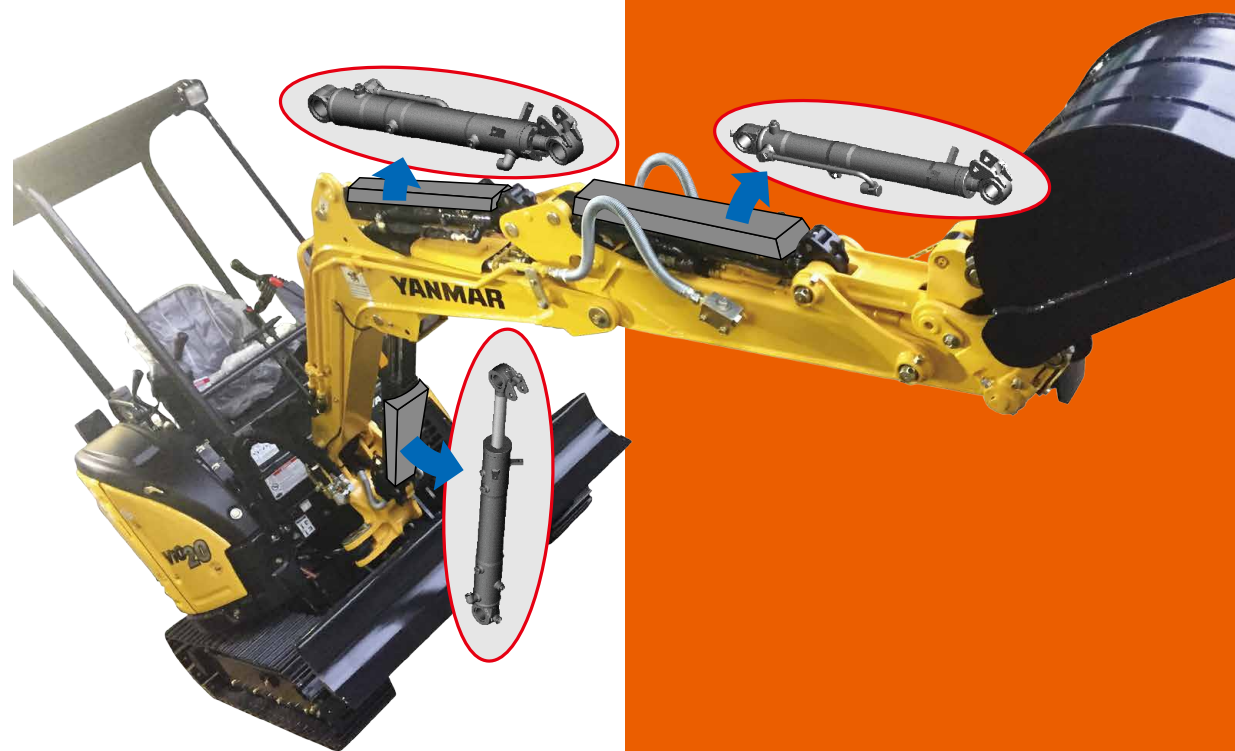


KYB TECHNICAL REVIEW

KYB技報
APR. 2019 No.58

K
Y
B
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW No. 58 APR. 2019



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	☎(042)745-8111
KYB開発実験センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	☎(0574)52-1323
工機センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0206	☎(0574)26-5310
名古屋支店	愛知県名古屋市市中区名駅三丁目11番22号 (IT名駅ビル)	☎450-0002	☎(052)587-1760
大福岡支店	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
浜島営業所	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)	☎812-0013	☎(092)411-2066
広島営業所	静岡県浜松市中区神明町315番地1 (浜松しみずビル)	☎430-0931	☎(053)454-5321
相模工場	広島県広島市東区光町一丁目12番16号 (広島ビル)	☎732-0052	☎(082)567-9166
熊谷工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)746-5511
岐阜北工場	埼玉県深谷市長在家2050番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜南工場	岐阜県可児市土田2548番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
カヤバシステムマシナリー株式会社	岐阜県可児市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
KYBトロンデュール株式会社	岐阜県可児市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-2135
株式会社タカコ	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金山株式会社	東京都府中市南町3909番地	☎949-5406	☎(0258)92-6903
KYB-Y S株式会社	岐阜県下呂市金山町戸部字舟野4350番地の130	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYBモーターサイクルガスベクション株式会社	長野県埴科郡坂城町坂城9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBエンジニアリング	岐阜県稲可児市土田2548	☎509-0298	☎(0574)27-1170
アンドサービス株式会社	東京都港区芝公園一丁目6番7号住友不動産ランドマークプラザ	☎105-0011	☎(03)6895-1260
KYBシステムリット株式会社	岐阜県可児市土田505番地	☎509-0226	☎(0574)26-1110
KYBロジスティクス株式会社	岐阜県可児市姫ヶ丘二丁目16番地	☎509-0249	☎(0574)26-6427
ジャパン・アナリスト株式会社	東京都港区浜松町二丁目9番3号 (NBC浜松町ビル)	☎105-0013	☎(03)3436-5660

KYB Corporation

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

Head Office

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

Overseas Subsidiaries and Affiliates

[Americas]

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

Takako America Co., Inc.
715 Corey Road Hutchinson, Kansas 67504-1642, U.S.A.
TEL: (1)620-663-1790

KYB Corporation Aircraft Components Division
Seattle Representative Office 701 5th Ave Suite 1160 Seattle, W.A, 98104-7002, U.S.A.
TEL: (1)425-365-1392

KYB International America, Inc.
2625 North Morton, Franklin, Indiana 46131, U.S.A.
TEL: (1)317-346-6719

KYB Mexico S.A. de C.V.
Circuito San Roque Norte 300, Parque Industrial Santa Fe Ampliacion 1, 101, 36275 Silao Guanajuat, Mexico
TEL: (52)472-748-5000

KYB Latinoamerica, S.A. de C.V.
Blvd. Manuel Avila Camacho 32 Int. 403, Col. Lomas de Chapultepec, I seccion, Del. Miguel Hidalgo, Distrito Federal, C.P. 11000, Mexico
TEL: (52)55-5282-5770

KYB-Mando do Brasil Fabricante de Autopeças S.A.
Rua Francisco Ferreira da Cruz, 3000, Fazenda Rio Grande-Parana, CEP 83820-293, Brazil
TEL: (55)41-2102-8200

Comercial de Autopeças KYB do Brasil Ltda.
Rua Cyro Correia Pereira, 2400 Suite 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil
TEL: (55)41-2102-8244

[Europe]

KYB Europe Headquarters B.V.
Godsweetersingel 77, 6041 GK Roermond, the Netherlands
TEL: (31) 475-3863-53

KYB Europe GmbH
Fritz-Vomfelde-Str. 20, 40547 Düsseldorf, Germany
TEL: (49)211-538-059-0

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

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

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

KYB Manufacturing Czech, s.r.o.

U Panasonicu 277, Stare Covicе, 530 06 Pardubice, Czech Republic
TEL: (420)466-812-233

KYB CHITA Manufacturing Europe s.r.o.
Prumyslova 1421, 53701 Chrudim, Czech Republic
TEL: (420)469-363-302

LLC KYB Eurasia
117638 Odesskaya street 2 building A, Moscow, Russian Federation
TEL: (7)495-7716010

[Asia]

KYB Steering (Thailand) Co., Ltd.
700/829 Moo 6, T. Nongtamlueng Amphur Panthong, Chonburi 20160,Thailand
TEL: (66)3-818-5559

KYB (Thailand) Co., Ltd.
700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Park2, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amqhur Muang, Chonburi 20000, Thailand
TEL: (66)3-846-9999

KYB Asian Pacific Corporation LTD.
No. 4345 Bhiraj Tower at BITEC, Unit 1209-1211, 12th Floor, Sukhumvit Road, Bangnatai Sub-District, Bangna District, Bangkok 10260, Thailand
TEL: (66)0-2-300-9777

KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd.
KYB-UMW Steering Malaysia Sdn. Bhd.
Lot 8, Jalan Waja 16, Telok Panglima Garang, 42500 Kuala Langat, Selangor, Malaysia
TEL: (60)3-3322-0800

PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia
Jl. Irian X blok RR2, Kawasan Industri MM2100 Desa Cikedokan Kec. Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, 17845, Indonesia
TEL: (62)21-28080145

PT. Kayaba Indonesia
Jl. Jawa Blok ii No. 4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL: (62)21-8981456

PT. Chita Indonesia
Jl. Jawa Blok ii No. 4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL: (62)21-89983737

KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd.
Plot I 10-1 11-1 12, Thang Long Industrial Park, Dong Anh District, Hanoi, Vietnam
TEL: (84)24-3881-2773

Takako Vietnam Co., Ltd.
27 Dai Lo Doc Lap, Vietnam Singapore Industrial Park, Thuan An District, Binh Duong, Vietnam
TEL: (84)650-378-2954

永華機械工業股份有限公司
KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd.
No. 493, Kuang Hsing Road, Bade City, Taoyuan Pref. 33450, Taiwan

TEL: (886)3-368-3123

KYB Motorcycle Suspension India Pvt. Ltd.
Pilot No. 6, Sipcot Industrial Park, Vallam Vadagal Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District 631604 Tamil Nadu, India
TEL: (91)44-3012-4301

KYB-Conmat Pvt. Ltd.
702-703, Beside N. H. No. 8, Por, Vadodara 391243, Gujarat, India
TEL: (91)960-1551608

KYB Corporation Chennai Branch
No. 408, Height 1, Temple Green Project, Mathur Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District, India 602105
TEL: (91)2568-0501

KYB Middle East FZE
Office No. 2010 20th Floor, Tower-A JAFZA One, Jebel Ali Free Zone, P.O.BOX:261819, Dubai, UAE
TEL: (971)4-887-2448

[China]

凱迪必(中国)投資有限公司
KYB (China) Investment Co., Ltd.
No. 12L Wei 3 Road, Dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China
TEL: (86)511-8558-0300

凱迪必機械工業(鎮江)有限公司
KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd.
No. 38, Wei 3 Road, Dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China
TEL: (86)511-8889-1008

無錫凱迪必拓普減震器有限公司
Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.
No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Xinku District, Wuxi, Jiangsu, 214028, China
TEL: (86)510-8528-0118

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

知多彈簧工業(鎮江)有限公司
CHITA KYB Manufacturing (Zhenjiang) Co., Ltd.
No. 8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No. 300, Gangnan Road, Zhenjiang New District, Jiangsu 212132, China
TEL: (86)511-8317-2570

凱迪必貿易(上海)有限公司
KYB Trading (Shanghai) Co., Ltd.
King Board Square Building 3, 9F B-C, No. 269, Tongxie Road, Changning District, Shanghai, China, 200335
TEL: (86)21-6211-9299

複写をご希望の方へ

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

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

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

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）について

直接、KYB(株)へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

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

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.
Please visit the following URL for the countries and regions in which JAC has concluded bilateral agreements.
<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAC.

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

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

KYB技報

第58号 2019-4

目 次

巻頭言

未来に向けて挑戦する 鈴木 亮一 1

論説

原価企画の考え方・進め方 田中 雅康 2

随筆

米国滞在記 鈴木 一成 7

技術解説

SAバルブ特性解析技術の開発 佐野 悠太 11

製品紹介

Double Hydraulic Stop (DHS) Suspension Javier Lizarraga Senar 19

ショックアブソーバ用摺動部品の開発 (Prosmooth™の紹介) 村田 貴夫 25

技術紹介

主脚用ダンパ機能付きアクチュエータ組立ラインの構築 小河原皓太 30

製品紹介

フォークリフト用リフトシリンダ 末吉 大輔 35

油圧シリンダ用バテッドチューブの開発 平井 達也 40

随筆

InnoTrans2018視察記 (国際鉄道技術見本市) 作田 敦 45

技術紹介

極低スパッタアーク溶接法の開発 羽場 敬一 49

ギヤポンプの部品加工ラインの構築 水沢 達哉 53

用語解説

フォークリフト用リフトシリンダ 中野 智和 59

編集後記

(表紙写真 (表) : Double Hydraulic Stop (DHS) Suspension [P.19参照], (裏) : 油圧シリンダ用バテッドチューブ [P.40参照])

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 58 APR. 2019

CONTENTS

Foreword

Challenge Toward Future SUZUKI Ryoichi 1

Editorial

Target Costing Concept and Procedure TANAKA Masayasu 2

Essay

Experience of Living in USA SUZUKI Kazunari 7

Technology Explanation

Development for Analytical Technology of Shock Absorber Valve Characteristics
SANO Yuta 11

Product Introduction

Double Hydraulic Stop (DHS) Suspension Javier Lizarraga Senar 19

Development of Sliding Parts for Shock Absorber (Introduction of Prosmooth™)
MURATA Takao 25

Technology Introduction

Installation of Actuator with Damper for Main Landing Gear Assembly Line
OGAWARA Kouta 30

Product Introduction

Hydraulic Lift Cylinders for Forklift Trucks SUEYOSHI Daisuke 35

Development of Butted Tubes for Hydraulic Cylinders HIRAI Tatsuya 40

Essay

Inspection Report of InnoTrans 2018 SAKUTA Atsushi 45

Technology Introduction

Development of Extremely Low Sputter Arc Welding Method HABA Keiichi 49

Construction of Gear Pump Parts Machining Line MIZUSAWA Tatsuya 53

Glossary

Hydraulic Lift Cylinders for Forklift Trucks NAKANO Tomokazu 59
(Cover Photograph: Double Hydraulic Stop (DHS) Suspensions [see P.19], Butted Tubes for Hydraulic Cylinders [see P.40])

巻頭言

未来に向かって挑戦する

鈴木 亮 一*



“Challenge for our future”

金沢工業大学の扇が丘キャンパスのある施設の入口に記されている言葉です。金沢工業大学は、未来の新技术や新たな価値を創造する拠点として、2017年7月に「Challenge Lab」を開設しました。木質のフローリングと落ち着いた照明が、アカデミックな雰囲気を醸し出しています。

この「Challenge Lab」は、学部学科の枠を超えて学生と教職員が多様な学際的なチームを構成し、私たちの明るい未来を創るために解決すべき問題に対して、失敗を恐れずに挑戦することができる場です。また、世代・分野・文化を超えて人々をつなぎ、キャンパス内の教育研究施設や環境を有機的に結合する役割も担っています。

さて、技術の進歩はますます加速しており、次から次へと新しいイノベーションが起こっています。今から10年前の2009年を振り返ってみますと、その年の流行語大賞は「政権交代」であり、政治の面において一つの転換期にありました。技術の面では、2008年にタッチディスプレイ式のiPhoneが国内発売され、従来の携帯電話の形態が見直された年だったのではないかと思います。今では、このタッチ型のディスプレイが主流になっておりますが、当時はボタン式に比べ反応が悪く、充実した機能もなく使い勝手が悪いと言われていました。今では、折り畳みできるボタン式携帯電話を目にすることはほとんどありません。

スマートフォンが広く使われるようになり、新たな産業やエコシステムが生まれ、われわれの暮らしも大きく変わりました。そして、IoT、AI、5G、量子コンピュータ、ブロックチェーン等々の技術により、更に発展していこうと容易に予測できます。

このような変革の激しい時代に、高等教育機関としての大学は、学生たちに何を教育し、どのような

人材を輩出すればよいのか大いに迷います。大学で学んだ最先端の知識や技術も、10年後には古くなり、20年後には不要なものになってしまうこともあるからです。

学生たちには大学において、新たな発見をする過程、そこから生まれる新しい知見を体系づけたり形にしたりする過程を学んでほしいと思っています。何事もそうですが、新しいモノを生み出すときや、新しいコトを起こすときには、大きな苦しみや挫折も経験します。このような学びの体験から、

- ・ ことの本質を捉える力
- ・ 未来を思索する力
- ・ いつの時代にも適応できる柔軟な思考力
- ・ 解のわからない問題に果敢に挑戦する力

を涵養し、これらの力を発揮するための知識やスキルを修得した人材を輩出することを大学は目指しています。このような理由から、「Challenge Lab」内のクラスター研究室（学科を超えて運用される卒業研究）では、Speculation → Design → Realization → Innovationという過程を意識し、問題発見と問題解決に取り組んでいます。

10年、20年、30年後の世の中を思索することができ、直面する問題に対して本質を捉え、果敢に挑戦する力は、いつの時代にも求められる普遍のものと考えます。また、大きな壁に直面したときにも、それを乗り越えるための原動力となり、そこから想像もできなかったようなイノベーションを生み出す力にもなるでしょう。

新しい年号がはじまる2019年、あらたな気持ちで、これからの社会や暮らしに求められる技術や価値の創造に自身がどのように貢献できるかを考え、未来に向かって挑戦する心をもち果敢に進んでいくことが大切ではないかと思えます。

*金沢工業大学工学部 ロボティクス学科 教授

原価企画の考え方・進め方

田 中 雅 康*



1. はじめに

今は「物」が売れない時代だとよくいわれる。本当にそうだろうか。確かに従来からの単なる延長戦上の物はさほど売れていない。ところが、5月の連休のとき、4,800円という高価な駅弁が発売後すぐに売り切れになり、次に高価な4,300円の駅弁も続いて売り切れた。また、アップルのスマホの新モデルが発売されるというかなり高価でも徹夜して並んで買うユーザーが大勢いる。

このことからわかるように、今のユーザーはお金がないから買わないのではない。自分が欲しいと思うものがないから買わないのである。買うに値する価値があると思えば、高価でも喜んで買うのである。

このことが新製品開発の原点であり、発想の視点でなければならない。

企業は新製品（新商品や新サービスも同様）開発を成功させることによって、成長し発展していくのである。では、どうすれば新製品開発を成功させられるのだろうか。いろいろあるが、有力な方法として原価企画があげられる。この詳細は後述するが、これを大雑把に言えば「原価企画はよく売れて儲かる新製品を開発する仕組みとその運用法」である。これ以降、筆者の50余年におよぶ研究とその普及等で得た知見に基づき表題の内容について述べていく。

2. 原価企画の考え方

2.1 原価企画の誕生とその発展

原価企画という用語は今から55年前（1963年・昭和38年）にトヨタ自動車で誕生した。これが初めて採用されたのは、1966年（昭和41年）に発売された初代カローラである^{注1)}。当初の原価企画は初代カローラの開発に当たりチーフエンジニア（CE）の強いリーダーシップの下に設計段階で原価低減目標値を決めて、設計者を中心に開発関連部門スタッフと協働して製品原価の低減を行った。この当時の原

価企画は組織活動としては不十分なところがあったといわれている。

注1) これには異論があり、カローラの前のパブリカの開発に原価企画の考え方や方法が活用されたと主張する学者もいる。

そこで2年後のマイナーチェンジのときには「原価企画実施規則」を制定し、原価企画を組織活動として定着させた。その後、主要サプライヤも含め彼等と一体化した原価企画を実施したのである。

この間の原価企画は設計活動を中心として開発設計する製品に目標原価（製造原価）を設定し、これを達成させるという原価管理であった。したがって、目標原価が達成できれば計画した利益が得られるはずだと考えていたのである。

ところが、1973年（昭和48年）に第一次オイルショックが発生した。これは日本を含むグローバル規模で経済活動に甚大なショックをもたらせた。トヨタ自動車の原価企画も同様で、従来どおりの原価企画では目標製造原価等を達成しても、その製品の目標利益（率）が達成できないのである。

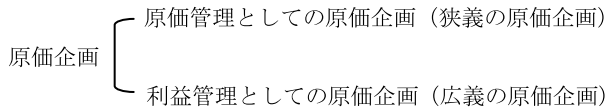
そこでトヨタ自動車では「計画した利益（1台当たり〇〇円の利益等）を獲得するためには目標原価をどう設定し、どう達成させるか」を総合的に企画し実現させる原価企画（利益志向の原価企画）へと発展させたのである。

これらのことを整理すると、トヨタ自動車の原価企画は目標原価を達成させることに主眼をおいた原価管理としての原価企画から、目標利益（1台当たりの貢献利益（率）等）を達成させることに主眼をおいた原価企画（利益管理としての原価企画）へと発展させて、今に至っているのである。

以上述べたことはトヨタ自動車の例であるが、これが一般的な原価企画の発展形でもある。このように原価企画には2つのタイプのものが併存している。

広義の原価企画は狭義の原価企画を含んだものであるが、こうなると原価企画という名称が実態を表さないように思える。

*日本経営システム協会会長
東京理科大学名誉教授・工学博士



2.2 原価企画とは何か

(1) 狭義・広義の原価企画の意味するもの

原価企画のルーツや誕生後の経過をみてきたから、ここではその内容を明らかにしておこう。

ここでは狭義の原価企画と広義の原価企画のそれぞれについて考え方・内容を述べることにする。

狭義の原価企画（すなわち原価管理としての原価企画）は、開発設計する新製品等に目標原価を設定し、開発設計者と製品仕様等の決定に関連する部門スタッフとの協働によって、性能・品質や開発日程等の目標を達成させながら、この目標原価を達成させることである。

このことを整理してみると表1のようである。

表1 狭義の原価企画の主な内容

- (a)原価企画は目標原価による原価管理（目標原価管理）である。
- (b)原価企画という目標原価は製造原価だけでなく原価企画が充実してくると梱包・物流費、販売直接費・顧客支援費やユーザーの使用・廃棄コストまで含む。
- (c)原価企画の管理対象活動は開発設計と製造準備^{注2)}の活動であるが、製造活動や販売活動等まで含める企業が増えてきた。
- (d)目標原価を達成させるのは開発設計者だけではなく、製品仕様等の決定に関連する部門から選定されたメンバーで構成する原価企画推進チーム、更にはサプライヤーまで含み、この有機的な連携・協働活動である。
- (e)目標原価の達成状況は開発設計の主な節目^{注3)}ごとに原価見積によってチェックされる（これをコストレビューといい、節目管理の一種である）。
- (f)目標原価が未達成になりそうならば、達成の目途がたつまで再設計等の対策を講ずる。未達成状態では次のステップへ進ませない（大原則）。
- (g)原価改善や価値改善するにはVE、QM、IE等の管理技術を統合して活用する。

注2) 製造準備の業務内容について明確な定義が見当たらないので、次のものを含むものとする。

- ①製造活動の開始にあたり準備する立場から見て図面の訂正要求（加工性、組立性、品質安定性、調達性等）や作図上の要求や情報提供
- ②内外作区分の決定と変更（国内外で）
- ③新生産技術の開発、製造設備・型・治工具等の開発や設計および製作または調達
- ④製造方式の決定、製造工程の設計、作業方法・

- 作業手順の決定およびこれらの改善
- ⑤市況品や加工委託品の価格決定と調達
- ⑥新材の探索・新工法の探索および情報収集、新サプライヤーの開拓
- ⑦調達上の価格情報の入手・整理、技術（固有技術と管理技術）情報の入手・整備
- ⑧②～⑤の活動における原価見積および原価改善
- ⑨その他

注3) 主な節目とは開発設計プロセスの中で、一応の区切りとなるところであり、例えば、製品企画、構想設計、基本設計、詳細設計、製造準備などの活動の終了時等である。多くの場合、この節目は5～10個あるように見受けられる。

この狭義の原価企画が定着していく過程で、その内容は充実すると共に発展していき、多くは広義の原価企画となるが、両者の関係は図1のようである。

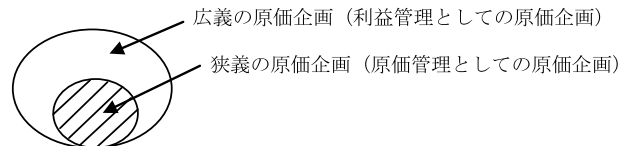


図1 原価企画の概念

広義の原価企画（すなわち利益管理としての原価企画）は、総合的利益実現の一環として開発設計する新製品等の企画段階で、開発設計諸目標（性能・品質、開発日程、環境保全、安全性、売価、販売量、原価、利益等の達成目標）を設定し、その範囲内で設計、製造、販売、使用、廃棄されるように、開発設計者と製品仕様等の決定に関連する全部門スタッフとの協働によって、これらの目標を同時に達成させることである。このことを整理して示すと表2のようである。

表2 広義の原価企画の主な内容

- (a)新製品等の原価管理だけではなく、その利益の企画管理も含む。これは総合的利益管理の一環をなす。
- (b)したがって、達成目標は原価だけでなく売価、販売量、売上高、利益（率）へと範囲が拡大する。この原価企画が充実してくると、これらの目標の内容はより詳細なものとなる。
- (c)原価企画の管理対象活動は、マーケティング、製品企画、開発設計、製造準備、販売準備、製造、梱包、販売・サービスおよびサプライヤーまで拡大する（全社的活動）。
- (d)原価・利益（率）目標を達成させるのは開発設計者を中心に、この目標達成に強くかかわる部門から選定されたメンバーで構成する原価企画推進チームおよびサプライヤーであり、この有機的な連携・協働活動である。

- (e)開発設計諸目標（性能・品質，売価，安全性，販売量，売上高，原価，利益，開発日程，環境保全等）の達成状況は製品企画，構想設計，基本設計，詳細設計，製造準備等の活動終了時（節目）にBR（ビジネスレビュー），CR（コストレビュー），DR（デザインレビュー）^{注4)}などと称して厳しく評価しコントロールされる（節目管理の実施）。
- (f)開発設計諸目標は全て同時に達成されなければならない（必達目標）。これらのいずれかが未達成になりそうであれば，全社的活動によって改善し再設計を行う。
- (g)機能改善・原価改善はサプライヤーを含む全社的活動として展開し，管理技術などを駆使して徹底して活動を行う。

注4) BRは事業採算性についてのレビューで，計画した利益（率）が確保できる状態にあるか否かを事業部長等が責任者として出席した会議で行われ，必要な指示・アドバイス等が行われる。CRは目標原価（目標製造原価等）の達成可能性についてのレビューで，原価見積によって達成度の評価が行われる。この会議のメンバーはBRのメンバーと異なることが多い。DRは主に技術・品質・安全・環境保全などの達成可能性についてのレビュー，設定された目標が達成できるか否かをDR会議で決め，必要な指示・アドバイスが行われる。

このようにみえてくると，広義の原価企画は全社的活動として展開する製品別利益の創造であり，製品群別利益の企画管理であるといえよう。またこれは，製品戦略の展開でもあり事業戦略の中核として位置づけられよう。

以上述べてきた原価企画の分野で，日本の主要企業は概ね世界の最先端を走っている。とはいえ，採用している原価企画は狭義の原価企画が全体の約3分の2を占めているのである^{注5)}。まだ広義の原価企画にまで発展していない企業が多いのである。しかし，原価企画を採用して30年以上経過した企業では，その50%が広義の原価企画を採用しており，徐々に前進はしている。

注5) 筆者らが行った日本の主要企業を対象とした原価企画に関する最近の実態調査結果によると表3のような結果となっている。

(2)原価企画の目的と効果

原価企画は各社の戦略的ニーズにより採否が決められるので，その目的はそれぞれ違うだろう。しかし，よく調べてみると共通する部分が非常に多いのである。そこでこれを要約してみると，原価企画の採用目的として次のものが挙げられる。

(a)コスト競争力の強化 (C)

コスト競争力は，言い換えれば，価格競争力で

表3 原価企画に関する最近の実態調査結果

	2008年	2012年	2016年
狭義の原価企画を採用	66%	70%	66%
広義の原価企画を採用	31%	26%	33%
その他	3%	4%	1%
有効回答数	110	79	100

もあるから極めて重要なことである。このためには原価を可視化し，ベストコストを追求すべきである。

(b)品質の安定 (Q)

品質上のトラブルは大部分が開発設計活動における検討不足によるものである。よって，原価企画により節目管理等を徹底して実施し品質の安定を図るのである^{注6)}。

注6) 原価企画における節目管理の代表的なものはBR，CR，DRである。筆者らが行った実態調査のうちのBR，CR，DRを非常に厳しく実施している企業の割合を2008年，2012年，2016年調査の平均値は表4のようである。これよりいずれも非常に厳しく実施している企業が多いとはいえないだろう。

