は物理的な音特性だけでなく、心理的・感覚的な要因にも大きく影響される。すなわち、同一の音圧レベルであっても、音色、持続時間、発音のタイミングなどの違いにより、「うるさい」「心地よい」といった主観的印象が異なる場合がある。

このような感性的評価を定量的に捉える手法として、心理音響学に基づく「音質評価指標」が用いられる。音質評価指標は、音に対する人間の心理的反応を数値化したものであり製品音の設計や評価において重要な役割を果たす。表1に音質評価指標の代表例を示す。

表1 音質評価指標の代表例

項目	詳細
ラウドネス (Loudness)	人間が感じる音の大きさを表す指標であり、単なる物理的な音圧レベルとは異なり、周波数特性を考慮して知覚的な大きさを評価する。
シャープネス (Sharpness)	音の鋭さや刺激の強さを表す指標で、高周波成分が多い音ほどシャープネスが高くなる。
ラフネス (Roughness)	音のざらつきや不快感を表す指標で、振幅変調などによる時間的変動が大きい音に対して高くなる。

加えて、音の知覚に関する人間の聴覚特性を考慮した音響信号処理手法も、快音設計において有効なアプローチとして併用されることがある。表2に代

表的な手法を示す。

表2 音響解析に用いる分析手法

項目	詳細
メル周波数スケプストラム係数 (MFCC)	人間の聴覚特性に基づいた周波数スケールで音声の特徴を抽出する手法。音声認識などで広く使用。
オクターブバンド分析	音の周波数成分をオクターブ単位で分割し、音の成分を分析手法騒音評価や音響設計に有効。
フォルマント分析	音声のスペクトルから母音の特徴を示す共振周波数を抽出する手法。音声処理や音響分析の分野で広く使用。

これらの音質評価指標および音響信号処理手法を活用することで、単なる物理的な音圧レベルの測定にとどまらず、人の感性に寄り添った音の評価が可能となる。しかしながら、人の感性には個人差が存在し、主観的評価にはばらつきが生じるため、これらの指標を用いたとしても、感覚的な印象を完全に定量化することは依然として困難である。そこで本研究では、音質評価指標および音響信号処理の結果を多面的に活用し、感性評価予測の可能性について検討を行った。具体的には、複数の指標を総合的に分析することで、感性との関連性を高精度に予測するアプローチを試みた。このような多面的な指標の活用においては、それぞれの指標間に存在する相関関係を適切に捉える必要がある。そこで本研究では、これらの関係性を捉え、多次元的に解析する手法として、機械学習を導入した。機械学習の活用により、非線形かつ高次元なデータ構造を扱うことが可能となり、感性評価の予測精度向上が期待される。

4 製品音の収録

ピストンポンプの騒音検査は、図1に示すように、当社の無響音室にて実施した。試験では、対象ポンプをイケールに固定し、騒音測定および録音を行った。従来の録音は、図2に示すように、単一のマイクをポンプと同じ高さに設置し、ポンプから1m離れた位置で実施している。しかしながら、人の聴覚特性は左右の耳に届く音の時間差や音圧差、周波数特性の違いをもとに、音源の方向や距離、奥行きなどを知覚する能力を有している。そのため、モノラル録音では実際の音環境における臨場感を再現することが困難である。そこで本研究では、感性評価においてより自然な聴取環境を再現するため、バイ

ノーラル録音を採用した。バイノーラル録音は、人間の頭部形状および耳介構造を模倣したダミーヘッドを用いる録音方法であり、左右の耳位置に内蔵されたマイクにより、音の伝達経路を忠実に再現することが可能である（図3）。

録音対象には、カヤバ製ピストンポンプを採用し、試験を実施した。実際の立ち合い評価の状況を模擬するため、ポンプ前方に人が立った状態を想定し、ダミーヘッドをポンプ前方の正面かつ人の耳の高さに相当する位置（平均的な成人身長）に設置し、録音を行った。ただし、ポンプの左右に吸い込み側と吐出側が配置されるため、空間定位（音の方向や距離感）に関する効果は限定的であると考えられるが、実聴感の再現性を重視し、この構成を選択した。

機械学習によるモデル構築には、データの量および多様性が必要となるが、実機的设计仕様を変更して異なる音響特性を持つサンプルを収集するには限界がある。そこで、音響編集ソフトを用いて、ポンプの次数成分や周波数帯を操作することで、音色に意図的な変化を加えた派生サンプル音を作成した。

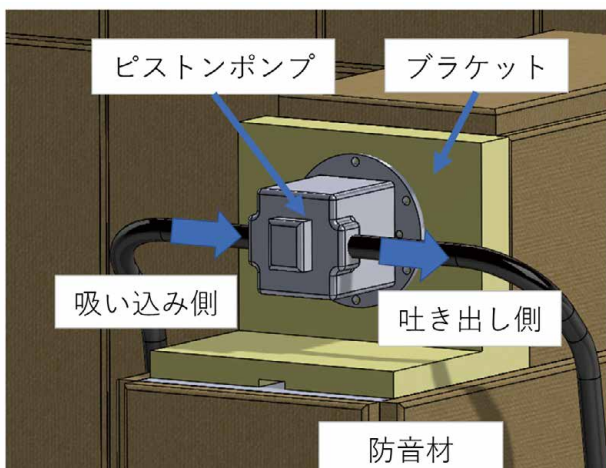


図1 試験装置

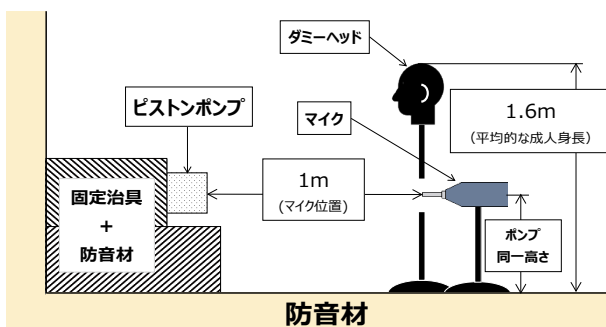


図2 録音機器の設置位置（側面図）

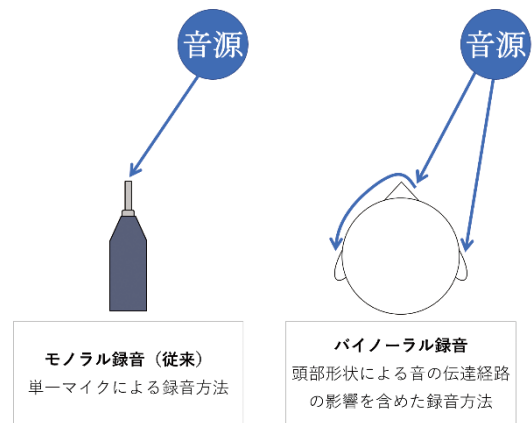


図3 モノラル録音とバイノーラル録音の違い

5 感性評価手法

本研究における感性評価には、SD法（Semantic Differential Method）を用いた。SD法は、対となる形容詞（例えば「快い－不快」「鋭い－鈍い」など）を用いた多段評価形式のアンケート手法であり、被験者が対象に対して抱く印象や感覚を定量的に測定することが可能である。この手法を適用するにあたっては、評価対象に適した評価項目の設定が重要となる。本研究では、建設機械の感性評価の先行研究⁵⁾を参考にし、図4に示す10項目について7段階の尺度による評価を実施した。

音の感性評価においては、「感性の変動性」および「主観的評価の一貫性の欠如」が重要な課題となる⁶⁾。すなわち、同一の音に対しても、同一被験者による評価結果にばらつきが生じる可能性があり、結果の再現性が損なわれる危険性がある。この課題に対応するため、感性評価の実施に際して以下の2つの対策を講じた。

5.1 評価基準の明確化

被験者には、実稼働中のピストンポンプの稼働音を基準音として視聴させた後に、派生サンプル音を聴取させることで、評価基準の統一を図った。

5.2 再評価による確認

被験者が一度行った評価結果を参考に再評価を実施し、評価内容に矛盾や誤解がないかを確認することで、評価の正確性と信頼性の向上を図った。1回目の評価結果を提示することでバイアスが生じる可能性はあるが、本研究では評価者自身の自己整合性の確認を目的としており、誤認識や一貫性の欠如を防ぐための手段として導入している。

図5に、これらの対策を踏まえた感性評価フローを示す。なお、過去のSD法を用いた音の感性評価の経験から、同一被験者による同一サンプル音の複数回評価においては、評価値に±1点程度のばらつき

きが生じることが経験的に確認されている。したがって、本研究における機械学習による感性評価の予測においても、このばらつきを考慮する必要がある。以上を踏まえ、予測精度の評価においては ± 1 点の誤差範囲を許容範囲と定義し、この範囲内での予測が可能であれば、ロバストな予測が実現されていると判断した。



図4 SD法による評価項目

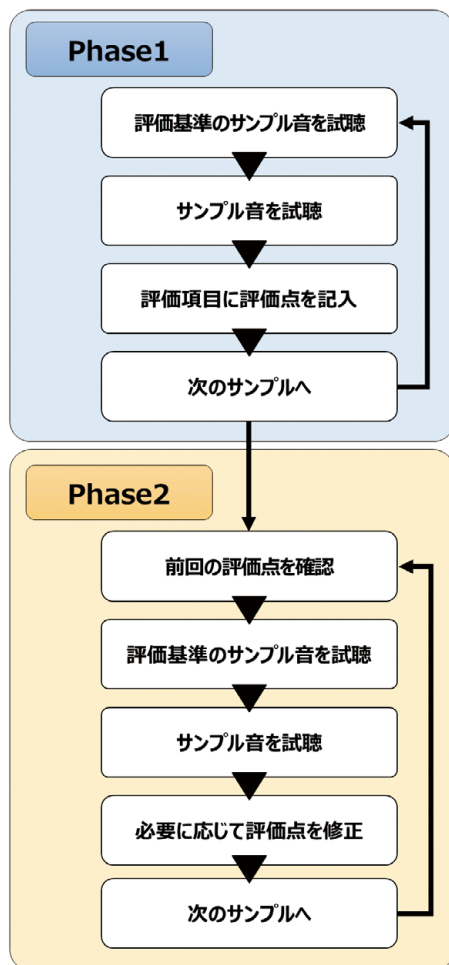


図5 感性評価フロー

6 機械学習による予測モデル構築

本研究では、感性評価の予測モデルを構築するために、音響分析に基づく複数の特徴量を用いた機械学習を実施した。使用した音響指標は以下のとおりである。

①音質評価指標

(ラウドネス、シャープネス、ラフネス)

②メル周波数ケプストラム係数 (MFCC)

③オクターブバンド分析

④フォルマント分析

これらの分析により得られた特徴量と、SD法によって得られた感性評価結果を教師データとして、2種類の機械学習アルゴリズムを用いて予測モデルを構築した。採用したアルゴリズムは、ランダムフォレスト（分類）およびベイズ推定である。

図6に各アルゴリズムの概要図を示す。ランダムフォレストは、学習データから複数の決定木を構築し、それぞれの予測結果を多数決により統合する学習手法である。過去、社内で行った感性評価においても良好な予測精度を示した実績があり、本研究においてもその有効性を検証する目的で採用した。

一方、ベイズ推定は、事前に設定した確率分布に基づき、学習データによってその分布を更新することで予測を行う手法である。本手法は確率論に基づいており、データに欠損やばらつきが存在する場合でも柔軟に対応可能であるという利点を有している。

これら2つの異なるアプローチを用いることで、感性評価に内在する主観的ばらつきを含むデータに対しても高精度かつロバストな予測が可能なモデルの構築を目指した。

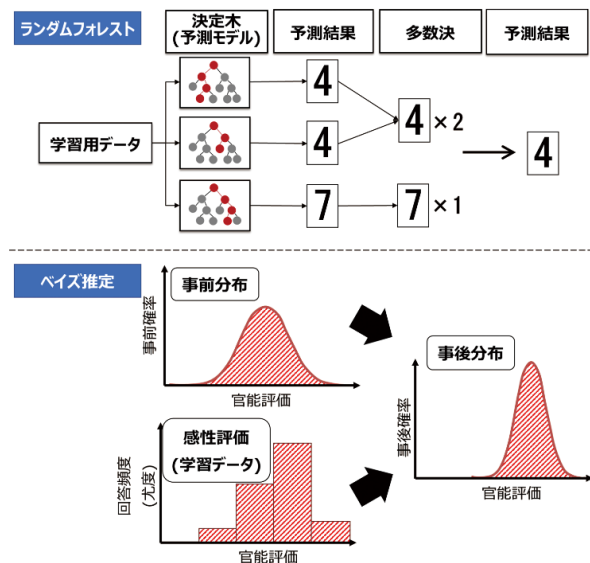


図6 アルゴリズムの概要

7 モデルによる予測結果と考察

図7に、ランダムフォレストおよびベイズ推定の2種類の機械学習アルゴリズムを用いて感性評価を予測した結果を示す。横軸は被験者による実際の感性評価値、縦軸は機械学習によって予測された評価値を表している。図中の赤線は回帰直線を示しており、いずれのアルゴリズムにおいても相関係数は0.9以上と高く、強い相関が示唆された。ただし、アルゴリズムによって予測誤差の傾向に差異が見られた。図7(a)に示すランダムフォレストの予測結果では、一部において誤判定が生じる可能性が示唆された。これは、ランダムフォレストが複数の決定木による多数決で予測を行う手法である。一方、感性評価のようにばらつきの大きいデータに対しては、各決定木の予測結果が分散し、結果として誤差が拡大したと考えられる。また、分類アルゴリズムとして用いたため、予測値は離散的な整数値（例：1, 2, 3など）に限定され、連続的な評価のばらつきを十分に表現できていない可能性がある。

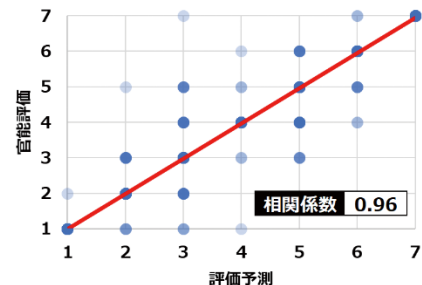
図7(b)に示すベイズ推定による予測結果では、ランダムフォレストのような大きな誤差は見られず、予測値は実際の評価値に近い位置に分布している。これは、ベイズ推定が事前分布と観測データを統合することで、被験者の評価傾向をモデルに反映できるためと考えられる。さらに、ベイズ推定は予測値に対する不確実性も同時に扱うことが可能であり、評価のばらつきが大きい感性評価に対して柔軟に対応できる点が有効に機能したと考えられる。

図8には、各アルゴリズムにおける予測誤差（評価値-予測値）の分布を示す。ランダムフォレストでは、誤差の発生頻度は低いものの、最大誤差が5点に達するケースが確認され、予測のばらつきが大きいことが明らかとなった。一方、ベイズ推定では誤差の範囲が±2点以内に収まっており、より安定した予測が可能であることが示された。

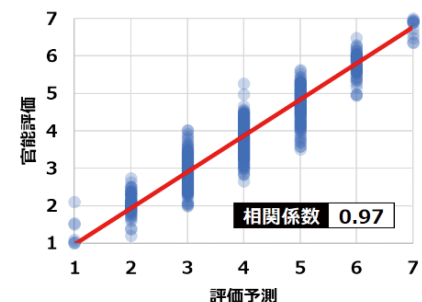
表3には、各アルゴリズムの正解率を示す。この正解率は、第5章で述べた評価誤差の許容範囲（±1点以内）に基づいて算出したものと完全一致したときの値である。表3より、±1誤差の正解率を見るとランダムフォレストが84%であるのに対し、ベイズ推定では99%と高い予測精度を示している。また、誤差の小ささから誤判定のリスクを低減しているため、感性評価の予測における手法の有効性が示唆された。

以上の結果から、実機のピストンポンプ音および音響編集によって生成された派生サンプル音を用いた範囲ではあるが、感性評価の予測が可能であるこ

とが示唆された。ただし、今回使用した派生サンプル音は、音響編集によって生成されたものであり、実際の製品において同様の音響特性が再現可能かどうかは未検証である。したがって、今後は実機における音響の再現性や、実装時の設計的調整点を含めた検証が必要である。



(a) ランダムフォレスト（分類）



(b) ベイズ推定

図7 機械学習による感性予測結果

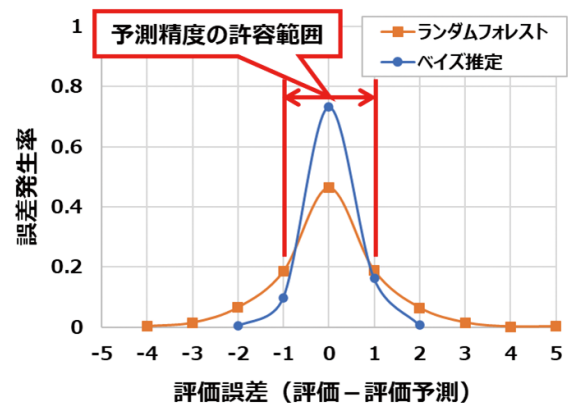


図8 評価誤差

表3 アルゴリズムによる正解率

アルゴリズム	正解率 (±1 誤差)	正解率 (完全一致)
ランダムフォレスト	84%	46%
ベイズ推定	99%	74%

8 今後の課題と展望

本研究では、音響分析指標と機械学習を組み合わせることで、人の感性評価を予測する可能性が示唆された。特に、ベイズ推定を用いた予測モデルにおいては高い精度と安定性が確認され、感性評価の定量的予測に対する有効性が示された。しかしながら、依然としていくつかの課題が残されている。第一に、各音響指標が感性評価に与える寄与度や影響の詳細なメカニズムについては十分に解明されておらず、今後は特徴量の選定および重要度分析を通じた因果関係の明確化が求められる。第二に、音響編集ソフトを用いて「心地よい音」を再現することは比較的容易である一方で、実際の製品においてその音響特性を実装するために必要な設計上の変更点や技術的な要点については、現時点では明確な指針が得られていない。すなわち、感性に基づく音響設計と製品設計との整合性を確保するための技術的基盤については、十分な構築が進んでいない。

したがって、今後の展望としては、以下の2点が重要な研究課題となる。

8.1 音響指標と感性評価の関係性の定量的解明

特徴量の寄与度分析や説明可能なAI（XAI：説明可能な人工知能）技術の導入により、感性評価に寄与する音響要素の特定とその影響度の可視化を進める。

8.2 実機への音響特性の実装技術の確立

快音となる理想的な音を、実際の製品設計に反映させるため、構造設計・材料選定・制御技術との関

係調査を進め、感性に基づく音響設計の実用化を目指す。

これらの課題に取り組むことで、感性工学と製品開発の融合が促進され、よりユーザ志向の製品設計が実現されることが期待される。

9 おわりに

最後に本活動を推進するにあたり多大なるご支援、ご協力をいただいた関係部署の方々にこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。

本活動の推進にあたり、関係各部署の皆様のご尽力により、円滑に進めることができました。心より感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 久保典央, “HV/EV車両用疑似エンジン音をサウンドデザインする信号処理”, 製品音の快音技術S&T出版 (2012)
- 2) 山内勝也, “次世代自動車の静音性による新しい音デザイン課題の展望”, 日本音響学会誌 (2017)
- 3) 株式会社 三五 <https://sango.jp/>
- 4) 高尾秀男, “乗用車空調音におけるSD法による音質評価” 2025年度春季自動車技術会 学術講演会
- 5) 川口正隆ほか, “建設機械の車外騒音の音質分析評価に関する研究”, 日本機械学会論文 (1992)
- 6) 難波・桑野, “音の評価のための心理学的測定法”, コロナ社 (1998)

