



 **TOYODA GOSEI**

# TECHNICAL REVIEW

Vol.60  
2018

未来への挑戦 - 革新的イノベーションの創出 -



ISSN 0287-3427

# 目次

<b>巻頭言</b>	「イノベーションの実現に向けて」	橋本 正一	1	
<b>特集</b>	「未来への挑戦 –革新的イノベーションの創出–」			
<b>特別寄稿</b>	革新的イノベーションの 阻害要因と促進の仕組み	株式会社 アイピーアライアンス 木嶋 豊	2	
<b>総説</b>	オープンイノベーションによる研究開発の推進	七田 裕章	6	
<b>論文</b>	EBM 社との Super BEAT 開発	藤原 武史 島田 雅俊 松田 大輔 イービーエム株式会社 朴 栄光 イービーエム株式会社 新家 学	11	
	縦型 GaN パワーデバイスの進展	西井 潤弥 上野 幸久 伊奈 務 田中 成明 黒崎潤一郎 鈴木 智行 長谷川一也 安西 孝太 西尾 剛 村上 信吾 村上 倫章 岡 徹	15	
<b>一般</b>	<b>論文</b>	樹脂流動状態の可視化技術開発	松浦 元司 上村 明美 渡辺 健市 水野 克俊	22
	<b>新技術紹介</b>	共振式ワイヤレス給電技術 / レジスタノブ照明の開発	菅藤 徹 佐藤 真 婦木慎一郎 柴田 実 永井 浩美	28
		車載電子部品の静電気放電試験技術	酒井勇一郎 恩田 敬治 白井 卓司	30
		脇見・居眠り警報ハンドル (TGLSS) の電源回路技術	吉田 卓矢 日比野康司 恩田 敬治	32
		樹脂フューエルフィルターパイプにおける 給油性予測技術の開発	丸田 康博 椿 公男 安田 陽 関原 敦史	34
		金型スライド機構の開発	上野 拓哉	36

一 般	新技術紹介	オープニングトリム ゆるやかなブツ（外観）不良の検査技術	辻本 朋也 武市 侑也	39
		燃料系バルブの生産性向上	細江 登	42
		新インモールドカット開発	西田 直樹 杉 剛聡 丹羽 正雄	45
		ウレタンハンドルのピンホール低減技術	筒井 良治 井添希久代	48
	新製品紹介	発光エンブレム	福井 弘貴	50
		LED バニティランプ	水城 哲	52
		意匠自由度向上カップホルダー	三井 靖之	54
		TNGA サイドエアバッグ開発	木野 雅夫 柴山 幸史	56
		低 $\mu$ 材による摺動性向上ガラスラン	清水 康広 池谷 久徳	58
		オープンタイプ樹脂リッドの開発	川口 修平 榎本健太郎 立野 俊史	60
		太陽光 LED スポットライト	下西 正太 武田 重郎	62
	特許紹介	特許紹介	64	

# CONTENTS

<b>Preface</b>		Progress toward Achieving Innovations	Masakazu Hashimoto	1	
<b>Feature</b>	<b>Creative Innovation for Future Challenges</b>				
	<b>Contribution</b>	Inhibiting Factors of Radical Innovation and Mechanism for Promoting	IP Alliance Co., Ltd.	Yutaka Kijima	2
	<b>Review</b>	Promoting Research and Development through Open Innovation		Yoshiaki Shichida	6
	<b>Technical Paper</b>	Collaborative Value Creation with EBM Corporation on Super BEAT Development	EBM Corp. EBM Corp.	Takeshi Fujiwara Masatoshi Shimada Daisuke Matsuda Young-Kwang Park Manabu Shinke	11
		Recent Progress of Vertical GaN Power Devices		Junya Nishii Yukihisa Ueno Tsutomu Ina Nariaki Tanaka Junichiro Kurosaki Tomoyuki Suzuki Kazuya Hasegawa Kota Yasunishi Go Nishio Shingo Murakami Noriaki Murakami Tohru Oka	15
<b>General Article</b>	<b>Technical Paper</b>	Technological Development for Visualizing Flow Condition of Resin		Motoshi Matsuura Akemi Uemura Kenichi Watanabe Katsutoshi Mizuno	22
	<b>New Technology</b>	Development of Wireless Power Transfer via Electromagnetic Resonant Coupling and Register Knob Illumination		Toru Kanto Makoto Sato Shinichiro Fuki Minoru Shibata Hiromi Nagai	28
		Electro-Static Discharge Test Technology for Automotive Electronic Devices		Yuichiro Sakai Keiji Onda Takuji Shirai	30
		Power Supply Circuit Technology for Steering Wheels to Prevent Dozing and Inattentive Driving (TGLSS : Toyota-Gosei Logistics Support System)		Takuya Yoshida Yasushi Hibino Keiji Onda	32
		Development of Refueling Simulation for Plastic Fuel Filler Pipes		Yasuhiro Maruta Kimio Tsubaki Akira Yasuda Atsushi Sekihara	34
		Development of Mold Slide Core Structure		Takuya Ueno	36

<b>General Article</b>	<b>New Technology</b>	Inspection Technology for Smooth Bulb Defects of Opening Trim	Tomoya Tsujimoto Yuya Takechi	39
		Improved Productivity of Valves for Automobile Fuel Systems	Noboru Hosoe	42
		New TG In-mold Gate Cutting System	Naoki Nishida Takato Sugi Masao Niwa	45
		Pinhole Reduction Technology of Polyurethane Steering Wheels	Yoshiharu Tsutsui Kikuyo Izoë	48
	<b>New Products</b>	Illuminated Emblem	Hiroataka Fukui	50
		LED Vanity Lamp	Tetsu Mizushiro	52
		Cup Holder with Greater Freedom of Design	Yasuyuki Mitsui	54
		Development of TNGA Side Air Bag	Masao Kino Koji Shibayama	56
		Improved Slip Characteristics by Low $\mu$ Slip Coating on Glass Runs	Yasuhiro Shimizu Hisanori Ikeya	58
		Development of Open Type Resin Fuel Filler Lid	Shuhei Kawaguchi Kentaro Enomoto Toshifumi Tachino	60
		Spot Light using HYPERSUNLIGHT®	Shota Shimonishi Shigeo Takeda	62
<b>Patents</b>	Patents		64	

## 「イノベーションの実現に向けて」

### Progress toward Achieving Innovations



取締役副社長(開発本部長)  
橋本 正一  
Masakazu Hashimoto

今回、特集として取り上げるイノベーションについて改めて考えてみました。イノベーション（革新、刷新）は従来にないポジティブで大きな変化であり改善のレベルとは一線を画すものといえます。そこで私見ですが、過去半世紀を振り返り具体的にイノベーションと呼べるものをいくつか挙げてみました。広く社会にインパクトのあったものとして、通信・インターネット技術の進化（携帯でのテレビ通話、キャッシュレス決済、クラウドビジネス）、コンピューター技術の進化（システム制御、自動化、スマート化）、宇宙衛星技術の活用（天気予報、GPS ナビゲーション、マップ）、映像表示技術（液晶モニター、有機ELパネル）、人体・医療技術の進化（iPS細胞、ロボット医療、DNA ゲノム解析）、自動車業界のイノベーションとしては、安全性能の進化・標準化（ABS、エアバッグ、PCS）、新ドライブトレーン技術（HV、FCV）などでしょうか。これらはいずれも総じてコアな技術革新をベースに社会に実装されたイノベーションであるといえます。

一橋大学イノベーション研究センターの延岡教授によると、これらは「機能的な価値」、「ものづくり」をベースとしたイノベーションであり、日本は比較的得意としている商品企画と生産技術を活かし世界をリードし貢献してきました。しかしながら今後のイノベーションには従来の「機能的な価値」に加え、顧客が主観的に意味づける「意味的価値」が重要となってくると指摘しています。（ダイヤモンドクォーターリー SPRING2018）

