

AISIN

TECHNICAL REVIEW 2024

アイシン技報 vol.28

新たなイノベーションで未来を拓け
～感動と笑顔あふれる社会に～

特集

目 次

巻頭言	イノベーションを目指して 1 横山 尚久
特集 新たなイノベーションで未来を拓け ～感動と笑顔あふれる社会に～	人と自動運転システムとの共生の可能性を探る 3 岡田 美智男 YYSystemによる社会への貢献 8 中村 正樹 新出 佳弘 日下 喜与美 イノベーションセンター ～激動する価値意識への対応～ 12 西尾 泰明 外山 大輔 石田 俊彦 井上 慎介
トピックス	カーボンニュートラル街づくりに向けたエナジーソリューション 19 鵜飼 健司 エネルギー・環境領域の将来開発 ～イムラ・ジャパンの研究活動について～ ... 24 田内 比登志 地球も人も元気になる！品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場 27 馬淵 潤 鵜飼 伸介 竹之下 正志 横井 賢治 深見 尚男 兼氏 貴也 安田 正臣 浅井 秀之 稲熊 亮司
技術論文	ニューマチックリフレッシュシステム向けメカ式バルブの開発 31 増田 賢志 田中 新 野末 勝也 PSD用画像認識システム 35 水野 直希 木暮 孝典 梁井 慶一 小久保 嘉人 寺西 竜平 製品動作音の新検査法の開発 39 笠原 太郎 坂本 湧暉 宗戸 俊樹 高部 晃好 伊藤 秀浩 加熱粉碎と固体酸触媒によるバイオマスの糖化反応 43 高野 一史 神谷 斉 山本 泰三 上坊寺 亨 異種材接合技術 ～レーザによるアルミ・樹脂接合処理を中心に～ 47 山本 修也 セミアクティブサスペンションにおける翻訳機を応用した状態推定の検討 53 脇田 陸 山本 彰人 城 響一 前後輪独立制御が可能なオンデマンド型回生協調ブレーキシステム 59 渡邊 俊哉 増田 芳夫 鋳造ライン中子納め自動化技術の確立 63 甲斐 秀幸 小木曾 達彦 鬼柳 祐樹 三屋 駿人 内燃機関用ピストンスカートの低フリクション技術 －樹脂コーティングの技術動向－ 67 宮坂 弘樹
海外法人便り	アセアン市場動向とAIAPの取り組み ASEAN Market Trend and AIAP Activity 72 牧戸 共一 田中 一貴
受賞	社外受賞テーマ 一覧(2023年1月～12月) 77
社外発表論文・投稿	社外発表論文・投稿リスト(2023年1月～12月) 78

イノベーションを目指して

理事

縦山 尚久

Naohisa Momiyama



皆さん、イノベーションって何かご存じですか？答えは『新たな価値』を『広く社会実装する』ということです。意外と知られていないこの定義、なんとなくスゴイ技術を開発したときに使っていませんか？スゴイ技術開発だけでは、『新たな』に当てはまるぐらいで、『価値』がないこともあれば、『広く社会実装』しないこともあって、それでは全くイノベーションではないのです。実は『新たな価値』を『広く社会実装する』このイノベーションが、新製品開発などを担当するエンジニアの皆さんの目指すべきものなのです。是非この機会に少し理解を深めて頂ければと思います。

イノベーションは、技術と制度と社会文化の変化が相互に関係しあって達成すると言われています。分かり易い例をいくつか挙げると、VOLVOの3点式シートベルト。これは、大幅な安全性向上という『新たな価値』を、3点式シートベルトという革新的な技術開発によって達成し、シートベルト搭載・着用の義務化という法制度によって『広く社会実装』されたイノベーションでした。法律だから仕方ないと最初はいやいやシートベルトをしていましたが、慣れてくると付けていないと不安になるという、ヒトの習慣（社会文化）の変化にも至りました。

次にメルカリ、欲しいものを安く手軽に入手できる。不要になったものを誰でも比較的高く手軽に売却できるという『新たな価値』ですが、これは人々の中古品に対する受容という社会文化的変化とプラットフォームビジネスという『広く社会実装』するための技術によって成し得たものです。今後はサーキュラーエコノミーの観点から法制度も加わってくるかもしれません。

100年前のT型フォードは有名な事例です。これは高速移動という『新たな価値』を大量生産システムという技術革新によってコストダウン・社会実装し、結果として社会インフラをはじめ、人々のライフスタイルまで変容させました。話はそれますが、当時の調査では強い馬が欲しいというニーズしかなく、速く移動したいというニーズはありませんでした。つまり、いくら調査をしても、イノベーションのネタを創造するには限界があるということです。iPhoneも同様に有名です。アンケートに基づいて開発していたらあの様にはならなかったと言われています。つまり、皆がいいねと言ってくれるものは必ずしも正解ではないということです。このあたりがイノベーションの難しくも面白いところです。

技術・制度・社会文化の変化をうまく捉えて『新たな価値』を提供していくことでイノベーションに繋がる可能性があるということは、理解いただけたでしょうか。では、『新たな価値』はどのように創出するのでしょうか？価値創造の手法は色々提案されているので興味ある方は勉強して試して頂ければ良いと思いますが、巷の困りごと調査から考えたアイデア的な『新たな価値』ではアイシンらしくないと否定されがちです。また、色々な手法を試したところで簡単には答えは見つかりません。しかしながら、あくまでも経験上の話で、アイシンらしい『新たな価値』を提案できる手法は次の二つがそうかもしれません。一つ目は、

技術・制度・社会文化のうち、社会問題解決に向けた制度変化に対応するための新製品、eAxleやカーボンニュートラルのための新製品開発が最近の良い例です。二つ目は、技術の飛躍、特に自社の先端技術を使った新製品開発。こちらは好事例が少ないですが、技術の変化はイノベーションの大きなチャンスなのでしっかり探求していきたいところです。これら二つの手法は、既存企業が少ないブルーオーシャン領域での『新たな価値』の創出が比較的し易く（簡単ではありませんが）、自社技術に基づくアイシンらしいテーマの創出に繋がります。

次に『広く社会実装』するにはどうしたら良いのでしょうか？もちろんマーケティングといわれる以前からの手法もありますが、それに加え、近年では、欧米の先進企業は社会実装する仕掛け（ビジネスモデル）まで織り込んで市場投入してきます。そういった側面からも良いものを作れば売れる時代は終わったと言われています。その仕掛け作りのうち、ロールスロイスやGEの航空機エンジンのサブスクリプションやプラットフォームビジネスは有名なのでご存じの通りですが、ここでは特に理解して頂きたい知財のオープン＆クローズ戦略についてご紹介します。

知財のオープン＆クローズ戦略は、単にノウハウは秘匿化して、外観から判断できる発明は特許化するという古典的なものではありません。オープン化とは他社に自社技術の使用を許す（意図的に使用させる）ことです。標準化、無償実施許諾、ライセンスなどが含まれます。このオープン化により、エコシステムの形成・拡大を、自社だけでなく他社の力も使って進められるような仕掛けを作ります。一方クローズ化とは、秘匿化と特許の独占実施などを指します。クローズ化によりエコシステムの中での自社独占領域の確保を目指します。つまりオープン＆クローズ戦略とは、知財を活用したエコシステムの形成・拡大と自社利益の最大化を図る必勝の仕掛け作りということになります。iPhone、インテルのCPUなどが有名です。（詳しく知りたい方は調べてみてください）

如何でしょうか、『広く社会実装』するための仕掛け作りも知財戦略や技術開発が必要で、エンジニアの役割そのものですよね。イノベーションつまり『新たな価値』を『広く社会実装』することは皆さんエンジニアの役割であることが理解いただけたことと思います。勿論、『新たな価値』まで追求しない既存製品の品質改善や、商流の変更まで業務の対象にできないなど、そういった技術開発を担当されている皆さんについては、今回のご紹介は社会の大きなトレンドとしてご理解いただければよいと思いますが、アイシンでは『新たな価値』の開発までは行っていない、『広く社会実装』するための仕掛け作りまでは、なかなか出来ていないのが実情だと思います。競合がいつここまで仕掛けてくるか分かりません、仕掛けられたら負け戦は必至です。また、せっかく素晴らしい技術を開発したのに、小さなビジネスにしかならなかったら、あまりにももったいないですよね。開発競争はこうに、より複雑で難しいものとなってきましたが、皆さんと一緒にイノベーションを実現していきたいと思っています。創造力を豊かにして頑張ってください。

参考文献

『技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか』 妹尾堅一郎著 ダイアモンド社出版

『オープン＆クローズ戦略』 小川紘一著 株式会社翔泳社出版

『プラットフォーム・レボリューション』 GEOFFREY G. PARKER, MARSHALL W. VAN ALSTYNE, SANGEET PAUL CHOUDARY著 ダイアモンド社出版

人と自動運転システムとの共生の可能性を探る

岡田 美智男
Michio Okada

1. はじめに

猫の顔をした「配膳ロボット」をご存じだろうか。コロナ禍の影響もあってか、あるいは人手不足の解消のために導入されたのか、いまでは多くのファミリーレストランなどで普及しつつあるようだ。

拙い所作ながらも、トコトコとホールの中を動きまわり、お客さんのところに料理を届けようとする。ただし、ロボットの仕事はそこまでであり、肝心の配膳の仕事は、テーブル席にいるお客さんの手を借りてしまう。このちゃっかりした仕事ぶりはとてもかわいい。そうして、わずかに愛嬌をふりまくように、お皿などを回収しながら、またトコトコと厨房へと帰っていくのだ。

ここで興味深いのは、手を貸してあげたお客さんもどこか満足気なところだろう。お手伝いしてくれる子どもの様子を優しく見守るように、思わずロボットのふるまいに寄り添ってしまう。そうして、こうした思いやりがお店の中の雰囲気を変えつつあるようだ。

ホールの中でこのロボットはお客さんにぶつかることなく飄々と動きまわる。これを可能としているのは、ロボット側のカメラやセンサーの働きというより、お客さんの多くが先んじて道を譲ってくれるからだろう。

お客さんのところに料理を運んで、テーブルに配膳する。ぶつからないでホールの中を縦横に動きまわる。このシンプルなゴールを皆で共有しあい、お互いに得意なところを持ち寄り、貢献しあう。こうしたロボットとどこか心をつなぐことができたようで、とてもうれしい。いつのまにか、こうしたふれあいは一種のエンタテインメントになってしまうようだ。

もう一つ興味深いのは、このロボットの拙さや不完全さは、わたしたちから「人らしさ」を奪うのではなく、むしろ「人らしさ」や「強み」を呼び起こしてくれることだろう。まわりとの豊かな関係の中で、お互いの「弱さ」を補いつ

つ、それぞれの「強み」を引き出しあう。同時に、手助けする者の「自らの能力が十分に生かされ、生き生きとした幸せな状態」(=ウェルビーイング¹⁾)をアップさせているようなのである。

もし、これらの料理を完璧にテーブルまで配膳してくれるサービスロボットであつたらどうか。わたしたちはそこでロボットのマニピュレータの拙い所作をながめているだけで終わってしまう。何も手を出せずに、自らの腕の柔らかさや数多くの経験から習得してきたコツなども発揮できないままだ。

その意味で、完璧を目指そうとするサービスは、利便性は高くても、一方でわたしたちの主体性や様々な工夫を行う機会を奪ってしまうという側面もありそうだ。このことは完全無欠を目指す自動運転システムなどの研究開発の方向性とも無縁ではないだろう。

本稿では、筆者らの〈弱いロボット〉研究^{2),3),4)}を手がかりに、人(搭乗者)とロボット(あるいは自動運転システム)との共生の可能性について議論してみたい。

2. 〈弱いロボット〉はこうして生まれた！

もう20年以上も前のこと、愛知で開催された「愛・地球博」でのプロトタイプ展示に向けて、「自らではゴミを拾えないけれど、まわりの子どもたちの手助けを上手に引き出しながら、結果としてゴミを拾い集めてしまうような〈ゴミ箱ロボット〉はどうだろうか」と、NEDOのプロジェクトにプロポーザルを提出してみた。なかなかの自信作で、「これはいけるんじゃないか!」と期待していたけれど、残念ながら書類審査でボツになってしまったのだ。

「他の人の手を借りないとゴミを拾えないロボットなんて、ロボット技術としてはどうなのか…」、「もっと未来志向のロボット技術を提案して欲しい!」、当時、審査に当たったロボット研究者の多くはそんな意見だったのだら

う。いまから考えれば、致し方のないことなのだ。

この〈ゴミ箱ロボット〉のアイディアは、もともと乳幼児の備える「関係論的な行為方略」をヒントにしている。彼(彼女)らは養育者の腕の中に抱かれ、一人ではなにも出来ないような「か弱い存在」だろう。にもかかわらず、ちょっとぐずりながら必要なミルクを手に入れ、まわりの積極的な解釈も借りながら、思いのままに移動できてしまう。いつの間にか、家庭の中でも最も「強い存在」となっているのだ。これは乳幼児が未成熟なまま生まれ、そして生き延びていくための「社会的なスキル」の芽生えとも捉えられるだろう。あらためて考えれば、これまでのソーシャルなロボットにはまだ備わっていないスキルなのである。

そこで、ランドリーバスケットにモータとホイールをつけただけのシンプルな〈ゴミ箱ロボット〉を作り、子どもたちの遊んでいる広場で動かしてみた。すると、ちょっと風変わりなゴミ箱の姿に気づいた子どもたちが「なんだコイツは?」と集まってきて、取り囲みはじめた。あるとき、その気持ちを察したのか、一人の子どもが手に持っていた紙袋を投げ入れてあげると、それに合わせてロボットもペコリとお辞儀を返す。そんな仕草に気をよくしてか、まわりの子どもたちもめいめいにゴミを探してきてくれるようになり、格納スペースはゴミで一杯になってしまったのだ(図1)。

自らではゴミを拾えない、このちょっと頼りないロボットは、子どもたちとのかかわりの中で、「ゴミを拾い集める」という目的をしっかりと果たしてしまったわけである⁵⁾。



図1 〈ゴミ箱ロボット〉と子どもたちの様子

当初は、認知ロボットとしての「社会的なスキル」に着目していた。けれども、子どもたちは「ゴミ箱の手助けをするのも、まんざら悪い気はしない」というふうに、その表情も晴れやかであり、どこか満足そうにしている。このロボットの不完全さや拙さは、子どもたちの「強み」や工夫を引き出し、同時にウェルビーイングをアップさせていたのである。

リチャード・ライアンとエドワード・デシらの自己決定理論⁶⁾によれば、このウェルビーイングを支える要素として、「自律性」「有能感」「関係性」などの要素をあげてい

る。〈ゴミ箱ロボット〉に当てはめると、子どもたちはゴミを拾うことを強いられてはいない。ゴミを拾ってあげる(=能動態)でも、拾わされている(=受動態)でもなく、思わず手助けしてしまう(=中動態)のである。くわえて〈ゴミ箱ロボット〉の手助けになれたことや、みんなできれいにできたことによる達成感や有能感もある。そして「わたし(I)」と「あなた(You)」との関係を越えて、ロボットや子どもたちが一緒に「わたしたち(We)」として、心をつなげながら貢献しあえたことの喜びもあるのだろう(=関係性やつながり感)。

わたしたちは、だれかに一方的に手伝ってもらった時だけでなく、だれかの手助けとなれたり、一緒に何かを成し遂げることができた時もうれしく感じ、そこで幸福感を覚えるのである。

こうした観点に着目しながら、筆者らの研究室(ICD-LAB)では、「他者の手助けを上手に引き出しながら目的を達成してしまう」、ちょっと他力本願なところのある〈弱いロボット〉の構築を進めてきた⁶⁾。上記の〈ゴミ箱ロボット〉にくわえ、街角にたたずみ、そこを行き交う人にモジモジしながらティッシュをくばろうとする〈アイ・ボーンズ〉(図2)、おぼつかなく部屋の中をさまよって歩くだけの〈ペラット〉、そして一緒に手をつないで歩く〈マコのと〉など、いずれもどこか不完全でちょっと手の掛かるロボットたちである。



図2 ティッシュをくばろうとする〈アイ・ボーンズ〉

社会的な相互行為の場面でも、「ティッシュを差し出そうにも、相手が受け取ってくれなければ、ティッシュを手渡すことにならない」など、その背後に脆弱性(vulnerability)を備えている。相手に話しかけるような場面でも同様で、言い直しや言い淀みのある発話は、むしろ聞き手の手助けを引き出しやすいこともある。そうした観点から、相手の目を気にしながらオドオドと話しかけようとする〈トーキング・アリー〉、言葉足らずな発話で今日のニュースを懸命に語り聞かせようとする〈む〜〉、そして子どもたちに昔話を語って聞かせようとするも、時々、大切な言葉を物忘れしてしまう〈トーキング・ボーンズ〉(図3)などの構築も進めてきた。



図3 ときどき物忘れをする〈トーキング・ボーンズ〉

ロボットなどの研究開発では、その能力や機能をアピールしがちだけれども、むしろロボットの弱さや不完全さを隠すことなく、まわりにさらけ出してみる。すると、そこにわたしたちが手助けする余地や余白が生まれ、一緒に補いあつて目的を果たすことができる。同時に、手伝った方もなんとなくうれしくなるような「持ちつ持たれつの関係」を生み出すのである。

3. 素朴な「道具」から自律性を備えた「他者」へ

あらためて考えれば、こうした持ちつ持たれつの関係は、上記の〈弱いロボット〉たちとのかかわりに限られない。これまで重宝されてきたハサミなどの素朴な道具とのかかわりもなかなか興味深いものだろう。

ハサミは、紙を切りぎむ、糸や紐を断つときなど、その硬い鋼により、わたしたちの手の柔らかさ(=弱さ)を補ってくれる。わたしたちの手にある「弱さ」は、ハサミの手助けを必要とし、同時にハサミに内在する「強み」を引き出している。一方のハサミはどうか。机の上に置かれたままでは、本来の役割を發揮できない。わたしたちの手の中であつて、はじめて本来の能力や機能が發揮されるのである。

その意味で、ハサミの「弱さ」を、わたしたちの自在に動く手が補っている。このとき、わたしたちの手の柔らかさは「強み」となっていることに注意したい。ハサミの「弱さ」は、手に備わる「弱さ」を「強み」に変えて引き出してくれる。

このように道具は、使い手との間で、お互いの「弱さ」を補い合いながら、その「強み」を引き出しあつていたわけである。

このような関係は、クルマとドライバとの関係にも当てはまるだろう。これまでクルマは、ドライバの身体の拡張としてあつて、その主体性を損ねることなく、身体能力を拡大してくれた。同時に、ドライバの経験や強みを上手に引き出してきていたのである。

また、先ほどの議論に当てはめるなら、クルマを思うがまま自在に操れること(=自律性の担保)は、わたしたちにとって大きな喜びにつながっている。そして、自らの身体

の拡張感や身体能力の拡大に伴う有能感や達成感、くわえてクルマとの一体感や街と一つのシステムを作り上げる感じ(=関係性やつながり感)などが、「自らの能力が十分に生かされ、生き生きとした幸せな状態」(=ウェルビーイング)をアップさせていたようだ。クルマを操作するときのワクワク感というのは、そうしたところから生まれていたのだろう。

それでは自動運転システムに切り替わった場合は、どのように感じるのだろうか。クルマを自在に操る感覚(=自律性)、運転操作の熟練に伴う達成感や有能感などは得られにくく、これまであつたクルマとの一体感(=関係性)も期待できないだろう。利便性追求の陰で、ウェルビーイングを志向する観点からは、すこし後戻りをしているようなのである。

もう一つの課題は、自動運転システムと搭乗者との関係性のあり方だろう。ここからは「自動運転モードだよ!」とその切替ボタンを押した途端に、これまで「運転主体」としてあつたドライバの身体から幽体離脱したような、もう一つの身体が「もう一人の運転主体」として、クルマを勝手に操作しはじめる。それはもはや「道具」ではなく、自律性や身体性を備えた「他者」という存在に近い。しかも、「いま、このシステムはなにを考えているのか」、「次にどんなことをしようとしているのか」、その気持ちはなかなか伝わってこない(=透明性の欠如)、「どうして、そのような判断をしたのか、どうしてこのような行動を取っているのか」をシステム自身でも説明できない(=説明可能性の欠如)、さらに、その判断プロセスにドライバが外から関与する手段にも乏しい(=制御可能性の欠如)。

こうした素性のわからない「もう一人の運転主体」にハンドルを預けるのは、やはりドキドキしてしまうことだろう⁷⁾。

4. 〈対峙しあう関係〉から〈並ぶ関係〉へ

この2つの「運転主体」がクルマの中で併存する事態をどのように捉えたらいいだろう。ここでは筆者らの〈弱いロボット〉の一つである、一緒に手をつないで歩く〈マコノテ〉(図4)の研究を手がかりに考えてみたい。ここで着目するのは、「対峙しあう関係」(face-to-face interaction)ではなく、「並ぶ関係」でのかかわり(side-by-side interaction)である³⁾。

例えば、子どもと一緒に手をつなぎながら、公園の中を散歩するような場面を考えてみよう。なにか目的があるわけでもなく、ただなんとなく歩いていると、お互いの歩調も次第に合ってきて、どちらに進もうとするのか、どんなスピードで歩けばいいのか、そこに言葉はないけれど、相手の気持ちはなんとなく伝わってくる。こちらの気持ちも少しは伝わっているように感じる。そうした疎通し

あった感覚を人とロボットとの間でも作り出せないかというわけである。



図4 手をつないで一緒に歩く〈マコて〉

「たぶん、相手はこの状況にあつて、このような行動選択をするのではないか」ということを自らの身体(=行為方略)を参照しながら推し量ろうとする。そこにずれを見いだすたびに、自らの行為方略を修正していく(=相手に対する適応)。これは発達心理学などで「なり込み」と呼ばれる⁸⁾もので、「目の前の対象のふるまいに自らの身体を重ねながらなぞる」、あるいは「相手の志向性を自らの身体に住まわせる」とも表現される。

人とロボットとが双方で「なり込みあう」と、自分と相手との行動パターンが近づいてきて、どちらがオリジナルなものなのかかわからない。この自他非分離な状態は、認知科学では「we-mode」⁹⁾と呼ばれるもので、「わたし(I)」と「あなた(You)」との関係ではなく、「わたしたち(We)」としてゴールを共有しあい、貢献しあうことで生まれる、高度に疎通しあった関係といえるだろう。

ただし、人とロボットとが一緒に歩くような場面では、すこし事情は異なるようだ。お互いは同様な身体を備えているわけではないし、お互いの聴覚や視覚から見ている世界そのもの(=環世界)も異なるのだ。しかし完全な自他非分離な関係には近づけないものの、ディープラーニングや強化学習における学習モードでは、相手の身体経験(=行為-知覚循環)をなぞろうとするものであり、歩行スピードや進行方向など一部の身体レベルでの相互適応は十分に可能に思われるのである。

また、視覚障がい者などのマラソン競技である「ブラインドマラソン」では、障がい者ランナーと伴走者との間をつないでいる「ひも」がとても大切な役割を果たすのだという。相手を導こうとしっかり手を握ってあげれば、安全に走れるのかもしれない。ところがそうした配慮は相手の主体性をも奪ってしまう。一方的に誘うのでも、誘われるでもない、そんな「ゆるさ」も大切な要素となるようだ。

以上の議論をそのまま「自動運転システム」と搭乗者との関係に当てはめるのは、あまりに乱暴だろうか。そこで筆者らは、屋内で子どもを乗せて動きまわる、自律性、社会性そして操作性をあわせ持つパーソナルビークル(Sociable Vehicle -RunRu)(図5)の構築を進めてきた。HRI(Human-Robot Interaction)研究の立場から、「ソーシャルなロボットとしてのパーソナルビークル」を考えようというわけである。

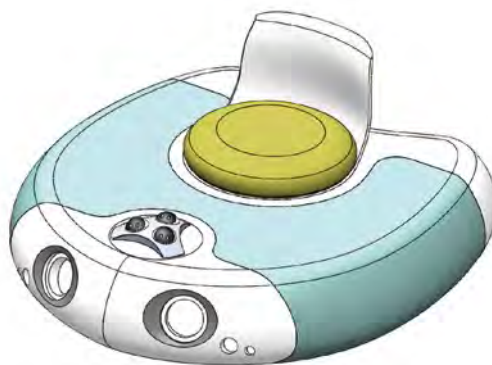


図5 パーソナルビークル〈RunRu〉のイメージ図

これを実現するにあたり、いくつかのポイントを整理することができる。

その一つは〈RunRu〉における自律性や志向性を伴った「生き物らしさ」である。相手のふるまいに自分の身体を重ねようとする「なり込み」や「志向的な構え(intentional stance)」などを搭乗者から引き出す上では、高度に自律した「機械」ではなく、むしろ、そのふるまいに「生き物らしさ」を備えることが必須なのである。

もう一つ、社会的相互行為論によれば、人と人との間で共同行為を生み出すポイントは、「お互いの内部状態を他者からも参照可能のように、社会的に表示しあうこと」である。先に述べたように、自動運転システムにハンドルを預けようとするときドキドキしてしまうのは、「そのシステムはいま何を考えているのか、次にどんなことをしようとしているのか」など、その社会的表示(social displaying)がまだ不十分なためだろう。〈RunRu〉では、内部状態の社会的表示を行うためのソーシャルインタフェース〈NAMIDA〉(図6)を備えている。急に減速するのでも、方向転換するのでも、先んじて歩行者や赤信号などに注意を向けるなどのふるまいがあると、その行動に備えたり、その動作の意図や意味が搭乗者にもしっかり伝わり、安心できるのである。



図6 社会的表示を行うソーシャルインタフェース
〈NAMIDA〉のイメージ

それと、お互いにゆるやかに制約しあう関係も大切な要素となるだろう。ハンドルをシステム側に預けるだけでは、システムの独りよがりな判断に振り回され、かつ搭乗者はただの「荷物」となってしまう。人側の主体性や創造性が奪われてしまうのである。一方で、搭乗者が一方的にハンドルを握っていたのでは、ただのマニュアル車であり、クルマ側の自律性を奪ってしまう。

ブラインドマラソンにおける「ひも」は、相手を上手に制約(=エスコート)しつつも、その主体性や創造性を奪わない配慮がなされている。同様に、システムに対しても過制御(over-specification)とならないよう、不完全指定(under-specification)の枠組みが必要なのだろう。

こうした理由から〈RunRu〉では、システム側の自律的な動作を包摂する形で、搭乗者の意志が反映できるように、いわゆる包摂アーキテクチャの枠組みを導入している。これが最適な手法なのかは、さらなる検証が必要だろう。

5. おわりに

自律ロボットや自動運転システムの研究開発では、その機能や能力の「隙間」を埋めようと不断的な努力がなされている。しかし「障がいの個体(医学)モデル」に対して、「障がいの社会モデル」がある¹⁰⁾ように、猫型の配膳ロボットの例にある、自らの弱さや不完全さをまわりの手を借りて解決してしまおうとの関係論的な行為方略も捨てがたい。そこで本稿の前半では、筆者らの提案してきた〈弱いロボット〉の考え方について紹介した。また、後半では人と自動運転システムとの共生の可能性について述べてみた。

自動運転システムの実現や普及は、高齢者や障がい者などの多くのユーザにとって福音となるものだろう。ただ、これまでの利便性・合理性一辺倒の価値観や研究開発の流れもそろそろ曲がり角にあるようだ。

利便性を享受しつつも、お互いの主体性を奪わない程度のかかわりをどう維持するのか。その中で、わたしたちのウェルビーイングをどう生み出していくのか。自動運

転システムや最近の生成AIの台頭にあわせて、あらためて考え直してみたいテーマなのである。

謝辞

本研究の一部は、科研費(基盤研究(B)22H03677)「自律性と操作性をあわせ持つパーソナルビークルの構築とその療育支援への応用」およびJST社会技術研究開発事業「科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題(ELSI)への包括的実践研究開発プログラム」により行われています。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) ラファエル・ガルヴォ, ドリアン・ピーターズ(渡邊淳司, ドミニク・チェン監訳)(BNN新社): ウェルビーイングの設計論 人がよりよく生きるための情報技術, 2017
- 2) 岡田美智男(医学書院): 弱いロボット, 2012
- 3) 岡田美智男(講談社): 〈弱いロボット〉の思考 わたし・身体・コミュニケーション, 2017
- 4) 岡田美智男(東京大学出版会): ロボット 共生に向けたインタラクション, 2022
- 5) 三宅泰亮, 他(人工知能学会論文誌): Sociable Trash Box: 子どもたちはゴミ箱ロボットとどのように関わるのか フィールドにおける調査結果とその考察, 28(2), 197-209, 2013
- 6) 豊橋技術科学大学 インタラクションデザイン研究室: <https://www.icd.cs.tut.ac.jp/index.php/projects/>
- 7) 「モビリティと人の未来」編集部編(平凡社): モビリティと人の未来 - 自動運転は人を幸せにするか, 110-123, 2019
- 8) 鯨岡峻(ミネルヴァ書房): 原初的コミュニケーションの諸相, 1997
- 9) Mattia Gallotti, Chris D. Frith (Trends in Cognitive Sciences): Social cognition in the we-mode, 17(4), 160-165, 2013
- 10) 嶺重慎, 他編(岩波書店): 知のスイッチ 「障害」からはじまるリベラルアーツ, 2019

筆者



岡田 美智男

豊橋技術科学大学
情報・知能工学系

【略歴】

1987年東北大学大学院工学研究科博士後期課程修了。NTT基礎研究所情報科学研究部、国際電気通信技術研究所(ATR)などを経て、2006年より現職。

コミュニケーションの認知科学、ヒューマン・ロボットインタラクション、社会的ロボットなどの教育・研究に従事。

YYSystemによる社会への貢献

中村 正樹
Masaki Nakamura

日下 喜与美
Kiyomi Kusaka

新出 佳弘
Shinde Yoshihiro



概要

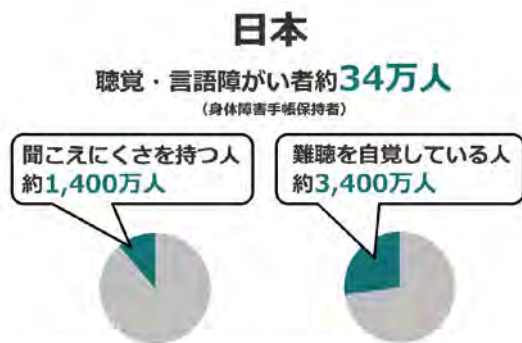
YYSystemは、発話や環境音を可視化することができる意思疎通支援システムである。ユーザーと共に創るインクルーシブデザインを実践し、聴覚障がい者や高齢者・外国人の方々に必要とされるツールを目指し開発運用をしている。

1. はじめに

本システムは音声認識技術を活用した意思疎通支援システムである。開発のきっかけは、株式会社アイシンの研究所（株式会社エクス・リサーチ）で研究開発を進めていた音声認識技術とコロナによってコミュニケーションが困難になった社内の聴覚障がい者が出会い、困りごとを解消するために始まった、アイシンの社内プロジェクトである。

2. 取り巻く環境について

日本には、聴覚・言語障がいを持つ方は34万人いると言われている。高齢化が進む日本では、聴覚障がいを持つ方は今後も増えていくと予想されており、大きな社会課題になりつつある。また世界では、2050年には4人に1人の方が聴覚障がいになると言われている。



出典) 平成30年度厚生労働省「平成28年生活のしづかさに関する調査結果」
出典) JapanTrek2018日本聴覚障害者協会 出典) 平成28年度聴覚障害者「手帳付付CH調査報告」

法整備が進む

- ・企業の障害者法定雇用率UP(～2.7%：2026年度)
- ・障害者情報アクセシビリティ・コミュニケーション施策推進法)
- ・障害者差別解消法の改正(民間事業者の合理的配慮の義務化)

世界

聴覚障がい者数**4.66億人**



図1 日本と世界の聴覚障がい者の数

3. YYSystemの特徴について

聴覚障がい者の方々の生活の質を向上するためにYYSystemでは「話し言葉」はもちろん「拍手」や「笑い声」、「サイレンの音」などの聴覚障がい者が知りたい周囲の環境音も可視化できる独自技術を開発した。

YYSystemの特徴の1つ目が高い音声認識性能である。工場のような騒音の多い場所でも円滑にコミュニケーションが取れるように、独自のVAD処理や言語処理技術を開発した。

2つ目が環境音を「オノマトペ」にする機能である。この機能によって聴覚障がい者の方が声・言葉だけでなく周囲の音を視覚情報として見るできるようになった。

3つ目がユーザーが必要としている機能をユーザーと共に作っている点である。例えば、アプリケーションの

「言葉」に加えて「音の雰囲気」も可視化して伝えます（コア技術）

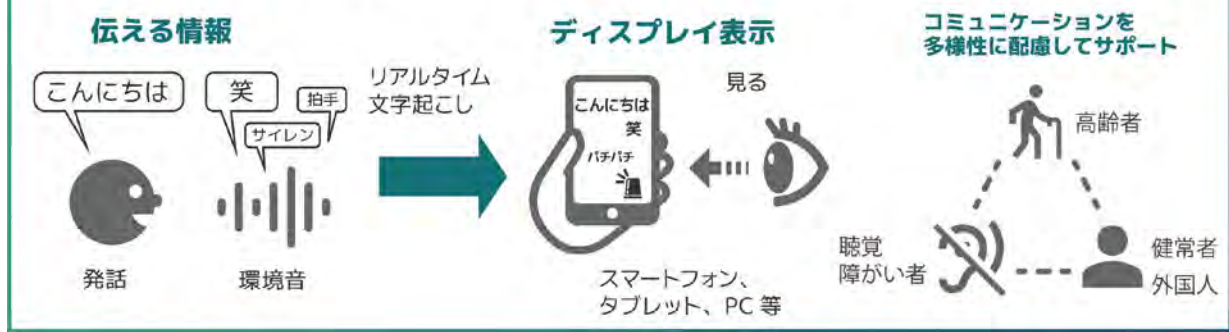


図2 YYSystemの特徴①

①高い音声認識性能

高い認識精度のリアルタイム文字起こしを実現。ノイズ対策やユーザー辞書機能などで円滑なコミュニケーションを実現

②環境音をオノマトペ表示

拍手や笑い声などを認識し、オノマトペにして表示することで場の雰囲気や環境の理解を促進

③ユーザーが必要とする機能の追求

実ユーザーとの共創で開発した画面デザインで、わかりやすく、使ってみて、使い続けたいアプリを実現



図3 YYSystemの特徴②



図4 YYSystemの特徴③

画面を簡単に2分割し、対面で画面を確認できる機能を搭載した。この機能もユーザーからのリクエストによって追加した機能である。

そして、それらの技術を手軽にいつでもどこでも使えるようにするため、スマートフォンアプリとしてリリースし、聴覚障がい者の1日の生活を支援できるように、仕事や私生活などで使える様々なアプリケーションシリーズを開発した。

仕事で利用するアプリは、企業内部で利用していただけるように、高いセキュリティ機能を搭載した。また、日常生活で利用するアプリは、簡単で手軽にすぐ使えるよう操作性やUIもユーザーの声を反映しながら開発を進めた。

そういった取り組みがユーザーに評価され、52万ダウンロード(2023年12月時点)を突破するアプリケーションシリーズになった。

4. だれ一人取り残されない社会への貢献

今後AIの進化やDXにより、デジタル化社会が急速に進むと予想されている。そういった社会の変化のタイミングで、障がいのある方が取り残されてしまわない取り組みが必要である。

我々の取り組みは、誰もが平等に情報へアクセスし、情報を発信できるようなコミュニケーション支援につながっていくと考えている。

聴覚障がい当事者がYYSystemを利用した声として、例えば「同僚の方と同じペースで話ができるようになった」「一人で病院へ行くことができるようになった」などの声が上がっており、コミュニケーションのハードルを下げることに貢献できていると思っている。そしてそれをきっかけに、障がいを持つ当事者がポジティブな言動になっていくのを実感している。

5. 共創手法について

YYSystemは、実際にアプリを利用する聴覚障がい当事者の方の声を最優先に反映しながら機能やデザインを創造していく「インクルーシブデザイン」を実践している。

共創を実施する上で大切なことは、「1度や2度のアンケートを実施する」といったことでなく、ユーザーと継続的に会話し信頼関係を構築して本音で意見交換できる状態を作ることである。

YYSystemでは、SNSを積極活用しユーザーコミュニティを形成している。また、開発者など内部の人を知ってもらうことも重要と考え、リアルな場面でユーザーと積極的に交流することを実践し続けている。

その結果、聴覚障がい当事者が当システムを認めファンになっていただくことが多くなった。我々が自治体や企業様に直接営業することではなく当事者の皆さまがYYSystemを自身が所属する企業や自治体に紹介し、そこから我々に問合せをいただく流れになっている。

当事者が、本当に必要と思ったものが企業や自治体に広がっていく。これがYYSystemが考えるインクルーシブデザインの実践と捉えている。

当事者最優先でシステムを提供するために

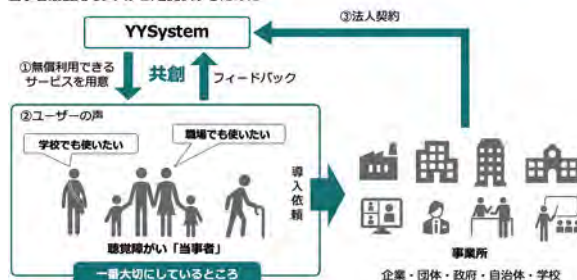


図5 共創手法

6. 今後の発展

YYSystemは世界各国の言語認識やChatGPT、画像生成AIなどの最新技術も取り入れた応用機能を開発している。文字情報によるコミュニケーション支援を発展させ、図形や画像、雰囲気、音楽などでコミュニケーションをとる技術の開発を進めている。そういった技術は、教育の場やスポーツ、芸術分野への展開が期待されている。

また、2025年に東京で開催される聴覚障がい者のオリンピックであるデフリンピックの技術としてもYYSystemの採用が決まっており、現在開発を進めている。

今後もYYSystemは当事者の方々との交流を通じて、より良い社会の実現に向け進化していきたいと思っている。

7. おわりに

2021年3月に社内で就業する聴覚障がい当事者への導入を開始し、対象者全員への配布を終えた。導入に至るまでの紆余曲折は関係者の皆さまの想いや熱意で乗り越えることができた。導入後は、YYSystemを使用する方々の理解や意識が非常に重要であることを再認識しており、その気づきがYYSystemの更なる進化に繋がっている。

この度、当執筆にあたり、グッドデザイン賞のプレゼン資料や情報等を参考にしている。関係者の皆さまの日々のご尽力と、それを応援し共創してくださる障がい当事者の皆さまに心より感謝申し上げ、今後も真摯にユーザーの皆さまのご意見を反映し続けていきたいと考えている。

今後とも、YYSystemを応援していただきたい。

筆 者



中村 正樹

先進開発部
YYSystem事業化プロジェクトリー
ダーに従事



新出 佳弘

デザイン部
デザイン戦略企画グループ
ブランディング、新規事業に従事



日下 喜与美

シェアリングソリューション部
YYSystem事業化に従事

イノベーションセンター ～激動する価値意識への対応～

西尾 泰明

Yasuaki Nishio

石田 俊彦

Toshihiko Ishida

外山 大輔

Daisuke Toyama

井上 慎介

Shinsuke Inoue



概要

設立から8年、「大変革の時代」の真ただ中、変化が加速度的な世の中の価値意識やライフスタイルへ対応すべく、スピード&アジャイルに新ビジネス創出を推進しているイノベーションセンターの取り組みを紹介する。

1. はじめに

生成AIやブロックチェーンなど技術革新がすさまじい勢いで進むなか、自動車業界においても、カーボンニュートラルなどの環境対応を背景に急速な電動化シフトへ時流は変化した。「100年に一度の大変革期」の真ただ中にある現在、我々も従来のサプライヤービジネスを続けていては淘汰されるのではないかと危機感を感じ、アイシンの未来の柱となる新しいビジネスを創出すべく、2015年1月、イノベーションセンターが設立され、8年が経過したところである。

これまでに、オンデマンド乗り合い送迎サービス『チョイソコ』、フードデリバリープラットフォーム『飯クルー』、微細水発生技術活用ビジネス『AIR(アイル)』を事業化し、また次の事業創出に向け、新規ビジネス企画を次々に立案実証するサイクルをスピーディーに回している。

1.1 センターの目指す姿

アイシングループの2030年ビジョン“感動と笑顔にあふれる社会を実現するソリューションカンパニー”実現に向け、イノベーションセンターでは、これまでのやり方(スピード、ビジネス、保有コンピタンス等)を大きく変えた確実なビジネス化・新企画弾込め加速を推進している。そして、誰もが豊かで活力ある持続可能なくらしを実現するため、3つの分野『移動に関するサービスビジネスの創出』、『ヘルスケア・ウェルビーイングを実現するビジネス創出』、『エネルギー分野での新たなビジネス創出』を軸とし、社会課題に対応した新たなビジネスの創出を目指している。

イノベーションセンターの使命は、アイシングループ

の「コア技術」と「ビジネスアイデア」を基に新たな価値を創出し、新規事業を立ち上げることである。新規事業プロセスを構築し、アイシン既存事業以外の新領域市場にむけた新規テーマの企画とテーマの事業化にむけた活動を進めている。

活動において重要なのは、早期に有償実証段階に移行することである。実際にお金をいただくことで、お客様の目も厳しくなり、新たな課題が抽出され、より事業化の姿が明確になる。そのため、メンバー自らが率先して現場に入り、スピーディーに活動している。

2023年12月現在、新規テーマの企画・創出の“種まきフェーズ”を主業務とする新規ビジネス企画室、及び拡大可能性のあるテーマを事業化していく“水やりフェーズ”として検討を進めるビジネス化推進室とAIRビジネス推進室の活動について以下に具体的な活動例を紹介する。

