

AISIN

TECHNICAL REVIEW 2025

アイシン技報 vol.29

全員の手で もっと 強いアイシンへ
～未来に向けた新たな一歩～

特集

目次

巻頭言	シルクハット翁が説く、未来に対する「技術者の責任」…………… 1 大川 明美
特集	「モノづくり・モノ売り」の落とし穴 —「昭和のビジネスモデル」を再検討しなくて良いのか— …… 3 妹尾 堅一郎
トピックス	アイシンエコトープでの取り組み～企業と自然との共生を目指して～ …… 11 王子 達也 廣村 敏樹 菱輪 泰己 山本 菜穂 アイシンならではのUXデザインの取り組みと挑戦 …… 15 鄭 夢婷 國本 篤矢 谷野 亘 福井 彩貴 寺尾 見識妙 ナノサイズ微細水粒子AIRの肌領域への適応可能性 …… 22 井上 慎介 田端 友紀 横山 慶子 森 瑞希 アイシン技術会ロボット企画委員会 活動報告 ～全日本ロボット相撲大会への挑戦～…………… 27 松井 智和
技術論文	アイシンにおけるペロブスカイト太陽電池開発 …… 33 岡本 朋也 木村 豪 高橋 国男 遠山 智之 能地 康徳 鈴木 晃 市川 真也 日比野 洋 中島 淳二 皮膚ガスによる蓄積ストレス判定技術の開発と社会実装に向けた取り組み …… 39 山口 秀明 丸山 可那江 久田 伊織 長嶺 昇 佐藤 敦 藤岡 英二 車体スリップ角低減に着目した後輪操舵システム …… 44 福川 将城 土屋 義明 藤田 好隆 山本 拓哉 人工知能の説明性と不確かさの統一理解に向けて …… 51 仲村 佳悟 インド農村部のスマートVillage化を目指した サーキュラーバイオシステム技術構築への取り組み …… 56 久城 歎 ヴェンガテサン ダヌシュ・クマル 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 …… 61 大栗 延章 堀内 幸一郎 加藤 芳樹 杉田 吉隆 適応的実験計画法によるマテリアルズ・インフォマティクス …… 65 坂口 和優 ブラシレスモータ用駆動回路の熱解析モデル …… 69 廣瀬 隼 赤尾 和哉
海外法人便り	超低消費電力を実現する次世代ニューラルネットワークに関する研究 Research on Next-Generation Neural Networks Achieving Ultra-Low Power Consumption …… 72 中野 雄太
社外発表論文・投稿	社外発表論文・投稿リスト(2024年1月～12月)…………… 77

シルクハット翁が説く、 未来に対する「技術者の責任」

理事

大川 明美

Akemi Okawa



2024年7月に、20年ぶりに新しい日本銀行券（紙幣）が発行されました。新札発行の目的は、偽造対策の強化とユニバーサルデザインの向上です。今回、世界初の3Dホログラムが採用され、新札が初めて手元に来た時には、ついつい面白がって眺めてしまいました。半年経った今（執筆時2025年1月）では、お財布の中に新旧のお札が入り混じっており、新一万円札の肖像である渋沢栄一さんにお目にかかる頻度も増えてきました。

そこで、今更ではありますが、彼の著書である『論語と算盤』を読んだところ、大いに驚かされました。本書は100年も前に書かれたものであるにもかかわらず、SDGsの思想や企業におけるマテリアリティの考え方など、まさに今現在、企業に求められることがストレートに語られており、心に響く箇所が多かったからです。

渋沢栄一の実業家としての偉業は、大河ドラマをはじめ各種メディアでも多く取り上げられており、今更語る必要はありません。ここでは、技術者としての心構えや行動指針の観点で、私なりの思いを含めながら、本書を紹介したいと思います。

『論語と算盤』では、道徳と経済の調和が重要であると説かれています。つまり、「経済（企業活動による富）は正しい道理で行われないと持続できない」ということが基盤になっています。技術の進歩は社会を豊かにする一方で、その力を正しく使うことが求められます。技術は単なる道具ではなく、社会を変革する力を持っています。しかし、その力を誤用すれば、逆に社会に害を及ぼすこともあります。だからこそ、技術者としての責任を自覚し、倫理観を持って行動することが重要です。

渋沢栄一が説く「技術者の責任」を次の6つにまとめてみました。

倫理的行動：技術者は、技術の開発や使用において倫理的な判断を下す責任があります。これは、技術がもたらす社会的な変化や影響を予測し、負の影響を最小限に抑えるなどの適切に対応することを意味します。

社会貢献：技術者は、自分の技術が未来にどのように貢献できるかを常に考える必要があります。技術は社会全体の幸福に寄与すべきなのです。

持続可能性：技術者は、技術の持続可能性を考慮し、環境や社会に対する長期的な影響を評価する責任があります。例えば、エネルギー効率の高い設計や、リサイクル可能な材料の使用を推進することで、環境負荷を低減する取り組みが必要です。

誠実さと信頼：技術者は、誠実であることが不可欠です。約束を守り、品質の高い製品やサービスを提供することで、顧客や社会からの信頼を得ることができます。誠実さと信頼がビジネスの基盤であると説いています。

教育と継承：技術者は、自分の知識や経験を次世代に伝える責任があります。自分の知識や経験を他の技術

者と共有し、教育に貢献することで、チーム全体のスキル向上を図ることができ強い組織として成長していくのです。

革新と適応: 技術者は、常に最新の技術や知識を学び続け、変化する環境に適応することで革新を継続することが重要です。これにより、技術者は常に最適な解決策を提供し、将来への一歩を進めることができます。

いかがでしょうか？皆さんが日頃なんとなく思い描いていることと相違はないかと思いますが、こうして明文化してみると、身が引き締まる思いがしませんか。

また、渋沢栄一は、若手技術者の皆さんへの教訓も述べています。各自が何らかの志(ビジョン)を持って入社した会社ではあるが、日々の業務に追われるうち、自分は会社にとって一歯車に過ぎないと感じて、先が見えず思い悩む方がいるかもしれません。大丈夫です。最初は、一歯車で良いのです。その役割を理解し、誠実にやり遂げることが第一歩です。その経験を積み重ねつつ、常に学び続けることで新しい技術や知識を習得し、自分自身を成長させることで、歯車としての役割以上の価値を提供できるようになるのです。

並行して、長期ビジョンと短期の目標を見つけることを意識しましょう。そのためには、自己分析⇒目標設定⇒継続的な進捗評価と見直し(まさにQC的手法!)というステップが良いと言っています。その際、長期ビジョンと短期目標に一貫性があるか、自分の価値観や信念と齟齬がないかを確認しましょう。また、これらを自分だけで設定するのではなく、時には信頼できる第三者の意見も取り入れることで思い込みや固定観念の排除ができます。長期ビジョンが今はしっかり見えていなくても大丈夫。自分に合ったビジョンは学びながらはっきりしてくるものだからです。

一方でベテランの皆さん。皆さんの持つ長年の経験と知識は、若い世代の技術者にとって貴重です。これまで培ってきたスキルを次世代に伝えることで、技術の進歩を支えることができます。あなたの知恵と経験が、未来の技術者を育てるのです。また、「精神老衰の予防」として、好奇心を持った継続的な学びと社会とのかかわりの継続が大切だと説いています。そしてそのためにも健康的な生活習慣を心がけましょう、と。(私としても耳が痛いですが。)

現在の技術開発は、より高度化・複雑化し、一人の力では限界があります。チームメンバーが各々の強みを発揮し、協力しないと目標を達成することができません。そのためにはコミュニケーションが大切なのは言うまでもないことですが、なかなかうまくいかないという話もよく耳にします。そんな時は、論語の説く「礼」や「信」が足りているのか自問してみましょう。尊敬の念を持って接することができますか、忙しさにかまけて誠実でない対応をとってはいませんか？自分が変わることで好転することがあるはずです。技術を通じて社会全体の幸福を追求・実現することが、真の技術者の使命です。自分のできることをやり切り、皆の、そして自分の未来を切り拓いていきましょう。

参考文献

「詳解全訳 論語と算盤」渋沢 栄一(著)、守屋 淳(翻訳) 筑摩書房

「論語と算盤 モラルと起業家精神」渋沢 栄一(著)、道添 進(翻訳) 日本能率協会マネジメントセンター

「モノづくり・モノ売り」の落とし穴 —「昭和のビジネスモデル」を再検討しなくて良いのか—

妹尾 堅一郎
Ken Senoh

ビジネスは
技術・制度・社会文化の
三要素が揃った時に成立する



1. はじめに: ビジネスモデルの質問

いきなりで恐縮だが、読者の皆さんは次の問いにどんなお答えをされるだろうか？私がこの質問への返答で期待しているのは、一方で正解を求めはするものの、他方では、どのような答えの可能性があるのか、その選択肢をどのように挙げられるか、である。それが重要だと受け取っていただきたい。

問1. 大型旅客機用の最高級ジェットエンジンを作るロールスロイス社やゼネラル・エレクトリック社は、実は、原則、製品を売っていない。なぜだろうか、どうやって稼いでいるのだろうか？

問2. プリチストン社は世界最高レベルのタイヤを造っており、世界シェアも3割を超えるグローバルなタイヤメーカーだ。しかし近年、業務用タイヤでは、売ってくれと言われればもちろん売るものの、原則としては売っていない。なぜだろうか？どうやって稼いでいるのだろうか？

問3. 月島機械をご存じだろうか。世界水準の技術を誇る下水道設備機器メーカーだ。日本の下水道処理場のほとんどが月島機械の何らかの設備機械製品を使っていると聞く。だが実は下水処理分野では処理設備を売らずに稼いでいるという。どういうことか。どうやって稼いでいるのだろうか？

三社に共通することは「最高級の製品をつくっているのに、基本的には売らない」ということだ。「昭和の製造業」から抜けきらない人々には不思議かもしれない。実は、三社とも、従来とは異なるビジネスモデルによって稼いでいるのである。では、それはどんなビジネスモデルなのだろうか？

続いて次はどうだろうか？

問4. 東京・秋葉原や大阪・日本橋のパソコンショップの店頭では、ソフトウェアのパッケージをほとんど見かけなくなっている。なぜなのだろうか？

これまた、ビジネスモデルが決定的な影響を与えているのだ。御社の秋葉原勤務の皆さんがこの問いに明快に答えられなければ、極めて恥ずかしい。

さて、答えられなかった皆さんの多くはこう考えているのではなかろうか。

- ・製造業は「モノづくり」をしたら、その製品を「モノ売り」するものだ。
- ・最高のスペック・品質のモノを作れば、必ず売れるはずだ。
- ・製造業は、売上げと市場シェアで競合他社に勝つことが重要だ。
- ・企業の事業は儲けることが第一だ、等々。

これらは極めて「昭和的」な考えである。今年2025年は昭和100年であり、しかも昭和後期（戦後）になってから80年も経つ。いまだに「昭和」的なビジネス前提では、前述の質問は極めて難しいか、不可解に見えたに違いない。

2. 多様なビジネスモデル

素材や部品のビジネスは、良いモノをつくり・それを売るのが基本ではないのか？そういった声も聞こえてくる。はて、誰がそんなことを決めたのだろうか。そこで、いくつかの事例をご紹介したい。

2.1 フィリップス社のLED電球

白熱電球や蛍光灯に変わる光源としてLED電球が市場に出回り始めたのは2010年頃だった。

当時、政府の国際標準戦略タスクフォースの座長を拝命していた私は、その検討テーマの一つとしてLED電球の標準化に関する議論を差配することになった。

タスクフォースの会議では、日本の総合家電企業を中心として、LED電球の製品技術自体の標準を日本が確立して世界を先導すべき、という意見が多く聞かれ

た。実験標準や評価標準ではなく、製品技術自体の標準化という話に驚いたが、それより議論の中味に驚愕した。どういふことか。

白熱電球（や蛍光灯）とLED電球の最大の違いがどこにあるのか、そのビジネス的な本質を理解している人がほとんどいなかったからだ。

そもそもLED電球の価値は何だろうか？

読者の皆さん、ここでも答えていただきたい。この質問を、企業人向けの講座や講演ですると、ほとんど全ての人が「省エネ」と「長時間使用」と答える。それはそうだが、特に生活者向けの家庭用照明としてはそれがウリだろう。異論はない。

だが本質的なLED電球の価値はそこなのだろうか？ ビジネスモデル屋の私から見ると、最大の価値は1個単位で「調光」が可能なことにある。だから現在の完全閉鎖系の植物工場ではトマトやレタスをつくるのにLED電球が使われているのだ。

特に業務用の照明光源としては、白熱電球や蛍光灯が真似できない、この「調光」という特徴が際立つはずなのである。例えば、東京スカイツリーや東京タワーなどが時々刻々適切なライトアップを誇れるのもそのお陰である。クリスマスのイルミネーションなど街中の装飾が一気に普及されるようになったのも調光可能だからである。

にもかかわらず、開発者も関係者も「省エネと長時間化」がLED電球の「強み」だと主張されていた。LED電球の「特徴」を明確に把握せずにビジネス的な「強み」と議論していたのである。

しかも、電球自体の技術に関して知財権を取り、その技術仕様を標準化しようとしていたのだ。その先に、どのような認定・認証を仕掛け、どのような競争力をもって、産業モデル、ビジネスモデルで日本の企業群が世界に価値提供するつもりなのだろうか？

止まれ、ここで検討すべきは、「調光」の基本技術はどこにあるか、である。それは電球そのものではなく、調光が可能とする制御部分にあるはずだ。そこで私は、早速特許庁に調べるように指示した。調査結果は、なんと制御レイヤーの技術のほとんどが、世界的な家電大手のフィリップス（オランダ）に押さえられていたのである。

内閣官房知財戦略事務局のスタッフに「制御系を押さえたなら何がおこるのか」と尋ねられた。私は「フィリップスは制御系を押さえたなら、知財権と秘匿ノウハウ、そして標準化を軸として知財マネジメントを基本としたビジネスを行うでしょうね」と返した。さらに、「電球というハードウェアの上位レイヤーである制御系レイヤーを押さえたのだから、その先は、さらに上位のサービスレイヤーに行くのではないかとビジネスモデル屋としての意見を

述べた。

実際そのとおりになっている。フィリップスは、制御技術や制御装置の主要特許を軒並み保有していた。そして、制御系と電球自体のインターフェースを標準化していたのだ。

予想どおりフィリップスは、ある程度LED電球の製造販売事業を行った後、製造・販売を子会社に移管して、主として二つの稼ぎ方に移行した。

第一は、知財管理子会社に知財権等を移管して、現在もそのライセンスビジネスで稼いでいる。あわせて標準を元にした市場参入希望企業に技術指導を行っている。つまり、「モノづくり・モノ売り」ではなく、「モノづくり」を通じて得た知財権や標準を軸とした「サービスビジネス」に転換したのである。これは知財マネジメントの今や常識である「N×1×N」構造の「1」の部分を押さえるビジネスモデルであり、Nの企業群を参入させ競わせるようにしながら、しかし主導権を確保して稼いでいるのである。

第二は、「照明管理サービス」（LaaS: Lighting as a Service）事業への転換である。ビルや街の照明管理を一手に引き受けるサービスビジネスでも稼いでいる。つまり、「Pay by LUX（照度課金）」のサービスビジネスだ。この時に、使用するLED電球は何もフィリップス製である必要はない。新興国が「安く・大量に・一遍につくる“それなり品質”のモノ」を使えばよろしい。新興国の企業が大量に作れば作るほどライセンスフィーで稼げるのだ。

ちなみに、フィリップス本体は本当に生産を止めたのだろうか？ 実は、私は新型コロナ禍の少し前に、オランダまで確認に行ったことがある。当初生産をしていた工場は閉鎖されており、残ったビルではサーキュラーエコノミー（資源循環経済）を見据えた各種スタートアップのインキュベーション施設が何社も頑張っていた。

要するに、フィリップス社は「照明」という、価値を形成する全体システムをしっかりと把握し、そのシステムの主要レイヤーの主要部分を、技術開発と知財・標準マネジメントを軸に基幹化して、それをビジネスに活用させていたのである。当初、生産を自ら行っていたのは、ある意味、パイロット的に生産技術の知見を得るためだったと推定される。そこから得られる知財権と秘匿ノウハウは、後の生産技術のライセンスビジネスに生きている。

この全体のビジネスの進め方は、ある意味、フィリップス社の得意技である。年配の皆さんは覚えているだろう。音楽用のカセットテープは「フィリップス・タイプ」と呼ばれ、彼らの先導した標準仕様で作られていた。CDの録音時間はソニーとフィリップスで共同提案した74分になった。DVDでは、日本の企業もかなり稼いだものの、知

財権をライセンスしたフィリップスがそれより多くを稼いだと聞く…等々である。

これらはまさに「製造業のモノづくり」から「コトづくり」あるいは「製造業のサービス転換」を意図的に行っていた典型例だと言えるのではないだろうか。

2.2 三菱化学のDVDメディア用アゾ染料

先のフィリップスのLED電球の事例の中で「DVDでは日本の企業もかなり稼いだものの…」と書いた。

具体的には、どのようなことか。

何よりDVDメディアの素材で成功した三菱化学(現・三菱ケミカル)の事例が挙げられるだろう。DVDメディアの国際標準を決める際に、メディアに塗られる高機能材料の標準を、自社製品の仕様を基本として提案し、それを組み入れることに成功したのである。つまり、その国際標準を採用してDVDのメディアを生産しようとするれば、いやでも自動的に三菱化学の高機能材料(アゾ染料)を使用することになるようにしたのである。つまり、モノづくり・モノ売りではあるものの、裏側でしっかりした知財・標準マネジメントを駆使していたのである。

さらに三菱化学は、このビジネスにおいていくつものビジネスモデルを次々に発展的に駆使した。ここでは主要な二つをご紹介します。

第一は、この材料を使ってDVDメディアの製造装置(特に、支持体メディアに染料をスタンプ塗布するスタンパーと呼ばれる工程)を台湾のメーカー群に提供した。この装置は非熟練工でもスイッチを押すだけで自動化できるようにしたので(ターンキー・ソリューション)、極めて簡易にDVDメディアをつくれるということで、多くのメーカーが参入した。結果、DVDメディアは大量生産されることになり、1枚当たりの限界費用は一気に下がった。DVDプレイヤーの普及と相乗効果をもたらした。廉価になったDVDメディアの市場は一気に拡大したのである。当然、ほぼ三菱化学のアゾ染料は一気に普及した。

これは、インテルのチップ(MUP)がオープン&クローズ戦略を通じてN×1×N構造を形成したのと同様である。どこのメーカーのパソコンにでも「インテル入っている」状況と同様だ。どのDVDメディアにも「三菱化学のアゾ染料入っている」という状況をつくったのである。

これをビジネスモデル的に言えば、「レシピ付き部材販売」を通じて中間材を形成させ、それにより完成品を普及させるという「インサイドモデル」(新古典派モデルの一つ)と類似だと気づかれるだろう。

第二は、廉価版の普及をさせつつ高級ブランド品を用意した。三菱化学は子会社の三菱化学メディアを通じ

て、世界的高級ブランドであるVerbatim(バーベイタム)を買収して、DVDメディアの高級ブランド品として販売したのである(ちなみに現在、同ブランドは売却されている)。

つまり、廉価品普及で市場を開拓する一方で、プレミアム品で高付加価値市場も同時に形成し、両者の相乗効果をもたらすようにしたと言えるだろう。

この二点は、標準化に組み入れる(技術開発フェイズのオープン)と共に、製造ノウハウを提供する(普及フェイズのオープン)という二重のオープン戦略を組み込んで知財・標準マネジメントを行ったビジネスモデルである点に注意されたい。

いずれにせよ、このようなイノベーションにおいても、一市場形成型商品といったモノづくり・モノ売りにおいても、ビジネスモデルとそれを支える知財・標準マネジメントが重要になった点に注目されたい。

なお、実は、DVDプレイヤーでは、日本の三洋電機がピックアップ部分でインサイドモデルを展開して圧倒的に勝ったのだが、どういうわけか、パナソニックに吸収されたものの、三洋電機を吸収したパナソニックの経営陣はその意味を理解できなかったように見受けられる…。

2.3 二つの事例の共通点

さて、もう一つ注意を促したいことがある。二つの事例(LED電球とDVD用アゾ染料)の共通点は何だろうか？

どちらの事業も、確かに基本的には「モノづくり・モノ売り」だが、それは単なる「モノ売り」だったのだろうか？

実は、「可変的/発展的なイノベーションモデル」の事例でもあった点に気づかれただろうか？ 簡単にご説明しよう。

両事例を製品ライフサイクルの観点から説明することが可能である。どちらも得意なのは高品質なモノづくりであり、それぞれ高品質高性能の部品(LED電球)や素材(アゾ染料)を開発した。そして普及段階に向かったところで、主導権を握った形で当時の新興国の企業等と斜形分業に移った。

通常、製品ライフサイクルでは、導入期、成長期、成熟期、衰退期ごとに同一のビジネスモデルのままで異なる施策を打つものだ。

だが、モデル自体を発展的に移行させる場合、あるいは複数のモデルを併走させる場合もある。フィリップスのLED電球も三菱化学のアゾ染料も、ステージごとにビジネスモデル自体を可変的かつ複合的に発展させていった。この点に気づかれただろうか？

本稿では詳細を紹介する紙面がないので残念だが、要は、同じビジネスモデルで最初から最後まで頑張り抜くということではなく、製品ライフサイクルのステージ毎

に事業モデルを変えてしまうのである。

喩えて言えば、爬虫類対哺乳類のどっちになるのか、という議論ではないということだ。事業というものを哺乳類だけで考えず、爬虫類で産んで、ある程度になったら哺乳類的に育てようということなのだ。あるいは、卵で産んで、青虫で育ち、さなぎを経て、チョウとして飛び立つ。つまりライフサイクルのステージによって、生態・形態を変え、その間にビジネス自体を変態させるのである。

このように、最初にビジネスモデルのどれを選ぶか、だけではなく、ビジネスモデル自体を時に応じて変化・発展させていくこともある。これは、グローバルビジネスで勝ち組になりたければ必須のやり方ではなからうか。私は「可変的・発展的イノベーションモデル」と呼んでいる。イノベーションを狙う時にこそ有効なモデルである。

2.4 事例からの学び

では事業企画、特にイノベーション企画にとって、これらの議論から何を学べば良いのだろうか。

第一は、ビジネスモデル（とそれを支える知財・標準マネジメント）の選択肢を一度並べてみて、多様なモデルを検討してみるべき、ということだ。そして、複数の適切なシナリオ案を書き、それらを比較検討することが求められる。

第二は、そのビジネスモデル自体を発展させることに關しても、予めデザインできるか、あるいは状況の変化に応じて素早く発展をデザインできるようにしておく、ということである。

これらのプランづくりをするためには「事業軍師」が必要である。そういった資質と能力を持った方は育っているのだろうか。この点こそ、皆さんに聞きたいところである。

高性能・低コストで製品をつくれれば良い、しかも良い製品をつくりさえすれば買ってくれる顧客が頭在している、という状況は極めて特殊な業界だ。それではいずれ行き詰まるだろう。もし、特定顧客限定ではないビジネスを志向し、イノベーションを起こしたいのならば、ビジネスマインドと思考法を変えなければならない。

いずれにせよ、多様なビジネスモデルがあり、それをデザインできる人材がいなければならない。さらに、その検討のためには、ビジネスモデルを支える知財・標準マネジメントをデザインできる人材も必須である。それを訴えたい。

3. 製品価値を商品価値まで高めるビジネスモデル

さてもう一つ、別の事例をご紹介します。素材ビジネスのビジネスモデルとして、製品価値を商品価値まで高めた、HN社（仮名）の凍結防止剤の大成功例である。

あるB2Bを基本とした化学メーカーの大手が画期的な凍結防止剤を開発した。高品質・高性能、しかも環境を損ねない新規素材だったのだが、いかんせんコストがかかり、高価格設定にせざるをえなかった。当然のごとく、売れなかった。そこで事業をあきらめようとした時、北海道の子会社のHK社が手を挙げて、その事業を丸ごと引き受けることにした。

事業継承を提案したHK社の営業部長は何を考えたのか。なんと、この凍結防止剤の噴霧装置をつくったのだ。それを凍結防止をしなければならない主要道路脇に設置し、寒さで凍結に近づくとセンサーが働いて自動噴霧するようにしたのである。

それまでは、小型トラックを使って自治体（あるいはその委託先業者）が、道路が凍りそうになると急いで防止剤をまきに出なければならなかった。

だが、HN社の自動噴霧装置は人手を煩わさずに勝手にまいてくれる。しかも、その凍結防止剤を、通行する自動車がそのままふき延ばしてくれる。

これは当たった。自治体に防止剤のコスト高をカバーしてあまりある経費削減と手間暇をかけなくて済むと評価され、大いに喜ばれたのである。いわば、市役所などの業務の代理代行サービスビジネスになったのだ。その噂は広まり、今や多くの自治体や高速道路に普及している。

では、この事例から学ぶべきは何か。

第一は、消費品ビジネスでは、その消費を促進する本体をつくれというビジネスモデル（消耗品本体モデル）を実践したということだ。類似するのは、例えば、ネスレのコーヒーメーカーであるバリスタやドルチェが消費品と本体との組み合わせになっていることを思い出す方も少なくはないはずだ。さらにネスレは、サブスクリプションやオフィスでのアンバサダー制度というサービス武装までしていることに気づかれるだろう。

同様に、最近の天然水の大型タンクをサブスクリプションで契約すると、本体が無料になるというのもその一例である。本体で損しても、消費品で得をとればよろしい。インクジェットプリンターが本体価格を抑え、インクカートリッジで稼ぐモデルと同様である。それも「損して・得とれ」である。

ちなみに、LED電球の事例でも、DVDメディアの事例でも、この「損して・得とれ」が根底にあったのに気づかれた方もいるだろう（いて欲しい!）。

いずれにせよ、この凍結防止剤の事例では、製品自体だけで勝負するのではなく、どうすれば顧客価値と商品価値を形成できるのか、それを真剣に考えていたのである。

第二は、その結果、製品価値が商品価値まで高められ

た点にも気づいていただきたい。製品とはこの場合凍結防止剤を指す。つまり皆さんお馴染みのモノそのものだ。だが、自動噴霧装置を設置したことにより、一種のモノのモノ武装がなされた。しかも、サブスクリプションとしてこの機器を貸し出すことにすれば、それはサービス武装もなされたことになる。製品は、より拡大した「商品」として再構成されることになったのである。

第三として、何より重要なことは、顧客価値と社会価値を営業部長が考えていたことだ。製品スペックを売り込むだけでは、コストに縛られ価値は価格と連動するだけだ。この凍結防止剤は、どのような顧客の問題や社会の問題に対処できるのか、それを考え抜いた末に、出てきた事例だ。そしてその結果は、単に製品の販売というビジネスだけではなく、装置やサービスまで含めた「商品」まで拡大できたという成果を導いたのである。

往々にして、昭和の製造業的発想を引きずる人、特に技術者は、製品のスペックだけで売れるはずだ、そして売るのは製品だけだと考えがちだ。特に、良いモノをつくったら買ってくれる顧客が顕在化している企業ほど、その考えが染みついているように見える。

4. ビジネスモデル関連の定義群(参考)

さて、これでビジネスモデルに興味を持っていただけたであろうか。そもそも、

「ビジネス」とは何か？

「ビジネスモデル」とは何か？

どのようなモデル群があるのか？

知財・標準マネジメントとは何か？

そして「イノベーション」とは何か？

…等々、様々なご質問がお待ちしております。

そこで、私が長年担当している東大大学院(技術経営戦略専攻)の授業「イノベーションと知的財産」ではどのように定義・構成しているか、その一部を簡単にご紹介しよう。

4.1 ビジネスモデル関連の定義群(例)

【ビジネスの定義】

市場における価値交換。市場等を通じて顧客・社会に価値を提供し、その適正な対価を頂戴すること。

(つまり価値提供ファースト。儲けることから始めるとロクなことはない。なお、「市場における価値交換」以外には「権威権力による強奪」「互恵による贈与」がある)

【ビジネスの起点】

①ニーズ(不足・欠乏)とニーズメット(充足)

(需要欲求要望ではない)

②リスク(不安)とリスクヘッジ(予防)

③プロブレム(問題)とソリューション(対処)

(問題プロブレム=困ったことと、課題タスク=やるべきこと、両者を混同しないこと)

④デザイア(欲望)とサティスファイニング(満足化)

(衣食の贅沢等は、この範疇に入る)

【ビジネスモデルの定義(妹尾2017を修正)】

「市場における価値交換」を事業として成立させるにあたり、顧客価値と自社価値の両立を図る価値形成と価値提供のモデル(仕組み・仕掛け・仕切り)。具体的には、商品形態、事業業態、事業形状の三者の構成によって成立する。

【知財マネジメントの定義】

事業優位のために、適切と考えられるビジネスモデルを担当部門等と共に形成しつつ、市場形成と収益の確保を同時に達成・継続・展開できるように、「技術の伝播・波及」や「ブランドの普及・浸透」等のコントロールを行うおうとする営み。

(知財マネジメントを参入抑制のための参入障壁としてとらえるだけでは昭和的だ。他方で参入促進のための参入誘因としてもとらえるべきである。同様に標準化も参入促進だけでなく、参入障壁にもなりうることに注意)

【ビジネスから見た知的資源マネジメント】

顧客価値(社会価値を含む)と企業価値の同時達成を図ることに資する事業を達成・継続・展開できるように、資源・産業の資源としての「知(技術等)」の入手(リソーシング)、管理、普及・浸透、廃棄等のマネジメントを行う営み。

【ビジネスモデルの機能】

ビジネスモデル「市場における価値交換」を事業として成立させるために、顧客価値と自社価値の両立を図る、価値形成と価値提供の仕組み・仕掛け・仕切り(モデル)

【ビジネスモデルの構造】

商品形態×事業業態×事業形状

商品形態(価値形成の型)商材の構成

製品 or/and サービス

製品形態 サービス形態

事業業態(価値交換の型)

商業の構成 売り・貸し・使い 切り・続け

販売業態 サービス業態

事業形状

パイプラインor/andプラットフォーム

4.2 ビジネスモデル群(例)

東大大学院の授業や、企業内研修や企業人向け講座では、学習用として次のように分類し、それらを多くの事例と質疑・議論を通じて学ぶように構成している。

【ビジネスモデル群(学習用分類)】

☆古典モデル(モノづくり・モノ売り)

・商品形態の工夫(消耗品モデル,付属品モデル)

☆新古典モデル(モノづくり・モノ売り)

・インサイドモデル,アウトサイドモデル

・モノのサービス武装とサービスのモノ武装,モノのモノ武装,サービスのサービス武装

・PL,PF,PLのPF武装,PFのPL武装

☆脱古典モデル①(モノづくり・モノ使わせ)

☆脱古典モデル②(モノづくり・モノ使い)

☆サービスのビジネスモデル

☆イノベーションと知財・標準マネジメント

もちろん,これらを見ただけでは,分からないだろう.これら入門的な基礎に関しては,研修講座や学習動画集(ビデオクリップ)として5科目45クリップを用意しているので,是非,ご活用を検討いただきたい(宣伝です).

4.3 社内の議論は適切な定義を共有して行う

ところで,ビジネスを検討する場合の言葉と概念はどう定義され,どう使われるべきか…,もちろん唯一の正解などはない.それぞれの立場で明解に定義すればどのように使用しても構わないし,議論の種類に応じて定義は多様であるかもしれない.

しかしながら,多くのビジネスの現場では,明確な定義をすることなく,適切な共通理解が共有化されないまま,お互いわかったつもりで,実はすれ違っている議論をしていることが少なくない(なんちゃって居酒屋談義).それは最悪「組織の自家中毒」を起こしかねない.

企業内外で議論をする時には,その議論に相応しい適切な定義と使用法を設定・共有して行うことが求められる.議論が産業やビジネスにおける領域ならば,それにとって適切な定義を用い,その定義を共有して議論をすべきだ.なぜならば,言葉と概念とは,科学技術的な「正否」ではなく,また法務における「当否」でもなく,極めてビジネス的な「適否」(相応しいか,より相応しいか)で考えるべきだからである.

そうでないと,重要な議論が「分かったつもり」の応酬ですれ違い(空中戦),「的外れ」な議論を繰り返して,挙げ句には「イノベーションターゲットの“的違い”」を起こしかねない(「的外れ」ではなく,「的の設定自体を間違える「的違い」である点に注意されたい).

言葉は人を酔わせ,人を踊らせる.言葉で鼓舞もされれば,言葉で「自家中毒」を起こすこともある.

イノベーションやそのためのビジネスモデルを企画するためにも,「イノベーション」や「ビジネスモデル」や「知財・標準マネジメント」といった「言葉」に踊らされることなく,適切な「概念」定義とその理解の共有化を図ることを強くお勧めしたい.

5. むすび:

技術が生まれた後,次の「実装の三段階」が求められる.

①「商品実装」構成された技術群を製品やサービスに実装する段階.

②「事業実装」技術群を実装した製品やサービスを事業に実装する段階.

③「社会実装」事業が自律・自走し,経済的な成功に至る段階

この一連のプロセスを経て,初めて技術が社会実装されたと言える.

この時,どのように商品形態を構成し,それをどのような事業態で市場に出していくのか.ビジネスモデルとそれを支える知財・標準マネジメントはどのようにしていくのか,それらが極めて重要となる.

モノづくり・モノ売りでいくのか,それともモノづくり・モノ使わせでいくのか,モノづくり・モノ使いでいくのか—知財を参入抑制として参入障壁にするのか,参入促進として参入誘因にするのか,その組み合わせをどのようにしていくのか—検討すべきことは多々ある.

この時,重要になるのが,T-Rand(テクノロジーのR&D)だけではなく,B-Rand(ビジネスのR&D)の活用である.二つをどう組み合わせて顧客価値を創出するか.是非,技術系の方々にも,B-Randの中核分野であるビジネスモデルに触れていただきたいものである.

最後にイジワルを一言お許し願いたい.皆さん,昭和のビジネスをご唱和されている場合ではありませんよ~!(失礼しました)

参考文献

- 1) 妹尾堅一郎, 伊澤久美, 宮本聡治「どこを“イノベーション”と呼ぶべきか?～価値形成レイヤー構造を前提にしたイノベーション相対論の試み～」,第34回年次学術大会一般講演要旨集,1D06,研究・イノベーション学会,2020.
- 2) 妹尾堅一郎「妹尾教授のビジネス探訪～新潮流のBusiness 航海術～」,『月刊時局』,連載第1回(2017.04月号)～第95回(2025年2月号),時局社,2017～2025(連載中).
- 3) 妹尾堅一郎「生活産業ビジネス塾」,『日刊工業新聞』,週一回連載,2024.05.31～,日刊工業新聞社(連載中).
- 4) 妹尾堅一郎 『技術力で勝る日本が,なぜ事業で負けるのか』,ダイヤモンド社,2009.
- 5) 妹尾堅一郎「循環経済というビジネスモデル大乱世をどう生き抜くか(前編)～買い替えから「使い続け」へ. モノづくりと価値モデルのイノベーション」,『ダイヤモンドクォーター』,2024夏号,ダイヤモンド社.
- 6) 妹尾堅一郎「循環経済というビジネスモデル大乱世をどう生き抜くか(後編)～日本企業の宿題「イノベーション」を後略せよ」,『ダイヤモンドクォーター』,2024秋号,ダイヤモンド社.

筆者



Ken SENOH

特定非営利活動法人
産学連携推進機構 理事長

【略歴】

慶應義塾大学経済学部卒業後,富士写真フイルム(現富士フイルムホールディングス)勤務を経て,英国国立ランカスター大学経営大学院博士課程満期退学.

産業能率大学助教授,慶應義塾大学大学院教授,東京大学先端科学技術研究センター特任教授,一橋大学大学院MBA客員教授の他,青山学院大学院や九州大学,長野県農業大学校等で客員教授を歴任.現在も東京大学大学院で大学院生や社会人にイノベーションやビジネスモデル(とそれを支える知財・標準マネジメント)等を指導.また,企業研修やコンサルテーションを通じて,イノベーションやビジネスモデル,新規事業開発等の指導を行っている.

内閣知的財産戦略本部専門調査会長,農水省技術会議委員,警察庁政策評価研究委員等を歴任.日本知財学会諮問委員(前理事).CIEC(コンピュータ利用教育学会)終身会員(元会長).研究・イノベーション学会参与(前副会長).

現在,日本生産性本部で「循環経済生産性ビジネス研究会」座長.そのほか,省庁や公的機関の委員,複数の企業で社外取締役を兼務.

著作に『技術力で勝る日本が,なぜ事業で負けるのか 画期的な新製品が惨敗する理由』(ダイヤモンド社,2009年),『社会と知的財産』(放送大学教育振興会,2008年),『グリッド時代 技術が起こすサービス革新』(アスキー,2006年),監訳『プラットフォーム・レボリューション』(ダイヤモンド社,2018年)などがある.

