

KYB TECHNICAL REVIEW

KYB技報
OCT. 2016 No.53

K
Y
B
技
報



KYB TECHNICAL REVIEW NO. 53 OCT. 2016

KYB株式会社

(2015年10月1日よりカヤバ工業株式会社は商号をKYB株式会社に変更いたしました)

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） ☎105-6111 📠(03)3435-3511

基盤技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	📠(042)745-8111
生産技術研究所	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	📠(0574)26-1453
KYB開発実験センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	📠(0574)52-1323
工機センター	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	📠(0574)26-5310
電子技術センター	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番地1	☎252-0328	📠(042)761-8145
名古屋支店	愛知県名古屋市中村区名駅三丁目11番22号（IT名駅ビル）	☎450-0002	📠(052)587-1760
大阪支店	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号（TEK第2ビル）	☎564-0063	📠(06)6387-3221
福岡支店	福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目6番26号（安川産業ビル）	☎812-0013	📠(092)411-2066
第二営業部	福岡県浜松市中区神明町315番地1（浜松しみずビル）	☎430-0931	📠(053)454-5321
広島営業所	広島県広島市東区光町一丁目12番16号（広島ビル）	☎732-0052	📠(082)567-9166
相模工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	📠(042)746-5511
熊谷工場	埼玉県深谷市長在2050番地	☎369-1193	📠(048)583-2341
岐阜北工場	岐阜県岐阜市土田2548番地	☎509-0298	📠(0574)26-5111
岐阜南工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	📠(0574)26-1111
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	📠(0574)26-2135
カヤバシステムシナリー機	東京都港区芝大門二丁目5番5号（住友不動産芝大門ビル）	☎105-0012	📠(03)5733-9441
KYBトロンデュール機	東京都澁谷区長瀬市浦一丁目3番地	☎949-5406	📠(0258)92-6903
機タカコ	京都府相楽郡精華町祝園西一丁目32番地1	☎619-0240	📠(0774)95-3336
K Y B 金 山 機	岐阜県下呂市金山町戸部字舟野4350番地の130	☎509-1605	📠(0576)35-2201
K Y B - Y S 機	長野県埴科郡坂城町埴城9165	☎389-0688	📠(0268)82-2850
KYBモーターサイクルガスベンション機	岐阜県岐阜市可児市土田2548	☎509-0298	📠(0574)27-1170
KYB エンジニアリング	東京都港区芝公園一丁目6番7号住友不動産ランドマークプラザ	☎105-0011	📠(03)6895-1260
アンドサービス機			
KYBシステメリット機	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0226	📠(0574)26-1110
KYBロジスティクス機	岐阜県岐阜市土田1790番地	☎509-0206	📠(0574)26-6427
ジャパン・アナリスト株式会社	東京都港区浜松町二丁目1番17号（松永ビル）	☎105-0013	📠(03)3436-5660

KYB Corporation

(Kayaba Industry Co., Ltd. employed “KYB Corporation” as the popular name from October 1st, 2015.)

Head Office

World Trade Center Bldg, 2-4-1, Hamamatsu-cho, Minato-ku, Tokyo 105-6111, Japan
Tel : (81)3-3435-3511

Overseas Subsidiaries and Affiliates			
KYB Europe Headquarters GmbH Kimpler Str. 336, 47807 Krefeld, Germany TEL:(49)2151-9314380 FAX:(49)2151-9314330	KYB Europe Headquarters B.V. Godsweederdersingel 77, 6041 GK Roermond, The Netherlands TEL:(31)475-3863-53 FAX:(31)475-3863-40	KYB(China) Investment Co., Ltd. Wei 3 Road 121, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China TEL:(86)511-88882057 FAX:(86)511-88887615	KYB Americas Corporation (Indiana) 2625 North Morton, Franklin, IN 46131, U.S.A. TEL:(1)-317-736-7774 FAX:(1)-317-736-4618
KYB Americas Corporation (Detroit Branch) 26800 Meadowbrook Road Suite 115 Novi, MI 48377, U.S.A. TEL:(1)-248-374-0100 FAX:(1)-248-374-0101	KYB Americas Corporation (Chicago) 180 N.Meadow Road Addison, IL 60101, U.S.A. TEL:(1)-630-620-5355 FAX:(1)-630-620-8133	KYB Suspensions Europe, S.A. Ctra. Irurzun S/No, 31171 Ororbia (Navarra), Spain TEL:(34)948-421700 FAX:(34)948-322338	KYB Advanced Manufacturing Spain S.A. Poligono Industrial Perguita Calle B, No. 15, 31210 Los Arcos (Navarra), Spain TEL:(34)948-640336 FAX:(34)948-640328
KYB MANDO do Brasil Fabricante de Autopecas S/A Rua Francisco Ferreira da Cruz Street, No 3000, Fazenda Rio Grande, Parana, CEP83820-000 Brazil TEL:(55)41-2102-8200 FAX:(55)41-2102-8210	KYB Suspansiyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret, A.S. Reysaş Lojistik içi Yukarı Kirazca Köyü Eskişehir cad. No: 21/A Arifiye/ADAPAZARI,Türkiye. TEL:(90)224-4429112 FAX:(90)224-4429113	KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd Wei 3 Road 38, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China TEL:(86)511-88891008 TEL:(86)511-88886848	KYB Manufacturing Czech s.r.o. U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06, Pardubice, Czech Republic TEL:(420)466-812-200 FAX:(420)466-812-281
KYB Steering Spain, S.A. Poligono Industrial de Ipertegui No. 2, nave 12, 31160, Orcoyen (Navarra), Spain TEL:(34)948-321004 FAX:(34)948-321005	KYB Steering (Thailand) Co., Ltd. 700/460 Moo 7, Don Hua Roh, A. Muang, Chonburi 20000, Thailand TEL:(66)38-450076 FAX:(66)38-454313	KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan, Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China TEL:(86)511-83172570 FAX:(86)511-83172594	Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd. 19# Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 213125, China TEL:(86)519-85967282 FAX:(86)519-85164585
KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd. Lot 8, Jalan Waia 16, Telok Panglima Garang, 42500 Kuala Langat, Selangor Darul Ehsan, Malaysia TEL:(60)3-3122-6222 FAX:(60)3-3122-6677	PT. Kayaba Indonesia Jl Jawa Blok ii No. 4, Kawasan Industri MM2100,	KYB (Thailand) Co., Ltd. 700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Park 2, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amphur Muang, Chonburi 20000, Thailand TEL:(66)38-458331 FAX:(66)38-458331	KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd. No. 493, Kuang Hsing Road, Pa-Teh City, Tao Yuan Hsien, Taiwan TEL:(886)3-3683123 FAX:(886)3-3683369
KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd. Plot 110-11-12, Thang Long Industrial Park, Dong Anh Dist., Hanoi, Vietnam TEL:(84)4-881-2773 FAX:(84)4-881-2774	Takako America Co., Inc. 715 Corey Road, P.O.Box 1642 Hutchinson, KS 67504-1642, U.S.A. TEL:(1)620-663-1790 FAX:(1)620-663-1797	TAKAKO VIETNAM Co.,Ltd. 27 Dai Lo Doc Lap, Vietnam Singapore Industrial Park, Thuan An Town, Binh Duong, Vietnam TEL:(84)650-378-2954 FAX:(84)650-378-2955	Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd. No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 214028, China TEL:(86)510-85280258 FAX:(86)510-85280616
Vinh Phuc Jung Long Industrial Co., Ltd. Khai Quang Industrial Zone, Vinh Yen City, Vinh Phuc Province, Vietnam TEL:(84)211-372-0146 FAX:(84)211-372-0147	KYB Mexico S.A. de C.V. Circuito San roque Norte 300, Santa Fe II Industrial Park, 36275 Silao, Guanajuato, México TEL:(52)472-7489192	KYB Motorcycle Suspension India Private Limited F1 & F2 Block-B, Ameen Manor, No.138 Nungambakkam High Road, Chennai-600034, Tamil Nadu, India TEL:(91)44-2833-2051 FAX:(91)44-2833-2050	KYB Conmat Private Limited 702, 703, N.H.No.8, Por. Vadodara-391243, Gijarat, India TEL:(91)265-2647276 FAX:(91)265-2630765
Chita KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan, Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China TEL:(86)511-83172570 FAX:(86)511-83172594	Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd. 19# Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 213125, China TEL:(86)519-85967282 FAX:(86)519-85164585	KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd. Lot 8, Jalan Waia 16, Telok Panglima Garang, 42500 Kuala Langat, Selangor Darul Ehsan, Malaysia TEL:(60)3-3122-6222 FAX:(60)3-3122-6677	PT. Kayaba Indonesia Jl Jawa Blok ii No. 4, Kawasan Industri MM2100,
Cikarang Barat 17520, Indonesia TEL:(62)21-898-1456 FAX:(62)21-898-0713	KYB CHITA Manufacturing Europe s.r.o U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06 Pardubice, Czech Republic TEL:(62)21-89983737 FAX:(62)21-89983428	PT. Chita Indonesia Jl.Jawa Blok ii No4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia TEL:(62)21-89983737 FAX:(62)21-89983428	KYB Europe GmbH Kimpler Str. 336, 47807 Krefeld, Germany TEL:(49)2151-931430 FAX:(49)2151-9314320
KYB Latinoamerica S.A de C.V. Blvd. Manuel Avila Camacho No. 32, Int. 403, Col. Lomas de Chapultepec, Del. Miguel Hidalgo, DF, 11000, Mexico TEL:(52)55-5282-5770 FAX:(52)55-5282-5661	KYB Trading (Shanghai) Co., Ltd. B1008-1009 Far East International Plaza, No. 317 Xianxia Road Shanghai 200051, China TEL:(86)21-6211-9299 FAX:(86)21-5237-9001	KYB Asia Co., Ltd. 105/1-2 Moo 1, Bangna-Trad Road K.M.21, Srirajorakeyai, Bangsaothong, Samutprakarn 10540, Thailand TEL:(66)27-400801 FAX:(66)27-400805	KYB Middle East FEZ POBOX261819 LOB16-304 Jebel Ali Free Zone Dubai U.A.E. TEL:(971)4-887-2448 FAX:(971)4-887-2438
KYB Eurasia, LLC BC "Cherry Tower" 56, Profsoyuznaya Street, Moscow 117993, Russia TEL:(7)495-781-88-52 FAX:(7)495-781-88-53	KYB Panama S.A. P.H. WORLD TRADE CENTER Piso 17, Oficina 1705, Marbella, Panamá, República de Panamá 0832-00759 TEL:(507)213-8300 FAX:(507)213-8301	KYB Technical Center (Thailand) Co., Ltd. 700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Estate, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amphur Muang, Chonburi 20000, Thailand TEL:(66)38-46-8251 FAX:(66)38-46-8252	KYB International America, INC 2625 North Morton, Franklin, IN 46131, U.S.A. TEL:(1)317-736-6719 FAX:(1)317-736-6618
PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia Jl. Irian X Blok RR No. 2 Kawasan Industri MM2100, Desa Cikedokan, Kec. Cikarang Barat 17845, Kabupaten Bekasi, Indonesia TEL:(62)21-29922211 FAX:(62)21-29922211	Comercial de AutopesCas KYB do Brasil Ltda. Rua Cyro Correa Pereira, 2400 Suite 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil Tel:(55)41-2102-8244	Chita KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan, Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China TEL:(86)511-83172570 FAX:(86)511-83172590	

複写をご希望の方へ

KYB(株)は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(一社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が公益社団法人日本複製権センター（(一社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル
FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）について

直接、KYB(株)へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

- If you apply for license for copying in a country or region in which JAC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO. Please visit the following URL for the countries and regions in which JAC has concluded bilateral agreements. http://www.jaacc.org/
- If you apply for license for copying in a country or region in which JAC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly. JAC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAC)
Address9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan
E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619

KYB技報

第53号 2016-10

目次

巻頭言

フルードパワーのロボットへの展開 川嶋 健嗣 1

随筆

グジャラート生きもの紀行 その2 鳥類編 石川 照之 2

モスクワ駐在記 那須 紀夫 8

技術解説

CFD解析によるベーンポンプの特性予測 鈴木 一成 13
中村 善也
矢加部新司
渡辺 博仁
中村 和久

製品紹介

舞台機構操作卓 (K-compo System) 鈴木 慎也 21

7~9tショベル走行用油圧モータ MAG-50VP-1100 川畑 香織 25

松阪 慶太

阪井 祐紀

岩波 茂 29

インド向けMR8040X, MR7000Xの開発

技術紹介

画像処理による車両誘導技術の研究 佐々木 啓 33

品質データ管理システムの開発 古川 輝 37

技術解説

リリーフバルブ組立作業自動化技術の開発 瀧口 真樹 43

紹介

タカコベトナムMMP生産ラインの立ち上げ 神谷 穂高 49

亀野 翔太

中之条工場の構築について 宮沢 功一 55

ピョンチャンパラリンピックの金メダルを目指して 小倉 秀昭 59

石原 亘

鈴木 猛史

用語解説

DLC (Diamond-Like Carbon) 田村 徹弥 63

随筆

Bauma2016視察記 長谷部敦俊 64

新島 健之

おしらせ

電波試験技術者資格 iNARTE-EMCの取得 石崎由紀夫 68

編集後記

(表紙写真(表):チェアスキー用ダンパ&実走写真 [P.60, 61参照], (裏):舞台機構操作卓・劇場 [P.22参照])

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 53 OCT. 2016

CONTENTS

Foreword

Application of Fluid Power to Robot Systems KAWASHIMA Kenji 1

Essay

Gujarat Natural Life Story Vol. 2: Birds ISHIKAWA Teruyuki 2

Report on Residence in Moscow NASU Norio 8

Technology Explanation

Characteristics Prediction of Vane Pump by CFD Analysis SUZUKI Kazunari 13

NAKAMURA Yoshinari

YAKABE Shinji

WATANABE Hirohito

NAKAMURA Kazuhisa

Product Introduction

Theater Equipment Operation System (K-compo System) SUZUKI Shinya 21

Track Moter for 7-9ton Excavator, MAG-50VP-1100 KAWABATA Kaori 25

MATSUZAKA Keita

SAKAI Yuki

IWANAMI Shigeru 29

Development of MR8040X and MR7000X for India

Technology Introduction

A Study of Vehicle Control Technology Using Image Processing SASAKI Kei 33

Development of Quality Data Control System FURUKAWA Akira 37

Technology Explanation

Development of Relief Valve Automatic assembly technology TAKIGUCHI Masaki 43

Introduction

Launch of Takako Vietnam MMP Production Line KAMIYA Hotaka 49

KAMENO Shota

Development of Nakanojo Factory MIYAZAWA Koichi 55

Aim for Gold Medal in 2018 Pyeongchang Paralympics OGURA Hideaki 59

ISHIHARA Wataru

SUZUKI Takeshi

Glossary

DLC (Diamond-Like Carbon) TAMURA Tetsuya 63

Essay

Report on Visit to Bauma 2016 HASEBE Atsutoshi 64

NIJIMA Takeshi

Announcement

Acquisition of iNARTE-EMC, Radio Wave Test Engineer's Qualification ISHIZAKI Yukio 68

Editors Script

(Cover Photograph: Aim for Gold Medal in 2018 Pyeongchang Paralympics [see p. 60, 61], Theater Equipment Operation System [see p. 22])

巻頭言

フルードパワーのロボットへの展開

川 嶋 健 嗣*



最近フルードパワーシステムは、電動システムに置き換わる場面が多くなっているとの印象をお持ちの方が多くを考えると、しかし、少子高齢化などから再び注目されているロボット分野では、フルードパワーのリバイバルヒットとも言うべき現象がおきています。

ロボット研究者を驚かせたものとして、2008年に動画が公開された米国ベンチャー企業ボストンダイナミクス社のビクドックと名付けられた4足歩行ロボットが有名です。油圧サーボで制御され、まるで本物の動物のような動きをします。その動きは不気味にすら感じます。ロボットの動作があまりに生体に近づくとそのような感覚が生まれることが知られています。油圧サーボ制御の大きな出力を得られるなどの魅力をいかんなく発揮した好例の一つです。バルブやポンプなど各要素の小型化、高効率化が進んだことも大きいと考えます。

最近では、国の大型プロジェクト、革新的研究開発推進プログラムImPACTにおいて、タフ・ロボティクス・チャレンジのプログラムが実施されています^{注1)}。極限の災害現場でもタフに仕事ができるロボット開発を目的としています。6月に横浜で開催されたロボット系では最大規模の学会である、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会においても、同プログラムのセッションが設けられ、油圧駆動ロボットの研究開発事例が多数発表されました。

また、現在では従来の剛体で構成されるロボットではなく、人間との親和性が高い柔らかさを有するソフトロボティクスと呼ばれる分野の研究開発が盛んになっています。その分野で、フルードパワー、特に空気圧駆動の果たす役割が大きくなっています。上述した学会においても、フルードパワーロボティクスのセッションが設けられ、空気圧アクチュエータを用いたロボットの研究が多数紹介されました。その中でも空気圧ゴム人工筋を用いた研究が増えています。

特に、人間の動作を補助するロボットに用いる研究開発が盛んです。国内における有名な事例の一つとして、東京理科大学小林宏教授らがベンチャー企業から実用化したマッスルスーツが挙げられます^{注2)}。持ち上げ動作において、腰をアシストするロボットで介護現場などにおいて実用化されています。

海外では、ハーバード大学ほかの研究者らが、ソフトロボットを製作するホームページSoft Robotics toolkitを開発しています^{注3)}。3Dプリンタが普及し、型を簡単に作成できるようになった影響が大きいと考えます。科学誌Scienceに掲載された、ハーバード大学の成果^{注4)}など活発な研究が行われています。

著者らは、空気圧駆動を用いたロボットを医療現場に応用する研究開発を行っています。実用化したのが、低侵襲な外科手術で内視鏡を保持、操作するロボットアームです^{注5)}。操作者の頭部にジャイロセンサを搭載し、頭部の動作と連動して動くシステムです。空気圧アクチュエータの柔らかさと、比較的大きな力を発生できることから、減速機を用いない直接駆動で4自由度を制御しています。

この直接駆動は、ロボットにおけるアクチュエータとして大変魅力があります。外力が加わった際にその情報が駆動部の圧力に直接はね返る、つまりバックドライバビリティを有していることは、人間との協調作業や、人間に装着するロボットの安全性において重要です。また、極限環境下におけるロボットでも突発的な衝撃などで減速機の破損の恐れがないことは大きな利点です。

今後フルードパワーシステムはロボット分野で益々応用展開されていくと期待しています。

注1) <http://www.jst.go.jp/impact/program/07.html>

注2) <http://innophys.jp/>

注3) <http://softroboticstoolkit.com/>

注4) Stephen A. et.al., Camouflage and Display for Soft Machines, Science, Aug. 2012

注5) 原口大輔ほか、内視鏡用ロボットアーム、油空圧技術、Vol. 55, No. 3, pp. 18-22 (2016)

*東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 教授

随筆



ヒメヤマセミ

グジャラート生きもの紀行 その2 鳥類編

石川 照之



アオショウビン

1. はじめに

前号ではKYB-Conmat Pvt. Ltd.のある西インド、グジャラート州バドダラ市と周辺で見られる動物を紹介した。今回は当地で見掛けた鳥類約90種からいくつか紹介したい。その前に動物編脱稿後の出来事を2つ記しておきたい。

ひとつめは社有車で国道を走行中、道端を歩く牛の群れから、一頭が突然こちらに向かって突進して来た。急ブレーキを掛けたが間に合わずに衝突、ボンネットが大きく凹んだ。幸い運転手・私とも怪我はなく、牛もすぐに立ち上がったので大丈夫だろう。この3年間、車やバイクとの接触は何度もしたが牛とは初めて、当地ならではの出来事であった。

ふたつめはアーメダバード近郊で鳥見の最中、2m以上跳躍するという野生の猫「カラカル」を、またバドダラ近郊で「ニルガイ（ウマシカ）」を目撃した（写真1）。



写真1 カラカル（上）とニルガイ（下）

2. 鳥類

2.1 ムネアカゴシキドリ（胸赤五色鳥）

ずんぐりむっくりの鳥で大きさはスズメくらい、

額と胸に大きな赤班がある。名前のとおり賑やかな体色である。「ポッ・ポッ・ポッ・ポッ」と短い間隔で定期的に鳴く。英名のCopper-smith Barbetは、銅細工師が槌を叩く音をなぞらえたものだ。

私にはこの鳥が一番のお馴染みである。明け方、寝室のガラス戸を嘴でゴンゴン叩く。ハーフミラーのガラスに映った自分の姿を、敵と思って攻撃していたのかもしれない。ガラス戸の棧に足を掛け、こちらを覗きこむ姿はいたずらっ子の顔だが、大欠伸をすると存外怖い顔だったりする。



写真2 大欠伸するムネアカゴシキドリ



写真3 ガラスを叩くムネアカゴシキドリ

2月頃から8月頃まで、毎日のように窓辺に来て楽しませてもらったが、だんだん間遠くなってしまった。来れば「ウルサイ」「また糞をして」と言いながら、来ないと寂しいものである。

ある日曜の夕方、寝室から「ゴンッ」とひと際大

きな音がしたので見に行くと、口と肛門から赤茶色の液体を流してバルコニーに横たわっていた。口を開けて腹をひくひくさせている。ガラスに激突したように見るからに苦しそうだ（写真4）。

このまま息絶えてしまいそうな様子だったが、20分程して立ち上がり、さらに10分程して飛び立っていった。その後来ていない。元気になって生きていて欲しい。



写真4 息も絶え絶えのムネアカゴシキドリ

10月末の朝、気温が下がり空は青く気持ちよい。「ヒック・ヒック・ヒック・ヒック」としゃっくりを繰り返すような声がする。頭上の電線に留まって一生懸命に鳴いている。

まだ若鳥でうまく鳴けないようだ。バルコニーで気絶していた彼があいさつに来てくれたのだと嬉しいのだが。

2.2 ギンバシ（銀嘴）

この鳥は階下の同僚宅のバルコニー生まれである。彼の部屋のバルコニーは日除けネットが張っており、弛んだところに巣が掛けられ雛が孵ったのだ。兄弟で一階上の我が家を訪ねてくれた。地味な姿だけれど可愛らしい。



写真5 ガラス戸の棧に留まるギンバシの兄弟

2.3 シリアカヒヨドリ（尻赤鶇）

街中といい郊外、野原といいよく見かける鳥である。頭は黒色で冠羽が頭巾のようだ。名前の由来は下尾筒が赤いからである。日本のヒヨドリは「ピー

ヨ・ピーヨ」と陽気で賑やかだが、こちらは明け方「ピッキヨロ・ピッキヨロ」と可愛い鳴声で朝を知らせてくれる。



写真6 夫婦仲が良いシリアカヒヨドリ

2.4 カラス（烏）

当地では首から胸が灰色でやや小型のイエガラスが多い。真っ黒いカラスもある。ハシブトガラスのようだが、日本のより小型である。瞬膜を閉じると目付きが悪いところ、すぐにトビや他の鳥にちょっかいを出すのも日本のカラスと一緒にいる。



写真7 イエガラス



写真8 インドアカガシラサギ（右）にちょっかいを出すイエガラス（左上）

2.5 ツチイロヤブチメドリ (土色藪知目鳥)

日本では帰化鳥で増えているガビチョウの仲間である。群れで暮らしギャーギャーとやたら騒々しい傍若無人な鳥。人をあまり恐れない。ピョンピョン歩きは妙に軽薄な感じがする。それでいて怖い眼をしている。他の鳥を蹴散らしてしまうので好きになれない。



写真9 群れで騒ぐツチイロヤブチメドリ

2.6 インドアカガシラサギ (印度赤頭鷺)

サギ類は日本にもいる種類が多く数も多いが、日本にいないのはインドアカガシラサギだ。地上にいるときは地面と区別のつかない地味な格好だが、飛んでいるときは白い羽が目立つ。



写真10 滑空するインドアカガシラサギ

2.7 ベニスズメ (紅雀)

バドダラの水瓶Ajwa Lakeは、街の東25kmにある大きな溜池で、市街を流れるワニの棲むVishwamitri川の水源である。この湖にもワニがいるそうだ。湖の南側はガマやスイレンなどが茂る湿地帯でいかにも出てきそうだ。おっかなびっくり水路沿いの土手に入ってみた。ハタオリドリやヒタキの仲間の群れが草むらを飛び立っていく。サギ類もあちこちで獲物を狙っている。遠くにセイケイも見える。その向こうでは小さな筏に乗った人が何かを採っているようだ。

水路際の草に深紅に白斑がある鳥を見つけた。初

見である。上品でお洒落、美しい。オスの繁殖羽だのようだ。近くのメスは茶色が入った灰緑色で羽根の一部が赤い。こちら品が良い。帰ってすぐ、図鑑を調べると「ベニスズメ」であった。日本の小鳥屋で売っている鳥？知らなかった。そんな名前の松任谷由実のアルバムもあったような。

この鳥はインドが原産地のひとつで、日本では江戸時代から飼い鳥として輸入されていたという。英名Red Avadavat, 学名Amandavaはこの鳥の出荷地だったアーメダバードが由来だそうである。バドダラの北西約100km, グジャラート州最大の都市である。所縁の地で初見できたのは嬉しい。18世紀、日本まで6,000km以上の道のりをこの鳥はどうやって来たのだろうか。海路だろうか、駱駝の背に乗って陸路を来たのだろうか。途中、代替わりしたかもしれない。今日見たベニスズメともDNAが繋がっているはずだ。



写真11 羽を休めるベニスズメ

2.8 ヤツガシラ (八頭、戴勝)

ヤツガシラは稀に日本でも見られる鳥で、出ると新聞記事になる。きれいな薄茶色の体に黒白縞の羽根と下半身、長い嘴に冠羽が目立つ。時折、冠羽を扇状に立てるのが名前の言われだ。

昭和天皇は皇居内の畑で芋掘りをしている時に見つけて、侍従に双眼鏡を持って来るよう命じたという。事情の分からない侍従は「芋を掘るのに何故双眼鏡がいるのですか」と聞き返したという逸話がある。さすが生物学者の昭和天皇である。掘っていた芋もヤツガシラだったかどうかは知らない。皇室がらみでは、正倉院御物の琵琶にこの鳥の象嵌が入ったものもある。

インド全域が生息地なので、見られるのを楽しみにしていた。こちらはバドダラの南東約40km, KCPLの東20kmほど、農業用の大きな溜池Vadhavana Lake付近で見ることが出来た。ここは私のお気に入りの場所で、冬になると夥しい数のガ

ンやカモ類が渡ってくる。

池の土手の斜面の草地で長い嘴を突き立てて虫を探していた。警戒心はそれほど強くないが肝心の冠羽はなかなか払けてもらえない。着地した一瞬払けるのだけれど撮影は難しい。



写真12 土中の虫を探すヤツガシラ

2.9 インドブッポウソウ (印度仏法僧)

この鳥もVadhavana Lake周辺の畑で見掛けた鳥である。鮮やかな青い翼、薄茶色の首の羽毛の下に透ける紫色、一度見たらファンになってしまうこと請け合いの美しさである。気に入った枝に留まって地面を見張り、虫を見つけては飛んでいく。警戒心は薄くて眼の前に舞い降りて、近過ぎてレンズの焦点が合わないこともしばしばだった。この鳥とヤツガシラ見たさに何度通ったことだろう。



写真13 滑空するインドブッポウソウ

2.10 ドバト / カワラバト (土鳩 / 河原鳩)

バドダラの街で必ず見かける。上野公園のハトと同じである。家々の屋根や手摺、電線に群れている。通りでは、屋台で買った豆を撒いている人がいて群がっている。傍ら、屋台の豆を直接狙う不屈鳥もいる。部屋の窓を開けていると入って来て空調の室内機の上に居座るし、天井扇風機の羽根に留まったこともあった。追払うと数m先の隣家の屋根まで飛

んでいく。人を見透かしたようで腹立たしい。上空にトビが来るとバラバラと飛び立って迎りを一周する。スカベンジャーといえトビは猛禽、一応は逃げで行こうかという感じだ。



写真14 豆屋の屋台に留まるドバト

2.11 カノコバト (鹿の子鳩)

日本のキジバトに相当するのがカノコバト、ワライバトである。キジバトの首の白黒の縞を鹿の子模様にしたのがカノコバト、小ぶりにして茶色を強くした感じがワライバトである。ドバトと違って凶々しく部屋に入っては来ないし、柔らかい色の姿も声も優しい。



写真15 ナンバンサイカチで休むカノコバト

2.12 オニカッコウ (鬼郭公)

オスは体が真っ黒で大きさはカッコウと同じくらい。嘴が灰白色、赤い眼をしている。メスは全身鹿の子柄である。いろいろな声で鳴くが、明け方「プアオー・プアオー」と陰気な声で鳴かれると気持ちが悪くなってしまふと家人は嫌っている。名前のとおりカッコウの仲間で托卵する。隣家のアショクの木でカノコバトが卵を温めていた時、親鳥がちよっと巣から離れた隙にメスのオニカッコウが飛び込んで行った。数十秒後、卵を啜えて飛び去った。さっと産卵して数合わせにハトの卵を持ち去ったようだ。



写真16 大きな種子を吐き出すオニカッコウ

2.13 クロトキ, アカアシトキ, ブロンズトキ (黒鶺鴒, 赤足鶺鴒, ブロンズ鶺鴒)

トキというとニッポニア・ニッポン。佐渡で野生絶滅して中国産個体を人工繁殖, 今年自然繁殖も確認されている。日本では19世紀まではどこにでもいる鳥だったそうだが, 当地のその仲間は現在も良く見られる鳥だ。



写真17 クロトキ (左) とアカアシトキ (中央・右)



写真18 ブロンズトキの群れ

体が白くて頭が黒いのがクロトキ: Black headed Ibis, 体が黒くて後頭部が紅色, 足が赤っぽいのがアカアシトキ: Red-naped Ibis, 体全体が黒っぽい茶色で金属光沢があるのがブロンズトキ: Glossy Ibisである。分かり易い英名と比べ和名は勘違いし

やすい。

ブロンズトキは冬の田畑で群れを作って採餌しているのを見掛けることが多い。一斉に飛び立つ様は壮観である。

2.14 フラミンゴ

アフリカや熱帯の鳥のイメージだが, 西インドでも生息している。オオフラミンゴはアーメダバードの西方20kmほどのThol Lake野鳥保護区で見ることができた。薄紅色が美しい。長時間頭を水面に浸けっぱなしで採餌して, 頭に血が溜まりそうだがどうなのだろう?



