

2015 おかげさまで創立80周年



KYB 株式会社

K
Y
B
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW

ISSN 1880-7410

KYB技報
APR. 2015 No.50

創刊25周年記念号



KYB TECHNICAL REVIEW NO. 50 APR. 2015



KYB株式会社

(2005年10月1日よりカヤバ工業株式会社は通称社名「KYB株式会社」を採用いたしました)

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号地	☎252-0328	☎(042)745-8111
生産技術研究所	神奈川県相模原市土田60番	☎509-0206	☎(0574)26-1453
KYB開発実験センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	
工機センター	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-5310
電子技術センター	神奈川県相模原市麻溝台一丁目12番地1	☎228-0828	☎(042)761-8145
名古屋支店	愛知県名古屋市中村区名駅三丁目11番22号 (IT名駅ビル)	☎450-0002	☎(052)587-1760
大阪支店	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号 (TEK第2ビル)	☎564-0063	☎(06)6387-3221
大福第二営業部	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
広島営業所	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
相模工場	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
熊谷工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号地	☎252-0328	☎(042)746-5511
岐阜北工場	埼玉県川口市土田2548番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-2135
カヤバシステムマシナリー株式会社	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トロンデュール株式会社	新潟県長岡市浦3909番地	☎949-5406	☎(0258)92-6903
KYB-CADAC株式会社	長野県上田市塩川5473番地5	☎386-0401	☎(0268)35-2571
KYB金山株式会社	京都府相楽郡精華町祝西一丁目32番地1	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYB-Y S株式会社	岐阜県下呂市金山町戸部字舟野4350番地の130	☎509-1605	☎(0576)35-2201
KYBモーターサイクルスベクション株式会社	長野県埴科郡坂城町坂城9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBエンジニアリング	岐阜県岐阜市土田2548	☎509-0298	☎(0574)27-1170
アンドサービス株式会社	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
KYBシステメリット株式会社	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1110
KYBロジスティクス株式会社	岐阜県岐阜市土田1790番地	☎509-0206	☎(0574)26-6427
ジャパン・アナリスト株式会社	東京都港区浜松町二丁目1番17号 (松永ビル)	☎105-0013	☎(03)3436-5660

KYB Corporation

(Kayaba Industry Co., Ltd. employed "KYB Corporation" as the popular name from October 1st, 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.

Godsweetersingel 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, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 511-88882357
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)-630-620-5555
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, 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, Brazil
TEL: (55) 41-2102-8200
FAX: (55) 41-2102-8210

KYB Suspansiyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret, A.S.

Reysas Lojistik içi Yukarı Kirazca Köyü Eskişehir cad. No: 21/A Arifiye/ADAPAZARI,Türkiye.
TEL: (90) 224-4429112
FAX: (90) 224-4429113

KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd.

Wei 3 Road 38, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 511-88891008
FAX: (86) 511-88886848

KYB Manufacturing Czech s.r.o.

U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06, Pardubice, Czech Republic
TEL: (420) 466-812-200
FAX: (420) 466-812-281

KYB Steering Spain, S.A.

Poligono Industrial de Ipertegui No. 2, nave 12, 31160, Orocyen (Navarra), Spain
TEL: (34) 948-321004
FAX: (34) 948-321005

KYB Steering (Thailand) Co., Ltd.

700/460 Moo 7, T. Don Hua Roh, A. Muang, Chonburi 20000, Thailand
TEL: (66) 38-450076
FAX: (66) 38-454313

KYB (Thailand) Co., Ltd.

700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Park 2, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amphur Muang, Chonburi 20000, Thailand
TEL: (66) 38-469999
FAX: (66) 38-458331

KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd.

No. 493, Kuang Hsing Road, Pa-Teh City, Tao Yuan Hsien, Taiwan
TEL: (886) 3-3683123
FAX: (886) 3-3683369

KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd.

Plot 110-11-12, Thang Long Industrial Park, Dong Anh Dist., Hanoi, Vietnam
TEL: (84) 4-881-2773
FAX: (84) 4-881-2774

KYB Hydraulics Industry (Zhenjiang) Ltd.

Wei 3 Road 121, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 511-88897200
FAX: (86) 511-88897222

Takako America Co., Inc.

715 Corey Road, P.O.Box 1642 Hutchinson, KS 67504-1642, U.S.A.
TEL: (1) 620-663-1790
FAX: (1) 620-663-1797

TAKAKO VIETNAM Co.,Ltd.

27 Dai Lo Doc Lap, Vietnam Singapore Industrial Park, Thuan An Town, Binh Duong, Vietnam
TEL: (84) 650-378-2954
FAX: (84) 650-378-2955

Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.

No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 510-85280258
FAX: (86) 510-85280616

Vinh Phuc Jing 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.

Plaza de la Paz 100, Int. 101-A Col. Puerto Interior 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-Comnat Private Limited

845, GIDC, Industrial Area, Makarpura, Vadodara-390010, Gujarat, India
TEL: (91) 265-2647276
FAX: (91) 265-2630763

Changzhou KYB Leadrun

Vibration Reduction Technology Co., Ltd.
19# Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 519-85967282
FAX: (86) 519-85105485

KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd.

Lot 8, Jalan Waja 16, Telok Panglima Garang, 42500 Kuala Langat, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
TEL: (60) 3-3122-6222
FAX: (60) 3-3122-6677

PT. Kayaba Indonesia

Jl. Jawa Blok ii No. 4, Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL: (62) 21-898-1456
FAX: (62) 21-898-0713

KYB CHITA Manufacturing Europe s.r.o

U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06 Pardubice, Czech Republic

PT.Chita Indonesia

Jl.Jawa Blok ii No.4 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.

Bldv. 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) 21-6257-9001

KYB Asia Co., Ltd.

105/1-2 Moo 1, Bangna-Trad Road K.M.21, Srisajorakaeyai, Bangsaothong, Samutprakarn 10540, Thailand
TEL: (66) 27-400801
FAX: (66) 27-400805

KYB Middle East FZE

261819 LOB16-302 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 117393, Russia
TEL: (7) 495-781-88-52
FAX: (7) 495-781-88-53

KK Hydraulics Sales (Shanghai) Ltd.

A2913 The Place Tower, 100Zunyi Road, Shanghai 200051, China
TEL: (86) 21-6235-1606
FAX: (86) 21-6295-7080

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) 317-346-6719
FAX: (1) 317-736-4618

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 AutopeÇas KYB do Brasil Ltda.

Rua Cyro Correia Pereira, 2400 Suite 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil
Tel: (55) 41-2102-8244

KYB China Analyst Co. Ltd

1st Floor, No. 12 Building, 2.5 Industrial Park, New Town Of Science and Technology, New Area, Zhenjiang, Jiangsu 212000, China
TEL: (86) -0511-88880691
FAX: (86) -0511-88880865

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.

1. 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/>

2. 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50号 2015-4

目 次

巻頭言

フルードパワーシステムの発展を願って

香川 利春 1

ご挨拶

KYB技報発刊50号にあたって

小澤 忠彦 3

ご挨拶

白井 政夫 4

論説

技術移転

牧野 圭祐 5

特別企画

KYBが目指す技術開発

齋藤 圭介 10

KYBグループにおける電子機器製品開発と将来展望

松田 宏平 12

萱場資郎賞の40年と技術・製品の変遷

吉本 勉 19

清水 哲郎

小川 義博

宮 能治

片峯 稔 30

KYBグループにおけるモノづくり

技術解説

KYBにおける低騒音化技術

矢加部新司 37

鈴木 一成

随筆

チェコ駐在記

工藤 浩一 45

製品紹介

高機能EPS用ECUの開発

長江 功貴 49

用語解説

EMC, EMI

松本 大輔 53

製品紹介

高機能EPS用電動モータの開発

黒川 芳輝 54

周波数感応ショックアブソーバの拡販への取り組み（大型車両への適用）

古田 雄亮 58

村田 貴夫

柴田 宜浩

萬谷 浩章

富宇賀 健 64

スーパースポーツ車用フロントフォーク「AOSII」の開発

木本 恵介 68

ミキサ車アイドルリングストップシステム開発

高橋 良光

3軸起震装置の紹介

有坂 尚 72

ピストンロッド内配管シリンダの開発

上倉 定幸 76

マイクロポンプユニット

辻井 喜勝 80

カートリッジバルブモジュールCVM・小型コントロールバルブCVS

山村 伸哲 84

玉川 良太

技術紹介

円筒型リニアモータを用いた航空機向け電動アクチュエータの開発

佐藤 浩介 88

用語解説

コギング

小川 義博 94

技術紹介

油圧ショベル用シリンダ変遷	高井 靖仁	95
コントロールバルブ用バルブハウジング加工ラインの構築	嘉数田隆昌	101
計画通りに結果を出せる作業シミュレーションの実践	岸本 素直	105
岐阜東工場の構築について	西森 康夫	109
EPS開発におけるISO26262対応への取組み	石末 郁人	113
大型ピストンロッド曲がり矯正機の開発 300tonに耐え得る筐体設計	井内謙太郎	117
EPS用ECU製造ラインの構築	長田修二郎	122
	片柳 和幸	

随筆

仏独今昔駐在運転紀行 フランスRond-pointとドイツAutobahn	上村 叔人	126
---------------------------------------	-------	-----

特許紹介

132

社外論文発表一覧

135

社外関係団体委員一覧

137

総目次

141

編集後記

(表紙写真：KYB開発実験センターシステム実験棟（上），電子実験棟（左下），電波暗室（右下），KYBロゴ（80周年記念・ステートメント））

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 50 APR. 2015

CONTENTS

Foreword		
Toward the Development of a Fluid Power System	Toshiharu Kagawa	1
Greetings		
Commemorating the 50th Edition of <i>KYB Technical Review</i>	Tadahiko Ozawa	3
Greetings	Masao Usui	4
Essay		
Technology Transfer	Keisuke Makino	5
Special Articles		
Technological Development Targeted by KYB	Keisuke Saito	10
Electronic Device Product Development and Future Outlook in a KYB group	Kohei Matsuda	12
The Shiro Kayaba Award: Forty Years of Technical and Commercial Progress	Tsutomu Yoshimoto	19
	Tetsuro Shimizu	
	Yoshihiro Ogawa	
	Yoshiharu Miya	
Monozukuri at the KYB Group	Minoru Katamine	30
Technology Explanation		
Noise-Reduction Technologies in KYB	Shinji Yakabe	37
	Kazunari Suzuki	
Essay		
Dispatches from the Czech Republic	Kouichi Kudou	45
Product Introduction		
Development of the Engine Control Unit for High-Performance Electric Power Steering	Kouki Nagae	49
Glossary		
EMC and EMI	Daisuke Matsumoto	53
Product Introduction		
Development of a High-efficiency Electric Power Steering Motor	Yoshiteru Kurokawa	54
Sales Promotion Strategy for Frequency-dependent Shock Absorbers Used in Heavy Vehicles	Yuusuke Furuta	58
	Takao Murata	
	Yoshihiro Shibata	
	Hiroaki Mantani	
Development of the Front Fork (AOSII) for Super Sport Motorcycles	Takeshi Tomiuga	64
Development of an Idling Stop System for Mixer Trucks	Keisuke Kimoto	68
	Yoshimitsu Takahashi	
Three-axis Earthquake Simulator	Hisashi Arisaka	72
Development of Cylinders with Hollow Piston Rod Tubing	Sadayuki Kamikura	76
Small Axial Piston Pump Unit	Yoshikatsu Tsujii	80
Cartridge Valve Module (CVM) and Small Control Valve (CVS)	Nobutestu Yamamura	84
	Ryota Tamagawa	

Technology Introduction

Development of an Electric Mechanical Actuator for Aircraft with a Cylindrical Linear Motor	Kousuke Sato	88
---	--------------	----

Glossary

Cogging	Yoshihiro Ogawa	94
---------	-----------------	----

Technology Introduction

Changes in Cylinders for Hydraulic Excavators	Yasuhito Takai	95
Configuration of a Machining Line for Control Valve Housings	Takaaki Kasuda	101
Implementation of Work Simulations for Achieving Results as Planned	Sunao Kishimoto	105
Building the Gifu East Factory	Yasuo Nishimori	109
Toward Adopting ISO 26262 in EPS development	Ikuhito Ishizue	113
Development of a Frame for a Large (300-t) Piston Rod Straightener	Kentaro Iuchi	117
Configuration of Buildup the ECU Production Line for EPS	Shuujiro Osada	122
	Kazuyuki Katayanagi	

Essay

Dispatches from France and Germany, Then and Now: French Roundabouts, German Autobahns	Yoshihito Kamimura	126
--	--------------------	-----

Related Patents

132

Editors Script

(Cover Photograph: The Appearance of the Experiment Building of KYB Developmental Experiment Center, The Experiment Building, Radio Wave Dark Room and KYB Logo (Anniversary and Statement))

巻頭言

「フルードパワーシステムの発展を願って」

香川利春*



1. はじめに

会社創立80周年まことにおめでとうございます。

貴社は創立以来フルードパワー技術を通じて信頼性のある製品、システムを作り社会貢献をされている。当方は2014年5月まで日本フルードパワーシステム学会会長としてフルードパワーに関する基礎理論などの学術分野の振興を図り、ならびに日本フルードパワー工業会との連携で、JIS委員会の主査を務め、産学連携のお手伝いを行ってきた。この機会に現状の問題点、状況を認識し、さらに将来に向けて如何なる方向をフルードパワーシステム関係者は目指すべきかについて考えたい。

昨今は異常気象や、2011年の東日本大震災に端を発した自然災害としての津波問題、誘引された原発問題、環境問題、医療問題など人間の安全安心に関わる諸問題がクローズアップされている。一方、フルードパワーシステム技術が人間生活に大きな貢献をしている事は言を待たないが、極めて憂慮すべき事象がいくつか存在する。大学・高専等の教育機関のフルードパワー離れと、社会のフルードパワーに関する認知度、関心の低下である。

認知度の低下はフルードパワーのユーザの知識の不足と安易なシステム設計を招き、フルードパワー技術の採用を見逃しているケースを散見する。

2. フルードパワーシステム現状認識

フルードパワーシステムは人間の叡智によって創造され、現在は第四期を迎えていると考える。第一期は創世期であり、産業革命以前の時代に対応している。第二期は繁栄期で油圧システムはパワーの要求される分野、空気圧システムは俊敏な動作や戻り配管の不要な流体駆動系として、ローコストオートメーションの分野でFA分野に多用され出した時期である。第三期は2000年頃で見直し反省の時期であり、油圧と空気圧と共に電動アクチュエータの発展

等で、特に空気圧アクチュエータは省エネでは無いとの理由により置き換えられた時代である。

1997年には京都議定書が出され、環境問題が多く議論された。第四期である現在では、油圧空気圧システムに限らず、電動駆動の進出が多くみられる。建設機械においては油圧システムが長所を有している。空気圧では応用分野はさらに広がり、FAにおける応用のみでなく内視鏡手術ロボットや高速車両用の真空トイレにも利用され出している。

3. 学会・工業会の連携

日本フルードパワーシステム学会（学会）は日本油空圧学会の旧名称から、水圧システムや機能性流体システムを包含すべきとの理由で名称変更を行った。法人改革を経て、一般社団法人となって3年経過し、水圧システムの社会への浸透が徐々に行われてきたことが感じられる。しかしながら、現在の大学工学部や工業専門学校の教育科目の中で、フルードパワーに関する科目がどんどん少なくなっているのが現実で、現場の設計者がフルードパワーを知らない状況が多くなっている。著者はこの10数年、フルードパワーについての教育が大事であることを痛感し、日本フルードパワー工業会（工業会）の協力を得て、下記の出前講演会を提案し、実施している。

4. 実習付前講演会

この講演会は単なる座学だけでなく、シリンダや電磁弁などのフルードパワー機器とコンプレッサーを持参し、卓上実験を行うものである。

従来の講演会ではパソコン画面のみの講義で緊張感を保てなくて、居眠りをする受講者がたまに出たが、機器を操作させ、データを見せる実習付き講演会では、興味深く講義と実験を体験可能である（写真1）。

内容としては、まずは、空気圧抵抗の流量特性の測定装置を用いての流体抵抗特性の認識である。電気システムではオームの法則が基本となるが、フ

*東京工業大学 総合理工学研究科 教授

フルードパワーシステムではベルヌーイの定理が基本となる。さらに油圧アキュムレータの窒素や空気などの圧縮性流体では、流れに伴う閉塞流れの流量飽和現象が発生し、圧縮に伴い気体温度は大きく変化する。この温度上昇を抑止するのが等温化圧力容器実験装置であり、ISO6358として日本からのフルードパワーに関する提案が承認されている。これらを体験的に学ぶ事が可能である。



写真1 実習付き出前講演会の風景

5. 第4次産業革命とものづくり

フルードパワー機器も時代に従って変化してきている。最近マスコミでは、計算機システムの更なる発展によって第4次産業革命の時代などと言われている。クラウドによって情報を共有化でき、人口知能がさらに発展し、設計CAD/CAMツールの進化によってほとんど試作が不要になるとの論調である。これに対して、学生の教育に携わる教師の身としては大きな疑問を持っている。

そもそも私がエンジニアを目指したのは、小学生の頃に無免許で乗ったスーパーカブ（ホンダ）やランペット（トーハツ）といったバイクであった。高校生となり、府中の自動車運転免許試験場で二輪の免許を取得した。当時はこれがあれば、250ccのスクーターから750ccにも乗ることができた。点火時期の制御装置が未だ電子化されていなくて、私のCB250（ホンダ）では直径8センチの金属ケースの

中で、バネで拘束された錘が回転し、回転速度によって点火時期が早められる仕組みとなっていた。それが翌年にはトランジスタが用いられ、いわゆるフルトラとなった。大変に感激した記憶がある。ポケットにはプラグのメンテナンスキットが入っていた。

18歳で入学する学生は、電気系機械系にしてもハードを扱ったことのある者は少なく、家電も壊れたら自分で直す時代ではない。ドライバーやレンチなどの工具も使い慣れていない者が殆どである。機械システムが電子化され、ソフト化するの世の流れであるが、重要な機械本体の設計のセンスを失っては良い機器の設計はできない。さらに、大規模ソフトシステムではデバックが十分できていなく、トラブルが発生しやすくなっている。計算機によって便利になったのは事実であるが、弊害についても十分認識すべきである。

大学においてもシミュレーションのみで結果を議論する研究室が多くなっている。憂いるべき状況である。人件費が高くなって、生産基地を全て海外に移した場合、ものづくりのノウハウなどは全て失われる。ネット社会でクラウドの利用は便利ではあるが、よくよく考えるべき事項が多い。ものづくりもセンスを大事にすべきで、そのセンスは多分に現場での作業によって得られる。

6. おわりに

卒業研究にフルイディックを経験し、以来40数年フルードパワーシステムと関係してきたが、流体现象の不思議さと素晴らしさに魅了されている。一方、現場サイドから省エネの要求をもらい、エネルギー的見方を提案している。

フルードパワーシステムの応用はまだまだ発展途上であり、特に若いエンジニアにフルードパワーに親しんでもらう事が重要と考える。我々フルードパワー技術者はその可能性をさらに探究し、学会・工業会との連携を図り、関係各位が繁栄することを願って結びとする。

参 考 文 献

- 1) 香川利春, 川嶋健嗣, 藤田壽憲, 田中豊, 榊和敏: 等温化圧力容器を用いた有効断面積の計測法, 油圧と空気圧, 26-1, 660/666 (1993)
- 2) ISO TC131/SC5/WG3

ご挨拶

KYB技報発刊50号にあたって

小澤 忠彦*



今年、KYBは創立80周年を迎えました。その年にKYB技報発刊から50号の刊行となったことは、実に感慨深い思いです。

現在のKYB技報の前にも技報的雑誌は存在していましたが、長くは存続しなかったようです。おそらく、組織的活動の形を取っていなかったためであろうと思います。

1990年のことでした。当時の技術担当役員から私に、「技術報告雑誌を作ってくれないか」という依頼がきました。私の前任者にもその相談をされていたのを知っていましたが、進める様子はありませんでした。私は初代編集委員長として任期を2年と決め、「カヤバ技報」発刊の職務を引き受けました。編集委員を全技術部門に配置し、記事の集約を行い、1990年10月第1号を発刊しました。任期の2年が経過し、第2代の編集委員長を決め、その運営を引き継ぎました。発刊以来、一度も欠号することなく、年2回の発行が定期的に行われたことは、その後の組織運営が上手く進み、今日を迎えたものと思います。なお、編集委員長は今現在で、通算10代目となっており、第41号からA4版サイズの採用など大幅なリニューアルを行い、現在に至っています。

もう25年も前のことですが、一つだけ秘密にしていたことを話しましょう。何事にも他人のすることを揶揄したり、無言の妨害をしたりする人はいるものです。私が初代編集委員長になったのを聞いて、「どうせ技報なんて長続きしない」と言っている人がいると聞き、その人に向かって、「どんな理由にせよ、技報に掲載する記事が集まらなくなったときはカヤバ工業の終わる時だ」と言ったのを記憶しています。その考えは、25年の時を経て、今日でも何ら変わりません。

今、手元に第1号の目次があります。その当時、研究テーマとして挙がっているものが、今の売り上げのピークを迎えようとしています。これは、如何



写真1 KYB技報第1号の表紙と目次

にして将来のニーズを捉え、基礎研究テーマを定めるという判断が、その企業の将来を左右することを表した良い例と言えるでしょう。

さて、読者の皆様はKYB技報が国立国会図書館に継続的に保管されていることをご存知でしょうか？これは、こちらから保管を望んだ訳ではなく、先方からの要請によるものです。

ある学会の集まりの後、そこに参加していた大学教授から、「次の技報はいつ発行されるのか？」と問い合わせを受けたことがありました。また、あるお客様からは、「もっと早いタイミングで発行してほしい」というコメントを頂いたこともありました。その時、「ああ期待されているんだ」と誇らしく、また大変嬉しく思ったことを覚えています。また、「これだけ期待されて始めたからには、長く続けなければならない」と強く思ったものです。現在のKYB技報は読者の皆様にはどのように映っているでしょうか？今後も忌憚のないご意見を頂戴できればと考えております。

あと5年後の2020年には、我が国は東京オリンピックを迎え、KYBは更に創立100周年に向かって進んでいくこととなります。今後、我々は更に技術的な進歩を遂げ、グローバルに記事が執筆されることを願うべく、技術者諸君には大いなる期待を持ちながら、筆を置くことにします。

*当社取締役・前代表取締役会長

ご挨拶

白井 政夫*



この度、KYBは今年の3月10日に創立80周年を迎え、また、『KYB技報』も創刊以来、四半世紀の時を経て記念すべき第50号を発行するに至りました。これまでに、技報にてKYBグループの技術・製品開発の成果をご紹介し、ご好評をいただいております。ここでは、KYBグループを取り巻く環境に触れながら、技術開発に対する私の想いを述べさせていただきます。

・KYBグループを取り巻く環境

2014年は日本にとって、節目の年でした。衆議院選挙が行われ、第三次安倍内閣が発足しました。3本の矢の成長戦略が民間投資を喚起できるかどうか、2015年はアベノミクスの真価が問われる年と言えます。

KYBを取り巻く環境に目を向けますと、アメリカの景気は堅調であるものの、欧州、中国、新興国ではこれが低迷するなど、先行き不透明感が強まっています。自動車市場では販売の伸び悩み、建設機械市場では6トンクラス以上の需要落ち込みが予測され、KYBグループ事業への影響が懸念されますが、2020年のオリンピック需要など、明るい材料も見えています。

また、2014年度から新たな中期経営計画がスタートしており、「KYBグループ力をもって、グローバルで戦い、世界で勝つ」という2020年ビジョン達成に向けて、スピード感を持って進めているところです。

モノづくりの企業として成長し続けるためには、ひとり一人が自ら行動し、知恵を絞って、技術開発力を強化するとともに、モノづくりを改革し、組織力と機動力を持って活動することが必要不可欠であると考えています。従業員が一体となって、現状と目指す姿のギャップを埋め、2020年への飛躍につなげていきたいと考えています。

・創立80周年の感謝と100周年への飛躍

先ほど、2014年は日本の節目であったと述べましたが、KYBグループにとっても2015年がまさに節目の年になります。昨年、KYBグループ初の海外

拠点である台湾の拠点が創立50周年を迎えたことをはじめ、スペイン、アメリカ、ドイツやその他拠点でも重要な時期を迎えました。

KYBグループでは、「80周年の感謝と100周年への飛躍」として、20年後の100周年に向けて一体感を高めていくために、～Globalization（国際性）、Succession（伝承）、Diversity（多様性）～をコンセプトとした活動を展開し、グループ全体の一体感を高めていく所存です。

・技術・製品開発への期待

KYBの技術の源流は、創業者である故萱場資郎氏が発明した航空機用の油圧緩衝器に適用された油圧技術に遡ります。この技術を自動車、二輪車、建設機械、航空機、ミキサ車、免制震、舞台装置に応用し、事業を拡大して参りました。更に、近年では、製品の電子制御化や情報通信技術にも対応しており、裾野を広げています。今こそ、KYBグループの総力を結集して、システム化やモジュール化の対応を進め、100周年に向けて飛躍していく時期ではないかと考えています。

また、技術・製品開発に限ったことではないですが、取り組むべき課題に対しては、常に高いハードルを設定することが重要です。そして、ただ単に改善にとどまることなく、改革に向けて挑戦することで、新たな差別化製品が生まれると私は信じています。このように、お客様に喜ばれる製品をタイムリーに提案、提供し続けるメーカーになりたいものです。

そのためには、技術力、開発力、創造力が必要であり、まさにそれは人の力であると思います。人財を如何に育て、活かし、達成感溢れる環境づくりこそ、最も重要なことと考えます。

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

*当社代表取締役社長執行役員

技術移転 Technology Transfer

牧野 圭 祐*



首相官邸ホームページ冒頭には、「どれだけ真面目に働いても暮らしがよくなる」、日本経済の課題を克服するため、安倍政権は「デフレからの脱却」と「富の拡大」を目指している。これらを実現する経済政策がアベノミクス「3本の矢」です、とある。第1の矢「大胆な金融政策」で流通するお金の量を増やしてデフレマインドを払拭し、第2の矢「機動的な財政政策」で10兆円規模の経済対策予算によって政府が自ら需要を創出し、さらには第3の矢「民間投資を喚起する成長戦略」によって規制緩和等によって民間企業や個人が実力を発揮できる社会を目指す。第1の矢と第2の矢はすでに放たれたが、大きな成果になるにはまだ道は遠いようである。

状況の打破には「アベノミクス」第3の矢が重要なのだろうと想像するが、イノベーションといえる新しい産業創成がカギの一つである。

アメリカは1970年代の不況を、大胆かつ効果的な「レーガノミクス」と呼ばれる策を擁して解決した。「アベノミクス」の試みは成功するのだろうか。

第3の矢の重要な役割の一つは、民間企業の役割に加え、大学における基礎研究の実用化（「技術移転」という）にあると考える。レーガノミクスの成功は技術移転に大きく依存したし、アメリカでは現在でもそうである。200万人の雇用が生み出され、毎年数兆円の貿易収支がもたらされる、と彼らは言う。すなわちアメリカにおける「持続的経済成長」は、大学における基礎研究の結果の技術移転に大きく依存している。

残念だが、我が国においては「大学における基礎研究の結果」の実用化例は少ない。アベノミクスの最大のアキレス腱はこの点にあるといっても過言で

はないだろう。

我が国における真の技術移転の実現化の策も含めて、以下に所感を述べる。

1. 技術移転はなぜ重要なのか

経営者であれば誰でも思われることと思うが、自社の将来を考えた場合、常に新しい技術開発を行い、他のどこにも負けない立派な製品を生み出すことが要である。

しかし、20世紀の目覚ましい開発の結果、今では新技術を開発するチャンスは極端に少なくなった。20世紀、自動車、コンピュータ、半導体、医薬品などの画期的大型新製品が開発され、今では大きな未開拓の地はほとんど残っていない。あるのは狭い地域の奥深くの地下の鉱脈だけだろう。昨年度のノーベル物理学賞受賞の青色ダイオードなどはこの範疇に入るのかもしれない。

このような運が伴う開発は、20世紀に行われた開発と、どこが違うのだろうか。

20世紀型の場合、未開拓の分野は視野の中にあり、目標への到達ルートに要する研究員数と予算は設計できた。21世紀型の場合、開発目標は視野にあり難しく、開発のために掘る穴の数は膨大でかつ深い。いわば無計画に長期の穴掘りを行うことになり、企業はこの非効率な事業に取り組みざるを得ない。このための膨大な人員と予算を一企業が準備することは極めて困難であり、危険な賭けに尻込みするのが一般的だろう。

この問題の解決のためにアメリカのとった決定打が「技術移転」である。技術移転とは、大学等の基礎科学研究の結果を産業界で製品として開発するプロセスを指す。この導入の意味を考えてみよう。

まず大学等の研究者の論文を眺めてみる。論文は大まかには以下の構成から成る。①纏め (Summary)、②導入 (Introduction)、③実験 (Experimental)、④結果 (Results)、⑤考察

*京都大学名誉教授

公益財団法人 京都高度技術研究所 副理事長
京都市成長産業創造センター センター長
関西TLO 取締役

(Discussion), ⑥引用文献 (References). 導入部には論文の関する分野の解説と科学的重要性, その分野の重要な未解決の問題, 論文で取り組んだ課題とその意義, 新しく発見した事実の概要, が淡々と精緻に示されており, そこには研究者が自然科学における未知の問題の解決に全力をあげようとしている姿勢がある.

これこそが未開拓の狭い分野を深堀することに相当する. 世界中に膨大な数の研究者がおり, もし可能であれば, 彼らの研究を時々刻々一つ一つ入念に観察して芽を見つけ, イノベーション振興に結び付けることは, もはや社内での基礎研究に対する取り組みが困難になった企業にとって極めて魅力的な手段である.

これが「技術移転」の意味するところであり, 企業は基礎研究に要する膨大な人員と経費を大幅に削減できる. アメリカでは1970年代にこのことに気づき, 国家戦略として実行した.

2. 技術移転と共同研究

2.1 技術移転

我が国においては全く異なる産学連携の形である「技術移転 (Technology Transfer)」と「共同研究 (Collaborative Research)」が混同して使われていることが多い. 極めて重要なこの違いをまず明確にしておこう.

技術移転の仕組みについては後述するが, アメリカでは以下の点は極めて重要と認識されている.

(1) 大学研究者の研究はCuriosity-Driven-Research

彼らは過去の経験から自分の興味でテーマを選び, それに寝食も忘れて没頭したときに最大の結果を得る. 名城大学の赤崎先生はノーベル賞受賞決定時のインタビューでもこの点を強調しておられた. アメリカではこの点は常識であるが, 我が国ではあまり常識とは受け止められていないのが残念である. もはや彼らしか頼るべきものはいないのであるから, 真摯な研究に没頭する研究者に敬意を払うことこそ重要である. アメリカでは大学研究者の自由な基礎研究を阻害しないことこそ技術移転のあるべき姿として評価される.

(2) 重要な発明は第三者が発見・評価すべき

研究者は自然科学研究に没頭しており, 実用化に対する興味は薄く, 多くは実用化研究に携わった経験がない. 第三者が注意深く研究の過程や結果を見つめて評価し, 実用化を行うべきである. アメリカにはこのような仕事に携わる極めて有能な専門家 (University Technology Transfer Manager, UTM) が4~5,000人いる. 彼らはPhD, MBAあ

るいはLawyerであり, このうちの複数の資格を持つものも珍しくない. 能力及びStatusは極めて高く, 研究者の自由な発想から生まれた基礎研究を保障することこそ彼らの誇りである. 今, 我が国には真のUTMはほとんど見当たらない. アベノミクス成功に一役果たすためには, UTM育成が必須である.

(3) 企業は技術移転後の「実用化」に注力すべき

大学における研究結果は, それが産業化に結び付くと考えられたとき, 大学当局 (多くは産学連携に関する部局) へ報告され, 選別ののち特許として出願されて大学の知的財産になる. このようにして出される大学発特許に関して企業は個々に精緻で綿密な評価を行い, 産業化に関連する様々な特許を大学からライセンス契約によって取得し, 場合によってはこれらを束ねて (Portfolio化), 実用化に備える.

なお, ここでいう企業とは, むしろ小さい企業 (ベンチャー企業, アメリカではStart-upsという) である. このプロセスを遂行するUTMの存在は大きい. アメリカには, このようなプロセスを専門に行う営利団体POC (Proof of Concept) 等も存在し, 社会全体で技術移転を遂行しているといっても過言ではない. 我が国ではこのようなシステムは希薄であり, 社会全体での技術移転システムの構築は急務である.

(4) 大学の研究者は契約・経営に関与させない

上記のようなプロセスでベンチャー企業が育っていくが, 大学の研究者が契約・経営に参画しないことが重要である. 研究者は契約のやり方や経営の知恵は持ち合わせていない. 個人の研究に没頭すべきである. 国際的常識であるが, 研究者主導型のベンチャー企業は失敗の典型的な例である.

このような点を注意しながら「技術移転」によって大学における基礎研究の結果は実用化されるが, 我が国ではいまだ遅々として「技術移転のための土壌開拓」が進まない.

それでは, 我が国において多数の例がありながら殆どがさしたる成果と結びついていない「共同研究」はどう評価されるべきだろうか.

2.2 共同研究

「共同研究」には二つのパターンがある

(1) 会社側から呼びかける共同研究

我が国ではこの形が主流であるが, この場合, 限られた数の研究者が参加し, 並行して走る研究の数は限られ, 変化も少ない. 予算も数百万円レベルが多く, アメリカの数億円レベルと比して極端に少ない場合が多く, 効率は悪い. 研究者は自ら発想した研究 (Curiosity-Driven-Research) にのみ興味を持っており, 企業から与えられた研究課題には全力で立ち向かうことが少ない点, 強調したい.

(2)教員の研究結果で生じる共同研究

これは上で「技術移転」の3で述べた実用化研究の延長線上にあり、極めて重要である。このような範疇に入る共同研究の成功例として、リューマチ等の自己免疫疾患に用いるタンパク質薬品の開発がある。ニューヨーク大学ヴェルチェック教授の研究に小企業（Centocoy Biotech社）が注目し、教授との共同研究を最初から最後まで協調的に進めた。最後はJohnson & Johnson社がCentocor Biotech社を吸収して実用化した。大学とのライセンス契約額は1,000億円になったと伝えられているが、この製品の年間売り上げが1兆円に達することを考えれば、この契約は企業にとって十分採算に合うものであり、大学にとっては最も重要な使命である「社会貢献の大きさ」を世に示すものであった。

繰り返すが、我が国においては全く異なる産学連携の形である「技術移転」と「1型の共同研究」が混同して使われている場合が多い。これは間違いである。

アメリカでは「技術移転」と「共同研究」は全く異なるものとして受け取られることが多く、大学によってはこの2つを所管する部局も異なる。共同研究の件数も数件までと少ない。

アメリカにおける産業の疲弊からの脱却と新しい繁栄をもたらしたのは、「技術移転」によるイノベーション振興である。これによって今の強いアメリカを取り戻した。アベノミクスが必要とするのは、まさにこれである。

3. アメリカで発展した技術移転（バイドール法の設立）

1970年代、米国の産業界は日本企業の米国への「集中豪雨的な輸出」によって疲弊しきっていた。ロッカフェラーセンターのような米国の象徴たるビルが日本企業によって買収されたのもこの頃である。米国自動車産業の中心地デトロイトでは失業の嵐が吹き荒れ、貿易赤字はゆうに1,000億ドルに達していた。

このような状況を打破するために、政府は自国における産業構造自体を変え、それによってアメリカ経済の立て直しを図った。

民主党ジミー・カーター大統領の時代、1980年12月12日、バイドール法（the Bayh-Dole Act (P. L. 96-517, Patent and Trademark Act Amendments of 1980)）が制定された。この法律のもと、次の大統領である共和党ロナルド・レーガンによってダイナミックな産業革命が展開されたが、この法律の骨子は、税金を使って行われた大学の研究結果を産業界へ使わせてもよい、ということであり、「技術移転」

の積極的勧めであった。この法律の重要な点は次のようなものである。

- ①大学などの非営利団体は、政府資金で行った研究の結果をイノベーションに供することができる。
- ②大学は、政府資金によって生じた発明を産業界と共同して利用することを勧める。
- ③大学は、自己の発明を特許としてファイルすること。
- ④大学は、小企業（ベンチャー企業）に優先して発明をライセンスすること。
- ⑤政府は、国際的に特許の非独占的ライセンス権を保持し、何か生じた場合の立ち入り権（March-in-Rights）を有する。

レーガン大統領が「たとえIBMのようなアメリカを代表する巨大企業がなくなるようなことになっても構わない」といったことはよく知られるところであるが、このような積極的姿勢はアメリカ中に広がり、MicrosoftやApple等のITベンチャー、Genentech, Biogen Idec等のバイオベンチャーが育った。今日の米国産業界の隆盛を支える新産業の勃興である。同時に、新しい技術の蓄積も行われた。

我が国では、19年後の1999年、日本版バイドール法（産業活力再生特別措置法の第30条）を制定した。これにより日本でも米国と同様に、政府から研究委託された研究者が特許権を取得することができるようになり、受託者が中心となって技術移転が進められるようになった。これが我が国の技術移転の始まりであるが、色々な理由から、いまだ実効的とはいえない。

4. 日本版バイドール法施工後の我が国における技術移転

筆者は2001年から2013年まで京都大学において産学連携の発展に携わったが、その間、小刻みとはいえ国内では様々な改革が行われた。2003年から5年間は文部科学省の知的財産本部整備事業が展開され、2008年から5年間は国際的な産学官連携活動の推進への委託費・補助金が出された。また、大学における研究成果を民間に技術移転する機関としてTLO（Technology Licensing Organization）の設立を政策的に支援する「大学等技術移転促進法」（通商産業省・文部省（1998年当時）提出）が1998年5月に制定された。承認TLOの数は36が現存するが、数社を残してそのほとんどが休眠状態であるのは寂しい限りであり、いまだ「技術移転準備期間」という言い方もできるが、我が国の技術移転は活発とはいえない。

このような状況であり、技術移転がアベノミクスのかじ取りの一翼を担うには不十分と受け止められるかもしれないが、言い方を変えれば、日本に技術移転の政策が出発してまだ15年程度しかたっていない、ともいえる。技術移転の定着には、技術移転先進国アメリカでさえ20年程度を要した。

筆者が勤務した京都大学産官学連携本部では、本部構造の改革、学内産学連携体制の改革、知財に関する法的準備の充実、産学連携に関する教育体制の充実、国際産学連携の構築、TLOとの協働体制の整備、ベンチャーキャピタル（VC）の設置などなどあらゆる関連分野の最適化を図ってきたが、筆者の関係した10年余では、アメリカ並みの技術移転の活発化には大きく届いていない。2015年現在の所感である。

今が辛抱の時なのかもしれないが、筆者が憂えるのは、上で述べたような「技術移転のための諸要素」、つまり技術移転についての正しい認識、UTMやTLO等の技術移転を遂行するための専門職の育成・導入、Start-ups起業・育成のためのVCやPOC等の組織の育成、これらの重要性に対する産業界の真の理解と実行、などがいつできるのかが全く読めない点であり、これらの完備こそが、技術移転が「アベノミクス第3の矢」の一翼を担うための重要なカギであるため、多少寂しい現状であると言わざるを得ない。

5. 我が国の技術移転はどうすればいいのか

我が国の大学では日本版バイドール法が設定された以降、大学内の研究結果に基づく特許等は大学所有として扱われるようになった。TLO等の活動によってこれらの特許が企業にライセンスされ、製品化されることによって技術移転が日の目を見る。

なぜこれほど簡単なプロセスが我が国ではうまくいかないのだろうか。誰もが持つ疑問である。原因の分析が重要である。筆者なりの考えを示してみよう。

(1) 社会の認識不足

何度も述べたように、産官学すべてが技術移転の重要性を認識することが重要である。旧来から行われてきた非効率な「小規模共同研究」では何も生まれない。大学研究者を「短期雇用型の研究員」として扱っているにすぎない。繰り返すが、大学の研究者の活かし方こそがアベノミクス成功のカギを握っている。

(2) 技術移転によるベンチャー起業・育成が不可能な社会

ベンチャー起業・育成、それに続くM&Aあるい

はIPO（新規公開）による大学の基礎研究結果の実用化が可能な社会構造の構築が必要である。このためには、大学における技術移転に関する専門教育カリキュラムの導入ならびにこれを行う真の教育者の育成が重要である。

(3) UTMの存在がない

UTMに興味をもった若い人のための海外における比較的長期の実地研修体制の完備、国際教育組織ATTP（Alliance of Technology Transfer Professionals）参画によるRegistered Technology Transfer Professionals（RTTP）の育成、PhD、MBA、弁護士等の資格保有者のUTMとしての育成教育、などは基本中の基本である。UTMの存在は、真の技術移転によるイノベーション創生に必須であること、忘れてはならない。

(4) TLOやVCの絶対的不足

大学内外に36のTLOが存在するが、実際に活動しているのは数社であり、これでは技術移転によるイノベーション振興は不可能である。基礎研究の結果をベンチャー起業に結び付けるVCも大学周りにはほとんどない。一方で、欧米で学んだVCの専門知識をもった若い層は確実に増えつつある。政府、企業、金融機関等は新しいVC設立・育成に迅速に対応し、VCの独立性を担保しつつ資金的サポートを行うべきだろう。VCがTLOと協働することも重要であり、ベンチャー起業・ハンズオン型育成を行うことが重要である。このような新しい動きをサポートする体制をつくることが急務である。

(5) 大学内組織の弱点による技術移転事業の停滞

大学内には産学連携本部等の学内組織がある。技術移転等に関する業務を行う職員は非常勤職員が多く、教員の研究状況を正確に把握できる機会が少ない。また大学の職員の頻繁な配置転換が原因と考えられるが、知財の申請業務や取り扱いに関する知識を持った職員が不足している。実際の業務のTLOやVCへのOut-Sourcingは重要である。成功したTLOやVCの場合、社員は一般的に正規雇用であり、長期の接触が最も重要な「教員との関係」が密である。産学連携本部等には、大学知財の管理や契約を行う専門職だけを残し、TLOやVCの業務の遂行を効率化することに注力すべきである。

(6) 共同出願特許の乱立

大学において生産される基礎研究の結果を企業が大学と共同出願するケースが目立つが、都度相手企業が変化する場合も多々見受けられ、「共同出願特許」が混線状態に置かれるケースがある。このため共同出願特許が実行に移されることが極端に少なく、企業の「防衛特許」として使われることが多い。こ

のため最も重要な基本特許（大学単独出願特許）の有効利用も行われにくい。アメリカでは「大学単独出願」を遵守し、それをライセンスして使用していること、企業側は重々理解すべきである。これらをいかにして実用化へ移行するかはUTM, TLO, VCの重要な役割である。

以上、難問山積である。

「産学連携は無用の長物と化した」という声も聴くが、それは産学連携の重要性を理解していないということに他ならない。前述したが、「技術移転」は企業の基礎研究に要する膨大な人員と研究費を大きく削減し、開発研究に注力する機会を与え、アベノミクス成功の重要なカギの一つである国際的イノベーション創生競争力を高める唯一の手段である。忘れてはならない。

6. 京都における一つのトライアル

京都は産学連携には長い歴史と実績をもつ。国際観光都市としてはあまりにも有名であるが、京都にはベンチャー企業として出発して今でも創始者を頂にもつ企業が多い。産学連携によって新しい上場企業等が多く生まれつつある創業の町でもある。とはいえ、国際化が急速に進む昨今では常にイノベーション振興の新しい芽が必要である。

上で述べた我が国の「技術移転」の問題点は京都にも存在する。斬新な考え方が必要である。

京都では、25年前に小企業振興・育成のために「公益財団法人京都高度技術研究所（ASTEM）」が府市と産業界の共同で創設され、多くの事業を育成し

てきた。昨年、経済産業省と京都市の経済的支援により、ASTEMは初めてのプロパティである、京都市成長産業創造センター（ACT Kyoto）を設立した。ここでは広い意味での化学に立脚した産学連携に注力して企業化を図るが、我々はこの研究センターを中心に新しい「技術移転」の道を模索し始めた。

このセンターにはTLOやVCも入居しており、入居する研究グループのサポート体制も徐々に構築しつつある。加えて、「京都コモンズ」という地域あるいは全国の企業、大学、個人を会員とした自由な組織も活動しており、TLOとVCの連携による我が国が出遅れているTechnology Transfer Manager機能の確保とそれによるStart-ups発掘・育成のシステムづくりへの知的あるいは実質的サポートをはじめ、最新の科学技術の広範囲にわたる動向や政府予算の動向、特許システムの基礎から国際的動向、さらにはメンバー同士の事業紹介などに関する情報交換セミナーを頻繁に行い、イノベーション創生のための背景の素地開拓を始めた。このような地域の小規模なグループでの「技術移転」機能構築トライアルを最も効率よく行うためには、他国にできない我が国が得意とする「企業間の和の輪」を導入することが肝要と考えている。以上のような試みが技術移転で大きく出遅れた我が国が先進国アメリカの実績に追いつき、さらには追い越すための手段と考え、実行に移している。

狭いからこそできるトライアルが京都で進行中である。乞うご期待。



KYBが目指す技術開発

齋藤圭介*



企業としては当然のことではあるが、新たな市場を切り開くような「新製品」「新工法」の開発に、常に力を注いでいかななくてはならない。しかしながら、社内発表会の講評などで繰り返し申し上げるように、技術開発に関しては年を追うごとに、スピードを要求され、且つ、関連する分野は多く広がりつつある。「オープンイノベーション」という言葉のとおり、一つの部門や会社の知見のみで全てに対応していくことは極めて困難な時代を迎えている。同じ企業内の協力はもちろんのこと、お客様、異業種の企業あるいは海外を含めた大学までも巻き込んだ、新たな知見の融合を必要とする課題が目白押しである。

この中には、「新製品」という良い意味での発展に向かうものばかりではなく、市場での不具合などお客様に迷惑をかけるものも、その真因を探るためには自社の知見だけではどうにも解決できないものも登場しており、あらためて、幅広い様々な分野の方々との付き合いが必要であることを感じている。例えば、機械を動かす制御の不具合は、相応の専門家の意見が必要であろうし、また、これが材料の劣化によって引き起こされる場合などは、機械や電子メーカーの知見ではおおよそ解明できず、物質の奥深い挙動を理解する専門家の知見が必要かもしれない。

KYBにおいても、いくつかの部門で積極的に他の組織、企業のみならず大学や研究機関との連携も始まっている。たとえば、基盤技術研究所（以下、基盤研）においては他企業出身の専門家を招いたり、他分野の企業との共同研究がなされ、欧州の研究機関に研究者を派遣したり、招聘したりしている。今後は大学との包括的な共同研究契約も結ぼうとしているところである。また、新しい事業に挑戦している事業開発推進部も他の組織との交流が活発である。大学はもちろんのことベンチャー企業との共同開発も始まっている。今後、協業の成果を出していきたい。

企業の事情もさることながら、大学側も大いに改革が進んでいるようである。先日、ある場で大学の産学協力を担当している組織の方の話を聞く機会があった。これまで、ともすると企業と協力することには消極的であった大学も最近の変化は目覚ましく、むしろ大学側から積極的に企業にアプローチしており、知財の取り扱いなどの課題はあるものの企業との連携が今後ますます進む旨の内容であった。

KYBにおいても様々な研究所や大学がどのような研究テーマを行っているかということに関して常日頃からアンテナを高くしていることが必要である。現状においては技術企画部、基盤研や生産技術研究所の企画室、各事業部の担当部門で個々に実施されているが、今後は、いわゆる「技術調査部門」のような組織が幅広く国内外の動向を見据えるという必要性が高い。自分の周りの動き、狭い分野の動きばかりが気になるころではあるが、知財や論文も含めて、世界中の研究者が一体、今、何に興味を持っているのか？あるいは各企業の悩みを解決する知見のある研究者はどこに誰なのか？こういった活動にも注力していく。

また、本当に社会から求められるものをどうやって生み出していくのかということも考えてみたい。企業が新しい商品や生産方法を検討していく上で大きく三つのタイプがあると思う。

一つ目は、お客様の要求に応えるタイプのものがある。厳しい性能、コスト、納期に対応していく。このタイプの仕事は数多くある。

二つ目のタイプは自己の持つ潜在的な技術を開花させていくタイプ。各企業を持つ核となる技術を深化、発展させて社会やお客様に提案していく仕事である。スケジュール管理などが一つ目のタイプに比べて少し難しいかもしれないが、これまでの蓄積を生かし、世の中のニーズを探るという作業である。

三つ目のタイプは二つ目のタイプと少し似ているが、市場のニーズというよりは「社会はどうなるのか。あるいはどうなるべきなのか」という視点から

*当社取締役専務執行役員

それに必要なものは何かを生み出していくというタイプである。典型的な例は、しばらく前から今に至るまで悩み続けている「省エネルギー、新エネルギー、環境対応」などのキーワードで語られる技術分野である。特に日本においては、資源、エネルギーに恵まれていないという観点、あるいは国土が狭く環境問題がいち早く顕在化してきたという観点から、これらの制限が新しい技術を生んできているという分野である。この分野は、今や世界の直面する大きな課題である。また、もう一つ日本が抱える大きな課題は「高齢化社会への対応」である。世界的には人口爆発といいながら、高齢化社会を迎えようとしている国は多い。安全・安心というキーワードで想起される技術開発課題、社会課題の解決手法がイノベーションの源泉であろう。この分野もまた、世界に先駆けて手がつけられている。広い意味では医学（予防医学を含む）、介護などもこの分野に含まれるであろう。

さて、この三つ目のタイプにおいて、次なるキーワードは何か？いかなる制限が我々人類にもたらされるのか？各国で問題になっている水＝食糧問題か？あるいは生き甲斐、働き甲斐、心の問題などのより精神的な複雑な世界に入っていくのか？

我々の社会がより良くなるためにKYBは何ができるのか？或いはしなくてはならないのか？大いに議論したいものである。

KYBはこれまでメカの分野を中心に大いに技術蓄積をしてきた。特に油圧に関する技術の蓄積は特筆すべきものである。基盤研では、この分野の知見

を一層集積し、ぜひとも海外の油圧に関する研究者が日本を訪れた際には、「KYBを訪問して意見交換をしてみたい！」と言われるような組織となるべく努力して欲しい。また、同時に今後は制御や電子というキーワードが多くの分野に絡んできている。特に将来の方向性として「センサー」や「通信」という分野の必要性が膨らんでいくこととなろう。単品の商品を客先に売ってきたというビジネスモデルからメンテナンスやサービスという分野にビジネス展開をしていくためにも必須の技術分野である。数少ない専門家を増やしながらも効率的に開発を実施していくことを意図して、数年前に電子技術センターが立ち上がった。課題も少なくないが、今後も直面している課題解決を図りながら事業と一体となって発展していくことを望んでいる。

また、「新製品」に加えて非常に重要なことが「新工法」である。これも工機センターを立ち上げ、KYBグループが使うすべての製造装置の知見を一か所に蓄積し、国内外の製造装置メーカーの特質を把握し、全体として設備投資費用を適正化したいという目標を持ち活動している。現段階でグループ全体の設備投資に占める工機センターの活動の比率は未だ低くとどまっているが、今後、複雑な製造設備の初号機は工機センター製となることを目指して欲しい。

全ての関係者が高い目標を掲げ、苦しみながらも仲間と共に達成感のある仕事に出会い、やり遂げていけるような環境を技術担当役員の責務として整えていきたい。



「創刊25周年記念」特別企画

KYBグループにおける電子機器製品開発と将来展望

松田 宏平

1 はじめに

KYBは油圧機器製造が生業であるが、電子機器製品の開発は意外に古くから取り組まれている。

著者がKYBに入社した1987年には、現在の基盤技術研究所の前身である技術研究所において、エレクトロニクスチーム、ソフトウェアチームという基礎研究チームが存在し、当時から油圧機器の電子化開発テーマが何件も進められていた。また、後述するが、岐阜北工場では電動パワーステアリング（以下EPS）の量産に向けた開発が行われていた。

現在、あらゆる分野の製品で電子技術は当然の様に組み込まれており、当社グループ内においてもその位置付けは重要なものになっている。

本報では、今までの当社グループにおける電子機器製品の開発状況を通じ、今後、当社グループに求められる技術力、方向性などについて述べてみたい。

2 KYBグループの電子化技術の状況

本報執筆にあたり調べてみると、当社の電子化技術の状況は、1970年代前半頃から既に取り組みが始まっていた。その内容は基本的にメカニカルなリンクなどで構成された機構を、電子制御に置き換える方法が主体であった。

その後、センサメーカーで各種センサの開発が進んだことにより、母機の多くの状態量（情報）を精度よく検出できるようになった。これにより、このセンサ信号をコントロールユニット（以下ECU）に取り込み、高性能なフィードバック制御ができるようになった。

このフィードバック制御を行うのは、マイクロコンピュータ（以下マイコン）に搭載されたソフトウェアである。この方式をソフトウェアサーボと呼ぶが、アナログ回路などハードウェア主体で構成された従来のECUに対し、回路の簡素化、サイズ、コスト、開発効率などの多くのメリットをもたらした。

このように、センサとマイコン制御の技術によって、当社も含めた世の中の電子化技術は、飛躍的に向上した。

以上のような動向の中、当社が関わる製品の電子化の流れも、過去から大きく変わってきている。

先ず、当社の油圧機器での電子化は、制御性の向上、油圧の配管レス化（油漏れ対策）という点が基本的な目的であった。しかし、環境問題という社会的動向から、従来の目的に加え、省エネルギー化、高効率化という新たな課題が求められてきている。

次項で紹介するが、油圧の余剰エネルギーを回生し、バッテリーに蓄電する建設機械のハイブリッドシステムは、代表的な製品例である。

また、当社の乗用車用EPSは、量産化されてから既に20年以上になる。今では他社も含め適用車種も拡大され、“EPSが目新しい技術”という認識は殆どの方が無いであろう。しかし、この分野もステアリングの“電子制御による油圧の代替”という技術課題は、電子部品の進化と共に十分な市場実績が得られ、現在はドライバの運転支援や安全性といった新たな課題への取り組みが始まっている。

更に、当社の会社方針では、電子機器の内製化が挙げられ、2010年にKYBトロンデュール(株)を完全子会社化し、その後、2012年に電子技術センターが設立され、当社の電子機器開発は一気に拍車が掛かった。

このような状況の中、今後、当社グループは、電子化技術という面で多くの課題に取り組む、解決して行かねばならない。このためには、過去の経験と世の中で既に開発された技術を有効に取り込み、効率よく開発を進めていく必要がある。それは、当社グループの電子化技術は、新規技術開発面より、既存技術を上手く流用し、システムとしての新規性を提案することが重要だからである。

3 主な製品の電子化変遷

ここでは、当社の代表的な電子機器製品を取り上げ、電子化の変遷について述べていく。

3.1 電動パワーステアリング (EPS)

3.1.1 小型乗用車、レース用EPS

当社の中でも意外に知られていないが、EPS開発の歴史は古く、1988年軽自動車向けから量産が開始された(写真1)。



写真1 軽自動車向けEPS

EPSは乗用車の省エネルギーを狙いとして開発されたシステムであり、動力を直接エンジンに依存していないため、エネルギーロスを低減できることで、約3%の燃費向上が見込まれる。これにより、乗用車向けEPSの開発は、競合他社も含め増加し、約10年程で1500ccクラスの小型車まで展開された(写真2)。



写真2 小型車向けEPS

当時、EPSの普及に大きく寄与した技術は、パワー半導体^{注1)}と安価で扱いやすいマイコンの進化であり、各半導体メーカーもEPS向け専用のデバイス開発を盛んに行っていた。

また、当社のホームページでも紹介されているが、このEPSをレースカーやパワーボートに適用してい

る。当社はル・マン、パワーボート、国内GTレースなど70%以上のシェアを有しており、EPSはドライバの負荷を軽減させ、好成績を収めることに大きく寄与している(写真3)。

注1) パワーMOS-FET, IGBTなどの大電流を駆動できるトランジスタ。

2004



写真3 レース用EPS

3.1.2 高出力・高性能化

その後も、EPSの車両展開は更に進み、適用車両も中～大型車へと広がり、EPSには高出力化が要求され始めた。これに伴い、電動モータは従来のブラシ付き直流モータから、磁気回路に希土類磁石を使用したブラシレスモータが採用されるようになってきた。

その理由は、高出力化を実現するため、EPSモータに高トルクが要求され、その結果、モータ電流値も高くなり、機械的な接触を持つブラシ付きモータでは熱的な課題が生じるからである(写真4)。



写真4 ブラシレスEPS

前述の様に、パワー半導体とモータ制御関連IC、それに加えてマイコンの進化と共に、現在、EPSは小型～大型の多くの車種に搭載されるようになって

きた。

また、電動モータもブラシ付き直流モータから高トルクを発生できるブラシレスモータの採用が増えてきており、ステアリングのアシスト制御はEPSメーカー各社でオリジナルの制御を付加し、現在では、ドライバも自分の愛車がEPSなのかすら気付かない程の操舵フィーリングが実現されている。

更に、自動駐車やレーンキープなどEPSと画像やセンサを利用し、操舵アシスト以外の“運転支援”機能が搭載された市販車が多く見受けられるようになってきている。EPSは単なる“パワステ”だけではなくなってきた。しかし、EPSの普及によって、近年、大きな課題が生じてきた。それは、適用車種が大型化することによる、システムが失陥した場合の安全性である。

従来、システムが故障した場合、EPS機能を停止し、人力によるマニュアルステアの状態に切り替えて安全性を確保していた。車両が走行していれば、ステアリングはある程度の力で操舵でき、危険を回避できた。ところが、2トン近くの車両になると、マニュアルステア時の操舵トルクが大きくなり、走行時でも人力のみでは操舵が困難になってくるのである。マニュアルステアによる安全性の確保は、EPSの最後の砦であり、カーメーカー各社ともこの課題を解決する方策を検討し始めた。

この課題を解決する方策として、近年クローズアップされているのが、フォールト・トレラント(Fault Tolerant, 以下FT)と呼ばれる設計である。

FT設計とはシステム設計の手法であり、システムの一部に問題が生じて、全体が機能停止するということなく(たとえ機能が縮小しても)動作し続けるようなシステムを設計するものである。

この考え方は既に航空機の多重系システムに採用されているが、EPSも異常発生時にマニュアルステア状態に移行するまでに、最低もう一段階のサブシステム機能を付加する構成が求められてきている。当社もカーメーカーと連携し、システム構成の検討を進めている段階である。

ここで、一例として、2013年に日産自動車(株)殿向けに量産を開始した“高機能EPS”の紹介をしたい。技術的な詳細内容は、後述の記事を参照されたい。

(高機能EPS用ECUの開発・P49, 高機能EPS用電動モータの開発・P54)

高機能EPSは、“ダイレクト・アダプティブ・ステアリング(以下DAS)^{注2)}”と呼ばれ、世界初めて量産乗用車にバイ・ワイヤ技術を活用したステアリングシステムということで話題を呼んでいる。

システム設計は日産自動車(株)が担当し、当社は

システム要求を満足するためのECU、電動モータを含んだアクチュエータギヤの開発を担当した。

このシステムは、ステアリングに操舵反力を発生させる反力モータ、ステアリング角度に応じ、タイヤ舵角を制御する2つの転舵モータ、これらのモータを制御する3つのECUで構成されている(写真5)。

このシステムは将来的に自動運転を目指したシステムと言えるが、安全性も従来のEPSとは異なり、上述のFT設計の考え方も実現されている先進的なシステム構成をとっている。

3つのECUはそれぞれ相互監視を行い、発生した失陥モードによってシステムの状態構成を変化させ急激なステアリングアシスト力の変化を発生させない設計を実現している(図1)。

注2)ダイレクト・アダプティブステアリングは日産自動車(株)の商標。当社では高機能EPSと呼ぶ。

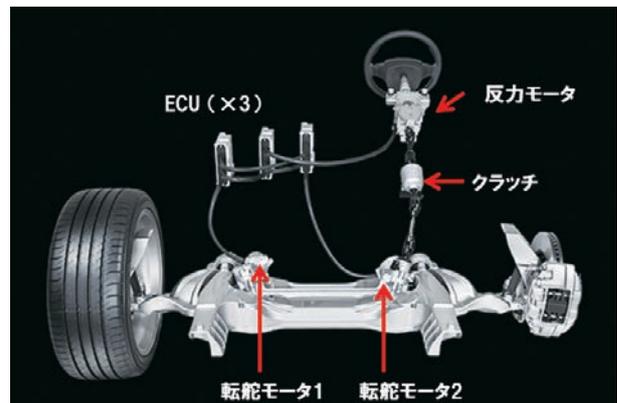


写真5 DASシステム

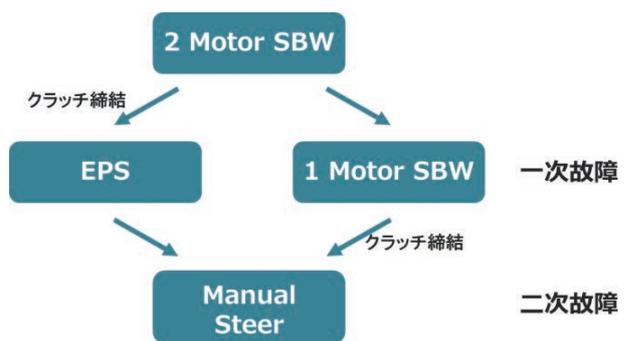


図1 DAS-ECU相互監視による状態遷移

以上、当社のEPS開発の変遷についてまとめてみたが、EPSは当社の電子機器製品開発の中でも大きなウエイトを占めるアイテムであり、今後も継続して開発に注力していく。

3.2 産業車両・建設機械

続いて、産業車両・建設機械等の油圧機器分野の電子化開発について触れてみたい。

3.2.1 産業車両

バルブスプールをソレノイドでリニアに制御する電磁比例弁は、農業機械への適用から始まり、産業車両へと応用展開されている。写真6は、フォークリフト用電磁比例弁のECUであり、電磁比例弁5連とON/OFFソレノイド3ch駆動、12V/24V電源に対応し、応答性向上、ショックレス機能とチルト自動水平機能を搭載している。写真7はこのECUが搭載された車両例である。

また、このシステムに使用されるソレノイドは、当社のグループ会社である(株)タカコで生産されている。



写真6 比例ソレノイドECU



写真7 比例電磁弁ECU搭載車両

上述した電磁比例弁を代表として、従来開発してきた油圧機器用ECUは、いずれもソレノイド駆動を主な機能とする類似した構成であった。

しかし、ECU開発を製品毎に個別対応するため、開発工数や費用がかさむ結果となった。また、電子部品のコストにおいては、生産台数も乗用車の様に多くないため、コスト低減が困難であるという課題が生じていた。

そこで、開発期間短縮とコスト低減を図るべく、ハードウェア・ソフトウェアの共通化を行い、様々な製品に共通利用可能な標準ドライバの開発を行っている（図2、写真8）。

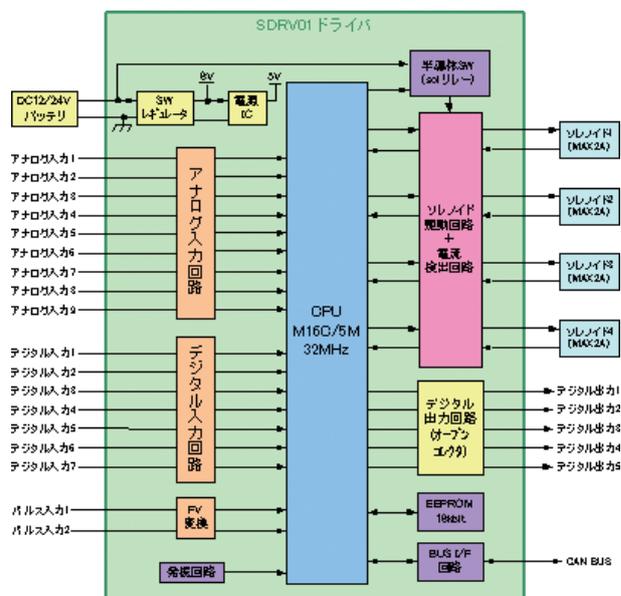


図2 ソレノイド標準ドライバ機能ブロック



写真8 ソレノイド標準ドライバ

このドライバは、建設機械や農業機械で共通に利用できる仕様を盛り込み、電源電圧DC10～32Vの範囲で作動し、電流制御範囲0～2 A(max.)、ソレノイド4chが比例駆動できる。

今後、関連する事業と評価を進め製品化に繋げるとともに、製品化計画に応じて、シリーズ化検討も含め電子制御油機の拡大に貢献していく。

3.2.2 建設機械

また、建設機械においても電子化により省エネ対応の開発が行われている。KYB技報41, 43, 44, 48号で技術解説が掲載されているが、ハイブリッド建設機械用電動油圧省エネシステム（以下EHSS）である。当社としても建設機械は、自動車事業と並ぶ油圧機器事業における主力製品のひとつであり、その開発結果も大きな注目を集めている。

この開発の中で重要な位置付けとなるのが、油圧から回生されたエネルギーを効率よく電気エネルギー変換し、蓄電する技術である。

バッテリーは乗用車分野で急速に開発が進み、大容

量で安価なりチウムイオンバッテリーが入手できるようになり、複数のバッテリーセルの充放電を制御するデバイスもICメーカーからリリースされている。省エネルギーにおける蓄電技術は様々な分野で共通的な技術であり、今後も更に進化することが予想される（写真9）。EHESHは、省エネルギーを狙いとした油圧機器と電子技術を融合した代表的なシステムの一つである。



写真9 EHESSバッテリーシステム

3.3 ドライブレコーダ・通信端末

下述製品は当社にとって、前述の電動モータやソレノイドと言ったアクチュエータを制御するコントローラではなく、電子機器単体で機能を実現する製品の一例である。

3.3.1 ドライブレコーダ

まず、ドライブレコーダを紹介する。

ドライブレコーダは、自動車の安全基準の策定や改良を目的として、交通事故の実態や原因を正確に把握することを目的に開発された。

従来の交通事故分析では、交通事故に至った状況を当事者の証言や車両の破損状況などから推測しており、精度に限界があった。この課題をドライブレコーダによって事故前後の画像や加速度をメモリに記録し、再生画面で確認できることから注目され、タクシー等の営業車で運用されている（写真10、11）。



写真10 ドライブレコーダ (DRE-100)



写真11 再生画面例



写真12 バイク用ドライブレコーダ (DRE-200)

その後、乗用車向けに開発されたドライブレコーダは二輪車搭載へと展開され（写真12）、更にバスやトラック向けにカメラを4ch搭載したモデルが開発されている（写真13）。



写真13 ドライブレコーダ (DRE-401)

3.3.2 通信端末

次に汎用携帯網、GPS、衛星通信を利用した通信端末製品を紹介したい。

本製品は無線通信を利用し、搭載機器の位置情報や稼働時間によるメンテナンス管理を行う目的で開発された。無線通信技術は、当社にとって全くの異分野であったが、KYBトロンデュール(株)をグループ化したことで当社の新たな技術として展開された製品である。

公共の無線通信網を利用した端末であるため、仕向地に応じた電子機器の認証評価が必要になるが、KYBトロンデュール(株)と連携を取り、現在製品化の目途付けができた(写真14)。

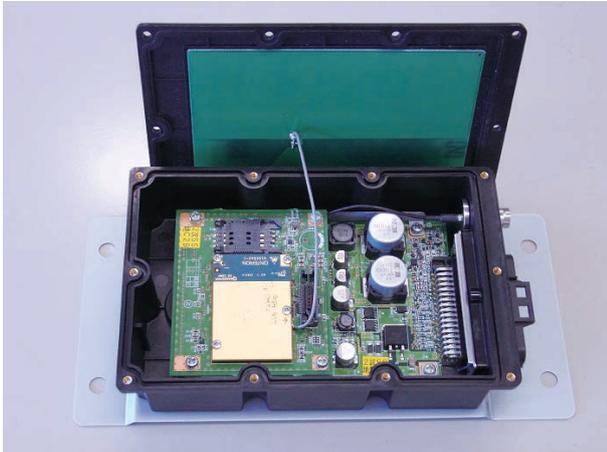


写真14 通信端末

以上、ドライブレコーダや通信端末の様に、従来当社にはなかった技術分野の電子機器製品も開発が行える体制が整ってきた。これらの製品には、画像処理、無線通信といった今後、様々な製品に展開できる技術要素が含まれている。この様な技術開発を進めることは勿論であるが、単なる一つの技術としてではなく、複合化による更なる付加価値向上の可能性検討など、当社製品への応用展開へと発展させていきたい。