表4 節目管理を非常に厳しく実施している企業の割合

製品化活動	BR	CR	DR
製品企画段階	28%	26%	37%
構想設計段階	26%	29%	46%
基本設計段階	33%	37%	57%
詳細設計段階	35%	44%	64%
製造準備段階	47%	51%	61%
有効回答数	84	86	80

(c)開発期間の短縮 (D)

これは開発設計活動と原価企画活動を同期化し，開発設計の標準的手順に従ってコンカレントに原価企画を行い，節目管理を徹底させることにより可能となる。

(d)目標利益の確保

これが開発設計の究極の姿であり，まず，開発する新製品の単位あたり利益（貢献利益等）の確保を確実にすべきである。そのためには製品仕様，売価，販売量，原価，利益との関連性分析が必要となる。

(e)開発体質の強化

これには製品企画力，開発設計者の能力と意欲，

原価企画推進チーム力を強化し、併せて経営トップの強い支持を得てこれらを融合させる必要がある。

このうち、(a)~(c)、すなわちCQDは狭義の原価企画の主な目的であり、(a)~(e)は広義の原価企画の主な目的である。

これらの目的が果たされると非常に多くの効果が期待されるが、主なものは表5のようである。

表5 原価企画による期待効果

(a)開発期間の短縮・開発費の削減、タイムリーな新製品の市場投入
(b)開発設計者の原価意識の向上、生産性向上
(c)固有技術・管理技術の開発促進
(d)組織内の連携・協働体質の強化・活性化
(e)情報武装（必要情報の入手・整備、IT化・IoT化等）の促進

3. 原価企画の進め方

ここでは広義の原価企画を想定してその主要な活動に限定して述べよう。その関連活動の大きな流れは図2のようである。

①製品企画段階の活動

ここでは企画要求事項に基づき製品コンセプトに準拠して基本着想案を作り、技術性と採算性の評価を行う。パスすれば開発設計諸目標を盛り込んだ製品企画案を作成し、審査を経て製品企画書を確定する。

②開発準備段階の活動

従来の文献ではこの活動の明記はしていないが、ここではその重要性から取りあげた。その主活動は図2に示したものの他に、開発の大日程・中日程の了承や技術的課題の共有と解決等の共有である。

③構想設計段階の活動

開発設計者は構想設計要求事項や目標原価に基づ

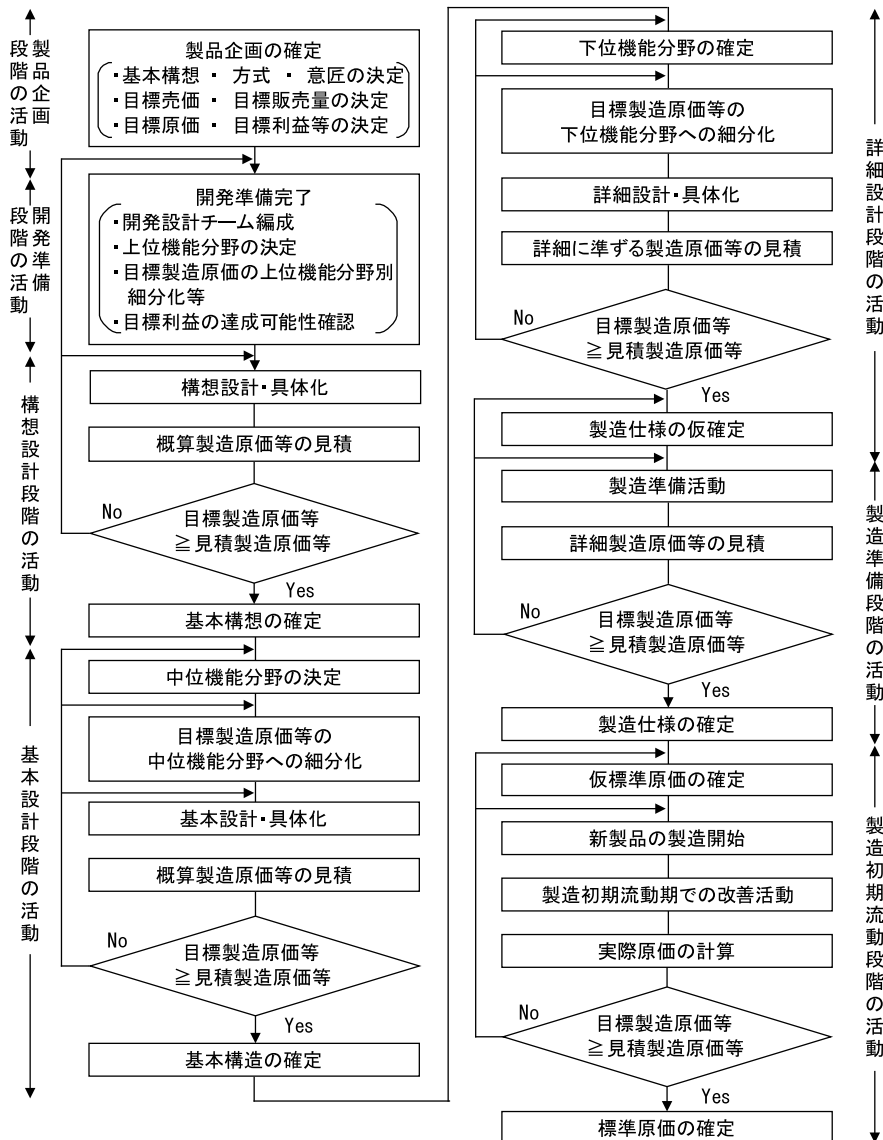


図2 原価企画と関連活動

き構想設計案を作成し、これで開発設計諸目標が達成できるか評価を行う。原価面では概算原価見積をし、目標が達成可能ならば基本構想を確定する。利益面では目標利益率や目標利益額の実現可能性を確認して、良しとなれば次の段階に進む。

④基本設計段階の活動

決定した基本構想を中位機能分野の目標原価に基づき基本設計案を作成し、これで開発設計諸目標が達成できるか評価を行う。原価面では概算原価見積をし、目標が達成可能ならば基本構造を確定する。利益面では目標利益率や目標利益額の実現可能性を確認して、良しとなれば次の段階に進む。

⑤詳細設計段階の活動

基本構造と下位機能分野の目標原価に基づき詳細設計案を作成し、これで開発設計諸目標が達成できるか評価を行う。原価面では詳細に準じる原価見積をし、目標が達成可能ならば製造仕様を決定する。利益面では目標利益率や目標利益額の実現可能性を確認して、良しとなれば次の段階に進む。

⑥製造準備段階の活動

仮決定した製造仕様に基づき、製造準備活動を行い、これで開発設計諸目標が達成できるか否か評価を行う。原価面では詳細原価見積をし、目標が達成可能ならば製造仕様を確定する。利益面では目標利益率や目標利益額の実現可能性を確認して、良しとなれば次の段階に進む。

⑦製造初期流動段階の活動

確定した製造仕様の下に仮標準原価を決定して製造活動を開始する。と同時に、初期流動段階特有の諸々の改善を行うと共に、実際原価を計算し、仮標準原価との差異分析をし、安定期の標準原価を決定する。

⑧製造安定段階の活動

量産以降のサプライチェーン活動も原価企画の範囲に含め、その管理対象とすべきか否かは議論の余地があるが、筆者はこれも含め、企業のライフサイクル・コストとして管理すべきだと考えている。

4. まとめ

原価企画は日本で誕生した新しいタイプの原価管理であり、世界的に普及してきている。その特徴は、従来の原価管理が、いま「発生している原価」や、すぐに「発生する原価」に着目した管理であったのに対し、原価企画はこれから「決定する原価」に着

目した管理であることである。ここに斬新さがある。

また、この「原価」には製造原価だけではなく、開発設計費、梱包・物流費、販売・サービス等を含み、更にはユーザーの使用コスト・廃棄コストまで含む。これは総合的な原価企画による管理である。

この原価企画は企業のニーズによって発展し、原価管理の領域にとどまらず、製品別利益の企画管理へと前進している。このような原価企画はいずれ製品戦略、ひいては、事業戦略の中核を担うものになるろう。

この大きなトレンドを踏まえた上で、我々は足元を着実に強化していかなければならない。そのためには、開発設計者や原価企画の推進に関わる部門スタッフは、まず原価がわかる人であり、かつ、原価が変えられる人でなければならない。このことは、VEの知識や活用法と原価見積の知識やノウハウのレベル等をプロレベルまで高めることを意味する。

この他にも諸々の管理技術や技術情報、原価情報を活用できるようにする必要がある。そうしなければ「無知は最大のコストを生み出す」ことになるのである。

参 考 文 献

- 1) 田中雅康：原価企画の理論と実践，中央経済社，1995年
- 2) S.L. Ansari: J.E. Bell and the CAM-1 Target cost core group, "Target costing", Mc Graw Hill, 1997年
- 3) 日野三十四：トヨタ経営システムの研究，ダイヤモンド社2002年
- 4) J.M. Morgan & J.K. Liker: "The TOYOTA Product Development System", Productivity Press 2006, トヨタ製品開発システム（稲垣公夫訳），ダイヤモンド社，2002年
- 5) 土屋裕，田中雅康，中神芳夫編集代表：VEハンドブック，日本VE協会，2007年
- 6) Jim Rains: "Target Cost Management", CRC Press, 2011年
- 7) 田中雅康：原価企画と開発購買，中央経済社，2015年
- 8) 小林英幸：原価企画とトヨタのエンジニアたち，中央経済社，2017年

随筆

米国駐在記

鈴木 一成

1. はじめに

私は入社以来、ピストンポンプやベーンポンプといった油圧ポンプ関連の業務に従事している。業務の一環では油圧ポンプの高性能化を図るべく解析を駆使して研究を進めているが、飛躍的なポンプ性能の向上を目指すためには、解析技術の高度化が必要不可欠である。高度化のためには従来の解析要素に加えて、より実現象に近づけるべく新たな解析モデル等を考慮しなければならないが、これに一から取り組むのでは多大な時間と費用を要する。

そこで最先端の解析技術を効率的に取り入れるため、2017年5月から2018年4月まで、油圧業界でトップレベルの技術を有する米国の大学へ派遣された。この話を受けた当初は初めての海外赴任、しかも家族と離れて单身とのことで二の足を踏んでいたが、世界の最先端技術を学べる貴重な機会であることや、家族や周りの方々からの後押しがあり、赴任を決意するに至った。

本稿では赴任生活での体験談をいくつか紹介する。

2. 赴任

新たな生活への小さな期待と、生活や文化、言葉の壁といった大きな不安を抱えての赴任となったが、大学は幸運にもKYB Americas Corporation（以下KAC）まで車で行ける距離にあったため、駐在員の方々の多大な助力を受けることができ、言葉以外の大きな不安は早期に払拭することができた。一方、小さな期待であったアメリカでの学生生活はというと、大学の講堂で楽しく学生たちと勉学に励むイメージからはかけ離れ、実際は大学から車で30分ほど離れた研究施設に勤務し、毎日パソコンに向かって業務を淡々と進めるといった、非常にサラリーマンライクな生活スタイルであった。唯一、日本での環境と大きく違うのは人員構成であり、着任した職場は非常にワールドワイドな環境であった。中国やインド、ブラジル、ヨーロッパ各国と様々な国籍の

学生や企業からの派遣研究員が在籍し、アメリカ人は全体の20%程度しかいない。しかも頻繁に留学生や研究員が出入りするため、日本から来た私もその一人でしかなく、赴任当初から特別肩身の狭い思いをすることもないまま、すんなりと受け入れられた。研究所には私以外に日本人、ましてやKYBの社員などはおらず、自身の英語力も拙いため、交友関係の形成には苦勞するものと腹をくくっていたが、英語がうまく話せずとも意思疎通やコミュニケーションは取れるもので、あっという間に仲良くなることができた（写真1, 2）。しかし、これは学生たちから積極的に話しかけてくれたことが大きな要因になるのだが、後日談で私が学生よりも年下にみられていたことからの親切心であることがわかり、非常に



写真1 昼食会にて



写真2 遊園地にて

複雑な気持ちになったことを思い出す。アジア人は実年齢よりも若く見られるとは聞いていたが、私の場合は英語のたどたどしさも加わり、より幼く見えたのではないだろうかと考える。つまるところ、英語ができないが故に、より早く学生と仲良くなれたという皮肉な話である。

3. 大学での研究

当然ながら、大学では分からないことばかりであったため、必然的に先生や学生とのコミュニケーションが求められた。前述の通り、英語に自信のない私は質問用と回答用の文章を心の中で準備してから議論に臨むのだが、当然予想通りに会話が進むわけもなく、後半は勢いに任せて話すばかりであったところが、これが意外にも準備していた英語よりもしっかり伝わるものだった。最初は意味がよく伝わらなくても、一生懸命説明していると必死さが伝わるのか、相手も理解しようとして努めてくれて、最終的には会話が成り立ってしまう。このことは「正しい英語を話せないで議論などできない」という固定観念をもっていた私にとって驚きであった。おそらく日本人のほとんどは同じイメージをもたれているのではないだろうか。英語は万国共通の言語として主なコミュニケーションツールに用いられるが、思いがあれば筆談やジェスチャー、顔の表情などでも意思疎通ができることを知ることができたのは、研究の他、生活をする上でも非常に大きかった。ただし、これはFace to Face限定の話であり、プレゼンテーションなどの場ではリーディングやリスニングなどの英語力の大切さを改めて痛感したことも付け加えておく。

また、学生とコミュニケーションが取れるようになると様々な驚きがあった。そのひとつが学生のプロフェッショナル意識の高さである。学生はみんな自分の担当分野に誇りをもっており、分からないことを質問すれば懇切丁寧に問題解決まで導いてくれる頼もしい存在であった。その反面、担当分野以外の質問には一切答えようとしないし、曖昧な回答さえもしてくれない。「それは彼（彼女）が担当の分野だ」と別の学生を紹介してくれるのみである。これには最初、薄情なものだと思ったが、時を重ねるにつれて印象が変わっていった。学生たちはお互いの技術を尊重しており、自分が発した言葉には責任をもっている。つまり、自分より優れた有識者がいる以上はその学生を差し置いて説明することは憚られるし、万が一自分が間違った情報を与えた場合に対しても責任を持たなければならないことを自覚しているのだ。それ故の発言なのだと思うと、一技術

者として非常に感銘を受けた。彼らにとっては至極当たり前の行動だったかもしれないが、技術への真摯な姿勢は私のマインドを変えるに十分であり、自分の担当する技術に対して、より高いプロフェッショナル意識をもって取り組んでいくと心に決めた出来事であった。

4. ビール

赴任して1ヶ月もすると大学生活にも馴染み、週末は学生と昼食に行ったり、お酒を飲みに行ったりするようになった（写真3）。初めて学生とお酒を飲みに行ったときには、日本とどう文化が違うのだろうか、と少し緊張したが、最初の一杯にビール以外を頼んだ学生に対して、「君はビールじゃないの？」と日本でもよくある冗談が繰り返されて思わず笑ってしまった。そのあとはその場にいたメンバの国の言葉で「乾杯」し、みんな好き勝手しゃべって飲んでと、全く日本と変わらない雰囲気の中で親近感を覚えた。ちなみに一次会を出た後に「もう一軒行こう！」となったのだが、こちらも日本ではなじみ深い言葉である。

お酒繋がりとなるが、私自身、強くはないがお酒を飲むのが好きであり、特にビールには目が無い。アメリカのビールといえばパドワイザーを連想される方が多いかもしれないが、実はそれ以外にもアメリカではビールの種類が豊富にあつて（写真4）、見たことのない銘柄を探しては新しい味に挑戦したり、お店（写真5）で色々なビールを堪能するのがアメリカ生活の楽しみの一つであった。

一言でビールといっても味はもちろんのこと、アルコール濃度もまちまちであり、当たり外れの振幅も非常に大きい。アルコール濃度10%越えの強烈なビールに出会えたのもアメリカならではの良い思い出である。これらのビールの中でも私が特に勧めたいのが、赴任初日にKAC駐在員の方から教えて頂いたIPA（India Pale Ale）である。IPAはホップを大量に使用して作られたパールエールであり、口に含んだ瞬間のホップの香りや、苦みを含ん



写真3 夕食会にて

だ濃厚な後味はクセになるおいしさである。日本のビールにはないインパクトのある味であり、それ故に好みも分かれるので万人にお勧めできるわけではないが、ビールが好きな方、特に苦みに旨さを感じる方には是非一度お試し頂きたい。もうひとつ紹介したいのはブルームーンである。こちらは初めてアメリカを訪れたときにレストランの店員から勧められて飲んだビールであり、以降好んで口にするようになった。IPAとは対照的で、甘みを引き出すためにオレンジの果皮を用いているため、飲むと柑橘の香りや味がほのかに広がり、後味もすっきりしていて非常に飲みやすいのが特徴である。特にお店で注文すると、グラスにスライスオレンジが添えられて提供され、より一層フルーティーさが増し、その味を楽しめる。このためブルームーンはビール好きの方にはもちろんであるが、ビールが苦手という方にも是非お勧めしたい逸品である。



写真4 様々なビール



写真5 ビアホール

5. ダイエット

アメリカの代表的な料理といえばハンバーガーやステーキ、パッファローチキンウイング、フライドポテト（アメリカではフレンチフライと呼ばれる）などが挙げられるが、言わずもがな、これらは抜群においしい。もちろんビールに合うことは言うまでもない。しかし、このようなアメリカの食生活を満喫していると気になってくるのが、自分の体型である。

日本にいた頃から既に変わり始めていた体型であるが、アメリカに赴任して2ヶ月もしないうちに自分の体が加速的に変化していることに気がついた。今まで様々な言い訳をして逃げていた悲しい現実であるが、アメリカでは自分を納得させる言い訳が思いつかず、一念発起してダイエットに取り組んだ。

内容は至ってシンプルで、まずはジョギングから始めた。私が住んでいた町は閑静な田舎町で治安が良く、研究終わりに走っても全く問題ない。ジョギング初日は昔の自分の体のイメージに沿って颯爽と駆け出したが、15分もたたずに激しい息切れと眩暈に襲われた。いかに今の自分の体がイメージとかけ離れているかを思い知った。ところが人の体はよくできているもので、ジョギングの回数を重ねる度に徐々に走れる距離が延び、呼吸が楽になっていった。嫌々ながら始めたダイエットだったが、自分の体力が戻ってきた気になり、走ることに喜びを感じるようになってきた。そんなうちに体型にも変化が見られ始めると、もうダイエットが楽しくてしょうがない。ジョギングに加え、自宅やアパート内のジムで筋トレも始め、最終的には週にジョギング4日、筋トレ3日と毎日ダイエットに勤しむようになっていた。頑張りの甲斐あって無事にダイエットに成功し、10kg近くの脂肪をアメリカに置いて帰ることができたのである。しかし、環境とは恐ろしいもので、帰任して1年もたたないうちにその10kgは日本で補充されてしまったのだが。

ちなみにダイエットはいい事づくめであったわけではない。日本でもそうであるが、ジョギングというものは基本的に外で行うものであるため、予期せぬトラブルに遭遇する可能性がある。

本稿を読んでいるあなたは何かに追いかけられた経験があるだろうか。少なくとも私はこれまで経験がなかった。想像して頂きたい。あなたがアパート周りでジョギングをしていると、突然近所の飼い犬が家から飛び出してこちらへ向かってくる。その犬はあっという間に背後をとり、影のように張り付いてくる。あなたはいかにジョギングで取り戻した体力に自信があろうと逃げ切ることは難しいと悟るだろう。そのときあなたならどうするだろうか。私の場合、覚悟を決めて一番痛みが少ないであろう臀部を差し出した。そして訪れる痛み、飛び上がる私、振り返ると大笑いしている飼い主…。その光景を見た人々にとっては、まるで漫画の一コマのようであったらう。

想像して頂きたい。池の周りをジョギングしていると、畔で一組の兄弟が遊んでいる。仲睦まじいその姿は微笑ましく、あなたはなんの警戒もせずに近

くを走り抜けようとする。その矢先、目に飛び込んでくるのは弟の手に持たれた1m近くあろう大きな魚。既に魚は死んでおり、枝に突き刺されたその姿は悪い予感を告げるに足るものである。しかし、それに気付いたときにはあなたも兄弟から見つかり、兄弟は興奮しながら池で魚を見つけた話をしようと近づいてくる。そのときあなたならどうするだろうか。私の場合、身の危険を感じて後ずさりをしたのだが、この判断が間違いであった。その後待ち受けていた運命は皆さんのご想像通りである。

犬と子供は逃げるものを追いかける習性があるらしい。このような特異な経験も私にとってはアメリカ生活を思い出さうえで欠かせないものであり、思い出を彩る大切なピースである。

6. 旅行

フルードパワー国際会議に参加するため、フロリダ州を訪れる機会があり、せっかくなので土日を利用して観光した。フロリダ州はウォルト・ディズニーマニッシュリゾートやユニバーサル・オーランド・リゾートなどのテーマパークから美しいビーチ、ケネディ宇宙センターなどがあり、アメリカでも有数の観光地である。その中で私が訪れたのはキーウエストである。キーウエストはアメリカ最南端の島で、フロリダ半島から車で3～4時間ほど走った先にある。街並みは色鮮やかで、南国のような雰囲気が漂う。街にはサザンモストポイント（アメリカ最南端を表すマーカー）やキーウエスト灯台、ノーベル文学賞を受賞したアーネスト・ヘミングウェイが暮らしていた家（現在は博物館として公開、写真6）などがあり、マリンスポーツなどもできる。しかし、本当の目的はその道中にある。フロリダ半島からキーウエストまでは島々を繋ぐ橋が架かっており、最長の橋はセブンマイルブリッジと呼ばれ（写真7）、その名の通り全長約7マイル（約11km）ある。海の上に架けられた橋から見える景観は、見渡す限りのエメラルドの海がその果てで空と交わり、映画やCMにも使われるほどの絶景なのである。訪れた時期が大

型ハリケーン「イルマ」の直撃後だったため、その傷痕はまだところどころ残っていたが、それでも日本ではお目にかかることのできない風景に感動した。アメリカに来てよかったと思えた瞬間であった。



写真6 ヘミングウェイの家



写真7 セブンマイルブリッジ

7. おわりに

今回の海外派遣は社内でも前例がなく、右も左も分からないまま、ただ懸命に一日一日を過ごす日々だったが、非常に有意義な経験であった。思い返すと、得たものは数えきれないほどあるが、自分の力だけで成し得たことは数えるほどしかないと感じる。ご指導、ご協力を頂いた大学の先生や学生、親身になってサポートしてくれたKAC駐在員の方々、このような機会を与えてくれた関係者各位に、紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



鈴木 一成

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

SAバルブ特性解析技術の開発

Development for Analytical Technology of Shock Absorber Valve Characteristics

佐野 悠太
SANO Yuta

要 旨

近年の自動車用ショックアブソーバ（以下、SA）においては、自動車のボディ自体が高剛性化される傾向にあることから、以前よりも小さい振動（低速の入力）が加わった際の減衰力を精妙にコントロールすることが求められてきている。

そこで本研究では、SAの構成部品の一つであるピストンバルブを対象に、低速時における油圧力の設計技術の構築を目指している。そのため、ピストンバルブ単体での要素実験を行い、油圧力特性への設計諸元の影響を調査した。

今回着目する低速の加振速度領域では減衰力が非常に小さく、実験精度としてのSN比が悪いため、設計諸元の影響を抽出することが困難であった。そこで、実験計画法に基づく直交実験に新たに、統計的な分析手法を適用することで誤差の影響を排除し、設計諸元と油圧力特性との関係を把握した。

今後は、この成果を解析技術へ応用展開することで、低速域におけるピストンバルブの設計技術の確立を図る。

Abstract

Recently, the tendency of automobiles to be designed to have a stiffer body makes shock absorbers (SA) get small vibrations, which has a low speed stroke behavior, more frequently than before. Thus, SA is required to have more exquisite damping force control against the small vibration.

Therefore, this research aims to develop a hydraulic force controlling technology for piston valve of the SA at low speed. An element test on piston valves alone has been conducted to investigate how the hydraulic characteristics are affected by variable design parameters.

However, this experimental condition at the target low speed domain made a very low damping force and had an unfavorable signal noise rate, and it caused a big issue where the investigation couldn't clarify the relationship between the piston valve design and hydraulic characteristics. Then, a new analyzing procedure with a statistical point of view was added to the orthogonal experiment based on the Design of Experiment for eliminating the effect of noise and understanding the relationship.

Hereafter, in this research, there are plans to develop piston valve design technology at low speed domain by applying this result to analysis technology.