著 者



小西 聖英

2012年入社。技術本部 基盤技術研究所 要素技術研究室。新技術の調査ならびに振動騒音関連の研究に従事

技術紹介

油圧モジュールロボットの開発 現場作業での利便性を考慮した脱着機構の開発

弘 中 剛 史 ・ 荒 川 拓 也 ・ 北 村 佳 彬
安 藤 了* ・ 玄 相 昊*

1 はじめに

本報は、立命館大学理工学部ロボティクス学科ヒューマノイドシステム研究室*とカヤバ株式会社（2023年度より旧KYB-YS株式会社から取組を移管）による2024年度の研究成果であり、第42回日本ロボット学会学術講演会およびICRA2024で発表した内容に関連するものである。

災害現場や建築現場においては、人が立入り困難な環境下での作業が求められる場面もあり、こうした状況に対応可能な作業用ロボットの需要が高まっている¹⁾。近年では様々なニーズに対応可能な汎用性を備え、トータルコストの低減が可能な新たなロボティクス技術として、図1のような単関節単位で分解可能なモジュール型ロボットが注目されている。

本研究では、モジュールロボットの利点を活かしつつ、人が立入り困難な環境下での重量物搬送等の作業に対応可能な、油圧駆動によるヘビーデューティ用モジュールロボットの開発を進めている²⁾。油圧駆動を採用することで、電動駆動方式と比較して高出力で耐衝撃性に優れ、前述のような過酷な作業環境において最適な性能を発揮すると考えられる。これまでモジュールロボット同士の結合方式として、ピン・ダボを用いた機械的接続機構³⁾やロープを利用したクサビ締結方式⁴⁾を提案してきた。また、油圧配管の接続に関しては、接続角度に自由度を持たせることが可能な同軸カプラ⁴⁾の構成を提示している。

本報では、これまでの取り組みについての概要説明の後、自動脱着が可能でヘビーデューティ用途に対応した高締結力を有する脱着機構の構造を説明し、同機構を実際に試作評価した内容を紹介する。

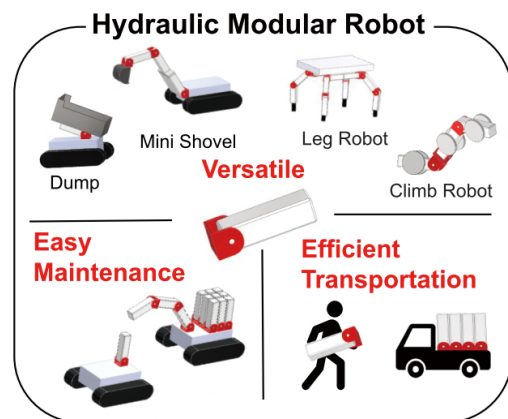


図1 油圧モジュールロボット概要

2 脱着機構の考案

2.1 脱着機構に必要な要件

前章で述べた課題を解決するために、油圧モジュールロボットに適用可能な脱着機構に求められる要件を以下に定義する。

- ①作業環境下で十分な締結力を発揮できること
- ②締結および解除が外部制御により可能であり、自動化に対応していること
- ③オス・メスの極性を持たない構造であること（ジェンダーレス）
- ④締結角度に自由度を有すること
- ⑤脱着動作と同時に複数の油圧配管の接続が可能であること
- ⑥脱着動作と同時に電氣的接続が可能であること

上記のうち③に関しては、図2に詳細を示す。図2(a)のように、継手にオス・メス極性が存在する場合、締結時に向きの制約が生じるため、組立作業の効率や柔軟性が低下する。一方、図2(b)のように極性の無いジェンダーレス構造とすることで、組立時の向きによる制約が排除され、利便性が向上する。

⑥については既報³⁾にて開発している。本報では、

*立命館大学 理工学部 ロボティクス学科

①②③④を満たす「ジェンダーレス締結機構」、さらに⑤を満たす「同軸カプラ」の2点について開発した内容の一端を紹介する。

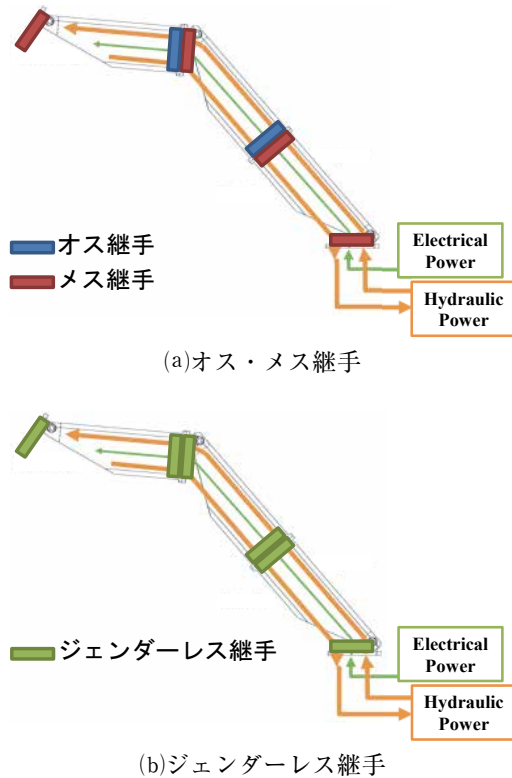


図2 継手のジェンダーレス化

2.2 ジェンダーレス締結機構

油圧モジュールロボット間の接続機構として、既報では、クサビ状のフランジに対応する溝パーツをロープで締め上げることで締結力を得る方式¹⁾を提案している。本報では、ロープを使用せず油圧力のみで締結する新たな方式として、図3に示す油圧式ロック構造を有するジェンダーレス締結機構を提案する。機構の構成は図3(b)に示す通りである。内部に配置されたリング状部品（橙色）を上下に動作させることで、円弧状部品（緑色）を押し付け、クサビ形状を有するフランジ部（灰色）に対してクサビ効果を利用して締結力を発生させる構造となっている。このうちリング状部品は、上下室に差圧を加えることで動作する油圧シリンダ構造となっており、各室に配管ポートを設けることで外部から動作を制御させることを可能としている。

2.3 同軸カプラ

油圧モジュールロボットの締結時における油圧配管の接続機構として、図4に示す同軸カプラ³⁾を考案した。本カプラは、複数系統の流路を同時に接続可能であり、かつ締結角度に自由度を持たせることが可能な構造となっている。

内部構造は図5に示す通り、同一円周上に配置さ

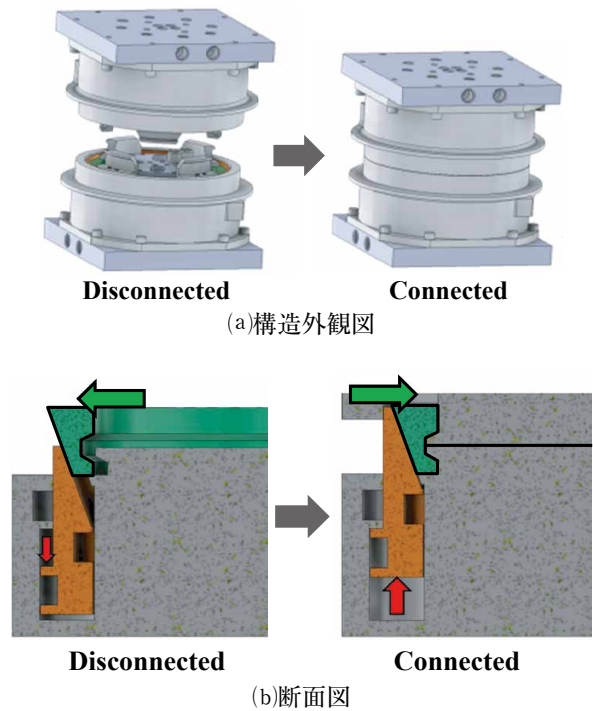


図3 ジェンダーレス締結機構

れた複数のカプラが、それぞれに対応するポートとして内部で流路を合流させる設計となっている。流路は3段の円形プレートによって形成され、ボルトにより締結されている。

油路接続の仕組みとしては、各ポートの継手を同心円状に配置し、オス・メスの極性を規則的に設けることで、図6に示すように継手を中心に90度毎に回転させた状態でも、複数系統の油路の接続を維持することが可能となる。この構造により、締結角度の自由度を確保しつつ、油圧配管の確実な接続を実現している。

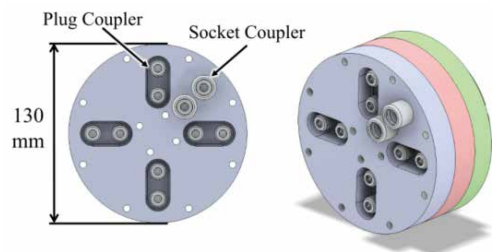


図4 同軸カプラの構造図

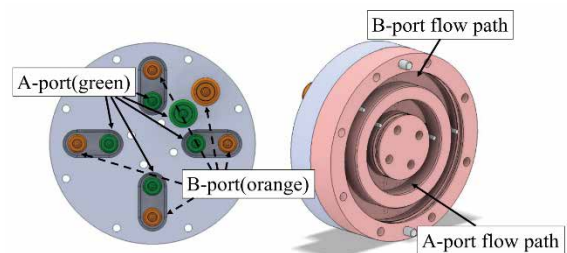


図5 同軸カプラのポート関係図

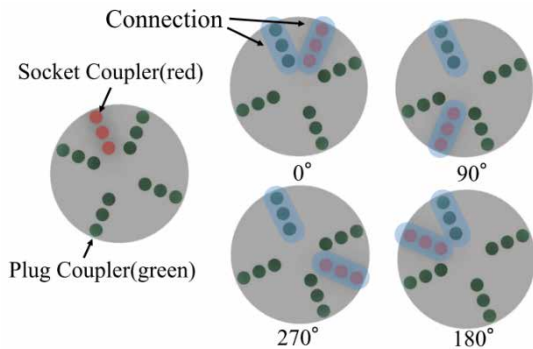


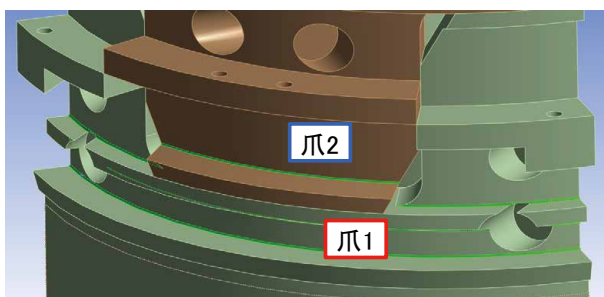
図6 同軸カプラの接続関係図

3 強度解析検証

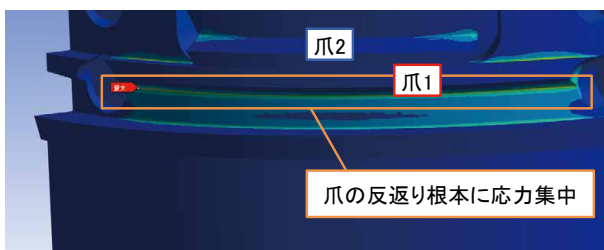
提案機構の原理確認を目的とした試作実験に先立ち、実験条件下において構成材料の強度に問題がないかを評価するため、有限要素解析ソフトウェアを用いた強度解析を実施した。本解析は、安全性を確保した実験条件の策定を目的としている。以下に、解析結果の一例を示す。

3.1 ジェンダーレス締結機構の強度解析

2章で述べたように、ジェンダーレス締結機構は、クサビ状のフランジをリテーナによって押し付けることで締結力を発生させる構造である。この構造においては、押付け力に起因するクサビ部の局所的な変形が懸念される。そこで締結力を発生させるための負荷圧力を与えた状態において、クサビ部の応力分布および材料強度の妥当性を評価する解析を実施した。解析結果は図7に示すように、クサビ部の爪



(a)クサビ部3Dモデル図



(b)クサビ部強度解析（相当応力）

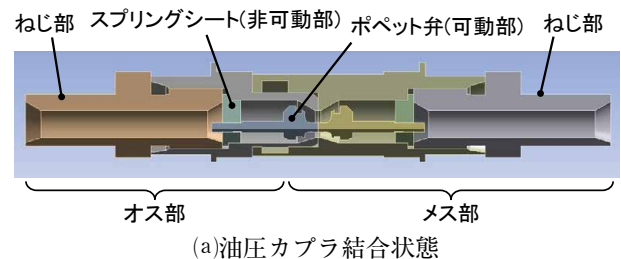
図7 締結機構強度解析例

の反張り根本部に応力集中が生じることが確認されたが、実使用条件下では材料の降伏強度を下回る応力レベルであることが判明し、構造的な安全性が確保されていることを確認した。

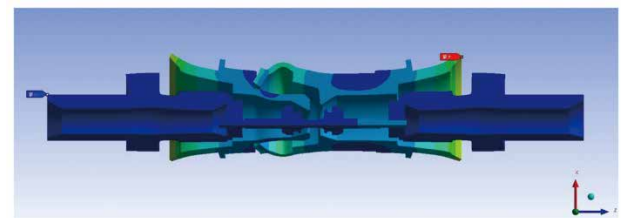
3.2 油圧カプラの強度解析

2章で述べた同軸カプラにおける各油圧カプラについて、結合状態および非締結状態における圧力負荷に対する構造強度の妥当性を評価するため、有限要素解析を実施した。締結状態では、流体が通過する際に生じる内部圧力に対してカプラ構成部品が十分な強度を有しているかを確認した。一方、非結合状態では、カプラ内に設けられたポペット弁が流体の流れを遮断する際に生じる圧力に対して、弁構造および周辺部品の強度を評価した。

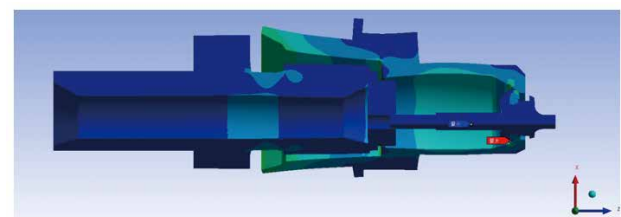
図8の(a)と(b)に結合状態、図8の(c)と(d)に非結合状態における強度解析結果を示す。いずれの状態においても、降伏には至らない程度の応力分布であり、



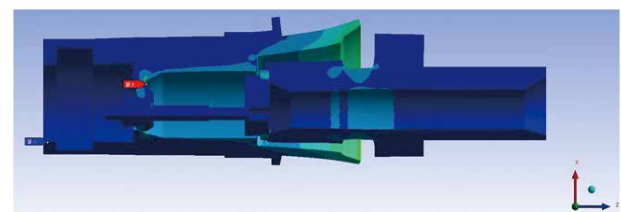
(a)油圧カプラ結合状態



(b)結合時強度解析（相当応力）



(c)オス部単体の強度解析（相当応力）



(d)メス部単体の強度解析（相当応力）

図8 油圧カプラ解析例

実使用条件下において構造的な安全性が確保されていることを確認した。

3.3 同軸カプラユニット締結ボルト強度解析

2章で述べたように、同軸カプラは流路形成のため、図9に示すように3段円形プレートを中心部および外周部にてボルト締結して構成されている。この構造においては、流体の流れに伴って生じる内部圧力により、締結ボルトに過大な応力が加わることで破損が生じる可能性が懸念された。そこで、内部圧力を負荷した状態における締結ボルトの強度解析を実施し、構造的な安全性を評価した。解析の結果、使用条件下で想定される負荷圧力に対して、締結ボルトの応力は材料の許容応力以下であることが確認され、構造的な健全性が確保されていることを示した。

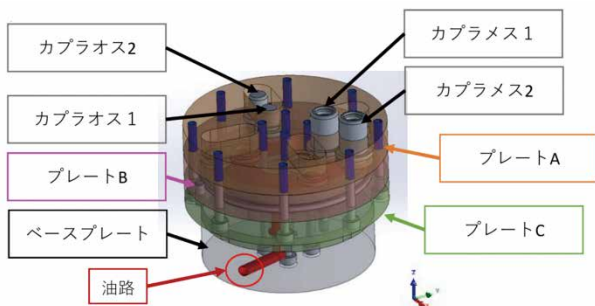


図9 同軸カプラ締結ボルト



(a)ポート部



(b)外観図

写真1 ジェンダーレス締結機構製作

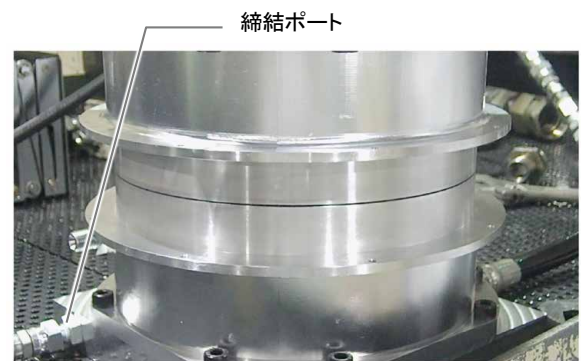
4 両機能を有した脱着機構の製作

前章までに述べた「ジェンダーレス締結機構」および「同軸カプラ」を組み合わせ、両機能を有するモジュールロボット脱着機構の試作および評価を実施した。

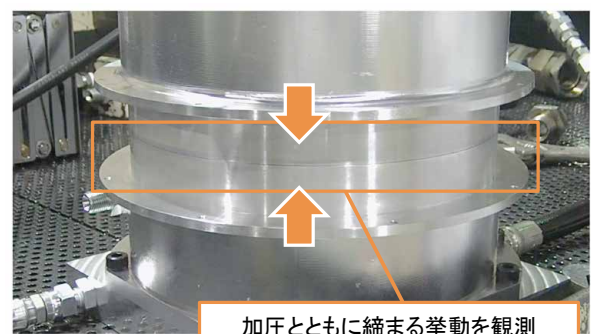
4.1 ジェンダーレス締結機構部

製作したジェンダーレス締結機構部の外観を写真1に示す。本機構は、(a)に示す脱着・締結ポートから油圧を加えることで、ロックリングが上下に動作し、(b)に示すフランジの爪部に対してリテーナを内側から押し付けることで締結力を発生させる構造となっている。

動作確認試験として、写真2に示すように、締結機構を2対かみ合わせた状態で互いの締結ポートに油路を接続し、外部から加圧を行った。その結果、加圧に伴い、(a)から(b)のように締結部同士が接触方向に移動し、締めり込む様子が観察された。このことから、クサビ効果が正常に機能していることが確認された。



(a)締結ポート未加圧時



(b)締結ポート加圧時

写真2 締結機構の動作確認試験

4.2 同軸カプラ部

製作した同軸カプラユニットの外観を写真3に示す。本ユニットは、2章で述べた通り、90度毎に回転させた向きでも接触可能な構造を有しており、締結角度に対する高い自由度を実現している。

動作確認試験として、試作品の同軸カプラの性能評価を実施した。まず未接続時における油漏れの有無を評価した。試験では、同軸カプラユニット(a)を、前節で紹介したジェンダーレス締結機構の中央部に挿入(b)し、未締結状態の継手単体に対して流入口から油圧を加えた。その結果、実使用条件下の圧力においても、同軸カプラからの油漏れは確認されず、シール性能に問題がないことを確認した。



(a)同軸カプラユニット部分



(b)ジェンダーレス締結機構との組合せ

写真3 同軸カプラ動作確認試験

4.3 両機能を有した機構の評価

前節に引き続き、ジェンダーレス締結機構および同軸カプラを組み合わせた脱着機構に対して、継手接続時の油流れおよび油漏れの有無を確認する評価試験を実施した。試験では、写真4に示すように、締結ポートに油圧を加えた状態で流入口から油を流入させ、動作中の流体挙動を観察した。その結果、締結機構が外れることなく、油は正常に流れ、接続部からの油漏れも確認されなかった。

