

高 分 子
技 術 で
未 来 に
つ な ぐ



TOYODA GOSEI

TECHNICAL REVIEW vol. 65 2023

目次

巻頭言	2030 事業計画に向けた開発の取り組み	苗代 光博	1	
特集	「高分子技術で未来につなぐ」			
特別寄稿	樹脂・ゴム事業を取り巻く環境変化と今後の展望	トヨタ自動車株式会社 加古 慈	2	
総説	BEV 製造工程改革への対応戦略	黒川 茂明	6	
論文	IP ランドスケープの取り組み	香川 和之	10	
	カーボンニュートラルに向けたバイオ素材の活用	内田 均 田中 靖昭 太田笑美子	13	
一般	論文	ポリウレタンの微細発泡・薄膜化技術の応用可能性検討	篠田 康彦 山崎 真輝 中川 博之	19
		ファースイド側突における胸腹部傷害メカニズムの分析 Toyoda Gosei North America Corporation TGR Technical Center, LLC	楠原 由人 井田 等 青木 雅司 浅岡 道久 Ning Zhang 大原 史朗	23
	骨格検知技術を活用した標準作業の自動判別	西畑 宏祐 山田理華子 野村 正明 福庭 広巳 玉井 康弘	30	
	工場建屋における省エネの取り組み (豊田合成東日本株式会社 宮城大衡工場)	中原 弘貴	36	
	新技術紹介	スマートインソール“FEELSOLE”の通信データ同期技術	松岡 大貴	39
	IH リフロー技術	松波 明	43	

一 般	新技術紹介	金型磨きレス切削加工技術	國枝 直貴	45
		塗装工程の製品脱自動化技術	安部 由規 松田 卓也	48
		小型ワイヤレス充電器による 新しいスマホ充電製品の提供	高井 一 木村 国宏 柴田 実 佐藤 真 向井 貴大 三井 靖之 祖父江 弘 小林 由佳	51
		ミリ波エンブレム生産工程の画像検査技術の導入	鈴木 裕大 日比野伊久哉 立川 俊二	54
		ステアリングホイール用 高耐久 / 高触感合皮の開発	中村真太郎 根本 一樹	56
		ハンドル金属部品の樹脂化	家田 直樹 森加 秀樹 森本 健太	59
		新製品紹介	軽量オープニングトリム WS	梶田 大熙	62
大流量カットオフバルブの開発	桑山 健太		64	
LED 通知イルミネーション	勝野 翔太		66	
発光ミリ波エンブレムの開発	雲 純史		68	
中資系向けポップアップフードアクチュエータの開発	塚本真理恵		70	
知的財産	知的財産活動の紹介	72		

CONTENTS

Preface		Development Efforts to Achieve the Targets in the 2030 Business Plan	Mitsuhiro Nawashiro	1
Feature	Polymer Technology That Takes Us Into the Future			
	Contribution	Changes in the Plastics and Rubber Business Environment, and Future Outlook	Toyota Motor Corporation Chika Kako	2
	Review	Strategy for Dealing With BEV Manufacturing Process Reforms	Shigeaki Kurokawa	6
	Technical Paper	Our Efforts in IP Landscape	Kazuyuki Kagawa	10
		Utilization of Biomaterials in Moving Towards Carbon Neutrality	Hitoshi Uchida Yasuaki Tanaka Emiko Ota	13
General Article	Technical Paper	Potential Application for Polyurethane Micro-Foaming, and Thin-Film Technology	Yasuhiko Shinoda Masateru Yamazaki Hiroyuki Nakagawa	19
		Analysis of the Mechanisms of Thoracoabdominal Injuries Caused by Far-side Impacts	Yoshito Kusahara Hitoshi Ida Masashi Aoki Michihisa Asaoka Ning Zhang Shiro Ohara	23
		Automatic Identification of Standard Work Using Skeletal Detection Technology	Kosuke Nishibata Rikako Yamada Masaaki Nomura Hiroshi Fukuba Yasuhiro Tamai	30
		Energy Saving Efforts in Factory Buildings Toyoda Gosei East Japan Co., Ltd. Miyagi Ohira Factory	Hiroki Nakahara	36
	New Technology	Communication Data Synchronization Technology for “FEELSOLE” Smart Insoles	Daiki Matsuoka	39
		IH Reflow Technology	Tohoru Matsunami	43

General Article	New Technology	Milling Process Technology Makes Mold Polishing Unnecessary	Naoki Kunieda	45
		Automatic Work-Picking Technology in the Painting Process	Yuki Abe Takuya Matsuda	48
		Providing New Smartphone Charging Products Using Small Wireless Chargers	Hajime Takai Kunihiro kimura Minoru Shibata Makoto Sato Takahiro Mukai Yasuyuki Mitsui Hiroshi Sobue Yuka Kobayashi	51
		Introduction of Image Inspection Technology in the Millimeter Wave Compatible Emblem Production Process	Hiroataka Suzuki Ikunari Hibino Shunji Tachikawa	54
		Development of Wear Resistant and Smooth-Feeling Synthetic Leather for Steering Wheels	Shintaro Nakamura Kazuki Nemoto	56
		Steering Wheel Parts : Replacing Metal with Plastic	Naoki Ieda Hideki Morika Kenta Morimoto	59
New Products		Lightweight Opening Trim WS	Daiki Kajita	62
		Development of High Flow Cut-Off Valve	Kenta Kuwayama	64
		LED Driver Alert Lighting System	Shota Katsuno	66
		Development of Light-Emitting Millimeter Wave Radar Emblem	Atsushi Kumo	68
		Development of Pop-Up Hood Actuator for Chinese OEM	Marie Tsukamoto	70
Intellectual Property		Activities Regarding Intellectual Property		72

2030 事業計画に向けた開発の取り組み

Development Efforts to Achieve the Targets in the 2030 Business Plan



取締役・執行役員・CTO
苗代 光博
Mitsuhiro Nawashiro

自動車市場は中国から始まった電気自動車（以下 BEV）の拡大により市場変化が激しくなってきました。その流れはグローバルに広がっています。豊田合成は 2030 事業計画を策定するにあたり、未来のモビリティ社会をイメージするところから着手し、CASE と脱炭素の進展によりモビリティが変化し、人とクルマの関わりも大きく変化すると予測しています。その中で豊田合成が大事にしている「安心・安全」「快適」「脱炭素」も変化しその変化に対応した開発を進めることを宣言しました。

安心・安全の分野では、CASE 社会に向けた多様な乗員や歩行者の安全確保が必要となってきます。そのために、車内外のセンシング開発が必要となります。豊田合成の技術を駆使し安全を確保したうえで、各領域の枠を超えた商品開発を進めていきます。また、豊田合成でできることだけではなく、不足する技術は協業先との提携によるシステム提案を進めていきます。新モビリティでは移動手段の変化に対応したエアバックの開発を進めていきたいと考えています。

次に快適の分野では自動運転中の車室内空間を快適に過ごせる商品開発や BEV の航続距離を延ばすことができる軽量化技術が必要となります。豊田合成が保有しているエアバック製品と内装製品に加え、高分子技術を活用した樹脂化を進めていき快適な車室内空間に貢献していきたいと考えています。具体的には BEV 化により車両構造が変化する中で、構造部材も鉄からアルミに変わり部品点数も大幅に削減することが検討されています。この変化をチャンスにするために構造部材の一部を樹脂化し、軽量化と部品の統合を進めることが必要になってくると思います。豊田合成が保有する「材料技術」と「モノづくり」を進化させこの変化に対応していきたいと考えています。

最後に脱炭素の分野では、自社の生産活動などで発生する CO₂ 排出量（Scope1・2）のカーボンニュートラルを 2050 年から 2030 年に前倒しすることを宣言しました。この背景は、世界各地でさらに深刻化している気候変動リスクの環境課題に対し、豊田合成は高分子メーカーとして貢献するためにも率先してカーボンニュートラルをリードしていく覚悟を持って宣言しました。製品や材料のリサイクルについては、多くの製品が自動車の中に組み込まれていることから、豊田合成単独での実施は難しく他社との協業を前提に進める必要があります。自動車の最終処分まで含めてどのように材料を回収しリサイクルにつなげるかまで検討しています。一例を挙げると、回収した材料を自動車の要求に合わせるリサイクル材料開発の推進と、回収時に解体しやすい製品提案を進めています。省エネの分野では製造工程の日常改善だけでなく、生産技術革新を推し進めることにより加速を図ります。豊田合成は製造工程で塗装などの加飾やゴム押出成形、樹脂射出成形等において CO₂ を排出しており、それぞれの工程で生産技術革新し、さらに再生可能エネルギーなどを活用することで、カーボンニュートラルを達成させていきたいと考えています。また、CO₂ フリーの高付加価値製品を提供するためには、高機能材料の開発によるモジュール提案やリサイクル材料の活用による製品提案も進めていきます。

豊田合成は市場変化に対して貢献できる技術を多く持ち合わせております。豊田合成の技術を融合させ、不足する技術は協業先との提携やベンチャー企業との提携も視野に入れいち早く市場に提供することが必要となります。

部門の壁を超え、会社間の壁を超えて社会課題を解決していくことが、我々技術者には必要となってきており、それを行動に起こすことがチャレンジではないでしょうか。

今回は特別寄稿として豊田合成の社外監査役である加古 慈 様より豊田合成の原点である高分子技術の可能性と最近のリサイクル材料の動向を専門家の見地からご寄稿いただきました。豊田合成に対する期待や提案もたくさんいただいております。

熟読の上、今後の取り組みに活かしていただければ幸いです。

樹脂・ゴム事業を取り巻く環境変化と今後の展望

加古 慈^{*1}

Changes in the Plastics and Rubber Business Environment, and Future Outlook

Chika Kako^{*1}

1. はじめに

自動車、部品製造における材料の安定的確保を危うくする事象が散見されるようになった。

2021年2月に米国テキサスで発生した記録的な寒波と大規模停電により石油化学プラントが一時的に停止、フォースマジュールが宣言されたことは記憶に新しい。それ以外にも国内外での自然災害、コロナ、設備の老朽化等による製造トラブル、火災、政情不安に起因するもの、規制強化等を背景にした事業撤退…どの材料一つ、どの部品ひとつ欠けても生産が停止し得る。中には図-1右のようなダイヤモンド構造の下に発生する供給リスクもあり、これまでサプライチェーン関係各社様のご尽力ご協力により、代替生産、代替材料探索等でなんとか繋げてこられた感が否めない。

こういった状況下で如何に情報共有し先読みをしながら将来のリスクに備えるか、短期的には如何に迅速に課題解決をするかが益々重要になる。

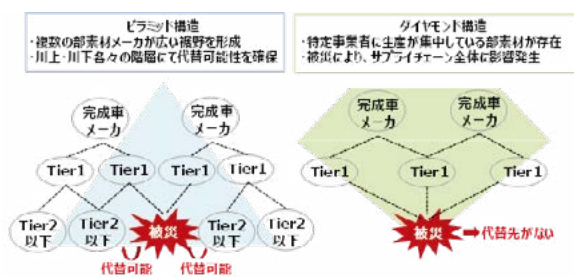


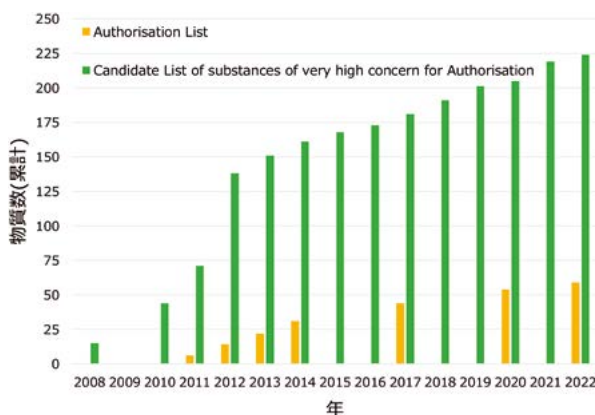
図-1 サプライチェーンの構造と供給リスク

2. 化学物質管理

各国において、人の健康や環境の高レベルの保

護を目的とした化学物質の管理、規制が行われている。日本の化審法^{*1}、米国のTSCA^{*2}等がそれにあたる。

REACH規制は2008年に本格運用を開始し、リスク→懸念物質の登録、認可、制限など管理強化や情報開示を義務化している。結果、図-2に示すように規制物質数は年々増加傾向にあり、直近では個別の物質だけでなくPFAS^{*3}規制のように物質群での規制案も出されている。REACH以外にも循環型・社会経済性対応を目的とした廃棄物や成型品の含有→懸念物質に対するデータ登録規制の動きがあり、注視していく必要がある。



出所：ECHA HP (<https://echa.europa.eu/candidate-list-table>)

図-2 欧州 REACH 規制対象物質数の推移

例えばこのPFASに該当する物質数については、業界により、5千とも9千とも数えられており自動車業界においても該当物質が何種類あるのかの把握が現時点ではできていない。

この種の物質は何らかの目的で極微量に添加されているケースもあり、サプライチェーンが長く

*1 社外監査役（トヨタ自動車）

※1 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律。人の健康を損なうおそれ又は動植物の生息・生育に支障を及ぼすおそれがある化学物質による環境の汚染を防止することを目的とする法律。（経産省 HP より）

※2 The Toxic Substances Control Act の略。有害な化学物質による人の健康又は環境への影響の不当なリスクを防止することを目的とした法律。

※3 Per- and Polyfluorinated Substances の略。炭素とフッ素の原子を持つ有機化合物の総称。耐熱性、耐薬品性、難燃性、耐候性、高摺動性、耐電圧性、撥水性、撥油性等の機能を発現するため、幅広く工業製品に用いられる。

複雑な自動車業界ではその実態を把握するのに多くの時間と労力を費やす。

規制物質の代替材料の探索、開発・評価、場合によっては部品やシステムの設計変更が必要になることを考えると、材料組成のような各社の情報秘匿性を担保しながらも、必要最低限の情報を正確にタイムリーに流通させる仕組みが望まれる。このようなニーズに対して、現在ものづくりのサプライチェーンにおける製品化学物質情報の確実な伝達を可能にする Chemical Management Platform (CMP) の検討が始まっている。

3. Chemical Management Platform (CMP)

従来、製品中に含まれる化学物質は電気・電子は chemSHERPA[®] (ケムシェルパ)^{※4}、自動車は IMDS^{※5} とそれぞれの業界ごとの様式で情報伝達、管理されてきた。これらのシステムに載せる情報は図-3 (左図) のようにサプライチェーン間で、バケツリレーのように電子メール等による依頼、回答を繰り返して収集されている。川上の企業からすると、仮に同一の材料であっても、それぞれの納入先に対してそれぞれに対応しているのが実態で、サプライチェーン全体で膨大な負荷がかかるだけでなく、伝達漏れが発生したり、法規制の変更や、現場の変化点へのタイムリーな対応が困難である。

これに対して、現在検討が始まっている新しいプラットフォームは図-3 (右図) のように各メーカーがそれぞれの材料情報をブロックチェーン上に暗号化された状態で予め登録しておく、業界に依らず共通の基盤上で情報を授

受し、共通の化学物質リストならびに共通のフォーマットを活用することで効率的に含有化学物質情報の提供を行える。法規情報もネットワーク上で自動的に伝達可能になる。

但し、川上企業において秘匿性の担保に関する不安の声もあり、開示物質や含有率の定義等検討課題が存在するので、現在内閣官房デジタル市場競争本部の有識者会議“Trusted Web 推進協議会”の傘下で、協力事業者によるタスクフォースが生まれ、検討されている。

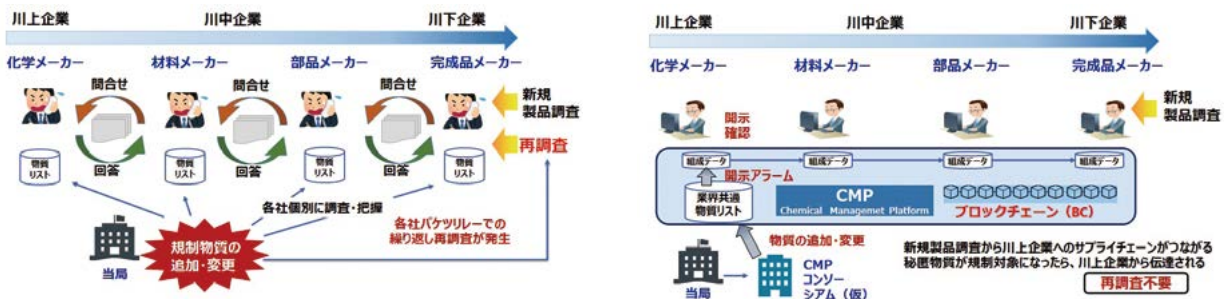
4. サーキュラーエコノミー

資源循環型社会の実現は製造業における重要課題のひとつである。

豊田合成においては1997年から豊田中央研究所、トヨタ自動車と共同開発したEPDMのリサイクル技術を森町工場において世界に先駆けて量産プラントとして稼働している。粗粉碎したゴムを、2軸押出機を用い高温、高せん断で脱硫、再生することにより短時間で高品質な再生ゴムを製造することができる。更に今年4月、ゴムのリサイクルを拡大するために ISCC PLUS^{※6} 認証を取得、リサイクル製品の需要拡大に応じて従来再利用しきれなかったゴム廃材のリサイクルを増やしていく計画である。

工程内端材のリサイクルは一般的に組成の把握できている均質で不純物の極めて少ない材料を扱える点で、同じ用途への活用、より高品位なリサイクルを実現できることが魅力である。

しかしながら、工程内端材だけでは量的に限界があるので、製造業各社がより良質なPCR材^{※7}の活用を検討している。



出所：Trusted Web HP (<https://trustedweb.go.jp/use-cases>)

図-3 化学物質情報伝達の現状 (左図) と新たな取り組み (右図)

※4 製品に含まれる化学物質情報をサプライチェーン全体で適正に運用するため、経済産業省主導で2015年10月にリリースされたデータ作成支援ツールの名称。
 ※5 International Material Data System の略。欧州自動車メーカー8社が中心となり2000年に立ち上げられた自動車部品における環境負荷物質のデータベース。
 ※6 International Sustainability and Carbon Certification の略。化石燃料由来の原料とバイオマス原料や再生原料等を組み合わせ製造された製品を対象とし、サプライチェーン上で管理・担保する認証制度。
 ※7 Post-consumer recycled の略。市場で使用済みの製品を回収、再資源化した材料。

例えばトヨタ自動車では使用済みのペットボトルをリサイクルした素材のシートファブリックへの活用を開始した。これによりバージン材を使用する場合と比較して製造過程で排出されるCO₂を10%削減できる見込みである。

一方で、最近デンマーク玩具メーカー大手のレゴが再生ペットボトルからのブロック製造を断念したことを発表した。再生素材でブロックを製造するには新規設備への投資や工程の追加でCO₂排出量が減らないこと、現状使用されているABSと比較した場合の耐久性、安全性が解決しないことが断念の理由とのことである。サーキュラーエコノミーとカーボンニュートラルは異なる解を導くこともあり得る。しかしながら、性能は勿論のこと製造時、製品寿命も含めた循環の系全体でCO₂排出量を俯瞰して判断することを忘れてはいけないというリマインドになるニュースであった。

今年7月、欧州委員会が自動車の車両設計から生産、廃車までの過程における循環性の向上を目的としてELV指令案^{※8}を発表した。2031年時点で新車製造に必要なプラスチックの25%以上を再生プラスチック、その内の25%をPCR材にするという内容である。

欧州自工会からもこれに対し反対の立場を示すパブリックコメントが提出されており、プレスリリースによると以下の内容が主な論点である。

- ・製品、化学物質、廃棄物の相反する規制のバランスを取るべき。
- ・循環分野への投資を妨げるリスクがある。
- ・リサイクル材の需要と供給の不均衡、既存技術とのギャップについて検討が不十分である。
- ・リサイクル技術が適用できない部品が存在。
- ・ELV指令と型式認証指令を統合すべきではない、等



図-4 自動車に使用されているプラスチック部品

日本においては、新車輸出で製造業が成り立っていること、良質な中古車が海外に輸出されていることからすると欧州以上にリサイクル材の需給バランスの不均衡は顕著であるが、リサイクルに資する廃材を確保するために十分走行可能な中古車の流出をブロックし、解体したり、リユース可能なユニットや部品を粉碎したりすることはCO₂の観点でも本末転倒である。

本質的な資源循環率の向上に向けては、高品質な製品の商品寿命を延ばすアイデア、解体性のよい車両構造、モジュール構造の適正化、解体プロセスコストの低減、シュレッターダストの分別技術、異物除去技術、におい・VOC低減技術等により樹脂再生効率の最大化を可能にする技術開発が期待される。

5. 今後の展望

豊田合成の2030年事業計画において、齋藤新社長が『高分子の可能性を追求し、よりよい移動と暮らしを未来につなぐ会社』を目指すと言明、そして『有機的に結合した高分子型組織による経営革新』が重点施策の一つに掲げられている。

高分子材料、中でも自動車材料としての樹脂の開発はこれまで、主に金属の代替材料として、或いは高流動、高剛性、耐衝撃性を両立させるといった物性を高次にバランスさせたスペシャルな材料が軽量化を支え、結果走行時CO₂の低減に貢献してきた。

今後はそれらの物性を可能な限り維持しながら水平リサイクルを可能にする技術やスキームが求められる。

材料自体のCO₂を低減するためのバイオマスプラスチック、人工光合成といった技術の中で量産性、物性、コスト的にリーズナブルにするブレークスルーも必要になる。

部品製造プロセスのエネルギー低減を可能にする材料も製造時CO₂の低減には必要である。

いずれにしても、材料開発にあたっては、局所的な“目標達成”のための開発に陥らないよう、カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミーの観点を系全体で考えることを忘れないようにしなければならない。

正解の分からないこの時代において、常にイノベーションを生み出し、変化に対応していくためには「知の探索」と「知の深化」をバランスよく行うことが重要であると言われている。アカデミ

※8 環境保護と資源の有効活用の実現のため、End-of Life Vehicles（使用済み自動車）の廃棄物のリサイクル、廃棄物中に含まれる有害物質の排除を促す指令。

アにおいても、研究室組織の在り方、キャンパスの設計に異分野の融合を意識した改革が行われている。

材料開発とデータサイエンスの融合は目的と手段の関係で分かり易い事例ではあるが、更に文理融合の重要性が議論されているのも、目的変数の複雑に絡み合った課題解決には多角的な視点が必要とされるからである。

常に好奇心を持って“遠くの”情報にも手を伸ばし、自ら発信し仲間を見つける。AIの力も借りながら…大変な時代ともいえますが、挑戦し甲斐のある時代、共に頑張りましょう。

著 者



加古 慈

BEV 製造工程改革への対応戦略

黒川茂明^{*1}

Strategy for Dealing With BEV Manufacturing Process Reforms

Shigeaki Kurokawa^{*1}

1. はじめに

近年、内燃機関の規制強化が続いているが、今年に入っても、この動きは具体化し、加速してきている。北米では、政府目標である2030年のクリーンビークル販売シェア50%到達を目標にインフラ整備や排ガス規制、燃費規制でBEV（Battery Electric Vehicle：電気自動車）化を加速的に推し進めている。欧州では、実質2035年以降の内燃機関搭載車の生産を禁止したCO₂排出基準規制が今年の5月に発効された。BEV化が進む中国でも、排ガス基準である「国6」基準のb段階（国6b）を実施すると発表される等、規制を強化してきている。また、公共交通の新エネルギー車の割合を増やす政策を打ち出す等、更なるBEV普及拡大を進めようとしている。一方、BEV化で遅れている日本でも「高速道路における電動化インフラ整備加速化パッケージ」を取りまとめる等、電動化インフラの整備予算も増額され、電動化に力を入れている。

このようにBEV化の流れは加速する一方であり、近年、BEVの販売台数は図-1に示すように各地域で、大幅な伸びを示しており、BEV市

場は、導入期から成長期に入ってきたと言われている。成長期になると注目しなければいけないのは、BEV購入層の変化である。つまり、導入期は、多少価格が高くても新しいものが好きな消費者が購入してくれていたが、成長期に入ると、より大衆化してきて、消費者は、より低価格BEVを求めるようになる。市場の拡大から自動車メーカーもこれに応えるために、より低価格で競争力の高いBEVを販売できるようにならなければ、生き残れなくなっている。

このような市場要求の流れを受け、各自動車メーカーは、BEV特有の「プラットフォームの変化」、「ボデー構造の改変」に合わせ、製造工程を見直すBEV製造工程改革の動きを実行しようとしている。これは、生産準備期間、生産工程、工場投資等を減らし、大幅な固定費の削減を目指すものである。

一方で、この製造工程改革は、今までの「クルマづくり」を大きく変えるものであり、ものづくりの大きな転換期と言っても過言ではなく、この中で、自動車メーカーから豊田合成が求められる役割や期待される能力も大きく変わると予測される。

本稿では、このBEV製造工程改革の動きに対して、豊田合成として、どのような考え方で、どのような戦略で今後戦っていくべきかを考えていく。

2. 主要な自動車メーカーの動向

ここでは、主要な自動車メーカーがどのような動きをしているかを探ってみる。

まずは、テスラは、図-2に示すようにクルマの車体を大きなモジュールに分けて別々に組み立てておき、最後にメインラインで合体してクルマを製造する「Unboxed Process」という製造工程を作ろうとしている。

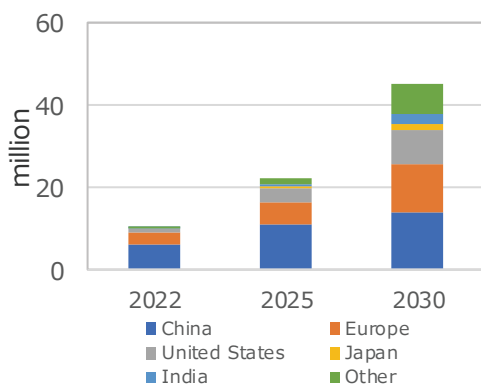


図-1 BEVの地域別販売予測

*1 モビリティ開発部

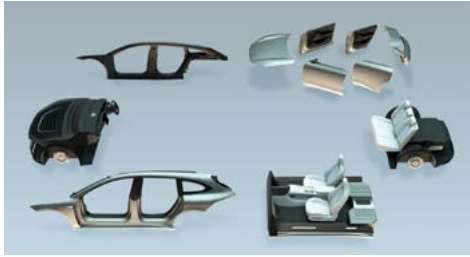


図-2 テスラの Unboxed Process イメージ

また、トヨタは、車両プラットフォームをフロント、センター、リヤの3分割されたモジュールで作成し、一体化する製造工程を作ろうとしている。更に、この工程の大きな特徴は、一体化された車両プラットフォームが自走可能であり、自走しながら組み立てられることで、搬送用のコンベアをなくし、設備上の自由度を高めることができる点である。

共に共通している点は、メインラインの大幅な短縮等により、製造コストの大幅な低減、コンパクトな工場の建設、及び作業しやすい製造工程を実現しようとしていることである。

また、テスラ、トヨタ共に、車両プラットフォームにギガキャストを採用し、部品点数を大幅に削減し、シンプルな車体構造にしようとしていることも大きな共通点の一つである。

3. BEV 製造工程改革で重要なキーワード

自動車メーカーは、従来の部品を順番に組み立てていく直列のプロセスとなっている製造工程を、並列のプロセスに変えようとしている。その際に重要になってくるキーワードは「モジュール化」であり、モジュール化を進めれば、図-3のように、同時に個別に部品組み付けができ、生産効率を上げることができる。自動車メーカー毎に、モジュールの単位は異なると考えられるが、大きな単位でモジュールを製作し、メイン組立ラインに投入するという考え方は、今後のBEV製造工程のトレンドになっていくと考えられる。

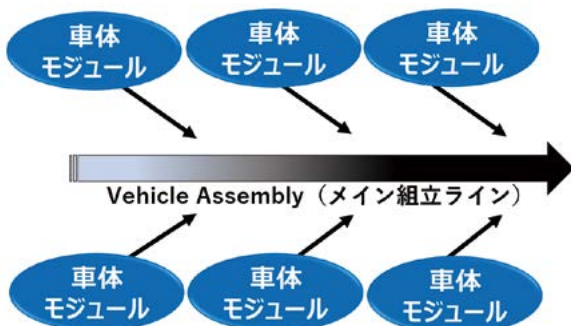


図-3 BEV 製造工程のイメージ

その他にも、当然のことながら「部品点数削減」、「機能統合」、「組付け易さ」、「システム化」というキーワードは、製造工程をシンプルにする基盤となる技術であり、いつの時代でも重要なキーワードであることは変わりがないと考える。

4. モジュール化によるサプライヤーの役割変化

自動車メーカーが進めるBEV製造工程改革でキーワードになってくる「モジュール化」でサプライヤーの役割が、どう変わっていくかを考えてみる。

従来、特に日本の自動車メーカーは、サプライヤーから部品単品を購入して、自社の組立ラインで組付ける方式を取っている。その際、サプライヤーに求められる役割は、担当の部品単品についての責任を持つことだけであった。それがモジュール化により、「モジュール安定供給」を役割として求められるだけではなく、モジュールでの「開発能力」「品質保証」も求められることになる。これは、サプライヤーにとっては、大きな変化点である。なぜならば、モジュールを開発、供給、品質保証をしようとする、クルマ全体の知見がなければいけないからである。我々、サプライヤーは、部品単品の技術だけを担当していたのでは、BEV市場から取り残されてしまうのである。

5. 豊田合成の「担うべきモジュール」

5-1. 「担うべきモジュール」の考え方

前述のとおりモジュール化によりサプライヤーの役割は大きく変化していくが、その中で豊田合成が、担うべきモジュールについて、設計的観点、ものづくり観点、生産供給観点から明確にしてみた。

まずは設計的観点である。

- ① クルマ視点から考え、部品点数が多く、材料置換、機能統合で、大幅な部品点数削減ができる骨格を含んだモジュール
- ② 既存技術活用視点から考え、樹脂・ゴムなどの既存技術を有意義に使えるモジュール
- ③ 今後の発展性視点から考え、CASEの進化に伴い、付加価値が高まりそうで、且つ、車両性能を左右する骨格構造を含んだモジュール次に、ものづくり観点である。
- ④ 今まで培って来た「つくり」の技術を活かせるモジュール
- ⑤ 生産技術の進化にチャレンジするべくモジュール特有の新工法が必要なモジュール

最後に生産供給観点である。

- ⑥ 自動車メーカー工場の隣接生産や順引き供給等の従来とは異なる生産・供給体制が可能なモジュール

以上の6点を重要な考え方とし、具体的にどのようなモジュールになるのかを検証してみた。

5-2. 「担うべきモジュール」の検証結果

まずは、クルマ車両全体を図-4のようにメインラインに投入される大きな5つの車体モジュールに分解し、更なるその車体モジュールがどのような納入単位モジュールや部品モジュールになるのか分解していった。ここでの分解されたモジュール単位は、筆者が考えたにすぎないが、製造工程改革後の納入単位に近いものになっていると予測している。

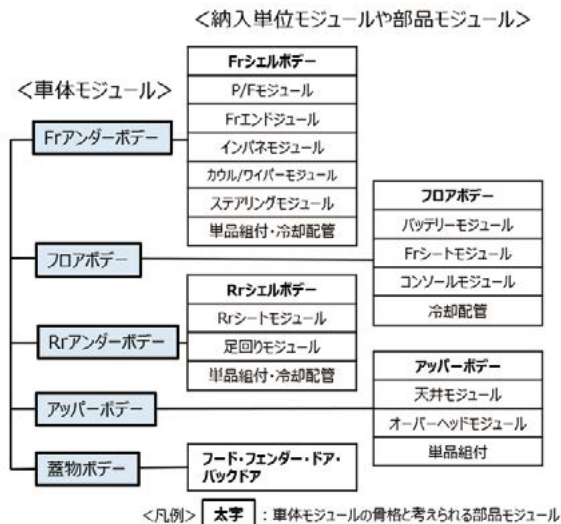


図-4 モジュール単位のイメージ

この納入単位モジュールや部品モジュールが、前述の豊田合成の担うべきモジュールの6つの考え方に合致するかどうかを検証した。

結果として、重要と考えられるモジュールは複数あると考えたが、主な2つは、

- ・樹脂ラジサポ（ラジエーターサポートパネル）を骨格構造とするFRエンドモジュール（図-5）
- ・樹脂インパネリフォースメントを骨格構造とするインパネモジュール（図-6）

である。共に、骨格構造を樹脂化することにより部品点数削減を図り、その骨格を軸にモジュールを作り出すという点は共通している。骨格構造を担えるようになることが、モジュールサプライヤーになるために必要なことであると考え。また、FRエンドモジュールやインパネモジュールは、グローバルで自動車メーカーが必要としているモジュールでもある。



図-5 FRエンドモジュール



図-6 インパネモジュール

5-3. モジュール対応での課題

前述のように「担うべきモジュール」を定めることはできたが、「単品サプライヤー」から「モジュールサプライヤー」に進化するには、設計面、ものづくり面、生産体制面で、多くの得なければいけない知見がある。

設計面では、クルマの4大性能（NVH、操縦安定性、衝突安全、強度）を知りながら骨格構造の設計をしなければいけないのは当然であり、モジュール単位で他にも多くの車両性能の知見を得なければいけない。また、材料についても今までにない高剛性の樹脂を開発しなければ他社との差別化が図れないと考える。

ものづくり面では、モジュールの骨格部材のガラス繊維入り大型樹脂成形の精度確保や、構造によっては、樹脂の新しい溶着技術の開発等にチャレンジしなければならない。

生産体制面では、モジュールとしての品質管理、品質保証を行う知見を得る必要がある。また、物流の観点からも、モジュール単位では、より自動車メーカーに近接した場所での順引供給への対応が必須であるなど様々な課題が存在する。

5-4. 課題への対応

前述の通り「モジュールサプライヤー」になるのは簡単なことではないが、これらの課題を乗り越え、成長していくために、社内での学習、検討、チャレンジ等が重要であることは当然で

あるが、その他として、重要なことが2点あると考えている。

一つ目は、早期に足りない知見を得るために、今まで以上に、関係自動車メーカー等との連携を深めることである。やはり、クルマの知見は、自動車メーカーに集まっており、お互いの視点からアイデアを創出することが、課題解決や開発スピードを上げることになる。

二つ目は、モジュールに関係しそうな他サプライヤーとアライアンスを組み、協業を進めることである。モジュールに関係する部品は非常に多く、多岐に渡るため一つのサプライヤーで完結することは不可能である。

技術戦略も大切であるが、上記の「連携戦略」「アライアンス戦略」もモジュールサプライヤーになるためには、重要な鍵を握っている。

6. まとめ

本報告では、BEV 製造工程改革をモジュールに焦点をあてて、戦略を考えて来たが、3項でも述べた通り「部品点数削減」、「機能統合」、「組付け易さ」、「システム化」というキーワードも重要である。これらは共通の基本とすべき項目であり、「BEV だから」とか「製造工程改革だから」と言うのではなく、通常の開発業務、ものづくり業務でも大切なことである。

モジュールサプライヤーになるということは、簡単なことではないが、このような基本的なことを今まで以上に大切にする、その上にチャレンジを積み上げる！！を続ければ、次の時代を担うモジュールサプライヤーになれると信じて、全社活動で取り組みにチャレンジし始めている。

著 者



黒川茂明

IP ランドスケープの取り組み

香川和之^{*1}

Our Efforts in IP Landscape

Kazuyuki Kagawa^{*1}

要旨

電動化やカーボンニュートラルによる大きな変化が起きている中、今後も成長していくには、新たな事業戦略の策定と推進が必要となる。IP ランドスケープは、他社動向を知財情報から解析し事業戦略の策定につなげる活動である。豊田合成では、フォアキャスト IPL とバックキャスト IPL という2種類の活動を通じて、事業戦略の策定と推進に貢献している。

Abstract

While major changes are occurring due to vehicle electrification and the move towards carbon neutrality, new business strategies need to be formulated and promoted in order to continue to grow. IP landscaping is an activity in which trends among companies and others are analyzed from intellectual property information. These findings are then connected to business strategy decisions. We contribute to the formulation and promotion of business strategies through two types of activities, forecast IPL and backcast IPL.