1 緒言

自動車において、SAは路面から伝わる振動を減衰させ、快適な乗り心地や操縦安定性を提供する製

品である。近年、自動車メーカーにて開発される新型車両においては、ボディがより高剛性化される傾向にあり、これに伴いこれまで以上にSAが細かく（小振幅、低周波数）動かされるようになるため¹⁾、車

両の乗り心地を評価する官能評価試験においても、SAの微小な動きのコントロールが求められている。

SAの減衰力は、大別すると摺動部の「摩擦力」とSA内部の油の流れによる「油圧力」の2種類に分けることができる。ここで、減衰力は図1に示すように、作動速度がゼロに近い領域では摩擦力が支配的となり、加振速度が増した低速域以上では油圧力が支配的になる。そして、中間の微低速域においては摩擦力から油圧力へと移行する混在領域となる。これまでこの領域においては、摩擦力が支配的であると考えられており、官能評価の改善にはもっぱら摩擦特性の改善が重視されていた。しかし、最近では摩擦と油圧が混在する領域であることから、両者のつながりも重要であると考えられ、従来よりも微低速の領域を意識した油圧力の設計が求められている。

油圧力の発生機構については2章で詳述するが、今回はその機能部品の一つであるピストンバルブに着目し、この設計諸元を変更することで微低速～低速域において油圧力がどのように変化するかを実験的に評価する。これにより、設計諸元と油圧力との関係を明確にし、油圧力をコントロールする技術の確立を目指す。

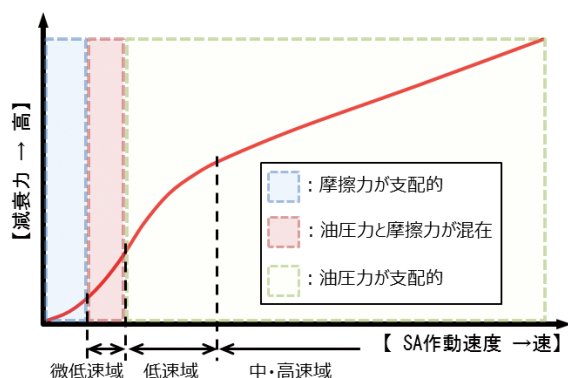


図1 減衰力特性

2 実験方法

2.1 ピストンバルブ構造

今回は、図2に示すような複筒式SAを研究対象としている。油圧力を主に発生させるピストンバルブとベースバルブは、ピストン下室を挟んで配置されており、ピストンロッドに振動が加わった際にはこれらの両方が機能する。圧行程時にはベースバルブが、伸び行程時にはピストンバルブ内面側が、それぞれ減衰力の主要素として機能する。本研究では主に、伸び行程時の油圧力を担うピストンバルブ内面に着目して実験・評価を進めることとした。

一般的なピストンバルブの構造を図3に、また写

真1に本テーマで使用したピストン、およびリーフバルブを示す。図3に示すように、ピストンバルブはピストンロッドを備える背面側と、ピストンナットによって締結される内面側にリーフバルブを複数枚積み重ねた構造となっている。

SAが振動を受けてピストンロッド（バルブ）が移動すると、背面側の上室や内面側の下室の圧力が変化して上下室間に差圧が生じる。そして、この差圧がリーフバルブの持つばね力に打ち勝つと、リーフバルブが開弁（クラッキング）することで流路が拡大し、ピストン内を通過する油の流量が増加する。この一連の現象によって、ピストンバルブ内の流路に生じる粘性抵抗が変化してSAの減衰力となる。これが今回着目する「油圧力」となるが、前述したように減衰力にはその他、シールとピストンロッドの摺動等により発生する摩擦力も加わる。

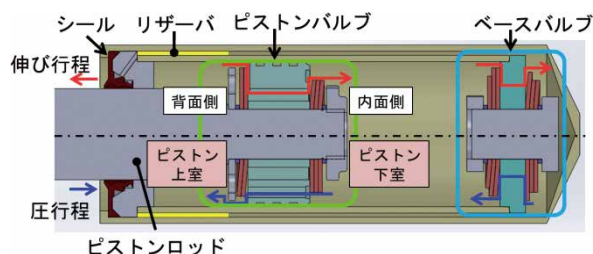


図2 複筒式SA概要図

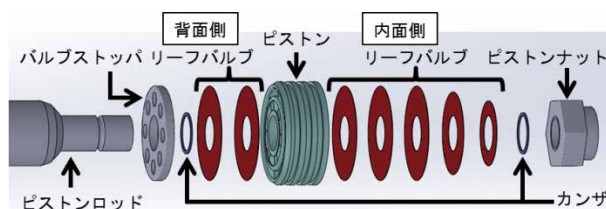


図3 ピストンバルブAss'y構造

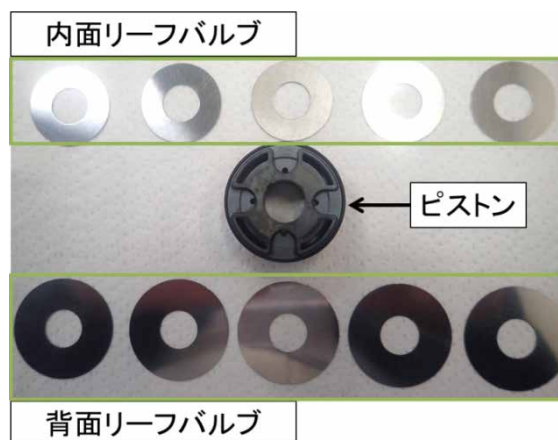


写真1 ピストンバルブ

2.2 油圧力特性と特徴量

ピストンバルブの設計が油圧力に与える影響を評価するにあたり、上下室の圧力差や、リーフバルブ変形量等の油圧力に関連の深い物理量を対象に、計測された波形を表す指標として特徴量 (=油圧力特性) を定義する。

例えば、差圧やリーフバルブ変形量の最大値等がこれに該当する。今回、このような特徴量を静特性、動特性の両方から100種類を定義した。図4にSAを正弦波加振した場合の1サイクルの計測データ(時系列波形)と、その時の特徴量の一例を併記する。図の上段はSAの加振速度、中段は内背面のリーフバルブ変位、下段は上下室差圧を示す。ここでは特徴量の例として、静特性では内面側リーフバルブの最大値や上下室差圧の最大値を、また動特性では上下室差圧の最大値を100[%]として、10[%]から90[%]まで到達するのに要する時間(上下室差圧立ち上がり時間)を示している。

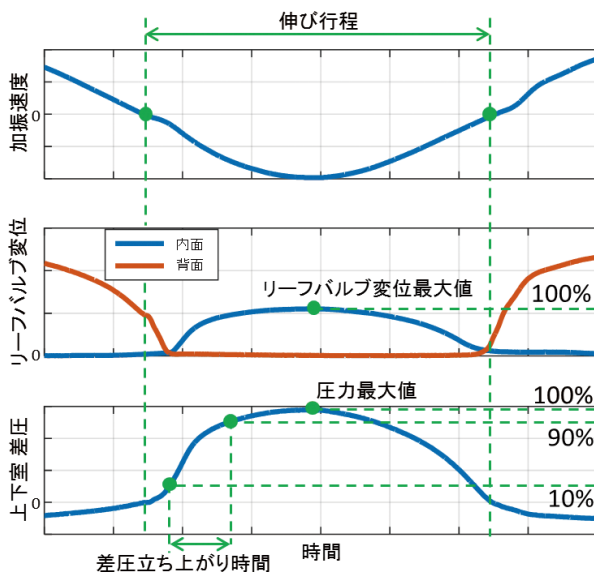


図4 特徴量の例

2.3 実験条件

今回の実験では、微低速～低速域にて発生する油圧力特性を詳細に把握するため、10段階の加振速度による正弦波加振を行う。更に、周波数を変更した際の影響も把握するため振幅も3段階とし、全30条件を設定した。特徴量の算出は試験条件それぞれに対して行い、

30条件×特徴量100個=3,000通り

の結果が算出される。そしてまた、ピストンバルブの設計変更に対し、上記の組み合わせの比較を行うことで、設計変更が特徴量に与える影響を把握する。

以上のとおり、今回の実験では組み合わせが多く、

効率的に実験を行うために実験計画法を適用した。詳細については4章に記載する。

2.4 ピストンバルブの設計諸元

図5にピストンバルブの断面図と、設計変更を行う領域を記載(図中の青枠部)する。設計変更部位には、この中から5ヵ所を選定した。以降、それぞれをA～Eと呼称する。そして、これらの設計諸元には、それぞれ設計公差の最小値(第1水準)と最大値(第2水準)の2水準を割り当て実験を行った。

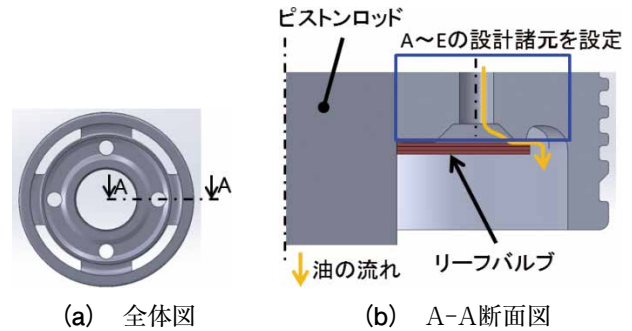


図5 ピストンバルブ設計諸元

3 実験データの性質

3.1 真値と実験平均

冒頭でも述べたように、今回は低速領域に着目していることで実験精度の悪化が懸念されるため、計測データの基本的な性質が重要となってくる。そのため、本節ではまず基本的なデータの性質について簡単に触れておく。

実験結果は、誤差が含まれない真値 μ であることが望ましいが、誤差 e は必ず発生するため実験値 x は真値と誤差の和である $\mu+e$ として計測される。

図6に真値 μ と誤差 e を有する実験値 x の関係を示す。今回の実験で発生する誤差は、組立誤差や加工誤差など、一定の管理を行っても完全に取り去ることのできない偶発的な誤差であると考えられるが、これらが真値から正負いずれの方向に外れて発生するかは等確率であると仮定すると、誤差は正規分布となる。ゆえに、図6に示すように m 個のピストンバルブの計測により得た実験値 $x_{n=1} \sim x_{n=m}$ は、真値 μ を中心とする正規分布に則した誤差 e をそれぞれが含んだ値となる。そのため、式(1)で表す通り、 m 個の実験結果の平均値 \bar{x} を算出することで、正負のばらつきが打ち消しあうことになり、真値に近い実験値 \bar{x} を算出することができる。

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^m x_{n=i}) / m \quad (1)$$

ここで、実験平均と真値との関係を簡単に証明した例を図7に示す。図は横軸に実験数 n 、縦軸に計

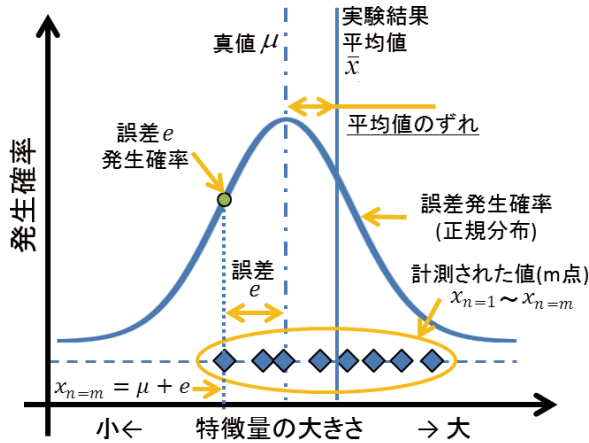


図6 真値と実験平均

測した n 個の実験値の平均をプロットしたものである。また、ここで例示する実験値は、真値に対して正規分布に基づく誤差が乗ることを模して疑似的に生成した乱数としている。なお、偶然性の影響も確認するため、3回の乱数生成による結果を併記してある。

図7から、平均化する量 (n 数) を増やすにつれ、真値に収束していく様子が見て取れる。これにより、計測される実験値が微小であっても n 数を増やし、平均化処理をすることで、真値に近い値を算出することができる。と分かる。

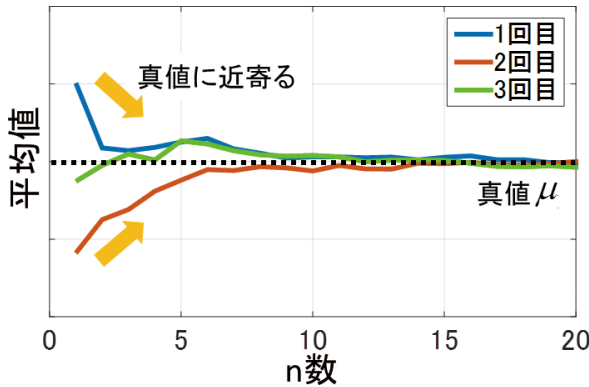


図7 n数と真値の関係

3.2 設計変更による効果

ピストンバルブの設計変更を行った場合、図8のように真値は変更前の μ_1 から変更後の μ_2 へと変化し、同時に実験平均 \bar{x}_1 , \bar{x}_2 も移動する。このとき、特徴量の変化に対し設計変更が効果を持つ場合には、真値同士は十分に離れることとなり、実験平均の差分 $\bar{x}_2 - \bar{x}_1$ を算出することで、その効果を見積もることができる。なお、図8では真値 μ_1 に対し、実験平均を (+) 側に表現しているが、実際には (+/-) のどちらにも現れる可能性がある。

つぎに、 μ_1 と μ_2 に十分な距離がない場合、設計

変更の効果を見積もることができない可能性がある。例えば、図9に示すように真値同士に十分に距離がない場合は、正規分布は大部分が重複することになる。そのため、互いの実験平均の関係が真値の大小関係と逆転することが起こり得る。このような状況では、単純に実験平均の差分として見積もられる効果は当てにならず、設計変更をしたことによる特徴量の変化を把握することができない。

これまでにも述べたように、今回はSA加振速度が微低速領域であり、発生する圧力やリーフバルブ変位等の値 (Signal) が小さく、相対的に誤差 (Noise) の割合が大きくなるため、このような真値同士が十分に距離を持たない状況が想定される。したがって、実験計画法を用いただけでは、多くの結果が誤差と

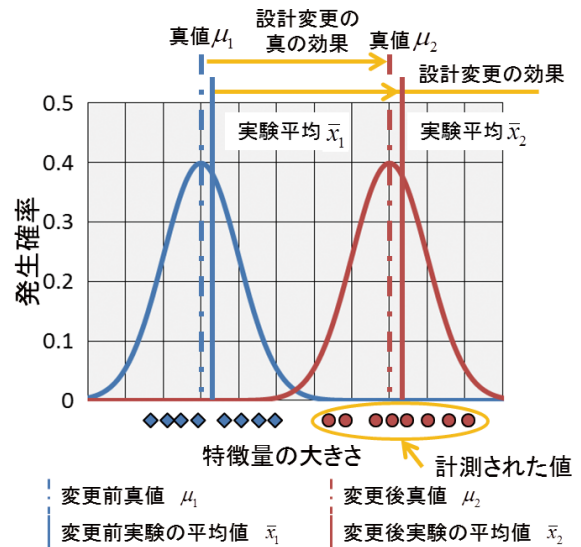


図8 設計変更による効果把握 (効果あり)

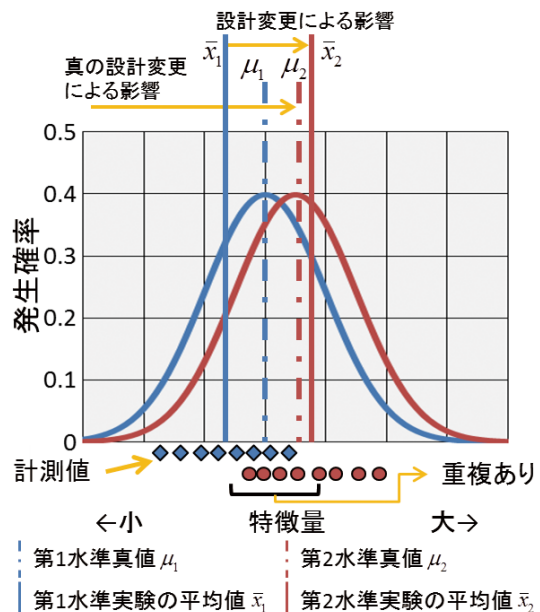


図9 設計変更による効果把握 (効果不明)

して扱われてしまうことが問題と考えられた。

そこで、設計変更による効果の傾向とその大きさを正確に把握するために今回、従来の実験計画法をベースに統計的な手法を加えることとした。次章以降に分析の詳細な説明を記載する。

4 実験計画法

4.1 実験計画法の適用

今回、設計諸元と油圧力特性との関係を実験的に評価するが、加振条件および特微量の組み合わせだけで3,000通り、また対象の設計諸元5ヶ所に各2水準の寸法を設定し、更にそれらの交互作用までも把握するため膨大な実験量となる。そしてそれらの条件下で油圧力特性の変化を定量的かつ、網羅的に把握するためには、実験を効率的に行う必要があり、今回は直交表に基づく実験計画法を適用した。表1に今回使用したL₁₆直交表を示す。表1に示す青、もしくは赤に塗りつぶされている数字(1, 2)は設計水準を表しており、これらは全16通りの組み合わせが導出される。また、表中にA×Bなど表記される設計諸元は、複数諸元の組み合わせによる交互作用であることを示している。そして、表内には各設計諸元もしくは交互作用の列に1, 2の水準が8個ずつあることから、16種類の供試品を実験することで、各水準に対してn=8で実験を行ったとみなすことができる。

表1 L₁₆直交表

設計諸元 供試品No.	A	B	A×B	C	A×C	B×C	A×B×C	D	A×D	B×D	A×B×D	C×D	A×C×D	B×C×D	E
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
3	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2
4	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
5	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1
6	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1
7	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1
8	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
13	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2
14	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1
15	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1

4.2 要因効果図の作成

表1の直交表を用い、設計諸元に2水準を割り当てn=8で実験を行った場合、各水準に対しての8個の実験結果の平均値 \bar{x}_1 , \bar{x}_2 が存在する。これにより、5ヶ所の設計諸元とその交互作用に対する2水準すべての実験平均を算出し、設計水準の違いから生ずる実験平均の差を明示することができる。これをま

とめたものが、図10に示す要因効果図である。一例として、「圧力最大値」を特微量として説明する。

要因効果図ではAやBといった設計諸元において、第1水準から第2水準に変更することで特微量の平均値がどのように変化するかを表している。

要因効果図では、設計諸元Aの第1水準および第2水準の実験平均 \bar{x}_{1A} , \bar{x}_{2A} 等、各設計諸元及び交互作用における効果が明示され、また第1, 2水準の差分 $\bar{x}_2 - \bar{x}_1$ の値は効果 E_j と呼ばれ、設計諸元を変更した際に特微量を変更できる幅を算出することができる。

ここで先ず、実験平均の差である効果 E_j の方向、つまり特微量の変化傾向を式(2), (3)のように定義し、(+) 方向か (-) 方向の2種類と定義する。

$$E_j = \bar{x}_2 - \bar{x}_1 \geq 0 : + \text{方向} \quad (2)$$

$$E_j = \bar{x}_2 - \bar{x}_1 < 0 : - \text{方向} \quad (3)$$

今回、新たに構築した分析方法は、この設計諸元を変更した際に発生する効果の方向の関係性を利用したものであり、詳細は次章に記載する。

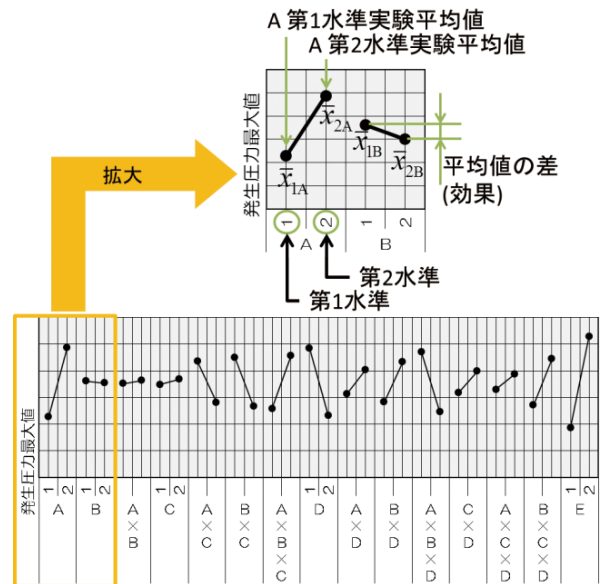


図10 要因効果図例

5 データ分析

5.1 分析の流れ

今回の分析では、図11に示す流れで実験計画法の手順(Step 1~2)に統計的な分析手法(Step 3~4)を加えた。最終的に分析結果からは、特微量と設計諸元の関係性を以下の3つに分類することができる。
(各特微量と設計諸元の関係性)

- ①有意な関係
- ②有意だが、効果の小さい関係
- ③誤差

分析手順は大きく4つに分けられる。Step 1は、実験から得られた波形より2.2節で述べた特徴量を算出する工程であり、Step 2では要因効果図を作成し試験条件ごとの実験平均 \bar{x}_1 、 \bar{x}_2 の効果とその方向を把握する。

このStep 1, 2は従来の実験計画法と同等の手順であり、次節より今回確立した分析手法を詳述する。

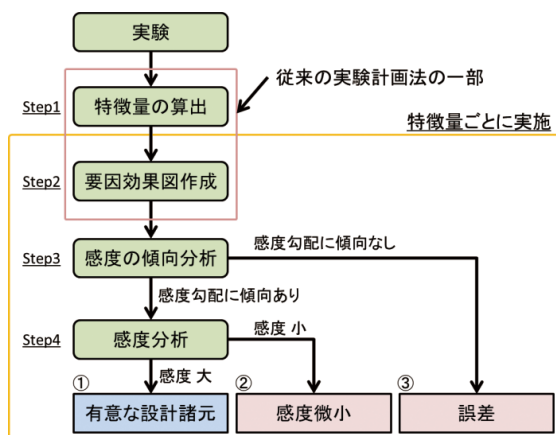


図11 データ分析の流れ

5.2 統計的な分析手法 (効果の方向分析)

図11に示す分析方法のStep 3にて、4章で述べたように効果の方向の傾向分析を行うことで、より詳細に影響把握を行うことを試みた。

3.1節に記載した通り、実験結果における誤差は正規分布に則しているため、特徴量に対し(+)方向ないし(-)方向へは等確率で影響する。傾向分析は、この性質を考慮し、全30の実験条件それぞれの特徴量に対して行う。これにより、実験計画法を適用しただけでは排除し得ない効果方向の逆転を見出し、より正確に設計諸元の効果を導き出すことができる。

Step 2で作成した要因効果図より、各設計諸元もしくは交互作用における効果の方向が分かっている。例として、表2に特徴量の一つである圧力最大値に対する、効果の方向を示す。表2は、行(縦)方向に設計諸元(および組み合わせ)、列(横)方向に実験条件をとり、青く塗りつぶしたマスは(+)方向、赤く塗りつぶしたマスは(-)方向の傾きが得られたことを示す。これにより、設計諸元によっては一定の効果の方向を有する諸元または、(+/-)の両方が混在している諸元が存在することが見て取れる。このように、表2を通して、各設計諸元における効果方向の発生回数を把握することができ、以降にこれを利用した具体的な分析方法を示す。

各設計諸元における方向の発生回数を分析するためには、式(4)に示す二項分布の確率密度関数に基づ

表2 効果の方向まとめ

設計諸元	試験条件																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
A	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青
B	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	
A×B	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	
C	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	青	
A×C	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	
B×C	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	青	赤	

いて、方向の発生回数に応じた確率 p を計算する。図12に p の値をグラフで示す。

n : +方向発生回数

p : 方向の組み合わせ発生確率

$$p = {}_{30}C_n \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(\frac{1}{2}\right)^{30-n} \quad (4)$$

効果が小さく誤差の影響が大きい場合、表2に示す方向は(+/-)の両方にはほぼ均等にばらつく。しかし、(+/-)のどちらかに偏る場合もあり、発生確率 p は発生回数に応じて図12に示す通り非常に低くなる。その場合には、偏りが偶然発生したとは考えにくく、有意な結果であると考えられる。今回は、効果の方向発生が偶然か否かの閾値を偶発誤差発生確率分布における 2σ (95%信頼区間)を基準とし、 $p=0.05$ と設定する。これにより、式(4)から算出される発生確率が0.05を下回る場合は偶然ではなく、必然的な因果のある有意な設計諸元と判断した。

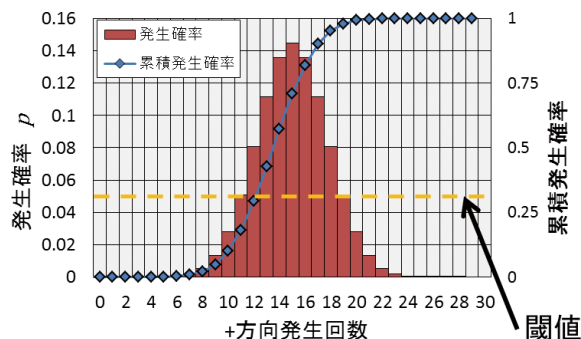


図12 誤差発生確率

効果の方向を利用した設計諸元の分析例を、表2の設計諸元A, Bについて紹介する。表より設計諸元Aでは、すべての試験条件において(+)方向の特性変化を確認できる。一方、設計諸元Bにおいては、(+)方向16回、(-)方向14回とAに比べ2種類の方向の発生回数が近いことが分かる。以下に計算例を示す。

設計諸元A:

$$p_A = {}_{30}C_{30} \left(\frac{1}{2}\right)^{30} \left(\frac{1}{2}\right)^0 \therefore p_A \approx 0.000 \quad (5)$$

ゆえに、設計諸元Aが全30条件において、(+)方向を持つことは偶然ではなく、圧力最大値において有意な設計諸元であると言える。

設計諸元 B :

$$p_B = {}_{30}C_{16} \left(\frac{1}{2}\right)^{16} \left(\frac{1}{2}\right)^{14} \therefore p_B \approx 0.135 \quad (6)$$

よって、Bの効果は偶然であり、誤差と判断できる。

このような分析をすべての組み合わせで行った。これまで例示している、圧力最大値における効果の傾向分析の結果を表3に示す。判定結果について○は効果の方向に一貫性があり有意な設計諸元であり、×は一貫性がない誤差を表す。

今回このような手法を用いて、誤差による偶発的な変化に由来する実験結果と、潜在的な因果関係の認められる実験結果とを分離することができ、低速条件という微小領域でのバルブ設計諸元と油圧特性との関係を詳細に把握することができた。

表3 効果方向分析結果

設計諸元	判定結果	設計諸元	判定結果	設計諸元	判定結果
A	○	A×B	○	A×B×C	○
B	×	A×C	○	A×B×D	×
C	○	B×C	○	A×C×D	○
D	○	A×D	○	B×C×D	×
E	○	B×D	○		
		C×D	×		

6 データ分析 (効果分析)

以上の分析により、各設計諸元の効果に傾向があるものとないものに分けることができた。しかし、この結果のみでは特徴量の変化を定性的に把握したにとどまり、定量的な評価はできていないため、設計諸元をコントロールできる状態とは言い難い。そこで、設計変更が与える効果の大きさ(感度)が、誤差に比どの程度あるかを把握し、各設計諸元の中からコントロールする価値のある有意な設計諸元を導き出す必要がある。

図11で示した分析手順のStep 3で、効果の傾向を判断することにより誤差を峻別した。そこでつぎに、式(7)により効果 E_f と誤差 E_r の比率 R を導く。

$$R = E_f / E_r \quad (7)$$

以上より、圧力最大値を例とした R の結果を効果の方向と併せて表4に示す。効果の方向分析に加え、この工程を経ることで、優先して変更する価値のある設計諸元を定量的に導き出すことができた。

例とした圧力最大値の他、リーフバルブ変位等の特徴量に対しても同様の結果が得られている。

7 妥当性検証

以上のように、今回適用した分析手法により、SAバルブにおける設計諸元と油圧力特性との関係を定量的に把握することができた。そこで、得られた結果の妥当性を検証するため、表4で示した有意な設計諸元の中から、圧力最大値が最大となる組み合わせと、反対に最小となるものを選定し、実際にピストンバルブを試作して評価を行った。

図13に示す計測結果から、最大品は最小品の結果を上回ることが確認できた。このように、今回得られた結果を用いることで、油圧力の特徴(特徴量)をコントロールできることが分かった。

表4 誤差諸元との比率

効果の方向	設計諸元	効果	誤差との比率 R	有意な設計諸元 低感度設計諸元
+ : ↗	A	2.58	2.13	← 勾配の分析で 誤差と判断
	B			
- : ↘	C	1.52	1.25	
- : ↘	D	2.07	1.71	
- : ↘	E	3.03	2.50	
- : ↘	A×B	0.47	0.39	
⋮	⋮	⋮	⋮	
⋮	⋮	⋮	⋮	
	誤差	1.21	1.00	

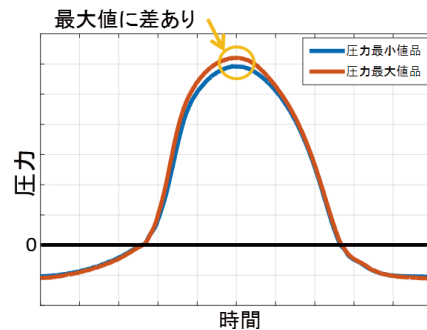


図13 試作評価結果

8 結言

今回は、SAのピストンバルブを対象に、実験計画法に統計的な手法を合わせることで、設計諸元と特徴量の関係性を導き出す手法を確立した。その結果、SAの特性として着目すべき微低速領域(SN比が悪い)において、ピストンバルブの油圧力特性に対して有意な設計諸元を導き出すことができた。

今後は、本成果を解析技術へ応用し、低速域におけるピストンバルブの設計技術の確立を図る。

また、本手法はデータ分析一般に関わるものであり、他の当社製品の性能向上にも活用していきたい。

参 考 文 献

(2018年10月)

- 1) 安井：極微低速高減衰力バルブの開発, KYB技報第57号,

著 者



佐野 悠太

2014年入社. 技術本部基盤技術研究所要素技術研究室. ショックアブソーバの研究に従事.

Double Hydraulic Stop (DHS) Suspension

Javier Lizarraga Senar

1 Introduction

From a physical point of view, vehicle suspensions are characterized by their stiffness and damping. Since the beginning of the automobile industry, these two parameters have been adapted to provide the best driving experience according to the market standards on each moment. In general, their optimal design is defined as a compromise between ride comfort and handling. As they are involved in the car performance not only for vertical movement, but also for roll, yaw and pitch behavior, the best setting changes from one driving condition to another.

Many developments have been carried out to find and improved compromise between stiffness and damping such as air suspension, hydropneumatic suspension or semi-active dampers. All these technologies are focused on improving the standard passive suspension by better adapting suspension stiffness or/and damping to the vehicle instantaneous demands. To do so, they use a common architecture where a certain combination of sensors, ECUs and actuators is essential, adding cost and complexity to vehicle suspension. As a result, these systems are frequently being relegated to the higher vehicle trim levels, or even disappearing from the market.

In the last years, KYB has faced this subject from a different perspective. KYB's proposal is an enhanced passive suspension that respects the simplicity and effectiveness of standard suspension, boosting its performance at an affordable cost.

2 Double Hydraulic Stop suspension concept

The Double Hydraulic Stop (DHS) suspension is based on providing the right blend of stiffness and damping throughout the full suspension travel.

As shown in Fig. 1, the standard passive suspension is composed of elastic and damping components. The suspension spring, the stabilizer bar, the bumper, the rebound stop and the rubber bushings could be classified as elastic parts. Apart from the limited rubber viscous damping, the shock absorber is the only damping component in car suspension. Whenever the vehicle rides, the kinetic energy induced by the road or driver actions is stored by the elastic components and dissipated, mainly, by the shock absorber.

