

ISSN 1880-7410

KYB TECHNICAL REVIEW

カヤバ技報

OCT. 2026 No. 73

KYB
Our Precision, Your Advantage

カ
ヤ
バ
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW No. 73 OCT. 2026

カヤバ株式会社

KYB



カヤバ株式会社

(2023年10月1日より、正式名称にカヤバ株式会社を採用いたしました)

2026年8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

[illegible]

252-0328
 509-0206
 509-0307
 460-0008
 564-0663
 812-0013
 732-0528
 252-0328
 369-1193
 509-0298
 509-0297
 509-0206
 514-0396
 389-0688
 949-5406
 509-1605
 509-0297
 514-0396
 619-0240
 486-0903
 490-1441
 453-0825
 501-3928
 252-0328
 509-0249
 335-0038
 811-2414

☎ (042) 745-8111
☎ (0574) 26-1453
☎ (0574) 52-1323
☎ (052) 228-3690
☎ (06) 6387-3221
☎ (092) 411-2066
☎ (082) 567-9166
☎ (042) 746-5511
☎ (048) 583-2341
☎ (0574) 26-5111
☎ (0574) 26-1111
☎ (0574) 26-2135
☎ (059) 234-4111
☎ (0268) 82-2850
☎ (0258) 92-6903
☎ (0576) 35-2201
☎ (0574) 27-1170
☎ (059) 234-9260
☎ (0774) 95-3336
☎ (0568) 27-7771
☎ (0567) 55-1293
☎ (052) 482-9771
☎ (0575) 24-0530
☎ (042) 749-7512
☎ (0574) 26-6427
☎ (048) 499-9336
☎ (092) 947-5214

KYB Corporation

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

Verseas 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 Suite 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 France
 21-23 Rue du Petit Albi Immeuble
 CERIAANTHE 2, CS 12305 CERGY
 SAINT CHRISTOPHE, 95895
 CERGY PONTOISE CEDEX, France
 TEL: (33) 1-3430-8200

KYB Manufacturing Czech, s.r.o.
 U Panasonicu 277, Stare Cvice, 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

[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, Amphur Muang, Chonburi 20000, Thailand
 TEL: (66) 3-846-9999

KYB Asian Pacific Corporation Ltd.
 No. 4345 Bhairaj Tower at BITEC, Unit 1209-1211, 12th Floor, Sukhumvit Road, Bangnaat 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 Garam, Kuala Langat, Selangor, Malaysia
 TEL: (60) 3-3322-0800

PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia
 J.L. Irian X blok RR2 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
 TEL: (62) 21-28080145

PT. Kayaba Indonesia
 J.L. Jawa Blok II No. 4 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
 TEL: (62) 21-8981456

PT. Chita Indonesia
 J.L. Jawa Blok II No. 4 Kawasan Industri MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia
 TEL: (62) 21-89983737

KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd.
 Plot 1 10-11-12, 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

Pilot Steering (Thailand) Co., Ltd.
 Plot No. 6, Sipcot Industrial Park, Vallam Vadavall Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District 631604, Tamil Nadu, India
 TEL: (91) 44-3012-4301

KYB Corporation Chennai Branch
 No. 408, Height 1, Temple Green Project, Mathur Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District, India 621005
 TEL: (91) 2568-0501

[China]
凱迪必(中國)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

凱迪必機械工業(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 Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu, 213125 China
 TEL: (86) 519-8595-7206

湖北恒隆凱迪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, Gangan Road, Zhenjiang New District, Jiangsu 212132, China
 TEL: (86) 511-8317-2570

カヤバ㈱では、複製複製、転載複製およびAI利用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, reuse rights and AI ML 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73号 2026-10

目 次

巻頭言

AI時代のセンシングと人の役割

大村 廉 1

技術紹介

スマート道路モニタリング®におけるIRI高精度化の取り組み
内蔵式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの開発

久保 大和 3
五味 瞭汰 9

省エネルギー油圧シヨベルシステムの開発

横山 裕紀
田中 勇多 14
小島 正成

製品紹介

スマホでつながる電子制御サスペンションシステム“ActRide®”の開発

伊奈可南子 20
岩崎 太壺
天池 亨
佐々木 啓

油状態診断システムの開発

吉田 尚弘 29
中村 瞭平
岡野 哲也 36

大型ミキサモデルチェンジ開発

紹介

KAYABA OPEN LAB.の紹介

永井 勇冴 41

随筆

ブラジル駐在記

中村 知之 44

インド駐在記

加古 資弥 48

用語解説

①ブリードオフ回路

小島 正成 54

②TBMとCBM

吉田 尚弘 55

編集後記

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 73 OCT. 2026

CONTENTS

Foreword

Sensing and the Human Role in the AI Era	OHMURA Ren	1
--	------------	---

Technology Introduction

Initiatives to Improve IRI Accuracy in Smart Road Monitoring®	KUBO Yamato	3
Development of s Shock Absorber with a Built-in Solenoid Damping Force Adjustment Mechanism	GOMI Ryota	9
	YOKOYAMA Hiroki	
Development of an Energy-Efficient Excavator System	TANAKA Yuta	14
	KOJIMA Masanari	

Product Introduction

Development of “ActRide®”, an electronically controlled suspension system connected via smartphone	INA Kanako	20
	IWASAKI Taichi	
	AMAIKE Toru	
	SASAKI Kei	
Development of an Oil Condition Diagnosis System	YOSHIDA Takahiro	29
	NAKAMURA Ryohei	
Heavy-Duty Concrete Mixer Truck Model Change Development	OKANO Tetsuya	36

Introduction

Introduction to KAYABA OPEN LAB.	NAGAI Yuki	41
----------------------------------	------------	----

Essay

My Expatriate Life in Brazil: Lessons Learned in Brazil	NAKAMURA Tomoyuki	44
Essay from Expatriate in India	KAKO Tomohiro	48

Glossary

①Bleed-off circuit	KOJIMA Masanari	54
②TBM and CBM	YOSHIDA Takahiro	55

Editors Script

巻頭言

AI時代のセンシングと人の役割

大 村 廉*



1. はじめに

近年のセンサの小型化、低価格化、無線通信など、IoT技術の発展によって、様々なモノや部位に対するセンシングが可能となり、以前は実験室や定期点検時にしか取得できなかった情報を、実際の稼働環境で継続的に取得できるようになった。また、センシングの対象も、人の行動や生体情報、機械の振動・温度・荷重・変形、構造物の劣化や締結状態、気温、降雨などの環境情報などへと広がっている。さらに、インターネットを介して離れた場所からデータを収集し、クラウド上に蓄積・分析することも容易になった。これにより、ある時点の状態を個別に測定するだけでなく、対象の変化を長期間にわたって追跡したり、複数の場所や対象から得られた情報を組み合わせたりすることが可能になっている。センシングは、必要なときに計測器を用いて測るものから、実際の生活や機械の稼働の中で、継続的に状態を捉えるものへと変化しつつある。

一方で、測定できる対象や取得できるデータが増えるほど、それらをどのように解釈し、役立つ情報へ変換するかという新たな課題が生じる。センサが直接取得するのは、加速度、温度、圧力、光、音といった物理量である。しかし、私たちが本当に知りたいのは、人がどのような行動や状態にあるのか、機械が正常に稼働しているのか、故障や劣化の兆候が現れているのか、あるいは今後どのような変化が起こるのか、といった測定値の背後にある状態や意味である。

2. AI技術の発達とセンシング

近年のAI技術の発達は、誰しもが認識しているところである。画像や音声の高精度な認識、時系列データに基づく将来予測など、AIは様々な場面で利用されるようになった。また、生成AIも急速に普及し、AIは研究開発や産業の現場だけでなく、日常生活においても身近な技術となっている。

政府資料等でも用いられている整理によれば、AIの機能は「認識」「予測」「実行」に分類される^{1,2)}。センシングとの関係でいえば、センサから得られたデータを基に対象の状態を「認識」し、直接測定できない状態や将来を「予測」し、その結果を警報、提案、制御などの「実行」へ結びつける流れとして捉えることができる。また、本稿では、これらに加えて予測結果を用いて保守時期や設備の運転条件などを「計画・最適化」する利用にも言及したい。

例えば、機械の振動や音から稼働状態を判別したり、過去から現在までのデータを用いて設備の劣化や故障時期などを推定したりすることができる。さらに、その結果に基づいて保守時期や運転条件を計画・最適化し、保守作業の提案や機械の制御などの実行へつなげることも可能である。このようにAIは、センサが取得した物理量を、人や機械の状態を表す情報へ変換し、その情報を判断や行動に結びつける非常に強力なツールとしての役割を担っている。

しかし、AIが現象の意味を人と同じように理解しているとは限らない。現在広く用いられている機械学習に基づくAIは、基本的には、多数のデータに含まれる統計的な傾向や関係を学習し、新たな入力に対して結果を提示する技術である³⁾。認識や予測では、過去のデータとよく似た状態を「ありそうなもの」として選び出す。一方、異常検知では、通常時のデータから外れた、統計的に「起こりにくいもの」を異常の候補として提示する。AIは、膨大なセンシングデータを継続的に処理し、人が気づきにくい変化や複雑な関係を見いだす上で有効である。しかし、統計的にもっともらしい結果や、通常とは異なるという指標が得られたとしても、それが現実の中で何を意味するかは、必ずしも自明ではない。

3. AIの限界とセンシングにおける人の重要性

AIの出力は、学習に用いたデータと、センサによって観測された情報に依存する。現実の環境には、学習時には想定されなかった状況や、データとして記録されていない背景が存在する。

* 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 准教授

センシングデータは、センサの取り付け状態、運転条件、周囲環境など、様々な要因の影響を受ける。そのため、学習時と実際の利用時とでデータの性質が変化する、いわゆるデータ分布の変化が生じることがある⁴⁾。統計的にもっともらしい出力であっても、前提となる条件が変化すれば、誤った判断につながる可能性がある。AIをセンシングへ活用する際には、認識精度や予測精度だけでなく、センサデータに影響する要因が十分に管理されているか、その変化が許容できる範囲に収まっているか、さらに誤った判断が安全性や運用に及ぼす影響まで含めて検討する必要がある⁵⁾。この適用可能性をAIだけで確実に判断することは、現状では容易ではない。

また、そもそも何を測るべきか、どのような原因を疑うべきかといった問いについても、AIが常に正確な提案を行えるとは限らない。AIが提示するのは、過去のデータや知識から導かれた可能性の高い候補である。その候補が現在の機器、設備、現場に当てはまるかを確かめ、見落とされた事情がないかを検討する必要は残る。さらに、何を異常とみなすか、どの程度のリスクを許容するか、安全性、経済性、利便性のどれを優先するかは、技術的な確率だけでは決められない。設備を停止するか、運転を継続するかという判断には、生産への影響、費用、安全上のリスクなど、複数の価値が関係する。

もっとも、これらの課題は、データの蓄積やAI技術の進歩によって改善される可能性がある。例えば、近年の生成AIでは、機器やパソコンの不調について相談すると、症状から考えられる原因や確認すべき項目が提示される。これは、インターネット上に蓄積された膨大な知識や過去の事例を基に、有力な候補を示しているためである。同様に、機器や設備に関するデータが十分に蓄積され、適切な汎化が行われれば、AIがセンシングの目的、測定項目、設置位置などの候補を提案し、システム設計を支援する場面は増えていくと考えられる。

一方で、まったく新しい原理や構成を持つ機器・設備・センサが登場し、類似する過去事例が十分に存在しない場合には、AIが信頼できる提案を行うことは難しい。そのような状況では、対象を理解する人が介在し、測定方針や評価方法を定める必要が生じるだろう。

現状におけるセンシングでの人の重要な役割は、すべてを自ら発見し判断することではなく、AIの提案を現場の文脈に照らして検証し、必要に応じて問い直すことにある。AIが従来の知見と異なる結果を示した場合、それが単なる誤りなのか、これまで見落としていた現象なのかを見極めるためには、

追加の観測や検証が必要となる。また、AIの出力をどこまで自動的な制御へつなげ、どの段階で人が関与するかを設計することも重要である。

先に述べたように、AIは、センサが取得した物理量を、人や機械の状態を表す情報へ変換し、その情報を判断や行動に結びつける強力な手段である。AIと人は固定的に役割を分担するのではなく、相互に補いながら判断を更新していく関係にある。AIは大量のデータから有力な候補や小さな変化を提示し、人は現場の状況や目的に照らしてそれを評価する。さらに、その結果を新たなデータや知識としてAIの学習やシステム設計へ還元することで、センシングシステム全体を改善することができる。今後のセンシングシステムには、このような循環を形成することが重要であると考えられる。

4. おわりに：支えるセンシングへ

IoT技術の発展により、様々な対象を実際の環境で継続的に測定できるようになり、AIによって膨大なデータから状態や変化を読み取ることも可能になった。一方、AIが提示するのは、観測データと過去の知識に基づく統計的にもっともらしい結果であり、それを現実の状況と結びつけ、判断や行動へ反映するためには、人による評価が必要となる。

センシングの目的は、測定値を増やすことそのものではない。得られたデータを対象の理解につなげ、安全性の向上、効率的な運用、より良い設計や生活へ還元することにある。これからのセンシングには、単に「測る」だけでなく、人が理解し、判断し、行動することを「支える」技術へ発展していくことが期待される。

参 考 文 献

- 1) 株式会社野村総合研究所（総務省）、ICTの進化为雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究、平成28年3月 https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_03_houkoku.pdf
- 2) 総務省、自治体におけるAI活用・導入ハンドブック〈導入手順編〉、令和7年12月（第4版）、https://www.soumu.go.jp/main_content/000820109.pdf
- 3) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、「AI」知っておきたい基礎知識、https://www.nedo.go.jp/activities/introduction_100028_01.html
- 4) J. Quiñero-Candela, M. Sugiyama, A. Schwaighofer and N.D. Lawrence, eds., *Dataset Shift in Machine Learning*, MIT Press, 2009.
- 5) 米国国立標準技術研究所、AIリスクマネジメントフレームワーク (AI RMF 1.0), NIST AI 100-1, 2023. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.100-1.jpn.pdf>

技術紹介

スマート道路モニタリング[®]におけるIRI高精度化の取り組み

久 保 大 和

1 はじめに

近年、我が国では高度経済成長期以降に整備された道路インフラの老朽化が進行しており、効率的な道路の維持管理が求められている¹⁾。このような維持管理においては、道路の劣化状態を把握するための路面性状評価が重要となる。路面性状評価にはレーザプロファイラなどの専用測定車が用いられるが、高精度である一方、測定車両や専門オペレータを要するため、広域かつ高頻度な調査を実施する上でコスト面の課題がある。

このような背景から、車載センサから取得される車両挙動データを用いて、路面の状態を評価する技術の実用化が進められている。評価には各種の路面性状指標が用いられ、その中でも、IRI^{注1)}は路面の平坦性を表す代表的な指標の一つであり²⁾、道路維持管理において広く利用されている³⁾。加えて、IRIは車両の乗心地とも相関が高く、カヤバのコア技術である振動制御技術の知見を活用できる点で有用である。これらを踏まえ、当社では車両挙動データから路面性状を評価する「スマート道路モニタリング[®]」を開発し、サービス展開に向けた取り組みを進めてきた。

これまでに、AIを用いたIRI算出手法の開発や計測システムの改良を通じて技術の高度化を図ってきた⁴⁾⁵⁾。しかしながら、従来のAI手法では汎化性能に課題があり、IRIの算出精度にばらつきが生じる。また、精度向上にはデータ拡充などを要するため、コストの観点で実運用上の制約が大きい。そこで本研究では、従来のAI手法とは異なる新たなアプローチにより、IRIを算出する手法を構築した。本報では、当該手法の開発内容および有効性について報告する。

注1) International Roughness Index：国際ラフネス指数。

2 IRIと点検支援技術性能カタログ

2.1 IRIの概要

路面性状指標は、道路舗装の状態を客観的かつ定量的に評価するための指標群であり、国土交通省の舗装点検要領などに基づいて定義されている。主な指標として、本研究で対象とする「IRI」のほか、わだちの深さを示す「わだち掘れ量」、ひび割れの面積比率を示す「ひび割れ率」がある。また、これらの指標を総合的に評価する指標として「MCI^{注2)}」が用いられており、路面の安全性・快適性・耐久性を定量的に把握することが可能である。

IRIをはじめとするこれらの路面性状指標には、表1に示すとおりそれぞれ数値基準が定められている。この基準に基づいて、健全（損傷レベル小）、表層機能保持段階（損傷レベル中）および修繕段階（損傷レベル大）の区分で道路舗装の状態が評価される⁶⁾。

注2) Maintenance Control Index：舗装の維持管理指数。

表1 路面性状指標による舗装状態の判定基準

指標	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ
	健全	表層機能保持段階	修繕段階
ひび割れ率 [%]	≤20	20-40	≥40
わだち掘れ量 [mm]	≤20	20-40	≥40
IRI [mm/m]	≤3	3-8	≥8
MCI	≥7	4-7	≤4

本研究で対象とするIRIについて、その算出概念図および算出式を図1および式(1)に示す。IRIは、路面の縦断プロファイル^{注3)}（以下、路面プロファイル）に対して、規定されたパラメータを有するクォーターカーモデル^{注4)}を一定速度（80km/h）で走行させた際の、ばね上（車体）とばね下（タイヤ、ホイー

ルなど)の相対速度(以下、相対速度)の絶対値を累積し、これを路面プロファイル長で除することにより求められる。単位は[mm/m]であり、値が大きいほど路面の凹凸が大きいことを示す。

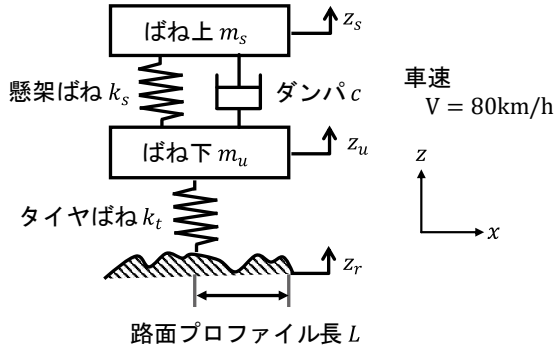


図1 IRIの算出概念図

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{L/V} |\dot{Z}_s - \dot{Z}_u| dt \quad (1)$$

注3) 路面を車両の進行方向(縦方向)に沿って切断した際の、路面変位の形状を示すもの。

注4) 車両1輪分を模擬したモデル。

2.2 点検支援技術性能カタログ

点検支援技術性能カタログは、舗装点検における新技術の活用促進を目的として整備されたものであり、毎年度、支援技術の公募および性能検証試験が実施されている。舗装点検の支援技術には、路面性状を計測し、診断区分を適切に判定する性能が求められる。さらに、検出率および的中率が60%以上であることが確認された技術のみが掲載される。

診断区分の判定精度は、検出率および的中率により評価される。これらは、IRI、わだち掘れ量やひび割れ率などの路面性状指標に基づく診断区分の判定精度を評価する指標である。検出率は、損傷が存在する評価区間のうち、正しく検出された評価区間の割合を示す指標であり、式(2)で定義される。

$$\text{検出率} = \frac{\text{正答区間数}}{\text{損傷区間数}} \quad (2)$$

一方、的中率は、損傷ありと判定された評価区間のうち、正しく判定された評価区間の割合を示す指標であり、式(3)で定義される。

$$\text{的中率} = \frac{\text{正答区間数}}{\text{正答区間数} + \text{誤検出区間数}} \quad (3)$$

本研究では、IRIを対象としたカタログ掲載を目標とする。

3 IRI算出手法の開発

3.1 計測システムのセンサ構成

スマート道路モニタリング[®]の計測システムを搭載した試験車両を写真1に示す。IRI算出に関わる機器・センサとして、車両にはGNSS^{注5)}のほか、ロガーに内蔵されたIMU^{注6)}センサおよび左右前輪のばね下に設置したBluetooth加速度センサを搭載している⁵⁾。本研究では、これらの機器・センサで成立する手法の確立を目指す。

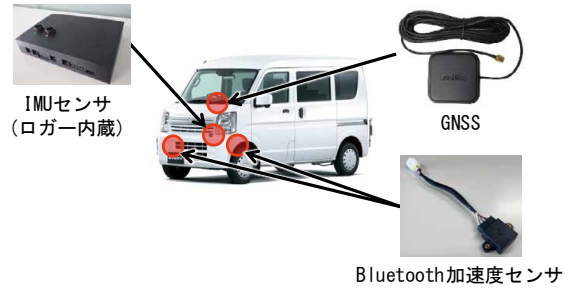


写真1 試験車両

注5) Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム。

注6) Inertial Measurement Unit：慣性計測ユニット。

3.2 IRI寄与度の高い周波数帯域の調査

IRIは、クォーターカーモデルに路面プロファイルを入力した際の、相対速度の絶対値を積算することで算出される。この相対速度には、ばね上共振およびばね下共振といった車両の動特性が含まれるため、IRIは周波数に依存した特性を有すると考えられる。そこで、クォーターカーモデルを用いて、路面変位入力に対する相対速度応答の伝達関数を導出し、IRIへの寄与度が高い周波数帯域を確認した。図1のクォーターカーモデルの運動方程式を立て、路面変位入力に対する相対速度応答の伝達関数を導出すると、式(4)が得られる。ここで s はラプラス演算子である。

$$\begin{aligned} \frac{sZ_s(s) - sZ_u(s)}{Z_r(s)} \\ = \frac{b_3 s^3}{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、

$$\begin{aligned} a_0 &= k_s k_t & a_1 &= c k_t \\ a_2 &= m_s (k_s + k_t) + m_u k_s & a_3 &= c (m_s + m_u) \\ a_4 &= m_s m_u & a_0 &= -k_s m_s \end{aligned}$$

また、路面プロファイルはISO8608で定義されるように、PSD^{注7)}が周波数 f の二乗に反比例($\propto 1/f^2$)する特性を有することが知られている。これに対応

して、路面変位は周波数 f に反比例 ($\propto 1/f$) (ラプラス演算子領域では $1/s$) する特性を持つ。この特性を式(4)に反映するとともに、IRIで規定されているクォーターカーモデルの車両諸元を適用した場合の伝達特性を図2に示す。図2の上段が路面変位に対する相対速度の振幅比を表し、下段が位相を表す。図2より、IRIへの寄与度が高い周波数帯域は、概ね0.5~20Hzであることが確認された。この結果は、後述するIRI算出手法の検討において着目すべき周波数帯域の設定に活用した。

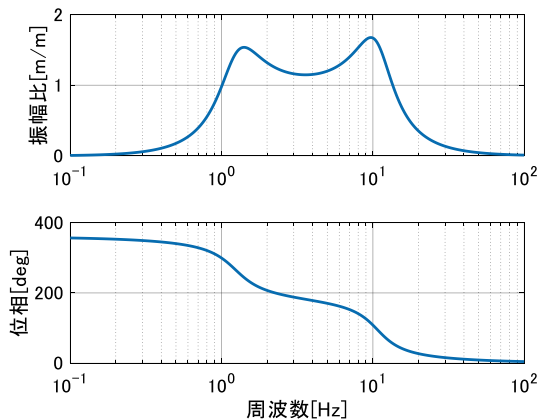


図2 路面変位入力に対する相対速度応答の伝達特性

注7) Power Spectral Density: パワースペクトル密度。

3.3 手法選定

IRIは路面プロファイルを入力として算出される指標である。ここで、路面プロファイルは車両進行方向の距離と路面変位の関係で表されるため、路面プロファイルの推定にはこれら双方が必要となる。そこで本研究では、GNSSの車速から移動距離を算出し、車両挙動データから路面変位を推定して路面プロファイルを構築し、IRIを算出するアプローチとした。検討対象とした各手法を以下に示す。なお、移動距離の算出は各手法で共通であるため、以下では各手法の特徴について述べる。

(1) オブザーバ^{注8)}法

試験車両のクォーターカーモデルに基づくオブザーバを構築し、IMUセンサから算出したばね上加速度および、Bluetooth加速度センサにより計測されたばね下加速度から路面変位を推定し(図3)、IRIを算出する。

(2) 相対速度補正法

試験車両とIRI算出式で定義されている車両(以下IRI定義車両)のクォーターカーモデルから、路面変位入力に対する相対速度応答の伝達関数を算出する。両者の関係から補正式を導出し、この補正式を用いてIRI定義車両の相対速度を推定し(図4)、

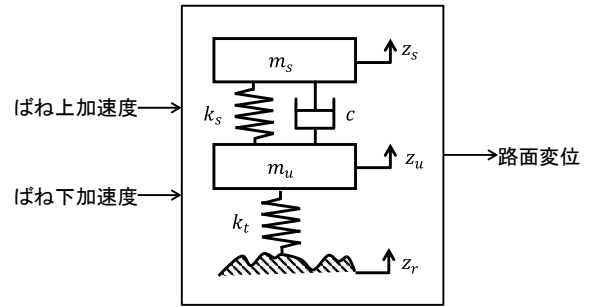


図3 IRIの算出概念図(オブザーバ法)