今回、特集論文で取り上げる豊田合成の新領域・新技術 e-Rubber や GaN 半導体などがイノベーションと呼ばれるインパクトを生み出すには、コア技術の完成度を高めることだけでなく、社会、顧客の「意味的価値」が何であるかをしっかり把握した上で、それを第一優先に企画・開発・事業化を進めることが求められます。その実行では社内外の志を同じくする仲間作りが重要であり、自前主義に拘らず、オープンで広いネットワークを持った姿に私たちが変身していく必要があります。そのためには従来の仕事のやり方の変革に加え、社外とのアライアンスで成功体験を積み重ねていく必要があります。今回特別寄稿をいただいた株式会社アイピーアライアンスの木嶋様もイノベーションを推進する企業には「超フレキシブル」な能力が求められるとご指摘されています。是非本稿をご熟読いただき、皆さんの理解を深め具体的な活動に繋げていただきたいと思います。

豊田合成は2025年事業計画で“大きな環境変化に柔軟かつ迅速に対応し、世界のお客様に「安心」「安全」「快適」をお届けするグローバルカンパニー”を目指すとなりました。この実現の過程ではいくつかのイノベーションに対する貢献とその成果が問われることとなります。私たちは一人ひとりがそれぞれの立場で貢献できるように自身の実力を鍛え、顧客がワクワクする「意味的価値」のある成果を提供できるよう共に努力していきましょう。

## 革新的イノベーションの阻害要因と促進の仕組み

木嶋 豊<sup>\*1</sup>

### Inhibiting Factors of Radical Innovation and Mechanism for Promoting

Yutaka Kijima<sup>\*1</sup>

#### 1. 革新的イノベーションを阻害するもの

今回御社の技報では、『未来への挑戦—革新的イノベーションの創出』をテーマにされていることから、それを阻害するポイントと創出のための仕組みづくりについて寄稿させていただきたい。

#### 2. イノベーションのジレンマ

ハーバード大学のクリステンセン教授は業界をリードしていた優良企業がその成功のために、ある種の市場や技術の変化に直面したとき、その地位を守ることに失敗してしまう現象を「イノベーションのジレンマ」と呼び、ある時代で成功すると、その成功が次の失敗の原因となり、成功のビジネスモデルに「時流に依存した構造」だけがあると、時流の変化によってその企業は「負け組」へ転落する場合があることを説明している。

新技術は「持続的な技術」と「破壊的な技術」に区別され、「持続的な技術」は、主要市場のメインの顧客が今まで評価してきた性能指標に従って、既存性能を向上させるものとした。

しかし、時として「破壊的な技術」が現れ、従来と全く異なる価値基準を市場にもたらす。この「破壊的な技術」が既存市場で成功を収めた優良企業を失敗にもたらすのである。

自動車業界は、EV化の流れや自動運転の進展などによって、まさに「破壊的な技術革新」が静かに進行中であり、これへの方策は、急務であり、次のような方策が必要といえよう。

#### 「イノベーションのジレンマ」

優良企業は「持続的な技術」革新には適切に対応するが、時に「破壊的な技術」が現れ、従来と全く異なる価値基準を市場にもたらす。この「破壊的な技術」が既存市場で成功を収めた優良企業を失敗させる。

・「破壊的な技術」に対応して成功を収める方策

- ①経営者が破壊的なイノベーションを「適切な」顧客に結びつける
- ②開発を小さな勝利にも前向きになれる小さな組織に任せる
- ③市場の開拓は、試行錯誤の繰り返しでおこなう
- ④主流組織のプロセスや価値基準を利用しない
- ⑤破壊的な製品の特徴が評価される新しい市場を見つける

図-1 「イノベーションのジレンマ」

#### 3. オープンイノベーションと「NIH 症候群」

クリステンセンと同じく、ハーバード大学のヘンリー・チェスブロウ教授は『オープンイノベーション』において、今まさに世界中でオープンイノベーションへのパラダイムシフトが起こっていると述べている。また、“Not invented here (自社製品でないもの)”を排除し、クローズド・イノベーションを行ってきた巨大企業が失敗する理由を分析している。

ちなみに、自社で発明した技術が一番優れていると強く信じ込み、他社の技術を軽視する、という多くの研究者・企業が陥りがちな独善主義を“Not Invented Here”の頭文字をとって、「NIH 症候群」とも称されており、日本でも大企業病の一つとして知られるようになっている。

\*1 株式会社 アイピーアライアンス 代表取締役社長

オープンイノベーションでは、外部の資源としてベンチャー企業とのアライアンス、外部で開発された技術の活用が推奨されている。しかしながら、それらをより活性化するためには、外部技術を導入することのアレルギーの解消がまず必要となる。

さらに、ベンチャー企業との協業においては、大企業の持つ行動規範や品質基準からは外れることも多くある。それだけの理由で、協業に消極的になってしまえば、オープンイノベーションによる革新的な製品開発の果実を得ることは難しくなるであろう。

**「オープンイノベーション」**

今まさしく世界でオープンイノベーションへのパラダイムシフトが起こっており、“Not invented here”を排除し、クローズド・イノベーションを行ってきた巨大企業が失敗しつつある。

- 外部経営資源の活用  
オープンイノベーションでは、外部の資源としてベンチャーキャピタル、外部で開発された技術の活用が推奨されているが、それらをより抵抗なく利用するには、大企業文化を変える必要がある。
- ベンチャー企業との協業のポイント  
大企業の持つ行動規範や品質基準をそのまま押し付けない。

図-2 「オープンイノベーション」

#### 4. コーポレートベンチャリング

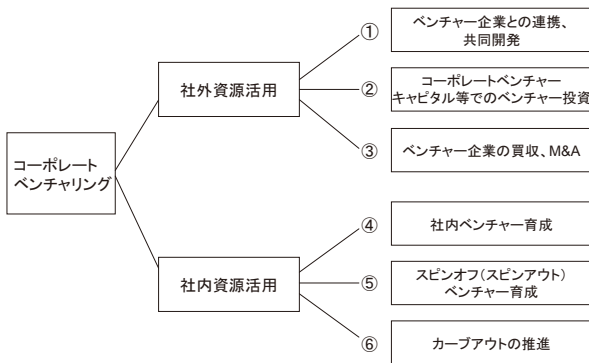


図-3 コーポレートベンチャリング

コーポレートベンチャリングとは、大企業のジレンマであり、弱さである起業家精神を、ベンチャー的活動やベンチャー企業そのものを活用しながら補うものである。コーポレートベンチャリングは社外資源の活用と社内資源の活用に大別できる。社外資源を活用するものとして①ベンチャー企業との連携、共同開発、②コーポレートベンチャーキャピタル等でのベンチャー投資、③ベンチャー企業の買収、M & Aに分類できる。また、社内資源を活用するものとして④社内ベン

チャー育成、⑤スピノフ（スピノアウト）ベンチャー育成、⑥カーブアウトの推進にそれぞれ分類できる。

#### 5. コーポレートベンチャリングの位置づけ

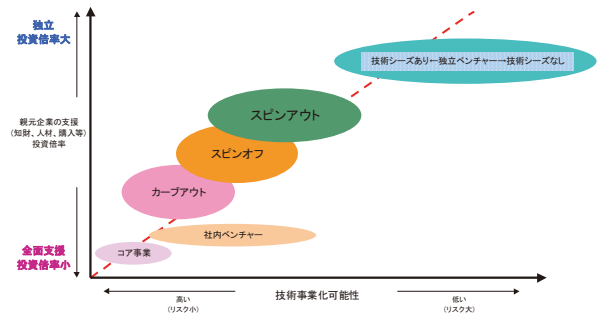


図-4 コーポレートベンチャリングの位置づけ

上記図-4はコーポレートベンチャリングの位置づけイメージを表したものである。横軸には技術事業化の可能性をとる。右に移動するほど技術事業化の可能性が低くなる、言い換えれば技術事業化リスクが大きくなる。