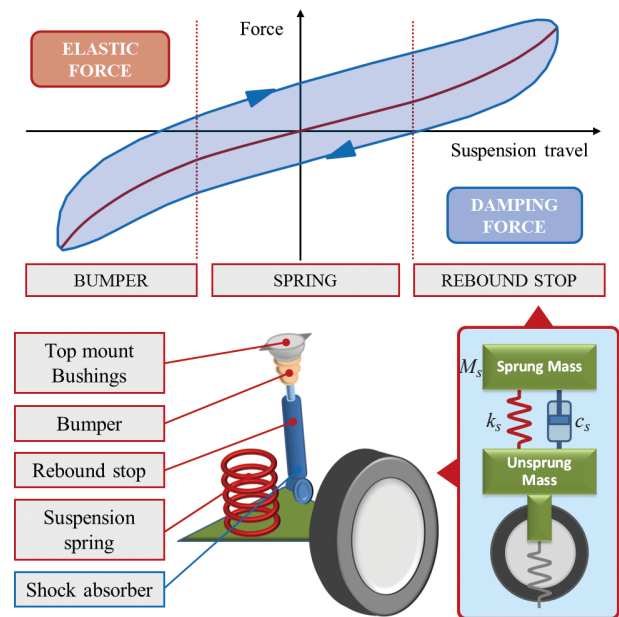


Fig. 1 Quarter-car suspension model (lumped parameters). Elastic and damping components in a standard passive suspension and their function

The spring is the main elastic component in suspension, being responsible for supporting the sprung mass (vehicle body, frame, passengers...) and defining the ride frequency as a relation between its stiffness (k_s in the quarter-car model, and the slope of red line in Fig. 2) and the sprung mass (m_s in the quarter-car model). The ride frequency is a decisive parameter that establishes the frequency of the sprung mass vertical movements, that is directly related to the handling/comfort compromise.

The shock absorber, as it is the main energy dissipating element, will control the sprung mass oscillations decay after each disturbance. The right amount of damping (C_s in the quarter-car model) to be added is a function of the sprung weight, the spring rate and the desired performance for each suspension velocity range. A dimensionless parameter, named damping ratio, is defined to describe the oscillations decay pattern. As shown in Fig. 2, a damping ratio of 1 means that the suspension is critically damped and its response will be the fastest without overshoot. Values close to this level are chosen for low velocity oscillations, which are associated with handling. Low damping ratios will provide a fast and underdamped response, well adapted to provide comfort and usually chosen for medium and high suspension velocities.

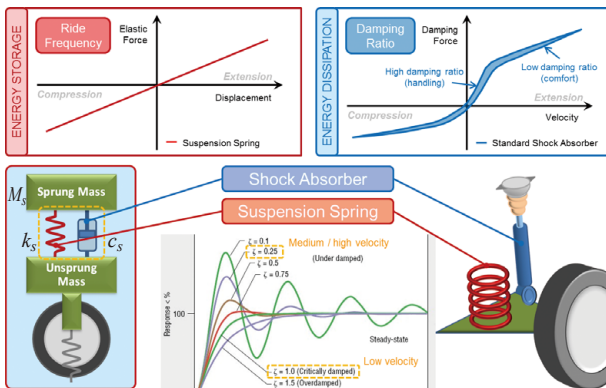


Fig. 2 Roll of suspension spring and shock absorber in damping ratio definition

The suspension is now perfectly balanced whenever it works around its reference position. However, neither the spring nor the shock absorber are capable to adapt their response in the surroundings of the suspension stroke ends, where additional effort is required to avoid

impacts and noise.

The standard solution for this issue is to incorporate two new elastic components, the rebound stop for extension and the bumper for compression. They will reduce suspension travel velocity as it reaches its stroke end, but the energy in excess will be fully stored and subsequently released leading to discomfort and too many oscillations before settling. In addition, as these components are not velocity sensitive, they cannot guarantee an optimal performance at high suspension travel speeds, still allowing undesired noise and acceleration peaks.

In Fig. 3, this is analyzed in terms of damping ratio. The spring elastic curve (red graph) has been reinforced in the surroundings of each stroke end. However, the response type of the shock absorber subjected to a sinusoidal oscillation (blue graph) shows a decrease in damping capability, linked to travel speed reduction in the stroke ends surroundings. The stiffness increment along with damping decline, conducts to an undesired damping ratio decrease that will degrade suspension performance.

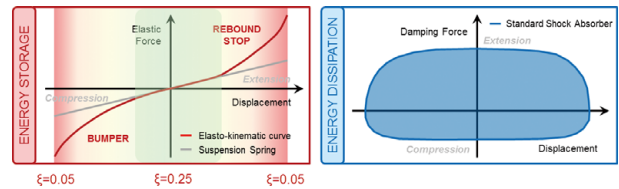


Fig. 3 Damping ratio change in the surroundings of the stroke ends after bumper and rebound stop incorporation

The damping ratio approach is very useful to understand DHS philosophy. DHS function has been added to a standard damping cycle in Fig. 4 (blue graph). The DHS shock absorber includes two subsystems, one focused on smoothening the extension stroke ends (Hydraulic Rebound Stop, HRS) and the other acting for compression stroke ends (Hydraulic Compression Stop, HCS). Both of them are able to progressively reinforce damping capability as the stroke ends are reached, accommodating their response to the movement velocity. The elastic curve (red graph) has also been modified in order to lower the bumper and rebound stop contributions. As a result, the desired damping ratio is kept along the entire

stroke length, minimizing suspension oscillations with an improved ride comfort. As DHS is mainly based on damping, it is fully capable to manage high velocity stroke ends.

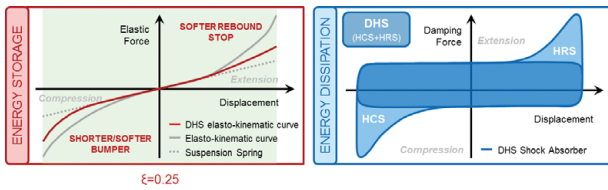


Fig. 4 Damping ratio improvement after including DHS concept and the adjustment of bumper and rebound stop

3 DHS architecture: HCS & HRS

As mentioned before, DHS is integrated by the Hydraulic Compression Stop (HCS), a first subsystem devoted to control compression stroke ends, and the Hydraulic Rebound Stop (HRS), a second subsystem dedicated to improve extension stroke ends. Both are passive systems that are installed inside the shock absorber body, as displayed in Fig. 5. A standard shock absorber equipped with DHS will generate the force-displacement curve shown below, characterized by an additional energy dissipation capability that builds progressively as both stroke ends are reached. HCS and HRS will be analyzed separately in the following paragraphs.

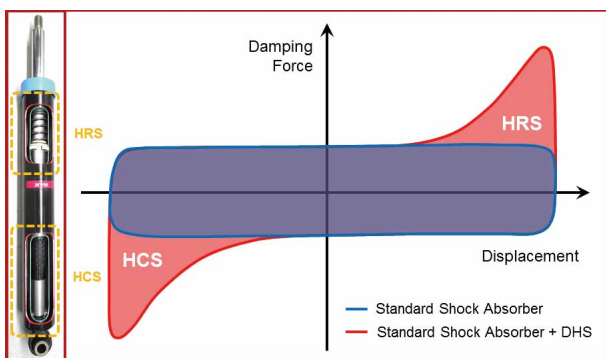


Fig. 5 HCS and HRS installation in the shock absorber and sample of function

4 DHS subsystems: HCS description

HCS is a damping-based fully dissipative device that is intended to work together with a simplified bumper version. It offers a tunable progressivity with suspension stroke to provide a dissipative

bumper-like function. The simplified bumper will still be responsible for managing the last millimeters of compression stroke, to avoid the risk of a damping lack when the stroke end is reached slowly. HCS has been conceived to work in parallel with the main shock absorber components and flows, without altering them and respecting the main damping law.

As shown in Fig. 6, HCS is partially installed on the piston rod and mainly placed in the bottom of the inner tube. Once the shock absorber is compressed enough to overlap the HCS plunger with the HCS tube, the shock absorber compression chamber is divided in two portions. The outer one, delimited by the plunger, the HCS tube, the shock absorber inner tube and the HCS base valve, is named HCS chamber.

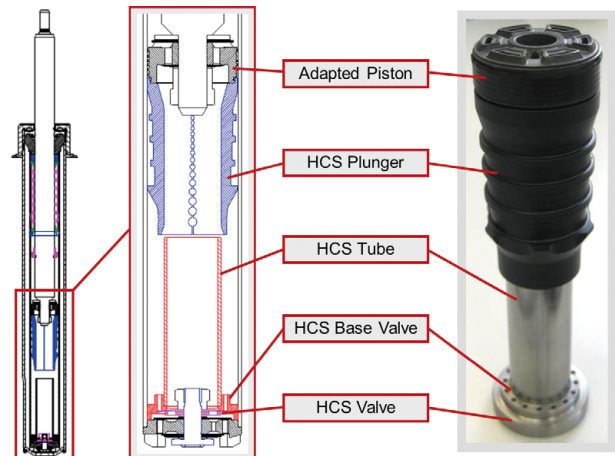


Fig. 6 HCS: installation, construction and components description

As the shock absorber is further compressed, the pressure in HCS chamber rises. The trapped oil has two possible paths to reach the original compression chamber and join the main shock absorber's oil flow: a group of orifices practiced in the plunger and through the HCS valve (see Fig. 7), which is preloaded to operate as a pressure relief valve. In consequence, while the pressure in HCS chamber doesn't exceed the relief pressure, the oil will be forced to flow through the plunger orifices. These passages are gradually closed by the HCS tube as the shock absorber is compressed, bringing an additional pressure increment. The HCS pressure raise is limited to the preset relief pressure of HCS valve, which will open to allow the oil quitting the HCS chamber

easily. This condition is normally reached at the end of the compression stroke, allowing the plunger orifices to control the HCS force increase with stroke, while the HCS valve is responsible for regulating the maximum force at each compression velocity.

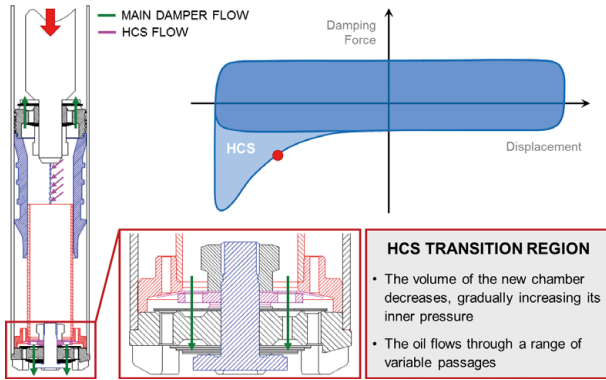


Fig. 7 HCS working principle and flow distribution

The working principle described above has the advantage of limiting the maximum HCS force even for the high compression velocities registered in suspension during normal driving. Moreover, the high preload/stiffness ratio used for HCS valve provides high damping force at low velocity while keeps it moderate at high velocity.

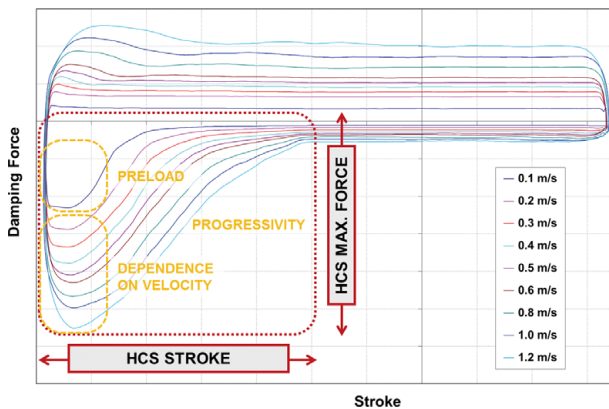


Fig. 8 HCS function: tunability options

As summarized in Fig. 8, HCS is a highly tunable technology. Apart from system stroke and maximum force, HCS progressivity, preload and dependence on velocity can be tuned. Progressivity is defined by the chosen sequence of plunger orifices. HCS preload and force gain with velocity increase are adjusted with the assembly deformation of HCS valve and its stiffness respectively.

5 DHS subsystems: HRS description

HRS is a combination of elastic and hydraulic device focused on replacing the conventional mechanic rebound stop. The HRS elastic content guarantees the function at low extension velocities, while the hydraulic one reinforces its performance at higher velocities, by making the system sensitive to movement speed. Short stroke versions are focused on noise and acceleration peaks reduction, while long versions are also suitable for vehicle dynamics improvement. In that case, the dissipative content of HRS is a great tool to improve roll and pitch control. HRS has been conceived to work in parallel with the main shock absorber components and flows, without interfering with them and respecting the main damping law.

HRS is essentially implanted in the upper area of an inner tube that has been radially expanded with a conical shape (see Fig. 9), comprising a rubber stop, a spring with plastic washers and an open segment. The system is completed with a metallic washer assembled on the piston rod. When the shock absorber stroke is enough to make the rebound stop washer contact the segment, the shock absorber rebound chamber is divided in two sections. The upper one, that is defined by the guide, the rod, the deformed portion of the inner tube, the segment and the rebound washer, is named HRS chamber.

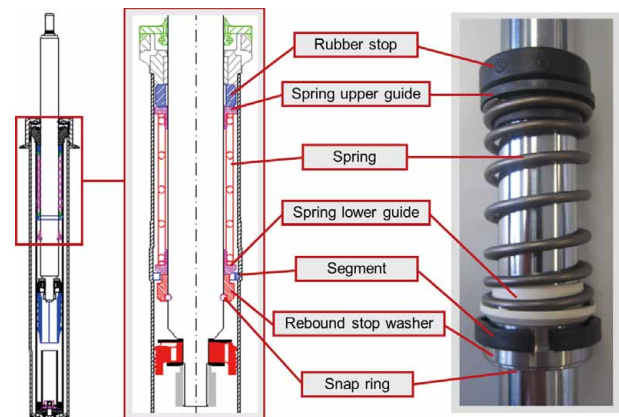


Fig. 9 HRS: installation, construction and components description

As the shock absorber is further extended, the oil in HRS chamber is compressed and its pressure rises. The open segment counts with two kinds of

passages to regulate this pressure build-up: the gap between ends constitutes the main control path, while a number of reliefs are responsible for the force increment regulation.

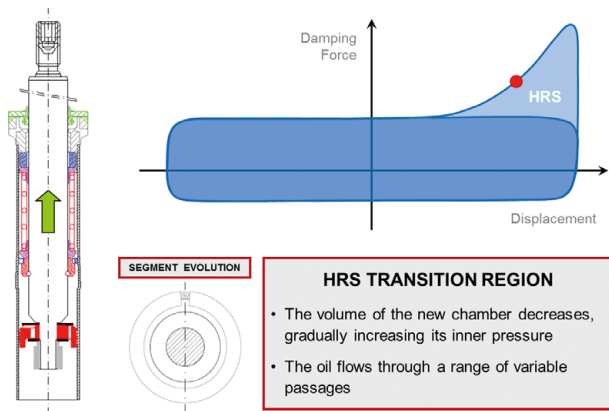


Fig. 10 HRS working principle

At the HRS entry point, the open segment rests in the maximum diameter of the inner tube deformation. At this position, the separation between both segment ends is maximum and the reliefs are fully open, allowing the oil to escape easily from the HRS chamber. As shown in Fig. 10, the more the segment is dragged through the conical shape of the tube expansion, the smaller becomes the gap between segment ends and the reliefs passage, resulting in an increased damping force. Once the stroke end is reached, the spring is blocked and a rubber stop deforms to filter any eventual acceleration peak transferred to the chassis.

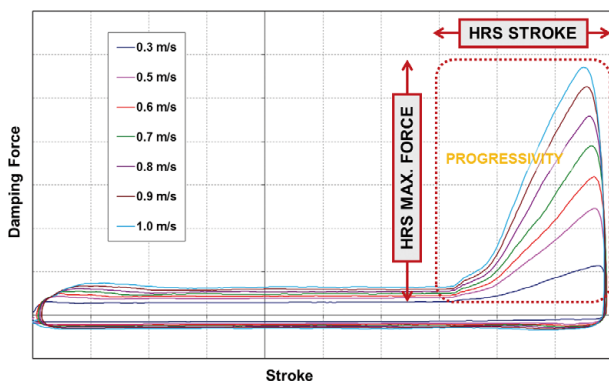


Fig. 11 HRS function: tunability options

Due to the more deterministic character of the suspension extension movements compared to compression ones, HRS needs not be as tunable as HCS. Compression movements are induced by road irregularities working against a high inertia

car body, thus being able to impose really high compression velocities. On the contrary, extension strokes are regulated by the elastic energy released to the low inertia unsprung mass by suspension spring, deploying predictable travels at no so high velocity. In such a scenario, it is not necessary to use a pressure relief device to avoid excessive load at high velocity. As shown in Fig. 11, adjusting the stroke, the maximum force and, eventually, the damping force build-up is enough.

6 Conclusion

A new passive suspension concept has been developed. The treatment of suspension stroke ends provided by DHS brings a new comfort standard to automobile industry. It is an affordable passive solution easy to implement in no matters which suspension architecture, and highly tunable to match customer expectations. In fact, this is a key factor to explain the system success, because DHS allows to car makers offering a high class suspension starting from the most basic trim level of a vehicle.

A second key point is the system versatility: DHS can be configured to create an outstanding comfortable vehicle, or to achieve a better dynamic performance by combining a good, well-tuned passive shock absorber with DHS to, for instance, compete with adaptive suspensions.

Last but not least, DHS is easily perceived by anyone who drives the vehicle, due to the granted smoothness and the absence of rebounds when driving through obstacles and bad roads.

As a result, DHS is receiving a very good acceptance from the market both, in sales and with positive reviews from the specialized press.

7 Further development

DHS, as a passive hydro-mechanical device, is also well positioned to contribute to improve semi-active suspensions. Properly managing the suspension stroke ends demands shock absorbers adapting their response in few milliseconds. This is a hard task for an electronic suspension, because not only a fast response actuator is required, but also the sensors and control strategy

have to make the right decision within such a short time interval. On the contrary, it is an easy task for a passive system, which instantaneously acts in a predictable and repeatable way whenever a certain input is applied. Merging the great potential of semi-active suspensions with the fast passive response of DHS would boost the system performance.

8 Acknowledgements

I would like to express my deep gratitude and sincere appreciation to all my colleagues, engineers and technicians, who have contributed decisively to the final success of this challenging development.

Author



Javier Lizarraga Senar

Joined the company in 2003.
Currently at KYB Europe GmbH
as R&D engineer.

ショックアブソーバ用摺動部品の開発 (Prosmooth™の紹介)

村田 貴夫

1 はじめに

近年、自動車開発の現場では、カーペットライド感（乗心地）とライントレース性（操安性）を高次元で両立させることを狙い、車体、サスペンション、サスペンションを構成する部品の開発が著しい。

カーペットライド感は、路面の微小な凹凸による車体の微細な振動を遮断し、まるで上質なカーペットの上を走っているかのような感覚を言い、質感があると表現されることもある。また、ライントレース性は、運転者が意図した通りに、わずかな操舵ストロークにおいても車両をコントロールできることを言い、快適な操作性と表現されることもある。

これらの特性には、ショックアブソーバ（以下SA）が伸縮する動き出しの軸力特性が大きく影響することが分かっており、SAの減衰力-速度特性線図（図1）で示す極微低速域での減衰力を適度に発生させる必要がある。

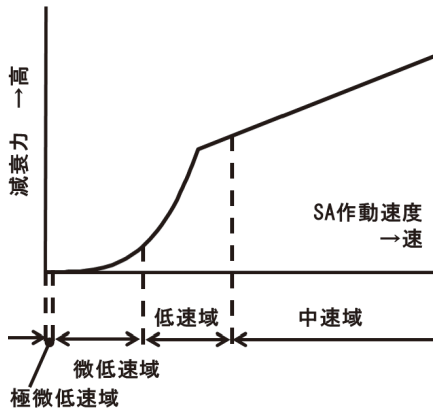


図1 減衰力-速度特性線図

SAが動き出す極微低速域では、バルブ部に流れる油量が少ないため、バルブ部で発生する油圧力を繊細にコントロールすることが困難である。本速度域の軸力を油圧力で補填する場合には、一般的に乗心地の悪化を伴うため、SA摺動部の摩擦力で補填することを考えた。

これまでも極微低速域の軸力特性に着目した摺動部品の開発を行ってきた¹⁾。しかし、既存部品では狙いとするカーペットライド感やライントレース性を得ることが困難であった。

そこで、極微低速域の軸力を静摩擦、オイルシール材料による弾性、減衰の3つの成分に分解し（図2）、より詳細な分析を行った。

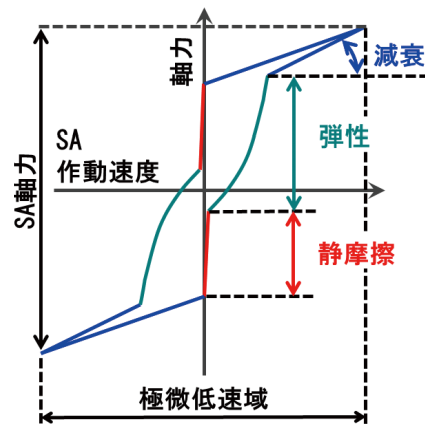


図2 極微低速域軸力の分解概念図

市場で流通している自動車用SAについてベンチマーク（以下BM）調査を行い、極微低速域で発生するSAの軸力特性を静摩擦成分と減衰成分の2軸で整理した結果を図3に示す。

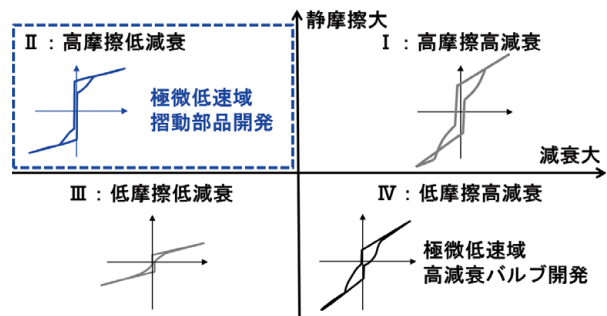


図3 極微低速域軸力特性の分類

KYBでは、従来から高摩擦高減衰特性SA、低摩擦低減衰特性SAを量産していたが、KYB技報第57号にて紹介した極微低速域高減衰バルブを採用した低摩擦高減衰特性SA²⁾をラインアップに加え、2018年6月末より量産を開始した。

高摩擦低減衰特性は、減衰成分が小さく、静摩擦成分はSAに働く横力(図4)に対して感度が高い、欧州製SAに特徴的な特性である(図5)。近年、本特性のSAが日本車にも徐々に採用され、採用車種が増加傾向にある。

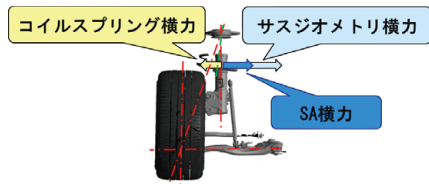


図4 SAに働く横力(停車時車両1G状態)

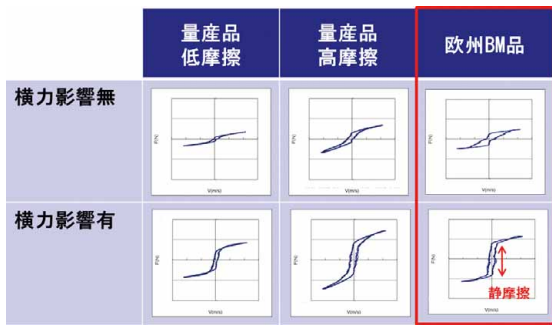


図5 極微低速域軸力特性比較

本報では、近年の国内自動車メーカーのニーズに適した摩擦力特性の向上(高摩擦低減衰特性)を狙ったSA摺動部品の開発について紹介する。

2 新摺動部品開発の狙い

カーペットライド感とライントレース性を高次元で両立する摺動部品の実現が狙いとなる。

先に述べた欧州製SAに特徴的な高摩擦低減衰特性を狙い、SAを構成する摺動部品のうち横力を支持するベアリングブッシュ、ピストンモールド、および、それらを潤滑する作動油の3部品を新たに開発した(図6)。

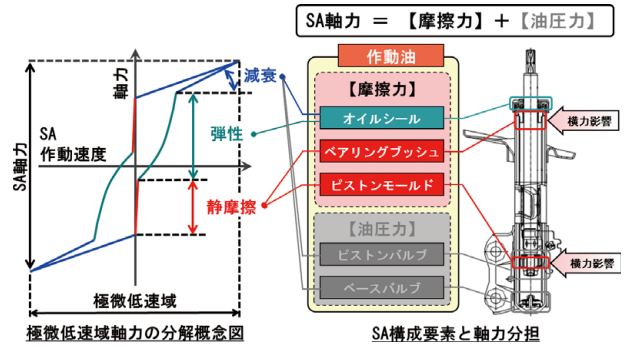


図6 極微低速域軸力特性と関連部品

3 開発の概要

3.1 作動油の開発

作動油の添加剤についてBM調査した結果を図7に示す。日本系SAメーカーと欧州系SAメーカーでは添加剤種類と添加量が明らかに異なることが確認された。

新開発の作動油はBM調査結果をもとに、亜鉛系の摩耗防止剤を採用し、その他添加剤についても当社独自の配合組成にて製作した(表1)。

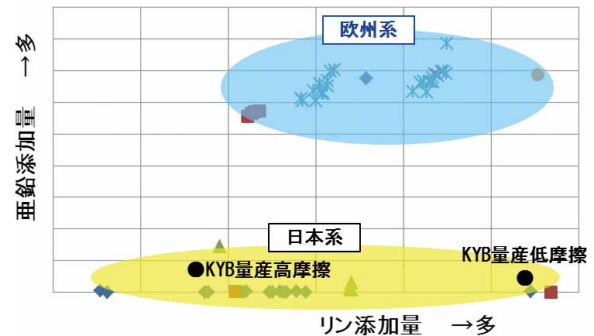


図7 作動油添加剤・添加量調査結果

表1 作動油組成表

比較項目	欧州BM	量産品低摩擦	量産品高摩擦	開発品
基油	TypeA	TypeB	TypeC	TypeA
粘度指数向上剤	中分子A	中分子B	低分子C	低分子A
酸化防止剤	不明	フェノール系A	フェノール系B	フェノール系C アミン系A
摩耗防止剤	亜鉛系	リン系	リン系	亜鉛系
摩擦調整剤	エステル系A	アミン系A	リン系A	エステル系B
消泡剤	不明	TypeA	TypeB	TypeC
分散剤	不明	イミド系A	イミド系B	イミド系C

各添加剤の種類は多く、その組み合わせは膨大であるが、摺動部材要素、およびSAでの台上摩擦評価を重ね配合処方を経り込んだ³⁾。現状では台上評価だけで官能性能を評価することは困難であるため、最終的には実車評価で狙いの性能を判定した。

3.2 ベアリングブッシュの開発

ベアリングブッシュは、BM調査結果より確認されたBM品と当社既存の量産品との形状と材料両面の違いに着目し、パラメータスタディを重ね最適設計を行った。

形状については、図8に示すBM調査からブッシュ端部形状の違いに着目し、内面取角度と内面取幅を設計パラメータとして（図9）、実車官能評価により最も良好な形状を選択した。

材料については、BM調査からブッシュに含有されている充填剤の違いに着目し、量産品から変更した。また、ブッシュ樹脂厚が実車官能へ大きく寄与することを確認し、最適な板厚を選定した。

形状、材料を組み合わせることで、既存量産品に対し実車官能での乗心地と操安性を共に高めることができた。

3.3 ピストンモールドの開発

ピストンモールドもベアリングブッシュ同様にBM調査結果をもとに形状と材料両面での最適設計を行った。ピストンモールドの材料である樹脂は金属とは異なり、一般に面圧が高くなると真実接触面積が増加し、摩擦係数が低下する特性を示す（図10）。