写真19 オオフラミンゴとアカツクシガモ

2.15 アネハヅル (姉羽鶴)

当地では留鳥のオオヅル, 渡り鳥のクロヅル, アネハヅルが見られた。

3月中旬バドダラの北西100kmほどにあるラムサール条約指定地Nalsalovar Lake近くでアネハヅル数百羽の大群が一斉に飛び立ち, 上昇気流を捉え螺旋状に昇って行った。数分後, 複雑なV字編隊を組みながら北に向かった。これからヒマラヤを越えてチベット, モンゴルに向かう。何とも壮大で胸が一杯になる眺めだ。



写真20 螺旋状に上昇するアネハヅル

2.16 クジャク (孔雀)

インドの国鳥はインドクジャクである。日本では動物園や公園で飼育されているのを見るが、当地では田畑や公園、ゴルフ場の芝生などよく見掛ける。市内サヤジバウグ公園内の動物園では、檻の中では飼い鳥が、外の草むらでは野生が歩いている。あの美しいオスの尾羽（上尾筒）は重そうでユサユサ歩く。木の上で休んでいるときも多い。

繁殖期が終わると尾羽は生え変わるの、一時、尾羽が無くてサマにならない格好をしている。抜け落ちた羽根を集めるのか、街中で羽根を束にした物売りをよく見掛ける。



写真21 羽根を上げたインドクジャク

3. おわりに

御多分に洩れず海外駐在の悲喜こもごも苦労話には事欠かないが、2016年5月4日帰任、3年間の駐在生活に別れを告げた。年間休日58日、日曜日と数日の祝日、朝夕のわずかな時が観察時間なのが残念だったけれど、駐在生活の良いアクセントだった。

著者



石川 照之

1982年入社。経理本部経理部専任部長、KYB岐阜地区経理部門、PT.KYBI、熊谷工場、KCPL駐在等を経て現職。

今回、あらためて感じたのはインターネットの普及でいとも簡単に情報がザクザク得られることだ。英名・和名対比もすぐだ。10年前とは隔世の感がする。ただし、孫引きひ孫引きで元ネタが皆同じだったり、明らかな誤りも多い。利用者の眼力が求められる。写真を紹介しながら矛盾しているが「百聞は一見に如かず」のとおり、自分の眼で実際に見た感動とは比べようもない。ぜひ一見をお勧めしたい。

鳥名等の記載は十分注意したつもりだが、誤謬、勘違い等あるやもしれない。ご指摘を期待したい。

参考文献

- 1) Birds of the Indian Subcontinent Second edition : Richard Grimmett, Carol Inskipp and Tim Inskipp, Oxford Univ. Press
- 2) Birds of the Indian Sub-continent : Martin W Woodcock, Harper Collins Publishers
- 3) A Naturalist's Guide to the BIRDS OF INDIA : Bikram Grewal and Garima Bhatia, Prakash Books
- 4) 叶内拓哉他 山溪ハンディ図鑑7 日本の野鳥 山と溪谷社
- 5) 独立行政法人 農畜産業振興機構 月報「畜産の情報」海外編 <http://www.alic.go.jp/>
特別レポート「インドにおける家畜・食肉流通の概要～牛と水牛を主体に～」2007
特別レポート「巨大な可能性を秘めたインドの酪農」2006
- 7) 株式会社 フードペプタイド ホームページ <http://topics.foodpeptide.com/>
- 8) Wikipedia, インターネット検索各項目
- 9) Google Map

CFD解析によるベーンポンプの特性予測

Characteristics Prediction of Vane Pump by CFD Analysis

鈴木 一成 ・ 中村 善也 ・ 矢加部 新司

渡辺 博仁 ・ 中村 和久

SUZUKI Kazunari ・ NAKAMURA Yoshinari ・ YAKABE Sinji

WATANABE Hirohito ・ NAKAMURA Kazuhisa

要 旨

近年、車載用ベーンポンプは自動車の燃費低減の流れをうけ、より小型化や高速化が望まれている。こうした高性能化要求に応えるため、ポンプの設計開発においては、有効な一つの手法としてCFD (Computational Fluid Dynamics: 数値流体力学) 解析を活用している。CFD解析でポンプの高性能化を図るためにはポンプ特性である、回転数-流量特性やベーン室の内部圧力などを高精度に予測することが重要となる。しかし、高速回転時のポンプ特性予測では油中気体の影響が無視できず、流体現象のモデル化などで困難を伴う場合が多い。これに対しては、ポンプ内部の実現象を表現できるモデルが必要であり、特に作動油に含まれている気体(量や挙動)やベーン室の回転運動の考慮が重要となる。

本報では、こうした課題に対して取り組んでいる内容として、ポンプ内部の現象把握を目的とした実験、またCFD解析では気体を含む作動油を二相の均質流体モデルとして扱った場合の結果と考察について解説する。

Abstract

Due to the reduction in vehicle fuel consumption in recent years, a need has arisen for high-speed rotation and miniaturization of vane pumps for in-vehicle use. CFD analysis can be utilized as one effective tool for meeting higher performance requirements in pump design and development. In order to improve pump performance, it is important to precisely predict pump characteristics, such as the rotational speed/flow rate characteristic, and the internal pressure in the vane chamber. However, when a pump is driven at high rotational speed, prediction of pump characteristics is often difficult due to behavior of gases contained in the oil. A precise model for CFD analysis must be derived to capture the actual phenomena in the vane pump. Therefore, it is important to consider both the gases contained in the oil and the rotation movement of the vane chamber.

This paper reports on detailed measurements to confirm internal phenomena of the pump, and discusses the results of CFD analysis using a two phase homogeneous fluid model of gas-containing oil.

1 緒言

自動車の燃費向上が進む中、車載機器であるパワーステアリングシステムやCVT(Continuously Variable Transmission)システムに用いられる油圧ベーンポンプは、エネルギー損失低減の観点から小型化が望まれており、更にポンプ特性の維持のため高速化も必要となる。このような状況において

ベーンポンプの設計開発では、従来からの開発実績や知見をもとにした試作評価¹⁾や、CFD解析を活用することで特性向上を目指している。しかしながら、ポンプが高速で回転する場合には、油中キャビテーションによる発生蒸気や、CVTシステムの特有条件となる多量の油中気体によって吸込み不良が容易に発生する。ベーンポンプの設計開発では、このような課題を克服するために、例えば流路設計などで

はこれまで以上に子細な改良が求められており、従来の設計技術だけでは実現が難しいレベルとなっている。こうしたことから、更なるポンプ特性の向上には油中気体の量や挙動の予測といった、CFD解析技術の高度化が重要となる。近年のCFD解析では、蒸気の生成と消滅を考慮したキャビテーションモデル²⁾³⁾や、気体と流体の動きを考慮した気液二相流モデルが開発され、市販のCFD解析ソフト（例えばANSYS®/FluentやPumpLinx®など）に実装されている。更に、気体の量や挙動予測のほかに、設計開発に活用するために必要なベーン室の回転運動についても、市販の解析ソフトの進歩によって実用化されている。こうした技術的な進歩には、キャビテーションメカニズムに関する基礎的な観察⁴⁾や、CFD解析精度の実験的検証⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾など多くの研究成果や知見が活用されている。しかし、油中に多量の気体を含む条件で、かつベーンポンプという個別機器を対象とした特性予測や、その実験的検証例は見当たらないのが現状である。

本報では、これらの課題に対して、我々ポンプ製造メーカーとして継続的に取り組んでいる技術内容を概説する。特に高回転時に着目して、ポンプ内部の気体の量や挙動の把握と、CFD解析の予測精度に関しての実験的検証の結果について紹介する。また最後にポンプ内部の気体の挙動とポンプ特性との関係についての一考察なども加える。

2 実験的現象把握

2.1 ベーンポンプ

対象とするポンプは平衡型ベーンポンプであり、その構造を図1に示す。供試ポンプのロータASSYは、12枚のベーンとロータ、シャフトで構成される。そしてロータASSYは、複数のノッチが構成された2つのバルブプレート間に配置される。

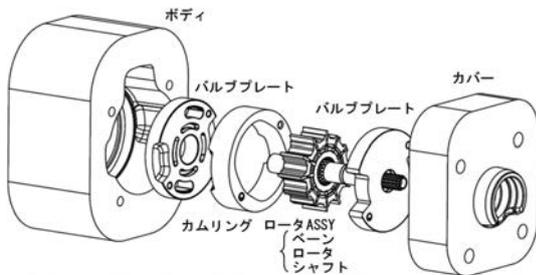


図1 ベーンポンプ構造

2.2 実験回路

実験に用いる油圧回路は図2に示すように、以下の3つの部分から構成される。

- (A) 供試ポンプの特性計測回路
 - (B) タンク内の油への気体混入回路
 - (C) 混入した気体量の計測回路
- 以下に各油圧回路を説明する。

2.2.1 (A) 供試ポンプの特性計測回路

ポンプの回転数-流量特性は、サーボモータによって供試ポンプの回転数を制御し、吐出側に設置した体積式流量計にて計測した。また、油温はタンク内油の温度とし、一定に制御した。

ベーン室の内圧計測に関しては、写真1に示すように圧力センサを供試ポンプのロータに埋め込んだ。センサケーブルはシャフトの軸方向に穴を設け、カップリングの内側を通してスリップリングに取り付けた(図3)。スリップリングはブラシ式であるため、ブラシの回転接触部に発生する熱によって接触抵抗が変化することで圧力計測値の誤差となる。そのため外部からのブロー送風による冷却で、計測時の発熱を抑え計測精度の確保を行った。

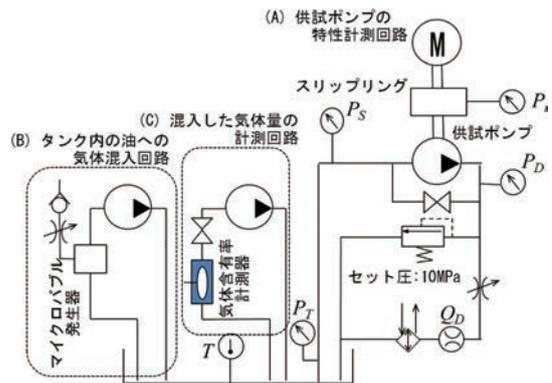


図2 実験回路



写真1 内圧計測用センサ

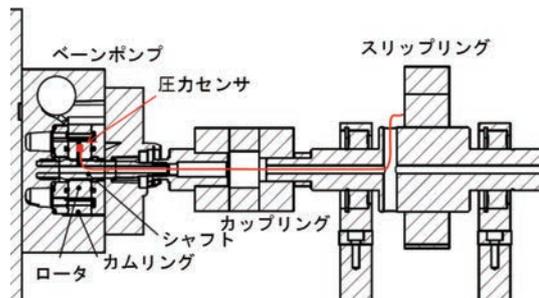


図3 圧力センサ取付け

2.2.2 (B)タンク内の油への気体混入回路

タンク内の油へ気体混入を行った場合、油中に混入した気体は瞬時に溶解せず気泡として存在し⁴⁾、気泡が大きいほど浮力によって浮上しやすく、油面にて消滅する。そこで、実験ではタンク内の油中に気泡を停留させ、かつ均一に混入された状態を作る目的で別途、循環回路を構成した。本回路ではポンプ吸込み側にマイクロバブル発生器（気泡サイズ：10～30 μ m）を取り付けることで、マイクロバブルを油中に混入させた。なお油中の気体量（気体含有率）は、マイクロバブル発生器へ送り込む気体量で調整しており、実験前に慣らし運転を行うことで回路内の気体含有率を一定にした。

2.2.3 (C)混入した気体量の計測回路

気体含有率は、タンク内の油を注射器で抜取り、メスシリンダを用いて気体の体積を計測することで算出する方法が一般的に用いられる。しかし、注射器での抜取り工程では圧力変化に伴って気体の析出や溶解が起こり、気体含有率が変わる恐れがある。そこで今回は、油のインピーダンスから気体含有率を計測可能な計測器（表1）を油圧タンクに接続し、タンク内の気体含有率をリアルタイムに計測した。この計測器はセンサ部における油のアドミッタンス Y_{OL} と、気体のアドミッタンス Y_{GAS} の和が(1)式のように常に保存されることを利用した計測方法であり、 Y_{GAS} と実験に使用する油圧油の Y_{OL} に関して、温度との関係を予め計測しておくことで、校正値をもとに油中の気体含有率を算出することができる。

$$Y_{OL} + Y_{GAS} = \text{Const.} \quad (1)$$

表1 気体含有率計測器仕様

計測範囲	0 to 100%
再現性	$\pm 1\%$
計測媒体	流体
温度計測精度	$\pm 0.1^\circ\text{C}$
温度範囲	20 to 180 $^\circ\text{C}$
圧力範囲	最大 1 MPa

2.3 実験結果（回転数-流量特性）

図4は油温55 $^\circ\text{C}$ 、吐出圧2.5MPaにおける回転数-流量特性の計測結果である。横軸 R は、計測回転数に対して理論流量 Q_{ref} から5%低下した流量（ $Q_D = (1 - 0.05)Q_{ref}$ ）のときの回転数 R_{ref} にて無次元化し、縦軸 Q は計測流量に対して無次元回転数 $R=1.0$ における理論流量 Q_{ref} で無次元化し、示している。図中の黒線は気体を混入していないときの結果であり、

平均気体含有率の値は γ_0 であった（詳細は後述する）。また、緑線は気体を混入したときの結果であり、平均気体含有率は γ_1 であった。これら各気体含有率において理論流量から含有気体分の流量を差し引いた値をプロットしたものを点線で示す。結果より、 $R=1.0$ 以下での計測流量は、それぞれの理論流量を僅かに下回るが、これはポンプ内部の漏れによる差である。しかしながら $R=1.0$ を超えると流量が急激に減少しており、これは吸込み不足に起因するものと考えられる。更に気体を混入した場合（緑線）は、この減少量が増大する。

図5に実験時における気体含有率の計測波形を示す。ここで気体を混入せずに計測した場合の気体含有率が0%ではなく γ_0 となるのは、通常状態で油中には既に気体を含んでいることを示している。一方、気体を混入した場合の気体含有率 γ_1 は、 γ_0 の約5倍であった。

写真2は、実験時のタンク内油の表面状態の写真である。写真(b)を見ると分かるように、気体を混入したことによって油中に白く微細な気泡を確認することができる。

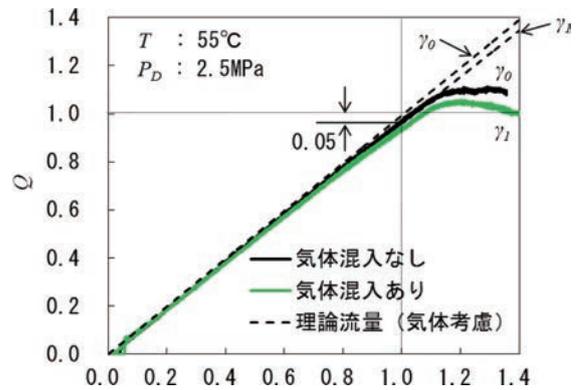


図4 回転数-流量特性結果

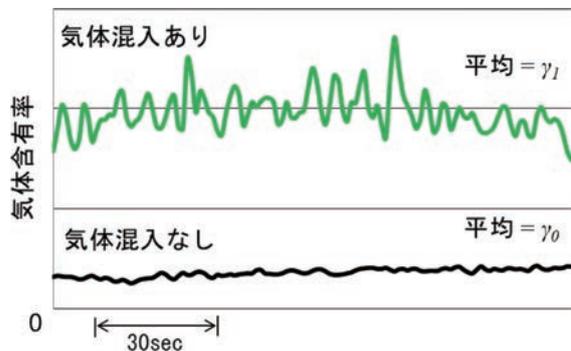


図5 気体含有率計測結果

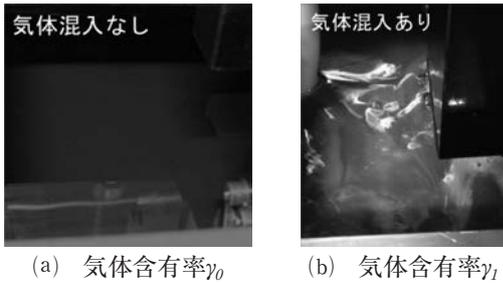


写真2 タンク内油の表面状態

2.4 実験結果（ベーン室内部圧力）

次に気体を混入していない状態（気体含有率 γ_0 ）において、回転数一定でベーン1室に着目して、吸込み行程から吐出行程までの内部圧力を計測した結果を図6に示す。 $R=1.0$ 以下においては、圧力脈動の成分に違いがあるものの、その変化傾向は類似している。しかし $R=1.2$ では、吸込み行程が終了して圧縮行程に移行しても圧力が上昇せず、 $R=1.0$ 以下と比べてベーン室内部の状態が変化したことが窺える。これは、高回転による吸込み圧力の低下に伴ってキャビテーションが発生し、同時に油中気体の膨張が起こることで、これらの気体の圧縮性によって昇圧が妨げられたと考えられる。

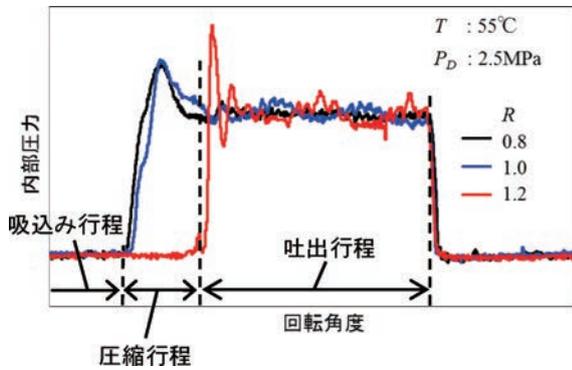


図6 ベーン室内部圧力計測結果

生ずるキャビテーションを精度よく予測できないことに起因する。従って、高精度な内部圧力予測には、ポンプ内部の気体の挙動や状態変化を予測するCFDモデルが必要となる。

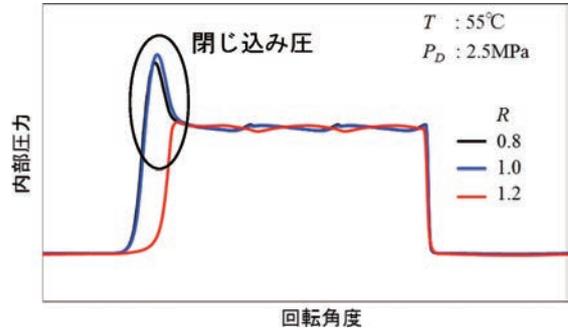


図7 ベーン室内部圧力解析結果

表2 解析条件一覧

流体パラメータ		Unit	
油	温度	55	℃
	密度	815	kg/m ³
	粘度	0.0032	Pa・s
	体積弾性率	1.52	GPa
	蒸気圧	400	Pa (Abs.)
気体	密度	1.23	kg/m ³
	粘度	1.79×10^{-5}	Pa・s
境界条件			
入口圧		0	MPa (Gage)
吐出圧		2.5	MPa (Gage)
回転数R		0.8~1.4	—
流体モデル			
二相流流れ		均質媒体モデル	
粘性		層流モデル	
キャビテーション		Singhal モデル	
格子			
移動境界		スライディングメッシュ法	
ベーン室		六面体格子	
その他		四面体格子	
最小セルサイズ		5×10^{-5}	m
総セル数		約300万セル	
計算			
CPU (64bit PC)		E5-1650V3, 32GB RAM	
時間		2-4日	

3 CFD解析技術

3.1 従来解析技術（集中定数モデル）

ベーン室内部の平均圧力を予測する技術として、社内では集中定数モデルによるベーンポンプの内部圧力予測ツールを開発している⁹⁾¹⁰⁾。これを用いて前述の実験結果を予測すると図7となる。これを図6の実験結果と比較すると $R=1.2$ （赤線）において、閉じ込み圧に大きな差異が見られ、更に吐出行程における圧力変動も予測できていない。これは、集中定数モデルでは気体の挙動を考慮することが困難であることに加え、2.4節で述べたベーン室内部で発

3.2 CFD解析

CFD解析には市販ソフトPumpLinx[®] (Simetrics社)を用いた。表2に主な解析条件の一覧を示す。

本解析では、キャビテーション予測にSinghalモ

デルを用いて、二相流を均質媒体モデルと仮定して扱っており、更に非定常解析においてベーン室の回転運動も考慮している。このベーン室モデルは回転とともに格子形状が変形するため、計算負荷の軽減および計算精度の向上を狙い六面体格子を用いた。解析に用いた計算格子例を図8に示す。このときの計算格子は合計約300万セルであり、ベーン室は全体の3割ほどを占めている。なお回転数が高い領域では、計算格子を小さくすることで精度を確保した。

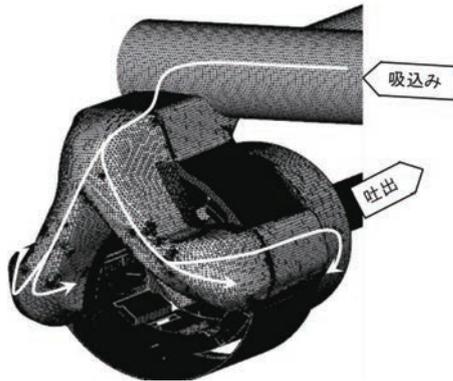


図8 計算格子

3.3 CFD計算結果（回転数—流量特性）

計算対象は実験同様、図1で示したベーンポンプで、ベーン室までの油路を構成するカムリングの切欠き（図9）をパラメータとして結果の比較を行った。切欠きのないカムリングをType A、切欠きを設けたカムリング2種をType B、Cとして図10に示す。なお、カムリングType B、Cは切欠き深さが異なり、Type CはType Bの2倍の切欠き深さとした。これら3つのカムリングを用いて、気体を混入していない状態（気体含有率 γ_0 ）にてCFD解析を実施し、吐出流量の1回転平均を求めた。カムリングType Aにおいて、キャビテーションモデルを考慮しない場合のCFD結果は図11の白抜き丸でプロットされ、理論流量を示す点線に近く、高回転域では実験結果（黒線）を予測できていない。そこで次に、キャビテーションモデルを考慮して解析を行った。その結果、黒丸でプロットされる結果は、 $R=1.0$ 以上の顕著な流量低下も実験結果を良好に再現できていることが確認できる。

同様に、カムリングType B、Cの実験・CFD結果をそれぞれ紫色、橙色でプロットしている。これら両カムリングではType Aに比べ、 $R=1.0$ 以上の高回転域での流量が増加しており、解析結果も精度良く予測できていることが分かる。なお、切欠き深さ違いによる流量差は実験・CFD結果ともに小さいことが確認できる。

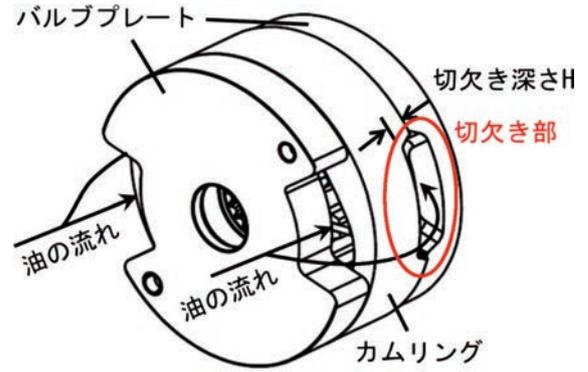
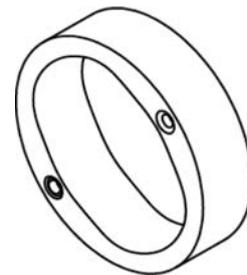
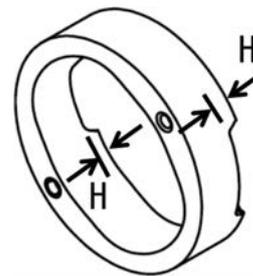


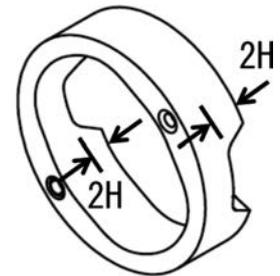
図9 カムリングの切欠き位置



(a) Type A



(b) Type B



(c) Type C

図10 カムリング形状

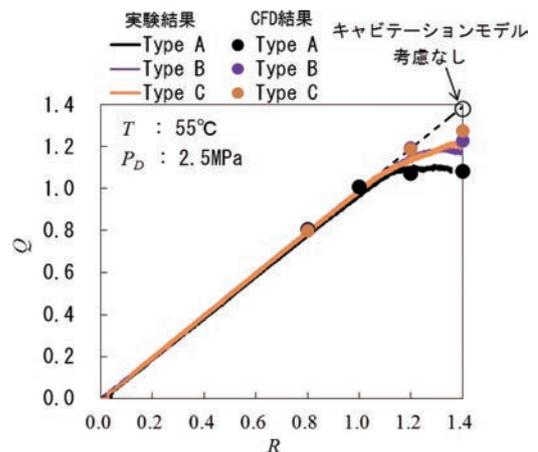


図11 回転数-流量特性比較（気体含有率 γ_0 ）

次に油に気体を混入した（気体含有率 γ_1 ）結果を図12に示すが、この場合も実験とCFDの結果は概ね一致していることが分かる。また、気体を混入し

た状態では切欠き深さの影響が顕著となり、図11では見られなかった形状違いによる流量差が生じ ($R=1.1$ 以上)、カムリングType CはType Bに比べて油を多く吸い込んでいることも分かる。このように回転数-流量特性において、キャビテーションモデルを考慮したCFD解析により実験結果を精度よく予測できるようになった。また、 $R=1.4$ におけるカムリングType Cの流量予測誤差を図13に示す。ここで、 γ_2 は γ_0 の約15倍の気体含有率であり、いずれの条件でも誤差が5%以下で予測できている。

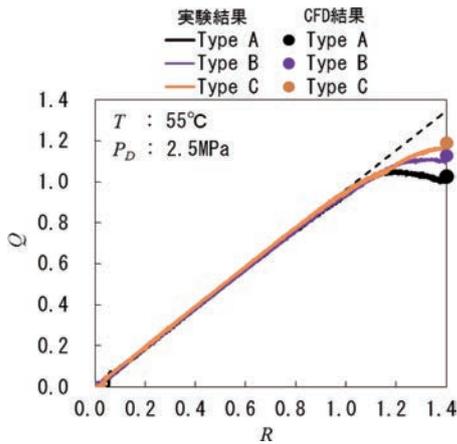


図12 回転数-流量特性比較 (気体含有率 γ_1)

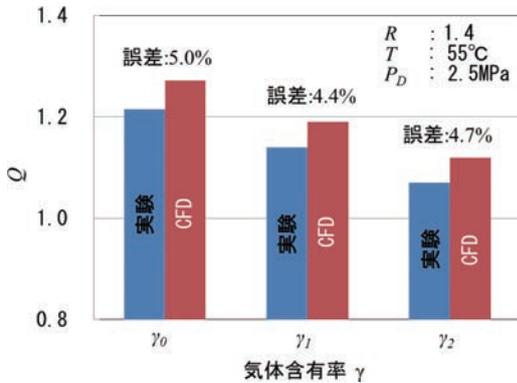


図13 気体含油率別流量予測誤差

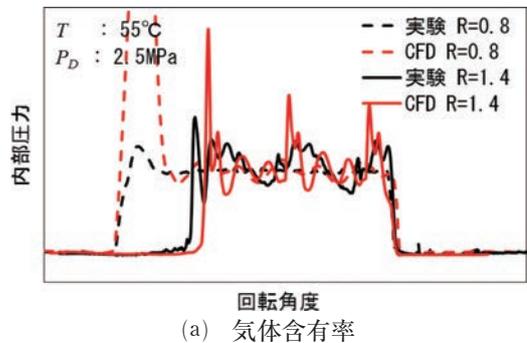
3.4 CFD計算結果 (ベーン室内部圧力)

ベーン室内の内部圧力について実験結果とCFD結果の比較を図14に示す。なお実験と解析に用いたカムリングはType Cであり、図14(a)は気体含有率 γ_0 の場合、同図(b)は γ_2 の場合となる。実験結果とCFD結果を比較すると、閉じ込み圧はCFD結果の方が大きくなっている。これはポンプ内部の漏れ流量を考慮していないことが要因であり、実際のポンプではベーン先端やロータの側面などのクリアランス部から油の漏れが生じて圧力が低下するのに対して、CFD解析では実験より閉じ込み圧が過大に発生することになる。一方、昇圧開始点の遅れや圧力変動

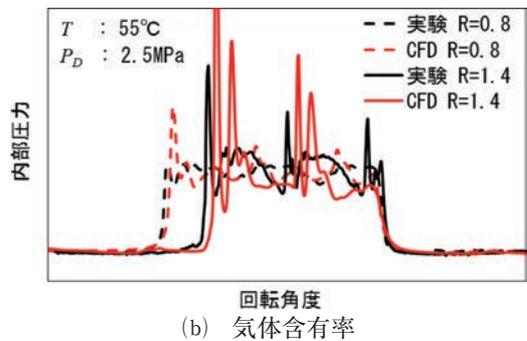
は、実験結果と同様に比較的顕著に表れており、集中定数モデルに比べて予測精度が向上している。

