

ISSN 1880-7410

# KYB TECHNICAL REVIEW

カヤバ技報

OCT. 2023 No.67

カ  
ヤ  
バ  
技  
報

KYB TECHNICAL REVIEW No. 67 OCT. 2023

**KYB**

*Our Precision, Your Advantage*

**KYB**

カヤバ株式会社

# カヤバ株式会社

(2023年10月1日より、正式名称にカヤバ株式会社を採用いたしました)

2023年10月1日現在

**本社・営業** 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 ☎105-5128 ☎(03)3435-3511

盤技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)745-8111
生産技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎509-0206	☎(0574)26-1453
機セケンタ	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎509-0307	☎(0574)52-1323
関東支店	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎509-0206	☎(0574)26-5310
名古屋支店	愛知県名古屋市中村区名駅五丁目27番13号(名駅錦橋ビル2階)	☎252-0328	☎(042)746-5587
大阪支店	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号(TEK第2ビル)	☎450-0002	☎(052)587-1760
福岡支店	福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目6番26号(安川産業ビル)	☎564-0063	☎(06)6387-3221
広島営業所	広島県広島市東区光町一丁目12番16号(広島ビル)	☎812-0013	☎(092)411-2066
相模谷工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎732-0052	☎(082)567-9166
熊谷工場	埼玉県深谷市長土家2050番地	☎252-0328	☎(042)746-5511
岐阜北東工場	岐阜県岐阜市土田2548番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜南東工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜重野工場	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
三長カヤバCS(株)	三重県津市雲出長常町1129番地11	☎514-0396	☎(059)234-4111
岡カヤバ(株)	東京都府中市精華町祝園浦一丁目32番地1	☎389-0688	☎(0268)82-8580
金山カヤバ(株)	岐阜県下呂市金山町戸部4350番地130	☎514-0396	☎(059)234-9260
カヤパロジスティクス(株)	岐阜県岐阜市土田505番地	☎949-5406	☎(0258)92-6903
ジャパン・アナリスト(株)	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎619-0240	☎(0774)95-3336
けんしゅう	埼玉県戸田市美女木北2丁目8番地4号	☎509-1605	☎(0576)35-2201
		☎509-0297	☎(0574)27-1170
		☎509-0249	☎(0574)26-6427
		☎252-0328	☎(042)749-7512
		☎335-0038	☎(048)499-9336

## KYB Corporation

### Head Office

World Trade Center Building South Tower 28F, 2-4-1 Hamamatsu-cho, Minato-ku, Tokyo 105-5128, Japan Tel：(81)3-3435-3511

#### Overseas Subsidiaries and Affiliates

##### 【Americas】

###### KYB Americas Corporation

2625 North Morton, Franklin, Indiana 46131, U.S.A.  
TEL: (1)317-736-7774

###### Takako America Co., Inc.

715 Corey Road Hutchinson, Kansas 67504-1642, U.S.A.  
TEL: (1)620-663-1790

###### KYB International America, Inc.

2625 North Morton, Franklin, Indiana 46131, U.S.A.  
TEL: (1)317-346-6719

###### KYB Mexico S.A. de C.V.

Circuito San Roque Norte #300 Santa Fe II, Puerto Interior, Silao Guanajuato, CP 36275, Mexico  
TEL: (52)472-748-5000

###### KYB Manufacturing do Brasil Fabricante de Autopeças S.A.

Rua Francisco Ferreira da Cruz, 3000, Fazenda Rio Grande-Parana, CEP 83820-293, Brazil  
TEL: (55)41-2102-8200

###### Comercial de AutopeÇas KYB do Brasil Ltda.

Rua Cyro Correia Pereira, 2400 Suíte 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil  
TEL: (55)41-3012-3620

##### 【Europe】

###### KYB Europe GmbH

Margaretha-Ley-Ring 2, 85609 Aschheim, Germany  
TEL: (49)-89-5480188-0

###### KYB Suspensions Europe, S.A.U.

Ctra. Irurzun S/No. 31171 Ororbia Navarra, Spain  
TEL: (34)948-421700

###### KYB Advanced Manufacturing Spain, S.A.U.

Poligono Industrial Perguita Calle B, No. 15, 31210 Los Arcos Navarra, Spain  
TEL: (34)948-640336

###### KYB Manufacturing Czech, s.r.o.

U Panasonicu 277, Stare Cívce, 530 06 Pardubice, Czech Republic  
TEL: (420)466-812-233

###### KYB CHITA Manufacturing Europe s.r.o.

Prumyslova 1421, 53701 Chrudim, Czech Republic  
TEL: (420)469-363-302

###### LLC KYB Eurasia

117638 Odesskaya street 2 building A, Moscow, Russian Federation  
TEL: (7)495-7716010

##### 【Asia】

###### KYB Steering (Thailand) Co., Ltd.

700/829 Moo 6, T. Nongtamlueng Amphur Panthong, Chonburi 20160,Thailand  
TEL: (66)3-818-5559

###### KYB (Thailand) Co., Ltd.

700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Park2, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amqhur Muang, Chonburi 20000, Thailand  
TEL: (66)3-846-9999

###### KYB Asian Pacific Corporation Ltd.

No. 4345 Bhiraj Tower at BITEC, Unit 1209-1211, 12th Floor, Sukhumvit Road, Bangnatai Sub-District, Bangna District, Bangkok 10260, Thailand  
TEL: (66)2-300-9777

###### KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd.

Lot 8, Jalan Waja 16, 42500 Telok Panglima Garamg, Kuala Langat, Selangor, Malaysia  
TEL: (60)3-3322-0800

###### PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia

JL. Irian X blok RR2 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia  
TEL: (62)21-28080145

###### PT. Kayaba Indonesia

JL. Jawa Blok ii No. 4 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia  
TEL: (62)21-8981456

###### PT. Chita Indonesia

JL. Jawa Blok ii No. 4 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia  
TEL: (62)21-89983737

###### KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd.

Plot 1 10-1 11-1 12, Thang Long Industrial Park, Vong La, Dong Anh District, Hanoi, Vietnam  
TEL: (84)24-3881-2773

###### Takako Vietnam Co., Ltd.

27 Dai Lo Doc Lap, Vietnam Singapore Industrial Park, Thuan An District, Binh Duong, Vietnam  
TEL: (84)274-378-2954

###### 永華機械工業股份有限公司

###### KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd.

No. 493, Guang Hsing Road, Bade District, Taoyuan City, 33454, Taiwan  
TEL: (886)3-368-3123

###### KYB Motorcycle Suspension India Pvt. Ltd.

Pilot No. 6, Sipcot Industrial Park, Vallam Vadagal Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District 631604 Tamil Nadu, India  
TEL: (91)44-3012-4301

###### KYB-Conmat Pvt. Ltd.

702-703, Beside N. H. No. 8, Por, Vadodara 391243, Gujarat, India  
TEL: (91)960-1551608

###### KYB Corporation Chennai Branch

No. 408, Height 1, Temple Green Project, Mather Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District, India 602105  
TEL: (91)2568-0501

##### 【China】

###### 凱達必(中国)投資有限公司

###### KYB (China) Investment Co., Ltd.

No. 99, Xiyun Road, Dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China  
TEL: (86)511-8558-0300

###### 凱達必機械工業(鎮江)有限公司

###### KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd.

No. 98, Xiyun Road, Dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China  
TEL: (86)511-8889-1008

###### 無錫凱達必拓普減震器有限公司

###### Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.

No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Xinkun District, Wuxi, Jiangsu, 214028, China  
TEL: (86)510-8528-0118

###### 常州朗銳凱達必減振技術有限公司

###### Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd.

No. 19 Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 213125 China  
TEL: (86)519-8595-7206

###### 湖北恒隆凱達必汽車電動轉向系統有限公司

###### Hubei Henglong & KYB Automobile Electric Steering System Co., Ltd.

108 Shacen Road, Economic and Technological Development Zone, Jingzhou, Hubei, China. 434000  
TEL: (86)716-416-7951

###### 知多彈簧工業(鎮江)有限公司

###### CHITA KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd.

No. 8 Building 1F, New Energy Industrial Park (North Park), No. 300, Gangnan Road, Zhenjiang New District, Jiangsu 212132, China  
TEL: (86)511-8317-2570

カヤバ(株)では、複写複製および転載複製に係る著作権を一般社団法人学術著作権協会に委託しています。当該利用をご希望の方は、学術著作権協会 (<https://www.jaacc.org/>) が提供している複製利用許諾システムもしくは転載許諾システムを通じて申請ください。

KYB Corporation authorized Japan Academic Association For Copyright Clearance (JAC) to license our reproduction rights and reuse rights of copyrighted works. If you wish to obtain permissions of these rights in the countries or regions outside Japan, please refer to the homepage of JAC (<http://www.jaacc.org/en/>) and confirm appropriate organizations to request permission.

---

# カヤバ技報

第67号 2023-10

## 目 次

### 巻頭言

「イノベーションのジレンマ」に励まされて

齋藤 敬 1

### ご挨拶

ご挨拶

川瀬 正裕 4

### 技術紹介

トランスミッション用ポンプ多品種生産ラインの構築

松野下知広 5

西田 英之

義村 考司

### 技術解説

高効率油圧システムの特性解析

弘中 剛史 10

津久井 謙

繊維強化樹脂射出成形品の強度予測技術の研究

小倉 翔吾 20

### 製品紹介

建設機械用油圧シリンダ：KCH-8の開発

小林 俊雄 27

カヤバキャンピングカーコンセプト

田中 和徳 31

### 随筆

ドイツ駐在記

金 容台 36

タイ駐在記

渡辺 嘉三 40

### 用語解説

①繊維強化樹脂の射出成形

小倉 翔吾 44

②PMSM

芝原 大智 45

### 編集後記

---

# KYB TECHNICAL REVIEW

No. 67 OCT. 2023

## CONTENTS

### Foreword

Encouraged by “The innovator’s Dilemma” SAITO Takashi 1

### Greetings

Greetings KAWASE Masahiro 4

### Technology Introduction

Installation of a Flexible Manufacturing System for Transmission Pumps  
MATSUNOSHITA Tomohiro 5  
NISHIDA Hideyuki  
YOSHIMURA Koji

### Technology Explanation

Characteristic analysis of high-efficiency hydraulic system  
HIRONAKA Tsuyoshi 10  
TSUKUI Ken  
Research on strength prediction technology for fiber-reinforced plastic injection-molded products  
OGURA Shogo 20

### Product Introduction

Development of KCH-8 high pressure cylinder for construction machinery KOBAYASHI Toshio 27  
KYB Camping car concept TANAKA Kazunori 31

### Essay

Essay from expatriate in Germany Yongtae Kim 36  
Essay from expatriate in Thailand WATANABE Yoshizou 40

### Glossary

1. Injection molding of fiber-reinforced plastic OGURA Shogo 44  
2. PMSM SHIBAHARA Daichi 45

### Editors Script

巻頭言

# 「イノベーションのジレンマ」に励まされて

齋藤 敬\*



私たちは2018年より御社グループと共同研究を行う機会を頂き、昨年に共著論文が論文賞を頂く<sup>1)</sup>等、お陰様で望外の実績を積みつつあります。この受賞論文は、集束コンベックス型マニピュレータという伸縮機構に関するものなのですが、これは巻き尺を束ねたような単純な機構(図1)で、一見して大学らしからぬローテクを極めたようなものです。

このたび巻頭言執筆のご依頼を受け、この伸縮機構に至る紆余曲折と、その背景にある一冊の本について、取りまとめることにいたしました。私的な話が続きませんが、どうかご容赦願います。

私は東北大学の生物化学工学科出身なのですが、いろいろな経緯を経て機器開発を伴う幅広い研究にシフトしてきました。

卒業研究では生物物理の研究室で、光合成細菌を分解し光合成能を再構成する研究を行いました。その際には核磁気共鳴分析装置を使用しているのですが、強磁場下かつ非常に狭い測定空間に対応した、試験管に光照射可能な部品が重要な鍵となりました。これは研究室OBが博士論文のために自作したもので、世の中になく研究をするためには、小さくとも世の中になかったものを作り出す必要があるのだな、という印象を私の心に深く刻んだのでした。

修士課程では、諸般の事情で分析化学の研究室に移籍したのですが、未完成の分光機器(時間分解蛍光測定装置)の担当になりました。この装置が、とにかく動きません。光源であるパルス窒素レーザーは制御PCを止めるぐらいの電磁ノイズを発生し、計測部は同じメーカーの製品群なのに、各ユニットの同期をとるためのトリガー仕様が一致していないという始末。電気系の図書館に通いながらノイズ対策や信号反転などの対策を施し、1年数ヶ月を要してやっと動作するようになったのでした。これで機器を扱う技能は高まったものの、もっと生体に関連

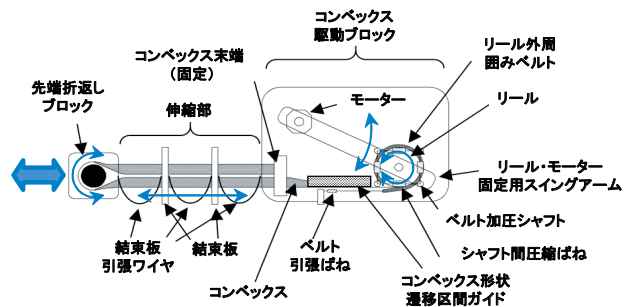


図1 集束コンベックス型マニピュレータ機構

した研究を行うために東京大学の博士課程、先端学際工学専攻に編入しました。

所属先の研究室では、義肢を生体の神経情報で制御したい、と神経細胞との情報授受ができるインターフェースの構築を狙いました。その結果、神経細胞を光で刺激する実験の失敗がきっかけで、酸化反応によるダメージであれば細胞に大きな穴を開けても回復する<sup>2)</sup>、という新発見をし、最終的にはその応用で1999年に博士号を得ました。

この間、博士号に値する新規な研究には自作の機器は当然という意識で、色々な機材を作りました。しかし自作機器ではデータが安定して出るまでの苦労が多く、他の普通のバイオ系院生の研究に比べるとデータが非常に乏しい博士論文となってしまう、自分の研究方法は何か間違っているのでは、という違和感が常につきまわっていました。

何とか博士号を得て、多少なりとも余裕ができた頃、「イノベーションのジレンマ<sup>3)</sup>」という本を読む機会がありました。

経営分野の名著であり、既読の方も多いかと思いますが、未読の方に向けまとめると、様々な分野の優良企業の衰退を分析し、「優良であるゆえに衰退した」という結論に至ったものです。要点としては、①小規模な市場では大企業の成長ニーズを満たせない：現れた新技術が一見レベルが低く欠点が多くても、既存技術にない特徴を必要とする顧客がいれば、

\*秋田県立大学 教授



小規模であるが事業になる。大企業には小規模で魅力はないが、市場の拡大後に参入しようとしても手遅れになる。

②存在しない市場は分析できない：優れた分析能力のある企業は、分析できないものには参入しない。そもそも新しい技術は、提供する側もその本質的な価値に気づけないことが多く、顧客とともに試行錯誤しながら育てる形になる。

③技術の供給は、市場の需要と等しいとは限らない：ある技術分野の製品の性能が上がっていても、それを使う人がいなければ、似たニーズを満たすより低位・低コストの新技术が参入する余地が生ずる。

このような、低位・低コストながら優れた伸びしろを持つ技術を「破壊的イノベーション」、単なる改良に留まる技術を「持続的イノベーション」として定義し、どのように前者を伸ばして自社の成長に繋げてゆくか、というのが同書の最終部となります。

元々、技術史含め歴史は好きな分野でしたが、自分のやっていることは「破壊的イノベーション」に分類されるのだな、と励まされる感を得たのでした。

なお同書で取り上げられているトピックの中には、掘削機業界における油圧技術の影響があります。掘削機における蒸気エンジンからガソリンエンジンへの変化は「持続的なイノベーション」、ケーブル式から油圧式への転換が「破壊的イノベーション」として記述されています。

御社社史<sup>4)</sup>にも正にこの転換と並行する形で、油圧機器への本格的進出に取り組まれた旨の詳細があり、大変臨場感を持って読ませて頂きました。特に創業からの油圧技術の蓄積が役立ったのは、その後の御社グループの発展が実証しているといえます。

「狙う本質が正しければハイテクもローテクも無関係であり、また形にして使って見えてくるものもある」。そのように明確に意識するようになった頃、開発したのが動物模擬ロボット「しろやぎ<sup>5)</sup>」とコンベックス型伸縮機構<sup>6)</sup>です。これらは「かわさきロボット競技大会<sup>7)</sup>」という無線操縦型ロボットによる格闘戦大会に向け、当時の研究室の同僚と趣味半分で開発しました。「しろやぎ」は神経インターフェースの動物実験用全身型「義体」という位置付けもあり、速度と搭載性能優先で、あえて玩具的なリンク式脚機構をベースに、脚による推力を偏向させる機構を組み込んでいます。

その後、デジタルものづくりの波に乗る形で、毎年大会に参加しながら試作開発力を高めていったのですが、そんな「しろやぎ」が、純粋な格闘戦向けの機体には敵わなくなってゆく中で、試合開始直後

に遠距離から相手にパンチを叩き込むというコンセプトで形にしたのが、集束コンベックス型伸縮機構になります。

参考にした実在の要素技術としては、火星探査機バイキングの土壌サンプリング機構になります<sup>8)</sup>。これは槌状のコンベックスを2本、束ねて筒状にしたアームですが、その後の利用はありません。特許検索からも、力強い用途を想定した、可逆的に復旧可能なコンベックスを使ったアームは見つからず、これは盲点になっているのだろうと推測しました。

格闘戦に耐えうる、軽量で、折れ曲がっても復旧可能な、伸縮機構。2005年に考案し、当時在籍していた大阪大学より2006年に特許出願、実際に動作可能な試作機ができるまで更に数年を要し、2010年に秋田県立大学に独立した准教授として赴任してから、本格的に取り組むことになりました。

その間、光酸化反応により細胞に孔を開けても死ににくいという技術は、2007年に光酸化剤を練りこんで成型したポリマーとロボット技術と組み合わせることで、低コストで治療規模の細胞数を一括処理可能な「大規模細胞改変技術」として発展し、2009年に米国<sup>9)</sup>と秋田県で受賞、これが秋田県立大学へ赴任する直接的なきっかけとなっています。

最近になって、イノベーションの重要性を説く記事を目にするたびに、原著刊行から四半世紀となる「イノベーションのジレンマ」が世界に、そして私に引き起こした、革新的な認識の変化を思い返すと共に、破壊的イノベーションの可能性を持つ私どもの伸縮機構を、御社グループと共に実用化に繋げたいと願うものであります。

#### 参 考 文 献

- 1) Best Paper Award 2022, Saito et al., "300-N Class Convex-Based Telescopic Manipulator and Trial for 3-DOF Parallel Mechanism Robot", *Journal of Robotics and Mechatronics*, 33(1) 141-150 (2021)
- 2) Saito et al., "Light dose and time dependency of photodynamic cell membrane damage", *Photochem. Photobiol.* 68(5) 745-748 (1998)
- 3) クレイトン・クリステンセン著「増補改訂版 イノベーションのジレンマ」, 翔泳社 (2001)
- 4) KYB80年史 (2015)
- 5) 齋藤敬, 特許第4554140号「多脚歩行ロボット」
- 6) 齋藤敬, 特許第5064739号「マニピュレータ機構」
- 7) 酒井賢二, 「かわさきロボット競技大会がもたらしたものの」, 日本ロボット学会誌, 27, 9, 994-996 (2009)
- 8) Crouch, "Mars Viking surface sampler subsystem", *Proc. 25th Conf. on Remote Systems Technology*, 141-

- 152 (1977).
- 9) Best Paper Award: Postdoctoral Category, Saito et al.,  
“Large-Scale High-Performance Cell Membrane Perforation, with Nanoimprinted Mass Produccible Perforator”, *4th IEEE/NIH Life Science Systems & Applications Workshop*, 5-8 (2009)

## ご挨拶

川瀬 正裕\*



このたびの社長就任にあたり、カヤバグループの舵取りを担ううえで、重要となる考え方を述べさせていただきます。

### 1. 成長戦略

当社は、油圧の原理を応用した振動抑制技術やパワー制御技術における世界トップクラスの企業として、更なる成長と社会の持続的発展に向け製品開発を推進してまいります。例えば、自動車や建設機械の電動化は実現策の一つであり、これに対応した技術開発への注力は非常に重要と考えております。

AC（オートモーティブコンポーネンツ）事業では、EV化、CASE<sup>注1</sup>などの動向に適用すべく、ショックアブソーバの基本性能改良に加え、アクティブサスペンションシステムや次世代ハイブリッドサスペンションシステムの新規開発を進めております。

HC（ハイドロリックコンポーネンツ）事業では、建設機械の駆動機構における各コンポーネント（ポンプ、モータ、バルブ、シリンダ）を製品群として保有している強みを活かし、建設機械の遠隔操作や自動・無人化運転に適用すべく、センシングなどの電子制御を付加したシステム化への取り組みを進めております。

特装車両事業でも、国内最大シェアを誇るコンクリートミキサ車の技術を活かし脱炭素社会に貢献し得る、電動化・情報化技術を活用した新製品開発を進めてまいります。

更に新市場参入への取り組みとして、AC、HC、特装の保有技術を融合したキャンピングカーの開発を進めております。本開発に関しては、開発コンセプトや展示会出展の様子が本誌において紹介されております。

注1) Connected（コネクテッド）Autonomous（自動運転）Share & Services（カーシェアリングとサービス）Electric（電気自動車）の頭文字をとった造語。

