



TECHNICAL REVIEW

Vol.64 2022

電動化の進展に対応した技術開発の取り組み



TOYODA GOSEI

目次

| | | | | |
|-------|---|---|--------------------------------|----|
| 巻頭言 | 地球に貢献する技術開発 | 苗代 光博 | 1 | |
| 特集 | 「電動化の進展に対応した技術開発の取り組み」 | | | |
| 特別寄稿 | 世界の電気自動車（EV）技術最前線と 2025年のEV新市場参入のための 豊田合成への提言 | 名古屋大学 山本 真義 | 2 | |
| 総説 | BEVの技術戦略 | 黒川 茂明 | 7 | |
| 論文 | 「シームレス社会」の実現に向けた マイクロ波給電技術開発 | 婦木慎一郎 富田 彰 酒井 智和 牛田 泰久 小池 拓 河村 知史 千賀 卓也 北 和弘 | 12 | |
| 新技術紹介 | イルミユニット制御ソフトウェアのモジュール化技術 | 永田 徹 西山 哲朗 | 16 | |
| | 電池モジュール向け狭小空間への接着剤塗布技術開発 | 草場 幸助 辰己 善亮 中村 祥宜 横井 孝明 本郷 博昭 | 18 | |
| 新製品紹介 | 遮音性向上オープニングトリム WS | 熊本 崇史 清水 康広 | 20 | |
| 一般 | 論文 | WS製品向け材料のMI活用による 開発の迅速化 | 野崎 勉 菊池 暁 | 22 |
| | | ゴム革新架橋技術の開発 | 赤堀 真之 平田 宏治 富山県立大学 小山 靖人 | 26 |
| | | UVC-LEDによる空調機向け 抗ウイルスダクトに関する研究 | 和田 聡 上條 隆明 | 30 |
| | 新技術紹介 | 製品開発に向けたドライビングシミュレータ活用 | 高谷 久士 | 34 |
| | | AI活用による自動検査技術 | 魚住 正樹 | 36 |

| | | | | |
|-----|-------|-------------------------------------|----------------------------------|----|
| 一 般 | 新技術紹介 | 離型解析技術確立 | 村瀬 太基 上野 拓哉 住井 敦弘 加藤涼一朗 | 38 |
| | | 塗装条件最適化による塗料歩留まりの向上 | 外間 大介 子林 勇平 | 41 |
| | | めっき工程へのシミュレーション技術応用 | 金川 拓也 | 43 |
| | | DAB 射出成形金型の小型化 | 森加 秀樹 | 45 |
| | | 超低抵抗 GaN 基板を用いた 縦型 GaN パワー半導体の開発 | 西井 潤弥 守山 実希 | 47 |
| | | 融雪ミリ波エンブレムの開発 | 大久保雅也 徳永 星哉 廣瀬 明弘 | 49 |
| | 新製品紹介 | ハイブリッド車用トランスミッションの 潤滑オイルポンプ | 西本 直樹 間瀬 佳昭 吉村 光浩 酒井 信弥 | 51 |
| | | 新構造助手席エアバッグ開発 (北米向けスイッチベント構造) | 安藤 毅 | 53 |
| | | 投影技術を活用したヒカリによる 新規加飾イルミの開発 | 竹内 将人 木村 好秀 杉浦 康継 | 55 |
| | 知的財産 | 知的財産活動の紹介 | | 57 |

CONTENTS

| | | | | |
|------------------------|--|--|--|----|
| Preface | | Developing Technology That Contributes to the Earth | Mitsuhiro Nawashiro | 1 |
| Feature | Technical Development to Keep Pace With the Advances in Vehicle Electrification | | | |
| | Contribution | Front Lines of Global Electric Vehicle (EV) Technology and Proposals for New EV Market Entry by Toyota Gosei in 2025 | Nagoya University Masayoshi Yamamoto | 2 |
| | Review | Technology Strategy for BEVs | Shigeaki Kurokawa | 7 |
| | Technical Paper | Development of Microwave Power Transfer Technology for a New Seamless Society | Shinichiro Fuki Akira Tomita Tomokazu Sakai Yasuhisa Ushida Taku Koike Kazuhito Kawamura Takuya Senga Kazuhiro Kita | 12 |
| | New Technology | Modularization Technology for Illumination Unit Control Software | Toru Nagata Tetsuro Nishiyama | 16 |
| | | Technological Development of an Adhesive Coating for Narrow Spaces in Battery Modules | Kosuke Kusaba Yoshiaki Tatsumi Yoshiki Nakamura Takaaki Yokoi Hiroaki Hongo | 18 |
| | New Products | Opening Trim WS with Improved Sound Insulation | Takashi Kumamoto Yasuhiro Shimizu | 20 |
| General Article | Technical Paper | Utilization of MI to Speed Up Material Development for WS Products | Tsutomu Nozaki Akira Kikuchi | 22 |
| | | Development of Innovative Rubber Cross-Linking Technology | Toyama Prefectural University Naoyuki Akahori Koji Hirata Yasuhito Koyama | 26 |
| | | UVC-LED Antiviral Ducts for Air Conditioners | Satoshi Wada Takaaki Kamijo | 30 |
| | New Technology | Utilization of Driving Simulators for Product Development | Hisashi Takaya | 34 |
| | | Automatic Inspection Technology Using AI | Masaki Uozumi | 36 |

| | | | | |
|------------------------------|-----------------------|---|---|----|
| General Article | New Technology | Establishment of Demolding Simulation Technology | Taiki Murase Takuya Ueno Atsuhiko Sumii Ryoichiro Kato | 38 |
| | | Improving Paint Yield by Optimizing Painting Conditions | Daisuke Hokama Yuhei Kobayashi | 41 |
| | | Application of Simulation Technology to Plating Process | Takuya Kanagawa | 43 |
| | | Downsizing DAB Injection Molds | Hideki Morika | 45 |
| | | Development of Vertical GaN MOSFETs on Bulk GaN Substrates with Ultra-low Resistivity | Junya Nishii Miki Moriyama | 47 |
| | | Development of Millimeter Wave Emblem That Snow Melting | Masaya Okubo Seiya Tokunaga Akihiro Hirose | 49 |
| | New Products | Lubrication Oil Pump for Hybrid Vehicles Transmission | Naoki Nishimoto Yoshiaki Mase Mitsuhiro Yoshimura Shinya Sakai | 51 |
| | | Passenger Airbag With New Structure (Switch Vent Technology for North America) | Takeshi Ando | 53 |
| | | Development of New Decorative Illumination Using Projection Technology | Masato Takeuchi Yoshihide Kimura Yasutsugu Sugiura | 55 |
| Intellectual Property | | Activities Regarding Intellectual Property | 57 | |

「地球に貢献する技術開発」

Developing Technology That Contributes to the Earth



執行役員
(開発本部本部長)
苗代 光博
Mitsuhiro Nawashiro

世界を混乱に陥れたコロナウィルスの脅威から3年が経ち、世界はコロナウィルスとの共存の道を模索し、元の活気ある生活を取り戻しつつあります。コロナ禍の生活で、私たちは当たり前だと思っていた移動の楽しみや人とのつながりの大切さなどを再認識することができました。特に影響を受けたものが働き方であると感じています。自宅で仕事をすることが日常になり、会社に出社せずに会議にでたり、海外拠点の現場確認も映像の発信により実施できたりするようになりました。過去から引き継がれる大切なことをこれからの生活に残しつつ、IT技術の進展などを恐れずに取り入れ、その上で、大切なものを考える時間ができたと思います。

しかしながら、まだまだ光明がみえない課題が環境対策ではないかと考えています。私の幼いころは、光化学スモッグ注意報が発出されると、外で遊んでいても、校舎に急いで帰るという経験を何度かしましたが、数年後、日本では「めったにないこと」と変わってきました。一方で世界の他の国々では、寒い時期になると10m先が見通せずにその中を車が行き交う光景があります。経済の成長とともに、環境の問題は大きく影響しあっていると考えます。

今までは、人類の利便性を優先した技術開発が進められてきました。その結果、私たちの生活は豊かになりましたが、地球規模では環境悪化が進み、水害などの異常気象が発生することになったと受け止めなければいけません。将来、地球規模で、持続可能な社会をつくるため、脱炭素に向けた技術開発を進めて行くのが企業の使命と受け止めています。

最近の動向として、自動車を取り巻く環境はますます厳しくなっています。CO₂低減の規制が強化され、各自動車メーカーは電動化車両のグローバル生産目標を掲げ、開発を促進しています。中国では電動車の普及のため、国をあげてインフラを充実させています。電動化に向けた商品開発は、部品メーカーにとって成長するための大きな原動力となる一方で、乗り遅れると取り返しのつかない転換点になり得ると危機感を募らせています。

昨年の豊田合成技報では「カーボンニュートラル実現に向けた技術開発の取り組み」をテーマに特集を組みました。豊田合成のCNに関わる技術開発と生産技術のご紹介をさせていただきました。今回の豊田合成技報では、電動化にむけた開発の方向性を示す内容に進化させ、ご紹介したいと考えて「電動化の進展に対応した技術開発の取り組み」といたしました。

なお、今回の特別寄稿では、名古屋大学未来材料システム研究所 教授 山本真義先生に執筆をお願いしました。山本先生は自動車の電動化動向をテーマに、各社の車両の分解調査から技術開発の進展について研究されています。その中から豊田合成の進むべき方向や技術の可能性について、ご提案いただいております。ご一読いただき、豊田合成の技術開発について、読者の皆さまから、より一層ご理解をいただければと考えております。

世界の電気自動車（EV）技術最前線と 2025年のEV新市場参入のための豊田合成への提言

山本真義^{*1}

Front Lines of Global Electric Vehicle (EV) Technology and Proposals for New EV Market Entry by Toyota Gosei in 2025

Masayoshi Yamamoto^{*1}

1. はじめに

2014年11月に上海（中国）で産声を上げたNextEVという自動車会社は、その後10年を待たず、「NIO（上海蔚来汽車）」と名称変更しながら、2022年における時価総額は現代自動車の3.9兆円に迫る3.5兆円に達し世界の17社に入り込み、中国のテスラ、と呼ばれるまでに成長を果たした。2016年にはNIOブランド立ち上げと同時にスポーツモデルであるEP9を発表しニュルブルクリンクのノルドシュライフェ（北コース：20.832km）で6分45秒25の市販電気自動車における最速ラップタイムを樹立した。そのブランド力を活かし、2017年にはフラッグシップモデルであるフルSUVのES8を販売開始¹⁾。そこからほぼ毎年、NIOは新技術を盛り込んだ挑戦的なモデル（2019年：ES6、2020年：EC6、2021年：ET5、2022年：ET7）を世に問うている。

但し、最も注目すべきはNIOのEVにおける安全性能である。安全に対する思想、と言い換えてもよい。最初の量産モデルであるES8は、欧州で自動車アセスメントを手掛けるEuro NCAPが発表する衝突試験結果においてトヨタ自動車の燃

料電池車・MIRAIと同等の五つ星を獲得している。ES8の外観写真を図-1に示す。Euro NCAPは4つの安全指標（Adult Occupant Protection, Child Occupant Protection, Vulnerable Road User Protection, Safety Assist）に対して各車両に対するポイント換算を行っている。ここでNIO・ES8がトヨタ・MIRAIと比較して大きくポイントで水をあけた項目が、Safety Assistとなる。MIRAIが82%であるのに対してES8は92%のポイントを獲得しており、これはアクティブセーフティー機能が充実していることを示している。すなわち、自動運転を目指すこのES8は、センサー等の高性能化により衝突をしないことを前提としており、その技術領域での安全性ポイントを引き上げている。そしてその性能確保のために世界最高峰のモビルアイ（イスラエル）の衝突安全機構を導入しており、コストの掛け方もこの技術領域へ振り切っていることが分かる。余談ではあるが、ドイツ系完成車メーカーは歴史的な背景からモビルアイとは取引ができず、本分野ではNIOに後塵を拝している。

また、NIOはファブレス企業でありホワイトボディは江淮（JAC）に設計量産を委託している。



(a) 車両外観



(b) ボンネットフード内部

図-1 NIO ES8

*1 名古屋大学 未来材料システム研究所 教授

ボディは日本では 2 例（ホンダ・初代 NSX，ホンダ・初代インサイト）しかないオールアルミボディ（96.4% の世界最高アルミ比率）を実現しており，各アルミフレーム接合は航空機で使用されている接着剤接合技術を適用している。さらに NIO パイロットと呼ばれる自動運転を目指した先進運転支援システムを搭載し，さらに NOMI と名付けられた AI（人工知能）アシスタント機構も搭載しており，通信回線を通じてサービスセンターと接続するのではなく，車両スタンドアロン状態で様々な支援とサービス提供を行う機能を，既に 2017 年に市販車に搭載していることに改めて驚く。このように世界は，内燃機構をベースとした自動車の概念とは異なる全く新しい EV の出現を目の当たりにしている。もちろんテスラ製 EV もこの範疇の中心に位置付けられよう。

翻って，次世代 EV の動力機関部はインバーターとモーター，さらにモーターの回転を抑制しトルクを確保するための減速機から構成され，それらを組み合わせた機構を e-Axle と呼称し，メイン車両駆動系として重要な技術要素として認識されている。豊田合成がこれまで青色 LED 応用分野で成功を収めてきた窒化ガリウム半導体はパワー半導体へ進化を遂げその応用を待つ状態となっているが，e-Axle に具備されるインバーターはその最先鋒応用先として期待が高まっている。本稿では，前述の新しい EV の台頭に対して次世代パワー半導体と呼ばれる SiC や GaN パワー半導体の将来的な EV への適用並びにその市場拡大の可能性について議論を行う。

2. EV 用車両パッケージとそこに求められる電気駆動システム性能

2-1. EV に向けた車両パッケージ

通常の内燃機関を搭載した自動車に対して，EV は車両パッケージ戦略が異なる。この車両

パッケージを活かす形で電気駆動システムの設計開発の戦略を執る必要がある。図-2 に議論のベースとなる車両と各部の長さの定義を示す。前後の車軸間をホイールベース，前車軸からフロントサイドまでをフロントオーバーハング，後ろ車軸からリアサイドまでをリアオーバーハングと呼び，これらの距離が車両パッケージに大きく影響を及ぼす。具体的には，EV は内燃機関を搭載した車両と比較し，

- 1) ロングホイールベース
- 2) ショートオーバーハング

の車両パッケージの特徴を持つ。前者については通常の大容量バッテリーを搭載する EV においては，そのリチウムイオン電池をホイールベース間に搭載することが多いため，少しでも搭載量を確保することを目的として，ホイールベースは長くなる傾向にある。特に EV 市場が立ち上がってきた欧州や中国では，ユーザーは大陸間移動を前提とすることが多く，EV としての一充電あたりの航続距離を求められることが多く，その車両パッケージの要求傾向は大きくなる。

後者は車両としての取り回しのしやすさが車両システムとしての付加価値となる。内燃機関を搭載する場合は，その体格の大きさがそのままオーバーハングの延長に繋がり，車両デザインバランスの関係から，どうしても前が長くなると後ろも長くなる傾向があった。これに対して EV においては e-Axle（モーター+インバーター+減速機の一体化システム）化の高電力密度化が進んだことで，オーバーハングは大幅に短縮できる。さらに，後述する IONIQ 5（ヒョンデ）は後輪駆動プラットフォームがベースであり，その場合，駆動に使わない前輪は操舵角を大きくとることができる。これによりタウンユースカーとしての性能を確保できるが，その上でオーバーハングの短さは市街地等での車両走行の優位性を大きく高めることに寄与する。



図-2 EV における車両パッケージ

2-2. EV における e-Axle システムへの要求性能

図-3 は EV に搭載される e-Axle の搭載位置を横から見た模式図となる。基本的に前輪車軸上、もしくは後輪車軸上に設置されることが一般的であり、四輪駆動 (EV においては All Wheel Drive : AWD) の場合は前後に搭載される。前輪駆動においては、e-Axle の高さが直接、車両のボンネットフードの高さに影響を及ぼす。そしてボンネットフードの高さは空気抵抗係数である CD (Constant Drag) 値を上昇させ、そのことで電費を悪化させ、結果として一充電あたりの航続距離を著しく短縮させてしまう。後輪駆動においては、e-Axle の高さは、その直上にあるラゲッジスペースを逼迫させることとなる。これらから、EV 車両パッケージにおいて e-Axle に求められる要求性能は「低背化」であることが読み取れる。これは、直方体の内燃機関の搭載を前提とする HEV (Hybrid Electric Vehicle) におけるパワーエレクトロニクス機器の要求性能とは異なる。HEV においてはエンジン構造に沿った形で直方体のまま小型化させる必要があり、前述の EV とは設計戦略が根本的に異なる。

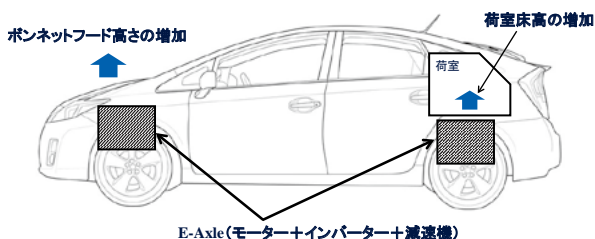


図-3 EV におけるパワーエレクトロニクスシステムに対するシステム要求

3. GaN/SiC パワー半導体の EV 用インバーター応用技術

3-1. SiC パワー半導体を搭載した三相インバーター

冒頭に紹介した現代自動車 (日本では現在はヒョンデと呼称) の IONIQ 5 は、世界で初めて汎用パワー半導体モジュールに炭化シリコン (SiC) パワー半導体を応用した三相インバーター搭載の量産 EV 車両となる²⁾。(専用モジュールはテスラ・モデル 3 等が挙げられる⁴⁾。) その SiC インバーターの内部構造を図-4 に示す。仕様としては、高圧リチウムイオンバッテリー電圧である直流 653V 入力に対して 150kW 出力となる。この SiC 三相インバーターの特徴としては Infineon 製 HybridPACK™ Drive の汎用パワー半導体モジュールを使用しながら SiC 化することで大幅なインバーターの薄型化に成功している点である。

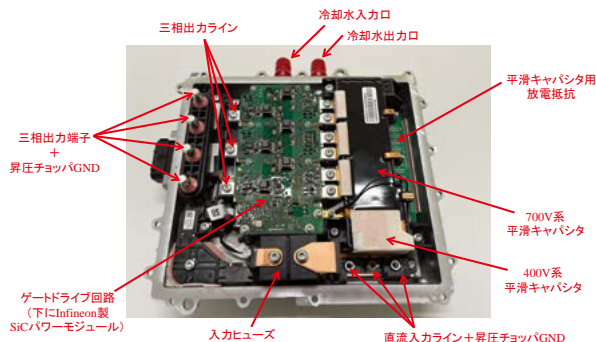


図-4 IONIQ 5 用 SiC インバーターの内部構造

この薄型化の恩恵として、ラゲッジスペースの拡大にある。図-5 に IONIQ 5 における SiC パワー半導体を適用した e-Axle の設置状態を示す¹⁾。今回の SiC 三相インバーターの適用先はリア e-Axle となる。この設置位置においては、前述の通り e-Axle の体積性能 (とくに高さ) がラゲッジスペースへ大きな影響を及ぼす。現代自動車は SiC インバーターの採用により三相インバーターを大幅に低背化し、結果として 527L という大きなリアラゲッジスペースの確保に成功している。(参考に Si IGBT を採用している同セグメントのトヨタ・bZ4X ではラゲッジスペースは 452L。) これが一つの SiC パワー半導体応用によるシステム目線におけるインパクトである。



図-5 IONIQ 5 における e-Axle 搭載状態

3-2. GaN パワー半導体の実力

ではこれまで豊田合成が取り組んできた GaN パワー半導体は、既に EV に応用されている SiC パワー半導体と比較して、どのような性能を持っているのだろうか。図-6 にその相対性能比較結果を示す。結論から言えば、SiC パワー半導体と比較して GaN パワー半導体はパワーエレクトロニクスシステム応用時において大幅な損失低減が可能となる。GaN パワー半導体は特にスイッチング時における高効率動作が特徴であるが、従来のシリコンパワー半導体と比較した場合、一般的には一充電あたりの航続距離の拡大 (およそ 5% 程度) が期待できることが知られている。一方、

パワーエレクトロニクスシステムにおける GaN パワー半導体の低損失化性能は市場導入時における最も大きな武器を持つ。低コスト性能である。踏み込んで言えば、パワー半導体の高効率化はそのまま、放熱機構の簡易化によるコスト削減効果が期待できる。

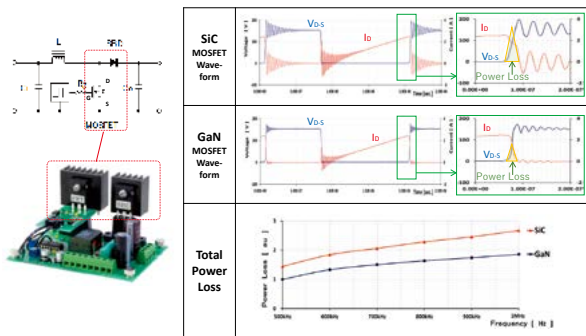


図-6 GaN パワー半導体の実力 (豊田合成製)

図-7 に EV 用 e-Axle に搭載されたパワー半導体モジュールの外観 (表面, 裏面) を示す。出力電力が 100kW を超えると、その分だけパワー半導体における発熱も増加し、結果として図に示すような放熱ピンを放熱板に配置する必要がある。この放熱面積の増加により放熱効率を向上させている。しかしながら、裏面の放熱板がフラット形状な場合は 500 円程度のコスト換算であるのに対し、放熱ピンを設置することで 2 千円程度までコストが上がってしまう。逆に考えると、先に示した GaN パワー半導体の低損失性能は 100kW 以上の出力を求められるインバーター等のパワーエレクトロニクスシステムにおいて、放熱機構のコストを 4 分の 1 に抑制可能であることを示唆している。特に e-Axle 用インバーターにおいてパワー半導体と放熱機構の体積が全体の半分を占める。放熱負担が減ることによりパワー半導体モジュールは低コスト化のみならず、図-7 (b)

に示す通り薄型化を実現可能となり、結果としてインバーターの低背化に直結し、前述のシステム付加価値向上に寄与することとなる。このように、GaN パワー半導体のみのコストで評価するのではなく、システム全体を俯瞰することによるコスト、システムメリットを読み取り、次世代市場戦略に活かしていく必要がある。そういった視点から、既に広く市場投入された SiC パワー半導体に対して大幅な低損失化を実現可能な GaN パワー半導体は、EV 用インバーター応用に際し大きなビジネスポテンシャルを秘めていると言えよう。

5. まとめ

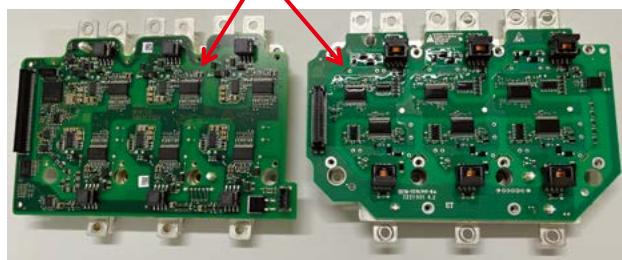
自動車産業において 100 年に一度のパラダイムシフトと呼ばれる EV 化潮流と、長く使用されてきた Si パワー半導体に置き換わる新しい SiC パワー半導体応用技術が、高いレベルで融合したのが 2017 年のテスラ・モデル 3 の登場である⁴⁾。そこからテスラが時価総額でトヨタ自動車を超えるまで 5 年を待たなかった。さらに急激に台頭してきた中国製 EV は価格と新しい価値観で日本市場のみならず世界を飲み込もうとしている。

特に既存の内燃機構を搭載した自動車に対してのサプライヤの立場を執っていた豊田合成にとって、これまでと同じ方向でのセーフティシステム製品の研究開発は、新しい概念の EV に対して too much である可能性もある。EV による自動運転がレベル 4 を超えたとき、そこに求められるエアバッグ等のセーフティシステム製品は、自動車と同じく新しいパラダイムシフトを迎えると予測している。

ただ、自動車の電動化を支えるパワー半導体とその応用であるパワーエレクトロニクスシステムは今後も市場を拡大しながら膨大な量産の要求が高まることは周知の事実である。大きなビジネス

双方, HybridPACK™ Drive (Infineon 製) を使用し設計思想が酷似

100kW 以上の場合には冷却ピンを形成 80kW では冷却器裏面はフラット形状



EC6(NIO)リア用
蔚来汽車 (NextEV) 製

ID.4(VW)フロント用
Magna 製

各モジュール裏面写真

(a) パワー半導体モジュール表面

(b) パワー半導体モジュール裏面

図-7 パワー半導体モジュール (Infineon 製)

の動乱の中で、その自動車応用の進化を見誤ることなく拡大する要求市場に効果的に投資を行い、より自社製品の強みを輝かせる努力を怠ってはならない。

豊田合成はこれまで、GaN 半導体を適用した青色 LED 応用分野において大きなビジネスの成功を取ってきた。その豊田合成の歩みはその製品を象徴すべく光り輝いて見える。

半導体エンジニアから聞いたことがあるが、GaN 半導体はパワー半導体として使用しても通電時に少し光ることがある、と言う。しかしながら、パワー半導体はパワーエレクトロニクスシステム使用時にはモジュール内部に封止され、人はその光を見ることはない。しかし、パワー半導体はその光を埋み火のように押し込められることによって、より多くの電流を通電、制御することが可能となり、自動車のような大きな移動体の運動を司るに至っている。

EV の心臓部である e-Axle も一般使用者の目に留まることはない。豊田合成も同じく、あえてこれまでの栄光を抑制し、GaN パワー半導体応用をはじめとする新しい市場を目指すことで、現代社会の電流とも言える自動車の市場を操り、そのことでより光輝く明るい未来を実装できるものと信じている。

