

ISSN 1880-7410

KYB TECHNICAL REVIEW

KYB技報
OCT. 2015 No.51

K
Y
B
技
報



KYB TECHNICAL REVIEW NO. 51 OCT. 2015

KYB 株式会社

KYB

KYB株式会社

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

本社・営業 東京都港区浜松町二丁目4番1号 (世界貿易センタービル) ☎105-6111 ☎(03)3435-3511

基盤技術研究所 生産技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328 ☎509-0206	☎(042)745-8111 ☎(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	岐阜県岐阜市塩土田60番地	☎509-0206 ☎228-0828	☎(0574)26-5310 ☎(042)761-8145
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	☎450-0002	☎(052)587-1760
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)	☎564-0063	☎(06)6387-3221
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)	☎812-0013	☎(092)411-2066
福岡支店	福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目6番26号 (安川産業ビル)	☎430-0931	☎(053)454-5321
第2営業所	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)	☎732-0052	☎(082)567-9166
広島営業所	広島県広島市東区光町一丁目12番16号 (広島ビル)	☎252-0328 ☎369-1193	☎(042)746-5511 ☎(048)583-2341
相模原工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎2050	☎(0574)26-5111
熊谷工場	埼玉県深谷市長在	☎509-0297 ☎509-0297	☎(0574)26-1111 ☎(0574)26-2135
岐阜北工場	岐阜県岐阜市土田2548番地	☎509-0297	
岐阜南工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0206	
カヤバシステムシナリー株式会社	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	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)	☎949-5406	☎(0258)92-6903
KYB-CADAC株式会社	新潟県上田市長瀬浦3909番地	☎386-0401	☎(0268)35-2571
タカコ株式会社	京都府相楽郡精華町祝園西一丁目32番地1	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYB金山株式会社	岐阜県下呂市金井部字舟野4350番地の130	☎509-1605	☎(0576)35-2201
KYB-Y S株式会社	長野県埴科郡坂城町坂城9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBモーターサイクルスベンション株式会社	岐阜県岐阜市土田2548	☎509-0298	☎(0574)27-1170
KYBエンジニアリング株式会社	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
アンドサービス株式会社	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1110
KYBシステメリット株式会社	岐阜県岐阜市土田1790番地	☎509-0206	☎(0574)26-6427
KYBロジスティクス株式会社	東京都港区浜松町二丁目1番17号 (松永ビル)	☎105-0013	☎(03)3436-5660
ジャパン・アナリスト株式会社			

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.
Godsweerderinsel 77, 6041 GK Roermond, The Netherlands
TEL:(31)475-3863-53
FAX:(31)475-3863-40

KYB (China) Investment Co., Ltd.
Wei 3 Road 121, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China
TEL:(86)511-88882057
FAX:(86)511-88887615

KYB Americas Corporation (Indiana)
2625 North Morton, Franklin, IN 46131, U.S.A.
TEL:(1)-317-736-7774
FAX:(1)-317-736-4618

KYB Americas Corporation (Detroit Branch)
26800 Meadowbrook Road Suite 115 Novi, MI 48377, U.S.A.
TEL:(1)-248-374-0100
FAX:(1)-248-374-0101

KYB Americas Corporation (Chicago)
180 N.Meadow Road Addison, IL 60101, U.S.A.
TEL:(1)-630-620-5355
FAX:(1)-630-620-8133

KYB Suspensions Europe, S.A.
Ctra. Irurzun S/No, 31171 Ororbia (Navarra), Spain
TEL:(34)948-421700
FAX:(34)948-322338

KYB Advanced Manufacturing Spain S.A.
Poligono Industrial Perguita Calle B, No. 15, 31210 Los Arcos (Navarra), Spain
TEL:(34)948-640336
FAX:(34)948-640328

KYB MANDO do Brasil Fabricante de Autopecas S/A
Rua Francisco Ferreira da Cruz Street, No 3000, Fazenda Rio Grande, Parana, CEP83820-000 Brazil
TEL:(55)41-2102-8200
FAX:(55)41-2102-8210

KYB Suspansiyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret. A.S.
Reyssaş Lojistik içi Yukarı Kirazca Köyü Eskişehir cad. No: 21/A Arifiye/ADAPAZARI,Türkiye.
TEL:(90)224-4429112
FAX:(90)224-4429113

KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd.
Wei 3 Road 38, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China
TEL:(86)511-88891008
TEL:(86)511-88886848
KYB Manufacturing Czech s.r.o.
U Pansonuic 277, Stare Cvice, 530 06, Pardubice, Czech Republic
TEL:(420)466-812-200
FAX:(420)466-812-281

KYB Steering Spain, S.A.
Poligono Industrial de Ipertegui No. 2, nave 12, 31160, Orcoyen (Navarra), Spain
TEL:(34)948-321004
FAX:(34)948-321005

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

KYB (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 H10-11-12, 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)511-88892200
FAX:(86)511-88892222

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

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

Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.
No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 214028, China
TEL:(86)510-85280258
FAX:(86)510-85280616

Vinh Phuc Jing Long Industrial Co., Ltd.
Khái Quang Industrial Zone, Vinh Yen City, Vinh Phuc Province, Vietnam
TEL:(84)211-372-0146
FAX:(84)211-372-0147

KYB Mexico S.A. de C.V.
Circuito San roque Norte 300, Santa Fe II Industrial Park, 36275 Sian, Guanajuato, Mexico
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
702, 703, N.H.No.8, Por. Vadodara-391243, Gijarat, India
TEL:(91)265-2647276
FAX:(91)265-2630763

Chita KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd
No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan, Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China
TEL:(86)511-83172570
FAX:(86)511-83172590

Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd.
19# Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 21325, China
TEL:(86)519-85967282
FAX:(86)519-85105485

KYB-UUMW 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 Pansonuic 277, Stare Cvice, 530 06 Pardubice, Czech Republic

PT.Chita Indonesia

Jl.Jawa Blok ii No4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL:(62)21-89983737
FAX:(62)21-89983428

KYB Europe GmbH
Kimpler Str. 336, 47807 Krefeld, Germany
TEL:(49)2151-931430
FAX:(49)2151-9314320

KYB Latinoamerica S.A de C.V.
Blvd. Manuel Avila Camacho No.32, Int. 403, Col. Lomas de Chapultepec, Del. Miguel Hidalgo, DF, 11000, Mexico
TEL:(52)55-5282-5770
FAX:(52)55-5282-5661

KYB Trading (Shanghai) Co., Ltd.
B1008-1009 Far East International Plaza, No. 317 Xianxia Road Shanghai 200051, China
TEL:(86)21-6211-9299
FAX:(86)21-5237-9001

KYB Asia Co., Ltd.
105/1-2 Moo 1, Bangna-Trad Road K.M.21, Srisajorakaeyai, Bangsothong, 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 117993, 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)317-346-6719

PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia
Jl. Irian X Blok RR No. 2 Kawasan Industri MM2100, Desa Cikodokan, Kec. Cikarang Karab 17845, Kabupaten Bekasi, Indonesia
TEL:(62)21-29922211
FAX:(62)21-29922211

Comercial de Autopecas 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, 25 Industrial Park, New Town Of Science and Technology, New Area, Zhenjiang, Jiangsu 212000, China
TEL:(86)-0511-88880691
FAX:(86)-0511-88880865

Chita KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd
No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China
TEL:(86)511-83172570
FAX:(86)511-83172590

複写をご希望の方へ

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

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

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

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)について

直接、KYB(株)へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

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

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

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

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

KYB技報

第51号 2015-10

目 次

巻頭言

モノづくり設計の基本を再考する 長谷部光雄 1

ご挨拶

ご挨拶 中島 康輔 3

技術論文

プラズマ電解酸化処理したアルミニウム合金に対する代替潤滑油の摩擦低減効果 中瀬 拓也 4

技術解説

環境対応型ショックアブソーバ油としてのポリアルキレングリコール (PAG)
クリスティアン ショルツ 13

伊藤 義浩
比例ソレノイドに対する磁場解析を活用した吸引力特性の最適設計 弘中 剛史 23

島田 美穂
亀田 幸則

ロッドパッキンの外観検査技術の開発 中西 洋輔 31
工藤 賢司

製品紹介

移動体向け通信端末の開発 松島 英郎 38

用語解説

GPS, GLONASS, QZSS 上條 崇史 42

製品紹介

減衰力応答性改良バルブの開発 君嶋 和之 43
山中 賢
山本 直紀

随筆

タイ・マレーシア駐在記 神永 和人 47

製品紹介

トラクタ走行用マニュアルサーボ付きHST HVFD42Fの開発 稲田 隆則 55
三浦 拓也

用語解説

HST 河野 義彦 59

製品紹介

自転車4軸振動試験装置 小原 英洋 60

DRE-401 ワーニングマップの開発 金井 昭文 64

技術紹介

ハンディターミナルを用いた部品・製品入在庫システムの開発 内藤 孝昌 68

紹介

中型KCHシリンダ インドネシア工場の立ち上げ 山内 一志 73

随筆

日出づる国での発見 クリスティアン ショルツ 79

特許紹介

85

編集後記

(表紙写真 (表) : HVFD42F(開発品) [P.55参照], (裏) : 自転車用ロードシミュレータ [P.60参照])

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 51 OCT. 2015

CONTENTS

Foreword

Reconsidering the Basics of Manufacturing Design Mitsuo Hasebe 1

Greetings

Greetings Yasusuke Nakajima 3

Technical Article

Friction Reduction Effect Through Alternative Lubricants on Aluminum Alloy Coated via Plasma Electrolytic Oxidation Takuya Nakase 4

Technology Explanation

Polyalkylene Glycol (PAG) as Environmentally Acceptable Shock Absorber Oil Christian Scholz 13
Yoshihiro Ito

Optimal Design of Magnetic Attractive Force Characteristics by Utilizing Magnetic Field Analysis for the Proportional Solenoid Tsuyoshi Hironaka 23
Miho Shimada

Development of Visual Inspection Technology for Rod Packing Yukinori Kameda 31
Yosuke Nakanishi
Kenji Kudo

Product Introduction

Development of Communication Terminal for Vehicles Hideo Matsushima 38

Glossary

GPS, GLONASS, QZSS Takashi Kamijou 42

Product Introduction

Development of Valve with Improved Damping Force Responsiveness Kazuyuki Kimishima 43
Ken Yamanaka
Naoki Yamamoto

Essay

Memories of Thailand and Malaysia Kazuhito Kaminaga 47

Product Introduction

Development of HVFD42F Hydrostatic Transmission with Manual Servo Regulator for Tractors Takanori Inada 55
Takuya Miura

Glossary

HST Yoshihiko Kawano 59

Product Introduction

Bicycle 4-Axis Vibration Tester Hidehiro Obara 60
Development of Warning Map for DRE-401 Akifumi Kanai 64

Technology Introduction

Development of Parts/Product Storage and Retrieval Management System Using Handy Terminal Takayoshi Naito 68

Introduction

Start-up of Indonesian Factory for Midsize KCH Cylinders Kazuyuki Yamauchi 73

Essay

Discovering the Land of the Rising Sun Christian Scholz 79

Related Patents

Takashi Kamijou 85

Editors Script

(Cover Photograph: The HVFD42F (Development article) [see p.55], Road Simulation for Bicycle [see p.60])

モノづくり設計の基本を再考する

長谷部 光 雄*



1. モノづくりの使命を忘れている

モノづくり企業の使命は、高い機能を持つ製品を安定した品質で社会に供給し続けることである。そのはずであるが、多くの企業の製品開発をお手伝いしていると、この当たり前のことを忘れていてのではないかと思う場面に出くわすことが意外に多いのである。

筆者が一番問題だと思う例は、製品の不具合問題の発生時に、多くの技術者が問題現象の発生メカニズムの解明に血眼になってしまい、肝心の対策が遅れてしまうケースである。

メカニズムを解明することは、お客様に良い品質の製品を届けるための活動であり、それほど悪いことには見えない。そう思っていないだろうか。そう感じた読者は、成功体験の常識に毒されている。

何故か、ビジネス環境が大きく変わって、開発スピードの向上が求められている状況で生き残るには、従来の成功体験は捨て去るべきだというのが、主張したいポイントだからである。

2. メカニズム解明は手段の一つに過ぎない

詳しく説明しよう。製品でトラブルが起きた場合、その原因を追究し発生メカニズムを解明しなければ、問題の根本的な解決はできないと考えている技術者は意外に多い。一見するとこの考え方は当然のように思えるが、よく考えてみるとメカニズム解明は、有効な対策案を見つけ出すための一手段に過ぎないことに気付く。しかも、効率があまり高くない手段である。

理論追求が目的の科学の世界では、確かに論理的なメカニズム解明は推奨される。しかし、モノづくりが目的の工学の世界では、効率や合理性の方がより強く求められるはずだ。

不具合発生メカニズムを解明しても当たり前の現象が明らかになるだけで、対策がないという壁に

ぶつかることがある。たとえば部品が摩耗したり汚れるのは、当たり前の自然現象であり、現象自体を防ぐことは至難の業だ。

しかし工業製品として実用化するには、それらの現象が起きても製品の機能や品質に悪影響がないように、事前に対策しておかなければならない。そのために創造的な工夫を考え出すのが、本来のモノづくり設計者の使命である。

つまり、原因追及やメカニズム解明は、対策のアイデアを引き出す「きっかけ」に過ぎず、設計者・技術者の本来の使命は、従来の常識には存在しなかった独創的なアイデアを考え出し、具体的に実現することなのである。

QCDのバランスが重要である製品開発においては、論理による一点突破型の科学的思考法は効率が悪い。モノを作り上げる工学的的方法論には、論理追求とは異なる実践的なアプローチが重要となる。

歴史的に有名な例で、工学の重要性を説明しよう。科学者でなかったライト兄弟が、飛行機の開発者として成功した本当の理由をご存じだろうか。

3. ライト兄弟の実践的アプローチ

ライト兄弟がエンジンを載せて初飛行に成功したのは1903年である。そのわずか二年前に、「人間はこれから1000年たっても、空を飛べないであろう」と飛行機開発の難しさを嘆いていたそうである。

つまりライト兄弟の成功は、たった二年間で成し遂げられたということである。では、その二年間で何を行ったのか。その工夫の内容は、意外に知れていない。

空を飛ぶことは、人類の長い間の夢であった。ライト兄弟より前には、ベルリン工大卒のオットー・リリエントールがハンググライダーで10年以上も実験をしていた。そして基本的な飛行理論はすでに確立されていた。彼が飛行実験中に墜落死した後は、アメリカの科学者ラングレー教授が、スミソニアン協会の支援で華々しく開発を続けていた。

*のっぽ技研代表

飛行機開発の主役が科学者だった時代のライト兄弟が、上記の言葉を吐いているのである。つまりリリエントールやラングレーら科学者が、数十年にわたって導き出した飛行理論や実験方法では、飛行機の実用化はできないと気付いていたのである。

では、高校も卒業しておらず飛行理論の素人であった彼らは、一体どうやったのか。なんと風洞実験装置を開発したのである(図1)。史上初である。

それまでの実験は、模型に糸を付けて、ぐるぐる振り回す方法が一般的だったらしい。その後に実際の飛行試験である。しかし、これでは飛行の安定性に関する細かい設計情報を得ることは難しい。実用的な設計を行うには、小さくても模型を固定して観察できる風洞実験装置が必要だったのである。

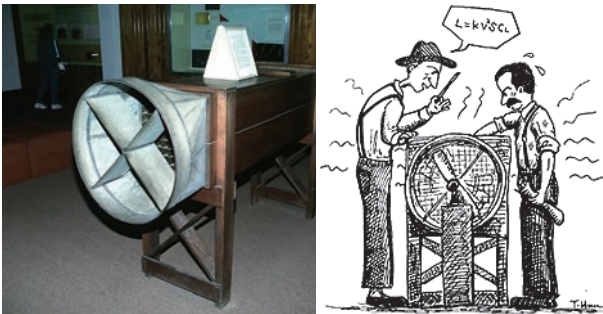


図1 風洞の復元モデル¹⁾

兄弟は、この風洞にミニチュアの翼を設置して観察した。そして揚力係数と抗力係数を測定し、迎え角の最適化やアスペクト比やキャンバーなどに工夫を追加した。飛行の安定性に最適な翼の形を追求したのである。

最初の一年で風洞装置の製作と実験、さらに設計のパラメータを最適化したグライダー模型での飛行試験をこなした。そして二年目に、エンジンを載せて人間が乗ることが出来る飛行機を作り、年末の初飛行までを一気に成功させたのである。

それまでの数十年の飛行機研究の期間に比べれば、驚異的な開発スピードだ。しかも、その後の発展も急激だ。初飛行に成功した10年後の1914年に、第一次世界大戦が勃発している。その時すでに量産体制が確立されており、複葉の戦闘機が配備されているのである。

このような産業としての急速な発展の秘密が、風洞という初期の実践的なアイデアにあることは疑いない。モノづくりの立場では何を重視すべきかを考

えさせる話である。

4. 必要なデータを入手する工夫と創造力

飛行理論だけでは、安全に飛べない。安心して乗れる実用的な飛行機には、様々な状況変化に対応できる細かな設計の工夫(たとえば失速を防止する翼のひねり機構など)が必須である。

実用化を狙う研究で重要な点は、実験方法つまり必要なデータの入手法であることを、ライト兄弟の風洞は教えてくれた。

どんな工業製品でも、実用化されれば様々な状況に遭遇する。温度や湿度の環境変動、部品や材料のばらつき、予想外の使い方、長期間の使用による劣化などだ。

これらすべてに対策を行うことは、理論だけでは不可能である。条件の組み合わせが多く複雑すぎるため、検討に時間がかかりすぎるからだ。限られた開発期間内に、関連する多くのデータ(設計に必要な情報)を収集するには、風洞実験のような実践的な工夫の方が重要なのである。

モノづくりに科学的アプローチの思想を導入すると、ライト兄弟以外の飛行機開発者のように効率が悪くなる。論理性を重視する科学と、創造性を重視する工学とでは、方法論が全く異なることに注意してもらいたい。

モノづくり企業にとって重要なのは、組織存続のための収益確保であり、そのために欠かせないのは製品開発である。したがって製品だけでなく、開発行為自体のQCDパフォーマンスも最重要となるはずである。効率的な開発体質を作ることが、技術力を高め企業の競争力を作り上げるのである。

最後になったが、KYB社内の一部で活用されている品質工学は、品質管理の考え方とは全く異なり、製品開発(もちろん工法開発も含む)のコストパフォーマンスを向上させる工夫や考え方であることを紹介しておく²⁾³⁾。

参考文献

- 1) Webサイト「ライト兄弟の秘密」<http://wetwing.com/wright/windtunnel/windtunnel.html>
- 2) 長谷部光雄, 「技術にも品櫃がある」、日本規格協会刊, 2006年
- 3) 長谷部光雄, 「ベーシックタグチメソッド」、日本能率協会マネジメントセンター刊, 2005年

ご挨拶

代表取締役社長執行役員 中 島 康 輔



このたび、社長としてKYBグループの舵取りを担うにあたり、KYBグループが企業価値を高め、国内外のお客様に信頼されて更に成長していくための重要課題とその対処について、述べさせていただきます。

1. お客様のご期待にお応えする「現場力」

まず、お客様のご期待にお応えするためには、市場におけるポジショニングをしっかりと把握するとともに、お客様のニーズにスピーディかつタイムリーにお応えしなくてはなりません。そのためには、「現場力」を高めることが重要であると考えております。これまで以上に様々な現場において改善を可能とする「現場力」を、グローバルレベルで高めていくことが必要です。

2. たゆまぬ製品開発とモノづくり力の向上

世界中のお客様からのご期待にお応えするために、従来から保有するKYBのコア技術の深耕に加え、今後はこれまで以上に、電子技術を駆使した「システム化」や「モジュール化」の開発を強化し、たゆまぬ製品開発を行ってまいります。これを継続することで世界中のお客様の信頼を獲得していきたいと考えております。

その取り組みの一環である事例をご紹介しますと、2015年4月にシステム実験棟が本格稼働し、テストコース、電子実験棟とを合わせてKYB開発実験センターとして体制整備を図りました。自前のテストコースと同敷地内に実験設備を有することで、円滑な技術・製品開発が可能になるという強みを活かし、お客様に対してスピーディかつタイムリーに技術や製品をご提案でき、受注獲得につなげていくことができます。

また、モノづくりではコンパクトで高効率革新ラインの構築を行うとともに、リードタイム半減(LT50)活動を海外拠点へ展開することで、グローバルで成果を獲得し、また、お取引先様とも一体となって活動を進めております。

3. 人財育成・マネジメント

KYBはモノづくりを牽引する技能集団と、グローバルな視点や思考をもって行動できる人財の育成に継続して取り組んでおります。

国内外において経営者候補の早期育成に注力するとともに、KYBのコア技術や技能を再設定し、マイスター（工師）として技能継承を進めます。また、グループ共通の評価制度や国際間異動ルールづくりなどの人事諸制度改革も引き続き進めてまいります。これにより、グローバルでの幅広い市場へ向けた製品開発に取り組むことができます。

4. KYBグループの企業価値の向上

先に述べましたように、お客様からの信頼獲得を進めると同時に、経営環境の変動に対して、アクセルとブレーキを効かせられる体質になっていることも重要です。また、一人ひとりが会社や社会のルール・決まり事を守り、何事に対しても、誠実で思いやりのある対応を心がけることが、組織全体の成果や対外的な評価として表れていきます。このようにして、KYBグループの企業価値を高めることで、全てのステークホルダの皆様への継続的な成長に貢献できるものと信じております。

また、経営を担う立場として利益確保に注力し、2014年度から2016年度までの3年間を対象とする中期経営計画で掲げた「KYBグループ機能一体活動により、世界のお客様の信頼獲得と受注」の達成に向けて歩んでまいります。

KYBは本年10月1日に登記変更を行い、2005年10月から採用してまいりました通称社名の『KYB株式会社』が正式社名となりました。今後、新社名でお呼びいただくとともに、今までと変わらぬご愛顧をお願いする次第であります。

以上、社長就任にあたってのご挨拶とさせていただきますが、KYBグループの技術者達とも活発な議論を交わし、全員で改善と改革を進め、世界中のお客様からの信頼獲得に向けて、邁進していく所存でおります。

Friction Reduction Effect Through Alternative Lubricants on Aluminum Alloy Coated via Plasma Electrolytic Oxidation

プラズマ電解酸化処理したアルミニウム合金に対する 代替潤滑油の摩擦低減効果

Takuya NAKASE

中 瀬 拓 也

要 旨

昨今ますます関心が高まる環境保護の観点から、油圧機器においても技術革新が要求されている。材料技術において、有害物質による環境汚染対策には作動油を生分解性や無毒性を有する環境対応型作動油 (EALs) へ代替する事、CO₂排出削減対策には鉄鋼系材料から軽量材料への転換が考えられる。ところが、鉄鋼に対する潤滑油は長年研究されてきているが、軽量化が期待できるアルミニウム合金に対する研究事例は圧倒的に少ない。例えば、プラズマ電解酸化 (PEO) 処理をアルミニウム合金に施すと飛躍的に耐摩耗性が向上するが、PEOとEALsの相互作用に関する系統的評価はなされていない。以上のようなEALおよびアルミ摺動部材の組み合わせを使用した油圧機器の開発が予想されることから、これらのトライボロジー特性を把握しておくことは意義のあることである。

本報では、EALs (代表的な摩耗防止剤を混合したポリアルキレングリコール (PAG) やTMPエステル) 潤滑下における、PEO処理されたアルミニウム合金の摩擦摩耗特性について述べる。PEOに対するEALsの潤滑性は、ポリアルファオレフィンに最も広く使われる摩耗防止剤ZnDTPを添加した混合油より優れた結果が得られた。

Abstract

From the view point of the environmental protection, technical innovation for our hydraulic component is required as well. Focusing on material techniques, environmentally acceptable lubricants (EALs) and light weight material would be applied for new design hydraulics, in order to protect the environment against oil spill or leakage and to reduce CO₂ emissions. Many researchers have been studying lubricants on steel for many decades, however the lubrication research on light weight materials (e.g., aluminium alloy) is very limited. For example, novel surface treatments using plasma electrolytic oxidation (PEO) technique significantly improves wear resistance of aluminium alloys, however systematic study on the interaction of EALs lubricating aluminium alloy coated by PEO remained so far limited. Since a hydraulic system using PEO and EAL is expected, it is essential to investigate the tribological properties of such material combination.

In this paper, the friction and wear properties of an aluminium alloy coated by PEO under lubricating with EALs (polyalkylene glycol (PAG) or TMP-ester additivated with common anti-wear additive) are reported. The lubricity of the EALs on the PEO was better than polyalphaolefin with ZnDTP.

1 INTRODUCTION

Hydraulic fluids/lubricants are an element of mechanical parts and they are composed of base oil and various additives. The lubricating mechanisms have been studied for many decades mainly for frequent materials used in industries such as steel and cast iron. A well-known anti-wear additive is zinc dialkyldithiophosphate, which most effectively prevent wear of sliding parts¹⁾. Recently, due to the environmental issues, functional additives with low aquatic toxicities are required for environmentally acceptable lubricants (EALs) in order to develop new lubricant technologies²⁾³⁾ with equivalent performance. In the aim of promoting and distinguishing EALs from “classic” lubricants, environmental labels are used (Fig. 1). In order to meet the environmental criteria, esters are commonly used as base oils, which are ready (ultimate) biodegradable and less toxic to aquatic species. Polyalkylene glycols (PAGs) are also used in specific applications and meet the eco-tox criteria. The functional and environmental profile of PAGs can be individually tailored through the backbone of the base oil molecule⁴⁾.



Fig. 1 Environmental labels

In mechanical parts, various materials are used like steel, aluminium alloys, titanium alloys, polymers and their composite materials, and so on. Except for steel, aluminium alloys are most commonly used light-weight material, which possesses excellent mechanical and physical properties for machine parts. However, aluminium alloys are soft and limited due to the poor wear resistance. When aluminium alloy is requested as sliding material, anodic oxidation processes can be applied. For further high wear resistance, the novel plasma electrolytic oxidation (PEO) represents an additional option. The PEO can increase surface hardness of aluminium alloys up to HV2000⁵⁾ by forming a dense and thin nano-

crystalline alumina-type ceramic film. In general, alumina is chemically stable against most liquids, whereas it might specifically interact with polar molecules of lubricating oils due to its ionic bonding⁶⁾.

The aim of the present study was to investigate influence of EALs on aluminium based alloys to identify candidates for high loaded sliding parts under boundary lubricating condition. In this paper, the effect of formulated oils with typical anti-wear additives on tribological properties of PEO film on A6061 alloy will be discussed.

2 EXPERIMENTAL

2.1 Lubricants

A polyalphaolefin (PAO), a polyalkylene glycol (PAG) and a trimethylolpropane ester (TMP) were used as base oils for test formulations used in this study. The same ISO viscosity grade (ISO VG46) was selected for all base oils.

Esters and polyglycols contain molecular oxygen. TMP has three ester bonds (-COO- in triesters), which are located mainly in the center of the molecule. In contrast, polyglycols have an “ether” link (C-O-C), e.g., an oxygen polarity, in each monomer of the whole backbone. Consequently, it is likely that the polarities of the ionic bonds of the alumina will interact with the polarities of the oxygenates in the backbones of the esters and polyglycols.

In order to investigate the effect of additives, a widely used anti-wear additive zinc dialkyldithiophosphate (ZnDTP) and an organic sulfur containing additive dibenzyl disulfide (DBDS) were selected and blended each by 1wt-% into the three base oils to make 6 different

Table 1 Oil samples

Code	Base oil	+ZnDTP	+DBDS
PAO	PAO	-	-
PAG	PAG	-	-
TMP	TMP	-	-
PAO+Zn	PAO	+1wt.-%	-
PAG+Zn	PAG	+1wt.-%	-
TMP+Zn	TMP	+1wt.-%	-
PAO+S	PAO	-	+1wt.-%
PAG+S	PAG	-	+1wt.-%
TMP+S	TMP	-	+1wt.-%

additivated test formulations (Table 1).

2.2 Plasma electrolytic oxidation coatings

A plasma electrolytic oxidation (PEO) coating was deposited on A6061-T6 by Keronite International Ltd. The thickness of the as-deposited film was approximately 45 μm . The polished disks were used for tribological tests. The surface roughness and thickness of the film after the polishing are listed in Table 2.

Table 2 Plasma electrolytic oxidation coating

Coating	Phases	Hardness [GPa]**	Thickness [μm]	Roughness Ra [μm]
PEO	$\alpha/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3^*$ polished	6.9	32	0.30

*Characterization from XRD

** by Fischerscope at 1000 mN

2.3 Friction and wear evaluation

A roller-on-disk oscillating tribo-test (SRV[®]) was made to evaluate friction and wear behavior, according to DIN 51834-4. The test condition is listed in Table 3. Specimens were ultrasonically cleaned with petroleum spirit. A roller made of bearing steel (SUJ2) was fixed with a holder, where the roller was deflected by 10° to the oscillating direction (Fig 2). Disk was made of A6061-T6 aluminium alloy coated by the PEO. Lubricant was dropped onto lower disk specimen and formed a meniscus at the edge of the roller. The normal load was controlled by electric motor. The averaged coefficient of friction (COF), maximum COF and several friction hysteresises were recorded during the test by a digital data

Table 3 Test condition

Normal load [N]	50
Frequency [Hz]	50
Temperature [°C]	80
Test duration [min]	120



Fig. 2 Standard inclined roller in SRV[®] tribometer

acquisition system. After the test both upper and lower specimens were cleaned with the petroleum spirit. The wear scar on the roller was measured with an optical microscope and the disk with a profilometer.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Wear

Fig. 3 shows the result of wear evaluation by the standard inclined roller SRV[®] test in steel/PEO lubricated with the various oils.

The wear rates of SUJ2 rollers were in the order of $10^{-7}\text{mm}^3/\text{Nm}$ and one order of magnitude higher than that of disks due to the contact geometry. The lowest wear rate on roller was obtained for PAO+Zn. PAG base oil also showed comparatively low wear on roller. DBDS, as a sulfur carrier, tended to increase in all base oils the wear on roller.

The wear on the PEO disk was very low regardless of the lubricant type, especially extremely low wear rates of less than $10^{-8}\text{mm}^3/\text{Nm}$ were obtained when lubricated by TMP series.

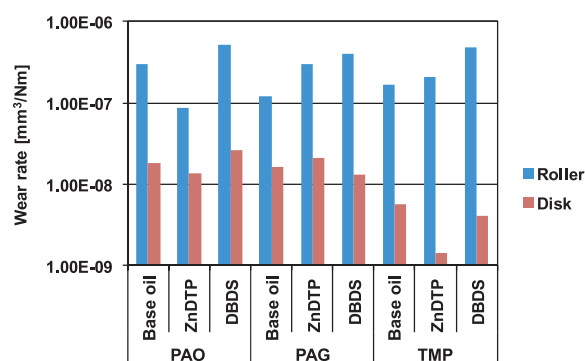
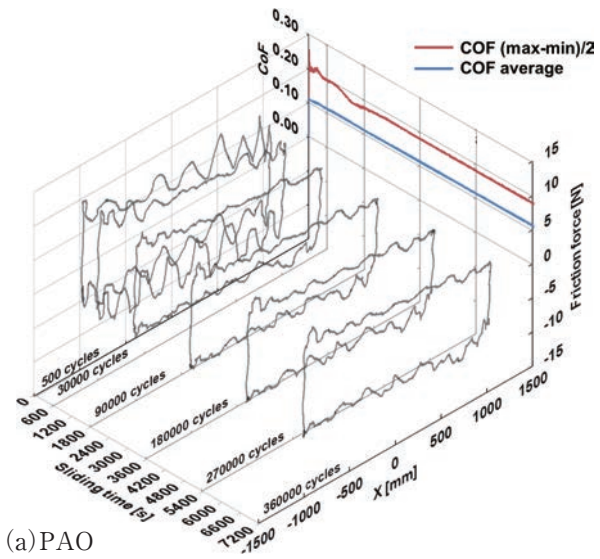


Fig. 3 Wear rate of PEO coatings

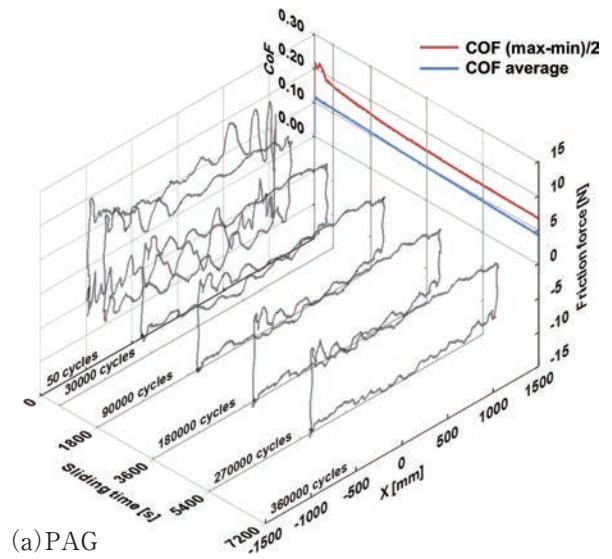
3.2 Friction behavior

Friction behavior was much more influenced by the additives. Fig. 4 to Fig. 6 show the evolution of COF as function of stroke position (as hysteresis) over sliding time for PAO, PAG and TMP blended oils, respectively.

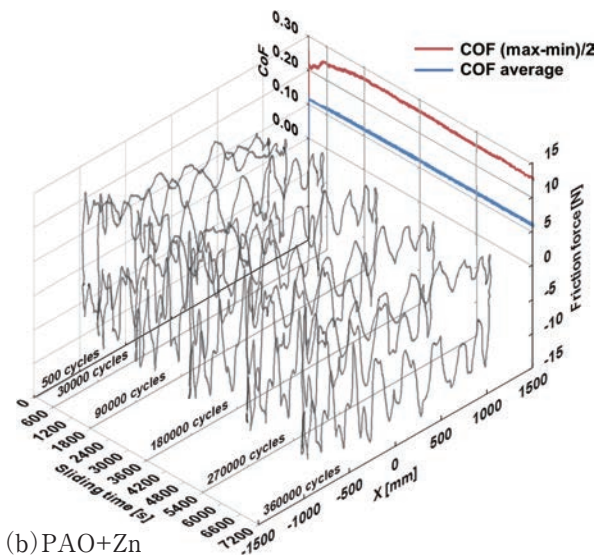
The COF of PAO base oil was initially approximately at 0.11 and slightly increased by sliding time. ZnDTP increased friction for PAO and PAG (average COF of 0.12 and fluctuated friction hysteresis), but did not influence friction



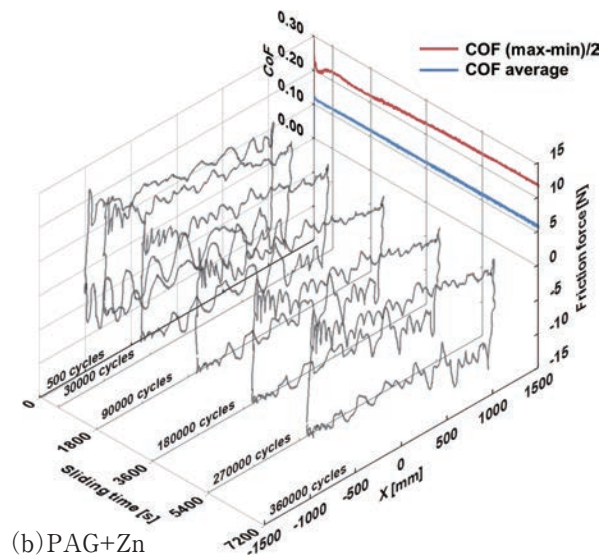
(a) PAO



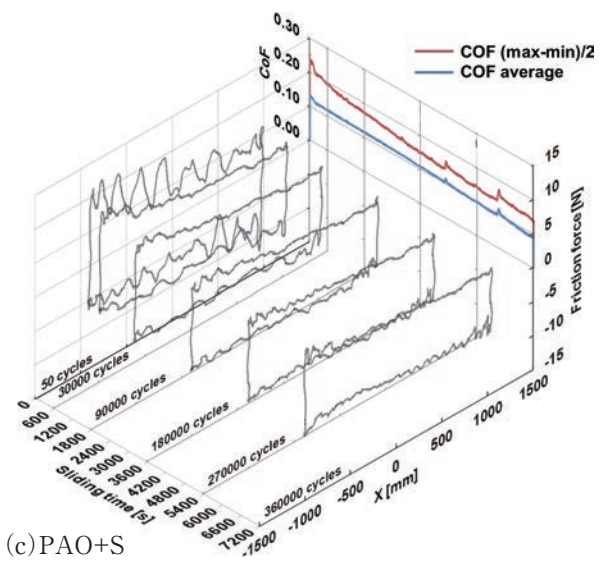
(a) PAG



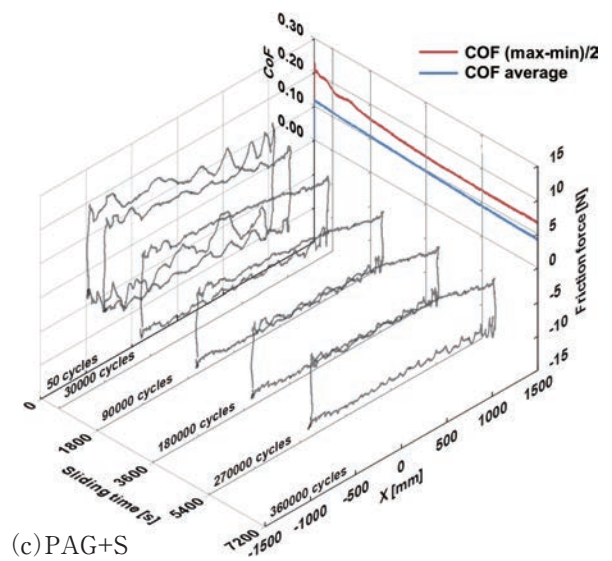
(b) PAO+Zn



(b) PAG+Zn



(c) PAO+S



(c) PAG+S

Fig. 4 Friction behavior of PAO blended oils

Fig. 5 Friction behavior of PAG blended oils

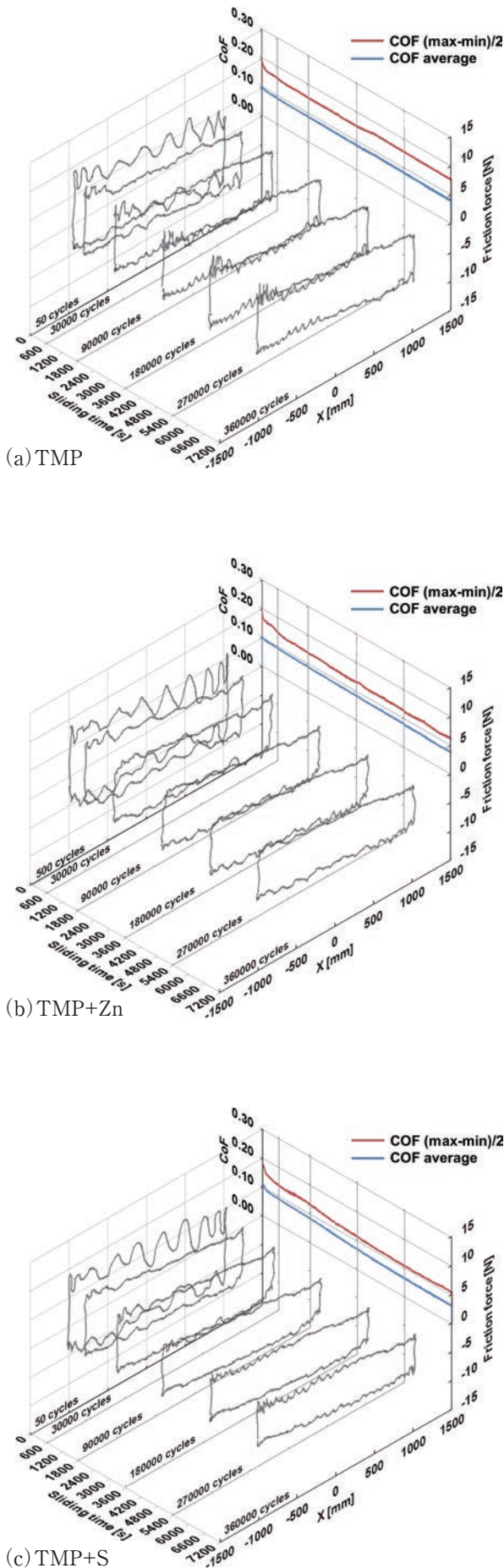


Fig. 6 Friction behavior of TMP blended oils

in TMP. DBDS had a friction reduction effect for all base oils after rubbing for 2 hours, but initial COFs were higher than that of the base oils.