「モノづくり・モノ売り」の落とし穴―「昭和のビジネスモデル」を再検討しなくて良いのか―

アイシンエコトープでの取り組み ～企業と自然との共生を目指して～



1. はじめに

アイシンエコトープとは、環境にやさしい“エコ”と、動物や植物が安定して生活するための条件が整った場所である“ビオトープ”を掛け合わせて、アイシンが造った言葉である。アイシンでは2005年に開催された愛知万博への参画を機に、自然と共生する活動を開始した。

2022年12月、カナダ・モントリオールで開催された国連生物多様性条約第15回締約国会議(COP15)において、2030年までに地球上の陸域、海洋・沿岸域、内陸水域の30%を保護する目標(30by30:サーティ・バイ・サーティ)が合意された。背景として「生物多様性は、人間の生活と相互に関連しており、切り離すことが出来ないこと」「人間の社会と経済は、健全で機能する生態系によって成り立っていること」「生物多様性なくして、持続可能な開発がないこと」が挙げられる。

上記の世界目標を受け、我が国では2023年3月に生物多様性国家戦略2023-2030が閣議決定された。30by30の達成を目指すため、国立公園等に加え、民間の取組によって生物多様性の保全が図られている区域(企業が保持している森やビオトープなど)を自然共生サイトとして、国が認定する制度が設けられた。

アイシンではこの目標が設定される以前から自然と共生する活動に取り組んでいる。我々が自動車部品の製造を行う上で、工場建設などの開発行為や製造工程で発生する排水の放流によって失われた自然や生態系の復元を目指し、①昔ながらの里山や田園風景の再現、②工場の生産活動による生態系影響のモニタリング、③地域とのコミュニケーションの場として活用すべく2007年9月に半田工場敷地内にアイシンエコトープを設置した。

2. アイシンエコトープについて

アイシンエコトープは、里地里山を再現した森や川、池などの水辺や湿地、畑などから成るビオトープであり、3回の改修工事を経て、現在の姿(図1)となっている。



図1 アイシンエコトープの全景(赤枠で囲った部分)

当初のアイシンエコトープは、高低差が無いことで水の流れが悪く、生物が生息するための適切な環境が不足していたため、2011年に1度目の改修工事を行った。「生態系」「種」「遺伝子」の多様性に重点を置き、近自然工法を利用した川を設けることで様々な生物が生息するための環境を確保することが出来、加えて地域在来種の常緑樹であるアラカシやシラカシ等を植えることで里山を再現した。さらに地元の小学生や従業員の子供達を招き、環境や命の大切さを学ぶ場として、体験型学習プログラムを開始した。

2013年～2014年に実施した2度目の改修工事では、地域在来種の広葉樹であるカエデやコナラなどの植樹を行い、木に集まる鳥や昆虫について、多様性増進を図った。さらに、碧南海浜水族館と協業で、絶滅危惧種IB類に区分されるカワバタモロコの育成を開始した。一方で、里山に近い環境となったことで、外来種のウシガエルやアメリカザリガニ等の流入が確認されたため、駆除作業を行った。2011年、2014年に植樹した場所は、10年以上の時を経て、大きな森(図2)へと成長している。



図2 植樹前(2014年)と現在の森の様子

2019年に実施した3度目の改修工事では、希少種保護を重点に置き、フナやメダカといった他の生物と共存することが難しいカワバタモロコ(図3)のための専用池を設置した。これにより、カワバタモロコが外敵から守られ、個体数が順調に増加している。(図4)。確認出来る個体の大きさからも、カワバタモロコにとって住みやすい環境が維持出来ていることを確認出来ている。



図3 絶滅危惧種IB類のカワバタモロコ

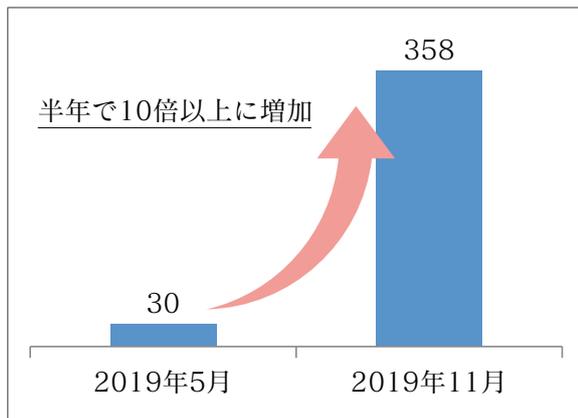


図4 カワバタモロコの増加数

2011年からは年に2回、専門家による生態系調査(植物,生物)を実施している。(図5)2011年から2024年までに、植物,生物共に種数が増加していることを確認(図6)している。これにより、アイシنعコトープがより自然に近い環境となっていることが証明された。



図5 生態系調査実施の様子

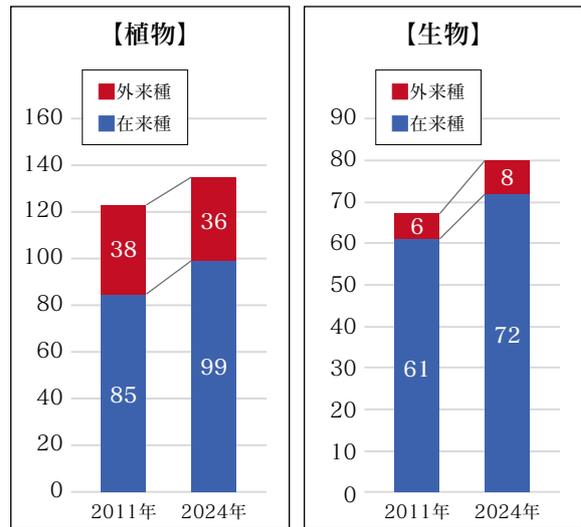


図6 植物,生物種数の推移

アイシنعコトープで確認された植物として、「オモダカ(図7)」「ミソハギ」「ヤマアワ(図8)」等がある。これらは、水辺や湿地といった限られた場所に生育する種、水田環境に特徴的な種、景観上好ましい種であり、保全が望ましいため、今後も水辺,湿地エリアの維持管理を継続する。



図7 オモダカ



図8 ヤマアワ

アイシンエコトープで確認された生物として、「タヌキ(図9)」「コオイムシ(図10)」「ナガオカモノアラガイ(図11)」等がある。タヌキは森を造ったことにより、食料や住処を求め、姿を現したと考えられる。コオイムシは水深の浅い池などに生息し、小魚、ヤゴなどを捕食する。かつてはごく普通に見られた種であったが、近年では減少傾向にあり、国の準絶滅危惧種とされている。ナガオカモノアラガイは陸生貝類であるが、湖沼や小川などに生息し、水辺の抽水植物の茎や葉に着生する。近年では水辺の開発や、護岸工事により生息場所が著しく減少し、国及び愛知県の準絶滅危惧種とされている。これらの種は保全することが望ましいため、今後も森、水辺、湿地エリアの維持管理を継続する。



図9 タヌキ



図10 コオイムシ



図11 ナガオカモノアラガイ

これらアイシンエコトープで継続的に取り組んできた様々な活動が評価され、2017年には日本ビオトープ協会・ビオトープ大賞を受賞、2023年には環境省による自然共生サイトの認定を受けることとなった。

3. 今後の取り組み

以下の観点で活動を継続し、生物多様性の保全、増加に貢献する。

3.1 生息環境の維持,改善

アイシンエコトープ内において絶滅危惧種の保全、侵略的外来種の駆除を継続的に行うことで、豊かな生態系を育む場として維持を図る。工場敷地の外との繋がりを意識し、より豊かな生物多様性を育める生息環境のあり方について研究を進めていく。

3.2 生態系調査による効果確認

アイシンエコトープに生息する植物・生物の種数や、希少種であるカワバタモロコの個体数の推移を継続的にモニタリングすることで、生息環境の維持・改善活動による効果を確認する。アイシンエコトープの管理を担っている環境部のメンバーも日々、トレイルカメラを活用することで植物、生物の確認を行っており、専門家が実施する生態系調査のタイミングでは見られないウナギやカワセミが確認されているという事例があるため、日常管理におけるモニタリングについても、アドバイスを頂きながら進める。

3.3 地域とのコミュニケーションの拡大

アイシンエコトープでは、地元の小学生や従業員の家族を対象とした環境学習イベントを継続的に開催している。(図12)自動車部品の製造工程で発生する排水が排水処理場にて浄化され、その水が生態系を育てているということを肌で感じる事が出来るような学習プログラムを設定している。年間で100名程度(2023年度実績)を受け入れており、2008年からの累計受け入れ数は約4,500人となっている。子供達が自然と触れ合う機

会が減った現代において、貴重な体験が出来る場所として、アイシンエコトープを活用し、社内の関係者と連携しながら、子供達に質の高い教育を提供することで、地域に貢献していきたい。



図12 環境学習イベントの様子

4. おわりに

今回、企業がネイチャーポジティブに貢献するための1つの事例として、アイシンエコトープの活動を紹介した。この他にも企業としていろいろな形で貢献出来ると考えているため、これを機に読者の皆様にも様々な視点で企業と自然との共生について、考えていただくきっかけとなれば幸いである。今後もアイシンの自然共生活動にご期待いただきたい。

参考文献

1) 環境省：生物多様性国家戦略2023-2030の概要

筆者



王子 達也

環境部 環境企画室
アイシングループ・関連会社の
環境管理全般に従事
(2級ビオトープ計画管理士)



廣村 敏樹

環境部 環境企画室
アイシンエコトープの維持管理に従事



藁輪 泰己

環境部 環境企画室
自然共生活動の推進に従事
(2級ビオトープ施工管理士)

山本 菜穂

環境部 環境企画室
自然共生活動の推進に従事
(2級ビオトープ計画管理士)



アイシンならではのUXデザインの取り組みと挑戦

1. はじめに

技術だけでは人の心は動かない。イノベーションは技術をどのように人へ届けるかにかかっている。アイシンの経営理念「“移動”に感動を、未来に笑顔。」が示すように、感動と笑顔を生むのは技術そのものではなく、それをどう人々に提供するかというUX(ユーザーエクスペリエンス)の観点が重要である。

LBSシステム開発部(旧アイシンAW)では、2015年からUXデザインに取り組み、移動に関するUXデザインを実践を通して探求してきた。社会生活者としての様々な生活シーンを想起し、人の心を理解し、寄り添いながら技術とリンクさせることが、感動と笑顔を生むUXデザインに求められる。これまでの実践経験を通じて得た知見を紹介し、同じ悩みを持つ方々の解決の糸口となることを目指すと共に、アイシンのUXデザインの取り組みを加速し、よりよい未来の創造に貢献していきたい。

1.1 UX(User Experience)の歴史

「UX」は日本語ではユーザー体験のことで、「システム・製品・サービスの利用前、利用中および利用後に生じるユーザーの知覚および反応」を指す。(JIS Z 8521:2020 3.2.3を参照)ユーザーがうれしさを感じる体験を目指し、企画段階から理想のUXを掲げてデザインしていく取り組みと方法論を「UXデザイン」という。

1990年代に認知科学者D・A・ノーマンが『誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論』で「インターフェイス」や「ユーザビリティ」という言葉が狭義であると感じ、ユーザーと製品やサービスの相互作用を包括的に表現するために「UX」という概念を提唱したとされる。

製造業では、機能と性能を重視し、人間工学に基づくユーザビリティの改善に取り組んできたが、人の全体的な体験を重視する認知科学の側面への配慮が欠如していた¹⁾。UXの概念は、従来の人間中心デザイン(HCD=Human Centered Design)に、ユーザーの心理・感情的側面を加え、さらに発展させたものである。

1.2 アイシンの「UXデザイン」の定義

UXデザインは、概念構造とアプローチについてノーマンが明確に言及しなかったため、長い間、統一された認識がなく、解釈が変化・進化してきた。デザイン研究組織やメーカーの解釈は、事業体や環境によって異なる為、アイシンとして自分たちの立場からのUXデザインを理解する必要がある。

UXデザインを図1のように、概念構造とアプローチの2つの側面で見よう。概念については、UXの要素を5つの段階に分類した「UX5段階モデル」をLBSシステム開発部の事業領域(デジタルサービス)の立場から解

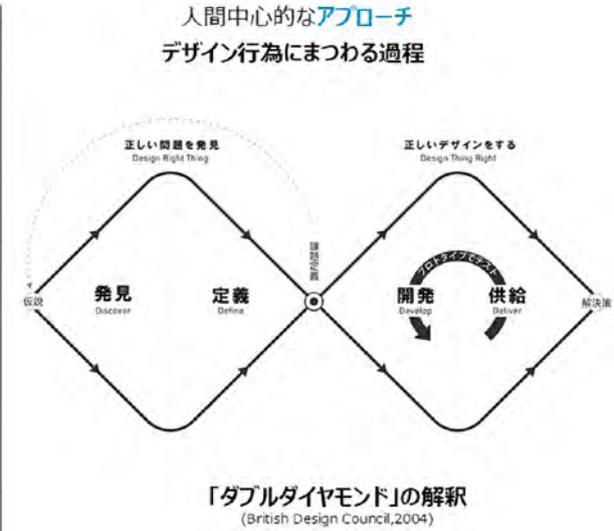
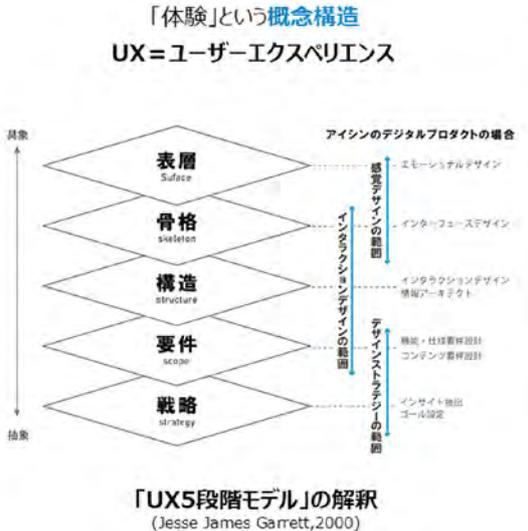


図1 UXデザインの概念構造とアプローチの解釈

積し、「感覚デザイン」「インタラクションデザイン」「デザインストラテジー」の3つの領域に分けて定義する(アイシンには様々な事業体があり、夫々の立場で捉える必要がある)。アプローチに関しては、人間中心デザインの代表的アプローチである「デザイン思考」を中心に実践し、英国デザイン協議会の「ダブルダイヤモンド」デザインプロセスモデルを活用することで、大人数プロジェクトにおいて思考の拡散と収束を効果的にを行い、現地の確認をしながら進めている。

1.3 アイシンのUXデザインの方針

「デザイン思考」を代表とした客観世界からヒントを探す「Outside-in」のアプローチは、既存ビジネスに大きな貢献が期待される一方で、既存の価値観と密接するユーザー課題に焦点を当てることは、近視眼的で、急進的なイノベーションの手法として限界があると指摘されている²⁾。アイシンのUXデザインGでは、偏らないアプローチを確立するため、世界的なデザインファームIDEOやスタンフォード大学が提唱する「デザイン思考」など「共感」を起点とする「Outside-in」のアプローチに加えて、ミラノ工科大学のロベルト・ベルガンティ教授が提唱する「意味のイノベーション」、未来のシナリオをデザインする「スペキュラティブ・デザイン」、フランス発祥の「アート思考」など「内省」と「熟考」を起点とする「Inside-out」のアプローチをデジタルサービス領域にて取り入れている。



図2 アイシンのUXデザインの2つのアプローチ

2. Outside-inアプローチでの取り組み

スタンフォード大学が提唱する「デザイン思考」の5ステップのように、各ステップが関連しながら進めていくことが大事だが、ユーザーから遠い立場にあり、サプライヤーであるアイシン(当時アイシンAW)は、「共感」や「問題定義」、さらに、製品化前の「概念実証(PoC=Proof of Concept)」の経験が少なく、ユーザーが本当に求めるうれしさに到達できない問題があった。そこで、これらのステップに重点を置き、取り組んだ内容を紹介する。



図3 スタンフォード型の「デザイン思考」の5ステップ

2.1 ユーザーセグメンテーションの事例

新規事業開発では、利用文脈(利用される状況)が曖昧な中で議論が始まるため、「ペルソナの構築」が役に立つ。従来のデザインプロセス(特にインダストリアルデザイン、グラフィックデザイン)では、製品のフルモデルチェンジの際も、使用者と利用文脈が明確なためペルソナは不要だった。しかし、1990年代以降、技術開発者だけではなく一般の人が、様々な状況でコンピューターを利用するようになり、技術に詳しくない人々でも状況にあわせた使いやすいインターフェースが求められるようになった。これにより「誰が」「どんな利用文脈」で使うかを具体的に考慮する「ペルソナ」という手法が誕生した。

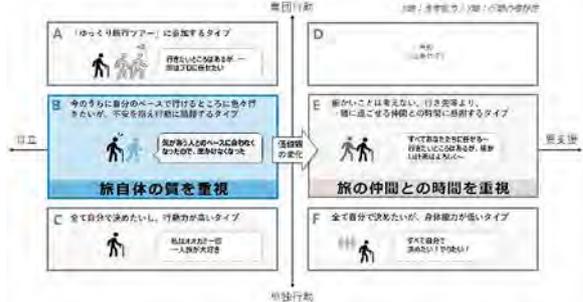


図4 ユーザーセグメンテーション(N=11)

高齢者の外出に関わる社会課題を解決するプロジェクトでは、「機会領域」を特定する為、フィールドワーク(現場調査)として、高齢者の集団外出イベントに参加し、外出実態を調査した。そこで出会った高齢者の状況や外出阻害要因が多様で、共通のユーザー像を持つことが難しく、ペルソナ構築のためユーザーセグメンテーションを行った。高齢者(N=11)にデプスインタビューを実施し、統計データと照らし合わせて「身体能力」と「集団行動/単独行動の嗜好性」という行動変数を抽出した。インタビュー対象者を行動変数にあて、図4の4象限でユーザーセグメンテーションを行い、体力に不安を抱える高齢者を行動パターン別に5つに分類し、最も外出に不満を抱えるタイプB,Fに注目した(EタイプはBタイプと同じ行動の嗜好性を示しているが、外出に対する不満が低い。これは身体能力の低下による価値観の変化が原因だと捉えた)。Fは身体能力が低く単独行動を極端に好む傾向から、サービス介入が困難なため今回の対

象から外し、Bの体験の質にこだわりをもつが、体力に不安を感じて外出が遠のいているタイプを、最も外出に不満を抱える典型的なユーザー像(ペルソナ)とした。

このようなUX観点の行動変数によるユーザーセグメンテーションは、マーケティングのロイヤリティに基づくセグメンテーションと異なり、特定企業の特定制品に限定された「消費者」としてではなく、「生活者」としてのインサイト(本質的欲求)を確認することができる。

2.2 デジタルサービスの「概念実証」

新しい領域における新規企画では、具体的な形がない段階でサービス概念(いまだない世界観)が受け入れられるかを検証する概念実証(PoC)を行い、早期に方向性を確認する必要がある。アイシン(旧アイシンAW)では、当時概念実証の文化がなかった中で、初めてUXデザインのアプローチを取り入れた事例「wishcorn」を紹介する。



図5 Wishcornの製品図

2.2.1 2種のカスタマージャーニーの使い分け

UXデザイン手法で有名なカスタマージャーニーは、時間軸に沿ってユーザーの行動と感情を記述したもので2種類ある。1つは、企画の初期段階で利用文脈を把握し、現状把握と問題や気づきを共有するために使用する「As-Is」、もう1つは、新サービスを導入した新しい世界を描き、理想のUXになるように設計された「To-Be」。特に「As-Is」は、概念実証のプロトタイプ設計やユーザーフィードバック分析を行う上で、常に振り返り比較を行うベース資料になる。今回は通常1人のところを複数人でおでかけする際の課題に焦点を当て、3人のペルソナを立てて絡み合う問題点を洗い出した「As-Is」を作成後、問題定義からアイデア出しを行い、「To-Be」の簡易版を作成した。

2.2.2 ビデオプロトタイプによる早期共感形成

人は見たことのないものに拒絶感を示しやすいため、未だない世界観を第三者に理解してもらうのは難しい。そこで有効なのがビデオプロトタイプである。抽象度

の高いサービスコンセプトはパワーポイントなどのプレゼン資料では伝わりにくい。人の行動・会話が含めた利用シーンのリアルな再現、タッチポイントであるUIの動き、音楽による雰囲気づくりなど、ユーザー体験の多様な側面を一連のストーリーで表現できるビデオプロトタイプにより、迅速な合意形成や共感を獲得しやすい。



図6 ビデオプロトタイプを構築するためのストーリーボード

2.2.3 ペーパープロトタイプでのウォークスルー評価

ビデオプロトタイプで表現した抽象的な概念を、より具体的な状況で検証するにはウォークスルー評価が適している。想定する使用シーンの時間軸に細かく沿って新サービスを体験してもらおう。特に概念実証の段階では、デジタルプロトではなく、ペーパープロト(紙芝居)を利用し、時間と予算をかけずに短期間で行うことで、想定外の結果の場合も、前のフェーズにすぐに戻り方向性を再検討できる柔軟性が大事である。

2.3 HCIの視点

2022年からスタートした全社プロジェクト「HCI※実践プログラム」では、AIやコンピュータサイエンスに特化した米国の大学院大学コーネルテクにUXデザインGメンバーを派遣している(現在3人目が赴任中)。人と自動運転車のインタラクション研究に従事するWendy Ju准教授の元、座学と実技の両面からUXデザインの基盤の一つであるHCIの理解を深め、研究成果をUXデザイン実務に活用することを目指している。

※HCI: Human-Computer Interaction. 人間とコンピュータとの相互作用を研究する分野で、人の行動、認知プロセス、感情などを考慮し、より良いインターフェースやシステムを設計することを目的としている。

2.3.1 解析の手法:ビデオコーディング

車室内空間のUXデザインの際、システムに対する人の反応を正確に理解するため、人が車の中でどのように過ごしているかをビデオコーディング手法を用いて解析している。

ビデオコーディングの起源は、1970年代にXerox PARC(米国パロアルト研究所)で行われたコピー機の使い方をビデオ記録し、ユーザーの行動を詳細に解析

した研究に基づいているとされている³⁾。その後、このアプローチはHCI研究に採用され、文化人類学や社会学で使用されるエスノグラフィの手法を取り入れることで、量的解析が実施されることの多かったHCI研究に質的解析の視点を導入したとされる。

インタビューや文脈調査などの人が介入する参与観察では、被験者が無意識に自分の理想や社会的な望ましさから「こうあるべき」と思う自分を演じたり、当たり前と思ったことを省略して答えることが多い。その結果、話した内容と実際の行動が一致しないことがある。一方、観察者の介入がない非参与観察であるビデオコーディング(無人撮影)では、ジェスチャーや表情、行動パターンといった非言語的要素を分析するため、自然な反応を正確に捉えることができる。

本来、現状把握の手法で有効なエスノグラフィでは「実際に起こっている事象をそのまま記述する技術」が重要であり、経験によるレベル差やスキル獲得が難しいが、ビデオコーディングにより、記述スキルが未熟なメンバーも、経験者と共にビデオを確認しながら観察内容をテキスト化することで、データの記録方法や考察力を向上させることができる。特にエスノグラフィ初学者がいるチームにおいて、組織として標準的な解析を進める場合、ノウハウの共有やチーム全体の能力向上の促進が期待できる。

2.3.2 実験設計の工夫:能動的タスクと受動的タスク

「HCI実践プログラム」の一環で、現在赴任者がマイクロモビリティ環境のNDRT(Non-Driving Related Task,運転中に行う運転以外の作業タスク)について、より簡単かつ安全に行う方法を研究している。実験では、複数のプロトタイプを用いて「能動的タスク」と「受動的タスク」の2種類のタスクを行い、性能差を確認した。

実社会にも適応できる研究成果とするには、現実世界に近い状況での実験を行うことが重要とWendy教授は言う。そこで、一般的に行われる音楽機器やナビシステムの操作などの能動的タスクのみを採用しようとしていたが、マイクロモビリティの運転自体が特殊で個人の熟練度に依存しやすいため、データ解析の際のノイズになることが想定された。そのためノイズの少ない誰もが初めて行うようなニュートラルな受動的タスクも追加した。ここでは、自動車のNDRT研究での実績や難易度の調整が容易なことから、音による※N-backタスクを採用した。

※N-backタスクとは、一定の間隔で提示される刺激(例:数字や文字)を記憶し、数回前の刺激と一致するかを判断する課題であり、記憶負荷や注意力を測定する指標として用いられる。

受動的タスクと能動的タスクの比較では、タスクの難易度(認知負荷)やプロトタイプの使用頻度の違いが、運転パフォーマンス(平均運転速度など)や被験者の主観的評価(フラストレーションやストレス)に影響を与え、プロトタイプ間の性能差がより顕著に現れた。プロトタイプの性能差を見る場合、単一タスクだけでなく、異なる複数のタスクを組み合わせることで、ユーザーとシステムのインタラクションをより深く考察することができる。

今回の実験を通して、自動車業界のNDRT研究の成果をマイクロモビリティにも一部適用できることを学んだ。マイクロモビリティは自動車とは全く異なる新しいモビリティ形態だが、NDRT用のインターフェース(ナビや音楽操作デバイスなど)を開発する際に、自動車のNDRT研究の成果や知見を流用できる可能性が明らかとなった。

3. Inside-outアプローチでの取り組み

デザインの現場では、客観的アプローチと同時に、着眼点の独自性やコンセプトの創造性、情緒的な価値をもたらす表現力など、主観的アプローチを重視してきた。しかし、IDEOやスタンフォードの「デザイン思考」では、主観的アプローチには焦点を当てず、客観的アプローチに重きを置いているため、デザイン教育を受けたデザイナーが多いUXデザインGでは、実務を行う中で、客観的なアプローチだけでは全てをカバーしきれないと感じ、主観的側面からのアプローチを取り入れるため、EUIノベーション政策に採択された「意味のイノベーション」に注目した。また、主観的アプローチは数字で証明することが難しく、経営層の判断も容易ではない。そこで社会心理学の視点を取り入れ、定量的データ以外の情報も意思決定に役立てる取り組みも併せて紹介する。

3.1 意味のイノベーションの実践活動

従来の技術主導型イノベーションや市場牽引型イノベーションによる閉塞感を打開する第三の道として、ミラノ工科大学教授ロベルト・ベルガンティが近年提唱したのが「意味のイノベーション」だ。「内省による熟考」と「批判精神」を意味のイノベーションの方法論の原則として進めていく。図7のように、個人が内に秘めている仮説を自分の組織内で信頼パートナーとの対話によって、徐々に紐解き、ビジョンを深く探究していく。ここで面白いのは、そこで出たビジョンを企業の外にいる「解釈者」に疑ってもらうところだ。私たちの事業領域に関係する専門家だけではなく、一見関連のない、しかし同様の生活経験をもつ隣接業界の専門家や文化的解釈者に良い質

問をしてもらうことで、予想外の観点が得られる。

日本国内においては未だ研究レベルだがUXデザインでは2023年下期から実践を通して実用化に挑戦している。

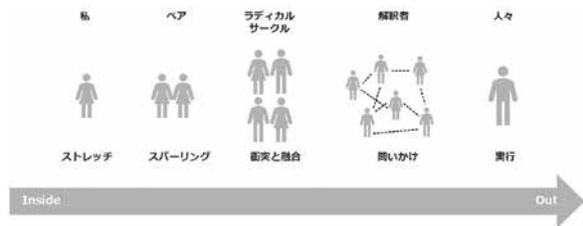


図7 意味のイノベーションのプロセス⁴⁾
(突破するデザイン,2017年の図若干修正)

3.1.1 「内省」には「批判」が必須

通常、内省から創出したビジョンは、個人の価値観と固定概念に引っ張られ、既存の価値観から脱出できずエゴと言われやすい。そこで必要になるのが建設的な「批判」だが、やり方には注意が必要だ。意味のイノベーションでは、ペアとなる2人がそれぞれ内省と熟考で生まれたビジョンを持ち寄り、お互いのビジョン(アイデアや新しい意味)の弱点を指摘し、相違点を明確にしていく「スパーリング」を行う。討論のように相手のビジョンを潰すのではなく、ボクシングのスパーリングの様に、受け止め、よりよい方向へ磨くことを目的としている。ペア同士が「守備役」と「挑戦役」を交代することで、より客観的に捉え、発案者も気づかない「弱み」や「潜在性」が明らかになる利点を実感した。

スパーリングのペアは本来、Appleのジョブズとウォズニアックの様にお互いの背景を理解し、心理的安全性が確保された関係性が適している。しかし、組織の中で必ずしもそのような相手がいるとは限らない状況ではどうしたらいいか。活動初期はメンバーが2人だけで、組合せの選択肢もなく、建設的なスパーリングをすすめることが困難であった。そこで、人数を5人に増やしペアの組合せを状況に合わせて変更し、さらにペアの議論に他メンバーを第3者として加えることで、スパーリングの内容を整理、内容を解釈してもらった。これにより議論というより対話に近い形を保つことができたことで、心理的安全性を担保した状態で建設的なスパーリングを実施することができた。ここでの第3者の役割は、「デザイン思考」の「集合知の活用」とは異なり、コミュニケーションのサポートや議論の整理を目的としている。本手法の発祥地である欧米は、個人主義と直接的批判を受け入れ議論を楽しむ文化があるが、アジアの集団主義と間接的コミュニケーション文化下では、批判は攻撃と捉えられやすいため、第3者を交えたペアリングが有効だと考える。



図8 「スパーリング」の一例

3.1.2 新しい意味創造の「原則」と「基準」

意味のイノベーションは新しい意味創造を行うことだが、2つの意味が登場する。1つは製品やサービスの基本的な意味(価値)、例えば蠟燭が火を灯す照明という普遍的な意味で、これは原則として変更しない。本アプローチで行う新しい意味創造とは、この普遍的な意味の上で、さらに新しい意味を付加することを指す。例えば蠟燭をリラックスやムード作りのアイテムと新しい意味を付加することで生まれたのがアロマキャンドルだ。

また、既存機能をベースに単純な用途転用では、ビジョンが弱く新しい意味を付加したことにはならず、スパーリングの初期フェーズで消滅してしまう。ステップとしては、新しい意味をすぐに考えるのではなく、図9のように、物事の普遍的な意味を土台に、新しいソリューションを創出することで、その物事の社会文化的な意味を変えることを目指すべき。

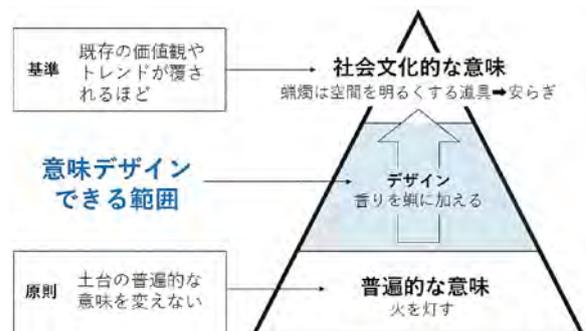


図9 「意味のイノベーション」実践の原則と基準

3.1.3 「想い」形成のフェーズが必要

実践を通して、プロセスの中でアイデアの幅が広がり、その後スパーリングなどにより昇華し洗練され、絞り込まれていく様子は、ダブルダイヤモンドのデザインプロセスの「拡散」と「収束」に似ている。しかし、ここで大切にしたいのはじめの広がりはアイデアの数ではなく、強い想いがメンバーへ広がることである。新規事業創出プロジェクトでは、強い想いが機動力となるが、プロジェクトのスタート時点で必ずしもメンバー全員が強い想いの持ち主とは限らない。内省、熟考とクラスタリングのプロセス

を通し、時間をかけて自分のビジョンに向き合い、主体性のある強い想いを形成するプロセスは丁寧に行う必要がある。

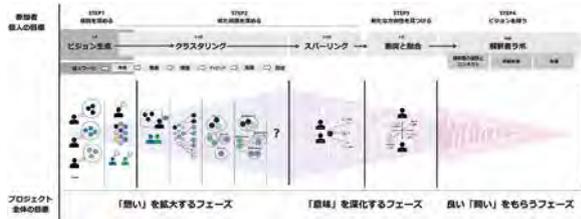


図10 「意味のイノベーション」プロセスの解釈

3.1.4 実用化のための課題

「デザイン思考」は、ユーザーに焦点をあてることで、客観的な思考のツールや手法により「クリエイティブ・コンフィデンス(創造的な自信)」を非デザイナーに与え、「天才的な個人の主観」に依存するイノベーションのありかたを乗り越えようとした。一方、「意味のイノベーション」は「デザイン思考」とは対照的に、主観的な考え方に基づいている。このアプローチは、古典的なデザインの思考プロセスをブラックボックスの状態から可視化・体系化したものであり、多くのデザイナーがその理念に共感している。しかしながら、一部では「天才論」に回帰する側面が見られるため⁵⁾、それを乗り越える施策を引き続き模索し、実践していく必要がある。

3.2 社会心理学の考えを取り入れて

アイシンでUXデザインを取り組みはじめた時から、世界的にUXデザインアプローチをリードするスタンフォード大学と連携し、社会心理学を専門とするByron Reeves教授の指導のもと、製品やサービス企画の際に社会生活の中で関わる人や経験する出来事からの影響を考慮する風土づくりを進めてきた。

AISIN Technical Center of America CSS Dept. Advance product Managementのメンバーを中心に進めた、新しい車室内情報提供の形を検討するプロジェクトの事例を紹介する。検討スタートと同時に、人とシステムとの関係性について定義することから始まった。人にとって、心地よい関係性とはどのようなものか、車室内情報システムに人はどんな感情を抱くことを求めているのかを考える。関係性が崩れることでその相手への信頼が揺らぐという社会心理学の考えからのアプローチである。例えば教師や親の様に教えられる関係性、子どもやペットのように愛で癒される関係性、はたまた、従者のように命令し従わせる関係性によって、情報の提供スタイルも内容も必然的に変わる。今回は米国文化の理解から、信頼できる仲間のような対等な関係性が心地よいという話になり、新しい車室内システムは、人にとって「Good Partner」となる存在と置いた。(これは文

化背景や時代によっても大きく変化する。今回は米国で受け入れられやすい関係を考えたが、日本の最適な関係は違うだろう)

次に、車から一步視野を広げ、社会生活者として日常の情報との繋がりを見よう。わずか1時間の観察でも、PC画面は次々と変わり、その間もスマホの着信やSNSの返信に追われる。現代社会では、人々は細かなタスクの連続に追われ、パッチワークのように繋ぎ合わせる情報生活をしており、結果としてタスクごとに心の在り方が変化する断片化された生活(Fragmented Life)を送っている。では、車の中に入るとどうなるだろう。自由に繋ぎ合わせていた情報との接点は安全上の理由で遮断され、心の抑揚がなくなり、極端な言い方をすれば、自由を奪われまるで牢屋に閉じ込められているように感じるかもしれない。この状況を解消するには、乗車中の情報の在り方だけでなく、乗車前後も含めて情報との一貫した繋がりを感じさせる工夫が必要である。

また、運転中のドライバーの心の抑揚(リズム)を捉えるためにビデオコーディングで表情観察を行ったところ、道路状況や目的地へ向かう心理状態(急いでいる/リラックスしているなど)の変化に合わせて、人の表情に微細な変化があることが観察できた。また、その変化に合わせて、心地よい提供情報の密度とProsody(rate/volume/pitch)韻律も変化することが分かった。心地よい情報提供は、車の内外で途切れることなく繋がりを感じ、乗車中の人とそのシチュエーション、道路状況のリズムに合わせ変化させていく必要があることが分かる。

上記の考え方をベースにスタートしたRhythm Platformは、道路コスト=道路状況によるドライバーへの運転負荷による「安全Rhythm」とシーンによる「パーソナライズRhythm」を算出し、最適な情報提供のタイミングとコンテンツ選定を行う。AからBの単なる移動経路案内ではなく、目的地へ向けて人のリズムに寄り添い、時に盛上げるサービスとして、複数の号口プロジェクトへ派生しながら進化を続けている。

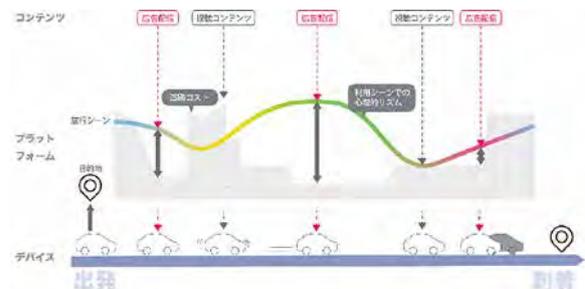


図11 Rhythm Platform

4. おわりに

UXデザイン活動の発足から9年間、実技を通じ経験

を積むと共に、基礎的なUXデザインの学びを出発点として、社会心理学、HCI、ユーザビリティなど関連する学問の理解を深めてきた。また人材を拡充させることでプロジェクトの幅が広がり、アイシン内でUXデザインの興味と理解が広がっている。

しかし、アイシンでは、自動車部品サプライヤーの立場からユーザーと密に対話しながらの製品開発の文化がなく、ユーザーへ繋がるチャンネルと環境体制が構築されていないこともあり、世の中で言われるUXデザインの手法をとることは簡単ではない。このような中、アイシンはどのように、UXデザインを進めていけばよいのだろうか。世の中を見ると、UXデザインのアプローチは事業体が扱う製品の利用文脈によって異なる。プロ集団が使用するシステムの場合、ユーザーリサーチで得る「共感」による深い理解がマストであり、家電など身近な製品の場合、誰もが生活者視点を持っている為「内省」と「熟考」が有効、またライフサイクルが長い社会インフラの場合、「未来洞察」が不可欠である。自動車部品サプライヤーであるアイシンにとって、何が重要であるかを考え、アイシンならではのUXデザインアプローチを確立することが急務である。これには、企業文化、アセット、開発体制、取り巻く環境の変化に対する深い理解が必須であり、外部から調達できるものではなく、UXデザインの職務の内製化をすすめることで、見えてくるだろう。

また、職務の内製化においては、既存事業の体験価値を向上させる市場牽引型の漸進的イノベーションと同時に、新たな体験価値を提供する急進的イノベーションの両領域でUXデザインを実践し、顧客満足度を高めるだけでなく、競争力のある新しい市場機会を創出することを目指していく。

参考文献

- 1) 黒須正明(近代科学社) :UX原論-ユーザビリティからUXへ,47,2020
- 2) D.A.ノーマン(新曜社): 増補・改訂版誰のためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論,386,2015
- 3) Lucy Suchman, Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication, 65,1987
- 4) ロベルト・ベルガンティ(日程BP社): 意味のイノベーションのプロセス,突破するデザイン,195,図5-6,2017
- 5) 『デザイン科学研究』井登友一:デザイン・ディスコース概念の理論的考察による「意味のイノベーション」論の再解釈,39,2022

筆者



鄒 夢婷

LBSシステム開発部
車載LBSデザイン室
UXデザイングループ
UX/UIデザイン,UXリサーチに従事



國本 篤矢

LBSシステム開発部
車載LBSデザイン室
UXデザイングループ
UX/UIデザイン,UX戦略に従事



谷野 亘

LBSシステム開発部
車載LBSデザイン室
UXデザイングループ
UX/UIデザイン,サービスデザインに従事



福井 彩貴

LBSシステム開発部
車載LBSデザイン室
UXデザイングループ
UXリサーチ,UXデザイン,HCIの研究に従事



寺尾 見識妙

AISIN Technical Center of America
Open Innovation Division所属
Cornell Tech出向中
HCIの研究に従事

ナノサイズ微細水粒子AIRの肌領域への適応可能性

1. はじめに

ナノサイズ微細水粒子AIR(アイル)はAqua(水)／Innovative(革新的な)／Rudiment(原理)の頭文字をとった造語で、「アイル」と読む。ナノサイズ微細水粒子は医療、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が、2015年の開発着手時当初から肌への適応を目指して研究開発を進めており、肌状態の改善の高い効果を示すことが明らかになってきている。今回は最新のデータを含め、生物学のおよび物理的な側面から得られた知見から、ナノサイズ微細水粒子の肌領域への適応可能性について報告する。

2. ナノサイズ微細水粒子の特徴

ナノサイズ微細水粒子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。水粒子の大きさを微分型静電分級器(DMA:Differential Mobility Analyzer)というエアロゾル分析などに用いられる手法を応用して計測した結果、非常に微細な1.4 nm付近に大きさのピークを持つことが分かっている¹⁾。さらに科学的検証を進める中で、電荷を帯びていない、構造が安定しているなど、新たな特性が明らかになっている。

3. 皮膚に与える影響～臨床評価から

3.1 保湿効果

女性17名に対し、ナノサイズ微細水粒子とスチームを30分適応する保湿効果検証実験を行った結果、ナノサイズ微細水粒子は120分後の比較において肌の角層水分量が高いこと、更に女性4名に対し計測期間を延長した結果、スチームと比較して、角層水分量が360分保持されるという、一般的に保湿で用いられている帯電微粒子イオンやスチーム方式では得られない現象を確認することができている(図1)²⁾。

3.2 アトピー性皮膚炎に対する効果

3.2.1 治療薬併用時の効果

等度のアトピー性皮膚炎患者20名に対し、ナノサイズ微細水粒子を付与する前に、10名にはプロベト(白色ワセリン)、10名には親水クリームを全顔に対して使用させ、プロベトもしくは親水クリーム使用のそれぞれで、5例は右顔面、5例は左顔面に週1回ナノサイズ微細水粒子を20分放湿し、左右比較を行った。

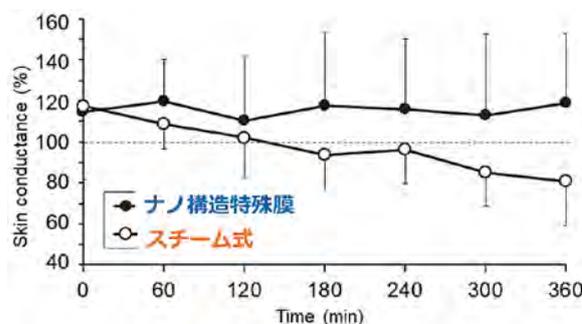


図1 角層水分量比較

皮膚症状は紅斑、丘疹、浸潤、掻破痕、苔癬化、乾燥、掻痒を5段階で評価(強4点、中3点、弱2点、微弱1点、無0点)し、その合計点数の変化を検討した。4週間後の数値で評価した皮膚症状の改善は、ナノサイズ微細水粒子ありでナノサイズ微細水粒子なしと比較して有意に高かった(図2)。各皮膚症状では、紅斑における4週間後の数値・変化率で、ナノサイズ微細水粒子ありの改善が有意に高く、丘疹も4週間後の変化率において、ナノサイズ微細水粒子ありの改善が有意に高かった。浸潤に関しては、親水クリーム使用で、ナノサイズ微細水粒子ありの改善が有意に高い結果であった。乾燥は、4週間後の数値において、ナノサイズ微細水粒子ありの改善が有意に高かった。以上のことから、ナノサイズ微細水粒子は保湿効果だけでなく、紅斑、浸潤等の炎症反応にも効果があることが確認された³⁾。

3.2.2 ナノサイズ微細水粒子付与有無による比較

軽度から中等度のアトピー性皮膚炎患者6名に対し、ナノサイズ微細水粒子を付与する前に、半顔に親水クリームを塗布し、ナノサイズ微細水粒子を全顔に付加する方法で左右比較を行った。親水クリームは毎日1日2回適量を全顔に塗布した。ナノサイズ微細水粒子は週1

回20分間付加した。前項と同様に、紅斑、丘疹、浸潤、搔破痕、苔癬化、乾燥、掻痒をスコア化し合計した臨床評価（総合点）では、ナノサイズ微細水粒子のみ側でも経時的に改善が認められた。また、項目別の評価でもすべての項目で改善がみられ、投与中止後（経過観察期間）は、評価は若干悪化しているが、投与前よりも改善しており、初回投与後の評価水準を維持している傾向がみられた（図3）⁴⁾。

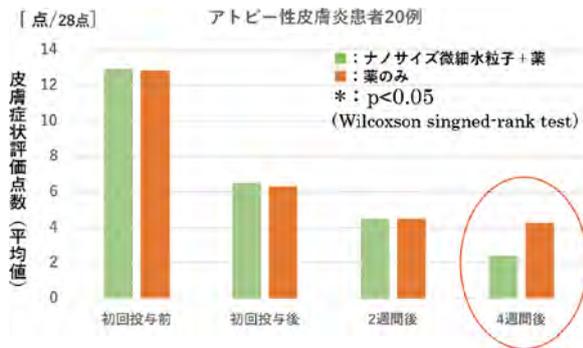


図2 治療薬併用時の効果

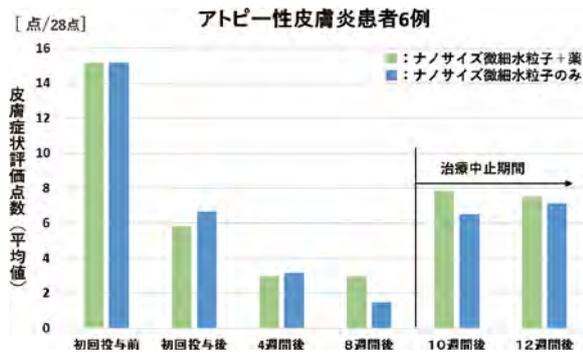


図3 ナノサイズ微細水粒子のみ適応時の効果

4. 効果メカニズムの解明

4.1 ナノサイズ微細水粒子の肌付与時における作用

ナノサイズ微細水粒子を放湿させた疎水・親水性の単分子膜（角層のモデル膜）を放射光軟X線分光で分析したところ、ナノサイズ微細水粒子は通常の加湿と異なり、膜表面でOH⁻（水酸化物イオン）を生成することが確認できた（図4）。ナノサイズ微細水粒子は、放湿時は帯電していないが、表面に付着することによって、水分子のH⁺（水素イオン）が他の水分子に取り込まれ、OH⁻が表面に残されると考えられる。さらにナノサイズ微細水粒子の付着した表面の帯電を調べるために、膜電位の測定を行った。湿度の上昇に伴って電位が下がることから、膜表面にはOH⁻が存在することが示唆された⁵⁾。

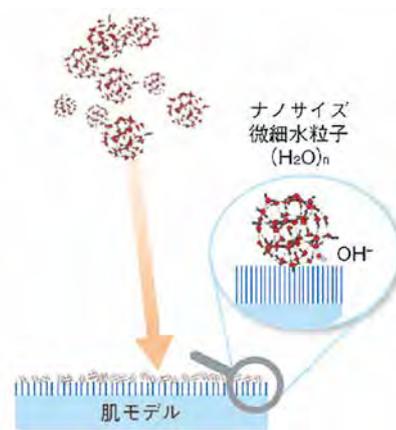


図4 角層モデルへのナノサイズ微細水粒子の放湿とOH⁻の生成

4.2 皮膚に取り込まれる水の可視化

続いて、角層細胞間脂質モデル膜（以下、人工皮膚膜）について調べた。角層脂質の3要素であるセラミド、コレステロール、パルミチン酸を1:1:1で混合した溶液を、軟X線分光分析に用いるSiC真空隔離窓（真空と大気を仕切り、軟X線を透過する）上に均一に塗布して人工皮膚膜を作製し、ナノサイズ微細水粒子で加湿した場合と、気化式加湿器による加湿を行った場合とで、軟X線分光の測定を行って比較した（図5、図6）。乾燥状態（図5、図6の加湿前）では人工皮膚膜に含まれる酸素の信号がみえており、ナノサイズ微細水粒子での加湿に伴い軟X線分光シグナルが大幅に上昇した（図5の①）。それに対し、気化式加湿におけるシグナルの上昇は1.5倍程度に過ぎなかった（図6の①）。ここで各加湿を中断し、乾燥状態に戻して測定したところ、ナノサイズ微細水粒子により加湿した人工皮膚膜では乾燥状態でも水蒸気成分のみが抜けて、非常に高いシグナルを維持していた（図5の②）が、気化式加湿では、初期の乾燥状態に近い状態までシグナルが下降した（図6の②）。つまり、ナノサイズ微細水粒子は皮膚から抜けにくい、すなわち保湿効果に優れていることがマイクロな水分析でも明らかになった。このように効果的な水の取り込みが起る要因として、人工皮膚膜の酸素化条件である水の吸着がOH⁻の存在によって増長されていることが考えられる。ここで水を取り込む過程を時間を追って観察したところ、ナノサイズ微細水粒子では加湿に伴って経時的に水が吸着していくのに対し、気化式加湿では最初に一定量の水がついて、以降の変化が認められなかった。角層の水は、角層と深く結合し、運動性の低い「不凍水」、運動性が高く自由に動き回れる「自由水」、その中間の性質を示す「中間水」に分類される。水吸着の典型的な過程では、まず不凍水が吸着し、ついで中間水が覆い、最後に自由水で満たされると考えられているが、ナノサイズ微細水粒子の場合は、OH⁻が堆積してそこに不凍水が

