

ISSN 1880-7410

KAYABA TECHNICAL REVIEW

カヤバ技報

APR. 2023 No. 66

KYB
Our Precision, Your Advantage

カ
ヤ
バ
技
報

KAYABA TECHNICAL REVIEW No. 66 APR. 2023

カヤバ株式会社

KYB

カヤバ株式会社

(2022年4月1日より、通称名称にカヤバ株式会社を採用いたしました)

2023年2月1日現在

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ディング南館28階 ☎105-5128 ☎(03)3435-3511

盤技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)745-8111
生産技術研究所	神奈川県加茂郡川辺町鹿塩土白砂1185番地	☎509-0206	☎(0574)26-1453
開発センター	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎509-0307	☎(0574)52-1323
機センタ	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎509-0206	☎(0574)26-5310
工関東支店	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)746-5587
南名古屋支店	愛知県名古屋市中村区名駅五丁目27番13号(名駅錦橋ビル2階)	☎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
広島営業所	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
相模谷工場	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
岐阜北工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号地家2050番地	☎252-0328	☎(042)746-5511
岐阜東工場	埼玉県深谷市長土田2548番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜南工場	岐阜県可児市土田505番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜東工場	岐阜県可児市土田60番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
三重工場	三重県津市雲出長常町1129番地11	☎514-0396	☎(059)234-4111
カヤバCS(株)	三重県津市雲出長常町1129番地11	☎514-0396	☎(059)234-4111
KYBトロンデュール(株)	三重県津市雲出長常町1129番地11	☎949-5406	☎(0258)92-6903
KYBタカカコ(株)	東京都府相模原市南区麻溝台一丁目32番地1	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYB金山(株)	岐阜県下呂市金山市町戸部4350番地130	☎509-1605	☎(0576)35-2201
KYB-Y.S(株)	長野県埴科郡坂城町坂城9165番地	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBモーターサイクルガスベクション(株)	岐阜県可児市町田505番地	☎509-0297	☎(0574)27-1170
KYBロジスティクス(株)	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)	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号カヤバ株式会社 相模工場内	☎252-0328	☎(042)749-7512
けんしゅう	埼玉県戸田市美女木北2丁目8番地4号	☎335-0038	☎(048)499-9336

KYB Corporation

KYB Corporation adopted the common name of KAYABA Corporation on April 1, 2022.

Head Office

World Trade Center Building South Tower 28F, 2-4-1 Hamamatsu-cho, Minato-ku, Tokyo 105-5128, 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 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 Santa Fe II, Puerto Interior, Silao Guanajuato, CP 36275, Mexico
TEL: (52)472-748-5000

KYB Manufacturing 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 Suíte 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil
TEL: (55)41-3012-3620

【Europe】

KYB Europe GmbH

Margaretha-Ley-Ring 2, 85609 Aschheim, Germany
TEL: (49)-89-5480188-0

KYB Suspensions Europe, S.A.U.

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

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 Cívce, 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)2-300-9777

KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd.

Lot 8, Jalan Waja 16, 42500 Telok Panglima Garamg, Kuala Langat, Selangor, Malaysia
TEL: (60)3-3322-0800

PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia

JL. Irian X blok RR2 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
TEL: (62)21-28080145

PT. Kayaba Indonesia

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

PT. Chita Indonesia

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

KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd.

Plot 1 10-I 11-I 12, Thang Long Industrial Park, Vong La, 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)274-378-2954

永華機械工業股份有限公司

KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd.

No. 493, Guang Hsing Road, Bade District, Taoyuan City, 33454, 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, Mather Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District, India 602105
TEL: (91)2568-0501

【China】

凱達必(中国)投資有限公司

KYB (China) Investment Co., Ltd.

No. 99, Xiyun Road, Dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China
TEL: (86)511-8558-0300

凱達必機械工業(鎮江)有限公司

KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd.

No. 98, Xiyun Road, Dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China
TEL: (86)511-8889-1008

無錫凱達必拓普減震器有限公司

Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd.

No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Xinkun District, Wuxi, Jiangsu, 214028, China
TEL: (86)510-8528-0118

常州朗銳凱達必減振技術有限公司

Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd.

No. 19 Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 213125 China
TEL: (86)519-8595-7206

湖北恒隆凱達必汽車電動轉向系統有限公司

Hubei Henglong & KYB Automobile Electric Steering System Co., Ltd.

108 Shacen Road, Economic and Technological Development Zone, Jingzhou, Hubei, China. 434000
TEL: (86)716-416-7951

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

カヤバ(株)では、複写複製および転載複製に係る著作権を一般社団法人学術著作権協会に委託しています。当該利用をご希望の方は、学術著作権協会 (https://www.jaacc.org/) が提供している複製利用許諾システムもしくは転載許諾システムを通じて申請ください。

KYB Corporation authorized Japan Academic Association For Copyright Clearance (JAC) to license our reproduction rights and reuse rights of copyrighted works. If you wish to obtain permissions of these rights in the countries or regions outside Japan, please refer to the homepage of JAC (http://www.jaacc.org/en/) and confirm appropriate organizations to request permission.

カヤバ技報

第66号 2023-4

目次

巻頭言

人工知能は産業を変える

田村 哲嗣 1

論説

油の劣化について思う

出口 幹雄 3

技術紹介

オイルシール メタル表裏検査技術

鶴見 拓也 8

ピストンモータ用ベースプレート加工のFMSラインへの取り込み

花枝 賢 13

技術解説

SA要素開発へのAI技術活用

大内田 俊 17

宮内 悠樹

提箸 良太

製品紹介

7トン系油圧ショベル走行モータ用アンチキャビテーションバルブ

鈴木 淳 28

AT用ベンポンプの開発

五味 裕希 32

解説

デジタル人財育成の取組み

宮内 悠樹 38

井指 諒亮

瀧野 慎介

随筆

インドネシア駐在記

占野 栄朗 47

用語解説

①FMS

花枝 賢 51

②カウンタバランスバルブ

齋藤 啓司 52

編集後記

KAYABA TECHNICAL REVIEW

No. 66 APR. 2023

CONTENTS

Foreword

Artificial Intelligence Will Change Industries TAMURA Satoshi 1

Editorial

Thoughts on the Degradation of Oil DEGUCHI Mikio 3

Technology Introduction

Oil Seal and Technology for Detecting the Orientation. TSURUMI Takuya 8

Incorporation of Processing of Base Plates for Piston Motors Into FMS Lines HANAEDA Ken 13

Technology Explanation

Use of AI Technology in Development of SA Elements OHUCHIDA Shun 17

MIYAUCHI Yuuki

SAGEHASHI Ryota

Product Introduction

Development of Anti-cavitation Valve for Travel Motor of 7-ton Hydraulic Excavator

SUZUKI Jun 28

Development of Vane Pump for AT GOMI Hiroki 32

Explanation

Initiatives to Develop Digital Personnel MIYAUCHI Yuuki 38

ISASHI Ryouyuke

TAKINO Shinsuke

Essay

Account of Residence in Indonesia SHIMENO Yoshiro 47

Glossary

1. FMS HANAEDA Ken 51

2. Counterbalance Valve SAITO Keiji 52

Editors Script

巻頭言

人工知能は産業を変える

田村 哲嗣*



深層学習は、近年急速に普及している人工知能の一種です。深層学習は、人間の脳を模倣した多層のニューラルネットワークを用いて、膨大なデータセットを学習することで、自然言語処理や画像認識などのタスクを高精度で実行することができます。深層学習は、人工知能の歴史の中でも特に注目されている分野であり、画像認識や自然言語処理をはじめとする様々なタスクで高い精度を達成しています。また、深層学習は、今後もさらなる進歩が期待されており、さまざまな分野での応用が期待されています。

上の文章を読んでどのように感じられたでしょうか。これは、私が人工知能に「深層学習の紹介文を書いて」と指示することで自動的に作成された文章です。人が作文したように自然で、文法的にも問題なく、内容的にも正しい文章であることがお分かりいただけると思います。次に、図1の画像をご覧ください。これも私が人工知能に「自動車、未来、夜、天の川」という単語だけを与えて描かせたアートです。このように人が描いたものと遜色ないクオリティの画像が、わずか数秒で生成できてしまいます。



図1 人工知能が描いた画像

ここで紹介した自然言語処理や画像処理だけでなく、音声処理でも深層学習を用いた研究開発が進められています。身近な例として、スマートフォンの音声入力や、スマートスピーカーの音声インターフェースがあります。さらに、深層学習を信号処理やデータ解析に応用する試みも行われており、化学や医学、工業分野で利用されはじめています。

図2で示した人工知能、深層学習、そして機械学習という単語について簡単に整理しておきます。「人工知能 (Artificial Intelligence, AI)」は人間と同水準、もしくはそれ以上の知能を人工的に実現することをいいます。人型ロボットの開発や、コンピュータによる囲碁や将棋なども含み、基礎から応用まで幅広くカバーします。その人工知能の一分野として「機械学習 (Machine Learning)」があります。計算機上で人間の学習機構・機能を実現することを目標に、数学的モデルとそのアルゴリズムや適用を研究しており、先述した自然言語処理、画像処理や音声処理、また統計学などとも関連する分野です。その数学的モデルに「多層ニューラルネットワーク (Deep Neural Network, DNN)」というものを用いたものが「深層学習 (Deep Learning)」です。

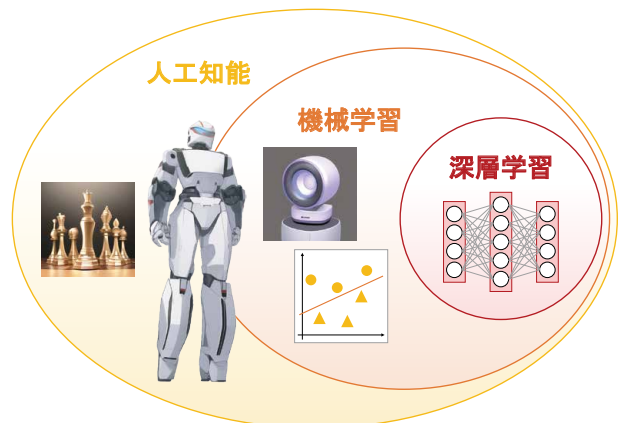


図2 人工知能・機械学習・深層学習

*岐阜大学 准教授

深層学習のモデル自体は古くから提案されていましたが、インターネットの普及や計算機の性能向上を背景に、大量のデータを収集しそれを高速に処理できるようになったことから、ここ十年で急速に発展してきました。以降では、この深層学習の産業応用に焦点をあてて、事例をいくつか紹介します。

工業製品の検品や製造機械の状態監視の自動化や最適化を目的とした「異常検知 (Anomaly Detection)」という取り組みがあります¹⁾。計算機が製品の画像を見て正常か異常か判定することで、人間による検品という属人的なスキルをシステム化でき、少子高齢化による労働者不足の緩和につなげることができます。また、製造機械にマイクや振動センサーを取り付け、稼働状態を常時監視することで、故障の予兆を検知したり、最適なタイミングでメンテナンスしたりすることができ、工場設備の稼働率向上や整備コストの削減が見込めます。

組み立て工程におけるヒューマンエラーや潜在的な危険性のある作業を検出できれば、製品の品質向上や安全な職場環境が達成されます。また、従業員の作業内容や移動機械の動線に関して、情報収集し分析を行い、改善計画を立て実行するPDCAサイクルを行うことで、業務改善や効率化が期待できます。このような取り組みは「サービス工学 (Service Engineering)」と呼ばれ、人工知能の技術を活用した研究開発が進められています²⁾。具体的には、監視カメラの映像を分析して作業ミスや危険な作業を指摘する、従業員のウェアラブルセンサーから得られた情報を分析することで課題を見つけ出す、といった研究などが挙げられます。

深層学習は、モデルの中身がブラックボックスとなりがちで、計算機が具体的にどのような情報やロジックを用いて判断しているのかが分からない、という課題がありました。そこで近年、人工知能のふるまいを理解するための「説明可能なAI (Explainable AI, XAI)」という取り組みが、産

業や医学への応用という観点から注目されています³⁾。例えば、画像を解析する深層学習モデルにおいて、画像中のどの箇所に着目して判断したのかを明らかにしたり、多種多様なセンサーから得られた情報を分析する際に、それぞれの情報の重要度を算出したりすることができるようになっています。さらに得られた知見を活用して、新しい工業製品の開発や薬効予測などにつなげようとする試みも広く行われています。

これまでに挙げたような人工知能の活用が産業分野で進めば、革新的なイノベーションや新たなビジネス展開への可能性が高まります。そのためには、現場のあらゆる情報をデジタル化し、人工知能技術と連動させ、ビジネス全体で新しい情報活用手段を構築する「デジタルトランスフォーメーション (Digital Transformation, DX)」が欠かせません。コロナ禍において私たちは、職場から物理的に切り離され、オンライン会議やテレワークはもとより、現場や従業員間の情報のやりとりにおいても、DXの必要性を痛感したところです。そして、ウィズコロナ・アフターコロナの時代に向けて、また劇的に変動する世界情勢に対応するためにも、DXの先にある人工知能を最大限利用する必要があると思っています。

参考文献

- 1) 朝日ほか「再帰型オートエンコーダを用いた振動データによる工場設備の故障予測手法の提案」日本機械学会論文集, 86巻, 891号, 2020年.
- 2) 田村ほか「Multi-modal service operation estimation using DNN-based acoustic bag-of-features」国際会議EUSIPCO, 2015年.
- 3) 三好ほか「Machine learning using clinical data at baseline predicts the efficacy of vedolizumab at week 22 in patients with ulcerative colitis」Scientific Reports, 11巻, 2021年.

油の劣化について思う

出口 幹 雄*



1. はじめに

筆者は、数年前からカヤバ社との共同研究で、油の劣化に伴う性状変化を、低コストの簡単な仕掛けで検知することができるセンサの開発に取り組んでいる。機械装置の中で油は、潤滑・冷却・電気絶縁・防錆などの目的で、また、油圧システムの作動油としてなど、あらゆるところで幅広く用いられている。しかし、身近なところでは、車のエンジンオイルが走行に伴い段々と黒ずんでくるように、装置の稼働に伴い、時間と共に油の性状は徐々に変化し、その変化は総じて好ましくない向きである故、これを“劣化”という。

油の劣化の主たるメカニズムは、酸化と汚染であると考えられる。劣化は、油の様々な物理パラメータの変化として現れる¹⁾⁻⁶⁾。酸化の程度は、全酸価を指標として評価されるが、我々は、これと比較的相関が高いと考えられる電氣的パラメータである“誘電率”に注目している。

物質の誘電率は、2つの電極間にその物質を満たし、電極間の静電容量（電気の蓄え易さを表すパラメータ）として評価される。静電容量を測定すること自体は、電気計測の基本的な技術であって、様々な手法が考えられるので、色々な切り口から、油の性状変化を検出するに適した方法を探索する余地がある。以下、これについての我々の取り組みについて簡単に紹介するとともに、油の“劣化”ということに発して、あれこれと思い巡らしてみたことについて綴ることにする。

2. 誘電率とは

物質の“誘電率”とは、平たくは、“電”気に“誘”われ易い割合、と説明することができる。物体が帯びている電気のことを“電荷”と呼ぶ。電荷には+と-があること、また、+同士、-同士は反発し、+と-は引き合う、ということはよく知られている

ことだろう。あらゆる物質は、構成元素の原子を基本単位として、その組み合わせでできている。原子は、+の電荷を帯びた原子核の周りを、-の電荷を持つ電子が取り囲むようにしてできている。つまり、物質の中には、+と-それぞれの電荷が無数に存在している。通常は、+と-は同量で、全体として+の重心と-の重心の位置にズレはなく、どちらに偏っているということもない状態にある。

ところが、2つの電極の間に物質を満たし、電極間に電圧を加えると、物質中の+の電荷は+側の電極から反発を受け、-側に電極に引っ張られる。-の電荷はこれと逆向きの力を受ける。その結果、物質中の+の重心と-の重心の位置にズレが生じる。これを“分極”といい、誘電率は、この分極の起きやすさを表すパラメータである。

分極が起きるメカニズムはいくつか考えられる。各原子の原子核を取り囲む電子雲が+側に引っ張られて変位することに拠る分極は、物質が原子から構成されている以上、あらゆる物質において生じる現象で、電子分極と呼ばれる。物質によっては、構成原子が+イオンと-イオンに分かれ、正負イオン間の引き合う力で結合しているものがある。このような場合、+イオンと-イオンにそれぞれ逆の向きに力が作用すると、イオン原子そのものが平衡位置からそれぞれ逆の向きに片寄り、+/-の重心がずれることになる。これはイオン分極または原子分極と呼ばれる。

また、物質を構成する分子が、それ自体でその中の+の重心と-の重心がズレているものがある。このように、元々+の極と-の極に分かれているものを“永久双極子”という。普段は、この永久双極子の向きはバラバラで、物質全体で見れば特に+/-の偏りは無いが、+/-の電荷に逆向きの力が加わると、双極子の向きが力と平行方向に揃えられるように作用が働き、その結果、全体としては極が分かれることになる。これを配向分極と呼ぶ。

実は、物質を構成する分子には、永久双極子になっ

*新居浜高専 電子制御工学科 教授

ているものの方がむしろ多い、と言ってもよいだろう。身近で代表的なものとして、水分子を挙げることができる。水分子は、水素原子 (H) 2つと酸素原子 (O) 1つからできている。水素は原子番号1で電子を1つしか持たない。酸素原子との結合の手としてこの電子が使われるので、水素の原子核 (陽子) の+電荷が顔を出して、水素原子側が+に、酸素原子側が-に偏ることになる。2つの水素原子と酸素原子は一直線に並んでおらず、104.5°の角度をなして結合しているの、+の重心と-重心が一致しないのである。このため、水の誘電率は、液体の中でも特異的に大きな値を示す。

3. 誘電率のわずかな変化を検出する

2つの電極間の静電容量は、電極間に満たされた絶縁物の誘電率に比例する。油の劣化による誘電率の変化は、劣化の程度にもよるが、せいぜい数%程度のわずかな変化 (増加) である。センサの寸法はあまり大きくすることはできないので、センサの電極の静電容量の大きさそのものも小さな値にしかならず、その小さな値のわずかな変化を検出する必要があるのである。静電容量の微小変化を検出する方法はいくつか考えられる。

一般論として、ある物理量を電子技術によって計測する場合、必ず最終的には、対象とする物理量の大きさを、電圧の大小または時間の長短に置き換えて計測することになる。したがって、問題は、静電容量の大きさを、如何にして電圧または時間に焼き直すかということに帰着する。

例えば、2つの電極間の電圧は、電極間に蓄えられた電荷量を電極間の静電容量で割った値になるので、一定量の電荷を電極間に蓄えた時の電圧を測定することで、静電容量の大きさを知ることができる。一定量の電荷を蓄えるには、一定の大きさの電流を一定時間供給すればよい。電流の大きさが既知の一定値であれば、一定時間流して充電した後の電圧を測るか、あるいは、ある電圧まで充電するのに要する時間を測るか、のどちらかの方法をとることができる。いずれにしても、この場合、静電容量の変化の割合と計測の指標値の変化率は同程度にしかならないので、僅かな変化を検出しようとする、避けることのできないノイズを如何にして抑えてS/N (信号対雑音比) を確保するか、ということが測定の性能を直接左右することになる。

これを解決するには、静電容量の僅かな変化が、別の物理量のもっと大きな変化に拡大して反映される仕掛けを用意すればよい。これを実現する一つの手段は、“共振”を利用することである。共振とは、

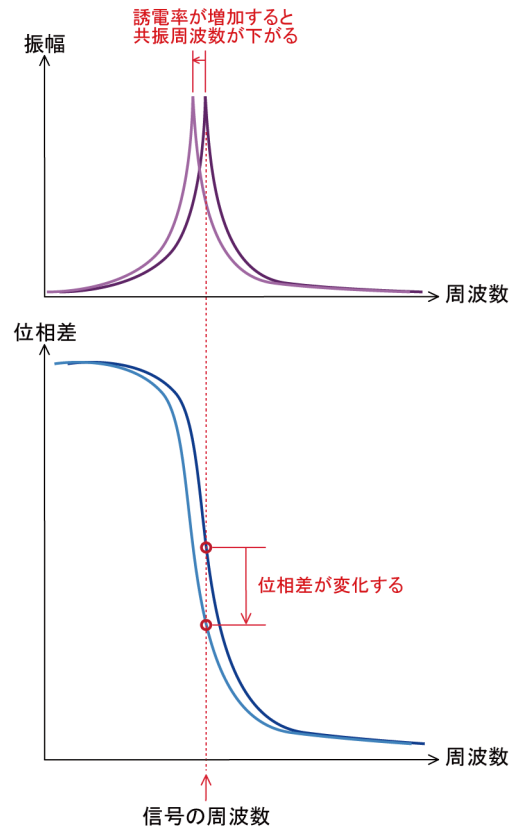


図1 静電容量の変化が位相差の変化に拡大されて観測される原理

系がある固有振動数 (共振周波数) を持つ時、それに近い周波数で励起すると、弱い励起でも大きな振幅の振動が起きる現象をいう。電気回路では、静電容量と双対をなすパラメータである“インダクタンス”との組み合わせで共振が起きる。通常、インダクタンスはコイルによって実装される。コイルは、なんらかの芯 (コア) の周りに導線をグルグル巻いたものである。一般に、静電容量は記号C、インダクタンスはLで表されるので、静電容量とインダクタンスとの間の共振を“LC共振”という。

共振が起きる時、それを励起する信号と、励起されて起きる振動の位相関係が共振周波数の前後で大きく変化する。位相とは、振動がどちら側に振れるかのタイミングを表す量である。したがって、横軸を周波数、縦軸を励起信号とそれによって起きた振動の位相の差としたグラフ (位相特性) を描くと、共振周波数のところでグラフは大きな傾きとなる。一方、静電容量が変化すると共振周波数が変化することになるが、励起信号の周波数を共振周波数近傍で一定に保持しておけば、グラフの傾きが急峻なため、わずかに共振周波数が変化しただけでも、位相差の変化としてはこれが拡大されて観測されることになる (図1)。

この方法で感度良く静電容量の変化を検出するた

めには、共振周波数における位相特性の傾きができるだけ大きいことが望ましい。ところが、インダクタンスを普通にコイルで実装した場合、コイルは、純粋にインダクタンスのみの成分を持つ訳ではなく、巻線の抵抗成分や巻線と巻線との間の静電容量成分も含んでおり、これが共振の鋭さを鈍くする。また、コイルに電流が流れることにより発生する磁界は、その性質上、周りに必ず広がることになって周辺との干渉が避けられないという問題も生じる。

これらの問題を解決するため、我々の取り組みでは、インダクタンスをコイルで実装するのではなく、これと等価な特性を電子回路で実現するようにした⁷⁾。といっても、特殊な電子素子を用いる訳ではなく、一般的な素子の組み合わせのみで構成できる。この回路はGIC (General Impedance Converter) と呼ばれる回路で、静電容量を実質的にインダクタンスに変換することができる。我々の開発しているセンサでは、センサ電極の静電容量とGICによる等価インダクタンスとの間のLC共振を起こさせ、これを利用して、油の性状変化による誘電率のごく僅かな変化を感度よく検出することができる。また、特殊な部材を必要とせず、一般的な材料で全てを構築可能であり、低コストで実現ができる、という優れた特徴を持っている。

4. 油の劣化について考える

では、どうして油が劣化すると誘電率が変化（増加）するのだろうか。劣化の主要因となる、油の物質としての変化は、油分子の酸化であるから、言い換えれば、油分子の酸化によって誘電率がどうして変化するのか、ということである。

油の分子は、基本的には炭素原子 (C) と水素原子 (H) の多数の組み合わせでできている。そして、水分子とは異なり、通常、分子自体は永久双極子となっておらず無極性である。これが水と油が交じり合わない理由の一つである。

ところが、酸化によって油分子に酸素原子が結合すると、酸素は周期律表で右上の方に位置する元素であるので、比較的電気陰性度が大きい。このため、酸素原子が結合した部分が $-$ に偏ることになる。その結果、油分子に極性が生じ、配向分極の要素が加わって、全体としては誘電率が増加することになる、と考えられる。

油にも実に様々な種類があるが、基本的に構成要素がCとHの2種類だけにも関わらず、そこから無数の種類の油が生まれるということは、考えてみれば不思議なことのようにも思える。ちなみに、コンピュータのプログラムも、0と1の2種類の要素の

組み合わせで全てできている訳であるから、そういう意味では似ている。もっと言えば、生物のDNA情報がアデニン (A)、グアニン (G)、チミン (T)、シトシン (C) の4つの塩基配列で決まることはよく知られているが、組み合わせとしてはA-TとG-Cの2種類で、やはりその2種類の配列パターンでDNAの情報が構成されている。つまり、世の中の全てのものは、限られた少数の種類のを材料として、あとは全てその組み合わせでそれぞれの違いが生まれている訳である。

コンピュータのプログラムの場合、0と1のそれぞれは、単独ではそれがそこにあるという情報しか持たないが、いくつかを組み合わさることによって、数値や命令としての意味を持つようになる。この時、組み合わせのパターンとそれが持つ意味の関係は固有のものでもなく、必然的なものでもない。例えば、言語の場合も、日本語は50音、英語はアルファベット26文字の組み合わせで表される。同じa (あ) とi (い) の組み合わせでも、「愛」を表すこともあれば、「I (私)」を表すこともできる。

ヒトのゲノム解析が進み、遺伝子診断の技術が進歩して、DNAを調べることで、将来罹りやすい病気なども分かるようになってきた。A-TとG-Cの配列パターンを読むことで、それが示す意味が分かるようになってきた、ということだが、では、その配列パターンとそれが示す意味とを結び付けているものは何なのだろうか？

油の誘電率が酸化によって増加するメカニズムは前述のように考えることができるが、ではそもそも、酸素原子はどのようにして $-$ に偏る性質を持つのだろうか？もちろん、周期律表で右上の方にあるからだが、ではどうして周期律表で右上の元素は電気陰性度が大きいのか？もちろん、量子力学に基づく原子の電子軌道の計算によって説明はされるのだが、ではそもそも、どうして電子は $-$ の電荷を帯びているのか？……と、突き詰めて行くと、とどのつまりは誰にも説明はできないところに行き付くだろう。