4 今後の展望

ここまで概略の内容ではあるが、当社グループ製品の電子化変遷について述べてきた。当社の電子機器製品は、本報にて紹介した製品以外にも多くの製品が存在している。

スマートフォンに代表される家電業界や、自動運転の研究が盛んに行われている自動車業界、大きなパワーを必要としながら、省エネルギーを求められる建設機械と様々な業界や分野で、電子化技術は今後更に高度化、複雑化し、大規模化していくことは間違いないと思われる。このような状況の中で、当社の電子化技術にとって、今後、重要で注力すべき課題は“ソフトウェア開発プロセス構築”と“システム設計力強化”と考える。

4.1 ソフトウェア開発プロセス構築

一般的に電子化というと、とかく抵抗、コンデンサ、トランジスタと言った電子部品(ハードウェア)が頭に浮かびやすい。しかし、これらは電子機器を

構成する一つの要素であり、これらをどう機能させ目標の性能を達成するかのものである技術に“ソフトウェア”を忘れてはならない。では、ソフトウェア技術には、どのようなことが求められているのだろうか。

従来ソフトウェアに求められた技術には、例えばC言語といったプログラム言語を使い、如何にコンパクトに効率良く(速く)マイコンを動作させるかというプログラミング技術に重きがあった。

当社の開発を振り返ってみると、この技術をソフトウェア開発に関わる技術者の“個人技量”に頼っており、アウトプットされるドキュメント類の内容やレベルも技術者によってまちまちであった。

このため、“開発者に製品が付いて回る”状況がよく見かけられていた。つまり、開発者しか分からないソフトウェアであった。

しかし、最近の動向では、ソフトウェアを含めたシステム開発のプロセスを定義し、それぞれの開発ステップでのインプット/アウトプットを明確化しドキュメントを残していく必要がある。

本号にISO26262(機能安全)に関する記事(EPSS開発におけるISO 26262対応への取組み, P113)が掲載されるので、詳細はそちらを参照頂きたいが、現在、自動車関連の開発にこのような開発プロセスが求められている。この動きは近い将来、建設機械や産業車両関連にも展開されることが予想される。現在、当社でも開発プロセス構築の取り組みを進めている状況であるが、ここでの活動結果を標準化して運用に繋げ、当社グループ全体の今後の開発に水平展開して行きたい。

4.2 システム設計力強化

もう一点の重要課題は、ハードウェア、ソフトウェア共通に言えることであるが、電子技術者のシステム設計力の強化である。

従来、当社グループでの電子機器開発は、あくまでも各事業からの要求仕様に基づきQCDを満足するものであり、いわゆる“受け身”の狭い範囲での開発であったと言える。当社は油圧機器メーカーであるが故、当然ではあるが、今後、開発を通じシステムを十分理解し、電子技術面からの提案を積極的にできるような力を付けなければならない。自動車、建設機械、産業機械など母機と、そこから要求される機能をブレークダウンし、最適な設計を行い、プラスアルファの提案をしていくのである。

そのためには、各事業と一体になった開発が必要である。例えば、事業に入り込んだり逆に事業側からの技術者を受け入れるなど、体制面の見直しも必要であろう。

また、以上の課題への取り組みを進めていくことで、将来的には海外拠点での電子機器製品開発・生産という展開も必要になってくるだろう。

まだまだ国内の開発体制も漸く整い始めたばかりではあるが、既にグローバル展開が進んでいる中、電子機器開発の要求は多々あり、それにレスポンス良く対応していくことも重要な課題と認識している。

5 おわりに

以上、当社のグループにおける電子機器製品開発の変遷と今後の展望について述べてきた。

今回一部ではあるが、当社製品の電子化の変遷を整理してみたが、電子化技術の重要性と技術の要求レベルは年々高くなっていることを再認識させられた。

今後も、当社における電子機器製品は油圧機器への付加機能の役割のものから、油圧機器の代替となる製品まで増えていくだろう。

また、私たちの身近な例を挙げると、自動車の自動運転では目的地を設定すれば最適ルートが車を選択し、見知らぬ道路でも安全に移動してくれるようになる。これは既にも実験レベルでは実現可能なところまで来ている。こんな一昔前では夢のような技術も、電子技術の発展によってどんどん現実的なものになっている。

当社では2012年に電子技術センターが設立され、2013年には、電子実験棟を新設し、設計・評価面でのリソースは飛躍的に整備された。また、KYBトロンデュール㈱においては第二工場を新設し、最新の製造設備も整ってきている（写真15、16）。

我々電子技術者に求められることは、これらのリソースを有効に活用し、事業との連携を深め、業界の動向にアンテナを張りそこに追従していき、電子技術が当社の製品分野に大きな貢献ができるコア技術となるべく活動していくことである。

著者



松田 宏平

1987年入社。技術本部電子技術センター開発室長。技術研究所、岐阜北工場、基盤技術研究所を経て現職。電子制御コントローラの設計・開発に従事。



写真15 電子実験棟



写真16 KYBトロンデュール(株)第二工場



「創刊25周年記念」特別企画

萱場資郎賞の40年と技術・製品の変遷

吉本 勉・清水哲郎・小川義博・宮能治
(KYB技報編集委員会)

1 はじめに

KYBは、今年の3月10日に創立80周年を迎えた。このKYB技報も今般、創刊50号（期間にして25年）を迎えることになった。また、KYBには『萱場資郎賞』という表彰制度があり、これは40周年を迎える。KYB技報では、10号単位で特別企画としてKYBの歴史や、創業者である萱場資郎氏に関する事、ならびに萱場資郎賞の最優秀賞に関する事が述べられてきた¹⁾。本報では技術・製品開発の変遷に着目し、40年という期間の中で、受賞した製品が時代と共に変化する様相を述べてみたいと思う。



写真1 故萱場資郎氏（1945年当時）

2 萱場資郎賞とは

『萱場資郎賞』とはKYB及びグループ会社に適用する表彰制度である。優秀な研究もしくは開発を行ったことにより、当社の技術水準の向上及び経営業績に大きく貢献した者を表彰し、その成果を称えとともに、研究・開発を強力に推進して、当社の発展に役立てようとするものである。表彰式は故萱場資郎氏の一周忌を機に1975年より、その命日である5月12日に行っている。制度創設の当初はKYBのみが対象であったが、昨今のグループ会社の増加に対応すべく、これらも表彰の対象としている。

KYBグループの従業員が独創的な視点で考案、技術開発された案件は、下記の区分に分類され、選任された社内の審査委員によって厳正に審査が行われる。

- ①発明・考案
- ②技術開発
- ③製品開発
- ④生産技術開発

表彰されたものは、形となって世に出て行ったものであれば、読者各位の目に入ったものもあるだろうし、その中には業界を圧倒したものもある。また、

製品を造りだすための生産技術や解析技術なども含まれる。

賞級は「最優秀賞、優秀賞、奨励賞」となっており、表彰の詳細については第3項で述べることにする。

なお、エントリーを行ったものの、残念ながら表彰に至らなかった案件も多く存在するのが実態である。

これら案件も、KYBグループの技術水準の向上と経営業績に大きく貢献していることを取って申し述べておきたい。

3 今までの表彰履歴について

第1回（1975年）～第39回（2013年）までに表彰されたものは全255件（最優秀賞が21件、優秀賞が86件、奨励賞が148件）となっている。ここでは、表彰件数の推移と、技術分野や関連する事業分野について分析し、傾向を明らかにする。

なお、前述の通り、萱場資郎賞には3つの賞級があるが、製品の変遷について述べる都合上、賞級には拘らずに述べることにする。

3.1 表彰件数の推移

図1に第1回～第39回までの表彰件数の推移を10

回単位でまとめたものを示す。第1回から10回までは54件であったものが、徐々に件数を増やし、第31回から39回では70件にまで上り、上昇傾向を維持している。この上昇傾向からすると、第31回～40回には80件に到達する勢いである。表彰件数が増えている要因としては、絶え間なく研究開発が活発に行われていることに加え、電子機器をはじめとする新しい事業分野への参入が要因となっている。

また、表彰案件の技術分野を示したものを図2に示し、「技術・製品開発」と「生産技術」に分類した結果、前者が84%を占め、後者が16%となった。

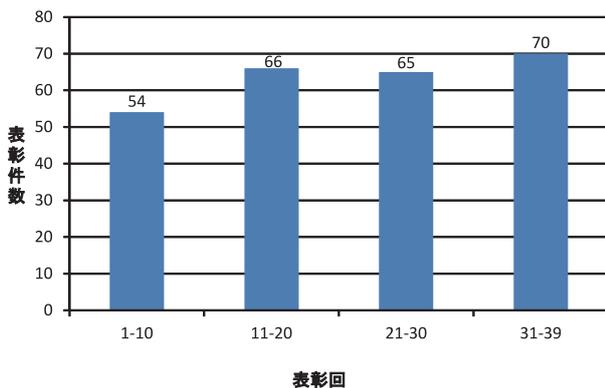


図1 表彰件数の推移

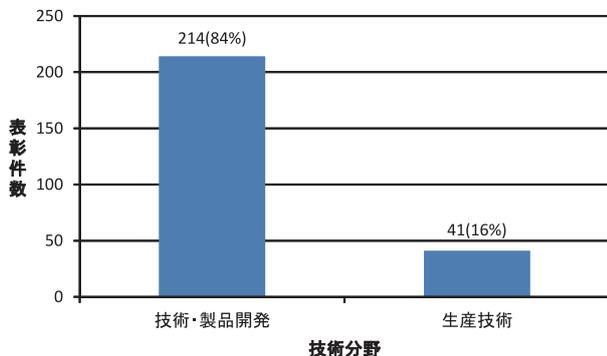


図2 表彰案件の技術分野

3.2 事業分野別

KYB及びグループ会社には幾つかの事業があり、ここでは表彰案件が適用された事業分野について分析する。その結果を図3に示す。

事業として挙げたものとしては、自動車や二輪車機器を扱うオートモーティブコンポーネッツ事業（以下AC）、建設機械やその他産業用の油圧機器を扱うハイドロリックコンポーネッツ事業（以下HC）、コンクリートミキサ車などを扱う特装車両事業（以下、特装）、装置（舞台機構や免制震ダンパ）、電子機器、その他とした。なお、KYBグループはACやHC、特装に寄与する構成部品や製品を提供しているグループ会社を保有しており、これらの会社との連

名での表彰も行われている。

また、新規・共通分野は新規の事業や共通の技術分野を示し、その他とは既に撤退した事業製品を示す。

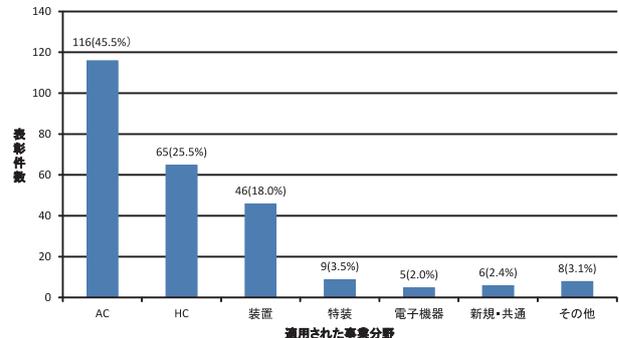


図3 表彰案件に適用された技術分野

図3によると、表彰が最も多いのはACで116件（45.5%）と大半を占め、次いでHCで65件（25.5%）、装置で46件（18.0%）となっている。

電子機器は6件（2.0%）と低い割合を示したが、第24回（1998年）の比例ソレノイドの開発以降、電子制御システムのコントローラ、センサ、ドライブレコーダ、電動モータの開発で表彰されており、KYBグループの電子制御技術力の向上が読み取れる。なお、現在、電子機器に関しては、KYB内に電子技術センターを設立し（2012年4月）、グループ会社であるKYBトロンデュール(株)（2010年6月に子会社化）との連携により、設計・製造技術力の向上に貢献している。

また、新規・共通分野の6件の内、2件は水圧機器と圧縮水素ガス用減圧弁²⁾であり、KYBとして新しいジャンルを切り開くものであり、今後もこのような表彰が増えることを期待したい。

4 製品毎にみる技術の変遷

本項では、KYBにおける幾つかの製品群に着目し、萱場資郎賞を受賞した技術や製品開発において、その製品の技術的変遷を述べてみたいと思う。

製品群として、ショックアブソーバ（以下SA）、パワーステアリング（以下PS）、フロントフォーク（以下FF）/リヤクッションユニット（以下RCU）、油圧機器（建設機械、産業用車両、航空、鉄道）、装置その他が挙げられる。SAに関してはKYB技報第47号にて「制御サスペンションの変遷³⁾」として詳細に述べられているので、これに譲るものとし、ここではFF/RCU、PS、油圧機器に関して述べる。なお、各製品群の執筆は、その専門分野に精通し

た人財から情報を受領、または執筆をお願いしている関係上、説明する切り口がそれぞれで異なることをご了承願いたい。

4.1 フロントフォーク/リアクッションユニット

二輪車用緩衝器であるFFとRCUでは26件が表彰されており、時系列で見ると、二輪車に求められてきた性能とそれに応える構成機器の変遷がわかる。ここでは、時代背景とともに表彰製品を幾つか紹介してみたい。

(1)1975年～1980年代初頭

(二輪車の大型化・高速化)

この頃になってくると、二輪車は実用車中心であったものから、「ナナハン」と呼ばれる大排気量車やモトクロス（以下MX）車といったスポーツ系車両への人気が高まってきた。またサスペンション形式はストロークを大きく確保できるなどのメリットから、テレスコピック式^{注1)}が主流となってきた。

注1) 望遠鏡（テレスコープ）のように、2重の筒が嵌合してストロークする方式の総称で、最近のフロントサスペンションは、ほとんどがこの方式である。

1978年度に『1チャンバエア式FFの開発』が表彰されている。この開発品の特徴は、従来、金属スプリングのみによる反力発生機構であったものを、チャンバ内のエアスプリングと併用したことである。従来に対し、ショックの吸収を和らげると共に、良好な乗り心地と操縦安定性を確保したものであり、世界に先駆けて開発した。これは、MX車や大型ストリート車にも採用された（ただし、正立型FF）。

この年代にて基本性能が磨かれる中、ライダーの好みや走行条件、路面状態の変化や積載量の増減に対し、減衰力や車高を調整できる機能を追加したものが付加機能付きFFやRCUとして開発された。1980年度になると『アンチノーズダイブフロントフォークの開発』としての表彰がある。減衰力の調整方式は手動式と感应式、位置依存式があり、ここでは後者について紹介したいと思う。

図4にブレーキ油圧感应式アンチノーズダイブ（Anti Nose Dive、以下AND）機構の構造を示す。ブレーキ油圧力に比例してFFの圧側減衰力を制御する構造である。ブレーキ操作時にモジュレータ内のプランジャを押し、リリーフバルブの設定圧力を高めると、FFの圧側減衰力が高くなり、ノーズダイブ（沈み込み）を抑制する。

(2)1980年代～1990年代

(レース活動の活発化と新構造車両の模索)

1981年度に『82MXモデルの開発』、そして1988年度に『MX向倒立型FFの開発』が表彰されている。レース活動が本格化し、減衰性能の最適化や車体の

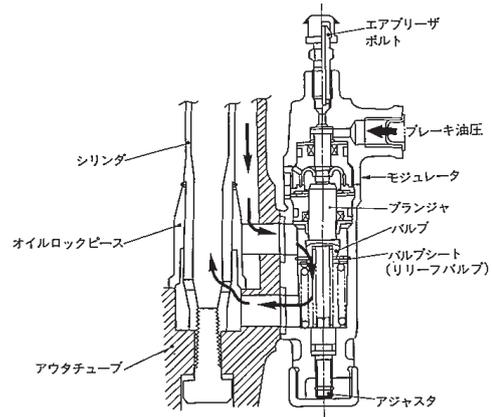


図4 アンチノーズダイブFF(ブレーキ油圧感应式)⁴⁾

高剛性化のための倒立型FFの採用へ繋がっていった。後者は従来の正立型FFと比較して剛性の高さがセールスポイントとなり、複数のお客様への納入を果たした。その後、バルブ改良やMX車向けの開発が継続的に行われてきた。

そして、1997年度には『二輪車用ロータリダンパの開発』が表彰された。これはRCUとして従来から存在するレシプロ式ダンパに代わり、ベーンを使ったロータリ式にするという世界初の画期的なものであった。ダンパ単体と車両搭載位置を写真2に示す。

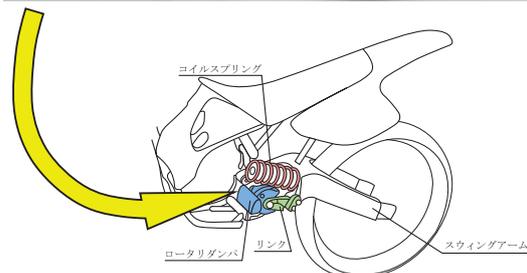


写真2 ロータリダンパ単体と搭載位置

(3)2000年代（サスペンションの高機能・高性能化）

2000年代に入ると大排気量車が増加し、これらに高品質が求められるようになってきた。サスペンションも例外ではなく、高機能・高性能化が図られた。2000年には『スーパースポーツ車系軽量・高性能FFの開発』が表彰された。これには幾つかの新しい技術アイテムが投入されており、「初」という文字が付くものが多かった。FFの作動性向上のためにインナチューブ摺動面へのチタンイオンプレーティング処理の実施、競合他社に対して大幅な優位性を有した「世界一軽量」、チタン合金製のボルトの採用など、技術の粋を結集しての製品と言えよう（写真3）。



写真3 スーパースポーツ系軽量・高性能FF

そして、2003年度にはKYBの二輪車向けでは初となる電子制御デバイスを用いた『電子制御ロータリストアリングダンパの開発』、2007年度には『スーパースポーツ車サスペンションの高次元性能化』が表彰され、その中にレシプロ式電子制御ステアリングダンパ⁵⁾があった。車両搭載状態を写真4に示す。

KYBではレシプロ式とロータリ式の両方をラインアップし、お客様のご要求にお応えしている。KYBグループ内製の電磁比例ソレノイドバルブによって圧力制御を行い、走行状態によって最適な減衰力を得ることができる。



写真4 レシプロ式電子制御ステアリングダンパ⁵⁾

(4)2000年代後半～2010年代

（低コスト化・Something New）

基本性能の向上に始まり、高機能・高性能化に関する表彰について述べてきたが、モノづくりに関する技術開発も着実に実施してきている。

2007年には『二輪倒立FFアウターのスピニング加工技術開発』が表彰されている。

スピニング加工とは被加工物を回転させながらへらやローラを押し当てて逐次成形する塑性加工法であり、従来の押し出し工法で必要であったボンデ処理とそれに伴う歩留り悪化の懸念が無い。写真5に加工前後の状態を示す⁶⁾。なお、この加工法は、2014年に（一社）軽金属学会から「小山田記念賞」を受賞するにまで至った技術である。

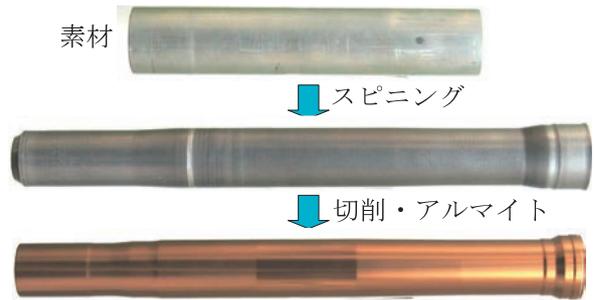


写真5 スピニング加工前後の外観⁶⁾

一方で、Something New（何か新しいもの）に応えるべく、2012年に国内メーカーとしては初である『電動調整式FF & RCU』⁷⁾が表彰された。

ステッピングモータによる減衰力調整と、電動モータによる油圧ジャッキでの車高調整を実現し、快適な走行を可能にしている。図5にFFの減衰力調整機構を示す。本開発品は快適装備と言えるべきもので、国内メーカーの高級ツアラー車及びオンロードからオフロードまで幅広い走行シーンを想定するマルチパーパス車に採用された。

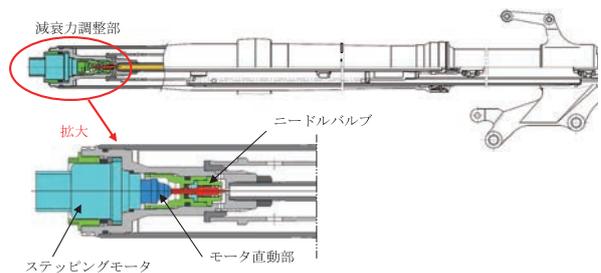


図5 電動調整式FFの減衰力調整機構部⁷⁾

これまで、年代別に二輪車のFFとRCUの技術の変遷を見てきたが、基本性能の向上に始まり、運動性能の向上への対応、高機能・高付加価値を付与すべく開発が行われてきたことが伺える。

4.2 パワーステアリング機器

自動車へのパワーステアリング採用は、日本ではトラックが1955年、乗用車は1966年からである。KYBでは1955年に自動車メーカーの開発依頼を受け

て以来、今日に至るまで開発を継続してきた⁸⁾。それは時代背景や市場ニーズ、付加機能の追加によるお客様の満足度向上につながっている。

PSでは38件の表彰がある。ここでは、KYBが手掛けた油圧PSシステムに加え、4輪操舵システムならびにPSシステムの電子制御化への進化、そして、ベーンポンプの生産で培ってきたノウハウを活かして開発したCVT用ベーンポンプについても触れる。

(1)油圧PSシステム

PSシステムには様々な形式があり、インテグラル式、ラック&ピニオン式他がある。KYBではインテグラル式を乗用車やトラック・バスに供給してきた。しかし、省資源や省エネルギーといった社会的背景もあり、小型・軽量な車両の前輪側エンジン・前輪駆動化に伴い、インテグラル式に代わって、現在の乗用車の主流であるラック&ピニオン式⁹⁾が登場し、1983年度に『R&P (ラック&ピニオン) 式パワーステアリングの開発』が表彰されている。

これは、インテグラル式よりも剛性を向上させた機構であり、PSギヤにバルブを省スペースで内蔵させ、競合他社製よりも車両搭載性に優れたものであった。インテグラル式におけるギヤや推力機構(ピットマンアーム)をラックチューブに収納した構造となっている(図6)。

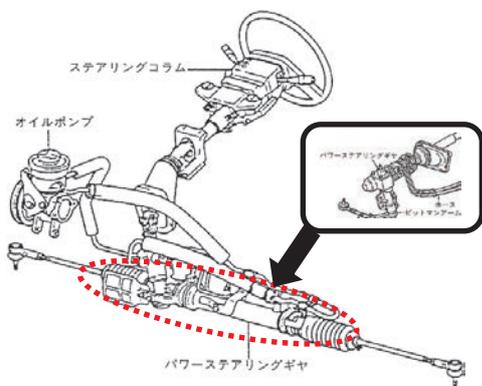


図6 ラック&ピニオン式PS¹⁰⁾

この後、1986年度の『反力制御式速度感応PSシステムの開発』や1993年度の『車速感応感度コントロール式PSの開発』などで表彰されている。また、油圧源であるベーンポンプもシリーズ化開発が進められ、幾度かの表彰がある。

(2)4輪操舵システム

前2輪の操舵に加え、車速とステアリング角度から車両の挙動を予測し、高速での安定性向上を主目的としたシステムが考案され、1986年度に『HICAS^{注2)}システムの開発』として表彰された⁹⁾。図7にシステム全体図を示す。操舵に応じて前後タイヤの位置

が変わっているのがわかる。

注2) High Capacity Actively Controlled Suspensionの略称で、日産自動車(株)が開発した電子制御式の四輪操舵機構のこと。

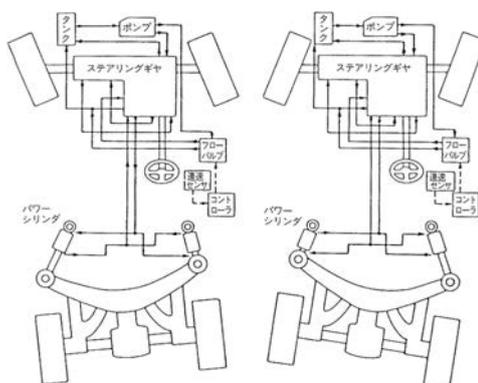


図7 HICASにおけるタイヤの動き¹¹⁾

なお、現在は油圧から電動に置換わり、HICASで得られたノウハウをベースに、後輪専用のギヤ付き電動アクチュエータ(Rear Active Steering Actuator, 以下RAS)として量産が続けられている(写真6)。



写真6 RAS外観

(3)PSシステムの電子制御化

世界的に省燃費や省エネルギー対応が叫ばれる中、PSシステムにもこれへの対応が必要になり、KYBとしても開発を進めてきた。大別すると、電動PS(以下EPS)と電子制御式省エネ油圧PSとなる。

前者については、2008年度には『ブラシレスタイプEPSの開発』が表彰されている。KYBは1988年にEPSを量産化して以来、軽自動車から1500ccクラスの乗用車に製品を供給し続けてきた。更なる性能改良と上位車種に適合するための出力向上を主とした製品開発を経て、2000ccクラスで、駆動源である電動モータをブラシレス式としたEPSを開発した(写真7)。ブラシレスモータの採用により操舵フィーリングの向上と最大アシスト力が向上し、車両レイアウトに適応した構成部品の配置を実現している¹²⁾。その他EPSでは、2006年度に『ATV用EPSの開発』や2009年度に『レース用EPS向けDCモ-

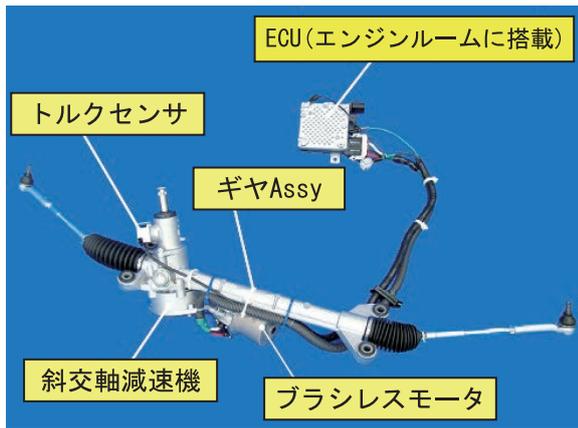


写真7 ブラシレスタイプEPS¹²⁾

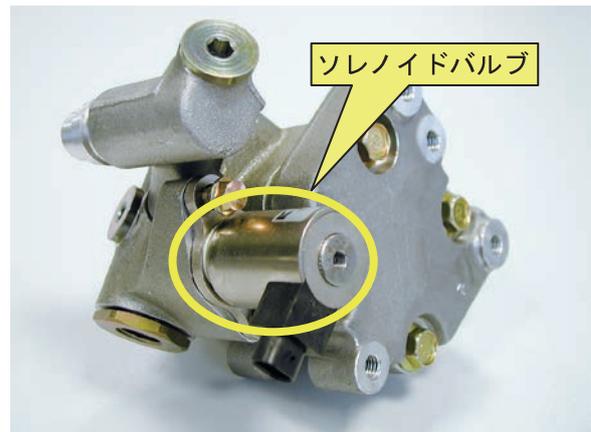


写真8 KEEPS用ポンプ外観

々の開発』が表彰された。

後者については、2009年度に『KEEPS^{注4)}の開発』として電子制御式の油圧省エネルギーPSシステムが表彰されている。システムを図8に、ポンプ(ソレノイドバルブ付き)外観を写真8に示す。

注4) KYB Electric Controlled Energy Saving Power Steeringの略称。KYB電子制御式省エネPSのこと。

このシステムは、ポンプの流量を制御することで、操舵力が不要なとき(直進時)のPSギヤや配管を含めた圧力損失による無駄なエネルギーロスを抑えるものであり、欧州系メーカーの大型乗用車に採用されていた¹³⁾。ポンプは勿論のこと、ソレノイドバルブもKYB内製である。

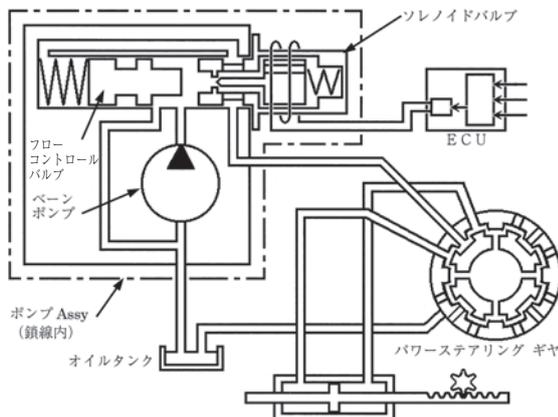


図8 KEEPSのシステム構成¹³⁾

(4)CVT用ポンプへの取り組み

無段変速機(Continuously Variable Transmission, 以下CVT)の油圧源としては、従来から主にトロコイドポンプが採用されていた。しかし、省スペース、高効率化、低騒音化、低コスト化という多岐にわたるニーズに応えるために、ベーンポンプが検討されることになり、KYBが開発に成功し、2004年の生産開始以来、新たな機種の開発や海外展開も進めてい

る。CVT用ポンプでは、2004年度に『CVT用ベーンポンプの開発』や2010年度では『軽自動車、小型車向けCVT用ベーンポンプ7K開発』で表彰されており、また、2005年度、2010年度、2013年度にはこれらの生産技術的側面での表彰が行われている。

このポンプの開発課題は、PSに比べて大流量で使用されるためのノイズやキャビテーションと、作動油のエア含有やコンタミネーション対策であった。写真9に量産初期のCVT用ベーンポンプの外観を示す¹⁴⁾。



写真9 CVT用ベーンポンプ(量産初期品)¹⁴⁾

ここでは、PSや四輪操舵システムに加え、CVT用ベーンポンプについて述べてきた。PSや四輪操舵システムは機能性向上と同時に電動化も進められてきた。また、CVT用ベーンポンプの開発は、新たな市場への参入を果たす結果となった。

4.3 油圧機器

KYBにおける油圧機器は、油圧の特徴を活かした様々な分野に活用されている。油圧ならではのパワーを制御する建設機械や産業用機械をはじめ、油圧をきめ細やかに制御する振動制御技術は、鉄道車

両に快適な乗り心地を提供し、創業者である故萱場資郎氏のDNAを色濃く引き継ぐ航空機向けシステムなどがある。まさに、萱場資郎賞の歴史は、その技術の変遷を物語っている。

油圧機器では65件が表彰されているが、その時代背景とともに、幾つか紹介してみたい。

(1)1975年～1980年代

1960年代の高度経済成長期、日本は東京オリンピック開催に沸く中、夢の超特急新幹線開業、首都高速道路の建設など、経済成長に追いつくべく急ピッチでインフラの整備が行われた。インフラ整備に欠かせない建設機械では1961年に油圧ショベルの国産化が始まり、以降、油圧機器を採用した様々な建設用・産業用機械が誕生していく。その発展とともにKYBの油圧機器は成長し、斜軸ポンプ、斜軸モータ、ギヤポンプ、多連弁など油圧システムの構成要素としての開発が盛んに進められた。

第1回（1975年度）に、『**小型内装ポジションコントロールバルブの開発**』が表彰された。農業機械用トラクタ向けのバルブであるが、小型化によるコストダウンにより低価格帯の小型農業機械用トラクタにも初めて採用されることとなった。

建設機械では油圧システムの高压化が求められる中、1977年度には国内外の競合他社に先駆けて28MPaで使用可能な『**高压ギヤポンプの開発**』が表彰されている。また1978年度には『**リリースバルブの振動解析**』が表彰されており、当時から解析技術にも力を入れていたことがわかる。

(2)1980年～1990年代

1980年代には電子制御技術で油圧を制御するシステム製品が登場する。1981年度には『**圧延ロール用油圧システム**』が表彰されている。本システムは、油圧源、増圧装置、高压ロータリジョイント、電気制御装置で構成され、いずれもKYBの設計製作によるものである。2本のシリンダを交互に往復運動させることにより連続的に圧力制御を行う本システムはシステム製品の先駆けとなり、KYBの油圧機器は構成要素からシステム製品の時代へと発展していく。

1987年度には『**農用トラクタ作業機のマイコン制御システムおよび機器の開発**』が表彰されている（写真10）。本システムは、農業機械用トラクタ作業機の昇降・傾斜を自動制御するマイコン油圧システムで、ソフトウェアとハードウェアを全てKYBにて開発し、油圧機器、電子機器、ソフトウェアを組み合わせたシステムは、KYBの高い総合技術力を発揮した製品である。市場ではその高い操作性で高評価を頂き、農業用自動制御システムは急速に発



写真10 マイコン制御システムコントローラ

展を遂げていった。

(3)1990年～2000年代

1990年代に入ると、電子制御技術のめざましい発展により、様々な電子制御油圧システムが製品化されている。その一つとして1996年度には『**鉄道用セミアクティブシステムの開発**』が表彰されている（写真11）。本システムは、鉄道用オイルダンパの減衰力を、車両の揺れに合わせて最適に電子制御することで、鉄道車両の快適な乗り心地に貢献している。電子制御された鉄道用サスペンションシステムは、量産車では世界初の技術として注目され、お客様から高い評価を頂いた。また本システムでは、ダンパの変位を制御に必要としているが、そこで使用される技術として1991年度に『**ストロークセンシングシリンダの開発**』、1993年度に『**ストロークセンシングシリンダ用磁気センサの開発**』も表彰されている。

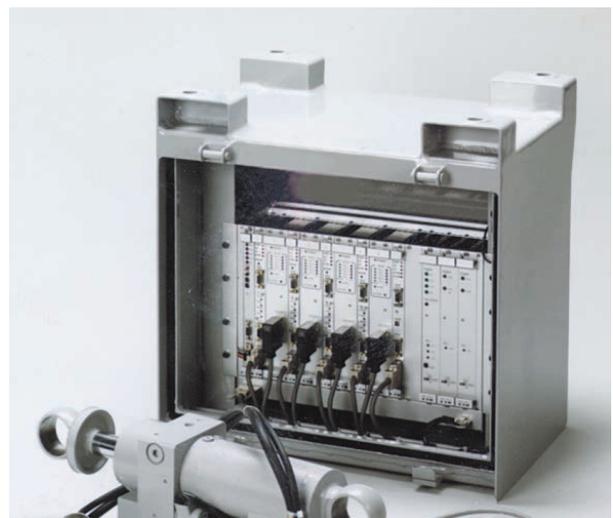


写真11 500系新幹線電車向けセミアクティブサスペンションシステム

(4)2000年～2010年代

2000年代では、2001年度に『**高压建機シールシス**

テムの開発』が表彰されている。本システムは油を単に止めるという技術でなく、油膜をコントロールする技術でグローバルNo.1のシールシステムを構築した。更に部品点数を削減することにより低コストかつシンプルなシールシステムとして注目された。

また2009年度には『ハイブリッドショベル向けアシスト回生システムの開発』が表彰されている(写真12)。建設機械メーカ各社から、地球環境負荷低を目的とするハイブリッドシステムを搭載した建設機械が登場する中、KYBも独自のアシスト/回生方式を搭載したハイブリッドシステムを開発している。自動車業界では一般的に成りつつあったハイブリッドシステムが建設機械にも採用され始め、時代は一層、環境・省エネへと進んでいく。本システムでは、蓄電性能やエネルギー密度に優れたリチウムイオンバッテリーを採用することで、連続した大きなエネルギーの回生やアシスト、非作業時を利用した充電機能を実現している。

図9にハイブリッドシステム全体の構成を示す。本システムは、従来の油圧ショベルシステムに電動モータ直結のアシストポンプ、回生モータを設け、アシストポンプの吐出油をメインポンプ吐出ラインに合流させている。また、旋回やブーム下げ時に発生する油圧回生動力を、回生モータを介してアシスト用ポンプの駆動力とするとともに、余剰な回生動力で電動モータを回し、発電した電力でバッテリー充電を行っている¹⁵⁾。

年代別に油圧機器の技術の変遷を見てきたが、単品製品の高性能、高機能化とともに、更なる高付加価値を付与したシステム製品開発へと推移してきている。東京オリンピックを契機にめざましく発展を遂げた油圧機器、2020年には再び東京オリンピックが開催される。更なる油圧機器技術の発展が予想されるが、地球温暖化の影響で建設機械をはじめとする各種機器においても環境への配慮が不可欠となるであろう。

5 おわりに

幾つかの製品群を対象に、萱場資郎賞の表彰履歴と技術・製品の変遷について述べてきた。



写真12 ハイブリッドシステム向けアシストシステム

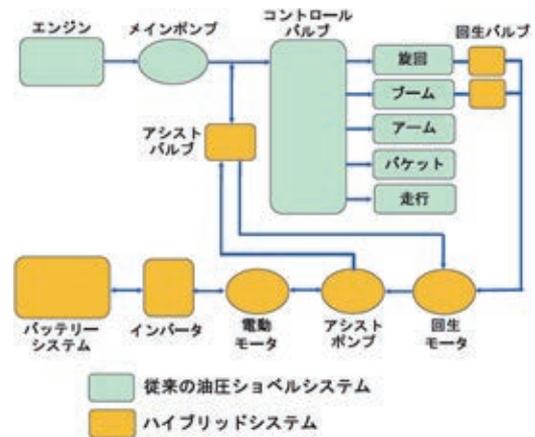


図9 ハイブリッドショベルシステム

いずれの製品群も、時代のニーズに応えつつ、新しい価値の付与やチャレンジをしたものとなっていることが伺える。これらは、先輩諸氏がつねに社会やお客様のニーズに応え続けてきた努力の賜物であり、これに感謝の意を表すと共に、我々はその原資を以て技術開発を継続し、未来へと受け継いでいかなければならないと考える。

なお、近年、各社では環境・省エネルギーがキーワードとなる製品開発が盛んに行われている。KYBグループにおいても、今後は安全・快適に加え、地球に優しい製品で社会に貢献していくことが期待される。

最後に、本報の執筆にあたって資料や情報の提供をして下さいました方々ならびに、ご協力を頂きました方々にこの場を借りて御礼を申し上げます。

表1 萱場資郎賞の表彰履歴一覧

表彰回	年度	件名
1	1975	エンパケーションランプウエイの開発
1	1975	小形内装ポジションコントロールバルブの開発
1	1975	ヤード機器の開発
1	1975	MSバルブの開発
1	1975	クロバリーの開発
1	1975	DECS（設計仕様編集システム）の開発
1	1975	ヘジャックレスの開発
1	1975	油圧駆動トラックミキサーの開発
1	1975	新4ラインの建設
2	1976	直線本縫用ECSの開発
2	1976	二輪車用緩衝器の理論解析、設計面への展開
2	1976	高圧シリンダ用ウレタン材質の開発（2452材）
2	1976	ニューモデルジャッキの開発
3	1977	高圧ギヤポンプの開発
3	1977	ギヤポンプボディ加工のUラインの開発
3	1977	アルミFFシリンダの造管開発
3	1977	長大吊橋ケーブル架設用自動装置の開発
3	1977	速度感応形パワステアリングの装置開発
3	1977	自転車用ディスクブレーキの開発
4	1978	1チャンバエア式FFの開発
4	1978	リリーフバルブの振動解析
4	1978	ブームカッターシールド機の開発
4	1978	TB車（新渡河器材架設車）の開発
4	1978	軽合金製支柱の開発
4	1978	斜軸PPMカシメ形ピストンの開発
5	1979	二輪車用緩衝器シミュレーションシステムの開発と応用
5	1979	優秀ピストンモータMSF-5Nの開発
5	1979	減衰力調整式FF、RCUの開発
5	1979	ブレハブ作業車の開発
5	1979	小断面用掘削機の開発
5	1979	バルブボディの新精密加工の実用化
6	1980	アンチノーズダイブフロントフォークの開発
7	1981	82MXモデルの開発
7	1981	疲労強度評価システムFALAPの開発
7	1981	吸排車と周辺装置の開発
7	1981	住友VCロール用油圧システムの開発
7	1981	20T/100T高速引張試験機の開発
7	1981	油圧式バイルハンマーの開発
7	1981	フリーロックの開発
7	1981	ディスクバルブ形星形オイルモータの開発
7	1981	ウエッジ形オートクリートの開発
8	1982	改良形自動紋紙作成システムの開発
8	1982	SAピストンロッドの新めっき治具の開発
9	1983	大形バルブ自動化ラインの開発
9	1983	減速機付モータMAG9K-Cの開発
9	1983	R&P式パワーステアリングの開発
9	1983	急傾斜用シールド自走枠の開発
10	1984	減衰力電気調整式SA・STの開発
10	1984	KCH（高圧シリンダ）の開発
10	1984	ショベル用大形コントロールバルブの開発
10	1984	産業用小形緩衝器の開発
10	1984	部分めっき法の開発
10	1984	励誘導加熱調質法の開発
10	1984	ホットスピニング成形加工の開発
11	1985	斜板ポンプの騒音特性予測法の開発
11	1985	直動形サーボ弁の開発
11	1985	AS艦揚降装置の開発
11	1985	ブーム形掘削機用自動制御装置の開発
11	1985	二輪車用レベリングシステムの開発
11	1985	モータ・スポーツ用クラッチ・ディスク開発
11	1985	超高圧アキュムレータの製造方法の開発
11	1985	超音波探傷による非破壊検査方法の解析
12	1986	HICASシステムの開発（北）橋詰弘之
12	1986	高圧シリンダ用配管継手拡管結合法の開発
12	1986	反力制御式速度感応PSシステムの開発
12	1986	大形掘削機の開発

表彰回	年度	件名
12	1986	船体開口変形量の計算式の実用化
13	1987	カットカードタイプ直織装置の開発
13	1987	長大橋点検補修用作業車の開発
13	1987	農用トラクタ作業機のマイコン制御システム・機器の開発
13	1987	可変スタビライザの開発
13	1987	ギヤポンプKP-05シリーズの開発
13	1987	ステイダンバ用ピストンロッド自動マスキング装置の開発
14	1988	HST中立特性解明と新機構の開発
14	1988	MX向倒立型FFの開発
14	1988	簡易型画像処理装置GD110の開発
14	1988	可搬形加振機の開発
15	1989	乗用車用油圧アクティブサスペンションの開発
15	1989	PS用ベーンポンプ3K-Lの開発
15	1989	平行平面研削盤の開発
15	1989	電子制御式PS用電磁弁の開発
16	1990	ミニアセンブリセンターのシリーズ開発
16	1990	周波数感応式FCLダンパの開発
16	1990	レクサス用ショックアブソーバの開発
16	1990	オランダ村擬似体験用揺揺装置の開発
16	1990	スーパHICAS用比例電磁圧力制御弁の開発
16	1990	超コンパクトNC塗装装置の開発
17	1991	ショックアブソーバの異音（コトコト音）解析
17	1991	高層ビル用制振装置の開発
17	1991	鋼材バレット自動荷役装置の開発
17	1991	ソレノイドの吸引力特性解析
17	1991	建機・産車用コントロールバルブの電子化開発
17	1991	ストロークセンシングシリンダの開発
17	1991	微低速バルブの開発
17	1991	MR2220型ミキサーの開発
17	1991	劇場向擬似体験装置の開発
17	1991	1ヶ精密平面研削盤の開発
17	1991	多関節ロボットの導入・開発
18	1992	PV用シャフト無人化ラインの開発
18	1992	不同沈下修正システムの開発
18	1992	多段減調SAの開発
18	1992	PS用ベーンポンプ4K-Lの開発
18	1992	自動車用シートダンパの開発
19	1993	フロントフォーク用中速・高速バルブの開発
19	1993	E-HICAS用アクチュエータの開発
19	1993	車速感応度コントロール方式PSの開発
19	1993	全天候型自動ビル建設システムの開発
19	1993	SA自動組立ラインの開発
19	1993	パッキン・シール自動検査機の開発
20	1994	比例ソレノイドの動特性予測法の開発
20	1994	迅速腐食評価試験方法の開発
20	1994	可動床の開発
20	1994	SAバルブ自動組立ラインの開発
20	1994	材料データベース検索システムの開発
20	1994	揺動レバー式PSの発明
20	1994	SAの減衰力調整装置の考案
20	1994	SAのガス封入方法・装置の発明
20	1994	高減衰装置の開発
20	1994	溶接条件設定ミス防止の開発
20	1994	ST用塗装ローダの開発
21	1995	可変型油圧モータの開発
21	1995	3K-Lベーンポンプの考案
21	1995	SSC用磁気センサの開発
21	1995	ベーンポンプ用新無復帰バルブの開発
21	1995	航空機タイヤ組立装置の開発
21	1995	トンネル内壁面はつり機の開発
22	1996	鉄道用セミアクティブシステムの開発
22	1996	ベーンポンプ脈動予測ソフトの開発
22	1996	大型新鋭輸送艦揚搭装置の開発
22	1996	FFシリンダ塑性加工技術の開発
22	1996	減衰力調整式油圧緩衝器の発明

萱場資郎賞の40年と技術・製品の変遷

表1 萱場資郎賞の表彰履歴一覧（つづき）

表彰回	年度	件名
22	1996	高圧シリンダ用シール軸受システムの開発
22	1996	高荷重軸受材KPIの開発
22	1996	4KSベーンポンプの開発
22	1996	コントロールバルブKVMG-200Hの開発
22	1996	ピストンロッド加工ブロックの最適化開発
23	1997	二輪車用ロータリダンパの開発
23	1997	モトクロス用'99モデルの開発
23	1997	U型鋼によるハッチカバー構造の開発
23	1997	ブームヘッダーの自動掘削システムの開発
23	1997	ST-M2ラインの開発
24	1998	PSバルブケース・ギヤボックスの一貫生産の開発
24	1998	中・大型新標準フロントフォークの開発
24	1998	カヤバ標準比例ソレノイドの開発
24	1998	微少リーク量測定器の開発
25	1999	コントロールバルブKVMG-200Hの開発
25	1999	モトクロス用2000モデルの開発
25	1999	超大型シリンダの開発
25	1999	2速モータ搭載一体形HSTの開発
25	1999	HEPマシンの開発
25	1999	アップライト椅子機構の開発
25	1999	PSLコントローラの開発
26	2000	スーパースポーツ車系軽量・高性能フロントフォークの開発
26	2000	PSシステムの振動騒音評価技術
26	2000	ハイダンパの開発
26	2000	剪定枝チップ処理車（タウンビーバ）の開発
26	2000	農トラ用IPS（アクメネジ）の改良開発
26	2000	MMPコスト1/2モデルの開発
26	2000	ホースラプチャバルブHRVの開発
26	2000	ピストンバルブサブ組立機の開発
27	2001	PSポンプ4KW2・3の製品開発とライン構築
27	2001	高圧建機シリンダKCH5の開発
27	2001	鉄道用ダンパ減衰力の高精度予測技術の開発
27	2001	セミアクティブサスペンションシステムの開発
27	2001	自転車用可変サスペンションの開発
27	2001	高圧建機シールシステムの開発
27	2001	起震車の開発
28	2002	DLCコーティングの開発
28	2002	鉄道用比例電磁リリーフ弁型セミアクティブシステムの開発
28	2002	FFNC2活動によるダンパー性能向上
28	2002	新型補給艦搭載システムの開発
28	2002	鉄道用電流センサの開発
28	2002	新型BSD免震ダンパの開発・シリーズ化
28	2002	新標準カートリッジフロントフォーク（NEW-CHC）の開発
29	2003	高性能単筒ガスSAの開発
29	2003	減衰力高精度予測解析ツールの開発
29	2003	電子制御ロータリステアリングダンパの開発
29	2003	柱建入工法及び治具の開発
29	2003	800トン級超大型シヨベル用シリンダの開発
29	2003	動力補助付き手引きバトンの開発
29	2003	FFインナーチューブめっき装置の開発
30	2004	CVT用ベーンポンプの開発
30	2004	ショックアブソーバ作動油改良・開発技術の確立
30	2004	電子制御ミキサ車（eミキサ）開発
30	2004	自走式搬入物検査装置
31	2005	SUV向け減衰力調整用アクチュエータ・アブソーバの開発
31	2005	アルミアウターチューブ高品質化鋳造工程の構築
31	2005	トラックローダ用走行モータの開発
31	2005	コントロールバルブ207H系新ラインの構築
31	2005	CVT用ベーンポンプ生産ラインの構築
31	2005	スーパースポーツ車サスペンションの高次元性能化
32	2006	減衰力バラツキ不良低減活動
32	2006	ATV用EPSの開発
32	2006	新規耐熱ウレタン材開発と量産化

表彰回	年度	件名
32	2006	高性能エアサスの開発
33	2007	二輪倒立FFアウターのスピニング加工技術開発
33	2007	ドライブレコーダの開発
33	2007	コントロールバルブKVMG-270-HFの開発
33	2007	鉄道用セミアクティブシステムの開発
33	2007	制震ダンパの開発・シリーズ化
33	2007	MMP用DCモータの開発
33	2007	四輪連成サス用センターシリンダの開発
33	2007	MMP4の開発
33	2007	PS用4KSPV高速柔軟ラインの構築
34	2008	変位依存型ダンパの開発
34	2008	ギヤポンプ設計ツールの開発
34	2008	ブラシレスタイプEPSの開発
35	2009	軽自動車、小型車向けCVT用ベーンポンプ7Kの開発
35	2009	ハイブリッドシヨベル向けアシスト回生システムの開発
35	2009	ハーモフレック（周波数感応SA）の開発
35	2009	作動油分離分析技術の開発
35	2009	磁気粘性流体ダンパの開発
35	2009	KEEPSの開発
35	2009	連結ショックアブソーバ用センターユニット&システム開発
35	2009	中・小舞台用新コントローラの開発
35	2009	レース用EPS向けDCモータの開発
36	2010	シール油漏れ低減活動
36	2010	漏れ検査技術開発
36	2010	3次元免震の開発
36	2010	鉄道用フルアクティブサスペンションシステムの開発
36	2010	CVT用ベーンポンプ一貫生産ラインの構築
36	2010	水圧電磁比例制御バルブの開発
36	2010	バックアップ一体型バッファリングの開発
36	2010	非接触トルクセンサの開発
36	2010	新海洋資源調査船搭載クレーンシステムの開発
36	2010	アルミ製高性能ショックアブソーバの開発
37	2011	EPSウォームギヤ最適設計法の開発
37	2011	超軽量FF（PSF）の開発
37	2011	東京スカイツリーオリジナルダンパ
37	2011	樹脂材料の耐摩耗性向上成形技術開発
37	2011	IDC（比例ソレノイド減衰力調整式SA）の制御ソフトウェア開発
37	2011	減衰力調整式単筒ガスSAのバルブ改良
37	2011	水中掘削機の開発
37	2011	リリーフバルブ自動調圧技術開発
38	2012	高機能EPSシステムの開発
38	2012	ロータリダンパの開発
38	2012	電動調整式FF&RCUの開発
38	2012	回転慣性ダンパの開発
38	2012	ハイブリッドシヨベル用バッテリーシステムの開発
38	2012	低騒音型水素減圧弁の開発
38	2012	自動車用セミアク制御則の性能向上
38	2012	ヘリコプター護衛艦搭載装置の開発
38	2012	コントロールバルブKVMG-80-Dの開発
38	2012	コントロールバルブKVMG-270-HGの開発
39	2013	IDC（比例ソレノイド減衰力調整式SA）の小型減衰力調整バルブの開発
39	2013	MR流体の開発
39	2013	減衰力応答性改善バルブの開発
39	2013	CVTダイカスト工程開発とグローバル展開
39	2013	SA向け新全装工程の開発による生産性向上
39	2013	SA性能向上作動油添加剤の開発
39	2013	ボールねじの設計評価技術の開発
39	2013	C/C複合材製造技術の開発
39	2013	ピストンポンプPSVL-84/PSVD2-42の開発
39	2013	都市型狭小土地向け免震ダンパの開発
39	2013	穂の国とよはし芸術劇場 東立床の開発

参 考 文 献

- 1) カヤバ技報編集委員会：萱場資郎賞30年史，カヤバ技報第30号（2005年4月）
- 2) 中村：圧縮水素ガス用減圧弁，KYB技報第45号（2012年10月）
- 3) 政村：制御サスペンションの変遷，KYB技報第47号（2013年10月）
- 4) カヤバ工業(株)：オートバイのサスペンション，(1994年)，山海堂
- 5) 北村：レシプロ式電子制御ステアリングダンパ，KYB技報第34号（2007年4月）
- 6) 金兒：二輪車フロントフォーク用アウトチューブの製造方法の変遷，KYB技報第45号（2012年10月）
- 7) 天野：電動調整式FF&RCUの開発，KYB技報第47号（2013年10月）
- 8) 9) 10) 11) カヤバ工業(株)：自動車の操縦系と操安性（1997年），山海堂
- 12) 塚田，伊藤：ブラシレスタイプEPSの開発，KYB技報第37号（2008年10月）
- 13) 高井，津田：電子制御式省エネルギー型パワーステアリング KEEPS，カヤバ技報第25号（2002年10月）
- 14) 藤田，杉原：無段変速機用ベーンポンプ，カヤバ技報第30号（2005年4月）
- 15) 杉原：ハイブリッド建機用バッテリーシステムの開発，KYB技報第47号（2013年10月）

著 者



吉本 勉

1985年入社。KYBモーターサイクルサスペンション(株)技術部専門課長。二輪技術部を経て現職。二輪車用フロントフォーク・リアクッションユニットの開発に従事。KYB技報編集委員。



清水 哲郎

1990年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部ステアリング技術部専任課長。ステアリング設計部，PS技術部を経て現職。電動パワーステアリングの開発に従事。KYB技報編集委員。



小川 義博

1995年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部相模油機技術部鉄道・緩衝器設計室専任課長。油機技術研究所を経て現職。鉄道用緩衝器の開発に従事。KYB技報編集委員。



宮 能治

1989年入社。技術本部技術企画部専任課長。岐阜北工場，基盤技術研究所を経て現職。技術企画及び技術標準化推進業務に従事。KYB技報編集事務局。



KYBグループにおけるモノづくり

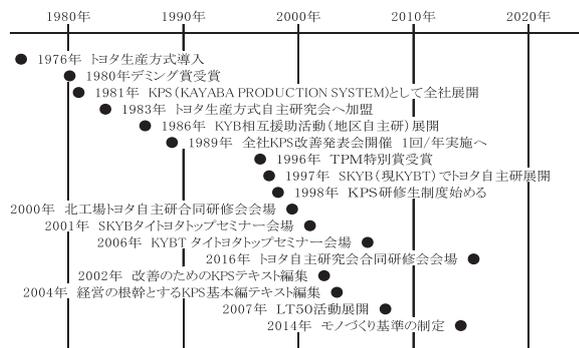
片 峯 稔

1 はじめに

KYBでは1976年にトヨタ生産方式を導入して以来、トヨタ生産方式自主研究会へ参画し、ショックアブソーバ（以下SA）を中心に活動を進めてきた。その後、1981年にKPS^{注1)}として体系化し、全社展開を図ってきた。具体的には、工場間の相互援助活動である地区自主研（自主研究会）やKPS研修制度による人財育成などに取り組んできた。

現在までのKPS活動の歴史を表1に示す。

表1 KPS活動の歴史



2000年にはKPS活動の成果が認められ、トヨタ自主研合同研修会の会場として岐阜北工場が選ばれた。トヨタ自動車(株)殿や関連企業の多くのトップが参加される中、現場改善の成果を報告し評価された。

海外ではタイでもトヨタ自主研が盛んに進められており、KYBのタイ生産拠点であるKYB Thailandでは2001年、2006年にトヨタサプライヤのトップセミナー会場として選定された。

2007年以降、海外への生産シフトが加速し、大規模な設備投資による新工場建設やレイアウト変更を計画的に実施する必要があった。当時はまだ工場内に多くの仕掛り在庫があり、更に生産管理面や物流面でのモノづくりのレベルアップが急務であるとの背景より、以下の3つの目的を挙げ「LT50活動」^{注2)}を展開しKPS活動を強化、現在も継続している。

- ①物の流し方・つくり方を変え、リードタイム短縮と在庫低減を図る。
- ②ムダのないスッキリとした工場へと景色を変える。
- ③何がムダか見極められ、工場の改新を継続して実践できる人財を育成する。

新しく工場を構築にあたっては、従来の課題の克服として、事前に物の流れや生産のしくみなどを十分に検討し進める土壌ができた。

2014年4月、KYBのモノづくりの「あるべき姿」を明確にするため、KPSを基に「モノづくり基準」を制定した。

各工場では「モノづくり基準」に沿った活動を進め効果を出してきており、その内容や技術的な取り組みなどを紹介する。

注1) Kayaba Production Systemの頭文字をとったもので、KYB生産方式のこと。

注2) モノづくりのリードタイム (Lead Time) を50%短縮する活動である。

2 KYBグループのモノづくりにおける考え方

2.1 基本的な考え方

KYBのモノづくりは、ジャストインタイムと自動化を柱としたKPSが基になっている。

ジャストインタイムとは「必要な物を、必要な時に、必要な量つくる・運ぶ」ということで、ムダのない生産活動をすることである。

自動化とは「自工程完結で良いものをより安くつくる」ということを意味している。

KPSとは経営そのものでありムダのない工場のしくみを目指していくものである。それらを実現していくために目標とするあるべき姿を後補充生産と順序生産とした。

後補充生産は生産のリードタイムがお客様への納入リードタイムより長い場合に適用する (図1)。

順序生産は生産のリードタイムよりお客様への納

入リードタイムが長い場合に適用する（図2）。その違いは組立の部分にのみあり、前工程が如何に安定して物を供給できるかがキーとなる。

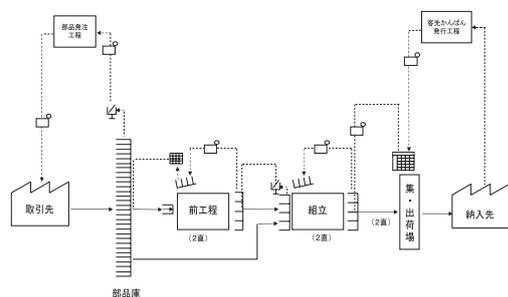


図1 あるべき姿, 後補充生産

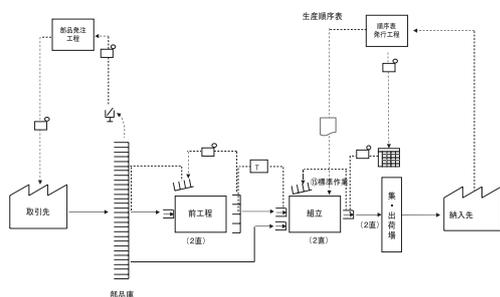


図2 あるべき姿, 順序生産

前述の「モノづくり基準」では15項目の内容についての規準を示している。各工場では、あるべき姿に近づけて行くため分岐合流のない工程づくり、工程の流れ化、段替え改善や標準作業整備など「モノづくり基準」に沿った活動を実施し、ムダをなくすことで結果的に利益につながっている。

また、活動を通して改善の核となる人財を育成し将来の改善活動継続につなげる。

2.2 各工場のLT50活動への取り組み

2.2.1 相模工場

LT50活動発足時、相模工場には店^{注3)}がなく、物と情報の流れ図^{注4)}・しくみが明確になっておらず、対応に苦慮していた。「如何に物をスムーズに流すか」をテーマに7年間活動してきた。まず整理・整頓、整流化を進め、先入れ先出しができるようにした。次に改善を進めるために、問題が顕在化する道具としての店づくり、大段取り替え回数を減らし効率を上げるパターン生産、置場を固定化し作り過ぎを防止する台車レス等を進めてきた。ピストンポンプモータ加工ラインの愛川工場移設では、LT50活動で学んだ考え方や様々なしくみ、相模工場では実現できなかった改善を取り入れた工場づくりを目指した。

「あるべき姿」へのマイルストーンである「めざ

す姿」とレイアウト図を基に、製造・生産技術・生産管理等関係部門が情報を共有し一体となった改善活動を遂行してきた。

その結果、相模工場の店からつながる後工程引取り・後補充生産は、「めざす姿」を基にしくみが構築され、基本的な流れがしっかりできた（写真1）。これはLT50活動の大きな成果である。



写真1 台車置き（左）からレーン化改善（右）

現状はLT50活動として改善活動を1サイクル実施しただけであり、今後、更に繰り返し、改善の難易度を上げ、個人の使命・役割を明確にし、心づくり・人づくり・モノづくりにつなげていく必要がある。

注3) 後工程が完成品を引き取った時に生産指示が出るようになっている置場のこと。

注4) 製品または部品がどのような情報で生産指示され、どのように後工程に流れていくかを図示したものである。

2.2.2 岐阜北工場

パワーステアリング（以下PS）ではLT50活動の中期計画を明確にし、物の流れの整理、各ラインの生産方法を決め、月々の活動の進捗が見えるようにしてきた。組立は受注生産、前工程は後補充生産の形を構築し、これらの活動を通して生産順序ポストや異常呼び出しのアンドン^{注5)}を設置し、生産の進捗状況が見えるようにした。また、運搬の標準作業をつくり、物と情報をつなぐ活動を展開した。新規組立ラインではラインの標準作業の効率向上につながる部品の実のみ供給^{注6)}を採り入れてきた（写真2）。

その結果、工程間の仕掛り在庫は減少した。現在はラインの標準作業改善を通し生産性向上活動を推進中であり、活動を通した人財育成を図っている。



写真2 箱供給（左）から実のみ供給化（右）

SAは品番数の多さと受注から納入までのリードタイムが短いことから、完成品及び仕掛り在庫や、生産量変動への対応強化が求められていた。工場再編計画を基に整流化やラインの寄せ止めを行い、生産量変動に追従できる変化に強い工場を目指している。ストラット式SAラインでは受注生産ラインをつくり、スペース対応も考慮し完成品在庫の低減を図っている。

標準型SAの全装工程では大部屋化による少人化を進めている。

今後、岐阜北工場ではモノづくりの基本からみて改善が必要な問題・課題は、関係部門長が参加し毎週開催されるLT50協議会で、実施事項を共有しながら活動を推進していく。

注5) 関係者へのアクションを促すための情報の窓で、現時点の異常場所を一目で判断できるようにした電光表示盤である。

注6) 空箱管理のムダを無くすため通い箱を廃止した部品供給方法である。

2.2.3 岐阜南工場、岐阜東工場

2007年当時は生産能力を超えた急激な増産で生産しきれない注文を抱え、生産管理面・物流面での改新が急務な状態であった。そこで、モノづくりの基本である「整流化」・「直合せ」・「後工程引き取り」・「造った所に店を構える」ことを重点実施項目として改善に取り組んできた。中でも、現場の景色が変わった「造った所に店を構える」については、後工程が引き取った部品を生産する後補充生産に切り替えてきた(写真3)。

ライン側にスペースがあるところから、ラインの実力に応じて在庫数を設定し、品番別に先入れ先出しのできる置場を設置した。2006年には今後の生産増の見通しから東工場建設となり、10年後のめざす姿を描いて取り組んだ。これまでスペースの制約からできなかった「造った所に店を構える」ことを全ラインに展開した。これらのモノづくりの基本の実践活動の一つ一つ進めながら、改善を進めてきた。

今後継続してめざす姿に向け、更に進めていくために部門間連携を更に強め、現状に満足することなくレベルアップを図っていく。



写真3 後工程引き取りと店

2.2.4 KYBモータサイクルサスペンション (KMS)

KMSは、ヤマハ発動機(株)殿との合弁会社として2013年10月に設立されたものである。KMSでは、物の置場の整備・整流化・1個流しといったモノづくりの基本的な取り組みを行ってきた(写真4)。その後、「後工程引き取り」「タクトで造る」「標準作業の確立」の三つのキーワードの下、前後工程も含めた物と情報の流れを把握し、生産のしくみを構築してきた。



写真4 素材置き場の改善前(左)と改善後(右)

活動は特定の工程とせず、面で広げる全体活動とすることで、より大きな効果を得てきた。また、人財の面でもグループ長以上全員が「物と情報の流れ図」を書き、改善に取り組むようになり、着実に人財育成が図れてきた。

現在は改善の下地が出来てきた段階であるが、継続的な活動で更なるレベル向上を図り、生産量や季節変動の大きい二輪特有の受注環境の中でも変化に追従できる強い工程づくりに取り組み、同時に人財育成を図っていく。今後は合併したメリットを活かし、ヤマハ発動機(株)殿のノウハウを参考にし、更なる向上につなげていく。

3 モノづくりの歴史の紹介

3.1 SAモノづくりの歴史

3.1.1 SAモノづくりの特徴

自動車のサスペンション構成部品であるSAは、大別するとストラット式SA(以下ストラット)、標準型SA(以下、標準SA)と減衰力調整が可能な特殊SA(以下、特殊SA)に分けられる。

SAモノづくりのマザー工場である岐阜北工場では、年間2,800万本程度のSAを生産しており、国内SAのシェアは48%を占めている。種類別の生産本数割合は、標準SAが55%で5,960品番、ストラットが37%で1,400品番、特殊SAは8%で1,900品番となっており、多品種・中・少量生産を実施している。

納入先は国内のすべての自動車メーカーとその海外輸出先があり、市販品は国内外のアフターマーケット販社となっている。受注形態でみると量産品・補給品・市販品に分けられ、要求される生産方式やリードタイムは違うが、これらは混流生産にて対応している。

3.1.2 SAモノづくりの変遷

1968年に岐阜北工場が自動車のSA生産を開始して以来、2008年下期のリーマンショックによる生産量激減までは生産数量は右肩上がりが増加し増産対応を続けた。リーマンショック回復後は円高に後押しされ、海外シフトが急激に進みリーマンショック前の生産数量に戻ることはなかった。

その経緯の中で量変動対応・多品種対応の要求が高まった。SAモノづくりはこれらの種類・量の急速な変動に追従してきた歴史と言っても過言ではない。

(1)少品種の大量生産化：～1998年

この期間は、車社会の成長とともに製品開発と大量生産によるコストダウンを目指し、量を追い求めて高速自動化ラインを構築した(写真5)。この時代を象徴する巨艦大砲のラインとして標準SAのCT(サイクルタイム)4秒ラインがある。アウターシェル(外筒)の突っ切りから溶接/組立/検査/塗装までをロットサイズ1,200本で一貫生産する。大量生産時代では業界をリードする最先端の高速自動化ラインであった。現在も本ラインは稼働中であるが、生産量・種類変動に対応することが難しくなっている。



写真5 標準SA高速自動化ライン

(2)製品標準化による生産ラインの高速化：2000年～2005年

この期間は、高速自動化ラインの競争力を維持するために、技術部と協業し、コンカレントでストラットのモデル図を設計した。モデル図は造り易い設計を目指し、製品のシリーズ化/部品の統合種類削減を推進した。工法面ではスプリングガイド溶接工程を、塑性加工法のひとつであるバルジ加工+圧入化にて置換、世界最速の水平高速溶接の開発、クロージング技術を活用した底付きアウタの開発、高速搬送でつながれた工程集約型全自動組立の開発を行った。これらの技術を統合して構築したストラット自動ライン群によって、お客様の内製生産分(360万本/年)を従来比50%のスペースで取り込むことができた(写真6)。

ここで開発したモデル図は、KYB製ストラットの製品仕様の主要図面となっている。しかしながら、製品特性を規制して自動化を進めたラインは、昨今の多品種要求に対応が困難になり、競争力は年々低下していった。



写真6 ストラット高速自動化ライン

(3)生産量/製品特性に応じた最適ラインづくり：2006年～2011年

これまで増産基調に対応して、自動化設備増設・ライン特性拡大・残業などの手法で生産能力を増強してきたが、設備や工場は物理的能力限界に達し、また高負荷状態が逆に生産性低下を招くなど、速く大量に造る弊害が表面化してきた。