次にベーン室内の気体状態を分析するため、解析における気体含有率を図15にコンタ表示する。なおコンタ表示は飽和蒸気圧を等値面とする。図15は $R=1.4$ の時のベーン室内の内部状態の解析結果であり、図15(a)はカムリングType B、(b)はType Cとなる。コンタ表示している部分は気体が発生している部分であり、暖色部が高い気体含有率を表している。図より高回転時にはベーンの移動速度が速くなるため、(a)(b)とも吸込みポート部の圧力が低下して気体(キャビテーション)が発生していることが分かる。またカムリングType Bでは、吸込み不足によってベーン室への油の充填が不十分となるため、ベーン室内の内部圧力が低下し、ベーン後方に多くの気体が存在することになる。こうした結果、特に吸込みポートから離れた領域(ベーン室中央)では油の充填量が減少し、ポンプの吸込み量は低下する。一方、カムリングType Cでは切欠き深さを大きくすることによって、Type Bに比べてベーン室に油が充填されやすくなるためベーン後方の気体も減少し、油の吸込み量が増加することが分かった。

このように、CFD解析によってベーン室内の気体状態の分析までが可能となり、高回転化のための理論的な設計検討を行うことが出来るようになった。



(a) 気体含有率



(b) 気体含有率

図14 ベーン室内部圧力比較

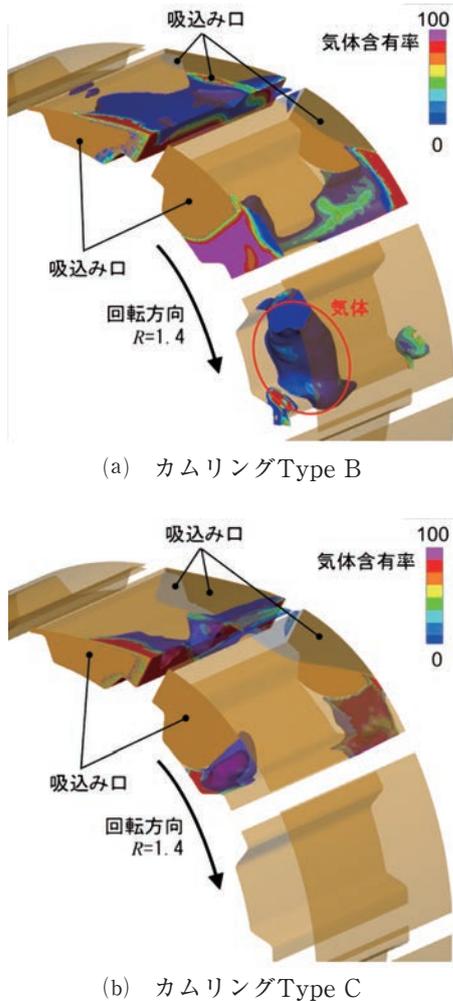


図15 ベーン室の気体含有率

4 結言

本報では、ベーンポンプの高性能化を目的としたCFD解析への取り組みとして、回転数-流量特性と内部圧力を例に、実験的検証も含めた内容を紹介した。

以下に本活動で得られた成果をまとめる。

- ①CFD解析において、油中気体を考慮した解析を行い、回転数-流量特性において予測誤差が5%以下と高精度な解析が可能となった。
- ②ベーン室の内部圧力に関して、ポンプ回転数の上昇、また油中の気体含有率が増加に伴い、昇圧開始点が遅れることを実験と解析で示した。
- ③高回転時には吸込みポート近傍に発生するキャビテーションと、ベーン室内に生じる気体によって吸込み量が減少することが分かった。

今後は、内部圧力予測などの高精度化を図るため

に、ポンプの内部漏れのモデル化やキャビテーションモデルのパラメータ最適化を進める。そして、将来的には駆動トルクや、更に振動・騒音といった品質特性にまで予測技術を適用することで、ベーンポンプの高性能化に貢献していく。

参考文献

- 1) Noguchi, E., Nagata, K., Evaluation Method for the Noise of Hydraulic Power-Steering System, FISITA World Automotive Congress, F2000H183, 2000
- 2) Singhal, A. K., Athavale, M. M., Li, H., Jiang, Y., Mathematical Basis and Validation of the Full Cavitation Model, J. Fluids Eng., Vol.124, Issue 3, pp. 617-624, 2002
- 3) Zwartl, P., Gerber, A., Belamri, T., A Two-Phase Flow Model for Predicting Cavitation Dynamics, ICMF 2004 International Conference on Multiphase Flow, No. 152, 2004
- 4) Washio. S., Recent Developments in Cavitation Mechanisms, Elsevier Science & Technology, ISBN: 9781782421764, 2014
- 5) Campo. D., et. Al., Numerical Analysis of External Gear Pumps Including Cavitation, Journal of Fluid Engineering, Vol. 134, Trans. of ASME, 2012
- 6) Gao, H., Lin, W., Tsukiji, T., Investigation of Cavitation Near the Orifice of Hydraulic Valves, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G, Vol. 220, Journal of Aerospace Engineering, pp. 253-265, 2006
- 7) Tsukiji, T., Nakayama, K., Saito, K., Yakabe, S., Study on the Cavitating Flow in an Oil Hydraulic Pump, Proceedings of 2011 International Conference on Fluid Power and Mechatronics, pp.253-258, 2011
- 8) Suematsu, J., Tsukiji, T., Experimental and Numerical Flow Analysis in Hydraulic Vane Pump, Proceedings of KSFC2015 Autumn Conference on Drive & Control, pp. 3-7, 2015
- 9) Nagata, K., Takahashi, K., Saito, K., A Simulation Technique for Pressure Fluctuation in a Vane pump, 8th Bath International Fluid Power Workshop, pp. 169-183, 1995
- 10) Yakabe, S., Nagata, K., Reduction of Pressure Fluctuation in a Vane Pump Using Genetic Algorithm, Fifth JFPS International Symposium, pp. 271-276, 2002

著者



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。油圧機器の研究開発ならびに振動騒音関連業務に従事。



中村 善也

1997年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室主幹研究員。博士（工学）。社内コア技術を適用した研究開発に従事。



矢加部 新司

1995年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室主幹研究員。油圧機器の研究開発ならびに振動騒音関連業務に従事。



渡辺 博仁

1993年入社。技術本部CAE推進部相模分室専任課長。解析業務ならびにCAEホスト管理業務に従事。



中村 和久

2009年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。油圧機器の研究開発ならびに振動騒音関連業務に従事。

舞台機構操作卓 (K-compo SystemM)

鈴木 慎也

1 はじめに

劇場の概要を図1に示す。吊物機構や床機構を操作する舞台機構操作卓は、当社（カヤバ システム マシナリー(株)）が舞台機構の業界に参入した1983年頃から舞台機構の制御はコンピュータ制御の時代に入りつつあった。

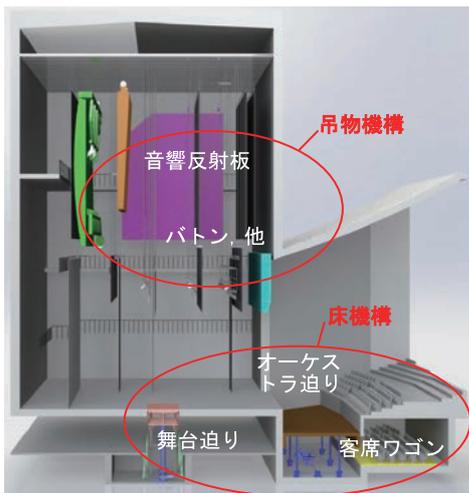


図1 劇場の概要（舞台袖から見た断面）

当社は1993年に本格劇場向けに開発した操作卓（第1世代）に始まり、第2世代経て第3世代といえる操作卓「K-compo SystemM」（写真1）を開発



写真1 舞台機構操作卓（K-compo SystemM）

した。本報では2014年10月に上田市交流文化芸術センターを皮切りに市場投入し、2015年10月に東海市芸術劇場、2016年5月に長野市芸術館と、3つの劇場に納入し好評を得ている操作卓の概要について紹介する。

「K-compo SystemM」は当社名カヤバシステムマシナリー（KAYABA SYSTEM MACHINERY）の略称（KSM）をイメージする登録商標とした。

外観については、意匠登録申請中である。

2 当社の舞台機構操作卓の遷移と開発背景

2.1 第1世代（1993年～2006年）：専用操作卓

コンピュータ制御が舞台機構に取り入れられて、飛躍的な進歩を遂げた時代。この頃は劇場毎の舞台機構仕様による専用操作卓になっていた（写真2）。



写真2 第1世代の操作卓（デスク型）

2.2 第2世代（2007年～2013年）：モバイル操作卓

舞台機構を安全に運用できるように、コンパクト化した操作卓を舞台面に移動し、舞台機構の動きを確認しながら操作ができるモバイル操作卓を開発した。第1世代の操作卓ではマニュアル操作^{注1)}、プログラム操作（CUE運転）^{注2)}は一体化されていたが、それを分離させることで小型化を可能とした。特に、マニュアル操作に関しては、操作機器の大部分をタッチパネルに集約して小型化し、持ち運び可能と

した。また、形状を標準化することで、どの劇場にも同じ操作卓を納入できるようにした (写真3)。



写真3 第2世代の操作卓 (モバイル操作卓)

2.3 第3世代 (2014年～) : K-compo SystemM

第2世代のモバイル操作卓はコンパクトさや持ち運びができるといった優位性がある反面、樹脂成型で作られているため、性能向上を目的とした画面の大型化に対応ができない。また、操作機能を増やしたいといった顧客要望に対して、対応ができないという課題があった。

更に画面設計やソフトウェアは劇場毎に作成しており、ソフトウェア制作費・検査調整時間が低減できない問題もあった。

K-compo SystemMの開発に当たっては、モバイル操作卓の特徴であった、コンパクトさや形状の標準化を踏襲しつつ、課題を克服するために以下の3つの目標をたてた。

- (1)制御技術の進歩 (画面の大型化やCPU性能向上による高速処理化) を容易に取り込めるシステムにする。
- (2)操作部は機能バリエーションの組み合わせが選べるものにする。
- (3)基本ソフトウェアは、全ての劇場で共通化できるものとする。

注1) 作動させたい機構を選択し、上昇又は下降させる操作。操作する前に、目標位置を入力したり、作動速度を指定することもある。

注2) 事前に作動させたい機構、目標位置、作動速度を登録しておき、作動させたいタイミングで「GO」ボタンを押すことにより再生させる操作。

3 K-compo SystemMの概要

3.1 操作機能の組み合わせが出来る構成

「画面部」と「操作部」を分離し、操作部 (モジュール) を組み合わせ・追加できる構成とした (図2)。

3.2 画面部

モバイル操作卓 (第2世代) の画面は、15インチ

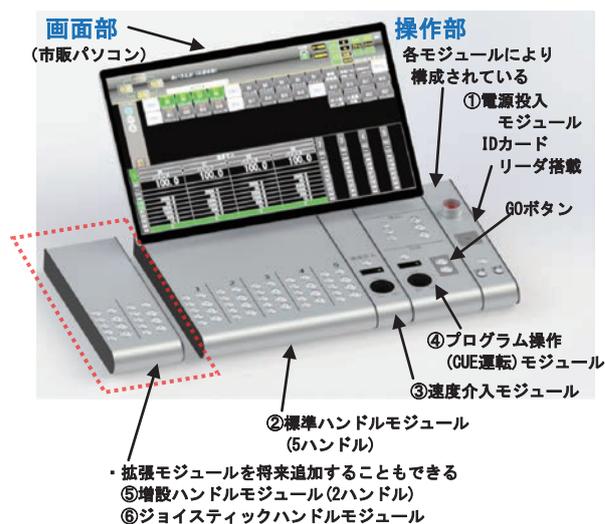


図2 K-compo SystemMの構成

であったが、操作性及び視認性を考慮して23～27インチの大きさとし、画面のタッチスイッチを大きくし、且つ色分けによって機構を判別しやすい設計とした。また、市販パソコンを採用し、モデルチェンジや技術の進歩による画面大型化やCPU性能向上などの変化に柔軟に対応できるシステムとした。

図3は、操作画面の一例である。



図3 舞台機構操作卓の操作画面

3.3 操作部

「操作部」については、操作機能を整理・分類し、下記の操作機能別にモジュール化した構成とした。

- ①電源投入モジュール (IDカードリーダ搭載)
- ②標準ハンドルモジュール (5ハンドル)
- ③速度介入モジュール
- ④プログラム操作 (CUE運転) モジュール
- ⑤増設ハンドルモジュール (2ハンドル)
- ⑥ジョイスティックハンドルモジュール

劇場の規模や顧客要望によって、モジュールの構成を変更したり、将来に拡張モジュール (増設ハンドル、ジョイスティック) の追加ができることが大きな特徴である。

また、万が一の故障の際にもモジュールだけを取り外すことができ、操作卓一式を修理する必要がないというメリットもある。

以下に、標準構成に増設ハンドルモジュール（2ハンドル）を追加した例を示す（写真4）。



写真4 増設ハンドルモジュール追加例

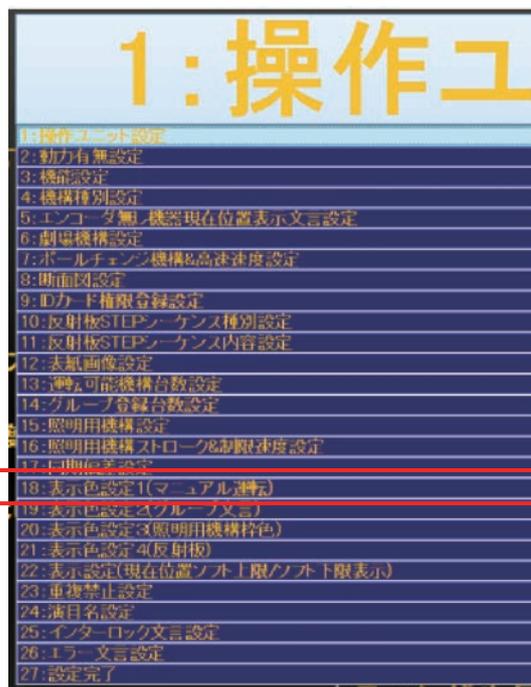


図4 劇場設定一欄画面

4 ソフトウェアの共通化

従来、劇場毎に作成していた操作方法や表示方法を見直し、基本仕様や画面表示の方法をパラメータ化することで、全ての劇場で共通化できるようにした。

機構の数、仕様の違い、種類の違いを、26項目のパラメータで設定することにより、それぞれの劇場に合った画面を作り上げられるようにした。

ソフトウェアの共通化の狙いとして、次の3つがあげられる。

- (1)ソフトウェア制作費の低減.
- (2)ソフトウェアの信頼性の向上.
- (3)基本仕様や画面仕様のパラメータ化により、納入後の柔軟な設定変更が可能.

図4に劇場設定一欄画面を示す。

図5に1例として、「18: 表示色設定1（マニュアル運転）画面劇場設定」の表示色設定1（マニュアル運転）画面を示す。

この画面では、画面中のボタン及び文字の色の設定を行う事が可能である。



図5 18: 表示色設定1（マニュアル運転）画面

更に、IDカードには、「操作可能な機構の制限」,「表示させる画面の制限」,「音響反射板の操作制限」等、オペレータの技量に合わせた操作制限を登録できるようにした（図6）。

5 その他の操作機能について

5.1 オペレータ認証機能の追加

従来の操作卓は、安全管理者がキーにより電源のON/OFFをしていたが、キーをIDカードに変更することで、アクセス制限によるセキュリティー機能を高めた。また、IDカードにログイン機能を設け、「いつ誰が使用したか」を管理できるようにした。



図6 IDカードリーダー

5.2 音響反射板操作方法の見直し

音響反射板のセット／格納操作は、大型構造物である音響反射板が舞台上を移動するため、その動きを十分理解した上で操作することが必要とされる。

音響反射板の操作は、セットから格納まで一連の操作手順をステップ毎に表示し、ステップ毎の動きを3D画像で表現した。安全且つ、オペレータにやさしい操作ができるように工夫した（図7）。

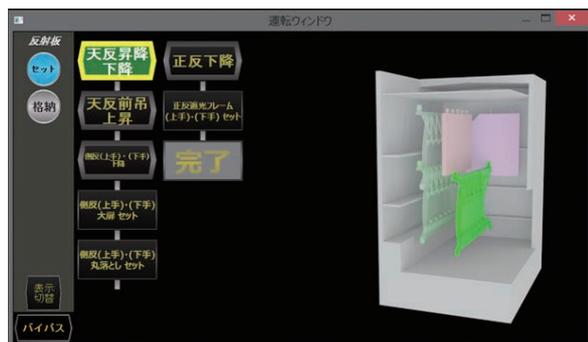


図7 音響反射板運転画面

5.3 プログラム操作 (CUE運転) の標準搭載

公演を円滑に進行させるためのプログラム操作 (CUE運転) を標準搭載した。

公演データを登録して「GO」ボタンを操作することで、そのシーンで動かしたい機構を、目的の位置まで設定した時間 (速度) で作動させることができ、画面は進行に合わせて次のシーンに自動的に切り替わる。それを繰り返し操作することで、機構を登録された位置・速度で正確に作動させることができる。また、リハーサルを念頭においた「頭出し操作^{注3)}」も標準搭載している。

5.4 拡張モニタの追加

様々な情報を一度に見れるようにするため、表示画面を増やしたいという要望が多くあったことから、モニタを追加できる構成とした（写真5）



写真5 拡張モニタの追加例

拡張モニタには、現在位置、断面、故障履歴、インターロック等を表示させることができる。

注3) 公演のリハーサル時に、どのシーンから稽古を始めるかを指定すると、指定されたシーンの1つ前のシーンの目標位置に到達した状態に機構を作動させる操作。

6 おわりに

操作機能をモジュール化した組み合わせにより操作部を構成するという発想は、国内はもちろん海外にも例がなく、独創的な舞台機構操作卓になったと自負している。

今後はモジュールの種類を増やしたり、ソフトウェアのバージョンアップを行い使いやすさを向上させたり、細やかな対応ができるようにしていきたいと考えている。

K-compo SystemMが、今後多くの劇場で活用され、この業界の標準的な操作卓になることを期待している。

最後に、今回のK-compo SystemMの開発にあたっては、多くの劇場関係者から貴重な助言や、協力があったことを書き添えるとともに、本誌をお借りして厚くお礼申し上げます。

著者



鈴木 慎也

1989年入社。カヤバシステムマシナリー(株)三重工場技術部専任課長。舞台機構電気制御の設計に従事。

製品紹介

7～9tショベル走行用油圧モータ MAG-50VP-1100

川畑香織・松阪慶太・阪井祐紀

1 はじめに

近年、ショベルは作業性向上・機能追加に伴い車両重量が増加傾向にある。また、市場では走行走破性向上の要求が高まり、走行用油圧モータの高出力化の要求も高まっている。

本報では、7～9tショベル走行用油圧モータMAG-50VP-1100シリーズの特徴・構造・仕様について紹介する。

2 本製品の概要

2.1 本製品の内部構造

本製品はクローラ用ケース回転型減速機付き油圧モータである。KYBのラインアップを図1に示す。従来製品(MAG-50VP-900シリーズ)の出力トルク: 8.83kN・mではショベルメーカーからの要求トルク(約10kN・m)に対応できない。よって、従来製品をベースとして高出力トルク化を図った本製品(MAG-50VP-1100シリーズ)の開発が急務であった。

本製品の外観を図2に示す。走行用油圧モータの

内部構成は図3に示すように制御バルブ部、斜板式ピストンモータ部、減速機部からの構成となっている。



図2 本製品の外観 (MAG-50VP-1100F)

適応車両質量 [t]									形式	最大出力トルク [kN・m]
1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0		
■									MAG-12V-120	1.18
	■								MAG-18V-230	2.16
		■							MAG-18V-350	3.14
			■						MAG-26V-400	3.92
				■					MAG-33V-650	6.37
					■				MAG-50V-900	8.83
						■			MAG-50VP-1100	10.8

適応車両質量 [t]								形式	最大出力トルク [kN・m]
10	15	20	25	30	35	40	40以上		
■								MAG-85VP-1800	17.7
	■							MAG-85VP-2400	23.5
		■						MAG-170VP-3800	36.8
			■					MAG-180VP-6000	56.0
				■				MSF-340VP	1.58 (モーター単体)

図1 走行用油圧モータのラインアップ

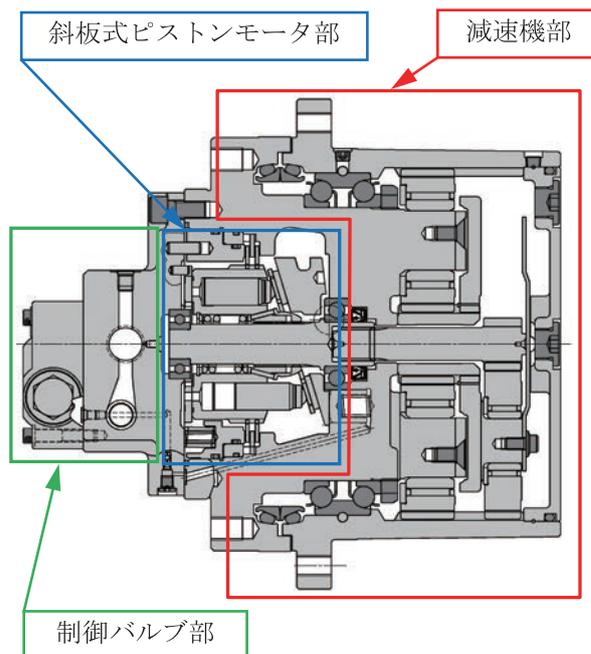


図3 走行用油圧モータ断面

2.2 主な特徴

当社の走行用油圧モータの主な特徴を下記にまとめる。

- ①クローラ駆動用に最も適したケース回転型の専用設計であり、クローラ幅に収まる小型設計である。
- ②ケース回転型遊星減速機と油圧ピストンモータの採用によりショベルに必要な走破性（=高出力）を実現している。
- ③カウンタバランスバルブ搭載により降坂時での逸走を防止する機構を備えている。
- ④移動モードと牽引モードの変速機構を搭載しており、負荷を検知して高負荷になると牽引モードに変速する自動変速機構を装備することが選択可能である。移動モードと牽引モードは変速機構搭載により同流量で最大2倍の高速移動を可能としている。
- ⑤ショベルの作業環境によっては傾斜地での作業性・停留性が求められる。駐車ブレーキ機能搭載により傾斜地での作業・停車を可能にしている。また、駐車ブレーキ機能搭載を法規化している地域もある。

3 高出力化への課題

走行用油圧モータを高出力化するためには、減速機部の強度向上が不可欠となる。従来手法で弱点強化を行うと大きくなりすぎてしまう。従来製品との外形寸法比較を図4に示す。

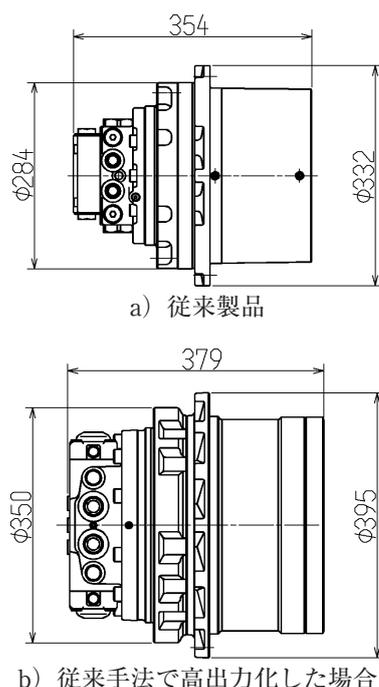


図4 外形寸法比較

ショベルメーカーからの要求として、従来製品との取り付け互換性維持があり、従来機へ搭載可能な事が挙げられており、図5に示す車両側はめあい径と出力側はめあい径を変更することなく、“高出力化”させることが要件となる。

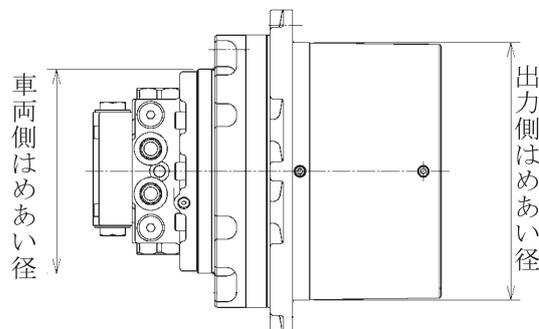


図5 車両取り付けのはめあい径

4 本製品の仕様目標

母機メーカー要求出力トルクと車両重量の分布を図6に示す。ショベルの作業効率アップのため近年ではショベル質量は増加傾向にあり、それに伴い母機メーカーの要求出力トルクは増加傾向にある。

本開発品では将来市場の動向を考慮し、従来製品と取り合い寸法は変更せず、出力トルクは従来比約20%以上向上することを目標とした。

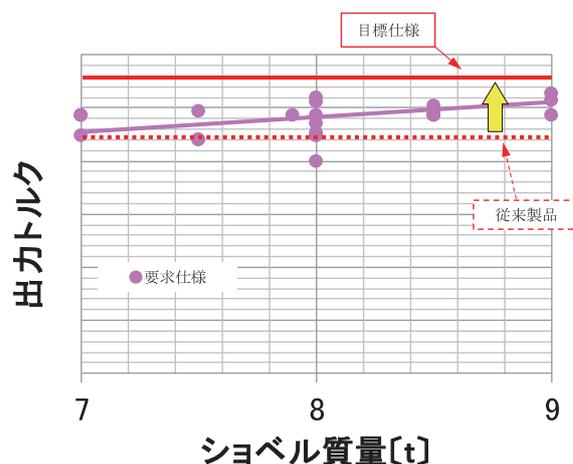


図6 7～9t系ショベルのショベルメーカー要求出力トルクとショベル質量

5 高出力化の開発技術

5.1 減速機作動原理

ここで遊星ケース回転型減速機の作動原理を説明する。

図7に遊星2段減速機のスケルトン図^{注1)}を示す。

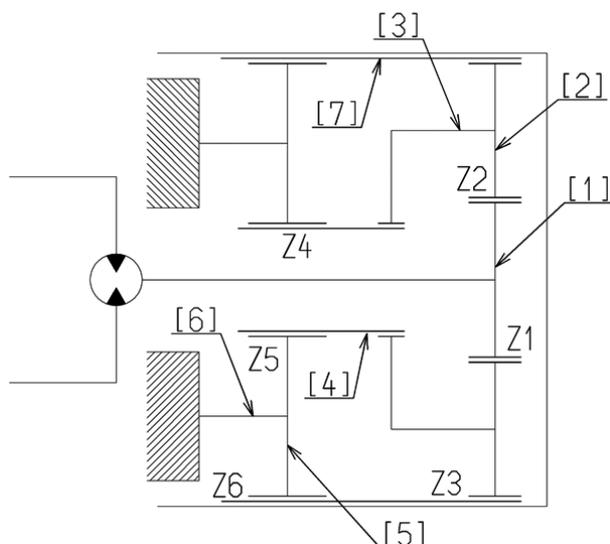


図7 減速機スケルトン図

[1] ドライブギヤは [3] ホルダに保持されている [2] プラネタリギヤAに, [4] サンギヤは [5] プラネタリギヤBにかみ合っている. [6] フランジホルダは機体に固定され, [2]・[5] の各プラネタリギヤは [7] リングギヤとかみ合っている. ピストンモータからの駆動力は [1] ドライブギヤに伝達され, 各歯車によって減速される. それにより駆動力は最終段の機体に固定されている [6] フランジホルダの [5] プラネタリギヤBを介して, [7] リングギヤに伝達される. [2] プラネタリギヤAからも駆動力は伝達される.

注1) スケルトン図は構造を簡略的に表した模式図のこと.

5.2 高出力化検討

開発品では従来外形寸法を変更することなく高出力化改良を行った. その内容の一部を以下に説明する.

(1) 歯車強度

歯車はモジュールが大きいほど強度・耐久性は向上する. しかしモジュールを変更すると, 減速機が直径方向に大型化するため従来製品と同じ取り合い寸法での構成が困難となる.

そこで歯形形状の見直しとレイアウト変更により歯車軸の剛性を向上させると同時に, 歯車同士のかみ合いの適正化を図り高出力化に対応した.

(2) 歯車軸剛性

歯車自体の強度が向上しても, 適正なかみあい状態にならなければ歯面にピッチング等の損傷が発生するため耐久性は向上できない. 適正なかみ合いを確保する為には軸剛性が重要な要素となる.

そこで, 減速機構成部品を組み合わせた全体の剛性バランスを検討し, 適正化することで, 高出力下でも従来製品と同等の軸たわみ量に抑える軸剛性を確保した.

(3) 軸受け

高出力に伴い高負荷容量型の軸受けの採用は不可欠となる. 但し, 要求負荷に耐える高負荷容量軸受けは, 軸受サイズが大きくなり製品寸法も大きくせざるを得ない. 本製品ではローラの形状を適正化することで耐久性を確保した.

(4) 車両取付け部

高トルク化に伴って車両取付け部への反力も高くなる. そのため, 車両側と出力側の締結ボルト穴数を増やす必要がある. 車両側は従来製品の締結ボルト穴位置を変えずに, 締結穴を追加する形状を採用した. 出力側は締結ボルトピッチ (図8参照) を従来製品と共通として締結本数を増やした. これにより従来機との互換性を有していることで幅広い搭載性を確保することができた.

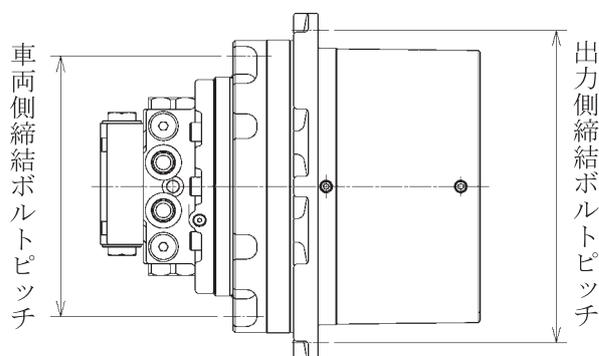


図8 車両取付けの締結ボルトピッチ

6 本製品の特徴

表1に本製品の主な製品仕様を示す. 従来製品と全く同じ外形寸法で従来比約20%の高出力を達成した. トルク向上に伴いボルト締結本数を増やしたが, 車両側・出力側のはめあい径は同じである.

