

KYB TECHNICAL REVIEW

KYB技報
APR. 2016 No.52

K
Y
B
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW NO. 52 APR. 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	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	☎(0574)26-1453
KYB開発実験センター	岐阜県相模原市麻溝台一丁目12番地1	☎509-0206	☎(0574)26-5310
工機センター	愛知県名古屋市中区名駅三丁目11番22号（IT名駅ビル）	☎228-0828	☎(042)761-8145
電子技術センター	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号（TEK第2ビル）	☎450-0002	☎(052)587-1760
名古屋支店	福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目6番26号（安川産業ビル）	☎564-0063	☎(06)6387-3221
大阪支店	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
福岡支店	静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	埼玉県深谷市長在家	☎2050	☎(048)583-2341
岐阜北工場	岐阜県可児市土田2548番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜南工場	岐阜県可児市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
岐阜東工場	岐阜県可児市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-2135
カヤバシステムマシナリー機	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32番地1	☎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	岐阜県長野市植科郡坂城町城地9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBモーターサイクルガスベンション機	岐阜県岐阜県可児市土田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	岐阜県可児市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1110
KYBロジスティクス機	岐阜県可児市土田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, 2005.)

Head Office

World Trade Center Bldg, 4-1, Hamamatsucho 2-chome, 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. Reyssaş Lojistik İçi 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 Cvicec, 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 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 KY Top Absorber Co., Ltd. No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 214028, China TEL:(86)510-85280258 TEL:(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)511-83172598	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 Cvicec, 530 06 Pardubice, Czech Republic
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 FZE 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52号 2016-4

目 次

巻頭言

大学教員の日々の事情から 深田 茂生 1

論説

防災・減災を推進して地震災害を克服し未来を共創する 福和 伸夫 3

随筆

グジャラート生きもの紀行 その1 動物編 石川 照之 8

ベルリン駐在記 中瀬 拓也 14

技術解説

ポペット弁の3次元振動抑制技術 中西 博 19

製品紹介

軽量型電子制御ミキサ車「MR5040EL」の開発 岡野 哲也 27

製品紹介

CVT用フローコントロールバルブレスベーンポンプ 下野 宏美 36

パッシブ切替型オイルダンパ（都市型狭小土地向け免震ダンパ） 中原 学 40

用語解説

耐震・制振（震）・免震 伊藤 好文 44

製品紹介

KYB K'lassicの紹介 澤西 利幸 45

星野 雄太
山岡 浩司
石丸 希望

技術紹介

EPS用ECU試作開発におけるMBDの適用 小林 将之 49

安全運転支援技術の開発 長谷部敦俊 54

原 靖彦

中国生産拠点への旋回モータ生産移管における高品質組立ラインの構築 宇賀神佑太 58

射出成形ウォームホイールの量産技術開発 小倉 翔吾 62

藤波 太郎

塗装マルチメタル被膜処理の開発 澤野 剛 66

KMEXへのCVT用ベーンポンプシャフト加工ライン構築 伊藤 芳幸 70

小島 亮太

編集後記

(表紙写真(表)：軽量型電子制御ミキサ車 [P.32参照]，(裏)：レース用電動パワーステアリング [P.36参照])

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 52 APR. 2016

CONTENTS

Foreword

From Professor's Daily Affairs Shigeo Fukada 1

Essay

Promotion of Disaster Prevention and Reduction to Overcome Earthquake Nobuo Fukuwa 3

Disaster and Co-create Future

Journey with Living Things in Gujarat: Part 1 Animals Teruyuki Ishikawa 8

Report on Residence at Berlin Takuya Nakase 14

Technology Explanation

Attenuation Technology Against Poppet Valve 3D Vibration Hiroshi Nakanishi 19

Product Introduction

Development of Light-Weight Electronically Controlled Mixer Truck MR5040EL Tetsuya Okano 27

Product Introduction

Flow Control Valve-Less Vane Pump for CVT Hiromi Shimono 36

Passive Switching Type Oil Damper Manabu Nakahara 40

(Seismic Isolation Damper for Narrow Land in City)

Glossary

Quake Resistance, Vibration Control, Seismic Isolation Yoshifumi Ito 44

Product Introduction

Introduction of Development of KYB K'lassic (SD-2) Toshiyuki Sawanishi 45

Yuta Hoshino

Koji Yamaoka

Nozomi Ishimaru

Technology Introduction

Application of MBD to Development of ECU Prototype for EPS Masayuki Kobayashi 49

Development of Safe Driving Support Device Atsutoshi Hasebe 54

Yasuhiko Hara

Production Transfer of MSG Swing Motor to KHIZ on Installation of Yuta Ugajin 58

High-quality Assembly Line

Technological Development of Mass Production of Injection-Molding Worm Wheel Shogo Ogura 62

Taro Fujinami

Development of Multi-metal Paint Coating Treatment Takeshi Sawano 66

Installation of KMEX CVT Shaft Manufacturing Line Yoshiyuki Ito 70

Ryota Kojima

Editors Script

(Cover Photograph: Light-Weight Electronically Controlled Mixer Truck MR5040EL [see p. 32], Electric Power Steering for Racing [see p. 36])

巻頭言

大学教員の日々の事情から

深 田 茂 生*



混迷の時代である。昨年来の国内外の様々な状況は、いままで当然であると思ってきたことを揺るがしはじめている。我々大学教員のささやかな日々も例外ではない。いま大学は18歳人口の急速な減少に直面している。大学の各学科や専攻には文科省が認めた入学定員というものがあり、その定員を充足できなくなるのではないかという恐怖が現実味を帯びてきた。入学定員の充足は卒業生の就職率よりもっとクリティカルであって、志願倍率が低迷して入学定員を充たすことができない学科は即刻統廃合の対象となることになる。そこでどこの大学でも高校生向けの広報活動に注力しており、華々しい広報用パンフレットを作成して各種の大学説明会に参加したりオープンキャンパスを何度も実施したりしてPRに努めている。筆者もそれらに関連した役回りとなり、昨年中京地区某県の高校を回って進路指導の先生方から最近の高校生の事情をいろいろ聞かせていただいた。その中で特に印象に残った話があった。

最近の高校生達は、子供の頃から個性を重視する教育方針のもとで「夢を持つ」と言われ続けて育てられたようで、自分の将来の仕事について昔の生徒達よりも真面目に考えるようである。一方では、夢が破れて失敗したとしてもそれは自己責任だということも聞かされているので、追いつめられてなかなか進路を決めることができない生徒が増えているということであった。大学の広報担当としてはそんな状況の高校生達の目を引くために益々精力的にPRに励むことになり、工学部の場合は短絡的に「モノづくりの楽しさ」を強調することになる。本学でも教員を高校に派遣して模擬授業や研究紹介をもらう機会が増えているが、そんなときには、例えばロボットのような高校生から見て分かりやすく興味を持てる話題を取り上げるのが通常である。ただ問題は、そのような場面で聞いたおもしろそうな話題を鵜呑みにして機械系の学科に入学した場合、入学

後に受講する実際の授業に幻滅してしまう学生が少なからず発生することである。そこでよく聞かされるのは、「もっと実際にモノを作ることを体験したい」や、「数学や座学の専門科目はおもしろくない」「ロボットを作って動かしてみたい」といった類の不満である。

§

筆者が担当する「機構学」や「機械要素設計」の授業はどうか。どちらも機械系の学科の専門科目としては定番であるが、それらは果たして“おもしろい”学問なのか？ 機械要素設計の場合には、授業の目標はねじや歯車および軸受などの基本的な機械要素に関するJIS規格を理解し、材料力学の知見を応用して与えられた負荷条件の仕様を満足する材料と形を決定する方法を身につけることである。しかしそれが果たして高校生達がイメージできるようなおもしろさを持つ内容なのかどうか。

例えば機械要素設計のはじめの方で扱われるのが‘はめあい’の概念と規格であるが、筆者自身も学生時代にはじめて学んだときは、何とも無味乾燥な印象でおもしろいと思った記憶はない。しかしその後、あの目が痛くなるようなはめあい公差表の具体的な数値がいつ頃どのように定められたのかを知るようになるに従って、歳とともにその重要性が体に染み込むように分かるようになった。今さら当たり前のことではあるが、考えてみると、ねじにしても歯車や転がり軸受にしても、自然界にそのままの姿で存在するものではなく、全て人間が自分の頭で一から考え出したものである。そこが機械要素のおもしろさに他ならない。そしてそんな人間が勝手に考え出したものが世界的に統一されていて、M10のねじであれば、ドイツの道具屋で買ったボルトと日本のホームセンターで買ったナットが無条件に嵌りあうことが実に奇跡的なことであるということを理解したときに機械要素への本当の興味はわいてくる。でもそんな話は高校生には実感できないだろう。

*所属 信州大学工学部 機械システム工学科 教授

§

ねじも歯車も転がり軸受も欧州で生まれた。そもそも工学という概念そのものが欧州起源である。その欧州に毎年精密工学関連の国際会議に参加するために行っている。開催国が毎年代わるのでいろいろな国と街を訪れることになる。そこで気がつくことは、'欧州'と一口で言っても実に多様であり、言語や習慣の違う人々が混在して行き来しているということである。例えばベルギーではフランス語圏とオランダ語圏があって、両語では各地名の表記が異なるため、電車の行き先表示などがとても紛らわしいし、スイス人は当然のことに三カ国語を話すことができる。そんな多様な人々が群がるのが欧州であるが、彼らは中世以来のキリスト教の伝統とヨーロッパ近代の価値観を共有している。そして国際会議で向こうの同僚達と話をしていると、彼らが実践している工学に確固とした伝統に支えられた基盤を感じることができるし、欧州各地の街並みの中を走る自動車や鉄道などにも歴史的な必然性を見る思いがする。

近代科学とそれをベースとする工学と産業は欧州においてのみ生まれ発展した。それには理由があって、中国の歴代王朝のような絶対的な中央集権国家が無かったために富の集中と独占も少なく、全ての人々に儲かるチャンスがあったことが深く影響しているそうである¹⁾。そこでは、職人(エンジニア)と商人(と学者?)が連携して機械を創り出し改良することによって儲けることができ、国も豊かになっていった。そしてそうした有用でポジティブな知識を体系的に教育・研究する場として²⁾、フランスのエコール・ポリテクニクやドイツ語圏の各TH^{註1)}(ターハー)が国家の施策として設立されるのに伴って、'工学'という概念が徐々に析出し結晶化していったと言われる³⁾。中世以来の神の恩寵と呪縛から踏み出して、自らの頭と足で生き、産業を興して豊かになることを欧州の人々が決意したときから近代の大きなうねりがテイクオフして現在がある。そしてその中で我々は休む間もなく右往左往しているわけである。

注1) Technische Hochschuleの略。当初は工科高等専門学校で、現在は工科大学。

§

では我が国はどうか。米国のペリー率いる黒船によって300年の太平から醒めたとき、西欧の科学技術文明に突然晒されて変革を強いられた。そして工学を必死で吸収する。日本の工学は言うならば強いられた借り物の工学であり、それまでの日本独自の文化との連続性は無い。それでも日本人は西欧

以外の地域では工学を最も器用に使いこなした優等生である。その日本では今、大学の役割を社会の産業経済システムの中にもっと実質的に組み込み、社会で実際に役に立つことを教え研究することが求められている。しかしそれは工学分野にとっては当然のことであるのかもしれない。工学はその由来からして経済(商人)と強く結びついていたからである。ただ大学と企業を実質的に連動させて経済的利益を生み出すシステムを作ろうとするときに一つの障害となるのは、筆者のような大学から世に出たことのない者にとっては"儲かる"ということが体感として理解できていないことである。工学本来の目的が、技術者と商人がポジティブな価値観を共有し協働して儲けることにあるのだとすれば、儲かることの悦びを知らない学者は話にならないということになるであろう。

それでも我々大学教員は、夢を持つことを強いられている若者達に自らの学問を選ぶに至った理由を夢とともに語らなければならないそうである。だいたい我々教員が現在の専門分野にはまった理由など、現実にはかなり個人的な事情によっている。筆者の場合は、学部生のときはロボット工学の研究室に所属したが、事情があって大学院ではねじの研究室に配属されることになったことが始まりである。それはただ縁あってということではしかない。そしてねじにはまった。どのような分野であれ、日々の研究で実際に行っている作業は、おもしろおかしいものではなく、むしろ実にささいでつまらないことの積み重ねである。しかしそこには悦びはある。だから我々ははまっていられる。だがその悦びは決して他人から教わるのではなく、勉強や研究の中で自ら見いださなければならないことであろう。夢を想うばかりではその悦びは決して見えてこない。子曰く「思うて学ばざれば則ち殆うし」であり、「日々の仕事(ザッへ)に帰れ」⁴⁾という叱声が聞こえてくるであろう。むしろそうした日々の勉めの中から、日本独自の工学の心のようなものを析出させることができれば、日本の工学も捨てたものではないのかもしれない。その結晶の姿を見ることがささやかな筆者の夢である。

参 考 文 献

- 1) 下田淳：ヨーロッパ文明の正体—何が資本主義を駆動させたのか、筑摩書房(2013)。
- 2) コント(田辺寿利訳)：実証的精神論、岩波文庫。
- 3) 村上陽一郎：工学の歴史、岩波書店(2001)。
- 4) マックス・ウェーバー(尾高邦雄訳)：職業としての学問、岩波文庫。


 論説

防災・減災を推進して地震災害を克服し 未来を共創する

福和伸夫*



1. はじめに

南海トラフ地震は今後30年間に70%程度の確率で発生すると言われており、中央防災会議によると、最悪、32万人の死者、300万棟弱の全壊家屋、国内総生産の4割に当たる220兆円の経済被害が予想されている。甚大な被害の理由は、

- ①地震が大規模で震源域が陸域に及び約6000万人が被災すること
- ②沿岸低地にまちが広がっていること
- ③70年間強い揺れを経験しておらず耐震性が劣る建物が残存していること

などにある。

過去の南海トラフ地震の発生時期は、我が国の歴史の転換期とも重なる。最悪の被害が発生すれば、社会が破綻し、国難とも言える事態となる。発生することが分かっている災害であり、あらゆる手立てを講じて、被害を未然に防ぐ努力をしなければならない。

筆者は、名古屋に生まれ、地元・名古屋大学で耐震工学や地震工学の教育・研究に携わっている。このため、予想被災地に住む研究者として、地震被害軽減のため、できる限りの努力をしたいと考えている。

元来、地震工学研究者は、地震・津波などの自然災害に対して、被害を抑止し、社会の安寧さを保つことを目指して研究をしている。地震被害軽減のために必要なことは、以下の4つである。

- ①危険を回避する：災害危険度の高い場所を避け、災害に強い都市の構造を作る
- ②抵抗力をつける：災害を抑止するインフラを整備すると共に、都市に存在する建造物の強度を上げる
- ③対応力をつける：災害時に被害情報を的確に把握し、対応資源を有効に活用して被害波及を抑

制する

④回復力をつける：個人や社会の「生きる力」を育み、災害後に社会を早期に復旧・復興する
最初の2つを推進することで、構造物被害及び犠牲者数を削減し、残りの2つで被害波及を最小限に抑えることができる。このためには、ハザード予測、都市計画、耐震工学、災害情報、防災教育などの研究が必要となる。

しかし、単に研究だけでは災害を軽減することはできない。あらゆる力が結集して、災害軽減のための実践を進める必要がある。筆者は、このような思いの下、名古屋大学減災連携研究センターの設置や減災館の建設に携わってきた。本報ではその一端を紹介する。

2. 我が国都市の地震災害脆弱度

我が国は、第2次世界大戦以降、高度成長を果たす中、大都市に人口を集中させ、利便性と効率性を重視した国土作りを進めてきた。その結果、世界有数の経済国となり、豊かで成熟した社会を作り上げた。しかし、都市への人口集中によって、大都市は危険地域にまちを拡大し、家屋が密集した。また、過度な効率化・高機能化によって冗長性の弱い社会となり、災害に対して脆弱になった。一方、地方は過疎化、高齢化して社会が弱体化した。

表1は、この20年間の我が国の社会の変化を示している。いずれも、NHK クローズアップ現代 20周年 特設サイトを参考としており (<http://www.nhk.or.jp/gendai/20th/>)、1993年と2013年の比較である。表から、日本社会の体力低下の様子がわかる。国の経済成長が停滞する中、借金が3倍になり、若者が2割減少し、昼間に地域や家庭を守る専業主婦が減った。コンビニエンスストアやファミリーレストランが急増したため、地域や家庭の食料備蓄が減少している。また、宅配便などの物流に頼る社会となった。家庭には電化製品が溢れ、携帯電話やインター

*名古屋大学 減災連携研究センター センタ長
教授/工学博士

ネットへの依存度も増している。社会の便利さの裏腹に、交通途絶や停電の影響が格段に大きくなっている。

図1に示すように、我が国の大都市は、人口集中の結果、まちを沖積低地に拡大した。火力発電所や製油所は地震ハザードの高い湾岸の埋立地に立地し、堤防に守られた軟弱な低地に家屋が密集し、高層ビルが林立している。強い揺れによる電力設備や製油所の損壊、液状化によるガスや上下水道の途絶、堤防の決壊による長期湛水、家屋密集と消防力不足による地震火災、長周期長時間地震動による高層ビルの強い揺れなどが懸念される。

少子高齢化による人口減少と、地震の活動期を迎える中、レジリエントな社会の構築が喫緊の課題となっている。災害に強い自律・分散・協調型の社会の構築のため、昨今、強靱化や、地域創生の大切さが叫ばれている。

表1 日本の社会の20年間の変化

	1993年	2013年
15歳未満人口	2,084万人	1,659万人
国と地方の借金	333兆円	977兆円
国民総生産	467兆円	520兆円
コンビニエンスストア	23千店	47千店
レストラン	3,876店	12,429店
専業主婦世帯	915万	773万
携帯電話普及率	1.70%	106.80%
インターネット普及率	—	79.10%
宅配便荷物数	11.9億個	34.0億個

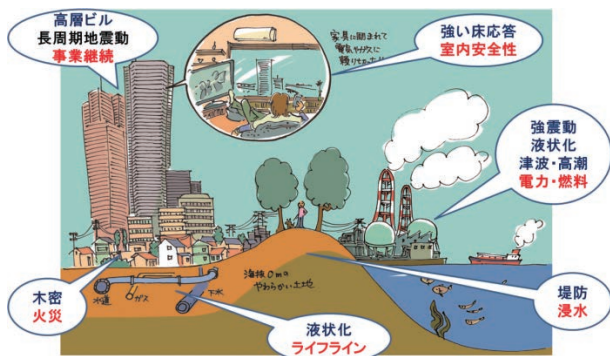


図1 都市の地震災害脆弱度

3. 総力の結集

確実に到来し、大きな災害になることが分かっている地震を前に、災害被害軽減のため最大限の努力をする必要がある。発災後の対応資源には限りがあ

るため、被害を軽減する努力を事前にしておかなければならない。

地震災害に関わる研究分野には、

- ①地震発生という自然現象を扱う地震学などの理学的研究
- ②地震に対して安全な構造物を作る土木・建築などの工学的研究
- ③地震に対して的確な対応がとれる社会や人間を探究する社会科学研究

があり、これらの研究分野が連携して、効果的に被害軽減する必要がある。

また、地震被害の軽減には、

- ①地震時に生じる様々な現象を観測しそれを物理モデルに置換して地震時挙動や被害を予測する研究
- ②予測される事象に対してインフラ整備や構造物の耐震化などにより被害を予防する研究、
- ③発災時に被害情報を早期に把握し対応資源を有効活用して的確に災害対応すると共に、災害後速やかに復旧・復興を果たし社会を回復させる研究

などが必要となる。

さらに、研究成果を災害軽減に繋げるには、研究成果を一般化して基準や法律を作り施策に結びつける必要がある。具体的な災害軽減のためには、産業界や家庭での行動の誘発が必要である。すなわち、研究・施策・実装といった学、官、産・民の連携が不可欠である。

このように、減災の実現には、理学・工学・社会科学の研究分野間連携、予測・予防・対応の総合化、産学官民連携など、社会の総力の結集が必要である(図2)。

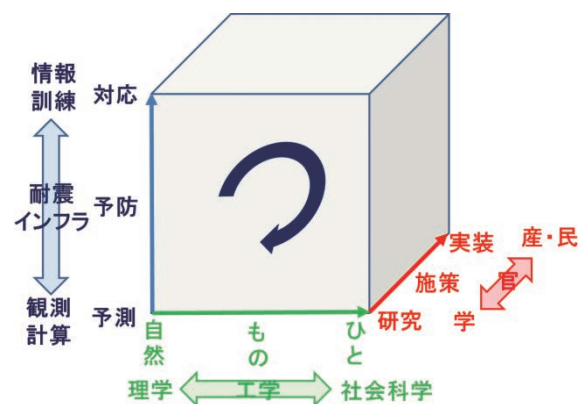


図2 総力の結集

地震災害軽減と言うような総合課題の解決には、俯瞰的に考え身近なところで実践をするという、

「Think Globally, Act Locally」の視点が大切になる。細分化された分野や組織で個々に問題解決し集積するやり方では、部分最適に留まり全体最適ができない。巨大災害時には、被害規模が対応資源を上回るため、俯瞰的な視点で優先順位をつけた対応が必要である。また、社会の多様性を受け入れ、トップダウンの考え方にボトムアップ的な考え方を加え、国と地方の力を組み合わせ、公と私の力を結集する必要がある。すなわち、自助・共助・公助の全ての力が必要となる。また、各地域や各組織が、自律・分散した上で、被災していない地域や組織が、被災した地域や組織を助けるという、共助の仕組みを作らなければならない。レジリエンス社会の基本は自律・分散・協調型の共助社会にある。

4. 減災連携研究センタと減災館

4.1 減災連携研究センタ

2010年12月に、災害被害軽減の戦略立案をする地域のシンクタンクを目指し、減災と連携を標榜する減災連携研究センタを発足した。企業の寄付や外部研究資金などにより、防災実務経験が豊富な教員を採用し、合わせて地方自治体や民間企業から多くの受託研究員を受け入れている（図3）。設計事務所、ゼネコン、住宅メーカーなど、建築耐震工学に関わる研究員も多い。

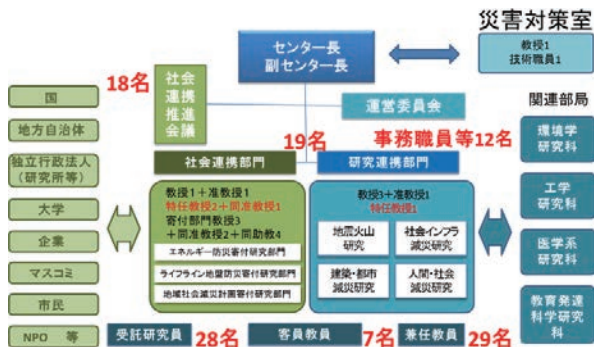


図3 名古屋大学減災連携研究センタ

発足後5年を経て、研究分野間連携、産学官民連携、地域内外の研究機関との連携を深め、災害被害軽減に総力で取り組む体制を整えつつあり、災害被害を軽減するための研究、防災の担い手の育成と市民の意識啓発、防災協働社会の実現のための連携の推進と、災害対応と事前防災に関する実践活動を推進している。

4.2 減災館

2014年3月に、減災館が竣工した。この建物は、防災・減災研究を推進する拠点、災害時の対応拠点と、平常時の教育・啓発の拠点の役割を担っている。

建物は、基礎免震構造の鉄筋コンクリート造で、地下1階・地上5階、延床面積2,898㎡、平面形状が三角形のショートケーキ形の建物である。免震システムは、積層ゴム、直動転がり支承、オイルダンパからなる弾性免震を採用しており、免震周期は5.2秒とし、2.6秒程度の地盤の卓越周期と隔離している。クリアランスは90cmであり余裕を持った設計にしている。5階の減災・体感実験室も周期5.2秒の免震構造であり、ダブル免震構造となっている。地下は外部から免震装置を見ながら、建築物の耐震・免震・制振技術の歴史を学べる免震ギャラリーとなっている。1階は体感型の学習を行う減災ギャラリーと研究会を開催する減災ホール、2階は調べ学習をする減災ライブラリと災害対策本部室、3～4階は研究プロジェクトスペースである。

4.2.1 減災研究の拠点

減災館は、建物そのものが実験フィールドであり、耐震研究対象でもある。屋上実験室は、重量410トン、周期5.2秒の免震構造であり、アクチュエータで共振加力すると、片振幅70cm程度で揺ることができる。室内には、立体的な映像・音響設備により震災時の状況を揺れと同期して再現するバーチャルリアリティシステムが設置してあり、地震時の心理実験や災害対応訓練ができる。実験室の揺れを起振力として利用すると、40トン程度の慣性力を生み出すことができ、5600トンの建物本体を5cm程度の振幅で揺ることができる。

地下の免震層にも新規開発した引張ジャッキを設置しており、10cm程度の強制変位を与えて自由振動実験を行うことができる。建物本体と屋上実験室は何れも固有周期が5.2秒となっているので、これを地盤と建物と見立てれば、高層建物の共振応答を再現でき、共振回避のための制振工法の研究開発に活用できる。

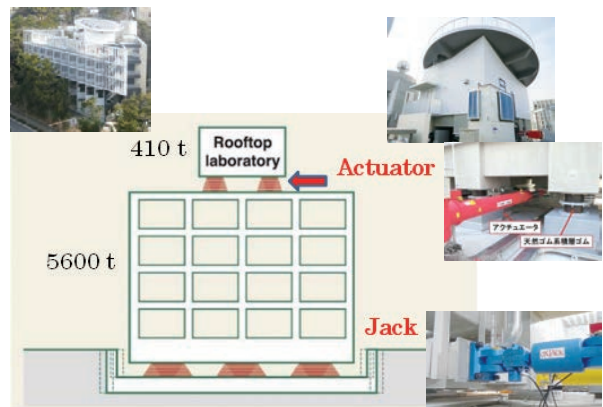


図4 揺ることができる減災館

地下免震層のオイルダンパや屋上実験室のアクチュエータにはKYB製の装置を利用しており、アクチュエータにはフィードバック型の制御機能も内蔵している。今年度中に、オンオフ切り替え型のオイルダンパを屋上に設置し、ダンパを付加しての強風対策用TMDの有効性や、絶対免震のためのAMD実現の検討に着手する予定である。

建物には、多数の地震計や、土圧計、変位計を設置している。建物の振動挙動、建物や免震システムの経年変化、地震時土圧の分担性状の解明などに活用している。また、安価な振動モニタリング手法の構築を目指して、簡易地震計を多数設置し、その有効性を検討している。将来的にはこれらを利用した新たな振動モニタリング技術の開発をしたいと考えている。

4.2.2 災害対応の拠点

減災館は、地域及び名古屋大学の災害対応拠点としての機能を備えている。2階には、24,000人の教職員・学生を守る大学の災害対策本部室がある。災害時には、1階は自治体・基幹企業やマスメディアに、3～4階は国内外からの災害調査団に活用してもらう予定である。

減災館には、災害対応のための様々な設備や備蓄品を備えている。高性能免震構造の採用に加え、1週間連続稼働するディーゼル発電機や太陽光発電装置、100人×10日分に相当する3m³の飲用水タンクと17m³の雑用水タンク、自治体との衛星通信用パラボラアンテナや、国の防災機関と結ぶ長距離無線LANなどを屋上に設置している。その他にも、全学放送設備、排水槽、都市ガス・プロパンガス切換え型のガス空調、電源車と接続可能な電源盤、地中

の温度環境を活用して熱交換するアースチューブなどを設置している。これらを活用して、大規模災害時にも災害対応拠点の機能を確保する予定である。災害対応拠点のモデル展示の役割も兼ねている。

4.2.3 備えの拠点

平時の減災館は、学びの場や連携の場となる。原則、火曜～土曜の午後は、1～2階を一般に開放している。

1階の「減災ギャラリー」や「減災ホール」には、防災・減災について学べる様々な展示があり、基礎的なことから最先端の研究成果まで様々な展示物が紹介されている。また、多様なセミナーも頻繁に開催されている。

2階には、災害に関する資料を閲覧できる「減災ライブラリ」がある。新聞記事や雑誌、ビデオ、書籍、地元自治体の市町村史やハザードマップ、地盤データ、古地図など、様々な資料が収集されている。

減災館は、来館者が様々な展示や資料に触れることを通して自然災害について理解し、身近なところから防災・減災を考えてもらう「学び」や「気付き」の場であり、研究者、行政、企業、一般市民といった防災・減災に関わる様々な人同士をつなげる連携の場でもある。

5. おわりに

名古屋大学減災連携研究センタは、地域の多くの方々を支えられながら、地域の「減災シンクタンク」の役割を果たしつつある。また、減災館という「場」を地域の総力を結集する「減災アゴラ」として位置づけ、あらゆる人たちが災害をわがことと思い、自分の命は自ら守り、家族や地域と助け合う、そんな



図5 減災館の免震階（下左）・1階ギャラリー（下中・上左&中）・2階ライブラリ（下右・上右）

社会を作っていきたいと考えている。そのためには、地域の歴史を学び、地域の実情を把握し、地域の魅力と課題を分析し、未来を描き、地域活動を実践・誘発していく必要がある。地域を学び、社会と共に地域を創造する地域博物館として減災館を育て、地震工学研究を地域の震災軽減に活かして行きたいと考えている。私たちは、災害を減らすことで(減災)、

災害を克服し(克災)、新しい価値観を持った社会を創っていく活動を「減災ルネサンス」と名付けている。

なお、減災連携研究センターや減災館に関わる最新の情報については、センターのホームページ(<http://www.gensai.nagoya-u.ac.jp/>)をご覧頂きたい。

随筆



グジャラート生きもの紀行 その1 動物編

石川 照之

1. はじめに

縁あって2013年5月、KYBグループ初のインド進出拠点、KYB-Conmat Pvt. Ltd.(以下KCPL)のスタートから赴任、丸3年になる。私を含め当初の日本人駐在員4人のうち、2015年に3人が帰任、2人が着任して現在は3人である。KCPLの概要については技報No. 49、また生産品目のミキサ開発はNo. 47で紹介されている。

本報ではKCPLのある西インド、グジャラート州バドダラ市とその周辺の生きものについて動物編と鳥類編の2回に分けて紹介したい。

2. 動物

それでは、バドダラ市で見掛ける動物を紹介しよう。

2.1 ウシとスイギュウ

さて、インドの動物と言えはまずは牛である。人口12億6千人の国に約2億頭の牛、1億頭の水牛がいる。

インドの人口約80%が信仰しているヒンドゥー教の神様、シヴァ神の乗り物で神聖な生き物とされている。背中にコブのある牛で、耳が大きく垂れている。首の下や腹に皮膚の弛んだカーテンみたいなヒダがある。



写真1 コブ牛(ゼブ牛)

神聖な牛なので食べるなどもっての外だが、乳を搾るのは構わなくて、大多数がベジタリアンのインドでは重要な動物性タンパク質や脂肪分の補給源になっている。使役に使うのも構わない。

立派な角の牡牛が2頭並んで角を振りながら曳く牛車は勇ましくて格好良い。鋤すきを引いて畑を耕しているのも良く見かける。なお、ほとんどの牡牛は去勢されている。



写真2 牛車を曳く牡牛

街中の牛はゴミを漁っている牛が多い。托鉢たくはつよろしく民家の前で餌を貰えるまで待っている牛もいる。正に牛歩でのろのろ歩いたり、車道に寝そべっているのにも出くわす。交通渋滞を引き起そうが我関せずお構いなし、好きなように暮らしている(ように見える)。オレ様は神様の使い、インド人常套句の「No Problem」の体である。すぐ脇を車やバイクが結構なスピードで過ぎてても悠然としている。脚や尻尾を轆かれそうだけれど、肝が据わっているのか、視力が弱くて見えていないのか、ただ鈍感なだけなのかよく分からない。車で走っていると邪魔な牛にも出くわすが、追越し車線を牛のように動かない車、並進しながら大声で話に夢中のスクーター女性。何千年、牛と一緒に暮らしていると牛に似たのかもしれない。もっとも、退かない車も困るが、運転手の蹴散らす様に鳴らすクラクション、パッシ

ングの嵐も閉口ではある。

一方、牛と一緒に水牛もたくさんいる。体は黒く牛に比べ頭が小さい。角の断面は少し扁平に見える。牛と一緒に使役にも使われ、乳を搾られている。

水牛の乳のほうがより脂肪分が多く乳量も多い。神様の使いの牛より人には役立っている。インド最大の乳業会社（酪農組合）Amulの工場がバドグラ市にもある。集配トラックに描かれているのは水牛だ。この水牛の牛乳は「ゴールド」の名が付され少し高い。思い巡らすと道端でゴミを漁っている牛の乳がこの会社の乳製品にも使われているかもしれない。そう思うとちょっと引けるが割切らないと、この国では暮らしていけない。