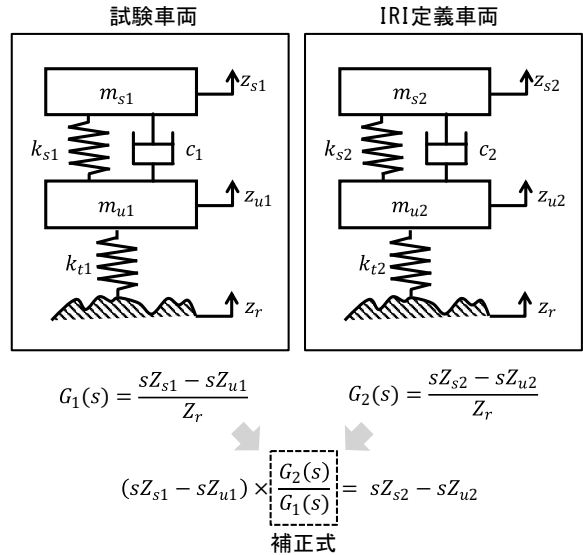


図4 IRIの算出概念図(相対速度補正法)

IRIを算出する。

(3) 伝達特性法

実車試験により取得した、路面変位入力に対するばね下加速度応答の逆伝達特性を用いて路面変位を推定し(図5)、IRIを算出する。

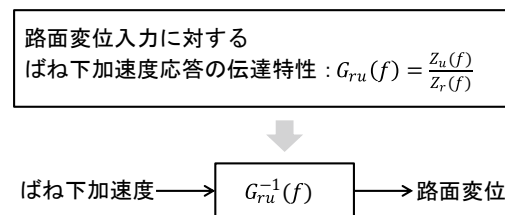


図5 IRIの算出概念図(伝達特性法)

オブザーバ法および相対速度補正法は、車両諸元を取得することで実車試験を行うことなく適用可能である。しかしながら、モデル化誤差の影響を受けるため、高精度な推定には実車との整合を図るための調整が必要となる。一方、伝達特性法は事前に実車試験を実施して伝達特性を取得する必要があるものの、取得した特性に実車の動特性が反映されるた

め、実車に即した推定が可能である。以上より、本研究では実車適用時の推定精度を重視し、伝達特性法を採用した。

注8) 直接計測できないシステム内部の状態を、計測可能な入出力情報および数学モデルを用いて推定する状態推定器。

3.4 開発手法の概要

伝達特性法によるIRIの算出フローを図6に示す。以下に、各ブロックの内容について述べる。

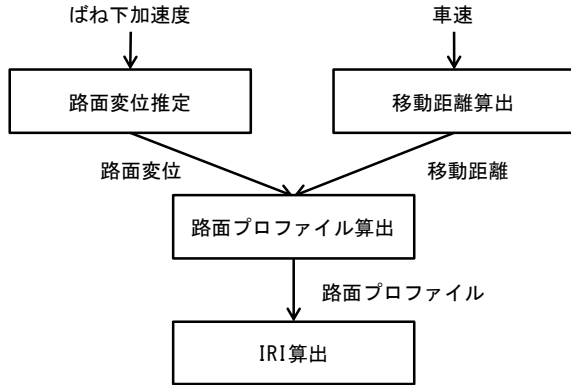


図6 伝達特性法によるIRIの算出フロー

3.4.1 路面変位推定

①伝達特性スペクトルの算出

A) ばね下加速度と路面変位を取得し、路面変位入力に対するばね下加速度応答の逆伝達特性 $G_{ru}^{-1}(f)$ を算出する。これらのデータは、当社で保有する4輪シミュレート試験機により、3.2節で明らかにしたIRIへの寄与度が高い周波数帯域を含む広帯域信号で車両を加振して取得した。試験機の外観を写真2に示す。本試験機は車両走行時の上下動を再現するものであり、当社テストコースの路面変位やISO8608に基づく路面変位で加振を行うことができる。



写真2 4輪シミュレート試験機

B) 伝達特性のゲインおよび位相を式(5)に適用して伝達特性スペクトル $Z_{ur}(f)$ を算出する。

$$Z_{ur}(f) = |G_{ru}^{-1}(f)| e^{j\angle G_{ru}^{-1}(f)} \quad (5)$$

②路面変位の推定

A) ばね下加速度をフーリエ変換してばね下加速度スペクトル $Z_u(f)$ を算出する。

B) 伝達特性スペクトル $Z_{ur}(f)$ およびばね下加速度スペクトル $Z_u(f)$ を式(6)に適用して、路面変位スペクトル $Z_r(f)$ を算出する。

$$Z_r(f) = Z_u(f) \cdot Z_{ur}(f) \quad (6)$$

C) 路面変位スペクトル $Z_r(f)$ を逆フーリエ変換して路面変位 $z_r(t)$ を推定する。ここで t は時間である。

3.4.2 移動距離算出

車速を時間積分することで、移動距離 $x(t)$ を算出する。

3.4.3 路面プロファイル算出

A) 路面変位 $z_r(t)$ と移動距離 $x(t)$ に基づき、路面プロファイル $z_r(x)$ を算出する。

B) 車速が変動する場合、各サンプリング時間における移動距離は一定とならない。そこで、等間隔の移動距離 x^* を定義し、路面変位をこの位置に再配置するリサンプリング処理を行い、等間隔路面プロファイル $z_r^*(x^*)$ を算出する。

3.4.4 IRI算出

等間隔路面プロファイル $z_r^*(x^*)$ をIRI算出式に適用し、IRIを算出する。

4 開発手法の有効性検証

開発した手法を計測システムに実装し、IRIならびに検出率および的中率により有効性を確認した。評価には、2023年度の性能検証試験（茨城県南部）で取得した車両挙動データを用いた。IRIの算出結果ならびに検出率および的中率を、それぞれ図7および表2に示す。図7より、一部区間において開発手法によるIRIが正解値と乖離しているものの、全体としては概ね一致する結果が得られた。また、こ

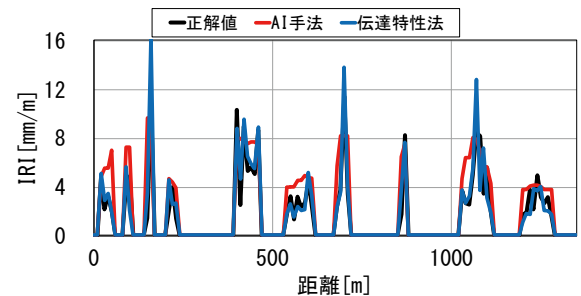


図7 IRIの算出結果

の結果に基づく検出率および的中率（表2）は、区分Ⅱ以上および区分Ⅲにおいて60%以上を示しており、本手法の有効性が確認された。

表2 検出率・的中率の算出結果

手法	項目	区分Ⅱ以上	区分Ⅲ
AI手法	検出率	72%	25%
	的中率	42%	40%
伝達特性法	検出率	72%	75%
	的中率	70%	100%

5 2025年度性能検証試験

5.1 試験概要

2025年度の性能検証試験の概要を以下に示す。

- A) 試験日： 2025年11月
- B) 場所： 茨城県南部
- C) 試験区間： 国道における4区間（合計4km）
- D) IRI測線： 車線中心線から左に1mオフセットした位置（図8）

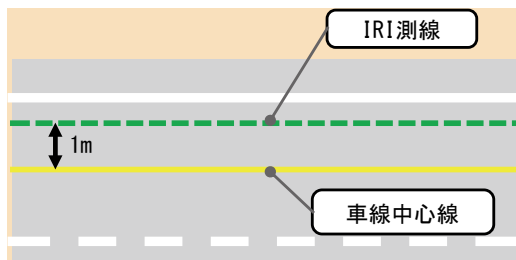


図8 IRI測線

試験の様子を図9に示す。試験は、一般車両が走行する環境下で実施された。4つの試験区間の起点には誘導員が配置されている。なお、車線中心線お

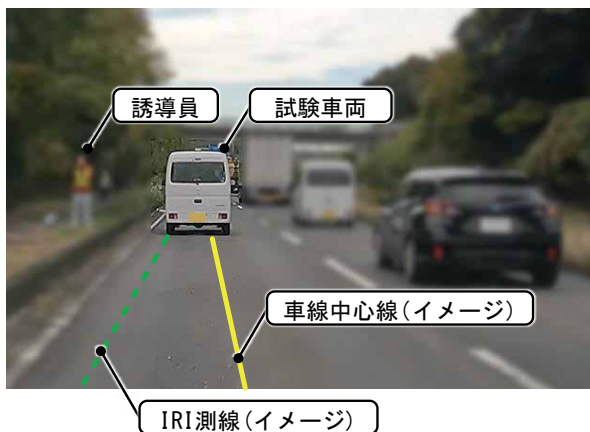


図9 性能検証試験の様子

よびIRI測線は視認できないため、計測車両、車線中心線ならびにIRI測線との位置関係を意識して走行し、IRIの算出に必要な車両挙動データを計測した。

5.2 試験結果

試験結果については、2026年2月中旬頃に国土交通省より受領した。試験結果を表3に示す。検出率および的中率はいずれも60%以上を達成した。これにより、点検支援技術性能カタログへの掲載が決定した。さらに、区分Ⅲの的中率以外で90%以上の高い精度を達成した。

表3 性能検証試験の結果^{注9)}

技術名	区分Ⅱ以上 検出率	区分Ⅱ以上 的中率	区分Ⅲ 検出率	区分Ⅲ 的中率
スマート 道路モニ タリング	90~100%	90~100%	90~100%	70~80%

注9) 国土交通省HPに記載の点検支援技術性能カタログ
(https://www.mlit.go.jp/road/tech/hosou_all_nonsort.html) から一部抜粋したもの。

6 まとめ

本報では、スマート道路モニタリング[®]におけるIRIの算出精度向上の課題に対し、車両挙動データに基づきIRIを算出する手法を提案した。

本手法を計測システムに実装し、取得した車両挙動データからIRIを算出した結果、性能検証試験においてカタログ掲載の性能基準を達成した。これにより、スマート道路モニタリング[®]は国土交通省の点検支援技術性能カタログに掲載された。

今後は、本手法のさらなる精度向上および適用範囲の拡大を検討していく。

7 おわりに

本手法の開発に協力いただいた関係部署ならびに御指導御支援を頂いた方々へ、この場をお借りしてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：令和7年度版国土交通白書，2025。
- 2) 江口利幸ほか：国際ラフネス指数を用いた局部変状評価手法，土木学会論文集E1，2015。
- 3) 安藤和彦ほか：路面のIRI（国際ラフネス指数）を測定する各種測定方法の精度比較，土木技術資料，2014。

- 4) 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. 改良, カヤバ技報第72号, 2026.
- 5) 長谷部: スマート道路モニタリング®の事業化に向けた 6) 長谷部: 用語解説「路面性状指標」, カヤバ技報第72号, 2026.

著 者



久保 大和

2013年入社. 技術本部先進技術研究所制御技術研究室. 油圧緩衝器の研究開発に従事.

内蔵式ソレノイド減衰力調整 ショックアブソーバの開発

五 味 瞭 汰 ・ 横 山 裕 紀

1 はじめに

2000年ごろから自動車へ搭載され始めたセミアクティブサスペンションは年々搭載車両が増加しており、今後もさらに増えていくと予想されている。

セミアクティブサスペンションとは、路面入力に対し、リアルタイムで減衰力を調整するシステムを有するサスペンションである。

カヤバでは2016年、セミアクティブサスペンションの種類の一つである、外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバ（以下、外付け式ソレノイド減調SA）の量産を開始している（図1）。



図1 外付け式ソレノイド減調SA

外付け式ソレノイド減調SAは減衰力調整部をショックアブソーバの外部に設置している。

通常のショックアブソーバは複筒式と呼ばれる2重管構造で、油室とガス室とを形成するシリンダとアウターシェルとを有するが、外付け式ソレノイド減調SAはそれらに加え、減衰力調整部への油路を形成する中間パイプを有する3重管構造である。

またカヤバ欧州拠点では2024年、外付け式2ソレノイド減調SAの量産を開始している（図2）。この製品は1本のショックアブソーバに伸用、圧用の2つの減衰力調整部を有するため、外付け式ソレノイド減調SAよりも高性能となる。

しかし、いずれも車種によっては外付の減衰力調整部が車両部品と干渉してしまうという課題があり、車両搭載性に優れた内蔵式ソレノイド減調SAの開

発をした。



図2 外付け式2ソレノイド減調SA

2 内蔵式ソレノイド減調SAの特徴

内蔵式ソレノイド減調SAは減衰力調整部を内蔵するショックアブソーバである（図3）。

通常のショックアブソーバと同様の複筒式であるが、ピストン部に減衰力調整機能を持たせている。外側に減衰力調整部を持たず、車両搭載性に優れる。

また中間パイプを必要としないためシリンダ径を大きくすることが可能である。ここで、シリンダ径はピストンの受圧面積であり、径が大きいと、狙いの減衰力をより小さい圧力で発生させることができる。すなわち、減衰力応答性に優れるものとなる。



図3 内蔵式ソレノイド減調SA

ただし、減衰力調整機能を有するピストン部は長さが長くなるため、ショックアブソーバのストローク量の制限が生じやすい。

外付け式ソレノイド減調SAと内蔵式ソレノイド減調SAとの得失表を表1に示す。

表1 セミアクティブサスペンション 得失表

	外付け式ソレノイド減調SA	内蔵式ソレノイド減調SA
ストローク	○	△
搭載性	△	○
応答性	○	◎
制御性	○	○

(◎：優 ○：良 △：可)

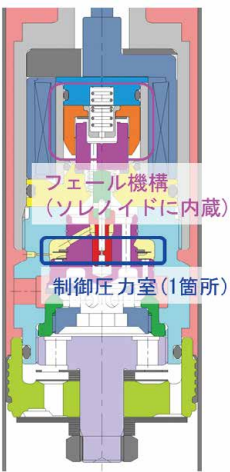
3 内蔵式ソレノイド制御弁の構成

ここで内蔵式ソレノイド制御弁（以下ソレノイド弁）の構成を下表に示す（表2）。

内蔵式ソレノイド減調SAはソレノイド部と減衰力調整部とピストン部とで構成される。

ソレノイド部はコイルと比例ソレノイドとがあり、それらがピストンロッドに内蔵される。なお、ソレノイドは外付け式ソレノイド減調SAと同様タカコ製ソレノイド¹⁾を採用している。

表2 ソレノイド弁の構成

構造	
制御圧力室	1箇所
フェールセーフ機構	有り ソレノイドに内蔵
電流と減衰力の関係	低電流：低減衰力（ソフト） 高電流：高減衰力（ハード）

減衰力調整部は低電流下では低い減衰力、高電流下では高い減衰力を発生させる部分である。減衰力の発生原理の詳細は4章で後述するが、先述のソレノイドからの力を受け制御圧力室の圧力をコントロールする。

ピストン部が持つ機能は通常の複筒式と同じくピストンとバルブで構成される。バルブはチューニング要素である。

内蔵式ソレノイド減調SAにはフェールセーフ機能が存在する。フェールセーフ機能とは、仮にシステムエラーでソレノイドに電流が導通しなくとも低すぎず、高すぎない車両として安全を担保できる減衰力を提供できる機能である。

2章で記載のように、ショックアブソーバストロークに制限が生じやすいという課題があるが、新開発の内蔵式ソレノイド減調SAではフェールセーフ機能をソレノイドに内蔵し、また内蔵制御圧力室は伸圧で圧力室を共用し、長さを短くする工夫をしている。

4 作動原理

内蔵式ソレノイド減調SAの作動原理を図4に示す。

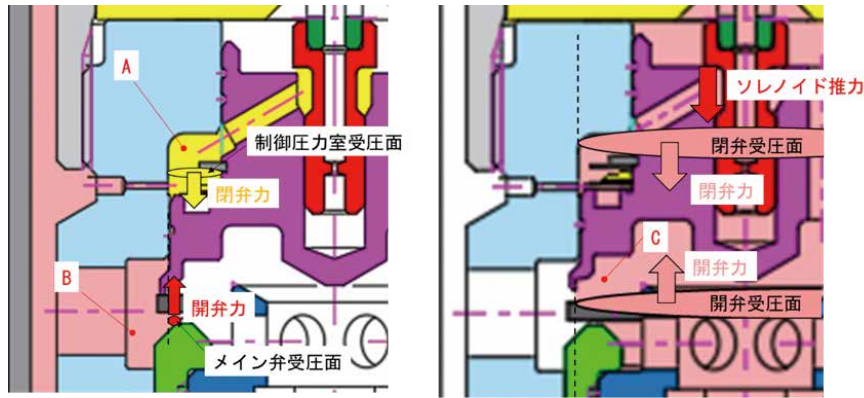
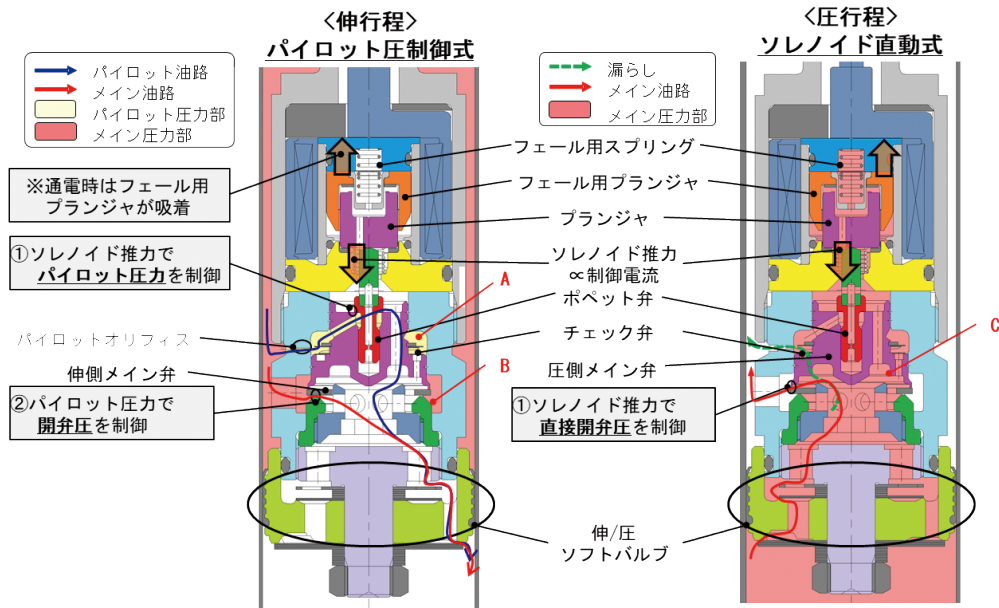
伸行程はパイロット圧力制御であり、ソレノイド推力が制御圧力室のパイロット圧(A)を、パイロット圧がメイン弁の開弁圧を決めている。

- I. パイロット圧(A)はソレノイド推力とポペットバルブの受圧面積で決まる。
- II. パイロット圧(A)と制御圧力室の受圧面積とでメイン弁の閉弁力が決まる。
- III. 上室圧(B)とメイン弁の受圧面積とでメイン弁の開弁力が決まる。このとき、開弁力がIIの閉弁力を上回るとバルブが開弁する。

制御圧力室の受圧面積はメイン弁の受圧面積よりも大きく、可変幅を大きくすることが可能である。

圧行程はソレノイド直動式である。ソレノイド推力が直接メイン弁の開弁圧(C)を決めている。

ソレノイド直動式はパイロット圧力制御よりも開弁圧の調整代が少なくなってしまうという課題があるが、内蔵式ソレノイド減調SAでは圧行程でチェックバルブを開き、下室の圧力を制御圧力室に導くことでメイン弁の開弁受圧面積を増やし、少なくなりがちな調整代を確保している。



(a)伸行程の力のつり合い

(b)圧行程の力のつり合い

図4 内蔵式ソレノイド減調SAの作動原理

5 内蔵式ソレノイド減調SAの開発

内蔵式ソレノイド減調SAの減衰力調整機能を担うピストン部のソレノイド弁について、その概要および改良点を説明する。

5.1 乗心地と操縦安定性の両立

車両の乗心地に最も影響を与えるソフトモード減衰力は、路面からの入力を緩和・遮断するため、低い方が望ましい。特に微小な入力に対しては、低ピストン速度域での減衰力が乗心地の質感に大きく影響する。

一方、加速・減速・操舵時や大入力時は車両の挙動を安定させるため、減衰力は高い方が望ましい。上記のような場面に対応するため、ハードモード時の減衰力は低ピストン速度域から高くすることで、車両の挙動を安定させやすくなる。

以上より、減調SAの性能を最大限に発揮するためには、図5に示すように、低ピストン速度域においてソフトモード減衰力を低く設定し、ソフトモードとハードモードの減衰力差である減衰力可変幅を大きく確保することが求められる。

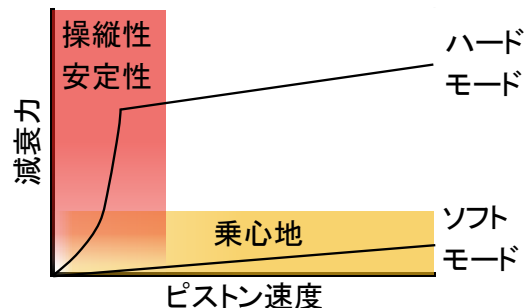


図5 減調SAの減衰力イメージ

ソフトモード減衰力を低減する手段としては、メイン弁の開弁圧を下げ、減衰力調整部で発生する圧力差を小さくすることが望ましい。メイン弁の開弁圧は、伸行程時にはパイロット圧、圧行程時にはソレノイドの推力に依存している。パイロット圧はソレノイドの推力により決定されることから、ソレノイド推力を低減することでメイン弁の開弁圧を低減することが可能となる。

これを達成するため、図6に示すように、ソレノイド内のプランジャに対して推力と反対方向に荷重を付与するリターンSPを追加し、ソフトモード時にプランジャを浮かせることで、メイン弁の開弁圧を極低くし、減衰力を低減した。

減衰力を低減すると車両の接地性が低下するが、最低限必要な減衰力については、図4に示すソフトバルブを調整することで確保している。

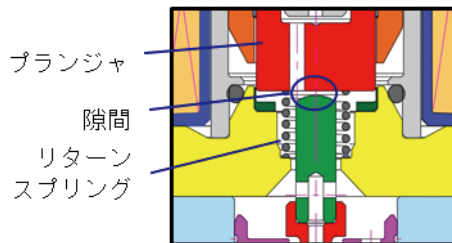


図6 ソフトモード時の減衰力低減方策

メイン弁の開弁圧が高いハードモード時に低ピストン速度域の減衰力を調整するため、メイン弁と接触するディスクのシート面にオリフィスを追加した(図7)。ソフトモード時の減衰力はメイン弁の開弁圧が極めて小さいため、オリフィスによる影響がほぼなく、ハードモード時のみ減衰力を大きくすることができる。

このオリフィスはチューニング要素となっており、車種毎に減衰力特性を最適化することが可能である(図8)。

5.2 減衰力チューニング性の向上

減調SAでは、時々刻々と変化する路面状況に応じて減衰力を切り替えているが、そのベースとなるソフトモード減衰力には、車種毎に最適な設定を行うため、高いチューニング性が求められる。

外付け式ソレノイド減調SAにおいては、外側に設置したソレノイド弁へ油を導く構造上、伸行程と圧行程をユニフロー(一方向流れ)としているため、標準ショックアブソーバに比べて、ソフトモード時の伸側/圧側減衰力を個別に調整しにくかった。

一方、伸行程と圧行程で流れが反転する内蔵式ソレノイド減調SAでは、ピストン部にソレノイド弁



図7 ディスクのオリフィス

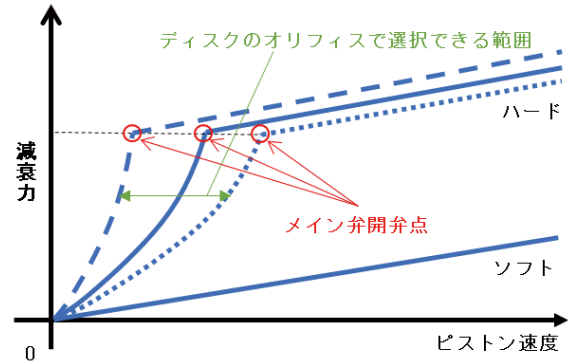


図8 ディスクのオリフィス変更時の減衰力特性

とソフトバルブとを直列に配置することで、ソフトモード時の減衰力は、標準ショックアブソーバに近い調整幅を確保している(図9)。さらに、伸側の減衰力可変幅についても、メイン弁の受圧面積をチューニング要素とすることで、車種毎の最適な設定を可能とし、チューニング性を向上させた(図10)。

5.3 減衰力波形改善

ショックアブソーバの一般的な課題として開弁遅れによる開弁前後の圧力変動がある。開弁遅れにより、開弁前後で圧力が急変するとショックアブソーバにおいて急激な減衰力変動が発生する。この減衰力変動が車両側のマウント(インシュレータ)を介して車体に伝達・共振することで、異音が発生する懸念がある。