7 今後の課題

近年, 環境に対する意識がますます高まっており, 市場からは省燃費化のため走行モータの高効率化要求も出ている.

7~9tシヨベルやミニシヨベル走行用モータとして高効率化の要求はまだ少ないが, 今後は高トルク化と共に高効率化の要求も高まることが予想される. このような要求にいち早く対応できるよう, 製品開発を行い, 常に市場要求に応えられる製品を世に送り続けていきたい.

表1 本製品と従来製品の仕様一覧

形式	従来製品	本製品（高出力型）	
	MAG-50VP-900	MAG-50VP-1100	
最大等価容積 [cm ³ /rev]	2574	3038	
最大モータ容積 [cm ³ /rev]	50.9	←	
最大圧力 [MPa]	32.0	←	
最大流量 [L/min]	92.0	←	
最大モータ回転数 [rpm]	3600	←	
減速比	50.579	50.579 59.716	
最大出カトルク [N・m]	8826	10787 (22%UP)	
外形寸法 (高さ×最大外径)	354×φ332	356.5×φ332	
取付寸法 (車両側)	はめあい径：φ210 締結穴数：12×M16×2.0	← 締結穴数：14×M16×2.0	
取付寸法 (出力側)	はめあい径：φ265 締結穴数：12×M14×2.0	← 締結穴数：16×M14×2.0	
付属機能	変速機構	装備可能	←
	駐車ブレーキ機能	標準装備	←
	リリーフバルブ	標準装備 (ショックレス)	←
製品質量 [kg]	86.0	←	

8 おわりに

本製品の開発により、走行用油圧モータのラインアップ充実化ができた。本製品は、お客様への納入

著者



川畑 香織

2004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。油圧モータ製品の開発に従事。



松阪 慶太

2008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製品企画開発部第一開発室。油圧モータ製品の開発に従事。



阪井 祐紀

2009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製品企画開発部第一開発室。油圧モータ製品の開発に従事。

を開始している。

また本製品の開発完了により、表2のとおり当社では7～9tショベル用油圧機器としてポンプ、バルブ、シリンダ、旋回モータ、走行モータの油圧システムとしてセット供給が可能となった。

最後に、開発・量産化に当たり、関係各位の多大なるご支援、ご協力に心より感謝申し上げます。

表2 7～9tショベル用油圧機器

区分	7～9tショベル用	
	ロードセンシング用	オープンセンタ用
コントロールバルブ	KVMX-18-14	KVMM-80-XD
ポンプ	PSVL-84	PSVD2-42
シリンダ	KCM	
旋回用油圧モータ	MSG-44P	
走行用油圧モータ	MAG-50VP-1100	

製品紹介

インド向けMR8040X, MR7000Xの開発

岩 波 茂

1 はじめに

KYB-Conmat Pvt. Ltd.(以下KCPL) (写真1) では2013年10月より積載量6 m³のコンクリート・ミキサ車(以下ミキサ車)を生産販売している。インド市場において、緩やかではあるが積載量7 m³、8 m³以上の大型ドラムの需要が出てきている。競合他社は大型のラインアップを保有しており、インド国内の展示会で大型のミキサ車を出展しアピールしていた。KCPLでも7 m³、8 m³のミキサ車をラインアップに追加し拡販につなげるべく開発を行った。新規開発モデル8 m³ミキサ車「MR8040X」および7 m³ミキサ車「MR7000X」である。



写真1 KYB-Conmat Pvt. Ltd.

2 ミキサ車の構成及び仕様

MR8040X及びMR7000X(写真2)の仕様を表1に示す。本開発は先に販売されているMR6010Xのラインナップ追加であるが、ドラムサイズ、メインフレーム、締結構造、水タンク等を変更し、新規開発を行った。

MR8040X, MR7000Xドラムのセンタシエル外径はMR6010Xから変更せず、車両前後方向にドラムを延長して必要積載量を確保し、排出性能、積載性

能、練混ぜ性能、攪拌性能等を満足する仕様とすることでセンタシエル以外のドラム部品の共通化を行った(図1)。

また、センタシエルを伸ばしミキサフレームを共通化することにより開発期間を大幅に短縮することを可能にした。



写真2 MR8040X

表1 仕様一覧表

	MR6010X	MR7000X	MR8040X
ドラム総容積	11.9m ³	12.5m ³	14.4m ³
生コン積載容量	6 m ³	7 m ³	8 m ³
ドラム回転スピード	1-15rpm		
ブレード	2条らせん状、断面C型、ビード付		
シールパイプ	無し、オープンホッパ		
ミキサフレーム	フロントフレーム：Uボルト締結 ローラフレーム：溶接構造		Uボルト締結
駆動方式	サブエンジン P.T.O.(ドライブシャフト)		
油圧ポンプ、モータ	斜板ポンプ、斜軸モータ採用		
オイルクーラ	有り		
水ポンプ	渦巻き式水ポンプ		
水タンク	450L	450L	600L
シュート	脱着式サブシュート		
操作レバー	右1カ所		

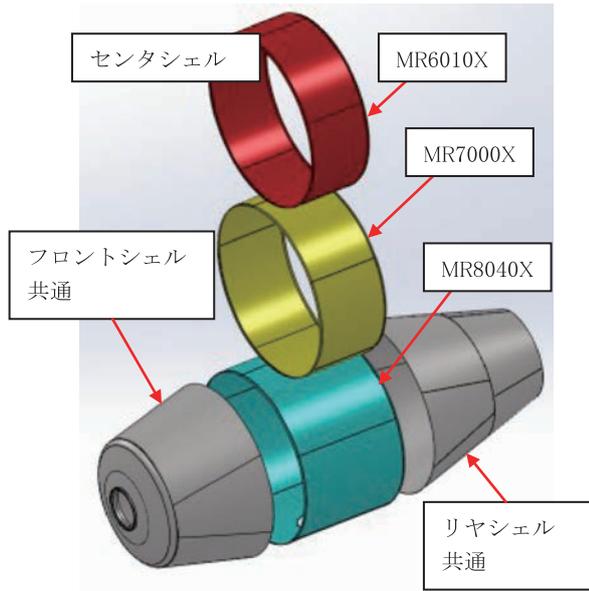


図1 ドラム部品の共通化

3 フレームの開発

3.1 フレーム構造

MR6010XのリヤペDESTALは溶接にて一体物になっており(図2), シャシフレームと上物をボルトで締結している(図3)。リヤペDESTALは溶接構造で組幅が固定されており, 架装するシャシフレームは各シャシメーカーで組幅が異なるためリヤペDESTALをシャシフレーム組幅に合わせ2種類作っている。MR8040Xではシャシ別の対応を共通にするため溶接構造からボルト締め構造(図4)へ変更し, 一体物だった上物をフロントペDESTAL, リヤペDESTAL, ロングメンバの3部品に分割した(図5)。この構造変更によりフロントペDESTAL, リヤペDESTALは共通, シャシフレームとの締結はシャシの組幅に合わせてロングメンバの組幅を変える事でシャシ別の専用部品を削減した。MR6010Xは溶接構造となっているので今後MR8040Xと同様に上物を分割しボルト締め方式へ変更していく。

また, インド国内で流通しているシャシの中には日本国内で流通しているシャシよりもシャシフレーム強度の低い物がある。シャシフレームが弱いと生コン積載時, 走行時等の影響がミキサフレームへ与える影響も大きい。そのようなシャシにも対応するためロングメンバにはクロスバー(図5)を設けフレームを強固な物にした。シャシフレームとの締結に関しては図3に示すような締結箇所を増やしシャシフレームとの剛性を上げている。

3.2 応力評価

通常, 日本国内での開発品は国内で設計, 試作,

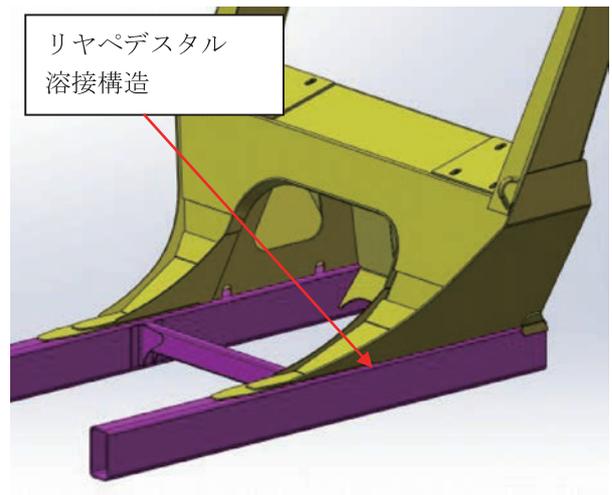


図2 MR6010XリヤペDESTAL溶接構造

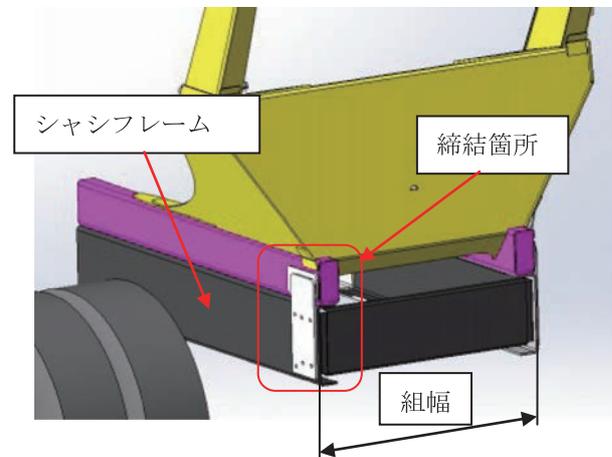


図3 シャシフレーム締結箇所

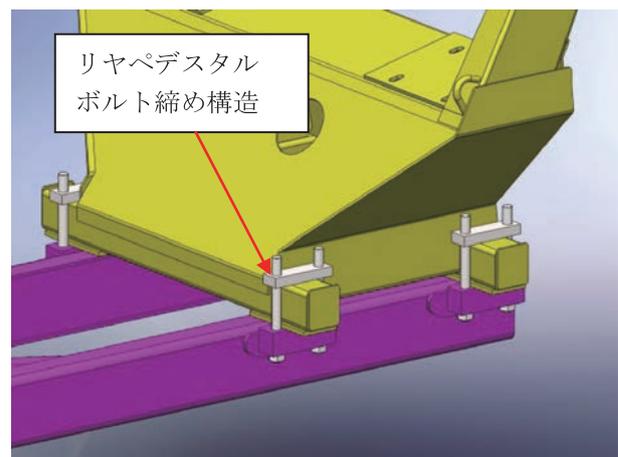


図4 MR8040XリヤペDESTALボルト締め構造

試験まで行すが, MR8040Xは日本で基本設計, FEM構造解析(図6)を行いKCPLで試作した。架装された試作機を使用しインド国内で実機試験を行った。これは日本国内とは道路状況, 生コンを投入するプラント等の環境が異なるため, 現地に合わせた試験

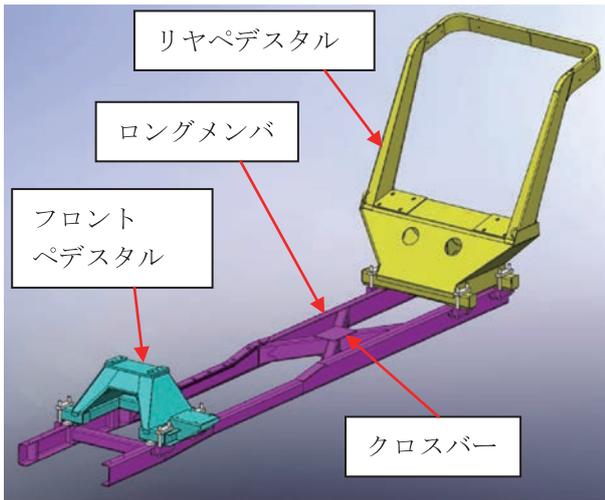


図5 上物の3分割



写真4 スピードバンプ

を実施し性能評価を行うためである(写真3)。

インドの道路状況は日本よりも厳しく、日本の一般道にはあまり見られないスピードバンプ(写真4)なども多く設置されている。

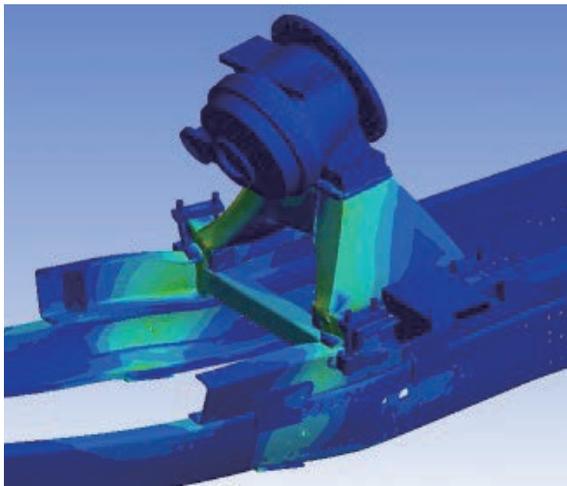


図6 FEM構造解析



写真3 生コンプラント

4 駆動方式

インドのミキサ用トラックはエンジン出力が180PS程度と小さいため、MR6010Xは架装物側で用意したドラム駆動用サブエンジン(図7)を搭載しドラム回転用油圧ポンプ及び水ポンプの動力を得ている。しかしながらここ数年インドへ進出してきたヨーロッパの各トラックメーカーのシャシはエンジン出力が大きく、P.T.O.^{注1)}駆動方式を多く採用している。世界的に見てもP.T.O.駆動方式が主流であり、今後インド国内での需要も見込まれることからMR8040XとMR7000XにはP.T.O.方式を採用した(図8)。こうした背景からMR6010XもP.T.O.駆動方式をラインアップに加えお客様のニーズに合わせた製品を提供できるようになった。

注1) P.T.O (Power take offの略) エンジンから動力を取り出す装置のこと。

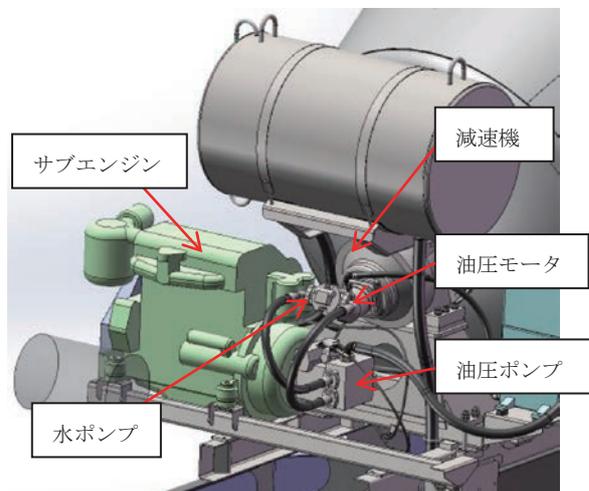


図7 サブエンジン駆動

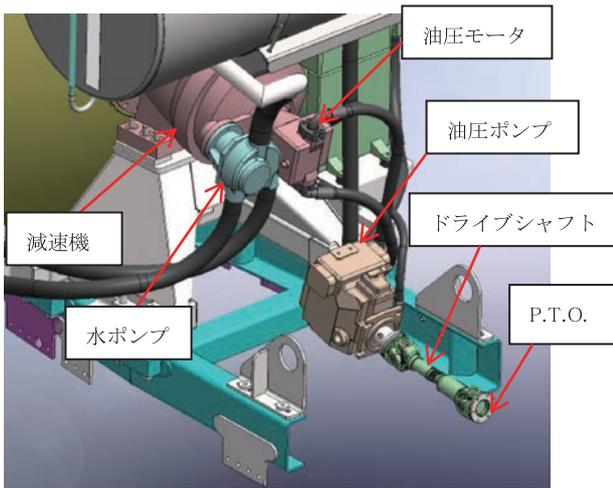


図8 P.T.O.駆動

5 性能評価

5.1 ドラム性能

ドラム性能では積載性能、練り混ぜ性能、攪拌性能、排出性能を確認している。積載性能要求値はMR7000Xは最大積載量7 m³、MR8040Xは最大積載量8 m³をいずれも満足する試験結果であった。練り混ぜ性能は生コンを投入してから排出時までの間にスランプ値^{注2)}が変化していないかを評価する。攪拌性能は練り混ぜと同じく排出途中に生コンを採取し、骨材分布量を評価するもので、出始め、終わりにかけて骨材が均一に混ざっていることが求められ

る。いずれの試験も評価基準を満足するものであった。最後に排出性能であるが、スランプ毎に1 m³排出するための回転数を評価する。少ない回数で多くの生コンを排出することが良いとされる。

優れた排出性能はKYBドラムの特徴の1つであり、インドの一般的なミキサ車よりも早く生コンを排出することが可能となっている。

注2) 生コンの硬さをあらわす値。数字が小さいほど硬くなる。

5.2 油圧機器耐久性

生コン投入から排出、洗車までミキサ車が行う1サイクルの作業のポンプ圧力を測定し、測定結果を基にベンチ耐久試験を行った。インドの使用状況でもMR8040X, MR7000Xの油圧ポンプ、油圧モータは十分な耐久性があることが証明された。

6 おわりに

MR8040X, MR7000Xは基本構造を日本向け仕様を基に設計したが、インド特有の使い方などが現地調査により徐々にわかってきた。今後はKCPL、特装車両事業部でより一丸となり、インド国内及びインドから輸出する周辺地域のお客様のニーズに対応した製品改良を進めていきたい。

最後に、本開発にご協力いただいた関係各位に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



岩波 茂

2013年入社。特装車両事業部熊谷工場技術部。ミキサ架装設計及び開発設計業務に従事。

画像処理による車両誘導技術の研究

佐々木 啓

1 はじめに

近年、自動車、建機、農機などの自動運転の実用化に向けた研究が盛んに行われている。自動車の自動運転に代表されるように、母機メーカーのみならず、IT企業など多くの業種が参入しており、高度な知能化によって従来は人に頼っていた機械操作を自動化する研究が進められている。当社が扱う各種製品でも、この自動化・知能化の流れに沿って、母機メーカーにシステム提案をしていく必要がある。また、比較的安価なカメラが自動運転に利用されることが増えており、カメラの映像から周囲の環境を認識する画像処理技術の重要性が高まっている。

そこで、まずは自動運転の要素技術である、周辺環境認識技術と車両誘導技術、そしてそれらをシステムとして構成する技術を習得するため、自動運転の要素を持ちつつも限定的な環境下で動作する自動車のオートパーキングシステムを研究の対象とした。また、画像処理技術を主軸に自動運転技術を習得するため、カメラを利用して白線のマーカーを認識する白線誘導方式を採用して研究を行った。本稿では画像処理による車両誘導技術について紹介する。

2 システム概要

2.1 白線誘導によるオートパーキングの仕組み

白線誘導によるオートパーキングの入庫・駐車・出庫の流れを図1に示す。車載したカメラで駐車場内に敷設した白線誘導マーカーを認識し、マーカーが示す指示内容に従って自律走行して入出庫を行う。白線誘導マーカーは図2に示すようなマーカーを定義している。オートパーキングの機能を構築するに当たって想定した利用方法は、駐車場入口で降車して車両に入庫を指示することで自動で駐車し、再び乗車する際には事前に車両へ出庫の指示を与えることで駐車場出口前に呼び出すというものである。

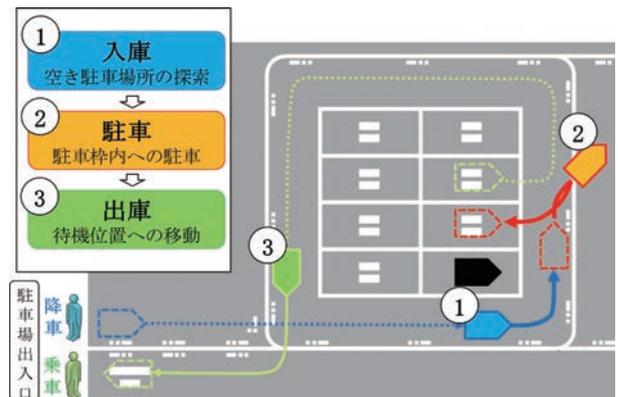


図1 オートパーキングの流れ

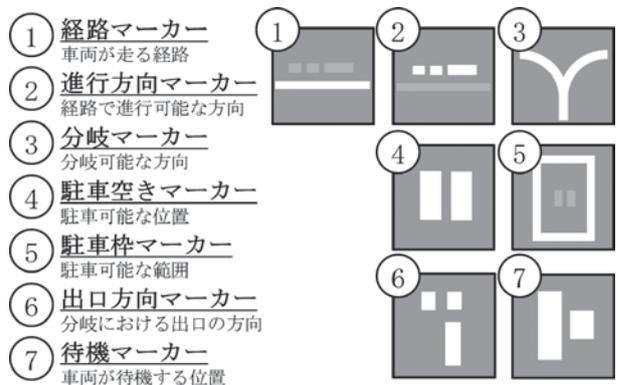


図2 マーカーの一例

2.2 ハードウェアの構成

ハードウェアの構成を図3に示す。ベース車両には研究用にZMP株式会社から市販されている電気自動車RoboCar®MV2自動運転パッケージを用いた。このベース車両はCAN信号によって車両のステアリング、アクセル、ブレーキを制御することができる。このベース車両に、車両の前後左右を撮影する単眼カメラ4台、映像から白線誘導マーカーを認識するための画像処理PCと、認識した結果を元に車両のステアリングなどの操作系を制御する車両制御PCを搭載した。

本研究では、カメラで撮影した白線誘導マーカーを認識するマーカー認識プログラムと、認識結果を

元に車両を誘導する車両制御プログラムを作成した。それぞれのPCにはオープンソースのOSと画像処理ライブラリを利用している。

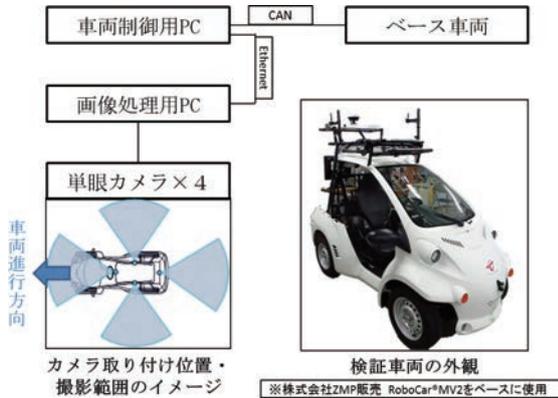


図3 ハードウェア構成

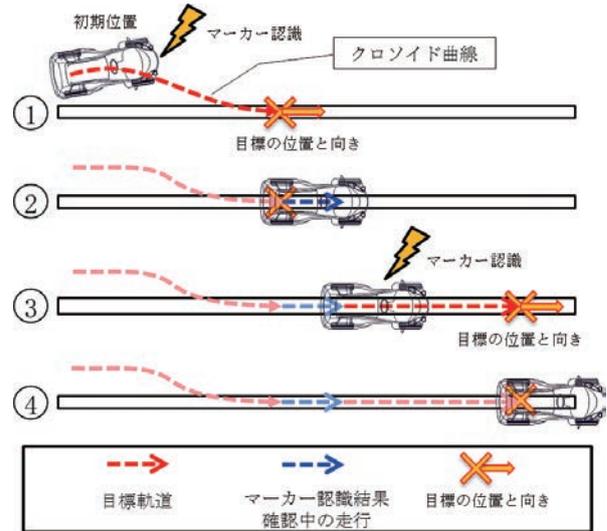


図4 経路への追従走行の流れ

3 車両誘導の仕組み

車両の誘導は、一定周期で認識される各種白線誘導マーカ位置・角度・種類から車両の目標軌道を生成する。この目標軌道に追従するためのステアリングやアクセルなどの指令値を計算し、CAN経由でベース車両側に送信して車両を制御している。

経路へ追従する際の車両制御の流れを図4に示す。まず前方のカメラで捉えた経路マーカの車両に対する位置と角度を認識し、経路からの横方向の偏差を修正して経路と車両が水平になる目標軌道を生成する（図4中①）。この時、走行の始点と終点での車両の位置と角度をつなぐクロソイド曲線^{注1)}を計算して目標軌道を生成している。この目標軌道に追従して走行し、目標地点に到達時にマーカの認識結果を確認する（図4中②）。その後も同様に一定周期でマーカが認識されたタイミングで経路への追従を行う（図4中③、④）。

分岐マーカを検出した場合には、分岐マーカの位置と角度と分岐可能な方向の情報から、分岐可能な方向へ旋回する軌道を生成して分岐を行う。

駐車空きマーカは左右方向に取り付けたカメラで認識し、認識した段階で駐車動作へ移行する。駐車動作では、駐車空きマーカを後方のカメラで捉えられる位置まで移動し、その後に後方のカメラで駐車空きマーカの位置を再度確認して軌道を生成し、駐車空きマーカの真上へと駐車する。

注1) 一定車速で走行中の車のハンドルを、一定の速さで切り込んでいく時に車が描く軌道と近似される曲線。

4 画像処理の流れ

マーカ認識での画像処理の流れを図5に示す。画像処理は主に前処理、本処理、後処理の3つに分類される。カメラから取得した画像（図5中①）に対して、前処理では路面を真上から見た鳥瞰画像へ変換（図5中②）し、白線を抽出するためのフィルタ処理（図5中③）を行う。本処理では、抽出された白線の輪郭を検出（図5中④）し、形状・位置を元に白線誘導マーカの認識（図5中⑤）を行う。後処理では、認識したマーカの位置と角度の座標変換（図5中⑥）などを行う。

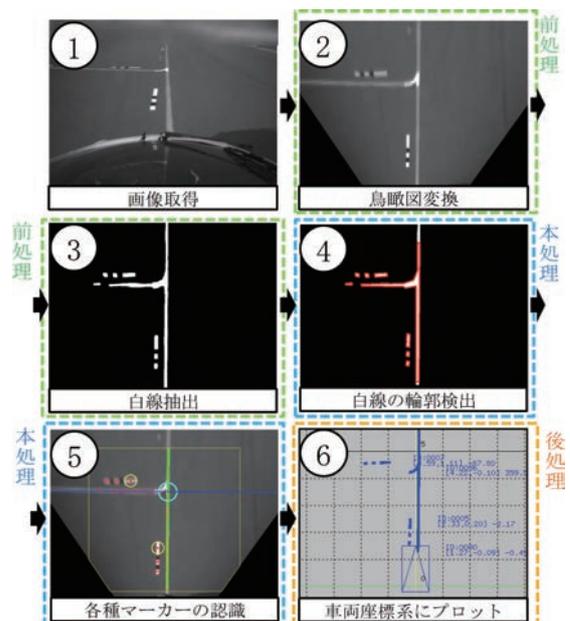


図5 マーカ認識での画像処理の流れ

5 画像処理の要素技術

画像処理での本処理は、輪郭検出と、本報ではグリッドテンプレートマッチングと呼称する手法を利用して各種マーカーを認識する。

5.1 輪郭検出によるマーカー認識

輪郭検出は、画像中の特定領域の形状・位置を検出する処理のことである。この処理で、白線の検出と各種白線誘導マーカーの種類の認識を行う。

検出した白線の輪郭検出の様子を図6に示す。まず、画像を白と黒の2色に変換する二値化処理によって白線を抽出する。次にこの白線抽出画像から白線の輪郭検出を行う。検出した輪郭のうち、四角形だけを白線誘導マーカーの候補として抽出する。この時、四角形に近い輪郭も四角形に近似している。

抽出した白線の輪郭の形状（輪郭長、各辺の長さなど）、それぞれの位置関係から、各種マーカーの種類を認識する。一例として、進行方向マーカー（経路マーカーに対して車両が進める方向を定義するマーカー）を認識する流れを図7に示す。進行方向マーカーは、大小3つの長方形が並んだ形をしている。この形状と配置と同じ条件の白線を画面中から探索し、条件が一致したならば、その白線を進行方向マーカーとして認識する。

経路マーカーについては、画像中の下端から伸びる細く長い白線を検出して認識する。

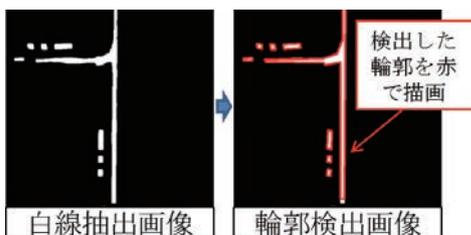


図6 画像中の白線の輪郭検出

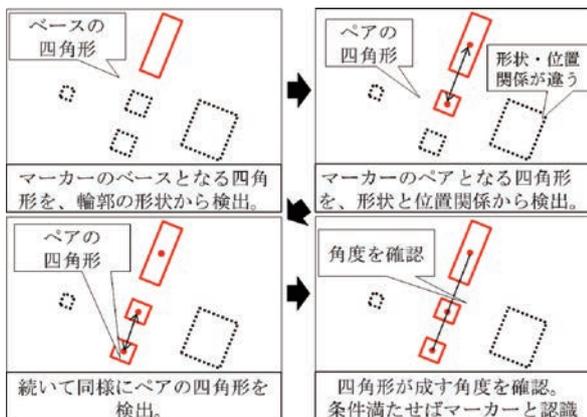


図7 輪郭からマーカーを認識する過程

5.2 グリッドテンプレートマッチングによる分岐マーカー認識

分岐マーカーは曲線部分を持つ独自の形状である。進入方向から曲線もしくは直線で滑らかにつながっている方向に進行することができる。この独特の形状の特徴を認識する必要がある。そこで、図8に示すような①～⑨の9つの複数の領域にマーカーを分割するグリッドセンサと呼称する仕組みを用いる。グリッドセンサは、分岐マーカーの中心を通る白線と、そこから分岐する曲線を捉えやすいように、中央は狭く、両端は広く領域を設定している。また、図8中にあるように領域内の白線の有無で事前に条件を設けて分岐マーカーの候補を絞ることで、パターンマッチングの誤認識率と処理負荷を低減させている。