2. AIR(アイル)の新たな取り組みについて

2.1 AIRとは、そして新たな事業への展開

AIRは独自に開発したナノ構造特殊膜に空気中の水蒸気を吸収させることで生成、加熱することで放出される超微細水粒子であり、髪や肌の深層まで届き留まるといったヒトとの親和性が高い特性を生かして、理容(Hydraid/ハイドレイド 図1)・美容(WINDSCCELL/ウィンセル 図2)分野で商品展開を進めている。

AIRはスチームの約 1/600、ウルトラファインバブルや帯電微粒子イオンよりも小さい約 1.4nm(ナノメートル)の目に見えない大きさであることが一番の特徴だ

が、科学的検証を進める中で、電荷を帯びていない、極性を持たない、構造が安定しているなど、新たな特性が明らかになってきていることから、医療・バイオ・農業・食品・工業など、生活の様々な場面で活用できる可能性を秘めている。

今回は、ヒト以外に初めて適応した事例として、発酵への応用について紹介する。



図1 Hydraid/ハイドレイド



図2 WINDSCCELL/ウィンセル

2.2 日本茶業界の課題解決と『後発酵茶』への適応

2020年度から静岡大学農学部一家崇志准教授と共同研究に着手した。農業やバイオへの適応可能性を模索する中で、静岡県焼津市に拠点を構え、お茶の品評会では農林水産大臣賞を受賞するなど、日本トップクラスの品質でお茶を加工できる技術を有する長峰製茶株式会社（以下、長峰製茶）と交流の機会を得た。

日本茶業は、手軽に飲めるペットボトル茶の普及が進む一方、リーフ茶（茶葉から淹れる緑茶）の消費が減少し、茶の取引価格が低迷している状況に後継者不足も重なり、耕作放棄地が増えるなど厳しい環境に置かれている。

そこで、長峰製茶では、本来身体の諸機能に効能を持つ飲み物であるというお茶の原点に立ち返り『後発酵茶（こうはっこうちゃ）』に着目した商品開発を進めてい

る。発酵茶（紅茶）や半発酵茶（烏龍茶など）が、茶葉自体に含まれる酸化酵素によって発酵させるのに対し、プーアル茶に代表される後発酵茶は茶葉が持つ酵素の働きを熱によって止め、微生物の力で茶葉を発酵させてつくるものである。長峰製茶では、天然の乳酸菌を発酵させ、さわやかな酸味と柑橘系の香りが特徴で、ポリフェノールを豊富に含むノンアルコールで健康的なスパークリングティーとして販売している（図3）。

今回、乳酸菌を発酵させる過程にAIRを適応（図4）した結果、糖度や酸度の向上（図5）と、クリアな味と見た目を今までにないレベルで実現できる可能性が見えてきた。作用機序の明確化が今後の課題だが、AIRが茶葉の細部に浸透できることで、効率的な反応を促し、本来茶葉が持つポテンシャルを最大限発揮させていると考えており、安定した品質・生産性の確保にも繋がることも期待してAIR付与の最適条件探索を進めている。



図3(左) スパークリングティー長峰製茶
図4(右) AIR照射し乳酸菌の発酵促進する様子



図5 AIR照射有無による糖度・酸度の変化

2.3 今後の取り組み

2023年9月に『Makuakeミライマルシェ』に出展し（図6）、試作品による試飲会を実施したところ、味や見た目に加え、髪や肌に使用している技術がお茶に使われているという意外性にも注目が集まり好評価を得たことから、2024年3月にクラウドファンディングを実施し、ビジネスモデルの成立性を含め市場検証を実施する予定

である。



図6 試飲会の様子

効果と安全性の市場認知を得るため理容・美容分野からスタートしたAIRだが、今回の取り組みを応用した日本酒や味噌、しょうゆなど発酵食品への活用に加え、野菜の鮮度保持や魚介類への味の浸透促進といった食品への応用、発芽や育苗の促進といった農業への応用など、様々な可能性があると考えており、誰もがその恩恵を享受できる世界を目指して、水の無限の可能性を追求していきたい。

3. 市場を変える小型無冷媒NMRの市販化活動

3.1 NMRとは

NMRとはNuclear Magnetic Resonance-unit (核磁気共鳴装置)の略で、特定の原子核が持つ固有の磁性を利用して、有機化合物の分子構造や同一性・濃度・挙動を明らかにする分析手法で威力を発揮する装置であり、化学応用技術を支えている。(図7)



図7 NMRを活用した化学応用分野

3.2 NMRの種類について

現在のNMRは大きく分けると2種類あり、「永久磁石」を使用した小型NMRと「液体ヘリウム、液体窒素」を使用した高精度な大型NMRに分類できる。(表1)

小型NMRは永久磁石を使用し比較的小さいが故に隔離された専用の部屋を必要とせず、メンテナンスが簡便である一方、共鳴周波数は大型のNMRより低いため分解能は劣り、特定の分子向けとされる。磁場強度が

高いほど、共鳴周波数が高くなり分解能が向上するという一般的特性での磁場強度はおよそ～100MHzだ。

一方大型NMRは液体ヘリウムを使い非常に装置が大型で専用の設置場所、管理が必要なことが挙げられるが、液体ヘリウムで冷却された超電導コイルを用いることで電気抵抗ゼロによる強力な磁場を発生させ、高い磁場均一性と安定性があることが特徴の一つであり、その性能から高い分解能・多様な核種の測定・複雑な構造や動力学の解析が可能であり物性研究やタンパク質構造解析などの先端的な応用研究で使われている。

液体ヘリウムを使う大型NMRの一般的磁場強度はおよそ400MHz～900MHzの範囲であり、最高は1.2 GHzに達するものもある。

表1 NMRの種類における特徴

		小型NMR (永久磁石型/室温測定)		大型NMR (超電導コイル型/液体ヘリウム超低温)	
		共鳴周波数	△	400MHz～	◎
性能	磁場安定／ 分解能	不安定／低い	△	安定／高い	◎
	測定種	機種ごと限定的／単一	△	共鳴周波数高い程多種多様	◎
	設置場所	デスクトップ	○	専用部屋	×
手軽さ	可搬性	移動可	○	移動不可	×
	液体ヘリウム	不要	○	要 200L/年(～150万円)	×



3.3 アイシンが市販化を目指すNMR用磁石とは

イノベーションセンタービジネス推進室ではNMR分析装置に必要な超電導磁石を、超電導になる極低温まで冷却できる冷凍機と共に開発しNMR業界に売り込んでいる。

開発しているNMR用磁石は、アイシンの歴史の中でかつて高速移動する為の超電導浮上走行に貢献した超電導材料技術の派生である空洞リング型パルク磁石と世界初の実用化に成功した極低温冷凍機の一つであるパルス管冷凍機を組み合わせることで超電導部に液体ヘリウム、液体窒素等の冷媒を使わない無冷媒型であることが特徴だ。

この超電導パルクはユロピウムEu(元素記号63)を主材とする粉体から製造されたリング素材で真空中に維持された筒の中で-230℃付近までパルス管冷凍機により冷やされた状態で外部から非常に高い磁力で着磁されると超電導化現象になり高磁場を発生させる装置となる。(図8)

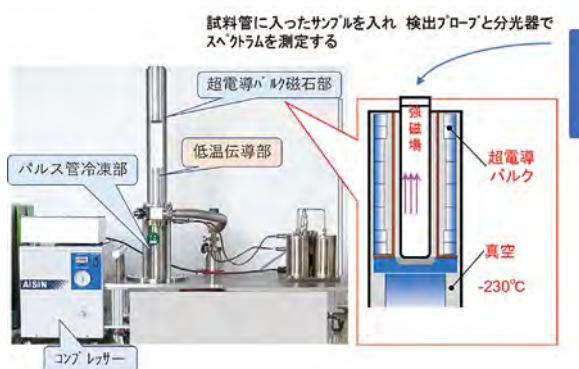


図8 超電導バルクによる高磁場発生装置

3.4 化学分野が抱える課題とNMR機器について

現在、日本の先端素材・バイオ・医療分野での技術、文献等では世界のTOPクラスにあり産業イノベーションを牽引はしているが、その成果の市場投入の速さや実績、産業貢献でみると世界のグローバル企業（例えばBASF、ダウ、LG科学等）に大きく後れを取り今や日本は化学大国「だった」になりつつある。日本のメーカでは世界ランク10位内は三菱ケミカル1社のみ。

理由の一つとして経産省、文科省など省庁が指摘する要因としても企業での開発段階、研究者の底上げに貢献するNMR機器の導入が不十分で、開発企業での特定領域における必要十分な性能を持つNMR機材の少なさが要因とも言われる。

3.5 目指す市場と提供価値

3.2で記載したNMR市場は性能が特定素材向けの永久磁石型か多くの素材が測れる超電導型かとおおよそ極端に2つに分かれ、設置制限や可搬性の有り無しなど含めると「帯に短し、褌に長し」状態に長らくある。使い勝手において必要にして十分な性能があり、測りたい場所で測れるNMRが求められている。

実際、合成分野研究領域の7割は、磁場強度200MHz～300MHzの性能で充分なことが判っている。つまり100MHz以下の永久磁石型では物足りず測れない。液体ヘリウムを使用する400MHz超電導型ではオーバースペック導入になっている人たちに向けて、置き換え・新規導入の切り札としての必要十分な性能と、永久磁石型と同様の移動できる可搬性、そして資源戦争になっている液体ヘリウム未使用という特徴で新たな市場のNMRに使える検出磁石としてNMRメーカと一緒に市場に参入する(表2)。

表2 開発品の狙う市場

	小型NMR (永久磁石型/室温測定)	本開発品 (超電導バルク冷凍機)	大型NMR (超電導コイル型/液体ヘリウム 極低温)
共鳴周波数	～100MHz	200MHz	400MHz
性能			
磁場安定/分離能	不安定/低い	安定/充分	安定/高い
測定種	機種ごとに限定的/単一	複合可 (分光調整)	共鳴周波数高い種多様
設置場所	デスクトップ	デスクサイド	専用部屋
可搬性	移動可	移動可	移動不可
液体ヘリウム	不要	不要	要 200L/年(～150万円)

3.6 実用性能と手軽さを両立したNMRが拓く世界

現在、NMRを使用する業界のTOPインフルエンサーに対しパイロット販売、設置がなされた。この小型無冷媒超電導磁石が使われるNMRはその現実的なスペックにより化学技術を行う企業の検証速度や開発を一層促進し、技術の社会実装を加速させることは間違いない。技術の底上げは、勉強する学生レベルから行わねば衰退すると言われる中で学校レベルでの導入にも道が拓け、化学分野に興味を湧く学生も増えるはずである。

さらに、専用の場所を取らず利便性の高いこのNMR磁石は分析計測器との相性もよいため、工場工程での生産品質を連続的に測定できる定量トレーサビリティとしての設置、予防診断装置として代謝物測定等をする機器としての将来が検討されている。

3.7 今後の取り組み

超電導バルク磁石の潜在力はさらに上位の磁場強度を持つスペックに到達できる可能性を示しており、極低温冷凍機では社内には実用化技術として更なる冷凍性能をもつGM冷凍機の技術もある。それらが組み合わせられれば、より優れた超電導磁石が可能になる。まずは開発品を市販化して事業化への道筋をつけることを優先課題として取り組んでいく。

アイシンの歴史の中で移動とその未来に貢献してきた隠れた技術を業界は異なれど時を経て「今まで無かった新たなNMR」として市場参入を果たす。

研究用途に留まらない製品としてTOPインフルエンサーを皮切りに市場を切り拓く活動を行いながら化学分野の発展に移動の未来を支える技術の応用で貢献していきたい。

4. 新規テーマ企画活動

4.1 自動配送サービスビジネス企画

4.1.1 経緯

イノベーションセンターでは2015年センター設立当初より、近距離移動用のパーソナルモビリティ「ILY-Ai」の開発および事業化を進めてきた。顧客の声を聴きながら進化をとげ、現在商業施設特化型としてお客様に愛さ

れている。その過程で培われた自律走行制御技術や商業施設といった顧客接点のアセットを活かし、2021年からはより多くのお客様にラストワンマイルの移動に感動を与えるサービスとして、“人の移動”だけでなく、“モノの移動”を軸とした自動配送サービスの企画開発をスタートさせた。

4.1.2 技術実証

2021年度は技術実証を目的として、NEDOプロジェクトに参画し、大型商業施設でのカーブサイドピックアップの利用シーンを想定したサービスにおいて、独自のアルゴリズムによる自律走行が実環境で実行可能なレベルであることを確認できた。一方で屋外環境での段差走破性という課題も得ている。

4.1.3 顧客接点から困りごとの抽出

2022年には具体的なサービス企画に移行。ILY-Aiでできた顧客接点である大型商業施設の協力を得て、施設のジェネラルマネージャー、テナント従業員やお客様へのヒアリングを実施した結果、要約すると次の3つの困りごとを抽出できた「①施設：ECの台頭や新型コロナウイルスの影響を背景に、よりお客様に喜んでいただけるサービスを模索している」「②テナント：飲食テナントはコロナ禍でテイクアウトサービスを始めたが、売上が伸び悩んでいる」「③お客様：少量の買い物であっても発生する混雑する駐車場での空きスペースを探す時間や広いモールを歩き回る手間を感じている」。

4.1.4 顧客課題、提供価値とソリューション

困りごとから例えば単に「買い物頼めて自宅に商品が届く」を提供価値だと定義しても、誰のどんな課題にどう刺さるのか解像度が荒く企画の後戻りが発生しやすい。

新規事業企画活動では、仮説を顧客に当てて検証する小さなサイクルをスピーディーに何回も回すことで投資を抑えながらアウトプットを高める考え方が基本である。本プロジェクトにおいても、自動配送ロボット製作やシステムを構築する前に、企画メンバー自身がロボットやシステムを代行することで、具体的にターゲット顧客は誰で、どんな商品を扱うのか、どんなビジネスから始めるのが適切かアナログプロトタイピング(図9)で検討した。



図9 アナログプロトタイピングの様子

結果、提供価値仮説として“モール周辺地域事業者でランチの時間が短く選択肢が限られるお客様”に対して、“飲食店舗をまたぐ複数商品の注文ができ、自動配送ロボットによるドライブスルーでの受け取りが可能”と設定した。

具体的には、テイクアウト用の弁当をフードデリバリーの注文決済システムである『飯クルー』を通じ、お客様は複数の飲食店を跨いだメニューからまとめて注文でき、ロボットが店を回ってピックアップしてきた弁当を指定時間にカーブサイドでピックアップできることで、選択肢の幅と時短を両立するサービスである。カーブサイドまでロボットが運び、飯クルーの配送車で直接周辺事業者へ配送することも検討したが、新規事業の基本に立ち返り、段階的にスピーディーに実施する計画とした。

4.1.5 価値検証と課題の抽出

愛知県のサービスロボット社会実装推進事業にも企画が採択され、2023年2月の9日間で有償実証試験を実施(図10)。実証期間中もお客様の声に耳を傾け、ランチと業務終了後の夕方2つの時間帯設定ではじめたが、シフト勤務者が定時前に受け取りたいという声が少なくなかったため、受取り可能時間の拡大などシステムの改善をアジャイルに行った。



図10 実証試験の様子

お客様はじめ各ステークホルダーから嬉しい声をいただき、ある飲食店は通常の2.4倍の売上をあげるなど、成果を確認できた。弁当という商材の需要の不安定さやシステム費用対人件費の施設側導入の壁、また大型商業施設独自の注文決済システム導入の流れを覆すほどの採算が見込めないということも確認できた。

4.1.6 今後の進め方

実証試験後、2023年3月のリテールテック展でのPR効果があり、様々なお客様からお声がけをいただき、安定した需要とより深刻な人手不足を抱えるフィールドへピボットし、あくまで配送ロボットを解決ツールの一つとして捉え、付加価値創出をすることで“勝てる”企画開発を実施していく。付加価値創出の1例として2023年10月ジャパンモビリティショーに出展した配送ロボット『ピーボ』(図11)は“倒さず・こぼさず自動で運ぶ”という機能的価値だけでなく、“人の生活に自然に溶け込むパートナー”という感情的価値を併せ持ったものである。深刻な人手不足とそこに関連する様々な社会課題の解決に向け、事業として早期に社会実装することで貢献していきたい。



図11 ピーボ『P≠Bo』

4.2 企業内アスリート人材活用ビジネス企画

4.2.1 社会課題と顧客課題

教員の働き方改革を背景に、部活縮小の流れや素人顧問で指導レベルが低いなど、“部活動改革”等の社会課題に対し、アイシンググループの強みである“日本トップレベルのスポーツ人材”の力を借りたウェルビーイング・サステナブルな社会を実現する新規ビジネス企画である。

事前のアンケートやヒアリング調査により、顧客となる小中学生の保護者は「今のスポーツ環境に満足できていない」「より高いレベルの指導を受けたい」「何が自分(子供)にあった種目かわからない」という課題があり、

トップ競技経験者(OB社員等)は、「トップスポーツでの経験を活かして、より大きく会社に貢献したい」といった課題が抽出できた。

4.2.2 ソリューション仮説の立案

事業企画にあたり、“子どもにとっての理想のスポーツ教室とは？”を徹底的に考えたアイシングスポーツアカデミーを目指す姿とし、3つの特徴を立案した。1つ目は、ひとつの競技に限定せず、多種多様な競技に触れ、子どもたちが自分にあった「マイスポーツ」を発見できる場であること。2つ目は、アイシングアスリート(元選手/現役選手)の指導が受けられる。3つ目は、標準化されたコーチングスキルをコーチ陣が会得することである。

ソリューション仮説として、“日本トップレベルの競技経験者が指導する日本初のサブスク型スポーツ教室”とした。

4.2.3 有償実証試験での仮説検証

夏休み期間(2023年7月24日～8月11日)の3週間：3種目、全10回)に、このような新しいスポーツ教室に10,000円の対価を支払う価値を感じていただけるかを検証する目的として、小学4～6年生の男女を対象に有償実証を行った(図12)。

3種目は、アイシングが特に日本トップレベルのアスリートを有するバスケットボール、相撲、バレーボールとした。

参加した子供や保護者からは「いつもはバスケットをやっているけどバレーもやってみたかった」「トップアスリートが教えてくれて嬉しい」という、狙い通りの声を聞くことができた。また、新しいビジネスモデル提案に対し対価を払う価値があるかという検証について、目標を上回る会員集客に成功した。



図12 実証試験の様子
(上左)バスケットボール、(上右)相撲
(下)バレーボール

4.2.4 今後の進め方

社員を巻き込み人事とも連携した、社内“人財”活用ビジネス創出の型ができたと考える。今後はコーチ標準化システムの事業化も視野に、市のスポーツ課など行政とも連携したスポーツに関するビジネスチャンスを模索していきたい。

5. おわりに

イノベーションセンター設立から8年が経過し、モノからコトへ、お客様が求めるサービスが少しずつ形になってきたのではないかと考えている。

しかし、ウクライナやガザ情勢、米中関係の悪化など地政学的な不安や、ようやく収まってきた新型コロナウイルスの流行を背景に、世の中の価値意識やライフスタイルなどが激変している。我々は今まで以上に、その状況に合わせ、変革を恐れず、素早く柔軟な対応をしなければならない。

引き続き、“移動に感動を未来に笑顔を”私たちアイシンが届けるべく、そしてイノベーションセンターが新たな道を切り拓くべく、社内外の仲間とともに、この激動の中を突き進んでいく。

筆 者



西尾 泰明

イノベーションセンター
新規事業企画に従事



外山 大輔

イノベーションセンター
新規事業企画に従事



石田 俊彦

イノベーションセンター
ビジネス化推進に従事



井上 慎介

イノベーションセンター
AIRビジネス推進に従事

カーボンニュートラル街づくりに向けたエネルギーソリューション

1. はじめに

2020年10月の菅前総理による2050年カーボンニュートラル宣言を受け、カーボンニュートラル実現に向けた様々な動きが出ている。

昨今、グリーントランスフォーメーション(GX)という言葉もあちこちで耳にする機会が増えているが、エネルギー分野も自動車業界と同様に大変革期を迎えている状況であり、新たな取り組みが求められている。

また、2021年3月の地球温暖化対策の推進に関する法律(通称:温対法)の改正を受け、地方自治体も2050年までにカーボンニュートラルを達成することが義務付けられた。地方自治体レベルでカーボンニュートラルを実現するためには、地域の特性に合わせてエネルギーを有効利用するマネジメントシステムが必須であり、アイシンではこの動きに対応すべく、図1の統合報告書2023に記載の通り、地域社会でのエネルギーと資源の

循環・普及に取り組む方向性を示している。

本報告では、環境省の脱炭素先行地域事業に岡崎市様と連携して取り組む地域エネルギーマネジメントの事例を中心にエネルギーソリューションカンパニーの取り組みについて紹介する。

2. エネルギーソリューションの取り組みについて

エネルギーソリューションカンパニーでは主力製品の家庭用燃料電池コージェネレーションシステム(エネファーム)、業務用ガスエンジンヒートポンプエアコン(GHP)をベースに図2に示すとおり地域社会のエネルギーインフラと繋げてエネルギーを最適利用するためのソリューション事業への拡大をロードマップとして掲げている。

ソリューション事業への拡大に向けてはDXがベース技術として必須であり、図3に示すアイシンサービスプ

新たな価値提供に向けた事業の方向性

アイシンはモビリティ・エネルギー・人々のさまざまな“移動”を通じ、お客様や社会に価値を届けていきます。従来の事業領域にとどまらず、環境・社会課題の解決に貢献する商品・サービスを拡充していきます。

“移動”に感動を、未来に笑顔を

アイシンが考える中長期での外部環境

Politics	Economy	Social
気候変動への対応強化 資源問題	国際社会の多極化、 不安定化地域/ 社会格差の拡大	サステナビリティ ダイバーシティ 高齢化、Well-being
Technology	Market-Customer	
AI化めどとする技術革新 モビリティ産業の構造変化	地域ごとの多様な要求	

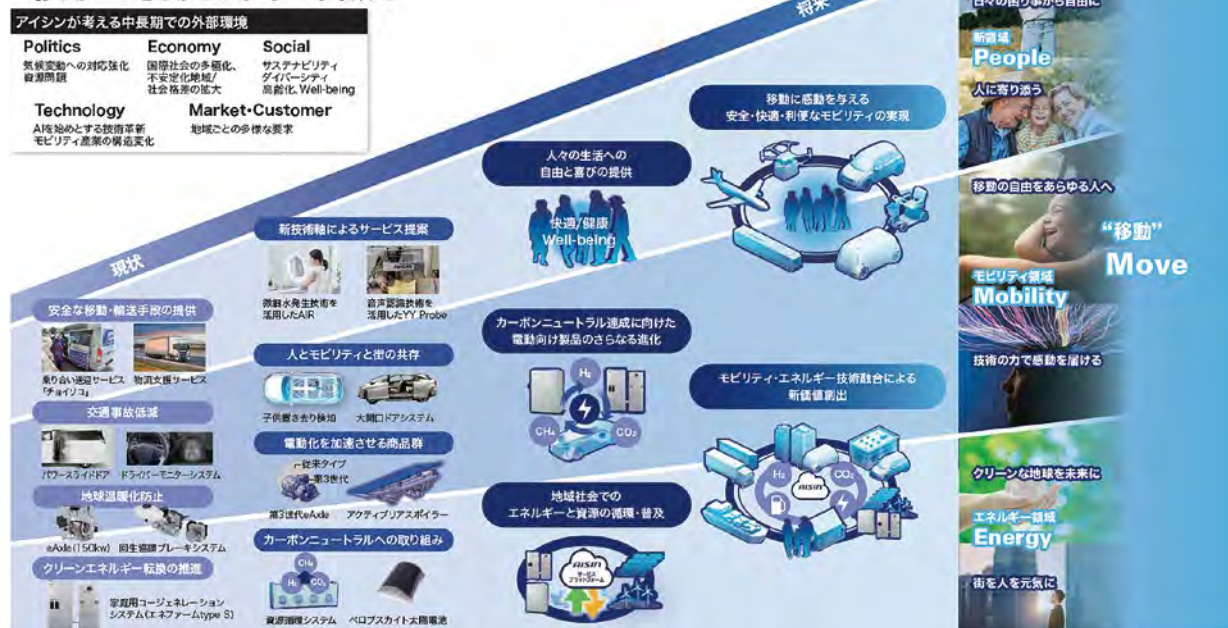


図1 統合報告書2023 新たな価値提供に向けた事業の方向性

ロードマップ

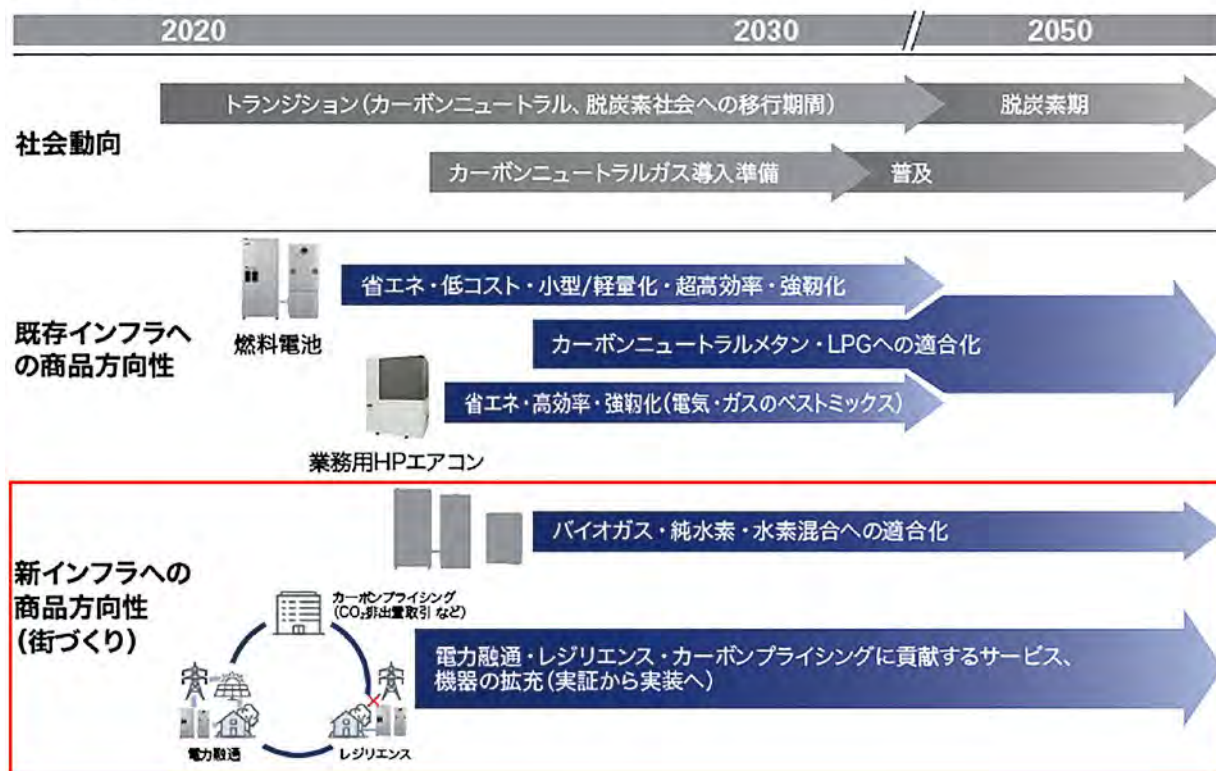


図2 エナジーソリューションカンパニーのロードマップ

ラットフォームを核としたサービス展開を目指している。

循環型の街づくりを通じてCO₂削減に貢献していく



図3 アイシンサービスプラットフォームによる街づくりへの貢献

3. 取り組み事例

図3に示す環境価値の循環およびエネルギー循環について具体的な取り組み事例を紹介する。

3.1 環境価値の循環

エネファームは高効率で発電し、排熱を無駄なく回収して利用することで、CO₂を大幅に削減することができ、図4に示すとおり最大で年間約1.5トンのCO₂排出削減が可能である。

年間のCO₂排出量削減効果「都市ガス13A（LNG）」

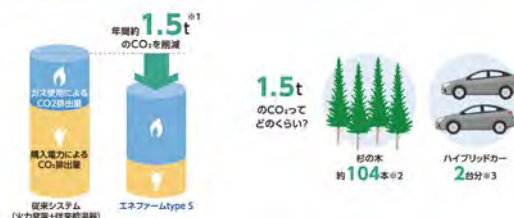


図4 エネファームのCO₂排出削減効果

このCO₂削減効果を、図5に示す国が運営するJ-クレジットという制度で証書化し環境価値として取引することができる。

クレジット化するには煩雑な手続きが必要であるため、エネファームユーザーが個人で実施することは難しく、自治体などが多数のエネファームユーザーを取りまとめて組織的に運営することが現実的である。幾つかの先行事例が存在しているものの、あまり普及していないのが現状であった。

先行事例の取り組み内容を確認したところ、エネファームユーザーにクレジット創出のエビデンスとなるデータをリモコン画面に表示させて撮影していただき、それを運営事務局に送付していただき事務局が手集計するという非常に手間のかかる運用であった。

アイシン製エネファームは2020年モデルからIoT機能を搭載しており、アイシンサービスプラットフォームに



図5 J-クレジット制度の概要¹⁾

てデータ収集および加工が可能である。

そこで、図6に示すようにクレジットのエビデンスデータをアイシンサーバーにて収集・集計する仕組みを豊田市様に提案したところ、ご賛同いただき2021年6月から取り組みを開始した。

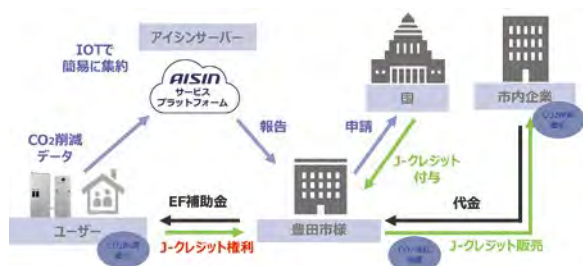


図6 IoTを活用したJ-クレジット創出活動

現在、この取り組みにご賛同いただいた刈谷市様を始めいくつかの自治体にて、活動を展開中である。

3.2 エネルギー循環

カーボンニュートラル実現に向けては、太陽光発電や風力発電のような再生可能エネルギーの普及拡大が不可欠である。その一方で、電力を安定して使用するためには、図7に示すように常に発電と需要をバランスさせる必要がある。



図7 通常時の発電と需要のバランス²⁾

しかし、発電が自然任せで不安定な再生可能エネルギーが増えると図8のように需要と供給のバランスが崩れ、最悪のケースでは大停電が発生するリスクがある。実際に再エネ導入が進んでいる海外ではそのような事例の発生も見受けられ、課題となっている。



図8 大停電の発生イメージ²⁾

このため、再生可能エネルギーを上手く活用するための手段として、発電側の状況に応じ、需要家側の機器を、IoTを活用して遠隔コントロールすることで発電と需要のバランスを取りやすくするバーチャルパワープラン

ト(VPP)・デマンドレスポンス(DR)という技術が近年注目を集めている。



図9 VPP・DRのイメージ図³⁾

アイシンは図10に示す通り、東邦ガス様と連携して2019年から豊田市つながる社会実証推進協議会のVPP実証に参画し、エネファームがVPPの仕組みの中で有効なデバイスであること、VPPが再生可能エネルギーを上手に活用するための有用な手段であることを確認した。

この成果を社会実装につなげるため、図11に示すように自治体が運営する地域新電力向けにアイシンサービスプラットフォームをコアとしてエネファーム群をVPPに活用するサービスモデルを描き、幾つかの自治体に提案を行った。

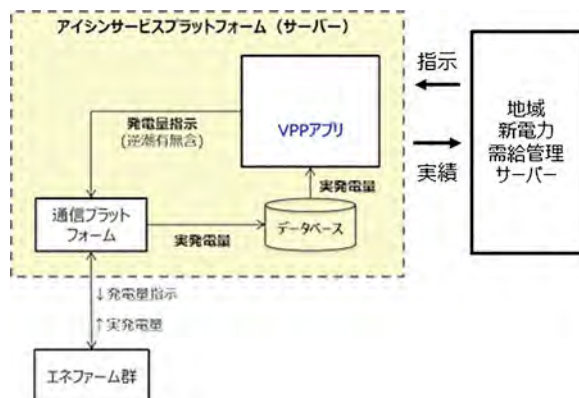


図11 エネファームのVPPサービスモデル

岡崎市様に本提案へご賛同をいただき、環境省の脱炭素先行地域事業に応募し採択された。脱炭素先行地域事業は、地域の脱炭素を実現するための先進的なモデルを構築する事業であり、国はここで得られた成果を全国の自治体に横展開することで国内全ての自治体が2050年までにカーボンニュートラルを達成することを目指している。

岡崎市との取り組み概要を図12に示す。古くからの中心市街地であるQURUWAエリアを対象に既存の街区のカーボンニュートラル化を目指している。岡崎市が運営する自治体新電力である岡崎さくら電力の需給管理サーバーとアイシンサービスプラットフォームを連携し再生可能エネルギーの地産地消を促進することを狙

先進技術活用＜豊田市つながる社会実証推進協議会＞

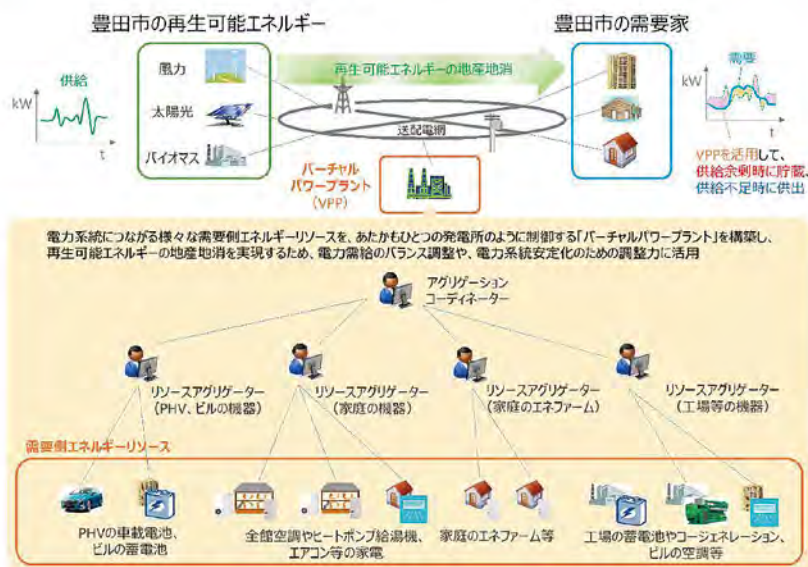
カーボンニュートラル

バーチャルパワープラント(VPP)

中電×トヨタ×デンソー×東邦ガス×アイシンほか

再生可能エネルギーの地産地消を実現するため、電力需給のバランス調整等を実施

※「バーチャルパワープラント」：風力・太陽光・バイオマスといった様々な発電設備を、ひとつの発電所のように制御



【市内ポンプ場に実装済】

【担当者コメント】
VPPは、再生可能エネルギーの地産地消に必要な技術です。
この取組により、地産地消比率を高めることができました。
特に、電力使用量を制御することで節電(コスト削減)も達成できました。

豊田市政府
企画政策部、総務部、上下水道局



図10 豊田市VPP実証の概要⁴⁾

いとしている。具体的には、岡崎さくら電力がエリア内の太陽光などの再生可能エネルギーの出力変動をモニターし、必要に応じて、デマンドレスポンス指令を発動する。アイシンサービスプラットフォームではエリア内に設置したエネファームを群管理しており、デマンドレスポンス指令に応じてエネファームの発電出力を遠隔制御する計画である。



図12 岡崎市でのVPP活用イメージ

天候が急に崩れて太陽光発電の出力が下がった場合にはエネファームの発電出力を増加させて補い、あるいは太陽光発電が増えすぎてエリア内で使いきれない場合はエネファームの発電出力を落として、より多くの再生可能エネルギーを消費できるようにする。

また、今回の取り組みでは東邦ガスからカーボンニュートラル都市ガスを供給していただくことで、エネファーム自体もカーボンニュートラルを達成する運用としている。

4. おわりに

エネルギー関連事業を通じてより良い暮らしと環境に配慮した街づくりへの貢献を目指していく。主力商品のエネファームは、省エネに貢献すると共に、VPPに活用することで太陽光などの再生可能エネルギーの地産地消に貢献すると考えている。岡崎市の脱炭素先行地域の取り組みを起点として、より良いソリューションをご提供できるよう取り組みを進めていく。

最後に、本報の取り組みを進めるにあたりご協力いただいた豊田市未来都市推進課・環境政策課、岡崎市ゼロカーボンシティ推進課の皆様を始めご協力いただいた皆様方にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) J-クレジット制度ホームページ
<https://www.aisin.com/jp/technology/technicalreview/27/pdf/all.pdf>
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁ホームページ デマンド・レスポンスってなに？
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electricity_measures/dr/dr.html
- 3) 経済産業省 資源エネルギー庁ホームページ VPP・DRとは
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html
- 4) SDGsみらい都市とよた
https://www.city.toyota.aichi.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/049/553/01.pdf

筆者



鵜飼 健司

ES先行開発部
エネルギーマネジメントシステム開発
に従事

エネルギー・環境領域の将来開発 ～イムラ・ジャパンの研究活動について～

1. はじめに

イムラ・ジャパン株式会社は、アイシングループの日本にある3つの研究法人（イムラ材料開発研究所、旧イムラ・ジャパン、アイシン・コスモス研究所）が、2021年4月に統合され、現在のイムラ・ジャパンとなりました。

アイシングループの研究法人は、豊田稔氏がその理念である「サイエンスとテクノロジーの調和の取れた発展を通して人類に貢献する」ことを実現すべく、1990年代初頭に設立されました。（前述の3社以外に、イムラアメリカ、イムラヨーロッパが設立されました。）

イムラ・ジャパンは、エネルギー・環境領域を中心に、現在もその理念に沿った研究開発を続けています。

2. 今までの研究成果

アイシン・コスモス研究所は、その前身の第二技術開発研究所の時代から、エネルギー関連商品の研究開発をしてきました。

国の補助金で実施された「ムーンライト計画」をバックに開発された、ガスエンジンヒートポンプ（GHP）は、第二技術開発研究所時代の開発品で、現在もエネルギー事業の柱となっています。

アイシン・コスモス研究所時代には、コージェネレーションの基礎研究を実施し、現在のガスエンジン・コージェネレーションや燃料電池コージェネレーションの基礎を築きました。熱電半導体（ペルチェ素子）や、スターリング冷凍機も、成果の一つです。



図1 GHP



図2 スターリング冷凍機

また、1990年代にはバイオテクノロジーの研究にも重点を置き、人工心臓や遺伝子解析装置などの商品化にも貢献しました。

旧イムラ・ジャパンは、1991年に、常温核融合を研究する目的で、札幌に設立されました。その後、サイエンスに立脚したバイオとケミカルの基礎研究を進めてきました。メカノケミカルを利用したバイオプラスチックの研究は現在、アイシンに移管され実用化開発が進められています。

イムラ材料開発研究所は、設立以来、一貫して基礎材料の研究開発を進めてきており、特に超電導材料の研究開発では世界トップレベルの成果を出しており、小型NMR向けバルク材料は、現在、アイシンにて実用化開発が進められています。



図3 遺伝子解析装置



図4 小型NMR

3. 将来を期待される研究

3.1 ペロブスカイト型太陽電池の研究

ペロブスカイト型太陽電池は、ポストシリコン太陽電池の第1候補として期待されている新型の太陽電池です。

ペロブスカイト型の結晶構造を持つ、有機無機複合材料が光で電子を励起する現象を利用したもので、桐蔭横浜大学の宮坂教授が発見した、日本発の太陽電池です。

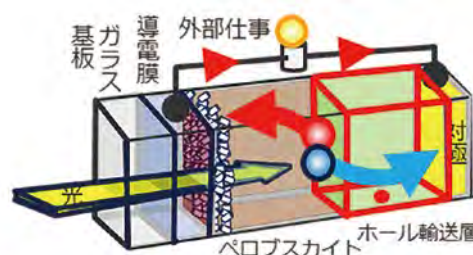


図5 ペロブスカイト型太陽電池の発電原理

製造時に必要なエネルギーが少ない、原材料のほとんどが日本で調達できる、といった製造上の利点がある他、軽量で曲げることができることから、従来のシリコン太陽電池では設置できなかったところへの応用・設置が期待されています。さらに、特殊な工法を使用することなく薄膜で形成されることから、低コスト化も期待されています。

イムラ・ジャパンでは、アイシン・コスモス研究所時代の2014年から基礎研究を続けてきました。

イムラ・ジャパンの特徴は、インドのハイデラバードに拠点(ラボ)を持っていることです。インドは数学やITだけでなく、有機合成にも秀でており、イムラ・ジャパンのインド拠点でも、ペロブスカイト型太陽電池に使用する種々の高効率・低コストな有機化合物を創出しています。

また、半導体理論に基づき、各部位のエネルギー準位を制御する「界面制御」方法を見出し、発電効率を向上させました。

現在までに、ミニセル(10mm角)サイズですが、発電効率23%で耐久性10年という世界トップレベルの成果を出しています。

なお、本研究は2021年に一部アイシンへ移管し、国のGI基金(NEDOプロ)を受託し実用化開発を進めています。



図6 実用化サイズのペロブスカイト太陽電池

イムラ・ジャパンでは、引き続き性能向上、耐久性向上、低コスト化に向けた要素技術の研究を進めており、アイシンの実用化開発に貢献しています。

3.2 次世代SOFC(燃料電池)の研究

アイシンは2012年から家庭用燃料電池コージェネレーションの製造、販売をしています。アイシンの燃料電池は、高温(約700℃)で作動し効率が低い(発電効率53%)ことが特徴のSOFC(固体酸化物型燃料電池)タイプです。