縦軸には知財、人材、購入関係、出資関係等、親元企業の支援状況をとる。上に移動するほど親元企業の支援が少なくなり独立性が高まる。縦軸は、全く同じではないものの投資倍率の大きさも表す。

独立した個人が起業したベンチャー等は、全くゼロからのスタートであるため、アーリーステージでベンチャーキャピタルなどが投資し、IPO（新規上場株式）まで漕ぎ着ければ、多くのリターンが期待できる。

反対に、企業のコア事業であれば、過去からの人材、知財、組織等を利用でき、企業の内部からも最大限の資源が投入されるため、成功確率は高まるものの、既存の売り上げを伸ばすとか、会社全体の株価総額を拡大させるに留まることが多い。その意味では、ローリスク・ローリターンとなる。

この図で45度の波線を記載しているが、この波線よりも上に位置すれば、ハイリスク・ハイリターンであるかローリスク・ローリターンであるかは別にして、最終リターンがプラスになるイメージである。

#### 6. コア事業の限界

「コア事業」は当該企業の人材、知財、ブランド、資金を集中的に投入されることによって、成功確率は最も高いものとなることは当然である。収益性が確実に高まることは確かだが、圧倒的な資源



投入に対して株価や企業価値は少しずつしか上がらない。これは、ハイリスク・ハイリターンベンチャービジネスとは大きく違うところである。

もちろん、今までの自動車業界・自動車部品業界のようにコア事業に経営資源をつぎ込み、世界でもトップクラスの競争力を獲得し、高い収益力を保持してきた企業も多い。コアコンピタンスに経営資源を集中することは競争優位を維持するために重要なことである。

但し、昨今の加速するイノベーションの状況にあって、会社の主力部門はちょっとしたきっかけで低収益部門になる可能性を秘めている。主力部門にあぐらをかいた経営をしていると、会社の存続が危ぶまれる時代であり、新しい技術シーズを開発し、新製品、新事業をいかに育てるかが重要となっている。

また、米国では90年代には中央研究所を中核とした研究開発・事業化スタイルは相次いで見直され、研究開発、技術の事業化は分散化、複線化しつつあり、その舵取りはますます難しくなっている。

## 7. カーブアウトによる革新的イノベーション

カーブアウトとは、経営戦略として経営陣が事業の一部分を切り出し（Carve Out）、第三者の評価、投資などを含む参画を得る大企業・中堅企業ベンチャーの一つである。

親会社から一定の出資等強い支援・連携を受けつつ、切り出す点が特徴である。上場を目的にしたものも多く、優良な事業が対象となりうる。

社員は原則転籍する。日本のように比較的規模の大きい製造業が研究開発を活発に行い、シーズとしての技術や質の高い技術者を抱える状況のなかで、研究開発の企業価値化、事業化に適した手法といえる。

メリットとしては、①新規事業のスピードアップが見込める、②既存事業からのしがらみを取り除くことができる、③事業ポートフォリオにあわない事業部門やIP（知的財産権）を活用できる、④新規事業者のインセンティブ・やる気を確保できる、⑤親元企業の様々なインフラを活用できる等が挙げられる。

規模の点やコーポレートベンチャリングの観点からは違和感があるが、NTTがNTTドコモを切り出したのも、カーブアウトの一種といえよう。

また日本の場合、子会社を上場させる動きが元々活発であり、上場子会社は数百社に上っており、カーブアウトして、最終的にIPOを果たすことに対しそれほど抵抗感はないと思われる。

### ・カーブアウトとは

経営戦略として経営陣が事業の一部分を切り出し（Carve Out）、第三者の評価、投資などを含む外部の経営資源も積極的に利用する新技術事業化の一手法とする。親元企業の経営戦略の一環として切り離すことがポイントである。

### ・スピノフ（スピニアウト）との違い

スピノフは飛び出す技術者・アントレプレナーが主体的に（親元組織に相談なく）計画するものに対し、カーブアウトは経営陣が主体的に関与するものである。

図-5 カーブアウトの定義

## 8. シリコンバレーの超フレキシブル経営とカーブアウト

現在も進化し続けるシリコンバレー企業群を分析し、話題を呼んでいる本がある。それは、『Super Flexibility』という本である。

この本では、『インターネットバブルの劇的な出現と消滅、株式市場のドラスティックな上下動、変わりつつあるeビジネス、主要企業の資産価値の変動のなかで、テクノロジーが仕事そのものや、コミュニケーションの流れや、ビジネス管理の本質を変質させている。知識を如何にして有効利用するかが、競争力の有無を分けるものになっている。』と述べている。

そのなかで、シリコンバレーの経営者達が直面している関心事項は、「超フレキシブルな」企業を作り上げる事であると説く。

「超フレキシブル」とは、伝統的な二進法的な物の見方には合わない複雑な概念である。それは、短期間にスイッチを切り切りしたり、急激に方向転換したり、新しい現実に対応し、速やかに立場を変えることができる能力である。

他方では、嵐のような状況を乗り切り、結束と共同体の精神を涵養できる能力でもある。結束、独立性と部分的安定性の感覚を失う事なく、市場の攪乱と技術革新の連続した波をサーフィンの如く上手に乗りこなすことがシリコンバレーで生き抜くために必要となっている。

日本のハイテク企業も不確実性の増大やイノベーションの急激な進歩のなかで、このような進化を遂げつつあるシリコンバレーの企業群と戦っていくには、「戦艦大和」のような巨艦で戦っても勝ち目はない。

せめてカーブアウトによって企業体を変幻自在に変えていきながら、そのときの技術変化や市場にうまくマッチし、少人数の組織で機動的に動ける体制を作っていくべきであろう。

## 9. カーブアウトのフローチャート

最後に、カーブアウトのコーディネーターとして筆者が数多くの案件の相談を受けてきた経験から、カーブアウトの一般的な成立プロセスを整理して、本稿の終わりとしたい。

・プロセス1 企業内での技術・事業の洗い出し  
企業の中で、活用されていない技術はないか、技術は開発されたがマーケットニーズが不明のため、事業化に至っていない技術がないか、自社の中ではなかなか育たない事業はないか、企業内の様々な部署・階層でリストアップする。

・プロセス2 コーディネーターとの技術の有望性、応用可能性の検証  
親元企業内の検討に加え、コーディネーター・アドバイザーによる客観的な技術の有望性、応用可能性を検証する。

・プロセス3 詳細なプレマーケティング、ビジネスプランの作成  
親元企業とコーディネーターが新製品の顧客の具体的な要望とニーズをヒアリングし、要求される技術水準を明確化。その上で、研究費、製造コスト、販売価格、製品の規格、資本構成を確定し、経営・技術・販売を任せる人材を確保する。

・プロセス4 競争力・信頼性を持たせるための技術融合・アライアンスの検討  
親元企業とコーディネーターが、製品の競争力・信頼性を増加させるための技術融合・強者連合の組み合わせを検討する。

・プロセス5 中核企業経営トップによるカーブアウトの経営決定  
先行的に技術的中核となる親元企業が切り出しを経営決定する。

・プロセス6 詳細なアライアンス契約、株主間契約、EXIT戦略の確定  
親元企業のインフラ、知的財産権の活用、移籍する技術者等のステータスの調整、インセンティブプラン等を含めた契約を確定する。