このグリッドセンサで画面内を探索し、図9に示すような各領域に白線が有るかどうかのパターンとマッチングすることで、分岐マーカーの検出とその分岐の種類を認識する。

また、グリッドセンサによる画面内の分岐マーカーの探索は、前述の輪郭検出で認識した経路マーカーに沿って行うことで、効率的に探索を行い、同時に誤認識を低減している。

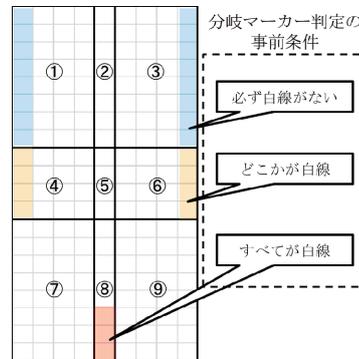


図8 グリッドセンサ

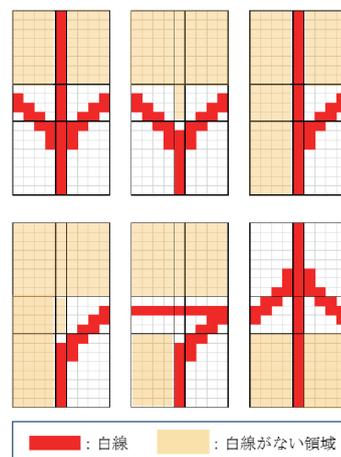


図9 分岐マーカーのパターン一例

6 実験結果

オートパーキングの動作を確認するため、当社テストコースにて模擬駐車場を敷設して実証評価を行った。敷設した模擬駐車場の外観の概略図を図10示す。また、模擬駐車場での実験の様子を図11に示す。

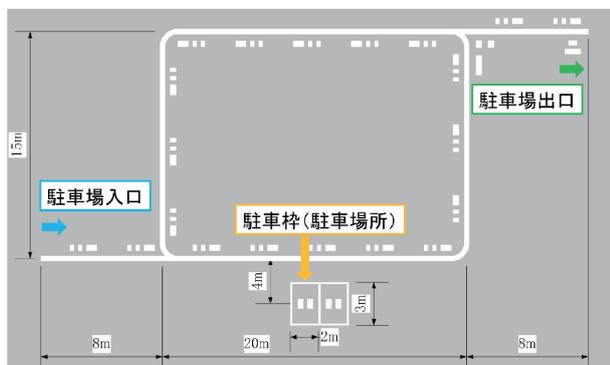


図10 模擬駐車場概略図



図11 模擬駐車場での実験の様子

入庫後に駐車場を一周探索したのちに駐車空きを見つけて駐車し、ユーザーの指示を受けて出口まで出庫する動作を確認した。この時、一度駐車枠の前

を通過した際には駐車空きマーカを隠し、一周後に再度駐車枠の前を通過する際にはマーカを出現させたことで、前述した動作を行わせた。走行速度は十分に安全を考慮した徐行速度を想定して約5 [km/h] に設定した。

評価の結果、配置した白線誘導マーカの指示に従って走行し、入庫・駐車・出庫が可能であることを確認した。

経路への追従精度は平均約43 [mm] で、駐車位置の精度は平均で左右方向に約34 [mm]、前後方向に約174 [mm] という結果になった。全体的に発生した誤差は、車体の走行中の振動が主な原因と分かった。また、駐車時の前後方向の誤差は、前進時と後退時で車両挙動が異なる物理的な特性を車両誘導制御に反映できていなかったことが原因と分かった。

7 おわりに

本研究では自動化・知能化に向けたシステム提案の足がかりとして、画像による周辺環境認識技術と車両誘導技術からなる白線誘導によるオートパーキングのシステムを構築した。認識精度や車両誘導の精度に課題が残るものの、模擬駐車場に対して実際に車両を用いて駐車が可能であることを確認できた。

今回習得した自動運転の要素技術は、車両のみならず建機や農機といった広い範囲で応用が期待できる。今後は習得した画像処理による周辺環境認識技術や車両誘導技術の知見を、当社の各種製品へ応用していく予定である。

著者



佐々木 啓

2012年入社。技術本部基盤技術研究所運動制御研究室。主に運転支援に関する画像処理技術の開発に従事。

品質データ管理システムの開発

古川 輝

1 はじめに

KYB-YS(株)鋳造センターでは、油圧ショベル用コントロールバルブのバルブハウジング(写真1)の素材を鋳造によって生産している。バルブハウジングは、油圧シリンダや油圧モータなどの各種アクチュエータを制御するために、その内部は複雑な油圧回路で構成されている(写真2)。また、鋳造は鋳型に中子をセットし、溶かした金属を流し込んで生産されるが、いずれかの製造条件が少しでも悪いと安定した製品を生産することができないため、高い製造技術と品質管理体制の構築が必要となっている。

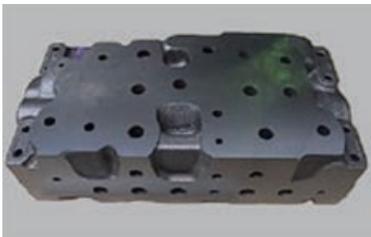


写真1 バルブハウジング

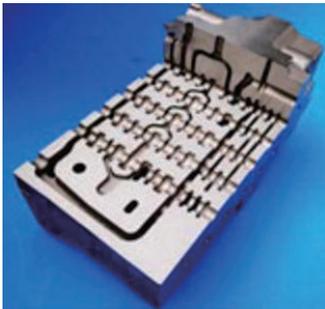


写真2 製品カットサンプル

しかし、これまでの生産では、ベテラン技術者の経験や勘に頼った品質管理を実施しており、製造時の品質データを活用した管理が十分に実施できていなかった。実際に、品質データの収集は重要と思われる工程に対してのみ実施しているため、製品不良が発生しても原因特定に多くの時間を費やしてしま

うことや、十分に追跡できず真因が特定できないことがあった。

そこで、製造時の品質データを全工程、全品に対して収集し、後から追跡可能なシステムを開発したので紹介する。

2 システム導入の目的

本システムの導入目的は最終的には不良率を低減させることであるが、段階的に以下のステップに分けて開発を実施する。

- ①品質データの収集、見える化
- ②不良発生要因の特定
- ③不良発生の未然防止

本報では、上記①の内容について紹介する。

3 生産ラインの概要

KYB-YS(株)鋳造センターの全製造ラインの生産の流れを図1に示す。

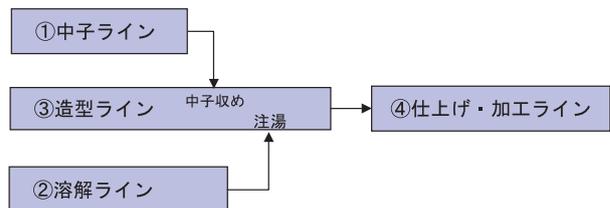


図1 全製造ラインの生産の流れ

各ラインの主な生産内容は以下のとおりである。

①中子ライン

金型に砂を充填して焼成し、その後、組立、仕上げを実施して中子を生産する(写真3)。

②溶解ライン

金属や各種材料を高温で溶かして、溶湯を生産する。

③造型ライン

砂を型に押し込み、硬化させて鋳型を生産する。その後、中子収め工程で、①で生産した中子を鋳型にセットし、注湯工程で、②で生産した溶湯を鋳型に流し込む。さらに、その後冷却し、解枠して鋳物を取り出す。

④仕上げ・加工ライン

解枠した鋳物に対して、ショット、検査、機械加工を実施し、製品が完成する。

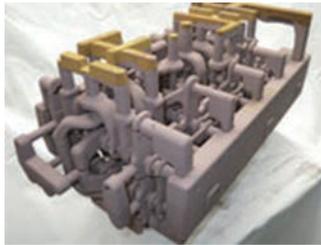


写真3 中子完成品

本システムは全製造ラインのデータ収集を対象とする。特に中子、鋳型、溶湯は鋳造という工法の性質上、最終的には実体がなくなるため、品質データを収集しても後から追跡することが困難である。これらの追跡を実現させることが、本技術開発のポイントである。

4 システム構成

システム構成を図2に示す。設備、または製造現場に設置したタッチパネルからリアルタイムに品質データを収集し、データベース（以下DB）サーバに書き込むというのが、システムの基本的な流れである。また、パソコンで事前に生産計画（造型ライン、溶解ラインの計画）を登録し、その計画をタッチパネル、設備に転送することで生產品番、順序を指示する仕組みも構築している（詳細は第6項で説明する）。

各機器の概要を以下に示す。

①DBサーバ

本システムに関わる各種マスタデータや収集した品質データを一元管理する。

②パソコン

本システムのパソコン用ソフトを用いて、収集した品質データの閲覧や、生産計画、各種マスタの登録を行う。

③タッチパネル

設備では収集できない、人の判断が必要な項目（気づき情報^{注1)}、不良箇所、合否判定結果など）の

入力や、生産計画、作業標準書などの表示を行う。

④設備

生産時にセンサや計測器で計測した品質データを収集する。

注1) 作業を実施する上で作業者が気づいた、または気になった情報を示す。

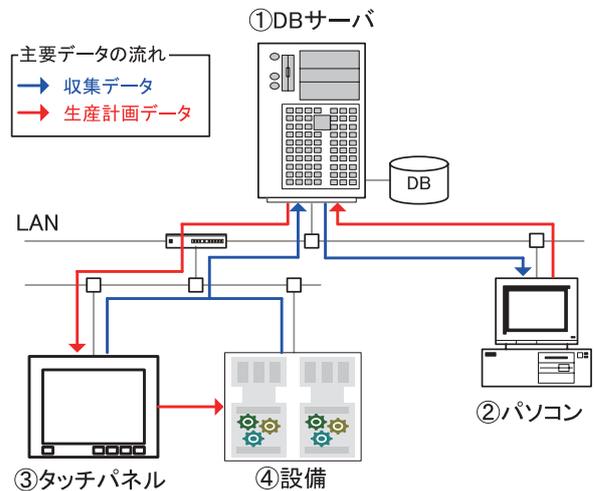


図2 システム構成

5 個体識別とデータ紐付け仕組み

5.1 シリアルNo.の生成と紐付きの概要

生産した製品から各工程で収集した品質データを追跡するためには、品質データにその製品を識別するための情報を紐付ける必要がある。そこで各ラインで生産した製品及び中間製品^{注2)}個々に対してシリアルNo.^{注3)}を生成し、品質データに紐付けてデータ収集するようにした。シリアルNo.の生成と紐付きの流れを図3に示す。

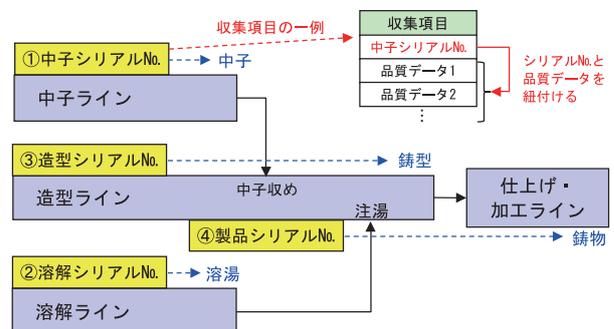


図3 シリアルNo.の生成と紐付きの流れ

シリアルNo.は中子、鋳型、溶湯、鋳物（製品）に対してそれぞれ生成し、製品と各中間製品が組み合わさった時に各シリアルNo.を互いに紐付ける。紐付ける工程は造型ラインの中子収め工程及び注湯工程

が該当する。そして、各シリアルNo.の紐付け情報をDBサーバに保存し、必要時にシリアルNo.から関連するシリアルNo.を検索できるようにする。そうすることで鋳物から各工程の品質データの追跡（トレースバック）及び溶湯などの中間製品から鋳物の追跡（トレースフォワード）を可能としている。

注2）中子、鋳型、溶湯のように、最終製品ではなく、途中の工程で生産される製品を示す。

注3）他と重複しない固有番号で、本システムでは「製品記号-生産日-追番」の書式で生成している。

5.2 現品へのシリアルNo.紐付け方法

生成したシリアルNo.は、対象の製品、中間製品と常に紐付いた状態にしておく必要がある。一般的には、現品に直接シリアルNo.を印字させる方法があり、実際に鋳物に対してはこの方法でシリアルNo.の紐付けを実施している。しかし、その他の中間製品においては、現品が砂、溶湯であることから、技術的、物理的にも現品に直接印字させることが困難であったため、別の方法で現品に対してシリアルNo.の紐付けを実施した。

中子へのシリアルNo.の紐付け方法を図4に示す。

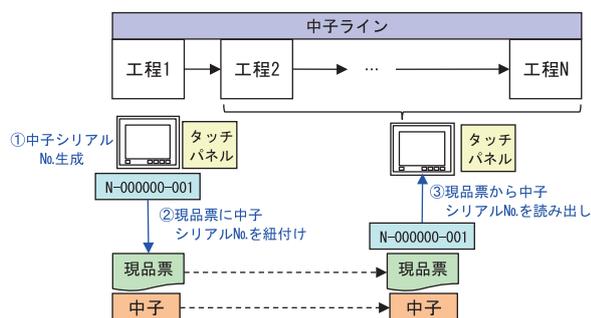


図4 中子へのシリアルNo.紐付け方法

中子ラインでは、中子個々に対して現品票を添付し、その中子を一目で現品識別できるようにしている。現品票には品番や、その現品票を識別するための識別番号などの情報、及びそれらの情報を保持したQRコードが印字されている（図5）。本開発では、この現品票を利用して中子に対してシリアルNo.の紐付けを実施している。紐付けの流れを以下に示す。

- ①先頭工程に設置したタッチパネルにて、その工程の生産が完了した時に中子シリアルNo.を生成する。
- ②タッチパネルに接続しているバーコードリーダーで中子に添付されている現品票のQRコードを読み取る。この作業により、現品票に対して中子シリアルNo.を紐付ける。
- ③次工程以降ではバーコードリーダーで現品票のQRコードを読み取ることで中子シリアルNo.を

読み出す。

また、この方法により、データ収集（品質データとシリアルNo.を紐付け）においても短時間で確実に実施することができるようになった。

中子ライン現品票		A00001	
品番	AAAAA-AAAAA		
棚番	B001		
工程	工程1→工程2→…→工程N		

図5 現品票のイメージ

鋳型へのシリアルNo.紐付け方法を図6に示す。

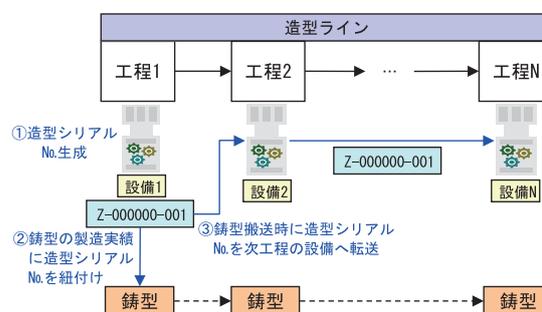


図6 鋳型へのシリアルNo.紐付け方法

本開発では各工程の設備を使って、鋳型に対してシリアルNo.の紐付けを実施している。紐付けの流れを以下に示す。

- ①先頭工程の設備にて、その工程の生産が完了した時に造型シリアルNo.を自動生成する。
- ②生成した造型シリアルNo.を設備内で保持している鋳型の製造実績（品質データ）に紐付ける。
- ③鋳型が次工程に移動する際に、造型シリアルNo.を次工程の設備に転送する。そして、次工程で生産した際に、造型シリアルNo.を製造実績に紐付ける。以後、最終工程まで同様の流れを繰り返す。

シリアルNo.を実際の現品に対して紐付けるのではなく、製造実績に対して紐付けるのが主な特徴である。この方法の場合、設備の制御だけで紐付けできるため、作業員に対して余分な作業が発生せず、紐付け間違いも防止できるというメリットがある。また、溶解ラインにおいても造型ラインと同じ方法でシリアルNo.の紐付けを実施している。なお、中子ラインで紐付け方法が異なるのは、中子ラインは手作業工程が多く、設備がない工程があるためである。

6 生産指示の仕組み

本開発では品質データ管理の一環として、事前に作成した造型ライン、溶解ラインの生産計画を各ラインの設備、タッチパネルに転送することで、設備、作業者に対して生産指示をする仕組みを構築した。生産指示の流れを図7に示す。

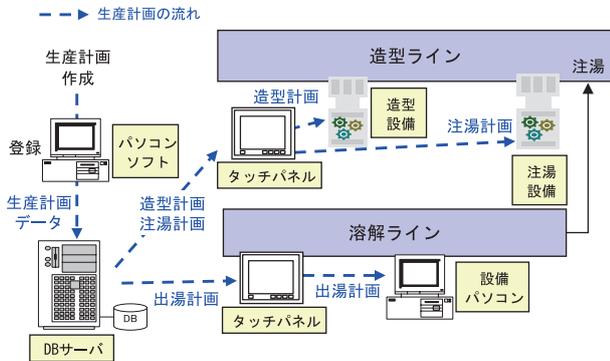


図7 生産指示の流れ

造型ラインには造型計画と注湯計画が転送される。造型計画は造型する品番、生産順序などで、注湯計画は生産する品番、生産順序、注湯パターン番号^{注4)}などである。なお、造型計画と注湯計画が分かれているのは、溶湯の材質の都合上、造型順序と注湯順序が異なることがあるためである。設備ではこれらの計画を基に、自動で鋳型を搬送、注湯するように制御している。また、溶解ラインには出湯計画が転送される。出湯計画は出湯する溶湯の材質、重量、注湯する対象品番などである。設備では出湯計画を基に自動で添加する材料、添加量を計算し、溶解炉に投入するように制御している。このように生産指示により設備を自動制御したことで、作業者の省人及び人的ミスの防止を図ることができた。更に、これら生産計画を基に、溶解ラインの溶解シリアルNoの生成及び品番情報の品質データへの紐付けも実施しており、品質データ管理においても大きな役割を担っている。

注4) 注湯時の設備条件を識別するための番号で、番号の違いで注湯量や注湯速度などが異なる。

7 開発ソフトの機能

本開発では、ユーザが操作する画面ソフトとして、タッチパネルとパソコンのソフトを開発した。主な機能について以下に説明する。

7.1 タッチパネル用ソフト

7.1.1 生産計画表示機能

図8は造型ラインで表示する生産計画の表示画面

である。画面上には生産する品番と順序及び進度(図中の●, ▲)が表示され、現在の生産進捗状況が一目でわかるようになっている。また、チャージ番号(CH)は溶解ラインの溶解炉で1回当たりに生産する溶湯の単位を示しており、この画面で溶解ラインの生産計画も確認できる。よって、造型ラインでトラブルが発生した場合に、溶解ラインのどのチャージに影響がでるのか把握でき、溶解ラインに対して事前にアクションを取ることが可能である。

図8 造型ライン生産計画の表示画面

図9は溶解ラインで表示する生産計画画面である。画面上にはチャージ番号、1回当たりの出湯単位を示す処理No、材質、重量などが表示される。溶解ラインでは毎回出湯する重量が異なり、また材質によって添加する材料も異なるため、その点を考慮して段取りする必要がある。本画面により次に実施すべき段取り内容を把握することができる。

図9 溶解ライン生産計画の表示画面

7.1.2 気づき情報入力機能

図10は作業者が気づき情報を入力する画面である。

画面上にはあらかじめ工程毎に登録しておいた気づき情報が一覧表示される。作業者はリストから任意の気づき情報をタッチするだけで気づき情報を入力することができる。また、気づき情報は必要に応じて後から追加することもできるため、運用しながら、より現場の実体に合った情報を収集することが可能である。



図10 気づき情報入力画面

7.2 パソコンソフト

7.2.1 収集データ閲覧機能

図11は設備やタッチパネルで収集した品質データを一覧表示する画面である。本画面で製品個々に対して、いつ、誰が、どのような条件で生産したかを確認できる。また、検索条件として任意の工程やラインの実績だけでなく、全工程を対象とした検索も可能である。全工程検索は、鋳物製品に紐づく中子、溶解、造型の全ての品質データを一覧表示する検索であり、不具合が発生した鋳物に対してどの工程の

No	収集時刻	中子シリアルNo	品番	作業者	温度(°C)	湿度(%)
1	2016/01/01 00:00:00	N-00000-001	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
2	2016/01/01 00:00:01	N-00000-002	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
3	2016/01/01 00:00:02	N-00000-003	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
4	2016/01/01 00:00:03	N-00000-004	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
5	2016/01/01 00:00:04	N-00000-005	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
6	2016/01/01 00:00:05	N-00000-006	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
7	2016/01/01 00:00:06	N-00000-007	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
8	2016/01/01 00:00:07	N-00000-008	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
9	2016/01/01 00:00:08	N-00000-009	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
10	2016/01/01 00:00:09	N-00000-010	AAAAA-AAAAA	富塚 太郎	25.1	60.5
11	2016/01/01 00:00:10	N-00000-011	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
12	2016/01/01 00:00:11	N-00000-012	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
13	2016/01/01 00:00:12	N-00000-013	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
14	2016/01/01 00:00:13	N-00000-014	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
15	2016/01/01 00:00:14	N-00000-015	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
16	2016/01/01 00:00:15	N-00000-016	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
17	2016/01/01 00:00:16	N-00000-017	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
18	2016/01/01 00:00:17	N-00000-018	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
19	2016/01/01 00:00:18	N-00000-019	BBBBB-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
20	2016/01/01 00:00:19	N-00000-020	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
21	2016/01/01 00:00:20	N-00000-021	AAAAA-BBBB	富塚 太郎	25.1	60.5
22	2016/01/01 00:00:21	N-00000-022	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
23	2016/01/01 00:00:22	N-00000-023	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
24	2016/01/01 00:00:23	N-00000-024	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
25	2016/01/01 00:00:24	N-00000-025	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
26	2016/01/01 00:00:25	N-00000-026	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
27	2016/01/01 00:00:26	N-00000-027	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
28	2016/01/01 00:00:27	N-00000-028	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5
29	2016/01/01 00:00:28	N-00000-029	BBBBB-CCCC	富塚 花子	25.1	60.5

図11 収集データ表示画面

データに問題あるかを確認することができる。また、品質データはリアルタイムに収集されているため、現在の生産状況も把握することができる。

7.2.2 データ傾向確認機能

図12、図13は収集した任意のデータの推移やばらつきなどをX-Rs管理図、ヒストグラムで表示した画面である。本画面で収集データを日々傾向管理して、異常データの即時検出や、不具合発生時のデータの特徴を調べて、不具合原因の特定などに繋げることができる。

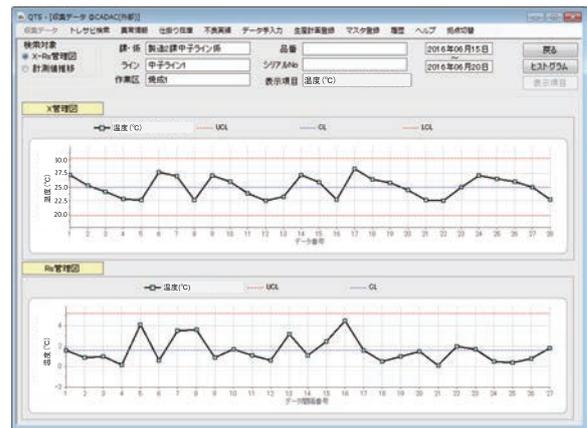


図12 X-Rs管理図表示画面

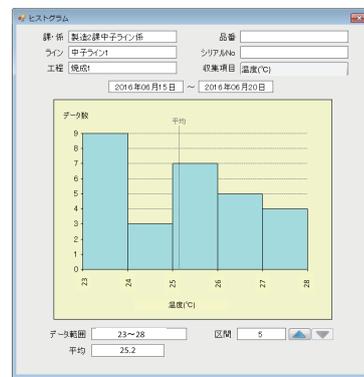


図13 ヒストグラム表示画面

7.2.3 データ追跡機能

図14はシリアルNoから関連する各ラインの製品、品質データを追跡する画面である。検索対象とする製品、中子、溶解、造型のシリアルNoが選択できるようになっており、鋳物製品から前工程の中間製品追跡（トレースバック）及び中間製品から鋳物製品の追跡（トレースフォワード）に対応している。よって、製品に不良が発生した場合に、その影響範囲を即座に特定することができ、対応が必要な製品に対して迅速に、適切な処置を実施することが可能である。



図14 データ追跡画面

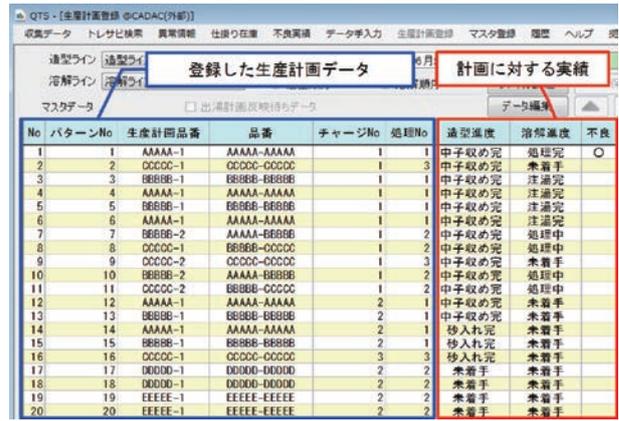


図15 生産計画登録画面

7.2.4 生産計画登録機能

図15は成型ライン、溶解ラインの設備、タッチパネルに転送する生産計画データを登録する機能である。生産計画データは元々Excelファイルで作成されているが、本画面でExcelファイルのデータを読み込み、設備、タッチパネルに転送する書式に自動変換してDBサーバに登録している。また、画面上には計画に対する実績（成型ラインの進度、溶解の進度、鋳型合否結果）も表示しており、現在の進捗状況をこの画面でも把握することができる。

8 おわりに

本システムの導入によって、全製品に対して、約300項目の品質データを収集し、データの見える化及び不具合発生時のデータ追跡ができるようになった。今後は収集したデータを活用して、不良解析、不良予測を実施し、目的である不良低減に繋げていく。

また、本システムでは品質データだけでなく、生産時刻、生産数など、製造の基本となる情報もあわせて収集しているため、今後は工程管理、在庫管理などへの応用を検討していく。

最後に、本システムの開発、導入にあたり多大なるご支援、ご協力をいただいた関係部署の方々、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



古川 輝

2005年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。データベースを利用した管理システムの開発に従事。

リリーフバルブ組立作業 自動化技術の開発

Development of Relief Valve Automatic assembly technology

瀧口 真樹
TAKIGUCHI Masaki

要 旨

建設機械には油圧シリンダや油圧モータなどのアクチュエータが取り付けられており、これらのアクチュエータをコントロールバルブ（写真1）で制御している。このコントロールバルブには各アクチュエータを保護する目的で油の圧力とその流量を制限するリリーフバルブ（以下RV）が組み込まれている。RVはシール部品（Oリングとバックアップリング（以下BUリング））と金属部品にて構成され、その部品点数が多い。このRVの組立は手作業で行っており、自動組立技術を開発・実用化することで、作業への負担を軽減することができ、更に生産性や組付品質の向上が期待できる。

今回、品質と生産性の向上を達成したRV組立作業の自動化技術を開発したので解説する。

Abstract

Construction machinery is equipped with hydraulic cylinders, hydraulic motors, and other actuators, and these actuators are controlled with control valves (Photo 1). These control valves have built-in relief valves (RV) which restrict oil pressure and flow rate in order to protect each actuator. An RV is comprised of seal parts (O-rings and back-up (BU) rings) and metal parts, and the number of parts is large. Assembly of an RV is done by hand, and developing practical techniques for automatic assembly can reduce the burden on workers, and improve productivity and assembly quality.

This paper describes the development of automation technology for RV assembly work which has achieved improved quality and productivity.