写真3 水浴びする水牛

街中や道沿い、行列を作って歩いているのを見ると、牛が先頭、水牛は後ろが多い。牛の世界でもカーストがあるのかもしれない。その行列の脇の立木には牛の食害防止に金網の柵があったりする。肝心の立木は成長不良で雑草のほうが元気だったりもするが、乾燥地帯のグジャラート、道端の野生の灌木の多くは、牛や動物に捕食されないよう長い刺が生えている。

水牛は牛の仲間でありながら運が悪い。崇められる牛と違い、悪魔の化身で死者の王の乗り物とされ末は食肉にもなる。インドは世界最大の牛肉輸出国で、実は水牛の肉である。味のほうはお世辞にも美味とは言い難い。硬く筋張って旨味も少ない。肉牛として飼われる牛は殆どなく、搾乳、使役ができなくなった牛が食肉化されるので無理もないところがある。

ところで、辺りかまわず落として行く牛糞は人に回収され薄く延ばして天日干し、伝統的な燃料にされている。道路の中央分離帯に並べて干してあったりする。リサイクル社会である。

2.2 イヌ

バドグラ市の街では辻々、そこいら中で見かける。

暑い国なので短毛で猟犬のようにスマートな犬が多い。尻尾が「の」の字に巻いているのが多い。たいがい、コンクリートや砂の上に寝そべって昼寝をしている。もちろん野良である。数匹ずつのグループを作っていて、我々の住んでいるアパートのある区域でも6～7匹は定住している。街角にゴミ捨て場があり収集用の大きな鉄箱もあるのだが、牛と一緒にゴミを漁って辺り一杯に散らかしている。野良とは言っても結構餌を与えられている。帯同している家人もその一人で、アパートの前を歩くとお気に入りの犬が寄って来る。しかし不思議と餌をせがんでじゃれ付いて来るまではない。狂犬病保菌の危険のあるインド、用心はしないとイケない。



写真4 アパート前の犬とオートリキシャ

ちなみに、ゴミ捨て場の衛生はある程度気にしているようで、消毒用に石灰が撒かれていることも多い。また、蚊の駆除にトラックの荷台に付けたブローワから煙幕のように殺虫剤を散布して回る。ほとんど臭くないが子供が煙を追いかけて遊ぶのは体に悪そうだ。

2.3 リス

インドシマヤシリスと言う種類で、こちらも神様ゆかりの動物である。危害を加えられないので、住宅地でも公園でもどこにでもいる。「キチキチキチ



写真5 サヤジ・パウグ公園のシマヤシリス

キチキチキチ」尻尾を振りながら鳴くのだが、初めは何が鳴いているのか分からなかった。両手で餌を食べる仕草は可愛い。

2.4 ヤギ, ヒツジ

KCPLは畑に囲まれていて、時折羊飼いが入って草を食ませている。ヤギの方が多し。ヒツジが混じっていることもある。たいがい羊は埃まみれでホコリ玉だ。ヤギは搾乳、ヒツジは羊毛採取が目的。あとはマトンとなる。インドの食肉は家禽がトップだが次はマトン、ヤギもヒツジもマトンと称している。



写真6 KCPL脇の水路沿いを歩く羊・山羊

2.5 ロバ

ロバは哀しい。いつも俯^{うつむ}いている。用もなく道端や中央分離帯の上に突っ立っていたりする。同じ路上にいて交通の邪魔になっても、牛の存在感、オレサマ感^{さいな}は無い。馬の整った容姿に比べ、小さな体に大きな頭に長い鼻、大きな耳、劣等感に苛まれて自棄になっているようにも見える。おまけにたてがみをピンクに染められているものまでいる。そうは言っても持ち主はおり、尻にいろいろなマクの焼き印が押されている。何を目的に飼われているのだろう。振分け荷物を背負って働いているのはまだ3回しか見たことがない。世間には苛^{いじ}められやすいタ



写真7 グジャラートの世界遺産チャンパネールのパヴァガドゥ山上のロバ

イブの人がいて、ロバを見ていると同じタイプに見えてしまう。私の誤解であって欲しい。

2.6 ラクダ

インドに来るまで、何度見たことがあったろうか。憶えていないけれど動物園で数回、鳥取砂丘で見たのが最後だ。「駱駝車^{らくだしゃ}」とは聞かないが、ここでは大きな荷車を曳いている。脇を通ると背が高いのに驚く。顔をアップすると鼻の下が長く丸みを帯びている。昔見た映画「ネバーエンディングストーリー」のラッキードラゴンを思い出した。駱駝^{らくだ}の顔がモチーフかもしれない。



写真8 放牧に向かうラクダ

2.7 ウマ

街中でいろいろな動物を見かけるバドダラ市でも、見る機会は多くない。結婚式の馬車を曳く白馬がほとんどである。インドの結婚式はナゴヤ人もビックリの派手派手で、馬車も白や銀色に満艦飾のピッカピカである。前後に照明や飾りを持った隊列、楽隊が続く。



写真9 結婚式の馬車

2.8 ゾウ

一度だけ、結婚式の隊列に象が2頭いるのを見た。バドダラ王宮の正門はじめ各地の遺跡の彫刻には象



写真10 結婚式の隊列の象



写真11 ビシュラミトリ川を泳ぐヌマワニ

がたくさん彫られており、古い絵画にも王様が乗った象の戦闘場面がある。昔はたくさんいたのだろう。

2.9 ワニ

通勤の際いくつかの橋を渡る。夕方、帰り道、橋の欄干にたくさん人が並んで川面を見下ろしているのをよく見掛ける。そういえば、岐阜では夏、アユを見ている人を見かけたけれど、ここでは何を見ているのだろう？

運転手に聞くと、片言英語で、「ベビー・クロコダイル」だと言う。おいおい、街の真ん中を流れる川にワニがいる訳無いじゃないか、せいぜい大きいトカゲじゃないの？ 10年程前に住んだジャカルタでは、郊外アパートの脇を流れる川にミズオオトカゲがいた。思い込んだら頑な運転手、思い込みか単語が分からないからと思っていた。

市街の中心に大きな公園「サヤジ・バウグ」がある。道の向かいには100年ほど前、王様が建てた立派なドーム屋根の大学が広がっているから、この公園も王様が造ったのだろう。園内には王様のコレクションがいっぱい並んだ大きな博物館や動物園もある。園内を川が蛇行して流れている。立派な橋もある。橋から水面まで10mくらいあるだろうか。

公園内には野鳥も多いので、日曜の朝散歩がてら見に訪れることが多い。ある日、橋に差し掛かると、ここでも川面を指差して騒いでいる人たちに出くわした。釣られて覗くと、川端の木の下、濁った水面から眼と鼻だけ出したワニが見える。ヒヤッ、本物のワニ。大きい。4mは優にある。まさかこの脇の動物園から逃げ出したのではあるまい。

後日、ここに棲んでいるのはヌマワニ、体長5メートル、体重200～500kg、インド全土に生息と分かった。

その日、橋のすぐ下と20mほど下流を泳ぐ2匹を目撃した。この下流は会社帰りに渡る橋である。

運転手の言っていたのは本当だった。先入観はいけない。

そうこうして日曜日の朝公園に通っていると、70～80%の確率でワニを目撃することが分かってきた。ここに棲みついている。甲羅が60～70cmもある亀もいる。川岸では子供が竿も使わず釣りをしていたりする。反対側の崖下にはワニがいるというのに、モンスーン（雨季）の大雨で川の水嵩が増し、市街地の道路に出てきて救助されて川に戻された、という新聞記事も読んだ。市内の川に200～300頭ほど棲んでいるという。公園で話しかけてきた地元の人によれば、「35年間パローダ（バドダラ市の旧称）に住んでいるけれど、ワニの事故は2件だけ」だそうだ。



写真12 バドダラ市街 川ベリのヌマワニ

彼は危険が少ないことを指して言ったのだけれど、判断に悩むところだ。

街中にサルが出た、イノシシが出た、クマが出たと言っては大騒ぎをしている日本と比べると、この国の人々は野生生物と共生を当たり前としている。人への危害リスクはあっても宗教的に神聖な動物であったり、殺生を嫌うからなのだろう。

2.10 ヘビ

蛇はまだ数回しか見ていない。終業直前、運転手が外から窓を叩き、「蛇がダンスを踊っているから見に来い」という。工場のすぐ脇の畑である。くね

くねとお互いの体を絡ませ上半身(?)を立ち上げ、頭を左右上下させる。見るからにトランス状態である。延々30分近くも続いたろうか(こちらも付き合っている)。交尾中だったのだ。こちらの人にも珍しいようで、写真を欲しいと何人にもせがまれた。



写真13 KCPL脇の畑で交尾するヘビ

2.11 サル

猿もたくさんいる。ハヌマンランゲールと言うオナガザルの仲間、手足はほっそりと長く顔や手足が黒、体毛は灰色、尻尾が長い。ヒンドゥー教の猿の神様ハヌマーンの使いである。



写真14 ハヌマンランゲールの小猿

聖獣なので餌を与える人もいる。人を怖がらない。仲良く毛繕いや子ザルが母親にしがみついている姿はやっぱり愛らしい。

明け方「ウォウッ、ウォウッ」と短く遠吠えのような声が聞こえる。気味の悪いジャングルの中といった感じの声だがこの猿の鳴き声だった。ボスザルは他の群れや外敵に対しては「ガッ、ガッ」とちょっと動物の声とは思えない、電気的なノイズのような声で威嚇する。

駐在員の住んでいるアパート周辺でも1週間から2週間周期で現れる。隣家の屋上を伝って群れで移動していく。群れを離れた個体も時折見かける。ア

パート前の道に出てくると、通りの角で野良犬が警戒する。やはり犬猿の仲らしい。一方、親猿は子猿を守り、尻尾を掴んで犬の方に行かせない。人の子供は大人が制している。皆、お互いの縄張りを守っている。



写真15 駐在員アパート隣家の屋上で寛ぐハヌマンランゲールの群れ

2.12 マングース

ずっとイタチの一種と思っていたが、調べてみるとマングースだった。尾が付け根から太くて長い。「サヤジ・バウグ」では毎回見掛ける。



写真16 立ち上って周囲を警戒するマングース

マングースというとハブvs.マングースの対決ショウ。そして沖縄や奄美大島でハブの駆除対策で導入したものの、蛇は食べずに家禽や野鳥・小動物を食べて増殖、生態系破壊の害獣として駆除されている厄介者のイメージが強い。ここは原産地、他の生物とうまく生物多様性を維持できているのだろうか。

2.13 ネコ

いろいろな動物を見る機会が多いバドグラ市だけれど、猫はほとんど見かけない。3年で10匹に満たない。以前工場の中にも痩せた猫がいたが、最近は見ない。

2.14 トカゲ、ヤモリ

トカゲは芝生や植え込みでチョロチョロしている。



写真17 モスク前の広場で獲物を狙うネコ



写真19 駐在員アパート天井のヤモリ

姿はカメレオンのようで、眼が左右別にグルグル動いたりする。色は枯れ草色で地味だ。もっともトカゲとカメレオンとの違いも良く知らないが、ヤモリは家の壁に張り付いているのは一緒である。私は結構可愛く見えて好きだ。

言った方が良いのかもしれない。小さい子供はウリ坊である。群れで泥浴びしていたりするのを見掛ける。



写真18 Copperpod (コウエンボク) に上ったトカゲ



写真20 泥浴びするウリ坊

今回の紙数が尽きた。次回は私の趣味のひとつである「鳥見」を取り上げたい。当地で見掛けた80数種類から、身近な鳥、印象深い鳥たちを紹介したい。

2.15 ブタ

街の周辺部で時々見かける。ノブタ、イノシシと

著者



石川 照之

1982年入社。
KYB-Conmat Pvt. Ltd.
Director Finance and Accounting.
岐阜地区経理部門, PT. KAYABA
INDONESIA等を経て現職。

随筆

ベルリン駐在記

中瀬 拓也

1. はじめに

2010年、KYBがグローバル人材育成に力を入れ始めた頃、「そろそろ海外で勉強してきてはどうか」という当時の研究所長の問いに「機会があればぜひ」と軽く答えたのが海外留学への検討を始めた最初のきっかけだった。そして検討の末、2011年11月～2014年11月の3年間ドイツ・ベルリンにあるドイツ連邦材料試験研究所 (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 以下BAM. 英語ではFederal Institute for Material Research and Testing) への滞在が決定した。本駐在記にドイツ滞在中の経験や感じたことを紹介する。

2. 赴任時

赴任前、仕事の引き継ぎと、博士課程 (PhD) 学生として滞在するための博士課程への入試選考を行いつつ、滞在準備を進めた。筆者にとって初めての留学経験となり、かつ家族帯同 (妻と赴任開始時に1歳半の娘と) での赴任扱いでもあり入念な準備が必要だった。ビザ取得については大使館に何度も連絡をとり、結局学生ビザ発給となることが確認できた。しかし現地での手続きになるということで、入国から3ヶ月猶予があるとはいえ、不安があった。アパートは事前出張で見学し、契約を済ませておき、実際の滞在スタート直後に入居できるようにした。

それから、まず住民登録を行い、外国人局にビザ申請に行ったのだが、役所の職員は英語を話してくれないことがあるということで、最初はBAMのドイツ人同僚に同行をお願いした。最初の数ヶ月は単身で家族受け入れ準備を行い、家族を呼び寄せた後は、家族分のビザ取得を通訳なしで手続きに行くことに挑戦した。外国人局での面談で、ここはドイツだからドイツ語をしゃべりなさいと言われたときはビザがとれないのではと焦ったが、英語ができる職員が来てくれて何とか無事取得することができた。

他には運転免許の書き換えにも言葉の壁を感じつ

つ何とか公的手続きを終えたが、ドイツで生活するには最低限の日常会話程度のドイツ語をマスターする必要性を感じた。運が悪いと上記のように苦労することもあるが、基本的に親切な人が多いように思う。

留学先の候補は主に環境技術で進んでいるヨーロッパを考えていた。研究テーマは環境対応材料技術ということで、四つほどアイデアを検討していた。実際に留学を受け入れてくれる機関の選定では東京理科大学の佐々木教授にお願いし、いくつかの研究機関を訪問し、最終的にBAMへの留学を決定し、研究生として留学する機会をいただくことができた。

BAMのトライボロジーグループヘッドのDr. WOYDT(ヴォイド) が現在、力を入れて取り組んでいる一つに無毒性・生分解性に優れた環境対応型潤滑油があり、それに考えていたアイデアを盛り込んだ研究計画案を提出し、3年間の契約を締結することができた。なお、同グループにセラミックスのフレッティング摩耗を専門としておられるDr. WÄSCHE(ヴェッシュェ) がおり、事前情報で彼の奥さんが日本人で、ドイツ語を話せない日本人に対しても理解がありそうだということも決め手の一つであった。

3. ベルリンについて

ベルリンといえば、1989年に崩壊したベルリンの壁で有名だが、現在もその歴史を一部残しつつ、多様な発展を続けている興味深い都市である。人口はおよそ350万人程度で、さまざまな人種が住んでいるため各国のレストランや食材店があり、生活はしやすいと感じた。5月から9月にかけて気温は日本より低く非常に過ごしやすい。冬季は氷点下10℃近くに下がる日も多く、太陽が常に灰色の空に隠れていて、ごくたまに晴れると本当に奇跡のように感じられた。ところが、建物内は暖房設備が整っており快適であった。

3年も経てばドイツ語にも慣れ、ベルリンは比較

的治安も良く住みやすい街だという印象を持った。観光スポットはランドマークであるブランデンブルク門を基点として、現在も一部残されている東西を分けていた壁を見れば歴史を感じることができる（写真1）。また、ヨーロッパ最大のデパートKaDeWeがあるクーダム通りを歩けばショッピングを楽しめる。残念ながら現在日本からベルリンへの直行便はなく、日本人がドイツに来て観光に行く典型的なプランはローテンブルクなど「これぞヨーロッパ」という街並みを感じることができる町への観光が多いように思い、首都でありながら主に政治機能を持つ都市としての印象しかないのかベルリンへの日本人観光客は少ないように感じた。

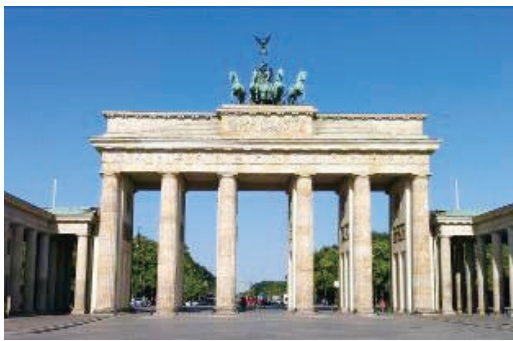


写真1 ベルリンの観光要所（上：ブランデンブルク門、下：イーストサイドギャラリーの一部）

4. ドイツ文化

4.1 サッカーについて

ブンデスリーガがある国であるため、サッカーに対する国民の関心は非常に高い。1部リーグが開催される日は町中の雰囲気が変わり、ユニフォームを着たファンたちが盛り上がりを見せる。2部リーグでも大きな盛り上がりを見せる。ベルリンのブンデスリーガチームは、西側の1部リーグに所属するヘルタ・ベルリンと東側の2部リーグに所属するFCユニオン・ベルリンの2チームがある。筆者はあまりサッカーに興味がないが、せっかくのブンデス

リーガということで、どちらも観戦に行った。

ヘルタの方はオリンピックスタジアムをホームとし、広々としており観客席も約8万人収容できる（写真2）。一方FCユニオンの方は、比較的狭いがその分観客席とフィールドの距離が小さく、選手たちをよく観ることができ迫力もある。2部だからと言って試合もレベルが低いことはなく、さすがブンデスリーガというべき見どころがたくさんあるプレーで観客も非常に熱い応援をしていたのが印象的だった。

筆者がFCユニオンの観戦に行ったときは、デモで約12分の沈黙の時間があり（スタジアムの治安強化策に対する無言の抗議らしい）、その間一切の応援をしてはいけなかった。しかし、プレーに変化があると、やはり観客も反応して大きなため息や感嘆の声が自然と出てしまうもので、その度に観客同士で静寂を促す“シーッ”という音で会場が埋め尽くされるのが非常に可笑しく貴重な体験ができた。その“無言の抗議”が過ぎた後の、ファンたちの盛り上がりは凄まじいものであったのは言うまでもない。



写真2 ヘルタ・ベルリンのファン達

4.2 自動車について

当然ドイツなのでメルセデス、BMWなどの国産車が多く走っているが、タクシーのほとんどもメルセデスであることは意外だった。私が駐在中に乗っていた車はAudiのAだったが、妻も運転するかもしれないということでオートマチックトランスミッションを選んだ（結局ペーパードライバーの妻は運転することはなかったが）。エンジンはディーゼルトターボでベルリンのような信号が多い街中では非常にトルクがありきびきびと走ってくれた。

普段の駐車場は特定の場所はなく、アパート周辺の空いているところに縦列駐車する必要があった。ベルリンの住宅街の通りはほぼ満車状態であるためアパートの目の前に駐車できることはほとんどなく、最悪の場合、2本先の通りでやっと駐車できるといった具合だったため苦勞した。空いていても車一

台分であることがほとんどであり、おかげで縦列駐車車の腕は1流になった。写真3のように前後わずかし空いていなくてもぶつけずに駐車する技が求められる。ドイツではフランスなどのようにバンパーをぶつける習慣はなく、自動車立国としてのプライドが感じられた。



写真3 縦列駐車

長距離旅行の際にはアウトバーンを走ることもあったが、ここでもドイツ人の運転技術の高さに驚かされた。追い越し車線を普通に200km/h以上で走っている車が多く見られた。これはドイツ車の走安性の高さがあるということもあると思うが、アウトバーンのような高速で走れる質の高いインフラがあるからこそのドイツ車であり、日本車とは異なる設計思想がこめられているのだと実感した。

また、ドイツ自動車の性能を高めているもう一つの重要な場所としてニュルブルクリンクが挙げられる。車やバイク好きにとって聖地の一つでもある場所の魅力を自分の運転で確かめてみたいと思い、一般にも開放されているので愛車であったAudi A3とレンタルバイクで3回走行を試みた（ニュルブルクリンクを走行可能なレンタカー会社はあるが、入念な準備とルール順守、安全走行が必要である）。バイクの腕前には一般よりは自信があり、2012年の4月頃にバイクで挑戦したが、運悪く計画していた日に雪が降り、凍傷になりかけながらも出向いたのだが、そもそもそんな悪天候では閉鎖されていて挑戦は未達となった（写真4）。2回目のチャレンジはA3で走行することができた。しかし、四輪で初めてニュルブルクリンクを走ることができたものの、やはりバイクでも走行したいという気持ちが一層強くなり、3回目のチャレンジを決行した。ところがこの時もいざゲートオープンという直前に大雨が降り、完全にウェットコンディションとなり半分のライダーたちは帰って行った。しかし、筆者含め、せっかく来た遠征者達は走ることとし、1周約20kmもある伝統コースを無事に4周走行することができた。実際に自ら走行し、この多彩なロードコンディショ

ンを持つコースで鍛え上げられる車は間違いなく高次元の運動性能になるだろうと確信した。



写真4 ニュルブルクリンク（上：2012年4月頃ニュルブルクリンク近辺にて、下：コースの一部）

4.3 ドイツ人の生活について

ドイツ人のワークスタイルは日本人のそれとはまったく異なり、基本的に残業をしない、有給休暇も完全取得が当たり前である。仕事と休暇時間ははっきりと区別し、家族との時間をとても大切にしていると感じた。ドイツ人にとって家族と過ごす最も重要な日はやはりクリスマスであり、親戚などが集まってまったり過ごす。クリスマスツリーはどの家庭も本物のモミの木を刈って（買って）、飾り付ける。筆者も子供と一緒にモミの木刈りを経験した。



写真5 クリスマスツリー刈り

5. BAMについて

BAMは材料の基礎技術および安全評価のための連邦研究機関で、研究員は全体で700名程、その他職員やPhD 学生等を含め1700名程が勤めている（駐在当時）。専門分野は11に分けられており、筆者が所属していたDiv.6.3 Tribology and Wear ProtectionはDepartment 6 Material Protection and Surface Technology に属している。

6. BAMでの活動

Dr. Mathias WOYDTはTribology and Wear Protection のリーダーであり、セラミックス、セラミックス複合材料、薄膜コーティングや溶射といった材料のみならず潤滑剤配合技術に関するR&D、さらに摩擦摩耗試験の産業用途への普及活動について27年以上のご経験を持っている。SRV試験方法におけるドイツDIN51834、ASTM規格、ISO規格のチェアマンであり、この試験方法は油の潤滑性評価や材料の摩擦摩耗特性の評価に非常に有効で、標準試験として世界中で実績がある。Dr. WOYDTがこれまで携わってきたテーマは下記の通り幅広く活躍されている。

- ① “Zero Wear” 材料およびコーティング材料
- ② 生態無毒性を有する代替潤滑剤
- ③ 高接触荷重下における代替鉄鋼材料やDLCコーティング等の薄膜コーティング
- ④ 国際レベルへの標準化
- ⑤ 高温中（～1000℃）のトライボロジー
- ⑥ 1000℃を越える超高温トライボロジー
- ⑦ メソトライボロジー
- ⑧ 高熱蒸気中のトライボロジー
- ⑨ 新しいトライボロジー試験機の開発

最も尽力されているテーマの一つに環境対応潤滑剤があり、今後この技術は更に重要となることから、Dr. WOYDTに指導を仰ぎ、軽量化と併せアルミ合金の環境対応作動油中の摺動特性を共同で研究することとした。

トライボロジーグループには全体で22名在籍しており、ポストドクおよびPhD学生が数名の他、研究員および技官が勤務していた（当時）。残念ながら若手はあまりおらず、当時唯一のポストドクがDr. SCHOLZ（写真6）で、彼は2012年にPhD学位を取得した。彼はBAMでの契約が切れると同時に、海外で働きたいと言っていたので、日本での職を勧めたところ、2014年4月から2年間、相模原市にある当社研究所で勤務することとなった。海外からの技術者を受け入れることで現職場に大変刺激になって

おり、所員の英語力のレベルアップにつながっていると信じている。また、PhD学生は多数在籍しており、その中から選ばれた若い学生たちとベルリンで開催された5 km×5人リレーと一緒に挑戦した。1561チーム中1236位だったが、5人とも5 km休まずに完走できたので結果以上に達成感があった（写真7）。



写真6 ドレスデンのクリスマスマーケットにてDr. Scholz（右）と



写真7 ベルリン5 km×5人リレー完走

研究活動については、週1回Dr. WÄSCHEのグループミーティングがあり、6～7人集まりこれに筆者も参加させていただいていた。筆者以外ドイツ人であったので、当然のようにドイツ語で話し合われた。初めは何について話しているか全くわからず、自分に関連しそうな部分をDr. WÄSCHEが英語で解説してくれるといった状態だった。2年くらいドイツに滞在した後だと、ミーティングで何について話し合われているか少しわかるようになってきた。また、研究を進める上で技官の方々にサンプルの硬度測定や治具の製作などをお願いすることになるが、

中にはドイツ語しか話せない方もいるのでどうしてもドイツ語を駆使しなければならない場面があり、最初は専門用語だけ調べておいて、片言のドイツ語で図を描いて補足しながらのやり取りで苦労した。3年滞在中も満身にドイツ語を操れるレベルには到達できなかったことが悔やまれる。

筆者の研究を簡単に下記に紹介する。基油特性の優れるエステルやポリグリコールをベースとした環境対応型作動油のアルミ合金に対する潤滑性研究について取り組んだ。環境対応型作動油は鉱油と違い、O（酸素）を分子構造内に持つため異なる物性（粘度指数、揮発性など）を有する。特にその高い極性により金属表面へ吸着し、優れた潤滑性を示す。鉱油はC（炭素）とH（水素）のみの分子構造であり、適切な添加剤処方により耐摩耗性を付与しているが、代表的な酸化防止剤・極圧剤であるZnDTPは環境負荷物質で、環境対応型潤滑剤ではメタルフリーの思想が取り入れられる。環境対応油はこうした金属系フリーの添加剤処方により無毒性を確保している。更に、60%以上の生分解性を有するなどの環境性能を満たす油は環境ラベルが取得できる。

アルミ合金表面が摺動を受けると比較的低硬度であるため、活性な新生面が表れると基油によっては官能基と反応し、摩耗が著しく大きくなることがある。そこで、本研究では冶金学的に異なるアルミ合金やプラズマ電解酸化皮膜などによって、耐摩耗性および潤滑性を向上するという狙いがあった。これらの実験結果を最終的に博士論文「環境対応型潤滑油中のアルミニウム合金のトライボロジー特性と潤滑パラメータに関する研究」にまとめ、無事に学位をいただくことができた。

また、BAMと東京理科大との間で交流協定を締結し、学生の短期留学が積極的に行えるようになり、若くして貴重な経験ができる制度が築かれた。筆者

滞在中には修士学生合計4名が3ヶ月の期間滞在した。異文化の環境において短期間でも学ぶことは非常にプラスの経験となるため、今後も継続していただければと思う。2015年にも同大学から1名滞在中無事にやり遂げ成果を残している。Dr. WOYDT氏からも筆者の後任を期待されているので、KYBからもBAMに滞在できる人財を送り出していきたい。

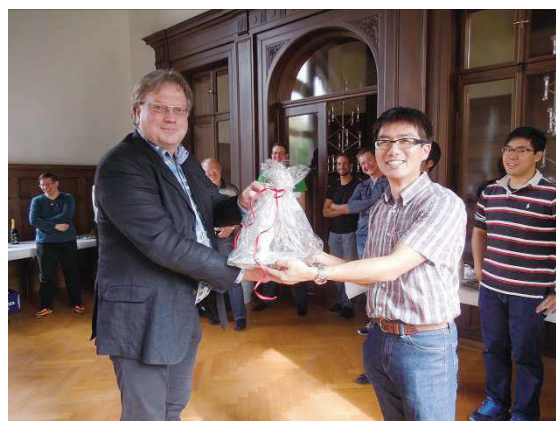


写真8 BAM送別会にてDr.WOYDTからDIV6.3の方々のサイン入り記念品贈呈

7. 終わりに

3年間の滞在中もあつという間に経ち、帰任後は博士論文を書き上げるのに非常に苦労した。その節では指導教授の佐々木先生には大変なご支援をいただいた。駐在当初に計画していたスケジュールの甘さに反省し、これからの業務では改善していきたい。

今回の留学機会を与えてくださった佐々木教授、Dr. WOYDT, Dr. WÄSCHE, BAMの方々やベルリンで出会った方々、会社の諸先輩方にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

著者



中瀬 拓也

2005年入社。技術本部基盤技術研究所材料研究室。博士（工学）。主にトライボロジーに係る材料技術開発に従事。

ポペット弁の3次元振動抑制技術

Attenuation Technology Against Poppet Valve 3D Vibration

中西 博
Hiroshi NAKANISHI

要 旨

油圧ポペット弁の振動を引き起こす要因を数値解析から特定し、改善策を検討して挙動を安定化し、量産に繋げた。

非定常乱流と剛体ポペットで構築したモデルにもとづき解析を実施した。このようなバルブのモデルでは、ポペットとバルブシート間の隙間における流体格子の変形が過度になりすぎて解析が発散することが多いため、それがバルブシートに拘束されず、大きな変形を発生させないような機能を持つ重合格子を適用することで特に困難な小開度時の振動解析を可能とした。

ポペット振動には様々な要因が考えられるが、作動油の噴流とそれによって引き起こされる渦が大きな影響を及ぼす。本報では、ポペット弁近傍において渦による連続的圧力振動機構である、エッジトーン、キャビティトーン、が生成されるとともに、他の振動要因よりも大きなエネルギーのポペット振動を引き起こすことがわかった。

Abstract

We investigated the factors that brought about vibrations of the hydraulic poppet valve with numerical analysis and found a solution to stabilize the behavior of said valve for deployment for production.

Analysis was conducted with non-stationary turbulent flow coupled with a rigid poppet charged with flow forces.

If the clearance between the poppet and the valve seat is small, the deformations of the fluid meshes may be excessive and analysis could diverge.

Therefore, we adopted the mesh superposition method capable of avoiding the constraint of the fluid meshes onto the valve seat and noticeable deformations

Occasionally, the poppet vibrations were supposed to be generated due to a hydraulic jet and eddies born from the jet. We found an “edge tone” and “cavity tone”, a continual pressure vibrational phenomena, which caused a large energy poppet vibration.