吸着するとともに中間水層が不凍水を取り囲むように形成され、皮膚膜表面を覆うまで経時的に水吸着が起こるものと考えられる⁶⁾。

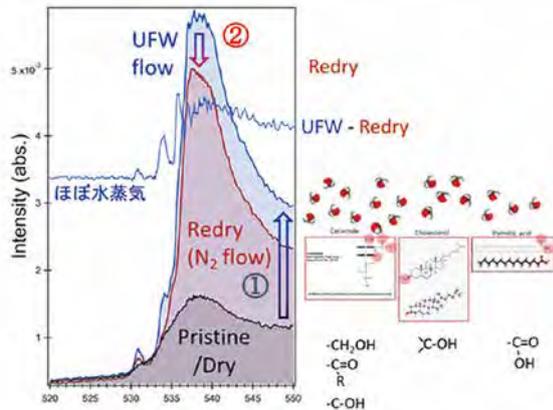


図5 軟X線吸収分光スペクトル
(ナノサイズ微細水粒子加湿条件)

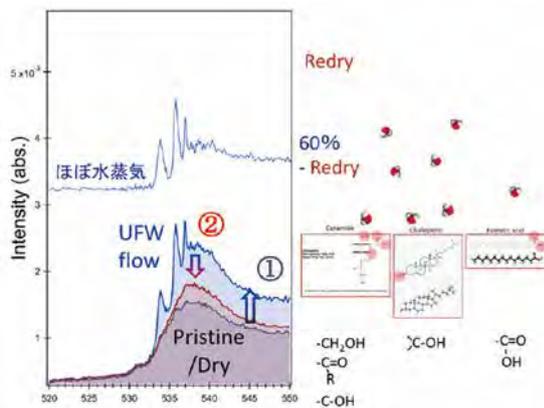


図6 軟X線吸収分光スペクトル
(60%相対湿度加湿条件)

皮膚には0.1～数 μm 程度の水の通り道が存在するが、通常の加湿で生成する水粒子は20 μm 程度と大きいので、そのままでは侵入できない。一方、ナノサイズ微細水粒子は約1.4 nmのため、水の通り道に入ることが可能である。通常であれば、侵入した水粒子は乾燥により一部が皮膚外に放出されてしまうが、ナノサイズ微細水粒子は細胞間脂質内に侵入して親水・疎水いずれの表面でも電離し、 OH^- を生成する。 OH^- は皮膚に保持され、水粒子が取り囲むかたちで水和層を形成する。さらに、複数の OH^- 水和層が連結し、水の通り道を埋めることで保湿効果が発現すると考えられる(図7)。 OH^- は疎水表面でも生成することから、セラミドの減少などで成分バランスが崩れた皮膚でも機能することが予想される⁷⁾。

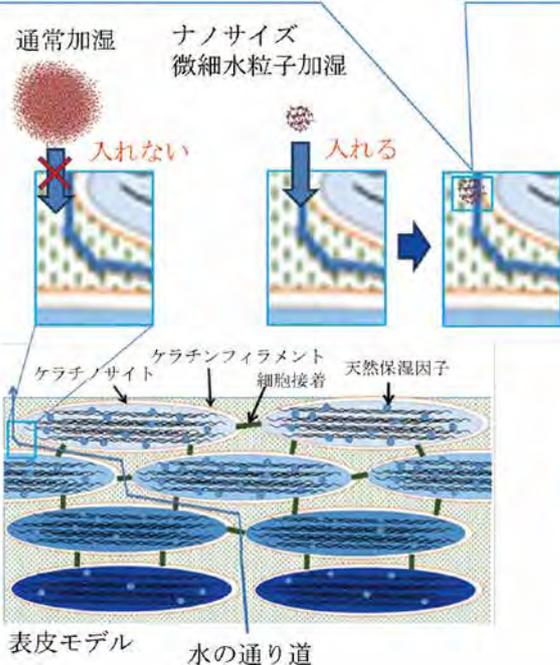
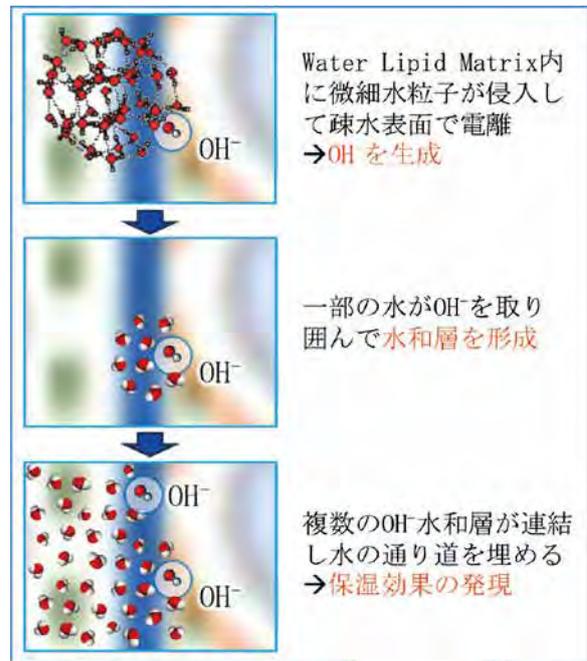


図7 ナノサイズ微細水粒子による保湿メカニズム

4.3 皮膚のバリア機能への影響

皮膚バリア機能に及ぼす影響について、経表皮水分蒸散量(trans epidermal water loss; TEWL)の変化率を指標として評価を行った。試料として角層のバリア機能が少し低下している三次元培養幼若ヒト皮膚モデルを用いた。ナノサイズ微細水粒子適用で低下した角層のバリア機能は短時間で回復し、また、皮膚中のセラミド産生が増大した(図8)。そこで実際に、ナノサイズ微細水粒子適用時におけるセラミド産生に関与する遺伝子発現量を調べた。バリア機能の改善効果が知られる、負のゼータ電位をもつ酸化チタンを適用したものを対照として、セラミド生合成関連遺伝子の発現量を検討した。

その結果、ナノサイズ微細水粒子では関連遺伝子の発現量が増加することが明らかになった⁸⁾。(図9)

5. 市場認知獲得に向けた訴求活動

5.1 日本皮膚科学会総会セミナー開催

得られた知見は日本皮膚科学会総会で共催セミナーを実施する形で、2021年から毎年研究成果として公表している。臨床的な知見に薬学、物理学などからアプローチした結果を加えることで、肌にとって今までにない技術となるナノサイズ微細水の肌への作用機序を少しでも分かりやすく伝える工夫を行っている。

5.2 水を研究するシンポジウム開催

生命の源にも関わらず、解明されていない側面も多い「謎多き水」について、研究領域やメーカー間の垣根を越えて、水の研究者や専門家の方々と自由に語り合うシンポジウム「AIR Cafe (アイルカフェ) <https://air-mag.jp/>」を、2022年から不定期で計6回開催している。回を重ねる毎に、多くの専門家の方から新たな視点で水の素性解明に繋がる意見が出され、産学連携による新たな研究テーマの創出にも繋がっている。

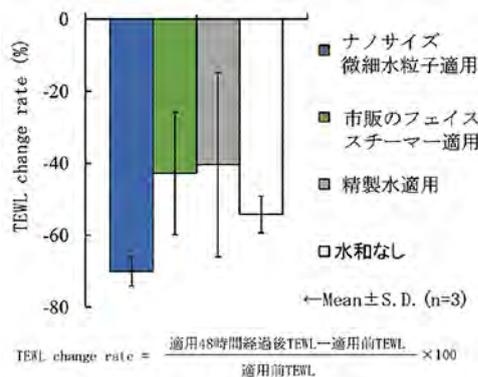


図8 TEWL変化率(適応48時間後)

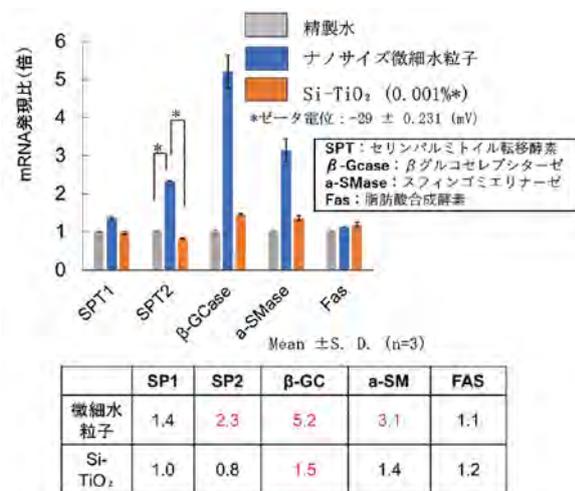


図9 遺伝子発現量比較

6. まとめ

ナノサイズ微細水粒子の肌に適応する臨床評価より治療薬の有無に関わらず皮膚症状改善に影響する可能性を示唆する結果を得た。さらにこの臨床評価を裏付けるエビデンスとしてナノサイズ微細水粒子が皮膚に付着し、留まることで、保湿状態の持続だけでなく、皮膚バリア機能が改善する可能性が示唆される結果を得た。引き続きナノサイズ微細水粒子の肌への作用メカニズムを明らかにすると共に、市場認知に向けた活動を進めながら、医療分野における貢献を目指した商品企画活動を推進していく。

7. おわりに

本研究を進めるにあたり、多大なご協力を賜りました高知工業高等専門学校の長門先生、東京大学の原田先生、城西大学の藤堂先生、野村皮膚科医院の野村先生をはじめ、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) 長門研吉 第37回エアロゾル科学・技術研究討論会 Aug. 2020
- 2) 西村直記 Skin Research & Technology. Volume25, Issue3, May 2019 : Pages 294-2983)
- 3) 野村有子 第122回日本皮膚科学会総会 Jun.2023:LS30-3
- 4) 野村有子 第123回日本皮膚科学会総会 Jun.2024:MS8-3
- 5) 原田滋久 第121回日本皮膚科学会総会 Jun.2022:IS21-1
- 6) 原田滋久 第122回日本皮膚科学会総会 Jun.2023:LS30-1
- 7) 原田滋久 第123回日本皮膚科学会総会 Jun.2024:MS8-1
- 8) 藤堂浩明 第123回日本皮膚科学会総会 Jun.2024:MS8-2

筆 者



井上 慎介
AIR事業推進部
ビジネス化推進に従事



田端 友紀
AIR事業推進部
研究開発に従事



横山 慶子
AIR事業推進部
研究開発に従事



森 瑞希
AIR事業推進部
研究開発に従事

アイシン技術会ロボット企画委員会 活動報告 ～全日本ロボット相撲大会への挑戦～

1. はじめに

我々、ロボット企画委員会はアイシン技術会の中にある8つの委員会の内の一つであり、「ものづくり」を実践できる場の提供、スキル向上、人材育成を目的に2012年に発足、2025年1月現在で13名のメンバーによって活動している。主な活動は社内イベントで子供達がロボットに触れ合える各種イベントの企画や社外ロボット競技会への参画となっている。社外ロボット競技会は1989年より開催されている歴史ある国内最大規模のロボット競技会である「全日本ロボット相撲大会」に参画しており、当委員会としての参加は2024年現在で12年目をむかえる。

2. 全日本ロボット相撲大会について

本大会は富士ソフト株式会社が主催し、参加者が技術とアイデアで自作したロボット力士を土俵の上で戦わせる競技である。日本各地で開催される地方大会を勝ち上がった国内代表と海外大会から勝ち上がった各国代表が毎年12月に両国国技館に集まり世界一を目指して熾烈な戦いが繰り広げられている。

ロボットの規格は長さ200mm×幅200mmの大きさで高さは無制限、重さ3kg以内となっており、人間がプロポで操作する「ラジコン型」、プログラムによって自動で動く「自立型」の2つの部門に分かれて戦う。2024年大会から長さ100mm×幅100mmと大きさが半分の500g級の大会が新設され、製作難易度が下がり盛り上がりを見せている。

試合は直径1.5mの鉄製土俵から相手ロボットを押し出す事で勝ちとなり、1試合で2本先取した方が勝者となる。

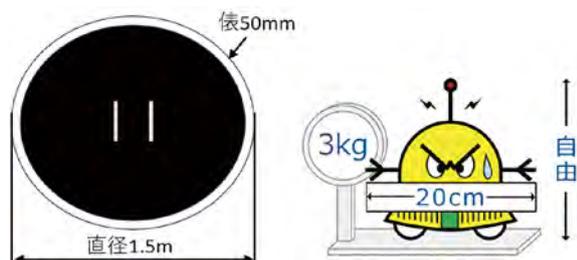


図1 土俵とマシンの大きさイメージ

3. ロボット力士について

3.1 強いロボット力士の条件

土俵から相手ロボットを押し出す事で勝ちとなるため強いロボット力士(以降「マシン」と呼ぶ)には以下の要件が求められる。

- ・相手を押し出すための強力な推進力
- ・相手に押し出されないための土俵への吸着力
- ・相手の側面や背面に回り込むための機動性
- ・様々な状況に対応可能な作戦と戦略
- ・激しい対戦に耐える頑強性

3.2 マシンの基本構成

ロボットで相撲と言うと二足歩行ロボットを想像するかもしれないが、上記要件を満たすには都合が悪い。人間がブルドーザと戦っても勝てない事は明白であり、図2のようにロボット相撲でも不安定な人型より土砂を運ぶ事に特化したブルドーザ型の方がより適する。

そこで図3のようなマシンがロボット相撲の最適解として一般化している。

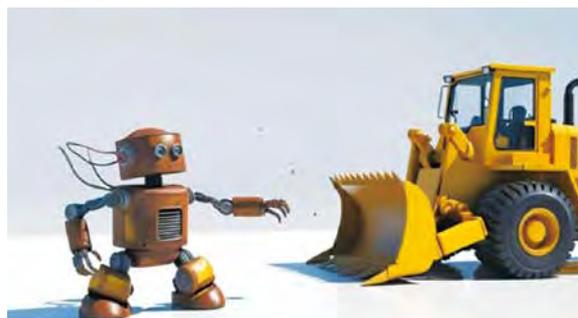


図2 人型ロボットvsブルドーザのイメージ

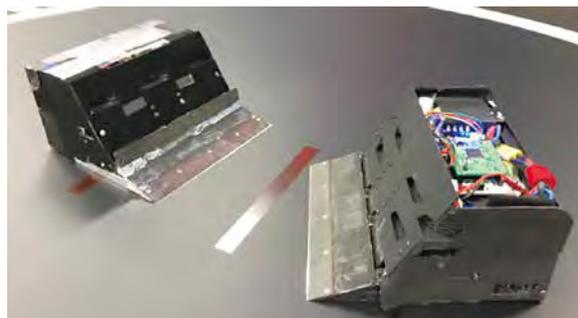


図3 実際のロボット相撲マシン(3kg級)

基本的なマシンの内部構成を図4に示す。マシン重量3kgのうち1kg近くをモータが占めており残りの2kgに電池や磁石、センサなど全ての部材を取めるために筐体は極力軽量化しつつ強度を確保する事が重要である。そこで我々のマシンでは比強度の高い超々ジュラルミン(A7075)を骨格部材に採用している。



図4 基本的なマシン構成

基本的にマシン重量は重い方が相手に押しされ難くなるため有利であるが、レギュレーションで3kg以内と規定されているため土俵が鉄製である事を利用してマシン底面にネオジウム磁石を設置する事が必須である。我々のマシンも吸着力が約10kg/個のネオジウム磁石をマシン底面に30個ほど搭載しており、人間の力で垂直に引き剥す事はほぼ不可能である。このように数百kgに及ぶ吸着力で土俵に張り付いたマシンは単純に押しも押し出す事が難しいため、マシン前面には鋭利な刃物(ロボット相撲専用に設計されたブレード)を設置する(図5左)。これは相手マシンと土俵の間にブレードを楔として挿し込むことで磁石と土俵の隙間を広げ、磁石の吸着力を緩和し、押し出し易くする事が目的となる。



図5 マシン正面視(左)と底面視(右)

限られたスペースで磁力を最大化するためにFEMによる磁場解析を活用し磁石配置を検討。図6に示すとおり解析結果では隣接する磁石同士の極性を1個おきに反転し磁石間に1mm程度の隙間を設ける、複数の磁石背面を跨ぐように薄い鉄板(バックヨーク)を付けたといった条件で磁力が向上する事を確認、磁石組付け時の参考とした。

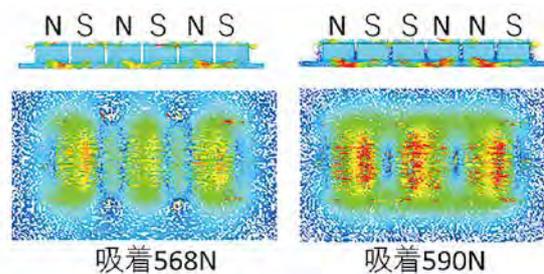


図6 磁場解析による検討結果

駆動系は図5右のように左右二輪タイプが主流でステアリングはなく左右タイヤを前後に動かす事で前進・後進・旋回が可能なシンプルな駆動方式をとっている。左右二輪とするのは土俵との接地をタイヤとブレードだけにすることで、常にブレードを土俵に押し付けながら走行する事で相手に潜り込まれにくくする事が可能となる。

タイヤは減速ギアを介してモータで駆動するがモータの応答性が高いほどマシンの速度を上げても土俵から落ちにくくなる事や相手マシンの弱点である側面を攻撃できる可能性が向上する。そのためモータは極力トルクリップル、ロータ慣性が小さい、機械的時定数の低い高応答な性能が求められる。この条件を高い次元で満たすモータとしてMAXON社製のコアレスモータがあり、高価ではあるが我々含む参加チームの90%以上が採用する定番のモータとなっている。参考までにMAXONモータと電動工具等に使われている安価なモータの性能を表1に比較する。我々が採用しているMAXON RE40モータは定格電圧が24Vとなっているがマシンは工業製品ではなく1シーズン持たば良いという考えから公称電圧の2倍近い48Vを付加する事でモータ性能を極限まで引き出している。その時の停動トルクが単純計算で2倍になるとするとマブチRS-775WCモータで同じマシン速度、停動トルクを得るためには電圧2倍、減速比2倍にする事で成立すると思われるが、起動電流156Aも電圧に応じて2倍に増加すると考えるとそれに耐え得るモータドライバの設計が課題となってくる。

表1 モータ性能比較

	MAXON RE40	マブチRS-775WC
公称電圧	24V	18V
無負荷回転数	7580rpm	20400rpm
停動トルク	2420mNm	1265mNm
起動電流	80.2A	156A
機械的時定数	4.67ms	12ms
重量	480g	280g

3.3 各種センサについて

マシンはただ速くてパワーがあるだけでは勝てない。どんなに強力なマシンパワーを有していても相手プレー

ドに乗り上げてしまっは押し出す事は出来ない.そこで重要になるのが戦略(プログラム)である.対戦ではマシンが刻々と変化する状況を正確に把握し,それをマイコンに伝え,次の動作を決定する必要がある.そのためマシンには様々なセンサが必要で,我々のマシンにも表2に示すとおり多数のセンサが搭載されており,競合チームに比べても種類が多く当チームの強みとなっている.

表2 マシンに搭載しているセンサの一覧

機能	方式	個数
敵検知	赤外線式	8
白線検知	赤外線式	4
空転検知	ロータリエンコーダ	1
ストール検知	ホールIC	1
ブレード勝ち	CdSセンサ	5
ブレード負け	リーフスイッチ	2

敵検知センサはマシンの前面および側面に合計8個を搭載し,マシン前側180度範囲にある相手マシンの位置を補足,自機が常に相手マシンと正対できるように制御する.相手を正確に補足し続けるためには応答性が良く,黒色物体でも安定して検知できるセンシング性能が求められる.

白線検知センサは高速で動き回る自機が土俵から誤って落下する事を防ぐためにマシン底面の4隅に配置される.

空転検知センサはパソコン用マウスのホイール等に使われる安価なロータリエンコーダに小径タイヤを取り付け,土俵に接する様にマシン底面に設置,モータ指示とエンコーダ回転の整合によりタイヤの空転を見張っている.相手の吸着が強く相手を押せない状態が継続するとタイヤが空転し白煙を上げてタイヤへのダメージが大きい.そこで空転検知により一旦下がって再度攻撃をやり直すといった戦略も可能となる.

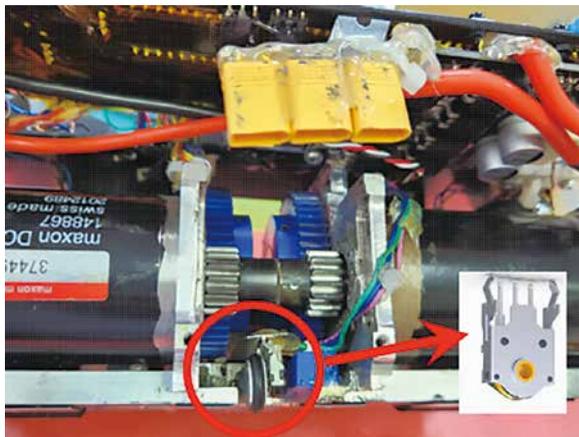


図7 空転検知用ロータリエンコーダ

ストール検知センサはギア側面にφ5mm程度の磁石を埋め込みホールICでギアが回転しているかを検知するものである.モータに回転指示が与えられ,モータ

に電流が流れているにも関わらずモータが回れない(ストール状態)に陥るとモータには大電流が流れ続け,いずれモータコイルの焼損やリチウムポリマ電池がパースト電流に達して発火するなど致命的な不具合に繋がる恐れがあるため,本センサはマシンを燃やさないための重要なフェール機能となる.

3.4 制御基板の製作

各種センサの情報はマイコンで処理される.我々のマシンにはメインマイコンとしてSTM32F401(通称BlackPill)と呼ばれる安価で入手性の良いものを選定,サブマイコンとしてRasberry Pi PicoWというWifi通信機能を持ったものを選定.マイコン同士をシリアル通信によって情報のやり取りをおこなっている.例えばメインマイコンでセンサ信号を集約し,サブマイコンに情報を伝達,サブマイコンが液晶ディスプレイにセンサ状態を表示する.(図8)

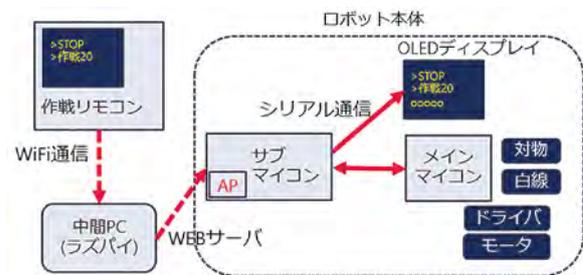


図8 マイコン周りの機器構成

図8の機器構成を実現するために図9のような基板を自作.マシンは激しい衝撃に耐える必要があり,断線等のリスクを最小化するために回路図からア트워크を行い,表面実装のプリント基板を低価格で品質の良いJLPCB(中国)で製作した.

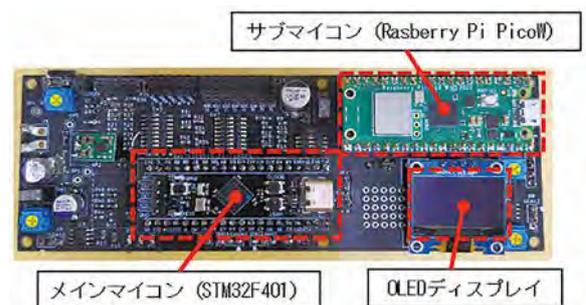


図9 自作プリント基板

3.5 作戦リモコンについて

試合開始時,審判の掛け声とともに両者同時に土俵にマシンを置く必要がある.置いた後はマシンに触れてはいけないため,ディップスイッチ等で予め作戦をセットした状態でマシンを土俵に置く事が一般的である.一方,我々のマシンは手元の作戦リモコンからマシン本体のサブマイコンに無線LANを通じて作戦を送信でき

るようにしており、立ち合いで置いた際の相手との位置関係や状況に応じて作戦を切り替える、いわば後出しジャンケンが可能とした。作戦数も4bitのディップスイッチでは16個の作戦数に制限されるのに対し、我々のマシンは手元送信機から6桁の数字に変換して送信するため作戦数の上限が100万個となり、事実上無制限になったに等しい。このように作戦が大量に増えていくと何番にどの作戦を割り当てたか、表にして手元に置いておくにしても探すのに時間が掛かる。また6桁の数字を打ち込むにしてもプッシュスイッチのカウントアップダウンでは時間が掛かり過ぎるため、UIについても検討する必要があった。そこで作戦リモコンのハードとしてM5Stack Dial ESP32S3（スイッチサイエンス社）を採用（図10左上）。本デバイスは小型のマイコンモジュールとタッチ式ディスプレイ、メカダイヤルが一体になったもので、これにバッテリーとUSB Type-Cの充電モジュールを組み合わせて3Dプリンタで自作したケースに収納（図10右上と左下）。これによりダイヤルで作戦の組み合わせを対話形式で選択、タッチパネルで操作する事で作戦表を持ち歩く事なく膨大な作戦の組み合わせを素早く指示できるようにした。（図10右下）



図10 作戦送信機（パーマンバッチ型）

3.6 マシンの製作について

マシンを製作するにはボール盤やフライス盤、旋盤、3Dプリンタなどの加工設備が不可欠で個人で所有するにはハードルが高く、アイシン技術会として重原町にもづくりができるスペースを確保していただき、モータースポーツ委員会含めて活動拠点としている。

日々仕事帰りに集合しマシン製作を行っている様子を図11に示す。

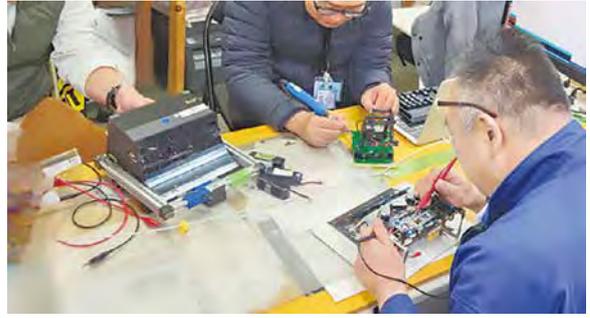


図11 ロボット製作風景

4. 2024年大会結果

4.1 地方大会エントリー状況

全日本の部は関東、近畿、九州の3カ所で地区大会（10月）が開催され、各大会のいずれかで8位以内に入る事で全国大会（12月）の出場権を得る事ができる。当委員会からは交通費がかさむ九州大会を除いた関東大会、近畿大会に各カテゴリに対して6台のマシンをエントリーする。

関東大会（10月14日）東京工芸大学

3kg級

自立型（全26台）：闘魂M、闘魂K、影武者R

ラジコン型（全60台）：花夜叉

近畿大会（10月20日）大阪府立今宮工科高校

3kg級

自立型（全63台）：闘魂M、闘魂K、影武者R

ラジコン型（全80台）：花夜叉

500g級

自立型（全22台）：ツケメン

ラジコン型（全20台）：ラーメン

4.2 地区大会結果

前節のとおり各地区大会に6台のマシンでエントリー。

結果は3kg級では4台中3台が、500g級では2台中1台と過去最高となる合計4台のマシンで全国大会の出場権を得る事ができた。大会の様子を図12、13に示す。

トーナメントは各地区大会のおよそ1週間前に発表される、その後対戦相手の過去動画を徹底的に分析し、多彩な作戦を準備して臨んだ成果と言える。

関東大会

・闘魂M（四股名）：準優勝（全国出場決定）

・闘魂K：ベスト8（全国出場決定）

・影武者R：ベスト8（全国出場決定）

・花夜叉：ベスト16

近畿大会

- ・花夜叉: 1回戦敗退
- ・ツケメン: 準優勝(全国出場決定)
- ・ラーメン: 1回戦敗退



図12 試合開始前の立ち合いの様子(闘魂M)



図13 取組み中(左:影武者R)

4.3 全国大会結果

2024年の全国大会は関東、近畿、九州の各地方大会で8位以内に入ったマシンの他に高校生ロボット相撲大会の上位入賞マシン、世界30か国の予選会で上位入賞した招待選手ら合わせて286台が12月7～8日に掛けて両国国技館に集結し、頂点を競う。

地区大会で準優勝した闘魂Mは初戦、Cheetah(ルーマニア)と対戦、しかし作戦送信のために使っていた無線LANシステムが不調で作戦の送信が思うようにいかず遅延行為で反則1本。また数日前から時折発生していた電源の瞬断が試合中に発生し合わせて2本取られ1回戦敗退。闘魂Kは初戦、九州大会ベスト8の薦神零(中津東)と対戦、動き回ってブレードが微かに浮くのを抑えるために最小限の動きで相手マシンをブレードに載せてCdSセンサで相手が載った事を確認した上で押し出すという横綱相撲で相手を一蹴(図14)。2回戦はルーマニアに勝利した佐野工ガイア(大阪佐野工科高校)にも同様の立ち回りで勝利。3回戦はCharizard(ブラジル)と対戦、同様の勝ちを狙いにいったが駆動系の不調で相手の動きに追従できず横腹を掃われて飛ばされる。2本目は相手の動きに合わせて正面で受けるもブレードが不利な状態となり力負け、結果ベスト16で無念の敗退。

他マシンも1回戦敗退となり今年の最高位は闘魂K

のベスト16という結果で幕を閉じた。来年はさらに高みを目指したい(図15)。



図14 作戦送信中の闘魂K



図15 大会終了後の集合写真

5. おわりに

継続は力なり。12年前の参加当初は地方大会で1勝もできず、高校生にも負けるなど悔しい思いをしてきた。なぜ負けたのか？相手と何が違うのか？分析を重ね、同じ轍は踏まないようにと改善し、来年の大会に臨む。来年に向けて少しでもレベルアップする。という事を目標に愚直に12年間継続してきた。ここ数年でその地道な改善の種が実りつつあり、勝率が上がりはじめ、全国大会にも安定して参加できるレベルになってきた。しかし全国大会ではまだまだ1回戦2回戦で負ける事も多く対戦を通じて学ぶ事は終わらない。

ロボット製作はメカ、エレキ、ソフトと当社の製品開発においても必要な要素が全て含まれており、業務では体験できない自分の専門外の分野についても楽しみながら体験し学ぶ事ができる優秀な教材であると言える。もし本稿を読み、少しでも興味を持つ方がいたら気軽に連絡を貰えると幸いに思う。

最後に本活動をここまで継続してやってこられたのもアイシン技術会のバックアップ、同じ志を持った仲間達、本活動への参加を応援してくれる家族の理解あつてのものであり、この場を借りて感謝したい。

※紙面では迫力が伝わりにくいいため、インターネットで「全日本ロボット相撲」と動画検索して是非ご覧ください。

筆者



松井 智和

解析技術部 第1CAE開発室
流体解析技術開発業務に従事

「アイシン技術会」の紹介：

「会員相互の交流と親睦の和を広め、技術の高揚と視野の拡大を図ること」を目的とし、【組織の枠を超えた技術交流】と【幅広くアイデアに挑戦する場】を創造する会となっています。

現在は本投稿にある「ロボット企画」をはじめ、「講演会」「見学会」「会員だより」「SDGs推進」「モータースポーツ」など、さまざまな行事委員が活動しています。

皆さんもぜひ一緒に活動してみませんか？

アイシン技術会事務局連絡先：aitechs@rd.aisin.co.jp

アイシンにおけるペロブスカイト太陽電池開発

岡本 朋也
Tomonari Okamoto
遠山 智之
Tomoyuki Toyama
市川 真也
Shinya Ichikawa

木村 豪
Tsuyoshi Kimura
能地 康德
Yasunori Noji
日比野 洋
Yo Hibino

高橋 国男
Kunio Takahashi
鈴木 晃
Akira Suzuki
中島 淳二
Junji Nakajima

概要

アイシングループは、カーボンニュートラル社会の実現に向けて、様々な取り組みを推進している。中でもペロブスカイト太陽電池(Perovskite Solar Cell, 以下PSCと略記)は、軽量で薄く曲げることも可能であり、これまで取り付けることが難しかった既設工場の壁面や重量制約のある屋根面に装着でき、オンサイトでクリーンな電力エネルギーを供給できる可能性を秘めている。そのため、多くの製造工場を持つアイシンが2035年度に生産カーボンニュートラルを達成するうえで、非常に重要な技術と捉えている。本稿では、アイシンにおける現在のPSCの開発状況について紹介する。

1. はじめに

1.1 アイシンにおける製品、ビジネス展開

アイシンでは、カーボンニュートラル実現に向けたシナリオを策定し、グローバルでの生産CO₂は2030年に2013年比で50%削減、2050年に100%の削減を目標としている。

さらに、昨今の市場要請・競争力の観点から生産CO₂のカーボンニュートラル実現時期の早期化に向け、図1に示すように、生産技術の革新や日常改善による省エネの推進、再生可能エネルギーの導入拡大など、取り組んでいるさまざまな活動を加速している。

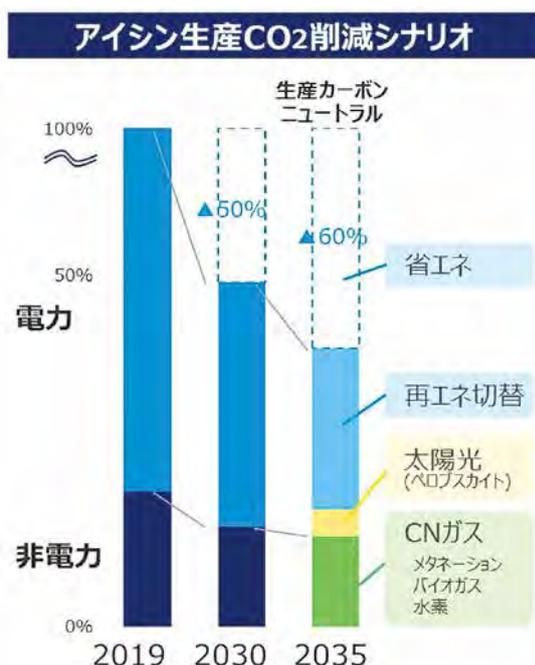


図1 アイシンにおける生産CO₂削減シナリオ

また、図2に示すようなクリーンエネルギーインフラと車両向けデジタルサービスを融合した新しいビジネスモデルを展開することで、エネルギーバリューチェーンビジネス事業の確立を目指している。

これらのビジネス展開を目指す中で、再生可能エネルギーの一端を担うべく、軽量で屈曲性を持つPSCを開発し、建屋屋根での発電、建屋壁での発電、車両での発電に活用、水素生成器での水分解や充電ステーションでの各種電動車への充電、大規模蓄電池への蓄電といった、各種エネルギーインフラの駆動源とすることで新しいビジネスモデル確立への貢献を目指していく。



図2 エネルギーバリューチェーンビジネスへの展開

1.2 モビリティへの展開

カーボンニュートラル技術で地球に優しいモビリティ社会づくりに貢献する為、弊社ではPSCのモビリティ搭載の重要性を発信している。

最近では、再生可能エネルギーからの電力供給を想定した電動化の動きが進み、太陽電池のモビリティ搭載が注目され、各研究機関や企業において開発競争が活発

に繰り広げられるようになってきている。また、電動車の急速な増加によるインフラ整備も課題であり、それらの課題解決に貢献できる車載用太陽電池の普及が期待されている。PSCモジュールは曲げることも可能であり、搭載部位の3D曲面への追従性向上に期待でき、従来まで取り付けが困難な部位への搭載が可能となる。(図3)

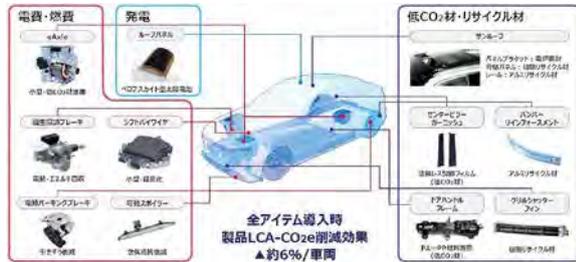


図3 カーボンニュートラル技術のモビリティへの展開

1.3 アイシンにおける太陽電池開発の経緯

近年PSCがシリコンに代わる次世代太陽電池の本命として注目され、世界中の研究機関や企業において開発競争が繰り広げられている。25年ほど前、1990年代後半からは地球温暖化問題に直面し、再生可能エネルギーへの転換や持続可能な社会への転換が求められるようになった。アイシン精機(現アイシン)では、1998年に有機系太陽電池の代表格である色素増感太陽電池の開発に着手し、現在主流のシリコン型太陽電池に代わる次世代太陽電池の有力候補の一つとして期待された。更には独自で同じ太陽電池の研究を進めていた豊田中央研究所もパートナーに加わり、強力な推進体制で研究開発を進めてきた。その成果として、2003年には世界に先駆け国際会議において、当時では世界初となる大型モジュールを展示する¹⁾とともに、長期耐久試験のデータを発表²⁾し、経済紙の第1面に取り上げられるなど、メディアや世界中の関係者の耳目を集めた。

2004年には、トヨタ夢の住宅「PAPI」(図4)の壁面に、意匠性を高めた「住宅壁モジュール」を納入・設置し、8年間にわたる長期発電動作を確認した。

2005年開催の「愛・地球博」では、トヨタグループパビリオンの回廊に、4色のカラフルな葉っぱ型の太陽電池で発電した電気により、シンボルの蝶が舞うオブジェ(図5)を設置した。



図4 トヨタ夢の住宅「PAPI」

2013年度まで、内閣府の最先端研究開発支援プログラム(略称FIRST)に参画し、東京大学先端研の瀬川教授をリーダーとした産官学のオールジャパン体制で、有機系太陽電池の実用化加速と世界市場獲得に向け研究開発を進めた。その国プロの中間年度に当たる2012年には、全固体型のPSCで10%を超える変換効率の発表がなされ、その後飛躍的なスピードで変換効率を向上していった。それゆえ、多くの色素増感太陽電池研究者がPSC研究に軸足を変えていき、弊社においてもPSC開発に注力していくこととなった。



図5 愛・地球博の葉型太陽電池

2015年には、PSC研究に関するNEDOプロが立ち上げられ、弊社も参画し、産学連携によるPSC研究開発をスタートさせた。

PSCは、透明なガラスや樹脂フィルムを基材とし、透明導電膜、色素増感型でおもに使用される酸化チタンなどのn型半導体層、有機・無機ペロブスカイト層、おもに有機半導体からなるp型半導体層、金属からなる背面電極の積層により構成され、その積層体の厚さはトータル1ミクロン以下という極めて薄いものが溶液塗布方式により作製される。弊社は開発当初から実用サイズへの大型化を考慮して、設備コストや材料の歩留り、成膜速度や凹凸形状への対応などを考慮し、色素増感太陽電池モジュール開発で培われたスクリーン印刷法、自動車部品開発で技術蓄積のあるスプレー塗布法の2種を候補とし開発を進めることとした。

PSCの性能を本質的に支配する有機無機ペロブスカイト層を成膜するスプレー法について、工法・材料の検討を進めた。スプレー霧化方式や原料溶液の組成にさまざまな工夫を施し、欠陥が少なく均質な表面を有するペロブスカイト層の成膜条件を見出した。この成果を活用した大型モジュールを作製し、10cm角サイズで変換効率17%を達成した。さらには24cm角サイズのモジュールで変換効率16%という、実用サイズにおいては世界的に高性能なモジュールを実現し、国際学会やNEDOの成果報告として発表した(図6)。

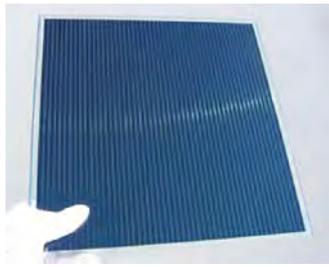


図6 30cm角のPSCモジュール

2. アイシンモジュールの特徴

2.1 モジュール構造

図7にアイシンのPSCモジュールの特徴を示す。

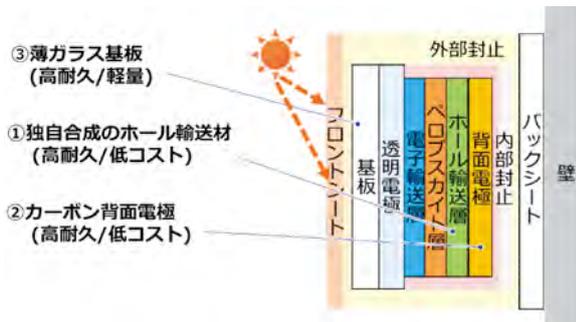


図7 アイシンのモジュール構造

アイシンのPSCモジュールの特徴としては基板から順番に薄膜を形成しているn-i-p構造をとっており、①独自合成のホール輸送材、②カーボン背面電極、③薄ガラス基板の採用が挙げられる。

有機半導体であるホール輸送材は性能と耐久性に関わる重要な材料の一つであり、その耐久性確保が課題となっている。独自合成にあたり、耐久性を確保と合成容易性を考慮した分子構造とすることで、耐久性と低コストの両立を図った。

また、背面電極材料をどのような材料にするかについても社会実装に向けた課題である。研究段階において背面電極には金属薄膜、特に金薄膜を用いることが多いが、大面積に敷設することが多い太陽光発電においてはコストに見合わない。そこで、独自配合のカーボンを利用することで金薄膜と同等の性能を確保するとともに、社会実装にむけコスト低減を目指している。

発電層であるペロブスカイト層は外部空気の侵入により劣化し易いことが知られている。一般的にPSCは薄膜太陽電池であり、屈曲性を持たせられることから樹脂フィルム基板での研究が行われている。しかし、これらの樹脂フィルムではガス透過性の観点から封止性能を高めるのは難しい。弊社では封止性にとって有利であるガラス基板を採用した。さらに、重量と屈曲性確保するため薄ガラスによる検討を進め、軽量性と屈曲性の両立を