参考文献

- 1) NIO・ES8 専用 HP, “<https://www.nio.com/es8>”
- 2) 現代自動車・IONIQ 5 専用 HP, “<https://www.hyundai.com/jp/ioniq5>”
- 3) T. Oka, T. Ina, Y. Ueno, N. Tanaka, J. Kurosaki, T. Suzuki, J. Nishii, K. Hasegawa, K. Yasunishi, G. Nishio, S. Murakami and N. Murakami, “Recent Topics of Vertical GaN Power Devices - Trench MOS SBDs and Trench MOSFETs-”, SSDM2018, p.p. 293-294, 2018.
- 4) 山本, 「テスラ「モデル 3/モデル S」徹底分解【インバーター/モーター編】」, 日経 BP 社, (2020 年 3 月 16 日)

著 者



山本真義

BEVの技術戦略

黒川茂明^{*1}

Technology Strategy for BEVs

Shigeaki Kurokawa^{*1}

1. はじめに

2021年のCOP26において、2035年までに主要市場で、2040年までに全世界で販売する全ての新車を「ゼロエミッション（環境汚染・廃棄物の排出ゼロ）車」にすることを目指す共同声明が発表された。2021年欧州委員会での提案では、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。また、米国カリフォルニア州大気資源委員会（CARB）は、2022年8月に州内で販売する全ての新車乗用車（小型トラックを含む）を2035年までに無排出車（ゼロエミッション車：ZEV）にする目標達成に向けた規制「アドバンスド・クリーン・カーズII（ACC II）」を正式に承認した。このZEVの中には、HEV（Hybrid Electric Vehicle：ハイブリッド車）は含まれておらず、規制の対象となる。

このような内燃機関規制強化を受け、世界的に自動車メーカー各社のBEV（Battery Electric Vehicle：電気自動車）化が一層加速する動きとなっている。

一方で、図-1に示すようにBEV化動向の予測¹⁾には、地域による差が大きくある。2030年に向けて、大きく台数が増加されると予測される中国、欧州、北米に対して、日本は微増程度の予測となっている。そのため、日本市場及び日本のBEVに対するお客様のニーズを考えているだけでは、世界のBEV化の流れに大きく出遅れてしまう可能性が高い。したがって、豊田合成としては、コア技術をベースとした差別化技術に、世界市場及びBEVに対する世界のお客様のニーズをしっかりと捉えたBEVの技術戦略が必要になってくる。

本稿では、BEVに対する世界のお客様のニーズとコア技術ベースとした攻めるべき製品開発の

切り口から、技術戦略を考えていく。

なお、この技術戦略もターゲットとする時代に依りて変化していくものであるため、本稿では、2030年頃に向けた技術戦略に特化して話を進めていく。

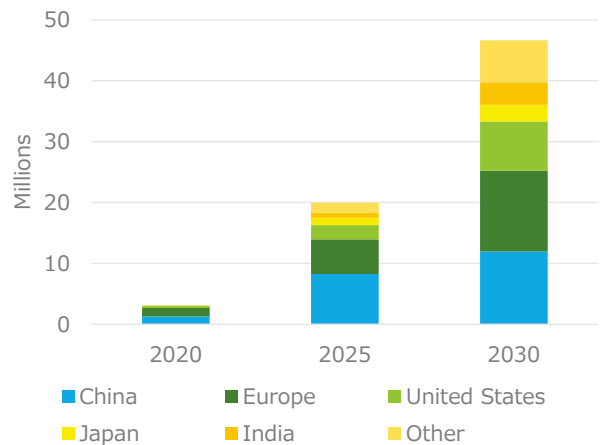


図-1 BEVの地域別販売予測

2. 製品開発の切り口

BEVに対するお客様のニーズは、環境への配慮は当然ながら、普及への最大の課題となっている航続距離延長、車両構造の変化に応じたユーザーの安全確保や快適性が重要となってくる。豊田合成の持つコア技術のポテンシャルは樹脂・ゴムの材料技術と各事業領域の製品技術であり、BEV化に伴う車両やニーズの変化に対し、複数の領域の技術を掛け合わせることで、価値提供の可能性を高めることができると考えられる。このようなことから、図-2に示す4つの製品開発の切り口に分け、お客様のニーズも考えながら技術戦略を考えていく。

*1 技術企画部



図-2 製品開発の4つの切り口

3. BEVらしさを演出する車室内空間

車室内空間における技術戦略を、車室内空間のデザイントレンド、重要な技術アイテム、自動車メーカーの変化から考えてみる。

3-1. 室内空間のデザイントレンド

BEVのデザイントレンドは、ICE（Internal Combustion Engine：内燃機関）車とはイメージを一新する先進的イメージとなっている。その中で世界のデザイントレンドを調べていくと、車両カテゴリーに応じて2つの大きな傾向に分けることができる。

ひとつは、高級車と言われるEセグメントの車両のデザイントレンドである。このデザイントレンドは図-3に示すようにインパネが全面ディスプレイで構成され、いくつかのディスプレイを用いて、BEVの先進性を表現していると言える。

もうひとつは、図-4に示すような大衆車と言われるC/Dセグメント以下の車両のデザイントレンドである。このデザイントレンドは、運転席のインフォメーションディスプレイの大型化や多機能化、センターディスプレイの大型化でBEVの先進性、広々感を表現しているが、その他のインパネを構成するひとつひとつの部品、構造を見ていくと、ICE車の従来技術を進化させ、構成していると言える。このデザイントレンドは、地域毎にその変化スピードに差はあるが、世界に共通していると考えられる。



図-3 全面ディスプレイのインパネ事例



図-4 センターディスプレイ大型化のインパネ事例

3-2. 重要な技術アイテム

デザイントレンドは2つの傾向にあるが、将来の自動運転へのデザイン変化も考えた場合、先進的な車室内空間＝広々空間の実現であると言える。豊田合成のコア技術を駆使して、スマートな薄型インパネを実現することが先進性を演出する上で、最も重要であると考えられ、その実現のために重要な技術アイテムは、

- ・薄型インパネ対応助手席エアバック
- ・薄型レジスタ
- ・異形ハンドル
- ・人とコミュニケーションする機能イルミネーション

等が挙げられる（図-5）。



図-5 薄型インパネを実現する技術アイテム事例

また、航続距離延長のために、車室内空間の熱マネジメントにも取り組んでいかなければいけない。従来のように車室内空間全体の温度調整をするのではなく、人に近い場所で、人が感じやすい部位の温度調整する考え方が重要で、レジスタ位置の工夫や風量の工夫等が技術として必要になってくる。豊田合成の風流れ制御の技術を活かし、航続距離延長に貢献する製品提案を進めていかなければいけない。

3-3. 自動車メーカーの変化

一方で、自動車メーカーもBEV化によって、どう変わってきたのか？変わっていくのか？も考えていかなければいけない。今後、自動車メーカー工場の組立工程も効率的BEV専用工程に徐々に変わっていきと考えられる。バッテリーの組立に多くの工程を使うことを考えると、組立工程で組める部品点数にも限界が出てくると考えられる。つまり、組立点数を少なくするために、インパネ周辺ではモジュール納入も進む可能性があると考えられる。この変化に対しては、豊田合成の強みであるエアバック、インパネ部品、ハンドルの効率的セット開発ができる点や付加価値を向上させることができる点を活かして対応していかなければいけない。このように自動車メーカーの変化も考えて技術戦略を考えていくことも重要である。

ここまでの車室内空間のデザイントレンド、重要な技術アイテム、自動車メーカーの変化から、BEVらしさを演出する車室内空間の技術戦略は、以下である。

- ・薄型インパネを実現する主要技術アイテムでの製品の拡大
- ・豊田合成の強みであるエアバック、インパネ部品、ハンドルを効率的セット開発できる点を活かしたモジュール開発で付加価値向上し、製品を拡大

4. BEVらしさを演出する外装Frマスク

外装Frマスクの技術戦略を、外装Frマスクのデザイントレンド及び、求められる性能から考えてみる。

4-1. 外装Frマスクのデザイントレンド

BEVのデザイントレンドは、空力性能を向上させる開口のないシームレスデザインとなってきた。その中で世界のデザイントレンドを調べていくと、2つの大きな傾向に分けることができる。

ひとつは、グリルフェースと言われるデザイン

トレンドである。このデザイントレンドは図-6に示すように、今まで以上に大型な開口のないアップグリルを採用し、シームレスなBEVの先進性を表現していると言える。

もうひとつは、図-7に示すようなバンパフェースと言われるデザイントレンドである。このデザイントレンドは、アップグリルをなくして、フード～バンパをボデー色として、シームレスなデザインを表現していると言える。

このデザイントレンドは、地域毎にその変化スピードに差はあるが、世界に共通していると考えられる。



図-6 グリルフェースのデザイン事例



図-7 バンパフェースのデザイン事例

4-2. 外装Frマスクに求められる性能

外装Frマスクに求められる性能も大きく変化していくと考えられる。将来の自動運転も睨み、センサー類の搭載が、Frマスク周辺には益々、拡大していく一方で、開口のないシームレスデザインを実現するために、電波や光や音などの幅広い波長での透過技術と加飾技術が重要性を増してくる。

例えば、グリルフェースの車両には、光やミリ波の透過加飾技術が有効であると考えられ、またバンパフェースの車両には、ボデー色でミリ波を透過させる技術が有効である。また全長の小さな車ではスペース上の観点から音を透過させる技術も有効である。このような透過加飾技術を集約した機能集約ガーニッシュの開発が、将来のFrマスクに求められる性能を満足するために必要であると考えられる(図-8)。

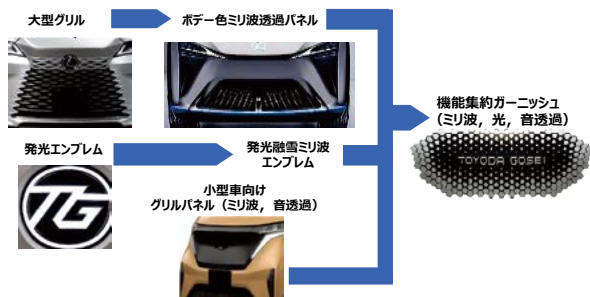


図-8 透過技術の進化事例

また、航続距離延長のために、空力性能向上にも取り組んでいかなければいけない。外装 Fr マスクは空力性能を左右する重要な部位であり、その形状や、関係部品の表面処理等までが重要であると考えられる。空力性能の知見を吸収しながら、航続距離延長に貢献する製品提案を進めていくことも重要である。

ここまでの外装 Fr マスクのデザイントレンド、求められる性能から、BEVらしさを演出する Fr マスクの技術戦略は、以下である。

- ・加飾技術とセンサーなどの透過技術の進化による製品の拡大

5. BEV に対応した乗員安全性の確保

BEV, ICE 車に関わらず、乗員安全を確保することは豊田合成の「安心・安全」の基本になっているが、車両構造の変化に応じて安全確保のための求められる技術も変化していく。また、エアバックの技術がインパネのデザインにも大きく影響を与える。ここでは2つの軸で乗員安全性の確保の技術戦略について考えてみる。

5-1. 車両構造変化への対応

BEV 化によるバッテリー搭載は、車両構造に大きな変化をもたらしている。主に床下全面に搭載するバッテリーを保護するために、車両骨格構造は強度アップされ、小型車では車両衝突時の乗員への衝撃を大きくさせる結果となっている(図-9)。そのため、拘束装置の保護性能強化が必要になってくる。この対応のための高性能エアバックや内圧制御技術の開発が必要であると同時に、シートベルト性能との組み合わせで拘束装置全体での最適な安全確保技術を開発する必要がある。

一方で、各国の法規やアセスメント強化の動きもあり、車両構造変化も踏まえて、これらに対応する後席用エアバックやファーサイドエアバック等の新デバイス開発は非常に重要な技術開発である(図-10)。

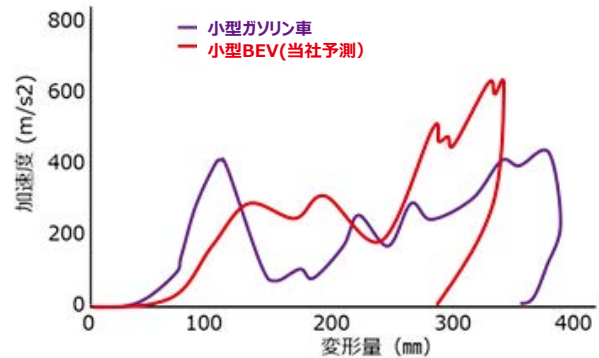


図-9 車両衝突時の乗員への衝撃変化の事例



図-10 新デバイスの事例

5-2. 車室内空間変化への対応

3項で前述の通り BEV の先進的イメージの演出のためには、薄型インパネを実現するための薄型インパネ対応助手席エアバック、異形ハンドル対応エアバックの開発等が重要である。

薄型インパネ対応助手席エアバックについては、室内空間を広くできる搭載位置を見出し、エアバック展開方法の工夫等によって乗員の安全を確保する技術開発だけでなく、インパネのデザインや車両パッケージも考えた総合的開発力が必要である。

また異形ハンドル対応エアバックについては、車両衝突時の人の衝撃吸収に工夫が必要で、立体形状の異形バック技術開発も必要である。

ここまでの車両構造変化への対応、車室内空間変化への対応は、全世界に共通するものである。乗員安全性の確保のための技術戦略は、以下である。

- ・車両構造変化、法規、アセスメント強化に迅速に対応した安全デバイス開発
- ・先進的イメージの車室内空間づくりに貢献するエアバック要素技術開発

6. バッテリー周辺部品の機能進化

BEV での航続距離延長と経年持続には、バッテリーセル自体の性能がもちろん大きな役割を果

たすが、それを支える冷却性能も大きな役割を果たす。冷却性能が悪ければ、バッテリーは劣化してしまい、どんどん航続距離が短くなってしまふのである。つまり、BEVにとって冷却性能は非常に重要で、冷却システムや豊田合成のコア技術である冷却配管技術も航続距離延長や経年持続に貢献できる重要な技術である。ICE車で培った冷却配管技術を活かし、バッテリー廻りの冷却配管製品に結び付けていき、製品拡大を図ることが必要である。

例えば、ICE車のウォーターパイプやホースの低溶出化技術をBEVの低イオン溶出ホースに繋げていく等が挙げられる。

また、航続距離延長のためには、軽量化が必須である。冷却配管の軽量化を行っていくことに加え、コア技術の樹脂技術を用いて、バッテリー周辺部品の樹脂化による軽量化を考えていかなければいけない。既存のバッテリー周辺部品においては、より確実な安全性確保のために、金属部品が多用されており、軽量化の余地を残している。ここに豊田合成の樹脂・ゴム成形技術を駆使して、安全性を担保したまま、単なる樹脂化ではなく、複雑な形状の部品統合による部品点数低減、コスト低減など、樹脂化のメリットを活かした製品開発が重要である（図－11）。

低イオン溶出ホース



押出樹脂配管



バスバーモジュールカバー



図－11 バッテリー周辺の樹脂化製品事例

一方で、自動車メーカーにとってバッテリー周辺部品の開発は、まさしくBEV心臓部の開発ということになるため、内製で開発を進めることが多い。その開発は、かなり早い時期に開始されるため、豊田合成の開発も今まで以上に早い時期から自動車メーカーと連携した方向性を合わせた開発を進めていく必要がある。このような開発の進め方も技術戦略の一つとして考えていく必要がある。

ここまでのバッテリー周辺部品に対して求められていることは、全世界に共通するものであると考えられるため、バッテリー周辺部品の機能進化の技術戦略は、以下である。

- ・ICE車開発で培ったコア技術を大切にし冷却配管とバッテリー周辺部品への製品拡大
- ・今まで以上の自動車メーカーとの連携強化によるバッテリー周辺部品での新技術の開発

である。

7. まとめ

本報告では、技術戦略を4つの製品開発の切り口に分けて考えてきたが、時代の変化と共に、お客様ニーズは変化していく。技術戦略も広く世界に目を向け、お客様ニーズに合った戦略に柔軟に変化させていかなければいけない。

参考文献

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

著 者



黒川茂明

「シームレス社会」の実現に向けたマイクロ波給電技術開発

婦木慎一郎^{*1}, 富田 彰^{*1}, 酒井智和^{*1}, 牛田泰久^{*3}

小池 拓^{*1}, 河村知史^{*2}, 千賀卓也^{*2}, 北 和弘^{*1}

Development of Microwave Power Transfer Technology for a New Seamless Society

Shinichiro Fuki^{*1}, Akira Tomita^{*1}, Tomokazu Sakai^{*1}, Yasuhisa Ushida^{*3}

Taku Koike^{*1}, Kazuhito Kawamura^{*2}, Takuya Senga^{*2}, Kazuhiro Kita^{*1}

要旨

近年、ワイヤレス電力伝送各方式の技術開発が進む中、国内では2022年5月に電波法施行規則等が改正され、マイクロ波方式による中長距離無線給電が解禁となった。我々は北米ベンチャー Ossia 社との共同開発により本技術の社会実装を進め、ケーブルに縛られない無意識給電による可変空間やシームレス社会の実現を目指す。本稿では我々が最初に開発した2.4GHz送電機とスマートフォンカバー型受電機、及び技術開発手法について述べた後、CVC投資の活用等、更なる開発強化について記述するものである。

Abstract

In recent years, as progress is made in the technical development of wireless power transfer methods and the Radio Law in Japan was revised in May 2022, it has become possible to use medium- and long-range wireless power supply with a microwave method. We are advancing the social implementation of this technology through joint development with the North American venture company Ossia, aiming to realize variable spaces and a seamless society with automatic power supply that is not tied to cables. In this paper, we describe the 2.4GHz power transmitter and smart phone cover-type receiver that we first developed and the method of technical development. We then describe further enhancement of development, such as utilization of CVC investments.

1. はじめに (背景)

近年、国内では社会課題解決に向けた取り組みとして未来社会 Society5.0¹⁾ (サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した社会) が提唱され、その実現に向けてスマートシティの実証実験が自治体等で進められている。この取り組みが、主に5G通信やAI、ビッグデータ等の先端技術の検証が行われる中、2020年頃よりスーパーシティ構想²⁾、Woven City等の、住民目線での価値提案へと主目的がシフトしつつある。

このような外部環境を背景に、ワイヤレス給電

技術の中で、従来の電磁誘導方式や磁界共振方式に比べて長距離の無線電力伝送を可能とするマイクロ波方式が注目されている。この方式の特徴は、数~数十GHzの周波数帯を利用し、数メートルから宇宙と地上間の距離までの長距離無線や、ターゲット追従給電、複数同時給電も可能とし、ユビキタスなエネルギーの在り方から社会課題解決が描かれている(図-1)。そして、国内では2022年5月26日、マイクロ波給電の規制緩和第一ステップとして省令改正が施行された³⁾。微小電力の920MHz帯は有人環境、中電力の2.4GHz、5.7GHzは無人環境として設置要件が定められて

*1 技術企画部 技術開発室

*2 技術企画部 技術戦略室

*3 豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学共同研究部門

いる。今後の有人環境（図-2）での全面解禁に向けて、ステップ2を検討していく。



図-1 マイクロ波給電で描く未来社会

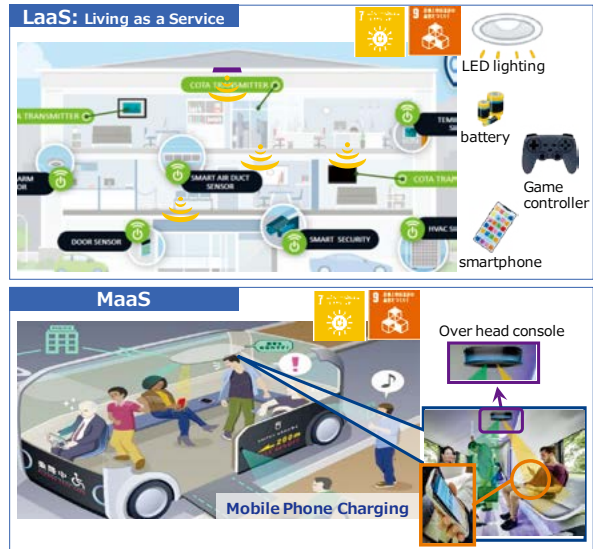


図-3 想定利用シーン



図-2 マイクロ波給電とスマートオフィス

2. ビジネスモデル検討

マイクロ波による非接触給電技術の確立により創造される提供価値として、安全で快適な生活の創造を目指した LaaS (Living as a Service) 向けの提供価値及び、車室内の快適性の向上を目指した MaaS (Mobility as a Service) 向けの提供価値が考えられる（図-3）。室内に設置された電力伝送装置からスマートフォンや家電など複数の電気機器へ同時に無線給電するシームレスな空間を提供する。電気機器から配線がなくなることにより可変的な生活空間を実現することができる。また車内に設置された電力伝送装置からポケットやカバンにモバイル機器を入れた状態でのシームレスな給電を実現する。ここでは、次に説明する人体を避けて給電するという技術的特徴を活かして提供価値を高めている。

3. 技術開発

我々は北米ベンチャー Ossia 社と共にマイクロ波給電技術開発に取り組んでいる。そのシステムの特徴として、ビーコン信号併用による電力伝送により、人が介在するような室内空間では人体を避け、室内を移動する受電機に対して追従して給電することが可能である（図-4）。

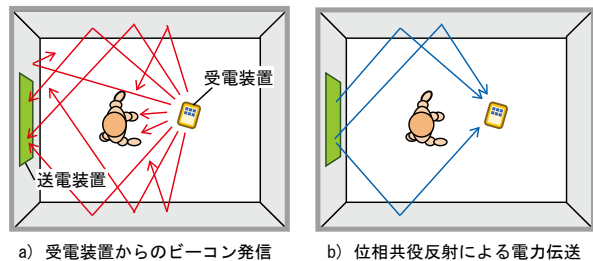


図-4 ビーコン併用による送受電の概念

3-1. シミュレーション基盤技術

電力伝送システムに求められる送電機・受電機的设计のため、我々は有限要素法とモーメント法のハイブリッド方式を採用し、電磁場伝搬シミュレーション技術を確立し、各種アンテナ設計や、電波の不要輻射解析が可能となった（図-5）。これにより、先の Ossia 社ビーコン方式によるフェーズドアレイアンテナの位相制御をシミュレーションにより再現することで、より現実に近いアンテナのバーチャル設計・評価まで可能となった⁴⁾。

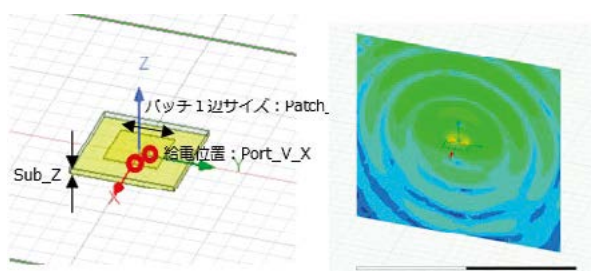


図-5 アンテナ設計シミュレーション

この基盤技術を活用し、人体に対する影響評価や、送電機、受電機のアンテナ設計への適用を進めており、以降で示す実機設計へ適用した。

3-2. 2.4GHz 送電機開発

上記のような技術、及び手法によりマイクロ波給電の技術実証を進め、我々はこの Ossia 社設計によるシステムの内製化のため、フェーズドアレイアンテナの製造に取り組んだ。こちらの送電機は 2.4GHz 帯を利用し、電力伝送と通信を同時に実行することが可能である。屋内無人環境であれば今回の省令改正の中での利用も想定されている。

3-3. 受電応用機器開発

上記システムへの対応製品として、数種類の受電機の開発を実施した。最初に取り組んだのはスマートフォンカバー型の受電機であり、数メートル距離においても受電可能かつ、複数の受電機での同時受電も確認できた (図-6)。



図-6 スマホカバー型受電機の実証

4. 実験試験局

本稿で述べた技術の実証実験と顧客提供価値検証の実施のため、現行法規に則り、マイクロ波給電の無線局 (実験試験局) の許認可を取得して豊田合成記念体育館 (エントリオ) の館内にマイクロ波実証ルームを設置した (図-7)。この室内壁は電波を吸収する素材で構成されており、周辺環境への影響を排除している。



図-7 マイクロ波実証ルーム

この実証ルームでは、我々が開発した電波を可視化する LED テーブルが設置され、目に見えない電波の提供価値を分かり易く体感することが可能となっている。

5. 技術戦略

以上、我々の技術開発の推進に加え、次に述べる戦略を活用した独自開発を進める。

5-1. IP Landscape

マイクロ波を含む中～遠距離のワイレス給電は、現在様々な会社で技術開発が行われている。そこでマイクロ波給電技術の業界全体像を俯瞰するため、知財情報による分析を行った。なお分析には LexisNexis 社の PatentSight を用いた。

図-8 は、各社が保有するマイクロ波給電特許出願について、特許ポートフォリオ数 (量) と、その特許の被引用数から算出される他社注目度 (質) とでプロットした俯瞰図である。Ossia 社は、件数こそ 2 番手集団に位置するものの、他社からの注目度はダントツの 1 位であり、その特許に裏付けされた技術完成度は、競合他社よりも先行していることが伺える。豊田合成はいち早く Ossia 社と協業できたことで、この特許技術に触れることができ、より質の高い技術開発を可能としている。

5-2. CVC 投資の活用

また、規制緩和や将来技術に対する戦略として社内 CVC の仕組みを活用し、マイクロ波給電に強みを持つスタートアップである株式会社 Space Power Technologies 社:以下 SPT (本社:京都府、代表取締役:古川実) に出資した (図-9)。豊田合成は、車や住宅での配線の無いシームレスな空間の実現を目指し、これまでも米国の Ossia