1 緒言

ポペット弁は現在も多くの油圧機器に使われているが、振動しやすく、簡単な構造であるにも関わらずそれが改善されていない。ポペット周囲の乱流流れがそれに複雑な流体荷重を与え、不安定な挙動を発生させていることが推定されるが、これまで計測的技術が確立されておらず振動の原因が十分に把握されてこなかった。

一方、ここ数年の流体解析ツールの進歩によって複雑な流れとポペットの挙動が予測できるようにな

りつつあり、解析結果にもとづいた振動対策を実機に施すことができるようになってきた。

本技術解説では振動しやすいポペット弁について非定常乱流流れと剛体ポペットで構築した連成モデルを適用した解析により流体中の振動要因を把握し、改善に繋げる試みについて述べる。

振動を引き起こす乱流中の要因として渦の発生に注目している。解析の中で渦が圧力変動を起こし、ポペットの振動を発生させる機構を明らかにする。

また、渦以外の推定振動要因についてもその影響を調べ、渦による振動と比較していく。

2 乱流渦による圧力変動発生原理

ポペットの振動に関わる渦の圧力振動発生機構について述べる。これらは本来、管楽器の発音や流体騒音の発生原理に対して研究されてきたものである¹⁾²⁾。

2.1 エッジトーン

図1に示すような鋭利な先端（エッジ）にノズルからの平板状の噴流を連続的に衝突させる構造により生成される音をエッジトーンという。

噴流がエッジに衝突するとそこで渦が規則的に発生して下流に移動していく。ノズル～エッジ間の噴流はこの渦の影響を受けて、流れに対して垂直方向の規則的な振動を発生させる。このときの周波数はノズル～エッジ間距離に依存する。

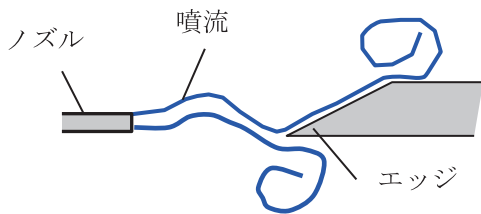


図1 エッジトーン

2.2 キャビティトーン

流れに平行な壁面に設けた直方体の空洞をキャビティという。キャビティ上流前縁では流れが壁面から剥離したときに渦が発生する。渦は、不安定な自由せん断層領域をキャビティの長さ分だけの距離を進み後縁に衝突する。このとき発生した音波が前縁まで廻り伝播して新しい渦を生成する擾乱となる（フィードバック機構）。これによる規則的な発音をキャビティトーンという。図2にキャビティと渦の模式図を示す。

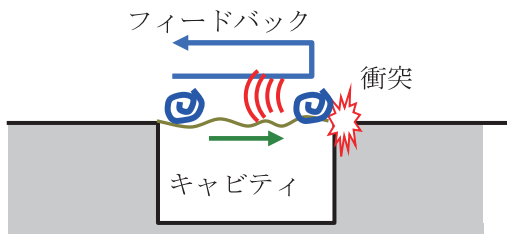


図2 キャビティトーン

3 ポペット弁～流体の連成振動モデル

一般に、連成モデルでは、流れ領域に設定した移動・変形することができる流体格子の境界壁面によってポペットとその運動を表すが、これを含みす

べての壁面上の格子節点は壁面から離れることができないように拘束されているためにポペットの動きによっては格子の変形が過大となって計算不能となる場合がある。特にポペットに軸直角方向（以下、横方向）の自由度を与えると、近傍に位置するバルブシートとの干渉によりそのような不具合が生じやすいため、実機ポペット弁で発生が確認されている横振動の数値解析が困難になる。

本報では流れ領域に設定した流体格子に対しバルブシートを独立の重合格子で構成して重ね合わせ、その壁面における流体格子節点の拘束を必要としないモデルを作成した。

なお、重合格子には以下の機能と制約がある。

- ①流れ領域の中で、流体格子から独立した移動可能な壁面として流れを制御できる。
- ②あらかじめ設定した運動を与えることができる（ポンプの回転等）。
- ③流体力を受けて、それに応じた運動を発生する。
- ④他の物体への接触時など機械的外力による運動の拘束ができない（すり抜ける）。

以上により、ポペットの軸方向の運動に加えて、横方向への動きやバルブシートへの衝突を含む解析が可能となる。ただし、制約となる④項のためにポペット側で接触時の運動拘束条件を付加することが必要になる。

図3に流体格子と重合格子の構成、図4にポペット弁モデル構造を示す。ここで図4のポペット弁モデルは振動対策前の形状を表しており、“オリジナルモデル”ということにする。

4 推定振動要因

これまでの経験にもとづき推定されるポペットの振動要因を以下に列挙し、振動への影響度を解析にて確認する。なお各要因が発生する部位を図5に示す。

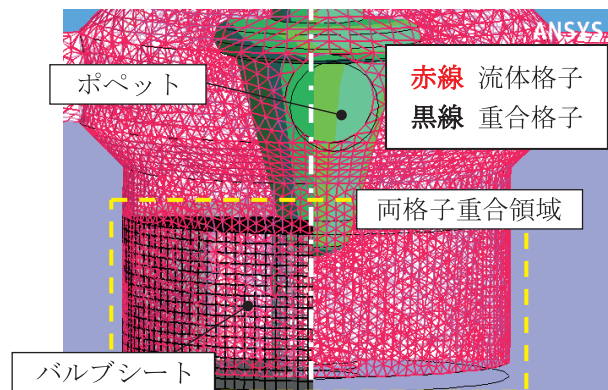


図3 流体格子と重合格子の設定

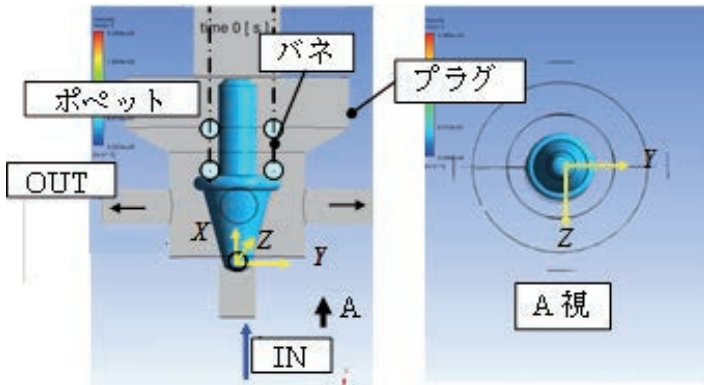


図4 ポペット弁モデル (オリジナルモデル構造)

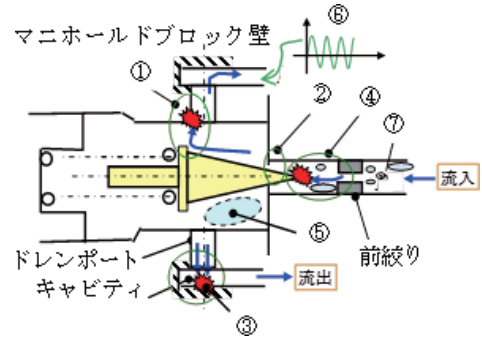
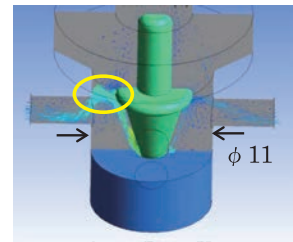


図5 推定振動要因 (要因①～⑦の部位)

- 要因① 噴流のドレンポートへの衝突
- 要因② ポペットの軸偏芯
- 要因③ 噴流のドレン部マニホールドブロック壁面への衝突
- 要因④ 噴流のポペット頂点への衝突
- 要因⑤ キャビテーション発生
- 要因⑥ 背圧変動
- 要因⑦ 空気混入

(a)オリジナルモデル

$$W_m = 18.9 \text{ [mm}^2\text{]}$$



(b)基準モデル

$$W_m = 3.12 \text{ [mm}^2\text{]}$$

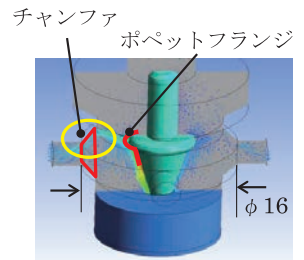


図7 チャンファの設定による流速分布の違い

5 解析結果

5.1 要因① 噴流のドレンポートへの衝突

図6にポペット変位-時間特性、ポペット変位-周波数特性の解析結果を示す。また、図7にポペットからドレンのエッジに向かって発生する噴流流速分布を示す。

オリジナルモデルではポペットフランジからドレ

ンポートへの噴流衝突によるエッジトーン機構が要因となって大きな振動が発生している。ここでドレ

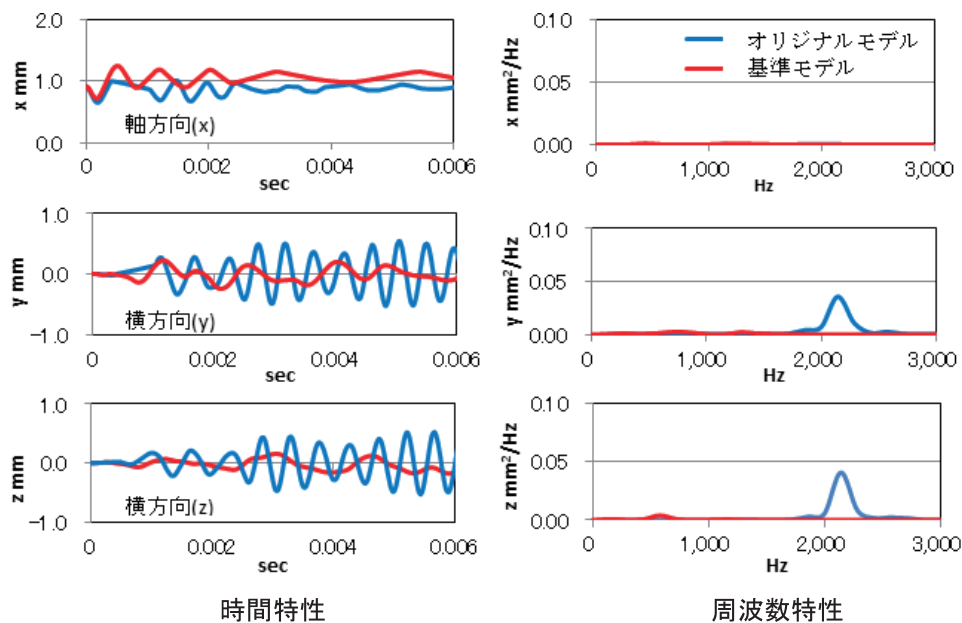


図6 要因① ポペット変位解析結果

ンポート位置に全周にわたってチャンファを設け制振効果を確認したところ、横振動の大きさと周波数が大きく低減した。エッジ位置の移動により噴流が到達しにくくなったこと、フランジ～エッジ距離が大きくなったこと、が有効に作用していることが流速解析結果により推定された。

チャンファは実験的にも効果が確認され現行量産品に採用されている。このモデルを“基準モデル”とし、個別に推定振動要因（図5）に対してその影響を確認していく。

なお、ポペット振動強さの評価値として(1)式で表す振動エネルギー W_m を適用した。

$$W_m = \int_0^F \{I_x(f) + I_y(f) + I_z(f)\} df \quad (1)$$

F : 評価する最大周波数 (3 [kHz])

I_* : 各方向変位のパワースペクトル密度

5.2 要因② ポペットの軸偏芯

偏芯は要因①のエッジトーンの対称性を損じるために横振動の原因になると推定できる。ここでは実機のバネの偏芯を考慮し、基準モデルのポペットに10 [N] の一定偏芯荷重（偏芯量1.7 [mm] 相当）を仮定してこれをy方向に与えたときの振動を解析した（図8）。それにより偏芯方向の振動が増加し、振動エネルギーが1.8倍程度になった。

5.3 要因③ 噴流のドレン部マニホールブロック壁面衝突

ドレンポート下流にマニホールブロック壁面を設定し（図9）、ドレンポートの出口で剥離した噴

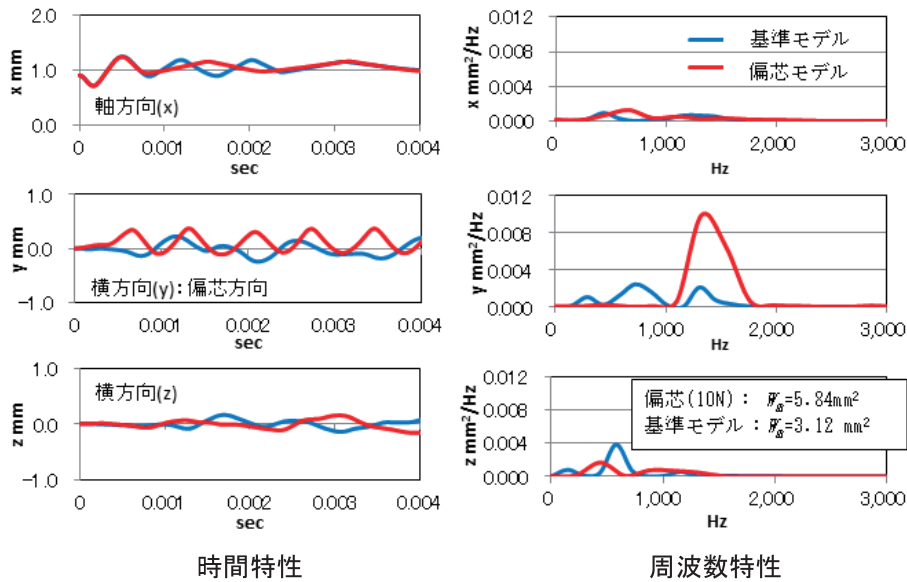


図8 要因② ポペット変位解析結果

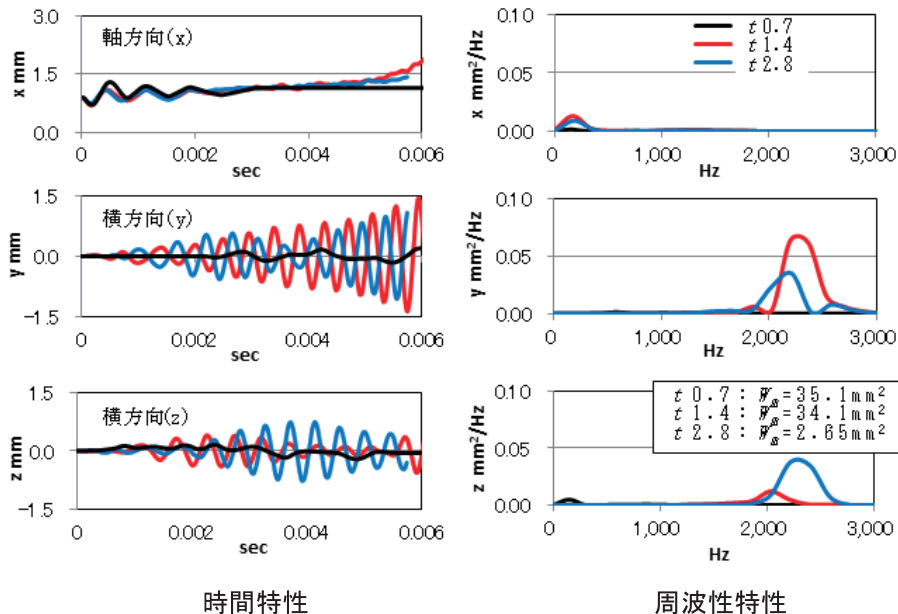


図10 要因③ ポペット変位解析結果

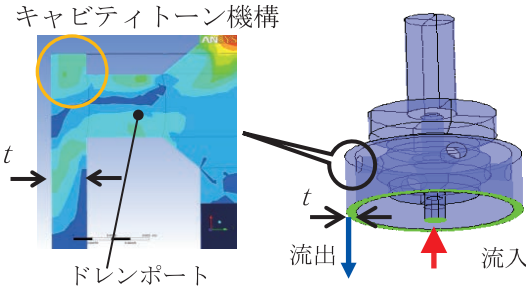


図9 マニホールドブロック設定モデルとキャビティ渦

流がそれに衝突してキャビティトーン機構を生成したときポペット振動に及ぼす影響を解析する。図10はマニホールドブロックドレン部の通路隙間が $t=0.7$, $t=1.4$, $t=2.8$ の場合のポペット振動解析結果を示す。 $t=0.7$, $t=1.4$ におけるポペットの振動エネルギーは主要因中でもっとも大きい。

一方 $t=2.8$ の場合は振動エネルギーが前二者の場合の $1/13$ 程度に低下し、壁面までの距離を増加させた効果が大きく表れている。これにより隙間を十分大きく設定すれば振動が効果的に改善されることが

推定された。

5.4 要因④ 噴流のポペット頂点への衝突

前絞り（ポペット上流オリフィス）からの噴流がポペット頂点に衝突し、エッジトーン機構を生成してそれが振動源になることは容易に予測できる。そのとき、前絞り～ポペット距離によって振動の大きさと振動数が変化することを噴流のポテンシャルコア長さ（前絞り出口から、噴流の断面流速分布が前絞り出口速度を消失する点までの長さ）との関係から推定できる。解析ではシートからの前絞り出口距離 L' は5 [mm], 7.5 [mm], 10 [mm] の3種類に設定した（図11）。前絞り径はすべて現状の値とした。

図12は前絞り距離で比較したポペットの振動解析結果を示す。エッジトーンによる横振動が発生し、距離 L' による振動の大きさはポテンシャルコアとの関係に従う（図中 W_m 参照、ポテンシャルコア消失点近傍 $L'=7.5$ [mm] で振動エネルギー最大値を示す）が、周波数が変化せず、フィードバック現象の特徴は明確には得られなかった。

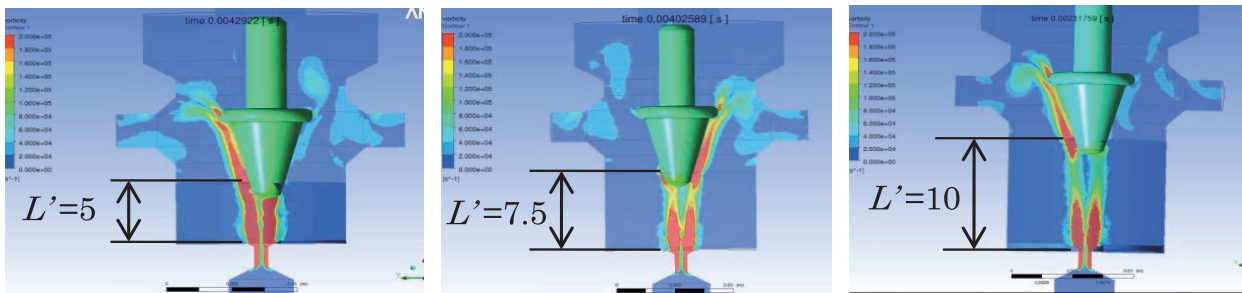


図11 前絞り出口距離と渦度分布解析結果例

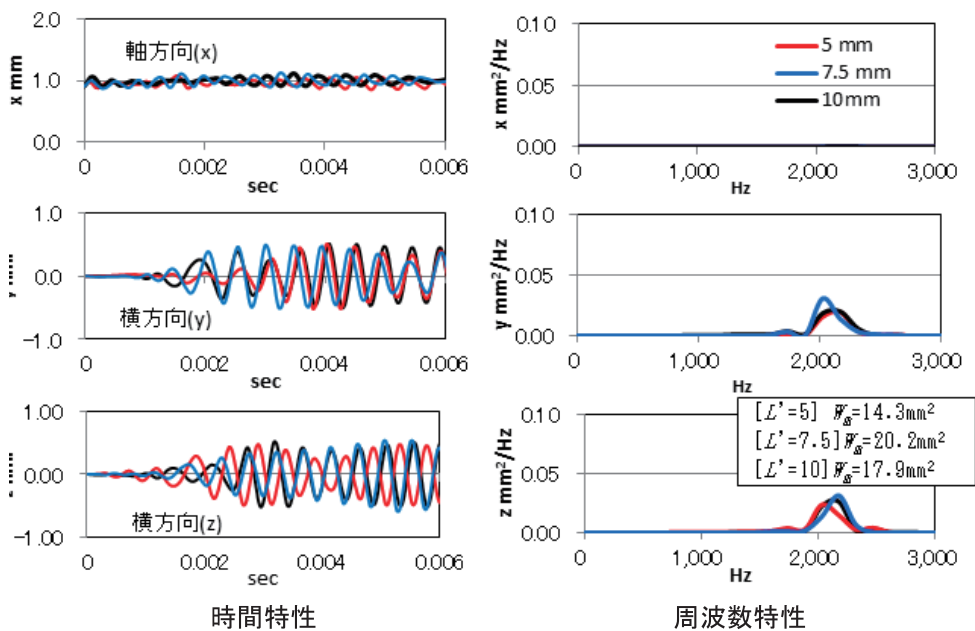


図12 要因④ ポペット変位解析結果

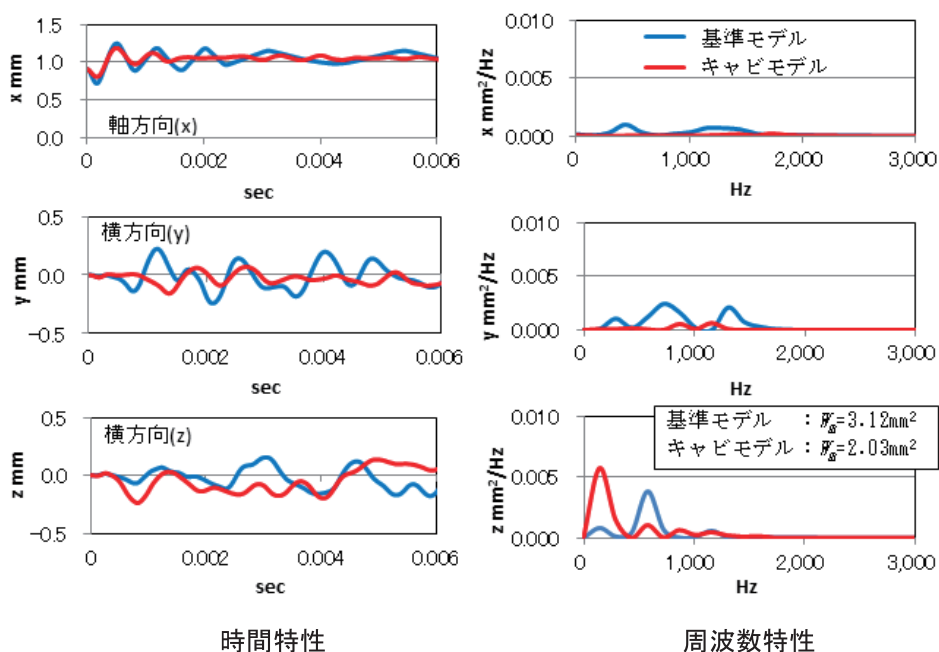


図13 要因⑤ ポペット変位解析結果

5.5 要因⑤ キャビテーション発生

設定する流体モデルを3相流（液体，蒸気，空気）とし，このうち液体は作動油と溶解空気の2成分を持つとする．作動油はパラフィン系炭化水素を仮定した．また解析を通じて作動流体の温度は25℃とした．図13に基準モデルと合わせて振動解析の結果を示す．キャビテーションの発生はポペットの振動を増加させないことが推定され，逆にやや振動を抑制する傾向が得られた．

5.6 要因⑥ 背圧変動

ドレンポート全4本の下流端圧力に正弦波変動を想定し，ポペット振動に対する影響を解析する．基準モデルのドレンポート出口に，実機と同程度の背圧変動を正弦波 1 ± 1 [MPa] で仮定して入力し，ポペット変位を推定したところ，1,300 [Hz] 付近の背圧で振動エネルギーが最大になった（図14）．

そこで，周波数1,300 [Hz] にて 0.5 ± 0.5 [MPa]， 1 ± 1 [MPa] の2パターンの背圧を入力したときのポペット振動への影響を解析し傾向をみた．上

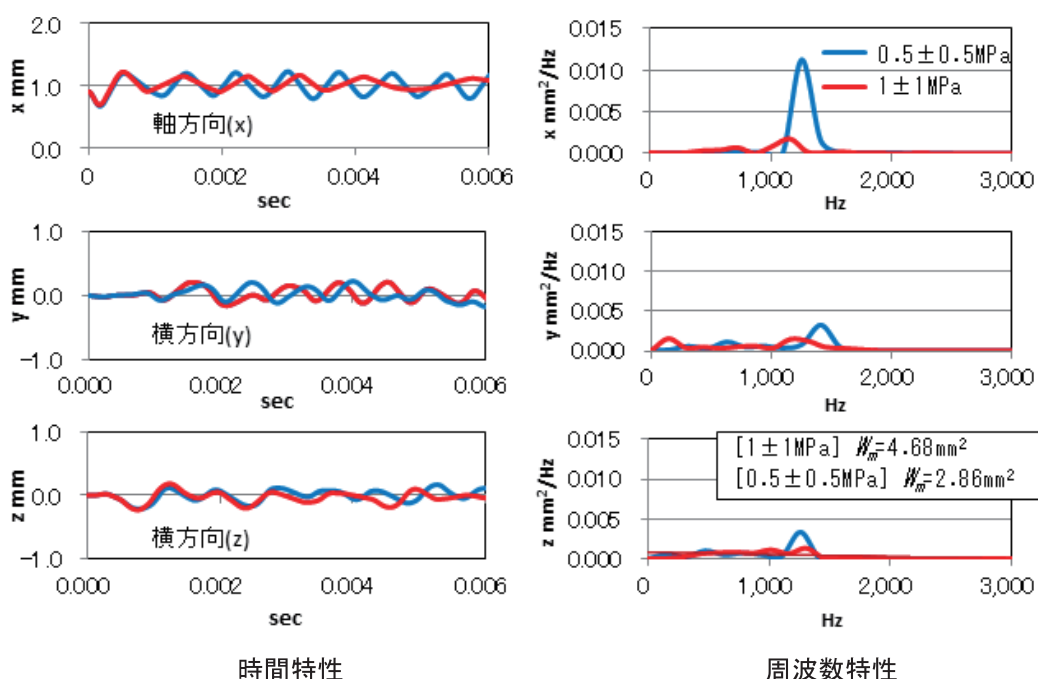


図15 要因⑥ ポペット振動解析結果

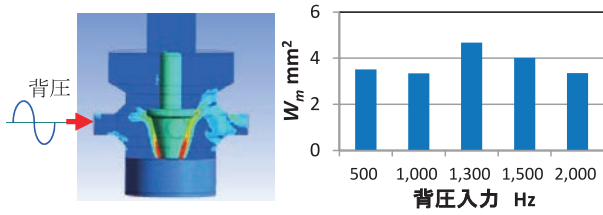


図14 背圧変動の入力と振動エネルギー

流圧は29 [MPa] 一定とした。結果を図15に示す。圧力振幅を増加させると軸方向で振動が大きくなるのは、ポペット絞り部を挟む差圧変化の増加によりポペットの軸方向のつり合い位置変化が大きくなることを表すと考える。ここでは1 ± 1 [MPa] 負荷時の振動エネルギー W_m が基準モデルの1.5倍程度になった。

5.7 要因⑦ 空気混入

作動油に空気が混在した2相流が上流から流れ込む場合を想定してポペットの運動を解析する(図16)。本モデルでは気泡径が多分散として定義され、解析中に合体、分裂が考慮される。図16に流入部の境界条件において空気体積比 γ を0.3と0.5に設定したときの解析結果を比較し示す。空気比率が大きいほうが振動は大きく、 $\gamma=0.5$ では基準モデルの振動エネルギー W_m をわずかに超える値となるが大きな影響は発生していない。 $\gamma=0.3$ の場合と同様に空気混入率によっては振動が抑制傾向を示すと思われる。

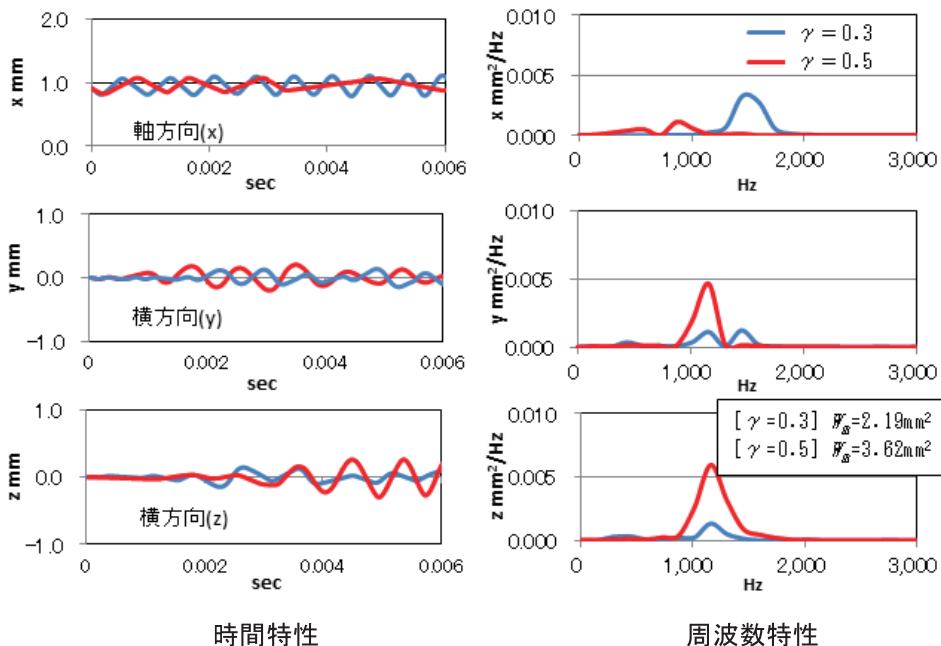


図16 要因⑦ ポペット振動解析結果

6 推定振動要因による振動エネルギー結果比較

図17にこれまで述べてきた渦によって生じる振動を含め、すべての推定振動要因に対するポペット振動エネルギーを比較する。

比較結果から、

- (1)ポートのチャンファを設定した基準モデルのポペット振動に対して、ドレンポート衝突を伴うオリジナルモデルでは6倍のエネルギーが生じ、エッジトーンの振動への影響が大きいことが推定できた。
- (2)ポペット軸偏芯は偏芯方向の振動拡大によりエネルギーを1.8倍程度拡大させる。
- (3)マニホールドブロック壁面を設定するとポート出

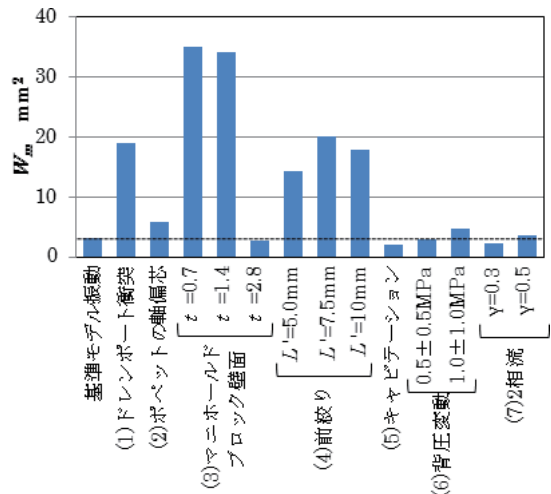


図17 振動推定要因による振動エネルギーの比較

口から壁面までの領域でキャビティトーン機構が生成され、壁面の距離が小さい ($t0.7, t1.4$) とときそれが大きな起振源になった (基準モデルの10倍程度)。一方で、 $t2.8$ ではその影響がほとんど消失し、振動は壁面距離に大きく影響することがわかった。

- (4)前絞り～ポペット距離とポペット振動エネルギーの大きさの関係は噴流の特性で表わされ、ポテンシャルコア消失点近辺 ($L'=7.5$) で最大となった。ただしフィードバック発生を示唆する周波数変化は得られなかった。
- (5)キャビテーション発生の振動への影響は小さい、むしろ抑制傾向がある。
- (6)背圧変動はポペット振動にやや影響を与える。0～2 [MPa] の振幅を与えると基準モデルの1.5倍程度の振動になる。
- (7)2相流モデルを適用してポペットへの振動の影響を調べたところモデル入口の空気体積混入割合が大きいほうが振動は大きくなる傾向にあったが、解析の範囲 ($\gamma=0.3, 0.5$) では大きな振動は発生しなかった。
- (8)総合的にエッジトーン (要因①, 要因④)、キャビティトーン (要因③) による起振効果が大きいこ

とがわかったが、要因①、要因③では噴流の衝突を抑制するための形状変更によって振動を減少できることを推定した。

7 結言

軸方向、軸直角方向の自由度を持つ3次元振動解析を可能としたポペット弁と非定常乱流の連成モデルを構築して、外乱である背圧変動、空気混入も含め、その振動要因を特定した。その結果、特に要因①、要因④エッジトーン機構、要因③キャビティトーン機構、を生成する要因は、それらが無い基準モデルに比較して4.5～11倍の振動エネルギーを生ずることがわかり、その振動を抑制する方策としての噴流衝突緩和形状を見出した。また3次元振動の解析を可能とした重合格子の有効性が確認できたので、同様の解析技術を必要とする油圧機器へ今後、適用し展開を図る。

参考文献

- 1) 望月, 丸田, 流体音工学入門, 朝倉書店, 初版, 10刷 (2010).
- 2) 吉川, 和田, 音源の流体音響学, 日本音響学会編, コロナ社, 初版, 1刷 (2007).