目指している。

2.2 低コスト・高耐久性ホール輸送材料開発

アイシンではPSCの効率と耐久性に重要な役割を果たす正孔輸送材料 (HTM) の研究開発を行っている。一般的に使用されている市販品の2,2',7,7'-テトラキス-(N,N-ジ-4-メトキシフェニルアミノ)-9,9'-スピロピフルオレン (spiro-OMeTAD) は十分な導電性と正孔移動度を確保するには、ドーパントとしていくつかの材料 (LiTFSI, FK209, 4-tert-ブチルピリジンなど) が必要になる。我々は色素増感型太陽電池の増感色素合成で培った技術を元にこれまでフタロシアニン、ポルフィリン錯体をベースにしたHTM開発を進めた。さらに、低分子有機半導体でドナー (D)・アクセプター (A)・ドナー (D) 型構造の開発を進めており、単一のドーパントで初期効率が高く出力安定性が高いHTMの開発に成功している。一方で、一部のドーパントは吸湿性およびイオン移動が起こりやすいためペロブスカイト層の劣化を引き起こすことでPSCの長期耐久性に欠点がある³⁾。この欠点を改善するために、ドーパントを添加しない4-((E)-4-(ピス(4-((E)-4-(ジメチルアミン)スチリル)フェニル)アミノ)スチリル)-N,N-ジメチルアニリンをベースとした、MSTPA-1 (図8) と名付けた新しいピラミッド型ドナー-アクセプター-ドナー (D-A-D)⁴⁾型HTMを開発した。

本材料は、コア材料のトリフェニルアミノ基⁵⁾がアクセプター、N,N-ジメチルアニリンがドナーとして機能する。ドナー部分は、コア材料のトリフェニルアミンと炭素-炭素二重結合によって化学的に結合しており、N,N-ジメチルアニリンは、HTM とペロブスカイト界面の親和性に重要な役割を果たす。一方、トリフェニルアミノ基は、正に帯電したキャリアが背面電極に到達するための経路を形成し、高いキャリア抽出機能を有する。

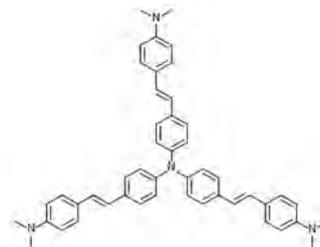


図8 MSTPA-1構造

ドーパントフリーHTMの性能を評価するために、ペロブスカイト材料としてCsFAMAPbI₃を使用した順構造型PSCで検討した。1sun照射条件下では、MSTPA-1を使用したデバイスは1.09Vを超える高い開放電圧 (Voc) で19.6%の電力変換効率 (PCE) を示した (図9)。また、暗所保管時の長期安定性も大幅に向上し、半

年以上にわたって初期効率をほぼ一定に維持している。さらに材料コストはspiro-OMeTADに対して60%低減することに成功した(図10)。

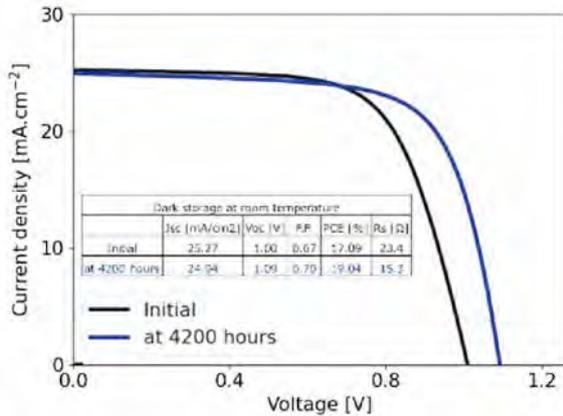


図9 IV特性

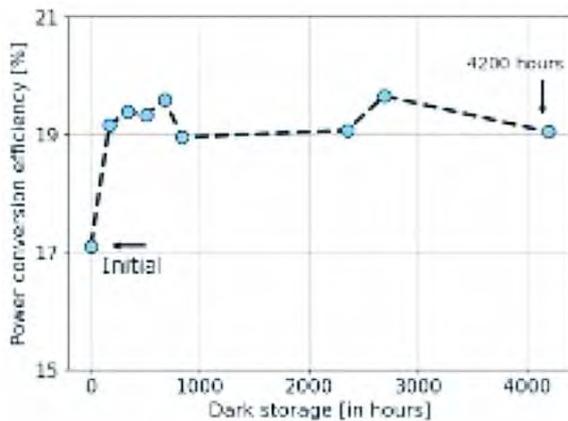


図10 長期安定性

2.3 カーボン電極材料の開発

PSCの性能向上に向けて研究開発で用いられるミニセルサイズ(10mm²以下)の対向電極には高導電性とミニセル製造時の性能安定性から金電極が主に採用されている。しかし、実用化に向けた300mm角サイズの太陽電池モジュールにおいては、2025年度の発電コスト目標20円/kWhをクリアするためにはより低コスト電極材料が求められる。また、金電極は太陽電池モジュールの70℃高温環境下における光発電中に金イオンが溶出しペロブスカイト層を攻撃して太陽電池モジュールの発電性能を著しく低下させる問題が知られている。金属電極の代替として化学的に安定かつ高導電性を有するカーボンナノチューブ等も注目されているが、実用化にはまだ多くの課題がある。

弊社ではこれらの問題解決を目指し、ミクロンオーダーの均一な膜厚の電極が作製可能な塗布工法に適用しており、低コストのカーボンペースト材料に注目し、新たなPSC用カーボン電極材料の開発を材料技術部と連携し材料メーカーと共同で実施した。

PSCの対向電極として求められる主な特性として、受光面に用いられる透明電極同等以上の導電性(約10Ω/□)を十数ミクロンの電極厚さで確保すること、対応電極はペロブスカイト層とホール輸送層の上部に積層成形することから、電極作製時に両者を劣化させないカーボンペーストになるように溶媒選定が重要になる。ペロブスカイト層は水分により分解することから、非水溶媒系でかつホール輸送層を侵さない有機溶媒を過去のデータを基に溶解度パラメータ(ハンセンパラメータ)を用いて抽出し、カーボンフィラーを高分散させられる有機溶媒を実験により選定した。

開発したカーボンペーストは低コストで高導電率を有するミクロンサイズの黒鉛フィラー、黒鉛フィラー間とホール輸送層界面の導電性を担うナノサイズのカーボンブラックとバインダーとなる樹脂成分の3種を最適配合させた。対向電極は優れた生産性が期待できるダイコート工法を用い、高導電率を有する黒鉛フィラーを電流が流れる方向に配向させた電極構造とすることで高い導電性を確保した。

これにより、電極厚み20μm以下でシート抵抗値10Ω/□以下という業界最高水準の導電性を持ち、金電極と比較し1/100以下の低コストカーボン電極材料の開発に成功した。

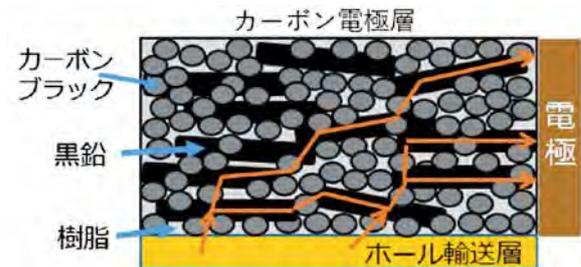


図11 低コストカーボン電極

3. 発電実証実験

3.1 工場模擬壁面における実証実験

PSCにおいて、耐久試験の規格化が十分に進んでおらず、加速試験と実使用における耐久性の知見が十分に得られていない。

そのため、実使用環境下における特性および耐久性を確認することが非常に重要となる。

アイシンでは下記条件下により、屋外暴露状態での発電実証試験を実施した。

設置場所 : アイシン技術センター(愛知県刈谷市)
 パネル : 30cm角パネル試作品
 壁材 : 角波鋼板(白色)
 方位・角度 : 南面・90°

制御方法 :MPPT制御
 試験期間 :2024年4月21日～継続中



図12 アイシン技術センター実証

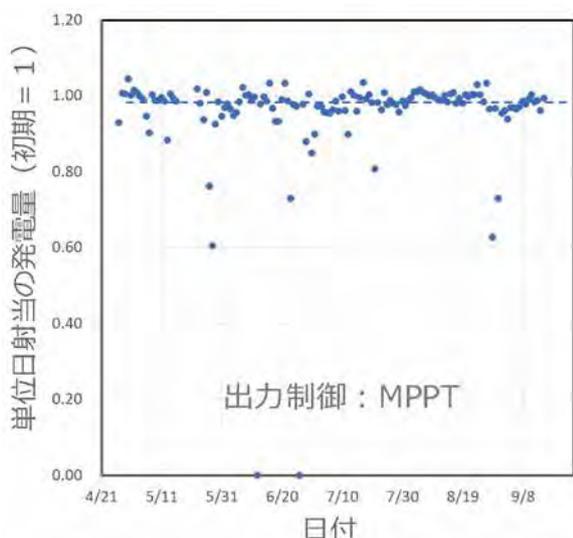


図13 発電実証試験結果

3.2 車載実証実験

各研究機関や企業では、実用化を目指し乗用車のルーフや商用トラックのバンへ搭載し駆動用電力や電装品の電力補助の用途として使用することを想定している。車載用太陽電池は走行時の部分陰等における発電性能の変化へ対応できることが求められており、太陽電池搭載車両による実証が進められている。その中で、NEDOで実証試験を実施した結果において、複数の走行データから太陽電池による発電量により年間7000km以上の走行が可能で、通勤距離10km(往復20km)では充電回数ゼロとなるデータが示され効果が検証されている⁶⁾。

一方、実際の走行パターンとされる住宅街、郊外、山間部、都市部等で発電量が著しく低下するパターンが存在する。弊社のPSCモジュールを使用し愛知県近郊を走行

した際のデータでは、山間部(図14)の木による日陰の影響により発電量が大きく低下しており、トンネル内(図15)、高架下(図16)では僅かな発電量しか得られない状態であることが分かった。



図14 山間部 図15 トンネル内 図16 高架下

この課題に対して日陰等を考慮したモジュール構成や制御開発が必要となる。今後は、車両への導入効果検証、モビリティ搭載を目的とした開発がさらに進むと予測される。

4. おわりに

本稿では、PSC開発に関する最近の活動の一部を紹介した。色素増感太陽電池開発で培った有機系太陽電池製造技術や、錯体・有機半導体の合成技術を活かしてPSCの早期社会実装を実現し、自社工場のカーボンニュートラルのみならず世界のカーボンニュートラルに貢献できるよう、今後も開発を進めていく。

参考文献

- 1) T. Toyoda, et al., Dye Solar Cell Osaka Pre-Symposium (Osaka, Japan, July.25,2003)
- 2) T. Toyoda, et al., J. Photochem. Photobiol. A Chem., 164,203-207(2004)
- 3) Nobuko Onozawa-Komatsuzaki et. al., ACS Energy Materials 2024 7(8), 3082-3090.
- 4) Pham, Hong Duck et. al., Advanced Electronic Materials 2020 6(4), 1900884.
- 5) Hongwei Zhu et. al., ACS Energy Letters 2021 6(1), 208-215.
- 6) NEDO:太陽光発電システム搭載自動車検討委員会 中間報告書(3)(2023.2月)
[\[https://www.nedo.go.jp/content/100961854.pdf\]](https://www.nedo.go.jp/content/100961854.pdf)

筆者



岡本 朋也

先進開発部
 グリーンエネルギー開発室
 PSC開発に従事



木村 豪

先進開発部
 グリーンエネルギー開発室
 PSC開発に従事



高橋 国男
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事



遠山 智之
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事



能地 康德
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事



鈴木 晃
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事



市川 真也
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事



日比野 洋
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事



中島 淳二
先進開発部
グリーンエネルギー開発室
PSC開発に従事

技術論文

皮膚ガスによる蓄積ストレス判定技術の開発と社会実装に向けた取り組み

山口 秀明
Hideaki Yamaguchi
長嶺 昇
Noboru Nagamine

丸山 可那江
Kanae Maruyama
佐藤 敦
Atsushi Sato

久田 伊織
Iori Hisada
藤岡 英二
Eiji Fujioka

概要

うつ病等の労働者の精神障害に係る労働災害件数の増加が大きな社会問題となっている。本稿では、この問題解決に向け開発した蓄積ストレスの判定技術と社会実装に向けた取り組みについて報告する。

1. はじめに

労働者の精神障害等に係る労災請求・認定件数は年々増加する傾向¹⁾にある(図1)。仕事や職業生活に不安やストレスを感じる労働者の割合も60%前後と高い水準を維持¹⁾しており、今後の生産年齢人口の減少が予測されるなか労働者1人にかかる負担の高まりから精神疾患に至る労働者の増加に拍車がかかる可能性も考えられる。日本では「労働者の心の健康の保持増進のための指針²⁾」が策定され、企業はメンタルヘルスクアを積極的に推進することの表明と心の健康づくり計画やストレスチェック制度の実施方法等に関する規程の策定が求められている。なかでも、ストレスチェックは未然予防として実施される指導やセルフケア、職場改善を適切で効果的な内容とするために必要な情報を得る起点となる活動である。現在は職業性ストレス簡易調査票等の質問紙による評価が行われ、義務化対象事業者の90.2%が実施³⁾している状況にある。しかしながら、年に1回の実施⁴⁾に留まっており、メンタルヘルス不調の発症や重症化の予防という観点においては十分な把握頻度とは言い難い。また、恣意的な回答も可能といった自記式アンケートの方式面としての課題やストレス状態下では生理的反応と心理的反応に差異が起こる可能性⁵⁾も報告されており、ストレス状態の把握においては従来の質問紙による主観的把握と合わせ、生体情報を用いた客観的な把握が必要となる。客観的なストレス状態把握として心拍変動や加速度脈波などの生体情報を用いた方法⁶⁾が広く知られているが、これらは急性的なストレス状態(今、ストレスを感じているか)を捉えるものである。メンタルヘルス不調の発症や重症化の未然防止には急

性ストレス状態と重症化した状態の過渡期にある慢性ストレス状態、つまりストレスが蓄積した状態を捉えることが重要である(図2)。現在、この蓄積ストレス状態の把握方法として血液、尿、唾液、毛髪などに含まれる生化学的指標を対象とした研究⁷⁾⁸⁾が報告されているが、本プロジェクトでは日常生活のなかで誰もが気軽に、簡便に計測できることを念頭に新たな生体情報を探索し、皮膚表面から放散する生体ガス(以下、皮膚ガス)を活用した蓄積ストレスの判定技術を開発した。本稿では開発した技術と本技術の社会実装に向けた取り組みについて報告する。



図1 労災請求・認定件数の推移

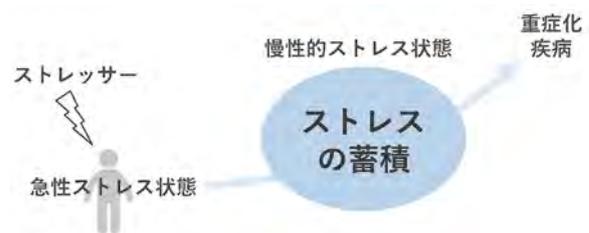
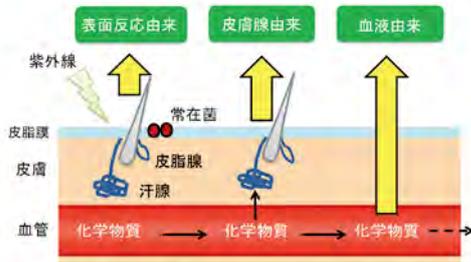


図2 慢性ストレスの把握

2. 皮膚ガスによる蓄積ストレス判定技術

ヒトの皮膚表面からは800種以上のガスが放散しており、その放散経路(図3)は表面反応由来、皮膚腺由来、血液由来の3つに大別⁹⁾される。表面反応由来とは皮膚常在菌による皮脂の代謝などにより産生されるガスの放散経路で、皮膚腺由来は血液中のガス成分が汗腺や皮脂腺を介して放散する経路、血液由来は血液中の成分が揮発して直接的に皮膚から放散する経路である。本技術では常在菌の活動や温熱性発汗など外的要因の影響をうけにくく、生体内の状態変化をより直接的に反映する血液由来の皮膚ガスに着目し、動静脈吻合¹⁰⁾が存在する循環血液量が多い手の平から放散するガスを用いた。また、ストレスの蓄積を捉えることを狙いに起床直後(起床してから30分以内)の皮膚ガスを分析対象とした。この起床直後はストレス指標として広く活用される唾液中コルチゾールの先行研究¹¹⁾にてストレスによってコルチゾール分泌量や分泌の日内周期の変化が出現することが報告されるタイミングである。このタイミングのストレス反応は夜間睡眠という休息期に解消できなかつた蓄積したストレスを反映していると解釈でき、蓄積ストレスの有無の検知に有効であると考えられる。



出典: Sekine, Y, Toyooka S, Watts S. J. Chromatogr. B. 859, 201-207(2007)

図3 皮膚ガスの放散経路

図4に開発した蓄積ストレスの判定技術を示す。本技術は代謝活動指標と血管運動指標からなる二次元マップにてストレス状態を判定する。この二次元マップは体温調節を模擬することを狙いとしたものである。ヒトには生体内の状態を一定範囲内に維持するホメオスタシスという機能があり、体温調節はその代表的なものである。先行研究にてストレスの蓄積により体温調節に異常が起る¹²⁾¹³⁾ことが報告されており、その異常およびその前段階の状態変化がマップ内に反映されるとの仮説に基づく技術となる。二次元マップの縦軸となる代謝活動指標は生体内での熱産生にかかわる指標で、脂質や糖質などの代謝の過程で産生するアセトン、アセトアルデヒド、酢酸を用いて、これら3つのガスの総放散量に対するアセトンの放散量の割合で指標化(式1)した。横軸の血管運動指標は生体内から生体外への熱の移動にかかわる指標で、血管の拡張/収縮、血圧調整に関

連するガスとして報告されるヘキサン酸¹⁴⁾とプロピオン酸¹⁵⁾の両ガスの総放散量に対するヘキサン酸の放散量の割合で指標化(式2)した。

$$\text{代謝活動指標} = \frac{[\text{アセトン}]}{[\text{アセトン}] + [\text{アセトアルデヒド}] + [\text{酢酸}]} \quad \dots \text{式1}$$

$$\text{血管運動指標} = \frac{[\text{ヘキサン酸}]}{[\text{ヘキサン酸}] + [\text{プロピオン酸}]} \quad \dots \text{式2}$$

両指標ともに基礎実験にて同時計測した疲労・ストレススコア(自覚症しらべ評価)と有意な相関関係を認め(代謝活動指標: I 群 r=0.44 p<0.01, V 群 r=0.44 p<0.01/血管運動指標: I 群 r=-0.43 p<0.01, IV 群: r=-0.56 p<0.01, V 群: r=-0.53 p<0.01, 図5), この相関関係から二次元マップ内をストレスのない“ニュートラル領域”とストレスのある“ストレス領域”に区分¹⁶⁾した。図6に1週間毎朝、皮膚ガスを計測した実験の結果例を示す。1週間の変化の代表的なものとして、ニュートラル領域内で変動するパターン、ストレス領域とニュートラル領域を行き来する変動パターン、ストレス領域内で変動するパターンの3つがみられた。ストレス領域に分布する頻度が多い、ストレス領域に連続して分布するほどストレスの蓄積が亢進しやすい状態にあると解釈でき、日々計測することにより重症化する前の予兆を捉えることができると考えられる。また、二次元マップ内での経日変動量をパラメータ化することで、企業で広く利用される職業性ストレス簡易調査票にて重症化の予備群となる高ストレス者(ストレス蓄積者)の抽出基準に用いられるB得点とA+C得点を推定することができる可能性¹⁷⁾も得られており(図7)、マップ内の分布位置と経日変動量からメンタルヘルス不調の発症や重症化の未然予防につながる状態変化を早期に把握できることが期待できる。現在、データのN増しを進め判定ロジックの最適化を図っている。

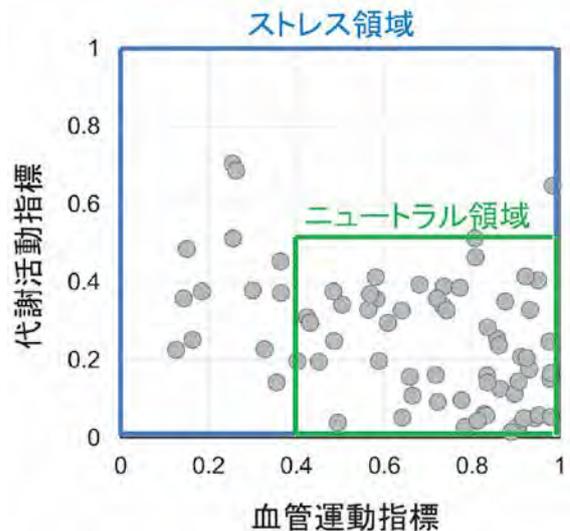


図4 状態判定の二次元マップ

3. 社会実装に向けた取り組みについて

開発した皮膚ガスによる蓄積ストレス判定技術を企業で実施する従業員のメンタルヘルス対策に活用することを目指している。この実現には大きく2つの課題があり、1つは技術で解決する課題、もう1つはサービスの工夫で解決する課題で、その解決に向けた活動を進めている。

3.1 技術で解決する課題

上述の通り、本技術は起床直後の皮膚ガスを分析しストレスの蓄積を判定しているが、皮膚ガスの放散量は微量で、かつ代謝活動指標、血管運動指標で用いるガス成分はppbレベルの低い濃度である。そのため、現状はパッシブ・フラックス・サンプラー法¹⁸⁾(キャップ内に設置したガス捕集材でガスを吸着、以下PFS法)にて1時間の計測(ガス捕集)を行い、計測後の捕集材をガスクロマトグラフィーという専用のガス分析装置にて各ガスの放散量を定量(図8)することで二次元マップのどこにプロットされる状態にあるかを判定する。

従来技術の唾液や尿などの計測に比べると心的負担なく簡便な計測ではあるものの、リアルタイム性がなく、日常生活のなかで誰もが気軽に簡便に計測できるというコンセプトとの隔りがある。また、支援対象となる労働者の平日の朝の1時間を計測に費やすこともサービスの利便性低下につながる。そこで、図9に示すようなデバイスに手を10秒程度のせることで、二次元マップ(図4)のどの位置の状態であるかを短時間に、リアルタイムに判定できる技術の開発を進めている。この短時間判定技術では水晶振動子方式の感応膜センサを活用している。このセンサは匂い成分を吸着すると電気信号の出力値が変化する特徴がある。吸着するガス成分が異なる複数のセンサを用いてデバイスに手をのせた際に得られる各センサの出力信号の組み合わせとPFS法の結果から算出した代謝活動指標値、血管運動指標値との関係を学習させることで、感応膜センサの出力パターンから二次元マップ内の分布位置を予測するモデルを作成する。開発中ではあるものの、感応膜センサの出力値から“ストレスのある状態”と“ストレスのない状態”を分類する予測モデルを作成することができる可能性を得ている(図10)。今後、学習データの蓄積を進め分類精度を高めつつ、マップ内のどの位置であるかを推定できる予測モデルにつなげていく。

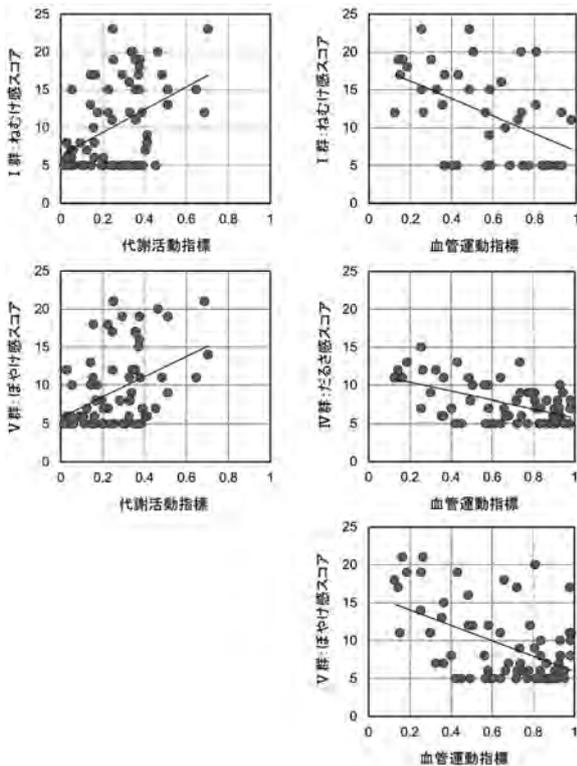


図5 皮膚ガス指標とストレススコアの関係
左:代謝活動指標、右:血管運動指標
(被験者12名, n=72)

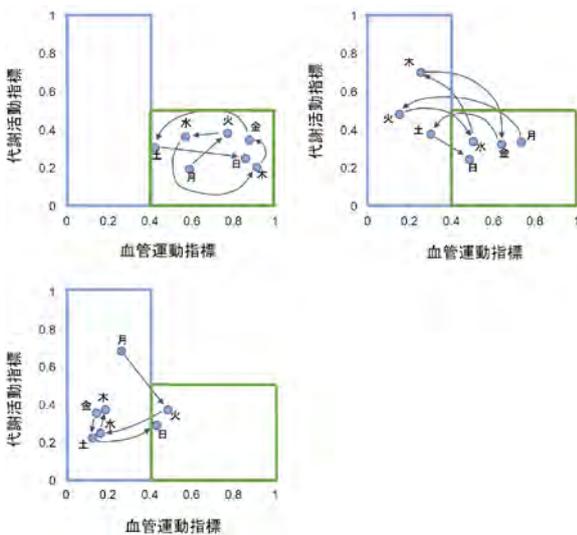


図6 皮膚ガス指標の経日変化

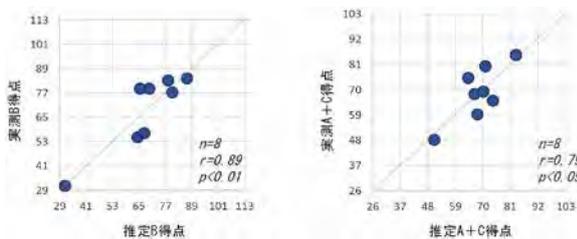


図7 職業性ストレス簡易調査票の判定基準と皮膚ガス指標との関係

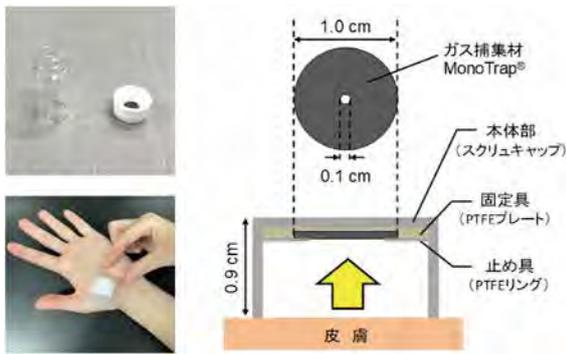


図8 パッシブ・フラックス・サンプラー法



図9 短時間判定

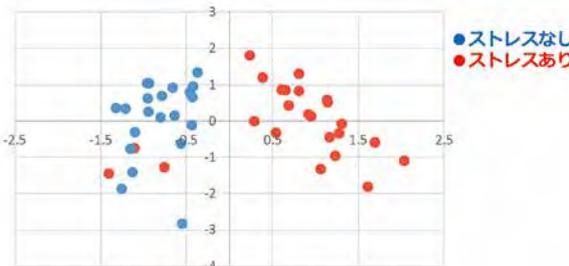


図10 感応膜センサ値によるストレス状態の分類

3.2 サービスの工夫で解決する課題

企業向けのメンタルヘルス対策支援サービスは従業員の健康管理部署がサービスの良し悪しを判断した後に導入・運用し、導入されたサービスをメンタルヘルス不調の予防／改善手段として従業員が利用する構図となる。予防／改善効果を得るためには“継続（習慣化）”が重要な要素となるが、企業向けの支援サービスで効果を得るためにはサービスの導入・運用を担う健康管理部署と予防／改善手段として利用する従業員の双方が“継続利用したいサービス”であると感じることが必要で、どちらか一方の継続利用意欲の低下が予防／改善効果の低下、支援サービスとしての事業の持続性の低下につながる。両者の“継続利用したい”に影響する因子（判断基準）には差異があることが推測される。この差異を把握し、その差異をうめるための蓄積ストレスデータの活用の在り方を明らかにすることを目的とし、アイシンを想定顧客とした社内実験での検証を行っている。この

社内実験ではメンタルヘルス不調の予防／改善サービスをすでに企業に提供しているIntellect Japan社と連携し、Intellect Japan社独自の心理評価とアイシンの皮膚ガスによる生理評価の両面からストレス状態を捉える機能と両社の独自ケア（Intellect Japan社：カウンセリング／コーチング、マインドフルネスなどのアプリプログラム、アイシン：仮眠支援）をセットにした仮のサービスを作成し、健康管理部署として安全健康推進部、人材組織開発部、技術管理部の3部署に、メンタルヘルス不調の予防／改善手段として利用する従業員20名に仮サービスを利用してもらった後にヒアリングを実施し、両者の判断基準の差異の分析、蓄積ストレスデータの活かし方を検討する（図11）。この社内実験は事前検証、一次検証、二次検証と3期にわけ実施し、一次検証が完了した状況にある（12月時点）。今後の二次検証での詳細分析を通して、健康管理部署と従業員双方の継続利用意欲を高める（持続的な事業になる）サービスにつながる知見を得ていく。

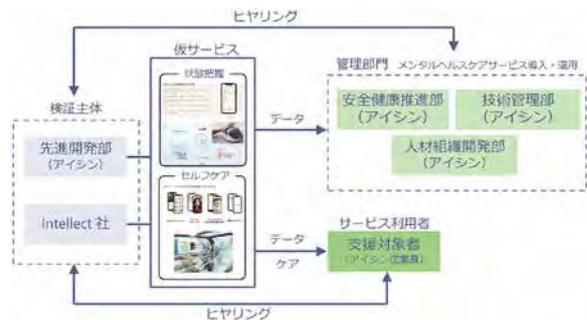


図11 社内実験の体制

4. おわりに

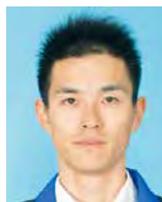
本プロジェクトは皮膚ガスによる蓄積ストレスの判定ロジックという基礎技術開発と蓄積ストレス状態を短時間に判定する応用技術開発、継続利用意欲を高めるサービス開発といった異なるフェーズの活動を並行して進めている。基礎技術開発では東海大学の関根嘉香教授の指導のもと技術レベルを高めながら、新たなストレス検知手法として学会発表や論文投稿にて関連する学術界への技術提案を行っている。技術提案においては広報部と連携し、本プロジェクトの社外アピールも図っている。応用技術開発では解析技術部、デザイン部との連携で短時間計測デバイスの設計仕様の明確化を進めている。サービス開発では安全健康推進部、人材組織開発部、技術管理部の3部署との連携に加え、ものづくり人事部、新事業創出部、DXプラットフォーム部などさまざまな部署に被験者や実験環境整備の協力を得ている。このように本プロジェクトは多くの関係者との連携に支えられ、様々な視点や専門知識の融合によって成果を

上げている。これまでの／これからの活動での成果を
たちにして社会実装を実現し、労働者のメンタルヘルス
課題の解決につなげていきたい。

参考文献

- 1) 厚生労働省:第1章こころの健康を取り巻く環境とその現状,令和6年版厚生労働白書.
- 2) 厚生労働省: 職場における心の健康づくり～労働者の心の健康保持増進のための指針～.
- 3) 厚生労働省: ストレスチェック制度の実施状況, 令和3年.
- 4) みずほリサーチ&テクノロジー株式会社: ストレスチェック制度の効果検証に係る調査等事業報告書, 2022(令和4)年3月.
- 5) 大平英樹: 慢性ストレスと意思決定, ストレス科学研究28, 8-15(2023)
- 6) 松本佳昭, 森信彰, 他: 心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究, ライフサポート Vol.22 No.3(2010)
- 7) 田中喜秀, 脇田慎一: ストレスと疲労のバイオマーカー, 日薬理誌137, 185-188(2011)
- 8) 菅谷渚, 井澤修平, 野村取作: 新しいストレス評価法としての毛髪・爪コルチゾールの妥当性, Hpn J.Psychosom Med 61, 496-505(2021)
- 9) 関根嘉香: 皮膚ガスのはなしー体臭は心と体のメッセージー, 朝倉書店, 88-91(2024)
- 10) 平田耕造: 動静脈吻合(AVA)血流と四肢からの熱放散調整, 日生氣誌 53(1), 3-12(2016)
- 11) Daly, M., Delaney, L., Doran, P. P., & MacLachlan, M.: The role of awakening cortisol and psychological distress in diurnal variations in affect, A day reconstruction study. Emotion 11(3), 524-532(2011)
- 12) 中村和弘: ストレス性体温上昇の神経機序, Jpn J. Psychosom.Med. 60, 203-209(2020)
- 13) 岡孝和: 心理的ストレスは慢性疲労症候群患者の微熱に関与する, Jpn J.Psychosom Med. 53, 993-1000(2013)
- 14) Liu HM, Lin X, Meng XH, et al.: Integrated metagenome and metabolome analyses of blood pressure studies in early postmenopausal Chinese women, J.Hypertens 39(9):1800-1809(2021)
- 15) Pluznick JL.: Renal and cardiovascular sensory receptors and blood pressure regulation, Am. J.Physiol. Renal Physiol. 305, 439-444(2013)
- 16) 山口秀明, 丸山可那江, 藤岡英二, 関根嘉香: 皮膚ガスによるストレス状態の検知, ストレス科学39(1), 37-45(2024)
- 17) 山口秀明, 丸山可那江, 藤岡英二, 関根嘉香: 高ストレス者の早期把握に向けた皮膚ガスによるストレス蓄積検知技術, 第97回日本産業衛生学会抄録集(2024)
- 18) Kimura K, Sekine Y, Furukawa S, et al.: Measurement of 2-nonenal and diacetyl emanating from human skin surface employing passive flux sampler-GCMS system, J.Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. 1028, 181-185(2016)

筆者



山口 秀明

先進開発部 新事業企画2グループ
ヒト状態判定・状態変容技術の開発に従事



丸山 可那江

先進開発部 新事業企画2グループ
ヒト状態判定技術の開発に従事



久田 伊織

先進開発部 新事業企画2グループ
ヒト状態変容技術の開発に従事



長嶺 昇

先進開発部 新事業企画2グループ
ヒト状態判定技術の開発に従事



佐藤 敦

先進開発部 新事業企画2グループ
ヒト状態判定技術の開発に従事



藤岡 英二

先進開発部 新事業企画2グループ
ヒト状態判定・状態変容技術の開発に従事

技術論文

車体スリップ角低減に着目した 後輪操舵システム

福川 将城 Shogi Fukukawa
 藤田 好隆 Yoshitaka Fujita
 土屋 義明 Yoshiaki Tsuchiya
 山本 拓哉 Takuya Yamamoto

概要

近年、後輪操舵(4WS)は、BEVのホイールベースを延長するためのソリューションとして、また大きな操舵角システムを備えた運転手用車両のために広く採用されている。中速域では、このシステムはヨー応答を改善するために一般的に使用されている。今回は、中速域で車体のスリップ角が正であることに着目し、それを減少させ車体を進行方向に合わせることで運転性が向上する可能性があると考えた。実車を使用してその有効性を確認するだけでなく、ドライバーの特性についても調査を行ったので報告する。

1. まえがき

1980年台に製品化された後輪操舵(以下4WS)は、2000年台後半に欧州を中心に採用が拡大してきた。2012年には国内でも復活するが一部車種に限定して採用されるにとどまっていた。近年になり電動車のホイールベース延長に伴う回転半径拡大への対策や後席の快適性を狙いとした大舵角後輪操舵システムの採用が広がりはじめている。

これまでの後輪操舵は

- ・低速: 最小回転半径短縮
- ・低速: 取り回し性向上
- ・中速: 操舵応答向上(ヨー応答)
- ・高速: 車両安定性向上(車両姿勢)

を狙いとしたが、後輪操舵は車体スリップ角(車両姿勢)とヨー応答のどちらか一方しか実現できず、もう一方は自動的に特性が決まってしまう為、車両姿勢とヨー応答それぞれをつなぐ車速域では明確に目標を定めることが困難であった。今回、低速から高速まで車体スリップ角に着目して検討を行い、運転のし易さに繋がる知見を得た。ドライバー特性も併せて調査した結果を報告する。

2. 車両のシステム構成と後輪操舵制御則

本章は、対象となる車両のモデル式および制御のシステム構成とその制御定数設定の考え方を示す。対象とする前後輪操舵の車両を式(1)~(4)のような線形二輪モデル¹⁾で示す。

$$mV \left(\frac{d\beta}{dt} + \gamma \right) = -2K_f \alpha_f - 2K_r \alpha_r \quad (1)$$

$$I_z \frac{d\gamma}{dt} = -2l_f K_f \alpha_f + 2l_r K_r \alpha_r \quad (2)$$

$$\alpha_f = \beta + \frac{l_f}{V} \gamma - \delta_f \quad (3)$$

$$\alpha_r = \beta - \frac{l_r}{V} \gamma - \delta_r \quad (4)$$

ただし、各パラメータは次の通りである。

- m : 車両重量[kg],
 - V : 車体速度[m/s],
 - β : 車体スリップ角[rad],
 - γ : ヨーレート[rad/s],
 - I_z : ヨー慣性モーメント[kgm²],
 - α_f, α_r : 前後輪スリップ角[rad],
 - l_f, l_r : 重心-前後車軸間距離[m],
 - δ_f, δ_r : 前後輪操舵角[rad],
 - δ_{MA} : ステアリング角度[rad]
 - k : ステアリングギア比,
 - K_f, K_r : 前後輪コーナリングステイフネス[N/rad]
- 本制御のシステム構成を図1に示す。

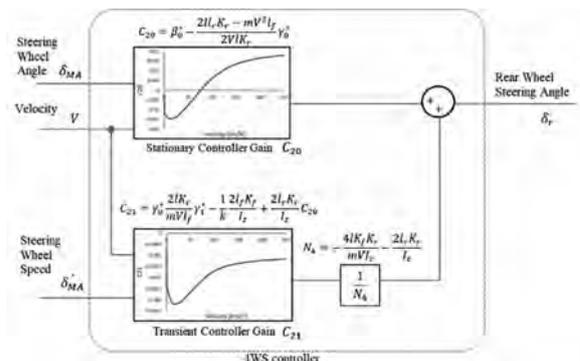


図1 4WS制御システム図

前後輪のステア角は式(5), (6)となる。

$$\delta_f = \frac{1}{k} \delta_{MA} \quad (5)$$

$$\delta_r = \left(C_{20} + \frac{s}{N_4(s)} C_{21} \right) \delta_{MA} \quad (6)$$

C20は操舵角度に対する定常ゲイン, C21は操舵角速度に対する過渡応答ゲインで各車速に対するマップとしている。車体スリップ角ゲイン定常項(以下 β_0^*), ヨーレートゲイン定常項(以下 γ_0^*), ヨーレートゲイン過渡項(以下 γ_1^*)を設定する事でC20, C21が求まる。

$$C_{20} = \beta_0^* - \frac{2l_r K_r - mV^2 l_f}{2V l_r K_r} \gamma_0^* \quad (7)$$

$$C_{21} = \gamma_0^* \frac{2l_r K_r}{mV l_f} \gamma_1^* - \frac{1}{k} \frac{2l_f K_f}{I_z} + \frac{2l_r K_r}{I_z} C_{20} \quad (8)$$

ただし, β_0^* と γ_0^* には式(9)の関係があり, β_0^* を減少させると γ_0^* は増加する関係にある。また式(7)に(9)を代入すると式(10)を得る。本検討では本式を用いてC20を算出した。

$$\gamma_0^* = \frac{2V l_r K_f}{2l_f K_f + mV^2 l_r} \left(\frac{1}{k} - \beta_0^* \right) \quad (9)$$

$$C_{20} = (1 + a) \beta_0^* - a * \frac{1}{k} \quad (10)$$

$$a = \frac{K_f 2l_r K_r - mV^2 l_f}{K_r 2l_f K_f + mV^2 l_r}$$

図2に従来の4WSの目標特性の内, β_0^* を2WSとの比較で示す。各車速における車両特性の狙いは以下である。

- ①微低速:最小回転半径短縮
- ②低速:取り回し性向上
- ③中速:ヨー応答の向上
- ④高速:車両安定性向上

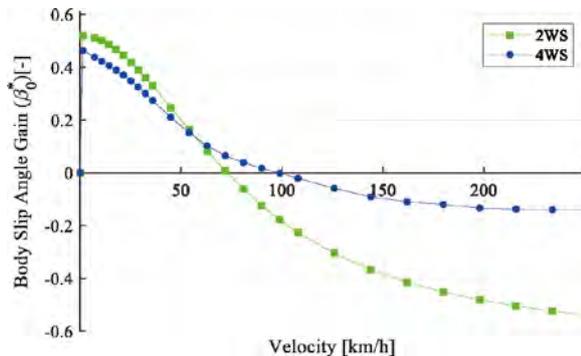


図2 車体スリップ角ゲイン特性

3. 車体スリップ角の検証

3.1 車体スリップ角の適値

図3に β_0^* の適値について検討した結果を, 2WSとヨー応答の向上を目的とした市販車との比較で示す。試験は交差点を含む市街地路とワインディングを20~

80km/hで走行し, 10km/h毎に β_0^* を変更して行った。評価は定常旋回中の運転のしやすさについてコーナーの見えやすさ, 舵の合わせやすさの観点から実施した。結果, 特に40km/h以下では自転感が生じたり, 旋回中に内側に寄り過ぎる感覚でステアリングを戻す操作が必要になるなど β_0^* を過度に小さくすると違和感が発生し, β_0^* に適値が存在することがわかった。

