

ゆめある
あしたを、
つくろう。



カヤバ株式会社

カ
ヤ
バ
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW

ISSN 1880-7410

カヤバ技報

APR. 2025 No. 70

創立90周年記念号

KYB TECHNICAL REVIEW No. 70 APR. 2025



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)

2025年2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

基盤技術研究所 生産技術研究所 工場機械センター 名古屋支店 福岡支店 広島支店 相模原工場 岐阜工場 岐阜北工場 岐阜東工場 三長工場 岡山カヤバ(株) 金沢カヤバ(株) カヤバCS(株) ジャパン・アナリスト(株) カヤバロジスティクス(株) けんしゅう

神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号 1 号地 60 番 185 番地 60 番地 1 号 (中日ビル12階) 1 号 (TEK第2ビル) 6 番26号 (安川産業ビル) 1 号 (広島ビル) 1 号地 2050 番地 2548 番地 505 番地 60 番地 1 1 2 9 番地 9165 番地 3909 番地 4350 番地 505 番地 3 番地 1 号 カヤバ株式会社 三重工場内 1 号 カヤバ株式会社 相模工場内 1 号 16 番地 4 号

神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号 1 号地 60 番 185 番地 60 番地 1 号 (中日ビル12階) 1 号 (TEK第2ビル) 6 番26号 (安川産業ビル) 1 号 (広島ビル) 1 号地 2050 番地 2548 番地 505 番地 60 番地 1 1 2 9 番地 9165 番地 3909 番地 4350 番地 505 番地 3 番地 1 号 カヤバ株式会社 三重工場内 1 号 カヤバ株式会社 相模工場内 1 号 16 番地 4 号

☎252-0328 ☎509-0206 ☎509-0307 ☎509-0206 ☎460-0008 ☎564-0063 ☎812-0013 ☎732-0052 ☎252-0328 ☎369-1193 ☎509-0298 ☎509-0297 ☎509-0206 ☎514-0396 ☎389-0688 ☎949-5406 ☎509-1605 ☎509-0297 ☎514-0396 ☎619-0240 ☎252-0328 ☎509-0249 ☎335-0038

☎(042)745-8111 ☎(0574)26-1453 ☎(0574)52-1323 ☎(0574)26-5310 ☎(052)228-3690 ☎(06)6387-3221 ☎(092)411-2066 ☎(082)567-9166 ☎(042)746-5511 ☎(048)583-2341 ☎(0574)26-1111 ☎(0574)26-2135 ☎(059)234-4111 ☎(0268)82-2850 ☎(0258)92-6903 ☎(0576)35-2201 ☎(0574)27-1170 ☎(059)234-9260 ☎(0774)95-3336 ☎(042)749-7512 ☎(0574)26-6427 ☎(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 Suite 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, Mathur Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District, India 602105
TEL: (91)2568-0501

[China]
凱迺必(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

凱迺必機械工業(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

無錫凱迺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

常州朗銳凱迺必減振技術有限公司
Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd.
No. 19 Shunyun Road, New District, Changzhou, Jiangsu 213125 China
TEL: (86)519-8595-7206

湖北恒隆凱迺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70号 2025-4

目 次

巻頭言

A Prospective on the Future of Fluid Power Technology in Off-Road Applications

Andrea Vacca 1

論説

メカトロニクス・技術者の心眼

田中 豊 7

ご挨拶

ご挨拶

川瀬 正裕 11

特別企画

カヤバの技術戦略

藤井 篤 12

カヤバの生産技術への取組み

羽場 敬一 14

オートモーティブコンポーネンツ事業の技術展望

馬場 友彦 16

ハイドロリックコンポーネンツ事業の技術展望

中村 雅之 18

特装車両事業の技術展望

上條 崇史 20

技術論文

研削加工へのウルトラファインバブル適用

畑山 陽介 21

水谷 正義

技術解説

内接ギヤポンプのCFD解析技術構築

清水 朋佳 31

鈴木 一成

技術紹介

多能工組立ロボットを活用した自動組立ラインの構築

宇賀神佑太 38

山口 稔久

製品紹介

ヤマハ発動機(株)様向け内製PP搭載EPSの開発

青山 雅 42

菊池 輝之

電動ポンプ用カートリッジ式ベーンポンプの開発

久保 康平 46

3～4 tonミニショベル向けピストンポンプPSVL-50の開発

武井 元 50

スウィングバルブの二輪車展開

坂脇 俊彦 53

Eco-0.4ccポンプ

辻井 喜勝 57

紹介

IFPEX出展後記

藤江 智也 61

カヤバ史料館20年の歩み

小牟田久美 64

藤澤 杏子

佐藤 智則

随筆

ドイツ・スペイン駐在記

飯田 亮 71

用語解説

①ファインバブル

畑山 陽介 83

②内接ギヤポンプ

鈴木 一成 84

社外発表論文一覧表

88

社外関係団体委員一覧表

89

総目次

92

編集後記

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 70 APR. 2025

CONTENTS

Foreword

A Prospective on the Future of Fluid Power Technology in Off-Road Applications	Andrea Vacca	1
--	--------------	---

Editorial

Mechatronics: In the Mind's Eye of an Engineer	TANAKA Yutaka	7
--	---------------	---

Greetings

Greetings	KAWASE Masahiro	11
-----------	-----------------	----

Special Program

KYB Technical Strategy	FUJII Atsushi	12
KYB Approach to Production Engineering	HABA Keiichi	14
Technical Prospects for Automotive Components Business	BABA Tomohiko	16
Technical Prospects for Hydraulic Components Business	NAKAMURA Masayuki	18
Technical Prospects for the Special Purpose Vehicles Business	KAMIJYO Takashi	20

Technical Article

Application of Ultrafine Bubbles to Grinding Processes	HATAYAMA Yousuke MIZUTANI Masayoshi	21
--	--	----

Technology Explanation

Construction of CFD Analysis Technology for Internal Gear Pumps	SHIMIZU Tomoka SUZUKI Kazunari	31
---	-----------------------------------	----

Technology Introduction

Construction of Self-Assembly Line Using Multi-purpose Assembly Robots	UGAJIN Yuuta YAMAGUCHI Toshihisa	38
--	-------------------------------------	----

Product Introduction

Development of EPS with In-house manufactured PP for Yamaha Motor	AOYAMA Masashi KIKUCHI Teruyuki	42
Development of Cartridge Type Vane Pump for Electric Pumps	KUBO Kohei	46
Development of Piston Pump PSVL-50 for 3-4 ton Mini Excavators	TAKEI Gen	50
Deployment of Swing Valves on Motorcycles	SAKAWAKI Toshihiko	53
Eco-0.4cc Pump	TSUJII Yoshikatsu	57

Introduction

IFPEX postscript	FUJIE Tomoya	61
20 Years of KYB Museum	KOMUTA Kumi FUJISAWA Kyoko SATO Tomonori	64

Essay

Essay from Expatriate in Germany and Spain	IIDA Ryo	71
--	----------	----

Glossary

1. Fine Bubbles	HATAYAMA Yousuke	83
2. Internal Gear Pump	SUZUKI Kazunari	84

Editors Script

巻頭言

A Prospective on the Future of Fluid Power Technology in Off-Road Applications

Andrea Vacca*



1. Introduction.

The market of vehicles for construction, agricultural and mining applications has been facing a revolution for the sake of sustainability and lower carbon emissions. Following the same technology progress path of on-road vehicles, electric- and hydrogen- based prime movers are now considered as an alternative to the combustion engine (CE), with implications affecting the whole vehicle actuation system. Differently from their on-road counterpart, off-road vehicles (ORVs) always require working functions (both rotary and linear functions) in addition to the propulsion. Therefore, an overwhelming topic for both academia and industry pertains to finding the right technology choice for generating and distributing power in the next generation of ORVs. Will Fluid Power (FP) remain the technology of choice for future vehicles? Or should industry focus switch to fully electro-mechanical actuation? The answer is not straightforward, and it should consider multiple factors. The following sections further elaborate the author's experience and perspective on this topic. As a warning to the reader, it should be considered that author spent his entire professional career in FP topics, and inevitably there will be some bias towards the merit of FP actuation. Nevertheless, it is the author's belief that that most of the following considerations will be of inspiring interest and will align to future development of ORV technology.

2. Prime mover technologies for future off-road vehicles.

Different scenarios for the actuation technology of current and future ORVs can be defined based on the prime mover choice: CE (either conventional diesel or based on alternative fuels such as hydrogen, biofuels, etc.), battery electric (BE) or hybrid CE/BE. Similarly to on-road applications, all these technologies have merits/demerits pertaining to the infrastructure required for supplying energy to the tank (or battery); the well to wheel energy efficiency and CO₂ impact; prime mover costs. Several sources (like [1, 2]) indicate that electric vehicles will soon dominate the low-power and short-usage applications, while the other prime mover technologies will lead the heavy-duty applications. This scenario is shown in Fig. 1, for the case of loaders.

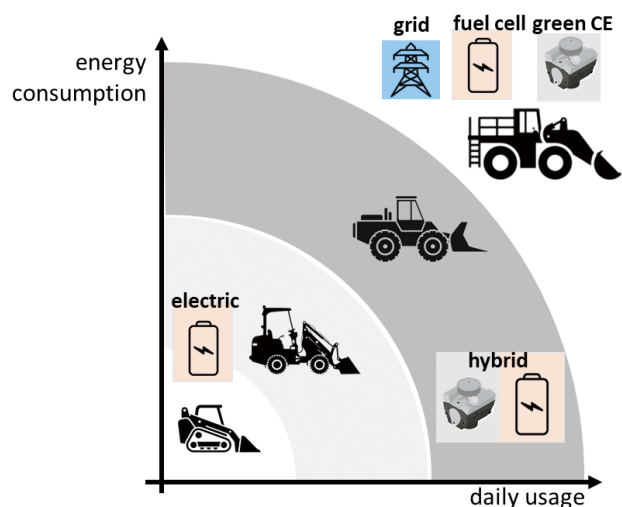


Figure 1 Most suitable prime mover technology depending on vehicle size (example of loaders)

*Maha Fluid Power Faculty Chair, Purdue University, United States

3. Technologies for the working functions.

Besides the propulsion that can be performed through a purely mechanical system, the working functions of an ORV require an electro-mechanical and/or a FP system. The favorable power to weight ratio, low cost, and robustness have made FP the go-to technology for conventional diesel ORVs over the last decades. However, the low energy efficiency of their FP actuation (an average of about 30 % across different ORVs was found by a US Dept. of Energy study [3]), poses severe questions on the usage of conventional FP technology for future ORVs. It is not only a matter of a more rationale usage of energy resources; in fact, future ORVs will have more stringent energy storage limitations than today's vehicles - at least for BEs and hydrogen-based vehicles - affecting their up-time between refueling or recharging events. Additionally, the unitary cost of energy is expected to be significantly higher than current diesel cost, for most of the alternative fuels. From these considerations it is clear how the *total cost of ownership* (TCO) of future ORVs will be more linked to the energy efficiency of the transmission system than in today's vehicles. Consequently, one can reach the straightforward conclusion that electromechanical actuation, often associated to much higher energy efficiency than FP, will dominate the future of ORVs. Indeed, electromechanical technology is readily available for both rotary and linear actuators, meeting the size and power requirements of many ORVs. Few fully electric ORVs also appeared (or soon to be) on the market, taking advantage of such actuators. Notwithstanding, it is still unclear which actuation technology is best among FP and electromechanical, as their potential is not yet fully exploited. This potential should be considered by looking at all the prime mover scenarios as shown in Fig. 2.

Future ORVs using green CEs (hydrogen or alternative fuels) will meet cost effectiveness by retaining FP actuation to avoid the added cost of a high-power electric actuation system. However, technology progresses to increase energy efficiency of FP system are required to achieve competitive TCO.

BEs, fuel cell, and hybrid BE/CE can instead adopt both FP and electromechanical technologies, and the choice of the best system should factor:

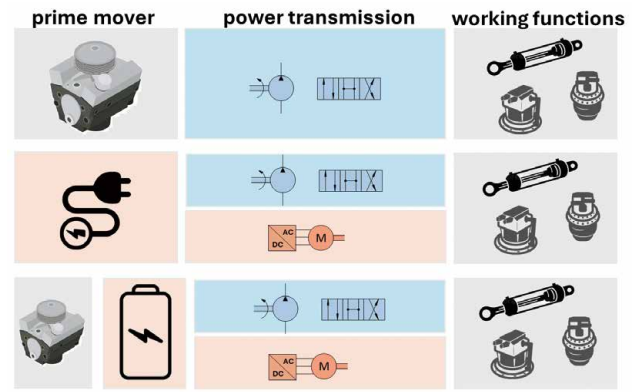


Figure 2 FP vs. electromechanical actuation in ORVs

- cost
- productivity
- energy efficiency
- space claim
- robustness
- space claim
- damping
- resistance to shock
- tolerance to contamination
- leakage potential
- cooling needs
- noise and vibration
- prime mover limitations
- installed power

With a compromise that highly depends on each specific ORV type and size. For example, ORVs with functions seldom utilized in their typical utilization cycles will prioritize installation cost over energy efficiency, while the opposite will occur for functions affecting ORV's productivity.

Some general considerations can be made while comparing electromechanical vs. FP actuation with respect to the previous bullet point list:

Cost. Electric components in the power range suitable for ORV application are currently more expensive than FP components. However, there is a price reduction tendency for electric components (batteries, electric motors, power electronics) that might soon bring their cost to a competitive level, particularly for <100 kW ORVs, where synergies with mass production capabilities developed for on-road application are possible. To remain competitive, FP must evolve in the direction of "smart components" able to perform multiple functions through electronic/software integration. For example, a smart electronic-controlled pump can reduce the current variety of hydraulic- controlled pumps, so that pump variants can be reduced along with their production cost.

Energy efficiency. For rotary functions, electric machines are simply more efficient than hydraulic motors. Consequently, for productivity functions such as propulsion, it is expected to see more and

more adoption of electric technology. However, for linear functions, there is not a clear winner among the two technologies. State-of-art linear electromechanical actuators require a mechanical gearbox to convert the high-speed rotary motion of the electric machine into a linear motion, with detrimental effects in terms of efficiency, backdrive ability, and resistance to shocks. If compared to an electro-hydraulic actuator that use an electric prime mover for each linear function, the energy efficiency is only slightly favorable for electromechanical actuators in resistive mode [4], although in overrunning conditions the electro-hydraulic actuation can have advantages [5], as it will be also discussed in section 5. It is also important to note that the energy efficiency of FP system depends on the chosen layout architecture of the hydraulic system, and numerous options are available among primary-controlled, secondary-controlled and metering-controlled architectures [6]. Very often, the selected architecture for an ORV is not the one that maximizes energy efficiency. Further considerations on this point will follow.

Space claim. FP has the notorious advantage of power to weight ratio over electromechanical technology. This can be immediately deduced by comparing the mass of same-power electric vs. hydraulic, as shown in Fig. 3. The figure points out a difference in mass quantifiable in about one order of magnitude.

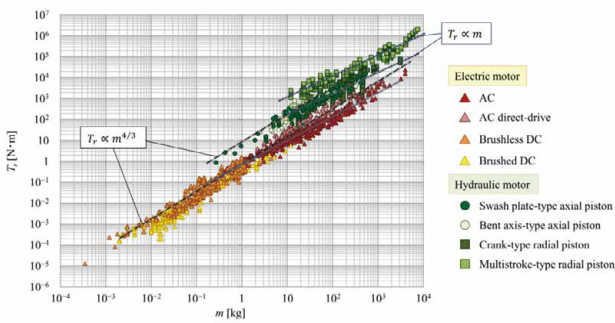


Figure 3 Mass vs. Power for commercially available electric and hydraulic machines [7]

However, the above comparison alone, does not outline all the space claim potentials given by FP technology, even when used with electric prime movers, which can be summarized with the opportunity of *grouping functions* (centralized systems) and *integrated electric-hydraulic solutions*

(*ePumps*).

Grouping functions refer to the ease of combining multiple actuators to the same prime mover which is arguably one of the main prerogatives of FP systems over electric actuation technology. While each electric actuator requires a prime mover, a FP system can be equipped with proper hydraulic control valves to independently control multiple functions with a single hydraulic power source. Among other advantages, grouping functions allows reducing the number of prime movers, and therefore the overall space claims of the actuation system.

Integrated electro-hydraulic solutions refer to the design merge of electric and hydraulic components to pursue physical advantages, one of these being the reduced space claim. Examples of this ongoing effort include the ePumps developed at various institutions (in Fig. 4 the examples from the author's research center). By maximizing the usage of the inert space inside an electric machine, where a hydraulic unit can be fitter, and by leveraging better cooling strategies (such as adopting immerse cooling strategies), it is possible to achieve significant (>30%) space reduction.



Figure 4 Design integration for implementing electric and hydraulic machines capable to generate or recover hydraulic energy [8-10]

Installed power. This feature refers to the overall power of the prime movers present in the vehicle, and it can be suitable to outline a significant

difference between a fully electric ORV compared to an FP-actuated ORV. With electromechanical technology, each actuator needs a dedicated prime mover matching its peak power demand. This means that a fully electric vehicle might end up having an installed power several times higher than its conventional FP technology equivalent [11], which usually benefits from the function grouping explained in the previous paragraph. This feature of electromechanical actuation is sometimes interpreted positively, as an increased potential for higher productivity. However, it also highlights the inherent design limitation of electromechanical systems, which cannot avoid increasing the installed power, compared to what is strictly necessary to perform the required ORV specific mission profiles. This negatively reflects on the usage of electric material (including rare minerals), which is against the basic sustainability concepts.

Cooling needs. Being often more energy efficient than FP systems, electromechanical actuation systems tend to have less heat dissipation, thus less cooling need. However, this consideration does not reflect the challenges associated with the implementation of cooling solutions. Ease of cooling is a key advantage of FP technology: the hydraulic fluid is not only an energy vector, but thanks to its favorable thermal properties it is also a good heat carrier. Despite being inefficient – thus with high cooling needs – today’s FP systems allow a convenient placing of heat exchangers. Instead, electric technology requires cooling solutions able to locally the components where the power transformations occur. Consequently, the thermal conditioning system for a fully electric ORV is a critical, sometime challenging design aspect, particularly for heavy duty ORVs. Design integration of FP and electric components (like in Fig. 4) can be promising in EVs for leveraging both advantages of electric technology (i.e. high efficiency) and of hydraulic technology (i.e. ease of cooling), so that all the cooling requirements can be concentrated into the FP circuit.

4. Research on energy-efficient hydraulic actuation.

The recent push towards sustainable, low TCO, ORVs has brought an unprecedented interest in the

development of more energy-efficient FP technology. The most energy-efficient concept is the *decentralized hydraulic*, which consists in implementing a dedicated flow supply for each working function. It is currently adopted for the propulsion of several ORVs (*hydrostatic transmissions*), but it can be implemented for the working functions as well. Two concepts are available, depending on how the flow-on-demand regulation is performed: *displacement control* (i.e. one variable displacement pump for each function) or prime mover control, or *electro-hydraulic actuator* (i.e. one variable speed electric motor for each function). Both solutions have experimentally proven capabilities of doubling the energy efficiency of the transmission systems [5, 12]. The displacement control concept is particularly attractive as it also allows reducing the installed power and the number of prime movers [11].

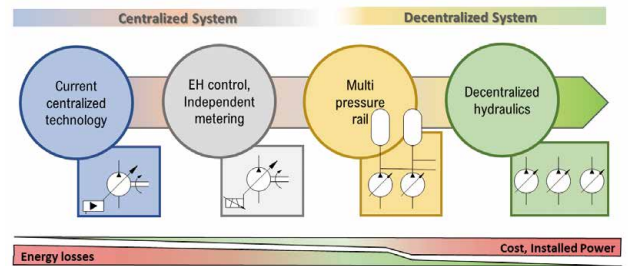


Figure 5 Portfolio of FP solutions for future ORVs

The practicality of the decentralized hydraulic concept in ORVs is however under question, as it increases component cost. Therefore, it can be justified only for reducing energy consumption of the actuators with high utilization cycles. For this reason, combinations of conventional (and inefficient) *centralized hydraulic* solutions with decentralized solutions are more likely to occur.

Several R&D institutions focused on alternatives for cost effective and practical FP solutions for the working functions of future ORVs. The most relevant effort can be summarized with the alternatives illustrated in Fig. 5. At the extreme left of the figure, there is the state-of-art centralized hydraulic technology, typically based on hydromechanical, valve-controlled systems (mainly open center and load sensing systems [6]), which has been optimized to meet the requirements of conventional diesel based ORVs. At the extreme right, there are the mentioned decentralized

solutions, which bring the maximum energy efficiency benefit at the price of a higher installation cost. In the middle, there are other promising solutions that are expected to grow in commercial ORVs. First, there is the category of intelligent components based on advanced electro-hydraulic (EH) control, as opposed to conventional hydraulic pilot control. This includes smart pumps and smart valves, whose operation can adapt to the instantaneous requirement of the work function. These solutions, already appearing in the market, can bring to moderate /good reductions of energy consumption.

The other category of solutions is the pressure-controlled systems, either *constant pressure rail* (CPR) or *multiple pressure rail* (MPR). The CPR solution is the most elegant one: it is based on a single pressurized rail that serves all the working functions, each one with a local regulation (secondary control). Conventional hydraulic cylinders cannot be used, as they do not offer any internal regulation, and for this reason multiple chamber cylinders have been proposed [13] and have reached a level close to commercialization. Another concept for CPR is achieved by using a hydraulic transformer for each function to eliminate throttling losses [14]. Despite several efforts in developing hydraulic transformers [15], no commercial solution is yet available, although there are certainly promising solutions such as the one in [16].

MPR systems are a surrogate of the CPR concept that allow direct implementation through commercially available components. Several prototypes ORVs have shown remarkable energy efficiency gains (up to double efficiency) in both construction and agricultural fields [17, 18].

5. Energy Recovery solutions for ORVs.

The working functions of several ORVs, particularly in the construction sector, offer opportunities for energy recovery during overrunning loads. For example, in the typical use of an excavator, there is the opportunity to recover about 15% of energy associated with overrunning loads. When using electromechanical actuation, this energy amount might not be high enough to justify the added hardware complexity

which is required for a successful recovery. In fact, actuators with backdrive capability are required; moreover, there are several energy transfers processes (each one associated with a component efficiency) to recover/reuse the energy from/to the actuator to/from the electric battery. Additionally, it must be considered that energy recovery process might bring to detrimental charging/discharging rates to the electric battery.

When using FP solutions, multiple options are available to handle energy recovery. The possible options are conceptually shown in Fig 6.

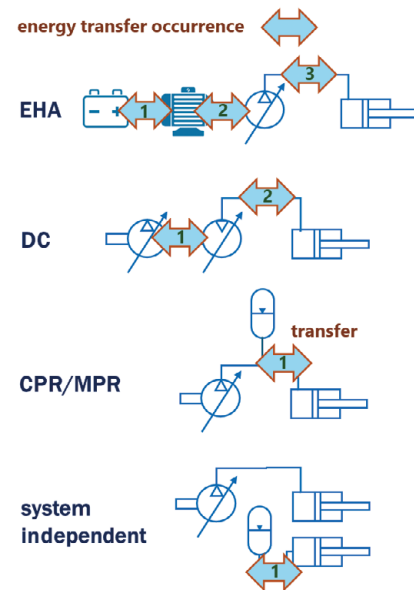


Figure 6 Solutions for energy recovery using FP

The two distributed hydraulic options (displacement control, DC and electro-hydraulic actuator, EHA) engage different mechanisms for energy recovery. Similarly to electromechanical actuators, EHA involves several energy conversion steps, and might be not appealing for ORVs. However, fewer conversion steps occur in other FP solutions: DC can engage internal energy recirculation without involving the prime mover; CPR and MPR offer a smooth energy recovery through energy accumulation in the pressure rails. There are also stand-alone solutions that have been proposed to isolate the energy recovery function from the actuator control function, which can apply for any type of hydraulic system and offer the minimum energy conversion loss. Significant is the example reported in [19].

6. Conclusion.

This paper discussed how the inherent advantages in term of power to weight ratio, layout flexibility, and ease of cooling, should collocate FP technology at least at the same level, if not superior, to electromechanical technology for the development of future ORVs, including BE, CE, or hybrid solutions. However, it is clear that conventional FP solutions do not meet TCO requirements associated with the use of novel prime mover technologies (electric and hybrid vehicles, fuel cells, combustion engines with alternative fuels) and therefore investment and research effort is required.

An adverse factor to the deployment of novel FP solutions is the complexity of hydraulic control systems that conflicts with the chronic lack of educated FP engineers, which – if no action is taken – will slowly determine the decline of the FP technology [20].

References

1. Achuthan K., 2021, *Global Off-Highway Fuel Cell Electric Equipment Growth Opportunities*, Frost and Sullivan.
2. Gallant R., 2024, *How and Why Do Off-Road Worksites Need to Evolve for Sustainable Power*, DZOMUSA Expo, USA, December, 2024.
3. Lynch L.A., Zigler B.T., 2017, *Estimating Energy Consumption of Mobile Fluid Power in the United States*, 2017, National Renewable Research Laboratory.
4. Haack S., Flaig A., 2022, *Sustainable Hydraulics for Industrial and Mobile Applications*, 13th Int. Fluid Power Conference, Germany, June 2022.
5. Qu S., Fassbender D., Vacca A., Busquets E., 2021, *A High-Efficient Solution for Electro-Hydraulic Actuators with Energy Regeneration Capability*, Energy, Vol 2016, February 2021, 119291.
6. Vacca A., Franzoni G., 2021, *Hydraulic Fluid Power*, Wiley.
7. Sakama S., Tanaka Y., Kamimura A., 2022, *Characteristics of Hydraulic and Electric Servo Motors*, Actuators 2022, 11, 11.
8. Zappaterra F., Vacca A., Sudhoff S.D., 2022, *A Compact Design for an Electric Hydraulic Gear Machine Capable of Multiple Quadrant Operation*, Mechanism and Machine Theory, Vol. 177, November 2022, 105024.
9. Zappaterra F., Pan D., Ransegnola T., Vacca A., Sudhoff S.D., Busquets E., 2024, *A Novel Electro-Hydraulic Unit Design Based on a Shaftless Integration of an Internal Gear Machine and a Permanent Magnet Electric Machine*, Energy Conversion and Management, Vol. 310, June 2024, 118432.
10. Vacca A., Shang L., Sarode S., Assaf H., Busquets E., Guender A., 2025, *Integrated Electro-Hydraulic Unit*, Patent application 20250012262
11. Patel T., Franquolino L., Vacca A., Young C., 2024, *Comparison Study of Fully Individualized System Architectures for Electrified Mini-Excavators: Displacement Control (DC) vs Electro-Hydraulic Actuation (EHA)*, 14th International Fluid Power Conference, Germany, March 2024.
12. Quan Z., Ge L., Wei Z., Li Y.W., Quan L., 2021, *A Survey of Powertrain Technologies for Energy-Efficient Heavy-Duty Machinery*, in Proceedings of the IEEE, vol. 109, no. 3, pp. 279–308, March 2021.
13. Heybroek K., Sahlman M., 2018, *A Hydraulic Hybrid Excavator Based on Multi-Chamber Cylinders and Secondary Control – Design and Experimental Validation*, International Journal of Fluid Power, 19(2), 91–105.
14. Achten P., 2024, *Fundamentals of Hydraulic Transformers*, 14th International Fluid Power Conference, Germany, March 2024.
15. Shen W., Karimi H.R., Zhao, R., 2019, *Comparative Analysis of Component Design Problems for Integrated Hydraulic Transformers*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 103, 389–407 (2019).
16. Mommer R., Achten S., Potma J., Achten J., Achten P., 2024, *Efficiency Definitions of Hydraulic Transformers and First Results of the Floating Cup Transformer (FCT80)*, 14th Int. Fluid Power Conference, Germany, March 2024.
17. Vukovic M., Leifeld R., Murrenhoff H., 2016, *STEAM – a Hydraulic Hybrid Architecture for Excavators*, 10th Int.l Fluid Power Conference, Germany, March 2016.
18. Lengacher J., Guo X., Jenkins R., Vacca A., 2024, *Implement-Only Implementation of a Multi Pressure Rail System to an Agricultural Planter*, 2024 Int. Maha Fluid Power Conference, USA, Sept 2024.
19. Xia., Quan L., Ge L., Hao Y., 2018, *Energy Efficiency Analysis of Integrated Drive and Energy Recuperation System for Hydraulic Excavator Boom*, Energy Conversion and Management, Vol. 156, 2018, 680–687.
20. Koski R.E., 1995, *Fluid Power Education—What Went Wrong?*, 4th Scandinavian Int. Conf. Fluid Power, Finland, June 1995.

論 説

メカトロニクス・技術者の心眼

田 中 豊*



1. はじめに

「心眼」とは辞書によれば「物事の真実の姿を見抜く鋭い心の働き・心之眼」とある¹⁾。とかく我々は、技術によって生み出された製品（人工物）は科学がもたらしたものであると思いがちである。これは一面、間違いではないが、多くの製品の最初は、言葉では表せない技術者の感覚的な心眼から生まれていることを忘れてはならない。技術者の最初の発想は視覚的で非言語的なプロセスによるところが大きいと言われている。デザイナー（設計者）とは、まだ存在しない新しい装置を心の中で組み立てて、操作できる人である²⁾。大切なのは新しいものや概念を思いついた人々の心の中のイメージなのである。

「メカトロニクス (Mechatronics)」という言葉は日本の技術者が創造した造語であることをご存じの読者も多いかと思う。しかしこの単語の成り立ちについては誤解も多い。本稿では最初に、当時、全く新しい概念であったメカトロニクスがどのような経緯で今日に至るかを概観する。次に、このメカトロニクスのシステムの中で重要なパーツである「アクチュエータ」について、電磁式とフルードパワー式の比較を行い、それぞれの特徴を明らかにする。また最新のEV用電磁モータの性能について紹介する。

2. メカトロニクスの単語の起源

メカトロニクス (Mechatronics) という単語は1969年に安川電機の技術者・森徹郎氏が発想した造語である^{3) 4)}。図1に当時の発明届出書の写しを示す。発明の動機の欄には以下のような表記がある。

「Mecha-tronicsとはMechanismのMechaとElectronicsのtronicsを合成したものである。すなわち、これからの技術または開発製品にはMechanismにどんどんElectronicsを盛り込み、前者と後者とをより密接かつ有機的に結びつけてゆかなければならないとの意図のもとに考案したものである。」

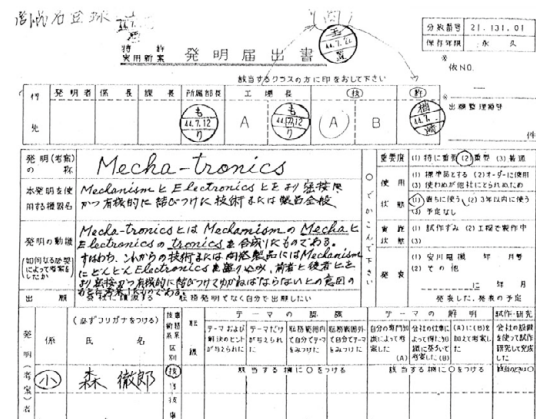


図1 当時の発明届出書

ここで注目したいのはMechatronicsのMechaはメカニズム (Mechanism) のメカであるという点である。ちまたの情報では、Mechatronics (メカトロニクス) という言葉はMechanics (機械工学) とElectronics (電子工学) を組み合わせて作られた造語であると解説した書籍が多い⁵⁾。生成AI (ChatGPT 4o) にたずねても同じ回答であった。

確かに今日では、メカトロニクスの概念は機械工学、電気電子工学、制御工学、コンピュータ工学などを統合した学際的な学問分野であるとの認識が強い。しかし、その起源はメカニズムとエレクトロニクスの融合なのである。当時、存在しなかったメカニズムとエレクトロニクスの融合の概念を「メカトロニクス (Mechatronics)」という言葉に言語化した技術者・森徹郎氏の発想とその功績を私たちは忘れてはならない。

安川電機は1972年に「メカトロニクス (Mechatronics)」の単語を商標登録した。図2は特許庁の商標公報の抜粋である⁶⁾。ここでもう一つ重要な点は、その後、安川電機がこの言葉の市場への広がり重視し1978年に商標を返上し、権利を自由化したことである。これにより1980年代から日本発のMechatronicsという和製英語が世界で認知され、その概念が言葉と共に広く使われるようになった。1996年には米国電

*法政大学 デザイン工学部 教授

子情報通信工学分野の研究者組織IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) と米国機械工学分野の研究者組織ASME (American Society of Mechanical Engineers) が共同で論文誌IEEE/ASME Transaction on Mechatronicsを発刊し⁷⁾, Mechatronicsという和製英語が正式に国際認知されたと言える。同じ1996年には第1回メカトロニクスに関する国際会議 (International Conference on Mechatronics Technology: ICMT1996) が米国で開催されている。余談であるが、この会議はその後、アジアや環太平洋の各国を中心に持ち回りで毎年開催され、2024年11月には第27回が日本の金沢、2025年はベトナムのハノイでの開催が予定されており、日本の技術者や研究者も多数参加している。

日本国特許庁 商 標 公 報		第 9 類
商標出願 公 告 昭 46-32713	商標出願 公 告 昭 46-32714	
公 告 昭 46. 6.10	公 告 昭 46. 6.10	
商 願 昭 44-75336	商 願 昭 44-75337	
出 願 昭 44. 8.26	出 願 昭 44. 8.26	
出願人 株式会社安川電機製作所	出願人 株式会社安川電機製作所	
北九州市八幡区大字藤田2346	北九州市八幡区大字藤田2346	
代理人 弁理士 今井義博	代理人 弁理士 今井義博	
指定商品 9 産業機械器具、動力機械器具（電 動機を除く）風水力機械器具、事務用機械器具 （電子応用機械器具に属するものを除く）その 他の機械器具で他の類に属しないもの、これら の部品及び附属品（他の類に属するものを除く） 機械要素	指定商品 9 産業機械器具、動力機械器具（電 動機を除く）風水力機械器具、事務用機械器具 （電子応用機械器具に属するものを除く）その 他の機械器具で他の類に属しないもの、これら の部品及び附属品（他の類に属するものを除く） 機械要素	

Mecha-tronics

メカトロニクス

図2 商標登録公報

2000年代に入り、メカトロニクスの考え方は工学分野や工業製品分野に広く拡大し、一般的な概念として昇華していくにつれ、わざわざメカトロニクスという言葉を用いることは少なくなっていった。

以上のように、日本人技術者が初めて提唱したメカトロニクス (Mechatronics) という言葉とその概念は、今や広く世界に浸透している。日本の技術者・森徹郎氏の心眼にあらためて敬意を表したい。

3. メカトロニクスのシステム構成

著者は講義の中でメカトロニクスの概念を図3に示す構成図で説明している。すなわち、メカトロニクスのシステムは5つのサブシステム（コンピュータ、アクチュエータ、メカニズム、センサ、エネルギー源）で構成されており、各サブシステムを人間が持つ器官や機能に置き換えて説明している。

このシステム構成を具体的な油圧シリンダによるバネ・マス・ダンパー自由度負荷系の位置決めサーボシステムに適用すると図4のようになる。ここではアクチュエータは油圧サーボ弁と油圧シリンダから成る。このサーボシステムでは、センサからの位

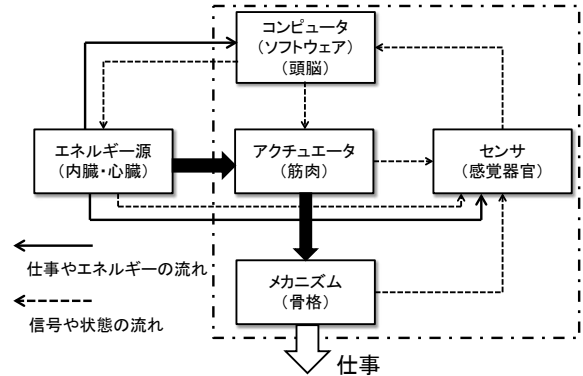


図3 メカトロニクスのシステム構成

置や力の状態はコンピュータにフィードバックされ、コンピュータ内でソフトウェアとして構成された制御器が目標値に応じてサーボアンプに指令を送り、電源から供給された電気エネルギーを変換増幅して油圧サーボ弁の一段目の電磁モータを駆動する。さらに油圧源から供給される油圧エネルギーを変換増幅して二段目のスプール弁を駆動し、油圧シリンダが目標値に応じた所望の位置決めを行う。メカトロニクスのシステムはアクチュエータとメカニズムが所望の仕事をつかさどる重要な構成要素であることがこの2つの構成図からもわかる。

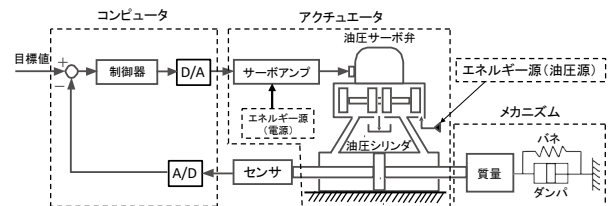


図4 油圧アクチュエータによる慣性負荷位置決めサーボシステム

4. アクチュエータの性能比較

図3に示したメカトロニクスのシステム構成においてアクチュエータの役割は極めて重要である。システムの性能はほぼアクチュエータの性能で決まる。高出力で高応答のアクチュエータを持つメカトロニクスのシステムは高性能である。

従来からのアクチュエータの駆動方式には、ACモータやDCモータに代表される電磁アクチュエータ方式と油圧モータに代表されるフルードパワー方式とがある。ここでは回転形アクチュエータとして、市販されている電気サーボモータと油圧ピストンモータの性能を比較してみる。

アクチュエータ自身の質量を m [kg]、定格出力を P_r [W] とすれば、単位質量あたりの出力としてのパワー密度 P_d [W/kg] は以下の式で定義される。

$$P_d = \frac{P_r}{m}$$

パワー密度は小形・軽量・大出力化の評価指標であり、技術者は質量が小さくパワー密度の大きいアクチュエータの開発を一つの目標に掲げるだろう。

図5にSakamaら⁸⁾が調査した市販のアクチュエータのパワー密度の結果を示す。赤△のプロットがACサーボモータ、橙△がブラシレスDCモータ、黄△がブラシ付きDCモータ、緑○が斜板と斜軸式油圧ピストンモータ、緑□が油圧ラジアルピストンモータである。