著者



中西 博

1984年入社。技術本部CAE推進部専門部長。製品の技術解析に従事。

製品紹介

軽量型電子制御ミキサ車「MR5040EL」の開発

岡野 哲也

1 はじめに

近年、東京オリンピックや都心部の再開発が計画されており、より輸送の効率が高い製品が求められている。

軽量型ミキサ車（写真1）とは、低床型シャシ^{注1)}（以下、低床車）に対応し、ミキサ架装物を軽量化したもので、生コンクリート（以下、生コン）の積載量の増加により一度に多くの生コンを輸送することが可能である。

本報で紹介する軽量型電子制御ミキサ車「MR5040EL」（以下MR5040EL）は2009年より量産されてきた低床軽量型ミキサ車「MR5020L」より更に軽量化を図ったものである。また、従来の軽量型ミキサ車にはなかった都市型で静音性に優れている電子制御「eミキサII」^{注2)}を設定している。

注1) 後輪のタイヤが小径に設定され、一般の大型車に比べて地上高が低い。また、中型クラスのエンジンが搭載されているためシャシの重量が約1,500kg軽い。

注2) コンクリートミキサ車の油圧駆動制御を電子化したものである。（KYB技報 第44号 電子制御ミキサ「eミキサ」のモデルチェンジ参照）



写真1 軽量型ミキサ車

2 開発背景

2.1 積載量確保の課題

軽量型ミキサ車は車両総重量20トン車で、当初要望があった標準仕様で積載量11,500kgが達成されていたが、排出ガス規制の強化による浄化装置が取り付けられシャシ重量が増加しており、積載量が11,450kg程度にまで低下してきている。また、お客様の要望を満足するために特別仕様も取り付くことからその分の重量増加もあり、さらに積載量が減少している。

本開発では、低床車において標準仕様で積載量を11,600kg確保することを目的として、ミキサ架装物重量を150kg以上軽量化することを目標とした。

2.2 組立工数低減の課題

軽量型ミキサ車は前述のとおり需要が見込まれている。しかし、KYBの生産ラインにおいて軽量型ミキサ車は受注台数の多い大型ミキサ車に対して組立工数がかかり、増産の妨げとなっている。大型ミキサ車の標準組立工数に対して、軽量型ミキサ車は約1.3倍かかっている。そこで軽量型ミキサ車の組立工数を大型ミキサ車と同等にすることにより増産を図る。また、組立ラインにおいて架装する際に溶接を行っているが、スパッタにより車両を損傷させたり、溶接による雰囲気悪化がコンタミなどの発生につながる可能性がある。構造変更により組立ライン内での溶接を廃止することで品質の向上と組立工数削減の両立を図ることを目的とした。

3 軽量化の概要

3.1 専用新規設計フレーム

低床車は前述でも述べたように大型車に対して地上高が低く設定されている。そのためそのまま低床車に大型車向けの架装物を搭載すると生コンの投入口となるホッパ（写真2）が低くなり、生コン製造プラントと高さが合わなくなる。また、生コンを排

出すシュート（写真2）の高さも大型車に対して低くなり、コンクリートポンプ車^{注3)}との協調において、お客様の使い勝手に影響が出てしまう。更に、低床車は中型クラスの車両であるため、本来、大型車向けに対応した架装物を搭載するためには、シャシ側のフレーム強度が低く、架装物重量に耐えられない。

従来の軽量型ミキサ車はこれらに対応するためにフロントフレーム・リヤフレームの下側に、架装物のフロントからリヤまで一本の「サブフレーム」が左右に1本ずつ取り付けられている。サブフレームにより大型車と同等の高さを保ち、架装物側で強度を上げ、シャシ側のフレーム強度を補うことにより低床車への架装を可能にしていた（図1）。

本報で紹介するMR5040ELは、そのサブフレームを無くすことにより軽量化を図った。まず、高さの問題としてフロント・リヤフレーム自体の高さを上げることで、下面からの高さが従来軽量型ミキサ車と同等になるような設計とした。次に、強度の問題としてフロントフレームとリヤフレームの連結間に角パイプで中間フレームを設けて、これらをボルトで連結し、一体型のフレーム構造とし、シャシ側のフレームと合わせて剛性を上げた（図2）。形状決定においてはFEM構造解析を使用し、強度を満足するとともに重量の増加を抑えた最適化構造とした（図3）。これによりお客様の使い勝手は変わらず、約100kgの軽量化に成功した。

注3) 生コンを遠方または高所へブームにより圧送する車両。

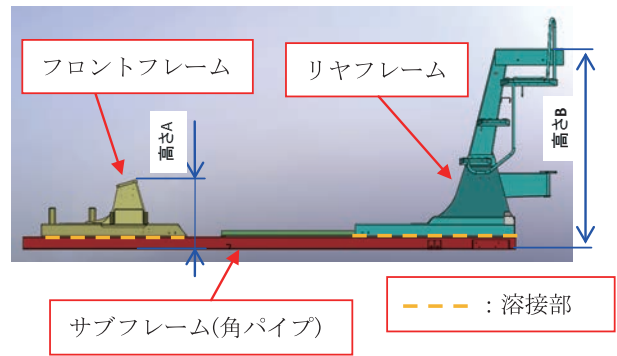


図1 従来ミキサフレーム

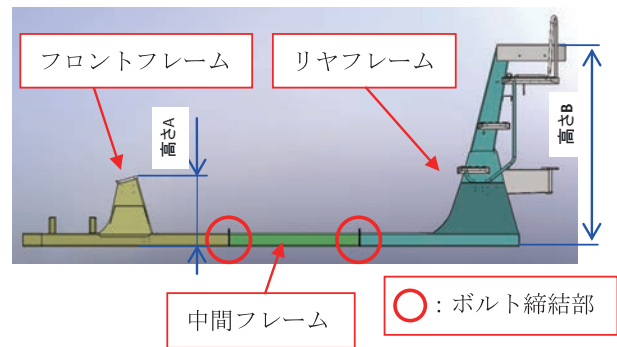


図2 専用新規設計ミキサフレーム

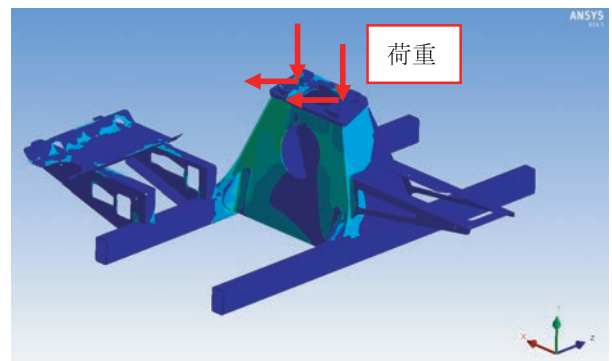


図3 ミキサフレームFEM解析



写真2 ホッパとシュート

3.2 ローリングの薄肉化

ローリングは、ドラムの回転を促すドラムローラと接しており（写真3）、回転する軌道面でドラムと一体構造となっている。ドラムの後方は2点でローリングと接しており、生コンを積載すると負荷がかかるため強度部材となっている。

薄肉化するにあたり強度、伝熱性、耐久性が検討項目として挙げられる。そこで各検討で解析と実験を行い、限界設計を図った。これにより約20kgの軽量化に成功した。

3.3 オイルクーラの採用

当社のミキサ車は、油圧ポンプ・油圧モータを採用している。油圧駆動によりドラムを回転させてい

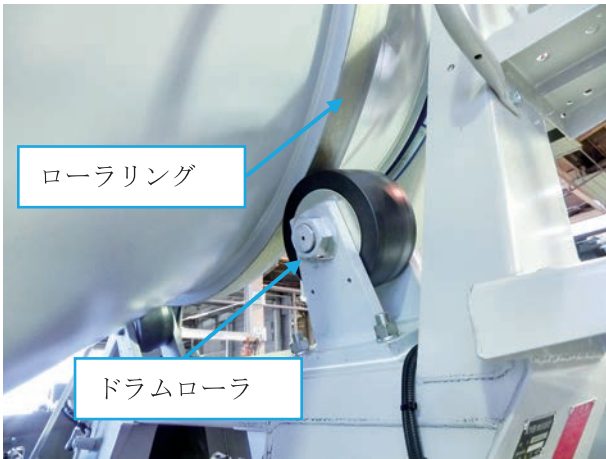


写真3 ドラムローラとローラリング

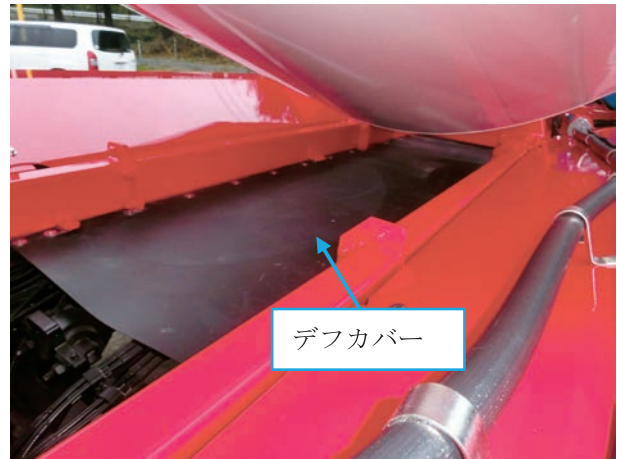


写真5 樹脂素材デフカバー

るが、従来はヒートバランスをとるためにオイルタンクが取り付けられている。

MR5040ELはオイルタンクが一体化したオイルクーラを採用した。国内で生産されているミキサ車としては初の採用となる。オイルクーラ（写真4）には強制冷却用ファンが取り付けられており、少ない作動油でも効率よく冷却することができる。また、作動油の使用量を削減できることから軽量化にもなる。

これにより冷却効率を下げずに作動油の使用量を80%削減し、約30kgの軽量化に成功した。

たしている。これにより約10kgの軽量化に成功した。

3.5 アルミ素材の使用

従来の軽量型ミキサ車でも標準で採用しているアルミ製外装部品を、MR5040ELにも標準装備することで軽量化を踏襲した。アルミ素材を使用した外装部品として人の巻き込みを防止するサイドガード、走行中に泥はねを防止するフェンダ・スプラッシュボード、車両後方の生コンによる汚れを防止するリヤカバーが挙げられる（写真6）。

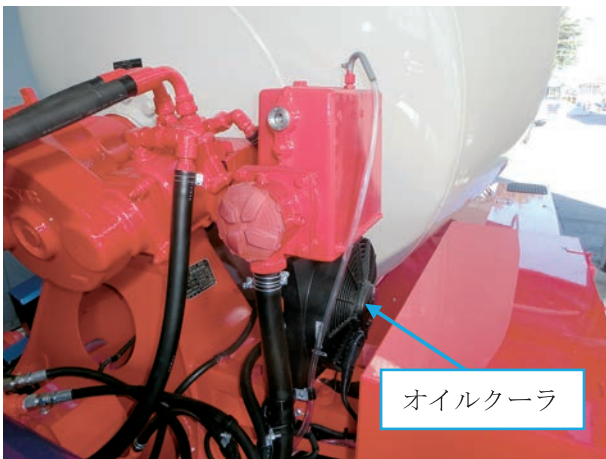


写真4 オイルクーラ

3.4 デフカバーの樹脂化

デフカバーは、シャシ側に取り付いているディファレンシャルギアから飛散するグリースがドラムに付着するのを防ぐ機能がある。

国内で生産されている当社のミキサ車に使用されているデフカバーは鉄製である。MR5040ELはデフカバーの材質を樹脂に変更することにより軽量化を図った（写真5）。これは当社の海外向けミキサ車に採用されており、カバーとしては十分な機能を果

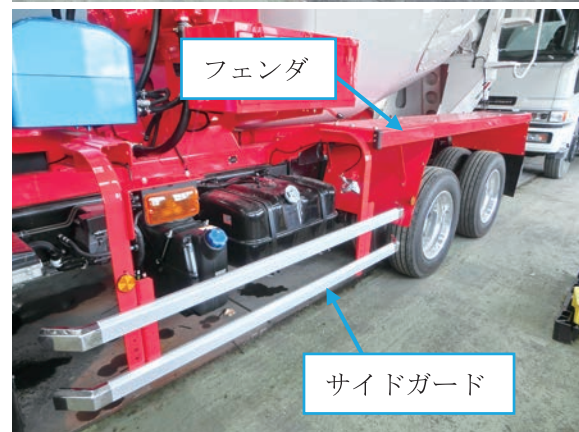
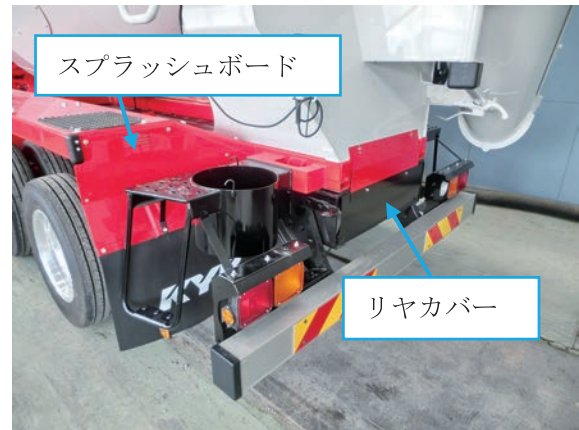


写真6 アルミ製外装部品

4 組立の簡素化

本開発において、組立ライン内溶接廃止と組立工数削減を架装物側でできるように設計検討を行った。

4.1 専用新規設計フレームによる工数削減

従来の軽量型ミキサ車は、前述で述べたようにサブフレームが取り付けられている。MR5040ELはサブフレームを廃止し、中間フレームを設けてボルト止めによりライン内溶接廃止と大幅な工

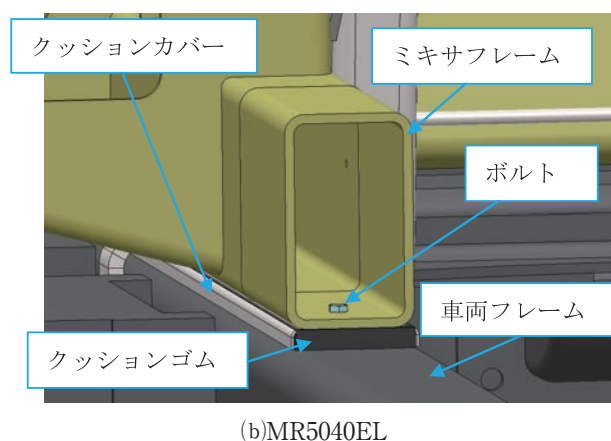
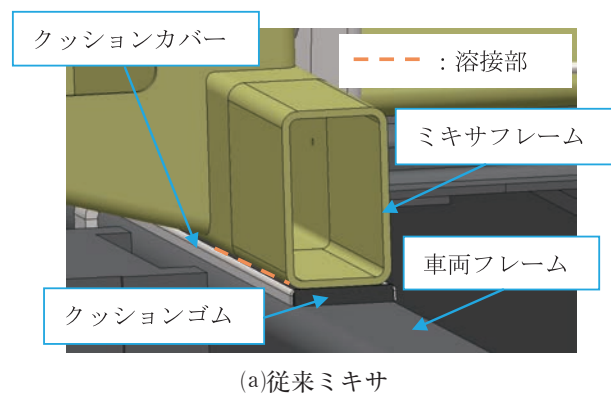


図4 クッションカバーボルト止め

数削減に成功した。

4.2 架装物と車両緩衝材のズレ防止溶接廃止

車両のフレーム上部にはリベットが取り付けられている。直接車両へ架装物を搭載するとリベットに乗り上げてしまうため、間に緩衝材としてクッションゴムを取り付けている。更にクッションゴムにカバーを取り付けて走行中にズレ落ちしないような構造となっている。クッションカバーは組立ラインでミキサフレームと溶接して固定しているが（図4-a）、MR5040ELはミキサフレームにタップ加工を行いクッションカバーとクッションゴムをボルトで貫通させてズレ止め効果と溶接廃止を図った（図4-b）。

5 まとめ

本開発において、ミキサ架装物の重量を150kgを超える軽量化を達成し、標準仕様で積載量を11,600kg以上確保することに成功した。

組立工数は大幅に短縮し、大型車と同等の組立工数となり、増産対応も可能となった。また、組立ライン内での溶接を廃止することも達成した。

6 おわりに

開発活動の一環として2015年10月に開催された東京モーターショーに出展し、多くのお客様から高い評価を頂いた。

今後はお客様にモニタ評価をして頂き、更に使いやすいミキサ車へ発展させていく所存である。

最後に本開発にあたり、多大なご協力を頂いた社内外の関係者各位へ、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

著者



岡野 哲也

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

製品紹介

CVT用フローコントロールバルブレスベーンポンプ

下野 宏美

1 はじめに

近年、自動車の低燃費化、排気、二酸化炭素の排出量規制などの要求は厳しくなっている。このような市場のニーズに応えるべく、エンジン効率の良い変速比を使用できる無段変速機（Continuously Variable Transmission, 以下CVT）を搭載した車種が増えている。今回開発したベーンポンプ（写真1）はジャトコ(株)殿が開発した小型車向け新型CVTユニットに搭載され、2015年7月よりKIMZ（KYB Industrial Machinery（Zhenjiang））にて生産開始した。

2 新型CVTについて

ジャトコ(株)殿の新型CVTの外観を写真2に示す。新型CVTは下記特長を持つ。

- ① 運転性の向上
- ② CVTとして世界最大の変速比幅8.7
- ③ 燃費性能向上

当社が開発したベーンポンプは新型CVTの油圧源として機能し、燃費性能の向上に貢献している。

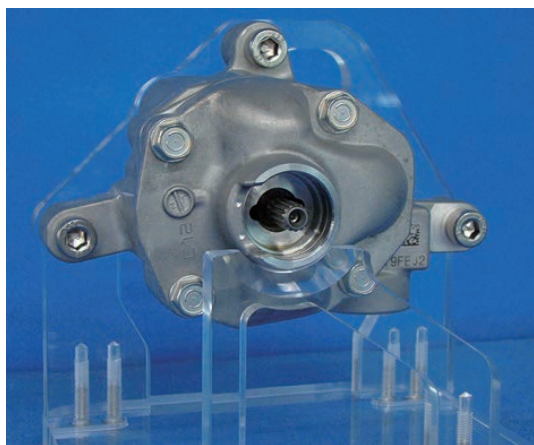


写真1 新型CVT用ベーンポンプ外観

3 製品の紹介

3.1 構造、諸元

表1に開発品のベーンポンプの諸元を、図1に現行品と開発品の構造を示す。開発品は現行品に対しフローコントロールバルブを廃止したものである。キャビテーションを抑制する機能を持つフローコントロールバルブは作動油が高エア含有となるCVTには重要な構造である。開発品は更なるトルク低減を達成すべくフローコントロールバルブの作動圧に

表1 ベーンポンプ諸元

基本吐出量	10.5cm ³ /rev
回転数	~7000rpm
吐出圧力	~6 MPa
油温	-40~140℃
作動油	日産NS-3
質量	1000g

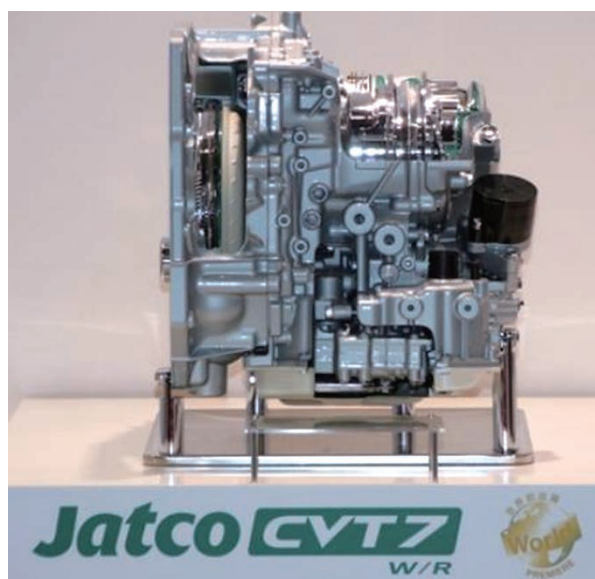


写真2 新型CVT外観

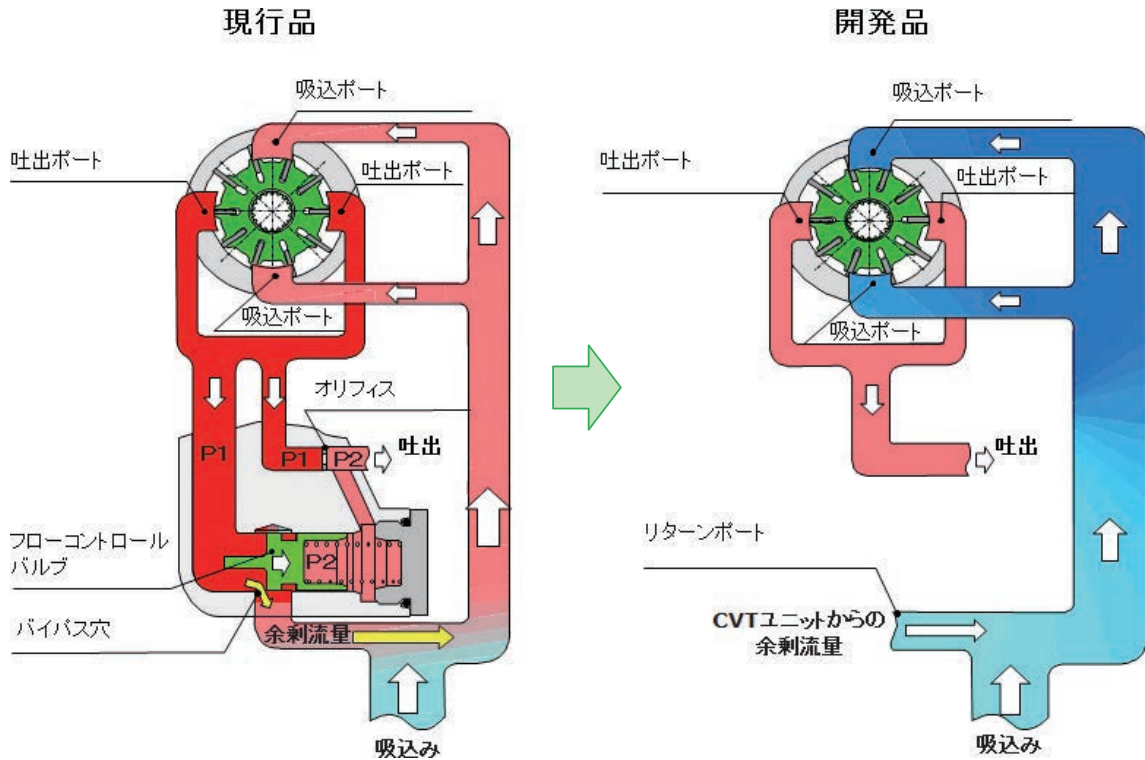


図1 現行品と開発品の構造比較

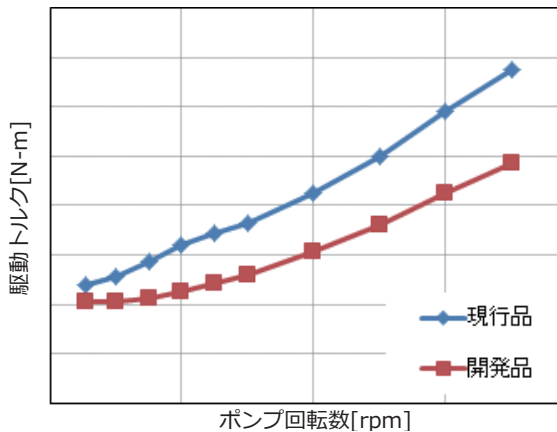


図2 現行品と開発品の駆動トルク

よるトルクをも削減対象とし、燃費性能向上に貢献した。

3.2 駆動トルク低減

図2に現行品と開発品の駆動トルクを示す。フローコントロールバルブを作動させるためにオリフィスによる差圧を利用している現行品に対し、フローコントロールバルブを廃止することで差圧をなくし、ポンプにかかる圧力を下げ、またフローコントロールバルブから発生する作動油のリークがなくなり基本吐出量を下げることができ、トルク低減することができた。

3.3 キャビテーション対策

フローコントロールバルブは高圧の余剰流量をポンプ内で循環させることにより、作動油が高エア含有であってもキャビテーションを抑制する機能を持つ。フローコントロールバルブを廃止した開発品はキャビテーションの対策が必要となる。対策として吸込み油路の最適化、ベーン室圧力立ち上がりの最適化を行った。

3.3.1 吸込み油路の最適化

図3に吸込み負圧の解析結果を示す。カムリング切欠き(図4)追加を含め、吸込み油路を拡大し、吸い込み時の負圧を小さくしたため、キャビテー

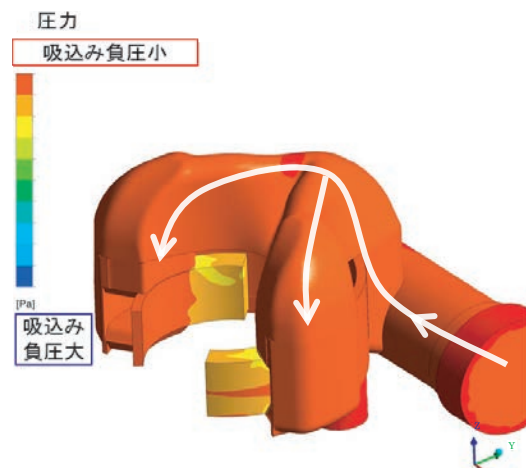


図3 吸込み負圧解析結果

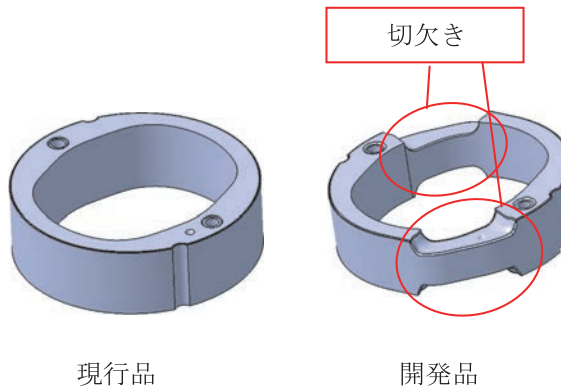


図4 カムリング形状

シヨンの発生を抑えることができた。形状は流れ解析にて圧力損失が発生しないよう最適化を図った。

3.3.2 ベーン室圧力立ち上がりの最適化

フローコントロールバルブ廃止による吸込み圧の負圧は前記吸込み油路の最適化で向上したが、依然として吸込み圧は負圧である。現行品は高圧の余剰流量の循環により吸込み圧が正圧となるのに対し、開発品は吸込み圧が負圧であるためベーン室の圧力の立ち上がりは遅くなる。立ち上がりの遅れは圧力変動、キャビテーションエロージョンの発生を誘発しノイズ、ポンプの破損につながる。図5にベーン室の圧力測定結果を示す。ノッチ追加(図6)によりベーン室への高圧油の供給が増え高エア含有の作

昇圧が早いことは性能向上を意味する。
昇圧を早くし現行同等性能を確保した。

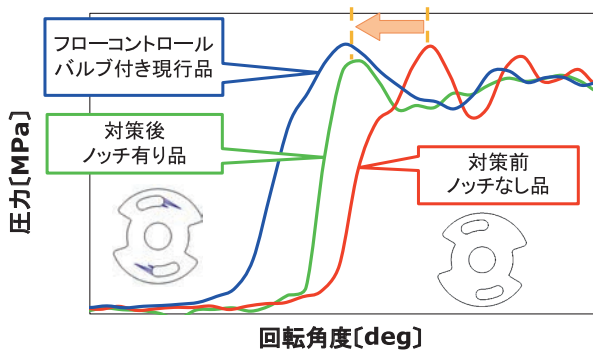


図5 ベーン室の圧力測定結果

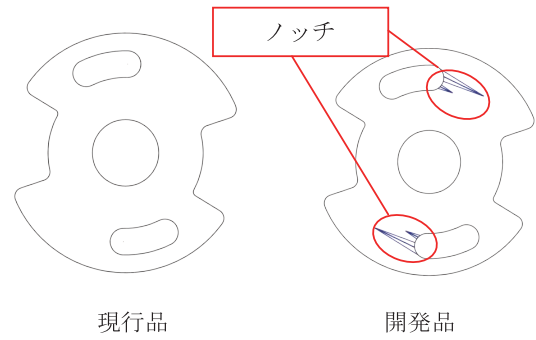


図6 サイドプレート

動油においても圧力の立ち上がり遅れを抑制し、フローコントロールバルブ付き現行品と同等とすることができた。

3.4 現地調達化

フローコントロールバルブレスポンプである開発品は中国現地での生産開始となるため、現地調達部品を積極的に採用し、現地調達率は85%以上を達成している。現行品にて事前に現地調達が進められていたため開発品にて立ち上がりから現地調達化ができた。

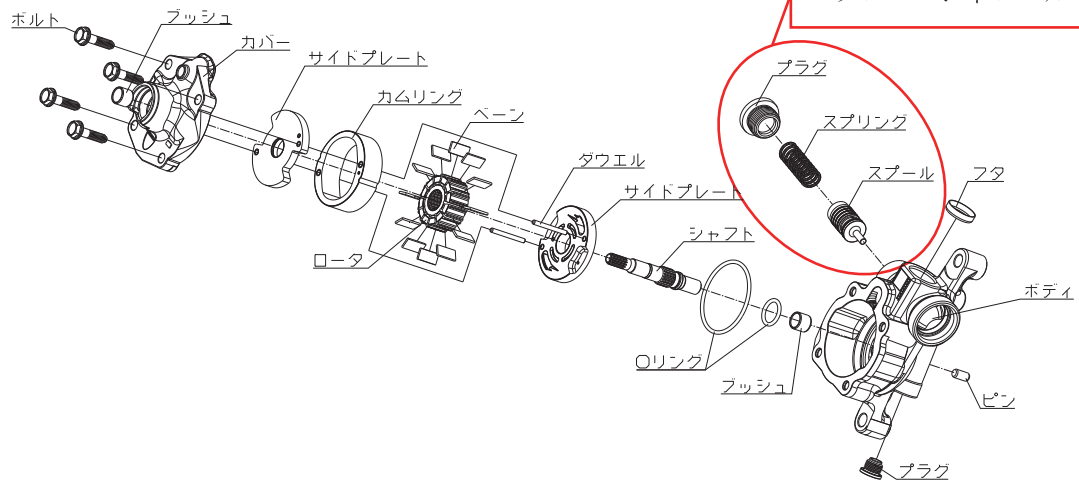
3.5 コスト低減・軽量化

現行品と開発品の構造を図7に示す。フローコントロールバルブを廃止することで低トルク化だけでなく、部品点数を現行品に対し27%削減、加工箇所を削減、加工を容易にし、ボディも軽量化できた。現行品との部品の共通化も積極的に行った。上記を行うことによりコスト低減と軽量化(9%減)を図った。

4 おわりに

今回、開発したフローコントロールバルブレスポンプは低トルク化、軽量化、コスト低減を達成し、KIMZで現地生産することができた。ジャトコ(株)殿のプロジェクト関係者をはじめ当社関係者の多大な協力と迅速な対応が開発およびKIMZでの量産化を可能にしたと考える。今回の開発にご協力いただいた方々に対しこの場を借りてお礼を申し上げます。

現行品



開発品

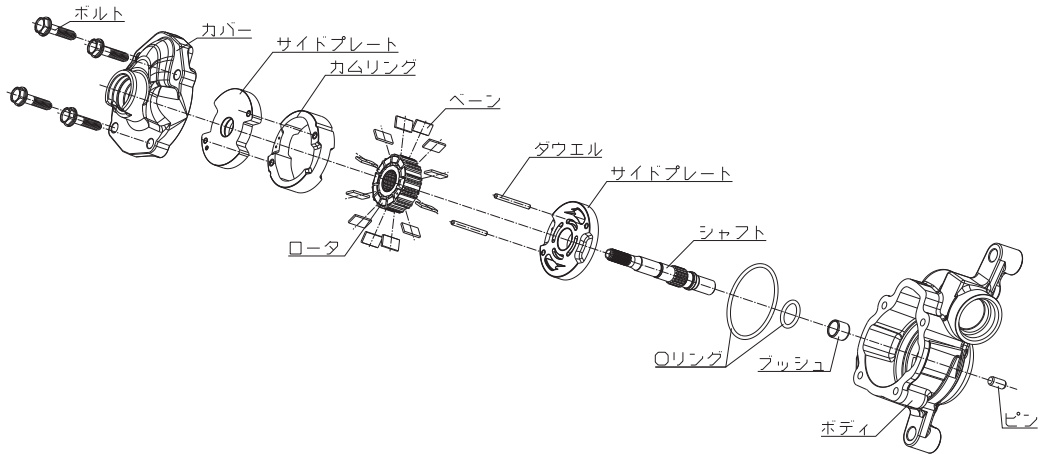


図7 現行品と開発品の構造

著者



下野 宏美

2006年入社。オートモーティブコンポーネツ事業本部技術統轄部ポンプ技術部。ベーンポンプの設計に従事。

製品紹介

パッシブ切替型オイルダンパ （都市型狭小土地向け免震ダンパ）

中原 学

1 はじめに

地震による被害から人と建物を守るため、多様な対策がとられている。“耐震構造”は、「建物の粘りや強さ」を補強し、建物に加わった地震力に耐える。“制振構造”は建物に加わった地震力を制振装置で弱めるもので、どちらも建物に加わった地震力にいかに対応するかの技術といえる。

これに対して“免震構造”は「建物に加わる力そのものから免れる（絶縁する）」ことで建物の揺れを大幅に低減する。免震構造は、地震による強く激しい揺れを、大きくゆっくりとした揺れに変える。建物本体が損傷しないだけでなく、建物内部の家具、設備機器の移動、転倒を防止する。実際の地震においても効果が確認されてきている。