物質の根源を突き詰めて行こうとするのが素粒子物理学だが、クォークやレプトンといった様々な特徴を持つ素粒子に分解してみたところで、では、その素粒子がどうしてその性質を持つのか、ということは誰にも説明できない。また、それらの素粒子の組み合わせで様々な種類の原子、様々な物質ができることになるのだが、では、どうしてその組み合わせによってその物質のその性質が生まれるのか、ということは説明できないだろう。例えば、身近な金属元素で言えば、原子番号26が鉄、原子番号29が銅で、鉄と銅は明らかに性質が異なるが、原子番号の

違いでこれをどう説明できるのだろうか？原子番号が26の元素が“銅”の性質ではなく“鉄”としての性質を持つべき根拠は、どう説明できるのだろうか？

筆者は、学生にコンピュータのプログラミングを教えているが、プログラムを作成する際には、必ずコメントを付けるように、口酸っぱく指導している。コメントとは、プログラムの各部分に、その箇所での処理している内容を説明するために付け加えられた言葉のことである。この変数は何を表しているのか、ここでこの計算をしているのはどういう意味か、などということを言葉で書き込んでおくのである。コメントを記入しながらプログラムを作成すると、頭の中の整理にもなるし、間違いにも気づきやすくなる。コメントを入れておかないと、プログラムの作成中は、いろいろと考えながら記述しているのでよいのだが、しばらく間が空くと、どういう考えでこんな風に記述したのか忘れて分からなくなってしまうことがよくある。場合によっては、自分が作ったプログラムであることすら忘れてしまうことも多い。

各行に適切にコメントが付けられたプログラムでは、理想的には、コメントの部分だけを読むと、それはプログラムの処理の内容を説明する一連の文章になっている。だから、プログラムを作ることは作文と同じだ、と常々学生には言っている。つまり、英数字や数式で記述されたプログラムは、実質的に言葉と等価であり、プログラムの処理の内容は言葉で表現することができる。プログラムは機械語レベルでは0と1の組み合わせだが、0と1の様々な組み合わせパターンに、それぞれの言葉が表す意味が紐づけされているのである。

0と1が様々に組み合わせさせた形自体は、いくつかの0といくつかの1を適当にバラ撒けば、偶然できることもあるだろう。しかし、そうしてできた組み合わせパターンは、単に偶然に並んだ組み合わせであって、それは何かの意味を表すものではない。同じ配列パターンであっても、プログラムを構成する0と1のパターンには、プログラムの作成者の考えた意味が込められている。組み合わせパターンという手段を用いて、作成者の意図した意味が表現されるのである。

ところで、前述のように、DNAの塩基配列パターンには、それぞれそれが表す意味があることが分かっている。陽子26個を含む原子核と26個の電子の組み合わせには、“鉄”という金属の性質を示すという意味が込められている。これは現実である。偶然にできた組み合わせパターンなら、それには意味は無いはずである。もし意味を持っていたら、偶然

にできたことに反する。“偶然”とは、何の理由も因果関係も無しに、ということなのだから。進化論は、この点において矛盾を孕んでいる。

プログラムにはプログラムの作成者が存在するように、意味を持つものにはその意味を与えた主体が存在するはずである。プログラムは、考えて知恵を絞って作成するものであるように、その意味を与えた主体は知性を持つ存在でなければならない。物事の“意味”は、通常、“ことば”で表現されるが、必ずしもいわゆる言語として音声や文字で表現され得ないような“意味”も含めて“ことば”と呼ぶことにしよう。この“ことば”が無ければ、この世界のあらゆる物は、単に原子・分子が適当により集まったものでしかない。

いみじくも、聖書は言う、「初めに、ことばがあった。」と。また、聖書の冒頭には、「初めに、神が天と地を創造した。」とも記されている。日本では、聖書に基づく概念が文化にほとんど浸透していないので、“神”というと、「神ワザ」「神対応」などの言葉にあるように、非常に安っぽいものに聞こえてしまう。しかし、聖書の言う“神”とは“創造主”である。「初めに、ことばがあった。」には、「ことばは神とともにあった。ことばは神であった。」と続く。すなわち、天地創造の神（創造主）が“ことば”そのものであり、全てのものの持つ意味の根源がここにある、ということを宣言している。

DNAの塩基配列パターンが、仮にヒトのDNAの形に並んだとしても、それに“いのち”という“ことば”が吹き込まれなければ、生きた人間は出来上がらない。小惑星探査機はやぶさが持ち帰った試料からアミノ酸が発見されたと聞かす、アミノ酸はあくまで人体を構成する小さなパーツに過ぎない。必要なパーツ（左手系のアミノ酸）を選択して組み合わせる、というプログラム（つまり、ことば）が起動しなければ人体は作られない。そうして人体ができたとしても、それに“いのち”が吹き込まれなければ、単に人体という物体でしかない。

人は誰しも、特に、進化論一辺倒の教育を受けて育ってきた我々日本人の場合はなおのこと、生まれながらの状態では創造主のことが分からない。これを聖書は“罪（原罪）”と指摘する。しかし、天地創造の始めの状態では、「見よ。それは非常に良かった。」と記されている。元々は良かったものが、変化するとすれば、それは悪くなる向きである。油が酸化によって性状が変化する場合、それは“劣化”であるところにこれが現れている。

しかし、人が創造された時、“神のかたち”に造られた、と聖書は言う。すなわち、創造主の知恵が

如何に素晴らしいか、創造主の持つ栄光に満ちた性質を具体的に表すための手段として人が創造されたのだ。現実において明らかに認められる、人と他の動物との決定的な違いが、これで的確に説明される。植物には美しい花を咲かせるものがある。花が咲くのは、そこに虫を誘って集め、受粉の助けをさせるため、という目的もあるだろう。だが、それだけが目的なら、あれほどまでに様々な色彩や模様、様々な形の花びらで装う必要があるだろうか。花を見て美しいと感じることができるのは、我々が“神のかたち”に造られているが故でなくて何であろうか。

筆者には、昔から疑問に思っていることがある。音楽には長調と短調がある。一般に、長調の曲は明るく楽しく、短調の曲は暗く悲しく響く。ところで、長調と短調の違いは、主和音で言えば第3音が半音異なるだけである。この音の組み合わせパターンがわずかに異なるだけで、どうして明るく聞こえたり、暗く聞こえたりするのだろうか。我々人間には、そのそれぞれの音の組み合わせパターンに、そのような感覚を起こさせるようなプログラム（ことば）が紐づけされていることによる、としてしか理解できない。音楽を聴いて感動したり美しさを感じることができるのも、我々が“神のかたち”に造られているが故でなくて何であろうか。

最初は“非常に良かった”私たちが、**“罪”**によって創造主のことが分からなくなってしまった。しかし、そうになってしまうことは、創造主は始めから百も承知であった。私たちには私たちの**“罪”**の償いをする能力が無い。「罪から来る報酬は死です。」と聖書は言う。**“罪”**によって創造主から離れてしまった結果、我々の肉体は時間とともに**“劣化”**し、やがて死に至ることになった。したがって、私たち自身ではこの宿命をどうすることもできない。そこで、創造主はこれを解決するための驚くべき計画を用意しておられた。なんと、ご自身が人の姿をとって地上に生まれ、我々の身代わりとなって死ぬ、という計画である。これが約2000年前に実行に移され、イエス・キリストによって実現した。しかも、その死に方は、十字架という、およそ人にとって最も残酷なものであった。しかし、創造主である以上、その死は死で終わるものではなく、「『わたしはある』という者」として常に今も存在しておられるのだ。

現実にはイエス・キリストを見て、生活をも共にした使徒ヨハネは、福音書に次のように記した。

「神は、実に、そのひとり子をお与えになったほどに、世を愛された。それは、御子を信じる者が、ひ

とりとして滅びることなく、永遠のいのちを持つためである。」

ここに、ひとり子、御子とは、もちろん、イエス・キリストのことである。

また、その手紙の中で次のように記している。

「愛のない者に神はわかりません。なぜなら神は愛だからです。

神はそのひとり子を世に遣わし、その方によって私たちにいのちを得させてくださいました。ここに神の愛が私たちに示されたのです。

私たちが神を愛したのではなく、神が私たちを愛し、私たちの罪のために、なだめの供え物としての御子を遣わされました。ここに愛があるのです。」

すなわち、人が“神のかたち”に造られたのは、“神は愛である”ことを、目に見える形あるものとして具体的に表現するためであったのだ。

もし、神は無い、として進化論を信奉するのならば、油が使えば使うほど時間と共に性状変化し、やがていつかアミノ酸が生まれ、そのうちに生命が誕生する、つまり、“劣化”するのではなく“進化”するのだと信じるとよい。アミノ酸に必要な材料、C、H、そして空気中にはO、Nもあるのだから。しかし、そうして仮に、偶然に生命が生まれたとして、はたしてその生き物は、“愛”という“ことば”を持っているだろうか？

参 考 文 献

- 1) 片山寛：「潤滑油の酸化」, 油化学Vol. 5 (1956), pp. 261-270.
- 2) 古本啓二：「無添加潤滑油の酸化特性」, 日本船用機関学会誌Vol. 19 (1984), pp. 590-596.
- 3) 本田知己：「潤滑油の劣化診断・検査技術」, 精密工学会誌Vol. 75 (2009), pp. 359-362.
- 4) C.T. Dervos, et al. : “A Complex Permittivity Based Sensor for the Electrical Characterization of High-Voltage Transformer Oils”, Sensors Vol. 5 (2005), pp. 302-316.
- 5) A.T. Pérez and M. Hadfield : “Low-Cost Oil Quality Sensor Based on Changes in Complex Permittivity”, Sensors Vol. 11 (2011), pp. 10675-10690.
- 6) L. Su, et al. : “Analytical Method to Estimate the Complex Permittivity of Oil Samples”, Sensors Vol. 18 (2018), pp. 984-995.
- 7) M. Deguchi : “A simple method for detecting very small changes in capacitance or inductance”, Microelectronics Journal 101 (2020), 104802.

オイルシール メタル表裏検査技術

鶴見 拓也

1 はじめに

近年生産現場では、製品への品質要求の高度化や労働人口の減少により、検査工程の自動化が求められている。カヤバでは、生産技術研究所と生産技術部が共同でこの検査工程の自動化を目的にした検査技術開発を進めている。その中で、ショックアブソーバ（以下SA）の構成部品であるオイルシール（以下シール）の製造工程に配置されている検査員の代替となる自動検査技術開発を行い、量産導入した。その概要について紹介する。

2 開発の目的

検査の自動化による検査員の省人が目的である。そのために、シールの構成部品であるインサートメタル（以下メタル）の表裏検査技術を開発する。

また、検査員はシールの完成品で検査をしているが、今回の検査技術は、完成品ではなく表裏不良の発生源となる工程に導入し、不良損金の低減もねらう。

3 開発目標

開発目標の検査能力と検査時間は、表1のように設定した。誤判定とは、不良品を良品と誤って判定してしまうことである。誤判定すると、不良品が後工程へ流出してしまい、市場クレームに繋がる。過検出とは、誤判定とは逆に良品を不良品と判定することである。過検出すると、次工程にワークを持ち出すことができず、生産が停まってしまうので、生産性が悪化する。検査時間は、サイクルタイムを悪化させることがないように、現状の作業者の目視確認時間を元に設定した。

表1 開発目標

	誤判定率 [%]	過検出率 [%]	検査時間 [sec]
目標	0.000	0.3以下	2.1以下

4 対象部品の概要

写真1にSAとシール組付け箇所拡大写真、対象部品のシールとメタルの表側及び裏側を示す。

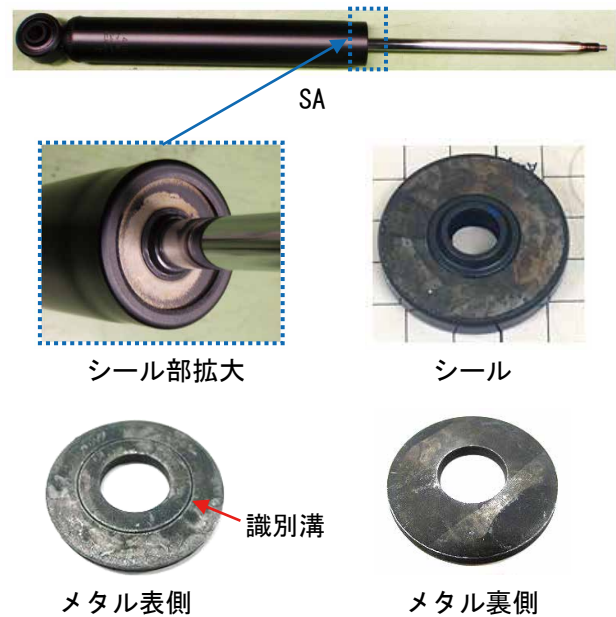


写真1 SA, シール及びメタル

シールはSAのピストンロッド摺動部からの油漏れを防止する部品である。メタルはシールの構成部品であり、ゴム材と一体に成形する工程を経てシールとなる。このメタルには表裏の区別があり、シール成形時のメタルの表裏が逆だと、油漏れのリスクが高まるため、片側には識別溝がある。ここでは、識別溝がある面をメタル表側としている。

5 検査導入工程の概要

検査は、作業者が成形前のメタルとゴム材をジグ^{注1)}に手作業でセットする工程に導入する。対象工程の作業台とジグを写真2に示す。この作業台を検査ができるような設備に置き換える。



写真2 作業台とジグ

作業者はジグを作業台に置き、識別溝がある側を上向きにしたメタルを円形のくぼみに置いていく。その後、ゴム材をメタルの上にそれぞれ置き、成形機にセットする。

注1) 成形機にメタルとゴム材をセットするためのジグ。

6 開発内容

6.1 検査方法

検査には、作業者の邪魔にならない位置から撮影することができるだけでなく、ジグ上のメタルを一度に検査することができる画像処理を採用した。画像処理では、表裏の相違点の中でも特徴的な識別溝の有無で判定を行うこととした。

6.2 検査システム

図1に検査装置のシステム構成図を示す。検査PC内の画像処理・検査ソフトからデジタル入出力ボードへの信号通信は内製した通信ソフトを用いた。デジタル入出力ボードとPLC^{注2)}により、検査でOK判定とならなければ後工程に持ち出せないようなインターロック機能の動作とプログラムを連動させた。

画像処理・検査ソフトは、後述する検査モード、校正モード及び段取りモードで構成される。校正及び段取りモードは押しボタンスイッチで切替わるようにした。

検査はループ動作しており、作業者の手が撮影範囲から離れたタイミングで検査を自動で開始する。

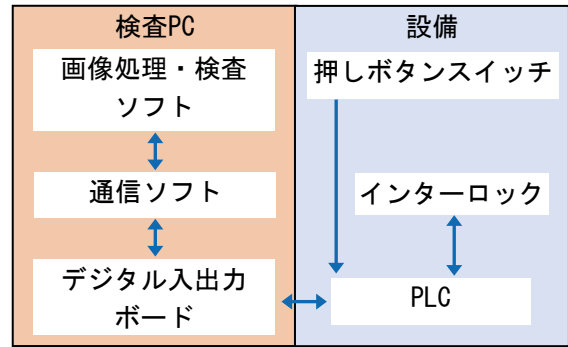


図1 検査システム構成

量産導入した検査ソフト動作フローの略図を図2に示す。

注2) Programmable Logic Controllerの略。

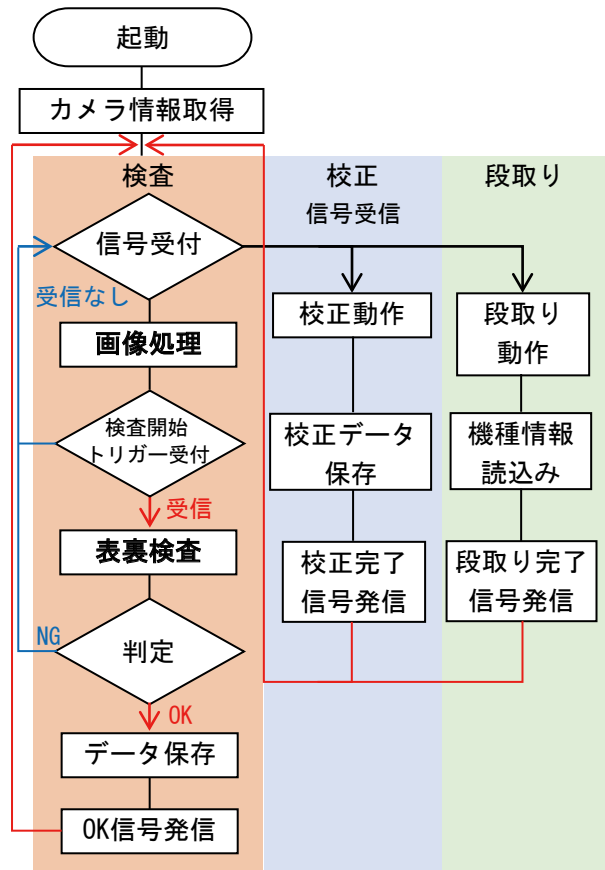


図2 ソフト動作フロー略図

量産では、押しボタンスイッチで検査モードから校正または段取りモードに切替えを行う。検査モードは、ループ処理をさせているためスイッチ起動が不要となっている。検査開始トリガーは、作業者が撮影範囲から手を外すと同時にワークが成形機にセットされていた場合に検査を開始するように設定

している。作業者の手の位置とワークセットの確認は画像処理で行っている。

今回はフロー図の中の表裏検査について紹介していく。

6.3 光学機器

実機を写真3に、光学機器の配置概要図を図3に示す。光学機器はカメラ1台と照明2台を用いた。カメラは作業者の邪魔にならない高さでジグの真上に設置した。そして、ジグにセットされたメタルの識別溝が画像処理により検出可能な画素数で表現できるカメラ、レンズを採用した。照明は左右からジグ全域に照射できるように配置した。



写真3 実機写真

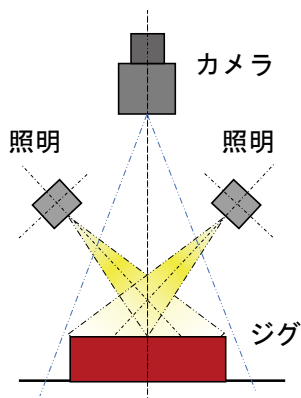
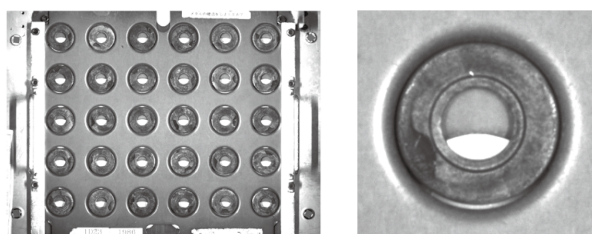


図3 光学機器概観図

実機での撮影画像を写真4に示す。製造ラインの設備レイアウト上、照明やカメラの配置に制約がある中で条件出しを行った。

検査機の設置環境は作業性の悪化や成形時のコンタミ混入の懸念から遮光カーテンで覆うことができないため、周囲から外乱光の影響を受けやすい。そこで、後述する検査アルゴリズムでは、これらの影響を受けにくい方法を開発した。



撮影画像全体

撮影画像拡大

写真4 撮影画像

6.4 検査アルゴリズム

6.4.1 画像処理・検査の流れ

撮影画像取得から検査するまでの、主な処理フローの略図を図4に示す。

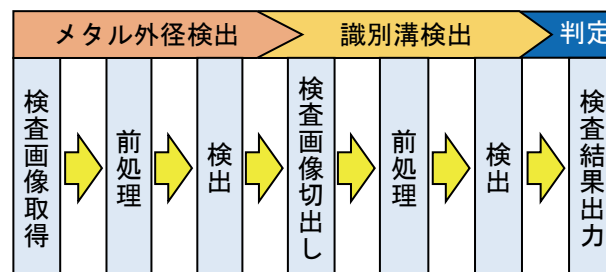


図4 検査フロー略図

検査画像取得後、メタルの位置と個数を確認するため、メタルの外径検出を行う。その後、検査画像から識別溝の周辺のみを切出し、識別溝検出を行う。検査結果の判定はメタルの個数と識別溝の数を比較して行う。一致すればOK、一致しない場合NGを表示し、NGのメタルの場所を表示する。NGの場合、作業者はそのメタルが裏側であれば表側に戻すことでOKとなる。

6.4.2 前処理

撮影画像から識別溝を直接検出することは難しい。そのため、撮影画像を加工して、検出したい特徴を強調する必要がある。今回はバンドパスフィルタを採用した。バンドパスフィルタとは、特定の周波数帯だけを取り出すフィルタであり、外径と識別溝を抽出するために用いる。写真4の撮影画像のように、メタルとジグの境界と識別溝は周囲と比較して暗くなっている。そのため、バンドパスフィルタを用いることで外径や識別溝の輪郭を抽出することができる。

また、メタルとジグの境界と識別溝は外乱光の影響を受けても周囲とのグレイ値^{注3)}の差がなくなることは考えにくい。そのため、バンドパスフィルタを用いると、外乱光に大きく影響されことなくメタルの外径や識別溝の要素を抽出できる。

バンドパスフィルタは画像処理ソフトに予め用意された指令値を用いた。

注3) 明るさの諧調。黒～白を0～255の数値で表現。

写真5に、処理前の撮影画像と前述のフィルタ処理を実行後、明るさに応じて白か黒いずれかに振り分ける自動二値化処理を行った一例を示す。処理後写真の白色部分が処理により抽出された領域となる。以下、このバンドパスフィルタと自動二値化処理を

まとめて前処理と呼ぶ。

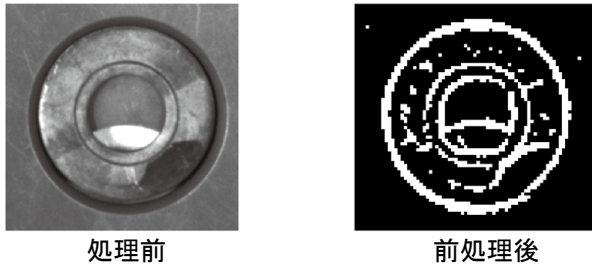


写真5 画像処理前後の画像

張させた画像を示す。識別溝はこの中心点の数でカウントされる。

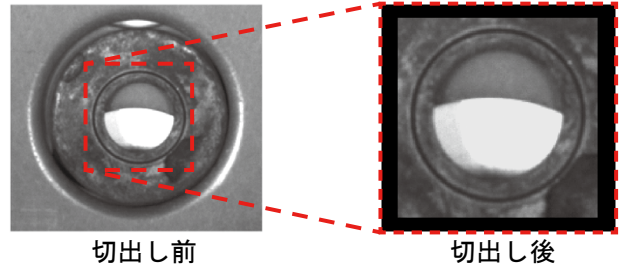


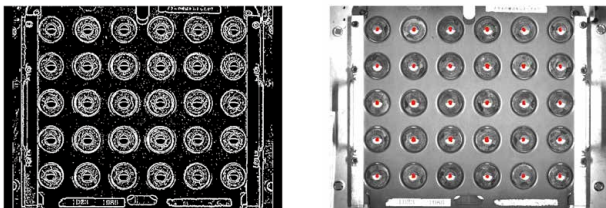
写真7 検査画像の切出し

6.4.3 検出方法

前処理した画像からの特徴検出には、ハフ変換を用いた。ハフ変換とは画像処理の特徴抽出法の一つで、画像の中から線や円を検出する際に用いる手法である。円検出では、事前に与えた径情報と一致する円を検査画像内から探索する。そして該当する円を見つけた場合、その円の中心座標を検出する。今回の径情報には、メタルの外径と識別溝径の図面寸法情報を用いる。

6.4.4 外径の検出

外径検出は、撮影画像に対して、前処理と外形にハフ変換を行うことで検出する。写真6にバンドパスフィルタの処理後と外径でハフ変換した画像を示す。ハフ変換の画像に見える赤色の点は、中心点を膨張させたものである。検査ではこの赤点の数でメタルの個数をカウントしている。



前処理後 ハフ変換後

写真6 メタル外径の検出処理過程

6.4.5 識別溝の検出

写真7に識別溝を検出する検査画像を示す。メタルの外径のハフ変換により検出された円中心を用いる。円中心から、図面寸法の識別溝径より大きい矩形でそれぞれ切り出す。すると、写真4の撮影画像からメタルの数だけ写真7の右の画像が得られる。切り出した画像のそれぞれに前処理を行い、識別溝径寸法でハフ変換することで識別溝の検出を行う。写真8に前処理後及びハフ変換で円中心を検出、膨

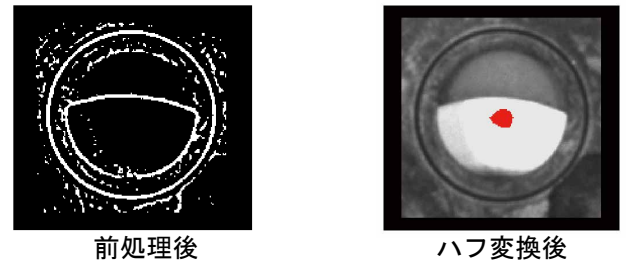


写真8 識別溝の検出

6.4.6 検査判定

識別溝検出までを行ったら、検査結果の判定を実施する。判定基準は、検出したメタル外径の数と識別溝の数一致した場合はOKとし、一致しない場合はNGとしている。量産機では、NGの場合はOKとなるまでジグを作業台から持ち出せないようにジグをロックしてNGの状態で作業台から持出しができないようにしている。

7 開発結果

検査能力の評価結果を表2に示す。検査能力の評価は、2022年1月8日から2月1日までの期間で流動品を用いて62,000個評価した。

表2 評価結果

	誤判定率 [%]	過検出率 [%]	検査時間 [sec]
目標	0.000	0.3以下	2.1以下
実績	0.000	0.005	2.0
評価	○	○	○

いずれの項目においても開発目標として定めた数値を達成できた。

2022年4月より、量産導入し、目的であった検査

員の省人を完了した。

8 おわりに

本開発より、メタルの表裏検査技術を開発することができた。以下に要点をまとめる。

- (1) 検査はメタルをジグにセットする工程で実施
- (2) 画像処理で識別溝の有無を確認して検査
- (3) 検査アルゴリズムにはバンドパスフィルタによるエッジ検出とハフ変換による円検出を使用
- (4) 検査能力は、誤判定率0%、過検出率0.005%