そのため、モールド摺動面形状は凹凸の少ないフラットな形状とし、相手部品であるシリンダとの接触面積を増やし面圧を低減することで摩擦係数の増大をねらった。

また、モールドの材料はカーペットライド感への寄与が大きく、量産材に対し母材であるPTFEと共に充填剤種類と配合量を全面的に見直した。


	欧州BM	国内BM	量産低摩擦	実車官能への寄与	
SAメーカー	欧州	国内	当社	操安性	乗心地
ブッシュメーカー	欧州	国内	国内		
材質	Type A	Type B	Type C	◎	◎
樹脂厚	大	中	小	◎	
表面模様	なし	あり	なし		
粉末形状	Type A	Type B	Type A		
ブッシュ形状  ベアリングブッシュ形状	内面取幅	小	大	中	◎
	内面取角度	小	小	大	

図8 ベアリングブッシュBM調査結果

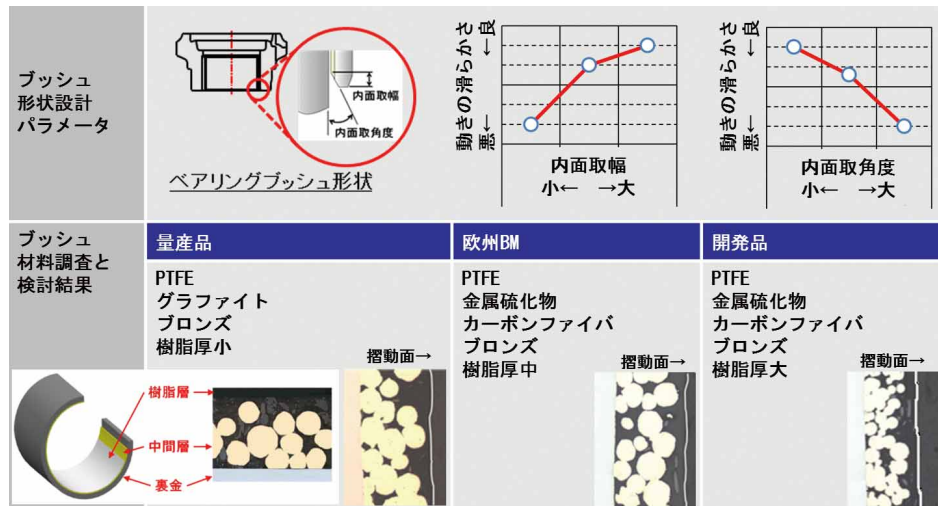


図9 ベアリングブッシュ形状・材料検討結果

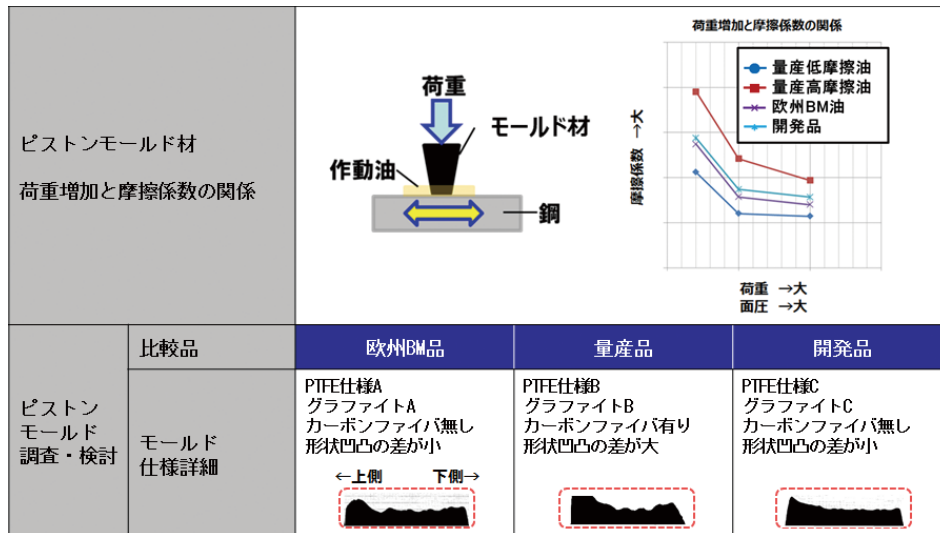


図10 ピストンモールドBM調査及び検討結果

3.4 性能確認

新開発の摺動部点を織込んだSAの極微低速域軸力特性は、欧州BM品と同等の波形が得られた(図11)。また、実車官能評価においても、カーペットライド感とライントレース性を高次元で両立できていると自動車メーカー様や自動車ジャーナリスト様より高い評価を頂くことができた。

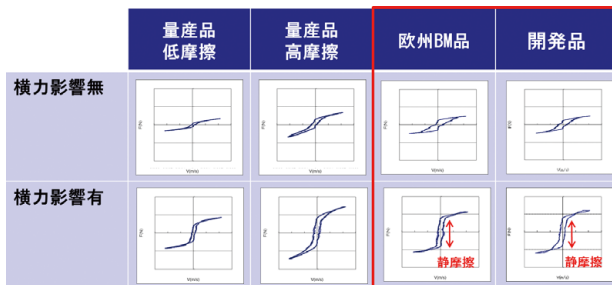


図11 極微低速域軸力特性

3.5 信頼性確認

開発当初は、摺動耐久試験後に作動油の劣化やピストンモールドの剥がれ、異常摩耗などがみられ信頼性確保が困難な状況であった(図12)。

しかし、作動油の劣化を抑制し、摩耗を軽減する作動油添加剤処方を見出すと共に、ピストンモールド摺動面形状を見直したことで、作動油の劣化とピストンモールドの摩耗を抑制することが可能となった。また、試験前後の摩擦特性変化も既存の量産品同等以下を達成し、高い信頼性を確保することができた。

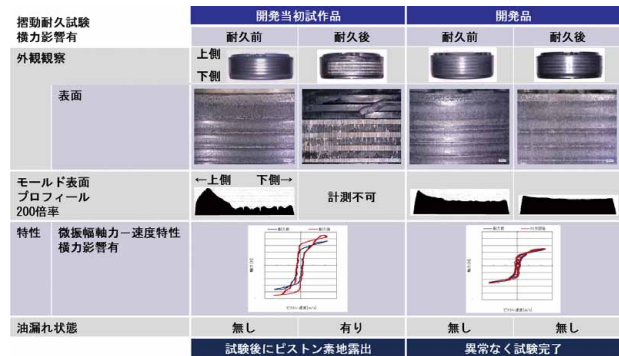


図12 耐久試験結果(一例)

4 商標の紹介

カーペットライド感とライントレース性を高次元で両立する摺動部品のイメージを、エンドユーザー様に分かりやすく伝えるべく、開発品の商標化に着手した。

商標登録中のProsmooth™(以下、プロスムース)は、開発品を試乗頂いた中で多く聞かれた「なめらかな乗心地」という声を端的に表現したものである(図13)。

また、ロゴにある下線のデザインは当社旧ロゴマーク(図14)を参考に振動制御をイメージした。

早ければ2019年9月に量産化されるSAから順次表示され、開発品の採用がSA外観から確認可能となる。



図13 プロスムースの商標



図14 当社ロゴマーク（旧タイプ）

5 採用状況

本報の摺動部品は、2018年6月より国内仕向け車両へ採用され、性能面において非常に高い評価を頂いている。

国内仕向け車両への拡販が進むのと並行し、海外仕向け車両へも2019年1月から量産開始予定である。国内仕向け車両と同様に今後拡販が計画されている。

6 おわりに

自動車メーカー様から要望されている、カーペットライド感とライントレース性の高次元での両立を目指し、作動油、ベアリングブッシュ、ピストンモールドの3つの摺動部品を新たに開発した。

当社SA極微低速軸力特性の分類（図3）において、

今回の開発により自動車メーカー様のニーズに対し幅広い対応が可能となった。

本開発では、600パターンもの摺動部品の組合せ評価、個々の部品においては作動油250種類、ベアリングブッシュ70種類、ピストンモールド90種類を試作し、長い開発期間を経て作り上げてきた。

今後の開発業務においては、要素部品、SA、実車、実車官能を相関付ける新たな性能評価指標を創出し、開発期間の短縮につなげる活動を更に加速推進する必要がある。

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

参考文献

- 1) 加藤：ショックアブソーバのトライボロジー，KYB技報第46号，（2013年4月）。
- 2) 安井：極微低速域高減衰バルブの開発，KYB技報第57号，（2018年10月）。
- 3) 加藤，佐々木：ショックアブソーバにおける動的摩擦特性を特徴づける評価指標の検討，トライボロジスト，第64巻，第1号，pp. 55-62，（2019年）。

著者



村田 貴夫

2001年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部サスペンション事業部技術部第四設計室。ショックアブソーバの開発に従事。

主脚用ダンパ機能付きアクチュエータ組立ラインの構築

小河原 皓 太

1 はじめに

KYBの航空機器事業部では、開発プログラムから参画した主脚用ダンパ機能付きアクチュエータの試作品供給を経て、量産の受注が確定した。

本製品の試作品は、これまでの航空機器向け製品と同様に手作業にて組立及び機能試験を実施していた。しかし、部品点数が多いことから組立作業時間が長く、複雑な構造のため熟練の技能が必要となり、作業時間のばらつきが発生した。機能試験ではサイズが大きく重量があるため、写真1に示すような重筋作業が発生した。また、試験項目が多く工数がかかることから、試作時のサイクルタイム（以下CT）では量産時に客先納期対応が困難であることが判明した。

そこで、今後の増産に備えて短時間で作業習熟でき、作業時間のばらつきが極力抑制された高品質組立ラインを導入したので紹介する。



写真1 本製品（試作品）の機能試験風景

2 対象製品概要

本製品は、飛行機の機首上げ角度を増加させ、短距離で離陸することを目的として、メインランディングギアに取り付けられるガスダンパ機能付きのシリンドラである。2種類のピストンが伸び縮みする機

能を有しており、航空機器事業部で生産する民需製品の中で最大である。

本製品の外観を図1に示す。

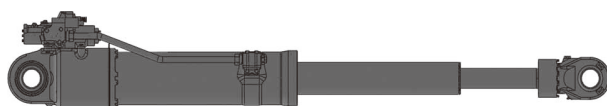


図1 製品外観

3 目的

従来の航空機器向け製品の造り方から脱却し、タクトタイムを満足する安全で高品質な組立ラインを構築し、利益確保に貢献する。

4 目標

①要員	: 2名省人
②組立試験コスト	: 33%減
③組立試験CT	: 33%減
④ラインクレーム	: 0件
⑤重筋作業	: 0件

5 要件

- ①安全に一人作業が行える組立方法の確立
- ②目視確認が不要な試験項目の自動化
- ③標準作業の確立（作業時間ばらつきの抑制）

6 実施事項

6.1 ライン概要

本ラインは後述する新設備をスペース、歩行距離、物流を考慮し配置したレイアウトとなっている（図2）。高い目標を達成するため、ほぼ全ての作業を手作業で行う既存の航空機器向け製品組立ラインではなく、多くの作業に作業支援が入る建設機械向け

製品組立ラインをモデルとして構築を行った。

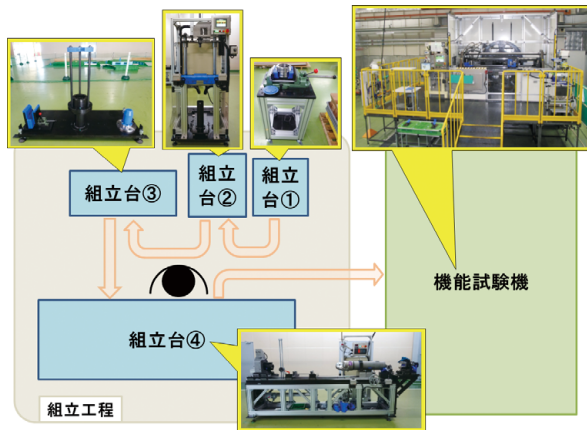


図2 本製品の組立ライン構成

6.2 新規設備に使用する構成機器

本製品の作動油は、ゴムや樹脂等に強い攻撃性を示し、少量の付着でも膨潤の後、手で触れた程度で切れてしまうほどの強度低下を引き起こすため、使用できる機器に限られる(写真2)。機器の保守性を向上するには汎用機器を使用する必要があるため、浸漬試験を実施し使用機器選定を行った。



写真2 作動油の攻撃性(パッキンの例)

6.3 組立補助装置の開発

試作品での組立方法は、内蔵部品を組み付ける際、重力により一方向に荷重がかかることによるパッキン損傷を危惧して、ワークを立てた状態で組付けを行っているため効率が悪く、作業姿勢が変化する度に重筋作業が発生している。そのため、新規に組立補助装置を開発した(図3)。今回開発した組立補助装置は、内蔵部品を組み付ける作業にジグを活用してワークを立てずに作業が行えるようにした。また、人力で行っていた姿勢変化や部品挿入時にしていたハンマリング作業を機械化することで作業負担の軽減を図り、組付け圧力等を数値化することでカンコツ作業を低減した。

6.4 機能試験機の開発

既存製品と同様の方法で機能試験を行うと、本製品はサイズが大きく重量があるため重筋作業が発生

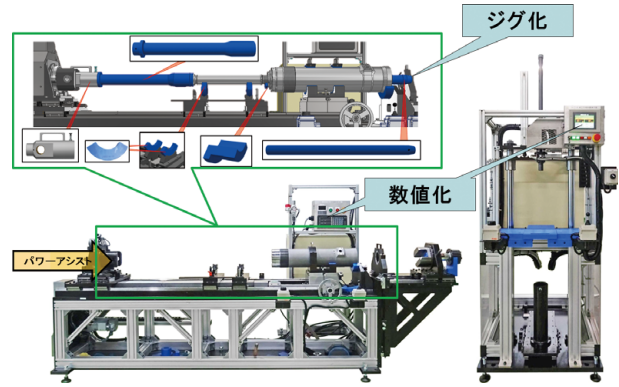


図3 組立補助装置

する。また、実機取付け姿勢(直立姿勢)を模擬して試験を行う必要があることから、高所で段替えを行う必要がある。更に、配線、配管の切換えやワークの姿勢変更等、全てを手動で行うため非常に時間がかかる。そのため、新規に機能試験機を開発した(写真3)。



写真3 機能試験機

6.4.1 試験姿勢対策

試験姿勢は直立姿勢で試験項目によっては上下を反転する必要があるため、ワーク脱着は作業性を考慮して水平にするため3姿勢を作り出す必要がある(図4)。

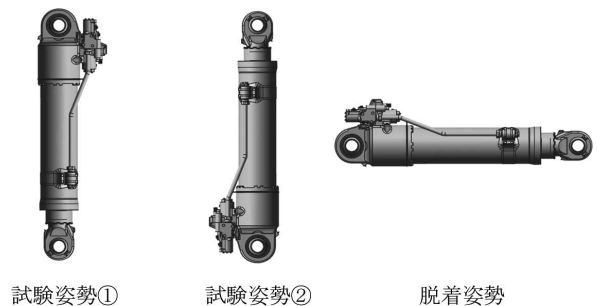


図4 ワーク姿勢

そこで、ワークを位置決めピンで固定できるよう

にした架台を面板に取り付け、一緒に回転させることでワークに触れずに姿勢変更を行うことができる構造とした（図5）。

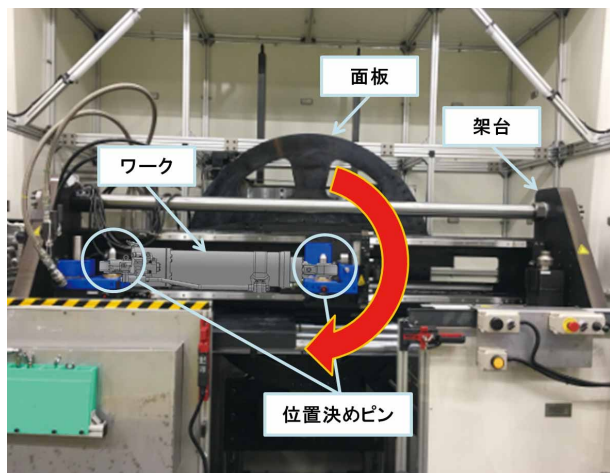


図5 回転機構

離れた場所に設置できなかった。そこで、カルムとグラスウールを層状にした防音材を製作し、騒音対策とした（図6）。この対策により騒音を85dB以下にすることができた。

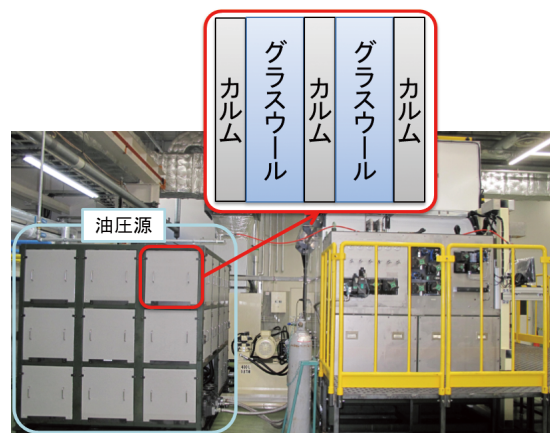


図6 騒音対策

6.4.2 高圧試験対策

高い圧力をかける試験であるが、本製品に使われる特殊な作動油に対応する高圧ポンプが存在しなかった。そこで、ポンプを用いて作動圧まで加圧した後、油圧回路を切り替え昇圧シリンダ（写真4）で昇圧させる構造とした。安全対策として減圧弁を設置しているが、万が一、減圧弁が壊れた状態で作業者が圧力を上げすぎても、作業者を守るため、センサが過圧力状態を一定以上検知すると全ての油圧が自動停止するようにした。

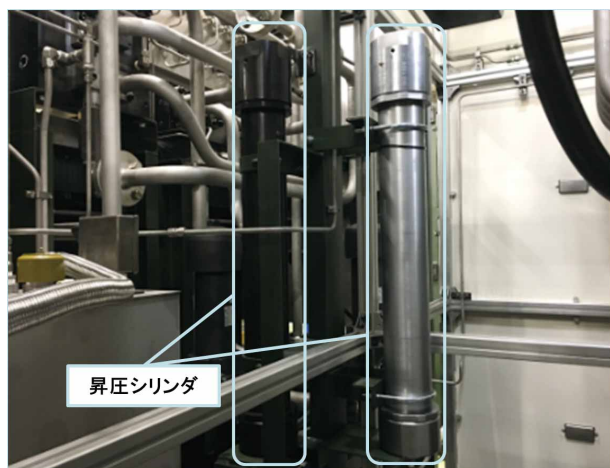


写真4 昇圧シリンダ

6.4.4 自動化

試験内容を精査し、自動化の要件は以下とした。

- ①多くのストローク回数要求に応じること
- ②自動でデータ取り込みが可能なこと
- ③自動判定が可能なこと

自動化の概要を図7に示す。試験順序を変更し、上記の内容が含まれる作業を自動化し、これを前半に集約させることで、自動運転中に別作業を行えるようにした。また、自動化できない項目は、後述する検査チェックシステムによる作業ガイドが入り、作業を標準化することで作業ミスや時間のばらつきを低減した。

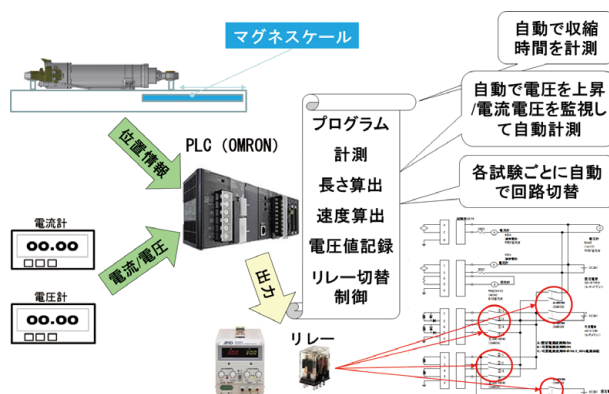


図7 自動化概要

6.4.3 騒音対策

作業者の耳を守るため、85dB以下の騒音に抑えなければならない設置基準がある。従来の試験機は油圧源を離れた場所に別途設置することで騒音問題に対処してきた。今回はスペースの制約で油圧源を

6.5 作業の標準化と不良品流出対策

従来の組立及び機能試験作業は、作業手順書を印刷して確認しながら作業を行っていた。しかし、これらの手順書は、熟練の作業を有するにも関わらずカンコツ作業が帳票化されておらず、作業者の技量

による時間のばらつきが発生していた。本製品の組立及び機能試験は項目が多く段取りが複雑なため、従来の方法では作業ミスが起こる可能性が高く、標準時間を設定することが困難である。

そこで、標準作業の確立及び品質と作業時間の安定化を目的として、当社の生産技術研究所が開発した検査チェックシステムを導入した。検査チェックシステムとは検査支援システム（タッチパネルを用いて検査（作業）項目を画像にて表示し、計測器や工具から計測データを無線で収集・自動判定するシステム）をベースに音声認識及び音声合成機能を盛り込んだより利便性の高いシステムである。

検査チェックシステムの概要を図8に示す。



写真5 音声端末

トルク掛け作業にはデータ転送式レンチ(写真6)を使用した。これらのレンチと検査チェックシステムを連動させることで、規定トルクと順番で締付けないと次の作業に進めないようポカヨケ機能を付加した。

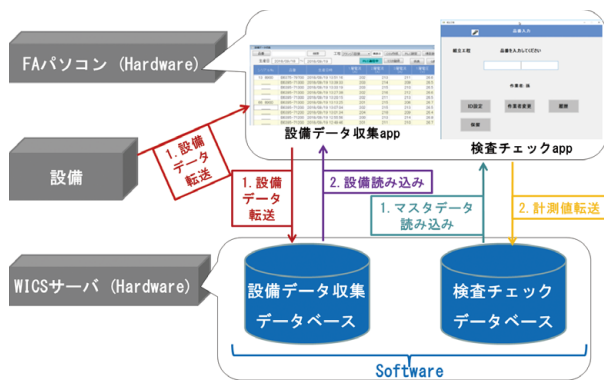


図8 検査チェックシステム概要

音声認識及び合成技術を活用することによって、作業者が手元から目を離すことなく集中して作業が行えるようになり、画面（視覚）だけでなく、音声（聴覚）でも指示内容を確認できるようになるため判断ミスや記憶間違いを低減できるというメリットがある（図9）。

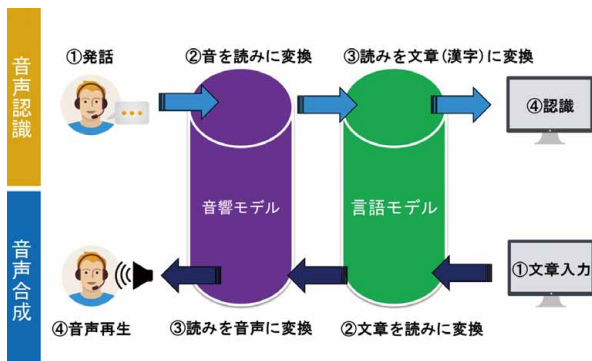


図9 音声認識（合成）概要

作業者の胸元に取り付けてある音声端末(写真5)に話しかけると端末操作を行うことができ、指示内容が切り替わると同時に作業指示が流れる。



写真6 データ転送式レンチ

検査チェックシステムの導入により、作業者は作業指示に従わないと生産できないようになり、確実に良品ができる体制を構築した。モニタに表示する作業指示（図10）の作り込みにより、組立試験手順を統一化することで作業のばらつきを抑え、作業者による品質と作業時間のばらつきを低減した。



図10 モニタ表示画面

7 結果

- ①新たな工程の開発 : 完了
(作動油・高圧化・自動化)
- ②要員 : 2名省人
- ③組立試験コスト : 46%減
- ④組立試験CT : 42%減
- ⑤ラインクレーム : 0件
- ⑥重筋作業 : 0件

8 まとめと今後の展開

本ライン構築により、経験の浅い作業員でもタクトタイムを満たしつつ安定した品質で本製品を組立試験できるようになった。

今後は本技術をベースに他ラインへの展開及び発展を行って、更なる品質向上や生産性向上につなげていきたい。

9 おわりに

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

著者



小河原 皓太

2013年入社。航空機器事業部生産部生産技術課。主に航空機器製品の工程設計及び改善業務に従事。

フォークリフト用リフトシリンダ

末 吉 大 輔

1 はじめに

フォークリフトは、工場や倉庫などで物品の輸送や保管の際の積みおろし、倉庫での仕分けなどの荷役作業を行うための産業車両である（図1）。

フォークリフトの荷役昇降部はマストと呼ばれ、荷役昇降用のアクチュエータには、単動型油圧シリンダが使用されている。これをリフトシリンダ（用語解説「フォークリフト用リフトシリンダ」P.59参照）と呼び、KYBでは、KCFL（KYB Cylinder Forklift Lift）シリーズとして、国内フォークリフトメーカーに供給している。

今回、そのリフトシリンダのコストダウンをコンセプトとした新モデルを開発し、生産を開始した。本報では、その製品概要について紹介する。



図1 フォークリフト

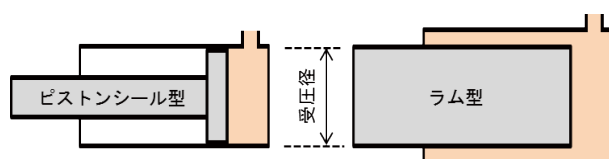
2 リフトシリンダの構造について

2.1 シリンダ形式について

リフトシリンダでは、ピストン部にシールを持つピストンシール型の構造をとるのが一般的であり、ラム型に比べて小径で大きな推力が得られる（図2）。

また、リフトシリンダは、積荷やマストの自重によって下降することから、床面保護のためにフォーク着地時の衝撃を緩和させるクッションを設けるも

のが多い。ボトム端に設けられた縮みエンドクッションは、縮みエンド近傍で排出される作動油の油路を絞って減速させる機構である。



※同一受圧径であれば、同じ推力を発生できる

図2 シリンダタイプの比較

2.2 ドレン方式について

ピストン単動型シリンダでは、摺動によりロッド側室に生ずる微小な油漏れの蓄積を排出する機構が必要となる。排出方法は、ピストン内部に設けたチェックバルブを介し、システム側に油を戻す「内部ドレン型」（図3）と、ロッド側室と車体のタンクをホース等で連結し、空気または作動油を出入りさせる「外部ドレン型」（図4）の二種類に分けら

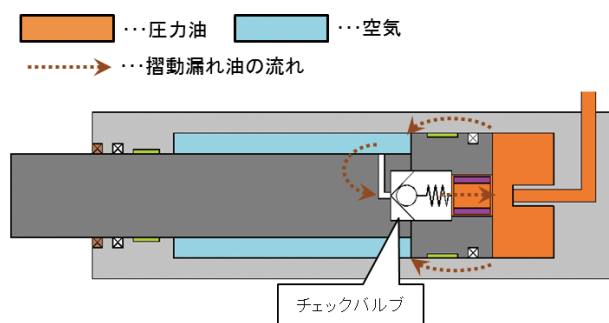


図3 内部ドレン型

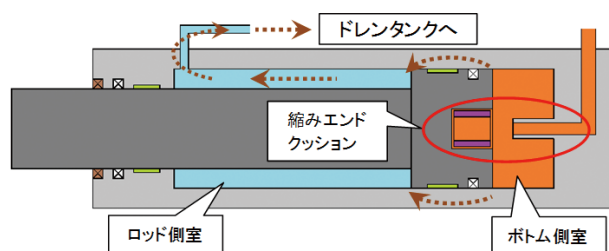


図4 外部ドレン型

れる。

内部ドレン型は、専用のドレンラインが不要であることから、機体への取付け性を活かし、標準機へ採用するメーカーが多い。一方、外部ドレン型はドレンラインを利用して、タンク内の作動油をシリンダのロッド側室へ送り込む「オイルリターン式」にすることができる。オイルリターン式は、高温のタンク内作動油をピストンロッドに触れさせることで冷却し、油圧回路のヒートバランス向上、ピストンロッドの防錆力向上など、機能的に有利な点がある。

