



TOYODA GOSEI

TECHNICAL REVIEW

Vol. 66 2024

新たな社会的価値の創造と社会への貢献

～コア技術を軸に、より良い移動と暮らしを未来へつなぐ～

目次

巻頭言		「新事業の方向性」	植村 隆志	1
特集	「新たな社会的価値の創造と社会への貢献 ～コア技術を軸に、より良い移動と暮らしを未来へつなぐ～」			
	特別寄稿	新価値創造とアントレプレナーシップ	栗生 万琴	2
	総説	自動車分野と新事業分野における今後の開発の方向性	鈴木 滋幸	4
	新技術紹介	スマートホーム向けマイクロ波給電技術の開発	婦木慎一郎 北 和洋 酒井 智和	9
		新興感染症の感染リスクを低減する UVC-LED 空調ダクトの開発	和田 聡 上條 隆明	11
一般	論文	GC/MSと主成分分析による再生ゴムの におい評価手法開発	伊藤 謙太 寺山 隆志 小松 孝弘 山口 恵弘 野村 啓文 石川 結衣 中野 里咲 袖山 清和	14
		骨格検知技術を活用した人作業改善	杉村 光平 山田理華子 西畑 宏祐 鈴木 一輝 加藤 佳久	20

一 般	新技術紹介	温度に起因するLED色ずれ補正技術	古田 毅	26
		ミリ波レーダー対応カバーの低減衰設計にむけた電磁波解析の活用	三宅 史恵 楯 裕基 鈴木 友菜	29
		樹脂ギヤ成形技術	平野 達也 菅田 義昭 酒井 信弥	31
		グローバル同一品質を狙った設備調整の標準化	池内 拓海	33
	新製品紹介	ホットスタンプグリル開発	荻須 元思 影山 弘明	36
高意匠 フィルムアウター W/S		井上 知則 水谷 裕文 大山 烈志	39	
操作性向上観音開きコンソール		吉田 昂平	41	
カーテンエアバッグ用縫製バッグの開発		今枝 寛樹 北川 裕晃 柴田 元昭 池内 拓海	44	
知的財産		知的財産活動の紹介		47

CONTENTS

Preface		New Business Direction	Takashi Uemura	1
Feature	Creating New Social Value and Contributing to Society – Focusing on Our Core Technologies to Bring a Future of Better Mobility and Living			
	Contribution	New Value Creation and the Entrepreneurship	Makoto Aou	2
	Review	Future Directions for Development in the Automotive Sector and New Business Areas	Shigeyuki Suzuki	4
	New Technology	Development of Microwave Power Supply Technology for Wireless Power Transmission Solutions for Smart Homes	Shinichiro Fuki Kazuhiro Kita Tomokazu Sakai	9
		Development of UVC-LED Air Conditioning Duct That Reduces the Risk of New Infectious Diseases	Satoshi Wada Takaaki Kamijo	11
General Article	Technical Paper	Development of a Method to Evaluate the Odor of Recycled Rubber with Gas Chromatography/Mass Spectrometry and Principal Component Analysis	Kenta Ito Takashi Terayama Takahiro Komatsu Yasuhiro Yamaguchi Akifumi Nomura Yui Ishikawa Risa Nakano Kiyokazu Sodeyama	14
		Improvement of Human Work Using Skeleton Detection Technology	Kohei Sugimura Rikako Yamada Kosuke Nishibata Kazuki Suzuki Yoshihisa Kato	20

General Article	New Technology	Compensation Technology for Temperature-Induced LED Color Shifts	Tsuyoshi Furuta	26
		Application of Electromagnetic Analysis for Low Attenuation Design of Millimeter Wave Radar Covers	Fumie Miyake Yuki Tate Yuna Suzuki	29
		Plastic Gear Molding Technology	Tatsuya Hirano Yoshiaki Sugata Shinya Sakai	31
		Standardization of Equipment Adjustments With the Aim of Uniform Global Quality	Takumi Ikeuchi	33
	New Products	Hot Stamp Grille Development	Motoshi Ogisu Hiroaki Kageyama	36
		Outer Belts of Any Color with No Metal Insert	Tomonori Inoue Hirofumi Mizutani Tsuyoshi Oyama	39
		Double Lid Console With Improved Operation	Kohei Yoshida	41
		Development of Sewing Cushion for Curtain Airbag	Hiroki Imaeda Hiroaki Kitagawa Motoaki Shibata Takumi Ikeuchi	44
Intellectual Property		Activities Regarding Intellectual Property		47

「新事業の方向性」

New Business Direction



ライフソリューション事業本部 本部長
総合戦略本部 新価値創造部 部長
植村 隆志
Takashi Uemura

皆さん、こんにちは！ライフソリューション事業本部の植村です。

豊田合成は今年、創立 75 周年を迎え、2023 年度には自動車部品事業を中心に売上 1 兆円を超える企業となることができました。これは社員一人ひとりの挑戦の成果であり、深く感謝申し上げます。これからもステークホルダーの皆様のご期待に応えるべく、更なる成長を遂げていく所存です。しかしながら、私たちを取り巻く環境は急速に変化しています。「VUCA」という言葉が示すように、現代の世界は複雑で予測不能な変動が続いており、この変化をチャンスと捉えることが、私たちの未来を切り拓く鍵となります。環境変化は新たな社会課題を生み出し、迅速に対応することで、新しい価値を創造する機会が生まれるのです。

豊田合成が新事業に取り組む意義と目的は、経済価値と社会価値の両立にあります。これからの時代に求められるのは、既存事業の売上・利益追求（経済価値）だけでなく、持続可能な社会の発展に寄与する事業を通じて社会的課題を解決（社会価値）することです。このような取り組みは、企業のブランド価値を高め、長期的な成長を支える重要な要素となります。

皆さんもご存知のように、1995 年に量産化に成功した青色 LED の新規事業化は、私たちの技術力と新規開拓の風土を証明した大きな成功事例と考えています。私は皆さんとともに「次の幹となる事業」を創り上げたいと強く願っています。

その実現の第一歩として、2022 年 1 月に新価値創造部と新価値開発部を創設しました。狙うべき事業領域を「重点 5 分野（エネルギー、カーボンニュートラル、ヘルスケア、モビリティ、スマートホーム）」と定め、更に、事業化の確度をあげるために「新価値創造プロセス」を策定し、運用を開始しました。しかしながら、現実には順調に進んでいるわけではなく、試行錯誤の途上で 0 から 1 を生み出す難しさに直面していますが、CVC（コーポレートベンチャーキャピタル）活動等を通じて出会った仲間や社内外の専門家のお知恵をお借りすることでいくつかの社会課題解決テーマの出口が見えてきました。

新価値が求められているのは、「100 年に 1 度の大変革期」とも言われる自動車業界においても同じです。全社員が一丸となり、社会課題の解決に取り組み、持続可能な未来を切り開く企業として、新しい成功事例を数多く創り上げていきたいと考えております。

今回は特別寄稿として、新規事業の創出、DX、ダイバーシティ推進等の企業支援・人材育成に携わっておられ、社外取締役としてご指導いただいている栗生万琴様から、「新価値創造とアントレプレナーシップ」についてのご寄稿をいただきました。豊田合成に対する期待や提案も含まれていますので、ぜひ熟読いただき、今後の取り組みに生かしていただければ幸いです。

新価値創造とアントレプレナーシップ

栗生万琴^{*1}

New Value Creation and the Entrepreneurship

Makoto Aou^{*1}

1. はじめに

2024年6月の株主総会後、新任社外取締役として就任しました、栗生 万琴（あおう まこと）です。事業会社で会社員として新事業を経験した後、AIのスタートアップ創業を経て、現在はアントレプレナーシップの推進役として（武蔵野大学アントレプレナーシップ学部／教授、名古屋大学客員准教授、文部科学省起業家教育推進大使）を務めております。

あらたな学問として注目されるアントレプレナーシップ＝起業家精神として一般的に解釈されていますが、アントレプレナーシップは新たに事業を起こす起業家だけに必要なマインドセットではなく、変化が激しく予測不可能な現代「VUCA」な時代を駆け抜けるため、すべての人に必要なマインドセットとして、ご一読いただけると幸いです。

2. アントレプレナーシップとは

Oxford Advanced Learner's Dictionary によると「特に資金リスクをかけて利益を追求する起業活動」ならびに「こうした活動を行う能力」と定義されています。前者はスタートアップを創業する起業家をあらわしていますが、後者は研究者や新事業を推進する人々も対象として定義されています。J. シュンペーターの思想を踏まえ「イノベーション（新結合）を推進する人間がアントレプレナーである」とし、アントレプレナーシップとは「精神」だけではなく「能力」や「在り方」を示すものとして、新事業を推進する人を起業家→企業家＝イノベーションに挑戦する人として、同義と捉えました。

また昨今教育分野でも文部科学省（2023）は「社会の課題解決に挑戦し、他者との協働により解決策を探索するための、知識・能力・態度を身に着ける教育」をアントレプレナーシップ教育と定義づけています。さらに経済産業省（2015）は、「起業家教育」の目的を起業家精神（チャレンジ精神、創造性、探求心等）と起業家的資質・能力（情報収集・分析力、判断力、実行力、リーダーシップ、コミュニケーション能力）を養うこととし、起業家や企業経営者だけではなく誰にとっても、つまりすべての人（学生、社会人）にとって必要なマインドセットであるとしています。

更に、日々業務に取り組むなかで、研究、技術開発、新事業、イノベーションの推進においては「私にはできる」「やってみよう」という状態、ウェルビーイングであることが前提となります。豊田合成でも Well-being SDGs の次のゴールに向けて、～多様な人材が活躍でき、成長を実感できる社会・企業の風土づくり～も新たな価値創造の機会を生むためにも、経営として並行して推進していくことが必要不可欠です。

3. 起業家＝企業家的スキル

新事業を成功に導くアントレプレナーシップのスキルを体系化すると、Michelmores & Rowley（2008）は事業構想スキル、概念化スキル、人間関係スキル、事業スキルにわけています。一般的に必要とされているリーダーの技術スキルのうち、マネジメント能力（事業スキル）からイノベーション力にあたる事業構想スキルを独立させていることがわかります^{*1}（表－1）。

^{*1} 社外取締役

※1 Michelmores & Rowley（2008）は、意思決定力、分析力は概念化スキルに分類しているが、ここではマネジメント能力の1つとしている。またコミュニケーション力は概念化スキルに分類されるが、ここでは人間関係構築力の範疇とした。

表－１ 企業家的スキル

区分	適用製品
事業構想スキル	・事業機会把握、アイデア出し、顧客価値創造 ・競合分析を踏まえた競争戦略の立案
概念化スキル	・ビジョン等の概念化 ・企業の組織化、パートナーとの関係づくりとバリューチェーン構築
人間関係スキル	・組織文化の醸成 ・人的資源管理 ・リーダーシップ ・コミュニケーション、人的ネットワーク
事業スキル	・一般的ビジネス・マネジメント能力 (マーケティング、会計、資金調達、販売、市場調査、ITスキル、分析・意思決定) ・特定の業界・業種での必要な専門能力、産業知識、技術・スキル

出所 Michelmores & Rowley (2008) にもとづき作成、一部分類修正

4. ウェルビーイングと 潜在的アントレプレナーシップ

前ページ2.章で「私にはできる」「やってみよう」「機会があれば実行したい」ウェルビーイングな状態について記載したが、これは潜在的アントレプレナーシップをあらわしており、言い換えると「自己効力感」という観点でも考察できます。

Kruger and Brazeal (1994) は、イノベーションを「機会があれば実行したい」「私にはできる（実行に際し適切な行動をとる自信がある）」と認識することを潜在的アントレプレナーシップについての要件として捉えており、潜在的アントレプレナーシップは、偶然のイベント（例えば豊田合成という新価値創造のためのビジネスコンテストの機会）などで「やるぞと実行に移す意思を固め、準備・実行することでアントレプレナーになるといえます。様々な研修機会が社内でも提供されていますが、必須、受け身ではなく自らの意思でビジネスコンテストのようなきっかけを活かし、新たな価値を創造し、経済価値の拡大とあわせて社会価値を生み出すことに挑戦している社員（過去3回開催されているビジネスコンテスト）はもちろんのこと、研究開発、技術開発に挑戦している社員は、潜在的アントレプレナーシップを持ち仕事を通じてアントレプレナーシップが育まれていると断言できます。潜在的アントレプレナーシップの「私にはできる」という自信は、心理学上の自己効力感にあたるとされ、能力が高くて自己

効力感が低いと、挑戦しなかったり、努力せずに途中でやめたりしてしまいます。アントレプレナーシップにおけるスキルとして自己効力感は重要視されています、主観的なものともされているため、自己効力感を高めるには、専門教育で知識を養うだけではなく、小さな成功体験を積み上げることや（達成経験）社内外問わず起業家や、新価値を想像してきた社員と交流して自分ごと化する機会や、周囲、上司から「あなたならできるよ」（言語的説得）と励まされる機会によってアントレプレナーシップと自己効力感は育まれます。

5. おわりに

アントレプレナーシップマインドにより、イノベーション創出につながることが理解いただけましたでしょうか。新価値を創造し、新事業を生むために、このアントレプレナーシップマインドが個人レベル、組織レベル、社会レベルで必要であること、組織の改革や教育・研修機会を通じ、ウェルビーイングな組織風土を築き、誰もが働きやすく協働に向かうモチベーション向上こそが一番大事であることをまとめとします。

参考文献

- 1) 米倉誠一郎 (2016) 「いま何故起業家教育なのか」【実践商業教育資料】 p.104
- 2) 文部科学省 (2023) 「アントレプレナーシップ人材育成プログラム」
- 3) 経済産業省 (2015) 「生きる力を育むアントレプレナー教育のススメ」
- 4) 加藤敦 (2024) 「アントレプレナーシップとジェンダー平等」

著 者



栗生万琴

自動車分野と新事業分野における今後の開発の方向性

鈴木滋幸^{*1}

Future Directions for Development in the Automotive Sector and New Business Areas

Shigeyuki Suzuki^{*1}

1. はじめに

現代社会は、気候変動、資源枯渇、高齢化社会、都市部への人口集中など様々な課題に直面している。これらの課題に対応し、サステナブルな未来を実現することが急務となっている。特に、地球温暖化対策としてのカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること）の実現や、資源の有効活用を目指すサーキュラーエコノミー（循環型経済）への移行が国際的な重要課題となっている。これらの社会課題に対応するため、経済界全体が大きな変革を迫られており、自動車業界もその例外ではない。

近年、自動車業界はCASE（コネクティッド、自動化、シェアリング、電動化）というキーワードに代表される「100年に一度の大変革期」を迎えている。その中でもカーボンニュートラルなど環境対応を背景に急速な電動化シフトへ時流は変化している。

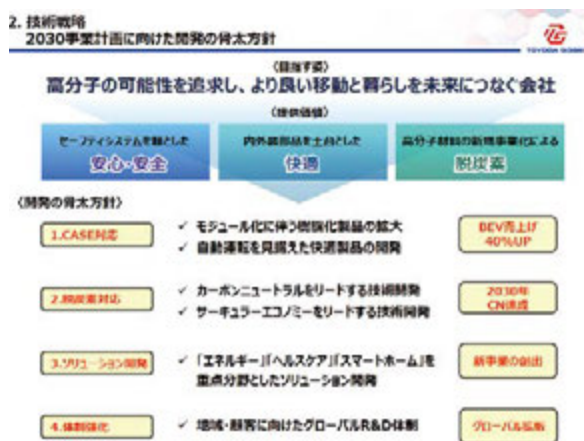
電動化の進展は地域によって異なるが、2030年までに中国、米州、欧州市場で電気自動車の台数が顕著に増加すると予想される。同時に、自動運転技術も進化を続け特に自動運転レベル2以上の自動運転機能を搭載した車両が著しく増加し、車内での過ごし方など、さまざまな変化が予想される。

このような変化の中で、豊田合成グループは大きな環境変化に柔軟かつ迅速に対応し、『高分子の可能性を追求し、より良い移動と暮らしを未来につなぐ会社』を目指す姿とした中長期経営企画「2030事業計画」を2023年8月に公表した。

この計画では、未来の社会に貢献し、持続的に成長するために社会的価値と経済的価値を両立させる分野に注力することを基本方針としている。

その中で「モビリティ社会の変化」「安心・安全への貢献」「快適への貢献」「脱炭素への貢献」「貢献領域の拡大（自動車部品以外に幅広く展開）」

を掲げている。自動車領域では「モジュール化に伴う樹脂化製品の拡大」「自動運転を見据えた快適製品の開発」、新事業領域では「エネルギー・ヘルスケア・スマートホームを重点分野としたソリューション開発」について開発の骨太方針として報告する（図－1）。



図－1 2030 事業計画

2. 豊田合成のこれまでの取り組み

豊田合成における自動車分野と新事業における今後の方向性を紹介する前に、現在に至るまで、豊田合成がどのような製品を市場に投入してきたか、その歴史を振り返っておきたい（図－2）。

豊田合成は、1949年にトヨタ自動車工業のゴム部門が独立して誕生した。以来、ゴムの専門メーカーとして、ウェザーストリップや油圧ブレーキホースを初めとするゴム部品の押出技術、射出成形技術を軸に、樹脂製品の開発に発展し、1954年に樹脂射出ハンドルを開発するなど、製品開発に積極的に取り組んできた。次に大型射出成形技術によりインパネ、ラジエータグリルを開発し、現在では、水素貯蔵技術による水素タンクを量産している。また脱炭素社会への対応として、ゴム

^{*1} 新価値開発部



市場で販売するすべての新車、2040 年までに全世界で販売するすべての新車を「ゼロエミッション車」にすることを目指す共同声明が発表された。さらに、2021 年に欧州委員会が提案した、EU 圏内で 2035 年までに内燃機関車の販売を禁止する法案が 2022 年 6 月に可決された。

これらの内燃機関規制強化を受け、自動車業界は大きな転換点を迎えている。図-3に示すように各地域で、車両電動化が一層加速する動きとなっている¹⁾。この動きは、グローバルな自動車産業の未来を形作る重要な要因となる。

The chart displays the projected population aged 65 and over in millions for the years 2020, 2025, and 2030. The data is broken down by region: China (blue), Europe (dark green), United States (light green), Japan (yellow), India (orange), and Other (light orange). The total population is projected to increase significantly over time, with China and Europe being the largest contributors in 2030.

Year	China	Europe	United States	Japan	India	Other	Total
2020	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.0
2025	8.0	6.0	2.0	1.0	1.0	1.0	19.0
2030	12.0	13.0	8.0	3.0	3.0	3.0	42.0

ここで挙げた事例は一部に過ぎないが、豊田合成は時代の急速な変化に合わせ、ユーザー、顧客、社会のニーズに応えるため、製品開発部門、生産技術部門、材料開発部門が一体となって困難な課題に挑戦し続けたという伝統的な風土をもっている。受け継がれていくその風土を自動車分野から新事業分野まで発展し、未来に向けて力強く推し進める原動力となると確信している。

このような車両電動化の進展に伴い、車両構造の変化を利用した広くて快適な車室空間の提供と航続距離延長に向けた軽量化が重要な取り組みの一つとなっている。

2021 年の COP26 において、2035 年まで主要

意匠自由度向上にもつなぐことができ、クルマのアーキテクチャを変える可能性も秘めている。

また電動車は内燃機関車と比較して、部品点数が少なく、構造の複雑さも減少している。これにより、製造プロセス自体がシンプルになり、新しい製造技術や軽量化素材の採用が進む。このような自動車メーカーのつくり方改革に対応するため、サプライヤーとして、これまで通りの部品単位でなく、モジュール化に対応した開発を進める必要がある。軽量化とモジュール化において、金属部品の樹脂化は、形状自由度による構成部品の一体化や、強化繊維やリブ・肉厚変化により強度・剛性を高められる特性や、周辺部品を巻き込んだ機能統合のしやすさから、車両搭載時のモジュールにもっとも適した部材といえる。またそれらは従来できなかったシームレスな新しいデザインを実現し、さらなる意匠性と生産性の向上にもつなげる可能性を秘めている（図－4）。



図－4 骨格樹脂化とモジュール化によるシームレス意匠の実現

3－2. 自動運転を見据えた快適製品の開発

自動運転技術は、日本、中国、欧米など世界各地で研究・開発が進み、自動運転タクシーやバスでの実証実験とそれに伴う法規の整備も検討され、実用化に向けた取り組みが進んでいる。

豊田合成では、自動運転技術の普及により、車室内空間と過ごし方が多様化することを捉え、それに対応したパーソナル空間の実現に向けた開発を進めていく。人々の価値観も急速に変化しており、自動車業界以外の民生技術を取り入れた技術開発を進める必要があると考えている。

例えば、豊田合成の主力製品であるハンドル、インパネ、センターコンソールに、人の感情をセンシングするセンサと光や音、香りなどの五感に訴える技術を組み合わせ、AI技術で常に人に寄り添った空間を提供することで、これまでにない新たな移動空間を提供できると考えている。

単に移動する道具ではなく、ユーザーに寄り添った未来の移動空間の実現を目指していく（図－5）。



図－5 五感に訴える移動空間

4. 新事業分野の方向性

豊田合成では2030年事業計画で「より良い移動と暮らしを未来につなぐ会社」を目指す姿に掲げ、国のSociety 5.0構想の15分野の中から豊田合成と親和性の高い「モビリティ」「カーボンニュートラル」「エネルギー」「ヘルスケア」「スマートホーム」を重点分野に設定し、その中で新事業に向けて「エネルギー」「ヘルスケア」「スマートホーム」の社会課題解決型のソリューション開発を進めていく（図－6）。



図－6 社会課題型ソリューション開発

4－1. エネルギー分野

エネルギー分野では、持続可能なエネルギー社会の実現を目指し、省エネ技術や再生可能エネルギーの活用に取り組んでいる。カーボンニュートラル推進のため、エネルギー効率の高い製品開発としてマイクロ波給電、ペロブスカイト型太陽電池に注力している。また、水素社会実現に向けて、FCVや水素ステーション用の高圧水素タンクを開発・製造している。