The lowest COF at test end was found with TMP+S combination. TMP+S showed 45% lower friction in comparison to PAO+Zn (reference). Furthermore, a positive effect with regard to friction behavior could also be achieved by oil formulation of PAG+S which showed 30% lower friction than the reference oil.

3.3 Tribochemistry of the blended EALs in SUJ2/PEO system

The anti-wear mechanisms of ZnDTP and DBDS have been studied by many researchers in hydrocarbon base oils, such as mineral oil and PAO for steel/steel tribosystem. Tribochemical reaction will build tribofilms composed of complex reaction products from additives and surface oxides. The tribofilm will protect the sliding surface and improve wear resistance and may reduce friction. In order to produce tribofilms, additive must initially adsorb onto the surface. When a polar base oil is used as carrier fluid, the base oil and the additive will compete with each other. Consequently, base oils with higher polarity showed different wear and friction behavior by use of steel/PEO in the present study.

Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX) analysis on wear scar was conducted to understand the mechanism. Tribofilms from ZnDTP can be detected through zinc, phosphorus and sulfur, whereas the metal-free DBDS only through sulfur. These elements are not present either in the tribomaterials or the base oils.

Observing the wear track of the SUJ2 roller lubricated with PAO base oil (Fig. 7 (a)), micro-damage and oxidation were detected which can be the evidence of the relative high friction and adhesive wear. This may cause seizure when more severe contact condition is applied. The addition of ZnDTP into PAO prevented such micro-damage by tribofilm formation containing Zn, P and O, whereby the friction value was at the highest level. Smooth sliding surfaces with sulfur containing film were yielded by PAO+S. Additionally, the friction was reduced.

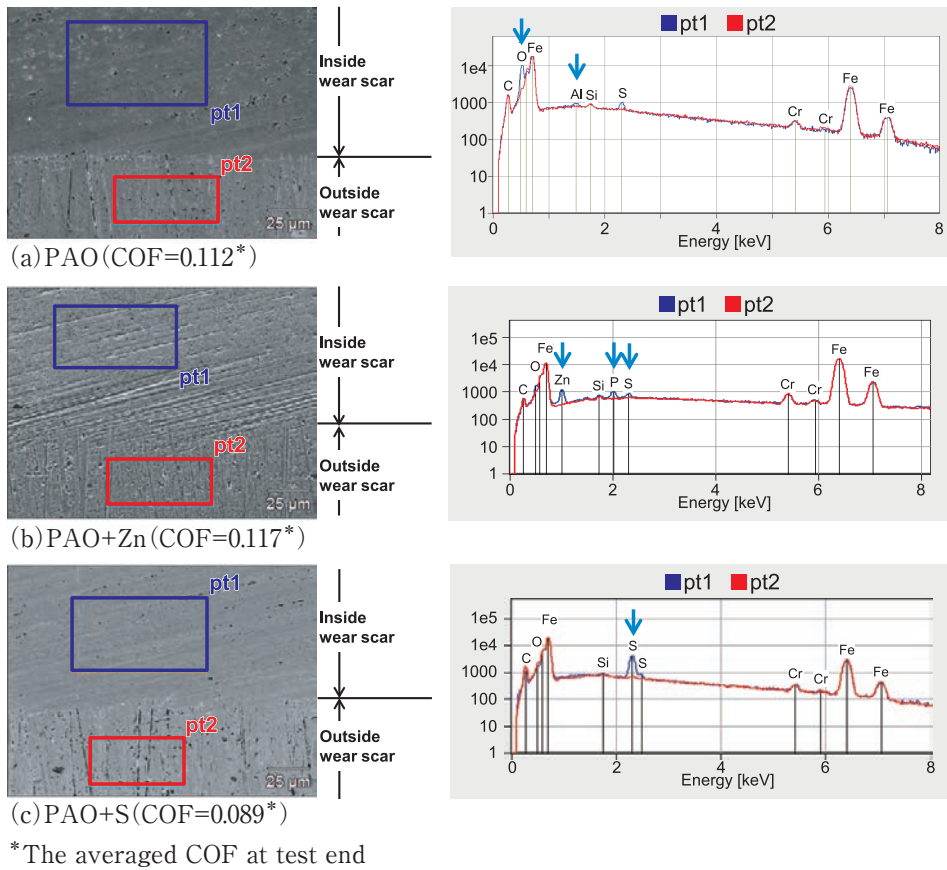


Fig. 7 SEM image and EDX spectrum on SUJ2 roller lubricated with PAO blended oils

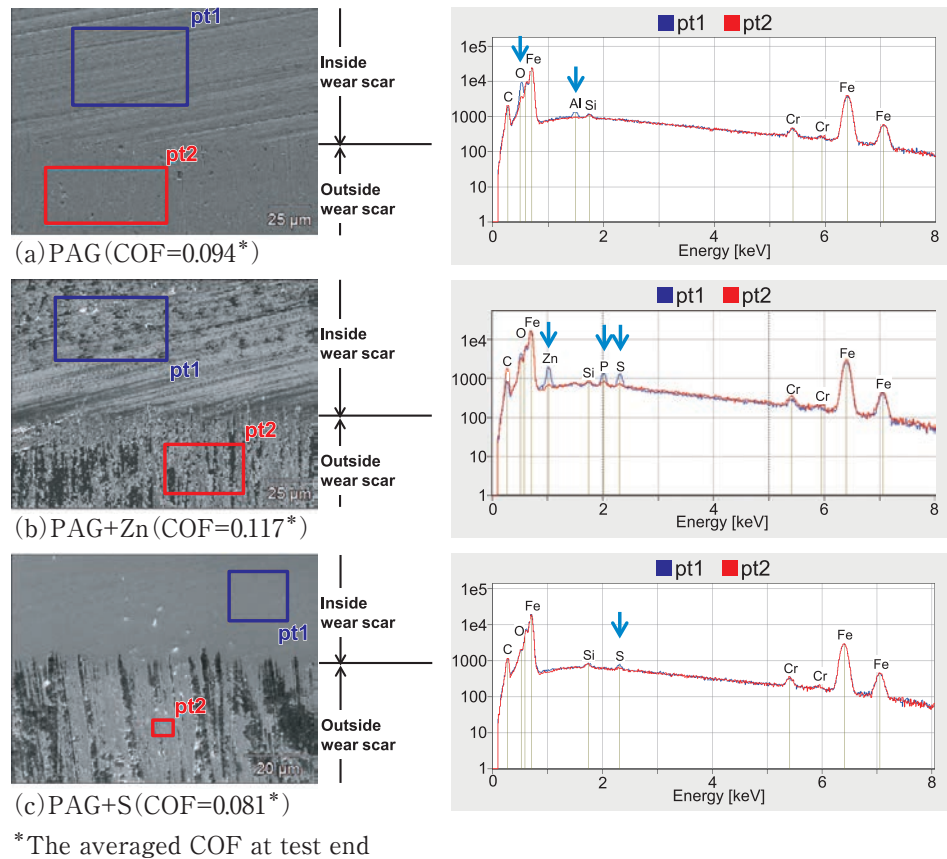


Fig. 8 SEM image and EDX spectrum on SUJ2 roller lubricated with PAG blended oils

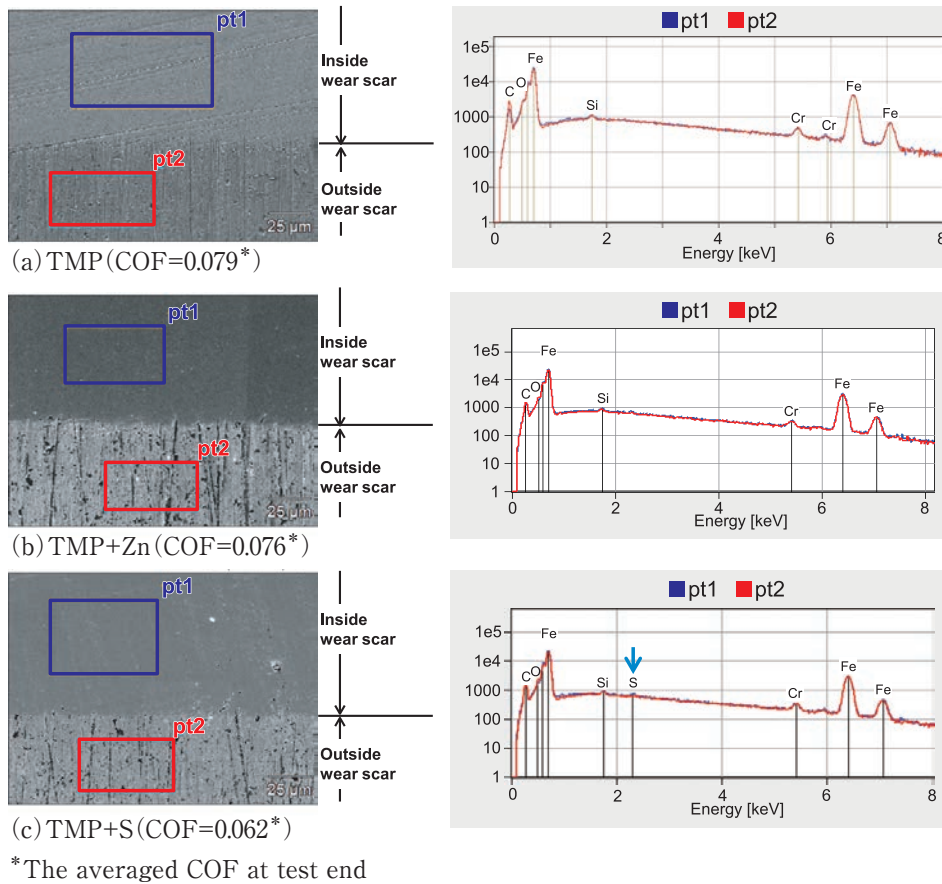


Fig. 9 SEM image and EDX spectrum on SUJ2 roller lubricated with TMP blended oils

It was expected, that due to the polarity of PAG and TMP, the PEO sliding surfaces were to protect against wear. Fig. 8 (a) shows that PAG base oil lubricated the surface better than PAO base oil, as less or no micro-damage was observed on the wear track of the SUJ2 roller. TMP ester provided much smoother sliding surface as shown in Fig. 9 (a). For this reason, PAG and TMP are also used as lubricant additives in combination with base oils offering insufficient lubricity.

Both blended PAG oils formed tribofilms, but in contrast to blended TMP less additive elements were found within the wear scar. In Fig. 8 (b) shows the EDX spectrum of PAG+Zn. Zinc, phosphorus, sulfur and slight oxygen-level were detected nearly in the same range found for PAO+Zn. For PAG+S, a small amount of sulfur was detected.

Considering Fig. 9 (b) and (c) it would appear that any tribofilm for two blended TMP was not observed by EDX analysis on the sliding surface of the SUJ2 roller. Thus, the TMP base oil probably has very strong interaction onto surface

of metal and metal oxide. In terms of wear, TMP itself properly lubricated the PEO surface resulting in extremely low wear. It is known that esters can form anti-wear aluminium soap on alumina rubbing surface⁷⁾.

Fig. 10 compares FE-SEM images of the wear tracks on PEO lubricated with PAG+S and TMP+S. Sulfur and iron were detected for PAG+S, while no sulfur but only small amount of iron was detected for TMP+S. Pad-like tribofilm can be observed for PAG+S as shown in Fig. 10 (a) (recognized as relative white contrast arrowed in the image). This might be compounds containing iron and sulfur, as these elements were detected by EDX (Fig. 10 (c)). On the other hand, TMP+S did not form such a solid tribofilm, only sub-micron size particles (arrowed in Fig. 10 (b)) were observed. These particles might be the soap-like triboreaction products mainly caused by TMP base oil, containing no sulfur (Fig. 10 (d)). These films formed on rubbing surface probably reduced the friction.

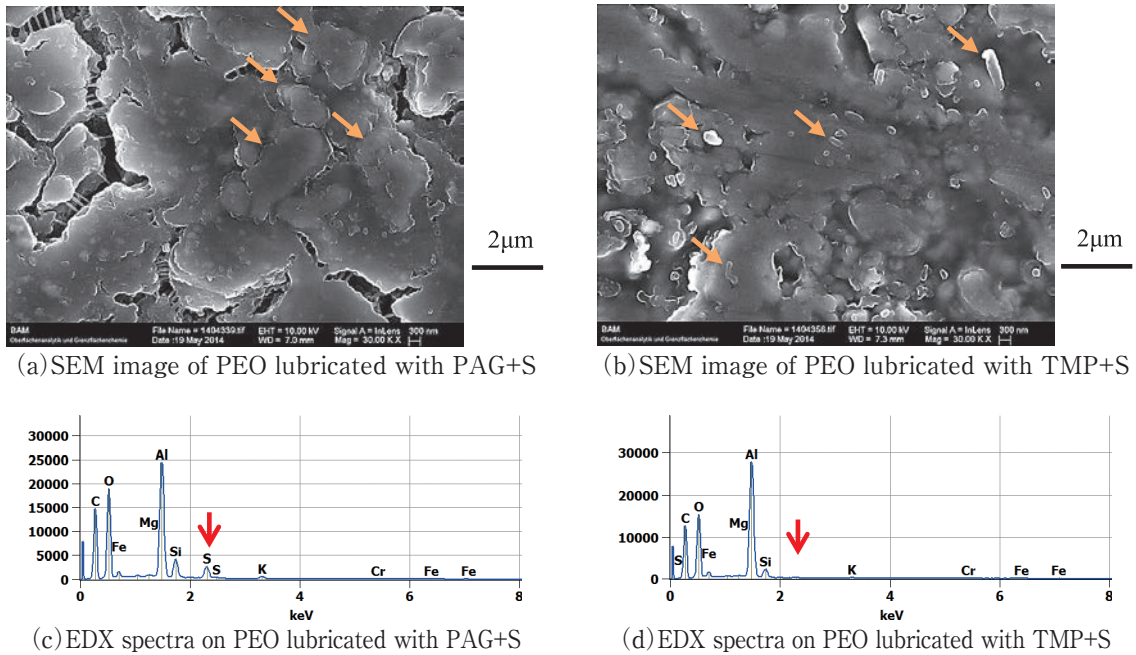


Fig. 10 SEM image and EDX spectrum on wear track of PEO coating

4 CONCLUSION

In this paper, the influence on the tribological properties of PEO by EALs was investigated compared with PAO formulations⁸⁾. The following conclusions can be drawn.

- (1) On PEO sliding against steel, the base oil type significantly influenced the friction and wear behavior.
- (2) PAO had the highest level of COF when either base oil or ZnDTP blended PAO was used, whereas DBDS had friction reduction effect. Hydrocarbon-base oil needs to be additivated with anti-wear additive to protect sliding surfaces.
- (3) PAG base oil lubricated the steel well and also PEO comparable to PAO. Both formulations with ZnDTP and DBDS formed tribofilms. PAG+Zn showed similar high friction as PAO+Zn. DBDS reduced the friction by forming sulphur containing solid tribofilm on PEO.
- (4) The best tribological performance on PEO was obtained with TMP regardless of the formulation.
- (5) The different influences of the tested formulations on the tribological properties of PEO can be interpreted by chemistry of the backbone type of the base oil. The polarities of PAG and TMP strongly influenced the

friction and wear in steel/PEO tribosystem, while PAO has no polar part in the molecule.

5 ACKNOWLEDGMENTS

Deepest appreciation goes to Dr. Mathias Woydt whose enormous support during the visiting research at the BAM Federal Institute for Material Research and Testing, Berlin, for this research. The author is also indebted to Prof. Shinya Sasaki who gave the opportunity of P.h.D course at Tokyo University of Science.

References

- 1) Spikes, Hn., The history and mechanisms of ZDDP, *Tribology Letters*, Vol.17, No.3 (2004), pp.469-489.
- 2) Lämmle P., Application of ECLs and Today's Legislation, *J. ASTM Int.*, Vol.9, No.1 (2012), Paper ID JAI103563.
- 3) Woydt, M., *Biolubrificants (Biolubes)*, Encyclopédie Techniques de l'Ingénieur, Paris, TRI 1 800v2, 12-2013.
- 4) Woydt, M., Polyalkylene Glycols as Next Generation Engine Oils, *J. of ASTM Int.*, Vol.8, No.6, paper ID JAI103368 and ASTM STP1521, 2012, ISBN: 978-0-8031-7507-5.
- 5) Yerokhin, A. L., et al. Oxide ceramic coatings on aluminium alloys produced by a pulsed bipolar plasma electrolytic oxidation process, *Surface and Coatings Technology*, Vol.199, No.2 (2005), pp.150-157.

- 6) Sasaki, S., Effects of environment on friction and wear of ceramics, Bulletin of Mechanical Engineering Laboratory Vol.58 (1992).
- 7) Tripathy, B. S., M. J. Furey, and C. Kajdas., Mechanism of wear reduction of alumina by tribopolymerization, Wear Vol.181 (1995), pp.138-147
- 8) Nakase, T., Kato, S., Sasaki, S., and Woydt, M., Friction reduction effect of alternative lubricants for plasma electrolytic oxidation coating on AA6061-T6, Proc. 55th Tribology Conference (Tribologie-Fachtagung), Band II (2014) 42/1-11

Abbreviations

COF(s): Coefficient of friction(s)
DBDS: Dibenzyl disulfide
EAL(s): Environmentally acceptable lubricant(s)
PAG(s): Polyalkylene glycol(s)
PAO: Polyalphaolefin
PEO: Plasma electrolytic oxidation
FE-SEM: Field Emission Scanning Electron Microscopy
EDX: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy
SRV[®]: Schwingung-Reibung-Verschleiß
TMP: Trimethylolpropane-(Ester)
XRD: X-ray Diffraction
ZnDTP: Zinc dialkyldithiophosphate

著者



中瀬 拓也

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

Polyalkylene Glycol (PAG) as Environmentally Acceptable Shock Absorber Oil

環境対応型ショックアブソーバ油としての ポリアルキレングリコール (PAG)

Christian SCHOLZ · Yoshihiro ITO
クリスティアン ショルツ · 伊藤 義浩

要 旨

近年の環境負荷低減を目的とした欧州REACH規制や米国Vessel General Permit等の強化に伴い、環境対応技術はより広い領域の分野で求められている。KYBにおいては多くの製品の作動流体として油圧作動油を用いており、油圧作動油に対しても環境負荷低減が求められるようになってきている。このためKYBにおいても、将来想定される環境対応要求に対し準備する必要がある。

本報では、環境対応技術として作動油に求められる要件、及び環境対応型作動油 (Environmentally Acceptable Lubricants : EAL) であるポリアルキレングリコール (Polyalkylene Glycol : PAG) について解説する。また、PAGを自動車用ショックアブソーバの動流体として適用した事例について紹介し、KYB製品における環境対応技術の可能性について述べる。

Abstract

Due to restrictions, such as European regulation EC/1907/2006 (REACH), substances for environmentally friendly and biodegradable lubricants getting more in focus of passenger car OEM's and suppliers R&D activities. Eco-tox properties are now mandatory in the U.S. Vessel General Permit. Goal of the present investigation is to characterize the tribological performance of different shock absorber fluids, including those as environmentally acceptable lubricants (EAL) declared. Therefore, four lubricants differing in their base oil were tested under laboratory conditions, in bench tests and finally in vehicle tests. The oils tested are composed of Group III-mineral base fluid and polyalkylene glycol (PAG) based oil, which is classified as readily biodegradable EAL. All oils are fully formulated with standard additives for shock absorbers. Friction properties under oscillating sliding conditions and Stribeck-curves were determined besides damping force in real applications. Subjective car evaluation and sensor-based objective data recording on public roads gave good conclusions how the oil and its tribological properties can influence the driving characteristics (vehicle stability and comfort).

1 INTRODUCTION

Biodegradability, toxicity, renewability and bioaccumulation are the key words which are

closely linked to the environmental impact of lubricants such as engine oils and hydraulic fluids. These issues of bio-no-tox properties are getting more and more in focus of original equipment

manufacturers OEM's in automotive, marine and hydraulics sectors. Over the last 30 years European, American and Asian governments released several regulations which address the toxicity of chemicals (1907/2007/EC REACH) or provide the legal basis for lubricants classifications (EPA Vessel General Permit) and so called Ecolabels (2005/360/EC). The European REACH regulation (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) communicate information on chemicals ensuring that manufacturers and customers are aware of health and safety characteristics of the products. Many countries worldwide offer eco-labels for several industrial product categories including lubricants and their additives. These labels provide a definition which product have a low environmental impact, do not affect aquatic organisms or other animals and furthermore consider the aspect of biodegradability and renewability. Unfortunately these legislation vary in a wide range from country to country and indicate a lot of "bio and eco" terms such as¹⁾:

- EAL for Environmentally Acceptable Lubricants
- ECL for Environmentally Considerable Lubricants
- EFL for Environmentally Friendly Lubricants
- Hydraulic fluids for environmental impact
- Biodegradable fire resistant hydraulics fluids
- Eco-evaluated/eco-friendly fluids
- Oil respectful of the environment
- Eco lubricants

In comparison to other existing national ecolabels, such as the Blue Angel (Germany), the Eco Mark (Japan) and the Nordic Swan (northern European countries), the EU Ecolabel intensified the criteria for an approval as environmental friendly lubricant. In order to get the approval by

EU Ecolabel regulation, the lubricant has to fulfill several criterions. The following points listed below are valid for hydraulic fluids (listed as Category I lubricants)^{2),3)}:

- No R phrase triggering materials (Risk phrases)
- Cumulative mass percentage $\leq 0.1\%$ of substances categorized 'very toxic (G)' with acute aquatic toxicity ≤ 1 mg/L
- Readily aerobic biodegradation $> 90\%$
- No halogen or nitrite compounds or heavy metals
- Renewable carbon content $> 50\%$
- Impact on CO₂ emission as outlined in the standard
- ISO 15380 standards for technical performance criteria

Environmentally acceptable lubricants are commonly classified according the type of base fluid used in the formulation. Beside vegetable oils, produced by use of canola, soybeans or sunflower crops, synthetic esters and polyalkylene glycols (PAG) represent the major share of these base fluids. Group I, II, III and IV base oils which are mainly related to mineral base oils cannot be classified as EAL or environmentally friendly lubricants due to their high toxicity against organisms, inherently low range of biodegradation or not given renewability. The United States Environmental Protection Agency (EPA) summarizes the major factors of different base oil types regarding their biodegradation, toxicity and bioaccumulation potential. Comparing these factors the majority of currently used lubricant base oils have a low grade of biodegradation, a high potential for bioaccumulation and a measurable toxicity towards marine organisms⁴⁾. PAGs, esters, and vegetable oils are candidate base stock for lubricants with low environmental impact (see

Table 1 Comparative environmental behavior of lubricants base oil type. ⁴⁾

Base Oil	Base Oil Source	Biodegradation	Bioaccumulation	Toxicity
Mineral Oil	Petroleum	Persistent/Inherently	Yes	High
PAG	Petroleum – synthesized hydrocarbon	Readily	No	Low
Synthetic Ester	Biological sources	Readily	No	Low
Vegetable Oil	Naturally occurring vegetable oils	Readily	No	Low

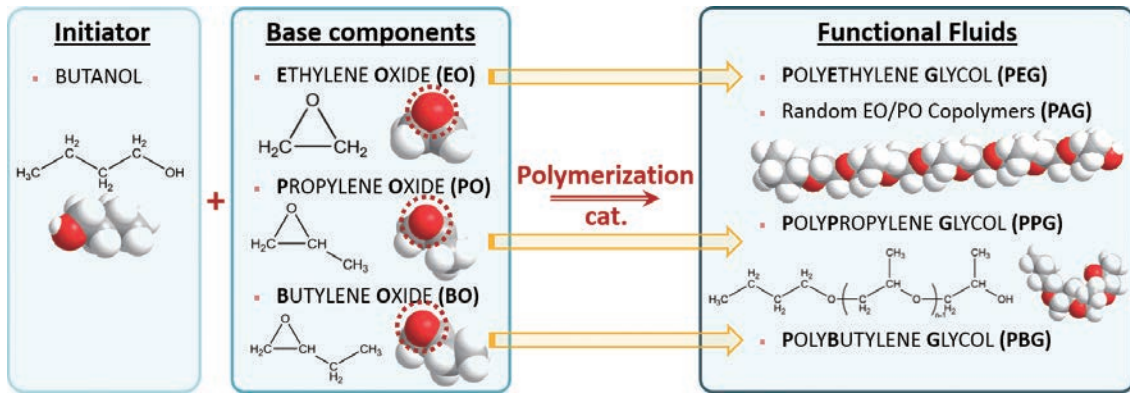


Fig. 1 Polymerization process of different polyalkylene glycol base oil types. Red colored atoms represent oxygen.

Table 1).

Polyalkylene glycols offer an attractive alternative to conventional hydraulic fluids due to several special oil characteristics described in the following context. The long history of PAGs goes back to the early 1940s where it was developed as one of the first synthetic base oils. The big advantage of PAGs is that they can be chemically designed to meet a wide range of performance characteristics in industrial applications. There is no other base available on the market which offers such versatility.

The manufacturing process of PAGs includes the reaction of an initiator (for example butanol) with one or more alkylene oxides (EO – ethylene oxide, PO – propylene oxide or BO – butylene oxide) under alkaline conditions and elevated temperatures (see Fig. 1). It is possible to add the oxides as single oxides forming a homopolymer such as polyethylene glycol (PEG) or as random oxides creating a copolymer of ethylene – and propylene oxide (EO/PO copolymer) for example. The choice of initiator and alkylene oxides and their different ways to react gives PAGs a wide range of intrinsic properties and makes the creation of tailor-made products possible. Additionally, PAGs have excellent lubricant film forming characteristics. The reason for this is the oxygen rich chemical structure of PAG (high polarity).

In comparison to PAG, mineral base oil, produced from crude oil or by synthesizing petroleum components, consists of a long chain (backbone) of hydrocarbon molecules without any oxygen. Every third atom along the backbone the

PAG polymer is an oxygen atom (see Fig. 1) which results in a high affinity to metal surfaces. This feature contributes moreover mild antiwear and extreme pressure properties⁵⁾. Typical oil characteristics of PAGs are:

- Wide viscosity range (ISO VG 7 to 10000)
- High viscosity index (up to 300)
- Water solubility and oil tolerance
- Hydrolytic stability
- Oxidative and thermal stability
- High flash point and low volatility
- Good additive compatibility
- Biodegradability and low toxicity

The high hydrolytic stability of PAGs makes them a good choice for industrial equipment used around waterways. This is caused by the ability to act as polymeric sponges binding the water, which entered the system, through hydrogen bonding and rendering it inert even at levels of up to 20,000 ppm (mineral base oil <500 ppm).

KYB is one of the world largest manufacturer of shock absorbers and hydraulic systems. Therefore a huge interest in improving these system is always given. By definition shock absorber are hydraulic or mechanical devices attached to car chassis and car body structure. The main function of the device is to damp the kinetic energy of road shocks, caused by road conditions or severe impacts, by converting it into another form of energy (heat)⁶⁾. Beside a high level of comfort for driver and passengers as well as driving performance and stability, car shock absorbers make a significant contribution to driving safety

(braking distance). A typical passenger car shock absorber undergoes 75 million shaft cycles in approximately 80,000 kilometers, which means 900 cycles per kilometer at various sliding speeds of piston and piston rod. Using the shock absorber longer than recommended by the passenger car OEM several problems could occur and influence the car security. Poor steering responsiveness, lack of control, noises and a significant increase in braking distance are the results of bad shock absorber performance related to mileage and wear reasons. Nowadays, a large number of shock absorber is designed as so called 'twin-tube' shock absorber, which means that it consists of two cylinders (working or inner cylinder and outer cylinder). Fig. 2 shows a sectional view of a typical passenger car twin-tube shock absorber including piston, bushing, and oil seal as main sliding parts.

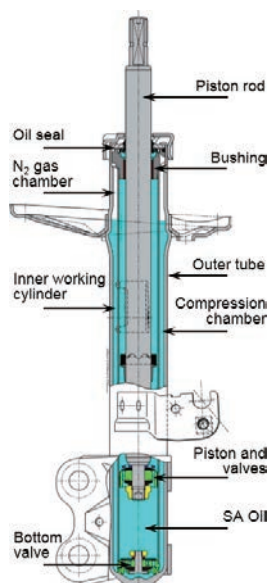


Fig. 2 Sectional view of a twin-tube shock absorber.

The outer cylinder serves as a reservoir for the hydraulic fluid (approximately 300 ml per shock absorber). The fluid valves in the piston and in the stationary bottom valve control fluid flow between both cylinders and regulate the damping force. The valves in the piston have the highest proportion of shock absorber damping performance. The material combinations of the main sliding parts in a shock absorber, which are mainly influencing the friction force, are the following:

- NBR-polymer (oil seal) - Cr⁶⁺-plating (steel piston rod)
- PTFE/Pb covered bronze (bushing) - Cr⁶⁺-plating (steel piston rod)
- PTFE (piston ring) - steel (inner surface of working cylinder)

Thus, the damping force itself consists of two influencing forces, the hydraulic force (oil flow) and the friction force of sliding parts. Since the shock absorber fluid affects the damping characteristics by its viscometric properties and the lubricating properties of various sliding parts, it has a huge influence on vehicles driving, comfort and stability characteristics.

2 DEVELOPMENT AIM AND BACKGROUND

Aim of the present study was to investigate influences of a PAG-based hydraulic oil on the single tribological interacting parts of the shock absorber in comparison to fluids with mineral base oil. Therefore, four different types of shock absorber oils with specific adjusted tribological properties were selected. The lubricant is one of the major influencing factor of the shock absorber performance. For this reason several bench test at KYB Basic Technology R&D Center were conducted to evaluate the interaction of the main sliding parts and oil, mentioned before. Bench test of assembled shock absorbers (ASSY) by use of a servo-hydraulic test machine should show differences in damping force curves. Finally, the oils selected were tested on a public road circuit in a 3 liter rear-wheel drive car. Main target of the test series was to analyze the influence of the oils on driving performance (car stability) and comfort during driving. Currently the influence of shock absorber oil properties, friction between the main sliding parts and the resulting car performance is hardly understood and underrated.

3 TEST OILS AND -PROCEDURE

Four fluids were selected for the tests. Oils No. 23, No. 26 and No. 33 consists of a Group III mineral base oil, whereas oil PAG 1-4 uses a polyalkylene glycol as base stock. Additionally, the

Table 2 Key properties of shock absorber oils tested.

			No. 23	No. 26	No. 33	PAG 1-4
Base Oil	-		Group III	Group III	Group III	Group V PAG
Kinematic	40°C	cSt	12.66	12.82	12.76	12.83
Viscosity	100°C	cSt	4.43	4.502	4.478	3.637
Viscosity Index (VI)	-		317	321	320	184
Flash Point	°C		140	140	148	208
Anillin Point	°C		92.4	91.9	91.6	n.m.
Total Acid Number (TAN)	-		2.06	1.74	1.42	1.46

base oil of PAG 1-4 can be classified as environmentally acceptable lubricant according Ref.^{1), 4)} and⁷⁾ which means it is readily biodegradable (OECD 301B/F).

The viscometric properties such as kinematic viscosity, viscosity index and flash point are listed in Table 2. Comparing the oils it becomes clearly visible that the kinematic viscosity is nearly in the same range of maximum 12.83 cSt at 40°C. The shock absorber oils based on Group III mineral oil all have a viscosity index above 300 whereas PAG 1-4 shows with 184 a much lower value. Reason for this is that PAG itself has already a comparable higher VI than mineral base oils. Thus, viscosity index improving additives are not needed for many application where PAGs are used. Furthermore, due to the chemical structure of PAGs the flash point is much higher at around 200°C. All lubricants contain additive packages including friction modifiers, antifoaming agents, antioxidants, metal deactivators and antiwear additives (for PAG 1-4 approximately 1.8 wt% in total).

The oils can also classified by the frictional impact. No. 33 and PAG 1-4 have very low friction properties, which will be shown more in detail in the following context. In comparison to these oil No. 26 has the characteristic of increased friction whereas No. 23 oil has the highest friction properties of all oils tested.

The test procedure for the development oils can be consists of three testing steps:

- (1) Laboratory tests (pin-on-disc and ball-on-three-plates test principles)
- (2) Bench tests (damping force curves by Assy)
- (3) Vehicle tests at KYB Suspensions Europe S.A. (KYBSE)

Laboratory bench tests were conducted by means of a self-constructed linear oscillating pin-on-disc tribometer at 30°C oil temperature. Thereby, the pin consists of the same rubber material which is conventionally used for the shock absorber oil seal. The disc counterpart was made from a hard-chrome plated (Cr⁶⁺) SUJ2 disc representing the piston rod. The tests run for approximately 40 minutes whereby the sliding speed was reduced in eight steps from 30 mm/s to 0.06 mm/s. This tests support a fast evaluation of the shock absorber oils as well as the oil seal materials and their frictional properties. Additionally, Stribeck-curves were measured with the tribology cell (T-PTD 200) of Anton Paar rheometer MCR 302 at 20°C and -20°C (ball-on-three-plates). Using the material combination PTFE (plate) and steel (ball) the tests can display the characteristics of the shock absorber piston sliding against the inner surface of the working cylinder. In these tests the sliding speed was raised from 4.7E-5 up to 1.4 m/s sliding speed. Damping force characteristics of the test oils were determined by use of mass production shock absorbers with identical setting (valve design) in a servo-hydraulic bench testing machine (Kayaba System Machinery Co., Ltd.). These test were performed with a preconditioned shock absorber at a temperature of 20°C ± 3°C and a stroke of $\Delta x = \pm 25$ mm. A force sensor directly above the piston rod, placed on the mounting point of the machine in z-direction, detects changes in the damping characteristics caused by different oils and increased sliding speed over testing time.

In order to evaluate the oil influence on driving performance and comfort, the four oils were tested under authentic road conditions on a public circuit

in Spain. Therefore, a 3 liter rear-wheel drive car was selected as test vehicle. KYB Suspensions Europe S.A. currently supplies the front and rear shock absorber for this car. The shock absorber were disassembled and the standard oil was replaced by the oils described before for the tests. During the tests several subjective parameters, such as noise level, harshness, car-, steering- and impact feeling were evaluated by the tests drivers. Additionally multiple acceleration sensors and a microphone inside the vehicle cabin measured data to compare subjective feelings with analyzed, objective test results. The sensor position in the car are illustrated in Fig. 3.



Fig. 3 Sensor positions inside the test vehicle for shock absorber oil evaluation tests at KYB Suspensions Europe S.A.

4 TEST RESULTS AND VEHICLE EVALUATION

(1) Laboratory tests

The test results obtained in KYB pin-on-disc tribometer (Fig. 4) showed a significant difference in coefficient of friction between the four oils.

Oil No. 23 (pink graph) showed, as might be expected due to the additive package, the highest friction in comparison to the other oils. Especially in the low speed area of 0.06 mm/s the friction value μ of No. 23 is approximately four times higher than of No. 33 (blue) and PAG 1-4 (yellow). PAG 1-4 itself has the lowest friction up to 30 mm/s sliding speed. The μ -values of PAG 1-4 range between 0.01 (at 0.06 mm/s) and 0.11 (at 30 mm/s), in case of oil No. 33 up to 0.19. Beside the friction modifier, which is included in the additive package, the higher polarity and therefore better lubricating film formation properties of PAG contributes a reduction in

friction. Furthermore, the low friction of PAG 1-4 and No. 33 contributes a reduction in sliding noises. If oil seal material and lubricant are not compatible a so called stick-slip phenomenon can arise. Stick-slip can be described in that case as alternating between sticking of oil seal and piston rod to each other and sliding over each other, with big variations in friction force. This includes in particular the occurrence of noises in low speed area of shock absorber movement and needs to be prevented at any time.

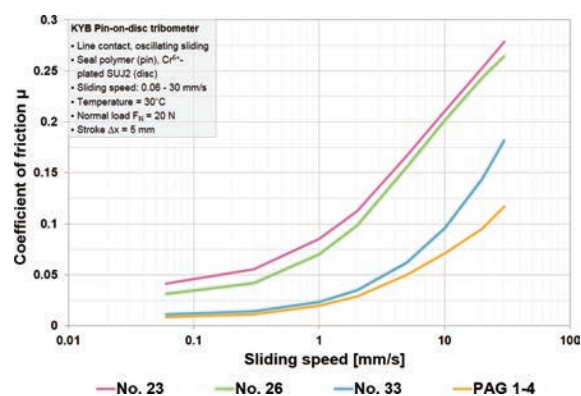


Fig. 4 Coefficient of friction over sliding speed of shock absorber oils tested with KYBs pin-on-disc tribometer.

In addition to the pin-on-disc tests, a second tribometer based on linear sliding principle was chosen to investigate the friction of PTFE-piston and steel surface of the inner shock absorber working cylinder. Furthermore, the influence of reduced temperature on oil friction was evaluate by Stribeck curve recording up to 1.4 m/s sliding speed (see Fig. 5).