3 開発背景

リフトシリンダの主とする機能は、油圧を利用して積荷を上下作動させることに限られており、機能向上の要求が少ない製品である。また、基本構造が単純であることから、競合メーカー製品も含めてその構造に大きな違いはなく、コストダウンがリフトシリンダに求められる最大の市場要求となっている。

4 製品仕様

コストダウンを達成するため、投入資材・加工量を低減する。更に生産性の向上として、ドレン方式の異なる二つのモデルを統合する。ただし、先述の通り、ドレンラインの設置が不要な内部ドレン型を主流としながらも、シリンダ内のロッド側室を用いて、スペースや熱を有効利用する外部ドレン型も必須であることから、どちらの型にも対応可能な製品

とする。

また、リフトシリンダは、現在使用されているマストの変更なしに、シリンダのみを載せ替える（ランニングチェンジ）ことが一般的であることから、現行型と同等に使用できる強度特性、耐久性と、取り付け互換性を有することを要件として開発した。

4.1 基本仕様

- ①定格使用圧力：20.6MPa
- ②作動油温度範囲：-20～100℃

4.2 耐久性

当社作動耐久評価を実施し、その耐久性を満足する。

4.3 取り付け互換性

リフトシリンダの機体への取付け性は、互換性の有無、特に全長方向の自由度に支配される。現行品と同等以下の全長で構成が可能である。

4.4 特殊仕様（低温環境仕様）

フォークリフトには冷凍倉庫等の低温環境で稼働する車両があり、低温環境専用のロッドシールを用いた耐寒仕様シリンダの設定がある。改良型リフトシリンダにおいても、同じロッドシールを装着でき、低温環境仕様の設定が可能である。

5 改良型リフトシリンダの特徴

現行型リフトシリンダと改良型の構造比較を図5に、基本仕様比較を表1に示す。

改良型は、チェックバルブを必要としない内部ドレン型シリンダとしながら、外部ドレン型にも適用可能なシリンダ内部構造とした。また、高コストの

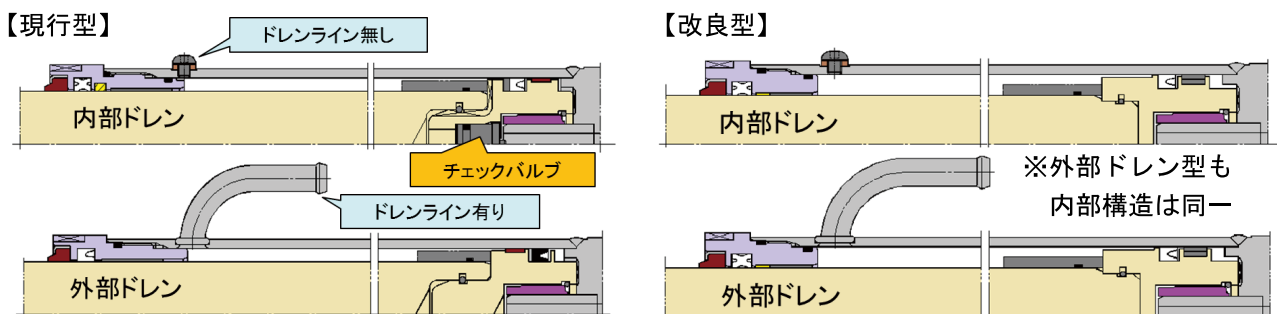


図5 現行型と改良型の構造比較

表1 基本仕様比較（仕様：2t系車両 3m揚高）

	現行型		改良型
モデル名	KCFL1-4	KCFL1-3	KCFL1-5
ドレン構造	内部ドレン型	外部ドレン型	内部ドレン／外部ドレン
ボア径-ロッド径-ストローク	50-40-1500 (mm)		50-35-1500 (mm)
製品重量	約25.0kg		約21.0kg

部品であるピストンロッドは、必要に応じて従来よりも細い径の選択採用を可能とすることで、コストダウンに寄与する。更に、シリンダヘッド部は従来よりも短縮して構成し、シリンダ性能の維持に必要な要素を最小限に集約した。これにより、全長方向は現行型との互換性を持たせつつ、二つのドレン方式の基本構造を集約するとともに、製品重量：最大25%減とできる他、メンテナンス用部品の入手・管理性を向上できる。

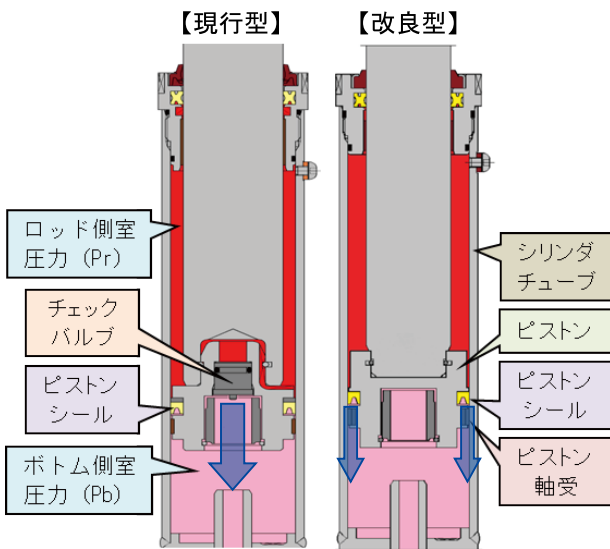
6 開発課題と設計上のポイント

6.1 チェックバルブ機能の見直し

先述の通り、内部ドレン型シリンダでは、摺動時に発生した微小な油漏れの蓄積を、ピストン内部に設けたチェックバルブを介してシステム側に戻している。しかし、そのチェックバルブの装着により、部品数の増加や、ドレンタイプ別に内部構造が異なるものとなり、コストでは不利な一面がある。そこで、改良型のリフトシリンダではチェックバルブの機能をピストンシールに付与することで、部品数を削減しながら、ドレンタイプに係わらず構造の統合を可能としている。

6.1.1 チェックバルブ機能付きピストンシール

チェックバルブの作動状態を図6に示す。通常の作動状態において、ロッド側室とボトム側室の圧力関係は、常時①の状態にある。しかし、ロッド側室に摺動漏れをした作動油の蓄積がある場合に、その領域で伸び作動を継続させると、圧力状態が反転し



- ①シリンダの通常作動状態： $P_r < P_b$
- ②チェックバルブ作動状態： $P_r > P_b$
- ➡：摺動漏れ油がボトム側室に戻る流れ

図6 チェックバルブ作動状態

②の状態となる。このように圧力が反転した際、現行型のリフトシリンダではチェックバルブが作動し、蓄積した摺動漏れ油をボトム側室に戻している。

改良型のリフトシリンダでは、チェックバルブの機能をピストンシールに備えている。②の状態では、ピストンシールにリップ部を押し倒す方向の力が働くため、リップの変形によりできたシリンダチューブ内面との隙間が、チェックバルブの開口と同等の役割を果たすものである。

ただし、従来のピストンシールを流用してもこの作用を得ることはできない。これは従来のピストンシール形状に密封方向の逆側からの圧力を逃がす機能はなく、その際にはピストン内で傾く動きや、圧縮つぶれ状態となり、油路を塞ぐこととなる(図7)。

【従来品】

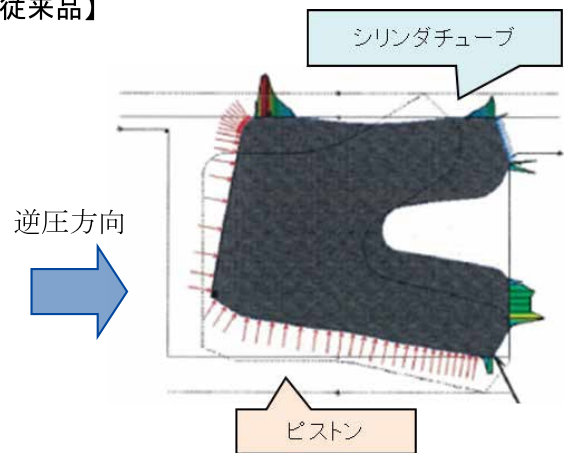


図7 従来品のピストンシール

改良型では専用のピストンシールを開発した。密封方向の逆側からの圧力に反応してリップ部が倒れ、確実に開口する形状としたピストンシールを採用して、機能を成立させている(図8)。

【開発品】

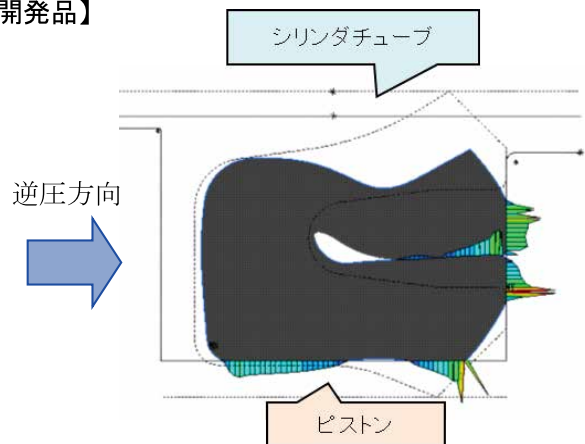


図8 改良型のピストンシール

6.1.2 油通路付ピストン軸受

専用品の開発により、チェックバルブの機能を併

せ持つピストンシールが誕生したが、ピストンに装着されるもう一つの主要部品「ピストン軸受」もチェックバルブ機能の達成を阻害する。従来使用していたピストン部のすべり軸受は、一定の環状隙間を有しているが、その隙間での作動油の流動は大きな圧損を発生させるため、チェックバルブと同様の性能は得られない。

そこで、ピストン軸受には外周部に油通路部を設けた。これを樹脂製とすることで構造上の成立と、低コストを同時に解決している（写真1）。



写真1 油通路付ピストン軸受

6.1.3 チェックバルブとしての性能

新開発のピストンシールとピストン軸受の組み合わせによって得られるチェックバルブ機能の圧力-流量特性（PQ特性）を図9に示す。

チェックバルブは、小さな差圧で大流量を流せるほど、シリンダの推力低下が少なく、荷役作動がスムーズである。改良型シリンダのチェックバルブ機能は、従来のチェックバルブを用いた内部ドレン型シリンダよりも良好な性能を有している。

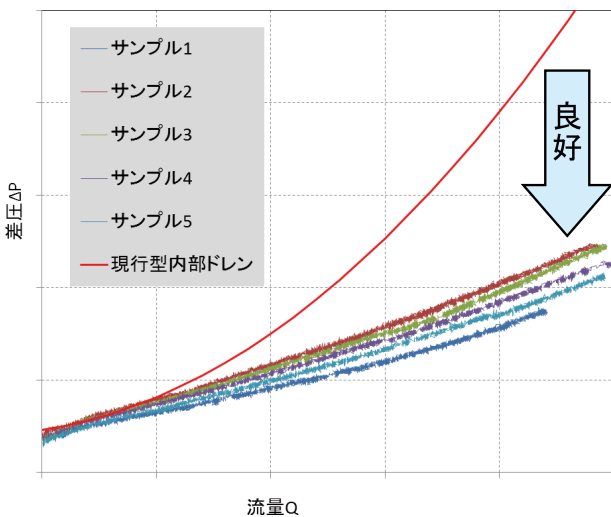


図9 チェックバルブ機能のPQ特性

6.2 ピストンロッド小径化

リフトシリンダは細長の製品であり、かつ油圧により大推力を発生することから、座屈強度が重要視される製品である。従来は、シリンダ径毎に一つのロッド径で幅広い揚高に対応する設定となっているが、生産品の多くは低揚高用シリンダであり、必要強度に対し過剰となっている。そこで、座屈強度が過剰な設定のピストンロッドにおいては、一段階細い径のピストンロッドを採用することで、投入資材を低減できる（図10）。

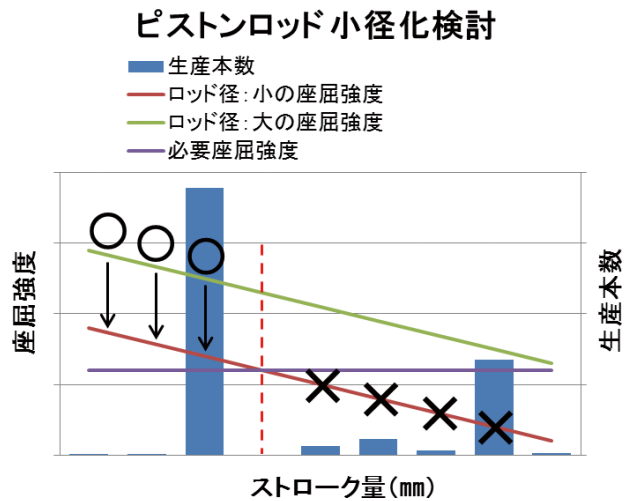


図10 ピストンロッド小径化について

6.3 シリンダヘッド短縮構成

シリンダの取付け互換性を確保するため、シリンダヘッドの全長短縮を盛り込んだ（図11）。具体的にはロッド軸受長さの必要最小限化に取り組んだ他、潤滑油保持スペースを削減した。潤滑油はロッド軸受の耐久寿命を向上させる狙いがある。内部ドレン

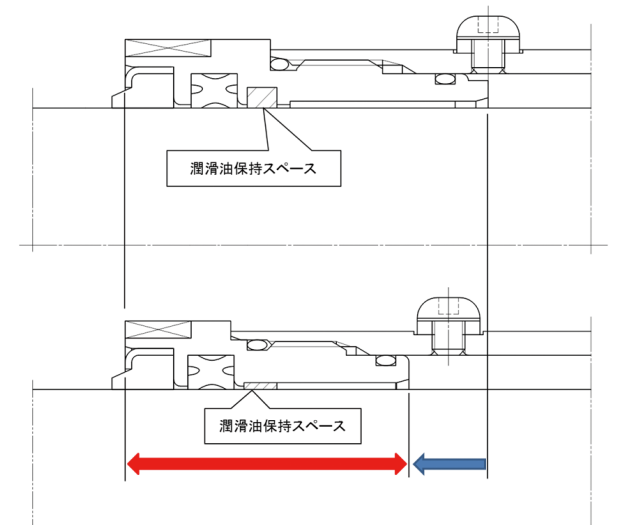


図11 シリンダヘッドの構造比較

型では、ピストンロッドと軸受とがドライ摺動となり易く、ロッド軸受が短期間に磨耗してしまうことがある。これを回避するため、従来からシリンダヘッド部に潤滑油を封入し、初期馴染みが終わるまでの潤滑性を確保している。現行型のシリンダヘッドでは、潤滑油保持用の空間を設置していたが、改良型では周辺スペースを有効活用し、潤滑油を保持させることとした。

なお、この潤滑油は、外部ドレン型で空気を出入りさせる方式においても有効であり、二つのドレン構造統合の実現に寄与している。

7 おわりに

今回開発したリフトシリンダの製品化を完了し、コストダウンと従来モデルの統合に寄与できた。

また、試行錯誤の末に完成させたチェックバルブ機能付きのピストンシールは、特に内部ドレン構造の単動シリンダの分野において、大きな発展性を有していると考える。

今後も、市場要求に応える製品、お客様に喜んでいただける製品の開発に貢献していきたい。

最後に、本製品の開発から量産に至るまで、社内外関係者より多大なるご支援、ご協力を賜りましたこと、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

著者



末吉 大輔

2005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岐阜南油機技術部設計室。フォークリフト用のシリンダ製品設計・開発に従事。

製品紹介

油圧シリンダ用バテッドチューブの開発

平井 達也

1 はじめに

油圧シリンダは、主に伸縮運動をするシンプルな部品であるが、油圧システムにおいて重要な役割を担っている。

油圧シリンダの特長としては、電気式や空圧式アクチュエータと比較し、小型ながらも比較的大きな力を発揮できることや、耐久性が高いこと、メンテナンス性が良いこと等が挙げられる。それゆえ建設現場や採掘場、廃棄物処理場等の過酷な状況下でも活躍することができる。

しかし、強大な力を発揮することと耐久性を両立させるためには、構成部品に十分な強度をもたせることが必要になる。とはいえ、単純に部品を厚肉にするだけでは、重量が増えるといった問題が起きてしまう。そこで、従来の性能と耐久性を確保しながらも、軽量かつ歩留まり向上を狙ったシリンダの開発を行ったので紹介する。

2 開発背景

KYB-YS（以下YS）では、1980年頃に建機用油圧シリンダの生産を開始して以降、度々モデルチェンジを行ってきた。初期型と呼ばれる最初のモデルは、完全個別設計を行っていたため、多種多様なシリンダが存在し、個別部品も多数存在していた。そこで、1988年頃にお客様の要求仕様に影響がないシリンダヘッドやピストンといった内蔵部品（図1）の統合化を行い、これをNY-1モデルとした。

2002年頃には、KYBの設計したKCM（KYB Cylinder Mid Pressure）5型をベースとしてYS独自のアレンジを加え、NY-1（20.6MPa仕様）よりも高圧での使用を可能としたNY-2モデル（24.5MPa仕様）を開発した。これに様々なコスト低減案件を盛り込んだものが現在主流となっているNY-3モデルであり、NY-4モデルはピストンロッド内配管シリンダを指す。

本テーマであるバテッドチューブは、上記の後継であるNY-5モデルに盛り込まれた要素の1つである。（バテッドチューブの詳細は3項参照）

油圧シリンダは、昨今の海外競合メーカの品質向上により製品としての差別化が困難となってきたのが現状である。そこで、兼ねてよりお客様から要望のあった軽量化という付加価値を備えたYS独自のシリンダを提供したいという思いから、本開発に至った。

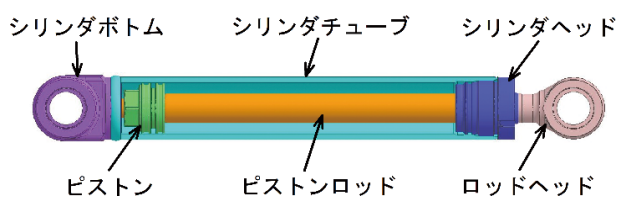


図1 油圧シリンダの基本構成部品

3 バテッドチューブとは

バテッド（Butted）とは、チューブの肉厚が変化している形状のことを指し、KYBの2輪車フロントフォーク用 OUTER チューブにも採用されている。

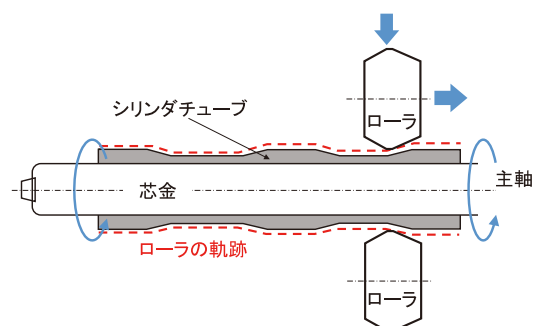


図2 スピニング加工概略

OUTER チューブと同様に、バテッド形状の成形は図2のようなスピニング加工にて行う。回転しているチューブにローラを押し当て、チューブ素管を

押し伸ばしながら加工するため、直管と比べて素材量が少なく済み、また切削加工のような切粉の発生も無い。

3.1 バテッドチューブのメリット

従来の油圧シリンダ用チューブは、最も肉厚が必要なシリンダヘッド締結部の肉厚に合わせた直管チューブもしくは、シリンダヘッド部のみ肉厚な段付きチューブを用いていた。それぞれの問題点として、前者は製品重量が重くなってしまふ点、後者は薄肉部へあまり多くの付加物溶接ができない点が挙げられる。

油圧シリンダにおいて肉厚が必要な箇所は、「シリンダヘッドネジ締結部」、「付加物溶接部」、「シリンダボトム溶接部」である。スピニング加工は、任意の箇所肉厚変更が行えるため、肉厚が必要な箇所はそのままに、肉厚が必要でない箇所を狙って薄肉化することが可能となった(図3)。直管・段付きチューブの欠点を克服した構造であり、軽量化も達成できた。一例として5.5 t油圧ショベル用シリンダのバテッド化の軽量化例を以下に示す。

- ブームシリンダ：▲6.7%
- アームシリンダ：▲5.4%

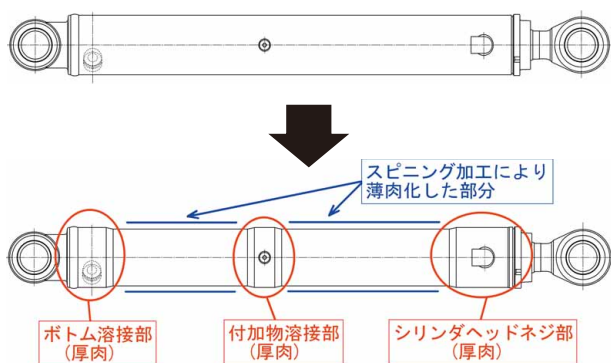


図3 バテッド形状の一例

3.2 チューブ肉厚の設定

厚肉部は既存の直管シリンダと同一肉厚とした。理由の1つは、母機側のランニングチェンジにも対応するためであり、チューブ外径を現行直管シリンダと同一にすることにより、チューブ上の溶接部品が共通化され、母機へのシリンダ取付けに完全互換性を持たせることができた。

2つ目の理由は、シリンダの付加物溶接耐久性(耐久強度)はチューブ肉厚に依るところが大きく、現行の直管シリンダと同等の耐久性を維持するためには、肉厚も同等とする必要があるからである。

対して、薄肉部の肉厚は応力計算から導き出した必要最低限の肉厚としている。

3.3 ローラフィードマークの低減(外観向上)

スピニング加工に於いて、写真1に示すローラフィードマークの凹凸が外観を損ねる問題があった。そこで、ローラフィードマークに起因するローラ形状を変更し、ローラフィードマークの凹凸高さを約1/5まで低減し、外観向上を達成した(写真2)。



写真1 改善前のローラフィードマーク

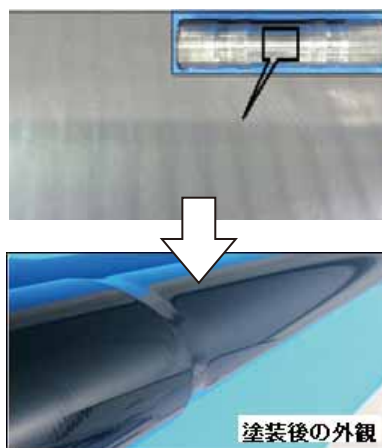


写真2 改善後のローラフィードマーク

3.4 薄肉部の外面剥離改善

3.2項で述べた薄肉部の肉厚設定でスピニング加工した際に、写真3に示すうろこ状の外面剥離が発生した。



写真3 うろこ状の外面剥離

そこで、スピニング加工中のワーク外面のせん断歪みに着目し、せん断歪みを低減する最適ローラ形状を

FEM解析 (図4) にて模索した。その結果、外面剥離を改善し、目標形状への成形を可能にした(写真4)。

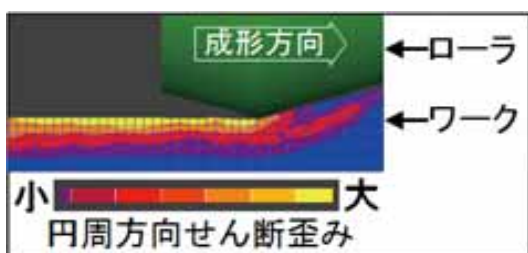


図4 FEM解析の概略



写真4 外面剥離改善効果

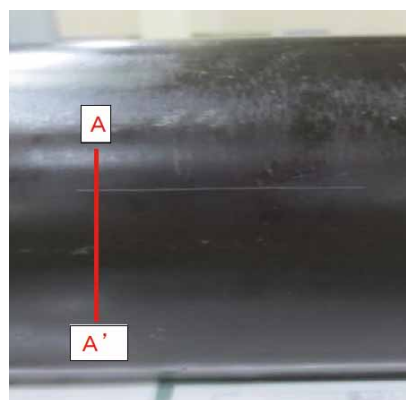


写真5 素管人工傷部

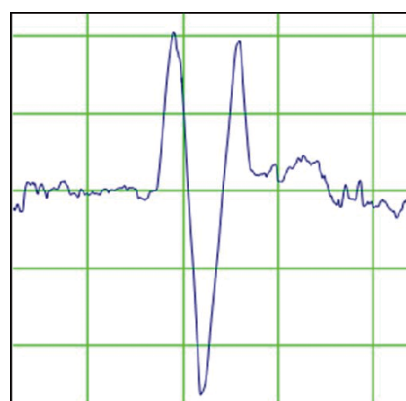


図5 スピニング前A-A'断面

4 性能と耐久性

「シリンダヘッドネジ締結部」と「付加物溶接部」, 「シリンダボトム溶接部」は直管と同じ肉厚であるため、これらの箇所は直管とバテッドチューブの耐久強度は同等である。しかし、バテッドチューブ採用に当たっては、以下の懸念事項があった。

4.1 薄肉部の変形に伴う耐久性

チューブを薄肉化した場合、シリンダに内圧が掛かった際のチューブの膨らみ(フープ応力)が大きくなる。これについては、発生フープ応力が既存の段付きチューブ薄肉部と同じ基準応力以下となるよう設計しているため、チューブ材の耐久性については問題ないといえる。

また、一定の圧力を加えても内径の膨らみ量が(肉厚によって)変化するバテッドチューブでは、チューブ内をピストンが通過した場合のピストンシールの異常摩耗やはみ出しが懸念された。よって、圧力をかけた状態での所定の摺動試験で確認を行った。その結果、ピストンシールの摩耗やはみ出し、及び内部漏れもなく、シリンダは継続使用可能な状態であったことから、当懸念点についても問題なしと判断した。

4.2 素管表面の傷の影響

社内の研究により、一定以上の深さの傷がある素管(写真5, 図5)をスピニング加工すると、写真6のように傷部が捲れることがわかった。そのようなチューブに圧力が加わった場合、傷が起困となって破壊してしまうのではという懸念があった。

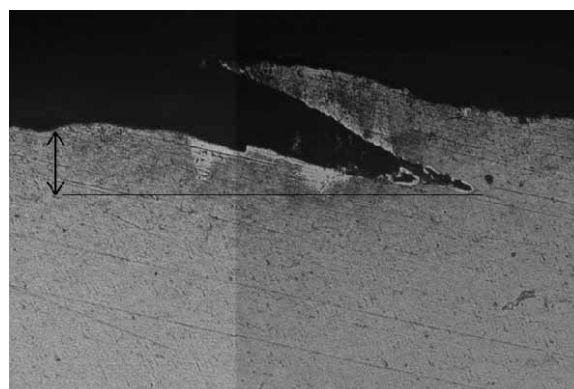


写真6 スピニング後のA-A'断面

そこで、素管メーカー殿にて許容される最深の傷を故意に素管表面へ付けてスピニング加工を行い、傷部に圧力が掛かるように中間固定パルス試験を実施した(写真7)。結果は、傷部からの破損はなく、シリンダの耐久基準もクリアしたため問題なしと判断し



写真7 中間固定パルス試験の様子

た。

4.3 座屈

薄肉化により、チューブの断面積が減る分シリンダ全体の座屈強度は低下する。しかし、建機用油圧シリンダの過去実績より導き出した最低座屈安全率を確保するよう設計している。

4.4 内径精度

バテッドチューブは、3項で述べたようにチューブ外面をローラで押し付けながらスピニング加工するため、スピニング加工後のチューブ内径は直管と比較すると不均一である。これを、通常のスライピング及びローラバニシング加工で仕上げた場合、直管と同等の精度が確保できるかが心配された。