### 2. 次世代に向けた生産革新

次世代に向けてモノづくりを進化させていく活動を、Ship'30（Self handing innovation plant 2030）と名付け、デジタル技術（DXやAI）を軸に「運搬」「在庫」「作業」の最小化を図り、自己完結が可能な無人化工場の具現化を進めてまいります。本活動のグローバル規模の展開により、グループにおける生産体制の最適化を図ってまいります。

### 3. 絶え間ない原価低減活動

コロナウイルス感染拡大から回復基調に入ったものの、原材料やエネルギー価格の高騰、半導体供給不足によるお客様における生産調整など、厳しい事業環境が続いています。このような社会背景を踏まえ、当社グループにおいても収益基盤の安定化を図るべく、グローバル規模の原価低減活動を進め、主要事業であるAC事業・HC事業・特装車両事業へのリソースの集中配分を進め、高収益体質への変革を図ります。

### 4. サステナビリティに関する活動

グローバル展開する企業が継続的な成長を成し得るためには、ESG経営の推進は欠かせないものです。当社においても、社長を委員長とし各本部長と各事業本部長から構成するサステナビリティ委員会を設定し、SDGsに向けた具体的な活動の紹介やカーボンニュートラルなどへの取り組みについて、今後、モノづくり/設計仕様の見直しを含めた啓発を促し、社会的要求に応えながら信頼醸成を図ります。

KYB株式会社は、本年10月1日に『カヤバ株式会社』が正式名称になりました。今後は、新社名でお呼び頂くとともに変わらぬご愛顧をお願いする次第でございます。

以上、社長就任にあたってのご挨拶をさせていただきましたが、グループ全員で改革を進め、世界中のお客様からの信頼獲得に向けて邁進していく所存でございます。

\*カヤバ株式会社 代表取締役社長執行役員兼COO



# トランスミッション用ポンプ多品種生産ラインの構築

松野下 知 広 ・ 西 田 英 之 ・ 義 村 考 司

## 1 はじめに

トランスミッション用ベーンポンプ（以下PV）ビジネスは立ち上がり当初、CVT<sup>注1)</sup>用PVとして同一形状で企画台数も多かったため、大ロット高速ラインを構築して製造原価を低減してきた。

しかし、昨今の客先要求の多様化にマッチさせるために機種は増加していき、機種ごとの生産台数も減少傾向となってきた（図1）。

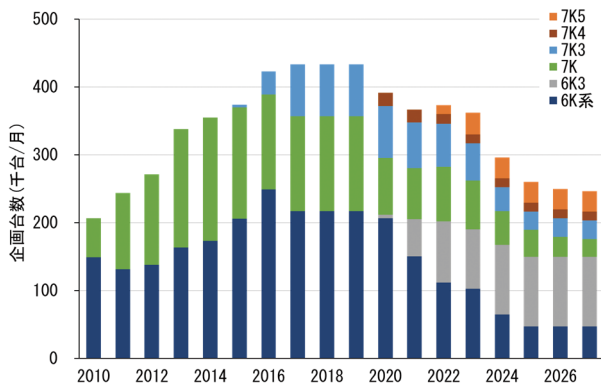


図1 CVT用PVグローバル生産台数

増加する機種に対し、従来の大ロット高速ラインでの混流化では、改造範囲が広範となり生産準備費用が大きくなる。また、混流可能な機種も限定的となるために生産ラインを減らすことができず、台数減少時に生産効率低下や製造原価悪化の懸念があった。

そういった状況の中、トランスミッション用PVビジネスは客先において、CVT用PVの最後とされる新規機種を受注した。一方で、事業方針である「一社偏重ビジネスからの脱却」活動において、二社目の顧客より新規製品となるAT<sup>注2)</sup>用PVを初めて受注した。

注1) Continuously Variable Transmission, 無段変速機の略。

注2) Automatic Transmission, 自動変速機の略。

その結果、新規CVT用PVとAT用PVは、開発イ

ベントが集中するスケジュールとなった。また、本製品は従来品とは形状や加工内容の互換性が低く（図2）、稼働中のラインへの追加は容易ではなかった。そこでCVTグローバル再編の必要と併せて、柔軟性のある生産ラインの追加が必要となった。



図2 ポンプ形状

## 2 目的・目標・要件

### 2.1 目的

今回生産技術部では、AT用PVとCVT用PVの新機種の準備に際して柔軟性のある「多機種混流ができ、少人化を可能とするコンパクトな生産ラインを構築する」とことし活動した。

### 2.2 目標

品質は維持しつつもサイクルタイムは引合台数より従来比2倍の40秒と設定したが、要員・投資額は1/2としてボディ加工・カバー加工・組立の3工程での加工費は従来以下とした。

また多品種対応のために、段取り時間と追加生産機種の生産準備費用も目標設定した。

そして設置スペースについても、スペース効率を向上させて、いずれの生産拠点への展開もできるようにすることとした（表1）。

表1 ライン目標値

	ボディ加工	カバー加工	組立
サイクルタイム	40秒/台	40秒/台	40秒/台
ライン内要員	1人/直	1人/直	2人/直
可動率	78%以上	78%以上	85%以上
段取り時間	20分/回以下	20分/回以下	9.5分/回以下
生産スペース	PVグローバル区画（10×28m）に3工程を設置		

## 2.3 要件

目標達成の為に以下4件を要件とする。

1. PVグローバル区画<sup>注3)</sup>内で生産ラインを構築してどこへでも設置可能とすること
2. 段取り作業が効率よく安全に実施できること
3. 手搬送にも対応できるトレサビリティシステムを構築して、不適合品の流出防止や品質記録の保管を行うこと
4. コンタミレベルを維持すること

注3) ポンプ事業全拠点で統一されたライン区画。

## 3 実施内容

工程検討するにあたり関係部署で協議し、生産ラインの柔軟性を重視するために搬送は作業者による手作業で対応し、品質・生産性を確保するための自動化は各設備で対応することを前提に検討を進めた。

### 3.1 シミュレーション実施

工程DRや関係部署との度重なる協議の上、製造部やKPS<sup>注4)</sup>推進部と一体となり作業組み合わせを検討し、段ボールシミュレーション<sup>注5)</sup>を繰り返し実施した(写真1)。

注4) Kayaba Production System, カヤバ生産方式の略。

注5) 段ボールやパイプで模擬設備を作り、搬送作業や段取り作業のシミュレーションを行うこと。



写真1 段ボールシミュレーション風景

### 3.2 レイアウトの検討

従来のボディ加工・カバー加工・組立ラインは別々の区画に配置しており、レイアウトスペースとしてPVグローバル区画2.5区画程度を使用していた。

今回のラインはスペース効率を向上させ、またどの生産拠点へも展開できる設置自由度の高い生産ラインとするため、PVグローバル区画内に3ラインを取めることを目標に検討した(図3)。

多種多様な製品形状に対応できるように柔軟性を重視し、そのために従来の工程間自動搬送は止め、作業者による手搬送に変更することとした。

その結果、品質懸念のある加工区と検査工程では

作業者を分けた上で、作業の平準化を行ったことで、手搬送でも目標要員を達成し、品質と柔軟性の両立ができるライン構築が可能となった。

また生産管理部と共に部品投入・製品出荷シュートの位置の最適化を行い、ライン内作業の効率と物流経路の直線化を両立させた(図4)。

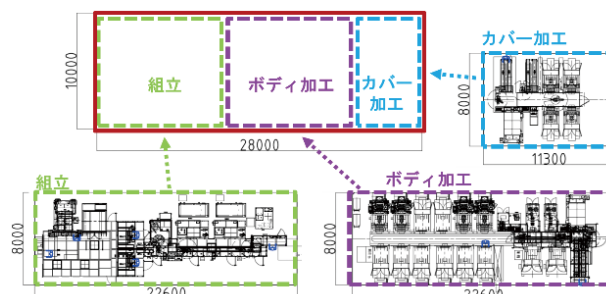


図3 検討開始時レイアウト

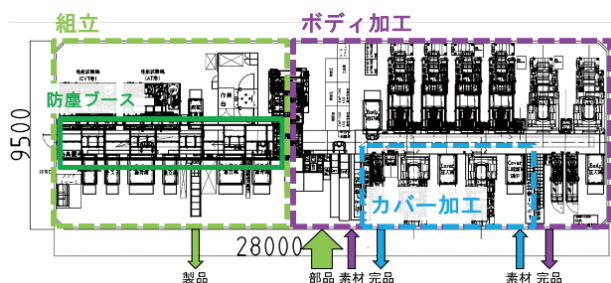


図4 検討後レイアウト

### 3.3 工程集約

先に説明したレイアウトスペース内に3ラインを取めるために、各工程で以下のように工程集約を実施し、目標スペースを達成することができた。

#### 3.3.1 加工設備の工程集約

工程集約を行うために、加工ジグに小型のワーククランプ装置を採用した。これにより加工ジグの大幅な小型化ができ、従来の平ジグを用いた加工工程からゆりかごジグ<sup>注6)</sup>へと変更することができた(図5)。

その結果、多面加工が可能となり、従来6工程に分けて加工していたものを4工程へ集約することができた。工程数が減ったことで手扱い時間の低減にも寄与し、ジグの自由度が増えたことで異形機種への段取り対応も容易となった。

注6) ゆりかごのようにジグを回転させることで、一方向のみではなく異なる角度からの加工を行える機構。

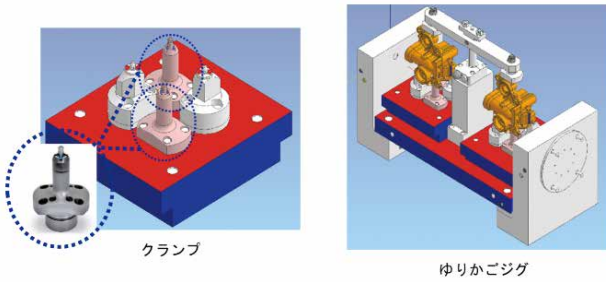


図5 加工ジグ

### 3.3.2 組立設備の工程集約

40秒に設定したサイクルタイム内での工程割り振りを検討し、1台の設備に2～3工程を集約することとした。これにより設備台数と脱着回数を削減し、加工費低減に寄与した。また機種により異なる形状や仕様に耐えられるように、段取りジグ搭載性や可動域の自由度も確保した。

組立設備の工程集約例として、プラグ締付工程及びカバーボルト締付工程を紹介する。

AT用PVには2種3個のプラグがあり、3方向から締め付ける必要がある。そこでプラグ締付機に、通常のX-Y軸の他にY軸周りにワークが回転するゆりかご機構と、X軸周りにワークが回転するスイング機構を設けることで、多様な向きのプラグに対応した。

またソケットチェンジャーを設備内に持つことで、作業による段取り作業を伴わず自動でソケット交換を行い、複数種類のプラグを1台の設備で締め付けることに対応した(写真2)。

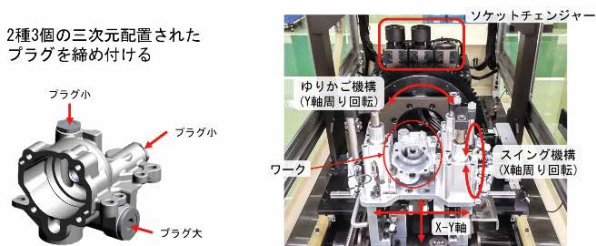


写真2 プラグ締付機

カバーボルト締付工程では機種によるボルトピッチ違いに対応するため、ナットランナーに複数の可動軸を持たせることで、機械的な段取り作業を行うことなく、多様な位置のカバーボルトへ対応した(写真3)。

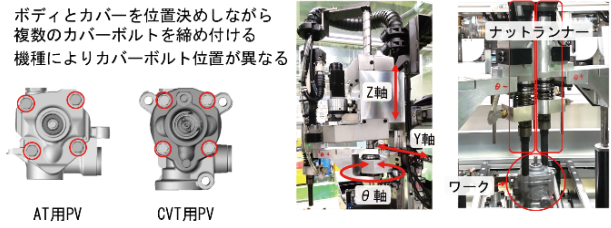


写真3 カバーボルト締付機

### 3.4 品質向上策

今回新たなラインを構築するにあたり、従来ラインに対して品質レベルの維持向上のための取り組みも実施した。

#### 3.4.1 トレサビリティシステム構築

製品のボディ・カバーに、加工ラインの先頭工程で個体管理用シリアルナンバーの刻印を行い、加工から組立の各工程に設置したカメラ(写真4)で全てのワークのシリアルナンバーを読み込むことでトレサビリティを実現した。

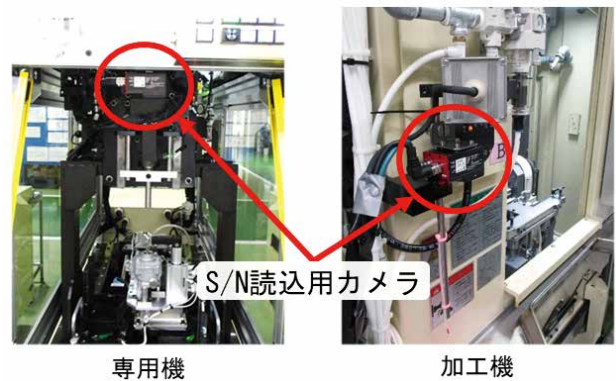


写真4 シリアルナンバー読込用カメラ

本システムでは、各工程で読み込まれたシリアルナンバーが機種や工程進捗情報、タイムスタンプと共にエッジPLC<sup>注7)</sup>へ書き込まれ、次の工程がエッジPLCよりそれらを読み込むことで前工程の状況を確認し、工程飛ばしやNG品流出の防止を図ることができる。

注7) 生産ラインとデータ収集、保存を行うサーバ間で一次処理を行うPLC。サーバの負荷を軽減し、処理速度の高速化を狙う。

また品質データが出力される設備では、自動的にサーバへデータ保存される仕組みとし、データ改竄などの不適切行為の防止に対応した(図6)。



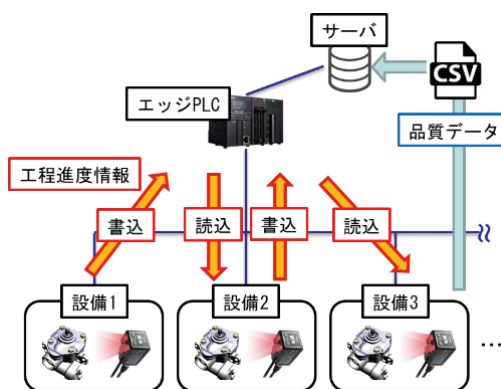


図6 トレサビリティシステム

加工工程では、設備のモニタリングシステムとしてMT-LINKi<sup>注8)</sup>を導入した。これにより加工設備におけるサイクル毎の熱変位履歴を取得し、加工精度悪化の要因推測や寸法調整時の見極めが可能となった。

また生産中の設備状況とアラーム履歴を取得することで、作業員へのヒアリングに依存しない非稼働分析も可能となった(図7)。

注8) MT-LINKiはFANUC株式会社の登録商標です。

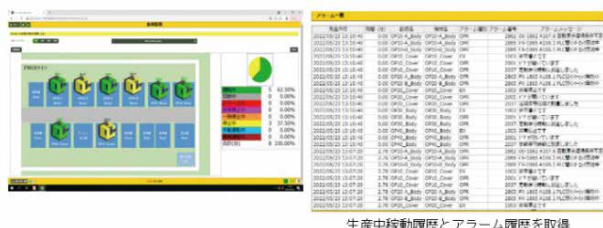


図7 MT-LINKi 画面

### 3.4.2 コンタミ品質

従来の大ロット高速ラインとは異なる手搬送ラインへと変貌したが、コンタミに対する品質管理は変わらず継承することとした。

加工工程では、検査・物流の前に予備洗浄を行うことで切粉や切削液を除去し、検査精度の向上や後工程への持ち込みの防止を図っている。

製品のコンタミ規格を満足する工程とするため、パレタイズ工程を加工工程の最終部に設け、製品1台分の全部品を洗浄パレットに投入し組立直前に洗浄することとした(写真5)。

これにより組立時の部品過不足を防ぐと共に、洗浄後の仕掛品を減らしてコンタミレベルを向上させることを実現した。

### パレタイズ作業

製品1台分の全部品をパレットにセットする



### 洗浄パレット

組立直前に洗浄機へ投入する

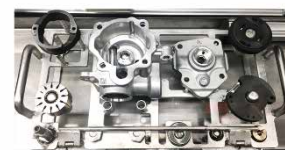


写真5 洗浄パレット

## 4 結果

目標としたグローバル区画内にボディ加工・カバー加工・組立の3ラインを設置することができた。

AT用PVは2021年12月より、CVT用PVは2023年4月より量産開始しており、今日までノークレームでの生産を継続中である。

生産性・要員に関してもサイクルタイム40秒/台、4名/直をそれぞれ達成できた。

可動率については加工工程では達成しているが、組立工程では月平均未達となっており、目標達成のために継続改善実施中である(表2)。

表2 設置ラインの結果

	ボディ/カバー加工		組立	
	目標	結果	目標	結果
サイクルタイム	40秒/台	40秒/台	40秒/台	40秒/台
ライン内要員	2人/直	2人/直	2人/直	2人/直
可動率	78%以上	84.5%	85%以上	78.9%

## 5 おわりに

今回、新しいコンセプトの生産ラインを構築することができた。現在、AT用PVとCVT用PVの2機種の製品を立ち上げて生産している。

今後更に生産機種を本ラインに取り込んでいき、名実共に「多品種生産ライン」として稼働させたい。

最後に本件に対してご支援を頂いた関係各位に対し、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

著者



**松野下 知広**

1993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生産技術部。加工工程設計および加工設備導入に従事。



**西田 英之**

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生産技術部。加工工程設計および加工設備導入に従事。



**義村 考司**

2005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生産技術部主任。組立工程設計および専用機制御システム開発に従事。



## 高効率油圧システムの特性解析

## Characteristic analysis of high-efficiency hydraulic system

弘 中 剛 史 ・ 津久井 謙  
HIRONAKA Tsuyoshi ・ TSUKUI Ken

## 要 旨

環境・省エネの観点から乗用車の燃費規制は年々厳しさを増している。このような潮流から、自動車業界では車両全体の効率化を急速に進めており、そのため、トランスミッション（以下、T/M）に対しても高効率化が求められている。

これまでカヤバでは、T/Mの油圧源として用いられているポンプの高効率化<sup>1)</sup>に取り組んできているが、ポンプ単体でのさらなる高効率化の実現は限界に近いレベルとなってきているのが現状である。そのため、従来からのアプローチよりもさらに省エネ効果が見込めるポンプやバルブを組合わせた油圧システムに着目した技術構築が必要となる。

本報では、この油圧システムの有効性や実現性を確認するための手段として、システム全体のモデル化を行い、性能予測が可能なシミュレーション技術の構築を行った。また、構築したシミュレーションを活用し、性能に影響を与える設計パラメータの明確化や各機器の協調制御による油圧システム性能向上の目途付けを行った。それらの取組みと検討結果について解説する。

## Abstract

Exhaust gas regulations for passenger cars have recently become stricter year by year as many countries promote carbon-neutral activities from the viewpoint of the environment and energy saving.

In response, manufacturers have sought the development of transmissions with higher fuel efficiency as one solution as they accelerate their efforts to improve the overall efficiency of their vehicles.

KYB has recently improved the efficiency of the pump used as the power source for the transmission, reaching a level approaching its maximum.

In this study, as a means of confirming the effectiveness and feasibility of this hydraulic system, we modeled the entire system and built simulation technology that enables performance prediction. In addition, by utilizing our simulator we clarified the design parameters that affect the performance and set the prospects for improving the performance of the hydraulic system by coordinating the control of each component.