Considering the Stribeck curves the different friction characteristics at 20°C are not clearly visible as in the pin-on-disc tests, but rather the high friction oil No. 23 showed comparable low friction when movement starts. All oils were at nearly same friction level and did not show any significant difference in Stribeck-curve progression. The interaction of piston ring and lubricant is of same high interest as the interaction of seal and piston rod as mentioned before. Considering the test results obtained in the rheometer it became visible that the coefficient of friction at the starting point of movement is comparatively high. Especially fluid No. 26 showed

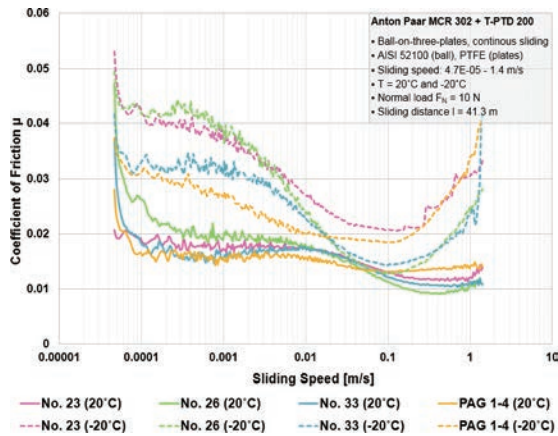


Fig. 5 Stribeck curves of shock absorber oils at 20°C and -20°C.

this behavior. However, PAG 1-4 offered lowest friction up to sliding speed of 0.05 m/s. The area of EHL regime (elastohydrodynamic lubrication) of Stribeck-curve could not be mapped because of a sliding speed limitation of the rheometer used (1.4 m/s). Significant differences in the frictional behavior became visible by an oil temperature reduction to -20°C. Hereby, low the friction oils PAG 1-4 and No. 33 had by far the lowest friction. On the other hand the Stribeck curve progression of PAG 1-4 has a small difference to the curves of mineral base oil samples. Due to molecular interactions PAG changes its cold temperature viscosity faster than mineral oils. This leads to a faster lubricating film formation with increasing sliding speed. Thus, the transition in lubricating regimes between solid, boundary and hydrodynamic lubrication occur faster. Result of this behavior is an obviously higher friction over 1.0 m/s sliding speed.

(2) Bench tests (ASSY)

Furthermore, low friction properties define also the damping characteristics of shock absorber in tests servohydraulic controlled bench tests (Fig. 6). A sensor in the test machine measures the force which is necessary to compress the shock absorber as well as to rebound. Both force values together result in the total damping force depending on damper speed.

Especially the oil behavior in low speed area, from 0.01 to 0.1 m/s sliding speed, is strongly depending on low or high friction properties of the oils. Oils with low friction in laboratory tests revealed also lower damping forces. Here again,

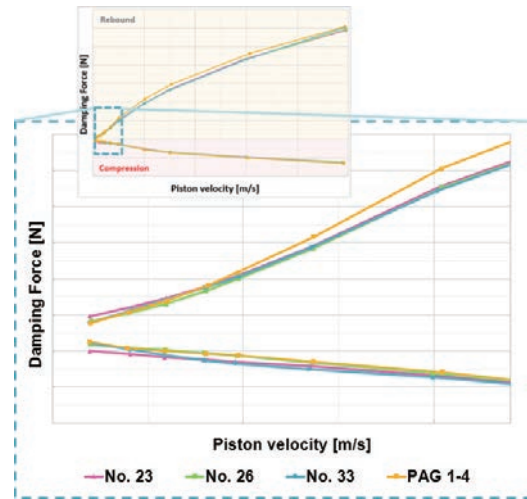


Fig. 6 Damping force test results of rebound and compression side (ASSY).

low friction has a strong influence on the comfort, perceived road contact and feeling of vibrations. By increasing the piston speed, the damping force increases progressively and the influence of viscometric oil properties raises.

(3) Vehicle tests at KYBSE

Target of the vehicles tests performed in Spain was on the one hand to evaluate the stability and comfort characteristics of the shock absorber oils and on the other hand to compare this subjective data with measurement data recorded by various sensor in the test car. In order to analyze comfort and stability representative test tracks on the circuit were selected. These test tracks showed some clear differences in the cabin noise level recorded by a microphone and also in the cabin and shock absorber acceleration in z-, y- and rolling direction during driving. In total 11 test tracks were selected to evaluate several subjective test parameters and to compare the oils respectively. Fig. 7 shows the results of one selected test track with high level of vehicle dynamics and therefore predestinated for stability analysis. The sensor raw data was prepared by use of LabView and a PSD filter (power spectral density). A PSD-spectrum describes the power variation of a signal over frequency in an infinitesimal frequency band. Considering the diagrams in Fig. 7 and Fig. 8 a lower PSD value indicates higher stability or lower acceleration respectively. In the frequency area of 0.4 to 4 Hz, which is mainly related to greater movements of

the vehicle, the high friction oil No. 23 and PAG 1-4 revealed highest cabin stability (Fig. 7 top) and less rolling characteristics (Fig. 7 bottom). This coincides with the subjective evaluation of the track. No. 26 and No. 33 oil were less stable.

The diagrams in Fig. 8 are recorded at a test tracks with very rough and noise-/vibration producing road conditions. Here, the measurements allow conclusions to be drawn about the road contact of the tire. The data reveals less accelerations of the shock absorber and thus of the cabin. Due to the higher stability and low friction characteristics of No. 33 and PAG 1-4 the road contact and therefore steering response could be improved in comparison to No. 23 and No. 26.

Beside stability and driving performance comfort characteristics for driver and passenger are essential. Similar to the car stability evaluation representative test tracks were selected to measure the cabin noise level under different conditions. Hereby, the influence of a sharp road impact (bridge expansion joint) on a highway at 120 km/h (Fig. 9) and a test track with rough road surface at 70 km/h driving speed (Fig. 10) were chosen.

As the test vehicle passed the sharp, metallic bridge expansion joint a clear increase in the cabin noise level could be recognized (see Fig. 9). However, there was a big difference between the four test oils. No. 23 and No. 26 oil were nearly in the same noise range, whereas the oils PAG 1-4 and especially No. 33 could absorb the impact better. This is reflected in a reduction of the cabin noise pressure level by 1.5 dB(A) for PAG 1-4 and 2 dB(A) for No. 33 respectively.

Under continuous driving on a road surface which occurs a high noise level inside the cabin No. 33 and PAG 1-4 oil showed their benefits once again (see Fig. 10). Whereas the noise pressure level over time could be reduced by 2.5 dB(A) with PAG 1-4 in comparison to No. 23 oil, No. 33 oil were nearly an the same level. This effect became perceptible in the frequency area of 2000 – 8000 Hz, which is still audible for the human ear.

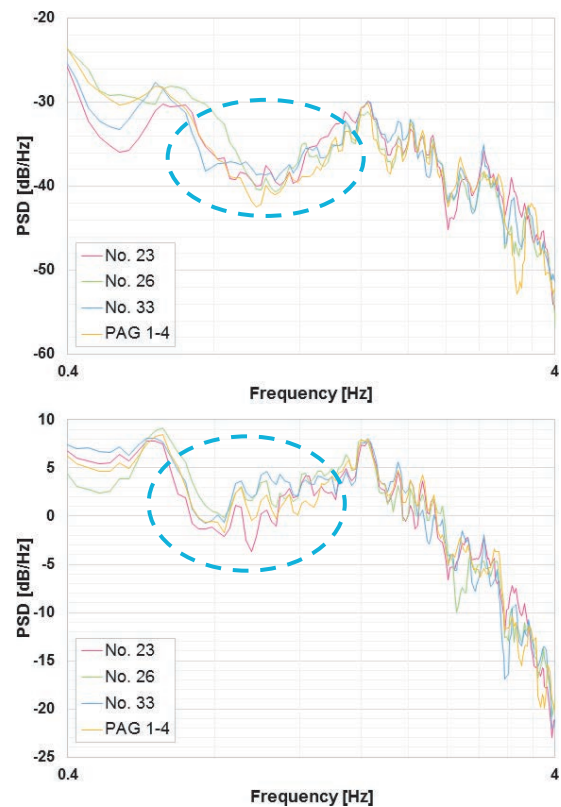


Fig. 7 Stability characteristics: cabin acceleration in lateral direction (y-direction, top) and rolling (bottom).

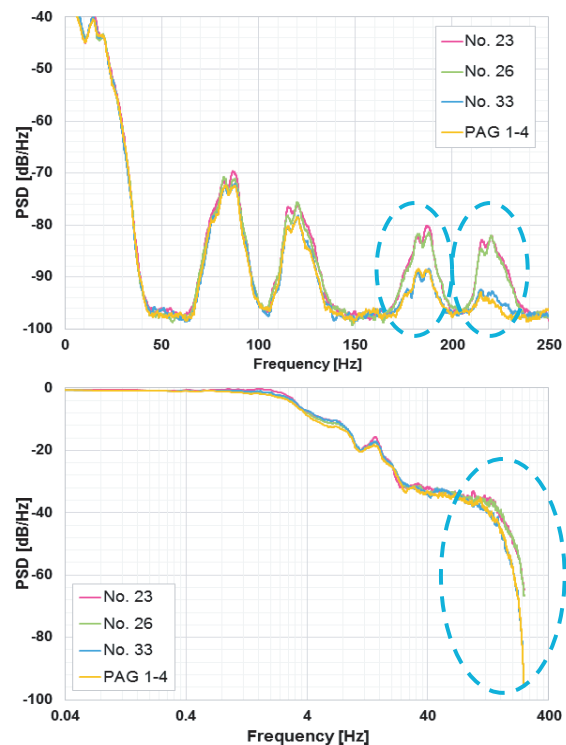


Fig. 8 Vertical acceleration in z-direction of the car: cabin (top) and shock absorber (bottom).

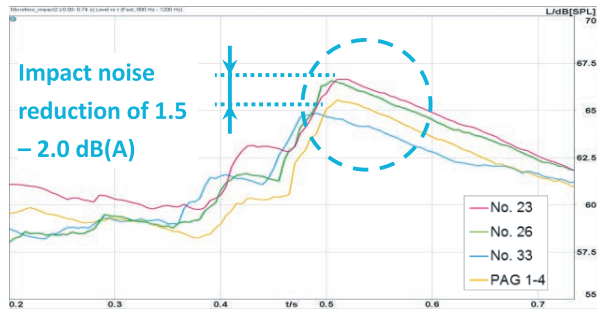


Fig. 9 Bridge expansion joint impact noise (cabin noise pressure level) at 120 km/h.

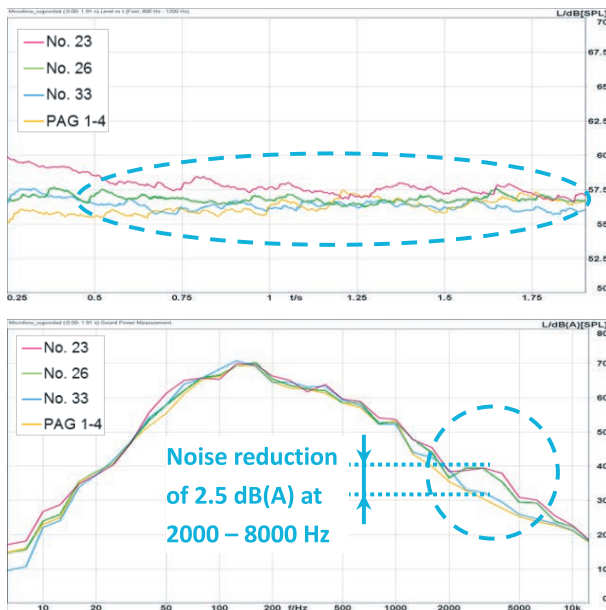


Fig. 10 Background noise inside the cabin: Noise over time (top) and sound power over frequency (bottom) at 70 km/h driving speed.

5 SUMMARY AND CONCLUSIONS

Aim of the study was to evaluate the tribological performance of a polyalkylene glycol-based oil (PAG) as new type of shock absorber fluid. Beside of several chemical and viscometric advantages PAG can be classified as environmentally acceptable lubricant, which takes this oil to a special position on the sales market in comparison to mineral base oils. The laboratory and bench conducted draw the conclusion that PAG 1-4 as fully formulated oil offers very low friction characteristics in combination with the main sliding parts of a shock absorber. Furthermore, the vehicle tests under real driving conditions at KYBSE (Spain) showed a highly promising performance with regard to vehicle

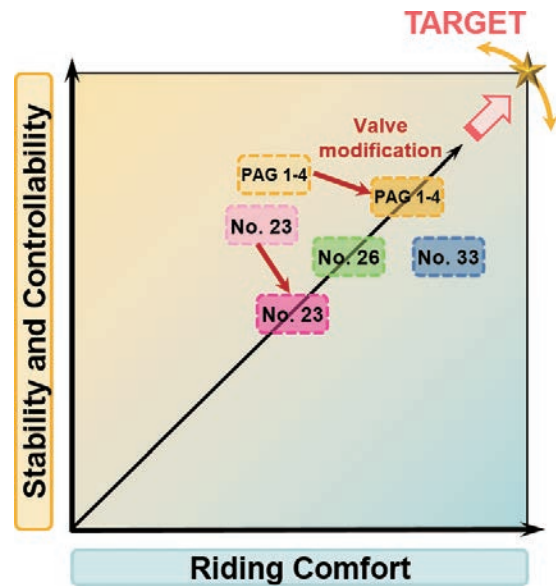


Fig. 11 KYB oil classification regarding stability/controllability and riding comfort.

stability and comfort.

Fig. 11 shows a summarizing comparison of all oils tested, No. 23 as high friction oil, No. 26 as medium friction oil, No. 33 as low friction oil and PAG 1-4 as low friction oil with an alternative base oil. It is clearly visible that the change of mineral oil based shock absorber oil to PAG 1-4 can have a positive effect especially on the vehicle stability and controllability. In order to improve the comfort characteristics of this kind of oil a modification of the shock absorber piston valve setting would be necessary. However, a very good compromise between riding comfort and stability could be found. Whereas the other oils could only be classified as oil with higher comfort or higher stability, but without improvement in both directions, PAG 1-4 improves both characteristics.

The range of applications for PAG-based fluids is manifold. For hydraulic systems with high stability demands or special requirements on the base oil (flashpoint, hydrolytic stability) and even for shock absorber systems in the motorsports sector PAG can offer a promising alternative to commonly used oils. Furthermore, the use of an environmentally acceptable oil based on PAG could in future be a useful sales argument with regard to the global environmental awareness in many industrial areas.

REFERENCES

- 1) Woydt, M., 2013, "Biolubrificants", Encyclopédie Techniques de l'Ingénieur, TRI 1 800v2.
- 2) Lawate, S., 2013, "Environmentally Friendly Hydraulic Fluids" in Rudnick, L., "Synthetics, Mineral Oils and Lubricants: Chemistry and Technology", Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4398-5538-6.
- 3) The Commission of the European Communities, 2005, Commission Decision 2005/360/EC.
- 4) United States Environmental Protection Agency, 2011, "Environmentally Acceptable Lubricants", EPA 800 - R - 11 - 002.
- 5) Greaves, M., 2013, "Polyalkylene Glycols" in Rudnick, L., "Synthetics, Mineral Oils and Lubricants: Chemistry and Technology", Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4398-5538-6.
- 6) Dixon, J. C., 2007, "The Shock Absorber Handbook", Second Edition, John Wiley & Sons Ltd.
- 7) Lämmle, P. and Rohrbach, P., 2012, "Application of ECLs and Today's Legislation", Journal of ASTM International, 9 (1).

著 者



クリスティアン ショルツ

2014年入社. 技術本部基盤技術研究所材料研究室. 博士(工学). ショックアブソーバ用材料 (主に環境対応型作動油) の研究開発に従事.



伊藤 義浩

2007年入社. 技術本部基盤技術研究所材料研究室. ショックアブソーバ用材料の研究開発に従事.

比例ソレノイドに対する 磁場解析を活用した吸引力特性の最適設計

Optimal Design of Magnetic Attractive Force Characteristics by Utilizing Magnetic Field Analysis for the Proportional Solenoid

弘中 剛史・島田 美穂・亀田 幸則
Tsuayoshi HIRONAKA・Miho SHIMADA・Yukinori KAMEDA

要 旨

比例ソレノイドは多くの産業用機器に用いられているが、例えば油圧用ソレノイドバルブとして用いられる場合、比例ソレノイドの吸引力特性のばらつき（以下、特性ばらつき）が流量や圧力特性のばらつきとなり、その結果、省エネ化などへの阻害要因となり得る。この特性ばらつきは、製造工程での加工・組立誤差や市場での使われ方（以降、誤差因子）から発生し、最悪の場合は市場クレームなどに発展する可能性もある。近年では、前述したような省エネ化を目的に比例ソレノイドを組み込んだシステムは多くの市場で使用されているため、このような特性ばらつきを未然に防止することの重要性は、ますます高まっている。

そのため本報では、特性ばらつきの要因となる誤差因子を考慮して、様々な状況下においても安定した機能（ロバスト性）を発揮できる比例ソレノイドの最適設計技術の構築を目的とした。

最適設計には磁場解析に品質工学を活用し、比例ソレノイドの設計パラメータと誤差因子による特性ばらつきとの関係を把握することで、シミュレーションにより誤差因子に対してのロバスト化を行った。更に、実機による効果確認として各種信頼性試験を実施し、ロバスト性の向上を確認した。

Abstract

The proportional solenoid is used in many types of industrial equipment. However, when it is used as a hydraulic solenoid valve, for example, variation in the attractive force characteristics of the solenoid (referred to below as “characteristic variation”) leads to variation in flow rate and pressure characteristics, and this hinders energy-saving performance. Characteristic variation occurs due to machining/assembly tolerances in the manufacturing process and usage in the market (referred to below as “problem factors”), and in the worst case may result in a market claim. In recent years systems incorporating proportional solenoids have come into use in many markets for the purpose of saving energy, as noted above, and thus it has become increasingly important to prevent this sort of characteristic variation before it happens.

Therefore, this study was carried out to develop optimal design technology for proportional solenoids, so they can exhibit stable function (robustness) under various usage conditions. This was done by considering the problem factors which cause characteristic variation.

For optimal design, the relationship between proportional solenoid design parameters and characteristic variation due to problem factors was ascertained by applying quality engineering to magnetic field analysis. Simulations were then used to improve robustness against the problem factors. Furthermore, the improvement in robustness was confirmed by carrying out various reliability tests in order to check effectiveness using actual equipment.

1 緒言

比例ソレノイドは、電磁力を利用して電気エネルギーを機械的運動に変換するアクチュエータの1つである。同じアクチュエータである電動モータが回転運動であるのに対して比例ソレノイドは直線運動となり、電動モータに比べ小型で応答速度が速いなどの特長が挙げられる。また、各種油圧バルブなどと組み合わせて使用した場合、流量や圧力の細やかな制御により無駄なエネルギーを低減でき省エネ化が可能のため、現在では多くの油圧機器に使用されている。このような観点から近年では、多くの分野においても比例ソレノイドが用いられている。

ここで油圧用ソレノイドバルブとして用いられる場合、比例ソレノイドの特性ばらつきは流量や圧力特性のばらつきとなり、その結果、省エネ化などへの阻害要因となり得る。この特性ばらつきは、製造工程での加工・組立誤差や市場での使われ方などにより発生する。そのため、この特性ばらつきを開発段階で未然に防止でき、様々な状況下でも安定した機能を発揮できる最適（ロバスト）設計が求められる。これに対してKYBではこれまで、比例ソレノイドの開発では磁気特性の高効率化やコストを重視しており、誤差因子による特性ばらつきに対する最適化の検討は十分には行われていない。

そこで本報では、誤差因子による特性ばらつきを抑え、製品本来の機能を最大限発揮する設計技術の構築を目的とした。

今回、最適設計には磁場解析に品質工学を活用し、比例ソレノイドの設計パラメータと誤差因子による特性ばらつきとの関係を把握することで、シミュレーションによるロバスト化を行った。更に、実機による効果確認として各種信頼性試験を実施し、ロバスト性の向上を確認した。

2 ソレノイド設計への品質工学の適用

2.1 油圧用ソレノイドバルブの構造・原理

一例として図1に油圧用ソレノイドバルブの構造を示す。油圧用ソレノイドバルブは、左側のバルブ部と右側のソレノイド部で構成される。作動原理としては、比例ソレノイド部のコイルが非通電時の場合、スプールはスプリングにより右側に押し付けられて開口部の開度が最大となる。一方、通電時の場合、コイル周りに磁界が生じ、プランジャにベースへ吸着する力が発生する（以下、吸引力）。この吸引力により、プランジャの吸着面間距離（以下、ストローク）を調整することでスプール開度がこれに

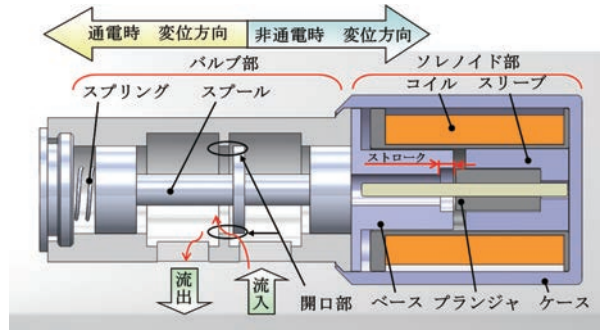


図1 ソレノイドバルブ構造図

追従し、流量制御や圧力制御を行うことができる。

2.2 課題の確認

比例ソレノイドには、図2、3に示すストロークと吸引力との関係（以下、S-F特性）や通電電流と吸引力との関係（以下、I-F特性）といった基本特性がある。図2に示すコントロールゾーンとは、油圧用ソレノイドバルブとして使用する場合のストローク範囲を指し、フラットな特性が求められる。また、ソレノイドバルブの使われ方を考えた場合、入力電流に対して流量などが比例的に制御できることが望まれるため、図3に示すように吸引力に関しても電流に比例的である必要がある。このように比例ソレノイドの設計要求をまとめると、以下の2点になる。

- ①コントロールゾーン内での吸引力のフラット性確保と向上
- ②入力電流に対する吸引力の比例特性

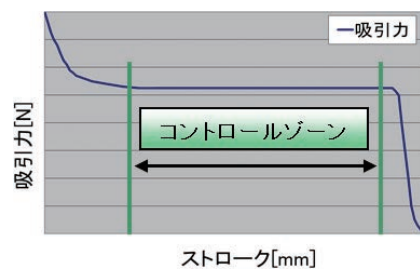


図2 S-F特性（例）

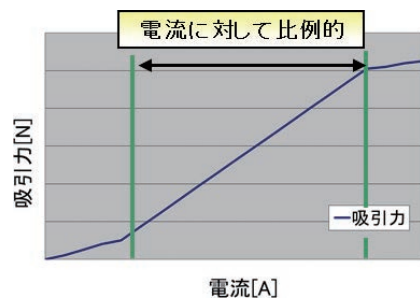


図3 I-F特性（例）

上記2点に関しては、従来の技術においても磁性部の形状や材料選択の適正化を行うことで任意に設計が可能である。しかし、誤差因子による特性ばらつきに対してロバスト性が求められる場合は、現状では設計パラメータと特性ばらつきとの関係が十分に明確にできていないという課題がある。

そこで品質工学を適用することでこれらの関係を明確にし、吸引力のばらつきを抑えた比例ソレノイドの最適設計を行った。

2.3 機能の定義

品質工学では、対象とするシステムにおける課題を解決するために、始めに入力と出力の関係といった機能を定義する必要がある。比例ソレノイドの機能を考えた場合、入力とは比例ソレノイドに通電する電流値、出力は吸引力となる。このことから、比例ソレノイドの基本機能を「制御電流に応じた吸引力を発生すること」と定義した。また品質工学では、市場での使われ方や製造工程などから出力の誤差を生み出す要因である誤差因子を考える必要がある。誤差因子は、設計者側でこの値を設定することや固定することができないパラメータである。これに対して、誤差因子と同様に出力に影響する因子である制御因子も考える必要がある。制御因子は、誤差因子の影響下でも安定して高い機能を持つように、設計者が自由に設定できる設計パラメータである。以上のことをまとめると、図4に示すエンジニアードシステムと呼ばれる関係が成立する。

今回は、図4に示すように制御因子には磁気特性に大きな影響を与え、設計者が自由に設定可能な比例ソレノイドの磁路形状を選んだ。また誤差因子には、市場での使われ方や製造工程を考えた場合に温度変化や劣化、寸法公差や組立誤差などから特性がばらつく想定してこれらを設定した。

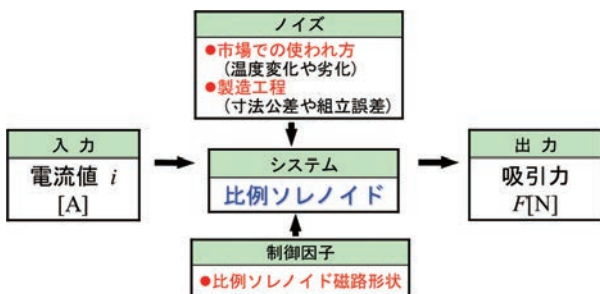


図4 エンジニアードシステム

3 パラメータ設計

3.1 理想機能

品質工学では、製品の理想とする入出力関係を理

想機能として、誤差因子による特性ばらつきを最小化し、これに近づくことを狙いとするパラメータ設計と呼ばれる手法を用いるが、本報でもこれを適用した。

なお、2.2節で述べた比例ソレノイドのI-F特性は磁性材料の磁気特性が非線形であることから、入出力の関係も非線形となってしまふ。そのため、本報ではこのような非線形の特性に対応可能な動特性の分析手法である標準SN比¹⁾²⁾を用いた。標準SN比では、製品の標準的な使われ方を表す標準条件を考える必要がある。しかし、本報で対象としている比例ソレノイドの標準条件は明確になっていない。そのため今回は、誤差因子による特性ばらつき(平均値(N0))を標準条件とし、誤差因子による特性ばらつき(Ni)を標準条件に近づけることで、以下となるように試みた。

- ①各ストローク(S)による吸引力(F)のばらつき最小化(図5)
- ②各電流値(I)による吸引力(F)のばらつき最小化(図6)

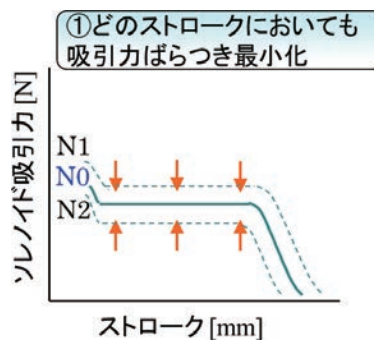


図5 理想的なS-F特性

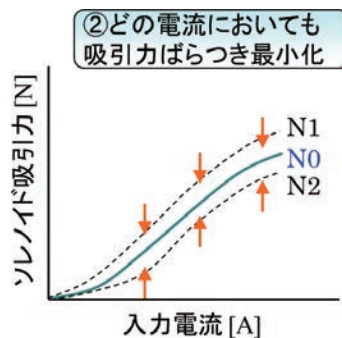


図6 理想的なI-F特性

3.2 制御因子および誤差因子

過去の比例ソレノイド設計の知見に加えて事前の解析的な検討から、磁気特性に影響を及ぼすと予想される全ての磁路形状を調査し、最終的に表1に示すような21個の制御因子と3つの水準を決定した。

また誤差因子に関しては、例えば組立誤差では磁路の位置関係が変化し、温度変化では膨張・収縮によって磁路の形状が変化することで最終的に磁気特性がばらつくと考えられる。そこで、表2に示すように、選定した制御因子つまり磁路形状のばらつきを誤差因子として模擬できると考え採り上げた。なお、最適設計のベンチマークとなる現行条件は、対象としている比例ソレノイドの現状の設計値とした。

また、2.2節で述べたように比例ソレノイド設計への要求事項の1つとして、コントロールゾーンのフラット性が求められる。ただし、過去の設計の知見より、特性ばらつきに対しては制御因子のばらつきに比べてストロークのばらつきが大きく影響することが分かっている。そのため両方を誤差因子としてしまうと、ストロークのばらつきに対する対策しきれなくなってしまう。そこで本報では、これらを2つに分離するため、ストロークは誤差因子の一種である標示因子¹⁾²⁾として扱った。

表1 制御因子

制御因子	水準1	水準2	水準3
プランジャA	小	現行	大
プランジャB	小	現行	大
プランジャC	小	現行	大
プランジャD	小	現行	大
ケースA	小	現行	大
ケースB	現行	中	大
スリーブA	小	現行	大
スリーブB	小	現行	大
スリーブC	小	現行	大
スリーブD	小	現行	大
スリーブE	小	現行	大
ベースA	小	現行	大
ベースB	小	現行	大
ベースC	小	現行	大
ベースD	小	現行	大
ベースE	小	現行	大
ベースF	現行	中	大
ベースG	小	現行	大
ベースH	小	現行	大
ベースI	小	現行	大
ベースJ	現行	中	大

表2 誤差因子

誤差因子	水準1	水準2	水準3
プランジャA	小	現行	大
プランジャB	小	現行	大
プランジャC	小	現行	大
プランジャD	小	現行	大
ケースA	小	現行	大
ケースB	小	現行	大
スリーブA	小	現行	大
スリーブB	小	現行	大
スリーブC	小	現行	大
スリーブD	小	現行	大
スリーブE	小	現行	大
ベースA	小	現行	大
ベースB	小	現行	大
ベースC	小	現行	大
ベースD	小	現行	大
ベースE	小	現行	大
ベースF	小	現行	大
ベースG	小	現行	大
ベースH	小	現行	大
ベースI	小	現行	大
ベースJ	小	現行	大

3.3 直交表への割付

3.2節で選定した制御因子および誤差因子と信号因子である入力電流と標示因子であるプランジャのストロークを、表3に示すように直交表へ割付けた。

今回はL54直交表¹⁾²⁾を使用し、信号因子である入力電流は5水準 (I_1 【電流小】～ I_5 【電流大】)、ストロークはコントロールゾーン内の4水準 (St_1 【ストローク小】～ St_4 【ストローク大】)とした。

表3 直交表

標示因子 (St_1 【ストローク小】～ St_4 【ストローク大】)ストローク										信号因子 (I_1 【電流小】～ I_5 【電流大】)電流							
信号因子	I	St_1				St_2				St_3				St_4			
標示因子	St	N_1		N_2		N_3		N_4		N_5		N_6		N_7		N_8	
誤差因子	N	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	N_{10}	N_{11}	N_{12}	N_{13}	N_{14}	N_{15}	N_{16}
1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...
53	53	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
54	54	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

このことから54(制御因子)×54(誤差因子)×4(標示因子)×5(信号因子)と、総実験として58,320ケースをシミュレーションにて行った。

3.4 解析モデル

特性値である比例ソレノイドの吸引力を解析的に求めるために汎用の磁場解析ソフトを用いた。また、モデル形状の作成から解析条件の設定、解析実行の一連の作業を繰り返し自動で実行するツールを構築しシミュレーションを行った。

ただし、今回は因子数が多くなることで、2つ以上の因子が互いに影響を及ぼす交互作用の発生が懸念された。そこで過去のソレノイド設計の知見から、全ての因子において一定の水準幅を確保しつつ、磁気特性に大きく影響する因子は水準幅を調整し、交互作用の影響を受けにくくした。

また、シミュレーションケースが多いことに関しては、膨大な計算時間を費やしてしまうことが懸念される。そこで、図7に示すように2次元モデルを使用するとともに、例えば磁気特性の影響が少ないコイル部ではメッシュを粗くし、磁気特性の影響が大きいプランジャ部ではメッシュを密にするなどしてメッシュサイズを最適化したモデルを作成することで計算時間短縮を図った。本解析モデルを使用することにより、解析時間を従来に比べ、1/20以下(1ケース当たり：120秒⇒5秒)に短縮することができた。

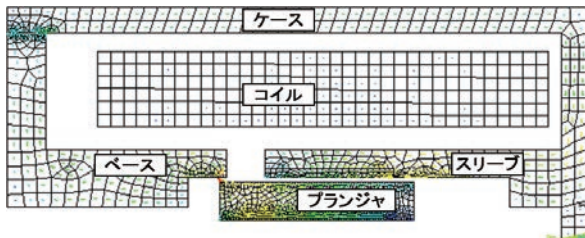


図7 解析用モデル

3.5 要因分析と再現性の確認

3.4節で述べたシミュレーションより得られた吸引力について、誤差因子に対する制御因子の寄与度を評価した結果を、図8～10に要因効果図として示す。要因効果図では横軸に各因子とその水準をとり、縦軸に基本機能の良さ、悪さの加減を表す指標であるSN比や $\beta 1$ 、 $\beta 2$ ⁽¹⁾⁽²⁾を図示する。

ここでSN比は誤差因子に対する吸引力のばらつきの度合を表し、SN比が高いほどばらつきが小さいという意味になる。また、 $\beta 1$ は1に近づくほど目標とする入出力関係(目標曲線)の感度に近づき、例えばI-F特性の傾きがこれと一致する。これに対して、 $\beta 2$ は0に近づくほど目標曲線への適合度(微

小な変動に対する一致性)が良くなることを表す。

要因効果図では、各因子で2水準目を中心に傾向が大きく山または谷形状になっている場合、一般的に交互作用が生じている可能性があり、分析の精度が低いとされている。それに対して今回の結果からは、このような現象は確認されないことから、交互作用はないと判断できる。全体として結果をまとめると、以下になる。

- ①吸引力のばらつき(SN比)に大きく影響する因子はケースA、ベースGである。
- ②プランジャA、プランジャD、ベースB、ベースCについても僅かであるが、吸引力のばらつき(SN比)に影響する。
- ③吸引力の大きさ($\beta 1$)に影響する因子は、プランジャB、プランジャD、ケースB、スリーブE、ベースGである。
- ④目標曲線への適合度($\beta 2$)に影響する因子は、プランジャB、プランジャC、ケースA、ベースGである。
- ⑤プランジャA、プランジャDは、適合度($\beta 2$)を悪化させずに吸引力を大きくでき、かつばらつきを小さくすることが可能な因子である。

上記の結果を踏まえて、吸引力を低下させずにばらつきを抑えることを重視し、SN比が大きく $\beta 1$ が低下しない条件(以下、最適条件①)を選定した。

次に、実施した要因分析の精度を確かめるために再現性の確認を行った。再現性の確認は、まず要因分析結果より現行条件に対する最適条件のばらつき低減効果である利得を推定し、これと実際にその組み合わせで解析した確認実験から求めた値との差(以下、利得差)により評価する。なお、シミュレーションの場合、一般的には利得差が1[db]以下であれば再現性が良いとされている。

表4に示す再現性の確認結果より、推定値の利得2.0[db]に対して確認実験では1.06[db]と、利得差は0.94[db]となり良好な再現性が得られた。また、表には記載していないが $\beta 1$ 、 $\beta 2$ に関しても良好な再現性が得られた。

そして更なるばらつき低減を狙い、図8の要因効果図を基にSN比が高くなる方向に、各制御因子が干渉しない程度まで水準を調整し、新たに最適条件②を決定した。

その結果、表4に示すように確認実験において2.17[db]までの利得の向上が得られた。

また、利得の向上が実際の吸引力ばらつき低減ほどの程度効果があるかを確認するため、SN比の計算式である式(1)を単位吸引力当たりのばらつき(以下、吸引力変動率=誤差因子による吸引力のばらつ

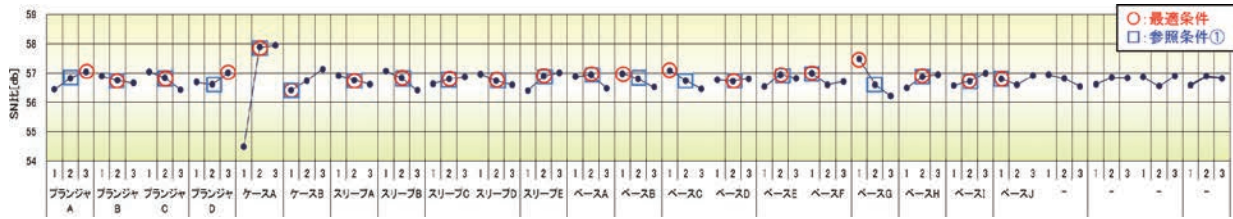


図8 SN比の要因効果図

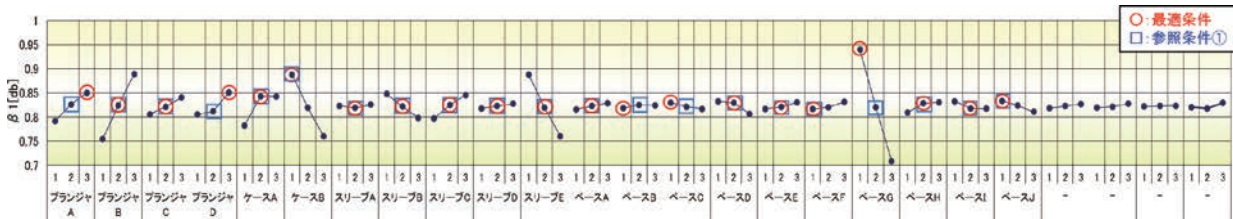


図9 beta 1の要因効果図

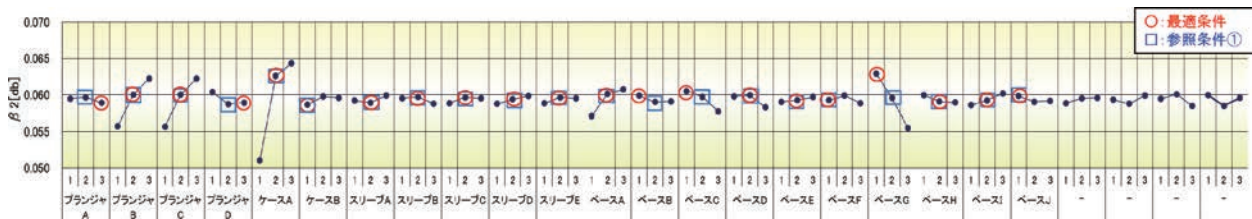


図10 beta 2の要因効果図

き/誤差因子による吸引力の平均値)を表す式(2)に変形し、表4のSN比の値を用いて吸引力ばらつきの低減率を式(3)より算出した。その結果、現行条件に比べ最適条件②では、吸引力ばらつきが約28%低減していることが確認できた。

$$\eta = 10 \log_{10} \left(\frac{m}{\sigma} \right)^2 \quad (1)$$

$$\frac{\sigma}{m} = \frac{1}{10^{\frac{\eta}{20}}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{re} &= \left(\frac{\frac{\sigma_2}{m_2}}{\frac{\sigma_1}{m_1}} - 1 \right) \times 100 = \left(\frac{10^{\frac{\eta_1}{20}}}{10^{\frac{\eta_2}{20}}} - 1 \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{10^{\frac{59.55}{20}}}{10^{\frac{57.38}{20}}} - 1 \right) \times 100 = 28(\%) \end{aligned} \quad (3)$$

η : SN比, m : 吸引力平均値, σ : 吸引力ばらつき

σ_{re} : 吸引力ばらつき低減率

σ_1 : 吸引力ばらつき (現行条件)

σ_2 : 吸引力ばらつき (最適条件)

η_1 : SN比 (現行条件), η_2 : SN比 (最適条件)

また、図11に示すように各電流値 (I_1 [電流小] ~ I_5 [電流大]) での吸引力変動率を比較した結果、現行条件に対して最適条件の吸引力変動率が低減できていることも確認できた。

表4 再現性の確認

		推定値	確認実験
SN比 [db]	最適条件①	60.2	58.4
	現行条件	58.2	57.4
	差 (利得)	2.0	1.1
	差 (再現性)	0.9	
	最適条件②		59.6
	差 (利得)		2.2

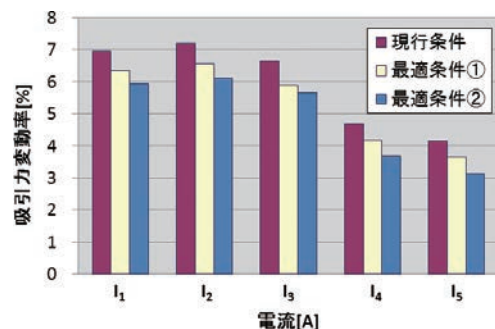


図11 ばらつき低減効果比較 (シミュレーション)

4 実機によるロバスト性評価

4.1 誤差因子と割付け方法

3章ではシミュレーションを活用したパラメータ

設計について述べたが、実機においても同様の効果が得られるか、実機ロバスト性評価を行った。

実機によるロバスト性評価として、先ずシミュレーションで決定した最適条件②と現行条件について、それぞれn=12個の試作を行った。この試作では、n=12個の寸法公差のばらつきや組立誤差から磁路形状が若干でもばらつくことで、誤差因子に挙げた製造ばらつきを評価できると考えた。

しかし、厳密に製造ばらつきを評価するためには大量の試作品が必要であり、現実的には困難である。そこで今回、高温作動試験や低温作動試験を実施し、試作品に常時大きな温度変化を加え、部品を膨張・収縮させた状態で特性を測定することで、寸法値のばらつきと同様の影響が発生すると考えた。また、市場での使われ方に関しては、実際に温度変化や振動を加えることで再現することとした。

以上のことより、実際の条件を再現可能な評価を行うことを目的に、n=12個の試作品に対して表5に示すような、ヒートショック試験などを含む6種類の信頼性試験を、それぞれn=2個にて実施した。

表5 組み合わせ表

		ノイズ(市場での使われ方)		
		信頼性試験		
		N ₁ ' (試験前)	N ₂ ' (試験中・後)	
寸法/組立ばらつき ノイズ製造ばらつき	N ₁	高温放置試験
	N ₂	...	...
	N ₃	高温作動試験
	N ₄	...	...
	N ₅	低温放置試験
	N ₆	...	...
	N ₇	低温作動試験
	N ₈	...	...
	N ₉	振動試験
	N ₁₀	...	...
	N ₁₁	ヒートショック試験
	N ₁₂	...	...