さらに、先進的なパワーデバイスの開発でも、大学や研究機関と連携し、業界をリードしている。

新技術の普及で消費電力量が増加する未来に備え、電力ロスを減らすGaNパワーデバイスが注目され、大阪大学や名古屋大学と協力し、6インチ以上のGaN基板や高性能GaNデバイスの早期実用化を目指している。

「パワーデバイス（パワー半導体）」とは、電力制御に用いられるデバイスで、スマホや家電、EVといった電子機器が安全・便利に使えるのは、様々なパワーデバイスが縁の下で活躍している。

EVやAIといった新技術の登場により、電力使用量が劇的に増える未来が予想される。これに備え、豊田合成では従来のパワーデバイスで熱として無駄に捨てられている電力ロスを劇的に減らすことができる青色LEDに使われる窒化ガリウムを応用した「GaNパワーデバイス」に着目し、様々な技術開発に取り組んでいる。

中でも、大阪大学との約20年にわたる連携を通じて磨き上げた「Naフラックス法」は世界トップレベルの結晶欠陥や反りの少ないGaN結晶を大面積で成長できる手法である。Naフラックス法で成長した大面積GaN結晶を利用することで、パワーデバイスの実用化に欠かせない大面積GaN基板の大量生産が期待できる。

これにより、CO₂排出量を世界規模で抑制し、脱炭素社会へ貢献していく。

4-2. ヘルスケア分野

ヘルスケア分野において、社会の高齢化や健康寿命の延伸を目指し、新しい技術の開発に取り組んでいる。特に、未病・予防医療の分野での技術革新を進めることで、人々が健康で長生きできる社会の実現に貢献することを目指している。また、衛生面でも最新の技術を駆使し、安全で安心な生活環境を提供することに注力していく。

ヘルスケア分野では、人生100年時代を実現する健康寿命増進のための未病・予防領域に向けた開発を推進していく。

中でも衛生的で健康的な暮らしの実現に向けてUV-C（深紫外線）LEDにおいて、世界最高水準となる光の出力を実現した（図-7参照）。2021年コロナ禍においていち早く深紫外線LED空気清浄機を発売し、水や空気などの除菌用途での利用拡大を推進していく。

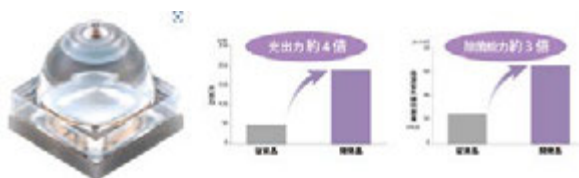


図-7 高出力 UV-C LED

UV-Cはウイルスや細菌の遺伝子情報を破壊し、増殖を抑える効果があるため各種除菌に用いられる。除菌ランプと比べ、UV-C LEDは水銀フリーで環境負荷が低く、小型かつ長寿命といった利点があることから、コロナ禍で空気や物の表

面などの除菌機器向け利用が広がった。しかし照明用のLEDとは組成などが異なることから出力に課題があり、浄水場など高い除菌能力が必要とされる場面では現在でも水銀ランプが使われている。豊田合成では、長年培った青色LEDの結晶化・設計技術を応用し、1チップで200ミリワット級の光の出力を実現したUV-C LEDを開発し、取り出せる光の量を約4倍に増やしている。除菌能力が約3倍に高まるなど、将来的な水銀ランプの代替も含めてUV-C LEDの活用領域が拡大し、より衛生的で安心・安全な暮らしの実現に貢献していく。

4-3. スマートホーム分野

スマートホーム分野では、「より良い暮らし」の実現に向けて、より快適で持続可能な住環境に向けた技術革新を進めている。特に、エネルギー効率の高い住宅設備や最先端のワイヤレス給電技術を活用することで、次世代の住まいづくりを支援していく。また、トヨタグループとの連携を強化し、スマートシティの構築を目指す取り組みも進めている。

2024年6月にトヨタホームが進める新たな街の価値を創出するTOYOTA HOME The FOREST AVENUEプロジェクトに参画し、次世代のワイヤレス給電であるマイクロ波給電技術の実証を行なっている（図-8）。

豊田合成のマイクロ波給電技術は、長年培ってきた磁界共振式ワイヤレス給電技術を基盤に、この分野のパイオニアである米国Ossia社との協業を通じて発展させている。さらに、名古屋大学との産学共同研究部門を通じて、CAE（コンピュータ支援エンジニアリング）を活用した電力伝送の可視化技術で無線特性の高性能化や人体防護の検証を行ない、安全性確保に取り組んでいる。これらの取り組みにより、事業化に向けた開発を加速させていく。本技術はCES2024においてイノベーションアワードを受賞し、2025年に開催される大阪・関西万博への出展を計画し、世界に向けて豊田合成の先進技術をアピールする機会を設けていく。



図-8 TOYOTA HOME The FOREST AVENUE プロジェクト実証実験

5. まとめ

本稿では、豊田合成が掲げる 2030 年事業計画に基づき、自動車分野および新規事業分野における今後の展開について概説してきたが、従来型の高品質かつ低コストな自動車部品の大量生産モデルのみでは、今後の持続的な成長が望めなくなっている。これからの時代は、社会が直面する課題を的確に把握し、自動車産業の枠を超えた新たな技術を積極的に採用することが重要となる。これらの新技術と豊田合成が培ってきた基盤技術を融合させることで、革新的な製品開発が可能となる。このような新事業創出に向けた取り組みを推進するため、豊田合成の開発部門は生産技術部門および材料開発部門と一体となって貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) IEA, GlobalElectricVehicleOutlook2022
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>

著 者



鈴木滋幸

スマートホーム向けマイクロ波給電技術の開発

婦木慎一郎^{*1}，北 和洋^{*1}，酒井智和^{*1}

Development of Microwave Power Supply Technology for Wireless Power Transmission Solutions for Smart Homes

Shinichiro Fuki^{*1}，Kazuhiro Kita^{*1}，Tomokazu Sakai^{*1}

1. はじめに

豊田合成では持続可能な人間中心の社会を目指した Society5.0 の実現を目指し、社会課題解決のためのエネルギーソリューション開発を進めている。マイクロ波給電技術は無線遠隔給電により、生活空間のあらゆる物への無意識下での給電を実現することで、デジタルネットワークと実空間の融合を進化させることが可能である。本件では、様々な分野で技術応用が検討される中、スマートホームを想定した実証例を示す（図－1）。

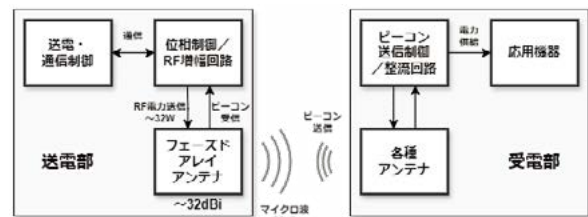


図－1 スマートホーム利用シーン

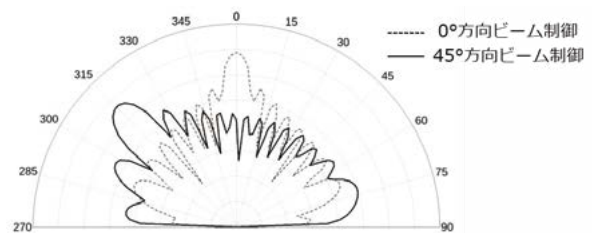
2. マイクロ波送受電制御技術

本技術の特徴は遠距離無線給電のみならず、多数の受電機への同時給電、障害物を迂回した給電、移動する受電機への追従給電を可能としている。その構成要素技術として、電力を電波として空間へ放射する送電部と、電波を受信して電気エネルギーに変換する受電部に分けられる（図－2）。

マイクロ波送信制御手法としてはレトロディレクティブ方式を採用し、ビーコン信号を利用して送電ビームの位相制御を行っている。ここで採用している送電アンテナは平面型のフェーズドアレイアンテナであり、高い指向性（利得）を有するため高効率な送電が可能である。豊田合成が独自設計したアンテナの利得を示す（図－3）。

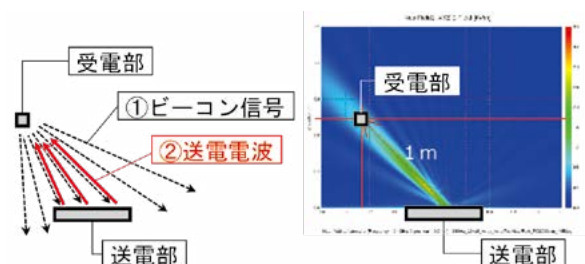


図－2 送受電ブロック図



図－3 アンテナ指向性解析

上記アンテナの位相制御方法として、受電部のアンテナから放出されるビーコン信号を送電部のフェーズドアレイアンテナで受信し、その信号の位相情報から受電部の存在位置を特定する。このようなシステムを電磁界シミュレーションにより解析した結果を図－4に示す。



図－4 送電ビーム送電方向制御

上記解析より、送電機の広い指向性の実現に加えて、送受電効率の最適化、及び人体に対する安全性評価まで行い、安全な離隔距離を定めている。豊田合成では、このようなマイクロ波給電システムを基盤技術とすることで、パートナー企業の応用機器に応じた最適なシステムの提案を行っている。

^{*1} 開発本部 新価値開発部 電子ソリューション開発室

3. 実証実験

2024年6月、スマートホームにおけるマイクロ波電力伝送による生活革新を目指し、「TOYOTA HOME The FOREST AVENUE」においてトヨタホーム様との共創活動として実証実験を開始し（図－5）、住宅分譲地内に構築した実証ルームにおける開発中プロダクトの体験を通じてソリューションの新価値開発を進めている。

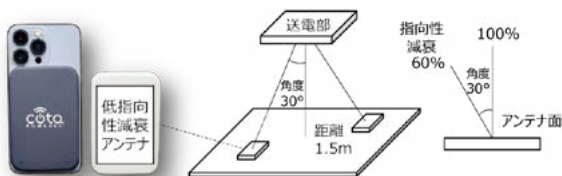


図－5 TOYOTA HOME The FOREST AVENUE 実証場

以下、実証例2点を紹介する。

A) スマートフォンチャージャー型受電機

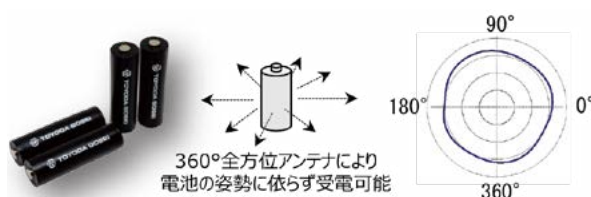
スマートフォンの充電用途に無線給電を可能とするため、小型高利得なレクテナ（一体化されたアンテナと整流回路）による受電基板を開発し、完全無線型の遠隔充電器を実現した（図－6）。



図－6 受電応用機器①

B) 単三電池型受電機

マイクロ波受電部を単三電池型の筐体に組込むことでリモコン・時計等の電池交換を不要としたレトロフィットデバイス（図－7）。独自開発アンテナにより全方位から受電することが可能である。



図－7 受電応用機器②

4. 今後の計画

2022年5月の省令改正により国内実証が進む中、スマートシティ施策の基盤として屋内無線給電のユースケースが検討されている。豊田合成では受電技術の小型・高効率化開発を継続し、スマートホームにおいて多様化する電子機器等のケーブルレス、レイアウトフリーに向けた技術開発を進める。

5. まとめ

本技術開発・ビジネス検証を進めるに当たり、社内外のたいへん多くの関係者の皆様より手厚いご支援を頂戴し、深く感謝申し上げます。

著 者



婦木 慎一郎



北 和洋



酒井 智和

新興感染症の感染リスクを低減する UVC-LED 空調ダクトの開発

和田 聡^{*1}, 上條隆明^{*1}

Development of UVC-LED Air Conditioning Duct That Reduces the Risk of New Infectious Diseases

Satoshi Wada^{*1}, Takaaki Kamijo^{*1}

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症の流行が記憶に新しい。近い将来、新たな感染症が流行する可能性がある。特に室内環境においては、空気感染、飛沫感染のリスクがある。表－1に粒径の小さな空気感染ウイルスの一例を示す。粒径の小さなウイルスは空調機を介して広範囲に拡散し易いため、感染リスクが増加する¹⁾。

空気感染対策として空調ダクト途中に HEPA フィルタ（ウイルス捕集率 99.99%）を配置しウイルスを捕集する方法がある。HEPA フィルタは小さなウイルスを捕獲するため、非常に細かい網目構造になっており、圧損上昇と目詰まりによる交換コスト増が懸念される²⁾。

図－1に示すようなダクト途中に設置可能で、ウイルスへの不活化効果のある UVC-LED を使用し、フィルタを使用せず、感染リスクを低減できる UVC-LED を搭載した空調ダクト（以降、UV デバイス）を開発した³⁾。インフルエンザウイルスの増殖を抑制する効果（不活化効果）を実証したので、その結果を報告する。

表－1 空気感染ウイルス病原菌と大きさ

病気	病原菌・ウイルス	大きさ	引用
結核	結核菌	長さ2～10 μm 幅0.3～0.6 μm	※
麻疹	麻疹ウイルス	直径 0.1～0.25 μm	※
水痘	水痘帯状疱疹ウイルス	直径 0.1～0.25 μm	参考値
インフルエンザ	インフルエンザウイルス	直径 0.08～0.12 μm	参考値

※国立感染症研究所 HP

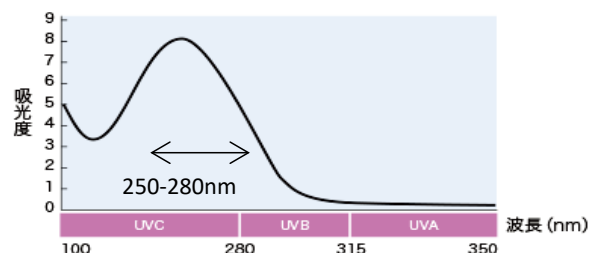


図－1 UV デバイス設置イメージ

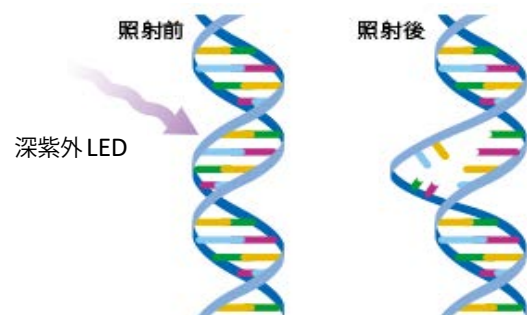
2. UV デバイス

2－1. UVC-LED の不活化効果

深紫外線は 300nm よりも波長の短い光であり、特に 280nm より波長の短いものは UVC と分類されている。図－2に紫外線領域での核酸（RNA，DNA）に対する吸光度の関係を示す。ウイルス内部の核酸が深紫外線を吸収し、やがては原形質破壊し、それ以上のウイルス増殖を阻害する（図－3）。



図－2 紫外線領域での核酸に対する吸光度



図－3 核酸破壊のイメージ

^{*1} ライフソリューション第1技術部 製品技術室

ウイルスの不活化効果は紫外線が照射された量（積算線量）（式－１）と吸光度を掛け合わせた量で求められる。吸光度は 250 ～ 280nm の範囲で高い値をとる。

$$\text{積算線量}(\text{mJ}/\text{cm}^2) = \text{照度}(\text{mW}/\text{cm}^2) \times \text{照射時間}(\text{s}) \quad (\text{式－１})$$

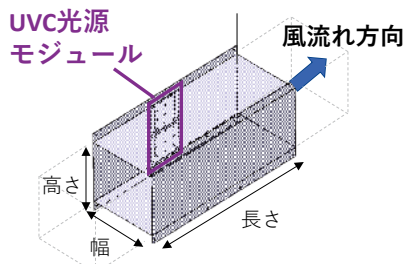
照度は LED の出力向上により高まり、また、ダクト内を通過する空気の流速を下げ、通過時間を延長すると照射時間が増加し、積算線量が増加する。

2－2. UV デバイス構造

本開発では豊田合成開発の 200mW 級狭角 UVC-LED（配光角 45 度、波長 275nm）をデバイス内に複数個設置している。さらに UV デバイス内面を高反射材料で構成し、反射する光を効率よく利用することでさらに照度を高めている。

UV デバイスの模式図を図－４、殺菌試験に使用した実機を図－５に示す。また、断面積、長さ、UVC 光源モジュール（複数の UVC-LED を搭載した装置）の全放射束を表－２に示す。積算線量は数値シミュレーションにより算出した。

インフルエンザウイルスを 99% 以上不活化するのに必要な積算線量は約 $5\text{mJ}/\text{cm}^2$ より、本 UV デバイスを使用することで、 $125\text{m}^3/\text{h}$ の流量で、UV デバイスを 1 回通過するごとに、通過する空気内のインフルエンザウイルスの 99% を不活化することが可能と予測した。実際にインフルエンザウイルスを用いた試験を実施し、効果を検証する。



図－４ UV デバイス模式図



図－５ UV デバイス実機

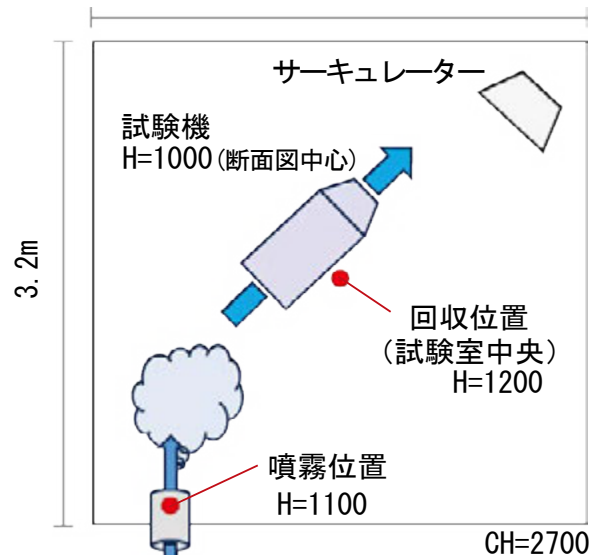
表－２ UV デバイススペック

項目	UV デバイス
流量 (m^3/h)	125
長さ (mm)	375
断面積 (m^2)	0.0375
全放射束 (W)	3.52
積算線量 (mJ/cm^2)	5.62

3. 実証試験

3－1. 実測方法

A型インフルエンザウイルス H1N1（A/PR/8/34 株）を使用した UV デバイスによる不活化性能の実測を図－６に示す試験スペースで行った。試験機の動作水準を表－３に示す。測定①は試験機を設置しない試験室内に噴霧したインフルエンザウイルスが自重による落下や壁面への付着等での減衰、測定②は試験機内への付着等での減衰など、UV による効果以外の自然減衰を評価している。測定②を基準に測定③の減衰率を比較することでインフルエンザウイルスの残存率を評価することができる。実測方法は日本電機工業会の家庭用空気清浄機の性能評価規格（JEM1467）に基づいて実施した。



図－６ 試験系模式図

表－３ 試験機動作水準

	試験機
測定①	無
測定②	有 (UV なし)
測定③	有 (UV あり)

3-2. 測定方法

測定手順を以下に示す。

1. インフルエンザウイルスを噴霧後、サーキュレーターで2分間攪拌し、停止。
2. 回収位置で10L/minの流量で10分間浮遊ウイルスを回収し、これを0分の値と設定。
3. サーキュレーター及び試験機を稼働させ、15分、45分、90分経過毎に2と同様の条件でウイルスを回収。

3-3. 実測結果

実測結果を表-4に示す。測定①、測定②は噴霧したインフルエンザウイルスが自重で落下して減衰する自然減衰を示している。LEDを点灯させた測定③では試験開始45分後採取した検体でインフルエンザウイルス残存率は1%未満となった。

表-4 インフルエンザウイルス減衰率

	測定時点				[%]
	0分	15分	45分	90分	
測定①	100	25.12	15.85	10	
測定②	100	39.81	10	6.31	
測定③	100	3.98	1 >*	1 >*	

※検出限界以下

測定③のインフルエンザウイルス減衰率には測定②の自然減衰が含まれているため、測定③から自然減衰による減衰分を除外した各時間でのUV効果を表-5に示す。

表-5 UVありインフルエンザウイルス残存率

測定時点				[%]
0分	15分	45分	90分	
100	23.3	12.6	0	

3-4. UVデバイス効果の算出

本試験系におけるウイルス残存率は式-2にて表される。

$$K = \exp(-\varepsilon Vt/R) \cdots (\text{式-2})$$

K : 試験室内のインフルエンザウイルス残存率
 ε : 1回通過あたりの不活化率 t : 時間 (h)
 V : 風量 (m^3/h) R : 部屋容積 (m^3)

表-5に示す測定点に対し、式-2の ε : 1回通過あたりの不活化率を変数としてフィッティング曲線を求めた。結果を図-7に示す。これより、1回通過あたりの不活化率 ε は99%と算出した。

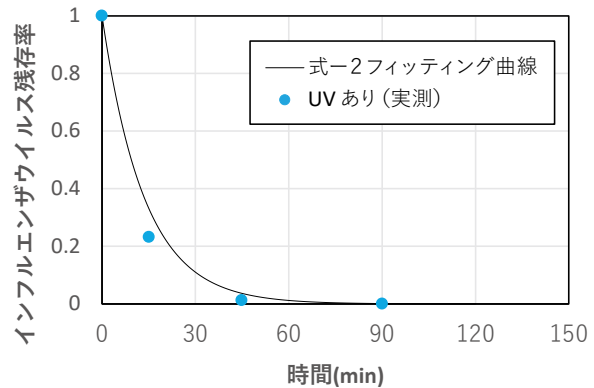


図-7 予想減衰カーブと実測

4. まとめ

今後予測される新興感染症対策としてフィルターレスUVデバイスの開発を行い、1回通過あたり不活化率99%を実証した。HEPAフィルタのウイルス捕集効果より低いものの、低圧損でメンテナンス頻度が低く十分なウイルス不活化効果が期待できる。また、本デバイスは様々な空気循環システムへ適用が可能であると考えられる。

謝辞

本開発は清水建設株式会社のご協力のもと実験を実施した。また、本研究の一部は環境省「革新的な省CO₂型感染症対策技術等の実用化加速のための実証事業」の援助を受けた。

参考文献

- 1) 中上ら, 「感染症の安全域と空調デザイン抗ウイルス空調機に関する研究」空気調和衛生工学会 2022
- 2) 塚原ら, 「抗ウイルス空調機に関する研究 (第3報) 実用化に向けたモデル変更検討」空気調和衛生工学会 2023
- 3) 和田ら, 豊田合成技報「UVC-LEDによる空調機向け抗ウイルスダクトに関する研究」

著 者



和田 聡



上條 隆明

GC/MS と主成分分析による再生ゴムのにおい評価手法開発

伊藤謙太^{*1}, 寺山隆志^{*1}, 小松孝弘^{*1}, 山口恵弘^{*2}野村啓文^{*2}, 石川結衣^{*2}, 中野里咲^{*2}, 袖山清和^{*2}

Development of a Method to Evaluate the Odor of Recycled Rubber with Gas Chromatography/Mass Spectrometry and Principal Component Analysis

Kenta Ito^{*1}, Takashi Terayama^{*1}, Takahiro Komatsu^{*1}, Yasuhiro Yamaguchi^{*2}Akifumi Nomura^{*2}, Yui Ishikawa^{*2}, Risa Nakano^{*2}, Kiyokazu Sodeyama^{*2}

要旨

サーキュラーエコノミー実現に向けて高分子材料のリサイクルの重要性が高まっている。豊田合成では世界に先駆けて架橋ゴムのリサイクル技術を開発し、森町工場にて社内ゴム廃材のリサイクルを実施してきた。さらなるリサイクル量拡大に向けて、再生ゴムをより高品位なものにすることが急務である。一般的な架橋ゴムと比較して再生ゴムは製造方法に基づく特異な臭気が課題になっている。

本論文では GC/MS 分析と主成分分析を組み合わせることで、人のにおい官能評価に代わる臭気判別手法を開発した。さらに再生ゴムの製造条件とにおい質の相関解析をすることにより、理想的な再生ゴムの状態を明らかにした。

Abstract

The recycling of polymeric materials is becoming increasingly important for the achievement of a circular economy. We have developed the world's first cross-linked rubber recycling technology and have been recycling rubber waste at our company's Morimachi Plant. There is an urgent need to make recycled rubber of higher quality in order to increase recycling volumes in the future. Compared with common cross-linked rubber, recycled rubber has a specific odor problem due to the manufacturing method. In this study, we developed an odor discrimination method that replaces human sensory evaluation by combining gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) analysis and principal component analysis (PCA). Furthermore, by analyzing the correlation between the manufacturing conditions and odor quality of recycled rubber, we have identified the ideal state for recycled rubber.