・プロセス7 技術融合・アライアンスの実施、リスクマネーの供給  
親元企業から、出資、エンジニア派遣、知財権の提供等を受け、アライアンスが実施される。この時点で、通常新たな事業会社が設立され、リスクマネーが供給される。

・プロセス8 事業化のスピードアップと革新的イノベーションの創出  
技術融合により競争力のある革新的な製品・サービスの事業化がスピードアップされ、市場拡大により革新的イノベーションが創出される。

著 者



木嶋 豊

## オープンイノベーションによる研究開発の推進

七田裕章<sup>\*1</sup>

### Promoting Research and Development through Open Innovation

Yoshiaki Shichida<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

世界を取り巻く環境は大きく変化しており、インターネットを活用し躍進する米GAFAM4社（Google, Apple, Facebook, Amazon）に加え、後発ながら人口13億人の巨大消費市場で高収益を上げる中国のITプラットフォーム達、新マーケットを創り出し、席巻している。

日本では、経済発展に伴い生活は便利で豊かになった反面、エネルギーや食料の需要が増加し、超高齢化社会に突入しており、また、経済のグローバル化が進み、競争も激化し、地域間の不平等や貧富の差も更に広がっている。

このような中、日本における経済的発展と社会的課題を解決する人間中心の社会を作り出すことを目的としてSociety5.0が提唱された。

Society5.0とは、日本政府の第5期科学技術基本計画であり、日本が目指すべき未来社会を創り出すものである。内閣府のHPには、「Society 5.0で実現する社会は、IoT（Internet of Things）で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出し、これらの社会的課題を克服することである。」とされ、ITでイノベーションを起こし社会を変える環境をつくり出すと説明されている（図-1）。

今の日本は、経済発展とは逆に、解決すべき社会的課題は複雑化しており、その課題を解決する

には、技術イノベーションの強化とスピードアップが求められる。そのために我々は、これまでの自前主義開発から脱却し、世界に広がる様々な知識と技術に優れた人材を結集させ、技術開発を促進させる研究開発のオープンイノベーション化が強く求められている。

#### 2. 企業におけるオープンイノベーション

##### 2-1. オープンイノベーションとは

オープンイノベーションは、ハーバード在籍時代のHenry Chesbroughによって著書の中で定義されている<sup>2)</sup>。その定義を分かり易く解釈すると「①自社の事業推進の中で解決できない研究課題に対し、他社技術を導入することで“新マーケットの創出”ができる。また、②外部技術・市場を導入・獲得することで“既存マーケットの価値を高める”ことが可能になる」とも言い換えられる。この定義をこれまでの自前主義開発をクロズドイノベーション、外部技術を積極的に活用し新マーケットを創出することをオープンイノベーションとして、分かり易く対比させた概念図を次に示す（図-2）。



図-1 Society 5.0で実現する社会<sup>1)</sup>

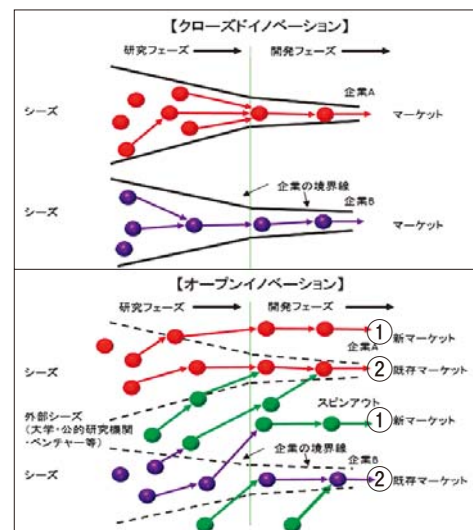


図-2 クロズド/オープンイノベーションの概念図<sup>3)</sup>

\*1 研究開発部

ここで、Henry Chesbrough は加えて、必ずしも全ての技術をオープンにして進めればよいというものではなく、クローズで開発してきた自社技術は特許、ノウハウとして守り、目指す新規事業に必要なものを社外から導入するということが必要だと言及している。

## 2-2. オープンイノベーションの企業活用

企業がオープンイノベーションを活用する最大のメリットは、研究開発から事業化までの大幅な期間短縮と、技術確立や製造設備への投資抑制である。事業を成功させるためには、研究開発が主体であった以前の思考から、ビジネスファーストの下、製品コンセプトとビジネスモデルを明確にして進める思考へのマインドチェンジが最も大切である。

次に、既存の製品に比べどんなユニークな価値を与え、それをどんな顧客に提供するのかを念頭に置き、最終製品からバックキャスト的に考えることが大事である。こうすると、自社に不足した部分がはっきりしてくるからである（図-3）。

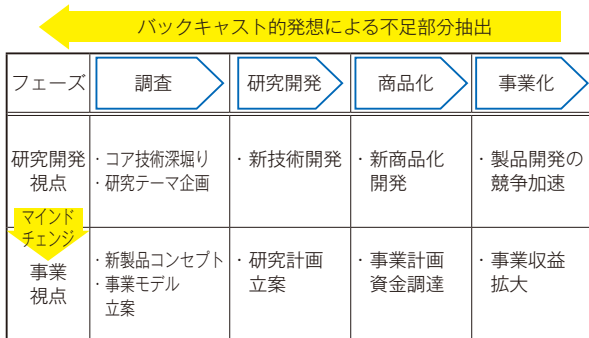


図-3 オープンイノベーションの全体フロー

自社が考える事業化モデルとそのフェーズの不足部分を明確にすることで、社外から補うべき技術をどこから導入するのかという“社外技術補完戦略”が生まれる。

戦略的な技術補完を遂行するために大切なことは、自社のコア技術をクローズで高め、それをオープンな環境に出すことである。それにより自社に不足する技術を全世界から探し出し取り入れることができる。その時自社のコア技術領域は絶対侵させない線引きが必須である。これが、前述した“オープンとはいえ守るべき部分は守る”ということである。

次に、研究開発から事業化までに必要な社外技術とパートナーを、どう戦略的に取り込むかが鍵となる。相手と組むことに対して抵抗が発生し、技術やノウハウ流出などの警戒心が働く。この恐れを取り除くには、インソーシング・オープンイ

ノベーションのイメージで進めることが適していると考えられる。その概念（図-4）と内容について次に述べる。

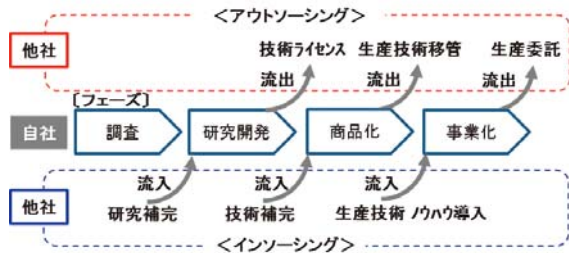


図-4 インソーシング・オープンイノベーション<sup>4)</sup>

ノーリツプレジジョン社の星野達也氏は著書の中で、“アウトソーシング”はコスト削減になるが、これまで投資して培った自社技術やノウハウの流出と社外に移した技術・設備の空洞化を招くとしている。

一方、“インソーシング”は、社外の優れた材料技術や設計・製造技術を取り入れ開発期間短縮や低投資化が促進される。また、その技術の取り込み時に発生した改良点は新たな自社技術の蓄積になるとし、ノウハウの流出を気にするのは技術を提供する側であると提唱している。

このような考えに基づき、豊田合成における新事業を目指した「研究開発」と「商品化」をどのようにオープンイノベーション化し進めるのかについて、次項で説明する。

## 3. 「研究開発」のオープンイノベーション

### 3-1. 企業および大学における研究開発動向

これまでの企業における研究開発は、研究テーマ探索から製品開発まで一貫して自社内部の経営資源だけを活用する自前主義開発が中心であった。しかし、世の中の目まぐるしい変化に対応するには、研究開発も自前主義から脱却し研究機関や他社との協業によるオープンイノベーションが必要となっている。