パイロット圧力制御型の減調SAでは、メイン弁の開弁圧をパイロット圧で調整しているため、開き遅れがより発生しやすくなるという課題がある。この課題を解決するためには、メイン弁を圧力変動に応じてスムーズに作動させる必要がある。シミュレーションによる検証の結果、ソレノイド内部のプランジャの摺動摩擦はメイン弁の開き遅れへの影響が大きいことが分かっている。さらにプランジャにはソレノイドの吸引力により横方向の力が作用することで、非通電時と比較して摩擦が増大しやすい。

対策として、プランジャの外径部に摩擦低減効果のある加工を追加した(図11)。これにより、プランジャの摺動抵抗が低減し、開き遅れを抑制するこ

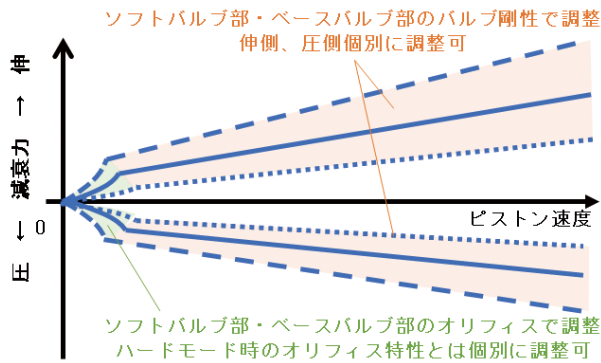


図9 ソフトモード減衰力の調整例

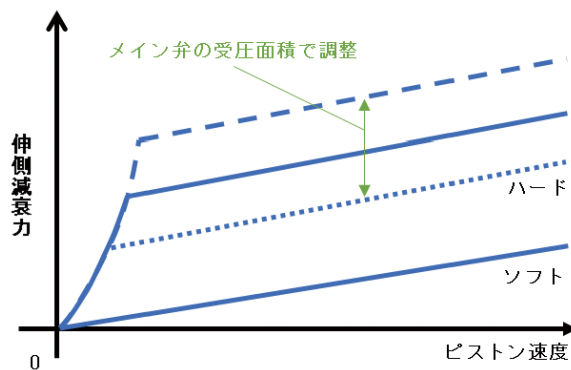


図10 伸側の減衰力可変幅の調整例

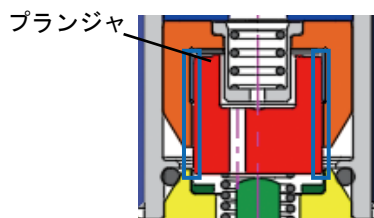


図11 摺動摩擦低減の対象部位

とで、開弁前後の圧力変動を低減している。

6 採用状況

本報で紹介した内蔵式ソレノイド減調SAは2026年1月より発売しているトヨタ自動車(株)様のLEXUS IS^{注1)}に採用頂いている。合わせて摺動部品には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Prosmooth[®]を採用し、高い評価を頂いている²⁾。

現在も採用車種の拡大に向けた開発を進めており、複数のメーカーに製品提案を行い、採用車両・生産数ともに拡大を目指している。

注1) LEXUS ISはトヨタ自動車(株)の商標です。

7 おわりに

乗心地と操縦安定性を高い次元で両立し、車両搭載性にも優れた、内蔵式ソレノイド減調SAが開発できた。製品ラインナップを拡充し、お客様の幅広いニーズに応えることができるようになった。今後も更なるニーズに応えることができるよう開発を進めていく。

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

参考文献

- 1) 安部. 土井. : 外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバ 乗心地 & 静粛性改良と新型ソレノイドの開発. KYB技報第63号. (2021年10月).
- 2) 村田: ショックアブソーバ用摺動部品の開発 (ProsmoothTM の紹介). KYB技報第58号. (2019年4月)

著者



五味 瞭汰

2013年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部四輪事業部プロダクト技術部第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。



横山 裕紀

2016年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部四輪事業部プロダクト技術部第一設計室。ショックアブソーバの開発に従事。

技術紹介

省エネルギー油圧ショベルシステムの開発

田 中 勇 多 ・ 小 島 正 成

1 はじめに

近年，地球温暖化問題や持続可能な社会の実現に向け，建設機械においても省エネルギー化が強く求められている．特に油圧ショベルでは，油圧システムに起因するエネルギー損失の低減が強く求められている．

また，ショベルなどで使用される油圧制御システムにおいては電子制御化が進展しており，システム全体として高効率化を実現する為には，従来技術だけに依存しない新たな制御技術及びコンポーネントの開発が必要な状況にある．

本技術紹介では，油圧ショベルにおけるエネルギー損失の一つであるブリードオフ流量損失に着目し，その低減を目的としたカヤバ独自の油圧制御システム開発について紹介する．

2 システム開発経緯

2.1 開発方針

省エネルギー油圧ショベルシステムの開発に当たり，システムの導入しやすさを考慮し，アクチュエータなどの主要構成要素は可能な限り既存品を流用した．その上でカヤバ独自の技術を「アドオン」することで省エネルギー効果を得る構成とした．

2.2 システム開発用ショベルの選定

ショベルシステム開発対象として，一般に操作性が優れるとされるオープンセンタ・ネガティブコントロール方式（以下ネガコン方式）¹⁾を採用する機体を選定した（写真1）．油圧ショベルの作業装置は，一般にブーム，アーム，バケットで構成される²⁾．以降，本稿ではこれらの名称を用いて説明する．

また，主要コンポーネントであるコントロールバルブの改造を容易にするため，カヤバ製コントロールバルブを搭載する機体を対象とした．システムの汎用性を確保する観点から，電子制御ポンプ（タンデム2ポンプ構成）とアクチュエータは既存のものを使用する前提とした．



写真1 システム開発用ショベル

2.3 性能把握と消費エネルギー分析の実施

現状機体のエネルギー分析を行うため，選定した開発用ショベルに各種センサを追加し，性能測定を実施した．その結果を基にした消費エネルギー分析結果を図1に示す．

図1よりポンプ出力エネルギーに対する消費エネルギーは，アクチュエータ有効仕事と損失に分かれる．損失は主に圧力損失，漏れ損失，機械損失に分類される．分析の結果，複数アクチュエータを同時に操作した場合の操作性確保に必要な圧力損失は対象外とし，アクチュエータの力行に寄与しない純粋な損失であるブリードオフ損失の低減に着目した．

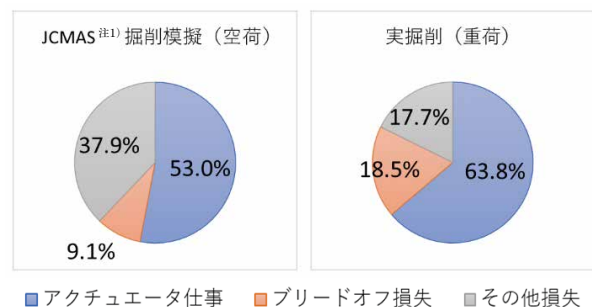


図1 消費エネルギー分析結果

注1) 日本建設機械工業会（JCMAS）が制定する建設機械分野の団体規格

2.4 システムのコンセプト

オープンセンタ方式のコントロールバルブは、各スプールセクションにブリードオフ制御機構を有しているが、本システムではこれらを一つに集約する。更にブリードオフ回路を通過する流量を検知し、ポンプ吐出流量とブリードオフ回路面積を協調制御することで、従来の操作性を損なわずブリードオフ流量のみを低減し、高効率化を図る。

ブリードオフ流量は、ポンプ吐出流量と負荷側要求流量（圧力応答含む）との不一致により発生する。従って「ポンプ吐出流量」と「システム圧力」を制御対象とした。このうちポンプ吐出流量は一般的な電子制御ポンプにより任意に制御可能なため、システム圧力を能動的に制御するための新規油圧コンポーネントを開発した。

3 新規油圧コンポーネント

3.1 Bleed-off Relief Valveの概要

ブリードオフ回路の電子制御化を目的として、新たに開発した「開弁圧制御弁」Bleed-off Relief Valve（以下BRV）を写真2に示す。

主な特徴は以下の通りである。

- ①ブリードオフ回路機能の集約
- ②BRV開弁圧の電気制御機能
- ③BRV通過流量の測定機能

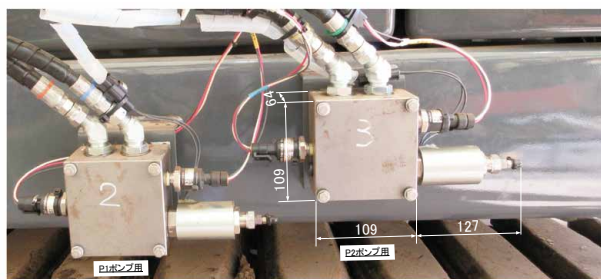


写真2 BRV試作品外観

3.2 BRVの技術的特徴

BRVの構成回路図を図2に示す。ブリードオフ回路の油路面積制御部にバランスピストン型リリーフ構造を採用し、BRV開弁時のシステム圧力をBRV自身の機械的構造により受動的に安定させている。これにより、BRVの能動制御はソレノイド電流による開弁圧目標指示のみで、高応答・高精度かつ安定したシステム圧力制御が可能となる。

更にメインフロー最下流に固定絞りを設置し、絞り前後差圧を圧力センサで測定することで、BRV開弁時の通過流量を高応答で検出できる。

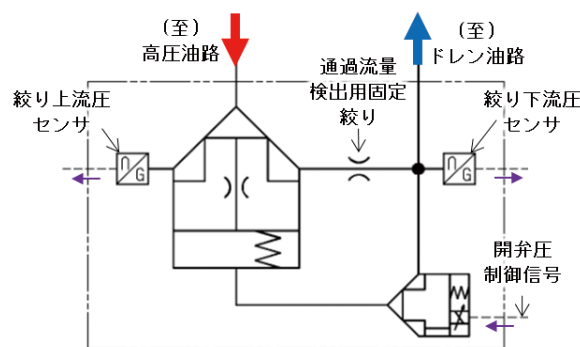


図2 BRV構成回路図

4 BRVシステムの構成と制御

4.1 BRVシステムの油圧回路

BRVシステム油圧回路の簡略図を図3に示す。本システムは、操作レバー（Joystick, J/S）、リアルタイムシミュレータを用いた電子制御ユニット（ECU）、ソレノイドドライバ（Driver）、電磁比例減圧弁、電気制御式可変容量ポンプ、コントロールバルブ、アクチュエータで構成される。

主な機体の改造点は、選定機体の既存油圧回路のポンプラインから分岐するようにBRVを設置した。またメータイン回路導通と同時にブリードオフ回路を閉じるために、メインスプールを変更した。更に制御上不要なネガコンリリーフを削除し、メインスプール中立時の圧力損失低減を図った。

これらにより、既存構成を大きく変更することなく、ベース機体の設計値をほぼそのまま流用可能なBRVを付加したシステムを構成した。

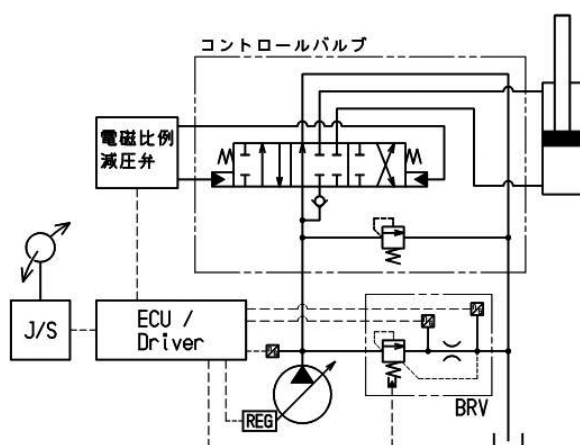


図3 BRVシステム油圧回路図（簡略版）

4.2 BRVシステム開発手法

ショベルシステムは複数の油圧コンポーネントから構成され、各要素の相互影響や過渡特性の影響も大きく、システム挙動は複雑となる。そのため、実

機評価だけでは制御アルゴリズムを含めた設計検討に多大な時間を要する。そこで本開発ではModel Based Development（以下MBD）の手法を用い、シミュレーションモデル上で事前にシステム挙動を評価することで、効率的な設計検討を行った。

MBDモデルとして、制御アルゴリズム（コントローラモデル）と、コンポーネント単体やシステムベンチ、ショベル全体（プラントモデル）を構築し、段階的に評価を実施した。これにより設計値の最適化や制御アルゴリズムの事前検証を行い、試作回数の削減（設計変更1回でBRVコンポーネント設計完了）と評価時間の大幅短縮を実現した。

4.3 シヨベルの作動制御

改造前選定機体（以下，従来機）の操作性を維持するため，従来機の性能測定データを基に，レバー入力に応じたポンプ吐出流量（作動速度に相当）とシステム圧力上限（起動力に相当）の制御マップを構築した．図4にシステム制御マップ一例を示す．

BRVシステムの制御は、制御マップに基づきポンプ吐出流量とBRV開弁圧を制御するレバー角ポジティブコントロール（以下ポジコン）方式である。

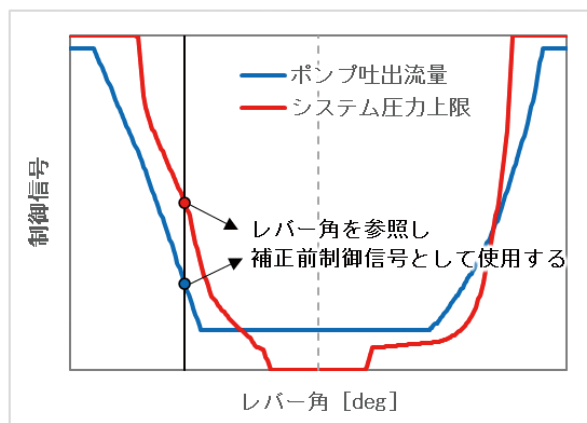


図4 システム制御マップ（例）

単独操作時には各操作の単独操作用制御マップを使用する。複合操作時には、ポンプ吐出流量は各操作の単独操作用制御マップを加算し、システム圧力上限は各制御マップの最大値を選択する。これにより従来機と同等の単独・複合操作性を実現している。

また、従来はスプール交換により実施していた作動特性の変更を、本システムでは制御マップの変更により、制御アルゴリズム上で実現できる。

4.4 ポンプ・BRV協調制御

BRVシステムの核心は、ポンプとBRVの協調制御である。図5に協調制御の概要を示す。絞り前後差圧を測定することによりBRV通過流量を検出す

ると、その流量に応じてポンプ吐出流量を低減させると同時に、BRV開弁圧を調整する。これによりシステム圧力を維持しながらポンプ吐出流量から余剰流量のみを削減できる。その結果、ショベル作動時はクローズドセンタ回路と同等の効率で稼働が可能となる。

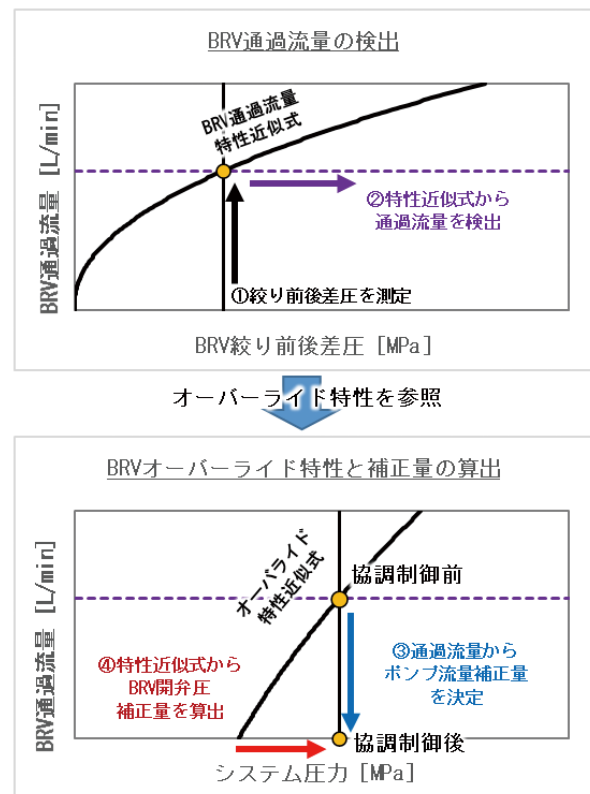


図5 ポンプ・BRV協調制御概要

BRVは、協調制御に適したオーバーライド特性となるように設計しており、一般的な安全弁とは設計思想が異なる。協調制御を成立させるため、BRVのオーバーライド特性を制御アルゴリズム上で参照し、ポンプ吐出流量とBRV開弁圧の補正を行うことで、協調制御に起因するシステム作動状態の過剰変化を抑制している。

4.5 出力制限制御

BRVシステムは、エンスト防止のために、ポンプ吐出流量（算出値）とポンプ吐出圧力（測定値）からシステム総出力を算出し、その上限を規制している。

またポンプ吐出流量とBRV通過流量を比較することで、ショベルの作動状態及び作動負荷を把握できる。これらに対応する出力制限制御を実施することで、作動状態や負荷の変化に応じた高効率な運転も可能である。

5 BRVシステムの省エネルギー効果

5.1 従来機とBRVシステムの性能比較

従来機の実測性能とBRVシステムの性能を比較し、操作性の再現性と省エネルギー効果を評価した。

開発用シヨベルでは、操作レバーに電気ジョイスティックを採用し、操作信号を記録しておくことで、シーケンスにより操作の再現が可能である。このため、同一操作信号で性能比較を実施した。

以下に、負荷状態とレバー操作速度が異なる条件における性能比較結果を示す。

5.1.1 軽負荷緩操作

軽負荷緩操作とは、空中操作における作動速度合わせを伴う作業に相当する。一例としてアーム閉じ緩操作の比較結果を図6に示す。

従来機ではブリードオフ流量変化を伴った作動速度制御が実施される制御域である。BRVシステムでは協調制御によりブリードオフ流量が低減されるため、同一作動で必要なポンプ吐出流量が減少する。

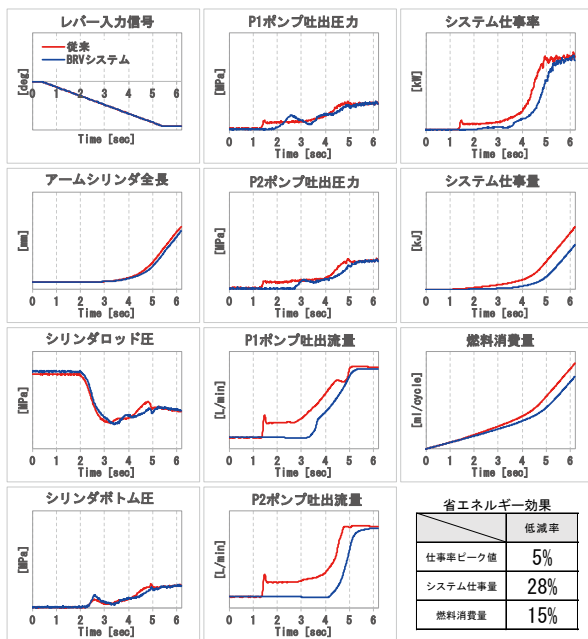


図6 性能比較：アーム閉じ緩操作

5.1.2 軽負荷急操作

軽負荷急操作とは、空中操作における最大作動速度での作業に相当する。一例としてブーム下げ急操作の比較結果を図7に示す。

従来機では作動時のポンプ吐出流量を抑制するため、メインプールがフルストローク位置にあってもブリードオフ流量を伴う制御が行われる。BRVシステムでは、レバー入力情報により流量制御マップを補正することでポンプ吐出流量を抑制するため、

ブリードオフ流量が発生しない。結果として、同一作動で必要とするポンプ吐出流量が減少する。

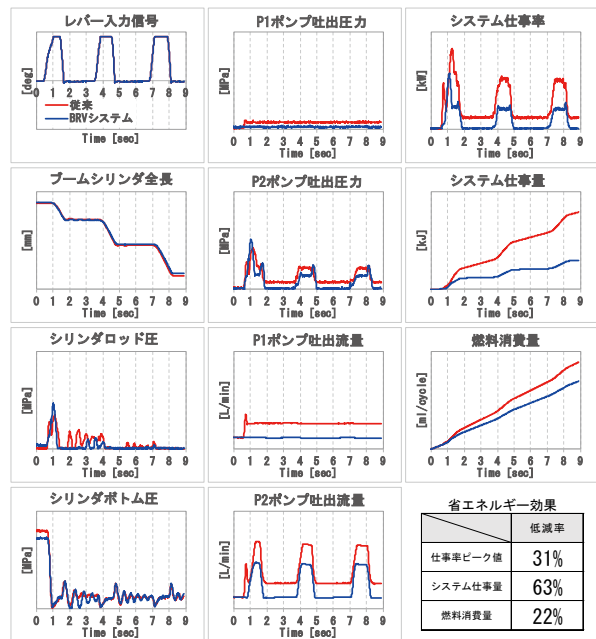


図7 性能比較：ブーム下げ急操作

ただし、BRVシステムの場合でも、従来機においてメインプールフルストローク時にブリードオフ回路が閉回路化する操作（ブーム下げ以外の急操作）では、改善効果は限定的である。

5.1.3 重負荷緩操作

重負荷緩操作とは、掘削などのシステム圧力負荷が大きい作業に相当する。一例としてブームジャッキアップ操作の比較結果を図8に示す。

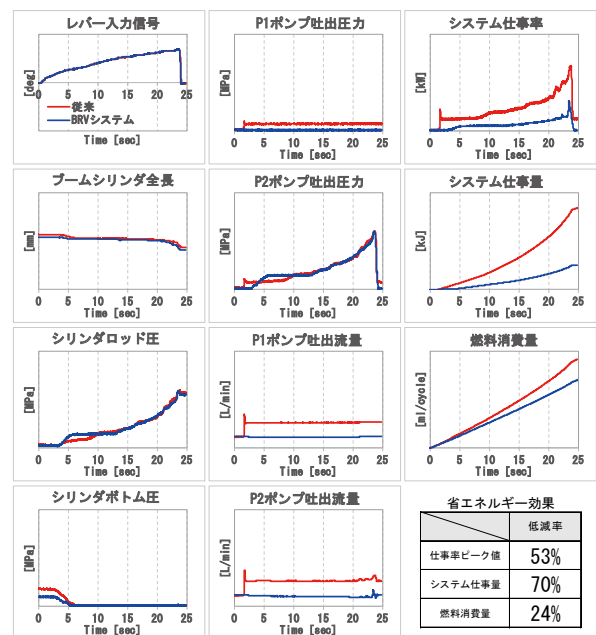


図8 性能比較：ブームジャッキアップ起動

ショベルの作動負荷によりシステム圧が上昇し、アクチュエータが作動しない制御域が存在する場合、従来機では比較的大きなポンプ出力がブリードオフ損失となってしまう。一方、BRVシステムではシステム圧上昇をBRV開弁圧制御により再現しつつ、ポンプとの協調制御によりブリードオフ流量を最小限で抑制し続けるため、起動時に必要なポンプ吐出流量が減少し、大きな省エネルギー効果が得られる。

5.1.4 メインリリーフ作動域

メインリリーフ作動域とは、固い岩盤にバケットを当てたなどの様に、作動負荷が大きく、システム圧がメインリリーフ圧に至った状態に相当する。一例としてアーム閉じシリンダエンド固定で、アーム閉じ緩操作を行った時の比較結果を図9に示す。

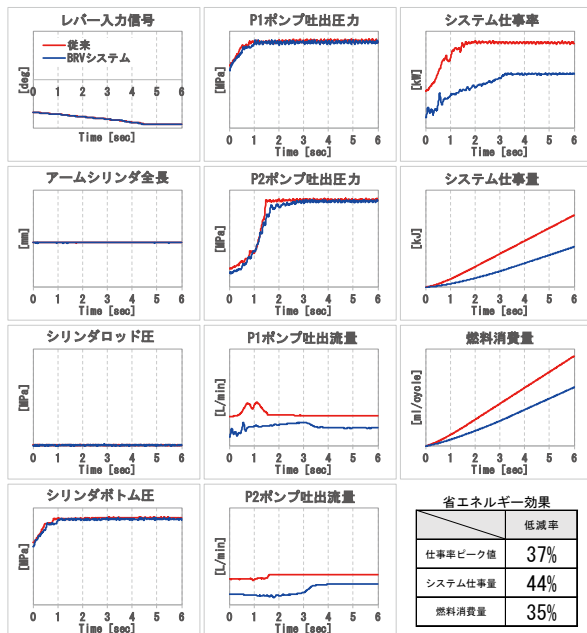


図9 性能比較：アーム閉じリリーフ作動

従来機では、ショベルの作動を伴わない場合、メインリリーフが作動し、エンジン出力上限を考慮したポンプ出力がブリードオフ損失となる。

一方、BRVシステムではメインリリーフ作動圧付近からBRVを敢えて開弁させる。これにより、ポンプ吐出流量とBRV通過流量を比較してアクチュエータの作動状態を推定することができる。メータイン流量が少ない、もしくは発生していない場合は、BRV開弁圧を上昇補正しつつ、メインリリーフ圧に維持するためにポンプ吐出流量を制限する協調制御を実施する。これによりブリードオフ損失を抑制し、非常に高い省エネルギー効果を発揮する。