で量産に耐えうる能力

- (5) 検査時間は最長で2.0秒で作業者の目視確認作業時間と同等レベル
- (6) 量産導入し、検査員の省人完了

本報で解説した検査技術は、メタルの識別溝検査に限らず、円形部品の組付けミスといった、円検出による検査を行うような工程への応用が可能である。

最後に、本開発においてご協力をいただいた関係者各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

著者



鶴見 拓也

2015年入社。技術本部生産技術研究所第2研究室。岐阜北工場オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部生産技術部を経て現職。外観検査技術の開発に従事。

ピストンモータ用ベースプレート加工の FMSラインへの取り込み

花 枝 賢

1 はじめに

中国建機市場でのショベルカー大型化に伴う大型ショベルカー増産により、相模工場で生産しているピストンモータ(図1)の受注量が増加している(図2)。工場全体で生産体制確立を目指すこととなり、ベースプレート(図1中の赤色部品)の生産能力増強が必要となった。一方、競争力のある製品づくりを求められる中での売価低減要求がある。売価率を向上するためには、製品原価内で大きな割合を占めるベースプレートの原価低減活動が必須である。

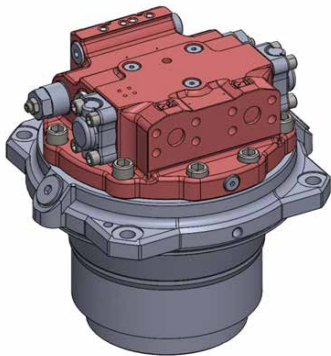


図1 ピストンモータ

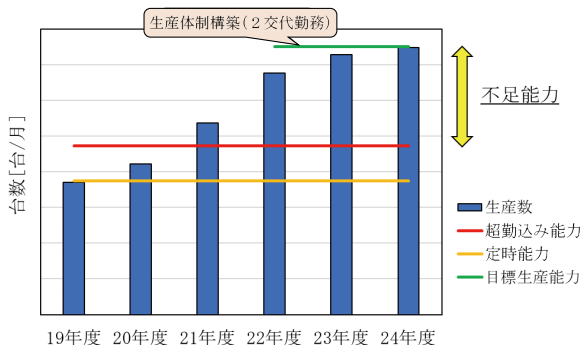


図2 ベースプレート生産数予測と能力

2 目的

原価低減活動の目標製造コスト達成とベースプレート生産体制の確立。

3 目標

- ・ 製造コスト 22%低減
- ・ ベースプレート生産能力 66%増加

4 要件

- ①最適生産ライン検討による設備投資費用の抑制
- ②マシニングセンタのセンシング技術と機内自動判定を活用した予防保全の実現
- ③精密深穴加工の工程能力確保

5 ライン概要

ベースプレート加工ラインはマシニングセンタ(以下MC)による加工工程と、バリ取り、検査、ホーニング、平面研磨、高圧洗浄の仕上げ工程で構成されている。その中で、MC加工工程は加工品種数によって、工程分割(図3)と工程集約(図4)のライン構成を使い分けている。下記に特長を示す。

①工程分割ライン

品種を限定し、段取りを減らした高速ライン。

②工程集約ライン

FMS^{注1)}を活用し、多品種段取りレス化。FMSにより、多品種生産と無人運転化を図る。図5にFMS運用画面を示す。

注1) Flexible Manufacturing Systemの略

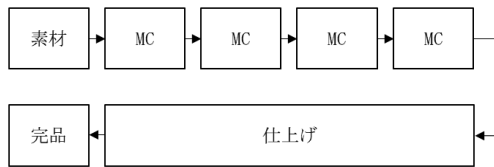


図3 ベースプレート工程分割ライン概要

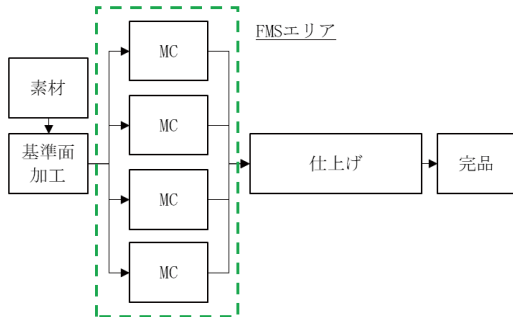


図4 ベースプレート工程集約ライン概要

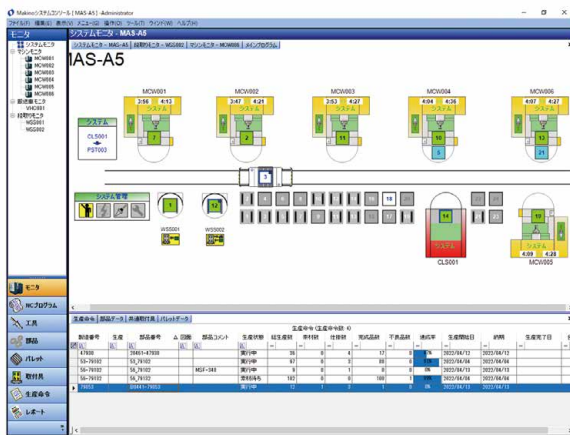


図5 FMS運用画面

6 実施内容

6.1 最適生産ラインの検討

6.1.1 検討概要

ベースプレートの生産体制確立にあたって、目標コストと目標生産能力を達成できる既存工程集約ラインにMC 2台を追加する案を採用した。案決定にあたっては、新規ライン構築では設備投資額が大きくなってしまったため、工程分割ラインと工程集約ラインへ設備を追加する2案で比較検討を実施した。

6.1.2 案比較結果

比較検討結果を表1に示す。工程分割、工程集約の両案にメリット・デメリットがあり、いずれの案も生産能力は満足できる。しかし、今回のケースでは加工時間の分割ロスがなく、設備台数を必要最小限にすることができる工程集約ラインが目標コストを満足できる検討結果となった。

表1 案比較表

項目	判定	案① 工程分割ライン	判定	案② 工程集約ライン	
特徴	—	段取りを減らした高速ライン	—	FMSを活用し、多品種段取りレス化	
生産機種	—	MSF-340 ※1機種	—	MAG-44～MSF-340 ※11機種	
品質	品質	×	各工程での位置決めが必要精度上、工程分割不可の部位有り	○	ワンチェック加工位置決め精度の影響が小さい
コスト	追加設備	×	3台	○	2台
	増員	—	+1 (名/直)	—	+1 (名/直)
	製造コスト	×		○	
生産性	加工時間	×	加工時間の分割ロスが発生	○	加工時間の分割ロス無し 工具交換回数が最低限
	段取り	○	同一製品のため、段取り増加しない	×	仕上げ工程の小段取り増加
	初・終物チェック	○	該当工程が加工した部位のみを測定	×	全加工部位を各設備ごとに測定
	出来高生産性	○		×	
その他	メリット	—	工程でのトラブル時の影響が小さい	—	設備追加による能増が比較的容易
		—	物と情報の流れが単純	—	加工時間が長く、無人運転が容易
	総合判定		×		○

6.2 治具傾きの自動測定化と機内自動判定

6.2.1 現状問題点

ベースプレートは基準面とベアリング穴の直角度公差が厳しく設定されており、精度維持にはMC主軸とワークの直角を維持することが重要である(図6)。従来はオペレータの手作業で、MC主軸と治具の精度測定を実施していたが、手作業での測定には調整作業や測定間違い、測定忘れ等の不安定要素が多い。

6.2.2 タッチセンサを用いた自動測定

高額な設備投資はコストアップにつながる。そこで、MC工程に搭載しているタッチセンサを用い、変位量の計測と設備精度の自動判定を行うプログラムを作成した。測定の流れを下記に、測定プログラムフローを図7に示す。

- ①前回精度測定を実施した月と同月でない場合、測定シーケンスへ移行する(月1回の測定)。
- ②ワークをクランプしている治具基準面をタッチセンサにて測定する(図8)。
- ③測定結果が規格値以内の場合、加工シーケンスへ移行する。規格値以外の場合、アラームを発生させ、異常処置を促す。

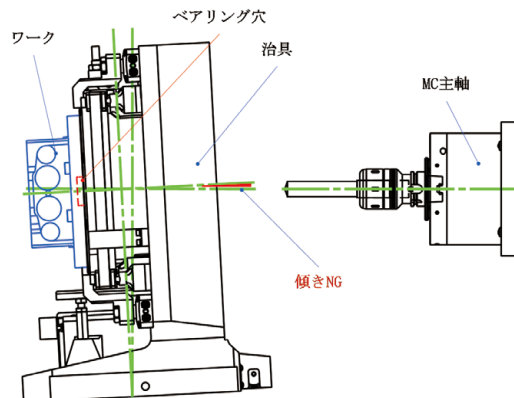


図6 ワークとMC主軸の位置関係

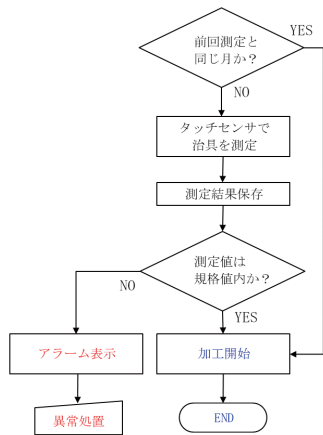


図7 測定プログラムフロー

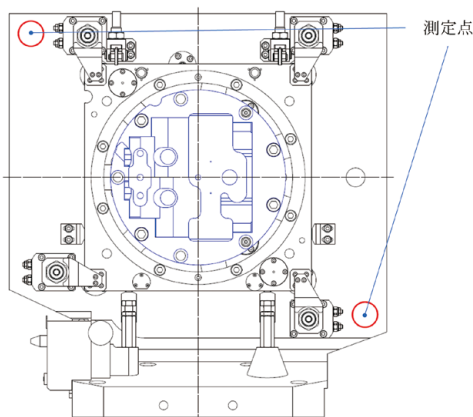


図8 タッチセンサ測定点

6.2.3 実施方案の検証

実ワークを測定する訳ではないため、治具規格値と実ワーク測定値の比較を実施した。治具規格値を満足すれば、実ワーク測定値を満足できることを確認した(図9)。

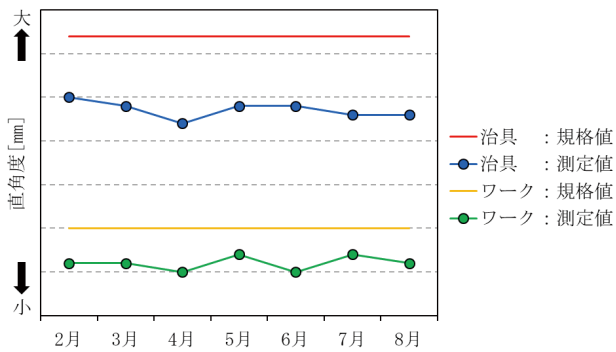


図9 治具と実ワークの測定値相関

6.3 ホーニング砥石改善による工程能力確保

6.3.1 現状問題点

ベースプレートの重要部位であるスプール穴はMC工程荒加工を経て、ホーニング盤仕上げ加工を

行う。しかし、立ち上げの品質確認にて、スプール穴円筒度の工程能力を満足できなかった。ホーニング前後の円筒形状比較により、ホーニングで円筒形状が悪化していることがわかった(図10, 図11)。

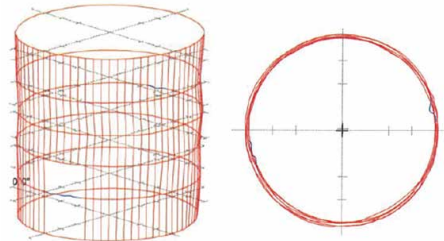


図10 ホーニング前

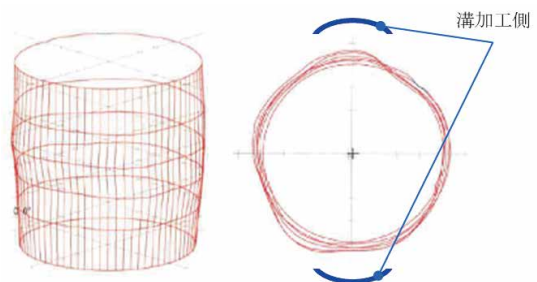


図11 改善前 ホーニング後

6.3.2 ホーニング加工の精度悪化要因

原因調査により、ホーニングで円筒度が悪化する要因として、二つの要因があることがわかった。

①ベースプレート特有の穴形状

図12の円筒形状より、問題が発生している部位は図12中のc, d部である。該当部には円周上の一部分のみ溝加工がある。溝加工により加工面積が変化し、切削負荷の変化影響が大きくなっている。

②ホーニング砥石結合剤の硬度

ホーニング砥石の交換作業は調整作業が必要となる。そのため、従来より砥石結合剤等を硬くすることで砥石交換サイクルを延ばしていた。寿命は延びる一方で、自生作用が減り、切味が悪化していた。

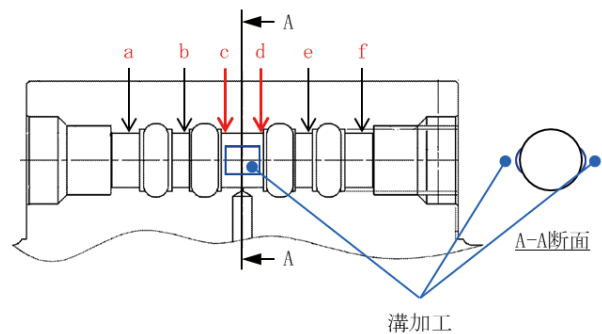


図12 スプール穴断面図

6.3.3 砥石結合剤変更による加工精度向上

切削負荷の変化影響が大きい部位に、切味の悪い砥石を使用している問題の対策として、従来は寿命延長のため硬くする傾向のあった砥石結合剤を軟らかくした。砥石結合剤を軟らかくすることで、自生作用が向上し、常に新しい砥粒を露出させることで切味を上げた結果、ワーク形状に左右されない加工を実現した。

6.3.4 実施方案の検証

改善後精度確認の結果、大幅な円筒形状改善が確認できた(図13)。また、N=20連続加工での品質確認において、規格上限で推移していた円筒度が大幅に改善され、工程能力も満足できた(図14)。懸念された砥石調整時間も、結合剤が軟らかくなることでの1回あたりの調整時間短縮と、砥石交換回数増加により、トータルの工具交換時間は同じとなった。

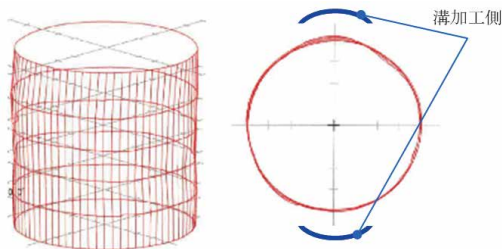


図13 改善後 ホーニング加工後

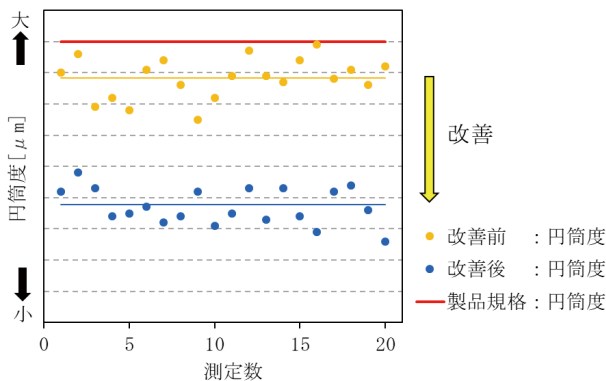


図14 改善前後の円筒度推移

7 結果

実施結果を表2に示す。

表2 実施結果

項目	目標	実績	判定
製造コスト	22%減	19%減	×
生産数	66%増	64%増	△

目標未達の要因として、下記の点が挙げられる。

①可動率悪化による製造コスト悪化

可動率悪化の主要因は、FMSエリア後の複数品種が合流する地点で仕上げ加工待ちワークの無駄な仮置きが発生したためである。改善として仕上げ加工待ちワーク棚を設置予定であり、本改善により目標達成見込みである。

②生産計画の当初見込み差異

生産数未達については、評価月の生産計画が当初見込みに達成しなかったためであり、生産能力としては目標達成済み。

8 まとめ

新たな計測方法による安定した予防保全を実現し、従来困難だった工程能力を満足できる製品の立ち上げを行うことができた。今後は、積み上げたデータをもとに予防保全から予知保全へと繋がる活動、及び目標を達成できていない可動率の継続的な改善を行っていく。

9 おわりに

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

著者



花枝 賢

2008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。主にPPM製品の部品加工工程設計を担当。

SA要素開発へのAI技術活用

Use of AI Technology in Development of SA Elements

大内田 俊 ・ 宮内 悠樹 ・ 提箸 良太
OHUCHIDA Shun ・ MIYAUCHI Yuuki ・ SAGEHASHI Ryota

要 旨

近年、第3次AI (Artificial Intelligence: 人工知能) ブームが到来しているものの、AIを競争優位性につなげられる組織は、世界でも少ない状況である。

また、近年カヤバでは乗り心地と操安性を高い次元で両立するため、ショックアブソーバ (以下SA) 摺動部品の開発が進んでいる。この開発を効率的に進めるため、データ駆動によるSA作動油の開発支援を行ってきた。

そこで、本報ではDX推進部が主導する「SA要素開発×AIの取り組み」について紹介する。

AIなどのデジタル技術を活用するには、「データの品質管理」と「ユーザフレンドリーなアプリ提供」が重要である。そこで、SA開発品の実車評価時に収集する走行試験データを安全に管理・運用できる基盤を構築し、基盤で管理しているデータを、簡単に検索および分析できるアプリを開発した。

構築した基盤を活用することで、これまで苦労してきたデータ管理業務から解放され、走行試験やデータ分析に注力できるようになった。

既に一部の実車評価で、本基盤を実運用しており、今後のSA開発に役立つデータが基盤に蓄積されつつあり、「持続可能なデータ駆動による開発力向上の仕組み」の実現に手応えを感じている。

本報では、大学との共同研究成果であるAIによる周波数解析技術だけでなく、それを応用・展開したAIサービスや構築したデータ分析基盤を支える技術と思想について解説する。

Abstract

Although there has been a third AI (artificial intelligence) boom in recent years, few organizations in the world have been able to gain competitive advantage through the use of AI.

In addition, KYB is focusing on the development of sliding parts for shock absorbers (SA) to achieve both ride comfort and maneuverability at a high level. In order to carry out this development efficiently, we have been providing data-driven support for the development of SA fluid.

This paper introduces the SA Element Development x AI initiative led by the DX Promotion Department for these reasons.

When utilizing digital technologies such as AI, it is important to carry out data quality control and provide user-friendly applications. Therefore, we have constructed a platform to safely manage and operate the driving test data collected during the evaluation of developed SA products in auto vehicles, and developed an application to easily search and analyze the data managed by the platform.

With this platform at our disposal, we can now focus on driving tests and data analysis, freeing us from the laborious data management tasks that used to be necessary.

We are already using this platform in some auto vehicle evaluations. Data useful for future SA development is being accumulated in the platform, and we feel that we can realize a sustainable data-driven system to improve development capability.

This paper describes AI-based frequency analysis technology that is the result of joint research with universities, along with the technology and philosophy behind the AI services that utilize such frequency analysis technology for further development, and data analysis platform thus constructed.

1 緒言

近年、第3次AIブームが到来しており、世界中の企業や研究機関が、あらゆる分野の課題を解決するために、AI技術の社会実装^{注1)}に取り組んでいる。

一方で、AIを導入する企業のうち、60%以上の企業はPoC（Proof of Concept：概念実証）の段階に留まり、AIを競争優位性につなげられる組織は、世界でもわずか12%に過ぎないという調査結果がある¹⁾。

AI活用が進まない主な理由を以下に示す。

- ①AIに関する正しい知識や技術を有していない
- ②AIを運用できる基盤を構築できていない

前者については、AIで解決すべき課題か否かの判断ができず、PoCから先に進めないケースである。そのため、DX推進部ではAI技術だけでなく、課題設定についても学べる、AI人材^{注2)}育成に取り組んでいる（詳細は、本号の「デジタル人材育成に関して」の記事参照）。

後者については、AIの学習に必要なデータを収集・管理する仕組みを構築できないまま、AI技術開発が先行してしまい、運用フェーズに移行できないケースである。また、AI技術は他のデジタル技術と組み合わせることで真価を発揮し、最終的には課題解決につながるのだが、他の技術に関するノウハウが不足しており、最適な解法やサービスを提案できないケースもある。

なお、本報では人材育成についての言及は控え、「SA要素開発×AIの取り組み」について解説する。

近年カヤバでは、乗り心地と操安性を高い次元で両立するため、SA摺動部品の開発に力を入れている^{2,3,4)}。DX推進部は、2019年に創設されて以来、データ駆動による作動油の開発支援を行ってきた。より具体的には、作動油評価のために収集した走行試験データに対し、多様な分析アプローチを駆使して、作動油の従来品と開発品の比較・検証を行ってきた。そして、そのデータ分析結果に基づく評価技術や開発に関するアイデア創出を支援してきた。

これまでに試した分析アプローチの中には、最新のAI技術であるDeep Learningを活用した周波数解析が含まれている。このAI解法をはじめ、いくつかの分析アプローチが、今後のSA開発に役立つことが分かった。持続可能なデータ駆動によるSA開発力向上の仕組みを構築することを目的に、「基盤」・「アプリ」・「AIサービス」を開発したので、各章で解説する。

注1) 研究成果を社会問題解決のために、応用・展開すること。

注2) カヤバでは「人材」を「人材」としている。

2 要件

本開発では、走行試験データの一元管理からデータの検索・分析まで実現できる基盤を構築している。

「データの品質管理」を重視したデータ分析基盤構築、およびユーザフレンドリーなデータ分析アプリ開発に適用した要件を以下に示す。

2.1 データ分析基盤

「データの品質管理」のための要件を以下に示す。

- ①収集する走行試験データを標準化し、基盤にデータの保存が可能なこと
- ②上記データを説明する試験条件などの記録を標準化し、基盤に記録の保存が可能なこと
- ③走行試験データと試験条件を紐づけて、基盤で管理できること
- ④上記の紐づけ処理を含む、データ前処理を自動化できること
- ⑤基盤管理下にあるデータの改ざんや紛失がないこと

走行試験データの標準化については、車両計測標準化を目指して開発された専用ロガーを採用することで、誰が計測しても同じ形式でセンサ値が保存され、かつAmazon Web Services（以下AWS）の活用により、基盤でのデータ処理自動化や永続的なデータ管理を実現している。また、試験条件については、誰でも同じ形式や言葉遣いで記録できるアプリを開発した。詳細については、次章以降で解説する。

2.2 データ分析アプリ

データは分析され、かつ意思決定に活用されて、はじめて価値が生まれるため、どんな走行試験にも汎用的に使えることを目指して開発した「分析結果レポート自動作成アプリ」の要件を以下に示す。

- ①分析対象のデータを検索できること
- ②データ分析者が、よく参照するグラフを自動作成できること
- ③AI・BI（Business Intelligence: ビジネスインテリジェンス）活用を推進し、アイデア創出を支援できること
- ④直感的に操作できること
- ⑤安定稼働すること

「検索」・「分析レポート作成」・「アイデア創出支援」などの、複数機能を提供しつつ、簡単に操作できるアプリを開発した。また、マイクロサービス^{注3)}を意識し、一部機能を改修する際、他の機能に影響が出ない設計にした。なお、本アプリの安定稼働のためにAWSを活用している。次章以降で詳細を解説する。

注3) 1つのアプリを小さなサービスとして分割し、開発効率化や影響範囲の極小化を図る設計手法。

3 データ分析基盤の概要

3.1 システム構成

図1に開発したシステムの概略図を示す。データの収集から保存・可視化・分析まで実現できる仕組みをAWSクラウド上に構築している。

3.2 データ収集

走行試験の結果を適切に分析するには、計測する走行試験データと試験条件を記録する表形式のメタデータを適切に紐づけて管理する必要がある。従って、今回のシステムでは、走行試験データとメタデータの収集系をそれぞれ用意している。

走行試験データの計測には、当社のスマート道路モニタリングシステム⁵⁾で開発された専用ロガーを採用している。この専用ロガーによって計測された処理前走行データは、エッジPCによってAWSへアップロードされる。データのアップロード先について、専用ロガーの拡張性を考慮し、現在収集していない画像データや音響データなどを含む、多様なフォーマットを保存できるAmazon S3^{注4)}を採用している。

メタデータは、試験担当者がタブレット端末などから接続した専用 Web サイトで情報を入力するこ

とで、簡単に記録される。メタデータとして収集する情報は、事前に関係者と議論して、標準化した。また、専用 Web サイトの入力画面の使い勝手についても、現場の声を聞きながら設計した。なお、本サイトの運用・管理の負荷低減や低コスト化を狙い、Amazon S3の静的 Web サイトホスティング機能^{注5)}を採用した。また、サイトへの接続を社内ネットワークに制限し、ユーザ認証機能を導入するなどのセキュリティ面も考慮している。

注4) タイプや容量に制限を受けることなくデータを保存、保護するストレージサービス。

注5) Amazon S3へWebコンテンツをアップロードすると静的ウェブサイト構築できる。

3.3 データ処理

専用ロガーによって計測されるデータは、ロガーの電源が入った時点から自動的に収集が始まるため、試験区間外を走行したデータも計測してしまう。そのため、試験区間を走行したデータのみを抽出する仕組みをAWS Step Functions^{注6)}のワークフローとして構築した。