社との協業によりマイクロ波給電の開発を進めてきたが、SPT社とも連携することで、早期実用化に向けて開発を加速させる。

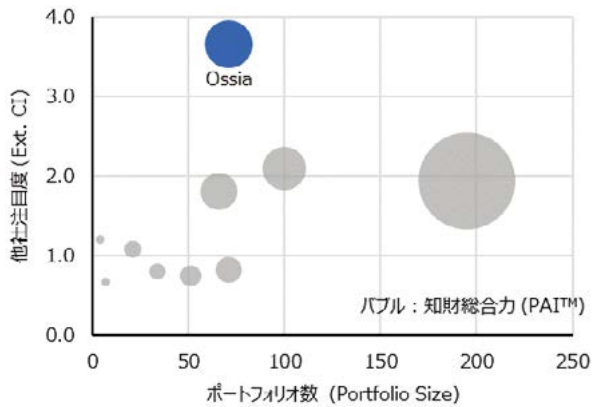


図-8 知財情報による各社俯瞰

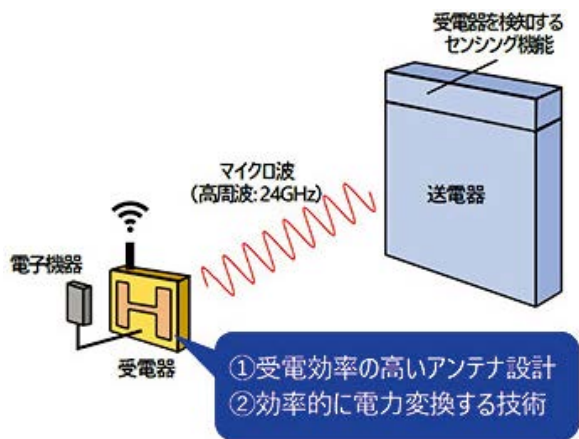


図-9 SPT社送受電システム

6. おわりに

我々が車載事業で培ってきた「安心」「安全」「快適」の理念や技術を基盤とし、社会課題に向き合ったソリューションを創出することで、人中心の豊かで笑顔があふれる社会作りに今後も奮闘していきたい。

謝辞

本開発を遂行するにあたり、CVC出資、企画、開発、プロトタイプ製作等、社内外の多くの方々にご支援いただきました。特にOssia社のCEOであるDoug Stovall氏を始めCotaチームには格別のご支援をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。開発はまだ半ばであり、引き続きご指導ご鞭撻をお願い致します。

参考文献

- 1) 内閣府, Society5.0で実現する社会, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- 2) 内閣府, スーパーシティ構想, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>
- 3) 総務省, 新規制定・改正法令・告示 省令, 令和4年5月26日 電波法施行規則等の一部を改正する省令 (令和4年総務省令第38号) https://www.soumu.go.jp/menu_hourei/s-shourei.html
- 4) 篠原真毅; ワイヤレス給電技術 科学技術出版社 (2013)

著者



婦木慎一郎



富田 彰



酒井智和



牛田泰久



小池 拓



河村知史



千賀卓也



北 和弘

イルミユニット制御ソフトウェアのモジュール化技術

永田 徹^{*1}, 西山哲朗^{*1}

Modularization Technology for Illumination Unit Control Software

Toru Nagata^{*1}, Tetsuro Nishiyama^{*1}

1. はじめに

自動車の電動化の進展に伴って、自動車部品の電子制御化も増加の一途をたどっている。

電子制御部品は、ハードウェアとソフトウェアから構成されるが、ハードウェア性能重視の製品開発からソフトウェア機能重視の製品開発へシフトし、ソフトウェアが重要な要素となっている。

本稿では豊田合成の車載ソフトウェアの技術について紹介する。

2. イルミ製品の課題

電子制御部品が搭載された豊田合成の主力製品のの一つにLEDを活用したイルミ製品がある(図-1)。

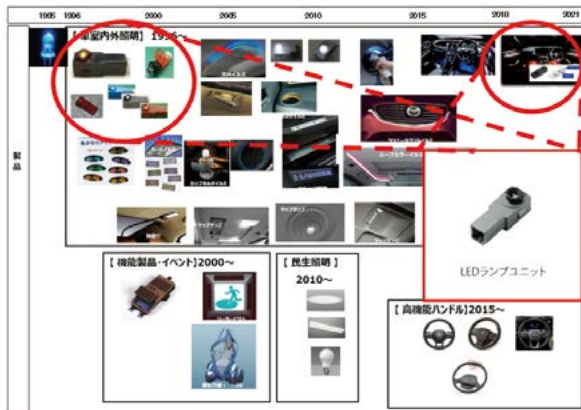


図-1 豊田合成のイルミ製品群

イルミ製品は、車両内装・デザインに応じて、さまざまな色や、光りの演出に対応することで価値を発揮する。さらに、イルミ製品の使われ方は、照らすだけでなく、知らせる／演出する機能も増え、これらの価値を発揮するためには、開発コストを上げずに機能を実現し、さまざまな機能バリエーションを展開することで、お客様のニーズに対応することが求められる。

そのためには、組み込むソフトウェアを変更す

ることで、ハードウェアの変更することなく機能を実現することや、ソフトウェア変更のみで容易に製品バリエーションの展開が行えるようソフトウェア構造を最適化する技術を導入していく必要がある。

3. イルミユニット制御ソフトウェア開発の現状

豊田合成は、LED製造過程で発生する輝度(明るさ)や色度(色合い)のばらつきをソフトウェアで補正するフルカラーイルミユニット¹⁾を開発した(図-2)。

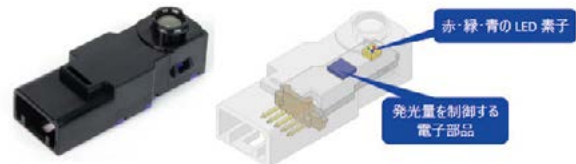


図-2 フルカラーイルミユニット

この製品に搭載されたソフトウェアは、外部の入力信号を受けてから補正／出力までの一連の流れを一体として連続的に処理している。

この処理方法では、入力処理や、補正処理など一部のみを変更する場合でも、全体の流れに影響がないかを全て確認しなければならず、ソフトウェア変更が難しくなり、製品のバリエーション展開がしづらくなっている。

4. 製品概要

今回開発するイルミユニット製品は、3章で述べたLEDの補正機能に加え、新たにユーザーの手元にあるスイッチで色(64色)や明るさ(4段階)を自由に選んで点灯できる機能を持つ(図-3)。

この製品を対象として、ソフトウェアのモジュール化技術の取り組みを行った。

*1 電子技術部 電子開発室

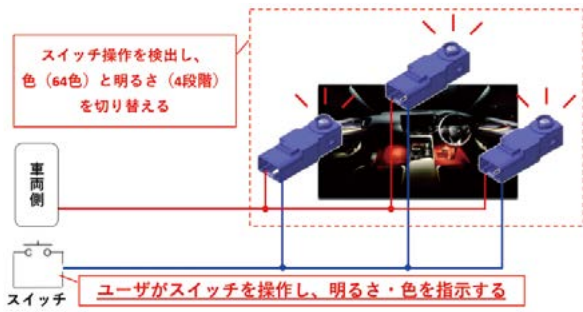


図-3 今回開発したイルミユニット製品概要

5. モジュール化技術詳細

今回のイルミユニット製品を開発するために、3章で述べたソフトウェアを再利用し、スイッチ信号を検出／処理できるように変更する。

しかし、ソフトウェアの入力処理は、図-4の変更前のように、複数の機能が複雑に絡み合い、容易に変更ができない。そのため、図-4の変更後のように、機能間の関係を単純にするために、データを層別し、共通のデータと処理を一つにまとめて、独立した形に分割した。これがモジュール化である。

一例を挙げると、スイッチ入力信号を電気信号情報（Hi / Lo）と操作情報（長押し／短押し／同時押し）の二つの情報に分け、電気信号情報を扱う検出モジュールと操作情報を扱う解析モジュールの二つに分けることにした。

データおよび処理を分析・層別したことで、入力処理のモジュール化が実現できた。これにより、入力処理を組み替えることで、機能追加や機能変更を容易に対応することが可能となった。

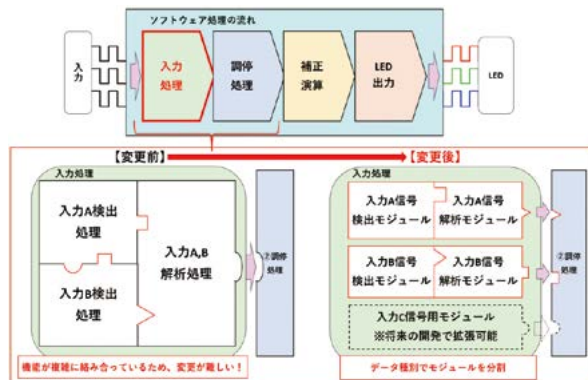


図-4 変更前後のソフトウェア構造の違い

6. 今後の展望

豊田合成は、世の中の電動化の流れに合わせて製品の電子制御化を推進し、ソフトウェア設計の技術力を磨いている。今回の開発では、ソフトウェアのモジュール化技術を導入することができた。

今後は、車載通信、ナビ、オーディオなどのさまざまな入力信号に対応したイルミユニット製品のバリエーションを増やし、お客様のニーズに応じていく。

7. おわりに

本技術の開発・量産化への適用にあたり、社内外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



永田 徹



西山 哲朗

電池モジュール向け狭小空間への接着剤塗布技術開発

草場幸助^{*1}, 辰己善亮^{*1}, 中村祥宜^{*2}, 横井孝明^{*3}, 本郷博昭^{*1}

Technological Development of an Adhesive Coating for Narrow Spaces in Battery Modules

Kosuke Kusaba^{*1}, Yoshiaki Tatsumi^{*1}, Yoshiki Nakamura^{*2}

Takaaki Yokoi^{*3}, Hiroaki Hongo^{*1}

1. はじめに

自動車は我々に様々な利便性を提供してくれている反面、燃料資源、環境問題の負の側面も持っている。HEV/PHEV/BEV など、迅速な電動化が求められている。

一般に電動化普及に対してEV 航続距離の不足が課題として挙げられる。EV 航続距離を延ばすために各社、コア部品となる駆動用バッテリーの電池容量を増やす手段をとる場合が多い。しかしその反面、駆動用バッテリーの体格が大きくなり、居室/荷室空間が圧迫されるため、高密度にエネルギーを搭載する駆動用バッテリーが求められる。

本稿では、これらのニーズに対して狭小空間で電池を接着固定する技術開発を行なったので、その概要を紹介する。

2. 製品の概要

開発技術は、高密度にエネルギーを搭載させるため複数の円筒型リチウムイオン電池（図-1）を最密充填する技術が求められ、狭小空間へ安定かつ短時間で接着剤を充填し電池固定することを目的として開発を進めた（図-2）。

3. 技術概要

3-1. 電池固定の課題

円筒型リチウムイオン電池は、一般的に軸方向の両端面が電気を取り出すための正極・負極の機能を持つため、電池の側面を用いて固定する必要がある。

円筒型リチウムイオン電池を最密充填するには、理論上それぞれの電池同士を千鳥状（図-3）に

配置することが有効であるため、最小空間で固定するためには電池側面を接着固定する技術が必要となった。



図-1 円筒型電池

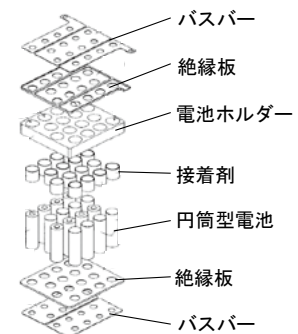


図-2 電池モジュール構成

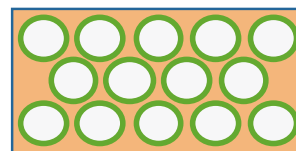


図-3 電池配置形状

3-2. 接着固定の課題

接着固定を行なう課題の1つとして接着強度の品質確保がある。強度は材料物性と接着面積によって規定されるため、品質確保するには接着面積を制御する必要がある。

また低粘度の接着剤を用いる場合、接着空間へ流し込むと液垂れが発生する。逆に高粘度の接着剤を用いる場合、隙間に入らず空隙ができるという課題があった（図-4）。

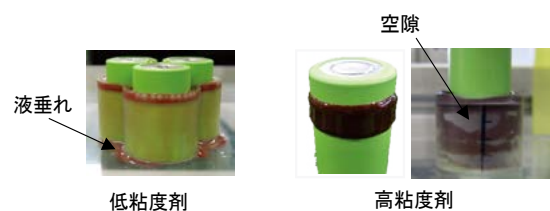


図-4 接着固定の課題

*1 EV・FCEV 開発部 EV・FCEV 開発室

*2 新価値開発部

*3 FCEV 企画開発部 FCEV 企画・技術室

3-3. 接着剤充填工法の開発内容

高粘度接着剤を用いる場合、流動性がないため、隙間への流し込みは成立せず、円筒型電池側面に塗布し固定部へ挿し込む必要があった。その場合被着体と接着剤の摩擦により、電池の挿入に対し接着剤が止まってしまい空隙が発生し、充填不良を起こすことが判明した（図-5）。

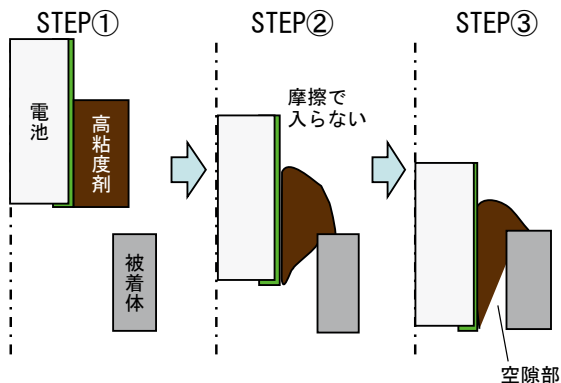


図-5 接着剤充填課題

被着体と接着剤の摩擦に対処するため、被着体と高粘度剤の間に低粘度剤を配置する事で、摩擦力を下げ短時間で確実に高粘度剤を充填する方法を開発した（図-6）。さらに、低粘度剤を高粘度剤に近い組成の接着剤を用いることで、高粘度剤単独と同等の接着強度が発現する事を確認した。

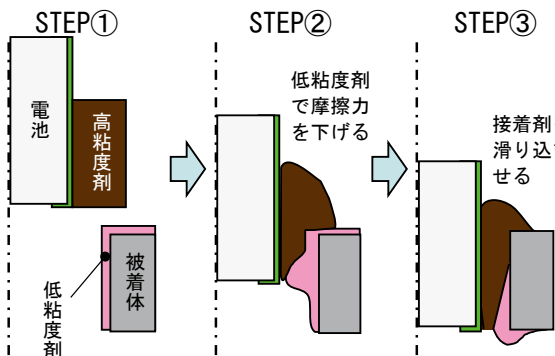


図-6 接着剤充填工法

3-4. 量産工法の開発

量産を考慮した場合、多数の円筒型電池に接着剤を短時間で塗布する必要がある。被着体側の内面に短時間で接着剤を塗布することは困難である。

そこで円筒型電池側に高粘度剤と低粘度剤を2層塗布する方法にて短時間で塗布することと充填の両立に成功した。塗布状態を図-7で示す。

低粘度剤を高粘度剤との表面張力を用いることで垂れることなく形状を保持させる。

充填目標に対しての低粘度剤と高粘度剤の粘度差による成立範囲を算出することができた（図-8）。

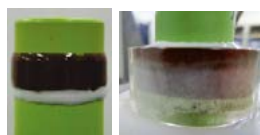


図-7 2層接着塗布

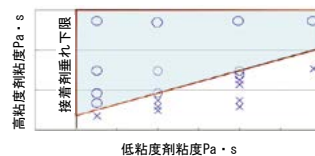


図-8 充填成立範囲

さらに今回は接着剤塗布機として図-9を豊田合成独自で製作し接着剤塗布条件検討まで行ない、設備条件の目途付けまで実施することができた。

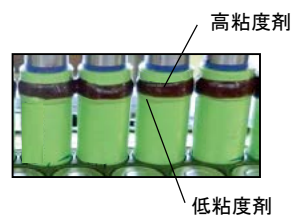


図-9 接着剤塗布機

4. おわりに

今回得られた接着剤充填工法ならびに樹脂・ゴムの専門メーカーとして培った知見を活かして、電池周りの部品の小型化・軽量化に取り組み、車の性能向上に貢献していく。

謝辞

本開発にご支援・ご指導いただいたトヨタ自動車株式会社をはじめ、関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

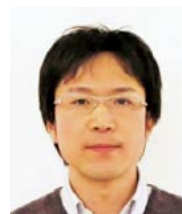
著者



草場幸助



辰己善亮



中村祥宜



横井孝明



本郷博昭

遮音性向上オープニングトリム WS

熊本崇史^{*1}, 清水康広^{*2}

Opening Trim WS with Improved Sound Insulation

Takashi Kumamoto^{*1}, Yasuhiro Shimizu^{*2}

1. はじめに

近年、EV/FCEV 化が進むことによりエンジン音がなくなり、ロードノイズ・風切り音が目立つため、車室内の静粛性が強く求められている。音の侵入防止の役割も担うウェザーストリップ製品においても遮音性を向上させる必要がある。

高速走行時のサイドドアパネルの吸い出されにより、ドアパネルからオープニングトリム WS が離れること（シール切れ）で NV 性能が低下することがわかった。この高速走行時の遮音性をオープニングトリム WS により向上させた製品を開発・量産化したのでその概要について紹介する（図-1）。

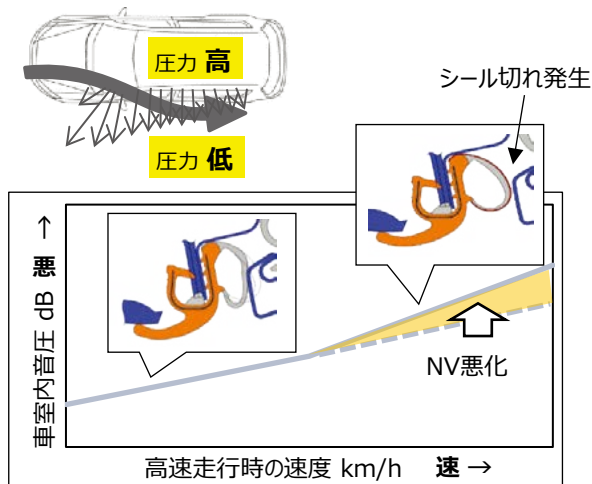


図-1 高速走行時の遮音性

2. 製品概要

オープニングトリム WS とは、車体側のドア開口部に取り付けるシール部品で、その主な機能は、下記の通りである。

- 1) 遮音性：車体とドアの間の音を遮断
 - 2) ドア開閉性：スムーズにドア開閉ができる
 - 3) 意匠性：内装部品等の周辺部品との隙がない
- 図-2 に装着部位を示す。



図-2 装着部位

3. 製品の特長

3-1. 開発の狙い

オープニングトリム WS により、遮音性向上を達成するための断面形状を図-3 に示す。従来の断面形状に対し、中空部の高さ（ドアへのラップ量）を増やすことで、高速走行時でもシール切れの起こらない製品とした。

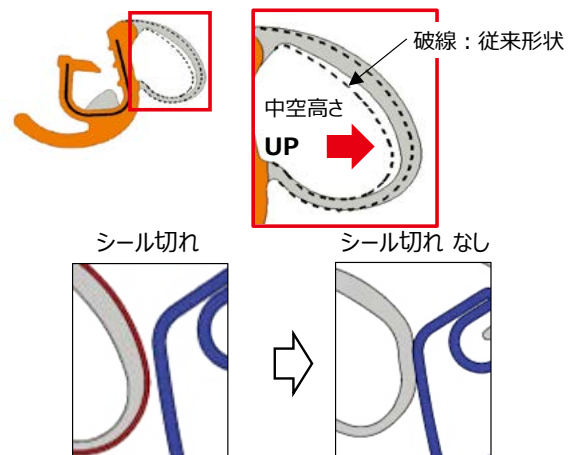


図-3 遮音性向上断面

*1 WS 技術部 WS 第1技術室

*2 WS 技術部 WS 開発室

3-2. 設計のポイント

オープニングトリム WSの主な機能のひとつにドアの開閉をスムーズに行うことがあるが、中空部のラップ量を増加させることで中空荷重が増加することによるドア閉まり性の悪化という背反要件を両立する必要がある(図-4)。

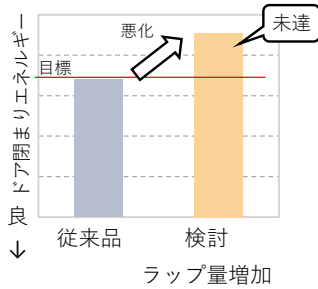


図-4 ドア閉まり性

ドア閉まり性を悪化させずに中空部のラップ量を増加させるという要求項目を達成するために、中空部のソリッド被膜を廃止し、耐摩耗性能に優れた表面処理を採用した(図-5)。

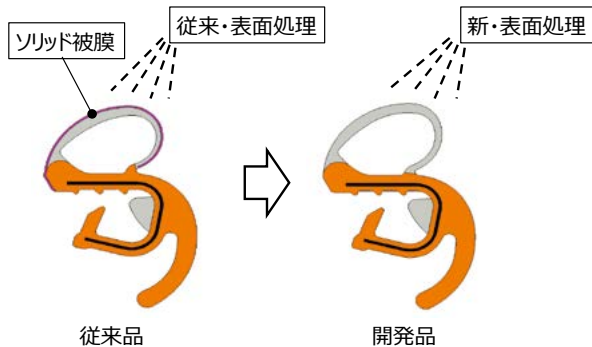


図-5 断面仕様

表面処理をより高耐久化する場合、単に硬い成分を配合すればよいというわけではなく、異音防止性や、塗料の混ざりムラや塗装時の厚みのバラツキなど、背反する製品性能と生産性の両立が重要となる。今回、塗膜の配合設計において実験計画法を用いた検証を行い、塗膜硬度と原材料の配合を最適化することで目標値を満足する表面処理剤を開発した。

ドア閉まり性を悪化させないという要求項目を達成するために、ソリッド被膜廃止と表面処理開発の実現により、中空部のラップ量を増加しつつ、ドア閉まり性、耐摩耗性の目標を達成した(図-6)。

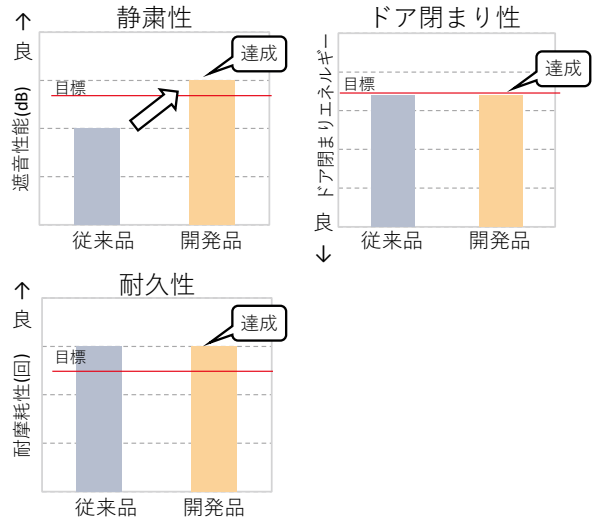


図-6 性能目標達成状況

4. おわりに

今回紹介したオープニングトリム WSは、21年11月に量産化されました。本製品の開発にご支援、ご指導いただいたトヨタ自動車株式会社、トヨタ自動車九州株式会社、並びに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

著 者



熊本崇史



清水康広

WS 製品向け材料の MI 活用による開発の迅速化

野崎 勉^{*1}, 菊池 暁^{*2}

Utilization of MI to Speed Up Material Development for WS Products

Tsutomu Nozaki^{*1}, Akira Kikuchi^{*2}

要旨

近年、2050年カーボンニュートラルなど地球環境保護への関心の高まりを背景に試作レスでの材料設計の必要性は急速に高まってきている。また、材料メーカーの相次ぐ事業撤退や事業縮小などの影響によりポリマーの総生産量も減少傾向にあるため、状況に合わせて限られたポリマーを柔軟に切り替えることも必要になっている。

しかし、現行技術ではトライ&エラーの試作検討を必要とするため切替に膨大な工数や材料ロスが発生することが課題になっている。

本論文では独自の技術によりポリマーの特性を正確に把握し、切替が容易にできるポリマーの組み合わせを算出することにより、シミュレーションによる材料設計精度を向上した。

それにより材料設計リードタイムの短縮、試作ロスの低減を実現した。

Abstract

The need for material design without prototyping has been rapidly increasing in recent years, due to the growing interest in protecting the global environment, such as carbon neutrality by 2050. In addition, the total production volume of polymers is on a downward trend due to the effects of successive business withdrawals or downsizings by material manufacturers, so it has become necessary to switch flexibly among a limited number of polymers according to the situation.

However, the current technology requires trial-and-error prototyping studies, which leads to the problem of a huge number of man-hours and material loss when switching polymers.

In this paper, we improved the accuracy of material design with simulation that accurately grasps the properties of polymers and calculates combinations of polymers that can be easily switched, using original technology.

As a result, we were able to shorten the material design lead time and reduce prototype losses.