1. はじめに

近年、CO₂低減の規制強化をトリガとして、BEV等の電動化車両の拡大、カーボンニュートラル技術の進展が進んでいる。これらは既存事業のモデルチェンジを促す一方、各企業にとって成長できる大きなチャンスにもなっている。この大きなチャンスを生かすためには、各事業で自身のコア技術を生かした事業戦略を策定し、実行していくことが求められる。IP ランドスケープは、この事業戦略の策定と推進を知的財産の面から貢献していく活動である。具体的には、他社動向を知財面から解析し事業戦略の策定に役立てていくこと、そして、特許を中心とした無形資産を産み出すことによって、自社事業を守り発展させていくことの実現を狙いとしている。昨今、内閣府が無形資産の強化・活用を推進すべく、改定コーポレートガバナンスコードの中で、無形資産投資・活用戦略の策定や推進が求められている。そのような環境下、豊田合成では会社全体でIP ランドスケープを推進している。

本稿では、豊田合成が推進しているIP ランドスケープ活動について紹介する。

2. IP ランドスケープの定義

特許庁において、IP ランドスケープは、「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」と定義されており、その概要図が示されている(図-1)¹⁾。



図-1 IP ランドスケープ俯瞰図

^{*1} 知的財産部 特許室

3. 豊田合成の IP ランドスケープ

IP ランドスケープ (IPL) を活用できるシチュエーションは様々である。そのため、豊田合成では狙いのアウトプットに応じて「フォアキャスト IPL」と「バックキャスト IPL」という2種類の活動に分けて推進している。フォアキャスト IPLとは、既存の開発テーマをターゲットとして「知財情報を利用した解析を行い『事業に資する特許取得』をアウトプットとして狙うもの」である。一方で、バックキャスト IPLとは、将来を見据えて「知財情報を利用した解析を行い『テーマ探索やテーマ立ち上げに必要な伴走』をアウトプットとして狙うもの」である (図-2) 2)。



図-2 豊田合成の IP ランドスケープ全体像

フォアキャスト IPL、バックキャスト IPL 双方において意識していることは「早い段階（技術開発が本格化する前）に活動する」ことである。他社に対する優位性を築くには、他社に先駆けて戦略を立てることが最も重要なファクターとなる。

次に、フォアキャスト IPL、バックキャスト IPL それぞれの活動について紹介する。

4. フォアキャスト IPL

フォアキャスト IPL は特許取得を主目的として活動すべく、以下の流れで進めている (図-3)。



図-3 フォアキャスト IPL の流れ

これらのステップの中で最も大事なものは、「① 自社事業戦略の把握」である。自らがどのような状態になりたいかが分からないまま活動を進め、結果として特許出願ができたとしても、いわゆる「特

許出願自体が目的」となってしまう事業に貢献できない。フォアキャスト IPL では、まず「その事業はどこで売上／利益を上げていきたいのか」「そのための、自社の差別化要素は？」というのを、技術と知財で明確にする。自社の事業戦略がその時点で固まっていない場合は、いったん事業戦略の仮説を構築し「②他社動向の解析」で仮説検証しながら、①と②を繰り返す。

「②他社動向の解析」では、特許出願動向を解析するだけでなく、他社の展示会情報・プレスリリース・業界トレンド情報を交えながら、他社がどういう戦略をもって進めているのかを推測する。特許情報はエビデンスとして有効である一方、最新でも1年半前の情報であり古いという欠点がある。そのため、最新の業界動向情報を組み合わせることにより、精度の高い他社動向解析ができる。

「③狙い所の選定」では、事業の責任者（例：事業本部長）と議論しながら決定する。事業本部長の考える事業戦略と、狙い所とが紐づいているかをチェックすることが大事である。

狙い所が定めれば、「④発明発掘と特許出願」を集中的に行っていく。単に、自社製品だけでなく、すでに解析済みの他社動向を踏まえながら、いろいろな観点の発明を発掘し特許出願する。

①～④の流れを踏まえることで、事業に資する特許取得を狙っていくのがフォアキャスト IPL である。

例えば、セーフティシステム部品の事業においては、自動運転の普及等クルマの利用形態変化に対応した技術が求められる。フォアキャスト IPL 活動では、政策等に関する一般情報 (図-4) 3) を入手し、自社事業の仮説を立てる。

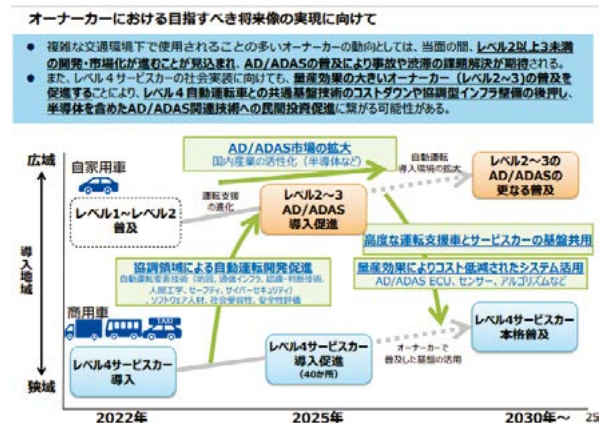


図-4 経済産業省 資料

その上で、特許情報 (図-5) 等から他社動向を推測し、自社として取り組むべき狙い所を定める。

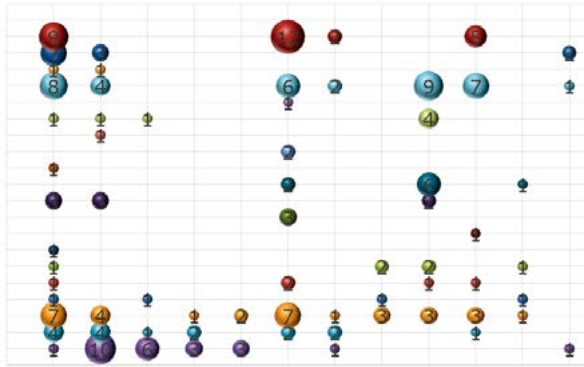


図-5 特許情報を用いた解析

5. バックキャスト IPL

バックキャスト IPL は特許取得が主目的ではなく、テーマ発掘やテーマ立ち上げに必要な伴走を狙っており、以下の流れで進めている（図-6）。



図-6 バックキャスト IPL の流れ

最初に「①自社事業戦略の把握」「②他社動向の把握」を行うことはフォアキャスト IPL と変わらない。一方で特許取得が主目的ではないため、フォアキャスト IPL とは異なり「③推進事項の決定と実行」を進める。具体的には、新テーマ候補の洗い出しや絞り込み、すでにあるテーマにおける新用途の探索、アライアンス先の探索や評価などを行う。

6. おわりに

IP ランドスケープは、IP という名前がついていることから知財活動、ひいては、知的財産部の活動という捉え方をされることが多い。しかしながら、前述の説明のとおり、その根幹は「自他社動向の解析を基礎とした、事業戦略の策定と推進」であり、特許出願をはじめとする知財活動はその事業戦略の実現手段の一つにすぎない。現在、社内報を通じ社内に IP ランドスケープ活動を啓蒙している（図-7）²⁾ が、まだまだ会社全体に浸透しているとは言い難い現状である。

今後、2030 事業計画を含む中長期戦略を推進していく中で、知財情報が事業戦略と技術開発とを結びつける分子として、会社全体で新しい価値を創出することに貢献していきたい。



図-7 豊田合成 社内報

参考文献

- 1) 特許庁 経営戦略に資する知財情報分析・活用に関する調査研究 調査報告書 (2021)
- 2) 豊田合成 TG TIMES 夏号 (2023)
- 3) 経済産業省 自動走行ビジネス検討会報告書 version 6.0 (2022)

著 者



香川和之

カーボンニュートラルに向けたバイオ素材の活用

内田 均^{*1}, 田中靖昭^{*1}, 太田笑美子^{*1}

Utilization of Biomaterials in Moving Towards Carbon Neutrality

Hitoshi Uchida^{*1}, Yasuaki Tanaka^{*1}, Emiko Ota^{*1}

要旨

2050年のカーボンニュートラルへ向け、製品原材料のCO₂排出量に相当するスコープ3に関わる高分子材料に対して、無駄なく使いきるためのリサイクル技術や薄肉軽量設計による省材料化などに取り組んでいる。サーキュラーエコノミーにも結びつく樹脂のリサイクルにおいて、回収樹脂の物性が低下している。そのため、通常はカスケードリサイクルに限定されているが、バージン材料並に向上させる独自の配合技術開発を進めている。さらに脱石油を進めるため、木質由来の素材に注目すると、植物によって生産・蓄積される森林由来炭素蓄積量は3,600億tであり、潜在的資源としての価値は一目瞭然である。そこで、木質由来の素材を原料とするバイオ素材の活用を進めている。本論文では、従来から検討しているセルロース材料が自動車部品へ適用された最近の進捗と、更なる木質資源の有効利用のための「改質リグニン」の検討についても進捗を報告する。

Abstract

In order to achieve carbon neutrality by 2050, we are working on recycling technology to fully use, without waste, polymer materials associated with Scope 3 corresponding to CO₂ emissions from product raw materials, and on saving materials through thin-walled and lightweight designs. In plastic recycling, which is linked to the circular economy, the physical properties of recovered plastics have deteriorated. Therefore, it is usually limited to cascade recycling, but we are developing a unique compounding technology that improves the quality of recycled materials to the same level as virgin materials. Furthermore, when we focused on materials derived from wood to help us move away from petroleum, we found that the amount of forest-derived carbon produced and stored by plants is 360 billion tons. The value of plants as a potential resource is obvious. This led us to use biomaterials derived from wood as a raw material. In this paper, we report the recent progress in applying cellulose materials to automobile parts, which has been considered for some time, as well as the progress in investigating glycol lignin for the effective use of wood resources.

1. はじめに

豊田合成は持続的に成長可能な循環型社会の実現を目指して環境負荷低減に取り組んでおり「サーキュラーエコノミー(CE)とカーボンニュートラル(CN)を技術で“架橋(つな)ぐ”と表し、自動車部品のライフサイクル全体(以下LCA)での環境負荷低減に取り組んでいる(図-1)。

図-1において架橋(つな)ぐとは、我々が高分子材料を自動車部品へ使用する際に、ゴム弾性を与える架橋技術を駆使していることにかけている。架橋反応は高分子間を架橋剤で化学的につなぐ(橋掛け)ことで発現するゴムならではの特

性である。

環境負荷に配慮しながら持続発展するためには従来の石油由来の材料を無駄なく使うことの省資源化と脱石油を進める必要がある。

本報告では脱石油の観点からのバイオ材料の取り組みを報告する。

*1 材料技術部 材料開発室

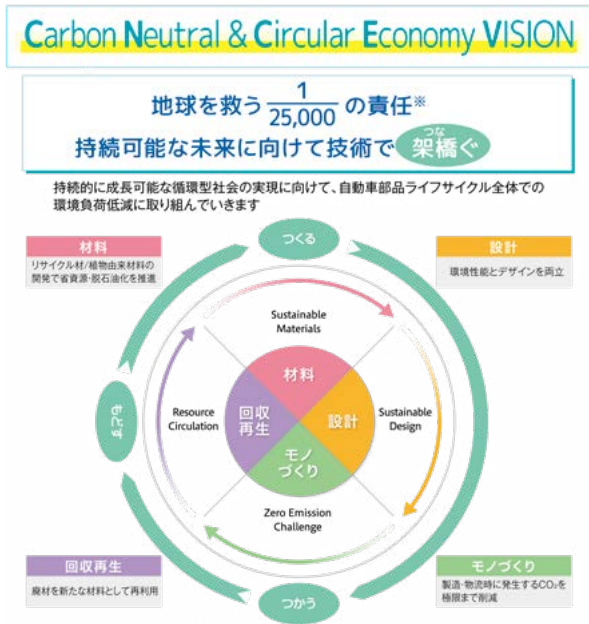


図-1 豊田合成の環境負荷低減に向けた考え

2. 背景と目的

2-1. グローバルに広がるバイオ材料

脱石油へ向けたバイオ材料の活用はグローバルで広がっている。例えば、米国では主要都市（シアトル市等）でプラスチック製品（買物袋、ストロー等）の規制が始まっている。環境に対して先進的なEUにおいては“使い捨てプラスチック製レジ袋削減指令”が発令され、堆肥化可能及び生分解性プラスチック袋がラベリングされることが要求されている。

日本においても、2030年に世界最先端のバイオエコノミー社会の実現を目標として提示するバイオ戦略2020において、バイオプラスチックが市場領域の一つに位置付けられている。特に、経産省においては、環境負荷低減に資するバイオ製品の導入支援策の検討が期待されている。¹⁾

サーキュラーエコノミーを提唱する環境省のプラスチック資源循環戦略において、2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入することを示しており、日本においては、これからバイオプラスチックおよびバイオ素材の活用が大幅に増していくと想定される。

2-2. バイオ材料の自動車部品への適用

豊田合成においては、先記のバイオ材料の活用拡大へ向けた動きよりも以前から、バイオ素材の自動車部品への適用検討を進めている（表-1）。図-2に通用事例を示す。

表-1 自動車部品へのバイオ素材の適用

材料種	機能	適用製品	
ポリマー	ナイロン 11 (ひまし油)	低吸水性、耐寒性	フューエルチューブ ①
	ナイロン 610 (ひまし油)	低吸水性、寸法安定性	ウォーターパイプ ②
	ポリカーボネイト (トウモロコシ由来)	良外観	オーナメント、レジスター ③④
オイル	菜種油、亜麻仁油	耐候性 (ゴムの可塑性)	CVJブーツ ⑤
ファイラー	コルク	シール性	ガスケット ⑥

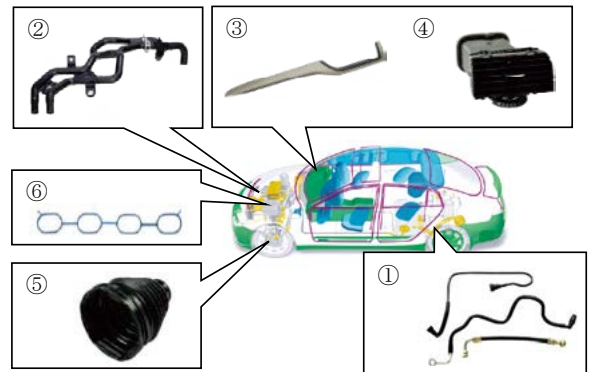


図-2 自動車部品への適用事例

これらは、脱石油へ向けたバイオ材料活用ではなく、材料特性に優れる点から選定されている。ナイロン 610 を例にすると、本材料はトウゴマから抽出されるひまし油を原料に化学重合を進めることで得られる素材で、100% バイオ原材料から製造されている。その分子構造から、結晶性が抑制され低温での耐衝撃性や耐屈曲性に優れるほか、ナイロン材料の課題である吸湿による弾性率変化や寸法変化が少ない。そのため、常に水にさらされる水冷の冷却配管への適用が可能となったものである（図-3）。

他の素材についても同様に、石油由来の素材では得られない特徴を有することで、価格面で不利な状況であっても採用を獲得してきた。

「ウォーターアシストインジェクション工法」を新たに導入し、冷却水に対する耐久性などを考慮したナイロン 610 材を選定し、樹脂化を実現した。



図-3 金属の樹脂化を果たした冷却配管 (ナイロン製品)

豊田合成において、引き続きバイオ素材の大幅な利用拡大を進めるには、汎用ポリマーのポリプロピレン (PP)、エチレンプロピレンゴム (EPDM)、ポリウレタン (PU) の材料種類へ、利用を拡大する必要がある。

2-3. 木質バイオマスの活用

「バイオマス」とは、生物資源 (bio) の量 (mass) を表す言葉であり、「再生可能な、生物由来の有機性資源 (化石燃料は除く)」のことを呼ぶ。そのなかで、木材からなるバイオマスのことを「木質バイオマス」という。

日本は国土の約7割が森林に覆われており、森林蓄積は人工林を中心に毎年約1億 m³ 増加している。しかしながら、豊富な森林資源が十分には利用されていないのが現状で、特に間伐材等の林地残材の利用率は24%程度にとどまっており、その有効利用が課題となっている。

森林を構成する個々の樹木等は、光合成によって大気中の二酸化炭素の吸収・固定を行っている。森林から生産される木材をエネルギーとして燃やすと二酸化炭素を発生するが、この二酸化炭素は、樹木の伐採後に森林が更新されれば、その成長の過程で再び樹木に吸収されることになる。

再生可能な生物由来の資源を活用する観点から、製材やエネルギー燃料といった従来の木材利用とは異なる分野に応用可能な木質系新素材の実用化に向けた研究開発が進んでおり注目を集めている。

木材の成分は約50%のセルロースと約30%のリグニンなどから構成されている (図-4)。

豊田合成においても、新たな産業資材として期待されているセルロースナノファイバー (以下CNF)、及び加工性に優れた様々な樹脂等の石油由来製品の代替としても利用できる「改質リグニン」²⁾の実用化に向けた技術開発を進めている。改質リグニンは森林総合研究所の山田博士により開発された、リグニンを工業利用可能となるように改質された新素材である。このような新技術により未利用木質資源が付加価値の高い製品へと生まれ変われば、新たな価値・木材需要の創出や林業の成長産業化につながると期待される。

本検討においては、CO₂削減とサーキュラーエコノミーの素材供給を目的に、活用の広がりが予想される木質バイオマスの自動車部品への適用を目指して、従来から検討を進めているCNF材料の進捗を報告し、さらには改質リグニンの取り組みについて報告する。



図-4 木材の構成成分³⁾

3. CNF 材料の最近の結果

3-1. CNF とは

バイオフィラーであるCNFは、近年、注目度が更に高まっている素材で、森林資源、農業廃棄物等を原料としながら、鋼鉄の5分の1の軽さで5倍の強度等の特性を有するとされている (図-5)。



図-5 CNF の特徴⁴⁾

現状において、CNF素材は社会実装への期待が高いにもかかわらず、化粧品やインク、塗料の添加剤としての採用にとどまっている。これらは粘度調整機能に注目されて採用が進んでいると予想される。2020年以降の筐体、キャパシタ、車部品への普及が進んでいない理由について、CNFは高強度、軽量に優れた特性のポテンシャルがあるものの、まだ十分に、その特徴を引き出せる“材料”として取り扱いが難しい。

豊田合成は、'20年度よりセルロースマッティング事業 (NCM) に参画し、その成果を公表した⁵⁾。

独自の配合設計と混練技術を活用することで、一般PP並みの耐衝撃性を有する材料を提供することが可能となった。PPよりも高剛性化することで、PP比較で薄肉の製品とすることが可能となった。その結果、部品のLCAを低減することを具現化した(図-6)。

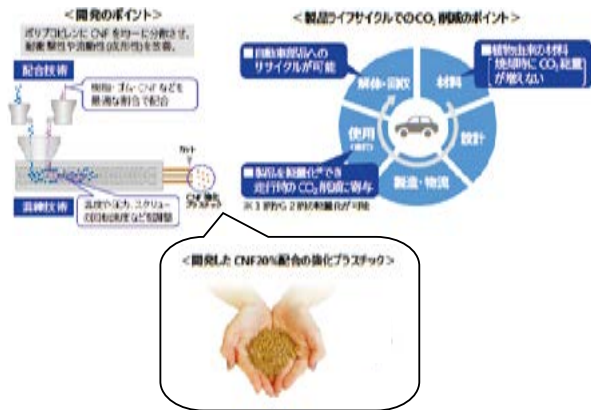


図-6 CNF活用のねらい

3-2. CNF-PPコンパウンドの進化

引き続き、市場価格へのマッチングや自動車部品としての性能確保を目標に材料検討を継続している。その一つとして、更にサーキュラーエコノミー(CE)を目指す検討を進めている。

廃車からのリサイクル材料を原料に、CNFで補強することで剛性を確保して、バンパー to バンパーの水平リサイクルを実現した。最新の取り組みとして豊田合成の樹脂リサイクル-CNF技術がLEXUSの環境配慮型オフロード車、LEXUS ROV[※]に採用された(図-7)。

※ Recreational Off highway Vehicle の略。レスポンスの良さと、五感を刺激するサウンドを楽しみながらオフロード車でも行けない場所へ一歩踏み込み、自然と触れ合う事で、自然と共生しながら、走りを楽しむライフスタイルの実現を目指すコンセプトカー。



図-7 LEXUS ROV 搭載事例

廃車から回収されるバンパー材料は、バンパー塗装が施されており、バンパー基材のPPとプライマーにより密着性を確保している。そのため基材側は密着性が確保されているもの、暴露側はPPとの密着しない熱硬化の樹脂で構成されている。そのため回収したPP製バンパー内に異物として存在し、さらに、様々な材料メーカーの素材が混ざり合っているため、バージン材料と比較して剛性に劣る材料となっている。

そこで、低下した剛性をUPさせるため、CNFによる強化を試みた。結果を表-2に示す。

表-2 CNFにより改良された開発材の物性

材料		開発材	バンパーリサイクル材
材料物性	引張強度 (MPa)	20	19
	引張弾性率 (MPa)	1,800	1,600
	熱変形温度 (°C)	107	96
	比重	1.06	0.98

その結果、引張弾性率と熱変形温度について、外装部品で使用できるレベルの剛性と耐熱性を確保できた。また、CNFの分散状態を電子顕微鏡を用いて観察したところ(図-8)、CNFがエラストマーで包埋されたモルホロジーに制御されていることがわかった。このモルホロジー制御により外装部品へ適用可能なレベルの耐衝撃性が得られたことが明らかとなった。

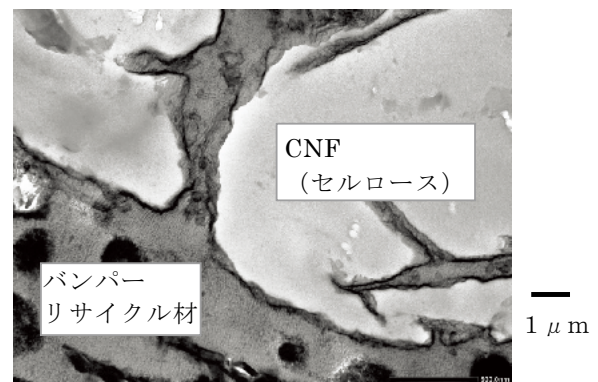


図-8 モルホロジー評価結果

しかしながらPPとセルロースの界面の厚みが薄く、界面制御を更にコントロールすることによる特性の向上が望まれる。

3-3. CNFのシート部材への拡大

CO₂削減を目的とするCNFの適用拡大において、アクリル意匠パネルへの適用を検討している。これはアクリルシートとCNF素材を積層した

“CNF 配合シート”で、アクリルシートの剛性を高めるとともに破損時の飛散抑制と、新しい意匠を狙うものである。

CNF 配合シートは大手製紙メーカーより種々販売されている。それらは緻密に CNF が絡まり合うことで、シート自身の強度を高める目的で開発が進んでいるようである。

本検討において、環境対応や新しさを演出するための加飾素材として CNF を捉えている。つまり、長繊維状のパルプと組み合わせることで、柔らかい光の風合いと材料の強度確保の両立を狙う(図-9)。



図-9 CNF とパルプの併用⁵⁾

ここで本シートの状態は“紙”であり、このままでは車両内装部品への適用ができない。そこで、アクリルシートを積層することで剛性を確保した。一方でアクリルシートは耐衝撃性が低く破壊時に飛散するため、車室内への適用が難しい。

そこでセルロース層と組み合わせることで、破壊時の飛散を抑制する(図-10)。

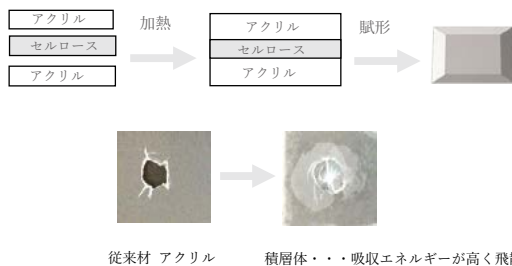


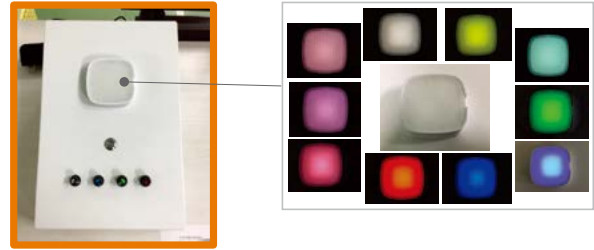
図-10 積層体の構造とパンクチャー破壊衝撃後の状態

本積層体を照明カバーに適用した事例を図-11に示す。消灯時はLED光源をカバーで隠すと同時に、発光時は光源をばかす効果が見られ、結果として柔らかい光が表現できる。

光のコントロールについて、一般的にはガラスビーズなどで調整をする。その場合、耐衝撃性の低下が激しく車室内に適用することはできない。

耐熱性においても、セルロース積層体の補強性により強化され、アクリル板の薄肉化が可能となる。

今後は3D形状への賦形へチャレンジし、複雑形状の内装部品への適用を進めていきたい。



セルロースにより発光部位を隠して柔らかい光を演出

図-11 照明カバーへの応用事例

4. リグニンの検討

4-1. リグニンとは

リグニンとはフェニルプロパノイド骨格を有するモノリグノールが重合してできる生物由来の不定形高分子である。そのため、規則的な構造を有する合成高分子と比べて、選択的な分解・解呪号を行うことは難しい。そこで、「改質リグニン」²⁾と呼ばれる日本固有の樹木「スギ」から作るバイオ由来の新素材が注目されている。

森林総研の山田博士が開発した改質リグニンはポリエチレングリコール(PEG)改質リグニンの略称で、PEGリグニンやグリコールリグニンとも呼ばれ、極めて高い加工性と機能性を持つ(図-12)。

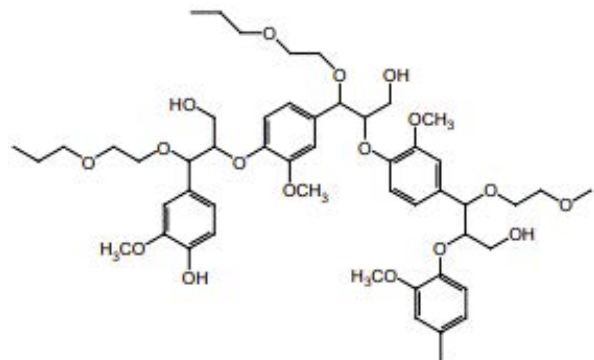


図-12 改質リグニンの一部の構造²⁾

改質リグニンはリグニンを原料とするが、リグニンそのものではない。同様に、紙パルプ製造で副産されたリグニン分解物から作られたクラフトリグニン、アルカリリグニン、リグニンスルホン酸などもリグニンそのものではなく、リグニンを原料として作られた物質といえる。

豊田合成はリグニンネットワーク(地域リグニン資源開発ネットワーク)に加わり自動車への適用を目的に検討を進めている(図-13)。

改質リグニンの製品展開例



図-13 改質リグニンを活用した製品事例²⁾

4-2. リグニンネットワークでの成果

豊田合成は株式会社天童木工と共同で、ハンドル部品への改質リグニンの適用を検討している。ここでは改質リグニンをポリアミドに配合し、ガラスファイバーとの相溶化剤として配合した。

ハンドルの意匠板として検証した結果、射出成形時の特異的な異常は見られず、組付け後の仕様においても、ポリアミドからのリグニンのブリードもなく、従来のリグニン未配合と同様の使用感であった(図-14)。今後、基材のポリアミドを非石油由来の樹脂に代替し、ガラスフィラーの部分をセルロースなどの素材へ代替することで、オール植物由来の意匠基材が得られる可能性が見いだせた。



図-14 ハンドルの意匠板へのCNF適用

5. まとめ

カーボンニュートラルを目指して、木質素材を中心に、従来の石油由来の材料を低減する技術開発を進めている。

木質素材の活用は、自動車部品に求められる耐久性や、今後のサーキュラーエコノミーを見据えたりサイクル性、低コスト化による市場マッチングなど、まだまだ課題が多い。

今後は、様々な木質素材の、早期実用化を目指して開発を進める。

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。

木質素材の活用材料を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ると想定されますが、未来へ継続的に樹脂・ゴム材料を使用するために必須の技術と思います。

今後は本技術を発展させ実装することでCO₂を低減し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っています。

参考文献

- 1) 経済産業省, バイオ小委員会 第11回産業構造審議会他
- 2) リグニンネットワーク <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/matechem/about.html>
- 3) 農林水産省, <http://www.maff.go.jp/aff/2209>
- 4) 環境省 <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cnf.html>
- 5) ナノセルロースプロモーション <https://CNF-ncp.net/deliverable2.html>
- 6) ナノセルロースジャパン <http://www.nanocellulosejapan.com>

著者



内田 均

田中靖昭

太田笑美子

ポリウレタンの微細発泡・薄膜化技術の応用可能性検討

篠田康彦^{*1}, 山崎真輝^{*1}, 中川博之^{*1}

Potential Application for Polyurethane Micro-Foaming, and Thin-Film Technology

Yasuhiko Shinoda^{*1}, Masateru Yamazaki^{*1}, Hiroyuki Nakagawa^{*1}

要旨

豊田合成ではこれまでに培われた高分子技術の強みを活かして新事業創出の活動を進めている。その一環として、ハンドルに使われているポリウレタン発泡技術を応用し、微細発泡膜の材料設計と加工方法を検討した。本検討によって得られたポリウレタン微細発泡膜は、膜表面に生じた気泡の一部が裏面にも貫通しており、その孔の断面形状がすり鉢状の特徴的な形状となっている。この膜の応用先の一つとして、創薬支援分野に着目し、開発に活用される評価キットに取り組むこととした。今回、医薬品開発の評価において重要とされる小腸モデルの再現を試みた。結果、ポリウレタン微細発泡膜は、2層培養が可能で、小腸の機能を示すことがわかった。

Abstract

Toyoda Gosei is endeavoring to create new businesses with a focus on polymer technology. With our polymer technology, we have investigated a novel material design for polyurethane micro-foam membranes. These polyurethane membranes have many U-shaped through pores. This paper shows one possible application of our polyurethane micro-formed membrane for drug discovery research. We evaluated the function of a small intestine model made with this polyurethane membrane. The results indicate that our polyurethane membrane allows different types of cells to contact each other through these unique shaped pores. It also exhibits the function of the small intestine.