受注している製品構成も大量品が徐々に減って少量品が増加していった。新製品が立上るたびに少量

の旧型補給品は増加し、利益率が高い市販品を倍増する計画も多品種少量品化を加速させることとなる。競争力の源泉として構築した高速自動化一貫生産ライン（標準SA）や、製品特性を規制した高速自動化ライン（ストラット）が生産性維持の改善活動のボトルネックとなった。そこで、ラインの種別/用途を明確化するために、自動車レースのクラス分けをイメージしたFライン構想を構築し、大量品（F1：高速ライン）・中量品（F2：中速ライン）・少量品（F3：低速ライン）を分離する方策を採った。

以下その特徴を説明する。

F1：高速ラインから少量品を分離して引き当て品番を減らす。結果として段取り替え回数を減少させることでトータルの生産性を向上させる。

F2：柔軟性を確保した中速ラインで仕様差が多いストラットを集約、治工具の工夫で段取り替えの時間の増加を最小限にして流動させる。

F3：旧型補給品の完全1個流しラインである。対象のS22ラインは納入リードタイムが2日、1本単位で受注して生産/梱包/納入が可能である。これにより、旧型補給品のいつ売れるか分からない補給品在庫を一掃した。1個流しに拘り、段取り替え時間を極小化した設備開発が起点となっている。

(4)工場の縮小再編とリードタイムを短縮するコンパクトラインの開発：2012年～

リーマンショック・円高による海外シフトの加速によって、当社もお客様の工場近隣で地産地消を促進してきた。結果として国内生産の減少が確定的になり、縮小に向けた再編が必要となった。以前より導入してきた高速自動化ラインは、量変動に応じて要員を増減出来ない固定人員のラインが多い。ライン特性は狭く、機種別の段取り替え時間も長い。止むなく中間在庫を大量に持ち、工程間の分岐合流を許容した非効率な生産となっている。継続的に競争力を確保するため、量・品種変動に対応したコンパクトな一貫ラインの開発が急務となった(写真7)。

このコンパクトラインは、従来の旧型補給品の生産だけでなく、少量品から中量品、量産品から市販品まで全てカバーする（同一構想ラインで使用方法を変える）。

新製品の立ち上げ時や、ライン老朽化のタイミングを活用してコンパクトラインに入れ替え、生産性を向上させて工場再編と原価低減を加速させている。



写真7 標準SAコンパクトライン

3.1.3 今後の進め方（SA）

モノづくりを変革できる要素技術の開発や設備のコンパクト化とローコスト化開発は継続する。種類・量変動に対応した工場再編も、QCDにわたり競争力を継続的に確保するため実施する。2020年のめざす姿の実現に向けて各部門のベクトルを合わせて進めていきたい。

3.2 コントロールバルブモノづくりの歴史

3.2.1 コントロールバルブモノづくりの変遷

KYBのコントロールバルブ（以下CV）のモノづくりは、特に、相模工場で生産している20tonパワーショベル用大型CV生産の歴史であり、1983年頃から始まっている。

当初は、フォークリフトや小型パワーショベル用積層式CV同様、積層タイプであった。

1986年頃に、積層4連分と積層5連分の2ヶの大型モノブロックバルブが、背面や側面で内部油路により合体して1台となる現在の形になった(写真8)。

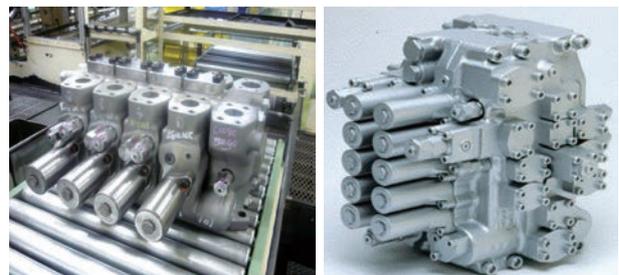


写真8 積層型（左）から一体型（右）への変遷

1988年頃の生産ラインは、当時最新のマシニングセンタと内製したNC洗浄機、及び内製の自動性能試験機を配置した最新鋭ラインであった。

NC洗浄機は、複雑な鋳物の油路と加工油路をどの順番で洗浄し、どの方向から洗浄水を当てれば良いかを検討して製作されたCV用専用洗浄機であった。油圧機器は洗浄が重要であり、洗浄品質を十分に満足するためマシンタイムは長かった。また、洗浄機は故障しやすく、常に設備管理と生産技術員で改善を繰り返した。この経験が、現在の洗浄品質を更に向上させた高速洗浄技術と、故障しない洗浄機

に活かされている。

自動性能試験機は、当時、BASIC言語で作成されていたので、卒業したばかりの新入社員でも、時間をかければ理解できた。現在と異なり、検査工程で全ての誤組と加工不具合を一つずつ確認していたため、検査時間が非常に長かった。また、自動試験機とはいえ、複雑な試験回路をすべて試験機側で自動構成できないため、都度、作業者が手作業で油圧配管を変更しながら、断続的に自動検査を実施していたため生産性を大幅に阻害していた。この経験から現在は、試験回路は全て試験機側で自動構成し、一括配管による全自動高速性能検査を可能にしている。

1988年頃は生産量もはるかに少なく、一つずつ大事に手造りしているような生産方式であった。生産量が増加するにつれて、カンコツ作業は次々に治具や設備に取り込み、生産効率も向上すると共に、生産ライン数も増加した。それでも1ラインの生産能力は600台/月ぐらいであった。

転機となったのは、2003年に浦和工場が相模工場へ統合された時である。長期的に生産増が見込めず、生産規模を縮小するための統合であったが、統合中に世界市場が回復し1ラインの需要が1,200台/月と急増したことである。これを工場移管中と移管後に対応することになるが、「改善ではなく、改革」を目指し、今までの発想を変えた。建設機械業界としては、大幅な需要増であるが、自動車業界と比べるとはるかに少ないので、KYB内外を含め、多くの生産ラインと彼我比較し、対応策を考えた。

既に、相模工場でのCV生産スペースは縮小され、手持ちの既存設備しかなく、新規設備補強では増産に間に合わない状況であった。部品加工は一時的に外作で応援できたが、組立工程は外作化できない。しかし、幸いにも組立主要設備は内製設備であったため構造への理解が深く、社内での高速化改造が可能であった。

組立ラインのネック工程は、洗浄と性能検査であり、最初に洗浄工程を見直した。各サーボ軸の剛性を再計算して、加速度と速度を見直すと共に、耐用年数を定め寿命計算を基に高速条件を設定した。次に、洗浄動作のムダ取りや、当時の古い制御システムへの負荷削減や各機器のON/OFF制御の回数等も細かく制限して制御時間を短縮し、洗浄品質を維持し洗浄時間を最短化した。

2014年現在、当時の洗浄機と試験機は、全て更新済みであるが、高速条件での各部品の寿命限界が把握できており新規設備仕様に展開済みである。

次に、工場移管および生産急増により、ベテラン

製造員の減少と非正規社員増加によりスキル低下による品質不良が懸念された。この対策として、徹底的に人作業のポカヨケ設備に注力し、横展開を実施してきた（写真9）。



写真9 バーコードによるポカヨケ事例

また、組立工程を一から見直し、ライン外へ出せる作業をライン外に出して、ライン内の組立時間を短縮するとともに、生産量変動に伴う組立員の増減に対応できるよう、ポカヨケを細かく入れ、確実に組立不具合がでないように配置し直し、少人数ラインを構築した。最後に、ポカヨケの導入等により、各工程の品質保証度を向上させたことで、性能検査項目を見直すとともに、複合検査の採用や、洗浄機と同じ手法を用い、検査時間を極少化していった。

以上により、まず移管後に、改善でなく革新的な加工と組立ラインとを1本ずつ構築し、それを見つめ直し訂正をかけ、次々に更新をかけていった。

近年、建設機械業界は生産量の増減が激しく、また大量生産から多品種少量生産に変化している。

この変化に対応すべく、現在のCV生産は「モノづくり基準」の考え方を基にLT50活動を以下を展開中である。

- ①工程順に並べる。
- ②整流化する。
- ③造った所に店を構える。
- ④段取り替えは自動選択とし、段取り替え時間は極少にする。
- ⑤誰でも作業できるようにする。
- ⑥生産のネック部品は内製化する。

また、LT50活動を進めるためには、設備的には以下の3点が特に必要である。

- ①工程内不良を出さない。
- ②設備故障を出さない。
- ③人によって作業時間が変化しない。

LT50活動は全体活動であり、関係部署が協力しなければ、うまく進まない活動である。結果、相模工場へ移管されて11年、ほとんどの生産設備が更新され、物の流れが良くわかり、必要な物を作り、その適正量がわかる状態となり、組立指示の通り、清々

と物を造れる状態となった。

3.2.2 今後の進め方 (CV)

CVは重要機能部品であり今後も国内生産を継続する。そのために、更に国際競争力を高める活動が必要である。高機能、高効率化、低コスト化に対応した部品精度の向上や新規生産技術開発が不可欠である。

今後のモノづくりへの取り組みとしては長期的な展望に立った新規生産技術開発や高精度高速加工技術の確立を計画的に進める。

合わせてLT50活動を継続し、しゅみを深化させ更に競争力を高め世界一のバルブ工場を目指したい。

4 今後の展望

近年、新興国の台頭による低コスト化や為替リスク回避などにより現地生産が増え、日本国内での生産・輸出は減少傾向にある。二輪・四輪は既に海外での生産が当たり前になっている。建設機械メーカー各社も東南アジアなど海外での生産が増加傾向にある。現地生産化により国内生産量は減少し、多品種少量生産の要求が強くなってきたが、いずれ海外も同様になると予測される。それに追従するには段取り替え時間短縮、リードタイム短縮など改善していかなければならないことがまだまだある。現状の改善に甘んじることなく、より高い目標を持って活動していかなければならない。

生産が増える海外へは、今までのような生産体制の考えでは競合他社には勝つことができない。新興国では賃金上昇により従来のような労働集約型のラインでは対応できなくなっている。今後は、設備もより自動化を考慮する必要性が高まってくる。また、多品種少量生産に対応するためには、設備も

コンパクト化し低価格化していかなければならない。小さな設備でフレキシブルな対応のできる設備開発を行い、地域に適合したモノづくりを行うことが不可欠である。

それらに関わるモノづくりは、日本ではマザー工場として海外に誇れるモノづくりをし、海外の手本となるように改新していく必要がある。それには革新的なコア技術の開発や生産のしゅみをさらに発展させていかなければならない。

あわせて海外拠点への「モノづくり基準」の展開が必要である。お客様から喜んで次の製品を発注していただけるように工場の整備、生産の流れができていたり管理された工場になっていることを目指し、改善していかなければならない。そのためにも国内マザー工場が海外拠点の手本となるような「モノづくり基準」に準じた工場に進化し続ける必要がある。

5 おわりに

モノづくりは人づくりである。KPS活動を通じて、難題にチャレンジし実践力を高め、今後の発展に寄与できる人財を育てていかなければならない。

最近ではレーザを使用し肉盛りで複雑な形状を造り出す新技法や、3Dプリンタの躍進など目覚ましく変化している。常に新しいことに挑戦し、ダントツの技術開発などを進め、その活動を通じ、自分の成長、人間形成の場としても活かしていくことができれば大きな成果が得られ、結果的にKYBの文化や風土を築き上げていくものと思う。

今後もKYBモノづくりの「あるべき姿」に向かって、KYB全体でKPS活動に取り組んでいきたい。

著者



片峯 稔

1979年入社。生産本部生産企画部長。相模工場生産技術部、製造部を経て現職。

KYBにおける低騒音化技術

Noise-Reduction Technologies in KYB

矢加部 新 司 ・ 鈴木 一 成
Shinji YAKABE ・ Kazunari SUZUKI

要 旨

低騒音化に対する社会要求が高まる中、製品の騒音対策はこれまで以上に重要な位置づけになってきている。KYBにおいても低騒音化を考慮した製品設計は実施しているが、KYB製品を搭載するシステムの低騒音化も急速に進んでおり、システム搭載時に騒音問題として取り上げられることがある。騒音問題が発生した場合、その製品は商品性を損なってしまう可能性があるため、迅速に解決することが求められる。低騒音化を実施するためには、評価、予測、対策という3つの技術を効率よく回すことで、問題となる騒音の発生メカニズムを明確にすることが重要になる。

本報では、KYBにおける基本的な騒音対策の流れについて解説し、2つの低騒音化事例についても紹介する。更に、より迅速且つ効果的に低騒音化を実現するための今後の展望についても述べる。

Abstract

Along the strong demand of noise-reduction from the society, the noise-reduction of products are more important than ever. Certainly in KYB, our products are usually designed taking into account the noise-reduction. However, the systems to be equipped with our products are also rapidly improved regarding noise-reduction. Our products sometimes, therefore, are pointed out as the noise problem. Once the noise problem happens, the merchantability of the products will be damaged. So, it is necessary to solve the problem immediately. In order to the realization of noise-reduction, it is important to identify the generating mechanism of the noise, by efficient use of a series of flows that consists of three methods, an evaluation, a prediction and a measurement.

In this paper, the basic ways to approach for the noise-reduction in KYB are explained, and two instances of noise-reduction in regard to products development are also shown. Further, our future view are referred to realization of the rapid noise-reduction.

1 緒言

環境問題が深刻化してきた1990年代以降、世の中では省エネルギー化を目指した製品開発が年々増加している。その中で、KYB製品の多くが採用されている自動車、建設機械では、省エネルギー化の方策としてハイブリッド化、電動化が進められてきている。動力源のハイブリッド化や電動化は省エネルギー効果の他に、これまで騒音源となっていたエンジンを小型化、更には廃止することが可能であるため、静粛性を高める効果にも繋がる。このため近年

では、部品メーカーへの低騒音化要求が以前にも増して厳しくなっている。

このような状況の中、KYBでは低騒音化を考慮した製品設計を日常的に実施している。しかし、その製品を自動車や建設機械などの母機に搭載した際、母機特性により騒音問題として取り上げられることがあり、低騒音化技術のニーズは高まっている。

低騒音化技術には、製品設計段階で行う予防的なアプローチと騒音問題が取り上げられた際に行う対策的なアプローチとがある。KYBにおいては予防的なアプローチとして油圧機器の内部圧力変動予

測¹⁾²⁾³⁾やキャビテーション抑制のための油路設計¹⁾⁴⁾などを行っており、対策的なアプローチについては母機特性などによって騒音問題が発生した際に、騒音の発生状況に合わせた対策を実施している。

本報では、KYBにおける低騒音化技術として、対策的なアプローチについて述べる。

2 低騒音化技術

2.1 騒音発生メカニズム

騒音とは、聞く人によって不快に感じ、好まないと思う音であり、騒音のほとんどは人間の心理や感覚に影響される。一例として自動車のエンジン音を挙げると、エンジン音を楽しみながら運転する人の場合、運転者の耳はエンジン音に集中する。しかし、エンジン音の中にエンジン音とは異なる周波数の音が混在している場合、例えばその音がきれいな和音だとしても運転者は不快な音、すなわち騒音として捉える。一方、自動車に静粛性を求める人の場合には、エンジン音そのものを騒音として捉える。

このような騒音問題が発生した場合、その製品は商品性を損なってしまう可能性があるため、低騒音化を迅速に行うことは非常に重要である。迅速に低騒音化を実施するためには、どの周波数の音が騒音として認識されているかを把握し、音の発生源を突き止めた上で、どのように伝播して最終的に騒音となるかというメカニズムを明確にしていくことが必要になる。

図1に一般的な騒音発生メカニズムを示す。例えば、油圧ポンプが発生する力として圧力による力(起振力)などがある。起振力の周波数特性が図1に示すような波形とした場合、これは振動として油圧ポンプの構成部品や油圧ポンプの取付治具、配管部品などの伝達系の特性(伝達ゲイン)により増幅、あるいは減衰され、車体等の放射系の特性(放射係数)に合わせて音となり、騒音として認識されることになる。この発生メカニズムは固体伝播音と呼ばれる騒音であり、機械系の騒音の多くはこの流れで発生する。

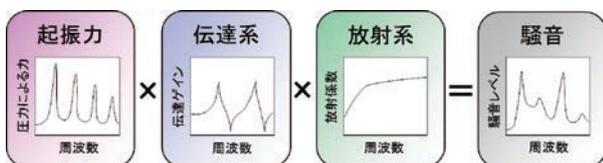


図1 騒音発生メカニズム

2.2 KYBにおける騒音対策の流れ

前節で示したような騒音発生メカニズムを解明し、迅速に製品の低騒音化を実施していくためには、評価(実験評価)・予測(解析)・対策という技術を効率良く回していくことが必要になる。本節では、KYBにおける騒音対策の流れについて解説する。

表1にKYBで実施している評価技術及び予測技術を示す。また、騒音対策の流れを図2に示す。騒音問題が発生した場合、最初のステップとして、問題となっているシステム全体での原因調査のため、システム全体評価を実施する。原因調査の際に放射

表1 KYBにおける評価・予測技術

	起振力	伝達系	放射系
評価	・内部状態計測	・実験モーダル解析 ・実稼働モーダル解析	・騒音計測 ・音源探査
予測	・起振力解析 ・CFD解析	・モーダル解析 ・周波数応答解析 ・管路解析	・(音響解析)

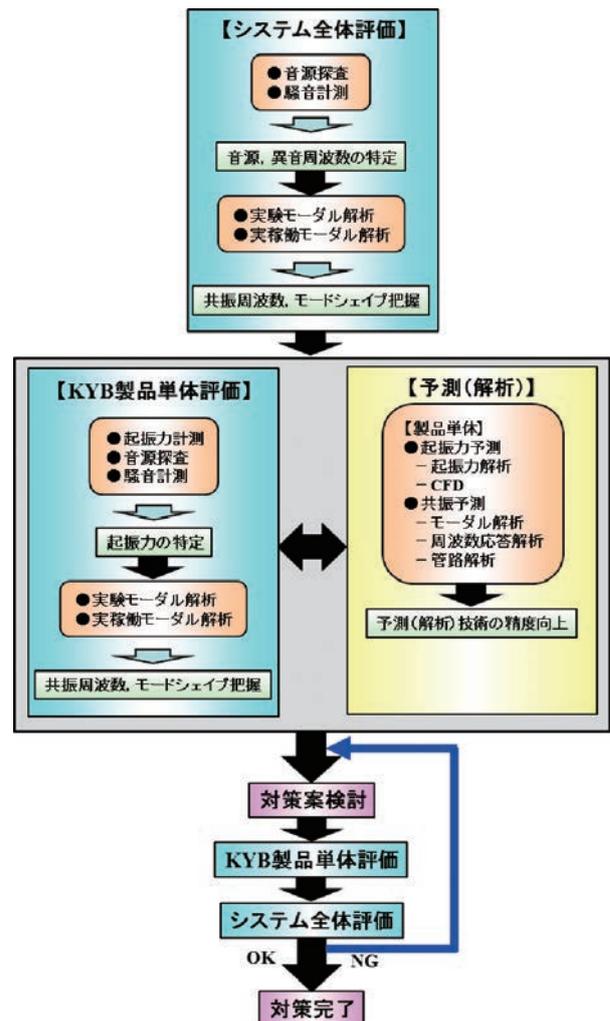


図2 騒音対策の流れ

系に対して実施する計測・評価方法としては、騒音計測、音源探査等がある。騒音計測結果に対しては、騒音の大きさの尺度となる騒音レベル評価の他に、オクターブ分析⁵⁾を行い、騒音の中で問題となる周波数帯域を求め、FFT分析⁵⁾によって問題の周波数を特定する。また、音源探査では音響インテンシティ⁵⁾やマイクロホンアレイ⁵⁾を用いた計測により、騒音の指向特性（ベクトル図）や音圧分布（コンタ図）を求めることで音源を特定する。これらの実験的アプローチにより、問題の周波数と騒音発生源を特定することができる。

次に伝達系の評価を行うため、実験モーダル解析、実稼働モーダル解析等を実施する。周波数領域の振動解析手法の一つである実験モーダル解析では、インパクトハンマや一定の加振力を与えることができる加振器を用いて対象物を加振し、応答加速度を測定することで入力に対する応答の比（周波数応答関数）を求める。この周波数応答関数を分析することで共振周波数や周波数領域におけるモノの動き（モードシェイプ）、更には振動を受けてからモードシェイプが消えるまでの減衰の大きさ（モード減衰）などのモーダルパラメータと呼ばれる動的特性を実験的に把握することができる（図3）。

また、実稼働モーダル解析では、システム稼働状態でのモーダルパラメータを把握することができる。対象物が振動していない状態で強制加振を行う実験モーダル解析とは異なり、実稼働モーダル解析ではシステム稼働時に計測するため、対象物が振動している状態であり、問題発生時の運転状況下での共振の変化を見ることが可能になる。

上記の分析結果から、問題の周波数が共振周波数と一致する場合、一般的にモードシェイプから振れやすい部位を把握し、剛性を変えることにより、周波数特性を変化させる伝達系の対策を行うことが多い。しかしながら、システム全体では多数の共振周波数を有するため、そのみでの騒音問題解決は非常に難しい。騒音問題を解決するためには、共振対策も当然実施しなければならない重要な手段ではあるが、図1に示したように振動騒音の発生源となる起振力を特定し、対策することが最も有効な手段と

なる。KYBの製品には、油圧ポンプのように起振力を発生する起振源となる機器が多い。また、このような機器を搭載する自動車や建設機械等のシステム全体での計測は、時間や回数に制限がある場合が多い。

従って、図2に示すように騒音対策の流れとしては最初のシステム全体評価以降、KYB製品単体評価（起振力の調査・対策）を行うことになり、KYBでの主な騒音対策がこれに当たる。製品単体での起振力を特定するための実験評価は、システム全体評価と同様に、騒音計測、音源探査、各部振動計測（実験モーダル解析、実稼働モーダル解析）を実施する。更に内部圧力のような製品内部状態の計測やトルク変動などの起振力と成り得る特性値の計測も行い、これらの結果を詳細に分析することで起振力を特定する。しかしながら起振力は発生メカニズムが多様であり、騒音対策もそれぞれに異なる。

前述のような油圧ポンプが発生する圧力による力が起振力である場合、対策対象となる部品がポンプの他の性能にも影響を及ぼすことがあるため、実験的アプローチのみでは対策案の検討や試作・評価に多大な時間を要する。このため、KYBでは実験的アプローチと並行して、製品単体での内部圧力解析¹⁾、流れ解析、構造解析（モーダル解析、周波数応答解析）等のシミュレーションを実施することで対策を行っている。また、実験結果との相関分析を行い、シミュレーションの精度を上げることで、対策品の計算検討を行うようにもしている。このようにシミュレーション技術は、対策案の検討時間の短縮や試作・評価数の削減ができるというメリットがあり、騒音問題解決を迅速に行うためには、重要な技術となっている。

最後に、製品単体において起振力の特定、対策を行った後、システムに製品を搭載し、騒音計測を実施する。しかしながら、現状の課題としてKYBでは自動車や建設機械などの母機の伝達特性や放射特性を詳細に把握できないことが多く、システム全体でのシミュレーション予測・対策が難しい。従って、製品単体予測とシステム全体評価による効果確認を繰り返し行う必要があり、対策に時間を費やす場合がある。

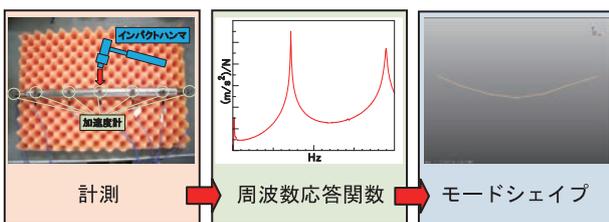


図3 実験モーダル解析の流れ

3 低騒音化事例

3.1 電動油圧ポンプモータの騒音低減

最初の事例として、電動油圧ポンプモータユニットの低騒音化について紹介する。本事例は、母機搭載時に電動油圧ポンプモータユニットの騒音レベル

が問題になった例である。電動油圧ポンプモータユニットは電動機、油圧ポンプモータ、減速機によって構成されており、概略図を図4に示す。

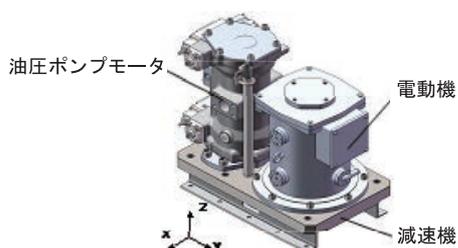
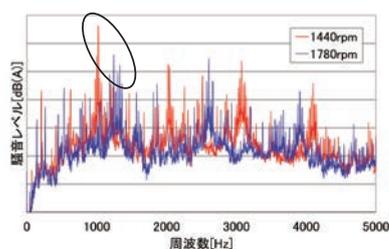


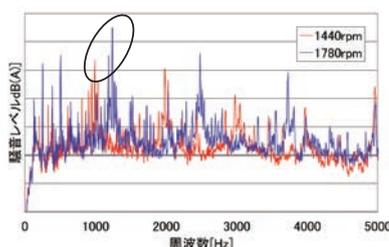
図4 電動油圧ポンプモータユニット

本事例では、最初に電動油圧ポンプモータユニットの騒音計測を行い、音の発生原因の推定を行った。

図5-Aにポンプ作用時の騒音FFT分析結果例を、図5-Bにモータ作用時の分析結果例を示す。



A: ポンプ作用



B: モータ作用

図5 騒音スペクトル

システムの騒音レベルは、(1)式で示す各周波数における音圧レベルを、A特性と呼ばれる人間の聴覚を考慮した周波数重み付け特性で補正し合算することで表すことができる。騒音レベルは突出した周波数成分に大きく寄与するため、この周波数成分を低減することで騒音レベルを下げるのが可能になる。図5より、ポンプ作用時、モータ作用時共に○部で囲った周波数成分が突出していることが確認できる。回転速度が異なる2つの波形(図中青線と赤線)を比較すると、油圧ポンプモータの回転速度の変化に伴い、この周波数成分も変動することが確認できた。

構造共振による騒音の場合、油圧ポンプモータの

回転速度に依存することはなく、一定の周波数が突出する形となるため、今回は構造共振が原因ではなく、(2)式で表される回転機械特有の周波数成分が原因であることが分かった。電動油圧ポンプモータユニットの場合、(2)式の z は、油圧ポンプモータのピストン本数や減速機の歯数、モータの極数やスロット数等が該当する。(2)式を用いて計算した結果、今回の突出した周波数は油圧ポンプモータのピストン本数と減速機の歯数による周波数成分に近いことから、騒音レベルの悪化要因は油圧ポンプモータ、若しくは減速機であることが推定できた。

$$L = 20 \log_{10} (P/P_0) \quad (1)$$

ここで、

- L : 音圧レベル [dB]
- P : 各周波数における音圧 [Pa]
- P_0 : 基準音圧 [$20\mu\text{Pa}$]

$$f = nzN/60 \quad (2)$$

ここで、

- f : 周波数 [Hz]
- n : 次数
- z : ピストン本数等
- N : 回転速度 [rpm]

次に騒音源特定のため、電動油圧ポンプモータユニットの音源探査を実施した。図6に電動油圧ポンプモータユニットの外観写真と突出した周波数(1.3kHz)における音源探査結果(コンタ図)を示す。

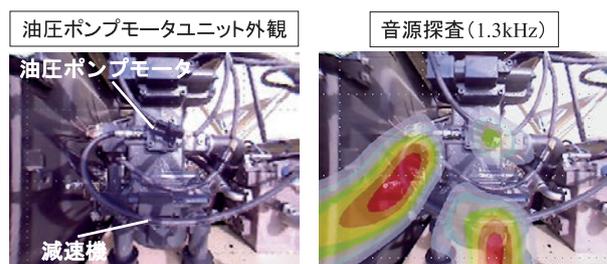


図6 音源探査結果 (1.3kHz)

コンタ図は色によって音の強弱を表しており、レベルが大きい箇所は赤色で示される。結果より、電動油圧ポンプモータユニットの左側壁面と下部が赤くなっている様子が確認できた。壁面の音については、壁面近傍に音源と成り得るものがないことから、油圧ポンプモータユニットからの放射音が壁面で反射され色濃く表示されていると推定できたため、騒音源ではないと判断した。一方、ユニット下部の音については減速機の位置に当たることから、減速機

からの放射音であると推測できた。以上のことから今回の騒音要因は油圧ポンプモータユニットの減速機であることが分かった。

次に減速機による騒音要因をより詳細に調査するため、実稼働モーダル解析を実施し、実稼働状態におけるモーダルパラメータを確認した。図7に解析モデルと加速度計の取付位置（図中の黄色点）を示す。

解析の結果、抽出した周波数は油圧ポンプモータの回転次数成分と減速機のかみ合い次数成分に一致し、これらのモードシェイプが実挙動に影響を与えることが分かった。この中で実挙動に寄与の大きいモードシェイプは1.3kHzにおける減速機のかみ合い次数成分であり、抽出された周波数の中で最も減衰し難い特性を持つことが分かった。同周波数における電動油圧ポンプモータユニットは図8に示すような挙動を示し、減速機プレートによる曲げ挙動に伴い、油圧ポンプモータと電動機が近接または離間することが分かった。この挙動は図9に示す減速機内に並列に設置されている3つの歯車の歯当たりが悪く、正確なトルク伝達を行うことができないことによって引き起こされていると推定されたため、歯車の歯当たり確認試験を行った。その結果、歯当たり不良が確認されたため、これが騒音要因と特定された。

一般的に歯車騒音に有効な対策としては、以下の2つが挙げられる。

- ①歯車のかみ合い率の向上
- ②支持剛性向上による歯当たりの改善

これらの対策を行うことでトルク伝達を行う歯の接触面積を確保することが可能となり、更にかみ合う時間を長くできるため、トルク変動が小さくなり騒音低減に繋がる。今回は対策として、対策案①の

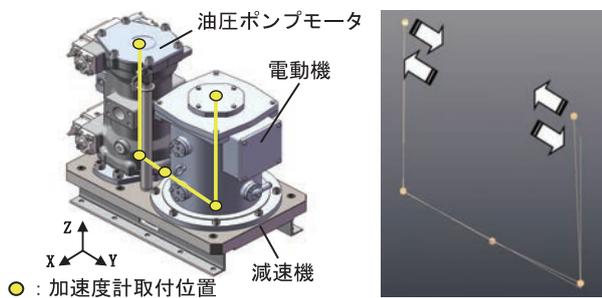


図7 解析モデルと加速度計取付位置

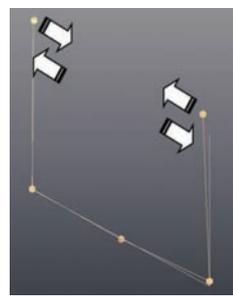


図8 モードシェイプ (1.3kHz)

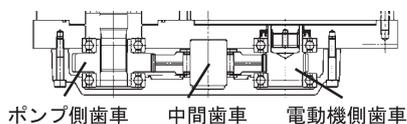


図9 減速機構造

歯形変更による歯車のかみ合い率の向上と対策案②の中間歯車の支持方法変更による歯当たり改善の両案を行った。図10に歯車軸受構造の変更点を、図11に対策後の騒音FFT分析結果 (1780rpm) を示す。対策前と比較すると○部で囲った周波数成分（かみ合い次数成分）がポンプ作用時、モータ作用時共に大きく低減し、騒音レベルで約5dB(A)の低減効果があることが確認できた。

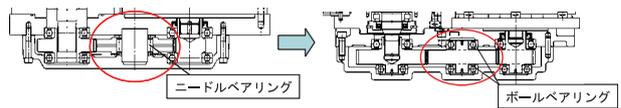
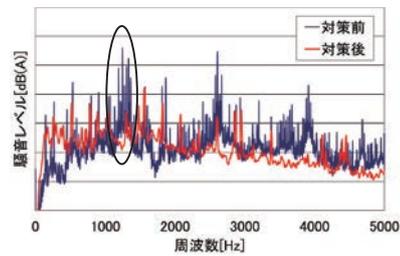
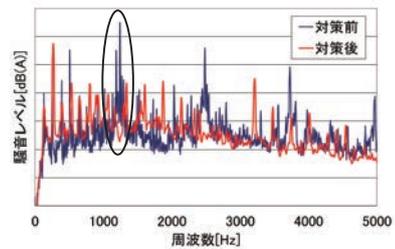


図10 歯当たり改善構造



A：ポンプ作用



B：モータ作用

図11 騒音スペクトル比較

3.2 電動パワーステアリングの異音低減

次に、電動パワーステアリング（以下EPS）における、ステアリング操作時の異音の原因推定を行った事例について紹介する。本事例は、実車のステアリング操作時の異音が問題となったものである。なお、異音周波数は事前の実車評価にて特定されており、この特定周波数に対して対策案の検討を行った。EPSの模式図と加速度計取付位置を図12に、モーダル解析用の解析モデルを図13に示す。

まずは異音がEPSの共振に起因するかを確認するため、実験モーダル解析を行った。実験モーダル解析では、EPS単体における共振周波数と車体取付時における共振周波数を確認した。得られた周波数応答関数を図14に示す。結果より、共振周波数では波形が突出する形になるが、異音周波数域において突出した波形がみられないことから、EPSの共振が異音の要因ではないことが分かった。

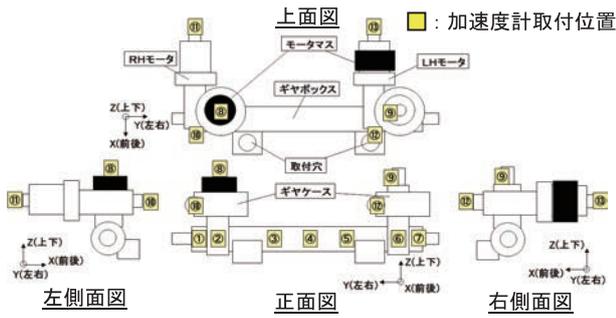


図12 EPS模式図

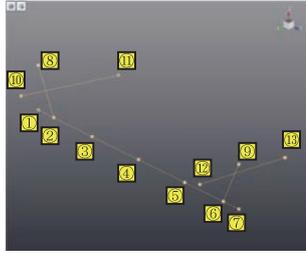


図13 EPS解析モデル

続いてステアリング単体操作時における実稼働モーダル解析を行った。図15に実稼働モーダル解析より得られた周波数応答関数を示す。解析の結果、異音周波数域で実験モーダル解析では確認されていない突出した波形をもつことが確認された。このモード周波数はモータ回転高次成分に極めて近い周波数であったことから、異音周波数域におけるモードシェイプはモータ回転成分に起因することが推定された。なお、図15の異音周波数領域にて抽出されたモードシェイプはRH, LHのギヤケースの動きが

大きく、Y方向の動きは同位相、Z方向の動きは逆位相であることが分かった(図16)。また、図17の加速度主成分分析結果では、抽出されたモードシェイプに対する各部振動の寄与度を示しており、数値が高いほど寄与度が高いことを示す。結果として、異音周波数域におけるモードシェイプはRHモータギヤケース上端の左右方向(加速度No.8-y方向)の振動に大きく寄与することが分かった。

以上のことから、このモードシェイプを抑制することが異音低減につながると考えられたため、対策として、モータ質量を低減することやギヤボックスの剛性を上げることが有効であると推定された。よって、本対策では以下の2点を実施した。

- ①制振用モータマスの質量変更
- ②ギヤボックス上部への補強プレート取付

上記の2点の対策を施し、異音周波数域のモードシェイプに大きく寄与しているRHモータギヤケース上端左右振動の加速度レベルに着目して比較した結果を図18に示す。この結果より、両対策案とも異音周波数域において振動レベルは約3.5dB低減しており、同程度の改善効果が確認できた。なお、対策

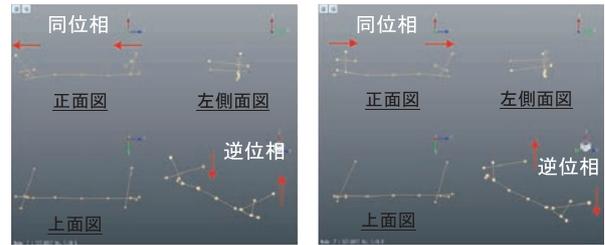


図16 モードシェイプ(異音周波数)

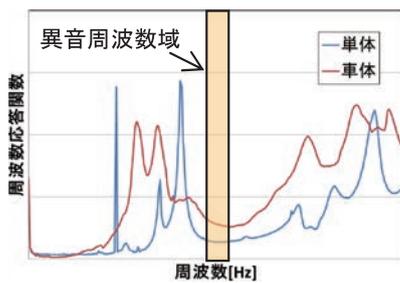


図14 周波数応答関数(実験モーダル解析)

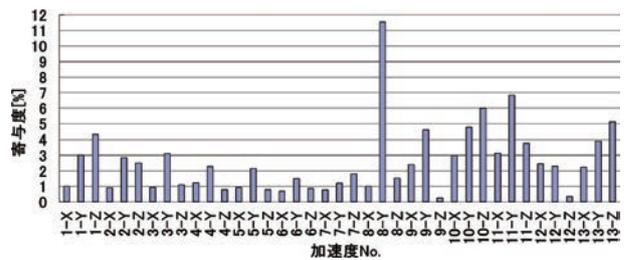


図17 加速度主成分分析結果

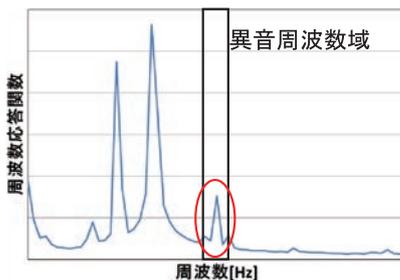


図15 周波数応答関数(実稼働モーダル解析)

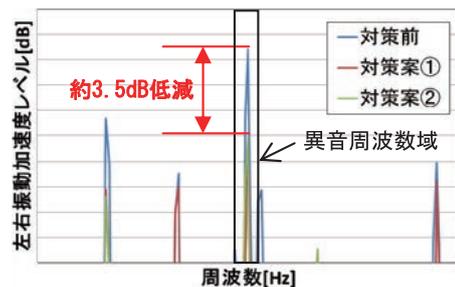


図18 振動加速度レベル比較

案①のモードシェイプは、RHモータの上下挙動が大きく、モータからギヤケースにかけての左右挙動が小さくなる傾向になることが確認された。また、対策案②では、RHモータからギヤケースにかけての上下左右の挙動が小さくなる傾向が確認された。

この他、本対策ではシミュレーションによるモード解析を用いて、対策効果の予測も行った。解析例を図19に示す。

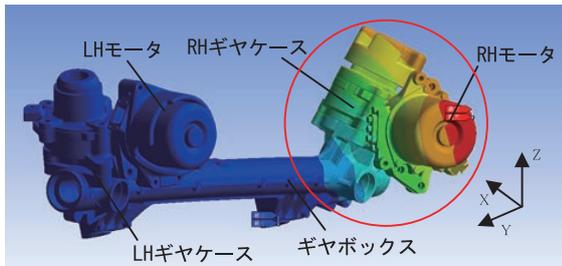


図19 モード解析結果例

○部で示される部分はモードシェイプにおいて動きのある部位であり、モード解析の結果より、RHギヤケースが振れやすい構造であることが実験結果と一致した。前記2つの対策を施すことで共振周波数が高くなることから、剛性が向上することが確認できた。

以上の結果を基に実車にて2案の効果を確認したところ、聴感評価にて異音は低減され、お客様からも異音が改善しているとの評価を頂いた。

4 今後の展望

図2でKYBにおける基本的な低騒音化の流れを示したが、近年の製品開発期間短縮の流れに乗るためには、より迅速に低騒音化を実施する必要がある。前述のように、現状の騒音対策で時間を費やしている部分は、KYB製品単体での対策とシステム全体評価とのループを数多く回さざるを得ないところにある。これは、KYB製品を搭載するシステム特性（伝達特性、放射特性）を我々が把握できていないことに問題があると考えられる。システム特性を母機メーカーから提示され、システム全体を構成しているメーカーが協力し合い、低騒音化を実施していくことが理想ではあるが、事実上困難であるため、別のアプローチが必要になる。

上記課題を解決し、更なる迅速な低騒音化を実現するためには、次の2つの技術が必要であると考えられる。

- ①システム振動伝達特性の把握技術（TPA）
- ②放射音予測技術

システムの伝達特性は、伝達経路間の寄与度を求めることができる伝達経路解析（TPA：Transfer Path Analysis⁶⁾を用いることで把握することができる。しかし、KYBではTPAに関して、過去に自社開発した計測システムが存在するが、システム全体の伝達経路を把握できるだけの多数の加速度計情報を入力できない等の課題があり、現在は有効に活用できていない。これが1つ目の課題である。

また、KYBでの騒音予測は、起振力予測による推定となっているのが現状であり、問題となる放射音を予測することは困難である。近年、市販の放射音予測ソフトも高精度化されてきていることから、KYBとしても放射音予測技術を確立することが急務であり、これが2つ目の課題である。

これら2つの技術を確立することができれば、騒音対策の流れは図20ようになる。

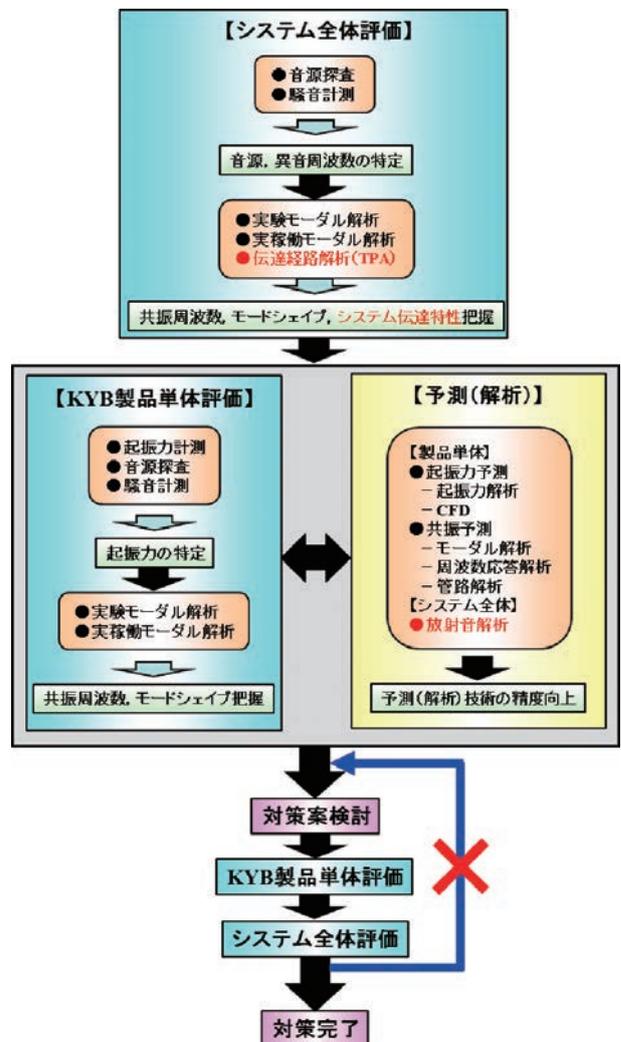


図20 騒音対策の流れ（今後の展望）

最初のステップであるシステム全体評価の際に、システム全体の振動伝達経路を明確にする。これにより、KYB製品単体の起振力予測やモーダル解析結果などを用いて、システム全体の振動伝達系の予測が可能になる。また、放射音予測技術を合わせることにより、システム全体の騒音までが予測可能となるため、問題の周波数に対する対策を高精度に実施できるようになる。更にこの流れで騒音対策を実施すると、システム全体評価を最終評価の1回のみで削減することができるため、騒音問題の早期解決に繋げることも可能となる。その上、システム特性を把握することによって、そのシステムに合った新規製品の開発・提案にも繋げることも可能になるため、これらの2つの技術確立は今後の重要課題になると考える。

5 結言

本報ではKYBにおける低騒音化技術として、騒音発生メカニズムやKYBで行っている低騒音化のアプローチについて、事例を交えて解説した。

対策技術とは騒音問題が取り上げられた後で適用されるものであり、何よりも迅速な対応が求められ、

このための取り組みについては今後の展望として述べた通りである。将来的には、問題の発生を未然に防ぐことのできる低騒音化技術への発展を目指し、KYB製品の品質と付加価値の向上に貢献する所存である。

参考文献

- 1) 伊藤, 矢加部: 車載用ポンプ性能向上のための解析技術, KYB技報, No. 40, pp 28-34, (2010)
- 2) Nagata, K., A Simulation Technique for Pressure Fluctuation in a Vane Pump, 8th Bath International Fluid Power Workshop, (1995)
- 3) 永田: カムリングの変形を考慮したベーンポンプの内部圧力シミュレーション, 油圧と空気圧, 26巻, 6号, pp 163-169, (1995)
- 4) 野口, 矢加部: 車載用ベーンポンプ低騒音化技術, 油空圧技術, vol. 49, No. 12, pp 48-52, (2010)
- 5) 飯田一嘉, 大橋心耳, 岡田健, 麦倉喬次: 実用騒音・振動制御ハンドブック, エヌ・ティー・エス, (2000)
- 6) Peter Akos Gajdatsy: 伝達経路解析の基礎から応用, エルエムエスジャパン, (2012)
- 7) 長松昭男: モード解析入門, コロナ社, (1993)

著者



矢加部 新司

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



鈴木 一成

2008年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。振動騒音関連業務ならびに油圧機器の研究開発に従事。


 随筆

チェコ駐在記

工藤 浩一

1. はじめに

私は2009年3月から2014年3月まで、欧州の3拠点に駐在した。この期間、赴任を含め5回の異動を命じられ、結果的にチェコとドイツは2度の赴任となった。下記に赴任回数とその場所を示す。

- 1回目：チェコ・パルドビツェ（1年9カ月）
- 2回目：スペイン・パンプロナ（10カ月）
- 3回目：ドイツ・デュッセルドルフ（7カ月）
- 4回目：チェコ・パルドビツェ（1年5カ月）
- 5回目：ドイツ・デュッセルドルフ（6カ月）

その中で、合わせて3年2カ月間の一番長かったチェコ（KYB Manufacturing Czech s.r.o.：以下KMCZ）駐在について振り返り、その一部を紹介したいと思う。

2. チェコの概要

1989年まで、共産党による独裁が続いたチェコスロバキアは、1993年にチェコ共和国とスロバキア共和国に分離した。今でも、ドイツやスペインの多くの人たちはこの国をチェコスロバキアと呼んでいる。その後、チェコは1996年にOECDに加盟、1999年にNATO加盟、そして2004年にはEU加盟国となった。

人口約1,050万人、ヨーロッパのほぼ中央に位置し、北緯50度と緯度は高いが面積も気候も北海道とほぼ同じくらいで、地震も無く、自然災害も少ない国である。

高速道路や鉄道のインフラが整備されているため、西側だけでなく東側へのアクセスも良く、自動車、機械、電機など、EU諸国向けを中心とした輸出産業が盛んである。国を挙げての海外企業誘致や投資の促進政策もあり、製造業を中心に、約230社の日本企業がチェコに進出し操業している。

私の見たチェコ人は、まじめで勤勉、決めたルールはきちんと守る。頑固な一面もあるが、これが伝統や自然・環境を大切に守る姿となり、この美しい街並みや素晴らしい景観が維持されているのだと思

う。

古い家は建替えるのではなく、一部の壁は壊さずそのまま利用して改築が行われる。古い家具は長く大切に使う。どの家も窓をきれいに磨き上げ、窓辺には外からもよく見えるよう季節の花を飾り付ける。

伝統や昔からの文化を大切にする一方、新しいものを取り入れる意欲も旺盛であり、現代のものと古いものをうまく使い分け、融合させることも上手い。

気難しい年配者も確かにいるが、若者たちは自由闊達、かつての独裁国家の面影は全くない。女性は総じて男性より強く、素直で明るい。男性は見かけとは全く異なり少し頼りなく、どちらかと言うと弱々しい印象を受ける。

3. 当時の状況

チェコへの赴任を知らされたのは、リーマンショックの直後、欧州の自動車販売が大きく落ち込み回復見込みが見えない時期だった。

チェコに進出した日系企業の多くは、リストラや工場撤退など生き残り策が検討されていた。銀行による貸し剥がしが行われ、多くの拠点では逼迫する資金繰りについて対応に奔走していた。欧州危機が叫ばれる中、明るい話は全くない状況だった。EU加盟国では、自動車の買い替え奨励金等、景気刺激対策が施行された。

このような状況の中、欧州でも車の売れ筋は、高級車や大型車・中型車から廉価な小型車へ向かっていた。KMCZの製品構成は、小型車向けショックアブソーバ（以下SA）が中心であったことも幸いし、大きな打撃は比較的少なく、2010年3月期には、創立以来、初めての黒字決算となった。

赴任当初のKMCZには、合弁パートナーであった三菱商事社からの駐在員が1名いた。主な業務を私が引継ぎ、同社の駐在員は帰任した。

KMCZは2011年に資本構成が変更となり、KYBの100%子会社となった。同時期に財務体質強化のため、増資が行われた。

その後、受注確定に伴い増産のための準備が始まり、これがKMCZの大きな転換時期となった。

2012年の春、2度目のチェコへの駐在となった。チェコ人の工場長（当時）が社長に昇格する人事が発令された時だった。

2012年の夏から翌2013年6月にかけての期間は工場拡張計画の立案が行われ、早朝の日本とのテレビ会議、岐阜北工場からの長期出張者による支援、KMCZ内での連日の打ち合わせ、地元自治体（州や市）への拡張申請、工場拡張に反対する近隣住民への説明会、設備投資インセンティブ（優遇制度）を受けるための準備や資金計画など、数多くの対応に迫られた。

帰任時には拡張計画がいよいよ現実となり、工事開始の段階となっていた。現在では、2倍の規模に拡張された工場建屋がほぼ完成し、機械の据え付け工事が進んでいる。



写真1 KMCZの工場外景（手前は既存建物、奥が拡張部分）

4. 食堂メニュー向上委員会

チェコの多くの人たちは、1日の食事の中で昼食に重点を置く。スープとメインディッシュを基本とした昼食が重要と考えているようだ。

KMCZでは、社員食堂で全員が昼食を食べることができる。メニュー4種類に加え、一部アラカルトやサンドイッチなども選択できる。価格は半額会社補助により安く、そのボリュームや味についても現地人社員には評判が良かった。

月に一度、総務・人事、購買のメンバーと駐在員代表として私も加わり、食堂改善委員会を開催し、食堂メニュー改善のために意見交換や満足度の調査を行った。同じ工業団地内のジェイテクト社とパナソニック社へお願いし、各社の社員食堂での試食会

を行ない、献立や食堂レイアウトなど良いところを皆で学んだ。

KMCZの社員は寿司以外の日本食にも関心が高く、和食勉強会では、パン粉を使ったトンカツ・チキンカツのほか肉ジャガ、カレーライスの味の向上を目指した。

しょうゆは多くのチェコ人が知っていたが、調味料として日本のトンカツソース（お好み焼きソース）やウスターソースが、大変評判が良いことがわかり、その後、日本製のトンカツソースは食堂の定番調味料となり、我々駐在員も喜んだ。

社員食堂の満足調査では7割以上の社員から「非常に満足」の最高評価が得られた。



写真2 社員食堂メニュー

5. チェコのビール

チェコはピルシュナービール発祥の地。一人あたりビールを飲む量が世界で年間350リッターとは驚きである。飲む人は毎日1リッター以上が当たり前のお国柄である。

街にはたくさんのビアホールやパブがあり、いつも混雑している。家で夕食を済ませた後、グループやカップルでここに来て、大きなジョッキでビールだけを飲みながら楽しそうに語り合う光景をよく見かける。不思議なことに、値段はどの店でもミネラルウォーターよりも安く、ジョッキの中身が少なくなれば黙っていても次のビールが運ばれてくる。

スーパーマーケットや酒屋ではケース入りの瓶ビールが大量に売られている。売り場の脇には、どの店にもビール瓶の回収コーナーがあって、空き瓶を大量に持った客が回収箱に返却する光景がよく見られる。皆がビールをたくさん飲んでいることの証しである。



写真3 ビール工場から出来立てのビール

6. アイスホッケー

チェコのウインタースポーツと言えば、アイスホッケー。冬季オリンピックでは過去に1998年の長野大会で金メダル、2002年トリノでは銅メダルの実績がある国民的スポーツである。

地元のプロチーム「イトン・パルドビツェ」は、市民の誇りである。市の中心部にとっても立派なホッケースタジアムを有し、週末に行われる試合は、いつも満席となっていた。選手の奮闘（まさに格闘技）と市民の熱い応援の姿をリンク脇で見ていると本当に圧倒される。KMCZの社員も観戦だけでなく、子供の時から実際にプレイをする。近くに住む人たちがアイスホッケーチームを作り、対抗戦を行っている。仕事を終えてから練習を行い、週末には試合に出場するという、とても身近なスポーツである。

私もホッケーシューズ、ヘルメット、手足に付けるプロテクターなど道具一式を買い込み、練習し、何度か実際にゲームに参加した。格闘をしなくても、5分もリンク上に立つだけで全身が痛くなる。冬には週末になると近場のアイススケート場に出かけ汗を流したものだ。



写真4 パルドビツェのアイスホッケーアリーナ

7. プラハへの買い出し

週末は駐在員仲間とプラハの日本食材店へ買い出しによく出かけた。そのついでに、プラハの和食レストラン巡りも数少ない楽しみの1つだった。

日本食材はパルドビツェでは入手困難であり、片道約130km、車で1時間半をかけてプラハへ行くことも別に苦にならなかった。当時は2軒の小さな日本食材店があり、通常の4～6倍くらいの価格で販売されていた。納豆の3個パック（冷凍もの）が500円位だったが背に腹は代えられない、毎回買い占めた。日本食ブームの影響か、チェコ人の買い物客も散見された。

プラハは中京地区（名古屋）からの駐在員が多いためか、味噌は八丁味噌（赤だし）がメジャー、味噌かつ用ソースなどもそこではよく見かけた。店主のマーケットリサーチの結果なのか、関東では見かけない商品も置いてあり、買い出しは面白かった。

プラハの日本食レストランでは、鰻の蒲焼が「ひつまぶし」風の盛り付けだったり、トンカツに最初から味噌ダレがかかっていたりするのが和食の標準形のように笑えた。駐在員にとっては、チェコで和食が食べられるだけで有難いことだった。

当初は慣れないチェコでの自炊生活も、年を重ね、コツがわかってくると改めて料理の大変さとその有難さを感じた。

8. 世界遺産めぐり

12ヶ所（当時）あったチェコ内の世界遺産をすべて回った。

パルドビツェから車か電車でほとんどの場所に日帰りが可能である。鉄道で週末の2日を利用すればゆっくり見ることもできた。



写真5 チェコの鉄道（パルドビツェ駅）

プラハヤクトナーホラの歴史的建造物、チェスキー・クルムロフの中世の姿を今に伝える美しい街並み、ホラショビツェの素朴な農業集落などまるで絵画の中にいるような錯覚に落ちる。

隣国ポーランドのアウシュビッツ収容所へも足を



写真6 ホラショビツェの農村風景

運んだ。ヒットラーによるユダヤ人大虐殺の現場や捕虜としての収容者の写真や多くの遺品、ガス室までも当時のまま保存されていた。重苦しい気持ちでアパートへ帰ってきたことを昨日のように思い出す。

地図と時刻表を片手に、先導し、一緒に付き合ってくれた駐在員に感謝している。

9. 交通マナー

チェコ人の運転マナーはとても良い。私も不安なく運転することができた。しかし、チェコには日本と異なるルールや日本の常識では考えられないものもあった。

規則を守ることに厳格なこの国は、速度違反に対しても容赦なく切符が切られ、罰せられる。スピード取締が行われている場所は、制限時速を5キロのオーバーでアウト。カメラによる自動取締機械も同様に厳しく、日本の感覚で運転しているとひどいことになる。1日のうちでパルドビツェとプラハを往復しただけで、5キロオーバーの違反切符を3枚も切られたという駐在員神話がある。チェコらしいことは、カメラ取締機の設置場所に必ずカメラ撮影開始地点と終了地点にも標識があり、100メートルほどの区間内に掲示されており、設置されたカ

メラの位置がハッキリわかる。

住宅地に入り、制限速度が始まる場所にはデジタルの速度表示計が設置されており、ドライバにその都度スピード超過の注意を促している。

日本には存在しないルールとして、右側から出てくる車に対して道を譲る（右側車両優先）というものがある。特にスーパーマーケットなどの広い駐車場内の標識の無い通路の走行では十分な注意が必要である。

公道のすべての交差点には、優先・非優先の標識が設置されている。どんな狭い、小さな交差点にも必ず設置されており、道路の広さに関係なく（広い道路が優先道とは限らない）この標識が表示する優先・非優先に従わなければならない。信号機のある交差点にもこの標識が表示されており、万一、停電等で信号が消えているときは、この標識に従って優先・非優先が決められるため、これを見落とすと大変なことになる。

チェコのマナーは日本のそれに勝る。スピードに関してだけでなく、歩行者に対するドライバの配慮も同様であり、見習うべき事項が多々あった。

10. おわりに

私にとって長い単身赴任であったが、心身共に大きな問題はなく、何とか無事に過ごせた幸運に感謝している。

海外での仕事や日常生活では気付かぬうちに大きなストレスや疲労が溜まるもの。駐在員及び今後駐在される方々には、この点十分ご留意されたい。

末筆ですが、この5年間、多大なご支援・ご協力いただいた本社機能部門、AC事業本部、岐阜北工場、KMCZの駐在員・現地社員、欧州拠点はじめ多くの関係する方々に御礼申し上げます。

チェコ人と日本人とがお互いに力を合わせ、幾多の困難を乗り越えて、KMCZが更に大きく成長することを願っております。

著者



工藤 浩一

1983年入社。経営企画本部広報部長。経理部、シカゴ駐在、営業管理部、欧州駐在を経て、現職。

高機能EPS用ECUの開発

長 江 功 貴

1 はじめに

日産自動車(株)のINFINITI Q50^{注1)}(写真1)に搭載されるダイレクトアダプティブステアリング^{注2)}(以下DAS)向けに、ステアリングギヤの転舵モータ及びステアリングホイールの反力モータ駆動用の高出力かつ高信頼性なエレクトリック・コントロール・ユニット(以下ECU)を開発した。

DASの最大の特徴は、ステアリングホイールとステアリングギヤボックスの機械的連結をクラッチで切り離して電気信号に置き換え、タイヤの向きを変える新技術を採用しているところである。

本技術は入力操作を電気信号(ワイヤ)で伝達してアクチュエータを制御するエクス・バイ・ワイヤ(X-By-Wire)と呼ばれる先進技術の応用である。

DASは車両レイアウトの自由度を向上させ、車両を安全に運転するための制御、更には自動運転に進展する可能性を持っており、次世代のステアリングシステムとして注目を集めている。量産車でバイ・ワイヤ技術を用いたステアリングシステムを搭載したのは、INFINITI Q50が世界で初めてである。

ECUを開発するにあたり、様々な技術課題があったが無事に量産に至った。開発品について以下に紹介する。

注1) Q50の国内向けの販売名称はスカイライン。ハイブリッドエンジン搭載モデルはDAS標準装備。スカイライン、INFINITI、Q50は日産自動車(株)の商標。

注2) ダイレクトアダプティブステアリングは日産自動車(株)の商標。当社では高機能EPSと呼ぶ。



写真1 日産自動車(株) INFINITI Q50

2 DASのシステム構成

図1はDASのシステム構成である。主要な構成部品は、ステアリングホイール、反力モータ、クラッチ、ステアリングギヤボックス、ECUである。KYBの開発品は②、④、⑤のハードウェアである。

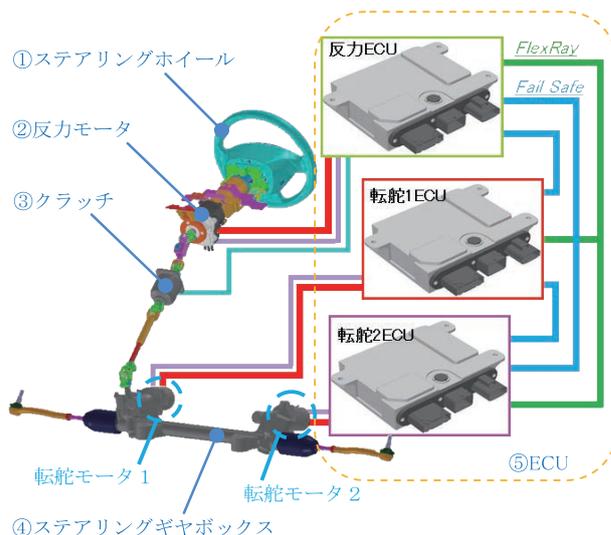


図1 DASのシステム構成

- ①ステアリングホイール
ステアリング操作の入力部分。反力モータ軸との接続は減速機を介さず接続する。
- ②反力モータ
車輪から伝わる路面状況を擬似的に運転者へ伝えるための操舵反力を発生する。
- ③クラッチ
DASの故障を検知した場合にステアリングホイールとステアリングギヤボックスを機械的に結合する。
- ④ステアリングギヤボックス
ステアリングホイールの舵角信号に応じて、ラックを左右に動かし、車輪に操舵角を与える。転舵モータ1及び2の計2個のモータを搭載する。

⑤ECU

②, ③, ④のアクチュエータを制御する。当社では反力モータを制御するECUを反力ECU, 転舵モータを制御するECUを転舵ECU 1 及び 2 と呼ぶ。また, それぞれのECUは各種センサ用回路及びクラッチ用回路を必要に応じて実装している。3台のECUは制御の演算結果を通信する構成になっており, 相互の状態を監視する。故障が発生した場合, 瞬時に検知してクラッチを接続し, システムを安全な状態へ遷移させる。



写真2 ECUの外観

3 開発・生産体制

ECUに組み込むソフトウェアとシステム開発は日産自動車(株)殿の担当である。システムのハードウェアは当社オートモーティブコンポーネンツ事業本部(以下AC事業本部)ステアリング技術部が全体を統括している。ECUとモータの開発は技術本部電子技術センターへ委託されている。

ECUの生産は当社グループ会社であるKYBトロンデュール(株), 転舵モータ及び反力モータの生産は(株)TOP殿, ステアリングギヤボックスの生産はAC事業本部岐阜北工場で行っている。

4 ECUの仕様

4.1 製品仕様

表1にECUの主要諸元, 写真2にECUの外観を示す。

表1 ECU主要諸元

電源電圧 V	14
寸法 mm	(L)180×(W)180×(H)50
質量 kg	1.7
モータ出力 Arms	80 (3相DCブラシレス)
CPUクロック 周波数 MHz	80
モータ角度 検出方式	レゾルバ
クラッチ出力 A	1.5
外部通信方式	CAN (500Kbps) Flex Ray (5 Mbps)
作動周囲温度 °C	-40~105
コネクタ	防水

4.2 共用化

図2に主要部品の構成を示す。反力ECUも転舵ECUも, 主な機能は3相DCブラシレスモータを駆動させることであるから, 基本構造は出来るだけ統一した。ECU毎に必要な機能に合わせて実装する電子部品を設定するにあたり, 可能な限り部品の共用化を図っている。CPU基板, アルミ基板, カバー, 端子ガイド, メインバスバーAssy, コネクタAssyについては完全に共通であり, コスト低減及び製造工程の簡素化に対して配慮している。

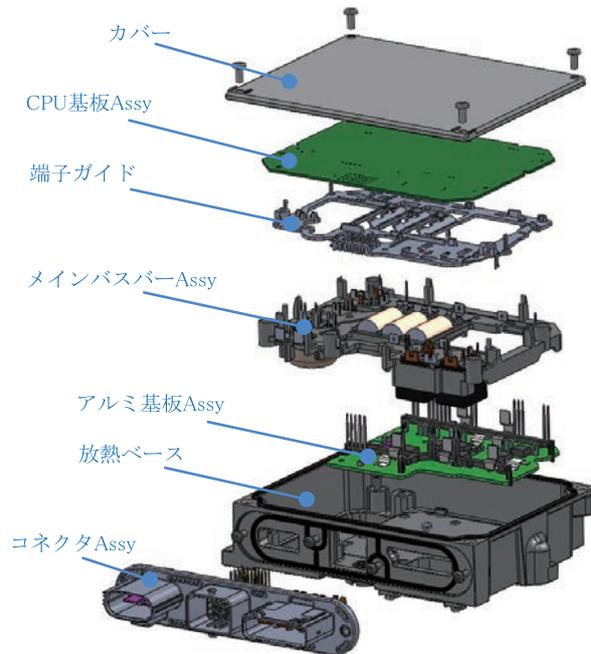


図2 ECU構成部品の概略図

4.3 フェールセーフ

ECU間の通信は, 信頼性が高く通信速度が速い次世代の車載高速LANであるFlex Ray^{注3)}を採用し, 3つのECUの演算結果を相互に監視している。更

に別系統で、瞬時にクラッチをつなぐ信号を共有し、相互に作用することで信頼性を高めている。どれか1つのECUが故障した場合、3つのECUがFlex Rayの情報からお互いの動作状態を判定し、判定結果の多数決演算をとることによって、故障したECUを特定する。

注3) 次世代ネットワークとして注目され、高速通信(最大10[Mbps])、同期通信、送信遅延時間保証など、協調制御に必要とされる特徴を持つ。

5 開発課題

5.1 ECUの信頼性評価

ECUの信頼性評価は主に環境系と電気系の2系統に分類される。電気系の中でもEMC^{注4)}に関する放射ノイズ試験の対策には様々な検討を要した。

DASは放射ノイズの観点からすると不利なシステムであると言える。3相ブラシレスモータを駆動するシステムの放射ノイズは、一般的にモータインバータ回路のスイッチングに起因する。スイッチングノイズが各種ハーネスに重畳して、放射ノイズとなって現れる。一般的なEPSシステムはモータとECUの組み合わせが1セットで構成される。一方で、DASは3セットで構成されており、更に互いのECUが多数のハーネスで接続されている。また、ECUの搭載位置の都合上、電力線の長さが合計2m前後になる。そのためEPSシステムと比較しても、ノイズ源が多く、放射ノイズを出しやすい構成である。

ECUを実車に搭載して評価した結果、全周波数帯域で大きく基準値を超えてしまっていた。そこで、至急の対策検討が必要となったが、ノイズ対策と言うものはなかなか理論通りにいかず、経験則的に対策を検討する事例も多い。そのため長期にわたって台上での対策検討を繰り返し行った。

注4) Electro Magnetic Compatibility:用語解説「EMC・EMI」p.53を参照。

5.2 EMI除去フィルタによる対策

対策部品は主にEMI^{注5)}除去フィルタと呼ばれるコンデンサ及びフェライトインダクタを使用した。対策の効果を明確にするため、ECUとモータは1セットで検討することから始めた。また、容易に対策部品のチューニングが行える様にバラック状態のECUを使用した。実際のECUはアルミダイカスト製の筐体が基板の放射ノイズを抑えるため、銅板と段ボールシートを使用して作成した擬似的な筐体でバラック型のECUを覆って検討を行った(写真3)。対策部品のカット&トライを地道に繰り返し行い、