以上の評価結果から、本試作機構は、ジェンダー

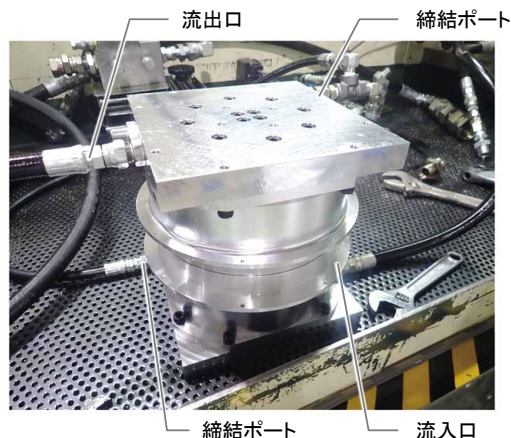


写真4 締結状態

レス締結機構および同軸カプラの両機能を問題なく実現しており、モジュールロボットにおける実用的な脱着機構として有効であることが示された。

5 本成果の外部展開

本研究で取り扱った脱着機構を含む油圧モジュールロボットの開発成果については、(一社)日本フルードパワー工業会が主催するIFPEX2024(油圧・空気圧・水圧国際見本市)において、カヤバおよび立命館大学玄研究室の各ブースにてパネル展示を実施した。

また本報で紹介した脱着機構の試作機については、写真5に示すように立命館大学ブースにて一般公開され、来場者に向けた実機展示を行った。

さらに、カヤバブースでは来場者アンケートを実施しており、20点を超える展示製品の中でも、本モジュールロボットは特に多くの来場者から関心を集めた製品のひとつとして評価された。これにより、本技術の実用性および社会的ニーズの高さが示唆されたと捉えている。



写真5 IFPEX2024での製作品展示

6 まとめと今後の展望

本報ではモジュールロボットにおける脱着機構として、モジュール同士の接続を可能とするで「ジェンダーレス締結機構」および「同軸カプラ」を提案し、それぞれの機構について試作および評価検証を実施した。

ジェンダーレス締結機構に関しては、ロックリング部に油圧を加えることで継手部が確実にロックされ、クサビ効果による締結力が正常に発揮されることを確認した。また、同軸カプラについては、未接続状態での加圧試験においても油漏れが発生せず、シール性能が十分であることを確認した。さらに、締結状態においても油漏れなく油圧が正常に流れることが確認され、両機構ともに実使用条件下での機能性と信頼性を有することが示された。

今後の展望としては、モジュール型ロボットの多様な要求に対応するため、継手構造のさらなる小型化・軽量化を含む設計改良を進める予定である。これにより、より高い汎用性と実用性を備えたモジュールロボットシステムの構築を目指す。

7 おわりに

2024年に発生した能登半島地震をはじめとする自然災害への復旧・復興対応を含め、農林水産、土木建築、物流、インフラ保守など、現代の社会経済において人の立ち入りが困難な作業現場は数多く存在する。こうした環境下において、本報で紹介した油圧モジュールロボットは、現場ごとのニーズに応じて柔軟かつ的確に貢献できる技術であると考えられる。

今後も本技術をはじめとする当社の技術資産を活用し、社会課題の解決に向けた多角的な視点からの取り組みを継続していく所存である。

最後に、本研究活動の推進にあたり、多大なるご支援とご協力を賜った立命館大学 玄相昊先生ならびに玄研究室の皆様、また解析・製作・評価に合同で取り組んで頂いた社内技術本部CAE推進部、生産本部工機センターならびにHC事業部開発実験部の関係者の皆様に心より感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 研究開発の俯瞰報告書：システム・情報科学技術分野、2.2.9 災害対応ロボット、科学技術振興機構 研究開発戦略センター、(2024年9月)。
- 2) 齋藤, 杉本, 玄: 油圧モジュラーロボットの開発, カヤバ技報第61号, (2020年10月)。
- 3) 安藤, 荒川, 弘中, 玄: 油圧モジュラーロボットのためのジェンダーレスな油圧・電気マルチコネクタの設計, 第42回日本ロボット学会学術講演会, (2024年9月)。
- 4) S. Hyon, et al.: Hardware Realization and Control of Modular Hydraulic Robots with Dowel Connectors, IEEE ICRA2024 (2024年5月)。

— 著 者 —



弘中 剛史

2009年入社。技術本部CAE推進部。油圧システムおよびソレノイドバルブの研究・開発に従事。



荒川 拓也

2016年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。油圧機器の研究・開発に従事



北村 佳彬

2013年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。油圧ポンプ開発，車両シミュレーション開発に従事。



安藤 了

2020年立命館大学入学。2024年立命館大学院入学。理工学研究科機械システム専攻在籍中。油圧モジュラーロボットに関する研究に従事。



玄 相晃

1998年早稲田大学大学院修士課程修了。2002年東京工業大学大学院後期課程修了。同年，東北大学大学院工学研究科助手。

2005 ATR脳情報研究所研究員。2010年 立命館大学理工学部ロボティクス学科准教授。2020年教授。現在に至る。運動制御理論，油圧制御システム，人型ロボットの研究開発等に従事。博士（工学）。

誘導加熱焼入れにおける シミュレーションによる最適条件導出方法の検証

岸 智 裕

1 はじめに

製造業において、製品品質の安定化、生産性の向上、コスト削減を同時に達成するためには、各種製造条件の最適化が不可欠である。従来、製造条件の設定は、熟練者の経験や試行錯誤に基づく実験的手法に依存しており、条件出しに多大な時間と工数を要することが課題となっていた。

近年、数値シミュレーション技術の進展により、製造プロセスを仮想的に再現し、条件変更に対する出力の変化を定量的に評価することが可能となっている。これにより、実験回数を大幅に削減しつつ、目的に応じた最適条件を効率的に導出するアプローチが現実的な選択肢となりつつある。

本報では、製造条件の最適化におけるシミュレーション活用の有効性を、誘導加熱焼入れ条件の最適化を題材として検証した事例について述べる。対象としたのは、建設機械用ピストンロッドの段付き形状部分に対する誘導加熱焼入れである。対象の工程は、ねじ部外径などの加工が施された複雑な形状のワークに対し、定置加熱と移動加熱を組み合わせたプロセスで、一度に複数部位へ熱処理を施している。そのため、加熱条件の設計変数が多岐にわたり、従来の実験的手法では最適条件の導出が困難であるとともに、品質確認を含む工数が膨大になるという課題があった。これらの課題に対し、電磁界解析ソフトウェアJMAG[®]（以下、JMAG[®]）を用いた誘導加熱解析における最適条件探索を、設計探索ツールSimcenter HEEDS[®]（以下、HEEDS[®]）あるいはJMAG[®]内蔵の遺伝的アルゴリズムを用いて検証し、それぞれのアプローチによる最適条件導出の過程と結果を比較・考察する。さらに、実業務でのシミュレーションによる最適化計算活用の検証について述べる。

2 対象工程の概要

図1に対象工程の概略図を示す。対象工程では、予めねじ部外径などの旋削加工が施された段付き丸棒に焼入れ、焼戻しを施すため、以下の3段階の加熱操作が組み合わされている。

- ①細径部に対する定置加熱（以下、予熱）
- ②太径部に対する定置加熱（以下、定置加熱）
- ③細径部方向への移動加熱（以下、移動加熱）

このような複雑な加熱工程により、異なる外径部位に対して一度に熱処理を施しているが、加熱条件の設計変数が多岐にわたるため、従来の実験的手法による最適条件探索は極めて困難であった。具体的には、図1に示すような予熱、定置加熱、移動加熱に関する9つの設計変数が存在し、これらの組み合わせにより温度分布や加熱時間が大きく変動する。また、熱処理品質を確保するためには、各部位の加熱温度が所定の範囲に収まるよう制御する必要がある。対象工程では、生産性向上のため熱処理工程のCT（Cycle Time）の短縮が求められており、現状熱処理設備で実現可能な最速条件を導出するため、大幅な条件変更の必要があった。

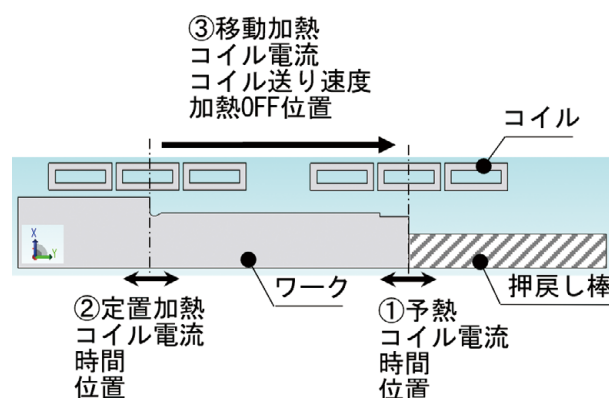


図1 対象工程の概略図

3 焼入れの基礎

焼入れは、鋼材の機械的性質を制御するための代表的な熱処理工程であり、鋼をオーステナイト化温度まで加熱した後、急冷することでマルテンサイト組織を形成し、硬さおよび強度を向上させる処理である。

焼入れにおいて、加熱不足は硬化不良を招く。一方で、過度な加熱も結晶粒粗大化や酸化、さらには焼割れの原因となるため、焼入れ部位の加熱温度は適切な温度範囲に制御する必要がある。

一般的に、焼入れされた鋼は硬い反面靱性を失うため、再度適切な温度に加熱する焼戻しを行うことで、靱性の回復や残留応力を緩和させる。本検証では、焼入れのみを扱う。

4 検証用解析モデルの概要

図2に本検証で用いたモデルを示す。本検証では、最適化計算の動作検証に重点を置き、単一ケースの計算を可能な限り軽くするため、対象工程のワーク及び加熱コイルを簡略化し、半径 r 部と $2r$ 部を持つ段付き丸棒の10deg軸対称分割モデルとした。ワーク表面には4点の温度測定点（プローブ）を設定し、各点の最高温度を出力する。図3にプローブ位置を示す。ワーク材料データには、材料物性値計算ソフトウェアJMatPro[®]で計算したS45Cの温度依存性データを使用し、加熱コイルにはJMAG[®]内蔵の銅のデータを使用した。なお、加熱コイルは内部の水路によって水冷されており、温度依存性の影響

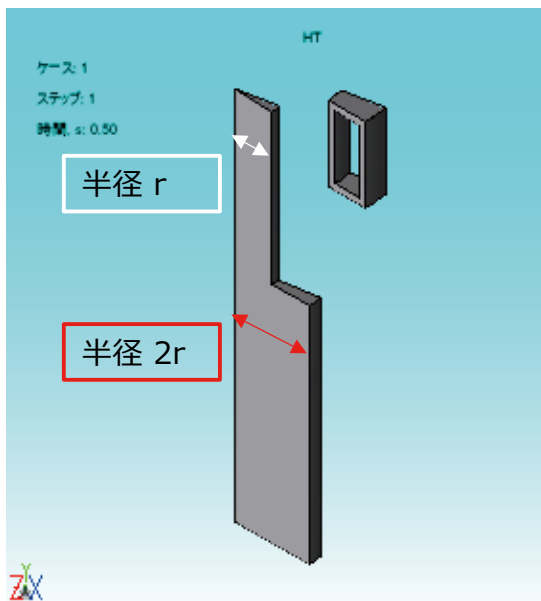


図2 本検証で用いたモデル

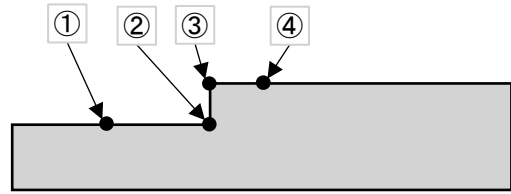


図3 プローブ位置

は小さいと考え、モデル簡略化のため加熱条件を入れず、初期温度20℃のままとした。

メッシュサイズやタイムステップについても、計算を可能な限り軽くするため妥当な値で一定とし、JMAG[®]の周波数応答断面磁界解析と熱解析の連成解析が実施されるよう設定した。

設計変数は図1に示した9個の設計変数を設定した。表1に設計変数及び探索範囲を示す。本検証では、「焼入れ範囲において均一な焼入れが可能で、かつ処理時間が最も短い条件を見出す」というユースケースを想定し、目的関数は図3に示したプローブ各点の最高温度の標準偏差及び加熱時間の最小化とする多目的最適化問題とした。ここで、加熱時間は予熱開始から移動加熱終了までの時間を示す。制約条件は、プローブ各点の温度及びワーク全体での最高温度に設定した。表2、3に目的関数及び制約条件をそれぞれ示す。

表1 設計変数及び探索範囲

	設計変数	Min	Max
予熱	位置 [mm]	-10	10
	時間 [s]	0	20
	出力 [V]	10	60
定置加熱	位置 [mm]	-60	-40
	時間 [s]	0	10
	出力 [V]	10	40
移動加熱	出力 [V]	10	60
	加熱OFF位置 [mm]	-10	10
	コイル送り速度 [m/s]	0.001	0.01

表2 目的関数

項目	方向
プローブ各点の最高温度標準偏差	最小化
加熱時間	最小化

表3 制約条件

項目	制約条件
プローブ各点の最高温度 [℃]	≥850
ワーク全体の最高温度 [℃]	≤1100

5 最適化手法の概要

5.1 探索戦略の分類

最適化アルゴリズムにおける探索戦略は、大きく「局所探索 (local search)」と「大域探索 (global search)」に分類される。

局所探索は、現在の解の近傍を重点的に探索する手法であり、収束速度が速く、微細な調整に適している。一方で、探索範囲が限定されるため、局所最適解に陥るリスクがある。

大域探索は、探索空間全体を広く探索することで、より良い解を見つける可能性が高いが、計算コストが大きく、収束までに時間を要する場合がある。

5.2 SHERPAアルゴリズム¹⁾

SHERPA (Simultaneously Hybrid Exploration that is Robust, Progressive and Adaptive) は、HEEDS[®]に搭載された独自の最適化アルゴリズムであり、局所探索と大域探索の複数の手法を同時並行的に活用するハイブリッド型の適応的探索戦略を特徴としている。このアルゴリズムは、2～10種類の探索手法を並列に実行し、それぞれの手法の有効性に応じて使用比率を動的に調整することで、探索効率を高めている。また、各探索手法に含まれる内部パラメータは、探索中に得られる設計空間の情報をもとに自動的に調整されるため、ユーザによる事前のチューニングは不要である。さらに、探索の過程で設計空間の構造を学習し、探索戦略を柔軟に変更することで、複雑な設計問題にも対応可能となっている。

これらの特徴により、SHERPAは他の代表的な最適化手法と比較して、同じ評価回数でより高品質な解を導出する傾向があり、初期条件をランダムに変えて複数回試行した場合でも、標準偏差が小さく安定した性能を示すなど、頑健性にも優れている。これらの利点により、ユーザは探索手法に関する専門知識がなくても、効率的に最適化問題を実行することが可能となっている。

5.3 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは、大域探索法の一つで、生物の進化過程における「自然淘汰」「交叉」「突然変異」などのメカニズムを模倣した探索手法であり、確率的な最適化アルゴリズムの一種である。探索空間における複数の解候補 (個体) を集団として扱い、世代を重ねながら最適解に近づけていく。基本的な処理手順は以下の通りである²⁾。

- ①初期集団の生成：設計変数の範囲内でランダムに個体を生成
- ②適応度評価：各個体に対して目的関数や制約条件に基づく評価値 (適応度) を算出

③選択 (Selection)：適応度に応じて次世代に残す親個体を選定

④交叉 (Crossover)：親個体の設計変数を組み合わせて子個体を生成

⑤突然変異 (Mutation)：子個体の一部設計変数をランダムに変更

⑥世代更新：新たな集団を構成し、再び評価・選択を繰り返す

このような進化的操作を繰り返すことで、探索空間全体を広く探索しながら、局所最適に陥ることなくグローバルな最適解を導出することが可能となる。

JMAG[®]では、多目的最適化手法としてNSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) が実装されており、以下の特徴を持つ³⁾⁴⁾。

①高速な非優越ソートによる個体のランク付け

②多様性保持のための混雑度評価

③エリート主義による優良個体の保存

これにより、複数の目的関数間のトレードオフ関係を考慮したパレート最適解^{注1)}の集合 (パレートフロント^{注2)}) を効率的に探索することが可能となっている。

注1) 他のどの解にも優越されないような解⁵⁾。

注2) パレート最適解が形成する面⁵⁾。

6 最適化計算の設定と実行環境

6.1 HEEDS[®]による最適化計算設定

HEEDS[®]での最適化計算の設定は、基本的には表1～3の設計変数、目的関数及び制約条件、そして計算回数である。表4に各試行の計算回数を示す。表中の100+100といった表記は、100回の計算完了後に100回追加計算を実行したことを意味する。アーカイブサイズとは、一度に作成されるケース数であり、作成されたアーカイブサイズ分の計算結果から次のアーカイブサイズ分のケースを生成する、という動作を指定計算回数に達するまで繰り返す。この一連の動作をサイクルと呼ぶ。本検証では、アーカイブサイズはデフォルト値のまま計算を実行した。

表4 各試行の計算回数

試行	計算回数	アーカイブサイズ
1	100+100	20 (デフォルト値)
2	200+100	
3	200	
4 ^{注3)}	5000 (424)	

注3) 試行4は計算回数設定を5000回としたが、諸般の都合により424回で計算を中断した。

6.2 JMAG[®]による最適化計算設定

JMAG[®]での最適化計算の設定は、表1～3の設計変数、目的関数及び制約条件に加え、初期ケース生成方法、世代数、集団サイズを指定する。表5にJMAG[®]最適化各試行の設定を示す。初期ケース生成方法の「既存ケースの使用」では、解析スタディを設定した際に生成される1ケースを除き、集団サイズ分のケースに対し各設計変数が指定した探索範囲内でランダムに割り当てられる。また、集団サイズ、世代数はJMAG[®]の推奨値とされている。設計変数×10を参考に設定し、試行3では集団サイズの影響を把握するため、試行1及び2の半分の値を設定した。

表5 JMAG[®]最適化各試行の設定

試行	集団サイズ	世代数	初期ケース
1	96	100	既存ケースの使用
2	96		
3	48		

6.3 実行環境

表6に各最適化計算の実行環境を示す。HEEDS[®]最適化は通常のローカルPCで実施した。JMAG[®]最適化はケース数が膨大になるためPSL^{注4)}の使用及びAmazon Web Services[®]のクラウドコンピューティングサービスであるAmazon Elastic Compute Cloud (EC2)を利用した。本検証では、計算用インスタンスの物理コア数は、表5の集団サイズ数に合わせ、1世代分の計算を並列実行する設定とした。