ACサーボモータ、DCサーボモータ、油圧式ピストンモータの三者は、図の赤枠を除きその領域がほとんど重なることなく棲み分けができていていることがわかる。また同じ質量の範囲ではACサーボモータに比べ油圧式ピストンモータは大きなパワー密度を持っていることもわかる。さらに一部の油圧式ピストンモータには1kg以下の小形のものもあるが、ほとんどが10kg以上の大きなものが主流である。用途あるいは構造上の制約から1kg以下の小形油圧モータの市場はあまり大きくないと考えられるが、今後、この領域での油圧アクチュエータの開発が新たな市場を開拓する可能性もある。

最近、自動車の駆動方式が内燃機関から電気にシフトしている。自動車のアクチュエータが内燃機関（エンジン）から電気モータへと移行するにつれ、回転形の電磁アクチュエータに革新的動きがある⁹⁾。

その一例として、YASA社¹⁰⁾¹¹⁾はこれまでと異なる原理のアキシアルフラックスモータを開発し、メルセデス・ベンツのスポーツタイプEVやランボルギーニのスーパーEVカーに搭載している。このモータは手元の資料で計算すると24kgの自重に対して6.67 kW/kgという電磁式モータとしては驚異的なパワー密度を持つ。サーボモータではないが、この性能を図5中にプロットすると赤○で示した性能を持ち、油圧モータの領域に大きく食い込んでいることがわかる。従来の原理にとらわれない革新的な技術がこうした性能を生んだと考えられる。ちなみに数々の困難を克服してこの電磁モータを開発・製品化したのは、英国オックスフォード大学をスピンアウトしてYASA社を創業したDr. Tim Woolmer氏で、彼もまた心眼の持ち主なのである。

5. おわりに

本稿では、メカトロニクスという概念がどのような経緯で今日に至るかを概観し、メカトロニクスのシステム構成の中でアクチュエータが重要なことを指摘した。また油圧式と電磁式のアクチュエータの性能をパワー密度の観点から比較評価した。

日本は少子高齢化やエネルギー問題、環境問題、自然災害など人類が共有する課題をすでに世界に先駆けて経験しつつある。56年前、日本の技術者がメカニズムとエレクトロニクスが融合したメカトロニクスという概念と言葉を世界に発信したように、グローバル化の荒波の中で最先端メカトロニクス技術

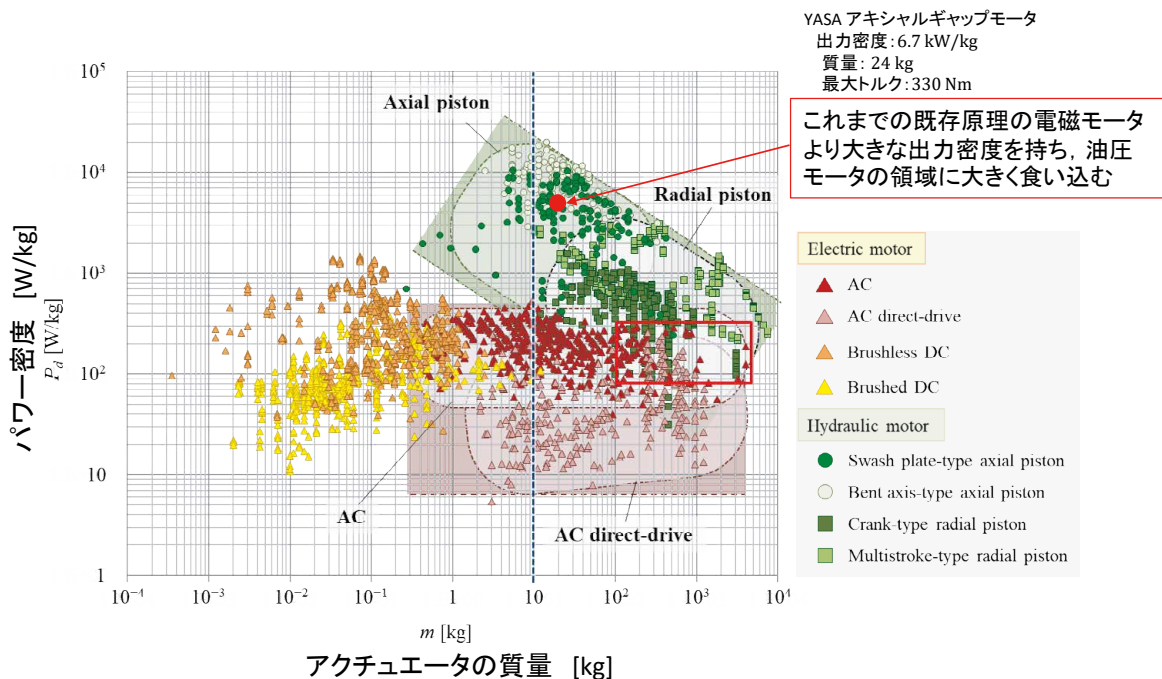


図5 電磁式と油圧式アクチュエータ性能比較

により，こうした人類に共通の課題に対する新たな解決策を日本から提案発信できる心眼を持つ技術者となることを本稿の読者諸氏に大いに期待したい。

参 考 文 献

- 1) 小学館・デジタル大辞泉
- 2) E.S. Ferguson著 (藤原, 砂田訳), 技術者の心眼, 平凡社, 1995.
- 3) YASKAWA安川電機ホームページ, URL <https://www.yaskawa.co.jp/milestones/1960s#01> (2025年1月6日参照)
- 4) T. Mori, Mecha-tronics, Yaskawa Internal Trademark Application Memo, 21.131.01. July 12, 1969.
- 5) 例えば, 渋谷恒司, メカトロニクスの基礎 (第2版), 森北出版, 2023年6月30日.
- 6) 商標公告昭46-032713および46-32714, 商標登録0946593および0946594 (特許情報プラットフォーム2024.01.06参照).
- 7) N. Kyura, H. Oho, Mechatronics –An Industrial Perspective, Trans. Mechatronics, Vol. 1, No. 1, pp. 10–15, March 1996.
- 8) S. Sakama, Y. Tanaka; A. Kamimura, Characteristics of Hydraulic and Electric Servo Motor, Actuators, 11, 11, 2022.
- 9) K. Deepak, M.A. Frikha, Y. Benômar, M. El Baghdadi, O. Hegazy, In-Wheel Motor Drive Systems for Electric Vehicles: State of the Art, Challenges, and Future Trends, Energies, 16, 3121, 2023.
- 10) D. Zhu, B. Peng and C. Wang, “Comparison of Performance of YASA Axial Flux Permanent Magnet Motor with Interior Tangential Rotor and Sticker Rotor,” 2023 3rd Asia-Pacific Conference on Communications Technology and Computer Science (ACCTCS), Shenyang, China, pp. 433–437, 2023.
- 11) YASA社ホームページ, <https://yasa.com/> (2025年1月6日参照)

ご挨拶

ご挨拶

川 瀬 正 裕*



カヤバは、このたび創立90周年を迎えるとともに本誌においても記念となる第70号を発行することができました。これは、お客様や株主様をはじめとするステークホルダーの方々に向けて、当社グループが保有する技術や新製品開発およびモノづくりの成果を継続してご紹介し、その進化をお示しすることができた証であるとともに、これまでに本誌を支えていただいた関係者の方々のご支援の賜物であり、改めて御礼申し上げます。

本記念号では、巻頭言と論説の執筆にフルードパワー業界の学术界において著名な先生をお迎えしました。また、特別企画として各事業の将来展望を述べ、当社のコア技術における幅の広がりを紹介しております。

当社の技術の源流は、故萱場資郎氏が1919年に創業した萱場発明研究所とその後1935年に創立した萱場製作所において考案した数々の製品までさかのぼります。なかでも航空機用油圧緩衝器に適用された油圧技術は、後に自動車、二輪車、建設機械、ミキサ車、航空機、舞台装置、免振装置に応用され、当社の事業拡大につながる技術になりました¹⁾。

近年では、上記技術を当社におけるコア技術と位置付け、製品の電子制御化やモジュール化に向けた開発の推進、また製造現場や設計段階におけるデジタル技術（DXやAIおよびシミュレーションなどの解析技術）の活用など、時代背景に合わせた進化を展開しております。

昨今の当社の情勢を振り返りますと、2025年度は2023中期方針の最終年度にあたり、「品質経営を極める～TQMを全ての活動の起点に～」をスローガンに全社において以下の活動に注力してまいります。

①成長戦略

自動車や建設機械およびミキサ車におけるEV化やシステム化などの電動化に対応するた

めに設置した専門部門による技術開発の推進。

②革新的モノづくり

次世代に向けてモノづくりを進化させる活動をShip'30：Self-handing innovation plant 2030と名付け、デジタル技術（DXやAI）を基軸にした自己完結が可能な無人化工場の具現化。

③コスト低減活動

原材料やエネルギー価格の高騰、半導体の供給不足による生産調整などに耐えうるグローバル規模の原価低減活動。

④規範意識

不適切問題への対処として、「品質経営」を前提とする再発防止策の実行および企業集団としての当社グループ内におけるコンプライアンスの強化。

10年後の創立100周年への飛躍に向けてスローガンを進化させるためにも、人財の質と情報の質を高めることで、仕事の質や製品・サービスの質の向上へとつなげてまいります。

また、将来への種まきのために新市場や新ビジネスへの参入に向けた成長戦略の策定と実行、DXやAI技術を活用した革新的なモノづくりの構築を推進し、ステークホルダーの方々からさらなる信頼と満足を得られるようカヤバグループ一丸となって、成長と企業価値向上を目指してまいります。

最後になりましたが、カヤバ技報の継続発行がなされ、世界中のあらゆる技術者にとって本誌が貴重な技術情報源になることを願い、私のご挨拶とさせていただきます。

参 考 文 献

1) KYB80年史（2015年11月）

*当社代表取締役社長執行役員兼CEO

特別企画

カヤバの技術戦略

藤 井 篤*



1 はじめに

企業として、いつの世にも技術革新による新製品や新技術の創出が求められ、これにより競争力を維持し、持続可能な成長を実現することは、製造業を生業とするカヤバの使命でもある。

今回、節目となる技報70号発行、さらに創立90周年を迎えるにあたり、10年前の80周年時からの技術の進歩や革新という観点で振り返り、そして今後の10年に向けての戦略を述べたい。

2 80周年時から10年間の技術の進歩や革新

2.1 技術の進歩

5Gネットワークの通信速度の飛躍的な向上は、IoTや自動運転技術の発展を加速させている。

また、最近では特に、人工知能（AI）と機械学習の技術が急速に進化し、様々な産業での自動化や効率化が進み、生成AIが新たな可能性をもたらしている。

2.2 環境エネルギーの変化

これまで我々が取り組んできた省エネは、欧米を中心に持続可能な風力や太陽光発電など再生可能エネルギーへの転換すなわち、一気にカーボンニュートラルへの舵が切られた。

自動車業界においては、電気自動車（BEV）の普及が急速に進み、テスラやBYDなどのメーカーが市場に大きな影響を与えている。現段階では、その動向に不確実性が高まっているが、技術革新の方向性は変わらないだろう。

2.3 社会の変化

新型コロナウイルス感染症のパンデミックは、私たちの働き方や生活様式に大きな変化をもたらした。リモートワークの普及で、デジタル技術が急速に進歩し、

Teams®などのツールは、業務効率の向上や柔軟な働き方を可能にし、バーチャルの世界の進展により、リモートでのコミュニケーションやコラボレーションを容易にした。さらにはワクチン開発の必要性から遺伝子編集技術などのバイオテクノロジーが発展した。またアジア地域では、キャッシュレス化が進み、QRコード決済が一般的となり、関連技術も急速に普及している。

前述の外部環境の変化は、当然ながら内部環境にも影響が波及している。

リモートワーク活用による会議の効率向上は言うまでもなく、製品・技術開発においては、3Dモデルを基にCAE解析や製品の最適化が図られるようになってきた。BEV関連技術では、eAxe^{注1)}やサスペンション、ステアリングシステムに向けた開発が進められている。そして、通信速度の向上は、建設機械の遠隔操作の進歩につながり、関連する油圧機器の電子制御対応への開発が必須である。

ものづくりにおいては、QRコードを用いた識別は、一般的になり、AGVやロボットによる自動化ラインが導入されている。

注1) 走行用モータとインバータ、トランスアクスル（減速機）を一体化したユニット

3 今後の10年に向けての戦略

カヤバにとっての次の10年での課題は、既存の事業の存続と拡大、そして新規事業への挑戦による新たな価値創造である。それを実現するためには次に挙げるような多面的な技術戦略が必要となる。

3.1 製品や生産システムのプロセス改革

年を追うごとに要求される技術開発スピードの短縮への対応として、開発からモノ作りの開発効率の向上を図る。デジタルツイン環境の構築を軸として、3Dモデルを基にしたプロセス改革を進める。バーチャル空間での試作、生産シミュレーション、金型や加工プログラムの自動生成、検査プログラムと測

*当社常務取締役執行役員兼技術本部長兼基盤技術研究所所長兼カヤバ史料館館長

定データの一元管理など全工程で3Dデータを活用することで開発期間の短縮を図っていく。

3.2 技術ロードマップを基本とした技術・製品開発

AI/通信技術に加えバッテリー技術の向上と共に進む、モビリティの電動化や自動化の進化は、カヤバの製品開発の重点課題として全社的なロードマップへ落とし込む活動が進められている。現在、開発中のCASE対応製品の商品化に加え、新たなビジネスモデルとなるスマート道路モニタリングや油状態監視システムの市場投入が期待される一方で、今後は、製品やシステムの高度なソフトウェア化への対応に移行していく必要がある。今後の技術開発は、従来の知見の集積だけで成立させることは困難になってくる。油圧は、電動に置換される可能性にも踏み込んだ技術・製品開発が必要になる。さらに、欧州を中心に進んでいる環境規制への対応がますます厳しくなることは必須である。

3.3 人財育成と対外アピール

前述の通り、技術分野の拡大に向けては、大学等の研究機関との共同研究や幅広い他企業の方々との交流を含めたオープンイノベーションの拡充を検討したい。カヤバのコア技術となるパワー制御と振動

制御については、基盤技術研究所（基盤研）を中心に、欧米の主要大学とのコロナ禍で途絶した交流を復活し、油圧業界における世界情勢のアンテナ感度を高めていく。同時に、国内だけでなく海外の研究機関にもカヤバの存在をアピールし、交流する場として、開発センタに加え、基盤研や生産技術研究所を活用できるような工夫が必要であると考えている。

カヤバの将来を担う若手技術者のバックキャストイングや未来年表作成を通して長期的な視点での戦略を立てる活動を進めている。東京科学大学（旧東京工業大学）の未来発明研究所とのコラボ活動（DLab：ディーラボ）では、将来の経営層候補となる若手社員による未来社会への想像は、発想転換が新たな技術革新を生み出す可能性を大いに感じられた。

4 おわりに

カヤバが発展し、お客様や社会の求める製品やサービスを開発し、そして技術者が喜びややりがいを得られる仕事を提供できるようにすることが、技術戦略の根幹であることを再認識している。



カヤバの生産技術への取組み

羽 場 敬 一

1 はじめに

2025年はカヤバの創業から数えて90周年という節目であり、カヤバ技報は1990年の第1号から創刊35年、今回で第70号を発行するに至った。第1号を見返すと、油圧ポンプ、油圧アクティブサスペンションといった設計技術の記事と並んで、パイプ塑性加工、部品自動搬送といった生産技術の記事も掲載されている。これはモノづくりの会社であるカヤバにおいて当時から生産技術が重要視されていた証左といえる。本報では現在、およびこれからのカヤバの生産技術への取組みについて述べさせていただく。

2 生産技術について

製品設計技術と生産技術は、製品の品質とコスト、生産効率に大きな影響を与える。設計技術が製品の仕様や機能を決定する一方で、生産技術はその設計を実現するための効率的な生産方法を確立する。いかに優れたデザインや設計があっても、それだけでは良い製品をお客さまにお届けすることはできない。なぜならば、モノづくりの現場には、人、設備、材料、製造方法によるバラツキが存在する。このためすべての部品が理想状態で加工・組立できる訳ではない。生産技術とは、このバラツキ発生を許容範囲内に収め、設計の狙い品質を担保した製品を効率的・安定的に供給するために必要な、モノづくりに欠かすことのできない要素技術である。また、製品の形状・材料を分析・模倣し、市販の生産機械を買ってきて並べれば作れる技術レベルでは勝負にならない。他社がマネできない生産技術を手の内化・量産化できてこそ、企業の競争力維持に貢献できる生産技術といえよう。

3 これからの生産技術

従来、日本の製造業の強みは「現場力」にあると言われてきた。これは、長年にわたり培った知見やノウハウ、独自のやり方が暗黙知として機能してきた側面がある。これらベテランの技術の継承が重要だが、少子高齢化の進行で労働力人口が減少し、若い労働者の確保が難しくなっている課題がある。

一方、カヤバでは次世代に向けてモノづくりを進化させていく活動としてship'30 (Self handling innovation plant 2030) に取り組んでいる。デジタル技術を基軸に、「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いる。

これら社会課題及び社内課題に対応し、目指す姿を実現するためには、生産技術もこれまでの「いいモノを早く、安く提供する」役割の更なる深化が求められる。具体的には、ロボットやAIを活用して生産効率を向上する「自動化技術の推進」、設備や生産の状態を監視し、異常検知や不良未然防止で自工程完結を実現する「リアルタイムモニタリングとデータ分析の活用」、顧客要望に応じた製品仕様や量変動に迅速に対応し、かつ労働力の効率的な活用を実現する「柔軟な生産システムの確立」が挙げられる。

さらに、グローバル競争力の維持・向上のためにはこれらの技術について、デジタルデータでリンクさせ、仮想空間上で最適化・効率化を行う「デジタルツインの活用」が必要になってくる。デジタルツインの本質は、物理空間の仕組みや稼働状況を仮想空間に再現し、シミュレーションや分析・最適化を可能にすることである。実現には、製造ライン上の人とモノの流れをデータ化した「製造ラインのデジタルツイン」構築が必要となる。現状、カヤバでは生産ラインのノウハウがまだ十分にデータ化されているとは言えず、今後の課題の一つである。デジタルツインでもたらされるメリットの一つが、製品開発、設計から生産、出荷に至る、バリューチェーン

の業務プロセス変革である。バリューチェーン全体にわたり人・モノ・情報がつながることにより、シゴトの「フロントローディング化」が可能になる。データを基に、製品と工程をコンカレントに一括開発することで、より上流から効率的なモノづくりの検討が可能になる。例えば生産技術領域では、デジタルツインを活用して素材から完成品、そして出荷までスルーで見ること、高効率で低コストな作り方を設計に提案できるようになる。上流まで上がることで、量産立ち上がり間際に短期多量の実務に忙殺される事態から脱却し、開発納期短縮、効果の最大化、生産技術の本業への注力という姿を実現していきたい。自動化、効率の良いモノづくりが進めば、社会課題である労働力人口の減少への対応策、「人に頼らないモノづくり」実現に近づくと考え。

また、もう一軸では、環境負荷を低減し、持続可能な生産を実現する「サステナビリティ」への取り組みも推進する必要がある。我が社の経営理念は「人々の暮らしを安全・快適にする技術や製品を提供し、社会に貢献するカヤバグループ」である。実現のためには製造過程でのエネルギー効率の向上、環境負荷物質を使用しない工法への転換、廃棄物削減といった社会課題に、生産技術として対応を進めてい

く必要がある。

4 おわりに

生産技術は、モノづくりの課題解決のために新しい技術・工法を検討・開発し、仕様を決めて量産設備を製作・導入していく。しかし、新しい技術のインストールは大抵一筋縄ではいかず、力業での対応を余儀なくされるケースも少なくない。働き方改革が叫ばれる昨今、このような状態は改めなければならない。近年、生産技術を希望する人が減ってきている一因でもあり、この状況を打破するためにも上記にあげた「製造ラインのデジタルツイン」実現が望まれる。生技開発のフロントローディング、オフラインでの十分な事前検証を可能にし、スムーズに量産ラインに新技術展開ができる姿、魅力ある生産技術を目指していきたい。

結局、モノづくりは、人づくりである。若い技術者に「生産技術って面白いな、やりがいがあるな」と感じてもらい、困難な課題にチャレンジ・突破する仕事を通して、次代を担う生産技術者を育てていきたい。

著者



羽場 敬一

1994年入社。技術本部生産技術研究所長。同所第1研究室で溶接加工の研究開発、室長を経て現職。



オートモーティブコンポーネンツ事業の技術展望

馬 場 友 彦

1 はじめに

「Automotive」は形容詞で、「自動車の」や「自動車に関する」という意味で広く使われている。その自動車においても近年は自動運転化が進んでおり、運転行為から移動全般に関する価値提供を求められています。まさに、動きやすい可動性を示す「Mobility」への提案である。現在当事業で主に取り扱っている自動車、二輪車、鉄道向けの機器を、今後ボーダレス化されるモビリティ社会にどう適用させていくかが今後の課題である。

当社の経営理念である「人々の暮らしを安全・快適にする技術や製品を提供し、社会に貢献するカヤバグループ」を実現するため、長きに渡り培ってきた振動制御とパワー制御を駆使し、新たな価値を提供するため、ハイドロリックコンポーネンツ事業、特装事業との連携は勿論、異業種含めた社外との共創が不可欠である。あらゆるものがつながることで価値を生む時代に、モノとモノ、モノとヒト、ひいてはヒトとヒトをつなげる技術を提供し、モビリティを取り巻く社会課題の解決に取り組んでいきます。

2 交通弱者をなくす

日本を含む多くの先進諸国では少子高齢化が進み、自家用車を所有できる、運転できる人口が減少。また地方では公共交通機関の廃止や減便が人々の自由な移動を阻害します。このため、誰もが安心して利用できる自動運転機能を搭載したモビリティの普及が急がれます。より積極的な上下制振を行うフルアクティブサスペンションや、より緻密な操舵制御が可能なステアリングバイワイヤシステムを制駆動制御と高度に協調させることで、事故なく快適に目的地まで移動することが可能となると考えています。これを可能にするアクチュエータや、相互につながるための機器・システムの開発を進めます。

3 環境破壊をなくす

グローバルサウスと称される新興国や発展途上国では、自動車や二輪車などの従前の移動手段が今後も拡大します。当社が取り扱う油圧機器も活躍の場が広がると期待するが、合わせて製品ライフサイクルでの環境対応が必要と考える。

当事業の主力製品であるショックアブソーバの作動油を石油由来から天然由来に置き換えることによる原料生成過程での二酸化炭素の吸収（カーボンニュートラル）、万が一の漏洩時にも自然に還る生分解性、製品廃棄時のリサイクル性を向上させる取り組みを進めています（図1）。本開発をきっかけに、当事業、当社が取り扱う製品やサービス全体に、ライフサイクルでの環境対応を広げていく考えです。

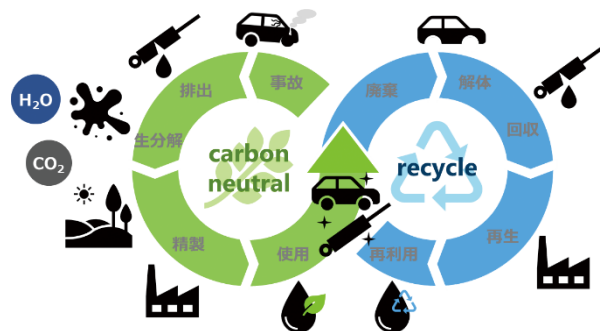


図1 作動油の環境対応

また、当社開発の本丸であるカヤバ開発センター(岐阜県加茂郡川辺町)では緑豊かな環境の中、野生生物との共生や絶滅危惧種(Ⅱ類)に指定される希少植物イヌハギの保全、地域社会への貢献を果たします(写真1)。



写真1 開発センター地域の環境

4 おわりに

自動車がモビリティへ変革し，モノづくりに加え

コトづくりを通した価値提供も始まっています．競争から共創へ，社内外とのつながりを大切にし，社会に貢献できるヒトづくりを進めます．

著 者



馬場 友彦

1996年入社．オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部長．自動車技術研究所，サスペンション技術部を経て現職．



ハイドロリックコンポーネンツ事業の技術展望

中 村 雅 之

1 はじめに

ハイドロリックコンポーネンツ事業(以下HC)は建機、農機、産車といったモバイル機械向けの「ポンプ」「バルブ」「モータ」「シリンダ」を主力とした独自開発の油圧製品群を軸に、グローバルにビジネスを展開している。昨今の自動車市場では、デジタル化を軸にしたディスラプティブ(破壊的)な技術革新が進行しており新興勢力との競争も相まって劇的な環境変化に晒されているが、同様の環境変化は業界を問わず同時並行で進行中であり、HCが関連するビジネス環境も例外ではなくなっている。

本報では、HCの技術・商品開発のアウトラインを説明し、その中から競争力向上や成長戦略の実現に寄与すべく、技術者たちが将来に向けて進めている研究開発の一端を概要として紹介する。

2 技術・商品開発のアウトライン

2.1 開発の方向性

市場でニーズが加速しているデジタル化やカーボンニュートラルへの対応に向け、従来のモデルチェンジや低コスト化開発と並行して油圧機器の電子制御化やセンサ、それらを組み合わせた状態診断システム等、新たな付加価値の創出に取り組んでいる。

2.2 研究開発体制 (図1)

HCの製品は、製品群(ポンプ、モータ、バルブ、シリンダ、装置)ごとに国内外の生産工場で製造されているが、事業の開発部隊はそれら工場に席を置くことで、コストを常に意識しながら現場とコンカレントに開発を進めている。一方、技術本部には材料・制御・情報・電子など、基盤技術の先端研究を幅広く行う基盤技術研究所、加工・組立・熱処理などの生産工法の先端研究を行う生産技術研究所、また解析技術の推進サポートを行うCAE推進部等があり、事業の開発部隊と常に連携しながら開発をサポートしている。

2.3 電子化・電動化への新組織

さらに、機械設計に特化した技術部門のみでは対

応が困難な電気・電子要素を組み入れた製品の開発加速を目的に、専門組織を新設した。

センサや電子制御などの電気・電子要素機器や、制御システムのソフトウェア構築、またモデルベース開発を含む解析技術でHC技術部の支援を行う「システム技術部」と、電動化に特化したユニット開発を行う「電動化ユニット先行開発室」である。

2.4 実験・評価

各技術部門が開発した試作品の実験評価は、開発部門とは機能を分けた専任部門が担当し、生産拠点ごとに固有の実験設備で評価を行っている。

また開発品を母機へ搭載し、母機全体システムを含めた妥当性評価やプレゼンテーションを行うことができる実機試験場の整備拡大を進めており、技術者のシステム開発力育成とお客様への提案力向上も推進中である。

事業の開発部隊と技術本部の研究開発部隊、また新たな組織が一体となりシナジを日々発揮することで、技術・製品開発の品質向上とスピードアップを図っている。



図1 研究開発体制

3 将来に向けた開発

3.1 油状態診断システム (図2)

工場設備や建設機械などで使用される油圧機器の作動油状態をリアルタイムに診断するシステムを開発した。現状、油圧機器の作動油は、まだ使用できる状

態であったとしても、不具合発生による停止を避けるべく定期交換するのが一般的である。本システムは、センサ・通信機を取り付けた油圧機器とお客様とをクラウドで結び、カヤバが蓄積してきた知見やノウハウを活かしたアルゴリズムで油のデータを分析・診断する。IoT（Internet of Things：モノのインターネット）により、油や機器の劣化異常がないか推定し適切なタイミングで保守・交換のご提案をすることで、作動油の廃棄量低減やメンテナンス作業の効率化に貢献する。

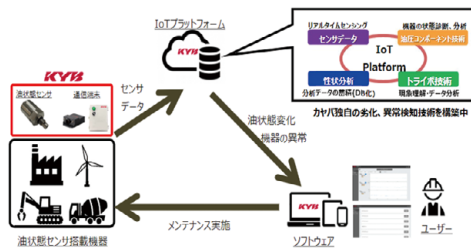


図2 油状態診断システム

3.2 ショベル用省エネシステム（図3）

パワーショベル等の生産性向上とCO2削減へ向け、ポンプ・バルブ・ECU（ソフトウェア）をセット化した電子制御油圧システムを開発中である。電子制御を加えた独自システムで消費エネルギーの最小化と操作性の向上を図り、省エネと生産性向上への貢献を目指す。



図3 ショベル用省エネシステム

3.3 建設機械用電動ポンプユニット（図4）

世界的なカーボンニュートラルの動きを背景に、パワーショベルなどの建設機械や産業車両では、ディー

ゼルエンジンを電動機に置き換える取り組みが加速している。これに向け、ミニショベル用で実績のあるロードセンシング用可変容量油圧ポンプにインバータ・電動機・減速機・冷却用電動オイルポンプを一体化した電動油圧ユニットを開発中である。低静音・高効率な可変ポンプに減速機を含む高速電動機を組み合わせることで、高効率でコンパクトなユニットを実現し、カーボンニュートラルの実現に貢献する。

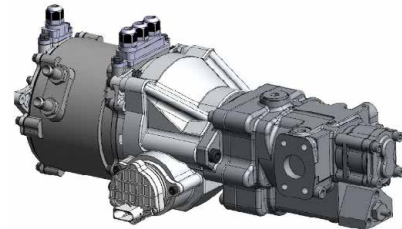


図4 電動ポンプユニット

4 おわりに

当社は、創業者である萱場資郎が掲げた「独創、活気、そして愛」の経営理念のもと、脈々と研鑽してきた油圧のDNAを軸に独自の製品を生み出し、社会の発展に貢献してきた。これまでの開発は、油圧機器の回路の工夫や高圧化・効率向上等の改善の積み重ねで、母機の省エネ化や操作性向上へ貢献することを目指し、材料/流体/機構/構造等の各種解析技術をフル活用し、主として社内で構築した自前技術を中心に進化してきたが、今後はそれだけでは足りない。電気/電子/電動などに加え、ICT/IoT等のデジタル技術を組み合わせ、外部の経営資源もタイムリに取り込みながらオープンイノベーションを進めることが、商品化の加速と成長の持続への条件になりそうである。

当社は今後も、これまでの経験と実績・技術力に外部リソースも取り入れながら、お客様の期待を超える価値の創造を続け、建設機械や農業機械等の安全と生産性の向上、環境影響の最小化を提供していくことで、人々の豊かな生活の実現に貢献していく。

著者



中村 雅之

1991年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部長、油機技術研究所、浦和工場第二設計室、相模工場バルブ設計室、相模油機技術部を経て現職。油圧機器の設計・開発に従事。

特別企画

特装車両事業の技術展望

上 條 崇 史

1 はじめに

特装車両事業では、ミキサ車を主力製品とし、剪定枝粉碎処理車等の環境製品を加え、生産・販売をしている。今後の特装車両事業の外部環境変化は大きく、トラックのEV化への対応やミキサ車に続く第2の柱となる製品の創出が求められている。

本報では、特装車両事業の技術の展望を述べる。

2 外部環境変化への対応

特装業界全体に影響がある外部環境の変化として、輸送時の二酸化炭素排出量削減を目的としたトラックのEV化があげられる。各トラックメーカーのEV化は小型車から計画され大型車へ移行していく。このEVトラックに対応したミキサ車を開発し市場投入することが社会的責任と考えている。トラックメーカーと強調しながらも、ミキサ部の駆動方式を提案していくことで、よりエネルギー効率が高いミキサ車を作り上げていく。

3 新製品の成長と開発

特装車両事業では、新たにキャンピングカーの受注を開始した(図1)。「冒険心をくすぐり、運転の楽しさが味わえるキャンピングカー」をコンセプトに足回り技術、架装技術を活かし、高速道路や山道、街

乗りでも楽しく運転できる車両とした。居住空間は、旅先に別荘を運ぶような贅沢かつ上質な空間をデザインした。キャンピングカーは進み始めたばかりであるが、この製品を軌道に乗せることが重要である。そのためには変化が激しい市場要求に対応しつつ、特装車両事業の架装技術・内装技術に加え、振動制御技術や油圧技術といった他事業が保有している技術も融合することで常に新しい形のキャンピングカーを開発し続け、ラインナップを拡充していく必要がある。



図1 キャンピングカー「VILLATOR」

4 おわりに

特装車両事業は、「カヤバ」を知っていただくことができる完成製品を持っている。前述にて技術の展望を述べてきたが、これらの技術を取り入れた製品を開発し市場投入することで、お客様に喜びや楽しさを感じていただくとともに、カヤバのブランド力も高められるように特装車両事業として活動していきたい。

著 者



上條 崇史

1995年入社。特装車両事業部
技術部長。特装車両製品の設計、
開発に従事。

技術論文

研削加工へのウルトラファインバブル適用

Application of Ultrafine Bubbles to Grinding Processes

畑 山 陽 介 ・ 水 谷 正 義

HATAYAMA Yousuke ・ MIZUTANI Masayoshi

要 旨

ウルトラファインバブル（以下UFB）は、直径1 μm 以下の微小気泡である。近年では、研削加工のクーラントにUFBを含むクーラント（以下UFBクーラント）を用いることで、研削性能や加工精度が向上することが多数報告されている。しかし、その効果発生メカニズムは解明されていない。既存研究では、UFBクーラントは通常のクーラントよりもぬれ性が高いため研削性能が変化すると考察している。UFBを含むことでクーラントの液特性そのものが変化するのであれば、UFBクーラントを使用して研削した場合、どんな被削材でも効果が得られるはずである。しかし、UFBの効果が得られないケースも存在する。よって、ぬれ性はUFBの効果発生の主要因ではないと考えられる。UFBの一般的な特徴として、崩壊する際にOHラジカルが発生することが知られており、相手材の酸化が促進すると考えられる。本報では、被削材表面の酸化の視点から、研削加工におけるUFBの効果発生メカニズムを検討・考察する。UFB水の場合、気体種類が変わると被削材表面の酸化度合いが異なることがわかった。また、生成される酸化物の組成が異なることがわかった。さらに、研削加工を模擬した摩擦・摩耗試験を行い、UFBクーラントの気体種類により摩擦係数に差が生じることがわかった。UFBクーラントの気体種類は研削性能に影響を及ぼし、その傾向は摩擦・摩耗試験の結果と整合した。UFBによる被削材表面の酸化が摩擦・摩耗特性に影響し、その結果、研削特性が変化していることが示唆された。

Abstract

Ultrafine bubbles (UFBs) are microbubbles with diameters below 1 μm . Recent studies have shown that using a coolant containing UFBs (UFB coolant) in grinding processes can improve grinding performance and machining accuracy. However, the mechanism behind this effect remains unclear. While some studies attribute the improved performance to the superior wettability of UFB coolant compared to conventional coolant, this alone cannot fully explain the effects, as there are instances where UFB coolant does not provide significant benefits.

One notable property of UFBs is their ability to generate hydroxyl radicals (OH) upon collapse, which may promote oxidation on workpiece surfaces. This study explores the role of surface oxidation in the grinding performance of UFB coolant. Experiments revealed that the degree of surface oxidation and the composition of oxides vary depending on the type of gas used in UFB water. Friction and wear tests further demonstrated that the gas type in UFB coolant affects the coefficient of friction, which aligns with differences in grinding performance. These findings suggest that the oxidation induced by UFBs influences the friction and wear characteristics of workpieces, leading to changes in grinding performance.