結果、スライピング加工狙い値を調整することで、安定した内径精度確保が可能と確認できた(図6、図7)。

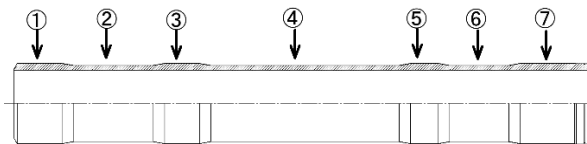


図6 内径測定位置

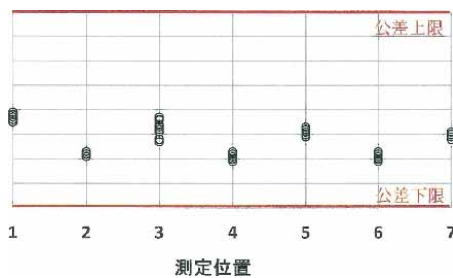


図7 スライピング後の内径測定結果

4.5 塗装密着性

スピニング加工を行ったチューブの表面は、写真9のように微小なローラフィードマークが残る。これを塗装した場合の塗装の密着性の確認を行った。

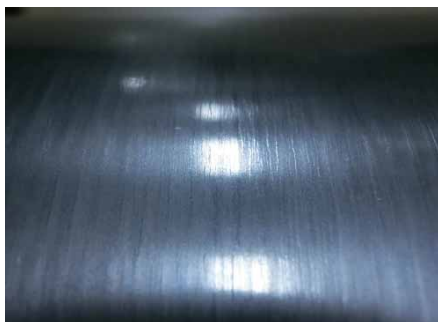


写真9 バテッドチューブ表面

当確認は、JIS K 5600-5-6クロスカット試験(写

真10) に準じて直管との比較を行った。結果として、直管とバテッドに差異はなく、塗装密着性は問題なかった。

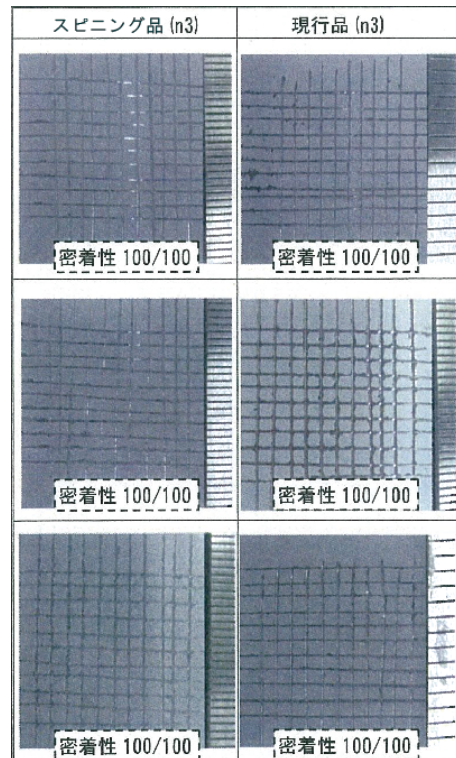


写真10 クロスカット試験

以上の確認結果より、バテッドチューブは油圧シリンダ用部品として十分な耐久性及び性能を有していることが確認できた。

5 量産採用事例



写真11 バテッドチューブ搭載機¹⁾
(ヤンマー建機様 ViO20-6)

バテッドチューブは2018年7月より量産を開始。その一例としてヤンマー建機様のViO20-6(写真11)用シリンダにおいては、直管を使用した場合と

比べて下記の軽量化を実現した。

ブームシリンダ : ▲4.2%
アームシリンダ : ▲4.7%
バケットシリンダ : ▲6.4%
スイングシリンダ : ▲6.4%

6 おわりに

バテッドチューブは、耐久性や品質に関する全ての評価を完了し、2018年度下期より量産を開始している。従来の建設機械用油圧シリンダにはない取り

組みであったため、社内外から多くの心配点が挙げられたが、それらをひとつひとつ払拭し、自信を持ってお客様に提供できる製品となった。本バテッドチューブに倣い、今後もYSらしい独特かつ魅力ある製品を開発・提供していきたい。

最後に、多くの社内外関係者様に御協力を頂き、バテッドチューブの量産を開始することができたこと、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

1) ヤンマー建機：ViO20-6カタログ（2018年10月）

著 者



平井 達也

2013年入社。KYB-YS(株)設計部設計課。シリンダの開発・設計に従事。

随筆

InnoTrans2018視察記 (国際鉄道技術見本市)

作 田 敦

1. はじめに

世界最大の国際鉄道技術見本市であるInnoTrans(以下、イノトランス)が2018年9月18日～21日にドイツの首都ベルリンで開催された(写真1)。海外鉄道技術協力協会(JARTS)の一員として視察する機会に恵まれたので、その印象などについて紹介する。

2. イノトランスについて

イノトランスは1996年の初開催以降2年毎(偶数年)に開催され、今回で12回目となった。会場は貨物引き込み線があり、実車展示ができるメッセ・ベルリンが毎年選ばれている。出展規模も年々拡大傾向にあり、今回も過去最大となった。

【参加国数】61ヶ国

【出展社数】3,062社

【来場者数】16万人以上

【総展示面積】約200,000㎡



写真1 会場エントランス

3. 出展状況

3.1 海外メーカーの出展状況

主要な出展者として、アルストム社、シーメンス社(写真2)、ボンバルディア社のビッグスリーが屋内外における存在感を発揮していた。各社共に屋内ブースは商談の場としての要素が強く見受けられ、模型やパネル、モニタ等による製品説明と共に商談ブースのスペースも広く確保され、盛況であった。

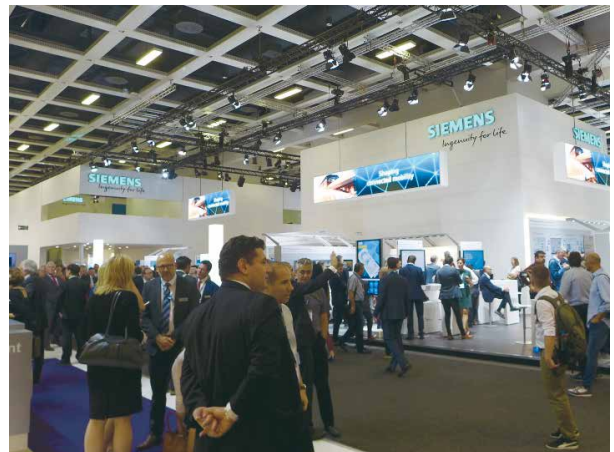


写真2 海外車両メーカー展示ブース

屋外においては、各社様々なカテゴリーの車両を展示しており、ビッグスリーだけでなく、それ以外の車両メーカーも多くの人を集めていた。欧州の都市で運行されていることが多いトラムトレイン(写真3)も複数の車両が展示されており、低床化構造を覗き込む技術者も何人か見受けられた。また、蒸気機関車の試乗体験などもあり、行列となっている光景が見られた。

鉄道事業者も欧州各国を中心に開催しており、開催国の事業者であるドイツ鉄道(Deutsche Bahn AG)では、複数のブースを擁して、運行からメンテナンスまで展示をしており、力を入れていると感じた。



写真3 ترامトレイン



写真5 CFRP適用車両外観

部品メーカーは実部品の展示を中心にブースが構成されているところが多く、台車や車体の内部に配置されている部品もよく観察できる環境にあった。商談の盛り上がりで見ると、部品メーカーよりもメンテナンスやインフラに関するメーカーの方が人の途切れが少なく、このような展示会での出展がビジネスに繋がる環境にあるものと考えられる（写真4）。他にはインテリアや建設に関する企業も多数出展しており、総合展示会の様相が随所に見られた。



写真4 海外メーカー商談スペース

欧州以外では、世界最大の車両メーカーである中国中車（CRRC）社の展示車両が、人の流動性が最も高いと思われる場所を確保し、車体や台車等にCFRP（炭素繊維強化プラスチック）を採用した次世代地下鉄において注目を集めていた（写真5）。内部のレイアウトやデザインも普段日本国内で目にする車両とは大きく異なっており、デザインは自動車のモータショーで見られるようなショーカーのようにLEDを多用し、内部も試作車両ということを差し引いても、内装やディスプレイなどから未来を感じさせる内容に目を留める人が多くみられた（写真6）。



写真6 CFRP適用車両内部

3.2 日本メーカーの出展状況

日本鉄道システム輸出組合（以下、JORSA）による共同出展を中心に、鉄道事業者、車両メーカー、部品メーカーが数多く出展していた。JORSAでは日本メーカーでワンフロアを占有し、メイドインジャパンを強くアピールできているものと感じた（写真7）。鉄道事業者では、在来鉄道、高速鉄道、磁気浮上式鉄道を軸に、運行システムから車両技術まで幅広い展示が行われ、運転シミュレータのあるブースでは

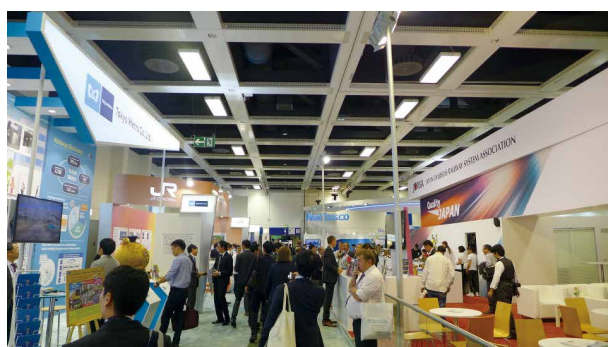


写真7 JORSAブース

体験待ちの行列も見られるなど、日本ならではの先端技術が十分に表現されていた。

また、JORSAブース以外にも、要素機器部品メーカを多く目にする事ができ、日本のモノづくりが世界に浸透していることを、改めて感じることができた。

鉄道車両の展示は、(株)日立製作所殿のイタリア向け車両が日本の車両とは異なるコンセプトで製作されており、現地メーカとの融合の成功例であると感じた(写真8, 9)。



写真8 国内メーカ車両外観



写真9 国内メーカ車両内部

3.3 鉄道用ダンパ動向

KYBの鉄道用機器は、ダンパ、ブレーキ、空圧バルブ等があるが、本展示会で出展数の多かったダンパの動向についてみると、日本のダンパメーカの展示はなく、新日鐵住金(株)殿の電動機械式アクチュエータ(EMA)が見られた。

また、日本での鉄道用ダンパは、分解可能でメンテナンス性を考慮した構造が主であるのに対して、海外メーカの鉄道用ダンパは、自動車用の様に非分解構造を適用している部分が多く見られ、鉄道運行

に関する考え方に日本と海外の違いがあると感じた。

ダンパメーカで目を引いたのはZF社とKONI社で、両社とも自動車用ダンパを製造しており、自動車用に適用されているセミアクティブダンパと周波数感応式ダンパを鉄道用に適用した製品を展示していた。どちらの技術もKYBにおいても量産化しているものとなる。ZF社の外付式三重管セミアクティブダンパ(写真10)は、減衰力を可変させることで乗心地を向上させるアイテムであるが、外筒から突出するバルブの体格が搭載要件の厳しい自動車用の技術を流用していると考えられるコンパクトな構成となっていることが確認できた。



写真10 外付式三重管セミアクティブダンパ

KONI社の周波数感応式ダンパは、高周波で減衰力を低く、低周波で減衰力を高く設定することで、高周波入力に対する振動低減と低周波入力に対する制振性確保の両立を図るものである(写真11)。



写真11 周波数感応式ダンパ

4. その他

欧州鉄道視察として、パリ・ベルリン間の鉄道に乗車し、日本と欧州の鉄道の違いについて感じた内容について紹介する。

4.1 パリ地下鉄(写真12)

自動運転を実施している1号線に乗車、加減速時の衝撃が日本の地下鉄に比べて大きく、手すり等につかまらないと体が動かされる状況であった。左右

の揺れは日本の鉄道と遜色ないレベルで、上下振動はゴムタイヤを適用していることから日本の鉄道よりも良好に感じた。



写真12 パリ地下鉄

4.2 Intercity-Express (ICE) (写真13)

日本の鉄道は新幹線と在来線の軌間（2本のレールの間隔）が異なるが、ドイツではICEと在来線の軌間が同じ規格で統一されている。ICEが在来線と同じ線路を走行する低速区間とICEのみが走行する高速区間とがあり、ケルン・ベルリン間におけるICEの最高速度は250km/h程度であった。



写真13 ICE

低速区間ではゆったりとした動きであり、着座している状態では乗り心地は良いと感じたが、通路を歩くと体が動かされる場面もあった。高速区間では振動が大きくなったことがはっきりと感じられ、左右だけでなく上下振動も日本の新幹線より大きく感じた。

4.3 ベルリンSバーン (写真14)

高架区間が多いSバーン（都市及び近郊部の地上鉄道）の環状線に乗車。パリ地下鉄と同じような前後左右の振動に加え、鉄輪のため上下振動はパリ地下鉄よりも大きいと感じた。



写真14 ベルリンSバーン

5. おわりに

イノトランスは、日本の展示会では考えられない程の国際色豊かなものであり、鉄道技術の裾野の広さを感じることができた。各分野の製品開発を目の当たりにした今回の経験を活かして、エンドユーザ、鉄道事業者、車両メーカーの価値向上に貢献していきたいと感じた。

最後に、今回の視察に当たりお世話になりました海外鉄道技術協力協会及びご同行の皆様にお礼を申し上げますとともに感謝いたします。

著者



作田 敦

2005年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部相模油機技術部鉄道・緩衝器設計室。鉄道用油圧機器の設計に従事。

極低スパッタアーク溶接法の開発

羽 場 敬 一

1 はじめに

自動車用ショックアブソーバ（以下SA）（図1）は、作動油を内包する外筒と、作動油中にて減衰力を発生させるピストンを締結したピストンロッドを主要部品として構成されている。SAは車種ごとの多様な形状に対応するため、車体取付のためのナックルブラケットやコイルばねを支えるためのスプリングガイドなどのプレス部品をパイプ状の外筒に接合している。この接合には多くの溶接技術が使われており、KYBの中でもコア技術の一つに位置付けられている。

しかし、主な溶接加工法の一つである、アーク溶接では加工中に発生するスパッタと呼ばれる金属粒が飛散し、製品に付着して不具合を引き起こしたり、火災リスクの元となる。そこで溶接中のスパッタ発生量の極少化を目指して、新溶接法をSA加工工程に適用すべく開発を行った。本報では、この開発について紹介する。

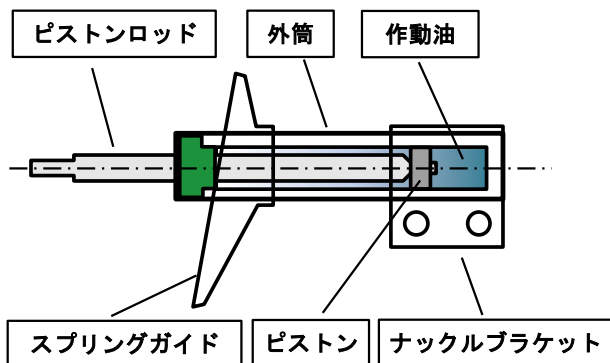


図1 ストラット型SA概略図

2 対象部品と工程

- ①対象部品：ストラット型SA用外筒，ナックルブラケット，スプリングガイド
- ②対象工程：溶接工程

3 スパッタに関するこれまでの取組と問題点

従来、SA部品の溶接には、シールドガスに炭酸ガスを用いるCO₂溶接を行っていた。この工法では、溶けたワイヤを被溶接物に移行させる溶滴移行の形態が短絡移行であり、電磁ピンチ力^{注1)}によってワイヤの短絡を解放する際にスパッタが多く発生する（図2）。一方、シールドガスにある割合でアルゴン（以下Ar）を混合したMAG溶接では、溶接電流300A以上で溶接するとスプレー移行となり、スパッタが激減する（図3）。

注1) 電流と磁力によりワイヤの短絡部分の中心方向に働く力

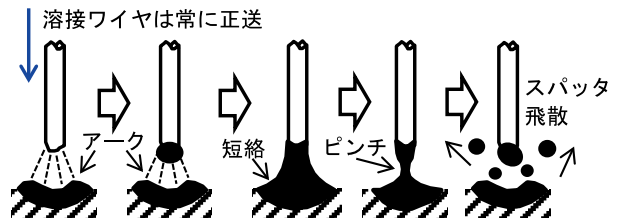


図2 短絡移行模式図（CO₂溶接）

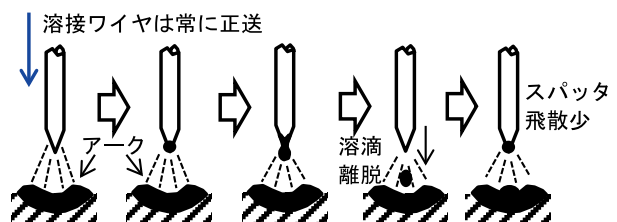


図3 スプレー移行模式図（MAG溶接）

また、電流出力波形をパルス状にすることで、実効電流が低い領域でもスプレー移行を実現するパルスMAG溶接法がある。そこで、当社でもスパッタ低減が図れる工法として、パルスMAG溶接をストラット型SAの溶接に展開してきた。ただし、このパルスMAG溶接でも溶接開始時と終了時は短絡移行になり、スパッタの発生が避けられない。また、SAの外筒は直径50mm程度であり、これに接合する

ナックルブラケットやスプリングガイドなどの必要溶接長は1カ所あたり30mmから150mm程度、時間にして数秒から十数秒程度である。1つの製品を加工するために頻繁に溶接開始、終了を繰り返しており、スパッタが生じる機会も多い。このため、溶接工程は完全隔離の専用工程とする必要があり、加工ラインのレイアウト上での制約事項となっている。

また、溶接機の設備内も加工する製品や設備可動部へのスパッタ付着防止のため、多くの遮蔽板などを設置する必要がある。

4 極低スパッタ溶接法の選定

4.1 対象工法について

上記の課題を解決するために、スパッタ発生量が極小化できる新しい溶接法の評価を行った。適用を検討した工法は「ホットワイヤTIG溶接」と「ワイヤ正逆送アーク溶接」である。

「ホットワイヤTIG溶接」法は、スパッタレスでの溶接が可能だが、加工速度が遅いTIG溶接^{注2)}に通電加熱したワイヤの溶融池への供給を組合わせた工法である。これにより通常のアーク溶接同等の溶接速度及びワイヤ溶着量を確保しつつ、スパッタレスを狙った工法である(図4)。

「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、ワイヤ正送で短絡移行したのちの短絡開放をワイヤの逆送により機械的に行う工法である。これにより、電磁ピンチ力での短絡開放時のスパッタ発生を回避しつつ安定した溶滴移行を狙った工法である(図5)。

注2) 電極にタングステンをを用いたアーク溶接の一種



図4 ホットワイヤTIG溶接概略図

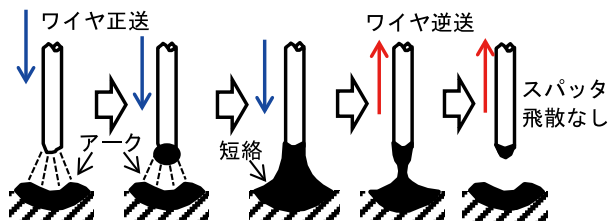


図5 ワイヤ正逆送アーク溶接概略図

前者は広島大学材料接合工学研究室の研究設備を、後者は市販の溶接メーカーの溶接機3種類を用いて比

較検証トライを実施した。

4.2 シールドガスについて

アーク溶接では、溶融金属を大気から遮蔽することと、アークを安定させる目的でシールドガスが用いられる。現状、SA部品の溶接に適用しているパルスMAG溶接では、スプレー移行を実現し、スパッタ量を抑制するために、Ar80%と炭酸ガス20%の混合ガスを用いている。

また、シールドガスは主にその比熱の差の影響で溶接時の溶け込み形状に差が生じる特性がある。一般的にArの比率が高ければ溶け込みは浅く、炭酸ガスの比率が高いほど溶け込みは深い(図6)。

	シールドガス成分	
	CO ₂ 100%	Ar80%-CO ₂ 20%
すみ肉溶接断面		
電流250A		
溶接速度100cm/min		

図6 シールドガスによる溶け込み形状の差

「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、ワイヤへの通電による電磁ピンチ力での短絡開放ではなく、機械的なワイヤ逆送による短絡開放形態をとる。このため、総じて入熱量が低く、溶け込み深さが浅くなりがちである。このため、「ワイヤ正逆送アーク溶接」法と混合ガスの組合せでは溶け込み深さの確保が難しい。

一方、「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、溶滴移行を機械的に行うため、シールドガスにArを混合しなくてもスパッタ発生量に影響がない。むしろ、炭酸ガス100%で施工したほうが溶け込み深さも深くなり、スプレー移行しない特性から高電流域まで使用でき、SAなどの自動車足回り強度部品の溶接に好適と考えられる。そこで、今回の工法選定では炭酸ガス100%のシールドガスを用いて溶接を行うこととした。

4.3 比較選定の結果

比較選定を行った工法の中では、「ホットワイヤTIG溶接」法がスパッタの発生が皆無であり、スパッタレスという点では最も優れていた(図7)。しかし、条件設定項目が多く、また互いに影響するため最適条件の導出が難しいこと、溶け込み深さが浅く、シールドガス変更や熱源追加などの対策が必要なこと、トーチ周りが複雑で大きく実製品の狭い部分の溶接には専用トーチの開発が必要、といった課題があっ

た。このため、SAの溶接工法としての採用は見送った。「ワイヤ正逆送アーク溶接」法については、トーチ周りはほぼ現状溶接工法と同等の構造・寸法であり、実製品溶接に際しても問題はない。また、溶け込み深さや条件余裕度についても、改善は必要であるが許容できるレベルにあることが確認できた。

要素テストおよび実製品でのテストを通して、各社の工法で正逆送の制御の違いを確認し、溶接品質の調査を行った。比較検証の結果、SAの溶接に必要な溶接速度、ワイヤ溶着量、溶け込み深さといった溶接品質とスパッタ量の低減が高いレベルで実現できた溶接機を選定した。

選定した溶接機の要素実験段階でのスパッタ発生量は、現状溶接法の1/20の少なさであった。

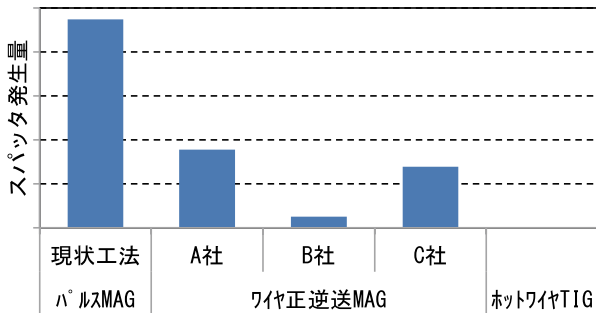


図7 要素テストでのスパッタ発生量比較結果

5 極低スパッタ溶接法の開発

選定した溶接法を用いて、溶接対象となる様々な形状の部品に適用でき、量産時のバラツキを許容できる工法とすべく、開発を行った。以下にその開発内容の一部と結果を紹介する。

5.1 溶接条件の適正化について

今回採用した「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、その原理上入熱量が少なくなるため、シールドガスを炭酸ガス100%とすることで溶け込み深さの向上を狙っている。しかし、従来溶接法と同じ溶接姿勢、トーチ角度では狙い位置ずれなどのバラツキに対する許容度、ロバスト性が十分確保できなかった。そこで、各部位の溶接について、被溶接物の姿勢から見直すこととした。溶接条件を検討する際には、溶接時の電流・電圧などの出力波形の計測と併せて、高速度カメラを用いて溶接プロセスを可視化し、解析を行った(写真1)。

これにより、溶接する部位の形状に適したトーチ姿勢や溶接のスタート、終了条件を確実に適正化することが可能となり、溶接品質を確保しつつスパッタ量の低減が達成できた。また、従来溶接法と同等のロバスト性の確保を達成し、SA加工工程に適用

できる溶接技術として確立できた。

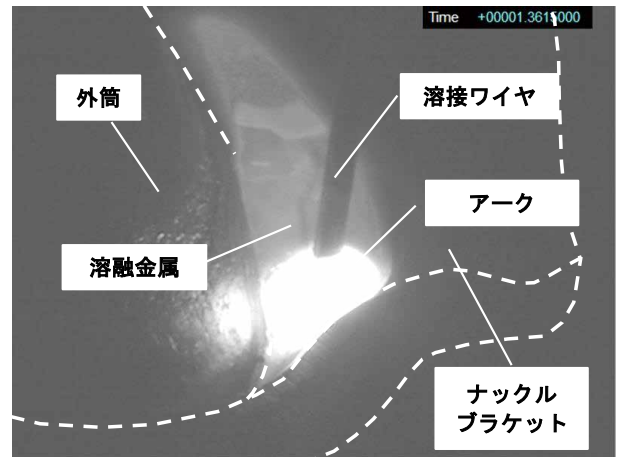


写真1 溶接プロセス可視化事例

5.2 溶接ワイヤの選定について

シールドガスを炭酸ガス100%とすることによる弊害の一つにスラグ^{注3)}量の増加がある。溶接中はシールドガスの炭酸ガスがCOとO₂に分解し、熔融金属中に酸素が取り込まれる。取り込まれた酸素分を除去するため、ワイヤに予め添加したSiやMnといった脱酸成分と結合させ、SiO₂やMnOをスラグとして熔融金属の表面に浮かび上がらせることで、熔融金属中の余分な酸素を取り除く(写真2)。

注3) 溶接ビード表面に生じる非金属物質

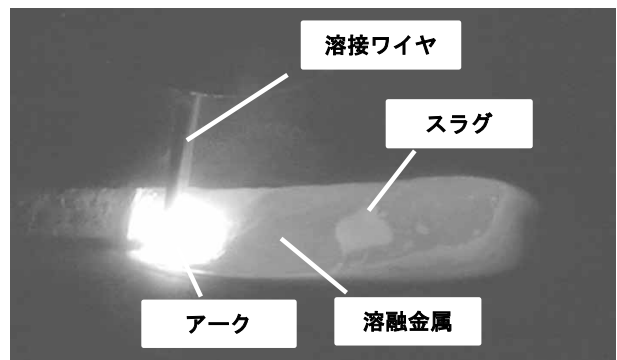


写真2 溶接中のスラグ発生状況

スラグは溶接金属の強度を保つために必要不可欠ではあるが、ビード上にガラス状の薄膜として残留するため、後工程の電着塗装において、塗料の密着不具合の原因となり得る(写真3)。

市販の溶接ワイヤは強度要件だけでなく、溶接工法別に多くの種類が用意されている。含まれる脱酸剤の種類や量も様々であり、スラグの出方も様々である。そこで、数種類のワイヤを用いて溶接を行い、スパッタ量だけでなくスラグ量、スラグの出方の調査を行い、絞り込みを行った。更に、実製品にて溶接を行い、実際の量産工程で塗装テストを行い、ス

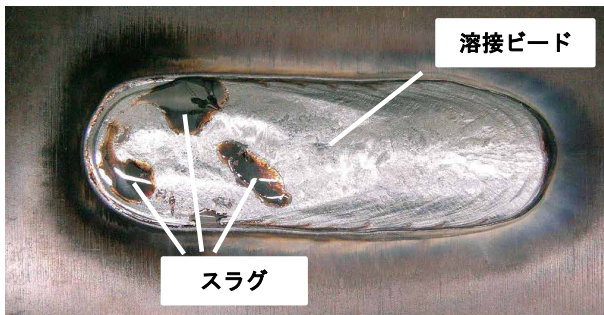


写真3 溶接ビード上に残留するスラグの状況

スラグの出方が問題とならないワイヤを選定した。

5.3 開発結果について

開発の結果、実製品を溶接した際のスパッタ発生量は従来工法であるパルスMAG溶接比で約1/10とケタ違いのレベルを達成することができた。要素テスト段階と比較してスパッタ低減量に差が生じたのは、後述の複数台での同時溶接の影響である。この極低スパッタ化により、当該工法を採用した新ラインでは、溶接エリアを隔離せず、他の工程と並べてのレイアウトが可能になり、設備のコンパクト化が達成できた。

6 残された課題について

実ラインではマシンサイクルタイム短縮のため、複数個所同時溶接が必要である。この同時溶接時にスパッタ量が増加してしまう問題点が発生した。理由は、複数台での同時溶接時にお互いの電源制御が干渉してしまい、正逆送制御に乱れが生じるためである。この問題点については電源ケーブルの接続方法の見直しなどで多少の改善はみられたが、抜本的な解決には電源制御の適正化が必要である。そこで、溶接機メーカーに不具合現象や波形データを提示し、過干渉を抑える制御方法の開発を依頼中である。