本ワークフローにメタデータと処理前走行データを入力すると、メタデータを参照して、試験区間を

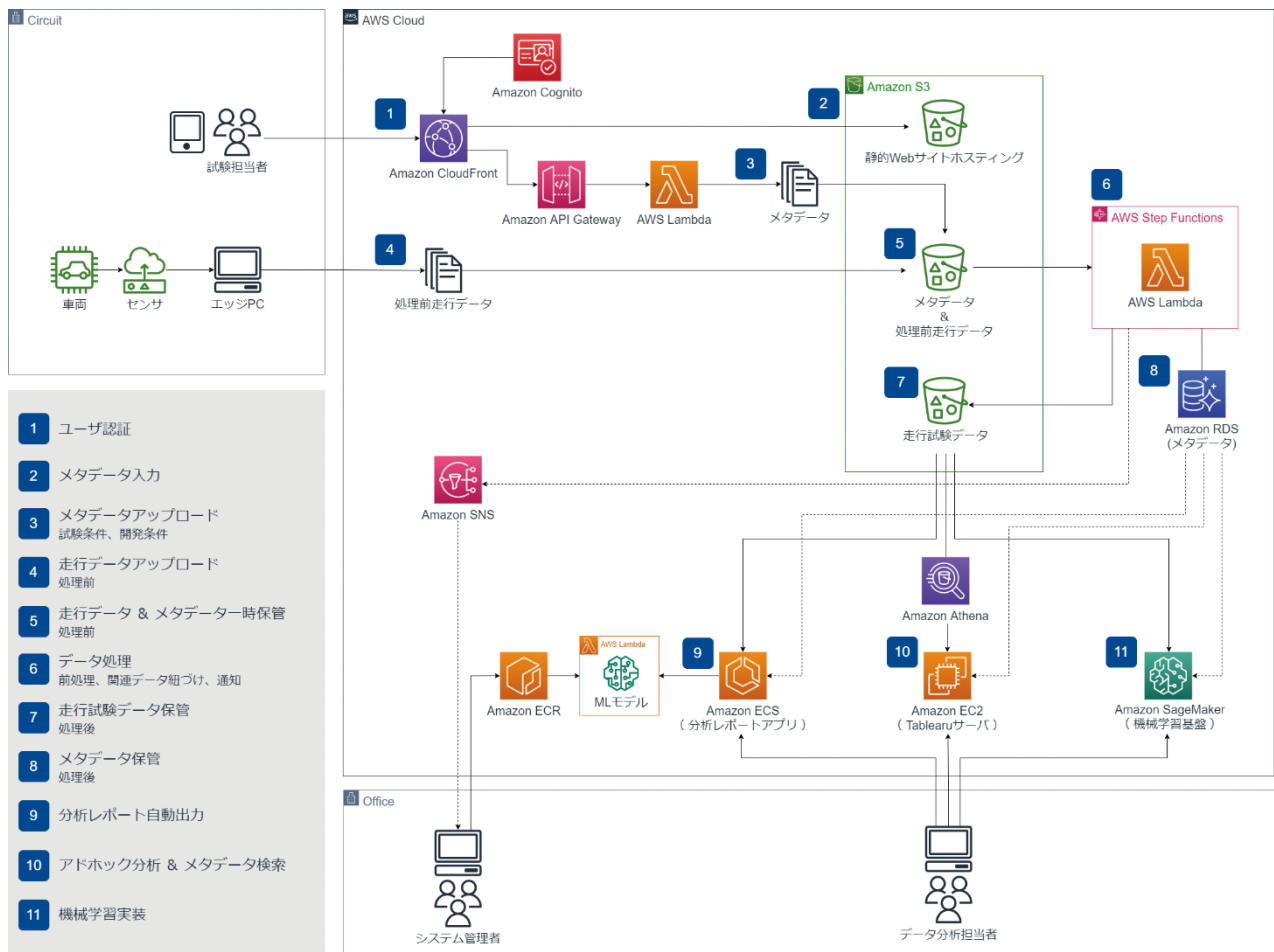


図1 データ分析基盤の概略図

走行した走行試験データのみを抽出し、かつ扱いやすい形式に加工され、Amazon S3に保存される。また、走行試験データの計測日時と紐づけられた状態でメタデータをリレーショナルデータベース（以下RDB）に登録することで、いつでも分析したい走行試験データを検索できるように管理している（図2）。

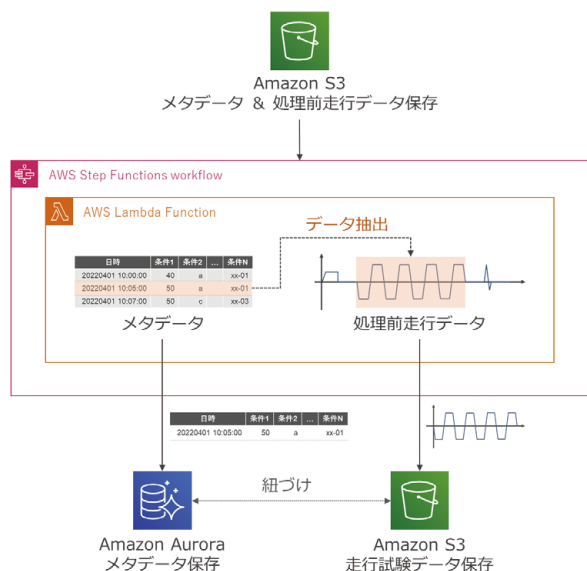


図2 ワークフローの概要

クラウドサービスを活用することでこのフローを高速に処理できるだけでなく、耐障害性の向上やバックアップ環境を低コストで実現している。一方、クラウドサービスを活用すれば、必要なときに利用したリソースのみにコストが発生するワークフローを、比較的簡単に構築・運用することができる。また、従来のデータ処理では、メタデータを表計算ソフトで作成した後、それを元に数日間かけて走行試験データを抽出する処理を手作業で行っていた。従って、一日分の走行試験データを整理するのに、膨大な工数を割いてデータ加工処理を行っていた。今後は、試験担当者が試験条件の入力作業だけを行えば、あとは構築したワークフローが自動で一連の処理をするため、データ処理に対する工数を大幅に削減できるようになる。

注6) AWSの複数のサービスを配置させて、一連のワークフローを作成するサービス。

3.4 データ分析

データ分析基盤では、管理された走行試験データに対し、以下の分析アプローチを提供しており、分析担当者が段階的に進められる仕様とした。

- ① 定型レポートによる簡易分析
- ② BIツールを使ったアドホック分析^{注7)}
- ③ AIを使った高度な分析

注7) 分析項目や内容が決まっておらず、その都度、単

発的に実施されるデータ分析のこと。

3.4.1 定型レポートによる簡易分析

走行試験データが基盤で管理された後、データ分析担当者は、はじめに内製Webアプリによって自動出力された分析結果レポートを確認することができる。本Webアプリは当社の分析技術を参考に開発しており、任意の走行試験データを選択するだけで、過去に培った分析ノウハウを考慮した分析結果の定型レポートを、だれでも簡単に作成できる。本Webアプリが提供している各機能の詳細については、5章で解説する。

本Webアプリを活用することで、これまでは有識者や専用ツールでないと作成困難だった定型レポート作成を標準化できるようになり、かつ分析対象のデータを基盤で安全に管理しているため、分析担当者はデータや専用ツールの管理などから解放され、分析や研究・開発業務に注力できるようになる。

3.4.2 BIツールを使ったアドホック分析

分析結果レポートにより、走行試験データのおおよその特徴を把握できるものの、さらなる深堀り分析を行えるように、BIツールを使用したアドホックな分析環境を提供している。なお、当社では、本開発に限らず、全社横断でTableauを使ったデータ分析環境を提供している。

また、メタデータを管理しているRDBとTableauを接続し、誰でも簡単に任意の走行試験データを検索できる機能を開発・提供している（図3）。本検索機能により、類似の試験条件で収集された走行試験データに対する統計的な分析や、特定の条件のみ異なる走行試験データ同士の比較検証などを効率的に進められるようになった。さらに、検索結果をダウンロードする機能も提供しているため、検索結果の共有や後述する「AIを使った高度な分析」のための前処理に役立てることもできる。



図3 走行試験データ検索画面

3.4.3 AIを使った高度な分析

走行試験データに対し、より高度な分析アプローチを支援するために、機械学習^{注8)}の実装環境を提供

している。DX推進部では、Amazon SageMaker^{注9)}を活用できるAI人材育成を進めており、本システムもそのような推進業務と連携しながら進めてきた。

現在は、データ分析など実験フェーズの環境としてSageMaker Notebook^{注10)}を提供しているが、機械学習の実装を含めたプロダクトへの移行を目指す開発フェーズでは、AWS専用SDK（Software Development Kit:ソフトウェア開発キット）を使ったローカルPCからの開発を推奨している。なお、単に機械学習の実装環境を提供するだけでなく、あらかじめ整備されたサンプルコードの配布や社内に蓄積されたAmazon SageMakerの利用ノウハウを積極的に公開することで、AI活用推進を支援している。既に、Amazon SageMakerを活用している人財であれば、基盤で管理している任意の走行試験データを迅速に取得し、AIを含む様々な分析技術を駆使した、高度な分析が行える環境を提供している。

最後に、本活動で開発したAIを組み込んだAIサービスを提供しており、データさえ用意すれば、AI有識者でなくでも、自由にAIによる分析結果が得られる機能も提供している。開発したAIおよびAIサービスについての詳細は、6章以降で解説する。

注8) 数値や文字など多様なデータから規則性やパターンを学習し、コンピュータが現状判定や将来予測する技術。

注9) 機械学習モデルを高速に開発、学習、配布するための環境を提供するサービス。

注10) データの可視化や機械学習モデルの構築など一連の作業をインタラクティブに実装できるサービス。

4 適切な開発・運用体制に向けた取組み

4.1 展開性を考慮した開発

システム開発において、その後の展開性や保守性を考慮して、Infrastructure as Code（以下IaC）を採用している。IaCは、インフラ構成をソースコードで管理する考え方であり、サーバ環境やアプリケーション設定などをソースコードとして定義することを指す。IaCにより、システム構築における工数の削減や再利用の効率化、手動実行による人的なミスを軽減することができる。本システムでは、AWS Step Functionsなどのアプリケーション（前述したワークフローを含む）はServerless Frameworkを、ネットワークやセキュリティ関連のインフラはHashiCorp社のTerraformを採用している。

4.2 チームで開発するための仕組み

IaCをはじめ、各アプリケーションをチームで開発するにあたり、ソースコードのバージョン管理

ツールであるGitLabを採用し、日頃の開発を安全かつ高速に進めている。開発担当者が作成したソースコードに対して、有識者を加えたレビューを実施した上で、本番環境にマージしている。CI/CD^{注11)}環境のもとで、正式にサービスがリリースされた後は、ソースコードの最新バージョンに対して、GitLabの機能であるタグを付与するルールを採用している。これにより、将来的にサービスリリースが失敗した場合も、正常な動作が保証されている前回のバージョンまで迅速にロールバックすることができる（図4）。

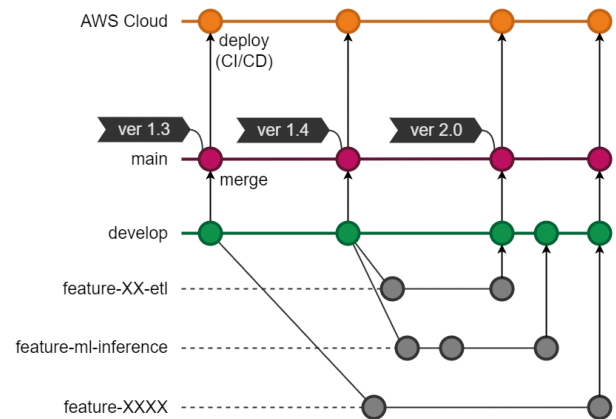


図4 タグを使ったシステム開発

注11) ビルド、テスト、展開を自動化するシステムのことで、Continuous Integration（継続的インテグレーション）とContinuous Delivery（継続的デリバリー）の略。

4.3 マルチアカウントによるクラウド運用

今後、社内で稼働するシステムが増えていくと、AWSアカウントに関する適切な運用ルールの策定が必要となる。当社では、シングルサインオンの仕組みを利用して、システムの種類や環境の違いに応じてAWSアカウントを切り替えるマルチアカウントによる運用を進めている（図5）。開発者や保守管理者は、サービスアカウントごとで自身に対して許可されている権限に応じた操作のみ実施できる。

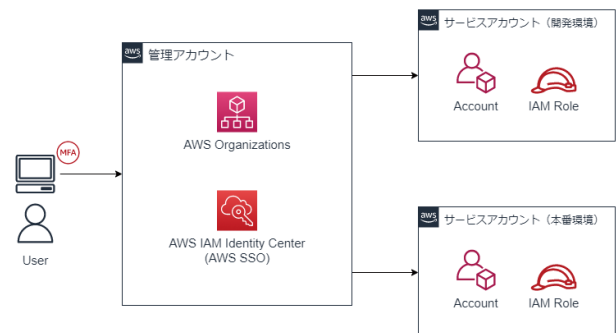


図5 マルチアカウントによる運用イメージ

アカウント単位でサービスや機能を分けることで、クラウド利用におけるセキュリティ統制やアカウントごとに設定する利用制限の回避など、AWSの管理者や利用者の負荷低減が期待できる。本システムも、この運用ルールのもと、構築が進められている。

5 分析結果レポート自動作成アプリ開発

データ数の増加に伴い、データの可視化に多くの時間と工数を割くことになる。こうした従来の煩雑な作業を行わずに走行試験データの分析結果を即座に可視化しレポートとして自動出力できる、データ分析Webアプリ（以下、分析Webアプリ）を開発した。

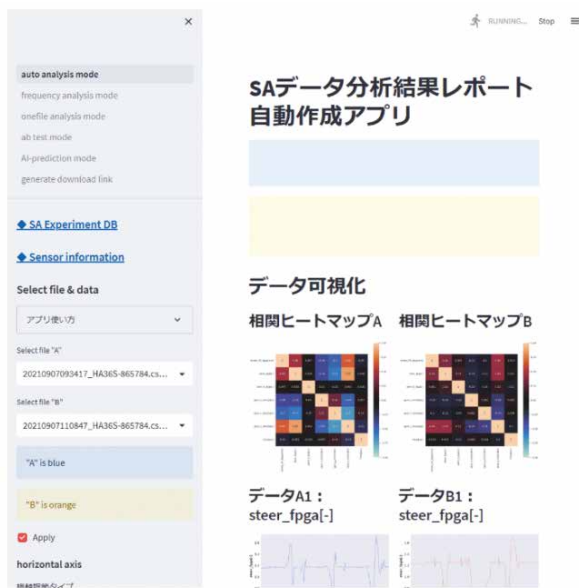


図6 分析Webアプリ画面

この分析Webアプリを使うことで、クラウドにアップロードした走行試験データに、簡単にアクセスすることができる（図6）。複雑な設定や操作を必要とせず、分析Webアプリ上で分析したい走行試験データを選択するだけで、自動的にデータの可視化が行えるようになっている。また、必要に応じて深堀り分析したいデータ（試験開始直後の走行データなど）を抽出し、拡大・縮小表示することも可能である。分析対象の走行試験データを説明する試験条件については、3章図3で紹介しているTableauの画面から試験条件の検索を行い、検索した走行試験データを、分析Webアプリで可視化する使われ方を想定している。

この分析Webアプリでは、後述する3つのモードを用意しており、用途に応じた使い分けができる。

5.1 汎用分析モード

汎用分析モードでは、データ分析者が頻繁に作図

する、所謂定番な可視化を行うことができる。可視化内容については、データ分析に携わる関係者から聞き込み調査を行い、実際によく用いられる可視化形式を採用した。具体的には、折れ線グラフや散布図、ヒストグラムの表示に加えて、各センサ値の統計量や相関マップなどの関係値を、分析Webアプリ上での簡単なマウス操作のみで出力できる仕様である。

この汎用分析モードを用いて、SA作動油の実車評価時に収集した走行試験データを可視化した例を図7に示す。分析Webアプリを用いることで、複数のセンサから取得したデータの特性を素早く確認することができ、データの収集から可視化までにかかる時間を大幅に短縮することができた。

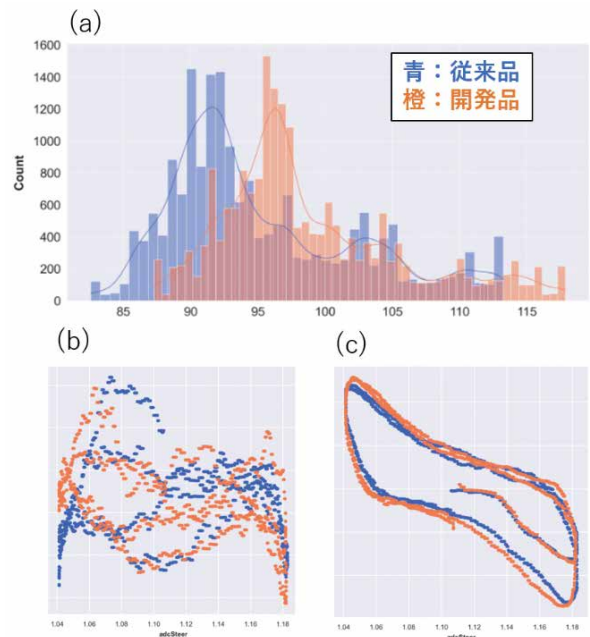


図7 分析Webアプリ（汎用分析モード）の活用事例 (a)センサAのヒストグラム, (b)横軸：センサA, 縦軸：センサBの散布図, (c)横軸：センサA, 縦軸：センサCの散布図

5.2 周波数解析モード

周波数解析モードでは、パワースペクトルや時間周波数解析のスペクトログラムなどを表示することができる。周波数解析のグラフ描画に関する細かなパラメータは個別に設定できるようになっているが、データに応じて自動的にパラメータを設定し、基本的にはユーザが細かな設定を意識せず簡単にデータの可視化を行うことができる。

5.3 AI分析モード

AI分析モードでは、誰でも簡単にAIによる周波数解析を行うことができる。開発したAIの詳細については次章で解説する。

5.4 走行試験データのダウンロード機能

分析Webアプリで選択した走行試験データはCSVファイルとして別途ダウンロードできる機能も提供している。本機能は、分析Webアプリ上の簡単なマウス操作によって、対象のデータをダウンロードできる有効期限有りの署名付きURLを発行する仕様である。

本機能により、「使い慣れた分析ツールを活用し、ユーザ独自の可視化がしたい」などの、本分析Webアプリでは対応できない要望もサポートしている。

6 AI活用と課題設定

最新のAI技術であるDeep Learningは、どんな課題解決にも活用できる汎用技術な一面があるものの、実績のある従来技術と比較した際には、同等の性能か、課題次第では従来技術よりも性能が劣る場合がある。そのため、AI技術開発に着手する前に、以下を検討することが重要である。

- ①AI活用が最適な課題か否か
- ②AI活用が最適な課題に落とし込めるか否か

前者に関しては、AIの正しい知識があれば判断できる。後者については、AIの知識に加え、課題を解釈する知識や経験が必要である。以降から、課題設定などの具体例を示す。

6.1 背景・課題

カヤバでは、乗り心地と操安性を高い次元で両立するため、SA摺動部品の開発が進んでおり、SA作動油のみの変更でも乗り心地などの官能的な部分が大きく変化することが分かっていた。ただし、作動油と車両挙動との関係性については、十分に解明できていない。

そのため、まずは作動油のみ変更した従来品と開発品を用意し、実車評価および周波数解析を行った(図8)。各作動油の解析結果を比較したとき、微小な違いしか観測できなかった。また、この微小な違いが、作動油に起因する差なのか、ロードノイズなどの環境要因あるいは運転の違い^{注13)}による差な

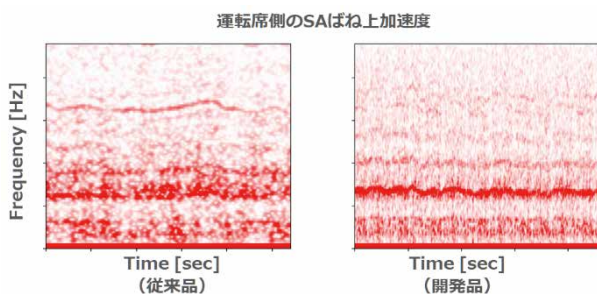


図8 各作動油のSAばね上の周波数解析結果^{注12)}

のかの切り分けが困難という問題が発生した。

注12) フーリエ変換でスペクトログラムを生成し、振動を可視化したもの。一部の情報は非公開とし、意図的に消去またはぼかしを入れてある。

注13) 試験条件が同じでも、アクセルやハンドル操作に微小なばらつきが生じる。

6.2 AI用の課題設定

当社では最新のAI技術であるDeep Learningを活用した、「画像処理による外観検査」や「溶接不良検知」などの高度な異常検知技術の開発^{6,7)}に取り組んできた。これらの知見を活かし、SA作動油に関する走行試験データのうち、加速度情報については、以下のように定義した。

- ①従来品の加速度：基準データ
- ②開発品の加速度：比較データ

そして、AIによる異常検知技術を応用し、従来品の加速度情報(基準データ)のみを学習し、開発品の新規性を検知する技術^{注14)}を開発した。

要するに、「開発品の新規性を検知したい」という課題を、「従来品と開発品の周波数解析結果を比較し、かつ作動油に起因する差のみを検知したい」と解釈し、さらに「AI活用が効果的な異常検知の課題」に置き換える検討作業を、開発初期に実施してから、開発を進めてきた。

注14) AIを活用し、従来品と開発品の各加速度を比較し、違いが顕著な周波数帯域に当たり付けをする技術。

7 一般的な異常検知のAI手法と提案手法

今回開発した手法は、AI手法のEncoder(符号化器)とDecoder(復号器)を応用したものである。一般的には、画像のような情報量の多いデータをEncoderに入力して情報を圧縮し、その圧縮情報をさらにDecoderに入力し、任意データを再構成する手法である。この手法の主な利点は、以下の2つである。

- ①扱いにくい高次元データを低次元化し、生成した低次元データを何らかの特徴量として活用できる
- ②データを圧縮・再構成する過程で、データのノイズ除去効果が見込める(特徴的なデータのみが再構成されると表現しても良い)

もし、入力データを再構成できるようにEncoderとDecoderを学習した場合^{注15)}、再構成データ(出力データ)と入力データとの差分を観測することで、ノイズ箇所を検知できる。このノイズが外観検査というところの傷や汚れに相当するため、本手法は異常検知が必要な現場で活用することが多い(図9)。



図9 手書き文字の異常検知をするAI手法

注15) 入力データと出力データが同じになるように EncoderとDecoderを学習する手法を、Autoencoder と呼ぶ。

7.1 提案手法

一方、提案手法では、従来品のばね下加速度のスペクトログラムを入力し、ばね上加速度のスペクトログラムを出力（再構成）するように、EncoderとDecoderを学習している（図10）。

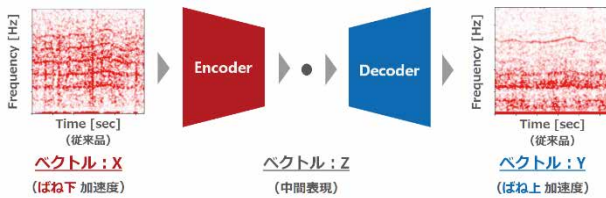


図10 提案手法の概要図

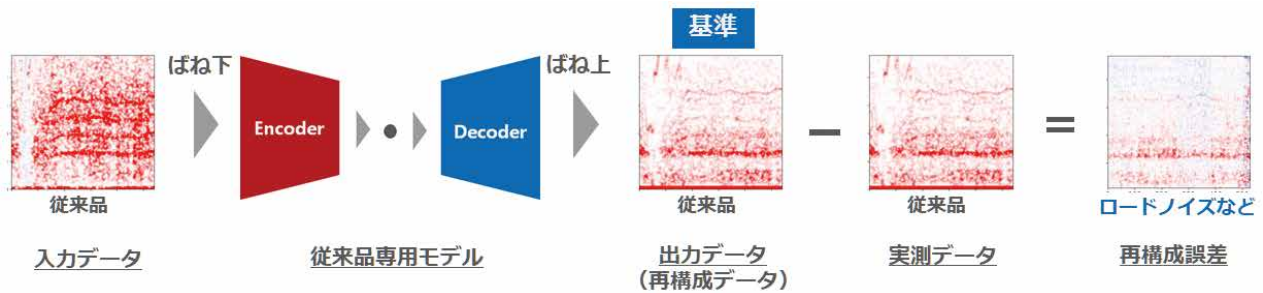
大量の従来品データのみを学習することで、従来品専用モデルを生成できる。ここでいうモデルとは、従来品のばね下スペクトログラムを入力すると、従来品のばね上スペクトログラムを出力する演算器のことである。

本モデルに、学習時には使わなかった従来品データを入力すると、ノイズ除去済みのばね上加速度を出力できる。そして、この出力データと実測データとの差分を観測すると、ノイズを可視化できる（図11(a)）。このとき可視化できたノイズが、「ロードノイズなどを含む実験誤差」と解釈できる見込みである。

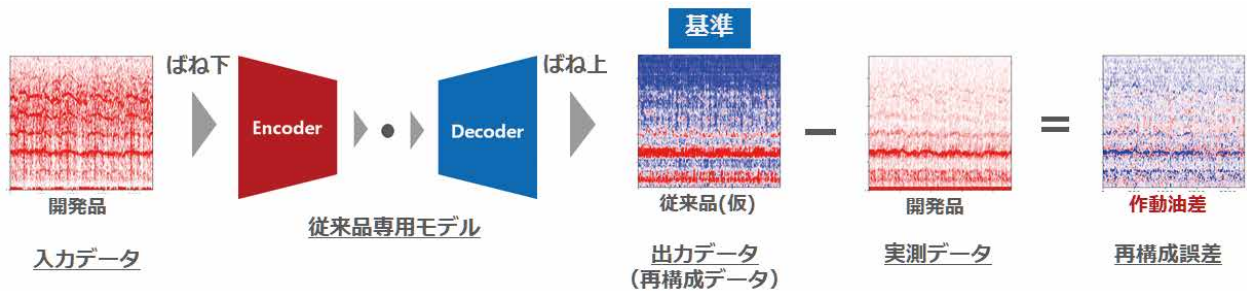
一方、本モデルに、開発品データを入力すると、従来品と類似している周波数帯域のみを出力できる。この出力データと実測データとの差分を観測すると、上手く再構成できなかった周波数帯域をノイズとして観測できる（図11(b)）。このとき可視化できたノイズが、「各作動油に起因する周波数帯域の差」と解釈できる見込みである。

ただし、再構成誤差であるスペクトログラムを目視確認する場合、色合いの微小な変化の発見が、主観的な判断に依存してしまう。そのため、スペクトログラムを周波数軸方向に平均化し、折れ線グラフで周波数帯域の差を可視化する表現方法を提案する（図12）。この表現方法により、専門性の有無に依存せずに、作動油差を判断できると考えている。

また、本提案手法では大量の学習データ（今回の場合は従来品データ）が必要になる一方で、開発品データは比較的少量でも構わないという利点がある。そのため、開発初期にベンチマーク対象の走行試験データを大量に収集できれば、開発品データが少量でもAIによる周波数解析を実現できる。なお、本提案手法で生成したモデルは、ブラックボックスモ