特に近年の企業における研究開発では、短期的に成果が見込まれる研究の比率が増大しており、時間の掛かる中長期的な基礎研究の比率が減る傾向が顕著になっている（図-5）。そのため、自社では困難な基礎研究は、大学や公的研究機関に依存することとなり、オープンイノベーションの重要性が増している。これには、企業間の競争激化により、研究開発費を、より実用的な製品開発に充てざるを得ないという背景がある。

一方、大学ではその使命として教育・人材育成に加え、研究成果の社会貢献が求められるようになり、公的研究機関でも、知財権を中心とした研

研究成果の社会への還元が評価の対象となってきた。このような研究環境の変化の中で、企業は、下記のような産学連携によるメリットを期待している。

＜産学連携のメリット＞

- ・最新研究の囲い込み
- ・優秀研究人材の確保
- ・国家研究予算の活用
- ・実証検証，法改定・整備の推進

大学は今、研究機関を中心とした産学連携で、有能な研究人材を育て、イノベーションを創出するプラットフォームとして機能させることが、企業から強く求められるようになってきている。

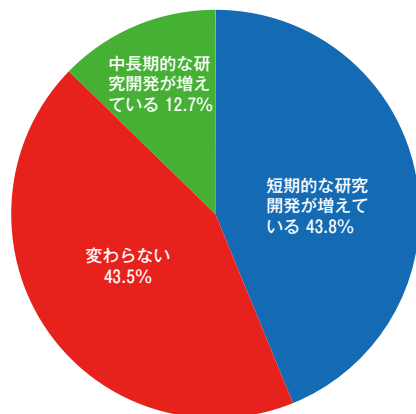


図-5 日本企業の研究内容の変化<sup>5)</sup>

### 3-2. 豊田合成における研究開発の取り組み

豊田合成においても、近年になり、研究開発を取り巻く環境は大きく変化している。研究開発部は、青色LEDを排出した開発部門からポストLED事業を創生する部門として2009年に組織編成を行い現在に至る。当時の研究開発部は、他社と同様に徹底した自前主義で完全な「クローズドイノベーション」を推進していた。自動車以外の研究テーマも数多く手掛けており、自動車部品メーカーとしては、比較的研究自由度の高い組織であった。

しかし、自動車事業のグローバル化により、競合他社との厳しい価格競争にさらされ、開発原資を新製品開発費や海外投資側へシフトさせることが必要となり、研究開発部署には、より効率的な研究開発推進と確実な事業戦略が求められている。

こうした理由から、自前主義から脱却しスピードと製品戦略を持った研究を進めるために2017年から、産学連携によるオープンイノベーションを積極的に進める体制にシフトさせた。

まずコアとなる研究を拡張させること、新事業

に繋げることを目的として、社外情報の積極活用を狙った産学連携研究部門方針を新たに策定した。

＜産学連携研究部門方針＞

- ① 委託研究の促進（自社研究課題を連携で補完）
- ② 自発研究の社内提案（新規研究の獲得）
- ③ 研究費獲得と税制優遇制度適用（低投資）
- ④ 外部研究機関への出向促進（人材育成）

代表的な取り組みとして、青色LEDでノーベル賞を受賞された天野教授との関係を基に、国立名古屋大学 未来材料・システム研究所 (IMaSS) 内に産学協同研究部門として「豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学協同研究部門」を2018年1月に設立した。

豊田合成は、LED事業で培った研究をベースにGaN材料を用いた光デバイス応用研究、パワーデバイスなどのスイッチングデバイスの応用研究など新しいGaNデバイス研究から社会実装まで狙う研究部門としてスタートさせた(図-6)。大学という地の利を活かし、多くの研究パートナーなど知恵の補完、最新設備など研究拠点の補完、国プロ等への参画による資金面の補完などの推進を行っている。



図-6 名古屋大学 GaN 先端技術応用研究部門

以下に具体的な取り組みと成果を示す。

#### 【①委託研究の促進】

名古屋大学がGaN研究の最新情報の中心であることを活かし、研究開発部が今最も力入れている縦型GaNパワーデバイスの信頼性に係わる課題解決に向けた共同研究先を選定し連携することで、開発期間短縮を目指す。

#### 【②自発研究の社内提案】

名古屋大学に集まるGaN半導体基礎研究とその応用研究の情報を活用し、社内研究の前段階として着手前検証を学内自発研究で実施し、スピードと確実な商品開発が求められる社内研究・開発部門へ提案することが使命である。

現在自発研究の対象となっている研究テーマの一つにパワーデバイスの市場拡大に向けた「電界方式ワイヤレス給電」があり、研究部門の重点テーマと位置づけている。早期の研究確立に加え、新

たに必要となる規制緩和や法整備に関しても大学を中心としたイノベーションの場を活用することが可能になる点もある。

#### 【③研究費獲得と税制優遇適用】

名古屋に集まるパートナーと積極的に連携し、豊田合成の持つクローズ開発してきたコア技術を応用することで、新たな研究を模索する。2018年には、社内独自で研究していた“GaN基板の成長研究”に関してよりオープンな場で実施する方向に舵を切り、早期社会実装へ向けた国プロへ参画することで研究費の活用が可能となった。また、研究投資などへの税制優遇処置も積極的に活用する体制が整ってきた。

#### 【④研究機関への出向】

名古屋大学は、GaN研究のオープンイノベーションの中心的な場として結晶成長・デバイスプロセス・評価を同一スペースで行える施設「エネルギー変換エレクトロニクス実験施設(C-TEFs)」を2018年6月開設した。豊田合成からも人員を派遣し、付随するクリーンルームの立ち上げと先端デバイスの試作を通し技術員育成を推進してきた。オープンな場で施設の立ち上げを実践し、豊田合成技術員の視野の拡大を含めたレベルアップにつなげている。

以上の施策をGaN研究以外にも応用・実行に移すことで、自社独自のクローズド研究と連携しつつオープンな場での研究を積極的に行いバランスの取れた研究開発を今後も目指していく。

## 4. 「商品化」のオープンイノベーション

### 4-1. 企業における不足技術補完状況

フェーズが進み商品イメージが見えてきた研究開発テーマの中には、商品企画を行い製品設計に移す際、自前もしくは従来取引のある関係会社では解決できない課題（不足技術・評価技術・製造技術）を抱えているものもある。その場合、事業化までに必要な部分を補完し、目標達成するための「商品化に向けたオープンイノベーション」が必要になる。

商品化では、大学などの研究機関での補完ではなく既存のコア技術、製品を持った他社と組むことが必要となる。もちろん自社ネットワークで探し出したパートナーと連携することが望ましいが、困難な場合、代表的な例としては、ナインシグマ社やリンカーズ社のような技術仲介・技術コンサルティング会社を活用することもできる。これにより、生産技術課題の解決や、より商品力を向上させる既存技術を持つ他社・ベンチャー企業とのマッチングにより、短期間かつ低投資で不足部分の補完が可能になり、新マーケット参入に有

利な早期市場投入による大幅なシェア確保や高利益が期待される。豊田合成でも商品化のオープンイノベーションで次の新事業を狙う商品企画が進みつつある。

### 4-2. 豊田合成における商品化への取り組み

豊田合成においても、ポストLEDを担う新事業が成長しつつある。以下に、社内のコア技術を基に発展させた主要2テーマについて、商品化事例と研究成果を紹介する。

#### < e-Rubber >

社内コア技術の一つである高分子材料の架橋設計に、電子技術を組み合わせたソフトアクチュエータ、高分子センサーへの用途が期待されるのが“e-Rubber”である。本テーマは、2017年に研究開発部から特機事業部へ移管し製品設計段階にある。現在、医療系ベンチャー企業との共同開発により新商品開発と市場開拓に注力している。オープンイノベーションとして最新の共同開発事例を次に示す。