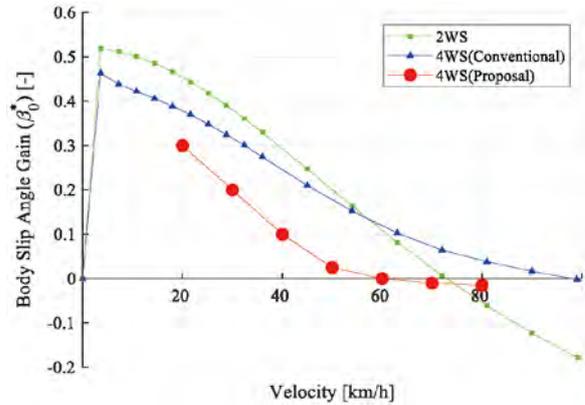


図3 車体スリップ角ゲイン調査結果

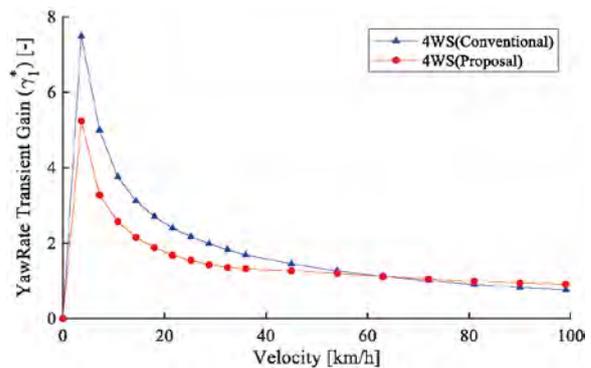


図4 ヨーレート過渡ゲイン適合結果

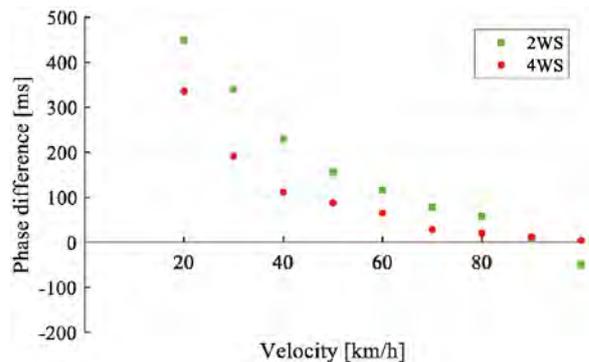


図5 ヨーレートと横Gの位相差

次に操舵の過渡域で自然なフィーリングを達成するため, 微低速域で横Gとヨーレートの関係性を線形化することで違和感解消を達成したとする文献[3]を参考に γ_1^* を適合した結果を図4に示す。図3と図4の特性とした車両で, レーン幅3.5m内で0.3Hzの正弦波入力時の横Gとヨーレートの位相差を測定した結果を図5に示す。位相差は2WSに対し低速程大きく, 30km/hで約150ms低減した。

3.2 目標車両特性

図3と図4を基本にシステム最大切れ角10degとし、図2の低速と高速を採用した車両特性を図6~9にシステム特性を図10, 11に示す。特徴は、 $\beta 0^*$ の低下(図6)によって定常特性の逆相操舵量が大きくなっていることであり、30km/hでは市販車の約2.3倍と増加(図10)した結果、交差点右左折では6deg以上の切れ角となる。

同様に $\gamma 0^*$ も増加し、30km/hでは市販車の約1.2倍となる。

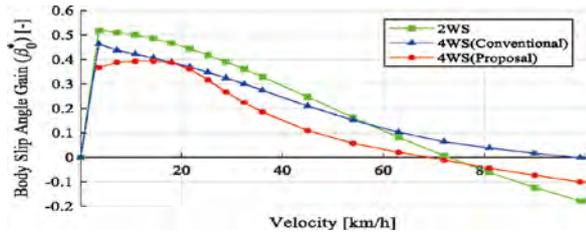


図6 車体スリップ角ゲイン特性

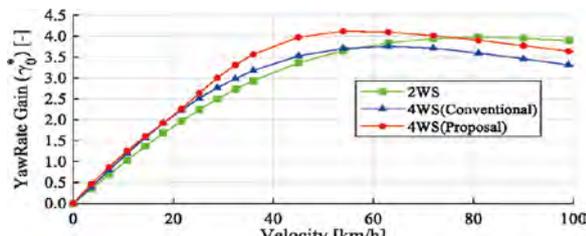


図7 ヨーレートゲイン特性

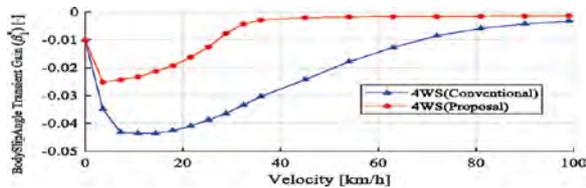


図8 車体スリップ角過渡ゲイン特性

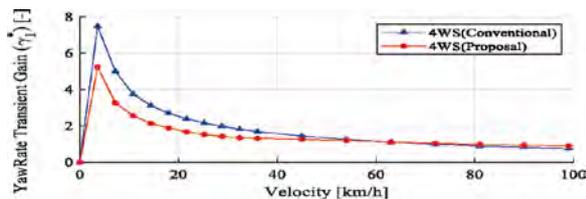


図9 ヨーレート過渡ゲイン特性

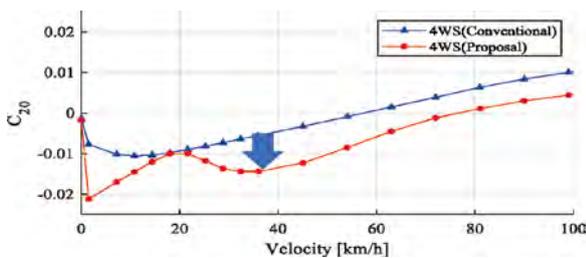


図10 C20マップ

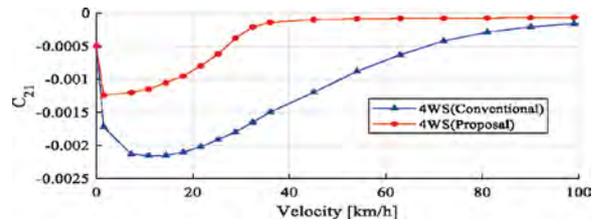


図11 C21マップ

4. 様々なドライバーによる評価

4.1 ドライビングシミュレータによる検証

様々なドライバーによる検証を目的にドライビングシミュレータを使った比較映像を図12に示す。R35左コーナーを30km/hで走行した際の車体スリップ角は2WS:2.4degに対し4WS:1.2degと低減し、視覚上もその違いは認識できる。しかし、操舵フィーリングが実車と大きく異なるため運転のし易さの評価は難しいと考えた。

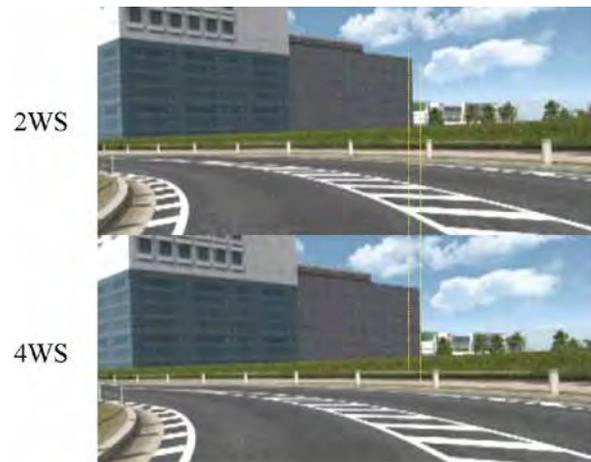


図12 運転中の車両前方映像

4.2 操舵フィーリングの影響

実車での評価を行う場合、操舵トルクが非常に大きい影響を与えることがわかっている。今回操舵トルクの影響を極力排除するため、2WSと4WSの操舵フィーリングが同じとなるよう以下項目のEPS定数を変更した。

- ① 入力トルクアシストトルク特性
- ② ステアリング減衰特性
- ③ 舵角/トルクのヒステリシス特性
- ④ ハンドル戻り特性

変更後の操舵トルクとヨーレートの関係を図13~図16に示す。30km/h, 60km/h共に2WSと4WSの特性をほぼ同一にすることができた。

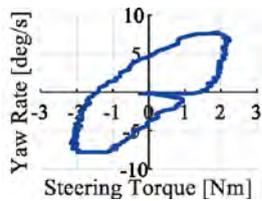


図13 2WSステア特性 (30km/h)

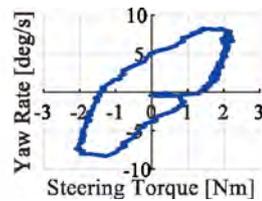


図14 4WSステア特性 (30km/h)

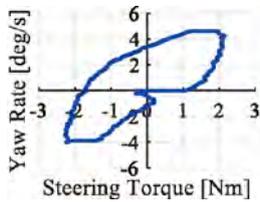


図15 2WSステア特性 (60km/h)

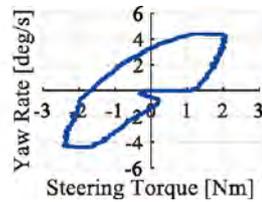


図16 4WSステア特性 (60km/h)

4.3 実車評価結果

運転歴の浅いドライバーからエキスパートまで様々な運転レベルの方に試乗してもらい運転のし易さを評価してもらった。なお、参加者には実験前に実験内容および個人情報保護について説明を実施、評価目的の理解と同意を得たうえで実験を実施している。

評価方法は、予め定めた市街地路(MAX40km/h)、ワインディング路(MAX70km/h)を走行してもらい、どちらが運転しやすいかのみをコメントしてもらうことにした。ただし試乗前に条件(2WS, 4WS)は知らせず、順序もランダムとした。集計結果を表1に示す。運転スキルの高いドライバー(以下上級者)は全員4WS > 2WSで、スキルが高い程4WSの評価が高かった。逆に運転歴の浅いドライバー(以下、初級者)は 全員4WS < 2WSで評価が逆転した。尚、車体スリップ角が2WSと4WSで違うことに気づいたドライバーは初級・上級者ともに皆無であった。

表1 実車評価結果

運転スキルレベル	評価数	評価結果
Expert	4	2WS << 4WS
Advanced	59	2WS < 4WS
Intermediate	29	2WS < 4WS
Beginner	17	2WS > 4WS

5. 運転し易さの解析

5.1 ドライバー視線の計測

初級者と上級者に対して、それぞれの評価結果の要因を解析するため、図17に示すアイカメラに6軸センサーを装着し、ドライバーのしている景色と視線、頭部の運動も同時に測定した。表2にアイカメラの仕様を示す。車両に対する視線と頭部の回転角度演算ブロックを

図18に示す。

表2 アイカメラ仕様

Item	Specification
Eye Camera Sampling rate	200Hz
Data recording Sampling rate	120Hz
View Camera Sampling rate	30Hz
Resolution	1280*720

3-axis gyroscope and 3-axis accelerometer

view camera

eye camera

図17 頭部/視線挙動計測システム(著者使用)

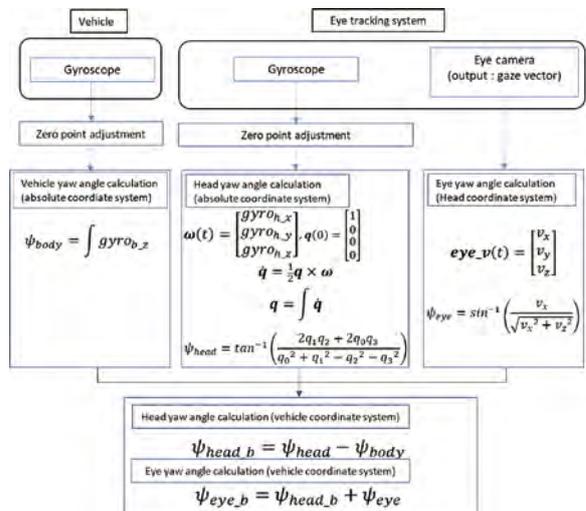


図18 視線角度の算出処理

5.2 初級者と上級者の視線の違い

アイカメラを装着し、ゆるやかな複合コーナー(図19)を2WS状態,30km/hで走行した。第一コーナーは植栽がコース際まで近くにありコーナー奥まで見渡しにくい。第二コーナーでは植栽まで距離があり奥まで見渡しやすくなっている。

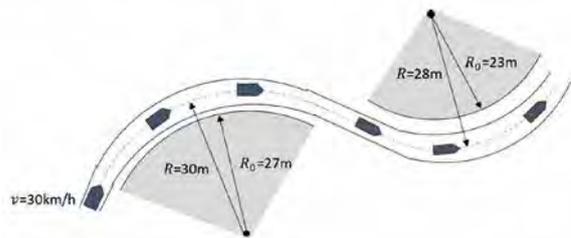


図19 複合コーナー

第二コーナーでのドライバー視点画像(図20)を示す。初級者は目線が近く、上級者は目線が遠いことが確認できる。

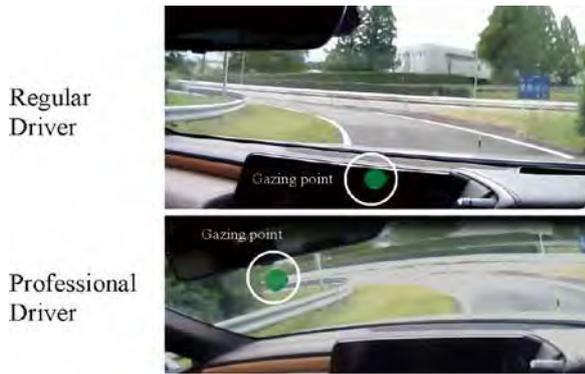


図20 第二コーナーにおける運転者カメラ映像と注視点

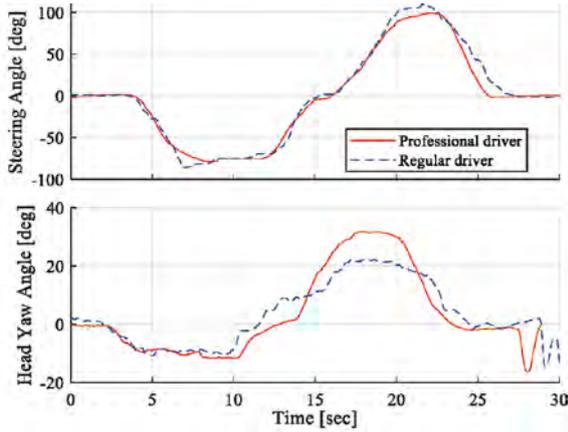


図21 複合コーナー中の頭部ヨー角(2WS)

頭部の角度を図21に示す。第一コーナーでは、植栽によって視界が制限されることで、上級者・初級者はおおよそ同じ角度となっている。第二コーナーでは、上級者は頭部を約30度傾けているのに対し、初級者は約20度と角度が小さい。

更に、上級者はコーナー進入時、操舵開始前に視線が先方であり、旋回中の視線変動も少ないことが分かった。また路面上下入力や旋回時横G等車両の動きに対して景色の変動が小さかった。

5.3 上級者ドライバーにおける2WSと4WSの違い

複合コーナーにおいて上級者ドライバーによる2WSと4WS走行時の比較結果を示す(図22)。頭部に対する視線角度に差はないが、頭部角度が2WSより4WSで約15deg低下していることがわかる。ドライバーは β 0低減により先方を見るための頭部回転角が低減するため見やすく、運転し易いと感じていると考えられる。

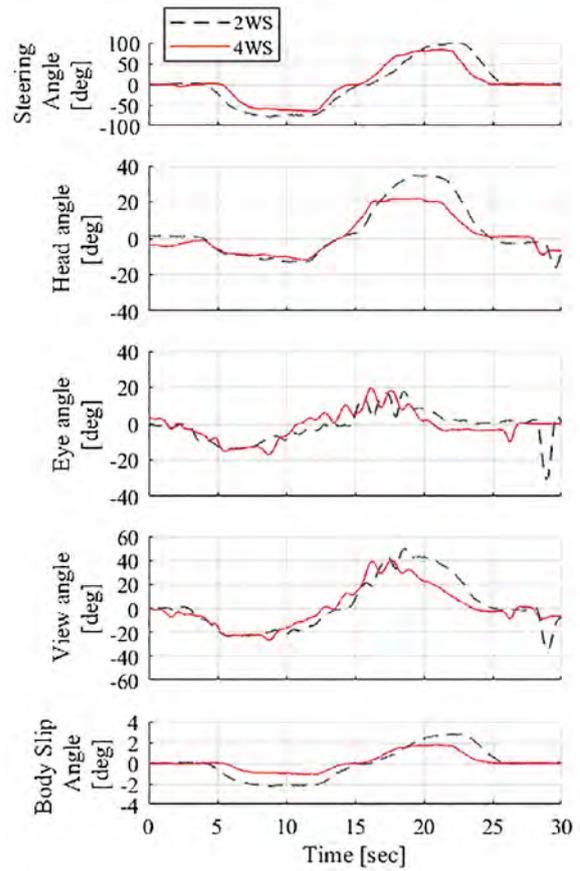


図22 上級者ドライバーの複合コーナーにおける頭部、視線ヨー角の比較(2WS,4WS)

次に90度のコーナー(図23)を2WS,4WSで走行したときの旋回中の上級者ドライバーの景色を示す(図24)。Aピラーの位置の違いから頭部回転角が4WSでは低減していることが分かる。

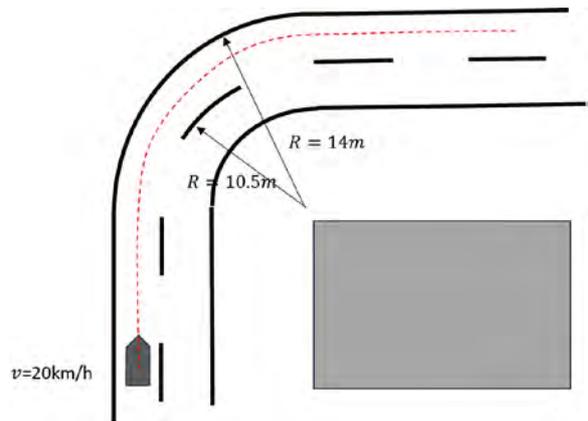


図23 右コーナー

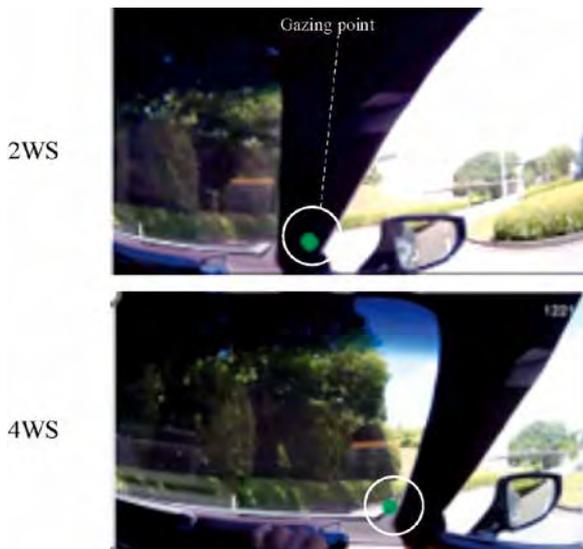


図24 上級ドライバーの注視点と頭部カメラ映像

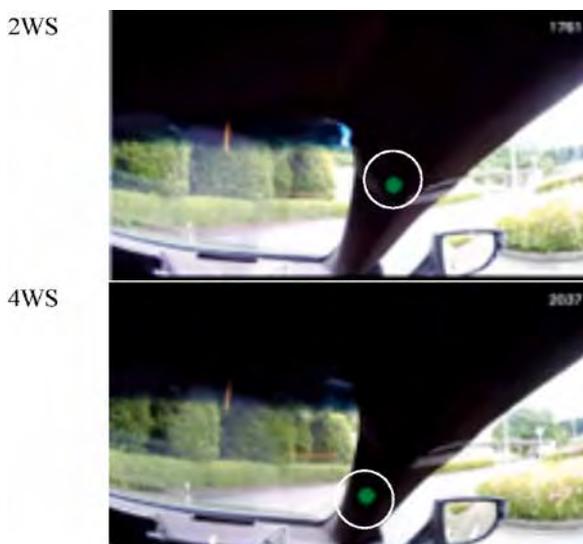


図25 初級ドライバーの注視点と頭部カメラ映像

5.4 初級ドライバーにおける2WSと4WSの違い

初級者は、視線が近く2WSと4WSで頭部回転角は変わらない(図25).そのため、車内の景色変化が小さく、車外の景色変化は大きい。すなわち、 β 0小とすることで操舵による景色変化が大きく、視覚的に運転し難いと感じていると考えられる。

5.5 ヨーレートゲインの高さによる影響解析

初級者が運転し難いと感じる要因として γ 0増加の影響を調査した。図26に市街地路における舵角、舵角速度を評価最初と約30分の習熟走行後のデータを示す。旋回中の修正操舵が減少し滑らかな操舵になっていることが分かる。しかし、運転のし易さの評価は変わらず2WS>4WSであったことから、 γ 0増加の影響はないと考えられる。

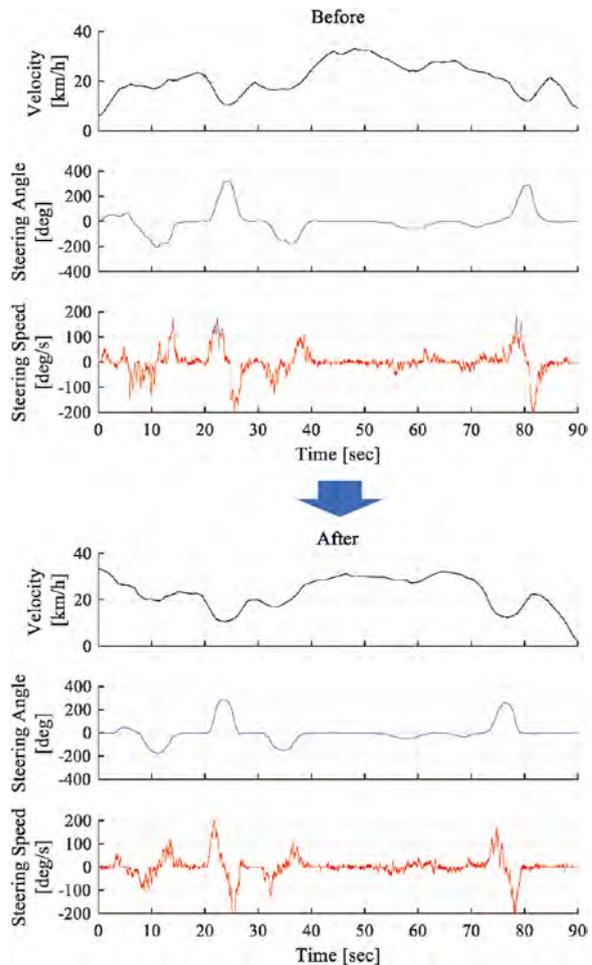


図26 初心者による運転操作

6. おわりに

従来、ヨー応答の向上を狙いとしていた中速域において、今回運転のし易さを狙いとした車体スリップ角を求め、様々なドライバーによる実験を行った。

結果、上級者と初級者では視点の遠近や安定性が異なり、運転し易さの評価が二分される事がわかった。

視点が遠く安定している上級者が運転しやすいと感じているのは、頭部回転角が低減していることが一つの要因であると考えられる。対して視点の近い初級者が運転し難いと感じているのは、背景の変化が大きいためであると考えられる。

今後、初級者も運転し易いと感じる特性を検討する。

参考文献

- 1) 安部 正人: 運動のアクティブ制御と車両の運動, 自動車の運動と制御 第2版, 東京, 東京電機大学出版局, 2015, p.223-251
- 2) リンピバンテンティエラワット他: ドライバ快適性と車両安定性を両立した前後輪操舵システムの開発, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.20125082, (2012)
- 3) 永井 陽平, 土屋 義明: 低速時の小回り性と自然な操舵フィーリングを両立した大舵角後輪操舵 システムの開発, 自動車技術会学術講演会予稿集, No.20206326, (2020)



福川 将城

解析技術部 第1モデルベース開発室
4WSシステム開発に従事



土屋 義明

走行安全第2制御技術部
4WSシステム開発に従事



藤田 好隆

トヨタ自動車(株)
第2シャシー開発部
シャシー制御基盤強化室
車両運動統合制御開発に従事



山本 拓哉

走行安全第2制御技術部
シャシー制御開発室
4WSシステム開発に従事

人工知能の説明性と不確かさの統一理解に向けて

仲村 佳悟
Keigo Nakamura

概要

AIの信頼性を確保するために説明可能性AI(XAI)の手法が数多く提案されてきたが未だ万能なXAIは存在していない。説明可能なAIを様々な分野でより効果的に適用するためには「説明」自体の性質を理解することが重要である。本稿では信頼性が重要な品質管理と意思決定理論の考え方に従ってAIにおける説明可能性と不確かさの関係を提案した。またAIモデルを用いて新たな不確かさの導出法とこの関係性の検証方法を考案した。

1. はじめに

AIの発展が進むにつれて説明可能AI(XAI)の重要性が指摘されており、様々な手法が開発されている。一般的にAIの分野では「AIがなぜその出力をしたのかを人間が理解できるように説明できること」がAIの説明性として「定義」されており、その定義に従って研究が進められてきた²⁾。XAIの標準的手法であるLIME³⁾やGrad-CAM⁴⁾は予測に影響を与えた要素や領域を示すことでその出力の根拠としている。

一方で実用上ではただ重要な要素を指示されただけでは適切な説明にはならない場合が多い。例えば不良品検査において傷の箇所を示すことは既存のXAIでも可能だが、AIの説明が無くても傷がついているのは見ればわかってしまう。本当に知りたいのは「なぜ、どの工程で傷がついたのか」や「他に傷を見逃していないのか？」の根拠であったりする。

このようにXAIから出力される情報と実際のニーズが一致していないため、XAIが適切に活用されているとは言えない。そこで「本当に必要な説明」はどのような特性を持っているのかを考えることでより便利なXAIが作れないかというのが本研究のモチベーションである。

2. 「説明」とはどういう情報だろうか？

AIの説明性は説明によって「AIの信頼性」を担保するために必要であるとして指摘されている²⁾。AIに限らず信頼性が重要である分野ではすでに信頼性を向上させるための多くの知見や説明が蓄積されており、AIをこれらの分野に適応するには、当該分野の信頼性に関する知見とAIの説明性の性質が合致していない限り、十分

な説明になり得ない。そこでアイシンとしても重要な「品質管理」と「意思決定」において説明となる情報がどのような性質を持っているのかを調べた。

2.1 品質管理において必要な情報

アイシンのような製造業でのAIの適応先として良品検査があげられるが、一つの不良品でもお客様に迷惑をかけるため、AIの判断においても高い信頼性が求められる。品質管理(QC)における信頼性とはJISによると「アイテムが与えられた条件で規定の期間中、要求された機能を果たすることができる性質」と定義されている⁵⁾。QCでは信頼性の指標として測定の「バラつき」を調べ、バラつきの原因を特定し対策を行うことで低減し品質を高める活動を行っている⁶⁾。この文脈において、品質管理における「信頼性」とはバラつきの大きさであり、バラつきを削減する「情報」が信頼性を高めるために必要な情報と言える。

2.2 意思決定において必要な情報

医療、自動運転、経営判断等の意思決定を伴う分野におけるAIの適応においても信頼性が重要である。人は認識能力の限界から常に「不確実な情報の下」で意思決定を行っており⁷⁾、より適切な判断を行うために様々な“確実な情報”を収集している^{8),9)}。例として「A社に融資するかしないか」という判断を考えてみると、計画の出来や実現性、経営者の経歴や信用情報等、様々な情報を得ることで不確実な情報が減り、判断の「信頼性」を高くできる。

意思決定の分野では測定可能な不確かさを「リスク」とよび、想定すら難しいものを「Uncertainty=不確実性」と呼ぶが、意思決定においても信頼性を上げるため

に必要な情報は「リスクを減らす情報」と言える。

2.3 説明性と不確かさ

今の説明は各専門分野に存在している厳密な言葉の定義に基づいたものではないため専門家の方々から批判があるかもしれないが、定性的には「不確かさやリスク」が信頼度の尺度として存在し、それを下げる情報を得て不確かさを下げることで信頼度を上げていると言える。つまり、これら分野において必要な説明とは「不確かさを下げる情報」のことと言える。

AIの説明性においても同様の性質が必要である。つまり今現在どれくらい確実な予測になっているかの「不確かさ」の導出であり、それが「付加的な情報＝説明」によってどのように変化するかというのが説明性の本質だと言える。

LIME等において重要な要素を示すことが説明になり得るのはその要素が意思決定の確度を高める情報であるということを知っているからに他ならない。先の融資の例で休日前は担当者の機嫌がよく、金曜日だと融資されやすい場合「曜日」も非常に重要な要素になるが、LIMEが「曜日」を示してもリスクが下がるのか不明瞭なため一般的には説明になり得なくなる。

また、「より信頼性の高い」予測を求める場合にはLIME等の様に出力の説明をするだけでは状況によっては不十分であることもわかる。これらの手法は既に学習されたモデルから説明を導出するので、説明を導出しても出力そのものは何も変化もしない。モデルが90%で予測したものが説明によって99%にはならないし不確かさも変化しない。説明によって変わるのは人間側の「AIの予測を信頼するかどうか」のリスクであって出力そのものではない。そのためAI予測の信頼性を上げるには「付加的な情報＝説明」によって出力の不確かさを適切に削減することができるものでなければならないと言える。

3. 説明をAIモデルに落とし込む

ここまでの議論は(AI分野では調べた限り指摘されていないものの)既に知られた概念であって、新しい発見は特になく(本研究は1978年にノーベル経済学賞を受賞したサイモン、2002年に受賞したカーネマンが提唱した概念を元としている)。「AIの研究」としては何らかの「説明可能モデル」を構築し、AIにおける不確かさを導出することで、その説明による不確かさの変化を定量的に評価する必要がある。前述の様にLIME等の出力結果を説明する手法では人間の信頼度が変わるだけで定量的な測定ができないため、不確かさと説明性双方が定量的に導出できるモデルを構築することが必要である。

例として2つのAIモデルを考えてみる。図1は説明を予測したのちにその説明の寄与によってタスクを予測するConcept Bottleneck model(CBM)と呼ばれるモデルで¹⁰⁾、図2は説明とタスクを並列に同時予測するMulti-Task Model (MTM)というモデルである。人間の考え方として自然なのはCBMな気がするが、双方とも説明とタスクを予測することができ、予測精度はMTMの方が高い。そのため単純に精度で比較をした際にはMTMに軍配が上がってしまう。一方で「不確かさ」に着目するとCBMの方は不確かさが誤差伝搬の要領でタスクに変化を与える可能性があるのに対して、MTMでは説明の不確かさがタスクに影響を与えることはない。そのため2つのモデルを比較することで不確かさと説明性の関係を調べることができ、かつ「説明性の高さ」の定量的な指標としても不確かさを活用できる可能性がある。

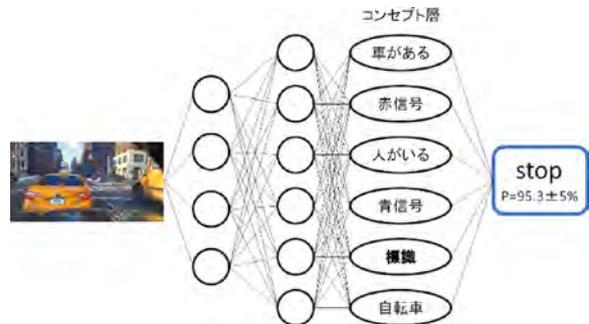


図1 CBMの概要図

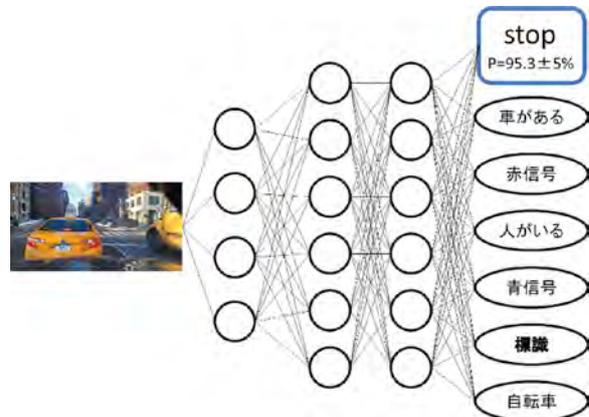


図2 マルチタスクモデルの概要図

4. AI予測の不確かさを求める

AIの不確かさの導出方法も数多く提案されているにも関わらず、本研究に適応可能な手法は先行研究にはなく新たに考案する必要があった。図3の左図は代表的な手法であるDeep Ensemble法(DE)で導出された不確かさだが¹¹⁾、DEで導出される不確かさは「分類曲線のばらつき」であり、分類そのもののばらつきを表しているわけではない(他の手法も同様の不確かさを与える)。

分類問題においてより「尤もらしい」不確かさを導出できるのはガウス過程である。ガウス過程では不確かさを

“クラスター”との距離として計算する(図4)。この距離についての関数をRadial Basis Function(RBF)と言い、以下の様に定義できる。

$$RBF = \exp\left(-\frac{|x_{test} - x_i|^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

x_{test} はテスト画像の特徴量, x_i は各ラベルの特徴量の平均値, σ_i は各ラベルの分散である。

深層学習においてガウス過程と同様の不確かさを導出する手法としてdeterministic uncertainty quantification(DUQ)¹²⁾が提案されているが、説明性と同時に扱うにはロス関数の計算が少々煩雑である。そこで、説明可能モデルとの組み込みやすさを考えてより簡潔に導出する手法を開発した。

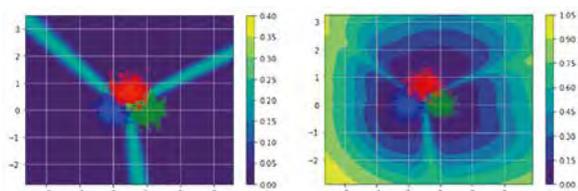


図3 クラスタ分類の不確かさ。左:Deep Ensemble法, 右:本研究手法

4.1 特徴量空間にクラスターを作る

RBFは同じ特徴を持つものが特徴量空間上で“クラスター”になっていれば適応可能である。そこで、クラスターが作成できる学習手法として全く別の文脈において広く使われている学習である対照学習をベースにしたクラスター化を行った¹³⁾。対照学習は主に半教師あり学習で使われるもので以下のようなロス関数を用いる。

$$\mathcal{L}_{cont} = \sum_i \frac{-1}{|P(i)|} \sum_p \log \frac{\exp(c_i \cdot c_p / \tau)}{\sum_a \exp(c_i \cdot c_a / \tau)}$$

P はバッチ内の i とは異なるpositiveの数の割合, c_a と c_p はそれぞれanchorとpositiveの特徴量, τ は温度パラメータである。このロスは「同じものを近づけて、異なるラベルを遠ざける」様に学習を行っているため、同じラベルの特徴量ベクトルが距離的に近くに配置され、クラスター化しているはずである。

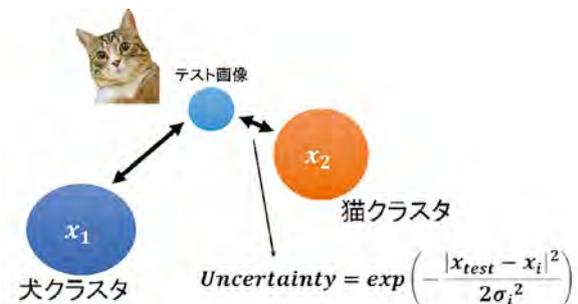


図4 DUQの不確かさの概要

簡単な実験としてCIFAR10データセットとResnet50を用いて学習を行い、不確かさの評価を行った。

4.2 不確かさの評価

不確かさの評価としてはAUROC(Area Under ROC)を用いた。他の手法と比較した結果が表1である。DE, DUQの他に通常の分類学習のロスであるCross Entropy Loss(CE)とも一つの主要な不確かさの導出手法であるMonte Carlo Dropout(DO)¹⁴⁾と比較を行った。本研究手法は他手法と同程度の精度を保ちつつ、AUROCも高い指標を示している。また、図3の右図は本研究手法が予測する不確かさであり、ガウス過程の様にデータの存在しない部分で不確かさが高くなっているのがわかる。その他エントロピーの積算分布の評価においても本研究手法がよいことを確認した。

表1 精度とAUROCの比較

model	Accuracy	AUROC
CE	94.1	0.897
DE	93.5	0.885
DO	93.5	0.895
DUQ	86.9	0.909
本研究手法	95.3	0.938

テストデータを入力した時の結果を図5に示す。テスト画像がクラスター内にある場合($|x_i - x_{test}| \sim \sigma$), RBFは $e^{-1} \sim 0.6$ 程度になるので、RBFの値が“自信度”として解釈可能になる。既存モデル(DUQ)ではデータに含まれていない分類の画像(Obi-One)を入力した際に間違った予測を高いスコアで予想してしまっているのに対して、本研究手法では全クラスのスコアが同程度出力されており「わからないデータである」ということを示すことができる。

最も不確かさの指標にも懸念点がある。分類の不確かさの指標として直観的なのはエントロピーである(図5の様に等確率の時最も大きくなり、一つのラベルのみ出力される時最も小さくなる)。分類問題で最も一般的に使われる交差エントロピーロス(CE)はエントロピーを「最小化」する学習のため最も不確かさが少ないモデルになる。ある意味で評価すべき指標そのものが最適化されてしまっている状況のため、その他の評価指標を使わざるを得ず、評価を難しくしている。適切な評価指標については今後の研究が待たれる部分である。

5. 今後の方針

不確かさを導出したのでそれが説明によって削減されることを示したい。その概要を図6に示す。図の様にタスク分類のクラスター内に説明のクラスターが内包されているような状況を考えると「Aの説明ならばA」という十分な条件な論理を集合論的に示すことができる。このような配置を特徴量空間に実現することができれば“論理構

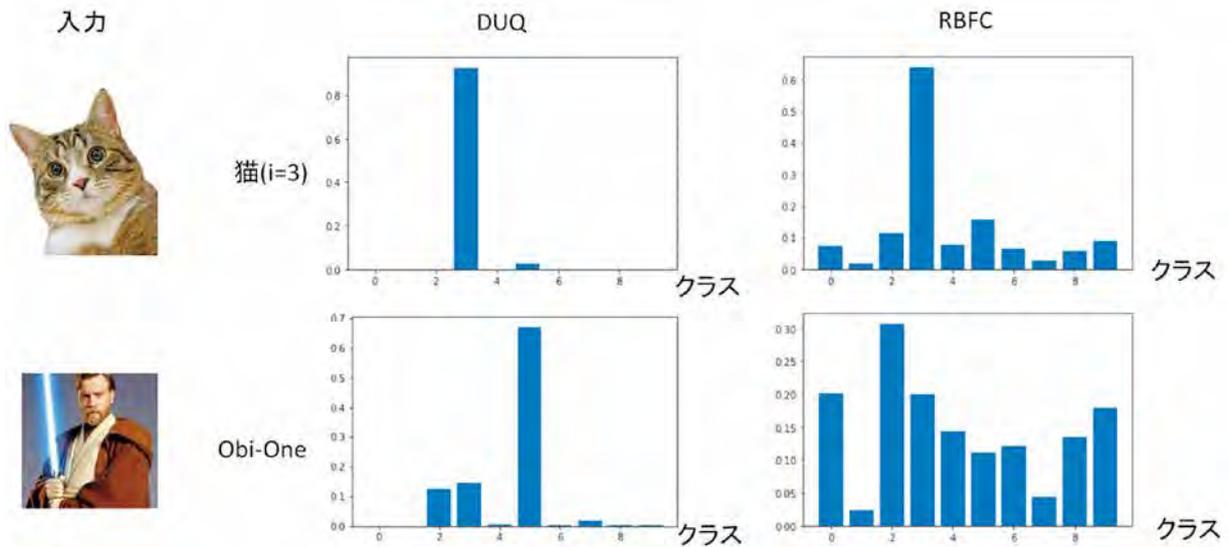


図5 DUQと本研究手法のIn-distribution とOut of distribution データを入れた際の不確かさ

造”を自然にAIに導入することができる。

また、不確かさの増減については以下の様に考えることができる。あるタスクが予測された時 ($|x_i - x_{test}| \sim \sigma$), RBFを用いた不確かさは“クラスタの大きさ”程度になる。説明がない場合の不確かさはタスクのクラスタの大きさのままになるが、説明が選ばれた場合はその不確かさは説明の不確かさと同じ程度になるはずである。そのため説明が選ばれるとタスクのクラスタの大きさよりも小さくなるはずであり、説明によって不確かさが削減できることを示せる。このような配置の作り方については不確かさと同様に対照学習を用いるアイデアを考案している¹⁵⁾。

一方で全ての説明ができるわけではない。説明は十分条件だけでなく必要条件や否定が入る場合もある。また、論理をつなげていくほど、特徴量空間の範囲を狭めていく＝不確かさを下げていくことができるが、複雑な構造を意図的に特徴量空間を作っていくことは恐らく困難である。また、今回は「AIの予測の不確かさ」で計算したが、測定においても様々な原因から「不確かさ」が入り込むように「何の不確かさ」を削減したいのかにも依存する。LIMEの例の様に「人間の信頼度」のような数値化できないものや、トロック問題の様に人間の思考においても解決できないリスクも存在する。

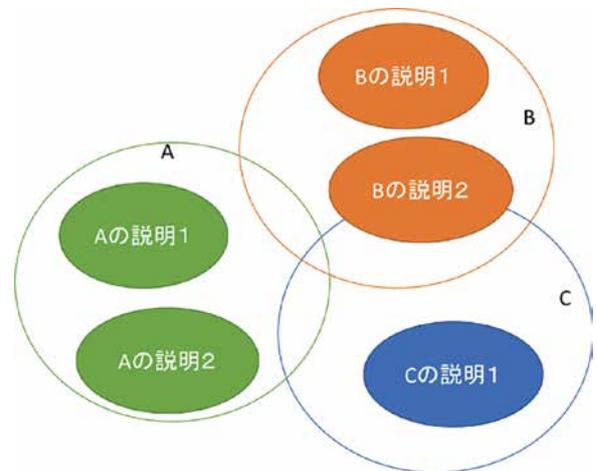


図6 説明を加えた特徴量空間の概要図

そもそもAIが不確かさを元に“適切な”予測をしているかどうかの評価には何らかの参照が必要であるが、「不確かな情報を元にした意思決定」に関しては Dempster-Shafer理論^{17),18)}やプロスペクト理論¹⁶⁾等が考案されているものの未だ定式化できていないため、何が適切かの定量的な評価は困難を極めると思われる。

6. おわりに

「不確かさの軽減によって信頼性を高める」という考え方は前述の様にAI技術とは関係ない一般的な考え方である。2024年にヨーロッパではEU規制法¹⁹⁾が制定されたが、高リスクな分野へのAI利用の際には予めリスクアセスメントを行い、許容できるリスクの範囲内に収まるようにAIへの要件を決める法規制が出来つつある。この場合AIの信頼性は規制の要件によって担保されるので、要件を満たすAIが作られさえすれば説明性が無くても問題はない。また、社会的なAI受容によって「AIを使う

こと」のリスクが解消されてきた現在では「AIがなぜその出力をしたのかを人間が理解できるように説明できる」ことを殊更強調する必要がなくなり、現状レベルの説明性の研究については大方役目を終えたような印象である。

一方で完全自動運転のような「AI自身が意思決定を行う」アプリケーションの場合には本研究で示唆したようにAIが適切な情報を元に判断を行っていることを示すだけでなくそれによって判断の信頼性を改善していく必要があるためさらなる研究が必要になる。しかし同時にAIに責任ある行為を担わせる倫理的な問題や責任の所在に関する法的な課題等技術以外の問題もあるため、説明可能AIを開発して技術的に解決すべき問題なのかは社会の要請に依存していくものと思われる。

本研究の一部は中部科学技術センター人工知能助成金の助成によるものです。

参考文献

- 1) 統合イノベーション戦略推進会議決定, 人間中心の AI 社会原則, 総務省ホームページ
- 2) 内閣府, AI戦略2022, <https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/index.html>
- 3) M.T. Ribeiro et. al., "Why Should I Trust You?": Explaining the Predictions of Any Classifier, Proceedings of the 22nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Francisco, CA, USA, August, 13-17, 2016, 1135-1144
- 4) Selvaraju, Ramprasaath R., et al. "Grad-cam: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization." Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. 2017.
- 5) 日本規格協会 JIS Z 8115:2019 ディベンダビリティ(総合信頼性)用語
- 6) 佐藤万企夫, 統計的な考え方からわかること, 鑄造工学第88巻(2016) 第8号 p438
- 7) Simon, H. A., "Administrative Behavior", 1947.
- 8) 緒方裕光, リスク解析における不確実性, 日本リスク研究学会, 誌 19(2):3-9(2009)
- 9) 吉田 満梨, 新市場創造プロセスにおける不確実性と意思決定, マーケティングジャーナル Vol.37 No.4(2018)
- 10) Koh, Pang Wei, et al. "Concept bottleneck models." International conference on machine learning. PMLR, 2020.
- 11) Lakshminarayanan, Balaji, Alexander Pritzel, and Charles Blundell. "Simple and scalable predictive uncertainty estimation using deep ensembles." Advances in neural information processing systems 30 (2017).
- 12) J. van Amersfoort et. al., "Uncertainty Estimation Using a Single Deep Deterministic Neural Network", ICML 2020.
- 13) P. Khosla et. al., Supervised Contrastive Learning, 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020)
- 14) Gal, Yarin, and Zoubin Ghahramani. "Dropout as a bayesian approximation: Representing model uncertainty in deep learning." international conference on machine learning. PMLR, 2016.
- 15) 仲村佳悟, 人工知能は交通ルールを学べるか?~教師なしコンセプト学習と説明性についての考察~, 情報処理学会研究報告, Vol.2024-ICS-213, No.7, 1-5, 2024
- 16) Kahneman, Daniel, and Amos Tversky (1979) "Prospect

Theory: An Analysis of Decision under Risk", *Econometrica*, XLVII (1979), 263-291.