イムラ・ジャパンでは、このSOFCをさらに高効率でかつ低コストにするための研究開発を行っています。

現在実用化されているSOFCのセルは、全てがセラミックで作られており、非常に脆いため、機械強度を保つ

ために厚くなりコストが高くなるという課題を持っています。

イムラ・ジャパンでは、金属平板の上に薄膜でセラミックを形成する、メタルサポート型セルの研究開発をしています。セラミックを薄膜にすることで低コスト化が可能になります。

この技術のポイントは、通常1500℃でしか焼結できないセラミックを、金属の耐熱温度である1100℃で焼結する、低温焼結技術を実現することです。イムラ・ジャパンでは、独自のナノ粒子とゾルゲルを組み合わせる方法で、低温焼結を実現しようとチャレンジしています。



図7 メタルサポート型セル

また、更なる高効率化を目的に、新たな電解質を用いたプロトン電導型にもチャレンジしています。これが実現できれば、発電効率は、現在の53%から60%以上へ向上でき、コージェネレーション以外の用途、例えば水素製造(SOEC)やモビリティ(レンジエクステンダー)への応用の可能性も広がっていきます。

3.3 室温超電導材料の研究

前述のように、イムラ材料開発研究所の時代から、室温超電導の研究を続けてきました。

室温超電導材料が創出され、超電導モータなどの応用商品が実用化されれば、究極の省エネルギー技術が実現され、世界のエネルギー問題の解決に大きく貢献することができます。

イムラ材料開発研究所時代には、鉄系の新規材料で、 T_c (超電導になる温度)125Kの超電導材料を創出しました。これは、当時としては世界トップレベルの成果でした。

現在、イムラ・ジャパンでは、新たな発想による超電導温度の向上(室温超電導材の創出)に取り組んでいます。

まず、材料の組成面では、「磁気揺らぎ」と「常圧安定化」に着眼しています。さらに、手法面では、「コンビナトリウム手法」と「機械学習」に着眼しています。これらは、従来の超電導の研究ではあまり取り扱われてこなかった

もので、イムラ・ジャパンでは、これらの手法を組み合わせることで、飛躍的な超電導温度の向上を目指しています。

また、応用商品の検討も引き続き実施しており、特に超電導モータについては、自動車メーカーからの依頼もあり、実用化に向けて磁気設計・小型化設計などに取り組んでいます。

超電導ステータ

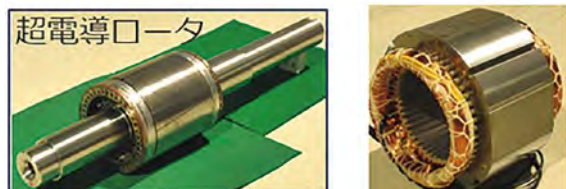


図8 超電導モータ試作品

3.4 バイオ技術を活用したCO₂削減技術の研究

アイシン・コスモス研究所および旧イムラ・ジャパンは、長年にわたり、バイオ技術の研究をしてきました。特に、ゲノム編集や酵素改変の技術に特徴があります。

現在は、その技術をカーボンマイナスに応用する研究開発を進めています。

その一例が、植物の成長促進です。多くの植物は、ある程度成長期が経過すると子孫を残すために出穂し種子をつけます。イムラ・ジャパンでは出穂するゲノムをノックアウトすることで成長期を継続させ、成長をさらに促進してより多くの二酸化炭素を吸収させることにチャレンジしています。

ターゲット植物には、オギとススキの交配種であるジャイアントミスカンサスを選定しています。ジャイアントミスカンサスは植物の中では二酸化炭素の吸収量が最大級で、より多くの二酸化炭素を吸収できる可能性があります。また、種子による拡散をしない種類なので、ゲノム編集による生態系破壊の心配がありません。

イムラ・ジャパンでは、大きく育ったジャイアントミスカンサスの用途についても検討を進めています。バイオエタノールなどの液体燃料をはじめ、建材などの用途を考えています。



図9 ジャイアントミスカンサス

バイオ技術は、地球に優しいクリーンな技術です。植物の成長促進だけでなく、バクテリアや酵素による有用物質の創出など、カーボンニュートラルだけでなくサーキュラーエコノミー的な研究も進めています。

4. イムラ・ジャパンの今後の役割と使命

近年、地球環境が大きな課題として再認識されてきており、カーボンニュートラルな世界実現への意識改革も急速に進んできました。

私たちは「快適さ」を追求するあまり、「地球環境破壊」という大きな代償を払ってきました。しかし、これからは人類の子孫のために、「快適性」と「地球環境保護」の両立がますます重要な時代になってきます。

これを実現するのは、「高い技術力」であり、さらに研究者一人一人の意識と考えています。

この認識をしっかりと持ち、イムラ・ジャパンがこれまでに培ってきた「エネルギー・バイオ・ケミカル」の技術で、「カーボンニュートラル」でかつ、「安心で快適な」世界の、サステナブルな発展に寄与することがイムラ・ジャパンの使命であると考えています。

5. おわりに

昨今、日本の基礎研究の衰退が危惧されてきています。企業の中央研究所の閉鎖をはじめ、大学や研究機関への補助金の減少など、基礎研究を進める環境に大きな変化が起こっています。

しかしながら、新たなイノベーションを起こすためには「サイエンスに立脚した」研究開発が大切であり、これはまさに豊田稔氏の理念に通じるものであると思います。

また、ノーベル賞を受賞された本庶佑氏は、その講演の中で、「早急に成果を求めない」そんな世界を望みます」と語っています。

私も、イムラ・ジャパンの社長として、豊田稔氏の理念と、本庶佑氏の教えを忘れることなく、世の中に貢献できる研究開発を推進していきます。

筆 者



田内 比登志

イムラ・ジャパン株式会社
取締役社長

地球も人も元気になれる!品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場

1. はじめに

アルミダイカスト工法は複雑形状の製品を高精度で量産でき、自動車を始め多くの産業製品で採用されている。図1に従来のダイカスト工程の概略を示す。ダイカスト工程は大きく以下の4工程から構成される。

- I. インゴットを溶かす溶解工程
- II. ダイカストマシンへ溶湯を運ぶ搬送工程
- III. 溶湯を金型に流し固める鋳造工程
- IV. 製品を作業者が仕上げる後処理工程

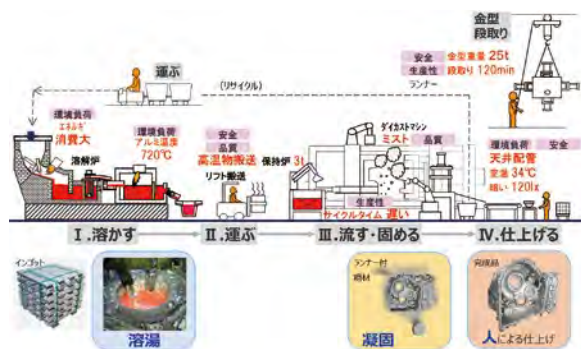


図1 従来のダイカスト工程

当社ではダイカスト工法でeAxele、ハイブリッドトランスミッション等のケーシング製品を量産しており、その生産量は日本のダイカスト生産量の10%を占める大規模なものである。

ダイカスト工程では溶解工程でアルミを溶かす熱や、大型設備を稼働させるための動力をはじめ、多くのエネルギーを必要とする。カーボンニュートラル実現の観点から、ダイカスト工程での消費エネルギー低減は喫緊の課題となっている。また、その熱や大型設備に起因する高温物や重量物の取り扱いのリスク低減、暑熱対策、照度アップなどの作業環境改善も重大な課題である。今後、自動車の電動化など部品が様変わりしても、優位性を発揮し、サステナブルな成長を維持していくためには、抜本的なダイカスト生産技術の革新が求められている。

図2は革新ダイカスト工場のコンセプトである。これまでに個別に培ってきたダイカスト技術を結集することで、

ダイカスト工場の課題を同時に解決しようとするものである。



図2 革新ダイカスト工場のコンセプト

今回、ダイカスト全工程にわたって、図2のコンセプトの幹を成す4つの革新的な技術を盛り込みダイカスト工程の課題解決を図った。その結果、実現に至った革新ダイカスト工場のイメージを図3に示す。

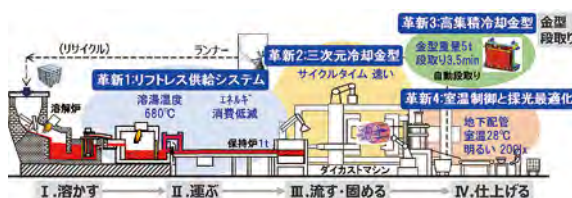


図3 革新ダイカスト工場

革新ダイカスト工場ではCO₂排出量削減、作業環境、品質、出来高の向上を同時に達成し、「地球も人も元気になれる!品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場」を実現した。本稿ではこれら4つの革新技術とその効果について報告する。

2. 革新1「リフトレス供給システム」

従来のダイカスト工程においては、溶解炉で溶解した溶湯を作業者がフォークリフト等で各ダイカストマシンへ供給していた。運搬する間の溶湯温度低下を見込んで、溶解炉では余分に溶湯を加熱する必要があり、CO₂排出量を増大させていた。さらに、リフトでの溶湯運搬は人の技能による作業であることから、心理的負担がかか

るとともに、溶湯酸化物の混入や溶湯温度のバラツキが発生し、溶湯品質の低下につながっていた。そこで樋を用いて溶湯をダイカストマシンへ自動で供給するリフトレス供給システムを開発した。図4、図5に本システムによる搬送工程の変化を示す。

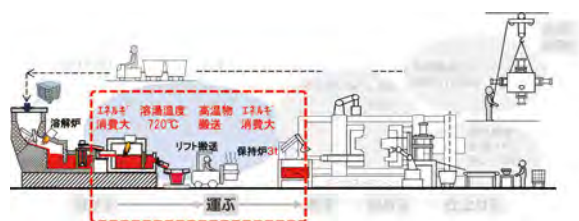


図4 リフトによる溶湯供給

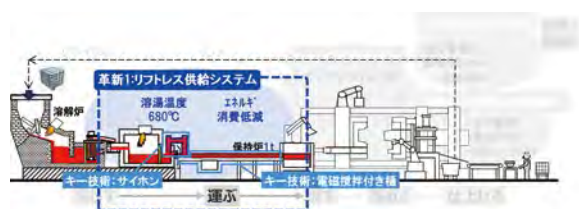


図5 リフトレス供給システム

本システムの成立には樋における溶湯酸化物の混入防止や温度バラツキを抑えることが課題であったが、「サイホン」と「電磁攪拌付き樋」を導入することでこの2つの課題を解決した。

本システムでは、溶湯自動搬送化により作業者の安全性向上、心理的負担の低減を実現、溶湯からの放熱抑制や溶湯温度のバラツキ低減により、溶解温度を720℃⇒680℃に下げCO₂排出量25%低減、溶湯酸化物の混入を抑え不良率22%低減を達成した。

3. 革新2「三次元冷却金型」

自動車の低燃費、高機能化に向けたニーズにより、ダイカスト製品の形状は複雑化するとともに高品質、低コスト化が求められている。その成立には、ハイサイクルの生産においても金型からの大量脱熱を精密に行う金型冷却回路が必要である。従来、一般的な金型冷却はドリル等の機械加工によって形成された直線状の冷却穴に通水することによって行われている。しかし、直線状の冷却穴では複雑な金型の高温部位に効率よく配置することができず、十分な脱熱が不可能だった。そのため、サイクルタイムの増大、離型剤ミスの増加という弊害を招いていた。そこで、三次元的な冷却回路の配置が可能な3Dプリンター技術に着目した。従来の冷却回路と開発した三次元冷却回路の例を図6に示す。

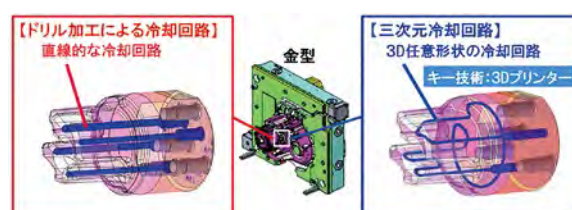


図6 従来の冷却回路と三次元冷却回路

この技術では三次元CADで設計された形状をそのまま造形できるため、所望の形状の冷却回路を持つ金型の製作が可能である。ダイカスト金型には、高温での疲労強度が求められるため、強度を確保できる成型方法が課題であった。成型方向の工夫や適用部位の適切な選定を行うことで、課題をクリアした。¹⁾

三次元冷却金型によって金型の冷却能力を向上させ、過熱を抑えることで不良率を27%低減した。この効果に付随してCO₂排出量を5%削減することができた。また、離型剤ミスト発生を抑えられ、大型集塵フードの廃止、作業環境の向上にも寄与した。

4. 革新3「高集積冷却金型(カセット金型)」

一般的に、ダイカスト工程では金型の段取り時間が生産停止時間の大部分を占めるため、コスト低減に向けてはその短縮が必須である。従来の金型と今回開発した高集積冷却金型を図7、8に示す。

従来の金型では、冷却水設備の供給口からマニホールドで多系統の冷却回路に分岐させ、多数の金属パイプで必要な箇所に冷却水を行きわたらせ、再び集約、設備へ戻す回路となっている。マニホールドや金属パイプの配管が金型内の大きなスペースを占めており、金型を交換するときにはこのスペースを含む金型全体を交換しなければならなかった。金型全体の重量は25トンで非常に重く移動や取り付けに時間がかかるため、金型の大幅な軽量化が段取り時間短縮に向けた課題であった。そこで、積層冷却板を用いた高集積冷却金型(カセット金型)を開発した。積層冷却板により、金型内の配管スペースを大幅に低減、製品によって一品一様の冷却配管スペースを専用部に収め、専用部のみを段取りする構造とした。

積層冷却板による専用部と汎用部の分離により、金型重量を25トン⇒5トンに軽量化することで、自動段取りが可能になった。図9に自動段取りの様子を示す。自動段取りによって作業者の重量物取扱いリスクを低減するだけでなく、段取り時間を120min⇒3.5minに短縮、ライン停止時間削減により、5%のCO₂排出量削減を実現した。さらに、冷却回路を高集積に配置することができるようになり、前述の革新2「三次元冷却金型」と組み合わせることで冷却能力は34%向上し、サイクルタイムを28%低減させることに成功した。

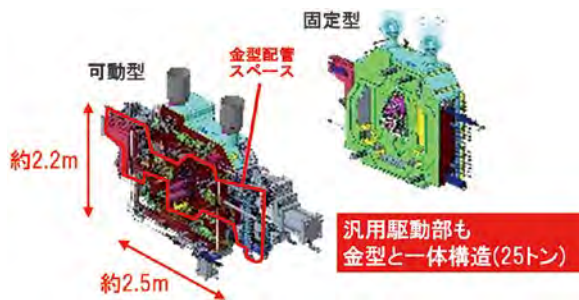


図7 従来の金型

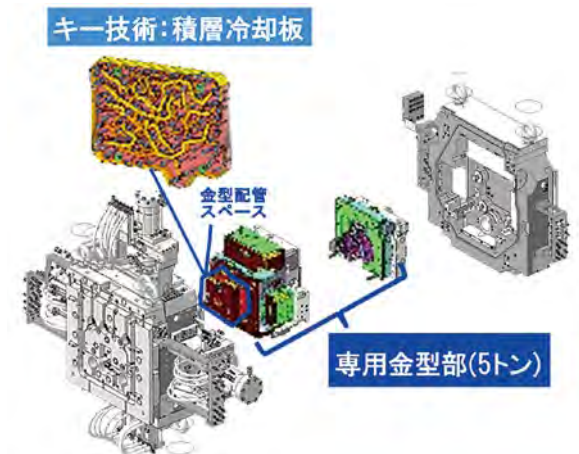


図8 高集積冷却金型(カセット金型)



図9 自動段取りの様子

5. 革新4「室温制御と採光最適化」

従来、図10に示すように、ダイカスト工程は暑く暗い環境が一般的であったが、下記の対策を実施することで、図11のように明るく快適な環境を実現した。

【温度対策】

- ・溶解炉エリアの間仕切りによる熱気拡散防止
- ・給気の取入れの大型化、開口部間隔の均一化
- ・天井排気による工場全体の換気の清流化

【照度対策】

- ・最適LED照明配置
- ・白色系内装による間接照明効果
- ・集塵フードレスによる遮光レス化



図10 従来ダイカスト工場



図11 革新ダイカスト工場

有効な温度対策を検討するため、複雑な工場環境を詳細に再現した温度・気流シミュレーション技術²⁾を工場レイアウト検討段階から活用し、大きな熱源である溶解工程を間仕切りで分離、換気効率向上による中央部熱溜り対策、自然風を利用した気流確保をし、天井から熱気を排気する棟内気流制御を導入した。同様に照度対策も事前シミュレーションを活用し、対策を立案した。

その結果、消費エネルギーを抑えながら、棟内温度を最大で6℃下げ、昼間照度を120lx⇒1500lx、夜間でも200lxに向上した。また、より快適な作業環境を実現しながら、5%のCO₂排出量削減にも寄与した。

6. 革新技術の相乗効果

それぞれの革新技術の効果は各項に示した通りであるが、これらの革新技術を工程スルーで導入することで、得られた「相乗効果」が革新ダイカスト工場の実現に大きく寄与した。革新技術の相乗効果を図12に示す。革新1～4による効果が相まって、環境・安全・品質・生産性すべての観点で飛躍的な向上につながっている。例えば、各革新の効果を同時に作用させることでCO₂排出量を従来比40%削減し、ダイカスト業界平均値に比べて半分以下とした。このような「相乗効果」により、「地球も人も元気になれる! 品質・生産性に優れた革新アルミダイカスト工場」を実現した。環境、安全、品質、生産性をまとめ

て達成させた点が評価され、第9回 ものづくり日本大賞において経済産業大臣賞を受賞した。

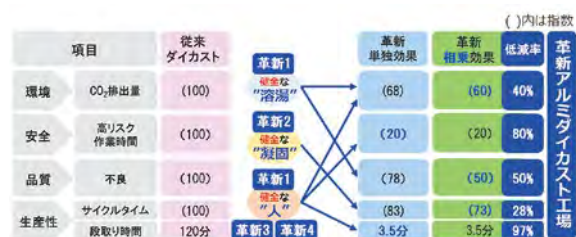


図12 革新技術の相乗効果

7. ダイカスト工場の目指す姿

今回の開発で革新ダイカスト工場の実現に成功したが、筆者らはダイカスト工場の目指す姿はさらに先にあると考えている。カーボンニュートラルやさらなる高品質・高効率生産に向けた品質ロスゼロ、無人生産という「究極のダイカスト工場」実現に向けて、今後も挑戦を続けていく。

8. おわりに

西尾ダイカスト工場、金型工機部、PE・環境生技部を始め、多くの方々のご協力により、革新ダイカスト工場の実現に至りました。多大なご尽力を賜りましたすべての関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 深見尚男、小林竜之、早藤哲典、ダイカスト金型における三次元冷却回路の実用化、*鑄造工学*, 2019, 91巻, 9号, p.648-651
- 2) 太田貴之、稲熊亮司、津曲俊、岩瀬純一、西尾ダイカスト工場 南棟建設における職場環境の追求、*アイシン生産技術技報*, 2019,

筆者



馬淵 潤

軽合金生技部 開発推進室
DX推進グループ
CAE及びデジタルツールの企画・開発に従事



鵜飼 伸介

軽合金生技部
ダイカスト製造プロセスの企画に従事



竹之下 正志

軽合金生技部 第1鑄造計画生準室
ダイカスト工程の工程設計に従事



横井 賢治

軽合金生技部 ダイカスト金型設計室
ダイカスト金型の開発・設計に従事



深見 尚男

軽合金生技部 第2鑄造計画生準室
設備グループ
ダイカスト設備の開発・設計に従事



兼氏 貴也

西尾ダイカスト工場 第1製造室
西棟DC1課
ダイカスト製品の製造に従事



安田 正臣

西尾ダイカスト工場 製造技術室
ダイカスト金型と設備の保全に従事



浅井 秀之

金型工機部 製造室 製造2課
ダイカスト金型の製作に従事



稲熊 亮司

PE・環境生技部
プラントエンジニアリング室
第2設備技術グループ
全社施設の維持管理強化に従事

ニューマチックリフレッシュシステム向け メカ式バルブの開発

Pneumatic seat can make debut for light weight and thin vehicle seat

増田 賢志
Satoshi Masuda

田中 新
Shin Tanaka

野末 勝也
Katsuya Nozue

概要

車両の電動化が進む中で室内空間の差別化ニーズが高まっている。バッテリー配置や燃費向上のため、車体コンパクト化により、薄型・軽量・安価なアイテムが求められている。これらを満たすものとして従来のアクチュエータに代わる空気を使ったシステムがある。その中で従来製品と比較して電子制御を使用することなく指圧リフレッシュを実現させた世界初のメカ式バルブの開発を紹介する。

1. はじめに

昨今の自動車排ガス規制や既存燃料への依存離脱など業界を取り巻く環境変化が著しい中、車両内装商品には従来以上にユーザーへの利便快適性が求められる。

安全装備の充実やEV化等による車両質量増加という課題に対し、従来のアクチュエータ（モータ）を使ったシートアジャスト機構に代わるものとして、空気を活用したニューマチックリフレッシュシステムを開発した。軽量化と利便快適性向上の両立を達成させレクサスLS等に採用されている。

本稿ではレクサスの指圧感を踏襲した軽量、コストを抑えた世界初のリフレッシュシステムのキーデバイスであるメカ式バルブを紹介する。

2. ニューマチックリフレッシュシステム特徴

2.1 システム概要

ニューマチックリフレッシュシステムは車両向けシートの機能であり、体に沿ってシートに配列された空気袋（以下リフレッシュブラダ）がポンプから流れる空気により膨らむことで乗員を指圧しリフレッシュさせる。構成及び役割を図1に示す。

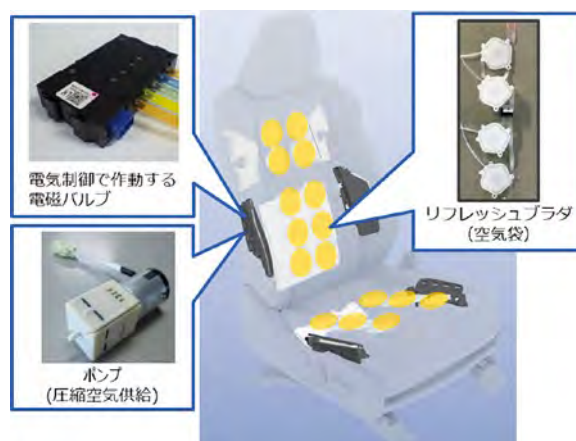


図1 ニューマチックリフレッシュシステム

ニューマチックリフレッシュシステムはシート性能を損なわず軽量で快適空間を生み出すアイテムとしてグローバルで注目されている。中でも弊社のシステムは世界トップレベルの指圧力を持つ。

リフレッシュブラダをシートパッドの表面に縦方向に配列させ、各ブラダの膨らみパターンでマッサージの様な効果をもたらすリフレッシュ機能がある。この機能は時間によるブラダ内圧の制御を行うことで、指圧に近い押し感を創出することができる。（図2）

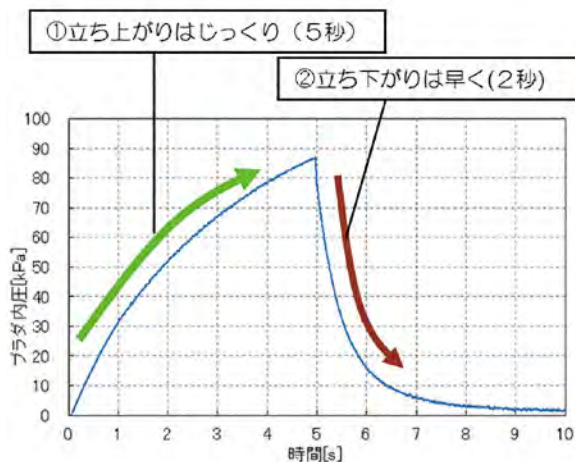


図2 指圧を感じる人体への押圧波形

また構成としてはストローク方向にブラダを2個置き、人体側のブラダを小さくし接触面積を減らすことでより指圧に近い局所的な押し感を実現することができた。(図3)

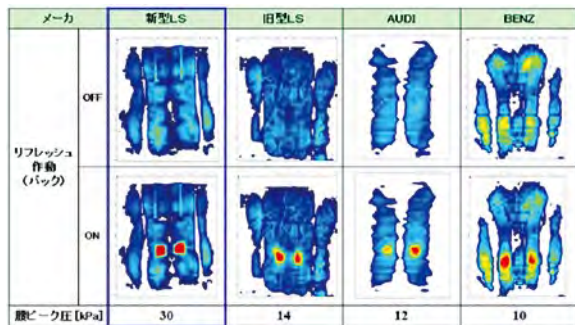


図3 各社リフレッシュ指圧感の比較

本システムはレクサスLS, LX, LM, クラウン, アルファード等に採用されている。

従来の電磁バルブでは無く、電気制御によるブラダ切り替えを使わないメカ式バルブを用いた世界初のリフレッシュシステムを提案しLMやアルファードに採用された。システム概要を図4に示し、開発目標を表1に示す。



図4 メカ式バルブシステム

表1 開発目標

性能	従来 既存リフレッシュシステム (プレミアム仕様)	新規開発 新規リフレッシュシステム (ベーシック仕様)
バルブ	電磁バルブ	メカ式バルブ
リフレッシュ 機能	コース 強弱調整 指圧力	7コース 可能 -
バルブ使用数	3個	1個
質量	540g	130g (76%減)
特徴	多彩なリフレッシュコース	シンプルなリフレッシュコース

3. 開発内容

3.1.1 メカ式バルブ開発内容

メカ式バルブを図5に示す。ポンプから本バルブを通じて各リフレッシュブラダに給気する。構成部品は樹脂、ゴム等で特殊な材料や加工方法を使用せずコストと質量を抑えた。

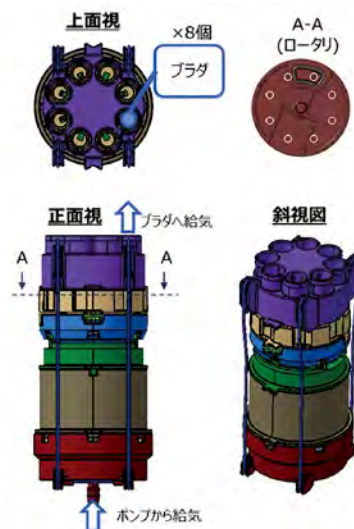


図5 メカ式バルブ外観

作動図を図6に示す。ポンプから給気された空気の圧力でロータリを回転させリフレッシュブラダを順番に切り替える機構を実現。また、システムを利用していない時にリフレッシュブラダが膨らんだままであるとシートに異物が残る状態となるため、ポンプOFFでリフレッシュブラダ内の空気を大気開放させブラダ内残圧を取り除く機構も実現した。

ポンプエア圧力でロータリが回転し流路を切り替える

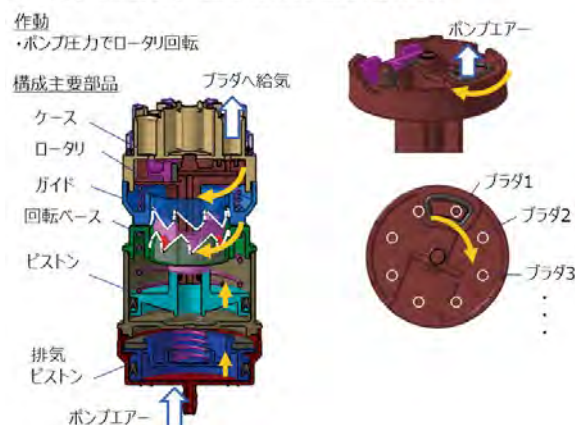


図6 メカ式バルブの構造と作動

3.1.2 流路切替え機構

流路を切替えて、膨らむブラダを順番に切り替える機構は図7に示す構造となっており、ポンプ圧力によって回転ベースが上下作動することで、突起形状がガイド斜面に沿って回転方向に作動する。この回転作動によってロータリを回転させることで流路切替えを実現させた。

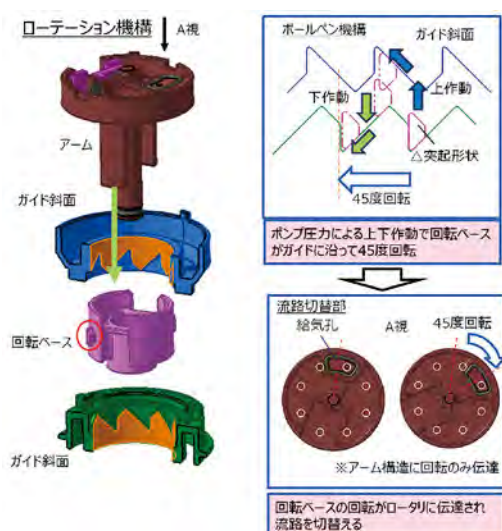


図7 流路切替え機構

3.1.3 ブラダ空気を抜く機構

ブラダ空気を抜く機構は図8に示す構造となっており、ポンプOFFでブラダ内空気を大気へ開放する。一方で常に大気開放された状態ではブラダ内の圧力が上がらず十分な指圧性能を出せない。このためポンプON状態では大気につながる流路を密閉する必要がある。

つまり、

- ・ポンプONでは密閉状態
 - ・ポンプOFFでは開放状態
- となる機構が必要となる。

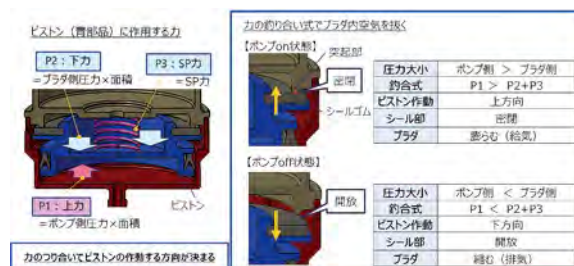


図8 ブラダ空気を抜く機構

ポンプ側圧力とブラダ側圧力の大小関係で排気ピストンを作動させ密閉状態と開放状態を切り替える機構でブラダ内の空気を抜くことを実現させた。

従来の電磁バルブに対して機能は劣るもののレクサスの指圧感を踏襲した軽量、コストを抑えたメカ式バルブを開発し、世界初のリフレッシュシステムを実現させた。

4. システム効果

バルブを電磁式からメカ式に構造を変更することで軽量・低コスト化が実現でき搭載車両の幅が広がりニューマチックリフレッシュシステムの売り上げ向上に期待が大きくなる。(図9)

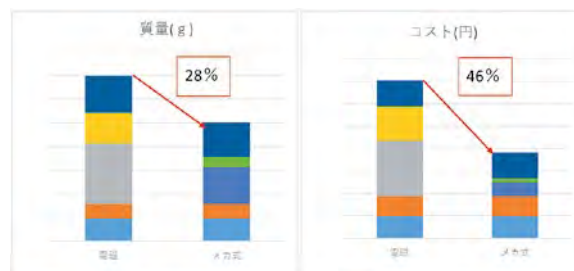


図9 システム効果

5. おわりに

本ニューマチックリフレッシュシステムはTMCの技術開発賞でCE特別賞を頂きました。製品開発・受注活動から製品立ち上げまで、多大なご協力・ご指導を頂いた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。





参考文献

- 1) 高橋徹: 空気圧の基礎と応用, pp.28-38, 東京電機大学出版局(2007)
- 2) 香住浩伸, 稲村栄次郎: 明解 材料力学のABC, pp.241-250, 科学図書出版(2016)

筆 者

**増田 賢志**

車体第2技術部
システム統括の設計に従事

**田中 新**

車体第2技術部
システム統括の設計に従事

**野末 勝也**

車体第2技術部
メカ式バルブ設計に従事

技術論文

PSD用画像認識システム

水野 直希
Naoki Mizuno
小久保 嘉人
Yoshihito Kokubo

木暮 孝典
Yoshinori Kogure
寺西 竜平
Ryohei Teranishi

梁井 慶一
Keiichi Yanai

概要

パワースライドドアをジェスチャーで開閉させるシステム向けにAIによる画像認識手法を活用し、またAIの学習に際し、シミュレーションモデルを導入したので紹介する。

1. はじめに

今まで車両のドアはハンドルやリモコン操作にて開閉操作を行っていたが、利便性向上に加えて近年のコロナ禍の影響もあり、非接触のニーズが高まりジェスチャーコントロール製品の採用が拡大している。具体的には足のジェスチャーでスライドドアやバックドアを開閉させる製品(図1, 図2)や、手のジェスチャーでスライドドアを開閉させる製品(図3)がある。今回は既存のスライドドア向けのジェスチャーコントロール製品の更なる操作性向上を目的に画像認識を活用したシステムについて説明する。



図1 従来品 足のジェスチャー(スライドドア向け)



図2 従来品 足のジェスチャー(バックドア向け)



図3 従来品 手のジェスチャー(スライドドア向け)

2. 開発品の狙いについて

従来品のスライドドア向けのジェスチャーコントロール製品は、車両に接近して足をボデーの下にかざすジェスチャーが必要なため足がボデーと接触して汚れてしまうケースや、ドア開閉時にユーザーがドアとの接触を避けるため後退し姿勢が不安定になるなどの問題がある。また、日本の様な車両間の距離が狭い駐車場で使用する場合は体の向きを変えるなど特に使い難く、その辺りの操作性を向上させるため、操作エリアの拡大が

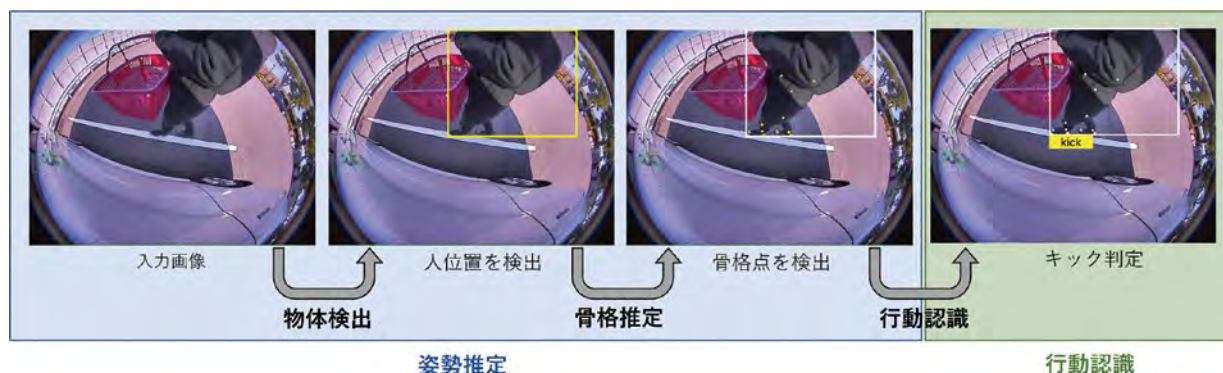


図6 ジェスチャー認識の処理フロー

必要と判断した。そこで普及が進んでいる車両周辺の安全確認用のカメラシステムに着目した。カメラは車両に4個搭載されており、その中で図4のようにサイドミラー下に搭載されているカメラを活用することで操作エリアを車両から1m離れた範囲まで拡大することが可能となり、図5のようにドアから離れた場所での操作が実現可能となった。



図4 操作イメージ

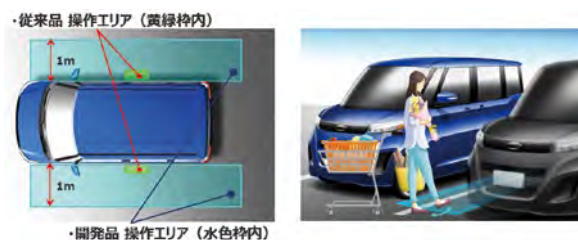


図5 操作エリア比較

3. ジェスチャー認識手法について

本システムでは、ジェスチャー認識手法として姿勢推定と行動認識の2段階によるAI認識手法を採用する。ジェスチャー認識の処理フローを図6に示す。

本章では、これら2つのAI検出アルゴリズムについて概要を説明する。

3.1 姿勢推定のアルゴリズム概要

姿勢推定とは、人の関節点を画像から検出し姿勢を可視化する技術である。検出のアプローチはいくつか存在するが、本システムではトップダウン手法と呼ばれる手法を採用する。トップダウン手法は、物体検出と骨格推定の2段階で構成されており、人物の姿勢を高性能に検出することができる。

1段階目の物体検出では、画像内に存在する人物の

位置を特定する。画像に写っている人物の範囲を推定し、さらにその範囲内に含まれているものが人物である確からしさを数値として算出する。算出された数値がある一定の確率を超えた場合、後段の骨格推定に使用される。

2段階目の骨格推定では、物体検出により検出された各人物を切り出し、関節位置の検知を行う。切り出した画像中の関節点は一人の人物のものという仮定のもと推論が行われる。

本システムでは、カメラから取得した各フレームの画像に対して物体検出と骨格推定を適用し、動画内の人物の姿勢推定を行う。

3.2 行動認識のアルゴリズム概要

行動認識とは一般的に、動画中に写りこむ人物の行動パターンを判定する技術である。本システムでは特に、キックジェスチャーの有無を判定するモデルを設計する。

行動データは時間の経過とともに変化するため、時系列データを用いて行動パターンを判定する必要がある。本システムの場合、前述の姿勢推定により得られた各フレームの骨格点(時系列情報)を行動認識モデルに入力する。入力する際に行動認識用のデータ形式に符号化しており、図7にイメージを示す。

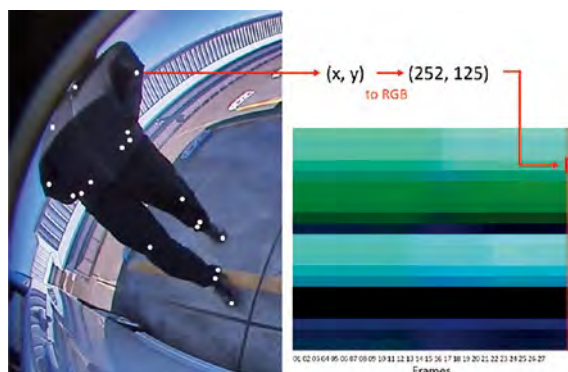


図7 骨格点座標からRGB画像への符号化

まず、姿勢推定により検出された2次元骨格点座標をRGB画像の緑、青の値として符号化する。このRGB画像

に符号化されたデータは一つの関節の骨格点情報にあたるため、同じ処理を全身の関節点に適用することで一人分の骨格点情報を取得できる。さらに、過去フレームのRGB画像も蓄積することにより、人物の行動パターンを表現できる。

このように本システムでは、姿勢推定から得られた時系列骨格点情報をRGB画像に符号化しモデルに入力することによって、ジェスチャーの有無を判定する。本システムは、キックジェスチャー用にチューニングしているが、使用するフレーム数や骨格点を変更することで、様々なジェスチャーに対応できる。

4. シミュレーターの活用について

前述の2つのアルゴリズムの、学習および評価のために教師データが必要となる。評価データとしては、実際の環境下におけるデータ撮影を行ったが、学習データには図8に示すようにシミュレーターで生成するデータも活用することで、データ取得現場における身体的負荷低減や、学習データ準備の時間短縮や費用低減を図った。

4.1 使用シミュレーター

まず、キックジェスチャーの動きを取り込むため、慣性式モーションキャプチャー(XSENS MVN Animate)にて、体格別の数名で、キックの速度などを変えた複数の正例データと、キックを行わない不例データを取得した。次に、3Dキャラ作成ソフト(Character Creator)で作成された複数のキャラクターを用い、3Dムービー作成ソフト(iClone)上で、前述のモーションデータをキャラクターに適用した上で、必要に応じて手のひらや頭の角度など細かな挙動修正を加えて自然なキャラクター挙動にした。

最後に、3DCGやグラフィック映像のゲーム開発にも適しているゲームエンジンであるUnreal Engineを用い、キャラクターと車両と周辺環境の統合を行った。同じキャラクター挙動データ1つだけでも、車両との位置関係や時間帯設定などを変えることで、図8のようにデータバリエーションを増やし、指定サンプリング周期にて静止画フレームおよび骨格点をレンダリング出力し、学習データとした。

4.2 コスト低減効果

時間短縮としては、同じ正例キックジェスチャーでも、車両の前や横や後ろからなど、様々な動線で何度も実撮影する必要がなくなった効果が大きい(工数70%減)。費用についても、キャラクター骨格定義に基づき骨格点をレンダリング出力できるようになり、教師データである骨格点のアノテーション委託を省けた。

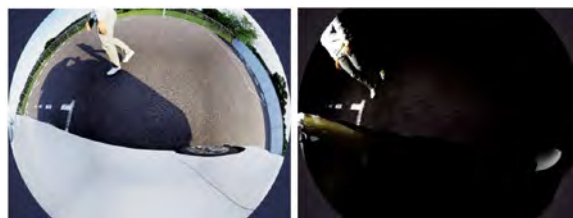


図8 生成学習データ(昼/夜)

5. ジェスチャー認識評価

本章では、ジェスチャー認識の評価結果を記述する。動画内でキックを実施しているデータをポジティブデータ、動画内でキックを実施していないデータをネガティブデータとする。それぞれのデータに対して、正しく検出できた割合を成功率として示す。

5.1 実験

学習および評価データとして、車載カメラで撮影した様々なシーンのキック動画を用いた。学習データに関しては、カメラ映像に加えて、シミュレーターで生成したCGデータも活用している。