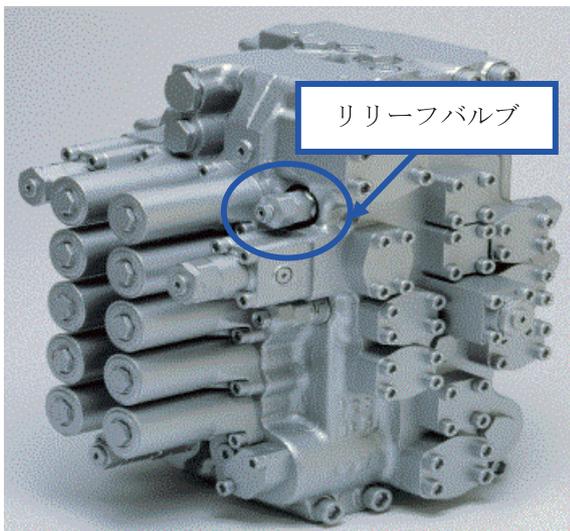


写真1 コントロールバルブ外観

1 緒言

これまでRVの組立は手作業で行ってきた。構成する部品点数が多いこと、部品間のクリアランスが厳しい組付、変形しやすいシール部品の組付など人による作業の特徴であるカンコツや器用さを利用するためである。また、その組付部品はどれも製品機能に大きな影響を及ぼすため、視覚や触覚など人の五感に頼りながらの組立作業となる。

この作業を自動化できれば、組立を担当する作業への負担を軽減できる。ただし、前述したシール部品の組付など難易度の高い技術開発への挑戦が必要であることや、品質保証度を低下させない取組みが必須であることなど、組立作業を自動化する上でクリアすべき課題は多い。

今回、これらの課題を解決する自動組立技術を開

発し、量産設備を製作・導入することで、品質を確保しつつ、生産性向上を図る活動をした。

2 目的

RV自動組立技術の開発、実用化による生産性の向上

3 目標

- ①マシンサイクルタイム：現状同等以下
- ②出来高生産性：現状ライン比30%向上
- ③自動化による部品への傷付き、組付ミスなきこと

4 要件

目標を達成するために、以下の要件を設定し取組んだ。

- ①手作業による組付順序に左右されることなく、自動化しやすい組付順序を採用する。その上で必要となる組付技術を開発する
- ②開発する技術は人の作業と同等以上の品質を確保する
- ③現有スペース内で対応するために、設備の省スペース化を図る
- ④不良品を後工程に流出させない仕組みを盛り込む

5 対象製品・対象工程について

図1にRVの部品外観を示す。RVはシール部品を含む計17種20部品から構成される。このRVの組立作業は、組付作業と締付作業から構成され、組付作業は更にシール部品組付と金属部品組付に分類される。

本製品ならびに組立工程の特徴として、以下の点があげられる。

- ①リリース圧力と流量調整値に違いはあるが、部品構成が同じ単一品番である
- ②単一品番であるが故に組立に際して段取り替え作業が不要である
- ③主要なコントロールバルブに複数個搭載されるため生産数量が多い
- ④Oリングなどの柔軟部品や小型の部品が多く、人の器用さに依存した組付作業が多い



図1 RV外観

6 開発した設備の概要

図2に今回製作した量産設備外観を示す。設備は作業員が部品を設備に供給するための部品屋台、金属部品にシール部品を組付するためのシール部品自動組立機、金属部品を組付・締付するためのRV自動組立機から構成される。各自動機には天吊りタイプの4軸多関節ロボットが配置されており、本設備はこのロボットと各種装置を融合させた構成としている。

設備の主な特徴は以下の通りである。

- ①設備前面と背面に大型扉を配置することによるメンテナンス性の確保と視認性の向上
- ②スペースの有効活用と省スペース化のために制御盤を設備下部に設置
- ③物流マンの作業性向上を狙い、設備作業員と反対の設備背面側に部品の供給箇所を集約

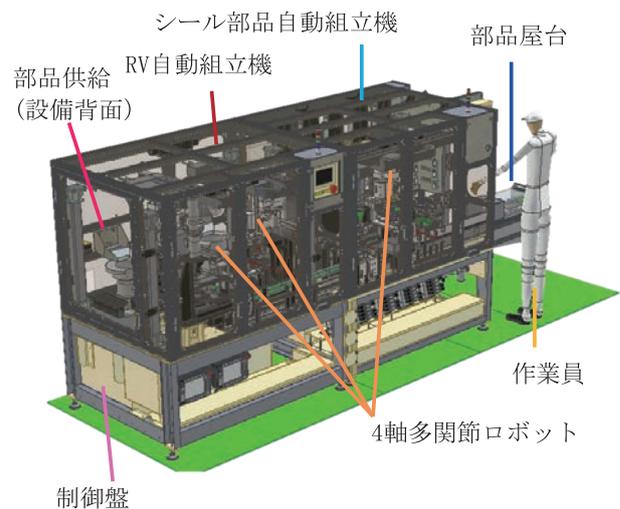


図2 量産設備外観

7 開発した技術について

7.1 組付工法の開発

組付作業を自動化するにあたり、作業員の作業内容を分析した。その結果、両手を巧みに利用できる

特性を活かし、部品の姿勢変更を繰り返しながら作業を進めていることがわかった。人手による作業では部品の姿勢変更は容易であるが、それを機械に置き換えようとした場合、専用の機構が必要となり、設備が複雑化してしまう。

しかし、シール部品と金属部品で組付を層別することにより、それぞれ一方からの組付が可能となることが判明した(図3)。そこで今回は、部品の姿勢変更を排除するために、シール部品組付とその部品を含めた金属部品組付の2つに分別した設備による組付方策を採用した。これにより、設備構成がシンプルになり、またマシンサイクルタイムの中で組付作業に利用できる時間の割合を増やすことができるなどのメリットが生まれた。

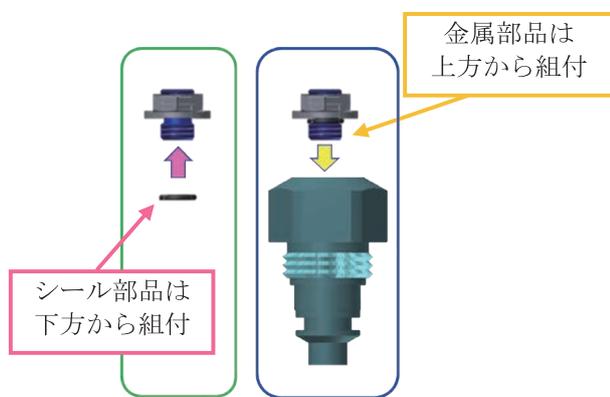


図3 部品別組付方向の違い

7.2 シール部品の自動組付

シール部品を対象とした自動組付技術について説明する。自動化に際し、考慮しなければならない事項は以下のとおりである。

- ①柔軟性があるため変形しやすい
(BUリングはバイアスカット式で切り口がある)
- ②装着部分が一体溝形状になっているため、組付時にはシール部品内径を拡大する必要がある
- ③OリングとBUリングを重ねて組付する箇所が数ヵ所ある

既存ラインで利用されているシール部品組付の補助用ジグを参考に、上記事項に対応するガイドジグを考案した(図4)。その特徴を以下に示す。

- ①ストレート部外径寸法をシール部品内径寸法より大きくし、シール部品の緊迫力を利用した把持が可能
- ②部品装着部にむけてテーパ形状にすることで、シール部品を拡大
- ③シール部品が組付けられる部位以外は、部品装着部に嵌合(挿入)される。それにより、組付部位以外には触れることなくシール部品組付が

可能となり、部品、シール共に傷付きを防止
④複数個のシール部品を保持することで、OリングとBUリングを同時組付

図4のガイドジグを利用したシール部品組付方法を図5に示す。ガイドジグに対象となるシール部品を挿入し、シール部品押上げ用爪がガイドジグ形状に倣いながらシール部品を押し上げることで、シール部品が狙いの組付位置へ組付けられる。

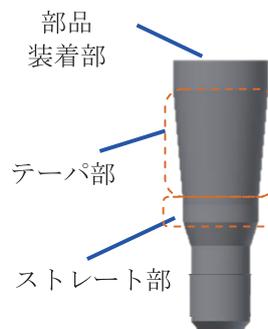


図4 ガイドジグ

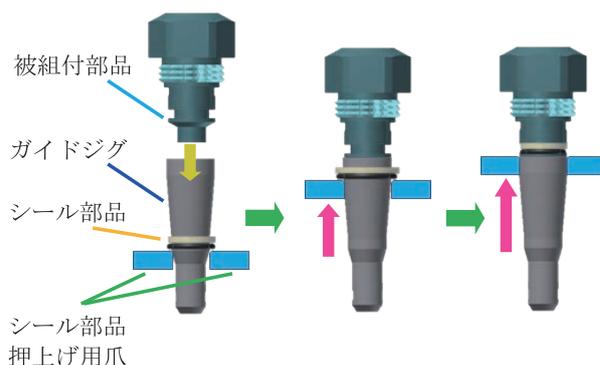


図5 シール部品組付方法

7.3 狭クリアランス部品の自動組付

今回の組付作業自動化には、繰返し動作が得意かつ、繰返し位置決め精度が高いロボットを利用している。しかし、メインポペットとピストンのクリアランスは、ロボットの繰返し位置決め精度より小さく(図6)、単純な位置制御だけでは安定した組付が困難であることが予想される。一般的には、画像処理装置や力センサを利用するなど位置や力を監視・補正する方法が考えられるが、そのためには検出機器を設置するなどの処置が必要となる。

そこで今回は、設備構成を極力シンプルにするために、ロボットのソフトウェアに工夫を凝らし、組付動作時の速度最適化とコンプライアンス制御^{注1)}を組合せることで狭クリアランス組付を実現した。また、組付時のロボット各軸の電流負荷率を監視することにより、組付時に発生する部品同士のかじり検出を行い、組付不良品の流出防止を図っている(図7)。

注1) 各軸モータの電流値を監視、かつ、制限して柔ら

かさを實現し、対象物に柔らかくなじませながら組付を行う制御のこと。

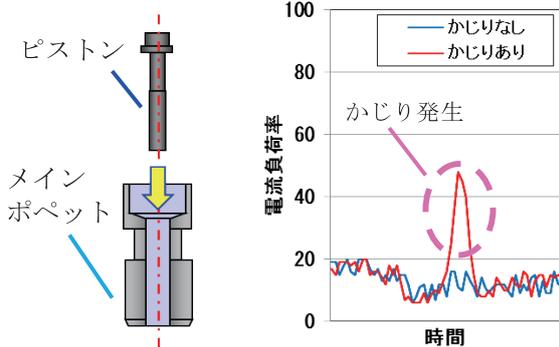


図6 狭クリアランス組付 図7 電流負荷率の推移

7.4 アジャスタの自動締付

プラグにアジャスタを仮締付する方法について説明する。仮締付までとしている理由は、後工程にあるリリース圧力の調圧工程^{注2)}にて本締付するためであり、アジャスタに組付けたOリングがプラグに着座するまでを仮締付としている。

注2) RVのリリース圧を設定する工程のこと。

アジャスタはネジピッチが小さく、ネジの締め込み時にかじりが発生しやすい。作業者がこの作業を行う際には、手感にて押付け力と回転力を調整しながら締付を行う。仮にかじりが生じた場合、その抵抗を感じ取り、ネジを一度緩めてから締付直す動作を行う。

今回は、作業者が行っている動作を参考に、市販の安価なモータを利用してかじりの検出をしながら締付する仕組みを開発した。

選定したモータは仮締付に適した低トルクに対応したものである。また、モータの出力トルクを制限する機能を有しており、締付トルクを全数ほぼ一定値とすることが可能である。さらに、締付途中で異常なトルク出力がないか確認することで、かじりを検出できる仕組みを取り入れた。

アジャスタ仮締付概要を図8に示す。アジャスタには締付を行うための六角穴があるが、その位相は毎回ランダムである。毎回変わる位相を吸収する工夫として、ツールには入手性と挿入性を考慮した市販品のボールタイプの六角レンチを採用し、機構には固定されていないアジャスタに対しツール中心を一致させるためのフローティング機構を装備した。これにより、位相が一致しない状態からでもツールがアジャスタの六角穴に入り込むようになる。

以上より、仮締付ミスの発生がなく、また締付品質を安定化できる締付システムを実現した。

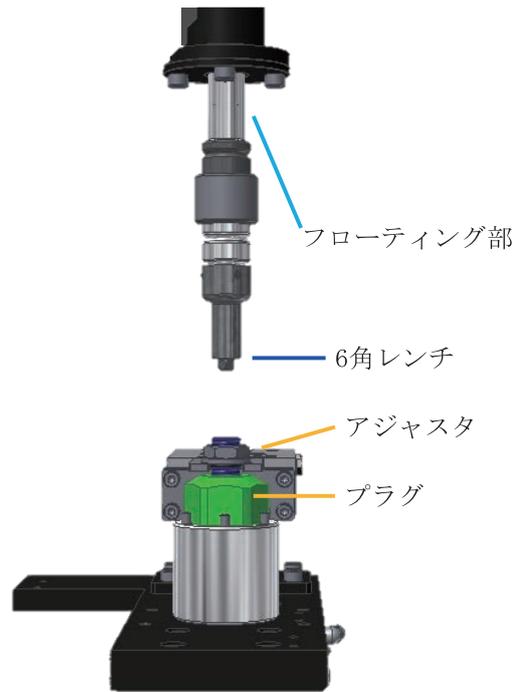


図8 アジャスタ仮締付概要

7.5 スプリング小の自動組付

スプリング小の組付技術について説明する。対象のスプリング小の特徴として、線径が細く剛性が低い変形しやすいこと、またL(長さ)/D(直径)が大きく、形状的に組付後の姿勢が安定しないことがあげられる。

手作業の場合、変形と倒れが生じないように注意しながら組付し、その後目視にて良否を確認することができる。自動化した場合、組付異常を発生させない機構(発生防止)あるいは組付異常を検出する機構(流出防止)を検討する必要がある。

今回は発生防止に主眼を置き、スプリング小の変形と倒れが生じない組付技術を開発した。ロボットハンドには組付時に倒れやすいスプリング小を狙いの位置まで導けるよう、センタリングシャフトを備えることで組付の確実性を向上させた(図9)。併せて、スプリング小组付後の倒れを防止するためのブラケットを装置側に設置し、ロボットのスプリング組付動作と同期させることで、組付後の姿勢を安定させる工夫をした(図10)。

7.6 グリスの自動塗布

RVの構成部品は、コントロールバルブからの圧力を解放する際に摺動を伴う。BUリングを含むシール部品組付箇所もそれに該当するが、摺動性が低下しないよう、シール部品にグリスを塗布する。仮にグリス未塗布の場合、圧力解放機能が損なわれる。

グリス塗布箇所の側面を観察すると、BUリングが平面に対し、Oリングは曲面になっている(図11)。塗布作業を自動化するには、局所的な塗布に

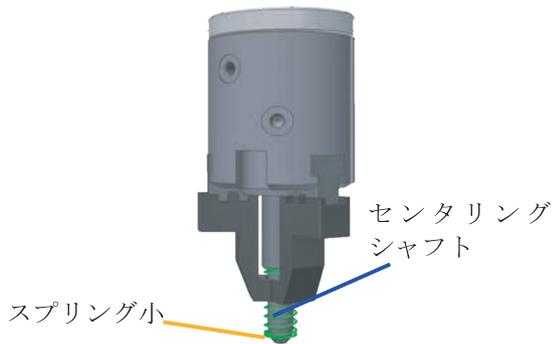


図9 スプリング小用ハンド

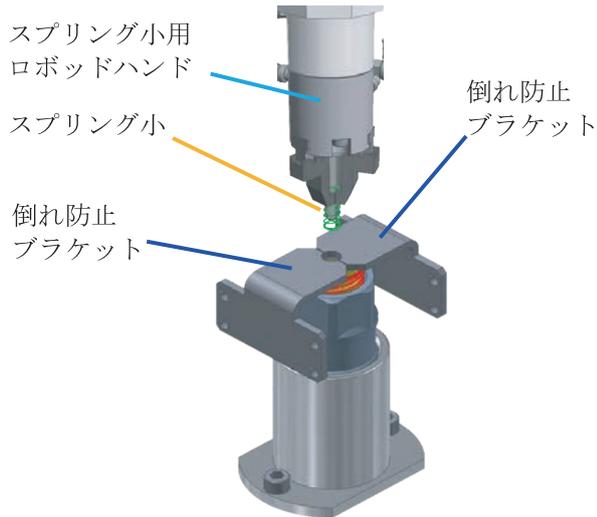


図10 スプリング小の組付方法

ならないよう塗布面形状の変化に対応可能な仕組みが必要になる。

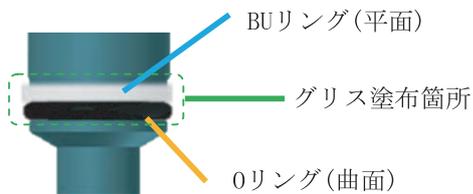


図11 グリス塗布面拡大図

今回、伸縮性のあるローラを利用した転写式グリス塗布方法（図12）を開発し対応した。グリス用供給装置から圧送されたグリスをローラに転写し、それを部品へ塗布する。

グリスの塗布動作としては、ローラの前に固定された部品に対し、ローラが前後に動作することで外周へグリスを塗布する。このとき、ローラが部品の外径にならうよう、ローラを取付けたアームには伸縮機構をもたせることで、万遍なく塗布できるようにした。また、作業者による塗布では、グリス塗布量を安定させることは困難だが、本方式を採用することにより、塗布量を定量化することが可能となり、グリス塗布品質の安定化も実現した。

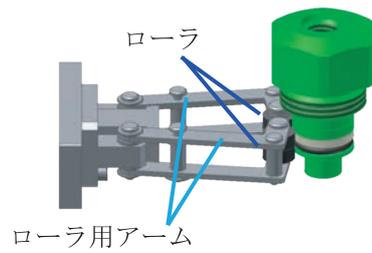


図12 グリス塗布装置概要

7.7 設備の省スペース化

7.6項まで解説してきた自動組立技術を盛り込んだ設備の設置スペースは、既存の手作業工程エリアとなる。つまり設備の省スペース化が必須となる。省スペース化のため、以下の方策を実施した。

- ①天吊りタイプ多関節ロボットの採用により、ロボット下方のスペースの有効利用
- ②部品供給に一般的なパーツフィーダを利用するのではなく、切出し装置を自社開発するなど実施しコンパクト化

なお、天吊りタイプのロボットを採用したことにより、設備フレームの剛性不足による組付性能への影響が懸念された（ロボット動作による設置面の変位：メーカ推奨値0.3mm以内）。そこで、フレームの構造解析（図13）を構想段階で実施し、解析結果をもとにフレームサイズや梁構造などを決定した。その結果、設備導入後に剛性不足が起因の組付性能の低下などの不具合を未然防止することができた。

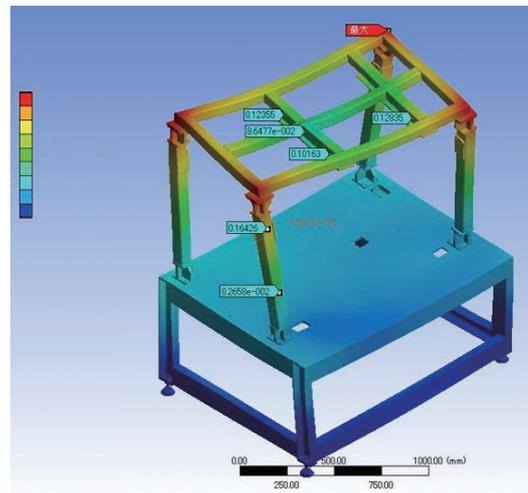


図13 設備フレームの構造解析結果

7.8 不良品の流出対策

自動組立技術を取り入れたことによって、組付ミスなどの不良品が後工程に流出するようなことがあってはならない。そこで、下記のような機能を付加し、不良流出防止を図った。

- ①スプリング大・小の組付後有无判定
課題として、同芯上に組付けられるスプリング

大・小に対する検出，双方のスプリングともに線径が細く，かつバネの位相が毎回ランダムである部品に対する検出があげられる．解決方策として，各スプリングの巻き数の違いに着目し，帯状のレーザセンサを利用して，遮光量の差からスプリング大・小の有無を検出することにした（図14）．レーザセンサは光が直線的に進むため，線径の細かいスプリングを検出することが可能であり，かつそれを帯状にすることで，ランダムな位相であったとしても検出可能となる．

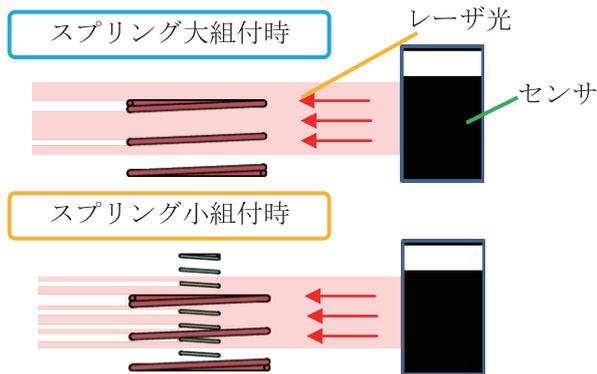
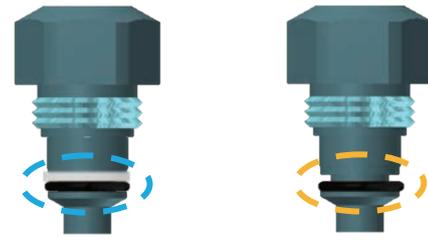


図14 スプリング大・小组付判定センサ

②シール部品組付良否判定とグリス塗布有無判定

OリングとBUリングを重ねて組付する箇所に関しては，組付順序が決まっている．欠品や組付順序間違いの場合，シール性能が本来の機能を損なうため，設備内にて良否判定をする必要がある．これまで，作業員が組付作業と同時に目視にて組付状態を確認していたが，その方法の代替として，設備内に検査用の画像処理機器を設置し，全数検査を行うことで，自動化による品質レベル低下を防止した．

シール部品の検出は，シール部品の外観色を利用し，指定した範囲内にその指定色が占める割合からシール部品の有無と組付良否判定を行う（図15）．また，グリスの塗布有無についても，部品の外周に塗布されたグリスの色を利用することにより，前述した組付状態確認と同じ画像処理機器を利用して全



OK画像 BUリング(白)有 Oリング(黒)有	NG画像 BUリング(白)無 Oリング(黒)有
-------------------------------	-------------------------------

図15 シール部品有無判定

数検査している．

8 活動成果

- ①マシンサイクルタイム：現状同等以下
- ②出来高生産性：現状ライン比23%向上
- ③自動化による部品への傷付き及び組付ミスなし
出来高生産性については，当初目標に対して未達となった．目標達成に向け，改善活動を継続して実施していく．

9 結言

RV組立作業を自動化する上で必要となる技術を新たに開発し，それら新技术を盛り込んだ設備を導入することにより，生産性向上を図ることができた．

また，これまで取扱いが困難で自動組付のハードルが高いと思われてきたシール部品の自動組付などこれからの自動化システムの基盤となる開発ができた．

今回開発した技術は，これまで難易度が高く，自動化がなかなか進まなかった工程へ応用することが可能であり，競争力の高いライン構築を検討する際に役立てていきたいと考える．

最後になりましたが，今回の開発・導入に至るまでに多大なご支援をいただきました社内関係者各位にこの場をお借りして深く感謝の意を表します．

著者



瀧口 真樹

2008年入社．技術本部生産技術研究所第二研究室．主に自動化技術の研究に従事．



タカコベトナムMMP生産ラインの立ち上げ

神谷穂高・亀野翔太

1 はじめに

KYBの岐阜東工場で生産しているミニモーションパッケージ（以下MMP）は、電動モータ・油圧ポンプ・オイルタンク・シリンダを一体化した小型電動油圧リニアアクチュエータである（写真1）。



写真1 ミニモーションパッケージ (MMP)

MMPの主な用途は、コンバインや農業散布機などの農業用車両に搭載されるアクチュエータであり、日本国内と北米が主な市場となっている。

KYBとしてMMPの生産コストを低減し、今後の海外市場への展開を推進するため、新たに海外生産拠点でのライン立ち上げを計画した。

そこで、KYBグループ企業である株式会社タカコの100%子会社TAKAKO VIETNAM CO., LTD.（以下TVC）にMMP生産ラインを立ち上げることにした。

本報では、KYB岐阜地区に続く第2のMMP生産拠点として2014年9月に立ち上げたTVC第2工場（写真2）のMMP生産ラインについて紹介する。

2 工場概要

TVCは、2003年設立のベトナム現地法人であり、従業員数は800名を超える生産拠点である。

工場はベトナム南部の主要都市ホーチミンシティ



写真2 TVC第2工場外観

近郊の工業団地内にあり、タンソンニャット国際空港から約24kmの場所にある（図1）。



図1 TVC所在地（Google Mapより引用）

この工業団地はベトナム・シンガポール両政府主導で建設され、電気・水道・下水などのインフラが充実している。TVCはこの工業団地に2つの工場を持っており、2つの工場にはそれぞれにA棟・B棟と2つの棟がある。

最も新しい棟は2013年に建設された第2工場のB

棟で、MMPの生産ラインはこのB棟で最初の生産ラインとして敷設されることになった。

3 ライン立ち上げの日程計画

量産開始目標を2014年8月と設定し、日程計画を下記の通り立てた。

- ①日本国内での試運転・教育：2014年4月中旬
- ②設備移送・設置：2014年5月下旬
- ③TVC現地ライン立ち上げ：2014年7月中旬
- ④量産開始：2014年8月～

4 MMP生産ラインのコンセプト

ラインコンセプトは以下のように設定し、TVC現地スタッフとテレビ会議やメールで協議して工程やレイアウトの検討を実施した。

- ①経験の少ない作業員でも不良品が流出しない工程（ポカヨケの拡充及びカンコツ作業の撤廃）
- ②災害を防止する安全機構を備えた設備仕様
- ③コンタミ対策として組み立てラインを空調を完備したパーテーション内に設置
- ④生産数の変動に応じて人員の増減ができるラインレイアウト
- ⑤物流動線を意識し、仕掛在庫低減を目指した部品供給のシステム化（図2）。

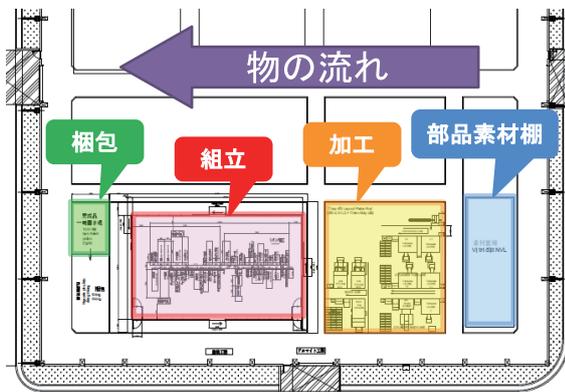


図2 工場レイアウト

特に①では、日本国内では熟練作業員による当たりつけハンマー作業を撤廃し、からくりによる当たりつけ機を新規開発して導入した。

5 ライン立ち上げの課題

TVCのMMP生産ライン立ち上げに際して次のような課題があった。

- ①短期間での生産ライン立ち上げ

- ②現地作業員への作業教育
- ③現地技術者への製品と設備の教育
- ④物流システムの構築

日本国内での仮立上げの遅れから、当初計画より1か月遅れでの量産開始となったものの、事前に十分な検証と改善を行うことができたため、TVC現地での立上げは比較的順調に行うことができた。

6 ライン立上げ

6.1 日本国内での事前準備

TVCへの設備搬入開始から量産開始まで約2ヶ月間という短期間での立上げ計画であり、設備の工程能力確認・付帯治工具類一式の準備や帳票類の整備などを現地到着後に開始していたのでは到底間に合わない。

そのため、設備出荷前に日本国内でラインを立ち上げ、社内工程監査を行うこととした（写真3）。



写真3 日本国内での組立ライン立上げ

日本国内での工程監査は実際のライン立ち上げと同等の要求レベルを設定し、以下の項目について評価会を実施した。

- ①工程内品質が確保できる工程になっているか
- ②組み立てた試作品の品質に問題はないか
- ③TVCの要求仕様を満足しているか
- ④安全な設備・工程になっているか
- ⑤条件表・手順書などは整備されているか
- ⑥部品投入レーンや通箱が整備されているか
- ⑦手順書通りに作業できるか

評価会では、実際にライン作業をして試作品を組み立て、作業一つ一つに問題がないか関係部署立会いの下で検証を行った（写真4）。

その結果、多数の視点から問題点を洗い出し、設備出荷前に工程の作りこみを行うことができた。



写真4 ライン内作業の検証



写真5 組立ラインの設置

6.2 海外向け設備仕様

MMP初の海外向け設備ということで、下記の点を考慮した仕様とした。

- ①現地の電源事情への適合
- ②高温多湿環境への対策
- ③日英併記または日英表示切替
- ④現地人の平均身長に合わせた作業高さ

電源に関しては、KYB岐阜地区は60Hzであるのに対し、ベトナムは50Hzであるため、両対応もしくはインバータ制御を組み込んだ仕様とし、停電対策保護回路も実装させた。

また、工場のあるベトナム南部は熱帯であり、特に雨季は多湿環境となるため、錆の発生や制御装置の故障の心配がある。この点は、現地スタッフや駐在員から情報をいただき、防錆処理や制御盤の仕様を決定した。

次に、海外展開において避けて通れない問題として、言語の壁がある。本来であればライン内表記はベトナム語が望ましいが、残念ながらKYB側スタッフにベトナム語を解する者がいなかったため英語表記とした。英語表記に関しては製品特有の専門用語が多くあり、それらのほとんどに英訳基準が存在しなかったため順次翻訳していく必要があった。

しかし、難解な英単語を使用すると現地の作業員も理解しづらいため、できるだけ平易な英語を用いるよう心掛けた。

6.3 TVC現地での設備設置

設備の据え付け及び空調用パーテーション設置、電源・空圧源の接続はTVC現地スタッフにて実施した。

日本から指示したのは設備仕様と設置位置・高さのみであり、詳細部分は現地技術スタッフに任せた。工事は問題なく行われ、非常に手慣れた印象を受けた(写真5)。

6.4 試運転調整・生産トライ

設備の設置完了後、ボルトや配線・配管の増し締めと点検を実施し、輸送中の機器破損がないことを確認した。

試運転では、空圧・油圧・油量・センサー位置などの調整をしたうえで自動サイクル運転を実施し、各工程の品質確認を行っていった。

前述のとおり、日本の岐阜地区とベトナムでは電源周波数が異なるため、モータ回転数変化により油圧ポンプの流量が低下するが、想定内のバルブ操作によって規定流量に調整することができた。

6.5 現地作業員への作業教育

MMPの組立ラインでは手作業工程が多く、作業員の熟練度がライン出来高に直結してくる。

そのため、日本の熟練作業員による教育指導を行った(写真6)。



写真6 作業員教育

作業教育では、品質トラブル発生時の対処法などの非常作業も含めて教育を行い、作業員の現場力向上を目指した。

6.6 現地技術者への教育

生産ライン立ち上げには、現地技術者による設備保守やトラブル対応も欠かせない。

そのため、設備の点検項目や校正手順のマニュアルを準備し、TVCのスタッフに教育を実施した（写真7）。



写真7 設備点検手順の教育

また、MMPの製造工程を理解するためには、MMPの構造を理解する必要がある。例えば、MMP完成後の性能検査で規格外が発生した場合に、製品の構造を理解していれば原因を推測することができる。

そのため、図面や油圧回路図を用いてMMPのしくみを教育し、更にエンドユーザでの使われ方を説明することによって管理項目の重要性を理解させた（写真8）。



写真8 MMPの構造を説明

TVCの技術者は総じて勉強熱心であり、責任感も強いことから様々な質問が飛んでくる。

これらの質問を理論立てて説明するのに苦労し、自身の知識不足を痛感させられたが、彼らの熱意には大きな刺激を与えられた。

6.7 社内審査・客先承認

ラインの整備・教育と生産トライを実施した後に、タカコ・TVC・KYB品質保証部門による社内審査を受審した（写真9）。



写真9 TVC社内審査の現場確認

日本国内で事前に工程監査を実施していたものの、TVC及びタカコ側からいくつかの指摘を受けて改善を実施することになった。これらの指摘はライン仕様の事前合意に不足があったことが要因の一つであり、今後の課題としたい。

また、加工部品の工程能力や作業教育レベルについても指摘があり、一度は審査不合格となったが、これらについても対策を実施し、結局1週間遅れでの合格となった。

社内審査合格後、客先による審査を2014年8月末に受けて納品の承認が得られ、量産を開始した。

6.8 量産開始・初出荷

TVCで生産したMMPはすべて海外輸出されるため、専用段ボールに梱包され、板パレットに載せて出荷される（写真10）。



写真10 MMPの梱包と出荷

TVCで生産したMMPが初めて出荷荷姿になったときは、皆から笑顔があふれた。

7 現地立上におけるトラブル事例

7.1 結露・錆の発生

当初から想定はしていたものの、結露・錆の問題がライン立ち上げ時に早々に発生した。

パーテーション内はエアコンによって恒温化されているが、冷気が当たる場所に置かれたワークや設備には結露が発生し、防錆力の低い部分が急速に錆びてしまった（写真11）。



写真11 ワークの結露・錆の発生

特に、油温制御されている油圧配管では結露が著しく、水が滴るほどの結露が発生した（写真12）。



写真12 油圧配管の結露

そのため、エアコンの温度と風向を調整してワークが過剰に冷却されないようにし、設備配管には断熱材保護を施した。

これらの対策により、結露・錆の発生を防止しす

ることができた。

7.2 部品精度の問題

海外生産において、部品の現地加工や現地調達は大きな課題である。

MMP生産ラインにおいても主要部品の切削加工をTVC内で立ち上げ、更に小物部品の現地調達化を推進したが、部品精度に問題はないのに組立工程で不具合が発生するトラブルがしばしば発生した。これは日本国内の加工品が図面規格よりもはるかに良好な精度でできていたり、図面記載のないバニシングや微小バリ取りが行われているなど図面と実物に差があるのが原因であり、これらが組立工程の不良率に影響してくる。

今後部品現地調達を推進していく際には現状の部品の出来映えを確認し、厳密に図面指示するよう関係部署と協力して進める必要がある。

他にも、同じ工場加工・組立をしている場合は組立品の性能上の問題が出ない限り部品加工精度が大きな問題とならないこともある。しかし、KYB社内から海外生産拠点に部品を輸出する場合は、部品の受け入れ検査で不良と判定されるため大きな問題になってしまう。これも、部品加工の工程能力と設計仕様にズレがあるためであり、海外展開の際にはこうしたあいまいさは許されない。

8 シリンダ塗装工程の塗料変更

8.1 6価クロムフリー化

MMPのシリンダは組立後にTVC内の既存塗装ラインで塗装を行っている。

アルミ素材は一般的に塗料との付着性が低いため、下塗りでエッチングプライマを使用して黒色塗料との付着性を確保している。

しかし、エッチングプライマには環境負荷物質である6価クロムが含まれており、客先要求により6価クロムを使用しない塗装に変更することとなった。

そこでエッチングプライマを廃止し、前処理洗浄工程の改善とより付着性の高い黒色塗料を使用した1コートへの変更を実施した。

8.2 前処理洗浄機の導入

従来の塗装前洗浄工程はホワイトガソリンを使用し手作業で洗浄していた。

エッチングプライマ廃止後も塗装品質を維持するため、リン酸鉄系化成処理剤（以下前処理剤）を使用した自動前処理洗浄に変更するべく新規の洗浄機を導入した。

前処理剤は、将来HST^{注1)}などの鉄素材の製品にも使用できるものを選定した。

注1) Hydro-Static-Transmissionの略. 農耕機などに搭載される油圧式変速機

洗浄機は日本国内で製作し、塗装試験を行って品質確認を実施したのちにTVCへ設置した(写真13).