1. はじめに

豊田合成では、高分子の分野で長年にわたり培ってきた配合や混練り、加工、表面処理などの独自の技術を駆使し、高品質な自動車部品の製造を手掛け、社会からの要望に応えてきた。

また、自動車分野のみにとどまらず、異分野においても社会的貢献を果たすために新価値の創出に挑戦している。例えば近年では、LED製品を始めとしたライフソリューション事業への展開を進めている(表-1)。

新たな分野としては、エネルギーとヘルスケア分野に焦点を当て、高分子技術の強みを活かして、新たなテーマの発掘とそれに伴う技術開発を積極的に進めている。

本稿では、創薬支援分野への応用を目指し、新

たに開発したポリウレタン微細発泡膜の作製技術とその応用検討事例について紹介する。

表-1 豊田合成が開発した製品例

	製品例			
ゴム	 1950年カゴアシリップ	 1977年等速ジョイントブーツ	 1982年遮音性ガラスシ	 2011年軽量シムス-ス
樹脂	 1954年樹脂射出ハンドル	 1960年PPハンドル	 1974年インストゥルメントパネル	 2017年センサ付ハンドル
新領域	 1991年青色LED	 2020-2021年UV-C LED活用製品	 開発経路: パワー半導体 他	 他

*1 新価値開発部 有機系開発室

2. ポリウレタンの微細発泡化と薄膜化技術の開発

ポリウレタンは、配合処方や成形方法を変えることで素材の柔軟性や発泡の径、発泡の密度などを制御することができ、様々な要求性能に対応することができる。今回、豊田合成で生産しているハンドルで用いられるポリウレタンの配合と成形技術をもとに、ポリウレタンの薄膜化と発泡孔径の微細化に挑戦した。

一般的なハンドルのウレタン部材は、RIM (Reaction Injection Molding) 工法により製造される。この工法では、液体のポリオールとイソシアネートをミキシングヘッドで衝突混合し、金型内に注入後、一定時間硬化させる。この手法で得られたウレタンフォームは表層部に高比重のスキン層と、中心部に低比重のコア層を有する。コア層に形成される孔は数 mm 程度の大きさがあり、厚みも数 cm 程度ある。

一方で、新たに検討しているウレタン発泡法では、ポリオールとイソシアネートを混合した上で、その液を基材に薄く塗布する。塗布後のウレタン液に外部から水蒸気と熱を与えることにより、ウレタンの化学発泡を行う。この手法によって得られたポリウレタン微細発泡膜は、スキン層を有しておらず、膜表面に生じた気泡の一部が、裏面にも貫通した構造となっている (図-1)。膜の表面に生じる孔の大きさは $10\mu\text{m}$ 、裏面の貫通している孔の径は $3\sim 5\mu\text{m}$ 程度であり、膜の厚みは $5\mu\text{m}$ 程度である。

一般的に、薄膜にミクロンレベルの孔を形成させる場合、レーザー照射などの機械的な方法や、薬品処理などの化学的な方法があるが、いずれも円筒形状の孔となる。これに対し、今回開発したポリウレタン微細発泡膜は、表と裏で孔径が異なり、孔の断面形状がすり鉢状の構造を持つ特徴的な微細発泡膜である^{1), 2)}。

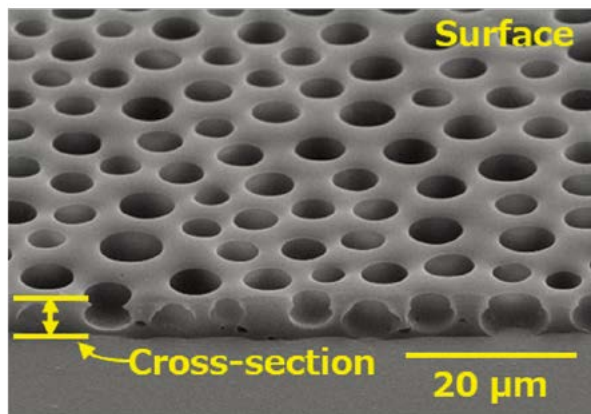


図-1 ポリウレタン微細発泡膜

3. 創薬評価への応用

前述のポリウレタン微細発泡膜は、建築物に用いられる断熱材、電池のセパレーターといった様々な用途展開が考えられる。今回、ポリウレタンの生体親和性が高いという点に着目してヘルスケア領域の中の創薬支援分野への応用を試みた事例について述べる。

一般的な新薬の開発プロセスは、創薬研究、開発研究、臨床研究、承認・発売のステップに分かれている。安全かつ効果的な医薬品の開発において、開発の上流段階での研究精度が非常に重要である。上流の創薬研究・開発研究においては、薬効薬理試験、安全性試験、薬物動態試験などが含まれ、マウスをはじめとする動物や細胞を用いた評価が行われている。

しかしながら、近年は動物愛護の観点から、動物を実験に使用することが制限されつつあり、米国においては2035年に医薬品の動物実験を廃止する方針が発表されている。このような変化に伴い、近年では細胞を用いた評価が重要性を増してきている。

従来、細胞を用いた評価ではトラックエッチドメンブレン (ポリカーボネート等にイオンビーム照射後、化学エッチングして作られる多孔質薄膜) を用いた方法が一般的であった。この方法では評価結果が必ずしもヒト体内の挙動とは一致しないという課題があった。豊田合成はこの課題に対して、前項で述べたポリウレタン微細発泡膜を用い、細胞間の直接相互作用を活かした評価系を開発し、評価精度の向上と開発期間の短縮に貢献することを目指している (図-2)。この評価系では、ポリウレタン微細発泡膜の上で2種類の細胞を培養することで、膜の特徴的な形状の孔を挟んで2種類の細胞同士が直接相互作用を起こし、ヒトの生体内と同様な環境を構築できる (図-3)。

次項に、ポリウレタン微細発泡膜を利用した小腸2層培養モデルの構築と評価事例を紹介する。



図-2 新薬開発プロセスと豊田合成の提案

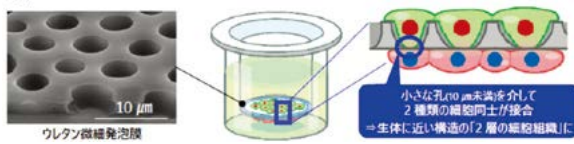


図-3 ポリウレタン微細発泡膜を用いた生体模倣モデル

3-1. ポリウレタン微細発泡膜を用いた細胞の2層培養

一般的には、細胞での評価は1種類の細胞を用いて単層で培養されることが多い。しかし、生体に近づけるためには、複数の細胞が1つの容器内で組織を形成する必要がある。従来の培養方法では一方の細胞が他方の細胞を淘汰してしまうため、1つの容器内で複数の細胞からなる生体組織を模倣することは非常に困難であった。

今回開発したポリウレタン微細発泡膜の特長は、両面に2種類の細胞を培養して「2層の生体組織」を作製できることである。この膜が2種類の細胞の混合を防ぎ、生体組織に近い層状の構造を実現できることを期待している。

小腸は薬が体内で吸収される臓器であることから、創薬評価として取り上げられることも多い系である。今回、生体内で栄養のやりとりなどで相互に影響を及ぼしあっている小腸の細胞と血管の細胞からなる2層の生体組織を作製することにした。

小腸を模倣する細胞として製薬業界などでよく利用されている結腸由来の細胞 Caco-2 を用いることとした。また、2層対面側の細胞層向けの小腸血管内皮細胞としては、iPS 細胞由来の血管内皮細胞 (iCellEC) を用いることとした。2層培養しその断面を蛍光ラベルして観察した像が図-4 である。膜の孔を介して Caco-2 が血管内皮細胞に接触していることが確認された。これらより、ポリウレタン微細発泡膜で Caco-2 と血管内皮細胞が接触した2層培養ができることが示された³⁾。

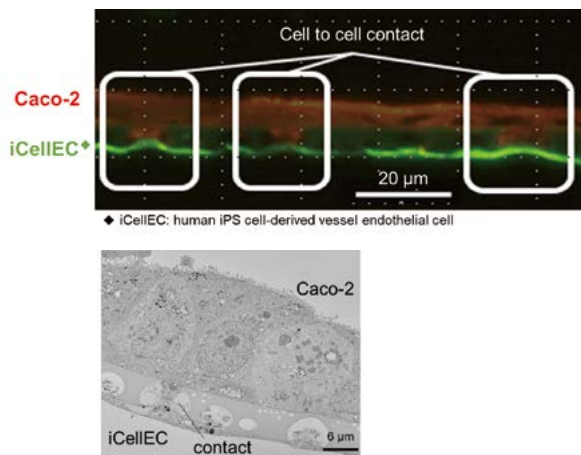


図-4 2層培養の断面観察像 (上：蛍光観察像，下：TEM 像)

3-2. 小腸2層培養モデルでの機能評価

小腸としての機能が発現していることを確認するため、一般的な判断基準である電気抵抗の測定と、薬の輸送機能を評価した。

電気抵抗の測定結果を図-5に示す。電気抵抗の値が高いほど小腸のバリアが形成されていることを示している。ポリウレタン微細発泡膜上の細胞では高い電気抵抗を示したことから、バリアが十分に形成されていることが確認できた。

薬の輸送機能の評価結果を図-6に示す。モデル化合物として、小腸の医薬品排出機能を評価するために一般的に使われる digoxin を用いた。digoxin の小腸側から血管側への透過速度と、血管側から小腸側への透過速度に差が見られた³⁾ ことから、本モデルでは小腸の機能が再現されていることが確認できた。

以上の結果から、ポリウレタン微細発泡膜は、2層培養が可能で、小腸の機能を示すことがわかった。

今後、大学や関連企業とも連携し、小腸モデル以外の肝臓、腎臓などといった他の臓器への応用も検討し、創薬評価の分野へ幅広く貢献し得るかについて可能性検討を継続する。

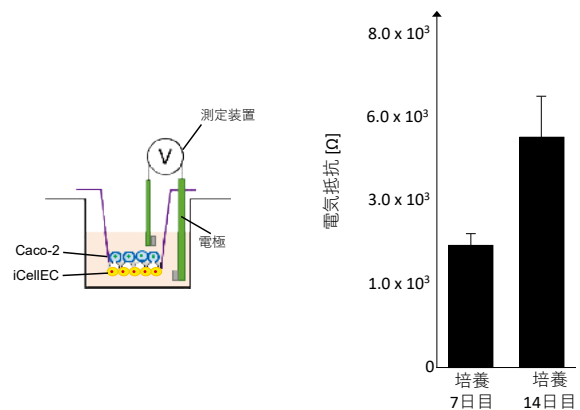


図-5 ポリウレタン微細発泡膜上2層培養の電気抵抗評価 (左：培養の略図，右：電気抵抗の測定結果)

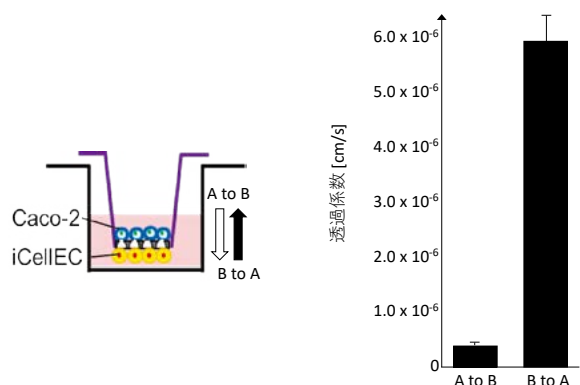


図-6 ポリウレタン微細発泡膜上2層培養の薬の機能評価 (左：培養の略図，右：digoxin の輸送評価結果)

4. おわりに

豊田合成が高分子事業を通じて培ってきた技術を応用し、創薬支援の分野で活用できる特徴的な孔を有するポリウレタン微細発泡膜を開発した。

創薬支援の分野での事業検討だけでなく、同素材をいかした新事業の探索にも取り組み、新製品を通じた社会貢献の検討を続け、さらなる発展を目指していく。

謝辞

本開発を遂行するにあたり、企画、開発、専門的な技術指導等、社内外の多くの方にご支援いただきました。この場を借りて感謝申し上げます。さらなる開発に向けて、引き続きご協力よろしくお願い致します。

参考文献

- 1) 豊田合成株式会社. 細胞培養用および癌細胞増殖抑制用の少なくとも一方の用途に用いるポリウレタン多孔質膜の製造方法.
特許第 6343492 号
(特開 2015-107096. 2015-06-11.)
- 2) 豊田合成株式会社. 細胞培養器具およびその製造方法.
特許第 6480285 号
(特開 2017-29092. 2017-02-09.)

- 3) Y. Shinoda *et. al.* Evaluation of physiological function on the double layered co-culture with direct interaction between Caco-2 and human vein endothelial cells with our polyurethane membrane. 日本薬物動態学会第 36 回年会 ポスター発表: Nov. 19, 2021; オンライン開催

著者



篠田康彦



山崎真輝



中川博之

ファーサイド側突における胸腹部傷害メカニズムの分析

楠原由人^{*1}, 井田 等^{*1}, 青木雅司^{*2}
浅岡道久^{*3}, Ning Zhang^{*4}, 大原史朗^{*5}

Analysis of the Mechanisms of Thoracoabdominal Injuries Caused by Far-side Impacts

Yoshito Kusahara^{*1}, Hitoshi Ida^{*1}, Masashi Aoki^{*2}
Michihisa Asaoka^{*3}, Ning Zhang^{*4}, Shiro Ohara^{*5}

要旨

側面衝突事故では、衝突側の乗員だけでなく、反対側の乗員（ファーサイド乗員）も重傷を負うことがある。北米の市場事故データを調査した結果、ファーサイド側突事故における死因部位は頭部・胸部に次いで腹部が多いことが分かった。本研究では腹部に着目し、人体モデル（THUMS）を活用してファーサイド側突事故を再現したところ、肝臓上面を損傷する可能性が高いことが示唆された。これに対する1つの解決策として、乗員の上体の動きを抑えることで肝臓の傷害が低減することを確認した。

Abstract

In side collisions, it is not only near-side occupants but also far-side occupants that may be seriously injured. We conducted an accident analysis using North American data, and the results showed that abdominal injury was the third most common type of injury, following head and thorax injury, as the cause of death in far-side impacts. We then reproduced far-side impact accidents in simulations using a human body model (THUMS). The results suggested that there is a high possibility of damage to the upper surface of the liver. It was confirmed that one way to reduce such liver injury is by suppressing the motion of the occupant's upper body.

1. 背景

側面衝突事故は乗員に近い側から衝突されるニアサイド衝突と、乗員に対して遠い側から衝突されるファーサイド側突の2種類があり、欧州のアセスメントでは2020年よりファーサイド側突に関する評価形態が追加されている。それはポール側突をスレッド試験で再現し、WorldSID (World Side Impact Dummy) を着座させてファーサイド事故による安全性の評価を実施している。この試験では頭部移動量に関して評価基準が設けられているため、頭部外傷による重傷の低減の指標として効果的である。

本研究では、ファーサイド乗員のさらなる安全性向上を狙い、ファーサイド側突の市場事故の実態把握から対策の方向性を検討した。

2. 目的

2-1. 事故調査データ概要

市場事故調査にはNHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) の統計管理センターが公開している北米自動車事故データベース (NASS/CDS) を用いた。2002年～2015年の13年間における普通乗用車の側突事故のうち図-1に示す自車の右側から衝突された事故のデータに限定した。また、調査対象は運転席およびその後席の乗員に限定した。自車については乗用車に限定してトラック・バスは除いた。

*1 性能実験部 衝突安全第2技術室

*3 性能実験部

*5 TGR Technical Center, LLC

*2 性能実験部 予測技術室

*4 Toyota Gosei North America Corporation

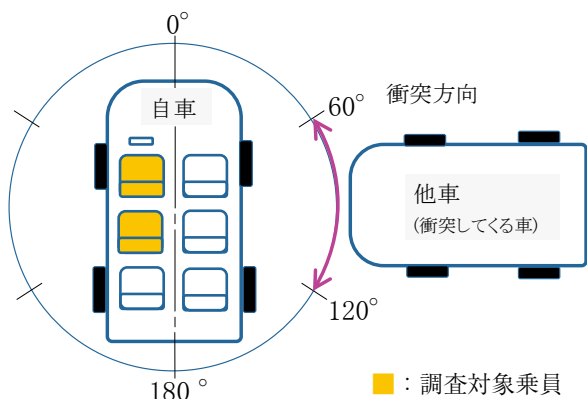


図-1 対象とした事故形態

2-2. 事故調査内容

まず、ファースイド側突における外傷重症度 AIS (Abbreviated Injury Scale) が4以上の重篤な傷害を負った受傷者数を調査した。図-2に受傷部位別に調査した結果を示す。頭部・胸部が多い結果となった。頭部・胸部に関しては、前述したファースイド側突に関するアセスメントの追加により良化していくことが見込まれる。一方衝突側のドアや乗員への直接接触が考えにくい腹部に関しては AIS4 以上の重篤な傷害は発生しており受傷者全体の1割を占めていた。よって本研究ではこの腹部に着目して更なる分析を行った。

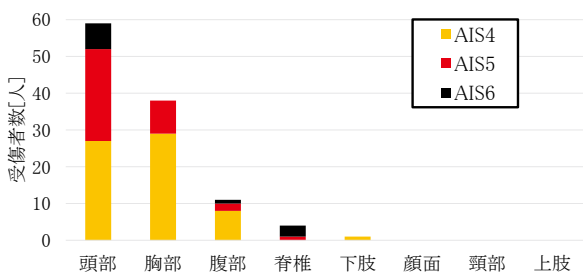
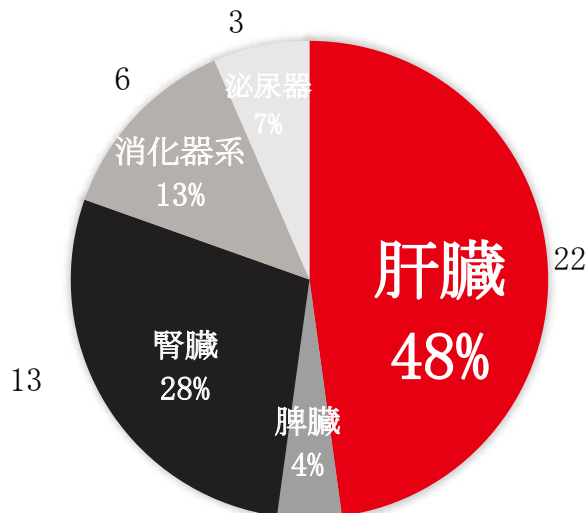


図-2 AIS4以上の部位毎の受傷者数

次に腹部受傷者における受傷臓器の内訳を図-3に示す。AIS2以上の腹部受傷者のうち48% (22件) が肝臓を受傷していることが分かった。また、肝臓を受傷した22件を受傷因子別に分類した結果を図-4に示す。フロアコンソールが6割となり最多であった。フロアコンソールによって頭部を含む乗員の移動量が減り頭部受傷リスクの低減が見込まれる一方でコンソールと腹部が接触することで腹部の受傷リスクがあることが示唆される。

本研究では代表的な腹部傷害である肝臓の受傷メカニズムを分析して対策を検討した。



2 グラフ外の数字は件数

図-3 腹部受傷臓器の分布 (46 ケース [AIS2以上])

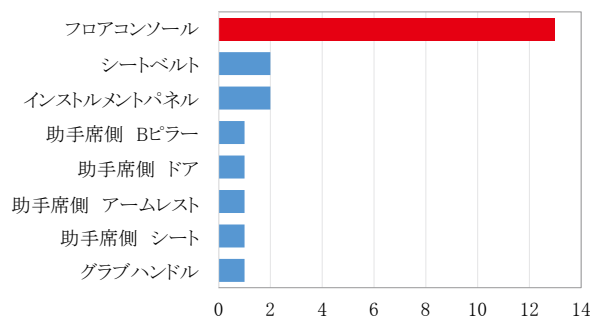


図-4 肝臓の受傷因子 (22 ケース [AIS2以上])

3. 手法

3-1. 試験用ダミーと人体モデルについて

乗員の傷害値評価をするうえで、法規・レイティング試験では図-5に示す衝突試験用ダミーを用いて胸腹部のたわみ量や脊椎の加速度・角速度を計測して傷害リスクを評価する。なお、本研究では骨や臓器がモデル化されていて、肝臓の受傷メカニズムの把握をするのに向いている人体シミュレーションモデルの THUMS (Total Human Model for Safty) を用いた (図-6)。

3-2. THUMS を活用した検討フロー

THUMS を活用した検討フローを図-7に示す。はじめに肝臓のテストピースレベルの引張・圧縮試験¹⁾をシミュレーションで再現して材料特性の同定を行った。その後、臓器レベルの圧縮試験と再現シミュレーションの結果を比較してシミュレーションモデルの肝臓の妥当性を検証した。次にファースイド側突スレッド試験²⁾を再

現したシミュレーションモデルを構築して THUMS を着座させた。その後、乗員の脊椎に設置した加速度計の応答やフロアコンソールからの荷重を試験とシミュレーションで比較して車両レベルのモデル妥当性を確認して肝臓傷害指標の検討を行った。傷害指標に関しては、実際の事故の傷害傾向を確認しながらその傾向を捉えている指標を選定した。

最後に肝臓受傷の受傷因子で特に件数の多かったフロアコンソールの高さを変えて肝臓傷害への影響を調査してメカニズムを分析した後、対策の方向性を検討した。

なお、各フローで用いた試験結果についてはアメリカの研究機関が実施した結果を引用している^{1) 2)}。

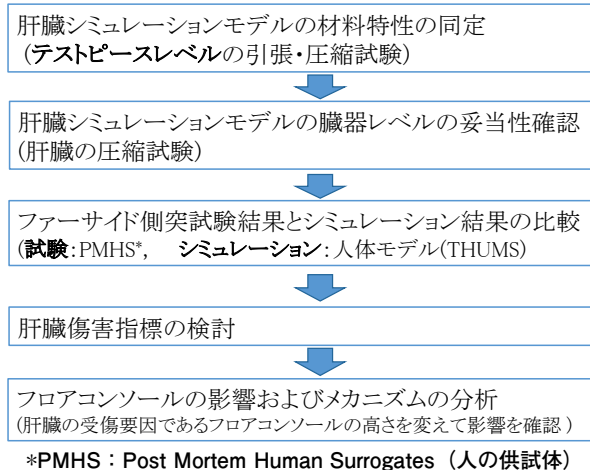
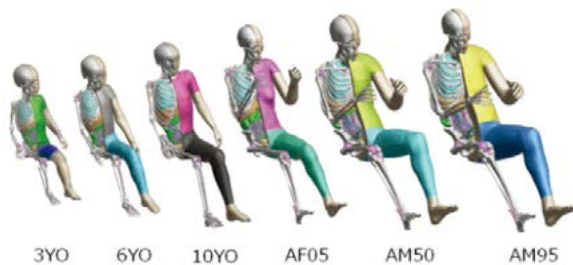


図-7 検討フロー



出典：https://www.humaneticsgroup.com/sites/default/files/2020-11/um-w50m_rev_k.pdf

図-5 試験用ダミー (WorldSID)



出典：<https://www.toyota.co.jp/thums/about>

図-6 人体モデル (THUMS)

4. 結果

4-1. 肝臓モデルの材料特性の同定

まず、図-8に示す肝臓のテストピースの引張試験をシミュレーションで再現した。その結果の比較を図-9に示す。複数の試験結果の中央値となるように THUMS の肝臓の引張特性を変更した。圧縮特性についても引張特性同様に図-10に示す圧縮試験をシミュレーションで再現し、THUMS の肝臓の圧縮特性を変更した(図-11)。

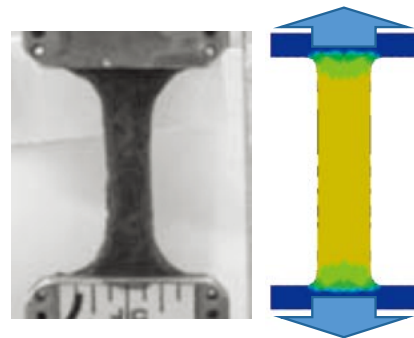


図-8 肝臓テストピース引張試験¹⁾と再現シミュレーション

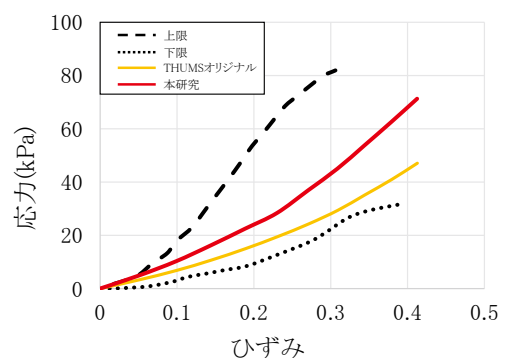


図-9 応力-ひずみ特性比較 (引張)

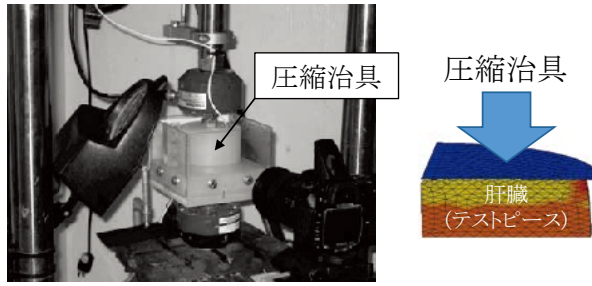


図-10 肝臓テストピース圧縮試験¹⁾と再現シミュレーション

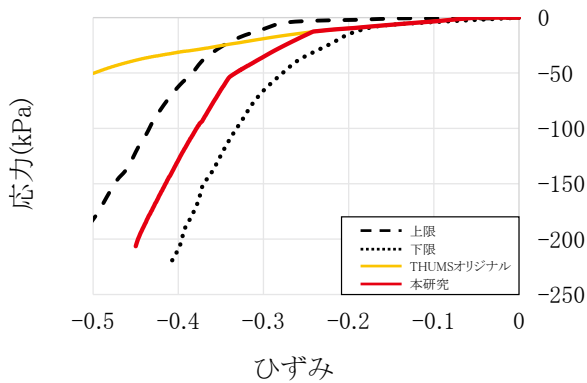


図-11 応力-ひずみ特性比較 (圧縮)

4-2. 肝臓モデルの物性検証

肝臓の静圧縮試験のレイアウトと再現シミュレーションを図-12に示す。この肝臓の静圧縮試験をシミュレーションで再現して圧縮特性(応力-ひずみ線図)を比較した。比較結果を図-13に示す。

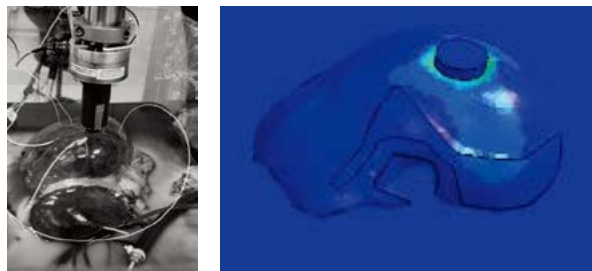


図-12 肝臓の静圧縮試験と再現シミュレーション

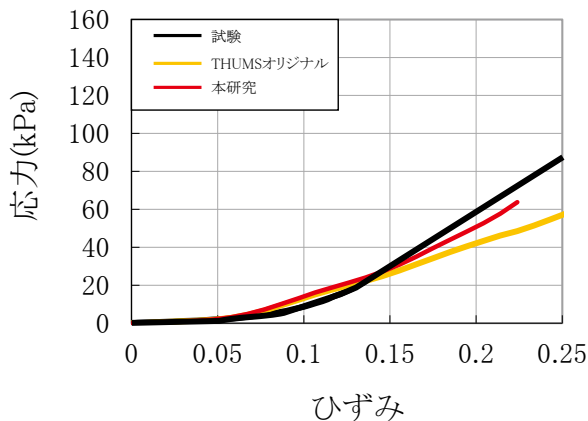


図-13 応力-ひずみ特性比較 (肝臓静圧縮)

材料試験で同定した物性を肝臓モデルに反映した結果、高ひずみ域の圧縮特性が試験結果に近づくことを確認した。

4-3. ファーサイド側突モデルの妥当性確認

次にファーサイド側突スレッド試験の再現モデルを構築して、乗員挙動とコンソールからの荷重を比較した。乗員挙動については、図-14に示す乗員の脊椎に配置したA点、B点、C点の加速度計の応答を比較した。比較結果を図-15~図-18に示す。シミュレーションモデルのTHUMSの各脊椎の加速度の応答とコンソールからの荷重が試験を概ね再現していることを確認した。