## 1 緒言

近年、環境・省エネの観点から世界各国でカーボンニュートラルを目指す活動が進められ、乗用車の燃費規制は年々厳しさを増している。このような潮流から、自動車業界では車両全体の効率化を急速に進めており、そのため、T/Mに対しても高効率化が求められている。

T/Mでは油圧源としてポンプを使用しており、ポンプ部の動力低減（ポンプが吐出する余剰流量の削減）が燃費向上に寄与する。そのため、カヤバでは従来からポンプの高効率化に取り組んできたが、ポンプ単体でのさらなる高効率化の実現は限界に近いレベルとなってきている。そこで、本研究ではポンプ部のさらなる高効率化を実現するために複数のポンプや切換えバルブなどを組合わせた油圧システムに

着目し、実現性の確認を行ってきた。

この油圧システムの有効性や実現性を確認するための手段として、性能予測が可能な1Dシミュレーション<sup>注1)</sup>技術の構築を行ったため、本報ではその取組みと検討結果について解説する。

注1) 製品や部品の現象を数式で表現し、複数の物理現象を跨って計算をするシミュレーション。

## 2 カヤバ油圧システムの概要

図1に示すように今回検討した油圧システム（以下、カヤバ油圧システム）は、エンジン駆動の油圧ポンプ（以下、メカポンプ）と別置きの電動モータ駆動の油圧ポンプ（以下、電動ポンプ）に加え、ソレノイドと切換えバルブからなる切換え機構を組合せた構成とした。また、メカポンプはメインとサブの2つのポートを配置しており、切換え機構により2段可変化を可能とする特徴を有している。

次にカヤバ油圧システムの作動原理について説明する。通常、メカポンプは、エンジン回転数に比例して吐出流量が変化する。そのため、車両の動作モードによってはポンプが必要以上の流量を吐出するため、ポンプ動力が増大し、燃費の悪化に繋がる。そこで、これを解消するために本油圧システムでは、T/Mの必要流量が少ない動作モードの場合、メカポンプ（サブ）の吐出流量（以下、サブ吐出）を切換えバルブを介してタンクへ流し、メカポンプ（メイン）の吐出流量（以下、メイン吐出）のみをT/M側に送ることでメカポンプの動力を低減させる。また、T/Mの必要流量が多い動作モードの場合は、ソレノイドを起動させることで切換えバルブを作動させ、サブ吐出をメイン吐出へ合流させることでT/Mの正常動作を確保する。さらに車両の動作モードによってはキックダウンなどのように急激に大流量が必要な場合がある。その場合は、メカポンプに

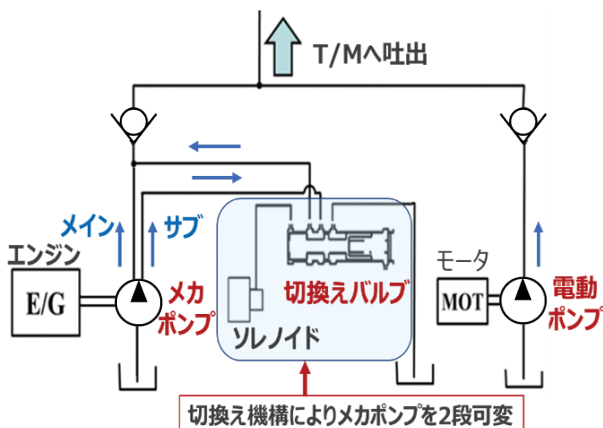


図1 カヤバ油圧システム

加えて電動ポンプを作動させることで不足流量を補う。このように本油圧システムでは細やかな制御により必要流量のみをT/Mに送ることができるため、メカポンプ1台のみの構成（以下、1メカポンプシステム）と比較して大幅なポンプ動力低減、すなわち車両の燃費向上が期待できる。

## 3 フィージビリティスタディ

本章では、簡易1Dシミュレーションモデルによる『システム性能評価』を実施することで本油圧システムの有効性についての事前検討を行ったので、その取り組みについて述べる。なお、1Dシミュレーションモデルには市販ソフトSimcenter™ Amesim™ software（独SIEMENS社）を用いた。

### 3.1 シミュレーションモデル概要

シミュレーションモデルの基本構成は、図2に示すように大きく以下の3つとなる。

- ①流量制御部（油圧システム）：エンジン回転数を入力とし、ソレノイドやモータの電子制御によりポンプ流量を制御
- ②圧力制御部：複数の電圧/電磁バルブにより油圧システムからの吐出圧（以下、制御圧）を制御
- ③変速制御部：制御圧に応じてT/Mの変速比を制御

シミュレーションによる動力低減効果の検討は、自動車の燃費評価モードにて計測した走行データ（エンジン回転数と制御圧）を入力条件としたとき

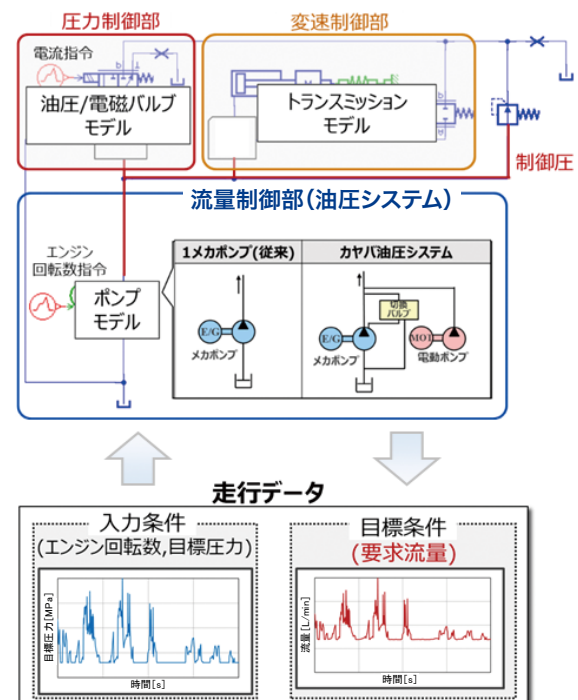


図2 シミュレーションモデル概要

のポンプ吐出流量を計算することで行った。今回は、カヤバ油圧システムと従来の1メカポンプシステムの2種をモデル化し、同じ動作パターンで計算した際のポンプ動力を比較することでカヤバ油圧システムの有効性を確認した。

### 3.2 カヤバ油圧システムの有効性確認

図3に1メカポンプシステムモデルとカヤバ油圧システムモデルのシミュレーション比較結果（流量、ポンプ動力）を示す。図3(a)より、両モデル共にT/Mに必要な要求流量を確保できているが、広範囲で1メカポンプシステムよりもカヤバ油圧システムの方が流量を少なく抑えられていることが確認できる。これは1メカポンプシステムの余剰流量が多い箇所では、切換えバルブによりサブポンプがタンクに直結することで、メカポンプの吐出量が低減されるためである。したがって、ポンプ動力に関して、図3(b)に示すとおり全域において1メカポンプシステムよりもカヤバ油圧システムの方が低減でき、動力低減率は48.3%と本システムの有効性を確認することができた。

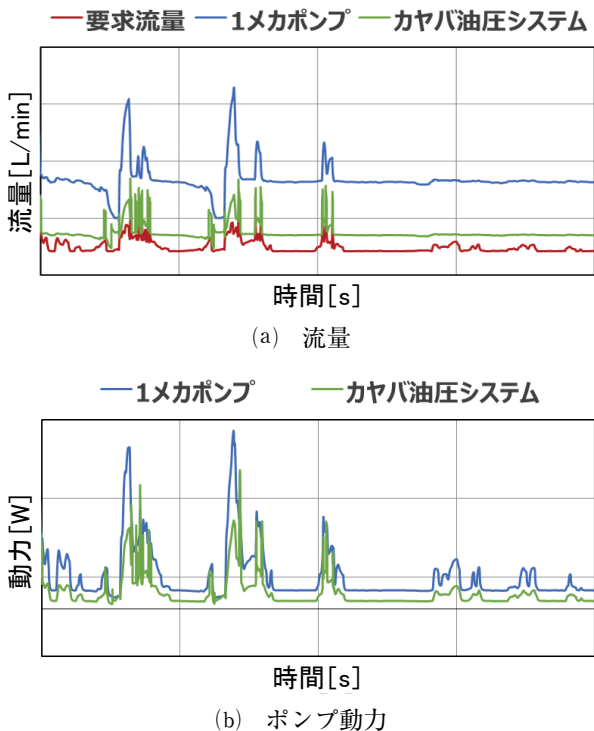


図3 シミュレーション比較結果

## 4 カヤバ油圧システムの課題および対策

カヤバ油圧システムの課題としては、図4に示すような切換えバルブを切換えた時に発生するサージ圧が想定される。バルブ切換え時にはサブ吐出がメ

イン側へ流れ、メイン吐出と合流することで、回路内において急激な圧力変動（サージ圧）が発生する。このサージ圧は、車両においてキックバックのようなショックとして現れるため、極力低減することが望まれる。本章では、サージ圧を発生させる切換えバルブを有した油圧回路を対象として、シミュレーションおよび実機の比較評価、シミュレーションを活用したパラメータスタディ<sup>注2)</sup>およびバルブ形状の最適化<sup>注3)</sup>を実施したのでその内容について述べる。

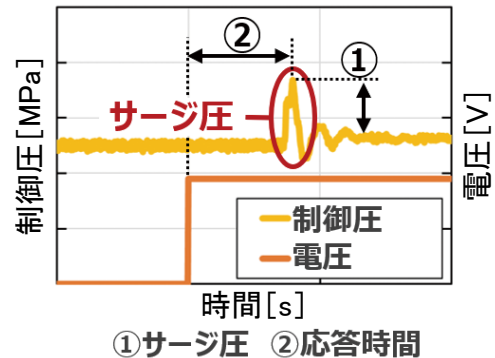


図4 バルブ切換えによるサージ圧の発生

注2) 解析モデルや解析条件をパラメータとして設定し、パラメータ値を変更しながら繰り返し解析を実行すること。

注3) システムの設計目標（目的関数）を最小化もしくは最大化するパラメータ探索手法。

### 4.1 サージ圧の比較検証

写真1、図5にバルブ切換え試験機とその油圧回路図を示す。本試験の油圧回路は、メカポンプのサブ吐出の先に並列で逆止弁と電流によりON/OFF作動する切換えバルブを配している。サブ吐出は切換えバルブが開いている状態（以下、切換えOFF）ではタンクへ流れ、切換えバルブが閉じている状態（以下、切換えON）では、逆止弁を通りメイン吐出と合流する。本試験では、一定の吐出圧およびポンプ回転数で動作させている状態下でバルブを切換



写真1 バルブ切換え試験機



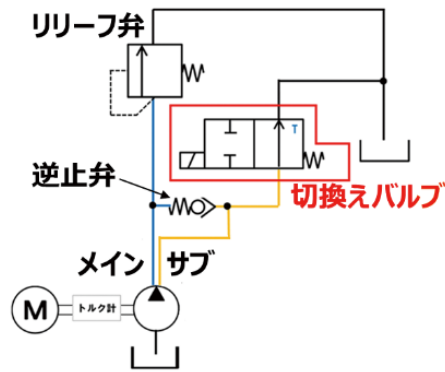


図5 バルブ切換え油圧回路図

えた際のサージ圧の計測を実施した。また、実機試験機と同じ構成のシミュレーションモデルを作成し、試験結果との比較評価を実施した。サージ圧の比較評価に関しては、サージ圧の大きさおよび切換え応答時間（電流指令からサージ圧が発生するまでの時間）を評価項目とした。

図6にシミュレーションと実機試験の切換時圧力の比較結果を示す。図6より、切換えON⇒切換えOFFにおける応答時間は8.8%の誤差が確認されるものの、他の評価項目はいずれも誤差±3%以内で精度よく一致しており、全ての評価項目で±10%以内の精度で実機を再現できていることが確認できた。

以上のように今回構築したシミュレーションモデルの妥当性は高く、バルブ切換え時のサージ圧予測が可能になったといえる。

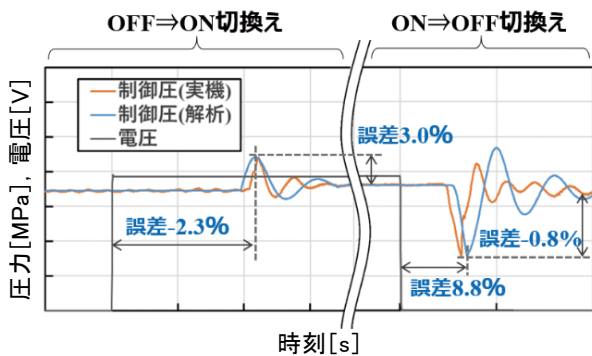


図6 切換えバルブモデルの実機比較

#### 4.2 パラメータスタディの実施

サージ圧およびシステム応答時間に影響を与える設計パラメータを把握するため、4.1節にて作成したシミュレーションモデルを活用したパラメータスタディを実施した。

設計パラメータの値は、設計中央値の半分または倍の値に振り分ける、もしくは切換機能に不具合が生じない範囲で変更し、数十パターンのシミュレ

ションを実行した。表1にサージ圧およびシステム応答時間に影響を与える設計パラメータの感度傾向の一例を示す。表1中の (+)/(-) は各性能の向上/低下を表している。

表1 各評価項目に対するパラメータ感度 (一例)

対象モデル	変更パラメータ	評価項目			
		サージ圧性能 (OFF⇒ON)	応答性 (OFF⇒ON)	サージ圧性能 (ON⇒OFF)	応答性 (ON⇒OFF)
配管	径増加	(+) 感度：大	(-) 感度：中	(+) 感度：大	(-) 感度：小
	長さ増加	(+) 感度：中	(-) 感度：中	(+) 感度：中	(-) 感度：小
	剛性増加	(-) 感度：大	(+) 感度：中	(-) 感度：大	(+) 感度：小
切換えバルブ	開口特性	感度：大	感度：小	感度：中	感度：小
	スプール摩擦増加	(+) 感度：中	(-) 感度：中	(+) 感度：小	(-) 感度：小
	スプール径増加	(+) 感度：大	(-) 感度：大	(+) 感度：中	(-) 感度：中
逆止弁	ばね力増加	(-) 感度：大	(+) 感度：大	(+) 感度：小	(-) 感度：小
	スプール径減少	影響なし	影響なし	(+) 感度：大	影響なし
	ラップ長減少	影響なし	影響なし	(+) 感度：中	影響なし

表1に示した結果からの全体的な感度傾向の確認により、サージ圧に関しては配管および逆止弁、応答時間は切換えバルブと配管の影響が強いという知見が得られた。

配管モデルに関しては、剛性の低下、径の増加、長さの増加により、サージ圧性能が向上している。これは、配管のアクムレータ効果が増加してサージ圧の吸収効果が上がったためであると考えられる。また、逆止弁モデルに関しては、スプール径やラップ長を減少させるとサージ圧性能が向上するが、一方で逆止弁が閉じているときに逆流しやすくなり、システムとしてのロバスト性<sup>注4)</sup>が低下することが考えられるため、設計の際は注意が必要である。ここで切換えバルブに関しては、次節にて取り上げるため、詳細説明は割愛する。

また、今回のパラメータスタディの結果からは、サージ圧性能と応答性との関係性は基本的にトレードオフの関係があることも確認できた。

注4) システムや構造物が持つ様々な外乱により影響されにくい性質。

#### 4.3 バルブ形状の最適化検討

4.2節のパラメータスタディの結果より、切換えバルブの開口特性やスプリングの仕様（ばね定数やセット荷重など）がサージ圧性能や応答性に大きく影響することが確認できている（表1参照）。これらを踏まえ、バルブ切換えの性能向上を目的として切換えバルブ形状の最適化を実施したので、その内容について述べる。なお、最適化を実施する前にシミュレーション上でバルブ構成を検討し、より高性能な切換えが期待できるバルブ構成へ修正している。

表2に最適化における説明変数、目的関数および

制約条件を示す。4.2節の結果から、サージ圧性能と応答性にはトレードオフの関係があるため、重み付けしたサージ圧と応答時間の和を最適化するように目的関数を設定し、サージ圧性能および応答性能を兼ね備えるように設定した。また、制約条件に関してはストローク量やばね定数などの設計上誤差が発生するパラメータにばらつきを与えて、バルブ切換え時にサブ吐出先が切換えられているかを判定している。これにより最適化実行により得られる切換えバルブに対してロバスト性を持たせている。

表2 バルブ形状の最適化に用いたパラメータ

説明変数	目的関数	制約条件
・アンダーラップ ・ストローク量 ・スプール径 ・オリフィス ・ばね定数 ・セット荷重 ・開口部ノッチ	・サージ圧および応答時間で表した評価関数	・設計値のばらつきによるバルブ切換えの動作判定

図7に最適化前後のサージ圧/応答時間（切換えOFF⇒切換えON）の比較結果を示す。図7より、4.1節で作成したバルブ切換えモデルと比較して最適化モデルではサージ圧の大きさが大幅に低減、応答時間についても短縮できていることが確認でき、サージ圧と応答時間の同時改善が可能な最適設計パラメータ探索に今回の解析方法が有効であることがわかった。

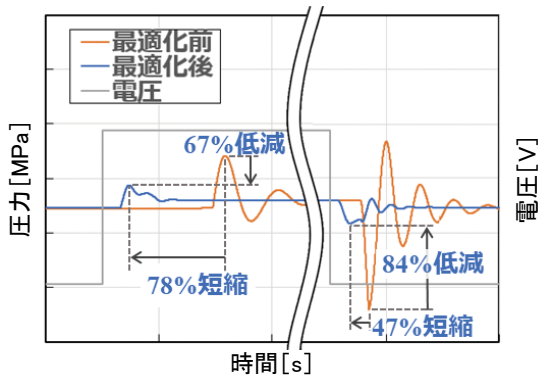


図7 最適化モデルのサージ圧特性評価

#### 4.4 最適切換えバルブの実機性能評価

シミュレーションにより検討した最適切換えバルブの効果を確認するため、実機による確認実験を行った。改良前の4.1節に示した切換えバルブと最適切換えバルブのサージ圧および応答時間を図8に示す。図8より、改良前の切換えバルブに対して最

適切切換えバルブのサージ圧は約80%低減、応答時間は約40%低減していることが確認できる。

以上より、シミュレーションと同様に実機においても最適切換えバルブが両特性を大幅に同時改善することが可能であることを示すことができ、シミュレーションの妥当性と最適化プログラムの有効性を確認することができた。

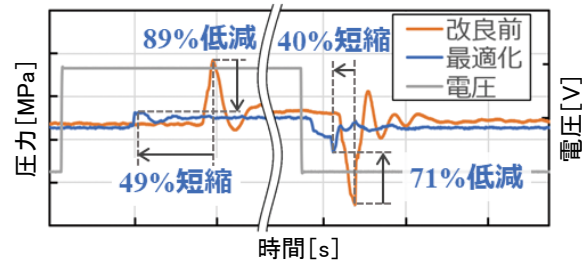


図8 サージ圧実験結果比較

## 5 電動ポンプモデルの構築

カヤバ油圧システムモデルでは、メカポンプ、切換えバルブの他に電動ポンプのモデルを使用している。3章のフィジビリティスタディで用いていた電動ポンプモデルの仕様は、回転数指令通りに遅れなく動作し、効率や応答性などが考慮されていないモデルであった。今回必要なカヤバ油圧システムのモデル要件は、システム動作の実現性および効率の確認であるため、その構成要素である電動ポンプに関しても、効率および応答時間の再現が必要となる。

本章では、カヤバ油圧システムの搭載機器である電動ポンプに関して、実機データを基にしたモデル化を実施したため、その取り組み内容について述べる。なお、効率および応答時間の目標モデル精度を±10%以内と設定した。

### 5.1 初期の電動ポンプモデルにおける評価

図9に電動ポンプの実機構成を示す。モータはPMSM<sup>注5)</sup>、ポンプはベーンポンプを用い、モータの電流制御方法として最大トルク制御<sup>注6)</sup>および弱め磁束制御<sup>注7)</sup>を採用している。電動モータ部のモデル化に用いたシミュレーションソフトには、油圧機器のモデル化で用いたSimcenter Amesimではなく、制御モデルの構築において使用されていることの多いMATLAB<sup>®</sup>とSimulink<sup>®注8)</sup>を用いた。また、作成したモータモデルとポンプモデルを連成させることで電動ポンプの解析を実施した。電動ポンプ動作に関しては、モータの実回転数をフィードバックし指令回転数との差を小さくするように回転数制御を行っている。



注5) Permanent Magnet Synchronous Motor (永久磁石同期電動機) の略。モータ回転とコイルへ流す交流電流の周期を同期させることで駆動する。

注6) 同じ実効電流量のうち、出力トルクを最大とする制御。

注7) 永久磁石の磁束を打ち消す方向に電流を流すことで、トルクを低下させる代わりに高回転動作を可能とする制御。

注8) MATLAB®, Simulink®はMathWorks社の登録商標。

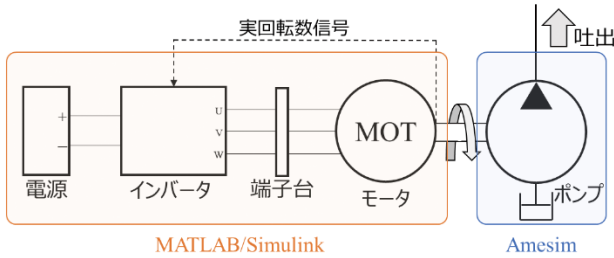


図9 電動ポンプの構成

図10にPMSMの電気回路をd軸(主磁束方向)、q軸(直交方向)へ座標変換した際の等価的な電気回路図を示す。図10のように座標変換を行うことで、モータトルクを発生させる電流成分 $I_q$ と回転子に磁束を発生させる電流成分 $I_d$ に分けて各電流成分を独立に制御している。今回の電動モータのモデル化は、図10の電気回路図をベースに実施した。なお、モデルの各設定パラメータに関しては、比較対象である実機の測定値や仕様や諸元に基づいた算出値を用いている。

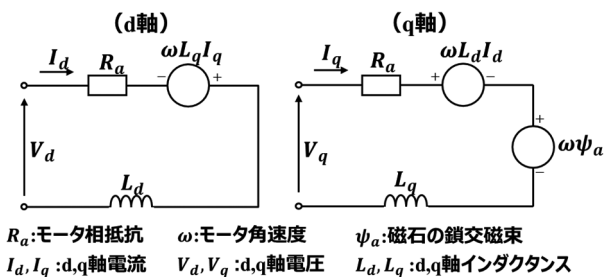


図10 モータの等価電気回路

表3に電動ポンプの効率に関してモデルと実機試験を比較した結果を示す。表3のすべての試験条件において、シミュレーションの方が実機よりも効率が高い結果となっていることが確認できる。これは作成したモータモデルでは電損と機械損は考慮されているが、磁気ヒステリシスや渦電流による鉄損が考慮されていないことが原因だと考えられる。また、モータのインダクタンスに関しても電流依存性、温度依存性を考慮しておらず、効率の誤差要因とし

て考えられた。また効率誤差の大きさに関して、全体的に誤差10%以上、高吐出圧・低回転条件に至っては誤差+100%を超えており実機から大きくかけ離れていることが確認された。

表3 初期の電動ポンプモデルの効率評価

	試験条件 (回転数・吐出圧)		
	低回転 高圧	中回転 中圧	高回転 低圧
効率に関する モデル誤差	+113%	+12%	+14%

図11に電動ポンプの応答性に関してモデルと実機試験を比較した結果を示す。今回は回転数指令信号のステップ時刻を開始時刻とし、吐出流量が定常流量の90%に到達するまでにかかる時間を電動ポンプにおける応答性の評価指標とした。