1. はじめに

ゴム製品を生産するメーカーにおいて、材料を開発するため試作が必要となり、時間や材料ロスが発生している。図-1に示すように豊田合成では材料DXによりこのロスを低減するための取り組みを実施しており、2021年に確立された加硫シミュレーション¹⁾、本論文で報告するポリマー特性予測技術、さらに発展させた様々なシミュレーション技術を用いることで完全試作レスを目標として技術開発をしている。

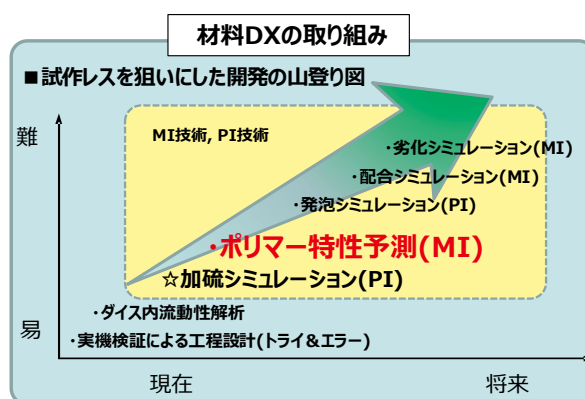


図-1 豊田合成の材料DXの取り組み

*1 材料技術部 ゴム材料技術室

*2 材料技術部 材料分析室

2. ゴム材料設計の改善

2-1. WS 製品について

ウェザーストリップ（以下 WS）は豊田合成の主力製品の一つであり、自動車のドアや窓の隙間をシールし、外部から雨風、騒音の侵入を防ぐ役割がある製品であり、弾性、クッション性、耐候性などの性質が必要なため複数のゴム材料を組み合わせて機能を確保している（図-2）。

またその性質から多くの場合に EPDM ゴムを使用し、その使用量は豊田合成全体の約 90% を占める。

多くの WS 製品が押出成形により製造され、複雑な断面形状を精度よく再現する必要があるため、使用する材料については完成製品の特性を満足するだけでなく、安定して加工しやすい材料であることも要求される。

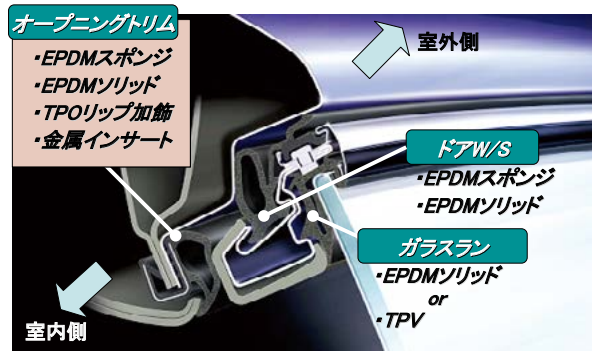


図-2 WS 製品

2-2. EPDM について

エチレン・プロピレンゴムの略称であり、ポリエチレンの結晶性をプロピレンの共重合で乱すことによりゴム弾性を発現させた合成ゴムである。

エチレン、プロピレン、ジエン（ENB）の3成分で構成される（図-3）。

ポリマー主鎖内に2重結合を有しないため優れた耐熱性、耐候性、耐オゾン性の性質を持ち、豊田合成ではWS事業本部を中心に様々な製品群で使用されている。

ポリマーを特徴付ける情報として一般的にはムーニー粘度、ジエン（ENB）含有量、エチレン含有量などがある。

エチレン（E）／プロピレン（P）／ジエン（D）の共重合体

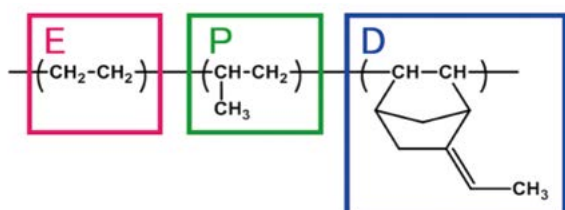


図-3 EPDM 組成

2-3. ゴム配合設計について

ゴム材料は配合の中核となるゴムポリマーと補強剤としてのカーボンブラック、製品として加工するために添加するオイルや助剤、架橋構造を形成するためのイオウ、加硫促進剤など様々な原材料をミキサーでせん断をかけながら混ぜ合わせることでコンパウンドと呼ばれる材料を製造しさらに加熱することにより、加硫ゴムとなる（図-4）。

加硫ゴムの特性は各原材料の種類や比率、分散状態、加熱度合いなどによって決定し、シミュレーションで特性を予測することは非常に困難である。



図-4 ゴム配合の考え方

2-4. ゴム配合シミュレーションについて

グッドイヤーによりゴムの加硫反応とゴム材料が発見されて以来、身の回りに様々なゴム製品が開発され、その特性に合わせてゴム材料技術者が配合検討をしてきた。

しかしこれまでに精度の高いシミュレーションを実現できた事例はなく、過去の実測データを引用して疑似的なシミュレーションをするにとどまっている。

理由として下記のことが考えられる。

- ①基本的に固体である複数の原材料にせん断を掛けて破壊させながら分散させるため、完全に同じ原材料を使用してもミキサーのスケールや種類、プロセスによって完成品の性質が変化するため
 - ②基本的に熱に反応する架橋剤を配合しているため、製造プロセスの熱に対して敏感で、温度条件次第で異なる性質になるため
 - ③原材料特に EPDM ポリマーについてはカタログに記載されている情報が不十分で特性を正確に定量化するのが困難
- ②については加硫シミュレーションにより製品の熱履歴を制御することで解決している¹⁾。
③について問題を解決するため特に寄与度が大きい EPDM ポリマーの特性定量化とその活用について本論文で報告する。

3. 目標設定

完成品の製品特性だけでなく、加工時の特性を正確に予測することができるポリマー予測設計技術の開発により、ラボ試作回数の低減、量産試作のやり直しをなくし試作における工数と廃棄物を半減する。

4. ポリマーの特性把握

ポリマーの解析をするため以下のような代表特性を自社評価しデータを収集する。

自社測定をする理由としてはメーカー非開示の情報である、開示はされているが条件が一定ではなく比較ができない、信ぴょう性がないなどがある。

① ムーニー粘度²⁾

ポリマーの流動特性を示す指標
低いほど流動しやすい
ムーニー粘度計 100℃、125℃で測定した。

② エチレン量³⁾

結晶化度に関わる指標
高いほど樹脂に近い特性になり
熱依存が大きい
ガスクロマトグラフィーにて定量した。

③ ジエン (ENB) 量⁴⁾

架橋成分の量を表す指標
高いほど架橋基を形成しやすいため
加硫が早く、架橋密度が高い
ガスクロマトグラフィーにて定量した。

5. ポリマーシミュレーション技術

5-1. 測定項目

サンプルは数十種類の EPDM ポリマーを準備した。各サンプルについて、100℃、125℃のムーニー粘度他諸特性の試験を実施し、評価したデータを用いて解析を実施した。

5-2. 解析手法

教師なしデータの分類手法の一つである主成分分析 (PCA) で類似性を可視化した。しかし、PCA では類似性の定量評価ができない。そこで、現行材とブレンド代替材の 5-1 で評価した解析データの差が小さくなる、組み合わせを算出するために、制約条件付き最適化問題におけるラグランジュの未定乗数法を採用した。評価関数は二乗平均平方根誤差 (RMSE) を用いた。

5-3. 解析結果

現行材 A において、一置換の代替材の選定を行う。5-1 で評価した解析データに関して、PCA を実施した。

その結果、図-5 に示すように、代替材 B と類似性が高いことが分かった。次に類似性の定量評価、すなわち一致度を算出するために、ラグランジュの未定乗数法より、RMSE を求めた。現行材 A と類似性が低い代替材 C の一致度を 0% とすると、代替材 B の一致度は 98.5% と算出される。

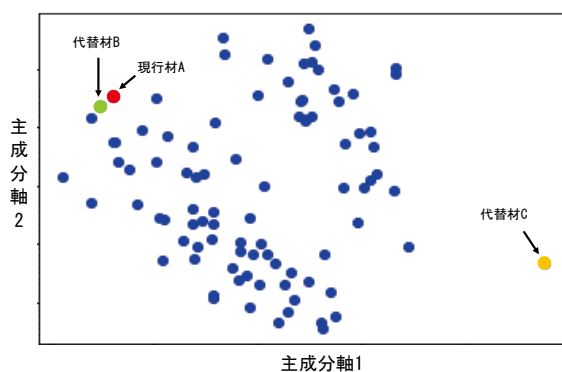


図-5 主成分分析

6. 活用事例

6-1. 予測精度の検証

実際に使用している配合系にて解析上の類似度と実際の特性が近いかどうかを検証した。

表-1 検証試験結果

| | 現行 | 検討① | 検討② | 検討③ |
|-----------|------|------|------|------|
| 一致度 (%) | — | 72.5 | 98.5 | 81.4 |
| Mv (-) | 33.6 | 29.8 | 33.3 | 35.8 |
| t5 (min) | 2.9 | 3.1 | 3 | 3 |
| 比重 (-) | 0.59 | 0.59 | 0.61 | 0.69 |
| σ25 (kPa) | 242 | 210 | 246 | 279 |
| 押出加工 | ○ | × | ○ | △ |

表-1 に示すように基本物性 (Mv, t5, 比重, σ25, 押出加工) の項目で現行材との差を検証した。

結果として一致度が高いポリマーほど材料特性の一致度が高く、精度が検証できた。

6-2. 実材料への活用

本技術を実際に量産しているゴム材料のポリマー置換の事例に応用した。

机上の計算のみで代替ポリマー候補の絞り込みが可能になったことで結果として検討工数を半減できた。

7. まとめ

ポリマーの様々な特性を正確に把握し、それらの特性を同時に解析することで容易にポリマーを代替できるシミュレーション技術の開発ができた。

本技術の活用により廃棄物の低減およびトリアル工数、排出 CO₂ の低減が見込まれる。

今後は他の配合薬品や加硫反応、発泡反応のシミュレーション技術を積み重ねることにより、ゴム配合から試作まで完全試作レスにすることを目標として開発を進める。

謝辞

本技術の開発に関わる全ての関係者に厚くお礼申し上げます。

ゴム配合を机上の計算で効率化する試み実用レベルで使用することは非常に難しく困難な事も多くありましたが、皆様の努力により何とか実現することができました。

これも実際にゴム材料を扱う技術者と解析を専門とする技術者が領域を超えて協力することで成しえることができた成果だと思えます。

今後は本技術を発展させることでさらに高度なシミュレーション技術を構築し、試作レスによる工数低減さらには CO₂ 低減により地球環境保護にも貢献できるように尽力していきたいと思えます。

参考文献

- 1) 小田原仁ら, 豊田合成技報, Vol63 (2021) 19
- 2) ASTM D1646, ゴム粘度, 応力緩和, および予備加硫特性の標準試験法 (2019)
- 3) ASTM D3900, Standard Test Methods for Rubber (2021)
- 4) ASTM D6047, エチレン - プロピレン - ジエン (EPDM) ターポリマーにおけるゴムの標準試験法 (2021)

著 者



野崎 勉



菊池 暁

ゴム革新架橋技術の開発

赤堀真之^{*1}, 平田宏治^{*1}, 小山靖人^{*2}

Development of Innovative Rubber Cross-Linking Technology

Naoyuki Akahori^{*1}, Koji Hirata^{*1}, Yasuhito Koyama^{*2}

要旨

脱炭素社会の実現に向けたCO₂削減の取り組みとして、ゴム合成における架橋反応に着目し、その省エネルギー化を目指した低温反応を検討した。その結果、架橋温度を従来よりも最大で50%低温化する架橋剤を見出した。さらに、試作した架橋ゴムサンプルの架橋密度は従来よりも高架橋密度を示す。本技術により強靱な架橋構造を有するゴム製品を提供できる可能性がある。

Abstract

To reduce CO₂ emissions and contribute to the realization of a decarbonized society, we focused on the cross-linking reactions in rubber synthesis and investigated low-temperature reactions to save energy. We found a cross-linking agent that reduces the reaction temperature by up to 50% compared to conventional agents. Furthermore, the crosslink density of the prototype sample shows a higher crosslink density than that of conventional samples. This technology has the potential to provide rubber products with a strong cross-linked structure.

1. はじめに

近年、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーに代表される脱炭素社会に向けた取り組みが世界規模で進められており、工場から排出されるCO₂の削減は、自動車部品を製造販売する豊田合成においても喫緊の課題である。このような状況下、豊田合成ではグループ総力を結集した取り組みが進められており、この中でもゴム製品に関わるCO₂排出量は全体の無視できないレベルとなっている。

本報告ではゴム製造プロセスにおけるCO₂削減を目指し、従来の硫黄架橋から革新的にCO₂排出を削減することが可能な新規架橋剤の開発とその材料物性について報告する。

なお、本内容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（NEDO）の助成事業の一環として、富山県立大学の小山教授との共同研究により実施した内容である（2022年12月現在）。

2. ゴムの特徴と構造

私たちの生活に欠かすことのできないゴム。このゴム材料の特徴は「容易に変形し、かつ元の形状に戻る（弾性）」「エネルギーを吸収し熱に変換する（粘性）」といったユニークな特性を併せもつ粘弾性体であり、自動車部品や民生用途など様々な分野で広く使われている材料である。図-1に示すゴム製品において、自動車部品においては「シール部品であるウエザストリップ」「フレキシブルに動くホース」などを豊田合成では生産している。一方、民生用途においては輪ゴム、シューズ、ゴム手袋、カテーテルなど、様々な製品に使われ、必要不可欠な素材である。

このゴムの「軽さと軟らかさ」はゴムが高分子材料であることに起因するものであり「丈夫さと復元力」は、図-2に示すように高分子間に架橋と言う化学反応を起こさせることで発現する特性である。

*1 新価値開発部 新価値探索室

*2 富山県立大学 工学部 医薬品工学科 教授

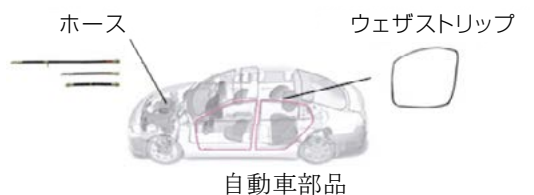


図-1 ゴム製品イメージ

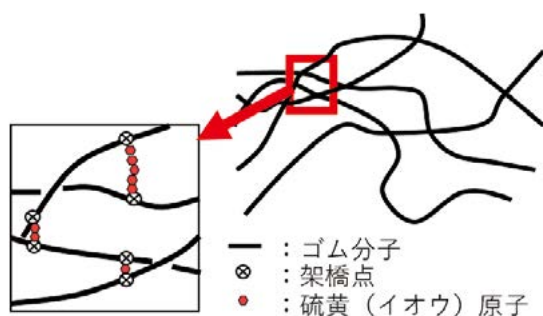


図-2 ゴム架橋構造イメージ

3. ゴム製造におけるCO₂排出量

2018年の世界の天然ゴム、合成ゴム出荷量は、それぞれ1387万トン、1526万トンであり¹⁾、国内のゴム出荷量は129万トンであった²⁾。前述の通りユニークな特性を持つ材料であるために他の材料での代替が難しく、今後もゴム製品の市場は長期的にも大きな規模を保つと予想される。

ゴム製品を製造する時には、「練生地」と呼ばれるゴム配合物を作製してから成形・加硫を行うことが一般的である。従って、ゴム製品開発は練生地配合を設定することから始まる。現在は、硫黄または過酸化合物架橋をベースにゴムポリマー種、カーボン、オイルや各種の架橋助剤を組み合わせることで練生地配合を設定している。

ここでゴム製造におけるCO₂排出低減について試算したい。一般的なゴム押し出し製造ラインとして、豊田合成における代表的なゴム製造ラインの架橋工程を例にとる。図-3にそのブロック図を示す。

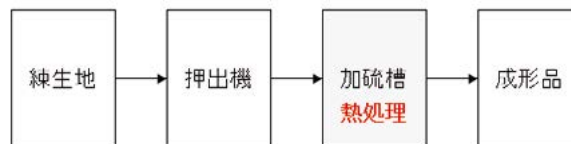


図-3 ゴム製造のブロック図

図より、練生地と呼ばれる材料ゴムを押出機に投入し、連続的に押出成形しつつ加硫槽で熱処理する。従来架橋では約200℃の槽で熱処理を要している。もし仮に100℃の熱処理で架橋する新規技術を開発すれば、ゴム材料1トン当たりの加硫工程に必要なエネルギー量をおよそ50%に低減できると見積もることができる。この低減エネルギー量を簡易的な手法でCO₂削減効果に換算すると0.14トンであり、さらに国内外のゴム出荷量である約3,000万トン/年に対し、全体の85%を実効生産量に置き換えと仮定すると、概算においても効果量は約360万トン/年となり、非常に大きなCO₂削減効果が期待されることとなる。本試算について表-1に効果をまとめたので参照されたい。

表-1 CO₂削減期待効果まとめ

| | 国内 | 国外 |
|---------------------------------|--------|---------|
| ゴム生産量 | 129万トン | 2913万トン |
| 実効生産量(85%と仮定) | 110万トン | 2470万トン |
| ゴム材料1トン当たりのCO ₂ 削減効果 | 0.14トン | |
| CO ₂ 削減量 | 360万トン | |

上記の試算を踏まえ、本研究では、低温で架橋させるゴム革新架橋技術を開発し、ゴム製造プロセスの省エネルギー化によるCO₂削減に寄与することを目指した。

4. ゴム製造の低温化における課題

先にも述べたように、従来架橋である硫黄架橋、過酸化合物架橋は共に約200℃といった高温長時間の加熱処理を要する。これを100℃に低温化するためには、その温度で反応する低温架橋技術の確立が課題となる。低温架橋の候補としてはクリック架橋、チオール架橋、ヒドロシリコン架橋などが挙げられるが、本研究では物性強度とコストの点で優位である、クリック架橋を基本指針としてアプローチした。

4-1. クリック架橋

クリック反応は有機合成分野(医療品など)で実績があり、およそ100℃程度で化学結合できるポテンシャルを有している(図-4)。このクリッ

ク反応による架橋のメリットは次の3点である。

- 1) 高効率にゴム分子を結合するため、消費エネルギーを低減できる
- 2) 無触媒で架橋反応するため加硫促進剤等の添加物を必要としない
- 3) 副生成物が出ないため、低臭気・低VOC・金型等への汚染度が低い



図-4 クリック架橋のイメージ

4-2. 架橋剤候補化合物

今回のクリック架橋剤の探索においては既知の化合物を中心に合成し、その架橋性能評価を実施した。過去文献³⁾の情報も踏まえつつ、適切な化学構造について議論し、下記1)～3)系統の検討用化合物を複数合成し架橋性能の評価を実施した。

- 1) ニトリルオキシド系化合物
特徴：ニトリルオキシド基を二つ有するため架橋反応可能
- 2) フロキサソ系化合物
特徴：ゴムと混合後に加熱により開環する
- 3) ニトロ系化合物
特徴：ニトリルオキシド基よりも安定なニトロ基を二つ有する

5. 実験および評価結果

架橋剤に求められる基本機能は「ポリマーの間に橋かけ構造を形成すること」である。未架橋EPDMポリマーはトルエンに溶解するが、架橋EPDMポリマーはトルエンに不溶である。架橋密度が $1.00 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ 程度であれば、架橋ゴムはトルエン浸漬で膨潤するものの、元の形から等方的に膨潤し、膨潤状態でも形状が崩れることなく、溶媒留去でもとの形状に戻る。このことから実験において $1.00 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ 以上の架橋密度が得られれば、「ゴムは架橋した」と定義した。

5-1. Coranの膨潤投影法

今回の実験における架橋剤候補化合物の合成は1g程度のラボスケールであり、架橋剤もミリグラムオーダーの少量となる。このような微量の架橋剤での架橋効果のみを評価するために関連文献^{4),5)}を参照し、微小切片での溶媒膨潤について

図-5に示す所定の手順を定めた。本手法によればゴムの収縮と、溶媒によるゴム膨潤の釣り合いによりシートの面積が変化する。もちろん良好な架橋状態であれば、その変化は小さくなる。

- 1) ポリマー (EPDM) と架橋剤のみを液相混合と架橋し、薄膜 (50 μm 厚) シートを作製する。
- 2) 薄膜シートから微小切片を切り出して、溶媒膨潤試験を行う。

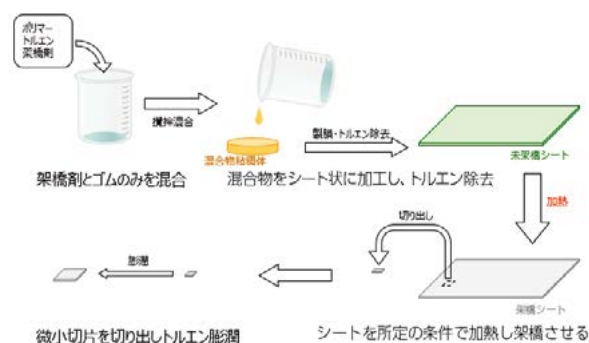


図-5 評価法の模式図

上記の試験において良好な結果を得られた、ニトリルオキシド系化合物の架橋品による外観写真を図-6-1に示す。比較対象として硫黄架橋によるサンプルも同時に示している(図-6-2)。図より、架橋反応による強靱なゴム分子の化学結合により、サンプルが溶解せず、その形状を維持していることが分かる。ここで強調すべき点は、面積膨張率から算出した架橋密度において硫黄架橋品は $5.3 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ なのに対し、新架橋品は $7.3 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ と、より高密度な架橋状態を達成していることである。

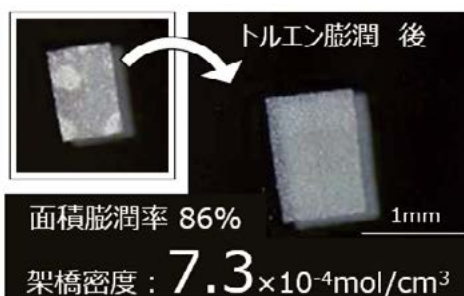


図-6-1 新架橋品の膨潤試験結果

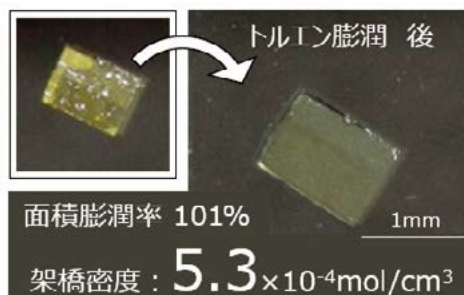


図-6-2 硫黄架橋品の膨潤試験結果

5-2. 引張試験

合成した架橋剤を用いて、JIS_K6395 相当の EPDM 配合物を作製し実際に架橋ゴムシートを作製し、JIS K6251 に準拠して引張試験を実施した。図-7 に試験結果を示す。

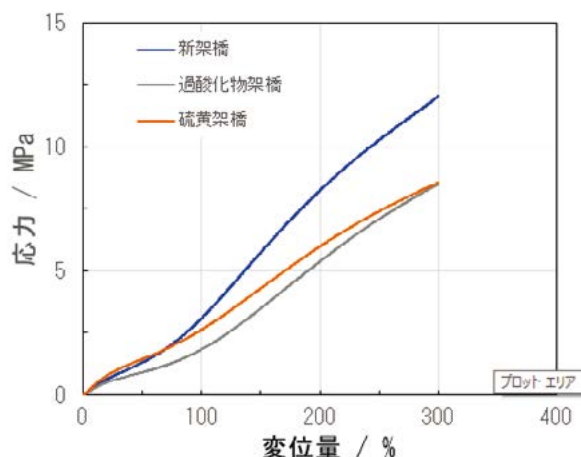


図-7 作製したゴムシートの引張試験結果

図より、同じゴム変位量での応力を比較すると、新架橋剤により作製したシートが従来架橋品よりも大きな応力を示している。これは膨潤試験による架橋密度の結果と一致しており、本手法が強靱なゴム架橋構造を形成する可能性がある。

6. おわりに

本報告では我々の開発したゴム製造プロセスにおける CO₂ 排出量を大幅に削減する、低温架橋（クリック架橋）技術について述べた。本技術によれば、従来架橋に比べ、架橋温度を最大で 50% に低温化できる。さらに、本技術により試作したサンプルの架橋密度は、硫黄架橋による密度を上回る特性を示し、品質改善への寄与を示唆する知見についても確認した。

今後はラボスケールである本技術のスケールアップを検討し、生産技術確認および量産レベルへの高度化と共に、ゴム製品製造における CO₂ 削減と品質向上を両立した製造プロセスの実現を目指していきたい。

参考文献

- 1) 国際ゴム協会 (IRSG) 統計
<https://www.gomutimes.co.jp>
- 2) 日本ゴム工業会 低炭素社会実行計画フォローアップ調査
<https://www.rubber.or.jp>
- 3) 高分子論文集, Vol. 68, No. 4, pp. 147-159 (2011)
- 4) 中内秀雄, 日本ゴム協会誌 63(7), 440(1990)
- 5) Coran, A. Y.: R.C.T. 37, 668 (1964)

著者



赤堀真之



平田宏治



小山靖人

UVC-LED による空調機向け抗ウイルスダクトに関する研究

和田 聡^{*1}, 上條隆明^{*1}

UVC-LED Antiviral Ducts for Air Conditioners

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

要旨

全世界的な新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の広がりも影響し、ウイルスや細菌を不活化する深紫外線（UVC）光源を用いた装置のニーズが高まっている。特に不特定多数が利用する小部屋等の感染リスクの高い空間において、天井隠蔽型エアコンのダクト途中に UVC 光源を配置し、通過ウイルスを不活化する UV デバイスが有効であると考え、開発を進めている。ダクト内を通過するウイルスに対して、ダクト内流路、LED 配置方法について、効果的な形態を導出するため、シミュレーション及び実機での検証を行ったので、結果を報告する。

Abstract

The global spread of the novel coronavirus disease (COVID-19) has affected the world, and the need for devices using deep ultraviolet (UVC) light sources that inactivate viruses and bacteria is increasing. We are developing a UV device that inactivates passing viruses by placing a UVC light source in the middle a ceiling-concealed air conditioner duct in spaces with a high risk of infection, such as small rooms used by unspecified large numbers of people. In order to derive effective forms for the flow path and method of arranging the LEDs in the duct with respect to the virus passing through the duct, simulations and verification with an actual machine were performed. The results are reported herein.