- 17) Dempster, A. P. (1967). "Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping". *The Annals of Mathematical Statistics*. 38 (2): 325-339.
- 18) Shafer, Glenn; *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, 1976
- 19) Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act) (Text with EEA relevance)

筆者



仲村 佳悟

DS部AIセンシング2室インカーG
車内外のAIセンシング技術の開発に従事

技術論文

インド農村部のスマートVillage化を目指したサーキュラーバイオシステム技術構築への取り組み

久城 款 ヴェンガテサン ダヌシュ・クマル
 Yoshimi Kushiro B. Vengatesan Danush Kumaar



図1 バイオメタン製造システム設置サイト

概要

新興国(インド)における農村部と都市部とでは経済格差は年々拡大しておりそれを是正するために農村部の生活面・経済面の向上を図るスマートVillage化が急務である。その実現に向けてサーキュラーバイオシステム技術構築をインド実証サイトで実施したので紹介する。(図1)

1. はじめに

新興国の中で特に近年、経済発展著しいインドにおけるエネルギー事情および環境問題は悪化の一途を辿っている。CO₂排出量は世界3位、PM2.5は世界最悪の状況である。

一方、インド政府は2050年までの実質CO₂排出量ゼロ目標のため、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーの導入に力を入れている。特に、乳牛約2億頭(水牛と合わせて3億頭以上)を有する世界一の酪農国家である事から、LPGをバイオガス(牛糞をメタン発酵させることにより製造される)に代替する取り組みや、バイオCNG車の普及、消化液(肥料)利用など国策として積極的に推進している。

また、現在14億人を超えた人口は今後も増加が予測されており、大きな経済成長が見込まれる(表1)。

表1 インドの都市部と農村部の人口比率

		インド	
人口	都市部	35.0%	4億9700万人
	農村部	65.0%	9億2300万人
	合計	100.00%	14億2000万人

出典:United Nations, population Divi.(2024年)

しかし、都市部と農村部における経済格差は年々広がり、社会問題にもなっている。農村部(Ruralエリア)の生活向上を図るためには収入源であるミルク販売、野菜・果物などの農業生産性を向上させる必要がある。上記を成し遂げる為には、エネルギー源として家畜排せつ物、食品廃棄物などを用いたサーキュラーバイオ技術システムを導入した農村部のスマートVillage化が必要である。スマートVillage化とは、地産・地消によるエネルギー循環システムを構築し、有機肥料による農作物の生産性向上、電気・ガス・飲料水獲得による衣食住の生活

向上,バイオCNG車,バイクによる移動・運搬の利便性向上など農村部の経済活性化と自立化を図るものである(図2)。



図2 インドにおけるスマートVillageイメージ

2. サークュラーバイオガスシステム技術について

このシステムは,家畜糞尿・食品廃棄物をメタン発酵させバイオガス(メタン:60%~65%,CO₂:35%~40%)を生成し,さらにメタン濃縮したものをバイオCNG車やLPG代替えに利用する。また,メタン発酵の副産物である消化液は無機質の(N・P・K)窒素・リン・カリウムを含む有機肥料として利用し,また消化液を浄化して水として再利用する。具体的な技術は,原料(牛糞)加水時の微細化技術,発酵技術,消化液の高付加価値肥料生成技術,消化液の浄化技術,バイオメタン濃縮・貯蔵技術など個々の技術を統合したシステム技術である。このようにその土地ですべて無駄なくエネルギーの再循環を行い自然と調和しながら持続可能な農村社会を築く技術である(図3)。



図3 サークュラーバイオガスシステムの流れ

3. サークュラーバイオガス技術課題

サーキュラーバイオガスシステムは,個々の技術(発酵効率向上,脱硫,バイオガス発電,消化液浄化,高付加価値肥料製造,メタン濃縮など)の融合で成り立っており,その具体的な内容に関しては,バイオガス発電機,脱硫装置技術はアイシン技報(Vol,22 2018年)に記載しているが,それに記載されていない主な技術課題を下記に示す(図4)。

- ①原料である牛糞は繊維質が多く(セルロース・リグニンなどの難分解性有機物)HRT(発酵槽内の滞留時間)が長くなり発酵槽が大きくなる。
- ②バイオガスには,CO₂が35%~40%含まれておりCNG車やLPG代替え用として利用するためにはメタンを90%以上に濃縮する必要がある.CNG車用においては95%以上必要である.それも小型低コストで実現することが大きな課題である。
- ③消化液は,有機肥料として化学肥料の代替として以前から利用されており,広い土地と年間通じて消費出来ることが必要であるが消化液が消費出来ず余った消化液の処理が課題である。
- ④消化液は,固液分離して固分はコンポスト有機肥料として利用出来るが,P(リン),N(窒素),K(カリウム)などを添加調合してより付加価値の高い農業作物にあった高付加価値肥料を安価で製造する技術が課題である。
- ⑤消化液が年間通じてすべて消費出来る場所は限られたりするので,消化液を浄化して再利用出来るようにする技術が課題である。

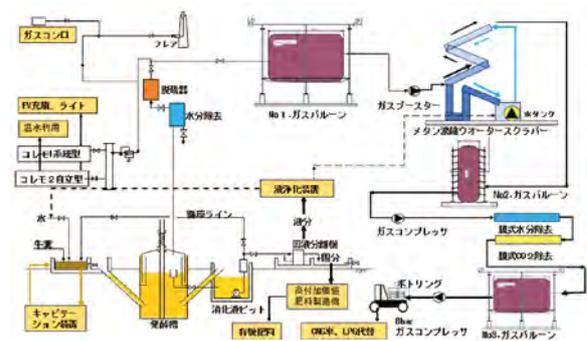


図4 サークュラーバイオガスシステムEFD

4. サークュラーバイオガス技術対応と結果

- ①難分解性の繊維質を多く含む原料に急激な減圧を生じさせ空洞(キャビティ)による衝撃波により繊維質を粉碎・微細化するキャピテーション技術を応用し対応した(図5)。

キャピテーションによりタンパク質,脂質,炭水化物などの有機物の分解速度が早まることは当然であるが難分解性のセルロース,リグニンなどを微細化するため分解スピードが速くなり発酵効率が向上した.これにより,発酵のHRT(滞留時間)を短く出来て発酵槽を小さくすることも可能となった.実証サイトの試験では,牛糞600kg+加水量600Lの原料に対して1m³/hの流量でピット内の原料を1時間循環させた結果はガス発生スピードがキャピテーション無:1.42m³/h,有:1.66m³/hで約17%向上した。

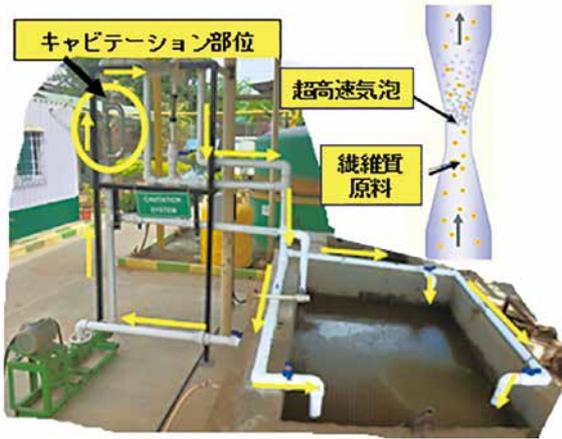


図5 キャビテーション装置外観図

②メタン濃縮技術には,PSA,ウォータースクラバー,膜分離,アミンスクラバーなど多々あるが小型,低コスト化と高濃縮度を図るためにウォータースクラバーと膜分離のハイブリッド化を考案し実現させた.メタン濃度60~65%をガス圧10~20kpaの低圧ウォータースクラバーでメタン濃度90%濃度まで高めさらにエネルギー消費の少ないガス圧6barの低圧膜分離でメタン濃度96%以上まで高めた(図6).

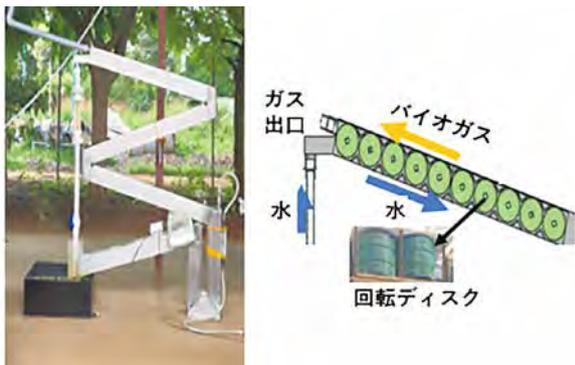


図6 ウォータースクラバー外観&概略図

ウォータースクラバーの特徴は図6に示すような回転接種ディスク(RCD)を用いることによりガスと水との吸収接種面積が多く取れ,局部接種圧力も高く水へのCO₂溶解度が高まる.また,CO₂を豊富に含んだ水は水頭圧と流速による減圧と複数のディスクで空気中にCO₂を脱着し再循環出来る小型低コスト化を図った(表2).

表2 ウォータースクラバーメタン濃縮試験結果

入口メタン濃度 (%)	ガス圧力 (kpa)	ガス流量 (m ³ /h)	水流量 (m ³ /h)	出口メタン濃度 (%)
64	14.5	4.2	7	91

膜分離によるメタン濃縮は,図7に示すように中空糸状の膜でストロー上の中空繊維の壁面に微細な孔が無数にあいておりガス分子の大きさで透過を制御する.

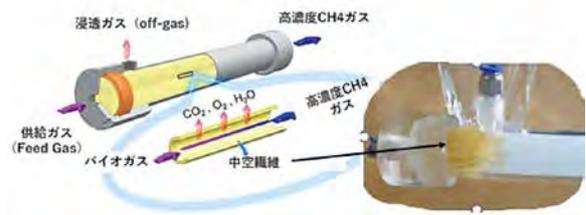


図7 膜分離概略構造と写真

図8の膜分離試験配管系統図(EFD)に示すようにウォータースクラバーで90%程度濃縮させたガスは水分率が高いため膜分離式で水分除去を行いそれから膜分離でCO₂を除去する.CO₂除去の場合はメタン濃度を高め,OFF-GAS中のメタン排出量を抑えメタン回収率を上げることが重要である.

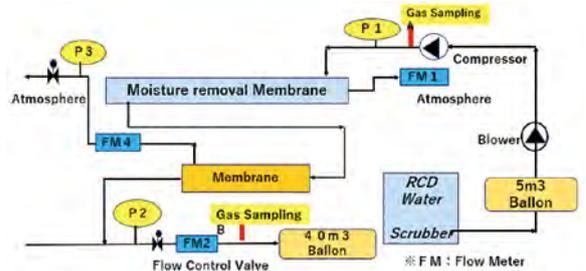


図8 膜分離試験配管系統図(EFD)

通常膜分離式CO₂除去はガス圧が高いほどガス分離率が高いため高圧15bar程度である.しかし,今回PESO(インドにおける圧縮ガスなどの危険物に対する安全法規)の法規制適用外の圧力8bar未満の低圧5~6barで行った(図9).

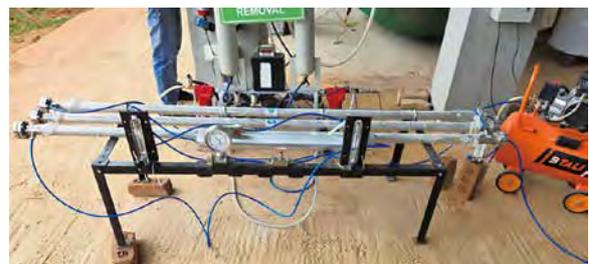


図9 膜分離試験装置写真

表3に示すように最終メタン濃度は98%まで濃縮が出来た.また,OFF-GASのメタン回収率を上げるためにP3圧力(図8中)を絞ってCH₄含有量を出せる限り減らした.その結果メタン回収率94.7%を得た.

表3 メンブレン式メタン濃縮試験結果

OFF-GAS (m3/h)	FM4	0.6
Main flow (m3/h)	FM2	5
P1 INLET press (kg/cm2)		4.5
P2 OUTLET press (kg/cm2)		4.2
P3 Off-gas press (kg/cm2)		1.5
CH4 (%) Gas Sampling A INLET		90
CH4 (%) Gas Sampling B INLET		90
CH4 (%) Gas Sampling C OUTLET		98
1st Moisture+CO2 removal (m3/h)	FM1	0.15
Off-gas CO2 Rate (%)		54.2
CH4 Recovery Rate (%)		94.7

③消化液の固液分離

消化液の含水率は、95%～96%でありTS(固形分)は4～5%程度である。固液分離した液分の成分は、窒素(N)、カリウム(K)が多く即効性の高いN-K肥料である。固分は、含水率が75%程度で窒素(N)、リン(P)が多いN-P肥料として活用出来る(図10)。

固分は、液分に対して図11のようにコンポストとして袋詰めし運搬・販売など持ち運びに便利である。

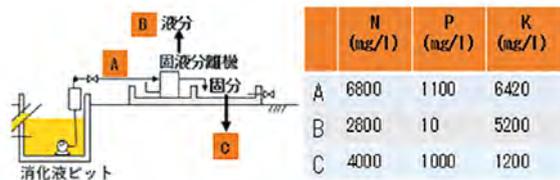


図10 固液分離後のN・P・K成分



図11 固液分離機とコンポスト

④高付加価値肥料

肥料の品質、価格、流通を規制するFOC (Fertilizer Control Order) 規定をクリアすると高付加価値肥料PROM(リン豊富有機肥料)として販売出来る。規定はC/N比が20以下とか全リン含有量が8%以上とか多くの基準がある。そのために消化液を固液分離した固形分にリン等を調合し好気発酵とミキシングを行い基準をクリアした肥料を製造する(図12)。これにより化学肥料の代替えとして作物の収穫も増える。

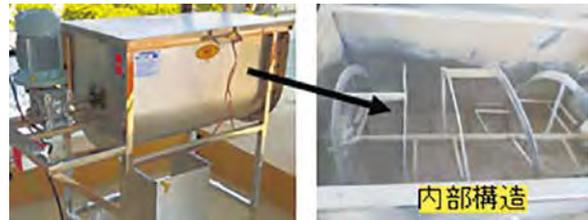


図12 高付加価値肥料製造装置

⑤消化液の浄化システムは、図14に示すように固液分離により固形分と液分に分離する。固形分(SS分)をより多く分離するために安価で肥料化に適した凝集剤を使用する。次に曝気槽で酸素を供給して発酵槽で分解出来なかった有機物の分解や窒素化合物(アンモニア)を硝酸塩や亜硝酸に変換する。その後UF膜を通して最終的にRO膜(逆浸透膜)で処理する。



図13 消化液浄化フロー図



図14 消化液浄化システム写真

この処理水は、無色透明で日本の排出基準も十分満たしており(表4)作物農地への利用やメタン発酵における加水、CO₂除去用ウォータースクラバー用の水などへの再利用が可能となった。それとRO膜を通過出来なかった高濃度液は植物の生育に必要な栄養素を豊富に含んだ高品質な肥料として利用出来る。(図14)

表4 消化液の浄化試験結果

	消化液	浄化処理後	排水基準
TSS (mg/l)	26700	2.1	100~200
TDS (mg/l)	41300	126	<500
CODcr (mg/l)	16700	<5	<10
BOD (mg/l)	2320	<3	<5
PH	8.2	8.4	6.5~8.5



Danush Kumar

Aisin Automotive Haryana Private Limited (AHL)
R&D センター
バイオガスプロジェクトに従事(評価)

5. おわりに

インド全土において農村部のVillage数は60万以上ありその人々の生活が向上するためにサーキュラーバイオシステムを導入して収入の糧になる農業・畜産業での収益向上を図り、持続的に地産地消を実現することが重要と考える。また、本システムを普及させることでエネルギー不足を解消して、人々の暮らしを豊かにするだけでなく、CO₂排出量を削減し循環型社会を実現して、環境問題の解決へ向け少しでも寄与出来ることを願っている。

6. 謝辞

現地法人のAisin Automotive Haryana Private Limited (AHL) およびAisin Automotive Karnataka Private Limited (AKL), NEDO, JETRO, 現地製造会社, 社内関係部署など多くの関係者のご理解とご協力に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) United Nations: population Division (2024)
- 2) 河合 泰典 他(アイシン精機株式会社): 小型分散型バイオガス発電システムによる循環社会の実現に向けて アイシン技報 (Vol,22 2018)
- 3) 久城 款他: 農業の持続的生産とスマート農業研究 公益財団法人中部圏社会経済研究所 (Vol,220 2022.09)

筆 者



久城 款

新事業創出部 ビジネス化推進室
バイオガス事業化に従事(技術統括)



B. Vengatesan

Aisin Automotive Haryana Private Limited (AHL)
R&D センター
バイオガスプロジェクトに従事(技術)

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

大栗 延章 堀内 幸一郎
 Nobuaki Oguri Koichiro Horiuchi
 加藤 芳樹 杉田 吉隆
 Yoshiki Kato Yoshitaka Sugita

概要

産業部門の脱炭素化において、電化が難しい熱需要領域ではグリーン水素の確保が課題である。アイシンでは生産カーボンニュートラルの実現及び地域水素利活用への貢献を目指し、工場/事業所の未利用低温排熱を活用した高効率な水素製造SOECシステムを開発している。

1. はじめに

我が国の温室効果ガス排出量は、着実に低減されており、二酸化炭素換算値では2013年度に14億800万トン¹⁾であった排出量が2021年度に11億7000万トン²⁾となっている。これは、省エネ技術の導入や再生可能エネルギーの利用拡大、原子力発電所の再稼働など、複数の要因によるものと考えられる。しかし、日本政府の掲げる2050年カーボンニュートラル、また2030年度には2013年度から二酸化炭素排出量46%削減の目標に向けては、更なる低炭素化・脱炭素化の技術導入が必要である。

水素は、電化が難しい熱利用の脱炭素化、電源のゼロエミッション化、運輸、産業部門の脱炭素化、合成燃料(e-fuel)・合成メタン(e-methane)等のカーボンリサイクル製品の製造、再生可能エネルギーの効率的な活用など多様な貢献が期待できるため、その役割は今後一層拡大する事が期待されている。2021年6月に日本政府はグリーン成長戦略を閣議決定し、水素・燃料アンモニア産業の導入目標として、2030年に最大300万トン、2050年に2000万トンを掲げた。これに向けて大規模な水素サプライチェーンを構築するにあたり、供給コストの低減は大きな課題である。グリーン成長戦略において、水素製造コストとして2030年に30円/m³、2050年に20円/m³が目標に掲げられており、水素の製造技術として革新的な高効率水電解技術の開発が期待されている。

主な水電解技術の特徴の構成を表1に示す。従来技術であるアルカリ水電解やPEM(Polymer electrolyte membrane)型といった低温水電解方式

が40~70%の電解効率(生成水素エネルギー/投入電力)であるのに対して、セラミックスを電解質としたSOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell)は、作動温度が高く理論電解電圧が低くなり投入電力を抑えられることから、電解効率80%を超える高効率な水素製造技術として注目されている。

表1 各種水電解方式の比較
 参考文献³⁾の情報を基に作成

構成	電解方式	アルカリ		PEM		AEM		SOEC	
	電解質	濃厚KOH溶液		プロトン交換膜		アニオン交換膜		固体酸化物(YSZ)	
	水素極/酸素極	Ni/Ni		Pt/IrO ₂		Ni/Ni, NiFeCo		Ni(YSZ)/LSCF, LSM	
	動作温度[°C]	70-90		50-80		40-60		700-850	
	年代	現状	2050年	現状	2050年	現状	2050年	現状	2050年
KPI	技術フェーズ (※アイシン>適応)	適用 (実用、多)	適用 (導入量、増加)	実証/適用 (実用、少)	適用 (導入量、多)	開発中	適用?	開発/実証	適用 (実用、増加)
	システム効率 [kWh/Nm ³ -H ₂]	4.5-7.0	<4.0	4.5-7.5	<4.0	5.1-6.2	<4.0	3.6-4.5	<3.6
	システム効率 [%]	43-67	>74	40-67	>74	48-59	>74	67-84	>84
	スタック耐久 [kh]	60	100	50-80	100-120	5	100	<20	80

SOECの水素生成反応はSOFC(Solid Oxide Fuel Cell)の発電反応の逆反応である。アイシンはSOFCを用いたエネファームtypeSの開発知見及び市場実績を持つ。本開発では、エネファームtypeSで培ったSOFCの熱マネジメントやシステム化などの技術を活用して、高効率な水素製造SOECシステムの早期実現を狙う。

2. 未利用低温排熱の活用について

SOECは作動温度が高く理論電解電圧が下がる反面、電解反応に必要な熱エネルギーが増加する。このような特性から、SOECは外部熱供給により高効率化が図られ、安定した熱源であることから火力発電所の排熱や

原子力発電の高温蒸気を用いる例などが検討されている。他方、産業分野においては図1に示すように、排熱が高温かつ熱源が集約されているような形態で排出されるものは、排熱のカスケード利用等されているため、未利用排熱のうち200℃未満が76%と圧倒的に多い⁴⁾。加えて排熱利用が難しいことから活用ニーズとしては温水や温風等の100℃以下の排熱が特に高い⁵⁾。

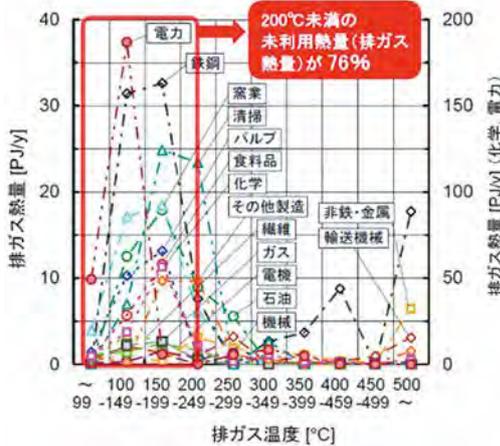


図1 業種別・温度帯別の未利用熱量の全国推定値⁴⁾

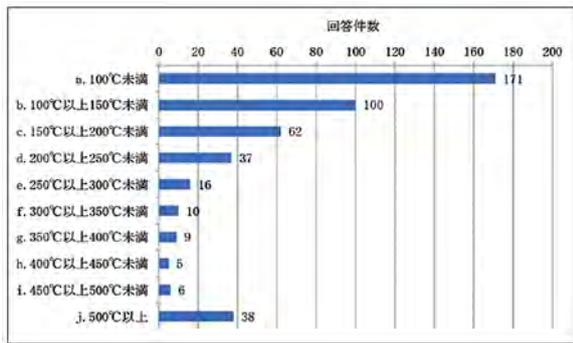


図2 温度帯別の未利用熱活用ニーズ 設備件数⁵⁾

そこで本開発では、この100℃以下の未利用低温排熱に着目した。図3に示すように未利用低温排熱をSOECに供給する水蒸気の生成熱源として活用することで水素製造のシステムエネルギー効率を向上し、電解効率80%以上のシステムを目指す。多くの業種で活用ニーズの高い低温排熱を有効利用するシステムを開発し、アイシン生産CO₂の削減に加え、産業分野への展開を目指している。

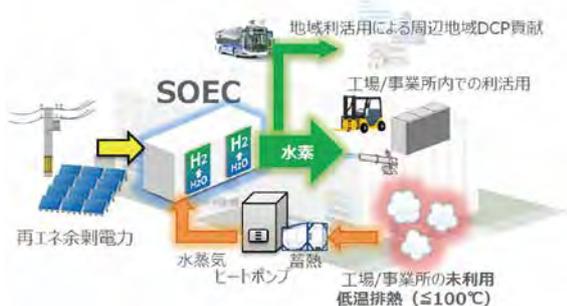


図3 未利用排熱を活用したSOEC水素製造システム概要

3. 未利用低温排熱を活用した水素製造SOEC

3.1 排熱回収-蒸気生成ユニット

100℃以下の低温排熱として、工場内で発生が炉の周囲などある範囲で集中しており、発生量も安定していると想定される40℃程度の温風排熱をターゲットに仮定し、これを回収してSOECに供給する水蒸気を生成するユニットの構成及びその開発状況について説明する。

3.1.1 ヒートポンプによる蒸気生成プロセス

100℃以下の低温熱源から温度を持ち上げ水蒸気を生成する手法としてヒートポンププロセスが考えられた。汎用の機械圧縮式ヒートポンプから「出口流体温度が120℃程度であること」「40℃程度の未利用排熱を利用可能であること」「小型かつ加熱能力がSOEC投入電力より十分に小さいこと」を要件にヒートポンプを文献調査⁶⁾した結果、加熱能力0~600kW、加熱温度0~200℃の領域において、40℃程度の排熱から120℃の水蒸気生成を単独の機器で成立させることは困難であった。そこで、図4に示すように40℃程度の空気熱源から60~80℃の温水を生成するヒートポンプと60~80℃の温水を熱源に120℃の飽和水蒸気を生成するヒートポンプを多段活用するプロセス及び水蒸気生成を安定的に行うために、低温側ヒートポンプと高温側ヒートポンプの中間に蓄熱槽を設けたプロセスを考案し、2023年度に藤岡試験場内のエネルギーラボにて設置/評価を実施した。

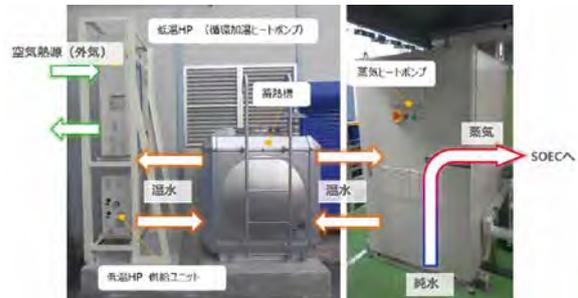


図4 排熱回収-水蒸気生成ユニット

外気を40℃程度の温風排熱に見立て、2段階のヒートポンププロセスにより昇温する要素試験を実施した結果、図5に示すように2段階のヒートポンププロセスでもCOP (Coefficient of Performance: 生成熱量/投入電力の成績係数) 2.0以上で120℃の水蒸気を生成可能であることを確認した。なお、低温側のヒートポンプは40℃程度の空気を吸気してΔT=-5~-10℃程度を排気するため、既存の空調設備を置換もしくは負荷低減する事が可能である。低温側のヒートポンプの動力を既存の空調設備のエネルギー削減分で相殺すると考える場合、蒸気ヒートポンプ単体のみのCOP 3.0以上で水蒸気を生成可能とも言える。

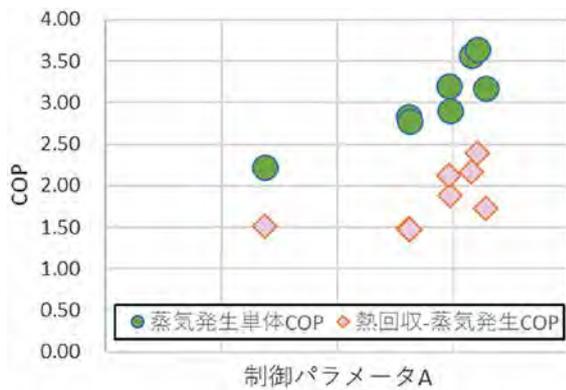


図5 排熱回収-水蒸気生成ユニットの要素試験結果

3.2 水蒸気電解SOECシステム

1章にて示した通り,SOECの最大の技術的な優位性は,高温作動に起因した電解効率の高さである.アイシンでは,世界最高効率(システム電解効率80%以上※)を目標にSOECシステムの開発を進めている.本稿では2023年度に実施した要素技術の開発状況について紹介する.

※100℃未満低温排熱活用の補機損失及びAC/DC変換を考慮した値

3.2.1 高効率SOECホットモジュール

SOECの高効率という特徴を最大限発揮するためには,SOECスタック本体を700℃以上という高温に昇温し,適正な温度分布を維持するホットモジュール(SOECスタック本体と熱交換器等を断熱管体に格納したもの)による熱マネジメントが必要である.また,700℃という高温領域においては水蒸気によりSOEC水素極に用いられるNi触媒が酸化劣化してしまうため,高効率を長時間維持して高耐久とを両立するためには水素極の雰囲気還元雰囲気に維持する事が重要である.

図6,7に2023年度に試作/評価を行ったDC入力2.4kWのSOECホットモジュールの概要及び外観を示す.SOECシステムでは,純水を供給し,SOECホットモジュール内もしくは外部で水蒸気を生成する.その後,SOECスタックの作動に適した流体温度となるよう熱交換等で水蒸気を加熱した後,スタックへ供給することになる.開発したSOECホットモジュールでは,3.1節に示した水蒸気生成ユニットにより水蒸気が供給されるため,ホットモジュール内部に気化機能を有しない構成である.本構成のホットモジュールにおいては,生成した水素の一部をホットモジュールに還流し,ホットモジュール内の燃焼器で燃焼させて水蒸気の予熱を行う点の特徴である.電気ヒーターによる予熱に対し,絶縁性の課題が無い点や高温燃焼である事から高い温度追従性が得られる点がメリットである.水素燃焼や高温水素/水蒸気の熱交換構造が課題となるが,エネファーム

typeSの開発知見や市場実績のある高温部材を活用し,燃焼器や熱交換器の構造設計を実施した.

また,燃焼用の水素と別に,生成水素の一部を酸化劣化防止用としても還流して供給する水蒸気に混合している.供給する水蒸気に水素を混合する手法は一般的で,多くの場合,ユーティリティもしくは貯蔵した水素を用いるが,本構成ではホットモジュール出口の生成水素を,気液分離した後の常温・常圧部から還流する点の特徴である.これにより貯蔵に係る昇圧エネルギーを削減でき,システム効率の向上を図っている.

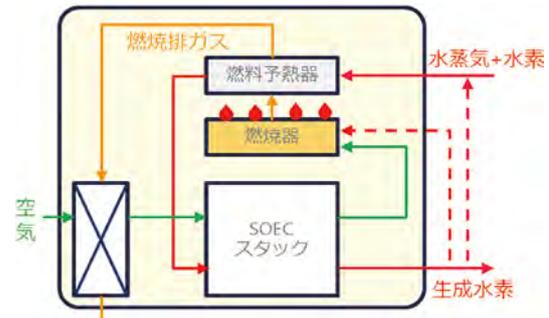


図6 SOECホットモジュールの概要



図7 SOECホットモジュール外観

試作したDC2.4kW SOECホットモジュールの電解効率評価を行った結果,図8に示すようにDC電解効率85%を超える($\leq 3.52\text{kWh}/\text{Nm}^3$)性能検証に成功した.一方で,ホットモジュール内の熱マネジメントに関して,内部の熱交換特性,燃焼器における燃焼性が今後の改善点として抽出された.システム電解効率80%以上の達成に向けてはDC電解効率90%を上回る更なる高効率化が必要であり,抽出された課題に対して改良を図る.

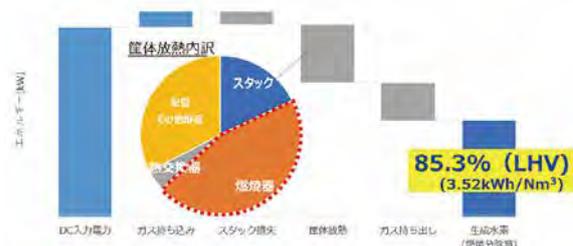


図8 SOECホットモジュール評価結果

3.2.2 高効率SOECシステム

上記の2.4kW SOECホットモジュールを複数台用いた30kW級SOECユニット(図9)の開発を実施中である。補機としてエネファームtypeSに搭載しているシステム構成補機との共通化による機器コストの低減を検討している。これまでに図10に示すホットモジュールを2台搭載した部分ユニットにて水素製造の動作確認とシステム制御検証を実施している。今後、部分ユニットを増設し、3.1節に示した排熱回収-水蒸気生成ユニットを組み合わせた図11に示す30kW級システム(藤岡試験場エネルギーラボ内に設置)にてシステム全体での機能検証及び水素製造評価を実施する。本システム評価で得られた知見や抽出された課題を反映し、2025年度にシステムの改良設計/試作を行い、低温排熱利用-水素製造の実証評価を開始する計画である。

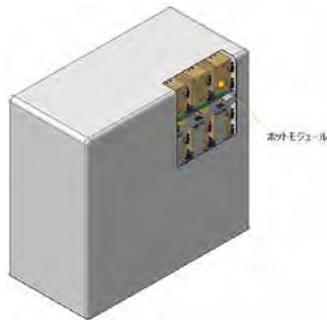


図9 AC30kW級 SOECユニットのイメージ図



図10 SOECユニット(部分ユニット)外観



図11 AC30kW級SOECシステム概要

4. おわりに

本研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の助成事業(JPNP20003)の助成を受けて実施されました。研究を進めるにあたり、ご協力いただいた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) 環境省,2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について,2013
- 2) 環境省,2021年度(令和3年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について,2021
- 3) IRENA,Green Hydrogen Cost Reduction,p.12,2020
- 4) 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合技術開発センター,産業分野の排熱実態調査報告書,p.14,2019
- 5) 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合技術開発センター,産業分野の排熱実態調査報告書,p.60,2019
- 6) (一社)ヒートポンプ・蓄熱センター,ヒートポンプ・蓄熱関連機器カタログ, <https://www.hptcj.or.jp/tabid/383/Default.aspx>

筆者



大栗 延章

CN技術開発部
水素製造SOECシステム開発業務に従事



堀内 幸一郎

CN技術開発部
水素製造SOEC企画・開発業務に従事



加藤 芳樹

CN技術開発部
水素製造SOECシステム
開発業務に従事



杉田 吉隆

CN技術開発部
SOECホットモジュール
開発業務に従事

適応的実験計画法による マテリアルズ・インフォマティクス

坂口 和優

Kazumasa Sakaguchi

概要

本研究では、ガウス過程回帰を用いて原材料組成からエポキシ系接着剤の物性予測を行った。またその予測結果を用いたベイズ最適化により最適組成設計の自動化に成功したため、その結果を報告する。

1. 緒言

マテリアルズインフォマティクスは材料開発の領域において革新をもたらしつつある。この分野においては、膨大な材料データを機械学習やデータマイニング等の情報技術と結びつけることにより従来のカンコツによる試行錯誤に依存した設計プロセスを著しく効率化している¹⁾。近年、ガウス過程回帰やベイズ最適化といった手法の導入により、材料設計における最適化の自動化が可能となり、望ましい物性を有する材料の組成設計が迅速に遂行されるようになった²⁾。これにより、化学、エネルギー³⁾、医療⁴⁾等多様な分野において、高性能かつ持続可能な材料の開発が促進され、マテリアルズインフォマティクスは次世代の材料開発に不可欠な技術となりつつある。

自動車業界においては、環境規制の厳格化や消費者の環境意識の高まりを背景にEVシフトが促進され、モーターや関連部品のエネルギー効率の向上および軽量化が求められている。中でも電気自動車のモーターに使用される接着剤には厳しい動作環境に耐える性能が求められる。高温下でも優れた接着力を保持し、低粘度によって薄膜塗布が可能であることは、エネルギー効率の向上、軽量化において極めて重要な要素といえる。

これらの背景を踏まえ本研究では、モーター向けに開発している高耐熱性低粘度接着剤について、効率的な開発プロセスの確立と、従来の接着剤を上回る性能を持つ組成の探索を目的にマテリアルズインフォマティクスの手法を用いて検討した。

2. 実験

2.1 接着剤

本実験で使用した接着剤は、汎用エポキシ樹脂と高耐熱エポキシ樹脂、4種の希釈剤、2種の硬化剤、6種の硬化促進剤からなる。これら材料を任意の割合で配合した混合物を、10分間脱泡混合し、接着剤を作成した。せん断引張試験はJIS K6848 とJIS K6850に則り試験片を作成し、5mm/minで引張を実施した。粘度測定はJIS Z8803-9に則り単一円筒形回転粘度計を用いて20℃で実施した。

2.2 機械学習モデル

機械学習モデルの構築には、事前の実験で得られた物性値データから、接着強度の指標として20℃雰囲気のせん断引張強度、耐熱性の指標として20℃雰囲気のせん断引張強度を160℃雰囲気のせん断引張強度で割ることで算出した強度保持率、薄膜塗布の指標として粘度の3つを目的変数とした。説明変数は配合組成から14種の原材料を使用した。

回帰モデルにはガウス過程回帰 (Gaussian Process Regression) を使用した。ガウス回帰過程はscikit-learnのgaussian process regression, カーネル関数はScikit-learnのConstantKernel() * RBF() + WhiteKernel() を使用した⁵⁾。ガウス回帰過程の概略図を図1に示す。

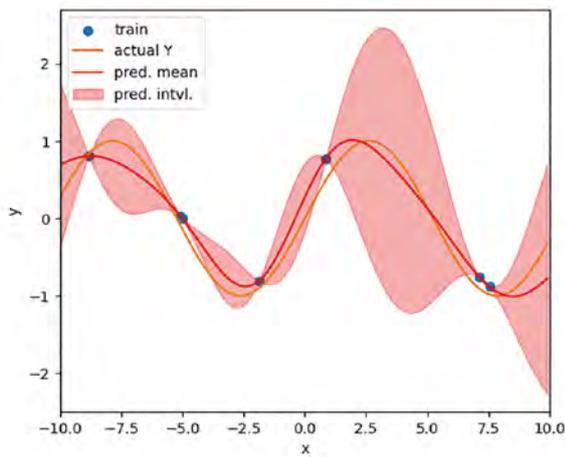


図1 ガウス回帰過程の概略図

青い点が学習データ(実測値),オレンジ線は実際のY,赤線は予測されたY,ピンクの領域は予測されたYの不確かさとして $\pm 3\sigma$ を示す。ガウス過程回帰は説明変数Xと目的変数Yの間にある $Y=f(X)$ を推定する統計手法で,未観測点の予測値と不確かさを同時に出力するため図のように出力Yは推定幅として算出される。データの多い領域では予測区間の幅が狭くなり,データの少ない領域では幅が広がる⁶⁾。

3. ガウス過程回帰モデルの構築

事前の実験で得られた43水準のデータを用いてガウス回帰過程モデルを構築した。データを10分割し,8割を訓練データ,残りの2割を検証データとしてモデルを構築,評価するプロセスを5回行い,その平均値を用いてモデルの精度を確認した(クロスバリデーション, $k=5$)。結果を図2に示す。モデルの性能を評価する指標をグラフ下に記載しており, R^2 (決定係数)はモデルの適合度合を評価する指標,MAE(平均絶対誤差)は予測値と実測値の誤差の平均を取る指標,RMSE(平方根平均二乗誤差)は誤差の二乗平均の平方根を取った指標。 R^2 は1に近いほど,MAEとRMSEは小さいほど優

れたモデルであることを示す。 R^2 が0.5前後の値を取っており,モデルの精度に改善が必要だと考えた⁷⁾。

R^2 を改善するため特徴量の相関解析を行った。相関解析のヒートマップを図3に示す。色が濃いほど高い相関係数を示す。

さらにモデルの精度を改善するため,特に決定係数が低い保持率に対してSHAP値を用いた重要度分析を行った。結果を図4に示す。

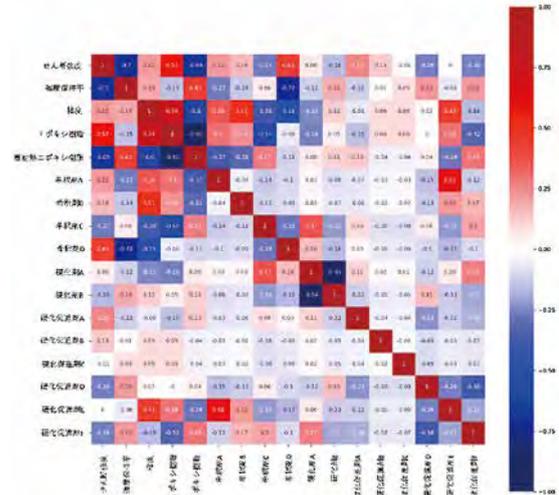


図3 相関係数のヒートマップ

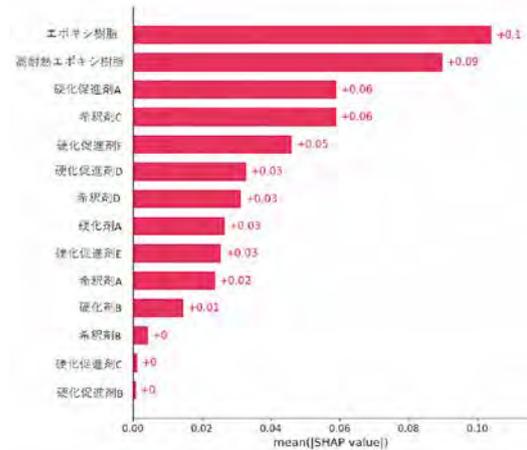


図4 特徴量の重要度(強度保持率)