(a) 学習済みモデルに従来品データを入力した場合



(b) 学習済みモデルに開発品データを入力した場合

図11 提案手法の概略図

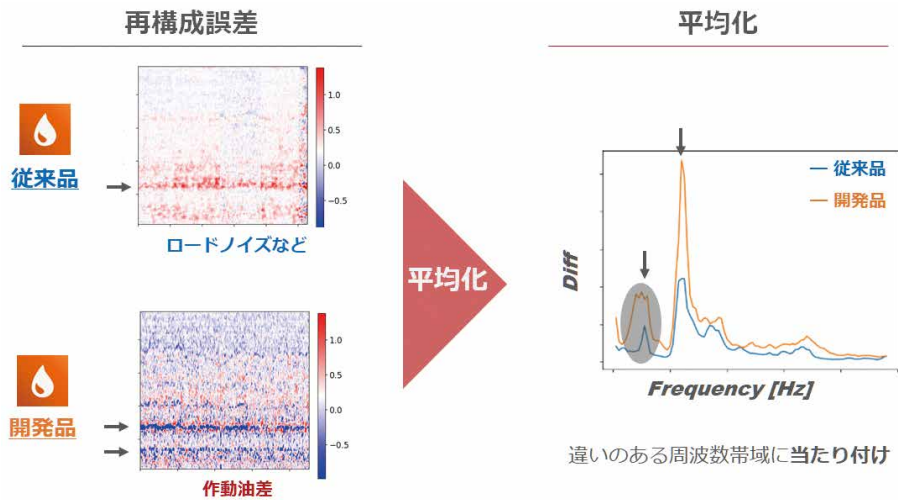


図12 AIによる開発品と従来品のばね上周波数帯域の違いを可視化

デルであり、何を根拠にデータを再構成したのか不明なため、解析結果については、参考程度に留めておく必要がある。

8 AIによるSA要素開発支援

7章で紹介した提案手法を含め、DX推進部ではAI開発にPython^{注16)}を用いている。そのため、提案手法の活用には、AIおよびPythonに関する専門知識と専用の動作環境が必要である。ただし、多くの人にとって、専門知識の修得や動作環境の準備に対する敷居が高いと考えた。そこで、AI（提案手法）を組み込んだアプリを開発し、誰でもAIによる周波数解析を試せる環境構築を行った。

注16) 汎用プログラミング言語の一つ。AIの開発におけるデファクトスタンダードの言語となっている。

8.1 内製AIサービスの活用事例

開発したAIサービスは5章で紹介した「分析レポート自動作成アプリ」の1機能として提供している。他の機能と大きく違う点は、基盤で管理していないデータ^{注17)}もサポートしている点である。ユーザーが保有しているデータをWebアプリ経由で一時的にアップロードすれば、誰でもAIによる解析が行える。

本サポートの狙いは、以下の通りである。

- ①手軽に走行試験を実施できない人でも、データさえあれば、誰でもAIサービスを活用するため、AIに対する敷居が下がる
- ②今後、作動油を含む高精度なSA物理モデルが生成できることを想定し、シミュレーションによって生成した仮想の走行試験データでも、AIによる解析ができる
- ③ユーザーやデータを限定しないことで、予想外の

AIサービス活用事例が発現する

最後に、任意の走行試験データに対し、AIサービスを活用した例を図13に示す。従来手法と提案手法の両方の解析結果を比較することで、開発品に関する新規性検知の確度が向上する見込みである。

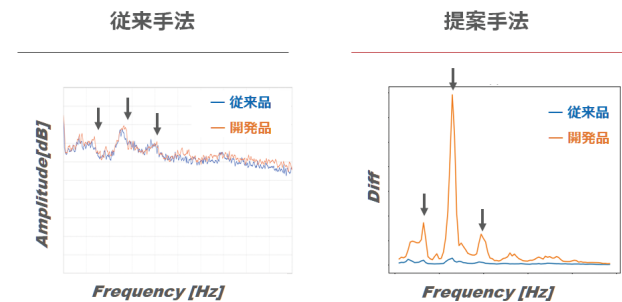


図13 従来手法と提案手法の周波数解析結果比較

注17) 指定のデータ形式に従う必要はある。

8.2 AIサービスを支える技術

本AIサービス開発では、仮想化技術の1つであるコンテナを活用している。より具体的には、AIアプリと動作環境を、ひとまとめにして管理・運用できるコンテナ技術を採用している。アプリおよび動作環境を内包したコンテナは、ローカル環境とクラウド環境どちらでも起動することができるため、環境依存による不具合を最小限に抑えることができる^{注18)}。

また、AWSにはコンテナ関連のサービスが多く存在し、ユーザーニーズに応じて、自由にサービスを選定することができる。

日々の開発活動で、AI（提案手法）を使用する頻度はそれほど多くない。そのため、使用した分だけコストが発生するAWS Lambdaというサービスを採用した。AWS Lambdaを活用してコンテナを起動することで、処理時間に数分を要するものの、

コストを最小限に抑えつつ、いつでも誰でも安全に、AIサービスが使える環境の運用・管理を実現している（図1のNo. 9付近）。

注18) コンテナ起動環境に応じて、修正が必要な場合あり。

9 今後の展望

本開発により、SA開発力向上を目的としたデータ分析基盤の構築が完了した。現時点では、本基盤の運用実績が少ないため、開発力向上に貢献できたか否かの判断は難しいものの、ユーザに対し、以下の価値を提供することができた。

- ①ユーザによるデータ管理からの解放
- ②走行試験とデータ分析に注力できる環境

なお、本基盤は多様な走行試験データを管理・運用できるように構築したが、現時点では想定できなかった走行試験が行われた場合、本基盤では対応できない恐れがある。そのため、本基盤を長期的に運用しつつ、想定外の不具合に対応できるようなメンテナンス体制の整備を進めていきたい。

また、本報で解説した「AIサービス」はDX推進部と岐阜大学による共同研究成果を応用し、AIの専門家でなくても使える形で展開したものである。今後は、DX推進部だけでなく、各部署が開発したAIやアルゴリズムなども取り入れていきたい。そのためにも、各部署のAI人財や先端IT人財などから、本基盤の活用方法や開発環境に関する問い合わせがあった場合に、サポートできる体制も整備する予定である。

10 結言

本開発により、走行試験データを利活用する仕組みができた。デジタル技術活用による働き方改革に対し、抵抗感のある人財もいると思うが、受容できる価値が大きいことを、しっかり説明した上で、DX（デジタルトランスフォーメーション）を推進していきたい。

また、本開発で培ったノウハウは、走行試験データ以外を対象とした基盤構築にも応用できるので、データ活用で困っている部署があれば、協業しながら課題解決を目指していきたい。

最後に、本開発にあたり多大なるご支援、ご協力を頂いた関係部署の方々に、この場をお借りして厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) アクセンチュア株式会社：調査レポート。 <https://www.accenture.com/us-en/insights/artificial-intelligence/ai-maturity-and-transformation>（調査期間：2021年8～9月）。
- 2) 村田：ショックアブソーバ用摺動部品の開発（Prosmooth™の紹介）。KYB技報第58号（2019年4月）
- 3) 佐野：SAバルブ特性解析技術の開発。KYB技報第58号（2019年4月）。
- 4) 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。KYB技報第59号（2019年10月）。
- 5) 首藤・高松：スマート道路モニタリングシステムの開発。KYB技報第61号（2020年10月）。
- 6) 内藤：KYBの生産領域におけるAI×IoTの取り組み。KYB技報第60号（2020年4月）。
- 7) 古川・井指：設備予知保全システムの開発。KYB技報第63号（2021年10月）。

著者



大内田 俊

2013年入社. 技術本部DX推進部.
AIを組み込んだシステム開発に
従事.



宮内 悠樹

2017年入社. 技術本部DX推進部.
データ分析基盤の構築業務に従事.



提箸 良太

2019年入社. 技術本部DX推進部.
データ分析関連のバックエンド開
発に従事.

製品紹介

7トン系油圧ショベル走行モータ用
アンチキャビテーションバルブ

鈴木 淳

1 はじめに

従来の7トンクラス油圧ショベル走行用油圧モータにはアドオン型ショックレスリリーフバルブが標準搭載されている。中型ショベル走行用油圧モータと同構造のショックレスリリーフバルブ（以下リリーフバルブ）であるため、構成部品が多く高価なバルブである。

本報では7トンクラス用に開発したリリーフバルブと代替が可能な簡素なバルブであるアンチキャビテーションバルブ（以下アンチキャビバルブ）について紹介する。

2 本製品の概要

2.1 背景

走行用油圧モータ“MAGシリーズ”は、1トンクラスから35トンクラスまで対応可能な11機種の製品ラインアップがある（表1）。6トンクラス以下のミニショベル用ではアンチキャビバルブを標準搭載しているが、7トンクラス以上はリリーフバルブを標準搭載している。これまで7トンクラス走行用油圧モータMAG-50VP-1100Fでは、下位クラスで採用しているアンチキャビバルブを流用する検討が行われてきたが、車格の違いにより車両停止時に作用する慣性

表1 MAGシリーズラインアップ

ショベルクラス (tons)		製品形式	出力 トルク kN-m	リリーフバルブ or アンチキャビ バルブ
~5	~15			
~1.7t		MAG-12VP-120E	1.18	無し
~2.5t		MAG-18VP-230F	2.16	アンチキャビ バルブ
~3.5t		MAG-18VP-350F	3.14	
~4.5t		MAG-26VP-400F	3.92	
~6.5t		MAG-33VP-650G	6.37	
~8.0t		MAG-50VP-1100F	10.8	リリーフ バルブ
~12t		MAG-85VP-1800	17.7	
~15t		MAG-85VP-2400E	23.5	
~25t		MAG-170VP-3800G	35.3	
~25t		MAG-170VP-4000H	39.1	
~35t		MAG-180VP-6000G	56.0	

力が大きくなるため、キャビテーションの発生を抑制できず、アンチキャビバルブの適用化が困難であった。近年、市場からはコストダウン要求があり、リリーフバルブと代替が可能な簡素バルブである7トンクラス走行用油圧モータのアンチキャビバルブの開発を行った。本製品の外観を図1に示す。

図1 本製品の外観
(MAG-50VP-1100Fアンチキャビバルブ仕様)

2.2 リリーフバルブ機能・特徴

従来のリリーフバルブは車両停止時に発生するブレーキ圧力のサージカット、キャビテーション抑制、停止フィーリング調整の役割を果たしている。リリーフバルブの特徴は、車両停止時、走行モータの搭載バルブであるカウンタバランスバルブ（以下カンバラ）の流出側開口を早く閉じ、リリーフバルブの作動によってブレーキトルクを発生させ、車両停止時の慣性力を吸収する。また、ブレーキ圧力の昇圧特性をショックレス作動圧力・時間を調整することで、お客様の要求する停止フィーリングを可能にしている。

【走行時】

図2に走行時の油圧回路図を示す。Pinポートに圧油が流入すると、カンバラが走行ポジションになり、油圧ロータリに圧油が導かれモータが作動する。

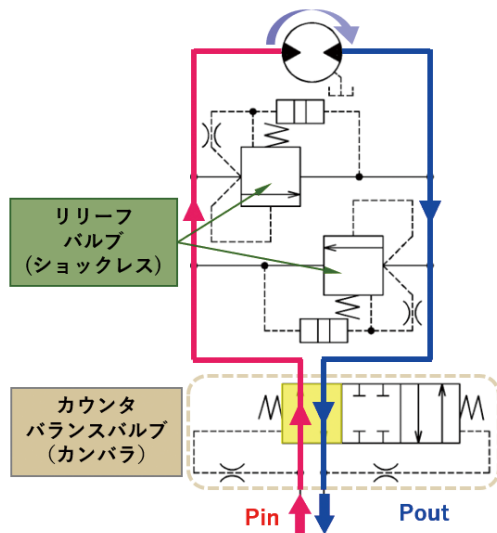


図2 リリースバルブ油圧回路図 (走行時)

【ブレーキ時】

図3にブレーキ時の油圧回路図を示す。Pinポートへの圧油の供給が断たれるが、車両の慣性力によりモータは回転を維持する。これによりブレーキ圧力が上昇し、ブレーキトルクを発生させ慣性力を吸収する。ブレーキ圧力がリリースバルブの設定値以上になると矢印(緑色)のように反対側に圧力を逃がし、キャビテーションの発生を抑制する。ショックレスリリースバルブは図4に示す通り、2段階でブレーキ圧力が昇圧する特性となる。なお、図4の圧力波形はフライホイール試験機での計測結果である。

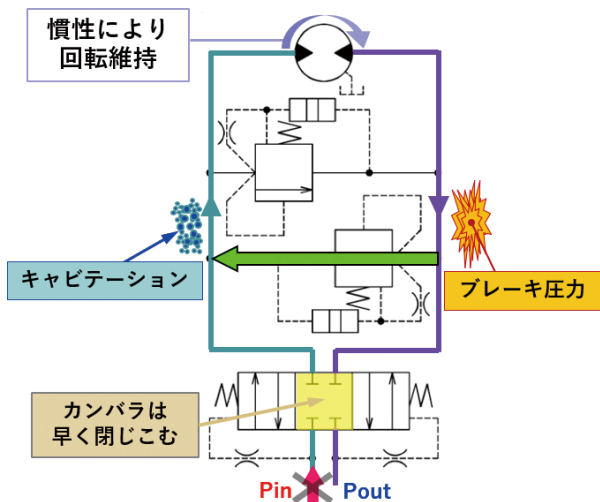


図3 リリースバルブ油圧回路図 (ブレーキ時)

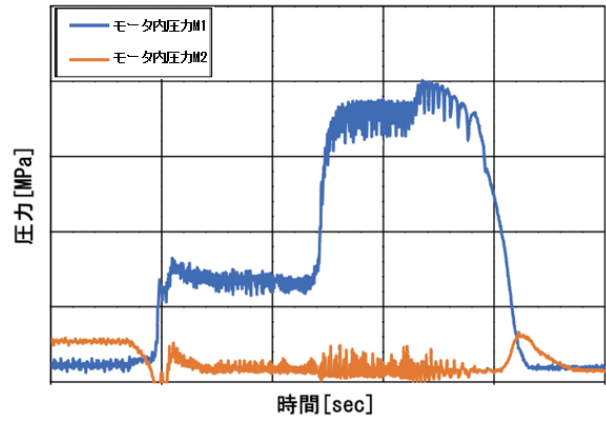


図4 リリースバルブ仕様ブレーキ圧力特性

2.3 アンチキャビバルブ機能・特徴

アンチキャビバルブはリリースバルブの様にブレーキ時のサージカット機能を有していないため、カンバラ開口特性によってブレーキトルクを発生させ、車両停止時の慣性力を吸収し、且つ、ブレーキ圧力を許容値以内に抑えるようカンバラ開口特性をチューニングする必要がある。キャビテーション抑制機能はアンチキャビバルブとカンバラで高圧油を低圧側にバイパスさせることで可能となる。

走行時の油圧回路図を図5、ブレーキ時を図6に示す。カンバラ開口特性を調整することで、様々なブレーキ圧力の昇圧特性を得ることが可能となり、お客様の要求する停止フィーリングに調整することができる。表2にリリースバルブとアンチキャビバルブの機能比較を示す。

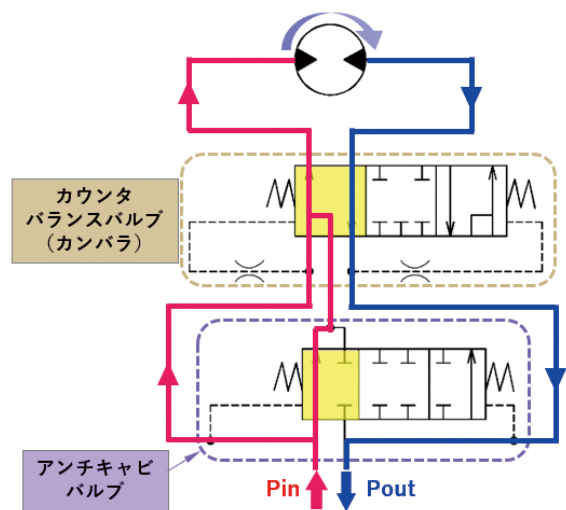


図5 アンチキャビバルブ油圧回路図 (走行時)

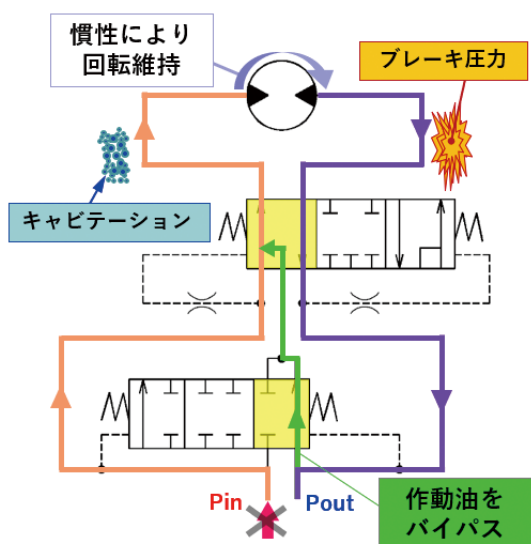


図6 アンチキャビバルブ油圧回路図（ブレーキ時）

表2 リリーフバルブ，アンチキャビバルブ機能比較

機能	リリーフバルブ仕様		アンチキャビバルブ仕様	
	リリーフバルブ	カンバラ	アンチキャビバルブ	カンバラ
① ブレーキ圧力サージカット	●	×	×	●
② キャビテーション抑制	●	×		●
③ 停止フィーリングの確保	●	×	×	●

2.4 バルブ構造比較

リリーフバルブ及びアンチキャビバルブの構造を図7，図8に示す。リリーフバルブは部品点数が多く高価なバルブであるのに対し（部品点数33点），アンチキャビバルブは部品点数が少なく簡素なバルブである（部品点数10点）。

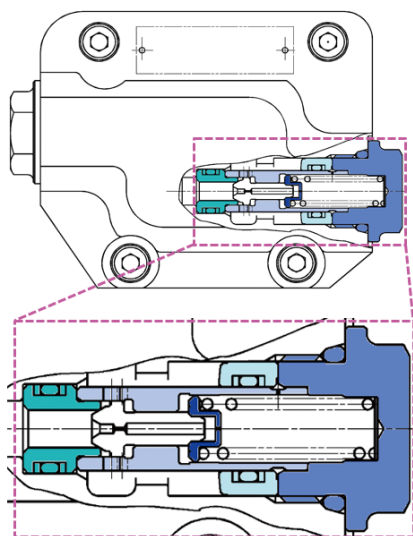


図7 リリーフバルブ断面図

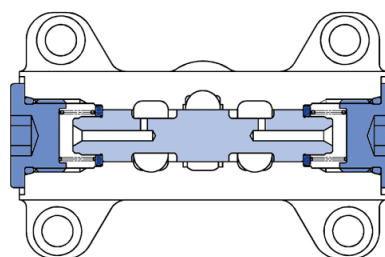


図8 アンチキャビバルブ断面図

3 アンチキャビバルブ化の技術課題

7トンクラスの車両停止時，キャビテーション抑制と同時にカンバラ開口特性によってブレーキ圧力の上昇を許容値以内に抑え慣性力を吸収し，お客様の要求する停止フィーリングにカンバラ開口特性等のチューニングで調整できるかが課題となる。

4 7トンクラス用アンチキャビバルブの特徴

上述の通りアンチキャビバルブではリリーフバルブと異なり，アンチキャビバルブによりカンバラ開口特性と閉じ込み時間を調整することで様々なブレーキ圧力の昇圧特性を得ることが可能となる。図9に示すようにブレーキ圧力の昇圧特性を緩やかに上昇させ，車両で良好な停止フィーリングとサージ圧力を許容値以内に収めることが可能となる。その他に図10，図11のような昇圧特性を得られることも確認されている。また，本開発品は従来製品と代替可能とするため，従来のリリーフバルブ仕様と同等のモータ性能・耐久性を有している。

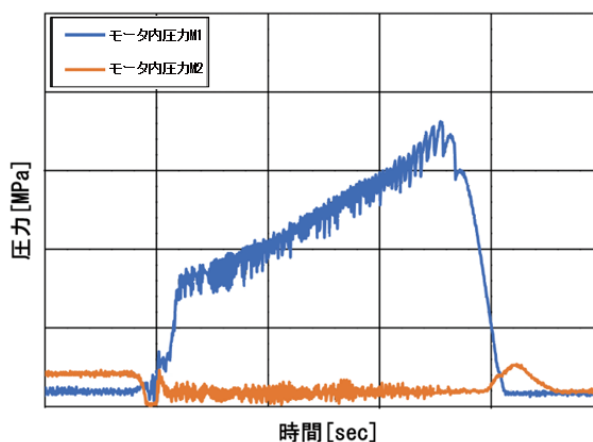


図9 アンチキャビバルブ仕様ブレーキ圧力特性①

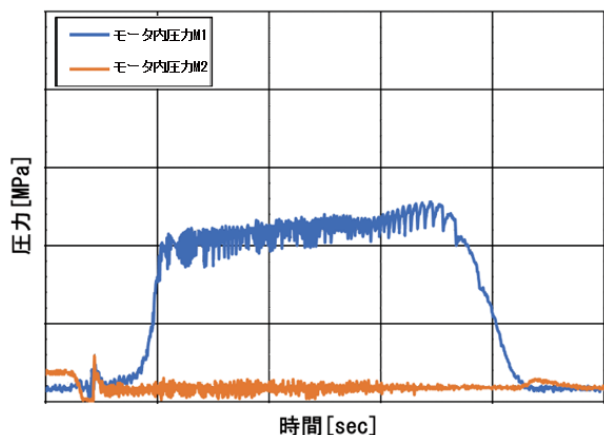


図10 アンチキャビバルブ仕様
ブレーキ圧力特性②

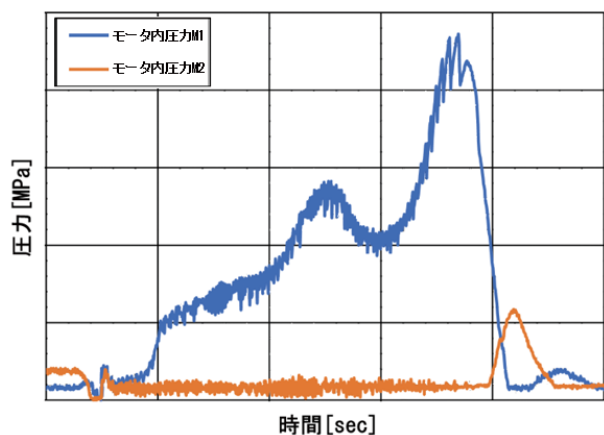


図11 アンチキャビバルブ仕様
ブレーキ圧力特性③

5 おわりに

アンチキャビバルブを採用する際には、カンバラ開口特性の調整による車両とのマッチングが必要になる。車格や機種の違いにより、フィーリング確認時のクローラの種類（鉄、ゴム）や路面状況（鉄板、土、コンクリート地面）が異なるため、フライホイール試験での検証だけでは停止フィーリングを正確に予測することが困難である。

本開発で得られた試験データを解析モデルに活用し、車両とのマッチング期間短縮のため予測技術向上を図る。将来的にはベンチ試験では再現が困難な操作モードでのモータの挙動をシミュレーションで把握することで市場不具合現象の解明等に役立てたい。

著者



鈴木 淳

2007年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部相模油機技術部ポンプ・モータ設計室。油圧モータ製品の設計・開発に従事。

AT用ベーンポンプの開発

五味 裕 希

1 はじめに

今回紹介するAT^{注1)}用ベーンポンプは、マツダ(株)殿が開発した新型SUV^{注2)}に搭載される新型ATの変速機構の油圧源として使用されるものである。本製品は、2021年12月より生産を開始している。

注1) Automatic Transmission (自動変速機) のこと。

注2) Sport Utility Vehicle (スポーツ用多目的車) のこと。

2 ATユニットについて

今回開発したベーンポンプが搭載されるATユニット(写真1)は厳密にはステップAT(以下AT)であり、カヤバにてベーンポンプを開発し生産してきたCVT^{注3)}とは動力伝達方式が異なる。そのため使用するポンプに要求される吐出圧力もATとCVTでは異なり、AT用は当社で初のラインナップとなる。表1にそれぞれのユニットの仕様を示す。

注3) Continuously Variable Transmission (無段階変速機) のこと。

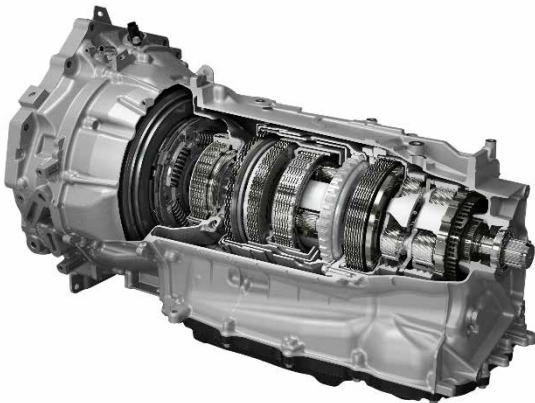


写真1 ユニット外観※

※マツダ株式会社の利用合意を受けています。他への転載、転用を一切禁ずる。

表1 ATとCVTの仕様差

形式	AT	CVT
変速方式	歯車	ベルト
必要油圧	~2.1MPa	~6.0MPa

3 開発したベーンポンプについて

今回開発したベーンポンプは既存のCVT用の製品をベースとしているが、前述のようにAT用とCVT用ではポンプの要求仕様が異なるため、全ての仕様を一から見直しAT用に最適となるよう開発を行った。

まず、AT用は吐出圧力が低いため、必要な耐久性を確保しながら既存品と比較して最大限の低フリクション化を行い車両の燃費向上に貢献した。

また、ポンプの始動特性や車両の快適性に欠かさないNVH^{注4)}などに関しても工夫を凝らし、要求された仕様を満足するよう最適設計を行った。

開発したベーンポンプの外観を写真2、仕様詳細を表2に示す。



写真2 開発ベーンポンプ外観

表2 開発したベーンポンプの仕様

形式	平衡型ベーンポンプ
基本吐出量	15.9cm ³ /rev
使用回転数	~7,420rpm
使用圧力	~2.1MPa
使用温度	-40~165℃
生産拠点	日本

注4) Noise, Vibration, Harshness (騒音・振動・ハーシュネス) のこと。

4 性能改善アイテムの紹介

4.1 容積効率の向上

今回開発したベーンポンプでは吐出圧力に合わせて各摺動部の隙間(クリアランス)の最適化すなわち縮小を実施した。クリアランスを縮小することによりポンプ内部のリーク量すなわち流量損失が減ることで、容積効率の向上につながる。背反として摺動部の焼き付きの発生など耐久性が悪化するが、FEM解析による変形量検討(図1)と限界確認耐久試験により最適なクリアランス量を設定し、必要な耐久性を確保しながら容積効率を向上した。