1. はじめに

近年流行している新型コロナウイルス感染症（COVID-19）などに対する感染症の低減対策として、空調機内へ深紫外光を配置することで、感染源を含む空気を除菌できることが数々の研究で報告されている。特に室内では循環式空調機によりエアロゾルが拡散するため、室内循環によるエアロゾル拡散を防止することが重要となる。

今回、天井隠蔽型エアコンなどへ汎用的に使用できることを考慮し、ダクトの途中へ組込み可能な UVC を用いた抗ウイルスダクトを考案、検証を実施した。

本稿では、効果の高い形状、LED 配置などをシミュレーション及び実測での検証をしたため、その検証結果を報告する。

2. UV 光による不活化効果

2-1. 不活化のメカニズム

不活化作用は、生物中の核酸（DNA, RNA）

の紫外線吸収により発現します。核酸の光吸収のしやすさ（吸光度）は光の波長によって変化し、280nm 以下の UVC 領域で高まる（図-1）。ウイルス、細菌内部の核酸が紫外線吸収し、DNA や RNA が損傷することにより、不活化すると考えられている（図-2）。

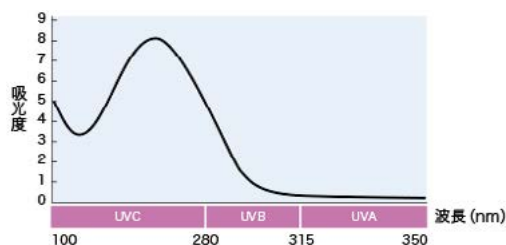


図-1 核酸（DNA, RNA）の分光吸光度

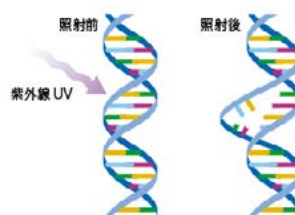


図-2 核酸（DNA, RNA）の損傷イメージ図

*1 ライフソリューション第1技術部

2-2. 不活化能力の算出

紫外線の不活化は、菌の種類、温度や湿度などの環境条件によって変わるが、積算線量 (mJ/cm²) は、放射照度 E と照射時間 t の積 (式-1) によってあらわせる。

$$\begin{aligned} \text{積算線量 (mJ/cm}^2\text{)} \\ = \text{放射照度 E (mW/cm}^2\text{)} \times \text{照射時間 t (秒)} \\ \text{(式-1)} \end{aligned}$$

3. UV-LED 配置と風流れ検討

3-1. 目標設定

目標性能として、新型コロナウイルスがダクト内を通過したときの不活化率を 99% と設定した。本性能を達成するのに必要な積算線量 (以下、有効殺菌線量) を 5mJ/cm²¹⁾ とした。

3-2. シミュレーション条件

ダクトへの設置を想定し、UV デバイスの寸法を、断面 400 × 400mm (内寸法)、長さ 1000mm、流量を 300m³/h と設定した。UVC-LED は出力 90mW、波長 275nm、配光角 35 度を使用し、UVC-LED は 36 個搭載した。ダクト内は UVC 光を効率よく反射する材料とし、反射率 92% を想定した。

表-1 に UV デバイスの形状タイプを示す。Type1 は、風向と平行に UV 光を照射し、ダクト側面から流入及び流出し、ダクト内は UV 光と平行になる気流とした。Type2 は、ダクト内風向が UV 光に対し斜めになるようにした。Type3 はダクトに対して平行な風向とし、UV 光が直交するように LED を配置した。

表-1 解析モデル

| 水準 | モデル図 |
|-------|------|
| Type1 | |
| Type2 | |
| Type3 | |

3-3. シミュレーション結果

表-2 に各水準の流速分布、表-3 に有効殺菌線量分布を示す。分布データから得られた流速及び有効殺菌線量について、図-3 に流速の最大、平均、図-4 に有効殺菌線量の最大、最小、平均を示す。

表-2 解析結果 (流速分布)

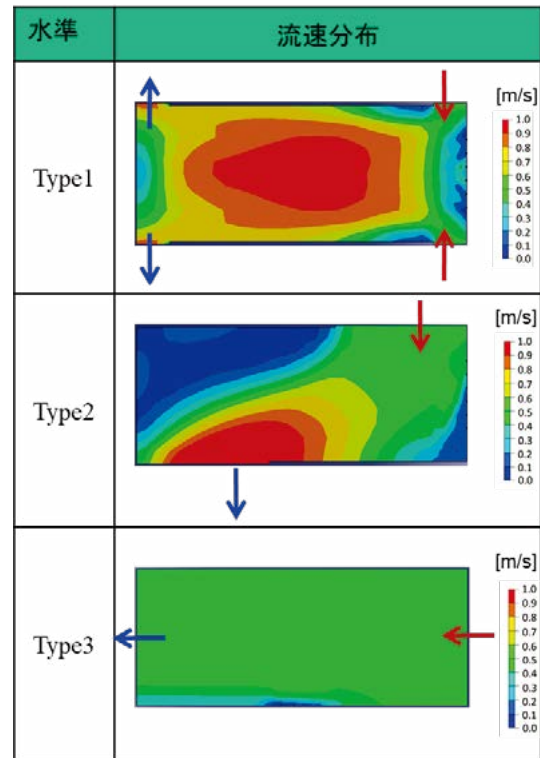
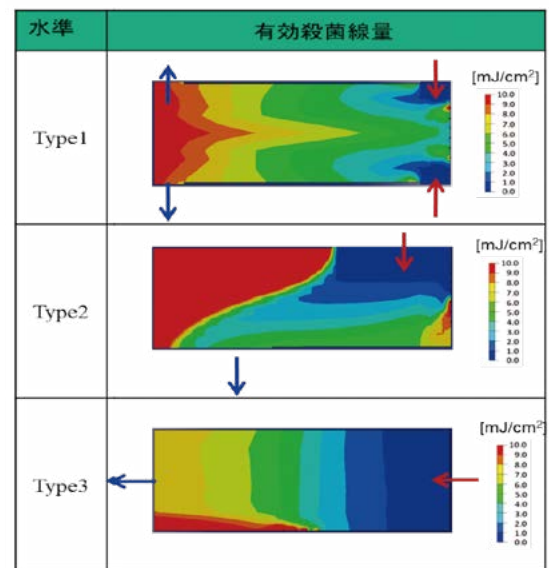


表-3 解析結果 (有効殺菌線量分布)



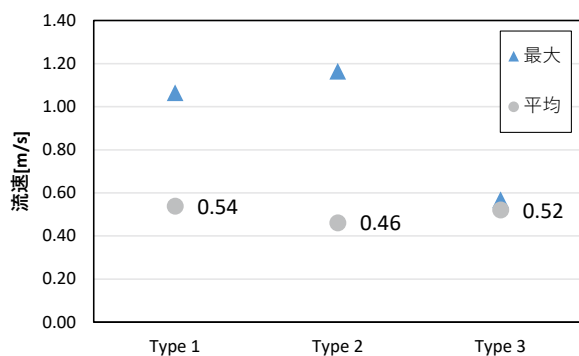


図-3 流速結果

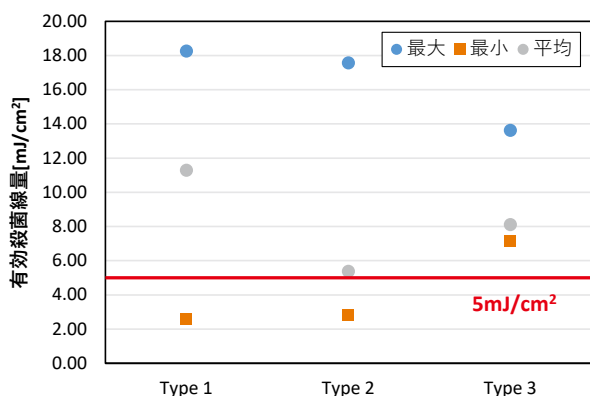


図-4 有効殺菌線量結果

図-4より、Type1は有効殺菌線量の最大値が最も大きい結果となった。UV光の光軸上にも反射面があり、反射した光も有効に利用できる光閉じ込め構造になっているためと考える。一方で、最小値が目標の5mJ/cm²を下回る結果となった。ダクト中央部を通過する空気は十分なUV照射を受けるが、壁面近くを流れる空気は照射時間が短く、UV光の照射時間が不足したと考える。

Type2もType1と同様に有効殺菌線量の最大値は高いが、最低値が5mJ/cm²を下回り、平均も3水準の中で最も低くなった。表-3のType2分布より、空気のおどみが発生していることがわかる。光照射時間が短い空気と長い空気が流出したため、本結果になったと考える。

Type3は最大と最小の差が最も狭く、最低値も5mJ/cm²を上回る結果となった。空気の流れと光照射がともに安定しており、バラつきが少ない結果になったと考える。

本結果より、Type3をベースとした構造で、効果実証を行う。

4. 縮小モデルによる効果実証

4-1. モデル概要と妥当性検証

実証試験を実施するにあたり、試験室の大きさに合わせ、1/8サイズの縮小モデルを製作した。

図-5に縮小モデルの概略図、表-4にType3と縮小モデルのスペックを示す。縮小モデルのスペックは、照度と流速の関係から設定した。比較のため、シミュレーションを実施した結果を図-6に示す。本結果より、縮小したことによるダクト内流速低下の影響が若干みられるが影響は小さく、縮小モデルは妥当であることを確認した。

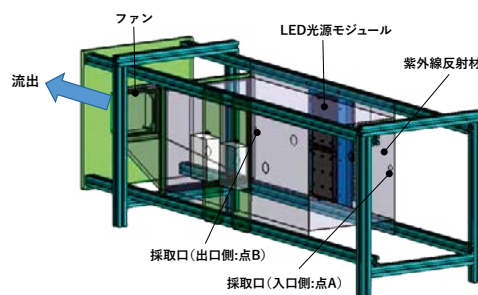


図-5 縮小モデル図

表-4 モデルスペック比較

| 項目 | Type3 | 縮小モデル |
|------------------------|-------|-------|
| 流量 [m ³ /h] | 300 | 37.5 |
| 流速 [m/s] | 0.52 | 0.26 |
| 長さ [mm] | 1000 | 500 |
| 断面積 [m ²] | 0.16 | 0.04 |
| LED 総出力 [W] | 3.24 | 0.8 |
| LED 個数 [個] | 36 | 18 |

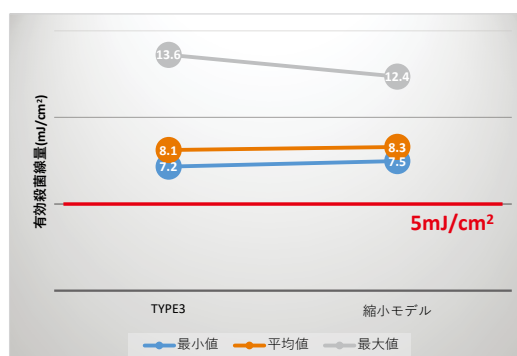


図-6 縮小モデル妥当性シミュレーション結果

4-2. 空間除菌試験条件

縮小モデルの不活化効果検証を行うため、35m³実大空間にて空間除菌試験を実施した。空間除菌の試験概略図を図-7に示す。試験には、指標菌として乳酸菌を使用した。本乳酸菌と新型コロナウイルスの不活化に必要な紫外線積算量の関係より、新型コロナウイルスでの不活化率を導出した。

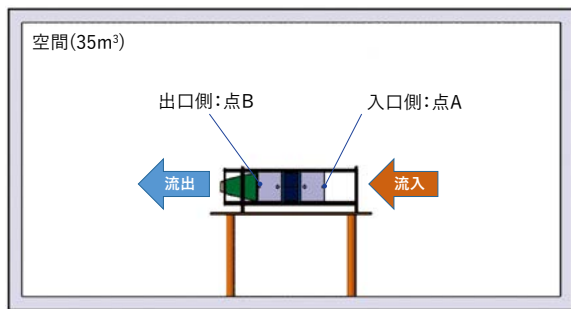


図-7 実大空間と試験設置イメージ

試験は、乳酸菌を含む希釈液を試験室内に噴霧、拡散させたのち、試験装置を動作し、乳酸菌を含む空気を入口側：点Aと出口側：点Bから吸引し、培養評価し菌数（CFU）をカウントし効果を求めた。

4-3. 空間除菌試験結果

本試験結果を表-5に示す。入口側：点Aの乳酸菌数は18CFUで、出口側：点Bは0CFUで乳酸菌は検出されず、UV照射による不活化効果が実証された。0CFUは1CFUとして不活化率を算出し、94.4%の効果があることがわかった。乳酸菌の不活化率を元に新型コロナウイルスへ換算すると99%以上となり、目標を達成することができた。

表-5 空間除菌試験結果

| 各地点の乳酸菌数 | | 不活化率 |
|----------|--------|-------|
| 入口側：点A | 出口側：点B | |
| 18CFU | 0CFU | 94.4% |



新型コロナウイルス換算で、不活化率99%以上

※乳酸菌の不活化に関する有効殺菌線量
(14mJ/cm²で99.9%不活化)

5. まとめ

天井隠蔽型エアコンのダクト途中にUVデバイスを設置する方式にて、ダクト構造、UVデバイス配置に対して効果検証を実施した。本検討により、Type3構造にて有効殺菌線量が5mJ/cm²を超えることを確認した。

縮小モデルを製作し、実測による効果検証を行い、新型コロナウイルスで99%以上の不活化率が得られることを確認した。

今後も技術検討を継続実施し、より高効率かつ小型化することを目標とし、開発を推進する。

謝辞

本稿に掲載された深紫外LEDを用いた抗ウイルスダクト開発は、環境省の「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」の援助を受けておこなった。

プロジェクト運営をいただいている環境省、名城大学 竹内先生、東京大学 小熊先生、並びに開発にご協力いただいているライフソリューション第1技術部のスタッフ一同に、この場を借りて改めて感謝いたします。

参考文献

- 1) Yoshiki Saito, "Efficiency improvement of AlGaIn-based deep ultraviolet light-emitting diodes and their virus inactivation application", Japanese Journal of Applied Physics 60, 202
- 2) 和田ら, 豊田合成技報, Vol.63,P66 (2021)
- 3) 中村ら, "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" (2022 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文)

著者



和田 聡



上條 隆明

製品開発に向けたドライビングシミュレータ活用

高谷久士^{*1}

Utilization of Driving Simulators for Product Development

Hisashi Takaya^{*1}

1. はじめに

近年、CASE や MaaS といった言葉に象徴されるように、自動車に求められる機能や性能が多様化している。豊田合成の製品である内装品やハンドルもそれらのニーズに応えるため、様々な車両走行時における評価を実施してデータを取得することが必要不可欠である。

今回、車両の挙動を再現し実車に近い状態でデータを収集できるドライビングシミュレータを導入したので紹介する。

2. ドライビングシミュレータ概要

導入したドライビングシミュレータのシステム構成と特徴を説明する。図-1 に示す通り 85 インチ液晶モニター、6 軸可動モーションベース、コックピットの他に制御用 PC や制御盤が組み込まれたワークステーションから構成されている。更にシステムを構成している各装置は運搬ができるように設計されているため、社内の他拠点や顧客の事業所など社外でのプレゼンテーションを行うことができる。

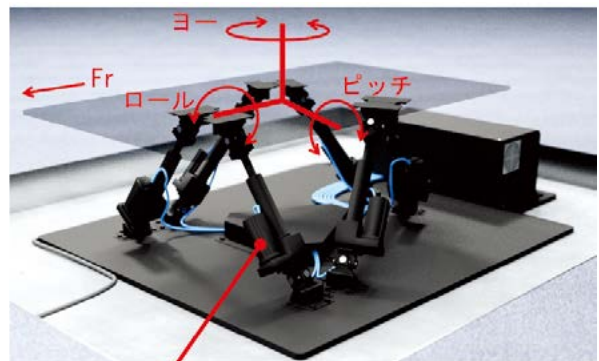
コックピット 85インチモニター (3面)



6軸可動モーションベース

図-1 システム構成

車両の挙動を再現する 6 軸可動モーションベースは、図-2 に示す通り小型の電動アクチュエータが 6 か所に配置されており、車両のピッチ・ロール・ヨーの動作を高い応答性で再現することが可能である。



(出所) 株式会社 電通国際情報サービス提供

小型電動アクチュエータ (6 か所)

図-2 6軸可動モーションベース

ワークステーションには、豊田合成の製品開発に適した制御モデルやプログラムが組み込まれている。CAN・LIN 通信に対応して電子部品の動作を実車装着状態と同じように制御することができるほか、路面やコース、シーンを開発の目的別にカスタマイズすることができる。

3. 製品開発への活用

ドライビングシミュレータに豊田合成が手掛ける内装品やハンドルを装着し、コックピットを再現することで実車に近い運転状態を模擬することが可能である。そのため、ドライバーの運転操作や生体情報を計測・分析し、最適な製品配置や形状の提案につなげていくことができる (図-3)。更に製品だけではなく、車両側の制御とも組み合わせ開発ができる環境も構築しており、システム全体の提案も可能としている。

*1 性能実験部 予測技術室

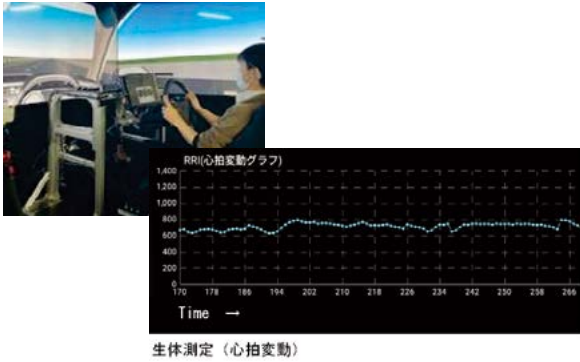


図-3 計測の様子と生体測定データ

ドライビングシミュレータで収集したデータの一例を図-4に示す。この事例は開発品評価のため、実車では危険をともなう歩行者の飛び出しを模擬して、ドライバーのブレーキ反応時間・ハンドル操作を計測したものである。走行シーンや6軸モーションベースの制御は豊田合成の製品開発に適した独自の改良を加えて評価を実施している。こうして収集したデータを積み重ね、次世代の安心・安全を提供できる内装品やハンドル開発に役立てていく。



ドライバー目線の画像

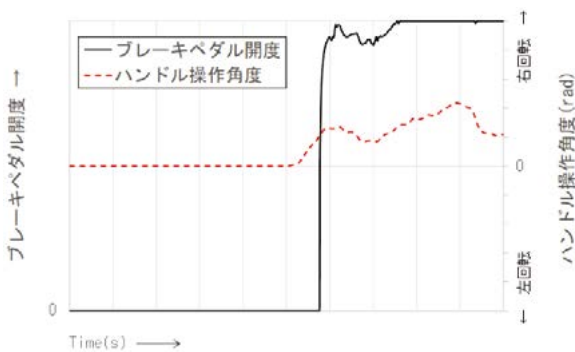


図-4 収集したデータの一例

4. おわりに

今回、導入したドライビングシミュレータを活用して製品の機能・性能向上を図り、魅力ある製品をお客様に届けていく。

今後はVR技術を取り入れて試作品の削減による環境負荷の低減、開発期間の短縮を目指すと共に運転時の没入感を高めて更に質の高い評価が実施できるシステム構築を進めていく予定である。

最後にドライビングシミュレータ導入に際し、多大なご支援とご指導をいただきました設備メーカーの皆様へ厚く感謝の意を表します。

著 者



高谷久士

AI 活用による自動検査技術

魚住正樹^{*1}

Automatic Inspection Technology Using AI

Masaki Uozumi^{*1}

1. はじめに

豊田合成では生産性向上を目的に工場の自動化を進めている。特に「検査の自動化」は深刻化する労働力不足の解消に繋がることから、生産現場では非常にニーズが高い。

近年では、様々なAIプログラムのオープンソース化が加速しており、内製でのAI開発の難易度が下がっている。

本稿では、豊田合成社内で開発したAI検査システムについて紹介する。

2. 対象製品

対象製品である燃料チューブは、燃料タンクからエンジンへ燃料を供給するものである(図-1)。樹脂チューブの周りをゴム製のプロテクタで覆い、その両端にコネクタを有する構成となっている。量産工程では、樹脂チューブに金属のコネクタを挿入した後、挿入状態の良否を判別するため目視検査を行っている。



図-1 燃料チューブ

3. 問題

現在行っている目視検査の自動化を検討する中で、カメラ画像による検査を検討したが、検査箇所がプロテクタで覆われているため、直接撮影できないという問題があった。また、プロテクタ越しであっても、撮影が可能なX線カメラも検討したが、非常に高額なため導入を見送った。

4. 対策方針

製品仕様上、画像検査は困難と考え、今回はコネクタ挿入時の荷重に着目した。良品と不良の荷重波形に明確な差があるため、荷重波形から製品の良否判別が可能と判断した。

一方で、本工程では良品波形に多少のばらつきがある(図-2)。そのため、例えば、ピーク値をしきい値管理するなどの、単純な方法では判別が困難である。加えて、不良がほとんど発生しない工程であることから、良品と不良のしきい値を設定することも困難である。そのため、活用するAIは、良品波形の多少のばらつきを許容でき、かつ不良データが全くない状態でも学習が可能なAE(Auto Encoder)¹⁾を選択し、挿入荷重から良否判別する検査技術の開発を行った。

AEを用いた検査システムは図-3に示す通りで、既存設備へ容易に追加できることをコンセプトに設計を行った。設備に取り付けられたセンサから挿入荷重を受け取り、AE検査システムで良否判別を行い、設備に結果を返す方式とした。

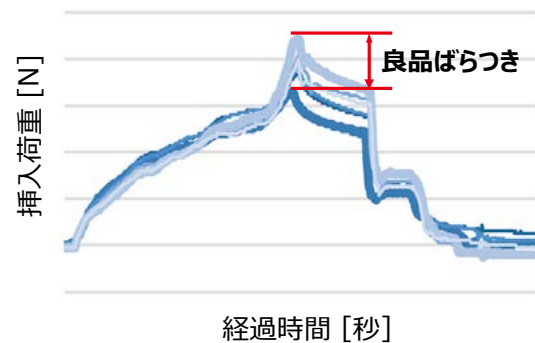


図-2 良品波形ばらつき

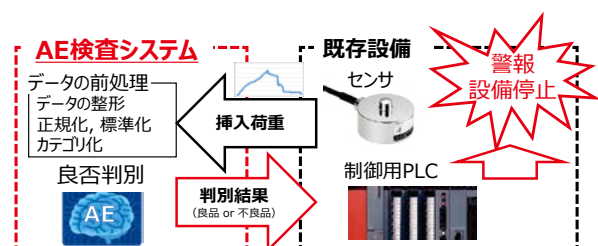


図-3 AEによる検査システム

*1 生産技術統括部 IoT 推進室

5. 対策実施

5-1. モデル作成

AE の構築には大量の良品データが必要になる。そこで量産工程で得られた良品データを学習させ汎化能力（未知データを正しく判別できる能力）の向上を目指した。

不良の見逃し防止・過剰判別抑制のため1つのAEで波形全体を見て良否判別するのではなく、技術的な知見から波形の見るべき範囲を決め、その範囲ごとにAEを作成し、各AEの判別結果から良否判別する仕様とした（図-4）。全てのAEが良品と判別した場合のみ判別結果を「良品」とし、AEが1つでも不良と判別した場合は、判別結果を「不良」とすることとした（図-5）。

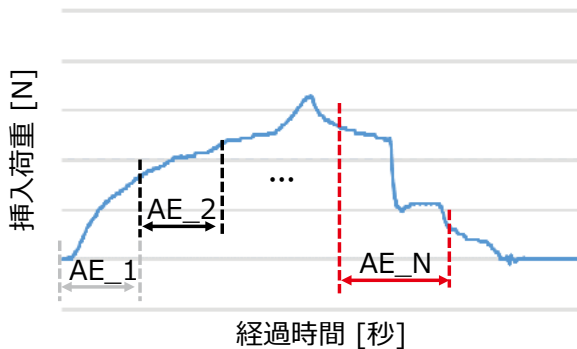


図-4 波形とAE区間の分割

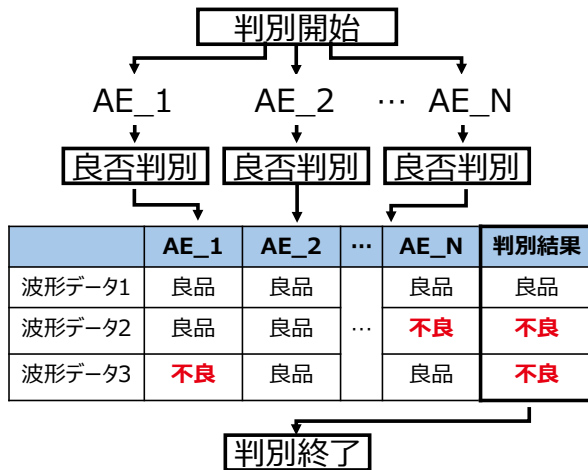


図-5 良否判別方式

5-2. 評価

AEによる判別精度の評価結果を表-1に示す。判別精度を確認するため、20個の不良データを用意した。

若干の過剰判別はあるものの、不良の見逃しはないことが確認できた。

表-1 良否判別結果

| 良品: 720 不良: 20 | | AI判別結果 | |
|-------------------|----|-------------|-----------|
| | | 良品 | 不良 |
| 人検査結果 | 良品 | 715 | 5 過剰判別 |
| | 不良 | 0 不良の見逃し | 20 |

6. まとめ

本稿では、豊田合成社内で技術確立をしたAI検査システムの紹介を行った。AI技術の確立は完了したため、今後更なる過剰判別の抑制を行い、量産工程への導入・類似工程への横展を進めていく。

参考文献

- 1) François Chollet, 「PythonとKerasによるディープラーニング」, マイナビ出版, 2018 P97, P245-282

著者



魚住正樹

離型解析技術確立

村瀬太基^{*1}, 上野拓哉^{*1}, 住井敦弘^{*1}, 加藤涼一郎^{*1}

Establishment of Demolding Simulation Technology

Taiki Murase^{*1}, Takuya Ueno^{*1}, Atsuhiro Sumii^{*1}, Ryoichiro Kato^{*1}

1. はじめに

射出成形のプロセスとして、型内に高温の樹脂を流し込む“充填”，圧力をかけ押し込む“保圧”，冷やして固める“冷却”，型を開く“型開き”，型から離す“離型”がある（図-1）。

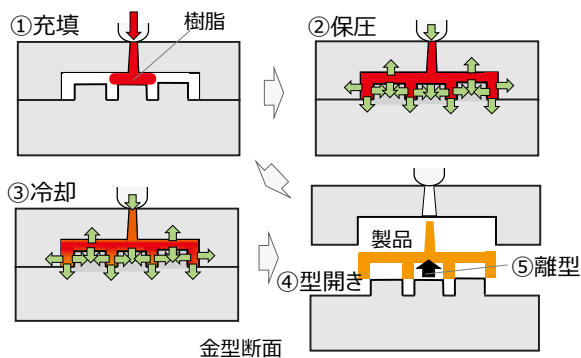


図-1 射出成型のプロセス

その中の離型プロセスにおいて、離型時の製品挙動が定量値化されていないため、離型機構の配置は過去の経験をもとに行っており、離型不良が発生していた。

そこでCAEにより離型時の製品挙動を忠実に再現し、高精度な離型予測のための解析技術を確立したことで離型不良を低減した事例について紹介する。

2. 離型不良の実態と問題点

離型プロセスでは、離型機構で製品を押し上げることで製品を金型から離している（図-2）。

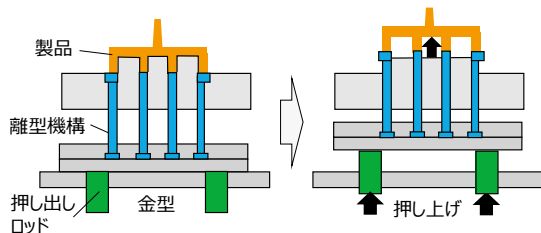


図-2 離型プロセスのイメージ図

この時、離型機構の配置を誤ると製品の一部分が金型側に取りられた状態で押し上げられ、白化、変形などの不良が発生する（図-3）。現状は離型時の製品挙動が予測できないため、過去の金型を参考に離型機構を配置しており、その判断を誤ると離型不良が発生する。そこでCAEを活用し、離型時の製品挙動を予測することで離型不良を防止することに取り組んだ。