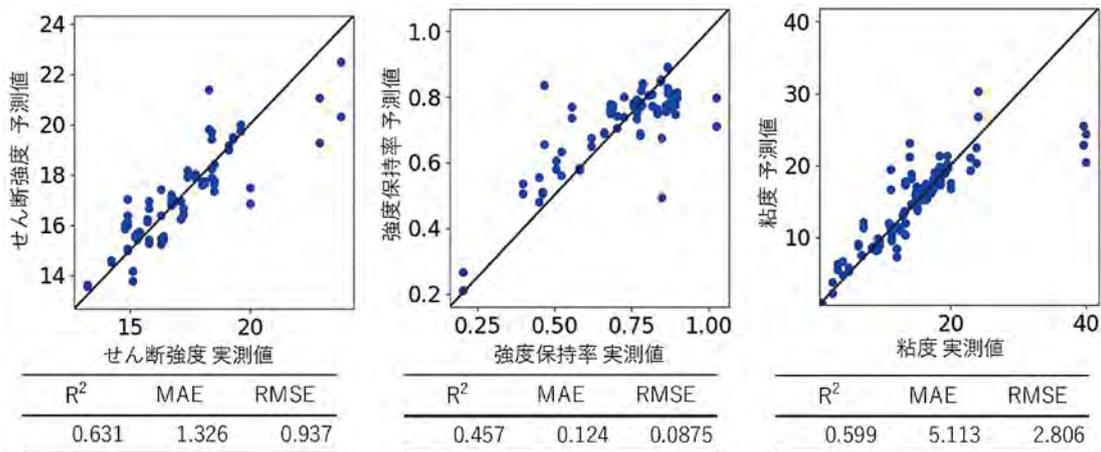


図2 予測精度プロット

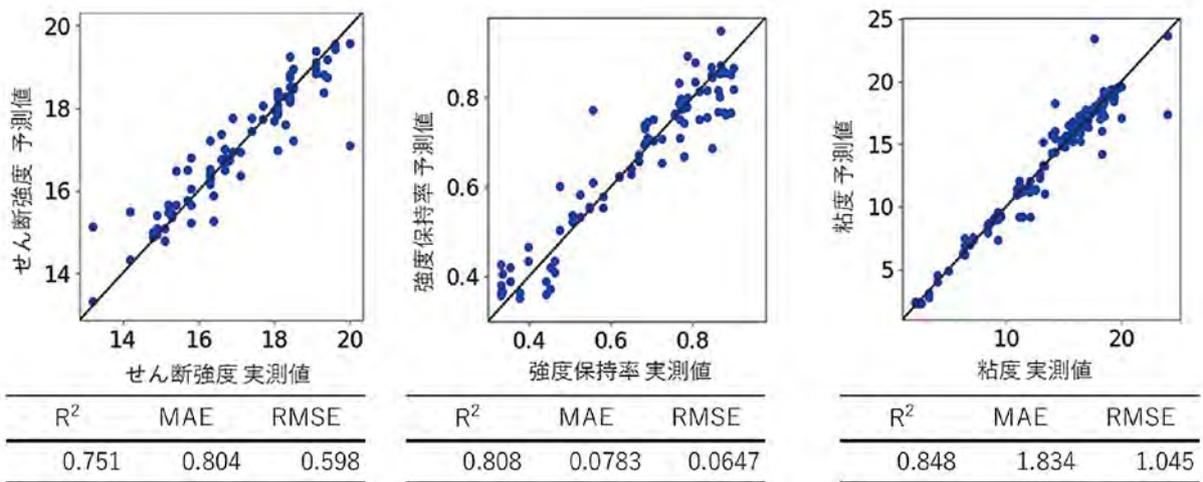


図5 前処理後の予測精度プロット

相関解析が高すぎる項目や、目的変数に対して寄与が小さい特徴量はクラスタリングするか、項目を削除して次元を削減した。また、予測精度プロットで著しい外れ値を示した水準は削除した。

前処理が完了したデータを用いて再度モデルを構築した。結果を図5に示す。全体的に決定係数が向上しており、重要度解析を行った強度保持率ではMAEを大幅に改善することができた。対角線プロットから外れた値も少なくなっており、モデル精度が向上したことがわかる。本研究ではここで作成した3つのモデルを用いて回帰分析を行った。

今回はモデルの予測精度を実際に確認するため追加で実験を行い、モデルが出力した未知な水準の予測値と、実測値の誤差を算出した。結果を表1に示す。

表1 予測値と実測値の誤差

		組成1	組成2	組成3
せん断強度 (MPa)	予測値	17.2	12.4	14.9
	実測値	16.3	11.8	15.1
	誤差	5.3%	5.1%	1.3%
強度保持率	予測値	65.3%	41.3%	51.9%
	実測値	66.9%	43.0%	54.8%
	誤差	2.3%	4.0%	5.3%
粘度 (Pa.s)	予測値	6.1	3.3	8.8
	実測値	6.2	3.6	8.5
	誤差	1.4%	8.3%	3.5%

すべての項目で誤差は数%となっており、実用的な予測モデルの構築に成功したと判断した。

4. 適応的実験計画法

作成したモデルから得られたYの推定幅を利用してベイズ最適化による適応的実験計画法を行った。今回実施した適応的実験計画法は、ガウス過程回帰によりY

とその分散を計算し、得られた値を獲得関数と呼ばれる関数に入力する。獲得関数はYの予測結果が既存のサンプルにおけるYの最大値より大きくなる確率を計算しており、ベイズ最適化はこの値を最大化する点を次の評価候補として選択する。選択された点で実際の評価を行い、モデルに新しくデータを追加する。この流れを繰り返すことで効率よく最適解にたどり着く手法である⁸⁾。今回は獲得関数にProbability of Improvementを使用した⁹⁾。

ランダムに10000水準の組成情報を作成、構築したモデルに入力し、Yの予測値とそのばらつきを算出した。今回は目的変数が3つあるため、YごとにPIを算出し対数変換した値をすべて足し合わせた対数和を獲得関数とした。得られた値を獲得関数に入力し、ベイズ最適化によって、せん断強度と強度保持率が最大化され、粘度が最小化されるXを2つ選択した。獲得関数の値が近いとXも似たような値になってしまうため、初めに獲得関数が最大となるXの水準を1つ選択し、この水準の予測値をYとしてモデルに追加、再度モデルを構築し改めてもう一つの水準を選択することで異なるXを選択しやすくしている。事前に除外していた説明変数はすべて固有の値として特徴量を追加した。

選択された水準を実験しYの実測値を取得、XとYの実測値をモデルに追加し新たなモデルを構築した。このサイクルを3回実施した。結果を表2に示す。

目標値をせん断強度が12MPa以上、強度保持率80%以上、粘度5Pa.s以下と設定した。

1サイクル目では1-1でせん断強度が、1-2で粘度が目標を達成していた。2サイクル目では低粘度を維持しながらせん断強度が向上している。3サイクル目で強度保持率が上昇し始め、6水準目の実験3-2で目標値を達成することができた。

表2 適応的実験計画法の実験結果

		目標値	Cycle1-1	Cycle1-2	Cycle2-1	Cycle2-2	Cycle3-1	Cycle3-2
せん断強度 (MPa)	予測値		16.5	10.2	13.3	15.5	15.9	14.3
	実測値	12以上	16.3	10.8	14.0	15.8	15.7	13.9
	誤差		1.2%	5.6%	5.0%	1.9%	1.3%	2.9%
強度保持率	予測値		69.8%	54.3%	70.7%	70.4%	76.7%	81.2%
	実測値	80%以上	67.0%	59.4%	71.0%	70.8%	75.2%	81.5%
	誤差		4.2%	8.6%	0.4%	0.6%	2.0%	0.4%
粘度 (Pa.s)	予測値		7.0	2.2	5.4	4.4	3	1.7
	実測値	5以下	6.2	2.2	5.5	4.8	2.8	1.7
	誤差		12.9%	0.0%	1.8%	8.3%	7.1%	0.0%

5. 結言

本研究は、ガウス過程回帰を用いて原材料の組成から接着剤の物性を高精度に予測し、その予測結果を基にベイズ最適化による最適組成設計の自動化を行った。これにより、従来の経験則や試行錯誤に依存していた材料設計プロセスを効率化し、迅速かつ的確に望ましい物性を有する材料の組成を探索する手法を提案するものである。

実験結果からは43水準という少ない実験数で複数の物性を同時に高精度で予測できるモデルが構築できることを確認し、ベイズ最適化では各サイクルにおいて設定した目標値を逐次達成し、6水準の実験で全ての目標物性を達成した。この成果は、複合材料の設計におけるベイズ最適化の有効性を示している。

今回実証したマテリアルズインフォマティクスが高性能かつ持続可能な材料の開発ニーズに応えるための手法として今後の材料開発に寄与することを期待する。

参考文献

- 1) Hatanaka, M (人工知能34): Achievements and Challenges of Materials Informatics in Chemistry, 3-354, 2019
- 2) Wang, J., et al. (School of Operations Research & Information Engineering): Bayesian optimization for materials design, 1, 2015
- 3) Yinbin, X.(表面技術): Bayesian optimization for materials design, 74, 2021
- 4) Oba, F., et al.(J. Am. Chem. Soc.): Band Alignment of Oxides by Learnable Structural-Descriptor-Aided Neural Network and Transfer Learning, 146-9697, 2024
- 5) Pedregosa, F, et al.(Journal of Machine Learning Research, vol.12): Scikit-learn: Machine Learning in Python, 2825, 2011
- 6) Akaho, S.(システム/制御/情報 Vol.62): ガウス過程回帰の基礎, 390, 2018
- 7) Hodson, T(Geoscientific Model Development 15): Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not, 5481, 2022
- 8) Kaneko, H.(講談社サイエンティフィック): Pythonで学ぶ実験計画法入門, 116, 2021
- 9) R.P.Adams(Journal of Machine Learning Research): Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms, 1, 2012

筆者



坂口 和優

アイシン化工株式会社
新領域推進センター
接着剤開発に従事

ブラシレスモータ用駆動回路の熱解析モデル

廣瀬 隼
Hayato Hirose

赤尾 和哉
Kazuya Akao

概要

衝突被害軽減ブレーキの作動対象が拡大されるなか、自動ブレーキの応答性を向上するため、ESC(Electronic Stability Control)モジュレータにブラシレスモータを採用する。ブラシレスモータはインバータ回路により駆動される。ブラシレスモータの駆動回路を検討するに際して、重要な項目の1つが熱の問題である。本稿では、新たに開発した熱解析モデルについて述べる。熱解析モデルでは、回路構成の検討を行う上で十分な解析精度が確保されるとともに、演算処理時間が短縮される。

1. はじめに

交通事故の発生防止、及び、その被害軽減の対策として、先進安全技術を活用した運転支援機能を備えた車両の普及が進んでいる。そのなかで、衝突被害軽減ブレーキ（以下、“AEB (Autonomous Emergency Braking)”と呼ぶ）は、高齢運転者等による交通事故の削減に向けた車両安全対策等の措置方針に基づき、新車を対象として、その装着が義務化された。さらに、AEBでは、その作動対象が順次拡大されている。2021年9月30日の保安基準の関連規定改正では、図1に示すように、AEBの作動対象に自転車が付加えられた¹⁾。

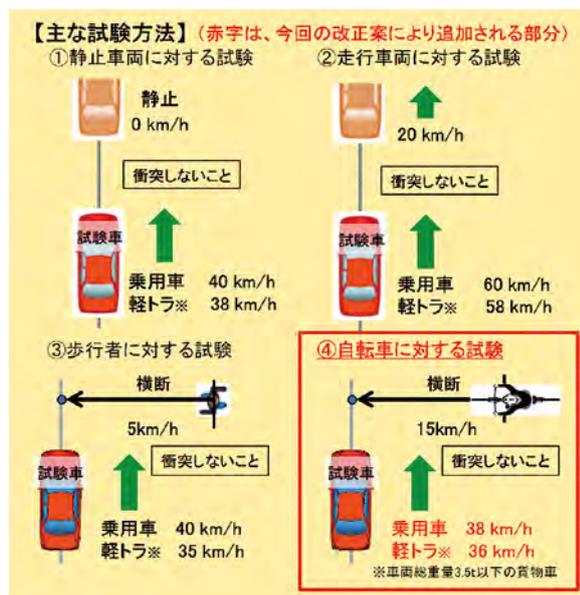


図1 AEBの作動対象拡大¹⁾

一般的に、AEBの自動ブレーキ機能は、図2に示すようなESCモジュレータによって行われる。ESCモジュレータでは、電動ポンプ（電気モータ+流体ポンプ）によりブレーキ液の循環流を発生し、リニア弁により循環流の流路を狭めることで、ホイールシリンダの液圧を増加する。AEBの作動対象拡大には、自動ブレーキの応答性向上が必要になる。そこで、我々は、ブラシレスモータを用いたESCモジュレータを開発している^{2),3)}。

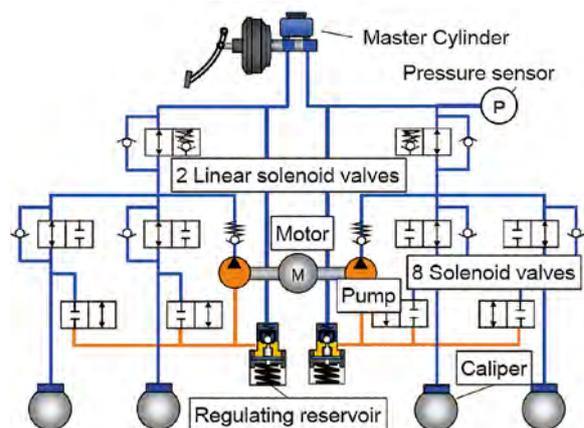
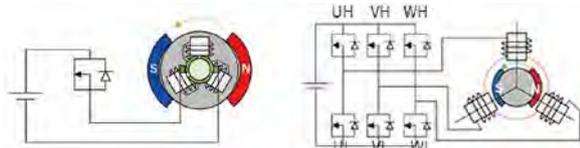


図2 ESCモジュレータの概要

2. ブラシレスモータの特徴

ブラシレスモータは、ブラシ付モータに比較して、回転子のイナーシャが小さいため、起動応答性に優れる。加えて、ベクトル制御の採用により、高速回転が可能になる。これらの特徴は、モータの駆動方法の違いに起因する。

図3に、ブラシ付モーターの駆動方法とブラシレスモーターの駆動方法との比較を示す。ブラシ付モーターでは、ブラシと整流子により整流が機械的に行われる。これに対して、ブラシレスモーターでは、整流が電子的に行われる。ブラシレスモーターの駆動回路には、6個の駆動素子によりインバータ回路が構成される。インバータ回路により、3相の交流電流(U相,V相,W相)が生み出され、モーター巻線に供給される。



(a)ブラシ付モーター (b)ブラシレスモーター
図3. 駆動方法の比較

3. 駆動回路を検討するための熱解析モデル

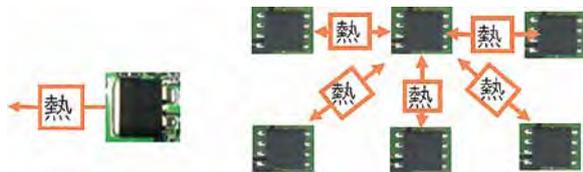
ブラシレスモーターをESCモジュレータに適用する際、重要な項目の一つが、駆動回路の熱的な検討である。熱解析では、モデルの規模が大きいほど、解析精度は高くなるが、演算処理に要する時間が増加する。加えて、実験結果とモデルとの合せ込みに要する工数も増す。そこで、以下の点に配慮して、熱解析モデルの開発を進める。

- ・回路構成の良否を判断できる解析精度を確保する
- ・開発の効率化のために演算処理時間を短縮する

3.1 解析精度の確保

3.1.1 駆動素子間の熱干渉

図4に駆動回路における熱伝達状態を示す。ブラシ付モーターは1個の駆動素子により駆動されるため、単純な熱伝達経路を考えればよい。しかし、ブラシレスモーターの駆動回路には、インバータ回路を構成する6個の駆動素子が近接して配置される。このため、解析精度を向上するためには、駆動素子間の熱的な影響を考慮する必要がある。



(a)ブラシ付モーター (b)ブラシレスモーター
図4. 駆動素子の伝熱状態

熱解析モデルでは、基板同層間の熱伝達、基板層間の熱伝達、及び、基板以外の熱マスを考慮して、駆動素子近傍の伝熱モデルを作り込んだ。

3.1.2 周囲環境の考慮

ブラシレスモーターでは、ブラシ付モーターに比較して、

駆動素子の1個当たりの電力が小さい。駆動素子の発熱が減少するため、雰囲気温度の影響が相対的に大きくなる。加えて、ESCモジュレータは、駆動回路を含めて一体化され、エンジンコンパートメント内に配置される。エンジンコンパートメント内の熱環境(エンジンの発熱、送風による対流等)がESCモジュレータへ影響を及ぼす。

ベンチ評価では、熱設計として厳しくなるように、風よけを設置し、循環流による影響だけが発生するよう行う。そこで、熱解析モデルでは、図5に示すように、周囲環境として、恒温槽を強制冷却が起こらないようにモデル化し、循環風による対流を考慮する。

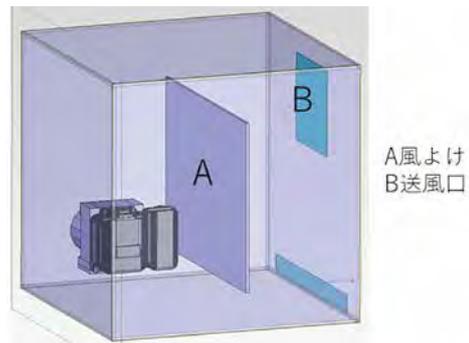
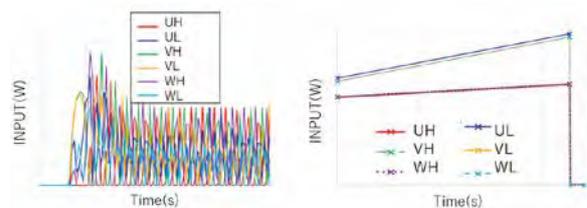


図5 循環流による対流の考慮

3.2 演算時間の短縮

駆動回路では、3相の交流電流が生成され、モーター巻線に供給される。図6(a)に示すように、各相の電力は、時々刻々と変化する。この電力変化に応じて熱解析を実行すると、演算処理時間が膨大になる。そこで、図6(b)に示すように、電力を近似することにより、演算処理時間の大幅な短縮を図る。



(a)実際の交流電力 (b)電力の近似
図6. 処理時間短縮のための電力近似

解析精度に対する電力近似の影響について検証する。図7は、熱解析において、電力近似を行わない場合/行う場合の比較である。電力近似による解析結果は、交流電流を用いて演算した解析結果と一致している。電力近似により、解析精度を確保した上で、演算処理時間を短縮できることが確認できた。

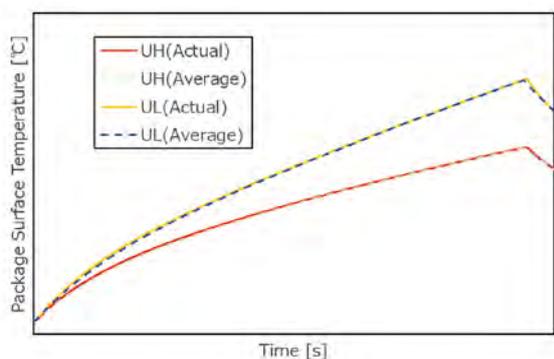
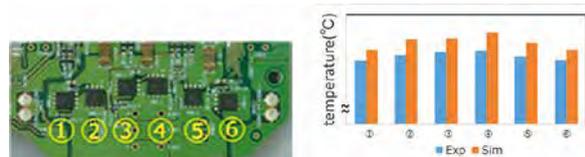


図7 電力近似の影響確認

3.3 実験結果との対比

図8は、各駆動素子の温度について、熱解析モデルと実機での結果との比較である。比較結果が示すように、熱解析モデルでは、駆動素子間の相対的な温度の関係が適切に表現できている。なお、熱解析モデルでの温度誤差は15%以内であり、演算処理に要する時間は、1ケース当たり24時間程度である。



(a)駆動素子の配置 (b)シミュレーション結果
図8. 実験結果との比較

4. 熱解析モデルの活用例

開発した熱解析モデルは、駆動素子の配置、冷却用ヒートシンク等の駆動回路に関する構成検討に用いる。熱解析モデルの活用例として、冷却用ヒートシンクの配置数検討について紹介する。

図9に、6個搭載と搭載無しの熱解析の結果を示す。例えば、位置⑥の駆動素子は、銅ヒートシンクを外しても定格に対して熱的なマージンがあることが確認できる。一方位置④駆動素子は銅ヒートシンクを外してしまうと、定格を超えてしまう。マージンのある駆動素子のヒートシンクだけを取り外すことで、定格の範囲内で温度を低くし均一化できると考え、ヒートシンクの要否の検討にシミュレーションを活用した。その結果、評価を実施するより少ない工数で、ヒートシンクの個数を削減することができた。

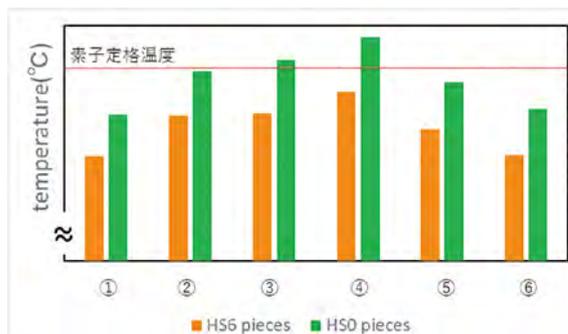


図9 ヒートシンクの配置による温度差

5. まとめ

AEBの作動領域の拡大を受けて、ESCモジュレータの動力源として、ブラシレスモータが利用される。本稿では、ブラシレスモータの駆動回路に関する熱解析モデルの開発について紹介した。この熱解析モデルにより、効率的に駆動回路構成を検討することができるようになった。

参考文献

- 1) 国土交通省, 令和3年度 第1回車両安全対策検討会 安全資料 3-2, 2021. 6. 28.
- 2) H. Kawamura, K. Kokubo, M. Naito, T. Iida, A. Takahashi, and T. Takahashi, "Sensorless Control of a Brushless Motor for the ESC Unit", SAE Paper No. 2023-01-0452, April 2023
- 3) 株式会社アドヴィックス, 2022. 12. 5. 付けNews Release

筆者



廣瀬 隼

株式会社アドヴィックス
電子基盤技術開発部
ブラシレスモータ採用のESC開発に従事



赤尾 和哉

株式会社アドヴィックス
電子基盤技術開発部
ブラシレスモータ採用のESC開発に従事

海外法人便り

超低消費電力を実現する次世代 ニューラルネットワークに関する研究

Research on Next-Generation Neural Networks Achieving Ultra-Low Power Consumption

中野 雄太
Yuta Nakano

概要

IMRA EUROPEが近年注力している次世代AI・スパイクングニューラルネットワークとその応用について紹介する。直近の成果では従来の物体検出に比べて、性能を維持しながら99%以上の消費電力削減に成功した。

1. はじめに

IMRA EUROPEはアイシンが培ってきた自動車技術を、欧州企業・研究機関との共同開発等によってさらに発展させることを狙いに設立された研究所である¹⁾。技術領域としては数理科学をコア技術の柱として、先端材料や電磁気応用、コンピュータサイエンスの部門を所持している。本報告では特に、コンピュータサイエンスの分野におけるIMRA EUROPEの最近の活動、より具体的には超低消費電力化や時系列データ処理を得意とする次世代AI・スパイクングニューラルネットワークに関する成果や今後の展望を紹介する。

2. スパイクングニューラルネットワークについて

スパイクングニューラルネットワーク (Spiking Neural Network, 以下SNNと呼ぶ) は従来のニューラルネットワークと異なり、疎で非同期なスパイク信号を伝播して高度な判断や推論を行うAI技術である。このように書くと堅苦しくわかりづらいため噛み砕いて表現すると、入力データから冗長な信号を取り除き、必要な時に、必要最小限の信号処理で結果を出力するAIである。従来のニューラルネットワークではその構造に含まれる全てのニューロンとシナプス (ニューロン同士を結合する軸索部) において演算処理が行われるが、SNNでは選別された信号だけがネットワーク内を伝達していくため、入力される信号によって演算を行わないニューロンやシナプスが存在する。

この特性を利用することで大幅な演算コストを削減することができる。例えば、セキュリティカメラにおける画像処理への適用を考えた場合、従来のディープラーニン

グを利用した画像処理技術では代わり映えの無い背景情報も演算対象になる。一方SNNでは背景情報 (変化の無い領域) は完全に無視され、動物体 (変化が現れた領域) のみを処理対象とすることができる。

また、冗長な信号を取り除いて必要な時だけ (非同期に) 処理が実行できる点はアイシンが得意とする電動モータやパワートレインの制御における時系列データ処理でも活かすことができる。何か特異な信号が存在した場合にのみ処理を行うことで、より効率的にその異変を検出することができる。

このSNNのアイデア自体は2000年以前から存在していたが当初はネットワークの学習が上手いかず、様々なSNN用の学習方法が開発され実問題に適用できるようになってきたのはここ最近の話である。さらに、ここ数年の間にSNNを実装する専用のエッジデバイス・ニューロモーフィックハードウェアの開発が急速に進み、この技術分野への期待が一気に高まった。この特殊な実装を要するハードウェアの開発には大企業だけでなくスタートアップも参戦しているため、市場規模の観点からもその注目度が伺える。

しかしながら、SNNは従来のAI技術とは信号伝播が全く異なるため、利用するための難易度は非常に高い。実際に、近年目覚ましい結果を示しているディープラーニングとは学習方法が異なるため、従来技術とは別のSNN特有の知識を要する。つまりSNNを学習させることやそれを実装するためのニューロモーフィックハードウェアの利用にはノウハウの蓄積が必須である。その課題を攻略し、如何に他の企業・研究機関から抜き出るか、現在熾烈な戦いが繰り広げられている。

3. SNNを用いたIMRA EUROPEの研究開発

IMRA EUROPEとアイシンはこのSNN技術が将来のコア技術になり得ると予想し、約5年前から研究開発を進めている。ご存知のとおり、自動車産業ではEVの台頭やSDV (Software Defined Vehicle) 化により各機能の低消費電力化が強く求められている。また、他の多くの分野においても環境・エネルギー問題が叫ばれているのは周知の事実であり、本技術はそのソリューションになり得るため、現在特に注力している技術である。

3.1 ミリワットの電力で駆動するエッジシステム

本研究開発を始めたころは基礎研究に時間を費やしてきたが、最近はそので得た知見を具体的なアプリケーションへ展開している。その展開例の一つとして車両周辺監視やセキュリティカメラ等への応用を想定した超低電力消費・歩行者検出システムを開発した。本システムはイベントカメラと呼ばれるセンサ(3.2節で説明)と本目的用に学習したIMRA独自のSNN²⁾、そしてそれをニューロモーフィックハードウェアへ実装したエッジシステムである。セールスポイントはリアルタイム、且つ、mW(ミリワット)オーダーの消費電力で動作することができる点である。消費電力に関してさらに詳しく説明すると、歩行者検出時には平均15mW程度、歩行者不在の状況では1~2mW程度の消費電力で動作する。図1に歩行者検出の結果とその際の消費電力を示した。左図や中央図の歩行者が検出されている場合に対して、右図では歩行者がいない状況において消費電力が極端に抑えられていることがわかる。つまり、SNNがネットワーク内で対象となる信号が存在しないと判断し、自動的にアイドル運転を行っていると言える。この結果は、従来のディープラーニングとハードウェアで実装したエッジシステムに比べて、人が常に存在するデータにおいて99%以上消費電力を削減しており、人が存在しないアイドル状態での性能も含めるとさらに差が付

くことは言うまでもない。

3.2 動き「のみ」を捉える次世代センサ・イベントカメラ

本システムにはイベントカメラと呼ばれる、こちらが次世代のセンサを用いている。このセンサは、その瞬間をキャプチャする従来のカメラと違い、直前の瞬間から変化があった部分のみを捉える。この特徴はミリ波レーダーやLiDARなどで作成される距離画像と似ていて、物体が無い所には信号が存在しない。また、時系列の観点で考えても、変化のあった時間帯にだけ信号が存在する非同期データとすることができる。つまり、このイベントカメラは前段で説明したSNNの特徴とマッチし、相性の良いセンサの一つとして注目されている。また、上記の他に高い時間分解能やハイダイナミックレンジも備えており、このイベントカメラ信号処理単体でも近年多くの論文が出され、様々な分野への応用が期待されている³⁾⁴⁾。

3.3 ニューロモーフィックハードウェアへの実装

SNNが世に出ていくためには、革新的なアルゴリズムだけでなく、それを駆動させるハードウェアの存在が不可欠である。前述した通り、近年、ニューロモーフィックハードウェアの開発が急速に進み、主導権を取るために各社がしのぎを削っている。つまり現在は未だコモディティ化されておらず、それぞれの企業や研究機関が独自の仕様でリリースしている状況である。SNNの実装やそれを用いたアプリケーションの開発を始めるには、まずどのニューロモーフィックハードウェアが適しているのか選定しなければならず、多大な調査と知識、経験を要する。

IMRA EUROPEはこれまで既に3つのニューロモーフィックハードウェアへの実装経験があり、それぞれの長所・短所を身をもって理解してきた。例えば、イベントセンサの特性とSNNを組み合わせた動作認識アルゴリズムの実装では、ポイントとなる時系列情報に関するパラメータを実装できるニューロモーフィックハードウェア

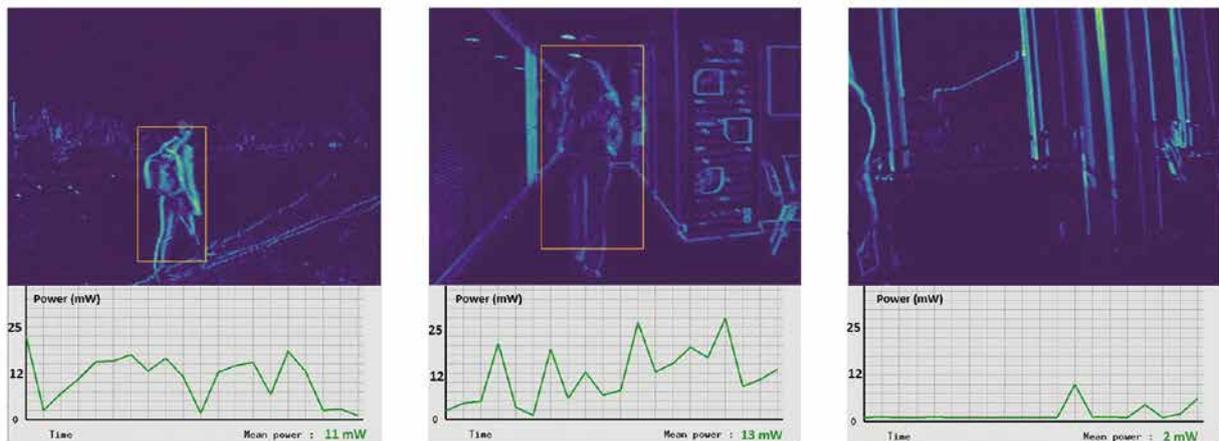


図1 IMRA EUROPEが開発したミリワットオーダーで駆動するリアルタイム歩行者検出SNNのエッジシステム

と、それを実装するプラットフォームを過去の経験を基に適切に選定したことで高い性能を実現することができた⁵⁾。結果として、この手法は図2で示しているIBMが監修したジェスチャ認識ベンチマークデータにおいて世界三位の性能を記録している。

3.4 様々なセンサデータへのSNN適用

また、IMRA EUROPEではこれまでに様々なセンサデータを扱ってきた経験があり、現在はその経験をSNNと組み合わせることで新たな研究開発を行っている。例えば、ミリ波センサの信号処理において、従来最も多く用いられる方法はミリ波データから物体との距離を画像化した距離画像を作成し、物体検出を行うというものである。それに対して我々は、図3のようにミリ波のrawデータのまま時系列データとしてとらえ、SNNで処理をする研究を進めている。この技術は現在までに論文⁶⁾が執筆され、特許も申請されている。

4. 欧州大学との連携

我々は地の利を活かし、ヨーロッパの大学や企業と積極的に連携を行っている。例えば、先に説明したSNNの研究開発においては、IMRA EUROPEの近所に居を構えるコートダジュール大学のAIラボ (i3S)⁷⁾と共同で進めている。さらに、従来の共同研究の枠を超えて、私自身がコートダジュール大学に籍を置き、AIラボの博士学生の論文指導教官として大学業務を行っている。

このように深い関係を築くことで、フランスの産学連携制度・CIFREを利用しながら、現在までに同研究室の博士課程の学生を2名雇用、また修士学生1名をインターン生として採用し、研究開発を加速させている。

さらに、上記共同研究を行っている教授も所属しているSNN関連のコミュニティに参加したり、欧州で行われている技術展示会においてIMRA EUROPEとしてブースを構え、周りの意見の吸い上げや我々の技術に対す

るフィードバックを得られるように努めている。図4はIMRA EUROPEが技術展示会に出展したときの様子である。

他のプロジェクトにおいても、パリのエコールデミンスやトゥールーズ大学の教授にアドバイザーとして入ってもらうなど、欧州の知見や考え方を積極的に取り入れられるように日々活動している。

5. おわりに

我々はこのSNNやニューロモーフィックハードウェアを用いた低消費電力技術への需要が今後さらに大きくなると信じている。ただし、現状、SNNは従来のディープニューラルネットワークほど万能ではなく、解きたい問題に応じた適切な使い方が要求される。IMRA EUROPEはこれら技術をどのように用いれば性能が出るのか、社会実装できるのかを、近年の研究開発を通じて蓄積してきた。今後、さらに研究を進め、我々が「SNNソムリエ」として本分野の先頭に立ち、自動車産業ならびに社会の課題解決を目指す。

参考文献

- 1) 戸嶋裕基(アイシン技報):イムラヨーロッパの近況, pp.53-55, 2020
- 2) Hugo Bulzomi, Yuta Nakano, Jean Martinet et al. : Object Detection for Embedded Systems Using Tiny Spiking Neural Networks: Filtering Noise Through Visual Attention; International Conference on Machine Vision Applications, 2023
- 3) Yuta Nakano, Takeshi Fujita et al. : Data representation of event data for object detection; Symposium on Sensing vis Image Information, 2023
- 4) Yuta Nakano, Takeshi Fujita et al. : Event Data Representation based on Time Stamp for Pedestrian Detection; International Conference on Intelligent Vehicles and Applications, 2023
- 5) Hugo Bulzomi, Yuta Nakano, Jean Martinet et al. : Neuromorphic Temporal Pattern Detection with Spiking Neural Networks using Synaptic Delays, 2024
- 6) 中野雄太, 藤田剛(画像の認識・理解シンポジウム): ミリ波セン

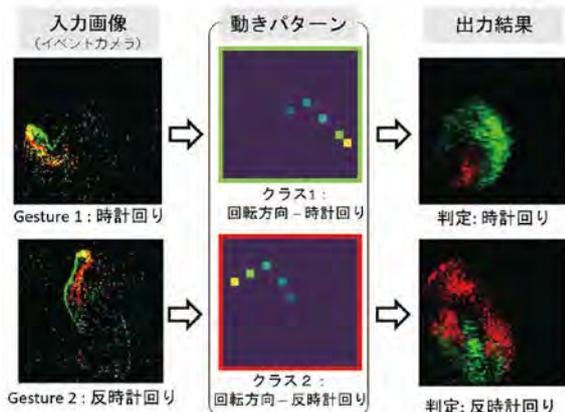


図2 イベントカメラのデータから動き特徴を抽出し、ジェスチャ認識を行うアルゴリズム

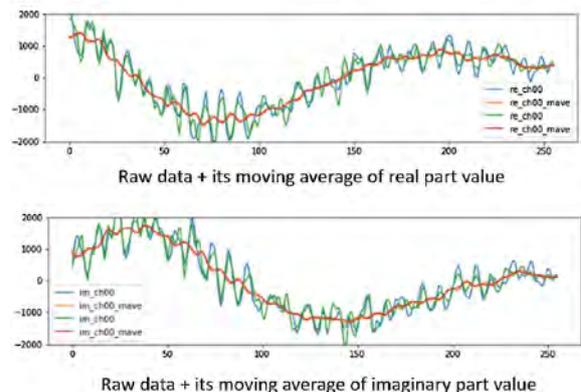


図3 ミリ波のrawデータにおける時系列信号処理



図4 欧州のAI技術関連展示会に参加したときの様子
(左:ADAS & Autonomous Vehicle Technology Expo, 右:WAICF - World AI Cannes Festival)

その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, 2023

- 7) コートダジュール大学・i3S(Laboratory of Computer Science, Signals and Systems of Sophia Antipolis)紹介ページ
<https://www.i3s.unice.fr/en/>

筆者



中野 雄太

IMRA EUROPE S.A.S
SNN (スパイキングニューラルネットワーク) や因果探索手法、AIを用いた電動パワートレイン制御の研究開発マネジメントに従事。工学博士

社外発表論文・投稿

社外発表論文・投稿リスト(2024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	環境省	環境省ホームページ	地域水素利活用を推進する純水素SOFCシステム技術開発・実証	CN技術開発部	加藤 憲二
2	1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
3	1月	日本放射光学会	第37回日本放射光学会年会	Dynamics of Ultrafine Water Absorption in Stratum Corneum Lipids: Insights from O K-edge XAS and XES	AIR事業推進部	井上 慎介 田端 友紀 加藤 寛人
4	1月	QCサークル東海支部	第6529回 総合・交流大会	ボルト圧送異常「0」へのチャレンジ ～数値的根拠に拘った解析と標準化～	西尾機関工場	鈴木 涼太 青山 源治
5	1月	自動車技術会	自動車技術会フォーラム 2023年度 冬季	SWG1「読み物製作」活動報告	ソフトウェア基盤技術部	久保 孝行
※6	1月	American Society for Microbiology	Applied and Environmental Microbiology	Specific conversion of myo-inositol into scyllo-inositol using thermophilic cells that produce mesophilic enzymes: a new approach for preparing enzyme cocktails	イムラ・ジャパン	高橋 正裕
7	1月	中部科学技術センター	人工知能研究助成研究成果発表会	サイバーフィジカルシステム実現に向けた説明可能 AI モデルの開発	DS部	仲村 佳悟
8	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 (ISEC研)	暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2024)	車載システムにおけるCAPECの攻撃経路分析や攻撃可能性評価への活用	ソフトウェア基盤技術部	前田 和輝 土居 元紀 小野 華
9	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 (ISEC研)	暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2024)	車載器における耐タンパー技術技術探索	ソフトウェア基盤技術部	小野 華 土居 元紀 前田 和輝
※10	1月	Elsevier	Materials & Design	Evaluation of microstructure and magnetic properties of soft magnetic steels fabricated using laser directed energy deposition	EV第2生技開発部	伴 美織 衆 康弘 森本 光香
11	1月	省エネルギーセンター	ENEX2024	排熱を動力として冷却する小型吸収式ヒートポンプの開発	先進開発部	稲葉 健造
12	1月	トヨタ自動車	トヨタ自動車講演会	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
13	1月	日本オペレーションズ・リサーチ学会	Transactions of the Operations Research Society of Japan (TORSJ)	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 (生産企画部) 井手 貴範 宮崎 正旭
14	2月	新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)	NEDOホームページ	アンモニアSOFCの高効率発電に関する研究開発	CN技術開発部	加藤 芳樹
15	2月	表面技術団体協議会	令和6年度(第32回)表団協セミナー	表面処理におけるカーボンニュートラルへの取り組み	EV第1生技開発部	加藤 誠喜
16	2月	日本科学技術連盟	第6520回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)－別府－	ピニオン加工ライン 頻発停止撲滅による可動率向上	小川工場	大嶋 伊都子
17	2月	日本科学技術連盟	第6520回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)－別府－	共有工具置き場の3F撲滅	半田電子工場	中山 怜
18	2月	日本科学技術連盟	第6520回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)－別府－	全員参加で解決!三次元測定機における縦置き測定時間低減	蒲郡工場	金居 孝幸 増田 真治