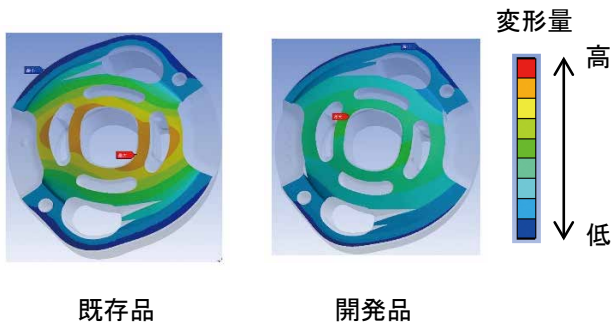


図1 FEM解析例

4.2 機械効率の向上

ベーンポンプの駆動トルクは理論トルクとロストトルク(フリクション)の合計となっており、機械効率の改善には主にロストトルクの削減が必要である。主なロストトルクの成分としては流量制御弁を動作するための圧力損失によるトルク^{注5)}とベーン押付力による摺動トルクが挙げられる。この二種類のロストトルクを削減するため、下記の改善を行った。

注5) 流量制御弁内蔵タイプのポンプの場合

①流量制御弁の作動圧力低減

- ②カムリング薄型化
- ③ベーン薄肉化

①については流量制御弁の作動圧力を低減すると圧力損失によるロストトルクを削減することが出来る。一方で流量制御弁は余剰流量を内部循環させることで、その流れの力を使い、吸込み性を向上させている(図2)が、作動圧力を低減すると内部循環させる油の圧力が下がってしまうため、キャビテーション耐性が下がってしまうデメリットがある。キャビテーションとは作動油中に溶解している空気が気泡として析出する現象で、その気泡の析出、消滅を繰り返すことで、構成部品に摩耗、損傷の影響を及ぼす。

対策として吸入油路であるカムリングの吸入部に“切り欠き”を採用し、吸入油路を拡大することで圧力損失を低下させ、吸込み性を向上させた(図3)。

②については基本吐出量を決めるカムリングの内径カーブを既存品よりも拡大したことでカムリングの幅を24%薄型化(図4)し、ベーンの受圧面積、摺動面積を小さくし摺動トルクを低減した。

③については当社で初となる最薄(従来比29%減)のベーンを採用し、更なる受圧面積、摺動面積の低減を行った(図5)。

これらの改善によりロストトルクを低減し、同等の仕事量を行う既存品に対し、約20%ロストトルクを削減し機械効率を向上することができた。

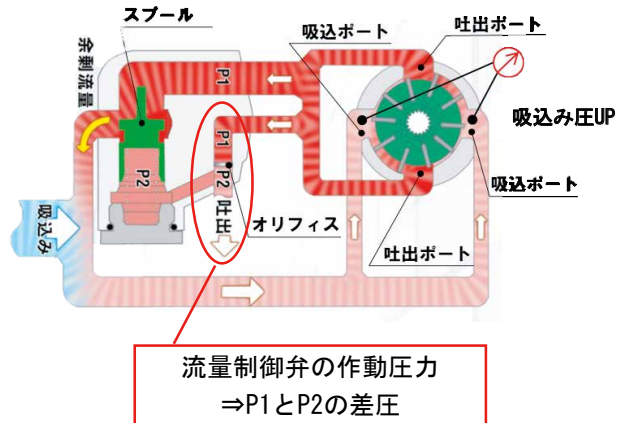


図2 ベーンポンプ内部の循環油路

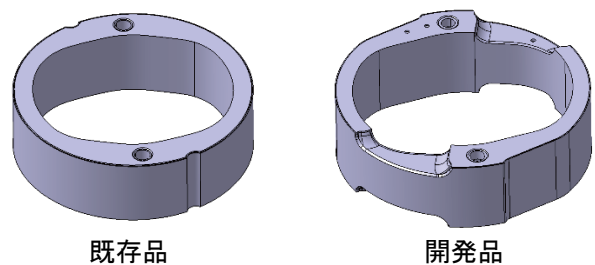
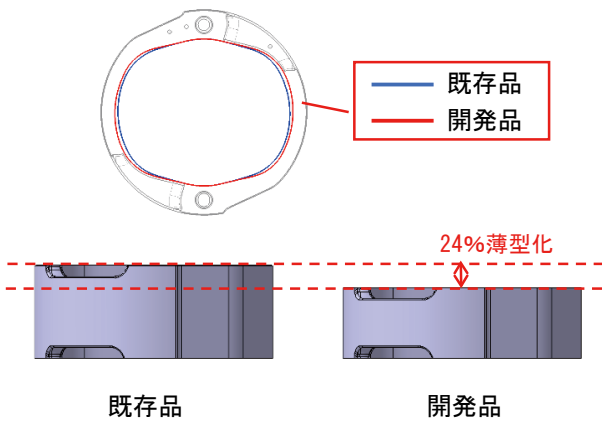


図3 カムリングの仕様比較



既存品 開発品
図4 カムリング薄型化イメージ

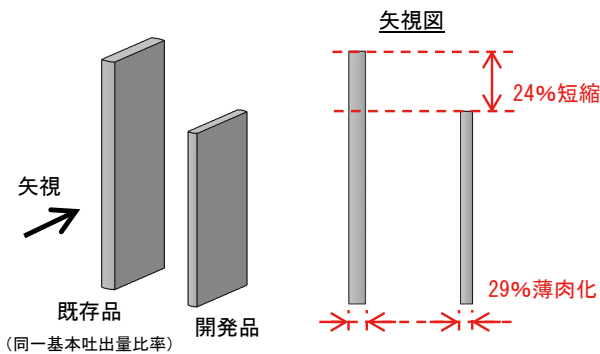


図5 ベーン薄肉化

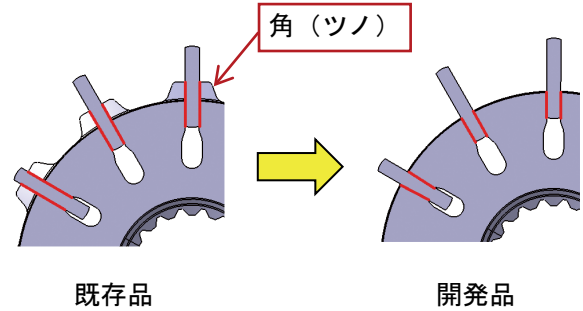


図6 ロータ形状

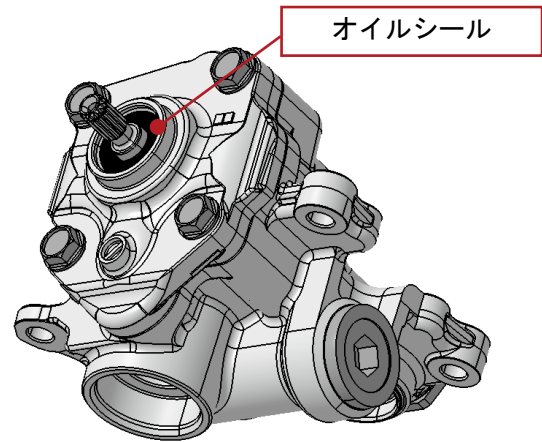


図7 オイルシール

4.3 始動性の向上

前述のようにロストルク削減のためにベーンを薄肉化することによって押し付け力を低減していることから、始動性については不利となる。近年トランスミッション用ポンプに求められる始動性は自動車の機能向上の観点から短時化を要求されており、改善が必要であった。

今回開発したベーンポンプではロータの形状を変更し“角(ツノ)部”を無くすことでベーン飛び出し時の摺動抵抗を減らし(図6)、さらにベーンを押し出す背圧とベーン摺動部のクリアランスを最適化することで低温始動性を向上し、従来品以上の始動性を達成することが出来た。また、カバーにオイルシールを追加し気密性を向上させたことでポンプ停止時にポンプ内部の油が抜けることを防止でき、再始動時に油の吸い上げ時間が短縮したことで更なる始動性の向上が図れた(図7)。

4.4 NVH改善

近年自動車の静粛性は年々向上しており、トランスミッションの静粛性の要求も高まっている。ポンプについてもNVH改善は必須事項である。

今回開発したベーンポンプではサイドプレートのポート形状をユニットの仕様環境に合わせて最適化(図8)し、吐出脈動を低減することで振動を抑制

した。また、ベーン室とポートを繋ぎベーン室の圧力の立ち上げに寄与するノッチについてシミュレーションを用いてチューニングを行い(図9)、常用回転時と高回転時の静粛性を向上した。

また、既存品ではサイドプレートAのみに設定していたノッチをサイドプレートBに追加することでベーン室への高圧油の供給量を増やし、高回転、高エア含有時における圧力の立ち上がり遅れを抑制しキャビテーション発生対策を図った(図10)。

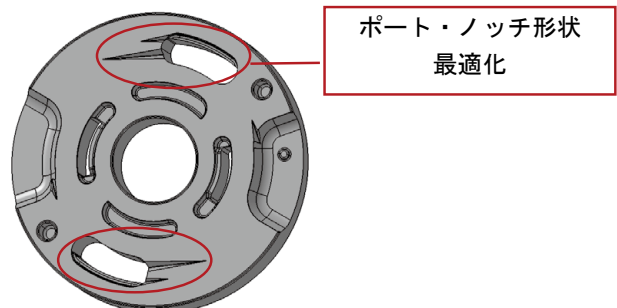


図8 サイドプレート ポート・ノッチ

ポンプ内圧（ベーン室の圧力）の
変化速度をシミュレーションにて
予測しチューニングを行う。

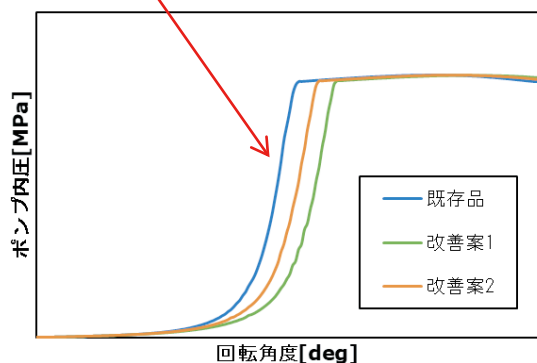


図9 ベーン室内圧シミュレーション例

あったが、本開発に携わって頂いた関係者の多大なご協力により量産化することができた。

本開発にあたってご協力頂いたマツダ(株)殿のプログラム関係者をはじめ、関連協力業者、社内関係部門の皆様がこの場を借りて深く感謝を申し上げます。

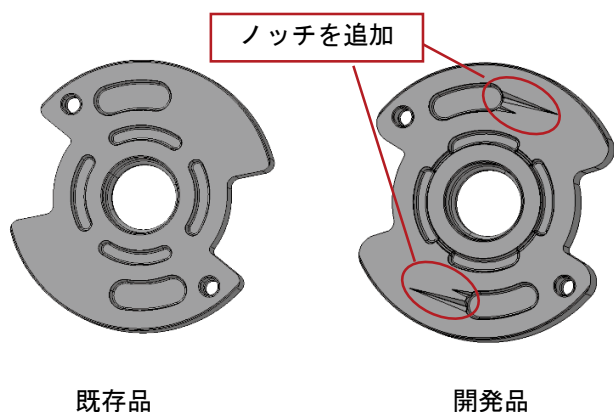


図10 ノッチ追加

5 まとめ

今回当社で初となるAT用ベーンポンプを開発し、下記の内容を実現した。

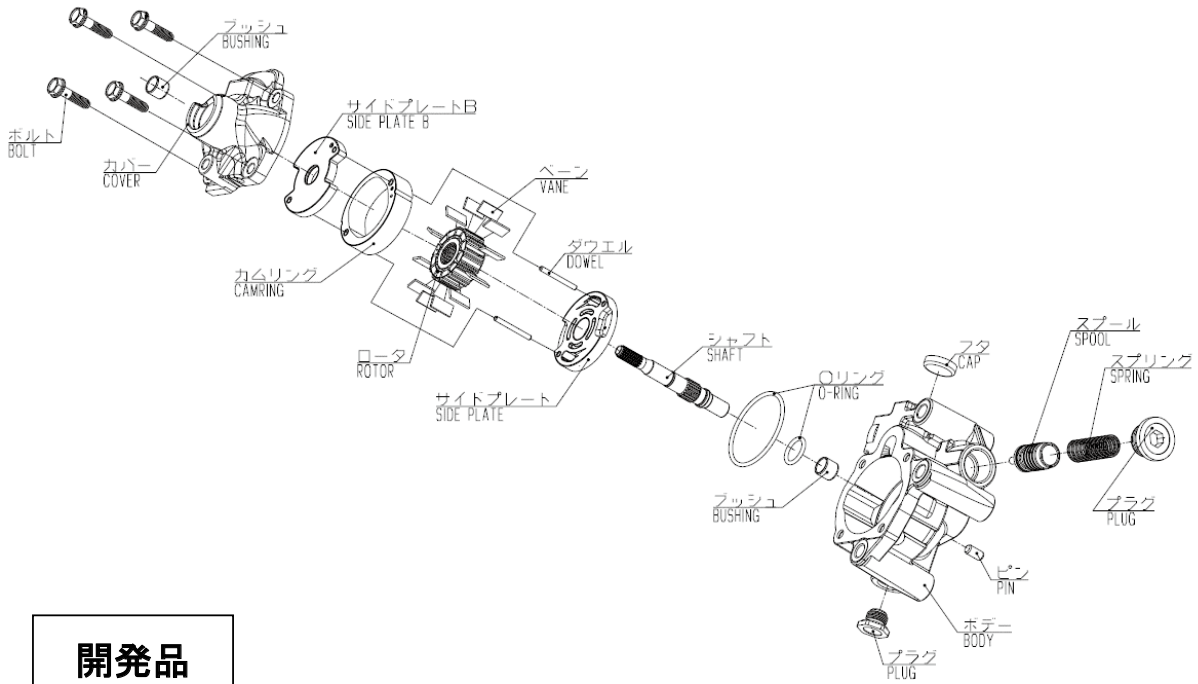
- ①AT用に最適化したベーンポンプを開発
- ②従来品に対しロストトルクを約20%低減
- ③耐久性と低駆動トルク化の両立
- ④始動性向上
- ⑤低騒音化

また、既存品と開発品の傾斜展開図（図11）に、今回の開発で検討を行った内容を示す。

6 おわりに

今回開発したAT用ベーンポンプはこれまで当社が開発してきた製品の中で経験の無いスペックで

既存品



開発品

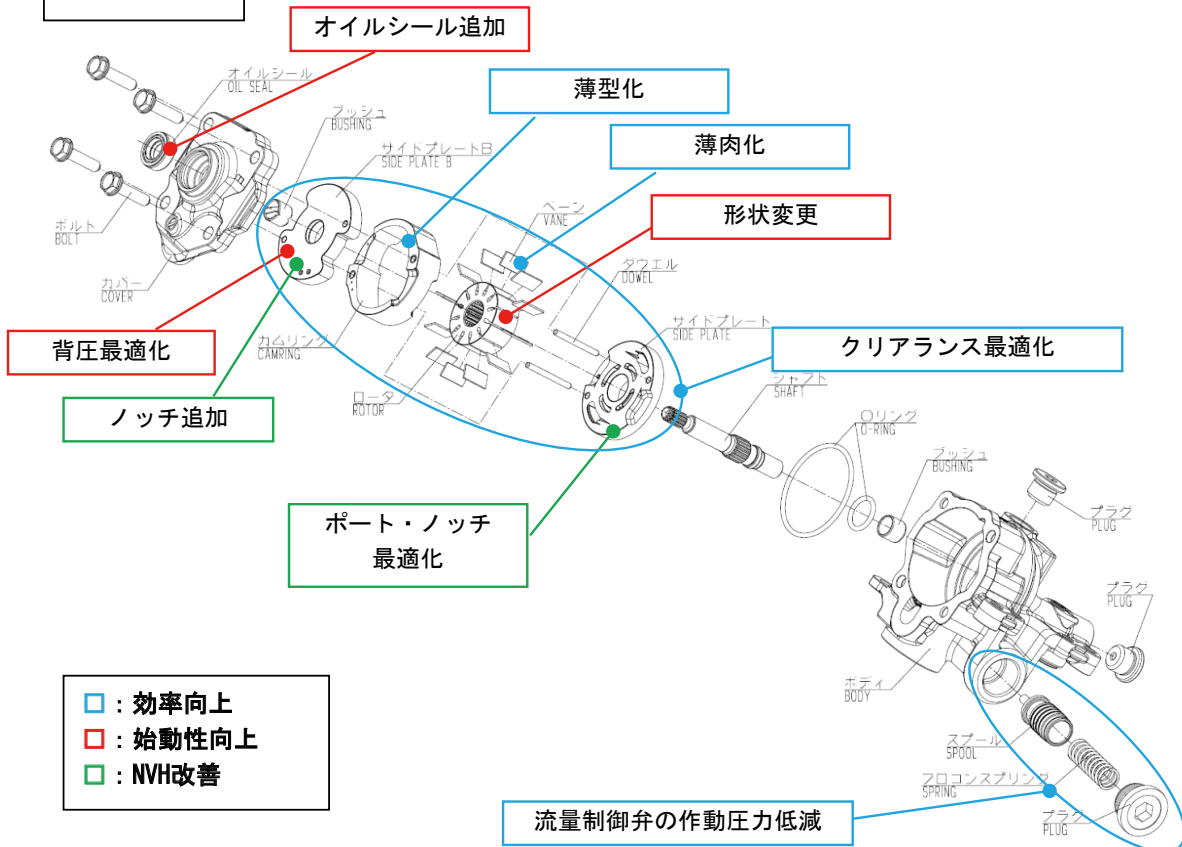


図11 既存品と開発品の傾斜展開図

— 著 者 —



五味 裕希

2012年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部ポンプ技術部所属。ベーンポンプの設計に従事。



デジタル人財育成の取組み

宮内 悠樹 ・ 井指 諒亮 ・ 瀧野 慎介

1 はじめに

昨今、あらゆる産業でデジタル人財^{注1)}の獲得や育成が必要とされてきている。当社でも、デジタル人財を育成するにあたり、教育の体系化・内製化を進めてきた。本稿では、当社におけるデジタル人財育成の取組みを紹介する。

注1) カヤバでは「人材」を「人財」と表現しているため、本稿においても以後すべて「人財」と記載する。

1.1 デジタル人財育成の原点

きっかけは、2016年に行ったグループ会社の製造不良分析にデータマイニング^{注2)}を適用するという全社横断のプロジェクト活動である。この活動では、統計学の知識習得と共にデータマイニングツールの活用推進を実施した。その結果、社内におけるデータ分析の必要性への理解の一助となった。2018年より、機械学習^{注3)}や深層学習^{注4)}を使ったより高度な分析に必要な知識や技術を学ぶAI (Artificial Intelligence: 人工知能) 人財育成¹⁾を開始した。

この活動は、全社からAIに関心のある参加者を募り、AIの知識や技術を持ち合わせたエンジニアが講師となり開催された。定期会合を月に1度開催し、e-learningを使ったプログラミング学習や独自の小テストの解説を行った。また、参加者は運営から与えられたAIに関する実装課題に対して、日頃の学習の成果を元に様々なアプローチで課題解決に取り組んだ。本活動のまとめとして、社内で抱えている実際の業務課題をAIにより解決するグループワークを開催した。鉄道向けアクティブサスペンションの振動データに関する課題に対して、多くの参加者が、実システムへの導入を想定して、コストや処理速度まで考慮した機械学習モデルを構築し、人財育成として大きな成果を得られた。この活動は、2018年度の第1期に続き、2019年度の第2期まで続けられた。

注2) 大量のデータに対し、統計学などの解析技術を活用し、潜在的な傾向などの有用な知見を獲得する技

術のこと。

注3) 数値や文字など多様なデータから規則性やパターンを学習し、コンピュータが現状判定や将来予測する技術。

注4) データから自動で注目すべき特徴を抽出し、現状判定や将来予測する技術。

1.2 DX推進とKYB-IoTプラットフォーム

これら活動と同時期に、世の中ではDX (Digital Transformation: デジタルトランスフォーメーション) が注目され、日本国内でも政府や企業等で、データやデジタル技術活用の必要性が訴えられるようになった。当社は2019年にDX推進部を設立し、デジタル技術活用を加速させている。当社が考えるデータ活用ステップ^{注5)}を図1に示す。初めにアナログ情報をデータ化するデジタイゼーションを起点として、それらデータの収集やデータベースへの格納を進めることでプロセスをデジタル化するデジタライゼーションへと段階を踏んでいく。更にビジネス上のあらゆるやり取りがデジタル上で行われることを前提にデジタルトランスフォーメーションへと発展させていくことを想定している。

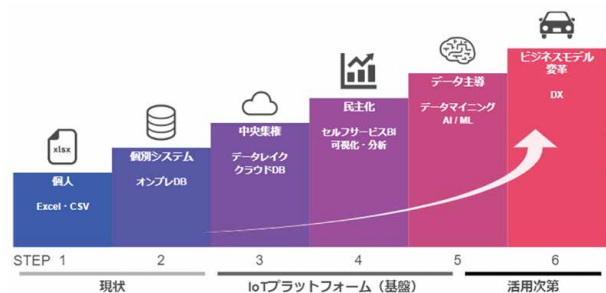


図1 データ活用ステップ

データ活用を加速させるため、データを活用できる基盤として、クラウド上にKYB-IoTプラットフォームを自社で構築した。これは、データ活用ステップのSTEP3-4を支える。当初、『守りのDX』として、生産領域を中心に展開してきた²⁾。現在では、

『攻めのDX』である製品開発領域や新規事業開発に向けた展開も進めているところである³⁾。

注5) 2021年当時は、一部の部門でクラウドやAI活用が進められていたものの、全社的にはSTEP2であったと言える。

1.3 デジタル人財育成の実施

社員が場所や時間の制約を受けることなく柔軟にデータを活用できるKYB-IoTプラットフォームの構築と併せて、それを活用できる人財育成に取り組んでいる。主にデータ活用ステップに必要なデータ民主化に向けたBI (Business Intelligence: ビジネスインテリジェンス) や、より高度な分析を可能とするAIを対象としている。また、技術だけでなく、社員がDXの意義を理解し、適切なITリテラシーを身につけることも必要とされる。そのため、データやデジタル技術を活用しないことで生じる将来のビジネス損失を解説し、それらを防ぐために必要なマインド醸成も進めている。

このようにAIだけでなく、BIやIT、クラウドといった更なる広い視点でデジタル人財育成計画を策定している。また、これらの活動を全社横断型で体系化すべく、技術企画部や人財育成センタと連携して進めている。

2 デジタル人財育成の全体像

2.1 デジタル人財の定義

当社では、デジタル人財育成を進めるにあたり、育成すべき人財を事前に関係部署と議論し、当社が目指すべきデジタル人財を「デジタル技術を扱うテクノロジースキルとビジネス変革スキルを兼ね備えた人財」と位置づけた。DX実現に向けて、社内外の講座を経てテクノロジースキルを身につけるだけでなく、目的に向かって挑み続けられるようなビジネス変革スキルも兼ね備えた人財が必要なためである。

2.2 デジタル人財育成のロードマップ

2020年に策定した人財育成のロードマップを図2

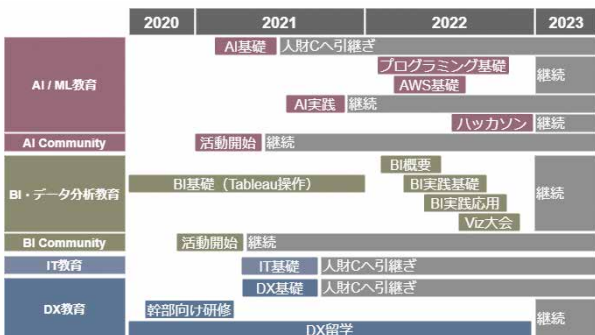


図2 デジタル人財育成のロードマップ

に示す。AIやBI関連、ITリテラシーの向上を図るためのIT教育に加え、DX実現に向けたすべての礎となる教育としてDX教育を開始している。

DX基礎は、当社にデジタル技術や変革意識が必要な理由や、DXを実現するために必要な組織作りについて触れており、社内にDXの概念や解釈を広く正しく定着させるための講座である。幹部向け研修は、AWS (Amazon Web Services) 社にサポート頂き実施している。

2.3 デジタル人財育成の体系化

各講座の規模と専門性の関係を図3に示す。主にAI人財育成とBI人財育成を中心として、DX基礎やDX推進部への留学時に実施される研修などを盛り込んでいる。今後もデジタル人財育成の拡大とともに図3のマップは更新していく予定である。

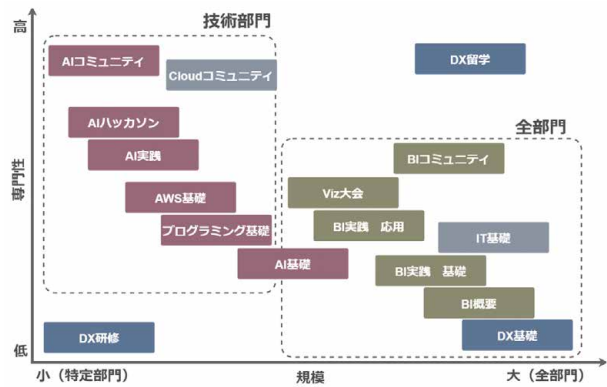


図3 デジタル人財育成の規模と専門性

2022年からは、デジタル人財育成の仕組みや制度を整備するため、技術企画部や人財育成センタと共同で図4に示すようなスキル別の階級策定表の作成を進めている。これにより、社員が次に目指すべきレベルを明確にし、個人の成長を適切に支援できると考えている。まずは、AIやBIを対象とし、今後は他のデジタル技術に関する策定表も整備していく予定である。

	めざす姿	関連する社内講習・民間資格	
		AI	BI
エキスパート	Lv.6	会社をリードできる知識や技術を有している (民間資格)	Tableau CDA 相当
	Lv.5	実務で十分に活用できるかつ、指導できる知識や技術を有している (民間資格)	—
応用基礎	Lv.4	基礎的な知識と技術を有している	BI実践 応用 Viz大会 Tableau Desktop Specialist 相当
	Lv.3	実例に対して議論できる知識を有している (民間資格)	—
リテラシー教育	Lv.2	専門分野の基礎知識を有している	BI実践基礎 BI概要
	Lv.1	最低限のDXに関するを有している	DX基礎・IT基礎