耐震・制振・免震（用語解説「耐震・制振（震）・免震」p. 44参照）。

地面との絶縁はアイソレータと呼ばれる装置を用いる。アイソレータには免震ゴム、滑り支承、転がり支承があり、この上に建物を建てることで地面の揺れが直接建物に伝わることを防ぐ。ただし、魔法の絨毯の様に完全に建物を宙に浮かせられるわけではないので、免震構造で地震による強く激しい揺れを大幅に低減しても、ゆっくりとした揺れは建物に伝わる。地震が収まってもアイソレータでは揺れを止めることができない。

カヤバシステムマシナリー(株)では、大きな地震の

際のこのような揺れを早く止めるためのダンパを製造している（写真1）。

2 狭小土地への適用の課題

免震構造は、建物が地震から免れるため、建物を地面に対して自由に動くようにしているが、地面に対して建物が移動することになる。従来の免震構造では建物の周囲に60cm以上の余裕（現状のアイソレータの可動限界、特にビル用免震ゴムの可動限界が約60cm）が必要であるが、都心部では高層建築物が密集して建っており、免震構造が必要とする土地の余裕がとり難い。

一般に、建物の移動量はダンパを増やし止める力（減衰力）を大きくすることで減少させられるが、建物の移動量と加速度には二律背反の関係があり（短い距離で速く止めると反動が大きい）、建物周囲の余裕を小さくしようとダンパ数量を増やすと、比較的頻度の高い中小地震に対して、揺れを建物に伝えないという免震の効果が損なわれてしまう。

3 製品の目的

本報で紹介するパッシブ切替型オイルダンパ（狭小土地向け免震ダンパ）は、大成建設(株)殿と共同開発した製品である。前記の二律背反を解消するべく、以下の目的で免震構造の改善を図った。

3.1 狭小土地向け免震構造の目的

- (1)30cm以内の建物周囲の余裕で最適な免震構造建物を提供する。（従来必要とする余裕の半分）
- (2)震度5までは、地震の揺れを建物に伝えない免震の機能を十分に発揮させる。
- (3)大地震では、狭い免震層の壁に建物が衝突する前に、大きな減衰力を発揮して揺れを抑える。

図1に、従来の免震構造と狭小土地向け免震構造の地震の大きさと効果の比較を示す。

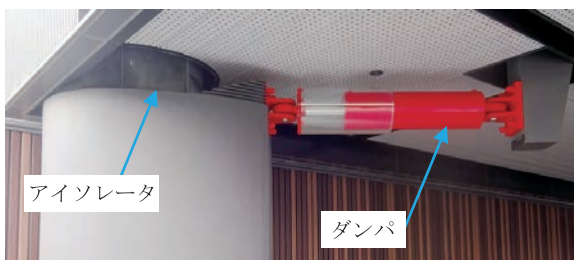


写真1 免震構造 事例（当社工場）

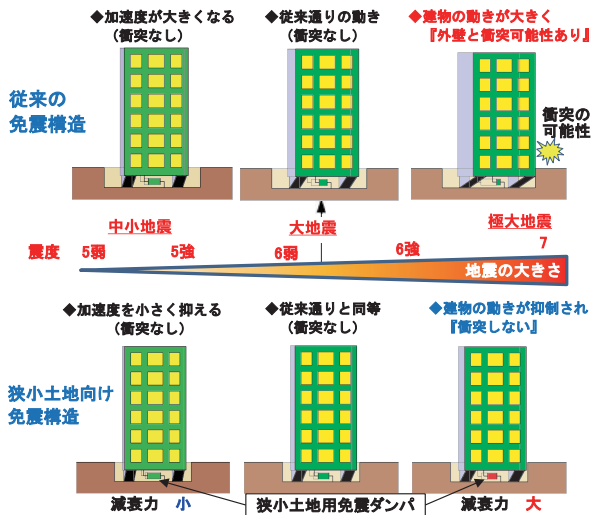


図1 通常の免震構造と狭小土地向け免震構造との地震の大きさと効果の比較

3.2 狭小土地向け免震ダンパの要件

(1)大地震時に建物を衝突させないため発揮される高い減衰力と、中小地震以下で有効な低い減衰力の2種の設定を一つのダンパで持つ。

(2)設定した変位（ダンパストローク）で上記高減衰と低減衰の切り替えを電気信号を利用せず、全てをメカニカルに行う。

このダンパにより、頻度の高い中小の地震では免震効果を最大限に引出すことができ、かつ、まれに起こる大地震では建物周囲の余裕の無い場所でも衝突による建物の破損しないようにすることができる。

4 開発ダンパの構成

図2に今回の開発ダンパの基本となる油圧回路構成を示す。二種類の減衰力を切替えることができる。（本回路は本報用に簡略化しているが、公開特許公報 特開2014-159850で公開済み）

①で示す二点鎖線で囲まれた部分は、標準的な当社の免震用ダンパBDS型オイルダンパ（Building Damper hi-Speed type）と共通のダンパであり、この部分だけで減衰力を発揮している状態を“高減衰モード”と呼称する。

②で示す二点鎖線で囲まれた部分が、本ダンパ専用に装備したバルブブロックである。このバルブブロックは③、④の配管で①ダンパと接続されている。

②のバルブブロック内を油が流れると、①のダンパに装備する減衰力発生用バルブに流れる油の量が少なくなり、同じ速さでダンパが動作しても減衰力が小さくなる。この状態を“低減衰モード”と呼称する。

“高減衰モード”と“低減衰モード”とを切替えているバルブが、⑤シャットオフバルブ（機械操作式）

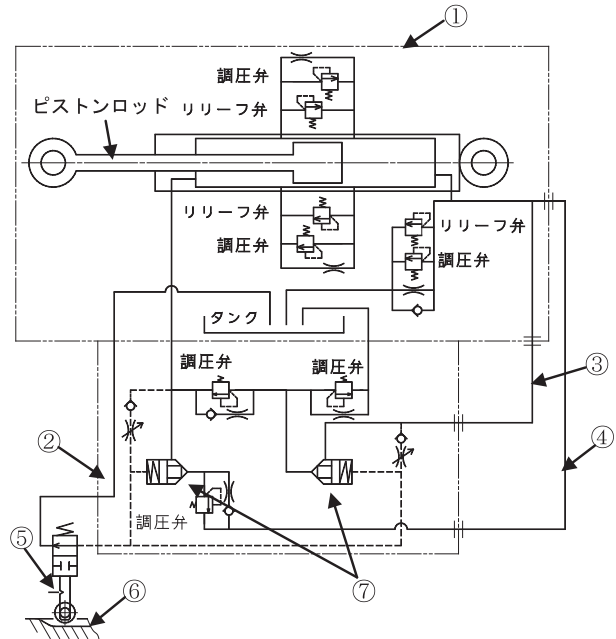


図2 油圧回路図

である。これはバルブ筐体の外に飛び出している棒（プランジャ）を押すことで、油の流れを切替える。本ダンパでは通常は開いており油を流すが、プランジャを押すと油の流れを遮るように設定されている。この⑤シャットオフバルブに組合せて⑥検出ロッドが取り付けられている。

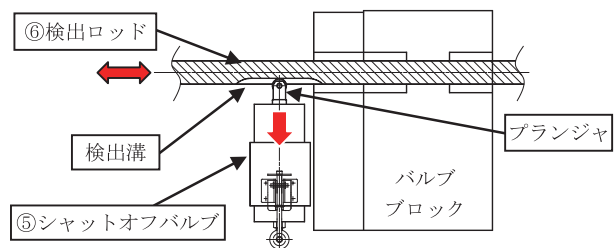


図3 ⑤シャットオフバルブと⑥検出ロッド

図3に⑤シャットオフバルブと⑥検出ロッドの取り付け状態を示す。検出ロッドには途中で切り欠き（検出溝）が設けられており、通常状態では検出溝にプランジャ先端が位置し、プランジャは押されておらず、“低減衰モード”となっている。⑥検出ロッドはダンパのピストンロッドに取付けられ、ピストンロッドと同じ動きをする。ピストンロッドが検出溝の長さよりも大きく動く（大きな地震）と⑥検出ロッドの溝のない部分がプランジャの位置に移動する。この時、プランジャは⑥検出ロッド外周面に押され、⑤シャットオフバルブは切替わり、油の流れを遮る。

⑤シャットオフバルブにはデテント機構が装備されており、切替った状態を維持する。

⑤シャットオフバルブで遮るのは、⑦ロジックバルブ後部の流路である。この流路はタンク室に繋がっており、通常は抵抗なく油が流れる。この状態では⑦ロジックバルブは自由に動き、③④配管から流れてきた油を②バルブブロック内のバルブに流す。

⑤シャットオフバルブは⑦ロジックバルブ後部油路を閉じるので⑦ロジックバルブは動くことができなくなり、③④配管から流れてくる油を堰き止めて②バルブブロック内のバルブへの流れを止める。

その結果、①の内蔵バルブのみで力を発生させることになり、“低減衰モード”から“高減衰モード”へ切替る。

以下にまとめると、

- (1)低減衰モードのダンパのピストンロッドが大きな地震によって、検出溝の設定された長さ以上に動く。
- (2)ピストンロッドに取り付けられた検出ロッドがシャットオフバルブのプランジヤを押す。
- (3)シャットオフバルブが切替り、油の流れを止めることでロジックバルブの動きを止める。
- (4)ロジックバルブが動けないことで、低減衰モードで流れていたバルブブロックのバルブへの油の流れが止まる。
- (5)バルブブロックのバルブへ油が流れられないため、ダンパ内部のバルブだけで油の流れを処理し、高い減衰力を発揮する。

写真2にダンパの外観を示す。ダンパ外部にバルブブロック、配管、検出ロッドを確認することができる。

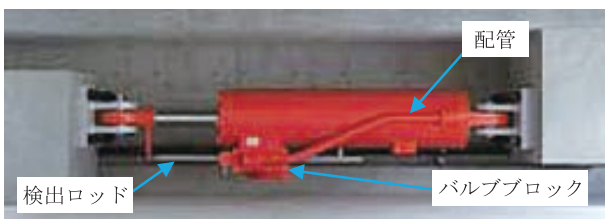


写真2 狭小土地免震向けダンパの外観

5 減衰能力の比較

減衰力切替機能を持った本開発ダンパと、当社製の標準的なダンパとの効き方の違いを比較する。

図4が標準的なダンパの効き方である。本図は解析により描いたものを部分的に取り出したグラフで、徐々に移動量（変位、ダンパストローク）を増やしたものである。変位が大きくなると速度も大きくなるため、減衰力が大きくなることから渦巻の様な解析結果になる。

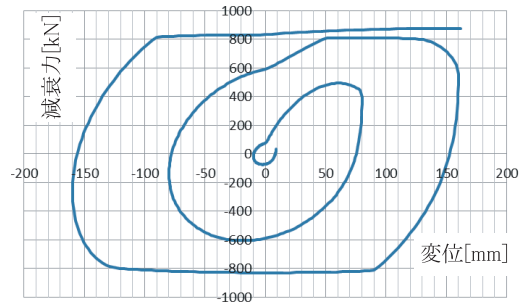


図4 標準型ダンパの変位-減衰力線図

図5に開発ダンパと標準型ダンパを比較したグラフを示す。

図4と同じ条件で描かせたグラフであるが、図4に対し、加振開始直後に減衰力の低い部分がある。これが、“低減衰モード”の領域である。本グラフでは“高減衰モード”への切替えポイントを50mmとしているので、赤丸で示した点で急に減衰力が大きくなっていることがわかる。

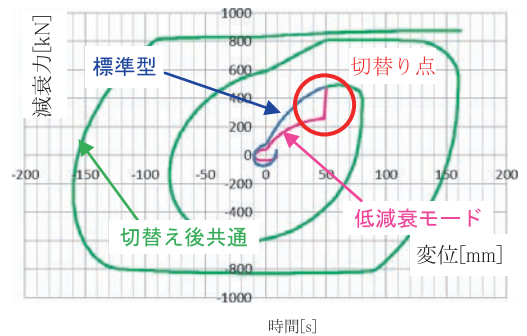


図5 狭小土地免震向けダンパと標準型ダンパの比較用 変位-減衰力線図（重ね書き）

図5の結果の横軸を時間に置換えたものを図6に示す。グラフ中には変位と減衰力を示しており、変位の変化は一定（つまり、速度は一定）であるのに、途中で減衰力が大きく増えていることが分かる。

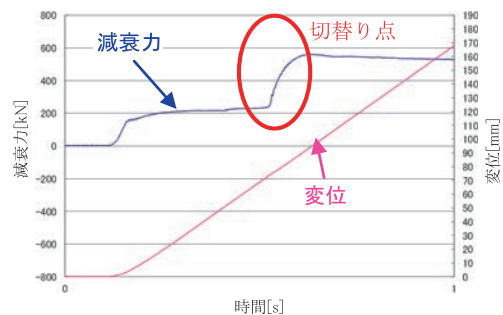


図6 減衰力、変位の線図

6 実施建物

開発ダンパを適用した建物がいくつかあるが、その一例を紹介する。

6.1 大成建設(株)殿技術センターZEB実証棟(写真3)

この建物は、共同開発者である大成建設(株)殿の“ゼロ・エネルギー・ビル”(ZEB)実証実験設備であるが、大成建設株式会社殿はこの建物で第16回日本免震構造協会賞技術賞を受賞されている。



写真3 大成建設(株)殿技術センターZEB実証棟 外観

6.2 ヒューリック新宿ビル(写真4)

「まちなか免震」として、都心部の貴重な土地を有効に利用できる免震構造となっている。

写真中央のビルであるが、近隣のビルが近いことが分かる。

環境配慮として、自然換気システムを導入し中期には自然換気のみによる空調を実現している他、自然採光システム(特殊形状の固定ルーバー)によって、動力を使うことなく、変化する季節・時間(太陽の位置・高度)において常に太陽光を室内天井面に取り込んでいる。

この建物は、日本政策投資銀行殿(DBJ)より「GreenBuilding認証制度」の最高ランクである「5つ星」の認証を授与された。



写真4 ヒューリック新宿ビル 外観

7 終わりに

本製品の開発にあたって協力いただいた社内各部門、関連協力業者の皆様、大成建設(株)技術研究所のご担当の皆様には、深く感謝申し上げます。

開発ダンパは、昨年末にとして免震用部材としての国土交通大臣認定(認定番号MVBR-0498)を取得した。ビルの密集地への免震建物の適用を検討されている皆様は、ぜひ当社へご連絡いただけますようお願いいたします。

終わりに、快く写真の掲示を許可いただいた各所の皆様には感謝いたします。

著者



中原 学

1991年入社。カヤバシステムマシナリー(株)技術部。オイルダンパ開発業務に従事。

「耐震・制振（震）・免震」

「パッシブ切替型オイルダンパ（都市型狭小土地向免震ダンパ）」（p. 40）に記載

KYB技報編集委員 伊藤好文

近年の建築構造物は、地震時に建物自体と家財、居住者を守るため、以下の構造が考案されています。

1 耐震

耐震（構造）とは、建築構造物の柱や梁等の強度を高めて、地震エネルギーに耐えるようにする従来の構造です。

図1に耐震構造のイメージ図を示します。

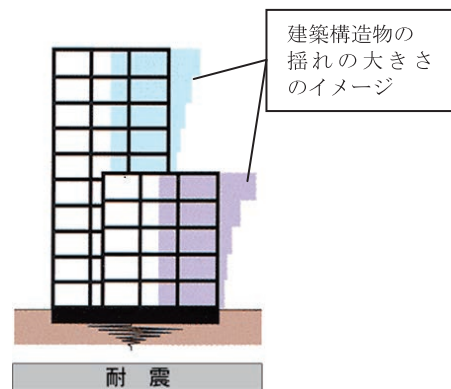


図1 耐震構造のイメージ図

2 制振（震）

制振（構造）とは、建築構造物の柱や梁等にダンパを設置して、地震エネルギーを吸収/消散させ変形を抑える機能を持たせた構造です。

図2に制振構造のイメージ図を示します。

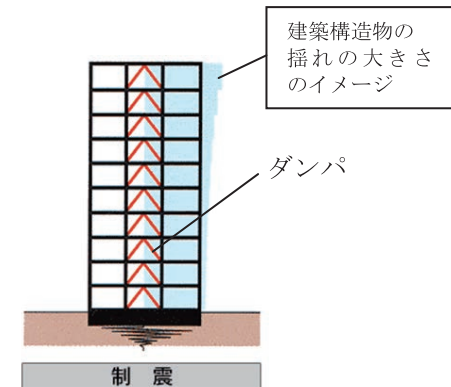


図2 制振構造のイメージ図

3 免震

免震（構造）とは、建築構造物と地盤との間にアイソレータと呼ばれる（免震ゴム、滑り支持、転がり支持、等）装置を設置することで、建築構造物の揺れを減じる構造です。

アイソレータでは、建築構造物に伝わった揺れを止めることができないので、揺れを止めるためにダンパを併設します。

図3に免震構造のイメージ図を示します。

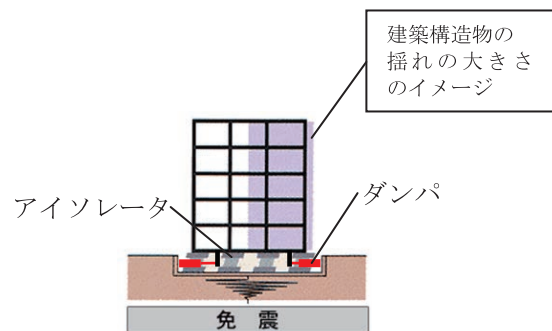


図3 免震構造のイメージ図

製品紹介

KYB K'lassicの紹介

澤西利幸・星野雄太・山岡浩司・石丸希望

1 はじめに

KYBにおいて市販向けショックアブソーバ（以下、市販SA）は利益の中核をなすまでに成長してきている。

本報ではこれまでKYBが着手していなかった低価格帯市場向け新シリーズであるKYB K'lassic^{※1)}の開発について、その概要を紹介する。

※1) KYB+Classicの造語である。

2 背景

2.1 市販SAの市場と新商品の狙い

KYBにおける市販SAの生産本数は全生産本数の約1/4であり、そのほとんどは海外の補修市場向けである。

市場毎の製品を分類し、一般価格帯市場向けの製品をSD-1、低価格帯市場向けの廉価版製品をSD-2とした（図1）。市場規模はSD-1が63M本/年、SD-2が19,000千本/年と試算している。KYBはSD-1の市場においておよそ30%のシェアであるが、SD-2については対応する製品がなく市場に参入できていない。

SD-1の需要は車両販売開始から3年で発生し、

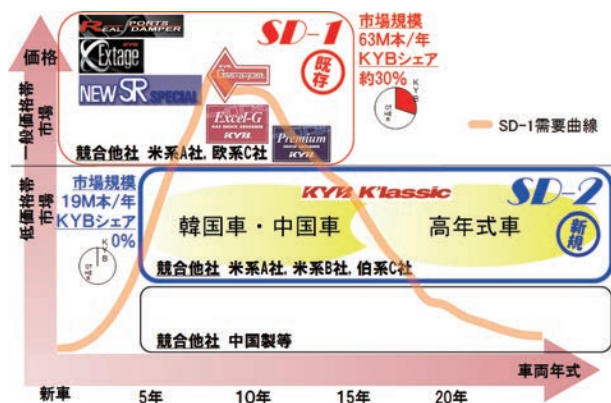


図1 市販SA市場

車両販売終了から3年でピークに達し、車両販売終了から15年ではほぼ終息する（図2）。車両販売終了から5年くらいまでは車両が比較的新しいため一般価格帯製品が選ばれる。これがSD-1の市場である。

車両が古くなり車両価格が低下すると、価格の安い製品へ顧客が流れていく傾向がある。また車両価格が安い韓国車や中国車には最初から低価格帯製品が選ばれる傾向がある。これがSD-2の市場である。

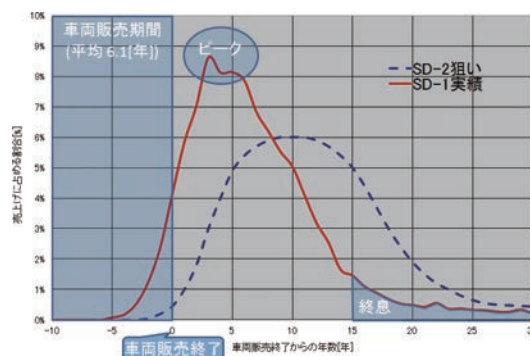


図2 需要曲線

これまでKYBは低価格帯製品に対して価格調整で対抗せざるを得なかったが、KYBでも廉価版製品のラインアップを備えるべくSD-2の開発に着手した。信頼性・品質を確保しつつ抜本的な原価低減を行った製品により、これまで参入できていなかったSD-2市場へ製品を展開し、2020年までに1,800千本/年、シェア約10%の獲得を目指した。

2.2 市販SAの原価低減活動

市場価格に追従するため、KYBでは市販SAの原価低減活動を日々行っている。これらの活動が今回のSD-2開発のベースとなっている。その一部を紹介する。

2.2.1 低採算機種改善活動

「低採算機種改善活動」とは一製品の採算性に着目した原価低減活動である。前年度の売上実績から採算性の悪い約10機種を選定し、機種個別の原価低減を行っている。各機種の図面・部品単価・生産工

程を確認し、造りにくさ改善、高額部品の見直しなど、1本当たりの低減効果が高い製品固有の原価低減アイテムを探し出す。また市場価格を考慮した機種個別の価格調整を行っている。

2.2.2 SD-1原価低減活動

「SD-1原価低減活動」とは全市販SAを対象とした活動で、減衰力バルブや標準部品等の変更により面積での原価低減効果を狙っている。また効果の取込みスピードを早めるため、実現の可能性が高いアイテムから順次実施している。

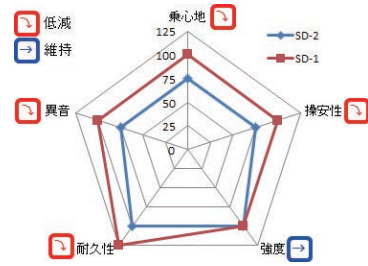


図3 目標性能の設定

3 SD-2製品開発

3.1 SD-2製品要件

SD-2の製品要件は売価30%の削減、必要最低限の機能の確保、従来品との差別化の3つである。

SD-1はOEM同等の品質をコンセプトにしているが、年式の古い車両にそこまでの品質は求められないことが多い。そこでSD-2の製品開発にあたっては、従来の設計仕様を大きく見直す必要があった。

売価30%の削減に対しては、利益を確保するために必要な変動費の削減目標を10%と設定した。従来の原価低減活動は機能を保ちつつ原価を下げる活動であったが、SD-2の削減目標を実現するためには、2.2で紹介した従来の原価低減手法だけでは到底達成できないため、機能を必要最低限とすることで変動費を下げる「贅肉の削ぎ落とし」が必要となった。乗心地、操安性、強度、耐久性、異音の評価軸で、必要最低限の性能確保を目指した。

また廉価版製品の位置づけとして従来品との明確な差別化が必要となる。これについては減衰力設定にて表現する。乗心地の低下を許容し、従来品からの違いを明確に認識できる減衰力設定を目指した。

3.2 目標性能の設定

必要最低限の性能確保と、従来品との差別化を行うための目標値を、各要求性能に対して図3のようにまとめる。乗心地、操安性については従来品に対し75%までの低下を許容した。特に乗心地については従来品との明確な違いを減衰力仕様にて表現する。製品強度については従来品から維持し、耐久性と異音については廉価版として適正な値を狙う事とした。

前述の通り、従来の原価低減活動では本製品の削減目標を満足できない。そこで先ずアイテム検討会を開催し、従来の設計的な常識に捉われない挑戦的なネタだしを行った(図4)。次にアイテム検討会で挙げたネタごとに要求性能との適合性を確認し(表1)、設計仕様への落とし込みを行った。特に減衰力バルブについては抜本的な部品点数削減を行っ

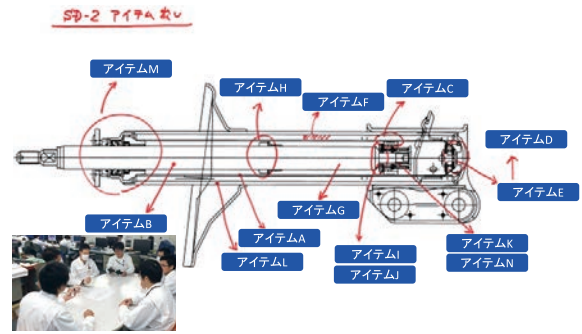


図4 アイテム検討会

表1 要求性能との適合性確認

アイテム	コスト ◎効果大 ○効果中 △効果小	性能		信頼性		
		乗心地	操安性	強度	耐久	異音
		差別化 必要最低限	必要最低限	壊れない	濡れない 必要最低限	必要最低限
アイテムA	◎	-	-	★	-	-
アイテムB	◎	-	-	★	★	-
アイテムC	◎	☆	☆	-	★	□
アイテムD	◎	☆	☆	-	-	□
アイテムE	○	☆	☆	-	-	□
アイテムF	○	□	-	-	-	□
アイテムG	○	-	-	□	-	-
アイテムH	○	-	-	-	-	□
アイテムI	○	-	-	-	★	-
アイテムJ	○	-	-	-	★	-
アイテムK	○	☆	-	-	-	□
アイテムL	△	-	-	★	★	-
アイテムM	△	-	-	-	★	-
アイテムN	△	-	★	-	-	-

★ 必須項目
☆ 確認項目
□ 余力把握

ている。

3.3 減衰力チューニング

SD-2仕様では減衰力バルブの簡素化も行っている。そのため下記に挙げる点において従来品に比べ差異が生じることが予想される。

①ハーシュネス^{注1)}

②ロール^{注2)}

③悪路での衝撃吸収性

注1) 舗装路の継ぎ目、突起、段差等を通じたときに生ずる車体の振動のこと。

注2) 車体の進行方向の軸を中心に左右に回転する挙動のこと。

悪路での衝撃吸収性の低下については容認し、ハーシュネスの増大、ロールの増大については最低

限の乗心地、操安性を優先に考えて減衰力チューニングを行った(図5)。伸側0.02m/s付近の値を従来品より低く抑えつつ、0.1m/s付近の値を従来品と同等とすることにより、乗心地と操安性の確保を実現している。走行評価の結果は従来品を100としたときに75.9点となり、乗心地、操安性は目標性能を満足することを確認した(図6)。また従来品との違いを明確に認識できる乗心地への仕上がりを確認した。

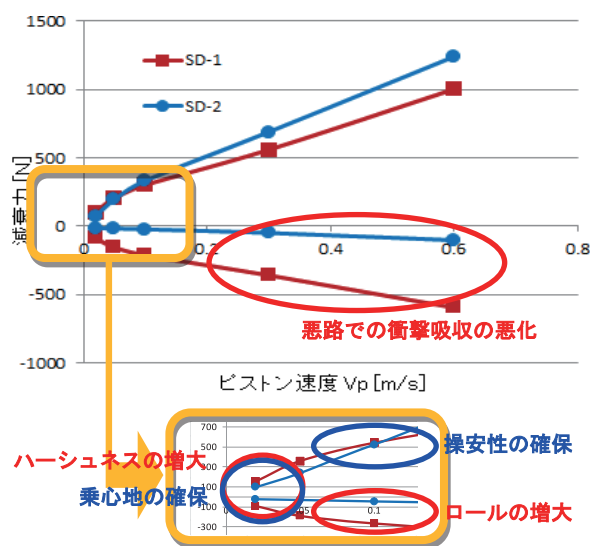


図5 減衰力特性

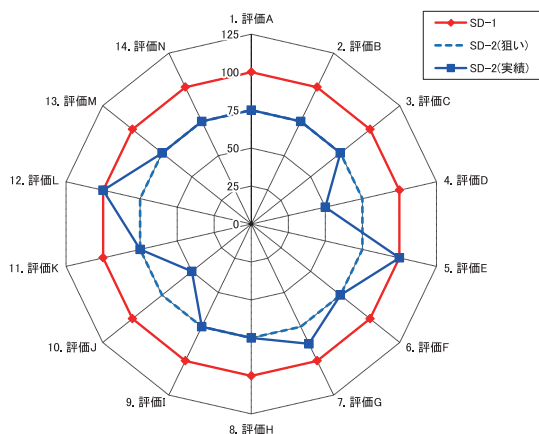


図6 実車評価結果

3.4 品質確認

耐久性については台上試験を行い、各製品サイズについて目標品質が確保されているかどうかの確認を行った。結果、目標の耐久レベルをクリアしていることを確認した。また異音についても各製品サイズで確認をおこない、問題ないレベルであることを確認した(表2)。

表2 品質確認結果

品質確認項目	C25ST	C30ST	C25SA	C30SA
耐久性	振動耐久試験	振動耐久試験	重産実績あり	重産実績あり
異音	異音レベル測定 実車評価	異音レベル測定 実車評価	異音レベル測定 実車評価	異音レベル測定 実車評価

3.5 実車テスト

KYBが全世界に展開する販売拠点にそれぞれサンプルを送付し、現地での実車確認をおこなった(表3)。目的は商品性の確認と、設計変更点の確認である。結果、商品性は十分あることが確認できた。イランやドイツの実車テストについては設計者を派遣し、製品の確認に加えて、実際の使用環境等も確認している。3.6にイランでの実車テスト結果を記す。

表3 実車テスト結果

版社	車種	評価者	版社コメント	結論
ドイツ	欧州車A	版社関係者 KYB設計者	Frに関しては問題なし Rrは柔らかすぎる為NG ドイツでの再テストに派遣	△
中国	日本車A	版社及び 代理店関係者	操安性が悪いが、乗り心地は良い商品 十分商品化できる	○
アジア	日本車B	フィリピン、ミャンマー、スリランカ、タイ、インドネシア、ベトナム	乗り心地良い。問題なし フロントは問題なし。リアは悪路で乗り心地悪い。改善の余地あり。	○
ブラジル	欧州車B	版社関係者 車オーナー	スタビリティ改善 若干ソフトに感じるがブラジルでは問題無	○
メキシコ	日本車C	版社関係者	乗り心地まったく問題なし タクシー会社等にも紹介出来る	○
中東	韓国車A	版社及び 代理店関係者 KYB設計者	乗心地、操安性、異音問題なし イランでのテストに同行	○

3.6 イラン実車テスト

2015年8月にイラン(テヘラン)にてSD-2試作品の取付確認テストを行った(写真1)。この車両はイランでの主要車種の一つであり現地では頻繁に目にする。

SD-2の試作品を現地の車両に取り付け、車両とのクリアランス等が問題ないことを確認した。また走行テストを行い、装着されていた製品以上の乗心地・操安性があることを確認した。

今回のテスト車両の総走行距離は非常に長く(35万km)、装着されていた製品の劣化具合は著しかった。市街地においては高年式とおぼしい車両が多数走行しており、そのような車両をターゲットとするSD-2は、この市場に非常にマッチした製品であると感じた。またイランへの経済制裁が緩和されたタイミングということもあり、今後に向けてポテンシャルを秘めた市場であると感じた。



写真1 イラン実車テスト風景

3.7 コスト確認

目標である売価30%の削減，変動費10%の削減に対し，検討した原価低減アイテムを盛り込むことで目標を達成できることを確認した。図7はある機種のコスト確認結果の一例である。

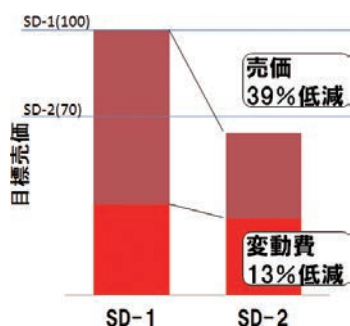


図7 コスト確認

4 今後の展開

SD-2として開発した製品をKYB K'lassicとして展開する。2020年までに1,800千本/年の販売を目指す（図8）。それには2019年までに400機種を超える製品を設定する必要がある。現在，各部署と調整中である。また今後は海外生産拠点にも展開していく予定である。