7 計算結果及び考察

7.1 HEEDS[®]による最適化計算

図4にHEEDS[®]による最適化計算で得られた実行可能解^{注5)}分布を示す。試行1では、最初の100回の

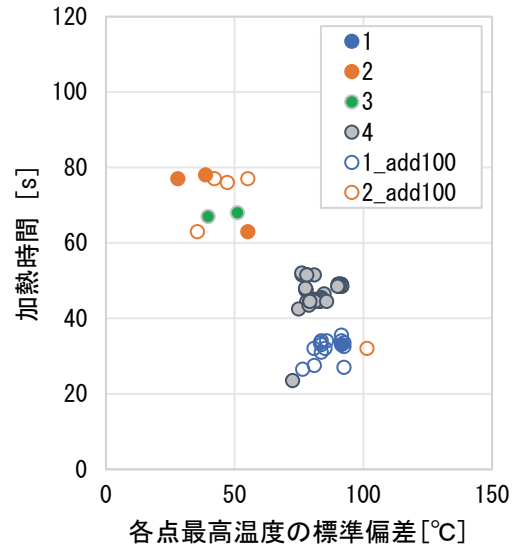


図4 HEEDS[®]による最適化計算で得られた実行可能解分布

注5) すべての制約条件を満たした解。

計算で1通りの実行可能解が得られ、追加の100回の計算ではその周辺に実行可能解が集中した(1_add100)。一方、計算回数を200回で指定した試行2及び3では、試行1とは異なる領域の実行可能解が得られ、試行2における100回の追加計算では、最初の200回の計算で得られた実行可能解の周辺に加え、試行1の実行可能解の周辺領域の解が得られた(2_add100)。また、試行4でも試行1、試行2、3とは異なる領域の実行可能解が得られた。これは、第5章で述べたように、SHERPAが自動で複数の探索手法を適用し、設計空間に合わせて各種パラメータを自動チューニングすることによって起因していると考えられる。また、試行2における100回追加計算時(2_add100)の実行可能解の得られ方から、HEEDS[®]の特徴である複数の局所探索及び大域探索アルゴリズムを同時に使い分けながら探索が進んでいる様子がうかがえる。

表6 各最適化計算の実行環境

手法	ソフトウェア	解析環境	備考
HEEDS [®] 最適化	JMAG v22.1 HEEDS 2304	ローカルPC	CPU : Intel [®] Xeon [®] W-2133 CPU @ 3.60GHz RAM : 32.0GB 物理コア数 : 6 OS : Windows 10
	JMAG v23.1 HEEDS 2404 (試行4のみ)		
JMAG [®] 最適化	JMAG v23.1	EC2 計算ノード : c6a.metal, c6a.24xlarge	PSL使用 CPU : AMD EPYC 7R13 RAM : 384GB (.metal) 192GB (.24xlarge) 物理コア数 : 96 (.metal) 48 (.24xlarge) OS : Amazon Linux 2

注4) PSL (Power Simulation License) : 100ケースまで並列実行可能なJMAGオプションライセンス。

表7にHEEDS[®]各試行の計算時間を示す。本検証では、HEEDS[®]による最適化計算では並列実行をしていないため、生成されたケースを順次計算している。計算時間はモデルの要素数やステップ数に依存するが、本検証において要素数が2次元磁界解析で約6000、3次元熱解析で約30000、ステップ数は180以下の範囲で探索した場合、300ケース程度の計算であれば1週間程度で完了する。

表7 HEEDS[®]各試行の計算時間

試行	計算回数	計算時間
1	100 + 100	約72h
2	200 + 100	約157h
3	200	約92h
4	424	約196h

7.2 JMAG[®]による最適化計算

図5にJMAG[®]による最適化計算で得た実行可能解分布を示す。JMAG[®]による最適化では、広い領域にわたる実行可能解が得られ、試行3 > 試行2 > 試行1の順でその範囲が広く見える。各試行の実行可能解分布の差は、初期ケースの生成方法に起因すると考えられる。すなわち、ランダムに生成された初期集団が出力した解によって探索領域が変化することが考えられる。

試行3では集団サイズを減少させた影響がみられた。図6に試行3の実行可能解分布を示す。試行3では赤丸で図示した領域の解が極端に少ないことがわかる。遺伝的アルゴリズムにおいて、集団サイズを縮小することは探索空間を縮小することにつながり、探索漏れによって本来実行可能解であるはずの設計変数の組み合わせに辿り着くことができなかったためと考えられる。また、前述の通り、初期ケースの解の分布によって最終的な実行可能解分布が変わる可能性を考慮すると、探索漏れが発生する領域はランダムであると考えられるため、集団サイズはむやみに縮小するべきではない。

表8にJMAG[®]各試行の計算時間を示す。JMAG[®]最適化計算では、PSL及び並列実行数分の物理コアを持ったEC2インスタンスの使用によって、1世代分の計算はおおよそ1ケース分の計算時間で完了するため、本検証の解析データサイズであれば、集団サイズ96、世代数100という大規模な計算も約2日で完了する。

7.3 JMAG[®]最適化計算のパレートフロントとHEEDS[®]実行可能解分布

図5からもわかるように、JMAG[®]最適化計算に

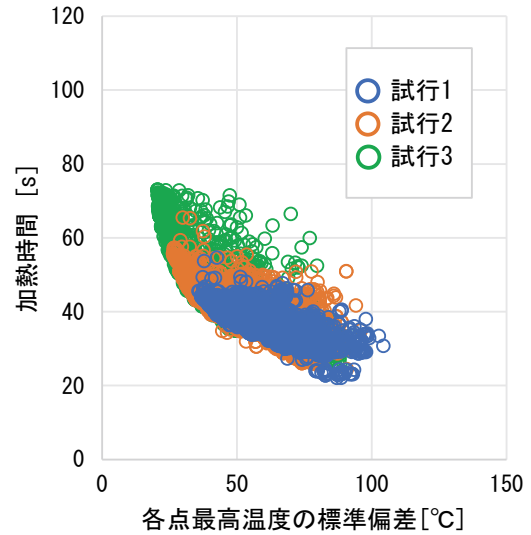


図5 JMAG[®]による最適化計算で得られた実行可能解分布

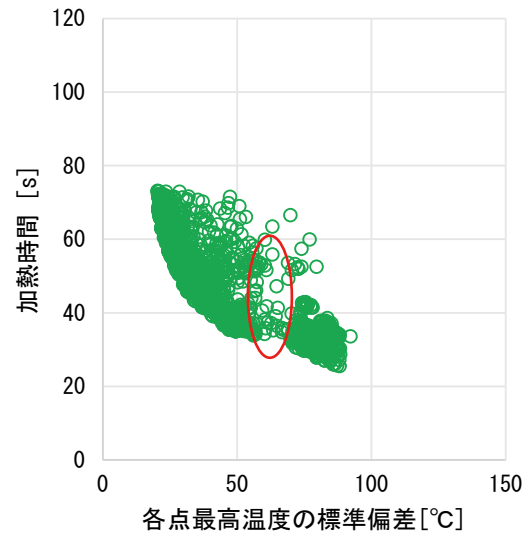


図6 試行3の実行可能解分布

表8 JMAG[®]各試行の計算時間

試行	計算回数	計算時間
1	9696	約45h
2	9696	約49.5h
3	4848	約35.5h

による実行可能解分布はパレートフロントを形成している。図7にJMAG[®]パレートフロントとHEEDS[®]実行可能解分布を示す。なお、パレートフロントは実行可能解の範囲で、各点の最高温度の標準偏差の最小値から最大値までを1刻みで探索し、探索幅において加熱時間が最小の値を抽出した。

JMAG[®]の試行1, 2は同等のパレートフロントを形成し、試行3では探索漏れが発生した領域におい

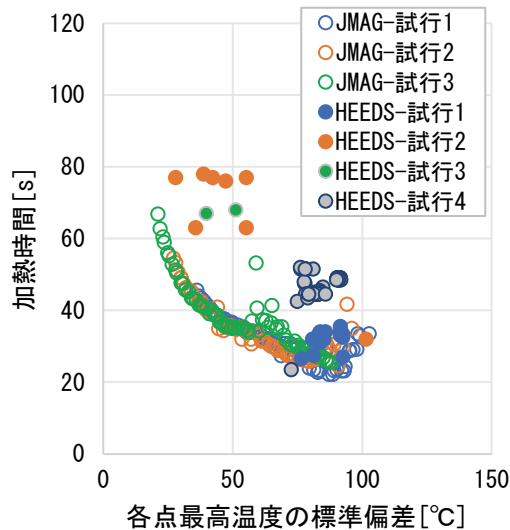


図7 J MAG[®]パレートフロントとHEEDS[®]実行可能解分布

て不連続となったが、加熱時間が長時間側のパレートフロントは同等の領域だった。パレートフロントが形成されることで、設計者は二つの目的関数間のトレードオフを把握し、任意のバランスで限界設計が可能となる。

一方で、HEEDS[®]が出力した実行可能解分布は、J MAG[®]が導出したパレートフロントに対して全体的に劣解ではあるものの、HEEDS[®]の試行1及び試行4の実行可能解はJ MAG[®]で導出されたパレートフロントと同等もしくは超えた解（パレートフロントより左下の領域の解）を導出している。また、HEEDS[®]の試行4で導出された、J MAG[®]で導出されたパレートフロントを超えた解は、HEEDS[®]試行4の解集合から離れた領域である。これは、7.1節でも言及したように、SHERPAアルゴリズムが局所探索と大域探索を組み合わせることで効率的に設計空間を探索していることを示していると考えられる。このことにより、HEEDS[®]は一般的な遺伝的アルゴリズムによる探索と比較してかなり少ない計算回数で大域最適解やパレートフロントを導出し得ると思われる。

8 実業務での最適化計算活用の検証

第7章までの検証にて、最適化計算活用による熱処理条件導出の有効性を示し、対象工程の実業務での検証を実施した。本検証では、最適化計算手法は、少ない計算回数で効率的に設計空間を探索したSHERPAを選択した。また、焼入れ範囲において最高温度が狙いの温度範囲にあれば品質を担保できるため、前述の検証で目的関数としていた各点の最

高温度の標準偏差を除外し、加熱時間を最小化する単目的最適化問題とした。また、解析モデルや探索範囲、制約条件に関しても実機モデルに合わせて修正した。

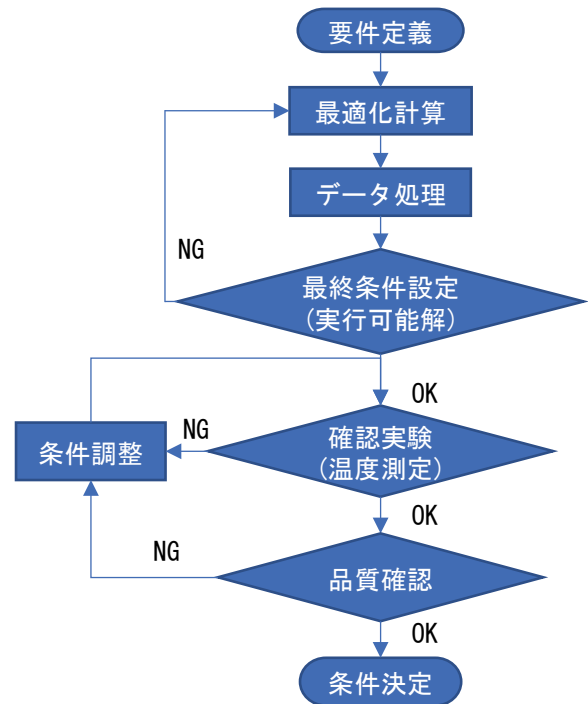


図8 改善条件決定フロー

図8に改善条件決定フローを示す。大まかな順序としては以下の通りである。

- ①対象工程の目標サイクルタイムや制約条件を踏まえた探索範囲、目的関数、制約条件を設定し、与えられた期間で計算可能な回数を設定し最適化計算を実施する。
- ②最適化計算が完了したらポスト処理を実施し、実行可能解を抽出し条件を設定する。
- ③設定した条件にて実際に量産設備で焼入れを実施し、解析モデルと同等の箇所でも表面温度を測定し、狙い温度範囲に入っているか確認する。
- ④品質確認で問題なければ条件を決定する。

本検証では、途中でモデル修正などを加えながら最適化計算を実施し、計610回の計算を実施した。その内、最終モデルでの264回の計算の中で得た6個の実行可能解の中からベスト条件を選択して温度測定実験を実施した。

図9に解析結果、実測値及び条件調整後実測値を示す。純粋に最適化計算結果から設定した条件で焼入れすると、実測値は解析結果に対して高めの温度になった。また、地点1では狙いの温度範囲を超える最高温度となった。これはJ MAG[®]解析モデルの合わせこみが不十分で、物理現象を再現できていな

いたためと考えられ、今後改善が必要である。本検証では、この結果から3回ほど熱処理条件を微調整することで、各部が狙いの温度範囲内となる熱処理条件を導出することができ、従来の量産条件と比較してMCT (Machine Cycle Time) は29%短縮、電力消費によるCO₂排出量も24%削減した。MCTの中でも、最適化計算の対象である加熱に要する時間は49%削減された。

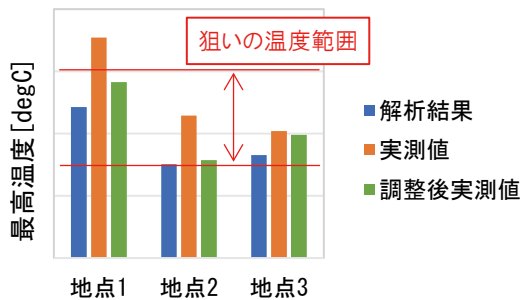


図9 解析結果、実測値及び条件調整後実測値

ここで、同様の改善を実験での試行錯誤によって実施した場合と比較する。本検証を実施する以前に、担当者が改善条件の導出に実際に費やした工数を概算し、シミュレーションによる最適化計算を活用した場合と比較した。図10に概算工数の比較を示す。結果的に、最適化計算の活用によって、約76%の工数削減を実現した。

実験による試行錯誤では、対象工程の複雑な加熱工程によって、予熱、定置加熱、移動加熱それぞれの傾向把握を別々に実施した結果から条件を組み合わせる必要がある。よって、多くの実験や品質確認が必要であることに加え、担当者が保有しているノウハウに強く依存する。さらに、実際に実験可能な水準は工数や納期の面で限定的であり、導出した条件が「最適であるか」に関しては疑念が残る。

一方で、最適化計算を活用する場合、実験、品質確認工数を大幅に削減することができる上、数百通りの試行結果を確認することが可能で、担当者が保有しているノウハウに関係なく最適条件を設定可能

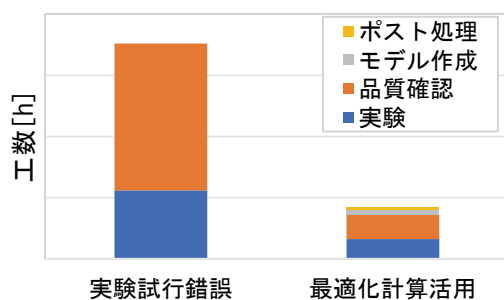


図10 概算工数の比較

となる。さらに、最適化計算の実行中は他の業務に従事することができ、業務効率向上が可能となる。また、本検証では並列実行せずに順次計算を実施したが、人の工数削減による費用効果を計算リソースに割いて並列計算を実行すれば、最適化計算に要する期間のさらなる短縮、あるいは計算回数の増加によるさらなる設計探査が可能である。

本検証結果から、解析結果と実験結果の乖離はあるものの、熱処理条件の目途付けには活用可能であり、最適化計算活用の一定の効果を確認できた。

9 おわりに

建設機械用ピストンロッドの段付き形状部分への高周波焼入れ工程を対象に、シミュレーションによる条件最適化の活用検証を実施し、その有効性を確認した。生産技術研究所では、過去にもめっきのマスキング治具の形状最適化をHEEDS®を活用して実施した実績もあり⁶⁾、最適化計算が普及しつつある。

第8章では、解析結果と実験結果の乖離があり、確認実験において条件の微調整を必要とした。今後、解析精度の向上に取り組み、解析結果の信頼性を向上させていく。

また、最適化計算は加工技術だけでなく、製品設計やプラントシミュレーションなど、あらゆる設計探査への活用が可能である。今後、デジタルツインの実現に向けて、様々な分野のシミュレーション技術を確認し、最適化計算を適用することで、劇的な生産性および業務効率向上を実現していく。

最後に、本検証においてご協力いただいたソフトウェアベンダー様、並びに社内関係部門の方々にこの場をお借りして熱く御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) Red Cedar Technology: SHERPA - An Efficient and Robust Optimization/Search Algorithm, <https://www.redcedartech.com/pdfs/SHERPA.pdf>
- 2) 北野宏明：遺伝的アルゴリズム，人工知能学会誌，Vol. 7, No. 1, pp. 26-37, (1992年1月)
- 3) K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, T. Meyarivan: A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II, IEEE Trans. On Evolutionary Computation, Vol. 6, No. 2, pp. 182-197 (2002/4)
- 4) 株式会社JSOL: JMAG最適化マニュアル, (2024年12月)
- 5) 渡邊真也：パレート解析のための技術動向，システム/制御/情報，第60巻，第7号，pp. 272-277, (2016年7月)
- 6) 水野祐樹，寺戸彩由子：めっきシミュレーションによ

る膜厚分布均一化, カヤバ技報, 第65号, pp. 3-7, (2022
年10月)

著 者



岸 智裕

2018年入社. 技術本部生産技術研
究所第一研究室. 熱処理技術の開
発に従事.

製品紹介

小型油圧ショベル用コントロールバルブ KVSX-12C-PSLの開発

福 島 亮

1 はじめに

カヤバでは2～8トンクラスの油圧ショベル向けロードセンシング^{注1)}(LS)システム用を用いたKVSX-12, KVSX-14, KVSX-18をラインナップしている(表1)。ショベル市場において、自動・遠隔化、ミニショベル市場においては、姿勢制御や流量制限などの細かな制御への対応に電気信号を用いたシステムの需要が高まっている。また、スプール操作を電気制御化することで、従来の油圧パイロット操作では各スプール操作にそれぞれパイロットバルブ、及び油圧ホースが必要であったが、電気配線のみで各スプールの作動が可能になる。従来より農機・産業用コントロールバルブとして、電子制御に対応したコントロールバルブはあったが油圧ショベル向けコントロールバルブでは、電子制御に対応している製品が無かった。製品ラインナップの拡充を狙い、2～4トン向けKVSX-12Cを対象にスプール操作を電子制御化したモデルであるKVSX-12C-PSL^{注2)}の開発をするものである。図1に外観モデルを示す。

注1) ロードセンシング=操作量に応じスプール絞りの前後差圧が一定になるよう可変ポンプに圧力をフィードバック、可変ポンプの斜板を制御することで必要量だけの油で操作できるシステム

注2) PSL=Proportional SoLenoid(比例ソレノイド)

表1 KVSXシリーズ一覧

車体重量				コントロールバルブ 製品形式
～2ton	～4ton	～6ton	～8ton	
←→				KVSX-12
		←→		KVSX-14
			←→	KVSX-18

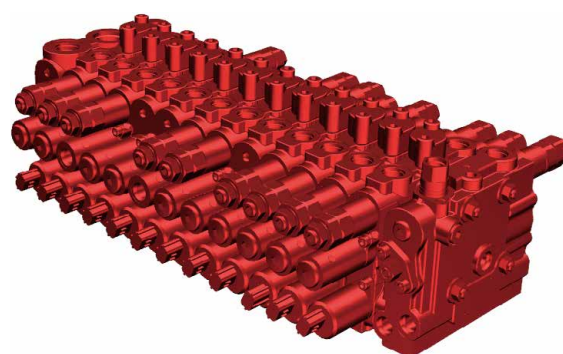


図1 外観モデル

2 開発課題

本件の開発にあたり、開発課題として以下の項目を挙げた。

- 1) 高いパイロット圧力に対応
- 2) コントローラに合わせたチューニング性の確保
- 3) 組立性・メンテナンス性の改善

1) について、従来生産しているPSL製品は、農機・産業機用のため、必要なパイロット圧力は低いものとなっていた。本件では、建設機械用として使用するため、より高いパイロット圧力への対応が必要であり、減圧弁部構造の見直しを図った。

2) について、PSL製品で使用される機体側のコントローラでは、電圧を制御するためPWM制御^{注3)}が一般的に使われるが、スプール応答性や発振(振動)に対する課題がある。コントローラ側でのディザ設定(電流周波数)及び、電流振幅を調整できるが限界がある。そこで、バルブ内蔵の減圧弁部にチューニング性を持たせ、コントローラに合わせた設定を可能とした。