1 緒言

ファインバブルは直径100 μm 以下の微小気泡の総称で、直径が1 μm より大きい気泡はマイクロバブル、直径が1 μm 以下の気泡はUFBと呼ばれており、その名称はISOで定義されている¹⁾。

UFBの特徴の1つとして、無色透明で水中に長時間残存することが挙げられ、この特徴を利用して、洗浄、殺菌、水質浄化などの分野で実用されている²⁾。近年では、研削加工にUFBを含むUFBクーラントを用いることで、研削性能および加工精度の向上が多数報告されている^{3)~8)}。これらの研究では、効果発生メカニズムとして、主にぬれ性の観点から考察・検討がなされている。小林らは通常のクーラントに対して、UFBクーラントは接触角が⁶⁾、渡辺らは滑落角と表面張力が低下することを報告している⁷⁾⁸⁾。

一方、著者らは、通常のクーラントとUFBクーラントのぬれ性にはUFB有無による有意差がないことを示し、その場合でも研削特性が変化することを確認している⁹⁾。すなわち、この結果を踏まえると、研削加工でのUFBの効果発生にはぬれ性以外にも別の要因が影響していると考えられ、著者らはそれがUFBの崩壊に起因するものだと考えている。

UFBが崩壊する際、内部が断熱圧縮により高温・高圧状態となり、周囲の水分子が破壊され強力な酸化剤であるOHラジカル^{注1)}が発生するほか¹⁰⁾¹¹⁾、周囲の物体に高圧エネルギーが放出されることが知られている。著者らはこの現象に着目し、精製水およびUFB水に炭素鋼を浸漬した場合、UFB水のほうが被削材表面の酸化が促進すること、また、生成された酸化物の摩擦特性にはUFB有無で差があることも確認している⁹⁾。

以上の知見を踏まえ本報では、被削材表面の酸化の観点から研削加工におけるUFBの効果発生メカニズムを検討・考察した。具体的には、気体種類によりUFBの崩壊のしやすさが異なり、そのUFB崩壊が被削材に影響を及ぼすのであれば、気体種類により酸化の仕方が変化する可能性があるという仮説に基づき、まずは、気体種類の異なるUFB水やUFBクーラントに試験片を浸漬・静置し、表面性状の変化を観察した。次に、生成された酸化物の組成変化と、それが材料の摩擦・摩耗特性に及ぼす影響を調べた。さらに、実加工を想定し、未処理(UFB水・UFBクーラントへの浸漬・静置なし)の試験片をUFBクーラントに浸漬した状態で摩擦・摩耗試験を行い、その変化を調べた。最後に、一般砥石による平面研削実験を行い、仮説の妥当性を検証した。

注1) 酸素原子と水素原子からなる反応性が非常に高い

化学種。酸化反応を引き起こす力が強い物質。

2 実験方法

2.1 UFB生成条件

本報では、カヤバが独自開発したUFB生成装置を使用した⁹⁾¹²⁾。UFBの生成原理にはさまざまな種類があり¹³⁾、本装置は高密度大流量化を図るため、スタティックミキサ方式をベースに、回転せん断方式を採用している。本報で使用した評価液は、①精製水、②UFB水、③精製水または水道水希釈クーラント、④UFBクーラントの計4種類である。クーラントは水溶性のシンセティックソリューションタイプで、濃度2.5%である。②は精製水をベースにUFBを生成したものである。③は、浸漬および摩擦・摩耗試験では精製水、研削実験では水道水で所定の濃度となるように希釈したクーラントを、気体を送入せずにUFB生成装置内を循環(攪拌)させて作製したものである。④は、③に気体を送入し、UFB生成処理したものである。表1にUFB生成条件を示す。ここで、気体濃度は液体流量に対する気体流量(標準状態での体積流量)の比率、パス回数は液体の循環回数である。UFB生成のパス回数は次の理由で表1のように設定した。水は後述のUFB密度が約10億個/mLとなるように360回、クーラントは実加工において研削比の改善を確認している40回とした⁹⁾。気体の種類は、以下の理由で3水準設定した。Airは、広く利用されており実用性が高いためである。O₂は、積極的に相手材を酸化させるにはO₂リッチな環境が適していると考えたためである。CO₂は、既存研究においてUFB生成後30分で密度が90%減少し、崩壊しやすいことが確認されている¹⁴⁾。UFB崩壊時にはOHラジカルが発生するため¹⁰⁾¹¹⁾、相手材の酸化が促進されることが考えたためである。

UFB水の初期密度は、Air-UFBが11.4億個/mL、O₂-UFBが9.6億個/mL、CO₂-UFBが1.1億個/mLである。同一条件でUFBを生成してもCO₂は他の気体の約1/10となる。これは、CO₂-UFBは生成直後の段階で崩壊しやすく、気泡として安定して長期間存在できないためと考えられる。

UFB密度の測定方法にはさまざまな手法があり¹⁵⁾、本報では粒子トラッキング解析法(NanoSight NS300 NTA3.4, マルバーン)を使用した。この方法では、液中に浮遊する粒子がレーザ照射を受けて発する散乱光を対物レンズで捉えて動画撮影し、画面上のすべての粒子をトラッキングし、ブラウン運動速度から粒子径と粒子数を計測できる¹⁶⁾。なお、この測定方法では、測定原理上、クーラント自体に

表1 UFB生成条件

液体	種類	水	クーラント
気体	種類	Air, O ₂ , CO ₂	
	濃度	2.5%	
円板回転数		2400rpm	
パス回数		360	40

含まれる粒子とUFBを区別して認識できない。そのため、UFBクーラント中に含まれるUFBの数を定量的に把握できないことに留意が必要である。

2.2 試験片

本報で使用した試験片の材質はS50C（後述の腐食度およびXPSによる成分分析はS45C）で、焼入れ焼戻し処理を行い、硬さは504.1～591.3HV（N＝10測定）となっている。寸法は縦50mm×横50mm（厚み10mm）で、浸漬および摩擦・摩耗試験にはこれを15mm×15mmに切断して使用した。浸漬および摩擦・摩耗試験の評価面は研削し、切削痕や酸化スケールを除去してから使用した。研削後の表面粗さは R_a 0.36～0.48 μ m（N＝10測定）である。

2.3 浸漬試験

UFBの崩壊と気体の種類が試験片表面の酸化に及ぼす影響を調べるため、各種評価液に試験片を浸漬し、その変化を目視観察した。図1に浸漬試験の概略図を示す。ガラス瓶に評価液を400mL入れ、試験片の評価面が上となるよう浸漬、静置した。5日間にわたって試験片表面を目視観察した。表面が酸化した試験片は、その酸化物の組成と腐食度を評価した。

酸化物の組成は、X線分光分析法（以下、XPS）^{注2)}で分析した¹⁷⁾。組成の分析にはXPS分析装置（The Probe, Thermo Scientific）を使用した。

腐食度は金属が一定時間あたりにどれくらい腐食したかを示す指標である。酸化の深さ方向への進行を確認するために腐食度を評価した。腐食の種類によっては浸食が局所的に進み、厚みの減少がわかりにくいいため、質量の減少量を基準とすることが一般的である。腐食度は以下の式で求められる¹⁸⁾。

$$W = \frac{M_1 - M_2}{S \times T} \quad (1)$$

ここで、 W ：腐食度 [mdd]、 M_1 ：試験前の試験片質量 [mg]、 M_2 ：試験後の試験片質量 [mg]、 S ：試験片の表面積 [dm²]、 T ：試験日数である。腐食度が大きいほど腐食が進行していることを示す。本報では、浸漬から3日後に腐食度を評価した。

注2) 試料にX線を照射した際に発生する光電子を検出・分光し、材料表面の元素の定性分析や表面の化学組成や化学結合状態を分析する方法。

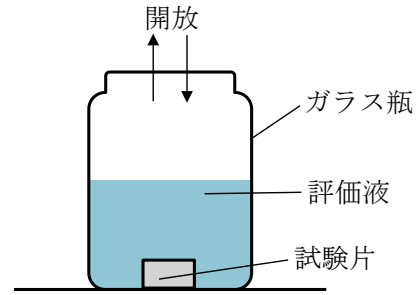


図1 浸漬試験の概略図

2.4 摩擦・摩耗特性評価

研削加工への適用を想定し、被削材と砥粒の摩擦・摩耗現象を解明するための摩擦・摩耗試験を行った。同試験にはボールオンディスク型の試験機を使用した。図2に実験系を示す。実験には摩擦摩耗試験機（FPR-2000, レスカ）を使用した。同図に示すように、試験片を受け皿に取り付け、受け皿はテーブルに固定されている。テーブルが左右に直線往復運動し、試験片とボールを摺動させる。この時、ボールと試験片間の摩擦力により、ボールは摺動方向に引っ張られる。この力を試験機内のロードセルで測定検出し、おもりの重さ（印加荷重）で割ることで摩擦係数を算出する。ボールは、後述の研削実験で使用する砥石の砥粒に合わせてアルミナボールを使用した。

表2に試験条件を示す。同試験ではまず、生成された酸化物の特性を調べるため、2.3節で述べた浸漬試験で得られた各試験片を使用し、ドライ環境下で試験を行った。次に、実加工を想定し、UFBによる試験片の酸化と材料除去の関係と、それが摩擦・摩耗現象に及ぼす影響を調べるため、何も処理を行っていない試験片を各評価液中に浸漬しながら摩擦・摩耗試験を行った。なお、試験後の摩耗痕はデジタルマイクロスコープ（VHX-5000, キーエンス）で観察し、撮影画像から摩耗痕面積を求めた。

2.5 研削実験

浸漬および摩擦・摩耗試験で検討した研削加工におけるUFBの効果発生メカニズムの仮説の妥当性を検証するため、実加工で研削性能を評価した。表3に研削条件を示す。研削盤は精密平面研削盤（EPG-63S, ナガセインテグレックス）を、砥石はWAレジノイド砥石（WA100M8B, 三井研削砥石）を使用した。切込量と研削速度は2水準設定し、以降、切込量0.004mm・研削速度83.3mm/sの組み合わせを加工負荷小条件、切込量0.010mm・研削速度104.2mm/sの組み合わせを加工負荷大条件とする。これは、UFBによる酸化層は切込量に対して非常に薄いと考えられ、酸化スピードと材料除去スピードのバランスで

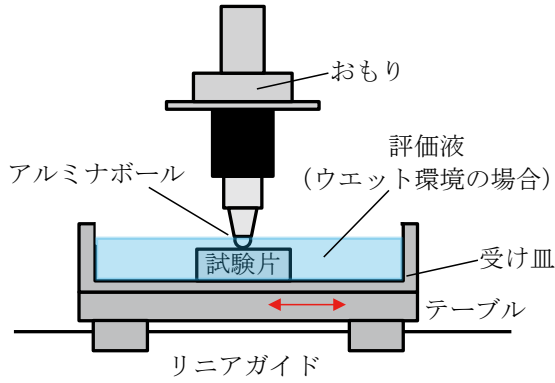


図2 摩擦・摩耗試験の実験系

表2 摩擦・摩耗試験の試験条件

試験環境	ドライ	ウェット
往復幅	5 mm	
線速度	5 mm/s	
おもりの重さ	100g	
試験時間	1800s	5400s

表3 研削条件

項目		単位	加工負荷小	加工負荷大
砥石	寸法	[mm]	$\phi 300 \times 30$	
	周速度	[m/s]	28	
切込量		[mm]	0.004	0.010
研削速度		[mm/s]	83.3	104.2
取代		[mm]	0.8	
研削回数		[回]	200	80

UFBによる効果に差があるかどうかを確認するためである。

図3に研削抵抗測定の様式図を示す。研削抵抗は多成分動力計（9257B, KISTLER）で測定した。法線抵抗 F_n と接線抵抗 F_t は、式(2)および(3)で表される¹⁹⁾。

$$F_n = C_p \left(\frac{\pi V_w t b}{2 V_G} \right) \tan \alpha \quad (2)$$

$$F_t = C_p \left(\frac{V_w t b}{V_G} \right) \tan \alpha + \mu F_n \quad (3)$$

ここで、 V_w ：研削速度、 t ：切込量、 b ：研削幅、 V_G ：砥石周速度、 μ ：砥石と被削材間の摩擦係数、 α ：砥粒半頂角、 C_p ：比研削エネルギーである。 F_n を F_t で割った値は二分力比となる。二分力比の減少は切れ味や食いつきの良化、増加は摩擦係数の低減を示す。

図4に研削比測定の様式図を示す。研削比は除去体積を砥石減耗体積で割った値で、研削比の増加は砥石摩耗量の低減を示す。図4に示すように、砥石幅よりも幅の狭い被削材を研削すると、砥石使用面

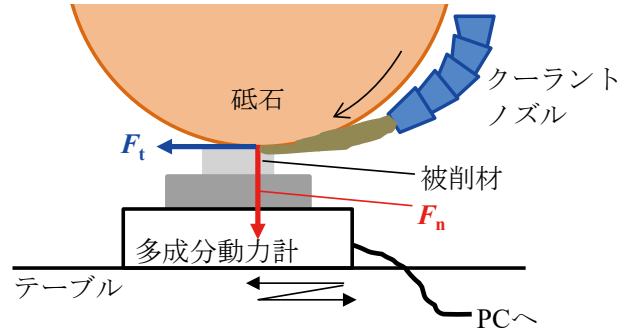


図3 研削抵抗の測定系

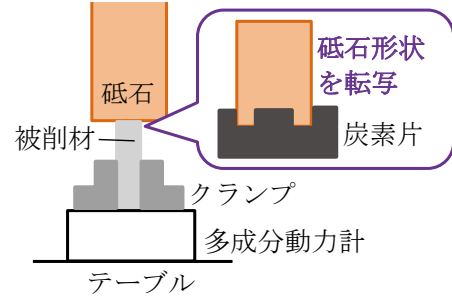


図4 研削比の測定系

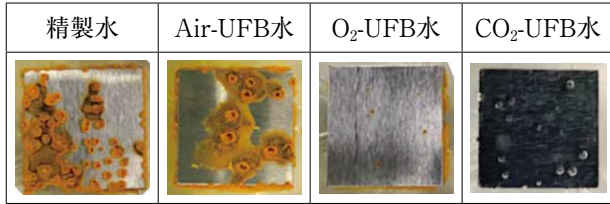
に段差ができる。この段差を炭素片に転写させ、転写面のプロファイルから段差を測定し、砥石の減耗体積を算出した。

3 結果および考察

3.1 UFBによる試験片表面の酸化挙動

表4に水のグループ（精製水、UFB水）に1日浸漬した試験片の外観写真を示す。いずれも表面に錆が発生し、酸化していることが目視で確認できる。このとき、気体種類による外観の違いに着目すると、精製水とAir-UFB水は類似の変化を示しているが、精製水に比べて、Air-UFB水のほうが酸化されている領域は若干広くなった。O₂-UFB水は試験片のエッジ付近にわずかに錆が発生するものの、ほとんど酸化されなかった。これは、O₂-UFBの崩壊のしにくさ、すなわち、安定性に起因するものであると考えられる。つまり、O₂-UFBは水中で安定的に存在し、崩壊が起きにくいため²⁰⁾、崩壊に起因して生じる酸化が起きにくかったのではないかと考えられる。また、O₂-UFB水中の高い溶存酸素量も影響していると考えられる。溶存酸素量が高い環境下では、鋼は不動態化が進み、腐食速度が大きく低下する²¹⁾。O₂-UFB水生成中の溶存酸素量を測定した結果、最大で約38mg/Lであった。これは、飽和溶存酸素量の約4.5倍である。すなわち、高濃度の溶存酸素が試験片表面の不動態化を促し、材料表面の腐食（酸化）を抑

表4 試験片の外観（水グループ、1日浸漬後）



制したと考えられる。

これらに対して、CO₂-UFBは他の気体とは全く異なる変化を示した。精製水とAir-UFB水、あるいはO₂-UFB水に浸漬した試験片には部分的に赤錆が発生しているのに対して、CO₂-UFB水に浸漬した試験片は全体が黒色を示していた。このことは、CO₂-UFBが崩壊しやすいという特徴を持ち¹⁴⁾、相手材の酸化を促進させやすく、また、CO₂が水に溶解すると炭酸となり溶液は酸性を示すことに起因していると考えられる。これにより、試験片表面の酸化が促進されるとともに、特徴的な組成の酸化物が生成したと考えられる。

表5にクーラントのグループ（精製水希釈クーラント、UFBクーラント）に5日浸漬した試験片の外観を示す。いずれも目視でわかる酸化は見られない。これはクーラント自体の防錆効果が効いていると考えられる。したがって、クーラントの場合は単に浸漬・静置するだけでは酸化しないといえる。

3.2 試験片の腐食度

図5にUFB水で酸化させた試験片の腐食度の測定結果を示す。図5中のエラーバーは、N=3測定の最大最小範囲を示している。精製水の腐食度を基準にとると、各UFBの腐食度は、Air-UFBが2.4倍、O₂-UFBが1.0倍、CO₂-UFBが8.9倍となる。このことから、各UFBが本報で使用した試験片（S50C）の酸化を促進させていると考えられる。またこのとき、O₂-UFBの酸化面積は精製水よりも狭いが（表4）、精製水と同等の腐食度となっている。これは、O₂-UFBの場合、目視可能な表面の酸化は少ないものの、深さ方向には酸化が進行しているためであると考えられる。

3.3 酸化物のXPS分析

図6にUFB水で酸化させた試験片の酸化物に関するXPSスペクトルを、図7に酸化物に関するスペクトルの成分比率を示す。図6のグラフの横軸は化学結合エネルギーを示しており、元素およびその化学結合状態によって固有の値を取る。図中のmeasuredは、実際に測定された生データで、試料から放出された光電子の強度を結合エネルギーに応じてプロットしたものである。backgroundは二次

表5 試験片の外観（クーラントグループ、5日浸漬後）

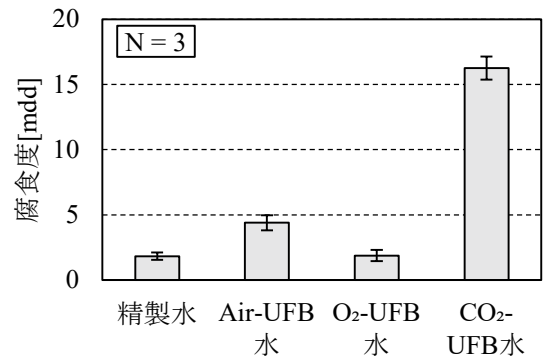
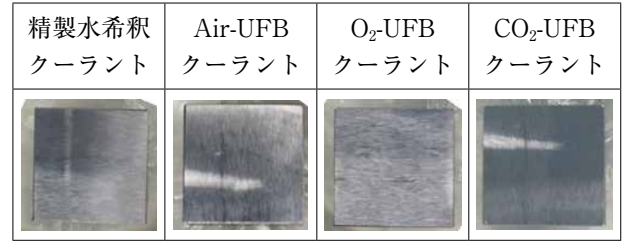
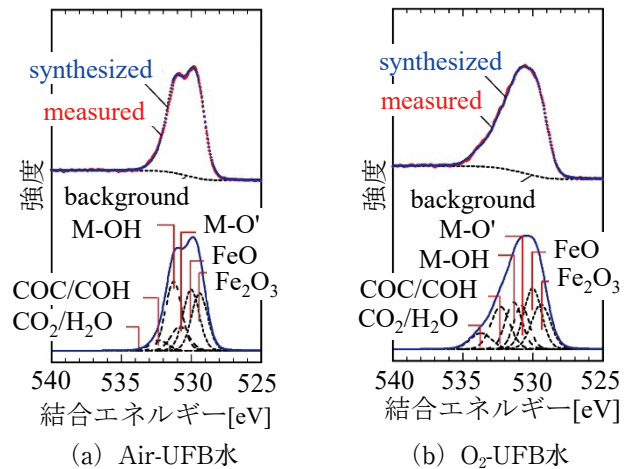
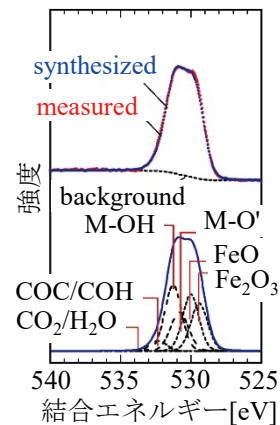


図5 試験片の腐食度



(a) Air-UFB水

(b) O₂-UFB水



(c) CO₂-UFB水

図6 酸化済試験片の酸化物に関するスペクトル

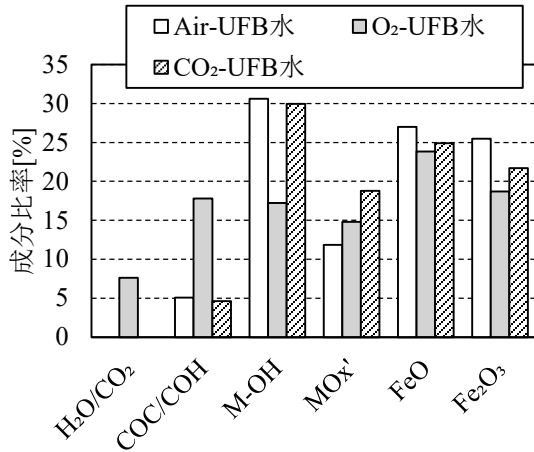


図7 酸化物に関するスペクトルの成分比率

電子や散乱した電子による不要な信号を示している。synthesizedはmeasuredからbackgroundを除去し、ピークを複数のモデル関数に分解・合成した結果である。これにより、測定データのピークを再現しながら各元素や化学状態の寄与を分析する^{22) 23)}。

同図より、気体種類によりピーク形状や分離後の組成が異なっていることがわかる。具体的には、Air-UFBはFeOやFe₂O₃の割合が多い右上がりのスペクトル形状、CO₂-UFBは結合エネルギーの大きいM-OHやMO_xの割合が多い右下がりのスペクトル形状となっている。なお、黒錆に関するFe 2pスペクトルも観察したが、UFBの気体種類によるスペクトル形状の差は見られなかった。UFBの気体種類により、試験片の酸化の仕方には目視可能な差があり、生成される酸化物の組成も異なることが確認された。

3.4 各種UFBにより生成された酸化物の摩擦特性

3.1節で生成された酸化物に対して摩擦・摩耗試験を行った。その結果を図8に示す。なお、試験は各水準につきN=3~5行い、ばらつきが少ないことを確認したうえで、その中の代表的なデータを示している。同図より、未処理の試験片に対して、各種UFBにより酸化された試験片はいずれも摩擦係数が小さくなることがわかる。その摩擦係数は、CO₂-UFBがもっとも高く、精製水とAir-UFBが同等、O₂-UFBがもっとも小さい値を示した。これは、O₂-UFBは目視ではほぼわからないほどの狭い酸化面積において(表4)、深さ方向へ深い酸化が進むことにより、摩擦係数が小さくなったと考えられる。したがって、ドライ条件の摩擦・摩耗試験ではO₂-UFB水中で生成された酸化物がもっとも小さくなるということがわかった。

3.5 実加工を模擬した摩擦特性

図9に、実加工を模擬し精製水希釈クーラントおよび各種UFBクーラントに未処理の試験片を浸漬

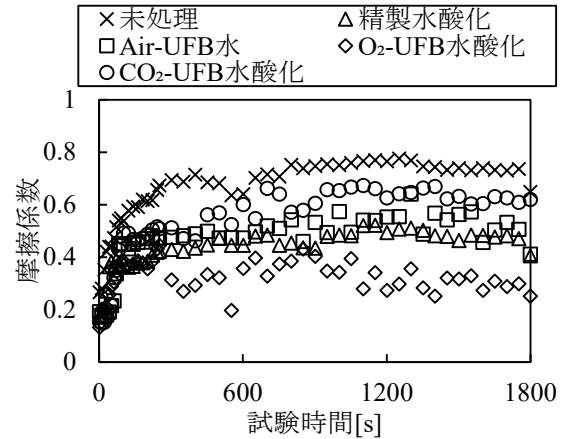


図8 酸化した試験片の摩擦係数

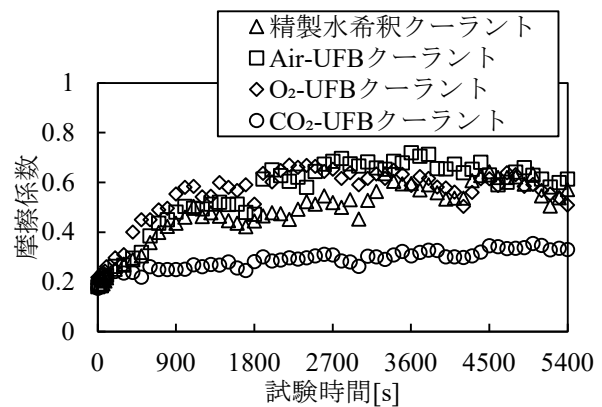


図9 未処理の試験片の摩擦係数

しながら行った摩擦・摩耗試験の摩擦係数の推移を示す。3.4節同様に、試験は各水準につきN=3~5行い、その中の代表的なデータを示している。浸漬・静置するだけでは目視可能な酸化は見られないが(表5)、図9より、摩擦係数には気体種類による顕著な差が現れた。浸漬しながらの摩擦・摩耗試験では、CO₂-UFBの摩擦係数がもっとも小さく、酸化物自体の評価でもっとも摩擦係数が小さいO₂-UFB(図8)は、浸漬しながらの試験ではAir-UFB同等となった。

図10に摩耗痕の一例、図11に摩耗痕面積の測定結果を示す。図11中のエラーバーは、N=3測定の最大最小範囲を示している。有意水準5%で検定を行ったところ、摩耗痕面積には有意差が認められた。よって、この実験系ではUFBクーラントの摩耗痕面積は精製水希釈クーラントと同等かやや大きくなることが確認された。これは、UFBによる酸化で材料が除去されやすくなったと考えられる。

3.1節および本節の結果を踏まえ、クーラント中でUFBの効果が発生するメカニズムを考察する。クーラントグループの評価液に試験片を浸漬・静置しただけでは、外観に目視可能な変化は生じないも

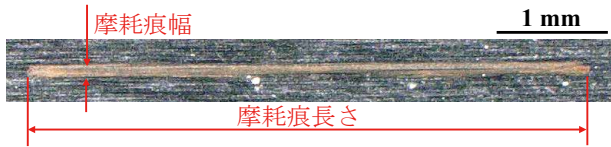


図10 摩耗痕の一例 (Air-UFBクーラント)

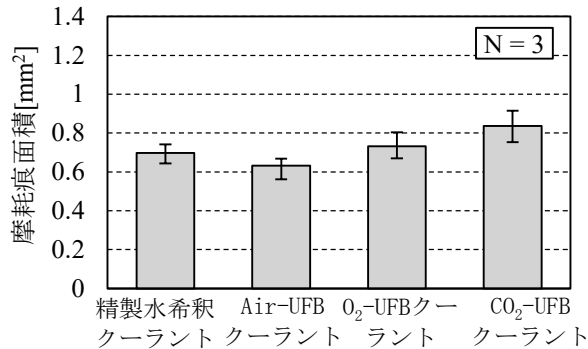


図11 摩耗痕面積の測定結果

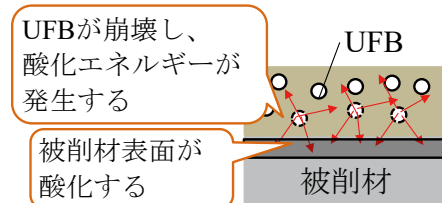
の、摩擦・摩耗試験では気体種類による顕著な差が現れたことから、クーラント中でUFBの効果を得るためには、加工点近傍で攪拌されるような動きが必要と考えられる。そこでの動的刺激でUFBの崩壊が促進され、試験片表面の酸化が継続的に起こり、摩擦・摩耗特性が変化したと考えられる。

以上の考察を模式的にまとめたのが図12である。加工点近傍では、砥石の高速回転などの影響でUFBが崩壊する。このUFB崩壊によるOHラジカルの発生が被削材表面を酸化させ、表面性状が変化する(図12(a))。とくに研削中の被研削面は材料除去により表面エネルギーが高くなり²⁴⁾、表面は酸化されやすい状態となっている。研削加工は被削材表面と砥粒の摩擦・摩耗現象であり、UFBの崩壊で被削材表面が酸化し、摩擦・摩耗特性が変化した結果、研削特性が変化すると考えられる(図12(b))。

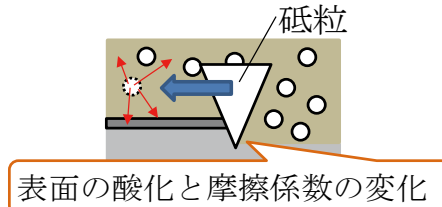
3.6 UFBクーラント使用下の研削特性

本節では、3.4節および3.5節で特徴的な摩擦・摩耗特性となったO₂-UFBクーラントおよびCO₂-UFBクーラントを用いて平面研削実験を行った。

図13および図14に研削抵抗の測定結果、図15に二分力比の算出結果を示す。加工は各水準につきN=3行い、その平均値を示している。加工負荷小条件の場合、法線抵抗はO₂-UFB>CO₂-UFB>UFB無、接線抵抗はO₂-UFB>UFB無>CO₂-UFBとなる(図13)。加工負荷大条件の場合、取代0.1mm以降の法線抵抗はUFB無>O₂-UFB>CO₂-UFB、接線抵抗はUFB無>O₂-UFB>CO₂-UFBとなる(図14)。二分力比は、どちらの研削条件ともCO₂-UFB>O₂-UFB≒UFB無となることから(図15)、砥石と被削材間の摩擦係数の低減を示唆している。このことは、ウ



(a) UFBの崩壊と被削材表面の酸化



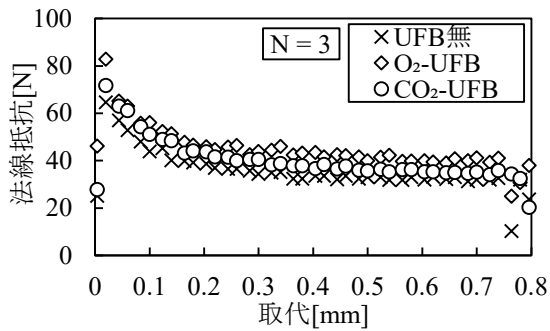
(b) 被削材表面の酸化による摩擦係数の変化

図12 研削加工におけるUFBの効果発生メカニズムの概念図

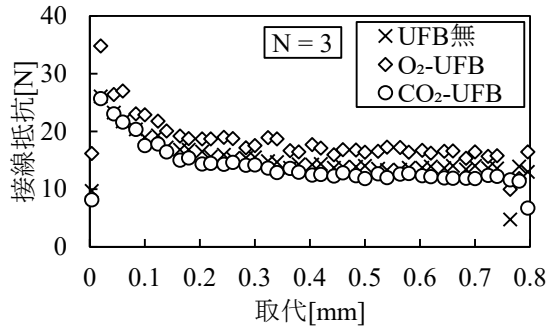
エット条件での摩擦・摩耗試験の結果とも整合している(図9)。

図16に研削比の測定結果を示す。図16中のエラーバーは、N=3測定の最大最小範囲を示している。研削抵抗は気体種類によって低減する場合と増加する場合があったが、研削比はいずれの条件ともUFB無に対して改善した。加工負荷小条件では気体種類による差はなく、O₂-UFB、CO₂-UFBともUFB無に対して1.3倍となる。一方、加工負荷大条件では、O₂-UFBは1.2倍、CO₂-UFBは1.7倍となり、CO₂-UFBの効果が大きい。この理由は生成される酸化物の違いによるものだと考えられる。金属材料表面に形成される錆である酸化鉄は、硬さは大きい²⁵⁾、脆くて剥がれやすい性質がある。そのため、UFBによる酸化で被削材表面は除去されやすい状態となっていると考えられる。O₂-UFBで生成される酸化物は摩擦係数が大きく砥粒が被削材によく食いつき、見かけ上はドレス直後の目が立った状態に近く、切れ味が良いと考えられる。一方、CO₂-UFBで生成される酸化物は摩擦係数が小さい。そのため、砥粒の摩滅が抑制され、研削比が改善したと考えられる。

また、気体種類により摩擦係数の大小関係がドライ条件とウエット条件で異なり、研削比の改善度合いに差が生じた理由について次のように考察する。これは、気体種類によるUFBの崩壊のしやすさに起因していると考えられる。浸漬試験のように時間を掛けて表面を酸化させるのであればO₂-UFBが適していると言えるが、研削加工中のように短時間で連続的に被削材表面を酸化させる場合にはCO₂-UFBを使用することが適していると言える。具体的には、

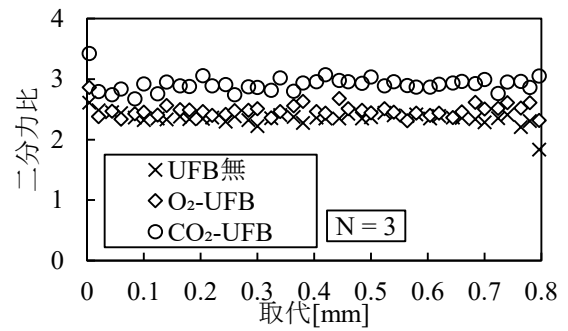


(a) 法線抵抗

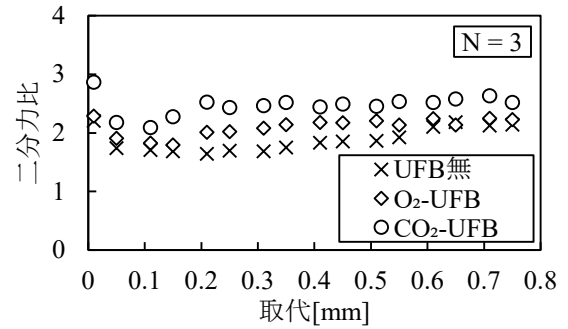


(b) 接線抵抗

図13 研削抵抗測定結果 (加工負荷小)

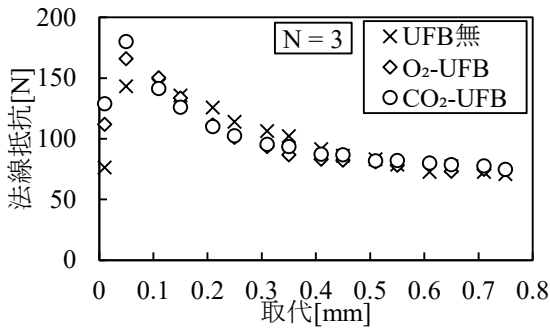


(a) 加工負荷小

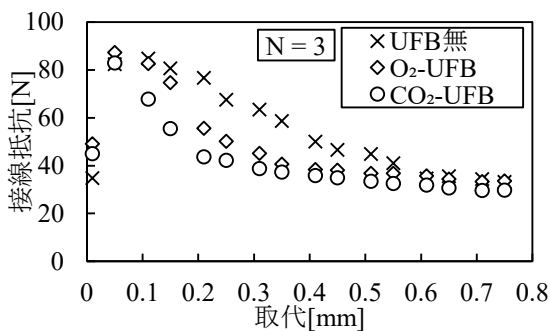


(b) 加工負荷大

図15 二分力比の算出結果



(a) 法線抵抗



(b) 接線抵抗

図14 研削抵抗測定結果 (加工負荷大)

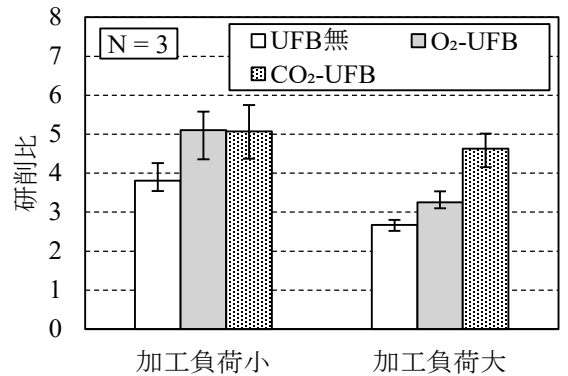


図16 研削比の測定結果

4 結言

本報では、UFBの崩壊による被削材表面の酸化の観点から、浸漬試験と摩擦・摩耗試験を行い、UFBクーラントを使用した研削加工での効果発生メカニズムを検討・考察した。さらに、検証実験として研削実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 水中では、UFBの気体種類が変わると表面の酸化度合いや生成される酸化物の組成が変化することを明らかにした。
- (2) クーラント中では、試験片を浸漬・静置するだけでは表面は酸化しない。しかし、攪拌などの動的刺激を付加することで、摩擦・摩耗特性に差が生じることを明らかにした。

摩擦係数の低下により研削抵抗のうちの接線抵抗が低下し、被削材が除去されやすくなることにより研削比が改善すると考えられる。

- (3)UFBクーラントの気体種類は研削性能に影響を及ぼし、その変化は摩擦・摩耗試験の結果と整合する。
- (4)UFBによる被削材表面の酸化が摩擦・摩耗特性に影響し、その結果、研削特性が変化していることが示唆された。これが、研削加工におけるUFBの効果発生メカニズムであることを示した。

5 謝辞

本報は、一部改変のうえ、以下の論文より許諾転載したものである。

- 1) 畑山陽介, 大越広夢, 森輝海, 吉田太志, 厨川常元, 水谷正義: 高密度ウルトラファインバブル生成装置の開発と研削への適用, 砥粒加工学会誌, Vol. 67, No. 12, pp. 657-663, (2023年).
- 2) 畑山陽介, 大越広夢, 寺田悠一郎, 森輝海, 吉田太志, 厨川常元, 水谷正義: ウルトラファインバブルクーラントによる炭素鋼表面の酸化と摩擦・摩耗特性, 精密工学会誌, Vol. 90, No. 2, pp. 253-258, (2024年).

本研究の一部は、文部科学省・科学研究費・基盤研究(B)(課題番号 22H01827)の助成および工作機械技術振興財団「最先端プロジェクト研究」(RU-14)を得て行ったものであることを記し、感謝の意を表す。また、表面分析にご協力いただいた東北大学工学部・工学研究科技術部合同計測分析班 赤尾昇氏、大比良由紀絵氏に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) ISO 20480-1: 2017. Fine bubble technology –General principles for usage and measurement of fine bubbles–Part 1: Terminology.
- 2) 経済産業省 九州経済産業局: ファインバブル活用事例集 微細な気泡・ファインバブルが日本の産業を変える, (2017年).
- 3) 岩井学: はじめてのウルトラファインバブルクーラント, 精密工学会誌, Vol. 87, No. 10, pp. 809-812, (2021年).
- 4) 稲澤勝史, 江面篤志, 篠原直也, 加藤克紀, 大森整, 伊藤伸英: ファインバブルクーラントのバブル条件が研削加工に及ぼす影響, 2018年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 262-263, (2018年).
- 5) 稲澤勝史, 江面篤志, 篠原直也, 加藤克紀, 大森整, 伊藤伸英: 各種気体を用いたファインバブルクーラントが研削加工に及ぼす影響, 2019年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 33-34, (2019年).
- 6) 小林秀彰, 上條雄樹, 平野正浩, 荒木和成: ウルトラファインバブル生成技術のクーラントへの適用と研削加工の高効率化, 2020年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 717-718, (2020年).
- 7) 渡辺剛, 鈴木浩文, 高田亮, 深見信吾, 毛利茂樹, 竹下朋春: ウルトラファインバブルクーラントを用いた高精度・高能率研削技術の開発 第1報: 気泡が超硬合金の研削特性に及ぼす影響, 砥粒加工学会誌, Vol. 65, No. 5, pp. 248-253, (2021年).
- 8) 渡辺剛, 鈴木浩文, 高田亮, 深見信吾, 毛利茂樹, 竹下朋春: 超微細孔方式によるファインバブルクーラントを用いた高能率研削, 砥粒加工学会誌, Vol. 66, No. 9, pp. 530-535, (2022年).
- 9) 畑山陽介, 大越広夢, 森輝海, 吉田太志, 厨川常元, 水谷正義: 高密度ウルトラファインバブル生成装置の開発と研削への適用, 砥粒加工学会誌, Vol. 67, No. 12, pp. 657-663, (2023年).
- 10) 芹澤昭示: マイクロ／ナノバブルの基礎, 日本マリンエンジニアリング学会誌, Vol. 46, No. 6, pp. 56-61, (2011年).
- 11) M. Takahashi, Y. Shirai and S. Sugawa: Free-Radical Generation from Bulk Nanobubbles in Aqueous Electrolyte Solutions: ESR Spin-Trap Observation of Microbubble-Treated Water, *Langmuir*, 37, pp. 5005-5011, (2021).
- 12) KYB株式会社: 気泡含有液体製造装置, 気泡含有液体製造方法及び気泡含有液体製造システム, 特許7033901号, (2022年3月11日).
- 13) 荒木和成: ファインバブル生成装置の開発動向, 砥粒加工学会誌, Vol. 66, No. 2, pp. 79-82, (2022年).
- 14) H. Yamada, K. Konishi, K. Shimada, M. Mizutani and T. Kuriyagawa: Effect of Ultrafine Bubbles on *Pseudomonas Aeruginosa* and *Staphylococcus Aureus* During Sterilization of Machining Fluid, *International Journal of Automation Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 99-108, (2021).
- 15) 前田裕貴: ファインバブルの粒子径分布測定方法, 砥粒加工学会誌, Vol. 66, No. 2, pp. 67-70, (2022年).
- 16) 入江文子: 粒子軌跡解析法によるナノ粒子のサイズ測定, 粉体技術, Vol. 7, No. 7, pp. 632-635, (2015年).
- 17) 小西友弘: X線光電子分光法(XPS)の紹介, *JXTG Technical Review*, Vol. 60, No. 2, pp. 58-62, (2018年).
- 18) JIS K 0100-1900, 工業用水腐食性試験方法.
- 19) 庄司克雄: 研削加工学, 養賢堂, P. 88, (2004年).
- 20) M. Yamaguchi, T. Ma, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, Y. Watanabe, H. Kanetaka, H. Fujimori, E. Takemoto and M. Niwano: Bactericidal Activity of Bulk Nanobubbles through Active Oxygen Species Generation, *Langmuir*, 37, pp. 9883-9891, (2021).
- 21) 三沢俊平: 環境と腐食, 色材協会誌, Vol. 54, No. 5, pp. 309-319, (1981年).