1. はじめに

サーキュラーエコノミー実現に向けて高分子材料のリサイクルの重要性が高まっている。

豊田合成では1997年に株式会社豊田中央研究所、トヨタ自動車株式会社と協業で架橋ゴムのリサイクル技術を世界に先駆けて開発し、今日に至るまでウェザーストリップ製品廃材のリサイクルを実施してきた。さらに2023年に森町工場では、リサイクル材などを用いて生産された持続可能な製品の国際認証である「ISCC PLUS 認証」を取得し、これまで以上にリサイクル製品の拡大を目指す計画である。

従来は再生ゴムの添加比率は数%に留まっていたが、より環境価値の高いリサイクル製品を市場に投入することを目指し、添加比率を20%まで引き上げる目標を立てている(図-1)。

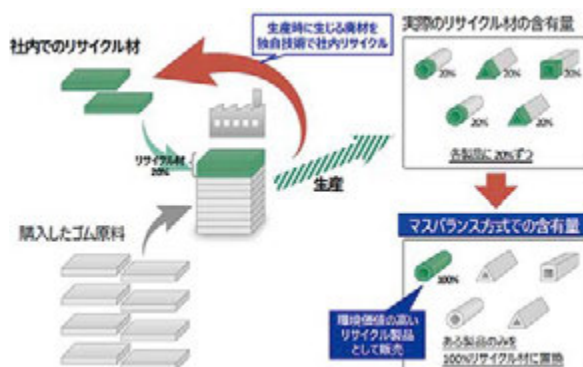


図-1 再生ゴム添加の考え方

*1 材料技術部 材料分析室

*2 材料技術部 FC・WS 材料技術室

添加比率の増加に向けて再生ゴムのさらなる品質向上が課題である。再生ゴムは一般的な架橋ゴムに含まれる原料や薬品だけでなく、リサイクルの過程で新たな成分が生じるため特異な臭気を有することが知られている。この特異な臭気を低減できれば、再生ゴム添加比率の更なる増加も望める。

従来、臭気は人の鼻による官能評価により良し悪しを判別してきたが、人によって感じ方が異なることや、におい強度の基準が不明瞭で定量性も低いことから、製造した再生ゴムを正確に評価することが困難であった。

本論文では「人を介さないにおい評価手法を確立すること」、「製造条件違いによるわずかなにおい質の変化を判別できること」を目的とした新たな臭気評価手法の開発を検討した。さらに本評価手法を活用して再生ゴム製造条件とにおい質の相関解析を実施したので結果を紹介する。

2. 背景

2-1. 架橋ゴムのリサイクル技術

架橋ゴムのリサイクル技術としてパン法と呼ばれるバッチ式の加熱・加圧処理が一般的である。図-2にパン法の概略図を示す。粉碎した架橋ゴムに適量の再生剤とオイルを添加してオートクレーブ（脱硫釜）に投入し、200℃の水蒸気を用いて約5時間の加熱処理を行うことで再生ゴムを得る技術である。本手法は脱硫処理に長時間を要する点、工程数が多い点から生産性に課題があると言われる。またゴムに苛烈な熱エネルギーを付与することから、架橋結合だけでなく、ポリマー主鎖の切断も進行してしまう。そのため得られる再生ゴムの特性が十分ではないという欠点を有する¹⁾。



図-2 パン法の概略図

豊田合成ではパン法に代わる架橋ゴムのリサイクル技術として株式会社豊田中央研究所、トヨタ自動車株式会社と協業で「せん断流動場反応制御技術」を開発した²⁾。本手法は二軸押出機のスクリュー形状や設定条件を最適化することで熱・剪断力・圧力・滞留時間を制御し、ゴム内の架橋結合のみを選択的分解することをコンセプトとしている（図-3）。架橋ゴム内には、主にゴム分子主鎖ポリマーを形成するC-C結合、架橋に関与するC-S結合、S-S結合が存在する。表-1に各結合種の結合エネルギーを示す。パン法では苛烈な熱エネルギー付与により、C-C、C-S、S-S結合がランダムに分解するのに対し、せん断流動場反応制御技術では二軸押出機を用いて架橋ゴムに適切なエネルギーを付与することで、結合エネルギーの小さなC-S結合およびS-S結合を選択的に分解する。

表-1 各結合エネルギー

化学結合種	結合エネルギー (kJ/mol)
C-C	370
C-S	310
S-S	270

図-3 脱硫のコンセプト

図-4に二軸押出機を用いた架橋ゴムリサイクル技術の概要を示す。粗粉碎されたゴム廃材を二軸押出機に投入すると粉碎ゾーンにて更なる微粉化が進行する。次に脱硫ゾーンにて瞬間的に剪断エネルギーが付与される。これにより架橋結合が選択的に切断されることで脱硫が進行する。最後に脱臭ゾーンにて二軸押出機内に水を注入し、脱硫過程で生じた臭気成分を水に溶解させる。さらに真空バントより強制脱気することで再生ゴム特有の臭気を除去する（図-5）。

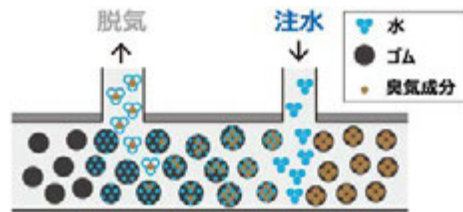


図-5 注水脱臭過程の概略図

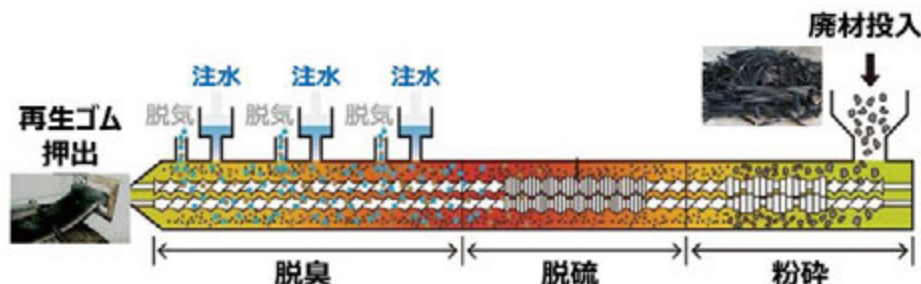


図-4 二軸押出機によるリサイクル技術の概要図

表-2 二軸押出機製造条件違い再生ゴムにおける官能評価結果

再生ゴム	におい強度							におい質
	評価者1	評価者2	評価者3	評価者4	評価者5	評価者6	平均値	
A	4.0	4.0	3.5	4.0	4.0	3.5	3.83	ツンとする・むせる・BCと異なるにおい質
B	3.0	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5	3.25	青臭い・生臭い・Cと近いにおい質
C	3.5	3.5	4.0	3.5	3.0	3.5	3.50	青臭い・生臭い・Bと近いにおい質

パン法では再生処理に約5時間を要していたのに対し、本技術では約10分で脱硫が完了することから生産性は大幅に向上した。さらに短時間での脱硫を実現したことで、ゴム内の過剰な劣化を防ぎ、パン法再生ゴムに比べ大幅な物性向上を達成した。図-6に本技術とパン法で作製した再生ゴムの応力-ひずみ線図を示す。本技術で作製した再生ゴムはパン法の約2倍程度の伸びを示すことから高品位な再生ゴムが製造できていることがわかる。一方、脱硫に伴い生じる含硫黄物質の影響で、脱硫ゴムは新ゴムとは異なる臭気を発するという課題は残存している。

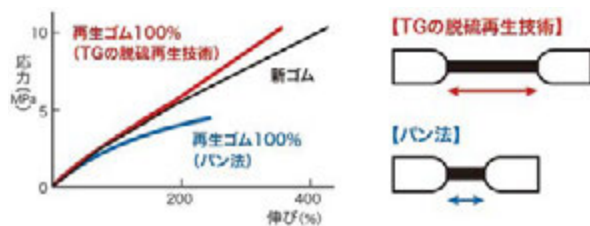


図-6 再生ゴム性能の違い

2-2. におい官能評価手法

豊田合成ではゴム製品の臭気を各OEM規格やISO, VDA, GB規格などに基づいて官能評価により判定している。図-7に一般的なにおい官能評価手順を示す³⁾。

- 1) テドラーバッグ内にサンプルを封入
- 2) 恒温槽にて80℃×1時間加熱後、恒温槽から取り出し室温で30分静置
- 3) 6人以上のにおいパネラーがバッグの臭気を嗅ぎ、におい強度とにおい質を評価

(におい強度は点数既知の基準臭との比較で点数付けを実施)

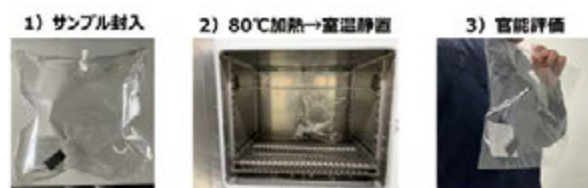


図-7 におい官能評価概略図

人を介したにおい官能評価に関しては以下の課題が存在する。

- 1) 一度の官能試験で多くの水準を評価できない(人の鼻の慣れ)
- 2) 人によってにおいの感じ方が異なる、体調によってにおいの感じ方が異なる(再現性に乏しい)
- 3) 基準臭とサンプルのにおい質が異なるためにおい強度の点数をつけるのが困難(定量性に乏しい)

再生ゴムの官能評価結果を表-2に示す。水準A~Cは二軸押出機の製造条件や注水量を変えて作製した再生ゴムである。脱硫前の原料ゴムは同じにも関わらず、二軸押出機の製造条件によってにおい質が異なるというコメントがあった。またにおい強度にも有意差があり、二軸押出機の製造条件によってできる再生ゴムの臭気に差があることが示唆された。

3. 目標設定

二軸押出機の製造条件を変更した際にできる再生ゴムの臭気を定量的かつ精度よく評価する手法の開発を目指す。人のにおい官能評価に代わる臭気判別手法として以下の1~3を目標とした。

- 1) 人の感覚に頼らない臭気評価手法であること
- 2) 製造条件の異なる再生ゴムのわずかな「におい質」「におい強度」の差を判別できること
- 3) 製造日の異なるサンプルも横並びで比較できること

4. 検討実験

4-1. GC/MSによる再生ゴムの臭気成分分析

人を介さない臭気評価を実現するためにガスクロマトグラフィー質量分析装置(GC/MS)を使用した。GC/MS装置の概略図を図-8に示す。人のにおい官能評価と同一のガス成分を捕集するためにサンプル管に再生ゴムを封入して80℃で加熱した。発生したガス成分すべてをGC/MS装置に導入することで臭気成分の濃度バランスを崩さず検出することが可能である。GC部に導入されたガスはカラムにて成分毎に分離され、MS部にて分離された各成分の強度が検出される。

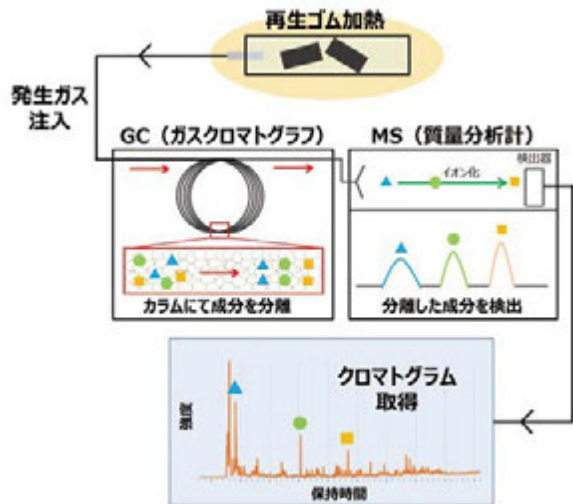
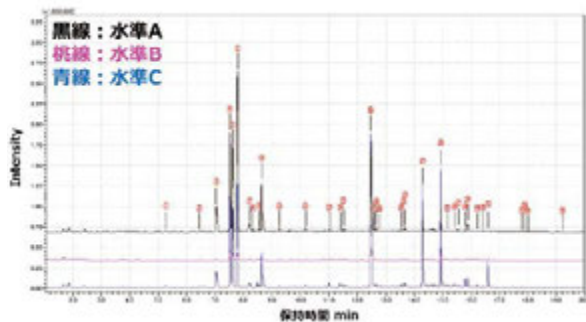


図-8 GC/MS 分析の概略図

再生ゴム A ～ C の GC/MS クロマトグラムを図-9に示す。どの水準でも計 36 種のピークが検出された。

図-9 再生ゴムの GC/MS クロマトグラム
(黒線：水準 A 桃線：水準 B 青線：水準 C)

水準によって全発生ガス量が異なるだけでなく、36 種それぞれの“ピーク面積比”が異なる。水準 A ～ C の各ピーク面積値を表-3に示す。

表-3 再生ゴム A ～ C の各ピーク面積値

ピーク 番号	再生ゴム ピーク面積値		
	A	B	C
①	107828	915	71316
②	54827	1620	23825
③	1004715	36349	584512
④	3114415	269597	2816200
⑤	2635607	229997	2358941
⋮	⋮	⋮	⋮
⑳	324371	190977	2273748
㉑	520788	334882	2669283
⋮	⋮	⋮	⋮

再生ゴム A では面積値の比がピーク④：ピーク㉑ = 10：1 に対し、再生ゴム C では 14：11 であった。

再生ゴム A ～ C はすべて同一原料（社内ゴム廃材）を用いており、二軸押出機の製造条件によって生じる臭気成分の比が異なる。本結果より 36 種の検出成分が同じにも関わらず、そのピーク面積比（＝成分バランス）が異なることでにおいの違いが生じている可能性が示唆された。

またピークの全体量（＝全発生ガス量）の違いがにおい強度に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

4-2. GC/MS 分析結果の主成分分析

前項で見出した GC/MS クロマトグラムの成分バランスとにおい質に相関があるという仮説を検証するために主成分分析（PCA）による検討を実施した。

GC/MS で検出した全ピーク 36 種のピーク面積比を算出した。例えば（ピーク①の面積比）＝（ピーク①の面積値）／（全ピーク面積値の総和）で算出する。この考え方によって二軸押出機の製造条件の違いによる臭気成分の変化を精度よく検出でき、微小ピークの影響も抜け漏れなく数値化することができる。

水準 A ～ C の 36 種のピーク面積比を説明変数として、教師なしデータの分類手法の一つである PCA で類似性をマッピングした。マッピング結果を図-10に示す。PCA の結果からマッピングの位置が近いものはピーク面積比が近い、つまりにおい質が近いことを示す。

再生ゴム B・C はマッピング位置が近く、A は離れた位置にマッピングされた。表-2からも再生ゴム A と再生ゴム B・C はにおい質が異なることが言及されており、マッピング位置とにおい質に相関がある可能性が示唆された。また再生ゴム B よりも C は全発生ガス量が多く、におい強度が高い。このことからにおい強度は全発生ガス量と相関がある可能性が示唆された。

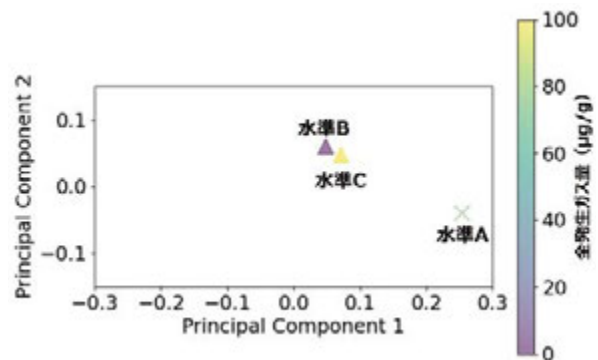


図-10 再生ゴム A ～ C の PCA 結果

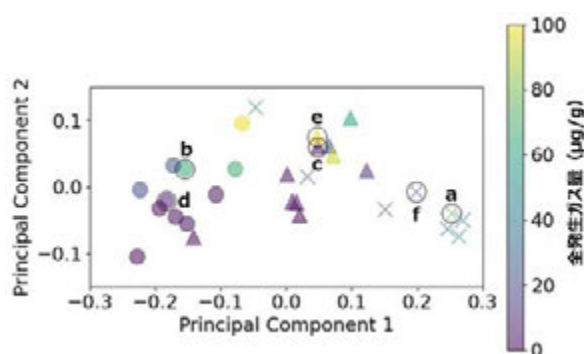
表－4 再生ゴム a～f のにおい官能評価結果

再生ゴム	におい強度						におい質
	評価者1	評価者2	評価者3	評価者4	評価者5	評価者6	
a	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	ツンとする・むせる
b	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.0	青臭い・生臭い
c	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5	4.0	青臭い・生臭い・油っぽい
d	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	青臭い・生臭い
e	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	青臭い・生臭い・油っぽい
f	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	ツンとする・むせる

5. 実証

5－1. 二軸押出機条件の異なる再生ゴムの PCA 解析

二軸押出機製造条件が異なる全 30 水準の再生ゴムを GC/MS 分析し、得られたピーク面積比から PCA により作成したマッピングを図－11 に示す。



図－11 全 30 水準の再生ゴム PCA 結果

図－11 からマッピング位置が近いかつ全発生ガス量に差がある水準 a～f を選定した。水準 a～f に対して人によるにおい評価を実施した結果を表－4 に示す。

図－11 右側でマッピング位置に近い a と f はどちらも「ツンとくる」「むせる」といったにおい質を有する。またにおい強度と全発生ガス量ともに $a > f$ であった。

図－11 中央でマッピング位置に近い c と e はどちらも「油っぽい」といったにおい質を有する。またにおい強度と全発生ガス量ともに $c < e$ であった。

図－11 左側でマッピング位置に近い b と d はどちらも「青臭い」「生臭い」といったにおい質を有する。またにおい強度と全発生ガス量ともに $b > d$ であった。

これらの結果からもマッピング位置に近いものはおい質が近く、遠いものはおい質が異なることが示された。さらににおい強度と全発生ガス量に相関がある可能性が示唆された。

上記の結果をまとめると本臭気評価手法は「におい質」の違いをマッピングの XY 平面位置で規定し、「におい強度」を高さ方向で規定できていると考えられる。

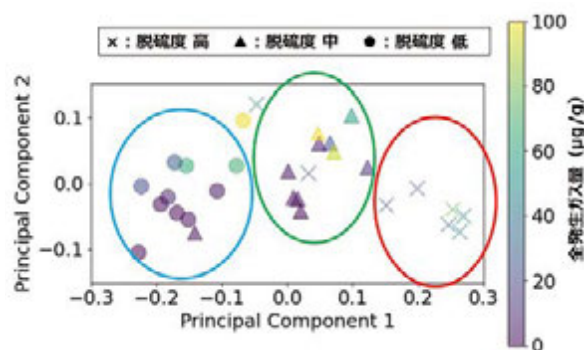
5－2. におい質と二軸押出機製造条件の相関解析

前項で作成したにおい質のマッピング結果と二軸押出機の製造条件を相関解析した結果を図－12 に示す。物性等の評価結果からマッピング内のプロット ×, ▲, ● は脱硫度が異なる。

× は脱硫度が高く、過剰に脱硫が進行したサンプル、▲ は脱硫度が中程度、● は脱硫度が低く脱硫が不完全なサンプルであった。

本結果から脱硫が進行するにつれて、マッピング位置が右方向にシフトし、におい質が変化することが推測される。また過剰に脱硫が進行することにより、人が不快に感じる「ツンとする」「むせる」ような成分が増加し、におい質が悪化する可能性が示唆された。

これらの結果から脱硫が十分に進行し（青枠内ではなく）、かつ過剰に脱硫が進行していない（赤枠内ではない）緑枠内が理想の再生ゴムであると判断した。本結果を元に二軸押出機の製造条件を更に最適化することで、より高品位な再生ゴム製造を目指す。



図－12 におい質と二軸押出機条件の相関解析

6. まとめ

GC/MS 分析と PCA を組み合わせることで再生ゴムの「におい質」と「におい強度」を精度よく評価する手法を開発した。

本手法によって

- 1) 分析装置のみで評価したにもかかわらず、におい質の差を人による官能評価と同等に判別することができた。
- 2) 二軸押出機の製造条件変更による脱硫度の違いからにおい質の違いをグルーピングできた。また全発生ガス量とにおい強度に相関があることを見出した。
- 3) 製造後の再生ゴムをすぐに GC/MS 分析することで、異なる製造日のサンプルも横並びで比較が可能になった。

本手法を活用することで二軸押出機の製造条件を最適化し、さらに低臭気な再生ゴムの製造を目指す。

謝辞

本研究を進めるにあたり、株式会社豊田中央研究所には実験から分析、解析、考察に至るまで多大なるご協力をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 福田政仁, 豊田合成技報, Vol.52 (2010)
- 2) 毛利誠, “せん断流動場反応制御技術による架橋ゴムの連続再生に関する研究” 博士論文 (2019)
- 3) 岩井幸一郎, “車室内臭の分析およびにおい成分濃度予測方法の開発” 博士論文 (2014)

著 者



伊藤謙太



寺山隆志



小松孝弘



山口恵弘



野村啓文



石川結衣



中野里咲



袖山清和

骨格検知技術を活用した人作業改善

杉村光平^{*1}, 山田理華子^{*1}, 西畑宏祐^{*1}, 鈴木一輝^{*2}, 加藤佳久^{*2}

Improvement of Human Work Using Skeleton Detection Technology

Kohei Sugimura^{*1}, Rikako Yamada^{*1}, Kosuke Nishibata^{*1},
Kazuki Suzuki^{*2}, Yoshihisa Kato^{*2}

要旨

近年、製造工程ではロボット等を使った自動化が進められているが、完全自動化が難しい工程においては、人の手による組立作業が依然として必要である。

一方で、組立工程の生産性向上のために工程改善が行われているが、担当者が対象工程を直接観察、確認する必要がある、非常に工数がかかる。

豊田合成では、骨格検出アルゴリズムを活用した作業定量化を行うことで、技能員の移動距離や作業順序を認識し、作業改善につなげる活動を進めてきた。本稿では、この取り組みを報告する。

Abstract

In recent years, automation using robots and other technologies is increasingly used in production and manufacturing processes. However, in processes where complete automation is difficult, manual assembly operation by humans is still necessary.