3) について、従来のPSL製品では、減圧弁部に組み込むスプリングが奥(バルブハウジング内部側)に配置されており、組立時や交換時に脱落しやすく、組立にくさがあった。スプリングを手前(バルブハウジング外側)に配置することで、組立性の

改善を図った。

注3) PWM=Pulse Width Modulation

一周期中の通電率を変化することで、等価的に出力を制御するもの

3 開発モデルの概要

3.1 構成

本開発モデルと、PSLの無い従来のモデルとの比較を図2に示す。油圧部分は従来モデルと共通とし、下部にメインスプール操作用の比例減圧弁を配置、ソレノイドに印加された電流値により減圧弁が作動し、コントロールバルブに常時供給されるパイロット一次圧力をスプール操作に必要な二次圧力へ減圧しスプールを作動させる構成としている。これにより、PSL操作のセクションと油圧パイロット操作のセクションを1台のバルブ内で合体して採用することが可能である。

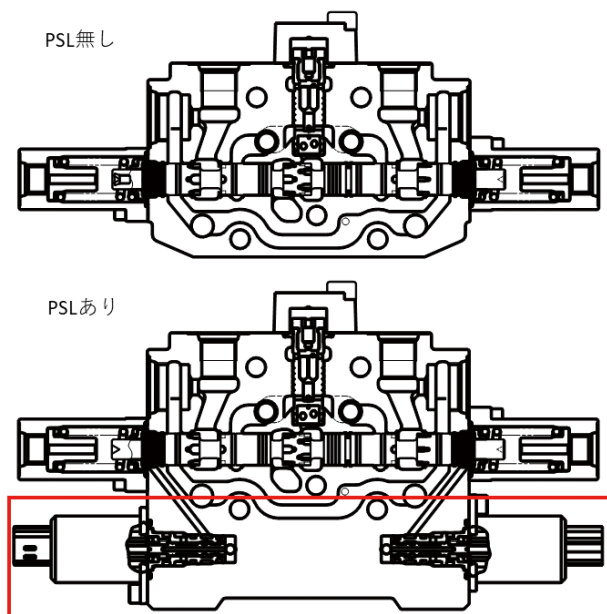


図2 モデル比較

また、ブームセクションにおいて、アンチドリフト弁を採用することがある。PSL用の減圧弁、アンチドリフト弁のいずれも外部へのドレンポートの配置が必要であるが、これらを一つの油路に合流することで、使用するポートを1ヶ所とすることを可能とした。機体での配管数削減に貢献できる構造とした。図3にて回路、及び断面を示す。

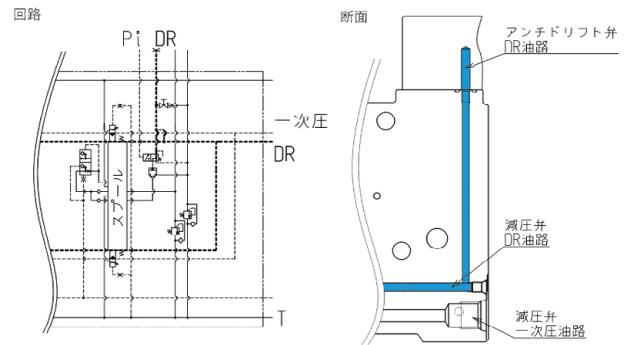


図3 ドレン回路

3.2 高いパイロット圧力への対応

従来のPSL製品にて採用していた減圧弁では、スプール径は、一次圧力油路と二次圧力油路をつなぐランド部と一次圧力油路とドレン油路をつなぐランド部で同一径となっている(図6)。この構造の場合、得られるパイロット圧力(2次圧力)は、図4に示すように最大で約2 MPa程となっている。農機・産業機用に使用されており操作するうえで十分な圧力であったが、建設機械用コントロールバルブにおいては、パイロット圧力は約3 MPa程度まで確保する必要があるため、受圧径に差を設けた減圧弁スプールの構造を採用した。また、本開発品はセクショナル構造であり、バルブハウジングを合体した際の穴歪みが懸念される。スリーブを配置することで、穴歪みの影響を受けない構造とした(図7)。スプール受圧径に差を設けた本開発品の減圧弁では、図5に示すように約3 MPa程度まで確保することができた。

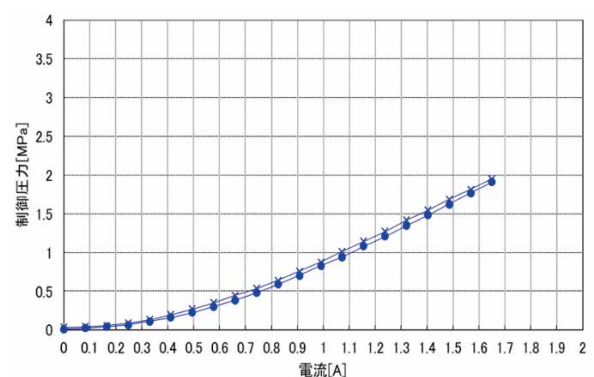


図4 スプール受圧径差無しの電流-圧力特性

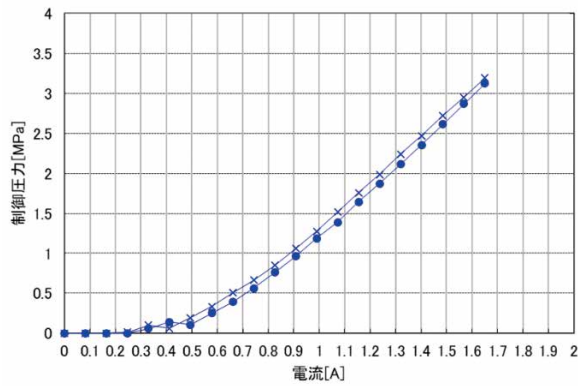


図5 スプール受圧径差ありの電流-圧力特性

3.3 チューニング性の確保

PSL製品において、性能面での課題としては、スプール応答性・作動の安定性（発振などが無いこと）、パイロット操作に対するバラツキの大きさが挙げられる。

機体側コントローラがPWM制御の場合、ディザ設定（電流周波数）やP-P設定（電流振幅）を調整することで上記の問題の対策とすることができるが、これらの設定のみのマッチングには限界があると考え、コントロールバルブ側減圧弁のマッチングにより機体コントローラに合わせた最適化が可能な構造とした。既存バルブに使用している減圧弁にてスプール受圧径に差を設けた構造がある（図8）。この構造の場合、減圧弁にてマッチング対応できる要素は、一次圧から二次圧への開口・一次圧からドレンへの開口、及びそれらのタイミングのみである。開口面積の拡大・縮小や開くタイミングを早めることで応答性の調整は可能となるが、タイミングの変更は発振する可能性が高くなる。

本開発品では、スプールとスリーブにて構成しており、先に述べた開口面積の変更による調整に加え、スリーブに配置したオリフィス（スリーブ絞り）により、急な圧力変動を緩和し発振を抑制する調整も可能となった。また、スプールにダンパ用の絞り加工の配置も可能である。これらの要素を最適に調整することで、機体側コントローラとの組み合わせによる性能課題を解決することができる。

また、本開発品では比例ソレノイドの持つヒステリシスの改善にも着手した。既存の比例ソレノイドでは、内部のプランジャに対し外周溝加工を追加することで、機械的なヒステリシスを改善し、既存品に対して約43%のヒステリシス低減を実現した。規定電流を印加した際のパイロット2次圧力（スプールのストローク）のバラツキは、スプール起動点において、約20%改善できた。

3.4 組立性・メンテナンス性の改善

従来のPSL製品においては、スプリングは減圧弁部の奥に配置されている（図6、8）。組立にて、スプール穴へ組み込む際にスプリングが脱落してしまう。部品交換にて、スプールを取り外した際にハウジング奥にスプリングが残ってしまい取り出せない、ドレン油路に入り込んでしまうといった懸念があった。

本開発品においては、部品点数は増えるが、スプリングシートを使用することによりスプリングを手前に配置する構造とした。手前に配置されていることにより、組立時、メンテナンス時の作業性が改善された。

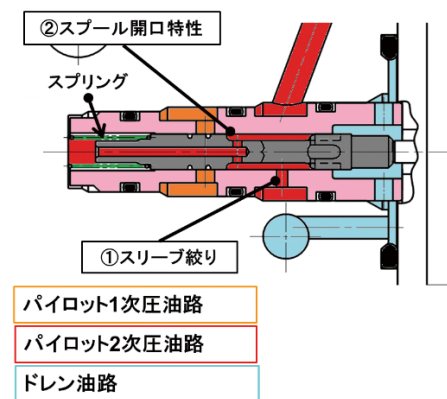


図6 農機・産業機用PSL減圧弁

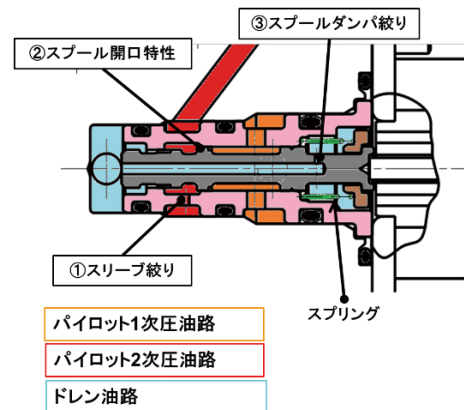


図7 本開発品減圧弁

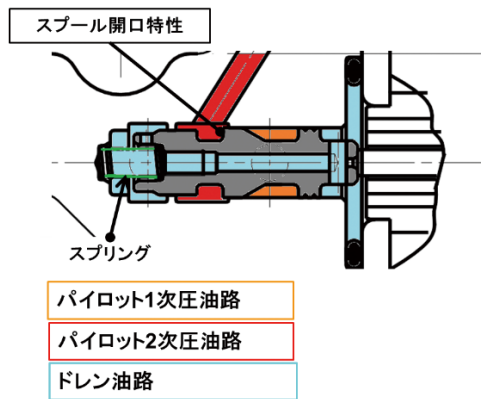


図8 スプール径差タイプ減圧弁（スリーブ無し）

4 おわりに

2～4トンクラスの小型油圧ショベルの電子制御用コントロールバルブの開発について説明した。

開発中、様々な課題はあったものの、要求される機能を満足しつつ製品化することができた。電子化は4～8トンクラスの油圧ショベルにおいても要求があり、本構造を今後KVSX-14C、KVSX-18シリーズへの展開を計画している。電子化対応用の主力製品とできるよう開発に尽力したい。

本製品の開発にあたり、ご支援頂きました関係部署の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

著 者



福島 亮

2011年入社。KYB-YS設計部HC設計課を経て、ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統括部長、野油機技術部バルブ設計室。コントロールバルブの設計・開発に従事。



Sagamihara Innovation Gate活動記

永井 勇 牙

公式サイトURL: <https://eiicon.net/about/sagamihara-innovation-gate2024/>

1 はじめに

創業から100年以上の歴史を持つカヤバは、これまで幾多の時代の波を乗り越えてきた。しかし、今これまでにないほどのスピードで変化する時代に直面している。技術、価値観、社会構造、すべてが目まぐるしく変化する中で、私たちに求められるのは「守ること」ではなく、「変えること」である。

ここでの「変える」とは、単に新しいことを始めることではない。社外と意図的につながり、他業種の文化や思想に触れることで、自らの思考を柔軟にし、凝り固まった常識を解きほぐすことでもある。

その結果として、これまでにない発想や価値が生まれ、新たなプロダクトやサービスの可能性が広がる。

こうした変化を促す手段のひとつが、組織の枠を越えた「共創」であり、その手法のひとつがオープンイノベーションである。

本報では、カヤバが取り組むオープンイノベーションの活動について紹介し、変化の時代におけるその意義と可能性を考察する。

2 相模原市事業との関わり

2.1 事業の概要

当社相模工場が置かれている相模原市は、かつて工場誘致によって経済発展を遂げた歴史を持ち、現在も多くの製造業や研究開発拠点が集積するなど、技術力と産業基盤に優れた地域的特色を有している。このような背景を踏まえ、地域資源を活かした新たな産業創出と、持続可能なまちづくりを目指している。

こうした地域の特性を活かしつつ、リニア中央新幹線の神奈川県駅（仮称）が市内緑区・橋本駅前に設置されることを契機に、駅周辺地域の価値向上と経済活性化を目的としたイノベーション創出事業を相模原市は推進している。その事業では、地域産業の活性化と新たな価値の創出を目指し、様々な施策

に取り組んでおり、そのひとつが「Sagamihara Innovation Gate（以下SIG）」である。

SIGは、市内企業が市内外の企業とオープンイノベーションによって、新規事業創出することを支援するプログラムである。相模原市は例年、市内から応募のあった企業の中から4社をホスト企業として採択し、それぞれに全国から募集したパートナー企業1社をマッチングする。採択されたホスト企業は、相模原市と約1年間にわたり連携しながら、パートナー企業との共創を通じてビジネスモデルの構築や実証実験に取り組む。市はこの一連のプロセスに伴走する形で支援を行い、企業同士の共創を促進するとともに、地域産業の活性化と新たな価値創出を後押ししている。

さらに、こうしたSIGの取り組みに加え、スタートアップ企業の支援や産学連携の促進など、幅広いイノベーション創出活動の拠点として、橋本駅前に「FUN+TECH LABO（読み：ファンタステックラボ）」が設置されている（写真1, 2）。この施設は、JR東海様の運営の下、相模原市との連携により開設されたものであり、企業、研究機関、地域住民など多様な関係者が交流し、イベントやワークショップ、ディスカッションを通じて新たなアイデアや気づきを得る場として機能している。

これらの取り組みは、リニア中央新幹線の開業を見据えた都市機能の強化と、地域産業の持続的な成長を両立させるための重要な施策として位置づけられている。

2.2 参加のきっかけ

当社はこれまで、製造業としての強みを活かし、「モノづくり」を中心としたビジネスモデルを展開してきた。しかし、社会や市場のニーズが多様化・高度化する中で、製品単体ではなく、体験や価値そのものを提供する「コト売り」ビジネスの創出が、次なる成長戦略として掲げられている。

このような変革を進めるにあたり、既存の社内リ

ソースや知見だけでは対応が難しい領域も多く、新たな視点や技術、ビジネスモデルとの出会いが不可欠であると認識していた。そうした中で出会ったのが、SIGである。

SIGは、地域に根ざした企業同士が連携し、異業種・異分野の知見を持ち寄ることで、新たな価値を共創することを目的としており、当社が目指す方向性と合致していた。また、SIGの支援として、オープンイノベーションの知見に長けている(株)eiicon様に事務局として介在していただけるなど、専門的な支援体制が整っている点も、参加を後押しする大きな要因となった。

さらに、SIGへの参加をきっかけとして、FUN+TECH LABO主催のイベントにも参加する機会が生まれ、地域の様々な方々との交流を通じて、新たな気付きやつながりを得ている。こうした外部との接点は、当社にとって単なる情報交換にとどまらず、社外や異業種の文化・価値観を社内に取り入れる契機となっており、社内の風土や意識にも徐々に変化が生まれつつある。オープンイノベーションの実践を通じて、社内外の垣根を越えた共創の姿勢が浸透し始めていることは、当社の今後の変革に向けた重要な一歩と捉えている。



写真1 FUN+TECH LABO外観
(写真提供 JR東海(株)様)



写真2 FUN+TECH LABOでの討論の様子
(写真提供 JR東海(株)様)

3 オープンイノベーション活動事例

3.1 Sagamihara Innovation Gate 2023

2023年度は、当社が開発を進めていた新規サービス「スマ道[®]」をテーマに、オープンイノベーションによる価値創出に取り組んだ。「スマ道[®]」は、自治体が管理する道路の劣化状況を効率的に把握し、修繕計画の立案を支援するサービスである。自治体が保有する道路パトロールカーなどの既存車両に、当社の加速度センサとデータロガーを搭載し、走行中の振動データから路面の凹凸やひび割れを推定する仕組みを採用している。

この技術は、長年にわたりショックアブソーバメーカーとして培ってきた、車体振動と路面状態の関係性に関する知見を応用したものであり、当社ならではの強みが活かされている。

さらに、SIGを通じて共創したパートナー企業とは、ドライブレコーダ映像を活用した街の見守りサービスを組み合わせることで、路面状況だけでなく周辺環境の可視化も実現。これにより、自治体の道路保全業務に対して、より包括的な価値を提供することを目指した。

3.2 Sagamihara Innovation Gate 2024

2024年度は、「油圧機器の予知保全の実現」をテーマに、当社が開発した「油状態センサ」を活用した新たなサービスの構想に取り組んだ。油状態センサは、油圧機器に使用される作動油の劣化に伴う電気的パラメータの変化を計測することができる。

油圧機器の故障原因の約6割は作動油の劣化に起因すると言われており、油状態センサによって作動油の状態変化を計測することで、油圧機器が故障する前に作動油交換などのメンテナンスをすることが可能になる。

しかしながら、油圧機器全体の保全となると、作動油の状態以外にも、電気的、機械的な要因も計測する必要がある。

そこで、SIGでは振動センサや画像センサ、AIによるデータ分析に強みを持つパートナー企業と共創し、振動センサを組み合わせた実証実験を実施した。油状態に加えて機械的な異常兆候の検知にもアプローチすることで、油圧機器の状態を多角的に捉える可能性を探った。写真3は、技術的検証のための実証実験の様子である。基盤技術研究所にて、油圧テストベンチ試験機を用いて、油状態センサとパートナー企業の振動センサを組み合わせ、油圧作動油の性状別に機器の状態変化を捉えられるか、基礎的な実験を実施した。

これにより、予防保全の高度化に向けた技術的な

方向性を共有し、今後の展開に向けた基盤づくりの構築ができた。



写真3 実証実験の様子

3.3 SIG参画企業とのコミュニティ形成

SIGでの活動は、当社とパートナー企業との間で新たなビジネス的価値を共創することが主軸であるが、それと同時に、同じくSIGに参画する相模原市内のホスト企業同士の“横のつながり”を広げる貴重な機会にもなっている。

具体的には、ホスト企業間での工場見学会や技術交流会が開催されており、業界の垣根を越えた対話や情報共有を通じて、企業ごとの異なる視点や課題意識が交差することで、新たな気づきや学びが生まれている。こうした交流を重ねる中で、相互理解と信頼関係が着実に深まりつつあり、企業同士が垣根を越えて相談しやすい関係性が築かれている。

参加企業には、機械、化学、食品など多様な業種が含まれており、当社相模工場にも、他のホスト企業や相模原市の関係者をお招きし、カヤバ史料館や製造現場を見学いただいた。これにより、当社の事業や技術への理解を深めていただくとともに、地域におけるオープンイノベーションの関係人口を着実に広げることができた。

このように、SIGを通じて共通の土壌を持つ企業同士が、互いの強みを認め合いながらつながることで、地域全体としてのイノベーション創出の基盤が育まれている。

筆者は、こうした地域全体として生まれる効果を、オープンイノベーションの“広域的価値”と捉えている。オープンイノベーションへの理解を持つ企業や団体が地域に増えることで、イノベーションが起きやすい環境が自然と形成され、それはやがて自社にとっても新たな機会やメリットとして返ってくる。間接的で限定的かもしれないが、そこには確かな価値がある。だからこそ、今後もこうした活動を大切にし、地域に根ざした共創の輪をさらに広げていき