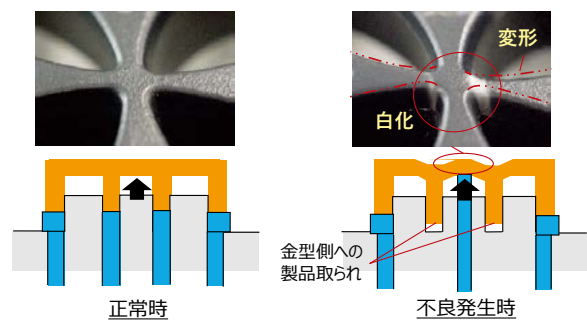


図-3 離型不良の説明

3. CAEによる離型挙動の再現

今回用いたCAEソフトはダイカストの離型解析を想定したものであり、射出成形での離型解析に取り組んだ事例はほとんどないため、ダイカストでの離型解析手法を参考に解析を行った。

離型時の製品挙動の予測には、押し出し量と離型抵抗との関係を捉える必要があると考え、まずはCAEにて、図-4に示す製品の金型モデルに配置した離型機構①～⑧にかかる離型抵抗を予測した（図-5）。

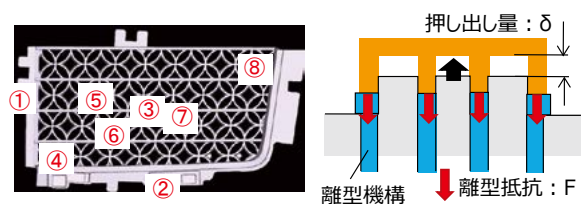


図-4 離型抵抗測定部位

*1 モールド事業統括部 金型技術室

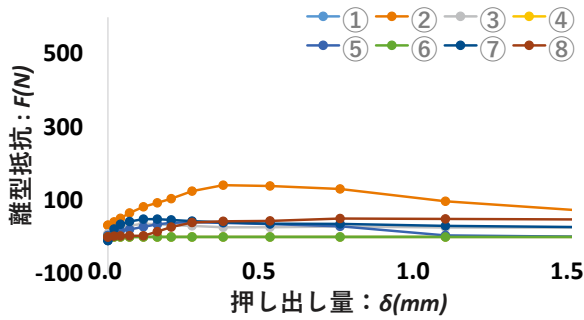


図-5 離型抵抗 CAE 予測結果

次に実際の金型で成形して離型抵抗を実測し、同様の観察を行った (図-6)。

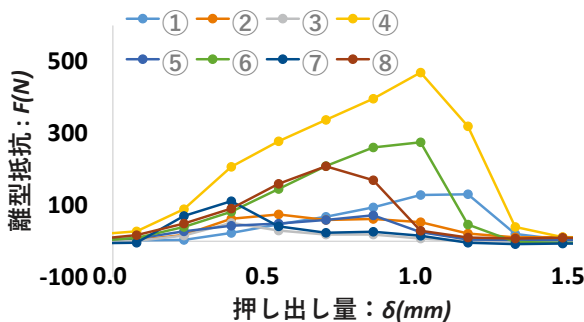


図-6 離型抵抗実測結果

両者の離型抵抗を比較すると、予測と実測は大きく乖離していることがわかる。具体的には、予測結果ではほとんどの離型抵抗のピーク値が50N以下と低いのに対し、実測結果では④で460N、⑥、⑧においても100N以上の比較的高いピーク値となっており、これらはピークのタイミングも遅い。

この結果から、CAE 予測の際に再現されていないプロセスがある可能性が高いと考え、CAE 手法を調査した。

4. CAE 予測精度向上の取り組み

CAE において射出成形の各プロセスが再現されているかを調査してみると、保圧プロセスが再現されていないことが判明した (図-7)。そこで離型に対する保圧プロセスの寄与度を把握するために、実際に成形を行い、保圧と離型抵抗との関係を観察したところ、保圧の増加に伴い離型抵抗が急増する結果となり、関連性が高いことが分かった (図-8)。

| 射出成形プロセス | 充填 | 保圧 | 冷却 | 型開き | 離型 |
|----------|----|----|----|-----|----|
| CAE 再現状況 | ○ | × | ○ | ○ | ○ |

図-7 CAE における各プロセスの再現状況

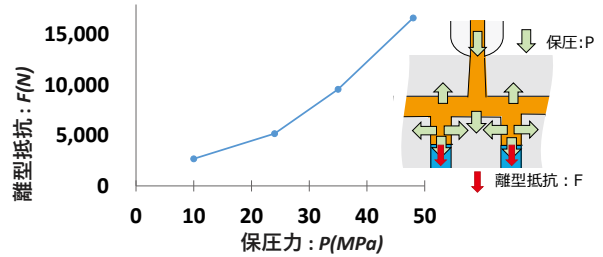


図-8 保圧力と離型抵抗の関係

この結果より、CAE での予測精度向上のため、保圧プロセスで発生する力の再現を試みた。

5. 検証

保圧プロセスを再現した CAE にて、再度押し出し量と離型抵抗との関係を予測した (図-9)。図-6 の実測結果と比較してみると、離型抵抗のピーク値と変化は実測値にかなり近い結果となり、CAE の予測精度が大幅に向上したことを確認した。

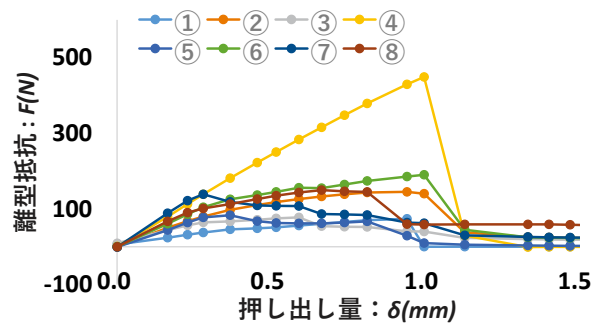


図-9 改善後の離型抵抗 CAE 予測結果

また特に離型抵抗の大きい④について、実測と CAE で保圧力を変化させたときの離型抵抗について図-10 に示す。予測 CAE の結果は、保圧力の増加に伴い離型抵抗のピーク値は増加し、タイミングは遅くなることがわかり、実測とかなり近いことが確認できる。

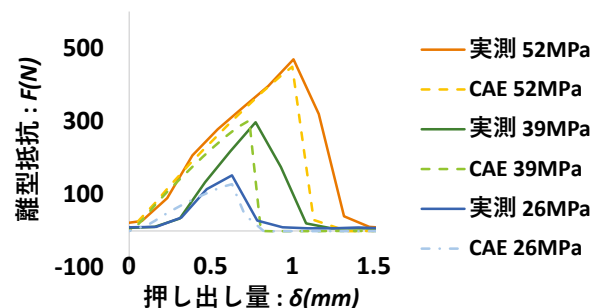


図-10 保圧力と離型抵抗の関係

6. おわりに

保圧プロセスを再現することで離型解析の精度は大幅に向上し、解析導入前と比べ離型不良の発生件数は約30%低減されている。また、過剰な離型機構の削減による金型のインシヤルコスト低減にも効果が出はじめている。

しかし、現状の解析では離型不良の全ては予測できていないため、更なる精度向上が必要である。

最後に、本技術開発にあたり、ご協力いただいた方々に厚く謝意を表します。

著 者



村瀬太基



上野拓哉



住井敦弘



加藤涼一郎

塗装条件最適化による塗料歩留まりの向上

外間大介^{*1}, 子林勇平^{*1}

Improving Paint Yield by Optimizing Painting Conditions

Daisuke Hokama^{*1}, Yuhei Kobayashi^{*1}

1. はじめに

豊田合成のカーボンニュートラルに向けた取り組み（2025年に2013年比25%低減）において、工場内CO₂排出量削減（スコープ1, 2）が挙げられる。

本稿はウェザーストリップの主要製品であるドアオープニングトリムに表面処理を行うエアスプレーの塗着効率を向上し、塗装時の塗料ロス低減に取り組んだ事例について紹介する。

2. 製品概要

オープニングトリムは車両ドア開口部に装着され、製品機能としてはシール性、遮音性の他に意匠性が求められる製品となっており、シール部に滑り性を付与するために表面処理（塗装）を実施している（図-1）。

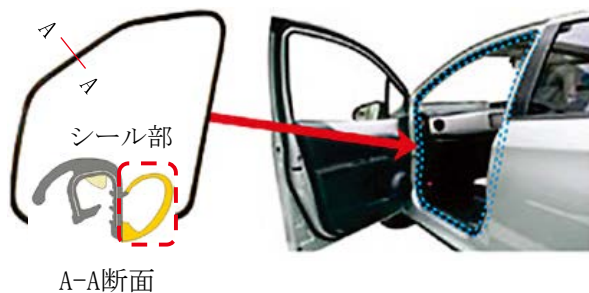
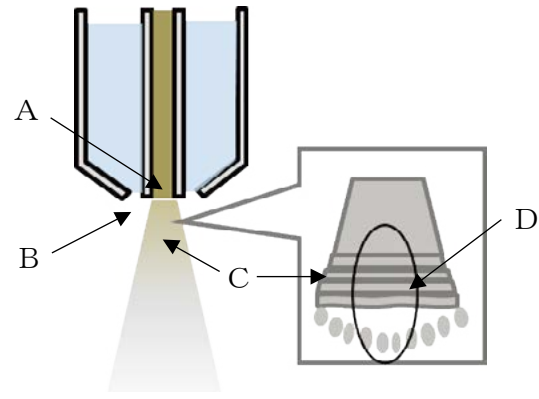


図-1 オープニングトリム

3. 塗装の特長

一般的なエアスプレーガンの構造を図-2に示す。圧縮エアによりノズルから吐出される塗液には高い圧力がかかり、高速で静止した空気に衝突する。そのとき塗液は空気抵抗により分裂・低速化し、霧状となり、塗液はスプレーガンから離れるほど広がる。



A: ノズル B: エアースリット
C: 塗液 D: 空気との衝突による霧化
図-2 一般的なスプレーガン構造

3-1. 課題

塗装膜厚を確保するためには、製品サイズに対しスプレー幅を広くする必要があり、背反として製品外へ飛散する塗料が多くなる。このことから塗装膜厚を保ちつつスプレー幅を狭くする必要がある（図-3）。

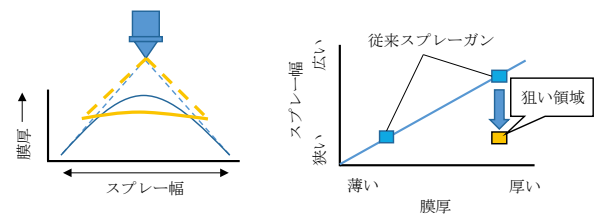


図-3 膜厚とスプレー幅の関係と狙い領域

3-2. スプレー幅の最適化

今回の取り組みでは上記課題に対しハード側（スプレーガン）の開発とソフト側（条件面）の最適化で従来にない領域での塗装技術を開発した。

3-3. ハード側対策（スプレーガン）

エアースリット開口量と流路の形状を工夫し、豊田合成オリジナル仕様の狭幅で均一膜厚で塗布できる塗装ガンを確立した。

*1 WS生産技術部 WS生技開発室

3-4. ソフト側対策（条件面）

スプレー幅と膜厚に影響をあたえる条件の予測はつづが、それぞれの寄与度はよくわかっていなかった。

今回は、SQC手法を用いて寄与の明確化を実施した。

目的変数、説明変数は以下の表のとおりである。

応答局面解析の結果を図-4に示す。水準Aはスプレー幅で極地をもつことがわかる。水準Cは塗装幅、膜厚に寄与がある。水準Bはスプレー幅と膜厚で逆相関となることがわかった。

| 目的変数名 | 重相関係数 | 寄与率 R ² | R ^{*2} | R ^{**2} |
|-------|---------|--------------------|-----------------|------------------|
| 塗装幅 | 0.891 | 0.794 | 0.691 | 0.6 |
| | 残差自由度 | 残差標準偏差 | | |
| | 10 | 2.415 | | |
| 説明変数名 | 分散比 | P値(上側) | 偏回帰係数 | トレランス |
| 定数項 | 6.8199 | 0.024 | -25.433 | |
| 水準 A | 1.0976 | 0.317 | 0.032 | 1 |
| 水準 B | 19.8256 | 0.001 | 68 | 1 |
| 水準 C | 1.0976 | 0.317 | 0.032 | 1 |

| 目的変数名 | 重相関係数 | 寄与率 R ² | R ^{*2} | R ^{**2} |
|-------|--------|--------------------|-----------------|------------------|
| 膜厚 | 0.758 | 0.574 | 0.362 | 0.174 |
| | 残差自由度 | 残差標準偏差 | | |
| | 10 | 0.585 | | |
| 説明変数名 | 分散比 | P値(上側) | 偏回帰係数 | トレランス |
| 定数項 | 7.9013 | 0.018 | 6.608 | |
| 水準 A | 0.7486 | 0.407 | -0.006 | 1 |
| 水準 B | 0.0198 | 0.891 | 0.52 | 1 |
| 水準 C | 4.1341 | 0.069 | -0.015 | 1 |

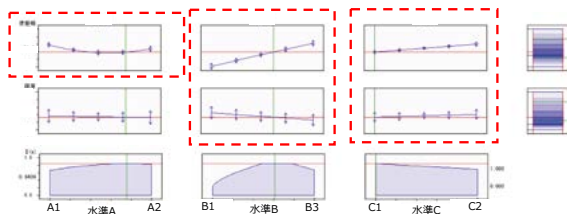


図-4 応答局面法の最適グラフ

4. 効果の確認

今回のスプレーガンと条件設定を製品に適用したところ、スプレー幅を狭くしつつ膜厚を確保することができ、塗料効率が大幅に向上した(図-5)。また、解析結果から得られる回帰式により狙いの塗装幅、膜厚が変化した場合にも容易に最適条件を求めることができ、今後の新製品に対する条件設定期間の大幅な短縮が期待できる。

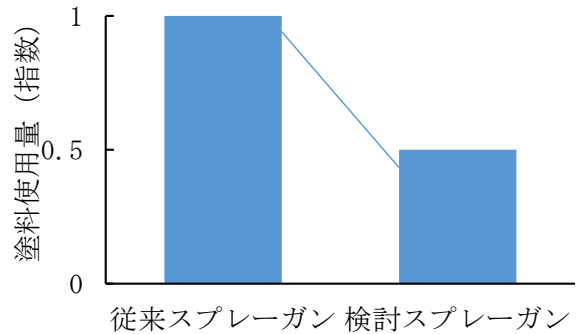


図-5 塗料ロス改善

5. おわりに

今回の開発を通じて塗着効率の向上だけでなく、条件設定の標準化、大幅な期間短縮を実現できた。今後は国内外の工程へ展開をしていく。

著者



外間大介



子林勇平

めっき工程へのシミュレーション技術応用

金川拓也^{*1}

Application of Simulation Technology to Plating Process

Takuya Kanagawa^{*1}

1. はじめに

豊田合成では自動車部品であるめっき製品を図-1のように湿式めっきの製造プロセスで生産している。また顧客ニーズからニッケル、クロムめっきの組み合わせで様々なめっき加飾を生産しており、①新加飾生産、②生産性の向上（ハイサイクル化）を実施する際、工程内32台の搬送機を効率的に動作させ、目標CTを満足する搬送プログラム開発が必要となる。

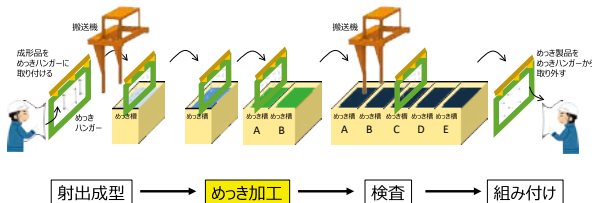


図-1 めっき製品の製造プロセス

搬送プログラム開発において45万通りある搬送機の動作性やめっき処理時間、搬送機CTが良品条件を満足しているか検証する必要がある。今回は、それらを検証するシミュレーション技術を開発したので紹介する。

2. 開発背景

現状、開発した搬送プログラムの検証やデバッグは、サイクル線図（図-2）をもとに、人力で実施する必要がある。①検証に膨大な時間がかかる、②バグの見落としによる設備停止発生などの課題があった。また、完成したプログラムのデバッグは実機動作検証しか方法がなく、実機動作検証により明らかになったプログラムバグを修正し、再検証を繰り返すといったやり直し業務の要因となっていた。

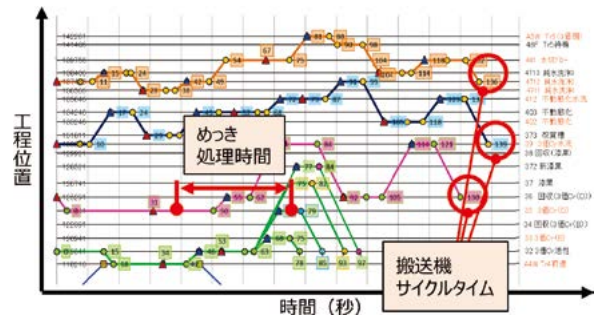


図-2 搬送機サイクル線図

これらの課題を解決するため、図-3のように搬送プログラム、生産加飾種類、運転種類などの入力情報から搬送シミュレーションを実施し、搬送機CT、めっき処理時間などの各種時間を自動算出および出力させ、実機動作検証なしで搬送プログラムの検証が可能となるシミュレーション技術の開発を行う。

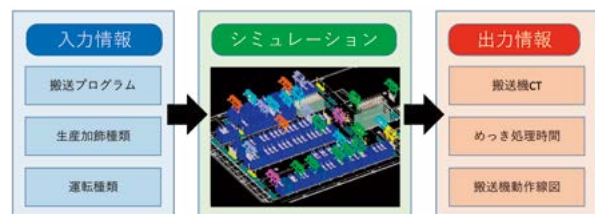


図-3 技術概要

3. 開発の取り組み

3-1. 実施内容

実機動作検証なしで搬送プログラム検証するためには、実機搬送動作と遜色ない高精度な搬送シミュレーションを開発する必要があるため、搬送機の搬送精度を向上させる取り組みを実施した。まためっき処理時間、搬送機CTは各搬送時間から決まっているので、実機と搬送時間を比較した

*1 IE 生産技術部 めっき生技室

距離別搬送時間誤差を搬送時間精度の指標とする。

従来手法であるサイクル線図から搬送時間を算出する場合、搬送時間誤差は4%程度発生している。今回は図-4の搬送機走行波形からcosを用いた数式に落としこみ、その式から導出した搬送時間導出式をシミュレーション内に組み込むことで搬送機の動作精度を向上させ、搬送時間誤差1%以内を目標とした。

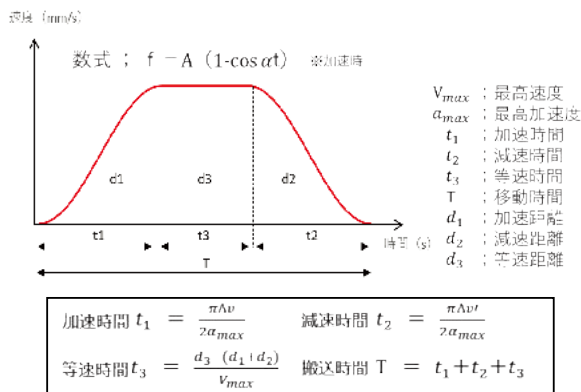


図-4 搬送機の走行波形と導出式

3-2. 検証結果

図-5に距離別搬送時間誤差率比較の図を示す。導出式から算出した搬送時間はサイクル線図から算出した搬送時間より大幅に精度が向上し、搬送時間誤差は目標の1%以内となった。

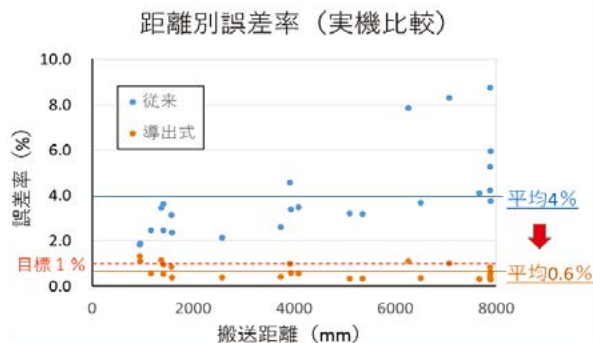


図-5 距離別誤差時間の比較

3-3. 導入効果

新加飾生産に向けてシミュレーション技術を活用し、搬送動作改造を実施したので、導入効果を表-1に記載する。

今回は従来手法の搬送動作改造Aとシミュレーション技術を活用した搬送動作改造Bで比較を実施した。表-1に記載の通り、シミュレーション技術を活用したことにより①実機動作検証レスで量産切替ができ、シミュレーション技術を活用した動作改造Bと従来手法の動作改造Aと比較をして②2ヶ月程度のL/T短縮できることを確認した。また生産後のプログラムバグによる

③設備トラブルを未然に防止することができた。

表-1 搬送動作改造L/Tの比較

搬送動作改造比較 ※同等レベルのプログラム改造で比較

| 実施項目 | N月 | N+1月 | N+2月 | N+3月 | N+4月 |
|-----------------------|----|------|------|------|------|
| 搬送動作改造 A (従来手法) | | | | | |
| 1 PRG 作成 | → | → | → | | |
| 2 線図動作検証 | → | → | → | → | → |
| 3 実機動作検証 | * | * | * | * | * |
| 4 量産切替 | | | | * | |
| 搬送動作改造 B (シミュレーション活用) | | | | | |
| 1 PRG 作成 | | | → | | |
| 2 シミュレーション動作検証 | * | * | * | * | * |
| 3 実機動作検証 | | | | | |
| 4 量産切替 | | * | | | |

L/T2ヶ月短縮

4. まとめ

本稿では、現状課題および開発したシミュレーション技術概要と導入効果について紹介した。今後は、本シミュレーション技術を活用し、顧客ニーズに対応しためっき加飾の生産をタイムリーに対応していく。

最後に、本技術の開発にあたり社内外の多くの関係者の皆様からのご支援とご協力を賜り、厚く御礼を申し上げます。

著者



金川拓也

DAB 射出成形金型の小型化

森加秀樹^{*1}

Downsizing DAB Injection Molds

Hideki Morika^{*1}

1. はじめに

豊田合成では運転席側エアバッグ（以下、DAB と呼ぶ）モジュールの構成部品であるパッドカバーを、射出成形にて生産している（図-1）。射出成形とは、熱で溶かした樹脂材料を精密な金型へ充填し、冷却固化する事で製品を得る加工方法である。

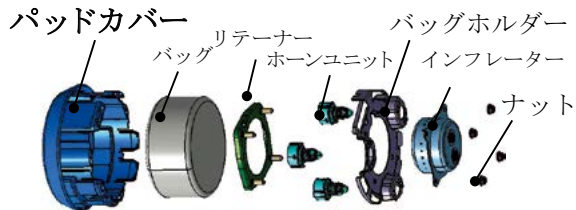


図-1 運転席エアバッグモジュール構成例

近年、自動運転技術向上・BEV 化が拡大していく中、DAB モジュールはデザイン性・視認性が求められており小型化が進んでいる。一方パッドカバーの金型は、意匠サイズに見合った小型化が進んでいないため、適正サイズの成形機で生産できていない。CN の観点から成形機サイズを適正化することが求められている（図-2）。

今回、成形機のダウンサイジング目的で、パッドカバーの金型を小型化した事例を紹介する。

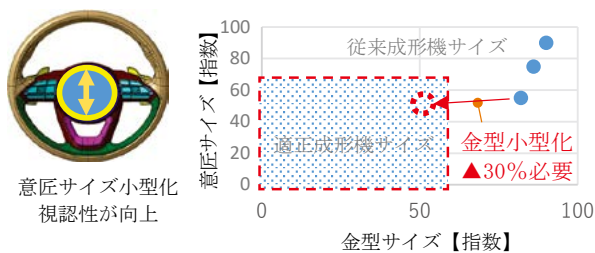


図-2 意匠サイズと金型サイズの変移

2. 金型小型化の課題

パッドカバー金型の小型化を阻害している要因は、組付けに必要な製品凸形状（以下、アンダーカット）があるためである。アンダーカットとは、製品成形時に成形品が金型に引っ掛かって取り出せない形状¹⁾ のことである（図-3）。

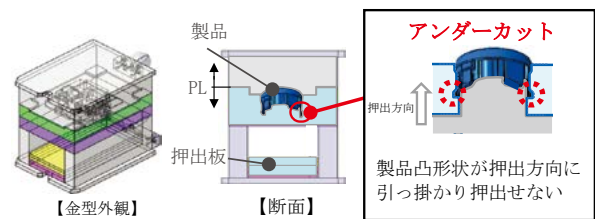


図-3 金型外観および製品アンダーカット形状

現状は製品取出し時に、アンダーカット部の干渉を逃がすためにスライド機構を採用している。この機構は製品の外側のスペースを使用するので金型サイズが大きい要因になっている。

金型小型化の課題は、金型サイズを現状から30%低減するために、製品外側スペースを使うスライド機構から製品内側のスペースを使う新機構へ置換することである（図-4）。