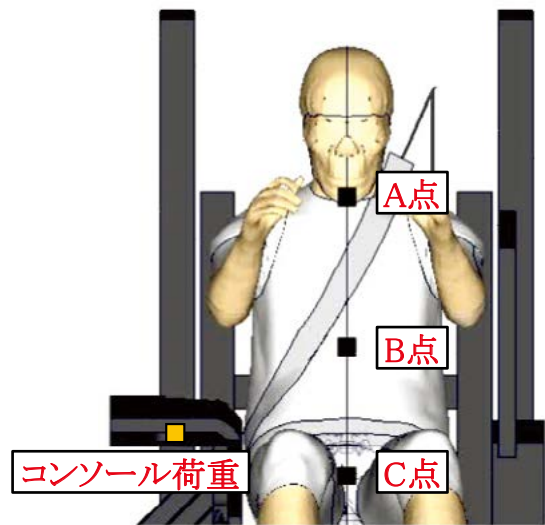


図-14 ファーサイド側突スレッドのレイアウト

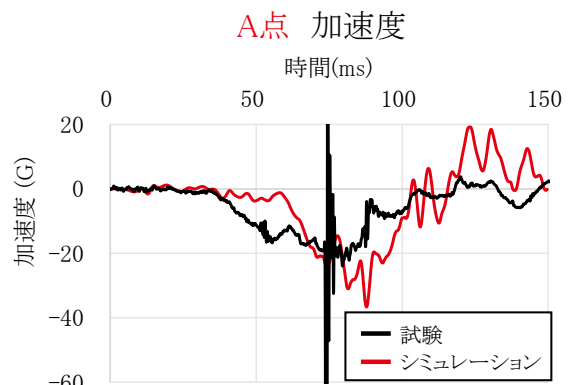


図-15 A点の加速度比較 (試験×シミュレーション)

4-4. 肝臓傷害指標の検討

ファーサイド側突スレッド試験を再現したシミュレーションモデルを用いてTHUMSの肝臓の最大ひずみを確認した。最大ひずみは図-19に示すようにコンソールとオーバーラップしている肝臓下面ではなく、肝臓上面で発生していることが分かった。

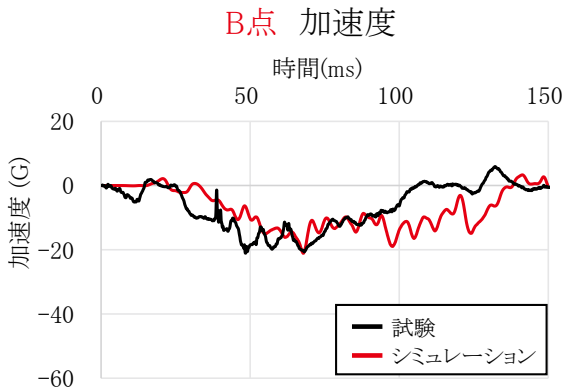


図-16 B点の加速度比較
(試験×シミュレーション)

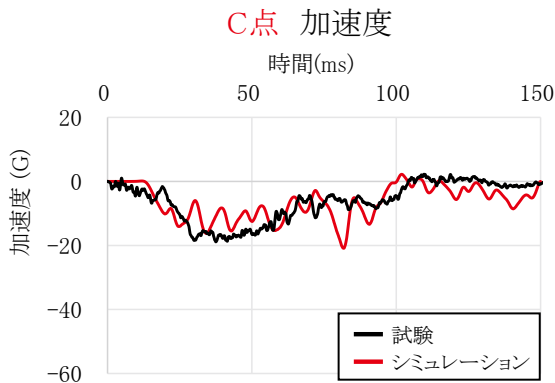


図-17 C点の加速度比較
(試験×シミュレーション)

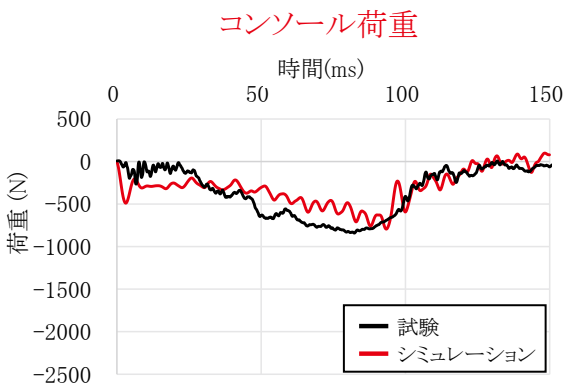


図-18 コンソールの荷重比較
(試験×シミュレーション)

また、Jin らが行った市場事故調査³⁾によると交通事故による肝臓受傷者 53 ケースのうち、67.9% が肝臓上面に損傷を負っていることが報告されており、今回のシミュレーション結果の肝臓の傷害傾向と一致していることが分かった。

よって、最大ひずみを肝臓傷害指標として選定した。

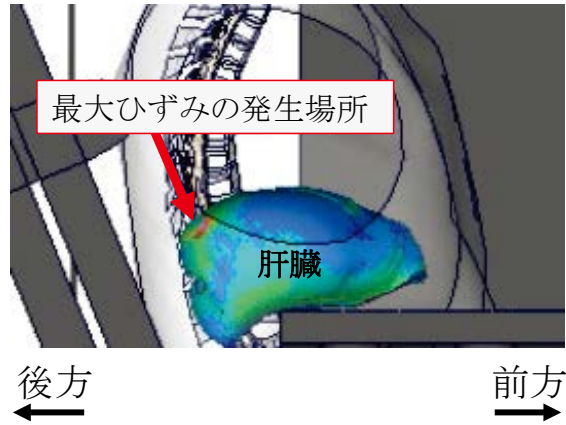


図-19 最大ひずみ発生場所(右側面視)

4-5. コンソール高さの肝臓傷害の影響

次に肝臓の受傷因子で特に件数の多かったフロアコンソールについて、コンソール高さによる肝臓上面のひずみへの影響を調査した。図-20 に示すコンソールと肝臓のオーバーラップ率を変化させ最大ひずみを確認した。その結果を図-21 に示す。約 60% のオーバーラップ率で肝臓上面に発生するひずみが最大となることが分かった。

$$\text{Overlap ratio} = Hc/Hl \times 100\%$$

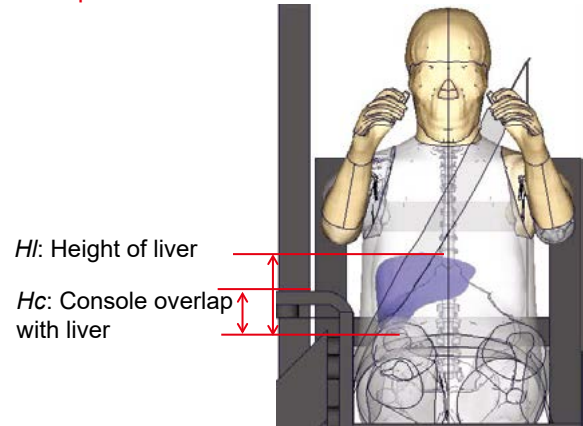


図-20 コンソールと肝臓のオーバーラップ率

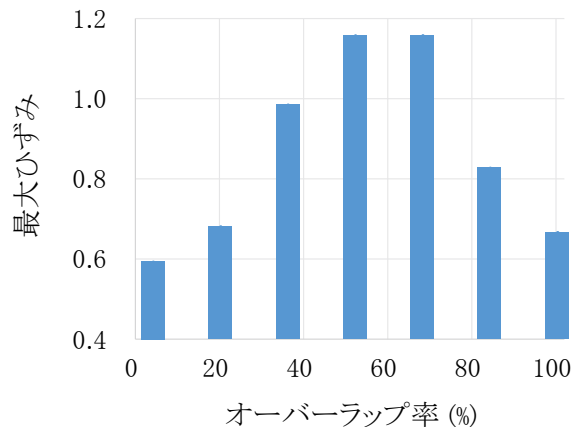


図-21 最大ひずみとオーバーラップ率の関係

5. 考察

5-1. 肝臓傷害発生メカニズム

肝臓上面にひずみが発生するまでの流れを整理した。まず、ファーサイド側突により乗員は慣性力で車内側へ移動しようとする(図-22)。上体は、シートベルトで拘束されているが、コンソールで胸から上側の動きは完全に止められず、シートベルトから肩がずれながら車内側へ移動する。また、肝臓上面は図-23で示すように胸部と腹部を隔てる間膜で結合しているため、上体の動きに追従する。

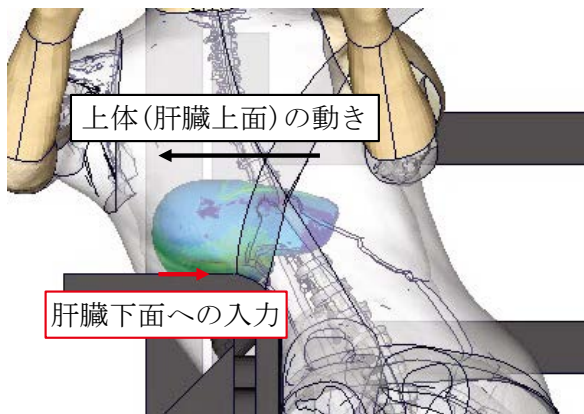
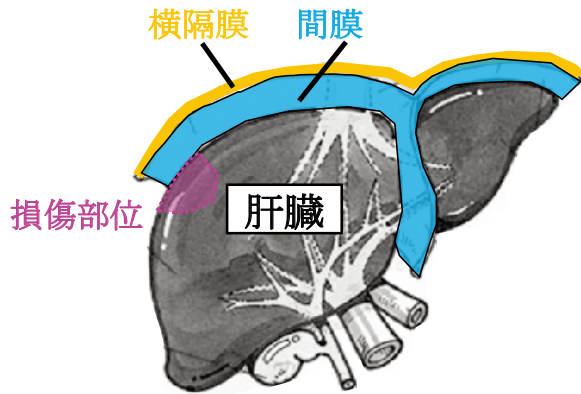


図-22 肝臓上面の傷害発生メカニズム



出典：https://www2.kuh.kumamoto-u.ac.jp/transplant/patient/liver_transplant/02.html

図-23 肝臓付近の拡大図

一方、腰部や肝臓下面は、コンソールにより横移動が規制されている。この状態で間膜と結合した肝臓上面の端部でせん断力が生じてひずみが増加し、肝臓上面を損傷したと推察される。

対策の方向性として、肝臓上面にせん断力を発生させないように上体の移動を抑制することが有効と考えた。

5-2. 対策効果の確認

対策として、肝臓のひずみが最大になるオーバーラップ率の条件において、仮定の反力板と反力を調整するバネを用いて上体の移動を抑制する対策を考えた。

図-24に対策前の上体挙動を、図-25に対策後の上体挙動を示す。この時の肝臓のひずみを図-26と図-27に示す。対策前後で最大ひずみを比較したところ上体の移動を抑制することで肝臓上面に発生していた最大ひずみは1/3程度まで減少することを確認した(図-28)。

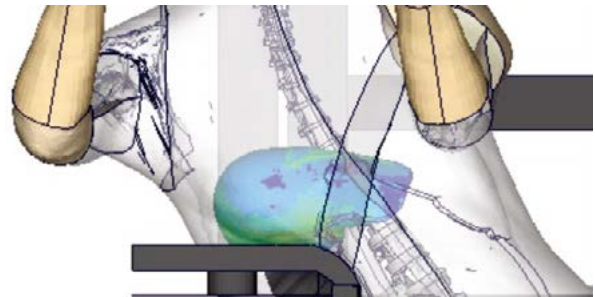


図-24 対策前 上体挙動(正面視)

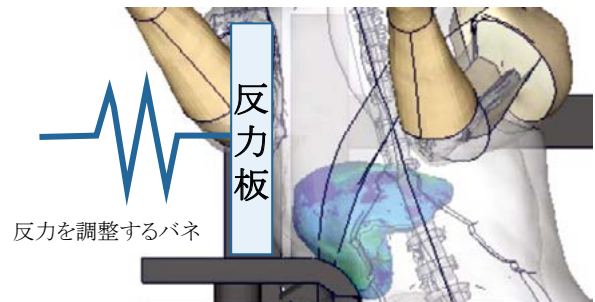


図-25 対策後 上体挙動(正面視)

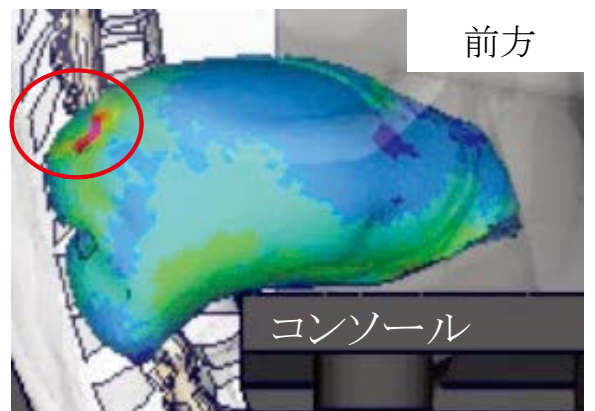


図-26 対策前 肝臓の右側面視

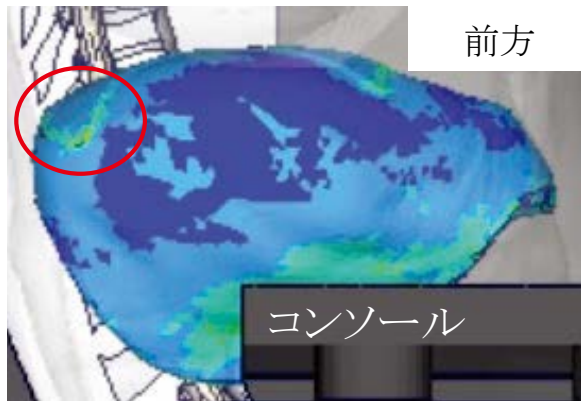


図-27 対策後 肝臓の右側面視

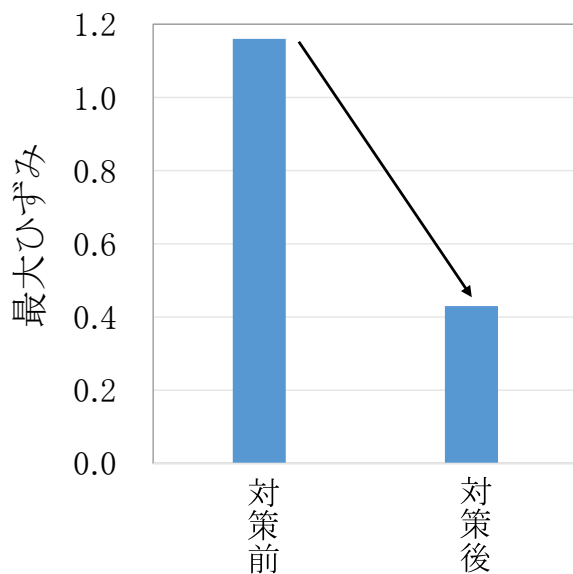


図-28 肝臓の最大ひずみの比較

6. まとめ

- (1) NASS/CDS を用いた市場事故調査でファーサイド側突事故の AIS2 以上の腹部受傷者では、肝臓の受傷が最も多いことが分かった。
- (2) THUMS を用いたファーサイド側突シミュレーション結果と事故調査の肝臓傷害の傾向が一致する最大ひずみを肝臓傷害を表す指標として選定した。
- (3) ファーサイド側突において、上体の横方向への移動量を低減させることで、肝臓上面の受傷リスクを低減できることを確認した。

参考文献

- 1) Kemper et al, Multi-Scale Biomechanical Characterization of Human Liver and Spleen, 22nd Enhanced Safety Vehicle Conference ,11-0195 (2011)
- 2) Pinter et al, Comparison of PMHS, WorldSID, and THOR-NT Responses in Simulated Far Side Impact, STAPP CAR CRASH JOURNAL, Vol.51 p.313-360 (2007)
- 3) Jin et al, Mechanisms of blunt liver trauma patterns : An analysis of 53 cases, EXPERIMENTAL AND THERAPEUTIC MEDICINE, Vol.5 p.395-398 (2013)

著者



楠原由人



井田 等



青木雅司



浅岡道久



Ning Zhang



大原史朗

骨格検知技術を活用した標準作業の自動判別

西畑宏祐^{*1}, 山田理華子^{*1}, 野村正明^{*2}, 福庭広巳^{*3}, 玉井康弘^{*4}

Automatic Identification of Standard Work Using Skeletal Detection Technology

Kosuke Nishibata^{*1}, Rikako Yamada^{*1}, Masaaki Nomura^{*2}
Hiroshi Fukuba^{*3}, Yasuhiro Tamai^{*4}

要旨

豊田合成では工場の自動化が進む中で人作業工程も多く残っている。この残存する工程における改善活動は、現地現物が基本であるが、すべての作業を人が確認することは工数の観点から困難であった。

そこで本稿では人の動きを定量化する骨格検知技術を活用し自動で作業を判別することで、監督者の作業確認工数を削減する技術を開発したので報告する。

Abstract

While factory automation has been progressing at Toyoda Gosei, many human-operated processes remain. Kaizen activities in the remaining human-operated processes are based on the “genchi-genbutsu” (actual work on site) method, but from the viewpoint of person-hours it has been difficult for humans to check all the standard work.

In this paper, we report on the development of a technology to reduce the person-hours required for supervisors to check work tasks by automatically identifying tasks using a skeletal detection technology that quantifies human movements.

1. はじめに

豊田合成では、先進国の少子高齢化や新興国の労務費高騰といった社会情勢に対応するため、IoT/AI活用による生産現場のモノづくり革新に向けた活動を進めている。近年の半導体の影響による生産数の増減やコロナ禍の影響で人の入れ変わりも増加しており、効果的な人作業の品質維持・向上が求められている。その中で、新たなアプローチとして、人の動きを定量化する骨格検知技術を活用した開発を進めている。本稿では骨格検知技術を活用し、標準作業が正しく行われているか否かを自動で判別する技術を確認し、作業改善に繋がったので報告する。

2. 背景

2-1. 対象製品

カーテンエアバッグは、衝突の際に側面の窓を覆うように膨らみ頭部を保護する機能があり高い品質が求められている。樹脂リテーナー、エアバッグ、テープで構成され(図-1)、人作業で組み付けを行い、最後に検査機で確認することで品質維持を行っている。

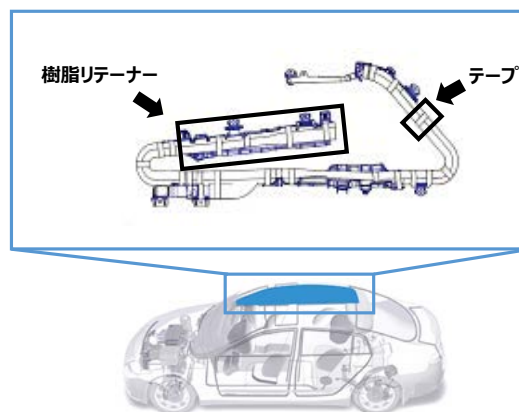


図-1 カーテンエアバッグ

*1 生産技術統括部 IoT 推進室

*2 マシンエンジニアリング部 設備開発室

*3 SS 製造部 エアバッグ第3課

*4 SS 製造部 製造技術室

2-2. 工程の課題

製造現場では、人作業に対する品質の維持・向上の取り組みとして、管理監督者が定期的目視での作業確認を実施している。近年、人の入れ変わりが増えたことで、新人技能員が増え、監督者による作業確認工数増加が問題となっていた。しかし、作業を確認するために監督者が現地で目視確認する必要があるため、工数の低減が課題となっていた。

3. 対策の方針

監督者の作業確認工数増加は、目視でしか技能員の作業の善し悪しが判断できないことを原因と捉え、目視の代わりに自動で作業判別する技術が必要だと考えた。

そこで作業中の動きを定量化することで、サイクル毎に標準作業が正しく実施されていることを自動で判別することにより、監督者の工数を低減することを目標に下記3つのプロセスで開発を行った。

- 1) 作業サイクルの切り出し
- 2) 作業の定量化
- 3) 標準作業の自動判別

実工程での判別精度 90% 以上で運用を狙うものとした。

4. 作業サイクルの切り出し

技能員の作業を認識するにあたり作業サイクルの開始・終了のトリガを取得する必要がある。設備からのトリガを取得するには設備改造が必要であり、今後の展開性も考慮し設備信号の取得以外の手法を検討した。そこで組み付け作業の前後では部品を手を取るために、技能員の手が必ず特定の箇所を通ることに着目し、画像処理技術の活用を検討した。

画像は R, G, B の3つの値からなるピクセルが多数合わさって構成されている。そこで手が通りすぎる箇所に枠を設定し、その枠内の R, G, B 値の平均値を算出し、時系列データ化を行う。手が通り過ぎる際には、枠内の色合いが変わることから R, G, B の平均値も変化する。枠内の R, G, B 平均値の時系列データに対して閾値管理を行うことで、特定の箇所を手が通ったことの検知が可能となった。これを組み合わせることで、サイクルの切り出しのための開始・終了のトリガとして活用した(図-2)。

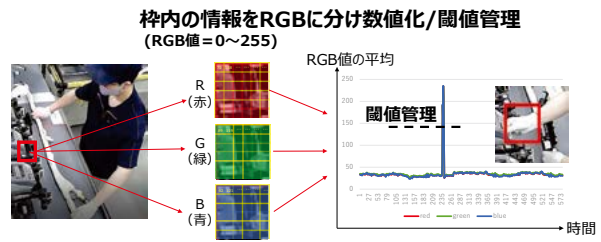


図-2 画像処理によるトリガ取得

5. 作業の定量化

5-1. 人の動きの定量化手法の検討

作業を自動で判別するためには、人の動きを定量化する技術が必要であるため、ベンチマークを実施した。マーカーを体の関節部位に取り付け、複数のカメラでその位置を捉えるマーカー方式、画像情報からあらかじめ学習したデータを元に、人の関節点の位置を予測するAI骨格検知方式の2つの技術を検討したが、現場の技能員がマーカーを取り付けて作業をすることは現実的でないことから、カメラの設置のみで活用できるAI骨格検知手法を選定した(表-1)。

表-1 人の動きの定量化技術について

	マーカー方式	AI骨格検知方式
特徴	マーカーを撮影し、体、工具の動き(座標)を取得	人間の骨格をAIが予測し動き(座標)を取得
メリット	分解能0.1mmで精度が高い	マーカーをセットする実用がなく、工程への適用が容易
デメリット	マーカーをセットする必要があり、工程で適用することは非現実的	マーカー方式と比べ、精度が低い※静止状態でも座標が変動

5-2. AI骨格検知手法の検討

次にAI骨格検知手法について、商用利用可能なオープンソースの調査を実施した。今回、Mediapipe¹⁾、YOLOv7²⁾、ViTPose³⁾の3手法について着目し、検知可能な人数、関節部位の種類や処理速度からYOLOv7を選定した(表-2)。

表-2 骨格検知AIベンチマーク

手法	検知部位		人物検知精度		骨格点検知精度		処理速度
	全身骨格	手指骨格	一人	複数人	一人	複数人	
Mediapipe	可	可	不可	不可	低	不可	△
YOLOv7	可	不可	高	高	高	高	◎
ViTPose	可	可	高	中	高	中	○

YOLOv7は入力画像内の人物の骨格17点の位置を予測し、画像の左上を原点としたx, y座標で出力する(図-3)。

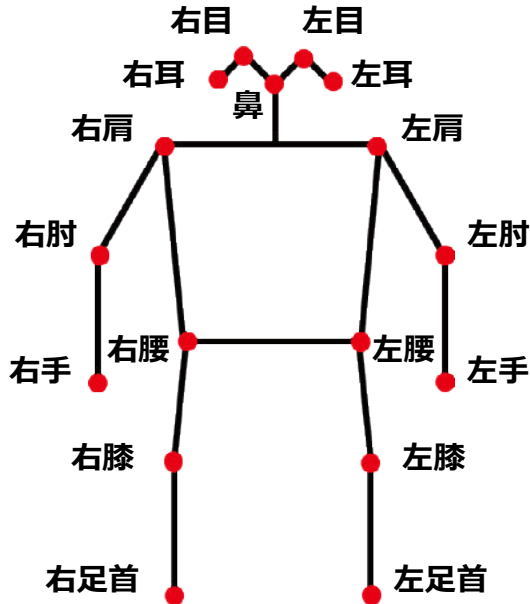


図-3 抽出できる骨格点

活用において、作業中の技能員以外の人物が画像内に映る場合に骨格点が混同する課題があった。そこで作業中の技能員を確実に検知し、追従するために、直前の人物位置からの変化が小さい方を紐づけることで対象の技能員の追従機能を追加し対応した(図-4)。

直前の技能員の位置(青枠)と重なる領域を比較



重なりが大きい(位置変化が小さい)方を技能員として紐づけることで、正確に技能員を追従



図-4 作業中の技能員の追従

次に、サイクルの開始から終了までの作業について、YOLOv7により骨格点を予測することで作業サイクル中の動きの時系列データ化を行った(図-5)。すべての作業は手元作業のため、上半身の姿勢が特に重要であることから両手首、両肘、両肩の骨格点を活用した。

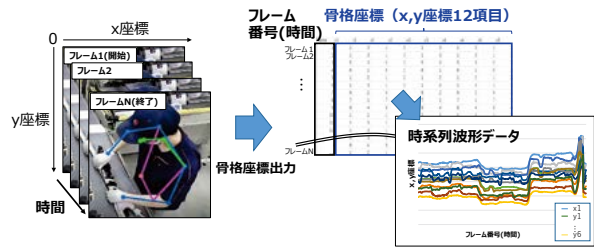


図-5 作業中の骨格点の時系列データ化

6. 標準作業の自動判別

6-1. 対象作業

カーテンエアバッグ組み付け工程において、樹脂リテーナーとエアバッグをテープで巻きつけて組み付けを行うが、巻き付けた後の剥がれ防止のために、テープ巻き後に擦るという作業がある(図-6)。手元作業で監督者が確認しづらく、工数を要するため、この作業を対象に検討を実施した。

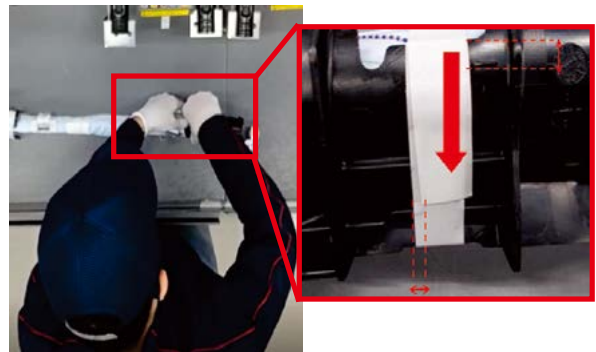
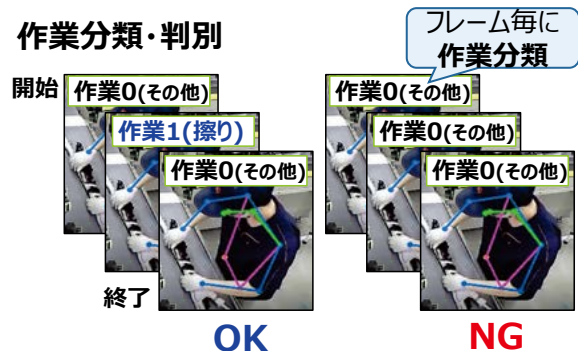


図-6 テープ擦り作業

6-2. 作業分類モデルの構築

骨格データを活用しフレーム毎に作業分類を行い、擦り作業の検知有無によって、OK/NGの判別を検討した(図-7)。

作業分類・判別



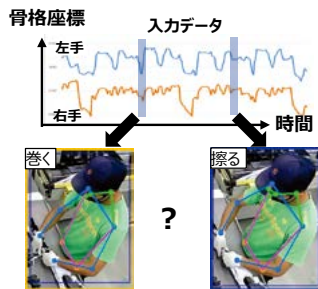
擦り作業の有無でOK/NG判別

図-7 フレーム毎の作業判別

ここで、組み付け工程では手元作業が多くあり、同様の姿勢でも別の作業を行うことがあり、瞬間的な姿勢だけでは判断がつかない。

そこで、少し前の動作を含めた一連の動作を考慮する必要がある。入力データを一定時間の骨格データとし（図-8）、フレーム毎に擦り作業か擦り以外の作業かの分類を行う時系列波形の2クラス分類としてAIを活用した作業分類モデルを構築した。

瞬間的には作業姿勢が似ており、作業の分類ができない



一連の動作で判断することで同様の姿勢でも分類可能

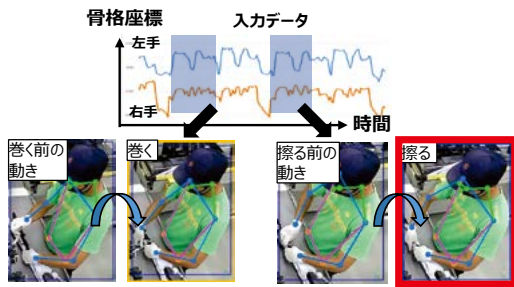


図-8 前後の動作で判別

作業分類手法としては時系列波形分類手法である1次元畳み込みニューラルネットワーク⁴⁾を活用した。擦り作業をラベル1、擦り以外の作業をラベル0としてフレーム毎にラベル付けを行った（図-9）。説明変数を過去一定時間（window幅）の骨格座標データとし、モデル構造を畳み込み層、プーリング層、全結合層、出力層で構成した（図-10）。

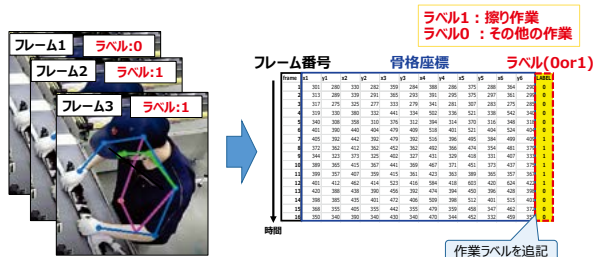


図-9 作業ラベル追記

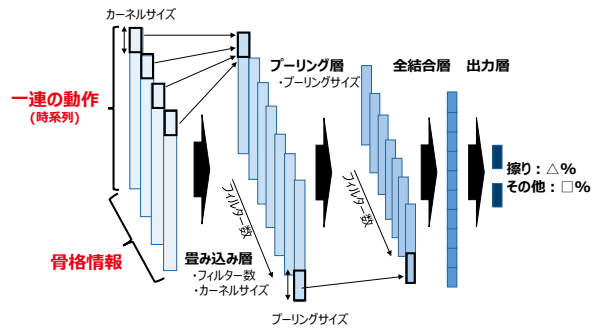


図-10 1D-CNNを活用した作業分類AI構築

特定の技能員の正常作業50サイクル分を収集し、42サイクルを学習データ、8サイクルをテストデータとしてモデル1の学習を行った。結果、精度（ACC）は88%であった。混同行列で評価したところ、擦り作業をうまく分類できていないものが約11%あった（表-3）。

表-3 モデル1精度

		予測	
		擦り作業	その他の作業
観測	擦り作業	18	42
	その他の作業	1	317

ここで、擦り作業以外の時に擦り作業と誤分類されたものは標準不履行の見逃しにつながるため、モデルの精度向上を検討した。誤分類のあった作業動画を確認したところ、作業自体は実施されていたが、作業位置のバラツキがみられた。そこで、作業位置バラツキへの対策として各骨格点を左肩基準の相対座標に変換を行い、再度モデル2の学習を行った（図-11）。



図-11 骨格点の相対処理

結果ACCは92%と向上したが誤分類は8%であったためさらなる精度向上を検討した（表-4）。

表-4 モデル2精度

		予測	
		擦り作業	その他の作業
観測	擦り作業	33	27
	その他の作業	2	316

作業自体に異常な部分はみられなかったため、モデル構造の改善を検討した。入力データから作業の特徴を学習しきれていないと考察し、畳み込み層、プーリング層を追加し（図-12）、再度モデル3の学習を実施した。結果、分類精度は98%となった（表-5）。

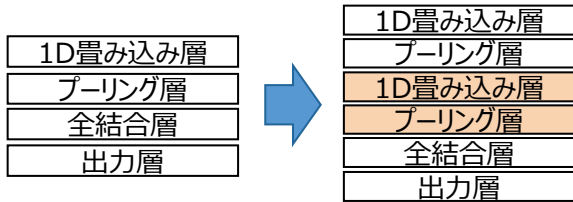


図-12 モデル構造の変更

表-5 モデル3精度

		予測	
		擦り作業	その他の作業
観測	擦り作業	55	5
	その他の作業	2	316

6-3. 作業分類モデルの運用

ここで、モデル精度は向上しているものの、誤分類の可能性は残っている。AIの予測精度100%を確保することは困難であることから、作業分類モデルの運用方法での精度向上を検討した。実際の擦り作業は瞬間的に行われるものではなく、一連の動作で成り立つことから、直近の複数フレームの分類結果を元に、最終的な擦り作業の実施有無の判別を検討した。作業分類モデルの結果が擦り作業と分類した場合でも、直近の複数フレームでその他の作業と分類されていれば、その他の作業として判定することで誤分類に対応する運用方法を制定した（図-13）。

直近の複数フレームの分類結果を元に最終的な擦り作業かその他の作業かを判定
例)326フレーム目の判定結果

フレーム番号	...	319	320	321	322	323	324	325	326	327	...
予測ラベル	...	その他の作業	その他の作業	その他の作業	その他の作業	その他の作業	その他の作業	その他の作業	擦り作業	その他の作業	...
判定(多数決)	...	...	...	...	...	...	その他の作業	その他の作業	その他の作業	その他の作業	...