5.2 代表作動の消費エネルギー比較

前節で述べた動作メカニズムにより、BRVシステムはショベル作動全般で省エネルギー効果を得ることが出来る。

ショベルの代表作動における省エネルギー効果（ポンプ総仕事量及びエンジン燃料消費量における低減率）について、軽負荷緩操作、急操作はそれぞれ9種類、重負荷緩操作は13種類を設定し、各条件における最大最小値及び平均値を一覧化した。また、JCMASで制定されている掘削模擬動作（空荷）、実掘削動作（重荷）についても同様に一覧化した。

表1に示すように、重負荷緩操作において燃料消費量が平均30%減少し、高い省エネルギー効果が認められた。また実掘削においても13%の省エネルギー効果が確認された。一方、軽負荷操作における省エネルギー効果は、軽負荷緩操作で平均17%、軽負荷急操作で平均6%程度にとどまった。

表1 BRVシステム省エネルギー効果まとめ

	低減率	
	ポンプ総仕事量	燃料消費量
軽負荷緩操作 (空中緩操作)	17～71% (平均：35%)	11～28% (平均：17%)
軽負荷急操作 (空中急操作)	0～46% (平均：12%)	0～18% (平均：6%)
重負荷緩操作 (エンド固定緩操作・ジャッキアップ等)	50～70% (平均：61%)	16～40% (平均：30%)
JCMAS掘削模擬	7%	5%
実掘削 (掘削→旋回放土→復帰)	18%	13%

熟練オペレータの作業においては作業効率を優先するため、急操作が多用されると考えられる。従って本システムによる省エネルギー効果は「軽負荷急操作」相当になると推測される。

一方、実務経験が浅いオペレータや細かい作業が必要な操作においては、緩操作や安全弁作動状態が多用される傾向がある。これらの条件では、BRVシステムの省エネルギー効果は大きくなる。

総じてBRVシステムは、低速・高圧作動条件において高い省エネルギー効果を発揮する油圧制御システムであると言える。

6 まとめ

従来機の操作性を維持しながら、ブリードオフ流量損失のみを低減するカヤバ独自の油圧制御システムを開発し、システムの実現性と省エネルギー効果を確認した。

主な成果として、新規コンポーネントであるBRVの開発と、BRVと電子制御ポンプを協調制御する技術手法を確立した。

BRVシステムは、特に低速・高圧作動条件において高い省エネルギー効果を発揮できる。また、既存システムに設置された安全弁が作動する前後でBRVを開弁し、協調制御を実施することで、従来は安全弁から流出していたエネルギーを抑える省エネルギー効果も発揮できることを確認した。

7 今後の課題

本開発ではオープンセンタ・ネガコン方式を改善対象としたが、その他制御方法との比較評価を進め、BRVシステムの適用可能性を検証していく。

また、建機メーカーへのプレゼンテーションを通じて情報収集や共同開発の可能性を探り、更なる改善点を検討する。更に図10に示すように、実際の製品化に向けたBRVの小型化及び構造最適化を図るとともに、本システムの理解を深める必要があると考えている。



図10 BRV小型化・構造最適化品（検討品）

8 おわりに

本開発の検証にあたり、多大なるご協力を頂きました関連部署の皆様に、この場を借りて感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 福島：用語解説「オープンセンタシステムとクローズドセンタシステム」KYB技報第62号（2021年4月）
- 2) 高井：技術紹介「油圧ショベル用シリンダ変遷」KYB技報第50号（2015年4月）

著 者



田中 勇多

2005年度入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部システム技術部所属。相模工場バルブ設計室、同第一開発室、システム技術部設計室を経て現職。油圧機器の設計、開発に従事。



小島 正成

2006年度入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部システム技術部所属。相模工場バルブ設計室、制御技術室、システム技術部設計室を経て現職。油圧機器の設計、開発に従事。

製品紹介

スマホでつながる電子制御サスペンションシステム “ActRide[®]” の開発

伊 奈 可南子 ・ 岩 崎 太 壱 ・ 天 池 亨 ・ 佐々木 啓

1 はじめに

ActRide[®]^{注1)}は「お客様に運転する楽しさを提供すること」をコンセプトに、カヤバがこれまでに培ってきた振動制御技術、電子制御技術を活用し、アフターマーケット向けに新たな走行体験を提供することを目的として開発した独自性の高い製品である。本製品は、外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバ（以下、外付け式ソレノイド減調SA）を採用することで高度な減衰制御を実現し、スマートフォン（以下スマホ）のアプリにて減衰制御の設定が可能な、業界初のアフターマーケット向け製品であり、車両に搭載することで、乗り心地や操縦性をアプリから手軽に好みに応じて変更することができる。なお、アプリのリリース及び電子制御サスペンションシステム（以下、電制サスシステム）のアフターマーケット向け製品化は、カヤバとして初の取り組みである。

本製品は、2026年1月よりハイエース^{注2)}及びレジアスエース^{注3)}向けとして発売を開始した。本報では、ActRideの商品概要及び採用技術の詳細について解説する。

注1) ActRideはカヤバ株式会社の商標である。

注2) ハイエースはトヨタ自動車株式会社の商標である。

注3) レジアスエースはトヨタ自動車株式会社の商標である。

2 商品概要

2.1 システム構成

本製品のシステム構成を図1に示す。本システムは、外付け式ソレノイド減調SA、Suspension Control Unit（以下SCU）、それらを接続するハーネス類、及びユーザ所有のスマホにインストールされるアプリから構成される。

ユーザは、スマホとSCUをBluetooth[®]^{注4)}で接続し、

アプリ上から制御設定の変更が可能である。SCUは、アプリから受信した制御設定値に加え、内蔵している6軸IMU^{注5)}の検出値、アプリで取得した車速情報をを用いて制御演算を行い、その結果に基づき外付け式ソレノイド減調SAの減衰を4輪独立にリアルタイム制御する。

本製品はアフターマーケット向け製品であることから、搭載性及びセキュリティへの配慮を重視し、CANなどの車両側通信系とは接続しない、車両から独立したシステム構成とした。



図1 システム構成

注4) 「Bluetooth[®]」は登録商標であり、Bluetooth SIG, Incが所有権を有する。カヤバ株式会社は使用許諾の下でこれらのマーク及びロゴを使用している。

注5) Inertial Measurement Unit（慣性計測ユニット）のこと。3軸の加速度と3軸の角速度を計測できる。

2.2 商品名・商品ロゴについて

ActRideという商品名は、より能動的（Active）に制御を行い（Action）、走行シーンに応じて多様な乗り味（Ride）を演じ分ける（Actor）ことで、走行時の楽しさやドライビング体験の向上を提供するという意味を込めた造語である。

ActRideの商品ロゴを図2に示す。本ロゴは、スマホを想起させるシルエットをベースデザインとし、赤及び青の対照的な配色とすることで、スポー

ティーな走行性能と日常用途における快適性という二面性を表現している。また、左右に伸びるラインにより、走行時の疾走感を象徴するとともに、スマホ操作によって設定を瞬時に変更可能である本製品の操作性及びレスポンス性を視覚的に表現している。



図2 “ActRide” 商品ロゴ

3 外付け式ソレノイド減調SA

本製品では、高応答かつ無段階でシームレスな減衰変化、更に静粛性・安全性に優れている3重管構造の外付け式ソレノイド減調SAを採用した。その外観を写真1に示す。

アフターマーケット市場では、ステッピングモータ方式のショックアブソーバが主流である。この方式の減衰変化は段階的で、応答時間は約80msである。また、モータ駆動時に音が鳴るといった特徴がある。

これに対して、本製品の外付け式ソレノイド減調SAは、比例ソレノイドの推力を電氣的に制御することで減衰バルブの開弁圧を調整している。この機構によって、ステッピングモータ方式と比較して減衰変化の応答時間は約1/8まで速くなり、かつ無段階でシームレスな減衰調整が可能である。また、駆動音が非常に小さく静粛性も高い¹⁾。



写真1 ActRide用ショックアブソーバ
(ハイエース及びレジアスエース向け)

更に、電源喪失時には機械的にミディアム減衰程度に固定されるフェールセーフ機構も備えているため、万が一の際にも一定の快適性を維持したまま安全性を確保できる。

4 SCU

SCUは、システムコンセプトに基づく適正な制御を提供するため、当社にてハードウェア及びソフトウェアを開発した。

4.1 外観

SCUの外観を写真2に示す。電子部品を実装した基板を樹脂ケースの内部に挿入し、ポッティング材を充填することで固定及び封止し、耐振動性・耐水性・放熱性を確保している。

SCUは車両への搭載性を重視するため表示や操作ボタンなどは備えておらず、それらユーザインターフェース（以下UI）はアプリに集約している。また、適切な熱設計を行うことで、小型化を実現している。



写真2 SCU外観

4.2 機能

SCUの構成概要を表す機能ブロック図を図3に示す。SCUはバッテリーから電源供給され、アクセサリ（ACC）電源の入力により起動する。起動するまでの待機電流を0.01mA以下に抑える設計とすることで、バッテリー上がりを防止している。

マイコンの主機能として減衰制御演算機能を備えており、アプリの設定値、車速情報及びIMUの検出値から算出した減衰指令に基づき、出力回路を駆動する。出力回路にはソレノイドドライバと電流検出を備え、演算結果に基づく電流を出力する。ソレノイドドライバの駆動をパルス変調（PWM）方式にすることでソレノイドへ供給する平均電圧を高精度に調整できる。これによって外付け式ソレノイド減調SAの高応答かつ無段階でシームレスな減衰調整の特長を活かすことができる。

更に、異常の検出と処置を行うフェールセーフ機能を有し、万が一の異常発生時には適切な処理を実行してシステムを安全な状態へ遷移させる。フェールセーフ機能はOEM向けで量産実績のある仕様に基に実装している。

4.3 信頼性

SCUは、OEM車載要求相当の振動、気候、防水、

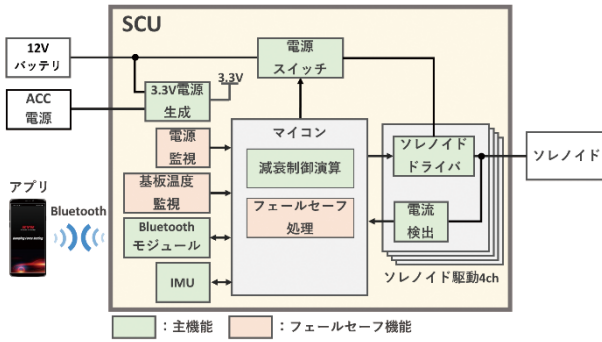


図3 SCU機能ブロック図

電気耐性、EMC^{注6)}、耐久の信頼性試験に合格している。また、各国の無線関連法規に対応するため、日本の技術基準適合証明（技適）、北米のFCC規則（Federal Communications Commission）、欧州のCEマーキング（European Conformity）に適合している。更に、Bluetooth SIG認証も取得している。他国への展開時はその都度、法規を確認し対応を行う。

注6）Electromagnetic Compatibility（電磁両立性）の略。電子機器やシステムが他の機器に電磁妨害（ノイズ）を与えず、かつ外部からの電磁干渉を受けても正常に動作できる能力を指す。

5 アプリ

本製品の特長は、アプリをUIとすることである。これによって、類似製品で使われている専用操作ボックス外付け式ソレノイドの設置が不要となり、視認性が高く直感的な操作が可能となる。また、アプリのアップデートにより、継続的な機能拡張が可能である。

アプリの主な機能は、初期設定、制御設定、及び車両挙動モニタである。

アプリのアイコンを図4に示す。アプリの名称は「ActRide App」で、iOS^{注7)}版及びAndroid^{注8)}版を提供している。本章では、SCUとの連携を含めたアプリの役割及び、画面構成について述べる。



図4 「ActRide App」アイコン

注7）“iOS”は米国および他の国々におけるCisco Systems, Inc.の登録商標であり、ライセンスに基づきApple Inc.が使用する商標である。

注8）“Android”はGoogle LLCの商標です。

5.1 アプリの役割

アプリとSCUはBluetooth通信により双方向通信を行う。アプリの送受信データについて、表1に示す。

表1 アプリの主な送受信データ

送信データ	受信データ
制御設定 車速 減衰制御パラメータ IMU補正データ	IMUデータ 減衰指令 エラーコード

送信データのうち、制御設定はユーザ操作に応じて送信し、車速は定期的にSCUへ送信する。また、IMU補正データ及び車種専用の減衰制御パラメータは初期設定時に送信する。

受信データのうち、IMUデータ及びSCUで演算した減衰指令は定期的に受信し、主にモニタ機能において車両挙動の可視化に利用する。エラーコードは、SCUにて異常を検知した際に受信し、アプリ上に表示することで、ユーザが異常の内容を把握できる。

5.2 画面構成

本アプリの画面構成を図5に示す。アプリ起動時はチューニング画面を初期画面として表示し、ボタンのタップにより図5に示す通り各画面に遷移する。以降では、各画面の詳細について述べる。



図5 画面構成

5.2.1 セットアップ画面

初期設定であるコントローラセットアップの実施や、取扱説明書及びお問い合わせ先などの確認ができるセットアップ画面を図6に示す。

初期設定としてSCUを設置したあと、コントローラセットアップで車種登録とセンサ補正を実施する

必要がある。SCUの設置位置や車種の変更がない限り実施不要となるように、これらの車種登録やセンサ補正の結果はSCUに保存される。



図6 セットアップ画面

(1)車種登録

図6のコントローラセットアップの「設定する」をタップしたときに遷移する車種登録画面を図7に示す。本製品を搭載した車種を選択することで、車種専用の減衰制御パラメータがアプリからSCUに送信される。これによって、SCUは受信した減衰制御パラメータを保存して車種ごとに最適な減衰制御を実施できる。適合車種拡充の際には、アプリのアップデートによって選択可能な車種を追加していく。

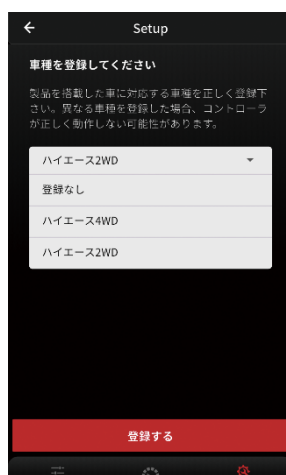


図7 車種登録画面

(2)センサ補正

次にセンサ補正について述べる。

車種登録完了後、センサ補正画面に遷移する。アフターマーケット製品であるためユーザごとに

SCUの設置した位置や方向が異なる可能性がある。そのため、設置の状態に合わせてSCUに内蔵されたIMUを補正する機能を備えている。補正は位置、方向、水平の順に行う。

位置補正の画面を図8に示す。この画面では、イラスト上のマスからSCUの設置位置を選択することで位置を補正する。

方向補正の画面を図9に示す。この画面では、イラスト上のSCUの向きを操作して、実際のSCUの設置方向に合わせることで補正する。

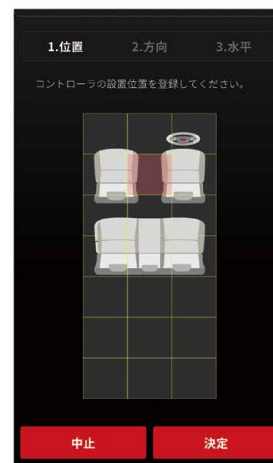


図8 位置補正画面



図9 方向補正画面

水平補正の画面を図10に示す。この画面では、車両を水平な場所に停車させた状態で約5秒間静止させることで、SCUの姿勢を補正する。このとき、重力加速度を用いてSCUの姿勢角を検知し、補正している。

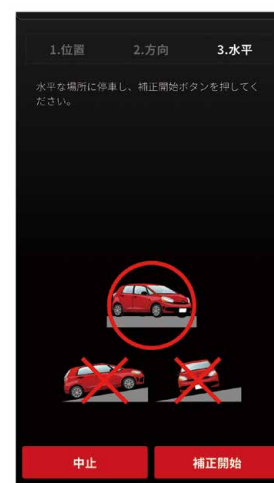


図10 水平補正画面

以上でコントローラセットアップは完了である。車両を停車させたまま車室内からセットアップがで

きるのも本製品の特長である。

5.2.2 チューニング画面

チューニング画面について、SCUと未接続状態の画面を図11に、接続状態の画面を図12に示す。

本画面は、ユーザがスマホで音楽を選ぶように、簡単にすぐ使い始められるよう、必要な操作系を集約している。

未接続時には「接続する」を表示してユーザのタップ操作によりSCUと接続する。初回接続以降は、SCU起動状態でアプリを開いた際には自動接続を可能として、毎回の接続操作を不要とした。

また、本画面ではユーザが編集・保存した6つのカスタム設定から1つを選択して、ワンタッチで送信できる。アプリをインストールした時点では、カスタム設定の基準となるComfort, Normal, Sportの3つのプリセットを用意している。

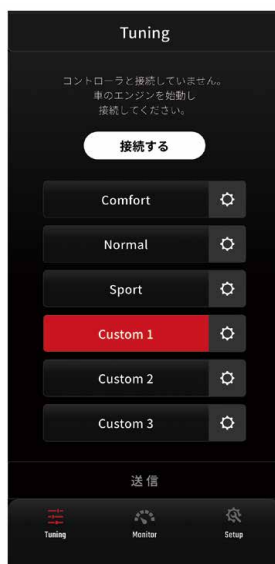


図11 未接続状態

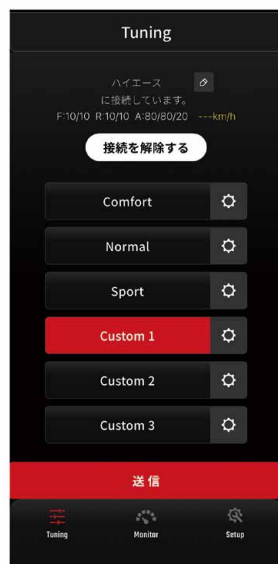


図12 接続状態

5.2.3 カスタム画面

チューニング画面の歯車アイコンをタップしたときに遷移するカスタム画面を図13に示す。本製品は、リアルタイムに減衰を制御するAuto Modeを備えており、本画面からAuto Modeのオン・オフと、関連する5つのパラメータを設定可能である。Auto Modeの詳細及び各パラメータの説明は6章で述べる。

本画面は、ユーザが視覚的かつ直感的にカスタマイズが可能となるよう、カラーグラデーションを施した操作バーや、機能をシンプルに表現したアイコンなどをデザインして配置した。

ユーザは好みに応じてパラメータをカスタマイズした後に「送信して保存」をタップすることで現在

のカスタム設定が上書き保存され、SCUに設定が送信される。

また、「保存」をタップしたときは、カスタム設定の保存名や保存先の変更が可能である。例えば、用途や状況に応じて設定と名前を変更して保存しておくことで、チューニング画面からワンタッチで送信可能である。

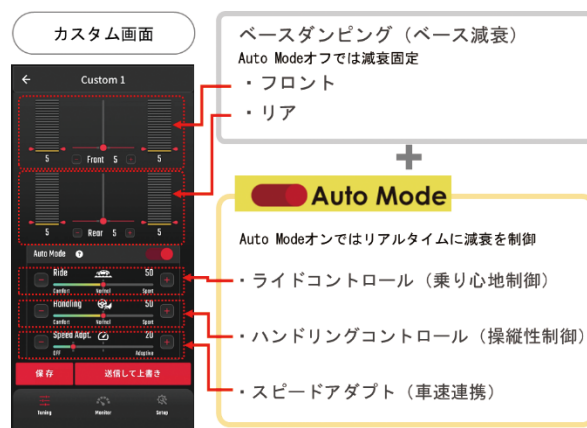


図13 カスタム画面

5.2.4 モニタ画面

ユーザが設定したパラメータに対して、車両挙動及び減衰指令がどのように変化したかをリアルタイムに確認可能なモニタ画面を図14に示す。本画面では、SCUから受信した減衰指令とIMUデータ、及びアプリで取得した車速をグラフィカルに表示する。IMUデータのうち、前後左右加速度をGボールで、ピッチ・ロール・ヨーの角速度をメータで表示している。



図14 モニタ画面

6 減衰制御 (Auto Mode)

Auto Modeでは、SCU内蔵のIMUで車両挙動を検出し、1/1,000秒ごとに減衰制御の演算を行い、車両四輪の外付け式ソレノイド減調SAに与える電流をリアルタイムに変化させる。

これによって、高次元の乗り心地と操縦性を提供している。減衰制御はSCUのソフトウェアに組み込まれており、ユーザはアプリのカスタム画面を通じて、乗り心地や操縦性を設定可能である。Auto Modeに関連するアプリの設定項目と減衰制御ロジックの対応関係を表2に示す。

本章では、制御のコンセプトを説明した後、各アプリの設定項目に対応した制御ロジックについて詳細を述べる。

表2 減衰制御ロジック一覧

アプリの設定項目	対応する制御ロジック	説明
ベースダンピング	ベース減衰制御	ユーザの設定に応じてベースの減衰を制御する。
ライドコントロール (Ride)	スカイフック制御	路面入力に対する車体の振動を制御する。
	大振幅制御	大きな路面入力時の減衰を制御する。
ハンドリングコントロール (Handling)	操舵時姿勢制御	操舵時に減衰を変化させて旋回時の姿勢を制御する。
	急操舵時姿勢制御	急操舵時に減衰を変化させて旋回時の姿勢を制御する。
	加減速時姿勢制御	アクセルやブレーキ時に減衰を変化させ加減速時の姿勢を制御する。
スピードアダプト (Speed Adpt.)	ベース減衰制御	ベースの減衰を車速に連携して制御する。

6.1 制御コンセプト

本製品は「高次元の乗り心地と操縦性を提供し、更にそれらが独立して調整が可能なこと」、「ユーザが楽しみながら好みのセッティングが見つけれられること」を狙いとして制御を設計した。

Auto Modeをオフにして減衰が固定されている場合の乗り心地と操縦性の関係を図15に示す。この場合、それぞれが背反する性質があるため、ユーザはバランスを加味して調整する必要がある。

一方で、Auto Modeをオンにしたときの、乗り心地と操縦性の関係は図16に示す通りで、ライドコントロールとハンドリングコントロールで独立して設定可能である。これは路面入力と操作入力に応じて適切に制御を介入させることで実現している。

更に、本製品では5つのパラメータを、ユーザの好みに応じて0～100の間で設定して組合せることが可能である。これによりユーザに高い自由度と、好みのセッティングを見つける楽しさを提供している。

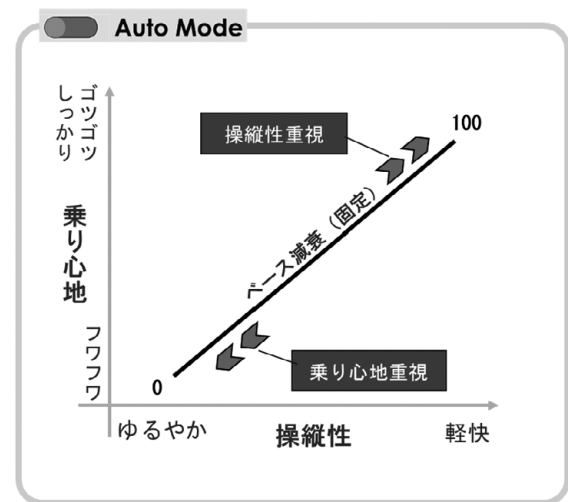


図15 Auto Modeオフ（減衰固定）の乗り心地と操縦性の関係

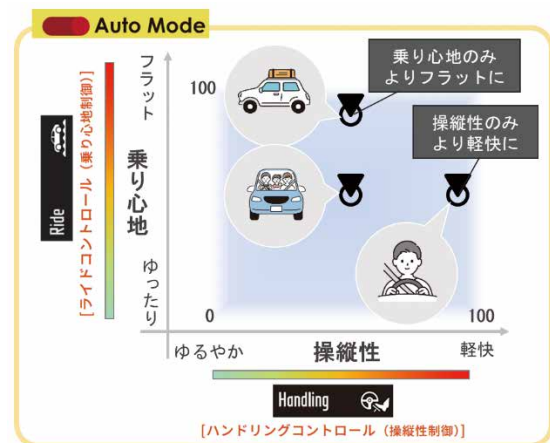


図16 Auto Modeオン（減衰制御）の乗り心地と操縦性の関係

6.2 ベースダンピング

アプリにおけるベースダンピングの設定は、ベース減衰制御と連携している。そのベース減衰制御と他制御との関係を図17に示す。

ベース減衰制御は、基準となるショックアブソーバの硬さ（以下、ベース減衰）を制御することを目的としている。ユーザはアプリのベースダンピングを操作することで、フロントとリアで個別にベース減衰を設定可能である。Auto Modeがオフの場合は、設定した値に対応するベース減衰で固定され、オンの場合はベース減衰を基準にして各制御によって減衰が変化する。これによって、制御が介入しないときの細かな凹凸の乗り心地や、基本となる操縦性をベース減衰で調整することができ、ショックアブソーバの優れた基本性能を活かすことが可能である。