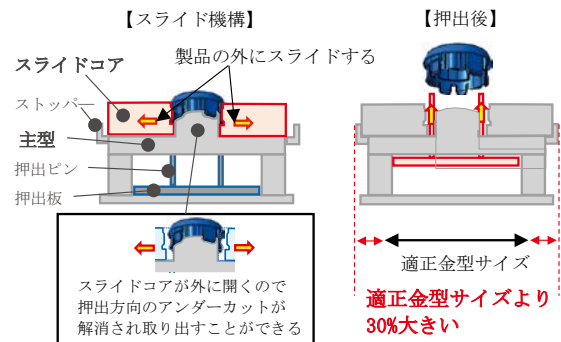


図-4 スライドコア機構と金型サイズの関係

*1 SS 生産技術部 第1 エアバッグ生技室

3. 新機構への置換

3-1. 跳ね出し機構

今回は製品内側スペースを活用するために、製品を内側に押し出す跳ね出し機構を採用した。この機構はスプリングの力でアンダーカットを製品内側へ押し出し、成形品の押出と同時に製品凸部を製品内側のスペースに変形させて脱型を可能にする機構である（図-5）。

これにより金型サイズを15%低減することができたが、目標を達成するには、跳ね出し機構の構成部品を小型化する必要がある。

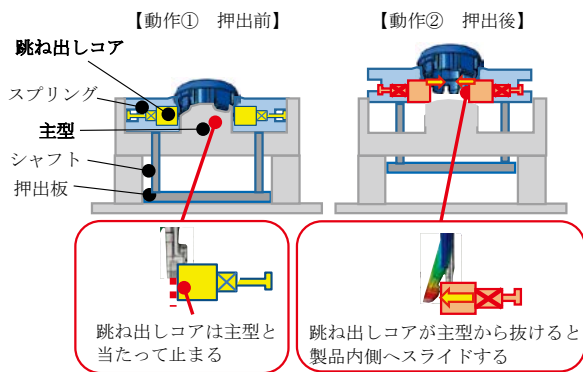


図-5 跳ね出しコアの作動イメージ

3-2. 目標達成を可能にする新機構

更なる省スペース化を狙い、スライドから回転動作による跳ね出し機構を考案した。それにより動作スペースを縮小及びブロックから板状へ構成部品を変更した（図-6）。

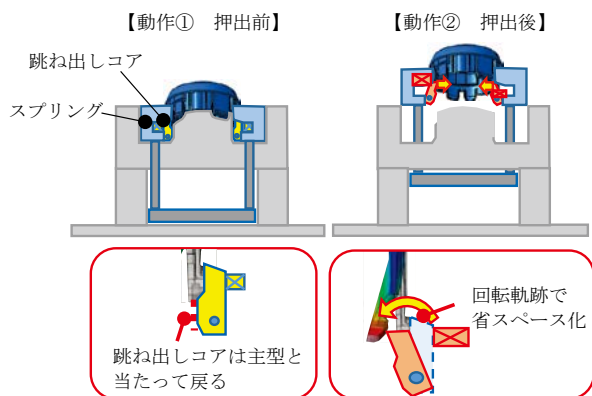


図-6 跳ね出しコアの作動イメージ

それに加え、回転動作をさせるスプリングについても小型化を図るため、成形直後の材料硬度に着目した（成形直後は高温で柔らかい）。

CAE解析により製品凸部の曲げ荷重の温度特性を見極めることで、従来のスプリング荷重よりも荷重が低い小型スプリングの選定を可能にした。その結果、従来よりも小型の跳ね出し機構にすることができた（図-7）。

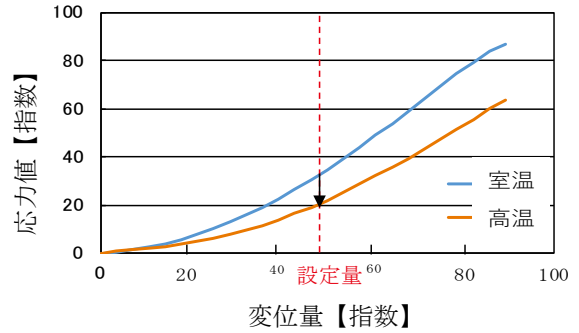


図-7 必要スプリング荷重

4. 結果

アンダーカットを処理するために配置されている金型部品を小型化し、金型サイズを従来比▲30%小型化することができた（図-8）。

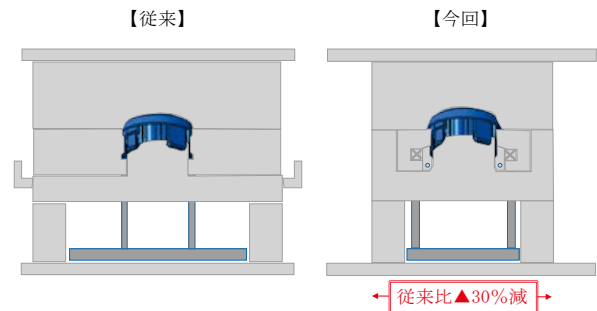


図-8 従来と今回の金型サイズ比較

5. おわりに

今回、新機構を採用することでパッドカバー金型サイズを小型化し、成形機サイズもダウンサイジングすることができた。量産にて生産性を確認した結果、現行同等の結果が得られた。

最後に、本件にご協力いただいた金型メーカー関係者、関係部署の皆様に、厚く謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 有方広洋, 射出成形加工の不良対策, 日刊工業新聞社, 2003, p21

著者



森加秀樹

超低抵抗 GaN 基板を用いた縦型 GaN パワー半導体の開発

西井潤弥^{*1}, 守山実希^{*2}

Development of Vertical GaN MOSFETs on Bulk GaN Substrates with Ultra-low Resistivity

Junya Nishii^{*1}, Miki Moriyama^{*2}

1. はじめに

令和4年4月から、環境省による『超低抵抗 GaN ウェハを用いた高効率インバータの開発・検証事業』に、パナソニック HD 株式会社、大阪大学、名古屋大学とともに参画することになった¹⁾。同プロジェクトは GaN の種結晶から始まり、電気自動車への GaN パワー半導体の実装までの全サプライチェーンを包括する大型プロジェクトで、豊田合成は Na フラックス法を用いた GaN 種結晶の育成技術開発、OVPE (Oxide Vapor Phase Epitaxy) 法を用いた超低抵抗 GaN 基板の試作、および縦型 GaN パワー半導体開発を分担する。

2. GaN 基板開発

本プロジェクトの前身ともいえる令和3年度までの環境省助成事業『GaN 技術による脱炭素社会・ライフスタイル先導イノベーション事業』では、大阪大学で開発された Na フラックス法の技術を豊田合成が所有する大型育成炉²⁾に移管し、直径6インチ超の大口径 GaN 種結晶作製を成功させた(図-1)³⁾。また、Na フラックス GaN 結晶上に HVPE (Halide Vapor Phase Epitaxy) 法で GaN を厚く再成長させて作製した基板を用いると、縦型 GaN パワーデバイスの歩留まりが大幅に改善できることも明らかになった⁴⁾。

今回のプロジェクトでは「GaN ならではの」の省エネルギー化実現を目指し、HVPE 法に代わり OVPE 法による超低抵抗 GaN (OVPE-GaN) 基板を Na フラックス種結晶上に再成長させる技術に挑戦する。次節で述べるように、超低抵抗基板は GaN パワーデバイスの性能を飛躍的に向上させるための切り札になり得るが、OVPE 法は HVPE 法よりも高温成長が必要であり、Na フラッ



図-1 Na フラックス法で育成した GaN 種結晶

クス種結晶の適用は容易ではない。豊田合成では、超低抵抗 GaN 基板の実現を加速させるべく、種結晶の大口径化や更なる高品質化といった Na フラックス法からのアプローチに加え、大阪大学、パナソニック HD と連携して Na フラックス種結晶上への OVPE 成長技術の開発にも着手する。

3. 縦型 GaN パワー半導体開発

OVPE-GaN 基板の抵抗率は $7.8 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ が報告されており⁵⁾、SiC 基板の抵抗率の 1/10、市販の HVPE 法で成長した GaN 基板に対しても 1/7 となる。

この超低抵抗性能を活かすためには、基板厚み方向に電流を流す縦型デバイス構造が適している。OVPE-GaN 基板を用いることで、パワー半導体の主要な性能であるチップ面積で規格化したオン抵抗は、図-2 に示すように絶縁破壊耐圧 ~ 2000 V 付近までの領域で $0.1 \text{ m} \Omega \text{ cm}^2$ 程度まで低減できる可能性がある。既に耐圧 1.8 kV 設計の pn ダイオードでは $0.08 \text{ m} \Omega \text{ cm}^2$ が達成されている⁵⁾。現状の豊田合成の開発品の規格化オン抵抗は $1.5 \sim 1.8 \text{ m} \Omega \text{ cm}^2$ で SiC の性能限界に近い値を示しているが OVPE-GaN 基板を用いることで更なる低抵抗化が期待できる。

*1 ライフソリューション第3技術部 パワーデバイス開発室

*2 新価値開発部 無機系開発室

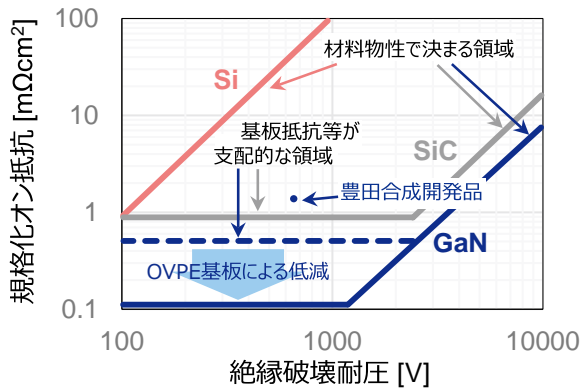


図-2 規格化オン抵抗と耐圧性能の比較

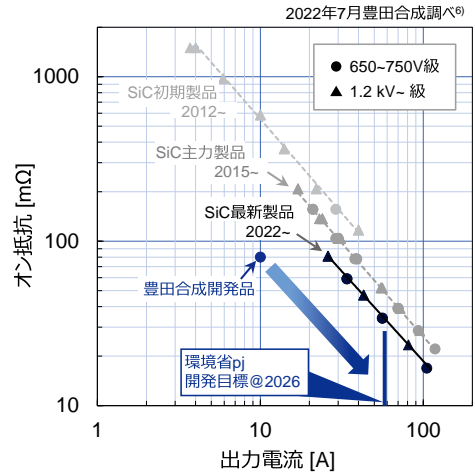


図-3 市販の SiC パワー半導体との性能比較

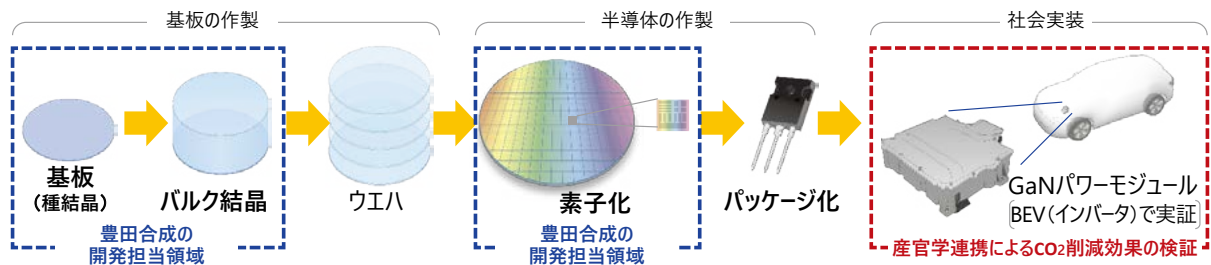


図-4 環境省プロジェクトにおける GaN パワー半導体の開発プロセス

一方で実用上のオン抵抗は市販の SiC パワー半導体に対して、現状では低いとは言えない。オン抵抗のベンチマーク (図-3) と、最近得られた開発結果を比較すると、低オン抵抗化のためには大電流化、すなわちチップ面積の大型化が必要であるとわかる。これにはデバイスプロセスの歩留り向上と基板の転位密度低減の両輪で取り組むことが必要であり、今後はチップ面積の大型化に向けてプロジェクト内での基板開発と連携して課題解決に取り組んでいく。

4. 将来展望

このプロジェクトでは、開発した縦型 GaN パワー半導体を使い、名古屋大学において電気自動車用インバータの実証を進める計画である (図-4)。これらの技術でインバータの高効率化を実現し、CO₂ 排出量低減に貢献する。

謝辞

本研究は環境省『革新的な省 CO₂ 実現のための部材 (GaN) や素材 (CNF) の社会実装・普及展開加速化事業』の委託を受けて行われた。

参考文献

- 1) <https://www.env.go.jp/press/110692.html>
- 2) 守山ら, 豊田合成技報, vol. 56, p. 61-70 (2014).
- 3) <https://www.toyoda-gosei.co.jp/news/detail/?id=1061>
- 4) <https://www.env.go.jp/press/111167.html>
- 5) J. Takino *et al.*, Appl. Phys. Express13, 071010 (2020)
- 6) SiC パワー半導体のデータシートをもとに作成

著者



西井潤弥



守山実希

融雪ミリ波エンブレムの開発

大久保雅也^{*1}，徳永星哉^{*2}，廣瀬明弘^{*3}

Development of Millimeter Wave Emblem That Snow Melting

Masaya Okubo^{*1}，Seiya Tokunaga^{*2}，Akihiro Hirose^{*3}

1. はじめに

近年，自動運転化を見据え，自動車の安全性を高めるため予防安全システムを搭載する自動車が増加している。

予防安全システムの1つとして期待されているのが，相対速度の精度かつ耐環境性に優れているミリ波レーダーである。ミリ波レーダーは，機能上フロントグリルのエンブレムの位置が最も適しているため，レーダー透過するエンブレムが求められている（図-1）。



図-1 ミリ波エンブレム

2. 製品概要

2-1. ミリ波エンブレムとは

ミリ波エンブレムの構成を図-2に示す。ミリ波エンブレムは，ミリ波透過要件により透明材で形成された意匠部と取り付け部で構成される。意匠部の裏面はデザインを表現するための形状，加飾層で形成されている。加飾層は主にクロム外観が求められるが，フロントグリルに使用されるクロムめっきではミリ波透過を悪化させるため使用できない。そのため，ミリ波を透過するIn金属膜で形成されている。

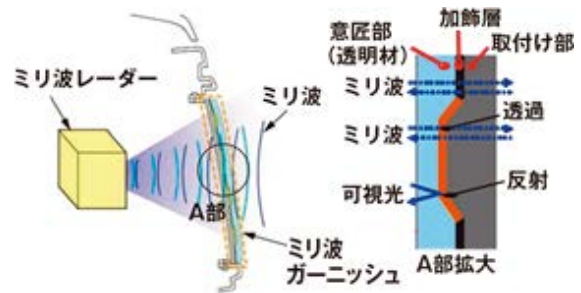


図-2 ミリ波エンブレム構成図

2-2. ミリ波エンブレムにおける課題

ミリ波は電波を利用するため，透過する物質の板厚管理が課題となる。特にエンブレム表面に雪が付着した場合，雪がミリ波電波を障害し，機能が停止する（図-3）。

そのため，積雪の可能性がある低温下においてはミリ波エンブレム表面に積雪しないよう融雪機能が必要となる。



図-3 積雪によるミリ波電波の障害

融雪機能を付与するために，本構成ではミリ波エンブレム表面にヒータシートを設定し，インサート成形工法にて製造する。工法上の課題として，シートのズレがある。シートがズレた場合は見栄えを悪化させる（図-4）。

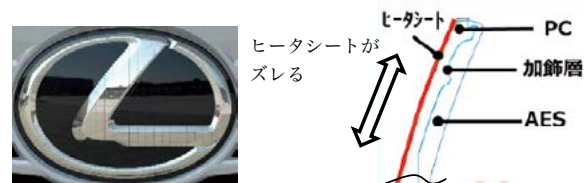


図-4 ヒータシート外観と断面

*1 IE 生技開発部 IE 加飾開発室

*2 IE 生技開発部 エンブレム室

*3 EM 技術部 EM 製品開発室

3. ヒータシートインサート成形における方策

本インサート成形工法は、製品形状に賦形されたヒータシートを真空構造を配置した金型に吸着させ、インサート成形を実施する。課題は成形時に発生するヒータシートのズレである。

この抑制にはシートズレに寄与するいくつかの因子をSQCを使い、抽出し対策を実施した。

3-1. 賦形温度の最適化

ヒータシートが適正形状に賦形されなければ、インサート金型とシート形状の相違により吸着が担保できず、インサート成形時にズレが発生する。

賦形温度が高いと賦形設備へのヒータシート取られが発生し、温度が低いと形状相違による吸着エラーが発生するため、最適賦形温度を設定する必要がある(図-5)。

3-2. 射出速度の低速化

射出時の金型とヒータシート界面に発生する樹脂流動方向の圧力によりズレが発生する。

射出速度の低速化により圧力が低減でき、ズレ抑制が可能となる。背反として、ショートショットとフローマーク、サイクルオーバーがあるため、最適射出速度を設定する必要がある(図-5)。

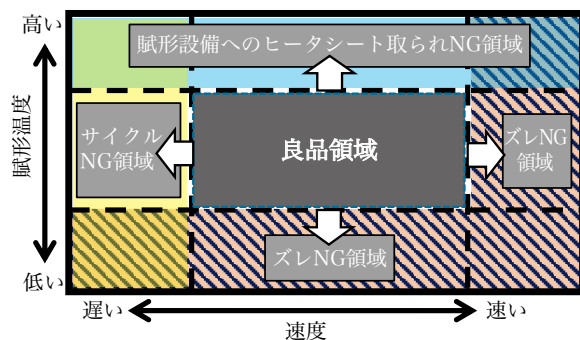


図-5 良品領域の考え方イメージ図

4. ヒータシートインサート仕様金型における方策

シート吸着方法として金属材料に無数に孔の空いた金型構造(多孔質材)を用いた。

金型内の孔を繋ぎ回路形成し真空引きでシートを吸着させ、樹脂を金型内に流し込む。その際に吸着孔径が大きいと吸着力は強いがシートに孔形状が大きく転写し外観不良となる(図-6)。

吸着孔径が小さいとシートに孔形状の転写は改善されるが吸着力は弱くなりシートがズレてしまう。

吸着力と転写性の両方を満足させる金型構造(多孔質材)が必要である。

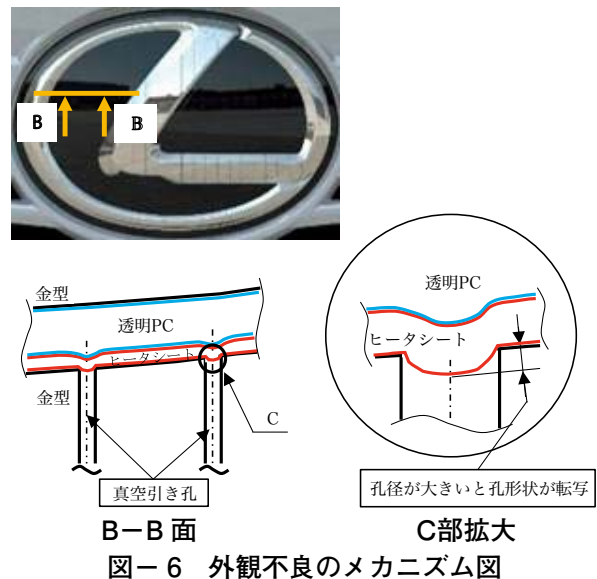


図-6 外観不良のメカニズム図

5. 終わりに

今回紹介の「融雪ミリ波エンブレム」は2022年9月に量産化に成功した。また、この技術を他の融雪ミリ波エンブレムにも展開していく。

最後に、本技術を確認させるにあたり、ご協力いただいた方々へ厚く謝意を表します。

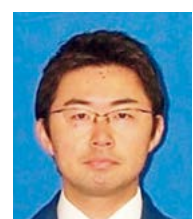
著者



大久保雅也



徳永星哉



廣瀬明弘

ハイブリッド車用トランスミッションの潤滑オイルポンプ

西本直樹^{*1}, 間瀬佳昭^{*1}, 吉村光浩^{*1}, 酒井信弥^{*1}

Lubrication Oil Pump for Hybrid Vehicles Transmission

Naoki Nishimoto^{*1}, Yoshiaki Mase^{*1}, Mitsuhiro Yoshimura^{*1}, Shinya Sakai^{*1}

1. 開発の背景

近年厳しくなる環境規制の対応として、自動車では燃費向上が求められており、ハイブリッド車の拡大、車両軽量化のニーズがある。ハイブリッド車のトランスミッションの構成部品は、軽量化ニーズが高い。

このニーズを受け、従来金属製であった潤滑オイルポンプに対し、金属と樹脂の複合構造による部品軽量化の開発を行った（図-1）。

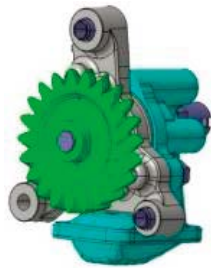


図-1 オイルポンプ

潤滑オイルポンプは、トランスミッションの内部下面に搭載され（図-2）、ポンプが吐出するオイルは、ギヤの潤滑に使用される。

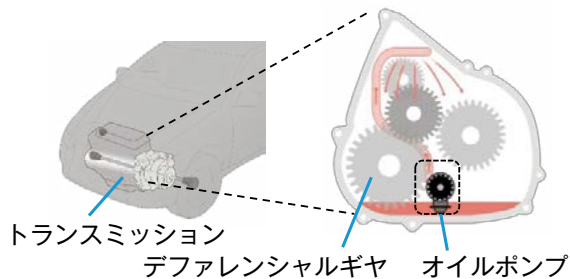


図-2 オイルポンプ搭載位置

タイヤ軸と直結するデファレンシャルギヤより回転力をポンプについているギヤで受け取り、内部のポンプ部が駆動し、オイルの吸入と吐出を行う（図-3）。この部品に必要な性能は、狙いのオイル流量を確保することである。

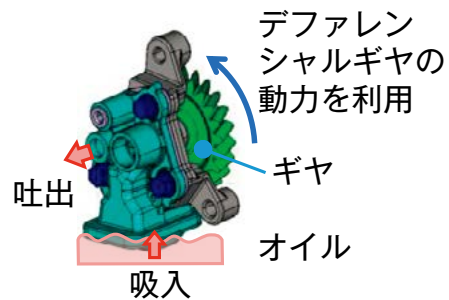


図-3 オイルポンプの機能

2. 開発品のコンセプト

カバーとギヤの樹脂化により軽量化を実現した。構造の見直しにより従来並みの性能は担保。具体的には、従来の金属製では高精度部位（ポンプ部、軸受け部）をボディ、カバーの2部品に跨って設定していたが、開発品では、軸受け構造を変更して高精度部位をボディに集約し（図-4 緑色部）、要求精度の低い部位を切り分けることで、カバー部（図-4 水色部）に樹脂が採用できる構造を構築した。

この構造変更には、吸入部のオイル流路が複雑化する（図-4）背反があったが、これを解決する技術については3項で記述する。

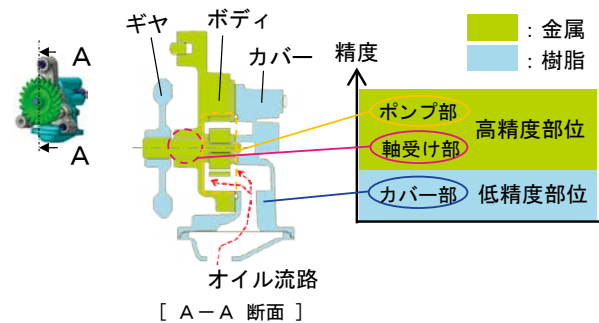


図-4 開発品のコンセプト

*1 FC 技術部 FC 第3 技術室

3. 設計のポイント

3-1. 開発品の課題

この樹脂、金属複合構造の課題は、軸受け構造変更による摩耗抑制とオイル流路の複雑化による流量低下である。この流量低下は、キャビテーションが要因となって引き起こされるものである。キャビテーションとは、液圧が飽和蒸気圧より低くなった時、液体が気化する現象で、本稿ではこのキャビテーションを抑制する技術について記載する。

3-2. キャビテーション抑制技術

キャビテーションの要因となる流路部とポンプ部の流速を独自の算出式で算出し、目標となる流速を見極め、部品寸法を設定した。図-5に流速目標の領域イメージを記載する。

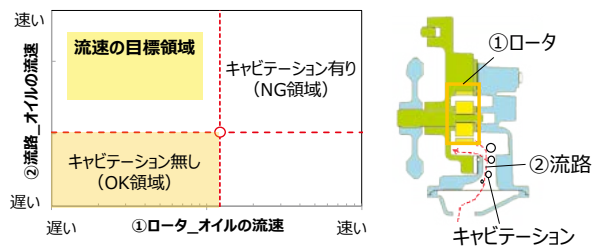


図-5 流速の目標領域グラフ

3-3. 技術開発の効果

流量の低下をキャビテーション抑制技術により改善し、目標流量を達成(図-6)。軽量化効果は、金属製オイルポンプに対し27%低減できた(図-7)。

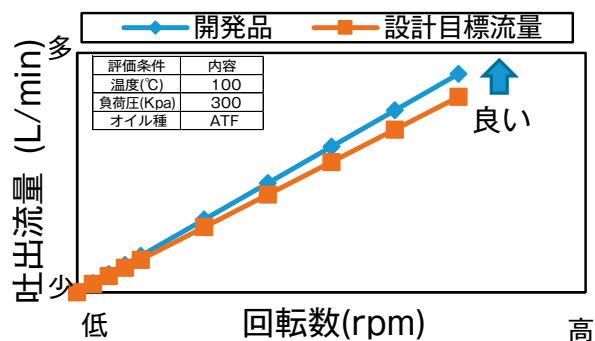


図-6 開発品の流量グラフ

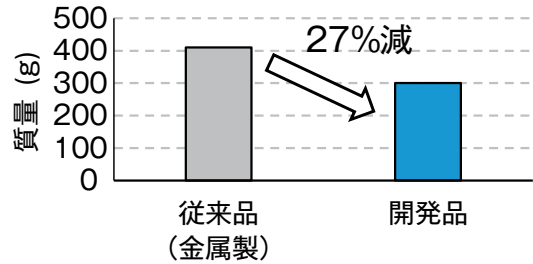


図-7 軽量化の効果

4. おわりに

今回量産化した潤滑オイルポンプの金属と樹脂のハイブリッド構造を応用し、更なる軽量化ニーズに貢献できるよう適用拡大を目指していく。

最後に、本製品の開発にご支援、ご指導いただいたトヨタ自動車株式会社 第1パワートレーン開発部、関係部署の方々に厚くお礼申し上げます。

著者



西本直樹



間瀬佳昭



吉村光浩



酒井信弥

新構造助手席エアバッグ開発（北米向けスイッチベント構造）

安藤 毅^{*1}

Passenger Airbag With New Structure (Switch Vent Technology for North America)