直近の複数フレームでは「その他の作業」の予測が大多数なので、「擦り作業」と予測されたとしても「その他の作業」と判定

図-13 作業分類モデルによる判定手順

6-4. 量産工程での精度検証

以上のモデルと運用方法をもって、実工程でリアルタイムに精度検証を実施した。結果正解率93.5%となり、目標の90%以上は達成したがラボでの検討と比較し、実工程では精度が低下した（表-6）。

表-6 実工程での検証結果

		予測	
		擦り作業	その他の作業
観測	擦り作業	121	28
	その他の作業	1	300

正常な作業については検知できたが、テープ巻き中のもたつきなど、手首までの動きは同じでも、指先の動きが少し異なるときに誤判別があった。明らかな標準不履行は検知できることから、監督者の作業確認の工数削減可能となる技術を確立したが、実工程での細かな違いを識別する上では更なる精度向上の余地が残った。

7. 今後の進め方

実工程での判別精度を向上させるにあたり、指先の細かい違いも判別することが求められる。手指骨格の検出が可能なViTPoseの活用や、2視点からの骨格情報の活用などで精度向上を狙う。

また、自動化が進むとともに、日々作業改善が行われており、標準作業自体が変更することも考えられることから、短期間で高精度な作業分類モデルを構築することが求められる。今回の事例から、骨格点の相対座標変換や畳み込み層やプーリング層の追加がモデル精度に大きく寄与することから、前処理やパラメータ調整の重要性を感じた。今回蓄積した骨格点を活用した作業分類モデル精度向上のノウハウを元に、モデル構造や各種パラメータを網羅的に振り分けて複数のモデルを構築し、最も精度の高いモデルを採用することで、効率的に高精度なモデルを構築し、短期間で導入できるように標準化を進める。

8. まとめ

骨格検知 AI と作業分類モデルの 2 つの AI を組み合わせ、量産工程で 90% 以上の精度で標準作業の自動判別が達成できたことで、人作業に関わる様々な用途に活用できる基盤技術を確立できた。また 100% の精度を確保することが難しい AI を実工程で活用するためには、運用面での工夫など、適切に扱うことが重要であると感じた。

自動化が進む中で、今後も人作業工程は残ることが考えられるため、骨格検知技術を活用したシステムの開発・展開を進める。

参考文献

- 1) Mediapipe,
<https://github.com/google/mediapipe>
- 2) YOLOv7,
<https://github.com/WongKinYiu/yolov7>
- 3) ViTPose,
<https://github.com/ViTAE-Transformer/ViTPose>
- 4) François Chollet, 「Python と Keras によるディープラーニング」, マイナビ出版, 2018 P236-244

著 者



西畑宏祐



山田理華子



野村正明



福庭広巳



玉井康弘

工場建屋における省エネの取り組み (豊田合成東日本株式会社 宮城大衡工場)

中原弘貴^{*1}

Energy Saving Efforts in Factory Buildings Toyoda Gosei East Japan Co., Ltd. Miyagi Ohira Factory

Hiroki Nakahara^{*1}

要旨

世界中でカーボンニュートラルに向けた動きが進む中、企業の動きも加速してきている。豊田合成においては、1949年創立以来、「限りない創造、社会への奉仕」の社是のもと、経営理念に「地球環境・資源の保全」を掲げ、様々な環境活動に取り組んでいる。本稿では、豊田合成における2030年カーボンニュートラルに向けた取り組みの一環として、工場の新設・増設時における省エネ（CO₂低減取り組み）について紹介する。

Abstract

As the movement toward carbon neutrality progresses around the world, companies are also accelerating their efforts. Since its founding in 1949, Toyoda Gosei has been engaged in a variety of environmental activities based on its corporate motto of "unlimited creativity and service to society," and its management philosophy of "preserving the global environment and resources." This paper introduces Toyoda Gosei's efforts to improve energy efficiency (CO₂ emissions reduction) when constructing new buildings and extending factory buildings as part of its efforts to achieve carbon neutrality by 2030.

1. はじめに

今夏は異常気象により世界各地で甚大な被害を引き起こし、その影響は深刻化しています。

国連のグテーレス事務総長は「地球温暖化の時代は終わり、地球沸騰化の時代が到来した」と警告した。

その中で、各国や企業がカーボンニュートラルの取り組みを加速しており、豊田合成も気候変動リスクの解決に貢献するという企業の責務から、Scope 1 および Scope 2 の2050年カーボンニュートラル実現時期を2030年に前倒しすることを決定した。

カーボンニュートラル実現に向け、従来の日常改善や生技革新の取り組み強化に加え、工場を新設・増設する際は、新たな取り組みが必要であり、本稿でその内容を紹介する。

2. 建物・ユーティリティ省エネ標準化の必要性

豊田合成では年度毎に目標を立て、CO₂低減を推進し着実に成果をあげてきた。しかしながら、既存工場においては、使い勝手上的制約や費用面などの理由から、CO₂低減の取り組みには限界があった。一方で生産増強や新製品へ対応するため新工場の建設が行われると、これに伴うエネルギー使用量増加と共にCO₂排出量も増加するといった課題もある。

そこで、工場の新設・増設時がCO₂低減施策を織込む最大の機会と捉え、建物・ユーティリティにおけるCO₂低減施策を技術標準で定め、社内ルールとして運用することとした。

*1 カーボンニュートラル・環境推進部 環境・プラント室

3. 建物・ユーティリティ省エネ標準の考え方

工場で消費するエネルギーは大きく分けて、以下の3つに分類される。

- 1) 建物付帯設備（照明、空調、換気設備など）
- 2) ユーティリティ設備
（冷却塔、コンプレッサー、ボイラーなど）
- 3) 生産設備（製品の製造設備）

このうち工場建設に関わる建物付帯設備、およびユーティリティ設備について、CO₂低減施策を技術標準化した。

技術標準を策定するにあたり、省エネタイプの市販設備を単純に設置するだけでなく、エネルギーロス低減施策および再生可能エネルギーによる発電も検討した。

技術標準に定めた内容を以下に記載する（図-1）。

- ①再生可能エネルギー
 - ・屋根面に太陽光発電設備を設置
- ②ユーティリティ設備
 - ・ボイラー、エアーコンプレッサー、チラー等の高効率設備設置
 - ・負荷追従可能な設備構成及びきめ細かい制御
 - ・搬送ロス低減に繋がる設備配置および配管方法
- ③建物および付帯設備
 - ・外部からの入熱を抑える建物断熱
 - ・効率的な換気ができる建物形状
 - ・LED照明、人感センサー照明、照度検知制御
 - ・高効率空調機、全熱交換器
- ④エネルギーの見える化
 - ・各分電盤ごとの使用量の計測と管理

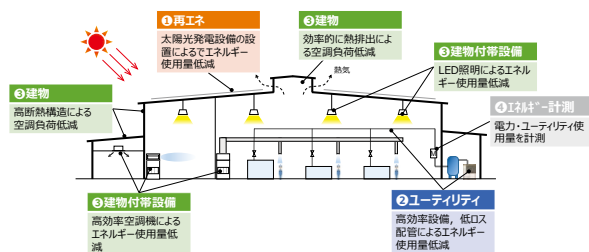


図-1 技術標準の概要イメージ

4. 豊田合成東日本株式会社 宮城大衡工場での取り組み

豊田合成の関係会社である豊田合成東日本株式会社が2021年に建設した宮城大衡工場は建物・ユーティリティの技術標準に基づき、基本設計段階からCO₂低減施策を導入した（図-2）。

〔新工場の概要〕

- ・工場名 豊田合成東日本株式会社 宮城大衡工場
- ・所在地 宮城県黒川郡大衡村
- ・生産品目 内外装部品（フロントグリルなど）
- ・敷地面積 約34,000㎡
- ・建築面積 約8,000㎡



図-2 宮城大衡工場の全景写真

5. 寒冷地独自の取り組み

建物・ユーティリティの技術標準は豊田合成の主要工場がある東海地方の気候に合わせて定められている。

宮城大衡工場は「建設環境・省エネルギー機構」が定める地域区分で4（図-3）となり寒冷地に区分され、東海地方（地域区分6）対象の技術標準ではエネルギーロスや不具合の原因になる可能性があることから、寒冷地に適した仕様の検討を実施した。

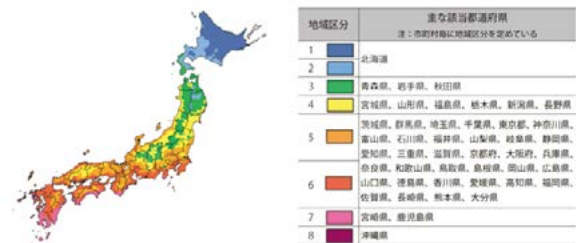


図-3 地域区分
（出典）建築環境・省エネルギー機構

5-1. 換気方式の改善

従来の工場では区画毎に給気・排気ファンを設け換気を実施していますが、空調エリアへ外気を取入れる場合、外調機により処理している。

宮城大衡工場においても同様に外気処理を行っているが寒冷地であることから、暖房時の換気方法の工夫を行った。

従来、塗装工程は陽圧確保のための余剰空気を屋外に排気していたが、空調された空気の有効利用を考え、隣接する成形・組付工程へ送ることにより、同工程の空調負荷の低減を図った。

更に、成形・組付工程での余剰空気を出荷プラットへ送ることにより、出荷プラットの作業環境の向上に繋がった（図-4）。

具体的な空気の流れを以下に示す。

- (1) 塗装工程で外気処理し取込み
- (2) 工程の清浄度を保つための余剰空気(26℃)を成形・組付工程へ逃がす
- (3) 出荷プラットを介し屋外へ放出

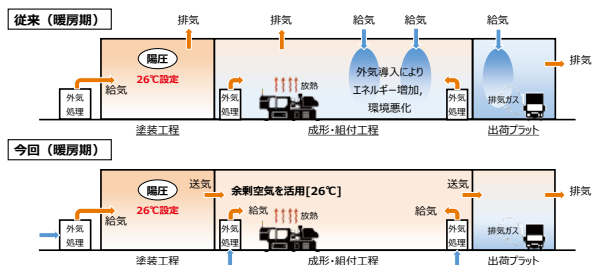


図-4 空調・換気方式のイメージ

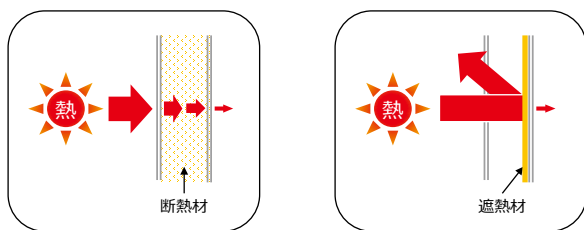
5-2. 新たな取り組み

技術標準では空調負荷を低減するために屋根および外壁をグラスウールによる断熱を定めている。

断熱の特性として空気層により熱の伝達を遅らせることで屋外からの熱の進入および屋内の熱の放出を抑える効果がある (図-5)。

寒冷地では昼夜問わずに気温が低いことから、時間の経過と共に断熱材自体が冷却され、断熱材を介して冷気が室内へ伝わることが予測されるため、今回新たに遮熱工法を検討した。

遮熱建材としてアルミ製の遮熱シートがある。遮熱材は輻射熱を反射する作用があり、建物内の暖房による輻射熱を外部に伝達させない効果が見込めるため、寒冷地である今回の新工場では、遮熱性能が高いアルミ製遮熱シートを採用することとした (図-6)。



熱の伝わりを遅くするもの
 空気を多く含んだ素材、空気の層が多ければ多いほど熱の伝わりが遅くなる

熱の伝わりを止めるもの
 熱（輻射熱）を反射する働きにより熱の伝わりを抑える

図-5 断熱と遮熱の特性

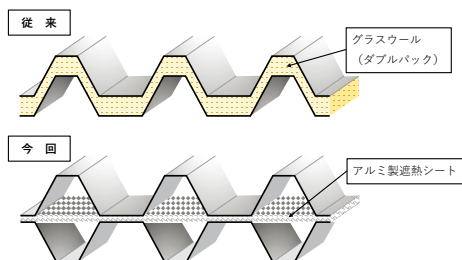


図-6 断熱と遮熱の工法の違い

工場稼働開始後の効果検証結果を示す。

同県内にある断熱材で施工した宮城栗原工場と遮熱材を採用した宮城大衡工場で冬季の「外気温度」「室内温度」を連続測定し、効果の検証を行った。

宮城栗原工場と宮城大衡工場では生産設備による内部負荷に違いがあるため、生産活動が停止している日曜日正午～月曜日の生産稼働前のデータで比較した。

外気温度と室内温度の差を比較した場合、宮城大衡工場が宮城栗原工場に対して室内温度平均で4.0℃高く、日射の影響を受けない日没時間においても2.4℃高いことが分かった (図-7)。



図-7 断熱材と遮熱材の効果比較 (暖房期)

この結果から遮熱材の方が断熱材よりも保温性能が高く、CO₂低減効果が高いことが確認できた。

6. おわりに

宮城大衡工場は2022年7月から生産稼働し、年間を通じた効果検証の結果、換気方式および遮熱材のCO₂低減効果が確認できたため、技術標準へ反映し今後の建設工事へ採用していく。

著者



中原弘貴

スマートインソール “FEELSOLE” の通信データ同期技術

松岡大貴^{*1}

Communication Data Synchronization Technology for “FEELSOLE” Smart Insoles

Daiki Matsuoka^{*1}

1. はじめに

スマートウォッチをはじめ、各スポーツ分野において運動を定量化するデバイスが数多く市場リリースされている。豊田合成ではゴルファーのスイング時の重心及び足圧を可視化するスマートインソール “FEELSOLE”^{1), 2)} (図-1) を開発し、販売を始めた。本稿では “FEELSOLE” のシステムで中核となる通信データの同期技術の紹介のほか、工夫のポイントにも触れる。



図-1 スマートインソール “FEELSOLE” 外観

2. 製品概要

2-1. “FEELSOLE” のシステム構成

“FEELSOLE” はゴルフシューズの中に敷き、スマートフォン（以下スマホ）と組み合わせて使用する（図-2）。スマホはスイングの動画撮影をし、“FEELSOLE” は足の荷重情報を足圧として無線でスマホに送る。スマホは送られてきた足圧から重心位置を計算する。動画を撮影後、スマホは動画と足圧のデータを同期し、スイングのポジションを特定する。これらの連携したシステムによりゴルフスイング時の足圧や重心位置等をポ

ジションごとに取得し、スマホに可視化する（図-3）。

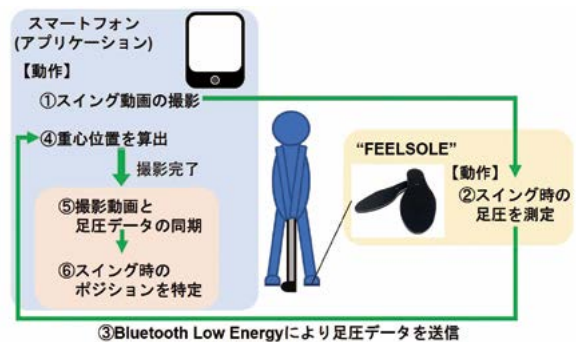


図-2 “FEELSOLE” のシステム構成



図-3 “FEELSOLE” の画面

具体的には、ゴルファーは以下の情報を参照することができる。

- 1) 足圧と重心位置
- 2) 左右バランス比や前後バランス比
- 3) 左右前後のバランス比の時系列グラフ（足圧・重心も時系列で表示可）

^{*1} 電子技術部 電子開発室

- 4) スイングを7つのポジションに判別
(アドレス, ハーフウェイバック,
トップオブスイング, ハーフウェイダウン,
インパクト, フォロースルー,
フィニッシュ)

2-2. 構成要素

“FEELSOLE” を構成する部品は主に①豊田合成が開発した e-Rubber 技術を用いた e-Rubber センサ³⁾ (以下 eR センサ) (4カ所), ②フラットケーブル, ③薄型バッテリー付 ECU 回路基板 (以下 ECU), ④インソール筐体の4つからなる (図-4)。

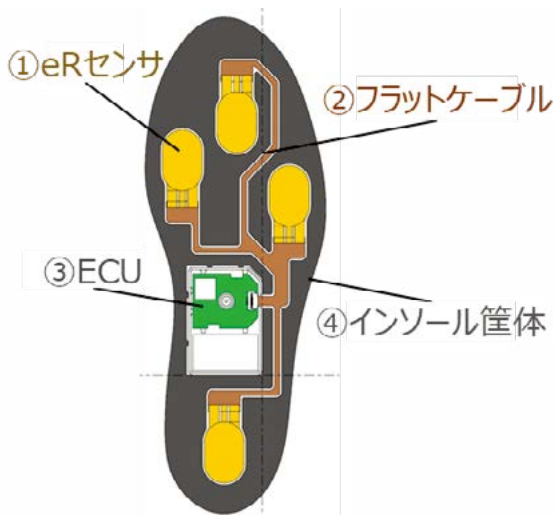


図-4 “FEELSOLE” の構成

eR センサに力を加えるとセンサの厚みが増加し、eR センサの静電容量値も変化する (図-5)。この静電容量値の変化を ECU で取得し、荷重値へ変換することで eR センサへかかる足圧を算出する。4つの eR センサはそれぞれ足の「つま先」と「内側 (母趾球)」、「外側 (小趾球)」、「かかと」の4か所に配置し、両足合わせ計8か所の足圧を測定できる。

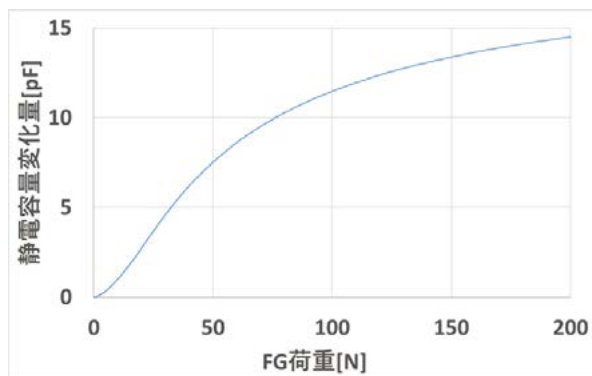


図-5 荷重に対する eR センサの静電容量変化 (459mm²あたり)

算出した8つの足圧情報は ECU に搭載された Bluetooth Low Energy (以下 BLE) により無線でスマホへ送信する。

3. 技術紹介

“FEELSOLE” のシステムにおける技術を次に述べる。

3-1. ECU の小型化

“FEELSOLE” はインソール内部に ECU を内蔵した一体構成となる。そのため、使用者に違和感を感じさせず、かつ過度の応力を回避できる場所へ ECU 本体を配置しなければならない。足底面の足圧分布⁴⁾ やアーチ高率 (土踏まずの変形を表す指標)⁵⁾ といった理学療法情報から ECU の配置場所や厚み等の構成を検討した。その結果、土踏まずに配置し、サイズが 35 × 35 × 10mm 以下にて成立することがわかった。プリント基板は6層基板を選択し、配線密度を高くしている (図-6)。これはサイズ制約以外の下記要件を満たすためである。

- 1) 配線制約
- 2) 電子部品の配置
- 3) 電磁ノイズの影響等の電気的な要件

電子部品は、許容可能な電圧・電力定格品の中から最小サイズを選択し、ECU の小型化を実現した。

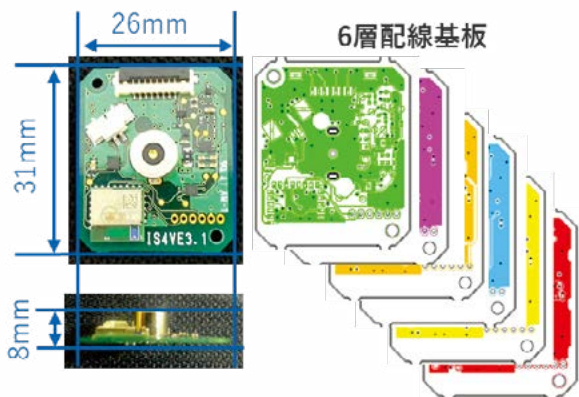


図-6 “FEELSOLE” の ECU 回路基板 (6層)

3-2. 通信距離, 動作持続時間

ECU は足の土踏まずの下に配置されるため、ECU の上に足の裏が覆う格好になる。ECU からの電波は人体にあたると、その一部は反射されるが、人体に吸収されてしまう⁶⁾。そのため電波が弱くなり、通信可能な距離が短くなってしまう。そこで電波出力の高い BLE を搭載したマイコンを採用することで通信距離を保つ。しかし、背反として消費電力が増え、動作持続時間の低下につ

ながる。そこでマイコンのスリープ機能により不要な BLE 通信を抑制して動作時間を最大化している。スリープ機能は、一定時間足の振動が検出されない場合に有効化する。足の振動センシングは、ECU 内の加速度センサと eR センサの両方でいき、ECU はスイング時の足圧計算とは別の処理で足振動を検知している。こうして、目標の動作時間 5 時間（ゴルフコースを回るとかかる時間）以上を達成している。

3-3. 左右及び撮影動画との同期

“FEELSOLE” は片足で 4 つの eR センサがあり、両足分の計 8 つである。これらの足圧データを撮影動画と同期させるため、ECU はセンサにかかる足圧を 20ms 以内でサンプリングし BLE で送信する。しかし、“FEELSOLE” のシステム構成では 20ms 周期で足圧データを取得できても、スマホが 20ms 周期でデータ受信できるとは限らない（同期が保証されない）。理由は以下の 2 つになる。

- 1) BLE 通信の仕様（通信時間の最小間隔に制限がある）
- 2) スマホアプリ側の負荷状況や電波干渉等の通信環境による処理遅延

そのため、スマホ側でデータ欠損や測定時間のずれが生じ、スイング画像と重心データが同期しないまま表示される問題があった。そこで ECU とスマホアプリの通信処理を工夫することでこの問題を解決した。

3-3-1. データ欠損対策

ECU では送信データをスマホ（スマホアプリ）へ送信後、スマホアプリからの受信完了の応答を待つ。これによりスマホアプリとの通信が保たれる。しかし、スマホアプリからの受信完了通知が遅れると遅れた分のデータ欠損が発生してしまう。そこで、ECU は撮影開始から足圧データを内部で記録し、遅れた分のデータを次のデータ送信時に再送する。これによりデータの欠損を防ぐことができる（図-7）。図-7 の例では、足圧データ③と⑤が遅延するが、次のデータ送信時に再送して、欠損防止している。

3-3-2. 同期ずれ対策アルゴリズム

スマホアプリではデータを受け取った時刻と撮影動画の時刻を合わせる処理を行うが、先述のとおり、データ通信は ECU とスマホ間で同期が保証されていない。よって、データ受信時刻をそのまま動画と合わせてしまうと、動画と足圧のデータにずれが生じてしまう。撮影開始時刻を起点にして、20ms 毎のデータ列とすれば解決しそうだ

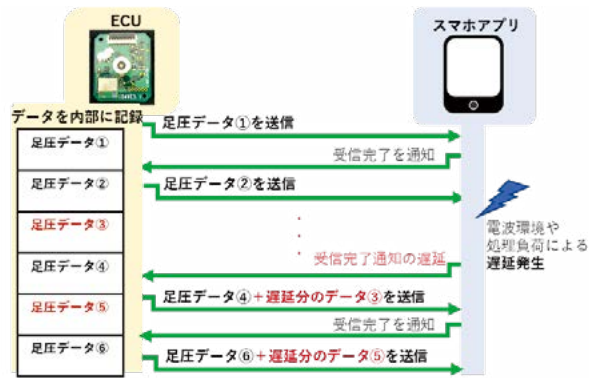


図-7 ECU の通信処理

が、開始時刻自体がずれている可能性があるため、問題は解消しない。そこで以下のようなアルゴリズムを開発し、ずれ問題を克服した。撮影の開始時刻から撮影完了までの測定回数は約 750 回（1 スイング 15 秒間として）に上る。その中で送信に要した時間が一番短いものは、システム固有の送信時間に最も近いとみなすことができる。そして、この値を基準の通信時間として、データの測定開始時刻を逆算する（図-8）。対策前では 30ms 以上の時間ずれが生じる場合があり、動画との同期に不自然さが残っていた。本アルゴリズムにより、ずれは 5ms 以下に抑えられ、使用者がずれを感じることはない。



図-8 同期ずれ対策アルゴリズム

以上 2 つの処理技術により、撮影した動画と ECU からの足圧データを欠損なく同期させることができた。

4. おわりに

ゴルフレッスン用途が目的の “FEELSOLE” だが、得られるデータはゴルフに限らず、歩行時の足圧や重心位置も測定可能である。そのため、リハビリテーションやヘルスケア用途、また他のスポーツへの応用が見込まれる。今後は測定ポイントの増加や時間分解能を向上させ、ビッグデー

タビビジネスも視野に入れた開発を推進し、社会のニーズに応じていく。

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、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 一柳星文, 小森陽子: e-Rubber を用いたゴルフ向けスマートインソール“FEELSOLE”, 豊田合成技術報告, Vol. 63 (2021) p.74-75
- 2) スマートインソール FEELSOLE - LED, e-Rubber, SDGs 関連商品なら, 豊田合成ライフソリューション スペシャルサイト, <https://toyodagosei-led.jp/feelsole/>
- 3) 藤原武史, 竹内宏充, e-Rubber と“クルマ”, 豊田合成技術報告, Vol. 59 (2017) p27-32
- 4) 宮本雅史, 静止片脚起立時における足底面圧分布に関する研究, 日医大誌 第53巻 第4号 (1986) p42-51
- 5) 尾田敦, 鳴海陽子, 武田さおり, 長谷川至, footprint 評価の定量化と足アーチ高率との関係, 理学療法研究, 22号 (2005) p53-58
- 6) 松下大輔, BLE による建物内の人員行動計測技術の開発, https://www.jacic.or.jp/josei/pdf/2015_17.pdf

著 者



松岡大貴

IH リフロー技術

松波 明^{*1}

IH Reflow Technology

Tohoru Matsunami^{*1}

1. はじめに

来たる電動化社会を見据え、樹脂成形品に直接回路を形成し電子部品を実装できるMID (Molded Interconnect Device) や回路を形成したフィルム・シートを成形品と一体化し電子部品を搭載する技術などが盛んに開発されている。しかしベースとなる樹脂成形品の多くは電子部品を搭載するには耐熱性が低く (100℃程度)、電子基板上に電子部品を実装する際に使用され、信頼性を確保できるSnAgCuを主成分とする通称SACはんだ (融点230℃前後) は使用できず電子基板と同程度の信頼性を確保できるかが一つの課題となっている。

2. IH リフローとは

豊田合成の開発では、直接・間接問わず樹脂基材に形成された回路上にSACはんだによる部品実装ができる技術開発に軸を置き、株式会社ワンダーフューチャーコーポレーションのIHリフロー技術に着目して2021年より共同開発を行ってきた。

2-1. IH リフローの原理

IHリフローは電磁誘導を利用し以下1~5の過程を経て、非接触ではんだ溶融させることができる。特にポイントとなるのは、**図-1**に示すように金属面の広い範囲のみを加熱できる (IHクッキングヒーター) 構成ではなく、磁束線密度を制御して広範囲から局所範囲まで電磁誘導加熱できる点である。この中で磁束線を集中化して局所的な加熱をする場合、過剰な熱量を加えることなく、基板への熱ダメージを大幅に低減してはんだ溶融させることができる利点を利用した開発を実施している。

1. コイルに電流を流す
2. 磁界 (磁束線) を発生させる
3. ノズルにて磁束線密度を制御する
4. 電磁誘導にて金属部に渦電流発生
5. ジュール熱が発生しはんだ溶融

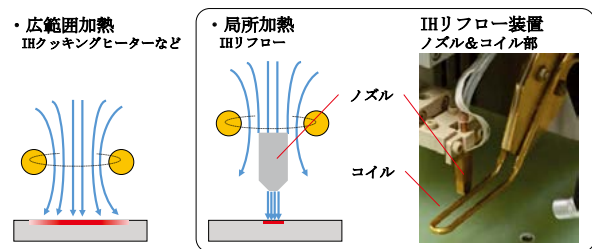


図-1 IH リフローの特徴

2-2. IH リフローの利点

IHリフローの優位性として温度プロファイルの自由度が高いことが挙げられる。**図-2**は主要3因子として出力 (%), 時間 (sec), コイル・ノズルと被加熱対象との距離 (mm) の最適化により昇温速度, 到達温度の設定自由度によりプロファイルを容易に変更でき, これによりはんだの種類を選ばず幅広い材料種への適応が可能となる (例えばフラックスの飛散量を抑えるための多段昇温など)。またIHリフローの非接触の特徴を活かした実装方法を**図-3**に示した。基板上に形成されたパッドに、はんだペーストを塗布しチップ実装後IHリフローを行う際、チップ電極を加熱させ、伝熱によりはんだペーストを溶かすことが可能である。これにより部品電極の影となる部位にも対応できミニLEDなどの小型電子部品を低耐熱基板に実装, リペアする点で有効な手段となりうる。**図-4**は, これらIHリフローの利点を活かし導電性印刷回路 (銅ペースト) を形成したPCシート (厚み0.3mm) にチップLEDをIHリフローではんだ実装したサンプルである。

*1 生産技術統括部 新製品工程開発室

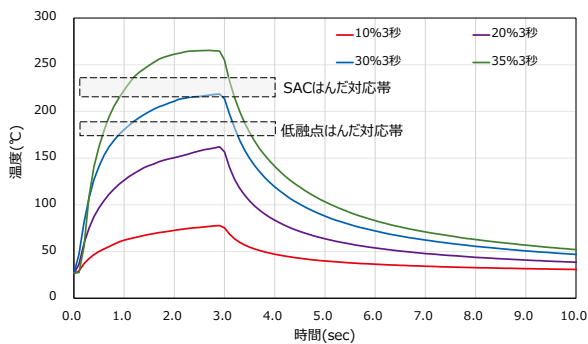


図-2 IHリフローでの温度
プロファイル事例（ノズル/基材間2mm、
各出力で3秒間発信した際のデータ）

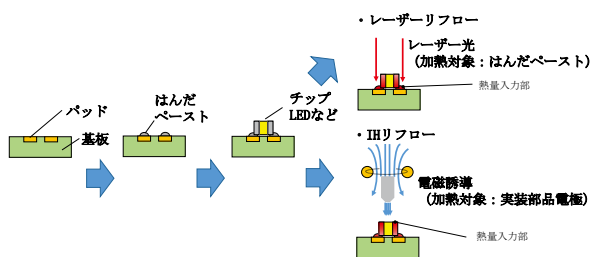


図-3 レーザーリフローと
IHリフローでのチップ実装時の違い

同色発光モード(64色) 異色発光モード
(1/f 揺らぎ演出など)