図11より、実機での応答時間に対して解析では約2倍(誤差約+100%)ほどの時間がかかっており、大きくかけ離れているため、モデル改善が必須であると考えられた。

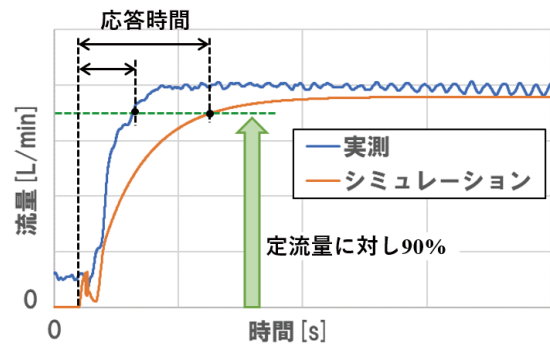


図11 初期の電動ポンプモデルの応答性評価

## 5.2 モータモデルの改良

5.1節の結果を踏まえて、鉄損を考慮したモータモデルの検討および各モータパラメータの見直しを実施した。図12に鉄損を考慮したd, q軸の等価電気回路を示す<sup>2)</sup>。図12の等価電気回路では、等価鉄損抵抗 $R_{cp}$ を用いることでロータの回転により生じる鉄損を表現している。また、 $L_{dq}$ ,  $L_{qd}$ によりd, q軸の相互インダクタンスを考慮している。この等価電気回路をベースにモータモデルを作成した。図12に描かれている等価鉄損抵抗 $R_{cp}$ については $I_d$ ,  $I_q$ 及びモータ回転数 $N$ に対し可変なパラメータであるため、実機試験で得られた鉄損を基に近似式を作成し、モデルへ適用した。また、各インダクタンスに関しては、 $I_d$ ,  $I_q$ に依存するパラメータとしてテーブル

データで設定した上で温度補正を実施し加えている。モータ温度に関しては、実機データを基に推定した値を設定した。

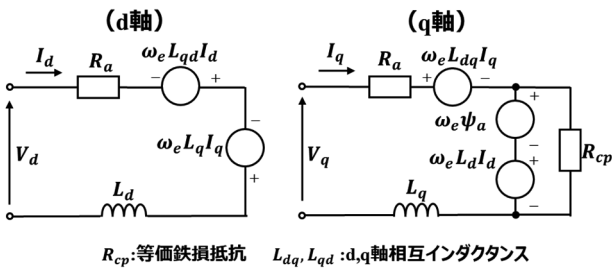


図12 鉄損を考慮したモータの等価電気回路

図13に、実機モータ、5.1節のモータモデル（以下、初期モータモデル）、本節のモータモデル（以下、改良モータモデル）のT-N特性を示す。図13は横軸をモータ回転数、縦軸をモータトルクとし、3相電流の実効値 $I_e$ の値ごとに分けてグラフ化している。

図13より、グラフにはトルク一定となる区間と回転数上昇につれてトルクが減少する区間が存在していることが分かる。本章では、各区間の名称を電流制御方法で分け、トルク一定区間を最大トルク制御域、グラフが傾きを有する区間を弱め磁束制御域と呼称することとする。図13より、同様の電流値における実機/初期モータモデルの解析結果を比較すると、グラフの傾き、即ちトルクの変化傾向は再現されているが、トルクが全域において実験値よりも解析値の方が約+5~+10%ほど大きくなっている。一方で改良モータモデルのモータ特性は、最大トルク制御域では電流値によらず、誤差±3%以内と高い精度が得られ、弱め磁束制御域においても±約10%以内に抑えられていることが確認できる。以上より、鉄損の追加等の改良により、実機モータの特性を初期モータモデルより高精度に再現可能なモータモデルを構築した。

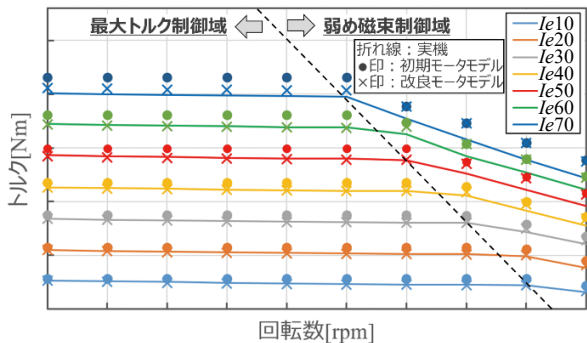


図13 モータモデルのT-N特性評価

### 5.3 ポンプモデルの改良

図14に電動ポンプのモータ回転数および吐出流量に関する実機データの一例を示す。図14より、実モータ回転数と吐出流量を比較すると、モータが駆動してから油が吐出されるまでに遅れが生じていることが確認できる。このことから、ポンプ部の挙動を次のように仮定した。

- ① 電動ポンプ始動時、ある回転条件まではポンプのベーンが引っ込んでおり流量及び吐出圧は0
- ② ある回転条件を満たすとポンプのベーンが飛び出し、流量とそれに伴う吐出圧が発生
- ③ 回転状態からポンプ（モータ）を停止させるとベーンが引っ込み、ポンプ内圧が抜ける

上記①~③の動作を再現可能なポンプモデルを検討し、遅れを考慮したポンプのモデル化を図った。ベーンが飛び出すタイミングがポンプの角速度および角加速度に依存するものと仮定し、実機データをベースにベーン飛出しの判別式を算出し、ポンプモデルの始動応答時間を算出する数理モデルを組み込んだ。ポンプモデルの応答の再現に関しては、ベーンやカムリング等の構成要素を作り込むことでも可能であるが、今回は以下の理由から検討を見送った。

- ① 計算負荷が大きく、特に燃費の解析時間が膨大
- ② ベーンの摩擦係数等の未知パラメータに関するパラメータ同定が必要
- ③ 電動ポンプ全体の遅れに対するポンプ部の寄与度が低い

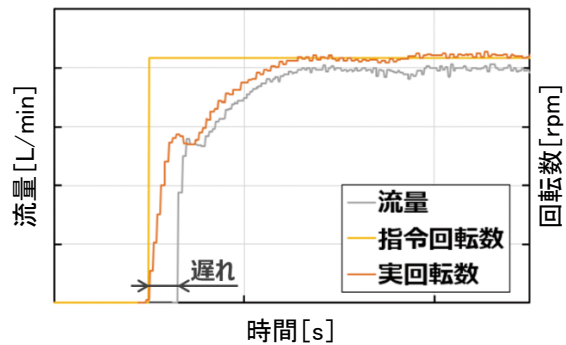


図14 ポンプ動作時の実測データ

図15に作成したポンプ部のモデルを示す。ベーンの引込みと飛出しの状況を判別するモデルを組込むことで、モータ始動時からベーン飛出し状態の油圧回路に切替えるまでに生じる遅れを模擬するポンプモデルを構築し、電動ポンプモデルに組み込んだ。

### 5.4 改良した電動ポンプモデルの評価

5.2節で作成した改良モータモデルおよび5.3節で

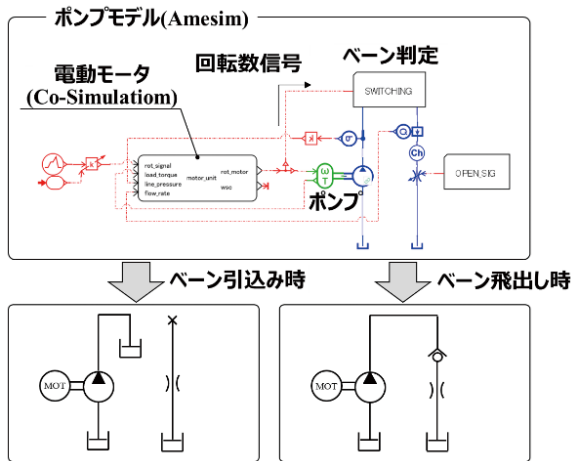


図15 ベーン挙動を考慮したポンプモデル

作成したポンプモデルを組み合わせた電動ポンプモデルに関して、効率および応答時間を評価した。

表4に電動ポンプ動作時の各効率を比較した結果を示す。なお、表4における実機の効率に関して、Ass'y全体（電動ポンプ）の効率は実際の動力から計算した実測値であるが、他の各箇所に関しては理論式から算出した推定値となっている。

Ass'y全体の効率に関して、いずれの条件においても誤差±10%以内に収まっている。特に、中圧中回転動作および低圧高回転動作においては、各箇所でも比較しても全て誤差±3%以内に収まっており、非常に高いモデル精度が確認できる。一方、高圧低回転動作においては、Ass'y全体では誤差-5.5%であるものの、機器によっては誤差が10%付近のものも存在している。これは誤差が大きく、電動ポンプ構成の下流に位置している（モータ）—（ポンプ）間の回転運動に関するモデル精度が低いことが原因であると考えられる。

以上のように、未だモデルの改善点はあるものの、Ass'y全体の効率誤差は±5%程度と高精度に再現されていることが確認できた。

表4 改良した電動ポンプモデルの効率評価

	動作条件	動作条件		
		高圧 低回転	中圧 中回転	低圧 高回転
モデル効率誤差	(電源)—(インバータ)間	-3.0%	-1.2%	-0.1%
	インバータ内部	-9.4%	-2.5%	0.5%
	(インバータ)—(モータ)間	0.2%	1.0%	1.2%
	モータ内部	-4.1%	-1.7%	-2.1%
	(モータ)—(ポンプ)間	12.8%	2.0%	2.6%
	ポンプ内部	-0.8%	-0.2%	0.0%
	Ass'y全体（電動ポンプ）	-5.5%	-2.7%	2.0%

続いて電動ポンプモデルの応答時間に関して評価を実施した。応答時間の評価に関しては、吐出圧と

ポンプ回転数以外にモータ回転数のP制御ゲイン<sup>注9)</sup>設定の影響もあるため、試験条件に追加している。試験では回転数制御におけるP制御ゲインの設定を低・中・高の3段階で変更した。

図16にP制御ゲインが高い設定での低圧高回転動作における電動ポンプの応答時間を実機とシミュレーションとで比較した結果を示す。図16より流量の立ち上がるタイミングや定常状態に至るまでの過程など、応答時間だけでなく流量波形がおおよそ一致していることが確認できた。

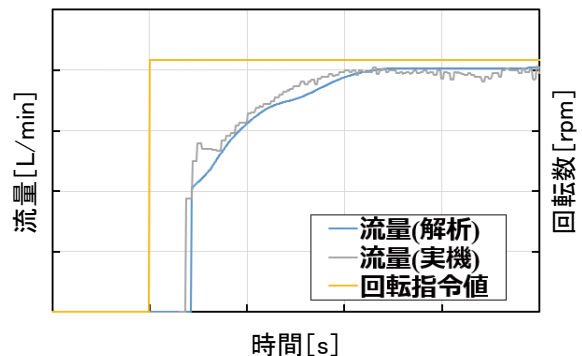


図16 電動ポンプの時刻歴吐出流量

注9) 制御対象の目標値と現在値の差に比例して操作量を調整する制御ゲイン。

表5に各試験条件での実機と解析の応答時間を比較した結果を示す。表5より、P制御ゲインが高い条件では誤差±10%以内に収まっていることが確認できた。その一方で、P制御ゲインが小さい条件では約10%~30%の誤差が生じている。これはP制御ゲインが小さいほど過渡状態におけるモータトルクと負荷トルクの差が小さくなり、モデルにおけるモータトルク誤差が回転運動に与える影響が相対的に強くなることが原因であると考えられる。

表5 改良した電動ポンプモデルの応答性評価

動作条件	P制御ゲイン	応答時間誤差
低圧・高回転	低	12.8%
	中	-12.0%
	高	2.0%
高圧・低回転	低	21.6%
中圧・中回転	低	7.1%
	中	4.3%
	高	-7.9%

以上より、回転数のP制御ゲインを高く設定する

ことで、効率および応答時間を目標精度で再現可能な電動ポンプモデルの構築を達成した。なお、6章におけるカヤバ油圧システムの性能評価では制御ゲインは高い設定としている。

## 6 油圧システム性能評価

これまで構築した各機器のモデル（以下、詳細モデル）を油圧システム全体として組み合わせ、システムの有効性が得られるか否かを把握するためシミュレーションによる性能評価を実施した。

### 6.1 油圧システム性能評価

本節では、詳細モデルにて3章と同様の『システム性能評価』を行った結果を述べる。シミュレーション結果を図17に示す。図17(a)にはポンプの吐出流量を示す、要求流量を満たしていることが確認できる。また、詳細モデルは全体的に1メカポンプシステムモデルよりも吐出流量は少なく、余剰な流量を削減できていることが確認できる。

ポンプ動力に関しては、図17(b)に示すとおり全域において1メカポンプシステムモデルより詳細モデルの方が低減できており、動力低減率は48.3%と本システムの有効性を確認することができた。

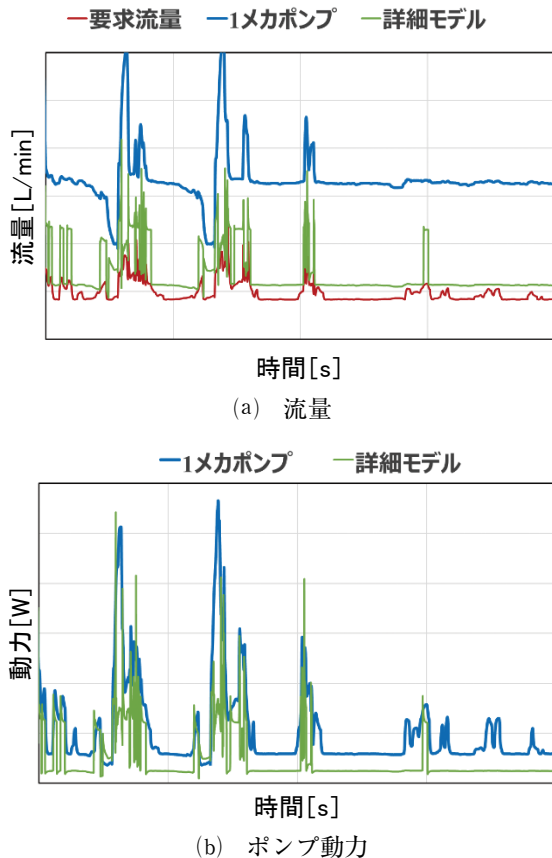


図17 シミュレーション結果

### 6.2 油圧システム安定性評価

本節では、キックダウン（以下、KD）のような瞬間的に高い流量と制御圧が必要な動作パターンに関してシミュレーションを実施し、追従性能を確認した。

図18に流量および制御圧の解析結果を示す。図18(a)より動作全域でおおよそ要求流量を満たしていることが分かる。また、図18(b)より圧力指令に対して制御圧が追従していることが確認できる。ただし、バルブ切換えOFF時に高いサージ圧が確認できる。

前述のようにサージ圧は車両全体からみるとショックとして現れるため、乗り心地悪化に繋がる。この課題に対しては、切換えバルブと電動ポンプの協調制御を行うことで解決できる可能性がある。そこで、本節では簡易的に試みたサージ圧低減策について述べる。

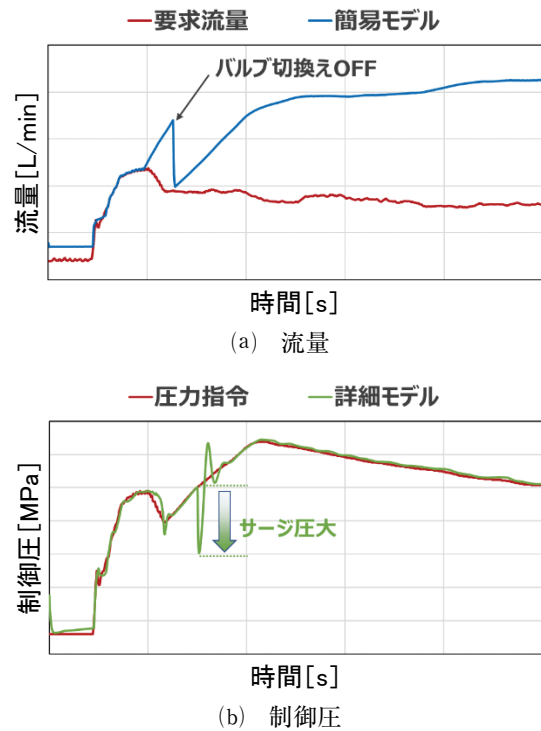


図18 KD時の追従性能

図19に協調制御ロジックの概略を示す。カヤバ油圧システムの既存制御は、メイン吐出のみで流量が不足する場合はサブ吐出を合流させ、さらに不足する場合は電動ポンプを駆動させ流量を補う形を取っていた。これは要求流量を満たすことのみを目的とした制御ロジックである。この場合、図19上部に示すように切換えバルブによるサブ吐出のON/OFF時にサージ圧が発生しやすくなる。そこで、図19下部に示すように協調制御ロジックにサージ圧低減制御を加えることにした。この制御は、バルブ切換え時のサブ吐出の増加/減少に合わせて、電動ポンプ



の吐出を減少/増加させることで、油圧システム全体として流量の急激な変化を抑制することを狙っている。

図20にサージ圧低減制御を追加したモデルを用いたKD評価における制御圧の解析結果を示す。本制御を追加することにより、バルブ切換え時に生じていたサージ圧を約50%低減できることが確認できた。

さらなる協調制御の検討を行うことで本節にて検証した安定性向上の他に、切換え頻度の削減、ロバストな動作設計、動力低減効果の向上などが可能になると考えられる。

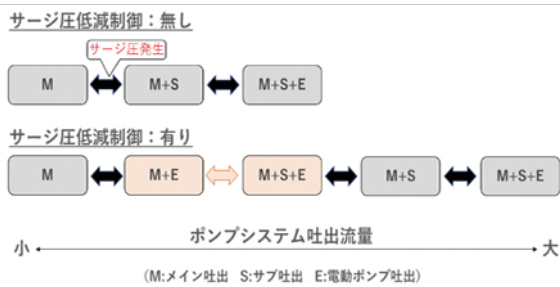


図19 協調制御ロジック

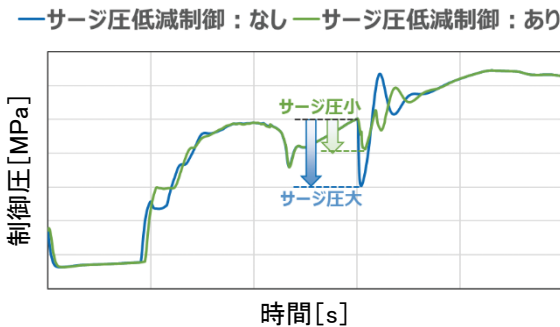


図20 協調制御によるサージ圧低減効果

## 7 結言

高効率な油圧システムの実現性を確認するための手段として、性能予測が可能なシミュレーション技術を構築し、以下の知見が得られた。

- (1)メカポンプ、電動ポンプ、切換えバルブを組合せたカヤバ油圧システムのモデル化を行い、システム性能を高精度に予測可能とし、本油圧システムの有効性を確認できた。
- (2)構築したモデルを活用してパラメータスタディを実施することで、安定性に影響を与えるパラメータを把握し、サージ圧や応答性が制御可能な設計指標を明確化できた。
- (3)動作モードに合わせて各機器の協調制御を行うことで油圧システム性能向上について目途付けできた。

得られた結果から、実機の試作回数を減らして開発スピードの向上、母機側を考慮した油圧システム設計が可能となる。

今後は、客先要求に合わせた動作モードに対して最適な機器仕様/協調制御を検討することでシステムパフォーマンス（性能/品質）を最大限に引き出すことを目指していく。また自動車業界において需要が拡大しているeAxle（モータ+減速機+インバータの一体構造）向けの潤滑・冷却システムの予測技術などへ活用していく。

### 参考文献

- 1) 鈴木、長島：CFD解析によるベーンポンプの性能改善、KYB技報第61号、(2020年10月)
- 2) 加納善明・小坂卓・北条善久・大森洋一：高精度トルク制御のためのIPMSMの新たなd-q軸等価回路モデルの検討、2022年3月1日モータドライブ/家電・民生合同研究会、pp. 115-124、(2022年3月)

## 著者



弘中 剛史

2009年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。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。



津久井 謙

2018年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。自動車向けトランスミッションのシステム解析業務に従事。



## 繊維強化樹脂射出成形品の強度予測技術の研究

### Research on strength prediction technology for fiber-reinforced plastic injection-molded products

小 倉 翔 吾  
OGURA Shogo

#### 要 旨

世界的なCO<sub>2</sub>排出規制の導入により、輸送機器等の軽量化ニーズが高まっている。軽量素材として、繊維強化樹脂（FRP）が注目されている。FRPの中でも形状自由度や生産性が高い射出成形品は、物性とコストのバランスが良く、軽量化と低コスト化を両立できるポテンシャルを持つ。しかし、加工方法によって繊維の配向が変化し、それが物性に大きな影響を与えるため、強度の予測及びコントロールが困難である。そのため、トライ&エラーで開発を行っていることに加え、部品形状や加工方法の最適化が検討できていない。本研究ではシミュレーションを活用し、繊維配向による物性異方性を考慮した強度予測技術を開発する。それにより手戻りの無い開発の実現と設計最適化が可能な技術を構築する。

本研究では、従来困難であった樹脂部品中の繊維配向を定量化し、樹脂流動解析による繊維配向予測精度を向上させた。予測した繊維配向情報をもとに、繊維強化樹脂部品の物性異方性を予測した。その結果から構造解析用材料モデルを作成し、繊維配向を考慮した構造解析を行うことで、樹脂部品の強度予測精度を向上させることができた。

また本技術を用いて実部品形状の破壊挙動を予測可能なことも分かり、繊維強化樹脂の部品を設計する際は加工方法の影響も含めた材料強度検討が重要かつ有効なことが確認できた。

#### Abstract

In anticipation of the introduction of global CO<sub>2</sub> emission regulations, there is a growing need to reduce the weight of transportation equipment. Fiber-reinforced plastic (FRP) is attracting attention as a lightweight material. FRP injection-molded products have the potential for both weight reduction and cost reduction. However, it is difficult to predict and control strength because the fiber orientation changes depending on how the products are made, and this has a significant impact on physical properties. Therefore, development has been conducted on a trial-and-error basis, and optimization of part geometry and processing methods has not been studied. In this study, we use simulation to develop a strength prediction technique that considers the anisotropy of physical properties due to fiber orientation. This enables us to realize development without rework and to construct a technology that can optimize the design.