図3に示すように大幅に放射ノイズを低減することができた。

注5) Electro Magnetic Interference:用語解説「EMC・EMI」p.53を参照。

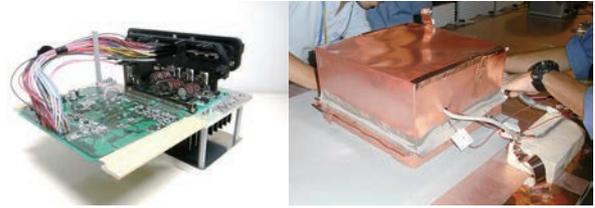


写真3 バラック型ECUと擬似筐体の外観

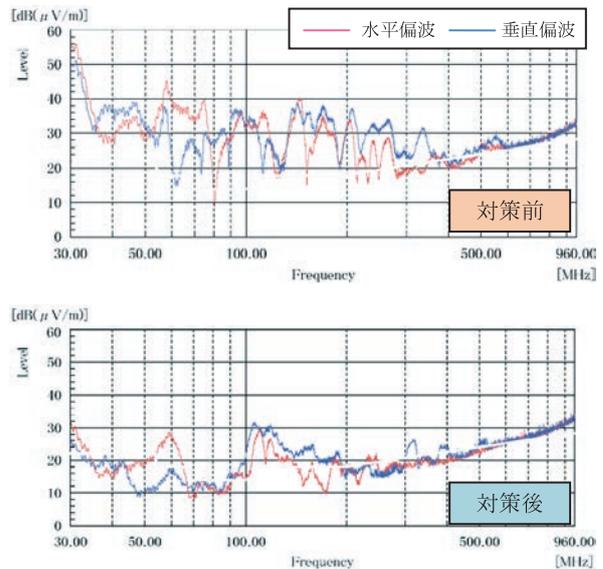


図3 EMIフィルタ対策前後の放射ノイズレベル

5.3 シールドハーネスによる対策

インバータ回路とモータハーネスから出る放射ノイズレベルは、パワーが大きいことに加えてモータの駆動性能にも影響する可能性があるため、対策手段が限られる。そのため写真4で示すようなシールドハーネスと呼ばれる金属編組線で覆われたハーネスをモータハーネスに使用することで、放射ノイズが外に出ないように対策するのが一般的である。この点についてはお客様に対しても協力を仰ぎながら検討を進めた。

シールドハーネスは通常のハーネスと比較して製造の手間も材料費も余分にかかるため、当然コストも上がる。ハーネスのコストは車両価格に影響するため、採用のハードルも高い。そこでお客様と合同で台上評価を行い、シールドハーネスの効果とシールド部分の拡大による相乗効果を実証することにした。台上でシールド部分を長くしたり短くしたりしてハーネスが露出する長さを数10mm単位で変化させ

る。それに伴って測定機器の画面でノイズレベルが大きく変化する状況を実際に目で見てもらい、効果を実感してもらった。

この活動によってお客様にも“シールドハーネスは必須であり、その仕様も可能な限りコネクタ直近までシールドで覆われた状態でなくては効果がない”という認識を持ってもらうことができ、当社の要望するハーネスの仕様を採り入れてもらえるきっかけとなった。

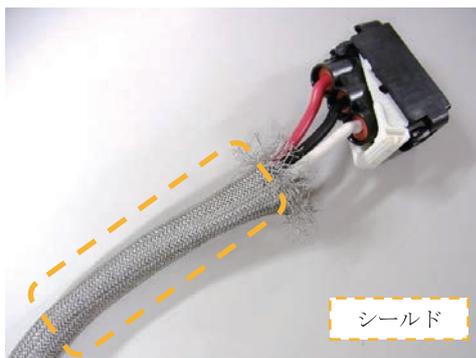


写真4 シールドハーネス

6 おわりに

今回開発した高機能EPS用ECUは、要求される自動車搭載要件を満足できた。開発中に発生する様々な技術課題に対し、一つずつ対策を講じる過程を経ることが電装品設計のノウハウ構築にもつながったと考える。今後も電子制御化の傾向は自動車に限らず様々な分野で高まる一方である。本開発で得た経験を有効に活用したい。

本開発にあたり、日産自動車(株)殿のプロジェクト関係者をはじめ、社内外の関係各位より頂いた多大なるご支援、ご協力にこの場を借りて心から感謝申し上げます。

著者



長江 功貴

2009年度入社。技術本部電子技術センター開発室。高機能EPS用ECUの開発に従事。

高機能EPS用電動モータの開発

黒川 芳輝

1 はじめに

KYBは日産自動車(株)殿のINFINITI Q50^{注1)}に搭載されるダイレクトアダプティブステアリング^{注2)}(以下DAS)向けEPS製品の量産を開始した。

ここでは、2ピニオン-2モータで高出力・冗長性を持つSteering Angle Actuator (以下ステアリングギヤボックス)と、DASの特長とも言えるステアリングギヤボックスとステアリングホイールの機械連結がない状態において、走行状態・路面状況に応じ操舵反力を与えるSteering Force Actuator (以下、反力モータ)について述べる。

なお、システム概要とECUについては、本号の高機能EPS用ECUの開発(P49)を参照されたい。

注1) Q50の国内向け販売名称はスカイライン。ハイブリッドエンジン搭載モデルはDAS標準装備。スカイライン、INFINITI、Q50は日産自動車(株)殿の商標。

注2) ダイレクトアダプティブステアリングは日産自動車(株)殿の商標。当社では高機能EPSと呼ぶ。

2 開発背景

DASのシステム概要についてはECUの製品紹介で説明がなされているので、本章では割愛するが、当社が日産自動車(株)殿からDASのユニット開発引合を頂いたのは2009年に遡る。1ピニオン式のラック&ピニオンEPSギヤボックスの試作受注が開発の始まりである。当時、当社では hidroリックコンポーネツ事業本部の製品であるミニモーションパッケージ用のブラシ付き電動モータを電子機器事業部にて内製・量産をしていた。しかし、車載用となるDAS用モータは信頼性及びサイズ要求も厳しく、ブラシレスモータ(以下BLM)の搭載が必須要件であった。更には、通常のEPSには存在しないステアリングホイールとつながる操舵反力を発生させる反力モータも加わるなど特殊性が高く、専用設計が必要であり市場購入品での対応は難しいものであった。

また、かねてより社内電装品技術の向上・内製化を図るため、AC事業本部の協力を得ながら、基盤技術研究所においてEPS用BLMの内製化研究・開発を進めていた。厳しい要求に対応すべくこれまでの研究・開発成果を基に、ステアリングギヤボックス用モータ(以下、転舵モータ)と反力モータの2つのモータの製品化を実現した。

各々モータの概要について次節で説明する。

3 転舵モータ

3.1 製品仕様

本開発品のステアリングギヤボックス搭載位置を図1、構造を図2、主要緒元を表1に示す。

ステアリングギヤボックスは必要ラック推力の確

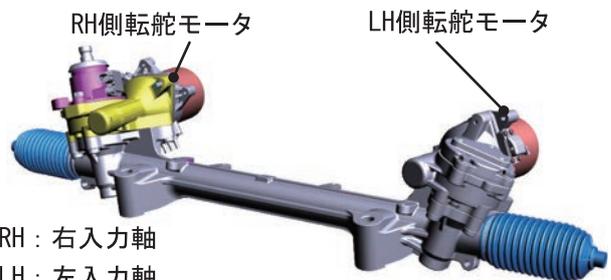


図1 DAS用ステアリングギヤボックス

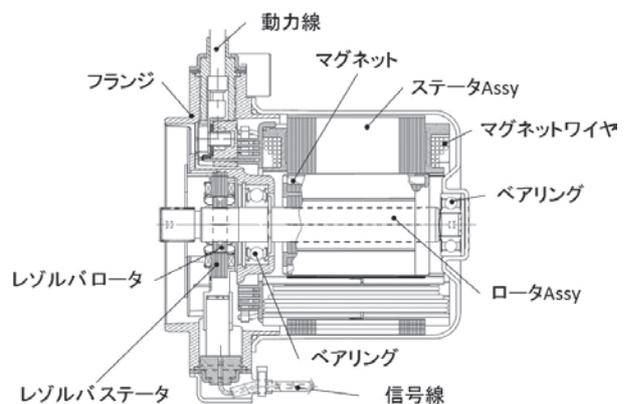


図2 転舵モータ構造

保と車両への搭載性から、2つのモータが搭載されている2ピニオン式のラック&ピニオンEPSギヤボックスであり、電気的にも冗長系構成としている。

表1 転舵モータ主要緒元

項目	仕様
駆動電圧	12V
定格電流	80Arms
トルク	4.5N・m at 80Arms
回転数	1050 rpm at 80Arms
モータ形式	SPM-BLM
極数&スロット数	6P-9S
サイズ	φ80×L97.2 (本体)
磁極角度検出	レゾルバ (VR型)
動作保証温度範囲	-40℃~100℃
保存温度範囲	-40℃~120℃

3.2 特長と構成

モータ形式は、インナーロータ^{注3)}で表面に永久磁石を張り合わせた、回転界磁形式の一般的な磁気回路構成をもつSPM (Surface Permanent Magnet) BLMである。

永久磁石には希土類ネオジウム焼結磁石を採用し、モータサイズの小型化を図っている。

小型化の実現にはステータAssyのコイル高密度巻線が欠かせない。今回のDAS用モータの共同開発・製造委託先である(株)TOP殿の高占積ボビン巻線の巻線技術により、φ1.4mmの太線径マグネットワイヤの高密度巻線を可能にし、小型・高出力を実現した。

ステアリングギヤボックスは、対象車種がハイブリッド車、ターボエンジン車で、右ハンドル車、左ハンドル車、2輪駆動車、4輪駆動車と多彩であり、かつエンジンルーム内の搭載スペースが限られることから、モータフランジは3種類の形状を使い分け、ステアリングギヤボックス全6仕様に対応する。

動力線Assy、信号線Assyはステアリングギヤ

ボックスの種類毎に長さ、コルゲートチューブ^{注4)}やクリップ実装位置などの外装が異なり、動力線6仕様、信号線9仕様と多仕様となっている。しかし、フランジと動力線、信号線Assy以外の部品は全て共通部品で構成され、多仕様化によるサブAssyの発生は抑制している(表2)。

注3) ロータが内側配置、ステータが外側配置された構造。

注4) 電線の保護、集束に使用する蛇腹チューブ。

4 反力モータ

4.1 製品仕様

本開発品の外観を図3、構造を図4、主要緒元を表3に示す。

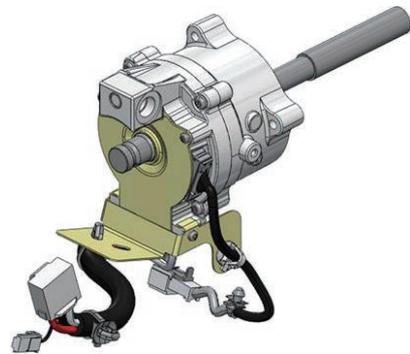


図3 反力モータ概略図

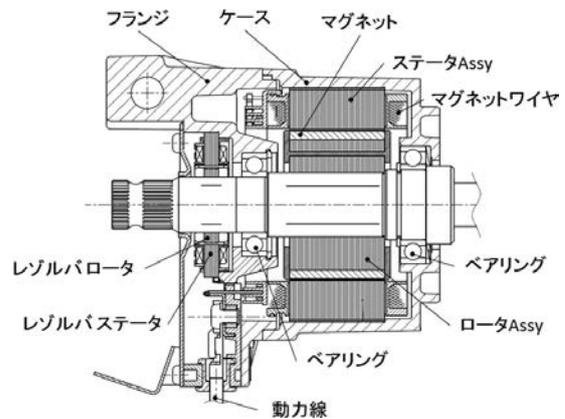


図4 反力モータ構造

表2 転舵モータの構成Assyの種類

ステアリングギヤボックス種類	I		II		III		IV		V		VI		仕様数
	LHD (左ハンドル)	RHD (右ハンドル)											
エンジン・駆動方式	A				B				C				
ハンドル形式	LHD (左ハンドル)		RHD (右ハンドル)		LHD (左ハンドル)		RHD (右ハンドル)		LHD (左ハンドル)		RHD (右ハンドル)		
転舵モータ配置側	LH	RH											
ロータ Assy	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	1
ケース Assy	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	2
フランジ Assy	a	b	a	b	a	c	a	c	a	b	a	b	3
動力線 Assy	a	b	a	b	c	d	c	d	e	f	e	f	6
信号線 Assy	a	b	c	d	e	f	g	f	h	i	h	i	9

表3 反力モータ主要緒元

項目	仕様
駆動電圧	13V
最大電流	43Arms
トルク	8.6N・m at 35Arms
モータ形式	SPM-BLM
極数&スロット数	14P-12S
サイズ	φ90×L85.9 (本体)
磁極角度検出	レゾルバ (VR型)
動作保証温度範囲	-35℃~70℃
保存温度範囲	-40℃~85℃

4.2 特長と構成

転舵モータと同様なSPMモータであるが、ステアリングホイール軸がそのままモータ軸となっていることが特長である。これは、操舵反力に関するガタや遅れがないダイレクト感を重要視した客先要求仕様である。モータ軸はコラムAssyを介してステアリングホイールに直結されるため、モータのトルク脈動がそのままステアリングフィーリングとして運転者に伝わることから、反力モータは多極化を採用し、ステアリングフィーリングを損なわないようにトルク脈動の低減を図った。

また、多彩な運転シーンにおいてのステアリングインフォメーションに対応、伝達するため低回転・高トルク型モータである。

本製品の搭載位置はステアリングコラム部であり、スペース制約も厳しく小型でなければならない。転舵モータよりも高磁束密度磁石の採用と、細線マグネットワイヤによりターン数を稼ぐことで高トルクを確保しながら小型化を実現した。

5 共通課題

5.1 トルク脈動の抑制

先にも述べたが、反力モータはステアリングホイール直結がゆえにトルク脈動を抑制することが必要とされる。転舵モータも同様に位置制御の使われ方から滑らかに駆動するように音・振動の抑制のため通電時のトルク脈動を抑制することが重要である。

本製品の磁気回路は品質工学の手法を取り入れ、トルク脈動に影響度の高い因子を抽出し通電時の発生トルクの低下を回避しながら、トルク脈動を抑制する形状最適化を行っている。図5に解析モデル、表4に選定因子、図6に解析結果を示す。

この最適化により得られた磁石形状については特許取得済みである (特開2012-210033)。

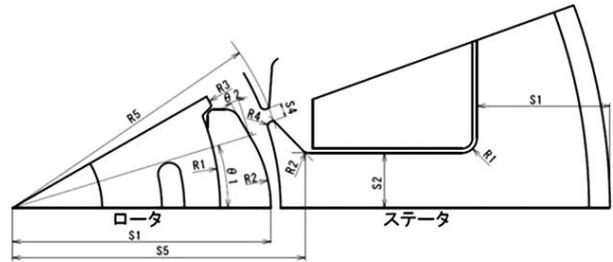


図5 解析モデル

表4 選定因子

分類	記号	部位
ステータ	S1	ヨーク側厚み
	S2	ティース幅
	S4	オープンスロット間距離
	S5	ティース先端厚み (根元部)
	R1	ティース隅部R (ヨーク側)
	R2	ティース隅部R (先端側)
	R4	ティース先端角部R
	R5	ティース先端厚み
ロータ	R1	マグネット内側R
	R2	マグネット外側R
	R3	コア突起部高さR
	S1	マグネット頭頂部高さ
	θ1	マグネット片落ち起点角度
	θ2	マグネット片落ち角度

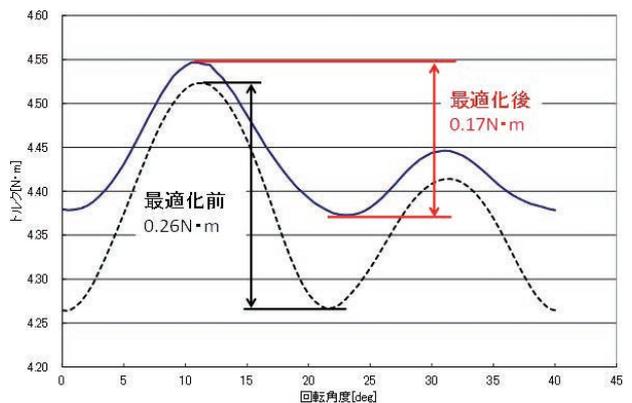


図6 解析結果 (通電時トルク波形)

5.2 組立ライン

この2つのモータは、先にも説明したが本製品化に向け共同開発を行った(株)TOP殿に製造を委託して生産している。

開発当初は転舵モータのみの引合で、反力モータは開発途中から客先要請の引合に対応し、受注と

なった経緯がある。転舵・反力モータはモータのサイズ・構成部品数が異なり、かつ車両当りの搭載数も異なるため（転舵モータは2台、反力モータは1台）、各々モータの組立ラインを専用ライン化すると高額な設備投資が必要となる。モータのサブAssy構成が同じとなるように反力モータを設計し、組立工法を同一とすることで、段取り替えて両モータを組立可能な共用ラインとして投資抑制を図った（写真1）。



写真1 電動モータ組立ライン風景（株TOP殿提供）

6 おわりに

今回、当社は日産自動車(株)殿、世界発のステアリングシステムの市場投入に貢献することができた。本製品の開発は、他ユニット製品と同様に当社を中心として(株)TOP殿との社内外横断的チームを構成したプロジェクト活動を通して、開発から生産まで一貫した技術構築を果たした成果である。

その成果を生かし今後、本製品の原価低減と更なる性能向上、新規モータの開発に努めていきたい。最後になりましたが、本開発にあたり、日産自動車(株)殿のプロジェクト関係者をはじめ、社内外の関係各位より頂いた多大なるご支援、ご協力に本誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



黒川 芳輝

1996年入社。技術本部電子技術センター開発室。電動モータの設計・開発に従事。

製品紹介

周波数感応ショックアブソーバの拡販への取り組み (大型車両への適用)

古田 雄 亮 ・ 村 田 貴 夫 ・ 柴 田 宜 浩 ・ 萬 谷 浩 章

1 はじめに

周波数感応ショックアブソーバ（以下ハーモフレック^{注1)}は乗心地と操縦安定性の両立を図るべく開発され、2009年より量産を開始した。従来のショックアブソーバ（以下SA）では減衰力を上げたい事象と下げたい事象の性能の両立が不可能であった（図1）。しかし、ハーモフレックでは周波数に応じて減衰力が変化するため、操縦安定性を確保した上で、特にひび割れ路のざらつき感^{注2)}、ゴツピリ入力^{注3)}といった乗心地を大幅に改善することができ、お客様及びジャーナリストからも高い評価を頂いた。以下に2009年当時の評価コメントの一部を示す。

（以下、評価コメント）

- ①ゴツゴツとした突き上げ感が無く、コーナリング中の複雑な入力に対しても安定している。
- ②細かい振動では減衰を抑え、ゆっくりと大きなストロークではしっかりと減衰力を発揮し、快適性と操縦安定性を兼ね備えている。

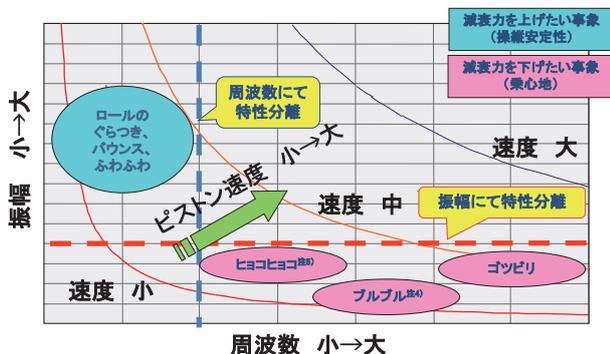
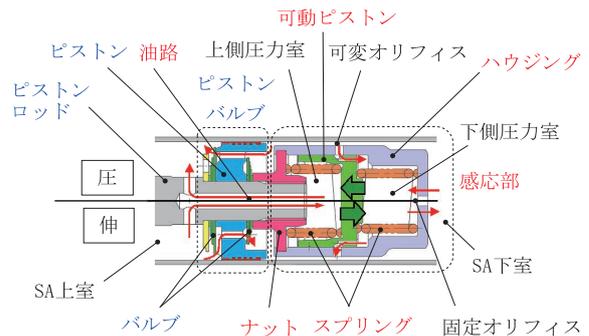


図1 周波数、振幅と車両挙動

ハーモフレックの技術解説についてはKYB技報第40号に詳細が記載されているため（周波数感応ショックアブソーバの開発，P15），詳細はそれによるものとし、ここでは概略のみを以下に示す。

図2に周波数感応部の拡大図を示す。ハーモフレックは従来のSAにおいてピストンとピストンバルブを締付けるナットの替りに、ピストンロッド先端に入力周波数に応じて減衰力を変化させる感応部をネジ締結している。従って、従来構造のバルブに対し、この感応部を追加し、ピストンロッド感応部へSA上室圧力を導くための油路を形成するだけで、周波数感応機能を付加できる。



〔赤文字：新規部品または追加加工部位、青文字：量産部品〕
赤矢印：作動油の流れ、緑矢印：可動ピストンの動き

図2 バルブ構成と油の流れ

注1) Harmony(調和)とFrequency(周波数)を合わせた造語で周波数感応を意味する。

注2) 路面のひび割れ等がタイヤを介して高周波振動、ノイズとなって感じられること。

注3) 路面の微小な突起等によりフロアからゴツゴツ、ビリビリと感じられる入力。

注4) タイヤばねとバネ下質量による固有振動によって感じられるブルブルとした振動。

注5) サスストロークを感じられず体が上下、前後に揺すられる感覚。

図3に減衰力-周波数特性の模式図を従来のSAと比較して示す。

従来のSAでは、速度が同じであれば周波数に変化しても、減衰力はほぼ一定の値が得られる。これに対してハーモフレックは、人間が乗心地の良し悪

しを感じる周波数3 Hz以上の入力振動に対して、従来のSAよりも減衰力を積極的に低くすることで、車体への振動入力を軽減して乗心地を向上させる。逆に、ばね上の共振周波数（約1.5Hz）以下では、減衰力を従来のSAよりも高く設定して、減衰力の立ち上がり不足による操縦安定性の悪化を抑制する特性としている。¹⁾

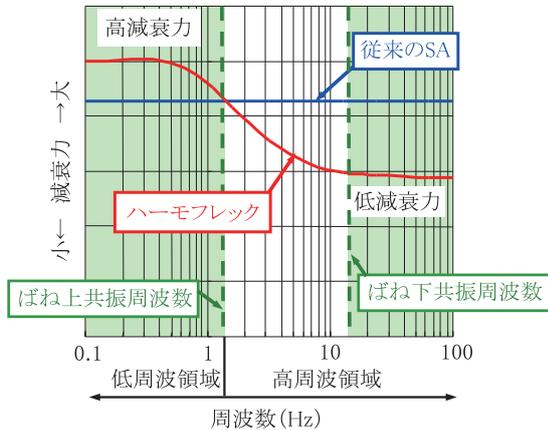


図3 減衰力-周波数特性の模式図 (加振速度一定の条件)

2 乗用車向け拡販状況

図4にハーモフレックの生産数推移を示す。2009年に高級セダン用C30複筒ガスSAが量産となり、その後2012年には高級セダン用C40単筒ガスSAへの採用、高級セダン以外にSUVにも採用され生産数を伸ばしてきた。また、量産後、さまざまな路面入力に対する可動ピストンとハウジングの底付き対策として、図5のような底付き接触部にクッションを追加、また、流路面積の変更といった改善を行ってきた。2013年以降は主要な高級セダンへの採用を果たしたこともあり、生産数は横ばいの見込みである。



図4 生産数推移

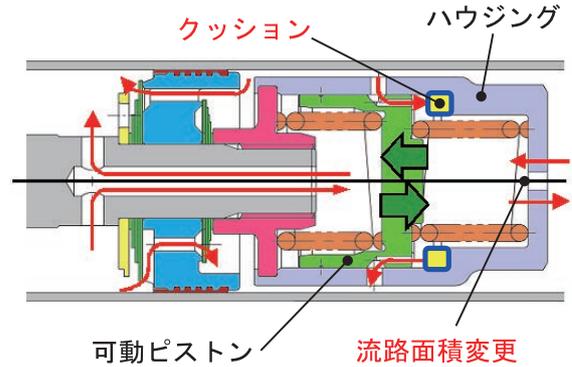


図5 底付き対策

3 新たな分野への拡販

ハーモフレックは、乗用車向け拡販状況から、乗用車以外での新たな分野への拡販が必要となってきている。まず、乗用車分野で培ってきたハーモフレック技術を活用しやすいと考える鉄道、バス、トラックなどの大型車両（今回はバスを想定）を対象とし設計検討を進めていく（図6）。

大型車両においては、操縦安定性・乗心地について空荷から満載状態をカバーできるサスペンションが求められている。現状は満載状態での安全性を重視し、ばね下に構成されるタイヤ、ばね、SAの特性を硬めにするすることで、積載量増加に対応している。そのため、空荷に近い状態での乗心地悪化が指摘され、車両メーカー、SAメーカーが対応に苦慮している。

したがって、大型車両においても、客室もしくは荷室となるばね上の荷重変動に伴うばね下の動きの変化に対し、ばね下の特性をフレキシブルに変更できるハーモフレックを採用可能と判断した。

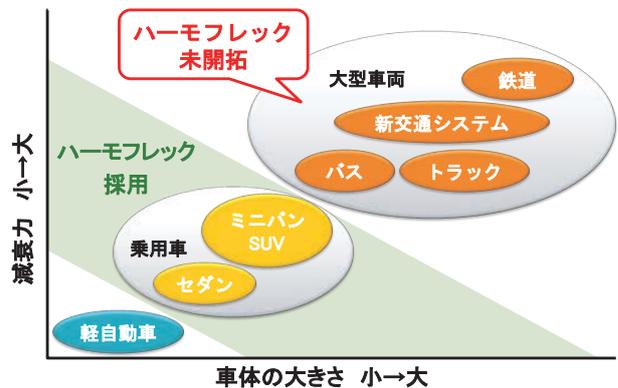


図6 ハーモフレック採用の現状

4 開発の概要

大型車両と乗用車の車両諸元を表1に示す。

表1 大型車両・乗用車パラメータ比較

	記号	大型車両	乗用車	単位/輪	備考
ばね上質量	m2	875	360	kg	満載時
ばね下質量	m1	338	55	kg	
ばね定数 (懸架ばね)	k2	157	50	N/mm	
SA 減衰係数	c2	(伸)14700 (圧)14700	(伸)9280 (圧)5820	N・s/m	加振速度 0.1m/s時
SA減衰力	—	(伸)1500 (圧)1500	(伸)947 (圧)594	N	加振速度 0.1m/s時
ばね定数 (タイヤ)	k1	1196	256	N/mm	
減衰係数 (タイヤ)	c1	3.5	0.2	N.s/mm	

現在量産化しているハーモフレックが搭載されている乗用車に比べ、大型車両の車体質量(=ばね上質量)が2倍近く重いことがわかる。大型車両のばね上質量を支えるために、SAの減衰力、懸架ばねのばね定数、タイヤのばね定数・減衰係数といったサスペンション構成部品の特性が大きくなっており、大型車両用ハーモフレックの開発が必要と判断した。

そこで、大型車両用ハーモフレック開発のため、シミュレーションを用いて、周波数感応部の仕様検討(4.1節)と試作品ハーモフレックの効果の事前確認(4.2節)を行った。

4.1 周波数感応部の仕様検討

減衰力-周波数線図(図8)を用いて、周波数感応部の仕様検討を実施した。減衰力-周波数線図の計算には、ハーモフレックよりピストン部(ピストンバルブと周波数感応部)を抜き出した簡易モデルを活用した(図7)。

なお、比較のために、ハーモフレック無し仕様(=周波数感応部のない従来のSA)を図7の右側に示す。

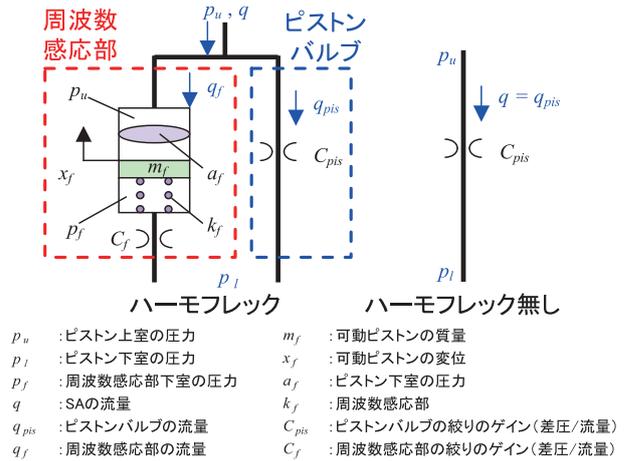


図7 ピストン部簡易モデル

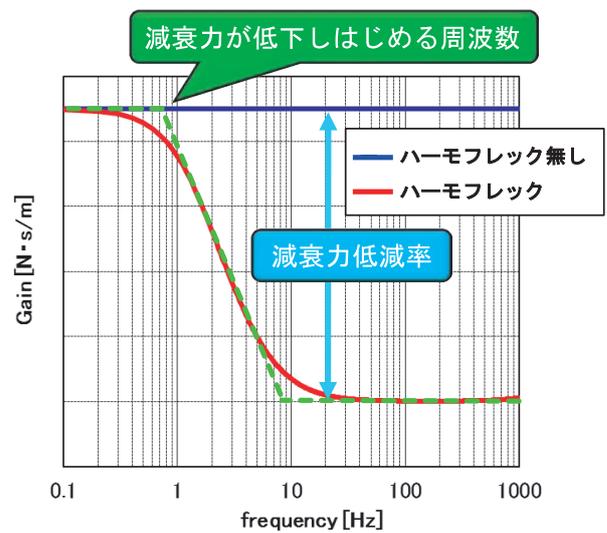


図8 減衰力-周波数線図

ハーモフレックの周波数特性(図8)では、減衰力が低下しはじめる周波数と減衰力低減率(最大値に対する変化量の比率)を評価する。

大型車両用ハーモフレックの周波数感応部の設計目標は、人間が感じやすい3Hz以上の乗心地を乗用車同様に向上させるために、減衰力の低下しはじめる周波数と減衰力低減率を乗用車同等にすることとした。

大型車両では、乗用車に比べてSAに高減衰力が求められることから、減衰力が低下しはじめる周波数が低周波となること、減衰力が必要以上に低減してしまうことが懸念される(図9)。

そこで、減衰力が低下し始める周波数が低くならないように、周波数感応部のばね定数を高くし、減衰力が必要以上に低減しないようハウジングの可変オリフィス径を小さくすることで、図10の減衰力-周波数線図に示す乗用車同等の特性にすることができる。

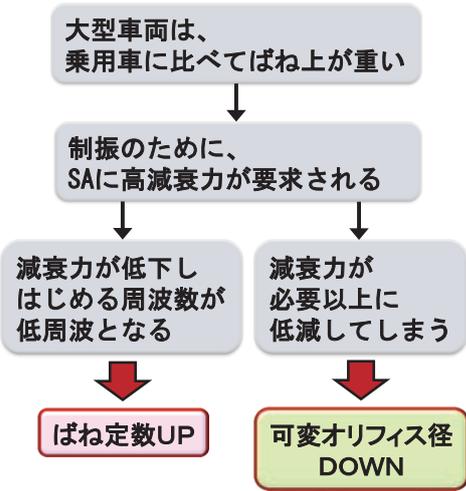


図9 周波数感応部の狙い

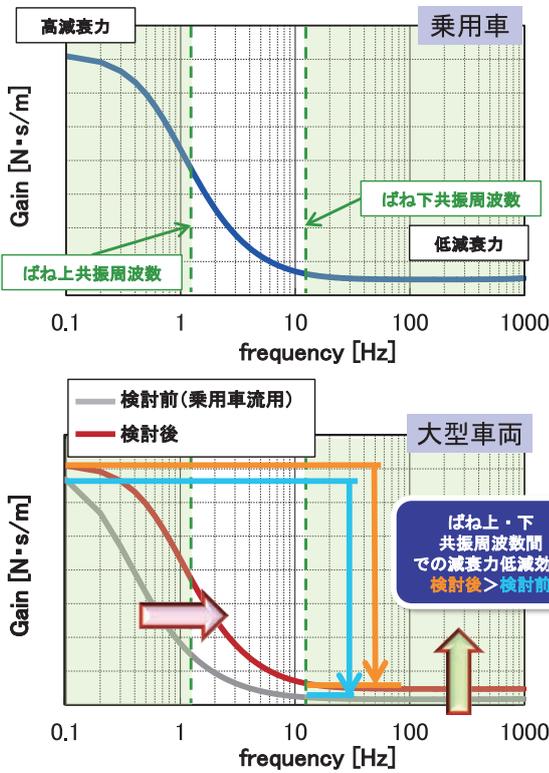


図10 乗用車と大型車両の減衰力-周波数線図

乗用車の諸元(表1)で設計した周波数感応部を大型車両に流用すると、シミュレーション結果は図10の下側の検討前(灰色)となり、図9の懸念点(減衰力が低下しはじめる周波数が低周波、減衰力が必要以上に低減)の通りとなる。この懸念点を払拭し、コスト低減・開発期間短縮のため、量産部品で構成した周波数感応部の仕様検討結果を表2、各特性値のシミュレーション結果を表3に示す。

表2 周波数感応部の仕様検討結果

	周波数感応部	
	内蔵スプリング ばね定数 (N/mm)	ハウジング 可変オリフィス径(mm)
乗用車量産実績	14.5	1
大型車両用 仕様検討品	29	0.7

表3 各特性値のシミュレーション結果

	減衰力が低下 しはじめる周波数	減衰力低減率
乗用車量産実績	0.76Hz	90%
大型車両用 仕様検討品	0.53Hz	90%

量産部品の中から可能な限りばね定数を高くした結果

4.2 試作品ハーモフレックの効果の事前確認

大型車両でのハーモフレックの効果を確認するために、2自由度ばね-マス系の計算モデル(図11)を用いて検討を行った。

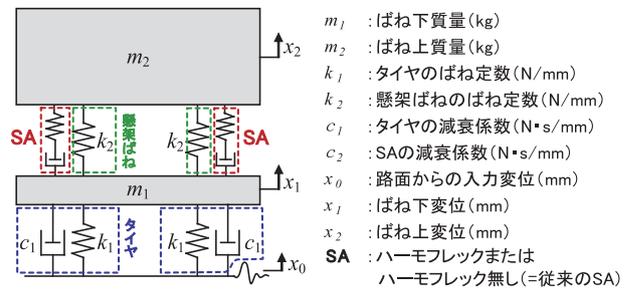


図11 2自由度系大型車両の計算モデル

4.1節で仕様検討した周波数感応部を含むピストン部の簡易モデル(図7)をSAに織込んでいる。なお、入力路面 x_0 は車速60km/h走行時に相当するランダム路面とした。

大型車両の開発では、満載状態での操縦安定性と空荷状態での乗心地確保が要求される。

そこで、事前確認では、車両が空荷状態と満載状態を想定してシミュレーションを行った。また、試作品に要求されている減衰力2水準(加振速度0.1m/s時 低減衰仕様:伸/圧600N, 高減衰仕様:伸/圧1000N)を設定(図12)し、周波数感応部の適応範囲の確認も行った(図13)。

この計算モデルでは、乗心地評価のために、乗員

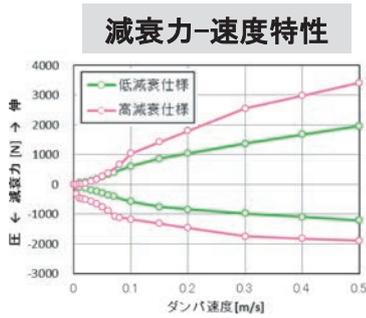


図12 減衰力-速度特性線図

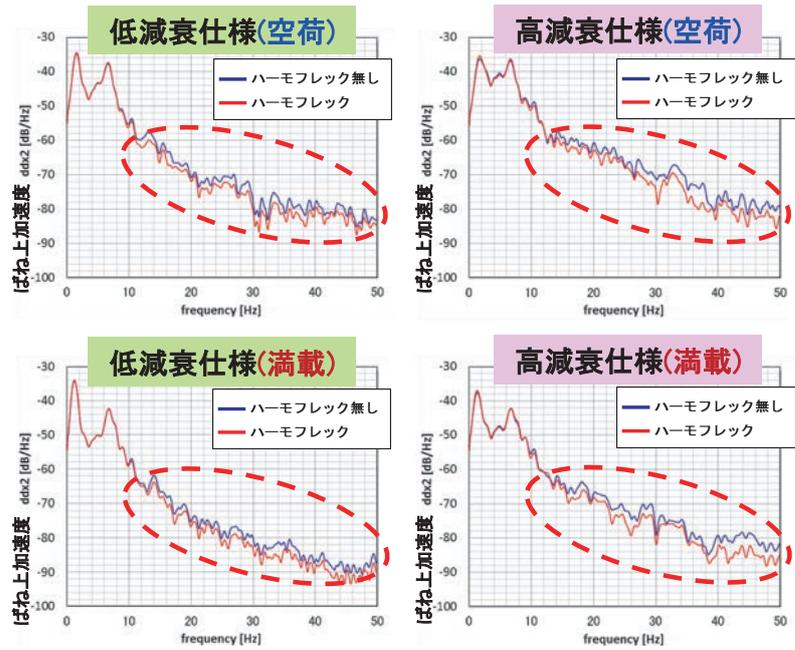


図13 試作品ハーモフレックの効果の事前確認結果

に近いばね上の加速度の周波数特性を評価する。

なお、ばね上の加速度が小さいほど、乗心地が良いと考え、ハーモフレック無しSAよりもハーモフレックがばね上加速度を低減できていることを目標とした。

図13のシミュレーション結果（赤色破線部）より、高周波域（10Hz以上）においてハーモフレック無しSAよりもばね上加速度が低減でき、減衰力を下げてもハーモフレックの効果が得られ目標を達成することができた。

4.3 試作品ハーモフレックの実機効果確認

4.2節で効果を事前確認した試作品を製作し、減衰力-周波数特性試験を行った結果を図14に示す。

シミュレーション結果（目標値）に対して差が出ている箇所もあるが、高周波域の減衰力を低減できていることが実機で確認できた。

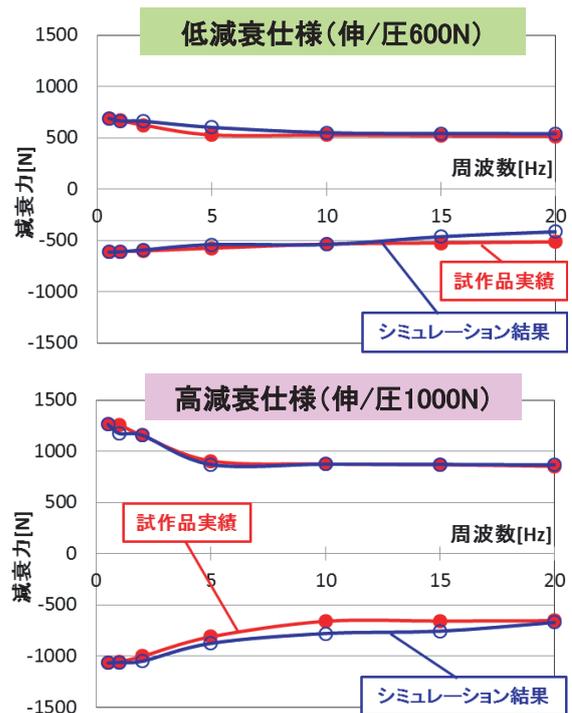


図14 試作品ハーモフレック実機減衰力-周波数特性試験結果

なお、試作品ハーモフレックは高減衰力を要求される大型車両用のため、シリンダ径を40mm、ピストンロッド径を16mmとしたSAに4.1項で検討した周波数感応部を織込んだ製品（図15）となる。

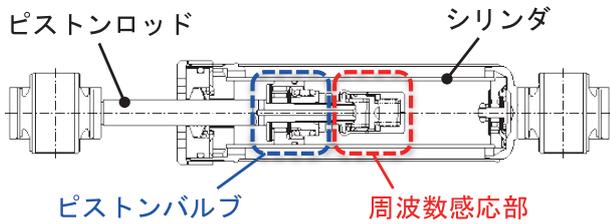


図15 大型車両向け試作品ハーモフレック構造図

5 まとめ

乗用車におけるハーモフレックの生産数量は順調に増加してきた。

更なる拡販を目的に、新たな分野となる大型車両への適合検討を実施し、車重増減分に対応できるハーモフレックの設計知見を得た。

今後、実車との整合性を確認することで予測精度を高め、乗用車という分野を飛び越えた拡販を目指したい。

参考文献

- 1) 寺岡・稲満：周波数感応ショックアブソーバの開発
KYB技報第40号 2010年4月

著者



古田 雄亮

2000年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部サスペンション技術部。ショックアブソーバの開発に従事。



村田 貴夫

2001年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部サスペンション技術部。ショックアブソーバの開発に従事。



柴田 宜浩

2004年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部サスペンション技術部。ショックアブソーバの開発に従事。



萬谷 浩章

2009年入社。技術本部CAE推進部（岐阜分室）。岐阜地区製品の解析業務に従事。

製品紹介

スーパースポーツ車用フロントフォーク「AOS II」の開発

富 宇 賀 健

1 はじめに

二輪車の進化に伴い、その車体を構成する部品についても様々な性能改良が行われている。

車体とタイヤをつなぐフロントフォーク（以下FF）には、振動伝達の制御、車体姿勢の制御、強度部材といったさまざまな要件が求められる。特に軽量化された車体に高出力のエンジンを搭載したスーパースポーツと呼ばれるカテゴリにおいては、車体メーカ各社の最先端技術が投入され、高い性能が要求される。

2 開発の狙い

ダンパ性能の一つである減衰力応答性については、乗り心地や操縦安定性に影響を与えることが知られており、これまでサイズや構造の変更でさまざまな改良が実施されてきた。

減衰力応答性を向上させるための手段として、シリンダサイズの拡大（発生差圧の低圧化）や作動油の加圧（作動油の体積弾性係数を高める）といった

方法がこれまで二輪・四輪のダンパにて行われている。その一つとして、モトクロス用二輪車で開発された分離加圧構造（Air-Oil Separate System：以下AOS）がある。図1にAOSと従来カートリッジの構造比較を示す。

一般的に、FFの作動油は減衰力発生部（以下カートリッジ）で減衰力を発生させ、リザーバ室で摺動部を潤滑するといった二つの役割を持っている。リザーバ室では空気と接していることから、ジャンプやギャップといった走行条件下のモトクロスにおいては、FF内の作動油と空気が攪拌され、作動油内に空気が混入する場合がある。これにより作動油の体積弾性係数が低下し、減衰力の応答性が悪化する問題があった。

この問題に対して、カートリッジをフリーピストンで気密することで、空気の混入を防止し、更にカートリッジ内部をフリーピストンの背面に設けた加圧スプリングで加圧することで、作動油の体積弾性係数を高め、減衰力の応答性向上を図ったものがAOSである。

スーパースポーツ車においても、減衰力応答性の向上を図ることで良好な実車評価が得られたことがか

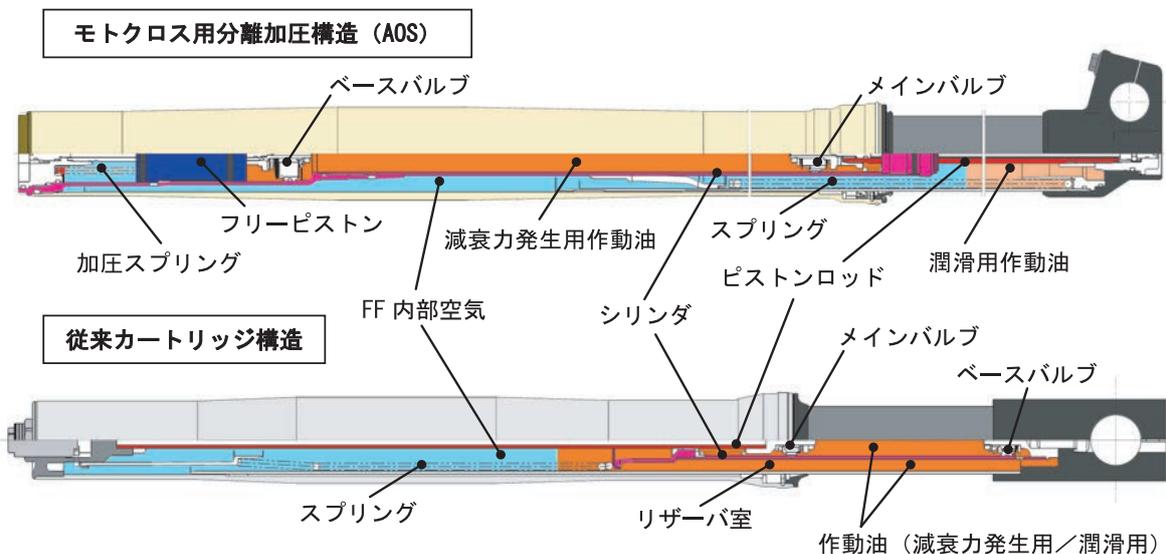


図1 分離加圧構造（AOS）と従来カートリッジ構造

ら、モトクロス用AOSをベースに新型FFの量産開発を進めてきた。今回は、このスーパースポーツ車用のAOSである、AOSIIについて紹介する。

3 開発の概要

図2に開発品（AOSII）と従来品（モトクロス用AOS）の構造比較を示す。

3.1 カートリッジ構造

モトクロス用AOSは、フォークキャップ側にシリンダを配置し、車軸側にピストンロッド及びスプリングを配置する構造であった。

AOSIIでは後述するインテグラルアジャスタ（調整機構の上部集約）を実現するために、シリンダを車軸側、ピストンロッド及びスプリングをキャップ側へ配置する構造とした。シリンダ下部にはフリーピストンと加圧スプリングが配置され、カートリッ

ジ（シリンダ）内部の作動油への空気混入防止と加圧を行っている。シリンダヘッド部にはシリンダ内部を気密するためのロッドシールが配置される。

ダンパがストロークすると、シリンダ内部へピストンロッドが進入する。ピストンロッド進入分の作動油はベースバルブ後方へ流れ、フリーピストンが移動し、フリーピストン後方の加圧スプリングによってシリンダ内部が加圧される構造となっている。

図3に加圧機構有りとの加圧機構無しの減衰力速度特性における波形の一例を示す。加圧機構無しに対して、加圧機構有りではヒステリシスが小さくなっていることが分かる。

3.2 強制潤滑構造

FFは車体を構成する強度部材の一部であり、フォークを曲げようとする横荷重を受けながら作動する。このような作動条件下においても、インナチューブとアウトチューブにはスムーズな摺動特性

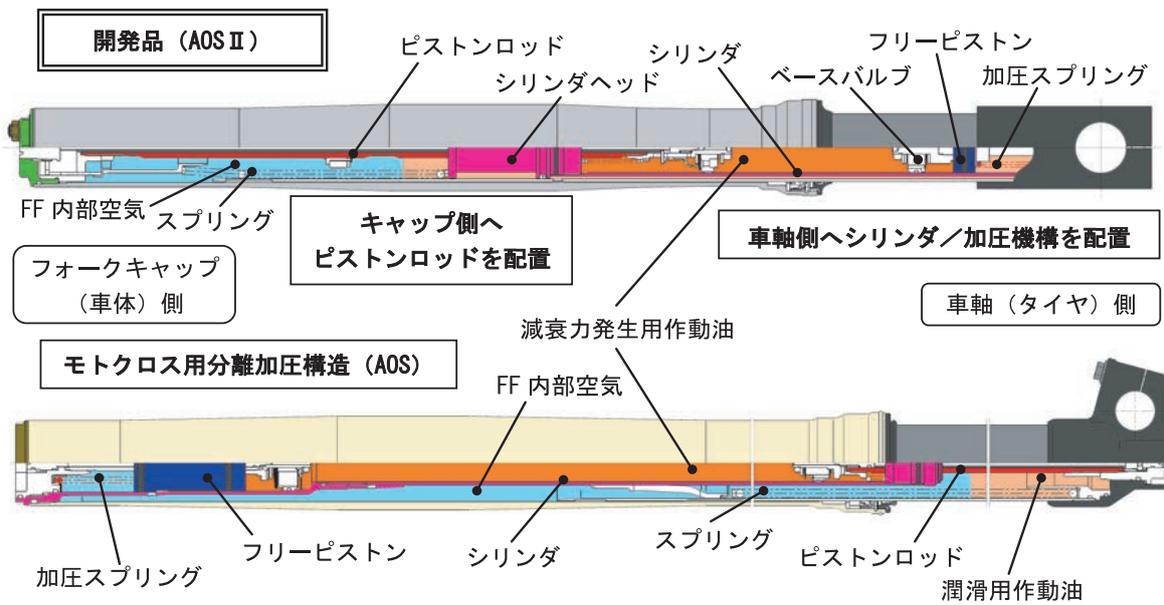


図2 開発品（AOSII）とAOSの構造比較

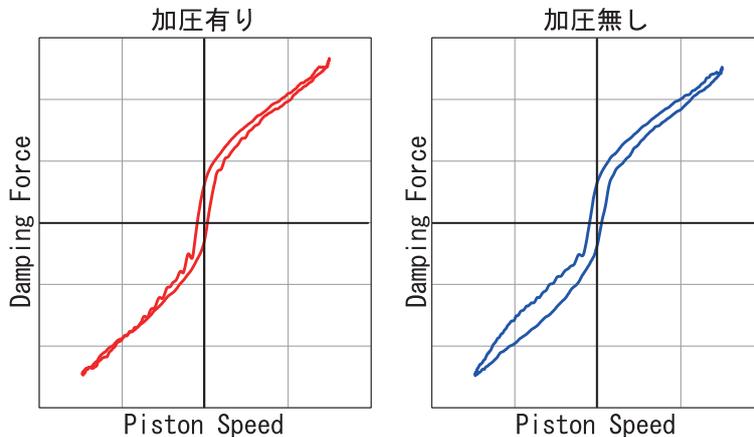


図3 減衰力速度特性比較

が求められる。

本開発品では、FFの作動に伴う内部の容積変動を利用し、軸受部に強制的に油を供給することで、フリクションを低減する強制潤滑構造を採用した。作動原理を図4に示す。

FFの圧側行程では、シリンダ内部へピストンロッドが進出し、フリーピストンによってピストンロッド体積と同等の作動油がシリンダ外へ排出される。この作動油は、シリンダ上部に設けたチェックバルブが閉じることにより、アウトチューブとインナチューブの隙間へ送り込まれ、軸受部へ作動油が供給される。

伸側行程では、ピストンロッドがシリンダから退出しフリーピストンが上方へ移動するため、その分の作動油がシリンダ下部から供給される。この時、シリンダ上部のチェックバルブが開くことにより、作動油がシリンダ上部から補給される。

これにより、常にインナチューブとアウトチューブの隙間が作動油で満たされ、軸受部は良好な潤滑状態が保たれる。

3.3 インテグラルアジャスタ

スーパースポーツ向けのサスペンションには、減衰力及びスプリングプリロードの調整機構を備えているものが一般的となっている。

従来のスーパースポーツ車用FFでは、フォークキャップ側に伸側減衰力とスプリングプリロード調整を同軸に配置し、車軸側（アクスルブラケット）に圧側減衰力調整を設けていた。開発品では、フォークキャップ側へ伸圧減衰力とスプリングプリロード調整の3つを集約したインテグラルアジャスタを採用している。

この調整機構集約によるユーザの操作性向上と非対称配置されたアジャスタによる新規性のある外観を実現している（写真1）。

4 カートリッジ注油方法

カートリッジ内部が気密されている分離加圧構造では、量産工程でのカートリッジ内部への注油や市場でのメンテナンス性も考慮する必要がある。

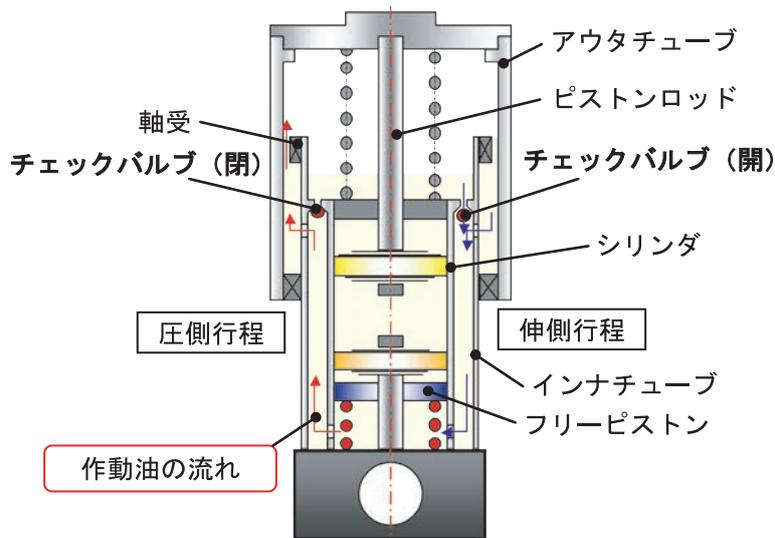


図4 強制潤滑構造の作動原理



写真1 アジャスタ外観比較

このため、既存の注油工程を利用することができ、メンテナンス時にも特殊な方法を必要とせず注油が可能となる構造を開発した。

図5に注油時の状態を示す。フォークキャップが組み付けられていないため、ピストンロッドはダンパストローク以上にシリンダへ嵌合した状態となる。この時、ピストンロッド上部に設けた注油用テーパ部がロッドシールから外れ、シリンダヘッドに設けた横穴を通じて、カートリッジ内外は連通した状態となる。この状態で、フォーク上部から作動油を注油することでカートリッジ内部へ注油され、ロッド引き上げ後にスプリングとキャップが組み付けられる。

これにより、特殊な注油工程を必要とせず、かつ作動油交換等のメンテナンス性も考慮した構造とすることができた。

5 まとめ

スーパースポーツ車用フロントフォークの新構造として、分離加圧カートリッジAOSIIを開発した。実走評価テストでは、乗り心地と操縦安定性の高い次元での両立といった評価が得られている。

AOSIIはスーパーチャージャーの搭載で話題となっている川崎重工業(株)の2015年モデルNinja H2/H2Rに採用され、量産を開始している(写真2)。今後は、スーパースポーツ向け最高級モデルとして他機種への展開を行う予定である。

6 おわりに

最後に、本製品の開発にあたり、ご支援とご協力を頂いた関係部署、取引先の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

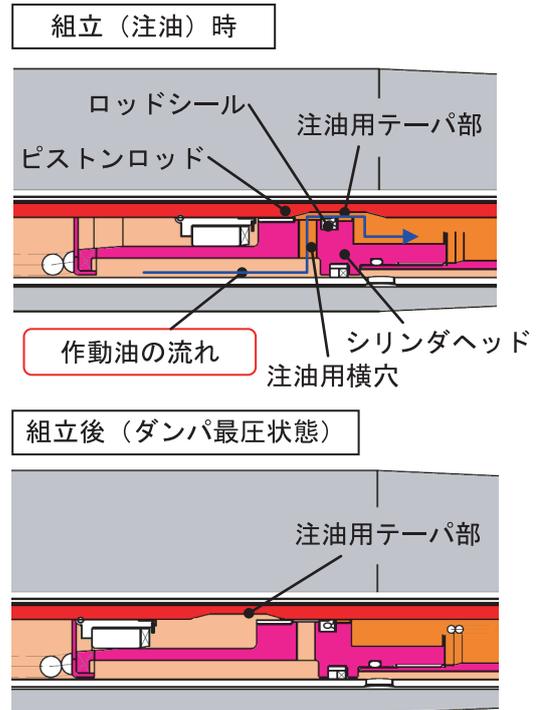


図5 カートリッジ注油方法



写真2 AOSII採用車両 Ninja H2R
川崎重工業(株)よりご提供

著者



富宇賀 健

1998年入社。KYBモーターサイクルサスペンション(株)技術部。自動車技術研究所、基盤技術研究所を経て現職。二輪車用サスペンションの設計・開発に従事。

「EMC, EMI」

「高機能EPS用ECUの開発」(p. 49)に記載

KYB技報編集委員 松本大輔

1

電子機器と電磁ノイズ

私たちの身の回りには様々な電子機器があり、携帯電話のように日常生活においてなくてはならない存在となっています。これらの電子機器と電磁ノイズには深い関係があります。電子機器には電子回路が密集しており電流が流れています。電流が回路基板やハーネスを通ると、電流経路がアンテナとなるために電磁ノイズが放射されます。近くに他の電子機器がある場合、一方の電子機器から放射された電磁ノイズが他方の電子機器に入り込み悪影響を与える可能性があります。例えば、自動車に搭載されるECUのインバータ回路のスイッチングノイズが各種ハーネスに重畳して放射されることにより、ラジオに雑音が入るような場合です。これはECUで発生した電磁ノイズがラジオ受信機のアンテナに入り、雑音となって現れた例です(図1)。

2

EMC, EMI

電磁ノイズが機器に与える影響が無視できない場合には対策が必要となり、この対策には2つの方法があります。ノイズを発生している機器のノイズレベルを下げる「エミッション対策」と、機器がノイズを受けてもその動作に影響しないようにする「イミュニティ対策」です。これら両方を合わせてEMC (Electro Magnetic Compatibility: 電磁両立性) 対策と呼びます。図1のシールドハーネスはエミッション対策の一例です。また、機器が発するノイズが周囲の機器に影響を及ぼすことをEMI (Electro Magnetic Inter-ference: 電磁妨害) と言います。

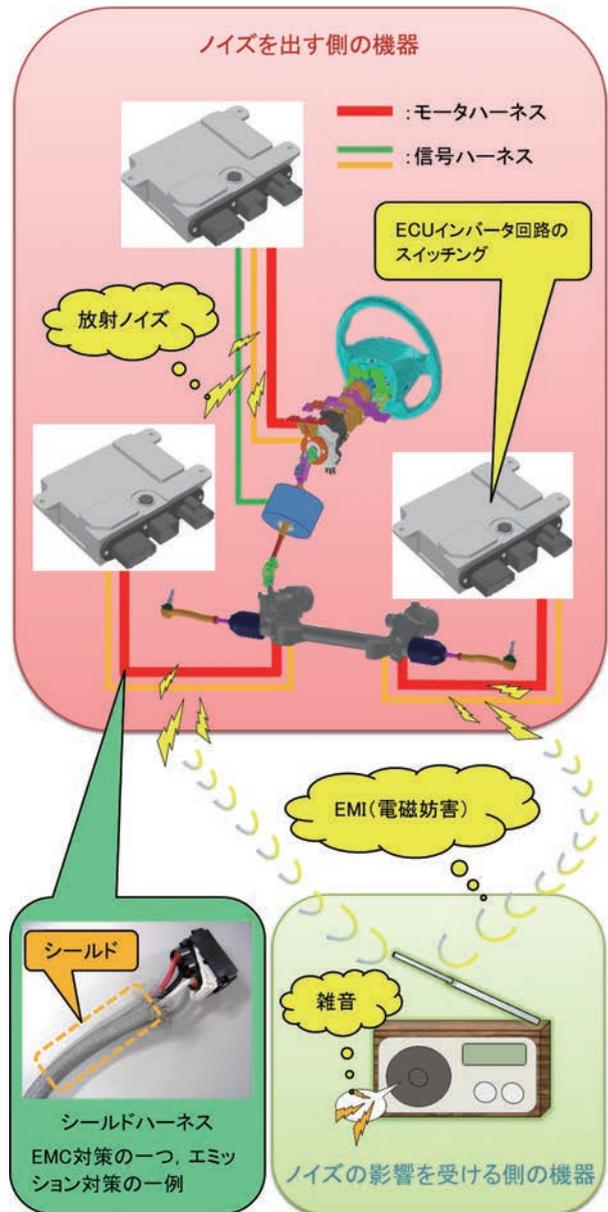


図1 電磁ノイズの一例

製品紹介

ミキサ車アイドリングストップシステム開発

木本 恵介 ・ 高橋 良光

1 はじめに

熊谷工場の主力製品であるミキサ車（写真1）は生コンクリート（以下生コン）運搬専用の特装車である。生コンは生コンプラントで製造され、工事現場に運ばれる。いかに製造時の品質を維持し現場に届けるかが、ミキサ車の重要な機能の一つである。生コンの品質を維持するために、ミキサ車のドラムは常に回され、ドラム内の2枚の羽根により生コンを攪拌している。ドラムの駆動力はエンジンより得ており、生コン運搬中はエンジンを停めることが出来ない。



写真1 20tonミキサ車

国内各トラックメーカーは、燃費向上やCO₂、排気ガス削減のため、アイドリングストップ機能付トラックがラインアップされているが、ミキサ車は上記理由により対応出来ずにいた。ミキサ車国内シェア No.1 メーカーであるKYBは、世界でも数少ないアイドリングストップ機能に対応するミキサ車を開発した。本報では、このミキサ車アイドリングストップシステム（以下システム）について紹介する。

2 システム概要

2.1 システム動作

システムはサブポンプ、DCモータ、増設ユニット制御コントローラ（以下ECU）、増設バッテリーで構成される（図1）。走行中はトラック側の増設オルタネータより増設バッテリーに充電する（図2）。トラックがアイドリングストップしエンジンが停止した際は、増設ユニット制御ECUがトラック側ECUより信号を受け、増設バッテリーによりDCモータ、サブポンプを動作させる（図3）。このようにトラックの動きと連動することにより、運転手が意識することなく作動するシステムとした。また、システムが異常を検知した場合、エラー信号を運転席の表示器に送信し、ドライバーはブザー音と表示灯にてエラー内容を確認できる。

2.2 油圧回路

簡易油圧回路図を図4に示す。増設油圧ユニットを既存油圧回路に接続し、回路を構成すると共に、既存部品を流用し、必要最小限の追加部品とした。アイドリングストップ時は、サブポンプより吐出される油を、既存の油圧回路に供給しドラムを駆動させる。戻り油はシャットオフバルブを切り替えて、油路を解放しタンクに戻す。エンジン駆動時は、メインポンプから吐出される油を、チェック弁とシャットオフバルブにより増設油圧ユニットから遮断し、従来通りの駆動を可能とした。

3 仕様

3.1 積載生コン仕様

生コンは一般的に建築用と土木用に区別される。建築用の生コンは鉄筋の狭い間隔に入れるために流動性のある柔らかいものを使用する。土木用は生コンの体積、重量が大きいことから硬化速度の差による表面割れを防止するため水分量の少ない硬い生コンを使用する。このとき生コンの硬さをスランプ

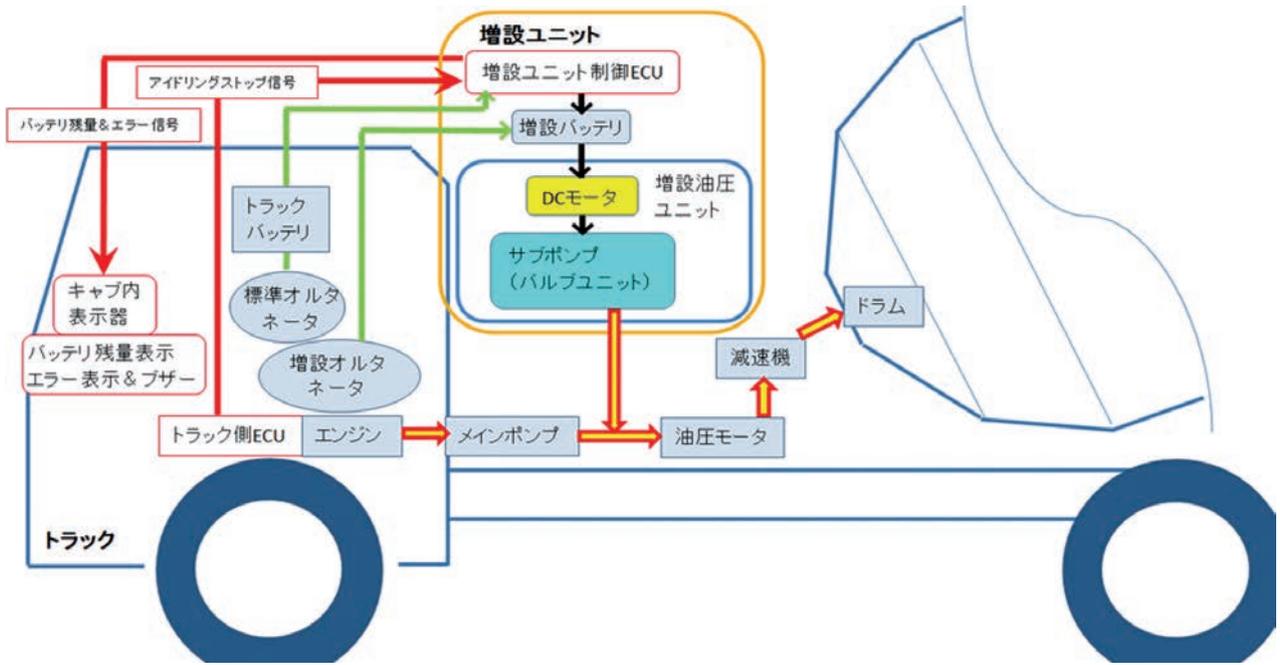


図1 システム図

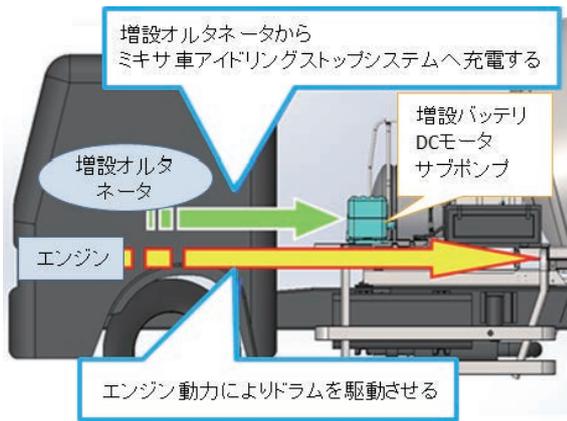


図2 走行時

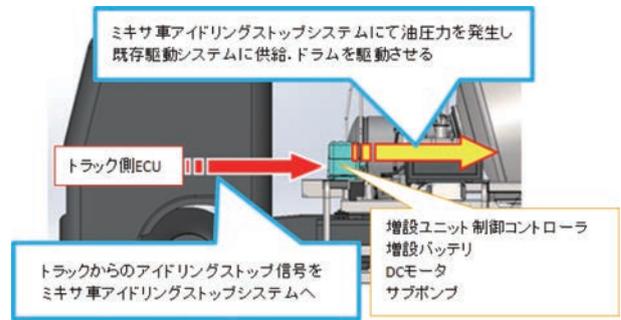


図3 アイドリングストップ時

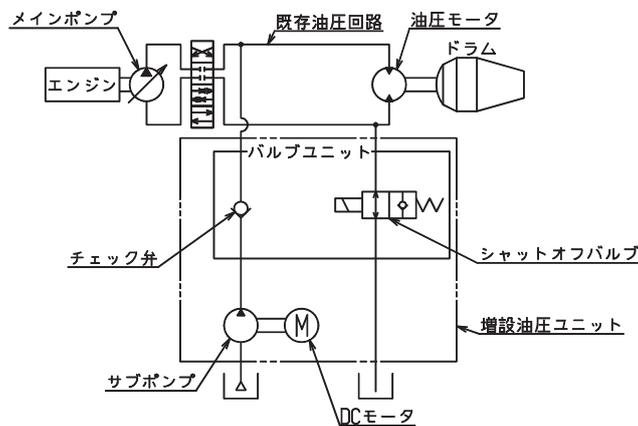


図4 簡易油圧回路図 (アイドリングストップ時)

値^{注1)}で示し、数値が少ない方が硬い生コンを示す。土木用の硬い生コンは5～8cm、建築用の柔らかい生コンは12～18cmである。全国のお客様調査結果から、使用される生コンの大半は12cm以上であることが分かった。特に大都市ではその傾向が顕著であるため、スランプ12cm以上を積載生コンの仕様とした。12cmより硬い生コンが積載された場合、圧力を検知しアイドリングストップ不可の表示を出して、システムは動作しない。

注1) KYB技報第49号 用語解説「スランプ」, P72参照。

3.2 作業パターンと走行パターン

ミキサ車の作業パターンを図5に示す。生コンプラントで生コンをドラム内に投入し、工事現場へ運搬し排出する。排出終了後、生コンプラントに戻り洗車して次の出荷まで待機する。この作業パターンの中で本システムが作動するパターンは②、⑤走行時の停車と③現場待機時である。走行時間はKYBの設計基準を用い、走行中の停車時間は、トラックの都市内走行モード (JE05モード) 図6より決定した。③現場待機はミキサ車特有の使われ方である。コンクリート施工現場において、極力連続的に生コンを打設する必要があり、前のミキサ車の排出終了後、すぐに次のミキサ車が排出を開始する。このため、排出現場近くで待機している。待機時間はお客様のアンケート結果から想定し、本システムにおけ