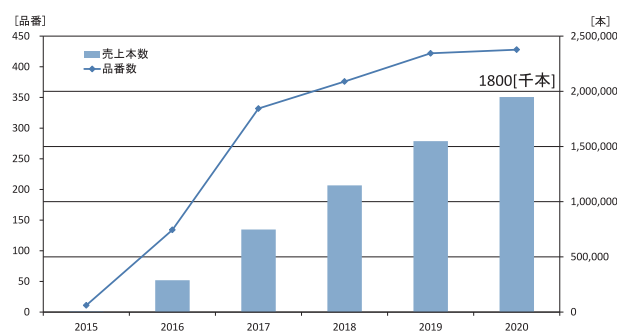


図8 今後の立上げ計画

5 おわりに

KYB K'lassicの開発の概要について説明した。

本活動によって低価格帯市場で対抗できる，高年式車に適した製品を開発することができた。

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

著者



澤西 利幸

1998年入社。オートモーティブコンポーネッツ事業本部サスペンション技術部第三設計室。市販向けショックアブソーバの開発に従事。



星野 雄太

2006年入社。オートモーティブコンポーネッツ事業本部サスペンション技術部第三設計室。市販向けショックアブソーバの開発に従事。



山岡 浩司

2012年入社。オートモーティブコンポーネッツ事業本部市販統轄部市販製品企画課。市販製品の企画、開発に従事。



石丸 希望

2012年入社。オートモーティブコンポーネッツ事業本部商品企画部。商品企画，原価企画に従事。



EPS用ECU試作開発におけるMBDの適用

小林 将之

1 はじめに

従来の組込み制御システム開発の多くは、ドキュメントベースの設計とハンドコーディングにより行われてきた。しかしながら、自動車分野を中心に電子制御システムの高性能・多機能化が進む一方、高品質・低コストかつ開発期間の短縮化が要求されている。KYBの代表的な電子制御システムの一つである電動パワーステアリング（以下EPS）においても開発の効率化が求められており、従来とは異なるプロセス・手法への取り組みが必須である。

近年、組込み制御システム開発の手法として設計・実装の見える化が可能なモデルベース開発（以下MBD）^{注1)}が注目されており、実際に自動車業界では広く採用され、多くの実績がある。

本報ではEPS用ECU試作開発においてMBDを導入したので、その取り組みについて紹介する。

注1) Model Based Developmentの略。

2 MBD導入の背景

2.1 従来開発手法の問題点

組込み制御システム開発には必ず仕様書が存在するが、ドキュメントベースの内容を読み手に100%伝えることは難しい。例えば読み手が仕様書の内容を取り違え、テスト工程において不具合検出された場合、設計段階までの大きな手戻りが発生してしまうというリスクがある。実際にこのようなシチュエーションは現場で頻繁に繰り返されており、膨大なリソースをかけて対応してきた経緯がある。しかし、開発の効率化が求められている現状において、従来の手法では既に対応しきれない段階にある。

2.2 MBD概要

MBDとは組込み制御システム開発のプロセスに、シミュレーション可能なCAEツールを用いることで、図1のような開発ライフサイクル^{注2)}全般を通して品質向上と開発効率向上を目指した開発手法の

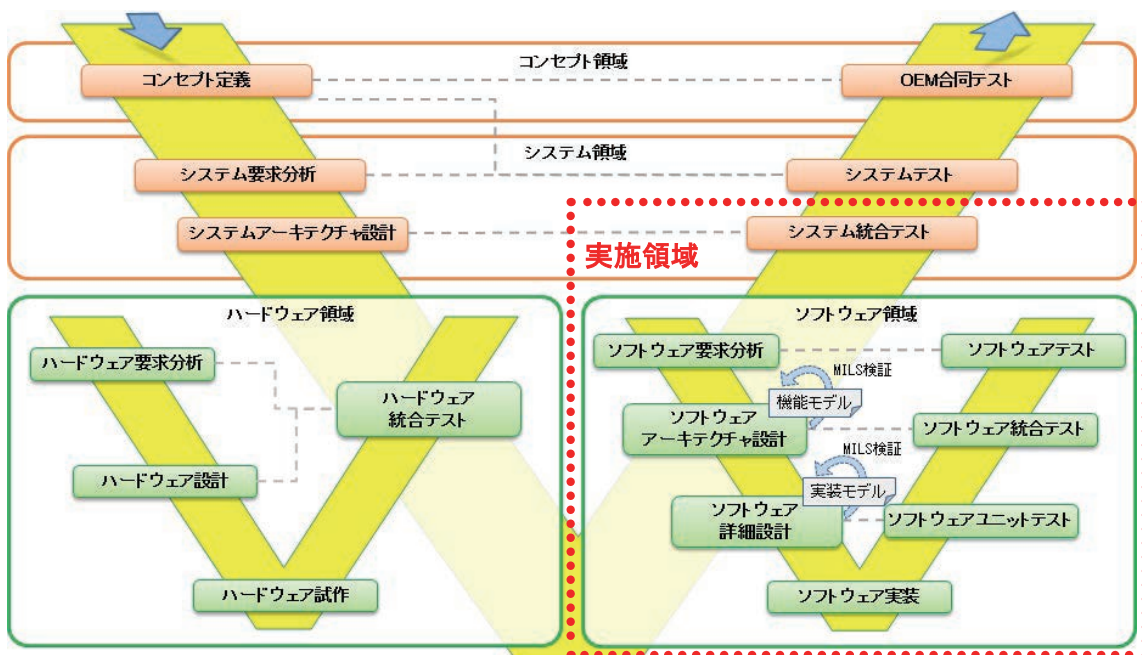


図1 開発ライフサイクルのV字モデル

ことである。V字の左側半分が設計フェーズ、右側半分がテストフェーズを表し、ソフトウェア領域のアーキテクチャ設計にて機能モデルの作成・検証、詳細設計にて実装モデルの作成・検証を実施する。今回の開発ではソフトウェア領域について取り組み、その検証としてシステム統合テストを実施した。

以下にMBDの特徴、及び導入におけるメリットを示す。

①仕様書の明確化

仕様・機能の表現をモデルという共通言語に置き換えることで、直感的に理解しやすい明確な仕様書となる。海外拠点とのコミュニケーションにも有効である。

②フロントローディング

仕様書が実行可能なモデルであることから、その都度シミュレーションによる仕様の妥当性を検証することができる。これをMILS^{注3)}といい、制御モデルとプラントモデル^{注4)}を組み合わせることで設計段階から開発対象の動作確認が可能である。開発の上流工程を重視することで、下流工程からの手戻りリスクを削減できる。

③自動コード生成

モデルから自動でソースコードを生成することができるので、プログラマのヒューマンエラーやスキルによる可読性、実行効率などの品質レベルを一定にできる。なおかつコーディングに掛かる工数の大幅削減が可能である。また、コード生成により仕様書とソフトウェアが必ずイコールの関係となるため、管理が容易である。

④再利用

過去に開発したモデルをライブラリ管理することで、仕様書レベルでの再利用が容易となる。その結果、開発効率の向上だけでなく、ノウハウの蓄積や資産の増強にも繋がる。これは制御モデルだけではなく、プラントモデルにも言えることである。

注2) 製品の構想から開発、運用、保守といった一連のプロセスを定義したもの。

注3) Model In The Loop Simulationの略。制御対象モデルとコントローラモデルを組み合わせる行うシミュレーション。

注4) モータ等の制御対象の挙動を運動方程式に置き換えた物理モデル。

3 ソフトウェア構成

今回のソフトウェアは、開発するモデルをアプリケーション部に限定するためAUTOSAR^{注5)}準拠の

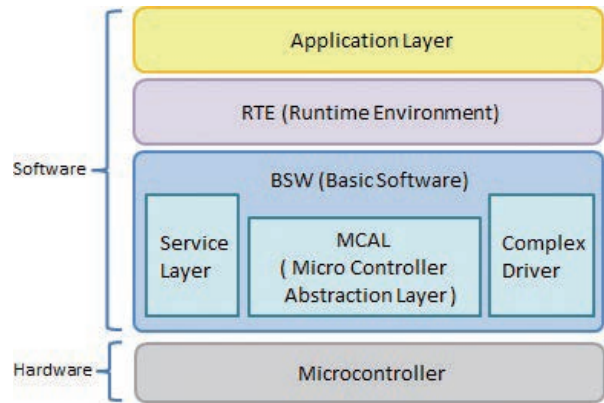


図2 AUTOSAR構成

構成とした(図2)。

Application Layerがモデルで開発するアプリケーション部に該当する。

BSWはHardwareとSoftwareを繋ぐ階層であり、OSを提供するService LayerやMCAL^{注6)}、高度な機能を使用するためのComplex Driver等から構成される。

RTEはBSWとApplication Layer間を繋ぐコミュニケーション階層である。

上記のような階層構造を持つことにより、アプリケーションは再利用可能な一つのモジュールとして扱うことができ、Hardwareを意識することなく開発が可能となる。

注5) Automotive Open System Architectureの略。車載ソフトウェアプラットフォームの標準化を制定している組織及び規格のこと。

注6) Microcontroller Abstraction Layerの略。マイコン内部にアクセスするためのソフトウェアモジュール。

4 開発プロセス

以下、開発プロセスに従い本開発で実施した内容について紹介する。

4.1 要求分析

開発対象のコンセプトから要求を抽出し、要求を実現するための具体的な方法をシステム、ソフトウェア仕様に落とし込む(図3)。

4.2 機能モデル

アーキテクチャ設計にて、要求分析のアウトプットに基づいて機能をモデル化する(図4)。この機能モデルにてMILSを実施し、フェイルセーフを含むシステム動作や要求が実現可能であるかを検証・確認する。モデル作成にあたっては、モデルの可読性向上を図るため、MAAB^{注7)}をベースとし記述ルールを定めたモデリングガイドラインを作成した。

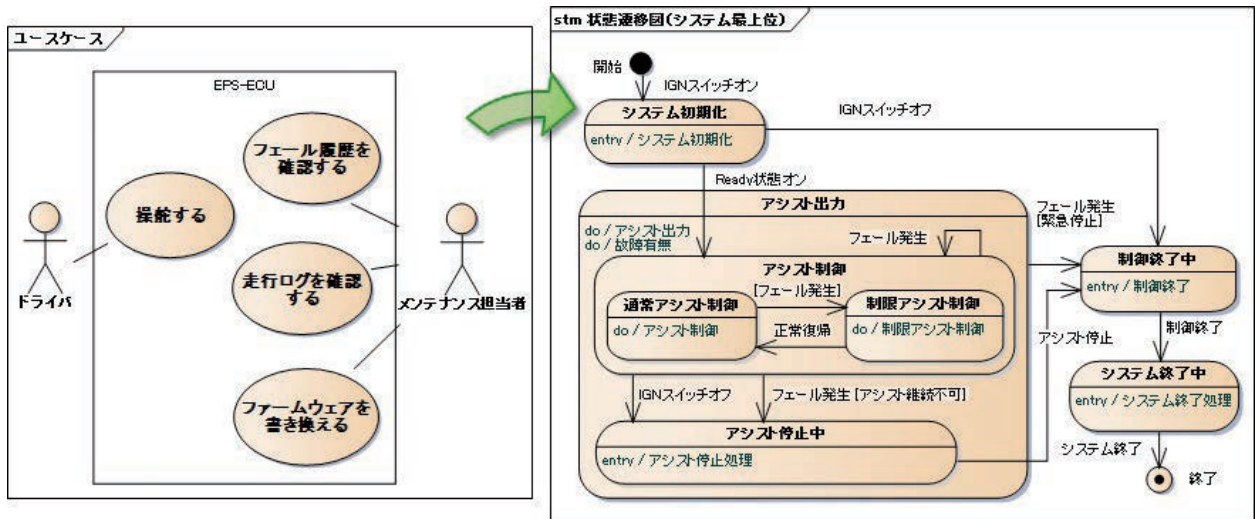


図3 システム・ソフトウェア要求分析

モデリングツールは当社内で使用実績が多い Mathworks社のMATLAB[®]／Simulink[®](注8)を採用した。なお、プラントモデルは過去に当社で開発したモデルから流用している。

注7) Mathworks Automotive Advisory Boardの略。

Mathworks製品における記述ルール等の規約を定めたガイドライン。

注8) アルゴリズム開発、システムシミュレーションの

ためのグラフィカル環境。MATLAB[®]、Simulink[®]は Mathworks社の登録商標である。

4.3 実装モデル

ECU実装におけるプログラムのメモリ・パフォーマンスを意識して機能モデルを修正する。連続系モデルの離散化やコンポーネント単位での分割、変数の型の適正化等の修正を施し、Back-to-Backテストにより機能モデルと実装モデルが等価であることを

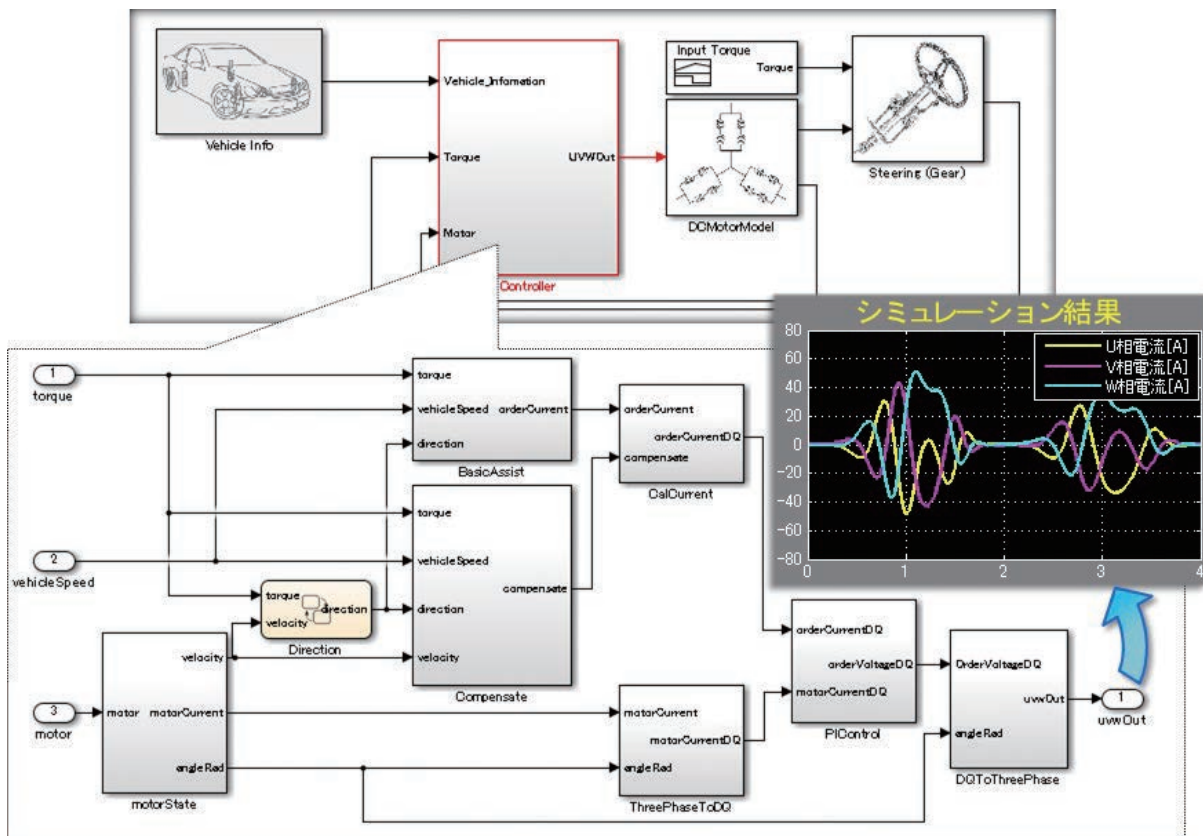


図4 MATLAB[®]／Simulink[®]で作成した機能モデル

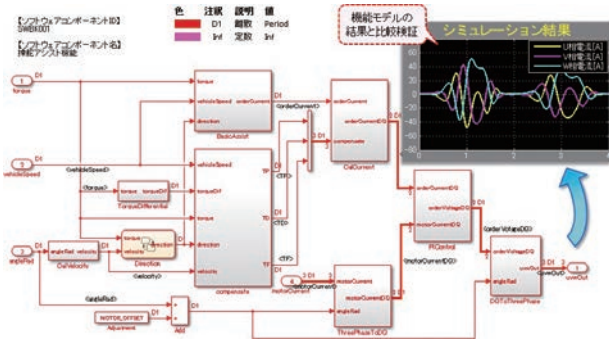


図5 MATLAB®/Simulink®で作成した実装モデル

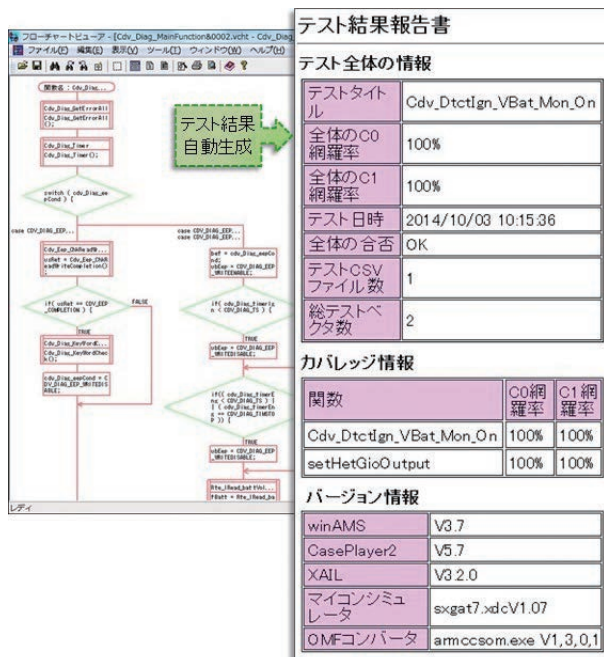


図6 カバレッジ計測

確認する(図5)。

4.4 実装

実装モデルに対しコード生成を実施する。生成されたCコードは静的解析ツールでMISRA-C^{注9)}ルールの適合性をチェックし、不適当な項目に対し処置を施す。

注9) ソフトウェア(C言語)における安全性、可搬性、信頼性の確保を目的としたコーディング規約。

4.5 テスト

以下、本開発で実施した主なテストについて説明する。

4.5.1 ソフトウェアユニットテスト

ソフトウェアユニット毎にマイコンシミュレータによるユニットテストを実施する。Back-to-Backテスト、カバレッジ計測により詳細設計に対する整合性を検証する(図6)。また、ISO26262^{注10)}対応のユニットテストツールを使用することでエビデンスが自動生成される。

注10) 自動車の電気・電子に関する機能安全規格。

4.5.2 ソフトウェア統合テスト

ソフトウェアユニットを段階的に統合し、マイコンシミュレータでテスト用プログラムと組合せてテストを実施する。統合したソフトウェアが正しく動作することを確認し、ソフトウェアアーキテクチャ設計に対する適合性を検証する(図7)。

4.5.3 ソフトウェアテスト

統合したソフトウェアを実装したECUにセンサと制御対象を組合せてテストを実施する。また、マイコンにおけるメモリ使用量やCPU占有率も計測し、ソフトウェア要求に対する整合性を検証する。

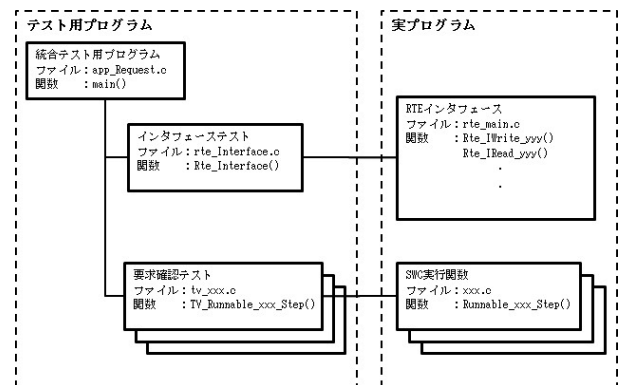


図7 ソフトウェア統合テスト時におけるプログラム構造

4.5.4 システム統合テスト

システムを構成する個々の要素を段階的に統合する。テストにはステアリングとギヤボックスが組み込まれている台上試験機を使用し、基本機能の他にロバスト性の評価も実施する(写真1)。台上試験機にてステアリング操作した際のシステム動作波形を図8に示す。

システムアーキテクチャ設計に対する適合性を検証し、テスト結果のエビデンスより、システムが完成していることを確認する。

5 まとめと課題

開発の上流工程にモデルを適用することで、設計段階で要求仕様の妥当性を先行検証することが可能となり、品質が向上した。更にモデルをコミュニケーションツールとして活用することで、プロジェクトメンバー間の共通認識が高まり、開発過程でのコミュニケーションが円滑となった。その結果、作業効率が向上し、多人数開発におけるMBDの優位性を確認することができた。また、ガイドライン制定等の実施環境整備にも取り組み、MBD本格導入に

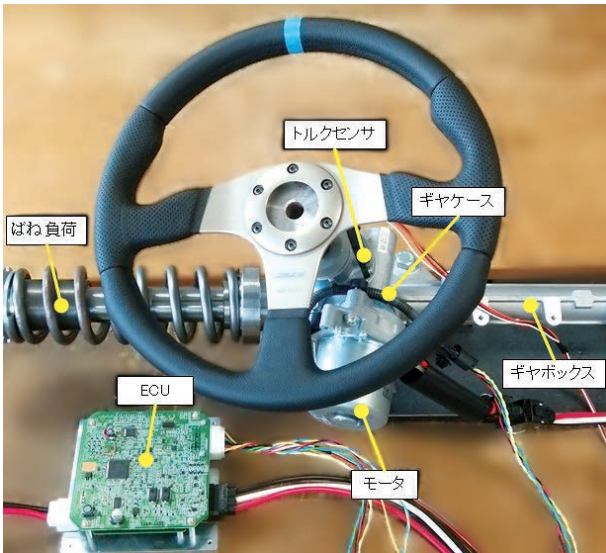


写真1 台上試験機

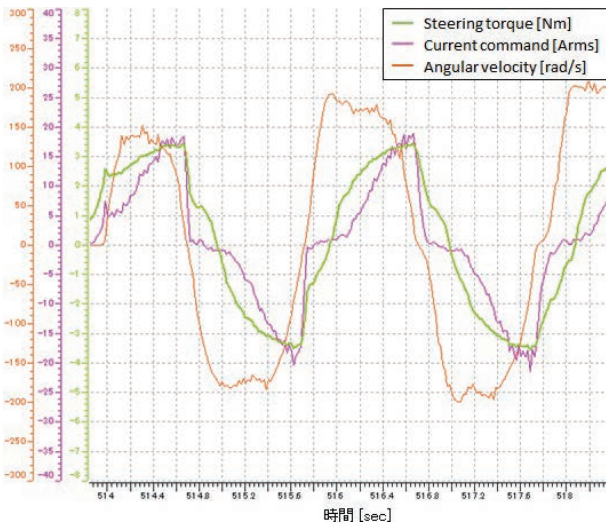


図8 ステアリング左右90°操作時の動作波形

向けての基盤強化を図った。今後はEPSの派生開発や他プロジェクトに水平展開をしていきたい。

著者



小林 将之

2010年入社。技術本部電子技術センター開発室。ソフトウェア開発に従事。

しかしながら幾つか課題も挙げられる。MBDはツールを多用することから、それぞれのツールに関する基礎知識の習得が必須といえる。そのためMBDエンジニアの育成には、多くの時間を要することである。更にHILS^{注11)}等といった環境構築、人材育成を含む開発全体において、莫大な費用が発生するため、取り組みのハードルが高い。

注11) Hardware In The Loop Simulationの略。実ECUに実車を模擬したモデルを組み合わせて行うシミュレーション。

6 おわりに

近年における自動車技術の進歩は著しく、今や運転支援機能の搭載車両は珍しくない。運転支援機能はレーンキープアシストを代表に、EPSと関わりが深いものが多い。EPSに「操舵アシスト+α」の機能を持たせることはシステムの複雑化を意味し、当然ソフトウェアは肥大化を辿る。このような状況において、MBDの標準プロセス化は必然であるといえる。

また、自動車業界においてはMBD以外にも今回適用したAUTOSARやISO26262、フォールトトレラント^{注12)}設計等々、話題は絶えない。このようなニーズの変化や規格対応のため、我々技術者は常に業界の動向に注目しながら、環境・体制の準備をしていなければならない。

注12) システムの一部に障害が発生した場合でも停止することなく継続して動作し続けるようにすること。

安全運転支援技術の開発

長谷部 敦 俊 ・ 原 靖 彦

1 はじめに

現在KYBでは、事故映像の記録と解析を目的としてドライブレコーダを製品化しているが、近年自動車業界では事故の未然防止を目的として、カメラやレーダなどのセンシング技術を用いた運転支援システムの開発が活発になっている。KYBにおいてもドライブレコーダの高付加価値化などに向けてセンシング技術を用いた運転支援機能の開発を行うことが必要である。

このことから安全運転支援技術の開発（以下、本開発）では、安全運転支援機能として単眼カメラで撮影した映像から画像認識によって走行中の車線を検出し、車両が車線を逸脱する危険がある場合に警報を出す車線逸脱警報機能を搭載した車載機器の開発を行った。

2 車線逸脱警報システム

車線逸脱警報システムの定義と開発目標、開発における課題を以下に述べる。

2.1 定義

車線逸脱警報システム（Lane Departure Warning System, 以下LDWS）は、走行中の車線をセンシング又はその他手段によって検出し、車線を逸脱した場合、運転者に対して警報を出すシステムのことを指す。

LDWSの定義に関しては「JIS D 0804：2007高度道路交通システム—車線逸脱警報システム—性能要件及びその試験方法」に記載されている。図1に

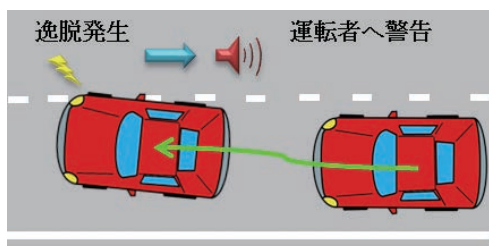


図1 LDWS動作イメージ

LDWSの動作イメージを示す。

2.2 開発目標

- (1)車線認識率90%以上
- (2)JIS D 0804試験の合格
- (3)他製品へ移植しやすいシステム構造

2.3 開発における課題

LDWSの開発を行うにあたり、課題となりうる項目について洗い出しを行った。今回は天候や時間帯など全ての自然条件に対応することは難しかったため、まずは安定した条件に絞って課題の抽出を行った。表1に本開発における課題の一覧を示す。

表1 LDWS開発における課題事項一覧

No.	課題	内容
1	破線の対応	実線と同様に検出
2	片側のみ線の対応	反対側の線を補間する
3	カーブの対応	直線と同様に検出する
4	逸脱の判定	判定方法の確立
5	車線変更対応	車線変更時に警報抑制
6	高速道路の区別	一般道での警報抑制

3 アルゴリズム

本開発では、センシングの手段として単眼カラーカメラを採用した。カメラで取得した車両の進行方向の映像（画像）に対して画像処理を行うことで車線区分線（以下、区分線）を検出し、車両（タイヤ）側面との距離を算出することで逸脱の危険性を判定する。図2に本開発で構築したLDWSアルゴリズムの概略フローを示す。

3.1 前処理（車線領域の切り出し）

本開発ではHDサイズ（1280×720ピクセル）の画像が取得できるカメラを採用したが、このサイズのまま処理を行うと処理時間が長くなる。そのため取得した画像の中から車線に該当する領域を切り出し、

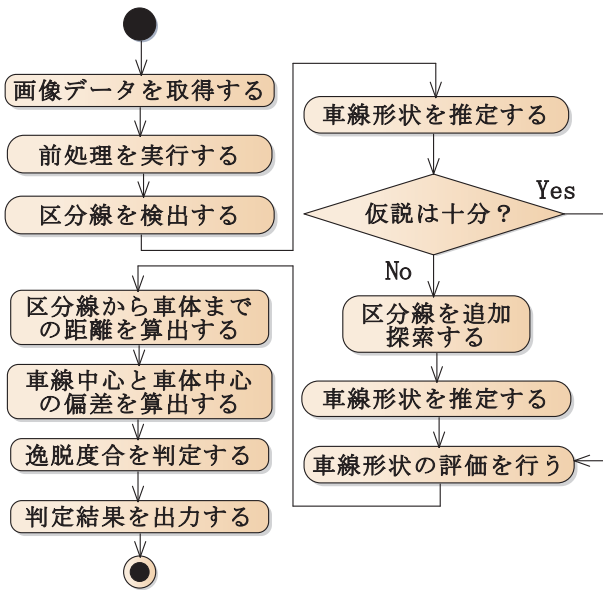


図2 LDWSアルゴリズムフロー

この領域に対して探索処理を行い、最後に探索結果を元画像に重ね合わせるといった方法をとることで処理時間を短縮した。車線領域切り出しの概念を図3に示す。

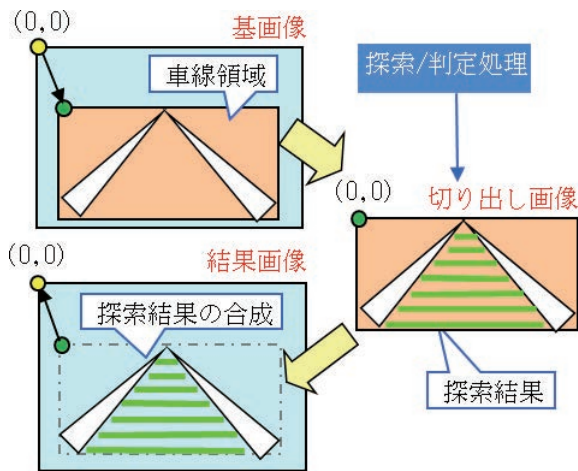


図3 車線領域の切り出し

3.2 前処理 (色成分の合成)

一般的な方法では画像を白黒に変換したグレースケールで二値化を行うが、グレースケールでは光の三原色であるRed (以下R), Green (以下G), Blue (以下B) 成分を全て使用するため処理時間が長くなる。そのため今回のアルゴリズムでは特定の色成分のみ使用することで二値化を行う方法をとった。検出対象である区分線は白と黄色の二種類が存在する。白線を検出するためにはG成分のみで良いが、黄色線に対してはR成分の寄与度が大きい。そのためG成分とR成分の各画素値を比較し、値の大きい画素を合成した画像を作成することで白線、黄

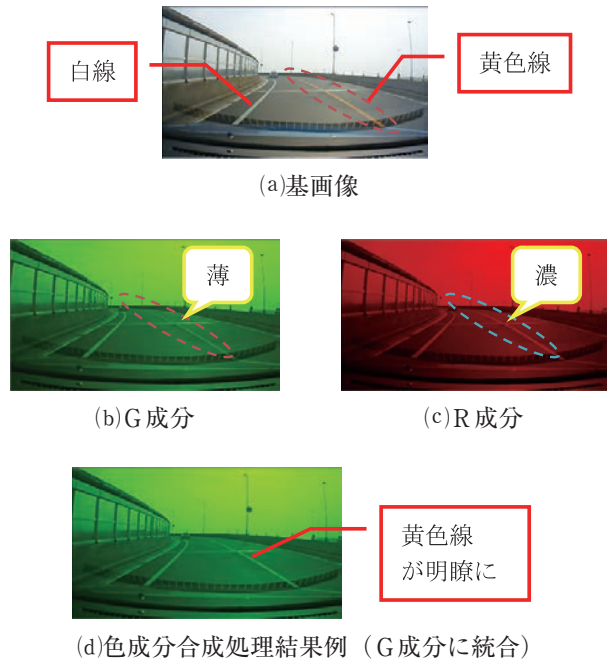


図4 色成分の合成

色線を両方検出可能にした。図4にG成分とR成分の合成結果を示す。

3.3 区分線の検出

区分線の検出は、まず探索中心 (= 車体中心) から両側に向けて区分線の候補点となるエッジの探索を行う。図5に候補点探索の概念を示す。区分線検出は以下の流れとなる。

- ① 自車両の中心から左右に向かって輝度の変化点を探索し、見つかった輝度の変化点を区分線候補点とする。
- ② 他候補点から大きく外れた点は除外する。
- ③ 残った候補点の直線性を判定し、線として検出を行う。区分線を直線ではなく候補点の集合と捉えることで、課題No.1で挙げた実線・破線を区別しない検出が可能となる。

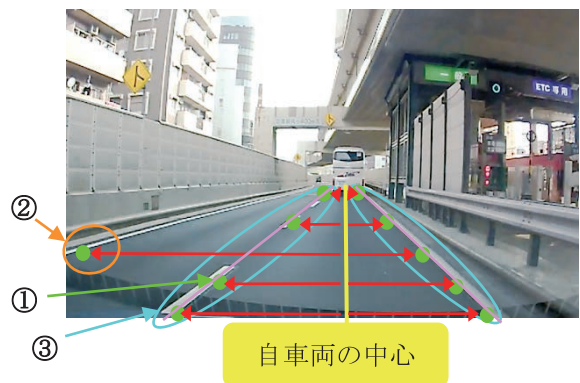


図5 区分線の検出

3.4 車線形状の推定

車線の認識は、車線の形状（直線／カーブ）に応じて複数の仮説を立て、各仮説を評価して最適な解を求めることによって実現する。今回のアルゴリズムではカーブは折れ線で近似した。仮説の一覧を表2に示す。形状の推定を行い、最適な仮説を採用することで課題No.2, 3に示した片側線とカーブも精度よく認識可能となる。