ポジティブデータは、ロバスト性を評価するために様々なシーンで構成されている。一般的なキック動作に加えて、足の一部が遮蔽されているシーン、速度が遅いキックなど、検出が難しいと想定されるシーンも含む。ネガティブデータは、誤検出して欲しくない、キック以外のシーンで構成されている。例えば、自転車に乗っているシーンや、車両の横を素通りするシーンなどが含まれており、あらゆるシーンで誤検出しないことを目的にデータを選別している。

ポジティブデータについては目標精度90%、ネガティブデータについては目標精度100%とする。

5.2 実験結果

実験結果を図9に示す。



図9 ジェスチャー成功率

ポジティブデータの成功率は82%、ネガティブデータの成功率は90%であった。ポジティブデータに対しては、画面端のキック動作を検出できない傾向があり、ネガティブデータに対しては、車両を乗降するシーンを誤ってキック判定する場合が確認された。物体検出が失

敗しているシーンの追加学習や、シミュレーションデータの活用により、目標値に到達することが見込まれる。

今回はキックジェスチャーを検出の対象としているが、データ構成やモデル構造を変えることで様々なジェスチャーに対応させることが可能である。

6. おわりに

本稿では、開発中の画像認識システムについて紹介した。現状ではジェスチャーはキックジェスチャーに特化しているが、今後はジェスチャーの種類を拡張することで、更なる商品性向上を目指す。

参考文献

- 1) Dennis Ludl, Thomas Gulde, Cristóbal Curio
Reutlingen-University: Simple yet efficient real-time pose-based action recognition, 2019

筆 者



水野 直希

ボデーシステム開発部
画像認識システム開発に従事



木暮 孝典

ボデーシステム開発部
画像認識システム開発に従事



梁井 慶一

ボデー商品企画部
画像認識システム開発に従事



小久保 嘉人

先進開発部
画像認識システム開発に従事



寺西 竜平

先進開発部
画像認識システム開発に従事

製品動作音の新検査法の開発

笠原 太郎
Taro Kasahara
高部 晃好
Akiyoshi Takabe

坂本 湧暉
Yuki Sakamoto
伊藤 秀浩
Hidehiro Ito

宗戸 俊樹
Toshiki Muneto

概要

自動車部品の動作音検査において、官能検査の定量化と自動化が求められている。筆者らは異音を7種類に分類し、複数の手法を併用することで異音検査精度を高めている。本稿では、特に従来手法では検出が難しい“動作音の周波数が変化する異音”の新しい検出手法を開発したので、ここに報告する。

1. はじめに

近年、自動車の電動化により車室内の静粛性が向上したことで、自動車部品の動作音に対する要求が高まっている。自動車部品の生産工程では、品質を保证するために厳しい検査が行われており、動作音検査では熟練した検査員の聴感による官能検査が広く行われている。このような官能検査は工数、検査員への負担、技術伝承の問題から定量的評価と自動化が求められている。本論文ではまず自動車部品の動作音検査で発生する異音の性質を整理し、新たに開発した“動作音の周波数が変化する異音”を検出する手法について報告する。

2. 自動車部品で発生する異音

自動車部品の動作音検査で発生する異音は7種類に分類できる(図1)。異音の大分類として“音そのものが異常”な場合と“音の変化が異常”な場合がある。“音そのものが異常”な異音は正常な作動音に対し、意図しない異音が重畳した状態であり、異音が非定常的か定常的か、その継続時間や周期によって更に分類できる。“音の変化が異常”な異音は動力源(モータ等)の異常な挙動に起因するものであり、短時間毎に見ると正常だが、音の変化パターンが異常なことが特徴である。“音の変化が異常”な異音は振幅が変化するか、周波数が変化するかによって更に分類できる。

図2は周波数が変化する異音(図1中の⑦)の例である。周波数の変化は、製品内のモータの回転速度変化によるものであり、部品の不具合や製品組付け不備の可能性もある。図2(a)は正常品、(b)は異常品の時系列信号と振幅スペクトログラムである。正常品の周波数は回

転変動によって周期的に変動しているものの、概ね一定である。一方、異常品では4sと8s付近で動作音の周波数が変化している。このような周波数が変化する異音は、他の種類の異音と比べて検出が難しく、検出技術は確立されていなかった。

3. 動作音の周波数が変化する異音の検出方法

本稿では図2(b)のような周波数の変化を検出するための方策として、振幅スペクトログラムから周波数変化の軌跡を求め、回転変動によるものと考えられる周期的な周波数変化を除いたのち、局所的な周波数の変化量を評価することとする。



図1 自動車部品の異音分類

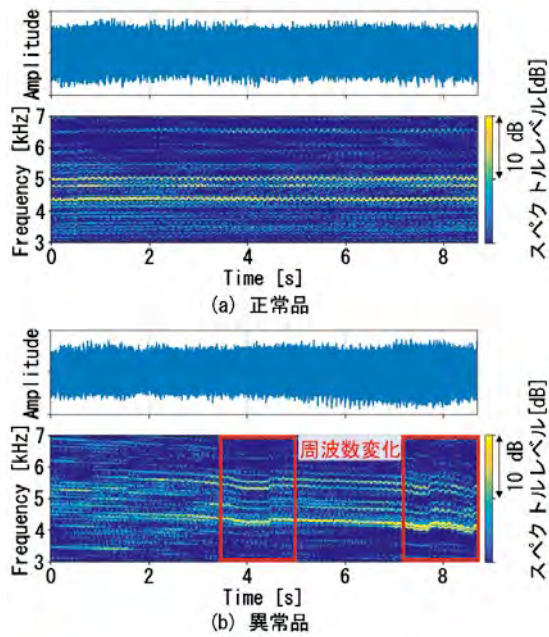


図2 振幅スペクトログラム(A特性重み付け)

3.1 従来手法

はじめに、動作音の周波数変化を検出する従来手法として、周波数スペクトルの重心(周波数変化の軌跡に相当)を監視する手法¹⁾について述べる。これは式1によって、各時間フレーム n の動作音のスペクトル重心 g_n を算出し、 g_n の変化量を閾値判定して動作音の変化を検出する手法である。

$$g_n = \frac{\sum_{i=1}^I f_i S_{i,n}}{\sum_{i=1}^I S_{i,n}} \quad (1)$$

ここで、 I と i は周波数のインデックス(0 Hz は除く)、 f_i は i 番目の周波数(周波数分解能 $\Delta f \times i$)である。 $S_{i,n}$ は周波数 f_i 、時間フレーム n における振幅スペクトログラムの強度を表す。

図3は図2の振幅スペクトログラム(グレースケール表示)とスペクトル重心(赤線)である。異常品のスペクトル重心に着目すると、異常品のスペクトル重心は4s付近で時間変化しているが、8s付近の周波数変化の特徴は確認できない。これは、スペクトル重心が各周波数成分の大きさに作用されることが原因であり、モータ音に含まれる様々な次数成分の時間的増減により、検出したい周波数の変化が埋もれていると考えられる。

以上の結果から、スペクトル重心は一部の周波数変化を捉えることができない。よって、この製品に関しては従来手法を用いて異音を検出することは難しく、次数成分の時間的増減に影響を受けない新しい検出手法が必要である。

3.2 提案手法

本稿では、周波数変化の軌跡を求めるためのロパス

トな手法を提案する(以下、提案手法)。検査対象の製品の動作音はモータ音が支配的であり、モータの回転速度変化によって音色が変化する。モータ音は回転速度によって決まる基本周波数と、基本周波数の整数倍の周波数(次数成分)からなる調波構造をもつ。提案手法では、調波構造を持つ音の解析に有効なケプストラム解析²⁾と、ロバストな周波数トラッキング手法である時間-周波数リッジ解析³⁾を用いる。提案手法の解析手順は以下の通りである。

はじめに、短時間フーリエ変換で動作音の振幅スペクトログラムを求める。次に、振幅スペクトログラムの時間フレーム毎にケプストラム解析を行う。ケプストラム解析は次式で定義される。

$$C_n = \text{IFFT}(\log_e S_n) \quad (2)$$

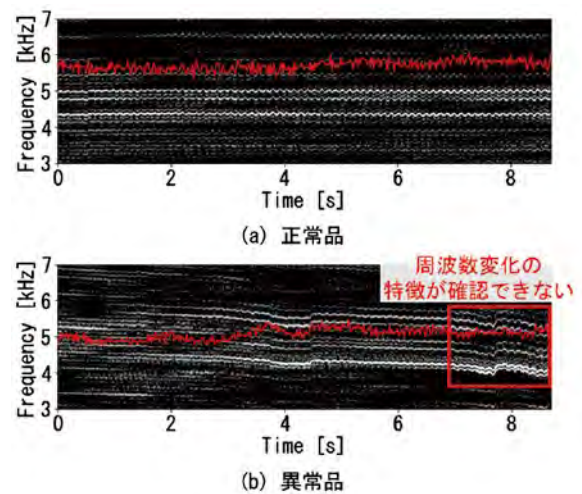


図3 スペクトル重心(図中、赤線)

ここで、 n はスペクトログラムの時間フレームのインデックスであり、 S_n は時間フレーム n における振幅スペクトルであり、IFFTは逆フーリエ変換(Inverse Fast Fourier Transform)を表す。本稿では、ケプストラムを時間フレーム n 順に並べたものをケプストログラムと呼ぶ。図4は図2をケプストラム解析したケプストログラムである。横軸は時間、縦軸はケフレンシーである。ケプストラムはパワースペクトルを周波数分析したものと解釈できることから、縦軸のケフレンシーはパワースペクトル上の周波数ピークの周期と対応している。正常品のケプストログラム図4(a)はケプストラムのピークは周期的に変動しながら一定の範囲にとどまっている。一方、異常品のケプストログラム図4(b)では、約4sと8s付近に動作音の周波数変化と対応した局所的な変化が確認できる。また、時間経過とともにケプストラムのピーク周波数が上昇している。これはモータが減速しているためと考えられる。以降、時間経過によるケプストラムの大局的な変化をドリフトと呼び、異常に関する周波数変化とは区別する。

次にケプストログラムに対して時間-周波数リッジ解析を実施する。時間-周波数リッジ解析とは時間-周波数行列から、各時間フレームにおける最大ピーク周波数の軌跡をロバストに推定する手法である。提案手法ではケプストログラムに時間-周波数リッジ解析を適用する。スペクトログラムを使用した場合と比較し、ケプストログラムを用いることで、よりロバストな周波数変化のトラッキングが可能になる。図5は図4のケプストログラムを時間-周波数リッジ解析した結果である。ケプストルの周波数変化の軌跡を求められていることがわかる。

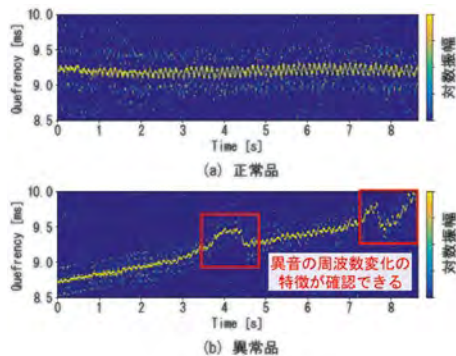


図4 正常品と異常品のケプストログラム

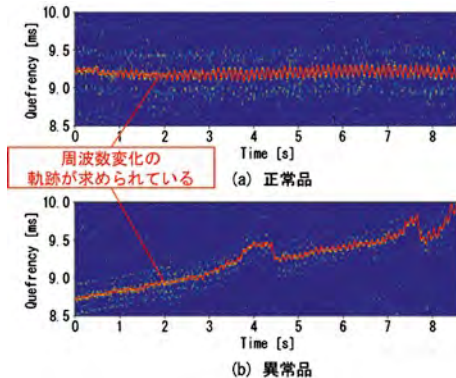


図5 時間-周波数リッジ解析結果(図中の赤線)

3.3 前処理と異常度の算出方法

本稿では、従来手法と提案手法のそれぞれに対して、同一の前処理および異常度算出を実施する(図6)。

前処理(図6(a))では、A特性周波数重みづけ、音圧正規化(音圧を実効値で除算)、短時間フーリエ変換(STFT)を順に実施する。異常度算出(図6(b))では、周期的な周波数変化を除外するための平滑化、ドリフト補正を順に実施した後、特徴量を時間フレームで分割し、各フレームにおける変化量(最大値と最小値の差)を算出し、全フレームの最大値を異常度とする。これは、式3と式4で表される。

$$\Delta x_n = \max(x_n) - \min(x_n) \quad (3)$$

$$\text{score}_{\text{ng}} = \max(\Delta x_0, \dots, \Delta x_{N-1}) \quad (4)$$

ここで、 $x_n = (x_{nH}, \dots, x_{nH+L-1})$ であり、ドリフト補正後の特徴量(従来手法ではスペクトル重心、提案手法ではケプストルの周波数変化の軌跡)をフレーム分割したベクトルを表す。 n はフレームのインデックス、 L と H はフレームの長さとしフト量を表す。なお、本稿で用いた解析パラメータは表1の通りである。

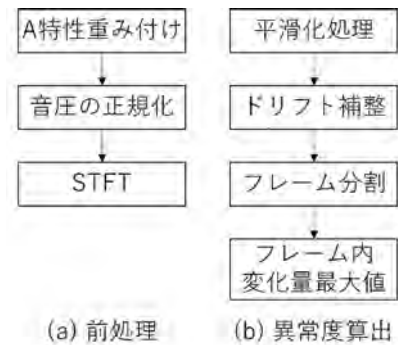


図6 前処理と異常度算出の処理フロー

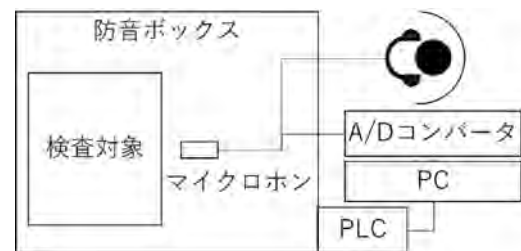


図7 動作音検査システムの構成図

表1 解析条件

STFT	サンプリング周波数	51.2 kHz
	窓関数	Hann
	窓長	40 ms
	シフト長	20 ms
フレーム分割	時間フレーム長	360 ms
	シフト長	360 ms

4. 動作音検査システム構成

図7は動作音検査システムの構成図である。検査は周囲からのノイズを低減するため防音ボックス内で行う。マイクロホンは検査対象の近傍に設置し、出力信号をA/Dコンバータを用いてPCに信号を取り込み、検査を実施する。検査の結果は、PCからPLCに送信され、上位システムに通知される。PCに取り込んだ信号は音源ファイルとしてデータベースに蓄積しており、データの後解析やシステムの評価に用いられる。また、マイクロホンで収録された音はリアルタイムでモニタリングでき、官能検査と検査システムによるダブルチェックが可能となっている。

5. 評価

従来手法と提案手法の異音検出性能を評価する。評価データには正常品334サンプル、動作音の周波数が変化する異常品17サンプルを用いた。正常と異常のアノテーションは熟練した検査員が音源ファイルを聴いて実施し、異常品サンプルの1つを限度見本とした。

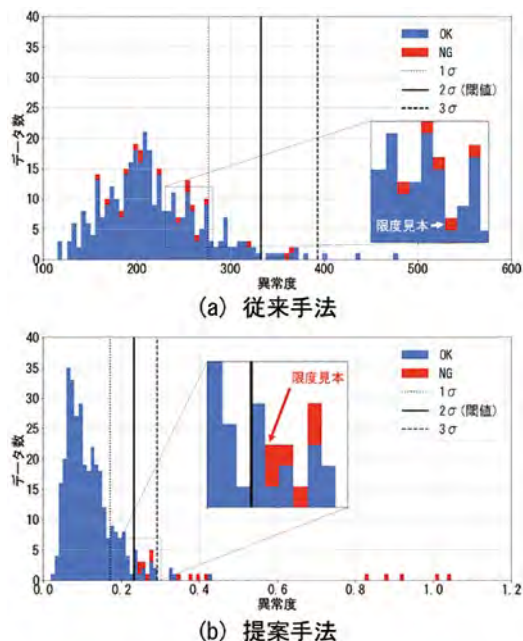


図8 異常度分布の比較

表2 検出性能を表す評価指標

	ROC-AUC	見逃し率	過検出率
従来手法	0.613	88.2%	3.6%
提案手法	0.989	0%	5.1%

検出性能の指標にはROC-AUC、異常品の見逃し率、正常品の過検出率を用いた。なお、見逃し率と過検出率を算出するために用いた閾値は、正常品サンプルの異常度の平均 μ と標準偏差 σ を用いて $\mu + 2\sigma$ に設定した。

図8は異常度のヒストグラム、表2は検出性能の評価指標の比較である。提案手法はROC-AUCが最大値1に近い0.989であることから、異常品の検出に有効であることが分かった。従来手法の見逃し率は88.2%であり、限度見本を検出できなかった。一方、提案手法は見逃し率0%で、限度見本を含む全ての異常品を検出可能なことから、異常品の流出を許容できない量産工程に耐える性能を有している。また、提案手法の過検出率は約5%であることから、検査員が官能検査を実施するワーク数を20分の1に低減できることがわかった。

以上の結果から、提案手法は周波数が変化する異音の検出に有効であると結論する。今後はROC-AUCの更なる向上と、過検出率を下げる改善が期待される。

6. おわりに

自動車部品で発生する異音の性質を整理し、“動作音の周波数が変化する異音”を検出するための新しい手法を提案した。また、実データを用いた検証により提案手法の有効性を確認した。

異音検査技術の今後の展望として、検査設備や周辺環境から到来するノイズへの対応、防音ボックスを必要としない検査の実現があげられる。

本手法の開発にあたり、立命館大学の西浦教授に貴重なアドバイスをいただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Grey, John M., John W. Gordon., Perceptual effects of spectral modifications on musical timbres, The Journal of the Acoustical Society of America 63.5, 1493-1500, 1978
- 2) Noll, A. Michael., Cepstrum pitch determination, The Journal of the Acoustical Society of America 41.2, 293-309, 1967
- 3) Thakur, Gaurav, et al., The synchrosqueezing algorithm for time-varying spectral analysis: Robustness properties and new paleoclimate applications, Signal Processing 93.5, 1079-1094, 2013

筆者



笠原 太郎

DS部 AIセンシング1室
異音検査の技術開発に従事



坂本 湧暉

DS部 AIセンシング1室
異音検査の技術開発に従事



宗戸 俊樹

DS部 AIセンシング1室
異音検査の技術開発に従事



高部 晃好

DS部 AIセンシング1室
異音検査、因果探索の技術開発に従事



伊藤 秀浩

DS部 AIセンシング1室
異音検査、設備診断の技術開発に従事

加熱粉碎と固体酸触媒による バイオマスの糖化反応

高野 一史
Kazufumi Kohno
山本 泰三
Taizo Yamamoto

神谷 斉
Hitoshi Kamiya
上坊寺 亨
Toru Joboji

概要

微結晶セルロースおよびサトウキビバガスを加熱式遊星回転ボールミルで粉碎することにより、水溶化することを見出した。さらに、各可溶化液を固体酸触媒で加水分解することにより、高収率で単糖が得られることが分かった。

1. はじめに

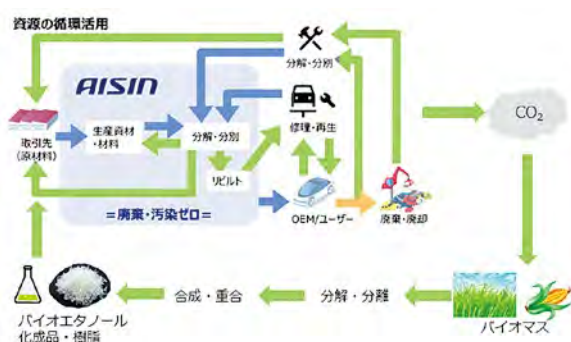


図1 Utilization of biomass in resource circulation¹⁾.

二酸化炭素（以下、CO₂）の排出は、製造事業活動だけではなく、アイシンが掲げる「資源の循環活用」活動においても起こる。一方、バイオマスは空気中のCO₂を取り込み光合成によって固定する唯一の有機物からなる再生可能資源である。したがって、バイオマスを効率的に分解・分離処理し、化学変換が達成できれば、排出したCO₂を回収再利用でき、かつ化石資源から合成される化学品・プラスチックの代替や、より高機能の物質の創出が可能となり、カーボンニュートラルに貢献できる。さらに、バイオマスから合成した化学品・プラスチックを「資源の循環活用」し続けることによって実質的にCO₂を固定化できカーボンネガティブを達成できる（図1）。

バイオマス資源活用において、地球上で最も大量にある有機化合物であるセルロースを活用することは必然である。しかしながら、セルロースは分子内・分子間水素結合によって剛直な結晶構造を有し、一般的な溶媒に不溶であるため、そのまま加水分解することが難しい²⁾。

一方、ボールミルなどの機械的処理によってセルロースを非結晶化することにより、セロオリゴ糖やグルコースまで分解できることが報告されている^{2, 3)}。

我々は微結晶セルロースの加熱粉碎によって無触媒でセルロースを水溶化させ、固体酸触媒によって加水分解することにより、高収率で単糖が得られることを見出した⁴⁾。さらに、一般的に廃棄・焼却処分される非可食系バイオマスであるサトウキビバガスにおいても、加熱粉碎によって無触媒で構成する有機物を水溶化することができ、さらにその可溶化液に含まれるセロ及びキシロオリゴ糖から単糖変換できることを見出したので報告する（図2）。

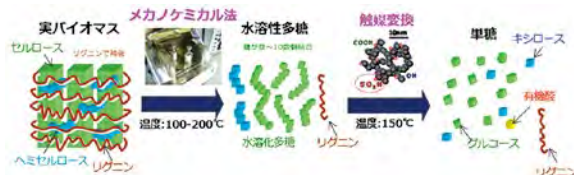


図2 Hydrolysis process of biomass by heat ball milling and solid acid catalyst.

2. 実験

微結晶セルロース(Merck)あるいはサトウキビバガス0.3 gをφ5 mm ZrO₂製ボール 75 gとともに容積45mL ZrO₂製容器に入れ、加熱式遊星回転ボールミル(LP-M2H:伊藤製作所)にて所定温度で粉碎した(回転数300 rpm)。得られた粉末に純水 20 mlを添加し水溶成分を抽出後、0.25 μm PVDFフィルターで不溶分をろ過した。可溶化成分を全有機体炭素計(TOC: Total Organic Carbon, 島津製作所製TOC-L CPH)により定量した。

各種可溶化水溶液 (0.3 wt%, 5 ml) と固体酸触媒としてスルホン化活性炭(フタムラ化学製ZP、スルホン酸量: 0.8 mmol/g) 15 mgをオートクレーブ (オーエムラボテック製MR28) に入れ、150℃で所定の時間加熱した。得られた混合物を0.25 μ m PVDFフィルターを通して固体触媒をろ別し水溶成分を高速液体クロマトグラフ(HPLC: High Performance Liquid Chromatography, 島津製作所製LC-20)で糖成分を定量した。

サトウキビバガスの糖構成は、硫酸分解により得られた単糖をHPLCにより定量分析した(図3)。さらに、硫酸分解によって得られたリグニンは、酸不溶性成分を残渣重量から算出し、酸可溶性成分を分光光度計にて定量した。また、水分および灰分はサトウキビバガスの熱重量減少にて定量した。

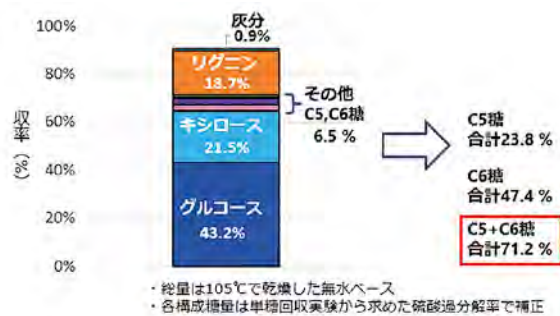


図3 Composition of bagasse.

3. 結果と考察

3.1 加熱式遊星回転ボールミルによるバイオマスの可溶化

3.1.1 微結晶セルロース

加熱式遊星回転ボールミルを用いた微結晶セルロースの可溶化における粉碎温度及び処理時間の影響について検討した(図4)。セルロースは室温では全く可溶化しなかったのに対して、150℃では時間を追うごとに可溶化が進行し12時間で100%可溶化することが分かった。また、200℃では1時間程度で90%以上可溶化することが分かった。したがって、セルロースに対して粉碎エネルギーとともに熱エネルギーを加えることでセルロースの分解が促進され水溶性オリゴ糖になったと考えられる。

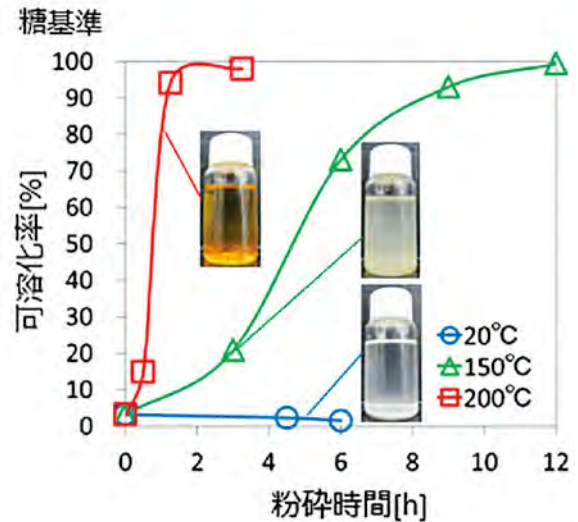


図4 Solubilization of cellulose by heat ball milling. Reaction conditions: cellulose (0.3 g), ϕ 5 mm ZrO_2 ball (75 g), 300 rpm.

3.1.2 サトウキビバガス

加熱式遊星回転ボールミルを用いたサトウキビバガスの可溶化における粉碎温度及び処理時間の影響について検討した(図5)。セルロースでの検討結果をもとに加熱温度を200℃として粉碎したところ、3時間で30%が最大となり、その後可溶化率は低下し不溶化反応が進行することが分かった。そこで加熱温度を検討したところ、160℃で糖基準130%以上、サトウキビバガス全有機物基準95%の可溶化率が得られることが分かった。このことから、セルロースのみの場合、多くの熱エネルギーを加えても、粉碎時間を最適化することで不溶化反応を抑制することができるが、サトウキビバガスのような実バイオマスの場合、主成分であるセルロースに加え、ヘミセルロースおよびリグニンが含まれ、各成分のメカノケミカル分解反応および不溶化反応の反応性が異なるため、不溶化反応が起こりにくい比較的低い粉碎温度が最も高い可溶化率を示したと考えられる。

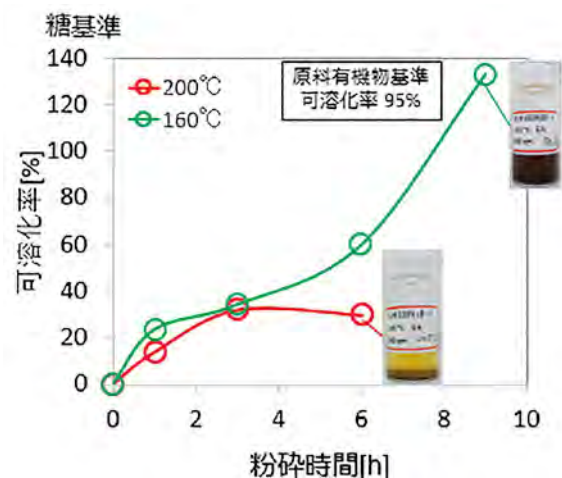


図5 Solubilization of bagasse by heat ball milling. Reaction conditions: bagasse (0.3 g), ϕ 5 mm ZrO_2 ball (75 g), 300 rpm.

3.2 固体酸触媒による糖化反応

3.2.1 微結晶セルロース

セルロースの糖化反応に用いる触媒として、まず思い浮かべるのは硫酸であるが、1) 液体強酸で危険である(腐食、やけどなど)、2) 装置腐食性がある(耐腐食装置コスト増)、3) 回収再利用ができない(高コスト)、4) 中和が必要である、5) 硫酸塩が発生する(廃棄物発生)、ということから、安全性が低く環境負荷が大きい。したがって、腐食性がなく分離回収が容易であり、中和工程も必要なく、廃棄物が発生しない固体触媒を選択することはサステナブルな化学プロセスにおいて必然である。

セルロースの糖化反応において、数多くの固体触媒が開発されている中で⁵⁾、カーボン系固体触媒はセルロースとの親和性が高く、高効率で糖化反応が進行することが報告されている⁶⁾。そこで今回、カーボン系固体触媒の中で酸性度が高いスルホン酸基を持つスルホン化活性炭を用いることとした。

固体酸触媒であるスルホン化活性炭を用いてセルロースの糖化反応を行った(図6)。加熱粉碎していない微結晶セルロースをそのまま用いた場合、6時間反応させても糖収率17%であったのに対して、200℃で3時間粉碎して得られたセルロース可溶液を用いた場合、1時間で糖収率48%と加熱粉碎していないセルロースでの糖収率を大きく超えることが分かった。さらに、6時間で糖収率89%となり、可溶化することで水溶性オリゴ糖と固体触媒との接触効率が飛躍的に高まり、効率よく糖化反応が進行することが示唆された。

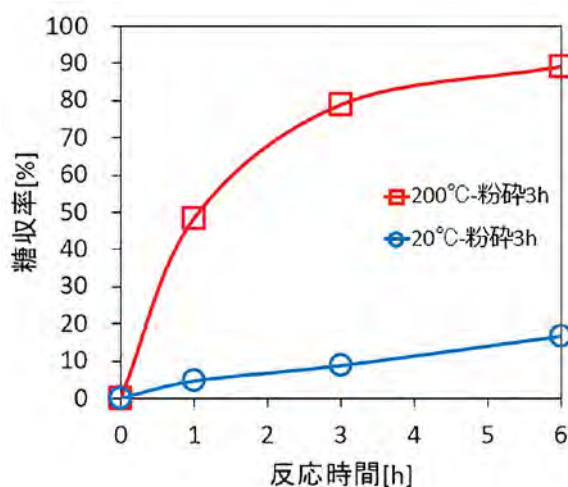


図6 Yields of sugars from cellulose using solid acid catalyst. Reaction conditions: milled cellulose (0.015 g), catalyst(0.015 g), 150 °C, H₂O(5 ml).

3.2.2 サトウキビバガス

スルホン化活性炭を用いてサトウキビバガスの糖化反応を行った。160 °Cで粉碎して得られた可溶化液は、セルロース可溶化液と同様に、効率よく糖化反応が進行し、グルコース50%、キシロース31%と単糖が合計81%で得られることが分かった(図7)。一方、室温粉碎したサトウキビバガスからは、グルコース6%、キシロース27%と単糖は33%しか得られなかった(図8)。また、室温粉碎した可溶化液の糖化反応において、サトウキビバガスはセルロースよりもグルコース収率が低いことが分かった。これは実バイオマスを構成するリグニンがセルロースの周りを覆うように結合しているため、固体酸触媒がセルロースに接近できないことが影響していると考えられる。したがって、加熱粉碎は、実バイオマスの構造を分解することでリグニン、セルロース及びキシランの水溶化及び低分子量化に対して大きく寄与し、特にセルロースの固体触媒との反応性を大きく向上させることが分かった。

糖基準

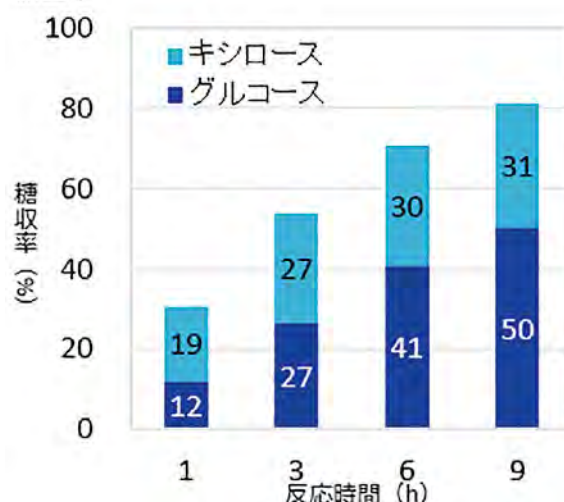


図7 Yields of sugars from water-soluble products using solid acid catalyst. Reaction conditions: heat milled bagasse (0.015 g), catalyst(0.015 g), 150 °C, H₂O(5 ml).

糖基準

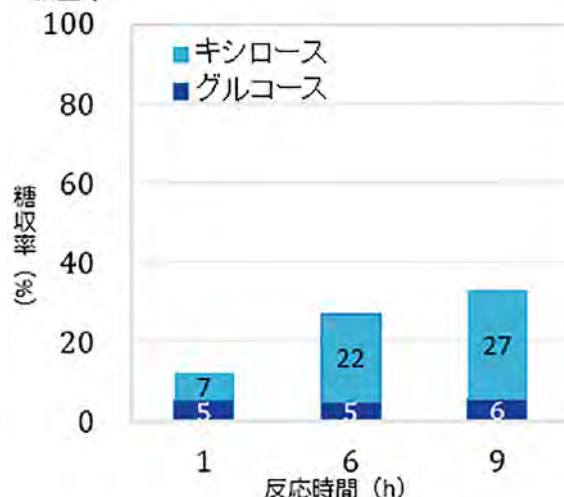


図8 Yields of sugars from bagasse using solid acid catalyst. Reaction conditions: milled bagasse (0.015 g), catalyst(0.015 g), 150 °C, H₂O(5 ml).

4. おわりに

非可食系バイオマスを再生可能資源として活用するためには、実バイオマスの組成構造を構成するセルロース、キシランおよびリグニンの単位分子構造を維持したまま分解する必要がある。本稿では粉碎に熱エネルギーを加えることで触媒なしにメカノケミカル反応によりセルロースおよびキシランの分解が進行し、リグニンを含めて実バイオマスを可溶化することを見出した。加熱粉碎によって得られたオリゴ糖可溶化液は、室温粉碎溶液と比較して固体酸触媒との反応性が飛躍的に向上することを提示することができた。

今後は、サトウキビバガス以外の実バイオマスへの適用、可溶化したリグニンの活用、化石資源代替物質製造法を見出し、カーボンニュートラル、さらにはカーボンネガティブを目指した実バイオマスの資源活用によって循環型社会の構築に貢献していきたい。

最後に本研究遂行にあたり、北海道大学 触媒科学研究所 物質変換研究部門 福岡 淳教授（兼アイシン-北大R&Dラボ 研究総括）、シュロトリ アビジット助教、パライヤヤティ ナレシュ博士研究員、東京大学大学院 総合文化研究科 先進科学研究機構 小林 広和准教授に多大なるご協力を頂いた。ここに篤くお礼申し上げます。

なお本稿は、一般社団法人触媒学会 第132回触媒討論会での講演「加熱粉碎と固体酸触媒によるバイオマスの糖化反応」をもとに執筆したものです⁷⁾。

参考文献

- 1) [サステナビリティ説明会 2022, カーボンニュートラル資料] より P9「資源の循環活用」引用一部改変
- 2) A.Fukuoka, D. L. Dhepe, Angew. Chem. Int. Ed., 45, 5161(2006).
- 3) H.Kobayashi, T. Komanoya, K. Hara, A. Fukuoka, ChemSusChem, 3, 440 (2010); H. Kobayashi, M. Yabushita, T. Komanoya, K. Hara, I. Fujita, A. Fukuoka, ACS Catal., 3, 581 (2013).
- 4) 上坊寺, 白石, 高田, 第114回触媒討論会 A, 1103 (2014)
- 5) Y-B. Huang, Y. Fu, Green Chem., 15, 1095 (2013); M. Zeng, X. Pan, Catal. Rev. 64, 445 (2022).
- 6) S. Sugauma, K. Nakajima, M. Kitano, D. Yamaguchi, H. Kato, S. Hayashi, M. Hara, J. Am. Chem. Soc., 130, 12787 (2008); A. Onda, T. Ochi, K. Yanagisawa, Green Chem., 10, 1033 (2008); 小林, SHROTRI, 福岡, 触媒, 65, 1 (2023).
- 7) 高野, 神谷, 上坊寺, 第132回触媒討論会 A, 1120 (2023).