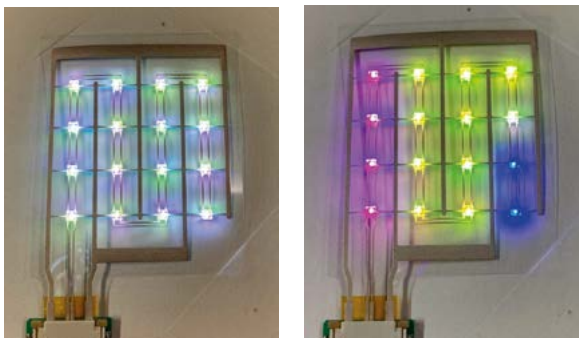


図-4 導電性印刷回路に
IHリフローでLED実装したサンプル

3. IHリフローツール開発

豊田合成は、上記までに説明したIHリフローの利点を活かし3D形状に直接回路形成した樹脂成形品に対し、電子部品を3D実装していくための設備の必要性を感じ、既設の平面加工に特化したIHリフロー設備を種々の加工機に搭載でき、より使いやすい形としたIHリフローツールを開発した。本開発結果は図-5に示す仕様でJPCA Show 2023での株式会社ワンダーフューチャーコーポレーション出展ブースにて協賛出展した。

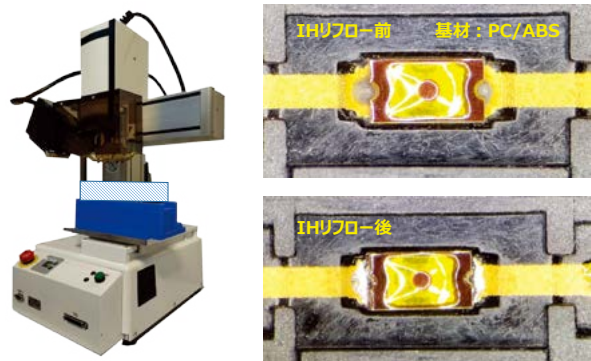


図-5 JPCA Show 2023に出展した
IHリフロー装置でのIHリフロー前後のはんだ
ペースト状態

4. おわりに

本報では今後の電動化社会に貢献できるIHリフロー技術と3D部品実装への適応に最適と考えた独自ツールを紹介した。今後はIHリフローを軸としたプロセス開発に移行する。

最後に本開発に対しご指導いただきました株式会社ワンダーフューチャーコーポレーションの皆様へ深く感謝申し上げます。

著者



松波 明

金型磨きレス切削加工技術

國枝直貴^{*1}

Milling Process Technology Makes Mold Polishing Unnecessary

Naoki Kunieda^{*1}

1. はじめに

BEV化や自動運転拡大に伴い車内空間に求められる機能が変化している。イルミネーション製品（以下イルミ製品）においては、安全性を確保するために、照らす以外に通知等の機能が要求されており、広範囲かつ高輝度になる傾向にある（図-1）。イルミ製品にはレンズが必要だが、これらの要求を満たすために、レンズには高い表面の面粗度と高い形状精度が必要である。

今回は、レンズの要求精度を満たすために、金型として技術確立した内容を紹介する。



図-1 BEV化に伴う車室内イルミの変化

2. 現状の切削加工の問題点と課題

金型の要求精度項目は面粗度と形状精度の2つがある。現状の切削加工レベルでは形状精度は十分確保できるが、表面に微細な凸凹が残るため、面粗度が確保できず、手磨きを要する。通常手磨きを入れることで形状精度は崩れるが、従来製品では許容範囲であるため、精度は確保できる。しかし今回の製品は形状精度要求値も高くなり、手磨きでは形状精度が確保できない（図-2）。よって切削加工の高面粗度化を課題と捉え、技術確立を進めた（図-3）。

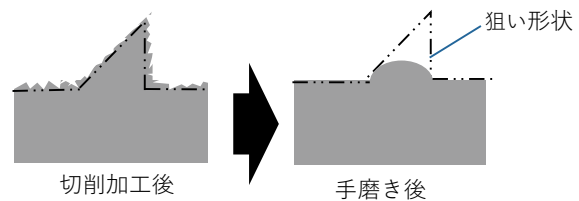


図-2 手磨きによる形状くずれ

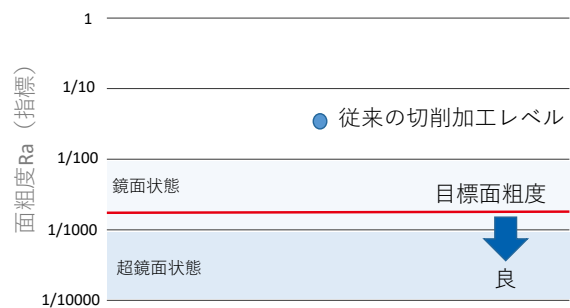


図-3 従来の切削加工の課題

3. 高面粗度化の考え方

切削加工には加工機・切削動作・金型材料・刃具の4つの要素があり、それぞれ組み合わせることで加工が成立する（図-4）。そのため金型の品質・コスト・納期は、これらの組み合わせで決まる。そこで、各要素が持つ因子を抽出し、その中から面粗度に影響が大きいものを選定し、水準を推定できれば、最適な要素の組み合わせが決まり、高面粗度化につながると考えた。

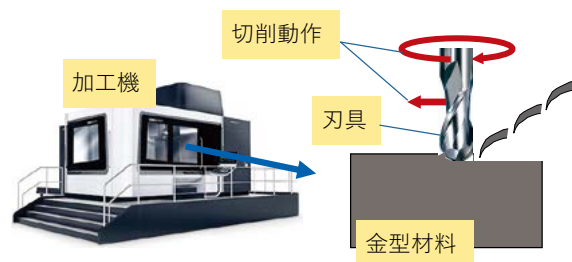


図-4 切削加工の4つの要素

*1 モールド事業統括部 金型技術室

4. 因子の選定と水準の推定

4-1. 因子の選定

各要素の持つ因子を抽出し、その中から面粗度に影響の大きいものを選定した(表-1)。その理由を4-2.で述べる。

表-1 因子選定表

4つの要素	因子			
加工機	分解能	振動	熱変位	軸剛性
切削動作	切削抵抗	振動	点群のばらつき	
金型材料	介在物の大きさ	硬度	韌性	化学的特性
刃具	硬度	韌性	化学的特性	

面粗度に影響の大きい因子

4-2. 選定理由と水準の推定

まず加工機と切削動作では、因子として、振動を選定した。切削加工では、加工機による振動と切削動作による振動が同時に発生する。この振動が刃具を通して、加工面に転写され、加工方向の面粗度に影響を与える。一般的に振幅は面粗度の4倍程度になる相関がある(図-5)。振動の振幅を目標の面粗度の4倍以下に抑えなければならぬと推定した。

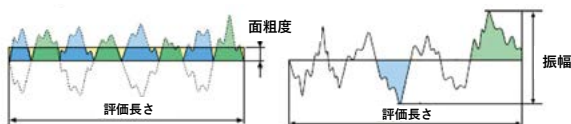


図-5 面粗度と振幅(加工機と切削動作)

金型材料では、介在物の大きさと硬度を選定した。介在物が大きければ、切削加工の際に、この介在物が脱落することにより、表面に大きな凹みが発生し、面粗度が悪化する(図-6)。介在物の大きさが目標面粗度の4倍以下に抑えなければならぬと推定した。材料硬度が低い材料は、切り屑を切り離す際に、むしれが発生し、面粗度を悪化させる。加工テスト結果より、HRC50以上の硬度が必要であると推定した。

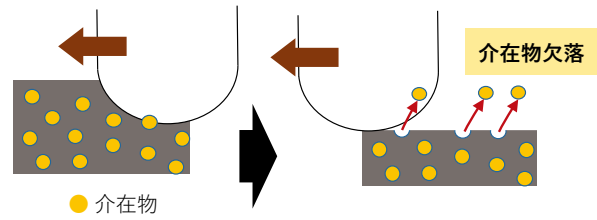


図-6 介在物(金型材料)

刃具では、因子として硬度を選定した。切削加工中、刃具は常に高い切削抵抗を受け、刃具が欠ける。そのため刃具は切削抵抗に耐える硬度が必要である。刃具には、金型材料の5倍の硬度が必要であると推定した。

5. 検証結果

推定結果より選定した4つの要素にて加工検証した結果、面粗度は低減できたが、目標は未達であった(図-7)。そこで有識者と協議し、対策を立案した。

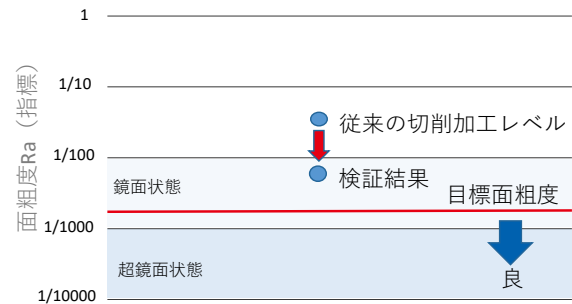


図-7 面粗度検証結果

6. 対策立案

今回、長年にわたり切削加工の研究に携わっている大学教授に刃具に関して協力いただき、新たな因子として、母材粒子径と粒子間結合力を加えた(表-2)。

表-2 因子選定表(対策立案後)

4つの要素	因子				
加工機	分解能	振動	熱変位	軸剛性	
切削動作	切削抵抗	振動	点群のばらつき		
金型材料	介在物の大きさ	硬度	韌性	化学的特性	
刃具	硬度	韌性	化学的特性	母材粒子径	粒子間結合力

面粗度に影響の大きい因子

アドバイスとしては、切削加工面には、刃具形状が転写されるため、その形状精度が面粗度に影響を与える。その形状を決める因子が母材粒子径である。また切削加工中には粒子の欠落が発生し、刃具の形状精度が悪化していくが、粒子間結合力をあげることにより、欠落を抑えられるというものであった(図-8)。

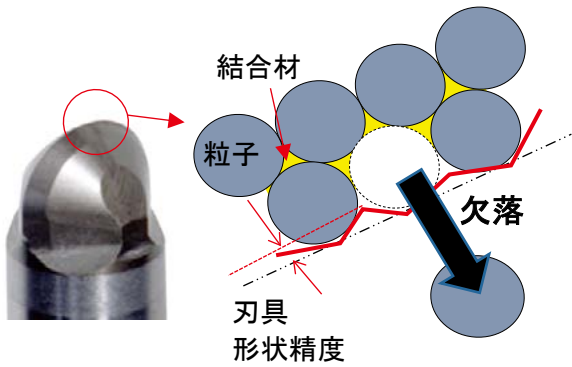


図-8 粒子の欠落(刃具)

刃具粒子径は、目標の面粗度の4倍以下に抑えなければならないと推測した。

従来、粒子間の結合には、結合材を用いており、粒子間結合力が低く、粒子の欠落が発生していた。結合材を用いない刃具を使用する必要があると推測した。

7. 結果

刃具に新たな因子を追加し、選定を見直して検証を実施した結果、目標の面粗度を達成した(図-9)。

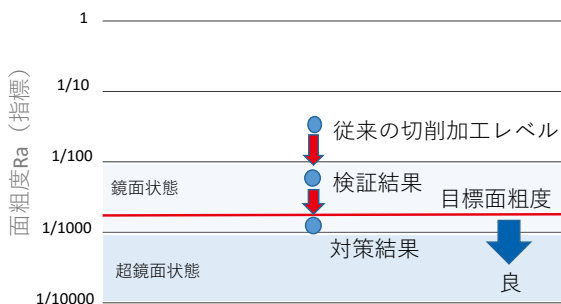


図-9 対策結果

8. おわりに

大学教授のアドバイスを受けながら、4つの加工要素を持つ因子から面粗度に影響あるものを選定し、その水準を推定することで、目標面粗度を達成することができた。

今回の技術は、加工できる製品サイズに制約がある。今後、外装製品においても高面粗度が求められるため、加工可能面積を広げていく必要がある。上記の考えを基本に技術開発を継続していく。

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

著 者



國枝直貴

塗装工程の製品脱自動化技術

安部由規^{*1}，松田卓也^{*1}

Automatic Work-Picking Technology in the Painting Process

Yuki Abe^{*1}, Takuya Matsuda^{*1}

1. はじめに

豊田合成では、車両ドアのシール製品であるドアウェーストリップ（以下ドア W/S）製品を生産している。

製品機能として遮音性、摺動性が求められ、その主材料は EPDM スポンジゴムである。ゴム製品であり軟体で形状変形予測が難しいが故、製造工程は人の技能に頼った作業がほとんどである。

一方近年では、少子高齢化の影響を受けて働き手が少なくなる中、製造業では工場の自動化に対する取り組みが盛んに行われている。中でも、付加価値がないサイクリックな手作業をロボット作業へ代替する需要が高まっており、社内でも内製開発に取り組んでいる。

本稿では、ドア W/S 製造工程でのロボット適用による自動化事例について紹介する。

2. 製品概要

ドア W/S 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）。

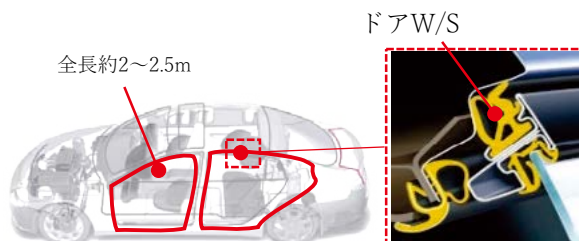


図-1 ドア W/S

3. 工程概要

塗装工程は、製品が吊り下げ式のハンガーに掛けられ、塗装ブース、熱硬化炉、冷却炉の順にコンベアによって搬送されて表面加工される。人作業として、塗装が完了した製品をコンベアから外している（図-2）。

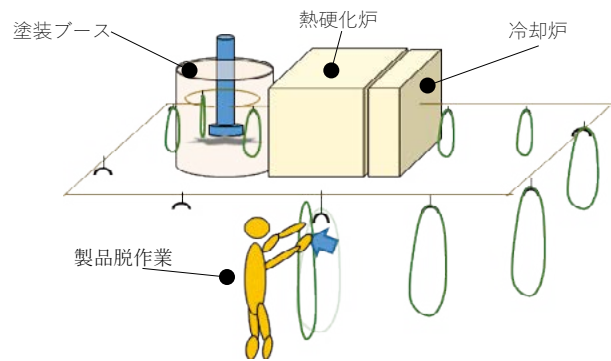


図-2 塗装工程の製品脱作業

4. 開発概要

4-1. 自動化における課題

塗装工程の製品脱自動化の着眼点として以下の3つが挙げられる。

- 1) 吊り下げ時の製品姿勢が一定でない
(⇒製品姿勢一定化)
- 2) 製品が軟体で製品脱作業時の把持や搬送により形状変形しやすい
(⇒形状変形の制御)
- 3) 品種により搬送速度が変速的
(⇒取出しミス防止)

人作業では、視覚で製品姿勢、搬送速度を捉え、動く対象にどのように取り出せばハンガーに干渉することなく外せるか判断している。また、把持し離型する際も触感で把持力を調整し変形量を制御している。これら人間の感覚を利用した動作を機械に置き換えることが自動化の課題となる。

*1 WS 生産技術部 WS 生技開発室

*2 WS 生産技術部 WS 第1生技室

4-2. 製品姿勢一定化による取出し作業簡素化

従来のハンガー形状(図-3)を変更し、製品の倒れ込みを防止することで製品の吊り下げ姿勢の一定化を図った(図-4)。結果として、工程能力が0.54(図-5)→1.34(図-6)に向上した。これにより人の技量に頼った作業を簡素化し、自動化難易度を低減させた。

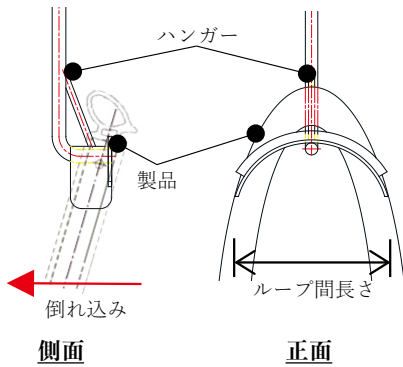


図-3 製品姿勢(従来)

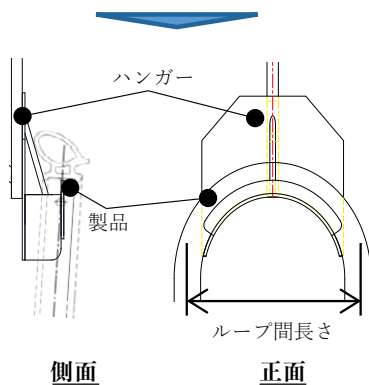


図-4 製品姿勢(新)

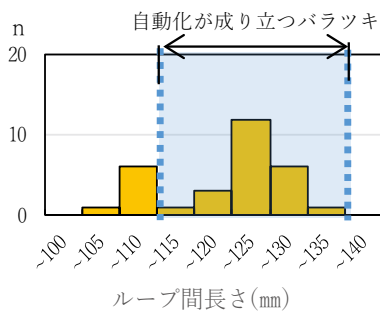


図-5 姿勢バラツキ(従来)

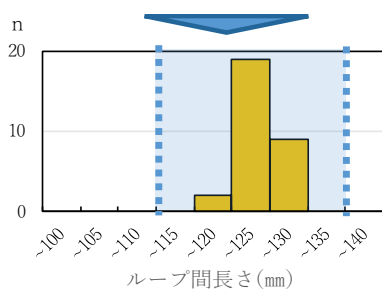


図-6 姿勢バラツキ(新)

4-3. 形状変形の制御

製品脱時の把持から離型に発生する慣性による製品の変形(=たわみ)は把持の位置によって変化する。

取り出し方向のたわみを δ 前後, コンベア進行方向のたわみを δ 左右とする(図-7)。

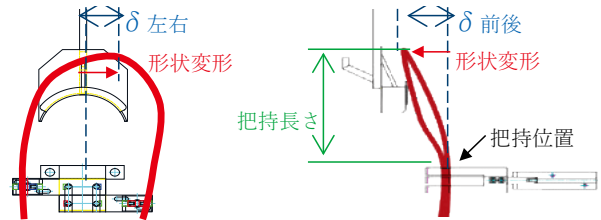


図-7 取出し時の製品たわみ

形状変形が故に製品はハンガーに干渉してしまうため、変形を制御することで製品脱を成立させる。

成立条件は、離型時にハンガーの製品保持板に製品を干渉させないことである。ハンガー静止時は、製品変形がなければ干渉範囲高さだけ上げることで成立する。一方ハンガーが動作する場合は、位置の誤差が生じ、干渉範囲が拡大する。この範囲以上に製品を形状変形させることにより、離型を成立させる(図-8)。

これより、各たわみにおける開発目標値は、 δ 前後は0, δ 左右は制御範囲内で最大とする。

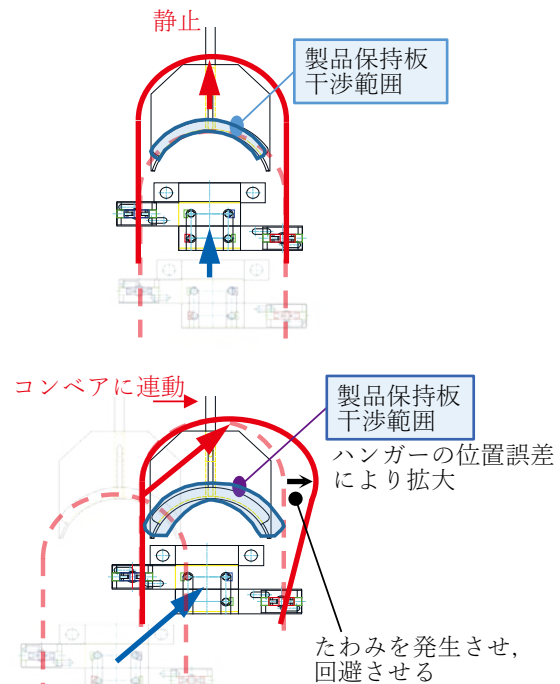


図-8 静止と動作時の干渉範囲

製品の先端から把持点までの距離(=把持長さ)とたわみ量の関係を図に示す(図-9)。

離型時のロボットハンドとハンガーが干渉しない把持長さから δ 前後が最小かつ δ 左右が最大になる把持長さを選定した。

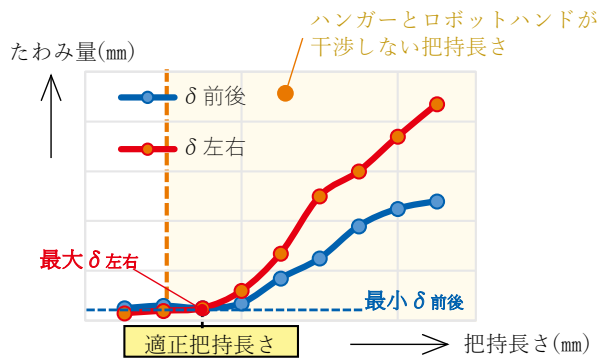


図-9 把持長さとなわみ δ

4-4. 搬送速度に追従させるための同期化

製品取り出し時の移動量を算出し、品種毎のコンベア速度に追従したロボット軌跡を制御した。

5. 効果

予期せぬ製品姿勢と変形を制御することで、軟体であるゴム製品を対象とした機械化の知見を蓄積できた。また、これにより取出し作業を簡素化でき、人からロボットへの置換を実現できた。

6. おわりに

今回の開発を通じ、軟体であるゴム製品を制御する人の技能を定量値に落とし込み要素技術を確立できた。少子高齢化による働き手減少に対し、要素技術を適用し生産性向上やさらなる省人を他工程へ展開していく。

著者



安部由規



松田卓也

小型ワイヤレス充電器による新しいスマホ充電製品の提供

高井 一^{*1}, 木村国宏^{*1}, 柴田 実^{*1}, 佐藤 真^{*1}
向井貴大^{*2}, 三井靖之^{*3}, 祖父江弘^{*3}, 小林由佳^{*3}

Providing New Smartphone Charging Products Using Small Wireless Chargers

Hajime Takai^{*1}, Kunihiro kimura^{*1}, Minoru Shibata^{*1}, Makoto Sato^{*1}
Takahiro Mukai^{*2}, Yasuyuki Mitsui^{*3}, Hiroshi Sobue^{*3}, Yuka Kobayashi^{*3}

1. はじめに

スマートフォンのワイヤレス充電機能は、2011年にSHARPのAQUOS発売により市場に登場した。さらに2017年、iPhone8にワイヤレス充電機能が搭載されることでユーザーに広く浸透した。そのことにより、民生領域のみならず車載用ワイヤレス充電のニーズも高まってきた。

豊田合成としても2014年より無線給電技術の開発に取り組んでおり、車載用のワイヤレス充電製品の量産化に取り組んだ事例を紹介する。

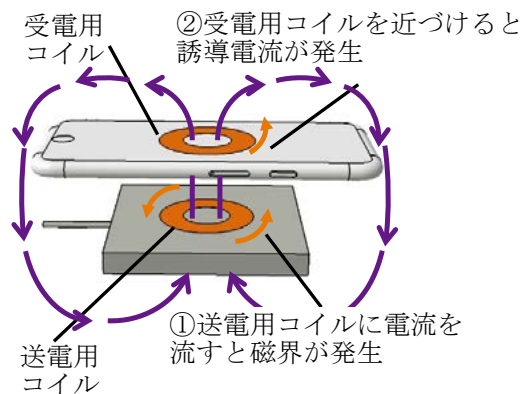


図-1 Qi原理図

2. 製品概要

2-1. ワイヤレス充電とは

ワイヤレス充電とは、スマートフォンをケーブルで接続せずに充電することである。

現在のスマートフォンのワイヤレス充電方式は“WPC (Wireless Power Consortium)”が規格策定している国際標準規格である“Qi (チー)”が採用されている。この方式は「ファラデーの電磁誘導則」をベースにしており、電気を送るワイヤレス充電器の「送電用コイル」に、スマートフォンの「受電用コイル」を近づけると磁界が発生して電気が流れ、充電ができる(図-1)。

車載用では2013年トヨタ アバロンに初搭載(図-2)以降、さまざまなメーカー・車種において搭載が拡大している。



図-2 トヨタ アバロン

2-2. 車載用ワイヤレス充電器の課題

車載用ワイヤレス充電器の課題は、筐体が大きいため、搭載位置が限定される事である。それは、さまざまなサイズのスマートフォンに搭載されている受電用コイルと送電用コイルの位置が合うように、送電用コイルを複数搭載したり、コイルの可動機構を組み込んでいるためである(図-3)。

*1 IE 開発部 内装開発室

*2 IM 技術部 IM 第1技術室

*3 IM 技術部 IM 第2技術室

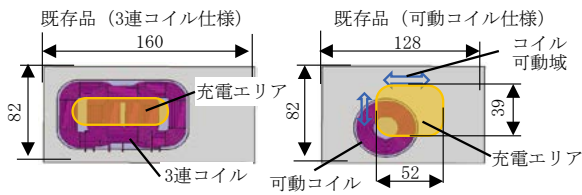


図-3 車載用ワイヤレス充電器

筐体サイズが大きいため、コンソールアッパーの前端（シフトの前）に搭載されることが多く、シフトが充電器へのアクセスを阻害し、使い勝手が悪いという市場からの声が上がっていた（図-4）。

豊田合成では、搭載自由度向上を目指した小型充電器の開発に取り組んだ。併せて使い勝手のよいスマートフォンホルダーの開発を進めた。



図-4 既存ワイヤレス充電搭載位置

3. 開発の取り組み

3-1. 充電器小型化と機構による

スマートフォンアライニング技術

充電器を小型化するために、基板をコンパクトに1枚に集約した。送電用コイルは基板表面に固定式シングルコイルを実装し、基板裏面に電子部品を高密度実装し既存品に対し体積を67%削減した（図-5）。

また、放熱性を確保するために、ケースにアルミダイキャストを採用した。

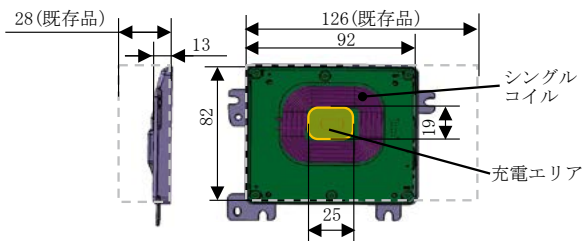


図-5 豊田合成製充電器

充電器小型化の背反として充電可能範囲が狭くなりますが、充電性を確保するためにスマートフォンをアライニングする機構を開発しました。

さらに走行時振動の環境下でもスマートフォンが保持される機能を持ち、安定的な充電を提供します。以下に、量産事例を2例紹介します。

3-2. 横置きダブルサポート構造

1例目は、小型で薄型の充電器のメリットを生かしてユーザーが手元に近い所でスマートフォンを出し入れしやすいように、他社では搭載不可能なシフト横のスペースにポケット式充電器を開発しました。

この時のアライニング機構は豊田合成の強みであるカップホルダーのサポート機構を参考に設計しました（図-6）。

スマートフォンのアクセサリカバー使用を想定し市販のカバーの調査も行い、使いやすさ（挿入荷重4N以下・取り出し荷重4N以下）とアライニング性・保持性（0.4G以下で保持確保）を両立するサポート荷重を設定した。

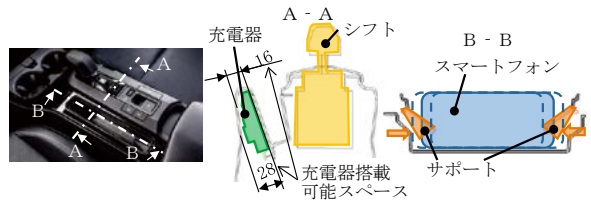


図-6 充電器搭載例：プリウス

3-3. 平置きシングルサポート構造

2例目は、ひとつのサポートでアライニングする簡素な機構の平置きトレイ式充電器を量産しました（図-7）。

スマートフォンのサイズは様々なものがあるが、縦横のアスペクト比が近似していることに着目し、斜めサポートがスライドすることで、L方向とW方向を同時にアライニングする機構とした。併せて、アクセサリカバーの装着有無も同様に想定し、サポートの可動方向や荷重を決定した。

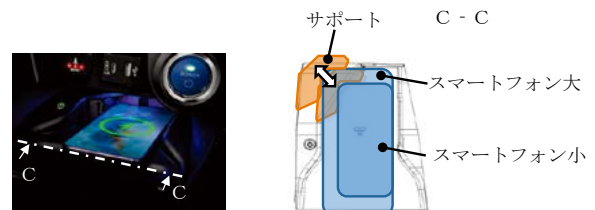


図-7 充電器搭載例：ヤリスクロス（アセアン）

4. おわりに

豊田合成ではワイヤレス技術を広く開発しており、今回の電磁誘導方式のスマホ充電のみならず、LEXUS UX の共振式レジスタノブ照明、マイクロ波給電も開発している。

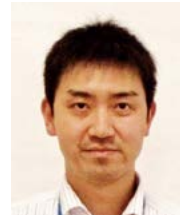
今回のスマホ充電製品は2022年12月に量産が開始された。この技術を23年以降の車両への展開も進めていく予定である。プリウスの充電製品においてはトヨタ自動車株式会社のCE特別賞を受賞し、顧客にも評価されたことに感謝の意を表します。

最後に、本技術を確立させるにあたり、顧客のみならず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、厚くお礼を申し上げます。

著 者



高井 一



木村国宏



柴田 実



佐藤 真



向井貴大



三井靖之



祖父江弘



小林由佳

ミリ波エンブレム生産工程の画像検査技術の導入

鈴木裕大^{*1}, 日比野伊久哉, 立川俊二

Introduction of Image Inspection Technology

in the Millimeter Wave Compatible Emblem Production Process

Hiroataka Suzuki^{*1}, Ikunari Hibino, Shunji Tachikawa

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普及している。

豊田合成は先進運転支援システムを支えるミリ波発信器レーダーを透過させるエンブレムを生産している。

国内外で開発・生産準備が進められており、近年ではミリ波透過機能だけでなく融雪機能、発光機能等の機能向上も図られている(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。加飾層は乾式めっき仕

上げを施し、光沢を持たせることで高級感を演出している。また、立体感を持たせたり、エンブレムにテクスチャーやデザインを追加したりしている。これらの加飾は、車のブランドやスタイルに合わせてデザインされ、車の外観に個性と魅力を与える。

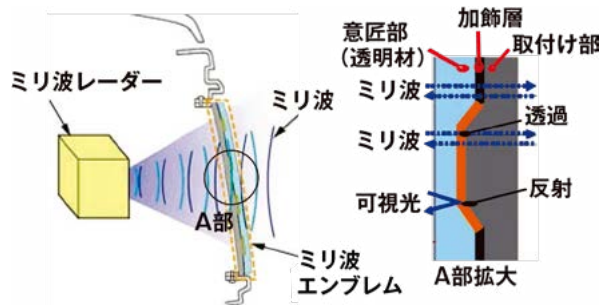


図-2 ミリ波エンブレム構成図

2-2. 生産工程における課題

ミリ波生産工程はコンベヤベルトやロボットアームなどの搬送装置を利用した自動化された製造ラインである。これらのシステム一箇流しの生産プロセスであるが、このシステムは無人数ラインとなっており金型に付着した異物等の不良は連続多量不良として後工程で影響を及ぼすという弱点を抱えており、そのために不良品の早期検出が必要である。この弱点を克服するために追加の検査工程としてカメラ検査を導入することで課題の解決の方策とした(図-3)。

3. 検査光学系における方策

ミリ波エンブレムは、透明なプラスチック材料を用いて成形され意匠部と加飾部に3D形状の奥行き感のある形をしている。

検査を行うにあたり安定した撮像を行うために最適な検査光学系の検討から行った。

その結果図-4のような、砲弾型のLEDを備

*1 IE 生技開発部 IE 電子生技室



図-3 工程フローのイメージ図

えた照明を直接あてその陰影をとらえる直接照明の構造を採用した。その光学系でとらえた写真を図-5に示す。今回の照明系でR形状を備えた透明プラスチック表面にハレーションを引き起こすことなく安定した画像を撮像することができた。