図4 デジタル人財 スキル別の階級策定表 (検討中)

2.4 デジタル人財育成の通年カリキュラム

図5に2022年現在の通年の教育カリキュラムを示す。はじめにDX基礎を開講することで、DXの必要性やデジタル技術の概要、それを学ぶ目的を広く理解したうえで、DXを実現するための手段としてAI人財育成やBI人財育成、IT教育と繋げていく構成としている。本稿では、3章にAI人財を、4章にBI人財育成について詳しく解説する。

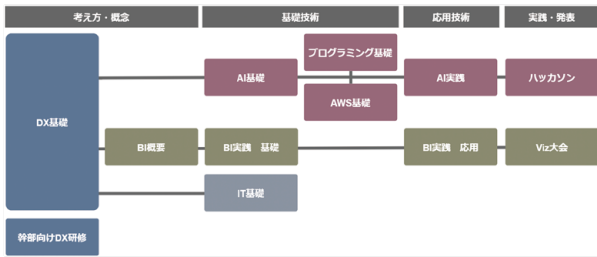


図5 デジタル人財育成の2022年度教育計画

3 AI人財育成

3.1 AI人財育成の取組み

現在、当社のAI人財育成では「AI教育カリキュラム」と「AIコミュニティ」の2つの柱がある。AI教育カリキュラムでは、知識や技術を学ぶ場として、社内でAI/ML^{注6)}を知らない社員を無くすための基礎教育から、実装した機械学習モデルを適切に運用するために必要な知識や技術を学ぶ実践的な教育までを網羅している。教育内容に関しては、3.2節で詳しく述べる。AIコミュニティでは、社員がオープンに交流する場や、教育により習得した知識や技術を会社が抱える課題解決のために積極的に活用する場を提供している。3.3節で詳しく述べる。

注6) データのみ必要とするAIサービスと、自ら機械学習モデルを構築するMachine Learningを区別して表記する。

3.2 AI教育カリキュラム

3.2.1 背景

2018年から開始したAI人財育成では、一定の成果が上げられた一方で、AI人財の更なる拡大や、ビジネスに貢献できる事例をより増やすため、近年で注目されているMLOps^{注7)}を教育に導入し、機械学習モデルの運用を学ぶ機会を提供することとした。その背景として、構築された機械学習モデルは予測された結果をエンドユーザに提供することで初めて価値が生まれる。しかし、そのように機械学習モデルを一つの機能として捉えたITシステムを構築・運用するためには、考慮すべき点が非常に多く、データサイエンティストなど一つのロールですべての領

域を網羅することは不可能である。この問題を解消するためには、データサイエンティストやデータエンジニア、機械学習エンジニアが独立して開発作業を進めるのではなく、最終的な目指す姿を共有したうえで、相互に円滑なコミュニケーションをとりながら、技術的に連携していくことが求められる。そこで、すべての受講生に対して、MLOpsを考慮した教育カリキュラムの提供を開始している。これにより、受講生は教育を受ける段階で、AI/MLを導入した後の具体的なイメージを描くことができ、持続可能な機械学習システムを確立するために必要な知識や技術を養うことができると考えている。

また、AI教育カリキュラムで扱う講義資料は、プログラミング講習を除き、社内の技術者によって内製化が完了している。これにより、社内の失敗事例等、身近な話題を取り込んだ講座内容となっている。

注7) 機械学習における開発と運用のプロセスを繋げ、サービスを提供した後に改善を継続的に取り組むための考え方。

3.2.2 実績

2021年から開講した講座をはじめ、2022年には4種類の講座で構成されている。

(1)AI基礎

AI基礎は、AI教育カリキュラムの入口として、裾野を広げるための位置づけであり、社内からAI/MLを全く知らない社員を無くすことを目指して開講されている。

講義では、適切な機械学習ワークフローに倣い、データ収集を起点に前処理／可視化や特徴量抽出、学習、ハイパーパラメータ^{注8)}調整、推論の各章ごとで解説を行っている。導入部のAIと機械学習の定義の違いをはじめ、機械学習の具体的な手法の違い、深層学習の基礎理論について広く網羅している。また、講義資料は単に技術を並べて解説するだけでなく、当社社員が過去のAI人財育成で疑問に感じ

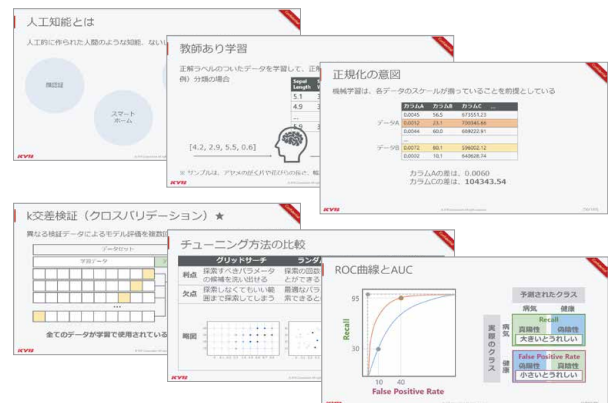


図6 AI基礎教育資料

た点や実装上で躓きやすかった点など、現在の当社のレベルに合わせたものを用意している。図6に講義で提供したテキストの一部を紹介する。

注8) 機械学習アルゴリズムによって自動で学習されないパラメータのことで、開発者の経験や最適化手法をもとに決定することが一般的である。

(2)プログラミング基礎

プログラミング基礎は、AI基礎で習得した知識のアウトプットの場として、プログラミングを通して機械学習を実装する講座である。この講座では、AI基礎で扱った内容をもとに自身でプログラミングを通して、機械学習モデルの構築を目指す。ここでは、開講日時は指定するものの、ハンズオンのように専属の講師が教育するような形式はとらず、各自が事前に用意された動画教材を視聴し、不明点が出てきた場合のみ、講師が質問対応する形式を採用している。いつでも受講生をサポートできる状態で、受講者自身が自分のペースで不明点を調査し、その場で解決する形式を採用することで、実践スキルの向上を図った。

(3)AWS基礎

当社では、KYB-IoTプラットフォームをはじめ、機械学習の実装基盤として、AWSを広く採用している。そのため、受講生が一連の教育カリキュラムを受講後、スムーズにAWSに展開された開発環境に移行できることが求められる。AWS基礎は、そうした背景に加え、後に続くAI実践やAIハッカソンを受講する前にAWSの基礎的な知識や技術を解説する講座である。

機械学習の実装やMLOpsの実現のためにクラウド環境を採用する必要性を学ぶことは非常に重要である。従来のオンプレミス環境で機械学習システムを構築した場合、将来的に抱えるだろう技術負債を示し、データサイエンティストや機械学習エンジニアが本質的な作業に開発に注力できるクラウド環境の優位性を解説している。この講座もプログラミング基礎同様、受講生は決められた受講期間の中で、自由に動画教材を視聴し、講師は受講生からの質問のみ対応する形式を採用した。図7に講義で提供した資料の一部を紹介する。

(4)AI実践

AI実践は、AWS基礎で習得した知識をもとにクラウド環境で機械学習モデルを構築し、それらのモデル運用を実装するハンズオン形式の講座である。2022年に内製化した。

このハンズオンでは、はじめに従来のオンプレミス環境を想定した機械学習モデルの実装を行う。ここでは、単に機械学習モデルを実装するだけでなく、

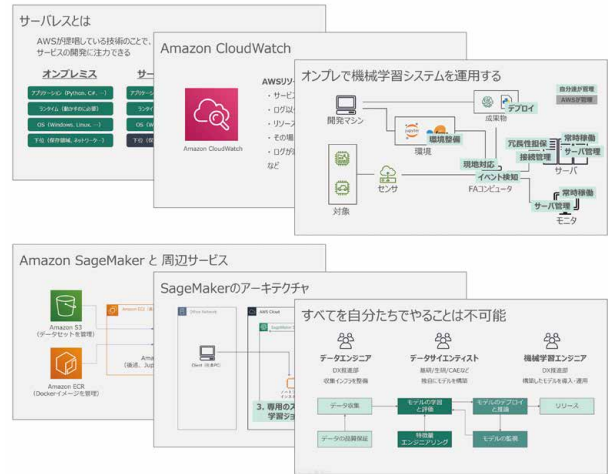


図7 AWS基礎教育資料

データの事前処理における効果的な可視化手法やデータセットの分割における注意点などを紹介し、受講直後から受講生が開発業務に応用できる実装例を提供している。次にAmazon SageMaker^{注9)}を利用して、クラウド環境を想定した機械学習モデルの実装を行う。実装では、都度、実装範囲の全体像を提示することで、受講生がその時点でどの機能を実装しているのか整理できる資料づくりを目指した。

注9) 機械学習モデルを高速に開発、展開するための実装環境を提供するクラウドサービス。

(5)AIハッカソン

AIハッカソンは、通年の教育カリキュラムで習得した知識や技術をチーム単位でアウトプットするイベントである。運営より提供された仮想の課題に対して、各チームが機械学習による課題解決をめざす。この活動では、機械学習モデルを実装するだけでなく、機械学習モデルの運用の仕組みやAWSが提唱するWell-Architectedフレームワーク^{注10)}を考慮した周辺の機械学習システムを設計することも課題として採用した。

活動期間内は、チーム毎に週に一度、オフィスアワーを開催し、チームが検討している設計や機械学習に関する実装上の不明点について、AWS社のソリューションアーキテクト^{注11)}へ相談できる場を用意した。また、チーム内でメンバ毎に役割を与え、それぞれが達成すべきチェック項目を提示することで、ハッカソン終了後に運営が考えるめざす姿に近づけているかを定量的に評価できるようにした。ハッカソンの成果発表会では、経営層やAWS社が参加し、チーム毎に機械学習モデルの実装結果や機械学習システムの設計に関する工夫点を紹介した。写真1に成果発表会の様子を、図8に成果発表会における資料の一部を示す。

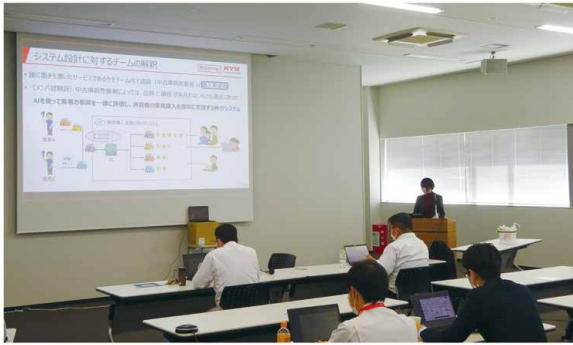


写真1 AIハッカソン成果発表会の様子

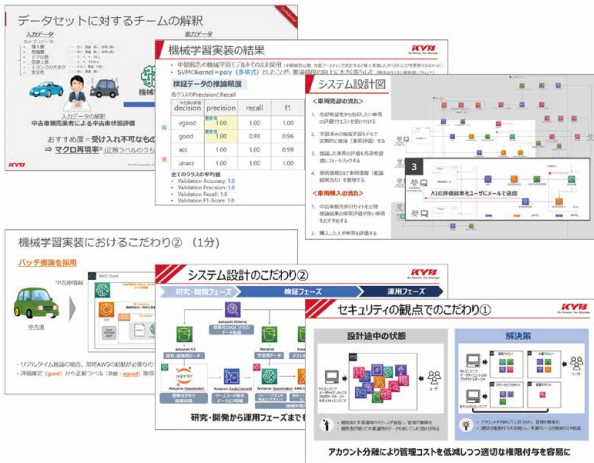


図8 成果発表会資料

注10) AWSが提唱しているクラウド上でソリューションを設計および実行するための主要な考え方や設計原則のこと。

注11) クラウドサービスをはじめ、顧客のニーズに合わせた適切なソリューションを展開する職種。

3.3 AIコミュニティ

3.3.1 背景・目的

AI人財が自部門内で、個別に開発を進めることは、技術の定着や文化醸成の観点で効率が悪く、迅速なビジネス貢献の障壁になり得る。そこで、部署や役職を越えて交流できるよう、継続的なハブとなる媒体が必要であると考えてきた。そこで、日頃の悩み事や最新の技術情報や書籍の紹介など、技術をオープンに共有でき、互いに同じ志を持つ社員が集まる場として、AIコミュニティを企画・運営することとした。2022年から、自身が保有する知識や技術を活用し、具体的な課題を解決する取組みを開始した。AIコミュニティがビジネスに貢献する集団となることで、メンバが常に挑戦し続けられると考えた。これら、AIコミュニティによる成功事例を社内外に発信することで、当社におけるAI人財が更に拡大することを狙っている。

3.3.2 実績

2021年の開始当初より、AI/MLに関する高度な知識や技術を保有している人財が製品開発や生産技術など様々な領域から集まり構成されている。

(1)情報共有と推進支援

AIコミュニティでは、チャットツールを利用し、メンバ間の議論をオープンに発信している。過去には、各メンバが進めているAI/MLに関する開発テーマの紹介や、自身の開発経験をもとに他メンバの困りごとへの支援、機械学習を実装しやすくするためのPython^{注12)}環境の構築マニュアルの展開活動等を実施してきた。最新技術のパイロット版を検証するなど、推進サポートの役割も担っている。

注12) AIの開発におけるデファクトスタンダードとなっている汎用プログラミング言語。

(2)グループワーク

2022年から開始し、コミュニティメンバが保有しているAI/MLの知識や技術を使って、会社に貢献することを目的としている。この活動では、それぞれのメンバが日頃の開発業務で抱えている具体的な課題を募集し、その中から採用された課題に他メンバが参画し、協力しながら解決をめざしている。これら活動から、一部を紹介する。

①FEMによる構造解析を機械学習に縮退化した新たな解析手法の研究

CAE推進部では、ショックアブソーバ（以下、SA）の性能特性を高精度に予測するため、積層リーフバルブをFEM（Finite Element Method: 有限要素法）に基づく詳細なモデルとしてSAの解析システムに組み込むことを検討している。FEMでは、従来の理論計算で考慮できない締結軸力やリーフバルブの部分接触などの詳細な物理現象を考慮できる反面、計算時間が長くなってしまふ。そこで、積層リーフバルブのFEMを機械学習モデルに縮退化し、SAの解析システムに組み込むことで、計算時間を増加させずに予測精度を向上させる技術開発を進めている。この技術は、社内外問わず、高い評価を受けている。

コミュニティでは、メンバから提案された様々な機械学習モデルを実装・検証し、推論精度の高精度化に取り組んだ。結果、計算時間を増加させることなく、SAの性能特性の予測精度の大幅な向上の一助となった。

②深層学習による製品刻印検査の性能向上

生産技術研究所では、SAの量産システムにおいて、深層学習による外観検査の自動化を進めている。深層学習を使った現在の刻印文字の識別性能は、99.92%の精度を有している。一方で、現行の深層学

習の手法について、その他の様々な手法との比較検証が十分に実施されていなかった。

コミュニティでは、更なる識別性能の高精度化に向けて、既に量産システムへの導入が予定されている現行以外の様々な手法を実装・検証した。結果、現行の手法の性能を上回ることができなかったものの、YOLO^{注13)}をはじめ、参画したメンバが初めて実装した手法も多く、グループワークを通して、技術的な成長を体感できた。

注13) 高速かつ高精度に物体の範囲を特定できる物体検出アルゴリズムの一つ。

3.4 AI人財育成の課題と課題に対する方策

AI教育カリキュラムとAIコミュニティに関する課題とそれに対する方策を紹介する。

3.4.1 AI人財育成の課題

(1)教育受講後のフォロー

教育カリキュラムを受講した社員に対する継続的なフォローが実施できておらず、開発業務の中でAI/MLに触れない社員は、スキルが定着しない。

(2)グループワークの期間

コミュニティのグループワーク1回あたりの期間が3ヶ月間と短く、根本的な課題解決に至らない事例が多かった。

(3)客観的指標を用いた評価

教育カリキュラムやコミュニティを評価する指標が定められておらず、人財育成全体の成果が不透明である。

3.4.2 課題に対する方策

これら課題を解決するため、活動全体を見直し、以下の方策を検討した。

(1)教育受講生のコミュニティへの参加の促進

教育カリキュラムを完走した受講生の中で、AI/MLに関心はあるが、開発業務で触れる機会がない社員を積極的にコミュニティへ参画させる。グループワークを通して、受講後の継続的なフォローが可能で該当社員のスキルの定着も期待できる。

(2)グループワークの期間見直し

コミュニティのグループワークにおける活動期間を1年間に修正し、根本的な課題解決をめざす活動とする。採用する課題もビジネスインパクトや必要なりソースなどを独自の方法で定量的に評価し、最も効果的と考えられるテーマを採用する。

(3)グループワークの体制強化

機械学習システムとしての運用を見据え、グループワークにおける開発環境にはAWSを採用し、AWS社より技術的なサポートを受けながら、活動を進める。「コミュニティメンバ(AI教育の受講生)により、AI/MLの課題を解決できたか」を指標とし、

活動結果を評価する。

4 BI人財育成

4.1 BI人財育成の取組み

当社のBI人財育成もAI人財育成同様、「BI教育カリキュラム」と「BIコミュニティ」の2つの柱がある。

4.1.1 BI教育カリキュラム

BI教育カリキュラムでは、社内の標準BIツールとして導入を進めている「Tableau^{注14)}」を実際使用しながら、データの前処理や可視化・分析といったデータ活用に重要なスキルを習得する講座となっている。

注14) 株式会社セールスフォース・ジャパンが提供しているBIツール。

4.1.2 BIコミュニティ

BIコミュニティは、教育カリキュラム受講者ならびに社内データ活用に興味を持っていただいた方が入会している社内コミュニティである。各人のノウハウや社内外事例、BIに関連した情報の共有を実施している。

4.2 BI教育カリキュラム

4.2.1 背景

BIとは本来、「データを収集し、一カ所に集約・蓄積し、データを目的に応じて分析し、誰でもわかる形で可視化する」というプロセスのことである。しかし、2020年に取り組んだBI基礎講座では、ツールの利用方法が主体であった。そのため、ツールを使って可視化することだけがBIであると誤解を招いてしまった。また、新規ユーザを増やすことに注力した結果、受講者が自らデータ活用を推進していく「自走化」へのアプローチが不足していた。

この反省を踏まえて、2022年はBIへの関心に応じて段階的に学習ができるようなカリキュラムを検討した。

4.2.2 実績

2022年はBI概要、BI実践基礎、BI実践応用の3講座を実施した。初めに2022年の受講状況について説明する。

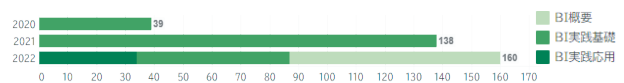


図9 年度別受講分布

図9に各年度の受講数を示す。累計の受講者数は337名であり、2022年は160名が受講した。内訳の上

位は、技術本部、AC事業部、生産本部となっている。結果的に、研究開発や改善活動でデータ分析に取り組んでいる部門が占めているが、関係会社や経営部門にも広がりを見せており、徐々に関心を持つ部門が広がっていることが確認できる。

続いて各講座の内容について説明する。

(1)BI概要

BIに興味を持ってもらうきっかけとして、我々を取り巻く環境にはデータが溢れているという現状理解と、本来BIを実行するためにはデータリテラシー^{注15)}を持つことが必須である。そこで、株式会社セールスフォース・ジャパン（以下、セールスフォース・ジャパン社）に協力を頂き、BIの定義やデータリテラシーといったBIを利用する上での前提知識について理解を深める全社員向け講座としてBI概要を設けた。

講義では、Tableauが担うデータリテラシーの分析の側面について言及しており、何故その分析には可視化が有効なのか、ということを経営や売上データなどの身近な事例から学べるようになっている。講義後半には、Tableauで作成した画面を操作しながら、クイズに回答するといったレクリエーションも用意しており、Tableauを使うとどういったことが実現できるのかイメージがしやすく、次ステップのBI実践基礎への参加促進に繋がっている。

(2)BI実践基礎

BI実践基礎は、Tableauを使用した線グラフや棒グラフなどの簡単なグラフ作成、データのフィルタリング、連続データや非連続データの違いなどTableauの基本操作とデータの分類をハンズオン形式で学習する講座となっている。

各セクションに練習問題を設けており、受講者5、6人に対してサポート講師が2名専属で質疑に応じる。なお、サポート講師は個々の理解度向上を目的として、BIコミュニティの有志で構成している。

講義資料はセールスフォース・ジャパン社に作成していただいたものを使用しているが、受講者や講師陣からのフィードバックを基に資料をブラッシュアップしている。

以下に受講者の成果物を示す。なお、これらの成果物はまだ業務に実用される前段階であり、社内の実データを利用した実用性の検証のために作成されたものである。図10は基盤技術研究所が作成した油状態センサ、振動センサ、温度センサとの通信端末配置とその電池の状況を示した画面である。図11は知的財産部が作成した各国の特許出願推移を分析する画面である。



図10 各センサの通信端末配置と電池状況

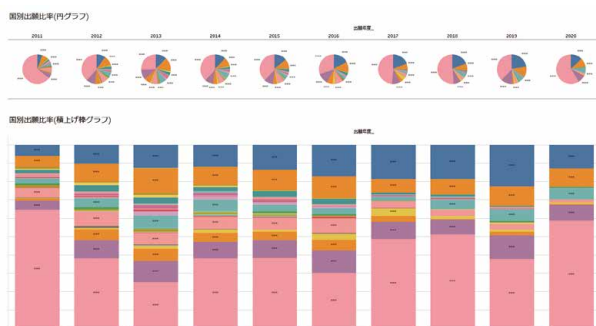


図11 各国の特許出願推移の分析^{注16)}

(3)BI実践応用

ユーザが自らデータ収集し、分析・可視化を実行する際に最も壁に成り得るのが、データ環境の整備である。中でもTableauを使い始めた段階では、既存データを取り扱うことが多い。そのためBI実践応用では、既存のデータを整理する方法に焦点を当て、Tableau Desktop^{注17)}とTableau Prep^{注18)}を活用した複数のデータを連携するための結合や分割、表記揺れを修正する名寄せといったデータ前処理を学習する構成を検討した。

講義では、複数のファイルに分かれたデータを取り扱い、各データの不整合な箇所を押さえた上で、どのように整理していけばいいのか、をストーリー形式で手順を紹介する。資料は全て自社で作成している。

BIのプロセスにおいて適切な可視化・分析を実施するためにはデータ加工が重要であり、そのプロセスを実感できる講座である。受講者からは今まで課題となっていた部分を解決できたとフィードバックを頂いている。

注15) データを読む、分析する、活用する、説明する能力の総称。

注16) 具体的な数値、名称はぼかしている。

注17) 分析可視化に特化したツール。Tableau製品の1つ。

注18) データ前処理に特化したツール。Tableau製品の1つ。

4.3 BIコミュニティ

4.3.1 背景

講座の受講者だけでは、自部門の課題洗い出しやデータ整備といったことは難しい。そのため、自走化をサポートする部門横断のコミュニティを設置している。コミュニティのメンバは主に講習会受講者で構成されており、Tableauの操作やデータの悩み事などを気軽に相談できるようになっている。

4.3.2 現状課題

コミュニティには177名が入会しており、内訳として、Creator^{注19)}が101名、Viewer^{注20)}が76名となっている。しかしながら、直近3週間以内にTableauを使用したアクティブユーザは、図12に示すように、配布ライセンスの半分以下となっている。

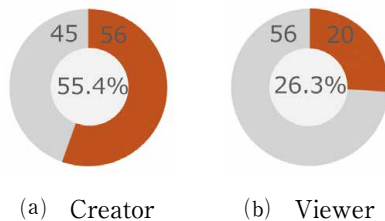


図12 配布済ライセンス数に対するアクティブユーザ率

当初計画した、コミュニティ活動が活性化されず、データドリブンな文化醸成の推進が上手くいっていないと言える。

注19) Tableau製品を使用出来るライセンス、開発者ライセンス。

注20) 作成した画面を閲覧するためのライセンス。

4.3.3 要因分析

原因追究のため利用者の行動分析を行った。すると、次のようなことが判明した。

Creatorについて

- ①成果物を公開しているメンバは16名
- ②①の成果物を閲覧している (同一部署)
- ③使ってはいるが成果物が挙がっていない

Viewerについて

- ④DX推進部が公開した画面を閲覧
 - ・設備予知保全支援システム
 - ・設備データ収集/分析システム (MESサービス)⁴⁾

①、②は部署単位で率先して動き始めていることが伺えるが、③は公開する画面作成にまで至っておらず、何か課題に直面している、もしくは分析は実施しているが利用者が限定的でローカルでの利用に留まっている可能性があるといえる。

一方、Viewerはライセンスの特性上、閲覧したい画面のためにTableauを利用する。①、②の利用

ケースからも、Viewerは自分達に関連するデータ、画面があれば利用する可能性が高いと推定でき、利用していないユーザにとって、公開されている画面が必要な画面ではなかった可能性が考えられる。

以上のことから、ボトルネックとなっている③に該当するユーザ層をサポートする体制を整えていく必要があるといえる。

4.3.4 方策

本課題に関して、教育カリキュラムの運用を見直しユーザサポートに注力できるよう、以下の方策を検討した。

(1)学習コンテンツのオンデマンド提供

今まで推進メンバが都度準備、開催を実施していたライブ講習会を動画配信に切り替え、サポート工数確保を図る。また、受講者はいつでも受講することができるようになり、社内の利用者拡大が加速することも期待できる。

(2)スキルマップの策定

前段の動画配信に合わせて、自主学習を進められるようスキルマップを策定、提供する。スキルマップの内容は従来の講座と連携した形とし、自身のスキルセットの可視化および自己学習のモチベーション維持に繋げる。

5 今後の展望

当社では、2021年から本格的にデジタル人財育成を開始し、教育カリキュラムの展開やコミュニティの運営を進めてきた。既にこれらの活動を通して、AI人財やBI人財の増加とともに過去に無かった新たなデータの活用事例が誕生している。

今後も、当社のデジタル人財が増えるための施策を検討していく。AI人財育成においては、初学者から上級者まで、より多くのAI人財が柔軟にAIを活用できる開発基盤を整備していく。そして、AIによるビジネス貢献を目指したMLOps環境事例を増やしていきたい。そのためには、クラウド環境を広く社内に展開するための運用ルールの策定など、KYB-IoTプラットフォームが規模に応じて適切に拡大していけるような推進業務がより一層、重要となる。BI人財育成においては、各人のデータ分析スキル向上を軸として、各事業部門のデータ連携を促進していきたい。そのために、社内におけるデータの在り方や提供手段、集約先、管理責任といった社内全般のデータ統治に関して検討し、よりデータを扱いやすい状態でユーザに提供する必要があると考える。