筆者



高野 一史

先進開発部 グリーンエネルギー開発室
バイオマス資源化グループに従事
北海道大学にて、アイシン-北大R&Dラ
ボでバイオマス化学変換開発に従事



神谷 斉

先進開発部 グリーンエネルギー開発室
バイオマス資源化グループに従事
メカノケミカルによるバイオマス活用に
従事



山本 泰三

先進開発部 グリーンエネルギー開発室
バイオマス資源化グループに従事
北海道大学にて、アイシン-北大R&Dラ
ボで糖化反応触媒開発に従事



上坊寺 亨

先進開発部 グリーンエネルギー開発室
バイオマス資源化グループリーダー

異種材接合技術 ～レーザによるアルミ・樹脂接合処理を中心に～

山本 修也
Naoya Yamamoto

概要

自動車部品の小型化に向けて、異種材接合の技術開発に着手。技術課題は“接合強度”と“シール性”の両立。良好な結果を示した“アイシン特許×フェムト秒ファイバーレーザ技術”の紹介を交えつつ、評価・解析結果を報告する。

1. はじめに

自動車部品の小型化は、環境負荷に配慮した燃費向上や、快適な車内空間を実現する車室内スペース拡大など、ユーザーのうれしさに繋がるため、自動車業界において重要な課題の一つである。

小型化を実現させる手段の一つに、マルチマテリアル化(異種材料を各々の特性を活かしながら適材適所に使用)があり、要求性能の確保とコストとの両立を図りながら部品を小型化することが期待できる。このマルチマテリアル化実現において重要な技術の一つが、“異種材接合”である¹⁾。当技術は、スマートフォン等の電子デバイスやデジタル機器では積極的な採用が進んでいるものの²⁾、自動車業界では市場環境の過酷さから、採用の壁は非常に高い。

アイシンにおいても、年来、異種材接合について検討されており、製品の要求特性に合わせて技術開発が進められている。一例として、電子基板を搭載する製品に対するマルチマテリアル化の考え方について以下概説する。近年、電子基板の小型化・高機能化に伴う発熱対策として、適切な熱設計が課題である。熱設計として、例えば基板発熱部からの放熱経路を設計し、放熱経路部には“局所的に熱伝導率が高い材料”を用いることで、放熱性向上が狙える。熱設計が成立すれば、より小型の電子基板を用いることができ、結果、部品の小型化に繋がる。ここでの重要な技術課題が、“熱伝導率が高い材料”をどうやって“局所的に”組み込むのかであり、当解決策の一つが“異種材接合”である。

今回我々は、上記の熱設計の成立を目的とした“異種材接合”の技術開発に鋭意取り組む中で、アイシン特許

技術を含む種々の技術を評価したので報告する。さらに、アイシン特許技術の検討に際し、イムラアメリカ社(IMRA America, Inc.)のフェムト秒ファイバーレーザを用いたので、当該技術も紹介する。

2. 異種材接合技術について

異種材接合技術は多岐にわたり、鉄鋼材料、軽金属材料、炭素繊維強化樹脂複合材料(CFRP)、高分子材料(樹脂)など様々な組み合わせにおいて検討されているが、本報では対象製品の材料である“アルミダイキャスト(ADC12)×樹脂”の組み合わせに絞って言及する。

表1に、金属材料と樹脂材料との異種材料接合法を示す。今回は直接接合における“インサート成形法”を選択した。理由は、製品の構造上、樹脂が複雑形状になること、熱圧着させるスペースがないこと等による。

表1 異種材接合法の例³⁾

接合法		接手法
間接接合	接着法	接着剤
	機械的締結	リベット
		ボルト
		かしめ
直接接合	熱圧着法	高周波加熱
		抵抗加熱
		レーザ加熱
		超音波接合
	インサート成形法	金型を用いる熔融樹脂の射出成形

インサート成形法は、射出成形における金型内に、対象物となる金属部品を設置した状態で、樹脂を注入する

ことで、金型内で金属と樹脂の一体化を期待する工法である。樹脂側の対策アプローチとして、金属との接合性向上を狙い、材料組成を変更した接合用グレード開発も行われている⁴⁾が、一般的には表2に示すような金属側の対策アプローチが多い。

表2 インサート成形法における金属表面処理の例

物理的(アンカー)効果	レーザー
	薬液(エッチング)
	化成処理
	プラスト
化学的效果	有機めっき

金属側の主な対策アプローチとして、金属表面に、①アンカー効果を期待して微細な凹凸を形成する“物理的效果”と、②樹脂との親和性向上を期待して極性基を導入する“化学的效果”に大別される。特に多く取り組まれているのは、①の微細凹凸形成技術であり、例えばレーザーやエッチング等、様々な手法が存在し、ここに各社のノウハウがある。

今回我々は、インサート成形法における、金属表面処理技術に着目し、物理・化学的問わず各種手法について検討した。製品の要求特性より、“接合強度”と“シール性”について目標値を設け、後述する評価方法にて良否判定を行った。

3. アイシン保有特許について⁵⁾

異種材接合向け金属表面処理技術として、(株)アイシン{旧アイシン精機(株)}材料技術部が特許を取得している。表面に μm と nm スケールの2種類の微細凹凸加工を共存させることで、接合強度と耐冷熱性を向上させることができる(図1、特許第6199655号)。特に後者の nm 凹凸については、例えば後述するフェムト秒ファイバーレーザーなどを用いることで、容易に形成することができる。

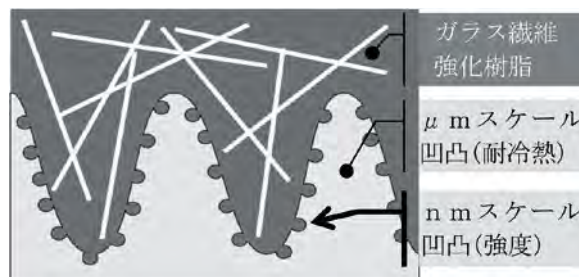


図1 アイシン特許の概要図

4. フェムト秒ファイバーレーザー加工技術の紹介

フェムト秒(femto second, fs)とは 10^{-15} 秒を意味する

SI接頭語fで、100fsのフェムト秒レーザーと呼ばれるものは 10^{-13} 秒だけONになり、そこから数十ns～数十 μs のOFF時間の後に、再度 10^{-13} 秒だけONになる、ということを繰り返すレーザーである。 10^{-13} 秒、つまり1兆分の1秒の時間に光子を閉じ込めることができるため、高精度な計測や精密な加工が可能となることが大きな特長である。さらにすべての光路をファイバーで構成することができるファイバーレーザーの強みを活かし、外乱に強く、かつコンパクトに構成できるフェムト秒ファイバーレーザーが開発された。

今回の表面処理に使用したレーザーは、表3の仕様のイムラアメリカ製フェムト秒ファイバーレーザーである(図2)。このレーザーは2018年のノーベル物理学賞受賞対象となったCPA(Chirped Pulse Amplification)技術をファイバーレーザーに適用したFCPA(Fiber Chirped Pulse Amplification)という技術を用いており、発振器、パルス伸長器、増幅器などのレーザーの主要部品を光ファイバーで構成することにより、高いビーム安定性と環境耐久性を有している。

図3に表面処理を実施するために用いたレーザー加工光学系の概略を示す。レーザー光源から出射したレーザービームは、中間光学系により適切なビーム調整を経て、集光レンズにより、加工する材料に照射される。加工の際は、ガルバノスキャナによりレーザービームを材料の表面上で高速走査することで微細溝を形成した。この手法はピストンスカートに摩擦低減目的でテクスチャ構造を付加した際に用いた方法と同様である。⁷⁾

表3 レーザーの仕様

中心波長	1040nm
平均出力	>30W
パルス幅	700fs
繰り返し周波数	1MHz



図2 使用したフェムト秒ファイバーレーザー
(イムラアメリカ製)

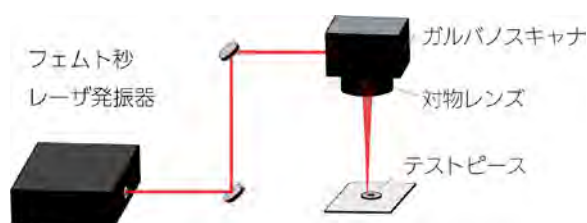


図3 レーザ加工光学系の概略図

5. 評価方法

評価は以下の手順で実施した。【手順1】テストピース (TP) 作製, 【手順2】物性評価 (初期), 【手順3】耐久試験 (冷熱試験), 【手順4】物性評価 (耐久後)。

以下, 順を追って説明する。

5.1 手順1:TP作製

図4に示す通り, ADC12製の中空リング内径側に各種表面処理を実施後, インサート成形にて樹脂と接合することでTPを得た。なお, 処理液に浸漬させるような, 全面が処理されてしまう手法については, マスキングを行うことで, 処理面積が全ての水準に対して同面積となるよう配慮した。

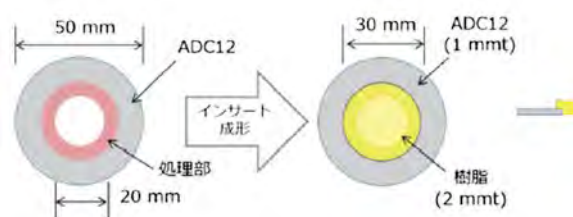


図4 テストピース (TP) 作製

また, 表4および図5に各処理の概要を示す。“サンプルE”が, アイシン特許をイムラアメリカ社のフェムト秒ファイバーレーザで処理したサンプルである。

表4 各処理の概要

No.	処理種類	凹凸のオーダ
A	薬液	nm
B-1	レーザ (格子状)	μm
B-2	レーザ (同心円状)	μm
C	レーザ (同心円状, 粗面)	μm
D	有機めっき	nm
E	フェムト秒ファイバーレーザ	nm + μm
F	薬液 (開発品)	非開示
G	ブラスト	μm

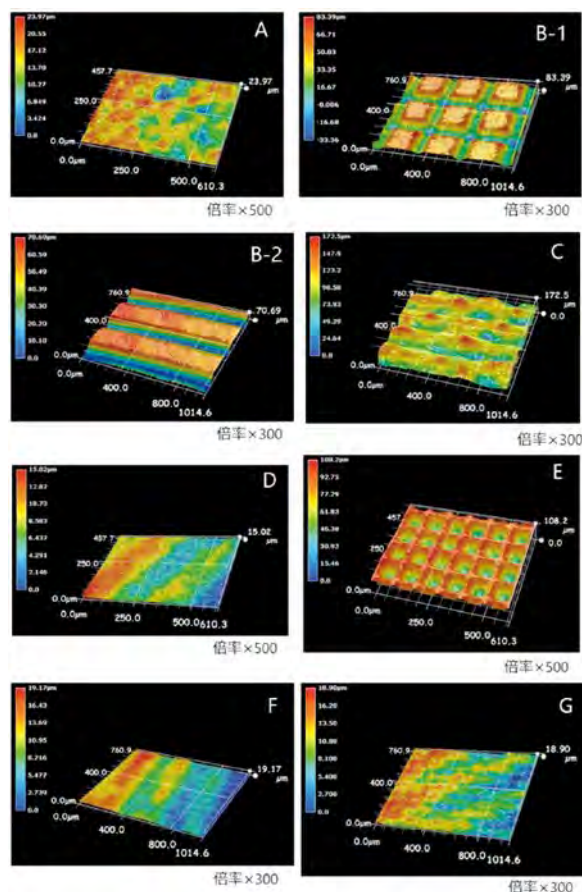


図5 各処理の外観 (カラーバーは高さ)

5.2 手順2, 4: 物性評価

5.2.1 接合強度評価

接合強度評価方法について, 図6に示す。TPの裏側から, 処理面が主に引張荷重を受けるように樹脂部を打ち抜き, 破断したときの応力を測定した。温度環境は $23^{\circ}\text{C} \times 50\% \text{RH}$, 引張速度は 5 mm/s で実施した。

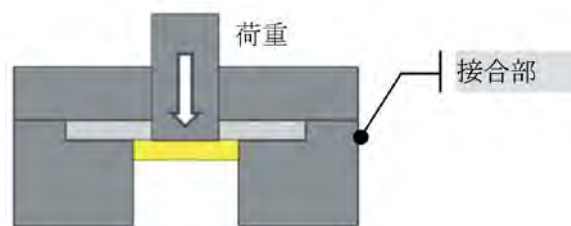


図6 接合強度評価方法

5.2.2 シール性評価

シール性評価について, 図7に示す。TP裏側からヘリウム (He) ガスにて 500 kPa まで加圧したときのガスリーク量 [$\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$] を測定した。

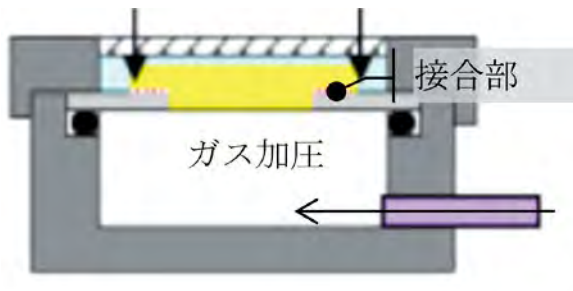


図7 シール性評価方法

5.3 手順3:耐久試験(冷熱試験)

-40℃⇔120℃(各30分)の冷熱試験を気相にて100サイクル行った。取り出し後、24時間以上測定環境にて静置し、物性評価を実施した。

6. 結果

縦軸を接合強度、横軸をシール性としたグラフに、各サンプルの耐久試験後の数値をプロットした結果を図8に示す。結果、今回の“ADC12×樹脂”の組み合わせにおいては、A、C、E、Gの4サンプルが良好な結果を示した。



図8 耐久(冷熱)試験後の評価結果

7. 考察

7.1 今回の結果に対する考察

最初に目標未達の処理方法について考察する。

まずDは、耐久試験後の図8では目標達成しているが、初期は両特性とも未達であったので、NGとしている。Dは有機めっき処理による相互作用が接合主因子であり、冷熱試験による熱履歴でADC12と樹脂との相互作用が増加し、耐久後の方が良好な結果になったと考えられる。よって、有機めっきを検討する際は、アニールなどで後加熱する追加処理が必要である。

B-1は、接合強度は目標達成するも、シール性が未達であった。格子状に溝を切っているため、リークパスが形成しやすかったことが原因だと考えられる。

対して同心円状のB-2は、シール性は目標達成したが接合強度が不足した。これは数百μmと処理ピッチが広く、アンカー効果不足だと考察している。Fは開発品で非開示情報が多いので言及を避ける。

次に、接合強度・シール性の目標値を満足したA・C・E・Gについて、いずれも図8上では同位置にプロットされた。この理由について、まず接合強度は、界面より先に樹脂の母材破壊が起こったため(約52MPaは樹脂母材強度)である。また、シール性は設備検出限界を示している。したがって、今回の評価では本来の限界値が測定出来ないほど、非常に高い接合強度とシール性を示す処理であることが分かった。

7.2 異種材接合の一般解化の試み

今回の測定結果を踏まえ、異種材接合強度の一般解化を試みた。種々の論文^{3),8)}を参考に(各因子の技術的な説明は割愛)、化学的な“濡れ性”と、物理的な“アンカー効果”と、両者が作用する“表面積”で、異種材接合強度を説明できるのではと仮説を立て、目的物性と説明変数を表5の通り設定した。以降、表5の説明変数を定量化し、データ解析を行い仮説の確からしさについて議論する。

表5 目的物性と説明変数

変数	因子	測定項目	狙い ^(*)
目的変数	接合強度	0項	
説明変数	濡れ性	接触角	-
	アンカー効果	S _z , S _{tr}	+
	表面積	レーザー顕微鏡, FIB-SEM	+

(*)「狙い」列の符号は重回帰分析における回帰係数の符号を意図しており、+は説明変数と目的変数とに正の相関があり、-は負の相関があることを示す。

7.2.1 説明変数1:濡れ性

各処理面と、樹脂との親和性の指標として、濡れ性に着目した。通常の濡れ性は基材に水滴を滴下する手法が一般的だが、今回は図9のように、処理面に対し溶融した樹脂を滴下した際の接触角測定を選定した。

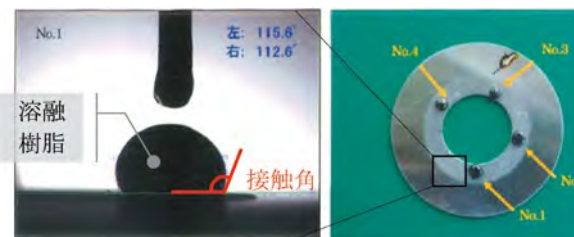


図9 樹脂の接触角測定

7.2.2 説明変数2:アンカー効果

最も定量化に困ったのがアンカー効果である。規則

的な凹凸形状であれば数値化は容易だが、特に薬剤などを用いるとランダムな微細凹凸が形成され、表面積とは別のアンカー効果としての指標設定が困難であった。今回はレーザ顕微鏡を用いた、凹凸の最大高さであるSz(図10(左)), および表面の異方性の強さを示すStr(図10(右))を用いた。

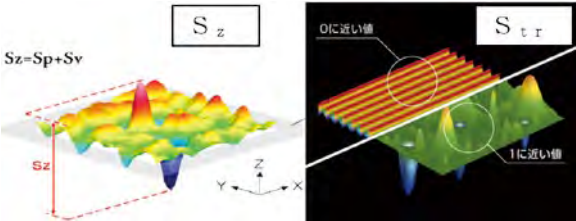


図10 アンカー効果の定量化

7.2.3 説明変数3:表面積

μmスケールの凹凸についてはレーザ顕微鏡を用いた。また、nmスケールの凹凸についてはレーザでは追従できないと考え、FIB-SEM(集束イオンビーム加工装置付走査電子顕微鏡)を用いて三次元像(図11)を構築し、表面積を算出した。

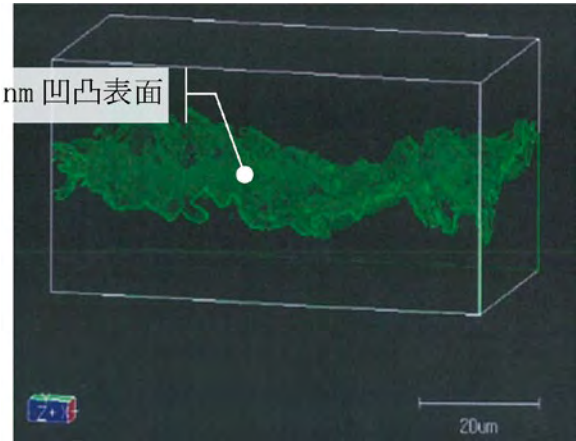


図11 FIB-SEMの三次元像

7.2.4 重回帰分析を用いた仮説の確からしさ確認

異種材接合を一般解化する上での仮説の確からしさの確認を目的とし、重回帰分析を行った。なお、前述の通り、接合強度とシール性が検出限界により頭打ちになっているため、解析結果の絶対値そのものが重要な意味を為さないことは前提の上で議論を進める。

結果を図12および表6に示す。さらに、各説明変数の解釈を表7に示す。まず各説明変数の回帰係数の符号に着目すると、仮説における狙い(表5)と符号が同一であり、仮説を支持する結果が得られた。

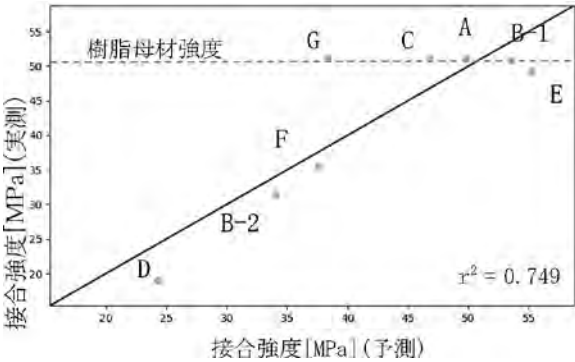


図12 重回帰分析結果(初期強度)

表6 重回帰分析結果

説明変数	分散比	偏回帰係数	標準偏回帰係数	トレランス
接触角	1.54	-0.919	-0.484	0.553
Sz	1.43	0.084	0.523	0.438
Str	2.50	29.4	0.639	0.512
表面積	2.19	7.86	0.610	0.493
定数項	1.82	123	—	—

表7 各説明変数の解釈

項目	符号	解釈と考察
表面積	+	[解釈]接合している表面積が大きい程、接合強度が高い。 [考察]樹脂との分子間力が働く面積が増加するため。
濡れ性(接触角)	-	[解釈]接触角が小さい(濡れ性が良い)程、接合強度が高い。 [考察]濡れ性が良い程、凹凸に浸透しやすくなるため。
アンカー効果(Sz, Str)	+	[解釈]表面粗さが大きい程、接合強度が高い。 [考察]凹凸が大きく、急峻である程、強いアンカー効果が発現するため。

7.2.5 アイシン特許の考察

アイシン特許は、フェムト秒ファイバーレーザを用いて形成したnm凹凸にて表面積を増加させ、かつアンカー効果の発現も期待している。今回濡れ性向上の化学的な処理はしていないが、nm凹凸の孔径は溶融樹脂が充填できる(凹凸に浸透できる)よう設計されており、実際に接触角は比較的低い値を示すため、一般解から考察しても、良好な処理方法であると考えられる。

8. 総括

今回、“ADC12×樹脂”という組み合わせにて、インサート成形法における、種々の金属表面処理技術を用いた異種材接合物性を評価した。また異種材接合強度を一般解化するため、仮説に基づく因子を定量的に測定し、データ解析を行った。

本データ解析によって得られた結果を総括すると、「異種材接合強度を向上させるためには、アンカー効果

が発現する凹凸形状を有する且つ、相互作用が働く表面を、多く設けることが重要である。」という一般解が導かれた。

今回、イムラアメリカ社のフェムト秒ファイバーレーザーを用いたアイシン特許技術(サンプルE)は、良好な結果を示した。上記の一般解と比較することで、今回の結果を考察することができ、特にnm凹凸が接合強度に寄与することが示唆されたことで、フェムト秒ファイバーレーザーのような、精密なnm凹凸を形成する加工手法の重要性が再認識できた。

9. おわりに

今回得られた一般解は、一見特に新規性を感じられるものではなく、むしろ当たり前の結果であるように思われる。しかし、従来“定性的に”重要と思われていた各影響因子について、仮説に基づき定量的な指標を設定し、定量的なデータを評価・解析した結果、“当たり前の結果になった”ことが、本稿においては非常に重要であり、今後の異種材接合検討に有用な知見になると考えられる。

余談であるが、先般、近視矯正治療を受けた際に、フェムト秒レーザーにて角膜層をスライスした。「これがフェムト秒レーザーか」と、nm凹凸の気持ちで感動に浸りつつ、何事もなく視力が回復した暁には、レーザーの技術革新に改めて信頼と敬意の念を抱いたのである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力頂いたイムラアメリカ社、および社内外の関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 新エネルギー・産業総合開発機構：異材溶接技術の基礎研究，平成12年度調査報告書，NEDO-ITK-0009，p. 68(2001)
- 2) 板橋雅巳・富永高広：金属と樹脂の射出接合技術(NMT)～技術概要，製品事例および技術の可能性～，計測と制御，第54巻第10号(2015)
- 3) 中田一博：マルチマテリアル化における接合技術と異種材料接合の展開，表面技術=Journal of the Surface Finishing Society of Japan第72巻12号p. 642-648(2021)
- 4) 山野直樹，高野健：金属接合用PPSグレードの開発，TOSOH Research & Technology Review Vol. 54(2010)
- 5) アイシン精機，朝生敏裕，東レ西本博晃，複合成形品，特許第6199655号(2017)
- 6) 大竹秀幸：イムラアメリカの最近の研究，AISIN TECHNICAL REVIEW VOL. 27海外法人便りp. 58-62(2023)
- 7) 堀田芳敬：超短パルスレーザーを用いたピストンスカート部の低フリクション化技術，AISIN TECHNICAL REVIEW VOL. 23p. 19-22(2019)
- 8) 鈴木靖昭：異種材料接着・接合の機構と応用技術，日本接着学会誌vol.54 No.5(2018)

筆者



山本 修也

材料技術部 先行材料開発室
新規材料技術開発に従事
技術士(化学)

セミアクティブサスペンションにおける 翻訳機を応用した状態推定の検討

脇田 陸
Riku Wakita

山本 彰人
Akihito Yamamoto

城 響一
Kyoichi Tachi

概要

本稿では、ばね上下加速度センサを用いたサスペンションストローク速度の推定精度を向上させることを目的としている。これまでのアプローチとは異なり、ニューラル機械翻訳を応用したストローク速度の推定手法を考案し、シミュレーション及び実車での効果が確認できたため紹介する。

1. はじめに

今後普及していくと予想される自動運転では、人間が運転から解放されるため、セカンドタスク可能となる快適な乗り心地が期待されている。そこで近年、省エネルギー・低コストであるセミアクティブサスペンションが着目されている。セミアクティブサスペンションにおける乗り心地制御はスカイフック制御¹⁾をはじめ、様々な研究がなされているが、減衰力を制御するセミアクティブサスペンションではいずれの制御を行う際もストローク速度の推定が必要となる。このストローク速度の推定に関しては様々な方法が検討されており、ストロークセンサやばね上下加速度センサを用いた手法の研究があるが²⁾、よりシンプルで低コストなセミアクティブサスペンションの発展のためには、乗り心地制御で用いるばね上下加速度センサからストローク速度を推定する手法の検討が必要である。

著者らはこれまでその推定手法の検討を行っており、従来のオブザーバ³⁾に対して減衰力のヒステリシスを考慮させる事によりストローク速度の推定精度を向上させる事に成功し、乗り心地性能を改善することができた⁴⁾。これまでの検討ではストローク速度の推定精度を、ばね下共振点付近である10[Hz]での真値に対する位相差で評価しており、その目標値を±45[deg]以内としてきた。

本稿ではストローク速度の更なる推定精度向上を目的としている。これまで検討を重ねてきたオブザーバを用いず、翻訳機を応用した全く新しい手法により、ストローク速度の推定精度を向上させた。その結果、乗り心地性能の更なる改善に成功したため紹介する。

2. システム概要

2.1 システム構成について

本稿で実車検証に用いたセミアクティブサスペンションシステムのシステム構成を図1に示す。3つのばね上下加速度センサを搭載(内1つはECU内蔵)しており、これらの信号を用いてECUでストローク速度の推定や目標減衰力の演算を行い、各セミアクティブダンパの減衰力を可変させている。

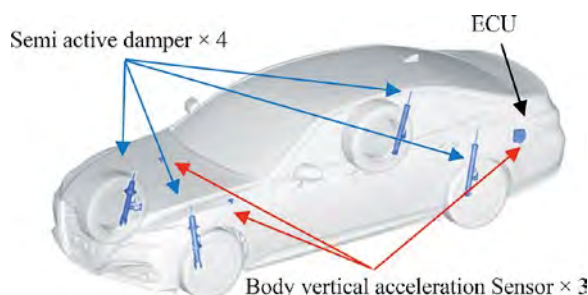


図1 セミアクティブサスペンションシステム

セミアクティブダンパの減衰力はリニアソレノイドバルブによって制御されており、そのリニアソレノイドに通電する制御電流に応じて減衰力が可変する構造となっている。図2にセミアクティブダンパの減衰力特性を示す。最大の制御電流を通電した場合をHard、最小の制御電流を通電した場合をSoftとする。また図2に示すように減衰力は非線形な特性を有しているため、データマップとしてECUに記憶されている。

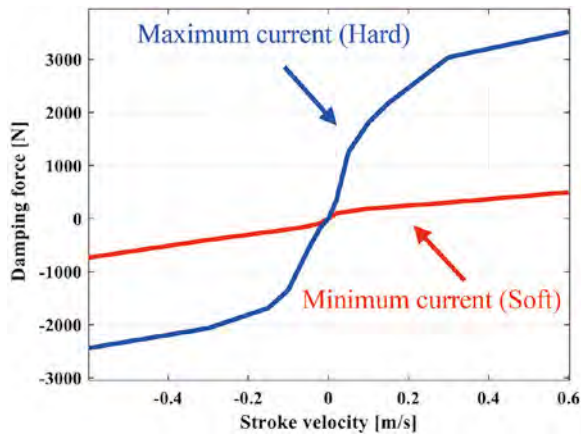


図2 セミアクティブダンパの減衰力特性

2.2 制御フロー

図3にばね上下加速度センサを用いて計測した状態量からセミアクティブダンパへ制御電流を指令するまでの制御フローを示す。まず3つのばね上下加速度センサより、車両を剛体とみなし、各輪のホイール位置におけるばね上下加速度を求める。次にホイール位置に換算された各輪のばね上下加速度と制御電流、CANから得られる前後横方向の加速度や車輪速を用いてストローク速度の推定を行う。そして推定されたストローク速度と乗り心地制御により求められた目標減衰力を用いて、制御電流を求める。

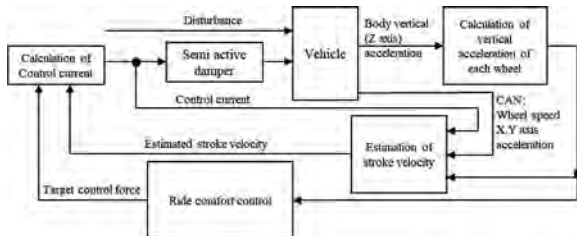


図3 制御フロー

3. ストローク速度推定手法について

3.1 提案手法の着想

著者らはこれまでオブザーバを用いたストローク速度の推定精度向上を目指してきた。そこで得られた知見は、実車にオブザーバのモデルをどこまで近づけられるかが推定精度向上の要であるという事である。しかし現実にはモデルで考慮できていない要素や近似により、オブザーバと実車には必ず誤差が生じてしまい、推定精度が低下してしまう。

そこで著者らは全く新しいアプローチを模索し、近年精度の向上が著しいGoogle翻訳, Google Neural Machine Translation (以下, GNMT)⁶⁾が使えないかと考えた。着想のきっかけは、翻訳機とは例えば日本語から英語への翻訳を行うものであるが、もう少し厳密に

言えば、日本語という時系列データから英語という時系列データへの変換を行う関数である、と言える事がわかった。したがって、GNMTを用いてばね上下加速度という時系列データから、ストローク速度という時系列データへの翻訳が可能なのではないかと考えた。

3.2 Long Short-Term Memory (LSTM)

GNMTはLSTM⁶⁾をベースとしたAttention機能付きのEncoderとDecoderにより構成されるsequence-to-sequenceモデルとなっている。これは翻訳機という性質上、一定数の単語が入力された後、つまり文章に対して翻訳を行うためであり、またAttentionは言語の違いによる語順違いを考慮したものである。今回適用するストローク速度の推定においてはリアルタイムな推定が必要となり、語順の違いも考慮する必要はないと考え、演算負荷の観点から、GNMTを最もシンプルにした図4下段に示す一般的な二層構造のLSTMモデルへと圧縮した。また出力層は分類問題ではなく回帰問題となるため、SoftmaxからAffine (全結合)へと変更した。

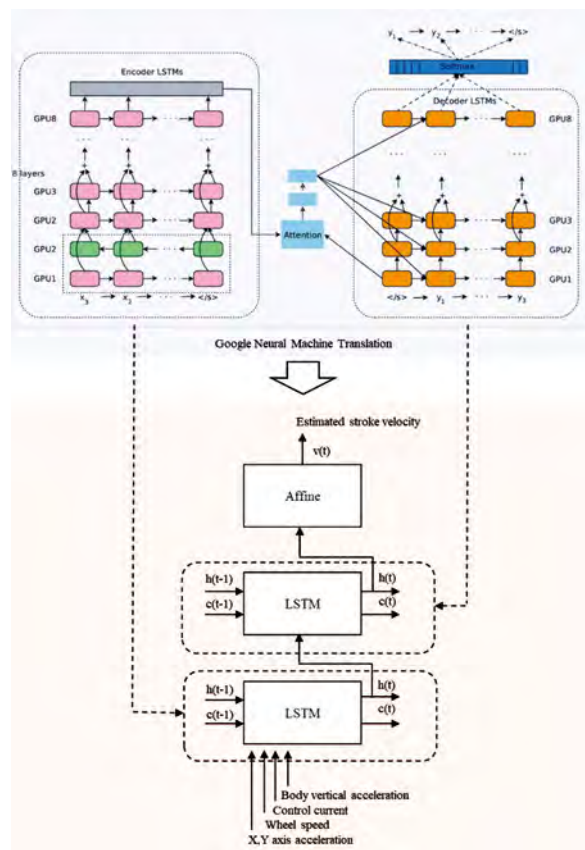


図4 ストローク速度推定モデル(LSTM)

$c(t)$, $h(t)$ は時刻 t における記憶セル、隠れ状態量であり、LSTMの長期記憶部と短期記憶部に相当する。また $v(t)$ は時刻 t における推定ストローク速度を示す。

4. シミュレーション

4.1 モデリング

シミュレーションで用いる単輪2自由度のプラントモデルを図5に、諸元を表1に示す。

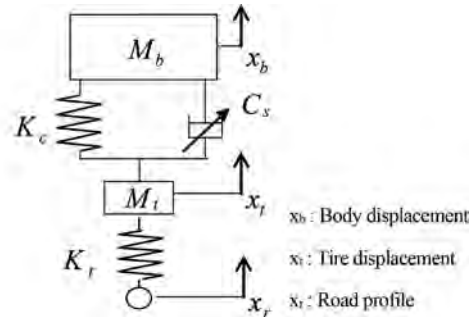


図5 単輪2自由度サスペンションモデル

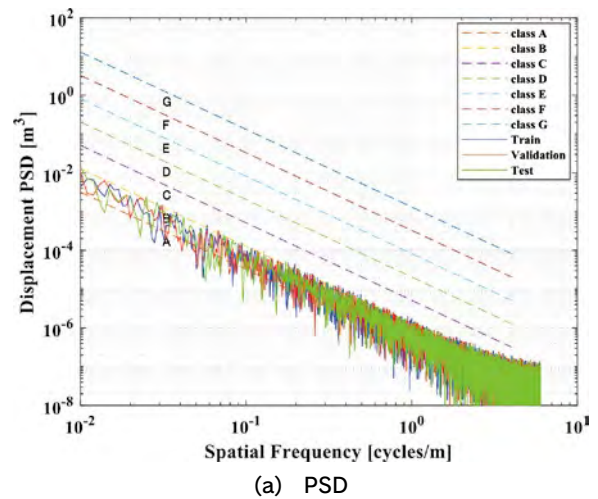
表1 単輪サスペンションモデルパラメータ

Parameter	Definition	Value
M_b	Body mass	500[kg]
K_c	Suspension stiffness	35000[N/m]
C_s	Damping coefficient	Shown in Fig. 2
M_t	Tire mass	60[kg]
K_r	Tire stiffness	290000[N/m]
T_0	Time constant(soft)	1[ms]
T_1	Time constant(Hard)	11[ms]

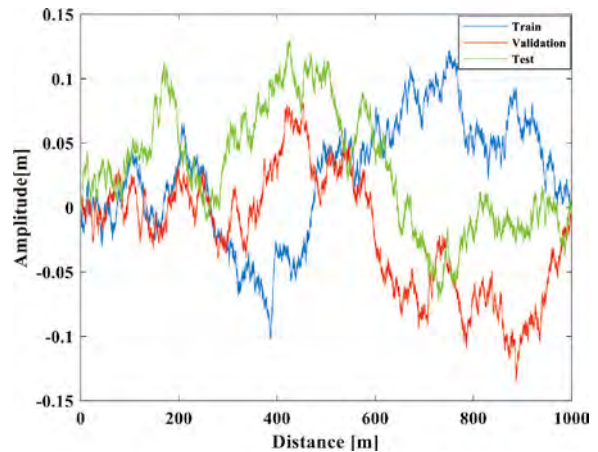
減衰力の油圧遅れはSoft時の遅れとHard時の遅れをそれぞれ T_0 , T_1 とし、一次遅れの時定数として近似した。また本章では上下方向のみのシミュレーションとなるため、LSTMへの入力にはばね上下加速度と制御電流のみとした。

4.2 学習データ

シミュレーションで用いる路面入力 x_r はISO8608⁷⁾のclass A,B,C,Dゾーンに相当する各路面を用いた。また図6に示すように、同じclassの路面であっても波形の違う三種類(訓練, 検証, テスト)の路面を作成する事により、未知の路面に対する推定精度を検証, テストできるように工夫した。



(a) PSD



(b) 路面波形
図6 路面特性

学習データを表2に、学習条件を表3に示す。Calculation timeは演算周期, Hidden sizeは隠れ状態量 $h(t)$ のノード数, 損失関数であるLossはMean Absolute Error (以下, MAE)を用い, Sequence timeはMAE計算時の時間幅を示す。

表2 学習データ

ISO class	Damping coefficient	Vehicle Speed[km/h]	Time[s]		
			Train	Validation	Test
Class A	Soft/Medium/ Hard	60	60	60	-
Class B	Soft/Medium/ Hard	60	60	60	60
Class C	Soft/Medium/ Hard	60	60	60	-
Class D	Soft/Medium/ Hard	60	60	60	-

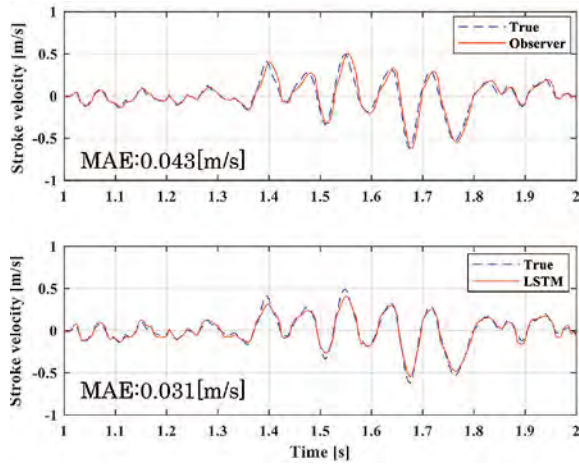
表3 学習条件

Model	Calculation time	Learning rate	Hidden size	Sequence time	Loss
LSTM	5[ms]	0.001	32	3[s]	MAE

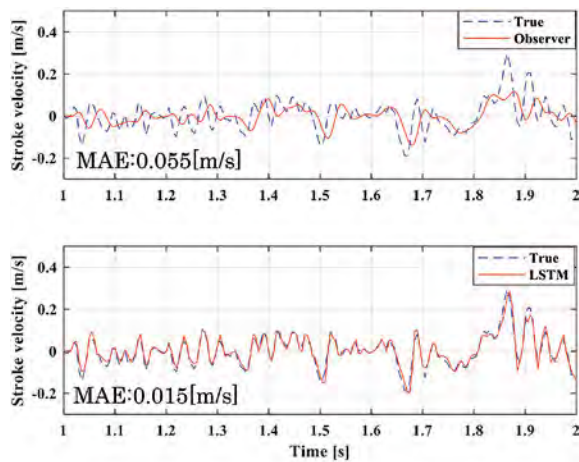
4.3 ストローク速度推定精度

テストデータのストローク速度真値に対する、推定ストローク速度のボード線図と時系列波形をそれぞれ図7, 8に示す。比較対象とするオブザーバは減衰力のヒス

テリシスを考慮した従来⁴⁾のオブザーバとした。

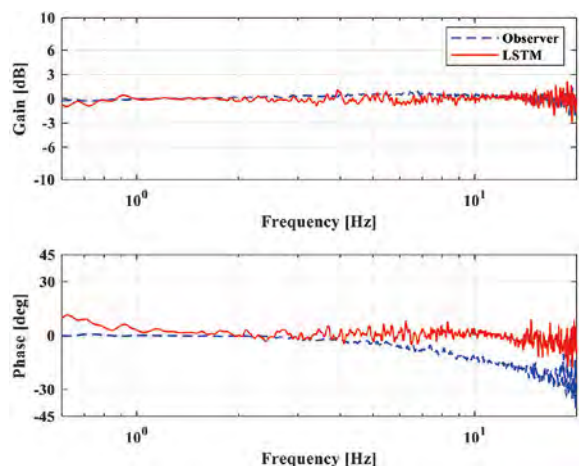


(a) Soft

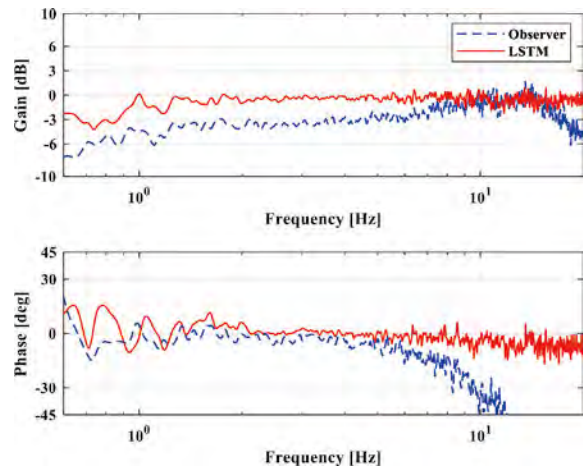


(b) Hard

図7 ストローク速度時系列波形



(a) Soft



(b) Hard

図8 ボード線図

図7,8より, シンプルな二層構造のLSTMでオブザーバ以上の推定が可能であるという事がわかった。また, 学習で全く用いていない未知の路面であるテストデータに対しても推定が可能であるという事がわかった。

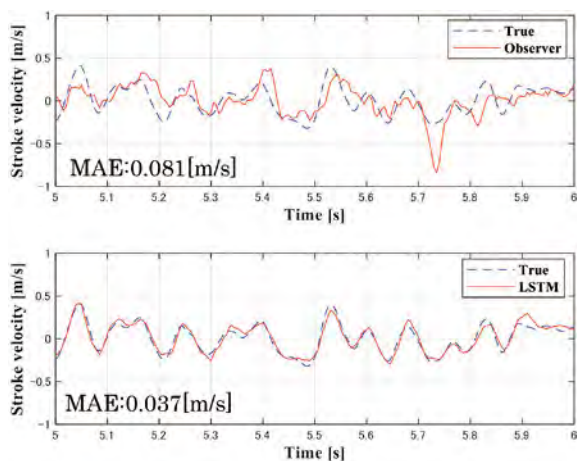
5. 実車評価

5.1 演算負荷

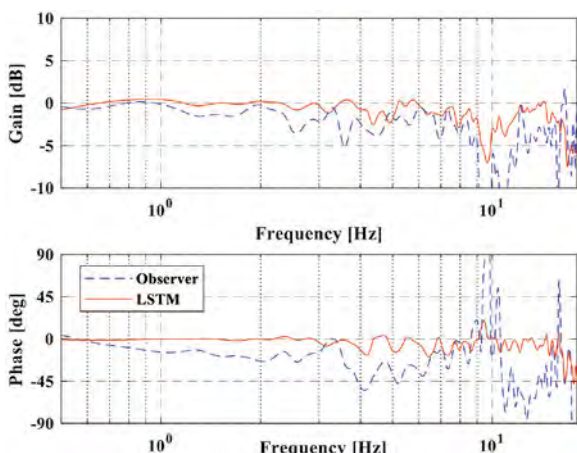
実車では車両運動に大きく影響を及ぼす, 前後横加速度, 各輪の車輪速, 制御電流, 上下加速度をLSTMへの入力とし, 出力は4輪分のストローク速度とした。また Hidden sizeはシミュレーション同様32とした。ECUはGPUを搭載していない一般的な車載制御系ECUに用いられるマイコンを用いており, クロック周波数は320[MHz]である。この条件で演算負荷の確認を行った所, 推論時のLSTM演算負荷は508[μs]であり, 制御の演算周期である5[ms]以内に収まっている事が確認出来た。したがって, GPUを搭載していない既存のECUへの組み込みが可能であるという事が確認出来た。

5.2 推定精度

学習データは様々な路面を含むテストコースを走行し, 186分の学習データを用いた。その中から学習用, 検証用, テスト用に振り分け, テストデータは時速80[km/h]で評価路面Pを走行した時のデータとした。評価路面Pは, 5[Hz]以下がISO8608⁷⁾のC~Dゾーン(普通~悪路), 5[Hz]以上がB~Cゾーン(良~普通路)に該当する路面である。制御状態における時速80[km/h]で評価路面Pを走行した時のストローク速度真値に対する, 推定ストローク速度のボード線図と時系列波形を図9に示す。



(a) ストローク速度時系列波形



(b) ボード線図
図9 ストローク速度推定精度

図9よりLSTMは、オブザーバに対してMAEが54%減少しており、また実際のばね上共振1.4[Hz]、ばね下共振13[Hz]を含む0.5-20[Hz]間全ての周波数領域において推定精度が向上している事が確認出来た。

実車では、運動方程式で考慮できていない未知の要素や特性がありオブザーバの推定精度はシミュレーション時に対して低下してしまう。しかしLSTMの場合、オブザーバでは考慮できなかった要素や特性を学習により見つける事ができ、推定精度がオブザーバに対し向上したのと考えられる。

5.3 乗り心地性能

図10に車両重心位置における上下方向加速度のPSD解析結果を示す。ストローク速度の推定精度が向上し、適切なタイミングで制御を切り替える事が出来るようになり、ばね上共振点付近の1.4[Hz]では0.7[dB]、5[Hz]付近では3[dB]振動を低減出来ている事が確認出来た。

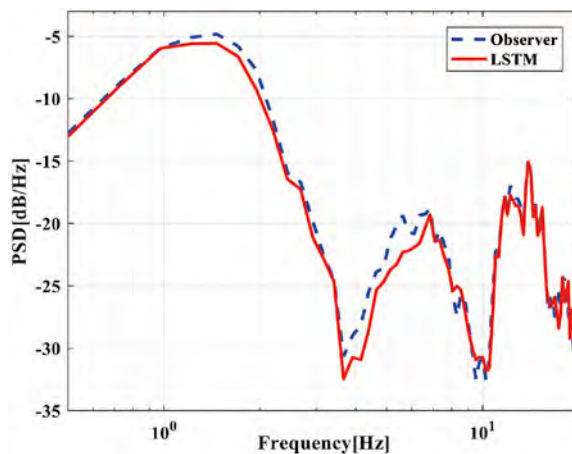


図10 乗り心地性能

6. まとめ

ばね上上下下加速度センサから、ストローク速度を推定する新しい推定手法を提案した。本稿により以下の事がわかった。

- ・翻訳機を応用した新しい推定手法により、ストローク速度の推定を可能にした
- ・シンプルな構成のLSTMモデルにより、GPUを搭載していない既存のECUでも演算が可能であることを確認した
- ・シミュレーションだけでなく、実車にて新しい推定手法の有効性を確認した

本稿で提案し得られた知見は、セミアクティブサスペンションに限らず他のシステムへの応用が十分に可能である。従来のオブザーバに代わる新たな推定手法の確立に向け、今後も検討を進める。

7. おわりに

私は入社して部署配属された後、部内のプロジェクト紹介の際に、本稿の先行開発内容を聞き、目の付け所と考え方に素人ながらにとっても興味を持ち、本プロジェクトに携わりたいと強く希望した。社会人生活と共に歩んできた戦友のような本開発品を紹介できた事を嬉しく思う。

入社した当時、人工知能や制御についてほぼ素人だった私だが、本開発品と共に歩むことで、成長することができた。特に実車評価ではなかなか思うような結果が得られず苦労もしたが、現場の評価ドライバーや上司・同僚と共に頭を抱えながら試行錯誤することで課題を解決していき、実際にお客様に試乗して頂いて良いフィードバックをもらうことで、技術者としての喜びを感じることができた。