#### 【共同開発事例】

「e-Rubber」を用いた医療シミュレータ「Super BEAT」のプロトタイプを開発

研究開発部から特機事業部へ移管させ、医療系ベンチャーであるイービーエム株式会社（以下EBM社）と電気で機能する人工筋肉「e-Rubber」を用い、心臓の鼓動を極めて正確に再現できる手術訓練シミュレータ「Super BEAT」のプロトタイプを開発した（図-7）。



図-7 心臓手術訓練シミュレータ  
「Super BEAT」

医療現場では手術の高度化に伴い安全性の確保がますます重要になっており、特に心臓血管外科専門医制度ではシミュレータ等によるトレーニングが義務化されるなど、手術訓練シミュレータの需要が急速に高まっている。こうした背景から、豊田合成とEBM社は外科手術技能の効率的な向上に貢献するシミュレータの開発・普及に向けて

2017年11月から協働している。

＜GaNパワーデバイス＞

青色LED事業で培ったGaNの要素技術の応用から、今後車両の電動化や再生可能エネルギーの効率的なエネルギーの変換に必要な“GaNパワーデバイス”の研究開発を推進。GaNパワーデバイスの研究課題の解決・応用用途の拡大を目指し共同研究を促進している。最新の研究成果を次に示す。

【研究成果】

青色LEDの主材料である窒化ガリウム（GaN）を用いた「縦型 GaN パワー半導体」で業界トップクラスの大電流化を実現

パワー半導体は、電子機器の電源やアダプタなどの電力変換器で幅広く使われているが、従来のシリコン製では、材料の性質上、「高耐圧」と「低損失」（低い導通損失・スイッチング損失）の二つの性能を高い次元で両立することが困難であった。今回、材料として高耐圧・低損失「GaN」を使用することに加え、構造として電流を基板に対して垂直方向に流す「縦型」を採用することで、「業界トップクラスの大電流化」（1チップで50A以上）や「高周波動作」（数メガヘルツ）を実現した（図-8）。

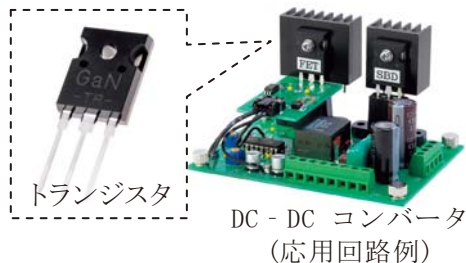


図-8 パワートランジスタと応用回路

以下にさまざまな用途への適用を目指す（表-1）。

表-1 活用が期待される領域

効果・性能	対象製品
電力変換器 「小型・軽量化」「高効率化」	自動車などのPCU
	DC-DCコンバータ
高周波電源 「高出力化」	ワイヤレス給電

このようなパワーデバイスは、今後の車両の電動化や我々の周辺機器で使用される電源やモータのロスを減らす技術として注目される。

我々は、GaNパワーデバイスの早期市場投入と用途拡大のためにオープンイノベーション化を加速させる。

5. おわりに

豊田合成の研究開発部門からの新規事業につながる研究テーマの創出はまだ少なく、始まったばかりである。我々は、オープンイノベーションの加速による他研究機関との共同研究促進、及びベンチャー企業、他社との共同開発による不足技術の補完によって、事業化までの期間短縮と総投資抑制を推進していく。

今後は、自動車事業に留まらない研究開発を行い、将来必要とされる社会課題の解決に向けた研究開発を積極的に取り組みたい。

参考文献

- 1) 内閣府 HP 科学技術施策 Society5.0
- 2) HENRY CHESBROUGH, “OPEN INNOVATION : THE NEW IMPERATIVE FOR CREATING AND PROFITING FROM TECHNOLOGY” Harvard Business school Press 2003
- 3) 文部科学省, 科学技術白書 (平成 29 年度), p.28
- 4) 星野達也: オープン・イノベーションの教科書, ダイヤモンド社, 2015, p.58 を基に作成
- 5) 文部科学省, 科学技術白書 (平成 29 年度) p.37

著 者



七田裕章

## EBM 社との Super BEAT 開発

藤原武史<sup>\*1</sup>, 島田雅俊<sup>\*1</sup>, 松田大輔<sup>\*2</sup>, 朴 栄光<sup>\*3</sup>, 新家 学<sup>\*4</sup>

### Collaborative Value Creation with EBM Corporation on Super BEAT Development

Takeshi Fujiwara<sup>\*1</sup>, Masatoshi Shimada<sup>\*1</sup>, Daisuke Matsuda<sup>\*2</sup>  
Young-Kwang Park<sup>\*3</sup>, Manabu Shinke<sup>\*4</sup>

#### 要旨

心臓血管外科手術の OFF-JT 機器として共同開発中の Super BEAT について、両社の出会いと商品開発の方向性、身軽さを活かしたスピード試作などコラボレーションの様子をご紹介します。また、単なるものづくりの関係を超えた、医療界へのブリッジや相互作用など、コラボレーションで拓く本質的な価値について考察し、オープンイノベーションの一例としたい。

#### Abstract

This article illustrates how EBM and Toyoda Gosei are collaborating on the development of Super BEAT, describing episodes such as the start of the project, concept building and 'speed prototyping camp.' More advanced interactions generated through bridging activities to the medical industry are presented as examples of the essential value created through the open innovation.

### 1. きっかけとコンセプト策定

“Engineering Based Medicine (エンジニアリングに基づく医療)”<sup>1), 2)</sup> を社名に冠し、機器開発と手術訓練事業で革新をリードする朴社長と、豊田合成の出会いは、17年6月の1通のメールに始まる。

e-Rubber の特異な特性と柔軟な性状から「究極の生体模倣」を有力な方向性と位置づけ国内外の医療シミュレータを豊田合成が研究する中、異彩を放つホームページに魅かれ朴社長との面会をお願いしたのだ。

初対面で互いの紹介もそこそこに、eR ダイアフラムアクチュエータ (図-1) の生体のような動作から inspire される価値の広がり、e-Rubber を世のお役に立てたいという想い、朴社長の研究経験、ビジネスセンスを交錯させた1時間30分。EBM 社の現行機 (BEAT; 後述) の次世代モデル開発の基本コンセプトが固まった。

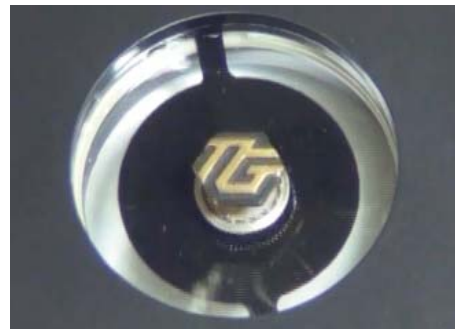


図-1 eR ダイアフラムアクチュエータ

朴社長が06年に早稲田大学キャンパスベンチャーグランプリ大賞を獲得し同年に起業、その後相当なご苦勞を重ね事業安定に漕ぎ着けられた経緯や、世界経済フォーラム (ダボス会議) の若手メンバー枠 (Global Shapers) に選出され、政財界の皆様との人脈をも築くなど視座の高さを豊田合成が知ったこと。またパイロット免許を持ち、ミスが命に直結する世界に身を置くことを知ったのも、かなり後のことだ<sup>3), 4), 11)</sup>。しかし何より朴社長の志:「若手医師の手術トレーニングによる技量向上」、「手技の定量的評価と評価プラットフォーム構築」「日本発の国際標準化」を遂げるためのひたむきな姿勢や勞を厭わぬ気力とバイタリティを実感するのに時間は要らず、斯くして