写真13 前処理洗浄機 (右:前処理, 左:水洗)

8.3 塗料変更による外観変化

塗料を変更したことにより、シリンダの表面質感が変化した。そのため、外観判定基準を新たに作り直す必要が生じ、以下の対策を実施した。

- ①外観判定基準の写真の差し替え
- ②検査員への外観判定の再教育
- ③NG見本の再製作

海外拠点での外観品質管理にはこのような対策が必須である。これらはTVC品質保証部主導で行い、新塗装での量産を開始することができた。

9 今後の展開

TVCでMMPの生産を開始したものの、ラインの生産能力にはまだまだ余裕がある。

日本で生産しているMMPを順次TVCへ移管し、生産数を拡大していく必要があると同時に、MMP全体の需要拡大に向けて品質向上と原価低減を行わ

なければならない。

現在はMMP部品の現地調達率が低く、原価低減の余地がある。

部品在庫低減という観点からも部品現地調達の拡大は必須項目であり、関係部署と連携して推進していく。

10 おわりに

今回は初めての海外拠点ライン立ち上げということで、技術的な面はもとよりさまざまな面で価値のある経験ができた。

日本国内では潜在的であった問題が表面化するなどの体験から、これからの国内業務においても新たな視点でものごとに当たれるようになったと思う。

また、ベトナムでの生活や業務遂行に不安を抱えた中での長期出張であったが、TVCの方々から公私に渡り多大な支援をいただき、充実した日々を過ごせた(写真14)。



写真14 TVCスタッフとの夕食

日本とベトナム、KYBとTVCのさらなる友好と今後の発展を祈るとともに、関係者の皆様へ深く感謝を申し上げます。

著者



神谷 穂高

2011年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部岐阜南工場生産技術部生産技術課第2技術係。主に産機用油圧機器の加工・組立ラインの構築・改善に従事。



亀野 翔太

2010年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部岐阜南工場生産技術部生産技術課第2技術係。主に塗装技術の開発・改善業務に従事。



中之条工場の構築について

宮 沢 功 一

1 はじめに

KYB-YS株式会社（以下YS）では、1972年の萱場工業株式会社（現：KYB株式会社「以下KYB」）との業務提携以降、1973年より油圧シリンダの生産を開始、自販製品を主体に生産を続け、2009年以降のKCM（KYB-Cylinder-Medium pressure）製品移管を経て、油圧シリンダの売上高は約35%を占める基幹製品へと成長した。

YSで製造する油圧シリンダは、ミニショベル、小型ショベル向けであり、国内外の建設機械メーカーへ納入しているが小型建機用シリンダを取り巻く環境は、

- ①基本品質で海外製品の品質向上により、当社の優位性が無くなってきた
- ②円高による国内建設機械メーカーの海外製品採用の増加

といった変化により、グローバル市場で生き残るには、大幅な生産性向上が必要となった。

2011年度より新工場建設プロジェクトが発足、2012年度からは、油圧シリンダCHC（Challenge to Half Cost）プロジェクトとしての活動となった。このプロジェクトでは、従来のような生産工程のみの改善だけではなく、素材入荷～製品の出荷までを意識した「世界No.1のシリンダ生産工場」を構築するべく活動を進め、2016年2月に既存ラインの再編成及び新ライン構築が完了した（写真1）。



写真1 工場建屋外観

2 工場の概要

新工場建設にあたっては、2008年9月に土地を取得したが、リーマンショックによる設備投資計画の中断があり、再検討を経て2011年3月より古い建屋の解体、造成、工場建設、ライン構築を進めてきた（表1）。

敷地面積は45,576㎡、製品庫、資材庫を含む建屋の延床面積は11,432㎡となっている（写真2）。

フロアの耐荷重は2 ton/㎡、生産設備は約150台が稼働中である。

工場内の空調に関しては、EHP（Electric Heat Pump電気式ヒートポンプ）を採用し、冬季は20℃、夏季は28℃で管理している。

表1 年表

項目	年月
工事着工	2012年11月
工場竣工	2013年7月
Aライン稼働	2014年3月
Cライン稼働	2015年9月
Bライン稼働	2016年2月



写真2 工場全景（Google Mapより引用）

3 中之条工場コンセプト

世界No.1の油圧シリンダ工場を目指すことをコンセプトに下記4項目に取り組んだ。

- ①工場内物流の整流化
- ②生産リードタイム短縮，中間仕掛品低減
- ③工場省エネルギー化
- ④構内環境のクリーン化

3.1 工場内物流の整流化

物の流れが分かるように工場南側から入荷し，北側から出荷とするライン配置を行い，整流化を図った（図1）。

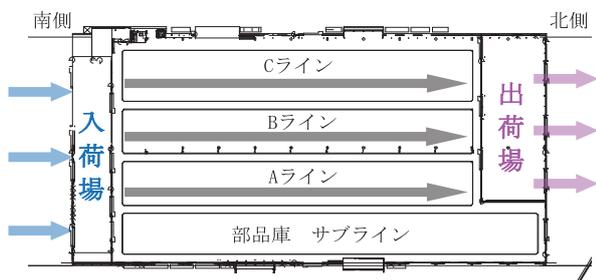


図1 工場内物流線図

また，物流のルールとしくみを

- ①入荷，出荷トラック便の定時化
- ②各部品のライン供給タイミング設定
- ③部品の実のみ運搬^{注1)}
- ④通路側から投入レーンによる部品供給(写真3)にすることにより，運搬ロスの抑制や手扱い工数が低減された。

注1) 空箱管理のムダを無くすため通い箱を廃止した部品供給方法である（写真3）。

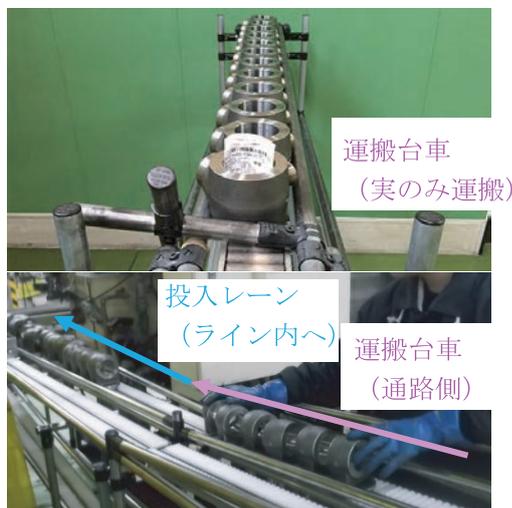


写真3 実のみ運搬台車及び投入レーン

3.2 生産リードタイム短縮，中間仕掛品低減

従来工場では，チューブ加工ライン・ピストンロッド加工ライン・組立ライン・塗装ラインが別々となっており，分岐合流が発生し中間仕掛在庫が多数存在している状況であった。

解決策としてチューブ・ロッド・組立・塗装を一体とした「一気通貫ライン」の構築を目指した（図2）。



図2 一気通貫ラインレイアウト

一気通貫ライン達成には

- ①設備MTの平準化
- ②手扱い時間の低減
- ③段取り時間の低減
- ④生産指示（ロット数・タイミング）の最適化が必要であった。

製品別にバランスシートを作成，事前に改善ポイントを明確にし，新規設備仕様への展開，既存設備改造を行った。

関係部門が連携を図り，手扱いや段取り改善に取り組み，ライン目標値を達成することができた。

生産の進捗がタイムリーに確認できるように，チューブ加工とロッド加工ラインを並列に向かい合わせにレイアウトした。

結果，一気通貫ライン（写真4）を構築することができ，生産リードタイムの大幅な短縮（85%減），中間仕掛品の低減となり，これにより運搬台車を90%以上削減することができた。

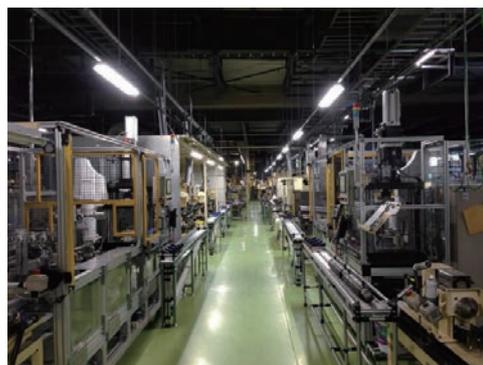


写真4 一気通貫ライン内風景

3.3 工場省エネルギー化

- ①建屋屋上に太陽光発電パネルを設置（写真5）
- ②工場内の照明設備にLEDを採用（写真6）
- ③工場エア圧力の損失低減対策として、工場中央部2階にコンプレッサー室を設置

上記のように省エネルギー化を図っている。
現状の太陽光発電力量は最大10kW/hで、今後50kW/hまでの発電パネルの増設が可能である。



写真5 建屋屋上太陽光パネル

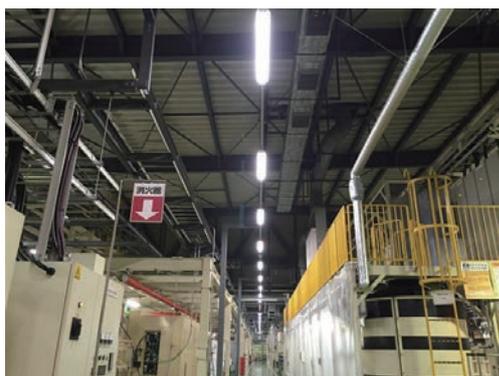


写真6 工場LED照明

3.4 構内環境のクリーン化

コンタミ対策として、めっきと塗装の給排気バランスを取り、工場内を負圧にしない装置の設置（写真7）により、扉やシャッター開閉時のごみなどの進入防止を図っている。

また、組立工程の上部には、異物落下防止として天板を設け、内部シール組付は集中工程（パーテー



写真7 工場外・屋内給気装置

ション内)で実施することで、コンタミ防止対策を図っている。

4 新規採用の技術紹介

中之条工場の新ライン構築に伴い、YS製油圧シリンダで初めて採用した技術について紹介する。

4.1 ピストンロッドのめっき後摩擦圧接

一気通貫ライン構築にはピストンロッドとロッドヘッドの摩擦圧接をめっき後（図3）に行うことが必要となり2点の対策を実施した。



図3 ピストンロッド略図

(1)ピストンロッドめっき給電方法の確立

従来のめっき方法は、接合されたロッドヘッドの二面幅部を給電部とする方法を採用している。

新工場では、単品状態でめっきできる給電方法として、給電部や給電ジグ・マスキング形状に工夫を凝らし、試行錯誤の結果、図4に示す単品給電方法を確立した。

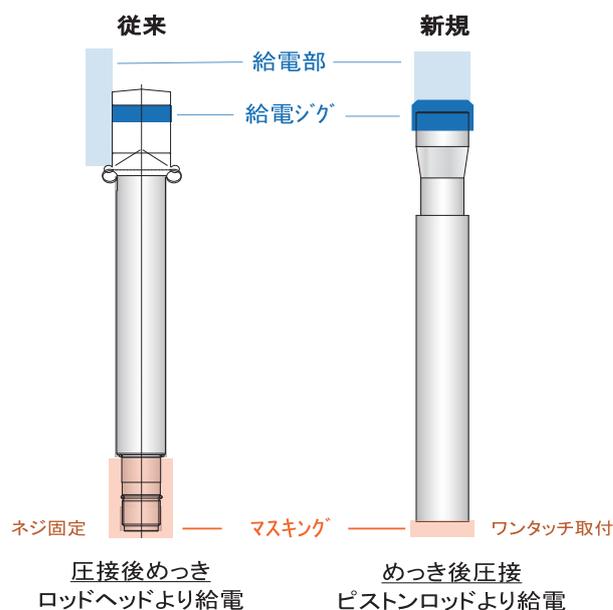


図4 めっき給電部

(2)めっき済み摺動部の圧痕防止

メッキ後の摩擦圧接工程では、摺動部への圧痕発

生が心配点として挙げられていたが、各種条件の見直しやジグの材質及び形状変更により圧痕発生を防止している。

4.2 高周波焼入れ、焼戻し工程の内製化

変動費低減を目的として内製化を行った。

設備仕様の設定・条件設定・品質確認などを、KYBグループ内の関係部門と連携し、品質・MCT・日程など目標値を満足する立上げを迅速に行うことができた（写真8）。



写真8 高周波焼入れ焼戻し設備

4.3 油圧シリンダ主要部品加工の内製化

ロッドヘッド、ピストン、シリンダヘッド、シリンダボトムの計4部品の加工工程の内製を行った（図5）。

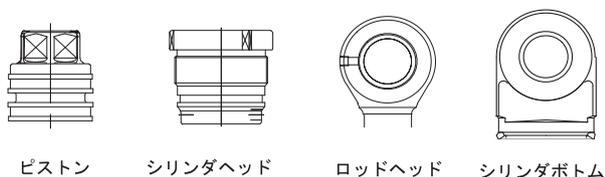


図5 主要4部品図

量産工程での型物旋削加工として、KYB岐阜東

工場の事例を参考に設備仕様を決定し、グループ一体となって設備立上げに取り組んだ。

生産指示の出し方や仕組みにも試行錯誤をして、素材投入から各ラインへの部品供給までを意識した生産体制を構築することができた（図6）。

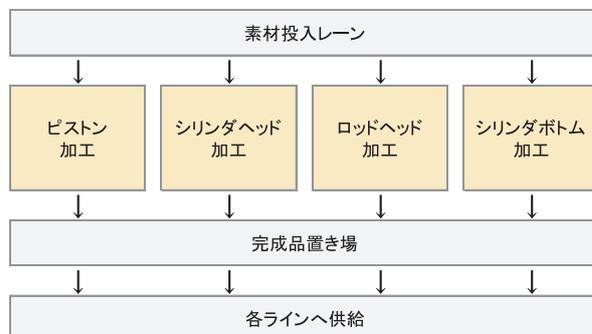


図6 部品加工工程レイアウト

5 おわりに

YSでの工場建屋建設としては、2006年のバルブ工場建設以来であったが、土地の造成・新設・移管までの大規模工事は過去に例が無く、土地購入から全ラインの量産稼働開始まで約8年という一大事業となった。

また、油圧シリンダ全体の生産能力を維持したままでの工場立上げとなったが、製造部門での造り溜めや短期間での既存設備移設など関係者が一体となって乗り切ることができた。

工場建設にあたり、あらゆる部署の尽力により、建築法を初めとする各法令の遵守をすることができた。この場をお借りして、多大なご協力を頂いた㈱NIPPO殿ならびに、KYBグループ関係各部署の方々にお礼を申し上げます。

著者



宮沢 功一

1982年入社。KYB-YS(株)生産技術部長。主に建機シリンダ生産技術開発、生産体制整備に従事。



ピョンチャンパラリンピックの金メダルを目指して

小倉 秀昭 ・ 石原 亘 ・ 鈴木 猛史

1 はじめに

KYBは1998年3月の長野パラリンピックからアルペンスキーチェアスキー競技にショックアブソーバを供給、ソルトレイク、トリノ、バンクーバ大会でナショナルチームにチェアスキー用ショックアブソーバとテクニカルサポートを提供し、選手のメダル獲得に貢献してきた。

バンクーバ大会以降、ナショナルチームの組織変更と時を同じくして、KYBのチェアスキー活動への取組みが曖昧になり、ナショナルチームとの連絡、連携が不十分になった。また、当時、欧州のトップ選手の間で急激にシェアを伸ばしていた欧州製ショックアブソーバの日本代理店より日本選手に向けてテクニカルサポートの提案があり、テスト確認の結果、性能面で当時のKYB製と比較して優位であったことから日本選手も欧州のトップ選手同様、欧州製ショックアブソーバを使用してソチパラリンピックへ出場した経緯があった。

本報では、2018年3月に開催されるピョンチャンパラリンピックでナショナルチームの選手が金メダルを獲得するための活動について紹介する。

2 再挑戦！

KYBグループとして過去の活動を反省、見直した結果、単なる社会貢献活動としてだけでなく、チェアスキー用ショックアブソーバ開発における技術力向上、人材育成、そしてKYBのブランドイメージ構築を目的として、チェアスキー活動に再挑戦することを決定した。

チェアスキー用ショックアブソーバの設計、開発、テクニカルサポートに関しては、長野パラリンピック時代から経験がある二輪車用緩衝器の設計部門であるKMS（KYBモーターサイクルサスペンション株式会社、2013年10月1日にKYBから分社化）の技術部に全面的に委託された。

2015年2月のナショナルチーム合宿にKMS技術部の開発スタッフが参加し、全く白紙の状態から設計したショックアブソーバを現地に持ち込み、選手達の第一印象、製品評価結果を聞いてまわった（写真1）。

ナショナルチームの選手達は『障害』という言葉をおぼろげるほどの非常に高い身体能力をもったアスリート集団であり、競技の第一線で活躍してきた経験から、選手の下肢としての役割を担うショックアブソーバに対する要求レベルは想像以上に高いものであった。我々技術屋として全身全霊で開発に取り組むこと以外に選手達からの信頼を得ることができないと思わせる『本当のプロフェッショナル』であることを選手の行動、発言から感じた。



写真1 合宿でのテスト風景

3 永続的サポートのため体制強化

KYBは2015年8月に日本障害者スキー連盟アルペンスキーナショナルチームのオフィシャルスポンサー及びオフィシャルサプライヤーとなった。

これによりナショナルチームに所属する選手への製品供給・テクニカルサポートを一層強化する基盤を整えることができた。また、選手及びスタッフが

着用するユニフォームへKYBロゴを掲出することが可能となった（写真2）。



写真2 KYBロゴ付ウェアを着た選手たち

4 製品概要

チェアスキー用ショックアブソーバは、二輪車用ガス封入タイプをベースとし、シリンダサイズ、ガスタンク形状、全長、ストロークをチェアスキー専用に開発したものである。シール類や作動油にはスノーモビル用に開発されたものを流用し、極寒の中でも安定した性能を発揮出来る様に考慮した。また、ガスタンクは別タンク構造とすることでガス容量を可能な限り確保し、DLC（Diamond-Like Carbon：用語解説「DLC」p.63参照）ピストンロッドの採用による摺動性の向上、モトクロス競技用ショックアブソーバで使用されるインテグラルアジャスタ^{注1)}を採用することで減衰力調整の操作性向上等、競技用ショックアブソーバとして最新の機構を盛り込んだ。

また、ナショナルチームの各選手個別に設定したスプリングと減衰力特性を微調整可能な構造とし、各選手の滑走技術を最大限に発揮出来る仕様を目指して開発した（写真3）。

注1) レース会場での迅速な調整にも対応できる様、従来独立して配置されていた伸減衰と圧減衰の調整機能を一つに集約した機構。



写真3 KYB新型ショックアブソーバ

5 開発のはじまり～実戦投入

新型チェアスキー用ショックアブソーバの開発は、2014年秋にスタートした。当時、欧州製の市販ショックアブソーバがチェアスキーの世界でも高く評価されており、日本代表選手の殆どがそれを使用していた。KYBが再挑戦するにあたっては、この競合製品の性能を完全に凌駕することを目標とした。原理試作では減衰力仕様や製品重量等、可能な限り競合製品を調査した。

2015年2月に、長野県菅平スキー場で行われたナショナルチームの合宿に最初の試作品を持ち込み、選手に新しいKYB製ショックアブソーバを試してもらうチャンスをいただいた。試作品を初めてフレームに取付ける際、取り付けブラケットをその場で追加工、動的な解析が不十分で静的には問題とならなかったフレームとの干渉が起こる等の不具合もあったが、選手の理解と協力によりテストは高評価のうちに終了した。

その合宿終了後に、『次の世界選手権で実戦確認をしてみたい』という要望をいただき、ソチパラリンピックのスラローム競技金メダリストの鈴木選手を含む2名の選手に試作品をそのまま手渡し、ぶっつけ本番で2015年3月の世界選手権に参戦。なんと、その世界選手権でKYBの新型ショックアブソーバを使用した鈴木選手はスラローム競技で見事金メダルを獲得した。

6 海外遠征サポート

再挑戦の初年度から結果を出すことが出来たが、国際大会を通じてショックアブソーバの改善すべき課題も見えてきた。2014/2015シーズンの終わりまで国内で精力的にテストを行ったが、雪質やコース設定の問題などから実戦を見据えた作り込みが難しく、海外でテストする必要性を感じるようになった。

新体制となって最初に参加した海外遠征はニュージーランド合宿だった（写真4）。

ニュージーランド合宿でのテストは十分な日程が与えられたため、選手達と綿密なコミュニケーションを取ることができた。そのため、ナショナルチームの中でこれまでセッティングで常識とされてきたこと（ターンではサスペンションを深くストロークさせたポジションをキープして滑る）を見直すことからスタートすることができた。減衰力を上げてショックアブソーバそのものの性能を十分引き出すセッティングを提案していった結果、最初は選手達が違和感も覚える場面もあったが、現地で滑り込む

につれて選手達もその仕様を自分のものにしていき、製品のポテンシャルと今後の性能UPへの可能性と期待を感じてもらえるようになった。

このころから選手と開発スタッフとの信頼関係がより深まり、目指すべき方向を共有できたことで、加速度的に仕様改良が進むようになった。その結果、スラローム等の技術系種目では国際大会で金メダルを獲得できるレベルに到達した。

一方、メジャーな大会を通じてダウンヒル競技等の高速系種目でのパフォーマンス不足が課題として見えてきた。当初はスラロームやジャイアントスラロームの技術系種目を主眼に入れたテスト機会が多かった為、サスペンションの使い方もストロークを余すことなく使い、凸凹での吸収性を上げたモトクロス競技のようなセッティングを推し進めていたが、高速系種目で上位入賞する海外選手とはセッティングの思想もこれまでの開発スタッフや日本のナショナルチームの考えとは異なる面が多いことがわかってきた。2016年夏は高速系トレーニングの場所となる南米チリでの合宿に参加し、高速系に的を絞った仕様の開発と、テクニカルサポートを実施することとした。



写真4 ニューゼーランド遠征、ゲレンデで調整中

7 鈴木猛史選手の挑戦

本章は2015年8月1日付けでKYBに入社した、ソチパラリンピック金メダリスト「鈴木猛史選手」による執筆である。

以下に鈴木猛史選手の主な経歴を記す。

- 1997年：小学校3年でチェアスキーを始める
- 2003年：中学校3年でアルペンスキー世界選手権に初出場。
- 2006年：高校3年でトリノパラリンピックに出場。
- 2010年：大学4年でバンクーバーパラリンピックに

出場し大回転で銅メダルを獲得。

2013年：ワールドカップで年間総合優勝。

2014年：ソチパラリンピック回転で金メダル、滑降で銅メダル獲得。

2015年：2度目のワールドカップ総合優勝。

7.1 KYB製で優勝

2014/2015シーズンの後半からKYBがチェアスキーナショナルチームのサポートを再開すると聞いた時は正直嬉しさもあり不安もあった。

ソチパラリンピックでは欧州製のショックアブソーバを装着して金メダルを獲得しており、大会やコースごとに調子の良い製品を今後も使用したいという気持ちもあった。またその一方で選手として安定だけを求めている成長せず面白くないという気持ちもあった。

そんな葛藤の中、初めての合宿で開発スタッフの動きを見て、そして実際にKYB製ショックアブソーバを装着して『この開発スタッフ、この会社となら次のパラリンピックまでに勝つための製品開発ができる!』と感じた。そのシーズンで最も大事な大会である世界選手権まではわずか1か月しか無かったが、その時に世界選手権で使用することを決断し、その場でチェアスキーフレームの一部を削って（切り取って!）KYB製ショックアブソーバを取り付けてもらった。

そんな滑り込んでいない新型ショックアブソーバを使用して大事な大会に出場することは通常ではあり得ない。しかし不安でいっぱいになるはずが、今回の場合は逆に楽しみの方が強かったのである。

結果、高速系では不甲斐ない成績で終わってしまったものの、得意種目であるスラローム競技で優勝することができ（写真5）、KYB製の新型ショックアブソーバの性能の高さを証明することができた。



写真5 2014/2015シーズンアルペンスキー回転で金メダル獲得

7.2 KYB社員としての挑戦

ソチパラリンピック終了以降、自分の中で環境を変えたいという強い思いがあった。そんな時にKYBを紹介されたのだが、もともと菅平合宿で開発スタッフの対応をみて『こんな人達がいる会社で働きたい』という思いがあった。クルマが大好きで、クルマ関連部品を作っている会社で働きたいという思いも重なり、勝手に『これは運命だな』と感じて入社を決意した。

入社後は経営企画本部広報部へ所属し、講演やチェアスキーのレース結果報告活動を通じてKYBの事をPRするよう努めている。将来はチェアスキーだけではなく、福祉関連でKYBの技術を活かせるのではという考えもあり、そのような事に積極的に協力していきたい。

7.3 開発スタッフとの絆

2015/2016シーズンは、2014/2015シーズンよりも開発スタッフの方と、より深くコミュニケーションを図ることが出来たと実感している。

さすがに、ニュージーランド合宿では、開発スタッフの2名は初めてのチェアスキー遠征というこ

とで、まだ余所余所しい感じがあった。しかし回数を重ねていくうちに打ち解け、カナダ、韓国遠征の頃にはチームの一員としてナショナルチームのすべてのメンバーから信頼され、色々と話せるようになっていた。また、遠征先にショックアブソーバのテクニカルサポートスタッフが帯同しているのはジャパンチームだけで、海外チームの選手は『本当のレーシングチームだ!』と驚いていた。

7.4 2018年ピョンチャンパラリンピックに向けて

2018年ピョンチャンパラリンピックでは個人の金メダルは勿論だが、ソチパラリンピックでは実現できなかった『日本人選手による表彰台独占』を是が非でも達成したい。

それを実現するために、得意な技術系の回転・大回転だけでなく、高速系のダウンヒル競技・スーパージャイアントスラロームの技術を磨かなければならない。

ピョンチャンパラリンピックまで残り2年を切ったが、KYB製ショックアブソーバで金メダル、表彰台独占を実現できるよう頑張りたい。

著者



小倉 秀昭

1986年入社。KYBモーターサイクルサスペンション技術部第二設計室長。主に二輪車の競技用サスペンションの設計・開発に従事。チェアスキー用ショックアブソーバ設計開発リーダー。