本開発を通じて強く感じた事は、人工知能だけの知

識や制御だけの知識で本開発を進める事は難しく、人工知能と制御(いわゆるドメイン知識)の両方の知識を持つ必要があるという事である。これは今後、人工知能×何かを開発していくと必ずぶつかる壁であると思い、まだまだ不勉強なため、引き続き制御や人工知能については勿論、他の専門分野も学んでいきたいと感じた。また、本稿で提案された手法は私が立ち上げたプロジェクトではないため、この経験を次に活かし、自らで世の中の課題を見つけて新規開発を行い、本稿で学んだ技術開発の考え方を引き継いでいきたいと思う。

参考文献

- 1) D.C.Karnopp:Active Damping in Road Vehicle Suspension System, Vehicle System Dynamics, Vol.12, p.291-311 (1983)
- 2) M. Nyenhuis, et al: The adjustable shock absorber system fitted in the BMW X5, ATZ
- 3) 中井 英雄 他:実用性を考慮したセミアクティブサスペンションの状態量推定 日本機械学会(C編) 63巻 615号 p.202-208 (1997)
- 4) 山本 彰人 他: セミアクティブサスペンションにおける実用的な状態推定の検討, 自動車技術会論文集, Vol. 48, No. 3, p.687-692 (2017)
- 5) Y. Wu, et al: "Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation," arXiv:1609.08144 (2016)
- 6) S. Hochreiter, et al: Long short-term memory, Neural Computation 9, p.1735-1780 (1997)
- 7) ISO8608:Mechanical vibration – Road surface profiles – Reporting of measured data (1995)

筆 者



脇田 陸

走行安全第2制御技術部
制御サスペンションロジック開発に従事



山本 彰人

走行安全第2制御技術部
制御サスペンションロジック開発に従事



城 響一

走行安全第2制御技術部
制御サスペンションロジック開発に従事

前後輪独立制御が可能なオンデマンド型 回生協調ブレーキシステム

渡邊 俊哉
Shunya Watanabe

増田 芳夫
Yoshio Masuda

概要

電動車の普及が進んでいるが、ブレーキ分野では、エネルギー回生量を増加し、燃費・電費を向上する技術開発が行われている。本稿では、前後輪でブレーキ油圧を独立して制御することにより、エネルギーの回生効率を向上する回生協調ブレーキシステムについて紹介する。

1. はじめに

回生協調ブレーキシステムについて説明する¹⁾。図1に、電気自動車、ハイブリッド車等の電動車における、車両減速時のエネルギー回生について示す。電動車には、燃費・電費が向上されるよう、回生協調ブレーキシステムが搭載されている。電動車では、走行用モータを発電機として使用し、減速時の運動エネルギーが電気エネルギーに変換されて回収される。発電機により発生するブレーキ力が“回生ブレーキ”である。

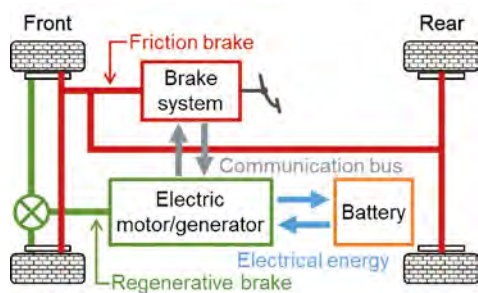


図1 電動車におけるエネルギー回生

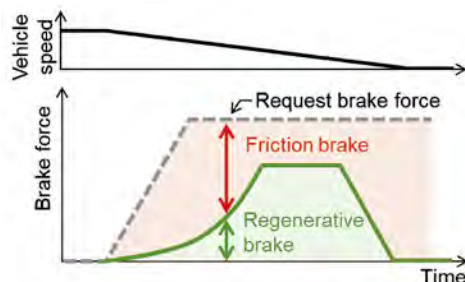


図2 回生協調制御の概要

図2に示すように、回生ブレーキは、車速、バッテリー充電量等に応じて変化する。回生ブレーキが利用できる範囲では、エネルギーを効率的に回収するために、ブレー

キ油圧による摩擦ブレーキを発生させないことが望ましい。回生ブレーキがドライバーの要求に対して不足する場合には、その不足分が、回生協調ブレーキシステムによる摩擦ブレーキで補われる。このように、回生ブレーキに応じてブレーキ油圧を調整することが“回生協調制御”と呼ばれている。回生協調制御を行う回生協調ブレーキシステムでは、ドライバーの操作に依存することなく、任意に油圧を制御できるよう、ブレーキペダル操作とブレーキ油圧の発生とが分離された構成が用いられる。これが、ブレーキパイワイヤ構成である。

さらに、図3に示すように、回生協調ブレーキシステムは、電子制御ブレーキシステム（以下、ECB：Electronically Controlled Brakeと呼ぶ）とESC(Electric Stability Control)モジュレータとの組み合わせで構成される。回生協調ブレーキシステムでは、ECBにより、回生協調制御を含むサービスブレーキ機能が発揮される。また、ESCモジュレータでは、アンチロックブレーキ制御、横滑り防止制御等が実行される。くわえて、ECBの故障時には、ESCモジュレータによりフェールオペレーションが行われる。回生協調ブレーキシステムは、独立した2つの加圧ユニットを持ち、それらが通信を介して相互監視することで、ブレーキ機能の冗長性を確保する。これにより、回生協調ブレーキシステムは、将来の自動運転（レベル3以上）にも対応することができる。

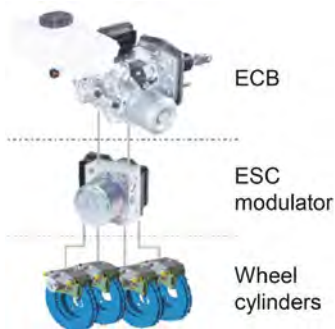


図3 回生協調ブレーキシステムの構成

2. 前後輪独立制御による回生協調制御

エネルギー回生効率、および、乗り心地の2つの側面で、前輪油圧と後輪油圧とを独立して制御する前後輪独立制御の有用性について説明する²⁾³⁾。

2.1 エネルギー回生量の増大

回生協調制御では、回生ブレーキを優先して使うことでエネルギーの回生効率が高まる。従来のECBでは、4輪のすべてで、同じ油圧を発生させていた（以下、4輪同圧制御と呼ぶ）。4輪同圧制御では、制動時の車両安定性を確保するよう、前輪／後輪の制動力配分を所定範囲に維持することが必要になる。このため、回生ブレーキの発生が制限されることがある。

これに対して、前後輪独立制御では、制動力配分のために回生ブレーキが制限されることがない。図4に、4輪同圧制御と前後輪独立制御との比較を示す。前後輪独立制御では、前輪油圧を減らして回生ブレーキの割合を高めることができるため、燃費・電費がさらに向上できる。具体的には、前後輪独立制御により、4輪同圧制御と比較して、約2%の電費向上が可能である。

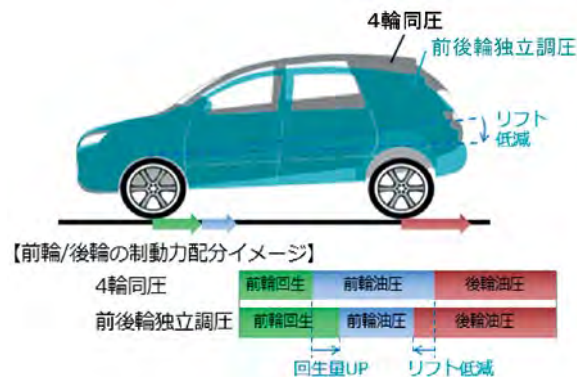


図4 4輪同圧制御と前後輪独立制御との比較

2.2 乗り心地の向上

くわえて、前後輪独立制御は、車両の姿勢制御にも貢献し、乗り心地や安心感を向上させることができる。制動時には、減速度により車体前方が沈み込み、乗員は前のめりになるが、停止する際に縮んだサスペンションが元

に戻るため、前のめりだった乗員は“カックン”と不快な反動を体感することがある。前後輪独立制御では、より繊細に制動力配分を調整できるため、停止時に摩擦ブレーキの解除具合に配慮した、なめらかなブレーキが実現される。また、後輪油圧を高めることで車体後方の浮き上がり（リフト）が抑えられるため、車両の姿勢変化を低減することもできる。前後輪独立制御により、回生効率のレベルアップだけでなく、減速停止時における車両姿勢の安定化が図られる。

3. ECBでの前後輪独立制御の具現化

前後輪独立制御を具現化できる構成と制御方法、および、その構成を採用するにあたり留意すべき点について説明する⁴⁾。

3.1 ECBの構成

図5に、前輪に走行用モータを備える電動車向けに新規開発されたECBの概略図を示す。ECBは、マスタシリンダ、入力ピストン、出力ピストン、ストロークシミュレータ、パワーサプライユニット、ストロークセンサ、油圧センサ、および、電子制御ユニット（以下、ECU：Electronic Control Unitと呼ぶ）で構成される。

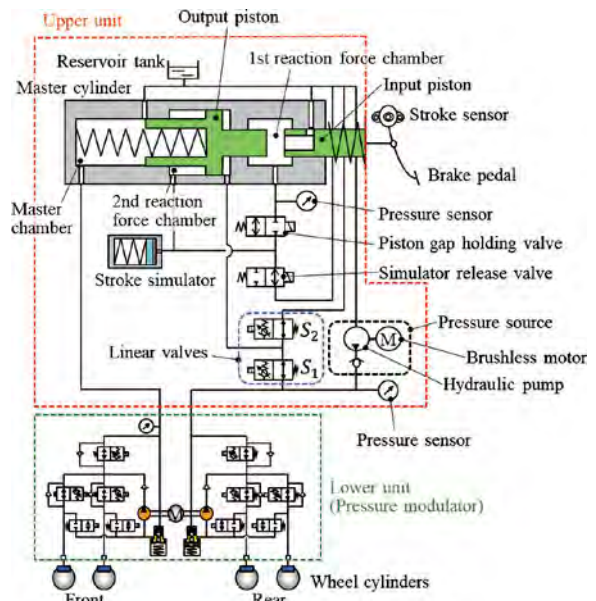


図5 新規開発されたECBの概要

マスタシリンダには、ブレーキペダルに連動する入力ピストン、および、出力ピストンが挿入され、第1、第2反力室、サーボ室、および、反力室が形成される。第1反力室と第2反力室とが接続される流体路には、ピストン隙間保持バルブが配置される。また、この流体路は、シミュレータ開放バルブを介して、リザーバタンクに接続される。ECBの作動時には、ピストン隙間保持バルブは開けられ、シミュレータ開放バルブは閉じられている。ブレーキペダルが操作されると、第1反力室のフルードが圧縮

されるので、第2反力室に接続されているストロークシミュレータによってブレーキペダルの操作力が発生される。

パワーサプライユニットは、大流量ギアポンプ、ブラシレスモータ、および、2つのノーマルオープン型リニアバルブで構成される。パワーサプライユニットは、制動要求がある場合に作動するオンデマンド型である。パワーサプライユニットでは、ギアポンプが発生するフルードの循環流に、2つのリニアバルブが直列に配置されている。これらのリニアバルブが個別に制御されることで、前後輪独立制御が具現化される。2つのリニアバルブのうちで、ギアポンプの吐出側に位置するバルブをS₁バルブと、吸引側に位置するバルブをS₂バルブと、夫々呼ぶ。循環流は、2つのリニアバルブの間で、マスタシリンダのサーボ室に接続される。サーボ室に対向するマスタ室は、前輪ホイールシリンダに接続されている。また、循環流は、ギアポンプの吐出部とS₁バルブとの間で、後輪ホイールシリンダに接続される。

制動要求がある場合に、ECUにより、ブラシレスモータ、および、リニアバルブが制御される。ECUでは、ストロークセンサにより検出されたブレーキペダルの操作量に基づいて、前輪、後輪油圧の目標圧が決定される。そして、油圧センサにより検出された前輪、後輪油圧が、それらの目標圧に一致するように、ブラシレスモータ、および、リニアバルブが駆動される。

3.2 前後輪独立制御の概要

図6に、前後輪独立制御におけるフルードの流れを示す。ブラシレスモータが駆動されると、フルードはリザーバタンクから吸い込まれると同時に、2つのリニアバルブを流れるフルードの循環流が発生する。リニアバルブに給電が行われていない場合には、リニアバルブは全開状態であるため、その上流側と下流側との差圧は発生しない。リニアバルブに電流が供給されると、リニアバルブの開度が狭められ、循環流が絞られ、差圧が発生する。そして、電流が増加されると、差圧は増加する。

前輪目標圧P_{tr}、および、後輪目標圧P_{tf}を実現するために必要なギアポンプの吐出流量Q_tは、以下の式(1)で表される。ブラシレスモータは、Q_tに応じて駆動される。

$$Q_t = \max(Q_f + Q_r, 0) + Q_s \quad (1)$$

Q_fはP_{tr}を達成するために前輪ホイールシリンダに流すべき流量、Q_rはP_{tf}を達成するために後輪ホイールシリンダに流すべき流量、Q_sはS₁、S₂バルブが機能するために最低限必要なリリーフ流量である。

P_{tr}を実現するために必要なS₂バルブでの差圧ΔP₂、および、P_{tf}を実現するために必要なS₁バルブでの差圧

ΔP₁は、式(2)(3)で求められる。そして、S₁、S₂バルブへの供給電流が、あらかじめ設定されている差圧－電流マップから算出され、これらの供給電流によりΔP₁、ΔP₂が調整される。

$$\Delta P_2 = P_{tf} \quad (2)$$

$$\Delta P_1 = P_{tr} - P_{tf} \quad (3)$$

パワーサプライユニットでは、制動時には、ギアポンプからフルードの流れが常時供給される。また、S₁、S₂バルブでは、それらが閉じられることなく、常にフルードがリリーフされている。フルードの循環流を利用したリニアバルブの直列配置構成では、制御の切り替えが発生しないため、油圧の連続性が保たれる。これにより、前後輪独立制御をシームレスに実現することができる。

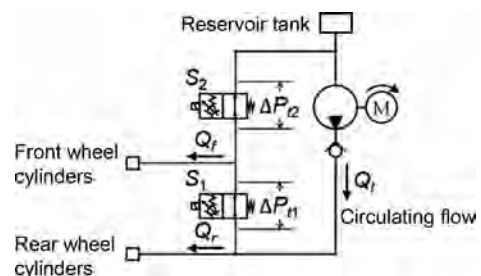


図6 前後輪独立制御でのフルードの流れ

3.3 流量干渉の抑制

リニアバルブの直列配置構成では、前輪系統と後輪系統との間における流量干渉が考慮されなければならない。図7に、流量干渉によって発生する油圧変動の例として、车速の低下に伴い回生ブレーキが徐々に減少し、その減少分を前輪油圧で補う状況が示されている。前輪ホイールシリンダの増圧開始タイミングで、後輪ホイールシリンダで過増圧が発生するとともに、前輪ホイールシリンダで増圧の遅れが発生している。このように、流量干渉により、一系統の調圧が他系統の調圧に影響を与えてしまう状況が発生する。

図8に、流量干渉の発生原因を示す。後輪油圧をほぼ一定に維持した上で前輪油圧を増加させる場合には、図8(a)に示すように、後輪ホイールシリンダに最低限の流量が供給され、ギアポンプが吐出する流量のほとんどが前輪ホイールシリンダに供給されることが要求される。しかしながら、S₁バルブの開度が不足すると、図8(b)に示すように、前輪ホイールシリンダに送り込むべき流量が、後輪ホイールシリンダに不必要に流れてしまう。これにより、図7に例示したような油圧変動が生じる。

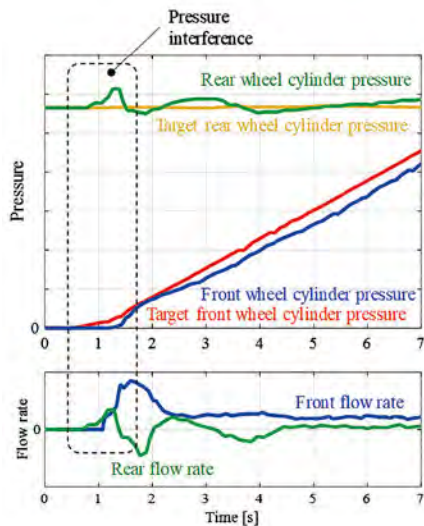


図7 流量干渉による油圧変動

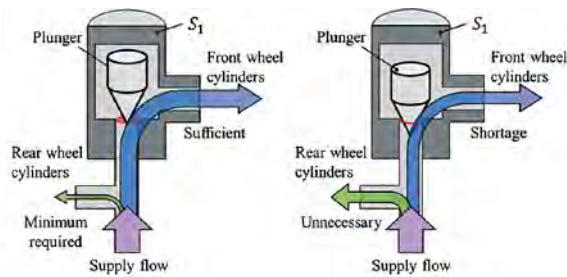


図8 流量干渉の原因

流量干渉の原因となる S_1 バルブの開度不足を解消するよう、目標差圧の演算において、 S_1 バルブのリリーフ流量を考慮した補正を行う。具体的な補正方法を以下に示す。まず、 S_1 バルブの目標リリーフ流量 Q_1 、および、 S_2 バルブの目標リリーフ流量 Q_2 を式(4)(5)により求める。

$$Q_1 = \max(Q_f, 0) + \max(-Q_r, 0) + Q_s \quad (4)$$

$$Q_2 = \max(-Q_f, 0) + \max(-Q_r, 0) + Q_s \quad (5)$$

次に、式(4)(5)から算出された Q_1 、 Q_2 、および、あらかじめ設定されている流量－差圧補正マップに基づいて、補正差圧 $\Delta P_1'$ 、 $\Delta P_2'$ を算出する。最後に、 $\Delta P_1'$ 、 $\Delta P_2'$ に基づいて、 S_1 バルブのリリーフ流量が補正された最終的な目標差圧 ΔP_{t1} 、 ΔP_{t2} を式(6)(7)で決定する。

$$\Delta P_{t1} = P_{tr} - P_{tf} + \Delta P_1' \quad (6)$$

$$\Delta P_{t2} = P_{tr} + \Delta P_2' \quad (7)$$

図9に、循環流の上流側に位置する S_1 バルブのリリーフ流量を考慮した油圧制御の結果を示す。前後輪独立制御では、 S_1 バルブの開度が最適化されるため、流量干渉による油圧変動が抑制されている。このため、リニアバルブの直列配置構成において、流量干渉の影響が抑制され、円滑な油圧制御が実現される。

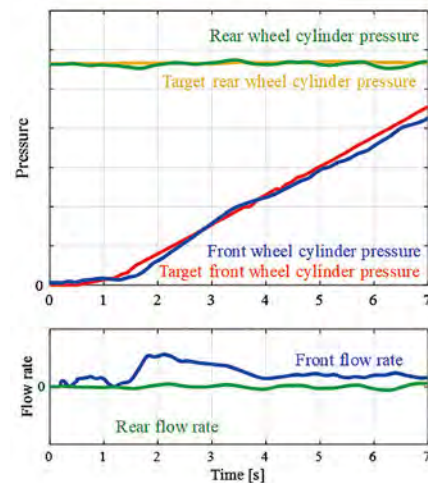


図9 リリーフ流量を考慮したリニアバルブ制御

4. おわりに

本稿では、エネルギー回生効率を向上する前後輪独立制御が実行可能なオンデマンド型の回生協調ブレーキシステム(特に、ECB)について紹介した。

開発した主要技術は、以下のとおりである。

- (1) ギアポンプからの循環流に直列配置されたリニアバルブを用いたシームレスな油圧制御
- (2) 油圧および流量の両方を考慮したブラシレスモータおよびリニアバルブの駆動制御

新規開発した回生協調ブレーキシステムは「トヨタbZ4X」に採用され、電動車向けに順次展開されている。

参考文献

- 1) 遠藤 亮祐, 石田 康人, “環境対応車向け電子制御ブレーキシステムの開発”, AISIN TECHNICAL REVIEW Vol.26, 2022
- 2) 株式会社アイシン “AI Think”, <https://www.aisin.com/jp/aithink/innovation/blog/005665.html>, 2022
- 3) 株式会社アドヴィックス 2022.5.12. 付けNews Release
- 4) Watanabe, S., Yamamoto, T., Masuda, Y., and Yamakita, H., “Electronically Controlled Brake System with Two-Channel Pressure Control for Electric Vehicles”, SAE Technical Paper, No. 2023-01-0663, 2023

筆者



渡邊 俊哉

株式会社アドヴィックス
制御システム技術部
電動車向け回生協調ブレーキ調圧ロジック開発業務に従事



増田 芳夫

株式会社アドヴィックス
制御システム技術部
電動車向け回生協調ブレーキシステム開発業務に従事

鑄造ライン中子納め自動化技術の確立

甲斐 秀幸
Hideyuki Kai小木曾 達彦
Tatsuhiko Ogiso鬼柳 祐樹
Yuki Kiyanagi三屋 駿人
Hayato Mitsuya

概要

本論文では鑄造ライン中子納め作業の自動化において、多品種、高精度、高速化に対応するため、ロボットハンド構造の検討だけでなく、画像処理技術も適応した生産技術を紹介する。

1. はじめに

自動化の主な目的は作業者の労務費削減だけでなく、作業者のスキルに依存してバラツキが生じる品質や可動を安定させること、そして重筋作業の改善、安全性の向上が考えられ、当社においても適応工程の拡大を進めている。

鑄造ラインにおける中子納め作業は主に作業者にて行っているが、今回自動化を検討した鑄造ラインでは使用する中子品番が多く、製品の要求品質から高精度での中子納めが要求され、1枠内に納める中子数が最大16個、中子納め時間も13秒以内と短い。これらのことから作業者への負担が大きく、製造現場からの自動化ニーズが高い。

近年、画像処理機器の処理速度、精度、撮像範囲などの向上により6軸ロボットと画像処理機器を組み合わせた自動化技術は様々な作業工程への適応が可能となっており、一般的な技術となってきた。

そこで、今回の自動化においては中子を掴むハンド構造の検討だけでなく、画像処理技術も活用し、鑄型の停止位置を2Dカメラで撮像し、停止ズレ量から補正計算された座標に基づいて6軸ロボットが中子納めを行う装置を構想し、トライによる検証と量産化を行った。

2. 鑄造ラインと中子納め工程

鑄造ラインの概要を図1に示す。造型工程では水とベントナイト(粘土)を加えて混練した砂を金枠に入れて製品形状の模型を押し付けて混練砂を押し固めて鑄型を成型する。中子納め工程では製品内に中空部分を形成するために中子と呼ばれる補助鑄型を鑄型に納める

(図2)。上下の鑄型を重ね合わせることで製品形状部分が空洞の鑄型が形成される。溶解工程ではトリベと呼ばれる注湯専用の容器を用いて溶かした鉄を鑄型の溶湯口から流し込むことで製品が成型される(図3)。その後、鑄型の中で必要な時間を掛けて製品を冷やし、鑄型から製品をバラシした後、更なる製品冷却を行う。製品と溶湯を流入させる経路部を切り離し、ショット工程にて表面の砂を取り除く事で鑄物製品が完成する。

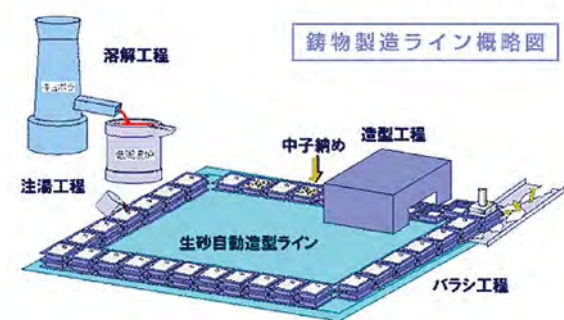


図1 鑄造ライン概要



図2 中子納め作業

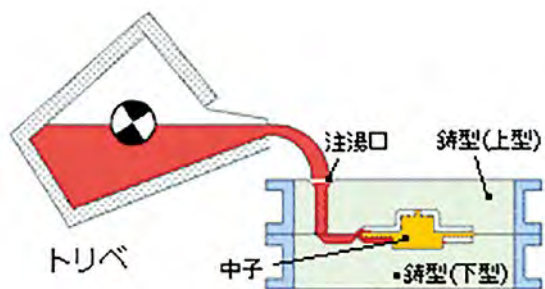
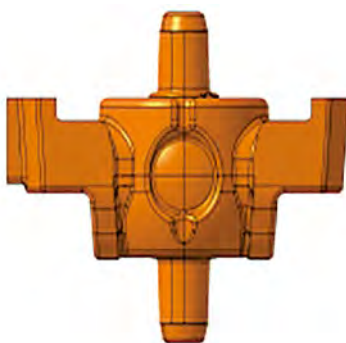


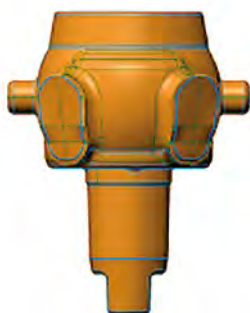
図3 注湯工程

3. 対象中子

今回の鋳造ラインにて中子を使用する鋳物製品としてデフケースがある。デフケースの製品形状から中子は大きく3種類に分けられ(図4), 21品番存在しており, 品番によって中子形状, 大きさが様々である。



(a)デフケース中子タイプ1



(b)デフケース中子タイプ2



(c)デフケース中子タイプ3

図4 デフケース中子形状

4. 技術課題と検証評価

4.1 多品種対応

今回の自動化において多品種対応は1つ目の技術課題であり, 品番ごとに様々な形状, 寸法, 重量の中子に対して専用ハンドを製作すると費用面と生産性(段替え時間)のロスとなるため, グリッパーの共通化を検討した。

対象となる全ての中子形状から, 同一ストロークでもチャッキング可能な部位を割り出し, グリッパー形状を図5に示す様な3段構造にすることで, 全品番に対応, 段替えレスを可能とした。

また, 従来のような金属製グリッパーでは摩擦抵抗が小さいため, 中子を掴む際やロボットによる搬送および鋳型への中子納め時に中子がズレることがあったため, グリッパー材質を耐摩耗性も考慮した硬質ウレタンにすることでズレを抑制することができた。



図5 共通グリッパー

4.2 中子取出しの高精度化

6軸ロボットを用いて高精度でチャッキングするには, プリセット工程にて中子姿勢の精度確保が2つ目の技術課題である。

中子納めは鋳型に対して中子のX軸, Y軸, Z軸のズレと傾き, さらにはZ軸回転方向の位相を許容精度以内で行なわないと砂掻き不良が発生してしまう。

鋳型内での中子の位置決め, および姿勢を安定させるために“巾木”と呼ばれる製品形状に影響を与えない部分がある。そこで, 中子姿勢の精度を確保するため, 巾木形状を見直すとともに, ロボットチャッキングに適したプリセット構造を検討した。

プリセット台に中子を着座させることで傾きを抑制し, デフケース中子タイプ1の場合, 巾木部を2箇所のピンで位置決めすることでX軸, Y軸のズレ, 位相ズレを抑制し, 精度を確保することができた。(図6)

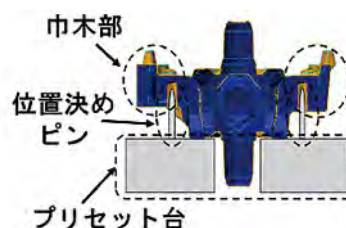


図6 デフケース中子タイプ1の位置決め箇所

4.3 鋳型の搬送ズレの補正

高精度な中子納めに必要な他の技術課題として、鋳型搬送後の停止位置のバラツキがある。今回の鋳造ラインも鋳型搬送は連なった鋳型を油圧シリンダーにて1ピッチ送りする方式を採用しているが、鋳型の重量や大きさから停止位置精度を中子納めの許容精度以下に抑えることが困難であった。

そこで画像処理技術を用いて鋳型の停止位置のバラツキを測定し、補正座標をロボットに転送して中子納めを行う技術の適応を検討したが、高速な撮像と画像処理が可能な2Dカメラでは鋳型の深さ方向、傾きを補正することができない点、また、砂である鋳型のエッジ箇所を鮮明かつ高い繰り返し精度で撮像する点に技術課題があり、その2点について技術検討を行った。

1点目の課題については、中子納め工程において鋳型の四隅をリフトアップする機構を設け、鋳型の水平度を担保することで、鋳型の深さ方向、傾きの課題を解決した。

2点目の課題については、カメラの撮像視野を限りなく狭くすることで解像度を確保し、また、現場の照度に適した、カメラのシャッター速度と感度を最適化(表1)することで鮮明かつ繰り返し精度のある画像を撮像でき、鋳型の停止位置のバラツキの計測および補正を可能にした。

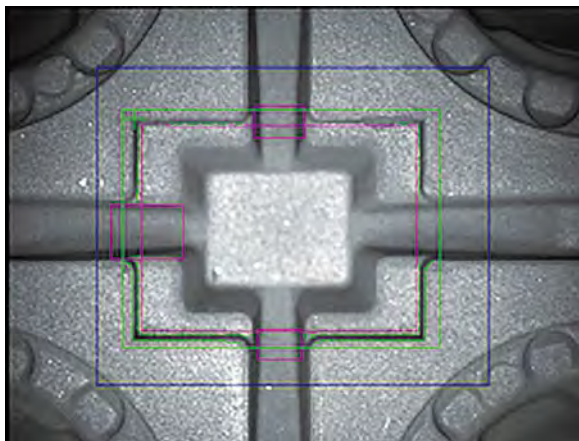


図7 鋳型内エッジ形状撮像画像

表1 撮像条件調査結果

シャッター速度	目標値	繰返し精度, mm				
		カメラ感度				
		3	4	5	6	7
1/15	±0.05mm	±0.040				
1/30		±0.042	±0.034	±0.058		
1/60		±0.050	±0.047	±0.063	±0.093	
1/120			±0.088	±0.090	±0.113	±0.081

4.4 2個掴みと高速化

今回の対象ラインは競争力向上を狙い、鋳型1枠あたりの製品数が最大16個の物もあり、また中子納め時間も13秒と短いことから高速・多数個込めに対応できるハ

ンド構造の検討を行った。

1度の動作で2個の中子をチャッキングおよび納めができるダブルハンドを採用し、品番に応じて中子納め位置のピッチと位相を自動調整できる機構を織り込むことで全21品番の中子納めを段替えレスで対応することができた。

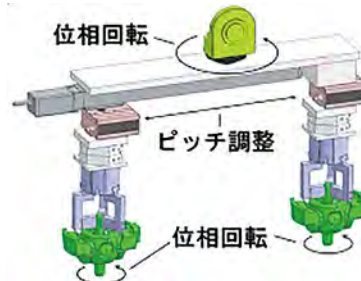


図8 自動ピッチ/位置調整ダブルハンド

5. 量産結果

今回の中子納め自動化設備(図9)は2021年12月から量産を開始しており、技術課題である①多品種、②高精度、③高速化の対策を織り込むことで、日当たり6名の省人化、中子の砂掻き不良70%低減、原価を6%低減しており、ラインの生産性、品質および競争力向上に貢献することができている。



図9 中子納め自動化設備

6. 技術展開

6軸ロボットと画像処理技術を適応した今回と同じコンセプトの中子納め自動化設備を中国拠点の新規鋳造ラインにも導入し2022年12月より量産運用を開始している。

対象中子がディスクブレーキやフライホイールであること、また将来的な多品種対応から、画像処理技術を応用してプリセット工程にもカメラを設置し、中子の中心位置、回転方向の位相を測定し、ロボットに補正座標データを転送する事で位置および位相決めの治具レス化も行っている。

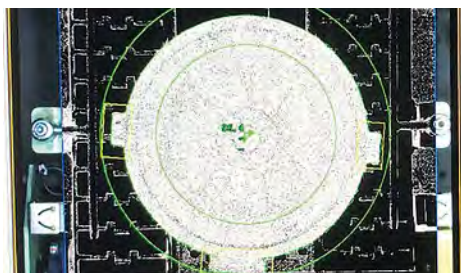


図10 プリセット工程の中子撮像画像

7. おわりに

今回の中子納めの自動化技術は弊社としても初の試みであり、非常に難易度の高いテーマであったが、部内検討会や精度の高い事前検証を効率的に実施することで、生産性、品質、コストを満足でき、また海外の新ラインにも展開できていることから大変有益な技術であると自負している。

現在も同様の効果をねらい6軸ロボットと画像処理技術を活用してバラ積みされた鋳物素材をピックアップして次工程の設備に供給する技術なども開発しており、更なる自動化が進むと考えている。

最後に本技術の検討ならびに量産化においては社内外の関係者様には本当に多大なご協力をいただき心から感謝いたします。

筆者



甲斐 秀幸

アイシン高丘株式会社
 ものづくり革新部
 スマートファクトリー推進G
 自動化、DX技術の開発と量産化に従事



小木曾 達彦

アイシン高丘株式会社
 製造技術部
 鋳造技術G 鋳造技術T
 鋳造ラインの品質・可動改善に従事



鬼柳 祐樹

アイシン高丘株式会社
 社製造技術部
 鋳造技術G 鋳造技術T
 鋳造ラインの品質・可動改善に従事



三屋 駿人

アイシン高丘株式会社
 ものづくり革新部
 スマートファクトリー推進G自動化技術開発T
 ロボット、AGVの生産技術開発と量産化に従事

内燃機関用ピストンスカートの低フリクション技術 - 樹脂コーティングの技術動向 -

宮坂 弘樹
Hiroki Miyasaka

概要

内燃機関の各種損失低減に向けて、ピストンとしてはスカート部のフリクション低減が有効である。今回、方策の1つであるスカート表面性状の最適化技術およびその1つである樹脂コーティング技術に着目し、動向をまとめた。

1. はじめに

近年の環境規制強化に伴い、欧州を中心として自動車のEV化に向けた動きが急速に進んでいる。しかし、EV化に向けては発電時やバッテリー製造段階でのCO₂排出量、バッテリーのエネルギー密度容量や資源問題といった種々の課題があることから、図1に示すように、PHEV、HEVも含め内燃機関(エンジン)搭載車が全車両に対し占める割合は2040年においても84%ほどであると予測されている。したがって2020年10月に政府によって宣言された「2050年カーボンニュートラル」²⁾の達成に向けて内燃機関の熱効率向上は不可欠であり、現在も継続的な課題として取り組まれている。

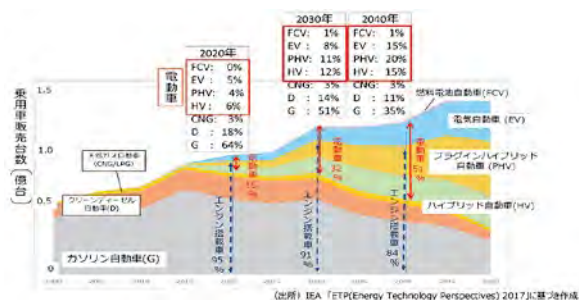


図1 IEA(国際エネルギー機関)が示した技術普及シナリオ¹⁾

内燃機関の熱効率向上のためには各種損失を低減することが有効であるが、図2に示すように特に摩擦損失(以下、フリクション)の約40%を占めるピストン・ピストンリング系において、ピストンスカート部(以下、スカート部)とシリンダーボアの摺動抵抗の低減は重点的に取り組んできた課題である。

エンジン実働時のピストンの運動からスカート部の潤滑状態について述べると、ピストンは燃焼圧およびコ

ンロッドのクランク運動の影響を受けて二次運動をしているため、スカート部とシリンダーボアとの接触面積は随時変化する。更にシリンダーボア内を0～約20m/sの速度間で変化しながら往復運動している。したがって、スカート部とシリンダーボアとの潤滑状態は境界～流体潤滑域の間で変化する。そのようなスカート部のフリクション低減を目的とし、様々な要素技術の開発が行われている。フリクション低減のための要素技術として「スカート面圧の低減」、「表面性状の最適化」の2つに大別される。「スカート面圧の低減」については主にピストン自体の骨格設計によるところが大きく、背反となる信頼性との両立を考慮したうえで最適骨格の技術開発が進められている。一方で「表面性状の最適化」については、ピストン製造工程における鋳造、加工が完了したピストンに対してプラスアルファで施される表面処理によってなされており、前述の最適骨格から更にフリクション低減効果を向上させる方策として技術開発が進められている。

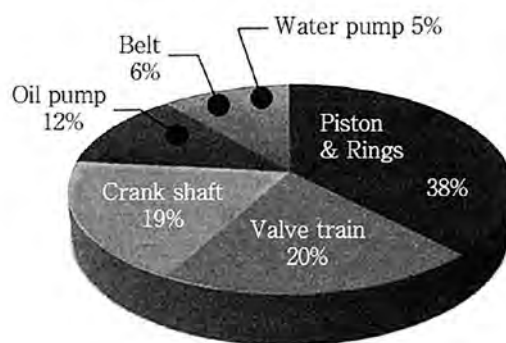


図2 ガソリンエンジンの摩擦損失³⁾⁴⁾

本稿では、まずスカート部のフリクション低減に貢献する表面性状の最適化技術について紹介し、更に表面

性状の最適化に最も用いられている樹脂コーティング技術の変遷と現状、および技術の動向を踏まえた将来の展望について述べる。

2. ピストンスカート部 表面性状最適化技術の紹介

まずスカート部への表面性状最適化技術の中で最も代表的なものが樹脂コーティング技術である。図3に樹脂コーティング技術による摩擦低減メカニズムを示す。摩擦低減メカニズムは2種類あり、1つ目は樹脂の特性である自己潤滑性を活かし、スカート部とシリンダーボアの金属接触による摩擦抵抗を低減することで、摺動速度が遅くなり境界潤滑域が支配的となる上下死点におけるフリクション低減を図っている(図3中①)。2つ目は、コーティング成膜時における樹脂材の流動性によってスカート部表面の切削加工による条痕形状を埋め、表面粗さを低減することで、摺動速度が徐々に速くなる上下死点付近にて境界潤滑から混合・流体潤滑への移行を促しフリクション低減を図っている(図3中②)。

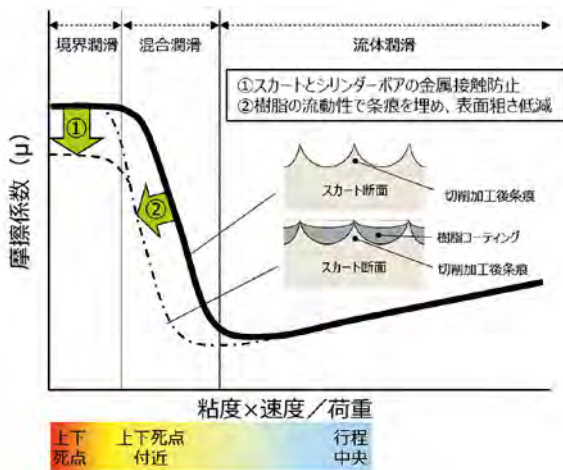


図3 ピストンスカート樹脂コーティングによる摩擦低減 (ストライベック線図イメージ)

また樹脂コーティングの他に、前処理によりスカート表面粗さを低減し低フリクションを狙うとともに、低粗さ化の背反となる耐焼き付き性を両立する技術がある。

1つ目は、スカート面に高速で微粒子を投射することで切削加工条痕形状を均して表面粗さを低減し、更に微細な孔を形成し油溜まりを設けることで耐焼き付き性を確保する技術である。用いられている技術はショットピーニング(Fine Particle Bombarding Process; FPB)処理と呼ばれるものであり、目的に応じて選定された材料の粒径数十～数百 μm ほどの微粒子を高速で基材に投射し、表面性状や機械的特性を変化させる技術である。スカート部に適用された投射材としては、基材表面に潤滑層を形成し、境界潤滑時の摩擦低減を狙った二硫化モリブデン粉末と、基材表面への油溜まり形成

を狙った鉄系粉末がある。図4に条痕(Streak)と鉄系粉末投射後(FPB)のスカート部表面の3D形状を示す。切削加工による条痕形状が均されて表面が平滑になるとともに、油溜まりとなる微細な孔が形成されていることが確認できる。この油溜まりにて油膜を保持することで摩擦低減を狙っている。図5に実際のフリクション効果として、スカート部に鉄系のショットピーニングと樹脂コーティングを施したピストンを用い、浮動ライナエンジンでFMEP(Friction Mean Effective Pressure: 摩擦平均有効圧)を計測した結果を示す。浮動ライナエンジンとは、スカート部とシリンダーボアの摺動抵抗を、浮動状態のライナを通じてロードワッシャに伝えることで摩擦抵抗として計測する単気筒エンジンである。スカートの表面粗さ低減および油溜まりの効果と推測されるが、エンジンの運転条件全域において摩擦低減の効果が確認できる。