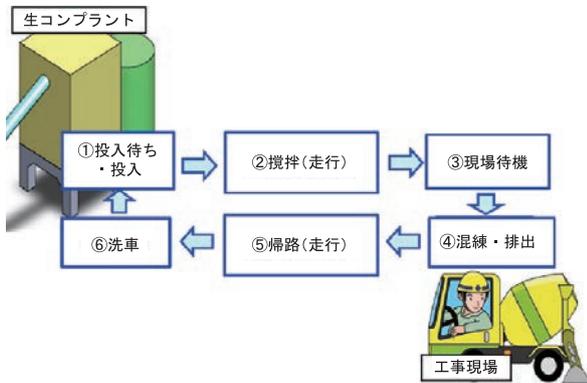


図5 作業パターン

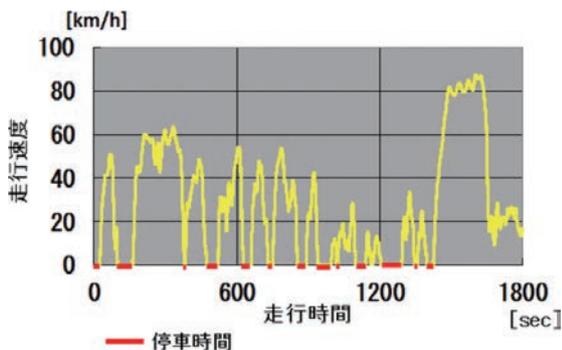


図6 JE05モード

る標準パターンを決定した。

3.3 目標売価

前項にて決定した標準パターンと空車、積車の燃料消費実測値よりコストメリットを算出した(図7)。年間軽油消費低減量は約1,255リットル (CO₂排出量換算で約3.28ton-CO₂) となり全作業パターンで従来比約27%低減になる。2014年現在では軽油の店頭価格144.3円 (2013年11月～2014年10月東京都平均石油情報センタ調べ) となり予測コストメリットは年間181,481円である。営業部との協議の結果、お客様にコストメリットを感じて頂くため、3年で原価償却可能な価格帯とした。

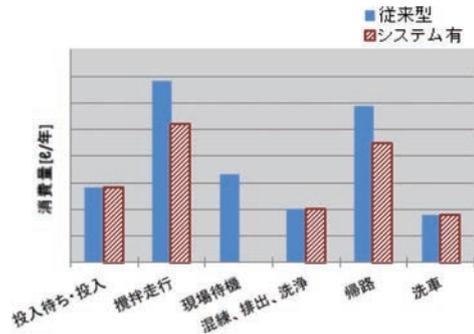


図7 燃料消費比較図

3.4 目標重量

商用車であるミキサ車は、できるだけ多く積めることが求められる。1度に運べる量が減ると、運搬回数が増加する可能性がある。運搬回数の増加は、時間、燃料の無駄を招き、環境にも悪影響となる。そのため、本システム搭載時においても、極力従来通りの運搬効率を確保する必要がある。システム搭載による重量増加分を軽量化アイテム (水タンク容量の減少、アルミホイール化等) により相殺可能となるよう重量目標を設定した (図8)。

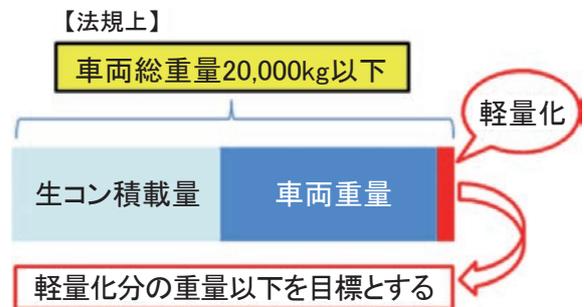


図8 重量計画20 [ton] トラック

4 構成部品

4.1 サブポンプ

サブポンプはグループ会社である(株)タカコ製のマイクロポンプを採用した。マイクロポンプは小型、軽量で効率が高いと共に、バルブユニットが一体型のため、油圧配管、継手が不要となり、重量および部品費を低減することができた。また、組立作業工数を低減し、省スペース化も実現した。

4.2 DCモータ

サブポンプを駆動する電動モータとして、コストを重視し、ブラシ付きDCモータを採用した。起動時に過大な突入電流が発生する問題があったが、起動時電圧をパルス化し、そのON時間を徐々に上げていくことで解消した。

4.3 増設バッテリー

システム駆動用のバッテリーとして、重量エネルギー密度^{注2)}の高いリチウムイオンバッテリーを採用した。リチウムイオンバッテリーは、鉛バッテリー、ニッケル水素バッテリーと比べ、バッテリー容量に対する放電可能電流も優れている。鉛バッテリー、ニッケル水素バッテリーは必要放電電流を確保すると重量オーバーとなる。リチウムイオンバッテリーを採用することにより、トータルコストを抑え大幅な重量減を実現した。

注2) 1kgあたりに蓄電可能な電力量 (Wh/kg)。

4.4 筐体

バッテリー筐体は、DCモータ、サブポンプ用カバーと一体型の樹脂製ボックスとした。分離型の板金カバーと比較し、重量を約35%低減できる。一体型構造とすることにより、筐体内の空間容積を多くとる

ことができ、発熱対策としても効果がある。また、分離型では構造上困難であった樹脂製ボックス内の空気循環用の喚気穴についても開けることが可能となった。

以上の各部品構成を図9に示す。

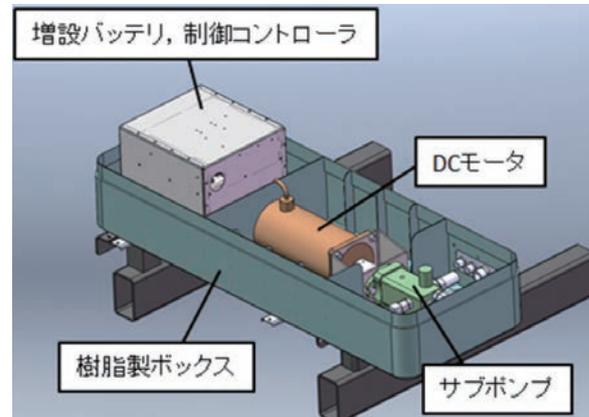


図9 構成部品図

5 おわりに

本システムはアイドリングストップ機能に対応する世界でも数少ないミキサ車であり、今後、世界市場で戦う上で、アピール材料になると考える。熊谷工場として、あまり経験のない技術分野の開発であり、改善、改良を繰り返し進めてきた。その中で、社内他部署、関係会社の方々に協力いただいたことに感謝します。これから製品化に向け、KYBグループ一体となりお客様に喜ばれる製品開発をして参ります。

著者



木本 恵介

2012年入社。特装車両事業部熊谷工場技術部。新製品の開発設計業務に従事。



高橋 良光

1997年入社。特装車両事業部熊谷工場技術部。新製品の開発設計業務に従事。

3 軸起震装置の紹介

有 坂 尚

1 はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災による甚大な被害は記憶に新しい。この地震による被害は、建物の損壊や倒壊に加え、倉庫内で多段積層式の棚が倒れたり、保管している物が崩れたりする被害も多く発生した。このような被害を受けたことで、産業界における地震対策の意識は、従来に比べ更に強化された。

平時において、こうした倒壊の様子を再現し、安全性の向上を図ることは重要で、その手法として地震動を発生する装置に試験品を搭載して実験することが効果的である。

実験を実施する場合、例えば独立行政法人が運営する超大型加振装置などはあるが、計画書の提出から実施可否の判定まで敷居が高く、かつ費用も高額であることから、建物などと比較して倉庫内の棚など小規模な試験品の検証に適しているとはいえない。

こうしたことから、製品の地震に対する安全性検証を行うため、地震動を再現できる起震装置を購入したいというニーズがでてきた。

2 3 軸起震装置製品化の背景

お客様である(株)ワコーパレット社殿は、倉庫内で使用する組立式積層棚や運搬用パレットなどを製造している。同社は地震により製品である多段積層棚が倒壊しないか、あるいは棚に保管された荷物が崩れないか検証するために、地震動を再現する装置の購入を検討していた。

カヤバシステムマシナリー(株)は地震体験車を製品化しており、この技術を応用した地震動再現加振テーブルの製作について開発依頼があった。

きっかけは地震体験車であったが、地震動を再現するための全く新しい装置を新規に設計、製作する必要があるため、新たな3軸起震装置を提案し、製品化することになった。

3 主な要求仕様

3 軸起震装置の主な仕様は下記のとおりである。

- (1)加振テーブルを上下(Z)方向、南北(Y)方向、東西(X)方向に3軸同時加振できること(以下Z軸、Y軸、X軸と記述)。
 - (2)再現地震動の種類
 - ①東日本大震災における宮城県桶屋町新町の気象庁観測地震動
 - ②東日本大震災における宮城県大崎市吉川三日町の気象庁観測地震動
 - ③阪神淡路大震災における神戸海洋管区気象台観測地震動
 - (3)加振テーブルへの試験品最大搭載質量6,000kg
 - (4)加振テーブルサイズ3,000mm×1,600mm
- なお、3種類の地震動データは加速度信号であり、気象庁ホームページ¹⁾からダウンロードできる。
また、上記以外の地震動波形も再現可能とした。

4 詳細仕様検討

3種類の地震動の加速度データから、3軸の速度、変位を算出した。地震動データのノイズ部分を処理した結果、再現地震動の周波数帯は0.01~20Hzとした。地震動の加速度データを時間で1階積分して速度に、2階積分で変位に換算できる。この結果から得られた加速度、速度、変位の最大値を表1に示す。

表1 最大加速度・速度・変位一覧

	Z軸	X・Y軸
最大加速度	350cm/s ²	780cm/s ²
最大速度	32cm/s	93cm/s
最大変位	±69mm	169.5mm

起震装置本体は、加振テーブルと搭載質量の合計を負荷として駆動するものとなる。この際、合計質量を加振するための推力は(1)式のFで求める。

$$F = m\alpha \tag{1}$$

ここで、 m ：加振部分合計質量、 α ：加速度である。一般的に省エネや省スペースの観点から、装置はコンパクトであることが望ましい。このために、加振テーブルをアルミ製（鋼と比較して比重約1/3）とし、加振質量 m の軽量化を図り、必要推力 F を小さくできた。装置としての主な仕様を表2に示す。

表2 起震装置主仕様

加振テーブル質量	3,000kg (アルミ合金製)
試験品最大搭載質量	6,000kg
合計最大加振質量：m	9,000kg
Z軸シリンダ推力：F（ストローク）	141kN（±75mm）
X・Y軸シリンダ推力：F（ストローク）	95kN（±200mm）

5 起震装置本体の課題と設計

本体設計の際、最も重視したのがZ軸加振機構である。要求する動きは垂直方向のみと単純であるが、装置をコンパクトにすることや、剛性及び強度の確保が求められる。これらを総合的に勘案してZ軸加振機構に平行リンク方式を採用した。

平行リンク方式は、Z軸アクチュエータを加振テーブル中心に1本の配置とし、四角形のテーブル4辺に平行リンクを配置することで、要求する機能を満足できるが、この機構は製作実績が無いことから、十分な検証をする必要があった。

設計の初期段階から必要な機能を総合的に検証するために、起震装置本体を3Dモデルで作成し、全ての動作パターンを検討するとともに、有限要素法を使ったモーダル解析^{注1)}と応力解析を実施した。起震装置の3Dモデルを図1に、試験品である多段積層棚も含めた3Dモデルを図2(a)、モーダル解析例を図2(b)に示す。

注1) 構造物の共振周波数を数値解析で求める方法。

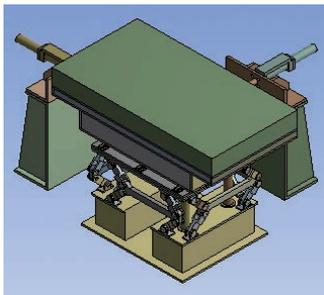


図1 装置の3Dモデル

これらの検証を行った結果、平行リンク機構は有効に機能し、最大負荷積載状態でも性能を確保できることが確認できた。図面化した本体概要を図3に示す。

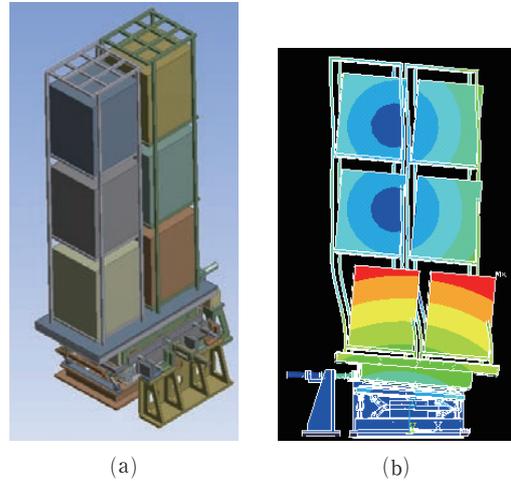


図2 試験品搭載状態モデル

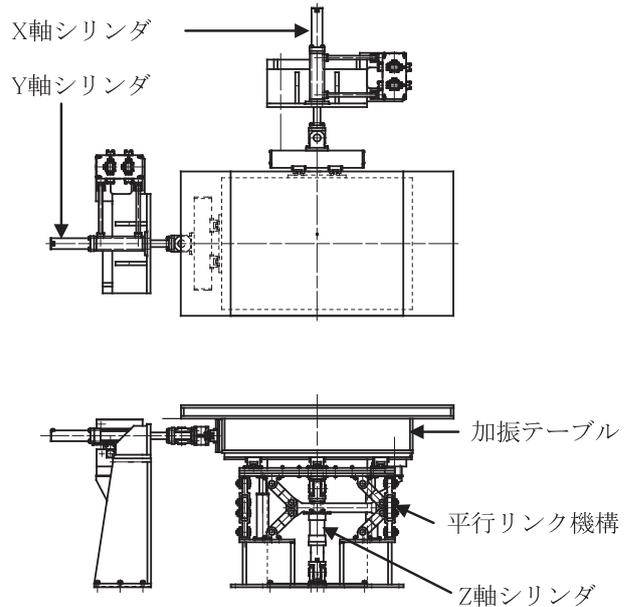


図3 起震装置本体概要図

本体は客先にて床を掘ったピット内に格納するため、定期的に給油が必要なベアリング部に自動給油装置を取付けるなどの工夫も行っている。

6 制御系の設計

前述したとおり、気象庁提供の地震動データは加速度であり、システムとしてはこの加速度データの再現が要求される。

油圧シリンダを駆動するためには、シリンダのス

トロークを変位として入力する必要があるため、加速度を適切な変位に変換しなければならない。そこで、当社製制御ソフトのWave Modification System(以下WMS)を採用した。WMSの主な機能は、制御対象が目標加速度信号で加振できるようシリンダに対する変位信号を修正するものであり、多軸制御も可能なことから、本装置の制御に最適である。WMSの一連の操作と信号の流れの概要を図4に示す。

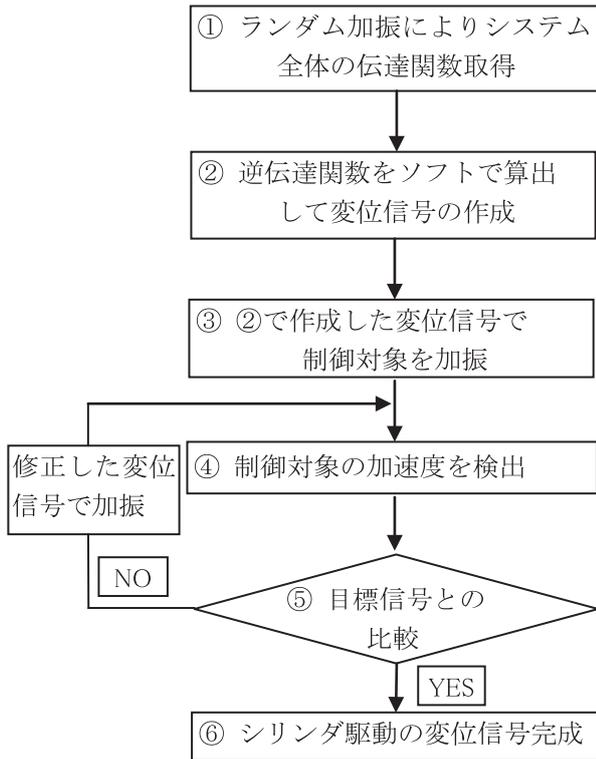


図4 WMSによる目標信号生成の流れ

この他に制御性を向上させる手段として差圧フィードバックを適用した。差圧とは、シリンダの押し側、引き側の油圧圧力差である。この差圧をフィードバックとして制御ループに取り入れることで慣性負荷加振での制御性を安定させる効果がある。差圧フィードバックを適用した2軸慣性負荷制御装置などで有効性が実証されており、本装置の制御系にも採用した。差圧フィードバックの概要を図5のブロック図に示す。

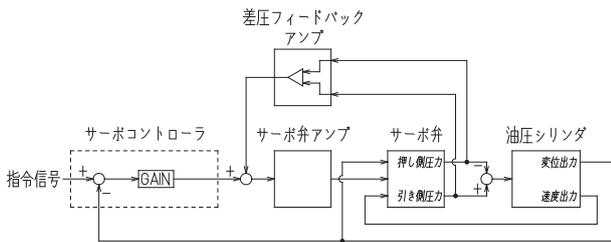


図5 差圧フィードバックブロック図

7 油圧系の設計

まず油圧シリンダを駆動するために必要な油の最大流量を算出するが、再現する地震動の最初から最後まで最大流量が必要なわけではない。再現地震動のデータから、地震発生初期に最大速度域があり、ここで最大流量が必要となる。地震動の後半になると、周波数帯は高いものの速度は小さくなり、必要流量は減少する。再現地震動の一例である阪神淡路大震災のデータを図6に示す。図中の丸で囲った部分が油圧系として必要流量最大の領域である。

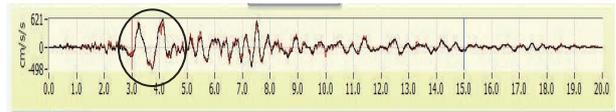


図6 阪神淡路大震災地震波形

上記のことを総合すると、常に油圧源から最大流量を供給し続けるのはエネルギーの無駄であり、必要ときだけ最大流量を確保したほうが効率的である。このためにアキュムレータを用意し、最大速度発生域ではアキュムレータからの蓄圧油を利用したことで、油圧源容量を小さくした。油圧系装置の概要を図7に示す。図中の矢印は供給油の流れを示す。

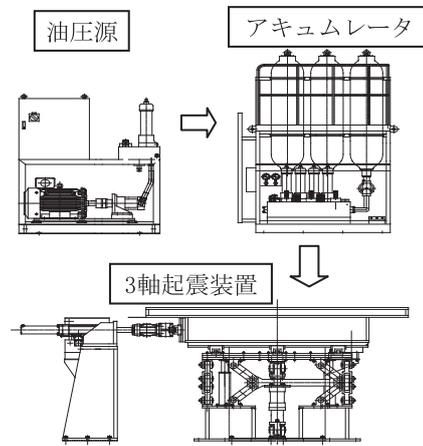


図7 油圧系装置概要図

8 完成品

3軸起震装置本体の完成品写真を写真1に示す。これはお客様で装置をピット内に設置したもので、奥に配置されているのが起震装置本体、左下に配置されているのがアキュムレータである。

お客様ではこの後加振テーブル上面を残してピット上部に鉄製のカバーを設け、装置全体を覆っており、起震装置を動かす場合は、加振テーブル周辺のみ隙

間ができるようになっている。また、装置周辺に立ち入り制限柵を設けるなど安全性も配慮している。

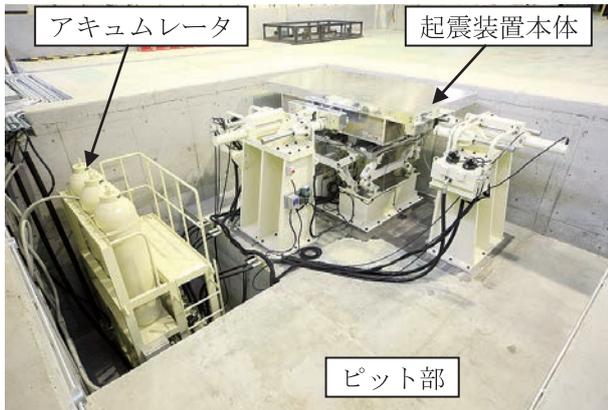


写真1 装置の設置写真

加振テーブルに最大負荷6,000kgを搭載して、地震動の再現を行った結果を図8に示す。地震動データは赤で、加振テーブルの計測加速度は黒で示される。つまり、黒の波形が赤に重なって見えるほど地震動の再現性が高いことになり、画面からほぼ正確に地震動を再現できたといえる。

お客様では、この装置を使って製品の加振試験による検証を行い、地震によって棚に積載した荷物が崩れる様子を観察するモーションキャプチャを用いた動画検証も実施している。また、地域の防災意識啓蒙のため、地震動再現による棚や荷物の崩壊をデモンストレーションしており、社会貢献の一環としても活用している。更に、3軸起震装置を積極的に広報活動に活用しており、地元マスコミの取材を受けるなど好評を得ている。

9 おわりに

当社において3軸で慣性負荷を加振する試験装置としては初めての製品であったが、高い客先満足度

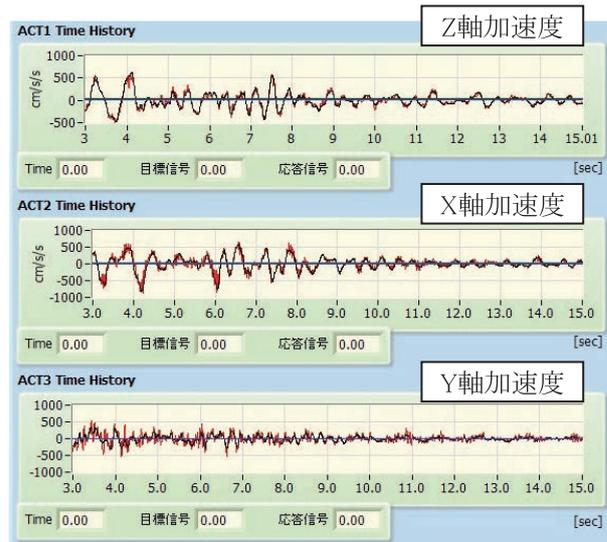


図8 地震動再現画面

を得られた。平行リンクを用いた機構設計など新規要素が多く苦労も多かったが、負荷が最大となっても地震波形の再現性は損なわれず、安定した制御が可能であることも実証できた。本装置の平行リンク機構については本報執筆時点で特許申請中である。

3軸起震装置が作動している動画は当社ホームページ²⁾で公開されている。

この製品は引き合い段階からお客様も含めて多くの方の知見と協力を得て完成したものであり、関係諸氏に改めて謝辞を申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ、地震動検索データベースアドレス <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/index.html>
- 2) 当社ホームページ、アドレス <http://www.kyb-ksm.co.jp/showcase/news-201405300028.html>

著者



有坂 尚

2008年入社。カヤバシステムマシナリー(株)三重工場技術部。シミュレータ製品の設計に従事。

ピストンロッド内配管シリンダの開発

上 倉 定 幸

1 はじめに

油圧ショベル用シリンダは、運転質量6 ton以上のショベル用（小型以上）をKYBの岐阜南・東工場生産しており、6 ton未満のショベル用（ミニ）をKYB-YS(株)で生産している。

油圧シリンダは成熟した製品であり、近年は競合メーカーの品質向上、日系車車両メーカーの海外進出と現地調達の流れにより少しずつKYBグループのシェアが低下している状況にある。

そこで新しい技術を盛り込み、簡単に他社に真似されることのない油圧シリンダの開発を開始した。

ピストンロッド内配管シリンダはピストンロッド内に油路を作ることにより、通常はシリンダチューブに必要な油圧配管がなくなる配管レスのシリンダである。

この新シリンダはKYB、KYB-YS(株)それぞれで開発を進めているが、今回はKYB-YS(株)で開発を進めているミニ・小型ショベル用のピストンロッド内配管シリンダについて概要を紹介する。

それに対しピストンロッド内配管シリンダはポートをピストンロッドに配置し、ピストンロッド内部に油通路を形成することが特長となっている。

ピストンロッド内配管シリンダはピストンロッド内部に深穴加工をする技術が必要になるが、そのことにより一般的なシリンダでは必要であったシリンダチューブまわりの油圧配管をなくすメリットをもたらす（図2）。油圧ショベル用シリンダには漏れない、錆びない、壊れないという基本機能が求められるが、油圧配管がなくなることで溶接部を減少させ、油漏れのリスクを低減させることができる。

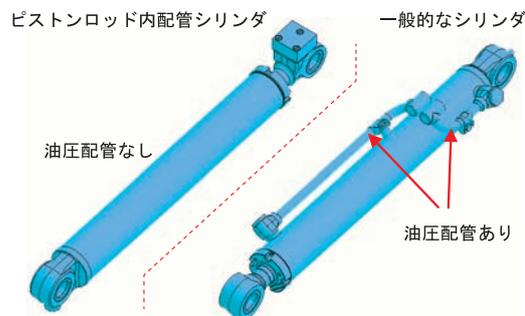


図2 シリンダ外観

2 ピストンロッド内配管シリンダ構造

図1にシリンダ構造模式図を示す。

上段が一般的なシリンダ、下段がロッド内配管シリンダである。一般的なシリンダは油圧を供給、排出する伸・縮ポートをシリンダチューブに配置する。

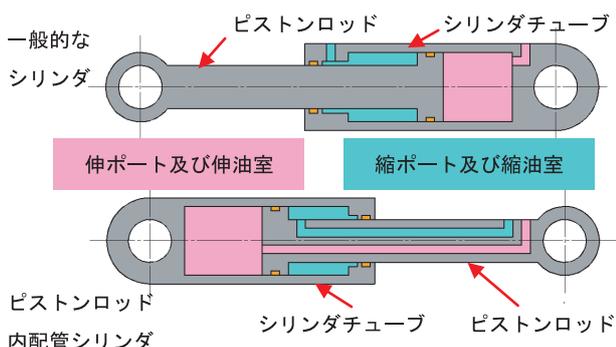
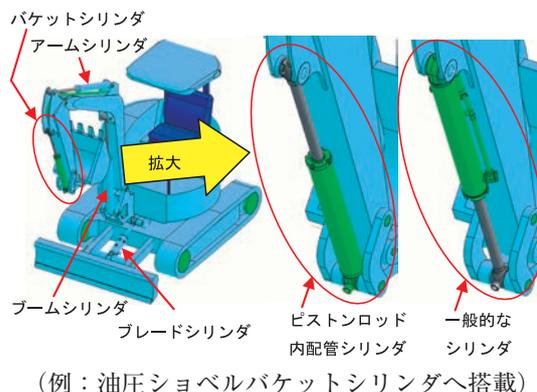


図1 シリンダ構造模式

ピストンロッド内配管シリンダは、バケットシリンダ、ブレードシリンダへ搭載することでピストンロッドの傷付き防止や配管の破損防止が期待できる（図3）。



(例：油圧ショベルバケットシリンダへ搭載)

図3 シリンダ搭載状態

3 ピストンロッド内配管シリンダのメリット

ピストンロッド内配管シリンダの最も期待できるメリットは、図3に示す通り油圧ショベルのバケットシリンダへ倒立装着した場合、ピストンロッドが土砂などから遠ざかることである。これにより土砂など被掘削物と接触し、ピストンロッドに傷が付く確率を低くすることが可能となる(図4)。

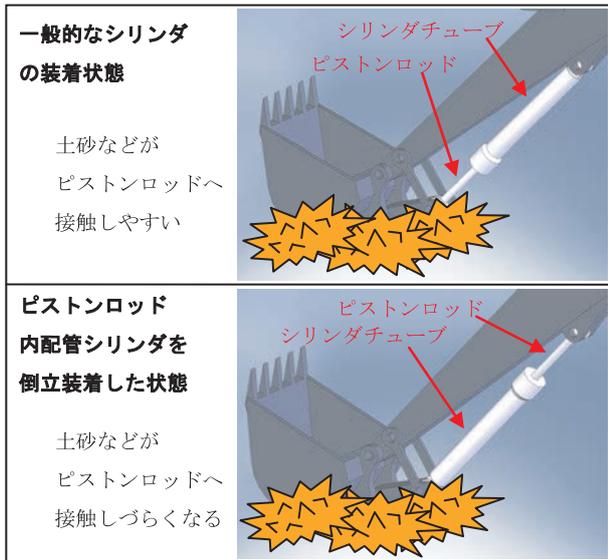


図4 バケットシリンダの倒立装着

ピストンロッドの傷はロッドシールに傷を転移させ、油漏れを起こす原因になっている。土砂などの被掘削物との距離が近いバケットシリンダは、他部位のシリンダと比較してピストンロッドの破損比率が高くなっている。

ピストンロッドのパーツ出荷データをシリンダごとに集計してみると(図5)、ブームシリンダ、アームシリンダに比べバケットシリンダの出荷比率が大きい。その要因としてバケットシリンダは先端に取付けられるため、傷付きやすいと考えられる。

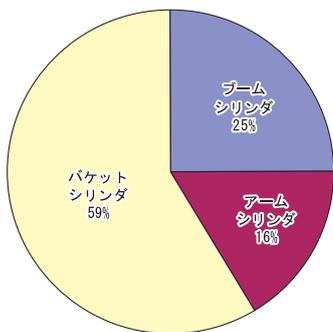


図5 ピストンロッドのパーツ出荷比率

従って、ピストンロッド内配管シリンダを使用し倒立装着することで、この不具合を減少させることができると考える。

またブレード(排土板)シリンダ(図6)は、カバーが付いているものもあるが、排土作業ではシリンダ上に岩石、土砂などが乗ることが多く油圧ホースで接続される配管は、岩石などで損傷することが多い。

しかし、ピストンロッド内配管シリンダはチューブ周辺の配管がなくなるため、配管損傷不具合を低減させることが可能と考える。

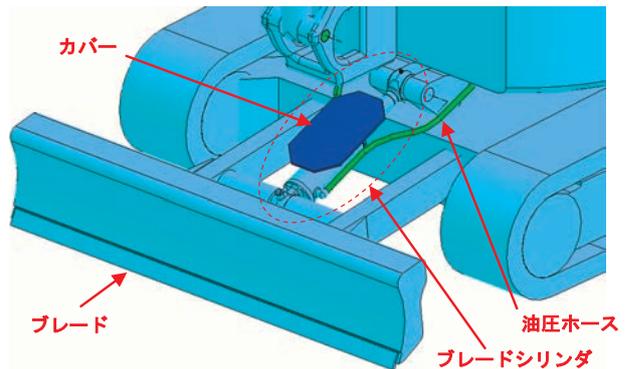


図6 ブレードシリンダ

また意匠性の向上もメリットとなる。外観は配管がなくなることでスマートな印象を与えることができる(写真1)。



写真1 シリンダ外観比較

4 ピストンロッド内配管シリンダの課題と改善

4.1 課題

(1) 圧力損失

ピストンロッド内配管シリンダの開発において、圧力損失低減は解決しなければならない大きな課題であった。近年の製品開発において更なる省エネルギー化は避けて通れないコンセプトの1つである。シリンダが母機に貢献できる省エネルギー性とは低圧力損失、低フリクション化することである。

しかし、ピストンロッド内配管シリンダは伸び油

路長さが、一般的なシリンダに比べて長くなり、圧力損失が大きくなる課題があった。

これはピストンロッド内部に伸び・縮み2本の油路を形成することに起因し(図7)、特に伸び油路(赤色)はピストンロッドの端から端まで貫通させる構造であるためである。一方、一般的なシリンダは伸び油路(赤色)を図7のように短くすることが可能なため、圧力損失も低くなっている。このシリンダで比較すると、伸び油路は約3倍長くなっている。そのため圧力損失は一般的なシリンダと比較し、約2.5倍になっていた。

そのため伸び油路の圧力損失を一般的なシリンダと同等以下にするには、一般的なシリンダに対して伸び油路を拡大することが必要である。

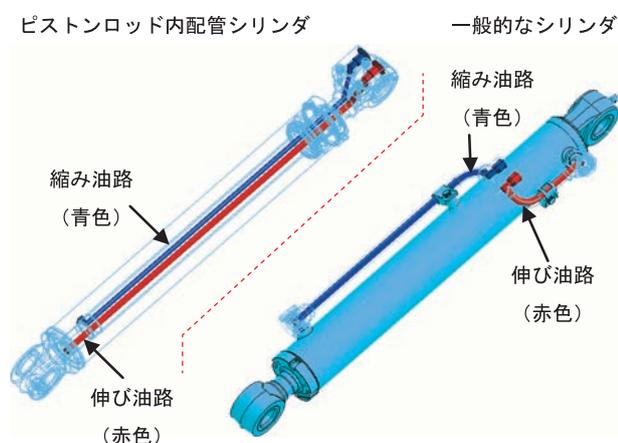


図7 ピストンロッド内配管シリンダと一般的なシリンダの油路比較

(2)ピストンロッド強度

伸び油路、縮み油路それぞれ必要な径を加工することは、ピストンロッドの強度を低下させることにつながるため、強度を確保しつつ油路径を拡大する改善が必要になる。

しかし、図8の改善前の構造に示すようにピストンロッドのねじ部(ピストンロッドとピストンを締結するねじ)は、その谷径がピストンロッド断面の中で最小になるため、油圧シリンダの強度を決定する上で最弱部となることが多い。その最弱部へ2本の穴を加工することは強度を大きく低下させるため、油路径の拡大には限界があった。

4.2 改善

(1)圧力損失改善

ロッド内配管シリンダは、一般的なシリンダに対して伸び油路が長くなるため伸び油路側の圧力損失が高い。よって伸び油路径を拡大する(一般シリンダ比)ことで圧力損失を低減させた。

(2)ピストンロッド強度改善

ピストンロッドの最弱部であるねじ部の強度を確保するため、図8改善後の構造のように深穴加工を、ピストンロッド両端から加工するように変更した。これによりピストンロッドねじ部へは1本の穴加工をするだけで良くなった。この加工方向の変更で油路径の拡大が可能となり、ピストンロッド最弱部であるねじ部の強度基準を満足することができた。

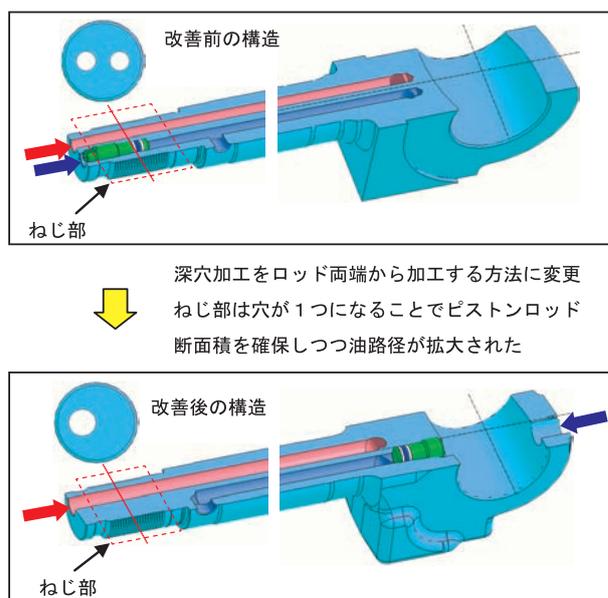


図8 ピストンねじ部の断面形状の違い

4.3 深穴加工方法変更に伴うメリット

図9の改善前の構造においてプラグ①はピストン側にある。そのため、万一プラグのねじが緩んで抜けると、シリンダ内部へプラグ①が脱落し、実車の作動不具合を起こすことになる。従って、確実な緩み止め構造が必要になる。改善後の構造ではプラグ②の取付け位置を、シリンダ内部から外部へ移動し

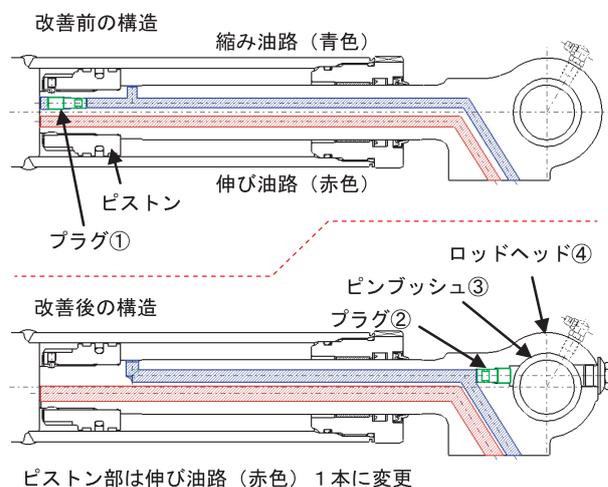


図9 油路加工方法の変更とプラグの位置

たため、プラグが緩んでもシリンダ内部へプラグ②が脱落するリスクが“0”となった。またピンブッシュ③により、プラグ②が緩んでも、抜け落ちる心配がない。

この緩み止め構造の簡素化が原価低減にも寄与している。

以上の改善により、圧力損失は改善前の構造で一般的なシリンダの2.5倍あったものが、改善後の構造では同等になるところまで改善された。

この課題をクリアしたことでピストンロッド内配管シリンダは自信をもってお客様へ提案できる製品になった。

5 おわりに

ピストンロッド内配管シリンダは、耐久性などの品質評価を全て終了し、既存のシリンダと同等の耐久性を持つことを確認している。そして現在実車での最終的な評価を進めているところである。全く新しい構造のシリンダであるため、それを採用していただく母機メーカーにとって心配事項が多くあるのは必然であろう。その心配事項を払拭できるデータを提示し、メリットを認識していただくための説明を行うことで、より多くのメーカーに採用していただく努力を続けて行きたいと考えている。

最後に本製品の開発にあたり多大な協力をいただいた社内外の関係各位へ、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



上倉 定幸

2007年入社。KYB-YS(株)設計部HC設計課。シリンダの開発・設計に従事。

マイクロポンプユニット

辻 井 喜 勝

1 はじめに

近年、油圧ポンプの需要の広がりを見ると、小型、軽量化の要望が高まってきている。これらの要望に対し、(株)タカコはマイクロポンプシリーズ（以下マイクロポンプ）（写真1）を量産販売している。

主な用途はフォークリフトのステアリング、射出成型機の可塑化移動装置用の油圧発生源となっている。

しかし、量産販売中のマイクロポンプはお客様にてバルブ、タンクなどを用意して頂く必要がある。

今回、(株)タカコはマイクロポンプ+安全弁+ドレン吸収弁+タンクで構成される「マイクロポンプユニットシリーズ（以下ユニット）」の開発を行い、製品化を行った。以下にその概要を紹介する。



写真1 マイクロポンプシリーズ

2 仕様

写真2はユニットシリーズ外観、表1は仕様を示す。仕様については、マイクロポンプと同じ内蔵部品を使用しているため、基本性能は同じである。

1項で述べたように、ユニットには安全弁とドレン吸収弁が組み込まれている。安全弁は、オーバーロードによる機器の保護、ドレン吸収弁は、閉回路におけるポンプのリーク分をメイン回路に戻す役割がある。また、ドレン吸収弁はアクチュエータが片ロッドシリンダの場合、シリンダ体積差を吸収する役割もある。各種弁は、TFH-080-U-SVとTFH-160-U-SVで共通化、TFH-315-U-PCVとTFH-630-U-PCVで共通化している。

また、タンク容量は使用されるアクチュエータの速度やストロークを考慮して決定した。

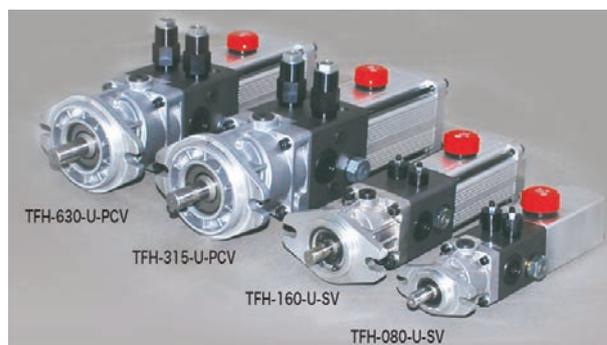


写真2 マイクロポンプユニットシリーズ外観

表1 マイクロポンプユニットシリーズの仕様

型 式		TFH-080-U-SV	TFH-160-U-SV	TFH-315-U-PCV	TFH-630-U-PCV
押しのけ容積 [cm ³ /rev]		0.80	1.61	3.13	6.29
使用圧力 [MPa]		21	21	21	21
使用回転速度 [min ⁻¹]		3000	3000	3000	3000
流 量 [L/min]		2.40	4.83	9.39	18.87
タンク	総油 量 [cm ³]	77	151	345	
	変動可能油量 [cm ³]	24	82	203	
質 量 [kg]		1.51	2.51	6.18	6.47
サ イ ズ [mm]		45×242	60×264	80×342	80×342

3 油圧回路

ユニットの油圧回路は2種類のタイプがあり、TFH-080(160)-U-SVは図1、TFH-315(630)-U-PCVは図2に示す。2種類のタイプの違いはドレン吸収弁であり、TFH-080(160)-U-SVはシャトル弁タイプ、TFH-315(630)-U-PCVはパイロットチェック弁タイプである。弁タイプは図中の赤丸部となる。

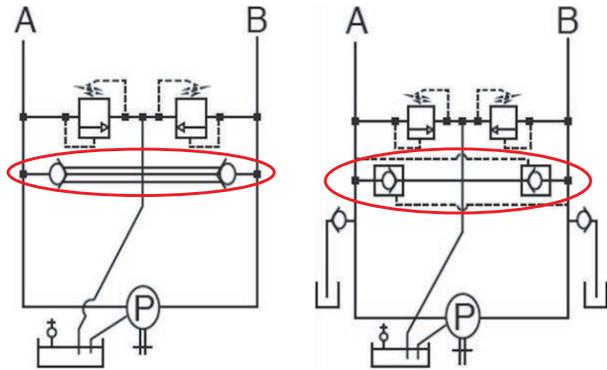


図1 TFH-080(160)-U-SV油圧回路図 図2 TFH-315(630)-U-PCV油圧回路図

4 油圧回路の特長

TFH-080-(160)-U-SVはユニットのサイズを小さくするために、パイロットチェック弁よりも取り付けスペースが小さくなるシャトル弁を採用している。シャトル弁の構造は図3に示しており、向かい合ったチェック弁2個がピンによって連結されたシンプルな構造となっている。チェック弁はポペットとバルブシートで構成されており、バルブシートはポペットのガイドとシートの役割を果たしている。このことで、流体力がポペットの横側に働いてもシート部の偏摩耗を防止することが可能である。

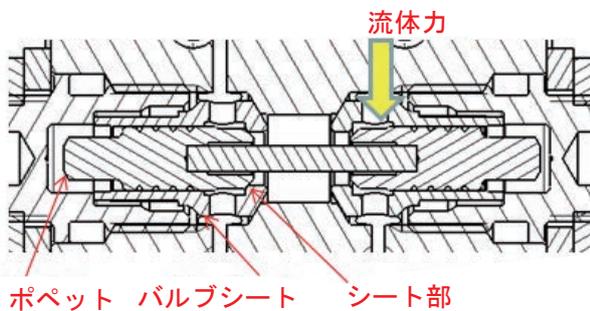


図3 シャトル弁構造

5 性能

5.1 効率

ユニットの効率を図4に示す。容積効率は、最大使用圧力21MPaにおいて、いずれも95%以上となっている。これは内蔵部品の球面弁板による効果であり、ユニットの強みとなる。球面弁板の場合、シリンダブロックが球面に沿うように動く自動調心性により密着性が補償されるため高い性能となる。^{1), 2)} 写真3は、球面シリンダブロックと球面弁板である。全効率は、同圧力条件下において、いずれも85%以上となっている。

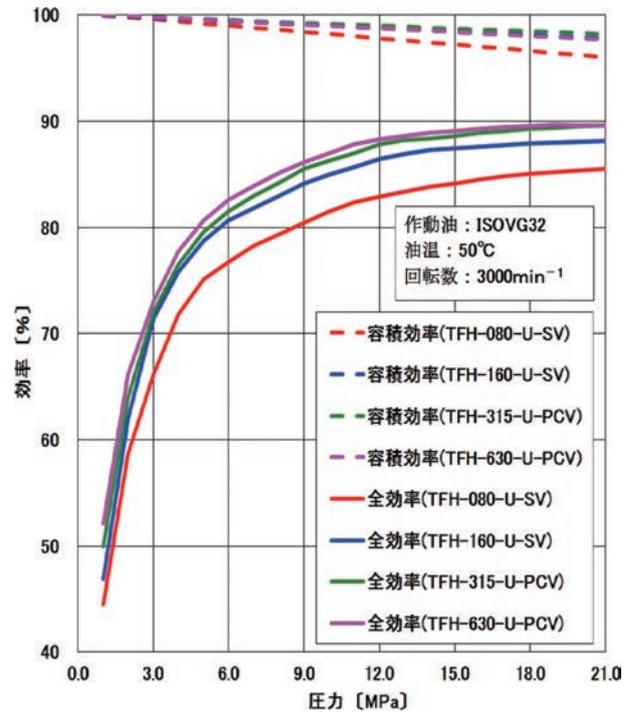


図4 マイクロポンプユニット効率線図

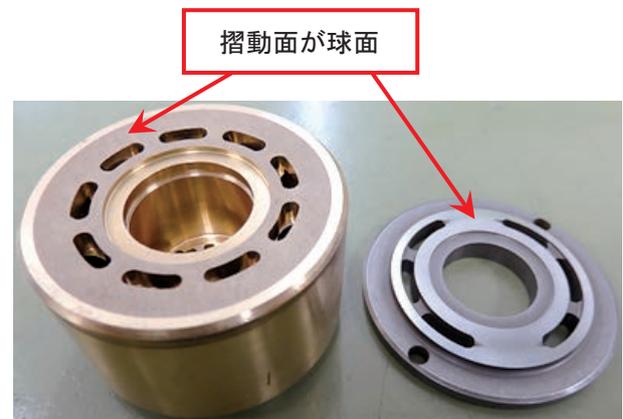


写真3 球面シリンダブロック (左) と球面弁板 (右)

5.2 昇圧特性

次に、図5はTFH-160-U-SVを正逆運転した時の応答性を表した一例であり、最高使用圧力21MPaに昇圧されるまでの時間は0.1秒未満となっている。

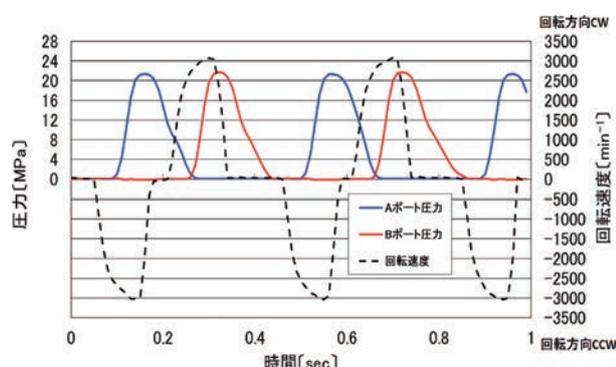


図5 TFH-160-U-SVの正逆応答性

5.3 繰り返し精度

圧力センサや位置センサからの情報をサーボモータへフィードバックすることで、ユニットをより高精度に運転することができる。

また、ユニットは各種センサとの組合せにより、あらゆるパターンの動作を、高い精度で制御することが可能となる。

特に射出成型機などの工作機械においては、繰り返し精度が重要な項目となっている。

6 国際見本市への出展

6.1 国際ロボット展2013

新規分野への拡販のため、2013年12月に開催された国際ロボット展にユニットを出展した(写真4)。



写真4 国際ロボット展2013タカコブース

本展示会は、国内外における産業用、家庭用ロボットおよび関連機器の見本市となっている。来場者の多くは油圧機器への関わりが少ないと予想されたので、当時開発中であったユニットを用いた動展示物を製作した。

6.2 上海バウマ2014

中国市場への拡販のため、2014年11月に開催された中国上海バウマにユニットを出展した(写真5)。



写真5 上海バウマ2014タカコブース

本展示会は、建設機械及び関連機器の国際見本市である。本展示会においても同じく動展示物での展示を行った。

6.3 動展示物

出展は各テーマごとにユニットを使った動展示物で使用例とコンセプトを簡素に分かりやすく説明できるようにした。

- ①省エネルギーシステムへの提案
- ②油圧と電動の融合(ハイブリッド)への提案
- ③省スペース、配管レスへの提案
- ④将来有望な分野(ロボット)への提案

ここで、実際に出展した動展示物について紹介する。写真6は、テーマ①に該当する動展示物となっており、ユニットを正逆回転することで、シリンダが伸縮動作する展示物である。

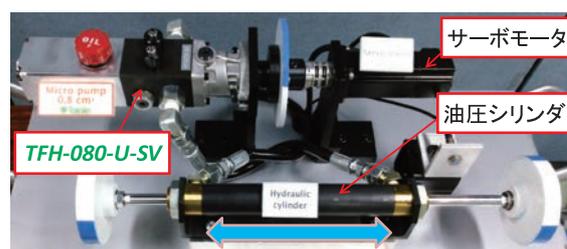


写真6 反復シリンダ動展示物

本展示物はユニットの強みとなる正逆回転の切替応答性の良さを表現したものであり、電磁弁を使用せず、シリンダを直接駆動している。このことで、応答性はもちろんエネルギー損失を最小限におさえている。

次に、写真7は、テーマ②に該当する動展示物となっており、電動スライダで作業したいポイントまで素早く移動させ、作業ポイントではユニットを搭載した油圧シリンダで力強く作業を行う展示物である。

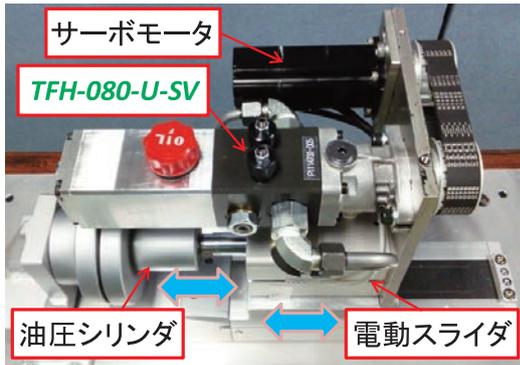


写真7 ハイブリッドシステム動展示物



図6 BIA社殿開発中パワーアシストスーツ

7 ロボット分野への展開

現在、世界各国の大学や企業の研究開発部門では、人間に近い動きをするヒューマノイドロボットの研究開発が盛んに行われている。例えばパワーアシストスーツなどがある。このような研究開発に対し本ユニットの採用例が多々あり、研究開発の初期段階から実機に搭載され、高い評価を頂いている。特に、脚力を再現する上で、電気駆動だけでは機器の構成が大きくなり、重量も重くなる。

一方、油圧駆動で機器を構成すると、コンパクトでかつ、重量の低減が図れる。特に取付スペースが小さい本ユニットは、ロボット分野において有効なアイテムであると各方面からご好評を頂いている。図6はBIA社殿で開発中のパワーアシストスーツである。

8 おわりに

少子高齢化社会の到来に向けて、各企業は新規重点分野として家庭用サービスロボットの開発に取り組んでいる。これらロボット業界への参入には、更なる小型化が必要であり、今後マイクロポンプシリーズの最小容積である0.4cm³/revのユニット化を計画している。

本開発を進める上で様々な課題があり、それらを解決していく中で、設計検証内容と評価結果の関連から多くのノウハウを得ることができた。0.4cm³/revのユニット化も含め、今後それらのノウハウを有効に利用し、開発スピードを向上させるように取り組みたいと考えている。

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。

参考文献

- 1) 河野, 小曾戸: 小型ポンプ・HST, KYB技報第41号 (2010年10月)
- 2) (一社)日本フルードパワー工業会: 実用油圧ポケットブック (2012年版), 147

著者



辻井 喜勝

2006年入社。 (株)タカコ技術本部開発部第一開発課専任係長。 マイクロポンプ・モータの開発に従事。

製品紹介

カートリッジバルブモジュールCVM

小型コントロールバルブCVS

山 村 伸 哲 ・ 玉 川 良 太

1 はじめに

KYBエンジニアリングアンドサービス(株) (以下ES) は、農業機械、建設機械等の様々なメーカへ油圧バルブを納入している。

油圧回路のまとめ方においては、年代と共に集約される形となってきた。

1960年代までは、配管で接続、1980年代までは、積層弁方式、1990年以降はカートリッジバルブモジュール方式へと変化してきた。

その中でESでは、単一バルブを使用したカートリッジバルブモジュール (以下CVM) の回路設計、生産を1992年から開始し、更に2012年からは小型コントロールバルブ (以下CVS) の開発、量産を開始した。

以下に両製品の特長を紹介する。

2 CVMシリーズの概要

「CVM」シリーズには、単一バルブや複合バルブで構成された標準品と、お客様専用設計のOEM品がある。

以下に仕様と概要を紹介する。

3 標準品シリーズ

3.1 フィッティングバルブシリーズ

3.1.1 外観

外観を写真1に示す。



写真1 外観

3.1.2 特長

鍛造成型の高圧継手に各種カートリッジバルブを組み込み、シリンダポートなどに直接バルブを取りつけることが可能である。

3.1.3 仕様

仕様を表1に示す。

表1 仕様

名 称	配管口径	最大流量 L/min	供給電源 V	最高使用圧力 MPa
シャットオフバルブ	G1/4, G3/8	38	DC12, 24 AC100,200	20.6~34.3
フローコントロールバルブ		20	—	20.6
チェックバルブ		40	—	34.3
リリーフバルブ		30	—	34.3まで各種

3.2 カウンタバランスバルブ

3.2.1 外観と回路図

外観を写真2、回路図を図1に示す。



写真2 外観

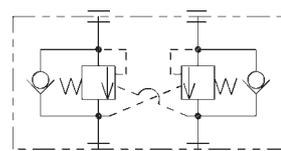


図1 油圧回路図

3.2.2 特長

オーバーロードリリーフ機能を内蔵している。

また、シリンダにバンジョーボルトで直接取付けが可能である。

3.2.3 仕様

仕様を表2に示す。

表2 仕様

名 称	配管口径	最大流量 L/min	最高使用圧力 MPa	接続方式
カウンター バランスバルブ	G1/4	14	34.3	バンジョーボルト ガスケット スレッド
	G3/8	60		

3.3 パイロットチェックバルブ

3.3.1 外観と回路図

外観を写真3, 回路図を図2に示す。



写真3 外観

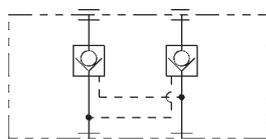


図2 油圧回路図

3.3.2 特長

軽合金ボディを使用し、軽量でコストパフォーマンスに優れている。

3.3.3 仕様

仕様を表3に示す。

表3 仕様

名称	配管口径	最大流量 L/min	パイロット 面積比	最高使用圧力 MPa	接続方式
パイロット チェックバルブ	G1/4	30	1 : 4	25.0	パンジョーボルト
	G3/8	60			
	G1/4	40	1 : 7		ガスケット スレッド
	G3/8				
	G1/2	90	1 : 3		

3.4 マルチソレノイドモジュール

3.4.1 外観と回路図

外観を写真4, 回路図を図3に示す。



写真4 外観

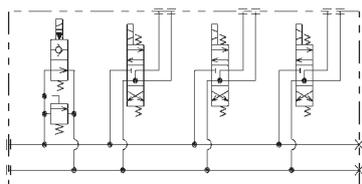


図3 油圧回路図

3.4.2 特長

軽合金ボディを使用し、数種類の回路パターンを標準化し、小型、軽量化した。

3.4.3 仕様

仕様を表4に示す。

表4 仕様

名称	配管口径	最大流量 L/min	供給電源 V	最高使用圧力 MPa	接続方式
マルチ ソレノイドバルブ	G1/4	17	DC12, 24	20.6	スレッド
	G3/8	38			

4 OEM品

4.1 外観

外観を写真5に示す。



写真5 外観

4.2 特長

本品は下記4つの特長がある。

- ①お客様の仕様に応じた専用設計品である。
- ②小型、軽量である。
- ③異なるバルブの組み合わせが可能である。
- ④母機への取付け自由度が大きい。

4.3 母機使用例

4.3.1 高所作業車

高所作業車とは、高所で作業をするための特殊車両で、リフト車とも呼ばれている。

CVMは下記のアクチュエータの操作に使用することが可能である(図4)。

- ①リフトシリンダ
- ②走行モータ
- ③ステアリングシリンダ

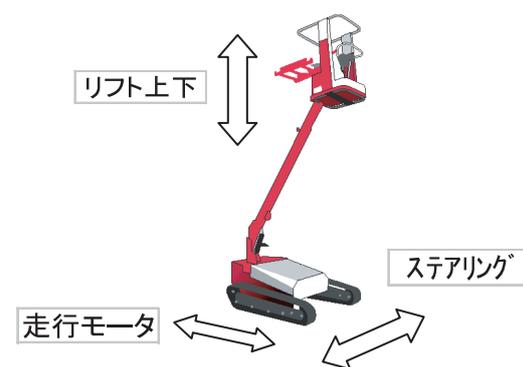


図4 使用例

4.3.2 農業用収穫機

農業用収穫機とは、農作物を拾い上げ大型コンテナに収納するための機械である。

CVMは下記のアクチュエータの操作に使用することが可能である(図5)。

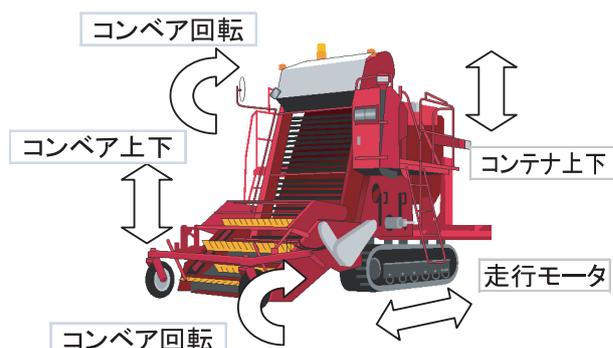


図5 使用例

- ①コンベアモータ
- ②コンベアシリンダ
- ③コンテナリフトシリンダ
- ④走行モータ

5 CVSの概要

5.1 外観

外観を写真6に示す。



写真6 外観

5.2 特長

本品は下記6つの特長がある。

- ①省電力
消費電力が小さく、連続通電が可能である。
- ②セクションの組み合わせ
本品はインレットセクション、スプールセクション、アウトレットセクションの3セクションで構成されており（図6）、お客様の要望に合わせた油圧回路の組み合わせが可能である。
- ③パラレル回路
アクチュエータを、それぞれ単独で操作するこ

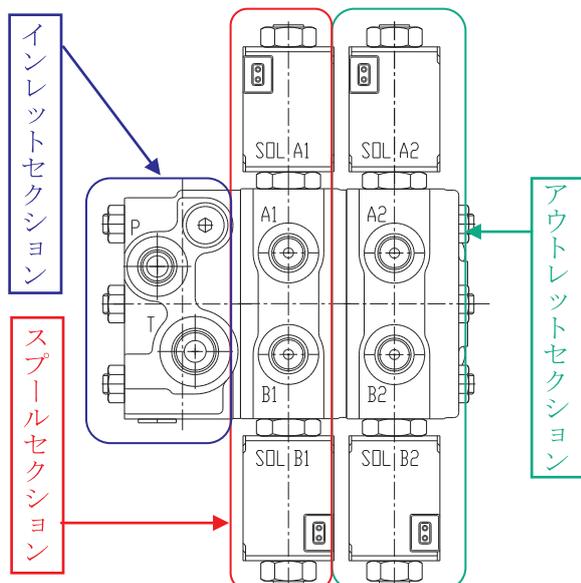


図6 セクション構成図

とができる回路で構成している。

- ④アンロード機能
中立時、ポンプを無負荷運転することができるオープンセンタ回路である。
- ⑤省スペース
スプールセクションとアウトレットセクションを1つに構成することで省スペースを実現した。
- ⑥非常操作機能
電力喪失時の非常操作を可能とするマニュアル操作機能を内蔵した。

5.3 仕様

仕様を表5に示す。

表5 主な仕様

項目	仕様	
最高使用圧力	18MPa	
最大流量	10L/min	
連数	1～7連	
許容背圧	0.98MPa	
消費電力	DC12V 2.33A	
	DC24V 1.17A	
許容電圧範囲	定格電圧+10%以内	
コイル端子	リード線	
フィルトレーション	25μ以下	
油圧回路	パラレル	
推奨外気温度	-20℃～40℃	
油温	0℃～80℃	
ポート	Pポート	G1/4
	A, Bポート	G1/4
	Tポート	G3/8
	PBポート	G1/4

5.4 外形図・油圧回路図

一例としてCVS10の外形図を図7に、油圧回路図を図8に示す。

5.5 適用母機

以下にCVS10が適用可能な母機を列挙する。

- ①ブームスプレイヤ
- ②ラッピングマシン
- ③ロールベアラ
- ④芝刈機
- ⑤スイーパ
- ⑥茶摘機

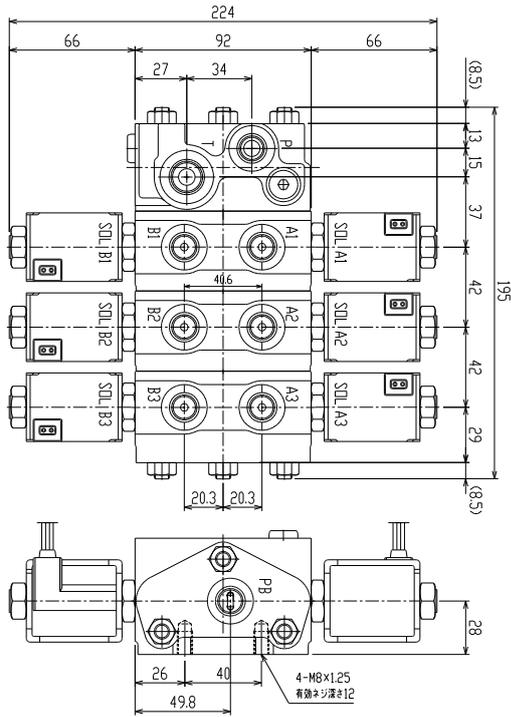


図7 外形図

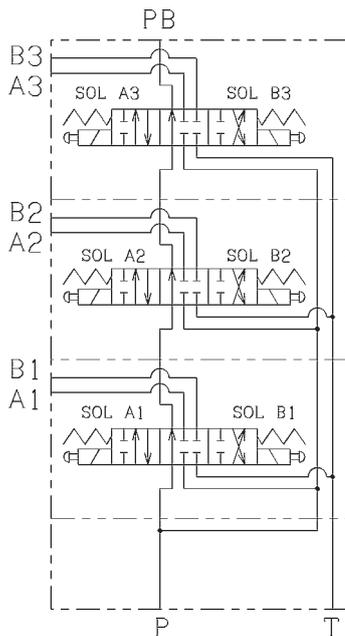


図8 油圧回路図

- ⑦茶摘管理機
- ⑧代掻き（シロカキ）機
- ⑨ハーベスタ

5.6 母機使用例（ブームスプレイヤ）

ブームスプレイヤは田畑に農薬を散布する機械である。

CVS10を5連とした場合、下記操作に使用可能である（図9）。

- ①ブーム上下
- ②左ブーム開閉
- ③右ブーム開閉
- ④左ブーム上下
- ⑤右ブーム上下

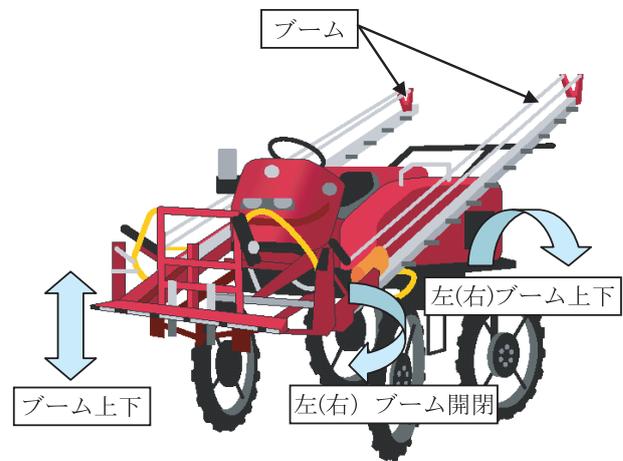


図9 使用例

6 おわりに

油圧バルブに対する市場要求は常に変化しており、今後もこの変化に遅れることなく新しい提案、製品開発に尽力していきたい。

著者



山村 伸哲

1996年入社。KYBエンジニアリングアンドサービス(株)油圧機器事業部技術本部技術部。バルブ設計に従事。



玉川 良太

2000年入社。KYBエンジニアリングアンドサービス(株)油圧機器事業部技術本部技術部。バルブ設計に従事。

円筒型リニアモータを用いた 航空機向け電動アクチュエータの開発

佐藤 浩介

1 はじめに

民間航空機では、燃費¹⁾と整備性²⁾の向上をねらいに、欧米を中心に航空機の電動化が積極的に進められている。機体内の2次エネルギーはこれまでの空圧力、油圧力、電力、回転力の4形態から電力の1形態に集約されており³⁾、機体の各アクチュエータにおいては電力という「共通言語」のもとで機体全体の最適化が図られようとしている⁴⁾。

ところが、電動アクチュエータのボールスクリュに起因するジャミング^{注1)}が障害となり⁵⁾、機体運用に重大な影響を及ぼす脚系統、操縦系統などでは、ジャミングの懸念がない油圧アクチュエータが使用されている。

ジャミング対策として島津製作所(株)殿のクラッチ構造を備えた電動アクチュエータ⁶⁾、Messier-Bugatti社殿の2重スライド構造を備えた電動アクチュエータ⁷⁾などが考案されているが、コンパクトでシンプルな構成とは言い難い⁸⁾。

本開発では、ジャミングの原因となるボールスクリュを廃した円筒型リニアモータに着目し、油圧アクチュエータと置き換え可能で、剛性と耐コンタミ性を有するストラット構造を試作する。更に、推力脈動と磁束密度の飽和を抑制しつつ、質量推力密度が大幅に向上できる円筒型リニアモータの磁気回路を検討する。

円筒型リニアモータの高剛性化、高推力化などが実現できれば、ジャミングが理由でこれまで適用が困難であった脚系統、操縦系統などに電動アクチュエータを展開でき、民間航空機の電動化に寄与できる。

注1) ボールスクリュ、減速機などの噛み込み現象で、冗長系を構成する航空機用途では特に障害となる。

2 円筒型リニアモータ

円筒型リニアモータは1990年代に特許が出願されており⁹⁾、2003年頃から本格的に市場投入されてい

る。近年では大手電機メーカーの参入などもあり、新しい形式のリニアモータとして民生品市場にて拡大傾向にある¹⁰⁾。

2.1 作動原理

円筒型リニアモータの作動原理を図1に示す。円筒型リニアモータはリング状巻線が装着されたモータケースと永久磁石が挿入されたシャフトから構成される。同極同士が対面する永久磁石の配置によりシャフトのラジアル方向に磁束が形成される。その磁束と鎖交するリング状巻線に電流を流すと、フレミングの左手の法則に従いシャフトのアキシャル方向に推力が発生する。

永久磁石による磁束密度を B 、巻線長さを L 、電流を I とすると、円筒型リニアモータの発生推力 F は(1)式で与えられる。後述する質量推力密度の向上は(1)式の B 、 I の増加に相当する。

$$F = BLI \quad (1)$$

図1に示すように円筒型リニアモータは、モータケースとシャフト間にエアギャップを有しているため、摺動部を持たない。したがって、同モータ自身にジャミング発生リスクは存在しない。