We quantified the fiber orientation in plastic parts, which has been difficult in the past, and improved the prediction accuracy of fiber orientation by resin flow analysis. Based on the predicted fiber orientation information, the physical property anisotropy of fiber-reinforced plastic parts was predicted. A material model for structural analysis was created, and structural analysis considering fiber orientation was performed to improve the accuracy of strength prediction for plastic parts.

It was also found that this technique can be used to predict the fracture behavior of actual

plastic part geometry, confirming the importance and effectiveness of studying material strength, including the manufacturing process, when designing fiber-reinforced plastic parts.

## 1 緒言

### 1.1 研究の背景

世界的なCO<sub>2</sub>排出規制や、電気自動車等の投入により、輸送機器の軽量化ニーズが高まっている。軽量化ニーズに適応するため、金属に比べ軽量で加工が容易な樹脂に置き換えることが検討されている。樹脂は金属に比べ機械的特性が劣るため、ガラス繊維や炭素繊維等の強化繊維で補強した繊維強化樹脂が低比重かつ高強度な素材のため注目されている。樹脂材質自体の性能向上もあり、繊維強化樹脂は幅広い分野で構造部材として用いられている。

### 1.2 繊維強化樹脂の加工方法とその特徴

図1に繊維強化樹脂の加工方法毎の機械的特性と生産性の特徴を示す<sup>1)</sup>。繊維強化樹脂は繊維の長さによって、その力学的特性と生産性が異なり、連続繊維では力学的特性は優れるが生産性が劣る。そのため、航空、スポーツ用途、高級車向け等、適用範囲が限定される。一方、射出成形が可能な不連続繊維は力学的特性と生産性のバランスが良く、軽量化とコスト低減の両立が可能なポテンシャルを持ち、本研究もターゲットを繊維強化樹脂の射出成形品としている。

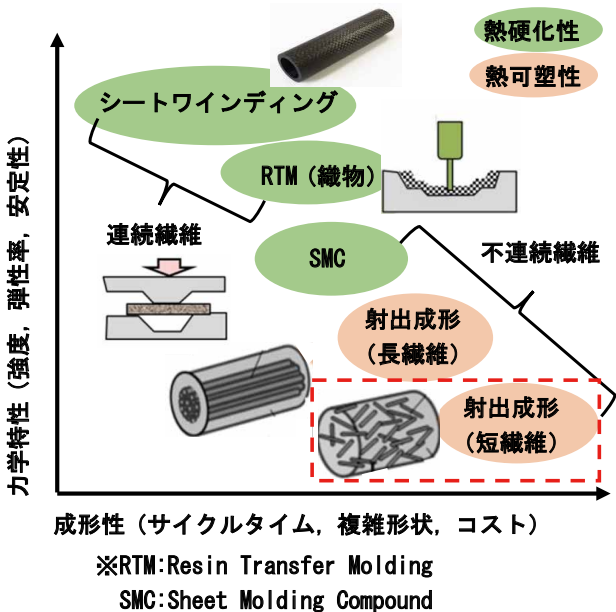


図1 繊維強化樹脂の加工方法毎の特徴

### 1.3 繊維強化樹脂射出成形品の物性異方性

繊維強化樹脂の射出成形品は射出成形中の金型内樹脂流動に伴うせん断応力や伸長流動によって、繊維の配向状態や繊維長に分布が生じる。繊維強化樹脂は繊維が配向している方向の補強効果が大きいため、射出成形時の繊維配向分布により、弾性率、強度、線膨張係数等に異方性が生じる。それにより、成形品の強度、剛性、そり変形等の予測が困難となり問題となっている。例えば、弾性率や強度の異方性を考慮しない場合、要求される荷重に到達する前に破壊が生じることがある。他には線膨張係数の異方性を考慮しない場合、そり変形により寸法公差を外れるといった不具合が考えられる。

これらの理由から繊維強化樹脂射出成形品の品質特性を予測することは困難であり、トライ&エラーによって金型修正を繰り返し、開発期間や開発コストの増大につながっている。また、繊維配向による物性異方性を正確に予測できないため、部品形状が適正化されておらず、品質確保のため必要以上に樹脂材料を多く使用している部品も見られる。

図2に現状の繊維強化樹脂部品の開発フローと目指すべき開発フローを示す。繊維配向に伴う物性異方性を予測し、成形品の機械的特性を予測することで、机上で部品形状や金型方案を適正化できるので開発効率を向上することができる。

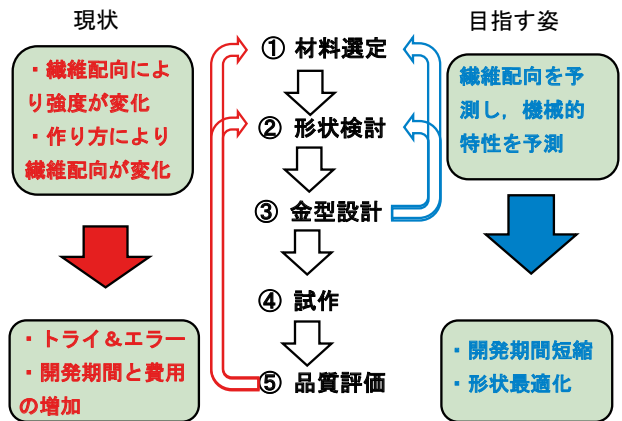


図2 開発フローの現状と目指す姿

## 2 方策の概要

本開発では、射出成形過程で生じる繊維の配向状態から物性の異方性を予測し、それを考慮した構造解析を行うことで、繊維強化樹脂部品の強度予測精度の向上を図る。方策の概念図を図3に示す。

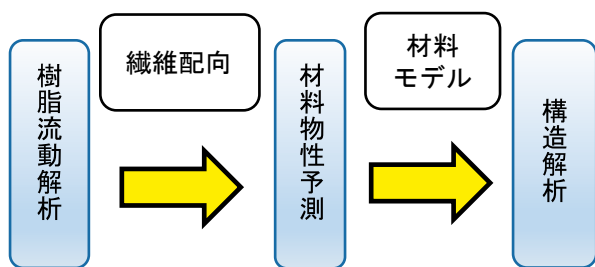


図3 強度予測方案の概念図

まず最初に樹脂流動解析を行い射出成形品の繊維配向を予測する。次に予測した繊維配向から異方性材料モデルを作成する。最後に異方性材料モデルを用いて構造解析を行うことで、繊維配向を考慮した機械的特性の予測が可能となる。この手法を実現する際の課題を列挙する。

- ① 繊維配向の定量評価技術
- ② 流動解析による繊維配向予測精度向上
- ③ 繊維配向を考慮した構造解析精度向上
- ④ ウェルド部の強度低下率の予測精度向上

これらを解決するため取り組んだ内容について紹介する。

### 3 要素試験片での精度検証

#### 3.1 繊維配向の定量評価技術

写真1に射出成形品のX線CT画像を示す。

白い部分がガラス繊維を示し、グレーの部分が樹脂を示している。射出成形品中の繊維は10 $\mu$ m程度の太さで樹脂中に30~50%程度含有されており、3次元的に分布しているため、通常は繊維配向を定量化することが困難である。そこで、金沢工業大学と共同研究を行い、X線CT画像から円柱フィッティング法<sup>1)</sup>を用いて繊維配向の定量化を実施した。

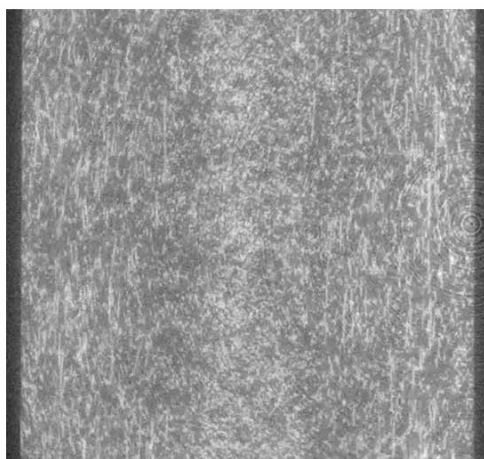
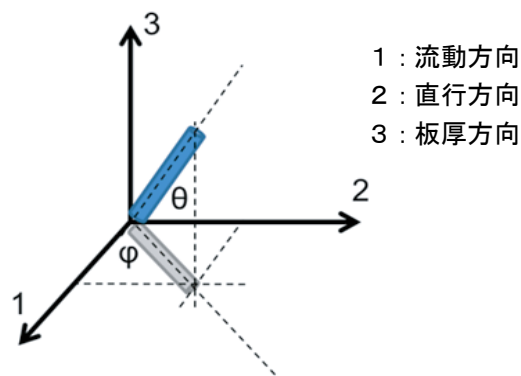


写真1 繊維強化樹脂のX線CT画像

円柱フィッティング法によるガラス繊維抽出方法を説明する。まず撮影したX線CT画像により得られた繊維1本1本に対し円柱モデルを置き、その角度、長さ等を調整しながら実際の繊維によく適合するパラメータを決定する。その円柱モデル1本毎の角度を算出することで繊維の配向を定量的に評価する手法である。次に各観察箇所とも板厚方向を21層に分割し、1層毎の繊維配向度を算出した。繊維配向度の定義を図4に示す。繊維の角度を面内配向角 $\phi$ と面外配向角の $\theta$ で表し、各方向の配向テンソルを式1)~3)で算出した。Nは繊維の本数を意味する。配向テンソルはどの観察位置においても流動方向(MD)をa11、流動直交方向(TD)をa22、板厚方向(ND)をa33とした。



$\phi$  : 面内配向角 (流動方向 90°)  
 $\theta$  : 面外配向角 (板厚方向 0°)

図4 繊維配向度の定義

$$a_{11} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\sin \theta_i \cos \phi_i)^2 \quad (1)$$

$$a_{22} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\sin \theta_i \sin \phi_i)^2 \quad (2)$$

$$a_{33} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\cos \theta_i)^2 \quad (3)$$

このように従来では困難であった射出成形品の繊維配向を3次元的に定量化することが可能となった(図5)。

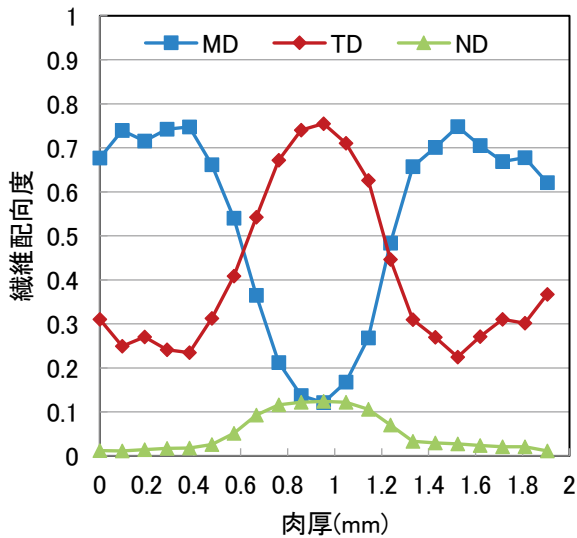


図5 繊維配向の定量評価結果

### 3.2 流動解析による繊維配向予測精度向上

繊維配向による物性異方性を考慮した構造解析を行うためには、射出成形過程で生じる繊維の配向を予測することが必要である。そのため、射出成形流動解析により繊維の配向を予測し、先程説明した実物の繊維配向の定量化結果と比較することで、その精度を検証する。

実験に用いた平板試験片を図6に示す。材料はPA66にガラス繊維30wt%含有したものをを用いた。

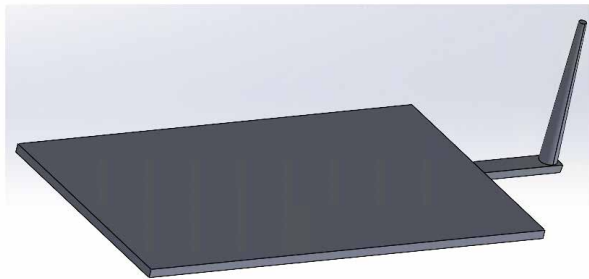


図6 試験片形状の概要

流動解析は射出成形ソフトウェア (Coretech System社製 MOLDEX3D<sup>®</sup>) を用いた。繊維配向の予測モデルには高濃度溶液中の楕円体配向挙動予測モデルであるFolger-Tuckerモデル<sup>2)</sup>に繊維同士の干渉等も考慮可能なように拡張したiARD (Improved Anisotropic Rotary Diffusion) モデル<sup>3)</sup>を用いた。

図7に繊維配向メカニズムの模式図を示す。射出成形中の樹脂は金型と接触した箇所が瞬時に冷却され固化し、その内側を熔融樹脂が流動することが一般的である。そして、固化層と熔融層では速度勾配が発生し、その速度差により生じるせん断応力によって繊維は樹脂流動方向に配向すると考えられて

いる。本報では固化層の厚みに影響の大きい射出速度を低速と高速の2水準で試験片を作成し、実物と解析で得られた繊維配向状態を比較した。

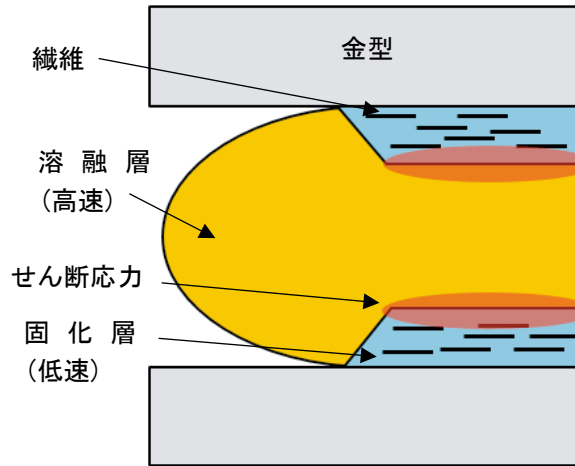


図7 繊維配向メカニズム模式図

実物と解析の繊維配向分布を比較した結果を示す(図8, 9)。繊維配向の予測精度向上のために流動解析パラメータを調整することで、実物の繊維配向分布と概ね合致する結果が得られている。また、射出速度の違いによって繊維配向分布の傾向も異なっている。具体的には射出速度が遅いほど壁面近傍の流動方向 (MD) の配向層厚みが増えている。これは射出速度が遅いほど金型壁面近傍の固化層が成長しやすく、固化層と熔融層の狭間で発生するせん断応力が、肉厚中央まで加わった結果だと考えられる。このような射出速度を変更した際の繊維配向分布を解析でも再現することが可能である。

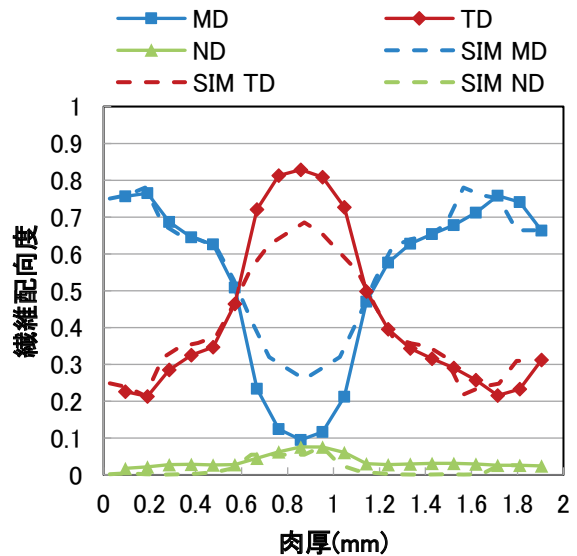


図8 実物と解析の繊維配向分布比較 (射出速度高速)



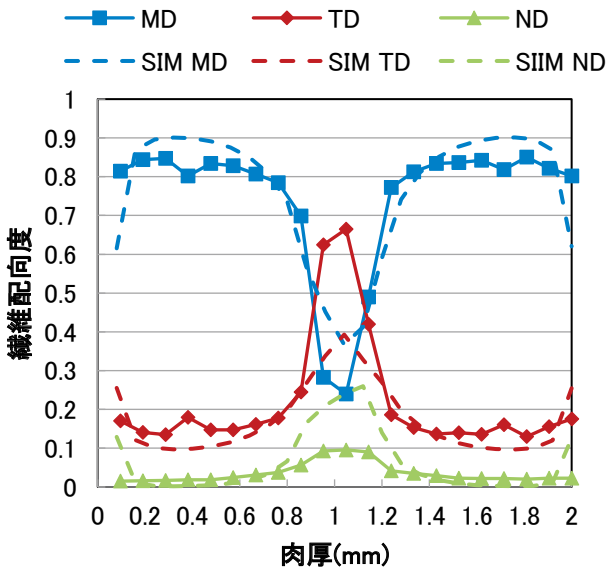


図9 実物と解析の繊維配向分布比較 (射出速度低速)

### 3.3 繊維配向を考慮した構造解析精度向上

流動解析により予測した繊維配向分布を考慮した構造解析を行い、その精度を検証する。異方性材料物性の予測には非線形マルチスケール材料モデリングソフトウェアDigimat<sup>®</sup> (e-Xtream社製)を用い、Mori-Tanakaモデル<sup>4)</sup>により均質化を実施した。Digimatでは平均場均質化法という手法を用いる。平均場均質化法とはガラス繊維の形状、配向を近似的に楕円として扱い、母材とガラス繊維にかかるひずみと応力を計算し、合計としてのガラス繊維入りの複合材料物性を計算する。平均場均質化法はミクロな応力ひずみ特性から材料の微細な構造を考慮した、マクロな物性を計算できる手法である。また、計算が速く、有限要素法の計算と連成させながら解くことができる。

構造解析精度は3.2節で成形した平板試験片から樹脂流動方向に対し0度、45度、90度と角度を変えて切り出したダンベル試験片にて検証した(図10)。作製した試験片の引張試験結果により得られたS-Sカーブを解析結果と比較した。射出成形品の繊維は樹脂流動方向の配向が支配的になりやすいため、繊維配向による物性異方性によって、切りだし角度0度では高強度に、切りだし角度90度では低強度になると考えられる。そういった挙動を解析で模擬できるか検証した。

また、3.2節では射出速度を変更すると繊維配向分布に差が発生し、それを解析で再現可能になったことが分かった。射出速度によって変化した繊維配向が物性に与える影響を確認するため、強度評価および解析との比較も射出速度低速な場合と高速な場合の2通り実施した。

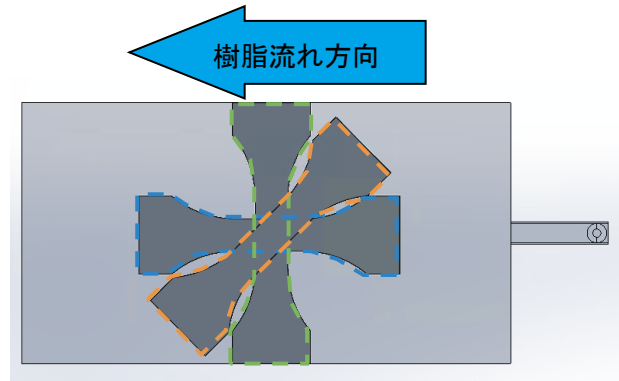


図10 強度試験片の切り出し箇所

実験結果を図11, 12に示す。実物結果を見ると実物の挙動を解析で再現可能なることが確認できる。また、S-Sカーブの終点が試験片の破壊したタイミングを示す。破壊判定にはTsai-hill 3D transverselyを用い、繊維配向毎の破壊ひずみを考慮することで、破壊タイミングも精度よく再現ができています。

また、射出速度が遅いほど0度方向では強度が高く、90度方向では強度が低い異方性が大きい結果となった。これは3.2節で示した繊維配向分布において低速の場合はMD方向の配向が高くなったためだと考えられる。つまり、射出成形方案によって繊維配向が変化し、それにより物性が変化していることが分かり、繊維配向を考慮した解析によってそれらを精度よく再現可能であることが分かった。