- 22) 吉原一紘：AES/XPS/SIMSの基礎, Journal of Surface Analysis, Vol. 25, No. 2, pp. 122-135, (2018年).
- 23) 當麻肇：バックグラウンド処理の実際, Journal of Surface Analysis, Vol. 8, No. 1, pp. 49-54, (2001年).
- 24) 長谷垂蘭：トライボロジーの基礎, 精密工学会誌, Vol. 81, No. 7, pp. 643-647, (2015年).
- 25) 南口誠：鉄鋼材料に生成する酸化スケールの機械的性質, FORM TECH REVIEW, No. 19, Vol. 1, pp. 52-55, (2010年).

著 者



畑山 陽介

2013年入社. 技術本部生産技術研究所第一研究室. 博士(工学). 研削加工技術に関する研究開発に従事.



水谷 正義

東北大学 教授. グリーン未来創造機構グリーンクロステック研究センター兼大学院工学研究科兼医工学研究科.

技術解説

内接ギヤポンプのCFD解析技術構築

Construction of CFD Analysis Technology for Internal Gear Pumps

清水 朋佳 ・ 鈴木 一成
SHIMIZU Tomoka ・ SUZUKI Kazunari

要 旨

自動車業界の環境対応に伴う車両の電動化により、省エネ・小型・低コストの観点から駆動ユニットeAxleの開発が加速している。このeAxleに用いられる油圧ポンプの使用用途は多様化しており、冷却・潤滑用途の需要が高まっている。一方、自動車に搭載される油圧ポンプは省エネの観点から高効率化が求められ、更に電動化による車両の低騒音化に伴って、静粛化も重要な要素となっている。このような高い性能要求に応えるには理論・現象論に基づいた設計方策が必要であり、従来からCFD（Computational Fluid Dynamics）解析技術を用いることで、ポンプの流量特性を詳細に予測し、設計の最適化を図ってきた。

本研究では、内接ギヤポンプを対象としたCFD解析技術の流量特性に着目し、CFD解析技術の予測精度を確認した。結果として流量低下の要因を探り、隙間漏れと気泡およびキャビテーションを考慮することによって高精度な予測技術を獲得している。また、本報では内接ギヤポンプの開発案件に活用し、改善した事例について報告する。

Abstract

The electrification of vehicles has accelerated the development of eAxle drive units from the viewpoints of energy saving, compactness, and low cost. The use of hydraulic pumps in these eAxle units is diversifying, and demand for cooling and lubrication applications is increasing. On the other hand, hydraulic pumps used in automobiles are required to be more efficient and quieter from the viewpoints of energy conservation and low noise. To meet these performance requirements, design strategies based on theory and phenomenology are necessary, and CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis technology has been used to predict pump flow characteristics and optimize pump design.

In this paper, we focus on the flow characteristics of an internal gear pump and confirm the prediction accuracy of CFD analysis technology. The causes of flow reduction are mentioned, and a highly accurate prediction technique is obtained by considering crevice leakage, bubbles, and cavitation. In addition, a case study of the application of this technology to a development project of engineering department and its improvement is reported.

1 緒言

自動車業界では、環境対応として車両の電動化が進められており、駆動ユニットにおいては省エネ・小型・低コストの観点からeAxleの開発が加速している。eAxleは主にギヤ、モータ、インバータがパッケージ化された製品であり、ギヤの潤滑やモータの

冷却に油を用いることが多い。この潤滑・冷却に向けた油の供給には油圧ポンプが用いられており、カヤバでは現在、潤滑・冷却用途の内接ギヤポンプ開発を行っている。この内接ギヤポンプにおいても駆動ユニット同様、省エネ化（ポンプの高効率化）が求められ、また電動化による車両の低騒音化に伴って、ポンプ自体もより一層の静粛化が必要となる。

こうした要求に対しては、流動抵抗による圧力損失の低減や隙間漏れの低減、ポートタイミングの調整による内部圧力の整圧化など様々な対策を行うが、より高い性能要求に応えるためには、理論・現象論に基づいた設計方策が必要となり、カヤバではCFD解析技術を活用している。本報では内接ギヤポンプを対象とした場合の流量特性について着目し、油圧ポンプの流量特性から内接ギヤポンプの解析技術、本技術の開発品適用事例を交えて概説する。

2 解析

2.1 流量特性

図1は一般的な油圧ポンプの回転数—流量特性を表したグラフであり、点線は理論吐出流量、実線は実際の吐出流量を示している。油圧ポンプの理論吐出流量はポンプの押しのけ容積と回転数によって算出されるため回転数に比例するが、実際は回転数が増加するほど流量損失が発生する。この流量損失は所定の回転数までは内部漏れによる損失が支配的であり、理論流量に対して漏れの損失分だけ減少した値になる(①)。また、更に回転数が増加すると、ポンプ内部の流速が増大して、吸込み油路やポンプ室にて局所的な圧力低下が発生し、油中気泡の拡大やキャビテーションの発生によって吸込み体積に占める油の体積が減少するため、著しい流量低下を生じる(②、③)¹⁾。

この理論吐出流量と実際の吐出流量の比を容積効率と呼び、油圧ポンプの効率を評価するための指標として用いられている。従って、ポンプの高効率化アプローチとしては、容積効率の向上、つまり流量損失の低減が一段として挙げられる。

カヤバではこの流量損失の主要因となる図1内の①～③について考慮した設計及び解析を行っている。

①ポンプ内部における隙間漏れ

油圧ポンプは回転運動や揺動運動を伴うことから、部品間には焼付きを防ぐためにクリアランスが設けられている。一方で、このクリアランスは流体の通

り道となり得るため、ポンピングによる吸い込み口から吐出口に向かう油の流れの他に、クリアランスを通してポンプ内部を循環する流れが生じる。故に、この流れにより、吐出流量は吸込み流量から内部循環する流量分だけ減少し、容積効率が低下する。

また、内部漏れによって高圧油が低圧側に入ると圧力脈動の悪化を引き起こし、騒音問題に繋がるとい課題も有する。以上のことから、焼付きを防止するためにはクリアランスの設定が必要不可欠となるが、容積効率の低下や騒音の要因にもなるため、焼付きを防止しつつ、極力漏れを少なくするための適切なクリアランス設計が求められる。

②油に含まれる気泡

図2はベーンポンプの吸込み油路を可視化したものであり、油路内の白い点は作動油中に含まれている気泡である。この気泡は、油圧回路内で作動油が攪拌されたり、タンクが揺動されたりすることによって空気が油に混入し、そのままポンプ内部に流れてきたものである。なお、自動車の変速比を連続的に変化させるCVT(Continuously Variable Transmission)システムを例にすると、油圧回路内の作動流体には10～30%以上の気泡が混入していると言われてい

る。この混入した気泡は回転数増加に伴って流速が大きくなるほど流体圧力が下がるため、膨張した気泡の体積分だけ流量を送り出せなくなり、吐出流量が低下する。また、この気泡の増加は振動・騒音、機器破損や油の見かけの剛性を低下させるため、システムの応答性の悪化原因となる²⁾。

③ポンプ内部において発生するキャビテーション

図3はベーンポンプのポンプ室を可視化したものであり、ポンプ室内の白い部分はキャビテーションによる気泡である。このキャビテーションは、ポンプ内部の流速増大などによって流体圧力が飽和蒸気圧以下になった際に流体が気化して、発生する気泡である。故に、②同様に発生した気泡分だけ流量を

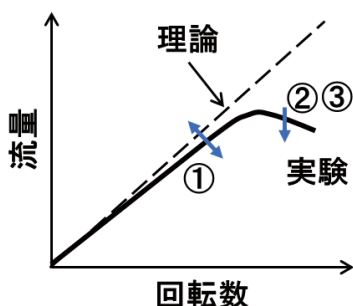


図1 回転数—流量特性結果



図2 作動油中の気泡

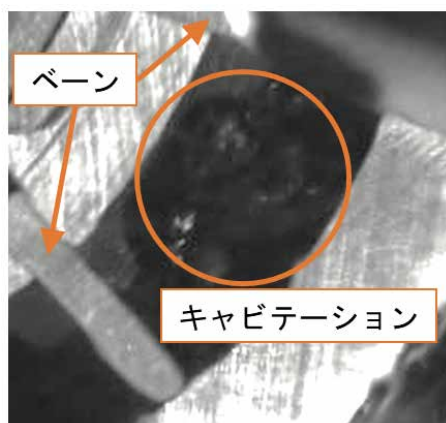


図3 ポンピングにより生じるキャビテーション

送り出せなくなることによって吐出流量が低下し、壊食による機器破損の原因にも繋がるため、キャビテーションを抑制することが重要である²⁾。

よって、ベーンポンプと同じ容積式ポンプである内接ギヤポンプの流量特性を高精度に予測するためには、解析モデルへのクリアランスの反映と混相流の考慮、キャビテーション現象の数式化を取り入れる必要がある。

2.2 対象内接ギヤポンプ

次に本報の説明で用いる内接ギヤポンプの部品概要について図4に示す。インナロータとアウトロータ、シャフトで構成されたロータASSYはボディとカバーによって挟まれた構造となっており、インナロータの歯数は6歯、アウトロータの歯数は7歯となる。内接ギヤポンプは、インナロータの回転に伴いアウトロータが回転し、ギヤ同士の噛み合わせによって形成されるポンプ室の容積が増減することでポンピングを行う。ポンプ室の容積は吸い込みポート直前で最小となり、吸い込みポート区間で増大していくことで油をポンプ室へと流入し、吐出ポート区間で減少していくことで油を吐き出す（図5）。

2.3 解析条件

解析には市販ソフトSimerics MP+®(米Simerics社)を用いており、図6に内接ギヤポンプの流体部の計算格子例を示す。またポンプ室の形状は回転とともに刻々と変化するため、ポンプ室の形状に合わせて計算格子のサイズも変わる。図7にメッシュサイズが最大と最小におけるポンプ室形状を示す。

表1は主な解析条件の一覧であり、油と気体の混相流を考慮した計算を行っている。全体の計算格子数は約40万セルであり、ポンプ室はメッシュの体積変化が著しいためメッシュを細かくしており、全体の5割ほどを占めている。

また、内接ギヤポンプにおいても内部漏れを考慮するためにインナロータとアウトロータのクリアラ

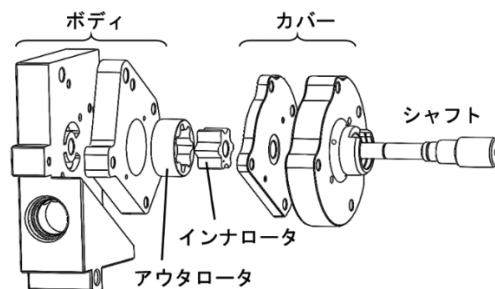


図4 内接ギヤポンプの構成

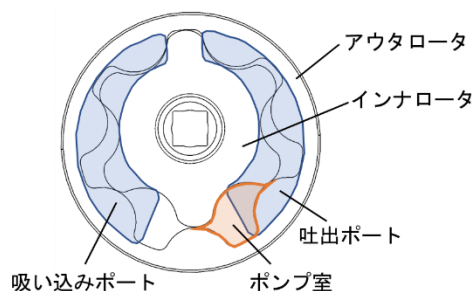


図5 ロータ部の名称

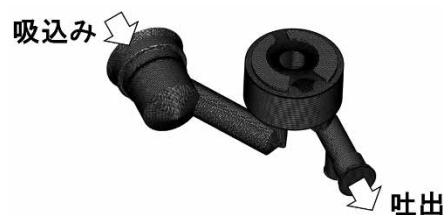


図6 計算格子

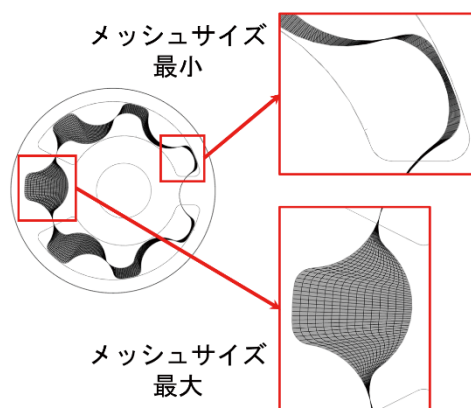


図7 ポンプ室モデルの移動境界

ンス（図8，以降チップクリアランス）、カバーまたはボディと各ロータのクリアランス、アウトロータとボディの外周部のクリアランス（図9，以降サイドクリアランス、及びボディクリアランス）を解析モデルに追加した。

2.4 内接ギヤポンプの調整項目

前述した流量損失を考慮した内接ギヤポンプのCFD解析を行うために、解析モデルの設定や解析

表1 解析条件一覧

流体パラメータ			
油	温度	100	℃
	密度	786	kg/m ³
	粘度	0.0048	Pa・s
	体積 弾性率	1.52	GPa
	蒸気圧	400	Pa(Abs.)
気体	密度	0.94	kg/m ³
	粘度	2.194×10^{-5}	Pa・s
境界条件			
吸込み圧		0	MPa(Gage)
吐出圧		0.2, 0.5	MPa(Gage)
回転数		1000, 3000, 5000	—
流体モデル			
二相流流れ		均質媒体モデル	
粘性		層流モデル	
格子			
移動境界		スライディングメッシュ	
ポンプ室		六面体格子	
その他		四面体格子	
最小セルサイズ		1×10^{-5}	m
総セル数		約40万セル	
計算			
時間		1.5- 2 日	

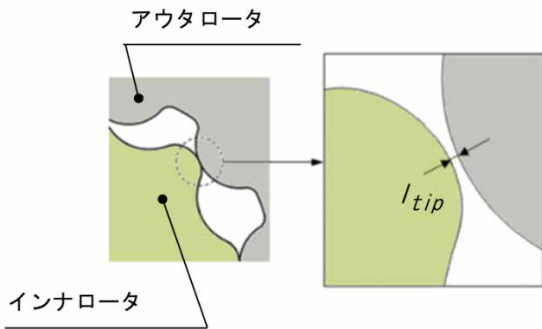


図8 チップクリアランス

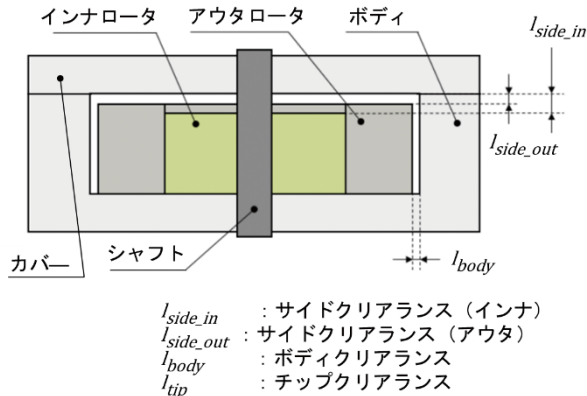


図9 サイドクリアランス、ボディクリアランス

条件の項目について調整を行った。以下にそれらの調整項目を示す。

①キャビテーションモデル

解析上でキャビテーション現象を表現するため、数値モデルとしてsinghalモデルを用いており、このモデルは液体-蒸気相変化と非凝縮性気体の影響を考慮することで、キャビテーション現象における蒸気の発生・消滅及び気体の移送を表現することが可能である³⁾。式(1)における R_e 、 R_c は蒸気の生成および消滅に関する係数であり、カヤバではこの係数について作動油に合わせた設定を行い、高精度化を図っている。しかしながら、従来は油に含まれる気泡の質量分率を一定で解いており、溶存空气の析出、気泡の膨張・収縮が未考慮であったため、これらを考慮できるよう改善されたsinghalモデルを新たに採用することで更なる高精度化を図った。

(液体—蒸気相変化式 一部抜粋)

$$\frac{\partial(\rho f_v)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V} f_v) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla f_v) + R_e - R_c \quad (1)$$

ρ : 液体の混合密度

f_v : 蒸気質量分率

$\vec{V}$: 計算格子体積

Γ : 拡散現象式

R_e : 蒸気の発生量

R_c : 蒸気の消滅量

②クリアランス設定

クリアランスを設定する場合には設計寸法値を参考にすることが多いが、非常に小さい値となるため、解析モデルの寸法精度がクリアランスに大きく影響を与えてしまう。内接ギヤポンプにおいて一例を挙げると、インナロータ及びアウトロータの回転軸の軸間距離がこれにあたる。前述の通り、インナロータの回転に伴ってアウトロータが回転して油を吐き出すが、この際に軸間距離がずれている場合、ずれ分がチップクリアランスに対する誤差となる。この誤差が最小チップクリアランスを上回った場合はインナロータ及びアウトロータが接触する状態、つまり解析的には計算領域の一部が無くなることとなり、計算不可となる。従って、精度の良い解析を行うためには軸間距離が正確にモデルに反映されているかなど、クリアランスに影響を与える寸法においてはクリアランスと同レベルの細かさで確認することが重要である。

③解析モデルの解像度

解析モデルは三角形の面の連結で構成されており、複雑な形状になるほど形状の再現のために三角形の数を増やす必要がある。これを考慮しない場合、モ

デルの曲線部を例に挙げると、滑らかな曲線を再現できず角張った箇所が多くなり、部品間のクリアランスが正しく表現できず、最悪の場合は前述したインナロータとアウトロータの接触による計算不可などが発生する。

よって、内接ギヤポンプの解析モデルの正確な形状の再現のために、メッシュ細分化を行った。図10は解析モデルの曲線部のメッシュの比較を表しており、細分化によって曲線部を構成する座標点数が増加し、解析モデルの解像度が向上することでモデルの正確な再現が可能となっている。

2.5 CFD計算結果

前項で述べた調整項目の考慮有り無しのCFD解析結果と実験結果の比較を以下に示す（図11）。考慮無しの解析結果が赤点、考慮有りの解析結果が青点、実験結果が黒線となり、考慮前は予測誤差が最大22.5%と精度が悪い条件（低回転）があったのに対し、考慮後は予測誤差最大3.0%と全ての回転領域において高い予測精度を獲得している。

3 設計提案事例

3.1 内接ギヤポンプの開発試作品

eAxleでの冷却用途を考えた場合、冷却効率の観点から低粘度の作動油が望ましいため、現在eAxle用冷却ポンプに使用されている作動油は、カヤバで開発対象としてきたパワーステアリング用やCVT用の

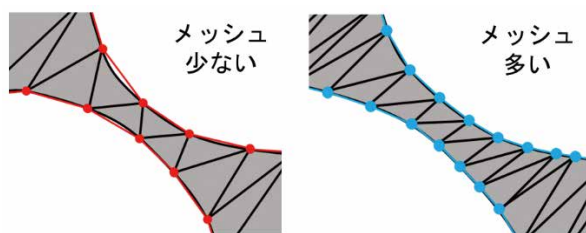


図10 メッシュの比較

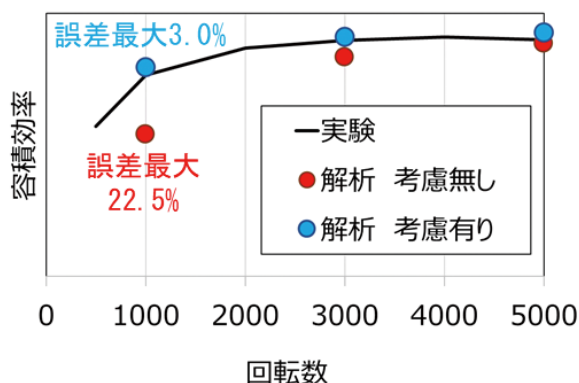


図11 回転数—容積効率

作動油に比べて低粘度の傾向にある。一方、低粘度の作動油の場合は同じ流速においても乱流になりやすく、乱流になると局所的な圧力低下が起きてキャビテーションが発生する。よって従来の油圧ポンプに比べて、キャビテーション発生による容積効率低下の懸念があるため試験結果にて確認したところ、高回転域において容積効率の低下が見受けられた。よって上記課題に対してCFD解析を活用し、改善案を検討して効率の改善を試みた。図12は改善前の内接ギヤポンプの吸い込み油路に対して回転軸方向から見たときの流線、図13はポンプ室内部に発生するキャビテーション量を示している。これらの結果から吸い込み油路の黒丸部まで円滑に油を導くことが出来ず、ポンプ室内においてキャビテーションが多く発生するため、これが容積効率を低下させる要因として考えられた。よって吸込み油路の形状を改善し、流れを整流化することで黒丸部まで油を導き、キャビテーションを抑制することで、容積効率の向上を図った。

3.2 改善方策

図14は回転軸に対して垂直な方向から見た吸込み油路形状の比較を表している。改善前は吸い込み油路から吸い込みポートに入る直前の屈曲部が急激で、段差部が生じていた。この段差によって流れが悪化し、吸い込みポート端部まで油を導けていない。よって、この部分について、改善後は屈曲部に曲率を与

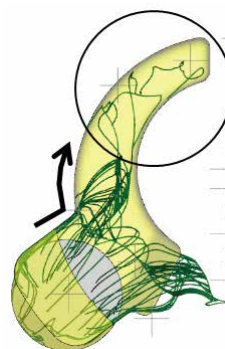


図12 改善前の吸い込み油路の流線

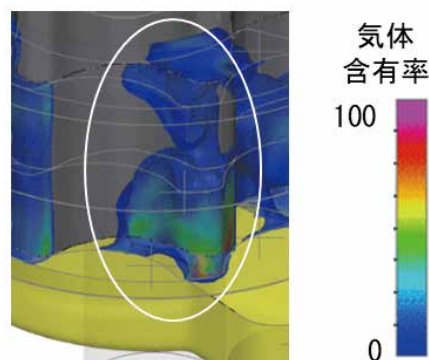


図13 ポンプ室内部のキャビテーション発生箇所

えて段差を除いた形状に変更し、更に吸い込みポート端部まで流入しやすくなるように吸い込みポート部を深さ方向に広げた。

また、図15に回転軸方向から見た吸い込み油路の改善前後の形状を示す。改善前の屈曲部に対して、改善後は屈曲部を無くし、流れが吸い込みポートに直線的に流入できるように形状を変更した。

3.3 改善結果

図16、17は改善方策後の解析結果における吸い込み油路の流線およびポンプ室内部に発生するキャビテーション量を表している。これらの結果から、吸い込みポート端部まで油が円滑に流入できており、ポンプ室内部のキャビテーション量は減少することを確認し、容積効率においては高回転時最大2.6%の向上が見られた。

このことから、解析的に改善形状の効果を確かめたため、実機にて試作評価を実施した。図18は所定の圧力・油温条件における回転数－容積効率の実験結果を示しており、高回転域では改善前に対して容積効率が最大4.3%向上することが分かった。

4 結言

内接ギヤポンプの流量特性における解析技術について、解析設定内容や容積効率の予測精度及び解析の適用事例について概説した。

油圧ポンプの流量特性には3つの流量低下原因が

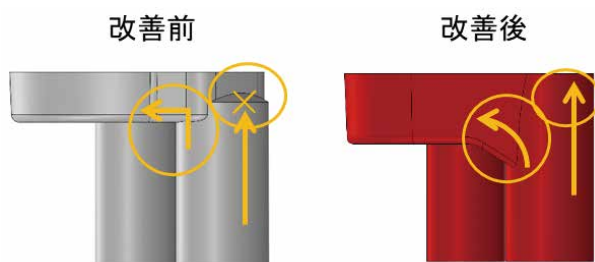


図14 吸い込み油路の形状変更



図15 吸い込み油路の拡大

考えられ、隙間漏れについては部品間に生じるクリアランスをモデルに反映し、混相流の考慮およびキャビテーションの数値モデルを活用して現象を考慮して、回転数－容積効率に関して高い予測精度を確保している。

また、この解析技術を用いて内接ギヤポンプの開発案件に活用し、開発試作品の油路形状について改善活動を行い、容積効率が向上する設計提案が可能になっている。

今後は吐出圧力脈動に関する予測技術構築に取り組み、高効率かつ低騒音な内接ギヤポンプ開発に貢献していく。

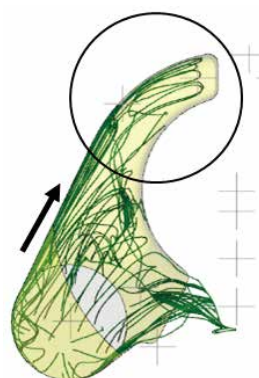


図16 改善後の吸い込み油路の流線

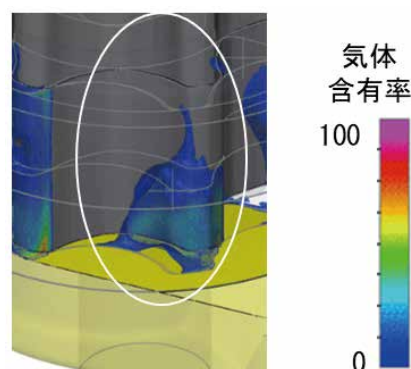


図17 改善後のキャビテーション発生箇所

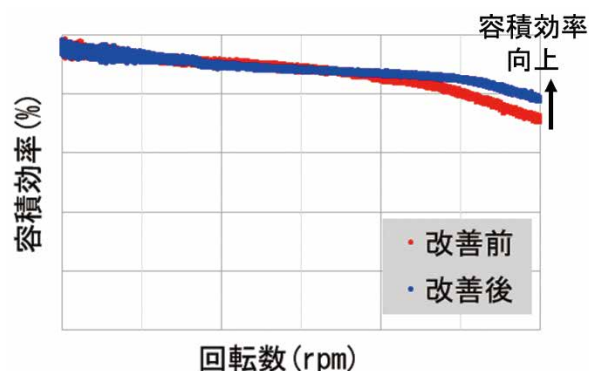


図18 容積効率比較結果

参 考 文 献

- 1) 長島：キャビテーション, カヤバ技報第64号 (2022年4月)
- 2) 北村, 小寺：油圧作動液中の気泡含有量コントロール技術の研究, カヤバ技報第64号, (2022年4月)
- 3) Francesco, O., Luca, M., Massimo, M.,: Cavitation analysis through CFD in industrial pumps: A review, International Journal of Thermofluids, 2023.

著 者



清水 朋佳

2019年入社. 技術本部基盤技術研究所要素技術研究室. 油圧ポンプの研究開発に従事.



鈴木 一成

2008年入社. 技術本部基盤技術研究所要素技術研究室. 油圧ポンプの研究開発ならびに振動騒音関係業務に従事.

技術紹介

多能工組立ロボットを活用した自動組立ラインの構築

宇賀神 佑太 ・ 山口 稔 久

1 はじめに

カヤバ相模工場では、重筋作業や多くの作業を覚えなくてはならないことによる負担・不満・不安（3F）がある。これに加え、少子高齢化の影響で人員確保が困難となり、生産停止のリスクが問題となっている。また生産性の高い複雑な構造の設備が増え、設備故障によるライン停止のリスクが高まっている。対応策として、社内革新工場プロジェクトで掲げられている、自動化とデジタル技術を軸にした異常予知開発が効果的である。本報はその技術開発を盛り込んだライン構築報告である。

2 背景

相模工場で生産している機械質量5.0ton以下の油圧ショベル用走行モータ（図1）は、協力会社から減速機（図2）を調達している。その後、相模工場の走行モータ組立ラインで減速機にモータ部を組立て、完成品としている。



図1 減速機付き走行モータ

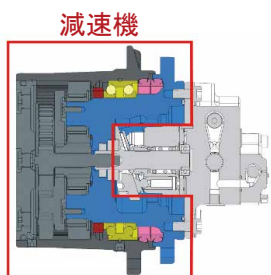


図2 走行モータ断面図

今後、走行モータの生産量が増加する計画があり、減速機の供給が間に合わない見通しである。

このため、減速機を内製化（表1）し、生産量増加対応する計画を立てたが、相模工場に空きスペースが少なく、組立ラインスペースの制約が厳しい状況であるため、小スペースな自動組立ラインを構築しなければならない。

表1 組立内外作一覧

油圧ショベル	減速機	モータ
～5.0ton	協力会社 + カヤバ	カヤバ
5.0～8.0ton	カヤバ	カヤバ
12.0～35.0ton	カヤバ	カヤバ

3 目的

機械質量5.0ton以下の油圧ショベル用走行モータの生産量増加対応と、作業者の3F軽減による働きやすい組立ラインの構築。

4 目標

目標値を表2に示す。

表2 目標値

項目	目標（従来比）
スペース	20%低減
出来高生産性	30%向上

5 要件

- ①組立自動化に繋がる新技術の開発
- ②“ものづくり”がとまらないラインを目指した予知保全（異常予知）機能の開発

6 ライン概要

減速機組立ラインは部品洗浄，組立，検査の各工程から構成されている。出来高生産性を向上すべく，これらの工程のうち前半部分を全自動で組み立てるライン構成（図3）とした。

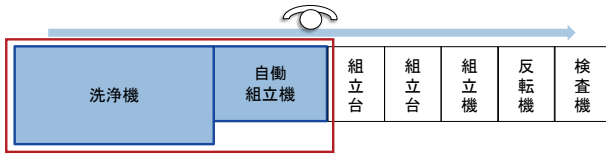


図3 組立ラインブロック図

前半部分に導入した自動組立機を図4に示す。コンベア上を流れるワークに対して，6軸ロボットを使用して周囲に配置されたハンドや治具を駆使しながら，様々な組立作業を効率的に進めていく構成とした。

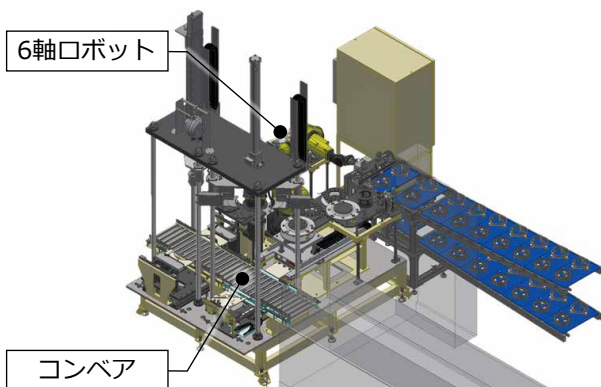


図4 自動組立機

7 実施内容

7.1 重量部品の自動組立技術確立

相模工場の組立の歴史として，2021年以前は手作業による組立がメインで，13kgのワークを手で持ち上げる重筋作業（写真1）を行っていた。



写真1 重筋作業¹⁾

その後2022年に改善のSTEP 1として，半自動化を進めた。具体的には重量物の組立にはシリンダを使用（写真2），軽量物の組立には手作業を採用する半自動機を導入した。ここでロボットではなくシリンダを採用した理由としては，重いワークを持ち上げることができるロボットは大型となり，設置スペース大となるためである。



写真2 半自動化¹⁾

そして今回，2023年に改善のSTEP 2として，STEP 1で半自動化した設備を全自動化した。具体的には重量物の組立には引き続きシリンダを使用，軽量物の組立にはロボットを使用した（図5）。軽量物である治具や小物ワークにのみロボットを使用することで，ロボットの可搬重量を軽減し，小型のロボットを採用することができた（図6）。

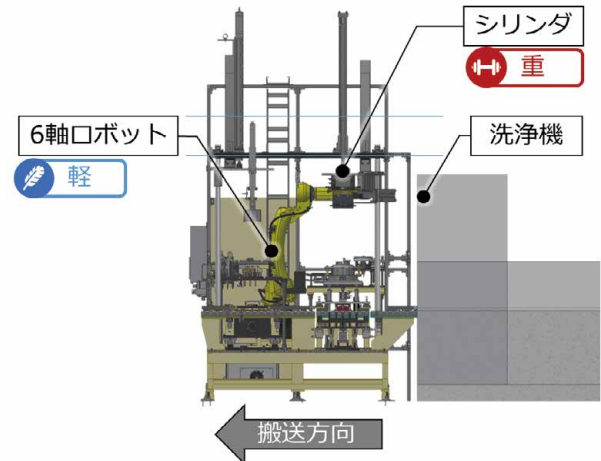


図5 自動組立機（正面図）

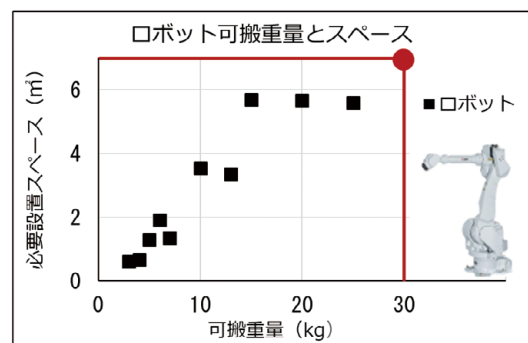


図6 ロボット可搬重量とスペース

7.2 軽量で多種多様な治具・ワークに対応できる ロボット多能工化技術開発

自動化の対象は27工程であり、工程それぞれに対応した27ユニットの機器で設備を製作すると、設備が複雑になり、設備費・設置スペース大となる。

そこで、ロボットを多能工化し、27工程中17工程を1台のロボットで行うことで、装置数を最小限に抑えた。多能工化の方策としては4種類のハンドと7種類の治具（図7、8）を1サイクル中に何回も変更して使い分け、これにより設備費の抑制と小スペース化を実現した。

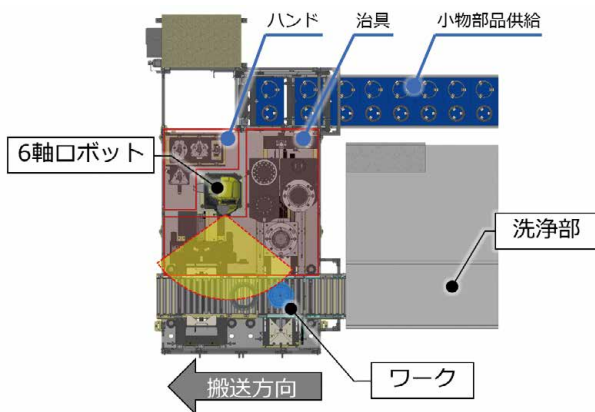


図7 自動組立機（上面図）



図8 ロボット ハンド・治具一覧

また、熟練作業者の経験と勘に基づく作業をロボットで行うために、事前検証に苦労した。特にリングナット^{注1)}の締付作業においては、リングナットが薄いために傾いた状態で締付けられることがあり、その結果、かじりが発生する（図9）。

既存工程では、かじり対策として、締付工具による本締め前に作業者が手で仮締めを行っている。しかし、この仮締め作業は非常に難しく、熟練を要する作業となっている。

注1) M130程度の大型のナット

そこでリングナット水平挿入治具（写真3）の試作を重ね、開発に成功した。試作にあたっては3Dプリンタによるラピッドプロトタイピングを活用す

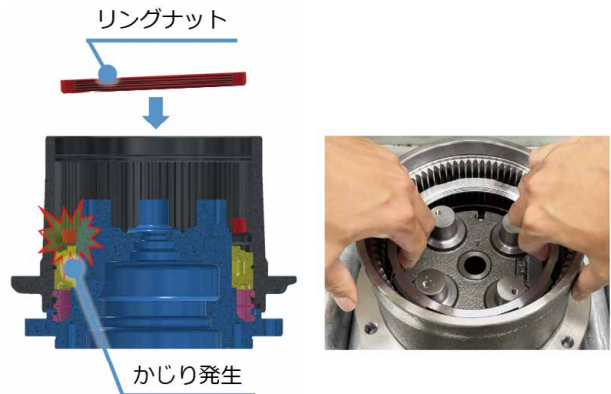


図9 リングナット締付時のかじり

ることで、有効な解決策を安価かつスピーディに模索できた。

本治具がリングナットのガイドとして機能し、リングナットを傾けずに正確にセットすることが可能となった。これにより、仮締め無しで締付工具による本締めが可能となり、熟練作業をロボットで行うことに成功した。



写真3 水平挿入治具（試作品）

また、傾きだけが課題ではなく、治具の組込時には回転方向の位相合わせが必要であった。この問題を解決するために、特殊ハンド（図10）を考案した。この特殊ハンドで、ロボットの力覚センサなどの高度な制御を行わず、位相合わせが可能となった。



図10 特殊ハンド

7.3 予知保全機能の開発による生産停止リスク低減

自動化を進めるとアクチュエータ、センサの数が多くなり、突発故障のリスクが高まる。また保全に関しては一部予防保全を実施しているが大部分が事後保全となっている（表3）。

表3 現状の保全状況

設備機器	設備保全
ロボット	予防保全 ※年1回のメーカーによるメンテナンス
毎回壊れる部品	予防保全 ※定期的に部品交換
その他部品	事後保全

対策として、アクチュエータの動作時間を監視し、管理値から外れたらアラームを出す機能を組み込んだ（図11）。また、設備は社内LANにて事務所PCと接続し、動作時間の推移をグラフで確認することが出来る。これにより設備作動部の傾向管理が可能となり、予知保全を実現し、突発故障時間を低減した。