一方で、低・中周波領域及び中～大振幅入力に対しては積極的に制御を介入させて必要な時に減衰を高めることで、むだが多く高い制振性能が得られる。

アプリにおけるスピードアダプトでも、ベース減衰制御と連携しているが6.5節で詳細を後述する。

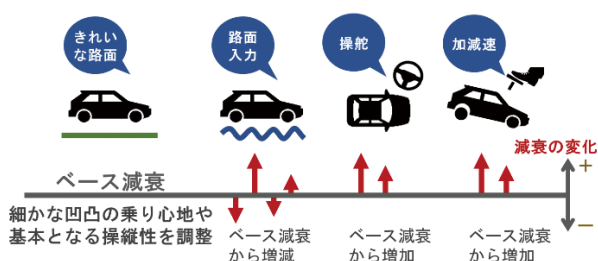


図17 ベース減衰制御と減衰の変化の概要

6.3 ライドコントロール

アプリにおけるライドコントロール（以下Ride）の設定は、スカイフック制御と大振幅制御と連携している。これらは主に路面入力に伴う車体の振動に応じて減衰を変化させて、乗り心地を制御することを目的としている。

また、スマホから設定するRideに応じて、SportからComfortまで、どの設定でもイメージ通りの乗り心地になるように車種ごとに細かく減衰制御パラメータをチューニングしている。

6.3.1 スカイフック制御

本製品は、路面入力によって発生する車体の上下・ピッチ・ロール方向の揺れを抑える手段としてスカイフック制御を採用した。スカイフック制御の概要を図18に示す。スカイフック制御は空中に固定された仮想的なショックアブソーバの減衰力を外付け式ソレノイド減調SAで再現することで、まるで空中から吊り下げられているようなフラットな乗り心地を狙った制御である²⁾。

図18に示すように、減衰固定の場合は減衰が低いときと高いときの乗り心地に背反が発生する。一方で、スカイフック制御では、フラットでショック感

が少なく、かつ揺れの収まりがよく安定した乗り心地が得られる。

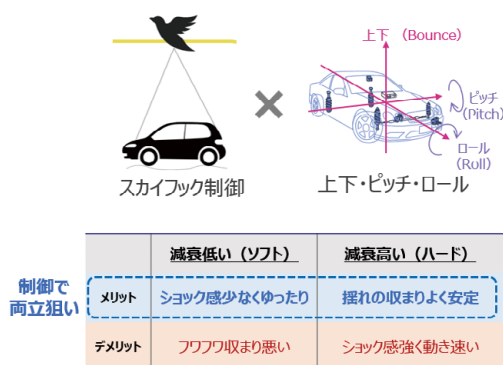


図18 スカイフック制御の概要

6.3.2 大振幅制御

大振幅制御では、大きな路面凹凸を乗り越えたときの振動を検知して、その時に必要な分だけ減衰を高める制御である。これによって、突き上げのショック感を緩和して、乗り越え後の振動の収束を早める効果がある。

6.4 ハンドリングコントロール

アプリにおけるハンドリングコントロール（以下Handling）の設定は、操舵時姿勢制御と急操舵時姿勢制御、更に加減速時姿勢制御と連携している。

これらは主に運転者のハンドル操作やアクセル・ブレーキの操作入力に応じて減衰を変化させて、操縦性を制御することを目的としている。

また、スマホから設定するHandlingに応じて、SportからComfortまでイメージ通りの操縦性となるよう車種ごとに細かく減衰制御パラメータをチューニングしている。

6.4.1 操舵時姿勢制御

操舵時姿勢制御の概要を図19に示す。操舵時姿勢制御では、ハンドル操作による旋回挙動を検知して

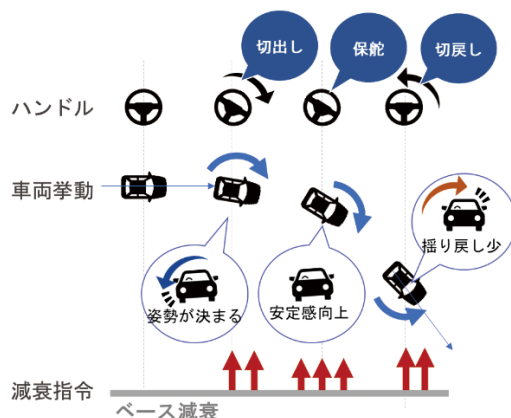


図19 操舵時姿勢制御の概要

フロントとリアの減衰を変化させ、旋回中の姿勢を制御する。特に操舵の過渡状態（切出し・切戻し）と定常状態（保舵）を検知して、それぞれでフロントとリアの減衰を変化させている。

6.4.2 急操舵時姿勢制御

急操舵時姿勢制御は、緊急回避などのために急操舵を行った際に減衰を必要な分だけ高めることで車体の安定性を高める。ベースダンピングが低い設定でも安全を確保するために、Auto Modeがオン・オフいずれの場合でも有効である。

6.4.3 加減速時姿勢制御

加減速時姿勢制御の概要を図20に示す。加減速時姿勢制御では、アクセルとブレーキによる加減速時の挙動を検知してフロントとリアの減衰を変化させている。これによって加速によるフロント上りのスクワット挙動と、減速によるフロント下がりのダイブ挙動を制御している。

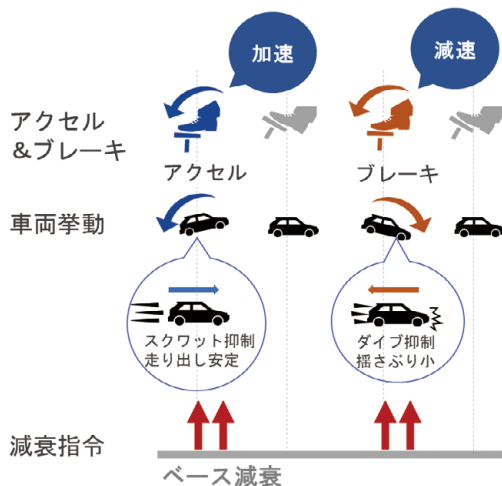


図20 加減速時姿勢制御概要

6.5 スピードアダプト

アプリにおけるスピードアダプト（Speed Adpt.）の設定は、ベース減衰制御と連携しており、車速に応じてベース減衰を増減させる。この車速連携機能の概要を図21に示す。

本機能は、車速と連携することで低速走行時は減衰を下げて乗り心地を確保しながら、高速走行時は減衰を上げることでタイヤのバタつきやブルつきを抑えて安定性を向上させることを目的としている。

例えば、一般道と高速道路を走行する場合でも、一般道の比較的凹凸の多い路面では低い減衰で乗り心地よく走り、高速道路に入って車速を上げていくと自動で減衰が上がり、高速走行でも安定した走行が可能である。

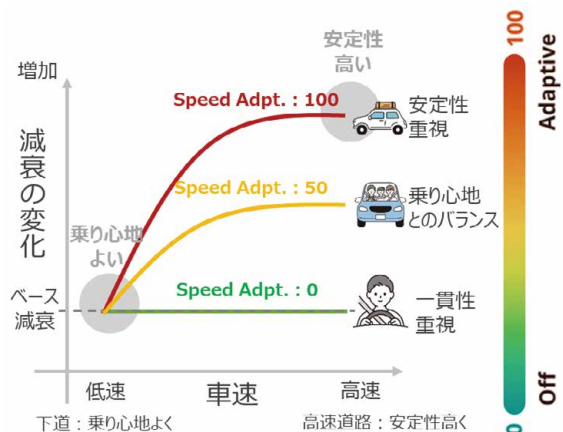


図21 ベース減衰制御の車速連携機能

7 技術プロモーション

2026年1月9～11日開催の東京オートサロン2026で本製品を発表し、その後技術プロモーション活動を実施している。

2026年4月13～14日にはジャーナリスト向けに「ActRide試乗会」を開催して、100名近くの参加者が本製品を搭載したハイエースと純正状態のハイエースを乗り比べた。試乗会のデモ車両を写真3に示す。

参加者からは「走り出しから乗り心地が違う」、「Auto Modeの制御は、ハイエースオーナーにとって理想的」、「疲労低減、安全性向上、運転ストレスの軽減といった、複合的な価値がある」など、好評を得た。これらのコメントは、今後の開発にフィードバックして製品の改善につなげていく。特にスマホアプリに対するコメントについては、本製品の強みを活かして、順次アップデートしていく。



写真3 試乗会のデモ車両（ハイエース）

8 おわりに

カヤバとして初となる、アフターマーケット向けのスマホでつながる電制サスシステム製品の開発が完了し、販売を開始した。現在、適合車種拡充に向

けた開発を進めているほか、アプリを活用したアップデートによる機能追加についても検討を行っている。今後も、より多くのお客様に運転を楽しんでいただけるよう、継続的な開発に取り組んでいく。

本開発品は多岐にわたる技術分野を包含しており、更に早期製品化するため、部門横断の開発体制により推進した。また、前例のない製品であったため、製品立ち上げにあたっては社内外の多くの方々から多大なるご協力をいただいた。

最後に、今回の開発にご協力いただいた関連協力会社様及び当社関係部門の皆様にご協力いただいたことにお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 鎌倉：外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの開発，KYB技報第55号，（2017年10月）
- 2) 伊藤：セミアクティブサスペンション，KYB技報第55号，（2017年10月）

著 者



伊奈 可南子

2019年入社。電子開発本部電子技術部。主に電子制御サスペンションシステムの開発に従事。



岩崎 太壱

2017年入社。電子開発本部電子技術部。主に車載コントローラの電子回路設計に従事。



天池 亨

2022年入社。電子開発本部電子技術部。主に電子制御サスペンションシステムの開発に従事。



佐々木 啓

2012年入社。技術本部先進技術研究所岐阜分室。主に電子制御サスペンションの制御の研究開発に従事。

製品紹介

油状態診断システムの開発

吉田 尚 弘 ・ 中 村 瞭 平

1 はじめに

近年、製造業をはじめとする様々な産業分野において、設備の老朽化の進行や労働人口の減少、熟練技術者の不足といった構造的な課題が顕在化している。これに伴い、従来の経験や人的判断に依存した保全体制の維持が困難となり、設備メンテナンス業務の高度化・効率化が強く求められている。加えて、設備停止による生産ロスの最小化や品質の安定確保の観点からも、状態に応じた適切なメンテナンス、いわゆるCondition Based Maintenance（状態基準保全、以下CBM）への移行が重要となっている。

更に、近年ではSDGsやカーボンニュートラルへの対応といった社会的要請の高まりを背景に、設備の長寿命化や資源・エネルギー使用の最適化が求められている。このような観点からも、設備状態を的確に把握し、過剰な保全や突発故障を未然に防止するための最適メンテナンス技術への注目が一層高まっている。

本報では、カヤバが油圧機器向けに開発した油状態診断システム（以下、本システムとする）¹⁾について、そのシステム構成及び実機への適用事例を紹介する。

2 油圧機器のメンテナンスの現状と課題

油圧機器におけるメンテナンスでは、作動油や潤滑油（以下、油と総称する）の状態管理が極めて重要であり、油の劣化や汚損は機器性能の低下や故障の主要因となる。このため、従来は油の管理を中心とした保全が行われており、代表的には一定期間ごとに油交換や点検を実施するTime Based Maintenance（時間基準保全、以下TBM）や、採油したサンプルを分析することにより状態を把握するCBMが広く用いられている。

しかしながら、TBMによるメンテナンスでは、使用環境や負荷条件の違いによる劣化進行のばらつ

きを十分に反映することができず、過剰メンテナンスやメンテナンス不足につながる可能性がある。一方、採油分析によるCBMは、油の劣化状態を定量的に把握できる利点があるものの、サンプリング作業や分析に手間と時間を要するほか、分析結果の解釈や適切な対応判断には十分な専門知識が必要となる。このため、最適なメンテナンスタイミングの見極めや、必要なメンテナンス内容の選定には依然として熟練者の経験に依存する部分が多いのが実情である。

また、近年では油圧機器においてもIoT技術の導入が進み、運転データや各種センサ情報の収集が可能となりつつあるが、実機が使用される環境条件や負荷状況、更には使用される油種や管理状況が多様であることから、取得したデータを汎用的な診断や劣化予測に活用することは容易ではない。その結果、油の劣化診断や機器故障の予兆検知といった予知保全技術については、一部の特定用途を除き汎用的な形で普及には至っていないのが現状である。

3 カヤバの油状態診断システム

このような背景から、油の状態をリアルタイムに把握し、現場において簡便かつ継続的に診断可能な技術の確立が求められている。特に、従来の採油分析に依存した手法では対応が困難であった、運転中の状態変化の把握や迅速な異常検知を実現し、専門知識に依存しない形でメンテナンス判断を支援する仕組みの構築が重要となっている。

本システムは、これらの課題を解決することを目的として、油の状態変化をセンサにより常時監視し、定量的な指標として可視化することで、油の劣化や汚損の進行を把握するとともに、機器状態の診断及び異常の早期検知を可能とするものである。これにより、従来のTBM及び採油分析に依存した保全手法を補完し、最適なメンテナンスタイミングの判断や保全作業の効率化に寄与することを狙いとしている。

3.1 油状態診断システム概要

本システムの概要を図1に示す。本システムは、工場設備や建設機械など、多様な分野で使用される油圧機器を対象として設計されており、稼働環境などに柔軟に対応可能な汎用性を有している。本システムは、専用の油状態センサ、取得データをクラウド環境へ送信する通信機器、データの蓄積・分析を行うクラウド、及びユーザが油の状態を確認するためのWebアプリにより構成される。

本システムでは、油状態センサから取得した各種データをリアルタイムに収集・蓄積し、クラウド上で可視化および分析処理を行うことで、油の劣化や汚損の進行状況を連続的に把握することができる。更に、蓄積データを基にした診断ロジックにより、従来は把握が難しかった劣化傾向の変化や異常の兆候を早期に検出できる点に特徴がある。これにより、各種油圧機器の運転状態と油の劣化状況との関係性を把握し、設備状態の定量的な評価が可能となる。

また、本システムを活用することで、油の劣化に顕著な傾向が確認された場合には、従来よりも早い段階で適切なメンテナンスを実施することができ、突発的な故障の未然防止に寄与する。一方で、油の状態が健全に維持されている場合には、従来の時間基準によるメンテナンスタイミングにとらわれることなく、メンテナンス周期の延伸が可能となる。これにより、設備の信頼性を確保しつつ、不要な交換作業や点検工数の削減を実現できる。

更に、メンテナンス周期の最適化は、油の使用量及び廃油量の削減にもつながり、廃棄物低減及び資源有効活用の観点から環境負荷低減に寄与する。このように、本システムは、設備保全の高度化と効率化を実現するとともに、経済性及び環境性の両面において付加価値を提供するものである。

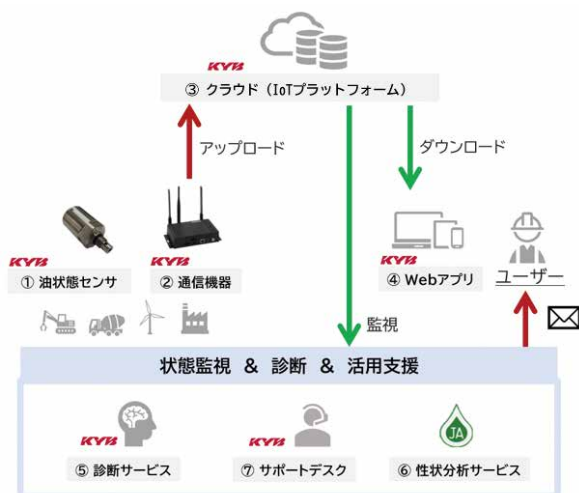


図1 油状態診断システム概要図

3.2 油状態センサ

油圧機器におけるトラブルの要因については、その約6割が油の劣化に起因するとの報告もあり、油の状態変化を把握することは機器の健全性を維持するうえで極めて重要であるとされている²⁾。特に、油の酸化劣化や熱劣化に伴う性状変化、あるいは水分や固体粒子の混入といったコンタミネーションは、潤滑性能の低下や部品の摩耗促進を引き起こし、最終的には機器故障に直結する要因となる。このため、油の劣化及び汚損の進行状況を適切に把握することは、油圧機器の状態監視及び予防保全において非常に重要な役割を担っている。

また、油圧機器の劣化過程と各種診断手法の関係については、図2に示すようなモデルで整理されることが知られている。これによれば、機器の劣化初期においては摩耗や化学的劣化に起因する微小な変化が先行して発生し、その後、振動や温度といった物理的な異常として顕在化する。この中で油分析は、摩耗粉の増加や油性状の変化を捉えることにより、振動や温度の変化として現れる以前の比較的早期の段階で異常兆候を検知可能な手法であるとされており、高い早期検知性を有する診断技術として位置づけられる³⁾。

しかしながら、従来の油分析は採油及びオフライン分析を前提としているため、診断結果の取得までに時間を要し、連続的な状態把握や即時的な異常検知には課題があった。このような背景から、油圧機器の状態診断の高度化を目的として、油の状態変化をリアルタイムかつ高精度に検出可能な油状態センサの開発を行った。本センサにより、従来の油分析の利点である早期検知性を維持しつつ、連続監視による診断の高度化と迅速化を実現することを狙いとしている。

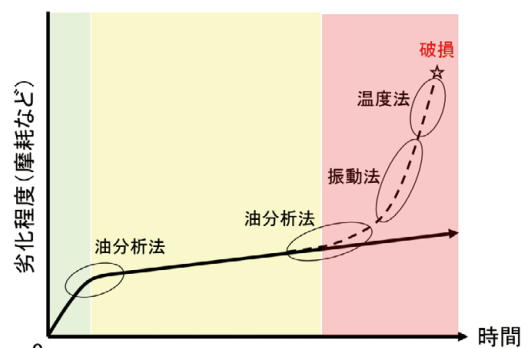


図2 油圧機器の劣化と診断法

3.2.1 油状態センサ検出パラメータ

一般に、油の性状分析は専門の分析機関にて実施され、酸化劣化の進行を示す全酸価（TAN）や、汚損状態を把握するための汚染度、金属摩耗粉の元素分析、水分量といった複数の指標が用いられている⁴⁾。これらの分析項目はそれぞれ油の劣化や汚染の側面を評価するものであり、油の健全性を総合的に判断する上で重要な役割を担っている。

一方で、これらの性状分析結果と油の電気的特性との関係性について検討した結果、従来の分析項目と比誘電率および導電率との間には相関関係が存在することが確認されている（図3）。例えば、酸化劣化に伴う極性物質の生成は比誘電率の変化として現れ、また水分やイオン性物質、摩耗粉の増加は導電率の上昇として反映される。このように、油中の化学的・物理的变化は電気的特性の変化として表出するため、比誘電率及び導電率を用いることで、複数の劣化要因や汚損状態を統合的に捉えることが可能となる。

以上の知見に基づき、本開発では油状態センサの検出パラメータとして、比誘電率及び導電率を採用した。これにより、従来の油性状分析により得られる情報を簡便かつ連続的に把握することが可能となり、リアルタイムでの状態監視及び早期異常検知の実現が可能となる。

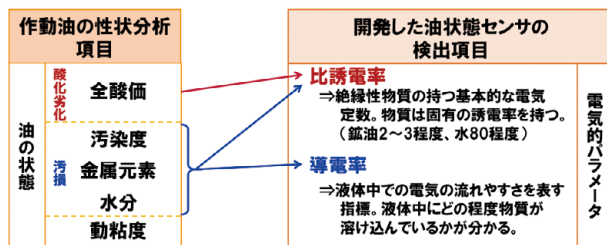


図3 一般的な性状分析項目と油状態センサ検出値との関係

3.2.2 油状態センサ検出原理

油状態センサにおける比誘電率および導電率の検出原理模式図を図4に示す。本センサでは、測定対象である油中に配置した電極に所定の電圧を印加し、その際に得られる電流応答を基に電気的特性を評価する構成としている。電極間に形成される電界と油の電気特性の相互作用により、電流応答には油の誘電特性及び導電特性が反映される。

具体的には、印加信号に対する応答から電極間の静電容量及び抵抗値をそれぞれ検出し、これらのパラメータを基に測定対象油の比誘電率及び導電率を算出する。静電容量は油の誘電特性に依存し、比誘

電率の指標として扱われる一方、抵抗値は油中の電荷移動のしやすさに対応し、導電率の算出に用いられる。

このように、本センサでは単一の電極系により誘電特性と導電特性の両方を同時に取得可能であり、油の状態変化を反映する2つの電気的パラメータを一体的に計測・出力する構成としている。これにより、油の劣化及び汚損の進行をリアルタイムに把握することが可能となる。

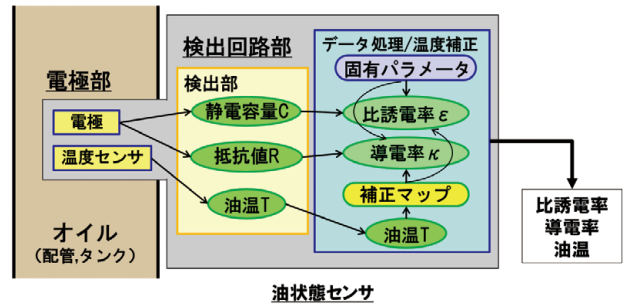


図4 油状態センサの検出原理 模式図

3.2.3 油状態センサ仕様

油状態センサの外観を写真1、主な仕様を表1に示す。本センサは、油圧機器への組み込み及び後付け搭載の双方を想定し、検出部を含めた外形寸法をφ42×89mmとすることで小型化を図っている。これにより、限られた設置スペースにおいても適用可能な構造としている。

また、電源電圧はDC 9～32Vの広範囲に対応しており、産業機械や建設機械に一般的に用いられる電源システムでの安定動作を可能としている。更に、センサ出力方式にはCAN（Controller Area Network）通信を採用しており、高い耐ノイズ性を有するとともに、車載・建設機械分野における既存ネットワークとの親和性を考慮した仕様となっている。

これらの仕様により、本センサは多様な油圧機器への適用を容易にし、現場環境における信頼性の高いデータ取得及びシステム連携を実現する構成としている。



写真1 油状態センサ外観

表 1 油状態センサ仕様

項目 Items	開発センサ仕様 Specifications of the Sensor Under Development
測定可能項目 Measurable parameters	比誘電率, 導電率, 油温 Relative permittivity, Conductivity, Oil temperature
大きさ Sensor dimensions	Φ42×89mm (コネクタ部除く) (excluding the connector part)
電源電圧 Power source voltage	9V to 32V DC
消費電流 Operating current	Max. 80mA, average 12mA (DC12V)
出力インターフェイス Output interface	CAN
使用可能雰囲気温度 Permissible ambient temperature range	-40℃ to +85℃
使用可能油温範囲 Permissible oil temperature range	-20℃ to +100℃
耐圧性 Pressure resistance	1.0MPa以下 1.0MPa or less
防水・防塵性 Water and dust resistance/IP rating	IP67
耐振性 Vibration resistance	10G (JIS D 1601)
耐衝撃性 Shock resistance	50G (IEC 60068-2-27)
取付けねじサイズ Mounting part thread size	G3/8 (推奨締付トルク34N・m) (Recommended tightening torque: 34N・m)

3.2.4 検出例

開発した油状態センサを用いて実際の作動油を測定した結果について述べる。油状態センサの検出値である比誘電率と、分析機関における性状分析項目である全酸価との関係を図5に、また導電率と水分量との関係を図6にそれぞれ示す。

図5に示すように、比誘電率と全酸価の間には一定の相関関係が確認されており、酸化劣化の進行に伴う極性物質の増加が、比誘電率の変化として捉えられていることが分かる。一方、図6に示す導電率と水分量の関係においても、水分の増加に伴い導電率が上昇する傾向が認められ、導電率が油中の水分状態を反映する有効な指標であることが示されている。

これらの結果から、本センサにより取得された比誘電率及び導電率の変化を評価することで、従来の性状分析により把握される油の劣化及び汚損の進行を定量的に捉えることが可能であるといえる。すなわち、油状態センサの検出値を用いることで、油の状態変化を連続的に監視し、劣化傾向や異常の兆候を早期に検知できた。