4.2 実機によるロバスト性評価結果

実機ロバスト性評価には、信頼性試験前後の吸引力を特性値として、シミュレーションと同様に標準SN比による分析を行った。分析結果を表6、電流違いによる吸引力変動率を図12に示す。

表6より最適条件②の利得は2.3 [db] となり、シミュレーションと同様、実機においても利得の向上が確認できた。また図12より、現行条件に比べて最適条件②では、全ての電流値において吸引力変動率が低減できていることが確認できる。

このロバスト性評価の結果より、温度変化や劣化

に対してもロバスト性が向上していることが確認でき、本最適設計手法の妥当性を得ることができた。

表6 利得の再現性

SN比 [db]	
	実測値
最適条件	60.8
現行条件	58.5
利得	2.3

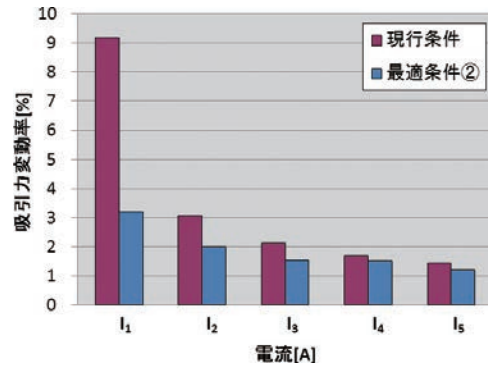


図12 ばらつき低減効果比較 (実測値)

なお、図12に示す現行と最適条件との比較より、小電流のI₁のみ吸引力変動率の低減に大きな差がみられた。これには、摩擦力といった要因が考えられる。今回、シミュレーションに関しては摩擦の影響を考慮していないが、実機においては摩擦力が発生する。摩擦に関しては、仮にこれを一定とした場合、磁力の小さい小電流時では吸引力に対する寄与度が高くなるため吸引力変動率が大きくなる。これについて今回の評価では、現行条件に対して最適条件での摩擦力が何らかの要因により低減したことで、特に小電流時に顕著な差となって表れたと考えられる。

5 結言

市場での使われ方や製造工程などから発生し得る特性ばらつきを、開発段階で未然に防止することが可能な比例ソレノイドの設計技術の構築を目的として、シミュレーションを活用した最適設計を行い、実機評価を実施した結果、以下の結論を得た。

- ①品質工学を活用することにより、比例ソレノイドの設計パラメータと誤差因子による特性ばらつきとの関係を明確にした。
- ②シミュレーションにより最適設計を行い、更にその実機評価により、各種信頼性試験に対するロバスト最適化の効果を確認した。
- ③以上のことから、本最適設計手法の妥当性および有効性を示すことができた。

現在、他の形状の比例ソレノイドに対しても本手法を適用し、設計パラメータと特性ばらつきとの関係を明確にすることで、大きなばらつき低減の効果も得ている。

また本報では、比例ソレノイドの最適設計について述べたが、冒頭に記したように一般的な産業用機器ではソレノイドバルブとして広く使用されるため、今後はバルブ側の最適設計にも取り組みたい。

参 考 文 献

- 1) 立林和夫：入門タグチメソッド，(株)日科技連出版社，2013.
- 2) 品質工学フォーラム埼玉ワーキンググループ：早わかりタグチメソッド用語集，(株)日科技連出版社，2009.

著 者



弘中 剛史

2009年入社。技術本部基盤技術研究所要素技術研究室。ソレノイドバルブの研究・開発に従事。



島田 美穂

1989年入社。技術本部CAE推進部相模分室室長。CAE推進業務に従事。



亀田 幸則

2005年入社。技術本部基盤技術研究所電機電子研究室。電動モータの研究・開発に従事。

ロッドパッキンの外観検査技術の開発

Development of Visual Inspection Technology for Rod Packing

中 西 洋 輔 ・ 工 藤 賢 司

Yosuke NAKANISHI ・ Kenji KUDO

要 旨

自動車のショックアブソーバに使用されるロッドパッキンは、内部に充填されている油やガスの封止だけでなく、内周にグリスを保持しピストンロッドの摺動の補助等の役割を担う重要部品である。KYBでは、この部品の外観に発生する欠陥を市販の検査装置を利用して全数検査を実施している、しかし複雑な形状と多様な欠陥モードに対し十分な性能を有しているとは言えず、目視検査を併用することにより品質を保証している。

今回、従来の検査装置に関する課題を解決するために、新たな外観検査技術を開発した。その概要は、垂直方向と斜め方向から画像撮影を行うことと、各種欠陥モードの特徴を捉えた検査アルゴリズムを考案したことである。この開発により、部品全面にわたって漏れなく欠陥の検査ができるようになり、品質保証度向上を実現した。

Abstract

Rod packings used in automobile shock absorbers are an important part which not only seals in the oil or gas filling the inside of the shock, but also plays other roles such as assisting sliding of the piston rod by holding grease onto the inner circumference of the cylinder. At KYB, 100% inspection is carried out using commercial inspection equipment to check for defects in the appearance of these parts. However, performance is not really adequate for complex shapes and diverse defect modes, and quality is ensured by also carrying out visual inspection.

A new appearance inspection technology was recently developed to resolve issues relating to the previous inspection equipment. Basically, the new system performs imaging from both a perpendicular and oblique direction, and an inspection algorithm was devised taking into account the distinctive features of each type of defect mode. The developed technology enables inspection for defects in all products, without any omissions, and the result is improved quality assurance.

1 緒言

対象部品であるロッドパッキンは、図1に示す当社の主要製品であるショックアブソーバに、図2のように組み込まれる部品である。

当社では固定費低減と品質保証精度向上の両立を目的として、検査の自動化に取り組んでおり、ロッドパッキンに対しても市販の検査装置を利用して外観検査の自動化を図っている。しかし、市販の検査装置では、内周部の欠陥検査に対応できないことに

加えて、部品の特性上、素材に発生する濃淡差に対応できないため、誤検出が増加する恐れがあるなどの問題がある。従来の検査装置では対応が難しく、検査の信頼性を維持・向上していくことが困難な状況にある。

そこで、光学系の構成から画像処理までをロバスト性^{注1)}の高い仕様で作り込み、前記の問題を解消可能な外観検査技術を開発した。

本報では、開発した画像処理アルゴリズムの代表的な事例並びに開発した検査技術を適用した検査装

置を中心に解説する。

注1) 外的要因による変化を内部で阻止する仕組みや性質。



図1 ショックアブソーバ

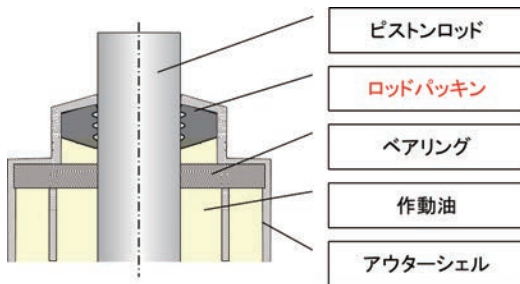


図2 取り付け概要図

2 検査対象部位

図3に部品の検査対象部位を示す。特徴として、検査項目が9か所28項目と多岐にわたっていること、様々欠陥モードが存在し、かつ発生個所が予測できないこと、部品が黒色であるため欠陥の検出が難しいこと等がある。従来の検査装置では、設備の構成上①～④の部位のみを検査し、残りの部位は目視検査にて対応していた。今回は、①～⑨の全ての検査部位および全ての欠陥モードを対象とする。

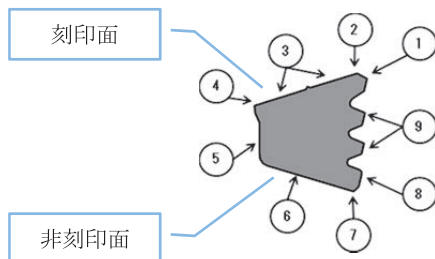


図3 検査対象部位 (断面図)

3 外観検査方式

外観検査において撮影方法および撮影装置の選定は、欠陥の持つ特徴量^{注2)}のSN比を大きくするために特に重要である¹⁾。図4に、部品の形状・表面状態・欠陥モード等を考慮して決定した外観検査方式の概

要を示す。部品の刻印面と非刻印面に発生する欠陥を漏れなく抽出するために、画像撮影は垂直方向と斜め方向から実施する。

垂直方向の検査では、部品を刻印面・非刻印面の2方向から撮影を行い、検査を実施する。部品には金型汚れの転写、洗浄液の残渣など、検査の際に誤検出につながる恐れのある様々な要因がある。この問題に対し、照明の波長を長くすることと拡散光の照射が可能となる面発光照明を採用することにより、ノイズを低減し欠陥の持つ特徴量を高SN比で撮影することに成功した。図5に今回採用した赤色面発光照明を示す。部品に対して照明の照射面積を可能な限り大きく確保するため、中央の開口部寸法を部品寸法に合わせ極力小さくした。また、円形のワークに対して均等に光を照射するためには、円形状の照明が適している。市販の面発光照明は通常、四角

刻印面_垂直方向検査	刻印面_斜め方向検査
非刻印面_垂直方向検査	非刻印面_斜め方向検査

図4 外観検査工程概要

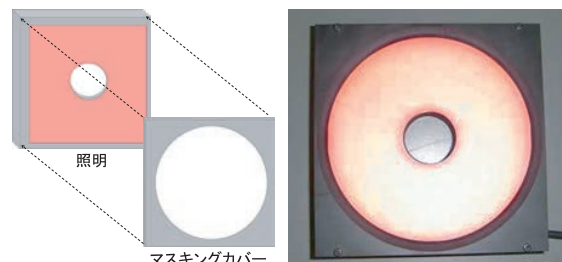


図5 赤色面発光照明

形をしているため、黒色のマスキングカバーを被せ、円形状の照射を安価に実現した。このカバーは、部品への照明以外の外乱光の入射を防ぐ役目も果たしている。

斜め方向の撮影では、部品を自転させ、回転中に15回の画像を撮影することにより、部品の内周と外周に発生する欠陥の検査を実施する。また、図4に示すように、刻印面と非刻印面で機器構成が異なっている。これは、部品の形状やその検査する部位によって、使用機器ならびにその取付け位置を決定しているためである。

注2) 画像の色、輝度、輪郭、固有値、固有ベクトル、形状、数など対象の特徴を表す物性値。

4 垂直方向の検査技術

4.1 検査アルゴリズム

検査アルゴリズムには、撮影した欠陥を確実に検出することに加え、サイクルタイムの中で検査を完了させることが求められる。この両方の要求を満足するために、新たに空間フィルタ^{注3)}を用いた差分処理^{注4)}により、部品表面の濃淡変化を平滑化するアルゴリズムを開発した。この手法を用いることにより欠陥のSN比が大きくなり、その結果、欠陥の見逃しを抑え、検査能力の向上につなげることが可能となる。

図6中赤丸で示すロッドパッキンの欠陥を例にして、開発したアルゴリズムについて解説する。

注3) 対象画素とその周辺画素の輝度値を使用して、注目画素の輝度値を変換する処理に用いるフィルタの総称。

注4) 2枚の画像において対応する画素同士の輝度差を取る処理。



図6 検出対象例

4.2 座標変換による部品の展開

最初に、撮影した画像の座標を変換することによ

り、円形の部品を矩形に展開する。図7は座標変換後の画像である。この変換により空間フィルタが適用しやすくなり、計算時間の大幅な短縮とプログラムの簡素化が可能となる²⁾。

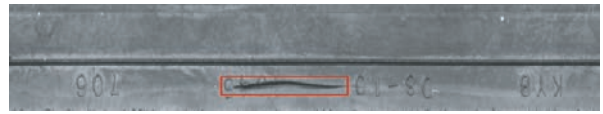


図7 座標変換後の画像

4.3 差分処理による欠陥の強調

次に欠陥のSN比を大きくするため、差分処理を活用して、欠陥部の強調と欠陥部以外の濃淡変化を平滑化する処理を行う³⁾。処理の手順を以下に説明する。

①刻印領域の濃淡変化の平滑化(図8)

部品には刻印文字があり、この刻印文字が欠陥と重なると誤検出の原因となる。そこで矩形に展開した画像に対して、刻印文字をより不鮮明にするための処理を実施する。一般的に刻印文字が鮮明に撮影できれば、刻印文字自体を認識し消し込む手法が採用できる、しかし今回の部品は刻印文字が不鮮明であり、このような方法が利用できない。そこで不鮮明な刻印文字を含む刻印領域を特定し、その領域に空間フィルタを適用して、画像を平滑化する。図8の赤四角部が処理後の刻印部である。この処理により、刻印文字がより一層不鮮明となり刻印文字のSN比が小さくなる。

②領域分割(図9)

発生する欠陥の種類が様々あるため、欠陥の種類に応じた空間フィルタを適用することが欠陥検出には重要となる。部品の部位により発生する欠陥の種類が異なるため、図9に示すように、部品を緑線で挟まれた6つの領域に分割し、その領域毎に適用する空間フィルタを変更する。領域を分割することにより欠陥の特徴量に応じた空間フィルタを適用しやすくする。

③空間フィルタによる欠陥の濃淡変化の平滑化(図10)

欠陥の特徴に応じた複数の空間フィルタを用い、欠陥の濃淡変化を滑らかにする。図10にメディアンフィルタ^{注5)}を施した画像を示す。横方向の長い欠陥に対して、縦方向のメディアンフィルタを施すことにより、欠陥の濃淡変化を滑らかにすることができる。図10の赤四角部が滑らかにされた欠陥部である。

注5) 注目画素に対して、その画素を含むある領域内の全画素の輝度値の中央値を出力するフィルタ。

④差分による欠陥の強調(図11)

図8の画像から図10の画像を差分することにより、部品表面の濃淡変化を滑らかにする。欠陥部の輝度が周囲に対して大きくなり、欠陥が強調された画像を得ることができる。

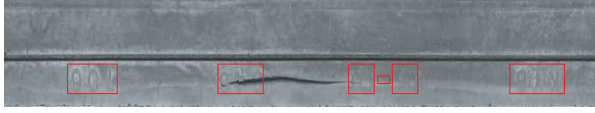


図8 刻印領域の平滑化

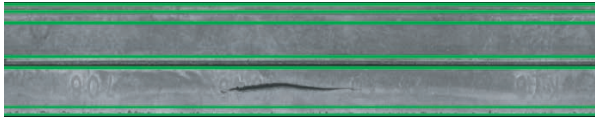


図9 領域分割



図10 フィルタによる平滑化

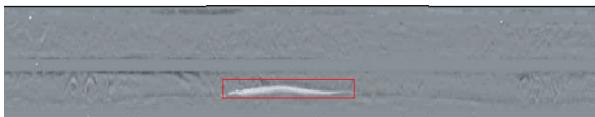


図11 差分による欠陥の強調画像

4.4 2値化^{注6)}による欠陥検出

図11の画像を再度、円形に変換することにより図12の画像を得る。この画像に対し、2値化処理により欠陥候補領域を抽出する。抽出した欠陥候補領域から各種の特徴量に基づいた判定を行い、欠陥を検出する。欠陥領域を赤色で示す、図12のように刻印文字等のノイズに影響されことなく、欠陥領域のみが検出されていることがわかる。

注6) 濃淡のある画像をある閾値を用いて2階調に変換する処理。



図12 2値化処理による検出結果

5 斜め方向の検査技術

5.1 検査アルゴリズム

斜め方向では15枚の画像撮影を行うため、垂直方向と比較して撮影時間を要する。したがって、サイクルタイム内で検査を完了するための方策が必要となる。また垂直方向と同様、撮影した欠陥を確実に検出する方策も必要となる。そこで、ランク処理^{注7)}を用いて、撮影した複数枚の画像を1枚の画像に統合する。その統合した画像へ差分処理を適用することで、処理時間の短縮と部品表面の濃淡変化を平滑化するアルゴリズムを開発した。図13に撮影の概要と検査領域を示す。赤斜線で示した部位が検査領域である。

注7) 各画素の輝度値を利用して、画素を昇順や降順に並び替える処理。

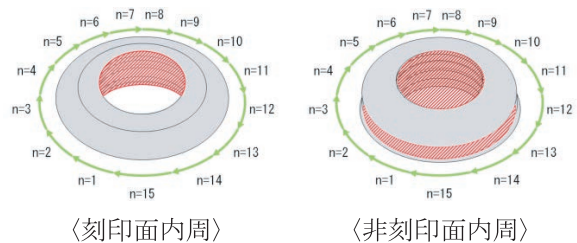


図13 斜め方向検査領域

5.2 ランク処理を用いた欠陥画像の結合

図14にランク処理を用いた欠陥の結合処理の概要を示す。ランク処理を実施することにより、複数枚の画像に撮影される明るい欠陥あるいは暗い欠陥を、それぞれ1枚の画像へ結合することができる。その結合された画像にのみ処理を実施すればよくなり、結果として処理時間を短縮することが可能となる。

図15は対象部品の欠陥の撮影状況であり、欠陥が複数枚の画像に撮影されている。15枚の画像の間で同一座標にある画素に対してランク処理を適用し、輝度値に基づき昇順で並び替えを行う。最も輝度が大きい画素のみで構成された画像 $G_{(rank=15)}$ が図16であり、明るい欠陥が結合されていることがわかる。

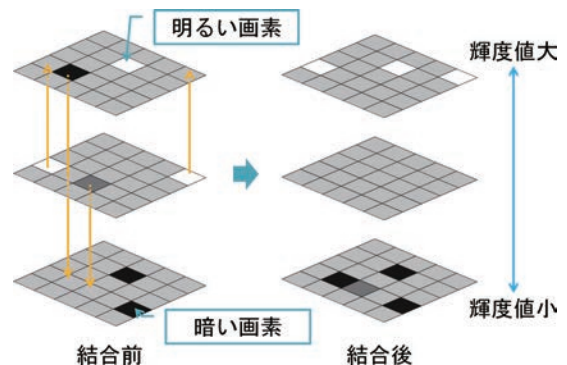


図14 ランク処理を用いた欠陥画像の結合

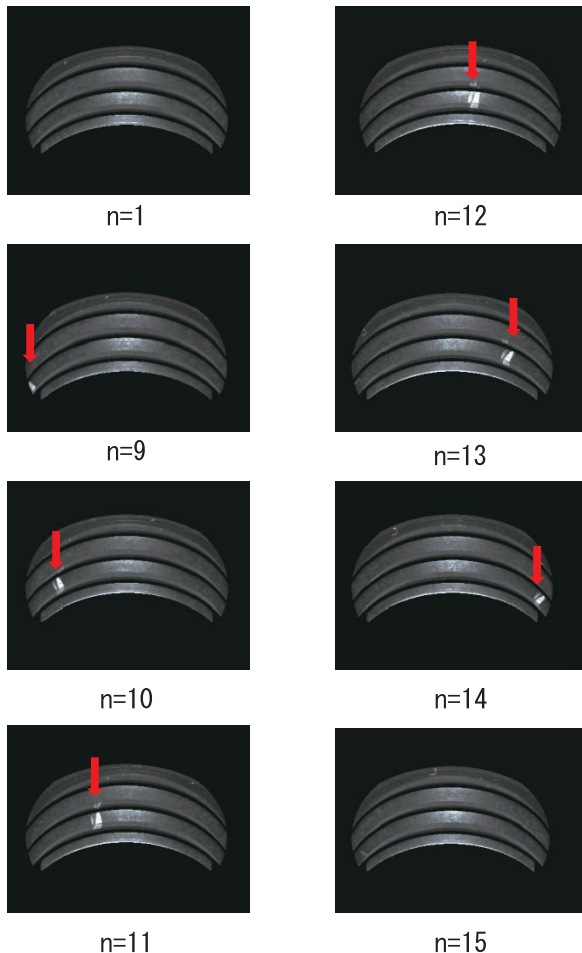


図15 連続して撮影した画像（一部抜粋）



図16 最も輝度が高い画素のみで構成された画像

5.3 差分処理による欠陥の強調

垂直方向と同様、差分処理により部品の濃淡変化を平滑化し、欠陥のSN比を大きくする。欠陥およびノイズ等の映りこみ状況に応じて、適切なランクの画像を用いて処理を行う。 $G_{(rank=15)}$ と $G_{(rank=13)}$ の画像を用いて、差分した結果を図17に示す。部品の濃淡変化が平滑化され、欠陥が強調された画像を得ることができる。

5.4 2値化による欠陥検出処理

図17に対して2値化処理を施すと図18となる。しかし欠陥部以外にハレーション^{注8)}領域が現れ、誤検出する恐れがある領域を赤色で示す。

ハレーションによる誤検出を防ぐため、 $G_{(rank=14)}$ （2番目に明るい画素で構成された画像）に対して2値化処理を施し（図19）、図18との差分処理を行うと、図20に示すようにノイズ等のない欠陥部分のみが抽出された画像を得ることができる。

注8) 強い光の当たった部分の周りが白くぼやける現象。

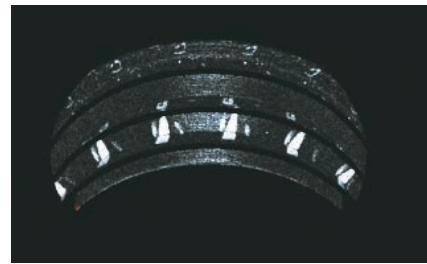


図17 差分処理により強調された欠陥

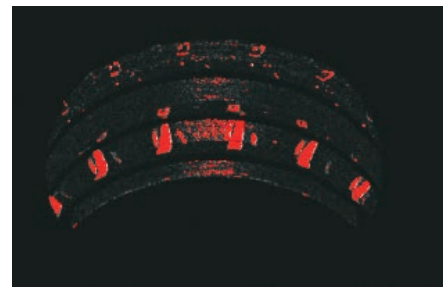


図18 欠陥候補領域



図19 $G_{(rank=14)}$ の画像から得られたハレーション領域



図20 欠陥検出結果

6 検査設備の概要

前項までに解説した技術を製造現場にて活用するために、開発技術を実装した検査設備を製作した。図21が設備全体の概観である。設備は右から部品投入部、外観検査部、部品排出部の構成となっており、ホッパに蓄えた部品により約1時間の無人運転が可能である。検査結果を表示するモニタを備え、画像の撮影状態やOK・NGの確認等ができる。また設備全体をカバーで覆い、画像処理を実施する上でノイズの要因となる埃等の侵入防止、外乱光の遮光、安全対策を施している。

外観検査部の機器レイアウトを図22に示す。インデックス搬送装置により部品の搬送を行いながら、4つの検査ステーションで各検査を行う。

搬送装置の途中に反転機構を設置し、検査途中で刻印面から非刻印面への反転を行う。また、OK品・NG品の混入がないよう、区別して排出する機構を備えている。

検査設備の中で、特徴的な機構を紹介する。

(1) 検査ジグとその回転機構 (図23)

検査ジグは部品形状と画像処理への影響を考慮し、樹脂と金属を組合せた構成とした。また、斜め方向検査時の部品回転には、ステッピングモータを採用し間欠回転を実施している。

(2) 反転機構 (図24)

搬送装置からの部品取出しと受け渡し姿勢の動作には、リンク機構を応用した。これにより、コンパクト、高速動作、高信頼性を実現した。

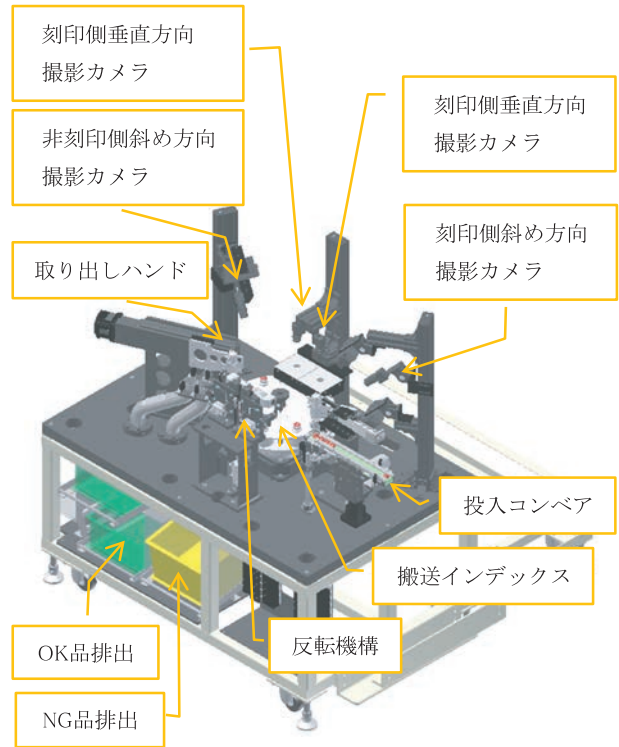


図22 外観検査部機器レイアウト

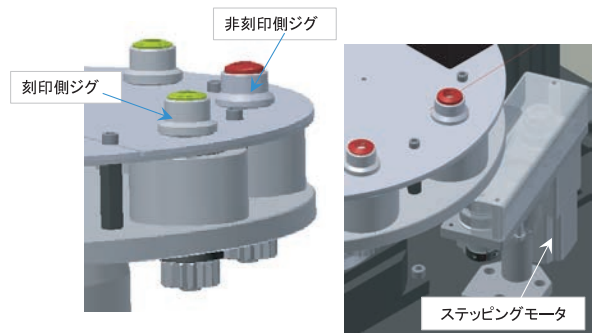


図23 検査ジグと回転機構

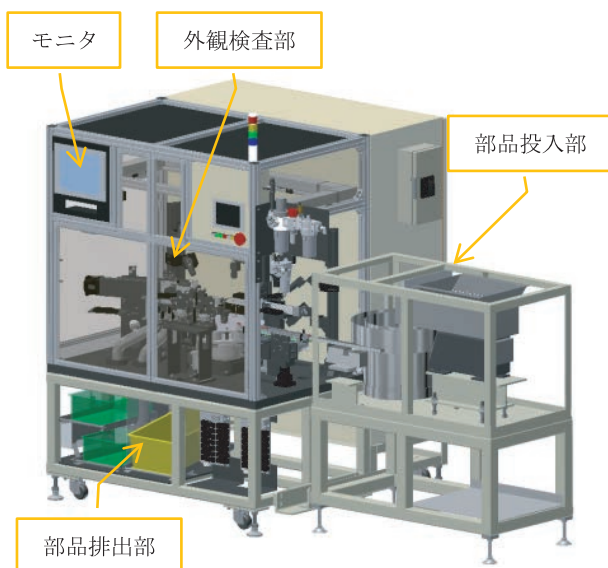


図21 検査設備全体図

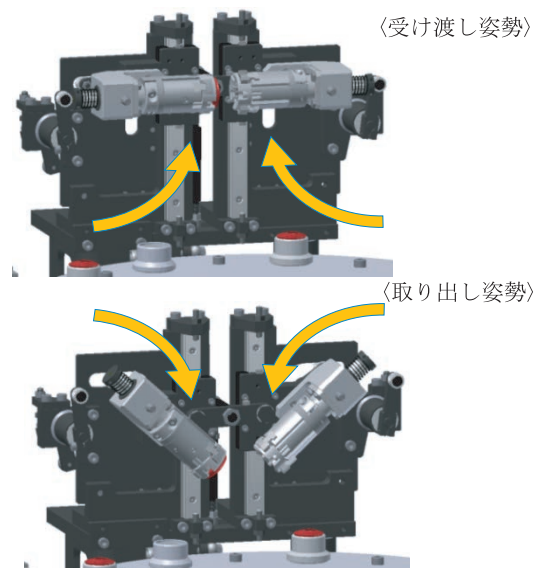


図24 反転機構

7 開発結果

- ①部品全面に発生し得る各種の欠陥モードを捉えるために、ワークを自転、反転させて垂直方向と斜め方向から撮影する方法を考案した。この方案により、従来の検査装置では対応できなかった検査ができるようになり、品質保証精度の向上を図ることができた。
- ②空間フィルタを用いた差分処理により、部品表面の濃淡変化を平滑化する処理方法を開発した。この手法は欠陥を高SN比で捉えることのできる、汎用性の高い手法である。

8 結言

これまで市販の検査装置では品質保証面で十分とは言えず、目視検査を併用していた外観検査に対し、部品の表面状態や形状等を考慮した検査装置の採用と外乱に強いロバストな処理方法を組合せた新たな

画像検査システムを構築した。

新たな検査技術の開発と併せ、生産工程の改善や品質の維持方法、工程能力と品質保証の要求に合致した検査基準の決定、検査装置の維持管理方法の決定についても活動を展開した。これらの活動は、外観検査技術を生産現場で維持・活用していくためには非常に重要である。今後の技術開発においても、必ず実践していく。

最後にこれまでの開発、導入に多大な支援をいただいた、関係各位に対して深く感謝をいたします。

参考文献

- 1) 増村茂樹：マシンビジョンライティング基礎編，日本インダストリアルイメージング協会，2010年。
- 2) MVTec Software GmbH：画像処理アルゴリズムと実践アプリケーション，株式会社LINX，2008年。
- 3) デジタル画像処理編集委員会：デジタル画像処理，CG-ARTS協会，2012年。

著者



中西 洋輔

2011年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。画像処理技術の開発に従事。



工藤 賢司

2011年入社。技術本部工機センター設計室。社内生産設備の設計に従事。

移動体向け通信端末の開発

松島英郎

1 はじめに

近年、M2M^{注1)}/IoT^{注2)}に代表される通信の市場は大きな注目を浴びており、効率化や付加価値向上が見込まれることから、その規模が拡大している。

KYBにとって通信は異分野であったが、グループ会社のKYBトロンデュール(株)では長年に渡って通信端末の開発・製造・販売の実績があった。

そこで今回、活気ある通信市場に向けて、KYBの電装品における開発資産とKYBトロンデュール(株)の通信分野における経験と実績、それぞれを活かし、新しく移動体向け通信端末の開発を行った。

〈通信端末の概要〉

- ①移動体等の情報を携帯電話網、もしくは衛星通信網(無線)を使ってサーバへ送信可能。また、サーバからデータ受信可能(図1)。
- ②GNSS^{注3)}機能を内蔵し、位置・移動に関するデータを送信可能(図1)。
- ③自動車などの移動体に向けた信頼性を実現。
- ④SDK^{注4)}の提供により、ユーザーにてアプリケーションソフトウェア開発が可能。
- ⑤OTA^{注5)}によるソフトウェアのアップデートが可能(携帯電話網利用時)。

可能(携帯電話網利用時)。

尚、③④⑤については「4. 製品特長」で後述する。

注1) Machine to Machineの略。機器間の通信を意味する。

注2) Internet of Thingsの略。あらゆる物がインターネットを通じてつながることにより実現するサービスやその技術の総称。

注3) Global Navigation Satellite Systemの略。人工衛星を使用して地上の現在位置を計測するシステム。

注4) Software Development Kitの略。ソフトウェアを開発するために必要なプログラムや説明書、開発ボードなど一式。

注5) Over The Airの略。無線ネットワークを利用してデータの受信を可能にする機能。

2 通信端末の構成

図2は通信端末の構成である。以下、各ブロックについて説明する。

①GNSSレシーバ

GPS^{注6)}、GLONASS^{注7)}、QZSS^{注8)}(用語解説「GPS、GLONASS、QZSS」p.42参照)を同時に受信可能。一般的なGPSのみ品と比べ、受信確度が向上。

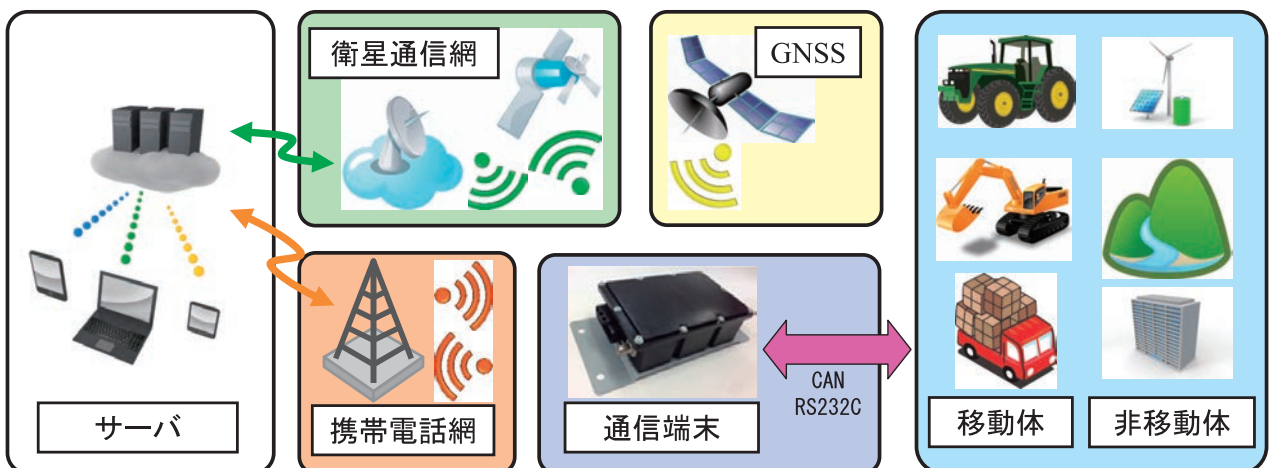


図1 通信端末概要

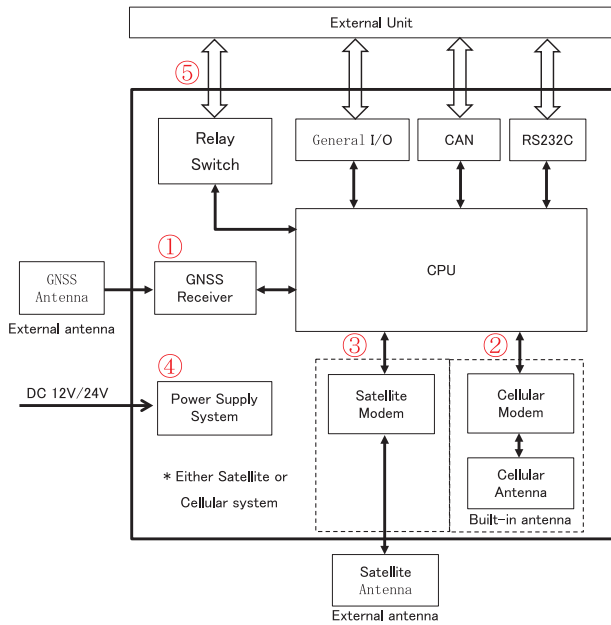


図2 通信端末の構成

②携帯電話網モデム

Quad bandのGSM/GPRS/EDGE^{注9)}、Five bandのHSPA+^{注10)}まで利用可能なW-CDMA/UMTS^{注10)}に対応し、本格的な国際ローミングと世界対応を実現。アンテナを内蔵しているため、ユーザでのアンテナ購入が不要。FCC^{注11)}規格及びR&TTE指令^{注12)}を取得済み。

③衛星通信網モデム

衛星通信網を利用し、携帯電話網がない僻地での通信を実現。

④電源システム

車載バッテリー直結可能。サージ、逆接、瞬断等の自動車規格を満足。12V系/24V系の両バッテリーに対応。

⑤外部インターフェース

CAN, RS232C, 汎用I/Oを利用し移動体等に搭載された外部ユニットとデータの送受信を行う。また、リレー等の負荷駆動用としてFETスイッチを備える。

注6) Global Positioning Systemの略。

注7) Global Navigation Satellite Systemの略。

注8) Quasi Zenith Satellite Systemの略。

注9) GSM: Global System for Mobile communicationsの略。

GPRS: General Packet Radio Serviceの略。

EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolutionの略。

第二世代携帯電話規格、またはその拡張規格。

注10) HSPA+: High Speed Packet Access Plusの略。

W-CDMA: Wideband Code Division Multiple

Accessの略。

UMTS: Universal Mobile Telecommunications Systemの略。第三代携帯電話規格、またはその拡張規格。

注11) Federal Communications Commissionの略。

米国の政府機関。通信に関する各種規制や規格の策定、通信機器や放送通信事業の許認可を行う。

注12) Radio equipment and Telecommunications Terminal Equipmentの略。欧州における無線及び電気通信端末機器を対象とする指令。