たいと考えている。

3.4 地域小学校における出前授業

パートナー企業との共創の他、2.1項で述べたFUN+TECH LABOとの連携により、相模原市内の小学校に出向き、当社の技術や製品を紹介する出前授業を実施した。この授業では、子どもたちには実際に製品に触れてもらいながら、ものづくりの面白さや技術の可能性を体感してもらうことを狙い、当社が発明家によって創立された企業であることにちなんで、「もし発明家だったら、どんな未来の街をつくりたいか」というテーマを設定し、未来の暮らしや夢を自由に思い描いてもらった。

子どもたちには、未来の街ではどんなことを実現したいか、どんなことができたなら楽しいかを、グループワーク形式で意見を出し合うブレインストーミングを実施した。その中で、自由な発想から多様なアイデアが生まれた(写真4)。さらに、出てきたアイデアを一つのプロダクトの構想として整理し、グループごとに発表してもらうことで、より具体的な未来像を描く機会となった(写真5)。

この活動を通じて、子どもたちが自らの言葉で「実現したいこと」や「夢」を語る姿は、我々にとっても技術の意義や社会的価値を改めて問い直す契機となった。

なお、この活動は元々、当社がジャパンモビリティショー2023に出展した際のブースコンセプト「カヤバのアソビバ」とFUN+TECH LABO両者のアイコンックカラーが似ているという、ほんの些細な理由をきっかけに始動した(図1)。このような、非常に小さなきっかけから物事が動き始めることも、地域としてイノベーション創出の基盤が築かれているからこそである。



写真4 子どもたちの多くのアイデア



写真5 未来に実現したい製品の構想例



写真6 TECH HUB YOKOHAMA



図1 連携のきっかけになった両者のカラー

3.5 活動の社外展開

当社の一連のオープンイノベーション活動への取り組みについて、社外へ向け紹介させていただく機会もいただいた。

2025年5月、SIGにおけるオープンイノベーションの活動事例の他、本報に記載の活動について紹介をTECH HUB YOKOHAMA（写真6）にて行った。

TECH HUB YOKOHAMAは、横浜市のテック系スタートアップ支援拠点として2024年に開設した施設で、同市みなとみらい地区に位置する。また、本施設は、イノベータ同士の国際的なコミュニティであるVenture Caféの国内拠点であるVenture Café Tokyoとも連携した組織運営となっており、多くのイノベータが集まる場所であり、定期的にイベントを開催している。

当日は、当社と同じくSIGへ参画されているホスト企業の方と共に紹介させていただき、相模原市におけるオープンイノベーションの広域的な活動を、多くの方に聴講いただき、認知していただくことができた（写真7）。



写真7 オープンイノベーション活動紹介の様子

4 オープンイノベーションが生む可能性

4.1 オープンイノベーションが生む多様な価値

オープンイノベーションは、パートナー企業との共創による新規プロダクトや新規事業の創出など、直接的に生み出される価値だけが本質ではない。

周知のとおり、オープンイノベーションは意図的に他の企業や団体と手を携える活動であり、必然的に社外組織との交流が広がる。3.3節で述べたとおり、本取り組みでは、単なる企業間の共創に留まらず、地域に根ざしたネットワークの醸成を通じて、技術・知見・人財が交差する環境を醸成した。

市内ホスト企業との工場見学や技術交流といった活動は、一見すれば限定的な情報共有に過ぎないようにも見える。しかしながら、そこに立ち現れるのは、企業の枠を超えた学び合いの姿勢、現場に根ざした対話の積み重ね、ひいては地域全体の技術基盤の底上げにもつながる。

さらに、小学校との連携した出前授業においては、当社の技術を紹介するにとどまらず、子どもたちに対し自分たちの暮らす地域に、創造性溢れる企業が存在することを認知してもらうきっかけ作りにもなっている。これは将来のイノベータを地域から育

むという観点においても意義深く、ひいては当社のプレゼンス向上や、人財還流にも資する取り組みとも捉えることができ、長期的な価値、広域的な価値も生むもの考える。

4.2 プロダクト開発の加速

オープンイノベーションという言葉には、しばしば「大きな枠組みで何か壮大なことを始める」という印象がつきまとう。そのため、「うちにはそんな余裕はない」「忙しくて手が回らない」といった理由で敬遠されがちな側面もある。

しかし、オープンイノベーションは、必ずしも新規開発を伴うような大掛かりな取り組みである必要はない。むしろ、限られたリソースの中でミニマムに物事を始めるための有効な手法でもある。自社だけでは手が届かない領域や割けないリソースを、外部のパートナーと補完し合うことで、これまでなら着手できなかったプロジェクト開発が動き出す。

たとえば、既存製品や技術の転用、自社が割ける範囲のリソースを持ち寄り、ユーザに対する価値検証や実現可能性を探る技術検証を行うための必要最低限の構成、即ちMVP (Minimum Viable Product) を仕立てることで、小さく始めることができる。

会社組織として、そうした開発体制を敷くことで、新しい領域への挑戦に対する心理的ハードルも下がり、より柔軟かつ機動的な取り組みが可能となる。

このようにして、従来なら「社内リソースに余裕ができてから」と先送りされていた開発が、早期にスタートできるようになる。オープンイノベーションには、このような“開発の加速”という価値も期待できる。

5 おわりに

「最も強い者が生き残るのではなく、最も賢い者が生き残るのでもない。唯一生き残ることができるのは、変化できる者である」

この言葉は、ダーウィンの進化論を現代的に解釈したものであり、経営学者レオン・C・メギンソンによって紹介されました。

当社は1919年、萱場発明研究所として創業して以来、数々の製品を世に送り出してきました。戦後の復興期である1950年には、現在の自動車にも使われているショックアブソーバの原型ともなる筒形緩衝器を当時の自動車メーカー様との共創によって生み出すなど、すでにオープンイノベーションの精神を体現していたとも言えます。

そして今、変化の激しい現代において、私たちはその原点に立ち返り、再びオープンイノベーションを通じて「変化できる者」としての歩みを進めています。これは発明家であった創業者のDNAを現代に蘇らせる挑戦でもあり、未来への架け橋です。

さらに、私たちは企業の枠を超え、地域全体でイノベーションを育む文化の醸成にも取り組んでいます。子どもたちへの出前授業や地域企業との共創活動を通じて、未来のイノベータを育て、地域に誇りと活力をもたらす。そうした取り組みの積み重ねが、やがて社会全体に広がる大きな変化を生み出すと信じています。

著 者



永井 勇牙

2008年入社。技術本部基盤技術研究所情報技術研究室。新規プロダクト開発UXデザインに従事。



Shanghai Automotive Thermal Management Exhibition 出展後記

久保康平

1 はじめに

2025年3月26日（水）～3月28日（金）にかけて、中国の上海自動車展示センタにおいてAutomotive Thermal Management Exhibition 2025（以下ATME2025）が開催された。

ATME2025は新エネルギー車における熱管理技術

に特化した専門展示会として、最新技術の展示と交流や業界の技術革新を推進する目的で開催された。

併催されたAutomotive Powertrain Technology Exhibitionも含めると300社、10,000人以上が参加する展示会であり、私が所属している車載機器事業部（以下MD事業部）は3年連続の出展となった。

写真1に展示会場写真、図1に会場図を示す。



写真1 展示会場



図1 ATME2025会場図（ATME2025ホームページより）

2 当社の出展

2.1 出展の目的

ATME2025のテーマに対し、MD事業部では以下の目的を掲げ展示ブースの構築を行った。

- ①当社の認知度向上
- ②冷却用電動オイルポンプの紹介
- ③新エネルギー車の動向確認

2.2 会社紹介動画

過去2年の出展経験から、中国新興の電気自動車（以下EV）メーカーにおけるカヤバの認知度（特にポンプ事業）は高いとは言えず、まずは当社に興味を持っていただく必要がある。

そこで、当社の歴史やモータスポーツへの参画、実験センタ等を紹介する動画をブース内で上映することにより、様々な分野の来場者に対し当社を知っていただけるようにした。

2.3 ブース壁紙

紹介動画の上映は、インパクトは大きいですが足を止

めて見ていただく必要がある。

そのため、ブースの壁紙に製品史（図2）及びMD事業部のロードマップ（図3）、生産拠点（図4）を示した壁紙を掲載し、一目で当社やMD事業部の製品が分かるようにした。

2.4 サンプル展示

ATME2025で主として紹介したい冷却用電動オイルポンプは、EVが普及している中国市場において様々なメーカーが生産しており、外観だけでは当社の特長を表すことができない。

そこで、当社が世界シェア1位を誇るCVT^{注1}用メカ式オイルポンプや型式の異なるポンプを併せて展示し、ポンプの紹介パネルも設置することで、当社ポンプ製品の特長を示した。（写真2～4）

注1）Continuously Variable Transmission（無段階変速機）のこと。

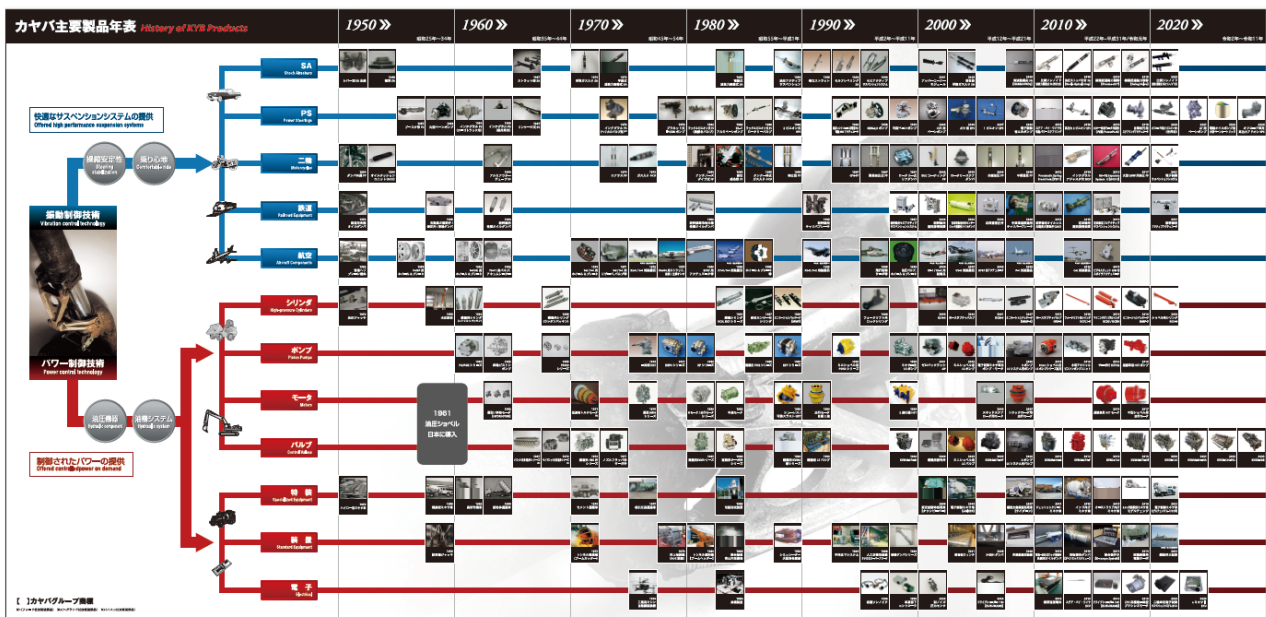


図2 壁紙1_当社製品史

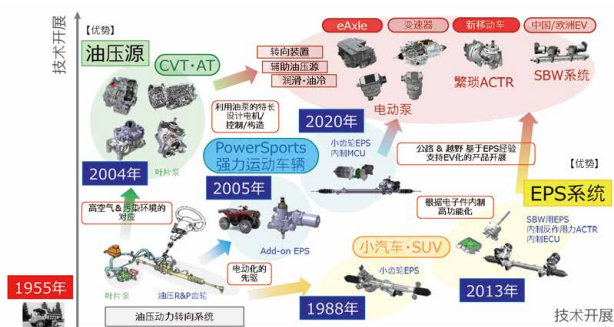


図3 壁紙2_MD事業部ロードマップ



図4 壁紙3_MD事業部生産拠点

〈展示品一覧〉



写真2 冷却用（左）/油圧源用（右）電動オイルポンプ

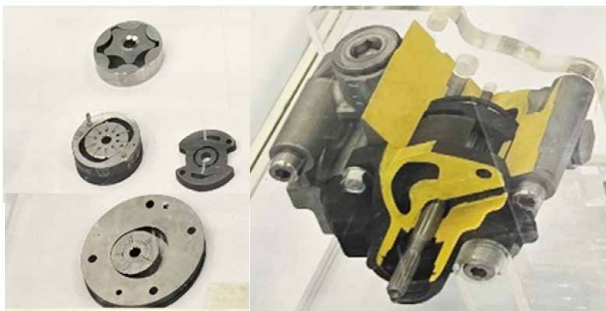


写真3 ポンプ部品（左）/CVT用メカポンプ（右）



写真4 サンプル展示風景

2.5 解析動画

より多くの方々に当社の強みであるポンプの技術力を知っていただくために、流体解析で検討した結果を動画で展示した。（写真5）

動画にすることでポンプのことを知らない方々にも直感的に分かりやすく、カヤバの技術に興味をもっていただくことができた。

3 会期中

展示会開幕時は、動画や壁紙の効果もあってか多くの来場者の方々が当社のブースに来場いただけた

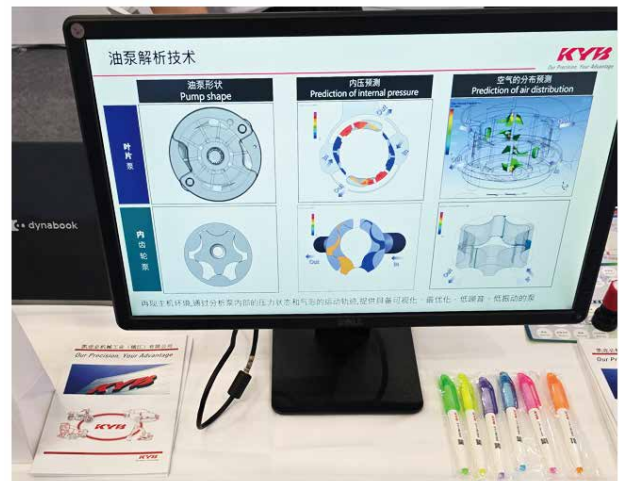


写真5 解析動画

が、我々アテンド員と会話をするまでには中々至らなかった。

盛況なブースは来場者がサンプルを持ちながら会話をしている光景が目に残り、当社も急遽サンプルに触れるようにケースの外に展示した。

すると、来場者が足を止めサンプルを手にする機会が増え、コミュニケーションをとるきっかけを増やすことができた。

また、日本からの出展と言うこともあるのだろうが主催者からインタビューを受けることができ、当社製品の紹介をライブ中継で放送していただけた（写真6）。



写真6 インタビュー風景

4 他社の展示

昨年の展示会よりもブースの見た目や動画の派手さが増しており、ノベルティグッズの配布や飲食コーナーの設置など各社様々な方法で来場者に足を止めていただき、製品の紹介に繋がられるような試みが施されていた。

また、当社以外にも一部日系企業が出展しており、EV業界における中国市場の重要性が確認できた。

5 おわりに

今回の開催における主催者・関係者の皆様、そしてご来場された方々にお礼申し上げます（写真7）。当社の製品が業界全体のさらなる発展の一助に繋がれば幸いです。

このたびはありがとうございました。



写真7 集合写真

著者



久保 康平

2009年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部車載機器事業部技術部ポンプ設計室所属。ベーンポンプの設計に従事。

随筆

タイ駐在記

河 部 俊 晴

1. はじめに

私は、2020年11月から2024年12月にかけての約4年間、タイのKYB Asian Pacific（以下KAP）に赴任し、ショックアブソーバ（以下SA）の設計業務に従事した。駐在期間を振り返ってみると、初めての海外生活、新型コロナウイルスの猛威、非常事態宣言による活動制限、コロナ終焉からの復興といった様々な事が起こった時期であったが、貴重な経験を積むことができたので、ここにその一部を紹介する。

2. タイ赴任

2.1 赴任準備

当初は2020年4月に赴任する計画で準備を進めていた。2月には事前準備の為にタイへ渡航し、東南アジア特有の雰囲気を感じとり、これから公私共にお世話になる駐在員の方々や仕事を共にする現地スタッフへの挨拶、入居するアパートの下見から仮契約まで結び、赴任に向けて準備は順調に進んでいた。

しかし、突如現れて猛威を振るった新型コロナウイルスによって、全ての赴任計画が中断となった。準備出張の時点で、日本国内でも感染者が出て連日報道されている状況ではあったが、対岸の火事、すぐに収束するものだと思っていた。しかし、そんなに甘くはなかった。3月以降はご存じの通り、世界中で感染が拡大し、海外渡航が制限・禁止され、取得していた入国ビザも効力を失った。当時はコロナ感染による暗いニュースばかりが流れ、渡航制限が解除される兆しはなく、先行きが見えない状況に陥っていたのを覚えている。

そこから半年ほどが経ち、ようやく落ち着きを取り戻したところでタイへ渡航できる目途が立った。当時の渡航条件は今では考えられないほど厳しく、多くの申請書類を準備する必要があった。特に、「渡航フライト72時間前のPCR検査で陰性であること」が最後の難関で、そこで陽性になると全ての準備が台無しになるリスクがある為、体調管理には細心の

注意を払って日常生活を過ごした。幸いにもコロナに罹患することなく、タイへ入国する準備が整った。

2.2 タイ入国

ようやくタイ渡航の日を迎えたが、到着してからも試練が待っていた。渡航禁止は解除されたが、厳格な制限は続いており、全ての申請書類の審査やPCR検査を行う必要がある。空港に到着した頃には長蛇の列が出来上がっていた（写真1）。

空港スタッフは皆、防護服を身にまとい、入国者は、さもコロナ患者のような扱いを受け、適切な距離を空けて等間隔に並べられた椅子に座らされた。書類チェックとPCR検査を受け、結果は全て問題無し、無事タイへの入国が認められた。



写真1 渡航制限下の入国審査

しかし、そこからも自由に行動することは許されなかった。次にホテルへ移動となるが、当時はASQと呼ばれるタイ政府指定の宿泊施設で2週間の隔離が必要であった。イミグレを通り抜けてからも、監視体制の中、防護服のスタッフに誘導されて、大きなバンの後部座席にさせられた（写真2）。

たとえ同じ行先の人がいようと相乗りではなく、1人1台のチャーター便。贅沢な移動ではあるが、そんな優越感が一切感じられないのは、運転席と後部座席の間に無機質で透明なビニールが隙間無く貼られているからだだろうか、不安とスリルを感じながら隔離ホテルへと運ばれていく。



写真2 隔離施設への移動



写真3 隔離生活の戦利品、タイ駐在の開始

2.3 隔離生活

空港から車に揺られて約1時間、バンコク市内のホテルに到着したが、正面ロビーではなく裏口で降ろされる。微笑みの国と呼ばれるタイの歓迎ムードはそこには全く無かった。今思うと、コロナ感染者が出る度に、SNS上で風評被害が巻き起こっていた為、人目を避けるように海外からの渡航者を受け入れていたのかもしれない。そこでも、さきほど空港で受けたばかりのPCR検査が待っていたが、勿論、結果は陰性。部屋へ案内され、長かった緊張状態からようやく解放された。

2週間の隔離生活は過酷なものだった。最初の1週間は部屋から一切出ることは許されず、重たい入口ドアが開くのは、防護服スタッフによる定期回診と廊下の小さなテーブルに置かれる食事を受け取る時のみであった。そんな引きこもり生活に耐えながら1週間が経過すると、再びPCR検査が待っていたが、これをクリアすると、1日1時間だけ屋上に出る権利が与えられた。太陽の日差しを浴び、外の空気を吸えることがどんなに素晴らしいことか、しみじみと実感したのを覚えている。