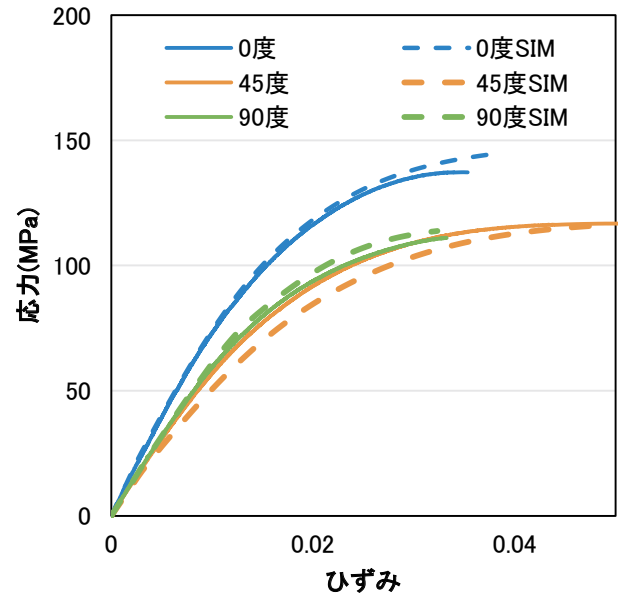


図11 切り出し角度毎の構造解析精度 (射出速度高速)



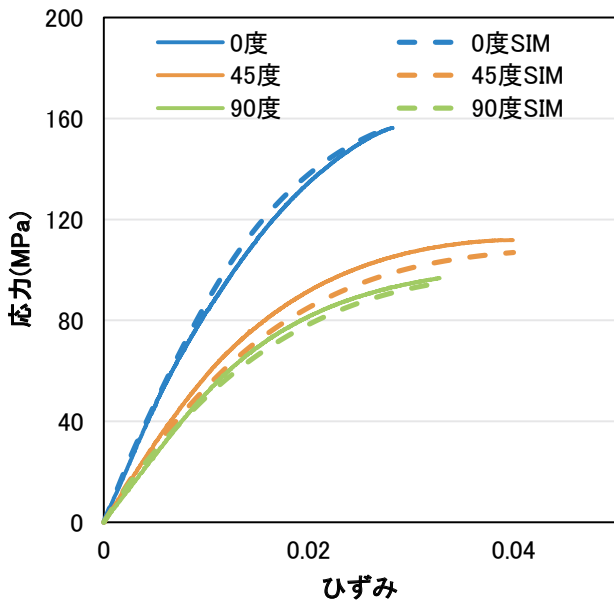


図12 切り出し角度毎の構造解析精度 (射出速度低速)

### 3.4 ウェルド部の強度低下率の予測精度向上

射出成形中の溶融樹脂が合流して発生するウェルドラインは繊維配向の局所的な変化や溶融界面の存在により強度を大きく低下させる (図13)。実製品の射出成形でウェルドラインを完全になくすことは困難であり、強度解析精度を向上するためには、ウェルドラインを考慮した解析が必須である。

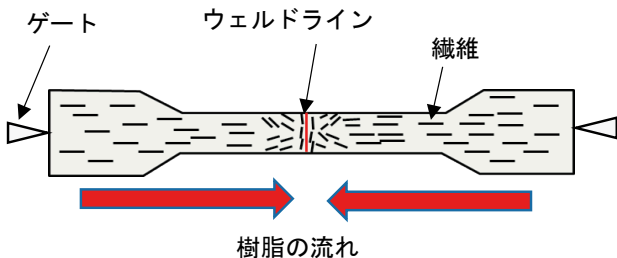


図13 ウェルドラインの模式図

ウェルド部の強度低下要因として局所的な繊維配向の変化と、溶融界面の存在が考えられる。ウェルド部の繊維配向分布を示すX線CT画像を示す (写真2)。樹脂が合流した部位では樹脂流動方向に直角に繊維が配向している様子が確認される。このようにウェルド部は局所的に繊維配向が変化するため、溶融界面の存在もあり、破壊起点となりやすい。流動解析で、樹脂合流部の繊維配向を予測した上で溶融界面による強度低下を解析変数として合わせこむことによって、ウェルド部の強度予測精度を向上させた (図14)。

これらの試みによって、繊維強化樹脂射出成形品の物性を大きく変化させる繊維配向やウェルドライ

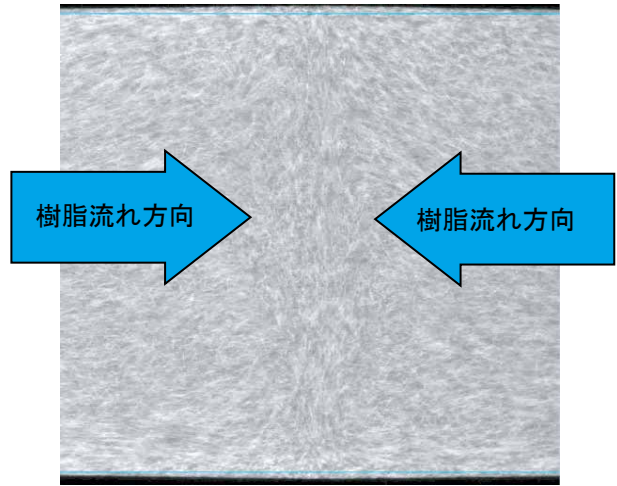


写真2 ウェルド部の繊維配向

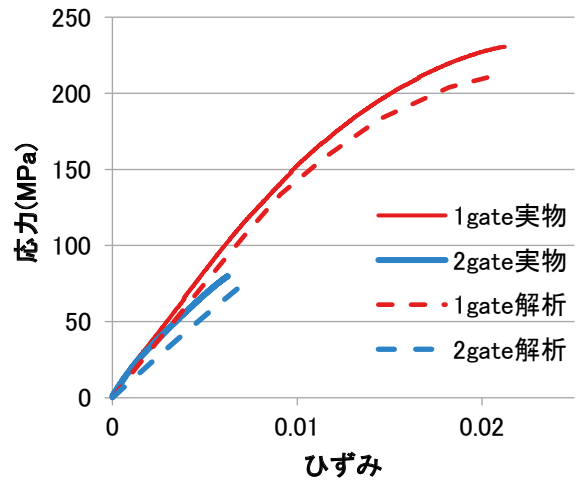


図14 ウェルド部の強度予測精度

ンを考慮した解析技術を構築した。

## 4 実部品形状での精度検証

### 4.1 実部品形状での効果確認

繊維配向やウェルドラインを考慮した解析が可能となったため、実部品を使用してその効果を検証した。一例としてショックアブソーバ用樹脂パンプストップパを挙げる。樹脂パンプストップパはアウトに圧入することで固定しているが、アウト圧入時に形状①で割れが発生し、トライ&エラーを繰り返し形状②に変更したことで割れが解消された (図15)。この現象を解析で再現可能か検証した。

まず樹脂流動解析により樹脂の流動挙動を検証した。その結果、形状の違いにより樹脂の流動挙動が変化し、ウェルドラインの発生範囲に差が生じていた。繊維配向やウェルドラインの強度低下を考慮した構造解析を行った結果、形状①で破壊し、形状②では破壊しないという実物の挙動を解析で再現する

ことができた (図16)。繊維強化樹脂の部品を設計する際は作り方も含めた材料強度検討が重要かつ有効なことが確認できた。

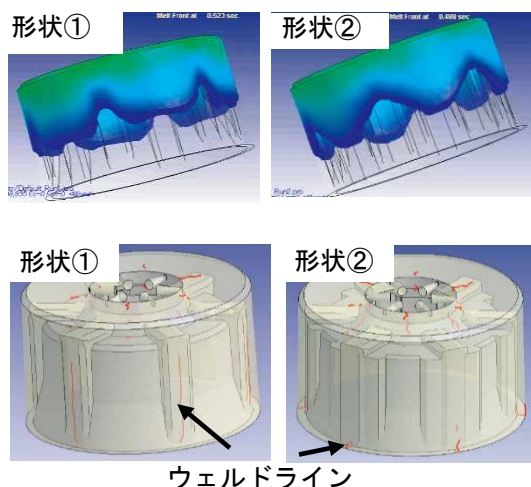


図15 ウェルドライン発生箇所の違い

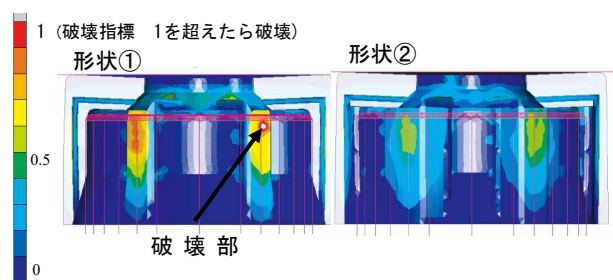


図16 アウタ圧入時の破壊指標解析結果

## 5 結言

繊維強化樹脂の射出成形品は成形過程で繊維の配向やウェルドラインにより機械的特性に異方性や分布が生じる。そのため、成形過程の繊維配向やウェルドを考慮した構造解析技術を開発し、樹脂部品の物性予測精度を向上した。それにより実部品形状の破壊挙動の予測も可能なことが分かり、繊維強化樹脂の部品を設計する際は作り方も含めた材料強度検討が重要かつ有効なことが確認できた。

## 6 今後の展望

本技術により、樹脂部品の強度予測精度を向上させることができた。今後は様々な実部品アイテムに適応し、開発効率向上や、部品形状最適化によるコスト、重量の低減等により競争力向上に貢献したい。

### 参考文献

- 1) ナノテックジャパンホームページ  
<https://www.nanonet.go.jp/magazine/feature/10-9-innovation/58.html>
- 1) 鈴木亨, 杉田寿夫, 瀬戸雅宏, 柿島浩徳, 田中宏明, 山部昌: 成形加工, 28(6), 239 (2016)
- 2) Folgar, F. and Tucker, C.L.: Journal of Reinforced Plastic and Composites, 3, 98 (1984)
- 3) Peter H. Foss, Huan-Chang Tseng, John Snawerdt, Yuan-Jung Chang, Wen-Hsien Yang, Chia-Hsiang Hsu: Polymer Composites: 35(4), 671 (2014)
- 4) Mori, T., Marzari, N.: Journal of Energy Resources Technology, 114, 101 (1992)

## 著者



小倉 翔吾

2012年入社。技術本部生産技術研究所第一研究室。樹脂成形技術の開発に従事。

製品紹介

# 建設機械用油圧シリンダ KCH-8の開発

小林 俊 雄

## 1 緒言

カヤバでは油圧ショベルを主とした建設機械用のシリンダを製造・販売している。その中でも運転質量20t～40tクラスの油圧ショベルは旺盛な需要があり、市街地の土木工事から鉱山の採掘現場まで世界中でよく見かける製品となっている。上記クラスの油圧ショベル用シリンダ（以下KCH）を当社は約50年間製作し続けてきた。しかしながら昨今、油圧ショベルメーカーのグローバル化、競合シリンダの台頭などから、非常に激しい競争環境にさらされている。特に、価格面の競争については、優位性が見いだせない状況になっている。

このような不利な状況を改善するべく、現状構造にとらわれない新モデル（KCH-8 [Kayaba Cylinder High pressure model-8]）の開発を行った。本報においては今回取り組んだ製品の紹介と技術的課題と開発品の紹介を主に行う。

## 2 油圧シリンダについて

### 2.1 油圧シリンダとは

油圧シリンダは、ポンプから供給された作動油を媒体として、油圧シリンダの受圧面に圧力を作用させることで推力を発生させることができる。油圧ショベルは、油圧シリンダの推力と伸縮作動を利用することで、油圧ショベルのリンク機構を介して、バケットで重い土砂の採掘や運搬、持ち上げなどの仕事をする事が可能となる（図1）。

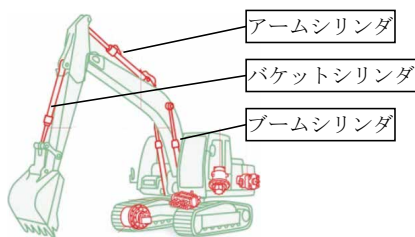


図1 建設機械用油圧シリンダ使用例

### 2.2 シリンダの主要部品

油圧シリンダを構成する部品の種類は50点未満と、他の油圧機器（ポンプ、バルブ等）と比べて少数であり、機械部品としては簡素な構造と言える。詳細な部品の紹介はここでは割愛するが、油圧シリンダの概要図を図2に、構成部品とその代表機能を表1に示す。

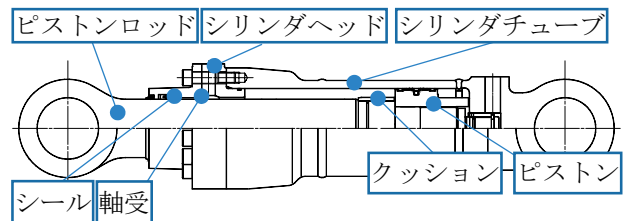


図2 シリンダモデル

表1 油圧シリンダの構成部品とその代表機能

部品	代表機能
シリンダチューブ	構造物, 密封
ピストンロッド	構造物, 摺動
シリンダヘッド	構造物, 密封, 軸受保持
ピストン	構造物, 軸受保持
各種シール	密封, 耐圧
各種軸受	構造物, 摺動
クッション	緩衝

### 2.3 油圧シリンダの特徴

油圧シリンダは、外部に対し所望の仕事を行うと同時に、油圧ショベルに生じる反力や外力を受け止める役割も担っている。油圧シリンダには、推力を確実に発生させるための作動油の密封性、滑らかに伸縮作動させる摺動性、ストロークエンドにおけるクッションによる緩衝機構など、油圧ショベルの作業性や操作性に関わる機能とともに、作動油の圧力、引張・圧縮荷重、曲げ、座屈、振動、保持など、構成部品の多くが構造物としての機能を備えている。

また、シリンダの主要寸法は、油圧ショベルが必要とする推力とストロークで決定される。シリンダは細くて長い製品が多い都合上、シリンダの軸方向に長尺の部材が必要となる。

### 3 開発課題と改良のポイント

#### 3.1 課題の明確化

緒言に示すようにKCHでは厳しい価格競争にさらされており、コストダウンが最重要の項目となっている。課題を明確にするためにシリンダのコスト分析を行ったところ、シリンダチューブの素材費が最も大きな割合を占めており（次いでピストンロッド素材）、長尺部品が支配的である（図3）。そのため、長尺部品の薄肉化は大きなコストダウン効果が期待できる。

油圧シリンダコスト構成イメージ

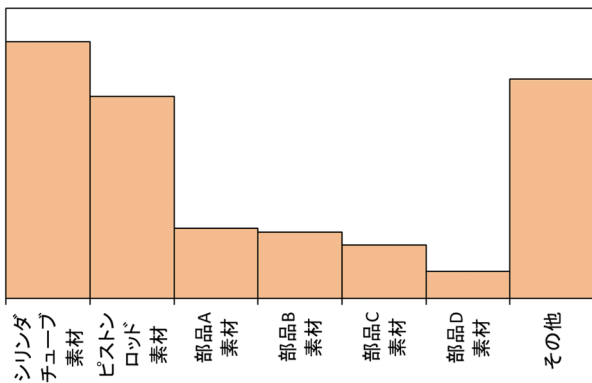


図3 シリンダのコスト構成イメージ

#### 3.2 シリンダチューブの特性と技術的ハードル

油圧シリンダの油圧シヨベルにおける使用例（図1）として、ブームシリンダ、アームシリンダ、バケットシリンダがあり、部位により使われ方が異なるため、油圧シリンダに発生する負荷も当然異なる。そのため、必要強度がシリンダごとに異なり、それぞれに応じ適切な強度を確保できるように専用設計を行っている。図4に油圧シリンダの構成部品の一つであるシリンダチューブアッセンブリとその構成を示す。従来品のシリンダチューブは必要強度に対する最適設計を行うために、同一のシリンダ内径に対して最大4種類の肉厚を使い分けて設計している。

シリンダチューブが十分な強度を確保できればシリンダチューブの薄肉化は可能である。シリンダチューブの肉厚を従来から20%薄くした場合における、各特性項目に関する変化率と必要強度（基準）に対する適合可否を表2に示す。



図4 現状のシリンダチューブアッセンブリモデル

表2 シリンダチューブ薄肉時の主な強度

特性項目	変化率	基準適合
耐久強度	-57.0%	不適合
耐外力強度	-24.7%	問題なし
耐圧強度	-18.5%	問題なし
圧力による変形量	-16.0%	問題なし
剛性	-4.30%	問題なし

この場合において、耐久強度の低下率が最大となり単純にシリンダチューブを薄くするだけでは基準を満たすことができない。中でもシリンダボトム溶接部（図4）が最弱部位であり強度上のネックとなる。シリンダチューブの薄肉化がシリンダボトム溶接部の耐久強度に影響を及ぼすのか？と思われるかもしれないが、耐久強度は応力集中と反比例関係にあり、またシリンダボトム溶接部における耐久強度はシリンダチューブの肉厚と比例関係にある。強度解析（FEM）でも薄肉化により溶接部の応力が増大し耐久強度が低下することが試算された。

ここで、シリンダボトム溶接部はシリンダチューブとシリンダボトムの溶接継手であり、平坦な形状であるシリンダチューブに対し、溶接部は急激な形状変化部である。形状変化により応力が集中すると同時に、シリンダチューブと繋がっている関係で、シリンダチューブを薄くするとその肉厚に比例して平均応力が高くなり、応力が集中する溶接部はさらに高応力となる。

以上のようなシリンダボトム溶接部の特徴を踏まえ、シリンダチューブの薄肉化によるシリンダボトム溶接部の平均応力の増大に対して、シリンダボトム溶接部の応力集中を抑制することができれば、シリンダチューブを薄肉化しても従来の耐久強度を維持することが可能になると考えた。

そこで開発課題を「シリンダボトム溶接部の耐久強度向上によるシリンダチューブ薄肉化」として、溶接部改良に着手することとした。

#### 3.3 従来のシリンダボトム溶接構造とその特徴

図5に現在までにシリンダボトム溶接に採用した形状（4形状）を示す。シリンダボトム溶接部に求められる機能である、耐圧、耐久性、シリンダチューブとシリンダボトムの同軸度等を確保するため、これらの形状が開発されてきた。

KCH-8開発前のシリンダボトム溶接形状はTYPE 4である。

TYPE 1：油圧シリンダの初期形状である。形状は最も簡素であり、部品点数も少なく、加工歩留まりは割と良い。しかし耐久性は4タイプの中で最低である。

TYPE 2：TYPE 1と比較しシリンダボトムと溶接



部を遠ざけ応力集中を低減させた形状である。耐久性はTYPE1よりは良好。部品点数は同一である。しかし、加工歩留まりは悪い。

TYPE3：シリンダボトム部に油圧を負荷した時の変形を考慮しシリンダボトム溶接部の応力集中を低減させた形状である。耐久性はTYPE2より良好。部品点数は同一だが加工はシリンダボトム内径部に溝加工が必要なため複雑である。

TYPE4：シリンダボトム部に油圧を負荷した時の応力集中を更に低下させるために、3ピース構造を採用したものである。シリンダチューブとシリンダボトムを溶接する際にカラー（裏板に相当する部品）を取り付け溶接する構造となっている。耐久性は従来品の中で最良。シリンダボトム部の加工性歩留まりはTYPE3より向上した。

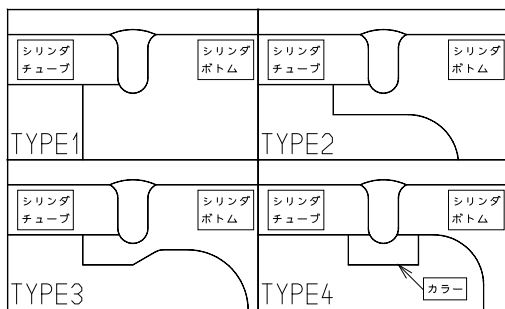


図5 現在までに採用されたボトム溶接部形状図

## 4 溶接部耐久性向上の方法

### 4.1 構造検討

従来のシリンダボトム溶接部の形状から耐久性向上方を検討した。シリンダボトム溶接部の位置がシリンダボトムから遠ざかるほど応力が低減する。それは一般的な応力低減策であるが、構造物として全長が長くなり、構成上不利となる。最適な形状を探求するためにFEM解析を行った(図6)。シリンダチューブの肉厚違い、カラーの有無、シリンダボトム部の加工形状など様々な構造を解析した。解析の結果からシリンダボトム溶接部の内径部に溝のような部分を形成することで従来品の構成を変更することなく応力集中の低減が可能と推定した。溝を設けることにより軸方向の負荷を応力集中部から回避し全体に分散させ耐久強度の向上が可能となるのではと考えた(図7)。

### 4.2 有効性の確認

応力解析を実施した中から有力候補を6パターンまで絞り込み耐久試験を実施し、耐久強度が基準を

上回るか、また解析通りの耐久強度が確保できているか確認した。その結果、採用した形状は従来のシリンダチューブ肉厚品の耐久試験結果を1.0とした場合、シリンダチューブの薄肉を行った場合でも1.1倍程度となり、従来の耐久強度より向上することを確認した。またシリンダチューブ肉厚を従来品のままシリンダボトム部の形状のみ変更した耐久試験では、耐久強度は従来品の2倍となり、形状変更により強度は十分向上していることが分かった(図8)。