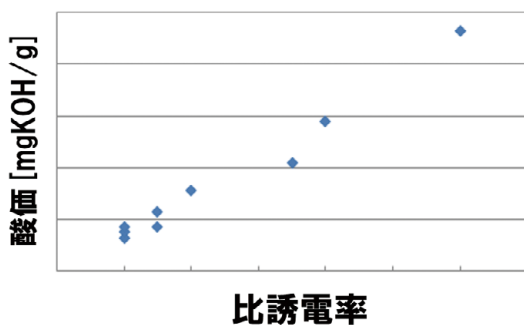


図 5 比誘電率と全酸価の関係

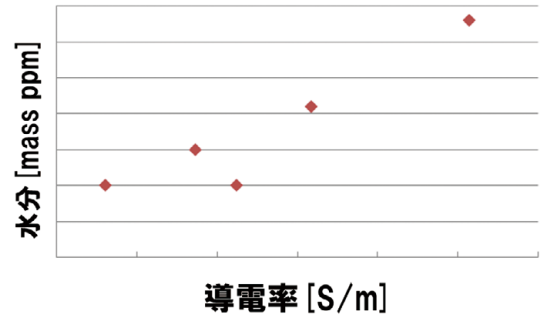


図 6 導電率と水分量の関係

また、摺動摩耗が発生した際の影響を評価するため、摺動摩耗を伴う状態のサンプル油を用いて、油状態センサの検出値である導電率の変化を測定した結果を図7に示す。

図7に示すように、新油と比較して摺動摩耗が発生した油（サンプル①～③）では、導電率が顕著に上昇する傾向が確認された。これは、摺動摩耗に伴って発生する金属摩耗粉や微細粒子、更にはこれらに付随するイオン性成分の増加が、油の電気伝導性に影響を与えた結果であると考えられる。

これらの結果から、本センサの検出パラメータである導電率を用いることで、油の汚損状態のみならず、機器内部で発生する摺動摩耗に起因する状態変化を捉えることが可能であるといえる。すなわち、導電率の変化を監視することにより、摩耗の進行に伴う異常の兆候を早期に検知できる可能性が示された。

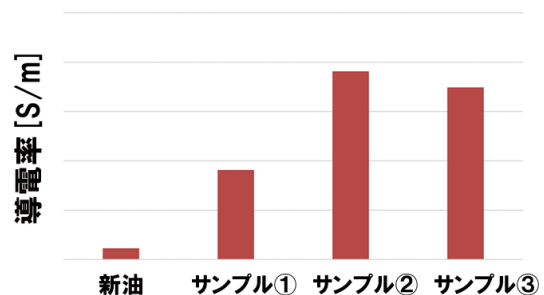


図 7 新油と摺動摩耗発生油の比較

3.3 データ収集、分析、可視化

油圧機器に設置された油状態センサにより取得されるデータを有効に活用するためには、これらの情報を継続的に収集・蓄積するとともに、多角的な分析および可視化を行う仕組みが必要となる。特に、油の状態変化を長期間にわたり把握し、劣化傾向や異常の兆候を的確に評価するためには、時系列データとしての管理および解析が重要である。

このため、本システムでは、油状態センサから取得したデータをクラウド上のIoTプラットフォーム

に集約し、データの蓄積および分析を行う構成としている。クラウド環境を活用することで、複数機器にまたがるデータの一元管理や遠隔地からの状態監視を可能とし、設備保全の効率化および高度化を実現する。

本節では、油状態センサのデータをクラウドへ送信する通信機器、データの蓄積・分析を担うクラウド上のIoTプラットフォーム、およびユーザが油の状態を確認するためのWebアプリについて、それぞれの構成及び役割を示す。

3.3.1 通信機器

通信機器は、センサから取得したデータを収集し、通信ネットワークを介してクラウドへ送信するゲートウェイ機能を担う機器である。油状態センサから出力されるCAN信号を受信し、必要なデータの抽出および変換処理を行った上で、通信回線を通じてクラウド上のIoTプラットフォームへ送信する構成としている。

本端末を介してセンサデータをクラウドに集約することで、現場における配線制約を低減するとともに、遠隔地からの状態監視やデータ分析を可能とし、本システム全体の実用性及び拡張性を高めている。

3.3.2 IoTプラットフォーム

IoTプラットフォームでは、油状態センサから収集されたデータをクラウド上に蓄積し、時系列データとして管理するとともに、これらの情報を基に油の状態及び油圧機器の状態監視を行う。蓄積されたデータは、油の劣化傾向や異常兆候の把握に加え、過去データとの比較やトレンド解析に活用される。

更に、これらの解析結果に基づき、対象となる油圧機器に対して必要なメンテナンス内容や適切な実施タイミングの推定を行う機能を備えている。これにより、従来の経験や定期点検に依存した保全から、データに基づく合理的なメンテナンス判断の支援を可能としている。

また、異常兆候の検出や設定した閾値の逸脱が確認された場合には、ユーザに対してメール等の手段を用いた通知を行い、迅速な対応を促す仕組みとしている。このように、IoTプラットフォームはデータの収集・蓄積にとどまらず、分析・診断及び情報提供までを一体的に担い、本システムにおける中核的な役割を果たしている。

3.3.3 Webアプリ

本システムを利用するユーザは、クラウド上のIoTプラットフォームに収集・蓄積された油状態センサデータを基に、油の状態や油圧機器の状態を専用のWebアプリを通じて確認することができる。本Webアプリでは、時系列で取得されたデータの可

視化に加え、解析結果に基づく油の劣化状態や機器状態の診断結果を直感的に把握可能なインタフェースを提供している。

具体的には、比誘電率や導電率などのセンサデータの推移をグラフ表示することで、油の劣化傾向や異常兆候を容易に把握できるほか、IoTプラットフォームにより推定された状態指標やアラート情報を併せて表示することで、ユーザによる迅速かつ適切な判断を支援する。

更に、複数機器の状態を一元的に監視可能な機能を備えており、遠隔地からでも設備の稼働状況や油状態を確認できる。これにより、現場巡回の負担軽減および保全業務の効率化を実現する。

Webアプリでの表示例を図8に示す。

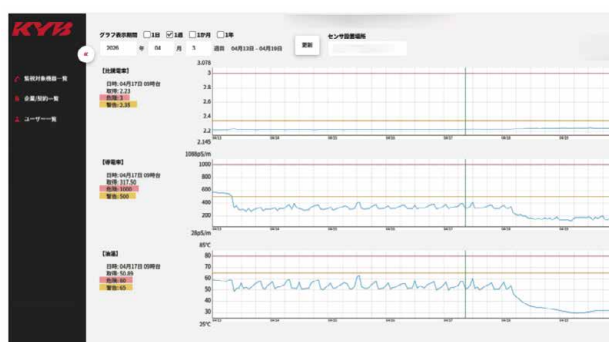


図8 Webアプリ画面 センサデータ表示例

3.4 提供サービス内容

本システムでは、油状態センサにより取得されるデータを活用し、ユーザのメンテナンス最適化に寄与する下記「油状態診断サービス」の提供も行っている。

3.4.1 定期診断レポート

定期的なデータ解析に基づき、カヤバの専門技術者が油圧機器の状態を継続的に監視・分析し、油の状態や劣化傾向を整理した月次の定期診断レポートを作成し、ユーザへ提供する。

3.4.2 トренд診断レポート

油状態センサの検出値を常に監視し、変化傾向などを検知するトレンド分析結果に基づき、カヤバの専門技術者が油圧機器の状態を継続的に監視・分析し、異常の兆候や対処の必要性が認められた場合には、臨時のトレンド診断レポートを発行し、メール等にてユーザへ通知する仕組みとしている。

3.4.3 総合診断レポート

より詳細な状態評価が必要な場合には、採油による性状分析を実施し、その分析結果とクラウド上に蓄積されたトレンドデータを組み合わせた総合診断レポートを作成する。本レポートでは、油の劣化状

態や汚損状況の評価に加え、油圧機器の状態推定及び推奨されるメンテナンス内容を記載し、ユーザの保全判断を支援する。

4 油状態診断システムによる油圧機器の状態診断事例

本システムの有効性を検証するため、当社工場内に設置された油圧試験機及び当社製品である特装車両など、実際の運用環境に本システムを適用し、実証評価を実施している。各対象機器に油状態センサ及び通信端末を設置し、稼働中の油状態データの継続的な収集を行うとともに、クラウド上での可視化及び分析を通じて、油の劣化挙動や機器状態の把握を行っている。

これらの実証評価により、本システムが実機環境において油の状態変化を適切に捉え、状態監視及び診断が有効であるかを確認している。本章では、これらの検証結果の一例について紹介する。

4.1 工場設備

当社生産設備である油圧試験機に本システムを適用し、連続的にデータ収集を行った結果の一例を紹介する。油状態センサの検出値である比誘電率および導電率、ならびに油温の時系列変化を図9に示す。

図9に示すように、運転の経過とともに比誘電率が徐々に上昇する傾向が確認され、その後、導電率が急激に上昇する挙動が観測された。この導電率の急上昇後に、当該油圧試験機において油圧ポンプの故障が発生しており、センサの検出値により機器の異常発生に先行する状態変化を捉えていることが分かる。

これらの結果から、比誘電率及び導電率の変化を継続的に監視することで、油の劣化進行や汚損状態の変化に加え、機器内部の異常兆候を早期に把握できる可能性が示された。すなわち、本センサの検出値は、油圧機器の故障予兆検知に有効な指標であるといえる。

また、油交換やフィルタ交換といった日常的なメンテナンス作業に伴う油状態の変化についても、本センサにより高感度に検出可能であることが確認された。これにより、従来の時間基準による管理に加え、実際の油状態に応じたメンテナンス判断が可能となり、メンテナンス周期の最適化による工数削減や廃油量の低減といった効果も期待できる。

以上より、本システムにおける油状態センサの検出値を活用することで、機器の故障予兆の把握に加え、オイル交換やフィルタ交換などの各種メンテナンスを適切なタイミングで実施するための有効な指標として機能することが確認された。

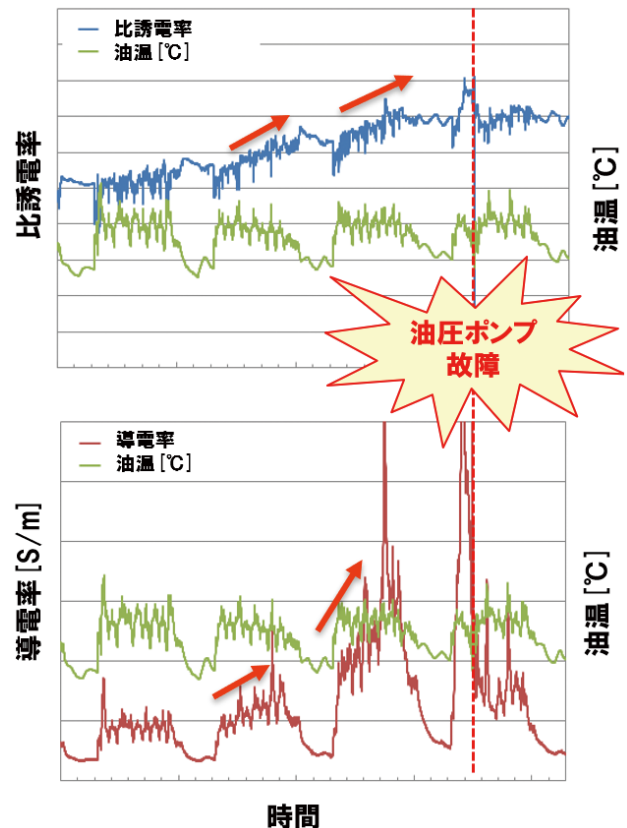


図9 油状態センサの検出例
(工場設備 油圧作動油)

4.2 特装車両

次に、当社製品であるコンクリートミキサ車のドラム駆動用油圧システムに適用される減速機を対象とし、油状態センサを取り付けてデータ収集を行った事例について紹介する。油状態センサの検出値である比誘電率及び導電率、並びに油温の時系列変化を図10に示す。

本対象においては、減速機に使用されるギヤオイルがユーザにより定期的に交換されており、図10においてその交換タイミングに対応して比誘電率および導電率が変化する挙動が確認された。特に、油交換時には劣化した油が新油へ更新されることにより、センサ検出値が低下または初期状態へと回復する傾向が認められ、本センサが油の更新状態を明確に捉えられることが示された。

これらの結果から、本センサは油の劣化や機器異常の検知に加え、ユーザによるオイル交換といったメンテナンス作業の実施状況を把握する手段としても有効であるといえる。すなわち、本システムを活用することで、油の状態監視のみならず、実際の保全履歴の可視化及び適切なメンテナンス実施の確認が可能となり、設備管理の高度化に寄与するものと考えられる。

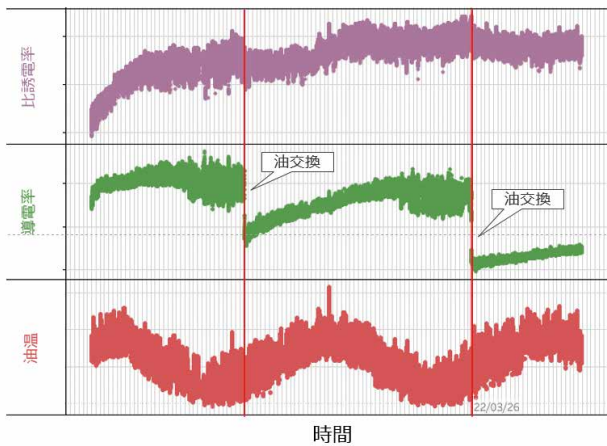


図10 油状態センサの検出例
(コンクリートミキサ車 ギヤオイル)

5 おわりに

近年、製造業をはじめとする各産業分野においては、設備の老朽化や労働人口の減少、熟練技術者の不足といった課題に加え、デジタルトランスフォーメーション（DX）の進展やカーボンニュートラル実現に向けた取り組みの加速など、設備保全を取り巻く環境が大きく変化している。こうした背景のもと、IoTを活用した設備の状態監視及びデータに基づくメンテナンスの高度化は、今後ますます重要性を増していくものと考えられる。

このような状況に対し、当社が販売を開始した油

圧機器向け油状態診断システムは、油の状態をリアルタイムに把握し、機器の状態監視及び異常兆候の検知を可能とすることで、従来の保全手法の高度化に寄与するものである。今後設置数が増えることでデータの収集・蓄積も更に進むことから、蓄積されたデータの分析を進め、様々な使用環境における有効性の検証と診断精度の向上に取り組んでいく。これにより、持続可能な社会の実現に向けた設備保全の高度化に貢献していく所存である。

本開発の遂行にあたり、多大なご協力を賜りました関係各位に深く感謝申し上げる。また、本システムの実証評価に際し、貴重なご意見及びデータ提供にご協力いただいたお客様、関係部門の方々にも厚く御礼申し上げます。更に、本開発の推進にあたりご指導ご助言をいただいた皆様に心より感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 油状態診断システム製品ホームページ
<https://www.kyb.co.jp/products/iot.html>
- 2) 風間俊治：作動油の劣化とその対策について，フルードパワーシステム学会誌，Vol. 47，No 4，p 7-11（2016）
- 3) ISO18436-4準拠 機械設備の状態監視と診断カテゴリー I
- 4) ジャパン・アナリスト(株)ホームページ
<https://www.japan-analysts.com/>



著 者



吉田 尚弘

2011年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部油機事業部技術統轄部システム技術部。主に油状態診断システムの開発に従事。



中村 瞭平

2016年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部油機事業部技術統轄部システム技術部。主に油状態診断システムの開発に従事。

製品紹介

大型ミキサモデルチェンジ開発

岡 野 哲 也

1 はじめに

カヤバのミキサ車は、MR12、MR15、MR17、MR22、MR32、MR42、MR44、MR45、MR50まで、用途に応じた幅広いラインナップを展開している（表1）。その中でも、大型ミキサであるMR42及びMR44は、当社主力製品として位置付けられており、生産台数全体の約6割を占めている。一方、これら大型ミキサは約30年にわたり大規模なモデルチェンジが行われておらず、市場要求や作業環境の変化に対する対応が求められていた。そこで本報では、大型ミキサMR42、MR44（写真1）を対象として実施したモデルチェンジの概要について報告する。

表1 カヤバのミキサシリーズ

ミキサ製品型式	最大混合容量	車両総重量
MR12	1.2m ³	6トン
MR15	1.5m ³	8トン
MR17	1.7m ³	8トン
MR22	2.2m ³	11トン
MR32	3.2m ³	14.5トン
MR42	4.2m ³	20トン
MR44	4.4m ³	20トン
MR45	4.5m ³	20トン
MR50	5.0m ³	22トン



写真1 大型ミキサモデルチェンジ（MR44）

2 開発背景・目的

近年、トラックシャシでは環境規制強化への対応として排ガス浄化装置が追加されており、車両重量が100kg以上増加している。これにより、生コンの積載量が低下し、輸送効率の悪化が課題となっている。また、積載量低下に伴うランニングコストの増加や運転手不足への対応に加え、積載量を確保するため、特別仕様の取付制限や軽量ホイールへの履き替えなどの対策が実施されている。しかし、これらの対応は、使い勝手の悪化やコスト増加につながり、ユーザ負担の増大となっている。さらに、市場からはステップ昇降時における安全性向上や、摺動部のグリスアップ作業をはじめとしたメンテナンス性改善への要求も高まっている。本開発では、軽量化による輸送効率向上、作業時の安全性向上、及びメンテナンス性向上を実現したミキサ車を開発し、商品性の向上を図ることを目的とした。

3 軽量化による積載量確保

車両総重量には法令上の制限があるため、シャシ重量が増加すると、その分積載可能な生コン量が減少する。積載量の低下は、1回あたりの輸送効率低下を招き、輸送回数増加によるランニングコスト増大など、ユーザ負担の増加につながる。本開発では架装物側を軽量化することで積載量確保による輸送効率向上を図った。

3.1 ドラム軽量化

ミキサ車のドラムは、生コンクリートを輸送中に攪拌し、材料分離を防止し生コン品質を保持するための回転式容器である。ドラム内部には螺旋状のブレード（羽根）が配置されており、ドラムを回転させることで生コンクリートの混合及び排出を行っている。ドラムは架装物重量の約40%を占めており、軽量化を図るうえで大きな効果が期待できる部位である。本開発ではドラム外壁であるシェル部（図1）

の板厚を薄肉化することで軽量化を検討した。

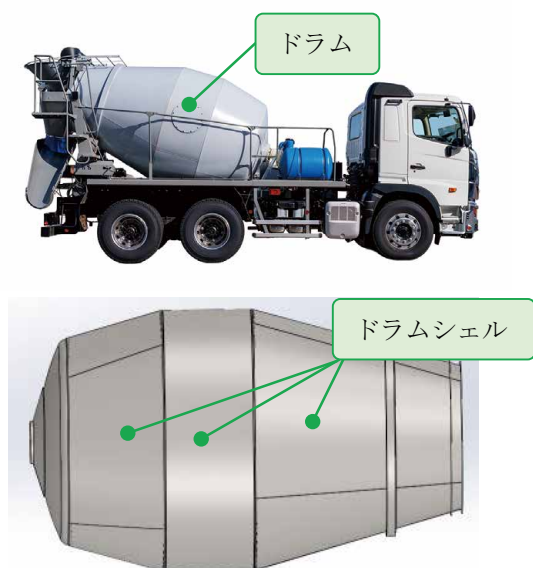


図1 ミキサ車ドラムとドラムシェル

ドラムは生コンクリートを投入・攪拌・排出する用途で使用されるため、過酷な環境にさらされる。ドラム内部では、生コンクリート中の骨材との接触によりシェル部が摩耗するため、摩耗に耐えうる材料である必要がある。また、ドラムは容器構造のため水はけが悪く、水分滞留による腐食にも耐える必要がある。さらに、ドラム内部に固着した生コンクリートを除去するため、定期的にはつり作業が行われる。はつり作業では電動ハンマーやたがねを使用して固着したコンクリートを除去するため、工具がシェル部に直接当たることがあり、打痕や穴あきなどの損傷が発生する場合がある。

そのため、これらの作業に耐えうる板厚及び材料強度が必要となる。このように、単純にシェル部を薄肉化しただけでは耐久性が低下し、品質悪化につながる懸念がある。

本検討では材料強度を向上させることで、耐久性を維持しながら薄肉化を実現した。また、高強度材を適用するにあたっては、加工性への影響についても評価を実施した。高強度材は一般的に曲げ加工性や成形性が低下する傾向があるため、実際の製造を想定した加工評価を行い、実用上問題のないことを確認し採用とした。

3.2 アルミ材使用による軽量化

外装部品については、従来鋼材であった部品をアルミ材を使用し標準装備することで軽量化を図った。アルミ材を適用した外装部品としては、歩行者や自転車などの巻き込みを防止するサイドガード、走行中の泥はねを防止するフェンダ及びスプラッシュ

ボード、生コンクリートの飛散による車両後方の汚れを防止するリヤカバーが挙げられる（図2）。さらに、架装物へアクセスするためのフロントステップ及びサイドステップ、ドライブシャフト回転時のグリス飛散を防止するシャフトカバーについてもアルミ製とした。

これらの外装部品をアルミ化することで、必要な機能や耐久性を確保しながら架装物の軽量化を実現した。また、アルミ材使用により融雪剤や沿岸部の塩害による腐食への耐久性も向上させた。

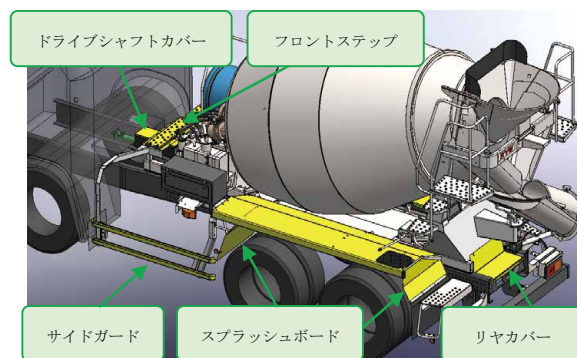
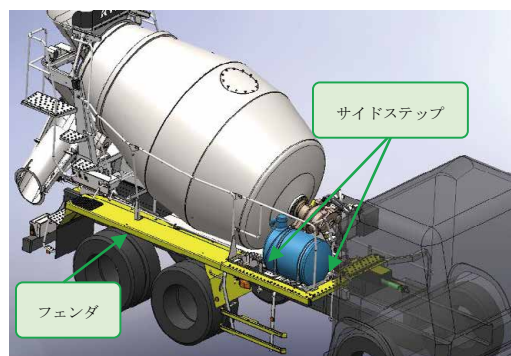


図2 アルミ材使用部位

4 作業時の安全性向上

ミキサ車では車両上部で打設作業や洗浄作業を実施することが多いことから転落リスクが高く、安全対策の強化が求められている。このような市場ニーズに対応するため、カヤバではミキサ車における高所作業時の安全性改善に取り組んだ。

4.1 上段ステップサイズ拡大

高所作業時の安全性向上として、上段ステップの構造改善を実施した。具体的には、左右の上段ステップの床面積を従来比で約160%に拡大し、作業時の安定性及び足場の確保を図った（図3）。ステップの拡大にあたっては、車両最外側寸法及び全長規制を逸脱しない範囲で最適化を行った。また、ステップ形状は左右で共通化を図り、部品点数の抑制や組立性も考慮した形状とした。

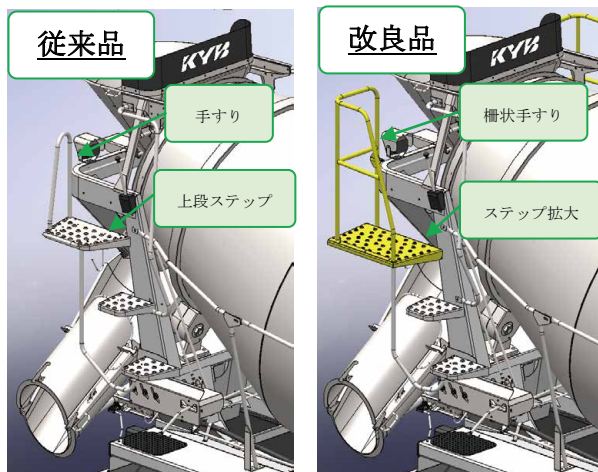


図3 上段ステップ

4.2 上段ステップ周囲防護柵設置

高所作業時の安全性対策としてもう一つ、従来形状から柵状手すりへの改良を実施した。従来品にも手すりは設置されていたが、後方のみの配置であり、ステップ全体を囲う構造ではなかった。そのため、転落防止性及び昇降時の把持性が乏しかった。

本改良では、手すりをステップ周囲を覆う柵状の構造とすることで、転落防止機能の向上と昇降時の安全性の向上を図った(図3)。また、転落防止の観点から手すり高さを一定以上確保する必要があるため、従来品に対して全体高さが増加する構造となった。

一方で、下塗り工程では電着塗装槽を使用しているが、手すりを取り付けた状態では製品高さが電着槽の有効浸漬高さを超過し、一括塗装が困難となる問題が発生した。この課題に対し、従来品では溶接構造であった手すりをボルト固定による脱着式構造とした。これにより、柵状手すり単体での電着塗装が可能となり、各部位を個別に塗装した後、組立工程で最終的に取り付ける方式とした。これにより安全性及び作業性の向上と、製造工程上の制約への対応を両立した。