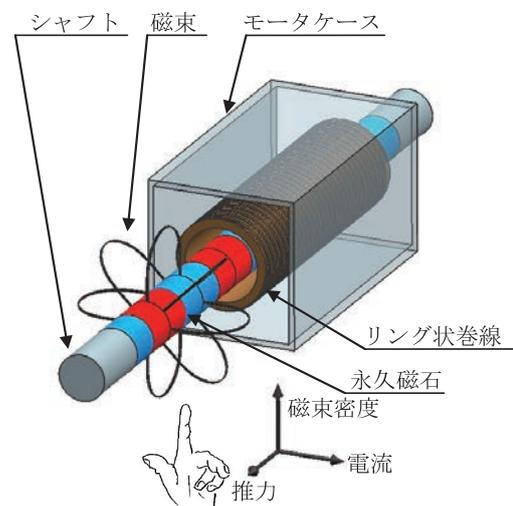


図1 円筒型リニアモータの作動原理

2.2 市販品の評価

円筒型リニアモータが油圧アクチュエータと置き換え可能な作動特性を有しているかを確認するために、同モータの市販品を評価する。

評価対象とする市販品の仕様を表1に、試験セットアップを図2に示す。シャフトはリニアブッシュにより両側を直接ガイドされ、推力は可動質量3.529kgと加速度センサ信号との積で、速度はポテンシオメータ信号の微分で算出される。

周波数6Hz、振幅±7cmの正弦波水平加振から求められた推力-速度特性を図3に示す。I、III象限が油圧アクチュエータのメータイン作動に、II、IV象限がメータアウト作動に相当し、円筒型リニアモータは油圧アクチュエータと同様にメータイン、メータアウト作動が可能である。

同市販品を使って、定格電流近傍で100時間のランダム波水平加振を実施した。試験前後のシャフトの表面粗さと円筒度を測定し、その結果を表2に示す。円筒度の試験前後の差異からシャフトの永久変形が認められ、今後、推力を向上させていくという観点からシャフトの直接ガイド方式は適切でない判断する。

また、シャフト内には強力な永久磁石が挿入されているため(図1)、鉄粉などの磁性体がシャフト表面に付着すると容易に除去できず、航空機への搭載を考えると耐コンタミ性が懸念される。

シャフトガイド方式(剛性の確保)と耐コンタミ性について次章にて検討する。

表1 市販品の仕様

シャフト	φ25mm×L600mm, 2.4kg
モータケース	□52mm×L254mm, 2.0kg
ストローク	245mm
最大推力	532N
定格電流	1.2Arms
最大電流	5.6Arms

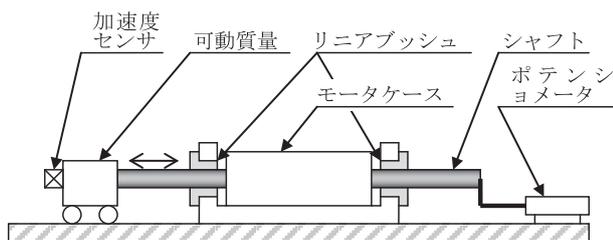


図2 市販品の試験セットアップ

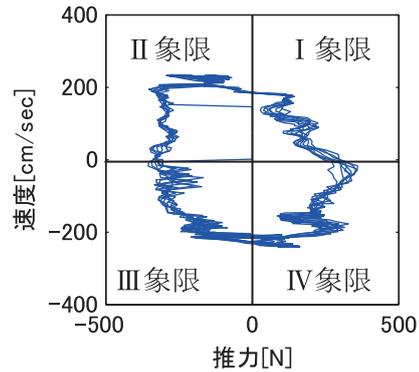


図3 市販品の推力-速度特性(実測)

表2 シャフトの状態確認

	試験前	試験後
円筒度	0.142mm	0.264mm
表面粗さ(Ra)	0.33	0.31

3 ストラット構造

剛性の確保と耐コンタミ性の改善を目的に、円筒型リニアモータのストラット構造を試作する。なお、使用するモータは先の市販品と同仕様の巻線、永久磁石で、形状のみを四角形断面から円形断面へカスタマイズされた市販カスタム品である。

3.1 質量推力密度

試作したストラット構造を図4に示す。上が最縮状態、下が最伸状態で、モータ部分は可動子であるシャフト⑤と固定子であるモータケース③である(図4のハッチング部分)。

外径φ104mm、最縮長581mm、質量9.5kg(ストラット構造4.3kg、モータ5.2kg)、最大推力532Nで、質量推力密度は56N/kgとなる。後述するように、この値は油圧アクチュエータと比較すると非常に小さな値である。

3.2 剛性の確保

図4で、モータ可動子のシャフト⑤はスリーブ⑨とストッパ⑬で両端支持され、モータ固定子のモータケース③はハウジング①に片持ち固定されている。モータに通電すると、モータケース③とシャフト⑤の間にアキシャル方向の推力が発生し、可動側のスリーブ⑨と固定側のガイド⑦がウェアリング⑧⑩を介して摺動作動する。その結果、ストラットとしての剛性はモータのシャフト⑤ではなく、ウェアリング⑧⑩を介してスリーブ⑨とガイド⑦で保たれる。

3.3 耐コンタミ性

本ストラットは、外部から鉄粉などのコンタミが侵入しにくいよう伸縮作動時にエアの吸排気を伴わ

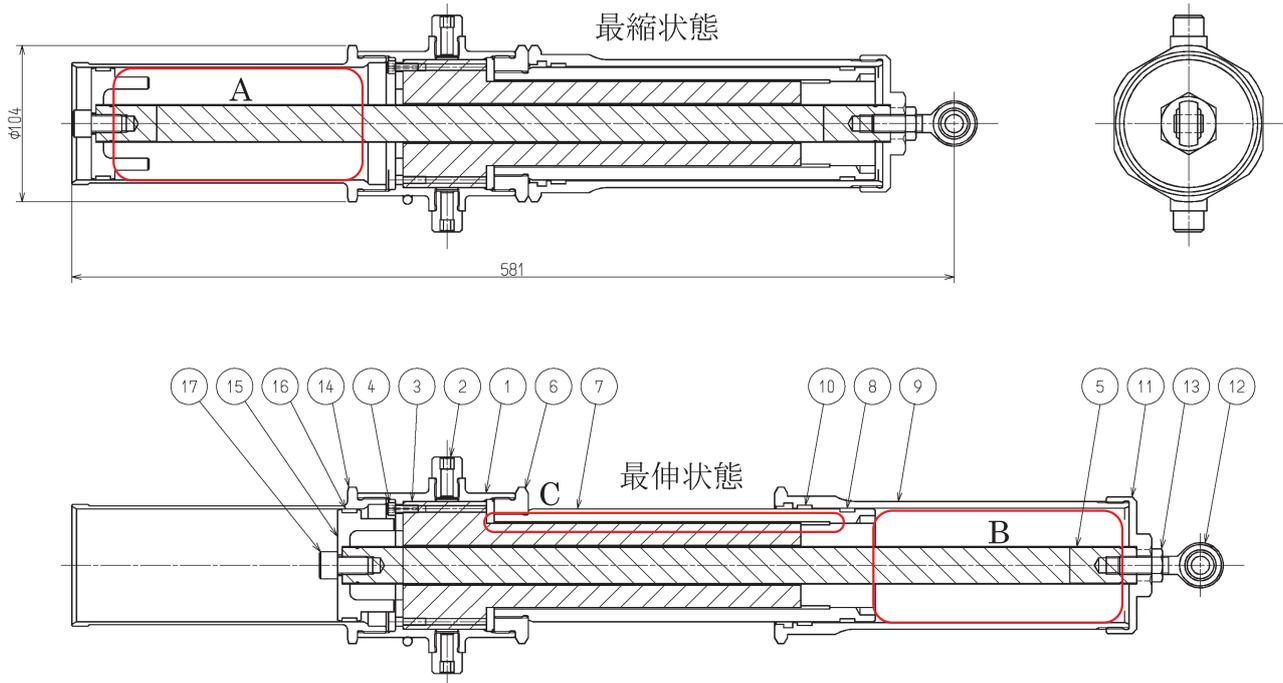


図4 円筒型リニアモータのストラット構造

ない密閉構造としている。

具体的には、ガイド⑦の外径とボトムガイド⑭の内径を一致させることにより、モータケース③で区切られる両端のキャビティ容積（図4のA、B部）が等しくでき、その結果、伸縮作動時にエアの吸排気を伴わない。また、両端キャビティ間におけるエア移動時の通過圧損を低減するために、ガイド⑦の内周に貫通路（図4のC部）が4ヶ所設けられている。

3.4 耐久試験

定格電流近傍で、500時間の耐久試験を実施した。試験条件は負荷質量12.34kg、振幅±6.9cm、周波数0.92Hz、正弦波水平加振である。

試験のセットアップ状況を写真1に、試験開始時、終了時の時間応答を図5に示す。試験開始時と終了時で時間応答に変化はなく、異常は認められなかった。

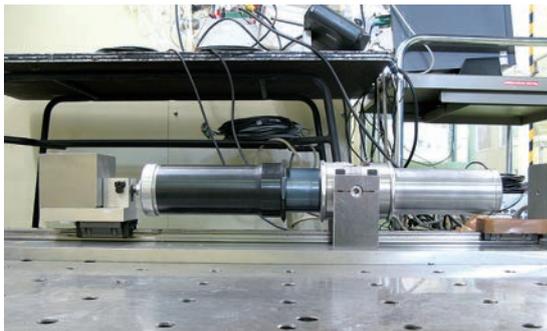


写真1 試作品の試験セットアップ状況

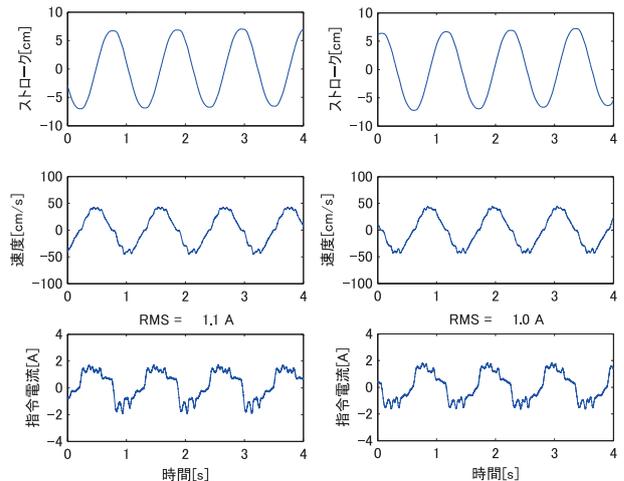


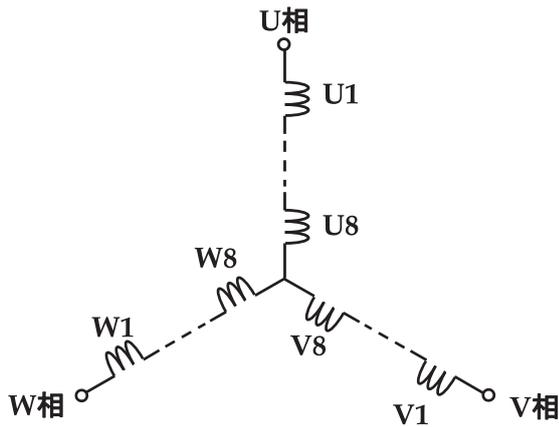
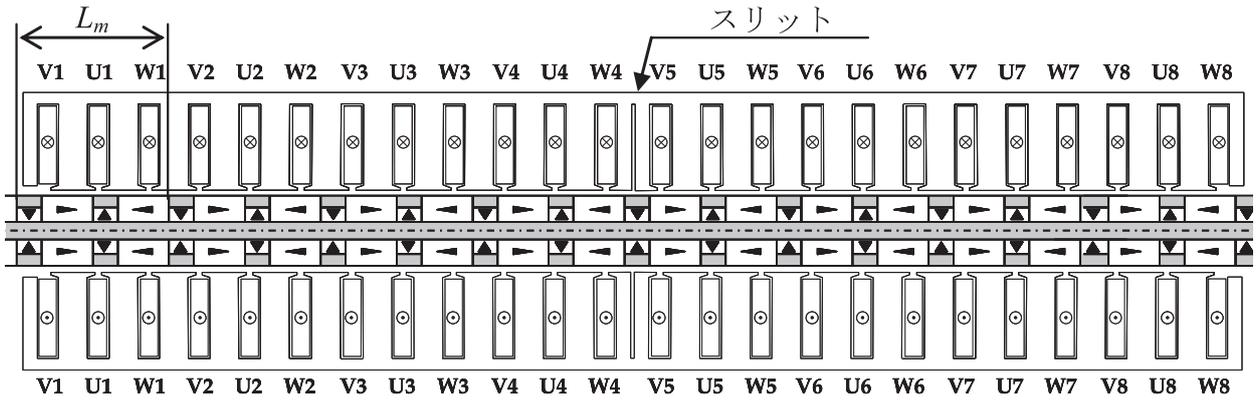
図5 試作品の時間応答（実測）

4 質量推力密度の向上

有限要素非線形磁場解析を用いて、質量推力密度を向上する円筒型リニアモータの磁気回路を検討する。

4.1 磁気回路

検討した円筒型リニアモータの磁気回路を図6に、図4に組み込まれている市販カスタム品との比較を表3に示す。市販カスタム品との主な差異は極数、コア付き構造、最大許容電流で、モータ単体の質量推力密度の向上は4.9倍に達している。



巻線ターン数

番号	U	V	W
1	156	169	169
2	156		
3	156		
4	169	169	169
5	169		
6	156	156	156
7	156		
8	156	156	156
8	156		

図6 円筒型リニアモータの磁気回路

極数の増加（多極化）により機械速度／磁界速度は市販カスタム品の1/1から1/2に変更され、理論的に速度が1/2、推力が2/1となる磁気減速の効果が得られている。コア付き構造は永久磁石の動作点を向上し、リング状巻線に鎖交する磁束を増加するが、副作用としてコギング（用語解説「コギング」p.94参照）を引き起こす。コア付き構造は(1)式のBを増加することに相当する。

電流－推力特性を図7に示す。磁束密度の飽和を抑制するねらいでコア付き構造の形状を最適化した結果、市販カスタム品の2倍である11.2Armsまでほぼリニアな電流－推力特性が得られている。

4.2 推力脈動の抑制

コア付き構造である本磁気回路はコアレス構造の市販品と比較してコギングが増加する。更に、リニアモータ特有の端効果¹¹⁾が存在するため推力脈動が大きい。

コギングはコアと永久磁石の吸引力によって発生する。このコギングを抑制するために回転型モータでは一般にスキュー^{注2)}が設けられているが¹²⁾、本磁気回路ではその代用としてコアの中間にスリットを設けている（図6）。最小構成単位のスロット数を

表3 検討品と市販カスタム品との比較

	検討品	市販カスタム品
モータサイズ	φ60mm×L209mm	φ56mm×L207mm*
質量	5.67kg	5.2kg
極数／スロット数	16極24スロット	8極24スロット
コア構造	あり	なし
最大推力	2841N@11.2Arms	532N@5.6Arms
質量推力密度	501N/kg	102N/kg

*センサ収納部を除外

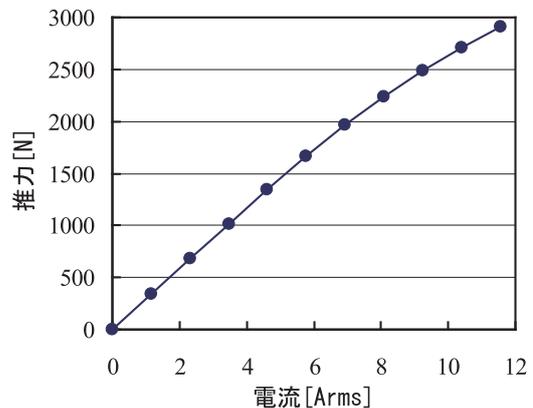


図7 検討品の電流－推力特性（解析）

$Z_1 (= 3)$, 最小構成単位の永久磁石数を $Z_2 (= 2)$, 最小構成単位の永久磁石数の長さを L_m (図6), 脈動次数を n とすると, スリット幅 W は(2)式で与えられる. リニアモータでは Z_1 と Z_2 の最小公倍数の倍数次の推力脈動が存在し, n は最も脈動振幅の大きい次数を表す. 次数 n は有限要素非線形磁場解析で決定される.

$$W = \frac{L_m}{(Z_1 \text{と} Z_2 \text{の最小公倍数}) \times 2n} \quad (2)$$

リニアモータでは磁気回路の両端が切れているために端効果が発生する. 図6の巻線配置ではU相のみが両端に接していないため, 同一巻線ターン数のもとでは永久磁石の磁束鎖交数が他相より多くなる. これは, 巻線電流通電時の推力バランスを崩し, コギングとは別に推力脈動を引き起こす原因となる. この端効果に起因する推力脈動を抑制するために, U相巻線ターン数を V, W 相のそれらより少なく設定し(図6), U, V, W相電流によって発生する推力をバランスさせている.

本磁気回路の推力脈動を図8に示す. 推力脈動率は各電流値における平均推力で推力脈動のPeak-To-Peak値を除いた値である. 推力脈動率は10~22%に抑制され, コア付き構造のリニアモータとして妥当なレベルと言える.

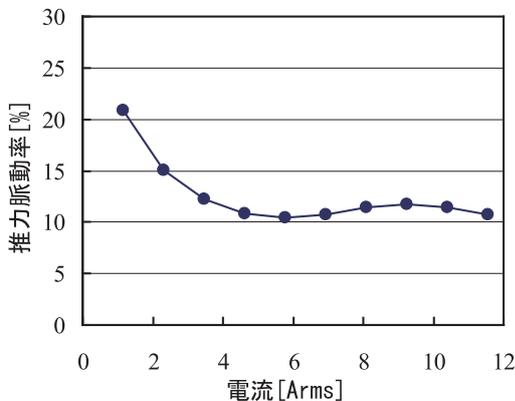


図8 検討品の推力脈動(解析)

4.3 置き換え可能な質量推力密度

図4のストラット構造に図6の円筒型リニアモータを適用すると, 最大推力が2841N, 質量が9.97kg(ストラット構造4.3kg, モータ5.67kg)となり, 質量推力密度は284N/kgと見込まれる.

質量30kg以下の航空機向け油圧アクチュエータの質量推力密度は約6000N/kgで¹³⁾, あらためてその軽さが認識される. 航空機の電動化において, 既存システムとの置き換えラインは単位質量あたりの性能指標が既存の1/10以上と予想される^{14) 15)}. この予想を電動アクチュエータにも適用すると, 油圧ア

クチュエータからの置き換え可能な質量推力密度は600N/kg以上で, 見込みである284N/kgに対して更に質量推力密度を向上する必要がある.

注2) 回転型モータで, コアなどを回転軸に対して斜めに配置すること.

5 おわりに

円筒型リニアモータを用いたストラット構造を試作, 更に質量推力密度を向上する磁気回路を解析検討し, 次の知見を得た.

- (1)モータのシャフトとは別に摺動機構を設け, ストラットとしての剛性を確保した.
- (2)伸縮作動に対して内部容積を不変化することによりシャフトの密閉構造を実現し, シャフトの耐コンタミ性を向上した.
- (3)推力脈動と磁束密度の飽和を抑制しつつ, 市販カスタム品に対して質量推力密度が4.9倍となる磁気回路を得た.
- (4)油圧アクチュエータとの置き換えには質量推力密度600N/kg以上が必要で, 更に電動アクチュエータの質量推力密度の向上が必要である.

本開発を実施するにあたり, 磁気回路について有益な検討をしていただいた豊田工業高等専門学校情報工学科加納善明准教授に厚く御礼申し上げます.

参考文献

- 1) Boeing社のホームページ: 787 Dreamliner Program Fact Sheet, <http://www.boeing.com/boeing/commercial/787family/programfacts.page?>
- 2) Michel Todeschi: Airbus-EMAs for flight controls actuation system 2012 status and perspectives, Recent Advances in Aerospace Actuation Systems and Components, Proceedings, June 13-14, 2012
- 3) J.A. Rosero, J.A. Ortega, E. Aldabas, L. Romeral: Moving Towards a More Electric Aircraft, IEEE A&E SYSTEM MAGAZINE, March 2007
- 4) Joseph Huysseune, Oliver Hiernaux: Evolution of Equipment and Sub-Systems for the Future Green Aircraft, 26th International Congress of the Aeronautical Sciences, September 2008
- 5) Dominique van den Bossche: THE A380 FLIGHT CONTROL ELECTROHYDROSTATIC ACTUATORS, ACHIEVEMENTS AND LESSONS LEARNT, 25th International Congress of the Aeronautical Sciences, September 2006
- 6) 株島津製作所: 電動アクチュエータ, 公開特許公報, 特開2008-8470, 2008年1月17日

- 7) メシエーブガッティ：アクチュエータ及びこれを使用するための方法，公開特許公報，特開2007-170668，2007年7月5日
- 8) David Blanding: SUBSYSTEM DESIGN AND INTEGRATION FOR THE MORE ELECTRIC AIRCRAFT, Collection of Technical Papers, 5th International Energy Conversion Engineering Conference Vol. 2, p1068-1075, 2007
- 9) 石山里丘：サーボモータ，公開特許公報，特開平7-107706，1995年4月21日
- 10) リニアモータシステム2008—市場動向調査報告書，(有)データ技術研究所，2008年8月11日
- 11) 森田郁朗：Halbach形磁石配置円筒形リニアモータの推力特性解析，電気学会研究会資料集，LD-10-38，p31-36，2010年8月5日
- 12) 見城尚志，永守重信：新・ブラシレスモータ，総合電子出版社，2005年1月15日
- 13) Amine Fraj, Marc Budinger, Toufic El Halabi, Jean-Charles Mare: Modelling approaches for the simulation-based preliminary design and optimization of electromechanical and hydraulic actuation systems, 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, 23-26 April 2012
- 14) 谷泰寛，土井彰，麻生茂，橋本潤一郎：Morphing技術を応用した電動小型航空機について，第48回飛行機シンポジウム講演集，p720-726，2010年11月30日～12月2日
- 15) Imon Chakraborty, David Trawick, David Jackson, Dimitri N. Mavris: Electric Control Surface Actuator Design Optimization and Allocation for the More Electric Aircraft, 2013 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference August 12-14, 2013

— 著 者 —



佐藤 浩介

1984年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部航空技術部第二設計室。航空機用装備品の設計，開発に従事。

「コギング」

「円筒型リニアモータを用いた航空機向け電動アクチュエータの開発」(p.88)に記載

KYB技報編集委員 小川 義博

1 コギング

1. リニアモータ

電動モータには大きく分けて回転型のモータと直線運動型のモータがあります。ここでは直線運動型のリニアモータを例にとり、リニアモータのコギングについて解説します。

図1はリニアモータのタイプを示したもので、大きく分けて平板型と円筒型に分けられます。

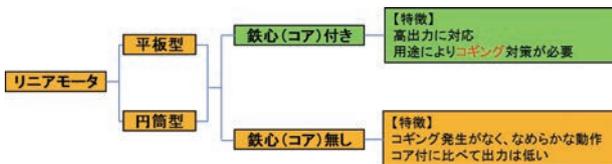


図1 リニアモータのタイプ

図2は平板型リニアモータの原理を示したものです。平板型とは平面に永久磁石が配置され、平面上を直線運動するタイプのモータです。円筒型については本文中の図1を参照して下さい。

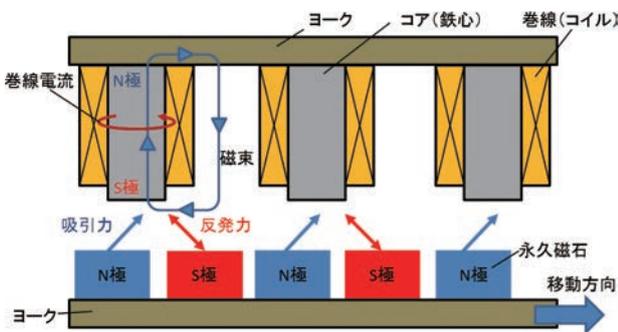


図2 平板型リニアモータ原理

リニアモータは隣り合う磁束を結合するヨーク、コア、巻線、永久磁石で構成されます。巻線に電流を流すことで磁束が発生し、電磁力を得ることができます。永久磁石との位置関係で生まれる吸引力と反発力により同一方向に力が発生し推力となりアク

チュエータとして動作します。

2. コギング

コア付きリニアモータを無通電駆動した際に発生するゴツゴツ現象をコギングと呼びます。コギング(Cogging)の語源は歯車噛み合わせ時のゴツゴツ現象に由来し、その原因はコア(鉄心)と永久磁石の吸引力の作用により発生します。この作用により無通電時においてもゴツゴツとした抵抗として感じられます。

図3に直線運動型の平板型を例にコア付きリニアモータにおける無通電コギングの様子を示します。永久磁石の移動に伴い(図では右側に移動)、永久磁石の配置とコアの位置関係に依存して吸引力が周期的に変化します。この変化がコギング、つまりゴツゴツ現象として現れます。

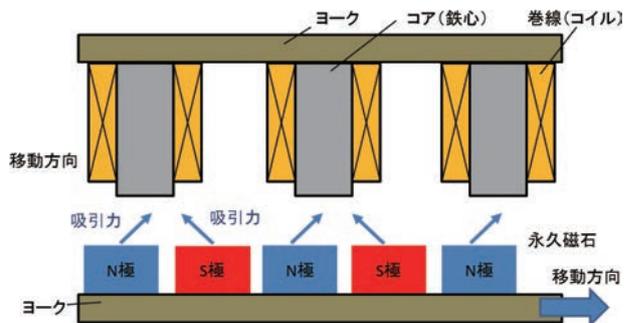


図3 リニアモータのコギング

また回転型においても、モータ内部の永久磁石とコアとの位置関係により吸引力が発生し、無通電時に軸を回転させるとゴツゴツとした抵抗を感じます。これが回転型におけるコギング現象であり、コアを持つ構造の電動モータであれば回転型でも直動型でも発生する現象です。

リニアモータのタイプをコア付きとすることでモータの発生トルクを向上できますが、副作用としてコギングが発生します。コギングの抑制はモータ出力の効率化と騒音や振動の低減につながるため、コア付きとする場合コギングの抑制が技術課題の一つとなります。



油圧ショベル用シリンダ変遷

高井 靖 仁

1 はじめに

油圧ショベルは油圧システムを駆動源とした建設作業機械であり、街中の工事現場から鉱山採掘場まで幅広く普及している。フロント部はブームやアームに搭載された油圧シリンダ（以下シリンダ）を伸縮作動させることによって、人の腕のごとく複雑に可動することができる。図1は一般的な中型クラスの油圧ショベルを示す。

KYBではこの油圧ショベル向けのシリンダとして、1970年代から今のKCH（KYB Cylinder High pressure）シリーズの前身である高圧型シリンダの生産を開始した。その後1984年にKCH-1型モデルが生産を開始した。その後1984年にKCH-1型モデルが誕生し、KCHシリーズとして実に30年もの間、モデルチェンジによる改良を繰り返し、最新モデルはKCH-7型に至っている。ミニ・小型ショベル（運転質量10ton未満）向けには中低圧シリンダとしてKCL（KYB Cylinder Low pressure）・KCM（KYB Cylinder Middle pressure）シリーズも誕生した。

一方で油圧ショベルは普及拡大とともに大型化によるシリーズ展開が進み、当社シリンダも機体のシリーズ展開に合わせてサイズラインナップの拡大を図ってきた。そして今では運転質量2 tonのミニショベルから鉱山で稼動するような運転質量780tonの超大型油圧ショベル（図2）向けのシリンダを生産するまでになった。

生産体制としては、市場需要数の変化やグローバル化に対応すべく生産拠点の増強、最適化を図ってきた。現在では表1に示す拠点にてシリンダを生産している。KHIZ（KYB Hydraulics Industry Zhenjiang Ltd.）は中国・江蘇省鎮江市、KHMI（PT.KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia）はインドネシア・ブカシ県にある海外拠点である。

このような長い歴史を持つシリンダについて中型KCHを例に、これまでのモデル開発の変遷を振り返るとともに、今後目指すべきシリンダの姿について考察したいと思う。



図1 中型ショベル SK200
(コベルコ建機株式会社ホームページより転載)

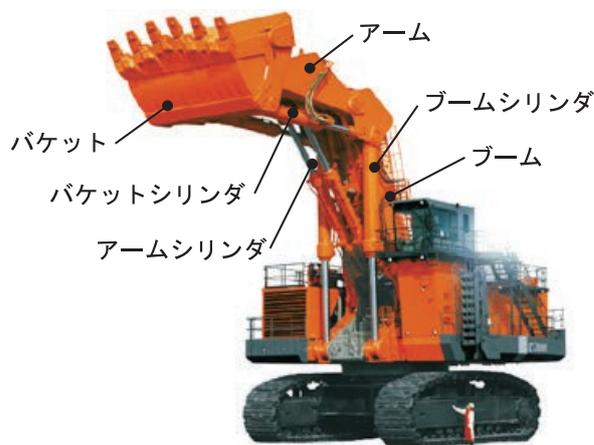


図2 超大型ショベル EX8000
(日立建機株式会社ホームページより転載)

表1 シリンダのラインナップと生産拠点

型式	KCH		
	KCL/KCM	中型	大型・超大型
クラス	ミニ・小型	中型	大型・超大型
運転質量 [ton]	～10	10～35	45～800級
最新型式	KCM-5A	KCH-7	KCH-2
定格圧力 [MPa]	29.4	35	31.9 ^{※2}
シリンダ径 [mm]	φ50～φ125	φ95～φ170	φ170～φ480
生産拠点	KYB-YS 岐阜南工場 ^{※1}	岐阜東工場 KHIZ KHMI	岐阜南工場

※1 一部のサイズのみ岐阜南工場でも生産

※2 超大型クラスでは最大29.4 [MPa]

2 シリンダ開発について

2.1 シリンダ開発の歴史

シリンダのモデル開発は当然のことながら、搭載される油圧ショベルの進化と共にある。油圧ショベルは、基本動作である掘削、走行、旋回を油圧の力によって行うため、作動圧力が高ければ高いほど能力を発揮し、効率的に仕事が行える。そのため1980年代にはモデルチェンジの度に高圧化が盛り込まれ、当初24.5MPaだった定格圧力は約10年の間に35.0MPaにまで向上した。なお、その後は現在に至るまで定格圧力は変わらずにきている（図3）。

高圧化のメリットとしては「油圧機器のコンパクト化」「掘削力向上」「走行力向上」「省エネルギー化」などが挙げられる。一方デメリットとしては「油圧機器への負担増大」「油圧騒音の増大」などが挙げられる。これら高圧化のメリットとデメリットの対応に掛かるコスト増大分を比較検討した結果、35.0MPaの設定圧が現在の最適解となっている。

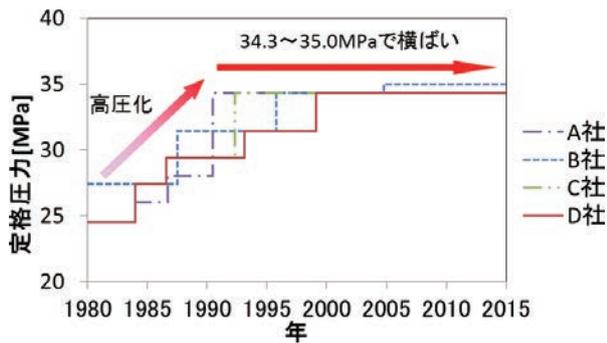


図3 中型油圧ショベルの定格圧力推移

以上のようにシリンダの初期の開発の背景には、油圧ショベルの高圧化が関係しており、KCH-1～3型は高圧化対応を主に行ってきた。高圧化がひと段落したKCH-4型以降はコスト低減対応や信頼性向上を主としてモデル開発が進められてきた。シリンダのモデル開発は大別するとシールの改良と、構造物設計・製造方法の改良に分けられ、それぞれの内容を図4、図5にまとめた。以下に、各モデルの開発項目と当時の開発の狙いを説明する。

(1)高圧型（旧型）シリンダ（24.5MPa仕様）

KCHシリーズが誕生する以前のシリンダはロッドシールからの外部油漏れが多い、ピストン側のダウティ製のUリングが焼損するなどシールシステムに関わる品質問題を抱えていた。更にシリンダヘッドねじ込み構造による形状複雑化やかじり防止に非鉄材部品を採用したため、高コストになっていた。

(2)KCH-1型（26.0MPa仕様）

本モデルは従来品に対して高圧化対応、構造の簡素化、品質・コストの改善をねらって開発されたものである。①シリンダヘッドはねじ込み構造からシリンダ内径基準の嵌合によるボルトアップ構造に変更することで形状を簡素化するとともに、組立精度が向上した。その結果ロッドシールのバッククリアランスを詰めることができ、シール性能を向上させることに成功した。②ロッドシール部はホルダに代えてシリンダヘッド内周部に青銅肉盛りを施すことによって部品点数を削減させた。③ピストンシール部は、ダウティ製のUリングからPTFE材のシールリングに変更して焼損対策を行った。軸受はピストンリングに代えてPTFE材スライドリングを採用するとともに、ピストン外周部に青銅肉盛りをして高速、高圧化に対応できるシールシステムとした。④製作面ではチューブ造管機、スカイビング&ローラバニッシング機導入による生産性向上、洗浄機の大幅導入によるコンタミ改善を実施した。

これらの変更によって従来の品から品質向上することが出来た。しかしながら、シリンダヘッド内周部とピストン外周部の青銅肉盛りは工程上ネックとなり、コストアップ要因となる課題が残った。

(3)KCH-2型（28.0MPa仕様）

本モデルはKCH-1のコスト低減や品質性能改善に重点を置いて開発された。①コストアップ要因になっていた青銅肉盛りは、ヘッド側は補助軸受を新設し、ピストン側はPTFE軸受を高負荷に耐えられるフェノール樹脂に材質変更することで廃止とした。②バッファリングの内製化もコスト低減に寄与した。③構造面に関しては配管サポート方法をバンドに変更することでチューブへの溶接を無くし、ボトム溶接部に裏板溶接を採用し、各溶接部の応力集中低減を図った。その結果、チューブの薄肉化と強度アップを同時に達成することができた。

(4)KCH-3型（34.3MPa仕様）

本モデルからは圧力仕様が34.3MPaに上がり、従来のKCH-2構造のままでは要求品質を満足することができなかった。そのためシール性能、構造物としての強度の両面で改良が必要となった。①シールシステムとしては、ロッド側のバッファリング及びピストン側のシールリングにはみ出し防止のためバックアップリングを追加。②構造面に関しては、高圧化によって向上したシリンダ推力に対してピストンロッドねじ部強度が不足していたため、部分的に熱処理を行って必要強度を確保した。③シリンダヘッドは高圧化に対し通常、大型化が必要となる。しかしながらその場合機体構造物に干渉するため、

構造, 締結ボルトサイズ, 本数, 締結ボルトの配置直径 (P.C.D.) を最適化することで, 大型化せずに強度向上を図った。

(5)KCH-4 (34.3MPa仕様)

KCH-4以降は高圧化の流れが止まったため, コスト低減や信頼性向上をねらった開発を行ってきた。本モデルでは従来購入品だったピストン側フェノール軸受を射出成形可能なスーパーエンブラ材に変更, 内製化しコスト抑制を図った。

(6)KCH-5型 (34.3MPa仕様)

1990年代後半になると, 機体の仕様は多様化され, ピストン摺動速度が高速化するなどシリンダの使用条件は以前よりも厳しくなっていた。その結果Uリングの溶融摩耗による油漏れや摺動面のスティックスリップによる発音・びびり現象が散発するようになり, 本モデルではこれらの改善を行った。溶融摩耗とはUリングのヒール部 (バックアップリングと接する内径側の角) が摺動熱によって溶けて摩耗してしまう現象であり, 高い摺動熱に起因している。従来のシールシステムでは組合せシールのためシール間に蓄圧が発生し, その圧力によってUリングリップ部が摺動面に強く押し付けられ, 高熱が発生していた。①そこでバッファリングをUリング形状に変更して, シール性能を安定させることで溶融摩耗対策を図った。②発音・びびりに対してはピストンシール側軸受の表面性状を変更することで, スティックスリップを起きにくくさせた。③製造面ではロッドヘッド接合工程に摩擦圧接を採用することによって溶接時間短縮によるコスト低減を可能とした。

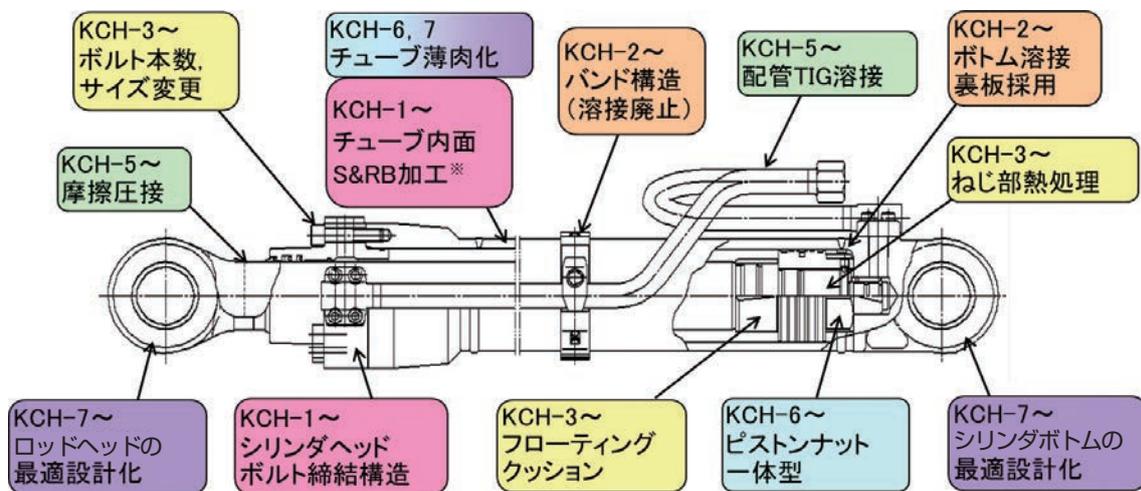
(7)KCH-6型 (35.0MPa仕様)

2000年代には油圧ショベルは中国や東南アジアな

ど新興国の資源開発のため使用されることが多くなってきた。これらの地域は油圧ショベルが日当たり20時間以上も連続稼働 (日本国内では10時間以下が一般的) するような作業現場で, 更には外気温も高いことから再びロッドシールの溶融摩耗が問題となった。こうなってくると形状変更による改良は難しく, シールの材料開発に着手した。①従来品よりも耐熱性の高いウレタン材を開発し, Uリングとバッファリングに採用することで問題解決することが出来た。②構造面としては, 実機計測結果を基に新たな圧力耐久基準を設定し, 新基準設計によるチューブ薄肉化でコスト低減を図った。③また, ピストンとナットを一体化する事で部品点数を削減するとともに, ねじ径をサイズアップし締結体の強化を行った。それにより, ピストンロッドねじ締結部の強度が向上した。

(8)KCH-7型 (35.0MPa仕様)

本モデルでは, 市場での不具合事例を調査し, ロッド傷つき不具合が多いこと, ロッドヘッドとシリンダボトム (以下, 総称して取付部と呼ぶ) の破損事例がほとんどないことに着目して開発を進めた。①ロッド傷つき不具合に関しては, 耐ダスト性を向上すべくワイパリングの改良を行った。従来のワイパリングはダストリップ部の追従性が弱く, 作動条件によってはロッド摺動面に追従することができずに隙間が生じ, そこからダストが侵入, ロッド傷つきに至る可能性があった。そこでダストリップ形状をピストンロッドの摺動に追従しやすい形状に変更することで, 耐ダスト性を向上させ, ロッド傷つき不具合の低減を図った。②取付部に関しては, 市場での破損事例がほとんど無いことから強度に余裕があると考え, シリンダが実際に受ける荷重を確認した。



※S&RBはスカイピング&ローラバニッシングの略称

図4 KCH-7シリンダとこれまでの盛り込み項目

油圧シヨベル用シリンダ シールシステムの変遷									
いつ	モデル名	圧力	シリンダヘッド部シール構成	変化点	ねらい	ピストン部シール構成	変化点	ねらい	
1984年	高圧型 (旧型)	24.5MPa		従来型建機シリンダの高圧モデル			従来型建機シリンダの高圧モデル		
				① シリンダヘッド ② ホルダ	① ねじ込み構造 ② 非鉄材料		③ メインシール ④ 軸受	③ ダウティUリング型 ④ 金属製ピストンリング	
1988年	KCH-1	26.0MPa		初のモデル開発品			初のモデル開発品		
				① シリンダヘッド ② パッファリング ③ シール間	① 筒素形状化 (ボルトアップ構造) ② 強化型PTFE ③ 青銅肉盛り		コスト低減 かじり防止	④ メインシール ⑤ 内側軸受 ⑥ 外側軸受 ⑦ シール間	④ シールリング構造 (PTFE+NBR) ⑤ PTFE ⑥ PTFE ⑦ 青銅肉盛り
1990年	KCH-2	28.0MPa		① KYB製を採用 ② 青銅肉盛り →樹脂軸受に変更			③ フェノール樹脂 ④ 強化型PTFE ⑤ 青銅肉盛り廃止 (③軸受材の強度向上)		
				① パッファリング ② シール間	コスト低減 コスト低減		③ 内側軸受 ④ 外側軸受 ⑤ シール間	コスト低減 コスト低減	
1994年	KCH-3	34.3MPa		① ダブルリップ ② 3ピースタイプ ③ 樹脂軸受廃止			④ バックアップリング追加 ⑤ 強化型 フェノール		
				① ファイバリング ② パッファリング ③ シール間	耐久性向上 高圧化対応 コスト低減		④ メインシール ⑤ 内側軸受	高圧化対応 軸受割れ改善	
1998年	KCH-4	34.3MPa		変更なし			⑤ スーパーエンブラ材		
				① ファイバリング ② Uリング ③ パッファリング	③ Uリング(1ピース) タイプ		耐久性向上	④ 表面性状変更 (一部に採用)	摺動性改善
2005年	KCH-5	34.3MPa		② 耐熱ウレタン材 ③ 耐熱ウレタン材			④ 表面性状変更 (全面採用)		
				① Uリング ② Uリング ③ パッファリング	③ 耐熱ウレタン材		耐久性向上	④ 表面性状変更 (全面採用)	摺動性改善
				① Uリング ② Uリング ③ パッファリング	① 追従性向上タイプ		耐久性向上	変更なし	
2011年	KCH-6	35.0MPa		① 追従性向上タイプ			変更なし		
				KCH-7	35.0MPa			① 追従性向上タイプ	耐久性向上

図5 KCHのシールシステム変遷

その結果から取付部の強度を最適化（薄肉）することでコスト低減を果たした。

2.2 当社シリンダの特長

(1)シール部品の内製

2.1項および図5で説明したように、シリンダのシールシステムはモデル開発の度に改良を重ねてきた。これはシールシステムがシリンダの製品品質に関わる非常に重要な要素であるからであり、これら改良の多くは内製シールによって行われてきた。シール部品を内製していることで、市場での使われ方情報（お客様の要望）を即座に反映できるメリットがあり、シールの材料開発から設計、評価、製造までを一貫して行えることが当社の大きな強みである。

(2)強度保証技術について

設計したシリンダがお客様と設定した設計基準を満足するか評価するため、当社では各種試験設備を整備している。例えば新しい材料を採用する場合、実際に製品を製作、耐久試験などを実施し、材料特性を把握する。このようにして蓄積したデータを設

計ツール（コンピュータによる計算プログラム等）にフィードバックすることで、短時間に設計基準を満足するシリンダの設計を可能にしている。

2.3 設計の最適化

シリンダのコスト低減を行うためには、設計基準の最適化が有効な方策の一つである。もともとシリンダの設計基準はこれまでの市場実績を基に当社が独自に設定したものである。そのため、市場で実際に必要な強度、性能に対し過剰になっている可能性もあることから、これまでお客様と協議、評価を重ね、設計基準の最適化を追求してきた。市場での使われ方は時々刻々と変化していくことから、これからも同様の活動が必要であろう。

3 市場のグローバル化と海外展開

図6は世界の油圧シヨベルの需要推移グラフである。このデータによると2001年から2010年にかけて中国市場で需要が急増しており、アジア・大洋州地域でも堅調に需要が増加してきていることが見受け

られる。また、2009年～2011年には中国とアジア・大洋州だけで全世界需要の半数以上を占めており、これらの地域はとて重要な市場になってきている。この市場の変化に合わせて、母機メーカ各社はこれらの地域に進出してきた。油圧機器サプライヤである当社も、迅速にお客様に製品供給できるようにと、中型ショベル用シリンダの生産工場として2004年2月に中国江蘇省にKHIZを設立した。しかしながら、立ち上げ直後の段階では、材料・部品の現地調達ルートがなく、すべて日本から送って組立を行っている状態となっていた。

そのため、為替変動の影響で製造コストが変動してしまうリスクがあり、また輸送費の高額化、輸送のリードタイムをカバーするために、たくさんの在庫を抱えておく必要があるなどの課題を抱えていた。

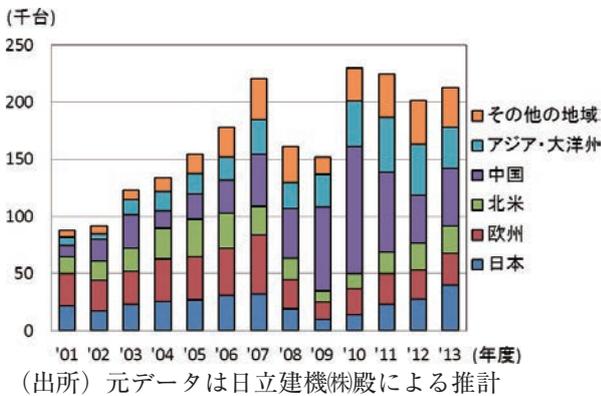


図6 油圧ショベルの世界需要の推移

この課題を解決するために次のステップとなるのが現地調達化である。KHIZは2004年に立ち上がり昨年、節目の10周年を迎えた。図7はそのKHIZの現地調達実施状況(あるシリンダの代表例)を図示したものである。すでに数多くの部品で現地調達化が進み、残す部品も現地調達化に向けて評価実施中の段階である。

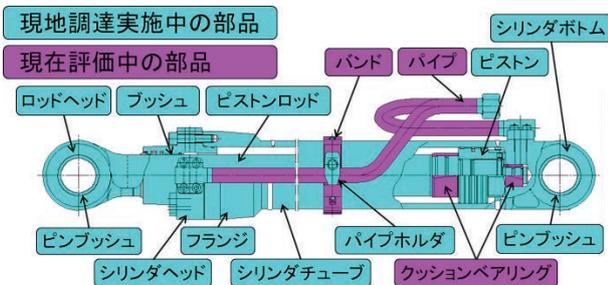


図7 現地調達の実施状況

このようにして、KHIZの生産・調達体制は徐々に整えられてきた。2013年10月にはインドネシアの

ブカシ県に海外2拠点目のシリンダ生産工場であるKHMIも設立した。KHMIはまだ立ち上げ直後のため多くの部品は日本から送っているが、今後はKHIZ同様に現地調達化を進めていくことになるだろう。

4 今後目指すシリンダの姿

油圧ショベル用のシリンダは耐外部油漏れ性能など高い信頼性を維持、確保するためには、製造も含めたモノづくりの力が必要な製品である。しかしながら、構造がシンプルであるが故に、その意味で参入障壁が低い製品であり、最近では海外メーカの台頭がめざましく、競争が激しくなっている。

競争を制するうえで、コストは重要な要素であるが、まだそれだけにはとどまらない。品質を維持しつつ、更にシリンダに高機能という付加価値をつけることで対抗することが可能である。

その一例がホースラプチャバルブ(以下HRV)付きシリンダである(図8)。HRVとは油圧ショベルで吊荷作業時において、万が一油圧ホースが破断した場合でもフロント構造物が安全な速度で沈降するように速度制御ができる、安全性を高めるための装置である。欧州油圧ショベルではISO8643に適合する安全弁の装着が必須、日本国内ショベルでは日本クレーン協会規格においてクレーン仕様機には装着義務があり、先進国で使用される機体において需要が高い。当社ではHRVの設計・製造も行っており、シリンダとHRVを一体で提供することが出来る。それによりお客様側での配管設計・取付工数の削減や油圧システムトータルとしてのコスト低減に貢献することが可能である。現在は装着の義務化がされていない地域もあるが、安全性向上は必須であり、今後HRVの重要性は増していくと考えている。

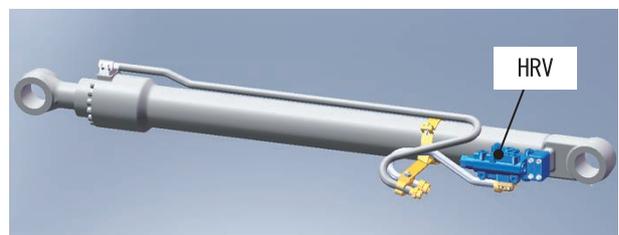


図8 HRV搭載シリンダ

また、現在開発を進めているピストンロッド内配管シリンダも他社との差別化を狙った製品のひとつである(図9)。ロッド内配管シリンダの開発目的はバケットシリンダのロッド傷不具合の低減である。バケットシリンダの機体への装着方向を従来(図1)

から反転させ、シリンダチューブをバケット側に取り付けることにより掘削作業時にピストンロッドに土砂が当たり難くなる。そのため、土砂に接触することによるロッド傷発生が低減⇒シールへのダメージ低下⇒外部への油漏れ低減につながると考えている。更にロッド内配管構造であることから、シリンダの外部配管・バンド類も不要となり、スタイリッシュな外観になるばかりか、掘削作業時に配管をぶつけることもなくなるため、配管破損不具合の根絶も可能となる。



図9 ロッド内配管シリンダ搭載の様子(中型機)

また今後需要の増加が予想されるのがストロークセンシングシリンダである。

平成25年に国交省より情報化施工推進戦略(新)が策定され、油圧ショベルに於いても平成27年度中に一般化させる計画であることが明らかとなった。情報化施工とは、施工現場の現状図や施工図と自機の位置および機体に対するバケットの位置情報を連携させて施工を行うことにより、「品質向上」「工期

短縮」「安全性向上」「環境負荷軽減」などを図る施工方法である。この施工方法には、バケットの位置を把握することが必要となる。バケットの位置を把握するためには種々方策があるが、シリンダのストローク位置情報から検知するのが、精度・信頼性の観点から望ましいと考えられる。これにより、ショベルの腕の部分などがどのように動いているのかをリアルタイムに把握し、制御にフィードバックすることで、オペレータの技量に頼ることなく作業できたり、難視現場での作業が容易になったりするなど、作業の効率化が図れる。将来的には完全自動化をも可能とする。

熟練オペレータの減少、生産性や安全性向上などから情報化施工機の需要は増加が見込まれる。コストパフォーマンスの高いストロークセンシングシリンダをお客様に提供できるよう、現在開発を進めている。

現状、高機能モデルの需要は欧州、北米、日本などの先進国に限られ、需要の半数以上を占める新興国においては必要最低限の機能で低価格の機体が求められ続けている。市場需要は二極化が進んでおり、当社としてはこの二極化にどのように対応していくか今後引き続き検討していく。

5 おわりに

シリンダは長年にわたり、当社の主力製品として日々改良が繰り返されてきた。更なる技術開発やコスト低減を達成するためには今までの設計思想にとらわれない新しい視点でデザイン・生産工程の再考を行わなければならない。先人の知恵を大切にしつつ、新たな技術を融合させていく必要があると考える。

シリンダに求められる本当に必要な強度、性能はどれ位なのか、今後お客様がシリンダに求めるものは何か、その真意は何なのかを的確に捉え、最適な設計・モノづくりの徹底追求を推進していきたい。

著者



高井 靖仁

2006年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部製品企画開発部第二開発室。油圧ショベル等のシリンダ製品開発に従事。

コントロールバルブ用 バルブハウジング加工ラインの構築

嘉数田 隆 昌

1 はじめに

KYB相模工場の主力製品であるコントロールバルブKVMG-270は、20tonクラスの油圧パワーショベルに搭載される油圧制御用バルブである。

このコントロールバルブのバルブハウジング加工は3つのラインで生産を行っていた。3つのラインのうち、2つは少品種大量生産の工程分割型ライン、もう1つは多品種少量生産の工程集約型ラインである。

後者の工程集約型ラインであるバルブ270系加工第3ライン（以下、既存ライン）は導入後27年で老朽化が著しく、今後の生産数増加に対応できない。

このため、既存ラインを更新し、新ラインを導入することとなった。新ラインは既存ラインの構成を見直し、多品種対応で有りながら、生産性も高いラインを構築したので紹介する。

2 バルブハウジング加工の概要

2.1 バルブハウジング加工の特徴

- ①直方体6面全てに切削加工があり、穴径や真円度、真直度の精度が厳しい。
- ②コントロールバルブは、ポンプ1入力側（以下P1）とポンプ2入力側（以下P2）の2つのバルブハウジングを合体させて組み立てる（写真1）。そのため加工ラインはP1⇒P2⇒P1…と交互に生産することが望ましい。



写真1 KVMG-270系バルブハウジング

2.2 バルブハウジング加工の基本工程（図1）

- ①マシニングセンタ（以下MC）によるフライス加工、穴あけ加工、タップ加工を行う（以下MC1）。
- ②姿勢を変え穴あけ加工、タップ加工を行う。（以下MC2）
- ③洗浄機にて中間洗浄を行う。
- ④加工部の検査・バリ取りを行う。
- ⑤メインスプール穴のホーニングを行う。
- ⑥洗浄機にて加工完了洗浄を行う。

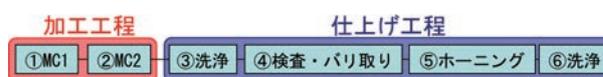


図1 バルブハウジング加工の基本工程

2.3 既存ラインの特徴

バルブハウジングの加工ライン構成は大きく分けて工程分割型と工程集約型がある。

2.3.1 工程分割型

工程分割型ラインは、MCによる加工工程を更に細かく分割し、直列に配置し1個流しにしたラインである（図2）。

特徴として、加工部位に適した専用機を配置し、工程間を自動搬送でつないでいる。このため、生産性が高い。

しかし、段取り性が悪く、設計変更や新モデルへの対応は困難であり、少品種大量生産向けである。



図2 工程分割型ライン

2.3.2 工程集約型

工程集約型ラインは、1台で加工工程をすべて加工できるMCを並列に配置したラインである(図3)。

工程集約型は設計変更や新モデルへの対応は容易であるが、自動化が難しい。

しかし、各マシニングセンタでの脱着といった手作業が多く、作業が増えてしまう。そのため、生産性は工程分割型に比べ悪く、多品種少量生産向けである。

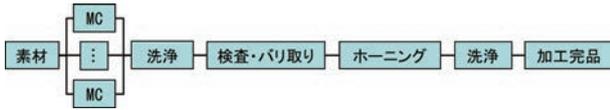


図3 工程集約型ライン

表1に工程分割型と工程集約型の特徴比較を示す。既存の2つの工程分割型ラインは当時もっとも生産数の多い部品の専用ラインとして導入した。このラインは、表1のように生産性は良いが、生産数の少ない部品や新部品に対応できない。

そのため、新ラインには今後の生産変動に対応できるよう多品種対応ができるラインが求められた。このような背景があり、新ラインは工程集約型ラインとすることとなった。

しかし、これまでの工程集約型ラインは生産性が悪く、コストアップにつながる。

そこで、新ラインは工程集約型ラインの弱点である自動化と、省人化を目指しライン構築を行った。

表1 工程分割型と工程集約型の特徴比較

	工程分割型		工程集約型		
	少品種大量生産向け		多品種少量生産向け		
品質管理	○	工程が決まっているので、管理しやすい。	△	全設備で全工程を行なうので管理項目が多い。	
生産性	CT	○	各工程に適切な専用機を配置でき、CTを向上できる。	×	汎用MCであるので工程分割型に比べCTは長い
	可動率	×	1台のMCが停止するとラインストップとなる。	○	一部のMCが停止しても、ラインストップにならない。
	自動化	○	工程間の搬送の自動化が容易。	×	工程間の搬送の自動化が困難。
	要員	○	品質管理の工数が少なく、また自動化が容易なので要員を少なくできる。	×	品質管理の工数が多く、また自動化が困難なので要員が多い。
	スペース	○	各工程に適切なサイズの設備を配置でき、スペースが小さい。	×	汎用MCであるので設備が大きく、設置スペースが大きい。
柔軟性	×	設計変更や新部品などへの対応が困難。	○	汎用機であるため、対応は容易。	

3 目的

増産対応だけでなく、今後の生産変動を見据えた多品種対応が可能でありながら、生産性を向上させたバルブハウジング加工を構築する。

4 目標

- ①可動率 90.0%以上
- ②要員 1名省人(1直あたり)
- ③出来高生産性 2.0倍以上

上記の数値は、既存ラインをベンチマークとしたものである。

5 要件

- ①多品種対応および可動率向上のため、ライン構成は工程集約型とする。
- ②自動化導入と手扱い作業の見直しを行い、段取りミスや不安定作業をなくす。

6 実施内容

6.1 工程集約型ラインの自動化とライン構成

構築したラインは大きく加工エリアと仕上げエリアで構成されている(図4)。

作業者は、仕上げエリアでのみ作業を行う。

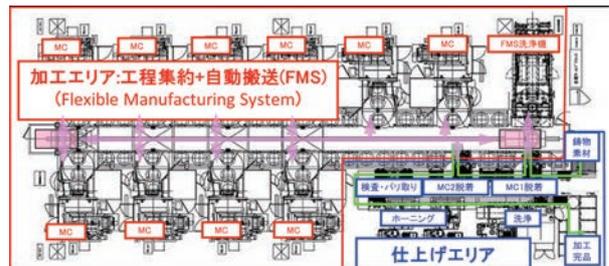


図4 新規ラインのライン構成

6.1.1 マシニングセンタ

設備選定に対しては鋳物加工に適した設備剛性、高トルク主軸、また汎用性を重視し、主軸ストロークが大きく、かつ工具積載本数が多いものを選定した。また、スペースを低減するためMCの主軸サイズの小さいものを選定している。

主軸サイズの小さいものでは、加工精度不良や加工時間が長くなってしまふという懸念があった。

これについては、設備選定段階で加工テストを重ね工程能力を十分に満たしていることを確認していた。これにより省スペースだけではなく、投資額抑

制にもつながっている。

6.1.2 自動搬送システム

図4赤枠部はFlexible Manufacturing System(以下FMS)を採用し自動搬送で構築している。

図5にその外観を示す。FMSとは加工機や加工治具パレットのストック、作業者の脱着ステーションなどを自動搬送でつなげ、専用のパソコン(以下PC)で一元管理している。作業者が次に加工する部品品番をPCに入力すると、どのMCで加工するかはPCが判断し、最適なマシニングセンタで加工を行う。またプログラム段取りもPCが行うため、段取りミスがない。

これにより、10台のMCで多品種を生産しても作業による段取りロスやマシニングセンタの待ち時間などを発生させずに生産ができる。

また、2.1項で述べたようにP1⇒P2⇒P1…といった交互生産を行い、ムダな仕掛け品を生産しないようにPCにて管理を行っている。

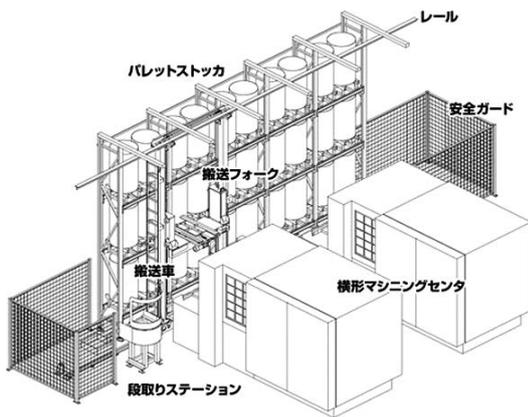


図5 自動搬送の外観図

6.1.3 洗浄機

加工工程後のワークは切削油や切粉が付着している。これまでの工程集約型ラインでは、このワークの脱着や搬送を作業者が行っているため、切粉によるけがの発生やワーク搬送中の傷や打痕の原因になっていた。

今回、洗浄機を自動搬送のエリアに入れることで、加工工程後のワークはすぐに洗浄機へ搬送され、洗浄する構成にした。これにより、作業者は洗浄されたワークを脱着でき、安全面の改善につながっている。また、搬送時の切粉によるワークの傷や打痕も低減でき、品質面の改善にもなっている。

6.1.4 仕上げエリア

仕上げエリアは、素材投入、ワークの脱着ステーション、バリ取り、ホーニング、加工完品洗浄、加工完品店をU字状に配置する構成とした。

搬送は全てローラコンベアによる搬送であり、作業者は重筋作業なくワーク搬送ができる。

また、従来の工程集約型ラインでは、作業者は各マシニングセンタへ移動して脱着を行っていた。このため、脱着のタイミングやどのマシニングセンタの脱着を行えば良いのかが分かりづらく、ムダな歩行や手作業時間が発生していた。

今回、ワークの脱着ステーションは工程順にMC1とMC2の2か所に設置した。これにより、作業者は毎回定位置で脱着作業ができ、歩行時間を短縮することができた。

上記の改善により、これまで工程集約型ラインでは難しかった標準作業が行えるようになり、生産性向上を達成している。

6.2 手作業時間の低減

6.2.1 段取りのバーコード化

本ラインは多品種生産のため、段取り替えが頻繁に必要な。

そこで、加工エリアだけではなく、仕上げエリア全設備の段取り替えを仕掛けかんばんの2次元バーコードで読み込む方式を採用した(図6)。

これにより、作業者の勘違いによる段取りミスを撲滅した。

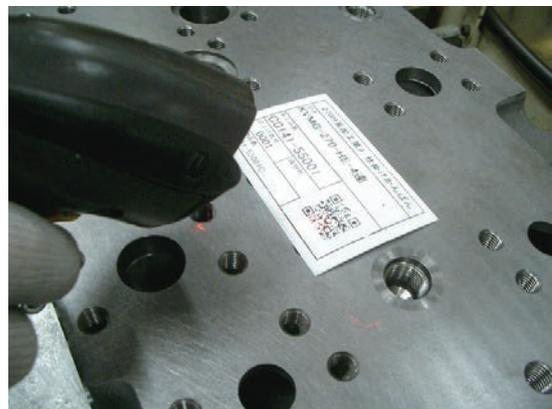


図6 2次元バーコード読み込み

6.2.2 クレーンレス

従来の工程集約型のラインでは、切粉によるワークの傷や打痕を防ぐため、クレーンによる脱着を行っている。そのため、ワーク脱着時間が増大するだけではなく、安全面からも問題視されている。

本ラインでは、ワークの脱着をフォークリフトのように持ち上げて置くことのできるリフト&スライドテーブルにして、クレーンレスを実現した(図7)。

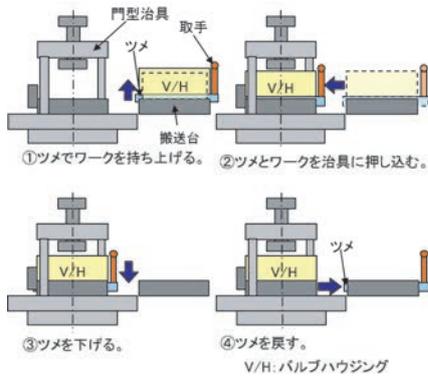
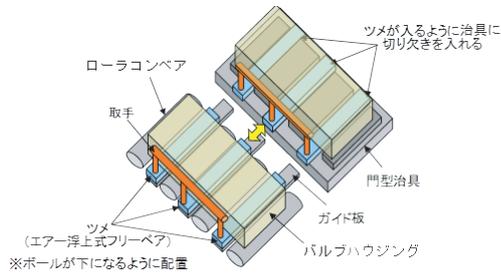


図7 リフト&スライドテーブル

7 成果

目標を全て達成した。

- ①可動率 93.4%
- ②要員 1名省人（1直あたり）
- ③出来高生産性 2.3倍

8 まとめと今後の課題

本ライン構築により、既存の工程集約型ラインから大幅に生産性を向上させたラインを構築できた。

また、表2のとおり、本ラインは生産性向上の達成だけでなく、生産数の変動に柔軟に対応でき、また、多品種対応が可能なバルブハウジング加工ラインである。

今後は、品質管理の工数低減や高速加工技術の追求を行い、さらなる生産性向上を目指していく。

9 おわりに

本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。

表2 新規工程集約型と既存ラインの比較

	工程分割型		工程集約型		新規工程集約型		
	少品種大量生産向け		多品種少量生産向け		多品種中量生産向け		
品質管理	○	工程が決まっているので、管理しやすい。	△	全設備で全工程を行なうので管理項目が多い。	△	全設備で全工程を行なうので管理項目が多い。	
生産性	CT	○	各工程に適切な専用機を配置でき、CTを向上できる。	×	汎用MCであるので工程分割型に比べCTは長い。	△	ツールチェンジ速度や早送り速度の速い設備を選定。
	可動率	×	1台のMCが停止するとラインストップとなる。	○	一部のMCが停止しても、ラインストップにならない。	○	一部のMCが停止しても、ラインストップにならない。
	自動化	○	工程間の搬送の自動化が容易。	×	工程間の搬送の自動化が困難。	○	FMSを導入し、自動化。
	要員	○	品質管理の工数が少なく、また自動化が容易なので要員を少なくできる。	×	品質管理の工数が多い、また自動化が困難なので要員が多い。	○	自動化や段取りのバーコード化、クレーンレスなどにより、省人できた。
	スペース	○	各工程に適切なサイズの設備を配置でき、スペースが小さい。	×	汎用MCであるので設備が大きいく、設置スペースが大きい。	○	省スペース型の設備を選定し、設置スペースを大幅に低減。
柔軟性	×	設計変更や新品などへの対応が困難。	○	汎用機であるため、対応は容易。	○	汎用機であるため、対応は容易。	

著者



嘉数田 隆昌

2006年入社。ハイドロリックコンポーネツ事業本部相模工場生産技術部生産技術課。主にコントロールバルブの工程設計に従事。



計画通りに結果を出せる作業シミュレーションの実践

岸 本 素 直

1 はじめに

KYBの岐阜北工場では、主に自動車用ショックアブソーバ(以下SA)を生産している。近年では車種・オプション仕様の増加に伴い、SAの品番数は増加の一方で、現在では約6,000品番にもなる。そのため生産時の段替え^{注1)}回数が増加し、生産性は悪化している。特にSA組立の最終工程である全装ライン(図1)では、納入先への細かな納入サイクルに合わせ、小ロットで生産する必要があるため、1ライン当りの段替え回数は260回/日を超える。このため非稼働時間が長くなり、残業でも対応しきれず、日当り生産分を品番毎にまとめて生産していた。しかし在庫を大量に抱えることになり、ライン近くに在庫の置場が無く、離れた場所への運搬も発生していた。

そこで段替え回数260回/日に対応し、かつ生産性を向上(従来比1.6倍)させた新設備を開発した。更に工程検討・設備仕様検討に新たな手法を取り入れたことによって、生産性1.6倍を早期達成させることができた。その手法について紹介する。

注1) 生産機種を切り替えるために行なう作業。段替え中は生産が停止するため、段替え時間・回数は少ない方が生産性は良い。

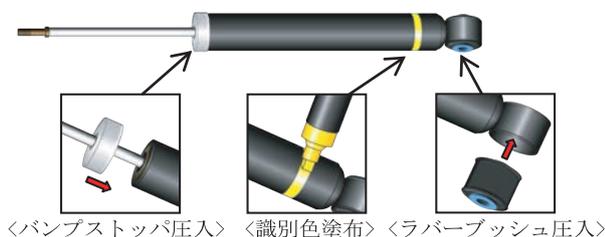


図1 全装ラインでの加工部位

2 工程検討・設備仕様検討における問題

これまで工程検討・設備仕様検討は、既存ライン・既存設備を参考に机上で行なわれてきたが、作業性が十分考慮されず、課題がそのまま残っていた。そ

のため実績評価の際、計画通りにならず「目標の未達→導入後に改造」を繰り返し、目標達成まで時間がかかっていた。以下に工程検討・設備仕様検討時の問題点を示す。

2.1 標準作業計画時

新規開発設備の場合、工程検討時の標準作業三帳票^{注2)}は、今までの経験・既存類似工程を参考に作成されてきた。紙面上での検討のため、細かな作業などが考慮されず、目標と実績に大幅なズレがあった。