\*1 特機部 eR 事業開発室

\*2 特機部 eR 技術開発室

\*3 イービーエム株式会社 代表取締役社長

\*4 イービーエム株式会社 手術訓練部

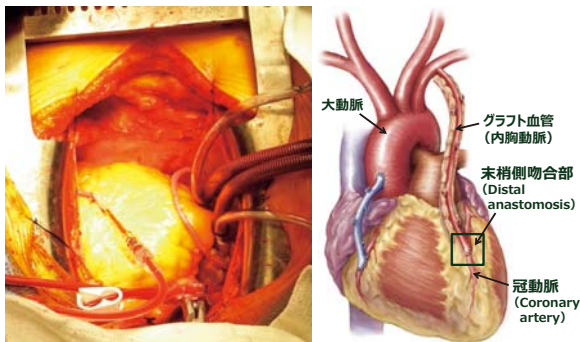


e-Rubber 開発部隊との熱い連携が始まった。

## 2. OPCAB と BEAT,そして Super BEAT へ

手技が患者の命に直結する心臓外科手術の分野では、若手の医師が実際に手術を訓練する機会は少ない。患者数が増大していく中、安全に訓練を重ね医師の技術向上を図ることは予ねてからの課題である。

心臓の筋肉に必要な栄養や酸素を運ぶ冠動脈の狭窄や閉塞の結果起こる「虚血性心疾患」への治療のうち、外科アプローチとして有名な冠動脈バイパス術 (CABG) (図-2) はご存知の方も多いただろう。このうち心臓を止め人工心肺装置を使用しながら行なう術式をオンポンプ、人工心肺を使わず心臓を拍動させたまま行なう術式をオフポンプ (Off-pump CABG: OPCAB) 方式と称する<sup>5),6)</sup>。



出典元: EBM 社

図-2 冠動脈バイパス術中 (左), 術後 (右) イメージ

朴社長が心臓外科臨床現場のニーズを的確に捉え開発し、確実な評価を得てきたのが、“心拍動下冠動脈バイパス手術訓練シミュレータ BEAT と冠動脈モデル YOUCAN だ (図-3)。拍動装置 BEAT の動作ステージ上に心筋上の冠動脈を模した YOUCAN を載せ、血管縫合 (以下吻合 (ふんごう) と記す) のセルフトレーニングを行なう装置である。

“訓練シミュレータは使われなければ意味がな



図-3 心拍動冠動脈バイパス手術訓練シミュレータ BEAT (左) 冠動脈モデル YOUCAN (右)

い”の信条通り 1000 人の医師との会話をベースに、ギミックを廃し「Simple but Enough」を実現した機能性。心臓血管外科を擁す国内病院の大半や国外に導入を進める、その名機の価値には些かの疑いもない。

一方、ヒステリシスのない人工筋肉 e-Rubber との出会いで生まれる次の価値としては、“よりストレスフルな、ランダム環境、ダイナミック環境”のトレーニングへの付加を追究している。

プロアスリートの個人技を磨くためのトレーニングは、closed skill と open skill の 2 種に大別されるのをご存知の方も多いただろう<sup>7)</sup>。サッカーで言えば、ドリブルやパスを安定した状態で繰返し練習し、ボールタッチの内在感覚を磨くことで正確なプレイの再現に繋げる、云わば基礎練習が前者。後者は、試合の戦況や相手の戦術など、刻一刻変化する環境に対し、その状況に最も相応しいプレーを選択する確かな判断と動作、また試合における自動実行ループ獲得の訓練、と換言できる。

現行 BEAT は、実際の吻合現場より、寧ろ高負荷の動環境を提供することで基礎的 closed skill 領域を磨く一般のトレーニングマシンであると位置付けられる。一方 e-Rubber 活用の次世代機は、広い動作帯域と柔軟性で心筋動作をよりダイナミックに実現し、刻々と変化する心拍数やパターン、予想外の容態変化など、ランダム環境を精緻な制御で実現できる situation-based のケーススタディトレーニングが可能となる。

これが現行 BEAT のハイエンド機としての新製品『Super BEAT』(図-4) の真骨頂だ。

19 年秋の Super BEAT 販売開始に向け、ハードと共にソフトも開発が進行中であり、より多くの先生方の手技向上に貢献できるよう、全力を尽くす所存である。



図-4 Super BEAT

### 3. 医療業界へのブリッジ活動

EBM 社と豊田合成は、17 年 11 月に e-Rubber を用いた手術訓練シミュレータの開発・普及に関する協働活動契約を交わしている。“協働”とは平たく言えばコラボして価値を産みましよう、という契約だ。

e-Rubber の開発期待が高いのが医療業界、であったとしても豊田合成にその業界感や専門知見は無きに等しい。そこを EBM 社が水先案内人として現場に案内し、人脈を広げ豊田合成の知見を広げるアシストをする、豊田合成は医療業界を猛烈に勉強しながら事業参入能力を蓄えていくのだ。

最初の機会は同年 12 月 朴社長が発起人となり事務局を務める世界手術教育フォーラムの第 1 回 Off-JT Boot Camp (神戸 MEDDEC) への帯同だった。

卒後数年の若手心臓血管外科医師が集い、BEAT での集中トレーニングを行ないつつ、ベテランの先生方がマンツーマンで立会い、スキル評価と懇切丁寧なアドバイスを与えるトレーニングキャンプ。ここでは、一針一針に賭ける若手の先生方の真摯なトライと飽くなき向上心、それを見守り育てるベテランの先生方の想いが重なり、手術手技の Off-JT とは如何に貴重な意義を持つ場であるか、を現認することとなった (図-5)。



図-5 第 1 回 Off-JT Boot Camp

またこの場で、日本の心臓移植治療の最前線を切り拓かれた権威である大阪大学名誉教授の松田先生、福島県立医科大学の横山先生 (18 年 2 月に心臓血管外科学会理事長にご就任) とのご面識を得る光栄に預かった。

お二方から e-Rubber の医療分野でのご期待と激励の言葉を頂戴したことは大変励みになるとともに、普通では易々と登れないステージに立たせていただく機会を、e-Rubber として 100% 活かさねば、と強く心に刻んだ場でもある。

医療機器市場、として Super BEAT 販売の射程を考えると、最大市場は米国であり、欧州、

日本が続く。どの医療機器メーカーも重要視するのが米国での学会 / 展示会だ。世界最先端の開発品が集う場であり、全世界の権威の先生方が集う場でもある。18 年 1 月の The Society of Thoracic Surgeons (略称 STS: 米国胸部外科学会<sup>8)</sup>) の EBM 社出展への帯同では、豊田合成はご来場者への現行 BEAT の紹介活動に加え、日本や世界からの先生方へのご挨拶、また有力医療機器メーカーのブース巡りを実施。従来は誌面上 / Web 上の存在であったお相手がリアルなビジネスのお相手へ、と心理的な距離を縮めるために必要不可欠な場となった (図-6)。



図-6 '18 STS (米国胸部外科学会)

Super BEAT の設計検討も、現行 BEAT 誕生の経緯と同じく、先生方とのディスカッションを重視している。18 年 6 月、e-Rubber 活用での価値構想が纏まり、EBM 社と豊田合成の新製品 “Super BEAT” 発表会。福島県立医科大学の横山先生以下、同門会の先生方に初号機を発表する際の緊張と安堵、そして得られたお声の一つひとつは、製品化に向かう Super BEAT にとってかけがえのない記録だ。また、7 月には和歌山冠動脈外科学会<sup>9)</sup> (併設 Off-JT) への展示では、実際に Super BEAT を複数の先生方に試技いただき数多くの設計フィードバックを得ることができた (図-7)。