耐久試験と同時に加工性、施工性も評価内容に加え、生産にも配慮した形状を構築した。

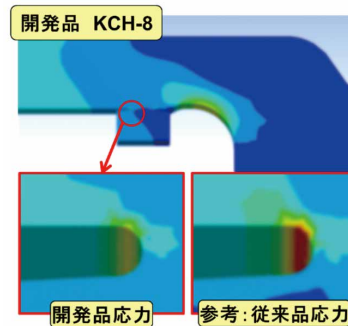


図6 溶接部付近の応力分布

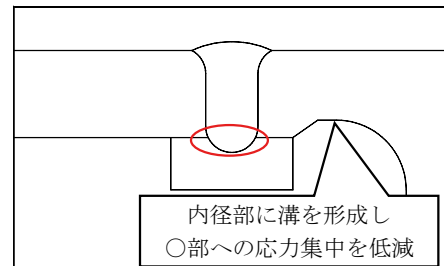


図7 開発したKCH-8ボトム溶接形状

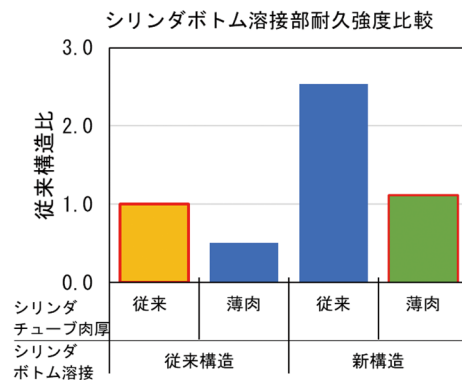


図8 耐久強度比較

## 5 結言

本開発においては、先人に改良開発は難しい製品であることを言われてきたが、これまでの形状を活かすことでシリンダチューブの薄肉化においても耐

久強度の向上を成立させる事が出来たことはいうれしく思う。

今後も本開発を糧に新たな油圧シリンダの技術開発の一翼を担えるよう精進していきたい。

最後に、本製品の開発にご協力いただきました各建機メーカー様、関連協力会社の皆様、社内各部門の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 高井：油圧ショベル用シリンダ変遷, KYB技報第50号, (2015年4月)
- 2) 船戸：中型ショベル用 倒立バケットシリンダ, KYB技報第57号, (2018年10月)
- 3) 原：回想, KCHの誕生, KYB技報第56号, (2018年4月)

---

#### 著 者

---



小林 俊雄

2007年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部開発実験部第二実験室。同事業本部岐阜南油機技術部設計室時代に本開発に従事。

製品紹介

# カヤバキャンピングカーコンセプト

田 中 和 徳



写真1 東京オートサロン2023 カヤバブース全景

## 1 はじめに

カヤバ特装車両事業部の主力製品は、国内シェアトップを誇るミキサ車である。ミキサ車は生コンを運ぶ重厚長大な車両である。しかし、コンクリートの需要は中長期的にみて右肩下がり傾向にありその結果、ミキサ車の国内保有台数も減少傾向にある。

逆に、ファミリー層やシニア世代を中心にキャンピングカー需要は強く、コロナ禍を経て個人の時間を楽しんだり、遠隔で勤務もできる環境のニーズなど多様な用途が拡大し販売台数が増大している市場である。2021年の国内累計保有台数は136,000台に到達し前年比107%となり、この10年で売り上げ総数は3倍に拡大している(図1、図2、参考文献:キャンピングカー白書2021・2022)。近年の年間新規登録台数は、アメリカ43万台、ヨーロッパ23万台、オーストラリア4.5万台、日本8千台、RVパークやオートキャンプ場は、アメリカ16,000か所、フランス11,000か所、日本は300か所で見れば日本の市場は小さいが伸び代がある。

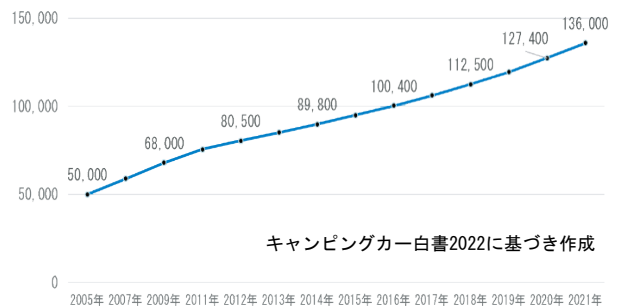


図1 国内キャンピングカー累計保有台数

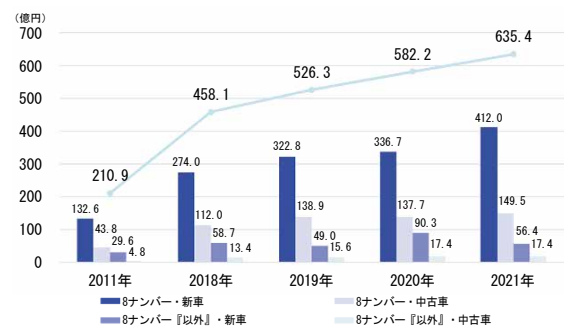


図2 国内キャンピングカー販売額

本報は、特装車両事業部の次世代製品を検討するなかで将来性のある異なる市場へ挑戦することを試行した一例である。特装車両事業部ではBtoCの事業は経験が浅く一般消費者へ向けての商品経験がほとんどないが、全社プロジェクトとして事業横断活動による人財交流と育成も含め、弊社がこの拡大する市場に向けて何ができるかを模索した経緯を紹介する。

## 2 コンセプト

キャンピングカーに求めることについて、ユーザ調査を行い、困りごとと訴求ポイントを整理した(表1)。

背が高いキャンピングカーは、「高速道路でのふらつき」「トンネル出口や橋の上の横風」「逆カント路面傾斜」による転倒の危険性を感じるなど走行安定性に不安があることがわかり、乗り心地も満足するものではないことが想像できた。また停車時は「就寝時の車体の傾き」「乗員の動きによる揺れ」など快適性も不満があることがわかった。このような足回りに関する悩みは当社のサスペンション技術で改善できることも多そうである。使い勝手の面では「駐車場に困る」「高さ制限のある道路を通行できない」「気軽にドライブスルーを利用できない」などが見られた。これらは、架装技術で改善できそうである。

表1 ユーザの困りごとと訴求ポイント

	困りごと	シーン	減衰力調整	車高調整	サスロック	構造物
安全性	高速走行時のふらつき	高速道路	●			●
	横風によるあおられ	トンネルの出口・橋上 トラックに追い越される時	●			●
	車両転倒の不安	高速道路ランプ 逆カントの路面	●			●
快適性	乗り心地が悪い	高ばね定数のタイヤ使用 高い空気圧設定 コンビニの出入り	●			
	車体ゆすられ・ねじれ	未舗装路の凹凸	●			
	車体の傾き 車体の揺れ	駐車時 駐車時(乗員の動き)		●		●
利便性	ユーザーが任意・手で調整可能 (スマホ・タブレット連携)		●	●	●	●

ユーザへの訴求ポイントを踏まえ、様々なアイデアの中から次のようなコンセプトを実現できる「くるま」創りを目指した。

- ①細い道のある観光地の狭い駐車場を利用して、二人で機動的に移動でき、夜はキャンプ場でゆっくり過ごす、快適な車中泊を提供する「くるま」
- ②狭い山道を走って溪流を渡り、夕まずめまで釣りをして暗くなっても安全快適に宿泊できる、

朝から晩まで遊びつくす「くるま」

- ③これまでのキャンピングカーでは体験できなかった、「自然に近づく」アクティブアウトドア派向けで、走りも楽しめる、上質・ハイエンドな「くるま」

以上のコンセプトを具現化する挑戦である。

## 3 車両の構成

前述、訴求ポイント及びコンセプトを実現するため、市場で人気はあるが自由度の少ないバンコン<sup>注1)</sup>と言われる車両ではなく、架装技術を活かして製作できることから車両ボディの自由度が大きいキャブコン<sup>注2)</sup>と言われるキャブ付きフレームのトラック車体を利用して構築することにした。

キャンピングカーユーザの不満点である「走行安定性に不安」「横風に弱い」など車高による点を改善するため、低重心と低車高を実現する油圧によるポップアップ機構を考案した。これにより屋根の高さを600mm上下することができ、走行中は車高を低くすることにより風の影響を受けず安定した運転ができる。また、1.5t積載の標準ルーフの小型トラックであれば主要な乗用車用駐車場に対応できるものになる。試作車の走行状態の寸法は全長4970mm、全幅1850mm、高さ2150mmであり、特に制限の無いコイン駐車場、ファストフードのドライブスルーや天井高2300mm以上の地下駐車場にも対応可能であり、機動的な旅のアイテムとなる。相反する室内高は拡張時には1900mmを確保して快適に立って移動できるため調理などすることも苦にならない。

走行時は、古都の狭い道や細い溪流沿いの林道も神経質にならずに運転できるよう車幅を抑えた上で、就寝設備を備え十分な広さを得るため、右側方を400mmスライドアウトすることで空間の拡大を実現した。これら室内をイメージするため木製のモックアップ(写真2)を作成し居住性を体感した上で設計にはいった。

拡張時の居住空間は、ポップアップ&スライドアウト機構により、走行中の空間容積(装備部除く)



写真2 室内モックアップ



に比較して約2倍に拡大している。(写真4, 5)

油圧源には、世界最小クラス弊社グループ会社タカコ製マイクロピストンポンプ(写真3)とカートリッジバルブなどを利用してスムーズな動作を実現している。



写真3 マイクロピストンポンプ

ちょっとした休憩時は高さ方向だけ展開して立って移動できる、隣の車を気にする場所ではスライドアウトを広げないといった使い方もできる。



写真4 走行時格納状態側面



写真5 滞在時拡張状態側面

注1) バンコン: バンコーバージョン ワンボックスタイプのボディをそのまま主に内装をキャンピング仕様としたもの

注2) キャブコン: キャブコンバージョン キャブ付きシャシのトラックをベースとしたキャンピングカー

#### 4 ボディの製作

架装ボディは、十分な剛性のある銅製サブフレームにアルミと断熱フォーム材のサンドイッチパネルを組み合わせてメインボディを構成し、断熱性能を確保した居室を実現している。ポップアップシェルやスライドアウト部分も同様のサンドイッチパネルのハードシェルで構成することにより十分な断熱性・遮音性・防犯性・耐獣性が走行時・拡張時共に確保されたものとなっている。

室内の拡張機能は床下のシャシフレーム側に電動油圧ユニットを設置し、ポップアップ用3本とスライドアウト用1本の油圧シリンダ(図4)で動作することとした。

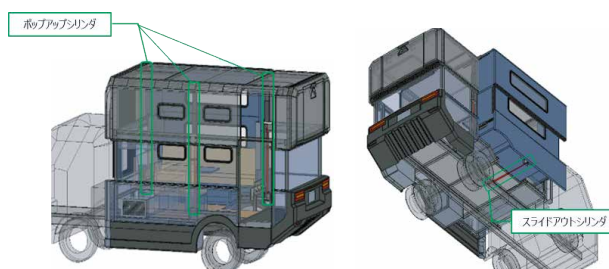


図4 シリンダ配置図

高剛性サブフレームは走行時の運転しやすさとポップアップとスライドアウトの動作をスムーズにすることにも貢献する。

外装にはSUV風のラギッドなデザインを採用し、乗用車のようなリヤバンパを備えデパーチャアングルを強調した(写真6)。後面中間部のハニカム形状部は換気扇の排気口となっておりデザインのアクセントとなっている。



写真6 アウトドアを強調した後方デザイン

左側面下部は水タンクを備え水の交換を車外で行えるようにした。また、右側は燃料タンクと尿素水タンクにアクセスしやすいようになっている。

#### 5 足回りの装備

足回りには、走行安定性を改善する「ソレノイド減衰力調整式ショックアブソーバ」(以下 減調SA)を装備し、減衰力を室内から調整できるため路面・走行に合わせた安定した快適な走りができる。

さらに、傾斜地でも水平を保つ車高調整機能と停車時の揺れを防ぐレベリング&サスロック機能付きショックアブソーバ(以下 車高調SA)を試行した(写真7)。

今回はこれらのサスペンション開発の詳細まで紹介できないが、今後の技報で詳細の技術紹介を期待

されたい。



写真7 前輪：減調SA・後輪：車高調SA

## 6 内装および外装と操作

内装と外装ラッピングはヴォイド社によるデザインを採用した。アクティブな人の隠れ家をイメージし、コテコテの高級仕様ではなく、凛とした空間（空気感）を作り出すことで、高級感を演出した。内装はシックな色使いで上品に、外装は自然をテーマとした展示ブースのイメージを踏襲し、等高線と緯経線で自然の地面から空への移ろいを表現したアースカラーのラッピングを施した（写真4，図5）。

車体の拡張と格納，減衰力調整，水平レベリング，車体ロック機構，換気扇動作をタブレットPCまた



図5 室内デザイン



図6 スマートフォンアプリ

はスマートフォンから操作できるようにした。アプリの画面も車両デザインに共通するシックなアースカラーを基調としたデザインとした（図6）。

## 7 キャンピングカーとしての要件

用途区分を「キャンピング車」として登録するのに必要な要件と法規を満たすことも必要条件とした。

- ・就寝人数は乗車定員の1/3以上であること
- ・設備の専有面積が床面の1/2以上あること
- ・上・下水をそれぞれ10L以上貯蔵することができ、水道が容易に使用できること
- ・コンロなどにより炊事ができ，換気が行えること
- ・調理台の作業スペースが確保されていること

試作車では，3名乗車，リビングソファ兼用就寝設備，炊事場，水を上下それぞれ最大20L，カセットガスコンロ，冷蔵庫，リチウムイオンバッテリー，ソーラパネル，エアコン，換気扇を装備した。

## 8 東京オートサロン2023への出展

東京オートサロンは，コロナ禍にあって東京モーターショーなどが中止になるなか，各自動車メーカーが新車発表をする場になるなど，展示の多様性が見られたことから，車好きの方のご意見を聞かせていただける良い機会であると判断し，カヤバキャンピングカーコンセプトの発表の場とした（写真1）。

東京オートサロン2023では「KAYABA ALL HANDS」をテーマとして様々な部門のメンバーが協力して造り上げた様子や技術の先進性と安心安全をお届けする姿勢を映像などで示した（図7）。



図7 イメージ動画

減調SAによる操安性向上を映像およびシミュレーション動画で紹介し，車両居室の油圧によるポップアップ&スライドアウト拡張，レベリング&サスロックをタブレットパソコンで操作する実演展示を披露した（写真8）。減調SAはスマートフォンを使い減衰力調整できること，その効果を手動レ

バーにより操作することにより、現物を使って体感する装置を用意し会場ではわかりにくい減衰力の変化をアピールした。

これらにより展示会では弊社の持つ油圧・振動技術を活用し最大限の魅力と先進性を表現できた。

## 9 おわりに

試作車は展示車両として設計しており試行錯誤を繰り返しながら製作したため、技術者から見れば意



写真8 東京オートサロン2023でのデモ

見も多いと思うが改良を重ね熟成させて行きたい。

東京オートサロン2023では大勢の来場者様から好評を博し、今回の我々の挑戦に対して好意的な声は多いが、新しい市場に後発として挑戦することは様々な困難があり、品質はもちろんのこと、コスト、販売チャンネル、アフターサービスも検討しなくてはならない。製品販売について当社として最適な形態を検討して進めていきたいと考えている。

展示会の監修及びキャンピングカー室内・外装デザインをしていただきましたヴォイド社をはじめ協力会社の方、社内プロジェクトメンバーおよび展示会・取材等協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

### 参 考 文 献

- 1) キャンピングカー白書2021・2022

## 著 者



田中 和徳

1988年入社  
特装車両事業部熊谷工場技術部



随筆

## ドイツ駐在記

金 容 台

## 1. はじめに

私は2021年2月、ドイツにあるKYB Europe GmbH（以下 KEU）へ赴任し、2022年12月に帰任するまで約2年間に渡り現地駐在員として様々な体験をすることができた。KEUは西ヨーロッパ地域を対象とした市販ショックアブソーバ（以下SA）の販売拠点となっており、駐在期間中には購買業務を担当した。

一生ヨーロッパに住むことは想像もしていなく、特にドイツについては、大学生の頃に父と二人で旅行をして以来、約10年ぶりであったため、フランクフルト空港に着いた際は、感慨にふけることもあった。10年前の追憶が今につながっているという、人生どこで転機があるか分からないものである。

今回の約2年間の駐在を経て、短いが公私ともに得られた大変貴重な経験の一部を紹介する。

## 2. ドイツ生活

まずドイツ（ドイツ連邦共和国）は、人口8400万人、総面積35万平方キロメートルの、中央ヨーロッパおよび西ヨーロッパに位置する連邦共和制の国である。

そして駐在していたデュッセルドルフはライン川河畔に位置し、人口約62万人、面積は217平方キロメートルとその数字をみただけでは中小都市にしか見えないが、いくつかのグローバル企業の本社が位置し、芸術分野ではデュッセルドルフ芸術アカデミーが位置しているなど、経済・芸術分野で知られている都市である。

また、地理的にはオランダ、ベルギーへのアクセスが容易であることで、数多くの日本企業がデュッセルドルフに拠点を構えていることから、約5000人程度の日本人が居住している。そのため、ヨーロッパでありながらもアジアの文化を体験できることがデュッセルドルフの魅力である。

ここまで良いことばかりを書いたが、一方で苦勞した点としては冬の日照量の激減による寒さであった。特に冬になると極端に日照量が下がり、朝暗い時に出社し、夜暗い時に退社するという日々の繰り返しであった。日照量の低下は人間の暮らしに影響を与え、ドイツ国内でもうつ病による自殺率の増加につながるという報告もあるくらい、冬は長いトンネルのようなものであった。従ってドイツ駐在中の初めての冬は、可能な限り公私ともに精神が沈まないように格別に注意し、寒くても外出して体を動かすことを大事にした。

また、私が赴任した直後は、コロナウイルスが全ヨーロッパを直撃した時期であった。当時のドイツの場合、1日のコロナウイルス感染者数は6万人を超える状況であったため、スーパーを除く全てのお店がシャットダウンをしていた。そのため、外出はほぼ不可能で、毎日が会社と家を往復する日々の連続であった。当然全てのレストランが営業を中止していたため、せっかく海外駐在しているにも関わらず、毎日自炊して食事を済ましていた。人生初の海外赴任地でありながら外出が許されない生活であり、駐在当初は苦勞した。



写真1 命を守るためのマスク



### 3. ドイツでの業務

前述の通り、ドイツ駐在期間中は購買業務を担当した。KEUではヨーロッパ市場向けの在庫販売を主な商流とする市販販売拠点であり、ドイツ従業員は約30名で構成されている。主要調達先はカヤバグループの生産拠点とアウトソースサプライヤになり、市販ショックアブソーバーやコイルスプリング、マウントキットなどの購入及び在庫管理が主な業務であった。

しかし、購買業務と言っても業務内容は多岐に渡り、市販SAの発注業務に始まり仕入先納期フォロー、適正在庫管理とオーダー充足率向上施策、および新規開発業務など、経験したことない業務であったため、当初は非常に苦労した。営業の販売予測のデータから需要を予測し、在庫レベルと充足率のバランスを取りつつ発注数量を決める業務は、各工場や他部署との情報交換、協業が不可欠であるため、業務上のコミュニケーションの重要性を肌で実感した。特に製品の納期遅れなどが発生した際、営業やお客様から購買担当としてお叱り頂くこともしばしばあったが、そのようなクレームやアドバイスを頂く中で、市場の生の声を聴き、お客様の要望に真摯に応えることで多くのことを学ぶと同時に信頼関係を築けたことは大きな収穫となった。

それ以外にも、今回の駐在中に受けた外部影響としてはコロナウイルス問題であった。2020年から世界各地に広がったコロナウイルスは、各生産拠点を直撃し、オーダー充足率が急激に低下する時期もあった。しかし、毎月生産計画や出荷計画を地道にフォローし、チーム一丸になって充足率を回復させることができた。毎日が会議の連続で、緊張が続く日々であったが、振り返ってみると非常に貴重な経験であったと思う。



写真2 KEU購買チーム

### 4. ドイツ料理

ドイツの主食は肉とジャガイモがメインになると言っても過言ではない。赴任した直後は、ドイツ料理は一見、単純で同じメニューばかりであると思っていたが、ドイツビールと一緒に食べると、ちょうどいいバランスの味を味わうことができる。

一般的によく知られているドイツ料理と言えば「ドイツソーセージ」になると思うが、ソーセージ以外にもいくつかの伝統料理がある。その中で代表的なドイツ伝統料理と言えば「シュバイネハクセ」という肉料理があり、簡単に言うとローストした豚脚である。皮がパリパリになるまでローストされた豚すね肉にジャガイモを添えて食べる料理で、独特な食感を味わうことができる。



写真3 ドイツ料理 (左がシュバイネハクセ)

また、上記のシュバイネハクセのほか、よく知られているドイツ伝統料理として「シュニッツェル」が挙げられる。ドイツを含め、西アジア圏でも盛んに食べられる肉料理で、その味は日本の豚カツと非常に似ている。しかし、日本の豚カツのように多量の油を使用する揚げ物ではないため、より柔らかい味を味わうことができる。このシュニッツェルと共にオープンで焼いたジャガイモやフライドポテト、あるいはポテトサラダなどを付け合わせにするとより深い風味を味わうことができる。単純な料理に見えるかもしれないが、くせになる料理になるのは間違いないとも言える。



写真4 ドイツ料理（シュニッツェル）

## 5. ドイツビール

前述のようなドイツの料理に欠かせないものは、なんと言ってもドイツのビールである。特に、ドイツでは大手メーカーによるビール製造ではなく、各地方の醸造所で造られる地ビールの醸造が盛んである。そのため、ビールの区分も多様であるが、大きくは「地域」による区分と「ビールの色」で区分するのが一般的であると思われる。



写真5 ケルンの地ビール（ケルシュ）

例えば、ドイツの北のほうの地域では「エール」と呼ばれるビールが主流で、旨みをじっくりと感じられるビールが多く、南のほうでは、すっきりとした口当たりが特徴の「ラガー」と呼ばれるビールが主流である。また、「色」によっても味わいが変わり、大きく分けて白ビールと言われる「ヴァイスビール」と黒ビールと呼ばれる「シュバルツビール」、そして日本でよく見られるノーマルなものがある。