注2) 標準作業組合せ票、標準作業票、工程別能力表のこと。

2.2 レイアウト

これまでは設備構造の設計が優先され、治具置場・組付け部品置場・起動スイッチの位置等、設備間のつながりについては十分に考慮されてこなかった。そのため治具置場は離れた場所に設置され、組付け部品は取りにくい位置に配置されていた。また起動スイッチ・設備フレーム等は、作業動線に干渉していた。

2.3 意思疎通

工程検討(工程DR)から量産開始(安全宣言)までのフローを図2に示す。また工程検討・設備検討時に関係する各部門の役割について図3に示す。これまで工程DRから設備DRまで、紙面(設備要求仕様書・設備図)で検討され、具現化されたものが

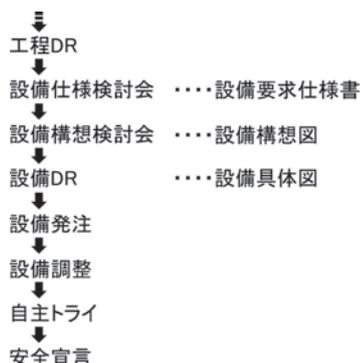


図2 工程DR～安全宣言(従来)

無かった。そのため工程の流れ・設備形状等、各部門で持つイメージが異なり、設備が出来上がってから意見の相違に気づき、是正していた。

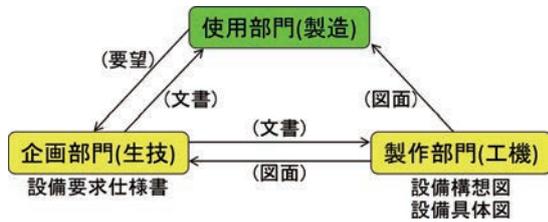


図3 設備検討における役割 (従来)

3 工程検討方法の見直し

これまでの課題「目標の未達→導入後に改造」を無くすため、工程検討・設備仕様検討に新たな手法①パラパラマンガによる工程検討、②模擬設備による作業シミュレーションを取り入れた。

設備仕様検討会・設備構想検討会・設備DRで挙げられた課題を、その都度模擬設備に反映させ、検証の精度を上げていった(図4, 5)。模擬設備を前にして議論することで、的を射た意見を出すことができた。それを反映させることで一体感が出て、使用部門である製造から今まで以上の協力を得ることができた。

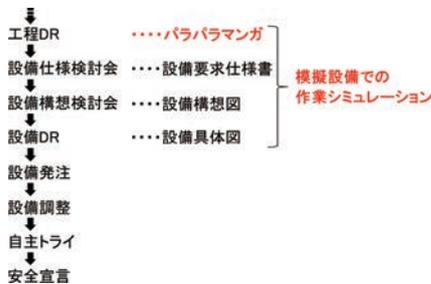


図4 工程DR～安全宣言 (見直し)

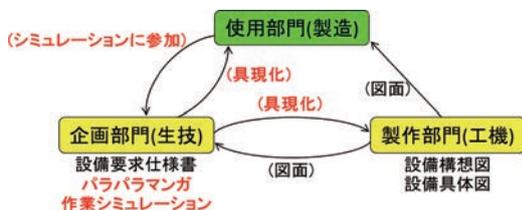


図5 設備検討における役割 (見直し)

4 パラパラマンガによる工程検討

標準作業の内容、段替え時の流れ等、イメージしやすいよう、市販のプレゼンテーションソフトを利用し、パラパラマンガを作成した(図6)。

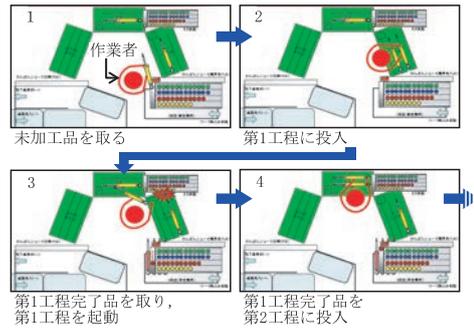


図6 パラパラマンガによる工程/作業の検討

これを利用し、工程の流れ、設備・加工部品の配置、作業者の右手・左手の動作の検討を行なった。

更にこのパラパラマンガは、制御設計にも活用した(工程間のインターロック制御などの検討)。

5 模擬設備による作業シミュレーション

パラパラマンガの検討内容の実現性を確認するため、模擬設備(写真1)を作製し作業シミュレーションを実施することで新設備の効果を事前に検証した。



写真1 模擬設備による作業シミュレーション

5.1 ワークのセット高さ・奥行きの設定

まず最適なワークのセット高さ・奥行きを決定した(図7)。今回対象とした全装ラインは生産数3,600本/日で、少しのやりにくさが作業には大きな負担となる。そこでワークを持ったまま長時間保持し、無理な姿勢になっていないかを検証した。

5.2 作業性の検証

(1)設備形状

これまで作業動線に干渉物がある場合、作業者は

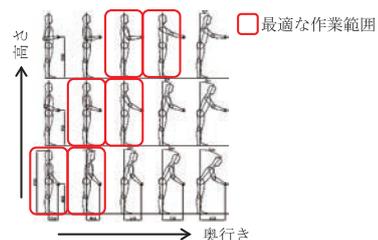


図7 ワークセット位置の検討

ワークが干渉しないよう、配慮しながら作業していた。そこで模擬設備を使用し、操作盤、起動スイッチ、設備フレーム、安全カバー等が作業動線に干渉しないかを検証した(写真2)。

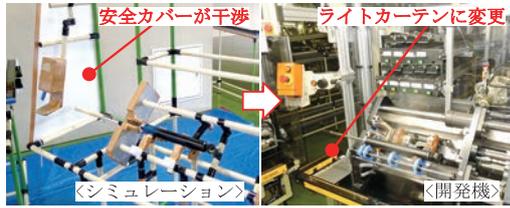


写真2 干渉物の検証

(2)ワークの着脱性

加工部を斜めにし、着脱性を向上させた(写真3:左)。更に着脱性を向上させるため、設備前面下部へ、つま先が入るようにオフセットさせ、設備へ寄付き易くした(写真3:右)。

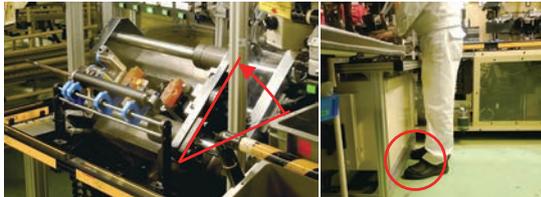


写真3 ワークの着脱性

(3)実のみ供給

これまで組付け部品の棚は、ライン外に置かれていた。そのため作業者は、段替え毎に箱を取りに行っていた(写真4:左)。そこで、部品の品番毎に、常に作業者の手元まで供給されるように変更し、段替え時間を短縮した(写真4:右)。



写真4 部品供給方法

5.3 段替え性の検証

これまで設備構造が優先され、治具形状・置場まで細かく検討されなかった。そのため治具形状等の改良が進まず段替え性は向上されなかった。そこで治具形状・置場を模擬設備で検討し実機へ反映した。

(1)治具形状

既存治具を見直し、小型軽量化・治具レス化を行った(写真5)。

(2)治具置場

設備から離れた場所にあった治具置場を、設備内に確保した(写真6)。

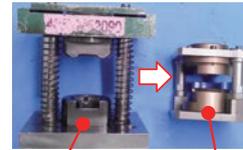


写真5 治具の小型軽量化の事例



写真6 治具置場の確保

(3)順次段替えの採用

従来の全装設備は、かつての大量生産における効率を追求するため、加工工程を1台に集約した複合機を使用してきた。段替え時は設備内のワークをすべて排出させる必要があるが、工程を集約したことによる標準手持ち^{注3)}の増加により、ワークの排出に時間がかかっていた。

そこで今回、集約された工程を分割し設備1台当りの標準手持ちを1本にしたことで、段替え時のムダな排出時間を無くし、順次段替え^{注4)}を実現させた。

これまで、順次段替えが採用できれば、段替え時間が大幅に短縮できることは分かっていたが、段替え回数が多い(260回/日)ラインでの実績が無かった。しかし今回、模擬設備でシミュレーションを繰り返し行なったことで、実現させることができた。

注3) 通常サイクル中に設備内にあるワーク数。

注4) 1サイクル毎に工程順に段替えをしていく。加工と段替えが同時進行となるため、ムダなワーク排出時間が短縮できる(図8)。

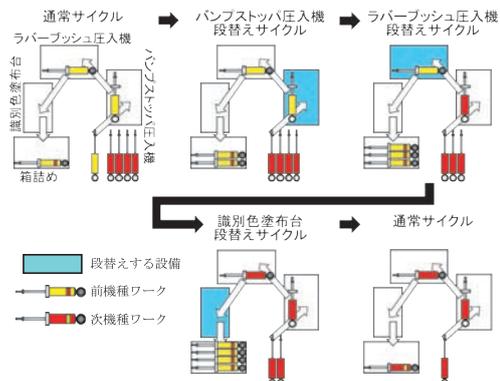


図8 順次段替え方式

5.4 ローコスト設備の開発

自動機でもワークセット・設備起動という手作業は必要である。手動設備では設備起動は不要となる。設備起動にかかる時間内で手動加工可能な工程では、手動化設備を採用することで設備投資を抑制できる。

また、作業者の作業内容と設備での動作内容をはっきり区別したことにより、適正な設備仕様になり、設備費を20%抑制できた。

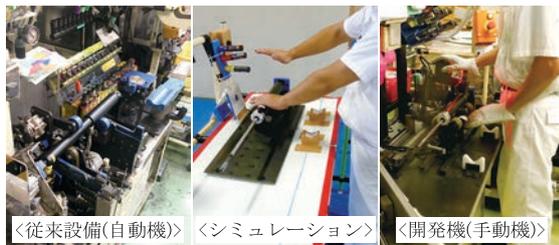


写真7 手動化による設備費抑制

5.5 目標達成の実現性

このシミュレーションで標準作業を検討し、見直しを繰り返したことで、設備設計に入る前に精度の高い標準作業三帳票(図9)が作成できた。さらにこの時点で作業チェックポイントも並行して作成する事ができ、目標達成の実現性を早い段階で確認できた。

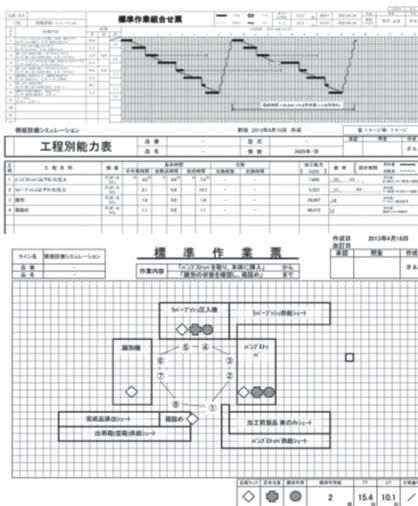


図9 作業分析(標準作業三帳票)

6 結果

今回開発した全装設備を写真8に示す。模擬設備とほぼ同形状の設備を導入できた。また、実機での作業時間・段替え時間においても、大幅な改善をすることなく、導入後3日でシミュレーション通り、計画を達成した(図10)。

7 おわりに

今回の活動は初めての試みであったが、大きな成果を得ることができた。今後もこのシミュレーションを活かし、失敗しない設備づくりを目指していきたい。また、この活動に関わって頂いた関係者の皆様に、この場をお借りしてお礼を申し上げます。



写真8 開発機概要

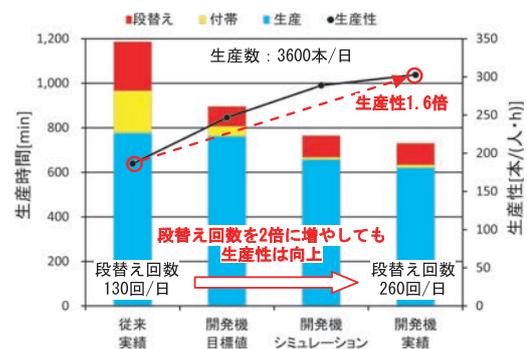


図10 開発機の結果グラフ

著者



岸本 素直

2006年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部岐阜北工場生産技術部SA第一生産技術課。主に生産設備の工程設計に従事。

岐阜東工場の構築について

西 森 康 夫

1 はじめに

KYBの岐阜南工場での建設機械用油圧シリンダの生産は1960年から始まり、今や主力のKCH（KYB Cylinder Highpressure）は世界シェアの約30%を占める事業の基幹製品へと成長した。

2005年以降、KYBはKHIZ（KYB Hydraulics Industry Zhenjiang）での中国現地生産や岐阜南工場において、中型油圧シヨベル（運転質量10～40ton）用のシリンダ（以下、中型KCH）の増産対応を図ってきた。

これに対しシリンダを取り巻く環境は、

- ①日系シヨベルメーカーの海外生産拡大
- ②中国、韓国のシリンダメーカーの台頭
- ③生産能力を超える需要による納期遅延

などの背景により、市場競争力低下、世界シェアの落ち込みという問題が浮上した。

この状況を踏まえて、国内の生産拠点の再構築を図り、中型KCHの市場競争力を取り戻すために、お客様からのご要求に100%対応できる生産体制の確立、LT50活動（Lead Time 50%短縮）の推進で一貫通貫物流の構築と、人に優しい工場づくりの方針が打ち出された。これを実現するために従来の岐阜南工場を、主に大型・超大型シヨベル（運転質量40～800ton）用シリンダ生産の工場に、中型KCH生産ラインは新たな国内生産拠点として、岐阜東工場を建設し対応することになった。

2 工場の概要

敷地は約90,000㎡、製品庫、資材庫含む建屋の延床面積は65,000㎡、第1、第2工場に使用した鉄骨は3,500ton、コンクリートは13,500㎡に及ぶ。2007年に着工し、途中、リーマンショックによる工事凍結もあったが、2012年10月に竣工した。フロアの耐荷重は1階が2 ton/㎡、2階が1.5ton/㎡と、両フロアとも生産設備が設置できる耐荷重を確保してお

り、現在約720台の設備が稼働中である。

工場内の空調に関しては、EHP（Electric Heat Pump、電気式ヒートポンプ）を採用し、冬季は20℃、夏季は28℃で、WBGT（湿球黒球温度：Wet Bulb Globe Temperature）が25℃を超えない作業環境を維持している。



写真1 岐阜東工場の全容

3 岐阜東工場のコンセプト

岐阜東工場は、

- ①LT50活動による一貫生産
- ②安全な作業環境
- ③地域へ配慮した工場

をコンセプトとして進めることにした。

特にシール、パッキン類の内製からシリンダ組み立てを一貫して行う取り組みは、世界一のシリンダ工場を目指す活動でもある。

従来の岐阜南工場では次のような問題があった。

- ①部品加工・めっき・組立・出荷場は建屋を介して隔てられており、互いの生産の進捗が分からない。
- ②生産計画変更に従従できず、ライン内に大量の仕掛り品が発生する。
- ③ラインは生産数変動しても人員を変えることのできない設備配置となっており、生産数に

よって出来高生産性が変動する。

- ④環境負荷物質低減策に乏しい。
 - ⑤安全に配慮した構内動線が確保されていない。
- これに対し次の目標を立て進めた。
- ①生産の進捗が分かる後戻りしないライン配置と棚卸資産圧縮
 - ②急な生産変更に対応するための小ロット化と物流のリフトレス化
 - ③生産数変動しても出来高生産数が維持できるライン構成
 - ④VOC(Volatile Organic Compounds, 揮発性有機化合物) 使用量削減による環境負荷軽減
 - ⑤動線確保

4 後戻りしないライン配置と棚卸資産圧縮

後戻りによる運搬ロスの抑制と、自ずと供給先物の流れが分かるように北側から素材が投入され、南側から完成品が出るライン配置として整流化を図った(図1)。

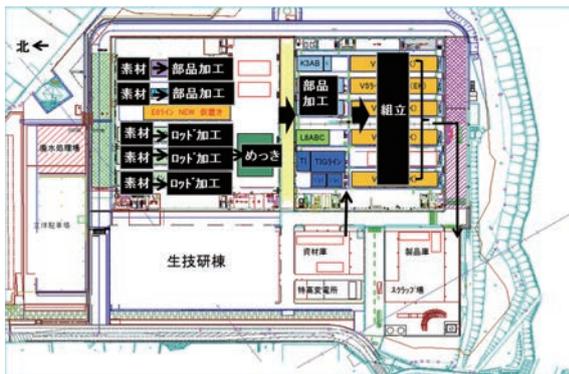


図1 岐阜東工場の物の流れ

また、組立ラインの最大引き取り数から品番別に収容数を決めた、「実のみの店」(写真2)を整備することにより進捗が分かるようにした。



写真2 実のみの店

店のワーク毎に引き取りかんばんが用いられ、組立への部給者が引き取った分だけこのかんばんが返される。加工のオペレータはこの引き取られたかんばんの数だけ素材供給を要求し、組立ラインを止めることのないよう店に加工品を補充する。この売れただけで作る後補充方式を採用することにより、見込み生産による作り過ぎをなくした。このことからリードタイム短縮でき、棚卸資産を圧縮することができた。

5 生産変更に対応するための小ロット化

内製化しているピストンロッドやシリンダボトムなどは、各々の加工時間が組立ラインのサイクルタイムと合わないことにより分断されている。以前は生産管理からの計画を元に各々の加工ラインに加工指示が出されていたが、リードタイムが長く、生産計画変更などでしばしば停滞品が発生していた。

また、ライン間の物流にはフォークリフトが使用されてきたが、安全上の問題と、運搬性を重視した専用の器から部品をピックアップするには工数を費やし、生産計画変更時は組立ライン側に売れない仕掛り品が停滞するなどの問題があった。

これを回避するために物流の小ロット化を図ることにした。まずは部給者一巡で回収できる部品の回収時間と組立ラインのサイクルタイムにより、一度の運搬に必要な部品の数量を決め、専用台車(写真3)と資格を必要としない牽引車(写真4)で運搬するようにした。専用台車には部品のみを載せ、その大きさを標準化することにより一度に運搬できる部品の数量を制限している。

この専用台車と牽引車の採用でフォークリフトを削減することができた。

組立ライン側の改善として、以前はオペレータが通路側に置かれた仕掛り品を取り出すなどの非定常作業も発生していたが、通路側に専用レーン(写真5)を設け、部給者がこれに投入する仕組みとした。



写真3 専用台車



写真4 牽引車

専用台車の排出口とレーンの投入口の高さは1 mに統一し、部品をスライドするだけで重量物を移載できるなど重筋作業を軽減している。



写真5 専用レーン

6 出来高生産性を維持できるライン構成

従来の組立ラインでは、ライン外に設置した両端加工機から5つの組立工程にチューブの供給を行っており、この工程には2名のオペレータが専従していた。また、組立ライン内は作業の助け合いができない設備配置となっており、生産数が変動しても人員を変更できない。更に塗装工程は一台の設備で5ライン分を対応しており、塗装装置のトラブルは即出荷停止へつながる。

これに対し、

- ①両端加工工程のインライン化
- ②ロッド組立工程のワーク後方排出
- ③ボトム冷却工程のレイアウト変更
- ④ピンブッシュ圧入工程のインライン化
- ⑤塗装工程の組立ラインへの直結化

で、生産数に応じて標準作業の組み合わせを変え適正な人員を都度配置できるよう、レイアウト(図2)と設備改造を行い、製造部門は多能工化を図り、出来高生産性を維持できるようにした。

また塗装工程は、各々の組み立てラインに直結し

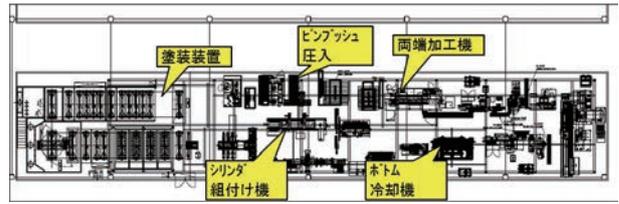


図2 組立ラインのレイアウト

たコンパクトな塗装装置を開発することで、生産変動にも柔軟に対応できる体制と大規模装置のため発生する塗装待ちの停滞品を削減することができた。

7 シール製造工程

シリンダに使用されるシールは、ウレタン・PTFE・ナイロン製と多岐に渡り、一本のシリンダに約10個のシール類が装着される。

供給先であるシリンダ組立ラインの直前で生産することによって更に中間仕掛を低減するために、射出成形の金型段取り装置(写真6)を導入した。このことで、段取り時間短縮と作り過ぎによる中間仕掛りを圧縮した。



写真6 射出成形機と金型段取り装置

8 安全な工場作り

8.1 製品塗料のVOC削減

中型KCHは下塗りをして出荷される。

この塗料には、乾燥の速さとその扱いが容易なことから古くから溶剤系塗料が使われてきた。

しかし、近年では環境負荷軽減や安全衛生の確保、工場から出る排気は無臭にするなど近隣への配慮が必要であった。そこで、VOCを殆ど含まない水性塗料を採用することとした。水性塗装は乾燥が技術的なネックであったが、適切な膜厚の確保と強制乾

燥を付加することにより、お客様の理解も得て、2012年7月から塗料の水性化を実現した。これによりVOC使用量は90%削減することができた。この塗料の採用で消防法上非危険物の扱いとなり、火災のリスクが軽減できたことは言うまでもない。

8.2 その他の危険物削減について

シリンダの生産過程では、前述の溶剤系塗料の他に、切削油、潤滑油、洗浄油、防錆油などの油脂類が多く使用される。また、岐阜東工場の立地条件上、引火点が100℃を下回る危険物は消防法上使用できない。これを遵守するために、炭化水素系洗浄油は高引火点化を、防錆油に関しては水溶性化を図ることにした。

前者は油種変更によるシール類の膨潤と物性低下が懸念されたため、事前に浸漬試験を行い問題のないことを確認した。

また水溶性の洗浄剤採用に関しては、溶接部への有害性、塗料の密着性を確認した。防錆力は加工完了から組立ライン供給へのリードタイム、一部中国拠点への輸出部品があることから通関業者納品までのリードタイムで防錆力が確保できるかを事前に検証し採用に至った。

塗料の水性化と洗浄油の水溶性化により、危険物の指定倍数は10を下回ることができ、現在も維持している。

9 近隣と人への配慮について

工事期間中は、近隣に対し、定期的に工事に関する要望や苦情の有無を確認して回り、週毎の建設会社との打ち合わせにて対応策を決め都度対応した。

その内容として、日没後の車両通行時の減灯や遮光壁の設置、また夜間・早朝の荷卸し時間を制限することによる安眠時の配慮に努めた。構内に於いては図3のように、車両の一方通行化や荷卸し場所も決めるなどして動線を明確にし、外来者、従業員の安全を確保している。

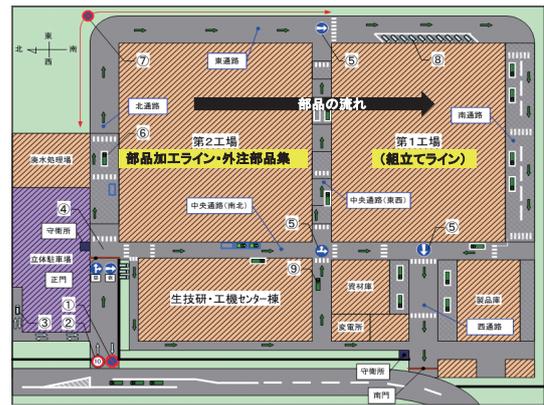


図3 東工場の動線

10 今後の展開

冒頭に中型KCH専用工場と述べたものの、ロッド加工の一部が南工場に残っており、東工場で一貫生産されるシリンダの生産比率は全体の約60%に留まっている。

現在、マシンタイム短縮によるラインの縮小と内製化拡大、更に物流ロスを削減するために中型KCH原価低減活動を推進している。中型KCHの部品全てを東工場で生産し、東工場出荷されるよう今後生産体制整備に注力して行く。

また、マザー工場として岐阜東工場の成果を海外拠点にも展開して行く。

11 おわりに

岐阜地区において岐阜東工場は1968年以來の工場建設となった。

建築法を初めとする各法令の遵守、近隣の理解を得るためにあらゆる部署の尽力により、工場操業に辿り着くことができた。

この場をお借りし、多大なご協力をいただいた(株)竹中工務店殿をはじめとする社外の方々と関係部署の方々にお礼を申し上げます。

著者



西森 康夫

1987年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部岐阜南工場生産技術部専任部長兼生産技術課長。主に建機シリンダ生産技術開発、生産準備に従事。

EPS開発におけるISO 26262対応への取組み

石 末 郁 人

1 はじめに

ISO 26262とは、2011年11月に国際規格として発行された自動車向けの機能安全規格である。規格の対象は、車両総重量が3,500kgまでの量産される乗用車に適用される電気・電子（以下E/E）システムである。

KYBで開発を行っている電動パワーステアリング（以下EPS）システムは、自動車の3つの基本機能^{注1)}の1つである「曲がる」を担っており、要求される安全性のレベルも非常に高い。そのためシステムの安全性確保は、開発における最重要課題として位置付けられている。

本報ではEPS開発におけるISO 26262対応への取組みについて報告する。

注1) 「走る、曲がる、止まる」の3つの機能。

2 ISO 26262規格の概要

2.1 規格制定の背景

高機能化、複雑化するE/Eシステムが自動車に与える影響は増大しており、小さな1つの電子部品の故障が重大事故の原因となることも考えられる。また分散開発が主流となり、グローバル化する調達体制の中で、各社個別の対応だけで自動車全体の安全性を確保するには限界がある。

グローバルで共通化された安全指標であるISO 26262は、それらの対策として策定された。

2.2 機能安全の考え方

「機能安全」という言葉は、英語の「Functional Safety」の日本語訳であり、規格において「E/Eシステムの機能不全のふるまいにより引き起こされるハザード^{注2)}が原因となる、不合理なリスクの不在」と定義されている。すなわち、車載E/Eシステムの故障によるリスクを社会的に受け入れられるレベルまで低減することが求められる。

また「機能、部品が故障したとしても、安全機構

によりシステムの安全性を確保する」という考え方をとっており、正しく動作することを求める品質とは異なる概念である。

注2) 危険な事象。

2.3 規格の構成

ISO 26262は用語集、ガイドラインを含め全10Partから構成されており、開発に直接関わるプロセスは、Part3のコンセプトフェーズからスタートする（図1）。Part3で導出されるコンセプト（車両）レベルの安全要求は、製品開発フェーズへと伝達される。製品開発フェーズでは、伝達された安全要求をPart4のシステムレベル、Part5のハードウェアレベル、Part6のソフトウェアレベルまで順に詳細化し、それらの安全要求を達成するための設計活動が実施される。

Part3は車両レベルの活動となるため、自動車メーカーが実施するのが一般的である。システム設計を担当するKYBにおいては、Part4が主に対応する範囲となり、それ以降のPart5、Part6は協力会社へ開発依頼することが多い。

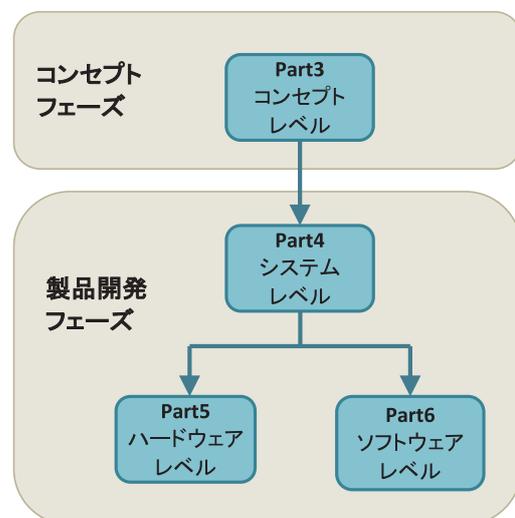


図1 開発に直接関わるプロセス

2.4 要求される安全性レベルとASIL

E/Eシステムに要求される安全性レベルはASIL^{注3)}により定義され、開発から生産、影響があれば廃棄まで含め、自動車のライフサイクル全体を通して管理される。システムの機能不全により引き起こされる各ハザードは表1に示す3つの指標により評価され、「A」から「D」の4つのASILレベルに分類される(図2)。

E/Eシステムの開発において、ASILレベルに応じたプロセスの適用、安全の機能性能、品質目標といった基準を達成することが求められる。

表1 ASILの決定指標

指標	説明
シビアリティ	機能不全が引き起こす障害の大きさ(重傷、軽傷など)
曝露の確率	動作状況の頻度(高速走行をする状況など)
コントローラビリティ	危険を回避できる可能性(ほとんどのドライバが危険を回避可能など)

EPSシステムの代表的なハザードの1つにセルフステア^{注4)}がある。車の走行中にセルフステアが発生すると、車の進む方向をドライバがコントロールすることが困難となり、車線の逸脱、大きな事故に至る危険性が高くなる。そのためEPSシステムでは、最も厳しいASIL Dでの開発が顧客より求められている。

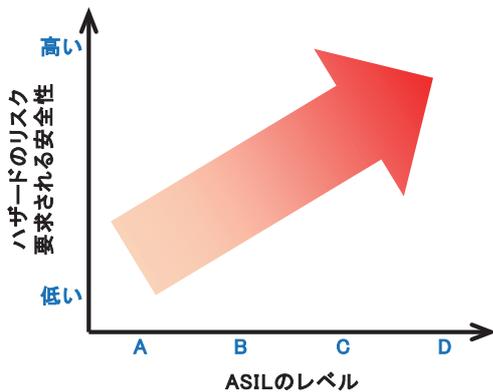


図2 ASILのレベルとリスク、求められる安全性

注3) Automotive Safety Integrity Levelの略。

自動車の安全度水準のこと。

注4) ドライバの意志に関係なく、車のハンドルが勝手に切れてしまう事象。

3 ISO 26262対応プロセスの構築

3.1 規格で要求されるプロセス

機能安全を達成するためには、正しく開発を行うための基準、開発プロセスの構築が組織として必要となる。規格に準拠した機能安全プロセスに加え、そのベースとしてISO 9001やISO/TS 16949といった品質管理プロセス(以下QMS)が要求される。

3.2 活動方針の決定

当部の所属する岐阜北工場の開発では、従来からISO/TS 16949に準拠したQMSを運用している。規格対応の課題を明確にするため、まず始めにこの既存のQMSとISO 26262とのギャップ分析を行った。

岐阜北工場で開発される製品は、油圧技術をベースとした機械製品が大半を占めており、E/Eシステムの開発はそれほど多くない。そのため既存のQMSは機械製品の開発に重点が置かれており、E/Eシステム、特にソフトウェア開発の観点において十分でないことが明らかになった。

そこで規格対応の活動方針として、ISO 26262に対応する新たな「機能安全マニュアル」と、既存のQMSをE/Eの観点で補完し、システム開発の全体を定義する「E/E開発要領」の構築を同時に進めることを決定した。図3に規格で要求されるプロセスと構築する社内プロセスの関連を示す。

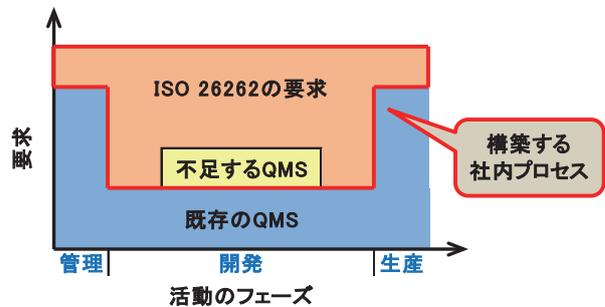


図3 規格で要求されるプロセスと構築する社内プロセス

3.3 機能安全プロセスの構築

3.3.1 機能安全プロセスの構造

新たに定義した機能安全マニュアルは、機能安全の活動を規定する最上位に位置する文書であり、そこから具体的な活動を定義した「規則・要領」、作成する成果物の「帳票・記述方法」、実際の活動成果となる「作業成果物」が順に参照される。これらは図4に示すピラミッド構造となっている。

3.3.2 E/E開発要領の作成

E/E開発要領では「既存のQMSで不足していたソフトウェア開発の観点」の補完に加え、機能安全

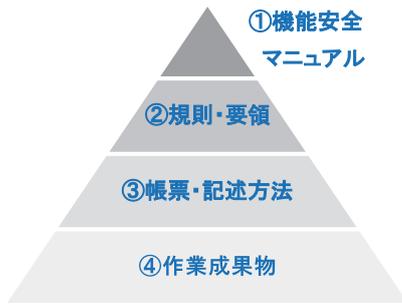


図4 機能安全プロセスの構造

マニュアルの要求を盛り込み、機能安全対応のE/Eシステムを開発するために必要なタスクをすべて定義している。各タスクでは「開始と終了の条件」、「入力と出力の文書」、「実施する活動内容」、「役割と責任」を明確にしている。図5に定義したE/E開発要領の一部を示す。

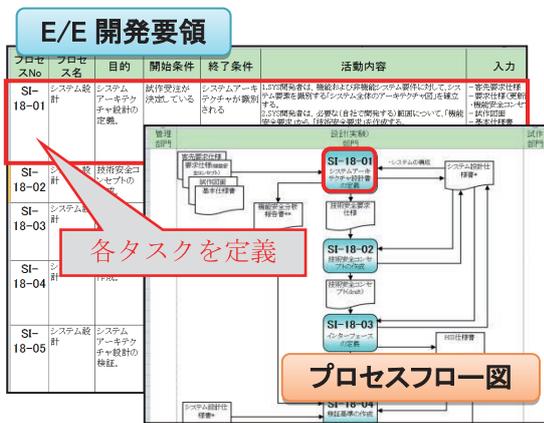


図5 定義したE/E開発要領

3.3.3 技術検討とガイドラインの整備

規格の要求を実行するためには、規格特有の概念、手続きの理解に加え、様々な技術的な解釈も必要となる。そこで部内に技術的な検討を行うワーキンググループ（以下WG）を立ち上げ、既存のEPSシステムを題材として、実際に規格で要求される成果物の検討、作成を行った。前述した通りKYBでの活動は規格Part4のシステム設計が中心となるが、上流の車両レベルでどのような検討がなされるのかを把握することは、それ以降の活動を正しく実施するために重要と考えられる。そこでWGの活動は、Part3及びPart4をメインの対象範囲として実施した。

一方で実際の開発担当者がプロセスを正しく、かつ効率的に実施するためには、プロセスの適用をサポートするガイドライン類の存在が欠かせない。WGでの活動成果をガイドライン、チェックリストとして登録することで、効率的な開発ができる環境

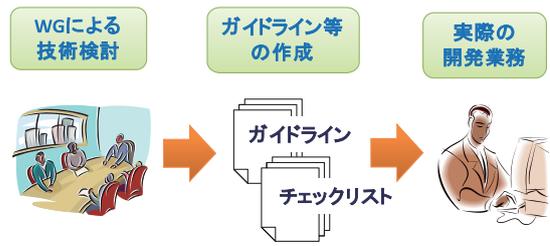


図6 WGの活動

を整備している（図6）。

3.4 アセスメントとプロセス改善

開発製品を機能安全に対応させる目的は安全なシステムを開発することである。そのため定義したプロセスを実際の開発に適用し、またそのプロセスが有効に機能していることを検証することが重要となる。

そのため実際の開発プロジェクトにおいて、プロセスの適用状況、成果物を評価し、その結果をプロセスの改善にフィードバックする仕組みを構築している（図7）。評価は規格で要求されているアセスメントに準拠する観点で行い、客観性を持たせるため外部コンサルタント会社の協力を得ながら定期的実施している。

また客観性を持ったアセスメントを社内で実施するため、他部署によるアセスメント体制の構築、社内アセッサーの教育にも力を入れている。



図7 改善サイクル

3.5 機能安全の教育

機能安全にかかわる業務の担当者は、規格の要求を正しく理解し、実践することが求められる。そのため教育の仕組みも重要となる。KYBでは社内で機能安全教育のプログラムを作成、担当する業務内容により受講が必要な教育を定義している。実際の機能安全対応のプロジェクトにおいてプロジェクトリーダーが担当者を任命する際には、機能安全教育の受講記録を含め「必要な機能安全関連業務を遂行

する能力を有していること」の確認を実施している。

4 要求管理ツールの導入

規格Part3で導出された安全要求は、以降の各フェーズで詳細化される。これらの安全要求は不変ではなく、実際の開発において様々な要因から変更されることが頻繁に起こる。要求が変更された際には、変更が影響を及ぼす範囲、見直しが必要な活動、成果物を正確に特定する必要がある。そのため規格において、安全要求、各成果物に対して双方向の

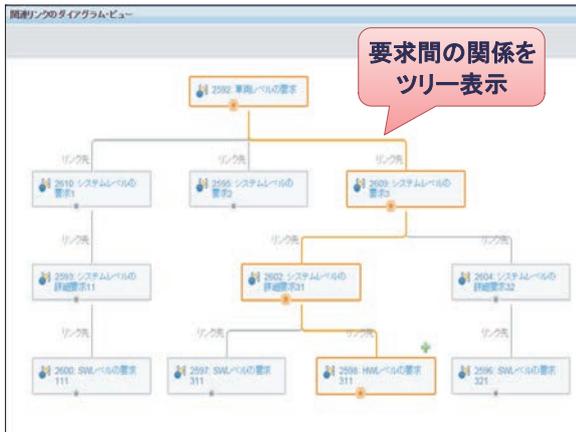


図8 専用ツールによる要求管理イメージ

トレーサビリティ情報の管理が要求されている。これらの情報は「表計算ソフト」を利用するなどの方法で管理することができるが、管理する情報量が膨大となり、情報が複雑な関連性を持っている場合には限界がある。これらの情報を管理するためには、要求管理ツールと呼ばれる専用のツールが必要となる。専用ツールを利用した要求管理イメージを図8に示す。

KYBにおいても要求管理ツールの導入が現在進められており、現場導入のための運用ルールづくり、マニュアルの整備を行っている。

5 おわりに

規格の発行を受け、各社プロセスへの対応は勿論のこと、新たな安全機能、技術の開発を加速させている。また規格の求める安全は絶対的なものではなく、社会情勢、技術の進歩にともない変化していく。最近では運転を自動化する「自動運転車」の開発も盛んに行われており、ステアリングシステムに求められる安全機能も大きく変化していくことが予想される。

これらの環境変化に対応していくため、構築したプロセスを活用しながら継続した技術開発を行っていく必要がある。

著者



石末 郁人

1997年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部 ステアリング技術部。電動パワーステアリングの設計、開発に従事。



大型ピストンロッド曲がり矯正機の開発

300tonに耐え得る筐体設計

井内 謙太郎

1 はじめに

建設機械用油圧シリンダ（写真1）の主要構成部品であるピストンロッドは、生産ラインにおける熱処理工程で曲がりが発生する。生産ラインでは、この曲がりを解消するために矯正機を設置し、外径研削工程での研削代低減を図っている。しかし、大型油圧シリンダの生産ラインは矯正機を設置しておらず、曲がりによって多くの研削代が必要であった。この状況は歩留りが悪く、サイクルタイムの冗長化にもつながっていた。

本報の曲がり矯正機は、従来対象としていなかったφ200を超える大型のピストンロッドを矯正することを目的に設計、開発を行ったものである。本設備の開発では、過去に経験の無い領域の矯正荷重を特定し、必要となるであろう巨大な荷重に耐え得る構造設計が必要であったが、構造解析を重ねて設計を進めてきたので紹介する。



写真1 建設機械用油圧シリンダ

2 曲がりの形態

矯正機で対象となる曲がりの形態について図1に示す。

熱処理工程で発生する曲がりには主に2パターンに分けられる。図中①は全体が弓なりにになっている曲がり方で最も一般的なもの、②は一箇所だけが曲がり「への字」状になっているものであり、定寸カッ

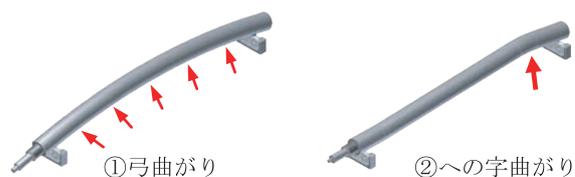


図1 曲がりの形態

ト前の長尺材の両端で稀に現われるものである。

3 曲がり矯正機

3.1 矯正方式

KYBのピストンロッド加工ラインでは、曲がり矯正工程で一般的な3点矯正方式を採用している（図2）。

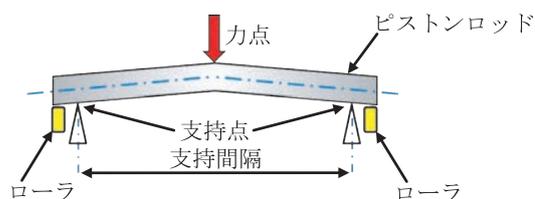


図2 3点矯正方式

3点矯正方式は2ヶ所で支えたワークを曲がりと逆側から加圧して降伏点を超える応力を付加するものである。曲がりを矯正するにはスプリングバックを考慮し、曲がり量より多くの矯正量をワークに与える必要がある。

矯正量はワークの曲がりから予め自動的に推測し決定するが、残留応力によって塑性変形の始まる変位量が変わってしまう。このため制御プログラムに学習機能を持たせて都度自動調整することで、少ない数回の加圧で所定の真直度を確保している。

3.2 矯正機の構成

矯正機は機能ごとに大きく分けて3つの部位で構成される。矯正機の各部位について図3に示す。

- ①本体部はワークに矯正荷重を加えるアクチュエータを保持し、その反力を受けて力線を完結させる構造体である。
- ②搬送部はワークの支持間隔の自動調整と、ユニット全体を移動させて力点位置を調整する機能を有する。
- ③計測部は搬送部上に配置されており、ワークの両端をローラで支持して回転させ、複数箇所の振れを変位センサで計測することで矯正前後の真直度を把握する機能を持つ。また、矯正中のワーク変位量も計測する。

計測部で把握した曲がりの状態に応じて搬送部によって有効な支持間隔と力点位置を調整し、本体部のアクチュエータにより適切な矯正量をワークに与えることで曲がりを解消する。

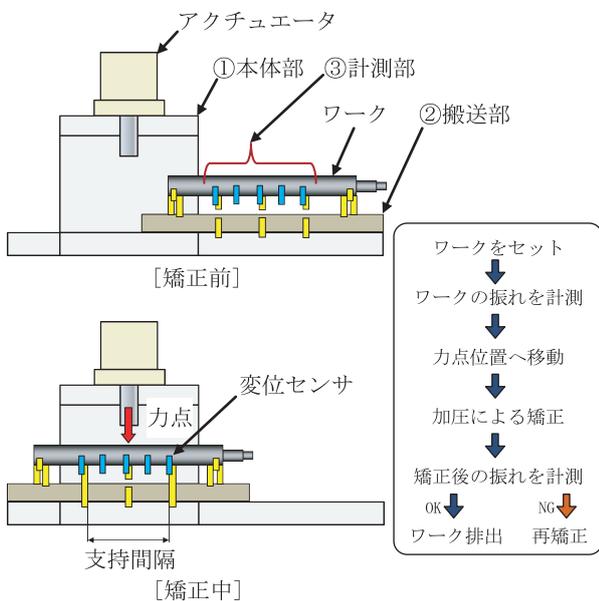


図3 矯正機の構成

4 開発設備の技術課題

4.1 矯正荷重算出要素

曲がり矯正機は当社内製の設備であり製作実績も多く、基本的構成は確立している。しかし今回の設備は対象ワーク径がφ200を超えることから、従来型の設備では矯正推力が不足することが容易に予測された。そのため、必要な推力を有するアクチュエータの選定や、その反力に耐え得るフレーム構造の再設計が必要となった。

矯正に必要な最大荷重は、支持間隔、ワーク径、ワークの物性によって決定される。支持間隔が狭く、大径で降伏点が高いワークほど、より大きな荷重を要することになる。最大矯正荷重を求める過程と、

これに見合う強度を有するフレーム部（本体部）の構造設計の過程について、以下に説明する。

4.2 最大矯正荷重の試算

当初、要求仕様書に示された矯正条件を既存設備で使用している最大矯正荷重算出式に当てはめて試算したところ、非現実的な大荷重が必要であることが示された。計算結果を検証するために本来、実物のワークを矯正して確認すべきだが、矯正テストができるほどの大推力を発生できる実機が社内に無いため、今回はFEM解析で最大矯正荷重を予測することにした。

4.3 FEMによる矯正荷重予測

FEM解析の精度を上げるため、既存の矯正工程から実際の曲がり量や支持間隔、矯正量とその時の矯正荷重についてデータを収集した。このデータを基にFEM解析で使用する条件数値を調整して矯正結果とのすり合わせを行った。

この結果、FEM解析でも、やはり試算と同様の大荷重を要する結果となった。理由は設備要求仕様書に指示されている最小支持間隔が狭いためである。併せて、支持点と力点のワーク接触部に発生する応力値を評価したところ、各点の接触部で大きな面圧が認められ、深い圧痕が発生することが予想された。より現実的な矯正荷重にするには支持間隔の条件を見直す必要があるとの結論に至った（図4）。

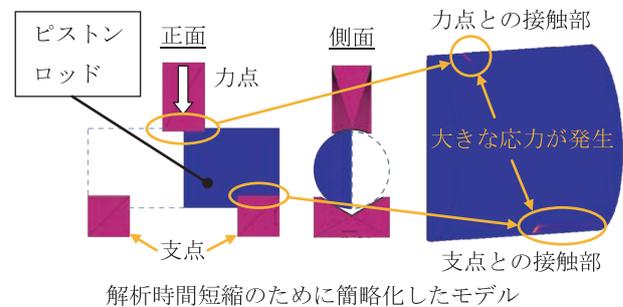


図4 FEM解析結果

4.4 矯正条件の検討と設備要求仕様の修正

最小支持間隔は最短ワーク長が矯正可能な間隔であること、また、矯正量はワークの折損防止のために制限が必要である。これら矯正条件の検討過程で、研削代を失うほどの圧痕の発生が予想される場合は、接触部位の形状でも対処することとした上で、FEM解析を重ねながら矯正条件の詰めを行った。

求めた矯正条件から、最大矯正荷重は300ton超と定めた。この数値からアクチュエータの仕様を決定し、製造部門とも協議して設備要求仕様書を修正した上で本体部の設計へと進めた。

5 本体部の設計

5.1 設計要件

本体部は300tonを超える最大矯正荷重に耐え得る剛性を持ち、且つ設備組立や運転時、保守や点検時の作業性を考慮したフレーム構造とする必要がある。

5.2 本体部フレーム構造の検討

従来機のフレーム構造は、図5に示す4本のタイロッドで矯正推力と反力を受ける構造である「4本タイロッド型」が多く採用されている。

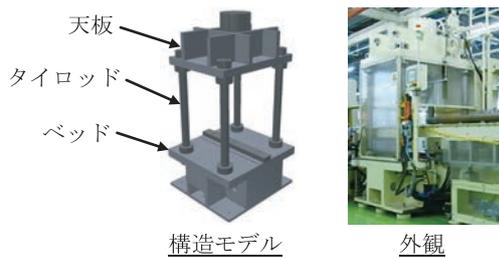


図5 4本タイロッド型 本体部

この「4本タイロッド型」で更に大荷重を受けるには、荷重に合わせてタイロッドの断面積を増やし、ベッド部や天板の強度確保が必要である。しかし、これらの剛性を十分に確保しなければ変形によってタイロッドに曲げモーメントがかかることになるため、タイロッドを極端に大型化したり、補強部品を追加するなどの対応が必要である。検討を進めた結果、今回の荷重条件での適用は困難だと判断し、フレーム全体で荷重と曲げモーメントを受けられる「箱型構造」に変更した。箱型は筐体の側面板で曲げモーメントを受けやすいため、太い柱とその補強を必要としないことが構造解析によっても確認できた。箱型にすることによって設備構成部品の過度な大形化の抑制を期待でき、また、部品点数も少なくできるため、組立性確保にも有効である。

5.3 箱型フレームの部材組合わせ検討

箱型構造は、天板、前後フレーム、左右フレーム、本体ベッドで構成される。これらの組合せ方や形状の決定には、設備要求仕様で指示された以下の4項目を満足しなければならない。

- ①天板にはアクチュエータが固定されるため、その保守性を確保すること
- ②設備正面側は保全マンが容易にアクセスできるように開口部を設けること
- ③左右側面部はワークを搬送するユニットが本体部内へ出入りするための開口部を設けること
- ④本体ベッドは作業高さに影響するため、床面より550mm以下に抑えること

上記の要件を満足できる本体部のフレーム構成を複数立案し、剛性、組立性、保守性、製作コストで比較検討した。

剛性評価にはFEMを用いた構造解析を実施し、最大矯正荷重を与えた際の変形量と応力値で評価した。図6に構造解析結果、表1に評価結果を示す。本体部フレーム構成は表1より、評価が最も高い案②とした。

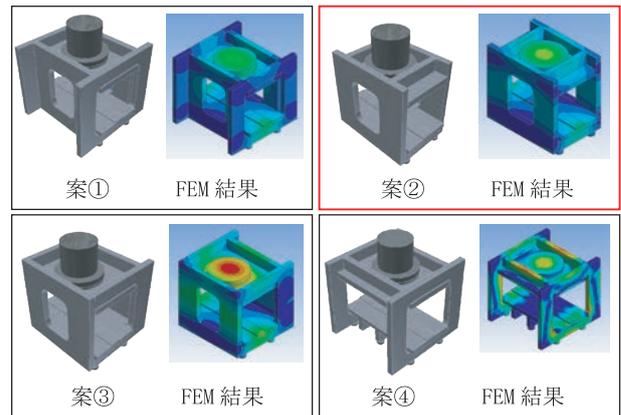


図6 構想案と構造解析結果

表1 評価結果

	案①	案②	案③	案④
変形量	○	○	△	×
応力	○	○	△	×
組立性	△	○	×	○
保守性	△	○	×	○
コスト	△	○	○	×
評価	△	○	△	×

○：良 △：適用可 ×：不可

5.4 フレームの詳細設計

評価結果から決定した案②の本体部フレーム構造で荷重を受けた際に発生するフレーム全体の変形量と、応力分布を見ながら各構成部材の詳細検討を行った(図7)。

各構成部材は、組立作業性と保守性を確保するためにCAD上で形状修正をしながら部材同士の結合箇所や部材形状を検討していく。その後、組立モデル全体で構造解析し剛性を再確認する。それらを繰り返し行いフレーム構造を決定した。

強度が必要な部材は剛性を過剰に追求すると部品のサイズが大きくなってしまい、高質量、高コストにつながる。今回はその点に注意して設計を進めた。

5.5 フレーム構造設計結果

設備要求仕様で指示された要件の4項目を満たすフレーム構造設計の結果を図8に示す。

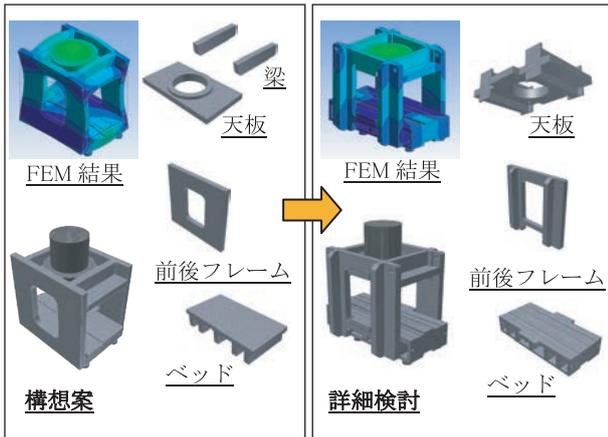


図7 本体部フレーム構造の詳細検討

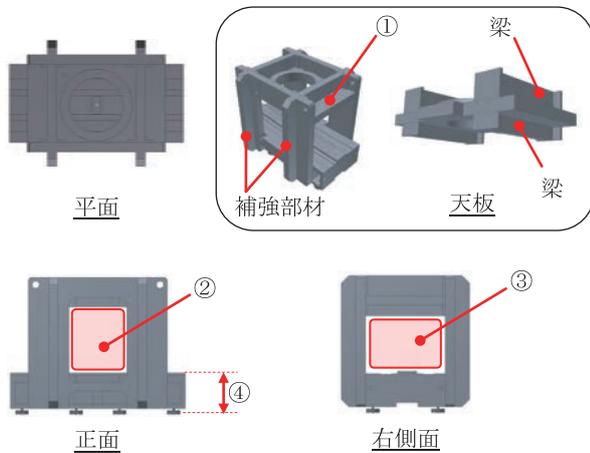


図8 フレーム構造設計結果

図中①に示す天板はアクチュエータを固定する部材であり、矯正荷重を効率よく与えるためにも高剛性を必要とする部材の1つである。単純に板厚を上げることで剛性を確保できるが、設備の重心位置、材料の入手性や加工性を考慮して標準板厚寸法材を使用し、変形を抑える一対の梁を加えることとした。しかし、必要な梁高さを求めた結果、アクチュエータの組付け及び交換作業の邪魔となることが予想されるため、梁を天板の上部と下部に分散配置することで対処した。

②で示す設備正面側は、保全マンが工具や交換部品等を持って機内へ容易にアクセスできるように幅800mmの開口部を設けた。③の設備側面から見たフレーム内部には補強部材を設けず外側に設け、フレームの締結に使用するボルト類も本体部外側に配置することで搬送ユニット移動の妨げにならないように設計した。④のベッド高さを抑えるには、補強部材のサイズや配置を検討することで目標の550mm以下を達成した。

5.6 フレームの設計強度の確認

設計したフレームの強度を最大矯正荷重が負荷した際の最大応力を構造解析で最終確認した結果、部材の降伏点に対する安全率は5.1と十分であった。

このようにして、全ての設備要件を満たすフレーム構造の設計が完了し、実機の製作を開始した。

6 結果

6.1 フレーム剛性の実機確認

完成したフレームの剛性が狙い通りであるか確認するために、最大矯正荷重を負荷して各部の変形量を計測した(図9)。また、これを繰り返して永久歪発生の有無も同時に確認した。

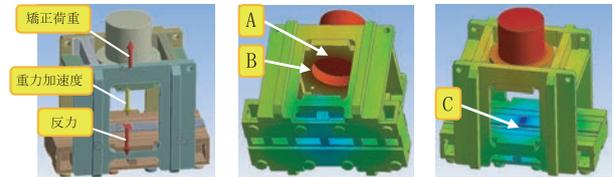


図9 変形量計測部

事前に構造解析で予測した変形量と実測値、両者の差を表2に示す。結果として実機の変形量は予測値よりも0.04mm程度大きかったが、数値そのものは実用に差し支えないレベルであることを確認した。また、永久歪も皆無であり、量産での使用は問題ないと判断した。このことから、狙い通り300tonに耐え得る筐体の設計が行えたと考える。

表2 変形量の比較 (単位: mm)

測定点	構造解析	実機	差異
A	0.35	0.39	+0.04
B	0.35	0.38	+0.03
C	0.21	0.25	+0.04

6.2 差異の要因

解析モデルは一体化した物体として計算していたのに対して、実機ではフレームの構成部品は平行キーとボルト締結による結合である。そのため締結のボルト締付け軸力による摩擦力の状態や、平行キーによるせん断強度などの接合条件が変形量の差異に影響したと考えられる。

6.3 フレームの組立作業

本体部のフレーム組立は、構想段階から設備の組立担当者に参画してもらい意見聴取しており、組立手順や方法を明確にして、部品点数を抑え、位置決

めキーによって部品同士の位置調整も不要としていたことから大きな問題も無く完成した。

7 おわりに

今回開発した設備の本体部外観と構造解析モデルを図10に示す。

大型ピストンロッド曲がり矯正機の開発は、従来対象としていなかった大型のワークを矯正するために新たな矯正条件を検討しながら矯正荷重を設定する等、従来機で先人が行ってきたであろう設計過程を経験することとなった。その過程の中で先輩方との大きな違いは高度な解析技術が身近になり、設計ツールとして簡単に使えるようになったということであろう。コンピュータでFEMを用いた解析の有効性を実務で感じたとともに、用途に合わせて補正を積み重ねて初めて正確さも増していくといった現

実も実感した。また、初めて実機に最大矯正荷重を負荷した際は、事前に机上での検証を行っているものの、300ton超えという非日常的な荷重を目の前にして手に汗握る瞬間であったが、負荷に耐える状態は圧巻であった。

今後も解析ツールの活用と実際の事象を比較、確認し、ノウハウを積み上げることで内製設備の信頼性を向上させていきたい。

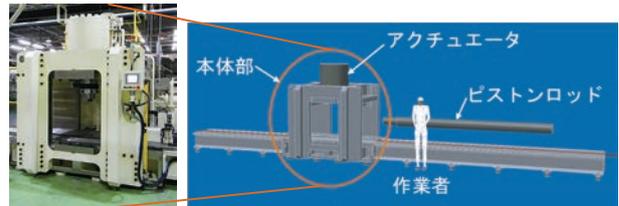


図10 実機と構造解析モデル

著者



井内 謙太郎

2007年入社。技術本部工機センター設計室。主に生産設備の機械設計に従事。

EPS用ECU製造ラインの構築

長 田 修二郎 ・ 片 柳 和 幸

1 はじめに

KYBトロンデュール(株)では従来からあるラインで少量多品種が行なわれていたが、先般KYBより電動パワーステアリング用エレクトリック・コントロール・ユニット（以下ECU）を、年間で約20万個生産との計画が示されたため、これに対応する専用生産ラインを構築するに至った。本報では、新設した専用ライン及び、専用ラインの敷設に必要な新工場を紹介する。

2 要件

納期遵守とその品質を確保するために、新工場設立によって作業環境づくりを行う必要がある。

製品仕様による新しい技術や取り組みを反映した、設備導入とその品質評価を実施し、工場、ライン(図1)の構築を図る。

2.1 静電気対策

一般に電子部品は静電気に弱いので、設備及び作業員が帯電しない対策として、実装エリアと組立エリアにおいては加湿機能付き加圧空調の設置と、受入部品庫を含めた導電フロアの敷設を行う。

2.2 コンタミ対策

製品は微細部品の集合体であり、微小なコンタミが重大な品質不良につながる恐れがある。「作業員への意識付け」も含め、実装エリアと組立エリアをクリーンルームのクラス乱流式^{注1)}とし、コンタミの持込み、及び発生を徹底して排除する。

2.3 物流の整流化

製品の入庫から部品供給、実装・組立、梱包、出荷までを直線にした物流の整流化を行い動線に無駄が発生しないようにする。

2.4 新技術の確立

大電流を流すための接合技術や、その他自社で量産実績のない設備の導入と品質の確立を行う。

注1) 部屋の壁や天井に清浄空気を発生させる装置を組

み込み、そこから吹き出した清浄化エアが室内を浄化する仕組み。

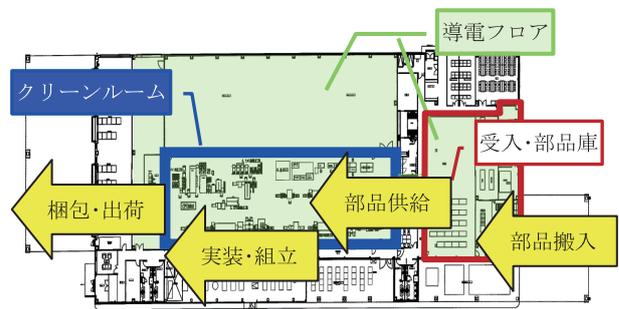


図1 工場フロア平面図

3 新工場概要

新工場の敷地面積は約27,300㎡、床面積は約5,200㎡で、既存工場近郊に建設した(図2、写真1)。



図2 工場近郊の鳥瞰図



写真1 工場全景

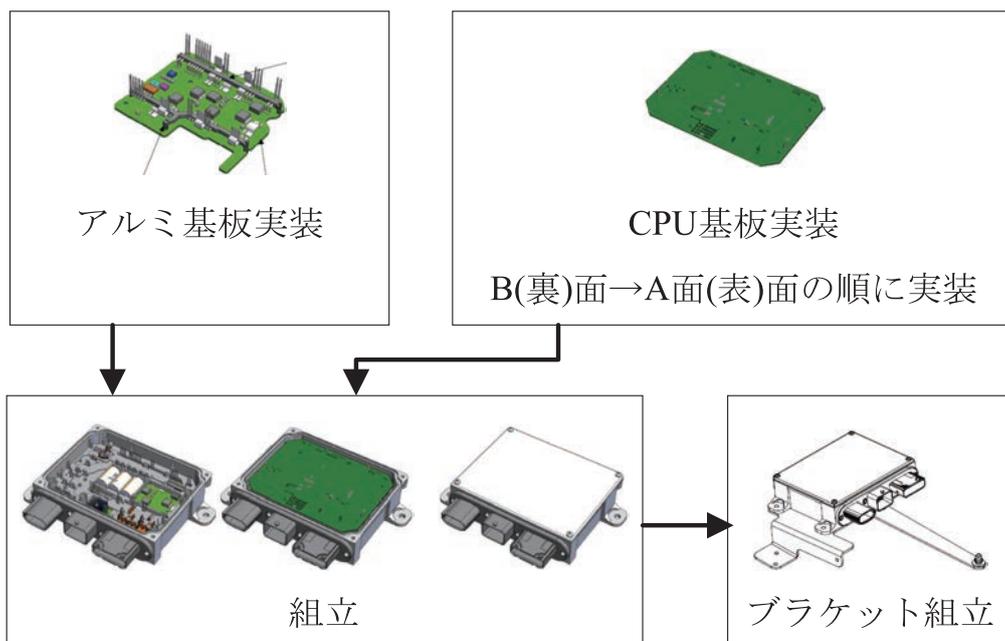


図3 生産ライン概要

4 生産ライン概要

ECUを生産するラインは、アルミ基板実装ラインとCPU基板実装ライン、組立ライン、ブラケット組立ラインで構成される（図3）。

5 導入設備について

今回の新工場設立に伴い、搬送系含め多くの設備を新規導入した。これらの設備については大きく分けて3種に区別される。

5.1 大電流制御ECUに伴う新技術設備

今回のECUでは高出力モータを駆動するシステムとなっており、ECUは大電流制御が必要となる。

大電流制御のECUを実現させるにあたり電気回路の構成部品としてバスバー^{注2)}が組込まれ、このバスバーと接続されるサブバスバーをアルミ基板へ自動実装する「サブバスバー自動挿入機」や、バスバーを接合するための「溶接機」（全4機）、パワーMOS-FET^{注3)}の放熱を確保するためのボイド対策を目的とした「真空リフロー炉」がこれにあたる。

5.2 従来経験のない設備

コンタミ対策として、実装前の基板に付着しているコンタミを除去する「基板クリーナ」や、既存工場では作業者が手作業で行っていたトレーサビリティの自動化への取り組みとして、バーコードリーダーによる履歴管理のためのQRコードを基板にマーキングする「レーザマーカ」、バスバーやコネクタのはんだ付けを部分的に行う「部分DIP槽」等がこ

れにあたる。

5.3 従来から保有する技術の設備

残りは、はんだ印刷機や実装機、リフロー炉、ローダー等、従来から保有する技術の設備を導入した。

注2) 主に電気関連の部品で、電動体として機能する金属製の棒を指す語、母線=BUSとして用いられる棒=BAR。

注3) Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistorの略で、大電力を取り扱うように設計された電界効果トランジスタの一種で、外部から電圧を加えることで電流の流れを制御する。

6 主要設備3種について紹介

大電流制御を行うECUに伴う新技術設備として、アルミ基板実装ラインへ導入のサブバスバー自動挿入機と真空リフロー炉、組立ラインへ導入した溶接機の計3種の設備について紹介する。

6.1 サブバスバー自動挿入機

この装置（写真2）は基板上に表面実装部品を搭載するための設備で、装置内部に装着ヘッドを持ちリール部品を取り付けたフィーダやトレイから部品を吸着、位置決め、搭載を行う装置である。この設備の特長である、荷重をかけながら部品搭載する機能を使用し、サブバスバーの自動挿入を行う。

サブバスバーはその複雑な形状のため（写真3）、専用のメカチャックを製作したが、1回の挿入動作で3か所あるロックピン全てを基板に挿入することは不可能であった。そこで最初の挿入は仮挿入を行



写真2 サブバスバー自動挿入機

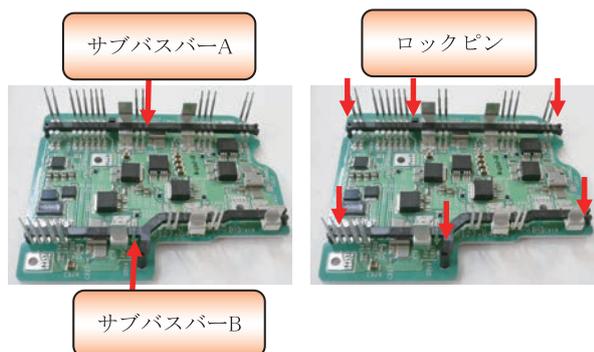


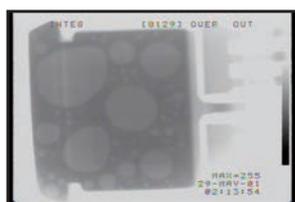
写真3 サブバスバー装着基板

い、ロックピンを指定の位置に位置決めをするだけとし、次に空挿入動作をさせることでサブバスバーのロックピン3か所を押し込み、サブバスバーの浮きをなくし自動挿入を可能とした。

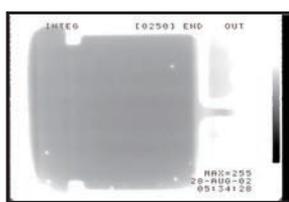
6.2 真空リフロー炉

真空リフロー炉の導入目的はアルミ基板に搭載されたパワーMOS-FETのはんだ付け部に発生するボイド（気泡）対策となる。通常の窒素リフロー炉の場合、はんだ領域にボイドが発生してしまう。

パワーMOS-FETは発熱するため、アルミ基板を介し放熱ベースへ熱を逃がすが、このボイドが熱伝導を阻害し放熱性を悪化させる。この真空リフロー炉を使用し、はんだ熔融時に15秒ほど減圧することにより、ボイドの発生を1%以下に抑制することを可能とした（写真4）。



従来リフロー炉



真空リフロー炉

（薄色の円形部分がボイド）

（ボイドの発生なし）

写真4 パワーMOS-FET X線比較写真

6.3 溶接機

溶接の設備は、TIG溶接機が2台、抵抗溶接機1台、溶接外観検査機1台の合計4台となる（写真5）。溶接については今まで、当社では経験のない作業となっており、設備はKYBグループで内製し、条件や品質の検証は関係部門と共同で行い量産に至っている。

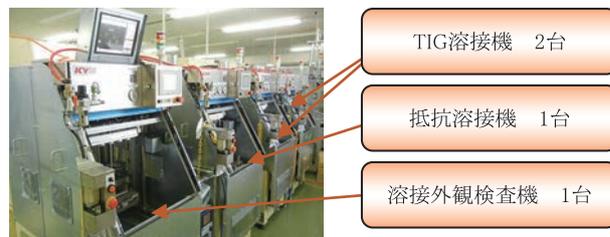


写真5 溶接機写真

6.3.1 TIG溶接機

TIG溶接機は、タングステン電極を使って母材との間にアークを発生させ、その熱で母材を溶かして接合する（図4）。基本的に他の回路への電流の回り込みがないため溶接個所の制約が緩いが、アーク放電を安定させるため、専用のアルゴンガスを必要とする。本製品の溶接個所は複数あり、2台構成にて目標のサイクルタイムを実現している。