Takeshi Ando^{*1}

1. はじめに

米国では実際の事故形態を元に、新たに斜め衝突（オブリーク衝突，**図-1**）を車両アセスメント評価として世界で初めて導入する計画がNHTSA^{*1}から発表されている。また，評価には新ダミー（THOR，**図-2**）が導入され，頭部の回転（**図-3**）に基づく脳傷害を考慮したBrIC^{*2}と呼ばれる指標が判定基準に用いられることも合わせて発表されている。

オブリーク衝突への対応として，斜め前方へ移動する乗員挙動に合わせた，より広い保護エリアと頭部の回転コントロールが必要となっている。

これに対応する助手席エアバッグ技術として，頭部を最適に拘束し，頭部回転を抑制する追加チャンバーを設定している（**図-4**）。

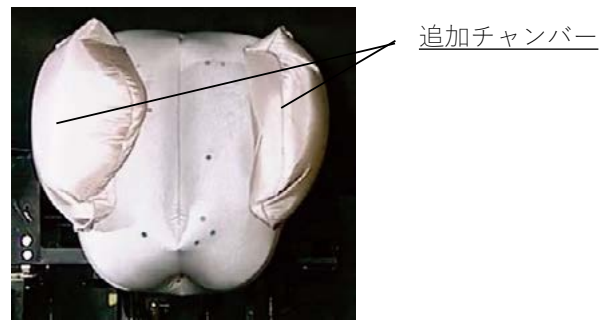


図-4 オブリーク衝突対応助手席エアバッグ

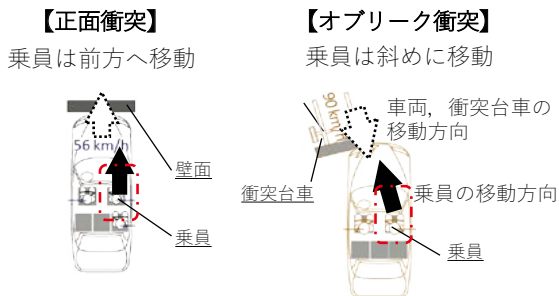


図-1 オブリーク衝突

一方で，北米法規には乗員がエアバッグモジュールに近接した状態における加害性低減性能（以下，OOP：Out of Position，**図-5**）を有することが求められている。

今回，オブリーク衝突形態に対応したエアバッグ構造において，OOPの低加害性を両立できる助手席エアバッグ（以下，開発品）を開発したため，その概要について紹介する。



図-2 衝突用ダミー

図-3 頭部回転の模式図



図-5 OOP評価（北米法規）

*1 NHTSA：National Highway Traffic Safety Administration/自動車や運転者の安全を監視する米国運輸省の部局

*2 BrIC：Brain Injury Criteria/頭部脳傷害の指標

*1 セーフティシステム第2技術部 セーフティシステム第5技術室

2. 製品の概要

今回追加チャンバーを設定したエアバッグ構造において、OOP 要求性能を達成することを目的として、OOP 時はガスを積極的に排気させ低加害性を実現し、乗員拘束時にはバッグ内圧を保持し、気密性を満足できるスイッチベント機構（以下、S/V）を開発した。

3. 製品の特長

3-1. エアバッグ構造

従来品は単純な円形のベント形状となっているが、開発品ではS/V部にストラップを設け（図-6）それをバッグ下端と接続することにより、バッグ膨張初期にはストラップが緩みテンションがかからずガスを排気し、バッグがさらに膨張した際には、ストラップがS/V部を引き込むことによりベントを塞ぎ、気密性を向上させる構造を開発した（図-7、図-8）。それによって、OOP時のようなバッグ膨張初期段階ではガスを逃がすことでバッグを低内圧化させ、乗員に対する低加害性が可能となり、通常の衝突やオブリーク衝突のようにバッグが膨張したタイミングではS/V部につながれたストラップの引き込みによりベントを封止し内圧を保持することで高内圧化が可能となっている。

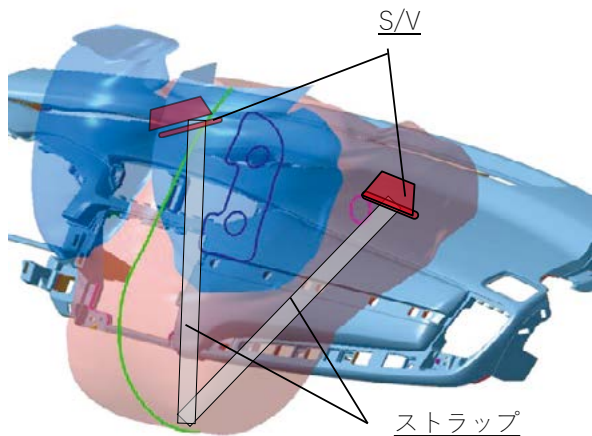


図-6 開発品 (S/V)



図-7 S/V 排気時 (OPEN)



図-8 S/V 封止時 (CLOSE)

3-2. 効果

今回の開発品は従来の衝突形態の性能を維持しつつ、新たなオブリーク衝突形態においても頭部の脳傷害を大幅に低減することができ、またOOPに対しても基準傷害値に対して十分なマージンを持つことが可能となった（図-9）。

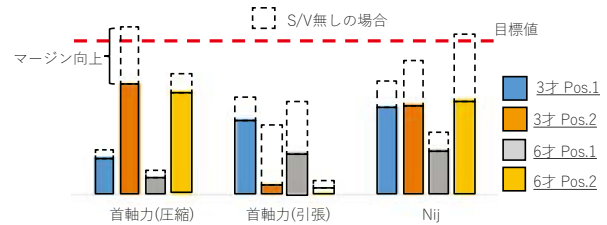


図-9 OOP 評価結果

4. おわりに

今回紹介いただいた開発品は2022年4月より北米にて量産を開始した新型HR-Vを頭出しとし2022年8月量産開始となったCR-Vにも採用されています。最後にこの製品の開発において御支援・ご協力いただいた本田技研工業株式会社関係部署各位に深く謝意を表します。

著 者



安藤 毅

投影技術を活用したヒカリによる新規加飾イルミの開発

竹内将人^{*1}，木村好秀^{*1}，杉浦康継^{*1}

Development of New Decorative Illumination Using Projection Technology

Masato Takeuchi^{*1}，Yoshihide Kimura^{*1}，Yasutsugu Sugiura^{*1}

1. はじめに

車室内の照明は、省エネ意識の高まりによってLED化が急速に進んでいる。更には電球からの置き換えだけでなく、間接照明やライン照明といった雰囲気演出を目的としたイルミネーションとしてもLEDの採用が拡大している。

近年、照明の位置付けが変化してきており、これまでの照らすための照明だけではなく、機能や効果をもたらすようなユーザー体験の向上を「ヒカリ」に期待されるようになってきた。

今回は、プロジェクターなどに代表される投影技術を用い、車室内の空間を光と影によって加飾するイルミ製品を開発・量産化したので紹介する。

2. 製品の概要

2-1. 製品の特長

本製品は内装の様々な部位に搭載され、表皮等に柄を拡大投影して加飾するイルミネーションである(図-1)。



図-1 柄投影により加飾された車内のイメージ

車のブランドを表現する手段として、自動車の内装には様々な加飾で差別化が図られているが、本製品を活用することにより、夜間では柄模様を投影し昼間とは異なる意匠をユーザーが体験可能。

また、柄部品を入れ替えるだけで見映えを変更

することができるため、マイナーチェンジ・特別仕様車などの際に、塗装やめっきなどの従来加飾と比べて、安価・短納期で商品ラインナップの拡充が可能となる。

更に、豊田合成の標準ランプと取付形状を共通化しているため、Hiグレード車には本製品による柄模様を投影、Loグレード車には標準ランプによる一様に照射といったグレード間の差別化も可能となる(図-2)。



図-2 標準ランプと本製品の投影状態

2-2. 製品仕様

本製品は白色LEDで発光する仕様と、フルカラーLEDで発光する仕様をラインナップしている。外形はコネクタ形状の違いのみで取付の共通化が可能となる(図-3)。

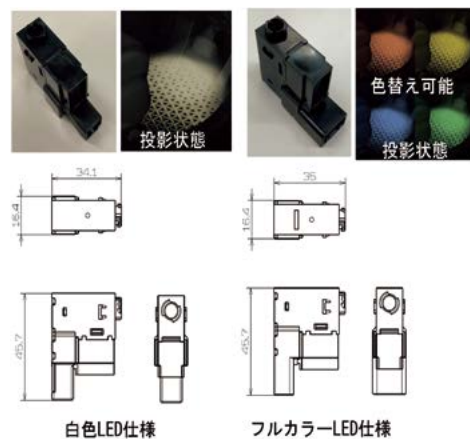


図-3 製品概要

*1 IE 開発部 内装開発室

3. 設計のポイント

3-1. 投影の原理

本製品における投影原理を示す（図-4）。

- 1) LED光を柄部品により影を生成する。
- 2) 影をレンズにより拡大投影する。

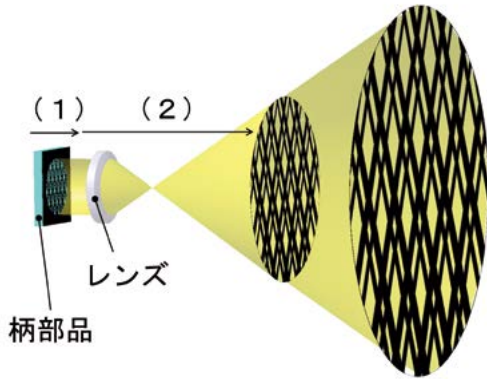


図-4 投影原理のイメージ

3-2. 光学設計

車両搭載時のスペースが限られているため、小型化が必要となる。また、路面へのロゴ投影などのような直下投影と違い、車室内に投影するためには狭角での斜め投影が必要となる（図-5）。



図-5 製品の照射状態

これらを満足させるため、CAEを活用した光学レンズ設計及び柄部品の高精度化により、豊田合成の標準ランプと取付共通化できるまで小型化し（図-6）、斜めに投影してもピンボケしない高精度な投影を実現させた。

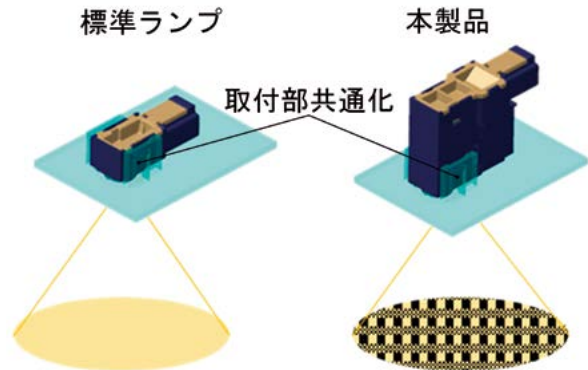


図-6 標準ランプと取付共通化

また、柄部品をレンズで密閉する構造により、車室内の埃や運転時の振動等により発生する異物などが柄部品表面へ付着することを低減し、高品質な投影を実現することができた。

4. おわりに

今後も、ユーザーの皆様喜んでもらえるような製品開発を進めていきたいと考えております。

最後に、本製品の開発、量産化に際しご支援ご指導をいただきましたトヨタ自動車株式会社ならびに社内外関係部署の方々に厚く御礼申し上げます。

著 者



竹内将人



木村好秀



杉浦康継

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、お客様へ「安心」「安全」「快適」をお届けする」をポリシーに、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、を行動指針としています。

2021年度には、日本で178件、日本以外で108件の特許が登録となりました。

またIPランドスケープ^(※)により事業戦略に寄与する取り組みとして、既存の事業・開発テーマに知財で貢献するビジネス戦略活動、新価値創造に寄与する知財伴走活動、自社の立ち位置を明確にする定点観測活動、の3パターンの内容を実施しています。

同時に、継続的な取り組みとして、各事業や開発プロジェクトに即した出願活動・特許保証活動、社員教育を通じた人材の育成や知財意識の向上、などに取り組んでいます。

1-1. 2021年度までの特許登録件数

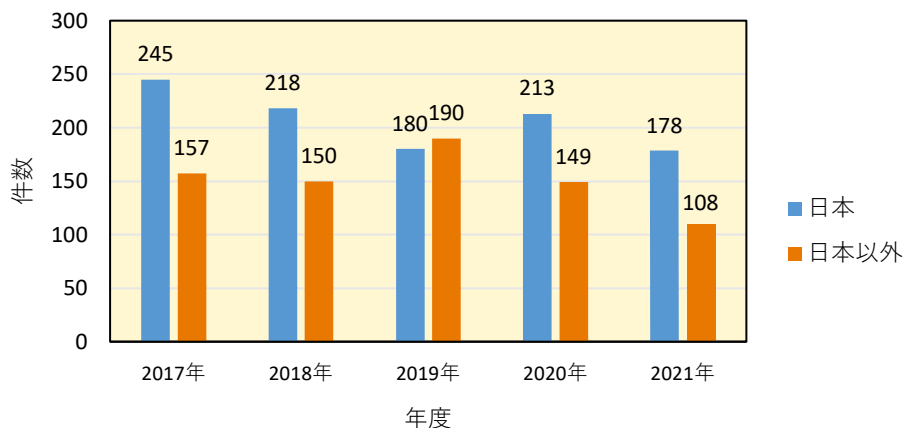


図-1 特許登録件数

1-2. 2021年度末までの各年度末時点保有特許件数

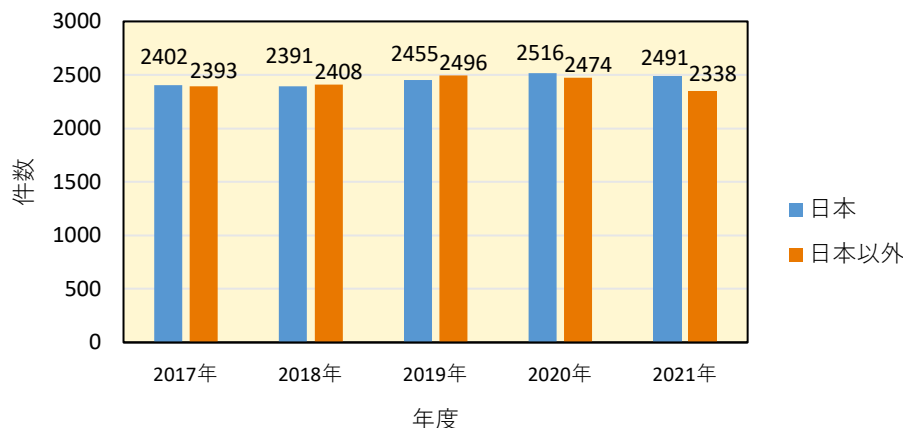


図-2 保有特許件数（年度末時点）

※ 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

「電動化」技術に係る豊田合成保有登録特許からいくつかを紹介します。

2-1. 特許

[冷却機構を持つ電池モジュールに関するもの] 電池モジュール

特許 No. 6879247

発明者 藤井康平

[発明の属する技術分野]

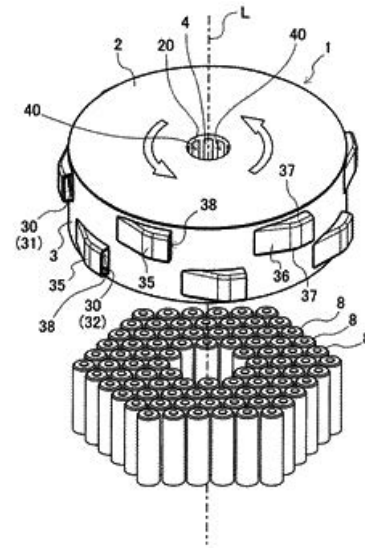
本発明は電池セルと当該電池セルを收容保持するケースとを具備する電池モジュールに関する。

[発明の概要]

電池セルと、前記電池セルを内部に收容保持するケースと、を具備し、ケースは回転軸を中心として回転し、回転軸方向における両端面を構成する2つの端壁と、外周面を構成しケースの内外を連通する周壁通気口を有する周壁と、周壁通気口に連絡しケース外部の空気をケース内部に導入するガイド通路と、を有し、ガイド通路は、周壁よりも径方向外側にあり回転方向と同じ方向に向くカバー開口を有する、電池モジュール。

[発明の効果]

ケースの外部から内部に空気を導入し得る。



[自動運転に適したステアリングホイールに関するもの] ステアリングホイール

特許 No. 7024683

発明者 野倉邦裕, 深谷真啓, 川端教一, 八木絢香

[発明の属する技術分野]

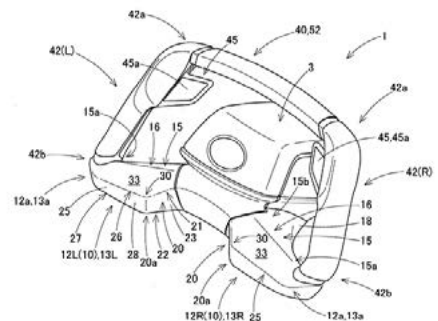
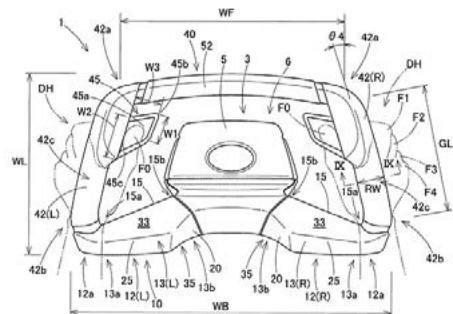
本発明は、運転者が操舵時の手を休ませることができるステアリングホイールに関する。

[発明の概要]

スポーク部が、ボス部から左右両側の後方側に、相互に拡開するように配設されて、上面側に運転者の左右の各々の掌付近を載置可能なハンドレスト部を配設させて構成され、ハンドレスト部が上方から見て前縁側に配置されて、ボス部から左右方向に略直線状に延びてリング部に連なるように配設される前縁部と、前縁部のボス側端部の後方側のボス部から後方側に略直線状に延びて配設される内縁部と、後縁側に配置されて前縁部の後方側で内縁部の後端側から略左右方向に沿った外方に略直線状に延びて前縁部の外側端部に接近しつつリング部に連なるように配設される後縁部と、を備えて構成されるとともに、前縁部と後縁部との上縁間の上面側が運転者の指尖球を載置可能な掌載置面とし、内縁部の上縁から下方に延びる内側面の内側スペースが運転者の親指を収納可能な親指収納スペースとして、構成されていることを特徴とする。

[発明の効果]

運転者が手を休ませようとする際、リラックスした状態で、手を休ませることができる。そしてまた、緊急時、例えば、自動運転状態から手動によってステアリングホイールを操舵する必要が生じれば、迅速に手を移動させることができる。



**[充電時に足元を照らし、安全性を高める充電装置に関するもの]
充電装置**

特 許 No. 5582130

発明者 梅田幸彦, 野田和司, 水城 哲

[発明の属する技術分野]

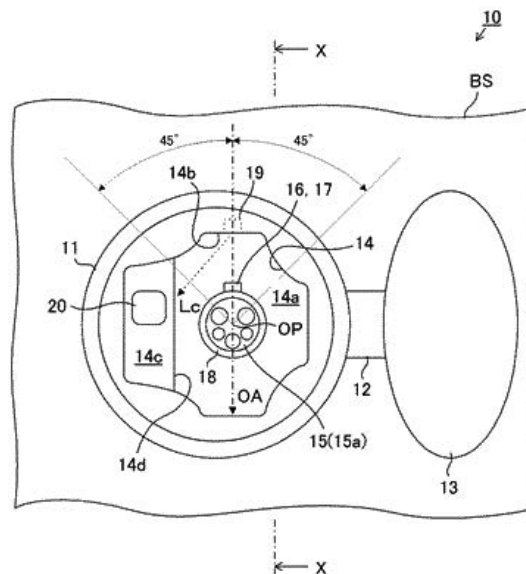
本発明は充電装置に係り、詳しくは、電動車両に設けられた充電装置に関する。

[発明の概要]

電動車両の車体外面に配設された充電口と、充電口の内部の收容凹部と、收容凹部の充電用コネクタと、收容凹部の上部周壁に埋設された照明用光源と、充電口の内部に配設され車載バッテリーの充電状態を表示する表示部とを備え、照明用光源は收容凹部の上部から下方へ向けて光を照射し、光軸がコネクタの正面よりも收容凹部の開口側で表示部よりも收容凹部の底面側に位置し、收容凹部の開口側に照射される第1照射光が充電口の斜め下方へ向けて照射され、光軸よりも收容凹部の底面側に照射される第2照射光がコネクタに照射され、收容凹部は、底面と、底面から手前側に一段高く形成された段差面と底面と段差面とを接続する壁面とを有し、表示部は段差面に取付られ、壁面は、照明用光源の照射光を遮って表示部に直接照射されるのを防止する遮光部となり、コネクタは底面に突設され、コネクタの正面が、照明用光源の光軸と非平行であり、照明用光源の発光面を向いている充電装置。

[発明の効果]

- (1) 充電用コネクタの照明に加えて、差込プラグを操作するユーザーの足元を照明可能な充電装置を提供する。
- (2) (1)に加えて、車載バッテリーの充電状態を表示する表示部の視認性を高めるように照明可能な充電装置を提供する。



**[遮音性を向上させるゴムとゴム製品に関するもの]
ゴム並びにシール部品及びホース**

特 許 No. 6733529

発明者 赤堀真之, 栗本英一, 岩瀬直生

[発明の属する技術分野]

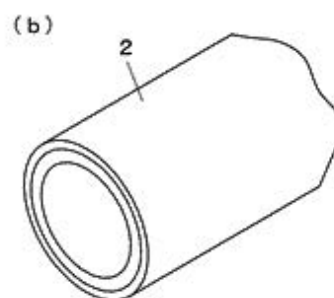
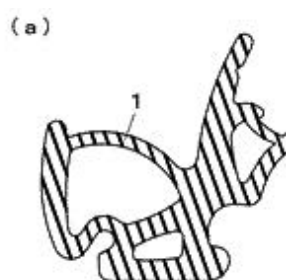
本発明は、ゴム並びにそれを使用したシール部品及びホースに関する。

[発明の概要]

架橋した EPDM100 質量部に対して、架橋していない固体である EPM5 ~ 45 質量部と、EPM に対する質量比が 1 ~ 10 である重量平均分子量 1500 以下の炭化水素系オイルとを含み、発泡しており、比重が 0.3 超、0.8 以下であることを特徴とするゴム。

[発明の効果]

物性を低下させたり重量を増加させたりすることなく、また、材料の取扱性やロール加工性を悪化させることなく、良好な遮音性を得ることができる。さらに、白化が生じないようにすることもできる。



編集後記

近年、温室効果ガスによる地球温暖化が進み、世界各国が温室効果ガス削減にむけた取り組みを加速させています。

特に自動車業界においてはこの動きは顕著であり、特別寄稿にて、名古屋大学の山本真義教授にご執筆いただきましたとおり、「電動化」という潮流の中で、新興メーカーが非常に完成度の高い自動車の開発に成功しています。豊田合成においても、「電動化」に対応するための技術開発を進め、今後も安心・安全・快適なクルマづくりに貢献してまいります。

本誌を読むことで、100年に一度の大変革期を迎えた自動車業界の未来について、考える機会にいただければと存じます。

末筆ながら、本誌の製作にご協力いただいた皆様方に心よりお礼申し上げます。

表紙デザインコンセプト

今回の特集テーマである「電動化」をキーワードとし、表紙には私たちが守るべき地球と、私たちが造り出すクルマを先進性を感じさせるグラフィックで表現しました。

デザインキーワードは「クリーン」「ハイテクノロジー」とし、全体は落ち着いた青にし、地球とクルマはたくさんの技術や人の思いが繋がり、形を成して光る様子を表現しました。

これからの電動化社会に向けて豊田合成の技術で貢献していきたいという意思を表現しています。ぜひ見開きをご覧ください。

デザイン開発部



穴戸 裕

豊田合成技報編集委員会

| | | |
|-------|---------|--------------------|
| 編集委員長 | 中村 正 | (技術管理部) |
| 編集委員 | 河村 知史 | (技術企画部) |
| | 三木 久幸 | (知的財産部) |
| | 稲垣 聡 | (材料技術部) |
| | 守山 実希 | (新価値開発部) |
| | 荒川 哲也 | (デザイン開発部) |
| | 瀬戸野 真吾 | (電子技術部) |
| | 寺本 泰庸 | (IE開発部) |
| | 森 雅明 | (SS開発部) |
| | 金子 健一郎 | (EV・FCEV開発部) |
| | 丸田 康博 | (性能実験部) |
| | 加藤 剛 | (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) |
| | 安達 健太郎 | (WS技術部) |
| | 田口 誠人 | (WS生産技術部) |
| | 西 博 | (FC技術部) |
| | 田中 克巳 | (FC生産技術部) |
| | 亀田 宜暁 | (FCEV企画・開発部) |
| | 小澤 竜也 | (バリューアップ事業企画部) |
| | 水野 雅規 | (IM技術部) |
| | 関谷 隆 | (EM技術部) |
| | 箕浦 健二 | (IE生産技術部) |
| | 日比野 伊久哉 | (IE生技開発部) |
| | 水野 喜夫 | (SS第1技術部・第2技術部) |
| | 木納 雄一 | (SS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) |
| | 佐藤 壽朗 | (ライフソリューション第3技術部) |
| | 塚本 慎司 | (ライフソリューション生準・品管部) |
| | 伊藤 哲浩 | (カーボンニュートラル・環境推進部) |
| 事務局 | 三輪 聡彦 | (技術管理部) |
| | 岩本 真由美 | (技術管理部) |
| | 花木 真子 | (技術管理部) |
| | 家田 与一 | (技術管理部) |
| | 森 俊介 | (技術管理部) |

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 64 2022 (禁無断転載)

2022年12月23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



<https://www.toyoda-gosei.co.jp/>
ISSN 0287-3427