写真6 ミュンヘンのヴァイスビール（白ビール）

このように、ドイツでは様々な美味しいビールを楽しむことができ、飲み比べする楽しさも感じることができる。駐在員としての忙しい日々を過ごしている中で、週末のビール一杯は自分のためのご褒美でもあった。

## 6. 世界文化遺産とドイツ旅行

ドイツはヨーロッパ屈指の歴史深い国でもあるため、数多くの文化遺産が存在している。中でも、ドイツ西部の大都市ケルンに位置する「ケルン大聖堂」は、世界最大のゴシック様式の建造物であり、世界文化遺産にも登録されているため、最も人気のある観光スポットの一つである。1248年に着工し、1880年に完成するまで、約6世紀にかけて建設されたケルン大聖堂は、その実物を目の前にすると巨大なスケールに圧倒される。

また、ドイツ西北部に位置するミュンスター市は、古くから大聖堂を中心に栄えた名残が美しい町であり、歴史を感じられる建築物や大学が存在するため、観光名所の一つである。特に、「ミュンスター寺院」はロマネスク様式からゴシックに移る過渡期の最高傑作といわれる教会であることから世界文化遺産に登録され、多くの観光客が訪れる代表的な観光名所である。

## 7. ヨーロッパ旅行

ドイツの近隣には、フランス・オランダ・ベルギーなどが位置し、車で2時間程度の距離であるため、週末によく訪れた国である。車を運転して国境を超えるということを初めて経験した私にとっては、非常に新鮮な衝撃でもあった。特にオランダのアムス





写真7 ケルン大聖堂



写真9 アムステルダム国立美術館



写真8 ミュンスター寺院の内部



写真10 オランダを代表する画家「レンブラント」の家

テルダムは、私がヨーロッパで一番好きな町でもあり、デュッセルドルフからドライブの感覚で2時間程度、車を運転して旅行した。アムステルダムでは、ヨーロッパでも「芸術天国」とも呼ばれ、アムステルダム国立美術館やオランダを代表する画家レンブラント・ファン・レインの家など、オランダの芸術を満喫できる様々な観光名所が存在している。

## 8. おわりに

約2年間のドイツ駐在を問題なくやり遂げることができたのはお世話になった上司、先輩、駐在員、ローカルスタッフの皆様の暖かいサポートがあった結果であり、本報を通じて感謝とお礼を申し上げたい。同時に今回培った経験を今後の業務に於いて大きな糧と自信になると確信している。このような貴重なチャンスを頂きありがとうございました。

## 著者



### 金 容台

2014年入社（営本）グローバル  
ビジネスユニット市販第一営業部  
所属  
市販統轄部製品企画課、市販営業  
部、KYB Europe GmbH駐在を経  
て現職

## 随筆

## タイ駐在記

渡 辺 嘉 三

## 1. はじめに

私は2017年4月から2023年2月までの5年10ヶ月間、タイで駐在生活を経験しました。

タイではKYB Steering (Thailand) (以下KST)でパワーステアリング用ポンプとCVT用ポンプの製造拠点に勤めました。

元々設計しか知らない中、製造拠点での仕事かどの様なものか期待と不安を胸に駐在生活がはじまりました。その中で色々な経験をさせて頂いたので、その一部を紹介します。



写真1 KSTロビー（間接部署）



写真2 KSTロビー（マネージメントメンバー）

## 2. 食事

赴任前、タイ料理といえばまず頭に浮かぶのは、代表的なガパオライス、トムヤンクンという辛い料

理だけでした。幸いなことに自分は辛い料理が好きな方だったため、あまり身構えていませんでした。

歓迎会で現地スタッフが気を使い最初は辛い料理を準備してくれたため、辛い料理もあるのかと思っていたら、徐々に辛い料理が出てきました。

東南アジア特有の水有りビールで口の中を冷やしながら、何とか全部食べきった後、食事について聞いたところ、後半に出てきた料理はタイ人でも食べられない人がいるような激辛料理でした。ですので、このテスト（歓迎会）で、私は一般的なタイ人レベルより少し辛くてもOKなので、なんでも食べられると判定されました。

余談ですが、辛い料理がベースのタイ料理ですが、辛い料理が全く食べられない人がいるようで驚きました。

上記のテスト結果があったおかげで、食事会の際は、みなさんから辛い料理をはじめ色々勧められたので、とても美味しい思いができました。

勧められた中でも、とても驚いた果物があったので紹介させていただきます。名前はノイナーで大きさはリンゴ程度、表面はワニ皮のようで、少し見た目は怖いですが、見た目に反し熟しているものは手で割って食べられる程にふくら柔らかく、食べるととっても甘くておいしいです。英語名（カスタードアップル）を聞いて、まさにその通りと納得しました。

私は単身赴任だったので、最初の一年間はもっぱら外食かスーパーで買っていましたが、2年目頃から少し自炊に目覚め、最初は休日の朝ごはん（スクランブルエッグ程度）と簡単なところからはじまり、炒め物、焼き物、タイ料理（ガパオライス、ムーゴップ⇒豚肉の揚げ物）と少しずつレパートリーを増やしました。おかげで込み入ったものはできませんが、簡単なものは作れるようになりました。

この経験があったおかげで、コロナが蔓延した際、長期連休中、家で缶詰になった時の暇つぶしに大いに役に立ちました。





写真3 料理



写真4 ノイナー

### 3. イベント

タイは南国なだけあり、年間平均は30℃近くあります。特に暑いのは4月で、世界的に有名な水かけ祭りが催されます。コロナ前まで参加していましたが、水かけスポットへ行くと道路脇には水鉄砲や水水をバケツ一杯に準備した露店が所狭しと並んで、水かけに訪れた人たちが手ぶらで行っても参加できる準備が万端です。

そのようなスポットが各所にあり、場所によって、家族連れが多く、おとなし目の場所や、外国人（観光客?）が多く激しく水かけ合う場所や、水かけに加え小麦を水に溶いたものを塗りあう場所があったりとそれぞれに特色があり、それらをはしごするのがとても面白かったです。

場所によっては問題が起きないように、警察官が立っているところもあり、少し緊張しましたが、お祭りということもあったせいか、道路脇から様子を撮影していた際、観光客と思ったのか近くにいた警察官が撮ってあげると声をかけてくれました。

治安維持だけではなく、楽しませることに気を使っており、流石、微笑みの国!と思いました。

公共の場では上記のような催しがありますが、会社では連休前はお坊さんと呼んで、お参りをしてもらったり、お菓子が配られたりと、各会社によって特色があります。KSTでは、連休前の最終日は社長はじめマネジメントメンバーは玄関前に座らされ、スタッフ全員から水を掛けられるイベントが設けられます。

1年目は携帯や財布をロッカーに入れて玄関まで来るよう言われ、訳も分からず座っているとイベントスタート。最初は手に少し水をかける程度でしたが、段々エスカレートしていき、足、体、頭、最後にはバケツで全身にかけられ、全身をお清めしてもらいました。

そのため、2年目は1年目の経験を活かし、水鉄砲を持参しスタッフをお清め返しました。2年目でしたので、スタッフとの仲も良くなっていたので、水まき用のホースが出動し1年目にも増して念入りにお清めされましたが、遠慮なく触れ合える関係が築けていたと、安心した一面もありました。

他にKSTでは【スポーツデイ】や【フットサル大会】を開催していました。フットサル大会はKST内の3チームの大会と、タイ3社（KYB Thailand, KYB Asian Pacific, KST）の3チームの大会があります。タイ3社の大会は優勝すると、賞金に加え日本のスポーツ大会に参加できる権利が授与されるため、みんな目の色を変えて臨んでいました。

自分は日本でフットサルをやっていたこともあり、たまに定時後はスタッフと一緒にフットサルをしていたため、みんなの普段のプレイを見て知っていましたが、大会ではみんなの意気込みが違うため、普段とは別人の動きを見せるスタッフを見て、思いはパフォーマンスに大きく影響するものだなと、しみじみ思いました。

赴任期間中に優勝することはかなわなかったですが、仲間と一緒に一つのことに向かって進むのは、遊びの面だけでなく、業務の面でも仲間意識が高まり、効率も上がったと感じましたので、コロナが明け始めた今年から、またタイでの大会は再開できればと思っています。



写真5 KST大会



写真6 タイ3社大会

#### 4. 言語（英語・タイ語）

当方、元々、英語が得意ではありませんでした。赴任前の語学研修で少し会話できる程度のレベルになったと、少しだけ安心していましたが、いざ赴任してみると、最初から打ちのめされました。

まず、最初にタイ独特の発音やアクセント（タイングリッシュ）で聞き取れないことに大変苦労しました。例えば「カバー」と言われ、わからないので何度も何度も聞き返している内に、【カバー/Cover】とわかりました。そこから、基本的に英語をローマ字読みすることが判りました。何度も聞き返すと申し訳ない気持ちになりますが、このようなことを繰り返すことで、私はタイングリッシュへの理解が深まり、ローカルスタッフは私のジャパングリッシュへの理解が深まることで、コミュニケーションのレベルが上がり、意思疎通が取れるようになりました。

その後、英語で思ったことを話せるレベルになり、多少自信を持っていた時、アメリカ人と仕事をする

ことになりました。次こそはと息巻いて挑んだ打合せでは、既に口も耳もタイングリッシュにチューニングしていたこともあり、全く聞き取れず、またまた打ちのめされる羽目に合いました。この際も結局は何度も聞き返す作戦を発動させること+相手が合わせてユックリ話してくれたこともあり、何とかできました。その経験がベースとなり、相手や話題により良し悪しはありますが、困ったときはいつも同じ対応をして乗り越えるパターンができ、今でも一つの良い対策となっています。

英語で一点面白いなと思ったことがありました。それはタイ人同士で仕事の話をする際、100%タイ語ではなく、10~20%は英語を織り交ぜて使っていたことです。とある本によると、外から色々な文化が急激に入ってきたため、文化の進歩が言葉の進歩を上回った結果、タイ語にない言葉が存在するようで、業務等の特定の条件下では英語を使って話をするようです。なるほど、タイはそういう国なのかと思いつつも、和製英語で日本語が出てこない単語が多々あり日本もそうなのかと勝手に親近感がわいていました。

英語とは全く別で、タイ語は数字や料理の名前等の必要最低限の単語だけ覚え、その他は業務上、日常的に使われる単語を耳にする程度で、座学での勉強は一切しませんでした。がしかし、6年も聞いていると耳が覚えるのか、タイ人同士で仕事の話をしている条件のみ、何となく話している内容が分かるようになりました。

100%の理解ではありませんが、話の方向性やいい状態か悪い状態か分かるので、途中から会話に入るととても驚かれます。これはスタッフが自分の知らないところで困っていたり、うまく活動が進まないような状況にある時、とても有効なスキルの一つで、重宝しました。

#### 5. 仕事

KSTは250名程の小さな工場ですが、工場営業、ポンプ部品調達、原価管理、経理、人事等々、小さな工場には様々な部署があります。私はこれまでずっと設計業務のみしか経験がなかったため、工場勤務で何ができるか、コミュニケーションが取れるか等々、非常に不安で一杯でした。

1年目は日本からの移管プロジェクトの管理と設計業務と似た要素がある品質関係について取り組みました。慣れない場所、慣れない業務の中、右往左往していましたが、日本からの製品移管だったこと

もあり、日本の金山工場の各部門の皆さんはじめ、色々な方から様々なサポートをして頂き、何とか移管を完了することができました。

その後、2年目に原価管理、3年目に工場営業、4年目にポンプ部品調達の実務を持つ業務を受け持つことになりました。

原価管理は北工場の原価企画、調達、金山工場の製造、生技から原低活動のターゲット設定のベースデータや、実際の案件等を共有頂き、KSTの活動をどの様に管理/推進するかを決めるのにとっても役に立ちました。

工場営業と、ポンプ部品調達に関しても各営業、調達から日本の状況や、これまでの活動や、調達方

針説明等々の情報を共有頂き、これまでのKSTの工場営業/ポンプ部品調達から一歩進んだ業務を加えることができ各部の機能を強化できました。

## 6. 終わりに

振り返ると、約6年の駐在期間は非常に多くの方々のサポートがあったからこそ、KSTで色々な改善ができたこと、改めて実感しています。

駐在中、お世話になりました日本の関係者の皆様、各拠点の駐在員の皆様、また、KSTのローカルスタッフにはこの場をお借りしてお礼申し上げます。

また、本文では記載しきれないほど、様々な経験できる機会を頂きありがとうございました。

## 著者



渡辺 嘉三

2005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  
EPS開発センター、PSポンプ技術部、KYB Steering (Thailand) 駐在を経て現職



## 「繊維強化樹脂の射出成形」

「繊維強化樹脂射出成形品の強度予測技術の研究」(p. 20)に記載

技術本部 生産技術研究所 第一研究室 小倉 翔吾

### 1 射出成形とは

「射出成形」とは、樹脂を加熱溶融し、金型に射出することで成形品を形作る成形方法です。複雑な形状の部品をハイサイクルで安定的に生産できるため、様々な分野でこの方法で製造された樹脂部品が使用されています。

### 2 繊維強化樹脂の射出成形の特徴

強度部材等に使用される樹脂はガラス繊維や炭素繊維により補強し、物性を向上させた繊維強化樹脂が用いられています。射出成形で使用される繊維強化樹脂は、ペレット状の樹脂に100 $\mu$ m程の長さの繊維が3次元的に分散されている状態です。通常の樹脂と同様に射出成形で複雑な形状を成形することができます(図1)。しかし、繊維強化樹脂の射出成形品は樹脂の流れ方によって、繊維の配向(繊維が並んでいる向きの違い)が発生します(図2)。繊維強化樹脂は繊維が向いている方向の補強効果が大きいので、繊維平行方向の物性と繊維垂直方向の物性には差異が生じます。これは物性異方性と呼ばれ、最終的な部品の品質を予測することが難しくなります。

### 3 物性異方性の予測

繊維と樹脂の複合材料の材料物性を予測するため、均質化という手法が用いられます。均質化とは繊維と樹脂それぞれの材料物性、形状情報から複合材料

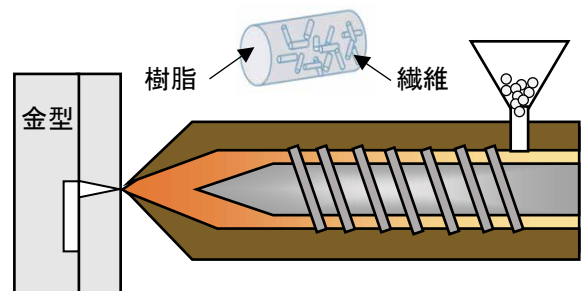


図1 射出成形の模式図

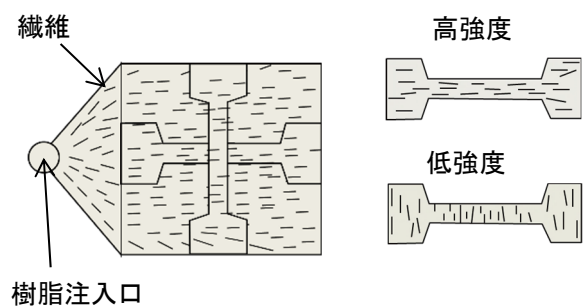


図2 物性異方性の概略図

の物性を予測する手法であり、複合材料の品質を予測するために必要な考え方です。そして、射出成形で使用するような短い繊維が多数分散している場合には、どの方向に向いた繊維がどの程度存在するかを定義する必要があります。それには繊維配向テンソルという考え方を使用します。繊維配向テンソルとは、繊維の主な3つの配向方向と、それらに配向している繊維の割合がテンソルで表現されます。例えば各軸の配向テンソルが1に近いほど、その軸方向に繊維が整列していることを示します。この繊維配向テンソルによって樹脂中に多数分散している繊維の配向を定量的に定義することで、繊維強化樹脂射出成形品の物性異方性を予測することができます。



# 「PMSM」<sup>1)</sup>

「高効率油圧システムの特性解析」(p. 10) に記載

技術本部 基盤技術研究所 電子技術研究室 芝原大智

## 1 PMSMとは

### 1.1 略称と構造・動作

「PMSM」は「Permanent Magnet Synchronous Motor」の頭文字を取った略語で、日本語では永久磁石同期電動機と表記します（以後、電動機はモータと表記）。これは「永久磁石による界磁磁束を用いて、交流電源に同期して動作するモータ」で交流モータに分類されます。

### 1.2 構造による違い

磁石配置によって、表面磁石型（Surface-mounted PMSM, 以下「SPM」と表記）と、埋め込み磁石型（Interior PMSM, 以下「IPM」と表記）に分類されます。後述する電流制御との組み合わせによって、特性に差がでます。

SPMは、低速・大トルク設計に適しており、トルク変動の少ない滑らかな動作が可能です。IPMよりも電流に対するトルク応答が素直で、制御が容易です。

IPMは、形状による設計自由度が高く、用途に特化した特性に作りこむことが可能で、SPMよりも高回転域まで動作することができます。

### 1.3 特徴

PMSMに共通するのは、電力効率の高い動作範囲が広く、小型で高出力が得られることです。その反面、レアアースを用いた磁石と、制御用マイコンが必要なため、産業用途で多く利用されている誘導モータよりもコストが掛かります。このため、PMSMは小型化や、高効率化が求められる用途に適しています。

## 2 制御によって変化する特性

### 2.1 制御方法

PMSMの制御は大きく、V/f制御（開ループ制御）と、電流ベクトル（以下、ベクトルと表記）制御（閉ループ制御）に分類され、前者はコスト重視、後者は性能重視の用途で用いられます。本項では後者を説明。

### 2.2 電流ベクトル制御

磁石磁束の方向（≒磁石の物理的な角度）であるd軸と、直交するq軸による平面上で、3相のモータ電流の合成をベクトルとして考えます。この大きさ・角度（=d軸・q軸への電流配分比）を制御するのが、ベクトル制御です。ベクトルの決定方法には、次項の最大トルク制御や、弱め磁束制御などがあります。

### 2.3 最大トルク制御

ベクトルの大きさを一定（=モータ電流一定）とした際に、最も大きなトルクが得られるように電流配分比を決定する制御で、電圧や電流の制限を受けない状態で用いられる、基本的な制御です。

### 2.4 弱め磁束制御

高回転領域では誘起電圧の増加によって、流せる電流が減少します。そこで、負のd軸電流で磁石磁束を打ち消し、誘起電圧を下げることで、駆動できる回転数の範囲を拡大する制御です。こちらは電圧制限がある状態で用いられる制御です。

## 参考文献

- 1) 森本茂雄, 井上征則: 省エネモータドライブシステムの基礎と設計法, 科学情報出版社, (2019年11月4日)

## 編集後記

今回、はじめて編集委員として関わり、技術者としての光栄な瞬間を迎えている。かつては、自身も研究開発を進めつつ期日に追われながら執筆する日々を送った経験が蘇る。当時と比べ、世の中はより複雑になり、先の見通しも難しい局面に技術者は立たされており日々奮闘されていることと思う。そのような状況の中、今回はシミュレーションを活用した予測技術に焦点を当てた。このテーマは、原理・原則に基づいて実世界のシステムやプロセスを高精度にモデル化し、それを製品に応用することで、お客様に新たな価値を提供できる重要な技術である。今後も一技術者として、また編集者として新たな技術の創出とそれを通じた社会的課題の解決に向けて、読者の皆様に価値ある情報を提供できるよう努めていきたいと思う。(藤波委員)

昨年から技報編集に携わせていただいている。文系・事務職である私は主に随筆の編集を担当し、執筆依頼も行っている。近年の海外駐在からの帰任者は異国でのコロナ対応に苦勞された方々である。依頼の際には、コロナ禍の海外駐在中は会社と自宅の往復ばかりで寄稿できるネタがないなどの話もあり、寂しくもあり厳しい時期であったと思う。ウィズ コロナ、アフターコロナともいわれているが、随筆では駐在先での業務(仕事の話)だけでなく、各地での仕事以外の楽しさ、難しさ、魅力を執筆者とともに発信していくことも重要な責務だと考えている。今後も是非皆様の経験を寄稿いただきたい。(天野委員)

コロナが5類感染症に位置付けられるに伴い規制も緩和され、行楽地は嘗ての賑わいを取り戻し始めた。一方、梅雨明けやらぬ頃から猛暑日が続く、溶けてしまうのではないかと感じるほどの熱量で外出をためらってしまう。地球の温暖化が紛れもなく進んでいることを思い知らされる。CO<sub>2</sub>排出量削減は今や世界標準であるが、今号にも軽量化や高効率化といった省エネルギーに繋がる技術の掲載があることに安心感を覚える。将来起り得る環境変化を想定しつつ、絶え間なく研究開発を継続している技術者達に感謝するとともに、カヤバ技術の更なる高みへの挑戦に期待する。(萩平委員)

## 編集委員

◎伊藤 隆	技術本部基盤技術研究所	梅田 禎典	HC事業本部技術統轄部
梶澤 亮一	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
藤波 太郎	技術本部生産技術研究所	小林 弘孝	HC事業本部技術統轄部
周防 士朗	技術本部知的財産部	萩平 慎一	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	川島 茂	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	奥村 一千	カヤバモーターサイクルサスペンション(株)第三設計室
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
佐々木和弘	AC事業本部技術統轄部	○小畑 宏	技術本部技術企画部
野口 洋一	AC事業本部MD事業部生産技術部	○大林 義博	技術本部技術企画部
齋藤 啓司	HC事業本部技術統轄部		

◎編集委員長

○編集事務局

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

### カヤバ技報 第67号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 行  
編集発行人  
発行所  
2023年10月1日  
カヤバ技報編集委員会  
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、こちらを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)