表2 車線形状仮説一覧

No.	形状
1	前回処理における採用形状
2	直線近似
3	折れ線近似
4	直線近似（片側予測）
5	折れ線近似（片側予測）

仮説No.1は適切な仮説が存在しなかった場合を考えて前回採用した形状を候補の1つに入れる。仮説No.2は車線が直線的になっているとの仮定に基づいて推定を行う。仮説No.3は車線がカーブを描いているとの仮定に基づき推定を行う。この際曲線に関しては折れ線で近似を行う。仮説No.4, 5に関してはそれぞれ仮説No.2, 3において片側の区分線が存在しない、もしくは状態が悪くて検出できない場合に、検出できた区分線に基づいて反対側の線を予測した形状とする。

3.5 車線形状の評価と解の決定

3.4で求めた形状仮説の中から最適な形状を求めるために、表3に示す項目に関してそれぞれ評価を行い、結果を点数化する。それぞれの結果を合計し、最も点数の高い仮説を正解形状として決定する。

表3 車線形状仮説の評価項目

No.	項目
1	車線の幅
2	車線の滑らかさ
3	区分線と路面の輝度差
4	車線の傾き
5	車線幅の時間変化
6	車線位置の時間変化
7	路面のテクスチャ（模様）
8	区分線のテクスチャ（模様）
9	区分線候補点の位置

3.6 逸脱の判定

図6に逸脱判定の概念を示す。 W_r は検出した車線の幅を表し、 W_c は自車両の幅を表している。逸脱の判定は車体側面と区分線までの残り距離 d に基づいて行う。課題No.4, 5, 6の逸脱判定、車線変更、高速道路の区別に対応するため、

- (1)大型車を想定した自車両と車線の中心軸偏差の複合判定処理
- (2)ウィンカ信号による車線変更判定処理
- (3)車速情報に基づく警報発動の抑制処理を実装した。

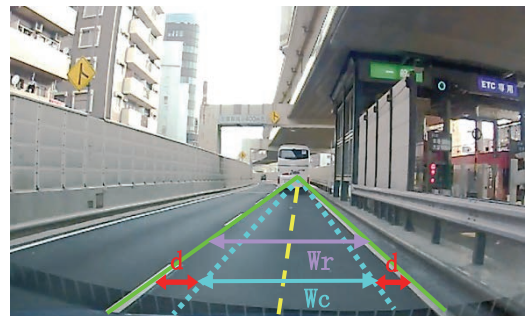


図6 区分線までの残り距離に基づく逸脱判定

4 原理試作機

開発したアルゴリズムを実車に搭載して評価を行うために、車線逸脱警報装置の原理試作機を製作した。写真1に原理試作機の外観を示す。

ハードウェアの特徴として、認識処理を実装するプロセッサに(株)東芝製の画像認識プロセッサであるVisconti2™を採用した。このプロセッサは汎用的な画像処理を実行するためのハードウェアを搭載しているため、通常のプロセッサに比べて高速な処理が



写真1 車線逸脱警報装置の原理試作機

実現できる。また、周辺ハードウェア制御用のICを別で搭載することで、画像認識に必要な処理を独立させ、他製品への移植性も高めた。

5 結果

製作した原理試作機を実際の車両へ搭載し、車線認識率の計測とJIS D 0804に基づく性能評価試験を行った。今回車線の認識状態を判別するための確認用として図7のように認識状態別に色分けを行った。



図7 車線認識状態の識別

両側の区分線が認識できた場合は緑で、片側を予測した場合は青で、逸脱と判定した場合は赤で表示する。今回のアルゴリズムは自動車専用道路を想定しているため、原理試作機搭載車両にて高速道路での走行評価を実施した結果、両側認識、片側予測合わせて90%以上の高い車線認識率を達成した。また、JIS D 0804に基づく性能試験においても

- (1)警報発生地点のばらつきを確認する再現性試験
- (2)正常走行時に警報を出さないことを確認する誤警報試験

において合格し、既定の性能を満足した。

6 おわりに

本開発では比較的区分線の状態が安定している自動車専用道路に限定してシステム評価を行ったが、一般道でも特に幹線道路などでは車線逸脱防止のニーズがあると考えられるため、一般道路における課題に関しても今後対応していく必要がある。

また、今回の開発の中で各種パラメータの調整が実車走行結果に基づく、いわゆる官能評価調整になっている部分が多くあったため、今後の課題として認識の結果及び性能を定量的に評価できる指標を確立していくことが必要である。

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。主に運転支援機器のソフトウェア開発に従事。



原 靖彦

1989年入社。技術本部基盤技術研究所電機電子研究室主幹研究員。主に電子機器の開発に従事。

中国生産拠点への旋回モータ生産移管における 高品質組立ラインの構築

宇賀神 佑 太

1 はじめに

KYBの相模工場で生産しているミニ・小型油圧シヨベル用の走行モータMAG-33^{注1)}と旋回モータMSG-27, 44^{注2)}の仕向け地の一つに中国がある。日系母機メーカー生産拠点は中国等の新興国に生産がシフトしており、現地での生産・供給対応を数々のお客様より要求があった。

走行モータに関しては、昨年、相模工場にあるMAG組立ラインをKHIZ^{注3)}(KYB Hydraulics Industry Zhenjiang Ltd.)に移管して、これに対応した。旋回モータに関しては、今回、KHIZに新規組立ラインを構築した。

新規組立ラインではMSG-27(写真1)とMSG-44(写真2)の段取りがあり、組間違え等の原因となるため、相模工場のラインよりも更に品質保証の精度を向上させる。また、設備コスト削減のため低価格な洗浄機の開発や、設備の内製化を実施した。更に労災を未然に防ぐため、不安定作業の廃止を進めた。

これらを踏まえ今回、高品質で安全性を向上させた組立ラインを構築した。

注1) 減速機付走行用モータの形式。

Motor Axial piston Gearbox-33cc/rev

注2) 減速機付旋回用モータの形式。

Motor Swashplate Gearbox-27, 44cc/rev

注3) KHIZは2016年4月からKIMZ(KYB Industrial Machinery(Zhenjiang) Ltd.)へ統合された。



写真1 MSG-27



写真2 MSG-44

2 組立ラインの計画概要

組立ラインの工程は、大物洗浄→組立→検査→全装とした。小物部品はサブASSYで洗浄して、組立ラインに後方投入とした(図1)。

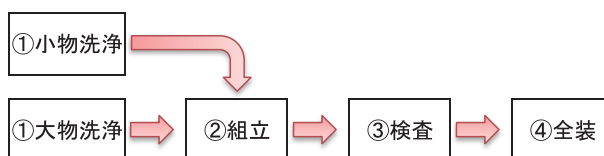


図1 KHIZ MSG組立ライン計画概要

3 目的

KHIZにMSGの高品質組立ラインを構築する。

4 目標

- ①ラインクレーム 0件(2015年12月まで)
- ②労災 0件(2015年12月まで)
- ③生産開始時期 2014年12月

5 要件

- ①MSG-27, 44の段取りができる高品質組立ラインの構築。
- ②目標投資予算達成に向けた設備コスト低減。
- ③不安定作業廃止による安全性の確保。

6 実施内容

6.1 ポカヨケシステムによる品質保証精度向上

6.1.1 シム^{注4)}選定時のピッキング技術の確立

ベアリングを組んだ時の部品間の隙間量によって、厚みの違う複数のシムから1種類を作業者が選定し、組み込む必要がある。この時、シム選定を間違えて異品組み込みをする恐れがある。異品を組み込んでしまうと、ベアリング内のローラの遊びが大きくなり振動が発生するため、ベアリングの寿命が短くなる。

今回、測定器で測定した隙間量を設備に無線送信

すると（写真3）、適切なシムの部品棚のランプが点灯し（写真4）、作業者は選定されたシムを取った後にピッキングセンサを押さなければ、次工程へ進めない仕組みとした。

本改善により、誰でも間違えずに正しいシムをピッキングできる技術が確立された。

注4）機械部品の高さや隙間調整のために用いるスペーサ

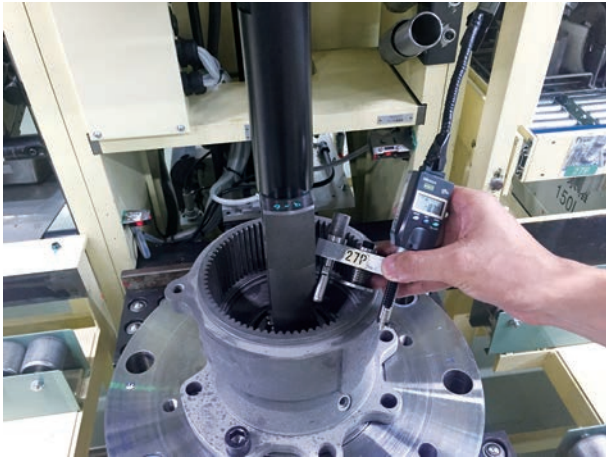


写真3 隙間量の測定器



写真4 シム部品棚

6.1.2 グリス塗布の定量化技術の確立

ベアリングに手作業でグリスを塗布する工程があり、グリスの塗布量は1台毎にばらつく恐れがある。また、グリスを塗らずに次工程へ進む恐れもある。塗布量が少ないとベアリング寿命が短くなる。

今回、グリスの塗布量を制御するグリスガンを設置し（写真5）、1プッシュのグリスの塗布量が定量になるよう改善した。また、グリスの塗布回数が足りない場合、ゲートが開かず次工程へ進めない仕組みとした。

本改善により、1台毎に誰でも同じ量のグリスを塗布できる技術が確立された。

6.2 機械効率（トルク効率）の安定測定

性能試験機ではトルク測定が安定しないと、機械

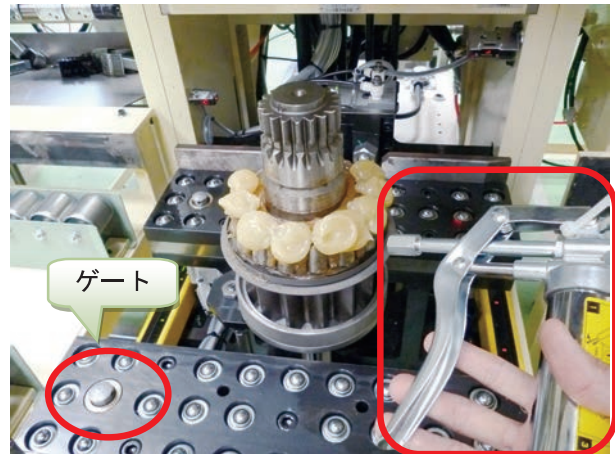


写真5 定量塗布のグリスガン

効率（トルク効率）がばらつく。トルク測定が不安定になる原因として、性能試験機の回転軸に接触式トルク計を使用しているため、接触部が摩耗しゼロ点がズレやすいことが挙げられる。更にトルクを油圧モータで制御しているため（図2）、油圧の脈動により回転数が不安定となり、トルクが不安定となる。

今回、性能試験機の回転軸を非接触式トルク計とした。また、トルク制御をインバータ式電動機とした。結果、回転数が安定し、トルクも安定した。

本改善により、機械効率を安定して測定できる技術が確立された。

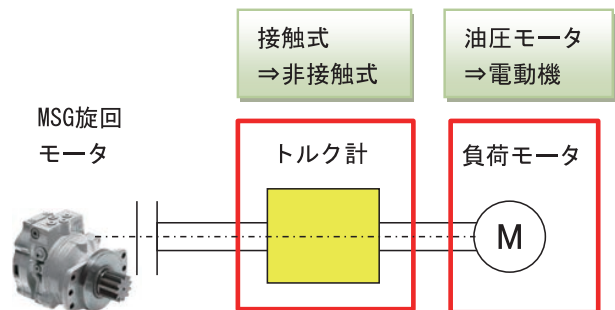


図2 性能試験機 回転軸

6.3 フィルタ選定シミュレータの開発

MSGの性能試験は、性能試験機に設置されている油圧ポンプにより、作動油をMSGへ送ることでモータが回転する。これにより摺動部の初期摩耗粉が発生し、作動油汚染度は低下する。

性能試験機の作動油汚染度は社内規格で定められているが、作動油汚染度が低下すると、MSGの早期摩耗・故障のリスクに繋がる（図3）。作動油の汚染度の低下を防ぐためにフィルタを取付けるが（図4）、ろ過精度（フィルタメッシュ）とポンプ流量の選定は性能試験機の仕様を決めた生産技術担当の経験に頼っており、選定基準が明確でなかった。

今回、ろ過精度やポンプ流量等の必要な情報を入

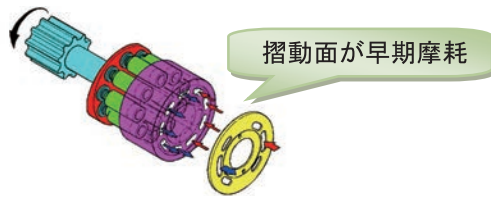


図3 MSG旋回モータのロータリパーツ

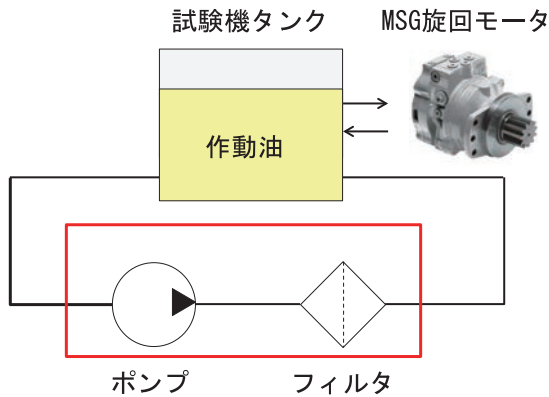


図4 オフラインフィルタ回路

力すると、性能試験機タンク内のコンタミ数の推移が出力されるシミュレータを内製で開発した(図5)。シミュレータを使用することで性能試験機の作動油汚染度が社内規格以下となるように、ろ過精度とポンプ流量を選定した。

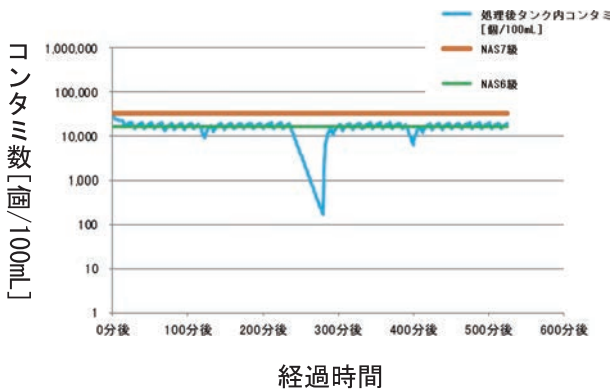


図5 コンタミ数のシミュレータ出力

本改善により、誰でも適切なフィルタを選定できる技術が確立された。

6.4 廉価版バブリング洗浄機の開発

従来の相模工場で展開してきた洗浄機は今回の目標サイクルタイムに対してマシンタイムが早すぎるため、オーバースペックとなる(設備費が高くなる)。ただし、洗浄精度は社内規格で決まっているので品質は落としてはならない。

今回、目標投資予算に収めるために廉価版バブリング洗浄機を開発した(写真6)。従来のバブリング洗浄機には循環用とバブリング用の2つのポンプが必要になる。1ポンプに循環・バブリング機能を

持たせることにより設備費低減を実現した(図6)。また、洗浄機の製作メーカーは設備費低減のため、中国現地メーカーとした。

設備仕様は相模工場で作成し、その後の見積り取得から設備導入、試運転・洗浄精度確認はKHIZの現地スタッフが主体となって行った。

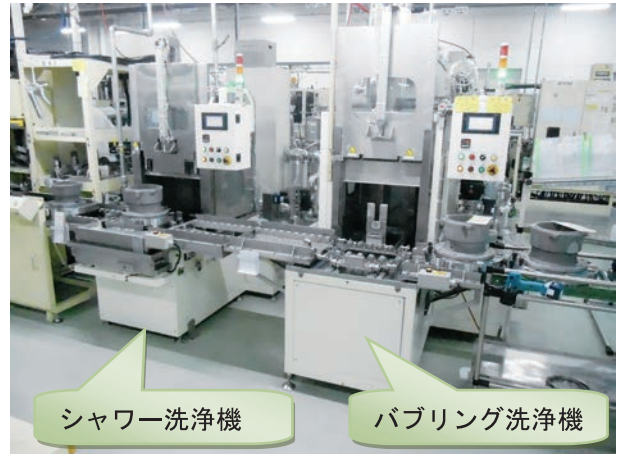


写真6 バブリング洗浄機外観

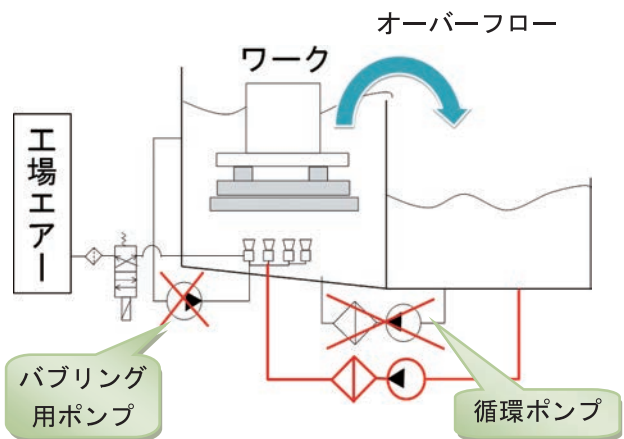


図6 洗浄機回路図

6.5 性能試験機の制御ソフト内製化

従来の性能試験機の制御ソフト作成は外部に委託していた。

性能試験機はコア設備であるため、制御設計は今回、当社の工機センターにて実施した。これにより、性能試験機の電気回路に加え、制御ソフトも全て内製化することで、設備費を低減することができた。

6.6 安全対策

6.6.1 予圧管理装置^{注5)}のクレーンレス化

従来の予圧管理装置の作業では、質量が約30kgのハウジングをクレーンで持ち上げて、ピニオンシャフトの上に載せ、組み込んでいた(写真7)。クレーンの使用により、ワーク落下や挟まれる恐れがある不安定作業の一つであった。



写真7 クレーン作業

注5) テーパーローラベアリングに荷重をかけるプレス装置。
今回、ハウジングに対して下からピニオンシャフトを組み込みできる設備構造とすることで、クレーンレス化を実現した(写真8)。

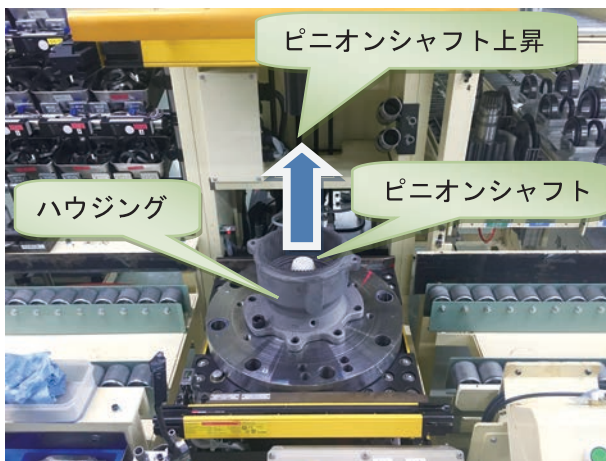


写真8 予圧管理装置

6.6.2 性能試験機のクレーンレス化

従来の性能試験機の作業では、縦姿勢で組み立てたワークをクレーンで横姿勢に吊上げ、回転軸に取付けていた。クレーンの使用により、ワーク落下や

挟まれる恐れがある不安定作業の一つであった。

今回、パレットにワークを固定して、搬送ローダがワークを引き込み、パレットをクランプし、ワークを90°チルトして横姿勢になることで、MSGで初のクレーンレス化を実現した(写真9)。

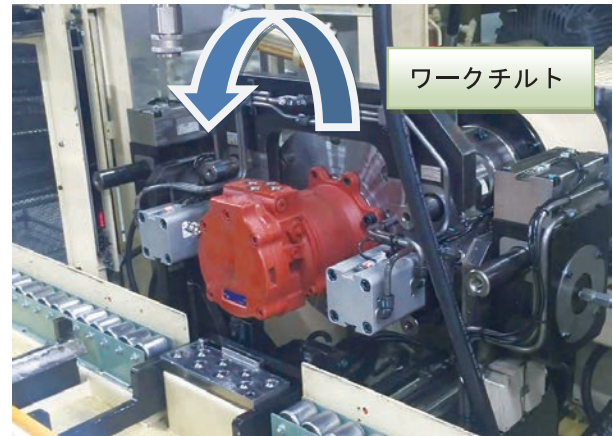


写真9 性能試験機

7 成果

目標を全て達成した。

- ①ラインクレーン 0件(2015年12月まで)
- ②労災 0件(2015年12月まで)
- ③生産開始時期 2014年12月

8 まとめと今後の課題

MSGのKHIZでの組立生産対応だけでなく、高品質化及び安全にも配慮した組立ラインの構築ができた。

今後は本技術をベースに他ラインへ展開、発展させていく。

9 おわりに

MSG組立ラインの構築に御協力頂いた関係部署ならびに御指導御支援を頂いた方々へ、この場をお借りしてお礼を申し上げます。

— 著 者 —



宇賀神 佑太

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

射出成形ウォームホイールの量産技術開発

小倉 翔吾 ・ 藤波 太郎

1 はじめに

ピニオン式電動パワーステアリング（以下EPS）は、ピニオン軸をアシストするEPSである。電動モータからのトルクを減速機により増幅し、ピニオン（出力軸）へ伝達している。その減速機構にウォームホイールを使用している（写真1）。ウォームホイールは歯打ち音を低減するため、歯部に樹脂を採用している。

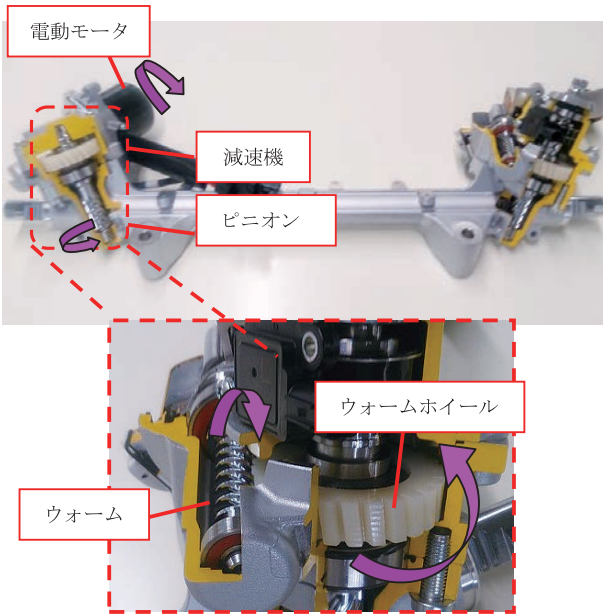


写真1 EPSの構造

ウォームホイールは操舵の度にウォームとかみ合い、歯元に応力が発生し、歯面に摩擦を受ける。それにより、歯車部が変形、摩耗すると、ウォームとウォームホイールのバックラッシュ量が増加し、歯打ち音が発生する。そのため、ウォームホイールには高い強度と耐摩耗性が要求される。

また、昨今では品質確保はもちろん、コストダウンの要求も高く、生産性の向上は必須である。

そこで、高い要求品質を確保しつつ、生産性の高

い新規量産ラインを構築したので紹介する。

2 目的

機能部品に求められる高い強度、耐久性と高い生産性を両立した量産ラインを構築する。

3 目標

- ①内部欠陥不良率0%
- ②要求強度を満足する樹脂材料特性の確保
- ③可動率85%以上

4 対象部品の概要

対象部品のウォームホイールは樹脂製の歯部と金属製の芯金にて構成されている（図1）。

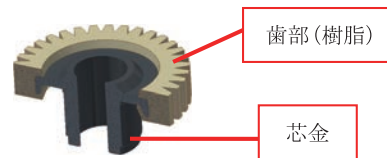


図1 ウォームホイール断面

5 生産ラインの概要

5.1 工程フロー

図2に構築した射出成形ラインの工程フローを示す。

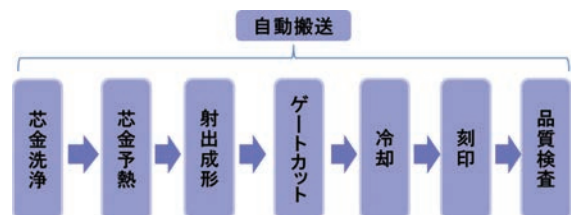


図2 工程フロー

品質と高い生産性を確保するために以下の基本的な考えをもとにラインを構築した。

5.2 品質

①不良発生防止

目標品質が確保できる製造管理条件を決定する。

②不良流出防止

不良品発生時には自動廃却を行い、作業者による判断をやめ、不良流出防止を図る。

③トレーサビリティ体制の構築

万が一、市場で不具合が発生した場合に短時間で影響範囲の追跡が可能となるよう、トレーサビリティ体制を構築する。

5.3 生産性

①自動化

自走式ロボットにて工程間のワーク搬送を行い、搬送に伴うロスやばらつきを無くす。

②多品種生産

段取り替え時間を抑制可能な方策を取入れ、多品種生産時にも高い可動率を確保する。

以下、実施内容と開発結果の一例について紹介する。

6 実施内容と開発結果

6.1 芯金温度の安定化

芯金温度の変動により、樹脂の充填性が変化し、寸法ばらつきなどが懸念される。そこで、成形時の芯金温度と品質の関係を調査し、寸法変化のばらつきが小さい温度範囲を明確にした(図3)。

目標とする芯金温度確保のために低周波誘導加熱方式の予熱機を導入し、短時間での均一加熱を実現した。なおこの方式は、異形状の芯金に対して、加熱条件の変更のみで対応可能であり、コイル交換等の段取り替え作業を排除することができる。

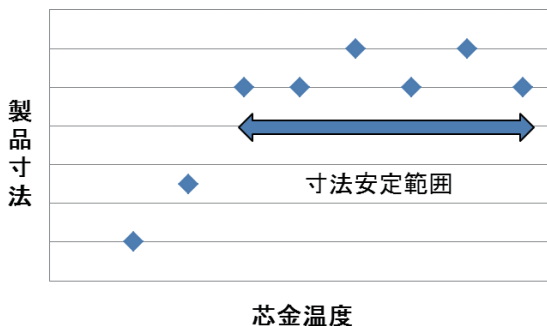


図3 芯金温度と製品寸法の関係

6.2 射出成形

射出成形は、樹脂を溶融し、金型内に射出した後、冷却固化させる工法であり、複雑な形状の製品を大

量生産するのに適している。射出成形機を写真2に示す。

射出成形した成形品は、成形時の樹脂溶融温度、充填速度、充填圧力等の違いによって寸法、外観、強度が変化する。

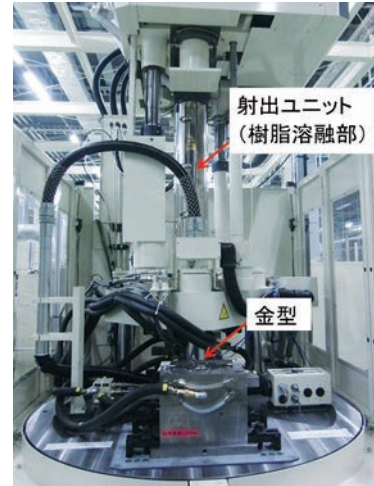


写真2 射出成形機外観

6.2.1 内部欠陥の防止とサイクルタイムの両立

開発当初、樹脂内部に気泡が発生していた。気泡の発生原因を特定するため、流動解析を用いて充填時の温度分布を確認した(図4)。

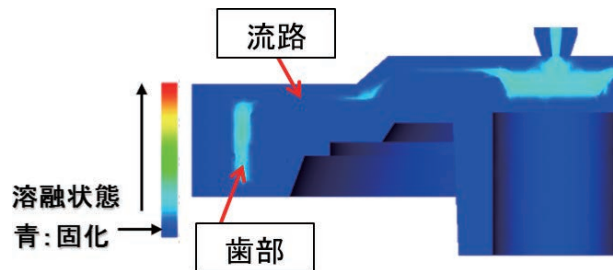


図4 樹脂充填時の温度分布

歯部に樹脂が到達する途中の流路部が歯部より先に固化しており、歯部に十分な樹脂が充填できていないため、気泡が発生していた。そこで、流路部の固化を遅らせるように射出成形条件を適正化し、再度温度分布を確認したところ、流路部の固化が遅延できていることが確認できた(図5)。適正化した条件にて成形を実施したところ、樹脂内部の気泡の発生防止が確認できた。

また、樹脂充填速度、樹脂充填圧力を多段階制御することで気泡の発生を防止しつつ、サイクルタイムの短縮が可能となった。

6.2.2 品質の条件管理

射出成形品は、同じ素材を使っても樹脂温度や金

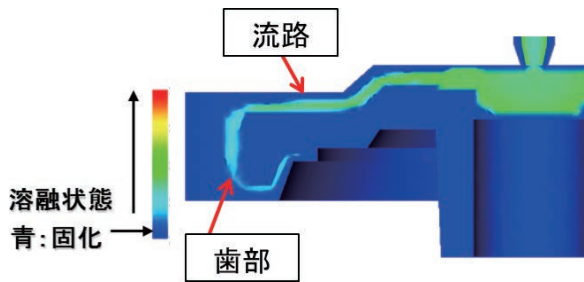


図5 樹脂充填時の温度分布
(射出成形条件適正化後)

型温度等の条件によって、強度や寸法が異なる。これは、金属材料でも加工や熱処理方法で組織や結晶構造が変化して機械的性質に差が生じることと同様である。そこで、樹脂の材料特性を軸として、成形条件と品質を相関付けた。図6に概念図を示す。

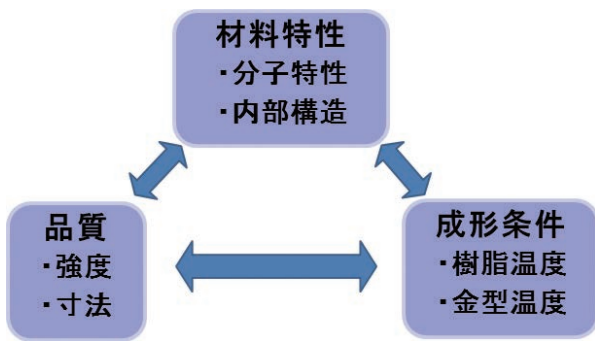


図6 射出成形概念図

本報では要求強度を満足する成形条件の管理値の決定方法を紹介する。

まず、強度と材料特性の関係を調査し、要求強度を満足する材料特性を明確にした。

次に、各成形条件の変動が材料特性に与える影響を確認し、材料特性が目標を満足する条件の管理値を決定した。樹脂温度の例を図7に示す。

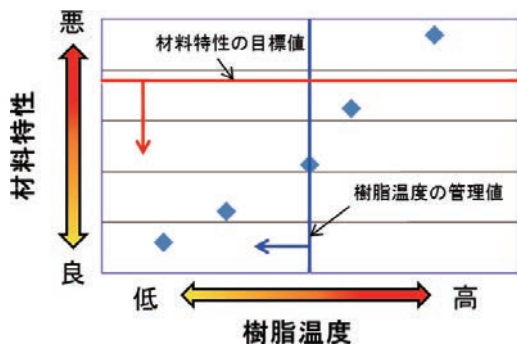


図7 材料特性と樹脂温度の関係

決定した樹脂温度等の管理項目は生産時にショット毎にモニタしており、管理値を外れた場合は、自

走式ロボットが自動でNGシュートに廃棄する。これにより、不良流出防止が図れる。

さらに、上記で設定した管理項目のデータが紐付けされたシリアル番号を成形品に刻印することで、各種成形条件の確認を可能とした。

6.2.3 設備停止後の時間・材料ロスの低減

設備が停止すると、射出ユニット内の溶融樹脂は熱劣化し、成形品の強度が低下する。その場合、熱劣化した樹脂を排出する捨てショットを行うのが一般的であるが、過度な捨てショットは可動率の低下や材料ロスにつながる。

そこで、設備停止時間と強度の関係を調査し、強度に影響を与えない設備停止時間と復旧に必要な樹脂排出量を決定した。

設備が異常停止した際、自動で停止時間の計測を開始する。規定の時間を超えた場合は、停止時間によって決められた樹脂量を自動排出した後に、再稼働する仕組みを構築した。

これにより、劣化樹脂が混入した成形品の後工程流出を防止すると共に、過剰な捨てショットが不要となり、品質確保と高い可動率を両立した。

6.3 ゲートカット工法の開発

成形後のゲート部分(図8)を切削除去するゲートカット工程は、切削中に発生する切粉、刃物摩耗、製品形状のばらつきに起因する設備異常の発生が予測された。そこで、信頼性の高いゲートカット工法を開発した。