With team member, traditional methods of process improvement are employed in order to improve productivity in assembly processes. These methods require the responsible personnel to directly observe the target process, which requires significant person-hours.

At Toyoda Gosei, we have been utilizing a skeleton detection algorithm to quantify tasks. This allows us to recognize the movement distances and operation sequences of skilled team member, thereby leading to improvements in work processes. In this paper, we report on these efforts.

1. はじめに

製造業における人手不足が社会問題の1つとなっている近年、製造工程では、主にロボットを使った自動化が進められている。しかし、ロボット化が難しい領域が存在し、まだまだ人の手で行われていることが実情である。一方で、人材不足を起因とする人件費の高騰はグローバルで見ても不可避であり、生産コストへの悪影響が懸念される。

組立工程の生産性改善のために、QC(品質管理)やIE(生産工学, Industrial Engineering)の手法を活用して工程改善を図っているが、技能員の行動定量化のためには分析担当者が対象工程を直接観察しており非常に工数がかかる。

そこで、豊田合成では近年、骨格検知技術を活用した工程改善を検討している。

2. 背景

2-1. 骨格検知技術

骨格検知技術は、人の動作を認識し、定量化する技術の1つである。骨格検出アルゴリズムに基づいてカメラに映る人の手首や肘等の骨格点を画像上の座標値として推定し、定量化する。

この技術は、医療やスポーツをはじめとするあらゆる分野で活用されており、人の動作への適用という点で共通なことから、手作業による組立工程においても有効性があると考え、導入を検討している。

骨格検出アルゴリズムの中でも本稿では、指の座標が取得できる点や展開性の観点から ViTPose (Vision Transformer Pose Estimation) を検討している¹⁾。

ViTPose で使われている Transformer は、近年話題になっているディープラーニングモデルで

*1 生産技術統括部 IoT 推進室

*2 SS 製造部 エアバッグ第3課

あり、GPT (Generative Pre-trained Transformer) 等の生成 AI モデルにも使われている。性能が高いこともあり、現在の自然言語処理分野では主流となっている²⁾。

コンピュータビジョン分野においては、これまで CNN (Convolutional Neural Network) ベースのモデルが評価されてきたが、Vision Transformer が世に出てからは、画像分類タスクにおいて性能が CNN ベースのモデルを上回っており、注目を浴びている²⁾。

豊田合成では、組立工程における骨格検知技術の活用方法として、以下3つの場面での導入を実施、検討している。

- ① 作業分析による改善
- ② 標準作業の自動判別による工程飛び / 異常作業検知
- ③ エルゴノミクスを取り入れた工程づくり

本稿では、①作業分析による改善の取り組みについて報告する。

2-2. 工程の課題

社内では、手作業を必要とする工程がまだある。安全性や品質、生産性の向上を狙って工程改善を図ってきたが、これまで担当者が工程に張り付いて観察や計測による調査に基づいて実施してきた。

しかし、更なる改善を図るには調査工数がかかり、改善のリードタイム低減が課題であった。

3. 対策

工程改善を効率的に実施するには、トヨタ生産方式に則した工程づくりを基軸とした上で、新たな技術として骨格検知技術を用いて技能員の動きの詳細を定量評価する必要があると考えた。

豊田合成では、1個流しでサイクリックに自工程完結でできる作業を標準作業として、これを目指す上で検討すべき事項を明確にしている。より安全で品質、生産性の高いものづくりを行う上で、その工程の完成度のガイドとして下記6つの評価項目を定め改善を進めている。

- i. 最短動作
- ii. サイクリックな作業 (安定的な作業)
- iii. 良品作業
- iv. 動作で良品確認
- v. 品違い確認
- vi. 教育、訓練

この着眼点を持って工程づくりをするにあたり、骨格検知技術を活用し、そのレベルを定量化することで、完成度の指標として活用できないかと考え検討を進めてきた。

本稿では、i. 最短動作および、ii. サイクリックな作業 (安定的な作業) の項目に対して活用した事例を下記に記す。

4. 事例紹介

4-1. 対象製品

対象製品であるカーテンエアバッグは、車両ルーフサイドに搭載され、車両に衝突が起きた際にバッグが側面の窓を覆うように膨らみ、頭部を保護する (図-1)。

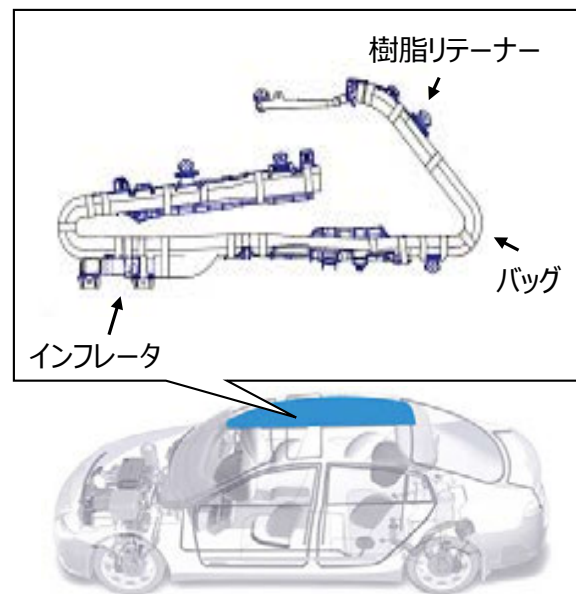


図-1 カーテンエアバッグ

4-2. 対象工程

対象工程は、カーテンエアバッグ組付工程である。バッグ、樹脂リテーナー、インフレーターから構成され、これらの部品を手作業で組付ける必要がある。本工程には、車種によって複数の工程が配置されている。

4-3. ViTPose の構造

本稿で扱う ViTPose について、画像の入力から骨格点が推定され出力されるまでの構造を以下に示す。

まず、入力画像情報を Transformer が扱える形にするために画像を分割し、1次元データ化する flatten 処理をする²⁾ (図-2-a)。

次に、flatten 処理したデータから Encoder により、分割した画像の位置情報を保ったまま特徴を抽出する。Encoder には、正規化処理なども含まれるが、Self-Attention という機構が Encoder の中心的な役割を持ち、これが Transformer の特徴である (図-2-b)。

次に、Encoder により特徴抽出されたデータを Decoder に入力し、骨格座標を推定する(図-2-c)。

このように、画像を単語のように扱うことで、自然言語処理分野で用いられてきた手法の適用が実現している。

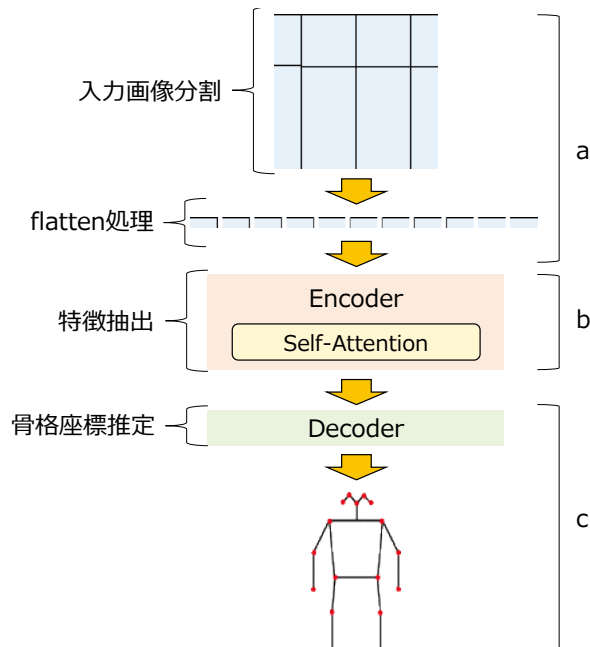


図-2 ViTPose の構造

4-4. 動作の大きさ定量化

作業が最短動作となる工程づくりをするために、動作の大きさを定量化した。

まず、取得した骨格座標を蓄積し、画像上に表示することで動作の軌跡を表す(図-3)。

次に、時間が進むとともに移動する骨格座標間距離を累計することで、骨格点の総移動距離を算出する(図-3)。

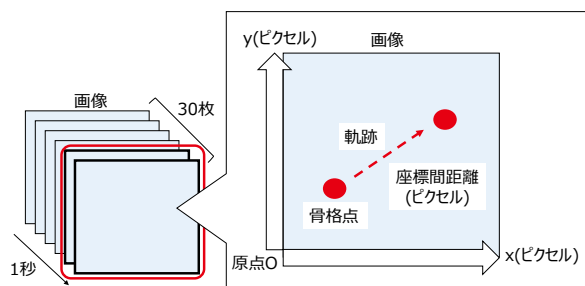


図-3 座標間距離

作業に合わせて確認する骨格点を選択し、動作の大きさを確認する。動作の大きさが極小化されることで、作業が最短動作になると考える(図-4)。

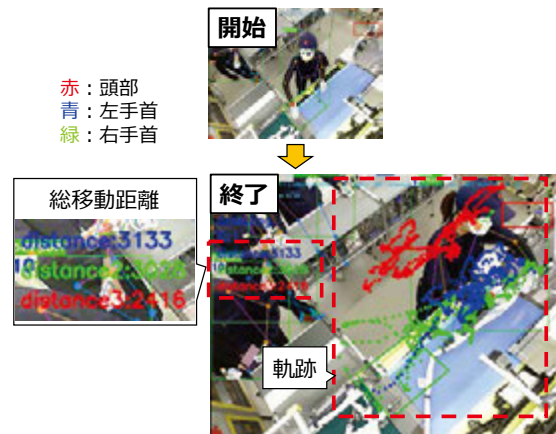


図-4 軌跡と総移動距離

これらを用いて、標準作業完成度が最も高い工程をモデル工程とし、この工程の動作が最短動作であると考え、比較により類似工程の新規立ち上げ工程を改善した。

前提条件として、別の工程同士を比較評価する場合、同一作業に対して同等の距離、角度から撮影する必要がある。これを踏まえて、図-5に示すようにカメラを設置し、撮影した。



図-5 最短動作の工程づくりのための撮影

まず、モデル工程及び立ち上げ工程の動作の大きさを確認した。作業時の歩行や手元の動作が最短動作を目指すうえで特に重要と考え、頭部及び両手首に着目した。頭部を赤、右手首を緑、左手首を青で表すこととする(図-6, 7)。

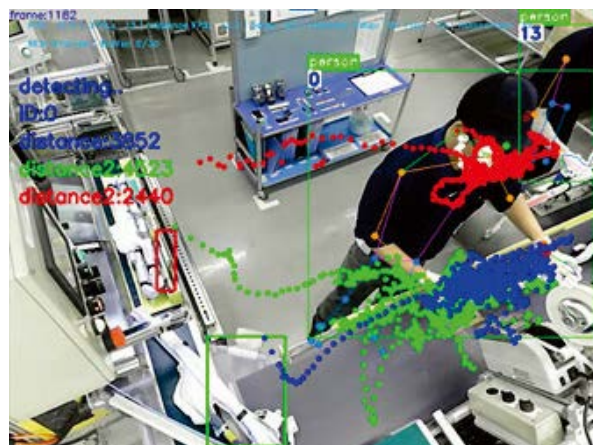
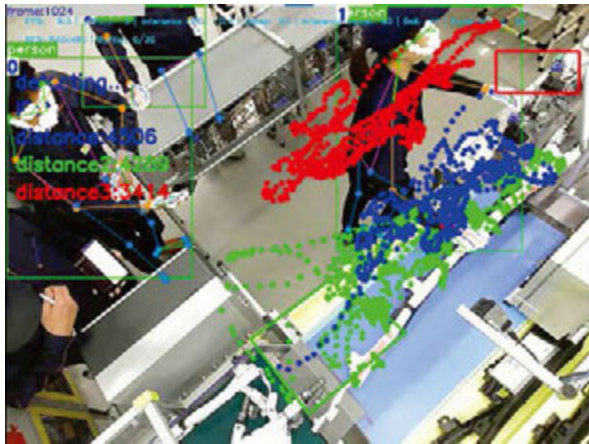


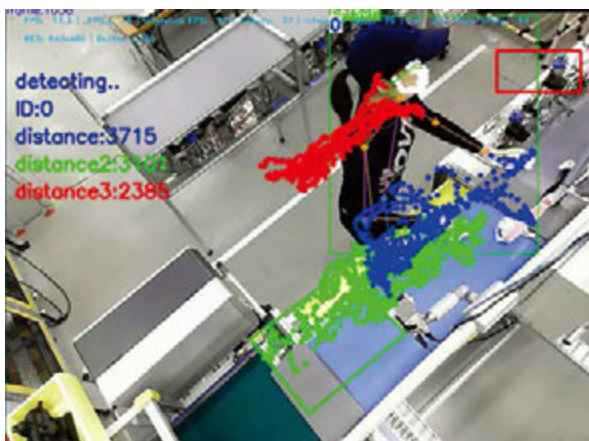
図-6 モデル工程



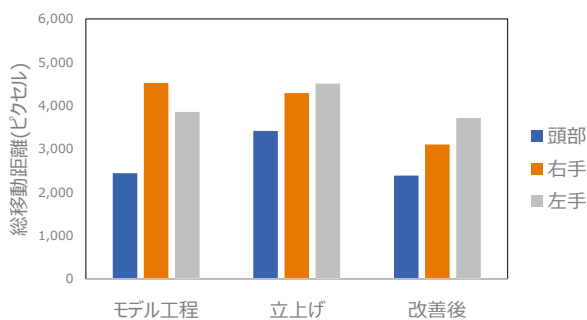
図－７ 改善前新規立ち上げ工程

モデル工程と立ち上げ工程の動作を比較すると、頭部の軌跡から、立ち上げ工程の方が作業台に水平方向に大きく歩行していることが明確になった。モデル工程のように可能な限り定点で作業をするには、作業位置の固定やワーク（組付中の部品）をずらしての作業、ワーク初期位置の見直しなどが必要であり、これらの改善事項が浮き彫りになった。

改善後の動作の大きさを確認したところ、モデル工程と同等な値が確認された（図－８，９，表－１）。



図－８ 改善後新規立ち上げ工程



図－９ 総移動距離の推移

表－１ 頭部の移動距離の変化率

単位：ピクセル

	モデル工程	立ち上げ	改善後
頭部	2,440	3,414	2,385
右手	4,523	4,289	3,101
左手	3,852	4,506	3,715
増減率 (頭部)	1	1.40	0.98

動作の大きさ定量化により、部品や作業の位置などの作業環境からの影響を受けやすい歩行やワークの動かし方などの動作において、改善点を容易に発見できるようになり、本工程づくりの基準へ落とし込んだ。これにより、工程新設段階での標準作業完成度が向上した。

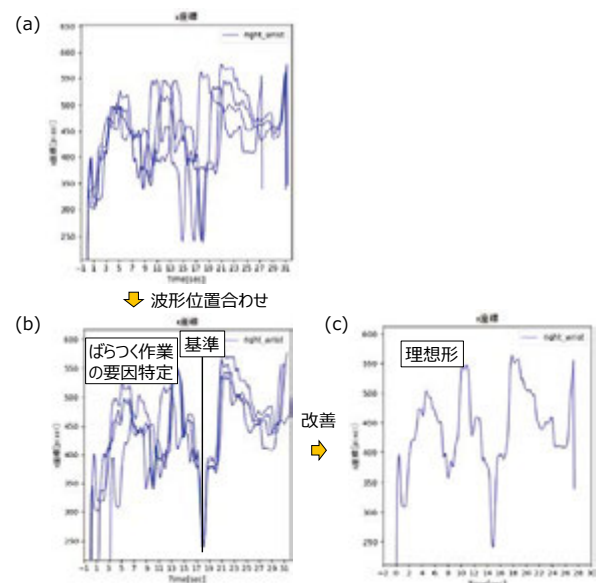
４－５. 動作のばらつき定量化

安定的な作業が行えているか評価するために、動作のばらつきを定量化した。

まず、作業時に使用する身体の一部を確認し、その部位の座標データを複数サイクル重ね合わせて折れ線グラフで表示する。しかし、時間の経過に伴い波形がずれてくるため、ばらつく作業の特定が困難である（図－１０－a）。

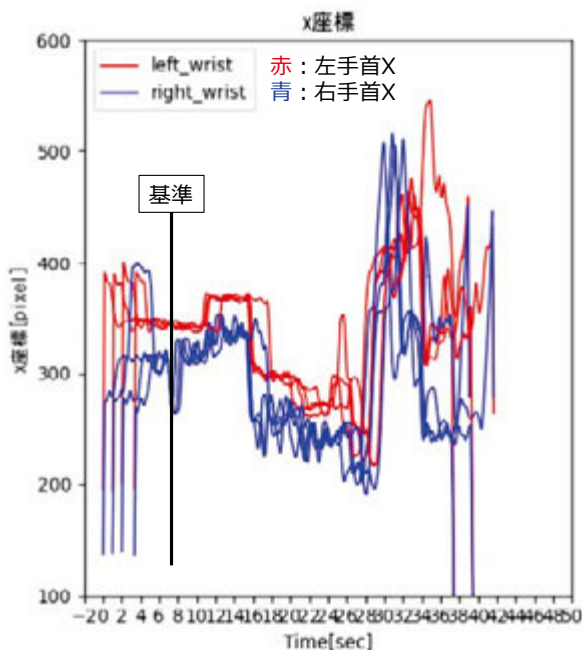
そこで、作業の中で必ず同じ動作をする要素作業を基準に、時間軸を合わせた状態で、波形を重ね合わせる。この波形を用いて、基準前後の作業におけるばらつきの要因を特定し、改善に繋げる（図－１０－b）。

これを繰り返すことで、複数サイクルの波形を重ねて表示した時に、１本の線のように重なり合う状態が理想形であり、技能員が最も無理なく、楽に作業できる安定的な作業になっていると考える（図－１０－c）。



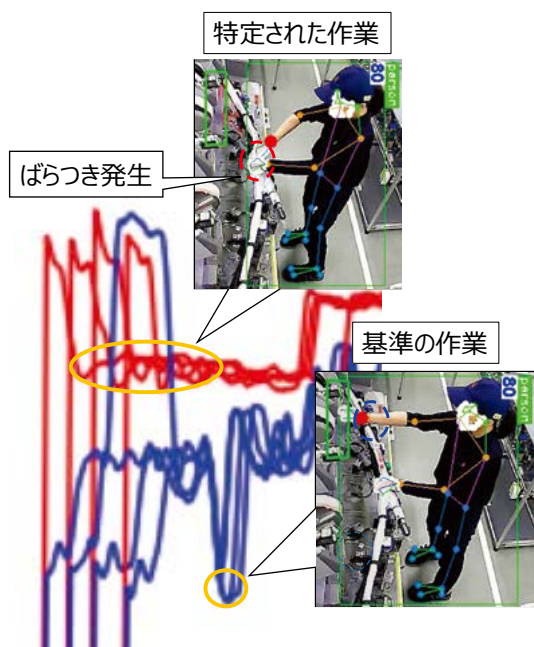
図－１０ ばらつき改善の流れ

本工程において、両手首の波形に対して基準の作業を定め、これを軸に重ね合わせた（図－11）。



図－11 位置合わせ後両手首波形

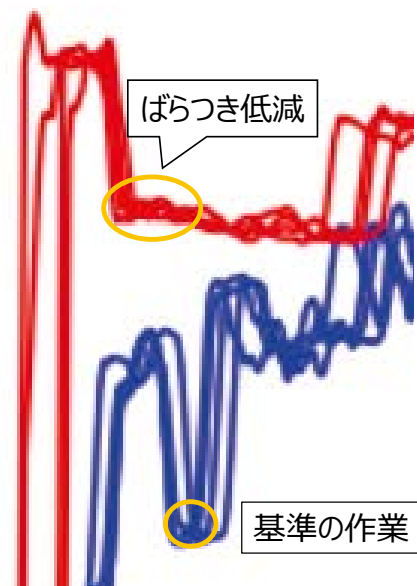
波形と動画を対応させて作業を調べていくと、基準の作業の前にある左手で実施する作業でばらつきが特定された（図－12）。