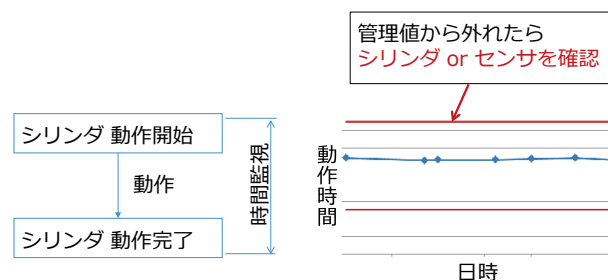


図11 予知保全

8 結果

実施結果を表4に示す。

表4 実施結果

項目	目標	実績	判定
スペース	20%低減	27%低減	○
出来高生産性	30%向上	30%向上	○

9 まとめ

機械質量5.0ton以下の油圧ショベル用走行モータの生産量増加対応と、作業者の3F軽減による働きやすい組立ラインの構築を実現した。

また今回のライン構築にあたって、仕様検討時から生産技術と工機センター^{注2)}で週一の仕様検討会を実施。さらに、設備の図面作成から製作、調整までを、生産技術から工機センターへ社内留学し、共に立ち上げを行うことで密に連携してライン構築ができた。また、留学により今後の設備投資で自動化を進めるために必須となるロボット技術を習得できた。

今後は社内の研究部門、工機センターと協力して高難易度作業の要素トライを進めていく。

注2) 当社の設備内製化部門

10 おわりに

本ラインの構築に御協力頂いた関係部署並びに御指導御支援を頂いた方々へ、この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 陳：MAG小型A2ラインの構築，カヤバ技報第68号，（2024年4月）。

著者



宇賀神 佑太

2007年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部相模工場生産技術部。ピストンポンプ・モータの工程設計に従事。



山口 稔久

2015年入社。生産本部工機センター設計室。生産設備の機械設計業務に従事。

製品紹介

ヤマハ発動機(株)様向け内製PP搭載EPSの開発

青山 雅 ・ 菊池 輝之

1 はじめに

カヤバのオフロード車両用の電動パワーステアリング（Electric Power Steering 以下EPS）の歴史は古く、ヤマハ発動機(株)様のATV（All Terrain Vehicle：全地形対応車）に、世界で初めて採用された2005年までさかのぼる。当該EPSは制御用コントローラ（Electronic Control Unit 以下ECU）がEPS本体と別となるコラムEPS（以下、従来EPS）である。従来EPSは多くのメーカー様のATVやROV（Recreational OFF-Highway Vehicle）に採用いただき、初採用から20年経過した現在も量産中である。

その間、オフロード車両用のEPS搭載率は上昇しており、特に近年は車両が大型化される傾向の中、操舵力低減やキックバック抑制など運転者へ快適な操作性提供のため、EPSの高出力化が求められている。当社も高出力化を一つの目的として、内製パワーパック（ECU一体型のブラシレスモータ 以下PP）を搭載したオフロード車両用のピニオンEPS（以下、ピニオンEPS）を開発し2019年から他車両メーカー様向けに量産している。

オフロード車両用のEPS形式はコラムEPSが大半であるが、形式違いのEPSを載せ替えることは車両メーカー様の開発が大規模になることが想定されるため、当社はコラムEPSを高出力化しEPSのラインナップを拡充する必要があった。

この度、従来EPSに対して高出力化するため、内製PPを搭載したコラムEPS（以下、本製品）を開発し、2024年よりヤマハ発動機(株)様のWolverine RMAX1000（図1）、Grizzly700（図2）向けに量産を開始している。次章より、本製品のメカニカル仕様と制御の内容について説明する。



図1 Wolverine RMAX1000（ROV）



図2 Grizzly700（ATV）

2 メカニカル仕様

2.1 標準モジュール及び従来EPS部品の採用

オフロード車両用のEPSは乗用車向けと比較すると市場規模が小さいため、新規部品を抑制しコストへの配慮が重要である。

本製品はピニオンEPS向けに開発を行った標準モジュールを採用した。標準モジュールとは内製PPとトルクアングルセンサ、ウォーム減速機を一つのモジュールとしてコンパクトにまとめたものである（図3）。これにより、従来EPSに対して減速比及びモータアシストトルクが大きくなり、EPS出力トルクが約2.8倍となった。従来EPSと本製品の主要諸元の比較は表1に示す。

一般的にEPSは、搭載する車両レイアウトに合わせて締結部の仕様を変更する必要がある。そのため、既製品を採用いただく場合を除き標準化率100%は達成できない。本製品では標準モジュールと従来EPSの部品を利用することで、新規部品を最小化し、標準化率80%という高水準を達成した。

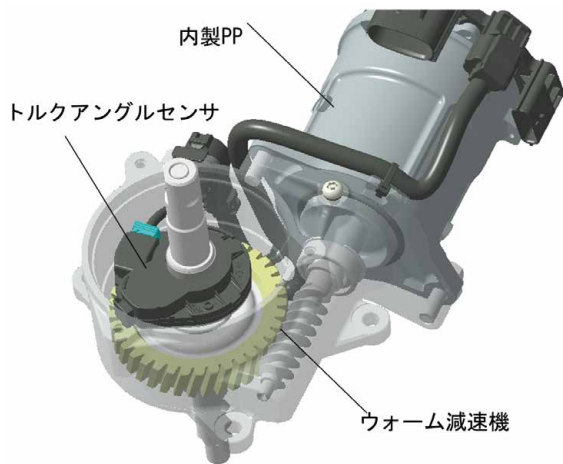


図3 標準モジュールの構成要素

表1 主要諸元の比較

項目	従来EPS	本製品
減速比	17 : 1	18.5 : 1
モータアシストトルク	1.5Nm	4.2Nm
EPS出力トルク	22.9Nm	65Nm

2.2 ギヤケース主型共通化

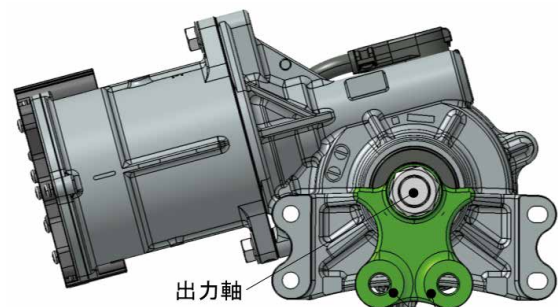
コラムEPSはモータ/PPを除き、二つのハウジングから構成されている。ギヤケースはウォーム減速機を格納するハウジングである。

ROVとATVのコラムEPSは車両要件により様々な仕様差があり、以下に二つ紹介する。一つ目はコラムEPSからタイヤへのトルクの伝達方法の差である。ROV向けはコラムEPSの出力軸からインターミディエイトシャフトが締結され、ラック&ピニオンを介してタイヤへ伝達されることが多い。

それに対して、ATV向けは出力軸にピットマンアームを締め付け、ピットマンアームからタイロッドを介してタイヤへ伝達されることが大半である。ピットマンアームのタイロッド締結点は出力軸と同一軸上に存在しないため(図4)、トルク伝達によって出力軸に曲げモーメントが作用することがATV向けの特徴である。

本製品において、曲げモーメントの小さいROV向けはコスト低減のため出力軸を1点支持とし、ATV向けは曲げモーメント対策として2点支持とした。2機種の出力軸支持の1点目の軸方向高さを同一にすることで、出力軸側の一部構造を除き、ギヤケースの内部構造を共通化することができた。

車両要件による仕様差の二つ目はヤマハ発動機(株)様の車両へハウジングを固定する方法である。ROV向けのコラムEPSはめねじを加工した入力軸側のハウジングを車両に締結するのに対し、ATV向けは出力軸側のハウジングと車両をボルトとナツ



ピットマンアーム(緑色)のタイロッド締結点

図4 ATVの出力軸構造(ピットマンアーム組付け後)

トで固定している。

従来EPSはEPSと車両を締結する機能とウォーム減速機を格納する機能を二つのハウジングに分けて設計しているため、ギヤケースの金型は共通化されていない(図5)。

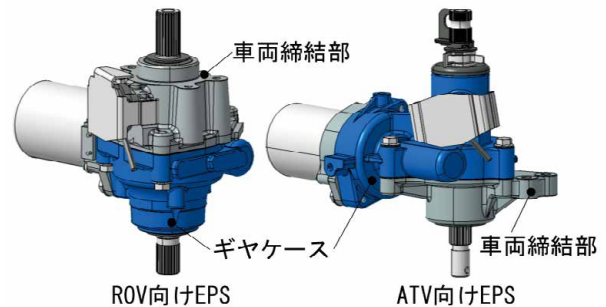


図5 従来EPSのギヤケース

本製品はATV向けの車両締結部をROV向けにも採用した(図6)。これにより、ATV向け車両締結部をEPS組立工程の治具取り付け点として使用することができるようになり、従来EPSに設定していた組立専用の取り付け点を廃止することができた。外観が共通になることでギヤケースのダイカスト金型の主型を共通化し、出力軸側の一部構造については機種専用の中子を設定することで少ない段取りでギヤケースの生産が可能となった。

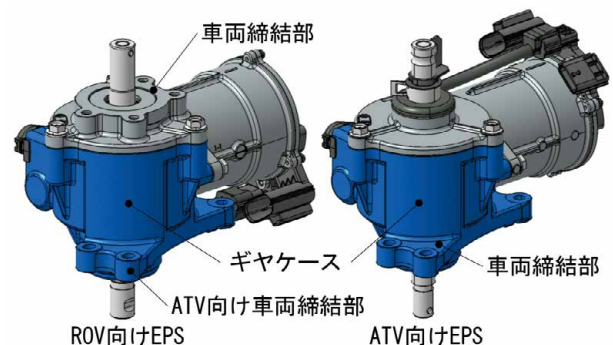


図6 本製品のギヤケース

3 制御開発

オフロード車両に求められる操舵性能は「操舵応答性」「外乱抑制性」が特に重要である。操舵性能を満足するため、「ベース電流制御」「安定化制御」「微分電流制御」を本製品に実装した。

図7に本製品の制御ブロック図の概要を示す。

次項から各制御の実施内容を説明する。

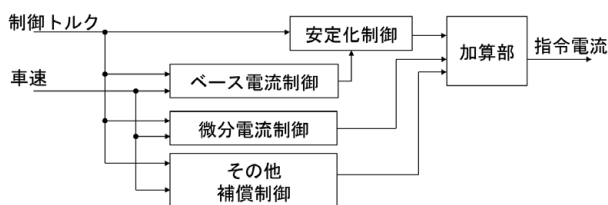


図7 本製品制御ブロック図概要

3.1 ベース電流制御

本制御は、運転者がハンドルを操舵した際に発生する制御トルクから、ベース電流制御電流値（以下ベース電流値）を算出する制御である。従来EPSと比べ、本製品で使用しているモータは出力が大きくなっているため、それに合わせベース電流値を設定している。電装品の新旧比較を表2に示す。

表2 電装品新旧比較

項目	従来EPS	本製品
構成	ECU別体型モータ	ECU一体型モータ
モータ	ブラシ付き	ブラシレス
モータアシストトルク	1.5Nm	4.2Nm
重量	1.60kg+0.87kg	2.0kg

また、ハンドル切り始めのフィーリングを作るため、図8の操舵フィーリング領域のチューニングを実施した（図8：緑破線領域内）。結果、従来EPSと比べ滑らかなフィーリングを実現できた。

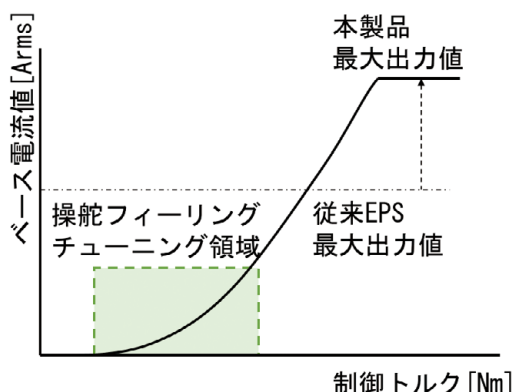


図8 ベース電流制御イメージ図

3.2 安定化制御

本製品の制御はEPS出力トルクをフィードバックする、トルクフィードバック制御を軸に構成されている。入力トルクとフィードバックトルクから算出した制御トルクに対し、安定化制御、ベース電流制御及び各補償制御を介し算出したモータ電流指令から、モータトルクを発生させ本製品を動作させている。図9にトルクフィードバック制御系の基本構成を示す。

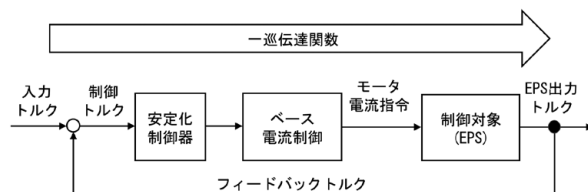


図9 トルクフィードバック制御系基本構成図

前項で説明した、「ベース電流制御」は電流値のみ大きくした場合、トルク制御系の一巡伝達関数のゲインが全周波数領域にわたって大きくなり、不安定（自励振動が発生する状態）となってしまう。

そのため、トルク制御系の安定性を確保するために、高周波領域で一巡伝達関数の位相を進ませる必要がある。ピニオンEPSではトルク制御系の一巡伝達関数を進ませる方法として、位相補償制御が使用されてきた。図10に位相補償制御ブロック図を示す。

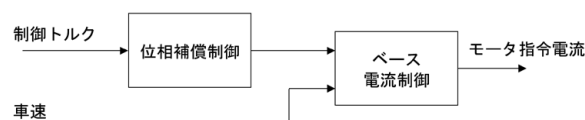


図10 位相補償制御ブロック図

しかし、位相補償制御では、チューニング方法が周波数応答（ゲイン、位相）基準あるいは、実機台上評価基準で行っていたことから、車両チューニングによるベース電流値の増加による高応答化と安定性確保の両立が難しいことが分かった。

そこで、ベース電流値の増加による高応答化と安定性確保を実現するために、安定化制御を実装した。図11に安定化制御ブロック図を示す。

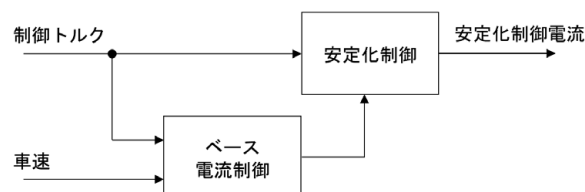


図11 安定化制御ブロック図

本制御は、ベース電流値の電流勾配の大きさに関わらず、トルク制御系のゲイン余裕及び位相余裕を確保することができる制御となる。位相補償制御と安定化制御の仕様の比較を表3に示す。

表3 制御仕様比較

比較項目	位相補償制御器	安定化制御器
制御器の構成	位相進み×2 位相遅れ×1	安定化制御器の一般形に基づく状態推定及び外乱推定フィードバック
チューニング方法	周波数応答基準 実機台上評価挙動基準	制御対象モデルを利用したモデルベース
チューニングパラメータ	位相補償器のゲイン カットオフ周波数	固有周波数、減衰率

今回は制御対象モデルを利用したモデルベース開発手法を用いてパラメータ検討し、トルク制御系の固有振動数と減衰率を指定して机上チューニングを行うため、作業効率も飛躍的に向上した。

3.3 微分電流制御

本制御は、制御トルクにHigh-Pass Filter（以下HPF）、Low-Pass Filter（以下LPF）処理して得られるトルク微分値をベース電流値に加算する制御である。

本制御を低い制御トルク域で使用することで、操舵トルクの増加を緩やかにすることができるため、応答性の向上を図ることができる。図12に微分電流

制御のブロック図を示す。

HPFにより微分演算を行い、LPFにより微分演算に伴う高周波領域のノイズ低減を図ることができる。

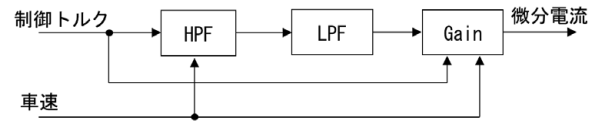


図12 微分電流制御ブロック図

4 おわりに

ヤマハ発動機(株)様の本製品採用をきっかけに、従来EPSが採用されている車両については、本製品への切り替えを推進していきたい。また、オフロード車両用の高出力EPSのラインナップを拡充することができたため、今後は市場の要望に合わせて、本製品とピニオンEPSで適切な仕様を提案していきたい。

最後に今回の開発にご協力いただいたヤマハ発動機(株)様及び当社の関係者にこの場をお借りしてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 三宅、富田：非乗用車向けEPSの開発、KYB技報第60号、(2020年4月)
- 2) 松本、榎本、見上、福士：車載用電動アクチュエータの制御技術、カヤバ技報第65号、(2022年10月)

著者



青山 雅

2015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ステアリング設計室。電動パワーステアリングの設計、開発に従事



菊池 輝之

2011年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部電子技術部第一開発室。電動パワーステアリングの設計、開発に従事

製品紹介

電動ポンプ用カートリッジ式ベーンポンプの開発

久 保 康 平

1 はじめに

カヤバは1955年からベーンポンプを油圧パワーステアリング用として生産を開始し、現在ではCVTやAT向けの油圧源として市場のニーズに合わせた製品を開発し提供している。

今回紹介する電動ポンプ^{注1)}用カートリッジ式^{注2)}ベーンポンプは、車両の燃費向上に貢献する新たな変速機構のAT^{注3)}及びCVT^{注4)}の油圧源として使用されるものである。

本製品は、2022年10月より生産を開始している。

注1) 電動モータを駆動源とするオイルポンプのこと。

注2) 母機側にポンプのハウジングが設けられ、装着することでアセンブリとなる形式。

注3) Automatic Transmission（自動変速機）のこと。

注4) Continuously Variable Transmission（無段階変速機）のこと。

2 電動ポンプについて

まず初めに、電動ポンプについて説明する。

電動ポンプとは、車両（母機）からの信号を受け独自で制御可能なモータを駆動源としたポンプのことを指す（図1）。主な特徴としては、必要な時に必要な流量を吐出させることで無駄を大きく抑制できる点である。

近年車両の電動化により電動ポンプは様々な用途に使用され、その需要が高まっている。例として電動駆動用のモータやバッテリーの冷却・潤滑用やハイブリッド車向けのATやCVTの油圧源などが挙げられる。

なお、従来当社で量産しているCVTやATに使用されるベーンポンプは、エンジンで駆動されるためメカポンプと呼ばれている。

メカポンプは改善を重ね性能が非常に良くなっているが以下課題が残っている。

- ①低回転時でも必要な流量を確保するためにポンプの押しのけ容積を大きくする必要があり、ポンプの理論トルクが大きくなる
- ②高回転時に必要以上の流量が吐出されるため、無駄が多い
- ③アイドリングストップ時に吐出することができないため、保圧用の電動ポンプが必要となる

一方で電動ポンプは用途に応じて回転数を制御させることで前述したメカポンプの課題を解決させ、車両の航続可能距離の向上に繋げることが可能となる。

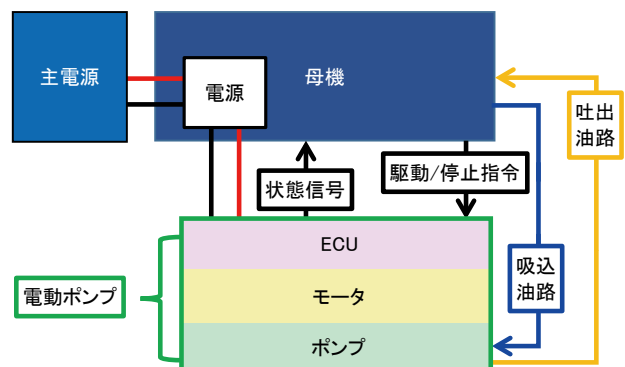


図1 電動ポンプ

3 開発内容の紹介

今回開発したカートリッジタイプのベーンポンプの外観を図2、傾斜展開図を図3、仕様詳細を表1に示す。

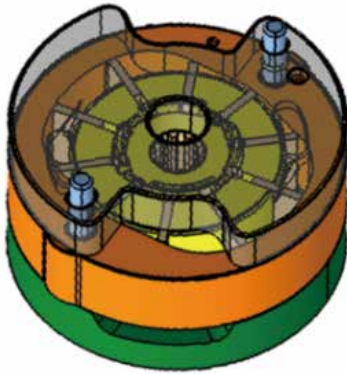


図2 電動ポンプ用外観

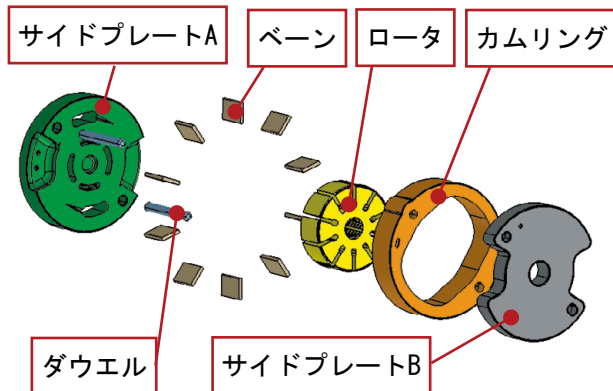


図3 傾斜展開図

表1 開発したポンプの仕様

形式	平衡型ベーンポンプ
押しのけ容積	～4 cm ³ /rev
最大回転数	3,300rpm
最大圧力	4.0MPa
使用温度	－40～165℃

3.1 開発コンセプト

電動ポンプが車両に採用されるためには、従来のメカポンプが搭載されたシステムに対し費用対効果で勝る必要があるため、省スペース/省エネルギー/低ノイズ/低コストであることが要件となる。

そこで、モータ駆動用に最適化したポンプを開発するため、従来のメカポンプに対し以下項目の設計見直しを行った。

3.1.1 小型化・ロストルクの低減

車両への搭載自由度を高めるため、電動ポンプは小型であることが求められる。

また、モータはポンプを駆動させるためだけの機能に限定されており、ポンプの駆動トルクが消費電力に直結する。そのため、ポンプの小型化とトルク低減を最優先事項とし開発を行った。

ベーンポンプの駆動トルクは理論トルクとロストルク（フリクション）の合計となっており、機械効率の改善には理論トルクの他にフリクションの削減が必要となる。

そこで、生産性を考慮し限界まで小型化することで、以下部品の摺動面積を減らしフリクションの低減を図った。

- ①カムリングの薄型化
- ②ロータの小径化
- ③薄肉（1mm厚）ベーンの採用

耐久性と量産性を確保できる製造限界まで小型化を行い、カムリングの幅は従来のメカポンプに対し46%（図4）、ロータの外径は32%（図5）の小型化を実現させた。

また、ベーンについては当社2例目となる薄肉のベーンを採用し、受圧面積、摺動面積の低減を行った（図6）。

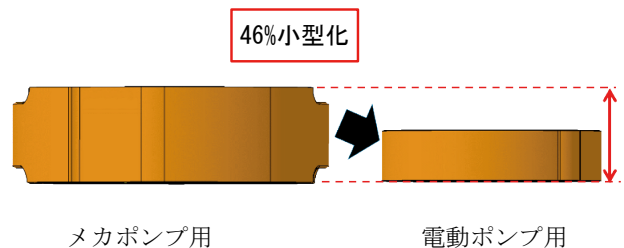


図4 カムリング薄型化イメージ

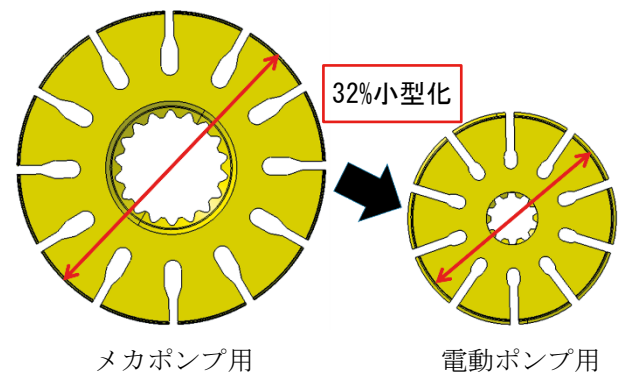


図5 ロータ外径小径化イメージ

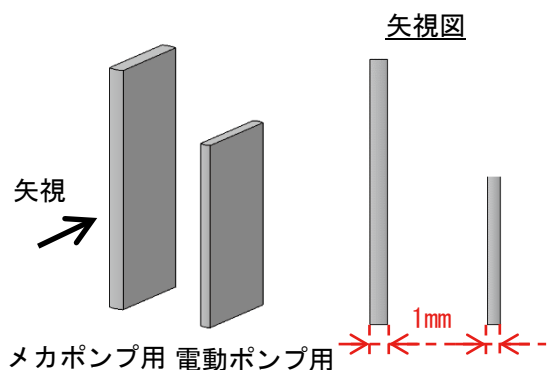


図6 ベーン薄肉化

その結果、搭載性に非常に優れかつ高効率、低コストなポンプとなり、同等の仕事量を行う既存品に対し、約52%ロストルクを削減することができた。

従来当社で量産しているメカポンプとのサイズ比較を写真1に示す。



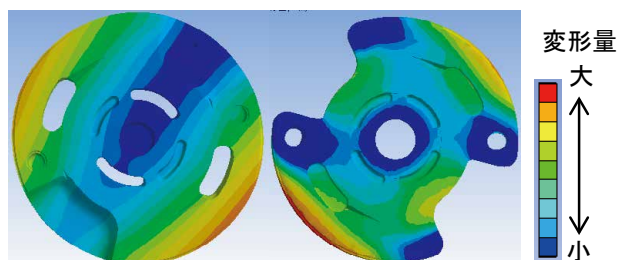
メカポンプ用

電動ポンプ用

写真1 カートリッジサイズ比較

3.1.2 容積効率の向上

今回開発したベーンポンプでは使用環境に合わせ各摺動部の隙間（クリアランス）の最適化を実施した。クリアランスを縮小する方向で最適化することによりポンプ内部のリーク量すなわち流量損失が減ることで、容積効率の向上につながる。背反として摺動部の焼き付きの発生など耐久性が悪化するが解析や耐久試験により最適なクリアランス量を確保しながら容積効率を向上した。一例としてサイドプレートのFEM解析を図7に示す。



サイドプレートA

サイドプレートB

図7 FEM解析結果

3.1.3 10枚ベーンの採用

自動車の静粛性は年々向上しており、車両の電動化によりその要求は増々高くなっている。それは電動ポンプにおいても例外ではなく、低騒音のポンプの開発が必要不可欠である。そこで着目したのが電動ポンプの振動低減である。ベーンポンプの音の周波数はベーン枚数に大きく影響される。従来のCVT、AT向けメカポンプは静粛性のため12枚のベーンにより設計されていたが、本開発品はモータの極数（2の倍数）およびスロット数（3の倍数）との共振を避けるためにベーン数を10枚に変更し再設計を行うこととした。

ポンプの吸込みポート及び吐出ポートのタイミング位置を10枚ベーン用に最適化しモータとの共振を防ぐことで電動ポンプとしての静粛性を確保することができた。

更にベーン枚数を2枚減らすことができたためコスト低減にも貢献した。

3.1.4 カートリッジ化の採用

現在当社で生産しているメカポンプはポンプをハウジングに内蔵した状態（以下ポンプASSY）で納入している（図8）。

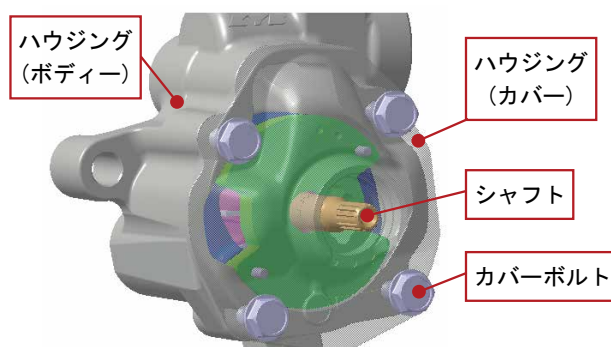


図8 ポンプASSY形状

本開発においても、当初はポンプASSYでの納入を前提として検討を実施していたが、ポンプの機能部品だけを提供することで部品点数が削減されコスト低減につながるため、当社のポンプでは初となるカートリッジのみでの納入を採用した。

そのために、以下新たな課題への対策が必要となった。

- ①量産時の手扱い性
- ②輸送時の打痕対策
- ③機能保障範囲の明確化

①について、手作業でも持運びしやすく分解し辛い形態であり、かつコンタミの侵入も防ぐことが可

能となるサイドプレートAおよびサイドプレートBまでを一体化した。これによりポンプとしての性能を担保できる最低限の部品構成とすることが出来た。

②について、本開発品はポンプに動力を伝達させるシャフトがモータ側に設置されているので、単品ではシャフトにより位置が規制できず、ロータが自由に動くことができる。そのため、輸送時等の振動によりロータが移動し別部品と接触することで打痕が発生してしまう可能性が考えられる（図9）。

そこで、カートリッジ専用にロータの位置やカートリッジの回転を規制し、かつ着脱のしやすい新たなトレーを開発し、特許を取得した（図10）。

③について、ポンプを寸法だけの保証だけではなく、当社で性能試験まで実施することで機能部品とし納入可能な形態とした。

結果として構成部品を極小化しながらも機能を保証することができ、かつ重量やサイズを抑え輸送効率も向上し、製品性とコストを両立させ、ニーズに合わせた製品開発を実現させることができた。

3.1.5 新規材料の採用

今回開発目標とした電動ポンプの使用環境は従来量産しているメカポンプに対し圧力や回転数が低い。そのため、一般流通材の採用や、小型化における

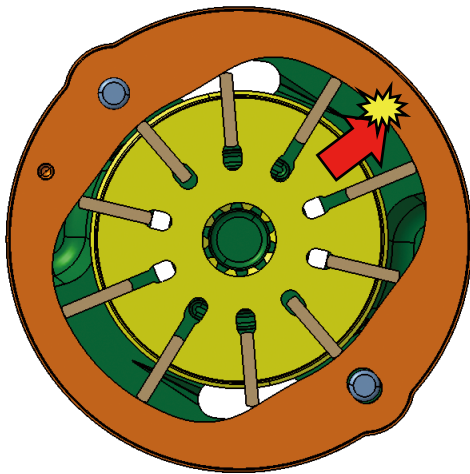


図9 ロータの移動による接触

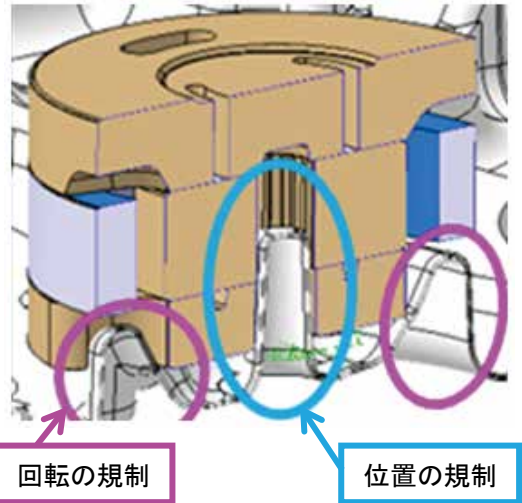


図10 トレー形状

生産性を考慮した材料の採用を目指し、開発当初から耐久評価重ねることで耐久性を確保できる新規材料を採用することができた。

4 まとめ

今回当社で初となる電動ポンプ用バネポンプを開発し、下記の内容を実現した。

- ①電動ポンプ用に最適化した当社最小のバネポンプを開発
- ②当社初となるカートリッジタイプのバネポンプの開発
- ③新規材料の採用
- ④モータの特性に合わせた最適なポンプ仕様の確立

5 おわりに

今回開発した電動ポンプ用バネポンプはこれまで当社が開発してきた製品の中で経験の無い仕様であったが、本開発に携わって頂いた関係者の多大なご協力により量産化することができた。本開発にあたってご協力頂いた協力会社様、社内関係部門の皆様がこの場を借りて深く感謝を申し上げます。

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。バネポンプの設計に従事。

製品紹介

3～4 tonミニショベル向けピストンポンプ PSVL-50の開発

武 井 元

1 はじめに

カヤバが初めてミニショベル向けロードセンシング（LS）システム用ピストンポンプ製品の量産を開始したのが、1996年の5～6 ton向けPSVL-54である。その後、2001年に3～4 ton向けPSVL-42を立上げ、20年以上の歴史を持つが、その間、大きく形を変えず現在に至る。

近年、ミニショベル市場はLSシステムの採用が増加している。当社は3 ton以上でLSシステム用ポンプ製品ラインアップを持つが、前述の通り歴史の長い製品が多い。今後の更なるLSシステムの需要増加を見据え、本機の開発に至る。

2 開発品の概要

2.1 LSシステム用製品

当社LSシステム用製品は、ポンプPSVLシリーズとコントロールバルブKVSXシリーズにより構成され、3 tonから8 ton系まで油圧システムでの提供が可能である（表1）。今回、開発したPSVL-50は3～4 ton向け製品となり、現行PSVL-42の後継機となる。

表1 LSシステム用製品ラインアップ

3 ton	5 ton	7 ton	ピストンポンプ	コントロールバルブ
			PSVL-42	KVSX-12
			PSVL-50	(KVSX-12or14)
			PSVL-64	KVSX-14
			PSVL-84	KVSX-18

2.2 現行PSVLシリーズ

現行PSVLシリーズの仕様一覧を表2、外観を図1に示す。当社PSVLシリーズの特徴として、パイロットポンプとその吐出流量を利用したLSゲイン変更制御機能（LS制御差圧が入力回転数に応じて変化）を標準搭載している。エンジン回転数を下げ

て使用するとポンプ最大流量もそれに伴い低下するため、LSゲイン変更制御機能がない場合、レバー入力の途中で最大作業速度に達し頭打ちになってしまう。本機能があるとエンジン回転数と共にLS制御流量も低下させられるため、レバー操作量と作業速度の連動域を広く持つことが出来る。

なお、これら標準搭載となっている機能であって、もご要望に合わせ仕様を変更することは可能であり、本表にない機能の追加検討も可能である。柔軟な対応が当社の強みと考えている。

表2 PSVLシリーズ仕様一覧

形式	PSVL-42	PSVL-64	PSVL-84
容積 (cm ³ /rev)	Max 42.0	Max 64.0	Max 84.6
最高圧力 (MPa)	24.5	28.0	32.0
入力回転数 (rpm)	2500	2400	2200
パイロットポンプ	標準		
パイロットポンプ容積 (cm ³ /rev)	4.0 or 7.0		
パイロットポンプ最高圧力 (MPa)	4.9		
制御方式	標準		
LS制御	標準		
LSゲイン変更制御	標準		
馬力制御	標準		
油圧パイロット馬力制御シフト	○	○	○
電磁比例馬力制御シフト	○	○	○
パイロット切換弁	×	×	×
取付			
インロー径 (mm)	101.6	101.6	152.4
ボルトピッチ (mm)	180.0	200.0	228.6
ボルト穴径 (mm)	14.0	17.5	17.0
吸込ポート (mm)	SAE 1 1/2 (ポート径φ38)	SAE 2 (ポート径φ45)	SAE 2 1/2 (ポート径φ63)
吐出ポート	G3/4	G3/4	G1



図1 製品外観
(左からPSVL-42, PSVL-64, PSVL-84)

2.3 PSVL-50製品仕様

表3に現行品PSVL-42と開発品PSVL-50の製品仕様、図2に製品外観を示す。

表3 製品仕様

項目	現行品	開発品
形式	PSVL-42	PSVL-50
容積 (cm ³ /rev)	Max 42.0	Max 50.0
最高圧力 (MPa)	24.5	28.0
入力回転数 (rpm)	2500	2500
最大入力トルク (馬力制御) (N・m)	165 (114)	223 (150)
最大流量 (L/min)	106.0	125.0
パイロットポンプ	標準	標準
制御方式	LS制御	標準
	LSゲイン変更制御	標準
	馬力制御	標準
	油圧パイロット馬力制御シフト	○
	電磁比例馬力制御シフト	○
取付	パイロット切換弁	×
	全長 (mm) ※GP込、オプション除く	265.5
	全高 (mm)	218.0
	全幅 (mm)	210.0
	重量 (kg)	30
取付	インロー径 (mm)	101.6
	ボルトピッチ (mm)	180.0
	ボルト穴径 (mm)	14.0
	吸込ポート (mm)	SAE 1 1/2 (ポート径φ38)
	吐出ポート	G3/4

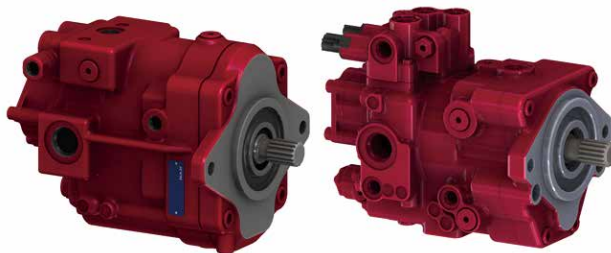


図2 製品外観 (左: PSVL-42, 右: PSVL-50)

※現行品は標準仕様、開発品はフルオプション仕様
この後に掲載する外観も全て同様

基本仕様は3～4 tonクラス市場最大レベルとなる最大容積50cm³/rev, 最高圧力28MPa, 馬力制御時最大入力トルク150N・mまで対応可能となる。また、現行品において非標準的な仕様となっているマウントフランジは標準的なSAE-B仕様を採用した。

2.4 開発品の特徴

2.4.1 軽量化

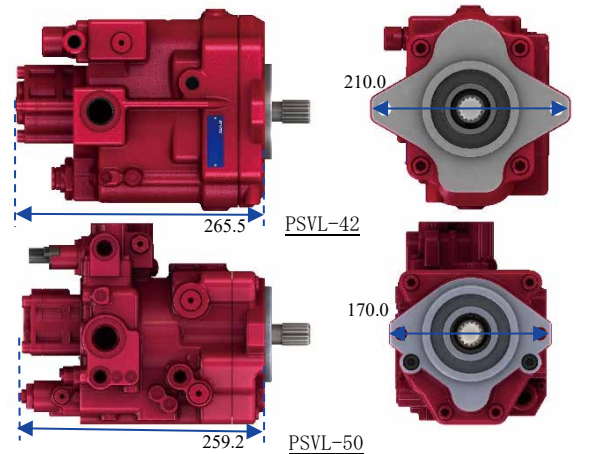
本開発品は内部構成を大きく変更し小型・軽量化を図った。主にポンプ容積制御機構の変更により、図3に示すように全高の大幅な削減を達成し、ポンプ本体重量にて現行比で約23%の低減を実現。実機搭載性の向上とコスト低減に寄与している。