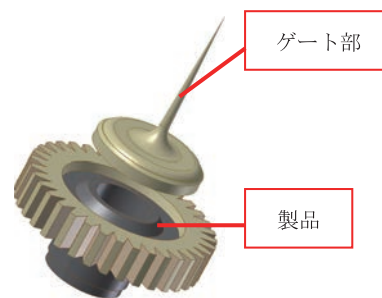


図8 ゲートカット部

ステップ送り^{注1)}により切削時に発生する樹脂切粉を逐次分断し、エアブローとバキュームで切粉回収を行い、刃物への切粉巻き付きを防止した。

注1) 一定量切削した後、刃物を穴口元に戻す送り方式

主軸の負荷トルクのモニタリングにより、切削過程において刃物が芯金に接触した点を検出し、その信号を加工終了信号に活用した(図9)。これにより、ワーク寸法のばらつきや刃物摩耗によるばらつきの影響を解消し、ゲート切り残りによる設備停止を防止できた。更に、芯金切削量を低減することで、刃

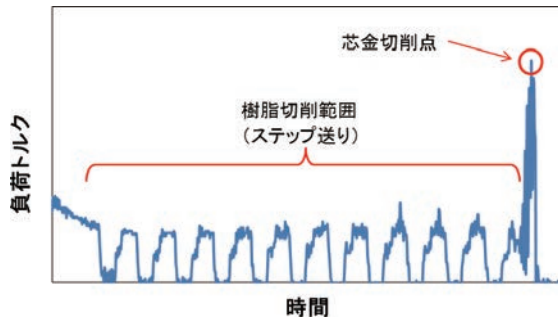


図9 ゲートカット時の主軸への負荷トルク

物摩耗の低減も図った。

6.4 多品種生産のための段取り替え時間短縮

多品種生産において高い生産性を確保するには段取り替え時間の短縮が必要不可欠である。

以下の方策により段取り時間の抑制を図った。

①金型交換時間の短縮

射出成形機では、製品形状に応じて金型交換が必要となるが、短時間で交換可能な金型構造を開発し、段取り時間を大幅に低減した。

②部品形状の共通化

製品設計段階において可能な範囲で部品形状の共通化を図り、部品形状に関わる治具等の段取り作業を極力排除した。

③設備、工程仕様への盛り込み

加工条件変更のみで対応できる工法、設備仕様の採用、加工条件等のデータの切替えはロボットと各設備間の通信による自動切替え等、段取りロス低減のための仕様を盛り込んだ。

7 成果

- ①内部欠陥不良率0%
- ②材料特性の確保が可能な製造条件を決定
- ③可動率88%

8 おわりに

高い強度が要求される樹脂機構部品の量産ラインが構築できた。又、多品種生産にも対応可能な生産性の高い自動ライン、又、設備による異常判断及び復旧システムを構築することで高い品質維持を図ることができた。

今後も金属部品の樹脂化による軽量化や、樹脂部品の更なる高機能化、低コスト化のために、樹脂部品の加工技術開発に取り組んでいきたい。

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



小倉 翔吾

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



藤波 太郎

2005年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。自動化設備の開発に従事。

塗装マルチメタル被膜処理の開発

澤 野 剛

1 はじめに

KYBモーターサイクルサスペンション（以下KMS）、ではオートバイの主要部品であるフロントフォーク（以下FF）及びリアクッションユニット（以下RCU）を生産しており、中でも塗装工程においては高い外観品質が要求されている。

従来よりKMSの塗装工程では被塗物の材質によって化成被膜処理（前処理）が異なる仕様となっており、アルミ部品にはノンクロメート処理（過去は6価クロム）、鉄部品にはリン酸亜鉛皮膜処理を用いるため、2つのラインが必要となる。

しかし、それにより設備投資時及びランニングコストなどで多くの問題及びロスを抱えていた。

本報ではそれらを解消するために開発した、アルミ部品と鉄部品のどちらにも処理可能なマルチメタル被膜処理について紹介する。

2 化成被膜処理（前処理）の役割と従来処理

化成皮膜処理とは、素材、特に金属の表面に処理剤を作用させて化学反応を起こさせることで、耐食性や塗料との親和性など、元の素材とは違った性質を与える処理で、KMSでは下記の例が挙げられる。

(1)ノンクロメート被膜処理

クロメート処理は、アルミ合金材に耐食性や塗装性を付与するための処理として広く使用されていたが、クロムを含有するため使用禁止物質、非含有物質に指定されて以来、ノンクロメート皮膜処理（ジルコニウム被膜処理）への変更が高まった。

ノンクロメート被膜処理はpHが低く（pH 2～4）エッチングが強いため、鉄材に使用すると表面が荒れ過ぎ、凹凸の状態となる。

そのため被膜が凹部に入り込んでしまい、表面で被膜形成されず発錆につながる。

(2)リン酸亜鉛皮膜処理

主成分はリン酸イオンと亜鉛イオンから構成され、結晶性の皮膜が形成される。

この処理は鉄素材の塗装下地として広く使用されており、耐食性、密着性を大きく向上させるが、アルミ材に処理をすると、pHが高く（pH 4～6）エッチングが弱いため、被膜が形成されない。

3 マルチメタル被膜処理の特徴

基本アルミ材用のジルコニウム被膜処理をベースにpHを3～5に下げる事で、鉄材へのエッチングを抑制し、鉄材に対しても被膜を形成できるようにした処理である。

しかし、pHを下げることでアルミ材へのエッチングが弱まるため、ジルコニウム被膜処理に有機物等を含有させ、アルミ材へのエッチング力を補うような構成となった非晶質の被膜処理となる。

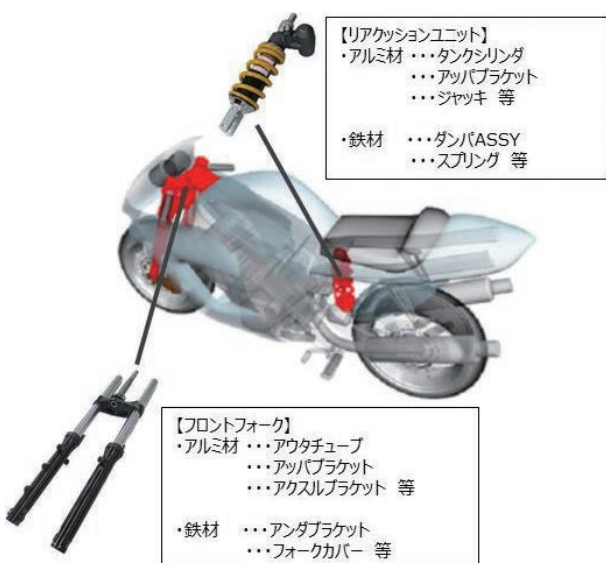


図1 オートバイ部品概要及び塗装部品

4 KMSが抱えている問題

KMSでは、被膜処理の違いにより、被塗物の素材に対して別々のラインを所持しているが、前処理の違いだけに対して2ライン分の人員配置及びランニングコスト等、多くのロスが生じている(図2)。

例えばアルミ部品、鉄部品の生産量変動により、一方のラインに生産負荷を生じた場合にも被膜処理が異なるため移管できず、片側のラインはフル残業に対し、もう片側のラインは定時割れをするなどの大きなロスが発生している。

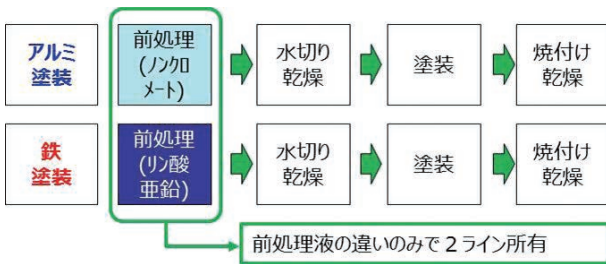


図2 KMS塗装工程フロー

また海外拠点での塗装工程立上げの際にも、ほとんどの拠点でアルミ部品及び鉄部品の内作化が必要とされる中、2ライン分の設備投資予算をとるのは非常に困難となっていた。

そこで、2006年のKMV (KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd) でのアルミ部品、鉄部品塗装内作化に伴い、2種類(ノクロメート被膜処理、リン酸亜鉛皮膜処理)の前処理工程を直列に並べ、生産する素材によって前処理のシャワーを切り替える事により、1ラインのみで対応できるようにした(図3)。



図3 KMV塗装工程フロー

これにより設備投資金額の抑制は可能となり、素材ごとの生産数量に対しての負荷によるロスをなくすることはできたが、前処理仕様切換えのリスク及び、切り替え時に前処理槽内のミストがなくなると別の素材を流せないため、コンベアを約30分空にする段替えロスが発生する(素材切換えごとに発生)、等の問題が解消されないままだった。

そのような状況下で、アルミ材も鉄材も処理可能なマルチメタル被膜処理液が開発されたとの情報を

入手し、KMS製品にも対応可能かどうか検証することとなった。

5 KMS製品での検証

5.1 従来処理との性能比較

各素材ごとのテスト板に従来の化成皮膜処理とマルチメタル処理を施したものを塗装し、塗膜性能試験を実施したうえで、能力に差がないかを検証した。

(1)材料

アルミ材…AC2B材

鉄材 …SPCC材

(2)塗膜性能試験項目

①耐食性試験…SST 96h→1h放置

②密着性試験…1mm幅柵目×100

③耐水性試験…40℃・120h浸漬

④耐湿性試験…50℃・95%以上×96h→2h放置

但し、評価基準は各オートバイメーカーで一番高い要求値とする。

(3)比較試験結果

アルミ材・鉄材共に従来の化成皮膜処理能力と比較して同等以上であったためKMSで採用の可能性ありと判断した(表1)。

表1 塗膜性能試験比較結果

材質	アルミ材 (AC2B)		鉄材 (SPCC)	
	ノクロ被膜	7杆7孔被膜	燐酸亜鉛被膜	7杆7孔被膜
塩水噴霧 (SST)				
密着性 (柵目)				
耐水性				
耐湿性				
判定	同等以上 合格		同等以上 合格	

5.2 KMSでの実用へ向けて

テスト板での性能試験では問題がなかったものの、実際に生産ラインに導入するにあたり、過去に起こった問題等を確認したところ、下記の課題があげられたため、量産化評価で検証を行った。

①被膜の付着過多による影響

②処理液への素材溶け込みによる影響

③クリア塗装品への被膜による着色

6 量産化への課題

6.1 被膜の付着過多による影響

生産時、コンベア停止や休憩時間によりワークにシャワーを当てた状態が長く続くと、化成皮膜重量が増え続け、被膜の間で層間剥離を起こし、塗装の剥がれにつながる。

今回のマルチメタル被膜処理液は、比較的安定した被膜層を成型できるが、被膜重量が管理値1.0を超えると被膜剥離が始まる（図4）。

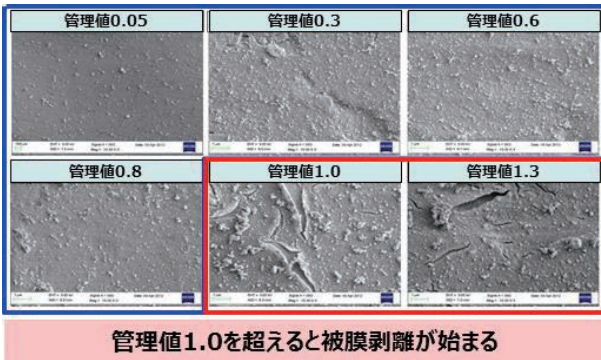


図4 被膜成型拡大写真

実際のワークにマルチメタル処理を実施し、経過時間に対しての被膜重量を確認したところ、処理時間10後にサチレートが始まったが、その後も少しずつ被膜が増えていき、管理値を超えた（図5）。

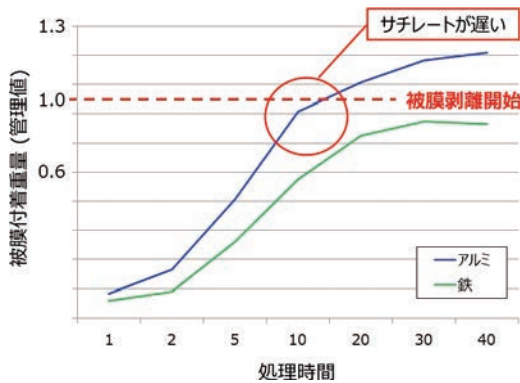


図5 各材質の処理時間と被膜付着重量の関係

そこで薬品メーカーに再度ニーズを伝え、処理時間に影響せず、被膜剥離が始まる管理値1.0に到達する前にサチレートするよう改良を依頼した。

その結果、処理時間5分を超えたあたりでサチレートし、その後も管理値0.6以上被膜がつかないようにすることに成功した（図6）。これにより、被膜の付着過多は解消された。

また、改良後の塗膜性能試験にも問題はなかった。

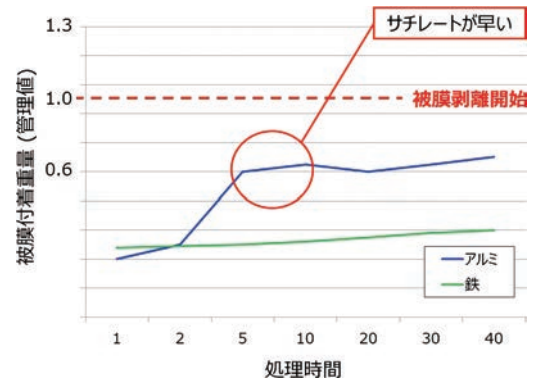


図6 改良後の被膜重量付着量推移

6.2 処理液への素材溶け込みによる影響

過去にアルミ材の被膜処理をクロメート処理からノンクロメート処理に変更した際、事前の塗膜性能試験では問題なかったが、使用を重ねるごとにアルミ成分が被膜液に溶け込み、塗装品質に影響を及ぼしたことがあった。

そこで、薬品メーカーに1年間使用相当の被膜液を用意してもらい、各ワークに老朽液で処理し塗膜性能試験を実施した。

(1)メーカー管理値と老朽液の溶け込み量

- ①アルミ溶け込み量 上限＝管理値150
老朽液＝管理値98
- ②鉄溶け込み量 上限＝管理値750
老朽液＝管理値470

結果、塗膜性能試験は同等で問題なし（表1）。

6.3 クリア塗装品への被膜による着色

KMSのアルミアウターチューブには素材感を生かすため、クリア塗料をする製品が存在するが、被膜処理の成分及び処理時間（被膜重量）によって着色されることがあるため、アルミ部品のみ検証を実施した。

処理時間（被膜重量）に対しての外観を確認したところ、正規工程の処理時間2では被膜重量も少なく外観に問題はなかったが、被膜重量が管理値0.5を超えると表面全体に曇りが発生した（表2）。

この結果から、被膜重量を抑制した改良型の薬品でも管理値0.3以下に制御するのは困難とし、クリア塗装品に対しては今後も開発を継続する必要がある。

表2 被膜処理時間と被膜後の外観確認

		ジルコニウム付着量結果				化成後外観チェック*
		N=1	N=2	N=3	平均	
1	1	0.09	0.12	0.11	0.11	◎
2	2	0.20	0.21	0.24	0.22	◎
3	5	0.57	0.52	0.53	0.54	△
4	10	0.92	0.95	0.96	0.94	×
5	20	0.99	1.18	1.06	1.08	×
6	30	1.20	1.24	1.08	1.17	×
7	40	1.27	1.19	1.17	1.21	×

したがって、現時点ではクリア塗装品以外の被塗物に対して有効な被膜処理液という結論となった。

7 KMSI（インド工場）立上げへの展開

そんな中、2015年KMSI（KYB Motorcycle Suspension India Pvd. Ltd）工場立上げに伴いアルミ部品と鉄部品の塗装内作が決まったが、設備投資費用に対し見積金額が約2倍となり、アルミ部品と鉄部品それぞれのラインを設置することが困難となった。

そこで、海外でのクリア塗装仕様はないこともあり、今回開発にあたっているマルチメタル被膜処理を採用すれば、アルミ専用ラインの投資金額で対応でき、FSの予算内で収まることから、KMS全拠点初のマルチメタル処理を採用することとした。

立上げ（2015年5月）より8ヶ月が経過した現時点でも被膜処理による問題は発生しておらず、順調に生産ができています。

また、実績のない被膜液更新に関しては、毎月薬品メーカーによる溶け込み量測定により更新周期を決めていく方向で進めている（図7）。

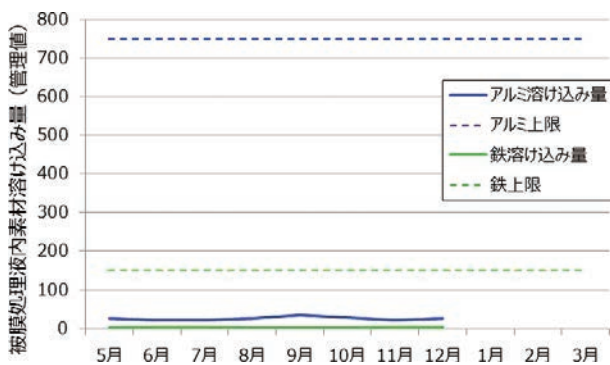


図7 被膜処理液アルミ・鉄溶け込み量推移

著者



澤野 剛

1994年入社。KYBモーターサイクルサスペンション(株)生産技術部第1係。主に塗装工程の改善・塗装技術開発に従事。

8 今後の展開

今回開発したマルチメタル被膜処理によりアルミ材と鉄材を共通で流せる塗装ラインが可能となった。

今後、KMS塗装工程の老朽更新時及び、新たに立ち上げる海外拠点の塗装ラインには、KMS独自のコンパクト塗装ラインを開発し、後工程との直結が可能なラインになるよう、開発を進めていく（図8）。

また、残されたクリア塗装品対応への改良も継続して進めていく。

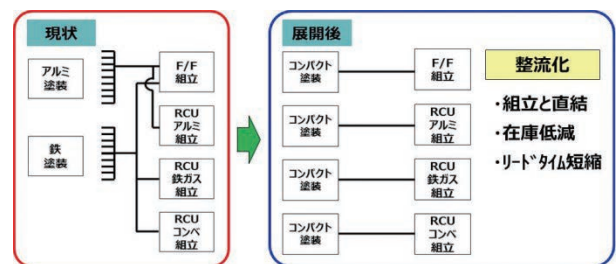


図8 今後の目指す姿

9 おわりに

今回の被膜処理の開発では、処理時間、材質、濃度等、多くの条件を振る必要があり、薬品メーカー及び塗装工程の関係者の方々に多くの協力を頂いた。

その結果、KMSIでのマルチメタル被膜処理採用にあたり、設備の仕様が決めると変更ができなくなるという中で、自信を持って採用することができた。

本報での開発品にご協力いただいた皆様に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

KMEXへのCVT用ベーンポンプシャフト加工ライン構築

伊藤 芳幸 ・ 小島 亮太

1 はじめに

KYBで生産しているCVT用ベーンポンプ（以下ポンプ）は、グローバルでの需要増加を背景に海外展開を進め、競争力を確保するため主要部品の内製化を実施してきた。本報で紹介するシャフトは、冷間鍛造に高度な技術を必要とすることや加工に熱処理など特殊工程が含まれることから短期間で海外立上げは困難と考へて、海外展開を見合わせ日本からの供給としていた。また2014年度にはグローバルでシャフトの生産能力が不足し加工ラインを増設する必要があった。

現地調達化を決定した背景として、下記3つの理由があった。

- ①KYB Mexico S.A. de C.V.（以下KMEX）で10万台/月の需要が見込まれる。
- ②シャフトの加工ラインが出入りのない一貫ラインとして品質が安定した。
- ③素材現地調達化の可能性がある。

尚、海外展開にあたっては、下記を達成するため、品質を維持しつつ生産性を改善する必要があった。

- ①需要に合わせた生産能力を確保する。
- ②現地調達してもコスト低減を図る。
- ③組立ラインとの同期化を図る。

上記より、KMEXでは現行の国内のラインと比較してサイクルタイム（以下C.T.）を短縮して設置した。本報ではC.T.短縮を図るために各工程で実施した方策を紹介する。参考に対象部品を図1に示す。



図1 CVTベーンポンプ用シャフト

2 実施内容

シャフト加工ラインは旋削、熱処理、ショットブラスト、研削、研磨、洗浄工程で構成される全自動一貫生産ラインである。海外展開するにあたり、組立ラインと同期化するため生産能力を見直す必要がある。国内では全量を複数ラインで生産して他拠点へ供給していることから、品質を維持でき効率的に生産できるC.T.としている。

国内と同じ生産能力の設備をKMEXに設置した場合、不必要な中間在庫が発生する。これを避けるためC.T.を短縮して組立ラインの整数倍の生産能力にする必要がある（表1）。C.T.の短縮にあたっては、設備投資額を抑えつつ、品質を維持する必要がある。実績のある国内のラインの加工方法、加工条件を基本として各工程のマシントイム（以下M.T.）の短縮を図った。すでに国内で目標のM.T.を達成している工程は方策を水平展開し、未達成の工程はM.T.の短縮を図った。

また、2つのモデルを混流生産するにあたり、段取替え時間を改善する必要があり、その取組についても説明する。

2.1 段取替え時間短縮の実施

混流ラインは段取替え時間を短縮し、非可動時間を少なくする必要があり、今回の実施例を紹介する。

センタレス機の砥石ユニットは1回当たりの交換作業に約180分かかる。2機種の研究部を同じにする

表1 組立ラインとシャフトラインの生産能力

KYB金山				
ライン名称	生産能力 (1ライン当たり)	ライン数	生産能力 (合計)	備考
組立ライン	100	3	300	
シャフトライン	130	4	520	海外供給分の生産含む

KMEX				
ライン名称	生産能力 (1ライン当たり)	ライン数	生産能力 (合計)	備考
組立ライン	100	2	200	
シャフトライン	200	1	200	

※KYB金山 組立ラインの生産能力を100とする

ことで砥石ユニットの交換作業をなくした(図2)。すでに国内で実施している内容で、KMEXへ展開した。

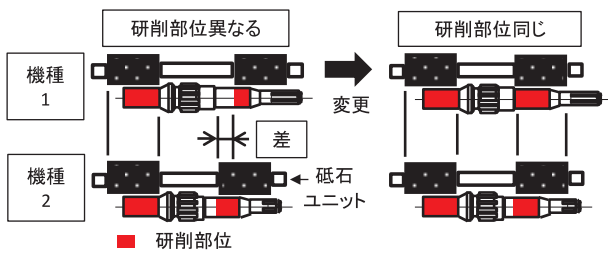


図2 研削部位の共通化

2.2 C.T.短縮の実施方策

組立ラインとの同期化と生産性改善を図るためKMEXではC.T.を短縮する必要がある。C.T.を超えている工程はM.T.を短縮する必要がある(表2)。各工程で行ったM.T.の短縮方法を以下に説明する。

表2 各工程のM.T.

工程名	M.T.	実施内容
①旋盤工程1	短縮	工程分割
②旋盤工程2	短縮	チャック変更、加工順序変更
③熱処理工程	短縮	冷却・搬送の見直し
④ショット工程	短縮	1サイクル噴射量の確保
⑤研削工程	短縮	粗研削代の低減
⑥研磨工程	短縮	研磨量の確保
⑦洗浄工程	短縮	洗浄液流量の増加

C.T. ← 短縮

2.2.1 旋盤工程1

外径と端面及びセンタ穴を旋盤で加工する工程である。

目標のM.T.で加工を完了するために旋盤1台で加工していた1工程を2工程に分割する。出来栄えが同じになることと、モノの流れがシンプルになることから工程順に加工部位を分割した。

寸法精度が厳しい部位は同一工程、同一刃物で加工した。加工した長さ寸法をライン内で全数測定し着座ミスをチェックする。これにより工程分割で生じる品質の悪化を防止する(図3)。

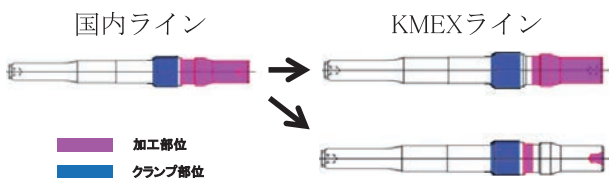


図3 旋盤工程1

2.2.2 旋盤工程2

外径と端面及びセンタ穴を旋盤で加工する工程である。

ワークチャック機構の変更と加工順序の変更でM.T.を短縮した。その結果、研削取り代の1部を

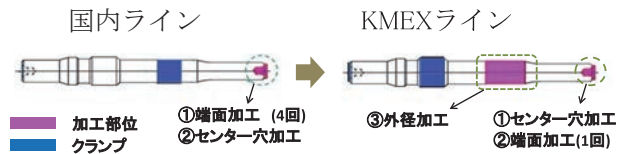


図4 旋盤工程2

本工程に取り込むことができた。

チャック機構をカム式(飛越タイプ)から動作の早いコレット式に変更した。端面加工とセンター穴加工の加工順序を入れ替えたことで端面を加工する回数が減った(図4)。

研削取り代を取り込んだことで、クランプ位置を変更した。

2.2.3 高周波焼入焼戻工程

表面を加熱し、その後急冷して表面を硬化させる工程である。

熱処理後に実施する常温までの冷却工程を変更することでM.T.を短縮した。作業者の火傷防止のため熱処理したシャフトを常温まで冷却する必要がある。従来は焼入れコイルから噴射される冷却水を使用していたが、搬送途中の受け治具上で冷却するように変更した(図5)。冷却する場所を変更したことで、熱処理と冷却動作を同時に実施することができM.T.の短縮ができた。

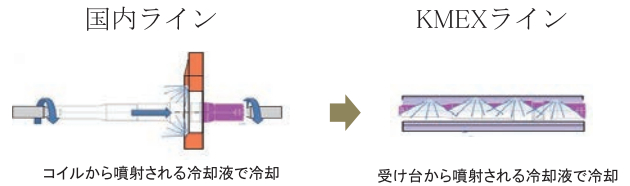


図5 熱処理後の冷却方法の説明

2.2.4 ショットブラスト工程

ビーズ(研磨材)を高速でシャフト表面に噴射して熱処理工程で表面に付着した酸化物を除去する工程である。

M.T.を短縮するためにはビーズを噴射している時間を短くする必要がある。目標のM.T.で加工を完了するため時間当たりのビーズ噴射量を増やした。

内部に組み込まれているエアノズル径を大径化しエアの噴射量を増やした。それにより時間当たりに噴射されるビーズの量も増えた(図6)。

すでに日本で実施している内容で、KMEXへ展開した。

2.2.5 研削工程

摺動部外径を研削して外径寸法、真円度、真直度、同軸度を確保する工程である。

粗研削代を減らすことでM.T.を短縮した(図7)。品質に影響する研削条件は実績のある日本の条件と同じである。

旋盤工程2に研削取り代の1部を取り込み研削代を減らした。

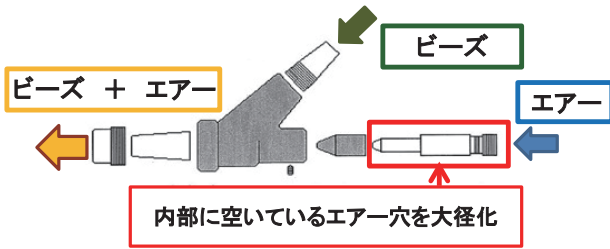


図6 ショットノズルの改善方法

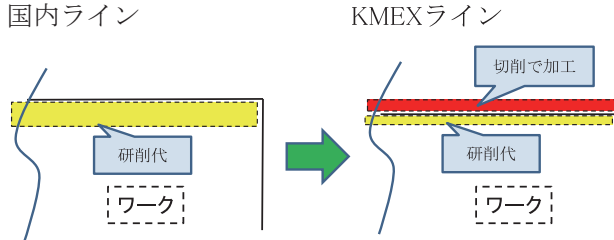


図7 研削代の変更

2.2.6 研磨工程

研削した摺動部外径を磨き表面粗度を確保する工程である。

M.T.を短縮するために研磨時間を短くする必要がある。目標のM.T.で加工を完了するため回転数をあげて研磨量を同等にした。

回転数が同一の場合は加工時間の減少により表面粗度が悪化する(図8)。研磨量(ワーク回転数×研磨時間)が同じであれば表面粗度は同等である(図9)。

すでに日本で実施している内容で、KMEXへ展開した。

2.2.7 洗浄箱詰め工程

シャフト表面を洗浄液でシャワー洗浄し付着しているコンタミを除去する工程である。

M.T.を短縮するため洗浄時間を短くする必要がある。目標のM.T.で洗浄を完了するため、時間当たりに洗浄できる面積を増やした。

ノズルが揺動してシャフトの全範囲を洗浄していた。吐出口の数と流量を増やし、シャフトの全範囲を同時に洗い流せる方式に変更した(図10)。

2.3 結果

各工程のM.T.を短縮して目標のC.T.を達成した。

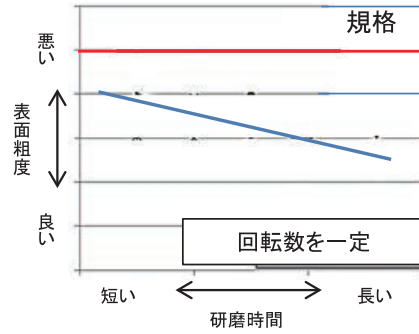


図8 研磨時間と表面粗度の関係

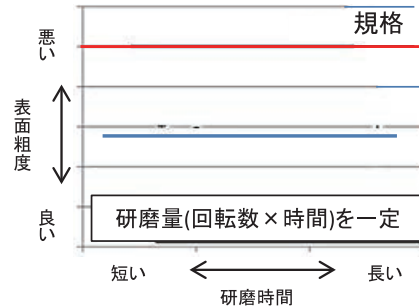


図9 研磨量と表面粗度の関係

KYB金山ライン KMEXライン

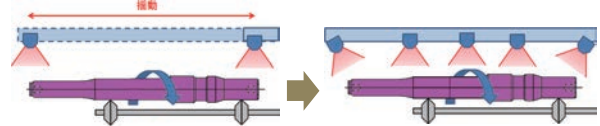


図10 洗浄方法の比較

日程計画通り、2014年5月にKMEXでラインの立ち上げを完了し、市場クレームゼロ、ラインフレームゼロを継続中である。

3 おわりに

KMEXに引き続き2015年4月にはKYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd. (以下KIMZ) へも同仕様のシャフトラインを設置した。KMEX, KIMZへのライン設置により計画しているグローバルでの生産能力を確保できた。今後は素材現地調達化を含めた原価低減活動を進めていく。

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

著者



伊藤 芳幸

1990年入社。オートモーティブコンポーネッツ事業本部岐阜北工場生産技術部。加工ラインの工程設計および生産準備業務に従事。



小島 亮太

2013年入社。オートモーティブコンポーネッツ事業本部岐阜北工場生産技術部。加工ラインの生産準備業務に従事。

編集後記

最近「技術伝承」の講習会に参加した。少子高齢化やゆとり教育などの環境の変化で、どの企業も課題となっている。特に印象的だったのが、「教育を受ける側の人生観や目的に対して関連性がないといくら教えても成長しない」。基本的に技術伝承が上手くいくかどうか、80%は受け手側で決まってしまうということである。そのため企業としては、自社の技術に興味を持った優秀な人材を採用していかなければいけない。技報の記事を読んで、一人でも多くの若者が興味を持ってくれば、幸いである。(松崎委員)

編集後記も2回目になり、気がつけば編集委員5年目の古株となってしまった。さてKYB技報であるが、新技術・製品や生産ラインの紹介はもとより、近年増えてきた海外拠点からの投稿など幅広い内容を扱っている。その原稿からは、製品にかける情熱や、時には苦労や喜びなども伝わってきて、私自身も大いに刺激を受けながら編集作業をしている。技報を通じ、KYBグループで共有や共感を持てるような記事のお手伝いができれば幸いである。これからも、より多くの方にKYB技報を読んでもらえるよう各職場に働きかけていきたい。(上條委員)

初めての編集後記を担当して、何を書けばよいのかもわからず…。今回の技報記事の担当は、製品化を目指している『家具転倒防止用耐震ダンパユニット』でいろいろとアドバイスをいただいている福和先生からの論説であった。内容的には、現在進めているテーマに沿った内容であるので、テーマを進めていく際に非常に参考になり、今後もアドバイスをいただきたいと思います。また、原稿を依頼した際には、早々に記事を書いていただき、煽ることもなく入手でき、非常に助かりました。(関根委員)

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	原 貴彦	HC事業本部技術統轄部製品企画開発部
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
清水 哲郎	AC事業本部技術統轄部ステアリング技術部	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)開発・設計部
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52号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 行 2016年4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。前々号(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)