図－12 ばらつく作業の特定

ばらつきの要因を詳細に調査すると、組付時の左手の使い方が一定でないことがわかり、標準の作業としても手指の指定等が細かく定まっていなかったことがわかった。こうした状態を問題と捉え、左手親指を使って作業することを標準とし、手順に落とし込んだ。

改善後の作業を確認したところ、ばらつきが低減され、作業が安定していることが確認された（図－13）。



図－13 改善後波形

動作のばらつき定量化により、改善の対象をこれまでより容易に早く発見できるようになり、結果として、改善のリードタイムが半減された。

また、安定的な作業を実現する上で、標準作業を手指の使い方まで細かく定めることが重要であることがわかった。

5. 今後の進め方

人作業工程では、生産性に大きな影響をもたらす要因の一つとして作業のばらつきがある。このばらつきを人の違いに関わらず極小化していくためには、技能員が最も無理なく、楽に作業できる安定的な標準作業を追求していく必要がある。今回、骨格検知技術を用いて完成度の高い標準作業を作り上げた。この完成度を維持するために、技能員への導入教育が重要になってくると考える。今後はこの導入教育で、骨格検知技術を活用し、技能員自身が、自らのレベルを理解し、作業習熟度向上に繋がるツールの開発を進めていきたい。

6. まとめ

人作業工程で標準作業の完成度向上を図るにあたり、骨格検知技術はそのレベルを定量的に評価する有効な手段であることを実事例で示すことができた。本技術は、今までできなかった作業の可視化を実現できることから、製造工程において有効な要素技術であると考え、本技術を生産性向

上での活用に留めることなく、安全面、品質面等、より広範囲での活用の可能性について今後も継続して適用検討を進めていく。

参考文献

- 1) ViTPose,
<https://github.com/ViTAE-Transformer/ViTPose>
- 2) 山本晋太郎, 「Vision Transformer 入門 新しいコンピュータビジョンの世界」, 技術評論社, 2022, P1-71

著 者



杉村光平



山田理華子



西畑宏祐



鈴木一輝



加藤佳久

温度に起因する LED 色ずれ補正技術

古田 毅^{*1}

Compensation Technology for Temperature-Induced LED Color Shifts

Tsuyoshi Furuta^{*1}

1. はじめに

今後自動運転の発展と共に、車室内照明にフルカラー LED の適用拡大が予想されている。照明に求められる役割が、従来の照らす機能に加え、警告機能が求められるようになり、更には LED を多数個並べる商品も増加している。その結果、複数ある LED 間での色ずれに対する抑制が課題となっている。豊田合成はこれまでも LED の色ずれに対応してきたが、本稿では新たに開発した動的な色ずれに対する技術について紹介する。

2. 製品概要

2-1. イルミユニット

イルミユニットは赤、緑、青 LED のワンパッケージ化した3色 LED で構成される RGB LED と、マイクロコントローラで構成される（図-1）。

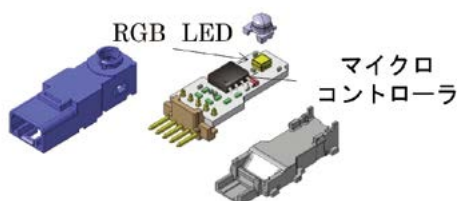


図-1 イルミユニットの構造

車両側から指示された点灯指令情報をもとに、RGB LED に送る各色の PWM（Pulse Width Modulation）信号をマイクロコントローラに書き込まれたソフトウェアが調整することで任意の色、明るさを制御する（図-2）。

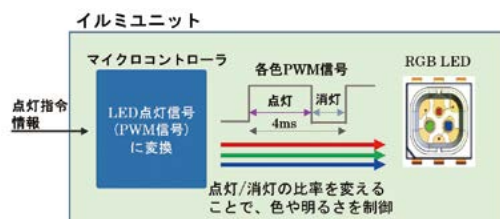


図-2 色・明るさのコントロール

2-2. 色ずれの現状と課題

同じ PWM 信号で RGB LED を点灯させても色ずれが生じる場合がある。理由のひとつは LED 個体のばらつきによるもの、もうひとつは、温度といった環境の変化によるものである。豊田合成は 2021 年、LED 個体のばらつきに対する補正技術を開発した¹⁾。今回次のステップとして温度の変化に対する補正に取り組んだ。

2-3. 温度による色ずれ

LED には温度によって光度が変化する特性があり、RGB 各色によってこの特性は異なる（図-3）。そのため白色といった RGB の混色で表現する場合、高温時、低温時において狙いからずれた色を出力してしまう（図-4）。

今回光度の変動が顕著な赤 LED について注目し、温度が変化しても色ばらつきを抑制する方法を検討した。

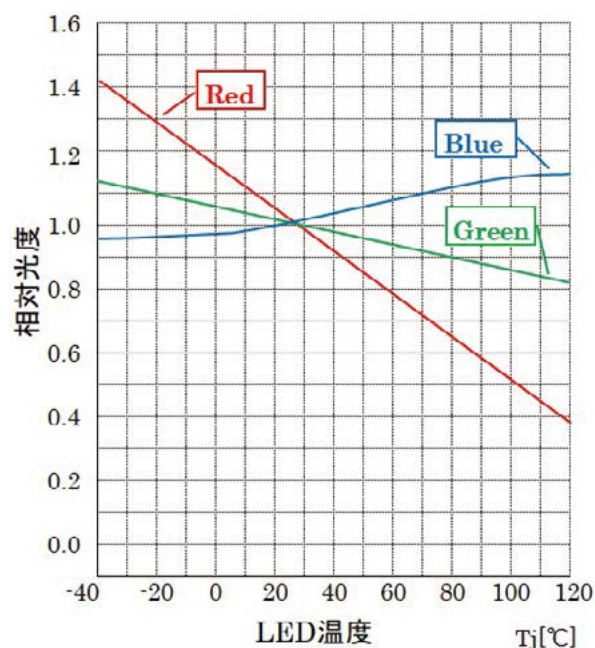
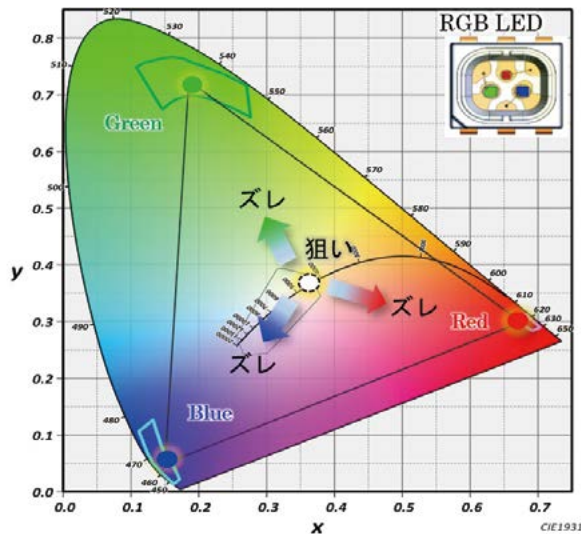


図-3 LED 各色の温度特性

*1 電子技術部 基盤技術室



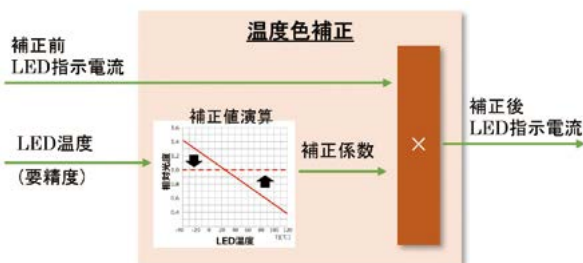
図－4 混色時の色ずれ

3. 補正技術の概要

3-1. 補正機能構成

赤 LED の温度特性より、高温時は LED 出力を上げ、低温時は出力を下げるように PWM 出力を調整することで補正を行う（図－5）。

そのためには LED 温度をいかに正確に把握するかが重要となる。



図－5 温度による補正の考え方

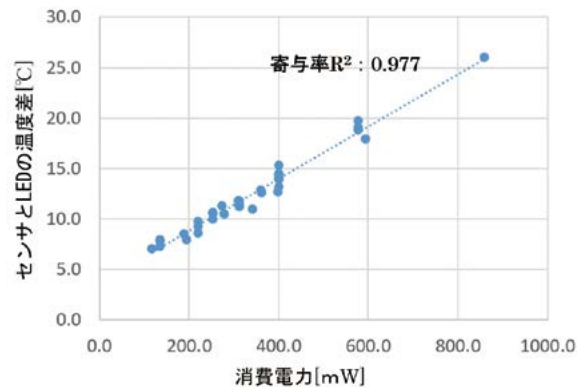
3-2. 検出温度

今回、サーミスタ等の温度センサを外部に設けるよりも、部品コストの観点からマイクロコントローラに内蔵の温度センサを活用し、LED 温度検出を行うことにした。ところが、LED とマイクロコントローラは離れていることもあり、双方の温度に差があることが分かった。従ってマイクロコントローラで検出した温度（以降センサ温度）をそのまま LED 温度とすることはできない。そこで、ソフトウェアを活用し、センサ温度と他の情報を使い LED 温度を推定する方法を検討した。

3-3. LED 温度推定

LED とセンサの温度差は常に一定でなく、LED の点灯状況に応じて変動するため、その要因を分析した。

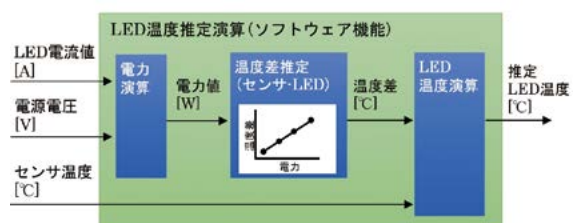
分析の結果、温度差とマイクロコントローラの消費電力との間で強い相関があることが分かった（図－6）。



図－6 電力と温度差の相関関係

LED が点灯すると、LED 自体が発熱すると同時にマイクロコントローラ内の LED 駆動回路でも消費される電力が熱に変換される。LED の輝度に応じて駆動回路の発熱量が変化することが LED とセンサの温度差に影響を与えていると考えられる。つまり、消費電力は RGB LED 電流と電源電圧から求めることができる。

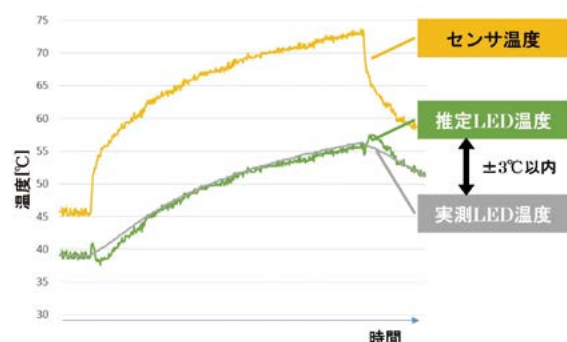
そこで、ソフトウェアで常時計算した消費電力値から、温度差を算出し、センサ温度から温度差をオフセットすることで LED 温度を推定する（図－7）。



図－7 LED 温度推定の考え方

3-4. LED 温度推定と補正効果

LED 温度推定機能をソフトウェアで実装した結果、実際の LED 温度と誤差 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内で推定することができた（図－8）。



図－8 LED 温度推定の効果

推定した LED 温度をもとに PWM 出力調整を行った結果、雰囲気温度 $-30^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ において、色ずれは補正前に比べ、目標の色度差 ($C_x: \pm 0.017$, $C_y: \pm 0.017$ 以下) を満足する結果が得られた。さらに高い精度が必要な際は、R 以外の G, B も補正する、さらには光度以外の温度特性などを考慮する等の方法が考えられる。

4. まとめ

新たに部品を追加することなく、動的な温度変化に対する色ずれの補正方法を確立することができた。今後も補正精度の改善をはじめ、ソフトウェアによる付加価値の向上を推進していく。

本技術の開発、検討にあたり、社内の多くの関係者の皆様からのご支援とご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 嶋崎知宏ほか：豊田合成技報, Vol.63, p54-55 (2021)

著 者



古田 毅

ミリ波レーダー対応カバーの低減衰設計にむけた電磁波解析の活用

三宅史恵^{*1}, 楯 裕基^{*2}, 鈴木友菜^{*2}

Application of Electromagnetic Analysis for Low Attenuation Design of Millimeter Wave Radar Covers

Fumie Miyake^{*1}, Yuki Tate^{*2}, Yuna Suzuki^{*2}

1. はじめに

近年、自動車の安全性を高めるため、ミリ波レーダーを用いた予防安全システムを搭載する自動車が増加している。

ミリ波レーダーの搭載位置は、機能上フロントグリル周辺の位置が最も適しているため、ミリ波レーダー対応カバーにはボデーカラー等の意匠性とレーダー波透過性の両立が求められる（図-1）。



図-1 ミリ波レーダー対応カバー

豊田合成の強みであるフロント周辺のモジュール製品において、更に製品付加価値を高めるため、ミリ波低減衰設計にむけた電磁波解析の活用を行ったのでその概要について紹介する。

2. 製品概要

2-1. ミリ波レーダー対応カバー

ミリ波レーダー対応カバーの構成を図-2に示す。ミリ波レーダー対応カバーは、ミリ波レーダーの保護と電波を安定して通す役割をもち、特にボデーカラーに対応した意匠部は、デザインを表現するために基材および積層構造の塗膜で形成されている。

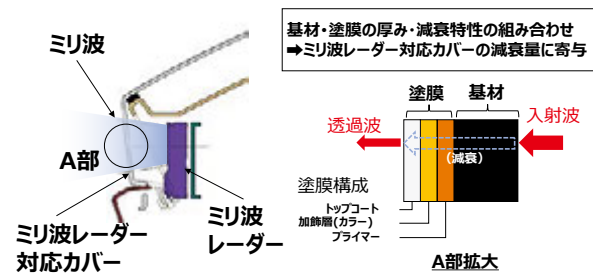


図-2 ミリ波レーダー対応カバーの構成

2-2. ミリ波レーダー対応カバーにおける課題

ミリ波レーダーは電波を利用するため、透過する基材の板厚及び塗膜の減衰特性・膜厚の調整が課題となる。

特に、ミリ波レーダー対応カバーにおいては、カラーバリエーションに応じた膨大な水準検討が必要になるため、試作コストを抑え、スピーディに板厚・塗膜の組み合わせ設計を行う必要がある（図-3）。

カラー毎に低減衰となる板厚が異なる

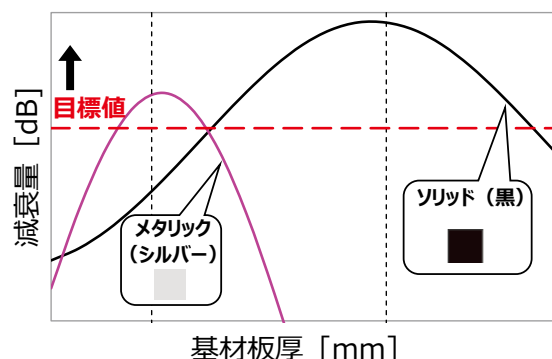


図-3 ボデーカラー毎の減衰量

本稿では、CAEによる電磁波解析を実施し、ミリ波の減衰抑制に寄与する減衰特性・膜厚を抽出し、それらの組み合わせにより対策を実施した。

*1 性能実験部 予測技術室

*2 EM技術部 EM第3技術室

3. 電磁波解析における方策

3-1. 実施内容

まず、一般にミリ波帯の電磁波解析においては、周辺構造物の散乱を受けやすいため、忠実なモデル化、膨大なメッシュが必須となり、計算時間がかかる。そのため、実務で利用可能な解析手法の選択が必要である。解析精度を維持する最小限の解析領域に絞ることにより、解析スピードの向上を狙った（図-4）。

Floquet原理に基づく周期境界条件を適用

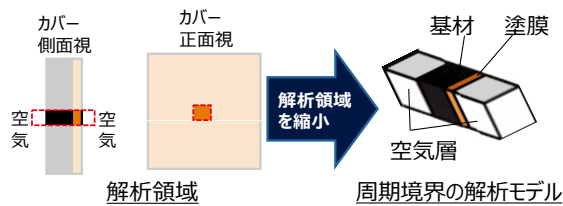


図-4 解析領域の最適化

3-2. 検証結果

図-5 にテストピースの減衰量を示す。実測とCAEの結果はよく一致しており、解析領域の縮小後も減衰量の予測が精度よく実施できていることが確認できた。

また、評価リードタイムは従来の試作ベース開発に比べ、約 1/15 となった。

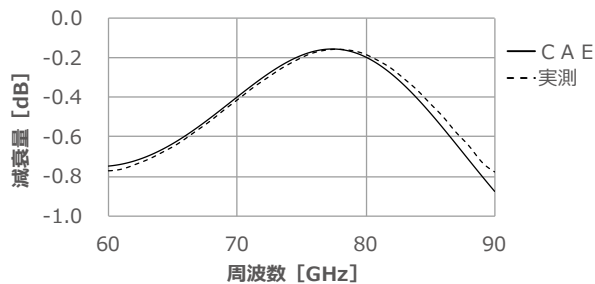


図-5 テストピースの減衰量

4. おわりに

今回導入した電磁波解析を活用して製品の機能と性能の向上を図り、魅力ある製品をお客様に届けていく。

今後はフロント周辺のモジュール化の進展に対応するため、多部品構造の電波透過性能評価に適用していく予定である。

最後に、本技術の確立にあたり、ご協力いただいた方々へ厚く謝意を表します。

著者



三宅史恵



楯 裕基



鈴木友菜

樹脂ギヤ成形技術

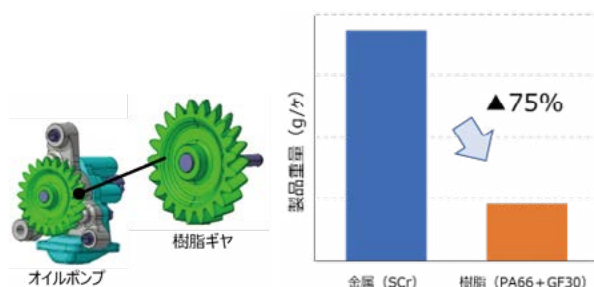
平野達也^{*1}，菅田義昭^{*2}，酒井信弥^{*2}

Plastic Gear Molding Technology

Tatsuya Hirano^{*1}，Yoshiaki Sugata^{*2}，Shinya Sakai^{*2}

1. はじめに

近年，世界的に自動車の HEV，BEV 化が加速し，燃費（電費）向上のため自動車部品の軽量化ニーズがある．豊田合成においてはミッション構成部品であるオイルポンプにてギヤを樹脂化開発し（図－1），部品の軽量化に貢献している（図－2）．今回，ギヤ樹脂化開発で得られた寸法精度向上技術，材料強度を加味した製品設計案を紹介する．

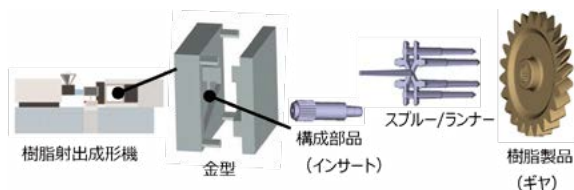


2. 使用材料と成形工程

ギヤの材料は POM^{*1}（非強化材）が主流だが，オイルポンプ製品性能（耐摩耗性）確保のため材料強度が高い PA^{*1}+GF^{*1}30 を適用している．PA+GF30 は材料強度が上がる一方，ガラス繊維の配向性の影響により寸法精度低下が課題とされる．

本樹脂ギヤの成形工法としては射出成形（インサート成形）を採用した．インサート成形とは構成部品を金型へセットし，熱で溶かした樹脂を金型内へ流し，冷却固化させ一体化製品を得る工法である．

なお，金型仕様については生産性を考慮し，ピンゲート^{*2}の 8 点ゲートを採用した（図－3）．

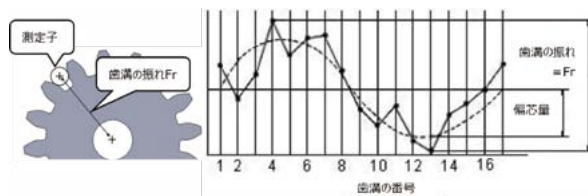


図－3 成形工法と製品 / ランナー形状

3. 樹脂ギヤ成形の課題

3－1. 事例（歯溝の振れ寸法）

ギヤに求められる寸法の中で、『歯溝の振れ』を例にあげる．歯溝の振れとは歯車の全歯溝に測定子（玉，ピン等）を順次挿入し，測定子半径方向位置の最大値と最小値の差である（図－4）．