2.4.2 LSシステム用設計

本開発品はLSシステム用製品のため、LS制御に必要なバルブをポンプ本体に内蔵化し、コスト低減と軽量化を図った (図4)。

全長

全幅



全高

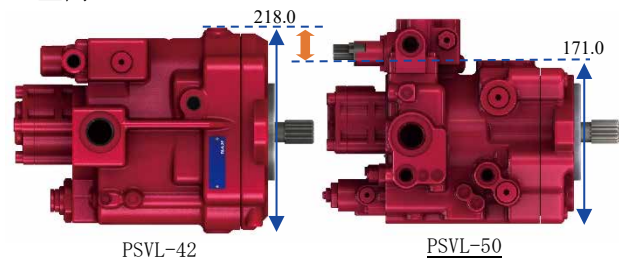


図3 サイズ比較

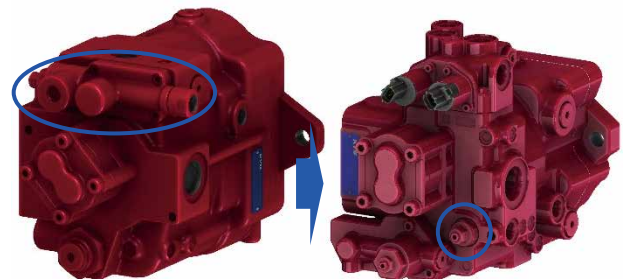


図4 LSバルブ外観 (左: 現行品, 右: 開発品)

2.4.3 オプション機能

本開発品は2つオプション機能を準備している。

1つ目が「馬力制御シフト」機能である。図5に示すように、本機能は馬力制御特性を電気信号、ま

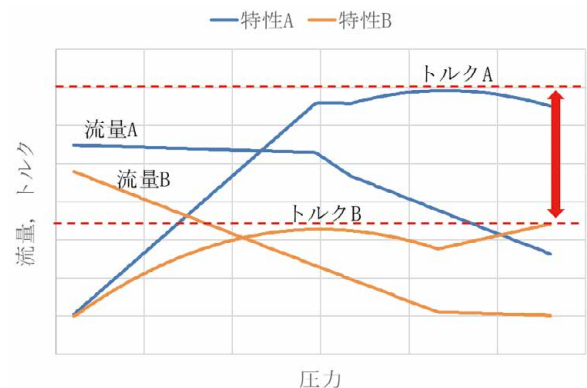


図5 馬力制御シフト特性例

たは外部パイロット圧力により平行移動することが出来る。この特性はご要望に応じて自由にカスタマイズでき、多様な制御が可能となる。

馬力制御シフトによる制御特性の多様化と生産性を両立させるため、図6に示すように、馬力制御バルブを従来の内蔵タイプから外付けタイプに変更した。この変更により馬力制御シフト機能の有無は当該バルブの載せ替えのみで変更可能となり、従来では本体ハウジング側にも変更が生じていたが、本開発品は当該オプション有無によらず本体ハウジングを共通化出来ている。また、電磁比例馬力制御シフト機能に使用する比例ソレノイドは、ポンプ本体側に向くよう設計することで省スペース化を図っている。

2つ目のオプション機能がパイロット切換弁である。パイロット切換弁はレバー操作や走行2速等へ

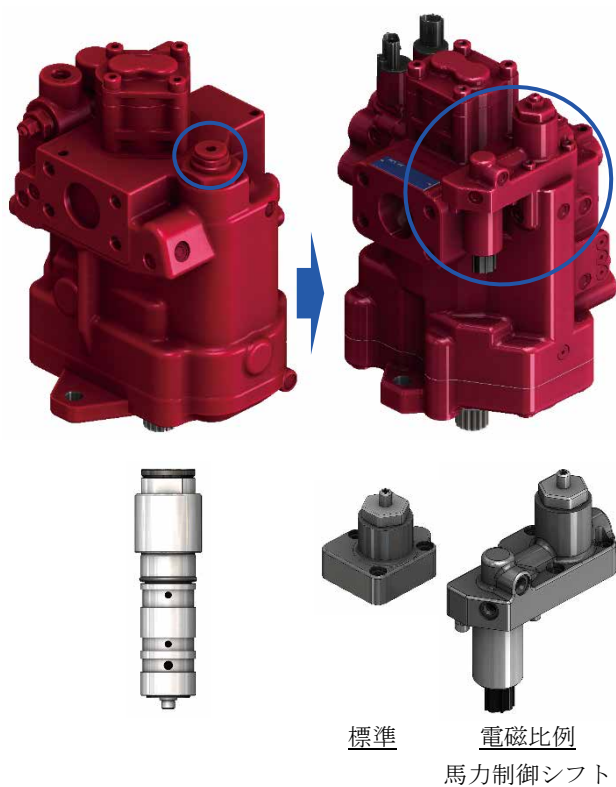


図6 馬力制御バルブ（左：従来品、右：開発品）

のパイロット圧力供給を切り換えるバルブであり、図7の回路図で示すように、パイロットリリーフ弁とアキュムレータ用チェック弁を内蔵している。本バルブはポンプとは別に機体へ設置されることが多いが、本オプションにより母機メーカーは機体レイアウト設計にてコンポーネントの集約を選択することができ、ポンプに搭載することで配管を削減することも出来る。

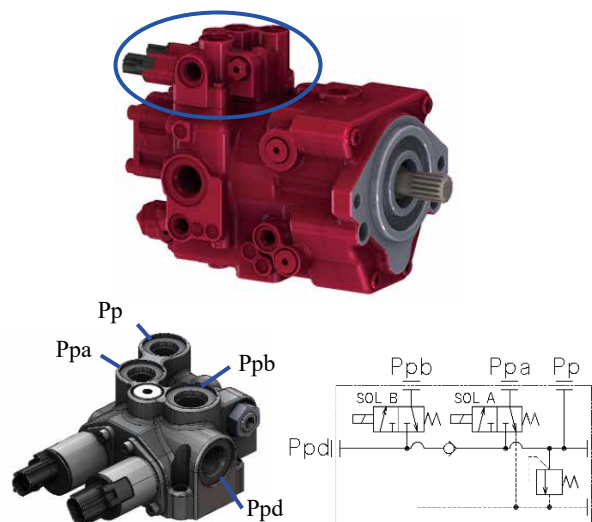


図7 パイロット切換弁

3 今後の展開

今回開発したモデルをベースに、次世代PSVLシリーズとして他クラスも順次開発予定である。新規構成は従来品に対し製品重量の大きな削減が期待でき、シリーズ展開によりCN等の社会貢献も出来るため、早いリリースが達成出来るよう、より一層開発に励む所存である。

4 おわりに

現行機に対し大幅な変更を加えたため、開発中は様々な課題に直面したが、周囲の助けもあり無事に立上げまで進めることが出来て嬉しく思う。

最後に、開発に際し多大なご協力を頂いた関係各位に深く感謝申し上げます。

著者



武井 元

2013年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部 相模油機技術部ポンプ・モータ設計室。油圧ピストンポンプ製品の設計・開発に従事。

製品紹介

スウィングバルブの二輪車展開

坂 脇 俊 彦

1 はじめに

スーパースポーツ（以下SS）と呼ばれるカテゴリの二輪車は、レースのベース車両にも使用される走行性能を追求したフラッグシップに位置付けられている。

そのため、最先端の技術が投入され、フラッグシップに相応しい高い走行性能が与えられている。

サスペンションについても高い走行性能を発揮する為に、各サスペンションメーカーの最上位構造が採用されており、一部の車両では電子制御サスペンションが採用されている。

カヤバもSS向けのフロントフォークでは分離加圧構造（AOSⅡ）¹⁾ や大径シリンダ構造といった高性能フロントフォークをラインナップしている。一方で、リアクッションユニット（以下RCU）については、一般的なアルミガスビギーバック構造を採用している機種が多い。

2 開発の狙い

今回、二輪車の走行において非常に重要な官能評価項目である「接地感」に着目した。接地感は、操縦性や安定性につながるため、向上させなくてはならない項目である。

この接地感を向上させるためには、走行中の「タイヤが路面を押す力（接地力）」の変動幅を小さくして安定化させる必要があり、車両や走行条件に合わせて、サスペンションのスプリング反力や減衰力を適切な状態に調整する事でライダーは高い接地感を感じる事が出来る（図1）。

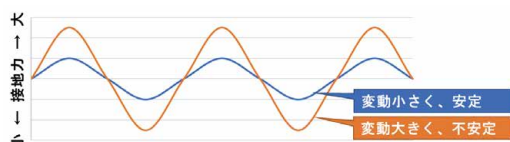


図1 走行中の接地力（イメージ図）

一般的に減衰力の調整は積層バルブとオリフィスで行っており、低速域から高速域までの減衰力を調整することは可能だが、微低速域については細かな調整は行えない（図2, 3）。

その為、サスペンションの動き出しを制御する事が難しく、ライダーが思うような接地感が得られないケースがあった。

よって、SSに求められる高い接地感を実現する為の微低速域の減衰力特性を従来構造だけで実現する事は難しく、微低速域をコントロールする構造が必要となった（図4）。

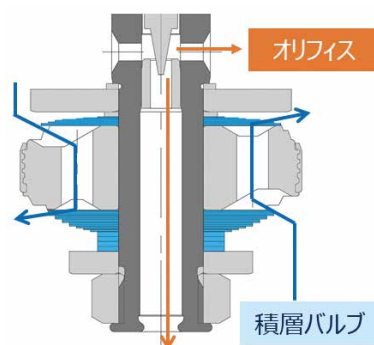


図2 従来構造

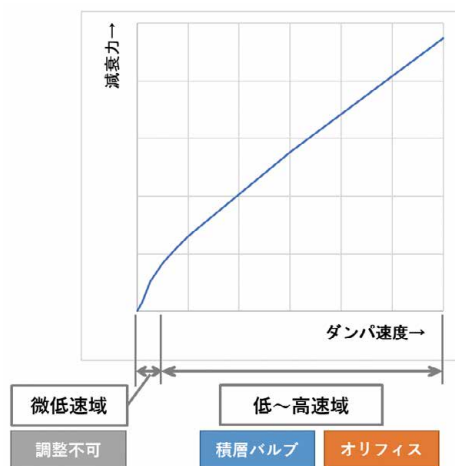


図3 減衰力特性

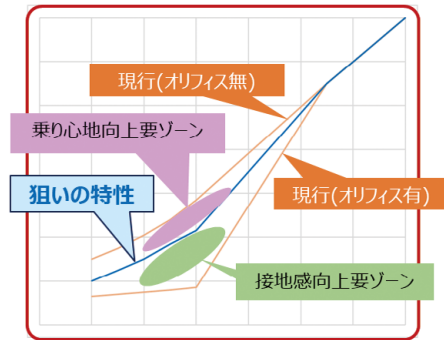


図4 減衰力特性（微低速）

3 開発の概要

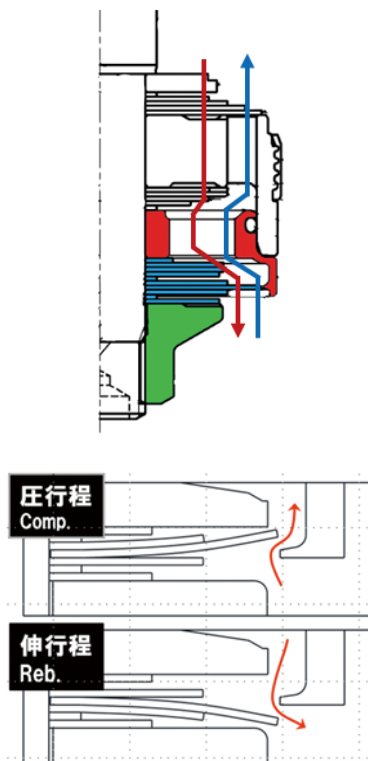
開発品である二輪車向けスウィングバルブと四輪車向け構造との構造比較と評価結果を以下に示す。

3.1 構造検討

3.1.1 四輪車向けスウィングバルブ

図5は四輪車で量産されている微低速をコントロールするスウィングバルブ構造である。

メインバルブと直列に微低速用の非着座のリーフバルブを配置し、微低速の減衰力をコントロールすることで上質な乗り心地を確保している。

図5 四輪車向けスウィングバルブ構造²⁾

3.1.2 二輪車向けスウィングバルブ構造

二輪車の用途で微低速の減衰力をコントロールする為、スウィングバルブの適用を検討した。

メインバルブに対してスウィングバルブを直列配置とする場合、ダンパ速度が速くなると流量が増え、スウィングバルブの撓みが大きくなり、割れが懸念される。そこで、スウィングバルブを並列に配置し、作動油の流れを2系統に分け、バルブへの負荷を減らし、バルブに発生する応力を緩和した。コントロールしたい減衰力の速度域は微低速域の為、少ない流量でもコントロール可能であり、耐久性と減衰コントロールを両立させた。

その結果、図6の通り並列に配置された非着座のリーフバルブにより微低速域の減衰力をコントロール可能でありながら、メインバルブの減衰力特性への影響を抑えることができた。

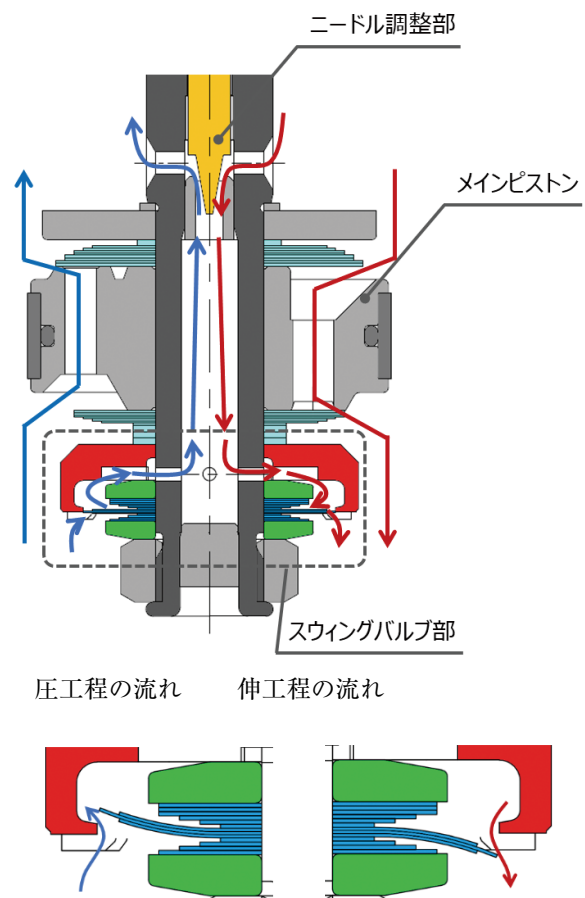


図6 二輪車向けスウィングバルブ構造

今回、スウィングバルブを並列に配置する為の油路を検討するにあたって、機種毎に要求される様々な減衰力特性に対応出来るようにメインバルブやスウィングバルブの仕様変更が容易に出来る油路とした。

3.2 特性

図7, 8に各構造の微低速域の減衰力特性を示す。

赤色の線が従来構造でオリフィスを小さくした際の微低速の減衰力特性だが、青色の線のスウィングバルブは、従来構造に対してリニアな減衰力の立上

りが確認できる。赤色の従来構造では、オリフィスを絞ることで微低速の減衰力を高めているが、急激に減衰力が立ち上がっており、リニアな特性ではない。

二輪車向けスウィングバルブはリニアな微低速域の減衰力特性を実現しており、これにより路面からの入力に合わせて適切な減衰力を発生させることで、高い接地感を発揮する事ができる。

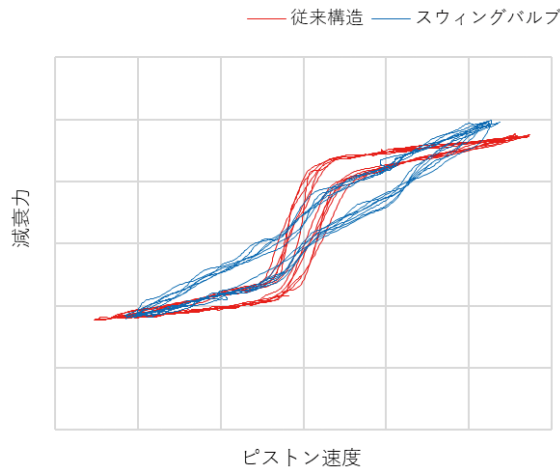


図7 減衰力—速度波形

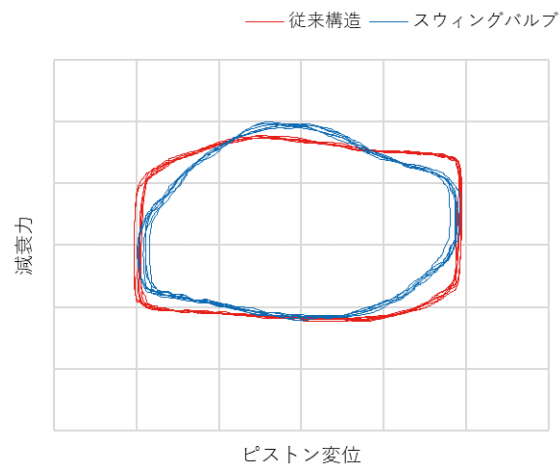


図8 減衰力—変位波形

3.3 乗車評価

乗車評価では、開発の狙いである接地感と操縦性に着目して評価を行った。

スウィングバルブは、従来品と比較し、適切な微低速域の減衰力によりコーナーリング中の細かなギャップやうねりなどでの吸収性が向上し、接地感の向上に繋がるという評価が得られた。

実車のRCUの動きを計測すると、従来品がコーナーリング中の路面からの入力に対して、従来構造が大きく動き不安定であるのに対して、スウィングバルブは動きの幅が小さく抑えられた。このことから、接地力の変化幅を小さくすることによる接地感

の向上が実車計測データからも確認できた(図9)。

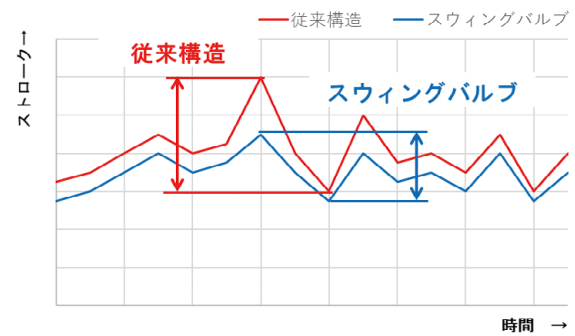


図9 実車計測データ(コーナーリング時)

また、サスペンションの動き始めから制御する事が可能となり、上質な質感を得られるたことで、乗り心地の向上も得られた。

操縦性については、微低速域の減衰力を上げたことによりサスペンションの動きが抑えられた結果、必然的にハンドリングが重くなり、操縦性が悪化する事が懸念された。しかし、スウィングバルブは微低速域からリニアに減衰力が立ち上がる為、過度にサスペンションの動きを抑えることなく、操縦性を維持しながら接地感を上げる事ができた。

実車計測データを見てもコーナーの切り返しのシチュエーションではスウィングバルブは従来品と同等の動きが確認でき、切り返しの軽さなどの操縦性は損なわれていないことがいえる(図10)。

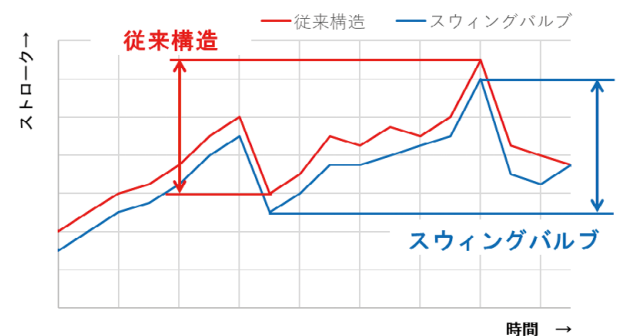


図10 実車計測データ(切り返し時)

乗車評価の中で意図的に微低速域の減衰力を上げると、接地感の更なる向上が見られたが、切り返しの動きに重みが出るなど、操縦性が悪化する事が確認できた。

このことから、スウィングバルブで微低速減衰力をコントロールすることにより車両の特性に合わせて接地感と操縦性のバランスの調整も可能であることが分かった。

4 まとめ

SS向けの新規構造としてスウィングバルブを開発することができた。実走評価では、スウィングバルブにより、操縦性を失うことなくコーナリング中の接地感が向上するという評価を得られた。

今回、スウィングバルブはSS向けのアイテムとして開発を行ったが、コーナリング中の接地感は車両のカテゴリに関わらず二輪車にとって大事な要素の一つである。その為、SS以外のカテゴリにも展開可能である。

5 今後について

今回開発した二輪車向けスウィングバルブは、通常のバルブ構造に付加する事が可能で、単筒鉄ガス

やアルミピギーバックといった構造に関係なく、導入可能である。今後は、SSに限らず性能向上アイテムとして、国内外の車両メーカーへの展開を行う予定である。

6 おわりに

最後に、本製品の開発にあたり、ご支援とご協力を頂い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。

参 考 文 献

- 1) 富宇賀：スーパースポーツ車用フロントフォーク「AOS II」の開発，KYB技報第50号，(2015年4月)。
- 2) 安井：極微低速域高減衰バルブの開発，KYB技報第57号，(2018年10月)。

著 者



坂脇 俊彦

2007年入社，カヤバモーターサイクルサスペンション株式会社技術部，二輪車用サスペンションの設計・開発に従事。

製品紹介

Eco-0.4ccポンプ

辻 井 喜 勝

1 はじめに

(株)タカコでは、写真1に示す小型アキシャルピストンポンプ（以下、小型ポンプ）TFHシリーズを量産販売している。あらゆる分野への販売を行っており、お客様より小型かつ効率の良い油圧ポンプであると高い評価をいただいている。しかし、お客様の中に、現行量産品の最高仕様・性能まで必要はないが、ピストンポンプの特長は維持しつつ、必要最小限なスペックで、より低価格な小型ポンプが欲しいとの声が多数ある。よって、更なる拡販を推し進めるには、これらのお客様の声にも対応していく必要がある。

以上より、エコノミー（低価格）な小型ポンプの開発が必要と考え、(株)タカコではお客様の声の中で一番低価格化の要望が多い、シリーズ最小サイズの0.4cc/revから開発を進めることにした。よって、本報では低価格版0.4cc/rev小型ポンプ（以下Eco-0.4）の開発の取り組みについて紹介する。



写真1 小型アキシャルピストンポンプシリーズ

2 開発品の仕様

現行量産品のTFH-040と今回の開発品であるEco-0.4およびお客様が要望する製品仕様（お客様からヒアリングした結果から選定）の比較を表1に示す。

TFH-040の仕様に対して、最高吐出圧力は14MPaで変更なし、回転速度は最高 $5000\text{min}^{-1} \Rightarrow 3500\text{min}^{-1}$ とした。全長や外形寸法などは極力現行量産品よりも小さくかつ軽量になるように検討したが、外形寸法の小型化より全長の短縮を要望されるお客様の声が多かったため、全長の短縮を優先した。

3 目標原価達成へのアプローチ

3.1 目標原価の割り付け

営業部門とEco-0.4の目標売価を設定し、目標売価に対する目標原価を決定した。目標原価に対する各部品の原価割り付けは、VE手法^{注1)}を用いた。検討した大まかな流れを以下に示す。

注1) バリュエンジニアリング（Value Engineering）の略で、製品やサービスの品質や機能などを上げるか落とさずにコストを維持、削減していく手法。

- ①TFH-040の構成部品を4つの機能（働き）に分けて機能別に原価を集計し、機能別の原価構成比率を算出する。
- ②4つの機能に対して、VEするべき機能の優先

表1 TFH-040とEco-0.4およびお客様要望の仕様比較

項目	TFH-040（量産品）	Eco-0.4（開発品）	お客様の要望
押しのけ容積 [cc/rev]	0.401	0.403	0.4程度
吐出圧力 [MPa]	14	14	11
回転速度 [min^{-1}]	5000	3500	3300
回転方向 [—]	両回転	両回転	両回転
使用温度 [℃]	+5～+60	+5～+60	検討中
外形サイズ [mm]	□30×61.4	□34×53	より小さいこと
重量 [g]	270	225	より軽量なこと

順位を決定する。

- ③機能別に目標原価を割り付ける。
- ④①と③の結果をもとに、Eco-0.4の構成部品群に目標原価を割り付ける。
- ⑤構成部品群から個別部品の目標原価を更に詳細に割り付ける。

目標達成するには抜本的な原価低減の達成が必要となるため、上述⑤段階では部品削減を盛り込んで検討を進めた。その結果、Eco-0.4はTFH-040に対して、部品点数を20%削減させ、原価低減とともに省資源化に貢献する結果となった。

3.2 部品の原価低減策

写真2は、開発段階でのEco-0.4サンプル品であり、ハウジングなどの筐体部品は削り出し品にて製作した。一方、量産時では図1に示すように、筐体部品はアルミダイカストのハウジングを採用し、加工工数の低減と軽量化を図っている。ポンプの内蔵部品においては、焼結材やプレス品を採用して、原価低減を進める。更に、現行量産している部品を流用することで、生産性向上による原価低減を目指す。

また、(株)タカコのグローバル各生産拠点での部品製造を想定した原価低減、および購買・調達部門とも連携して新規サプライヤーの開拓も原価低減策に盛り込み、本活動を進めている。



写真2 Eco-0.4サンプル品

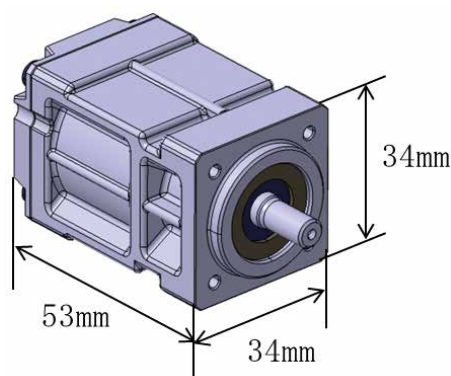


図1 Eco-0.4量産モデル

4 性能

4.1 効率特性

お客様で使用されている小型ポンプの駆動源は、主に電動モータが使用され、流量調整は、そのモータの回転速度を変化させることで行われている。よって、TFHシリーズもしくはEco-0.4に求められる性能は、低速回転から高速回転まで安定した性能（容積効率^{注2)}）である。

ここで、吐出圧力14MPa一定でポンプ回転速度のみを変化させたときのEco-0.4の容積効率特性を図2に示す。Eco-0.4の容積効率は、量産品のTFH-040に対して全回転速度域で約1～2%低下までに抑えることができ、十分ピストンポンプの特長を十分維持していることを確認できた。

注2) 実際に測定した押しのけ容積と理論押しのけ容積との比。(JIS B 0142:2011 引用)

実際に測定した押しのけ容積では、各部品の公差が影響し、また、ポンプの漏れによる容積損失を伴う。

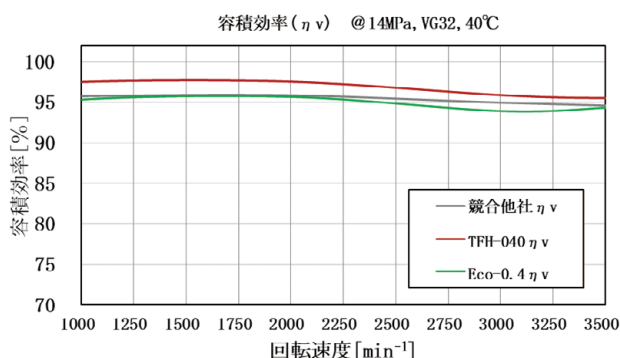


図2 容積効率特性線図の比較

4.2 耐久性

Eco-0.4の開発段階での耐久性を確認するため、TFH-040と同じ耐久試験項目（連続耐久試験や反復耐久試験など）を実施した。各耐久試験の結果において、性能低下はなく各部品に異常も発生しておらず、耐久性を確保できた。一例として、連続耐久試験前後の容積効率特性の比較を図3に示す。図3はポンプ回転速度3500min⁻¹一定で吐出圧力のみを変化させたときの容積効率特性となる。

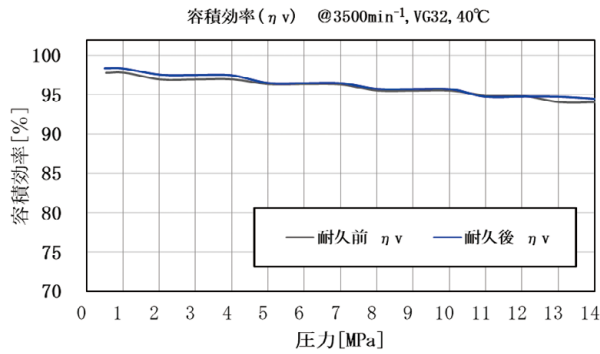


図3 連続耐久試験前後の容積効率特性比較

5 IFPEX2024での展示

(株)タカコは2024年9月に開催されたIFPEX2024に出展しており、その様子を写真3に示す。本展示会においてEco-0.4のサンプル品を参考出品した(写真4)。量産販売しているTFHシリーズである小型ポンプのサイズが世界最小クラスであるため、その小ささに対し興味を持ちタカコブースへ多くの方にお越しいただいた。TFHシリーズのご紹介とともにEco-0.4もご紹介したが、Eco-0.4により興味を示される方々もいらしたため、エコノミー(低価格)タイプとしての需要もあると改めて認識できた。



写真3 IFPEX2024出展の様子



写真4 Eco-0.4展示用パネル

6 期待される用途

出展(IFPEX2024出展)、営業活動により、写真5に示すようなブレーキ関連の用途や、図4に示すような操舵関連の問合せが多数あり、いずれも瞬間的に流量を出せて、操作性に合わせた流量のコントロールができる用途が期待できる。

今後、お客様が現行量産品のTFH-040とEco-0.4のどちらを選択するかは、お客様が求めるコストと性能の見極めによることになるが、いずれの場合であってもお客様にとって最適な提案をして、満足頂きたいと考える。



写真5 トレーラーブレーキ

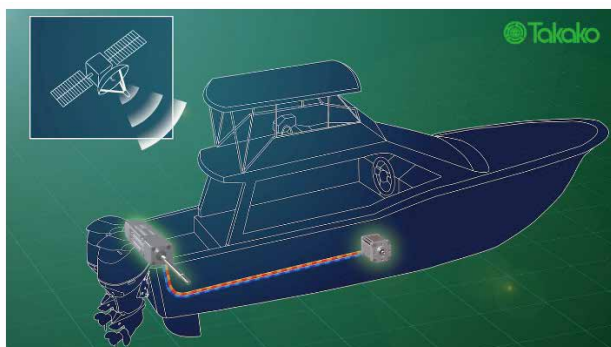


図4 船舶操舵

7 開発の結果

Eco-0.4の開発の結果をまとめると表2となり、現行量産品のTFH-040に対し、性能は維持したまま、資源使用量、重量、全長について低減ができた。また、原価試算の結果より「3.1」で設定した目標原価については、ここで詳細は割愛するが、抜本的な原価低減の目標を達成できた。よって、エコノミー（低価格）小型ポンプとしての要件を満足することができた。

表2 Eco-0.4の開発の結果

容積効率性能 @14MPa, VG32, 40℃	: 当社比 同等レベル
原価低減	: 目標達成
省資源化	: 当社比 部品点数20%減
軽量化	: 当社比17%減
全長短縮	: 当社比14%減

注：当社比とはTFH-040対比を意味する。

8 今後について

現在（執筆時点：2024年12月）、製品化実現のための開発は完了しており、今後はお客様の引き合いに合わせた開発に移行する。国内外の複数のお客様より数件引き合いをいただいているが、詳細な要求仕様については、まだ明確になっていない部分もある。そのため、正確な情報を収集整理し更新しながら開発を進める。

9 おわりに

本開発に多大なご支援・ご協力をいただいたカヤバ株式会社（HC事）相模油機技術部と（技本）基盤技術研究所材料研究室の各位、社内関係者各位、および社外関係者各位に厚く御礼申し上げます。

著者



辻井 喜勝

2006年入社。 (株)タカコ技術本部
第一開発課副主査。 小型アキシアル
ピストンポンプの開発に従事。



IFPEX出展後記¹⁾

藤 江 智 也

1 はじめに

9月18日（水）から9月20日（金）かけて東京ビッグサイト東3ホールにおいてIFPEX2024（第27回フルードパワー国際見本市）が開催され、カヤバも出展した。

今回のIFPEXのテーマは、「未来へつなげる圧い（あつい）チカラ！」と題された。フルードパワーの物理的な力だけでなく、業界としての力も学生なども含めた未来へつなげる広範囲に向けて発信・訴求しようという考えにもとづくものである。

前回（2021年）はコロナ禍の影響が色濃く残ったなかでの開催であり、全体の来場者数は従来の半減レベルであったが、今回はその影響はほぼなく、多くの方の来場が期待できる状況下において出展を迎えることができた。図1に会場図を示す。

2 当社の出展

IFPEXのテーマに対し当社では「油圧の『DNA』で新たな『うれしさ』を未来へ」を出展コンセプトとし、改めて当社を広く知っていただくことを根底の考えとして準備を進めた。

①展示品

コンセプトにある「DNA」・「うれしさ」を以下のような概念と関連付け・大別を行い、展示品の区分け・選定を実施していった。

◆「DNA」：時制／過去～現在，社会を支えている

⇒従来術製品

・建機油圧製品ほか

◆「うれしさ」：時制／未来，環境対応，人手

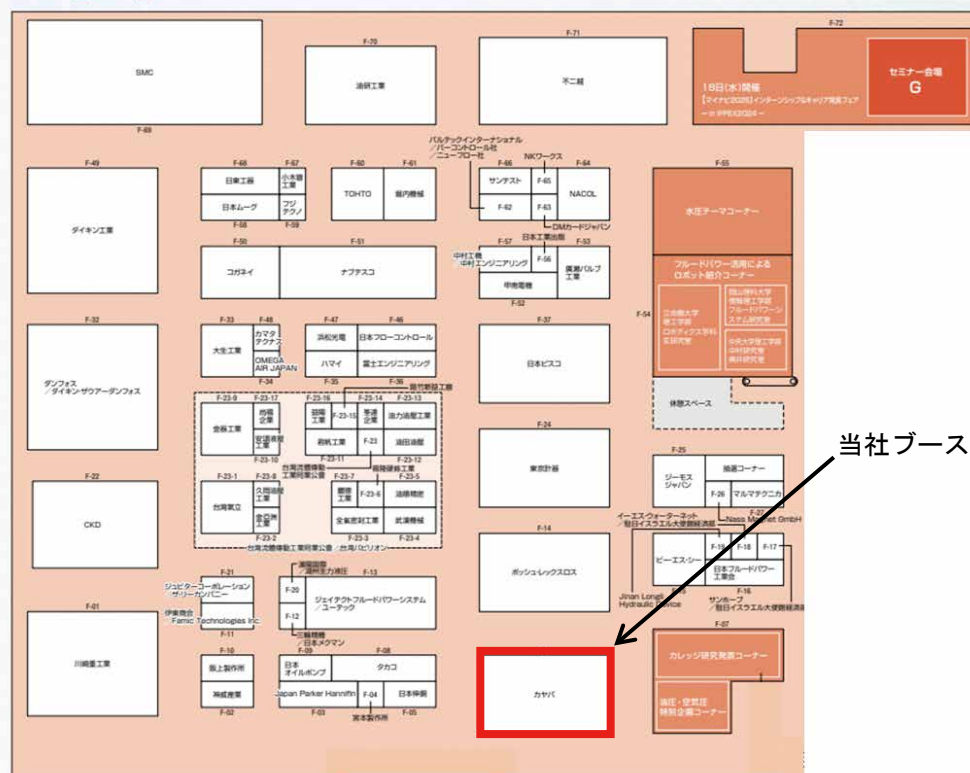


図1 IFPEX2024会場図²⁾

不足対応、安全ほか

⇒将来技術製品

- ・電動化
- ・センシング（サービス「コト売り」）

また、来場者に製品やサービスをわかりやすく・楽しみながら認識していただけるような実演品の増設や体感展示も盛り込むようにした。

②ブース構築

IFPEXにおける当社の展示は、その実機・実車への内蔵品や取付部品が多いということに加え、製品の特性上、一見すると“金属の塊が台に並んでいるだけ…”という全体的に堅いイメージになる傾向にあり、それが来場者の当社への興味喚起の障害になっているのではないか、という大きな懸念があった。その懸念を払拭すべく、以下のような考えを織り込んでブースづくりを行った。

◆明るく・ポップなイメージを取り入れる

⇒色味を工夫し、コーポレートカラーをベースにして、コンセプトを表現するために中間色・グラデーションも取り入れた。

◆解放感があって展示品が見やすい、ブースのどの方向からも入りやすい展示配置

◆主要搭載機器がわかるようなミニショベルのモックアップ模型をブース中央へ展示

⇒ブースのランドマークと位置付けて“映え”の要素も取り入れたほか、ブース来場後も当社を意識していただけるようノベルティには今回の開催にちなんだものを限定的に作成して配布を行った。

写真1に当社ブース外観、写真2にミニショベルモックアップ模型、写真3に油状態診断システムパネルの写真を示す。



写真1 当社ブース外観



写真2 ミニショベルモックアップ模型
(建機向け油圧機器含む)



写真3 油状態診断システム
(センシング〈サービス「コト売り」〉)

3 会期中

準備が功を奏したためとも考えたいが、コロナ前2017年の回を上回るほど多くの来場者に当社ブースへ足を運んでいただき、特に大きな問題もなく終幕まで迎えることができた。アテンド員にも多く問いかけていただき、良好なコミュニケーションをはかりながら説明をしている風景を常時・随所に見ることができたことを大変嬉しく感じた。

ただ、今回初めて行われたマイナビとコラボした学生・リクルート関連との出展に対し、効果的な運営ができたか、という点に関しては特に評価・反省が必要と考える。

4 他社の展示・動向

展示方法としては、前回までは全体的に製品ラインナップを多く展示する傾向にあったが、本当にPRしたい製品・サービスに重点を置いて出展する方向にシフトしていると感じた。

また他社では、ブース自体がイリュージョン的であったり、一言のフレーズで多くを印象付ける展示手法があったりと、各社とも趣向を凝らして見せる（魅せる）出展を行っていたことが印象的であった。

動向に関しては、モノとしての製品だけでなく“状態監視”などのサービス売り（コト売り）についてうたっている出展社もあり、業界内でも一定の方向性を迎えるだろうと実感した。

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御礼申し上げます。当社からの出展・講演やワークショップへの参画が業界全体のさらなる発展の一助につながれば幸いです。

このたびはありがとうございました。

参 考 文 献

- 1) フルードパワー, Vol. 38, NO. 4, (2024年11月).
- 2) IFPEX2024資料

著 者



藤江 智也

2001年入社. CSR・安全本部安全・環境部. ハイドロリックコンポーネンツ事業本部事業企画部を経て現職.