6 おわりに

本稿では、当社におけるデジタル人財育成の取組みを紹介した。教育の真の目的は、社員が習得した知識や技術を日頃の開発業務に応用し、ビジネスに貢献することで、初めて達成される。今後も、社内のデータ活用事例を増やし、DXの実現に向け、世の中のトレンドを意識しながら、カヤバに必要な教育カリキュラムを展開・拡大していきたい。

最後に本活動を進めるにあたり多大なるご支援、ご協力を頂いた関係部署の方々に、この場をお借り

して厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 内藤：KYBの生産領域におけるAI×IoTの取組み。KYB技報第60号（2020年4月）。
- 2) 古川・井指：設備予知保全システムの開発。KYB技報第63号（2021年10月）。
- 3) 大内田・宮内・提箸：SA要素開発へのAI技術活用。カヤバ技報第66号（2023年4月）。
- 4) 雪吹・ガブリエラ：新時代におけるMESサービス。カヤバ技報第64号（2022年4月）。

著 者



宮内 悠樹

2017年入社。技術本部DX推進部。
AIを活用したシステム開発とAI
人財育成の推進に従事。



井指 諒亮

2017年入社。技術本部DX推進部。
データ可視化分析基盤の構築とBI
人財育成の推進に従事。



瀧野 慎介

2006年入社。技術本部DX推進部。
過去にデジタル人財育成の推進に
従事。

随筆

インドネシア駐在記

占 野 栄 朗

1. はじめに

私は、2015年10月にインドネシアにある、PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia (以下 KHMI) へ赴任し、2022年6月に帰任するまで、6年8か月余りを現地駐在員として業務にあたり、様々な体験をすることができた。記憶にあるものエピソードを短編集のような形でとりとめもなく書き連ねてしまったが、しばしお付き合い頂ければと思う。

2. インドネシア語は世界で2番目に簡単

当時のKHMI社長へ「赴任にあたり何か準備していくことは？」と質問した際、「他のことはさておき日常生活で支障のないレベルでインドネシア語での会話ができるように」との指示を受けた。そのため赴任前に90時間程度インドネシア語の講習を受けた。講師は日本人の方だったが、かなりの期間を現地に住んでいた経験があり、語学だけでなく現地の文化・習慣などについても教えて頂くことができ、赴任後の生活面で非常に有益であった。そんな講習の中で、特に印象に残っているのが、本項タイトルの「インドネシア語は世界で2番目に簡単」という内容である。確か学習に行き詰っていた時に、講師から振られた話題が「インドネシア語は世界で2番目に簡単」というものだ。それに続いて「では世界で最も簡単な言語は何だと思えますか？」との問いが、公用語として世界で普及しているので「英語ですかね」と答えると、講師は「残念、正解は母国語です」と思いがけず“とんち”のきいた答えが返ってきた。普段使い慣れている母国語の次に簡単なので、自信をもってとの講師の励ましであった。

3. 仕事がない

赴任した2015年10月におけるインドネシアをはじめとする東南アジア地域の建機需要はかなり冷えていた。まだ操業開始から1年も経っておらず、生産も1機種に限定されていたこともあり、出荷が

全くない月もあった。赴任するや社長から言われたのは、「毎週金曜は減産休業にするので、出社しないように」というものだった。思い出したのは、新入社員当時のことだ。7月に仮配属先となる岐阜南工場へ出社した際に、総務部長から「油機に配属の人は、週明けの月曜に有休を取って下さい。油機は減産休業になるが、試用社員は減産休業の対象外なので」との指示。歴史は繰り返し新たな門出が減産休業から始まるのかと不安になったが、今が底だからこれからは上がっていくだけだと気持ちを切り替えて業務にあたることにした。

直接作業者は作るものがない日は集合教育を行っていたがそれもネタ切れ気味となっていた。座学続きで作業者のストレスも溜まってきているため体を動かした方が良いとの判断で、半日ほどを敷地の拡張スペースへフットサル場を作る時間に充てることとなった。私も作業者に顔を覚えてもらうために、時間を見つけてフットサル場造営のためグラウンド整備を手伝った。フットサル場は無事に完成し、定時後に従業員たちが利用する姿があったが、残業の開始・2直化と徐々に仕事量が増えていく中でフットサル場の利用はなくなり、すっかり荒れ果ててしまった。せっかく頑張ったのを残念に思う一方で、生産量が増えていく喜びを感じたものだ。

4. 困ったときの

やはり慣れない土地で生活する上で、大切なものの一つが人と人との繋がりだと痛切に感じることもある。KHMIではCO2ガスを使用した溶接工程があるが、あるときCO2ガスボンベに取り付けている整流器が故障してしまい、ガスを供給できず生産が停まってしまった。南工場に問い合わせると、溶接ガスの供給システムが違うので、KHMIで使用している整流器は使っていないとの回答で、同型のものをインドネシアで手に入れなければならない状況に陥った。対象機器は日本製であり、インドネシア人スタッフも調達が目途が立たず途方にくれていた時

に、ふと作動油や溶接ワイヤーを購入している商社の方の顔が思い浮かび、すぐさま連絡して心当たりを調べてくれることになった。待つこと数時間、空港に1台届いたばかりの物を回すことができるとの連絡が入り、結果としてライン停止を最小限に留めることができた。この方にはその後も幾度となくピンチを救って頂き感謝の念は尽きない。

また、インドネシアでは2020年4月頃から新型コロナの流行が始まり、2021年7月頃にはデルタ株が猛威を振るう状況に陥ったが、このような時にもお客様・お取引先・友人・知人と新型コロナ対策に関する情報を交換し合い、何とかこの難局を乗り越えていこうと協力して対処した。それまでに構築していた人のネットワークのおかげであり、日本を遠く離れた土地で働く駐在員にとって重要なものと改めて気づかされた。

5. 製品をお客様に届ける

KHMIは建設機械用油圧シリンダの製造会社である。組立ラインは1ラインしかないため、設備故障などによる出荷遅延のリスクを回避するため、ある程度の製品在庫を持って操業している。しかしながら、注文が多い時期に部品交換を伴うような大きな設備故障が発生した時は、修理が終わるまで落ち着いた日々を送らなければならない。工場巡回し徐々に減る製品在庫を目にして、朝一会議で今後の出荷予定を確認、いつまで出荷を繋げることができるかを逆算しつつ交換部品の到着を待つのは非常なストレスだった。それでも部品が到着し交換作業が終わり生産再開した時には社員と喜び合い、生産設備が発する音を聞いてホッと胸をなでおろしながら、オフィスでの業務に戻った。

油圧シリンダは、品番単位で約40アイテムにて構成されているが、当然のことながら一つでも部品が足りなければ、組み立てることができない。ある日の朝一会議で、シール部品の不足があるため生産計画を後ろ倒しにするとの報告を受けた。シール部品は同じサイズであれば共用可能であるが、あいにくこの製品は他に同じ内外径のサイズがない。次回の船便が予定通り到着すれば、出荷に影響はないので大丈夫ということであったが、こういった場合は往々にしてうまくはいかない。案の定、荷物の到着が遅れる事態となり、結局は輸送業者の倉庫へコンテナが届くタイミングを見計らって生産管理スタッフが倉庫へ赴き、コンテナから必要な部品を受け取り、すぐさまKHMIへ帰って組立ラインに持ち込み、ぎりぎりでお荷に間に合わせたこともあった。

また、お客様のサプライヤーミーティングで現地取引先の納入評価順位が発表された時があった。そ

れまでは品質に関しては不具合事例とワースト取引先が発表されていたが、納入実績の評価結果も示された。納入遅延はないと自信があったため、KHMIの順位を上から追っていったがなかなか見つからず、ようやく見つけたKHMIの位置は真ん中あたりであった。そのお客様では、納入状況を定刻(Ontime)・早着(Early)・遅延(Delay)で区分しており、KHMIは遅延ゼロであったが早着の比率が大きく、これが順位を下げていた要因であった。そこでまずお客様に評価基準を聞き取って、発注システムから提供される情報の中で早い遅いと評価しているパラメータ・基準日を確認した。続いて過去の納入実績を振り返り、早着の評価結果に繋がっていた理由を調査した。調査の結果、KHMIではトラックの積載効率を上げるため、少し先の納期分を前倒して納入していることが早着に繋がっていたことがわかった。元々KHMIはある程度の製品在庫を持って操業しており、またお客様の所在地はわずか10km前後しか離れていないことから、発注システムで指示された機種・数量を毎日トラックを仕立てることにより、全て定刻納入可能になると考えた。これまでよりも納入回数が増えることから、輸送費低減のため同じ工業団地内に拠点のある輸送業者へ変更して、お客様の発注システムで指定された期日・品番・数量を100%守った納入を開始した。迎えた次のサプライヤーミーティングにおいて、納期遵守率100%で1位を獲得することができた。納期遵守率100%は今も継続しているとのこと、うれしい限りだ。

6. 衣・食・住

まずは「衣」について。インドネシアはご承知のように赤道直下の熱帯地域にある。季節は雨季と乾季の二つに分かれるが、日中の気温の変動は一年を通じてほとんどないため、衣替えの必要はないのだが、ジャカルタのショッピングモールでよく見かけた日本の有名衣料量販店では、日本の冬物シーズンになるとダウンジャケットや吸湿発熱性などの機能がある商品が店頭には並んでいる。これらは冬場の一時帰国の際に重宝した一方で、インドネシアの人々がこれらの商品が必要なのかとの疑問がわいた。日本の冬がインドネシアの雨季にあたり、雨季は乾季に比べて微妙な差ではあるが平均気温が低く、私自身も乾季の日差しの強さや雨季の肌寒さといったインドネシアの気候の変化を感じられるようになると、冬物が店頭には並ぶ理由が何となくではあるがわかった気がした。

次は「食」について。私の住んでいたジャカルタやKHMIのあるブカシの工業団地周辺は、日系企業の進出が多いことから、日本食レストランは充実し

ており、中には日本の市場から魚介類を空輸して取り寄せている店もある。後述の「住」のところで詳しく述べるが、ジャカルタ周辺は渋滞になることが多いため、私は仕事帰りに工業団地の中にある日本食レストランで夕食を摂ってから帰宅することが常であった。日本人シェフが常駐しておりメニューも豊富で、平日はほぼ毎晩お世話になったが飽きることはなく、顔なじみとなったインドネシア人従業員とのやり取りは、よい気分転換にもなった。

インドネシア料理は、週末に行くゴルフが終わった後の昼食時に食べるが多かった。サテ（串焼き、ネタは鶏肉が多く塩やココナッツミルクの入ったタレで味付けたものが多い）、タフゴレン（豆腐を揚げたもの）などをつまみながら、その日のプレーを振り返り、ナシゴレン（インドネシアのチャーハン）、ミーゴレン（インドネシアの焼きそば）、ソトアヤム（鶏肉や春雨の入ったカレー風味のスープでごはんを入れることも）などで締めるのが常であった。また、個人的に好きだったものは、ソプブントウツトで、牛の尾の肉から出るだしとスパイスが効いた割とあっさりとしたスープで白いご飯と一緒に食べる。サンバル（唐辛子のソース）やライムで味を変えて楽しむこともできる。頻繁に食べる料理ではなかったがお勧めの一品である。



写真1 ソプブントウツト（右の皿）

料理の味付けは日本人に合っていると個人的に思うが、唐辛子をふんだんに使ったものもあつたりするので、辛いものが苦手な方はご注意ください（私は辛いものはあまり得意ではなかった）。一方で、飲み物は甘いものが多く、コーヒーやお茶も砂糖入りが標準ですごく甘く、頼むときは「甘くない」ものを指定する必要があった。

この項の最後に「住」について。ジャカルタ都心のアパートで6年間ずっと暮らすことになったが、1～3階部分までが小規模ながらもショッピング

モールとなっており、日系のスーパーや日本食レストラン・ラーメン屋があるなど、休日のアパートでの生活には困ることはなかった。

アパートからKHMIのある工業団地までは40kmほどの距離で高速道路も整備されており、「通常」であれば40分程度で通勤できるのだが、事故や大雨などで大渋滞が発生することがよくあった。世界で最も渋滞がひどいのがジャカルタという話もある位だ。特に、ジャカルタ＝バンドン間的高速鉄道とジャカルタ＝ブカシ＝ボゴール間の近郊鉄道、さらにはジャカルタ＝カラワン間的高速道路一部高架化の3つの工事が同時並行かつ同一地域で行われた際は、通勤に片道3時間を超えることもしばしばで、非常な苦勞を強いられた。

インドネシアで使っていた車に、カーナビゲーションシステムを設置しておらず、渋滞時や初めての場所へ向かう際は、スマートフォンの普及に合わせて発達した地図アプリを活用して、ルート検索や到着時間の予測をしていた。非常に便利なツールであるが、使い慣れない一般道を利用するには注意が必要だった。それというのも、地図アプリは混雑状況を色で表現することが、一般道では渋滞ではなく混雑レベルのルートを選択した際に、車が全く動かない渋滞に巻き込まれる経験をした。インドネシアの高速道路はバイク通行不可だが一般道では自動車とバイクが混在する。一般道で渋滞になると自動車は動けなくなるが、バイクは渋滞して止まっている自動車を横目にすり抜けてしまうため、地図アプリ上は混雑と表示してしまうようだ。こういった注意点はあつたが、スマートフォンを片手に運転手へ「次を左」「しばらくまっすぐ」などの指示を出しながら、なんとか目的地へたどり着けるように運転手と協力したのは思い出の一つだ。振り返ると駐在期間で最も一緒にいた時間が長いのは運転手だと思うが、6年間超を様々な目的地へ無事に送り届けてくれたことには感謝しかない。

7. 誕生日

日本では、家族や友人から誕生日を迎えた人へプレゼントを渡すことが多いと思うが、インドネシアは逆に誕生日を迎えた人が家族や友人・知人へプレゼントを贈ったり食事をふるまったりする風習がある。赴任前にこのことは知っていたため、赴任後初めて迎える誕生日の前に、スタッフへ宅配ピザの注文を依頼して当日を迎えた。朝礼が終わり席に戻ったところで、聞こえてくるHappy Birthdayの歌声と共にスタッフがケーキを手に現れ、事務所全員で祝ってくれた。全く予想していなかったため大変驚いたのとKHMIの一員になれたという嬉しさがこみ上げて

きたのを覚えている。その後も毎年ケーキを準備してくれ、誕生日を事務所スタッフ全員で祝ってくれた。



写真2 最後の年の誕生日ケーキとKHMIスタッフ

赴任最後の年は形に残るものと思い、インドネシアではマイボトル・水筒を職場や出かけるときに使うことが一般的のため、KHMI構内で働く社員・運転手・守衛・清掃員の全員へプラスチック製の水筒を贈ってこれまでの感謝の気持ちを表した。

8. 100,000本目のシリンダ

毎月の生産本数の実績を集計していたのだが、2021年初めに生産累計100,000本到達が見えてきた。ここまで色々なことが起こった中で、なんとかここまで生産数を積み上げてこられたと感慨深いものがあった。会社全体で祝うイベントにするべく、一つ思いついたのが100,000本目はどの機種になるのかを全社員対象のクイズにすることだった。その当時生産可能性のあったすべての機種をリストアップし、社員一人一人がこれだと思う機種に投票する形式をとった。私だけは、おおよそ何日の何本目になるかは毎日の生産実績・計画をもとに把握していたもの

の、突然の注文変更などにより生産計画が変わる可能性もあり、社員と共にどの機種が100,000本目になるかを楽しみにしていた。結果は当時もっとも生産数が多い機種となり、投票した社員も最多であった。私のポケットマネーを原資とした賞金を山分けして、100,000本目クイズは終了した。100,000本目のシリンダは記念として、量産初号機シリンダと共に玄関ロビーへ展示することにした。その際に、100,000本目の生産に至るまでに携わった全95名の社員名（退職者を含む）を掲示することにシバナーを製作してもらった。KHMIの歴史にまた一つ新たなページが加えられたことに立ち会えた思い出に残るイベントになった。



写真3 生産100,000本目のシリンダ（金色）とバナー

9. 最後に

赴任当初は3名いた駐在員も帰任するときには、私一人となり業務の範囲は増え責任は重くなっていったが、いつも明るいKHMIの従業員に支えられ勤め上げることができたと改めて感謝している。また本当に何でもこなさなければならない環境の中で、人財として成長させてもらえたとの実感がある。

一方で、平日は業務に従事し週末はゴルフに興じることが多く単身赴任であったこともあり、インドネシアに点在する世界遺産などを訪問できなかったのが心残りだ。まだ言葉を覚えているうちに、家族と訪問してインドネシアの文化に触れることと、駐在時の生活環境を家族に紹介する機会を作りたいものである。

著者



占野 栄朗

1999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管理部長。2022年6月にKHMIより帰任し現職。

「FMS」

「ピストンモータ用ベースプレート加工のFMSラインへの取り込み」(p.13) に記載

HC事業本部 相模工場 生産技術部生産技術課 花 枝 賢

1 FMSとは

「FMS」とは「Flexible Manufacturing System」の頭文字を取った略語で、多品種少量生産を効率的に行える、柔軟性の高い生産システムのことを指す。FMSの主な特徴は、工程集約型の加工設備とストッカ等をシステムで連携し、無人運転を活用しながら効率よく多品種の生産ができるということである。

2 構成事例

(株)牧野フライス製作所製FMSシステムの構成事例(図1)をもとに、各機能を紹介する。

①システムPC

FMSシステムの管理を行うためのPCで、PCと各設備間は通信により連携されている。システムPCより生産命令を発行し、生産命令に応じた指令を各設備へ行う。PC画面上では各設備の稼働状況や段取りステーションへの作業指示等を確認できる(図2)。

②ストッカ

ストッカは、治具共通化ができない多品種にも対応できるように、複数の治具を収納可能となっている。品種切り替え時は治具をシステムPCから呼び出すことで、段取りが完了となる。ストッカ収納数は、品種やロット数、無人運転時間等により決定する。ストッカには、ワークを取り付けた状態で収納できる。

③マシニングセンタ

工程集約型の加工設備が採用されるケースが多い。設備台数はワーク加工時間や生産数により決定する。

④搬送車

各設備へ自動で運搬する装置で、スタッカクレー

ンやローダ、ロボット等が採用される。

⑤ 段取りステーション

ワークの脱着を行うエリア。ワーク脱着後、システムPCの指令により、各設備へ自動で運搬、加工ができる。また、ストッカへ加工待ちワークを供給しておくことで、無人運転が可能となる。

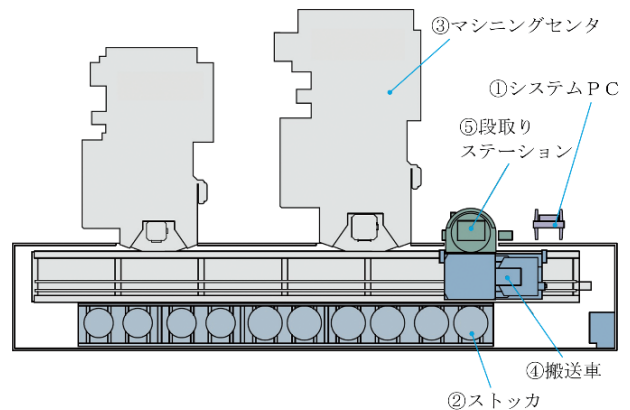


図1 FMS構成事例

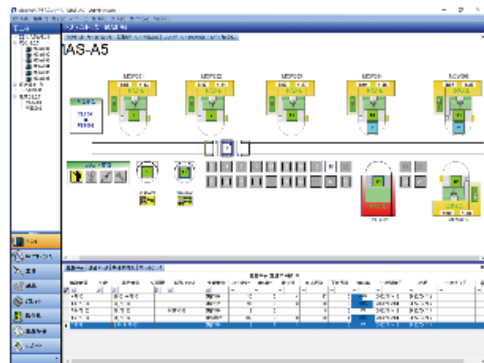


図2 システムPC画面

参 考 文 献

- 1) パレット搬送システム MODULE MMC 2
<https://www.makino.co.jp/ja-jp/machine-technology/automation/pallet-system>

用語解説

カウンタバランスバルブ

「7トン系油圧ショベル走行モータ用アンチキャビテーションバルブ」(p. 28)に記載

カヤバ技報編集委員 齋藤啓司

1 カウンタバランスバルブとは

カウンタバランスバルブは、建設機械や工作機械に組み込まれている油圧アクチュエータが自重などにより落下することを防止したり、アクチュエータの降下速度を一定に保つために使われる。一方向の流れに対しては流量制限を設け、逆方向からの流れは自由に流すバルブであり、アクチュエータが制御速度以上にならないよう背圧を発生させて速度を制御する。

図1にカウンタバランスバルブの構造図を示す。弁内の入口圧力がばねの設定圧力以下ならばスプールを押し下げたままであるが、入口圧力が設定圧力より大きくなるとスプールを押し上げて出口側が開き油を排出する。出口側から入口側に圧油を流す必要があるときには逆止弁を組み込んで使用する。

使用例として、縦型プレス機が自重で落下するのを防止したり、シリンダを用いた穴あけ加工が終わると急激に負荷抵抗が減少しピストンロッドが突進しないようにするための回路にカウンタバランスバルブが用いられる。

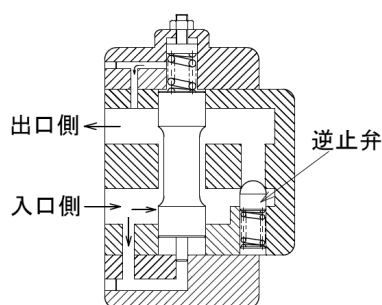


図1 カウンタバランスバルブ

2 走行モータ用カウンタバランスバルブ

油圧ショベルをはじめとするオープン回路用走行モータはカウンタバランスバルブを搭載している。図2に走行モータの回路図を示す。走行モータ用カウンタバランスバルブは次の二つの機能を有している。

①モータ停止機能

リリーフバルブやアンチキャビテーションバルブとともに使用することでブレーキ回路を構成し、ピストンモータの回転に制動力を与え、徐々に停止させるブレーキ機能。

②オーバーラン防止機能

外部負荷によりピストンモータが供給流量により決まる回転数以上に回されるような状態（ポンピング作用）において、ピストンモータの回転数を供給量に見合った回転数に制御する。

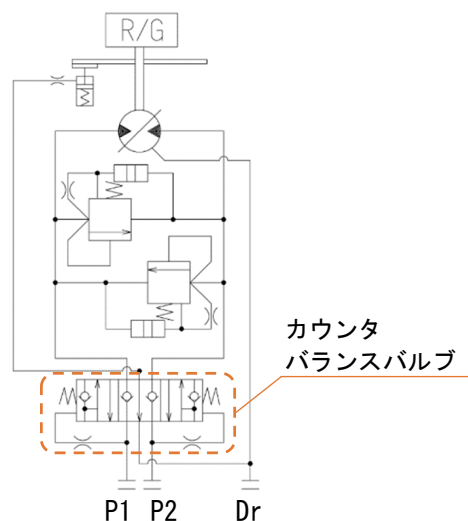


図2 走行モータ用カウンタバランスバルブ油圧回路図（リリーフバルブ仕様）

編集後記

弊社におけるデジタル化およびAI利用に関する取組事例を報告させていただく一方で、急速に進化・開発・改良される2次元データを、社会に貢献する製品に3次元化するモノづくりに関する取組事例を報告させていただいた。近年、製品開発データは大規模化の傾向にあり、データの示す物理的側面（パラメータの相関性）把握が困難になっているが、AI利用でより早く正確に把握できるようになりつつある。昭和の技術屋としては、頭と手足を両立させている後輩達を誇りに思う。継続は力なり。（山形委員）

時々、ある先輩の言葉を思い出すことがある「技術者は愚直であれ」。知恵が無く、臨機応変の才が無いなどの悪い意味合いを含むが「愚直なまでに真つぐな姿勢で物事に取り組んで、技術が形になるまでしっかりやり遂げる粘り強さを持って欲しい」と技術者達を鼓舞する言葉であったと思う。コロナ禍からの脱却、紛争、為替相場の変動などの要因により燃料費・材料費の高騰や供給不足に拍車が掛かっており、この手当てが求められる。しかし、技術者は先を見据えた開発への取り組みを愚直に進める姿勢を失ってはならないと思う。（梅田委員）

編集委員となり過去のカヤバ技報を読み返してみた。社内の製品群は把握していたつもりだったが改めて分野の多さを感じた。製品開発は主に各事業での専門技術を活かしている特徴が目立つ。今までの自分は自事業での専門に特化してきた経験により他事業の関心が低かった。そんな中でも技術の要点を絞って見てみると異なる製品への応用に繋がる事がいくつか感じた。本報も読者へのヒントや発想に繋がることを期待しながら発行に携わりたいと思う。（奥村委員）

編集委員

◎伊藤 隆	技術本部基盤技術研究所	梅田 禎典	HC事業本部技術統轄部
梶澤 亮一	技術本部基盤技術研究所	米川 典秀	HC事業本部三重技術部
早瀬 知己	技術本部生産技術研究所	山形 英城	航空機器事業部品品質保証部
周防 士朗	技術本部知的財産部	川島 茂	特装車両事業部熊谷工場技術部
天野 玄規	経営企画本部経営企画部	奥村 一千	KYBモーターサイクルサスペンション(株)第三設計室
太田 康洋	AC事業本部技術統轄部	河野 義彦	(株)タカコ技術本部開発部
宮谷 修	AC事業本部技術統轄部	小林 弘孝	KYB-YS(株)設計部
佐々木和弘	AC事業本部技術統轄部	○小畑 宏	技術本部技術企画部
野口 洋一	AC事業本部PS事業部生産技術部	○大林 義博	技術本部技術企画部
齋藤 啓司	HC事業本部技術統轄部		

◎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

カヤバ技報 第66号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 2023年4月1日
編集発行人 カヤバ技報編集委員会
発行所 カヤバ株式会社
(2022年4月1日より、通称名称にカヤバ株式会社を採用いたしました)
〒105-5128
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ディング南館28階
電話 03-3435-3511
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、カヤバ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。

〈カヤバのホームページアドレス〉

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

（トップ画面からカヤバ技報バナーをクリックして下さい）