7 おわりに

本報で開発した溶接法で、大幅なスパッタ量の低減を達成し、新ラインへの量産展開ができた。従来技術で問題となっていた製品へのスパッタ付着不具合や、火災リスクの低減が図れたと感じている。今後はこの技術を多くの溶接工程に応用し、安全で高品質な生産ラインの実現に貢献したい。最後に、これまでの実験や量産導入で御指導、御協力頂いた関係者の方々に、厚くお礼申し上げます。

著者



羽場 敬一

1994年入社。技術本部生産技術研究所第一研究室主幹研究員。溶接加工の研究開発に従事。

ギヤポンプの部品加工ラインの構築

水 沢 達 哉

1 はじめに

KYBの熊谷工場で生産しているギヤポンプ（写真1）はフォークリフトをはじめ産業車両に搭載されている。ギヤポンプを構成している主要部品の一つであるドライブギヤとドリブンギヤ（以降ギヤ）（図1）は、作業者による熟練作業で生産されているため、段取りミスや測定忘れ等のヒューマンエラー発生リスクがある。また、昨今の少子高齢化により今後の作業者の確保が困難であること、人から人へ作業を伝承する度に作業内容が変化するリスクがあることより、熟練作業を最小限にする必要がある。

今回構築したギヤ加工ラインは、ロボットにより段取り情報や品質確認のタイミングと異品混入の判定を管理させることで、ヒューマンエラー発生を低減した。また、品質確認は検査支援システム（後述）を導入し、測定値の管理と測定結果の判定を自動で行う仕組みを構築した。更にプログラム段取りを自動で行うことでヒューマンエラー防止を行った。

また、本ラインは切削加工工程となっているため切削油の飛散しやすい環境となっている。ライン周辺に切削油が飛散すると、滑りやすくなり転倒の危



写真1 ギヤポンプ外観

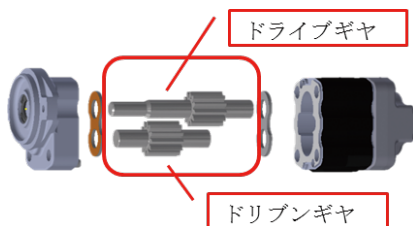


図1 ギヤポンプ構造

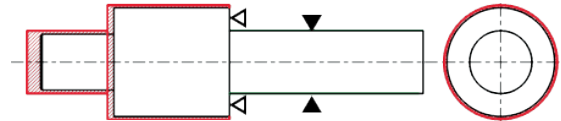
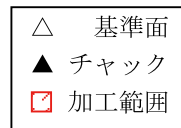
険源ともなる。そのため、今回は工場の床面を汚すことのないラインを構築する必要がある。

2 加工方法

ギヤは下記工程により製作されている。

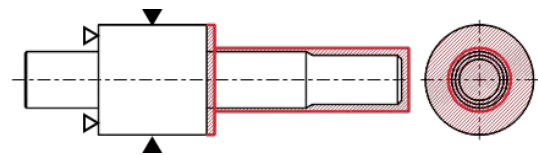
①NC旋盤1

短軸及び太軸部の外径、端面切削加工



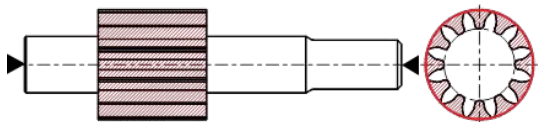
②NC旋盤2

長軸側外径及び端面の切削加工



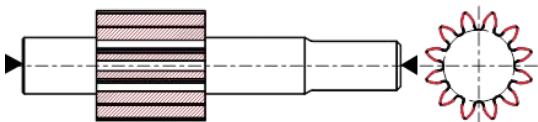
③ホブ盤（メインギヤ）

ギヤを成形する荒切削加工



④シェービング盤

ギヤの表面形状を整える仕上げ切削加工



⑤ホブ盤（スプライン）

長軸側先端にギヤ形状を形成する切削加工

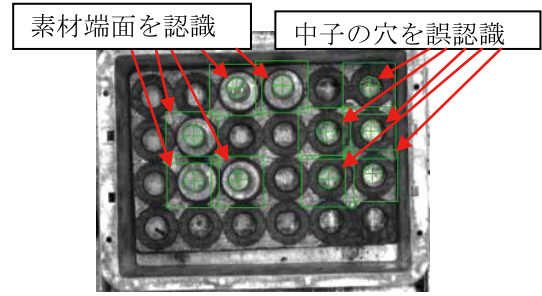
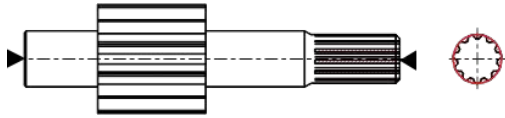


写真2 2Dカメラ映像

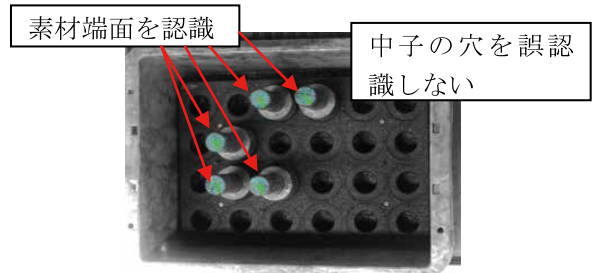


写真3 3Dカメラ映像

3 目的

- ①ヒューマンエラーを排除すること。
- ②切削油の飛散を低減し、安全を確保すること。

4 目標

- ①ラインクレーム [0件/年]
- ②労災 [0件/年]

5 ライン構成

ヒューマンエラーを排除するためにロボット搬送ラインとした(図2)。上流側ロボットは素材取り出し～ホブ盤投入まで、下流側ロボットはホブ盤取り出し～完品投入までを担う。

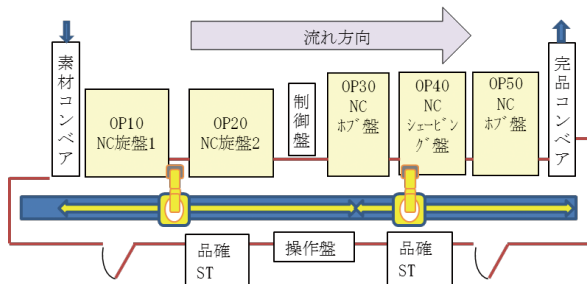


図2 ラインレイアウト

表1 各設備の脱着姿勢

設備	NC旋盤1	NC旋盤2
脱着姿勢	 横姿勢	 横姿勢
設備	ホブ盤（メインギヤ）	シェービング盤
脱着姿勢	 縦姿勢	 横姿勢
設備	ホブ盤（スプライン）	
脱着姿勢	 縦姿勢	

6 自動運転の安定化

6.1 3Dカメラによる素材検知

素材は素材箱で中子に立てられて並んでいる。2Dカメラで素材認識すると、取り出し後の中子の穴を素材と誤認識し、ライン停止の原因となる(写真2)。本ラインでは3Dカメラを使用することで高さを検知し、誤認識を防止している(写真3)。また、2Dカメラでは素材毎にプログラムを用意する必要がある。3Dカメラでは高さを検知することで1プログラムで複数の素材に対応可能とした。

6.2 ロボットハンドの3チャック構造

各設備でのワーク脱着時は、縦姿勢と横姿勢がある(表1)。通常の自動搬送ラインでは、取り付け用と取り出し用の2チャックしか設けておらず、ワークの着脱姿勢が変わるとロボットハンドを交換

する必要がある。そのため、ハンド交換にはハンド交換位置への精密な位置決めと置き場が必要であり、ハンド交換時間がかかることがネックとなる。本ラインでは1ハンドで縦横姿勢に対応するため中央に縦姿勢用チャックを追加し、3チャックをコンパクト

トに配置することでハンド交換不要な構造とした(写真4).

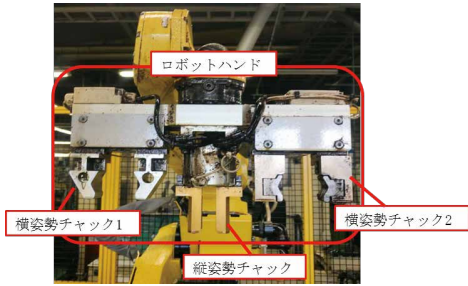


写真4 ロボットハンド外観

6.3 NC旋盤搬入ミス低減

NC旋盤1工程で使用しているチャックはワークをクランプする際に長手方向に引き込む動作をする。ロボットで搬入する際は、ロボットがワークを掴んだ状態で引き込まれるため、負荷がかかりアラームとなってしまう(図3)。本ラインではソフトフロート機能^{注1)}を導入し、アラームを回避している。

注1) ロボットアームにかかる負荷を検知して、負荷に応じ倣い制御する機能

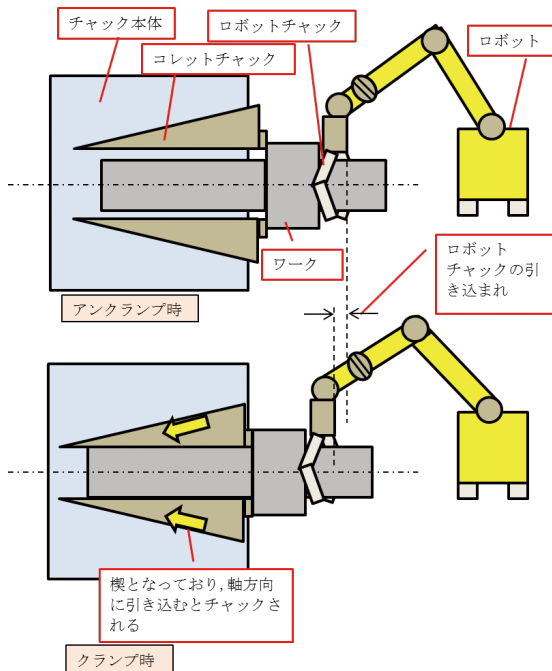


図3 NC旋盤1工程クランプ時の動作

6.4 プログラム段取りの自動化

本ラインの段取りは大段取り(治具、プログラム変更)と小段取り(プログラム変更のみ)が存在する。各設備の治具情報は番号化して管理しており、ロボットに登録する際に品番と治具情報、プログラム情報を紐付けて登録している(写真5)。作業者は加工予定の品番を登録する際に、後補充かんぱん

に記載されたバーコードを読み込む(写真6)。するとロボットは加工予定の品番と現在の品番の治具情報を照合し、治具段取りの有無を自動で判断する。判断結果によりプログラム段取りは自動で行い、治具段取りは全工程を経て払い出しを行う。

手流しラインでは段取り時のプログラム選択ミスによる設備衝突を回避するために、ワークを全て払い出している。本ラインでは、プログラム段取りの自動化により順次段取り^{注2)}を可能とした。

注2) 加工時間を利用して次の設備の段取りを実施する。ライン内に2品番が存在すると手作業では異品取り付け、プログラム選択ミスのリスクが生じる。



写真5 品番、段取り情報登録画面



写真6 品番情報読み込みの様子

6.5 ロボットプログラム管理の容易化

ロボットプログラムの構成は、品番毎に1プログラムを設けることが多い。そのため新規品番立ち上げの際は、ティーチングポイントを現場で教示する作業が必要である。今回用意したプログラムは代表1機種分であり、その他の品番を代表機種からのオフセット分のみ入力することで対応可能な構造とした(図4)。これにより図面から数値を入力し、PC上でシミュレーションすることが可能となり(図5)、ティーチングポイントの変更や新規品番の立ち上げ時のヒューマンエラー低減を図った。

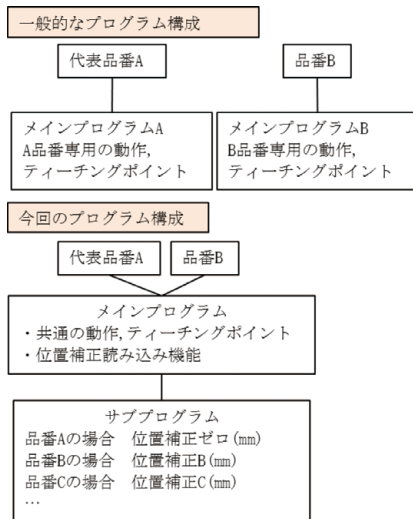


図4 プログラム構成説明

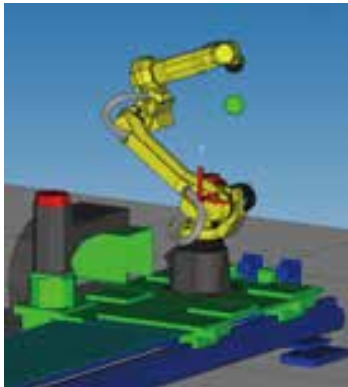


図5 シミュレーション画面

7 品質確保

7.1 異品検出

ギヤ素材は類似形状が多く、素材箱に異品混入する可能性がある。手流しラインでは、全数を全長確認治具にセットして目視確認していたが、見間違いのリスクが生じる。本ラインでは箱から取り出した後、ロボット台車に設置された計測シリンダにて全長測定を行うことで異品を加工機へ取り付けを防いでいる(写真7)。



写真7 素材全長測定の様子

7.2 NC旋盤負荷監視

NC旋盤1, 2工程において工具の使用過多で“欠け”が発生する可能性がある。ロボット搬送の場合、工具が欠けても生産を続けることで大量不良の恐れがある。そこで今回はNC旋盤の負荷監視機能を設定した。これは送り軸にかかる負荷を監視し、閾値を超えたら停止させる機能である(写真8)。欠けた工具で切削を行うと送り軸に負荷がかかるために停止する。これにより、加工不良の大量発生を防ぐことが可能となった。

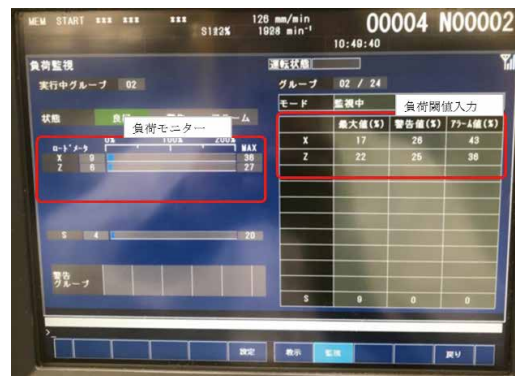


写真8 負荷監視機能設定画面

7.3 ギヤ幅寸法精度確保

ギヤ幅の寸法精度は、NC旋盤2工程でギヤ側面を基準当て止めに密着することで精度が決まる。従来の手流しラインでは人力の加減で密着を確認し、精度を確保していた。しかし、ロボットで着脱する場合、基準面への密着の確認ができない。そのためチャックに着座確認機能^{注3)}を設けてギヤ幅不良を防止した(図6)。

注3) チャック側基準当て止めからエアを出し、圧力監視することで密着確認を行う。

7.4 初品自動管理

品番切り替わり時の初品は一目でわかるように初品ランプを設けて“見える化”した。初品検査時は順次段取り機能と連携し、ワークを自動で品質確認ステーションに置く仕組みとした。これにより検査支援システムと組み合わせて、初品検査漏れがなく確実に初品を管理できる仕組みを構築した(図7)。

7.5 検査支援システムの導入

従来は全測定項目を手作業で測定し、初物終物チェックシートに転記して作業者が可否を判定していた。今回は検査支援システム^{注4)}を導入し、転記ミスや測定値の見間違いによる判断ミスを防止した(写真9)。

注4) 測定器と検査支援システム端末で測定値を通信することで判定を自動で行うKYBの社内システム。測定データはネットワーク上に保管される。

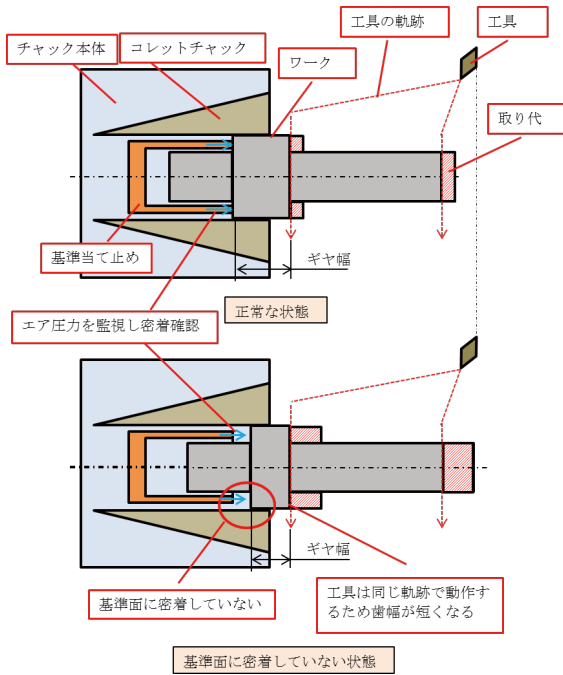


図6 着座確認機能説明図

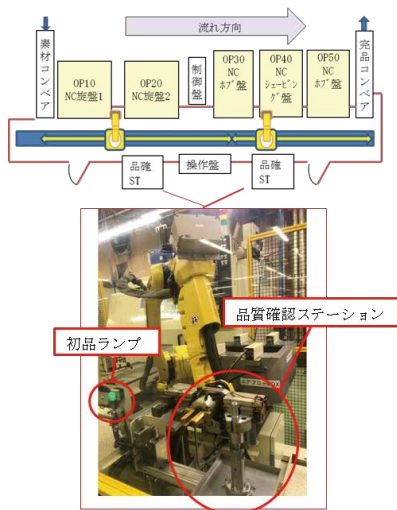


図7 品質確認ステーション



写真9 検査支援システム利用の様子

8 環境・安全性

ワークに付着した切削油の油垂れ防止のためにエアブローBOX (写真10) とオイルパン (写真11) を設けた。エアブローBOXはロボットが積載された搬送台車に取り付け、搬送中にエアブローを実施している。またエアブローBOXに移動する間の油垂れをオイルパンで受けて油の飛散を防止した。



写真10 エアブローBOX



写真11 オイルパン

9 結果

- 2018年2月より量産稼動し、下記目標を達成中。
- ①ラインクレーム [0件/年]
 - ②労災 [0件/年]

10 今後の展開

本技術を活用し、他ラインの自動化に展開、発展させる。

11 おわりに

本ラインの目的であるヒューマンエラーの排除と環境改善の目的は、搬送の自動化や検査支援システムの活用と、搬送時間を活用したエアブローで達成できた。

今回の自動搬送ラインの構築は、ギヤポンプのギヤ加工ラインとしては初の試みであり、今後の他ラインへの横展開への足掛かりとして大事な経験を得られたと感じる。

最後に、本ラインの構築にあたり、多大なるご支援とご指導をいただいた関係者及び関係部署の方々にこの場を借りて厚く御礼を申し上げます。

著者



水沢 達哉

2009年入社. ハイドロリックコン
ポーネンツ事業本部相模工場生産
技術部生産技術課熊谷駐在. 主に
ギヤポンプの工程設計に従事.

「フォークリフト用リフトシリンダ」

「フォークリフト用リフトシリンダ」(p. 35)に記載

KYB技報編集委員 中野 智 和

1

マストとリフトシリンダ

KYBで生産されるフォークリフト用リフトシリンダKCFL(KYB Cylinder Forklift Lift)シリーズは、フォークリフトのマスト機構、及びリフト作業性に適合した設計となっております。各種マスト方式とリフトシリンダの設定について説明します。

1. 標準マスト

概要図を図1に示します。

一般的なフォークリフトに使用するマストタイプであり、動滑車を用いることでフォーク(爪)はリフトシリンダのストロークの2倍上昇します。

多くの場合、単動・ピストンシール型のリフトシリンダが2本使用されます。標準マスト用リフトシリンダは、後述する3段フルフリーマスト用の2ndシリンダと同構造であることから、当社では標準マスト用シリンダも2ndシリンダと呼んでいます。

2. 2段フルフリーマスト

概要図を図2に示します。

アタッチメント装置の1つであり、マストを2段階作動させる機構となっています。

リフト作動の1段目をフルフリー作動と呼び、マストの全高を変えずに特定の揚高までフォークを上昇させることが可能です。フルフリー作動用シリンダ(1stシリンダ)の受圧面積を2ndシリンダより大きくすることにより、1stシリンダが先に作動する構造となっています。

シリンダの作動順序より、当社ではフルフリー作動用シリンダを1stシリンダ、2段目以降作動用シリンダを2ndシリンダと呼んでいます。

1stシリンダには、多くの場合、単動・ピストンシール型のリフトシリンダが1本使用されます。

1stシリンダが伸び切ると、続いて2ndシリンダが作動しますが、2段目に動滑車は用いられておらず、2段目作動時は1stシリンダ本体がインナーマストと一緒に上昇します。この際、1stシリンダのポート部と2ndシリンダのロッド先端部との距離関係は変わらないこと、及び多くの場合、シリンダに要求される推力：小であることから、2本ある2ndシリンダの片方にロッド内配管型のラム型シリンダを用いることで、油圧ホースの取り回しが簡易化されます。

3. 3段フルフリーマスト

概要図を図3に示します。

2段フルフリーマストと同様にマストを2段階作動させる機構ですが、2段目の作動に動滑車が用いられており、2段目の作動は標準マスト同様に上昇します。上昇するマスト部を含めてマストは3段構えとなることから、3段フルフリーマストと呼ばれます。

作動原理についても2段フルフリーマストと同じく受圧面積差を利用しており、1stシリンダには単動・ピストンシール型が通常1本使用され、2ndシリンダには標準マストと同様に単動・ピストンシール型が2本使用されます。

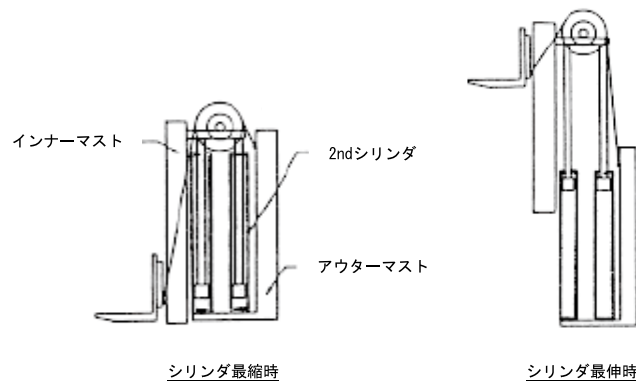


図1 標準マスト概要図

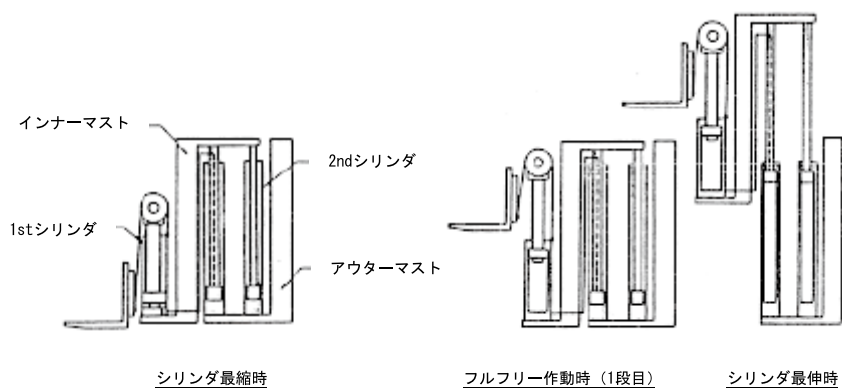


図2 2段フルフリーマスト概要図

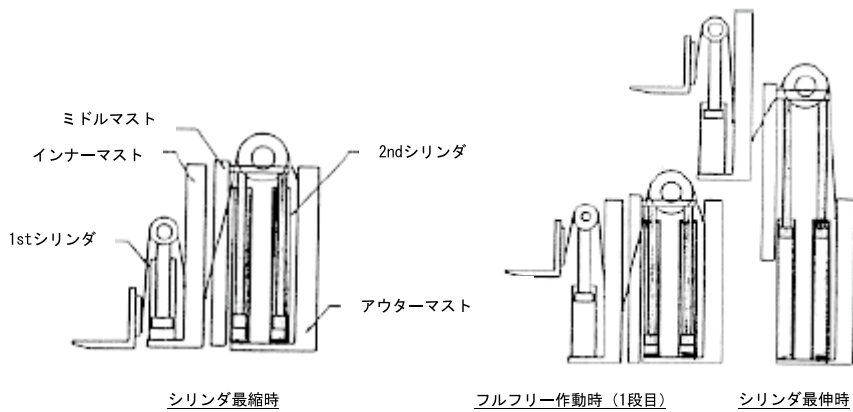


図3 3段フルフリーマスト概要図

※上記概略図では、2本の2ndシリンダはマストに対し前後方向に配置されていますが、実際のフォークリフトでは左右に配置されます。

編集後記

今号では相模工場生産技術課の技術紹介記事の編集を担当させて頂いた。現在所属しているサスペンション事業部とは製品構造・生産工程・工法が全く異なる製品である。編集作業では、このように異なる事業部の様々な製品や技術に触れることができ、毎回興味深く記事に目を通して頂いている。

KYB技報は社内外の多くの方が読まれているため、製品や技術をわかりやすく紹介する必要がある。以前、KYB技報第46号で記事を執筆したが、この点において非常に苦労した憶えがある。今後の編集作業においても、多くの方が関心を持つわかりやすい記事を掲載できるように心がけていきたい。
(渡辺健委員)

KYB技報には随筆記事がある。この随筆記事は主に海外で活躍するKYBグループの出向者の現地滞在記となっている。その随筆を毎号見ていると良かったこと、悪かったこと、苦労したことを通常業務では知ることができない裏話を知ることができる。技術力の高さをPRする記事も大変重要だと思われるが、執筆者の気持ちが直接伝わるような記事も大変重要だと感じている。これからもKYBグループの海外での活躍を期待しつつ、活躍した裏での色々な苦労話を技報通じて執筆頂ければと思う。
(河野委員)

来年の2020年4月にはKYB技報は節目の第60号を迎える。第50号(2015年4月)から5年経過したことになり、月日が経つのもあっという間だなと感じる。第50号では電子技術開発の歴史と展望やモノづくり企業としてのKYBをご紹介させていただいたが、第60号では昨今のトレンドや将来展望を睨み、KYBの将来に関する技術や製品をご紹介させていただきたいと思う。もう既に企画が始まり、どんな記事構成にしようか頭を悩ませている。どうぞご期待ください。(編集事務局)

編集委員

◎手塚 隆	執行役員技術本部長兼技術企画部長	渡辺 健二	AC事業本部サスペンション事業部生産技術部
梶澤 亮一	技術本部基盤技術研究所	大山 剛	KYBモーターサイクルサスペンション(株)生産技術部
川添 敏行	技術本部生産技術研究所	中野 智和	HC事業本部岐阜南油機技術部
周防 士朗	技術本部知的財産部	堂上 真樹	経営企画本部経営企画部
星野 公輔	HC事業本部相模油機技術部	渡辺 裕明	人事本部
丸山 政一	航空機器事業部技術部	岡村 和徳	カヤバシステムマシナリー(株)三重工場技術部
川島 茂	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事業本部製品企画開発部	河野 義彦	(株)タカコ技術本部開発部
宮谷 修	AC事業本部電子技術部	齋藤 靖	KYB-YS(株)設計部
助川 達也	KYBモーターサイクルサスペンション(株)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58号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 2019年4月1日
編集発行人 KYB技報編集委員会
発行所 KYB株式会社
(2015年10月1日よりカヤバ工業株式会社は商号をKYB株式会社に変更いたしました)
〒105-6111
東京都港区浜松町二丁目4番1号
世界貿易センタービル
電話 03-3435-6451
FAX 03-3436-6759
印刷所 勝美印刷株式会社/東京・白山

ホームページへの掲載のお知らせ

日頃、KYB技報をご愛読いただきありがとうございます。第50号(2015年4月発行)から、より多くの方々にご覧いただくことを目的とし、弊社ホームページへの掲載を行っております。是非ご利用下さい。

なお、冊子の発行は従来通り行ないますので、こちら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)