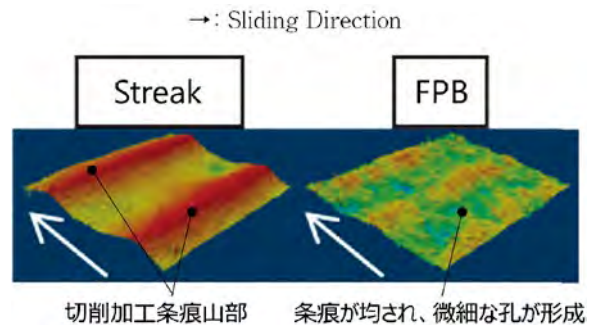


図4 条痕およびショットピーニング処理後の表面形状⁵⁾

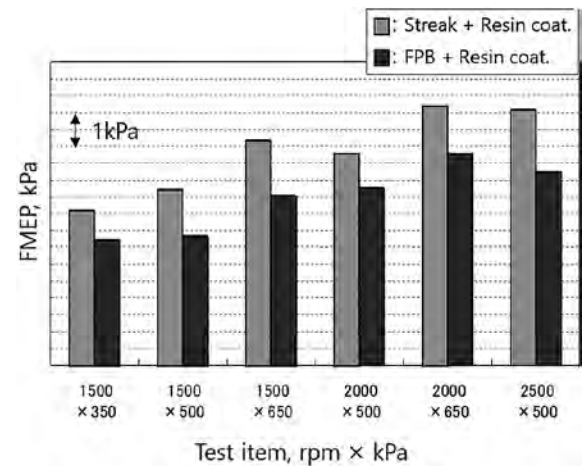


図5 条痕とショットピーニング処理のピストンにおけるFMEP⁵⁾

2つ目は、油の保持を目的とした微細なクロスハッチ形状の溝をパルスレーザによって形成することで耐焼き付き性を確保する技術である。図6に鏡面化した後にパルスレーザを照射したスカート部を示す。クロスハッチ形状の溝とそれに囲まれたプラトー面が形成されていることが分かる。図7に実際のフリクション効果として、スカート部にクロスハッチ溝(Crosshatch)を設けたピストンを用い、浮動ライナエンジンでFMEPを計測した結

果を示す。スカート表面の鏡面化によって樹脂コーティング後のスカート部表面粗さが低減した結果、油膜を形成しやすくなり、エンジンの運転条件全域においてフリクションの低減効果が確認できる。

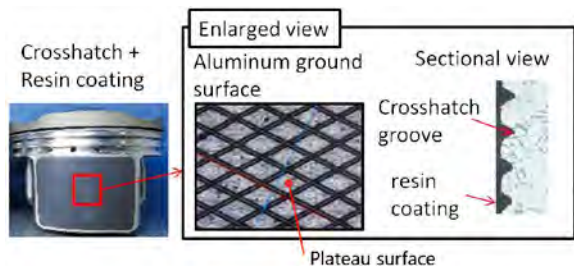


図6 パルスレーザ照射によるクロスハッチ溝⁶⁾

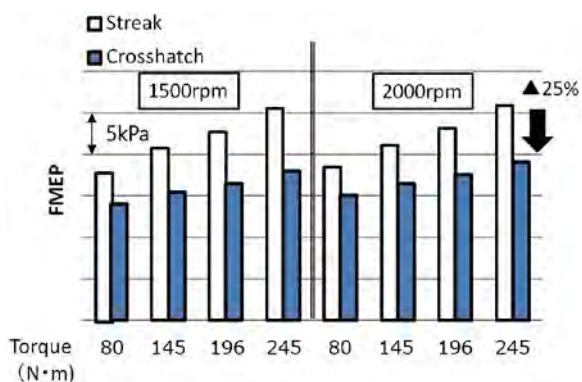


図7 条痕とクロスハッチ溝のピストンにおけるFMEP⁶⁾

3. 樹脂コーティング技術の概要

スカート部に樹脂コーティングが採用される以前は、スズ(Sn)めっき表面処理が主流となっていた。スズは軟質でせん断強度が低く、低摩擦係数を示すことから運転初期のなじみ向上に効果があり、スカート部の焼き付き防止として採用されていた。しかし耐摩耗性が低く、膜厚は1~2 μ m程度であるため、めっき部が摩耗し消失した後は低フリクション効果を持続させることができなかった。それに対し樹脂コーティングは、バインダーとなる樹脂材中に分散された固体潤滑剤によって低フリクションを実現、またスズめっき以上の膜厚(約10 μ m)とすることで低フリクション効果を持続させることに成功した。図8に実際の効果として可動ライナエンジンによる計測結果を示すが、樹脂コーティング(Resin)はスズめっき(Sn)に対し特に低回転域においてフリクションが小さくなっている。以後、スカート部のフリクション低減は、樹脂コーティングが主流となっていった。

スカート部へ施す樹脂コーティングの工法についても紹介する。樹脂コーティングが使われ始めた当初は、図9の左に示すようにスプレー塗装によってコーティングを行っていた。スプレー塗装では多量の溶剤によって溶解させた樹脂材をスプレーノズルから噴射し、スカー

ト部にコーティングする。設備としても塗装装置が1台あればワーク形状を問わずコーティングできることから汎用性の面でメリットがあったが、大きな課題が2つあった。1つ目は材料の歩留まりが悪いことで、スカート以外の必要ない箇所(例:サイドウォールなど)にもコーティングするため、材料の使用量が多くなる。2つ目は必要部位以外へのコーティングを防ぐために施すマスキングが必要となることである。ピストンはピストンリングやピストンピンと組付けるため、適切なクリアランスを設定している。したがって、そのような部位へコーティングすると組付け性や機能を担保できないため、それぞれのピストンごとや部位ごとに専用のマスキングを施す必要がある。

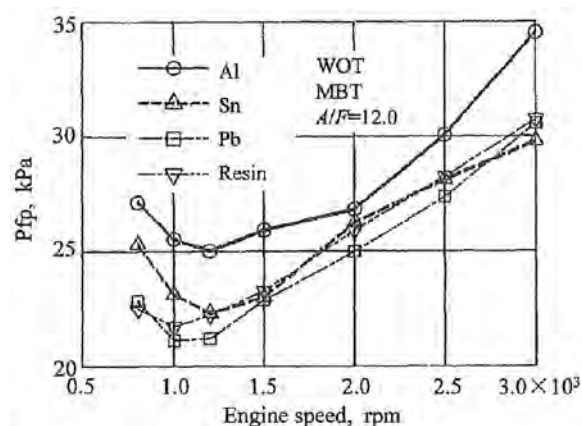


図8 可動ライナエンジンによる摩擦平均有効圧測定結果⁷⁾

この2つの課題を解決する新たな工法として開発されたのが、図9の右に示すスクリーン印刷によるものである。スクリーン印刷は、スクリーンと呼ばれる版にコーティング面を象った穴を空け、そこから樹脂材をスカート部に転写させる方法であり、コーティング形状の自由度が高く、必要な範囲にのみコーティングをすることが可能である。したがってスプレー塗装の課題であった「材料の歩留まり」と「マスキング」を一気に解消することができた。現在、このスクリーン印刷方式を用いることで、骨格形状の変化に伴う様々なスカート部形状に対し、必要な範囲のみに樹脂コーティングを施すことが可能となっている。

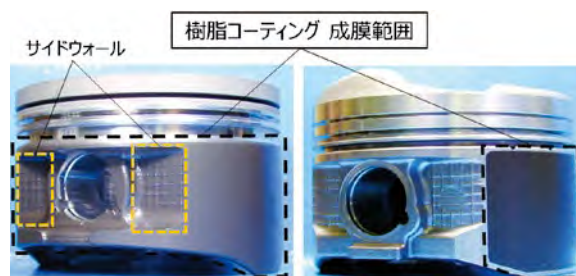


図9 スプレー塗装品(左)とスクリーン印刷品(右)

4. 材料配合の技術変遷

樹脂コーティング技術の低フリクション効果について、近年の発展に寄与する要素には「材料配合」と「パターン形状化」があり、本節と次節にてそれぞれの変遷について述べる。

まず材料配合の変遷について述べる。樹脂コーティングの材料構成は、主成分でありコーティングの信頼性を左右するバインダー樹脂、コーティングの摩擦特性や強度を特徴づける固体潤滑剤を代表とする粒子状添加剤、成膜時のコーティング剤粘度を調整するための溶剤となっている。溶剤は、コーティング後の焼成で揮発し、最終的な塗膜(完成品)にはほとんど含有されないため、本項ではバインダー樹脂及び粒子状添加剤について詳しく述べる。

初めにバインダー樹脂であるが、スカート部に適用するため高温・高面圧に耐えうること、またエンジンオイルや燃料、燃焼によって発生する酸などに対する耐食性が求められる。そのような環境下に耐え、尚且つ量産性を考慮すると適用可能な材料は多くなく、現在量産されている多くの樹脂コーティングにはポリアミドイミド樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂が用いられている。これは樹脂コーティングが採用された当初から変わっておらず、開発時に十分に検討がなされたうえで材料が決まったと言える。

次に粒子状添加剤であるが、これが樹脂コーティングのフリクション性能を決めるための最も重要なファクターであり、各メーカーが材料の組み合わせ・配合量の調整に取り組んできた。最も一般的で初期から使用されてきたのが、フリクション低減を目的として添加される固体潤滑剤である。主な材料は二硫化モリブデン、グラファイトの2つに代表される。二硫化モリブデンは結晶構造が-S-Mo-S-の層状となっており、Mo層とS層間の結合力(ファンデル・ワールス力)が弱い⁸⁾ため、その滑りやすさによって低摩擦を発揮する。またエンジンオイルや燃料に含まれる成分に侵されない化学的安定性と、スカート部にかかるスラスト力に耐えうる高荷重耐性をもつことから、多くの量産ピストンに採用されている。グラファイトは六方晶の結晶構造で、層間の結合力(ファンデル・ワールス力)が弱い。この層状構造は二硫化モリブデンと共通しており、同様に滑りを生じて低摩擦を発揮する⁹⁾とともに耐摩耗性に優れる。補助的な潤滑剤として、自己潤滑性をもったPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)があるが耐荷重性・耐熱性が低く、多量に添加すると樹脂コーティング自体の耐久性を著しく低下させるため、グラファイトと併用して使用される⁸⁾ことが一般的である。

2010年代序盤までに、上記のような固体潤滑剤の配合最適化が成熟していき、劇的なフリクション低減効果の改善が望まれなくなってきた。また燃費規制の強化により、過給ダウンサイジングエンジンに代表されるような燃焼圧が高くスカート部にかかる面圧が高いエンジンや、HEV、PHEVのようにモーターの運転に合わせ、エンジンを必要に応じて起動停止させるため、スカート部に十分なエンジンオイルが行き渡っていない状態でシリンダーボアと摺動するなど、スカート部の潤滑環境が厳しいエンジンが増えてきた。そこで、これまでの様にフリクション低減の効果代を追い求めるよりも、コーティングの耐久性を向上し、その効果を長く持続させようとする商品開発が始まった。

樹脂コーティングは通常、エンジンの運転時間に伴って徐々に摩耗していき、ある地点で下地面(アルミ)の切削加工条痕山部が露出する。すると部分的にシリンダーボアとの金属接触が生じることから、摩擦抵抗が増加する。したがってフリクション低減効果を持続させるためには、切削加工条痕山部とシリンダーボアの金属接触による摩擦抵抗の増加を防ぐために樹脂コーティングの耐摩耗性を向上する、もしくは厚膜化することが必要である。

耐摩耗性を向上する手法としては、硬質粒子の添加による膜の強化が一般的である。硬質粒子には金属酸化物が用いられ、鉄(Fe)、チタン(Ti)、亜鉛(Zn)、タングステン(W)などが含まれた樹脂コーティングが既に量産化されている。しかしこれらの金属を大量に添加すると摩擦係数を悪化させてしまうため、適切な量を見極め、固体潤滑剤とバランス良く配合することが必要である。厚膜化については、現在主流のスクリーン印刷においては使用する治具や製造条件が重要なファクターとなっており、材料配合の話からは逸れるためここでは割愛する。

5. パターン形状化の技術変遷

次にパターン形状化の技術変遷について述べる。2000年代中盤頃から、スクリーン印刷におけるコーティング形状の自由度が高いことを利用し、スカート部表面の油膜をコントロールするため模様を施した樹脂コーティングが採用され始めた。図10にその一例を示す。水玉模様を千鳥配置したものや、直線、水玉を織り交ぜて配置したものなど様々な形状が採用されている。どの模様においてもスカート部の油の流路や溜まりを設け、油膜を発生させてフリクションを低減することを狙っていると考えられる。図11には高橋らが提案するパターン形状を示す。このパターン形状では、スカート部両端に斜めの溝が設けられており、溝の先端はスカート部中央に向かっている。設置した溝によって、ピストンの上昇行程

においてスカート部両端にある潤沢なオイルを、摺動が発生し貧潤滑状態であるスカート中央部に供給することを目的としている。図12に、上記パターン形状を施したピストンの、全面塗装(パターン形状無し)に対する浮動ライナエンジンでのFMEP低減効果を示す。パターン形状を施すことによって、狙い通り貧潤滑である領域にオイルを集めることでフリクションを低減する効果が得られた。



図10 パターン形状の量産適用事例⁵⁾

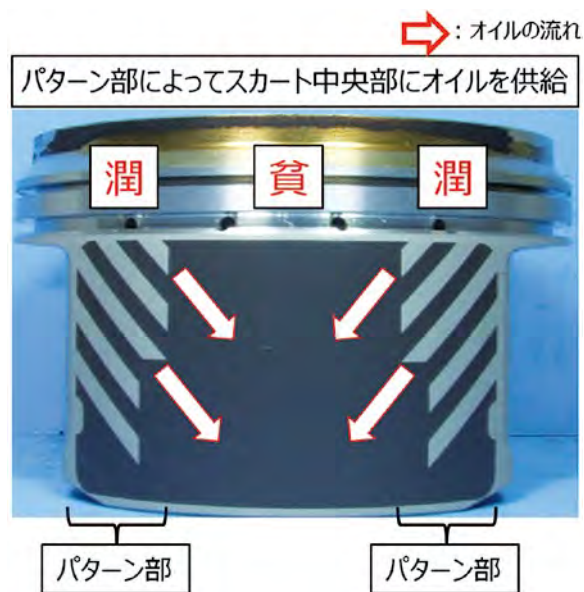


図11 検討したパターン形状(スラスト方向)⁹⁾

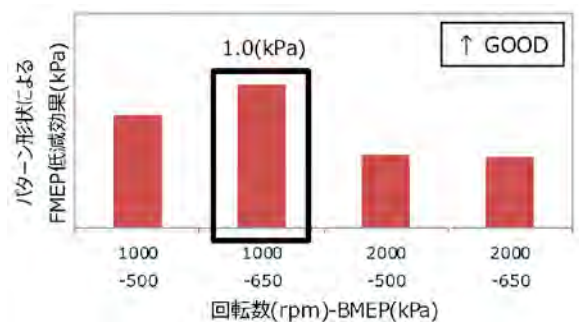


図12 パターン形状によるFMEP低減効果(対 全面塗装)⁹⁾

先にも述べたようにスクリーン印刷はコーティング形状の自由度が高いため、今後も摩擦低減に有効と判断された表面性状(テクスチャリングなど)について、樹脂コーティングのパターン形状化によってスカート部に適用する事例が現れることが期待できる。

6. おわりに

これまでピストンスカートの表面性状の最適化技術及びその1つである樹脂コーティング技術について動向を述べてきた。

内燃機関の摩擦損失低減は、重要な課題であると認識されている一方で、各自動車メーカーとしては開発リソースを電動化にシフトするため、内燃機関開発の効率化を進めている。それを踏まえると従来の知見や予測技術を活用し、開発工数を最小限とすることで表面性状の最適化技術をタイムリーに提供していくことが必要である。一方で、従来の樹脂コーティングは、スカート面の粗さを低減する前処理やパターン形状化などで低フリクション化を検討してきたが、現在も盛んに行われている摩擦現象解明の研究成果を活かすことで、樹脂コーティングによる低フリクション効果を最大限に高めるための最適なアプローチを見出し、それに関する開発に絞っていくことも必要であると考ええる。

本稿は、株式会社新樹社発行 月刊トライボロジー 2022年10月号に掲載された特集記事「内燃機関用ピストンスカートの低フリクション技術 - 樹脂コーティングの技術動向 -」を著作権者の許可を得て再編集したものです。

参考文献

- 1) 経済産業省:自動車新時代戦略会議(第1回)資料(2018).
- 2) 経済産業省:2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2020).
- 3) 三原:内燃機関摩擦損失低減に向けた研究動向,トライボロジスト,61,2(2016)71-77.
- 4) 内貫 他4名:ハイブリッド自動車用1.8Lガソリンエンジンの開発,自動車技術会学術講演会講演予稿集,79-09(2009)1-6.
- 5) 山川:ピストンの摩擦低減技術の動向,トライボロジスト,62,12(2017)754-759.
- 6) 國安 他3名:クロスハッチ形状を用いたピストンスカート部低フリクション技術の開発,自動車技術会2018年春季大会学術講演会講演予稿集,20185419 (2018).
- 7) 金井:エンジンの低燃費化に寄与するピストンスカート部の表面処理技術,トライボロジスト,57,9(2012)619-624.
- 8) 山海堂:自動車工学用シリーズ,自動車用ピストン (1997).
- 9) 高橋 他4名:パターン樹脂コーティングによるピストンスカート摩擦低減技術の開発(第1報),自動車技術会2017年秋季大会学術講演会講演予稿集,20176325 (2017).

筆者



宮坂 弘樹

アート金属工業株式会社
研究開発本部 製品技術部
ピストン要素技術開発に従事

海外法人便り

アセアン市場動向とAIAPの取り組み
ASEAN Market Trend and AIAP Activity牧戸 共一
Kyoichi Makito田中 一貴
Kazuki Tanaka

概要

アセアン市場は、これまでの日系OEM寡占状態であり『日系の牙城』と言われてきたが、ここ数年で中韓OEM勢の電動車による市場参入が加速している。こういった市場動向の変化とアイシンの取り組みについて紹介する。

1. はじめに

アセアンとは平和・安全・安定の維持・向上、政治・安全・経済・社会文化協力の促進などを目的としタイ、インドネシア、マレーシアを中心とする東南アジア近隣10か国で形成される連合体である。

EUとは異なり、各国独自の政治・政策、通貨を有し、自動車市場ニーズも各国各様である。

図1はASEAN主要国の23年からの生産台数予測であるが、今後も緩やかに増加し、タイ、インドネシアで生産台数占有率75%を超える傾向は35年予測においても変わらない見込みである。

また、動力別に見ると欧州、中国といった主要市場とは異なりBEV、HEV・PHEVの生産台数はICE（内燃機関車）と共存しながら緩やかに増加し、30年で電動車率が過半となる予測となっている。

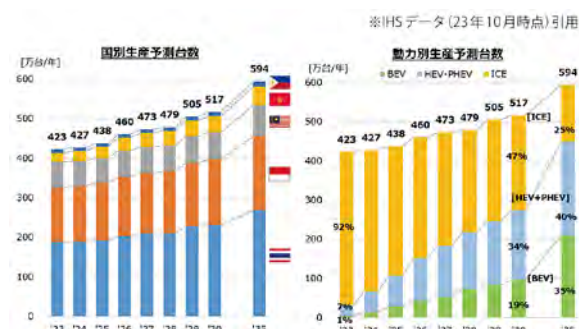


図1 アセアン国別/動力別の生産予測台数

AIAPは豪亜地域のビジネス規模拡大に伴う生産拠点の増加を背景に、2010年に地域の機能サポート会社として設立され、AIAP技術部は、競合と差別化できる価値の提供を日本連携で取り組み、地の利を活かした拡販活動を営業部と推進している。

図2 AIAP会社所在地
スワナブーム空港の南に位置し、得意先や生産拠点へのアクセスが良い(2Hr以内)

2. AIAP技術部の活動について

<車体>

主に現地顧客へのプレゼンや受注活動、生産拠点への技術面のサポート、収益改善のためのVA/VE活動を行っている。

最近では新製品受注に向けてエンドユーザー目線で困り事を抽出し、解決に向けた新製品企画を日本に提案。また実車搭載による顧客への提案と適合設計を日本連携で推進している。また車両開発の初期段階から顧客にデザインインし、日本、顧客との連携によりスピード感ある開発を推進している。

<電子・走行安全>

現調化推進に向けた生産拠点への技術サポート、開発スピードアップに向けSE活動を日本連携で推進している。次世代モデルに向けては、現地生産に適した図面にするため生産拠点とのSE活動を密に行い、現地から

の提案を行っている。

今後は、現地での評価完結体制を製品評価チームと連携し、開発サポート力の更なる向上を図っていきたい。

<材料技術>

主に材料現調化による低コスト化、材料品質確保による未然防止、製品の差別化・競争力向上に向けた新規材の開拓を実施している。

特に現地調達部門と連携した最適材採用によるVA活動は、設立当初より注力しており継続的に推進している。

最近ではカーボンニュートラルや電動化への貢献に向けて樹脂リサイクル材活用に向けた技術開発や域内電炉メーカーの調査、モーター材評価技術の習得など積極的に取り組んでいる。

製品環境業務においてはAT製品の化学物質登録業務の現地移管に向けて日本、生産拠点と連携対応中である。

<製品評価>

域内開発品や市場BMC品のほか、工場での生準品に対して日本同等の試験ができるように評価体制を整備し、社内での評価完結を目指している。

ドアロック、ドアチェック、アウトサイドハンドルに加えて、直近の活動ではトランスファーアクチュエーターやABSモーター、ウィンドレギュレーターなど日本で評価技術の指導を受け、評価製品の拡大に積極的に取り組んでいる。

<技術管理>

アイシン本社、現地OEM及び現地生産法人との設計図面等技術データの授受及び仕組み改善、体制整備を実施している。

最近では法規運用の厳格化と電動化に伴う対象製品の多様化により認証リスクが高まっていることから域内法規認証体制の構築に向けて業務を標準化。また域内法規動向調査を着手し、日本はじめグローバルとの連携を強化している。

3. タイ、インドネシアにおける中韓OEMの台頭について

アセアン主要2か国のタイ、インドネシアにおいて特筆すべき点は、電動車による中韓OEMの市場参入である。現在の日系OEM占有率はタイで85%、インドネシアで89%であるが、電動車においてアセアンの自動車生産ハブを目指す両国政府のBEV車両優遇政策により、タイにおいて23年時点で既に2社が生産を開始しており、更に今後3年以内に中国OEM7社、韓国OEM1社が生産進出を計画している(図3)。

また税制恩典を受けた中国OEMの輸入車販売は顕

著に伸びており23年11月は過去最高の16%を記録した。さらに現地生産が開始されれば流通性も上りさらなるシェア拡大が予測される。

製造メーカー	SAC	Great Wall	HORROR		Gac Alan	NETA	Chery
生産工場	Eastern Seaboard 2	Eastern Seaboard	Rajara Hong Yai		Rayong	Sangchan	中国
ブランド	MG	Great Wall Motor	Foxconn	(WN Motor)	Gac Alan	NETA	Omoda/Jacoo
Source country	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国
モデル	ZS EV	MG EP	ORA Good cat	Y Plus	NETA Y	Omoda 5 EV	
輸入開始	2023	2023	2023	2023	-	-	
タイ生産開始	2024	2023	2023	2024	2024	2024	
生産台数(台/年)	1,000	3,000	12,500	50,000	20,000	20,000	
車両画像							
製造メーカー	BYD	Geely	Hyundai Motors Group		Changan		
生産工場	WHA Rayong 35	中国	中国	中国	WHA Rayong 35		
ブランド	BYD	Geely	Volvo	KIA	Hyundai		
Source country	中国	中国	中国	中国	中国		
モデル	Atto 3	Smart #1	Ryder EV	Volvo C40	EVION 5		
輸入開始	2023	2023	2023	2024	2024		
タイ生産開始	2024	TBD	TBD	2025	2025		
生産台数	150,000	TBD	TBD	250,000	250,000		
車両画像							

図3 中韓OEM BEV輸入/生産情報

23年12月にバンコクにて開催されたMOTOR EXPO 2023では中韓OEMがBEV車を展示し、多くの訪問客の興味を引いていた。

本MOTOR EXPOは、車両展示即売会の性格が強く展示車両の成約数は開催期間中、毎日ネットに開示される。各OEMも自社車両の今後の販売を占う指標として注目するデータであり、図4が開期中のOEM別成約台数である。

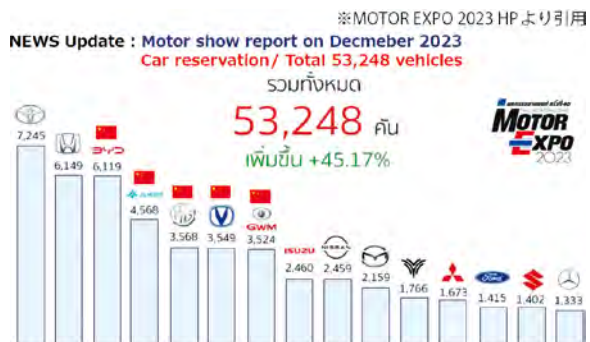


図4 MOTOR EXPO 2023 OEM別成約台数

成約件数TOP10のうち半数が中国OEM電動車となっていることから、タイにおける中国車のイメージが大きく変化していることが分かる。その理由として、デザイン性の向上や車両・バッテリー保証、メンテナンスサービスの充実の他に、政府のBEV振興優遇策により、販売価格が日系OEMのHEV車に対し同等以下の価格設定となっていること(図5)、またその価格帯でパワーバックドアやサンルーフ、アラウンドビューモニターなどの快適装備が搭載されていることだと推察される(図6)。

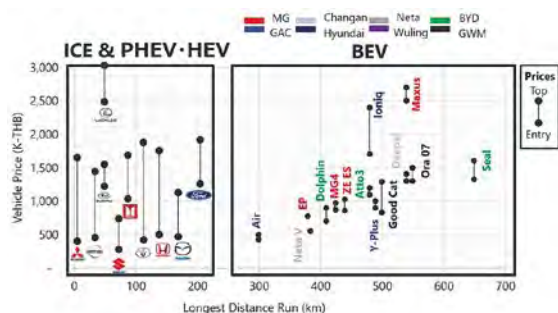


図5 ICE&PHEV・HEV車両価格と中韓OEM BEV車両価格比較

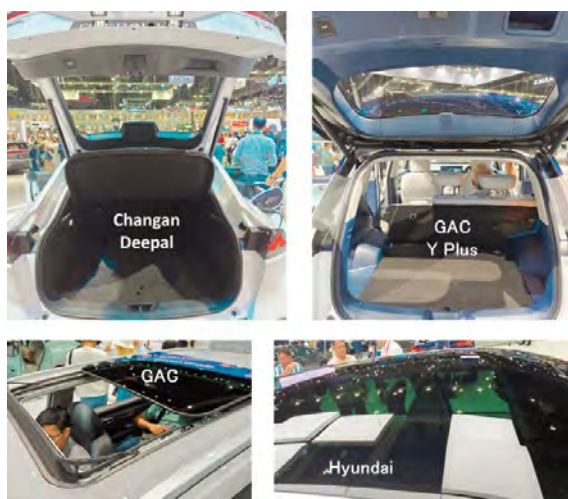


図6 中韓OEM BEVの搭載装備の一例
快適装備であるパワーバックドア、サンルーフを標準装備として搭載しているBEVもある。

4. 拡販に向けた今後の取組みについて

カーボンニュートラル(CN)に向けた取り組みが世界的に加速する中、ASEANにおいてもばらつきはあるもののCN達成及び電動車に関する数値目標が各国で掲げられ(図7)、達成に向けた投資が始まっている。

一方で、充電ステーションの設置数は、欧米や中国、日本と比べまだまだ十分ではなく、長距離移動におけるユーザーの不安はまだまだ大きい。

また雨季のあるタイでは洪水影響を受けにくい車高や路面を選ばない走行性の高さからピックアップトラックやSUVの需要が高い。さらにピックアップトラックやSUVは、高い積載能力を活かして農村部等の仕事向けからアウトドアなどの多目的スタイルまで用途の幅は大きい(図8、図9)。一方、インドネシアでは大人数で自動車を利用する傾向がみられMPVの需要が高い(図9)。

拡販に向けては、アセアン地域の動向、ニーズをよく見極め、地域のユーザーの皆様に感動、笑顔を届けられる製品・技術の開発を日本・顧客との連携で推進し提供していきたいと考えている。

自動車業界が大きな変革を迎える中、これまで以上にフレキシブルかつスピード感ある対応により、社会に貢献していきたい。

※各国政府HP及びMarklines データより引用

国	CN 目標	電動車 目標	充電ステーション (箇所)
インドネシア	CN ('60)	低炭素排出車生産比率: 30% ('35)	2,400 ('25)
カンボジア	CN ('50)	国内BEV比率: 自動車&バス 40% ('50)	200 ('23)
シンガポール	ネットゼロ('50)	内燃エンジン車の廃止 ('40)	60,000 ('30)
タイ	CN ('50) ネットゼロ('65)	BEV生産比率: 30% ('30)	8,227 ('30)
フィリピン	75%削減 ('30) ※BAU比	内燃エンジン車の販売を終了 ('40)	65,000 ('28)
ブルネイ	CN ('50)	BEV販売比率: 60% ('35)	1プロジェクト
ベトナム	CN ('50)	内燃エンジン車の輸入・生産を禁止 ('40)	20,000 ('25)
マレーシア	CN ('50)	BEV&PHEV, HEV販売比率: 15% ('30) BEV販売比率: 38% ('40)	10,000 ('25)
ミャンマー	CN ('50)	—	19 ('23)
ラオス	CN ('50)	国内EV比率: 1% ('25), 30% ('30)	>50 ('25)

図7 ASEAN各国のCN達成及び電動車に関する数値目標



図8 人を運ぶピックアップトラック
荷台部分にフェンスや冷蔵・冷凍庫、アルミボックスなどを設置して、農作物や家畜の運搬や人を運ぶバスとして利用されている。バンコク市内は大型トラックの通行規制があるため、よく見かける。

※トヨタHPより引用



図9 キャンピングカー仕様のピックアップトラック
Toyota Hilux Champ
趣味を楽しむために荷台部分をキャンプ用などにカスタマイズして利用されている

5. おわりに

AIAAPのあるタイは言わずと知れた親日国である。これは、官民、業界を問わず我々の諸先輩の方々が長い時間をかけて築き上げてきた賜物である。

我々も自動車部品を通じてタイ社会、経済、タイの人々の幸せに微力ながら貢献できればと思いながら執筆させて頂いた。

日々ご支援いただいている関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) IHSデータ(23年10月時点)
- 2) 各国政府HP 及びMarklinesデータ
- 3) Motor Expo 2023 HPデータ

筆 者



牧戸 共一

AISIN ASIA PACIFIC Co., Ltd.
Sales and Marketing Business
Field
Vice President



田中 一貴

AISIN ASIA PACIFIC Co., Ltd.
Designing Division
General Manager

受賞

社外受賞テーマ一覧(2023年1月～12月)

* 受賞者の所属名は受賞時点のものです。

部署名	受賞日	受賞名	受賞テーマ	受賞者	協業部署
軽合金生技部	2023.1.10	ものづくり日本大賞 経済産業大臣賞	地球も人も元気になれる、 品質・生産性に優れた 革新アルミダイカスト工場	軽合金生技部 竹之下 正志 鶴飼 伸介 横井 賢治 深見 尚男 兼氏 貴也 安田 正臣 浅井 秀之	
第1ユニット生技部	2023.3.28	トヨタ技術開発賞	THS5世代用MG2 ステータ高速SC 成形機開発	第1ユニット生技部 伊藤 洋平 中川 修 小柳 亘 内田 真人	
金型工機部	2023.4.19	文科省 創意工夫功労者賞	切粉台車の 湯切り鹿威し考案	金型工機部 大沼 友哉	
金型工機部	2023.4.19	文科省 創意工夫功労者賞	面取り加工時の品質 保証ストッパー治具	金型工機部 待鳥 涼	
素形材生技部	2023.5.22	日本熱処理技術協会 技術精励賞	高濃度マイルド浸炭 ラインによる歯車の 高強度とCNの両立 鋼材メーカーと共同 開発した低合金鋼の 量産化	素形材生技部 笠井 大介	
車体第2技術部	2023.7.18	トヨタ自動車 プロジェクト表彰 「CE特別賞」	リフレッシュシート のメカ式バルブ開発	車体第2技術部 内装設計室	
走行安全第1制御技術部	2023.10.2	本田技研工業 「優良感謝賞」	低速AEBシステム	走行安全第1制御技術部 鶴飼 裕一 石黒 博	
先進開発部	2023.10.5	グッドデザイン賞 グッドデザイン・ベスト100 グッドデザイン金賞 (経済産業大臣賞)	YYSystem	先進開発部 中村 正樹	デザイン部
車体第1技術部	2023.11.23	トヨタ自動車 新型センチュリー SUV CE特別賞	SUV向けリンク式 パワードア	車体第1技術部 第3ドア設計室	
車体第1技術部	2023.12.25	トヨタ自動車 プロジェクト表彰 「技術の部」	世界初 PBDタッチ センサ組付け自動化	車体第1技術部 第3ドア設計室	

社外発表論文・投稿リスト(2023年1月～12月)

- * 本発表実績は当社から社外への新規発表を掲載しております。
なお、海外での発表はNo.に※印が表記してあります。その他は国内での発表です。
* 発表者の所属名は発表時点のものです。

1. 社外発表論文リスト

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
1	1月	経済産業省	ものづくり日本大賞	地球も人も元気になる、 品質・生産性に優れた 革新アルミダイカスト工場	軽合金生技部 西尾ダイカスト工場	(軽合金生技部) 竹之下 正志 鶴飼 伸介 横井 賢治 深見 尚男 (西尾ダイカスト工場) 兼氏 貴也
2	1月	九州工業大学	講座「車載向け信号処理技術」	車載向け信号処理技術	電子先行開発部	藤田 剛
3	1月	電子情報通信学会 情報セキュリティ研究 専門委員会	暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS 2023)	自動車向けCAPECの検討と 脅威シナリオ導出への活用	ソフトウェア基盤 技術部	小野 華 土居 元紀 岩原 主 前田 和輝 渡邊 謙一郎
4	1月	Gartner社	2023年のCIOとテクノロジー・エグゼクティブ	日本のCIOが仕掛ける次世代組織への挑戦	DS部	加藤 浩明
※5	1月	International Conference on Machine Learning	ICML2023	Spiking Synaptic Penalty: Proper Penalty Term for Energy-Efficient Spiking Neural Network	アイシン・ソフトウェア DS部	(アイシン・ソフトウェア) 末武 一馬 牛丸 拓哉 齊院 龍二 (DS部) 澤田 好秀
6	1月	全国文字通訳研究会	第13回パソコン文字通訳シンポジウム	リアルタイム音声認識アプリYYProbe	先進開発部	中村 正樹
7	2月	日本科学技術連盟	第6300回QCサークル全国大会 (熊本)	INV組立ライン EOPコネクタ爪外れ はんだ不良による製品廃却費低減	岡崎電子工場	小倉 光夏 石川 奨之
8	2月	日本科学技術連盟	第6300回QCサークル全国大会 (熊本)	恒温槽内送風ファンの 霜取り工数低減	PT信頼性技術部	大木 隆史 藤田 晃輝
9	2月	日本科学技術連盟	第6300回QCサークル全国大会 (熊本)	全員参加で挑んだPR-107ラインの 頻停低減	新豊工場	橋口 拓実 久保山 龍
10	2月	日本科学技術連盟	第6300回QCサークル全国大会 (熊本)	シェービング盤 ワーク手持ち クランプ挟まれヒヤリの撲滅	モータ第2生技 先行開発部	児玉 貴彬 山田 幹啓
11	2月	日本科学技術連盟	第6300回QCサークル全国大会 (熊本)	トリミングプレス型による 品質不良低減	新川衣浦工場	永石 拓也 石野 真人 前川 弘樹
12	2月	日本科学技術連盟	第6300回QCサークル全国大会 (熊本)	～見逃すな! 秘めた思いに成功のカギ～ フィーダー送り異常撲滅による可動率向上活動	岡崎工場	野村 剛士 三輪 優介
13	2月	大阪府工業協会	品質検査効率化研究会第6回 AIを活用した外観検査	外観検査におけるAI活用の 課題と今後の展望	DS部	栗原 伸明
14	2月	日本冷凍空調学会 近畿地区事業推進委員会	実用講座【ガスセミナー】最新の 高効率ガス空調システム	アイシン製「GHP XAIRIII」Gシリーズ、 電源自立型GHPについて	ES技術部	今井 和紀
15	2月	QCサークル 東海支部	QCサークル東海支部 総合・交流大会	目指せ ベスト値 ～ゴムの性質にこだわった活動～	西尾機関工場	篠田 卓志 石原 裕三
16	2月	溶接学会	溶接学会論文集	スクロールショルダーを有する接合ツールによる A6061/SPC270薄板の摩擦攪拌重ね接合	生技先行開発部	山口 修平
17	2月	オールアイシン現場小集団 活動活性化部会	第98回オールアイシン QCサークル大会	一致団結!メンバーに笑顔を! ～新しい仲間と歩んだ3年間～	吉良工場	原口 雄基

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
18	2月	オールアイシン 研究発表会事務局	第73回オールアイシン研究発表会	設計プロセス変革に向けた EV車用車体製品の衝突性能 予測AI開発	DS部 第2EV先行開発部 解析技術部	(DS部) 松村 直也 澤住 亮佑 杉浦 卓也 (第2EV先行開発部) 正保 順 開米 和裕 (解析技術部) 玉置 健二 山口 功洋 磯村 かおり
19	2月	オールアイシン 研究発表会事務局	第73回オールアイシン研究発表会	樹脂工程内リサイクルの推進	材料技術部	久田 直人
20	2月	オールアイシン 研究発表会事務局	第73回オールアイシン研究発表会	プレスフィットを用いたコネクタ開発導電性 異物に対する新たなアプローチへの挑戦	電子基盤技術部	北崎 悟
21	3月	静岡県	ふじのくにバーチャルパワープラント 構築セミナー	アイシンにおける家庭用コージェネレーションを 活用したVPPへの取り組み	ES先行開発部	鵜飼 健司
22	3月	精密工学会・画像応用 技術専門委員会	DIA2023(動的画像処理実利用化 ワークショップ2023)	画像分類と異常検知を用いた アルミ铸造部品の外観検査	DS部	武藤 功樹 道下 裕也 宮永 裕介 彦坂 俊秀
23	3月	精密工学会・画像応用 技術専門委員会	DIA2023(動的画像処理実利用化 ワークショップ2023)	複雑な立体形状を有する大型金 属部品を対象とした法線マップを 入力とする外観検査 DNN の提案	DS部	宮永 裕介 武藤 功樹
24	3月	シュルンベルジェ	6th Symmetry Japan User Conference 2023	Study of high-efficiency SOFC model by Symmetry	CN技術開発部	村上 大河
25	3月	日本常温核融合 研究会	JCF23(第23回 JCF研究会)	CNZ反応材料による MHE反応発熱の発生特性	テクノバ	高橋 亮人 長谷川 雅彦 森 豊
26	3月	日本金属学会	日本金属学会2023年 春期講演大会	LMDで造形したフェライト鋼に おける柱状品の形成	モータ第2生技 先行開発部	糸 康弘 伴 美織
27	3月	日本金属学会	日本金属学会2023年 春期講演大会	Laser Metal Deposition法を用いたFe系 酸化物/Fe系合金の異種材造形の検討	モータ第2生技 先行開発部	糸 康弘 伴 美織
28	3月	中部経済産業局	ものづくり日本大賞受賞記念 フォーラム	地球も人も元気になる、 品質・生産性に優れた 革新アルミダイカスト工場	軽合金生技部 西尾ダイカスト工場	(軽合金生技部) 竹之下 正志 鵜飼 伸介 横井 賢治 深見 尚男 (西尾ダイカスト工場) 兼氏 貴也
※29	3月	Automotive Grade Linux	Automotive Grade Linux All Member Meeting	Research and Practice to Realize Linux Container that Supports Embedded Use Cases	アプリケーション デザイン部	山口 直人
30	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	自然言語処理を用いた意味合いによる 仕様記述抜き出しの検討	電子信頼性 技術部	水谷 優太
31	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	機械学習による異常画像の 判定メカニズム解析	電子信頼性 技術部	浅野 泰基
32	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	アンケート解析による 講座改善項目の検討	DS部	川口 雅典
33	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	EMC試験予測の 予測AIモデル構築	電子信頼性 技術部	伊藤 孝至
34	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	電気EMC試験における 製品動作の異常検知	電子信頼性 技術部	竹崎 友一郎
35	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	家庭用燃料電池エネファームの 余剰発電予測	ES先行開発部	中山 幸代
36	3月	トヨタ自動車 TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	冷却回路設計自動化 過去の金型冷却回路設計データを用いて	軽合金生技部	田原 虎留
37	3月	CVIM研究会	画像の認識・理解シンポジウム MIRU2023	$\Sigma \Delta$ -S3NN: Single-Step Spiking Neural Network based Sigma-Delta Network	DS部 アイシン・ソフトウェア	(DS部) 池川 慎一 澤田 好秀 (アイシン・ソフトウェア) 齊院 龍二
38	3月	IDAJ	つなぐ。つたえる。MBD・MBSE ソリューションセミナー	アイシンのMBDを活用したモータ 開発の「つなぐ」取り組み	PTモータ技術部	河治 学