カヤバ史料館20年の歩み

小牟田 久 美 ・ 藤 澤 杏 子 ・ 佐 藤 智 則

1 はじめに

2025年3月にカヤバ創立90周年、10月にはカヤバ史料館設立20周年を迎えるに当たり、貴重な紙面をお分けいただいた。

カヤバ史料館の「設立の背景」と「展示改修の変遷」については各々本誌40号（2010.4）、本誌69号（2024.10）に詳細が記載されているので、本報ではその点については簡単な記述に止め、20年間の主な出来事と、神奈川県企業博物館連絡会加盟についてふれてみたい。



写真2 2024年現在の1Fフロア

2 設立の背景

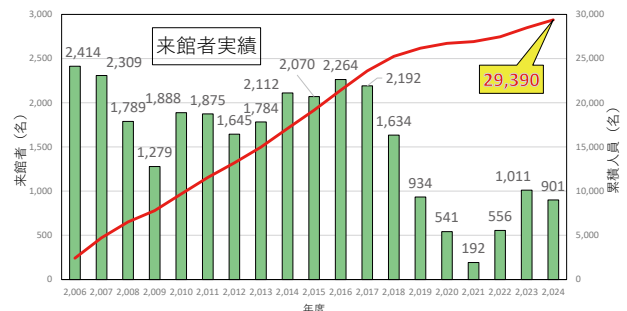
カヤバ史料館はカヤバ創立70周年記念事業の一環として2005年10月に社内従業員向けに開館し、翌年4月に外部向けにも一般公開を開始した技術史料館である。所在地はカヤバ相模地区の第一研究棟1・2F（約750㎡）から構成されている（写真1、写真2）。



写真1 2005年開館当時の1Fフロア

3 来館者数と展示点数

2024年11月末現在の来館者数は累計で29,390名となっている（図1）。また入社教育研修のカリキュラムにカヤバ史料館見学も組み込まれており、今までに1,901名の新入社員の方が来館・研修されている。コロナ渦などにおいてWeb開催もあり、その人数も合わせると2,044名の研修実績となる。引き続き研修のポイントでもある「カヤバ技術の歴史・奥深さ・幅広さを伝える」「カヤバDNAと経営理念の浸透」「規範意識の醸成」などのお役にたてればと考える。



注）2024年度は11月末までの実績人員

図1 来館者実績

展示品数は設立当初は約120点であったが、現在は約630点の展示となっており、少しずつではあるがその充実を目指している。

「主要製品年表」・「歴史年表」の更新を2011/2016/2023年と行ってきており、SA展示・HC展示・シール展示等の更新も随時行ってきた(写真3)。



写真3 2024年現在の主要製品年表

4 20年間の主な出来事

2005年10月に社内向けに開館したカヤバ史料館であるが、その主な出来事を時系列的に記載してみる。

- 2005.10 ・カヤバ創立70周年記念事業の一環として社内従業員向けに開館
- 2006.4 ・外部向けに一般公開を開始
- 2006.6 ・「オートメカニック 6月号」にカヤバ史料館一般公開開始の記事が掲載
- 2006.8 ・神奈川県企業博物館連絡会への加盟(*詳細は第5章に記述)
- 2010.2 ・鉄道車両用セミアクティブ制御コントロールシステム更新展示
- 2011.10 ・「主要製品年表」更新
・「歴史年表」更新
- 2012.7 ・オレオ注油ポンプキット展示(写真4)



写真4 オレオ注油ポンプキット

- 2014.2 ・ステアバイワイヤシステム展示(写真5)



写真5 ステアバイワイヤシステム

- 2014.3 ・ドライブレコーダ展示
- 2014.6 ・油機エリア大幅レイアウト変更
- 2015.1 ・「主要製品案内パネル」(以下サインタワー) 8基の補強対策実施(写真6)



写真6 主要製品案内パネル

- 2016.5 ・「特許年表」設置
・「主要製品年表」更新
- 2016.12 ・「歴史年表」更新
- 2017.2 ・バルブ鋳物用中子展示
- 2017.7 ・「かながわサイエンスサマー」に協賛・参画(7～8月)
- 2018.2 ・第45回東京モーターショー出展のEPS体感機移設設置(写真7)



写真7 EPS体感機

- 2018.7 ・南足柄市教育委員会様特別出前講座「きんたろうパパスクール2018」に協賛・参画
・「かながわサイエンスサマー」に協賛・参画（7～8月）
- 2018.10 ・アクティブサスペンションシステム（ASTRIC）展示：小田急70000型ロマンスカーGSE搭載）
・外付け式比例ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの展示
・カヤバ史料館一般公開の中断（2018.10.18～2022.3.31までの3年半）
- 2019.7 ・熊谷工場にて「親子工作イベント」開催
- 2019.8 ・相模工場・岐阜北工場・岐阜東工場・岐阜南工場にて「親子工作イベント」開催
- 2019.11 ・立ち読み史料館開催（相模工場・愛川工場・岐阜北工場）（写真8）



写真8 立ち読み史料館

- 2020.2 ・スマートセキュリティカメラ設置(写真9)



写真9 スマートセキュリティカメラ

- 2020.4 ・SA展示エリア見直し（～2023.3完了）
- 2020.10 ・免制振教訓風化防止展示パネル設置
- 2021.6 ・航空事業へオレオ移設
- 2021.8 ・二輪車用電子制御サスペンションシステム（KADS）展示
- 2021.12 ・ショックアブソーバSwingValveの展示
・ショックアブソーバProsmoth®の展示
- 2022.3 ・日本自動車部品工業会（JAPIA）主催「学生向けバーチャル企業見学会」カヤバ史料館にて開催
・「KYB史料館」➡「カヤバ史料館」へ名称変更
- 2022.4 ・通称社名変更に伴う特大ポスターを正面玄関に設置
- 2022.7 ・HC展示見直し活動開始（～継続活動中）
- 2022.8 ・「DNAパネル・主要製品年表・歴史年表・サイントワー8基」等の見直し開始
- 2023.2 ・「DNAパネル」更新
・「主要製品年表」更新
・「歴史年表」更新
・「サイントワー8基」更新
- 2023.7 ・走行モータ（MAG-33）部品の展開展示
・「かながわサイエンスサマー2023」に協賛・参画（7～8月）
- 2023.9 ・マイニング建機用ブームシリンダ・モックアップの展示
- 2023.10 ・ショベル用ロードセンシング（LS）システム：構成展示（ポンプ・バルブ・走行モータ・旋回モータ・シリンダ）
・開発品コーナーの新設（「油状態監視システム」「シリンダ油漏れ検知システム」（写真10）



写真10 開発品コーナー新設

2023.10 ・チェアスキーの更新展示 (写真11)



写真11 チェアスキー

- 2023.10 ・バテッドシリンダの展示
- ・モータージャーナリスト「竹岡圭のカヤバ史料館訪問」(YouTube撮影・配信)
- 2023.11 ・片山右京氏バリダカ参戦時のラリースーツ展示
- 2023.12 ・オフロード車両向け1ピニオンEPS展示
- 2024.5 ・カヤバラリープロジェクトコーナー新設 (写真12)



写真12 カヤバラリープロジェクトコーナー新設

- 2024.7 ・「Car Goods Magazine 9月号」にカヤバ史料館訪問記事掲載
- ・「かながわサイエンスサマー2024」に協賛・参画 (7～8月)
- ・電子制御式ショックアブソーバの展示
- ・減衰力調整式ショックアブソーバ改良 (低摩擦) の展示
- 2024.8 ・相模工場にて「親子工作イベント」開催
- 2024.11 ・「日立建機様公式ファンクラブプレゼント重機ファン感謝祭」にて「親子工作イベント」協賛・参画 (於：埼玉県伊奈町ふじみ野)

・「鍍金の世界 11月号」にカヤバ史料館訪問記事掲載

2024.11 ・スマート道路モニタリングシステム展示 (写真13)



写真13 スマート道路モニタリングシステム

5 神奈川県企業博物館連絡会への加盟

神奈川県企業博物館連絡会 (以下県企博連) は、県内企業博物館相互の情報交換の場として1985年に5つの企業にて発足された連絡会である。

カヤバ史料館としては一般公開を開始した2006年の8月に加盟し現在に至っている。

現在の加盟は16企業に及び定例会を持ち回りで開催、カヤバ史料館も過去7回の幹事会社を務め、企業博物館のあり方や運営上の諸問題など会員相互の情報交換により、お客様満足の向上に向け改善を図ってきた (写真14)。



写真14 カヤバ史料館にての定例会

この県企博連を通じて行ってきた活動は種々あるが、主なものとして以下に記す。

5.1 アテンダントスタッフ研修会への参画

アテンダントの相互研鑽，ネットワーク作りを目的に開催されてきた。カヤバ史料館としては2008年9月より過去10回参画しアテンダントのレベルアップを図ってきた（写真15）。



写真15 アテンダントスタッフ研修会

5.2 かながわサイエンスサマーへの参画

神奈川県が実施する科学技術理解増進事業であり，子供たちや青少年に科学技術への興味を喚起し，学習意欲をさらに高めてもらうため，夏休み期間から秋にかけてこれに賛同する県内の科学館・企業などが実施するイベントである。

カヤバ史料館としては2017年7月に初参加し，直近では2024年8月までに計12回開催。参加申込者からの抽選で1日10組の親子限定開催とし毎年好評いただいている。（新型コロナ対策等で中断時期あり）

実施プログラムとしては「油圧（パスカルの原理）と摩擦（トライボロジーとは？）を学ぶ！」「顕微鏡でミクロの世界をのぞいてみる！」「オリジナルショベルカーフロント部工作！」「ミニショベルカー実機操作体験！」等々，盛り沢山の内容となっている（写真16，17，18，19）。



写真16 油圧（パスカルの原理）と摩擦（トライボロジー）を学ぶ



写真17 オリジナルショベルカーフロント部工作



写真18 ミニショベルカー実機操作体験



写真19 神奈川県下全小学校に配布されたリーフレット

またサイエンスサマーの波及効果として「オリジナルショベルカーフロンツ部工作!」が外部からのオファーもあり「南足柄市教育委員会様特別出前講座」(2018.7),「日立建機様公式ファンクラブプレゼント重機ファン感謝祭」(2024.11)にて開催実施した。

あわせてカヤバ従業員のお子様対象として2019年夏には「熊谷工場～相模工場～岐阜北工場～岐阜東工場～岐阜南工場」, 2024年には「相模工場」と各事業所において「親子工作」として開催してきた(写真20, 21)。



写真20 親子工作 (於: 熊谷工場)



写真21 親子工作 (於: 岐阜北工場)

サイエンスサマーについては大変好評をいただいていることから、引き続き開催内容を充実させ継続開催していきたい。

6 まとめ (これからに向けて)

本誌69号でもお話ししたが、多岐にわたる製品群に対し、統一感のある「形態」「パネル」にてリニューアルを進め、様々な来館者の方が単独で見学されてもその内容が理解いただける展示としていきたい。

具体的には、従前からの史料館としてのコンセプトを基軸とし、展示リニューアルを計画的に展開していく。

「Our Precision, Your Advantage」

☞ カヤバの歴史と技術(設計・生産・製造)の強みをお客様にお伝えすること

☞ 従業員に対しては、カヤバの取扱分野が多岐にわたるため、全社の製品と技術の高さを知っていただき、モチベーションアップを図ること

あわせて諸外国からのお客様対応として、「英語」「中国語」の二言語を翻訳アプリを利用し、アテンション動画制作していきたい。

各事業・各部門の皆様には引き続きましてのご支援・ご協力の程よろしくお願いいたします。

7 おわりに

お客様・お取引先様で来館ご希望の方がいらっしゃいましたら、カヤバ担当者より全社掲示板にてお申込みください。

また一般の方々への公開日も設けています。ご興味をお持ちの方は是非ご来館ください(詳細はカヤバHP内・カヤバ史料館をご参照ください)。

最後になりますが、カヤバ史料館はカヤバのDNAが、皆さんの身近な暮らしに繋がっていることが実感できる施設となっています。

メンバー一同、ご来館をお持ちしております。



カヤバHP内・カヤバ史料館



カヤバYouTube

著 者



小牟田 久美

2008年入社。技術本部カヤバ史料館。



藤澤 杏子

2008年入社。経理部（岐阜南駐在）、電子技術センター管理室、基盤技術研究所企画室を経て現職。



佐藤 智則

1984年入社。相模工場管理部、免制振対応本部お客様対応統轄部、岐阜総務部を経て現職。

随筆

ドイツ・スペイン駐在記

飯 田 亮

1. はじめに

私は、2018年4月からドイツのミュンヘンに、そして、2019年4月から2024年8月までスペインのパンプローナに営業として駐在した。

ドイツではKEU (KYB Europe GmbH.) ミュンヘン支店（当時）の立ち上げに参画し、パンプローナではKEU (KYB Europe GmbH.) ナバラ支店にて、現地のローカル営業員と業務にあたった。

この6年半という駐在生活はCOVID-19が猛威を振るった時期と重なっており、このCOVID-19という感染症の突然の出現により、駐在活动に大きな影響がもたらされた。

COVID-19は、良くも悪くも公私ともに大きな変化をもたらしたので、COVID-19の前後を比較する形でも、駐在生活を紹介し、この未曾有の経験も、お伝えすることが出来たら幸いである。

2. ドイツ駐在

2.1 街の紹介

ミュンヘンはドイツの南に位置する都市である。

ミュンヘンには、日本人が4000人以上在住しており、日本企業（無印良品、日本食料店）はもとより、他国企業も多く進出しているため、生活には困らなかった。

基本的に治安は良いが、観光客が多い場所、夜遅くや、人気のない道、ハウプトバンホフ（中央駅）のような大きな駅とその周辺、駅裏などは注意が必要である。これはヨーロッパ諸国のどの国でも気を付ける必要がある。

街の中にバス、トラム、地下鉄、鉄道が縦横無尽に走っており、車に乗らずとも事足りる。嬉しいことに6歳以下の子どもは無料である。

ミュンヘンには、オクトーバーフェストというビールの祭りがあり、500万人以上の人を訪れ、大きなジョッキのビールを楽しむ姿が有名である（写真1）。

気候は日本のように四季がある。緯度が高いため、夏は涼しく冬は寒いイメージであるが、昨今の地球温暖化の影響もあり、夏はとても暑く、一方で、私が駐在した2018年の冬は数年に一度の大寒波であった。



写真1 オクトーバーフェスト会場と伝統衣装を着る息子

2.2 業務

ドイツでの業務はミュンヘン支店（当時）を立ち上げるところから始まった。その当時のKEU (KYB Europe GmbH.) の本社はデュッセルドルフにあり、駐在生活もまずはデュッセルドルフから始まった。

そして毎週ミュンヘンに出張し、生活の基盤を整えることが1番の業務となっていた、ミュンヘンでは土地勘もなく、知り合い等もないため家探しに苦労したのを覚えている。

最初のオフィス自体は、レンタルオフィスであった。オフィス探しは苦労なく進み、赴任直後の4月には鍵を受け取り入居することができた。4人部屋の非常に狭いオフィスだったが、日当たりもよく快適な空間であった（写真2）。

その後のミュンヘンでの業務は従業員を雇用することであり、取り急ぎは日本語を話せるドイツ人が必要であった。英語普及率が高いミュンヘンだが、やはりビザの申請や銀行口座開設等には、ドイツ語が不可欠であった。デュッセルドルフ本社で面接を

数人実施し、希望に沿った人物を雇用することができた。その後ドイツ人設計者も雇用し、ドイツ人2人と駐在員2人の4人体制でKEU (KYB Europe GmbH.) ミュンヘン支店が稼働を始めた。



写真2 初代ミュンヘン支店内

私の営業としての業務は、営業企画である。

ローカル営業員はスペインのKEU (KYB Europe GmbH.) ナバラ支店にいたため、スペインへ定期的に出張していた。また製造拠点はKEU (KYB Europe GmbH.) ナバラ支店のあるKYBSE (KYB Suspensions Europe, S.A.U.) と、同じくスペインにあるKAMS (KYB Advanced Manufacturing Spain, S.A.U.)、そしてチェコにあるKMCZ (KYB Manufacturing Czech, s.r.o.) にあるため、基本的にはスペインかチェコに出張しており、ミュンヘンにいたことは少なかった。

ミュンヘン空港は欧州内移動に非常に便利で、スペインのパンプローナ空港へは、ドイツのフランクフルト空港か、スペインのマドリード空港経由となり、必ず2度飛行機に乗る必要があった。

パンプローナから北に車で2時間弱のところにあるビルバオ空港には、ミュンヘンから直行便があるため、2度のフライトでパンプローナ空港まで行くか、1度のフライトと2時間弱の車移動でパンプローナまで行くかの選択肢があった。

赴任当初は、飛行機に乗ることを楽しいとも感じていたので、フランクフルト空港経由でパンプローナ空港まで行っていた。

一方、チェコのKMCZ (KYB Manufacturing Czech, s.r.o.) に行くには、ミュンヘン空港から1時間弱のフライトでチェコのプラハ空港までは行ける

が、KMCZ (KYB Manufacturing Czech, s.r.o.) のあるパルドゥビツェに行くには、プラハ空港から1時間半の車移動が必要であった。

飛行機を待つ時間や保安検査の面倒を考えると、ミュンヘンから直接パルドゥビツェまで車移動したほうが楽なことに気づいてからは、500km/5時間の車移動を行っていた。

また欧州内飛行機は基本的に遅れる。朝1番の便はまだ良いが、午後過ぎからの便は遅れないほうが珍しい。

結果乗り継ぎができずに、しばしば、目的地にたどり着けないこともあれば、着陸予定空港の天候が悪く、別の空港に着陸することもあった。

このようなアクシデント時は、航空会社が次の日のチケットや、宿泊チケットをくれるので、予想外の国や街に泊まることになる。

この状況をピンチと感じるか、自身の経験値アップと思い楽しめるかも、駐在生活を送るにあたって、ストレスを少なく過ごすための大切な思考傾向なのではないかと思う。

2.3 生活

2.3.1 日々の暮らし

初めての海外赴任、更に家族帯同（当時子どもは3歳）ということで、家探しの時に、子どもの教育環境や、妻子の生活のための交通の利便性も考慮した。

街にはIKEAが2つあり、パーツを買って自分でキッチンを作るなどドイツ人のDIY精神には感服するものがあった。

その様なドイツ人気質から、家を整えるときもかなりDIYが必要だった。我が家の室内灯も自分で繋ぐことになった時はなかなか骨が折れた。よく感電、火災にならなかったものだと思う。

ドイツの家には、基本クーラーは付いていないため夏の時期は地球温暖化の影響もあり、非常に暑かった。

一方、冬の時期は、住居防寒対策はしっかりできており、セントラルヒーティングで非常に快適に過ごせた。

家の中は暖かいが、かなりの降雪量なので、ベランダで大きな雪だるまを作ったり、我が家もそりを買って、そり遊びをした。また、子どもは幼稚園にそりで通うこともあった。

スーパーやドラッグストアも充実していた。基本的に日曜日は休息日にあたり、商業施設は定休日である。パン屋、ガソリンスタンド、個人商店は開いており、ガソリンスタンドには小さなスーパーが併設されているので、日曜日でもちょっとした日用品は買えた。

日本人医師が経営する病院もあり、日本語で診療を受けられる。ただし処方箋はアポテケといういわゆる調剤薬局に持っていくのだが、ドイツ語で対応される。大都市ということもあり、観光地や若い店員には英語が通じることもあるが、基本はドイツ語である。

ガソリンはセルフスタンドである。ドイツの洗車は、自動で流れていく車の横の通路を徒歩でついていくという面白いスタイルなので、小さなお子さんがいるご家庭はぜひ洗車を体験してほしい。

食事に関しては、ドイツ料理はもとより、様々な国の料理が、その国のそのままの味で楽しめる。特にトルコ移民が多いため、ケバブは絶品である。オクトーバーフェストの会場公園近くのケバブ屋は毎週通うほどおいしかった。

ドイツパンやドイツ流ポテトサラダ、ソーセージ、乳製品、魚の燻製の美味しさは、帰任した今でも、家族で懐かしむドイツの味である。

冬の時期は日没が早く、街も気分もどんよりとした雰囲気になるが、クリスマスに向けて街は賑わいを見せていく。そんな冬の楽しみは、何とんでもクリスマスマルクト（クリスマスマーケット）である。

ミュンヘン市内だけでも、大小合わせて20以上はあったのではないだろうか（写真3）。

寒い冬にグリューワイン（ホットワイン）を飲んで体を温めるのが、クリスマスマルクトの楽しみ方であるが、クリスマスマルクトごとにグリューワインのコップデザインが異なっており、それを収集するのも楽しみとなっていた。



写真3 クリスマスマルクト開催中のミュンヘン

クリスマスマルクトは、ミュンヘン以外の街でも開催されているので、他の街を訪れてクリスマスマルクトを楽しむのも楽しかった。

2.3.2 旅行

ミュンヘンは、ドイツの南に位置しているので、オーストリア、スイス、リヒテンシュタイン、チェコなどは陸路で気軽に旅行ができ楽しかった。

夏のツークシュピッツェ山のふもとのガルミッシュ＝パルテンキルヘンや、冬のチェコのチェスキークルムロフなどは、日本では見ることでできない美しい景色が心に残っている。

また、ドイツ北部地方は南部とは雰囲気が違い、特にベルリンは共産主義のにおいの残る、少しほの暗い非常に興味深い街であった。

また、遠くまで行かなくても、近所の農園や公園でのピクニックもとても楽しかった（写真4）。

都市間の移動、郊外へのアクセスはアウトバーン（高速道路）が便利である。SAの数は比較的多く、どこも綺麗だった。トイレは有料で、小銭しか使えないところが多いので注意が必要である。

国境では検問、パスポートコントロールがあるところもあるので、身分証明書の携帯を忘れないようにしないとイケない。

料金は無料であるが、国境を越えると、突然有料区間が始まることもあるので注意が必要である。スイスは、車検シールのような通行シールを購入し、フロントガラスに貼るのだが、調べるとスイス国内で購入とあり、特に検問もなく越境してしまったため、国境を越えた次のSAで購入できるまで無銭走行になり、無事購入できるか緊張したことを覚えて



写真4 ノイシュバンシュタイン城

いる。

今思うと、きっと手前のドイツ側でも購入できたのではないと思う。2024年現在はオンラインで購入が可能とのことである。

3. スペイン駐在

3.1 街の紹介

パンプローナはスペイン北部に位置する街である。

歴史は古く、味わいのある街ではあるが、人口20万人ほどの街の規模で、日本人は20人もいないのではないと思われる。

パンプローナには、スペイン3大祭りの一つであり、通称「牛追い祭り」と呼ばれる、サンフェルミン祭という盛大かつ勇壮なお祭りがある。

ヘミングウェイの小説にも登場したお祭りで、サンフェルミン祭の間は街中がお祭り一色になる（写真5、6）。

小さい街であるため、最初はミュンヘンと比べて生活しにくいと感じた。しかし、必要なものは揃うため、コンパクトに生活できるという点では良かった。

スペインも日曜日は店舗が閉まる。さらに個人経営の店舗はシエスタで14時～17時頃まで閉まっているところが多くある。

市街地内であれば徒歩や、バス移動で日々の生活は困らないが、マクドナルドやショッピングモール、大型店舗は郊外にあるため車が必須である。アウトピスタ（高速道路）は有料で、SAがない区間が多い。通年を通して温暖な気候で、私が住む愛知県によく似た気候だった。しかし、こちらも地球温暖化の影響か、サハラ砂漠からの熱波で気温が上昇し、場所によっては死者が出るほどの、とても暑い夏であった。雪も、一冬に一度ぐらい降る。住まいの窓から道路に設置されている温度計が見えたため、出勤前によく気温のチェックをしていたが、朝晩の寒暖差が激しいため服装に悩むことが度々あった。また、緯度が高いため、夏は22時過ぎまで明るく、冬は日が短かった。1週間続く牛追い祭りの花火は、日の入り後の23時開始という日本では考えられない遅い時間だった。私の家は、打ち上げ会場のすぐ横で、とてもよく見えたが、連日の23時過ぎの爆音はなかなか辛いものだった。スペインは、ドイツほどクリスマス感はないが、いわゆる12月25日のクリスマスと、もう1つ、公現祭（東方の3博士がキリストを訪れたことを祝う日）の1月6日も祝う。

子どもたちは2回プレゼントがもらえるので喜んでいる。この時期、どこのパン屋、スーパーでもロスコンデレジェスというクリスマスの時期に食べるパンのようなケーキがある（写真7）。これは中に

陶器の小さな人形や豆が入っていて、切り分けた時にそれが当たった人は1年良いことがあるというおみくじのようなものである。

私は、オフィスで食べたロスコンデレジェスで当



写真5 サンフェルミンでの正装



写真6 サンフェルミン中のパンプローナ



写真7 ロスコンデレジェス

たったことがある。実は当たった人が、その次の年のロスコンデレジェスを買うそうなのだが、次の年のクリスマスに、スペインに居なかった私の代わりに誰が買ってくれただろうか。

3.2 業務

2019年4月からKEU (KYB Europe GmbH.) ナバラ支店に異動し、ローカル営業員と同オフィスで働いた。ミュンヘンに居るときからコミュニケーションは取れていたが、やはり近くにいた方が働きやすきはあった。

またスペインへの出張はなくなったが、チェコへは遠くなり、KMCZ (KYB Manufacturing Czech, s.r.o) に行くだけでも1日が終わってしまうほどであった。

社内・社外関係なく、どこに出張に行くにも飛行機に乗っていたので、かなりの回数飛行機に乗る機会があった。

スペインは勤務時間帯が他の国と大きく異なっていた。昼食が13時から15時ぐらの間で1時間取るようになっており、いわゆる社員食堂がなかったため、人によっては家に食べに帰っていた。駐在員は近くに提携レストラン「ドン・ハビエル」があり、そこで昼食を取っていた。KYBSEのあるオロロピア村は小さい村であり、レストランも非常に少ない(写真8)。

前菜・メイン・デザート・コーヒーとなかなかのボリュームを昼から食べることができたが、日々のメニューのパターンは少なかった。前菜には皿大盛りの野菜サラダ、メインは牛や豚、鶏、魚を焼いたものだった。デザートにはスペイン北部発祥のクアハダという山羊のミルクで作ったヨーグルトをよく食べていた。レストランで使用するスペイン語のほとんどはこの「ドン・ハビエル」で学んだ。

COVID-19前後で業務の仕方も大きく変わった。COVID-19が猛威を振るっていた時期は、工場もオフィスも閉鎖され、在宅勤務のみとなった。

COVID-19が落ち着いた後も在宅勤務制度は残り、午前中は出勤、午後は在宅とするローカル従業員が多かった。

会社で顔を合わせる機会は減ったが、一方でTeamsのようなオンライン会議が急激に整備されたおかげで、どこにいても働けるような環境が整った。

ちょっとした内容の会議ならば、わざわざ飛行機に乗って国外に出張しなくとも、Teams会議で済むことも多いため、その点では時間的余裕もでき、働きやすくなったと言えるだろう。



写真8 KYBSEのあるオロロピア村の教会

3.3 生活

3.3.1 COVID-19以前 日々の暮らし(家族帯同)

子どもは、日本人学校がなかったため、現地幼稚

園で、全てスペイン語での生活でのスタートになった。

全くスペイン語がしゃべれなかったが、入園前にひたすら見たスペイン語の幼児番組で単語を覚え、1日8時間スペイン語に触れることで、入園して1カ月経つ頃には、先生の言葉を理解し、アミーゴ(友達)ができていたようだ。子どもの適応能力には驚かされた。

私の仕事の性質上、欧州内出張が多く、妻と子どもは二人きりで過ごすことも多かった。

市街地ならバスと徒歩で全て行くことができ、ちょうど同じ時期の駐在家族で、同じ年頃の子どものいる他駐在家族とも交流があり、母子ともに楽しく過ごしていたようだ。国を跨いだ2回の引っ越し、慣れない土地での生活については、妻にも子にも感謝しかない。

パンプローナには郊外に大きなスーパーがあり、毎週土曜日に食材の買い出しに行っていた。大きなスーパーにはスペインらしく、生ハムコーナーとワインコーナーがあり、生ハムコーナーには豚の脚がずらっと吊るされていた。美味しい生ハムもワインもスーパーで買うことができた。残念だったのは乳製品で、ドイツと違ってスペインは乳製品があまり美味しくなかった。日本でもおなじみのヨーグルトブランドDANONEは、スペインのブランドなのに少し残念だった。

ZARAの発祥の地ということもあり、日本人の体形に合ったファストファッションブランドがたくさんある。

IKEAはなくて、赴任した当初から、土地と看板はあるが結局オープンしなかった。パンプローナのサグラダファミリアである。

最寄りのIKEAは、ビルバオかサラゴサにあり、共に2時間ほどの距離だが、大きな町なので観光ついでに行くと楽しかった。

もう1つのサグラダファミリアはスタバであったが、ついに2024年秋にオープンしたとのことである。

スペイン人はカフェ(コーヒー)が好きでバルでもパン屋でも、コーヒーが安くおいしく飲めることもあり、スタバの進出が遅れたのではないだろうか。

中華料理、タイ料理、日本料理、インド料理など色々あるが、スペイン人の口に合わせて、辛くない、熱くない仕様になっているため若干物足りなさを感じることもあった。

レストランは、昼は14時から、夜は20時からといったスペイン時間なので子連れには辛い。バルは17時ごろから開いている。ただオープンに火が入っていないからとピンチョスの種類が少ないことがあるので注意が必要かもしれない(写真9)。

パンプローナでの生活で最大の難関は言語面と言えるだろう。パンプローナでは何をすることも基本的にはスペイン語が必要であった。幸いにも私は言語が好きであったため、帰任する頃にはそれなりのスペイン語を理解することができるようになったのは嬉しかった。

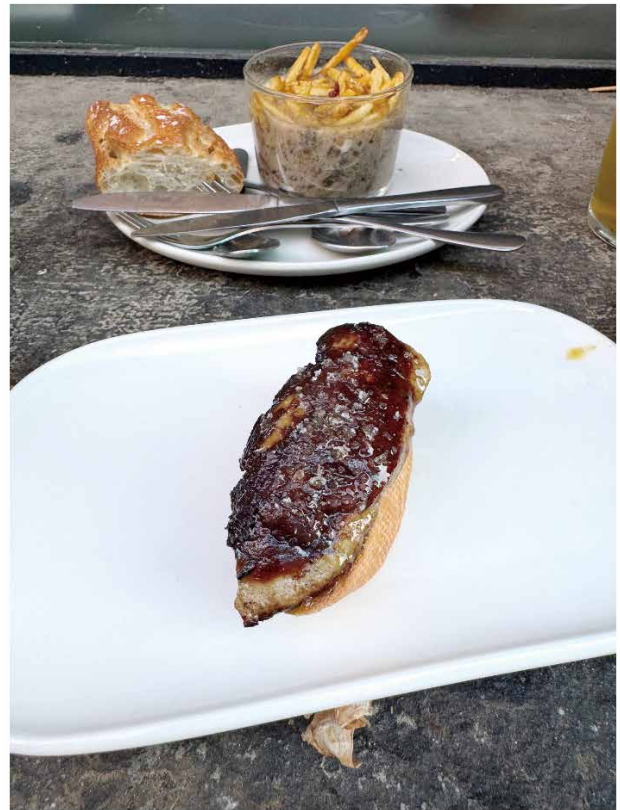


写真9 パンプローナでも有名なフォアグラ

3.3.2 旅行

パンプローナから、北に車で1時間のところにサンセバスチャンという街がある。

この街は、「美食の街」という名前で日本でも有名ではないだろうか。ミシュラン星付きレストランももちろんあるが、バルを巡るのがサンセバスチャンの楽しみ方だと思う(写真10)。

狭い路地に様々なバルが連なっており、各バルで1品と1杯のお酒を味わい、次のバルへ行く「バル巡り」をぜひ楽しんでほしい。またサンセバスチャンはバスクチーズケーキが有名であり、本場の「バスター」を食べることができる。

バルでは、並んで自分の番を待つのではなく、積極的に店員に話しかけに行くことがポイントである。

このサンセバスチャンの地域をフレンチバスクと呼び、国土はスペインながら、街の雰囲気はフランスであった。スペインとは違う食のおいしさがある。

パンプローナから2時間弱のビルバオにもよく

行った。ビルバオには空港があり国内外どこへ行くにも便利であった。

ビルバオの街には、グッゲンハイムという奇抜な見た目をした美術館や、世界最古の運搬橋として、世界遺産であるビスカヤ橋がある。このビスカヤ橋はNHKのピタゴラスイッチのコーナーで時々放映されており、それを見るたびに子どもが行ったことある場所だと喜んでいる（写真11）。

国外への旅行では、アイルランドとポルトガルへ行った。

アイルランドは8月に行ったが、真夏のスペインとは違い、もう既に秋のようでとても寒かった。名物であるアイリッシュシチューは冷えた身体に染みて美味しかった。

またイギリスの歌手のエドシーランのPVで登場したゴールウェイに行くことができたのはとても良い体験だった。ドイツに住んでいる時もヒンターツァクスという山の撮影現場を見に行ったこともあった（写真12）。

ポルトガルに行ったのは、COVID-19の足音迫る1月の初旬だった。ポルトガルはスペインに比べると暖かく、過ごしやすかった。ユーラシア大陸の西の果てロカ岬まで行ったり、ナタというエッグタルトが有名で、何店舗も食べ比べたりした（写真13）。



写真11 ビルバオのビスカヤ橋



写真12 港町のゴールウェイ



写真10 サンセバスチアンのバル街



写真13 ポルトガルのロカ岬

3.3.3 COVID-19拡大期 日本に緊急帰国

2019年年末、パンブローナでは、子どもに気管支炎が流行り、パンブローナの病院が満床で入院できずに、他の街に入院しなくてはならないことも起きていた。

2020年のお正月休みにポルトガルに旅行に行ったが、帰りの飛行機の中は、ひどい咳をしている人がとても多かったことを覚えている。

謎の感染症が世界で流行り始めているというニュースが流れ始め、2020年1月30日、WHOの「緊急事態宣言」発令された。

日本では、2月1日、ダイヤモンドプリンセス号でのCOVID-19陽性者確認。スペインでは世界女性デーのデモ会場にいた人から患者が増えているということだった。そのうちにイタリアでパンデミックが起き、スペインでも老人ホームで多くの死者が出たというニュースとともにパンデミックが起き始めていると報道された。スーパーでの買い占めが始まり、トイレットペーパーやお米、パスタなどの棚は空だった(写真14)。



写真14 スーパーでの買い占め

子どもが通う幼稚園でも来週からは閉園になるかもしれないという噂通り、金曜日にいつものように友達と別れ、そのままロックダウンが始まってしまった。基本的に外出は禁止され、スーパーへの買い物も家族1人のみに限定され、年齢によってスーパーに行ける時間を分けられるなど、なかなかの徹底ぶりだった(写真15)。

そして、3月末、駐在者を日本に一時帰国させることに決まった。

もうその頃には、陸路も空路もかなり閉ざされていて、EUの国境は閉じられ、ハブ空港であるマドリード空港からはEU圏外のイギリス航路のみが残っていた。運がいいことに欧州から日本に帰るた



写真15 スマートフォンにも家にいなさいと表示される

めには、唯一イギリスからの便のみであったため、陸路でマドリードまで行き、イギリスからの便で帰国した。

下記の写真は、帰国日の羽田空港の到着案内である。ヒースローからの便は運行しているが、他は全てキャンセルである。(写真16)

 A photograph of an airport arrival board showing flight information. The board is titled '到着 到着便' (Arrival Arrival Flights) and shows a list of flights with their status. Many flights are marked as '欠航' (Cancelled).