図－4 歯溝の振れ線図

3－2. 寸法精度低下品の現物調査結果

8 点ピンゲートでの成形充填過程を図－5 に示す．各ゲートから均等に充填はされているが，円形状ではなく八角形状に充填が進んでいることがわかる．



図－5 ショートショット現物

歯溝の振れの寸法結果において，部位毎に凹凸が見受けられた（図－6）．

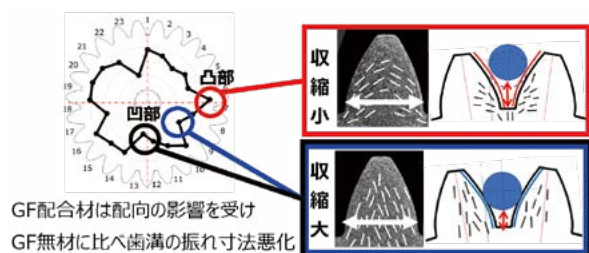
^{*1} FC 生産技術部 FC 第 3 生技室

^{*2} FC 技術部 FC 第 3 技術室

※1 樹脂材料 POM：ポリアセタール，PA：ポリアミド，GF：ガラス繊維

※2 金型内に材料を入れるための製品上部にある小サイズのゲート

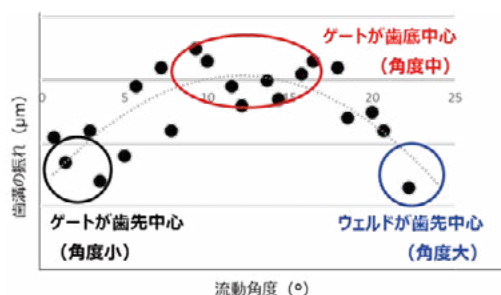
その凹凸部を観察した結果、歯毎に GF 配向差があり、配向の影響で歯幅方向に収縮差が発生し、歯溝中心のズレが生じていた（図－7）。



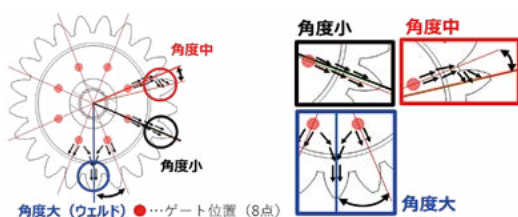
図－6 歯溝の振れ寸法結果 図－7 CT 分析結果

3－3. GF 配向の形成メカニズム

各ゲート位置と歯先中心の流動角度は歯溝の振れ寸法と相関があることがわかった（図－8）。GF 配向形成はゲート位置と歯先中心の位置（角度）関係により、3つのパターン（角度小・角度中・角度大）がある。角度小・大の場合はゲートから歯先にダイレクトに材料が流れるが、角度中の場合は歯底に材料があたってから流れる。そのため GF の配向が歯毎に変化していると考えられる（図－9）。



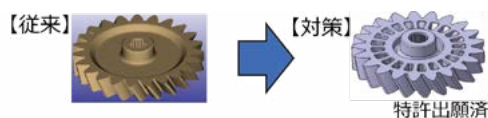
図－8 ゲート位置と歯毎の変位相関図



図－9 歯毎の樹脂流動パターン

4. 対策立案と結果

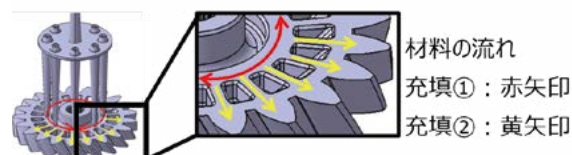
3項の事象・結果を受け、樹脂の流動角度を制御し、GF 配向を全歯均一に流す製品設計を考案した（図－10）。



図－10 製品形状比較

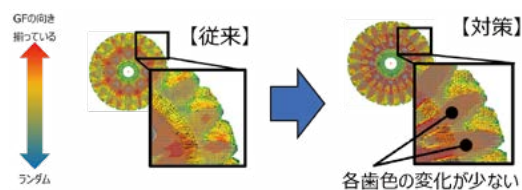
対策形状のポイントは、各歯先に向かう流路を設定したことである。その形状効果により、ギヤ歯の GF 配向性は均一となり寸法精度が確保でき、さらには GF 配向がギヤ歯と平行になることでギヤ強度向上を狙っている¹⁾。

充填過程を図－11に示す。各ゲート直下からリング状に充填した後、リング部から各歯先に向かって充填するように工夫した。



図－11 対策形状の充填過程

CAE 流動解析結果から図－12の通り、全歯均一に GF 配向を揃えることができ、歯溝の振れ予測寸法としては GF 配合無材レベルまで改善し、ギヤ強度の向上も見込めている。



図－12 CAE 流動解析結果 (GF 配向)

5. おわりに

本開発により、樹脂ギヤの GF 配向を制御することに成功した。今後も部品の使われ方やモノ造りの理屈・理論を加味した製品設計の提案を推進していきたいと考えています。最後に社内外含めご支援、ご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) ポリプラスチック社 テクニカルレポート Pla-topia® 2021 年 1 月号

著 者



平野達也



菅田義昭



酒井信弥

グローバル同一品質を狙った設備調整の標準化

池内拓海^{*1}

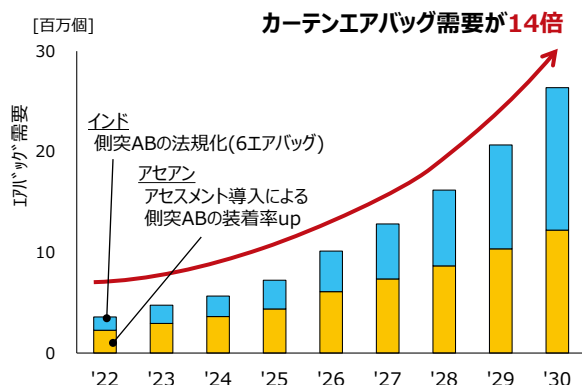
Standardization of Equipment Adjustments

With the Aim of Uniform Global Quality

Takumi Ikeuchi^{*1}

1. はじめに

近年、インドやアセアン諸国において、交通事故による死亡件数の増加が社会問題となっており、衝突安全性の向上が急務とされている。このような背景から、側突用エアバッグの装着が義務化される動きが進んでおり、特にカーテンエアバッグの市場が急速に拡大している（図－1）。



図－1 インド・アセアン諸国の市場拡大予測

急速な市場拡大に伴い、グローバル拠点での同一品質確保が重要なテーマであり、技術的な対応の現地への拡充が必須となる。そのためには、日本から現地への技術展開方法が課題となっている。

2. 製品および工法概要

2－1. 対象製品：カーテンエアバッグ

カーテンエアバッグ（CAB）は、側面から乗員の頭部を保護するためのエアバッグであり、特に側面衝突事故時の安全性を向上させることを目的としている（図－2）。



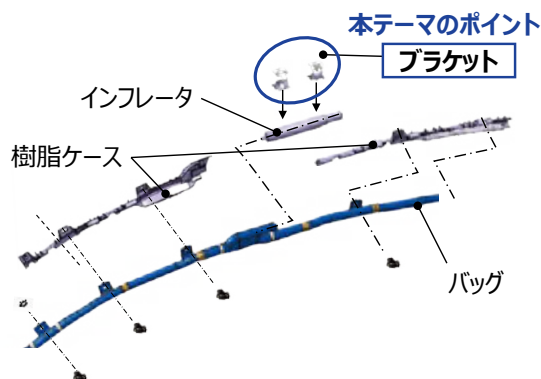
図－2 CABの展開状態の様子

CABの構成要素は、主に以下の4つから成り立っている（図－3）。

- 1) ブラケット
- 2) インフレーター
- 3) 樹脂ケース
- 4) バッグ

その内、本テーマのポイントとなるブラケットは次の2つの重要な機能を有している。

- 機能①：車両に固定する（車両取付孔）
- 機能②：ガスを閉じ込める（内圧保持）



図－3 CAB構成要素

2－2. 工法概要：ブラケット巻付け

ブラケットは、2つの機能を満たすために、インフレーターとバッグを共に巻き付けて固定するものである。生産工程では、以下の2つのポイント

^{*1} SS 第1生産技術部 第2エアバッグ生技室

を保証している。

①車両に取り付けるための孔位置

②ガスが抜けないようにするための緊縛力

ただし、緊縛力は直接的には管理できないため、代わりに巻付け隙を保証することで代用値として管理している（図-4）。保証項目である①孔位置と②巻付け隙の2特性（以下、①②を合わせて巻付け性能と称する）を両立するためには、設備の調整/条件設定が必要となる。そのための調整に膨大な時間を要している。

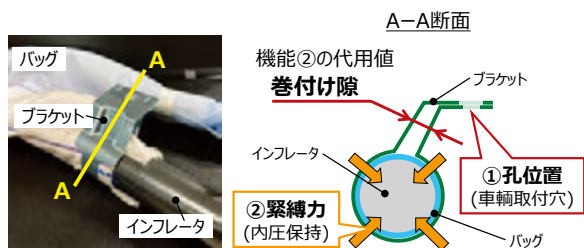


図-4 組付け状態と断面図

3. 開発概要

3-1. 現状の課題

従来、設備の調整や条件設定は、トライ＆エラーによるカンコツ作業に依存しており、カンコツの伝承方法と調節工数の確保が課題となり、グローバル展開における標準化の妨げとなっている。

その原因として、2特性の調整に効く因子が明確に分かっておらず、孔位置を確保しようとするに巻付け隙が安定せず、逆に巻付け隙を確保しようすると孔位置がズレるため、時間を費やして調整しているのが現状である。

3-2. 開発の狙い

この課題を解決するため、以下の開発目標を設定し、統計的手法を用いて取り組んだ（図-5）。

- 1) 巻付け性能に対する因子の効きの明確化
- 2) 予測モデルを確立し条件設定の標準化
- 3) 製品に対する設備条件のパラメータ最適化

これにより、製品設計レビュー段階から設備課題を解決し、設備調整の標準化を目指す。

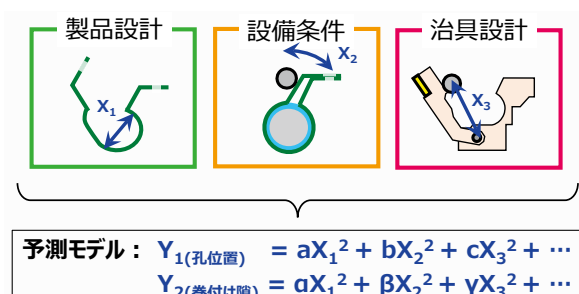


図-5 予測モデル導出のイメージ

4. 実験計画

4-1. 因子の選定

巻付け性能に寄与する因子について特性要因図を用いて要因を抽出し、現行条件を主軸に制御できる7因子を選定した（図-6）。

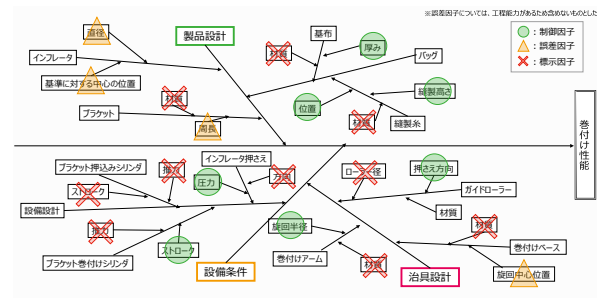


図-6 特性要因図

4-2. 予測モデル確立およびスクリーニング

要因解析により抽出した7因子から、予測モデルの確立と水準の最適化のため、実験計画法のD-最適実験計画を用いて解析を行った。実験は、実機実験の費用や工数を考慮し、CAEを用いて実施した（図-7）。

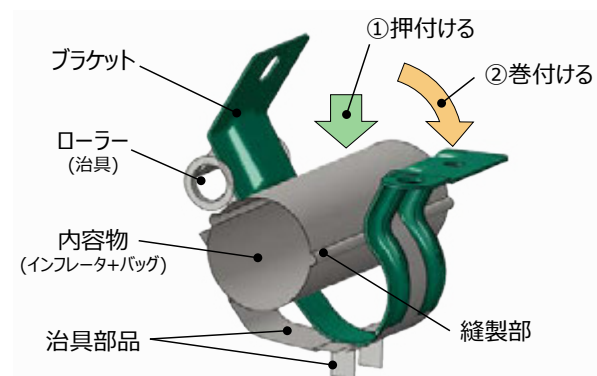


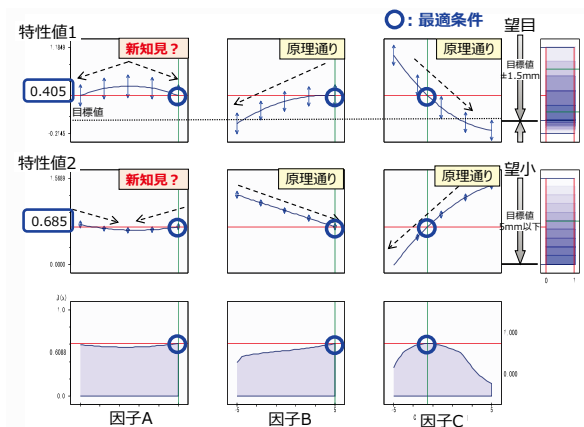
図-7 解析モデル

その結果、各因子に対する予測モデルを得た。またスクリーニング結果より、3因子を絞り込んだ。

4-3. 最適条件探索

スクリーニング結果で絞り込んだ3因子に対して、中心複合計画を用いて最適化を行った（図-8）。解析より、自由度調整済み寄与率が0.9以上となっており、高い信頼性を確認した。

また因子Aに対して、新知見を得ることができた。



図ー 8 要因効果図

5. 結果

5－1. 新発見による改善

要求品質に対して、因子 A は、1 次の効果で低ければ低いほどよいと仮説していたが、2 次の効果があり最適値があることがわかった。

原理原則に基づき、検証したところ、従来思想に対して、良好な結果を得ることができた。

この結果を受けて、設備仕様に、今回明らかにした因子の調整機能を新たに追加し、設備思想の改善を図る。

5－2. 確認実験結果

得られた最適値で実機による効果確認を実施した。確認実験の結果 (n=20)、平均値が 95% 信頼区間にあることを確認し、目標を達成する予測モデルを確立した。

6. まとめ

本テーマの成果は、ブラケット巻付け工法の予測モデルを確立することで、カーテンエアバッグの生産準備における標準化と設備調整の効率化（従来調整工数比▲75%）に貢献し、今後のグローバルへの技術展開において一助となる。引き続き、現地技術スタッフの支援とグローバル拠点での同一品質確保に向け取り組んでいく。

最後に、本活動に際し、ご支援、ご指導いただきました関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

著 者



池内拓海

ホットスタンプグリル開発

荻須元思^{*1}，影山弘明^{*2}

Hot Stamp Grille Development

Motoshi Ogisu^{*1}，Hiroaki Kageyama^{*2}

1. はじめに

ホットスタンプグリルはフィルム加飾を施したラジエータグリルで，欧州市場において2010年頃から採用が始まり，現在では多くの車両に採用されている（図－1）。

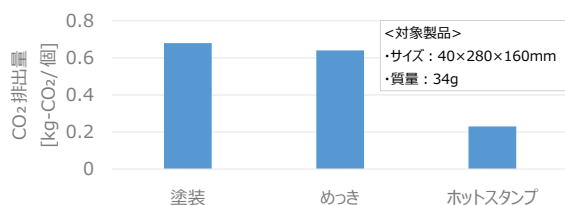


図－1 ホットスタンプグリル採用事例

また近年，BEV化に伴うシームレス意匠（図－2），環境負荷低減加飾工法（図－3）といった背景も合わさり，ホットスタンプグリルの市場ニーズが高まっている。



図－2 シームレス意匠



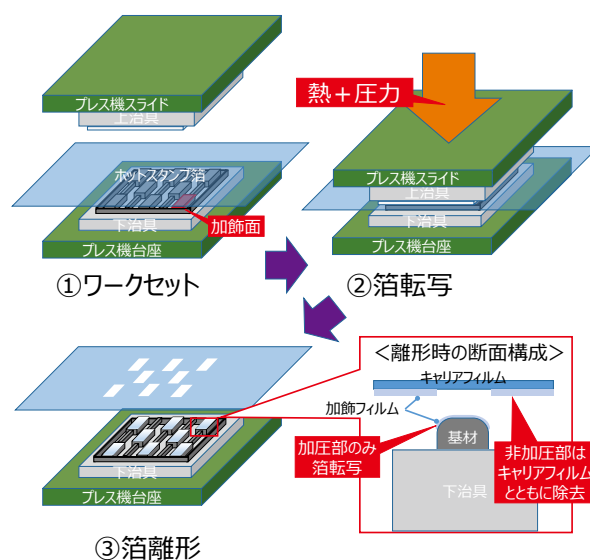
図－3 加飾工法別 CO₂ 排出量（Scope1, 2, 3）

この度，開発を進めてきたホットスタンプグリルが採用，量産化されたためその内容を紹介するもの。

2. 製品概要

2－1. ホットスタンプ加飾工法

ホットスタンプ工法とは熱と圧力により，箔を基材に熱溶着させる工法であり，ホットスタンプ工法の構成要素は，箔，基材，治具，プレス機の4つがある（図－4）。



図－4 ホットスタンプ工法の構成要素とプロセス

基材は主にASA材の射出成型品が使用される。ホットスタンプ加飾面が非加飾面より凸形状になっているのが特徴であり，この形状により部分的な加飾を実現している。

箔は図－5に示すように，キャリアフィルム，保護層，金属層，接着層からなる。基材への転写後は保護層～接着層がキャリアフィルムから剥離，製品側に残ることで部分的な箔転写が可能となり，光輝外観を付与することができる（図－6）。

*1 IE 生技開発部 IE 加飾開発室

*2 材料開発部 C N材料開発室

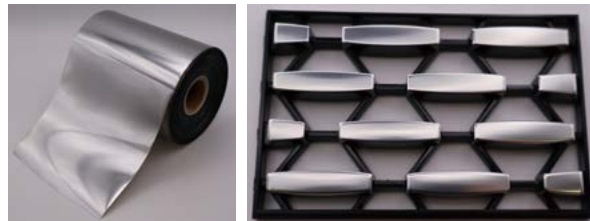
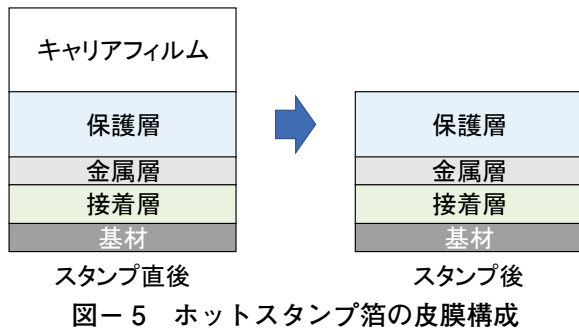


図-6 ホットスタンプ箔とスタンプ外観

2-2. ホットスタンプ箔の課題

既存の自動車外装向けホットスタンプ箔材料は、欧州カーメーカーにて実績はあるものの、国内の顧客の要求品質を満足するためにはホットスタンプした箔の上にクリア塗装を施す（オーバーコートする）必要がある（図-7）。

オーバーコートによって付与される品質は主に「耐摩耗性」と「耐候性」であるが、オーバーコートは塗装工程が加わるため、CO₂排出量の増加、不良品の増加といった欠点に伴う。

上記の課題からオーバーコートをしなくても要求品質を満足する耐摩耗性、耐候性の高い箔材料の開発が求められる。

ただし、ホットスタンプ箔は他の加飾皮膜（塗装、めっき）より薄く、耐久性を上げることが難しいことが課題となっている。豊田合成ではこれらの課題を解決するために材料の選定、配合、皮膜構成を仕入先様と共同で開発した。

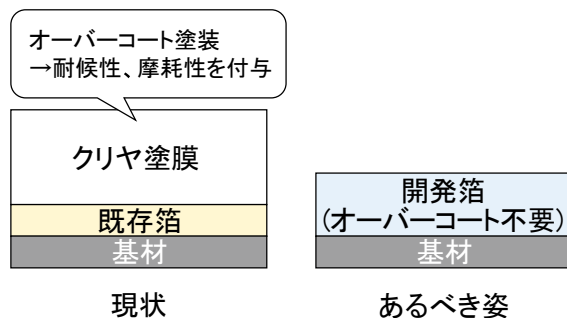


図-7 ホットスタンプ箔材料の開発方針

2-3. ホットスタンプ工法の課題

ホットスタンプ工法は基材凸部に箔転写する工法のため、部分的な加飾が容易な反面、立体・大型形状への加工は難しい。他社の事例では、一つ

の製品に対し複数回に分けて加工することで、品質を確保しているケースが多いが、背反として加工コストが高くなる。

そこで、グリルのような大型製品を一度に加工することを目標として、ホットスタンプ技術開発に取り組んだ。

3. 開発のポイント

3-1. ホットスタンプ箔の材料設計

摩耗性に影響する因子は主に保護層の厚さで決まる。ただし、保護層の厚さを上げてしまうとスタンプ加工時に箔が切れずバリが製品に残ってしまう、各層の応力バランスが崩れて箔が剥がれてしまうという背反がある。これらの課題は保護層の配合と膜厚を調整し、箔の製造方法を工夫することで耐摩耗性、加工性、密着性を成立させている。

耐候性の向上については太陽からの紫外線から金属層、接着層を守ることができる高耐候樹脂を保護層に使用することで、耐候性を向上させている（図-8）。

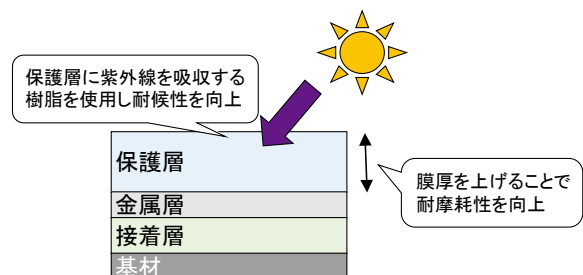


図-8 ホットスタンプの皮膜設計コンセプト

3-2. 大型ホットスタンプ技術

2-1. ホットスタンプ加飾工法にて説明したように、ホットスタンプ箔は熱と圧力が付与された部位にのみ付着する。箔と基材への熱と圧力の供給はホットスタンプゴムを介して行われる。ホットスタンプ加飾部1断面における、ゴムの適正な当たり方を図-9に示す。