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
※39	3月	American Chemical Society	ACS Sustainable Chemistry & Engineering	Demonstration of 12 years outdoor working of highly-durable dye-sensitized solar cell modules employing hydrophobic surface passivation and suppression of biased distribution of iodine ions	先進開発部	中島 淳二
40	3月	日本物理学会	日本物理学会2023春季大会	1144型鉄系超伝導体Ca1-xLaxKFe4As4における超伝導と競合秩序相	イムラ・ジャパン	川島 健司
※41	3月	Springer Nature社 The Shanghai Institute of Ceramics Chinese Academy of Sciences	Scientific Reports誌	Flat-Band Ferromagnetism in Pb2Sb2O7 by Self-Doped Mechanism	イムラ・ジャパン	川島 健司
※42	3月	Nature Research	Scientific Reports	Supply chain logistics with quantum and classical annealing algorithms	先進開発部	井手 貴範
43	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	eAxle・EVユニットの開発と今後の展望	第1EV技術部 PT第1コンポーネント技術部 PTモータ技術部	(第1EV技術部) 井上 亮平 鈴木 優輔 (PT第1コンポーネント技術部) 福岡 健之 (PTモータ技術部) 福島 智宏 菅原 純一
44	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	アイシンが未来を変える デジタルトランスフォーメーション(DX)戦略	DXマネジメント部 DX推進部	(DXマネジメント部) 新実 誠 堀木 昭成 東 智恵子 (DX推進部) 山本 篤史
45	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	モビリティでのAI活用: AIカメラからSayaまで	先進開発部 走行安全 第1制御技術部 走行安全 第2制御技術部 DS部 アイシン・ソフトウェア	(先進開発部) 大須賀 晋 河合 雄太 小久保 嘉人 田中 五大 (走行安全第1制御技術部) 山田 祐也 足立 淳 早川 和孝 上田 康貴 (走行安全第2制御技術部) 加藤 隆志 (DS部) 森崎 博幸 入佐 忠政 浅見 浩司 (アイシン・ソフトウェア) 宇山 誠也
46	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	位置情報を活用したCASE社会に向けた取り組み	シェアリングソリューション部	石川 裕記
47	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	自動運転レベル2向け ドライバーモニターシステムの開発	走行安全第1制御技術部	服部 哲也 桑山 高史
48	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	高精度及び高フレームレートな End-to-End多人数姿勢推定	DS部	戸部田 雅一 鄭 澤 高橋 佐和 澤田 好秀
49	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	ADC12材向け電解硫酸法による 高耐食陽極酸化技術の開発	材料技術部	酒井 尚樹
50	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	電動式可変バルブ タイミングシステム開発	PT電動アクチュエータ技術部	池田 憲治 西垣 篤史 久枝 雄介 田邊 滋弘
51	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	アルミ溶解炉の 最適燃料制御技術	軽合金生技部	村松 慶亮 深見 尚男 小林 秀章 野島 哲男
52	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	高耐久性を付与した1液熱硬化エポキシ 接着剤の水劣化制御メカニズムの推定	アイシン化工	坂口 和優
53	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	内燃機関用ピストンについて 摩擦発生メカニズム解明	アート金属工業	小林 邦彦
54	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 Vol. 27	イムラアメリカの最近の研究	イムラ・アメリカ	大竹 秀幸
※55	3月	Neurocomputing	Neurocomputing	Bayesian Generalization Error in Linear Neural Networks with Concept Bottleneck Structure and Multitask Formulation	DS部	林 直輝 澤田 好秀

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
56	4月	日本熱処理技術協会	熱処理	高濃度真空浸炭と高周波焼入れによる複合熱処理を施した肌焼鋼の曲げ疲労特性	素形材生技部 グループ生産技術本部	(素形材生技部) 岡田 一晃 (グループ生産技術本部) 大林 巧治
57	4月	イオン移動度研究会	第11回イオン移動度研究会	DMAによるナノサイズ微細水の計測	イノベーションセンター	森 隆行 加藤 寛人 平野 明良 田端 友紀 井上 慎介
※58	4月	SAE International	SAE WCX 2023	Automatic generation of evaluation courses for car navigation systems via combinatorial optimization	解析技術部	富田 陽久 小島 航介 齋藤 進
59	4月	組込みシステム開発技術研究会(CEST)	第271回技術交流会	おざなりになりがちな詳細テストの理想形について語り合いませんか?	ソフトウェア基盤技術部	若松 清敬
60	4月	QCサークル東海支部愛知地区	いきいき事例研究大会	樹脂成形パージ作業の3F撲滅～私、この作業できんばい～!	試作部	竹内 優子 浦田 瑞貴 中島 広志
61	4月	Advantech	【産業用AIもここまで来た!】Tokyo AIフォーラム	AI外観検査の勘所	DS部	栗原 伸明
62	4月	溶接学会	2023年度溶接学会春季全国大会	Fe/Al 摩擦攪拌接合における AE 計測法を用いた接合状態の評価	生技先行開発部	山口 修平
63	4月	Automotive Grade Linux	Automotive Grade Linux (AGL) Meetup Japan	Research and Practice to Realize Linux Container that Supports Embedded Use Cases	アプリケーションデザイン部	山口 直人
※64	5月	Springer	Autonomous Robots	Hierarchical reinforcement learning with central pattern generator for enabling a quadruped robot simulator to walk on variety of terrains	解析技術部 先進開発部 CN技術開発部	(解析技術部) 木岡 弘昭 松葉 達哉 (先進開発部) 赤塚 慎太郎 野田 幸裕 (CN技術開発部) 伊澤 仁
※65	5月	IOP Publising	Superconductor Science and Technology	Improved critical current properties and irreversibility lines by metal substitution in Ca-free Hg-based double-layered cuprates	イムラ・ジャパン	二宮 博樹 川島 健司
※66	5月	NeurIPS 2023	NeurIPS 2023	Minimax Problems with Relative Smoothness over Measure and Function Spaces for Adversarial Optimization	DS部 アイシン・ソフトウェア	(DS部) 奥田 諭史 澤田 好秀 (アイシン・ソフトウェア) 末武 一馬
67	5月	QCサークル東海支部 愛知地区	第53回QCサークル本部長賞愛知地区選抜大会	世代交代!若手中心の活動にCHALLENGE まっちょサークル3年間の歩み	工具生技部	中飯 将輝 岩茸 達也
68	5月	精密工学会画像応用専門委員会	研究会講演	画像分類と異常検知を用いた外観検査	DS部	武藤 功樹
69	5月	日本鑄造工学会	2023年度春期大会第181回全国講演大会	自主保全活動による粉体残り撲滅活動	西尾ダイカスト工場	湯前 勝也 久野 勝由
70	5月	自動車技術会	EVTec2023	回転数FB制御システムにおけるセンサレスブラシレスモータの空転検出方法	ECU技術部	小野坂 直城
71	5月	自動車技術会	2023年 春季大会学術講演会	セミアクティブサスペンションにおける機械学習を用いた状態推定の検討	走行安全第2制御技術部 アイシン・ソフトウェア	(走行安全第2制御技術部) 山本 彰人 山田 一二 鈴木 茂樹 田中 亘 脇田 陸 (アイシン・ソフトウェア) 石野 柊輔
72	5月	自動車技術会	2023年 春季大会学術講演会	国際標準言語を用いたEV車キャビン熱モデルの開発(第6報)-公開諸元を用いたEV車モデルの航続距離シミュレーション	第3EV先行開発部	岩月 健
73	5月	日本科学技術連盟	第6450回QCサークル全国大会(札幌)	PC1119空箱切れ撲滅で目指せ可動率95%!!!～失敗の三原則から成長した私たち～	新川衣浦工場	杉浦 雄二郎 金原 博之
74	5月	日本科学技術連盟	第6450回QCサークル全国大会(札幌)	こだわり抜いた「ゴムの特性」～ガasket剥がれ 低減活動～	西尾機関工場	篠田 卓志 森 一生
75	5月	日本科学技術連盟	第6450回QCサークル全国大会(札幌)	ブッシュ部品詰まり異常低減～WP組立ライン生産性向上～	半田工場	前田 武人 川村 信吾

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
76	5月	一般財団法人日本科学技術連盟	第6450回QCサークル全国大会(札幌)	はじめての一步! 気づき・喜び・達成感!! ゲージ部品費用低減活動	PT品質部	白川 清水 合気 一希
※77	5月	NeurIPS 2023	NeurIPS 2023	Absorbing Phase Transitions in Artificial Deep Neural Networks	DS部	チョン ザン 名取 直毅
78	5月	電子情報通信学会	IEICE Transactions on Information and Systems	Shift Quality Classifier Using Deep Neural Networks on Small Data with Dropout and Semi-supervised Learning	先進開発部	川上 雄史 井手 貴範
79	5月	自動車技術会	「自動車技術」Vol.77, No.9 2023	自然なフィリングと車両運動性能向上を両立した大舵角後輪操舵システム	走行安全第2制御技術部	高橋 明良 土屋 義明
※80	5月	アメリカ機械学会	Journal of Mechanical Design	Level set-based topology optimization for static mixers using a body-fitted mesh	技術統括部	乙守 正樹
※81	6月	Wiley-VCH	Advanced Materials	Direct observation of enhanced Dirac velocity in phosphorus square-net nodal-line superconductors	イムラ・ジャパン	川島 健司
82	6月	日本皮膚科学会	第122回 日本皮膚科学会	ナノサイズ微細水粒子のアトピー性皮膚炎に対する効果～二重盲検試験から～	イノベーションセンター	松永 瑞希 井上 慎介 横山 慶子 田端 友紀
83	6月	日本皮膚科学会	第122回 日本皮膚科学会	放射光軟X線を用いたナノサイズ微細水粒子の皮膚浸透の可視化	イノベーションセンター	田端 友紀
84	6月	日本皮膚科学会	第122回 日本皮膚科学会	皮膚の構成成分に形成される中間水の役割～ナノサイズ微細水粒子と皮膚浸透の関係～	イノベーションセンター	田端 友紀
85	6月	人工知能学会	2023年度第37回人工知能学会全国大会	人工深層ニューラルネットワークが示す吸収状態転移について	DS部	チョン ザン 名取 直毅
86	6月	人工知能学会	2023年度第37回人工知能学会全国大会	時系列分析に基づく悪路走行時のねじれ共振波形予測	DS部 第1EV先行開発部	(DS部) 國吉 房貴 田村 健太 古賀 敏之 (第1EV先行開発部) 稲積 祐敦
87	6月	人工知能学会	2023年度第37回人工知能学会全国大会	Concept Bottleneck 構造を持つ三層線型神経回路網のバイス汎化誤差解析とマルチタスク問題との比較	DS部	林 直輝 澤田 好秀
88	6月	日本工業出版	画像ラボ	立体形状を有する大型金属部品の外観検査 DNN のための学習データ拡張方法	生産革新推進部	武藤 功樹 宮永 裕介
89	6月	画像センシング技術研究会	第29回画像センシングシンポジウム(SSII2023)	イベントカメラを用いた物体認識のためのデータ表現と検出手法の検討	IMRAヨーロッパ 電子先行開発部	(IMRAヨーロッパ) 中野 雄太 (電子先行開発部) 梶原 孝蔵 堀 淳史 藤田 剛
90	6月	QCサークル愛知地区	第6449回 QCサークルフレッシュ&チャレンジ大会	INV組立ライン EOPコネクタ爪外れはんだ不良による製品廃却費低減	岡崎電子工場	小倉 光夏 福田 芳枝
91	6月	軽金属溶接協会	軽金属溶接	FSWによるA6061/SPC270薄板突合せ接合強度に及ぼす端面処理の影響	生技先行開発部	山口 修平
※92	6月	ELSEVIER社	Journal of alloys and compounds	Synthesis of c-axis textured CaKFeAs ₄ superconducting bulk by spark plasma texturing technique	イムラ・ジャパン	神谷 良久 川島 健司
※93	6月	The Linux Foundation	Embedded Open Source Summit/Automotive Linux Summit Europe	Research for resource control to support embedded linux container.	アプリケーションデザイン部	山口 直人
94	6月	中部品質管理協会	2023年度 中部品質管理大会	ホース挿入負担軽減による作業性向上	安城工場	梅澤 龍太 壁谷 ひとみ
95	6月	アマゾン ウェブサービス	製造業DXを加速させる AWS クラウド活用と成功例 2023～継続的なイノベーションを実現する方法とは～	株式会社アイシン事例にみるDX先進企業によるAI・IoT実用化の進め方	生産革新推進部	佐藤 雅則
96	7月	トヨタ自動車TQM推進部	トヨタグループ事例共有Webサイト 道場事例特別展示	アンケート解析による講座改善項目の検討	DS部	川口 雅典
97	7月	トヨタ自動車TQM推進部	道場事例特別展示	機械学習によるマイグレーション画像の検出率向上	電子信頼性技術部	浅野 泰基
98	7月	トヨタ自動車TQM推進部	トヨタグループ事例共有Webサイト 道場事例特別展示	電気EMC試験における製品動作の異常検知	電子信頼性技術部	竹崎 友一郎
99	7月	トヨタ自動車TQM推進部	トヨタ機械学習実践道場	テスト設計業務における評価対象機能の選定の効率化	電子信頼性技術部	水谷 優太
100	7月	トヨタ自動車TQM推進部	トヨタグループ事例共有Webサイト 道場事例特別展示	EMC試験の予測AIモデル構築	電子信頼性技術部	伊藤 孝至
101	7月	自動車技術会中部支部	研究発表会	ニューマチックメカ式バルブの開発	車体第2技術部	野末 勝也

社外発表論文・投稿

社外発表論文・投稿リスト(2023年1月～12月)

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
102	7月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会(岡山)	スプリング挿入動作異常を無くせ!! ～設備停止時間の低減活動～	新豊工場	菅沼 貴之 坂元 裕季
103	7月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会(岡山)	～メンバーが互いに学んだ改善活動～ リフター搬入サイクル異常撲滅による 可動率向上	安城第2工場	村上 智也 工藤 達也 志賀 勇至
104	7月	日本化学技術連盟	QCサークル全国大会(岡山)	品質不具合ゼロへの挑戦 ～異物にさよなら、僕らの成長物語～	岡崎東工場	吉野 宏志 山下 和彦
105	7月	NEDO	NEDOホームページ	工場/事業所の未利用低温排熱を活用 したSOECによる水素製造技術開発	CN技術開発部	堀内 幸一郎
106	7月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会(岡山)	お客様に【満足を!】NC旋盤 薄肉 ワーク加工用治具の製作工数低減	金型工機部	新屋敷 薫基
※107	7月	Automotive Grade Linux	Automotive Grade Linux All Member Meeting Summer	Upstreaming Status for the ICEG Demo Integration Based on CES2023 Demo	アプリケーション デザイン部	山口 直人
108	7月	日本科学技術連盟	第52回 信頼性・保全性・安全性 シンポジウム	アルミ鋳造部品における画像分類と 異常検知を用いた外観検査	DS部	武藤 功樹
109	7月	ブレインズ テクノロジー	Impulse事例セミナー	検査工程の革新に向けた 取り組み	生産革新推進部	松下 誠 吉田 和導
110	7月	QCサークル 東海支部	第53回QCサークル本部長賞 東海支部選抜(運営事例)大会	世代交代!若手中心の活動にCHALLENGE まっちょサークル3年間の歩み	工具生技部	中飯 将輝 岩茸 達也
111	7月	車載組込み システムフォーラム	ASIF勉強会	CAN/CAN-FD通信	ソフトウェア基盤 技術部	古河 晃 間瀬 順一
112	7月	ファインプランキング 技術研究会	ファインプランキング技術研究会 第29回技術セミナー	電動化に向けた 塑性加工技術の動向	モータ第2生技 先行開発部	安立 毅彦
113	7月	自動制御協議会	IFAC World Congress 2023	アイシンにおけるAIを活用した ソリューション事例	DS部	永田 雄介 大平 哲也
※114	7月	中国汽车工程学会	Transmission Symposium China	Development of Ultra-low viscosity transaxle fluid for electrified vehicles	PTモータ技術部	阿部 唯人 鈴木 一章
115	7月	QC Ware	Q2B 2023 Tokyo	Automotive Panel	先進開発部	井手 貴範
116	7月	日本ストレス学会	第20回日本ストレス学会	皮膚ガスによるストレス蓄積の 予兆検知	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 藤岡 英二
117	7月	日本DDS学会	第39回日本DDS学会(2023年)	ナノサイズ微細水粒子による 親水性化合物の皮膚透過挙動と 角層含水量への影響	イノベーション センター	重森 康司 井上 慎介 田端 友紀
※118	7月	MVA Organizing Committee	MVA 2023(Machine Vision and Applications)	Object detection for embedded systems using very small spiking neural networks: filtering noise through atten- tion	IMRAヨーロッパ 電子先行開発部	(IMRAヨーロッパ) Hugo Bulzomi 中野 雄太 Remy Bendahan (電子先行開発部) 藤田 剛
119	7月	京都大学	再生可能エネルギー経済学講座 部門A 研究会	アイシンにおける家庭用コージェネレーションを 活用したVPPへの取り組み	ES先行開発部	鵜飼 健司
120	7月	CVIM研究会	画像の認識・理解シンポジウム MIRU2023	合成画像のスタイル 転送ベアリングによる 分布外シーン向け物体検出	DS部	高橋 友紀子 松尾 弘法 鄭 澤 高椋 佐和
121	7月	情報処理学会 コンピュータビジョン イメージメディア (CVIM)研究会	MIRU2023	ミリ波センサのrawデータを 入力とするディープニューラル ネットワークの実装と 車内乗員検知への適用	IMRAヨーロッパ 電子先行開発部	(IMRAヨーロッパ) 中野 雄太 (電子先行開発部) 藤田 剛 山崎 博之
122	7月	JMAAB	JMAAB Open Conference 2023	Simulink機能確認WS 活動報告	ソフトウェア基盤 技術部	安田 浩一
123	7月	JMAAB	JMAAB Open Conference 2023	アジャイル開発WS活動報告	第1ソフトウェア 技術部	杉本 佑介
124	7月	CVIM研究会	画像の認識・理解シンポジウムMIRU2023	博多ラボにおけるAI応用事例	DS部	毛利 和弥
125	7月	日本能率協会	TECHNO-FRONTIER 2023	機電一体型・電動ウォーターポンプの 熱シミュレーションのモデル構築と運用	解析技術部	青山 泰崇
126	7月	日本能率協会	第44回モータ技術シンポジウム	新型クラウン向け 1モータHEV用 超偏平ステータの製造技術	第1ユニット生技部	橋本 伸吾

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
※127	8月	Research Square	Research Square	Giant adiabatic temperature change and its direct measurement of a barocaloric effect in a charge-transfer solid	第1EV 先行開発部	磯谷 和巨
128	8月	奈良先端科学技術 大学院大学	2023年度 グリーン科学の産業展開	タンパク／酵素応用の研究開発	イノベーション センター	重森 康司
129	8月	米国機械学会	IDETC-CIE 2023	A GENETIC ALGORITHM FOR COMPONENT LAYOUT DESIGN USING HIERARCHICAL GENOTYPES	解析技術部	東田 憲太郎 鈴木 圭介
※130	8月	The International Association for Vehicle System Dynamics	IAVSD2023	Enhancement of posture stability in narrow tilting vehicles under disturbances	先進開発部	荒木 敬造
131	8月	日本鋳造工学会	シンポジウム「ダイカストの鋳造欠陥・不良 対策及び要素技術開発の最新動向」	ダイカスト金型における 三次元冷却回路の実用化	軽合金生技部	深見 尚男
132	8月	組込みシステム 開発技術研究会	第275回技術交流会	生成系AIとの 付き合い方について	ソフトウェア基盤 技術部	間瀬 順一
133	8月	人工知能学会	第125回人工知能基本問題研究会	人工知能の説明性と不確かさの統一理解に向けて	DS部	仲村 佳悟
134	8月	日本エアロゾル 学会	第40回エアロゾル科学・技術 研究討論会	DMAによるナノサイズ微細水の 粒径計測	イノベーション センター	森 隆行 加藤 寛人 平野 明良 田端 友紀 井上 慎介
135	9月	SWEST 実行委員会	SWEST25	組込み分野におけるChatGPTと の向き合い方	ソフトウェア基盤 技術部	間瀬 順一
※136	9月	World Academy of Science, Engineering and Technology	International Conference on Intelligent Vehicles and Applications	Event Data Representation based on Time Stamp for Pedestrian Detection	IMRAヨーロッパ 電子先行開発部	(IMRAヨーロッパ) 中野 雄太 (電子先行開発部) 梶原 孝蔵 堀 淳史 藤田 剛
137	9月	日本機械学会	2023年度年次大会	自動車分野でのフェースギヤの 設計・工法開発状況と今後の 課題について	先進開発部 生技先行開発部	(先進開発部) 辻本 勝弘 (生技先行開発部) 永田 英理 中原 好友
138	9月	日本機械学会	日本機械学会 機素潤滑設計部門ニュースレター 「基礎研究をいかに実用製品に結び付けたか」	4WSの高精度位置制御を実現する 加工技術の開発	生技先行開発部	吉田 正道
139	9月	オールアイシン TQM推進委員会	第99回 オールアイシンQCC大会	バンドソーにおける 樹脂切粉4S時間の低減	安城第2工場	稲吉 岳央 吉戸 恭平
140	9月	日本科学技術連盟	ソフトウェア品質シンポジウム 2023	レビューの新たな品質メトリクス収集「エーオス (Eos)法」の提案 ～レビュー会議の会話データを 分析し、発言に関する心理的パラメータを測定～	ソフトウェア基盤 技術部	星野 智彦
141	9月	日本人間工学会	日本人間工学会第64回大会	深層学習を用いた自動運転酔いの 予測分析に関する検討	電子先行開発部	土谷 顕斗
142	9月	日本科学技術連盟	第6480回QCサークル全国大会 (仙台)	リフロー炉酸素濃度 異常故障件数低減	岡崎電子工場	榊原 啓太
143	9月	日本科学技術連盟	第6480回QCサークル全国大会 (仙台)	樹脂成形パージ作業の3F (負担・不安・不満)撲滅 ～私、この作業できんばい～！～	試作部	山崎 優子 浦田 瑞貴 高川 純 板倉 恵美
144	9月	日本科学技術連盟	第6480回QCサークル全国大会 (仙台)	～若手と共に5ゲン主義で挑んだメカ ニズム解析！～ 人工ダイヤ付きドリル の再生研磨用砥石修正時間低減	工具生技部	川口 孔太
145	9月	日本科学技術連盟	第6480回QCサークル全国大会 (仙台)	サンルーフガラス成形 慢性不良低減 (日本人・日系人融合ストーリー)	衣浦製造部	オホ アサヒ ショウ カキ 中山 達美
146	9月	日本科学技術連盟	第6480回QCサークル全国大会 (仙台)	ホース挿入負担軽減による 作業性向上	安城工場	梅澤 龍太 吉井 大輔 壁谷 ひとみ
147	9月	豊田中央研究所	第2回オールトヨタTechTalk	還流式SOFCシステムの実用化開発 ～炭素系燃料から水素対応を目指して～	CN技術開発部	舟山 ほなみ
148	9月	日本ロボット学会	第41回 日本ロボット学会 学術講演会	工場内無人搬送車AGVの 画像ベース自己位置推定	生産革新推進部	村瀬 王哉
149	9月	触媒学会	第132回触媒討論会	加熱粉碎と固体酸触媒による バイオマスの糖化反応	先進開発部	高野 一史 神谷 斉 上坊寺 亨

社外発表論文・
投稿

社外発表論文・投稿リスト(2023年1月～12月)

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
150	9月	日本オペレーションズ・リサーチ学会	2023年秋季研究発表会	配送トラックの工場到着時刻の等間隔スケジューリング	先進開発部 生産企画部	(先進開発部) 川上 雄史 井手 貴範 (生産企画部) 宮崎 正旭
151	9月	MBD推進センター 理事懇談会	第1回MBD 普及実践事例報告会	MBD普及に向けた 人材育成の取り組み	解析技術部	山田 剛
152	9月	豊田中央研究所	第2回オールトヨタTechTalk	FAST材を用いた 熱電発電モジュールの開発	ES技術部	北山 智之
153	9月	精密工学会	2023年度 精密工学会秋季大会	画像に基づく個体識別を利用した 金属部品の追跡可能性向上に 関する研究	DS部	松本 善樹 福本 剛
154	9月	オールアイシン 研究発表会	第72回オールアイシン 研究発表会	感情推定技術を活用した注意散 漫(漫然)状態推定モデル開発	電子先行開発部	水島 大地
155	9月	オールアイシン 研究発表会	第72回オールアイシン 研究発表会	シミュレーションモデルの履歴管理・自動実行環境 構築による開発期間短縮に向けた取り組み	解析技術部	沢辺 敦
156	9月	日本物理学会	日本物理学会第78回年次大会	グラファイト層間化合物YbC6の Na触媒による合成と超伝導特性	イムラ・ジャパン	川島 健司
157	9月	日本機械学会	第33回 設計工学・システム部門 講演会	畳み込みニューラルネットワークを 用いたEV車向け車体製品の 衝突性能予測に関する研究	DS部	松村 直也 澤住 亮佑 杉浦 卓也
158	9月	日本金属学会	日本金属学会2023年秋期 講演大会	粉末床の仮想構造構築による粉末 床溶融法の数値解析フレームワーク	モータ第2生技 先行開発部	衆 康弘 伴 美織
159	9月	日本金属学会	日本金属学会2023年秋期 講演大会	LMD造形した軟磁性/非磁性構造体 における界面反応層の組織と磁区構造	モータ第2生技 先行開発部	衆 康弘 伴 美織
160	9月	日本鉄鋼協会	日本鉄鋼協会 秋季講演大会	空気中における鋼の大気圧プラズマ ジェット窒化処理法の開発	生技先行開発部	鈴木 奉努
161	9月	日本ロジスティクス システム協会	関西物流改善事例発表会	データサイエンスを活用した 構内物流作業の適正化	DS部	川口 雅典 松尾 潤樹
162	9月	日本機械学会	設計工学・システム部門講演会	Conditional WGAN-gpを用いた モータの回転子の形状生成	解析技術部	鈴木 圭介 近藤 慶長
163	9月	錯体化学会	錯体化学会第73回討論会	Substitutional effect of divalent cobalt on the transition temperature of Mn-Fe cyanido-bridged metal assembly	第1EV 先行開発部	磯谷 和巨
164	9月	自動車技術会	国際標準規格言語を使った電気自動車モデル とカーボンニュートラルへの活動事例	電動主機、インバータスイッチング によるMGの熱予測	第3EV 先行開発部	榎木 善徳 岩月 健
※165	9月	Alloys for Additive Manufacturing Symposium (AAMS)	Alloys for Additive Manufacturing Symposium (AAMS 2023)	Investigation of Microstructure and Magnetic Properties of Fe-3.5Si-1.5Al Ferritic Steel Fabricated via Laser Directed Energy Deposition	モータ第2生技 先行開発部	衆 康弘 伴 美織 岸上 絵実
166	9月	The Cellulose Society of Japan	The 5th International Cellulose Conference	In vitro cellulose synthesis using a cellulose synthase complex	イムラ・ジャパン	榎原 真二
167	9月	高分子学会	第72回高分子討論会	ナノサイズ微細水粒子の毛髪内 水浸透挙動の解析	イノベーション センター	松永 瑞希 田端 友紀 横山 慶子 井上 慎介
168	9月	高分子学会	第72回高分子討論会	X線回折を利用した毛髪内の 水の動きの分析手法の開発	イノベーション センター	田端 友紀 横山 慶子 松永 瑞希 井上 慎介
※169	9月	ICLR	ICLR2024	Spike Accumulation Forwarding for Effective Training of Spiking Neural Networks	アイシン・ソフトウェア DS部	(アイシン・ソフトウェア) 齊院 龍二 (DS部) 澤田 好秀
170	9月	電子情報通信学会	IBIS2023	Upper Bound of Bayesian Generalization Error in Partial Concept Bottleneck Model: Partial CBM outperforms naive CBM	DS部	林 直輝 澤田 好秀
171	9月	電子情報通信学会	IBIS2023	分位点回帰を用いた電気自動車の ドライブシャフトで発生するねじれ 共振予測	DS部 第3EV 先行開発部	(DS部) 國吉 房貴 古賀 敏之 (第3EV先行開発部) 稲積 祐敦
172	10月	鍍金技術研究会	鍍金技術研究会 総会	表面処理における カーボンニュートラルへの取り組み	生技先行開発部	加藤 誠喜

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
173	10月	京都産業大学	産業と数学	量子コンピュータによるトラック配送ルート最適化	先進開発部	井手 貴範
174	10月	歯車技術研究会	第68回 歯車技術研究会	歯車研削加工に関する取り組み	モータ第2生技 先行開発部	山本 強志
※175	10月	International Society for Structural and Multidisciplinary Optimization	Structural and Multidisciplinary Optimization	Automotive motor rotor design synthesis using cWGAN-gp with distortion penalty	解析技術部	鈴木 圭介 近藤 慶長
176	10月	自動車技術会	2023年秋季大会	前後同相操舵による新たな価値の創出	解析技術部 走行安全第2制御 技術部	(解析技術部) 佐藤 渉 福川 将城 (走行安全第2制御技術部) 土屋 義明
※177	10月	PKSHA Communication	PKSHA Communication Users' Conference 2023	アイシン社内 FAQの運用改善とこれから向かう先	TQM推進部 DXマネジメント部	(TQM推進部) 丸谷 守 (DXマネジメント部) 奥谷 健太
178	10月	情報処理学会 北海道支部	情報処理北海道シンポジウム2023	車載超音波センサーを用いた歩行者検出における深層学習の汎化性能向上手法	先進開発部	菅江 一平 井奈波 恒
※179	10月	IEEE Industrial Electronics Society	IECON2023	Resonant and Hybrid Resonant Induction Machine Performance Comparison for High-Speed Applications	IMRAヨーロッパ	Ahmad Abdullah 巨海 賢之 廣瀬 祥多
180	10月	日本化学会	第13回 CSJ化学フェスタ2023	微細水粒子AIR(アイル)が可能とする「水で肌を施術する」という新しい発想	イノベーション センター	井上 慎介 田端 友紀 横山 慶子 松永 瑞希
181	10月	QCサークル 東海支部 愛知地区	第6491回QCサークル 職場改善飛躍成果発表大会	ピンオン加工ライン頻発停止撲滅につよる可動率向上	小川工場	大嶋 伊都子
182	10月	The Hillside Group	30th Conference on Pattern Languages of Programs (PLoP 2023)	Software Engineering Patterns for Machine Learning Applications (SEP4MLA) - Part 5 - Explainable Proxy Model	DS部	名取 直毅
183	10月	組込みシステム 開発技術研究会	第277回技術交流会	機械系設計エンジニアがソフトウェアエンジニアにリスキリング?	ソフトウェア基盤 技術部	久保 孝行
184	10月	日本科学技術連盟	クオリティフォーラム2023	電動化技術を磨いて、SDGsへ貢献 ～部員が団結し、自律的に挑戦する職場づくり～	第1EV 先行開発部	須山 大樹
185	10月	日本科学技術連盟	クオリティフォーラム2023	QFD・FTAを活用した薄肉長尺樹脂成形工法の開発	素形材生技部	鈴木 裕二
※186	10月	the Catalysis Society of China	9th Asia-Pacific Congress on Catalysis	Catalytic CO ₂ Hydrogenation to Ethanol over K-Fe-Cu-Zn/ZrO ₂ Catalysts	CN技術開発部	堀内 基裕 佐藤 涼佑
187	10月	情報論的学習理論と 機械学習研究会	第26回情報論的学習理論 ワークショップ(IBIS2023)	製造データにおける特徴量選択手法としてのDirectLiNGAMの活用	DS部	稲垣 和也 大庭 孝之 伊藤 秀浩 高部 晃好
188	10月	IEEE	ECCE 2023 (米国電気学会)	GaN Based Modified Integrated On-Board Charger Configuration Using Minimum Additional Active and Passive Components	第1EV 先行開発部	サハ スプラタ 田口 真
189	11月	一般社団法人 人工知能学会	人工知能 Vol.38 No.6	特集:2023年度人工知能学会全国大会 (第37回)OS-20「ひと中心の未来社会とAI」	DS部	名取 直毅
190	11月	トヨタ自動車 TQM推進部	オールトヨタTQM交流会	社内FAQから始めるナレッジマネジメント推進	TQM推進部	丸谷 守
191	11月	トヨタ自動車 TQM推進部	オールトヨタTQM交流会	線状注記文字列の検出精度向上 ～文字検出技術のナビ評価試験適用～	電子信頼性 技術部	中西 哲也
192	11月	日本機械学会	第14回マイクロ・ナノ工学 シンポジウム	Mo及びTiを用いた低障壁化プラズモニックショットキー光検出器による室温近赤外光検出	イムラ・ジャパン	齋藤 史朗
193	11月	構造計画研究所	NavVis SUMMIT JAPAN 2023	Factory Viewの運用と活用事例のご紹介	生産革新推進部	川崎 睦之
194	11月	日本塑性加工学会 東海支部 板材成形分科会 名古屋国際見本市 委員会 中日BIZナビ	東海支部 第95回塑性加工 懇談会・第87回SMFセミナー (板材成形分科会, 名古屋国際 見本市委員会共同開催) 「自動車電動化に向けた導電 部品のものづくり技術」	電動化に向けた 導電部品加工技術動向	素形材生技部	中條 宏紀

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
※195	11月	Elsevier Journal	Computer Vision and Image Understanding	Unsupervised monocular depth estimation and motion segmentation	DS部	ウルハック イスラール ファン ティ フェン タン 吉村 裕一郎 チェン ガン チュン スイ 名取 直毅
196	11月	MBD推進センター事務局	【JAMBE】第10回MBD実践事例報告会	アイシンのモータ開発におけるCAEの設計者展開	PTモータ技術部	河治 学
197	11月	SCSK	TRANSVALOR User Conference Japan 2023	TRANSVALOR MATERIAL FORMINGと最適化ソフトウェアによる工程設計最適化の取り組み	素形材生技部	加藤 健司
198	11月	東京大学	社会科学先端数理Ⅱ	量子コンピュータによる物流最適化	先進開発部	井手 貴範
199	11月	ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ	皮膚ガスセミナー	客観指標を用いた高ストレス者の早期把握	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 久田 伊織 佐藤 敦 藤岡 英二
200	11月	日本塑性加工学会	第74回塑性加工連合講演会	フェライト系ステンレス鋼板のSD効果の測定と解析	素形材生技部	田岡 章
201	11月	日本フォトダマトロジー学会	日本フォトダマトロジー学会第6回学術大会	ナノサイズ微細水粒子～見えない水の可視化への取り組み～	イノベーションセンター	井上 慎介
202	11月	日刊工業新聞社	プレス技術 2024年1月号	性能向上を実現するモータコア技術	モータ第2生技 先行開発部 素形材生技部	(モータ第2生技先行開発部) 安立 毅彦 (素形材生技部) 西口 創 松本 亮
※203	11月	ISM(International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing)	ISM(International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing)	Locally Masked Convolutional Autoregressive Models for Anomaly Sound Detection (局所マスクを利用した畳み込み自己回帰モデルによる異音検出)	IMRAヨーロッパ DS部	(IMRAヨーロッパ) ABAD Frédéric BENDAHAN Rémy (DS部) 伊藤 秀浩 高部 晃好 宗戸 俊樹
204	11月	東京大学	Phase Transition and Dynamical Properties of Spin Transition Materials 2023	アイシンの事業内容について	第1EV 先行開発部	磯谷 和巨
205	11月	プラスチック成形加工学会	成形加工シンポジア '23(山形)	加熱シリンダの断熱構造によるヒータ電力消費の抑制	素形材生技部 生産革新推進部	(素形材生技部) 石川 勝啓 (生産革新推進部) 水野 準也
※206	11月	産業技術総合研究所 ヴィクトリア大学 ウェリントン校	The 36th International Symposium on Superconductivity (ISS2023)	Superconducting Properties in Calcium-Free Cuprates with Double CuO ₂ Layers	イムラ・ジャパン	川島 健司
※207	11月	産業技術総合研究所 ヴィクトリア大学 ウェリントン校	The 36th International Symposium on Superconductivity (ISS2023)	Superconductivity in partially substituted ZrCuP ₂ : electronic band structure calculations using virtual crystal approximation and comparison with ZrPSe	イムラ・ジャパン	川島 健司
208	11月	プラスチック成形加工学会	プラスチック成形加工学会第31回秋季大会 成形加工シンポジア'23	多孔質成形体のガス透過性のシミュレーション	材料技術部 DS部	(材料技術部) 石野 清高 奥野 智子 (DS部) 山田 涼太
209	11月	電気化学会	第64回電池討論会	新規液体二次電池	第1EV 先行開発部	西岡 孝樹 磯谷 和巨 波多野 龍
210	11月	SOFC研究会 燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)	第2回SOFC/SOEC課題共有フォーラム	エネファームの本格普及拡大に向けた取り組みと課題	ES技術部	遠藤 聡
211	12月	分子シミュレーション学会	第37回分子シミュレーション討論会	分子シミュレーションを用いた膜内の水の挙動解析	材料技術部 イノベーションセンター	(材料技術部) 米沢 吹雪 山本 修也 (イノベーションセンター) 田端 友紀 森 隆行
212	12月	JSOL	JMAGユーザー会2023	ガボールフィルタを活用したSynRMのトポロジー最適化	第1EV 先行開発部	木戸 勇志

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
213	12月	アンシス・ジャパン	ANSYS SimACE(Simulation Powered Autonomous, Connected and Electric Mobility)	伝導エミッション予測精度と活用方法について	解析技術部	豊田 泰延 市橋 果
214	12月	日本産業 ストレス学会	第31回日本産業ストレス学会	皮膚ガスによるストレス蓄積の予兆検知	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 藤岡 英二
215	12月	公益社団法人 日本鋳造工学会	鋳造工学	アルミダイカスト工程で用いる 鋳物部品のアルミ剥離装置における 設備停止時間低減	西尾ダイカスト工場	長尾 健太郎
216	12月	特殊鋼倶楽部	特殊鋼1月号	マイルド浸炭用鋼MSB20	素形材生技部	岡田 一晃
217	12月	高分子学会 高分子と水・分離 に関する研究会	第61回高分子と水に関する 討論会	ナノサイズ微細水粒子が毛髪 の曲げ物性に及ぼす影響	イノベーション センター	横山慶子 松永瑞希 田端友紀 井上慎介
218	12月	高分子学会 高分子と水・分離 に関する研究会	第61回高分子と水に関する 討論会	直接濡れ性評価による ナノサイズ水粒子が毛髪表面に 与える影響の解明	イノベーション センター	田端友紀 横山慶子 松永瑞希
219	12月	日本科学技術連盟	第6510回 QCサークル全国大会(宜野湾)	歯車研削機における 測定誤差異常の撲滅	城山工場	井上 颯一郎 岩渕 大
220	12月	日本科学技術連盟	第6510回 QCサークル全国大会(宜野湾)	直間清掃時間撲滅による 稼働時間延長 ～清掃嫌いなQCリーダー～	西尾ダイカスト工場	大田 昇宏 岡安 裕輝 有村 聖彦
221	12月	日本科学技術連盟	第6510回 QCサークル全国大会(宜野湾)	ロータシャフトひずみ量測定の 準備工数低減	PT信頼性技術部	近藤 実悠 民谷 幸樹 堀田 勝
222	12月	日本科学技術連盟	第6510回 QCサークル全国大会(宜野湾)	一致団結!メンバーに笑顔を! ～新しい仲間と歩んだ3年間～	吉良工場	原口 雄基
223	12月	日本科学技術連盟	第6510回 QCサークル全国大会(宜野湾)	洗浄機フィルター交換作業の安全性向上 ～若手が踏み出した改善への第一歩～	田原工場	安部 潤 太田 直樹
224	12月	日本科学技術連盟	第6510回 QCサークル全国大会(宜野湾)	リボルバー回転異常撲滅への挑戦 ～弱点克服に挑んだQCサークルの 成長～	安城第1工場	澤 瑛大
225	12月	日本流体力学会	第37回数値流体力学 シンポジウム	物理法則を考慮した グラフニューラルネットワークによる 翼周り流場予測に関する研究	DS部	中野 陽平 松村 直也 木佐貫 祥一郎 杉浦 卓也
226	12月	QCサークル東海支部 愛知地区	ステップアップ大会	「電極再研磨」工数低減 ～仕事と育児の2刀流 全力ママを救え～	半田電子工場	飯干 哲浩 原田 美香
227	12月	愛知県	第64回愛知県畜産技術 業績発表会	乳牛ふん尿固液分離後固分の 堆肥化特性	イノベーション センター	土井 将一

編集後記

自動車分野をはじめモビリティ分野では、AIの技術を活用した大きな変革期の中にあり、未来のモビリティ社会をより良いものにするために、我々は常に新しいことにチャレンジし続けています。

今回の技報では、「AIの技術を活用した新しい領域の取り組みのアピール」を特集のコンセプトとしており、特別寄稿では、豊橋技術科学大学の岡田美智男先生に、ロボット(自動運転システム)と人(搭乗者)との相互認識や相互理解による共生の在り方についてを寄せて頂きました。

また、技術論文では、アイシングループの中から、(株)アドヴィックス様・アイシン高丘(株)様・アート金属工業(株)様の取り組み紹介など、今注目されているテーマを取り上げ、皆さまに興味をもって頂けるよう工夫を凝らしており、今後の技術開発の方向性や取り組み方の参考になればと考えております。

なお本号は、(株)アイシンとして会社統合3年目の相乗効果も見え始めている中、更なるステップに向けての技報となるべく、技術伝承をしつつ、明るい未来の“道しるべ”となる技報を目指して参ります。

最後に、発刊にあたりまして、執筆者・関係部署・関連会社など多くの方々にご協力を頂きましたことを、心より感謝いたします。

(編集委員一同)

●アイシン技報編集委員会

編集委員	菊池 幸二	技術統括部
	徳山 現	ボデーシステム開発部
	桑子 あゆみ	デザイン部
	富田 太郎	知的財産部
	永井 貴久	材料技術部
	荒川 俊	解析技術部
	和久井 秀樹	CN技術開発部
	岡本 祐介	イノベーションセンター

事務局	高橋 泰史	技術管理部
	林 弥生	技術管理部
	谷澤 伸治	技術管理部
	影山 博	技術管理部
	山崎 はぎ乃	技術管理部

●表紙・特集デザイン

株式会社アイシン デザイン部

※私たちの社会はイノベーションにより新たな価値を実装し絶えず変化しています。その先に笑顔あふれる未来が広がる様を表現しました。

アイシン技報

AISIN TECHNICAL REVIEW VOL.28 2024

発行 2024年3月(禁無断掲載)
発行所 株式会社アイシン 技術管理部
〒448-8650
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
発行人 技術開発本部長 大下 守人
印刷 プリ・テック株式会社