5 メンテナンス性向上

ミキサ車に対する市場要求の一つであるメンテナンス性向上に対応するため、整備性の改善及び保守作業負荷の低減を目的とした各種改善を実施した。

5.1 グリスアップメンテナンス性向上

メンテナンス性向上のため、グリスアップ作業の改善対策を実施した。

ドラムはシャシ側のF/W PTO^{注1)}からドライブシャフトを介して油圧ポンプに接続され、さらに油圧モータ及び減速機へと動力が伝達されることで回

転している。このドライブシャフトはエンジン稼働中に常時回転するため、定期的なグリスアップが必要となる。従来構造では、ドライブシャフト上部に左右歩行可能なフロントステップ及びグリス飛散防止用のドライブシャフトカバーが取り付けられており、グリスアップ作業時にはこれらを取り外す必要があったため、作業性に課題があった。

この課題に対し、フロントステップ及びドライブシャフトカバーをヒンジとキャッチクリップ(パチン錠)による開閉式構造へ変更し、取り外しを不要とすることで、ドライブシャフトへのグリスアップ作業を容易に行えるよう改良した(図4)。さらに、前項3.2で述べた通り、フロントステップ及びドライブシャフトカバーの材質を鋼材からアルミ材へ変更することで、開閉時の重量負担を軽減し、作業性の一層の向上を図った。

注1) Flywheel Power Take-Offの略：動力取出装置

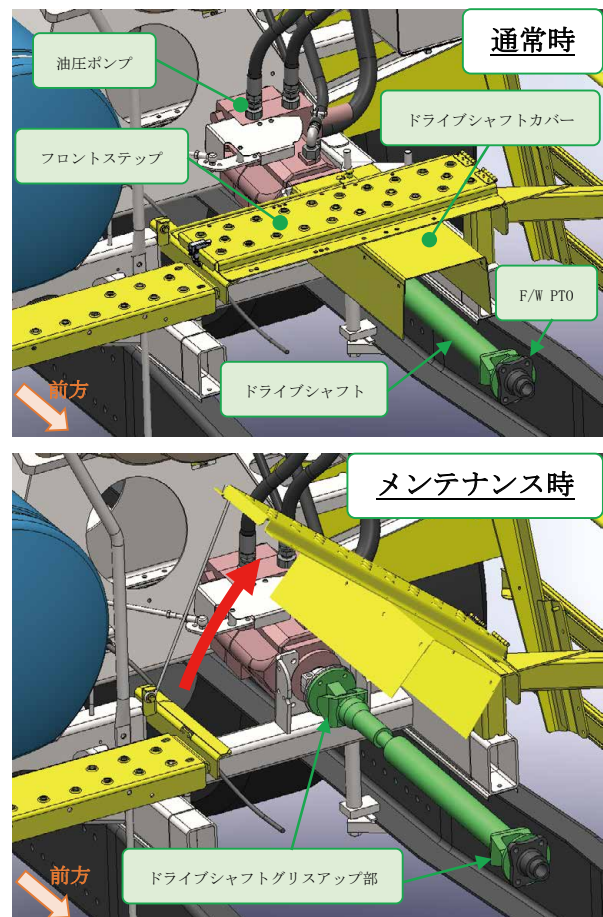


図4 フロントステップ開閉構造

もう一つの改善として、シュートサポート支持部の固着対策である。シュートの昇降時には支持部の軸が摺動する構造であり、経年劣化に伴う錆の発生や粉じん等の噛み込みにより、操作性が悪化する課

題があった。従来はグリスアップ機構が設けられていなかったが、本改善においてグリスニップルを標準装備とした(写真2)。グリスアップを可能とすることで摺動部の潤滑性を向上させ、経年変化による操作性の低下に対して安定した動作を維持できるようにした。

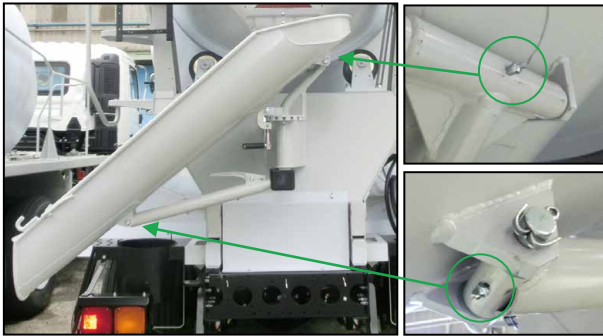


写真2 シュートサポートニップル装備

5.2 オイルメンテナンスシールの設定

市場で使用されているミキサ車において、作動油の交換時期が過ぎたまま使用されているケースが見受けられ、それが故障などの不具合につながる恐れが考えられた。本施策では、次の交換時期を明確化するとともに、定期的な作動油交換の実施を促進し、油機関連の不具合の未然防止を図るため、油機メンテナンス時期を視認できるメンテナンスシールを設定した(図5)。

シールは減速機潤滑油、油圧作動油及びフィルタの交換を対象とし、メンテナンス時に容易に確認できるように、それぞれの対象箇所付近に貼り付けることとした(写真3)。



図5 オイルメンテナンスシール



写真3 オイルメンテナンスシール貼り付け位置

6 まとめ

本開発では、近年の環境規制強化や市場要求の変化に対応するため、「軽量化による輸送効率向上」「作業時の安全性向上」「メンテナンス性向上」の3点を主なテーマとして取り組んだ。

軽量化に関しては、ドラムの高強度材適用による薄肉化及び外装部品のアルミ化により、耐久性を確保しつつ架装物重量の低減を実現し、積載量の確保に寄与した。

安全性については、上段ステップの大型化及び防護柵の設置により、高所作業時の安定性と転落防止性を向上させた。

また、メンテナンス性については、グリスアップ作業の効率化やメンテナンス時期の可視化などにより、作業負担の軽減と信頼性向上を図った。これらの改良により、ユーザの作業効率向上及び負担軽減を実現するとともに、商品性の大幅な向上を達成した。

本開発品は2026年3月より量産を開始しており、今後は市場での評価を反映しながら、さらなる商品力向上に取り組んでいく。

7 おわりに

本開発を担当するにあたり、主力製品のモデルチェンジ開発を担当したことは極めて貴重な経験であり、関連技術に関する知見を大きく深化させることができた。本開発を通じて得られた知識及び技術

的知見は、今後の研究開発活動に生かすことで、さらなる性能向上及び品質改善に寄与させていく所存である。

最後に、本開発にあたり、多大なるご協力を賜りました社内外の関係者各位に対し、この場をお借りして深く感謝申し上げます。

著 者



岡野 哲也

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



KAYABA OPEN LAB.の紹介 技術と知見が交差するイノベーションハブ

永 井 勇 冨

1 はじめに

近年、技術開発を取り巻く環境は大きく変化している。製品単体の性能や品質だけでなく、それがもたらす体験や価値全体が評価される時代となり、企業に求められる役割もより複雑かつ多面的なものとなっている。

このような変化の中で、カヤバは長期ビジョンに掲げる「ゆめある、あしたをつくる。」のもと、新規事業の創出や、新たな価値の社会実装を通じた持続的な成長を目指している。その実現に向けては、自社の技術力を磨くだけでなく、社外との連携を通じて多様な視点や知見を取り込み、新たな価値を共創していく取り組みが不可欠である。特に、異なる分野や文化を持つ組織と接続することで、これまでにない発想や可能性が生まれることが期待される。

本報では、相模原市にある当社相模工場内に2026年5月に開所した「KAYABA OPEN LAB.」(写真1)について、その設立背景と狙い、ならびに社外ネットワークとの連携について紹介する。



写真1 KAYABA OPEN LAB.エントランス

2 設立の背景

当社はこれまで、長年にわたり培ってきた技術力を基盤に、多様な研究開発および製品開発に取り組んできた。一方で、過去の取り組みを振り返る中で、本来であれば新たな価値に結びつく可能性をさらに引き出す余地がある技術やアイデアが存在することも明らかになってきた。

その要因のひとつとして、研究開発の成果が外部の視点に触れる機会が限られていた点が挙げられる。技術は異なる文脈や視点と結びつくことで、新たな用途や価値を持つ場合がある。しかしながら、そうした機会が十分に確保されていない場合、本来得られた可能性が顕在化しないままに終わることもあり得る。

さらに、当社は複数の拠点を有しており、各所で培われた技術や知見が蓄積されている。これらを結び付け、多様な視点から再解釈することで、新たな価値創出や技術活用の可能性をさらに広げることができる。

このような背景を踏まえ、当社は技術やアイデアが多角的に評価され、新たな価値として再構成される仕組みを構築する必要があると考えた。その具体的な取り組みとして設立されたのが「KAYABA OPEN LAB.」である。

3 KAYABA OPEN LAB.の概要

KAYABA OPEN LAB.は、社内外の多様なプレイヤーが集い、共創を通じて価値創出を行うための拠点である。本施設では、来訪者と当社の技術者が同じ場に立ち、対話、検討、試作といった一連の活動を通じて、新たな価値の創出に取り組むことを前提として設計されている。

施設内には「カヤバストリート」(写真2)と呼ばれる中央通路が設けられている。その両側には、

当社が取り組む様々な技術領域の研究開発や実験のエリア（写真3）が配置されており、各エリアでは担当する技術者が日々の研究開発活動を推進している。また、来訪者が各取り組みへの理解を深められるよう、デジタルサイネージなどを活用して研究内容や実験概要を発信している。カヤバストリートを歩くことで、当社が保有する技術や研究開発の取り組みを俯瞰的に把握できるとともに、技術者との対話を通じて新たな気づきや発想を得ることができる。

また、施設内にはディスカッションスペース（写真4）も備えられており、技術者との対話を通じて課題やアイデアを共有し、共創に向けた議論を行うことが可能である。こうした体験を起点として、新たな着想を得るとともに、将来を見据えた研究テーマの創出へとつなげていくことを想定している。

施設名にある「OPEN」とは、単に外部に開かれていることを意味するものではない。多様な視点や価値観を受け入れることで、技術の可能性を拡張し、新たな価値として再構築していく姿勢そのものを指している。

施設内では、ワークショップやディスカッションを通じたアイデア創出に加え、プロトタイピングや初期検証を行うことが可能であり、従来分断されていた工程を一体化することで、価値検証のスピード向上を図る。

また、KAYABA OPEN LAB.は当社のオープンイノベーションハブとして位置づけられる。スタートアップ企業や地域企業、研究機関などとの協働においては、対話や検討を起点に共創活動へと発展させ、当社の技術やアセットを活用した価値創出を推進する。

さらに、社内においても、本施設は部門や領域を越えた交流の場として機能し、技術やノウハウの相互理解を促進するとともに、「社内に存在する価値」を新たな視点から捉え直す契機となる。

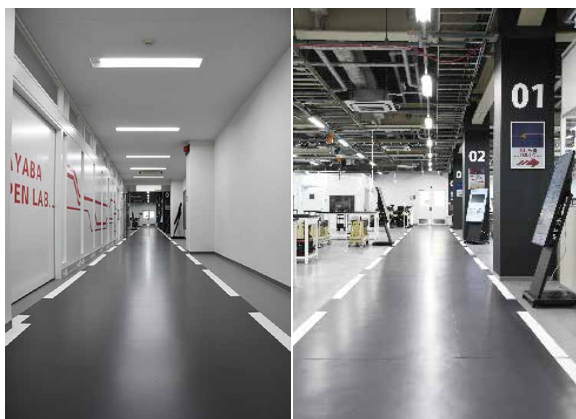


写真2 カヤバストリート



写真3 カヤバストリート沿いの実験エリア



写真4 ディスカッションスペース

4 外部ネットワークとの連携

当社を取り巻く外部環境として、相模原市におけるイノベーション創出に向けた取り組みが進展している。同市では、リニア中央新幹線の神奈川県駅（仮称）の設置を契機として、地域経済の活性化や持続可能なまちづくりを目的とした各種施策が推進されている。

こうした動きの中で、当社は相模原市および神奈川県が主導する相模原広域スタートアップ支援ネットワーク（GLiS）や、オープンイノベーション支援事業などに参画し、企業、スタートアップ、大学、行政といった多様な主体とのネットワークを形成してきた。これらのネットワークを通じて、異なる技術や視点が交差する環境が着実に広がりつつある。

KAYABA OPEN LAB.は、こうした外部ネットワークと連携し、当社が有する技術や知見を活用した共創活動を推進する拠点として位置付け、外部との接点を具体的な対話や検討の場へとつなげることで、ネットワーク上で形成された関係性を実際の価

値創出へと展開していく。

また、将来的には、スタートアップ企業や研究機関などとの協働において、本施設を起点とした試行錯誤や仮説検証を通じて、相互のアセットを活かした新たな価値創出へと発展する可能性もあると考えている。

このように、KAYABA OPEN LAB.は、外部ネットワークと当社の技術を接続し、共創活動を具体的な形へと発展させる場としても活用していきたいと考える。

5 今後の展望

KAYABA OPEN LAB.は、多様な人や技術、知見が交わり、新たな価値の社会実装を加速するイノベーションハブとして深化を目指す。

そこには、社内外の多様な立場や専門性を持つ人財が訪れ、当社の技術者とともに課題や価値について対話を重ねながら、新たな可能性を検討する場となる。こうした対話を起点として、オープンイノベーションや共同研究の枠組みを活用し、相互の技術や知見を活かした新規事業・新規プロダクトの創出へと展開する。

また、多様な視点や知見が継続的に集結することで、当社の技術はより広い文脈の中で再定義され、新たな価値として顕在化すると考える。こうした活動の積み重ねにより、価値創出から社会実装に至るプロセスを一体的に推進する。

さらに、本施設を起点とした共創活動を通じて、企業の枠を越えた連携や人財交流が進み、地域や産業において新たな価値創出が生まれる環境を育んで

いく。

6 おわりに

KAYABA OPEN LAB.の設立は、技術そのものの深化にとどまらず、価値をより早く、より広く社会へ届けていくための取り組みである。従来のような技術起点の開発だけでは、必ずしも社会実装につながらないケースも多く存在する。そのため、多様な知見や視点を持ち合わせることで、課題起点で物事を捉え、社会実装へとつなげていくプロセスへの転換が重要である。

今後、本施設を起点として、社内外の多様な技術者や関係者が交わり、それぞれが持つ技術や知識、視点を掛け合わせることで、新たな価値が継続的に生み出されていくことを期待している。また、そうした対話と試行錯誤の積み重ねを通じて、潜在している課題や可能性を顕在化させ、社会実装へとつなげていくことを目指す。

KAYABA OPEN LAB.は、カヤバの技術者一人ひとりが、社内外の垣根を越えて多様な人々と混じり合い、技術や知識を交差させながら新たな価値を創り出していくための共創空間である。ここで生まれるつながりと挑戦が、当社の価値創出を加速し、社会に対する新たな貢献へとつながっていくことを期待したい。

最後に、本施設の開所にあたり、企画・計画・設計・施工に至るまで多大なるご尽力をいただいた社員の皆様ならびに工事関係者の皆様に、ここに深く感謝の意を表する。

著者



永井 勇牙

2008年入社。技術本部先進技術研究所企画室。新規プロダクト開発UXデザインに従事。

随筆

ブラジル駐在記～ブラジルで学んだこと

中 村 知 之

1. ブラジルへの第一歩

2022年4月、初めてブラジルへ出張した時の合言葉は、「日本を押し付けない。けれど日本を忘れない。」でした。日本のやり方をそのまま持ち込むのではなく、ブラジルの文化を理解しながら、日本の強みは大切にする。そのような思いで、私のブラジルでの仕事は始まりました。

ブラジルは、日本から直線距離で約18,500km離れた、カヤバグループの中でも最も遠い拠点です。最初に感じたのは、日本からこれほど遠い国でありながら、日系社会の存在により、不思議な親近感がある国だということでした。

2. ブラジルという国を知る

ブラジルは、世界で最も多くの日系人が暮らす国です。その数は約270万人と言われています。第2位のアメリカが約150万人、第3位のペルーが約20万人であることを考えても、ブラジルの日系社会の大きさは特筆すべきものです。

その日系社会の存在に着目し、1958年にはトヨタ自動車がブラジルに初の海外拠点を構えました。当時はランドクルーザーをベースにした「バンデランテ」を製造・販売しており、1971年には大野耐一氏が直接指導した歴史ある拠点でもあります。

また、ブラジルは南米で唯一ポルトガル語を公用語とする国です。大航海時代、香辛料を求めて航路を開拓したポルトガルの探検家ペドロ・アルヴァレス・カブラルにより発見され、その後、長くポルトガルの植民地であった歴史があります。

ブラジルを語るうえで避けて通れないのが、「ブラジルコスト」と呼ばれる税金、高金利、労働訴訟費用などの負担です。特に税制は世界一複雑とも言われ、生産や輸送の各段階で税金や補助金に関係します。買い物をする際にも、商品によって税率が異なります。野菜、果物、肉などの生活必需品は比較的税率が低く、手頃な価格で購入できます。一方、

加工品、輸入品、チョコレート、ワイン、日本食品などは税率が高く、ポテトチップスは600円を超え、マヨネーズやごま油は2,000円を超えることもありました。

そのため、一時帰国の際には大量の日本食材を買い込み、ブラジルへ運ぶことで対応していました。

3. 初めての海外赴任で感じたこと

私にとってブラジル赴任は、初めての海外赴任でした。これまで海外出張の経験はありましたが、出張と赴任ではまったく違います。出張であれば限られた期間の中で目的を達成し、日本へ戻ることができます。しかし赴任となると、仕事だけでなく、生活、文化、言葉、人間関係のすべてを現地の中で築いていかなければなりません。

赴任当初は、ポルトガル語が十分に分からず、買い物一つをするにも戸惑うことがありました（今もあまり理解できませんが……）。スーパーで商品の表示を見ても分からない、レストランで注文しても想像と違う料理が出てくる、役所や銀行の手続きでは通訳さんに頼らなければ思うように進まない。日本では当たり前になっていたことが、ブラジルでは一つひとつ確認しながら進める必要がありました。

その一方で、困っていると必ず誰かが助けてくれました。言葉が通じなくても、携帯電話の翻訳機能を使って説明してくれる人、身振り手振りで教えてくれる人、こちらが理解するまで待ってくれる人がいました。そうした経験を通じて、ブラジルは遠い国でありながら、人の温かさを感じる国だ思うようになりました。

仕事においても同じでした。日本での経験や知識は大切ですが、それだけでは現地では通用しません。現地の人たちが大切にしている価値観、仕事の進め方、判断の背景を理解しなければ、本当の意味で一緒に仕事することはできないと感じました。初めての海外赴任は、私にとって「自分の常識を一度横に置いて、相手を理解すること」から始まった経験

でした。

4. サッカーに表れるブラジル人らしさ

ブラジルといえば、やはりサッカーです。会社の近くには、サッカー場、ビーチバレーコート、シュラスコスペース、ミニバーが併設された場所があり、仕事後に練習試合を見に行った時に感じたのは、サッカーは単なるスポーツではなく、人が集まり、語り合い、食事を楽しむための大切な場でもあるということです。

特に印象に残っているのは、直接部門と間接部門の練習試合です。試合そのものも見応えがありましたが、興味深かったのは、プレーの中に普段の仕事の進め方や性格が表れていたことです。

周りをよく見て、味方が動きやすい場所へパスを出す人がいました。仕事でも、関係部署の状況を見ながら先回りして動くタイプです。一方で、ドリブルで一気に攻め込むものの、相手に囲まれてプレッシャーを受けると、やみくもにシュートを打ってしまう人もいました。勢いはあるものの、周囲との連携が足りないと、仕事でも同じように行き詰まることがあります。

また、声を出して周囲を力強く引っ張っていく人もいました。自分がボールを持っていなくても、仲間を励まし、動きを作り、チーム全体を前に進める存在です。そうした姿を見て、サッカーはブラジル人にとって、個人技だけでなく、仲間との関係性やリーダーシップを表す場でもあるのだと感じました。

私が接したブラジルの人たちは、自己主張もはっきりしています。しかし、良いチームになるためには、個人の力だけではなく、周囲を見る力、パスを出す力、仲間を信じる力が必要です。これは仕事でもまったく同じでした。サッカーの試合を見ながら、現地メンバー一人ひとりの特徴を知り、仕事でどのように力を発揮してもらおうかを考える良い機会にもなりました。

試合の後には、シュラスコを囲み、キンキンに冷えたビールを飲みながら、勝った負けたを笑い合う時間がありました。そこには、仕事とはまた違う表情の仲間たちがいました。ブラジルでのサッカーは、競技であると同時に、人と人との距離を縮める大切な文化なのだと感じました。

5. ブラジル人から学んだこと

ブラジルの人たちは、家族を第一に考える文化を大切にしています。クリスマスには、遠方の両親や親戚を招いたり、反対に訪問したりして、家族で一緒に過ごすことが一般的です。

また、困っている人に親切にする場面にも多く出会いました。買い物の際、言葉が通じないと分かると、携帯電話の翻訳機能を使って説明してくれたり、筆談をしてくれたり、こちらが困っていることに気づいて声を掛けてくれたりしました。駐在を通じて感じたのは、ブラジル人の親切さは「人とのつながりを大切にする文化」が根付いているからではないかということです。家族を大切に、多様な文化を受け入れ、人と人との信頼を何より重視する。その価値観が、外国人である私にも自然と手を差し伸べてくれる国民性につながっているのだと思います。

一方で、日本とは大きく違う一面もあります。例えば、歩行者用信号を守る人は少なく、家族連れでも小走りで道路を渡っていく光景をよく見かけました。最初は驚きましたが、これもブラジルでよく耳にする「ジョイチーニョ (jeitinho brasileiro)」という考え方に通じる部分があるのかもしれません。

ジョイチーニョは直訳が難しい言葉ですが、「何とかする力」「道がなければ道を探す柔軟さ」といった意味で使われます。日本では、決められたルールや手順を守ることを重視します。一方ブラジルでは、予定通りに進まないことも多く、その中で人と相談しながら、現実的な解決策を見つけて前に進める場面が多くありました。

その中で人と相談しながら、現実的な解決策を見つけて前に進める場面が多くありました。悪く言えば「ルールを曖昧にする」「ごまかす」と読まれますが、良く言えば、困難な状況でも諦めず、現実的な解決策を探す力として表現できます。もちろん、仕事では品質・安全・コンプライアンスを曖昧にしてはいけません。しかし、変化の多い環境の中で、できない理由を並べるのではなく、「どうすればできるか」を考える姿勢は、ブラジルで学んだ大切なことのひとつです。ブラジルの良さを認め、日本の強みも大切にする。この両方を尊重することを、この国で学ばせてもらったと感じています。

6. ブラジルの食文化

ブラジルは、前述したように香辛料を求めて航海したポルトガルの食文化を背景に持ちながら、先住民、そしてイタリア、ウクライナ、ドイツ、日本などの移民文化が融合した国です。さらに国産食材が豊富なこともあり家庭料理のレベルが高く、小さく安価なレストランでも美味しい料理が提供されます。

日本食材も多く、ブラジルのスーパーには、大きさや太さは違いますが、大根、白菜、ごぼう、里芋、長ねぎなど、日本では当たり前の野菜が並んでいます。これは世界最大の日系社会があるからだけでは

ありません。約120年前に移住した日本人が、故郷の味を求めて種を持ち込み、ブラジルの土壌や気候に合わせて栽培技術を発展させてきた歴史があります。その努力はやがてブラジルの農業にも大きく貢献し、今では日本野菜は日系人だけでなく、多くのブラジル人にも親しまれるようになっていきます。

赴任当初、現地のスーパーで大根や白菜、ごぼう、里芋を見つけたときは驚きました。「なぜブラジルに日本の野菜があるのだろう」と思って調べてみると、その背景には100年以上前に移住しコーヒー農園で働きながら、異国の地で故郷の食文化を守ろうとした先人たちの挑戦と努力がありました。今ではそれがブラジルの食文化の一部になっていることに、日系人社会の歴史の深さを感じました。

ブラジル料理としてまず思い浮かぶのが、シュラスコです（写真1）。大きな肉の塊を串に刺し、岩塩で味付けして豪快に焼き上げる料理で、まさに肉の国ブラジルを象徴する一品です。レストランでは、店員が焼きたての肉を次々と席まで運んで来て、目の前で切り分けてくれます。牛肉だけでなく、鶏肉、豚肉、ソーセージ、焼きパイナップルなどもあり、食事というより一つのイベントのような楽しさがあります。



写真1 シュラスコの原型、焚火バーベキュー (Fogo de Chão)

そして、ブラジルを代表するお酒がカイピリーニャです（写真2）。サトウキビを原料とする蒸留酒「カシャッサ」に、ライム、砂糖、氷を加えて作るカクテルです。爽やかな酸味と甘みがあり、暑いブラジルの気候にとってもよく合います。ブラジルでは、肉料理や友人・家族との集まりの場で親しまれており、シュラスコと並んでブラジルらしさを感じさせる存在です。