3 開発・生産体制

設計・信頼性評価はKYBにある開発資産を活用した。例えば、CAE^{注13)}として基板パターン、振動、熱などの解析ツール、ソフトウェア開発ではISO26262認証単体テストツール等が挙げられる(図3)。また、信頼性試験においては新設された電子実験棟を活用し、振動や熱衝撃などの環境試験、EMC^{注14)}に代表される電気系試験など、電装品規格に対応した試験を社内で行った(写真1)。

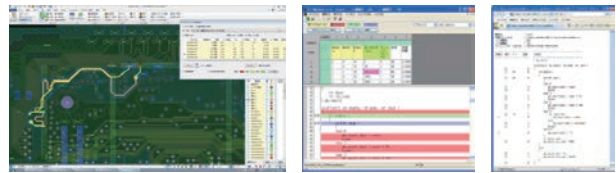


図3 基板パターン解析ツール・ISO26262認証単体テストツール



写真1 電子実験棟・電波暗室

KYBトロンデュール(株)では通信分野における長年の経験と実績から仕様の作成、および市場での運用経験を踏まえたフィールド試験と最終検証を実施した。またEPS^{注15)}に代表される電装品の量産で培った生産技術を盛り込み製造と販売を行っている(写真2)。

注13) Computer Aided Engineeringの略。製品の設計、製造や工程設計の事前検討の支援を行うツール。

注14) Electro Magnetic Compatibilityの略。

電磁的な不干渉性および耐性。

注15) Electric Power Steeringの略。

電動パワーステアリングのこと。



写真2 KYBトロンデュール(株)・実装ライン

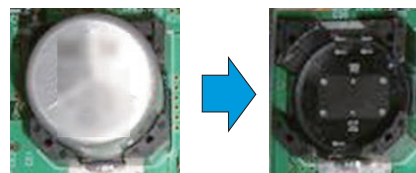


写真4 電界コンデンサ脱落の様子

4 製品特長

4.1 自動車などの移動体に向けた信頼性を実現

世の中には、類似機能を有する通信端末がいくつかあるが、移動体に搭載可能なものは少ないと考える。その理由に耐振動性や耐熱衝撃性が挙げられる。

限られた開発期間内で、これら信頼性を十分に確保することは容易ではない。そこで、今回この課題に対して、HALT^{注16)}試験を実施したので紹介する。

HALT試験とは製品仕様を超え動作限界、破壊限界までストレス（冷却，加熱，急速温度変化，振動，温度と振動の複合）を加える試験である（写真3）。

注16) Highly Accelerated Life Testの略。

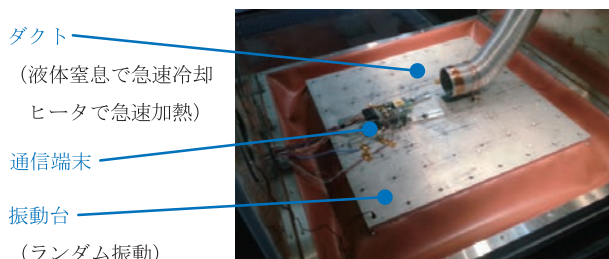


写真3 HALT試験実施の様子

機器にこれら高いレベルの環境ストレスを加えることで、短時間で潜在的な弱点を顕在化させ、動作限界と破壊限界に対する設計マージンを見つけることができる。さらに補強しマージンを拡大することで製品の信頼性向上が実現できるのである¹⁾。

HALT試験によって発見された信頼性向上策の一例を写真4に示す。振動ストレスにより、プリント基板上に搭載した表面実装タイプのアルミ電解コンデンサが脱落した様子である。振動対策用の保護カバーを有する部品であったが、破壊限界まで振動を加えたところ、リード部が金属疲労によって折れ脱落した。仕様を超えるとはいえ、今回は移動体ならではの振動に対する信頼性向上を図るために補強材を追加した。

4.2 SDKの提供

先にも述べたがSDKはソフトウェアを開発するために必要なプログラムや説明書、開発ボードなど一式を指す。

今回、当社よりSDKを提供することで、ユーザ（完成品メーカ）にてアプリケーション開発が可能となった。一見、ユーザがアプリケーション開発することは、ユーザの負担が増えるだけと考えるかもしれないが、サンプルコードが用意されているので、その点は問題ない。むしろユーザ自身でフィールド検証しながらアプリケーション開発ができるため、開発スピードを上げることができ、また検証で得たノウハウを自社内で蓄積する事が出来るといったメリットが大きい。

ここでソフトウェア構造を図4に示す。ソフトウェアは、ローダプログラム、BSP、ユーザアプリケーションの3つからなる。ローダプログラムは、ソフトウェアを起動する最小単位のプログラムで、BSPは特定のハードウェアプラットフォーム上でOSを実行できるようにするソフトウェアコンポーネントである。BSPはOS、ファイルシステム、ミドルウェア、共通ライブラリ、ドライバから構成される。

今回のSDKでは、BSPのインターフェースをAPI^{注17)}として提供することで、アプリケーションを、ハードウェアに対する詳細な設定やプログラムを意識することなく開発できるようになっている。

注17) Application Program Interfaceの略。

ソフトウェア開発で利用できる命令や関数。

4.3 OTAによるソフトウェアのアップデート（携帯電話網利用時）

スマートフォンに代表されるモバイル端末ではOTAによるソフトウェアのアップデート（以下OTA）が身近に行われている。このOTAによって利便性が向上したのは容易に想像がつかだろう。モバイル端末のようなBtoC製品での印象が強いOTAであるが、今回のようなBtoB製品においても同じく利便性向上のため、OTAの要求は高い。

例えば、移動体が危険区域に入った際に通信端末からサーバへアラートを送るシステムを考える。その場合、移動体出荷時にセットした危険区域データ（マップデータ）は変化の激しい現在の社会において、数年後には変更を余儀なくされることが十分に予想される。こうした時、移動体回収やサービスマン出張によるデータ書き換えを行っているのは、運用

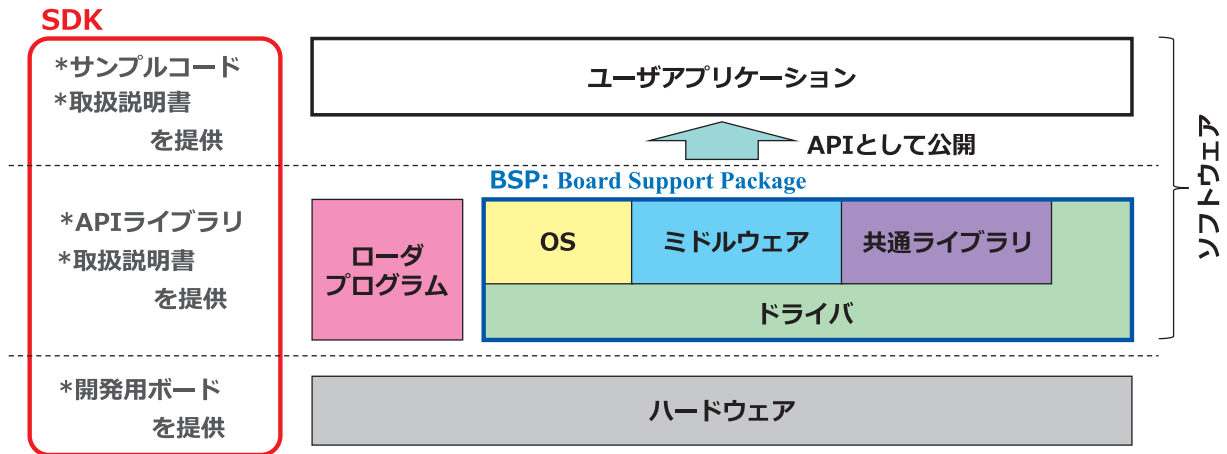


図4 ソフトウェアの構成

コストが嵩んでしまう。そこで、OTA機能があれば通信費用のみで安価にそして素早く対応できるのである。

OTAを行う時に配慮しなければいけないことは、アップデート中に電源が切れてしまうこと、通信網が途絶えてしまうことである。アップデート中にこのようなことが起こると、アップデートファイルが破損してしまうためである。

そこで本製品では、アップデートファイルが破損してしまった時、元ファイルを再送することなく復帰可能なロールバック機能を備えた。

これは元ファイルを残しておくメモリ領域の確保とファイル破損をモニタするための計算プログラムによって実現している。このロールバック機能により、バッテリーの状態や通信網が不安定な時でも、安心してOTAが行える。

5 おわりに

今回、開発した通信端末は当社の生業である油圧機器と離れ、新しい分野の製品と言える。

これは、電子機器開発強化の会社方針のもと、2010年にKYBトロンデュール(株)を完全子会社化、2012年の電子技術センターの設立、2013年に電子実験棟の新設が大きく寄与している。

今回は移動体に向けた広く汎用的な通信端末の開発であったが、今後はこの無線通信技術と油圧機器をシステム統合させた製品も開発していく所存である。

最後に、本製品の開発にあたり多大な協力を頂いた社内外の関係者へ、この場をお借りし厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 木名瀬純, 尾崎智幸, 岡島寛明, HALT (加速度寿命試験) による電子計測器の信頼性向上, アンリツテクニカル No. 88 Mar. 2013 P66-71

著者



松島 英郎

2012年度入社。技術本部電子技術センター開発室。通信端末の開発に従事。

「GPS, GLONASS, QZSS」

「移動体向け通信端末の開発」(p. 38)に記載

KYB技報編集委員 上 條 崇 史

1 衛星測位システム (GNSS)

衛星により現在位置を測位するシステムとして世間に広く知られているものにGPSがあります。GPSは自動車のナビゲーションにも使われているのでみなさんもなじみが深いものでしょう。

衛星を利用するシステムとしてはGPSだけでなくGLONASS, QZSS等、各国で様々なシステムがあります。これらのシステムの総称をGNSS (Global Navigation Satellite Systemの略)と呼んでいます(図1)。



図1 GNSSの例

2 GPS

Global Positioning Systemの略で、米国によって運用される衛星測位システムです。地球の周回軌道を回る複数の衛星から発信される電波を受信し、衛星の位置関係から、現在地の緯度・経度を計算して

います。全地球の測位を可能としています。

3 GLONASS

ロシアによって運用される衛星測位システム (Global Navigation Satellite Systemの略)です。こちらにも複数の衛星を利用し、全地球の測位を可能としています。

4 QZSS

Quasi Zenith Satellite Systemの略で、日本によって開発されている衛星測位システムです。日本名は準天頂衛星システムと呼ばれています。日本の天頂付近に常に1個の衛星があるように配置することで、山やビル等に影響されず日本全国をほぼカバーできる高精度測位の実現を目指しています。

5 世界の位置測位システム

GPSは米国、GLONASSはロシア、QZSSは日本が運用しておりますが、他にも中国はBeiDou, EUはGalileo, インドはIRNSS (Indian Regional Satellite Systemの略)を運用または運用を計画しています。

6 今後のGNSS

GNSSの精度は、現段階では数cmレベルの測位はできません。しかしながら自動車などの移動体の自動運転等の研究が進む中、測位精度向上のニーズは高く、今後もGNSSは新たな技術革新が期待されています。

減衰力応答性改良バルブの開発

君嶋和之・山中賢・山本直紀

1 はじめに

ショックアブソーバ（以下SA）の性能を表す指標として、SAのストローク速度に対して発生するピーク減衰力をプロットした減衰力-速度特性線図がもっとも一般的であるが、これは準静的な指標であり動的な性能評価には適していない（図1）。

一方、ある一定の周波数及び振幅でSAを加振した時のストローク速度に対して発生した力を連続的にプロットしたものを減衰力-周波数特性線図といい、これはSAの動的な性能指標のひとつである（図2）。

メカニズムは後述するが、一般的にSAでは封入された作動油がSAのストロークにより移動し、ある油路を通過する際に生じる絞り抵抗により、減衰力を発生する。このため、作動油そのものが持つ慣性力や圧縮性の影響により、加振速度に対してある遅れをもって減衰力が発生する。

この遅れは減衰力-周波数特性線図における波形の幅となって現れ、「減衰力ヒステリシス」と呼ばれるとともに、これが小さいほど減衰力応答性が高いとされる（図2）。

本報では減衰力応答性を改良するためのバルブ開発、及び既存バルブの活用手法を紹介する。

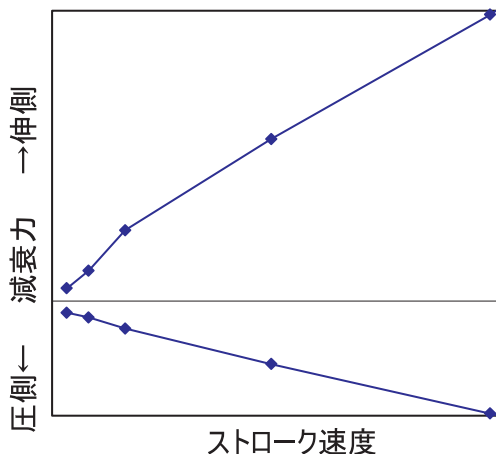


図1 減衰力-速度特性線図

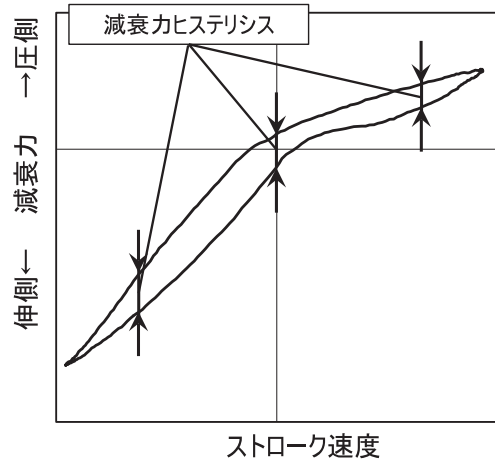


図2 減衰力-周波数特性線図

2 自動車メーカーの要求

減衰力応答性に対する要求・条件は各自動車メーカー・各車両によって様々であり、また各車両に及ぼす影響についても一概には言えるものではないが、加振速度に対する減衰力発生が遅れは、車両の挙動に対して起振力となって作用し、振動を増長させる場合があるため、一般的には減衰力応答性は高い方が良いとされる。

3 車両での訴求点

SAの減衰力応答性が良いと、車両の挙動に同期した適切な減衰力が得られる。操舵初期や良路走行のようなストローク速度が低い領域では、SAの作動初期からしっかりと減衰力を発生させ、ステアリング手応えや質感の向上が見込まれる。一方、比較的大きな路面の凹凸が連続して入力されるような、ストローク速度が高い領域では、路面との追従性や接地性の向上が見込まれる。

4 減衰力発生メカニズム

KYB標準ピストンバルブ・ベースバルブを例に、減衰力の発生原理を説明する。

SAのストロークとともに、ピストンバルブ・ベースバルブにはそれぞれ、SAのサイズに応じた流量・流量比で作動油が通過する。各バルブにおいて上流側に位置するバルブは開かずチェック弁として機能し、下流側に位置するバルブは開弁し、その寸法諸元等により各バルブの流量-圧力特性が決まり、SAの諸特性が決定される。

通常伸行程時は、ベースバルブにはリターンバルブとしての機能しか持たせず、圧力特性をほぼ持たないものとして扱うため、SAの諸特性はピストンバルブのみによって調整・決定される(図3)。

これに対し圧行程時は、ピストン側・ベースバルブ側双方のバルブを減衰力の調整に用いることが可能なため、同一の減衰力-速度特性であっても、各バルブの発生差圧の分担比率を様々に調整でき、このバランスによってSAの諸特性が決定される(図4)。

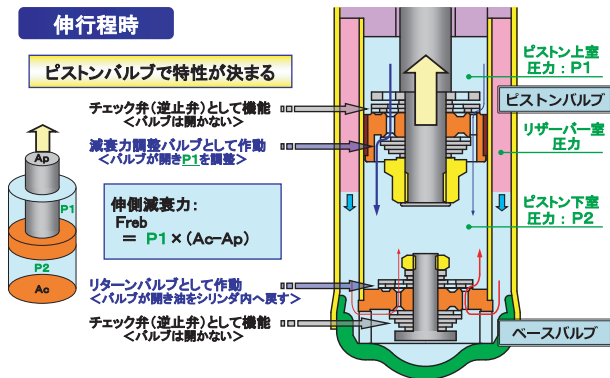


図3 伸行程時の減衰力発生メカニズム

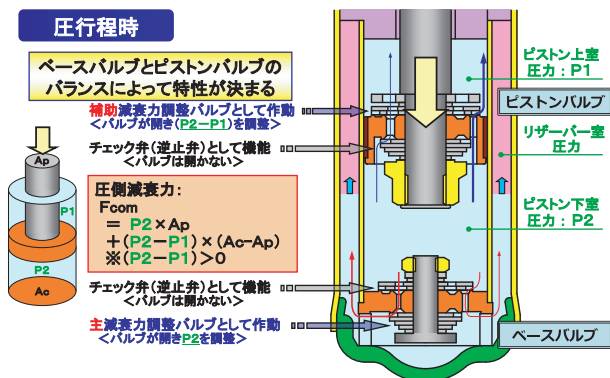


図4 圧行程時の減衰力発生メカニズム

5 減衰力応答性改良アイテム

5.1 ピストンバルブの開発

KYB標準仕様である従来ピストンバルブは、ピストンの内面側に環状のシート面を採用している(図5(a))。これに対し減衰力応答性の改良を考慮し、内面側のシート面をスポット状に変更したピストンバルブを新開発した(図5(b))。

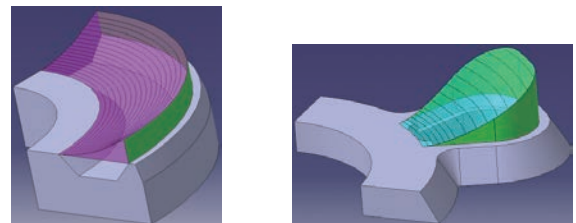


(a)従来ピストンバルブ (b)開発ピストンバルブ

図5 ピストン内面側シート面形状

シート面をスポット状とすることで、同一のバルブ開口面積(=同一の減衰力)を得るために必要な、作動油の移動体積(=加圧室の体積増加)が比較的小さく抑えられ、所要の減衰力を発生させるまでの時間を短縮させることで、減衰力応答性の向上を図った。

図6(a),(b)は、従来ピストンバルブと開発ピストンバルブの伸側バルブ開口時の作動油の移動体積である。従来品を100%とした時、開発品では約80%であり、減衰力応答性の向上が期待できる。



(a)従来ピストンバルブ (b)開発ピストンバルブ

図6 バルブ開口時の加圧室作動油移動体積模式図(伸行程時)

また、本バルブの開発に当たっては、流体解析ソフトウェア ANSYS® CFX を活用し、バルブ開口時の作動油流線の衝突軽減やスムーズ化を考慮し、詳細形状設計を実施した(図7)。

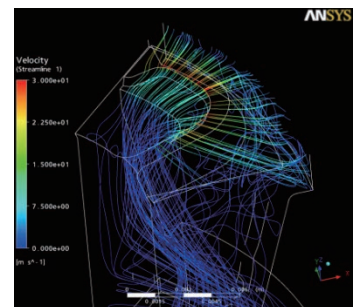


図7 流体解析結果例(圧行程時)

本バルブの適用により、ストローク速度0における減衰力ヒステリシスは、従来品に対し73%低減し、減衰力応答性の大幅な向上が確認できた（図8）。

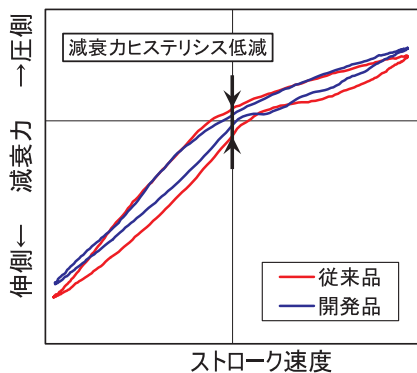
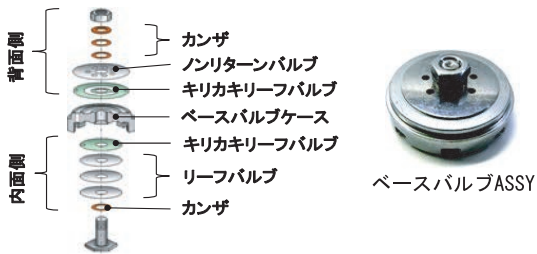


図8 減衰力-周波数特性（ピストンバルブ違い）

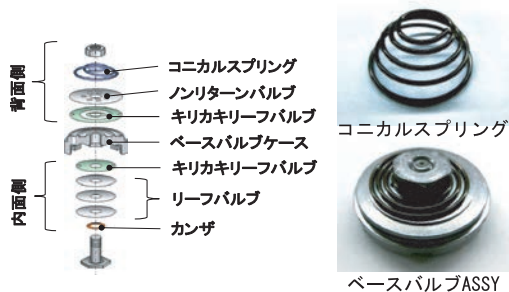
5.2 ベースバルブの開発

従来ベースバルブは、主に内面側バルブで圧行程時の減衰力を発生させ、背面側は伸行程時にリターンバルブとして作動する構造である（図9(a)）。

これに対し開発ベースバルブは、背面側にコンカスプリングを追加し、伸側の微低速減衰力をわずかながら付加する事でヒステリシスの低減を狙ったものである（図9(b)）。



(a)従来ベースバルブ



(b)開発ベースバルブ

図9 ベースバルブ構造比較

ベースバルブ背面側にセット荷重を与えることにより、圧→伸への行程切替わり付近の減衰力傾きが大きくなるため、減衰力ヒステリシスが低減し、減衰力応答性の向上が確認できた（図10）。

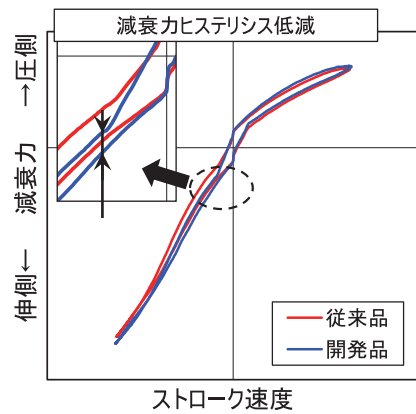


図10 減衰力-周波数特性（ベースバルブ違い）

5.3 圧行程時圧力分担率の適正化

前述の通り、圧行程時はピストンバルブとベースバルブ双方で減衰力を発生させるため、同一の減衰力速度特性であっても、各バルブの発生差圧の分担比率を様々に調整でき、このバランスによってSAの諸特性が変化し、実車フィーリングが変化することが経験的に分かっている。

圧行程時のベースバルブ発生差圧に対する、ピストンバルブの発生差圧の比を「圧力分担率」、ピストン上下室の最大圧力と最小圧力の差を各室の「圧力振幅」と定義しこれらを整理すると、各室の圧力振幅の合計値は、ある圧力分担率の適値を以て最小となり、また適値より低い場合の方が、高い場合よりも圧力振幅が大きくなることが分かった（表1）。

各室の圧力振幅が小さいほど増圧にかかる時間、および作動油の体積変化が小さく、減衰力応答性は向上すると考えられる。

表1 圧行程時圧力分担率と圧力振幅の関係

圧行程時 圧力分担率		低	適値	高
圧力 振幅	ピストン 上室	大	最小	小
	ピストン 下室	大	最小	小
	トータル	大	最小	小
応答性		×	○	△

以上のことから、ストローク速度が微低速～低速のオリフィス領域については、ガス封入を前提として、中速度のバルブ領域についてはピストン上室圧が負圧とならないよう考慮し、図11に示すように圧力分担率を新ガイドラインとして設定することで、バルブ仕様の選択とは別に、減衰力応答性の向上を図る方策を設定することができた。

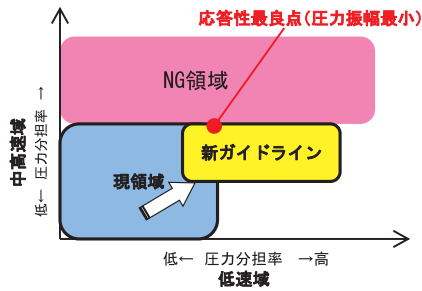


図11 圧行程時圧力分担率 ガイドライン

5.4 ピストン内背面オリフィス分散

ピストン部のオリフィス（図12）は、各車両目標性能に合わせ、面積と配置を決定している。オリフィス域からバルブ域への切替わりのスムーズさが減衰力応答性にも影響していると考え、検証を実施した。



図12 ピストンバルブ構造

オリフィスを内面側のみ、または背面側だけに配置した仕様に対して、内背面に断面積配分で50%ずつ分散した仕様は、わずかながらヒステリシスの減少と繋がりのなめらかさが確認できた（図13）。

差は僅かだが、行程切替わり時のピストンロッド

加速度低減効果も確認できたことから、スムーズな開弁が実現できているといえ、オリフィスを内背面に分散した方が性能面で有利であることを確認した。

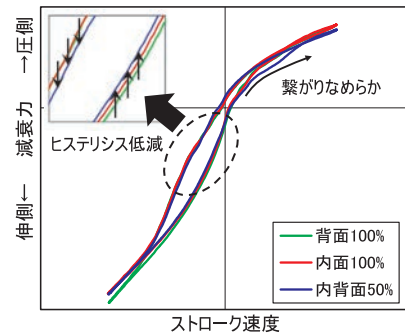


図13 減衰力-周波数特性（オリフィス違い）

6 お客様の採用状況

開発ピストンバルブは本年11月より量産化が決定しており、現在も複数のお客様に対し車種展開も含め、採用に向けた開発を進めている。開発ベースバルブは2012年5月より量産を開始し、ともに今後採用車種・生産数を拡大する見込みである。

7 おわりに

減衰力応答性に着目した新規アイテムの開発及び既存部品の活用方法の適正化を図ることにより、SAの高応答化を実現し、エンドユーザには質感が高く安心感のある車両を提供できるようになった。

最後に、本開発にあたりご指導、ご協力頂いた関係各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

著者



君嶋 和之

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第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。



山中 賢

2007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第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。



山本 直紀

2008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第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。

随筆

タイ・マレーシア駐在記

神 永 和 人

1. はじめに

私のタイ7年間、マレーシア3年間、合計10年間に渡る駐在員生活を紹介します。

KYBが最初に海外で初のテクニカルセンターをタイに開設するというので、2004年から先発隊が行き、Chonburi県（バンコクから南東に80km程度）、Amata Nakorn工業団地というところにあるKYB Thailand Co. Ltd.（自動車・二輪車用機器の生産拠点。以下、KYBT）の工場のオフィスの2階に間借りして、KYB Technical Center Thailand Co., Ltd.（以下、KTCT）を開設しました。KYBTの当時の名称は、Siam Kayabaでした。もともと海岸近くのSamut Prakan県というところでしたが、海拔ゼロメートル地域であったため、満潮時と大雨が重なるとしばしば洪水に見舞われていました。そのため、2003年から、東部の現在の工業団地に引っ越しました。KYB Steering Thailand Co., Ltd.（パワーステアリングポンプの生産拠点。以下、KST。当時の名称は、Thai Kayaba）も同じ工業団地にありました。

2. KTCT

開設の発端は、トヨタ自動車殿がタイにテクニカルセンターを開設するというので、KYBもそれに呼応した形でした。駐在員は自動車用ショックアブソーバ（以下SA）設計出身の高島さんと二輪車用SA設計出身の今井さんの2名。現地人は男性2名、女性1名、計5名から始まりました。その約9ヶ月後、自動車用SAの市販を現地で設計するのを目的に、自動車用SA設計出身の広井さんが赴任しました。私は、開設の約1年後の2005年5月に赴任しました（写真1）。その時には、駐在員4名、現地人従業員も男性7名、女性2名、運転手4名の合計17名となっていました。

私の歓迎会は、夕方、海辺のレストランで行いましたが、南国の海という感じで何とも気持ちが良かったのを覚えています（写真2）。海辺に実を付

けた椰子の木がありました。愛知県の伊良湖岬には、島崎藤村が作詞した「椰子の実」の歌の碑があります。その歌は、遠い南国の島から何か月もかかって日本まで流れ着いた椰子の実に思いをはせた歌ですが、何だかその歌詞に郷愁を覚えました。（「名も知らぬ遠き島より流れ寄る椰子の実ひとつ…」という歌です。）



写真1 KTCT赴任当時（著者：最右）



写真2 食事をした南国の海岸

当時の私の仕事は、SAの設計に関わる内容でした。トヨタ殿の開発の出先機関である、Toyota Technical Center Asia Pacific Co., Ltd.(TTC-AP、現在の名称はTMAP-EM)が、車で30分程度のところにあり、トヨタ殿の設計との打合せに良く通いました。トヨタ殿は新興国向けの車両で、1トンピックアップトラック、SUV、ミニバンを同じシャシ（台車）で開発した、IMV(Innovative International

Multi-purpose Vehicle) を生産し始めたばかりでした。いすゞ自動車殿もその少し前の、2002年からD-MAXという1トンピックアップトラックの生産を始めていました。いすゞ殿のピックアップトラックの人気は高く、タイのピックアップ市場ではトヨタ殿のIMVの1トンピックアップトラックである、ハイラックスVigoと人気を2分していました。私はいすゞ殿のD-MAXの開発に関与しており、日本での開発では、いすゞ殿藤沢工場の設計にゲストエンジニアとして在籍した経験や、タイでのSAの実車チューニングに何度か足を運んだ経緯もあり、この車には思い入れもありました。これらの人気を2分する車のSAをKYBTが生産。また、トヨタ殿のIMVについてはKYBT以外にもKYBのASEAN拠点である、PT.Kayaba Indonesia (インドネシアの自動車用及び二輪車用SAの生産拠点) 及びKYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd. (台湾の同製品の生産拠点), KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd. (マレーシアの同製品の生産拠点。以下、KMSB) も生産していましたので、KTCTではこれらの車両向けSAの開発や部品の現調化、コストダウンのアイデアの提供などの業務も行っていました。

業務の中には、SAの減衰力チューニングという業務もありました。KTCTでは、日本と同じように、現地でチューニングトラックを製作し、KYB(日本)やKYBTで分解式のSAを造ってもらい、チューニングトラックでテストの現場に出かけました(写真3)。トラックの中でSAの組立を行い、特性を計測し、お客様に実車での評価試験をしてもらい、SAの設計仕様を決める仕事です。SAのチューニングに関して、タイ人の育成もしました。この関係で、KYBでもスポンサーとなっていた、片山右京選手が、2006年にタイで開催されたアジアラリーに出場したときにも、KYBからサポートに来たSA設計の榎本さんとKYB-ES (KYBの市販製品販売会社) の飯田さんと一緒に、チューニングトラックでタイ⇒ラオス⇒タイを巡りました(写真4)。

タイのラリーの主催者は未熟で、下見も十分ないルートで走らせたので、途中で走行が困難になり

ました。また、道も雨が降ると泥沼化するという路面なので、パワーがある車と順番が早い方が有利な展開となっていました。片山選手の車は、環境に気を使った天ぷら油を燃料に使っていましたが、パワーがあるとはいえ、普通の燃料に対しては若干劣ることもあったようで、苦勞したのではないかと思います。まるでアドベンチャーレースのキャメルトロフィーのようでした。



写真4 アジアンラリーに出場した片山選手(片山選手:後列左から2番目, 著者:後列最左)

3. タイからブラジルへ

SAのチューニングでは、タイ人とタイから地球の反対側のブラジルまで行った経験もあります。いすゞ殿のピックアップトラックのシャシは、GMブラジル (General Motor do Brasil) 殿の車両にも採用されました。その関係で、KYBTがGMブラジル殿向けのSAの受注をしたので、そのSAのチューニングをブラジルで行うという仕事でした(写真5)。タイからブラジルまでは、飛行機で30時間程度かかります。また地球の真裏側なので、どこを通っても同じくらい時間がかかり、直行の飛行機はないので、必ずどこかで1回トランジットがあります。トランジットの場所は、飛行機会社によって違います。ブラジルへは4回行ったのですが、1回目はタイ航空⇒南アフリカ航空で南アフリカのヨハネスブルグ経由。2回目はエミレーツ航空でUAEのドバイ経由。3・4回目はスイス航空でスイスチューリッヒ経由でした。

ブラジルでのショックアブソーバのチューニングでは、GM殿まで自分たちで移動しました。約2時間、200kmくらいの距離を空港からタクシーに乗り、テストコース近くのホテルに着きました。ホテルの近くでレンタカーを借り、その後、GM殿までは毎日レンタカーで通いました。

ブラジルでのチューニングでは、約1か月間テストコースとホテルの往復の生活が続きました。週末は何もすることがないので、レンタカーでプチ観光



写真3 KTCTのチューニングトラックと試験機

です。近くに、東山農場というコーヒー農場があり観光ができました。その農場は、元三菱の創設者である岩崎弥太郎氏のご長男が創設した農場です（写真6）。ちょうどその頃、NHKの大河ドラマ「竜馬伝」で岩崎弥太郎氏が話題になったり、やはりNHKの「ハルとナツ、届かなかった手紙」というブラジルを舞台に、日本とブラジルで離ればなれになった姉妹のドラマの撮影現場が東山農場であったりしたことから、予約しないと入れない程人気でした。



写真5 GMブラジルの人達



写真6 ブラジルのコーヒー農場

4. タイでの騒動

タイでは、日本では経験しないような政変が何度もありました。最初に起きたのが、駐在して1年後の2006年でした。仕事から帰ってきてテレビのNHKニュースを見ていたら、軍によるクーデターが起こったと報じていました。その時は大きな混乱はありませんでした。我々日本人の多くの駐在員は、タイの事情も現地のテレビからではなく、結構NHKニュースから得る事が多かったのです。最近ではインターネットテレビもあるようですが、当時はNHKの海外向け放送をいつも見ていました。

次に2008年11月のバンコク空港（スワナプーム空港）閉鎖事件がありました。デモ隊が空港を占拠し、

9日間閉鎖となりました。ちょうど私は岐阜北工場に出張していましたが、タイに戻れず日本での滞在が延びてしまいました。同時期に、KSTからタイ人も岐阜北工場に出張していました。2人の女性だったのですが、一人は乳飲み子をタイに置いて出張していたようなのです。一刻も早く戻りたいとのことだったので、すぐ帰れる飛行機を探してもらい、韓国経由チェンマイ（バンコクから700km北の空港）に戻り、そこからバスでバンコクまで帰ることができました。いつ開港になるのかわからなかったので、毎日インターネットで航空会社のホームページを確認していました。

数日後、まだバンコク空港閉鎖が続いている中、バンコクから少し南東に行った、パタヤ海岸の近くの空軍の空港へ運航を始めたことを知り、通常は名古屋空港経由でしたが、成田空港まで行き空軍空港経由で無事バンコクに戻ることができました。その数日後、バンコク空港の閉鎖は解除されました。

タイの政治的混乱はまだ続きます。2010年3月から約2か月月間、繁華街中心部の交差点をバリケードで占拠していました（写真7）。デモ隊の行動は次第にエスカレートし、5月19日に政府もついにしびれを切らし、戦車や装甲車を繰り出して制圧に掛かりました。その日は朝出勤前に戒厳令が出たので自宅待機するよう、駐在員達に連絡がありました。その日の夕方、ついにあちこちから火の手が上がり、アパートの窓からも煙が上がるのが見えました（写真8）。すぐ近くの銀行も襲撃に会い、火を付けられて煙が上がっていました。

さすがにこの時は今迄と違う緊張感が走りました（写真9）。駐在員の一人は、騒乱があった場所の近くに住んでいたため、少し離れたところのホテルに避難するよう指示がありました。避難したところ、そのすぐ近くの電話ボックスで銃撃があり、ガラスが粉々になっていたそうです。この事件で民間人の死者も出て、更に日本人記者が銃で撃たれて亡くなったのは、日本のニュースでも大きく報じられて



写真7 デモ隊



写真8 中央のビルの左の奥から立ち昇る煙



写真9 火を付けられて煙が立ち昇る銀行

いました。何ともやるせない事件でした。

5. タイのニューハーフ (NH)

このような事件もありましたが、タイ人の気質は、マイペンライ（気にするな、だいじょうぶ）という言葉に代表されるように、基本的におおらかです。また、NHも多く、この人たちに対してもおおらかで、日本のように白い目で見ることはありません。タイのNHは、普通の会社でも普通に働いています。KYBTの社員にもいましたし、デパートの化粧品売り場にも女性と同様に普通に働いていました。学校にはその人達専用のトイレのあるところもありました。

これはあくまでも私論ですが、タイにNHが多い理由は、かつて日本でも一時間問題になった環境ホルモンによる影響ではないかと思っています。環境ホルモンは、樹脂の食器などから熱で溶けだす化学物質で、それを摂取しすぎて女性化した男性が多いのではないかと思っています。普通の人が行くレストランでは、使っている食器のほとんどは樹脂です。街角にたくさんある屋台が使っている食器もそうで、その屋台でおかずやスープを持ち帰りできるのですが、熱々のスープを透明なビニール袋に入れて、輪ゴムで器用にクルクルと風船のようにしばってくれます。樹脂の食器は乱暴に扱っても割れることは稀

なので、使い勝手が良く使用率が高いのです。しかもその食器たちは、とことん使われ、「ほんと私は全てを出し切ってしまいました。」というようなカスカスになったものが多くありました。それらから溶け出した化学物質が、女性化に作用しているのではないかと思っていますが、真実は不明です。このように元男性だった人が女性化する関係で、必然的に男性が減り、割合的に女性が増えるので、女性の結婚が難しくなっていると言われています。

6. 洪水騒動

タイは洪水が多く大雨が降るとすぐ道路は冠水し、車は船のように走らなければなりません。バンコクは海拔ゼロメートル地域です。海から100km以内は海拔5m以下のところがほとんどです。KTCTがある工業団地でも洪水が良く起こりました（写真10）。洪水には慣れていますが、やはり洪水になると逃げ道がないので、大渋滞です。朝洪水が起こると会社に遅刻することもありました。2011年9月頃から、約2ヶ月洪水騒動が起きました（写真11）。

その時の洪水は、北側から押し寄せてきました。上流のダムの水位が増し、決壊を防ぐため放水したのでその洪水は起こりました。ダムから放流された大量の水が、傾斜が緩くなったバンコクの北側で溜まり洪水となったので、北側から洪水が来たのです。駐在員が住んでいるところから約6kmの辺りまで水が迫り、満潮となる日にはバンコク市内の中央を流れる大きな川（チャオプラヤ川）から水があふれる心配がありました。駐在員に避難指示が出て、南東の方にある会社の方角のホテルに避難しました。

その後3日ほど避難し、バンコクに戻りましたが、幸いアパートのところまでは水は来なかったので、大きな損害もなくやり過ごすことができました。しかし、KYBTの仕入先には水没した会社もありましたし、水没したホンダ殿は、日本のテレビでも連日放映されていました。