今回のTIG溶接については「マイクロ溶接」というジャンルに該当し、KYBグループ内でも量産経験がない分野となっている。

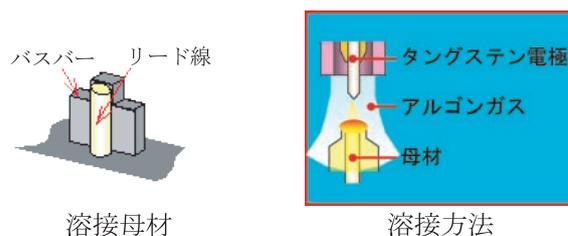


図4 TIG溶接概要

6.3.2 抵抗溶接機

溶接したい母材に電流を流しジュール熱を発生させてその母材を溶解させ、それと同時に加圧することによって接続する溶接方法である（図5）。母材間に電流を流すため、電流の回り込みを考慮する必要がある。TIG溶接に比べ専用ガスが不要で安価に溶接ができる特長がある。本機は装置内に2つの溶接ヘッドを搭載し、ヘッド1では銅母材の端子接合を行い、ヘッド2では銅端子とCP線（銅線入り銅めっき線）の異材接合を行っている。

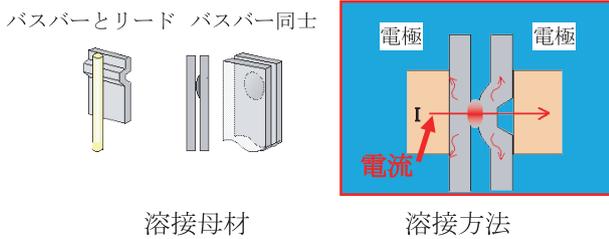


図5 抵抗溶接概要

7 結果

当初の生産予測計画に対し、受注数量の変動が激しく、月毎の生産量に合わせたサイクルタイム設定と人員配置を実施し可動率、サイクルタイム等の目標値評価を行った。全ての項目について目標を達成できたが、引き続き更なる向上を目指し改善活動を行っている。

8 まとめと今後の課題

これまで経験のなかった新技術を含んだ新工場、

新製造ラインの同時構築であったが、大きな設備トラブルの発生もなく、ほぼ計画通りに生産対応が行われた。今後、更なる生産性向上を目指して、設備調整だけでなく部品メーカー等を巻き込んだ品質改善活動を進行中である。

今回の実績により、設備に対する重要なポイントや配慮すべき点等、ノウハウを蓄積することができ、作業性や可動率向上を製造側観点から設計部門に発信し、より作り易い製品を目指していく。

9 おわりに

KYBグループからの協力も得られ、短期間での新規工場の設立やそれに伴う新規設備72台の導入、その設備の調整、加工された製品の品質評価等を経て、計画通り2013年4月より量産を開始することができた。

最後に本立ち上げに携わり多大なご支援くださいました社内外の関係部署の方々に、厚く御礼申し上げます。

著者



長田 修二郎

2012年入社。KYBトロンデュール(株)生産技術部。EPS用ECUの主に実装関連設備の量産立ち上げに従事。



片柳 和幸

2011年入社。KYBトロンデュール(株)生産技術部。EPS用ECUの主に組立関連設備の量産立ち上げに従事。

随筆

仏独今昔駐在運転紀行 フランスRond-pointとドイツAutobahn

上 村 叔 人

1. はじめに (2012年10月)

“現地からの派遣要請に応じる気持ちが自分の中にあることに背中を押されて…”入社同期達からの餞別への返礼メッセージをメール配信した。そして、就職・就学中の娘、息子を各々一人住まいさせ、そろそろ生活介護が必要となりつつある実家の老親を残していくことに躊躇する妻と共にフランスに向けて日本を出国したのは2012年10月であった。

今回の駐在はKYB Europe GmbH (ドイツ、以下KGE) マーケティングチームの要請による現地市販技術者の採用・育成が主な任務であった。同社マーケティングチームがパリ郊外に位置する同社フランス支店に配置されており、従来、日本人駐在員を配置したことがない同社フランス支店に単独駐在することとなった所以である。

本報では、フランスでの自動車運転の経験と、時を遡ること四半世紀程前の1987年2月～1993年10月でのドイツ駐在時の運転体験に更に中国、上海駐在での見聞、体験も交え、独仏くるま通行実情を通じて、その背景にあるであろう文化、習慣、考え方の違いに触れてみたい。

2. フランス(赴任期間：2012年10月～2014年3月)

2.1 2013年9月フランス共和国 Nanterre (ナンテール) 市 Hauts de Seine (オードセーヌ) 県庁

“貴方がフランス語を話せないのと同様に、我々も日本語が話せないのでフランス語—日本語の通訳が必要なのです”と同僚の英語通訳を介して伝えて来る女性係官。これに対し、“英会話での申請窓口手続きはどうしてダメなのでしょう?”と切り返すが、フランス語通訳を同行して再度申請に来なさいの一点張り。この英会話は県庁外人局での日本の自動車運転免許証からフランス免許証への書き換え申請受付窓口での一幕である。後日、再び県庁ゲート前路上での1時間近い待ち行列に、通訳を快く請

け負ってくれたKGEフランス支店の営業秘書と共に並び、彼女の仏英通訳により書類申請手続きは滞りなく完了したのである。そして書き換え期限まで残り1ヵ月弱で晴れてフランスの自動車運転免許証を取得できたのである。

この道路交通に関するジュネーブ条約に基づく相手国発給の有効免許証を相互に認め、新たな試験実施免除の制度は古くから加盟各国で適用・運用されているが、細目運用で国・地域で差異が生じている様である。1991年採択のEU指令(91/439EEC)によりEU諸国発行免許証とEU外の第三国発行免許証の二重所持は禁止されており、フランス免許証発給と同時に日本の免許証が取り上げられるのである。ただし、日本人への例外的処置として、取り上げられた日本の免許証は後日、日本領事館を通じて返還されることになっていた。

しかし、フランス(おそらく、同時期に他EU諸国でも始まったであろう)当局の運転者管理対策の強化として自動車免許証の有効期限設定と時を同じくして二重所持禁止の厳格適用となり、この便宜的特例返還処置も中止となったのである。管轄内に日本人居住者が多いパリ警視庁は早々と通達に従い、日本人免許証の特例返還を中止した。しかし筆者が幸運であったのは、筆者居住地Levallois-Perret(ルバロワ・ペレ)市の所轄Hauts de Seine(オードセーヌ)県庁では通達履行徹底がなぜか遅れていたことであった。フランスの運転免許証発給と同時に、取り上げられた日本の免許証とは在フランス日本国大使館領事部に無事?再会することができたのである。領事館員の“幸運でしたね”の言葉と共に。

2.2 鬼門 新旧Rond-Point混在

さて、フランスでの自動車運転において日本国内での運転に慣れたドライバにとって最も違和感を覚えるのは、左側通行右ハンドルが右側通行左ハンドルに変わることではあろうが、続いてはパリ市内あるいは大都市街路での運転走行であろう。殊に日本国内道路では設置個所が少ないことから馴染みの薄

いRond-Point（ロータリ式（円形）交差点，英：Roundabout）での通過であろう。

ドイツを始め，欧州北半分のゲルマン系諸国及び英国では近代的Roundaboutとも呼べるべき環状路への進入車両に対し，環状路内通行車両へ優先権を持たせるルール（1960年代以降に施行）に統一されている。しかしながらフランス，ベルギーを中心とした一部ラテンEU諸国では，円形交差点が整備され始めた1900年代初期からの旧来ルールである右方車優先ルール（十字路交差点でのルールと同じ）が依然適用される円形交差点が混在しており，異邦人ドライバを困惑させる一因となっている。

後者の旧来からの円形交差点への進入車優先ルールについては有名な凱旋門エトワール広場Rond-Pointでの車両通行状況を思い浮かべると分かり易いかと思われる。このRond-Point通行における二種のルール適用分けは，実際上では，Rond-Pointに図1の規制標識が在るかないかとなる。おそらく，現地の人からすれば，二種類のルールがあるとの認識ではなく，単なる優先規制の違いかあるいは規制標識の有無ということであろう。

旧来の右方車優先ルールは，元々円形交差点への進入車両に優先通行権を持たせ，交差点への進入速度の減速を抑制しスムーズな通過を期待効果とする発想である。そのため標識の見落としを誘発し易く，衝突時のダメージも大きい。旧来ルールによる円形交差点通過はリスクと言わざるを得ないのである。もっともフランス人ドライバに言わせれば，車の運転は元々リスクであり自己責任で対処するものであるので，殊更，旧来ルールを廃止する必要性は感じていないらしい。

ある時，筆者は凱旋門頂部に登った際，上からエトワール広場周回路の通行車両を眺めていると，どこかフランス以外で見た光景に似ていることに気がついた。それは以前，駐在していた中国は上海での光景であった。

写真1，2の二つの光景はパリ市内，上海市内い



図1

優先権標識：
自車走行道路が優先道路で，交差する道路に対して左右を問わず優先権を持つことを示す標識。



図2

優先権消滅標識：
交差点の度に図1の標識が設置されてはならず，本標識があるまでその効力は続く。

ずれでも日常，頻繁に見かける光景であり，先を争う車が進路変更により乱れて配置しているという現象と一見できる。しかし，この二つの現象には根本的な違いがあり，端的に言うならばパリ凱旋門エトワール広場周路ではルールに基づいた秩序・序列が存在し，他方，上海での現象はルールが効力していない混乱である。

シャンゼリゼやパリ市内の多くの道路や交差点では，路上の走行区分線が引かれていない箇所が多々ある。これはペイントが減減したのではなく，線を引くことが美しさを損なうと言う美的観点により意図的に引いていないそうである。凱旋門での景色では走行帯区分線が引かれていないことも相まって車の位置が整然と並んでいない様であるが，右方車優先のルールを厳守した上で自車の優位位置を最大限確保した結果である。

一方，上海ではバス停から発車しようとする路線バスと停車しようとする被せて来る路線バス同士が互いに相手の動きを牽制妨害し，やや閉塞（デッドロック）的様相の呈をなしているのである。

日本国内でのみの運転経験しか有していない日本人ドライバからするといずれも尻込みする光景であろう。幕末の開国以来欧米文化・習慣を取り入れ，元来，秩序を重要視する日本人社会は同じアジアの



写真1 パリ凱旋門頂部より



写真2 上海延安西路にて

近隣国で歴史的、文化的に繋がり深い中国での現象とフランスでの現象の二つのどちらに親和感を持っているのでしょうか？ 無論のこと、世代、個人によって異なるであろうが、筆者の個人的感覚では全体平均として7割以上がフランスでの現象に理解をより示すのではないかと感覚的に思い至る次第である。

そんなフランスであっても、殊に渋滞時間帯のパリ市内の交差点ともなると、前車が交差点内で立ち往生しようとして、構わず、隙間を詰めるが如く、突き進み、終いには、交差点内は（ローマ程多く無いであろうが）クラクションと握っているステアリングを叩き放し（欧米人の得意な）お手上げポーズあるいは無音の怒号、冷たい視線の渦巻く冷静なる修羅場となる様は、例え優先権ルールに基づいた行為であっても、前言の秩序ある混乱コメントはややトーンダウンせざるを得ないのである。

やはり、洋の東西を問わず、都市部ドライブと人口希薄地帯のドライブでは運転マナーや運転時性向あるいはローカルルールが異なり、その違いを認識することが、防衛運転上、肝要であろう。

パリ郊外でも辺境から通勤しているフランス支店のフランス人同僚も彼の友人達に“パリ近隣の勤務先に通勤するようになったら運転がラフになって来た”と揶揄されたとのことであり、フランス人にとってもパリ市内の運転はリスクが高いのであろう。

前述の新旧Rond-Pointの優先権の違いについてはフランス居住が長い日本人でさえもブログで誤った認識をつづっている。また高速道路では本線通行車両に優先権があるが、パリ外周環状道路(Boulevards Peripheriques)だけは唯一例外として右方車優先となり、本線進入車両に優先権がある。

このことについて在仏日本大使館領事部のHPで“そもそもこの例外をどれだけのパリ市民が知った上で運転しているのか怪しいものです。”と余録的に記述している。これらから、ローカルルールや自己中心的運転が結構多いことが窺われるのである。

筆者はこのルールの違いによるリスクの高さに加え、駐車場の心配からの解放や、公共交通機関、殊にメトロの簡便さ・低廉運賃からもフランス駐在1年半の間、パリ外周環状道路内への乗り入れを自ら禁じ手としてきた。

2.3 乗用ディーゼルエンジンはスマートか？

筆者は日本では日本車、ドイツではドイツ車と地元の開発車がベスト・チョイスと言う拘りがあるためもあり、フランス人同僚達が好んでAudi, VWのドイツ車に乗っている中、Peugeot 508ディーゼルの6速マニュアル車を選んだ。マニュアルトランスミッションを選んだ理由は欧州で普及が進んでいる

DCT (Dual Clutch Transmission) によるクラッチペダルレス仕様の設定が無く、そして自分の意図していないタイミングでシフトアップする従来型オートマが嫌いなためである。ガソリンエンジン車や同じディーゼルエンジンでもオートマ仕様に対し、炭素税率が低く節税効果があって、実用燃費にも優れる2.2Lディーゼルマニュアルトランスミッションモデルでの運転が始まり、たちまち、私の抱いていた一昔前のディーゼルエンジンの劣った先入観を払拭することになった。その静粛性（アイドル時のカラカラ音なんて室内では聞こえません）、クリーンレベル（加速時にやたら黒煙をエキゾーストから吐いたりしません）に感心した。一方、初めてのディーゼルエンジン搭載乗用車での運転開始に際し、ディーゼルはトルクで走るものと言う先入観から太った低速トルクを期待していた。しかしギア比を含め、燃費対策セッティングからなのであろうか、発進時のエンストが頻発する体たらくとなり、期待を裏切られた。ただ、噂に聞いていた“パリ市内街路で0.1秒を計測するのは青信号から後続車によるクラクションコールによって知ることができる”を実体験することは幸いにも皆無に等しかったのである。

ともあれ、20年昔に比べ、種々アクセサリや便利装備が標準装着されるようになった典型的欧州DセグメントセダンであるPeugeot 508 2.2Lディーゼルはパリ市街地渋滞路からAutoroute(高速道路)での高速走行において同クラスガソリン車と同等以上のドライバビリティは充分確保されていると言える。ただし、セーヌ川沿いの渋滞市街地5kmとAutorouteでの高速走行27kmを含む片道38kmの通勤主体での満タン法による燃費は15.96km/Lとなり、期待していた程ではなかった。おまけに税制による軽油とガソリンの単価差がある日本に比べ、欧州では殆ど変わらない。消費者がディーゼルエンジン車を選ぶメリットはフランス人の知人達が述べているように基本的に優れる燃費と低税額にあるのであろうか？

2.4 パリでもPM2.5?騒ぎ

産業革命以降の石炭・石油燃焼による工場及び家庭排煙、更には急速なモータリゼーション普及も加わり空中に排出された硫黄酸化物、窒素酸化物などの酸性雨による森林破壊、動植物生態への脅威として苦しみられて来た歴史的背景も手伝い、西欧9ヶ国では、京都議定書に基づく二酸化炭素排出量規制の目標値達成に積極的である。そのため環境対策目的税としてCarbon Tax (炭素税)の徴収制度を導入し、二酸化炭素排出量がガソリンエンジンに対し

比較的少ないディーゼルエンジン搭載車の普及転換を図ってきた。

しかしいまだにガソリン車に比べて多く排出される窒素酸化物は、燃料噴射装置などの改良で低減しているものの、対策に手が廻らないのか、思わず“えっ、環境保護先進国イメージの強いEUで、いまだに？”と意外に思える現象があった。

それは日本への帰国が迫った2014年3月17日にパリ市内で1997年以来となる大気汚染対策としてのナンバープレート末尾数字の偶数か奇数かによるパリ市内乗り入れ規制（罰金即金22ユーロ、後払い35ユーロ）とその数日前に観測された北京に迫るレベルと危惧された光化学スモッグ発生である。

日本では北京市でのPM2.5大気汚染がマスコミを賑わせていたが、欧州では1990年代のギリシャ、アテネでの乗り入れ偶数奇数規制など大気汚染対策は古くより断続的に行われていたのであるが、筆者はいまだEU内で施行されることにやや意外な思いを抱いた。今回パリでは、先行して公共交通機関の無料化も実施され、その成果が認められたとして翌18日には規制解除となった。都市部での環境・大気汚染はそれだけ深刻度が増しているのであろう。

それに加え紫外線を浴びることによる皮膚癌リスク上昇があるにも関わらず、ヨーロッパの方々皆さん総じて日光浴や街頭カフェが大変お好きなのである。もちろんUVカットは念入りに行っているのであろうことは想像に難くないが、大気汚染対処としてのマスク着用は極めて稀な光景であり、日本人と思いき人が風邪によるマスク姿で電車内や繁華街にいと周囲より好奇あるいは異端に対する目線を浴びることになる。

2.5 路上駐車はバンパーを擦れ合って当然！

駐車場不足は洋の東西を問わず、都市部での慢性的交通問題となっているが、ドイツ、フランス特にパリなど都市部での路肩駐車は道路形態、路肩余地からも縦列駐車が主流となり、必然的に縦列駐車に手慣れてくるのである。2シーターモデルで車長が3m足らずのSMART、やや長くなるがMINI COOPERであっても車線道幅が2.5mそこそこのところへ前後車との間20cm程度の縦列駐車路側帯に入りするのは結構、骨が折れる。そのような駐車することを諦めたくなる場所でも1、2回の切り返しで走行車線にタイミング良く出車するパリジャン、パリジェンヌには思わず、拍手を送りたくるのである。そして他車の路駐出入りの間、他のドライバーの方々、皆さん結構 寛容に待ってくれる。

結果的に日本では今や教習場で習得した時が一番レベルの高いくらいの縦列駐車の技能がパリを中心

とした欧州都市部の公道上でも必然的に高まるのである。やはりパリ市内で常態的に路上駐車しているドライバーは、極めて優秀な車体見切り感覚を身につけているのであろう。

昨今では昔のようにバンパ同士を接触させて止めることが日常的路上駐車光景というわけではなくなり、二十数年前には稀に見かけたシトロエンBXなどのハイドロニューマチックサスペンション装着車が駐車後、エンジンを止めると車高が沈下することにより、駐車している前車後ろバンパにこちら側のバンパが乗っかり、前輪が宙に浮いたまま駐車している珍光景は、今や昔となってきたようだ。

一方、かつてのドイツでは道路や高架下駐車場などで駐車スペースの空気が無い場合のやや変わった二重駐車（横並列、縦T字位置間わず、先に駐停車している車の移動を妨げる迷惑駐車）をする地域があった。その二重駐車には、トランスミッションギアをニュートラル（1990年代初期頃までは、欧州で乗用車はオートマチックトランスミッション率は10%以下であったと記憶している）にし、サイドブレーキを引かずにタイヤに石ころを噛ませるのみ。二重駐車により出られなくなった車が出る際はタイヤに噛ましてある石ころを外して車を押して移動してくださいと言う暗黙の了解事項がまかり通っていたのである。日本に比べ、一般に駐車することに官民共に寛容であろうと思われる。

ただし、身障者用駐車場に違法駐車することに対しては皆さん一様に厳しい視線を持ち、恥ずべき行為とみなしており、ドライバーのモラルも高いと見受けられる。公共交通機関の中でも身障者、老人などへの席譲り意識が若い人達にごく自然に根付いていることは、素晴らしいことであろう。

ただ、パリ地下鉄メトロのバリアフリー化は東京メトロに比べ極めてお粗末で10年以上遅れていると言わざるを得ない。政府・公共体の身障者・老人への福利・厚生支援により安価にタクシーが利用できることでリカバリされているという話である。

そして、さすがにバカンス尊重のお国柄だけあってパリ市内の住宅地路肩駐車帯の有料駐車標識には補助標識にて“夏季バカンス中を除いて”有料となっている表示などを散見した。確かにバカンスシーズンあるいは年4回あるスクールホリディの時期には都市部各幹線道路の通過量が著しく減ることとなり、普段の渋滞が大幅に緩和されるのである。正にバカンス大国の面目躍如の顕れとも言える場面であろう。

2.6 フランス公道チキンレース

20数年前になるが、日本からのリクエストを受けて、ドイツからパリ郊外のシンクタンクラボに樹脂

バネの先行予備調査に出張した際のことである。試乗走行にて、こちらが片側2車線、反対方向が1車線のなんの変哲もない並木路と思っていたところ、センターラインが実線ではなく、点線なのである、聞くと真ん中の車線は双方の共有追越し車線とのことであった。

なるほど、途中何か所かに矢印路面標識で走行車線に戻るよう誘導標示されている。通過交通量が少ない場合は追越し車両の占有するスペースが少なく合理的ではあろう。だが交通量が多くなり、日本の如く、走行車線に追越し車線から戻る隙間がなく、追越し車線が走行車線化している状況下では、いかなることになるか。強気者同士のチキンレースが頭に思い浮かぶのである。

3. ドイツ (赴任期間: 1987年2月~1993年11月)

3.1 Autobahn 61

読者諸氏の中で車好きの方々にはドイツと言えば制限速度無制限のAutobahn (アウトバーン、高速自動車国道) をイメージとして頭に浮かぶ方々も少なくないであろう。実際には総延長13,000kmに及ぶドイツ国内高速自動車道の内、約50%が速度制限規制を設けていないのであって、基本的に大都市近郊、交差乗り換えが生ずるジャンクション近辺、アップダウン勾配路など状況程度に応じて恒久的な制限速度が設けられているのが実態である。そして雨天時は速度制限が適用される補助標識(文字はドイツ語のみです)などもあるため、自車の走行状況での制限速度には注意する必要がある。そして速度無制限区間も含めAutobahnでの推奨経済速度は130km/hである。

Autobahnは1920年代から整備が始まり、設計速度は130km/h、またカーブに世界で初めてクロソイド曲線を採用した。赴任当時、伝え聞くとともに依ると速度130km/hで走行すれば、ステアリングの切り増しやカーブを抜ける際の戻し修正舵が最少になるとのことであった。

ドイツAutobahnではベルギーと異なり、街灯設置がほとんどないため、交通量の少ない人口過疎地帯のAutobahn夜間走行の場合、170、80km/h以上の高速でひた走るの、いかにハイビームであってもやや度胸が要るのであった(当時ハロゲンランプは普及していたが、HID、キセノンなどの高光度、高指向性のディスチャージッドランプの登場は1991年のBMWの7シリーズからとなる)。

一般にドイツAutobahnでの道路施設、案内標識は路線網の充実度や路線距離の割に日本のそれに比べると簡素、簡潔である。したがって車載ナビの普

及していない80年90年代当時は事前の道路地図確認を怠ると、Autobahnの乗り換えでウロつくことに陥ることも度々であった。

隣の助手席にナビが不在状態で、漢字ではなく文字数の多いアルファベットで記載された地名を高速走行中ワンチャンスで読み取る必要がある、上手く読み取れても、見聞きしたことが無い地名やドイツ地図上の位置が頭に浮かんでこない地名となると、ややパニック状態に陥るのである。しかも、当時はパーキングエリア、サービスエリアのインターバルが日本に比べ長く、停めて地図を広げる場所も少ないため、ジャンクションやインターチェンジで進路修正するしか無いのである。ここではドイツの規則性高いジャンクション、インターチェンジの構造は極めて有用な迷子の味方となる。場合によっては目的地が見定まるまでジャンクション内の同じ所を何度も通過する手段も可能である。これはフランス編で前述の一般路Roundaboutでも使え、他の交通車両には迷惑であるが、自車の向かう先が決まるまで周回路を何周もできるのである(でも、非常時以外はマネしないでください)。

今は亡き、初代KGEセールスマネージャ氏のBMWのE34型525iを駆って彼と共にFrankfurt am Main (フランクフルト アム マイン) のメッセ会場からMannheim (マンハイム) で行われる取引代理店での販売促進セミナーに参加したときのこと。道中Frankfurt東方を南北に貫いているAutobahn 5号線のDarmstadt (ダルムスタット) までの間の平坦かつ緩やかなカーブがあるものの直線に近い見通しの良い片側5車線路でのメータ読み240km/hが筆者の自己最速記録である。その時の印象は180km/hを超えると異次元の感覚となり、プロレーシングドライバーがサーキット走行より他の交通車両と混在走行する公道走行の方が怖いということが実感できよう。

車の挙動が極めて過敏になり、勢い運転者にも緊張を強いることになる。当時、他の自動車メーカーがラック&ピニオンに切り替えていく中、メルセデス・ベンツ乗用車が長い間ニュートラル付近に不感帯が出やすく、コスト高傾向となるが路面キックバックが少なく、スムーズさに勝りサーキュレーティングボールを敢えて採用し続けた理由が納得できるものである。500、600kmを超える長距離高速連続走行の運転中に継続的ヨーイングステアを強いることを避けたグランツーリスモ資質を優先した結果であろう。

当時メルセデス以外の多くのメーカーの乗用車ではパワーステアリングはオプション設定であった。

複数の日系自動車メーカーもこのFrankfurt近郊にガレージラボを構え、高速走行テストを行っていたようである。あるメーカーの現地駐在技術マネージャは、自らメルセデス190Eのハンドルを握りながら、FrankfurtからKöln（ケルン）に向けてドイツ中部丘陵地帯をアップダウンとカーブの続くAutobahn61号線を200km/hに近い速度で走行しながら、助手席の筆者に“日本から来たテストドライバは躊躇して中々アクセルを踏み込めず、叱咤激励、発破をかけるのも一苦労”とこぼされたことが印象に残っている。

1990年前後の当時は、傾向としてドイツ人ドライバの節度あり規範的かつ合理的な運転気質を感じ、車社会の熟成に感銘したものである。しかし20数年振りにフランスからドイツの友人を訪ねて車で訪れた際には込み合ったKöln, Dusseldorf（デュッセルドルフ）近郊のAutobahnで前車との車間を詰めた（煽り？）運転に遭遇すると閉口しながら、昔の良きドイツ人氣質のドライバは何処に行ったのであるかと懐かしむ思いになっていくのであった。

3.2 意外に気さくなドイツ警察官Polizai

ドイツ警察官と言うと、ゲルマン民族の強面イメージを抱きがちであるが、意外にも話が分かり、ユーモア・機微・機知に富むところもある。

70年代に酸性雨問題に苦慮した経験からもドイツでの環境保護意識は他国民の模範となる程高く、80年代初期には踏切待ち停車時のアイドルストップは既に交通法規化されていた。

ドイツ駐在時のある昼下がり、Dusseldorf市内で所用を済ませた赴任間もない先輩駐在員が、Meerbusch（メーアブッシュ）市Osterrath（オーストラト）にあるKGE事務所に向かう際、遮断機が降りた踏切で、日本同様アイドルリング状態で停車した。すると、後ろに停まったパトカーから警官が降りて来て窓ガラスをノックし、英語で話しかけエ

ンジンOFFにすることを提案して来たそうである。

しかしながら、我が方の駐在員は踏切でのアイドルストップ法規制や標識のことを知らなかった為、ドイツ警察官になぜエンジンを止める必要があるのか逆に問い掛けたそうである。

そこでふるっていたのが、かの警察官のなんとも単純明快な答えである。“何故かと言えば、俺はその（排気ガスの）臭いが嫌いなのだ”と、反骨精神旺盛なその駐在員も公務員にありがちな法的根拠や理屈などを振りかざしての権威的高圧姿勢・言動では無かったことで、かえって心証を良くし、素直にエンジンOFFとしたとのことであった。

4. おわりに

フランス語の隠語的言い回しでC'est du chinois（直訳：それは中国語）と言うと“それはわけのわからないこと、理解できないこと”の意になるが、近代に至るまで遠くて、欧米文化・宗教と異なる東洋の中国は理解し難いということから転じているらしい。そして今でも、互いに言語以上の隔たりを感じることが多々ある。話し合うことで理解できることと車の運転など実際行動の観察、体験から理解できることがある。

今回、小職の限られた体験と主観的解釈で読者諸氏に偏った先入観を抱かせないかという危惧を抱くと同時に、拙い文章表現力で果たしてその偏ったイメージすら思い描いて頂けるか甚だ不安な思いも抱きながらの執筆となった。民族、文化、習慣、言語が異なる彼の地で見聞、体験して来たことを道路交通という極めて限られた断片的なことを介してであつても彼我の本質的な差異、共通点を読者の方に多少なりとも、感じ取って、更に興味を持って頂ければ、幸甚である。

注) 記載されている車種名は、各自動車会社の商標です。

著者



上村 叔人

1980年入社。技術本部知的財産部専任部長。ショックアブソーバの設計、海外市販事業などへの従事を経て現職。

2014年度 社外への発表論文一覧表

社外講演

区分	題 目	所 属	氏 名	発 表 大 会	発表月
海外	The Tribological Interaction between Aluminium Alloys and Biolubes under Mixed/ Boundary Lubrication	基盤技術研究所	中瀬 拓也	Int. Conf. of Friction, Wear and Wear Protection 2014, DGM	2014年 5月
	Zero Wear and Low Friction under Dry Sliding	基盤技術研究所	中瀬 拓也	Int. Conf. of Friction, Wear and Wear Protection 2014, DGM	2014年 5月
	Lubricating properties of MR fluid	基盤技術研究所	加藤 慎治	the Book of Abstract of the NordTrib 2012 conference	2014年 6月
	Friction reduction effect of alternative lubricants for plasma electrolytic oxidation coating on AA6061-T6	基盤技術研究所	中瀬 拓也	Tribologie Fachtagung 2014, Gesellschaft für Tribologie	2014年 9月
	Zero Wear and Low Friction under Dry Sliding	基盤技術研究所	中瀬 拓也	Tribologie Fachtagung 2014, Gesellschaft für Tribologie	2014年 9月
国内	摩擦・摩耗挙動に及ぼす微量元素およびマイクロ組織の影響	基盤技術研究所	加藤 慎治 小林 隆	日本機械学会第14回機素潤滑設計部門講演会	2014年 4月
	磁気粘性流体の潤滑性に及ぼす鉄微粒子の役割	基盤技術研究所	加藤 慎治	日本機械学会第14回機素潤滑設計部門講演会	2014年 4月
	エンドフレクタ式ボールねじの内部挙動に関する研究	基盤技術研究所	河野 雄祐	機械学会 第14回機素潤滑設計部門講演会	2014年 4月
	磁気粘性流体の潤滑性に及ぼす鉄微粒子の役割について	基盤技術研究所	加藤 慎治	トライボロジー会議2014春	2014年 5月
	ディンプルテクスチャの最適配置に向けた新規パラメータに関する研究	基盤技術研究所	加藤 慎治	トライボロジー会議2014春	2014年 5月
	低燃費エンジン油下におけるDLC膜のトライボ特性	基盤技術研究所	加藤 慎治 田村 徹弥	トライボロジー会議2014春	2014年 5月
	AFMを用いた添加剤由来表面反応膜の機械的物性評価	基盤技術研究所	加藤 慎治	トライボロジー会議2014春	2014年 5月
	プラズマ電解酸化皮膜に対する各種ブレンド油の影響	基盤技術研究所	中瀬 拓也	Symposium Friction, Wear and Wear Protection 2014	2014年 5月
	モデリング技術と大会参加で得られた知見について	基盤技術研究所	佐々木 啓	ETロボコンモデル事例発表会	2014年 6月
	磁気粘性流体の潤滑特性に関する研究	基盤技術研究所	加藤 慎治	日本機械学会2014年度年次大会講	2014年 9月
	油圧ポンプの低騒音化への取り組みと課題	基盤技術研究所	矢加部新司	IFPEX 2014 特別技術セミナー	2014年 9月
	KYB研究所における新製品技術開発	基盤技術研究所	中村 善也	企業技術研究セミナー上智大学	2014年 9月
	テクスチャ表面のディンプル分布が鉛フリー銅合金の摩擦特性に与える影響について	基盤技術研究所	加藤 慎治	トライボロジー会議2014秋	2014年11月
	基油およびブレンド油中における表面処理したアルミ合金の摩擦特性と濡れ性との関係について	基盤技術研究所	中瀬 拓也	トライボロジー会議2014秋	2014年11月

※2015年2月時点と致します。

2014年度 社外への発表論文一覧表

国内	エラストマーとの摺動におけるDLCコーティングの表面の粗さの影響	基盤技術研究所	加藤 慎治	トライボロジー会議2014秋	2014年11月
	二輪車サスペンション用の高強度アルミニウム合金管と加工方法の開発	生産技術研究所	金児 龍一	軽金属学会秋季大会	2014年11月
	KYBにおける制御システムの事例紹介	基盤技術研究所	松本 大輔	ものづくり工学芝浦工業大学	2015年1月

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

社外寄稿

区分	題 目	所 属	氏 名	寄 稿 誌 名
海外	フェムト秒レーザーを用いたAl-Si合金の低摩擦化加工	基盤技術研究所	小林 隆 中瀬 拓也	The review of laser engineering, Vol. 42, No. 4, pp. 341-344 (2014年4月)
	Benchmark of alternative lubricants for hydraulic systems	基盤技術研究所	中瀬 拓也	ASTM MPC Journal and in STP 1575 Symposium on Environmentally Considerate Lubricants (2014年10月)
	Lubricities of environmentally acceptable lubricants with zinc dialkyl-dithiophosphate and dibenzyl disulfide on tribological properties of plasma electrolytic oxidation coated A6061-T6 alloy under mixed/boundary lubrication	基盤技術研究所	中瀬 拓也	Tribology Online, 2015年1月
国内	DLCコーティングの実用適用技術	基盤技術研究所	田村 徹弥	油空圧技術, 2014年4月号
	回転慣性質量ダンパ	カヤバシステム マシナリー(株)	露木 保男 岡本 真成	油空圧技術, 2014年6月号
	鉄道車両の制振装置	HC事業本部 相模油機技術部	鈴木 努 小川 義博	油圧基幹技術—伝承と活用—, 2014年9月
	フォークリフト	HC事業本部 相模油機技術部	小島 正成	油圧基幹技術—伝承と活用—, 2014年9月
	フォークリフト	HC事業本部 相模油機技術部	島村 建幸	油圧基幹技術—伝承と活用—, 2014年9月
	農業機械	HC事業本部 製品企画開発部	松羅 公一	油圧基幹技術—伝承と活用—, 2014年9月
	自動車のサスペンションにおける油空圧技術	AC事業本部 技術統轄部	政村 辰也	油空圧技術, 2014年12月号

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

2014年度 社外関係団体委員一覧表

区分	関係団体	委員等	所属	氏名
国内	日本フルードパワーシステム学会	編集委員会担当理事	基盤技術研究所	伊藤 和巳
		技術委員長	事業開発推進部	宮川 新平
		基盤強化委員会委員	技術企画部	宮 能治
		企画委員会副委員長	技術企画部	成田 晋
		編集委員会委員	技術企画部	成田 晋
		情報システム委員会委員	事業開発推進部	野口 恵伸
		水圧駆動システムの有効利用に関する研究委員会委員	事業開発推進部	吉田 太志
		フルードパワーのトライボロジー研究委員会委員	(株)タカコ 開発部	辻井 喜勝
		フルードパワーのトライボロジー研究委員会委員	基盤技術研究所	鈴木 一成
		機能性流体との融合化によるフルードパワーシステムの展開に関する研究委員会委員	基盤技術研究所	斎藤 啓司
	油空圧シミュレーション研究委員会委員	基盤技術研究所	宇田川寛子	
	自動車技術会	二輪車の運動特性部門委員会委員	AC事業本部 製品企画開発部	伊藤 直樹
		車両特性デザイン部門委員会委員	AC事業本部 製品企画開発部	近松 聡
	品質工学会	品質工学会誌編集委員	CAE推進部 岐阜分室	生駒 亮久
	日本機械学会	先端シミュレータ研究会委員	基盤技術研究所	窪田 友夫
	トライボロジー学会	実行委員会委員	基盤技術研究所	伊藤 義浩
		ITC2015国際会議実行委員会委員	基盤技術研究所	加藤 慎治
	日本振動技術協会	常任理事	カヤバシステムマシナリー(株)	露木 保男
		制振委員会委員長	カヤバシステムマシナリー(株)	露木 保男
劇場演出空間技術協会	理事兼機構部会委員副部長	カヤバシステムマシナリー(株)	山田 芳久	
	機構部会委員	カヤバシステムマシナリー(株)	副島 正浩	
	教育研修部会委員	カヤバシステムマシナリー(株)	渡邊 明彦	
日本建設機械施工協会	建設機械要覧編集委員	特装車両事業部	田中 和徳	
	コンクリート機械技術委員会委員	特装車両事業部 熊谷工場	清水 弘之	
日本トンネル専門工事業協会	トンネル機械技術委員会委員	カヤバシステムマシナリー(株)	三浦 章宣	
	商品開発改良委員会委員	カヤバシステムマシナリー(株)	鈴木 康雅	
日本免震構造協会	技術委員	カヤバシステムマシナリー(株)	露木 保男	
	技術委員	カヤバシステムマシナリー(株)	猪口 敏一	
日本IE協会	幹事	執行役員 生産本部長	城所 重夫	
	実行委員	生産企画部	桑原 哲美	
表面技術協会	中部支部評議員兼中部支部常任幹事	生産技術研究所	塩塚 光春	
日本フルードパワー工業会	顧問	代表取締役会長	小澤 忠彦	
	副会長	代表取締役社長執行役員	白井 政夫	
	編集委員会委員長	取締役専務執行役員	齋藤 圭介	
	編集委員会主査	HC事業本部 技術統轄部	前畑 一英	
	技術委員会水圧部会会長	事業開発推進部	宮川 新平	
	技術委員会水圧部会委員	事業開発推進部	大林 義博	
	標準化委員会 委員長	代表取締役会長	小澤 忠彦	

※2015年2月時点と致します。

2014年度 社外関係団体委員一覧表

区分	関係団体	委員等	所属	氏名		
日本フルードパワー工業会		油圧部会長	基盤技術研究所	伊藤 和巳		
		標準化委員会油圧システム分科会委員	基盤技術研究所	伊藤 和巳		
		標準化委員会用語分科会 委員	基盤技術研究所	伊藤 和巳		
		標準化委員会ポンプ・モータ分科会委員	HC事業本部 製品企画開発部	加藤 弘毅		
		標準化委員会アキュムレータ分科会委員	HC事業本部 製品企画開発部	伊藤 達夫		
		標準化委員会油圧・空気圧シリンダ分科会委員	HC事業本部 岐阜南油機技術部	佐藤 治		
		標準化委員会シール分科会 委員	HC事業本部 シール技術部	廣田 芳一		
		標準化委員会緩衝器分科会 委員	KYBエンジニアリングアンドサービス(株)	下浦 洋一		
		総需要部会主査	HC事業本部	宮元 辰巳		
		総需要部会委員	HC事業本部 営業統轄部	北村 嘉之		
		建機部会委員	HC事業本部 大阪支店	石井 剛		
		産機部会委員	HC事業本部	北村 嘉之		
		シリンダ部会委員	HC事業本部	河井 崇		
		国際部会委員	HC事業本部 油機第二営業部	大前 聡		
		油圧ポケットブック編集委員会委員	事業開発推進部	中里 雅一		
		同上	HC事業本部 技術統轄部	藤井 篤		
		同上	技術企画部	成田 晋		
		St-ADS実用化推進委員会委員	事業開発推進部	宮川 新平		
		同上委員会委員	事業開発推進部	吉田 太志		
		若手技術者懇談会委員	(株)タカコ 開発部	辻井 喜勝		
		日本自動車部品工業会		副会長兼関東支部長 政策委員会委員 総務委員会委員	代表取締役社長執行役員	白井 政夫
				総務委員会経営調査部会委員	執行役員 経営企画部長	庄子 和昌
				総務委員会税制部会委員	経理部	藤原 宏之
				総務委員会労務部会委員 総務委員会人事労務研究会委員	常務執行役員 人事本部長	久田 英司
				総務委員会人事労務研究会労政分科会委員	人事本部	堀部 幸泰
				総務委員会人事労務研究会国際人事分科会委員	人事本部	金澤 亜紀
総務委員会人事労務研究会安全衛生分科会委員	環境・安全部			片峯 稔		
総務委員会人事労務研究会安全衛生分科会調査・研究WGBグループ委員	岐阜北工場 総務部			高木 直生		
総務委員会人事労務研究会安全衛生分科会調査・研究WGBグループ委員	岐阜北工場 総務部			多治見宏幸		

区分	関係団体	委員等	所属	氏名		
日本自動車部品工業会		総務委員会人事労務研究会安全衛生分科会メンタルヘルス実務者連絡会委員	人事本部 健康管理センター	川浦 且博		
		総務委員会人事労務研究会安全衛生分科会メンタルヘルス実務者連絡会委員	人事本部 健康管理センター	高野真由美		
		総務委員会中小企業EDIプロジェクト「調達チーム」委員	調達企画部	石原 雅人		
		国際委員会知的財産権部会委員 国際委員会知的財産権部会海外ショー出展検討WG委員	知的財産部	馬場 克明		
		国際委員会委員	執行役員 グローバル統轄部長	荒川 均		
		国際委員会幹事会委員	グローバル統轄部	福岡 之弘		
		(関東支部) 企画部長 国際委員会FTA・通商部会委員	経営企画本部	伊藤 寿		
		国際委員会FTA・通商部会国際物流WG委員	生産企画部	大羽 浩司		
		国際委員会FTA・通商部会国際物流WG委員	AC事業本部 市販統轄部	西川 淳一		
		国際委員会FTA・通商部会国際物流WG委員	AC事業本部 市販統轄部	伊藤 由佳		
		統合技術委員会IT対応委員会DE促進部会委員	IT企画部	大島 昭宏		
		統合技術委員会専門部会ITS部会委員 統合技術委員会専門部会電子装置部会委員	基盤技術研究所	大木 紀知		
		環境対応委員会製品環境部会LCA分科会委員	AC事業本部 技術統轄部	松本 洋		
		環境対応委員会製品環境部会LCA分科会委員	AC事業本部 技術統轄部	原 安孝		
		(関東支部)リサイクル研究会委員	環境・安全部	笠鳥 公男		
		日本自動車車体工業会		理事	特装車両事業部	永田 智幸
				特装部会業務委員会副委員長	特装車両事業部	勝木 潤
				特装部会業務委員会ミキサ分科会主査	特装車両事業部	勝木 潤
				特装部会業務委員会粉粒体運搬車分科会委員	特装車両事業部	勝木 潤
特装部会サービス委員会委員	特装車両事業部			小出 邦夫		
特装部会技術委員会ミキサ分科会主査	特装車両事業部			田中 和徳		
特装部会技術委員会ミキサ分科会委員	特装車両事業部			上條 崇史		
特装部会技術委員会粉粒体運搬車分科会委員	特装車両事業部			川島 茂		
関東支部会委員	特装車両事業部			田中 和徳		

2014年度 社外関係団体委員一覧表

区分	関係団体	委員等	所属	氏名
	日本航空宇宙工業会	ISO/TC20/SC10分科会委員	HC事業本部 航空技術部	能勢 卓磨
		先端航空機装備品システム・素材技術調査委員会委員	HC事業本部 航空技術部	泉 恭輔
		先端航空機部品・素材技術調査委員会・海外市場参入検討分科会委員	HC事業本部 航空技術部	伊藤 康弘
		装備品技術専門分科会委員	HC事業本部 航空技術部	小川 義之
	日本規格協会	JISハンドブック（油圧・空気圧）編集委員会委員	技術企画部	成田 晋
	日本鉄道車輛工業会	理事	代表取締役会長	小澤 忠彦
	デミング賞委員会（日本科学技術連盟）	顧問	執行役員 品質管理部長	原 定昭
	東日本アレクサンダ・フォン・フンボルト協会	評議員	事業開発推進部	宮川 新平
	軽金属学会東海支部	評議員	生産技術研究所	金兒 龍一
	日本食肉生産技術研究組合	委員	事業開発推進部	宮川 新平
	中央職業能力開発協会	中央技能検定委員会（油圧装置調整）委員	事業開発推進部	中里 雅一

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

KYB技報 総目次 (第41号—第50号)

	号	号
【巻頭言】		
指導者の影響力……………	浅川 基男 41	
これからの企業の進むべき道とは? ……	齋藤 圭介 42	
バイオマス利用の課題と展開について…	牧 恒雄 43	
災害大国から防災大国へ……………	塚越 秀行 44	
産学共同研究の重要性とその成果……………	築地 徹浩 45	
産学連携について思うこと……………	藤田 隆史 46	
価値創造型「ものづくり」とトライボロジー…	佐々木信也 47	
人を育てる—エリートの一必要性—……………	正橋 直哉 48	
産学共同研究を成功させるには……………	加藤 邦人 49	
フルードパワーシステムの発展を願って…	香川 利春 50	
【ご挨拶】		
ご挨拶……………	白井 政夫 41	
KYB技報発刊50号にあたって ……	小澤 忠彦 50	
ご挨拶……………	白井 政夫 50	
【論 説】		
タイ、ベトナム、インドの特許制度に…	須藤 淳 43	
流体科学と情報科学の融合……………	早瀬 敏幸 46	
ものづくりとものがたり～ものづくり…	田中 豊 48	
に携わる人へのメッセージ～		
技術移転……………	牧野 圭祐 50	
【特別企画】		
KYBが目指す技術開発 ……	齋藤 圭介 50	
KYBグループにおける電子機器製品開	松田 宏平 50	
発と将来展望		
萱場資郎賞の40年と技術・製品の	吉本 勉 50	
変遷	清水 哲郎 50	
	小川 義博 50	
	宮 能治 50	
KYBグループにおけるモノづくり ……	片峯 稔 50	
【技術論文】		
ダンパ内蔵スタンションポールの開発…	青木 淳 41	
水圧用電磁比例弁の開発……………	吉田 太志 42	
	宮川 新平 42	
EPS用ウォームギヤの最適設計法 ……	伊藤 隆 45	
	吉川 真楽 45	
	塚本 修民 45	
	渡辺 博仁 45	
	河野 雄祐 45	
【技術解説】		
ハイブリッド建機用電動油圧省	江川 祐弘 41	
エネシステムの開発	川崎 治彦 41	
CAEと品質工学 ……	満嶋 弘二 41	
品質工学による電動モータのコギング…	亀田 幸則 42	
トルク低減		
自動車用MRダンパの開発 ……	斎藤 啓司 42	
IPMモータ設計のための解析技術……………	島田 美徳 42	
ハイブリッドシヨベルの動特性シミュ…	加藤 弘毅 43	
レーション		
工具寿命管理システムの開発……………	古川 輝 43	
	内藤 孝昌 43	
3.11東日本大震災と免制震オイルダン	露木 保男 44	
パ技術		
ハイブリッドシヨベル向けアシス	米原 康裕 44	
ト回生システムの製品化開発一回…	福田 俊介 44	
生性能向上—		
モデルベース開発手法を使ったIDC…	宮谷 修 44	
ECUの開発		
回転慣性質量ダンパの開発……………	岡本 真成 44	
	上妻 文英 44	
CVT用ポンプ組立工程の ……	保科 昭宏 44	
生産性向上活動	太平 雄士 44	
圧縮水素ガス用減圧弁……………	中村 善也 45	
シヨックアブソーバのトライボロジー…	加藤 慎治 46	
ダンパモジュール応答性解析に ……	荒野 誠 46	
よる減衰力チューニング技術開発	満嶋 弘二 46	
	馬場 富男 46	
小物シールの外観自動検査技術開発…	小木曾茂寿 47	
水圧電磁比例制御弁の開発と応用……………	吉田 太志 48	
誤圧を利用した工場環境影響度評価…	生駒 亮久 49	
ボールねじ設計評価技術の開発……………	河野 雄祐 49	
	小西 聖英 49	
KYBにおける低騒音化技術 ……	矢加部新司 50	
	鈴木 一成 50	
【教 室】		
粉末冶金技術講座(3)……………	佐藤 仁 41	
【製品紹介】		
2.4トン以下ミニシヨベル用 ……	松羅 公一 41	
ピストンポンプ	辻井 喜勝 41	
フリーロック……………	春原 英治 41	
	片原 伸郎 41	
	隅田 喜文 41	
	豊内 敦士 41	
小型ポンプ・HST ……	河野 義彦 41	
フォークリフト用センタシリンダ……………	中西 敦宏 42	
パドルシールドの開発……………	小高 宏幸 42	
斜板ピストンモータ MSFシリーズ ……	松坂 慶太 42	
東京スカイツリー用オイルダンパの紹介…	火箱 義文 42	
電子制御サスペンションシステム用減衰	米澤 和彦 42	
力可変シヨックアブソーバのバルブ改良		
デジタルサーボコントローラ7200……………	一箭 正 42	
電動アシスト台車「らくだ君」の開発…	関根 伸一 43	
電動2軸AMDの開発 ……	大野 大介 43	
レクサスLFA用シヨックアブソーバ…	辻 亘 43	
	米澤 和彦 43	
中間固定構造フロントフォーク……………	富宇賀 健 43	
KAAT神奈川芸術劇場の舞台機構設備…	副島 正浩 43	
油圧シヨベル用ホースラブチャバルブ…	竹内 亨 43	
(HRV-3)		
マイクロポンプの開発と課題……………	河野 義彦 44	
トラック用油圧パワーステアリングポ	山本 竜司 44	
ンプ「4KL5」の開発		
トンネル自動掘削システムの紹介……………	伊藤 禎浩 44	
電子制御ミキサ車「eミキサ」の ……	川島 茂 44	
モデルチェンジ	佐藤 晃彦 44	
小型シヨベル用ピストンポンプPSVL-	岩名地哲也 45	
84, PSVD2-42		
タワー型移動客席ユニットの開発……………	山本 勝弘 45	
BOEING787降着装置用アクチュエー…	能勢 卓磨 45	
タの開発		
Pneumatic Spring Fork (PSF) の開発…	新藤 和人 45	
油圧シリンダKCH森林機械への適用 ……	谷川 夏樹 45	
小型コントロールバルブCVS10の開発 ……	玉川 良太 45	
社内一貫生産ソレノイド……………	渡邊 健一 46	
高耐ノイズHUB ……	和田 宏志 46	
エコモード機能付きピストンポンプ…	長島 碧 47	
電動調整式FF&RCUの開発 ……	天野 祐希 47	
小型油圧シヨベル用コントロール…	福田 俊介 47	
バルブKVMM-80-Dの開発 ……	磯貝 弘毅 47	
バッテリーフォークリフト用ギヤボン…	島村 健幸 47	
プKFS24の開発		
インド向けミキサ車の開発……………	上條 崇史 47	
トンネル工事用エレクトラ装置……………	松井 渉 47	
海洋資源調査船搭載クレーンシステム…	勝井 宗一 47	
積載量感応SAの開発 ……	寺岡 崇志 48	
ダイレクト・アダプティブ・ステア	稲場 義昌 48	
リング向けステアリングギヤボックス…	柳生 貴也 48	
ス		
ドライブレコーダDRE-401の紹介 ……	一箭 正 48	
耐熱性を高めた排煙ダンパの開発……………	仙田 貴弘 48	
ミニシヨベル用ホースラブチャバルブ…	小池 史哲 49	
(HRV) の開発		
ADS (Aqua Drive System : 新水圧	大林 義博 49	
システム技術) の食肉加工機械への…	吉田 太志 49	
適用		
Pneumatic Spring Fork 2 (PSF2) の…	野口 寛洋 49	
開発		
非常・災害時用生活用水特化型浄水機 ……	三浦 健二 49	
じょ～助くん [®]		

	号		号
伸側超飽和減衰力速度特性バルブ…… { 三輪 昌弘 馬場 友彦	49	PC-CAE標準実行システムの開発…… { 渡辺 博仁 須田 大介	49
高性能EPS用ECUの開発 …………… 長江 功貴	50	GSM-生産関連システム連携 …………… 西尾 昭彦	49
高性能EPS用電動モータの開発…………… 黒川 芳輝	50	生産設備の待機エネルギー削減…………… 汐満誠一郎	49
周波数感応ショックアブソーバの 拡販への取り組み (大型車両への…… { 古田 雄亮 村田 貴夫 柴田 宜浩 適用) 萬谷 浩章	50	超大型油圧シリンダ用縦形ホーニング 加工機の開発 …………… 花田 祥浩	49
スーパースポーツ車用フロントフォー ク「AOSII」の開発 …………… 富宇賀 健	50	円筒型リアモータを用いた航空機向… 佐藤 浩介	50
ミキサ車アイドリングストップシス テム開発 …………… { 木本 恵介 高橋 良光	50	油圧ショベル用シリンダ変遷…………… 高井 靖仁	50
3軸起震装置の紹介…………… 有坂 尚	50	コントロールバルブ用バルブ…………… { 嘉数田隆昌	50
ピストンロッド内配管シリンダの開発… 上倉 定幸	50	ハウジング加工ラインの構築	
マイクロポンプユニット…………… 辻井 喜勝	50	計画通りに結果を出せる作業シミュ レーションの実践 …………… 岸本 素直	50
カートリッジバルブモジュールCVM・… { 山村 伸哲 小型コントロールバルブCVS 玉川 良太	50	岐阜東工場の構築について…………… 西森 康夫	50
【技術紹介】		EPS開発におけるISO26262対応への取 組み …………… 石末 郁人	50
二輪フロントフォーク組立ラインのセ ル生産 …………… 松久 隆司	41	大型ピストンロッド曲がり矯正機の開 発 300tonに耐え得る筐体設計 …… 井内謙太郎	50
3次元免震装置の開発…………… 鈴木太輝雄	41	EPS用ECU製造ライン構築 …………… { 長田修二郎 片柳 和幸	50
検査支援システムの開発…………… { 西尾 昭彦 田辺 憲一	42	【解説】	
ピストンラインの構築…………… 小野崎秀規	42	品質マネジメントシステム—航空宇宙… 宮崎 栄介	41
CVT用ポンプボディ加工 高品質高生 産性ラインの構築 …………… 松野下知広	42	一要求事項の概要	
ノロ掻きロボットの開発と圧漏れ不良… 上野 和生	42	TVC第2工場 立上げと現在の状況… { 山口 敏雄 河本 典世	41
低減活動		MMPの一貫生産体制の構築 …………… 神谷 悟弘	41
ADS (Aqua Drive System : 新水圧 システム技術) の食品加工機への適… { 大林 義博 宮川 新平	43	KYBにおける品質保証の実践例について… 松田 俊之	42
非接触トルクセンサの開発…………… 前原 秀雄	43	LT50活動の現状と今後について …… 遊佐 裕幸	43
正立アウターチューブ加工 高生産性… 安田 正志	44	サスペンション市場の将来動向予測… Pedro Armendariz Sanchez	45
コントロールバルブ270H系組立 …… { 川村 昌毅 ラインの構築 柿木裕一郎	44	制御サスペンションの変遷…………… 政村 辰也	47
ロクロ仕上げ機 (中少量品対応自動化… 村田 祐規	44	カヤバシステムマシナリー(榊舞台事業… 後藤 新平	47
事例)		の歴史と今後の展望	
中型ショベル用コントロールバルブ KVMMG-270-Eの開発 …………… 藤原 武	45	自動車業界での製品環境情報管理シス テムの取組み …………… 古賀 龍樹	47
二輪車フロントフォーク用アウト チューブの製造方法の変遷 …………… 金兒 龍一	45	新・水圧技術の技術開発と市場展望… 宮川 新平	48
自動車用セミアクティブサスペンシ ョンの車両制御則性能向上 …………… 窪田 友夫	46	ブランド価値の創造,発展に必要となる… 宮原 貴洋	48
コントロールバルブ270S系加工第2ラ インの構築 …………… 小沼 範夫	46	企業への取り組み	
ショックアブソーバ海外生産体制に… { 岡部 元樹 対応した最適設備調達 渡辺 健二	46	カヤバシステムマシナリー(榊舞台機構… 野口 信雄	49
コンパクト水性塗装装置の構築…………… { 木之本琢郎 亀野 翔太	46	制御の歴史	
中型油圧ショベル用コントロールバル ブKVMM-160-Bの開発 …………… 松浦 明夫	46	【随筆】	
ミニモーションパッケージ用440W電 動モータの開発 …………… 岡部 淳弥	46	中国農業機械展見学記…………… 西海 健一	41
バルブハウジング鑄物の引け巣予測技術… 横野 航太	46	欧州2拠点 (ドイツ・スペイン) 駐在… 津田 久史	41
農業機械用油圧機器の紹介…………… { 細川 尊 田中 大介	46	報告	
ハイブリッド建機用バッテリーシステ ムの開発 …………… 杉原 克道	47	InnoTrans 見学記 (国際鉄道技術専 門見本市) …………… 内田 勝	42
海水淡水化用動力回収装置…………… { 大林 義博 米川 典秀	47	ドバイ駐在記…………… 加藤 衛	43
自動車用ショックアブソーバのピスト ンロッド研削加工標準化技術 …… 吉田 浩充	48	中国無錫駐在記…………… 高山 晃一	44
KCLMライン整流化による生産性向上… 小嶋 正弘	48	ベトナム駐在記…………… 廣瀬 智史	45
コントロールバルブ用スプール加工ラ インの構築 …………… 一坂 幸和	48	ドイツ (デュッセルドルフ) 駐在記… 井出 典数	45
CVT用ペーンポンプ・ダイカスト …… { 西田 雅司 生産工程のグローバル展開 井戸田雄太	48	タイ駐在記…………… 中川 智行	46
		MINExpo2012見学記 (マイニング製 品総合展示会) …………… 船戸 泰志	46
		マレーシア駐在記…………… 水野 巖	47
		中国駐在記…………… 永澤 裕彦	47
		アメリカでの生活…………… 岡田 明人	48
		ドイツ・オランダ駐在記…………… 杉浦 毅	48
		スペイン (ビーゴ) 駐在記…………… 松本 晃	49
		チェコ駐在記…………… 工藤 浩一	50
		仏独今昔駐在運転紀行 フランス… 上村 叔人	50
		Rond-pointとドイツAutobahn	
		【特許紹介】	
		スプリングシート…………… { 今枝 久人 福島 優	41
		円筒部材の溶接方法…………… { 島津祥一郎 羽場 敬一	42
		ばね力調整構造…………… 中島 祐二	43
		車体姿勢制御装置…………… 小川 貴之	43
		漏れ検査装置および漏れ検査方法… 原田 耕太	43
		緩衝器の制御装置…………… 政村 辰也	44

	号		号
建設機械の動力装置	44	電動アシスト台車	50
揚艇装置	44	【紹介】	
特殊消防車両	45	KYB開発実験センターの紹介	43
ウォーム減速機及び電動パワー ステアリング装置	45	KAMSにおけるBMW社向け ショックアブソーバ組立ラインの 立上げ	44
樹脂成形体のめっき処理方法	45	KHIZにおけるMAG モータライン立上げ	44
フロントフォーク	46	相模工場における工場間物流の しくみづくり	45
単筒型液圧緩衝器	46	中国におけるベーンポンプ 生産工場の立ち上げ	47
ポンプ吐出量制御装置	46	KCPL設立の背景と製品紹介	49
トルクセンサ	47	CONEXPO2014出展 (国際建設機器見本市)	49
キャリブブレーキ装置	47	【用語解説】	
ブラシ付モータ	47	ウォームギヤ	45
歯車装置及び電動パワー ステアリング装置	48	ピストンポンプ	45
液圧シリンダ	48	ショックアブソーバの種類	46
破碎装置	48	ネガティブコントロールシステム	46
筒体の連結構造	49	二輪車のフロントフォーク	47
斜板式ピストンポンプ・モータ	49	ベーンポンプ、ギヤポンプ	47
海水淡水化装置	49	ラック&ピニオン、比ストローク、 ロック・トゥ・ロック、ラック推力	48
ピストンおよび緩衝器	50	二輪車のリヤクッションユニット	48
油圧制御装置	50	バトン、親迫り・子迫り	49
		スランプ	49
		EMC, EMI	50
		コギング	50

編集後記

この度、KYBは創立80周年を迎えると共に、KYB技報も記念となる第50号を発行することが出来ました。これは、これまでにKYB技報を支えて頂いた関係者方々の支援の賜物であり、改めて御礼を申し上げます。

本記念号では、特別企画として、『KYBグループにおける電子機器製品開発と将来展望』を掲載し、近年の製品における電子制御化への関わりを紹介すると同時に、EPS対応に関する具体的な製品や技術に関する記事を掲載し、KYB固有技術の幅が確実に広がっていることを紹介しております。

その一方、香川先生から寄稿して頂いた巻頭言にありますように、大学・高専等の教育機関のフルードパワー離れ及び社会のフルードパワーに関する認知度が低下と言った課題があり、技報の中でも、フルードパワーを取り上げた記事が少なくなっている傾向はあります。

しかし、フルードパワーはまだまだ発展途上であり、フルードパワー技術の深耕を愚直に実施していく必要があります。現在はまだ公開できませんが、KYBグループ内では、更なる弾込めを行っており、近い将来に紹介できる内容が多くあります。今後の技報に期待してください。

第39号から本第50号まで丸6年間、第10代編集委員長として、技報に大きな変化を付けたつもりではおります。まだまだ技報には成長すべき課題はありますが、ここは後輩に後を託し、本号を最後に引退します。最後に関係各位の長年のご支援に心から感謝申し上げます。編集後記とさせていただきます。(山之内委員長)

編集委員

◎山之内健司	執行役員技術本部技術企画部長	清水 将之	AC事業本部岐阜北工場生産技術部
松本 大輔	技術本部基盤技術研究所運動制御研究室	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	経営企画本部グローバル統轄部
馬場 克明	技術本部知的財産部	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	中良 栄達	人事本部
川口 善也	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	下浦 洋一	KYBエンジニアリングアンドサービス(株)品質管理部
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
吉本 勉	KYBモーターサイクルサスペンション(株)技術部	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50号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 2015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
(2005年10月1日よりカヤバ工業株式会社は
通称社名「KYB株式会社」を採用いたしました)
〒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・小石川

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。本号(2015年4月発行)から、より多くの方々にご覧いただくことを目的とし、弊社ホームページへの掲載を行っております。是非ご利用下さい。

なお、冊子の発行は従来通り行ないますので、こちらをあわせてご利用下さい。

〈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)

KYB株式会社

(2005年10月1日よりカヤバ工業株式会社は通称社名「KYB株式会社」を採用いたしました)

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号地	☎252-0328	☎(042)745-8111
生産技術研究所	神奈川県相模原市土田60番	☎509-0206	☎(0574)26-1453
KYB開発実験センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	
工機センター	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-5310
電子技術センター	神奈川県相模原市麻溝台一丁目12番地1	☎228-0828	☎(042)761-8145
名古屋支店	愛知県名古屋市中村区名駅三丁目11番22号 (IT名駅ビル)	☎450-0002	☎(052)587-1760
大阪支店	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号 (TEK第2ビル)	☎564-0063	☎(06)6387-3221
大福第二営業部	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
広島営業所	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
相模工場	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
熊谷工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号地	☎252-0328	☎(042)746-5511
岐阜北工場	埼玉県川口市土田2548番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
カヤバシステムマシナリー株式会社	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)	☎509-0206	☎(0574)26-2135
KYBトロンデュール株式会社	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-CADAC株式会社	東京都府中市相模原市精華町祝園西一丁目32番地1	☎949-5406	☎(0258)92-6903
KYB-KYB-KYB株式会社	長野県上田市塩川5473番地5	☎386-0401	☎(0268)35-2571
KYB-KYB-KYB株式会社	岐阜県下呂市金山町戸部字舟野4350番地の130	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYBモーターサイクルサスペンション株式会社	岐阜県下呂市金山町戸部字舟野4350番地の130	☎509-1605	☎(0576)35-2201
KYBエンジニアリング株式会社	長野県埴科郡坂城町坂城9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBシステムリット株式会社	岐阜県岐阜市土田2548	☎509-0298	☎(0574)27-1170
KYBロジスティクス株式会社	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
ジャパン・アナリスト株式会社	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1110
	岐阜県岐阜市土田1790番地	☎509-0206	☎(0574)26-6427
	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.
Godsweetersingel 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, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 511-88882357
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)-630-620-5555
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, 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, Brazil
TEL: (55) 41-2102-8200
FAX: (55) 41-2102-8210

KYB Suspansiyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret, A.S.
Reysas Lojistik içi Yukarı Kirazca Köyü Eskişehir cad. No: 21/A Arifiye/ADAPAZARI,Türkiye.
TEL: (90) 224-4429112
FAX: (90) 224-4429113

KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd.
Wei 3 Road 38, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 511-88891008
FAX: (86) 511-88886848

KYB Manufacturing Czech s.r.o.
U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06, Pardubice, Czech Republic
TEL: (420) 466-812-200
FAX: (420) 466-812-281

KYB Steering Spain, S.A.
Poligono Industrial de Iperategui No. 2, nave 12, 31160, Orocyen (Navarra), Spain
TEL: (34) 948-321004
FAX: (34) 948-321005

KYB Steering (Thailand) Co., Ltd.
700/460 Moo 7, T. Don Hua Roh, A. Muang, Chonburi 20000, Thailand
TEL: (66) 38-450076
FAX: (66) 38-454313

KYB (Thailand) Co., Ltd.
700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Park 2, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amphur Muang, Chonburi 20000, Thailand
TEL: (66) 38-469999
FAX: (66) 38-458331

KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd.
No. 493, Kuang Hsing Road, Pa-Teh City, Tao Yuan Hsien, Taiwan
TEL: (886) 3-3683123
FAX: (886) 3-3683369

KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd.
Plot 110-11-12, Thang Long Industrial Park, Dong Anh Dist., Hanoi, Vietnam
TEL: (84) 4-881-2773
FAX: (84) 4-881-2774

KYB Hydraulics Industry (Zhenjiang) Ltd.
Wei 3 Road 121, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 511-88897200
FAX: (86) 511-88897222

Takako America Co., Inc.
715 Corey Road, P.O.Box 1642 Hutchinson, KS 67504-1642, U.S.A.
TEL: (1) 620-663-1790
FAX: (1) 620-663-1797

TAKAKO VIETNAM Co.,Ltd.
27 Dai Lo Doc Lap, Vietnam Singapore Industrial Park, Thuan An Town, Binh Duong, Vietnam
TEL: (84) 650-378-2954
FAX: (84) 650-378-2955

Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.
No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 510-85280258
FAX: (86) 510-85280616

Vinh Phuc Jing 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.
Plaza de la Paz 100, Int. 101-A Col. Puerto Interior 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-Comnat Private Limited
845, GIDC, Industrial Area, Makarpura, Vadodara-390010, Gujarat, India
TEL: (91) 265-2647276
FAX: (91) 265-2630763

Changzhou KYB Leadruin Vibration Reduction Technology Co., Ltd.
19# Shunyu Road, New District, Changzhou, Jiangsu 212009, China
TEL: (86) 519-85967282
FAX: (86) 519-85105485

KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd.
Lot 8, Jalan Waja 16, Telok Panglima Garang, 42500 Kuala Langat, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
TEL: (60) 3-3122-6222
FAX: (60) 3-3122-6677

PT. Kayaba Indonesia
Jl. Jawa Blok ii No. 4, Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL: (62) 21-898-1456
FAX: (62) 21-898-0713

KYB CHITA Manufacturing Europe s.r.o
U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06 Pardubice, Czech Republic

PT.Chita Indonesia
Jl.Jawa Blok ii No.4 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) 21-6257-9001

KYB Asia Co., Ltd.
105/1-2 Moo 1, Bangna-Trad Road K.M.21, Srisajorakaeyai, Bangsaothong, Samutprakarn 10540, Thailand
TEL: (66) 27-400801
FAX: (66) 27-400805

KYB Middle East FZE
261819 LOB16-302 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 117393, Russia
TEL: (7) 495-781-88-52
FAX: (7) 495-781-88-53

KK Hydraulics Sales (Shanghai) Ltd.
A2913 The Place Tower, 100Zunyi Road, Shanghai 200051, China
TEL: (86) 21-6235-1606
FAX: (86) 21-6295-7080

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) 317-736-4618

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 AutopeÇas KYB do Brasil Ltda.
Rua Cyro Correia Pereira, 2400 Suite 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil
Tel: (55) 41-2102-8244

KYB China Analyst Co. Ltd
1st Floor, No. 12 Building, 2.5 Industrial Park, New Town Of Science and Technology, New Area, Zhenjiang, Jiangsu 212000, China
TEL: (86) -0511-88880691
FAX: (86) -0511-88880865

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

2015 おかげさまで創立80周年



KYB 株式会社

K
Y
B
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW

ISSN 1880-7410

KYB技報
APR. 2015 No.50

創刊25周年記念号



KYB TECHNICAL REVIEW NO. 50 APR. 2015