隔離生活の後半では早速、東南アジアの洗礼を受けた。ひどい食あたりを起こし、下痢と嘔吐を繰り返して発熱の症状も出ていた。コロナの疑いがあると、別の隔離施設へ移動させられる可能性がある為、日本から持参した薬を飲み、ひたすら寝て回復を祈った。翌日の回診の体温検査では熱が出ていたが、防護服スタッフには、つい先程まで寝ていたから体が火照っていたこと、コロナの症状は全く出ていないことを笑顔で説明したら、不思議そうな顔をして去っていった。拙い英語が通じなかったのかもしれないが、最大の危機を乗り越えた。そしてまもなく体調も回復し、最終日のPCR検査も無事クリアして、過酷な隔離生活を終えた（写真3）。

3. タイ駐在

隔離生活を無事に終えて、タイでの生活が始まった。当時はタイ国内の感染者数が落ち着いていたこともあり、入国者に対する厳しい規制とは対照的に、街中での活動規制は解除されており、不自由なくタイの生活を始めることができた。

3.1 業務

タイでの業務は主にSA設計として、アセアン拠点の開発支援、現調化による原価低減活動、量産不具合の対策支援に従事した。初めての海外赴任ということもあり、最初はコミュニケーションで苦労したが、タイ人スタッフも日本人の取り扱いに慣れていて、お互いに第2言語の拙い英語ではあったが、次第にコミュニケーションが取れるようになった。

また、タイだけでなく、マレーシア・インドネシア・台湾の拠点とも連携して業務を進めていく必要があり、同じアセアン地域とはいえ、国が違えば言葉も文化も違うメンバーと意思統一を図りながら業務を進めていくのは大変な苦労があったが、とても良い経験を積むことができたと思う（写真4、5）。

また、アセアン拠点の開発業務においては、「自立化」という言葉を常に意識していた。これまでは、お客様である自動車メーカーも含め、日本主導で開発を進め、現地で生産を立ち上げる為に業務を移管するケースがほとんどであった。しかし、開発初期段階から現地へ業務移管し、日本主導から現地主導の開発へと変わろうとしていた。お客様のカウンターパートとして期待に応えるべく、仕事のやり方を変えていく必要があった。いきなり日本の支援なしにやるのは難しいだろうと思っていたが、KAPスタッフの仕事に対する意欲や技術レベルは高く、現地主導・自立化についてもすぐに理解を得ることが出来た。勿論、日本やアセアン各拠点からのサポートを得ながらではあるが、KAPスタッフの頑張りもあり、最大の成果を出せたと思っている。

性能向上アイテム提案から採用までの開発プロセスを現地主導で完遂させることができたし、競合他社が現行商権を持っている重要機種のソーシング活動において、KYB (Thailand) Co., Ltd. (以下KYBT) と一丸となり工場側・設計側の目線で原価低減活動を推進し、悲願の受注に繋げることができた。まだ途中段階ではあるが、今後に向けて「自立化」の活動を推し進められたと思っている。

日本の関係者を含め、各拠点の駐在員や現地スタッフの方々には、たくさんご迷惑をお掛けしたこと、強大なサポートを頂いたこと、この場を借りて、お詫びと感謝を申し上げる。



写真4 KAPスタッフ

タイ料理と比べれば多少値は張るが、食生活で困ることはなかった。

また、キャッシュレス化が思っていた以上に発展していることに驚いた。日本と比べても、タイの方が普及率が高いのではないと思う。QRコードを読み取って決済する方法が主流で、どんなお店でも使える。ローカルの市場や屋台でもQRコードが店頭に貼られている(写真6)。銀行アプリを使えば口座から即座に引き落とされるシステムで、手数料なし・クレジットカード登録も不要の為、在留外国人でもすぐに利用可能だ。どこへ行くにしても多くの現金を持ち歩く必要はなかった。



写真6 クロントゥーイ市場



写真5 アセアン拠点3社(KAP/KYBT/※KMSB)での工程改善活動 ※KYB Malaysia Sdn. Bhd

3.2 生活環境

タイは言わずとも知れた親日国であり、2020年当時で在留邦人の数は約8万人、駐在員が住むバンコクだけでも約5万人が生活している。バンコクの街中を歩くと、日本人を見かけない事はほぼ無いと言ってもいい。これだけ多くの日本人がいれば、日系スーパーで日本の食材を簡単に手に入れられるし、日本食レストランも数えきれないほどある。海外でよくある「なんちゃって」日本食ではなく、日本となら遜色ないレベルのものを食べることができる。

居住地はバンコクでも在留邦人が多く住んでいるエリアで、日本語通訳が常駐する総合病院や日系スーパー、飲食店が密集している。ひどい交通渋滞と大雨による浸水を除けば、利便性はとても良い。

また、タイは年中暑い為、日当たりの悪い北向きの部屋が好まれる。最初に住んだアパートは南西向きであった為、仕事から家に帰ってくると、もの凄く暑かったのを覚えている。アパートは1年契約の為、更新のタイミングで引っ越しが可能だ。部屋の向きだけでなく、近隣施設の騒音や水周りのトラブルなど、住んでみないと分からないことも多く、気分転換にもなるので引っ越しする駐在員は多い。

2年目に引っ越したアパートは日当たりもほどほどで暑くなく、BTSと呼ばれる高架鉄道の駅が近く、利便性がとても良かった(写真7)。渋滞を避けて移動が出来るので、休日の移動手段として重宝していた。結局それ以降は引っ越しすることもなく、日本へ帰任するまで同じアパートに住み続けた。

3.3 交通事情

バンコク都心部は高架鉄道(BTS)や地下鉄(MRT)等の交通網が発達しているが、そのエリアを除けばどこに行くにしても車が必要である。そ



写真7 バンコクの高架鉄道 (BTS)

して朝・夕の通勤時間帯の交通渋滞はひどく、特に雨季の渋滞はかなり堪える。バンコクから事務所のあるチョンブリまでの通勤は、通常で片道1～1.5時間程度であるが、雨季には帰宅するまでに3時間以上かかったこともある。

タイには日本のような四季がなく常夏であるが、乾季（11月～2月）・暑季（3月～5月）・雨季（6月～10月）に分かれており、1年の半分弱は雨季である。雨季になると、全国各地で洪水が起こるが、原因の一つとして、地形的な問題がある。バンコクは世界でも海拔の低い都市の一つで、海拔は1.5mほど。陸部にかけても標高差が僅かしかない為、河川の流れがとても遅い。そこに大量の雨が降ると、海への放流が間に合わず、各地で水が溢れてしまう。排水システムの改善を進めていると聞かすが、タイにいた4年間の状況を見ると、まだまだ追いついていない。今後、地球温暖化による海面上昇でバンコクはどうになってしまうのか、とても心配だ。

KAPの駐在員は車の運転が認められていない為、仕事のある日は運転手にサポートしてもらっているが、休日はタクシーを使う機会も多い。料金は日本と比べると異常なくらいに安く、初乗りは35バーツ（約160円）。距離と時間で値段が上がっていくが、1時間ほど乗っていても1,000円程度で済む。

但し、ぼったくりや詐欺が横行しており、細心の注意が必要である。外国人や観光客に対しては、メータを使わず言い値を吹っ掛けてきたり、目的地に着いてから高額請求されることもあるそうだ。一部ではあるが、素行の悪いドライバーもいて、ダッシュボードに銃器を隠し持っているという話もあるので、トラブルがあるととても危険だ。

最近は配車アプリ（GRAB等）が普及し、事前に目的地を設定して料金を確認できる為、そういったトラブルは避けられる。勿論、悪いドライバーばかりではないし、タイは陽気な人が多い。日本人と分

かると、片言の日本語で話しかけてきたり、日本の音楽を流してくれたりすることもあった。注意して利用すれば、とても利便性の高い移動手段である。

路線バスは更に安く、エアコン有無や距離によって変わるが、8～25バーツ（約36～120円）程度で利用できる為、地元民の大事な足となっている。バンコク市内には数えきれないほどの路線が張り巡らされ、電車ではいけないところもカバーされているが、交通渋滞によって常に運行ダイヤが乱れている為、時間通りにバスが来ることはほぼ無い。また、目的地を乗務員に伝えて運賃を先払いしなければならない為、利用にあたっての難易度は高い。何事も経験と思い、タイに慣れてきた駐在3年目にチャレンジしてみたが、時間に余裕がある時や目的地によっては、利便性は高い。時々利用していたが、日本人をほとんど見掛けたことはなく、ローカルの雰囲気味わえる移動手段である。

3.4 タイ料理

仕事や日常生活に慣れてきた頃には、せっかく異国の地に暮らしているのだからと、タイ料理に積極的にチャレンジした。タイ料理は一言でいうと、味が濃いものが多い。特に辛さに関しては、日本人の感覚とはかけ離れていて、辛いものが好きだとしても、決してタイでは好きと言わない方がいい。注文する際に辛さを聞かれるが、「普通」や「少し辛め」で頼むと大抵は後悔する。タイ人の普通と日本人の普通は全く違うのだ。しかし、辛さを間違えなければ、日本人の口に合うタイ料理はたくさんある。

定番ではあるが、おすすめはタイの国民食であるガパオライスだ（写真8）。ホーリーバジル（ガパオ）で炒めた具材をごはんにかけるシンプルな料理であるが、とても奥が深い。具材は豚ひき肉が最もポピュラーであるが、豚バラ肉を揚げたものや、豚肉以外にも鶏肉、牛肉、海老やイカなどの魚介類も選べる為、飽きることはない。近所のレストランだけでなく、タイ人しか訪れないようなローカル屋台やフードデリバリーを駆使して、食べ比べではお気に入りの店をよく探していた。

海老料理もおすすめだ。バンコク郊外のナコンパトム県では海老の火山焼きが有名で、海老のサイズ（大・小）を選んで、キロ単位でオーダーする。火山に見立てた蓋にアルコールを垂らし、火をつけるファイヤーパフォーマンスもあり、見た目にも楽しめる（写真9）。バンコクからは少し距離があるが、これを目当てに休日のゴルフをわざわざ近くでセッティングし、駐在員や仕入先の方を誘って定期的に訪れていた。



写真8 ガパオライス



写真10 マンゴーの名店、メーワリー



写真9 海老の火山焼き

また、辛い物だけでなく、甘い物もタイ人に好まれている。辛さと同様、程よい甘さを求めるのであれば注意が必要だ。タイティーと呼ばれるタイの紅茶も、普通にオーダーすると砂糖がたっぷり入っているし、コンビニやスーパーで売られているコーヒーも無糖を探す方が難しい。信じられないかもしれないが、ペットボトルの日本茶ですら砂糖入りが基本となっている。ラベルの表示は分かりづらいが、キャップの色で砂糖の有無を見分けられることができる。それでも間違えて買ってしまい、何度か後悔したことがある。

料理ではないが、タイの果物は安くとてもおいしい。特にマンゴーがおすすめで、1個50～100バーツ（230～450円）程度で、日本の高級青果店に引けを取らないものが手軽に味わえる。そのまま食べてもいいが、「カオニャオマムアン」と呼ばれる、もち米と一緒にココナツミルクをかける食べ方がタイではポピュラーだ。また、生の果物は日本へ持ち帰ることは出来ない為、アパートの近くにあるメーワリーという有名なマンゴー店のドライマンゴーをお土産としてよく買って帰っていたが、非常に喜ばれた（写真10）。またタイに行く機会があれば、絶対に立ち寄りたいと思う。

3.5 非常事態宣言による活動制限

赴任してすぐは落ち着いていたものの、2021年に入ってから新たなコロナの変異株が見つかり、タイでも感染者が確認された。瞬く間にタイ全土に拡がり、日に日に感染者数が増えていった。それを受けてタイ政府は少しずつ規制を強め、深夜の外出禁止や時短営業などの活動制限を発令し、生活の自由が奪われていった。当時は、世界各地で同じような状況に陥り、食料品やマスクなどの日用品の買い占めが横行していたと聞かすが、タイはそこまで深刻な事態には至らず、生活必需品が手に入らないということは無かったと思う。

その後もなかなか収束しない状況に対し、ついにタイ政府は非常事態宣言を発令、最も厳しい活動制限下に置かれた。夜9時以降は外出禁止、ショッピングモールやゴルフ場等の娯楽施設は終日閉鎖、飲食店は時短営業で店内飲食禁止となり、病院・スーパー・薬局・コンビニ以外は閉まっている状況がしばらく続いた。

平日は家と職場を往復する以外にやることはなく、ずっと閉じこもっていた。仕事も打ち合わせはWeb会議で行い、面着で行われることは無くなった。在宅勤務を導入する企業が増えていく中、海外で生活しながら仕事を続けるモチベーションを維持するのが難しい時期も正直あった。

活動制限の中でも、レストランの店内飲食禁止は、単身赴任の身としては特に影響を受けた。タイは外食費がそこまで高くないので自炊は一切しておらず、普段は仕事帰りにどこかに立ち寄って食事を済ませていたのだが、規制によってそれが出来なくなってしまった。しかし、テイクアウトやデリバリーが急速に発達していったことで、問題なくやり過ごすことができた。慣れてしまえば、アプリを駆使して普段は行かないような店や名前も知らない料理にチャ

レンジするなど、窮屈な生活の中でも新たな発見と楽しみを探しながら過ごしていた。

休日もやることが無かったが、家に引きこもっていても仕方がないので、日中は歩いて街を散策することにした。人が集まりそうなところはなるべく避けようと思ったが、そんな心配は全くいらなかった。

普段は人でごった返すようなショッピングモールや観光名所の大きな寺院も閉鎖していて、どこに行っても閑散としていた。しかし、目的地に辿り着くまでの道中、普段は車か電車で移動しているところを歩いてみると新たな発見もあり、意外と楽しむことが出来た。有名な観光名所だけでなく、ローカルエリアの市場や住宅街を通るとタイ人の生活を感じることが出来たし、記念碑や銅像を見かけた際にはその地の歴史的背景を調べたりすることで、タイのことを深く知るきっかけとなった（写真11）。



写真11 エラワン博物館の巨大象

3.6 コロナ終焉からの復興

非常事態宣言が発令されてからは、繰り返される活動制限と緩和に一喜一憂しながら過ごしていたが、2022年の後半に入り、ようやく終わりが訪れた。海外からの入国規制は撤廃され、コロナ以前のように自由に行き来が可能となり、観光大国であるタイには多くの外国人観光客が戻ってきた。バンコクにも、中国やインドからの観光客らしき人達が押し掛けるようになり、今までにない活気に溢れていた。

活動規制が無くなってからは、タイ国内各地の観

光地を訪れた。タイは仏教の国で至る所に寺院があり、中でも印象に残っているのが、タイ三大寺院の一つ、バンコクにあるワットポーの涅槃像だ。お釈迦様（ブッダ）が悟りを開いて臨終する前の寝姿を表しており、高さ15m、全長46mで全身が金箔に覆われており、壮大なスケールの仏像だ（写真12）。その足裏にはタイ仏教の世界観を表す108個の絵が螺鈿細工（貝殻を研磨して模様にはめ込んでいく装飾方法）と言われる技法で描かれており、とても迫力があつた（写真13）。ちなみに、昔に見覚えのある某テレビゲームで出てくる涅槃像のモデルは、バンコクから少し離れた旧王朝のアユタヤに実在している。実際に訪れてみたところ、バンコクの涅槃像には及ばなかったが、あの世界観を感じることが出来た。



写真12 ワットポーの涅槃像



写真13 足裏の螺鈿細工

また、タイの旧正月を祝う行事であるソンクランの水かけ祭りにも参加した。毎年4月中旬の最も暑い時期に開催され、タイ全土で水を掛け合って新年を祝う独特の祭典として広く知られている。バンコクには世界中から旅行客が押し寄せ、メイン通りは昼夜を問わず水かけ会場と化し、水鉄砲やバケツを手互いに水を掛け合う盛大なイベントとなっている。

コロナによって開催できない時期が長く続いていたこともあり、新年を祝うだけでなく、コロナ終焉

と復興を願うように、タイの人々が満面の笑顔で盛り上がっていたのが印象に残っている。駐在最後の年に参加したソンクランでは、(衛生的にも良くない)水を多く浴びたことで、数日間体調を崩してしまったことも、今では良い思い出となっている。

4. おわりに

4年間のタイ駐在を改めて振り返ってみると、あっという間であったが、問題なくやり遂げるこ

ができたのは、多くの方々からサポートを頂いたおかげである。駐在中にお世話になったアセアン各拠点の駐在員およびローカルスタッフの皆様、日本の関係者の皆様、そして家族には、この場を借りて感謝とお礼を申し上げる。コロナ禍の海外駐在ということもあり、いろいろな苦労もあったが、経験したことを今後に活かし、会社に貢献していきたいと思う。このような機会を頂き、謝意を表したい。

著 者



河部 俊晴

2008年入社。AC事業本部 SA事業部 技術部所属。トヨタ自動車出向、KAP駐在を経て現職。自動車用ショックアブソーバの設計に従事。

随筆

チェコ駐在記

齊 藤 拓 也

1. はじめに

私は2021年4月から2025年4月までチェコ共和国（以後、チェコ）のパルドゥビツェに、調達として駐在した。

駐在期間中は、KMCZ（KYB Manufacturing Czech s.r.o）の調達課長として、直材・間材調達の業務に携わった。また、スペインにある弊社拠点 KYBSE（KYB Suspensions Europe S.A.U.）とKAMS（KYB advanced Manufacturing Spain S.A.U）を管轄するKEU（KYB Europe GmbH）Navarra支店の調達部とKMCZ調達部の組織統合を推進した。

4年間の駐在期間は、欧州経済環境が目まぐるしく移り変わった時期と重なり、駐在生活に大きく影響した。

この経験をお伝えさせて顶きたい。

2. チェコ共和国

街の紹介の前に、チェコについて紹介したい。チェコは中央ヨーロッパに位置し、首都はプラハである。ドイツの東側、オーストリアの北側、ポーランドの南側に位置しており、海に面していない広大で平原の多い国である。地形は、盆地であり、国を囲むように山が連なっている。人口は、約1,000万人であり、東京都の人口より少ない。緯度は、北海道より高く、気温にして約5度低い。冬は摂氏0度を下回り、街が凍てつく寒さになる。

さてKMCZのあるパルドゥビツェ州は、プラハより車で約2時間約100km東に位置している。

学生時代にドイツ留学しており、当時のプラハ市内に滞在した経験がある。はじめての中東欧圏への訪問であったこともあり、文化・言語の違いに飲まれていた。社会人になりチェコに戻ってくることになると想像もしていなかった。

チェコは何度来ても美しい街並みと豊かな自然に囲まれた国であり、観光・レジャーには良い国である。特にチェコ北部スニェシュカ山は綺麗であった（写真1）。



写真1 チェコ北部 スニェシュカ山

歴史的な建造物や自然を残す一方で、高速道路や近代的な建物の建設などインフラ整備が急速に行われている。特に驚いたのは、キャッシュレス決済が至る所で使用可能な点だ。チェコ最高峰のシュネチカ山の頂上のロッジでも使用できたことには驚かされた。

次回チェコに訪れる機会があると、街並みがより近代的になっているのだろう。

3. コロナ禍の赴任

赴任した2021年4月は、コロナ禍であり、チェコに向かう飛行機は空席が目立ち、窓側の席に人がまばらに座っている程度であった。コロナ禍に移動する人は稀だった時期だ。乗り継ぎのドイツ フランクフルト空港とは別に、プラハ空港でも入国審査をおこなっていたことは印象深い。アパートに到着すると、1週間の自宅隔離が義務付けられており、準備されていた1週間分の食料品によって、誰とも会うことなく、異国での生活が開始した。毎日窓からアパートの傍を流れる川を見る他にすることはなかった。