写真10 大雨の洪水で大渋滞の工業団地



写真11 洪水で水没したガソリンスタンド

7. タイ人若者の気質

KTCTも2006年所帯が少し大きくなって手狭となったため、KYBTの別棟の現在の場所に引っ越しをしました。その後、2007年に日本から試験設備を入れて、日本でタイ人を試験実施のための教育を行いました。2008年から特性試験や耐久試験ができるようになりました。この時には、日本人駐在員は5名となり、自動車用SAの客先納入品（以下、OEM）設計、二輪車用SAのOEM設計、自動用SAの市販設計、実験の4つのグループができ、駐在員を含めて34人までになりました。

タイ人はすぐ会社を辞めてしまうと言われていますが、それは自分に正直ということだともかもしれません。日本人のように、我慢したり、周りの目を気にしたりということが少ないと思います。転職の主な理由は、友人に対する自分の給与水準の比較と会社に対する自分の将来性、処遇状況です。この傾向は年齢の若い人ほど顕著です。現在のタイは、日本がタイに投資をしている関係で、企業の数に対して絶対的に学生が不足しています。そのため、優秀な人は少しお金を出してでも雇おうとするため、必然的に給与は上がっていきますし、転職もしやすい環境となります。タイは、1997～98年に通貨危機で経済的なダメージがありましたが、日本などの支援と投資により経済はすぐ回復し、途中リーマンショックはありましたが右肩上がりの経済です。そのため、職を失うということに対して、あまりリスクを感じていない人が多いかもしれません。

8. マレーシア生活の始まり

私のタイでの生活も6年半が過ぎようとしていたある日、マレーシアの駐在員が帰任するので、マレーシアに行ってほしいと言う話がありました。周りを見回したら、タイの駐在員の中でも最古参となってしまっていたので、もうそろそろ帰任の声がかかる

と思っていましたが、思ってもいなかった方角に行くことになりました。日本に帰っても、元の部署に戻ることは難しそうだったのと、海外の人たちとの人間関係も結構面白かったので、それでもいいかと思い、マレーシアに行くことを決心しました。日本に2週間戻ってから、再びタイを飛び越えて赤道に近いクアラルンプール（以下、KL）に到着しました。

マレーシアはご存知のように、タイから延びたマレー半島とその東側に位置するボルネオ島の2つの地域から成ります。国土は東西にとっても長く、時計の基準位置はその中心ですが、私が住んでいたKLは、時計の基準位置から西の端の方に位置します。そのため、KLは日本から2時間遅れのタイのバンコクより少しだけ西にありますが、KLの時刻は、東京の時刻に対して1時間しか違いません。そのせいで、朝は暗いうちにアパートを出発しなければなりません。しかも、私が勤務するKYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd.（以下、KMSB）は、始業時刻が朝7：30だったので、実質6：30の始業時刻になります。会社には30分前に到着するようにしていたので、感覚的には6時到着という感じでした。

また、KLは北緯約2度にあります。これにより、日本の常識と異なる点が生じます。まず気候は常夏です。これについては、「当たり前」と思うことでしょうか。しかし、これが仇となって、記憶喪失になることがたびたびあります。「あれ？あの出来事はいつだったかなあ？」ということです。日本だったら、「あれは寒い時だった」とか、「桜が咲いていたときだった」とか、「紅葉がきれいだった」とか、思い出すきっかけあるのですが、マレーシアでは季節感がほとんどないので、思い出すきっかけがないのです。長年いると、わずかではありますが、春には花が多いし、乾季に煙が飛んでくるし、雨季もあります。しかし、移り住んだころは、その違いはほとんど分からないので、「いつ」を思い出すのに苦労します。これはタイでも同じ感覚でした。

次に太陽の方角です。東から上ったお日様が西に沈む、というのは世界共通ですが、お昼の時間の太陽の方角が、6月と12月で異なるのです。12月は日本と同じ南ですが、6月は北になるのです。南中ではなく北中です。太陽の北回帰線は北緯23度であり、日本の最南端である石垣島でも北緯24度なので、常に昼の太陽の方角は南にあります。しかしKLでは、春分の日前後はほぼ真上を通り、それから少し過ぎると、太陽は北を通るようになります。また、太陽が真上に来る時間も時差の関係で午後1時くらいになります。このように季節によっては、太陽の方向で方角を確認すると北と南を間違えてしまうか

もしれません。大航海時代の人たちは、方角を確認する際こういった勘違いを防ぐために、地球から十分遠い星座を使っていたのですね。

マレーシアのほとんどがムスリム、つまりイスラム教徒のマレー系国民であり、その割合は全国民の約6割、その他に中華系3割、インド系1割の国民が住んでいます。イスラム教徒は、いまだにそのほとんどの習慣を太陰暦に従っています。例えばその一つの国民の休日がそうです。ムスリムは、約1か月間の断食を行い、断食が明けると正月のようなお祝いの月が来ます。しかし、この正月は毎年10日程前にずれていきます。そのため、正月がどんどん変わり、ある時は1月、ある時は8月なんていうこともあります。ちなみに今年の断食月は6月18日から約1か月です。従って、これに合わせた国民の休日も変わってくるので、毎年カレンダーの休日が違うのです。会社の休日にもそれに合わせる必要があります。日本も会社で決めた休日は変わりますが、それでも変わるのは1週間未満です。マレーシアではずっと変わり続けるのです。

先に「乾季に煙が飛んでくる」と書きましたが、煙は海を越えて隣の国から飛んできます。ヘイズといって、乾季になると隣のインドネシアのスマトラ島では、伸びた草を燃やして肥料にする焼畑を始めます。また、その火が泥炭層に燃え広がると、煙がずっと出続けるのです。その煙が、幅の狭いマラッカ海峡を越えてマレーシアにも飛んで来ます。また、マレーシア国内でも、伸びた草の一掃目的で雑草に火を付けたら、熱い日の光で自然発火することもあるので、その煙が追い打ちをかけます。周りが霞むことも良くあり、ひどい時には学校が休校になることもあります(写真12)。大抵煙は夜発生して、朝方飛んで来ます。朝もやと似ていますが、焦げ臭いにおいがするので、間違いなく健康に悪そうです。このせいで、現地ではぜんそくの人が多くいます。



写真12 煙で遠くが霞んで見えます

国際会議の場でマレーシアからインドネシアに抗議はしており、昔から比べると若干改善はしているようですが、なかなかなくなりません。これも季節の風物詩と言えそうですが、気分は良くありません。

9. KMSBでの仕事

私のKMSBでの役割は、技術部門の長としての立場でした。技術部門は主に設計と試作と実験のグループがあり、25名の部員がいました。マレーシアは新興国で多くみられる階級組織で、幹部候補生の大卒者とそれ以下はかなり境目がはっきりしています。日本のようにたたき上げで大昇進するということは、ほとんどありません。また、他に品質保証部のサポートもしていました。社員は約850人いましたが、駐在員は4人しかいないので、一人が何役も兼任が必要です。しかし、マレーシア人は周辺国に比べると比較的優秀で、私たちが頼んだことは良くやってくれました。これは、マレーシア政府の元首相であり、今でも影響力のあるマハティールさんが、1981年の首相当時に提言した「ルックイースト政策」の影響もあつてのことだと思います。

この政策はLook East, つまり日本の集団主義と勤労倫理を学べということ、かなりの学生が日本に留学していました。KMSBでも日本での留学経験者や、日本で研修を行った人たちがたくさん残っています。また、マレーシアはイギリスの植民地だったこともあり、欧米型の考え方をする人たちもたくさんいて、すぐに転職したりする人も多いのですが、KMSBでの離職率は年間で5%程度と他の企業に対して少ない方でした。KMSBは、創業時から、資本関係は親会社のUMWという会社がマジョリティーでしたが、現在の社長を含めて5代の歴代社長は、一人を除きKYBから来た人達でした。

また、KMSBも2013年で創立30周年になりましたが、創業当時から勤務していた人もいまだに働いています。このように日本の影響を受けた会社であることも、離職率が低い要因の一つかもしれません。日本で留学する学生は、政府のお金で留学するのでマレーシアでもエリートの人達です。その人達が今後日本とマレーシアの関係に、深く関わってくるだろうということを思うと、日本とマレーシアの関係は、この先も明るいだらうと思います。

私がKMSBに在職中にあった大きな出来事としては、今まで東西2つあった工場を1つに統合するということがありました。もともとKMSBは、創業当時は別の場所にありましたが、本格的に生産をはじめるところには、現在の東工場での生産を開始しました。しかし、その後どんどん自動車用SAの生産量が増

えて東工場だけでは手狭となり、西工場を買い足して、二輪車用SAとパワーステアリング用ポンプの生産を開始しました。その時購入した土地は、それまで使っていた土地の倍以上の大きさがあったので、この2工場を統合しても余りある十分な広さでした。その時購入した社長（当時は瀬木さん）は、先見の明があったのだと思います。

その後、自動車用、二輪車用共に、OEM市場は飽和し生産量もあまり伸びませんでした。しかし、人件費は上がるし設備は古いままだったので、生産効率を上げないとじり貧になるばかりであったため、設備の刷新と2工場の統合による効率化のためにと、木村社長が決断しました。

このように、大きな改革の場合、KYBの海外拠点のほとんどはKYB(日本)に来てもらい、一気に進めてしまった方が簡単ですが、KMSBの場合は自分たちで進めるということにし、日本からの支援は最小限にとどめました。自分達で進めることが現地人の将来に繋がるという思いからそうしました。そのため、時間はかかりましたが、5年後10年後の現地人の自立につながるのだらうと思います。実際に、KMSBのスタッフはどの拠点より良くやってくれている、という話をよく耳にします。こうして、2013年から始まった工場統合の工事は、KMSBとしては初のカチオン塗装設備も導入し、2014年12月に完成しました。その間、致命的なトラブルもなく無事統合することができたのは、スタッフ同士の協力と日本からの適切な支援を受けることができたからだだと思います。

10. 最後に

こうして、私のマレーシア生活も2年半が過ぎようとしていた頃、日本帰任の運びとなりました。私としては、私の部署の強化や製造品質の向上を図っていこうと思い、計画を考えていたので、道半ばのようで残念でしたがこのままだと日本を離れて10年を超えてしまう、ということも思い帰任することとしました。

海外にいと、自分のできる最大限、時にはそれ以上のことを求められる機会が多くあり、とてもやりがいがあります。一方で自分の判断が市場への最終判断となるため、その判断の重要性和責任が問われるので、判断を誤ると大事に至る可能性もあります。その分緊張感もありますが、周りからの期待感も十分感じることができました。タイでは日本で学んだこと、マレーシアでは日本とタイで学んだことを活かし、現地の人たちと一体になって仕事をすることができたので、とても充実した時を過ごすこと

ことができました。また、やはり日本や他の拠点からの支援はとても心強かったと思います。技術的支援だけでなく、部品が切れたときの物理的支援もとてもありがたいことだと感じました。

1987年に入社した時には、海外生活など全く考えてもみませんでした。10年間の海外生活でしたが、振り返ってみれば、長いようであつという間の出来事でした。この20年で急速にグローバル化が進み、今では海外駐在が当たり前の時代になりました。今後ますます、海外駐在が増えて国境が薄くなっていく時代になると思いますが、駐在する人に助言するとしたら、以下のようなことを気を付けていただければいいと思います。

- ① 現地の人にはこちらの考えを押し付けるのではなく、こちらの考えを丁寧に説明し理解してもらい実践してもらう。言葉は下手でも時間をかければ気持ちは通じます。ただし、こちらは考えがブレないようにしなければなりません。それには、自分のスキルを磨き上げておく必要があります。相手もそれを期待しています。とにかく良い人間関係が築けると、帰任後もいい関係が継続できます。
- ② 健康には十分気を付けてください。日本と違う環境で生活するので、健康を崩す可能性が高いのですが、会社での役割は重要なので、なかなか休むことができません。したがって健康管理はとても重要で健康第一です。健康を崩して帰国することにならないように、日ごろから気を付ける必要があります。ちなみに私は、タイで扁桃腺炎を悪化させ、4日間生まれて初めて入院をしてしまいました。その後重病を患うことなく過ごせたのは良かったと思います。私の週末は他の駐在員の御多分に洩れずゴルフをしていました。体を動かすことはストレス発散にもなり精神的にも良いことだと思います。また、ある酒好きの駐在員は飲みすぎ防止のため、出張者からもらった焼酎の酒瓶を酒の飲めない私に預けておきました。
- ③ 海外では言葉の問題もあり、何か起こって説明しても十分に理解してもらえなかったり、日本のように助けてくれる人は多くありません。従って、何か起こらないようにすることが大切です。例えば、置き引きされないように、荷物には常に目配せを絶やさないとか、取られないよう身に着けるなど。周囲に無頓着だと事故を誘発する場合があります。
- ④ 危ないことには行かない。知らないところに行くときは、必ずその事情を知っている人と

行く。万が一、何か起こった場合は知人や現地人に早めに相談することが重要です。そのためにも、日ごろの人間関係は重要です。

まだまだ注意しなければならないことはたくさんありますが、インターネットで探せばいろいろと情報が得られる時代なので、これくらいにしておきますが、参考になればと思います。

駐在期間中には、社内の日本や現地の方々をはじめ、社外の方を含めると実に多くの方々のお世話になりました。大変感謝をしています。この場をお借りしてお礼を申し上げます。ありがとうございます。現在、海外赴任中の駐在員の方々は、健康留意され、駐在員生活も楽しんで、また、国際交流にも貢献してください。

著 者



神永 和人

1987年入社。技術本部技術企画部
専任部長。岐阜北工場設計部、
KTCT、KMSBを経て、現職。

製品紹介

トラクタ走行用マニュアルサーボ付きHST HVFD42Fの開発

稲田 隆 則 ・ 三 浦 拓 也

1 はじめに

農作業に利用されている農業機械のうち、乗用トラクタ、コンバイン、田植え機などでは、走行用変速機として静油圧無段変速機（Hydro Static Transmission, 以下HST(用語解説「HST」p.59参照)）が使われている。HSTの特徴は、出力回転数（すなわち走行速度）を無段階で調整でき、出力軸の回転方向を連続的に正逆転可能で、また、閉回路構成によってダイナミックブレーキが得られることである。変速操作はHSTに搭載された操作用シャフトを左右に回転させることで行う。通常はリンクを介して運転席近傍にレバーを取り付け、前に動かせば前進、中立へ戻せばブレーキがかかり停止、後ろに動かせば後進する。このようにブレーキを含めた車速の制御がレバー1本で行えるため、走行操作が非常に簡単になる点がHSTを搭載する大きなメリットである。

KYBではこれまで様々な農業機械にむけて、HSTの生産拡販を行ってきた。今回、ラインアップの拡充のため、更なる高出力化と効率の向上を図ったHVFD42（図1）を開発したので、その内容について紹介する。

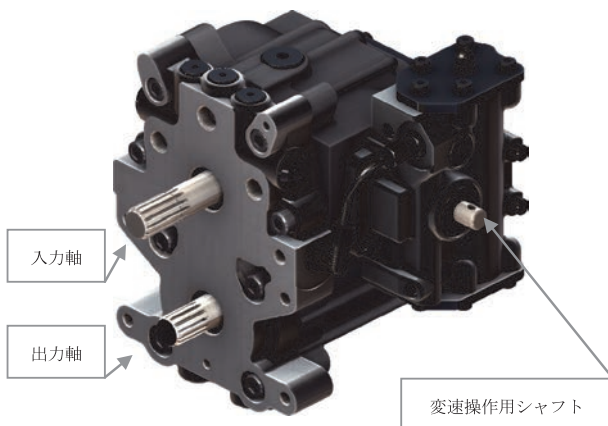


図1 HVFD42F（開発品）

2 開発背景

近年、農業機械（トラクタ、コンバイン）は大型化の傾向にあり、これまで機械式ミッションが主流であったエンジン出力60PSクラスのトラクタにもHSTを搭載する機種が登場し始めている。

当社のHSTラインアップを図2に示す。当社の既存のHSTは、押しのけ容積 $37\text{cm}^3/\text{rev}$ （HVFD37F）が最大で、50PSクラスまでしか対応できていなかったため、より高出力なHSTの開発が急務であった。一方で低コスト化の市場要求も根強いいため、既存のHVFD37Fをベースにコストアップを抑制しつつ、高出力化を目指すこととした。

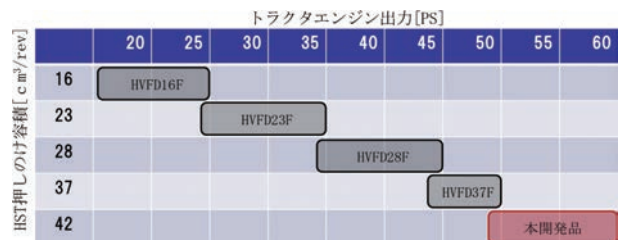


図2 HSTラインアップ

3 開発品の設計仕様

3.1 仕様

表1に本開発品の基本仕様を示す。ポンプは押しのけ容積 $-41.5 \sim 0 \sim 41.5\text{cm}^3/\text{rev}$ （マイナスは吐出ポートが入れ替わり、モータが逆回転することを意味する）の連続可変容量型ピストンポンプであり、モータは押しのけ容積 $41.5\text{cm}^3/\text{rev}$ の固定容量型ピストンモータである。

3.2 高出力化

HSTの伝達動力の高出力化について説明する。油圧モータの出力回転数は変化させず、出力動力を増やすためには、トルクアップが必要である。油圧モータ理論出力トルクは(1)式で示される。

表1 開発品の基本仕様

押しのけ容積 [cm ³ /rev]	ポンプ	-41.5~41.5
	モータ	41.5
最大傾角 [deg]		20
最大圧力 [MPa]		37.3
入力回転数 [rpm]		1000~2600

$$T = \frac{V \cdot P}{2\pi} \dots\dots(1)$$

ここで、 T ：油圧モータ理論トルク、 V ：油圧モータ押しのけ容積、 P ：油圧モータ有効圧力

(1)式より、高出力化の方策は以下の2つであることがわかる。

- ① HSTの容積を増やす
- ② 駆動圧力を高める

開発品では出力トルク目標値として1ランク下位機種（HVFD37F）比20%UPに設定し、HVFD37Fに対し圧力アップ（34.3MPa→37.3MPa）および、押しのけ容積アップにより高出力化した。開発品と既存品（HVFD28F、HVFD37F）の仕様を表2に示す。

表2 出力仕様

形式	HVFD28	HVFD37	本開発品
最大容量 [cm ³ /rev]	28.1	37.0	41.5
最大圧力 [MPa]	37.3	34.3	37.3
最大出力トルク [N・m]	169	202	246
	(100%)	(122%)	

3.2.1 押しのけ容積の大容量化

開発品の押しのけ容積大容量化方策について説明する。

ピストンポンプ、モータの理論押しのけ容積 V を(2)式に示す。

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 \cdot z \cdot d_c \cdot \tan\theta \dots\dots(2)$$

ここで、 d_p ：ピストン径、 z ：ピストン本数、 d_c ：ピストンピッチ円直径、 θ ：斜板傾転角

(2)式より、容積は以下の4つの方策によって増加させることができる。

- ① 斜板傾転角を増やす
- ② ピストンのピッチ円直径を大きくする
- ③ ピストン径を大きくする

④ ピストン本数を増やす

②～④については、ロータリパーツ（図3）の形状変更を伴い、新規開発が必要で大幅なコストアップが懸念されたため、本開発では①の方策を採用した。



図3 ロータリパーツ

図4に示すように既存品（HVFD37F）は、斜板角度18degの設定である。今回の開発において、斜板傾角の限界調査試験を実施し、微小な設計変更だけで斜板角度は20degまで問題なく作動することを確認でき、既存品から大きな部品変更およびサイズ変更なく、大容量化を達成することができた。

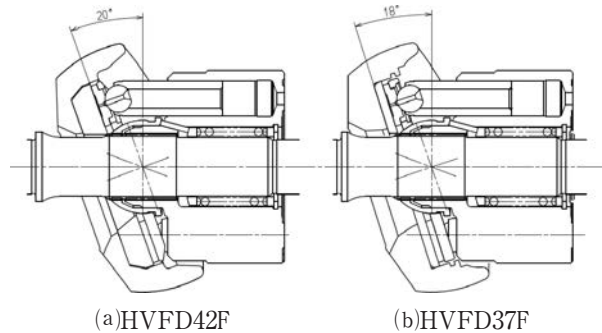


図4 ロータリパーツ断面

3.2.2 高圧化への対応

開発品では、圧力仕様の高圧化（34.3→37.3MPa）に伴い、ロータリパーツの見直しを実施した。

一つ目は、ピストンシューの多重パッド化である。開発品は高圧に対応する為、図5(a)に示すように、シューを多重パッドにすることで剛性を向上し変形を抑え、更に内側にパッドを追加することで面圧分布を均一化し、接触面圧を抑える設計とした。

3.3 開発品の特徴

3.3.1 低騒音

圧力仕様の高圧化に伴い、斜板に作用する力が増大し、斜板の振動振幅が増加し、特に高負荷圧力時の騒音が大きくなるのが従来よりわかっており、

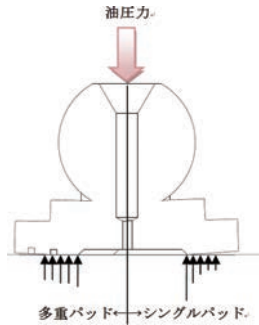
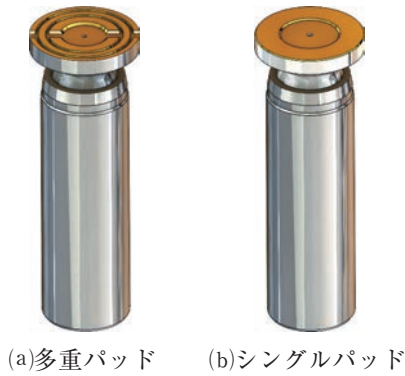


図5 シュー形状の違いと面圧分布

本開発品も騒音低減が課題であった。

バルブプレートの開口特性見直しによる斜板加振力低減を実施した結果、騒音レベルを約5dB低減することができた。対策前後のベンチ試験における騒音測定結果を図6に示す。

実機においても、対策による騒音低減効果が認められた。

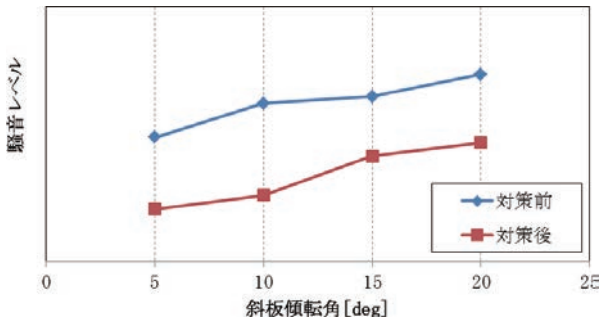


図6 騒音測定結果

3.3.2 高傾転化による効率向上

斜板傾角を増加させると機械効率が向上することは、従来より知られている。図7に斜板傾転角ごとに機械効率を測定した結果を示す。斜板傾転角が増加すると機械効率が向上しており、特に低圧域では傾角の影響が大きいことが分かる。実際にトラクタの走行時のHST駆動圧力は5～10MPa前後であることから、移動の頻度が多い使われ方では燃費低減効果があると考えられる。

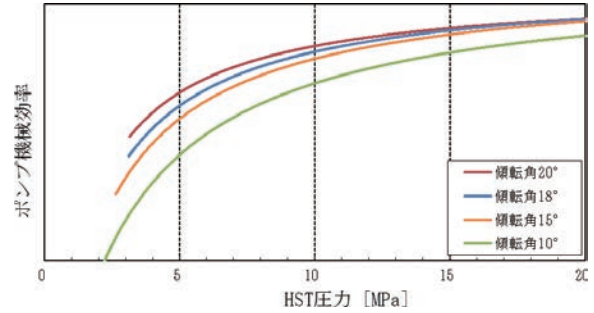


図7 機械効率の傾転角依存性

3.3.3 全効率測定結果

上述の高圧化、高傾転化方策により高出力化を達成し、さらに、バルブプレート形状の見直しによる容積効率向上も併せて実施した結果、図8に示すように、開発品の効率は既存品に対して全効率で約5%向上し、高効率化の市場要求にも対応できる製品となっている。

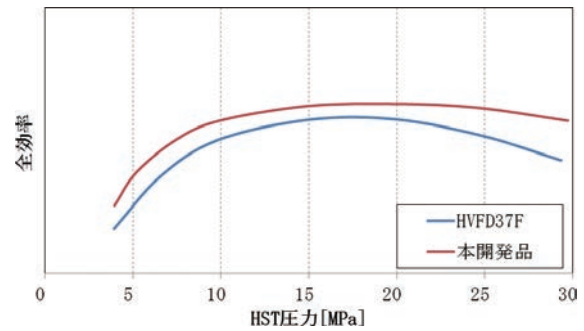


図8 HST全効率（開発品、HVFD37）

3.4 操作性の向上

開発品では、HVFD37Fに対し高出力化を実施したため、斜板の傾転モーメントが大きく、従来以上の高い操作力（ペダル踏力）が必要となる。そのため、油圧を介して斜板を操作することで、操作力が変化しないようにすることが可能な「サーボレギュレータ」を搭載することとした。

3.4.1 サーボレギュレータとは

当社のHST変速操作機構は以下の3種類のオプションがある。

- ① ダイレクトマニュアル（手動入力，手動傾転）
- ② マニュアルサーボ（手動入力，油圧傾転）
- ③ 電子サーボ（電流入力，油圧傾転）

①のダイレクトマニュアルタイプは最も安価であるが、ポンプ斜板と母機の操作レバー・ペダルが直結となるため、HSTの負荷圧力によって操作力（ペダル踏力）が変化してしまう問題がある。

②のマニュアルサーボレギュレータは、HSTレバーへの角度指令と斜板傾角との差を検知し制御ス

プールを開口させ、斜板傾転用ピストンへの油圧を制御することで、斜板を操作しているため、操作力は一定かつ低くなる。

③の電子サーボレギュレータは、電磁比列弁によって斜板傾転用ピストンへの油圧を制御する構造である。母機操作レバー・ペダルとHST間のリンク接続が不要となり、電子制御化することで変速制御の自由度が向上する。

3.4.2 レギュレータ応答性

走行用HSTは、変速レバーを中立に戻した時に車両を確実に停止させるため、中立不感帯（以下、中立幅）が必要である。中立機構には大きく分けて以下の2種類の方法があり、①の構成が一般的である。

- ① サーボレギュレータに中立幅を持たせる
- ② HST本体に中立幅を持たせる

当社のマニュアルサーボレギュレータ付きHSTは、②の構成を採用しており、制御スプールは応答

性を重視したセッティングにすることができる。その結果、サーボレギュレータ側に中立帯を有する製品と比較してレギュレータの応答性が良く、お客様からご好評を頂いている。

4 おわりに

市場から求められる高出力化に加え、高効率なHSTを開発し、HSTラインアップを拡充することができた。本報で紹介した開発品は、お客様において量産採用が決定し、現在量産中である。

農業機械用HSTに求められる市場要求は電子化、高効率化、高変速比化など多岐に渡り、今後もこれらの要求に対応可能な製品の開発に尽力していきたい。

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

著者



稲田 隆則

2009年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部製品企画開発部第一開発室。油圧ポンプ・モータ製品の開発に従事。



三浦 拓也

2014年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部製品企画開発部第一開発室。油圧ポンプ・モータ製品の開発に従事。

「HST」

「トラクタ走行用マニュアルサーボ付きHST HVFD42Fの開発」(p. 55)に記載

KYB技報編集委員 河野 義彦

1

無段変速機の種類

HSTとはHydraulic Static Transmissionの略で油圧モータを閉回路(クローズ)で繋いだ無段変速機です。

一般に変速機は自動車, オートバイ, 農業機械などの走行速度を変えるための変速機構に使われます。特に, 無段変速機は変速比を連続的に変化させる動力伝達機構(トランスミッション)です。

図1に無段変速機の種類を示します。無段変速機は機械式, 油圧式と機械・油圧式に分類でき, ここで紹介するHSTは油圧式です。尚, HSTにはポンプとモータが一体構成となった一体型HSTと, ポンプとモータが別々に構成され油圧配管にて接続する分離型HSTがあり, 今回は一体型HSTについて

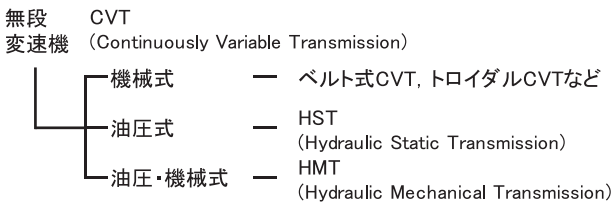


図1 無段変速機の種類

紹介します。

2

HSTの作動

図2に一体型HSTの構造を示します。最も基本的な要素は可変容量型油圧ポンプ, 油圧モータ, 入力軸(シャフト), 出力軸(シャフト), トラニオン軸, 斜板, ポートブロック, ケースです。

入力軸を回転させると油圧ポンプが回転します。斜板の角度が中立のときは油圧ポンプから油の吐出がなく, 油圧モータは回転しません。斜板に連結されたトラニオン軸を最大傾角の方向に回転させると斜板の角度が変わり, 油圧ポンプから油が吐き出されます(赤網掛け)。油圧ポンプから吐き出された油は油圧モータに流れ込み油圧モータが回転し, 出力軸が回転します。出力軸の回転速度は斜板の角度(トラニオン軸の回転量)を変えることによってなめらかに無段変速が可能です。

また, 図2と反対(右方向)に斜板を傾けると出力軸は逆回転します。

以上のようにトラニオン軸の操作により連続的な変速はもちろん, 前進・後進を自在に操作できることが, HSTの特長です。

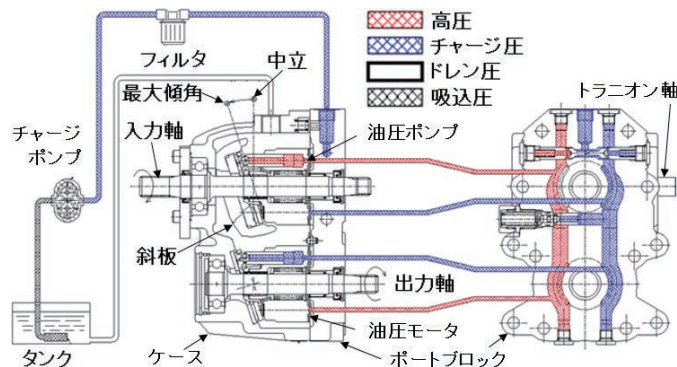


図2 一体型HSTの構造 (前進時 (最大傾角時))

自転車 4 軸振動試験装置

小 原 英 洋

1 はじめに

独立行政法人 製品評価技術基盤機構（National Institute of Technology and Evaluation, 以下 NITE）殿は、消費生活用製品の事故に関する情報を収集し、これらの事故を調査・分析して、その結果を公表している。その調査によると近年、自転車による製品事故は年間約60件以上発生しており、人的被害に至る割合は全体の7割を超え、死亡や重症に至る重篤な事故も約4割を占めている。NITE殿は自転車事故の原因究明を行ってきた結果、重篤な事故はフレーム破損によるものも多く既存の試験装置では不十分であると考えてきた。

本報はNITE九州支所殿への納入物件である自転車4軸振動試験装置について、装置への要求や受注背景、自転車試験装置としての特徴について紹介する。

今回開発した自転車用ロードシミュレータを写真1に示す。



写真1 自転車用ロードシミュレータ

2 試験装置製作の背景

自転車フレーム破損の原因究明を行うためには、段差衝撃や路面振動を自転車に繰り返し加えることができる試験装置を用いる。また原因究明の手法としては、実際に自転車を走行させた際のフレームに加わる加速度を再現することが望ましい。自転車の走行試験を行う場合、従来はドラム走行試験装置が用いられてきた（図1）。ドラム走行試験装置はタイヤの付いた自転車を、回転するドラム上で走らせる試験装置である。ドラムには段差板や横向きの力を発生させる傾斜板などを取り付けて回転させ、タイヤに対して繰り返し衝撃を加える。特徴としては10mmほどの小さな段差試験には使用できるが、大きな段差試験ではフレームよりもタイヤが先に破損してしまい、フレームに加わる衝撃を再現できない。

NITE殿は大きな段差試験として、最大90mmの段差を10km/hで乗り上げる試験が必要であると考え、

従来のドラム式とは異なる自転車用走行試験装置の製作を進めた。

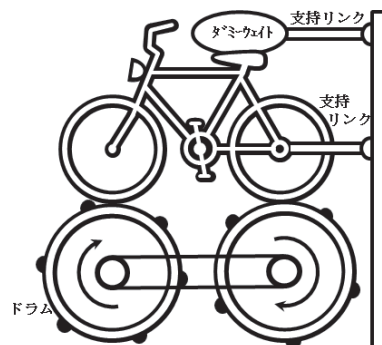


図1 ドラム走行試験装置模式図

3 自転車試験装置の特徴

大きな段差試験を実施する手法として、カヤバシステムマシナリー(株) (以下KSM) はタイヤを取り外した状態での自転車フレームに対する走行試験装置 (以下ロードシミュレータ) を提案し、製作を進めた。KSMは現在までにオートバイ用ロードシミュレータの製作を多数行ってきており、培ってきた実績から自転車用ロードシミュレータを提案するに至った。尚、ロードシミュレータとは台上で実路面走行と同等の応力や振動を車体フレームに再現できるものである。通常応力や振動の再現は実路面走行で取得した歪・加速度データを元に試験装置に備えられた加振機構を高速に動作させる事で行う。

今回新たに開発した自転車用ロードシミュレータとオートバイ用のロードシミュレータの相違点を表1、図2、図3に示す。

表1 試験装置の主な相違点

要素	オートバイ用	自転車用
後輪加振装置	垂直方向に加振	水平・垂直方向に加振
試験体取付ジグ	車軸またはタイヤを保持	車軸を保持

オートバイ用ロードシミュレータの基本的な原理は垂直方向2本・水平方向1本の計3ヶ所の加振機構で構成された試験装置に試験体となる車体フレームを固定し、それぞれの加振機構を独立制御することで車体フレームに垂直・水平方向に衝撃を与える。それに対して自転車用ロードシミュレータは垂直方向2本・水平方向2本の計4ヶ所の加振機構で構成される。オートバイの場合、水平方向の衝撃はフロントフォーク部のダンパがその成分を吸収し、車体フレームには伝わりにくいのに対し自転車の場合、通常オートバイに見られるダンパが備え付けられていないため、車体フレーム全体に振動が伝わりやすいからである。さらに自転車は人力で動作するなどの理由により、オートバイに比べて軽量に設計されているため前輪軸、後輪軸の衝撃が車体フレームに大きな影響を与える。これを再現する為には前輪軸、後輪軸ともに垂直・水平方向の加振機構が必要となる。

自転車用ロードシミュレータの構成要素としては、主に以下のものが挙げられる。

- ①前輪加振部
- ②後輪加振部
- ③後輪加振部の移動機構

試験体のサイズに合わせ、前輪後輪軸間距離を調整する。

- ④搭乗者相当負荷

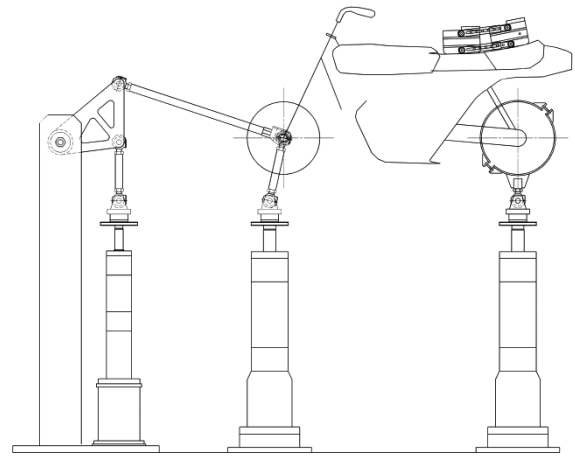


図2 オートバイ用ロードシミュレータ概要

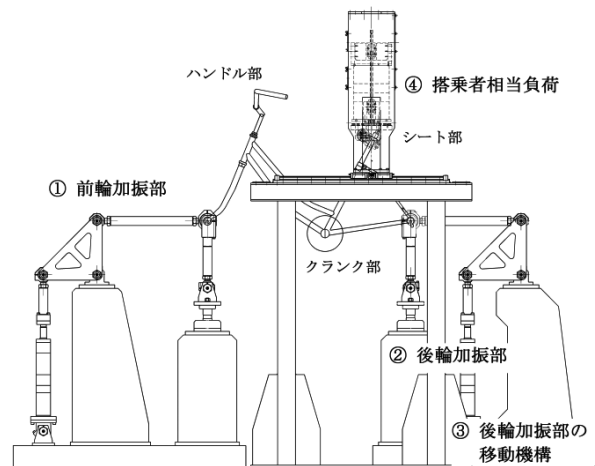


図3 自転車用ロードシミュレータ概要

自転車用ロードシミュレータのひとつ目の特徴は水平方向の加振機構が2本となることである。注意点として垂直・水平方向で車体フレームを拘束することにより、加振機構の制御を誤ると車体フレームを破損してしまうことがあげられる。その対策として4つの加振機構間の変位から車軸間距離を算出し、車体フレームを破損する軸間距離となった場合には油圧源を停止して動力を切断する機能を設けた。

これにより試験体を破損することなく、安全に試験を行うことができるようになった。また自転車フレームはオートバイフレームに対して車体が軽量であるために、搭乗者等の負荷による影響が大きい。

オートバイ用ロードシミュレータはシート部のみに搭乗者相当のおもりを配置するが、自転車用ロードシミュレータはハンドル部、クランク部、シート部に対してそれぞれおもりを配置する。

また自転車搭乗者は段差乗り上げの際には膝を曲げることや腰を浮かせることで衝撃を逃がすため、搭乗者の体重全てが自転車フレームに掛かるわけには無い。サドルポスト連結部機構はリニアガイドに

より上下方向へ可動できるようにし、サドル部とおもりの間に緩衝材を挟むことで自転車フレームに必要以上の負荷が掛からないようにしている。また緩衝材の種類や厚さを変えることで負荷の影響を調整することができる。

これが自転車用ロードシミュレータのふたつ目の特徴である。サドル部おもりに緩衝材を挟み込む機構を設計する上で、試験装置とサドルポストを連結する箇所には以下の機能が必要となる。

- A) 上下スライド機構
- B) 前後スライド機構
- C) 回転機構

段差乗り上げの際に前輪軸と後輪軸の高さが異なるため、回転機構がないとサドルポストに曲げ方向の力が掛かることになる。また同様に前後スライド機構、上下スライド機構が無い場合にも試験体が動いた際にサドルポストに曲げ方向の力が掛かる。これら機能を複合的に持たせるために、試験装置とサドル部を連結する箇所は図4の機構とした。