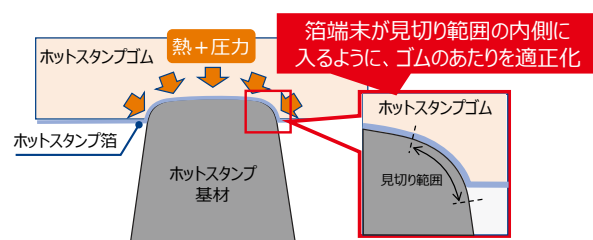


図-9 理想的なホットスタンプゴムのあたり

この状態を対象製品全体で再現すれば、一度のプレスで加工が成立するが、対象製品が大型化するほど、島数が増え、ゴムの当たり方がばらつきやすくなる。

そこで、豊田合成オリジナルホットスタンプ治具を開発、製品内のあたりバラつきを最小化することで、量産性確保に成功した（図－10）。



図－10 ホットスタンプ検討用大型成形品

4. まとめ

今回紹介したホットスタンプグリルは2023年5月と9月に2車種にて量産開始、また現在3車種目の量産を控えている。今後も、本技術を活用した新製品開発を実施し多くのユーザー様に製品をお届けするとともにCO₂排出量の削減に貢献したいと考えております。

最後に、今回の開発品製品化に際しご支援、ご指導いただきましたトヨタ自動車株式会社、トヨタ車体株式会社並びに、社内外関係部署の皆様へ厚く御礼申し上げます。

著 者



萩須元思



影山弘明

高意匠 フィルムアウター W/S

井上知則^{*1}，水谷裕文^{*1}，大山烈志^{*2}

Outer Belts of Any Color with No Metal Insert

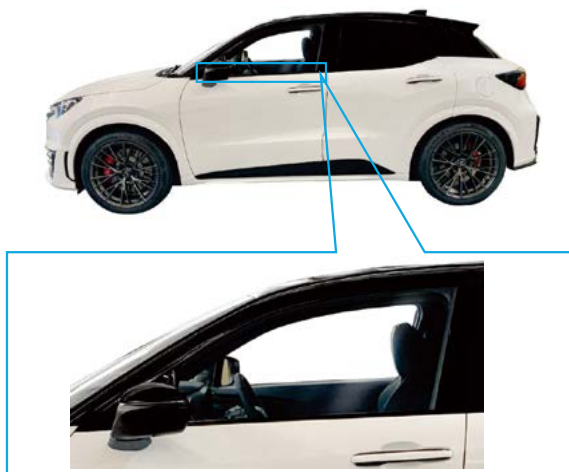
Tomonori Inoue^{*1}, Hirofumi Mizutani^{*1}, Tsuyoshi Oyama^{*2}

1. はじめに

従来，高級車においてドアガラス周辺の外装品を金属調にするなど，光輝意匠による高級感の演出がなされてきた．近年，その光輝意匠を適用する車種が中級車以下にも拡大している．

また，光輝意匠の中でもピアノブラック調，サテン調などを採用するものもあり，個性に合わせたデザイン自由度のニーズも高まっている．

今回，高意匠化を目的に，アウター W/S の意匠匠部に使用する光輝フィルムの意匠匠範囲を広げる技術を確立した．さらに端末部の樹脂キャップの形状工夫および塗装の組み合わせにより，シームレス（段差や切れ目のない）で質感の高い高意匠アウター W/S を量産化したので紹介する．
図－1 に車両デザインを示す．



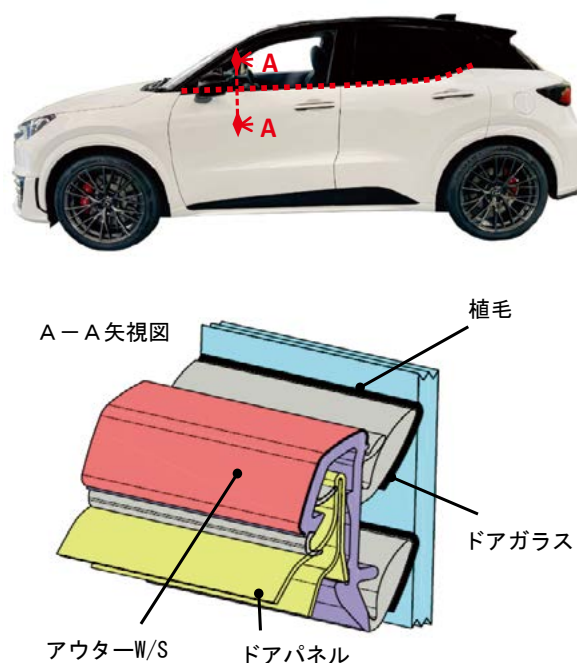
高意匠フィルムアウターW/S

図－1 車両デザイン

2. 製品概要

アウター W/S とは，自動車のドアに取り付ける部品でその主な機能は，雨・ホコリ・音の車内

への侵入防止，およびドアガラス昇降時のガラスの保持等である．また，車両への搭載位置の特徴からも外装部品として車両のデザイン演出効果も期待できるため，高い意匠性も求められる製品である．
図－2 に装着構造を示す．



図－2 搭載位置と装着構造図

3. 従来品との比較

従来の光輝フィルムを使ったアウター W/S は，フィルム貼り合わせの工程において，フィルム端末部の浮き上がりを抑制する目的として，軟質の樹脂材料でフィルムの端末部を覆い隠す仕様であった（図－3）．また，光輝フィルムの端末部を R 面に設定しない仕様が標準とされていた（図－4）．このような品質上の要件により，意匠匠範囲が狭くなり，樹脂材料との段差や色の統一感がなくなることで車両デザインを損ねていた．

^{*1} WS 技術部 WS 第 2 技術室

^{*2} WS 技術部 WS 第 2 生技室

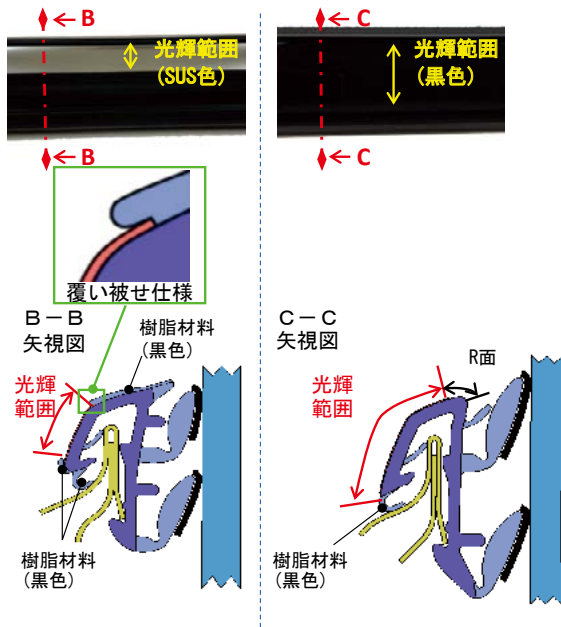


図-3 従来品①

図-4 従来品②

開発品は、意匠面のシームレス化を達成するために、仕様および工法の工夫により、広範囲に光輝フィルムを貼り合わせる技術確立した（図-5）。

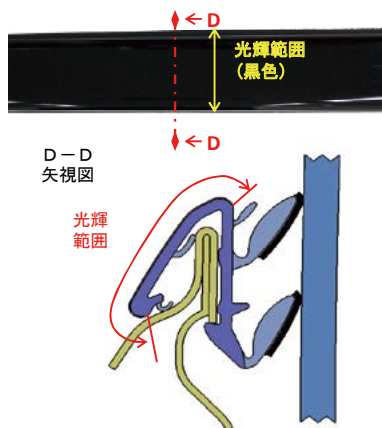


図-5 開発品

車両の要件により製品サイズが限られる中で、光輝意匠の幅を従来比で40%最大化させることができた（図-6）。

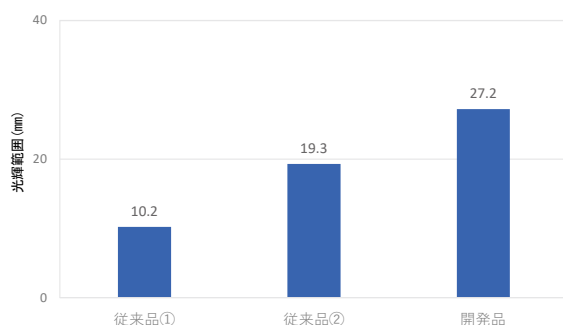


図-6 光輝意匠の幅

意匠範囲を拡大できた事で、従来は押出端末を塞ぐ目的で設定されていた樹脂のキャップ部のデザイン（図-7）に対し、デザイン性のある形状および押出成形部と同じ色艶の塗装を施すことで、周辺部品の形状と段差のない、シームレス且つ質感のよい製品となった（図-8）。

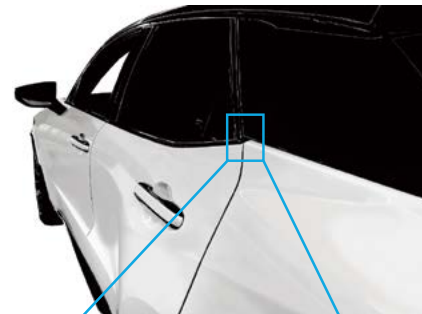


図-7 従来品



図-8 開発品

この技術により、カーデザイナーが表現したい車両デザインの個性を損なうことなく、デザイン自由度の高いアウター W/Sを提供できる。

4. おわりに

今回の開発品は、2024年8月から量産化されました。本製品の開発にご支援、ご指導いただいた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

著 者



井上知則



水谷裕文



大山烈志

操作性向上観音開きコンソール

吉田 昂平^{*1}

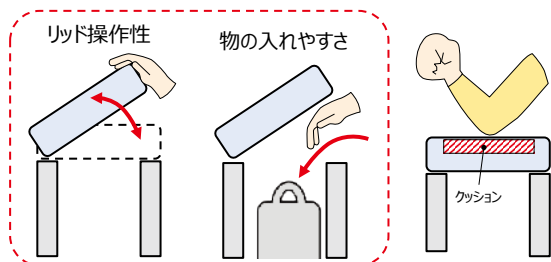
Double Lid Console With Improved Operation

Kohei Yoshida^{*1}

1. はじめに

近年、高級車には観音開きコンソールと呼ばれる、リッドが中央で分割されて左右独立して開くコンソールが多く採用されている。コンソールの機能としては物入れ＋肘置き機能があり、物入れとしてはリッド操作性と物の入れやすさが重要である（図－１）。

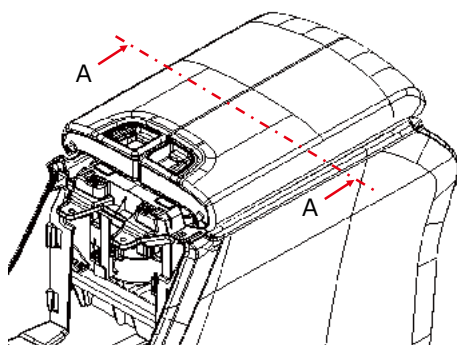
コンソールの機能 = 物入れ機能 + 肘置き機能



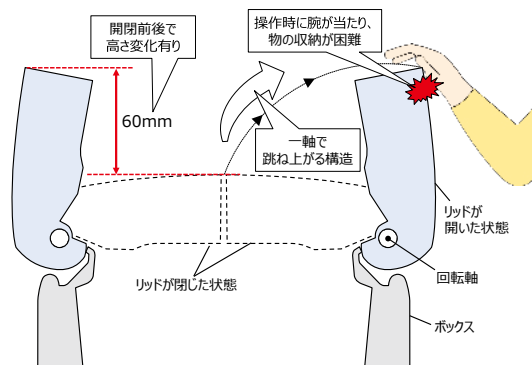
図－１ コンソールの機能

従来の観音開きコンソールではリッドが跳ね上がる構造となっており、リッド操作時に腕が上がってしまいリッド操作がしづらく、物の収納も困難である（図－２、図－３）。

今回は肘置き機能を損なうことなく物入れ機能を向上させた新機構の観音開きコンソールの開発及び量産化に成功したので、その事例を紹介する。



図－２ 従来の観音開きコンソール

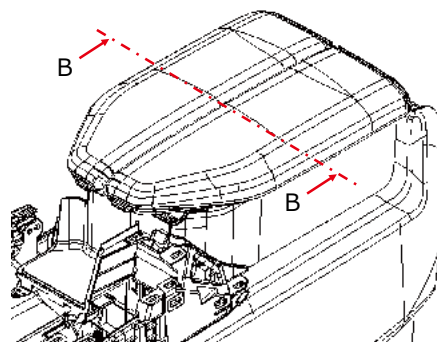


図－３ 従来の観音開きコンソール（断面 A－A）

2. 製品の概要

本製品では、開いた状態のリッドが開閉操作及び物入れ動作を阻害する従来のリッドが跳ね上がる構造を見直し、開閉前後でリッド高さが変化しない新構造の観音開きコンソールを実現した。従来の構造では開閉前後で60mm程リッド高さが上がっていたのに対し（図－３）、新構造では高さ変化0mmとなっている（図－４）。開閉前後で高さが変化しないため、リッドが開いた状態でも肘置きとして使用することが可能である（図－４、図－５）。

また、リッドの高さ変化がなく、物の収納の際にリッドに腕が当たることがないため、物の入れやすさが大きく向上したコンソールとなっている。



図－４ 新構造の観音開きコンソール

^{*1} IE開発部 内装開発室

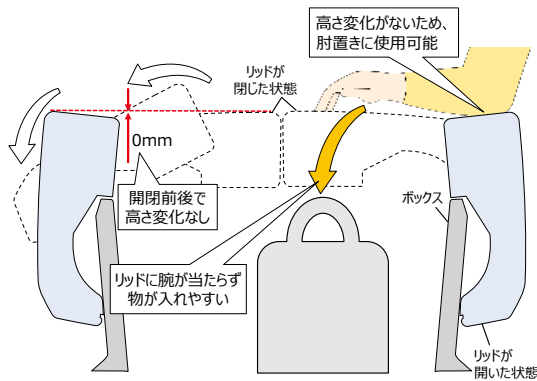


図-5 新構造の観音開きコンソール
(断面 B-B)

3. 開発の狙いとポイント

3-1. 開閉前後で高さ変化しない構造

従来の構造では、ボックスとリッドをつなぐ外側に位置する軸部（図-3 回転軸）を中心に、一軸でリッドを跳ね上げて開閉を行う。

それに対し、今回の構造では、内側に位置するボックスの軸部（図-7 回転軸①）と外側に位置するリッドの軸部（図-7 回転軸②）を接続するアームと呼ばれる部品によって繋ぎ、その間にギアを配置し動作する二軸回転機構を搭載することで、リッドが沈み込む動きを可能とし、開閉前後で高さ変化しないコンソールを実現させた（図-6、図-7）。

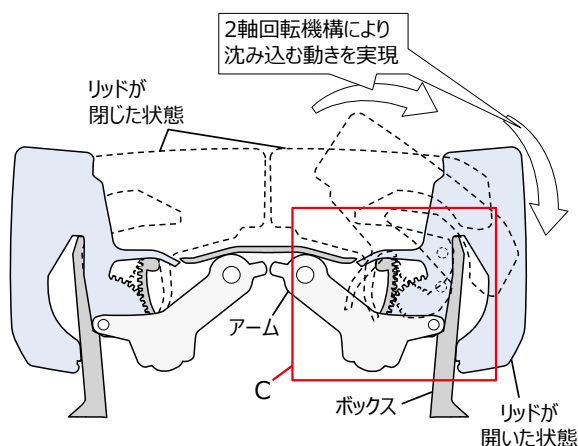


図-6 二軸回転機構

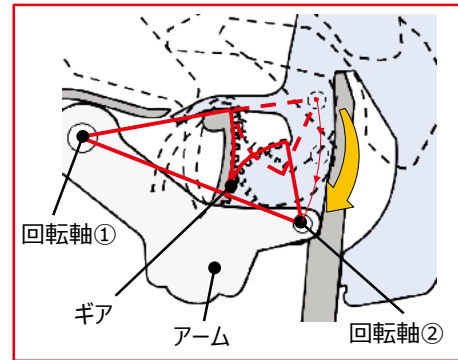


図-7 二軸回転機構
(拡大図 C)

3-2. リッド開時の肘置き対応構造

リッド開後に肘置きとして使用するため、肘を置いた時の快適性をリッド閉時と同様に確保するために、リッド基材①の側面部までクッション層を配置し、スキン層で覆った。また、リッド開き時に肘を置いて荷重がかかる際にボックス側面部から脱落する恐れがある。そのため、ボックスからリッド脱落防止形状を追加してリッド基材②を支えることにより、肘置き時の過荷重に対し、耐えられる構造を実現させた（図-8、図-9）。

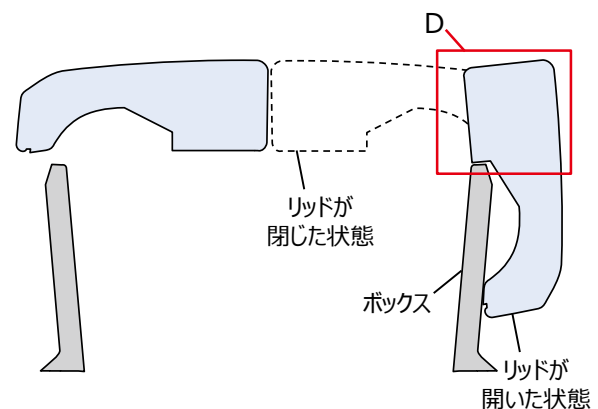


図-8 リッド開時の肘置き対応構造

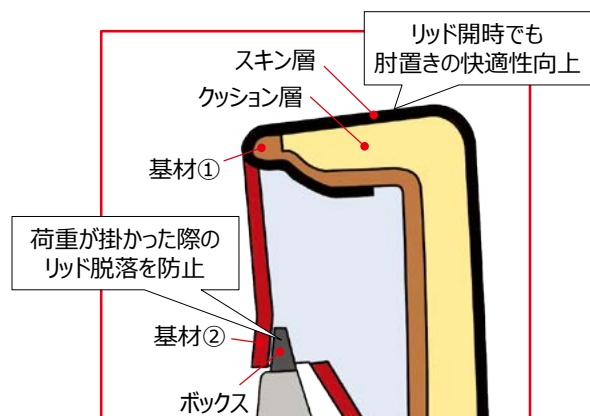


図-9 リッド開時の肘置き対応構造
(拡大図 D)

4. おわりに

今回紹介したコンソールは、レクサス TX に採用され量産化されました（図－10）。



図－10 レクサス TX 内装

最後に、この製品の開発・量産化に際し、ご支援・御指導いただきましたトヨタ自動車株式会社、トヨタ車体株式会社、並びに関係部署、関係会社の方々に厚く御礼申し上げます。

著 者



吉田昂平

カーテンエアバッグ用縫製バッグの開発

今枝寛樹^{*1}，北川裕晃^{*1}，柴田元昭^{*2}，池内拓海^{*2}

Development of Sewing Cushion for Curtain Airbag

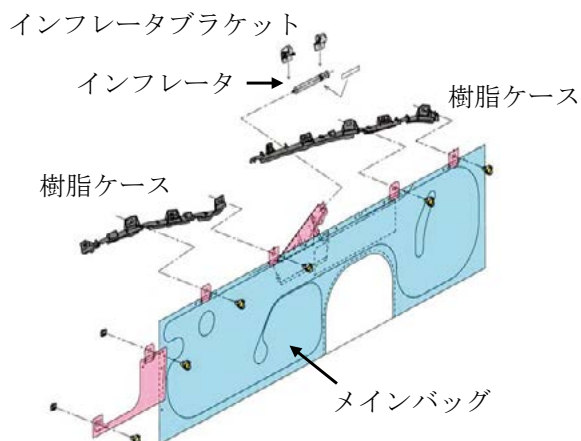
Hiroki Imaeda^{*1}，Hiroaki Kitagawa^{*1}，Motoaki Shibata^{*2}，Takumi Ikeuchi^{*2}

1. はじめに

エアバッグは今や先進国のみならず中国，インドなど主要国のほとんどのモデルに標準装備されるまでになっており，新興国も含む世界各国で装着を後押しする動きがある。

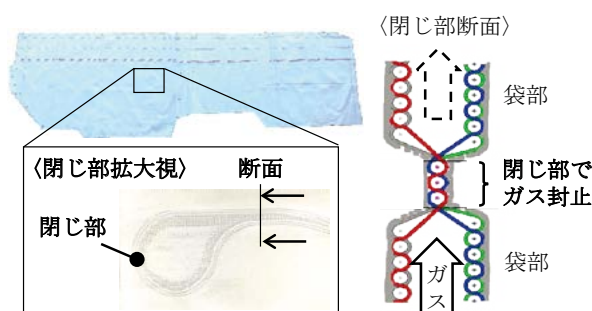
インドでは2019年および2022年以降の生産車へそれぞれ，前面衝突デバイスの運転席，助手席エアバッグの装備が義務化された。またさらに側面衝突デバイスのサイドエアバッグ，カーテンエアバッグにおいては，車両安全評価制度「BharatNCAP」^{*1}が新たに導入され，需要は拡大している。

このようにインドにおけるエアバッグの需要の拡大を受け，インド国内のエアバッグモジュール，インフレーター，メインバッグなど主要構成部品（図－1）の現地生産が加速している。



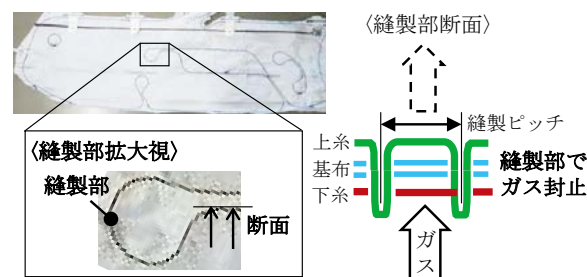
図－1 カーテンエアバッグの主要構成部品

現調化を要する部品の1つがメインバッグである。従来のOPW^{*2}は，製織時に形成する閉じ部でガスを封止する（図－2）。その特殊な造りからサプライヤーが限られ現調化に不向きであった。