時刻	航空会社	ルートを	機体	到着	状況
4:55	香港	UO624			
10:45	ロンドン(LHR)	BA5	JL7080		欠航
12:10	パリ(CDG)	AF272	KL2324		欠航
12:15	フランクフルト	LH716	NH5854		欠航
12:20	上海・香港	NH972			欠航
12:30	北京・香港	CA181			欠航
12:30	上海・香港	FM815	MU815		欠航
12:50	北京・香港	NH964			欠航
13:00	北京・香港	JL20	MU8737	CZ4858	欠航
13:05	上海・香港	JL80			欠航
13:10	台北(松山)	CI220	JL5042		欠航
13:20	台北(松山)	JL96	CI9220		欠航
13:30	上海・香港	MU537	JL5642		欠航
13:35	ニューヨーク・ニューヨーク	UA131			欠航
13:40	マニラ	PR422			欠航
13:45	ミネアポリス	DL121			欠航
13:55	香港	OX548	JL7030		欠航
13:55	パリ(CDG)	JL46			欠航
13:55	サンフランシスコ	UA875			欠航
14:00	ロサンゼルス	DL7	GA9507	VN3023	欠航

写真16 欠航ばかりの飛行機

何とか身の回りのものだけを持って日本にたどり着いたが、その後もPCR検査、2週間の健康観察と隔離など、今まで体験したことのないことばかり続いた。

このような状態の中で1万キロ離れた場所でのリモートでの仕事が始まった。時差があったため深夜帯での会議もあったが、私が参加しなければならない会議は、できるだけ早い時間に設定するなどの配慮によって、乗り切ることができた。最大の難関は、距離が遠いことによるスペイン拠点のサーバーにつなぐ時間だった。1つのファイルを開くのに何分もの間待つ必要があった。

3.3.4 COVID-19収束期 日々の暮らし(単身赴任)

COVID-19も落ち着いてきて、スペインに戻るようになったが、まだこの先の状況も読めないのに、単身での駐在にすることにした。

スペイン駐在員全員が単身の駐在になり、ちょっと男子合宿の雰囲気を持った駐在生活が始まった。

仕事中心、家は寝るために帰る感じであったが、幸いなことに、前述した提携社食の「ドン・ハビエル」にて、栄養面ではずいぶん助けられた。ただそんな「ドン・ハビエル」だが、COVID-19収束期には中国人オーナーが買い取ったり、値上げ要請があったりと2024年ぐらいから使用しなくなり、近くの別のレストランと新たな提携を結び使用していた。

また、男たちで繰り出せるレストランやバルも多く、食事ですトレスを感じることはなかった。

スペイン北部は海が近いので、ミュンヘンと違って海鮮が豊富だった。タコを食べる習慣もあり、イカやタコが特に美味しかった。またパンプローナは山に囲まれているので、肉系料理も豊富で、特に「チュレトン」という熟成肉のステーキは絶品であった（写真17）。



写真17 チュレトン

とは言え、外食ばかりではなく、時々自炊にチャレンジして、名古屋風手羽先や回鍋肉を作った。

ただ自炊もあまり長くは続かず、駐在最後のほうには宅配サービスをよく利用した。オンラインで注文のため、気軽に様々な飲食店を楽しめ、非常にお勧めするが、時々家の場所が分からないとスペイン語で電話がかかってくるので、その点では少し利用難

易度は高くなる。

日本に居る妻子とは、毎週末フェイスタイムで話をしたり、子どもとオンラインゲームを楽しんだりした。技術の進歩には感謝である。

COVID-19が過去の物となった2023年度以降は、私にとって充実した駐在生活となった。海外渡航が自由となったため、日本からの出張者がスペインにも訪れるようになった。駐在している日本人以外に会えるのはやはり嬉しいものであった。出張者が来ると外食の機会も増え、新しいレストランにもチャレンジをするようになった。

パンプローナには、いわゆる「なんちゃって日本食」のレストランしかない。私自身はスペイン料理も好きで、基本的になんでも食べられるため、日本食がなくても困ってはいなかったが、たまに食べたくなることはあった。

長期出張者が来ていた2024年初頭、2軒の新しい日本食レストランができたので挑戦してみた。

1軒目は「武賀ラーメン」という名のラーメン屋だった。店内は日本語の看板が壁にかかっており、またアニメのフィギュアがたくさん置いてあったり、怪しさ満点である。まずは餃子を食べてみたところ、普通に美味しかった。ただスペインのスーパーにも冷凍餃子は売っており、それも美味しいので餃子だけでは判断できなかった。次にいよいよラーメンを食した。見た目は良かった。ただ良かったのは見た目だけだった。ラーメン以外は美味しいので、パンプローナ行っ際には行ってみたい。

2軒目は火鍋レストランだった。店員は中国人であり、私たちが最初訪れた際に、システムを流暢な中国語で説明してくれた。彼らもパンプローナに日本人がいるとは思わなかったであろう。とりあえず流暢な中国語に対しては、「Vale（スペイン語でOKの意）」と答えておいた。

この火鍋レストランが非常に当たりだった。あまりにも気に入ったので毎週のように通った。このレストランの良いところは、海外で入手難易度の高い「薄切り肉」があることだ。海外のスーパーでは薄く切られた肉は売っていないのである。

そしてタレは自分で作るシステムなのだが、ゴマペーストがあり、火鍋のスープでとけばゴマダレになる。また持ち込みも可だったため、ポン酢や薬味などを、毎回持ち込んでいた。私の帰任直前には、日本から持参したすき焼きのタレを持ち込み、すき焼きをやらせてもらった。ここはもう日本食レストランと呼んで過言ではない場所になった。今後はパンプローナにも日本食レストランはあるというべきかもしれない（写真18）。



写真18 火鍋

3.3.5 帰任に向けて

長かった駐在生活も後任が決まり、終わりが見えてきた。单身生活になり旅行や観光をしなくなっていたが、やり残したことがないようにしようと決意した。

まずは牛追い祭りの闘牛を生で見ることにした。今まで牛追い祭り期間中のお祭り騒ぎの雰囲気は味わっていたが、闘牛は観ていなかった。パンプローナの闘牛場は世界的にも有名であり、収容人数は世界TOP5に入る大きさである（写真19）。



写真19 パンプローナの闘牛場

実際に牛を刺し殺してしまう闘牛を実施できる街は減ってきているが、パンプローナの闘牛場ではいまだに実施されている。しかし、時代の流れと共に消えていくのではないだろうか。

次にピカソの絵にあるゲルニカ、壁画のアルタミラなど妻子と行くことができなかった街を巡った。

そして、最後の旅はスペインの西にあるサンティアゴデコンポステーラに行こうと決めた。

スペインにはカミーノと呼ばれる巡礼路（お遍路のようなもの）があり、その最終地点がサンティアゴデコンポステーラにある大聖堂なのである。

パンプローナも巡礼路の通過点であり、長い道のりを歩く巡礼者達を見かけることがあった。パンプローナからサンティアゴデコンポステーラまでは約800km、巡礼者達は1カ月以上かけて歩いていく。私には到底かなわない話なので、車にて簡易巡礼させていただくことにした。

サンティアゴデコンポステーラ大聖堂は、私が今まで各地で見てきた教会の中でも一、二を争う荘厳さがあり、訪れただけでも敬虔な気分になった（写真20）。



写真20 コンポステーラ大聖堂

ところで、私が好きなスペイン料理の一つに「Pimientos de Padron」というものがある。この料理はPadron（パドロン）という街で取れたPimientos（スペインしし唐）をオリーブオイルで揚げ焼きしたものである。このパドロンという街がサンティアゴデコンポステーラから南に行ったところにあり、そこでは、8月の第1土曜日にPimientos de Padron祭りが開催される。このお祭りに訪れることをスペイン生活の締めとした。

このお祭りはとても小さな村で開催されており、周りは地元民ばかりで、私たち以外に観光客はいないようであった。私はそのお祭りに送別品で頂いた



写真21 Pimientos de Padron祭り



写真22 Pimientos de Padrón

Pimientos de Padron Tシャツを着て浮かれた様子で参加したためか、地方紙のガリシア新聞に写真が掲載された事はスペイン生活の締めくくりとしては最高の思い出である（写真21, 22, 23）。

4. おわりに

今回、この駐在記をまとめることが、私の6年半の駐在生活を改めて振り返るよい機会となった。

まず、COVID-19という、どのような変化が起きるのかも予想できない事態に見舞われながら、大きなトラブルなく駐在業務に従事できたのは、共に欧州での駐在生活を送った全ての方々のおかげである。

ミュンヘンでもパンプローナでも、上司やスタッフに恵まれ、新しい仕事の形を模索する中でも、的確な判断を得ることができ、また公私ともに非常に手厚いサポートを得られ、どれだけ安心して仕事ができただかを再確認することができた。

私の駐在生活を支えてくださった全ての方々に、この場をお借りして心よりのお礼申し上げたい。

そして、また共に仕事ができる日があることを願う。

またCOVID-19以前は、家族帯同でドイツ、スペインで生活していたが、COVID-19以降は、単身での駐在となった。当時、子どもはまだ未就学児の年齢であり、私が一時帰国からスペインに戻るたびに泣いてしまい、寂しい思いをさせた。



写真23 送別品で頂いたTシャツ

別れ際に、私の手をギュッと握ってくる子どもの手を握り返すとき、我慢してくれていることをひし

ひしと感じ、お互いに頑張ろうと心の中で誓った。

また、妻にも異国での子育てや生活の多くを委ねてしまい、単身赴任時には、一人での子育て環境になってしまったことなど、妻子の理解がなければ駐在生活を全うできなかったと思うと、感謝してもしきれない。

帰任した今、少しずつでも一緒に過ごせなかった日々を取り返したいと思う。

そして、駐在経験を家族の思い出として、いつかミュンヘンやパンプローナを3人で訪れてみたいと願い、これを私の人生の日標の一つとしたい。

著 者



飯田 亮

2013年入社。営業本部 中部ビジネスユニット 第一営業部所属。
トヨタ自動車向け営業に従事。

用語解説

「ファインバブル」

「研削加工へのウルトラファインバブル適用」(p. 21)に記載

技術本部 生産技術研究所 第一研究室 畑 山 陽 介

1

ファインバブルとは？

ファインバブル（以下FB）は直径100 μm 以下の泡の総称で、直径が1 μm より大きい泡はマイクロバブル（以下MB）、直径が1 μm 以下の泡はウルトラファインバブル（以下UFB）と呼ばれており、その名称はISOで定義されている¹⁾。表1にそれぞれの特徴を示す。粒径の大きいMBは白濁し目視可能である。また、ゆっくりと浮上し、やがて消滅する特徴を持つ。一方、粒径の小さいUFBは無色透明で目視不可能だが、UFBを含んだ水にレーザーポインタの光を当てるとレーザー光が散乱するため、その軌跡を確認できる。UFBは浮遊せずに液中に留まる特性があり、特定の条件下であれば数週間から数か月間にわたって長期間残存するともいわれている²⁾。

FB技術は、環境、農業、食品、水産業、洗浄、産業、美容など幅広い分野で使用が進められている³⁾。主な活用事例として、排水処理、食品の鮮度維持、半導体部品の洗浄、機械加工などが挙げられる。MBは1990年代から、UFBは2000年代半ば頃からその効果が報告され始め、日本がFB技術の先進国となっている⁴⁾。

各分野における実用上の効果は、気体溶解効果³⁾、気体封入効果³⁾、生理活性効果⁵⁾⁶⁾、摩擦力低減・潤滑効果⁶⁾⁷⁾、吸着・洗浄効果⁵⁾⁶⁾などのFBの物理効果に起因しているといわれている。

今日ではさまざまな方式のFB生成装置がある。主なものとして、加圧溶解方式、高速旋回流方式、スタティックミキサ方式、微細孔方式、超音波方式、エジェクタ方式が挙げられる³⁾⁵⁾。方式により、価格、構造の単純さ（メンテナンスの容易さ）、FB濃度に優劣があり、それぞれメリットとデメリットを持つ。

表1 FBの定義と特徴

名称	UFB	MB
泡の直径	数十nm～1 μm	1 μm ～100 μm
目視	不可能（無色透明） 	可能（白濁） 
動態	水中に長期間残存	非常にゆっくりと浮上し、消滅

参考文献

- 1) ISO 20480-1: 2017. Fine bubble technology – General principles for usage and measurement of fine bubbles – Part 1: Terminology.
- 2) 芹澤昭示：マイクロ／ナノバブルの基礎，日本マリンエンジニアリング学会誌，Vol. 46, No. 6, pp. 56–61, (2011年)。
- 3) 経済産業省 九州経済産業局：ファインバブル活用事例集 微細な気泡・ファインバブルが日本の産業を変える，(2017年)。
- 4) ファインバブル産業界HP：https://fbia.or.jp/fine-bubble/fine-bubble-knowledge/history/, 2025/2/4 閲覧。
- 5) 新井喜博：加速するファインバブル技術の産業化，ARCレポート，(2016年)。
- 6) 矢部彰：ファインバブル技術とその開発動向—半導体洗浄，ウェーハ搬送，植物工場等—，電気学会誌，Vol. 138, No. 7, pp. 430–434, (2018年)。
- 7) 児玉良明：マイクロバブルによる船舶の摩擦抵抗低減，日本流体学会誌「ながれ」，Vol. 20, No. 4, pp. 278–284, (2001年)。

「内接ギヤポンプ」

「内接ギヤポンプのCFD解析技術構築」(p. 31)に記載

技術本部 基盤技術研究所 要素技術研究室 鈴木 一成

1

内接ギヤポンプとは

内接ギヤポンプは、ポンプボディ内でインナギヤとアウトギヤの一部がかみ合って回転し、ギヤとボディで形成される容積室の移動によってポンプ作用を行う容積式ポンプの1つである。内接ギヤポンプには三日月形の仕切り板で吸込み側と吐出側を分ける構造と仕切り板を用いない構造があり、一般的に部品点数が少なく構造が簡単、安価、ごみの影響を受けにくく作動環境の悪い場所にも使用できる(図1, 図2), といったメリットを有する。このため、建設/農業/産業機械や油圧ユニットなど様々な分野に用いられる。

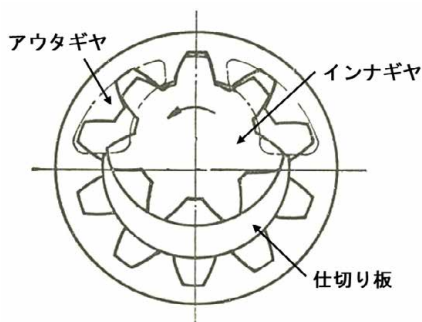


図1 内接ギヤ（仕切り板有り）¹⁾

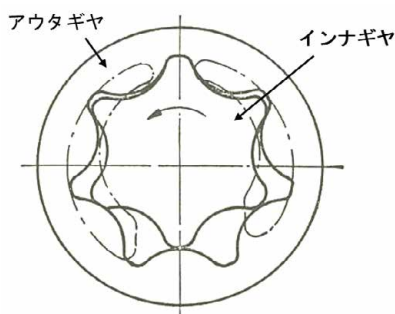


図2 内接ギヤ（仕切り板無し）¹⁾

2

ポンプの効率

2.1 全効率

全効率は、ポンプに供給された動力がどれくらい有効に流体エネルギーへ変換されたかを示す指標であり、容積効率と機械効率の積などで示される。各効率は油の粘度 μ 、吸込みと吐出の圧力差 Δp 、回転数 n に依存して図3のように変化する。

2.2 容積効率

容積効率は、ポンプの実際の吐出流量に対して理論吐出流量を割ったものであり、容積効率が高いほどより小さい動力で必要な流量を得られることを意味する。容積効率の低下要因は主にポンプ内部の漏れや気泡の混入・発生による流量損失となる。

2.3 機械効率

機械効率は、ポンプの理論トルクに対して実際の軸トルクを割ったものであり、機械効率が高いほどより小さい動力でポンプを駆動できることを意味する。機械効率の低下要因は主にポンプ内外の固体摩擦力や粘性摩擦力による摩擦損失となる。

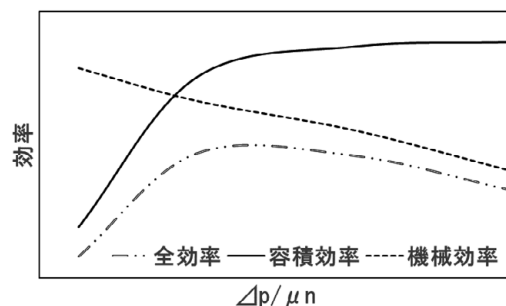


図3 ポンプの効率曲線例

1) 市川常雄, 日比昭: 油圧工学, (株)朝倉書店 (1979年)

2024年度 社外への発表論文一覧表

社外発表

区分	題 目	所 属	氏 名	発 表 大 会	発 表 月
国内	300-N Class Convex-Based Telescopic Manipulator and Trial for 3-DOF Parallel Mechanism Robot	(基盤研) 要素技術研究室	弘中 剛史	ICRA 2024 TEAM	2024.5
国内	スマート道路モニタリング	(基盤研) 情報技術研究室	高松 伸一	長崎県-長崎市 DX合同勉強会	2024.7
国内	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	(基盤研) 要素技術研究室	荒川 拓也 弘中 剛史	日本ロボット学会学術講演会	2024.9
国内	ダンパー用の環境作動油「サステナブル」	(AC事) 技術統轄部開発センター製品開発室	加藤 慎治	IFPEX2024	2024.9
国内	油状態診断システム	(HC事) システム技術部	加藤 弘毅	IFPEX2024	2024.9
国内	生産設備における異常診断の自動化に関するアプローチ	(DX本) システム開発室	千野 淳也 菅谷 真人	計測自動制御学会 中部支部	2024.11
国内	PSLを使用したクラウドコンピューティングによるIH焼入条件最適化計算	(生技研) 第一研究室	岸 智裕	JMAGユーザー会2024講演	2024.12

社外寄稿

区分	題 目	所 属	氏 名	寄 稿 誌 名	発 表 月
国内	ショックアブソーバ作動油における性能向上と環境対応	(AC事) 技術統轄部開発センター製品開発室	加藤 慎治	潤滑経済	2024.4
国内	Hyblock:Hardware Realization and Control of Modular Hydraulic Robots with Dowel Connectors	(HC事) 技術統轄部技術管理室	斎藤 靖	ICRA2024	2024.5
国内	IoTを活用した油圧管理システム	(HC事) システム技術部	亀田 幸則	潤滑経済	2024.7
国内	FEMモデルの機械学習モデルへの縮退化と1DCAEの実装に関する取り組み	(技 本)CAE推進部	萬谷 浩章	日本フルードパワーシステム学会誌	2024.7
国内	カーボンニュートラル対応のための大規模工場の空調運用・設備設計指針（第1報） 空気電力量の時変CO2排出量換算	(総人文) 総務統轄部岐阜総務部施設・環境課	高橋 宏幸	空調学会	2024.9
国内	電動油圧アクチュエータ	(HC事) 開発実験部第二実験室	宮城 光	日本フルードパワーシステム学会誌	2024.9
国内	エステル添加剤の価数違いによる金属表面での吸着挙動の変化にともなう動的摩擦特性への影響	(AC事) 技術統轄部開発センター製品開発室	黒岩 侑紀 加藤 慎治	トライボロジスト	2024.11

2024年度 社外関係団体委員一覧表

2025年2月1日現在

区分	関係団体	委員等	所 属	氏 名
国内	一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会	編集委員会 担当理事	技術本部 基盤技術研究所	伊藤 隆
		基盤強化委員会 委員	技術本部 基盤技術研究所	伊藤 隆
		企画委員会 委員	技術本部 基盤技術研究所	米原 康裕
		編集委員会 委員	技術本部 基盤技術研究所	窪田 友夫
		機能性流体との融合化によるフルードパワーシステムの展開に関する研究委員会 委員	技術本部 基盤技術研究所	佐野 悠太
		深層学習を活用したフルードパワーのモデル化と制御に関する研究委員会 委員	技術本部 基盤技術研究所	佐々木 啓
	一般社団法人日本機械学会	先端シミュレーション研究会 委員	技術本部 基盤技術研究所	窪田 友夫
	一般社団法人 日本フルードパワー工業会	会長	代表取締役社長執行役員兼CEO	川瀬 正裕
		編集委員会 委員長	常務執行役員 技術本部長	藤井 篤
		編集委員会 主査	技術本部 技術企画部	寺尾 剛
		総需要部会 主査	HC事業本部 事業企画部	占野 栄朗
		総需要部会 委員	営業本部 営業戦略部	前山 宜則
		建機部会 委員	営業本部 営業戦略部	前山 宜則
		産機部会 委員	営業本部 営業戦略部	前山 宜則
		シリンダ部会 委員	営業本部 東日本ビジネスユニット第一営業部	古谷 克己
		国際部会 委員	営業本部 グローバルビジネスユニット海外営業部	村田 育子
		IoT推進部会	AC事業本部 サスペンション事業部 鉄道生産課	稲垣翔一郎
		IoT推進部会	(DX本) デジタル戦略室	満嶋 弘二
		標準化委員会油圧システム分科会 委員	技術本部 基盤技術研究所	伊藤 隆
		標準化委員会油圧ポンプ・モータ分科会 委員	HC事業本部 相模油機技術部	久保井宏暁
		標準化委員会油圧ポンプ・モータ分科会 委員	(株)タカコ 技術本部 開発部	辻井 喜勝
		標準化委員会油圧バルブ分科会 委員	HC事業本部 長野油機技術部	玉川 良太
		標準化委員会油空圧シリンダ分科会 委員	HC事業本部 岐阜南油機技術部	原 貴彦
		標準化委員会油空圧シール分科会 委員	AC事業本部 サスペンション事業部 技術部	伊藤 清明
		油圧ポケットブック 編集委員会 委員	HC事業本部 相模油機技術部	秋田 滋文
	一般社団法人 日本自動車部品工業会	理事会 理事	代表取締役社長執行役員兼CEO	川瀬 正裕
		東日本支部運営委員会 副支部長	代表取締役社長執行役員兼CEO	川瀬 正裕
		東日本窓口	経営企画本部 経営企画部	山田 俊行
		総務委員会 委員	常務執行役員	矢崎 健二
		経営調査部会 委員	経営企画本部 経営企画部	山田 俊行

区分	関係団体	委員等	所属	氏名
国内	一般社団法人 日本自動車部品工業会	二輪車部品委員会	AC事業本部 モーターサイクル事業部	助川 達也
		人財・労務部会 委員	総務人事本部 人事企画部	北畠 隆
		税制部会 委員	経理本部 経理部	小野 善之
		広報部会 委員	エグゼクティブオフィス部 広報IR室	山本 勝之
		調達・生産部会 委員	調達・物流本部 調達企画部	小林 昭仁
		BCP-WG	経営企画本部 ESG推進部	立入 公世
		BCP-WG(座長)	経営企画本部 ESG推進部	伊藤 和巳
		コンプライアンスWG(座長)	CSR・安全本部 内部統制部	高橋 英之
		型少量品・支払条件WG	調達・物流本部 調達企画部	小林 昭仁
		カーボンニュートラル部会	経営企画本部 ESG推進部	今枝 久人
		人事労務研究会 安全衛生部会 委員	総務人事本部 人事部	加々美宅一
		安全衛生分科会 委員	CSR・安全本部 安全・環境部	松井 紀人
		人事労務研究会 調査・研究WG 委員	CSR・安全本部 安全・環境部	田中 正紀
		人事労務研究会 メンタルヘルス実務者連絡会 委員	総務人事本部 健康管理センター	森 敬子
		国際委員会幹事会 委員	経営企画本部 経営企画部	石川 隆
		FTA・通商部会 委員	経営企画本部 経営企画部	石川 隆
		国際物流WG 委員	調達・物流本部 調達企画部	三島 勝
		知的財産権部会 委員	技術本部 知的財産部	郷 雅司
		事業検討WG 委員	技術本部 知的財産部	郷 雅司
		模倣品対策活動WG 委員	技術本部 知的財産部	郷 雅司
		総合技術委員会 委員	常務執行役員	藤井 篤
		統合技術委員会専門部会ITS部会 委員 統合技術委員会専門部会電子装置部会 委員	技術本部 基盤技術研究所	原 靖彦
		サイバーセキュリティ部会	デジタル変革推進本部 システム統制管理室	須郷 英和
		総合技術委員会 DX対応委員会 幹事会	技術本部 技術企画部	小畑 宏
		総合技術委員会 DX対応委員会 DE部会	技術本部 技術企画部	小畑 宏
		総合技術委員会 DX対応委員会 製造DX部会	デジタル変革推進本部 デジタル戦略室	中島 英之
		総合技術委員会 DX対応委員会 データ連携部会 啓蒙啓発支援WGメンバ	AC事業本部 技術統轄部	長谷川博之
		総合技術委員会 DX対応委員会 データ連携部会 啓蒙啓発支援WGメンバ	AC事業本部 技術統轄部 技術管理室	加茂 修治
		総合技術委員会 環境対応委員会 LCA分科会 委員	AC事業本部 技術統轄部 技術管理室	近田 顕児
		総合技術委員会 環境対応委員会 物質調査システム分科会 委員	AC事業本部 技術統轄部 技術管理室	近田 顕児

区分	関係団体	委員等	所 属	氏 名
国内	一般社団法人 日本自動車部品工業会	総合技術委員会 モビリティ将来技術研究会 委員	AC事業本部 サスペンション事業部 技術部	柴野 靖博
		技術部 ITS部会	技術本部 技術企画部	大木 紀知
		技術部 技術情報全般	技術本部 技術企画部	小林 祥江
		技術部 環境情報全般	技術本部 技術企画部	小林 祥江
	公益社団法人自動車技術会	二輪車の運動特性部門委員会 委員	AC事業本部 技術統轄部 技術管理室	植村 將史
	一般社団法人 日本鉄道車輛工業会	理事	AC事業本部 サスペンション事業部 鉄道センター	荻野 謙二
	一般社団法人 日本自動車車体工業会	特装部会業務委員会 副部長	特装車両事業部	大久保 淳
		特装部会業務委員会 委員	特装車両事業部 営業部	鈴木 康彦
		特装部会サービス委員会 委員	特装車両事業部 営業部	平井 謙吾
		特装部会技術委員会ミキサ分科会主査	特装車両事業部 技術部	上條 崇史
		特装部会技術委員会ミキサ技術分科会 委員	特装車両事業部 技術部	齋藤 弘明
		特装部会技術委員会粉粒体運搬車分科会 委員	特装車両事業部 技術部	田中 和徳
		関東支部会 委員	特装車両事業部 技術部	上條 崇史
	一般社団法人 日本建設機械施工協会	コンクリート機械技術委員会 委員	特装車両事業部 技術部	清水 弘之
	一般社団法人品質工学会	実行委員会 委員	技術本部 CAE推進部	田村 康平
	一般社団法人トライボロジー学会	実行委員会 委員	技術本部 基盤技術研究所	鈴木真由美
	一般財団法人日本規格協会	JISハンドブック（油圧・空気圧）編集委員会 委員	HC事業本部 相模工場 品質保証部	爲永 憲和
	デミング賞委員会（日本科学技術連盟）	顧問	常務執行役員	杉岡 伸一
	一般社団法人日本振動技術協会	制振委員会 委員	CSR・安全本部 免制振対応部	岡本 真成
	一般社団法人 日本トンネル専門工事業協会	施工環境委員会 委員	営業本部 システム営業部	近藤 康德
	一般社団法人 日本建設機械施工協会	トンネル機械技術委員会 委員	営業本部 システム営業部	近藤 康德
	一般社団法人日本免震構造協会	技術委員	CSR・安全本部 免制振対応部	岡本 真成

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

カヤバ技報 総目次 (第61号 - 第70号)

	号		号
【巻頭言】			
何事も現地現物..... 伊藤 敏夫	61	AI技術を実装したSA減衰力計算 の高精度化とAI運用管理基準の 構築..... { 萬谷 浩章 提箸 良太	69
磁気機能性流体研究と異分野融合につ いて..... 井門 康司	62	AIを用いた刻印検査技術の開発と MLOps基盤の構築..... { 光尾 崇 鈴木 健斗 宮内 悠樹 菊池 貴好	69
まだまだ面白いモータテクノロジー..... 加納 善明	63	内接ギヤポンプのCFD解析技術構築..... { 清水 朋佳 鈴木 一成	70
高付加価値ものづくりのすすめ..... 厨川 常元	64	【技術紹介】	
新しいロボティクスにおける油圧再考... 玄 相昊	65	ビニオンアシストタイプ電動パワース テアリングの減速機ラトル音解析技術..... 柳生 淳	61
人工知能が産業を変える..... 田村 哲嗣	66	油圧シリンダ用故障検知機器の開発..... { 岩本 貴宏 高橋 佑介	61
「イノベーションのジレンマ」に励まさ れて..... 齋藤 敬	67	シリンダチューブボトム溶接部の非破 壊検査技術の開発..... 光尾 崇	61
UFBのすゝめ..... 水谷 正義	68	小型ミキサMR12のドライブシャフト 駆動化の開発..... 齋藤 弘明	61
Powering Mobility for All: ロボット... 孫 小軍	69	油圧モジュールロボットの開発..... { 齋藤 靖 杉本 準一 玄 相昊	61
A Prospective on the Future of Fluid Power Technology in Off-Road Appli-... Andrea Vacca cations	70	モデルベース開発のためのCAE活 用法..... { 満嶋 弘二 永溝 喜也	62
【論説】		外付けソレノイド減衰力調整式ショッ クアブソーバ..... 安部 友泰	63
MRテクノロジー..... 中野 政身	62	乗心地&静粛性改良と新型ソレノイド の開発..... 土井 康平	63
鋳鉄の組織と機械的性質..... 平塚 貞人	64	KYBのアクティブサスペンション の開発..... { 稲満 和隆 堀 匡利	63
油の劣化について想う..... 出口 幹雄	66	SA・PS統合制御技術の研究..... { 佐々木 啓 綱井 秀樹 金子 周平 工藤 朋之 久保 大和 菅原 央道	63
深層学習に基づく生産設備の異常診断 技術..... 千田 有一	68	ピストンポンプ用ケース加工ラインの 構築..... 伊藤 祐介	64
メカトロニクス・技術者の心眼..... 田中 豊	70	めっきシミュレーションによる膜..... { 水野 佑樹 厚分布均一化..... { 寺戸彩由子	65
【ご挨拶】		オイルシール メタル表裏検査技術..... 鶴見 拓也	66
ご挨拶..... 川瀬 正裕	67	ピストンモータ用ベースプレート加工 のFMSラインへの取り込み..... 花枝 賢	66
ご挨拶..... 川瀬 正裕	70	トランスミッション用ポンプ多品..... { 松野下知広 種生産ラインの構築..... { 西田 英之 義村 孝司	67
【特別企画】		多能工組立ロボットを活用した自..... { 宇賀神佑太 働組立ラインの構築..... { 山口 稔久	70
カヤバの技術戦略..... 藤井 篤	70	【製品紹介】	
カヤバの生産技術への取組み..... 羽場 敬一	70	ミニモーションパッケージ5型... 田中 大介	61
オートモーティブコンポーネンツ事業... 馬場 友彦	70	小型油圧ショベル用コントロールバル ブKVSX-12Cの開発..... 福島 亮	62
ハイドロリックコンポーネンツ事業の... 中村 雅之	70	マイニングダンプトラック用 シ..... { 谷川 夏樹 リンダ機器の開発..... { 長谷川一樹	63
技術展望..... 上條 崇史	70	二輪車用電子制御サスペンション..... { 植村 将史 システム“KADS”の開発..... { 小島 弘幸 菅原 英利	63
【技術論文】		スノーモービルレース用ショックアブ ソーバの開発..... 田中 信	64
粒状体タンパの研究..... 豊内 敦士	64	中型乗用車向けCVT用ベーンポンプの 開発..... { 萩原 隆広 大滝 将志 近藤 弘俊 進藤 翔太	65
研削加工へのウルトラファインパブ... { 畑山 陽介 水谷 正義	70	7トン系油圧ショベル走行モータ用ア ンチキャビテーションバルブ..... 鈴木 淳	66
【技術解説】		AT用ベーンポンプの開発..... 五味 裕希	66
CFD解析によるベーンポンプの性..... { 鈴木 一成 改善..... { 長嶋 碧	61	建設機械用油圧シリンダ: KCH-8の開発... 小林 俊雄	67
スマート道路モニタリングシステム..... { 首藤 悠 の開発..... { 高松 伸一	61	カヤバキャンピングカーコンセプト..... 田中 和徳	67
油圧機器との置き換えを目指す電..... { 佐藤 浩介 動アクチュエータの試作..... { 芝原 大智 袴田真一郎	62	φ37倒立フロントフォークの性能. 品... 須崎 湊	68
セミアブソリュート型ストロークセン シングシリンダ..... 永井 勇牙	62	ヤマハ発動機機軸向け内製PP搭載... { 青山 雅 EPSの開発..... { 菊池 輝之	70
電子回路の熱解析..... { 河野 智行 関根 信之 伊藤 賢佑 梶澤 亮一	62	電動ポンプ用カートリッジ式ベーンポ ンプの開発..... 久保 康平	70
The Power of Oil - Influence of Shock Absorber Oil on Vehicle Ride and... 加藤 慎司	62		
設備予知保全システムの開発..... { 古川 輝 井指 諒亮	63		
新時代のMESサービスの基礎構築..... { 雪吹 研斗 ガブリエラ アナマギン	64		
車載用電動アクチュエータの制御..... { 松本 大輔 榎本 大助 見上 一憲 福士 翔	65		
SA要素開発へのAI技術活用..... { 大内田 峻 宮内 悠樹 提箸 良太	66		
高効率油圧システムの特性解析..... { 弘中 剛史 津久井 謙	67		
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	67		
次世代品質データ管理システムの開発... 古川 輝	68		

	号		号
3～4tonミニショベル向けピストン… 武井 元	70	バルブ及び緩衝器…………… { 君嶋 和之	63
ポンプPSVL-50の開発	70	馬場 友彦	
スウィングバルブの二輪車展開…………… 坂脇 俊彦	70	安井 剛	
Eco-0.4ccポンプ …………… 辻井 喜勝	70	緩衝器の制御装置およびサスペンション装置 …… 栗野宏一郎	63
【随筆】			
チェコ・スペイン・ドイツ駐在記…………… 松岡 毅	61	流体識別装置…………… { 吉田 尚弘	63
アメリカ・メキシコ駐在記…………… 岡 敬子	61	亀田 幸則	
中国無錫駐在記…………… 北村 康弘	62	シリンダ駆動装置…………… 田中 大介	64
チェコ駐在記…………… 野村 典史	64	フロントフォーク…………… { 大嶽 和己	64
HKE駐在記 …………… 服部 幸司	65	河田 繁和	
KMEX駐在記 …………… 川合 寛	65	発電機能付きダンパ…………… { 太田 品久	64
インドネシア駐在記…………… 占野 栄朗	66	関根 伸一	
ドイツ駐在記…………… 金 容台	67	豊内 敦士	
タイ駐在記…………… 渡辺 嘉三	67	福沢 祐二	
中国駐在記…………… 山内 一志	68	井門 康司	
マレーシア駐在記…………… 小泉 達也	68	岩本 貴宏	
中国駐在記…………… 後藤 孝志	69	シリンダ装置、及びシリンダ装置の製造方法 …… { 柴田 宜浩	65
ドイツ・スペイン駐在記…………… 飯田 亮	70	稲垣 泰弘	
【紹介】		車体姿勢制御装置…………… 高橋 準司	65
ワールドラークロス用ショックアブソーバの開発	61	電磁比例弁付きキャップ…………… { 木谷 俊行	65
KYBブラジル生産拠点設立20周年 …… 芳仲 洋己	62	吉田 説与	
ジャパンモビリティショー出展後記… 水野 真美	68	鉄道車両用制振装置および鉄道車両用制振装置の診断方法 …… 小川 貴之	66
田口 瑤子			
全社技術発表会、バーチャル展示会… 橋本 有奈	69	液圧シリンダ…………… { 末吉 大輔	66
2023の開催		瀧本 直英	
カヤバ史料館 展示リニューアル…………… { 小牟田久美	69	渡部 剛	
藤澤 杏子		木谷 暢秀	
IFPEX出展後記 …………… 藤江 智也	70	画像処理装置、画像処理方法及び画像処理システム …… 長谷部篤俊	66
カヤバ史料館20年の歩み…………… { 小牟田久美	70	耐久機器及び流体圧シリンダ…………… { 小林 俊雄	67
藤澤 杏子		松本 七彦	
佐藤 智則		今井 則文	
【解説】		日笠 貴大	
デジタル人財育成の取組み…………… { 宮内 悠樹	66	鋸屋 宜和	67
井指 諒亮		油圧装置における可変負荷制御システム… リサラガ セナール ハビエル	67
瀧野 慎介		バルブ及び緩衝器…………… { 君嶋 和之	68
【特許紹介】		安井 剛	
サスペンション装置…………… { 政村 辰也	61	生コンクリート量表示方法及び生コンクリート量表示プログラム …… 川島 茂	68
作田 敦		フロントフォーク…………… 富宇賀 健	68
電動油圧アクチュエータ…………… 田中 大介	61	流体圧装置の可変負荷制御システム…………… リサラガ セナール ハビエル	69
液体漏れ検出システム及び異常診断方法 …… { 菊池 貴好	61	流体圧駆動ユニット…………… 田中 大介	69
吉田圭太郎		電源制御装置…………… { 小島 弘幸	69
岩本 貴宏		栗野宏一郎	
リニアモータ…………… { 加納 善明	62	パワーステアリング装置…………… 柳生 貴也	70
佐藤 浩介		鉄道車両用ダンパ…………… 小川 貴之	70
高橋 実志		ベーンポンプ…………… { 鈴木 一成	70
ストローク検出装置…………… 杉原 克道	62	矢加部新司	
アクチュエータ制御装置およびアクチュエータユニット …… 小川 貴之	62	栗田 裕介	
		進藤 翔太	

編集後記

この度、カヤバ技報は発刊70号の節目を迎えることができました。ひとえに、何時においても素晴らしい記事を寄稿いただいた社内外の執筆者のご献身に他なりません。陰で支える編集メンバーにも感謝と労いの意を表したいと思います。そして何より、読者の方々への御礼を忘れることはできません。

さて、本号は特別企画として、各技術部門における将来展望について掲載しました。企業として、将来の成長あるいは、社会貢献といったことを考えると、自ずと新しいものを生み出すこと、つまり創造することを強く指向することになります。最近では、付加価値の創造や共創といった言葉が日常に織り込まれていることにも気づきます。もちろん、これ自体は何ら問題もなく、むしろ推奨されるべき行為です。しかし、ここでふと、何かを創る、あるいはその動機を抱くには、起点となるものがあり、それは想像力だと、今さらながらに気づきました。

例えば本誌、巻頭言のProf. Vaccaによる「建設機械の電動化展望」、また田中教授の論説「技術者の心眼」など、これらは正に（技術者の）想像力という視点で興味深く拝読させていただきました。

現在は、10年後の世界を見通すのも難しいと感じています。特にテック分野で、熱狂的なブームを迎えているAIにおいては、「10年後には人類の1万倍の知性を持つASI(人工超知能)が登場」(SBG 孫会長)、また他の業界著名人からも「2025年頃には人知を越えるAGI(汎用人工知能)の実現が見込まれる」といった発言がなされています。

一体どのような未来が待っているのだろうか？想像をはるかに超える未来に期待感を抱く一方で、想像の範囲であって欲しいと無意識に願う（怯える）、いつまでも変わらない自分が居る。

(伊藤 隆)

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
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	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	高橋 実志	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	久保 潔	カヤバモーターサイクルサスペンション(株)技術部
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MS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

MS部：モータスポーツ部

MD事業部：車載機器事業部

カヤバ技報 第70号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 2025年4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)