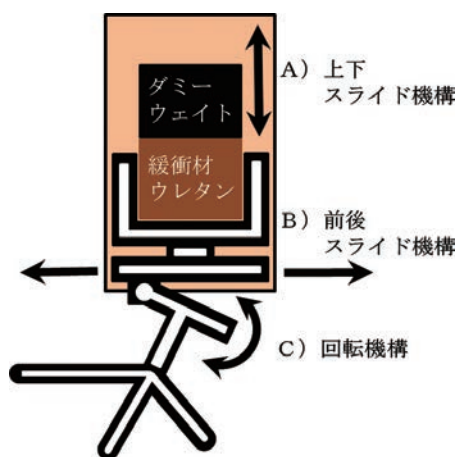


図4 サドルポスト連結部機構

NITE殿との自転車用ロードシミュレータの再現条件は目標加速度波形（実路面走行のデータ）のうち、+ピーク3点・-ピーク3点それぞれを抽出し再現加速度波形との誤差を取得する。この誤差の許容値は装置が再現できる最大加速度 250m/s^2 の5%となる 12.5m/s^2 以下を満たすこととした。

4 走行加速度再現

自転車ロードシミュレータが再現する目標加速度波形を図5、図6に示す。

まず前輪が段差を乗り上げるため、前輪垂直、前輪水平加速度が発生する。この際垂直、水平加速度ともにおよそ 200m/s^2 という大きな加速度となる。

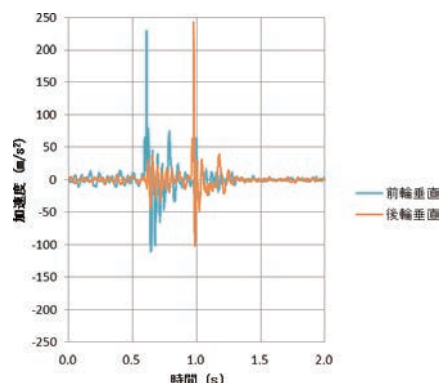


図5 目標加速度波形（垂直方向）

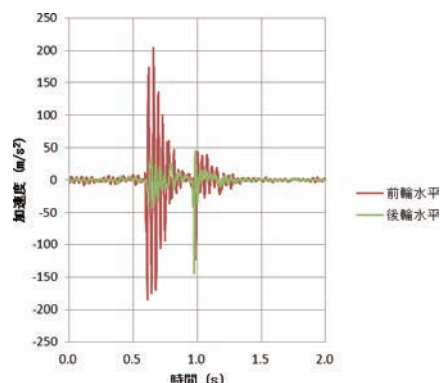


図6 目標加速度波形（水平方向）

前輪が段差を乗り上げた後、続いて後輪が段差を乗り上げるにより後輪垂直、後輪水平加速度が発生する。NITE殿が実測した実走行加速度波形を再現するために、当社制御ソフトウェアのWave Modification System（以下WMS）を使用する。WMSでは以下の手順にて実働波形再現を行うための駆動波形を作成し、耐久試験を実施する。

- ①試験体を試験装置に取り付ける。
- ②各アクチュエータを順に加振することで、伝達関数を取得する。
- ③得られた伝達関数と目標加速度波形を演算しドライブ波形を作成する。
- ④ドライブ波形により初期加振を行う。
- ⑤初期加振で得られた加速度波形から修正したドライブ波形を作成する。
- ⑥加振、計測を繰り返すことで反復修正を繰り返し、再現加速度を目標加速度に近づける。
- ⑦得られたドライブ波形を用いて耐久試験を実施する。

図7と表2に自転車ロードシミュレータで行った実働加速度波形再現結果を示す。図7は初期加振時と反復修正後の再現加速度波形についての周波数軸グラフである。初期加振時には目標加速度波形（黒線）と再現加速度波形（赤線）がずれているが、反

復修正を行うことにより2つの線が重なることがわかる。

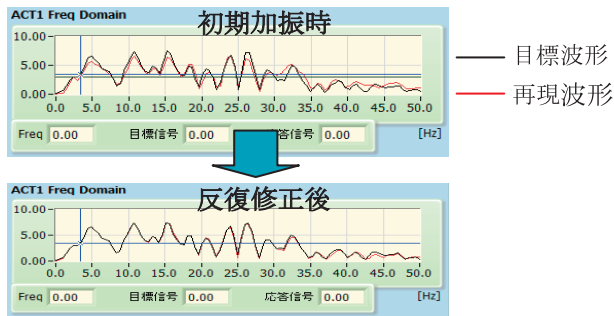


図7 周波数軸グラフ 反復修正前後比較 (前輪垂直)

前輪垂直・後輪垂直・前輪水平・後輪水平のそれぞれの目標加速度の+ピーク、-ピーク3点と再現加速度とを比較した結果を表2に示す。加速度の最大誤差は後輪水平の10.12m/s²となり、誤差が12.5m/s²という再現条件を満足することができた。

表2 加速度再現結果

前輪垂直	+ピーク 3点			-ピーク 3点		
	1	2	3	1	2	3
時間 (s)	0.61	0.79	1.00	0.64	0.68	0.71
目標加速度 (m/s ²)	101.16	70.02	64.56	-114.60	-65.22	-44.48
再現加速度 (m/s ²)	101.97	60.81	63.86	-114.40	-64.61	-44.60
誤差 (m/s ²)	-0.81	9.21	0.70	-0.20	-0.61	0.12

後輪垂直	+ピーク 3点			-ピーク 3点		
	1	2	3	1	2	3
時間 (s)	0.98	1.18	1.00	0.99	1.02	0.64
目標加速度 (m/s ²)	121.00	36.20	32.42	-81.10	-44.76	-41.76
再現加速度 (m/s ²)	123.36	40.29	36.34	-86.97	-47.91	-41.59
誤差 (m/s ²)	-2.36	-4.09	-3.92	5.87	3.15	-0.17

5 おわりに

KSMでは長年ロードシミュレータを中心とした多軸試験装置を製作してきた。NITE殿は製品事故の調査分析等を行う機関であり、この自転車4軸振動試験装置は事故の解析・評価並びに新たな原因究明手法の開発等に使用されることになる。この事例を元にKSM製の多軸試験装置が広まっていくことを希望する。また今後は歪量再現手法の知識をさらに充実し、ロードシミュレータをはじめとする試験装置を広い分野で使用していただけるように、提案をしていきたい。今回の製品はNITE殿をはじめとする多くの方々の知見と協力を得て、新規要素(サドル連結部の機構：本執筆時点で特許申請中)の開発を行うことができた。関係諸氏および本機の撮影、見学了承をいただきましたNITE殿には謝辞を申し上げます。

前輪水平	+ピーク 3点			-ピーク 3点		
	1	2	3	1	2	3
時間 (s)	0.66	0.62	0.70	0.68	0.64	0.99
目標加速度 (m/s ²)	175.18	147.72	113.72	-164.86	-148.66	-103.86
再現加速度 (m/s ²)	176.48	143.97	116.33	-164.72	-149.04	-98.98
誤差 (m/s ²)	-1.30	3.75	-2.61	-0.14	0.38	-4.88

後輪水平	+ピーク 3点			-ピーク 3点		
	1	2	3	1	2	3
時間 (s)	0.64	0.68	0.99	0.98	0.66	0.62
目標加速度 (m/s ²)	34.87	25.13	25.58	-79.88	-36.57	-31.87
再現加速度 (m/s ²)	34.95	23.90	15.46	-77.19	-37.42	-30.21
誤差 (m/s ²)	-0.08	1.23	10.12	-2.69	0.85	-1.66

著者



小原 英洋

2014年入社。カヤバシステムマシンナリー(株)三重工場技術部。シミュレータ製品の設計に従事。

製品紹介

DRE-401 ワーニングマップの開発

金井 昭文

1 はじめに

近年、自動車に関係する重大事故が頻繁に報道される様になり、運転をサポートして未然に事故を防止する取り組みが脚光を浴びてきている。

KYBトロンデュール(株) (以下TD) では2014年よりドライブレコーダDRE-401 (写真1) を販売している。

この製品は、トラック、バス等の商業車をターゲットとした製品であり、市場で一定の評価を受け、販売も推移している。しかしながら事故が起きてからの記録では、事故責任の所在証明や安全の教育には有効であるが、事故の未然予防という面では、機能的に不十分であった。

既存ユーザの中でも、安全教育は行っているが、講習を受けている運転者に疲弊が見られるケースもあり、運転者の負担にならず未然防止に繋がる様な仕掛けを望む声があった。

そこで今回、DRE-401に未然防止のための最新機能を付加すべく『ワーニングマップ機能』の開発を行った。

なお、この機能を付加した製品投入を急ぐため、既存のハード資源(電子回路)は変更せず、ソフトウェア変更のみで対応を出来ることを念頭に、開発を行った。



写真1 DRE-401外観

2 DRE-401のシステム構成

DRE-401のシステム構成は、自動車に取り付け記録を行うDRE-401本体とDRE-401本体の記録の再生及びDRE-401本体の各種設定を行うパーソナルコンピュータ(以下PC)装置より成り立っている(図1)。

(1)DRE-401本体の構成

- ① DRE-401本体
- ② GPSアンテナ (位置・時刻計測用)
- ③ カメラユニット (画像撮影用 標準1台)
- ④ 専用SDカード (画像及び走行記録保存用)

(2)PC装置の構成 (事務所等に設置)

- a 市販PC
- b SDカードリーダー (お客様用意)
- c 専用解析ツール (画像再生用ソフトウェア)



図1 ドライブレコーダの構成図

DRE-401本体の最大の特長は、合計4台までカメラを接続できることにある。このため、前方+車内+側方などマルチアングルで映像を記録できるので、運転者から死角が多い大型車や特殊車両に最適である。

また、映像に加え音声記録も同時に行うことが出来る。そのため事故時の会話内容や接触音なども映像と同時に再生するので、映像に臨場感が生れる。

解析ソフトウェアは、SDカードに記録された画像の再生のほか、運転(走行)情報を項目別に数値化・グラフ化し、運転者の診断表(急加速・急減速に注意して運転しているか)を自動作成する機能があり、運転者の個別安全指導を行う資料として活用

できる。更に、画像記録などを編集し、ヒヤリハットの資料作成を行う機能を搭載している。

DRE-401本体の諸元を以下に示す。

表1 DRE-401本体の諸元

項目	規格
外形寸法	W150×H39×D130mm
質量	450g(本体のみ)
記録データ	年月日/時間/緯度・経度 (GPS取得データ)/加速度 (XYZ軸)/車速パルス/エンジン回転数/イベントフラグ他
撮影解像度	VGA/QVGA
フレームレート	動画 1/5/10/15/30fps
録画方式	MPEG4
記録媒体	SDHCカード 4~32GB
動作電圧	DC12/24V
消費電流	最大1A (4カメラ接続時 12V)
動作環境温度	-10~50℃
加速度センサ	X:前後方向 Y:左右方向 Z:上下方向

今回、この構成の中でDRE-401本体ソフトウェアとDRE-401用専用解析ソフトウェアの開発を行った。

3 ワーニングマップの機能

ワーニングマップの機能の概略は、DRE-401本体に予め危険箇所を設定し、設定された危険箇所に接近した際にDRE-401本体より適切な、音声ガイダンスを発生させる機能である。

3.1 DRE-401本体の機能追加

(1) ガイダンス機能 (図2)

ガイダンス機能とは、走行車両があらかじめ登録してある危険箇所に近づく (赤囲み箇所 任意で半



図2 ガイダンス機能

径を設定できる)と音声ガイダンスにより運転者へ注意を促す機能である。なお、危険箇所の種類によりガイダンスの内容を変更することができる。一見単純な動作に考えられるが、近づいて行く時のみガイダンスを発生させる等の誤報を防ぐための工夫が施している。

(2) 危険箇所登録機能 (図3)

運転者は走行中に危険と判断したら、専用ボタンを押下することで危険箇所をDRE-401本体に登録する機能である。ボタンが押下されるとDRE-401本体は登録したことを音声でアナウンスする。



図3 危険箇所登録機能

3.2 PC機能追加

(1) 危険箇所管理機能 (図4)

DRE-401本体でSDカードに登録された危険箇所の情報は、ユーザが事務所の解析ツールで編集する。この際に、危険箇所の座標の微調整や種類の登録を行う。また誤押しの抹消を行う。危険箇所の情報はSDカードに書き戻す機能があるので、複数の車両で危険箇所を共有できる。



図4 危険箇所管理機能

(2) 危険箇所登録機能 (図5)

解析ツール上で過去の軌跡を地図に表示させ、運転者が登録した情報とは別に、危険箇所を単独で登録することができる。

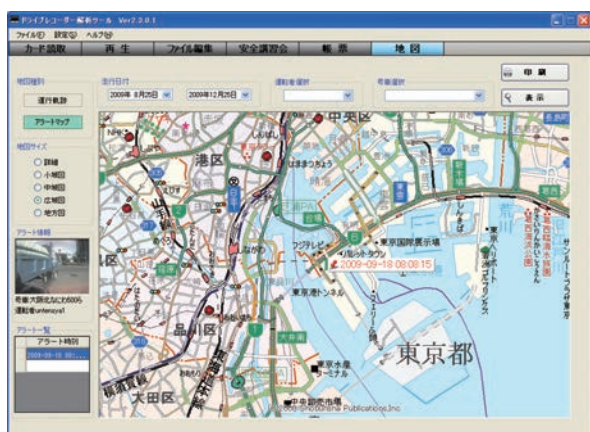


図5 ワーニングマップ登録画面

4 DRE-401本体のソフトウェア開発

従来のDRE-401本体のソフトウェア構成を図6に示す。

既存アプリケーションは図中①～⑥に示すように、各種デバイスドライバ^{注1)}やミドルウェア^{注2)}を介し、ハードウェア層にあるカメラ、SDカード、加速度センサ、音声合成LSI、GPSレシーバを制御している。

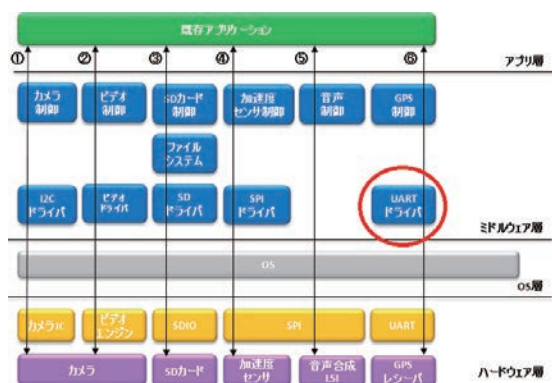


図6 既存ソフトウェアモジュール構成

ワーニングマップ機能を実現するためにはGPSレシーバ（GPSレシーバはURAT^{注3)}と呼ばれるシリアル通信端子に接続されている）から出力される位置情報（図6の赤囲み）が必要である。これは車両の現在位置を示すものである。今回の開発では、図7の赤囲みに示した部分のドライバを変更し、位置情報を2か所のアプリケーションに供給する仕組みとした。

また、新たにワーニングマップ専用のアプリケーションを開発し実装した（図7の緑囲み）。

アプリケーションの動作は以下の通りである。

- (i) 現在位置とSDカードに予め登録してある危険箇所情報と比較し、危険箇所までの距離を逐次計算する。

- (ii) 計算した距離が縮まったか、伸びたかを判定して縮まった場合、設定した値以下かを更に判定、予め決められたガイダンスを発生する。
- (iii) ガイダンスが発生された危険箇所を一時記録して、以後ガイダンスが発生されない様にする。
- (iv) 危険箇所からの距離が決められた距離以上になったかを判定して決められた距離以上に離れたら、ガイダンスが出力された事を消去して再びガイダンスが発生出来る状態にする。



図7 ワーニングマップ追加時の構成

注1) ハードウェアを制御してアプリケーションに対して抽象化されたインターフェースを提供するソフトウェア。

注2) OSとアプリケーションの間に入り装置固有の機能を拡張するソフトウェア。

注3) Universal Asynchronous Receiver Transmitterの略。シリアル通信の内容をCPUに渡す為の装置あるいは機能ブロック。

5 ワーニングマップの評価

ワーニングマップ機能を搭載したDRE-401のシステムを貸し出し、実際の運用で問題および改良点が無いか、既にDRE-401を採用して頂いているユーザに試用して頂いた。

評価は、良好で特にトラブルもなく運転者の評判も良かったとのことであった。

6 ワーニングマップからの更なる展開

ワーニングマップ機能の追加でドライブレコーダの予防安全機能向上が実現できた。

機能向上により、日々の作業でSDカードでの情報の読み込みの機会が増えたため、SDカードのハンドリングの煩雑性が、顧客より指摘されている。またSDカードの接点摩耗も懸念としてある。

このSDハンドリングの作業廃止と、遠隔地で運行している車両のリアルタイム情報共有を目的に通信機能の開発を開始した。

以下、通信機能で実現する機能を記す。

(1)事故画像の送信

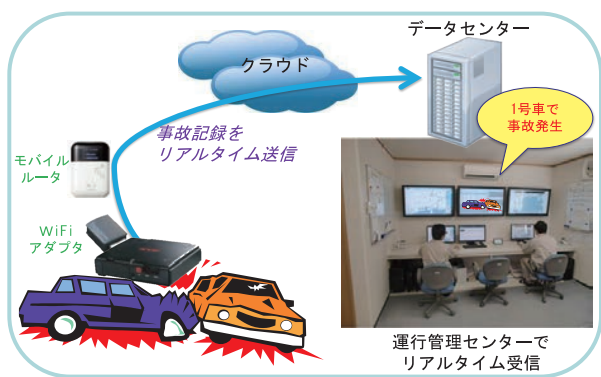


図8 画像送信のイメージ

して、的確な情報を早く提供することが可能となる。

また、今回開発したワーニングマップの危険位置情報も、通信で一斉配信が可能になるので、危険箇所情報がリアルタイムに反映され、未然防止の向上につながると思う。



図9 運行情報送信のイメージ

DRE-401本体のイベント機能を利用し、衝撃が発生した際に、その瞬間の画像をサーバに送信する(図8)。

事故発生時、現場の運転者は気が動転していることが考えられるので、事務所在中の管理者がサーバに接続し、画像を確認・状況を把握し、冷静な指示を運転者に送る事が期待できる。

(2) 走行情報及び危険位置登録情報の送信

運行している車両情報をサーバに送信。事務所在中の管理者が車両位置・運行状況をリアルタイムで把握できる(図9)。これにより、現在の車両位置や目的地までの交通状況把握が運転者と連絡を取らなくとも把握でき、配送先などからの問い合わせに対

7 おわりに

KYBトロンデュール(株)では、ドライブレコーダの開発を10年程行ってきた。

当初は単なる画像記録装置であったが、近年安全運転への関心が高くなり、安全運転支援装置へと製品仕様が広がってきている。

これからは、通信を組み合わせたシステムとしての製品開発を進め、ドライブレコーダ及び周辺システムの販売に貢献していきたい。

最後に、本製品の開発にあたり多大な協力を頂いた社内外の関係者へこの場をお借りし厚く御礼申し上げます。

著者



金井 昭文

1992年度入社。KYBトロンデュール(株)ソフト技術部。通信端末・ドライブレコーダのソフトウェア開発に従事。

ハンディターミナルを用いた 部品・製品入出庫システムの開発

内 藤 孝 昌

1 はじめに

KYBの各拠点の部品庫・製品庫などでは、入出庫時に部品・製品に添付してある現品票と出庫指示情報や棚番ラベルとの品番照合作業が行われている。この品番照合は、10桁以上の数字やアルファベットの羅列を比較する作業となるため、人の目視確認では間違える可能性がある。この問題の対策として、ハンディターミナル^{注1)}（以下HT）を利用して各帳票のバーコードを読取ることにより、機械的に品番照合を行う方法がある。この方法は当社を含め一般的に広く利用されており、HTを用いた市販システムも販売されている。

しかし、市販システムはそのまま導入することが難しく、通常は導入する会社や拠点の運用に合わせたカスタマイズが必要となる。また、特に取引先などの他社発行の帳票との照合が必要な場合、導入後も他社帳票の仕様変更に合わせて随時カスタマイズが必要となる。更には、当社で過去に開発・導入している、HTを用いた部品・製品入出庫システム（以下HTシステム）があるが、拠点毎の個別システムとなっており、共通システムとして横展開ができていない状態であった。

そこで、市販システムや過去に当社で開発・導入したシステムの前記問題を解決した新しいシステムを開発し、各拠点へ横展開した。本報ではその開発システムについて紹介する。

注1) 主に業務用で使用する、ハンディサイズのデータ収集端末装置の総称。

2 システムの導入目的

本システムは、主に部品庫や製品庫での入出庫作業時に使用するシステムである。その主な導入目的を以下に示す。

- ①品番照合間違いの防止
- ②出庫・出荷遅れの防止

上記①はHTを用いたシステムにおいて、一般的ではあるが最大の目的となる。人の目視確認に頼らずHTで帳票のバーコードを読取ることで、機械的に品番照合を行い、照合間違いを防止する。

②の目的達成のために、HTによって入庫数や出庫数の実績を把握し、在庫数と出庫計画の進捗をリアルタイムに管理する。ユーザはこれらの機能を用いて出庫・出荷遅れを早期に発見し、追加発注や出庫計画の優先度を変更するなど、遅れが発生する前に様々な対策を行うことが可能となる。

3 過去に導入したシステムの問題点

過去に導入したシステムや、一般的な市販システムの問題点を以下に示す。

- ①拠点毎にカスタマイズが必要
- ②帳票のバーコード仕様が変わるたびにソフトの修正が必要
- ③社内IT基幹システム^{注2)}との連携が困難

まず①の問題であるが、当社では拠点によって生産品目が異なるため、運用も異なる場合がある。また、使用する帳票も取引先などによって異なる。そのため、特に市販システムでは拠点毎の運用に合わない部分が発生し、拠点毎のカスタマイズが必須である。

次に②の問題であるが、特に取引先などの他社が発行する帳票の仕様に関しては当社で決めることができないため、システム導入後も他社の帳票のバーコード仕様変更に合わせて、随時対応が必要となる。

最後の③は、図1に示す機能を持った、KYBグループのグローバル標準モデル（Global Standard Model）のIT基幹システム（以下GSMシステム）との連携に関する問題である。GSMシステムで作成された出庫・出荷計画データをHTシステムで受け取り作業者はHTシステムを用いてその計画通りに出庫・出荷を実施する。そして、作業後はその結果をHTシステムからGSMシステムに送信する。こ

の連携が可能となれば、各システム個別での出庫・出荷に関わる計画作成や実績入力が不要となる。このような社内独自のIT基幹システムとの連携は、過去導入のシステムでは各拠点個別開発が必要であった。また、市販システムでは細かな連携は難易度が高い上、セキュリティ面でも問題となる。

注2) 情報システムの中で、業務内容と直接に関わる販売や在庫管理、財務などを扱う、業務やサービスの中核となる重要なシステムのこと。

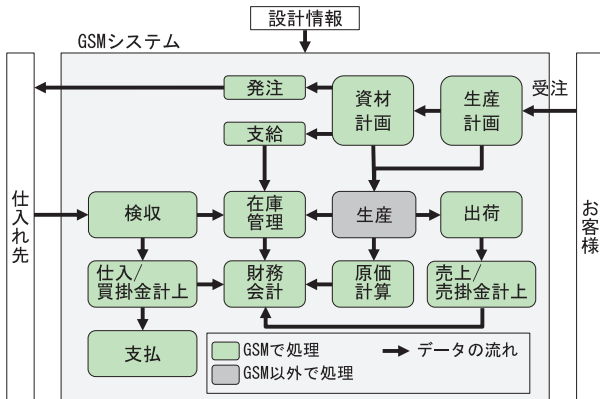


図1 GSMシステム概要図

4 システム構成

システム構成図を図2に示す。パソコンやGSMシステムによって事前にマスターデータを作成し、作業者はHTとモバイルプリンタを持って入出庫作業を行う。そして、同時にその実績をHTサーバに書き込むというのが、システムの基本的な流れである。各機器の概要を以下に示す。

①HTサーバ

本システムに関わる各種マスターデータや作業履歴データを一元管理する、データベース（以下DB）サーバ。

②HT

部品庫・製品庫で作業者が操作する端末。HT用ソフトを用いて、出庫計画の表示や品番照合、作業実績データの送信などを行う。

③モバイルプリンタ

HTとセットで使用する、小型のプリンタ。出庫時に部品に添付する現品票の発行などを行う。

④パソコン

本システムのパソコン用ソフトを用いて、作業履歴データの閲覧や各種マスタ設定を行う。

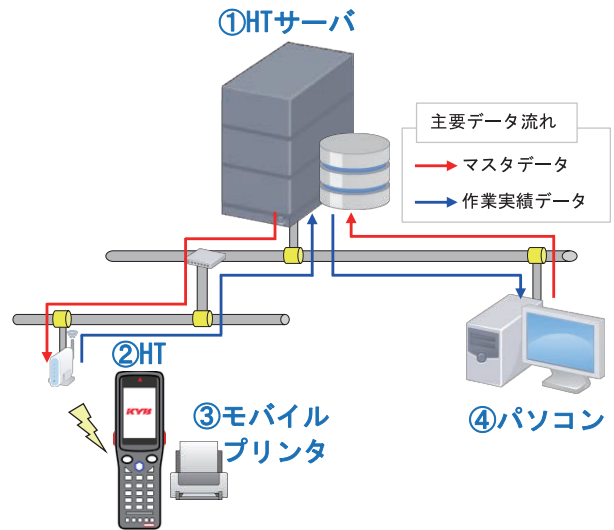


図2 システム構成図

5 システムの共通化

5.1 バーコード設定のDB化

HTにはバーコードリーダーが備えられており、それを用いて各帳票のバーコードを読取ることによって、品番の照合をする。但し、帳票によってバーコードに書かれている品番の位置や桁数などが異なるため、各帳票のバーコード毎に対応が必要となる。

例えば、表1のように現品票に2種類のタイプがあり、システム導入時はタイプ1のみの運用で、導入後にタイプ2が追加されたとする。

タイプ1は計11桁のCODE39^{注3)}であり品番位置は1～11桁目であるのに対し、タイプ2は計16桁のQRコード^{注4)}であり、品番位置は6～16桁目であるため、読取り条件が異なる。この場合、過去に導入したシステムや一般的な市販システムでは、タイプ2が追加された時にソフトの修正が必要だったため、導入後でも開発側の対応が必要であった。

そこで、HTで読取りを行う際に必要となる情報を、DB側で表2のような形で管理することにした。各帳票のバーコード種類（CODE39、QRコードなど）の識別を1桁の文字列で表し、品番や数量など項目別に開始位置と文字の長さを登録する。HTは定期的はこの設定をDBから取得し、読取った帳票のバーコードの種類と桁数からどのタイプか判定することで、品番や数量といった情報を正確に取得することができる。この方法により、ユーザがパソコンソフトを利用して表2の情報の設定ができるようになり、導入後の変更であってもユーザのみで対応が可能である。

注3) バーコード規格の一つ。

注4) 二次元コード規格の一つ。QRコードは(株)デンソーウェーブの登録商標です。

表1 帳票バーコード仕様例

帳票	バーコード	種類	桁数	内容	
				項目	例
現品票 タイプ1		CODE39	11	品番	AAAAA-BBBBB
現品票 タイプ2		QRコード	16	数量と 品番	00100AAAAA-BBBBB (赤字が品番, 黒字が数量)

表2 バーコード情報DB設定例

帳票	種類	桁数	品番		数量	
			位置	長さ	位置	長さ
現品票 タイプ1	C	11	1	11		
現品票 タイプ2	Q	16	6	11	1	5

5.2 機能単位のモジュール化

本システムでは、HT用ソフトの構成を図3のように「入庫」、「計画出庫」という機能毎にモジュール化を図った開発を実施した。更に、HT側の設定で使用する拠点を選択すると、その拠点に必要な機能のみをHTで利用できるようになり、全拠点同一システムでの運用が可能となった。



図3 ソフト構成イメージ

6 システムの機能

本開発では、HTとパソコンのソフトを開発した。主な機能について以下に説明する。

6.1 HT用ソフト

6.1.1 品番照合

HT用ソフトにおける、現品票の品番照合作業の画面遷移の例を図4に示す。なお、図中の①、②などの各図はHTの画面上に表示される画面例である。

①の現品票のバーコード読取りにおいて、指示された品番と同じ品番の帳票を読取った場合は、次の画面である②に示す数量入力画面を表示する。一方、異なる品番を読取った場合は③のような照合エラー画面を表示し、次の作業に進めなくすることで品番間違いを防止する。

この時、照合OK/NGによってHTのブザーの回数やヘッダ部の色を使い分け、エラー有無が簡単に

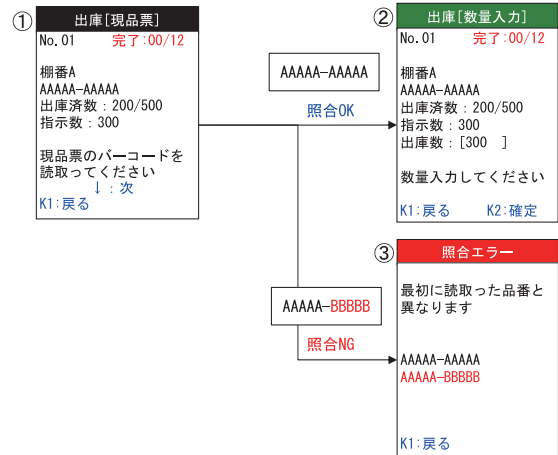


図4 品番照合の画面遷移

判断できるように考慮してある。

6.1.2 出庫現品票印刷

出庫などの一部機能においては、HTから出庫実績をDBに送信する際に、同時に図5のような出庫現品票を発行する。通常、棚にある部品の現品票は1箱に1枚添付されているだけなので、例えば100個の部品が入っている箱から20個の部品を出庫する場合、現品票を箱に残すことになる。そこで、出庫時にモバイルプリンタから出庫現品票を発行し、出庫した部品に添付して、その後の工程で現品票の代わりとして利用する。

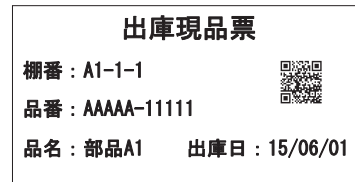


図5 出庫現品票イメージ

6.2 パソコン用ソフト

6.2.1 出庫計画管理機能

出庫計画の進捗の確認などを行う画面である(図6)。画面上側の表には出庫計画の組立品番が表示され、出庫が全て完了している計画には出庫完了日時が入力されており、現在の出庫進捗状況が一目で分かる。

また、上側表の任意の行を選択すると(赤背景色の行)、その計画の部品単位の詳細な出庫進捗状況が下側表に表示される。これによって、より細かい状況が確認できる。例えば図6の例では、2点の部品がまだ未出庫(背景色が橙色)であり、その部品の在庫数がゼロになっていることが分かる。つまり、在庫不足で出庫できていない状況と推測できる。

更に、画面右端中央部の「遅れ部品検索」ボタン

をクリックすることで、出庫予定日より遅れている部品の一覧表示なども可能となっており、出庫計画に関する様々な検索が可能となっている。



図6 出庫計画画面

6.2.2 作業履歴表示機能

HTによる入庫や出庫の履歴を表示する画面である(図7)。作業を開始した日時や実際に照合した日時、その時の作業結果や作業者名などだけでなく、その時の在庫数も分かる。つまり、この履歴を特定の品番のみ抽出して時系列で並べると、ある品番の在庫数の変動が確認でき、発注タイミングの再検討のための情報などに利用することも可能である。

また、作業結果がNGだった場合は表にエラー番号が表示されるため、エラー番号の一覧と照らし合わせることで、帳票の桁数NGや品番照合NGなどどのようなエラーが発生したのかも把握できる。これによって、例えばある品番で帳票の桁数NGが頻繁に発生している事実が明確になれば、エラー発生の根本原因を掴むことが可能となる。

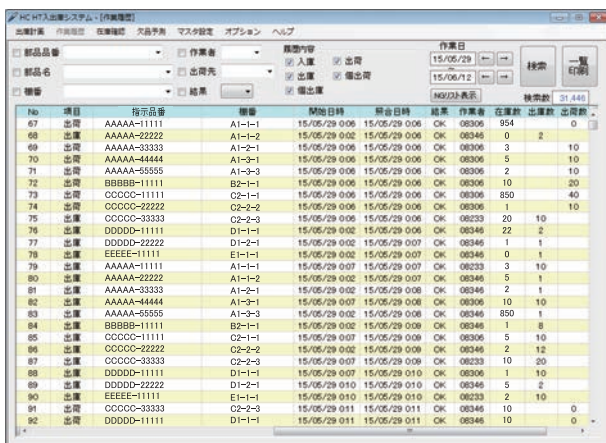


図7 作業履歴画面

6.2.3 欠品予測機能

出庫時に欠品の可能性がある部品を表示する画面である(図8)。画面上側の表には、指定期間内の未出庫部品の中で、在庫数より出庫必要数が多い部品のみが表示されている。つまり、現状の欠品状態を表しているのではなく、現状の在庫数との関係で今後欠品になりそうな部品が表示されている。

また、上側表の任意の行を選択すると(赤背景色の行)、その部品を出庫する出庫計画が下側表に表示され、出庫計画の影響範囲の把握ができる。これによって、例えば対象の出庫計画が複数ある場合は、納期や出庫指示数、現状の在庫数などを見比べて、その中からどの出庫計画を優先すべきかを判断することが可能である。

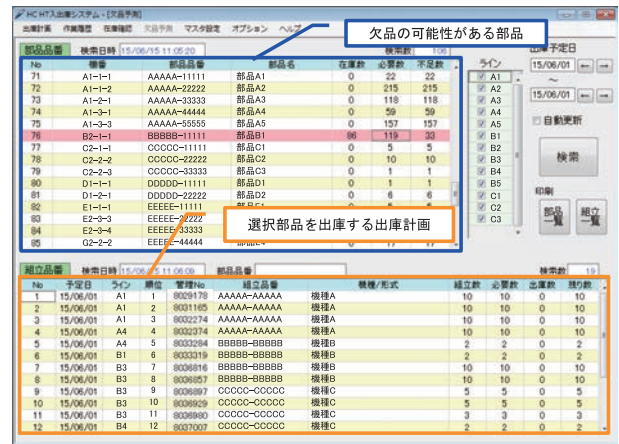


図8 欠品予測画面

6.2.4 各種印刷機能

HT用ソフトは、出庫計画を特定するためのバーコードを印字した出庫指示書、棚番や品番情報が入ったバーコードを印字した棚番ラベルといった帳票のバーコードを読取ることによって作業を行う。よって、本システムを導入するためにはこれら帳票を利用できるように、準備を行う必要がある。特に棚番ラベルは、システム導入前に全ての部品庫・製品庫の棚に貼り付けておく必要がある。

そこで、パソコン用ソフトにはバーコード付の各種帳票を印刷する機能を備えた。部品・製品の出入庫作業には直接関わらないが、システム運用開始までの準備段階のサポートをする機能を備えることで、システム導入検討から導入開始までの期間の短縮に役立つ。

6.3 GSMシステムとの連携

6.3.1 データ送受信

本システムとGSMシステムのデータ送受信関係を表した、システム連携概要図を図9に示す。本シ

システムでは品番や出庫計画などの情報を使用しているが、これらの情報はGSMシステムで作成されている。よって、本システムはこれらの情報を個別管理するのではなく、GSMシステムから取得することで情報の一元化を図っている。なお、データはGSMサーバの負荷分散などを理由に、直接GSMサーバから取得するのではなく、GSM中継サーバ経由で取得する。このGSM中継サーバは、GSMシステムと社内の様々なシステムとの連携のためのサーバで、

他システムで必要な一部データのみ出力している。

一方、GSMシステムでは入出庫をした品番や数量のデータが必要となる。これらのデータは開発したHTシステムによって収集できるため、マスターデータとは逆にHTサーバからGSMサーバに送信する。なお、収集データ送信時は中継サーバを経由しない仕組みとしている。

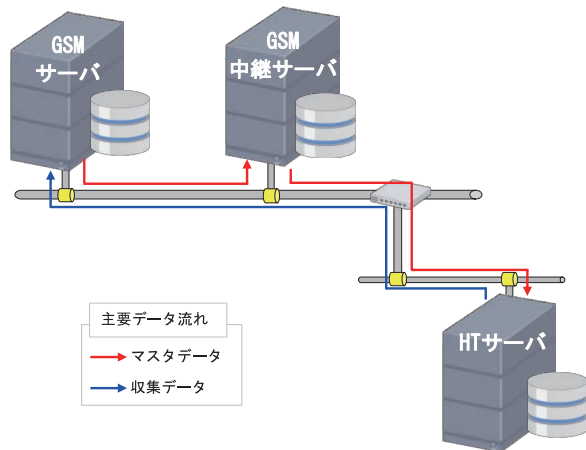


図9 システム連携概要図

7 おわりに

本システムは既に国内外の多くの拠点に導入し、効果が現れている。今後は一部残っている、各拠点へ個別で導入してきた過去のシステムの置き換えなどを実施していく。

なお、本システムのようにHTを用いたシステムでは品番間違いを防ぐことはできるが、照合に用いた現品票などは部品一点一点に添付されているわけではないため、数量間違いを完全に防ぐことは困難である。よって、今後は数量間違いの防止も可能となる、新しいシステムの検討をしていく。

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

著者



内藤 孝昌

2007年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。生産シミュレータを用いた工場内物流や生産ラインの最適化、データベースを利用した管理システムの開発に従事。



中型KCHシリンダ インドネシア工場の立ち上げ

山内 一志

1 はじめに

KYBの主力製品の一つである建設機械用油圧シリンダKCH(KYB Cylinder High pressure)の国内生産拠点は、中型ショベル(運転質量:10t~40t未満)用が岐阜東工場、大型ショベル(運転質量:40t以上)用が岐阜南工場である。

海外においては、2005年から中国のKHIZ(KYB Hydraulics Industry Zhenjiang)で中型ショベル用KCHの生産を行っている。

現在、建機メーカ各社は、今後の需要が大きく見込まれる地域に生産拠点の設立を進めているが、そのなかでも、ASEAN地域の市場は注目されており、既に建設機械の現地生産が行われている。

KYBとしては、ASEAN地域でKCHを生産することで受注から納入までのリードタイム短縮を図り、同地域でのシェアの拡大を図るため、今後最も中型ショベルの需要拡大が見込まれるインドネシアに生産拠点を設立することにした。

本報では、中型ショベル用KCHの第2の海外生産拠点として2014年12月より操業開始したインドネシア工場KHMI(PT.KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia)(写真1)の立ち上げについて紹介する。



写真1 KHMI外観

2 工場概要

KHMIの工場は、インドネシア・西ジャワ州ブカシ県の工業団地MM2100に建設された。MM2100はジャカルタ首都圏から最寄りの工業団地であり、物流の拠点である空港や港湾とは高速道路で結ばれていることから生産拠点としては最適な立地条件である(図1)。また、MM2100は電気・水道といったインフラ環境が整備されており、すでに日系企業が多数進出している。