図－2 OPWの閉じ部とガス封止イメージ

そこで既に現調化している他エアバッグ同様に，縫製バッグを採用し，OPW同等性能となるバッグの開発が必要であった（図－3）。



図－3 縫製バッグの縫製部とガス封止イメージ

一方でカーテンエアバッグ用縫製バッグはその大きさ故に縫製距離が長く，生産性を高めていくと品質が低下する背反があった。今回，これらに最も影響する因子の縫製ピッチの最適化により，性能と生産性及び品質全てを満足するカーテンエアバッグ用縫製バッグを開発したため，その概要を紹介する。

^{*1} セーフティシステム第1技術部 セーフディシステム第4技術室

^{*2} セーフティシステム第1生産技術部 第2エアバッグ生技室

※1 Bharat NCAP：Bharat New Car Assessment Program/ インド版の自動車の安全性の評価（自動車アセスメント）

※2 OPW：One Peace Woven/ ジャカート機という特殊な製織機を用いて，製織時に袋を内包した生地

2. 製品の概要

カーテンエアバッグ用縫製バッグの仕様は、コーティングされた基布2枚をコート面を向かい合わせて縫製によりバッグ膨張形状を形成した構造である。

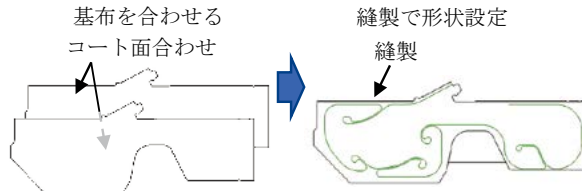


図-4 縫製バッグの構造

3. 検証内容

〈性能〉と〈品質・生産性〉において下記①～③を実施し、最適な縫製ピッチを検証する。

〈性能〉

①縫製部のガス封止性能と強度の検証

インパクト試験^{※3}によるエネルギー吸収量と、引張試験による機械強度にて、性能を満足する縫製ピッチ範囲を検証。（縫製ピッチ一定）

②CAEで展開時の縫製部への荷重分布を把握することで、部位毎に最適な縫製ピッチを検証。（縫製ピッチ可変）

〈品質・生産性〉

③品質を担保できる縫製の良品条件

縫製品質を満足できる縫製速度と縫製ピッチの組み合わせを検証。

4. 結果

〈性能〉は、図-5に示すように、①②それぞれ顧客要求、必要強度を満足する縫製ピッチの範囲を明確にした。

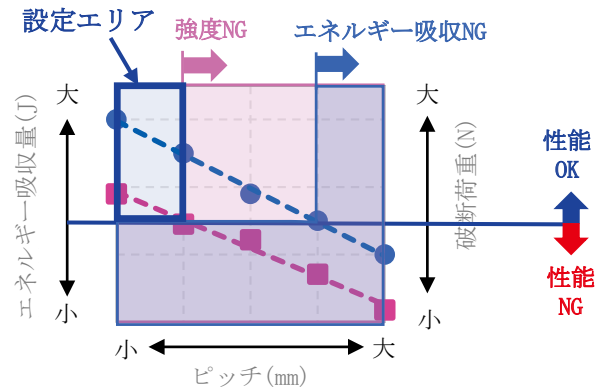


図-5 〈性能〉①検証結果（縫製ピッチ一定）

さらに、図-6に示すように、展開時の荷重分布を活用する事で、縫製部位毎に最適な縫製ピッチをつきとめて設定範囲を拡大できた。

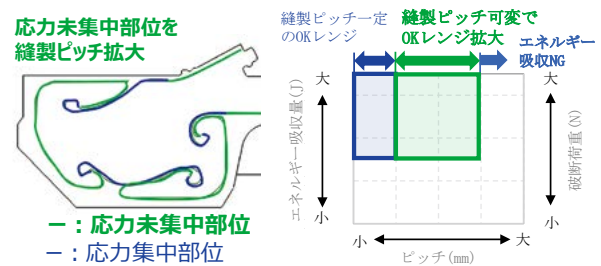


図-6 〈性能〉②検証結果（縫製ピッチ可変）

〈品質・生産性〉は、図-7に示すように、縫製ピッチと縫製速度の組み合わせにおける良品マップから縫製条件を明確にした。

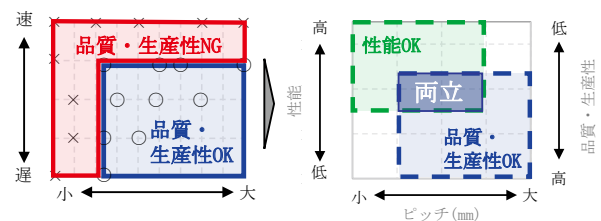


図-7 〈品質・生産性〉の検証結果を含めた縫製ピッチ範囲

以上①～③の縫製条件が重なる縫製ピッチを採用することで、OPW 同等性能かつ品質・生産性を満たすカーテンエアバッグ用縫製バッグが実現できた。

※3 インパクト試験/頭部を模擬した衝撃子をぶつけてバッグ吸収エネルギーを測定する試験形態で、縫製部でのガス封止性能を確認する指標となる

5. おわりに

今回紹介させていただいた開発品は、2025 年からインドで生産を開始する自動車に採用されています。

最後にこの製品の開発において、多大なご支援、ご協力いただいた自動車メーカーの皆様に深く謝意を表します。

著 者



今枝寛樹



北川裕晃



柴田元昭



池内拓海

1. 知的財産活動の紹介

豊田合成グループは、「法律と契約を遵守することを前提に、豊田合成グループが協力しながら知財活動を通して、『安心・安全』『快適』『脱炭素』という価値を社会にお届けする」をもちに、①長期視点に基づき、知的財産権の取得とその有効活用、管理を行う、②他社知的財産権の侵害を防止し、他社知的財産権を尊重する、③知的財産情報を俯瞰・解析し、新事業・新用途の開拓を行う、④継続的にエンジニアの知財スキルを向上しイノベーションを活性化する、を指針として、知的財産活動を行っています。

1-1. 従来の知的財産活動

知的財産権の取得とその有効活用や管理の活動として、各事業や開発プロジェクトに即した出願活動や他社知的財産権を尊重した特許保証活動に、継続的に取り組んでいます。

また、イノベーションの活性化に向け、エンジニアの知財スキル・意識を向上させるべく人材育成や知財意識の醸成を行っています。

発明の権利化活動の成果として、2023年度には、新たに日本で215件、日本以外で128件の特許が登録（図-1）となり、24年5月末の特許保有件数は日本2529件、日本以外2184件（図-2）となりました。およその保有権利数の比率は、自動車領域60%、自動車領域以外が40%です。

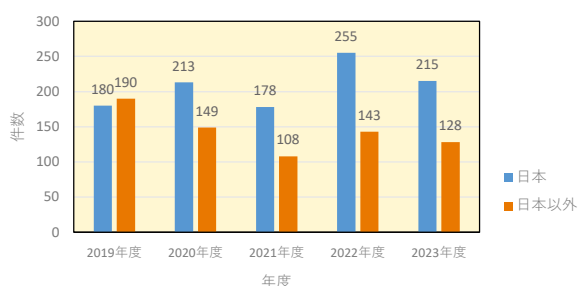


図-1 特許登録件数

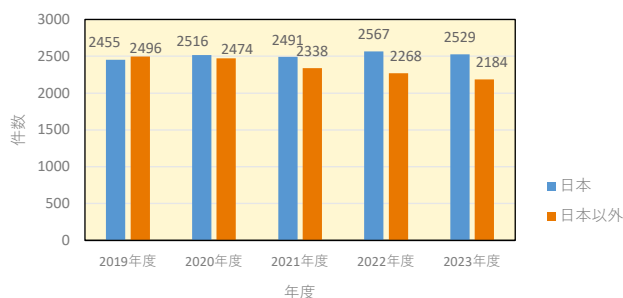
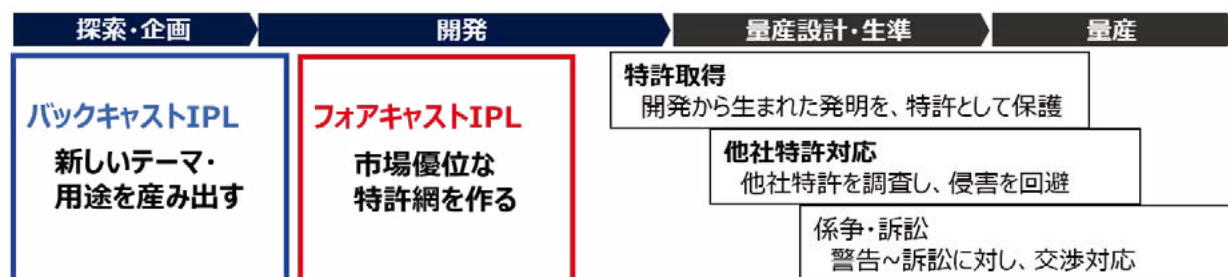


図-2 保有特許件数（年度末時点）

1-2. IP ランドスケープ※（IPL）による戦略的な知的財産活動

豊田合成では、従来の知的財産活動に加え、開発本部内に IP ランドスケーププロジェクトを設置して、知的財産情報を活用する IPL 活動として、他社に勝てる特許網をつくる「フォアキャスト IPL」、新しいテーマ・用途を生み出す「バックキャスト IPL」に分類して実施しています。この活動を通じ、市場情報と特許情報を組み合わせた形で自社の立ち位置を見える化し、豊田合成が競争に勝てるための戦略を考えて、2030 事業計画に貢献します。



※ IP ランドスケープとは、経営戦略又は事業戦略の立案に際し、(1) 経営・事業情報に知財情報を取り込んだ分析を実施し、(2) その結果（現状の俯瞰・将来展望等）を経営者・事業責任者と共有すること。（IP ランドスケープ推進協議会の定義による）

2. 保有知財権の紹介

IPL 活動で使用するツールを使い、外部引用スコアが高い自社特許から新製品技術に関係するものを選定しました。

2-1. 特許

[観音開き型リッド装置に関するもの] 観音開き型リッド装置

特 許 No. 7131519

発明者 福井直行

[発明の属する技術分野]

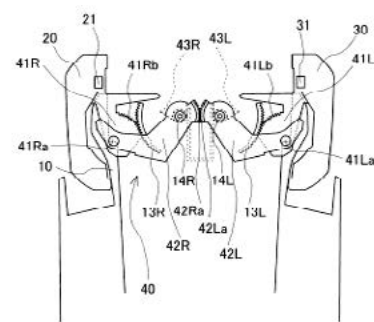
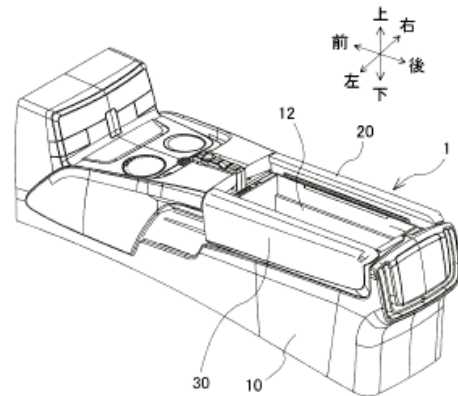
本発明は、観音開き型リッド装置に関する。

[発明の概要]

開口が設けられた収容部を有するボックス本体と、ボックスのドアと、他のドアを連動させる開閉機構と、ロック機構とを備え、ロック機構は、2つのドアの他方側に進出すると共に、他方側から後退する進退部材を有し、進退部材は、2つのドアの閉動作時に離れる方向に後退し、もう一つの進退部材は、連動して離れる方向に後退し、2つの進退部材は、互いに近づく方向と離れる方向に直交する方向に隙間を形成する離間対向部を有し、ロック機構は、隙間に進入することで2つのドアを閉状態にロックする引掛部を有する、観音開き型リッド装置である。

[発明の効果]

閉状態でのドアのばたつき抑制を、閉操作荷重を大きくすることなく実現することができる。



[ラジエータグリルの製造方法に関するもの] ラジエータグリルの製造方法

特 許 No. 6358468

発明者 梶谷拓史, 飯村公浩, 宮本庄二郎

[発明の属する技術分野]

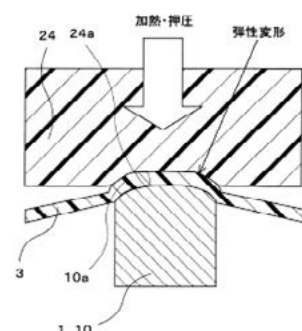
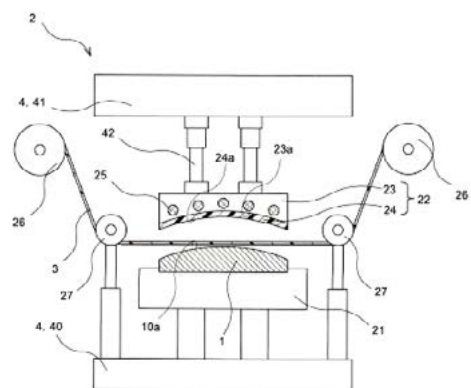
本発明は、離間した状態の複数の被加飾面部を有する大型のラジエータグリルを製造する製造方法に関する。

[発明の概要]

ラジエータグリルは、先端が湾曲した複数の突条部を有し、その複数の突条部の配された部分が被加飾領域となっていて、押圧体が転写シートと接する押圧面が、硬度：80度以下であり、厚さが3mm以上の平板状のラバーを表面に沿った形状に湾曲して形成されており、押圧体が転写シートを介して該被加飾面部に押しつけられたときに、複数の被加飾面部に当接するそれぞれのラバーの部分が被加飾面部に追従して変形する。

[発明の効果]

ラジエータグリルのような大型の被加飾部材への加飾が可能なラジエータグリルの製造ができる。



[縦型トレンチ MOSFET の製造方法]

縦型トレンチ MOSFET の製造方法

特 許 No. 6528366

発明者 村上倫章, 岡 徹

[発明の属する技術分野]

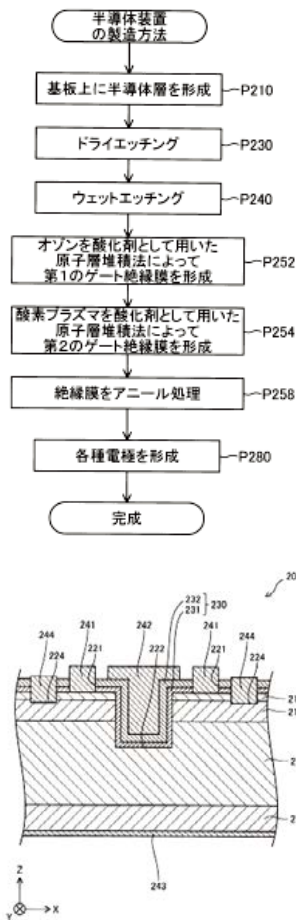
本発明は、半導体装置およびその製造方法に関する。

[発明の概要]

窒化ガリウム (GaN) から成る半導体層に、ドライエッチングによるトレンチを形成し、TMAH ウェットエッチングにより損傷を除去し、オゾンを経化剤とした ALD 法による酸化物ゲート絶縁膜と酸素プラズマを経化剤とした ALD 法によって酸化物のゲート絶縁膜を形成し、2つのゲート絶縁膜に対してアニール処理を行い、2つ目のゲート絶縁膜の炭素濃度を、 1×10^{19} 原子/cm³ 未満、で、最初のゲート絶縁膜の水素濃度の低下の幅を、2つ目のゲート絶縁膜側の水素濃度の低下の幅よりも大きくし、半導体層のキャリア移動度は $10 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ を超える、縦型トレンチ MOSFET の製造方法である。

[発明の効果]

キャリア移動度の向上およびゲートリーク電流の低減を実現できる。



[Ⅲ族窒化物半導体発光素子とその製造方法]

Ⅲ族窒化物半導体発光素子とその製造方法

特 許 No. 6919553

発明者 齋藤義樹, 篠田大輔

[発明の属する技術分野]

本発明は、Ⅲ族窒化物半導体発光素子とその製造方法に関する。

[発明の概要]

AlN 基板または AlGaN 基板の上に、

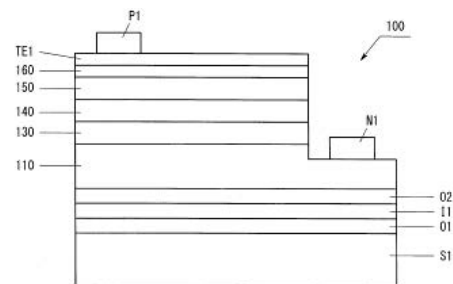
第1の酸化膜、第1のⅢ族窒化物層、第2の酸化膜、第1導電型の第1半導体層、発光層、第2半導体層を形成工程があり、

第1の酸化膜は、Al と N と O とを含有する酸化膜、
第1のⅢ族窒化物層は AlN 層または AlGaN 層、
第2の酸化膜は、Al と N と O とを含有する酸化膜、
であり、

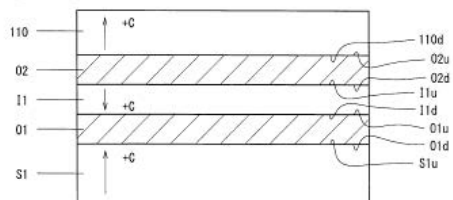
第1の酸化膜の膜厚および第2の酸化膜の膜厚は、3nm 以上 100nm 以下の範囲内である。

[発明の効果]

AlN 基板等の Al を含有する基板を用いて、半導体層の極性の部分的な反転を抑制しつつ半導体層を成長させたⅢ族窒化物半導体発光素子を製造できる。



【図2】



1 0 0、2 0 0…発光素子

S 1…基板

O 1…第1の酸化膜

I 1…第1のⅢ族窒化物層

O 2…第2の酸化膜

I 1 0…n型コンタクト層

I 3 0…n側クラッド層

I 4 0…発光層

I 5 0…p側クラッド層

I 6 0…p型コンタクト層

編集後記

豊田合成は、2030 事業計画を策定し、「高分子の可能性を追求し、より良い移動と暮らしを未来につなぐ会社」を目指しております。今号は「新たな社会的価値の創造と社会への貢献 ～コア技術を軸に、より良い移動と暮らしを未来へつなぐ～」を特集テーマとし、特別寄稿では社外取締役である株式会社 LEO 代表取締役 栗生万琴様に、新たな社会的価値の創造の観点から新事業を生むためのアントレプレナーシップマインドについて執筆いただきました。また、より良い暮らしの実現に向けたマイクロ波給電技術や衛生的で健康的な暮らしの実現に向けた UVC-LED について紹介しております。なお一般テーマは、コア技術を軸とした安全性能向上や快適な車室空間に寄与する新技術・新製品などを掲載しております。是非、一読いただき豊田合成の取り組みを知っていただけたら幸甚に存じます。

最後にお忙しい中、原稿の執筆にご尽力いただいた執筆者、編集委員の方にお礼申し上げます。

表紙デザインコンセプト

今回の特集テーマである「より良い移動と暮らしを未来へつなぐ」を実現させるためには、ひとりひとりの力を結集させることが重要だと考え、豊田合成のコア技術である高分子のように、社員や関係会社、仕入れ先様など、様々な人たちの知恵や技術が繋がることで、一丸となりながら未来に向かって突き進んでいくという様子を表現しました。メインビジュアルである「走る人」は、最もスピード感を感じられる姿勢を意識し、目まぐるしく変わる世の中にスピード感をもって対応していくという思いが込められています。

デザイン開発部



伊木 大一郎

豊田合成技報編集委員会

編集委員長	七田 裕章	(技術管理部)
編集委員	伊藤 哲浩	(カーボンニュートラル・環境推進部)
	佐藤 啓子	(新価値開発部)
	三木 久幸	(知的財産部)
	内田 均	(材料開発部)
	袖山 清和	(材料技術部)
	渡邊 千穂	(デザイン開発部)
	芳賀 健二	(電子技術部)
	丸田 康博	(性能実験部)
	栗木 大次	(生産技術統括部)
	野竹 知義	(モールド事業統括部)
	鈴木 哲也	(マシンエンジニアリング部)
	金子 健一郎	(F C 技術部)
	光田 崇	(F C E V 企画・開発部)
	安達 健太郎	(W S 開発部)
	岩田 和也	(W S 技術部)
	武田 哲夫	(F C 生産技術部)
	寺本 泰庸	(I E 開発部)
	水野 雅規	(I M 技術部)
	関谷 隆	(E M 技術部)
	鈴木 一央	(I E 生産技術部)
	日比野 伊久哉	(I E 生技開発部)
	森 雅明	(S S 開発部)
	水野 喜夫	(S S 第1技術部・第2技術部)
	酒井 政徳	(S S 第1生産技術部・S S 第2生産技術部)
	大矢 昌輝	(ライフソリューション第1技術部)
	杉山 勝哉	(ライフソリューション第2技術部)
	飯田 一喜	(ライフソリューション第3技術部)
	山口 秀明	(ライフソリューション生準・品管部)
事務局	三輪 聡彦	(技術管理部)
	花木 貴子	(技術管理部)
	松田 修司	(技術管理部)
	平尾 剣弥	(技術管理部)

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 66 2024 (禁無断転載)

2024 年 12 月 20 日発行

発行所 豊田合成株式会社
〒452-8564
愛知県清須市春日長畑 1 番地

発行人 苗代 光博

編集人 豊田合成技報編集委員会

事務局 〒492-8540
愛知県稲沢市北島町西の町 30 番地
Tel 0587-34-3295
Fax 0587-34-3309

印刷所 竹田印刷株式会社

Copyright(C) TOYODA GOSEI CO., LTD. All rights reserved.



TOYODA GOSEI

TECHNICAL REVIEW

Vol. 66 2024

<https://www.toyoda-gosei.co.jp/>

ISSN 1883-9746