石原 亘

2009年入社。KYBモーターサイクルサスペンション技術部第一設計室。主に二輪車用サスペンションの設計開発に従事。チェアスキー用ショックアブソーバ設計開発担当。



鈴木 猛史

2015年入社。経営企画本部広報部。

用語解説

「DLC (Diamond-Like Carbon)」

「ピオンチャンパラリンピックの金メダルを目指して」(p. 59) に記載

基盤技術研究所 材料研究室 田村 徹 弥

1 DLCとは

DLCは、Diamond-Like Carbonの略で、硬質アモルファス炭素皮膜の総称です。黒くて非常に薄い皮膜で、その厚さは一般的に1 μ m程度。その名の通り、非常に硬いダイヤモンドと鉛筆の芯に使用されているグラファイト(黒鉛)が混ざり合った構造(図1)で、その割合によって大きく特性が異なり、水素や金属の含有等によって、様々な種類が存在します。

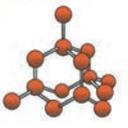
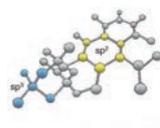
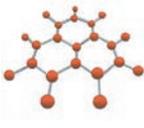
	ダイヤモンド	DLC	グラファイト
構造	 ダイヤモンド構造 	 非晶質(ダイヤモンド/グラファイト)構造 代表的なDLCの種類 ・a-C:H (一般的、水素含有) ・ta-C (高硬度、水素レス) ・a-C:H(Me) (金属含有)	 グラファイト構造 

図1 DLCの構造

2 DLCの特徴

DLCは低摩擦を特徴とする皮膜で、鉄鋼を相手にした場合、摩擦係数は軟窒化やCrめっきの半分程度(図2)。軟窒化鋼と比較した場合の摩耗量は1/50以下(図3)、焼付き荷重は2倍以上(図4)と非常に摺動特性に優れた皮膜です。このような特性を示す表面処理は、他にはありません。

3 KYBでの適用事例

低摩擦の特徴を活かし二輪車のインナチューブや

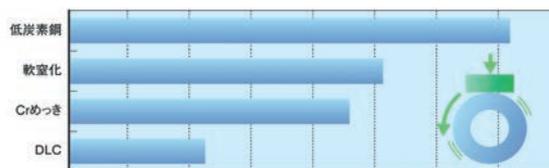


図2 各種表面処理の摩擦係数

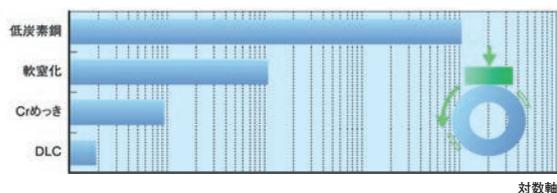


図3 各種表面処理の摩耗量

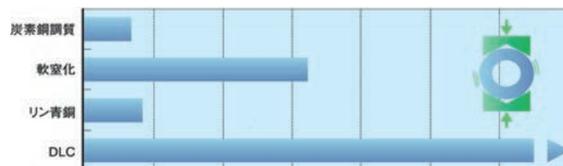


図4 各種表面処理の焼付き荷重

四輪車のピストンロッドに、高耐摩耗の特徴を活かしピストンポンプの斜板傾角制御ピンに適用されています(図5)。

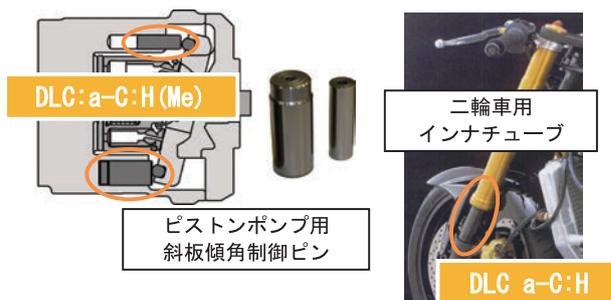


図5 KYBでのDLC適用事例

随筆

Bauma2016視察記

長谷部 敦 俊 ・ 新 島 健 之

1. はじめに

Baumaとはドイツ語でBau（建設）とMaschinerie（機械）を合わせた言葉であり、Intermat（フランス）、Conexpo（アメリカ）と並び世界三大建機展に数えられる建設機械見本市のことを指す。開催場所はドイツのミュンヘンで、Intermat、Conexpoと相互に3年周期で開催されている。

近年、建設機械では省人化を狙いとして自動運転技術や様々なセンシング技術の開発が進んでおり、特に情報化施工と呼ばれる技術に関してはGPS（全地球測位システム）やドローン（無人飛行機）などを活用した施工作業の効率化、自動化が次々と実用化されている。これらの技術は自動車業界でも研究が行われており、技術的には通じるものがある。また、Baumaでは世界的大手メーカーのコンクリートミキサ車や関連技術についても多数の展示がある。そのため今回は、基盤技術研究所と特装車両事業部の2部門から、前者は3日間、後者は2日間の日程での視察を行った。本報では、各々建機業界におけるセンシング技術動向、コンクリートミキサ車及びそれに関連する技術動向に関して、その内容を紹介する。

2. 展示会場と展示会概要

Baumaはミュンヘン見本市会場にて開催される。この会場では年間約40の国際見本市が開催されており、毎年100ヶ国以上より3万社以上の出展社、及び200ヶ国以上より200万人以上の来場者が参加している。この会場は1998年に設立されたが、それ以前はリーム空港という国際空港があった。これは後で調べて知った事実だが、この空港は1958年2月6日にイングランドフットボールリーグのチーム、マンチェスター・ユナイテッドのチャーター機が墜落し、8名の選手を含む23名が死亡した有名な事故“ミュンヘンの悲劇”が起こった場所であった。

日本ではパシフィコ横浜や東京ビッグサイトにて

開催された展示会を視察したことがあったが、今回の会場はこれまでに日本で経験したことが無いほど広大で、会場の端から端までが地下鉄の駅一区分分に相当するという信じられないものであった。

日本で最大級の見本市会場である東京ビッグサイトと比較してもその大きさは歴然である（表1）。

屋外展示場に至っては東京ビッグサイトの約47倍もの面積があり、大型の重機やクレーンが所狭しと並んでいた。会場周辺には高い建物が無かったため、その光景は会場に向かう列車の中からでも一際目立って見えた（写真1）。この光景だけを見ると、ビジネスの場というよりは一種のお祭りに近い印象だった。

表1 展示会場比較

	東京ビッグサイト	ミュンヘン見本市会場	面積比
総面積	243,419㎡	605,000㎡	2.5倍
屋内展示場面積	80,660㎡	180,000㎡	2.25倍
展示ホール数	10ホール (東西合計)	17ホール	—
1ホール面積	4,680～ 8,880㎡	3,500～ 11,000㎡	—
屋外展示場面積	約9,000㎡	425,000㎡	47倍



写真1 列車から見たBauma会場

2016年のBaumaは4月11日（月）～17日（日）の計7日間開催されて、58ヶ国から3,423社の出展が、200ヶ国から約58万人の来場者が訪れるという超巨大イベントだった。筆者（長谷部）はその内11日～13日の3日間、筆者（新島）は14日～15日の2日間の見学を行ったが、Baumaの様な大きな見本市の見学は初めての経験であったため、果たして3日間または2日間で全てを視察できるのかとかなり不安になった。実際、会場の端から端までを一通り見て回るだけでも丸一日かかってしまうため、いかに効率よく目的の展示を回るかを考えながら行動する必要に迫られた。特に屋外展示場では大型の重機が立ち並び（写真2）、積極的に動展示が行われていたため、ついつい足を止めて見入ってしまった。



写真2 大型のクレーン重機

展示ホール内は大小様々なブースに区切られており、ショベルのバケットやシリンダ、クローラ等の大型部品から、ボルト、バルブ、コネクタといった小さな部品までバリエーションに富んだ展示品が陳列されていた。中には1ホールほぼ全てを借り切って大々的に展示を行っていた母機メーカーもあり、Baumaへの力の入れ具合が伺えた。

3. 建設機械センシング技術動向

一口にセンサといっても圧力センサなどの一般的なものから、ストロークセンサやカメラを使ったセンシングシステムまでラインナップは多岐に渡る。今回の視察で気になったセンシング技術を紹介する。

3.1 ストロークセンシング技術

シリンダのストローク量を計測し、自動操縦やバケットなどの位置推定に利用する。センシングの方法は様々で磁気を利用したものから光学式(写真3)のものまであった(表2)。

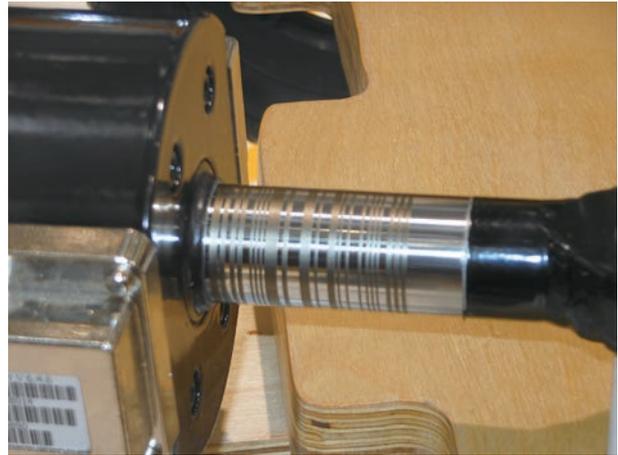


写真3 光学式ストロークセンサ

表2 ストロークセンサ方式比較

方式	特徴
磁気パターン式	磁気センサでロッドに付けられたパターンを読み取ることでシリンダ位置を検出する。
磁歪式	磁気を加えると歪みが生じる磁歪線を利用してシリンダ位置を検出する。
ホール素子式	電流に垂直に磁場を掛けたときに発生する起電力を検出するホール素子と磁石を利用してシリンダ位置を検出する。
光学式(写真3)	パターンが付けられたロッドにレーザーを照射し、シリンダ位置を検出する。
ワイヤ式	シリンダヘッドの先端に巻き取り式のワイヤを取り付け、その引き出し量でシリンダ位置を検出する。
電波式	ピストンに向かって電波を送信し、反射して帰ってくるまでの時間からシリンダ位置を検出する。

3.2 周辺環境認識技術

自動車の安全運転支援機能と同様にミリ波レーダやカメラを用いて周辺の安全確認を行うものが多数展示されていた。特に多かったのはカメラを用いた周辺監視システムで複数カメラ映像を合成したサラウンドビューシステムや単眼、またはステレオカメラによる物体検知システムの展示もいくつか見られた。現時点では自動車業界程ではないものの、建設機械業界においても今後発展していくと考えられる。

3.3 測量技術

今流行りのカメラ付ドローン(無人飛行機)を使って作業現場の測量を行うものがあつた。中には専用のカメラではなく、既製のデジタル一眼レフカメラをそのまま取り付けているという変わり種のドローンも存在した(写真4)。



写真4 測量用ドローン



写真5 ポンプミキサ車

4. コンクリートミキサ車動向

4月15日～16日の視察当日は、突然激しい雨が降り気温が下がったと思うと、晴れ間が広がり気温が上がるといふ繰り返しで、目まぐるしい天候の変化であった。今回の視察は、2日間と時間の限りがあったためコンクリートミキサ車及びそれに関連する技術の視察を重点的に行うこととした。

屋内外展示ブースにおいて、コンクリートミキサ車の展示は欧州をはじめ、世界的大手メーカ数社と車両メーカによる展示があった。各社ともに、コンクリートミキサ車にコンクリートポンプ車^{注1)}の機能を備えた車両（以下ポンプミキサ車：写真5）の展示に力を注いでいた。日本国内の建設現場でのフレッシュコンクリート打設では、コンクリートミキサ車が搬送してくるフレッシュコンクリートを、コンクリートポンプ車が打設場所まで圧送するのが一般的であり、日本国内でその車両を目にすることは少ない。また、ポンプミキサ車以外にもベルトコンベアを備えたコンクリートミキサ車（以下コンベアミキサ車）の展示が盛んであった。メーカ担当者によれば、欧州では都市部や山間部などの狭小現場や省人化目的の需要があり、ポンプミキサ車やコンベアミキサ車はコンクリートミキサ車の10%程度のシェアがあるようだ。

確かにミュンヘン市内を歩いていると、景観規制があるためだろうが統一感のある建物が密集しており、道幅は狭く路地が入り組んでいる。ホテルへの出入り口を間違え隣家の庭先に出てしまったくらい複雑である（写真6）。日本国内の都市部であっても状況はほぼ同じであるが、車両重量の基準が厳しい日本国内では普及していないと考えられる。日本国内においても基準を満たすことが可能になれば、狭小現場は多くあり、昨今の建設業界における人材不足の観点からポンプミキサ車やコンベアミキサ車の需要はあるのではないかと考えられる。



写真6 ホテル周辺（ミュンヘン市内）

ポンプミキサ車やコンベアミキサ車以外では、各社とも電子制御コンクリートミキサ車の展示があった。その操作方法は簡素化されており、車両後方のレバーを操作することで段階的にエンジンの回転数とドラムの回転数及び方向を制御するものであった。旧来からの機械式のレバー操作を電子制御に置き換えたという様相であった。

一方、KYBが2004年10月に発売した電子制御コンクリートミキサ車（以下eミキサ）は運転席と車両後方にダイヤル式のコントローラを備え、エンジン及びドラムの回転数を無段階で設定できる。更にeミキサは、2速切換方式の油圧モータによりエンジンの回転数を半分に抑えることで不必要なエネルギーロスが無いように最適な制御がなされている。操作の形態は地域によって差があることは開発をする上で重要なファクターであり忘れてはならないが、コンクリートミキサ車の制御技術においてはKYBが一步リードしていると素直に感じた。

注1) コンクリートミキサ車により運搬されたフレッシュコンクリートを型枠まで圧送する車両

5. コンクリートミキサ車関連技術動向

展示会場には、普段私たちが街中で目にするコンクリートミキサ車以外にも、コンクリートミキサ車と小型のホイールローダを組み合わせた車両（以下セルフ投入型ミキサ車）や、大型の材料タンクを備

え現場で適量のコンクリートを製造する車両（以下移動式バッチャプラント）等の展示があった。

セルフ投入型ミキサ車は、ホイールローダの様なバケットと走行システムを備え、バケットでコンクリート製造に必要な材料を計量し自身でミキサに投入してコンクリートの製造ができる。通常のコンクリートミキサ車はバッチャプラント（以下プラント）で適量だけ製造されたものを打設現場まで運搬あるいは練り混ぜるが、離島や道路事情の悪い国等ではプラントの建設やコンクリートミキサ車を用いた運搬が困難であり、そのような条件下では威力を発揮する。今回の展示会では、イタリアのメーカ2社で展示があった。両社ともに車両の大きさは同程度であったが、バケットでの材料の計量方法に違いがあった。1社はバケットを上下する油圧シリンダに圧力センサを取り付け、運転席の液晶画面にバケットですくった材料の重量を表示していた。一方、もう1社は圧力センサではなく運転席まで油圧配管を伸ばし、圧力と重量の換算目盛を備えた圧力ゲージでアナログ表示していた。メーカ担当者によれば、セルフ投入型ミキサ車の市場は開発途上国がほとんどでありアフターサービスや教育の面において、扱い易いアナログ式の方法が好まれているようだ。

移動式バッチャプラントは、KYBにおいても製造しているが、今回展示されていた車両とは方式が異なっていた。KYB製造の移動式バッチャプラントは、材料の計量、混練、排出が一つの工程のいわゆるバッチ方式である。ところが、展示されていた車両は材料の計量、混練、排出を並行して行う連続式であった。バッチ方式のメリットは各々の工程において処理時間の調整が出来るため、アウトプットを常に一定に保つことができる一方、処理量が少ない。連続式は、全ての工程を並行しているため大容量の処理が出来るが、材料物性等の変化に追従した

工程管理が難しい。地域によって考え方や使われ方が様々であり、今後一層海外展開の機会が多くなる中では相手をよく理解することの重要性を痛感した。

6. おわりに

今回の視察ではこれまで触れることがなかった建設機械の最新事情を知ることができ、大変有意義な機会であった。油圧機器のメーカに在籍しながら、普段の業務では建設機械はおろか油圧機器に触れる機会が無かったので、ボルトやシールといった小さな構成部品から超大型の重機まで幅広い製品を目にできたことは大きな刺激になった。また、出展者とのコミュニケーションは基本的に全て英語で行わなければならなかったため、うまく情報を引き出せる時があれば、なかなか質問の意図が通じない時もあり、普段以上に苦労した。今後もこのような見本市には積極的に参加していきたいので、次の機会までには英語力もさらに磨いておく必要があると実感した（基盤技術研究所：長谷部）。

今回2日間の日程での視察だったが、様々なメーカを見ることができ、とても有意義な時間を過ごせたと感じた。壮大な規模、そして出展メーカの熱気は圧倒され続けた。様々な展示ブースを見ている中で、目的、誰をターゲットにしているのかが各社ともとても明確であったように感じた。今後海外展開が増えて行く中で、相手の考え方や文化をよく理解し目的を明確に捉える努力をしていかなければならないと感じた（特装車両事業部：新島）。

最後に、このような機会を与えていただきました関係者の皆様に、紙面を借りて御礼申し上げますとともに、このような貴重な体験ができたことに感謝します。

著者



長谷部 敦俊

2009年入社。技術本部基盤技術研究所電機電子研究室。主に自動車向けセンシングシステム開発に従事。



新島 健之

2014年入社。特装車両事業部熊谷工場技術部。新製品の開発設計業務に従事。



電波試験技術者資格 iNARTE-EMCの取得

石 崎 由紀夫

1 電波試験技術者資格 iNARTE-EMCとは？

iNARTE-EMCとは、電子電気製品に関する電磁両立性（以下EMC^{注1)}技術者のスキルを認定する国際的な技術者の資格である。

米国の非営利団体iNARTE^{注2)}が、政府機関の要請により1988年にEMC分野における技術者資格認定制度を発足させた事に始まる。日本においては1998年社団法人関西電子工業振興センター内に、「iNARTE JAPAN委員会」が組織され、以降日本にiNARTE-EMC資格試験が導入された。

2015年4月現在におけるiNARTE-EMC資格保有者数は、世界26ヶ国で2,289人。そのうち日本人は1,081人であり、全世界のiNARTE-EMC資格保有者の約半数を占める。

iNARTE-EMCが持つ効用は、EMCの世界において国際的に認知される。その例を以下に記す。

- ①EMC試験の測定データについては、データ取得者がiNARTE-EMC資格保有者であるか問われる場合がある。
- ②米国試験所認定協会A2LA^{注3)}においては、審査員の資格としてiNARTE-EMC資格保有者である事を推奨している。
- ③ある自動車メーカーにおいては、EMC評価試験を行う者はiNARTE-EMC資格保有者である事を条件としている。

このように、iNARTE-EMCはEMC技術の専門家である事を証明する資格であり、特に実務面で相応に評価される資格であると言える。そのため、iNARTE-EMC資格保有者には、EMCの原理・原則を理解し、それを土台に社会に信頼されるEMC評価結果を導き出せる技術力が求められる。

注1) Electro Magnetic Compatibilityの略

注2) The International Association for Radio, Telecommunications and Electromagneticsの略

注3) The American Association for Laboratory Accreditationの略

2 超難関の試験！

まず、iNARTE-EMCは誰でも受験できる資格試験ではない。EMC業務に従事していることや、その経験年数が問われる。一例をあげれば、iNARTE-EMCエンジニア資格の受験には、大学学士課程卒業者の場合、実務経験が3年以上ある事が要求される。更にはそれを証明する推薦者が必要であり、それらの受験資格を満たさなければ受験ができない。

iNARTE-EMC資格試験の最大の特徴として、日本の多くの資格制度のような暗記力を試す試験ではなく、与えられた問題を解くことに主眼を置いた、実務に特化した資格試験であることが挙げられる。

実際の試験の詳細内容を以下に示す。

- ①試験時間は午前・午後各4時間、出題は午前・午後各48問で、8問は放棄出来る。80問の回答の内、70%以上の正解率が合格条件である。
- ②試験はオープンブック方式で、関数電卓、参考書、自作ノート、パソコン・タブレット（ネット接続は不可）等の資料の持ち込みが許可されており、持ち込みの冊数や電子データに制限はない。問題を解くために、持ち込んだ資料を駆使して答えを導き出す試験である。

これだけの資料の持ち込みが許可されている資格試験であるから、簡単に合格できるものと思われるが、実際はそうではない。近年のiNARTE-EMC合格率は、2014年の26%をピークに、2015年は20%、2016年は17%と、年々低下傾向にある。資料の持ち込みが許可されているにも関わらずこの合格率の低さである事から、iNARTE-EMC資格試験の難易度の高さが分かる。

この資格試験に合格したとしてもiNARTE-EMC資格はまだ認定されない。資格試験の合格者に対しては資格認定のための課題提出が義務付けられており、この課題審査を通過してはじめてiNARTE-EMC資格の保有者として認定される。



写真2 開発実験室のiNARTE資格取得者
(向かって左より, 本田さん, 山田さん, 水野さん)

写真2に電子技術センター開発実験室のiNARTE資格取得者3名を紹介する。

5 KYBグループの電子機器製品の評価・体制

技術本部電子技術センターは2012年10月に発足したが、その信頼性評価を担う部署として、開発実験室は岐阜北工場に設置された。

電子技術センターはKYB各事業の製品のみならず、KYBグループからのニーズに対応して製品のハード・ソフトウェアの開発を行っており、開発実験室での信頼性評価は、KYBグループ全体の広い範囲に及び、多様な試験設備と、実験員の高いスキルが必要である。以下に電子機器製品の評価・体制について紹介する。

5.1 電子実験棟概要

電子実験棟はKYBグループ各社の製品に使用される電子電気製品の信頼評価専用の施設として、2012年4月より運用を開始している。

写真3に外観写真を、また表1に主な概要を示す。



写真3 電子実験棟外観写真

5.2 電波暗室, 及び試験設備

電子実験棟建設に合わせ、KYBグループでは初となる電波暗室、及び電波試験設備を新規で導入し

表1 電子実験棟概要

建築要目概要	鉄骨構造総2階建て 延べ床面積 1,560㎡	
運用開始	2012年4月	
主要設備	電波系	電波暗室4室 (シールドルーム2室含む)
	物理環境系	16台
	電源・サージ系	4台
	特性試験機	1台

た。電波暗室導入に際しては、KYBの製品の信頼性が保障出来る事を最低限の条件とし、且つKYB製品が組み込まれた客先製品での評価を、最大限可能な様に配慮した。最終的に使用頻度の高い自動車関連においては、実際の自動車での試験が対応可能な暗室の仕様とした。

写真4は最大の3m法電波暗室の内部、及び写真5は部品での実際の電波試験の様子を示す。

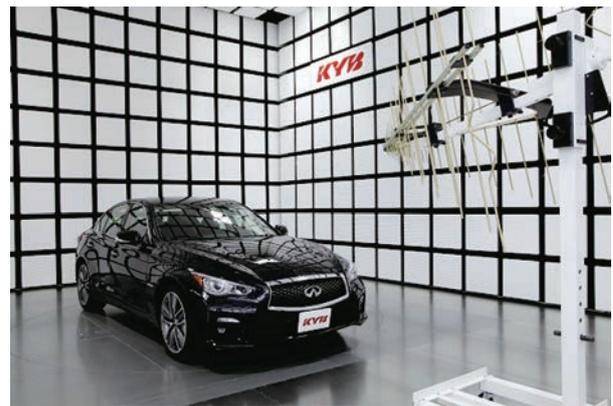


写真4 3m法電波暗室

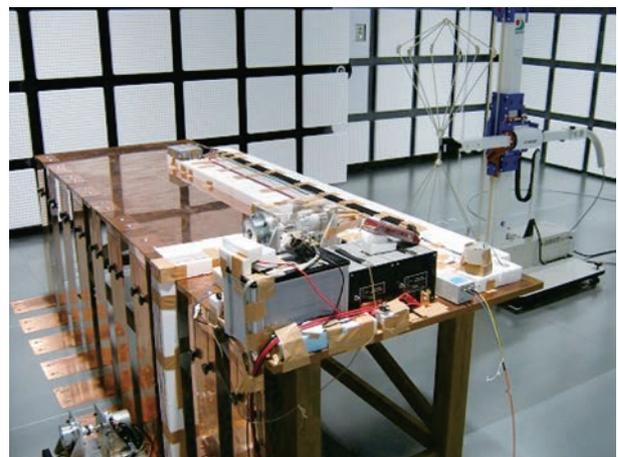


写真5 電波試験の一例

5.3 物理環境系設備

陸海空のフィールドで使用されるKYB製品は、温度・湿度・振動・静電気・雷等の多様な環境に曝される。これらの環境下で、客先要求の耐久性を保有する事を、証明しなければならない。

電子実験棟では物理環境系試験設備を16台、電源・サージ系の試験設備を4台有し、製品開発の各ステージで、徹底的な信頼性評価を実施している。

写真6に環境試験室の様子を、写真7にECUの低温時の動作確認試験の様子を示す。



写真6 環境試験室



写真7 ECU低温時動作確認試験

5.4 フィールド実車テスト

電子実験棟内での徹底的な台上試験に加え、近年はフィールドでの実車テストにも、積極的に参加している。写真8,9では北米での極低温でのECU動作信頼性実車試験の様子を紹介する。



写真8 極低温動作信頼性実車試験

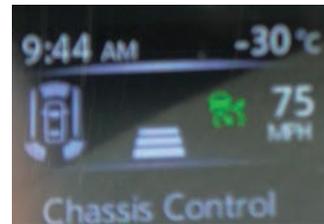


写真9 試験中の午前9時44分に気温-30℃を記録

6 おわりに

自動車の自動運転化に代表される様に、世の中の電子化・制御化は劇的に進化しており、電子技術センターの技術レベルUPは急務であり、評価体制整備と共に、室員のスキル向上、資格取得が必要である。

電波試験技術者資格INARTE-EMC資格取得に際しては、多大なご協力を頂いた社内外の関係各位へお礼を申し上げますと共に、何より地道な努力の末、超難関の試験を突破した室員各位に感謝したい。

著者



石崎 由紀夫

1983年入社。技術本部電子技術センター開発実験室長。二輪技術部、独・伊駐在、開発実験部を経て現職。

編集後記

今回、随筆の編集を担当させて頂いたが編集にあたり、記事を読むうちに現地の風景が見える様な気がし、非常に楽しい編集であった。執筆者の皆様ご協力ありがとうございます。

さて、KYB全グループの皆様は日々、様々な開発・改善などに尽力を注いでいることと存じます。KYB技報にも開発から生産に関する記事が記載されています。

技報は技術・開発に関わっている方が読むものという感が強いかもしれないが全ての社員の方々が技報記事に関心を抱いてくれると幸いです。“技報記事から新たな発見が生まれた”そんな話が聞けるような技報編集を今後心がけていきたい。
(宮嶋委員)

所属している知的財産部という部署柄、新技術の特許出願するという形で研究、開発中の新しい技術と接する機会が多い。このように、多くの製品や技術に関わる機会を持っているので、KYBにはどんな製品があるのか判っている方だと思っていた。しかしながら、KYB技報の編集に携わっているとまだまだ知らない製品に出会うことができ、改めてKYB製品の幅の広さに驚かされる。次号はどんな製品の記事が載るのかと毎回編集委員会を楽しみにしている。
(小倉委員)

前任者から突然の交代で技報編集委員になり、今回で3号目の編集となった。以前KYB技報に寄稿したことはあったが、その時自分が編集作業に携わることになるとは思っていなかった。担当業務(ショックアブソーバ生産準備)と異なるジャンルの記事編集に毎回興味深く取り組んでいる。KYB技報は業務の成果を社内外に紹介する場でもあることから、編集委員を務めている間に自部署の成果が掲載されることを目標とした。
(志多委員)

編集委員

◎手塚 隆	技術本部生産技術研究所所長	志多 一彦	AC事業本部岐阜北工場生産技術部
中村 善也	技術本部基盤技術研究所要素技術研究室	野口 浩市	HC事業本部岐阜南工場生産技術部
村上 敏和	技術本部生産技術研究所	金子 仁	経営企画本部経営企画部
小倉 雅則	技術本部知的財産部第一知的財産室	関根 伸一	技術本部事業開発推進部
小川 義博	HC事業本部技術統轄部相模油機技術部	岩田 達也	人事本部
吉村 光明	HC事業本部相模工場生産技術部	伊藤 好文	カヤバシステムマシナリー(株)技術部
上條 崇史	特装車両事業部熊谷工場技術部	宮嶋 勝昭	KYBエンジニアリングアンドサービス(株)技術部
伊藤 直樹	AC事業本部技術統轄部製品企画開発部	河野 義彦	(株)タカコ技術本部開発部
赤塚浩一郎	AC事業本部技術統轄部ポンプ技術部	松崎 敬一	KYB-YS(株)設計部
米澤 和彦	AC事業本部サスペンション実験部	一箭 正	KYBトロンデュール(株)技術部
赤堀 正弘	KYBモーターサイクルサスペンション(株)生産技術部	○宮 能治	技術本部技術企画部

◎編集委員長

○編集事務局

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

KYB技報 第53号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 行 2016年10月1日
編集発行人 KYB技報編集委員会
発行所 KYB株式会社
(2015年10月1日よりカヤバ工業株式会社は商号をKYB株式会社に変更いたしました)
〒105-6111
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
電話 03-3435-6451
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、KYB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、こちらもあわせてご利用下さい。

〈KYBのホームページアドレス〉

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

(トップ画面からKYB技報バナーをクリックして下さい)