KHMIの敷地面積は5万㎡、建屋の床面積は1万㎡である。立上当初の計画では生産棟は1棟、中型KCH組立ライン1ラインでの立上げだが、将来の更なる増産や現地での部品内製化にも対応できるよう、生産棟や生産ラインの増設が可能になっている。



図1 MM2100工業団地(Google Mapより引用)

3 新工場設立の日程計画

お客様への製品納入開始目標を2015年1月と設定し、新工場設立の日程計画を下記の通り立てた。

- ①起工(2013年12月)~竣工(2014年12月)
- ②設備搬入開始:2014年10月~
- ③製品納入開始:2015年1月~

4 KHMIのコンセプト

工場コンセプトは以下のように設定して、工場内レイアウトや物流システムの検討を実施した。

- ①国内で生産実績のある生産設備の採用
- ②LT50活動^{注1)}を水平展開した仕掛在庫の低減
- ③「東から西へ」と後戻りしない物流動線
- ④フォークリフトレスの部品搬送で、工場内の安全とコンタミ持ち込みに配慮した工場
- ⑤水性塗料を採用することでVOC^{注2)}を削減し、作業や環境に配慮した工場
- ⑥将来の増産や部品内製化のための拡張性のある建屋・ラインレイアウト (図2)

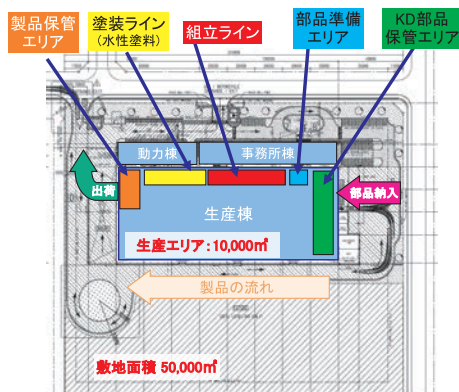


図2 ラインレイアウト

注1) Lead Time 50%低減活動

注2) Volatile Organic Compounds (揮発性有機化合物)

5 KHMI立上げの課題

KHMI立上げに際して次のような課題があったが、関係者、関係部署の協力により日程計画通りに工場を立上げることができた。

- ①短期間での生産ライン立上げ
- ②現地作業員への作業教育
- ③インドネシアでの外国人に対する就労制限
- ④現地工事業者への指示方法

6 KHMI立上げ

6.1 日本国内での事前準備

設備搬入開始から量産開始まで約3ヶ月間という短期間での立上げということもあり、一つのトラブルが製品納入の計画に大きく影響してしまう。

通常の新規生産ライン立上げでは、設備製作～加工トライ～品質確認～作業員教育～量産試作を順番に進めていく。更に、出来上がってゆくラインに合

わせて、治具を納める棚や工具・計測器の置き場などの付帯設備を準備していく。

このような準備を人や時間が限られた現地で進めていくことは困難であるため、次の事項を現地での立上げ前に計画して実施した。

- ①生産ラインの国内立上げ・量産試作
- ②現地採用作業員の日本での教育
- ③出張者のレベルアップ教育
- ④現地工事業者との事前打ち合わせ

6.1.1 生産ラインの国内立上げ・量産試作

KHMIの生産設備は、国内で生産実績のある生産設備と同じ仕様とし、日本国内で製作した。

- ①日本国内と同じ品質を実現する。
- ②トラブルや設備故障発生時にKYB (日本) からの支援を容易にする。

更に、現地で短期間に立上げるためインドネシアへ設備を輸出する前に、国内で生産ラインとして立上げて生産トライを実施した (写真2)。生産したKCHが製品として問題ないこと、生産ラインとして付帯設備が整っていることを品質保証部門が審査し評価を行った。その結果、現地で生産ラインを立上げる前に不具合事項を洗い出すことができ、事前に対策を打つことができた。



写真2 国内での立上げの様子

塗装装置は、KHIZやインドネシア国内で製作実績がある塗装装置メーカーへ発注した。現地での設備の設置や稼働後のメンテナンスサービスを考慮して、設計は日本、設備製作はマレーシアで実施した。マレーシアで組立確認後、分解して輸出し、再組立はインドネシアの関連会社が施工した (写真3)。

塗装に用いる水性塗料は、インドネシアでは水性塗料を生産していないため、現地調達ができない。そのため、KHMIで水性塗料を採用するためには、日本から赤道を越えて海上輸送をする必要があった。

水性塗料は溶剤塗料と比較して、大きな温度変化や保管が長期間になると、樹脂と顔料が分離して塗料としての性能が失われやすい。塗料への影響を確



写真3 現地工事業者による塗装装置再組立の様子



写真5 現地採用作業者の国内研修の様子

認するため、実際に海上輸送中の塗料缶にデータロガーを取り付けて温度変化を測定するなど輸送テストを実施した。

更に、輸送テストに使用した塗料を使い、実際に塗装することで、塗装品質を確認するために、PT.KYBI (PT.Kayaba Indonesia：二輪・四輪車用油圧緩衝器製造・販売拠点)の協力を得てテストパネルを用いた塗装試験を実施した(写真4)。

塗装したテストパネルを日本で品質評価を行い、海上輸送により問題が生じないことが確認できたため、KHMIでの水性塗料の採用が可能となった。



写真4 KYBIでの塗装試験

6.1.2 現地採用作業者の日本での教育

現地採用の作業員への作業教育は研修生として日本に受け入れて、マザー工場である岐阜東工場で作業を見ながら約2か月間の教育を実施した。KYBのモノづくりを体感することはもちろんのこと、日本に研修に来られなかった現地採用の作業員へ伝えて行くことも期待している。

教育の内容は、実際の作業だけではなくKCHの構造や用途など技術部門や品質保証部門などが一体となって実施した。実技教育中の研修生は真面目で熱心に作業に取り組んでいた(写真5)。事前に準備していた手順書についても鋭い質問が数々出され、それらの結果を反映することで、手順書内容や翻訳の完成度を上げることに繋がった。

6.1.3 日本からの出張者のレベルアップ教育

インドネシアでは滞在期間に関わらず、外国人が実務に就くためには就労ビザが必要である。出張者に対する就労ビザは事業規模に応じて発行されるため、専門分野毎に技術者が何人も行くことはできない。そのため、立上げにあたる出張者には、設備立上げ時の不測の事態に備えて設備保全に関するレベルアップ教育を出張前に実施した。制御プログラムの入出力や各種電装部品の設定方法、機械部品の交換や点検方法について、設備管理部門から教育を受けた。設備出荷前には、制御プログラムや各種設定のバックアップを実施して現地立上げに臨んだ。

6.1.4 現地工事業者との事前打ち合わせ

生産ラインの立上げは設備設置だけでなく、電気やエアなどの動力も必要である。動力関連の工事は設備搬入に先立って施工していくため、現地での施工業者と事前打ち合わせを日本国内で実施した。

モデルとなる岐阜東工場現場確認をしながら、現地での施工方法についての仕様書を作成して情報共有化・意思統一を図った。

設備据付は、輸送業者に輸出～据付までを依頼することで、搬入順序、仮置き・開梱場所を打合せて、スムーズな据付が実施できる様に準備を進めた。

6.2 現地立上げ

現地での立上げは、以下の計画で進めた。

- ①搬入据付・動力接続（～2014年10月下旬）
- ②試運転調整・生産トライ（～2014年11月下旬）
- ③社内審査・客先承認（～2014年12月中旬）
- ④量産開始・初出荷（2015年1月）

6.2.1 搬入据付・動力接続

2014年10月1日から、工場への設備搬入を開始した。この時点では工場建屋は竣工しておらず引渡し前であった。そのため、まだ多くの建屋建築作業員が建屋竣工に向けて作業していた。建屋建築作業員と生産ライン立上作業員がそれぞれ円滑かつ安全に作業ができるよう、毎日の作業手順や搬入経路などの資料を作り、共有することを心がけた。

設備搬入・据付に関しては、現地据付業者のスキルや安全への意識が高く、大きなトラブルもなく順調に進行し完了した（写真6）。



写真6 設備搬入の様子

電気配線や配管でつなぐ必要のあるスチームなどは現地施工業者が施工したが、それ以外のエアや水など、ホースを使用して接続するものは現地従業員とともに施工した。言葉の壁がありながらも連携して実施することで、据付開始から予定通り1か月間で完了した（写真7）。



写真7 現地従業員によるホース接続の様子

6.2.2 試運転調整・生産トライ

設備運転準備が整った後、設備に異常がないかを実際に動かしながら確認した。締結部の緩みなどの海上輸送中に生じたと考えられる不具合はあったが、生産に大きな影響があるような破損や異常はなかった。日本国内で生産トライ実施していたこともあり、すべての設備においてトラブルが発生することなく生産できる準備が整った。現地での生産トライは、日本に研修に行っていた現地従業員を中心に実施した。日本人出張者は作業の支援に回ることで、数少ない生産トライの中でも出来るだけ現地従業員に多くの作業をしてもらうことで、現地の生産ラインでの作業に慣れてもらった（写真8）。



写真8 現地生産トライの様子

品質確認は、溶接部の破断試験などインドネシアでは実施できない項目は日本に発送して実施し、その他の項目についてはKHMIで実施した。

品質確認・生産トライは計画通り2014年11月に完了した。

6.2.3 社内審査・客先承認

現地生産トライを実施した後、KYB品質保証部門の社内審査を受審した。日本国内で事前に生産トライを実施していたということもあり大きな指摘はなく合格した。

社内審査合格後、客先による部品認定の審査を2014年12月に受けて納品の承認が得られた。事前に各部門で情報の共有化ができ、必要な書類を不足なく準備できたため、滞りなく客先の承認を得ることができた。

客先審査合格後は2015年1月出荷に備えて量産を2014年12月下旬から開始した。

6.2.4 量産開始・初出荷

KHMIでは客先の要求に合わせて1セット／1スキッド（1セット：Arm, Bucket, Boom（R/L）の計4本）を納入荷姿としている。インドネシア国内の道路事情に合わせて、製品の落下防止のためにベルトによる固定を行うようにした（写真9）。

KHMIでは出荷した分だけを生産する後補充方式



写真9 製品出荷荷姿

を採用して、標準在庫数は1ヶ月分と設定した。

初出荷時にはKHMI従業員一同で記念撮影をした(写真10)。その写真はKHMIで生産した1号機のKCHとともにロビーに飾られてある。



写真10 初出荷記念

7 現地立上におけるトラブル事例

日本で生産トライをした設備を輸出したが、現地特有のトラブル事例と対処結果について紹介する。

7.1 治具類の錆び

インドネシアは赤道直下に位置し、気候は熱帯性気候である。乾季と雨季のふたつの季節があり、おおむね5～10月が乾季で、11～4月が雨季となる。乾季は湿度があまり高くならずに過ごしやすいが、雨季は午後になるとスコールのような大雨が降り湿度も高くなる。

今回の設備立上時期が雨季と重なったためか、高温多湿の工場内の環境で表面処理を施していない治具類が錆びてしまった(写真11)。

現在は、使用後に防錆油を塗布し空気に極力触れないようカバーをかけて対策しているが、今後治具や設備を製作する際は、クロムめっきや黒染めなどの表面処理を日本の設備以上に施す必要がある。

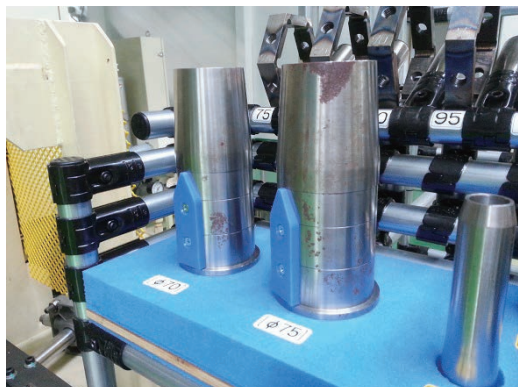


写真11 治具の錆び

7.2 現地調達副資材について

現地で調達を予定していた副資材は、思うような品物が入手できずに苦労した。日本であればすぐに入るような品物でもなかなか相手に伝わらず入手までに時間がかかったり、日本からの輸入で対応したりと、入手が困難だった副資材を紹介する。

7.2.1 手袋

KCH生産ラインでは、工程内に切削や溶接をしているため、保護手袋として皮手袋を採用している。

現地商社に調達を依頼したが、なかなか思うような品物が届かなく、ホームセンターで探して調達した。

同様にピストンなど、シリンダ内部部品を扱う時のゴム手袋も、通常の軍手の表面にゴムが塗られているだけであり軍手の表面の繊維が部品に付着してしまうなどの不具合が発生して、納得のできる手袋の調達までに時間がかかってしまった(写真12)。



写真12 手袋の例

7.2.2 化粧用コットン

シリンダヘッドなどの部品は組付け前に、化粧用コットンによる拭き取りを実施している(写真13)。日本であればコットンの中の綿が出てこないよう周囲は縫われているが、インドネシアで売られているコットンは、周囲が縫われていないため簡単に中の綿が出てくるような構造となっていた。

女性であれば化粧のときにコットンを使用するため街中にあるだろうと思っていたが、現地の大きなデパートで探してみるも、日本で売られているようなコットンは見つけられなかった。現地の女性従業員に確認したところ、インドネシアの女性は使い捨てではなく洗って繰り返し使えるようガーゼを使用しているとのことであった。化粧用コットンに関しては日本からの輸入で対応している。

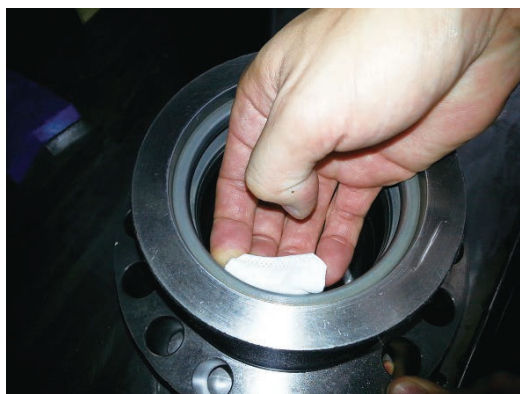


写真13 コットンによる拭き取り

8 今後の展開

KHMIで油圧シリンダの生産を開始したが、生産能力に対して現在の生産量にはまだ余裕がある。

今後は生産量増加につなげるため、新機種展開、生産性向上や物流システムの改善などコスト低減活動に注力する必要がある。

特に現在、KD部品^{注3)}は注文から到着までおよそ2ヶ月かかっている。そのため、欠品が発生するリスクから過剰に部品在庫を抱えてしまっている。在庫の持ち方や注文システムの見直しなど、通関代行業者を巻き込んだ改善活動を進めて部品在庫の低減とリードタイム短縮を図る。

注3) Knock Down 生産方式（部品を輸入して現地で総組立）で使われる部品。

9 おわりに

新規工場の検討段階から初出荷まで携わることが

でき、貴重な経験ができたと思う。限られた出張メンバーではあったが、日本からの支援もあり予定通り製品出荷まで辿り着けたことは日本での生産トライの実施など事前の準備が功を奏したものであると考える。

今回新規立上げしているなかで、日本においても改善すべき点が多く見つかった。今後は今回の経験したことを日本にも展開し、お互いの発展に寄与していきたい。

インドネシアに約4か月間滞在中、現地従業員の熱意や向上心はかなり強いと感じた。初めは言葉も文化も分からない中不安の方が大きかったが、一緒になって作業することで仲間意識も高まりスムーズな立上げができた（写真14）。

最後に、今回の工場立ち上げに対しご支援を頂いた関係各位にお礼を申し上げたい。



写真14 KHMI従業員との記念撮影

著者



山内 一志

2005年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部岐阜南工場生産技術部生産技術課第1技術係。主にKCH溶接工程の改善・溶接技術開発、組立ラインの構築に従事。

随筆

Discovering the Land of the Rising Sun 日出づる国での発見

Christian Scholz
クリスティアン ショルツ

1. Background

“What are your thoughts on working in Japan for two years?” This question in 2013 altered my family’s life and took us in a direction that we had not considered before.

First of all, I would like to introduce myself, before telling you about my experience of living in Japan and working at KYB. My name is Christian Scholz and I came to Japan with my wife Janett and our two daughters, four and two years old, respectively. I started my professional carrier at the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) in Berlin by writing my doctoral thesis (PhD) in the field of tribology in 2009. I gathered my first experience in Japan during a one-week stay in Hiroshima for a conference. There I met Nakase-san from KYB’s Basic Technology R&D Center for the first time. Shortly after this visit, Nakase-san and I became colleagues (see Photo 1) at the BAM and over the 3 years he stayed in Berlin also friends. At the end of my temporary employment contract in

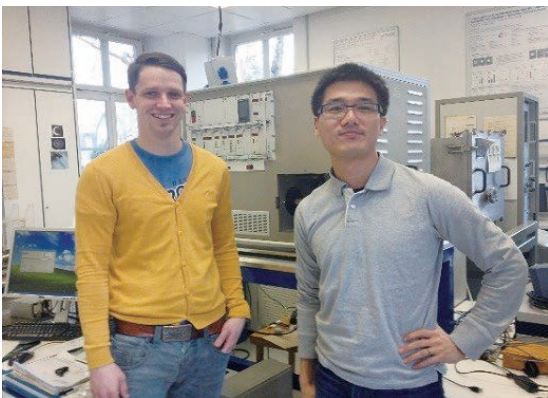


Photo 1 Dr. Takuya Nakase (right) and me as colleagues at BAM.

Berlin I was faced with the question: “What’s next?”.

Surprisingly, I got an exciting and interesting job offer from KYB. After a short discussion with my wife and our families and much longer discussions between KYB human resources department and me, it was decided that we would start a two-year adventure in Japan in 2014. One of the things we did first was to buy several books about Japanese culture and tradition and some guides for living in Japan. Many of the situations described in these books sounded very curious, funny and in some ways unbelievable in our German minds. We started learning Japanese and had a lot of questions which were always kindly answered by Nakase-san and his wife. Still, there were many more things to do in preparing this new experience, including moving and storing our belongings in Germany, finding accommodation in Japan and many small but time consuming and nerve-wracking matters. Luckily, we found a nice house in Yokohama, which I was able to look at when KYB invited me for a look-and-see-trip and final discussion of my contract in November 2013. This was just one of the many helpful things my new company did for us as we prepared for the big move. As we recognized that many families with a German background live in Yokohama, we had fewer worries about moving to a country which is so different from Germany and whose language we do not understand.

Finally we were ready for take-off and on March 16th, 2014 we started our adventure in the Far East, approximately 9,000 km away from our home country. After a long flight we arrived at Tokyo Haneda and received an unbelievably

warm welcome by my new colleagues and the first Omiyage (Japanese souvenir) for our daughters and us. Directly after arrival at our hotel, despite being overtired, I went directly to a furniture retailer together with my new bosses to buy and arrange the delivery of furniture for our new house. It took a week to finish all of the bureaucratic matters, including getting a Japanese Hanko (official name seal), which is necessary to proceed the registration at the citizen's bureau, opening a bank account and getting mobile phone contracts. We were ready to move into our new house. Thanks to the support from KYB, my new colleagues and some expats, Japan started feeling, very quickly, a little like home.

2. Living in Yokohama

Our new home is just a 10 minutes ride by subway away from the Shinkansen station Shin-Yokohama and very close to the German School Tokyo Yokohama, the center of the German community, located. We decided to send our older daughter to the kindergarten of the German School and our younger daughter to a Hoikuen (Japanese kindergarten). We hope that by doing this she will understand and speak Japanese much better than my wife and I. We have already seen great progress from her and sometimes she even starts little conversations with natives.

Before coming to Japan we made it a priority to see and experience as much as we can during our stay. We use the time on weekend or during the Japanese holidays of "Golden Week" (end of April), "Obon" (mid of August) and the first week of the year to discover many places (Photo 2). Not far from our home there are two idyllic places and one of my favorite regions in Japan: Kamakura and Enoshima. Approximately 800 years ago Kamakura was the political and religious center of Japan and you can still see signs of this period when entering the Hachimangu shrine or looking at the Great Buddha statue, Daibutsu. Directly on Sagami Bay we can enjoy the beach and its many surfers and sailing boats as well as delicious, fresh sea food - a contrast to the mega city Tokyo with millions of people, shops and skyscrapers. You can get a spectacular image of Tokyo from the Tokyo Skytree®, located in Sumida-ku. With a heights of

634 meters it is the tallest tower in the world. Whenever walking through the streets of Yokohama, Tokyo or elsewhere in Japan as a foreigner with two blonde girls you will experience the very curious "Kawaii-phenomenon". "Kawaii" means "lovely", "cute" or "adorable" and seems to have an important position in Japanese culture. Especially Japanese women love cute things such as smartphone or bag pendants from famous cartoon, anime or other Manga characters. Walking through Tokyo with our children we can hear this word many times a day. Of course it makes us proud to hear such compliments for our daughters, but it is sometimes a little bit too much for children. That being said, we have also started integrating this word into our German conversations.

It is quite hard to describe what kind of things represent Japan best, but one of these many things contributing to our image of a fascinating and manifold society is Japanese food. When I ask



Photo 2 Discovering Japan in Himeji, Kamakura, Kanazawa, Miyajima, Hakone, Kyoto and Nikko.

my colleagues what sightseeing spots are famous for Kyoto, Takayama or elsewhere they always give me some nice suggestions highlighting local food or drink specialties. You can find travel guides for each region in Japan where only restaurants are described. Once listed in such guides or named in a culinary TV-show most restaurants are fully booked for several months in advance or people are willing to wait for two hours in the front entrance to get a table and try food advertised. Of course, sometimes we do the same. We learned much about Japanese food and really appreciate it as one big part of Japan. Going back to Germany we will miss dishes such as ramen (noodle soup), okonomi-yaki (savory pancake), yakitori (skewered grilled chicken) and not to forget sushi and sashimi, to list only a part of countless types of delicious and super fresh Japanese food.

Whenever someone travels in Japan, whether privately or for business reasons, one thing should not be forgotten before returning: buying omiyage. Omiyage is kind of souvenir, but with a different meaning compared to Western souvenirs. Souvenirs in Europe or America are things a traveler buys for him- or herself to remember the trip, such as key rings, clothes or other things. In contrast, Japanese omiyage typically consist of food produced in the area the trip was taken to. Biscuits, chocolate, mochi (rice cake) or anything you can pack separately into beautifully designed boxes are suitable as omiyage. Normally you can buy these boxes everywhere, but especially in Shinkansen stations (Photo 3). Omiyage is not intended to be consumed by oneself, but rather as a present for colleagues or friends. From my point



Photo 3 Omiyage products at Kanazawa station.

of view, this is a tradition which should be adopted in Germany as well.

3. Working at KYB Basic Technology R&D Center

Currently I am working in the Materials Engineering Section at the Basic Technology R&D Center of KYB in Sagamihara. Every morning after arriving at the office I go to the locker room and change into a white outfit, just like all other employees. This consists of a white shirt, white trousers and white safety shoes for the office (black safety shoes for testing and production areas at the plant). The first days after entering KYB this was really strange for me, but now it is business as usual. Work starts every day at 8:00 a.m. with a special daily routine at the office: music is turned on and everyone in the office starts a stretching routine for 5 minutes, after which there is an audio signaling the start of the official working time. Lunch time from 12:00 p.m. to 12:45 p.m. begins and ends with an audio signal as well. Before everyone starts his work again, a 10 minute meeting in each section is held in which the group members are reminded to take care of their health during working time, a short statement in English what everyone is doing for the day and some official notices by the supervisor. Officially the working day ends at 4:50 p.m., but usually most people work until 6:00, 7:00 p.m. or in urgent cases longer.

In my section there are 20 or so members working on different R&D projects all related to materials science, analysis and testing inside of KYB. My tasks are mainly related to automotive shock absorber development. I do a lot of technical research on environmentally friendly oils for shock absorbers and hydraulic components. In particular, I already learned many things about the development process of shock absorbers. This process includes many material tests and analysis, shock absorber evaluation by using a servo-hydraulic bench tester and also vehicle tests under real road conditions. Fortunately, my colleague Ito-san and I have twice had the opportunity to visit the KYB Suspensions Europe plant located in Ororbia, Spain for shock absorber oil evaluation tests (see Photo 4).

During this time we were kindly supported by



Photo 4 Vehicle tests at KYB Suspensions Europe S.A. in Ororbia/Spain.

the Japanese staff sent from Japan to work in Spain and of course by the Spanish staff, especially Fernando de la Cal, Víctor Barriain and Alex Alonso. We drove several kilometers per day to get an impression how the shock absorber oil can influence passenger comfort and driving stability of the car. It was a great experience for me to see how good the staff of KYB Japan and Spain can work together and to understand the different requirements of the Japanese and the European car markets.

Working in Japan is in some ways really different from working in Germany. In my experience, it seems that it is important for Japanese employees to have many meetings a day as well as technical pre-reviews and reviews. Especially technical pre-reviews held by technical staff and their line managers, which often end in discussions about presentation slides that were already discussed several times before. Apart from the fact that I rarely understand discussions in Japanese, I was always wondering why they are discussing the same content numerous times. I think this may be the way of Japanese business. This is similar to formal business meetings between companies, where it often takes several meetings to discuss everything, plan a cooperation in detail, clarify where necessary and develop a cohesive plan before starting work on any given project. Sure this takes a lot of time, but in the end the cooperation works-unless unforeseen difficulties arise and the discussions have to start again.

After a long meeting, intensive working day, for special events, if a new colleague joins KYB or big



Photo 5 Young Engineers Nomikai in Sagamiono.

changes happen in the department, it is time for a Japanese “nomikai”. The word nomikai stands for a typical Japanese business tradition and means after work drinking party. Mainly around train stations you can find many different types of casual restaurants suitable as a nomikai location. Normally the first nomikai (a nomikai evening often consists of more than one drinking party) is held in an izakaya (drinking establishment that serves food beside of drinks), yakiniku (grilled meat) or seafood shop, where you can enjoy a lot of delicious food and for sure a lot of drinks (Photo 5).

One curious example of Japanese food you can get in yakiniku restaurants is nankotsu or “soft bone”, consisting mainly of animal cartilage. Before coming to Japan I said, that I will try every food I get served during a nomikai even if it looks a little strange... I have thus far. The second nomikai primarily consists of drinking and some small snacks or Japanese noodle soup such as ramen. Sometimes the final location of these evenings is a karaoke bar. The nomikai ends just in time for the last train back home. During events after work the topics of conversations change from business matters to more private ones and you can learn a lot about what the Japanese do in their spare time or on weekends.

4. Japan compared to Germany

Comparing Berlin, Germany’s largest city with almost 3.5 million inhabitants on 900 km², with Tokyo, and its nearly 10 million inhabitants on 600 km², the first big difference becomes visible very fast: less space and three times as many people than in Berlin (not taking the other 30 million

inhabitants of the metropolitan area including Yokohama into account). One question suddenly comes into my mind: "How do millions of people go to work every morning without a total collapse of the city?". It works, and it works much better than in many European metropolises. Trains, subways and even buses are in most cases on time, and on time means punctual to the minute. In my first year of living in Japan only once have I had a train in the morning be canceled on my daily commute and the next train arrived 6 minutes later. I cannot count how many trains were delayed or canceled when I worked in Berlin, but it is not possible to compare it with Japan. This becomes even more apparent when you look at the time table of the Japanese bullet trains, the Shinkansen (high-speed train). Departing nearly every 15 minutes you can trust that you reach your destination at an average speed of 250 km/h on time, even if it is 1100 km away (Tokaido/Sanyo Shinkansen operating between Tokyo and Hakata), which is an amazing feeling. Operating with nearly no delay within a day, these trains are very reliable. That is why many people use these trains for business and private reasons, even if the ticket price is relatively high and no discounts are available. You can only dream of punctuality like this when you use the high speed train, the ICE, in Germany.

When we arrived in Japan, we recognized one thing which is, in a very positive way, completely different to Germany, the service in shops. Whenever you enter a shop all shop clerks start to say "Irasshaimase" often with very amusing voices. "How can I help you?" is not just an empty phrase. The entire staff does everything for you in a shop to make you feel comfortable and to guarantee you the best service. "Always helpful, kind and smiling" is the philosophy of Japanese clerks. When paying for your items the cashier always makes sure to give you enough plastic bags for transportation to get them back home safely, even if you bought only a chocolate bar. The plastic bags may have one more practical use. Since public garbage bins are very rare, you can use them to take your trash back home and keep the streets clean. This attitude of high service is

visible everywhere in Japanese culture. Even when dealing with public transport, there are many people in each station helping you with all problems which might occur. They take care of the passenger's safety on the platform and organize the flow of people during rush hour by instructions via megaphone.

Sure there are many things in Germany we miss a lot besides family and friends. German beer is one example, having a higher variety of tastes compared the leading Japanese brands of the three largest breweries. Also watching and enjoying German football. Moreover the different opinion of work-life balance is sometimes difficult for us. While Germans take their holidays to relax, regenerate (get new ideas for the job) or spend time with family and friends, the Japanese seem to be always worried about taking days off and missing a day at work.

5. Future plans?!

We have now been living in Yokohama for one and a half years and not much time is left. Summarizing our stay here, we would definitely say that it was a very good decision to come to Japan. Getting in touch with a culture so far away and different from Germany was and still is a great experience. There are so many things left to see, discover and taste that the time will run out and the end of our stay will come too soon. Of course in the future Japan will be still a part of our life - a time and place we like to remember with many exciting memories. I would like to thank all members of the Materials Engineering Section for their help and understanding that it sometimes took a little time to understand how things work in Japan. This applies in particular to Kato-san, Kobayashi-san, Tamura-san, Nakase-san and Ito-san who have always supported my research work. Otsukaresama deshita, お疲れ様でした! I already learned a lot about the things described above and I am very happy about this experience.

What we do in future is not yet certain. Our plan is to improve our Japanese language skills more and go back to Germany when my contract ends next year. I really hope that there will be a possibility to continue my work with KYB.

— 著 者 —



クリスティアン ショルツ

2014年入社。技術本部基盤技術研究所材料研究室。博士（工学）。
ショックアブソーバ用材料（主に環境対応型作動油）の研究開発に従事。

編集後記

先日、家内とふたりで久しぶりに奈良の東大寺周辺の寺院を見て回った。南大門に足を踏み入れ、力士像を見上げた時、以前耳にした話を思い出した。この金剛力士像は、昭和・平成の解体修理で、造立当時に使用した木材の産地や、製作にかかった日数、大仏師の運慶や定覚が何人の小仏師を率いていたかなどの記録が見つかったらしい。圧倒的な迫力で、造立後800余年の今でも多くの人々に感動を与えているその芸術性、像造技術の高さに改めて感慨深いものを感じた。そして、記録を残すということの意味をもう一度考えさせられた。

しばらくして、遠方に家内の視線を感じ、急いでその場から立ち退いた。(村上委員)

ひと月ほど前、我が家にハムスターがやってきた。かなり大きくなっており、売れ残っていたものを安く買ってきたらしい。ケージ内にはご多分に漏れず回し車をセットしたが、いまだに走っている姿を見ていない。毎日毎日ケージの金網をかじっているだけで、運動不足にならないか心配である。内にこもらず外の世界に目を向ける姿は素晴らしいが、ケージ内にも目を向けるよと思ひ、KYB技報のバックナンバーを見始めた。(伊藤直樹委員)

KYBモーターサイクルサスペンション(株)が設立されてから編集委員を務めています。今まで二輪事業しか携わった事が無いため編集委員となり各事業の原稿に触れる事で、改めていろいろな業務があると感じています。ここ数年、二輪関係も海外業務が増え各拠点へ伺う機会が多くなりました。各国で仕事をすると、考え方や文化の違いに世界は広いと感じます。まだまだ知らない事ばかりです。

これからも技報は情報を提供する場であり続けたいと思います。(赤堀委員)

編集委員

◎手塚 隆	技術本部生産技術研究所所長	志多 一彦	AC事業本部岐阜北工場生産技術部
中村 善也	技術本部基盤技術研究所要素技術研究室	原 貴彦	HC事業本部技術統轄部製品企画開発部
村上 敏和	技術本部生産技術研究所	金子 仁	経営企画本部経営企画部
小倉 雅則	技術本部知的財産部第一知的財産室	関根 伸一	技術本部事業開発推進部
小川 義博	HC事業本部技術統轄部相模油機技術部	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	宮嶋 勝昭	KYBエンジニアリングアンドサービス(株)技術部
伊藤 直樹	AC事業本部技術統轄部製品企画開発部	河野 義彦	(株)タカコ技術本部開発部
清水 哲郎	AC事業本部技術統轄部ステアリング技術部	松崎 敬一	KYB-YS(株)設計部
米澤 和彦	AC事業本部サスペンション実験部	一箭 正	KYBトロンデュール(株)開発・設計部
赤堀 正弘	KYBモーターサイクルサスペンション(株)生産技術部	○宮 能治	技術本部技術企画部

◎編集委員長

○編集事務局

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

KYB技報 第51号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 行

2015年10月1日

編集発行人

KYB技報編集委員会

発行所

KYB株式会社

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

〒105-6111

東京都港区浜松町二丁目4番1号

世界貿易センタービル

電話 03-3435-6451

FAX 03-3436-6759

印刷所

勝美印刷株式会社/東京・白山

ホームページへの掲載のお知らせ

日頃、KYB技報をご愛読いただきありがとうございます。前号(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

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

本社・営業 東京都港区浜松町二丁目4番1号 (世界貿易センタービル) ☎105-6111 ☎(03)3435-3511

基礎技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)745-8111
生産技術研究所	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-1453
KYB開発実験センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	
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	愛知県名古屋市中区名駅三丁目11番22号(IT名駅ビル)	☎450-0002	☎(052)587-1760
大阪支店	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号(TEK第2ビル)	☎564-0063	☎(06)6387-3221
福岡支店	福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目6番26号(安川産業ビル)	☎812-0013	☎(092)411-2066
第一営業所	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
広島営業所	広島県広島市東区光町一丁目12番16号(広島ビル)	☎732-0052	☎(082)567-9166
相模工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)746-5511
熊谷工場	埼玉県深谷市長在2050番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜北工場	岐阜県岐阜市土田2548番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜南工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-2135
カヤシステムマシナリー機	東京都港区芝大門二丁目5番5号(住友不動産芝大門ビル)	☎105-0012	☎(03)5733-9441
KYBトロンデュール機	東京都港区芝大門二丁目5番5号(住友不動産芝大門ビル)	☎949-5406	☎(0258)92-6903
KYB-CADAC機	新潟県上田市長瀬浦5473番地5	☎386-0401	☎(0268)35-2571
タカコ機	京都府相楽郡精華町祝園西一丁目32番地1	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYB金山機	岐阜県下呂市山部字舟野4350番地の130	☎509-1605	☎(0576)35-2201
KYB-Y S機	長野県埴科郡坂城町坂城9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBモーターサイクルスポンション機	岐阜県岐阜市土田2548	☎509-0298	☎(0574)27-1170
KYBエンジニアリング	東京都港区芝公園一丁目6番7号ランドマークプラザ	☎105-0011	☎(03)6895-1260
アンドサービス機	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1110
KYBシステメリット機	岐阜県岐阜市土田1790番地	☎509-0206	☎(0574)26-6427
KYBロジスティクス機	東京都港区浜松町二丁目1番17号(松永ビル)	☎105-0013	☎(03)3436-5660
ジャパン・アナリスト株式会社			

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.

Godsweerderingel 77, 6041 GK Roermond, The Netherlands
TEL:(31)475-3863-53
FAX:(31)475-3863-40

KYB (China) Investment Co., Ltd.

Wei 3 Road 121, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu 212009, China
TEL:(86)511-88882057
FAX:(86)511-88887615

KYB Americas Corporation (Indiana)

2625 North Morton, Franklin, IN 46131, U.S.A.
TEL:(1)-317-736-7774
FAX:(1)-317-736-4618

KYB Americas Corporation (Detroit Branch)

26800 Meadowbrook Road Suite 115 Novi, MI 48377, U.S.A.
TEL:(1)-248-374-0100
FAX:(1)-248-374-0101

KYB Americas Corporation (Chicago)

180 N.Meadow Road Addison, IL 60101, U.S.A.
TEL:(1)-630-620-5355
FAX:(1)-630-620-8133

KYB Suspensions Europe, S.A.

Ctra. Irurzun S/No, 31171 Ororbia (Navarra), Spain
TEL:(34)948-421700
FAX:(34)948-322338

KYB Advanced Manufacturing Spain S.A.

Poligono Industrial Perguita Calle B, No. 15, 31210 Los Arcos (Navarra), Spain
TEL:(34)948-640336
FAX:(34)948-640328

KYB MANDO do Brasil Fabricante de Autopecas S/A

Rua Francisco Ferreira da Cruz Street, No 3000, Fazenda Rio Grande, Parana, CEP83820-000 Brazil
TEL:(55)41-2102-8200
FAX:(55)41-2102-8210

KYB Suspansiyon Sistemleri Sanayi ve Ticaret, A.S.

Reyssaş Lojistik 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, Orcoyen (Navarra), Spain
TEL:(34)948-321004
FAX:(34)948-321005

KYB Steering (Thailand) Co., Ltd.

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

KYB (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)511-88892300
FAX:(86)511-88892222

Takako America Co., Inc.

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

TAKAKO VIETNAM Co., Ltd.

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

Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.

No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 214028, China
TEL:(86)510-85280258
FAX:(86)510-85280616

Vinh Phuc 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.

Circuito San roque Norte 300, Santa Fe II Industrial Park, 36275 Silao, Guanajuato, Mexico
TEL:(52)472-7489192

KYB Motorcycle Suspension India Private Limited

F1 & F2 Block-B, Ameen Manor, No.138 Nungambakkam High Road, Chennai-600034, Tamil Nadu, India
TEL:(91)44-2833-2051
FAX:(91)44-2833-2050

KYB-Conmat Private Limited

702, 703, N.H.No.8, Por. Vadodara-391243, Gijarat, India
TEL:(91)265-2647276
FAX:(91)265-2630763

Chita KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd

No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan, Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China
TEL:(86)511-83172570
FAX:(86)511-83172590

Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd.

19# Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 21325, China
TEL:(86)519-85967282
FAX:(86)519-85105485

KYB-UUMW 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 No4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL:(62)21-89983737
FAX:(62)21-89983428

KYB Europe GmbH

Kimpler Str. 336, 47807 Krefeld, Germany
TEL:(49)2151-9314340
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)21-5237-9001

KYB Asia Co., Ltd.

105/1-2 Moo 1, Bangna-Trad Road K.M.21, Srisajorakaeyai, Bangsothong, 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

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 Autopecas 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

Chita KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd

No.8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No.300, Gangnan Road, Zhenjiang New District, Jiangsu Province, China
TEL:(86)511-83172570
FAX:(86)511-83172590

複写をご希望の方へ

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

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

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

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)について

直接、KYB(株)へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

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

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

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

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

ISSN 1880-7410

K
Y
B
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW

KYB技報
OCT. 2015 No.51



KYB TECHNICAL REVIEW NO. 51 OCT. 2015

KYB 株式会社

KYB