シュラスコもカイピリーニャも、単に料理やお酒



写真2 カイピリーニャとローカルフード

というだけではなく、家族や仲間と時間を共有するブラジルの文化そのものだと感じました。ブラジルの名物料理の魅力は効率・標準化・大量提供を重視する大国型のハンバーガーショップとは異なり、「家庭の昼食の延長」に近い温かい豆、焼き立ての肉、手作り感がある料理にあります。

ブラジルで驚いたことのひとつが、ビールの冷たさです。ブラジルでは「ビールはとにかく冷えていなければならない」という考え方が根付いています。レストランやバーでは、冷蔵庫よりさらに低温で保管する専用の冷凍庫が置かれていることも多く、提供されるビールは瓶の表面が白く曇るほどキンキンに冷えています。

ローカルスタッフにアジアには常温のビールや氷を入れる国、文化もあることを伝え、私はその国には行きません」と、キンキンに冷えたビールが重要であることがうかがえるエピソードです（写真3）。



写真3 ローカルスタッフとのBarでのひととき

暑い地域もある気候だからこそその文化でもあります。仲間や家族とシュラスコを囲み、冷えたビールで乾杯する光景は、ブラジルらしさを象徴する場面の一つでした。日本では料理を主役にして酒を楽しむことが多いように感じますが、ブラジルでは食事、飲み物、そして会話を楽しむ時間そのものが大切にされているように思います。

長期出張者へのお礼や次期方針展開後には私やダイレクターのアパートでシュラスコパーティーを開催しました。ローカルスタッフが焼くシュラスコは特に美味しく、楽しいひとときでした。

シュラスコの主役は肉ではなく、人なのかもしれません。家族や友人が集まり、焼き上がった肉を分け合い、キンキンに冷えたビールで乾杯しながら語り合う。その時間を何より大切にする姿勢こそ、私がブラジルで最も印象に残った文化の一つです。

7. ブラジルで得たもの

ブラジルでの生活と仕事を振り返ると、最初に掲げた「日本を押し付けない。けれど日本を忘れない。」という言葉の意味を、日々の経験の中で少し

ずつ学んでいったように思います。

ブラジルには、家族を大切にし、人とのつながりを重視し、困難な状況でも何とか道を見つけて前に進む力があります。一方で、日本には、品質・安全・約束・改善を大切にする強みがあります。どちらか一方が正しいのではなく、互いの良さを理解し、尊重しながら組み合わせていくことが、海外で仕事をするうえで最も大切だと感じました。

現地社員や仕入先に対しても、「やらせる」のではなく、「一緒にやる」ことを意識しました。一緒に現場を見て、一緒に考え、一緒に改善し、小さな成功体験を積み重ねる。その繰り返しで信頼関係につながり、結果として人も組織も少しずつ変わっていったように思います。

ブラジルは、日本から遠く離れた国ですが、私にとっては多くの学びと出会いを与えてくれた、忘れられない国となりました。ブラジルで学んだ「人を大切にする」「違いを受け入れる」「一緒にやり抜くこと」を、これからの仕事にも生かしていきたいと思っています。

著 者



中村 知之

オートモーティブコンポーネンツ
事業本部 製造部専任部長、設備
管理課, SA製造課, SA生産技術部,
KMB駐在を経て、現職。

随筆

インド駐在記

加 古 資 弥

1. はじめに

筆者は2022年11月から2025年12月までの約3年間、インド・タミルナドゥ州チェンナイに所在するKYB Motorcycle Suspension India Pvt. Ltd.（以下KMSI）へ駐在した。本稿では、駐在期間における業務および現地生活について振り返り、その経験から得られた知見について述べる。

チェンナイは南インドを代表する工業都市であり、自動車関連産業を中心に発展を続けている。赴任当初はコロナ禍からの回復期にありながらも街には活気があり、インド経済の成長を肌で感じる環境であった。

2. インドについて

インドは南アジアに位置する共和制国家であり、人口は14億人を超え、中国と並ぶ世界最大級の人口を抱える国である。国土面積も広大で、日本の約9倍に相当し、北部にはヒマラヤ山脈、南部にはインド洋が広がるなど、地理的にも多様な特徴を持っている。

インドは多民族・多言語国家であり、憲法で公認されている言語だけでも20以上存在する。ヒンディー語と英語が連邦政府の公用語として広く使用されているが、各州では地域固有の言語が日常的に使われている。宗教についてもヒンドゥー教を中心に、イスラム教、キリスト教、シク教、仏教などが共存しており、宗教や文化が人々の生活に深く根付いている。

経済面では、近年インドは高い成長率を維持しており、新興国の中でも存在感を増しているIT、製薬、製造、スタートアップの各業界が成長を牽引しており、特にIT業界では世界的な競争力を持つ企業も多い。一方で、地域や階層による経済格差も大きく、先進的な都市部と農村部では生活水準に大きな違いが見られる。

政治体制は連邦制を採用しており、各州が一定の自治権を持つ。そのため、法律や制度、商習慣、行政手続きなどが州ごとに異なる場合も多く、インド

を一つの国として一括りに理解することは難しい。この多様性こそがインドの特徴であり、同時に複雑さの要因ともなっている。

生活面では、家族や地域社会を重視する価値観が強く、人と人とのつながりが日常生活の基盤となっている。都市部では近代的な生活様式が広がる一方、伝統的な慣習や価値観も色濃く残っており、新旧が混在する独特の社会が形成されている。

このようにインドは、急速な経済成長と長い歴史に裏打ちされた文化的多様性を併せ持つ国である。単純なイメージでは捉えきれない複雑さとエネルギーを持ち、長期的な関わりを通じて理解が深まる国と言える。

インドを代表する観光地であるタージマハルとインドで購入したガネーシャ像を、写真1・写真2に示す。



写真1 タージマハル



写真2 現地で購入したガネーシャ像

3. チェンナイの紹介

チェンナイは、インド南部タミルナドゥ州の州都であり、同州最大の都市である。ベンガル湾に面した港湾都市で、インド全体でもムンバイ、デリー、コルカタなどと並ぶ主要都市の一つとして位置付けられている。都市圏の人口は1,000万人を超え、南インドにおける経済・産業・文化の中心地として重要な役割を担っている。

経済面では、チェンナイは自動車産業を中心とした製造業の集積地として知られ、「インドのデトロイト」と呼ばれることもある。完成車メーカーや多数の部品メーカーが進出しており、周辺には工業団地や物流拠点が広がっている。近年は製造業に加え、ITサービス、ソフトウェア開発、スタートアップ分野も成長しており、伝統的な工業都市から多様な産業を抱える都市へと変化を続けている。

気候は年間を通じて高温多湿で、特に4月から6月にかけては厳しい暑さが続く。一方で、季節による気温差は比較的小さく、10月から12月にかけてはモンスーンの影響による降雨が見られる。日本と大きく異なる気候環境は赴任者にとって負担となることもあるが、生活リズムを工夫することで次第に順応できるようになる。

文化的には、チェンナイはタミル文化の中心地であり、独自の言語であるタミル語が広く使用されている。タミル映画や伝統音楽、舞踊、文学などが人々の生活に深く根付いており、市内には歴史あるヒンドゥー寺院が数多く存在する。宗教行事や祝祭が日常生活の一部として受け入れられている点は、チェンナイの大きな特徴の一つである。

食文化も南インド特有の特色を持つ。米を主食とし、イドゥリやドーサ、ヴァダといった料理が日常的に食されている。比較的油分が少なく、発酵食品や豆類を多く用いる点が特徴で、日本人にも馴染みやすい料理も見られる。一方でスパイスの使い方は巧みで、地域ごとの味の違いを楽しむことができる。

都市としてのチェンナイは、急速な経済発展と深い伝統文化が共存している点に特徴がある。人々は家族や地域を大切にし、互いに助け合いながら生活している。こうした人間関係の近さは、長期滞在を通じて次第に理解が深まり、チェンナイの魅力として感じたことの1つである。

このようにチェンナイは、インド経済の成長を背景に発展を続ける一方で、歴史と文化を大切に守り続けている都市である。ビジネス都市としての側面と生活文化の奥深さを併せ持つ点が、チェンナイの最大の魅力と言える。

チェンナイの光景を写真3～9に示す。



写真3 インド最南端に位置する港町カニャクマリ



写真4 チェンナイ中心部にあるシーフード店



写真5 駐在期間中、手で食事をするのも随分上達した

4. 業務と組織の変化

駐在期間中、KMSIは大きな変化を遂げた。従業員数は赴任当初の約2倍となり、業績もインド市場の拡大とともに大きく成長した。

一方で、急速な組織拡大に伴い、人財育成や業務標準化といった課題も顕在化した。特に、業務プロセスや品質意識においては、日本との考え方の違いが見られ、意思疎通に苦勞する場面もあった。しか

し、現地スタッフは変化への適応力が高く、新しい取り組みに対して前向きに挑戦する姿勢を持っており、これらの課題は徐々に改善されていった。

こうした経験を通じて、単に日本のやり方を適用するのではなく、現地の特性を理解した上で最適な方法を模索する重要性を強く認識した。

5. 異文化理解と自己理解

インドで仕事を進める中で、最も難しかったのは異文化そのものではなく、自身が無意識に持っていた価値観や先入観であったと感じている。文化や慣習の違いは事前に学ぶことができるが、自分自身の思考の癖や固定概念に気づくことは容易ではない。その意味で、異文化理解以上に自己理解の重要性を強く認識した。

インドでは家族を非常に大切にする価値観が社会全体に根付いている。業務上の意思決定や行動の背景には、本人だけでなく家族の存在が影響している場合も多々あった。この点が理解できてからは、業務面に限らず、可能な範囲でプライベートな事情も含めて同僚の心情に寄り添うことを心掛けるようになった。「自分の家族だったら、どのように感じるだろうか」という視点を常に意識しながら行動していたように思う。



写真6 チェンナイ郊外での日常の風景（山羊）



写真7 チェンナイ郊外での日常の風景（牛）



写真8 インドのカラフルなお寺

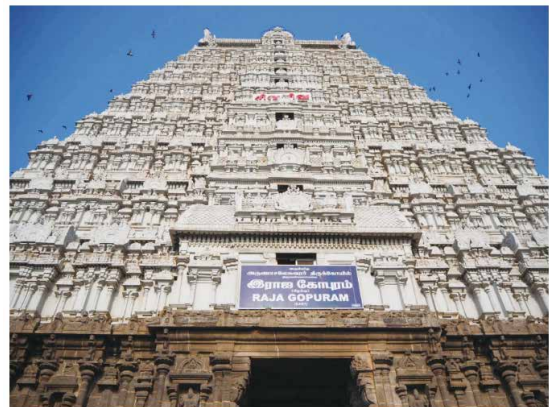


写真9 南インドのヒンドゥー寺院に見られる塔門

また、コミュニケーションにおいては、お互いの貢献を認め合う姿勢が重要であると感じた。一方的に指示を出すのではなく、なぜこの業務を行うのか、丁寧に相手に寄り添った説明をすることを意識した。

加えて、仕事において求める成果のレベル、すなわち期待値を事前に具体的に示すことも心掛けた。結果の基準が曖昧なままでは、評価の齟齬や無用な摩擦を生む。期待する水準を明確に共有することで、双方にとって建設的な関係を築くことができたと感じている。

6. 言語とコミュニケーションについて

インド駐在を通じて感じたことの一つは、必ずしも語学力がコミュニケーションの成否を決めるわけではないという点である。英語や現地語が完璧でなくても、自分の言葉で相手の目を見ながら、誠意を持って一生懸命に話せば、相手はきちんと話を聞いてくれる。語学はあくまで意思を伝えるためのツールであり、大切なのは流暢さそのものではなく、相手に伝えようとする姿勢であることを実感した。重

要なのは、何を伝えたいのか、どのような姿勢で相手と向き合っているのかである。言葉が拙くても、真摯な態度や本気度は相手に伝わる。

実際に、業務上の重要な場面においても、完璧な表現を求めるより、自身の考えや想いを率直に伝えることを重視してきた。その結果、相手との信頼関係が深まり、建設的な議論につながる場面が多かった。この経験から、異文化環境において求められるのは語学力だけではなく、人として相手に向き合う姿勢であると強く感じている。

7. 生活と現地コミュニティ

業務外では、現地コミュニティへの参加を通じて充実した生活を送ることができた。チェンナイマラソンクラブ（以下CMC）ではランニング活動を通じた交流を深め、フットサルサークルJFCC（以下JFCC）では日本人だけではなく、韓国人やイタリア人とも一緒にプレーする機会があった。JFCCではインド国内の都市対抗遠征にも参加し、各都市の文化や雰囲気に触れる貴重な機会となった。スポーツを通じた交流は言語の壁を越え、人との距離を縮める有効な手段であると実感した。

クラブ・サークルでの活動を写真10～14にて示す。



写真10 フットサルの練習風景



写真11 バンガロールで行われた都市別対抗戦



写真12 開始時間が早いインドのマラソン大会



写真13 完走賞のメダル



写真14 CMC恒例の卒印ドボン

8. インド各地での経験

駐在期間中には、タミルナドゥ州内に加え、コルカタ、デリー、アグラ、バラナシ、ムンバイ、コチ、ブダガヤ、ハイデラバード、ジョードプル、ジャイプールなど各地を訪問した。ローカル電車での移動では、日本とは異なる混雑環境や運行事情に直面したが、その中で柔軟に行動する現地の人々の姿は印象的であった。また、見知らぬ乗客同士が自然に助け合う様子が見られ、人との距離の近さを感じる場面も多かった。さらに、ガンジス川を訪れた際

には、宗教と生活が密接に結びつくインド社会の価値観を体感し、自身の考え方を見つめ直す契機となった。

インドで訪れた町の風景を写真15～18に示す。



写真15 ローカル鉄道での旅行



写真16 ガンジス川では部分浴を経験した



写真17 青い街ジョードプル



写真18 光の祭典ディワリにて賑わうジャイプール

9. 印象的な出来事

駐在生活の最後に、同僚が企画してくれた卒印旅行では、同じデザインのシャツを作成して着用し、バスを一台貸し切って長距離移動を行った(写真19)。車内では音楽やダンス、寸劇などが繰り広げられ、非常に楽しい時間であった。盛り上がるにつれて、英語ではなく現地語であるタミル語でのコミュニケーションとなっていく。自身は流暢に現地語を話せるわけではないが、日常生活を通じて基本的な会話のニュアンスは理解できるようになっていたため、車内の一体感を十分に感じることができた。

この旅行は、単なる送別行事にとどまらず、現地スタッフとの信頼関係を実感する象徴的な出来事であった。



写真19 卒印旅行を企画してくれたスタッフたち

10. 感謝

本駐在期間を共に支えてくれた駐在員に、心から感謝を伝えたい。異国の地で直面する課題や迷いを共有しながら、前向きに取り組むことができたのは、共に働いた駐在員の存在があったからにほかならない。

多忙な日々の合間を縫って、食事を共にしながらKMSIの将来や事業の方向性について語り合えた時間は、今振り返っても非常に印象深いものである。目の前の課題に追われる中でも、中長期的な視点で

熱い議論を重ねることができたことは、貴重な経験であった。

そして、そうした対話の中で描いた構想やアイデアを、一つずつ現実の形にしていけることができたことは、大きな喜びである。必ずしも全てが順調に進んだわけではないが、試行錯誤を重ねながら共に前進できたこと自体が、本駐在の意義であったと感じている。

本駐在を通じて得た経験と、人とのつながりは、自身にとってかけがえのない財産である。この場を借りて、共に汗を流し、同じ方向を向いて歩んだ全ての方々に、改めて感謝を申し上げたい。

11. おわりに

約3年間のインド駐在を通じて、急成長市場における業務経験と異文化環境での生活経験の双方を得ることができた。

特に、文化や価値観の違いを理解しながら協働していく難しさと重要性を実感したことは、大きな学びである。本経験で得た知見を今後の業務に活かし、引き続きグローバルな視点での価値創出に貢献していきたい。

著 者



加古 資弥

2015年入社。経理本部財務部。経理本部経理部。KMSI駐在を経て現職。

ブリードオフ回路

「省エネルギー油圧ショベルシステムの開発」(p. 14) に記載

小 島 正 成*

1 はじめに

油圧の基本回路は、圧力制御、速度制御、方向制御に分けることができる。

ブリードオフ回路は、アクチュエータの速度を制御するための代表的な速度制御回路の一つである。

1.1 圧力制御回路

アンロード回路、シーケンス回路、カウンタバランス回路など

1.2 速度制御回路

メータイン回路、メータアウト回路、ブリードオフ回路など

1.3 方向制御回路

シリンダ前進後進回路、モータ正逆転回路

2 ブリードオフ回路とは

ポンプから送られる油をブリードオフ絞りを通してタンクに逃がし、アクチュエータへ送る流量を調整することで速度制御を行う回路である。

主な速度制御回路を図1に示す。ブリードオフ回路の特徴は、負荷圧+流路圧損によってポンプ圧力が決まるため、メータイン回路やメータアウト回路と比べて余分な圧力損失が少ないことである。また流量調整弁が扱う油圧エネルギーが小さいことから、弁体を小形化できる。さらに流量調整弁を一箇所に集約でき、回路を簡素化しやすい。

一方、ブリードオフ絞りに流れる流量は負荷圧依

存のため、同一操作量(同じブリードオフ絞り面積)でも負荷変動によって速度が変化してしまう。また、複数アクチュエータが共通ポンプから供給される回路では、負荷圧変動で流量配分が変化するため、各アクチュエータ速度の制御は困難である。

そのため、複数アクチュエータを動作させる油圧ショベルなどの場合は、各アクチュエータ弁に可変ブリードオフ絞り(PTノッチ)^{注1)}を設けることで、速度制御性を確保している。

注1) ポンプ(P)ポートとタンク(T)ポートの開閉タイミングを調整するためのスプール開口部の切り欠きや溝。

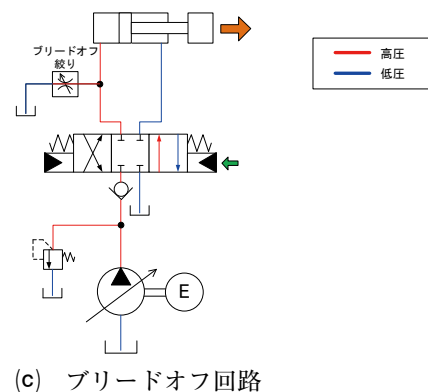
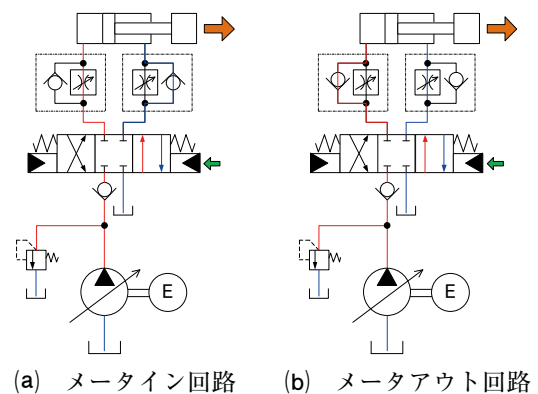


図1 速度制御回路

*ハイドロリックコンポーネンツ事業本部 油機事業部
技術統轄部 システム技術部

用語解説

TBMとCBM

「油状態診断システムの開発」(p. 29)に記載

ハイドロリックコンポーネンツ事業本部 油機事業部 技術統轄部
システム技術部 吉田 尚弘

1

TBMとは
(Time Based Maintenance : 時間基準保全)

設備の運転時間や経過期間など、あらかじめ定めた周期に基づいて点検や部品交換を実施する保全手法である。設備の状態にかかわらず定期的に保全を行うため、管理が容易で計画的な運用が可能であることから、多くの産業機械や設備において広く採用されている。

2

CBMとは
(Condition Based Maintenance : 状態基準保全)

設備や部品の状態をセンサや診断技術によって監視し、その状態に応じて最適なタイミングで保全を実施する手法である。振動、温度、圧力、潤滑油状態などの情報を利用して設備の健全性を把握し、必要なときに必要な保全を行うことを目的としている。

CBMを適用することで、突発故障のリスク低減、保全コストの低減、設備稼働率の向上が期待できる。近年ではIoT技術やクラウド技術の発展により、各種センサを用いたリアルタイム監視が容易となり、設備保全におけるCBMの重要性が高まっている。本報で紹介する油状態診断システムは、作動油の劣化や汚損状態を常時監視することで、油圧機器の状態基準保全を支援することを目的としている。

3

TBMからCBMへの変革

近年、設備の老朽化や保全要員の不足を背景に、設備状態に応じて保全を実施するCBMへの関心が高まっている。従来のTBMは管理が容易である一方、設備の実際の状態を反映できないため、過剰保全や予期せぬ故障につながる場合がある(図1)。

一方、CBMでは設備や作動油の状態を継続的に監視し、その状態に基づいて保全を実施するため、保全周期の最適化や設備稼働率の向上が期待できる(図2)。

近年はIoT技術や各種センサの発展により、運転中の設備状態をリアルタイムで把握することが可能となり、CBMの実用化が進展している。油圧機器分野においても、油状態センサを活用した状態監視技術は、CBMを実現する上で重要な要素となっている。

さらに、状態監視データを蓄積・解析することで、故障の予兆を予測し、故障発生前に保全を実施する予知保全(Predictive Maintenance)への展開も期待されている。TBMからCBMへの移行は、将来的な予知保全実現に向けた重要なステップである。

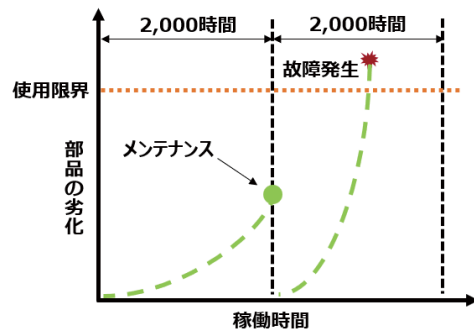


図1 TBM (時間基準保全)

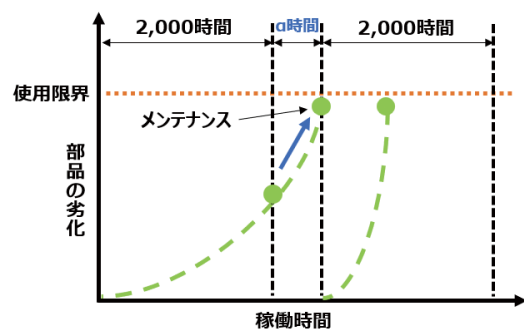


図2 CBM (状態基準保全)

編集後記

本号では、データ活用や電子制御技術など、デジタル技術に関する記事が数多く掲載されている。一方で、本誌は今も紙媒体として発行されている。検索やAI活用が当たり前になりつつある現在、デジタルの世界に載らない情報は見つけてもらうこと自体が難しくなっている。しかし、情報は載せれば伝わるというものでもない。技術やデータ、人や分野をどうつないでいくのか、その方法に正解はないが、悩みはまだまだ尽きそうにない。

(太田委員)

入社して早35年が過ぎた。まさに社会の失われた30年を会社で過ごしてきた。前中は出張を繰り返し1/3の時間を海外の工場立上とライン立上に費やした。国内でのその準備も入れたら2/3以上である。合間に日本で新規の生産技術開発や生産性向上、品質改善の為に奔走し、30年が過ぎていた。しかし、ここから日本再生へ技術革新の時。日本の、そして世界の発展と人類の幸福を目指して創造的で革新的なものづくりへ、若き技術者たちへ、技術立国日本再生へ30年を取り返し、さあ未来を目指して活気をもって社会の革新へ向かおう。

(野口委員)

AIの活用により、自ら経験していない事象についても有益なヒントを得られる時代となった。しかし、実際に手を動かし、現場で課題に向き合う中で培われる気付きや判断力は、経験を通じてこそ身に付くものである。特に、安全性や品質を支える技術者の責任は、時代が変わっても不変である。AIを有効に活用しながらも、現場での経験を大切に、技術者としての信念とバランス感覚を持って、新たな価値の創出に挑戦していきたい。

(塚田委員)

編集委員

◎伊藤 隆	技術本部先進技術研究所	神谷 悟弘	HC事業本部油機事業部
周防 士朗	技術本部知的財産部	杉村 宗弘	HC事業本部油機事業部
天野 玄規	経営企画本部経営企画部	米川 典秀	HC事業本部インフラ事業部
小倉 翔吾	生産本部生産技術研究所	吉村 光明	航空機器事業部技術部
塚田 広隆	電子開発本部電子技術部	石黒 久栄	特装車両事業部熊谷工場技術部
高橋 準司	電子開発本部電子技術部	松久 隆司	カヤバモーターサイクルサスペンション(株)
太田 康洋	AC事業本部四輪事業部	河野 義彦	(株)タカコユニット事業本部開発部
渡辺 浩司	AC事業本部四輪事業部	○小林 隆	技術本部技術企画部
野口 洋一	AC事業本部四輪事業部	○大林 義博	技術本部技術企画部
齊藤 靖	HC事業本部油機事業部		

◎編集委員長

○編集事務局

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

カヤバ技報 第73号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 2026年10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
(2023年10月1日より、正式社名に
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)