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
19	2月	日本科学技術連盟	第6520回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー別府ー	頻発停止低減活動「シリコン塗布NG撲滅」	岡崎東工場	石原 元気
20	2月	日本科学技術連盟	第6520回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー別府ー	メンバー全員が自ら動き変えてきた職場完全活動～チェックバルブ油塗布作業のバラツキ低減～	岡崎工場	古川 由菜
21	2月	日本科学技術連盟	第6520回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー別府ー	ワーク搬送台車安全性向上	田原工場	小林 慎治
22	2月	オールアイシンTQM推進委員会	第100回 オールアイシンQCサークル大会	一歩を踏み出す大切さ～小太郎サークルの挑戦～	安城工場	富永 典央 石川 玲奈 松本 祐二
※23	2月	The Institute of Image Information and Television Engineers	The ITE Transactions on Media Technology and Applications	Automatic Calibration of an in-Vehicle Camera based on Structure from Motion	滋賀大学(アイシン)	早川 和孝
24	2月	塑性加工学会	第356回塑性加工シンポジウム	電動車普及に向けた政策動向、課題と取組み	EV技術部	久保山 裕満
※25	2月	IEEE	The 10th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE2024)	Localization Based on Floor Line Map Using Monocular Camera for Factory Autonomous Mobile Robot	生産革新推進部	村瀬 王哉
※26	2月	IEEE	IEEE Access	Benchmarking Transformer for Long-Term Time-Series Forecasting: A Case of Torsional Resonance in Electric Vehicles	DS部	國吉 房貴 澤田 好秀
27	3月	鋳造工学会	ダイカスト研究部会	アルミ溶解炉の最適燃焼制御技術	軽合金生技部	阿部 佑太 村松 慶亮
28	3月	情報処理学会	第213回ICS研究発表会	人工知能は交通ルールを学べるか?～教師なしコンセプト学習と説明性についての考察～	DS部	仲村 佳悟
29	3月	精密工学会 画像応用技術専門委員会	動的画像処理実利用化ワークショップDIA2024	はんだ接合部形状検査における画像異常検知手法を用いたX線CT画像判定技術の開発	DS部 岡崎電子工場	(DS部) 長谷部 瑛久 (岡崎電子工場) 今枝 峻希 織田 勇也
30	3月	精密工学会	DIA2024	フォークリフト安全管理システムの活用による災害未然防止	DS部 半田工場	(DS部) 磯部 真之介 福本 剛 (半田工場) 坂本 憲昭
31	3月	電気学会	静止器・回転機合同研究会	ガボールフィルタを用いた永久磁石モータの磁石パラメータ・磁気コアポロジ同時最適化に関する検討	第1EV先行開発部 走行安全技術部	(第1EV先行開発部) 木戸 勇志 柴森 賢子 津田 哲平 (走行安全技術部) 佐藤 智宏
32	3月	日本音響学会	2024年春季研究発表会	振幅スペクトログラムの2次元フーリエ変換を用いた製品異音検査	DS部	宗戸 俊樹 笠原 太郎 坂本 湧暉 伊藤 秀浩
33	3月	トヨタ自動車	2023年度 DS実践道場	知識グラフの設計スピードを向上するための情報対応付け手法の開発(エンティティリンキング)	DS部	藤井 直希
34	3月	軽金属溶接協会	軽金属溶接	FSBW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	EV第1生技開発部	山口 修平
35	3月	日本金属学会	日本金属学会2024年春季講演大会	粉末床の粉末配置状態が熔融拳動に及ぼす影響	モータ第2生技先行開発部	伴 美織 小林 翼
36	3月	日本金属学会	日本金属学会2024年春季講演大会	LMD で造形したFe-Si-Al 鋼の結晶配向制御	モータ第2生技先行開発部	伴 美織 森本 光香
37	3月	鳥取県庁	脱炭素技術研究会 エコカーWG	電動車普及に向けた環境動向、アイシンの取組みと展望	EV技術部	山口 哲也
38	3月	日本物理学会	日本物理学会2024年春季大会	非中心対称構造を有する新規超伝導体Ba12Pt38-xB32-yの合成と物性	イムラ・ジャパン	川島 健司

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	日本化学会	日本化学会第104春季年会(2024)	高効率・高耐久ペロブスカイト太陽電池モジュールの実用化技術開発	先進開発部 イノベーションセンター 生技先行開発部	(先進開発部) 中島 淳二 遠山 智之 岡本 朋也 (イノベーションセンター) 堀 智 (生技先行開発部) 加藤 誠喜
40	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	YYSystemによる社会への貢献	先進開発部 デザイン部 シェアリングソリューション部	(先進開発部) 中村 正樹 (デザイン部) 新出 佳弘 (シェアリングソリューション部) 日下 喜与美
41	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	イノベーションセンター ～激動する価値意識への対応～	イノベーションセンター	西尾 泰明 外山 大輔 石田 俊彦 井上 慎介
42	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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	ES先行開発部	鶴飼 健司
43	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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～	イムラ・ジャパン	田内 比登志
44	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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 西尾ダイカスト工場 金型工機部 PE・環境生技部	(軽合金生技部) 馬淵 潤 鶴飼 伸介 竹之下 正志 横井 賢治 深見 尚男 (西尾ダイカスト工場) 兼氏 貴也 安田 正臣 (金型工機部) 浅井 秀之 (PE・環境生技部) 稲熊 亮司
45	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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	車体第2技術部	増田 賢志 田中 新 野末 勝也
46	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	PSD用画像認識システム	ボデーシステム開発部 ボデー商品企画部 先進開発部	(ボデーシステム開発部) 水野 直希 木暮 孝典 (ボデー商品企画部) 梁井 慶一 (先進開発部) 小久保 嘉人 寺西 竜平
47	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	製品動作音の新検査法の開発	DS部	笠原 太郎 坂本 湧暉 宗戸 俊樹 高部 晃好 伊藤 秀浩
48	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	加熱粉砕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 山本 泰三 上坊寺 亨
49	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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～	材料技術部	山本 修也
50	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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	走行安全第2制御 技術部	脇田 陸 山本 彰人 城 響一
51	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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	アドヴィックス	渡邊 俊哉 増田 芳夫
52	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	鋳造ライン中子納め 自動化技術の確立	アイシン高丘	甲斐 秀幸 小木曾 達彦 鬼柳 祐樹 三屋 駿人

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
53	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	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-	アート金属工業	宮坂 弘樹
54	3月	株式会社アイシン	アイシン技報 vol.28 / 2024	アセアン市場動向とAIAPの取り組み	AIAP	牧戸 共一 田中 一貴
55	3月	コーネル大学	arXiv	Magic for the Age of Quantized DNNs	DS部 AISW	(DS部) 齋院 龍二 澤田 好秀 (AISW) 末武 一馬
56	3月	日本ストレス学会	ストレス科学	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
57	4月	東海化学工業会	東海化学工業会会報 2024年4月号	アイシンにおけるペロブスカイト太陽電池開発	先進開発部	中島 淳二
58	4月	QCサークル東海支部 愛知地区	第6440回 QCサークル愛知地区いきいき事例研究大会	シャワートイレ 着座スイッチ検査工程荷重NG修理撲滅	安城工場	湯田 健太
59	4月	情報処理学会	論文誌	深層学習と車載超音波センサによる歩行者検出手法	先進開発部	菅江 一平 井奈波 恒
60	5月	朝倉書店	最適化・最適設計辞典	「密度法」、 「マルチスケルトロジー最適化」	技術統括部	乙守 正樹
61	5月	日本塑性加工学会	2024年度塑性加工春季講演会	フェライト系ステンレス鋼板の材料モデリングと球頭絞り成形シミュレーション	第4ユニット 生技部	田岡 章
62	5月	日本産業衛生学会	第97回日本産業衛生学会	高ストレス者の早期把握に向けた皮膚ガスによるストレス蓄積検知技術	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 藤岡 英二
63	5月	日本科学技術連盟	第6540回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)-函館-	パンチ高さ測定工数の低減 ~再調整撲滅へのチャレンジ!!~	金型生技部	鈴木 快斗
64	5月	日本科学技術連盟	第6540回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)-函館-	トルクコンバータ測定段取り時の落下リスク低減	吉良工場	河合 健人
65	5月	日本科学技術連盟	第6540回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)-函館-	「試験片副資材費低減」 ~ダントツ見やすい予定表で、若手の「困った」を解決!~	工具生技部	山崎 貢佑 一木 海斗
66	5月	日本科学技術連盟	第6540回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)-函館-	資源の無駄を無くして贅沢をしよう! ~出来る事から始める副資材低減活動~	新豊工場	清野 将輝 岩倉 貴大 宇井 元貴
67	5月	日本科学技術連盟	第6540回 QCサークル全国大会(小集団改善活動)-函館-	“あんしん”“あんぜん”を迅速に! 内製床補修作業の工数低減	安城第1工場	渡邊 託也 平澤 幸二 上村 一路
68	5月	低温工学・超電導学会	第107回低温工学・超電導学会研究発表会	アルミニウム鋳包み法により作製したCaKFe4As4超電導バルクの捕捉磁場特性	イムラ・ジャパン	神谷 良久 川島 健司
69	5月	低温工学・超電導学会	第107回低温工学・超電導学会研究発表会	アルミニウム鋳包み法によるCaKFe4As4超電導バルクの作製	イムラ・ジャパン	川島 健司 神谷 良久
70	5月	日本鑄造工学会	公益社団法人日本鑄造工学会 第183回全国講演大会 YFE大会	ダイカスト工場におけるショットブラスト粉塵回収作業時間の低減	西尾 ダイカスト工場	大田 昇宏 白井 大貴
71	5月	人工知能学会	2024年度 人工知能学会全国大会(第38回)	アイシンの先端AI研究	DS部	名取 直毅 張潘 チュオンズイ
72	5月	人工知能学会	2024年度 人工知能学会全国大会(第38回)	高信頼機械学習システム開発フレームワークとモビリティにおける適用	DS部	名取 直毅
73	5月	人工知能学会	2024年度 人工知能学会全国大会(第38回)	信号伝搬過程におけるスケージング則に基づく人工深層ニューラルネットワークの系統的な設計	DS部	張潘 チュオンズイ 名取 直毅
74	5月	MathWorks	MATLAB EXPO 2024	Model-Based Designを活用したドア系製品のソフトウェア開発事例	ボデーシステム 開発部	伊神 範光
75	5月	ニューサイエンス社	月刊 Medical Science Digest	微細水粒子AIR(アイル)の皮膚適応	AIR事業推進部	井上 慎介 田端 友紀
76	5月	人工知能学会	人工知能学会全国大会(JSAI2024)	教師なしコンセプトへの部分的な置換によるConcept Bottleneck Modelの汎化性能改善度に対する理論解析	DS部	林 直輝 澤田 好秀
※77	6月	European Community on Computational Methods in Applied Sciences	ECCOMAS	Improving Accuracy in Shape Generation of Motors Using Generative Models	解析技術部	近藤 慶長 鈴木 圭介

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
78	6月	日本皮膚科学会	第123回日本皮膚科学会総会	ナノサイズ微細水と外用薬によるアトピー性皮膚炎の症状改善効果について	AIR事業推進部	井上 慎介 田端 友紀 横山 慶子 松永 瑞希
79	6月	日本皮膚科学会	第123回日本皮膚科学会総会	ナノサイズ微細水の尋常性瘡瘡に対する効果と安全性の評価	AIR事業推進部	井上 慎介 松永 瑞希 田端 友紀 横山 慶子
80	6月	日本皮膚科学会	第123回日本皮膚科学会総会	水の皮膚浸透性および皮膚の脂質産生能に及ぼす微細水粒子噴霧の影響	AIR事業推進部	井上 慎介 田端 友紀 横山 慶子 松永 瑞希
81	6月	日本皮膚科学会	第123回日本皮膚科学会総会	ナノサイズ微細水粒子が皮膚に作用するメカニズムを知る～アトピー性皮膚炎への症状改善効果～	AIR事業推進部	松永 瑞希
82	6月	QCサークル 東海支部愛知地区	フレッシュ&チャレンジ大会	洗浄液使用量低減によるVOC(揮発性有機化合物)排出量低減	小川工場	小川 雄右
83	6月	CEST(組込みシステム 開発技術研究会)	第285回技術交流会	最近のCとC++について	ソフトウェア基盤 技術部	間瀬 順一
※84	6月	IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition	CVPR 2024	Unknown Prompt, the only Lacuna: Unveiling CLIP's Potential for Open Domain Generalization	DS部	MAINAK SINGHA
85	6月	技術情報協会	研究開発リーダー	目に見えない微細水粒子 『AIR(アイル)』が秘めた可能性	AIR事業推進部	井上 慎介
86	6月	日本人間工学会	日本人間工学会 第65回全国大会	車両走行振動下での良質な睡眠の実現 -睡眠に影響する振動成分抽出のための 動的線形モデリングパラメータ検討-	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 久田 伊織 藤岡 英二
※87	6月	American Institute of Physics (AIP)	Applied Physics Reviews	Precise Fermi level engineering in a topological Weyl semimetal via fast ion implantation	ATC-A (第1EV先行開発部)	初木 崇
88	6月	中部品品質管理協会	2024年度 中部品品質管理大会 QCサークル事例発表大会	世界に羽ばたけ星野治具 ~僕らのシャフト挿入異常撲滅記~	西尾機関工場	山本 直義 鈴木 郁恵
※89	7月	IEEE USA	Transactions on Industry Applications	New Experimental System and Procedure for On-line Insulation Life Testing of Stator Winding of Automotive Traction PMSM without using Dynamo System	第1EV 先行開発部	三好 洋一 古賀 清隆 サハ スプラタ
※90	7月	European Fuel Cell Forum	European Fuel Cell Forum 2024	Overview of the recent SOC activities in Japan	CN技術開発部	堀内 幸一郎
※91	7月	Asian Conference on Computer Vision	Asian Conference on Com- puter Vision 2024 (ACCV 2024)	DepthSegNet24: A Label-Free Model for Robust Day-Night Depth and Semantics	DS部	ファン ティ フェン タン 張潘 チュオンズイ 名取 直毅
92	7月	日本DDS学会	第40回日本DDS学会(2024年)	ナノサイズ微細水粒子の皮膚処 理時間による薬物皮膚透過促進 効果への影響	AIR事業推進部	重森 康司 井上 慎介 田端 友紀
93	7月	愛知工業大学	プロジェクト共同研究 シンポジウム	溶液中の二酸化炭素濃度の 光学的面計測法の開発	解析技術部	富田 頌平 西川 雅喜
94	7月	日本化学技術連盟	第6550回QCサークル全国大会 -新潟-	大物ギア加工ライン歯車研削盤における 安全回路制御装置異常の撲滅	田原工場	桃原 英暉 内田 省悟
95	7月	日本科学技術連盟	第6550回QCサークル全国大会 -新潟-	若手の育成と逆転の発想で異常をなくせ! シリアルNo.刻印機ワーク浮き異常撲滅	蒲郡工場	田村 将道
96	7月	日本科学技術連盟	第6550回QCサークル全国大会 -新潟-	ハンドル成形ささくれ不良撲滅	新川衣浦工場	加藤 久和
97	7月	日本科学技術連盟	第6550回QCサークル全国大会 -新潟-	ワーク冷却・ラベル貼付装置 加工完了時間エラー撲滅	岡崎電子工場	久保 里於名 池田 友樹
98	7月	日本科学技術連盟	第6550回QCサークル全国大会 -新潟-	シャワートイレ 着座スイッチ検査 工程 荷重NG修理撲滅	安城工場	湯田 健太
99	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
100	7月	総合科学研究機構 中性子科学センター	中性子産業利用報告会	PEDOT:PSS [ポリ(4-スチレンスルホン酸)を ドーブしたポリ(3,4-エチレンジオ キシチオフェン)]の吸放湿に伴う 親水ドメインの構造調査	材料技術部 AIR事業推進部	(材料技術部) 山本 修也 木村 かおり (AIR事業推進部) 森 隆行 田端 友紀

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
101	7月	日本品質管理学会	日本品質管理学会「品質」誌	“データ活用による問題解決”が出来る人材の効率的な育成	TQM推進部	平松 伸章
※102	7月	IEEE-RAS	2024 IEEE-RAS Internaitonal Conference on Humanoid Robots	Insole-Type Walking Support Device Equipped with a Control Method to Eliminate Rattling	第1EV 先行開発部	岩瀬 正克
103	7月	ダイハツ工業	ダイハツAIキャンプ	“全員参加”でDX(AI/DS)を推進～データ活用がアインにもたらした変革とは～	DS部	加藤 浩明
※104	7月	Linux Foundation/Automotive Grade Linux	Automotive Grade Linux (AGL) All Member Meeting	A case study for the storage isolation to avoid system slow down that propagated from other container.	アプリケーション デザイン部	山口 直人
105	7月	QCサークル 東海支部	QCサークル東海支部『第6553回本部長賞支部選抜大会』	レシーブから始まるチームプレー	新川衣浦工場	小坂 裕貴
106	7月	日本科学技術連盟	信頼性・保全性・安全性 シンポジウム	画像測定自動化による 解析工数低減	EV第2生技 開発部	祢宜田 悠平
107	7月	自動車技術会 中部支部	2024年度 自動車技術会中部支部 「研究発表会」	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	走行安全第2制御 技術部	脇田 陸 山本 彰人 城 響一
108	7月	QCサークル 東海支部	支部選抜大会	一歩を踏み出す大切さ ～小太郎サークルの挑戦～	安城工場	富永 典央 石川 玲奈 安福 誠
109	7月	NEDO	NEDO水素・燃料電池成果報告会 2024	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	大栗 延章
110	7月	日本能率協会 TECHNO-FRONTIER 2024	第45回モータ技術シンポジウム	ダイナモベンチを利用しないモータ 巻線のオンライン絶縁寿命試験装置 の開発	第1EV先行開発 部	サハ スプラタ 三好 洋一 古賀 清隆
111	7月	内閣府消費者 委員会	内閣府消費者委員会	マルチモーダル対話エージェント“Saya” と消費者サービス応用の展望と課題	先進開発部	大須賀 晋
112	8月	IPS-24実行委員会	International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-24)	Design and Development of Low-Cost Donor-Acceptor- Donor (D-A-D) Hole Transport Materials for Efficient and Stable Perovskite Solar Cells	イムラ・ジャパン	Amrita Kumar Sana 清水 隆行 土本 勝也 渡邊 恒暁 中島 淳二
113	8月	日本能率協会	TECHNO-FRONTIER 2024 オ ンライン展示会 主催者セミナー	Factory Viewの運用と活用のご 紹介	ものづくり革新部	坂井 亮太
114	8月	自動車技術会	自技会誌 ‘24 年鑑	スズキ「スイフト」新CVT	T/M技術部	滝沢 昌士
115	8月	日本エアロゾル 学会	第41回エアロゾル科学・技術研 究討論会	過飽和水蒸気から生じる気中水 クラスターの解析	AIR事業推進部	加藤 寛人 森 隆行 田端 友紀 井上 慎介
116	8月	日本エアロゾル 学会	第41回エアロゾル科学・技術研 究討論会	ドリフトチューブ法による空気電離 イオンの特性解析	AIR事業推進部	森 隆行 加藤 寛人 田端 友紀 井上 慎介
※117	8月	American Chemi- cal Society	Inorganic Chemistry	Verification of Na Catalytic Effect on Synthesis of Lantha- nide Intercalated Graphite	イムラ・ジャパン	川島 健司
118	8月	エレクトロニクス 実装学会 電磁特性技術委員会	サマーセミナー	車載機器のEMC設計とその効率 化およびAI活用事例の紹介	解析技術部	菅 翔平
119	8月	日本機械学会	日本機械学会 2024年茨城講演 会	潤滑油添加剤との相互作用に着 目した遷移金属を蒸着したDLC 膜による低摩擦化メカニズム解 析	第1EV先行開発 部	元土肥 計彦 三宅 悠
※120	9月	IEEE USA	Transactions on Industry Applications	Comparative Study on Insulation Lifetime of Stator Winding of Dual Inverter Fed Open Winding IPMSM and Single Inverter Fed Star-Connect- ed IPMSM for EV Application	第1EV 先行開発部	三好 洋一 古賀 清隆 サハ スプラタ
※121	9月	International Symposium on Advanced Vehicle Control	Avec2024	Validation of Control Method to Improve Posture Stability of Narrow Tilting Vehicles Using real-vehicle dynamic tests	先進開発部	荒木 敬造

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
122	9月	日本音響学会	2024年秋季研究発表会	製品作動音のばらつきを考慮したロバストな異音検出手法の検討	DS部	坂本 湧暉 宗戸 俊樹 笠原 太郎 伊藤 秀浩
123	9月	宮城県庁	次世代エネルギーセミナー	温泉排熱から生まれる次世代エネルギー	CN技術開発部	渡邊 秀貴
124	9月	日本睡眠環境学会	第33回日本睡眠環境学会学術大会	ひざ掛け・靴の着用が仮眠に及ぼす影響に関する研究	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 久田 伊織 藤岡 英二
125	9月	日本生物工学会	第76回日本生物工学会大会	ギ酸資化菌培養における溶存酸素の影響評価	イムラ・ジャパン	榎原 真二
126	9月	日本機械学会	日本機械学会 2024年度年次大会	物理方程式を考慮したグラフニューラルネットワークによる流体予測技術の開発	DS部	木佐貫 祥一郎 中野 陽平 松村 直也 杉浦 卓也
127	9月	JAMBE	MBSE勉強会SWG	アイシンでのMBSE取り組み	解析技術部	秋田 拓
128	9月	エレクトロニクス実装学会 電磁特性技術委員会	サマーセミナー	車載機器のEMC設計とその効率化およびAI活用事例の紹介	解析技術部	菅 翔平
129	9月	電子情報通信学会	IEICEソサイエティ大会	人工ニューラルネットワークを用いた多目的最適設計手法の実用化に向けた検討	解析技術部	菅 翔平
※130	9月	IPG Automotive	Apply & Innovate 2024	Model Based Development for ADAS functions fusing physical and virtual world	解析技術部	丸岡 哲也
131	9月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会 - 京都 -	～全員参加で取り組んだスピード解決～ ～ID読込異常撲滅による可動率向上～	岡崎東工場	判家 祥益 前野 健太
132	9月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会 - 京都 -	『電極再研磨』工数低減 ～仕事と育児の二刀流 全力ママを救え～	半田電子工場	飯干 哲浩
133	9月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会 - 京都 -	洗浄液使用量低減によるVOC(揮発性有機化合物)排出量低減	小川工場	小川 雄右 石丸 貴彬
134	9月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会 - 京都 -	副資材チェック方法の効率化	PT信頼性技術部	高橋 真理 犬飼 和宏 上村 悟
135	9月	日本科学技術連盟	QCサークル全国大会 - 京都 -	プラグ斜め圧入不良撲滅!	城山工場	原 佑輔
136	9月	表面技術協会	表面技術協会 第150回講演大会	アルミニウムのポーラス型アノード酸化皮膜の二層構造化	EV第2生技 開発部	藪井 博昭 角 良平
137	9月	日本経営協会	第47回改善提案活動中部大会	外観チェック工程の製品持ち替え作業廃止改善	TQM推進部	栗田 直人
138	9月	日本経営協会	第47回改善提案活動中部大会	連結部スライド式による多連結台車の考案	TQM推進部	栗田 直人
139	9月	内閣府消費者委員会	消費者をエンパワーするデジタル技術に関する取組み	フォトリアリスティックなバーチャルヒューマンを用いた、モビリティおよび街向けマルチモーダル対話インタフェースの開発	先進開発部	大須賀 晋
140	9月	日本物理学会	日本物理学会第79回年次大会	Yb系化合物の新物質探索	イムラ・ジャパン	川島 健司 神谷 良久
141	9月	日本物理学会	日本物理学会第79回年次大会	MgCu2型ラーベス相派生化合物Ba5Ir7Ge4の合成と超伝導特性	イムラ・ジャパン	川島 健司
142	9月	日本金属学会	日本金属学会 2024年秋期講演大会	Fe-3SiSUS316 積層造形体における中間層導入による組織制御と磁区構造	モータ第2生技 先行開発部	伴 美織 森本 光香
143	9月	日本金属学会	日本金属学会 2024年秋期講演大会	モータの強度向上と高性能化を狙ったDEDによる局所非磁性造形の検討	モータ第2生技 先行開発部	伴 美織 森本 光香
144	9月	日本生物環境工学会	2024年大阪大会	ナノサイズ微細水粒子によるダイズ吸水特性の解明	AIR事業推進部	市原 明未 平野 明良 田端 友紀 井上 慎介
145	9月	電気学会	半導体電力変換一般およびモータドライブ合同研究会	ダイナモベンチを利用しないモータ巻線のオンライン絶縁寿命試験装置の開発	第1EV 先行開発部	サハ スプラタ 古賀 清隆
146	9月	豊田中央研究所	第3回オールトヨタTechTalk	PSCモジュール高効率化を目指したレーザ微細加工技術の開発	PE・CN生技部	川口 巧

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
147	9月	高分子学会	第73回高分子討論会	PEDOT:PSS [ポリ(4-スチレンスルホン酸)をドープしたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)]の吸放湿に伴う親水ドメインの構造調査	材料技術部 AIR事業推進部	(材料技術部) 山本 修也 木村 かおり (AIR事業推進部) 森 隆行 田端 友紀
148	9月	高分子学会	第73回高分子討論会	FT-IRを用いたPEDOT:PSS [ポリ(4-スチレンスルホン酸)をドープしたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)]の吸放湿挙動に関する研究	材料技術部 AIR事業推進部	(材料技術部) 米沢 吹雪 木村 かおり (AIR事業推進部) 田端 友紀 加藤 寛人
149	9月	Intellect	Mental Health Festival	日本の職場におけるメンタルヘルス ～ストレスチェックの課題への革新的なアプローチ～	先進開発部	藤岡 英二
150	9月	化学工学会 関西支部	第17回北陸地区 化学工学研究交流会	過飽和水蒸気から生じる 気中水クラスターの解析	AIR事業推進部	加藤 寛人 森 隆行 田端 友紀 井上 慎介
※151	9月	IOP Publishing	Materials Futures	High-Selectivity NIR Amor- phous Silicon-Based Plasmonic Photodetector at Room Tem- perature	イムラ・ジャパン	Allison Giles 齋藤 史朗 鈴木 博紀 林 弘毅
※152	9月	ISOS-15 委員会	有機およびハイブリッド太陽電池 の安定性に関わる国際会議 ISOS-15	Triphenylamine based novel dopant-free hole transport material for long durable perovskite solar cells	イムラ・ジャパン 先進開発部	(イムラ・ジャパン) サナ アムリタ M. スリニバス D. H. チャリー 武藤 拓馬 渡邊 恒暁 土本 勝也 (先進開発部) 中島 淳二
※153	10月	computer aided design	computer aided design	Improving design synthesis of motor rotor shape using physics- guided VAE/WGAN-gp	解析技術部	近藤 慶長 鈴木 圭介
154	10月	中部マーケティング協会	MARKETING FESTA 2024	技術の融合と転用で新規事業に挑む	AIR事業推進部	井上 慎介
155	10月	Transvalor	TISD 2024 - Transvalor International Simulation Days	Process Design Optimization with FORGE and Optimization Software	素形材生技部	加藤 健司
156	10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	皮膚ガスを活用した 蓄積ストレス検知技術の 社会実装に向けた取り組み	先進開発部	山口 秀明 丸山 可那江 藤岡 英二
※157	10月	アメリカ電気化学会	Pacific Rim Meeting on Electrochemical & Solid - State Science (PRiME2024)	Dual Fluoride Salt-Based Hydrate-Melt Electrolyte: Advancing Aqueous Fluoride Shuttle Battery	イムラ・ジャパン	後藤 紀勝 佐口 勝彦 牛来 直樹 川島 健司
158	10月	CEATEC (電子情報技術産業協会)	CEATEC AWARD受賞	CMOS/スピントロニクス 融合AI半導体	電子開発本部 電子先行開発部	山田 洋 成瀬 峰信
159	10月	JAMBE	第18回MBD活用実践 事例報告会	エネマネ提案モデル活動の ご紹介	解析技術部	近藤 益生
160	10月	日本科学技術連盟	クオリティフォーラム2024	自然言語処理による保全反映書の 有効活用 ～MTTR短縮～	TQM推進部 西尾機関工場	(TQM推進部) 山下 慎一 (西尾機関工場) 平尾 祐記
161	10月	日本科学技術連盟	クオリティフォーラム2024	顧客との共創(N=1)からの価値創造	AIR事業推進部	井上 慎介
162	10月	QCサークル東海支部 愛知地区	職場改善飛躍成果発表大会	メンバーの技能を結集し挑戦 ～放熱グリス塗布作業工数の低減～	試作部	加藤 弘高
163	10月	日本形成外科学会	第33回日本形成外科学会基礎 学術集会	ナノサイズ微細水粒子AIR(アイル)と ヒト脂肪由来幹細胞培養上清液に よる女性の脱毛進行予防効果の 検討	AIR事業推進部	松永 瑞希 井上 慎介 田端 友紀 横山 慶子
164	10月	自動車技術会	2024年秋季大会学術講演会	車体スリップ角低減に着目した 後輪操舵システム	解析技術部	福川 将城 土屋 義明 山本 拓哉

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
165	10月	低温工学・超電導学会	4th International Workshop on Cooling Systems for HTS Applications	Transient and Steady-state Rotation Characteristics of a 20 kW-class High Temperature Superconductor Induction/Synchronous Motor Focusing on the Nonlinearity of the Critical Current	イムラ・ジャパン	吉川 雅章 川島 健司
166	10月	低温工学・超電導学会	4th International Workshop on Cooling Systems for HTS Applications	Rational test of 50kW class high temperature induction/synchronous	イムラ・ジャパン	吉川 雅章
※167	10月	Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE USA)	IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) 2024 PHOENIX, ARIZONA, USA	Issues and Solutions for a GaN Based Modified Non-Isolated Integrated On-Board Charger Configuration Using Traction Motor	第1EV 先行開発部	牛田 啓介 サハ スプラタ
168	10月	自動車技術会	2024年秋季大会学術講演会	基盤モデル活用による乗り心地予見制御の検討	走行安全第2制御技術部	山田 一二 加藤 彰 永井 陽平 三好 健太
169	10月	DSF	Design Solution Forum 2024	Arm Flexible Accessで始める革新的半導体技術の実現	電子先行開発部	成瀬 峰信
170	10月	東海国立大学機構 岐阜大学 地域連携スマート 金型技術研究センター	2024年度スマート金型シンポジウム	アイシンの取り組み 高速精密プレス加工のセンシング	素形材生技部	水谷 朋貴
171	10月	自動車技術会	2024年秋季大会学術講演会	蛍光色素を活用したアミン溶液中のCO ₂ 濃度計測法の開発	解析技術部	富田 頌平 山本 道彦 西川 雅喜
※172	10月	AM CoE	ICAM2024	Melting and Solidification Simulation Combining Virtual Powder Bed and CFD Simulation for Laser Powder Bed Fusion Process	EV第2生技開発部	伴 美織 小林 翼
173	10月	電子情報通信学会 情報論的学習理論と 機械学習研究会	第27回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2024)	極値統計学を用いた外観検査の閾値決定方法の提案	DS部 ものづくり革新部 アドヴィックス	(DS部) 中村 ちから (ものづくり革新部) 戸田 昌孝 (アドヴィックス) 坂本 昌之 鈴木 徳宏 戸田 裕之
174	10月	日本分析化学会	第29回高分子分析討論会	PEDOT:PSS [ポリ(4-スチレンスルホン酸)をドーブしたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)]の吸放湿に伴う親水ドメインの構造調査	材料技術部 AIR事業推進部	(材料技術部) 山本 修也 木村 かおり (AIR事業推進部) 森 隆行 田端 友紀
175	10月	IPG Automotive Japan	IPG Automotive Japan 10周年記念イベント 10Years of Innovation	交通事故ゼロ社会に向けデジタル技術開発の取り組みについて	解析技術部	荻野 淳人
176	11月	日本VE協会	2024バリューカンファレンス	設計、調達連携(仕入先協業)VE実践活動の取組について	技術統括部	太田康徳
177	11月	日本分析化学会 高分子分析研究懇 談会	第29回高分子分析討論会	FT-IRを用いたPEDOT:PSS [ポリ(4-スチレンスルホン酸)をドーブしたポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)]の吸放湿挙動に関する研究	材料技術部 AIR事業推進部	(材料技術部) 米沢 吹雪 木村 かおり (AIR事業推進部) 田端 友紀 加藤 寛人
178	11月	人工知能学会	人工知能学会誌 2024年11月号	特集「2024年度 人工知能学会全国大会(第38回)」OS-17「ひと中心の未来社会とAI」	DS部	名取 直毅
179	11月	国立高等専門学校機構 久留米工業高等専門学校	KOSEN水素フォーラム2024 in KURUME	アイシンのカーボンニュートラルへの取り組み	PE・CN生技部	柴 誠
180	11月	日本トライボロジー学会	トライボロジー会議2024 秋 名護	フラーレン添加潤滑油の添加剤相互作用及びメカニズム解析	第1EV 先行開発部	三宅 悠 元土肥 計彦
181	11月	日本未病学会	第31回日本未病学会学術総会	腸蠕動音によるストレス検知の可能性	先進開発部	丸山 可那江 山口 秀明 藤岡 英二
※182	11月	アジア太平洋 医真菌学会	Asia Pacific Society for Medical Mycology 2024 (APSM 2024)	Ultrafine water alters both the bacterial and fungal scalp microbiomes in subjects with alopecia in women	AIR事業推進部	重森 康司
183	11月	Arm	Arm Tech Symposia 2024東京	パートナーイノベーションストーリー	電子先行開発部	成瀬 峰信

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
184	11月	IDAJ	IDAJ SYMPOSIUM 2024	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
185	11月	日本医真菌学会	第68回日本医真菌学会総会・学術集会	ナノサイズ微細水粒子は女性脱毛患者頭皮の細菌および真菌の両方の頭皮マイクロバイームを変化させる	AIR事業推進部	重森 康司 松永 瑞希 田端 友紀 井上 慎介
※186	11月	Elsevier Sci. Ltd.	Carbon	Rapid synthesis of alkali metal-intercalated C60 via direct mixing of alkali metals and C60	イムラ・ジャパン	川島 健司
※187	11月	IEEE	32nd IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER 2025)	Filter-based Repair of Semantic Segmentation in Safety-Critical Systems	DS部	張潘 チュオンズイ
※188	11月	IEEE Electronics Packaging Society(EPS)	国際シンポジウム ICSJ2024	Application of EMC Simulation Including Semiconductor for Short-term Development	電子基盤技術部 解析技術部	(電子基盤技術部) 古川 和樹 清水 健人 (解析技術部) 三倉 駿紀
189	11月	日本ダイカスト協会	環境保全セミナー	革新ダイカスト工場のカーボンニュートラルへの取組み	EV第1生技開発部 PE・CN生技部 素形材生技部	(EV第1生技開発部) 小林 秀章 (PE・CN生技部) 近藤 英司 (素形材生技部) 竹之下 正志 馬淵 潤
190	11月	産業技術総合研究所中部センター	名古屋工業技術協会(産総研中部センター) 特別講演会	Factory Viewの運用と活用のご紹介	ものづくり革新部	坂井 亮太
191	11月	日本ダイカスト協会	2024 日本ダイカスト会議	ダイカストアルミ溶湯保持炉整流フィルタ浸食対策による寿命向上	西尾ダイカスト工場	長尾 健太郎 八代 勝弘
192	11月	トヨタ自動車 京都大学	モビリティ基盤数理研究	極値統計学による外観検査の閾値決定方法について	DS部 ものづくり革新部 アドヴィックス	(DS部) 中村 ちから (ものづくり革新部) 戸田 昌孝 (アドヴィックス) 坂本 昌之 鈴木 徳宏 戸田 裕之
193	11月	電気学会 センサ・マイクロマシン部門	「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム	二次元回折格子を備えたSPR式光検出器	イムラ・ジャパン	齋藤 史朗 鈴木 博紀
194	11月	日本熱処理技術協会	第98回(2024年秋季)講演大会	通電加熱を利用した加工熱処理による高濃度浸炭SCM420鋼の高靱化	EV第2生技開発部	水谷 匡志
195	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32回秋季大会	リサイクルポリマーを用いたガラス繊維強化プラスチックの微細構造解析	素形材生技部	石井 裕基
196	11月	図研テック	サーマルマネジメントセミナー2024	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
197	11月	日本マーケティング・サイエンス学会	第116回研究大会	顧客の価値観に基づくマーケティング施策の検討	DS部	渡邊 圭介 野呂 優貴
198	12月	鳴子地域温泉未利用熱活用脱炭素化協議会	地域資源と次世代エネルギーの融合による持続的発展セミナー	未利用温泉排熱から水素をつくる: SOECシステム開発の展望	CN技術開発部	大栗 延章
※199	12月	Australasian Particle Technology Society	the 9th Asian Particle Technology Symposium (APT 2024)	Solubilization of Lignocellulosic Biomass by Milling with Heating	先進開発部	英 穂波 上坊寺 亨
200	12月	ITS国際会議	ITS World Congress 2025	SMART – Blockchain Based Global Network System	コネクティッドソリューション部	倉田 憲一
201	12月	JSOL	JMAGユーザー会2024	パラメトリック最適化を活用した着磁ヨーク設計	EV第2生技開発部	篠田 健太
202	12月	電子情報通信学会 環境電磁工学研究 専門委員会(EMCJ)	第36回 電気・電子機器のEMCワークショップ 2024(湯沢WS)	EMC設計のフロントローディング	解析技術部	菅 翔平
203	12月	JSOL	JMAGユーザー会 2024	モータ製品開発における冷却設計効率化のためのJMAG熱解析機能の検証	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
204	12月	安全工学会	安全工学研究発表会	AI画像認識による製造現場の作業負荷見える化システム	DS部 安全健康推進部 生産体質強化推進部	(DS部) 磯部 真之介 福本 剛 (安全健康推進部) 杉浦 尚子 (生産体質強化推進部) 岡部 正登
205	12月	第16回 大学コンソーシアム八王子学生発表会	第16回 大学コンソーシアム八王子学生発表会	固体触媒によるキチンオリゴ糖の解重合	先進開発部	高野 一史 村中 洋昭
206	12月	電子情報通信学会	Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Analysis of traffic states based on distributed constant circuit model	コネクティッドソリューション部	倉田 憲一
207	12月	電子情報通信学会	和文論文誌A	情報源符号化による駐車場解析方法	コネクティッドソリューション部	倉田 憲一
208	12月	電子情報通信学会	和文論文誌A	白線剥離度認識	コネクティッドソリューション部	倉田 憲一
209	12月	人工知能学会	64回SWO研究会	社内知識の活用を支援する知識グラフ自動生成	DS部	福田 悠貴 仁禮 和男 大西 舞子
210	12月	QCサークル東海支部 愛知地区	第6603回 QCサークル愛知地区ステップアップ大会	全員参加で解決!三次元測定機における縦置き測定時間低減!	蒲郡工場	金居 孝幸
211	12月	応用物理学会 フロンティア太陽電池セミナー実行委員会	第6回フロンティア太陽電池セミナー	アイシンにおけるペロブスカイト太陽電池開発	先進開発部	中島 淳二
212	12月	愛知県	知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期成果普及セミナー	マルチマテリアル接合の現状と今後の展望	EV第1生技開発部	山口 修平
213	12月	愛知県公立大学法人/ 愛知県立大学	「医用情報特論」/ ゲストスピーカーとして発表	(株)アイシン 状態推定技術開発の 取り組み紹介	電子先行開発部 解析技術部	(電子先行開発部) 水島 大地 中込 貴之 林 空良 (解析技術部) 長谷川 誠 石橋 和剛
214	12月	電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC研)	2025年 暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2025)	自動車コネクティッドサービスにおけるプライバシー脅威分析	ソフトウェア基盤技術部	小野 華 土居 元紀 前田 和輝
215	12月	電子情報通信学会 情報セキュリティ研究専門委員会 (ISEC研)	2025年 暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2025)	車載システムにおけるCWEビューを活用した弱点特定	ソフトウェア基盤技術部	前田 和輝 土居 元紀 小野 華
216	12月	新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)	2024年度NEDO再生可能エネルギー部成果報告会	高効率・高耐久ペロブスカイト太陽電池モジュールの実用化技術開発	先進開発部	中島 淳二
217	12月	JAMBE	第20回MBD活用実践事例報告会	モデル流通改善に向けた活動について	ソフトウェア戦略推進部	西 吉彦
218	12月	日本科学技術連盟	第6600回QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー宜野湾ー	仁王の極意で問題解決!! ～油水分離フィルター購入費低減活動～	岡崎東工場	尾前 佑一
219	12月	日本科学技術連盟	第6600回QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー宜野湾ー	ボルト圧送異常「0」へのチャレンジ ～数値的根拠に拘った解析と標準化～	西尾機関工場	鈴木 涼太 鈴木 慎太郎
220	12月	日本科学技術連盟	第6600回QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー宜野湾ー	洗浄評価作業の負担低減 ～聴く視る掘るサイクルの実践～	岡崎工場	原田 直季
221	12月	日本科学技術連盟	第6600回QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー宜野湾ー	パレット移載時の災害リスク低減活動	田原工場	桜井 大季 日浦 聡彦
222	12月	日本科学技術連盟	第6600回QCサークル全国大会(小集団改善活動)ー宜野湾ー	ドアロック生産ラインリターンズプリングロボット異常撲滅による可動率向上	新川衣浦工場	河面 雅俊
223	12月	日本塑性加工学会 東海支部 新進部会	東海支部討論会 第52回討論会	塑性加工分野での業務と実例	素形材生技部	豊田 裕俊
224	12月	日本製造工学会 東海支部 非鉄鋳物研究部会	第152回非鉄鋳物研究部会講演会	ビッグデータ分析を活用した鋳造不具合要因分析	素形材生技部	小花 光博

No.	発表月	発表先(主催)	発表会・冊子	発表題目	所属	発表者
225	12月	徳島大学大学院 創成科学研究科 理工学専攻 機械科学コース	修士論文中間発表会	インライン式高圧タービンの 研究開発	先進開発部	野田 幸裕
226	12月	コロナ社	「デジタルエンジニアリングと 設計」	「CAEの現状」 「CAEにおけるフィデリティ」	技術統括部	乙守 正樹

社外発表論文・
投稿

社外発表論文・投稿リスト(2024年1月～12月)

編集後記

新生アイシンでは、グループ一丸となり、「豊かな社会づくりへの貢献」や「社会・自然との調和」など、持続可能な社会の実現に貢献する企業行動の実践を推進しています。そして、全社員一人ひとりが「事業活動を通じて社会のために何かができるか」を自ら考えて行動し、我々は常に新しいことにチャレンジし続けています。

今回の技報は、「全員の手で もっと 強いアイシンへ」を特集のコンセプトとしました。特別寄稿においては、特定非営利活動法人 産学連携推進機構の理事長である妹尾堅一郎様に、「モノづくり・モノ売り」の落とし穴 ―「昭和のビジネスモデル」を再検討しなくて良いのか― というテーマについて、知的財産の観点からさまざまなアドバイスを頂きました。

また技術論文では、アイシングループの中から、株式会社アドヴィックスおよびアイシン化工株式会社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います。

なお本号は、会社統合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	渡邊 哲生	技術統括部
	日比野 洋	先進開発部
	荒川 俊	解析技術部
	永井 貴久	材料技術部
	太田 博重	知的財産部
	榎子 あゆみ	デザイン部
	牧野 大河	CN技術開発部
	柳 陽介	新事業創出部

事務局	林 誠治	技術管理部
	林 弥生	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

※もっと強いアイシンへ、私たち全員が突き進んでいく姿を描きました。全員が主体性を持ち、新しい価値を追求していく道の先に、光あふれる未来が広がる様子を表現しています。

アイシン技報

AISIN TECHNICAL REVIEW VOL.29 2025

発行 2025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 筒井 洋
印刷 プリ・テック株式会社