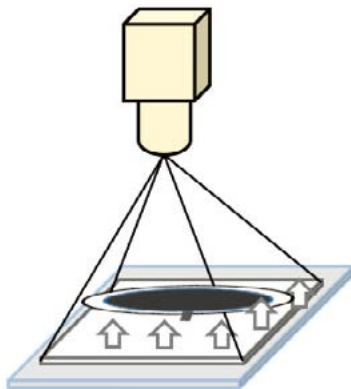


図-4 光学系イメージ図



図-5 撮像画像

3-1. 画像検査アルゴリズムの最適仕様

安定した撮像を行っても画像の解析を安定して行わなければ不良品を良品として流出させてしまう。もしくは良品を不良品として判定し良品誤判定としてしまい、歩留まりが悪くなってしまう。そこで良否判別のアルゴリズムを工程に合わせ最適なものを選定した。

3-2. エッジ検出処理

撮像した画像に対し、事前に定義したテンプレート画像を使用して画像内のオブジェクトの位置を特定する処理を加えた後、Sobel^{*1}やCanny^{*2}のアルゴリズムを使用し画像内のエッジを検出し画像の明るさや分布を解析し不良品検出に使用し

た。エッジ検出のアルゴリズムは画像の明るさや色の変化を検出するために上記の微分演算子^{*3}を使用し、画像の各ピクセルに対しての勾配を計算し、勾配の大きい箇所をエッジとして検出している。

3-3. 差分画像との閾値検出

材料違いで同時に行われる2色成形や塗装などの加飾を加えられた製品では、ピクセルの濃淡値が連続する画像間での処理が難しかった。今回は静止画像1枚において、周囲との画素との差分画像の閾値検出を行うアルゴリズムを利用した。

$$\text{差分} = |\text{ピクセルの値} - \text{周囲との画素の平均}|$$

画像内の各ピクセルに対して、その周囲との画素の差分を計算、小さなノイズ成分はブロブ等の処理を加え大きく閾値を超えたピクセルを検出しその位置情報を可視化した。

これを用いて静止画像における特定の領域での変化や異常を検出させた。

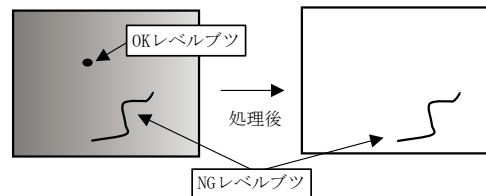


図-6 差分画像との閾値検出

4. 終わりに

今回紹介の「画像検査技術」は2022年に量産化に成功した。また、この技術を大型の外装部品等に適用範囲の拡大検討を行い、品質向上を目指していきたいと思っています。

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



鈴木裕大



日比野伊久哉



立川俊二

※1, ※2 画像内のピクセル間の明るさの変化を検出

※3 画像処理においてエッジ特徴オブジェクトを検出する

ステアリングホイール用 高耐久 / 高触感合皮の開発

中村真太郎^{*1}, 根本一樹^{*2}

Development of Wear Resistant and Smooth-Feeling Synthetic Leather for Steering Wheels

Shintaro Nakamura^{*1}, Kazuki Nemoto^{*2}

1. はじめに

近年、グローバルにおいて動物愛護やビーガン（菜食主義）を背景に各分野でアニマルフリーにフォーカスした製品が多数市場に投入されている（図-1）。



図-1 アニマルフリー向け製品事例

自動車業界も例外ではなく、欧米自動車メーカーを筆頭にアニマルフリー仕様車など車室内すべてで本革の使用が廃止された車両も市場投入が進められており、脱本革の一途をたどっている（図-2）。



図-2 自動車アニマルフリー例

車室内においては脱本革に代表される技術として合成皮革（以下、合皮）に注目が集まっているが、合皮の採用実績のあるシートを例に見てみると、車両のグレードや機能に合わせて使用する部

位が使い分けられている（図-3）。



図-3 シート事例

一方、我々が開発するステアリングホイールは車室内部品で唯一ドライバーが常に握る部品であることから、シート用合皮で求められる耐摩耗性能に加え、高い耐久性や手に馴染む触感が求められるが、一般的な合皮ではこれらのステアリングホイールの要求性能を満足できていない（図-4、図-5）。



図-4 本革ステアリングホイール

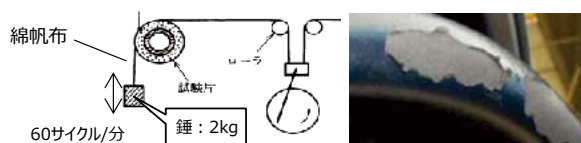


図-5 一般合皮薬品摩耗試験結果

*1 SS 開発部 SS 第2 開発室

*2 SS 技術部 SS 第1 技術室

また脱本革技術としてステアリングホイールにはウレタン表皮が既存するが、触感や外観といった商品性の観点から、レクサスなどの高級ブランドではウレタン表皮が採用されず、アニマルフリー対応ができていない。以上から耐久性、触感を併せ持つステアリングホイール用合皮の開発が急務である。

本報告はエアバッグなどの多領域で協力関係にあるセーレン株式会社との共同開発にて実施した内容である。豊田合成が有する本革の開発で培った耐久性及び触感に関する知見とセーレン株式会社が有する合皮材料 / 製造技術を結集し、従来の合皮から革新的に性能が向上した開発内容について報告する。

2. 製品の概要

本開発のステアリングホイール用合皮（以下、開発品）は本革同等の耐久性、触感を両立することを目的として開発した。

3. 開発品の特徴

3-1. 開発品構造

開発品はドライバーの手に直接触れる合皮塗膜層に着目し改良を行った（図-6）。



図-6 合皮断面構成と改良内容

3-1-1. 改良内容1：触感向上

実施事項：ウレタン樹脂層①の改良

ドライバーの手が直接触れる表面の凹凸感に着目し、本革に用いられる表面処理を参考に手に馴染みやすい表面を実現した。天然物のためバラツキが多い本革に対し、合皮では工業製品であることの特長を最大限に活かし均一的な表面凹凸感を再現できた。またオリジナル配合を付

与することでさらに滑らかでレクサス革相当の触感を達成した。

3-1-2. 改良内容2：耐久性向上

実施事項：ウレタン樹脂層②の改良

耐久性の肝である塗料のウレタン樹脂材料に着目し、ステアリングホイール用本革の塗膜構成を参考に、ソフトな触感を維持しつつ、強固な分子密着力の樹脂へ改良した（図-7）。

3-1-2-1. 【ウレタン樹脂材 分子構造改良】

1) 分子密度の向上

人の汗や脂、及び各種化粧品類を始めとした化学成分の染み込みに対する耐性を分子レベルで強化することで、染み込みにくい分子構造を確立し性能向上を図った。

2) 分子間結合力の向上

衝撃や摩擦などの負荷に加え、環境劣化に対しても分子間結合力を強固にすることで耐性の強化を図り、ステアリングホイール用に求められる強靱なウレタン樹脂材へと改良した。

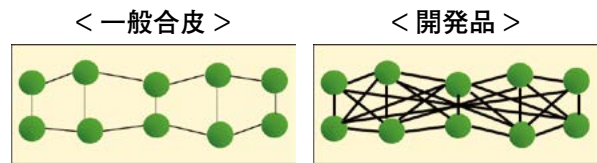


図-7 分子構造改良イメージ

3-2. 効果

今回の開発品により、耐久性については環境劣化試験、薬品摩耗試験を始めすべての評価で本革同等以上の性能を確保した。また触感に関してはレクサス革相当の触感を得ることができた（表-1、図-8）。

表-1 ハンドル表皮向け試験結果一覧

評価項目		本革	一般合皮	開発品
環境劣化試験	耐熱性	5級	5級	5級
	耐光性	5級	5級	5級
耐摩耗性		5級	3級	5級
薬品摩耗試験	水	3,000回	1,000回	3,000回
	エタノール	2,000回	500回	3,000回
	オレイン酸	2,000回	100回	3,000回
オレイン酸熱劣化		30h	3h	60h
オレイン酸熱劣化摩耗試験		10サイクル	1サイクル	10サイクル

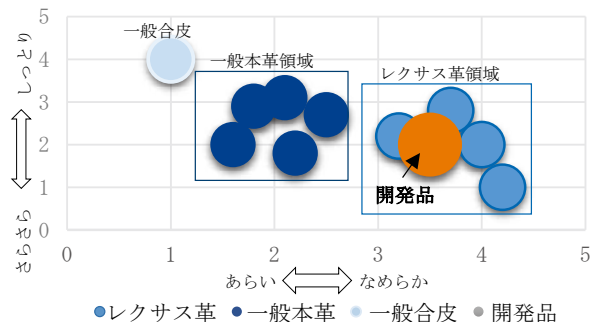


図-8 触感試験結果

4. まとめ

今回紹介した開発品は22年11月より量産を開始したレクサスRXより市場に投入され、以降RZやLBXにも搭載、今後も他車種への展開が見込まれている。

最後に本開発においてご支援・ご協力をいただいたセーレン株式会社関係部署各位に深く謝意を表します。

著 者



中村真太郎



根本一樹

ハンドル金属部品の樹脂化

家田直樹^{*1}，森加秀樹^{*1}，森本健太^{*1}

Steering Wheel Parts : Replacing Metal with Plastic

Naoki Ieda^{*1}，Hideki Morika^{*1}，Kenta Morimoto^{*1}

1. はじめに

豊田合成では車両を操舵するハンドルを生産している。ハンドルは金属でできたアルミ芯金の上に柔らかい触感を持たせるため、ウレタンを成形加工した構成になっている。更に高級車や上級グレードには、革や木目を施した仕様もある(図-1)。

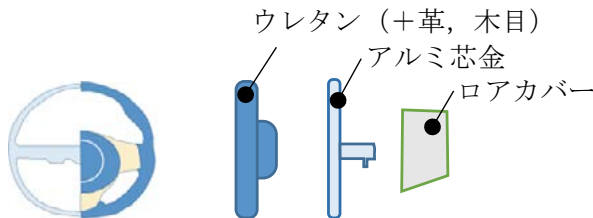


図-1 ハンドル構成 (正面/側面視)

近年、各国の規制強化やESG投資等が追い風となり、BEVの普及が本格化している。それに伴いBEV市場は今後も拡大していくとみられている。一方、BEVの航続可能距離は従来のガソリン車に比べて短いとされているため、各自動車メーカーは車両の航続距離延長のために、バッテリーの容量増加や車両の軽量化が大きなテーマになっている。

豊田合成では車両の電費(燃費)を削減するためバックドアパネル、フェンダー等の部品を樹脂化し、車両の軽量化に貢献してきた。

今回は車の操舵に関わる機能部品として初めて金属部品を樹脂化した事例である。アルミ芯金の一部を樹脂化(図-2)することで軽量且つ部品製作におけるCO₂排出量を削減した事例を紹介する。

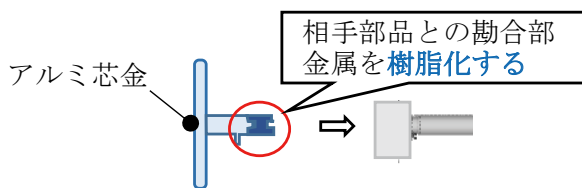


図-2 樹脂化対象部品 (側面視)

2. 材料選定と成形工法

汎用材では要求特性である硬度を満足できない。そのため、今回ガラス繊維(以下GFと略)を添加することで硬度を確保する(図-3)。

成形工法は射出成形を採用する。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ことで製品を得る加工方法である。

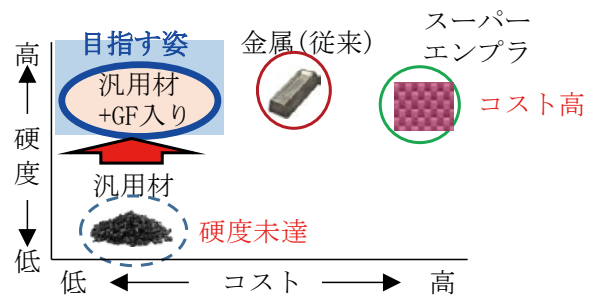


図-3 樹脂材料の選定

3. 量産化に向けた課題

3-1. GFによる寸法への影響

成形品においてGFの影響により縦と横方向で収縮率が異なることで円形状が楕円に変形する傾向が発生する(図-4)。

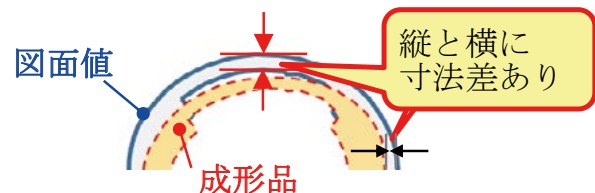


図-4 GF添加による収縮異方性

ここで収縮率とは金型の中で製品寸法が縮む割合を示しており、金型製作においてどの方向にいくつ収縮するか予測できることが必要となる。

3-2. 縦・横収縮率差の発生メカニズム

成形時に樹脂流れが一方向(層流)に流れるこ

*1 SS生産技術部 第1エアバッグ生技室

とでGFが整列状態となる。そのため整列の向きにより収縮率が異なる(図-5)。

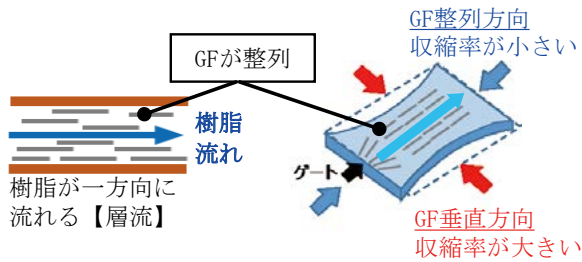


図-5 GF向きによる収縮率の影響

3-3. 収縮差を発生させない取り組み

樹脂流れが層流の場合、GFが整列するため、乱流にすることでGFの整列を乱す(図-6)。

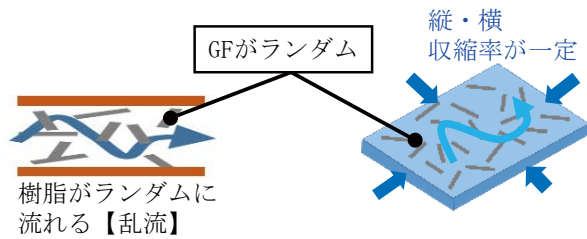


図-6 収縮差をなくす考え方

4. CAEによる実証

4-1. CAE解析

実機の評価では破壊試験が必要で評価工数が膨大となるため効率的に検証を進めるためCAEを活用する。

CAEを活用するにあたり、まず初めにCAEでGFの状態を表す『繊維配向度』と実物の断面観察を照らし合わせた結果、相関が確認できたためCAEを活用できると判断した(図-7)。

※ 配向度の数値が高いほど整列状態に近いことを示す。

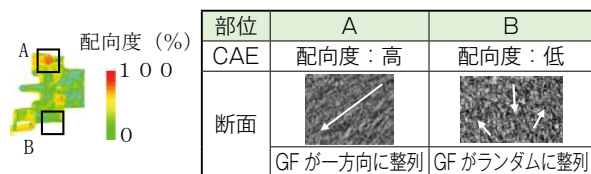


図-7 CAEと実物の比較

4-2. 乱流モデルの構築 (CAE)

GFをランダムに配向することを狙い乱流を発生させるモデルを下記1~3項を基に作成しCAEを実施した。

その結果、乱流部の繊維配向度が低くなることを確認できた(表-1)。

- 1) 拡大流：流路を拡大して渦を発生させる
- 2) 分岐流：材料を金型に衝突させ流れ乱す
- 3) 合流：材料同士を衝突させ流れを乱す

表-1 乱流発生モデル

乱流発生因子	モデル	GF配向 解析結果
拡大流		
分岐流		
合流		

4-3. 量産仕様へ乱流モデルの適用

製品形状やゲート仕様により乱流モデルを具現化しCAEを実施した結果、配向度を低くすることができた。

図-8よりa部は製品形状の変更、b部はゲート仕様により配向度を低くした。

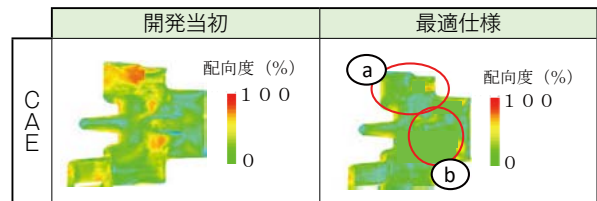


図-8 最適仕様のCAE結果

5. 結果

最終仕様を製品、金型に反映し実機による寸法・硬度を確認した結果、工程能力を十分確保した。

また樹脂化により製品1個あたりの重量は▲67%、製作におけるCO2排出量は▲60%削減できた。

6. まとめ

今回、金属部品(機能部品)を樹脂化し量産することができた。また樹脂化することで部品製作におけるCO2排出量も削減することができた。

今後は今回得た樹脂化の技術を活かし更に金属部品の樹脂化を推進していく。

最後に、本活動に際し、ご支援、指導いただきました関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 井沢省吾, 自動車をより軽くするプラスチック複合材料, 化学と教育 69 巻 9 号 (2021 年), P365
- 2) 堂坂健児, 自動車における樹脂材料の活用と ASR 減量化の課題, 廃棄物資源循環学会誌, Vol29, No2, P109 (2018 年)

著 者



家田直樹



森加秀樹



森本健太

軽量オープニングトリム WS

梶田大熙^{*1}

Lightweight Opening Trim WS

Daiki Kajita^{*1}

1. はじめに

近年、CNの実現を目指し、世界的にBEVの進展が加速している。BEV化に伴い、バッテリー搭載による車両重量が増加する課題があるため、電費（燃費）向上を目的とした部品の軽量化ニーズが高まっている。

今回オープニングトリム WSにて、設計性能品質は維持した上で、製品の軽量化開発・量産化をしたので、その概要について紹介する。

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られ、各部品とシールさせることで快適な室内空間を作るゴム部品である。

その主な機能は、下記の通りである。

- 1) 遮音性：車体とドアの間から侵入する音を遮断
- 2) ドア閉まり性：ドア閉まり時の衝撃を吸収する
- 3) 意匠性：内装部品等の周辺部品との隙がない

図-1 に装着部位と断面を示す。

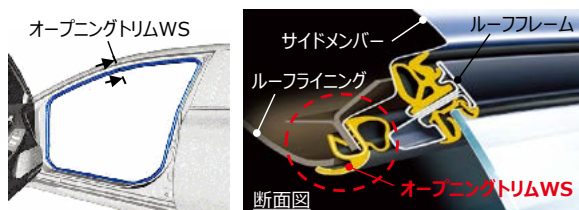


図-1 装着部位・断面

3. 製品の特長

3-1. 開発の狙い

CN実現に向けた戦略として、本テーマは軽量化目標値を約400g/台（従来比▲約15%）に設定した（図-2）。

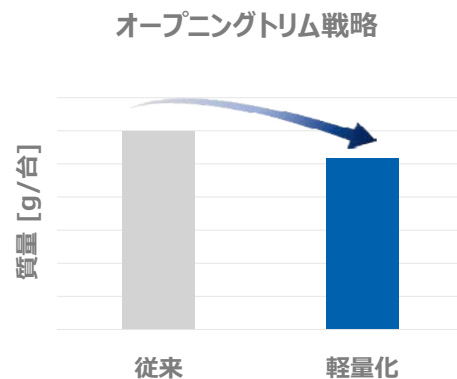


図-2 開発目標値

本製品の材料構成を図-3に示す。この構成の中で質量の大きい金属インサートとソリッドゴム材に着目し、従来に対して下記形状変更をした設計を実施。

- 1) 断面の小型化（図-4）
- 2) インサート形状変更（図-5）

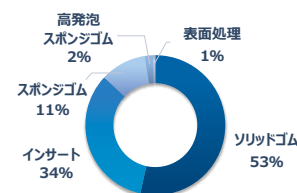


図-3 材料/質量構成

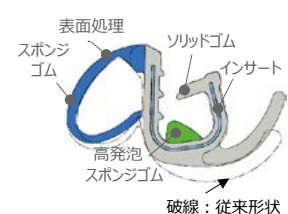


図-4 断面小型化

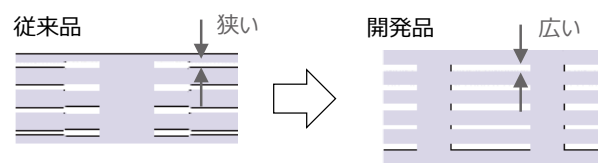


図-5 インサート形状変更

*1 WS技術部 WS第1技術室

3-2. 設計のポイント

軽量化開発の課題は主に2つ、車体に曲げて組み付ける際のコーナー追従性（シワ発生）と製品の外観意匠性（凹凸マーク悪化）である（図-6、図-7）。

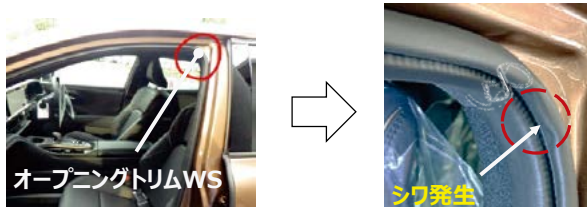


図-6 コーナー追従性

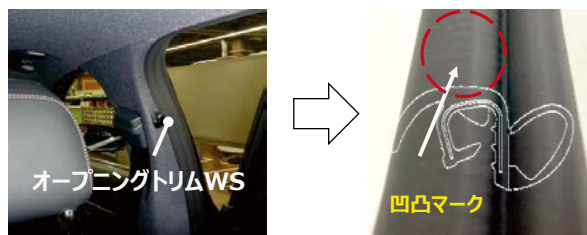


図-7 外観意匠性

コーナー追従性は、今回の変更により圧縮応力が大きく作用し、本製品の耐久強度の許容値を超えることで引き起こされたものである。

対策として圧縮荷重×座屈荷重の理論式を用い、成立する形状寸法を設定した。またSQC手法を用いた統計的な検証も実施することで背反性能（軽量化、ドア閉まり性）も成立する最適な断面設定ができた（図-8）。

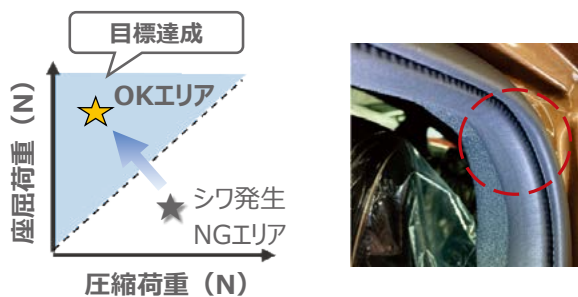


図-8 コーナー追従性

外観意匠性は、今回の変更により押出成型時、ダイス内の材料流動に変化が起り、ゴム材料が受ける応力差により表面に凹凸マークが引き起こされたものである。

対策としてダイスウェル現象の理論式を用いダイス内部構造を変更した。材料を整流化をさせることで圧力変化を低減し、目標を達成する形状設定できた（図-9）。

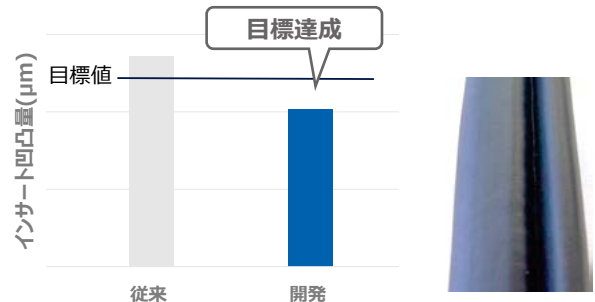


図-9 外観意匠性

4. 結果・今後の展開

本製品の軽量目標である400g/台（従来比▲約15%）を達成することができた（図-10）。

今後の開発後続車種についても現在拡販中であり、本製品の標準断面化を進める。

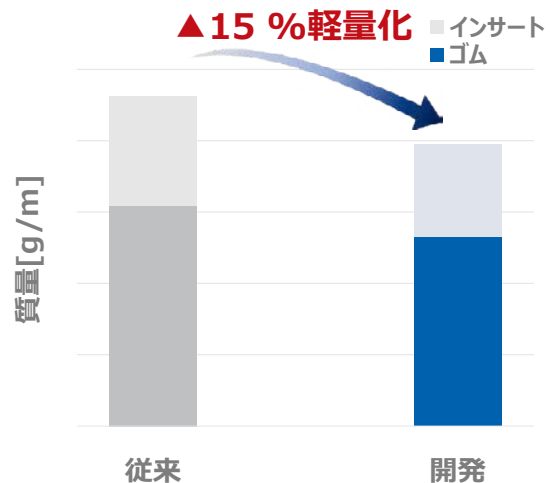


図-10 軽量オープニングトリム WS の質量

5. おわりに

今回紹介したオープニングトリム WS は、22年8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、並びに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

著者



梶田大熙

大流量カットオフバルブの開発

桑山健太^{*1}

Development of High Flow Cut-Off Valve

Kenta Kuwayama^{*1}

1. はじめに

カットオフバルブは燃料タンクを構成する樹脂部品で、タンク内の温度が高まり気化したガソリン（ベーパー）を排出することで、タンク圧力の上昇を防ぐ機能を持つ（図-1）。

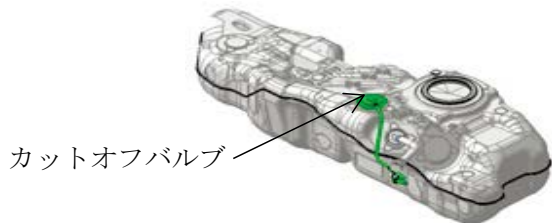


図-1 燃料タンク

特に気温の高い中東地域や気圧の低い山岳部では、ガソリンが気化しやすいため、高い通気性能が必要である。そのためカットオフバルブも他の仕向地より多く搭載される（図-2）。

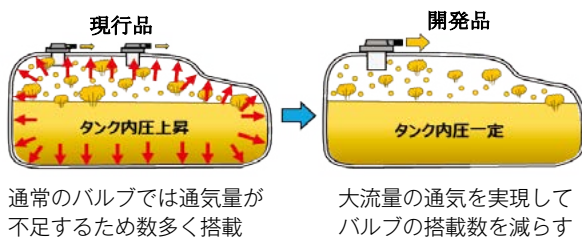


図-2 バルブと通気量の比較

今回、カットオフバルブの搭載数を減らすことで、軽量化に貢献でき、お客さまのうれしさにもつながる大流量カットオフバルブを開発したため、その概要について紹介する（図-3）。



図-3 大流量カットオフバルブ

2. 製品の概要

カットオフバルブは、ベーパーをろ過装置（チャコールキャニスター）に排出してタンク内圧を一定に保つ「通気性能」と、車が激しく揺れたり横転したりしてもガソリンをタンク外に漏らさない「シール性能」を兼ね備えた保安部品である。

カットオフバルブの機構は、ガソリンの液面が上がるとスプリングのアシストを受けて樹脂製のフロートが浮き上がり、ベーパーを外に排出する通気孔の弁を閉じてシールする構造になっている（図-4）。

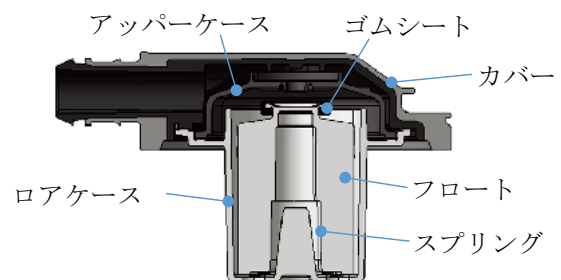


図-4 バルブの構成部品

通気孔を径2.1mmから径4.9mmに拡大（図-5）し、従来のカットオフバルブ2個分以上の大流量の実現を目指した。通気孔が大きくなることで、その分シール面積も増え、ガソリン漏れのリスクが高まる。

今回「通気性能」と「シール性能」を両立する構造を開発した。

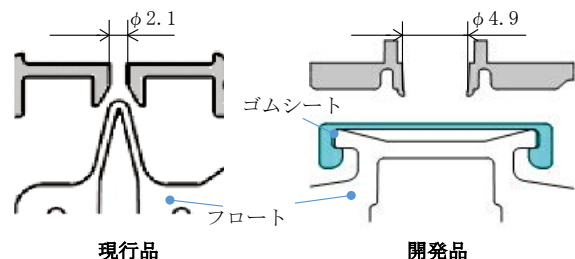


図-5 通気孔サイズの比較

*1 FC 技術部 FC 第2 技術室

3. 設計のポイント

3-1. ゴムシートのたわみ設計

従来品はフロートの先端の尖った部分と通気孔の凹凸構造にてシールしていたが、通気孔の拡大により寸法精度を維持することが難しいため、フロートの先端にゴムシートを被せる仕様とした。シール性能を満足するためフロートが傾いた際でも、ゴムシートがたわむことで通気孔との隙間を埋める設計とした(図-6)。

タンク内でゴムシートにかかる浮力はわずか1~2gという微小な荷重で必要なたわみ量を確保し、同時にタンク内でガソリンが激しく波打っても外れないシート保持強度とゴムの耐久性が求められる。ゴムの板厚が薄ければたわみ量の確保は容易であるが、シートの保持強度や耐久性は劣ってしまう。これまでシール部品で培ってきた材料技術や設計知見、実機検証を重ね、最適なゴムシート形状を設定した。



ゴムシートのたわみにより隙間を埋める

図-6 たわみの仕組み

3-2. 通気孔の最適形状設計

通気孔を拡大することで大流量化は可能であるが、シール面積が大きくなることでガソリン漏れのリスクが高まる。また、フロート先端部の張り付き力も強くなり、ガソリンの液面が下がってもフロートが元の位置に戻らず、弁が閉じたままといった現象も起こる。

今回通気孔の拡大を最小限にとどめ、通気性能の目標も満足する最適な通気孔形状を設定した(図-7)。通気孔の出口部分に円筒状のリップを設定することでリップなしと比較して約20%通気流量を向上させた。

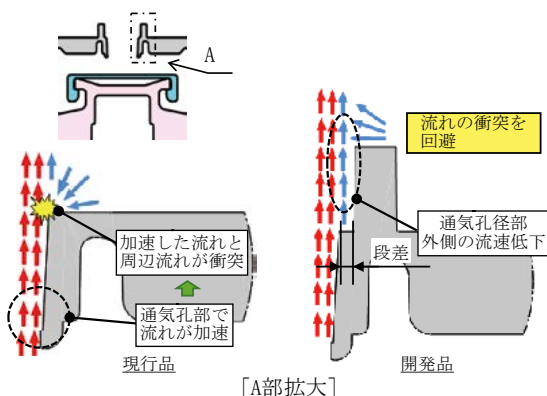


図-7 通気孔形状

4. おわりに

今回紹介した開発品は2021年8月より新型ランドクルーザー(中近東向け)に搭載され、トヨタ自動車株式会社様からプロジェクト表彰を受賞しました。

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関係部署の方々に厚く御礼申し上げます。

著者



桑山健太

LED 通知イルミネーション

勝野翔太^{*1}

LED Driver Alert Lighting System

Shota Katsuno^{*1}

1. はじめに

車室内の照明は、足元照明やライン照明を始めとして、周囲を照らすことによる雰囲気演出を目的とした加飾イルミネーションの採用が拡大している。近年、車室内の照明の位置付けが変化してきており、これまでの雰囲気演出としての照明だけではなく、照明によって機能や効果をもたらす、新たな「ヒカリ」が期待されるようになってきた。

今回は、「ヒカリ」によりドライバーへ注意喚起を促す通知機能を加飾イルミネーションへ付加した「LED 通知イルミネーション」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「LED 通知イルミネーション」は、インストルメントパネルにあしらわれた加飾イルミネーションであり、レジスターの下方の加飾パネルに沿って細く長く配置されている（図-1）。雰囲気演出時のイルミネーションの「ヒカリ」は直接乗員の目に届き、昼間でも周囲の意匠に劣らない色味と明るさを有している。