ロックダウン時は、レスピレーターマスクの着用義務・2名以上での同乗禁止・食料品を取り扱うスーパーのみ開店可能と厳しい規制があった。

海外赴任をした当初は、コロナ対策に敏感で、在宅中心および人との関りが希薄になっており、海外赴任した実感がなかった。

4. チェコでの業務

主要な業務は、カヤバの主力製品である四輪ショックアブソーバー部品に関する調達管理業務の課長職および、中東欧調達部品の現調化推進であった。

最終的には現地スタッフ主体で、調達部をカヤバ本体の意向に沿った調達業務を行うことができる組織作りを目指し業務を開始。

調達課長として赴任したため、他部署スタッフとの日常的な打合せ協議、現地スタッフの採用・人事管理など現地採用の管理職と大差ない仕事を行う必要があった。

業務は英語を使って、欧州中の取引先と交渉する必要があった。コロナ禍のため、顔を合わせたこともなく、未だ関係構築もできていない取引先と、WEB会議で通訳を介さずに必死に交渉していた。ご存知の通り、欧州各国は異なる言語を用いてコミュニケーションをとるため、英語にも各国の訛りがある。耳が慣れるまでに時間がかかった。コロナ禍は社内外ともに、経済環境が厳しく、関係者が気を張り詰めていた。そのような中、社外取引先との折衝は、大変な重圧があった。現地スタッフは立場ある私を頼ってくれた。しかし、英語慣れしていないことを言い訳にはできなかった。また、欧州ビジネスマナー、法律、文化、国民性などを理解し、組織運営していくことは大変であった。現地スタッフの協力を得ながら、不確かな部分を明確にし、組織運営を行った。

特に私が赴任した2021年頃からコロナでの経済環境悪化以外に、下記事態が発生（図1）。

- ・コロナ禍以後の鋼材価格の急騰
- ・海上輸送費の高騰
- ・電力・ガス代の高騰
- ・半導体不足による生産影響
- ・ロシアからのガスパイプライン停止危機
- ・チェコ電力会社の廃業
- ・ウクライナ戦争による鉄鉱石不足
- ・各種高騰による取引先の廃業危機
- ・ストライキによる供給不安

息をつく暇がないほどに、外部環境変化による課題が降り注いでいた。

弊社スペイン拠点の調達員と交流が盛んになったのも同時期であった。幹部同士の繋がりがあったが、スペイン-チェコ調達担当者同士が頻繁に情報交換するようになり、苦楽をともにする仲間になったと



図1 チェコ公共電力料金 (EUR/MWh)

感じた。欧州外部環境が欧州調達部に成長する圧力をかけてくれた。

5. KEU調達への組織統合

一方、KMCZの離職率が高いことも課題であり、当時、2名が同時退職となった。採用開始して、現地調達スタッフと協力し、約1年以上欠員の状態で業務を回していた。現地スタッフと自部門の適合する人財を採用するまで、ともに乗り切ることを約束してくれたことは今でも感謝している。そのタイミングで現地スタッフの担当職を兼務していたことが、現地スタッフと苦悩などを分かち合い、同じ目線で会話し、理解できるきっかけとなった。このような経験を通じて、スペイン調達部とチェコ調達部を統合することで今まで以上の相乗効果を生み出せると考えた。当時は前項で触れた欧州の激しい外部環境を乗り切るべく、スペイン調達と頻繁に情報交換を行っていた。取引先からも「カヤバのスペイン拠点とチェコ拠点で情報が統一されていない」など同じ会社であるにも拘わらず要求事項が統一されていないとの意見を多く頂いた。欧州調達の一本化を提案する欧州トップにもご賛同頂き、本格的に推進できた。KEU-KMCZ調達の国を超えた組織統合には、社内外関係者の多くを巻き込むこととなった。しかし、このような貴重な経験を得ることができたのは、海外赴任をしたからである。

特に印象深かったのは、チェコで保有する設備が突然故障したことがあった。設備は10年以上前に購入し、定期的なメンテナンスを行っていたが、原因不明の停止により、生産が再開できなかった。

ドイツ設備メーカーに修理依頼をするも、他お客様の修理予約があるため、数日以内に来社できないと先方担当者より回答があった。チェコ調達担当員が精一杯の交渉をするも改善の兆しはなかった。

交友あるハンガリー取引先より、ドイツ設備メーカーの日本法人にドイツ法人を取次ぎ頂いた。私のドイツ留学で手に入れたドイツ語を活かし、ドイツ設

備メーカーと交渉し、リモートによる故障原因の診断をして頂けることができた。しかし、修理項目が明確になっても、修理部品が間に合わなかった。

スペイン調達にも情報展開しており、スペイン調達の取引先に同一修理部品を保有していたことで、緊急でKMCZまで持ってきて頂き、設備復旧に至った。

今の話でご理解頂いたと思うが、チェコ、ドイツ、ハンガリー、スペインと距離が数千kmも離れ、言葉も異なり、時差もある関係者とビジネスをしなければならなかった。チェコ国内でビジネスを完結できないので、調達部を統合し、コミュニケーション体制を完備することが重要と確信した。

6. 休日の過ごし方

欧州では基本的に土日は、店舗が閉まる印象を持っているかもしれないが、チェコは個人商店も土曜午前は開店。スーパー・大型ショッピングセンターは、土日ともに開いていた。

しかし、日本のようにカラオケや漫画喫茶など1人で時間を潰せるような娯楽・趣味のお店は見かけなかった。チェコ人の休日は公園や山を散策・サイクリングなど自然のなかで時間を過ごす印象だ。自然とともに生活することが根付いていると感じる。会社事務所では自然光の測定があり、窓から離れすぎている座席は法律上許容されておらず、座席移動をしたこともあった。冬場にも関わらず、半そでTシャツで、部屋の空気換気のため、窓を開けて新鮮な空気が欲しいと言っていたほどだ。

そのような環境と親切な上司のおかげで、トレッキングを海外で始めることができた(写真2)。

また、チェコ料理はドイツ料理と似ており、ジャガイモとお肉などが主食である。海がないので魚料理はほとんどない。ビール消費量は世界一というだけあり、ビールが安く美味しい。そのため、身体がドンドンと大きくなり、脂肪がついてしまう傾向にあった。フィットネスジムに通いだし、運動(筋トレ)をすることで、カロリー消費を始めた。欧州ホテルには、小さなジムがよくホテルについているため、いつでもできる趣味として、おこなっていた。

7. チェコの観光名所とお土産

チェコの観光名所・お土産は、「ボヘミアングラス」・「ブルーオニオン」などの陶器が有名である(写真3)。お香立て・小物入れなど柄が様々あり、ボヘミアングラスなど堅苦しくないお土産として大変良いかもしれない。

チェコで観光名所といえば、プラハの街とプラハ城であり、街全体が世界遺産に登録されている。中

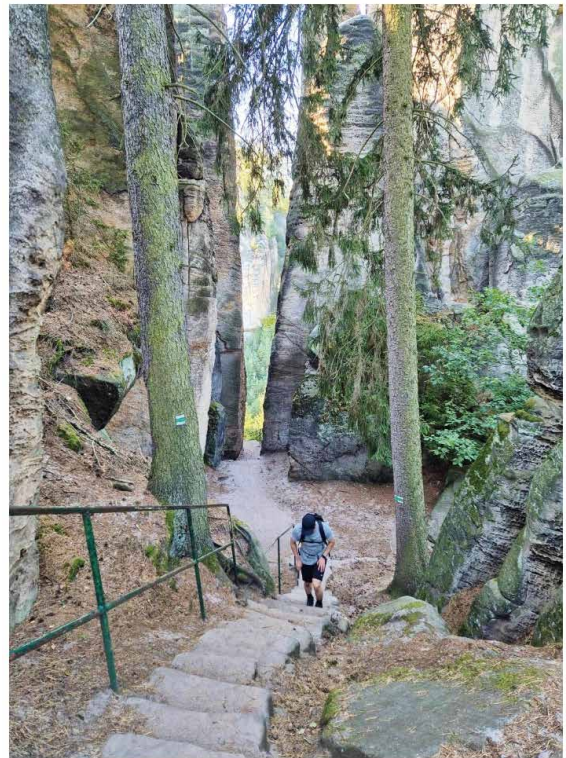


写真2 トレッキング風景 (チェスキー・ラーイ)



写真3 チェコ陶器 (ブルーオニオン)

世ヨーロッパの街並みが感じられ、歩くだけで十分に楽しめる。街にゴミも多く落ちておらず、綺麗であった(写真4, 5)。



写真4 プラハ城



写真5 クリスマスマーケット（プラハ）

8. おわりに

KMCZで過ごした4年間、また、KEU調達としてスペイン人と深く業務を行った2年間で、何事に

も代え難い貴重な経験となった。言葉も文化も異なる海外で大きな問題もなく駐在を全うできたのは、一緒に汗水を流し業務をできた現地スタッフ、駐在員など多くの関係者のおかげである。この場を借りて、感謝を申し上げたい。

また、最後に現地スタッフが部門の垣根を越えてお別れ会を開催してくれたことは、誠に感慨深く、自身の行ってきたことが間違っていなかったと感じさせてくれた（写真6）。

中東欧に住み業務ができた経験は、貴重な自身を成すアイデンティティーの一部となったと思う。駐在生活で得た経験や人との繋がり、今後の業務に活かしていけるよう邁進していく所存である。



写真6 現地スタッフとのお別れ会

—— 著 者 ——



斉藤 拓也

2014年入社、オートモーティブコンポーネンツ事業本部 サスペンション事業部原価企画部、調達・物流本部で原材料および部品調達業務を担当後、KYB Manufacturing Czech s.r.o（KMCZ）駐在を経て現職

「快音設計と音響分析」

「音のデザインと感性」(p. 3) に記載

技術本部 基盤技術研究所 要素技術研究室 小 西 聖 英

1

快音設計

人は、音圧レベルが同じであっても、図1に示すように工事現場の音を不快に感じる一方で、クラシック音楽は心地よく感じることもある。これは単なる「音の大きさ」ではなく、「音質」が人の感覚に大きく影響していることを示しており、音圧レベルだけでは人の感性を十分に捉えることができないことを意味している。

しかし、製品開発では、騒音試験において「○dB以下」といった数値目標が設定されることが多い。これらの数値は、人の感性を反映したものではないため、目標値を満足する低騒音製品を開発できたとしても、ユーザが不快と感じれば、製品採用の見送りやクレームの要因となる可能性がある。

快音設計とは、音質に着目し、製品音を人が心地よく感じる音に意図的に創り出す設計思想である。音を不快なものとして除去するのではなく、製品の付加価値として提供することを目的としている。この考え方は、製品開発だけでなく、都市環境の整備など多くの分野で注目されている。



図1 音圧レベルと人の感性

2

音響分析

快音設計を実現するためには、音の物理的特性を正確に把握する必要がある。音響信号は、時間領域と周波数領域から解析され、時間領域では波形の変化、周波数領域ではスペクトル分布が注目される。音響分析では、図2に示すように、測定データから音圧レベル、周波数解析、スペクトログラムなどのグラフを導出することで、音の構造を可視化・定量化できる。

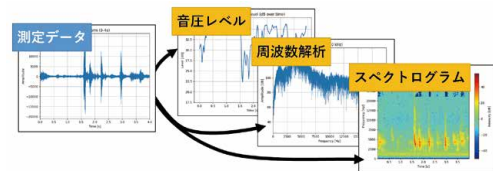


図2 測定データから音響分析

音響分析は、音の物理的特性を把握する技術であるが、快音設計においては、それだけでは不十分である。人が音に対して抱く「快・不快」「心地よさ」などの感性を定量化するために、音質評価指標が定義されている。音質評価指標は、心理音響モデルに基づき、人の聴覚印象を数値化した指標である。音圧レベルや周波数成分だけでは捉えきれない感性的な要素を、客観的に評価する手段として用いられている。表1に代表的な音質評価指標を示す。

表1 音質評価指標の代表例

指標名	意味	印象表現
ラウドネス	音の大きさの心理的な感じ方	大きい—小さい 強い—弱い
シャープネス	音の鋭さ、高域の強さ	鈍い—甲高い 低い—高い
ラフネス	音のざらつき・変動の速さ	滑らか—ざらざら 安定している—変動が激しい

用語解説

「ヒステリシス」

「小型油圧ショベル用コントロールバルブ KVSX-12C-PSLの開発」(p. 24) に記載

ハイドロリックコンポーネンツ事業本部 長野油機技術部 バルブ設計室 福島 亮

1

ヒステリシスとは

ヒステリシスとは、加わった力に対して即時に追従しないで反応が遅れることを示す言葉である。略して「ヒス」と呼ばれる。

コントロールバルブにおいては、スプールを操作する際、実機レバーから入力された信号（油圧、又は電流）によって、加圧したときの動きと減圧したときの動きで同じ軌跡をたどらない現象を指す。

図1は、パイロットスプール受圧特性の波形を簡略化したものである。横軸をパイロット圧力、縦軸をスプールストロークとし、加圧操作と減圧操作をグラフ化したものである。このグラフが離れている程、ヒステリシスが大きいとされる。グラフ内の $\Delta PH1$ は無通油時の、 $\Delta PH2$ は通油時のヒステリシスの最大値を示し、 ΔPF はフローフォース（流体力）の最大値を示す。

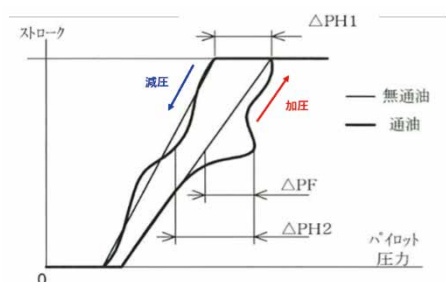


図1 パイロットスプール受圧特性線図

$\Delta PH1$ ：無通油ヒステリシス

摺動部品の出来栄が影響

$\Delta PH2$ ：通油ヒステリシス

$\Delta PH1$ に加え、フローフォース影響を受けたもの

ΔPF ：フローフォース

通油と無通油の差。スプール表面にかかる圧力分布から生じる力

ヒステリシスが大きい場合、実機上での問題としては、レバーによる加圧操作、減圧操作においてアクチュエータの作動速度、圧力が異なるなどの差が生じてしまうことである。

ヒステリシスが大きくなる要因としては、スプールのクリアランスが小さいこと、スプール穴やスプールの真直度が悪いことによる摺動抵抗の増加、バリやカエリなどによるスプールの引っ掛かりなどが挙げられる。

メインスプール作動時のヒステリシスにおいて、当社では社内規格値を設け管理している。そのために、適正なクリアランス、幾何公差の設定、加えてスプールの外周にグルーピング（溝）加工（図2）を施すことで、圧力発生の際、スプール外周に圧力を均等に作用させる。これにより物理的な摺動抵抗を抑制し、ヒステリシスを抑えている。

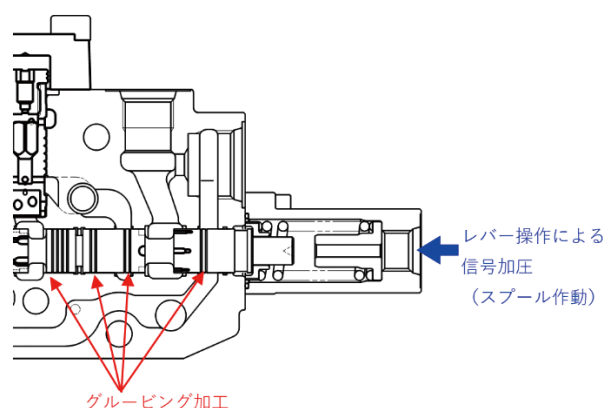


図2 グルーピング加工

編集後記

毎号の編集を通じて社内の多様な技術に触れることができるこの仕事は、私にとって非常に刺激的であり、学びの多い時間となっています。普段は自事業所の技術に関わることが多いのですが、本技報を通じて他事業所の取り組みや工夫に触れることで、当社の技術力の広がりや奥深さを実感しています。開発・設計現場や製造現場で培われた技術には、それぞれの背景や課題、そして技術者の熱意が込められており、読むたびに新たな発見があります。本技報が、お読みになる皆様にとって技術への理解と関心を深めるきっかけとなり、社内外の技術交流の一助となれば幸いです。

(周防委員)

世界情勢は目まぐるしく変化し、企業は生き残りをかけ革新的な技術やサービスを駆使してより便利で快適な生活の提供に努めている。日本国内においては、災害級の猛暑や数十年に一度の大雨の報道が頻発し、異常事態であることを実感する。これを食い止めるため、カーボンニュートラル活動を通じて社会貢献することは企業としての当然の責務である。しかしこれだけではなく、この暑さに負けない情熱と信頼できる技術をもって、人々の暮らしを安全・快適にする技術や製品を提供し、社会に貢献する企業として成長するために、カヤバ技報がそれを支える一端を担う存在でありたいと考える。

(神谷委員)

奈良の大仏の高さは16m、総重量380tonの世界最大の青銅製鋳物である。約1,300年前にこの巨大な鋳造物をつくった先人の偉業には、鋳造に携わるものとして感服する。鋳物作業は2年で終了したが、引け巣や湯回り不良などの対策に5年の歳月を費やしたそう。鋳物不良の事象を正確にとらえ、手を打ち、それを維持する仕組みを講ずることは小生の使命であると思っている。原因さえつかめば、対策することはそれほど難しいことはない。しかし、鋳物は固体→液体→固体と変態を伴う過程で様々な影響を受けるため、原因すらつかむことが一筋縄ではいかない。あえて不良現象を再現させてみせることができれば、おのずと対策は打てるはずである。若手鋳造技術者には、そのような経験をたくさん積ませていきたい。

(杉村委員)

編集委員

◎伊藤 隆	技術本部基盤技術研究所	神谷 悟弘	HC事業本部技術統轄部
高松 伸一	技術本部基盤技術研究所	米川 典秀	HC事業本部技術統轄部
小倉 翔吾	技術本部生産技術研究所	杉村 宗弘	HC事業本部技術統轄部
周防 士朗	技術本部知的財産部	吉村 光明	航空機器事業部技術部
天野 玄規	経営企画本部経営企画部	石黒 久栄	特装車両事業部熊谷工場技術部
太田 康洋	AC事業本部技術統轄部	松久 隆司	カヤバモーターサイクルサスペンション(株)
宮谷 修	AC事業本部技術統轄部	河野 義彦	(株)タカコ技術本部開発部
渡辺 浩司	AC事業本部MD事業部	○小畑 宏	技術本部技術企画部
野口 洋一	AC事業本部MD事業部	○大林 義博	技術本部技術企画部
齊藤 靖	HC事業本部技術統轄部		

◎編集委員長

○編集事務局

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

MD事業部：車載機器事業部

カヤバ技報 第71号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 2025年10月1日
編集発行人 カヤバ技報編集委員会
発行所 カヤバ株式会社
(2023年10月1日より、正式社名に
カヤバ株式会社を採用いたしました)
〒105-5128
東京都港区浜松町二丁目4番1号
世界貿易センタービルディング南館28階
電話 03-3435-3511
FAX 03-3436-6759
印刷所 勝美印刷株式会社／東京・白山

ホームページへの掲載のお知らせ

日頃、カヤバ技報をご愛読いただきありがとうございます。第50号（2015年4月発行）から、より多くの方々にご覧いただくことを目的とし、弊社ホームページへの掲載を行っております。是非ご利用下さい。

なお、冊子の発行は従来通り行ないますので、こちらあわせてご利用下さい。

〈カヤバのホームページアドレス〉

<https://www.kyb.co.jp/>

（トップ画面からカヤバ技報バナーをクリックして下さい）