図-1 LED 通知イルミネーション搭載状態

また、Toyota Safety Sense の「先行車発進告知機能」「プロアクティブドライビングアシスト (PDA)」と連動し、先行車が発進しても停止し続けた場合や、PDA が作動対象を検出した際に、雰囲気演出時よりも明るくイルミネーションの「ヒカリ」が点滅発光してドライバーへ注意喚起を促す通知機能を備えている^{1), 2)}。

先行車発進告知機能は、従来では警告ブザーとディスプレイ表示により先行車発進通知が行われていた。本製品を用いた「イルミネーション通知システム」では、「ヒカリ」が2回点滅し、その後先行車確認の告知音とディスプレイ表示による先行車発進通知が行われる（図-2）。

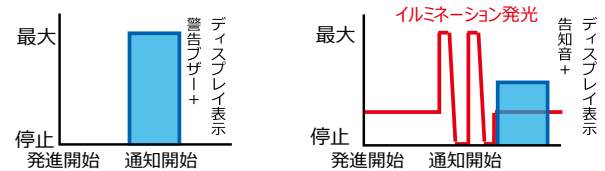


図-2 先行車発進告知機能
(左:従来システム,右:イルミネーション通知システム)

2-2. 製品の仕様

本製品は2種類の発光仕様が存在する（図-3）。

- ・ブルー発光仕様：グラディエントブラック内装色に合わせたニュアンススチール加飾パネルへ配置。
- ・レッド発光仕様：マチュアレッド内装色に合わせたアナダイズドレッド加飾パネルへ配置。



図-3 LED 通知イルミネーション仕様
(左:ブルー発光仕様,右:レッド発光仕様)

3. 設計のポイント

3-1. 「ヒカリ」の要件調査

「イルミネーション通知システム」は、トヨタ自動車株式会社にて初採用となる機能であり、先行車発進通知に必要なイルミネーションの「ヒカリ」の要件を調査する必要があった。

特に、「ヒカリ」の明るさは、昼間でも通知に気づくほど明るく、しかしながらユーザーへ煩わ

*1 IM 技術部 IM 製品開発室

しさを感じさせないことが重要であった。トヨタ自動車株式会社並びに社内外関係部署の方々に、様々な環境下で「ヒカリ」の要件調査にご協力いただき、本製品に必要な明るさを始めとした「ヒカリ」の要件を定めることができた（図-4）。

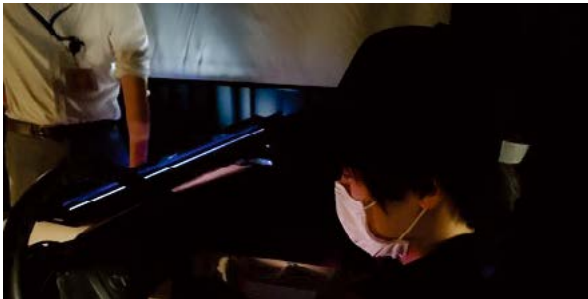


図-4 「ヒカリ」の要件調査

3-2. ドライバーへ「ヒカリ」を届ける光学設計

「ヒカリ」の明るさの要件調査の結果、昼間の雰囲気演出時の明るさに対し、昼間の通知時の明るさは約5～10倍の明るさが「ヒカリ」へ求められることが判明した。

本製品では、上記要件を達成するためLED光源の明るさ向上だけでなく、ドライバーの視点へ「ヒカリ」を向ける光学設計を行っている。本製品では配光性の最適化を光学設計で行い、「ヒカリ」に運転席側へ向かうよう指向性を持たせることで、「ヒカリ」の明るさを要件まで引き上げることに成功した（図-5）。

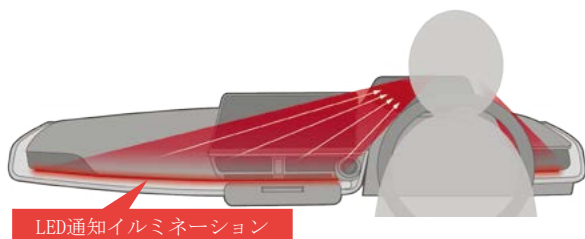


図-5 ドライバーへ「ヒカリ」を届ける光学設計

4. おわりに

今後も、ユーザーの皆様方に喜んでいただける製品開発を進めていくよう努めてまいります。

最後に、本製品の開発・量産化に際し、トヨタ自動車株式会社並びに社内外関係部署の方々よりご支援ご指導を賜り、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) PRIUS カタログ, p.16 (2023)
- 2) トヨタ自動車株式会社 公式企業サイト, 新型「プリウス」(HEV) を発売, (2023.1.10)
<https://global.toyota/jp/>

著 者



勝野翔太

発光ミリ波エンブレムの開発

雲 純史^{*1}

Development of Light-Emitting Millimeter Wave Radar Emblem

Atsushi Kumo^{*1}

1. はじめに

自動車の安全性の確保のためミリ波レーダーの搭載が増加し、ミリ波透過エンブレムが外装製品の重要な製品となっている。

また、BEVを中心にガソリン車との差別化として発光エンブレムの搭載が増加し、ラインナップを揃えている。

豊田合成の強みである発光とミリ波透過性機能のモジュール化によって、更なる製品付加価値を付与した発光ミリ波エンブレムを開発したので、その概要について紹介する（図-1）。

※ エンブレムでのミリ波透過性と発光性の機能の両立は本製品が世界初となる。



図-1 開発製品正面視（左：非発光，右：発光像）

2. 製品概要

2-1. 発光ミリ波エンブレムのうれしさ

ガソリン車からBEVの変化で、車両フロント意匠が以下のように変化する。

- 1) グリル部のラジエータ冷却用の開口不要、また空力性向上のため、低フード化
- 2) 自動運転の進展で車両フロント部にセンサー部品が集約
- 3) BEVの先進感表現、ガソリン車との差別化のため発光エンブレム搭載増加

上記の変化に対して、車両での困りごとは、低フード化による、発光エンブレムとミリ波センサー搭載の両立不可である。そこで、豊田合成は、エンブレム内に発光とミリ波透過機能をモジュ-

ーラ化した発光ミリ波エンブレムの開発によりレイアウト問題を解決させる（図-2）。

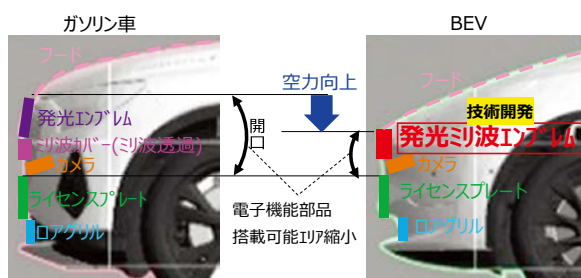


図-2 フロント形状の変化

2-2. 発光ミリ波エンブレムの特徴

各エンブレムの特徴を以下に示す。

【発光エンブレム】

ブランド表現だけでなく、夜間の視認性向上、充電中やユーザーが近づいた際の発光通知（コミュニケーション）機能を持つが、光源となるLED基板はミリ波を透過しない。

【ミリ波透過エンブレム】

ミリ波レーダーを阻害しない透過機能と金属調の見栄えを併せ持つ意匠エンブレムであるが、裏面からの光が透過しない。

開発した発光ミリ波エンブレムは、上記の両機能を満足させるエンブレムであり、製品構成は、中央部にミリ波レーダーが搭載されるため、ミリ波レーダーの外側からの光照射が必要となる（図-3）。

2-3. 発光とミリ波透過の両立に対する課題

発光とミリ波透過の両立には以下2点の課題解決が必要となる。

- 1) エンブレムの光透過性
- 2) ミリ波レーダーの外側からの均一配光設計
上記課題に対しての開発のポイントを以下に示す。

*1 EM技術部 EM第2技術室

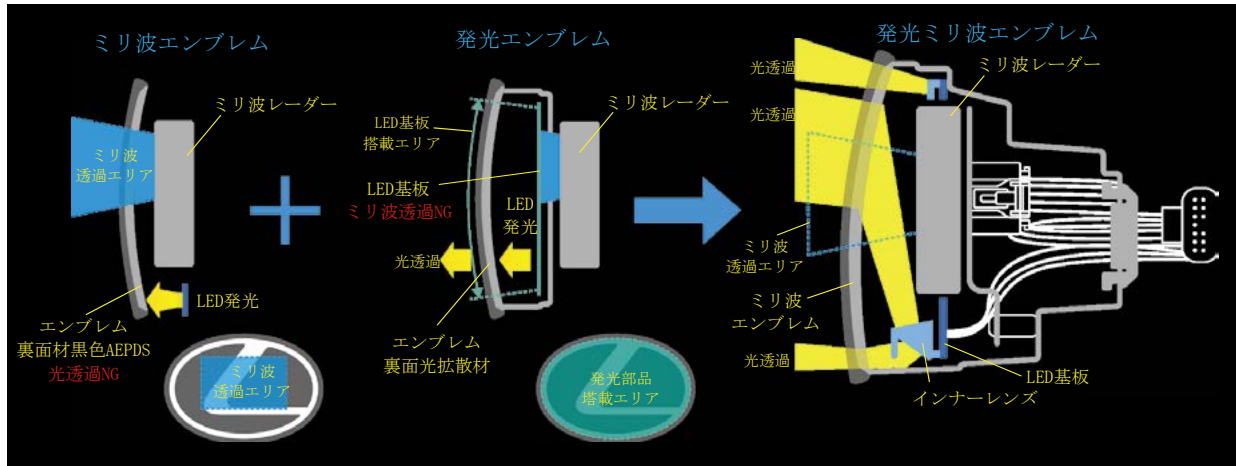


図-3 各エンブレムの概要

3. 開発のポイント

3-1. エンブレムの光透過材料選定

従来のミリ波エンブレムでは、成形性などを優先し裏面材料として黒色 AEPDS を選定している。その黒色 AEPDS は、光が透過せず、発光機能を付与できない。

本品の光透過材料の選定は

- 1) 誘電率や衝撃性等ミリ波透過としての性能
- 2) 光の透過性、拡散性等発光としての性能を両立する材料を選定した (図-4)。

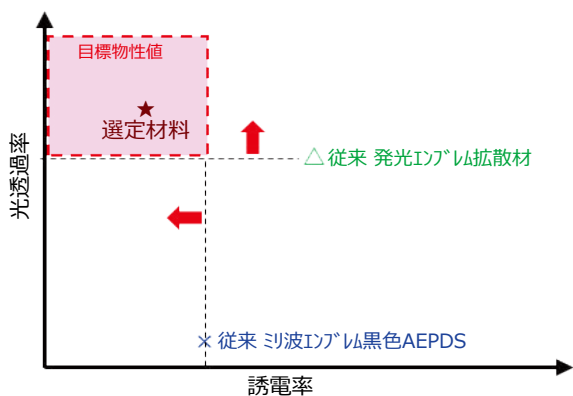


図-4 エンブレムの材料目標値

3-2. ミリ波レーダー外側からの均一配光性能

ミリ波レーダーがエンブレム中央に存在するために、Lマーク中央部の発光をミリ波レーダーの設置エリア外からの光照射が必要となる。外周から光を飛ばすLマーク部の明るさと、外周のリング部の明るさを均一にするために、CAEを活用した光学レンズ設計で、インナーレンズ1部品で全体の均一発光を実現させた (図-5)。

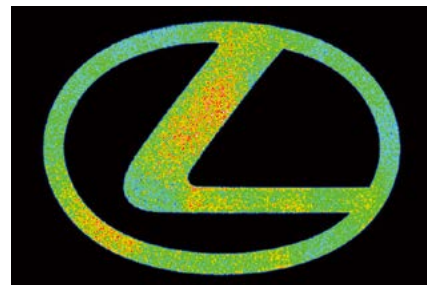


図-5 光学シミュレーション結果

4. おわりに

今後も、本技術を活用した新製品開発を実施しユーザーの皆様へ製品をお届けしたいと考えております。

最後に、今回の開発、量産に際しご支援、ご指導いただきましたトヨタ自動車株式会社、株式会社デンソー並びに、社内外関係部署の皆様へ厚く御礼申し上げます。

著者



雲 純史

中資系向けポップアップフードアクチュエータの開発

塚本真理恵^{*1}

Development of Pop-Up Hood Actuator for Chinese OEM

Marie Tsukamoto^{*1}

1. はじめに

近年、SDGs や欧州のビジョン・ゼロ宣言など交通事故の死傷者低減に向けた動きが加速している。エアバッグやシートベルトの普及により、車両乗員の死者は減少傾向にあるが、歩行者の死者数は横ばいとなっている。そのため、各国で歩行者保護に関する法規の適用が拡大しており、2024年に中国への適用が予定されている（図-1）。

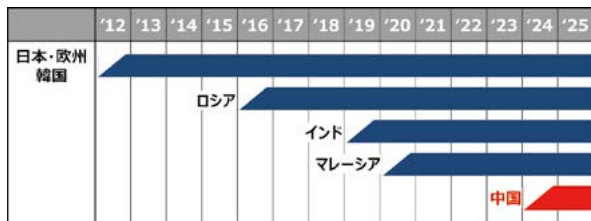


図-1 歩行者保護法規動向

豊田合成では、歩行者保護に対応したポップアップフードアクチュエータ（図-2）を開発し、2013年から日系 OEM への拡販を行っている。



図-2 ポップアップフードアクチュエータ

※ ポップアップフードアクチュエータとは、歩行者との衝突時にフードを持上げ、車両部品との隙間を確保し、頭部への入力を緩和する製品である。

中国への歩行者保護法規の適用をうけ、市場規模の大きい中資系 OEM でもポップアップフードアクチュエータの需要が急増すると予測している。

ただし参入のためには、中資系 OEM のニーズに対応した製品や技術の開発が必要である。中資系 OEM は電気自動車への移行を加速しており、電費向上のための軽量化が求められる。合わせて中資系 OEM との開発の特徴として、システム評価の対応が必要である（図-3）。



図-3 フード持上げシステム評価¹⁾

今回、中資系 OEM のニーズを捉えた製品と評価技術を開発したので、その成果事例を紹介する。

2. 製品・技術の概要

日系向け製品の各構成部品に付与した機能を統合し、中資系 OEM 専用の製品を開発した。

また、外部機関と連携した歩行者 CAE モデルと、エアバッグ CAE 技術を応用したポップアップフードアクチュエータの CAE モデルを開発し、フード持上げシステム評価を可能にした。

3. 製品の特長

3-1. 製品の軽量化

従来構造ではピストンのストロークをシリンダヘッドによって規制していたが、車体に固定するためのブラケットにシリンダヘッドの機能を統合することで部品点数削減と軽量化を実現した（図-4）。

*1 SS 第2技術部 SS 第7技術室

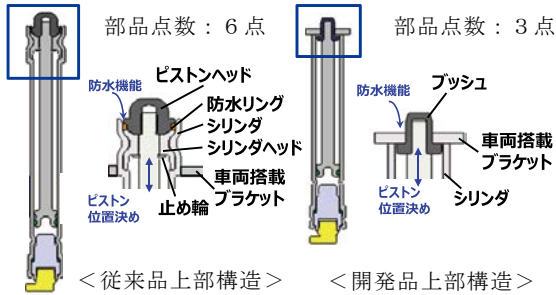


図-4 従来品と開発品の部品点数比較

3-2. フード持上げシステム評価技術

立位姿勢の歩行者人体モデルを用いた、実車とのバリデーション時には特に関節の動きにこだわった(図-5)。

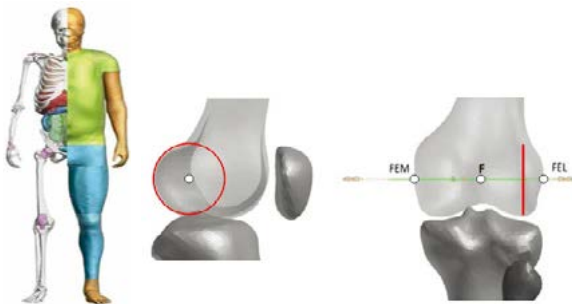


図-5 人体モデルと関節の構造²⁾

加えて、エアバッグの展開挙動解析を応用してポップアップフードアクチュエータモデルを開発した。

3-3. 効果

- ① 部品点数を3点削減(6点から3点)、製品重量を20%軽量化できた。
- ② 衝突時の人体の動きを高精度に再現することができた(図-6)。また、ポップアップフードアクチュエータのストローク挙動を再現した(図-7)。

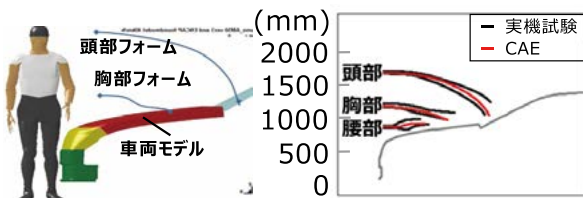


図-6 CAEによる事故データの再現

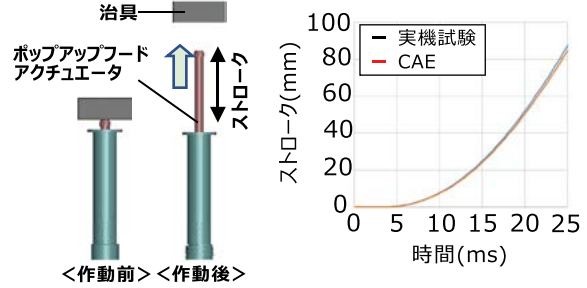


図-7 CAEによるストローク挙動の再現

その結果、CAEで精度よくフード持上げシステム評価が可能になった(図-8)。

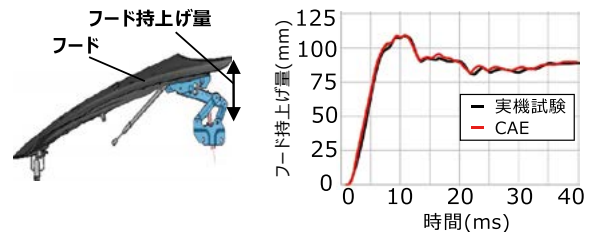


図-8 CAEによるフード持上げシステム評価

4. おわりに

本製品は22年12月に嵐岡汽車「追光」で量産化され、他の中資系OEMからも引き合いが来ている状況である。本開発・量産化に際し、ご指導、ご協力いただきました関係部署の方々に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 株式会社 JSOL, 人体傷害解析モデル THUMS の最新情報
人体傷害解析モデル THUMS の最新情報 - CAE 技術情報ライブラリ | CAE ソリューション: 株式会社 JSOL (jsol-cae.com)
- 2) EURO NCAP, Technical Bulletin
TB 024 - Pedestrian Human Model Certification v3.0.1 (euroncap.com)

著 者



塚本真理恵

1. 知的財産活動の紹介

豊田合成では従来より、「法律と契約を遵守すること」を前提に、①長期視点に基づいた知的財産権の取得とその有効活用、管理 ②自社製品の特許保証、他社からの知的財産権侵害の監視と対策などの、自社、他社知的財産権の尊重 ③継続的なエンジニアの知的財産スキルの向上など、イノベーションを活性化させ、事業活動を維持するために、知的財産活動を行っています。

これら従来の知財活動に加えて、IPL 活動による経営や事業への貢献に取り組んでおり、そのために開発本部内に「IPL プロジェクト」を設置しました。戦略的な知的財産活動を議論し、実行することにより、事業の持続的成長の源泉となる知的資本を強化しています。

1-1. 従来の知財活動

従来からの知財活動として、発明発掘会やアイデア合宿などを通じた発明の発掘、特許事務所の弁理士を介して発明を権利化するための業務の遂行のほか、他社の知的財産権侵害を防ぐため、他社が保有している特許などの調査も行っています。

また、入社から3年を通じた知財教育や、権利化活動、特許保証活動に対する知的財産活動貢献賞の他、個人に対する最多発明賞、新人発明賞を選定し、授与を行っており、これらを通じてエンジニアの知財意識を向上させ、浸透させています。

発明の権利化活動の成果として、2022年度には、新たに日本で255件、日本以外で143件の特許が登録となり、年度末時点での特許保有件数は日本2,567件、日本以外2,268件となりました。お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。

これら保有権利を適正に管理し、有効活用しています。

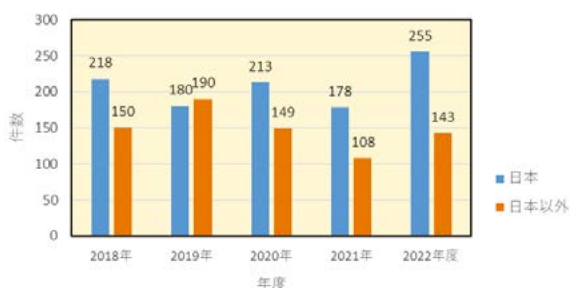


図-1 特許登録件数

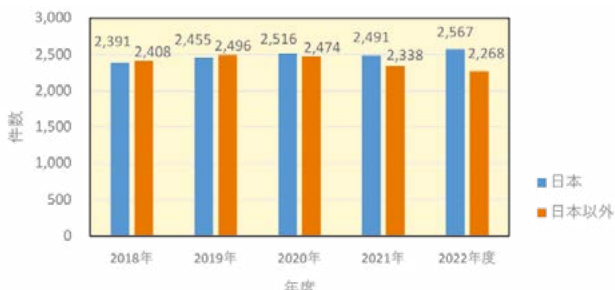


図-2 保有特許件数 (年度末時点)

1-2. IPL による戦略的な知的財産活動

豊田合成では、IPL 活動を、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。(活動の取り組み詳細は、本技報の論文「IP ランドスケープの取り組み」P.10～12を参照ください。)

現在、市場では電気自動車やカーボンニュートラル等の大きな環境変化が起きており、中国をはじめとする海外企業や、異業種の企業との競争が始まっています。

IP ランドスケープ活動を通じ、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いきます。

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高分子・樹脂が関係するものを選定しました。

2-1. 特許

[融雪機能とミリ波透過性を持つ車両用装飾部品に関するもの] 車両用装飾部品

特 許 No. 6658313

発明者 奥村晃司, 前田英登, 安田哲雄

[発明の属する技術分野]

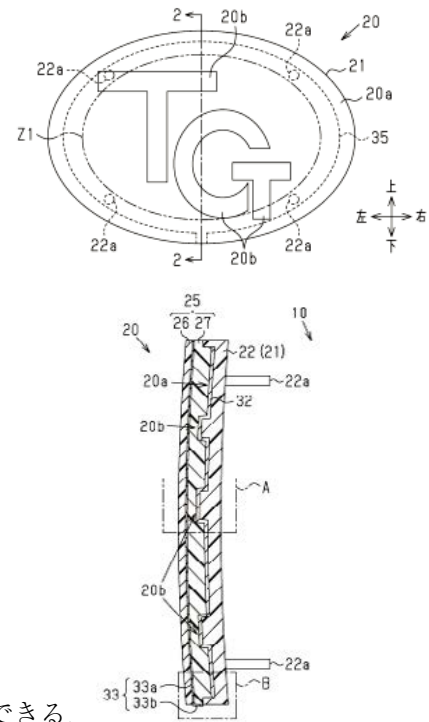
本発明は、ミリ波レーダ装置からのミリ波の透過性を有する車両用装飾部品に関する。

[発明の概要]

樹脂材料製の基材と樹脂材料により形成されたミリ波透過性のある装飾本体部に、送信方向の基材前側の透明部材と基材と透明部材の間にミリ波を透過する加飾層を備え、その加飾層と透明部材との間で樹脂製の加熱シートが重ねられて配置されており、装飾本体部のミリ波透過領域よりも外側の樹脂シートに線状ヒータが複数の取付け座で囲まれた領域の外側に環状に配置されている車両用装飾部品。

[発明の効果]

融雪機能を発揮しつつ、ミリ波の透過性能の向上を図ることができる。



[乗員を保護するサイドエアバッグ装置] サイドエアバッグ装置

特 許 No. 4952422

発明者 内藤高嗣, 佐藤祐司

[発明の属する技術分野]

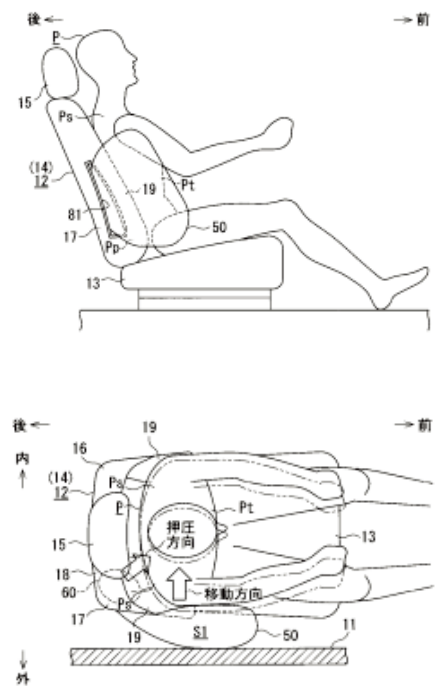
本発明は、ボディサイド部と車両用シートとの間でエアバッグを膨張展開させ、衝撃を緩和し乗員を保護するサイドエアバッグ装置に関する。

[発明の概要]

シートバックの外側部から車両前方へ飛び出して、車両ボディサイド部と乗員との間で膨張するポリエステル糸やポリアミド糸等を用いた織布等からなる主エアバッグと、主エアバッグに先立ち膨張を開始して、中間部と外側部の境界部近傍を押圧する補助エアバッグとを備えていて、その補助エアバッグは、主エアバッグとは別に、先端部から基端部に向けて折り畳まれてシートバックの外側部に配置され、補助エアバッグの膨張初期の展開方向を、中間部及び外側部の境界部近傍に向かう方向に規制する手段が設けられたサイドエアバッグ装置。

[発明の効果]

主エアバッグによる乗員の拘束を確実に行うことができ、車両の側方からの衝撃に対する乗員の保護性能の向上を図ることができる。



**[放熱空間に表出する該放熱表面を冷却することで間接的に単電池セルを冷却する組電池装置]
組電池装置**

特 許 No. 4508221

発明者 内田安則, 椿 公男, 竹尾茂樹,
大中博史, 鈴木達雄, 三井研一

[発明の属する技術分野]

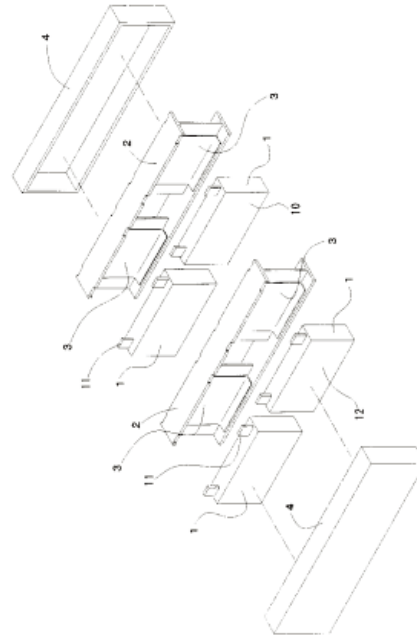
本発明は、各単電池セルの冷却特性が均一で、埃の堆積や結露による漏電などの不具合を防止することができる単電池セルを列設した組電池装置に関する。

[発明の概要]

直方体形状の単電池セルと、熱伝導性と電気絶縁性がある軟質材の熱伝導部材が交互に複数個列設され、列設方向の両端から加圧拘束される組電池装置で、熱伝導部材には、広い側面が密着する密着表面を備える板状の部分から放熱する表面があり、そのアスカー C 硬度は 50 以下であって、放熱表面を冷却することで間接的に単電池セルを冷却する。

[発明の効果]

各単電池セル間の冷却特性は均一で、寿命が長くなり、放熱表面を電極から遠い位置に形成できて、結露による漏電も防止可能となる。



**[風切り音を低減するガラスラン]
自動車用ガラスラン**

特 許 No. 5339217

発明者 峯 公教

[発明の属する技術分野]

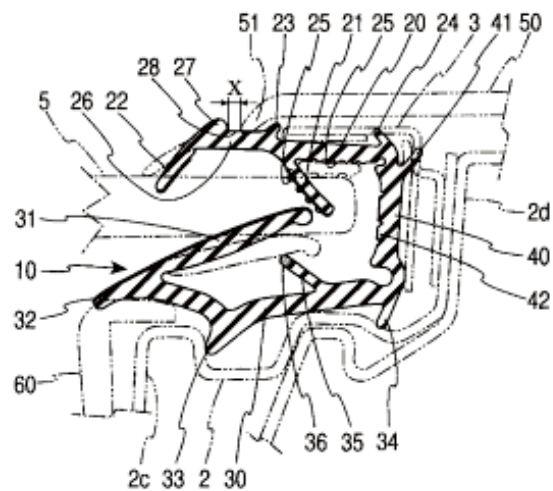
本発明は、自動車ドアのドアフレームの内周に取付け、ドアガラスの昇降を案内するガラスランに関する。

[発明の概要]

ドアガラス昇降のための自動車用ガラスランで、車外側側壁と、車内側側壁と、底壁とからなるコ字形断面をしていて、側壁には、コ字状断面の内側に延びる車外側と車内側のシールリップで車内外側面シールし、ドアフレームに取付けられるガラスランの車外側側壁の先端から車外側側壁の方向に延長部が、車外側側壁よりも車外側にシフトして形成され、延長部の先端から車体のフロント方向に向かって延出する車外側シールリップを設けて、シールする部分よりもフロント側のドアガラスの車外側面をシールし、ドアフレームの車外側にガーニッシュを取付け、延長部の車外側表面には、ガーニッシュの先端部が接している自動車用ガラスラン。

[発明の効果]

ドアガラスの表面からドアフレームの表面を流れる気流をスムーズに流れるようにすることができ、風切り音を低減できる。



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「高分子技術で未来につなぐ」を特集テーマとし、特別寄稿では社外監査役であるトヨタ自動車先進技術開発カンパニー材料技術領域 加古慈様に樹脂・ゴム事業を取り巻く環境変化や資源循環型社会の実現に向けた材料開発の重要性について執筆いただきました。また、電気自動車（BEV）の進展に伴う車体構造の変化に対応した開発戦略や、脱炭素社会の実現に貢献する材料技術（バイオ素材活用）について紹介しております。なお一般テーマは、安全性能向上や快適な車室空間に寄与する新製品・新技術などを掲載しております。是非、一読いただきました豊田合成の取り組みを知っていただけたら幸いです。

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

今回の表紙では特集テーマである「高分子」、「つなぐ」をキーワードとし、豊田合成の要素技術や、人と人、各部署を元素に見立て、つながっていく様子をカラフルなグラフィックで表現しました。

また、背景デザインで意識したキーワードは「明るい未来」です。全体的に明るい青色でまとめた、未来的な街並みに光が差すように描きました。

これからの未来に向けた、豊田合成の高分子技術の発展により人々の移動や暮らしに貢献していく、という意味を表現しております。ぜひ見開きをご覧ください。

デザイン開発部



林 泰輝

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	(モビリティ開発部)
	三木 久幸	(知的財産部)
	袖山 清和	(材料技術部)
	平田 宏治	(新価値開発部)
	荒川 哲也	(デザイン開発部)
	田部 哲夫	(電子技術部)
	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)
	太田 勝久	(EV・FC EV開発部)
	西 博	(FC技術部)
	田中 克巳	(FC生産技術部)
	光田 崇	(FC EV企画・開発部)
	小澤 竜也	(バリューアップ事業企画部)
	寺本 泰庸	(IE開発部)
	水野 雅規	(IM技術部)
	関谷 隆	(EM技術部)
	大島 修	(IE生産技術部)
	日比野 伊久哉	(IE生技開発部)
	森 雅明	(SS開発部)
	水野 喜夫	(SS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)
	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)
	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)
	平尾 剣弥	(技術管理部)

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 65 2023 (禁無断転載)

2023年12月22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



TOYODA GOSEI

TECHNICAL REVIEW

vol. 65 2023

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