以降も、人工臓器学会<sup>10)</sup> (18 年 11 月)、STS 2019 (19 年 1 月) など、製品開発と事業化のためのマイルストーンイベントを通じ、ベストの仕様を追究していく計画である。



図-7 福島同門会吻合デモ (左) 及び和歌山冠動脈外科学会試技 (右)

#### 4. ものづくり～EBMと豊田合成の全力疾走～

「構想を固めても、作り出さねば話にならない、それも全速力で」これが両者に通じる価値観だろう。Super BEAT 試作では、EBM 社の担当領域、豊田合成の担当領域、福島と愛知で互いが同じスピードで動作構想と設計を進め、福島 FIST で泊り込みで一緒になり、ユーザー目線を含め細部を詰め、一気に作りきる。ホワイトボードに書き連ねた改善内容をその場で 3D データに落とし込み、すぐに加工データに変換・加工、翌日にはその現物で DR を実施し、更なる改善に繋ぐ合宿の数日。我々はこれを「缶詰ものづくり」と称している。

e-Rubber アプリ開発部隊が試作プロセス上、重視しているのは、“意義ある試行錯誤を如何に高速で廻せるか”だ。宛てもなく作って無駄にするのではない、学術と理論を軽視する筈もない。まったく新しい価値を提供できる e-Rubber だからこそ、行動によって得られる知性やアイデアを、高速で取得し続けることが必要だ。

創造的破壊と言うと分不相応かもしれないが、Tinkering (工夫) と Heuristic なアプローチ<sup>11)</sup>を伴う実証は、その手返しのスピードこそが命運を握っている。

この価値観が、言わずもがなで通じる両者の動きは面白いようにシンクロしている。

缶詰ものづくり、を続ける中で、両者のものづくりや品質の考え方に相互作用が生まれるならば、それも協働の大きな果実のひとつであろう。これまで医療事業との関わりのない豊田合成にとって、『医工連携』にどう対峙すべきかを模索しつつ、Super BEAT 製作で得た真摯な想いと緊張感は、貴重な財産だ。

#### 5. 将来に向かって

若手外科医の執刀機会減少や教育指導時間の減少。“手術手技や技量に関する修練時間の長期化”を背景課題として、心臓血管外科専門医認定機構は、シミュレータを使った Off-the Job Training (OFF-JT) を 17 年より義務化した。実在患者の症例と遭遇して得られる手術経験 (偶発的経験) ではなく、OFF-JT でのシミュレータ活用による計画的経験で、技能と認知判断力を向上させベテランに近付くためのトレーニングだ。そのトレーニング手法設計の根幹となる考え方が『Deliberate Practice (意図的練習, 計画的練習, 限界的練習)』である<sup>12)</sup>。今後、学会におかれて

も OFF-JT の体系的開発を進めていくとお聞きしている。技術のスキルトレーニングに加え、知識と判断を問う意図的なケーススタディ素材として Super BEAT がお役に立てるよう、現場課題や過去トラに学び、よりよい動作とトレーニングを開発する所存である。

その道中で、豊田合成がこれまでブレーキホース等で培ってきた“命直結部品”生産の最前線で積み重ねてきた想いと「人づくり」で、医工連携の一端として何がしかのお役に立てれば、これ以上の喜びはない。

#### 参考文献

- 1) 梅津, 2014, 人工臓器 43 巻 1 号, “もう一つの EBM: engineering based medicine の実践 (第 51 回日本人工臓器学会大会 教育講演)”
- 2) Sackett DL, et al., BMJ., 1996 Jan 13, “Evidence Based Medicine : what it is and what it isn't”
- 3) 朴, 日本機械学会 バイオエンジニアリング部門報 2013 Sep., “大学発ベンチャー世界への挑戦 ～冠動脈バイパス手術訓練シミュレータの国際標準を目指して～”
- 4) 川内, 東洋経済 ONLINE “規格外の男が, 「心臓外科」に革命をもたらす 工学により, 医学はもっと進化する.”
- 5) 坂田ら, 心臓外科 Knack & Pitfalls 冠動脈外科の要点と盲点, I. 冠血行再建術の現況
- 6) 小坂ら, 2018, 心臓大動脈外科手術 基本・コツ・勘所, 第 8 章 冠動脈手術(2) - 吻合法
- 7) Galligan, F et al., 2000, Acquiring Skill in: Galligan, F. et al., Advanced PE for Edexcel. 1<sup>st</sup> ed. : Bath Press, p. 102-108
- 8) The Society of Thoracic Surgeons (STS) 54th Annual Meeting  
<https://www.sts.org/meetings/calendar-of-events/sts-54th-annual-meeting>
- 9) 第 23 回日本冠動脈外科学会学術集会  
<http://www.c-linkage.co.jp/jacas23/>
- 10) 第 56 回日本人工臓器学会大会  
[http://www2.convention.co.jp/jsaoismcs2018/jsao\\_ja/](http://www2.convention.co.jp/jsaoismcs2018/jsao_ja/)
- 11) Taleb, 2013, Anti-fragile, Things that gain from disorder, chapter13 Lecturing Birds on How to fly
- 12) 日本胸部外科学・日本心臓血管外科学会・日本血管外科学会 3 学会構成 心臓血管外科専門医認定機構, “心臓血管外科専攻医・専門医必修! Off the Job Training テキスト

## 縦型 GaN パワーデバイスの進展

西井潤弥<sup>\*1</sup>, 上野幸久<sup>\*1</sup>, 伊奈 務<sup>\*1</sup>, 田中成明<sup>\*1</sup>, 黒崎潤一郎<sup>\*1</sup>, 鈴木智行<sup>\*1</sup>  
長谷川一也<sup>\*1</sup>, 安西孝太<sup>\*1</sup>, 西尾 剛<sup>\*1</sup>, 村上信吾<sup>\*1</sup>, 村上倫章<sup>\*1</sup>, 岡 徹<sup>\*1</sup>

## Recent Progress of Vertical GaN Power Devices

Junya Nishii<sup>\*1</sup>, Yukihiisa Ueno<sup>\*1</sup>, Tsutomu Ina<sup>\*1</sup>, Nariaki Tanaka<sup>\*1</sup>

Junichiro Kurosaki<sup>\*1</sup>, Tomoyuki Suzuki<sup>\*1</sup>, Kazuya Hasegawa<sup>\*1</sup>, Kota Yasunishi<sup>\*1</sup>

Go Nishio<sup>\*1</sup>, Shingo Murakami<sup>\*1</sup>, Noriaki Murakami<sup>\*1</sup>, and Tohru Oka<sup>\*1</sup>

## 要旨

縦型 GaN トレンチ金属酸化物半導体 (MOS) 電界効果トランジスタ (FET) および縦型 GaN トレンチ MOS ショットキーバリアダイオード (SBD) を自立 GaN バルク基板上に作製し、評価した。微細化により高集積化した六角形トランジスタセルを有する縦型 GaN トレンチ MOSFET は、50 A を超える高出力を示した。また、10 MHz 近くの高周波動作を示した。SBD は高速の逆回復特性を示した。これらの FET と SBD を搭載した昇圧型 DC-DC コンバータは、市販の SiC MOSFET と SiC SBD を搭載した DC-DC コンバータに比べ、リングングと消費電力が小さい優れたスイッチング動作を示した。

## Abstract

Vertical GaN trench metal-oxide-semiconductor (MOS) field effect transistors (FETs) and vertical GaN trench MOS schottky barrier diodes (SBDs) fabricated on free-standing GaN bulk substrates were evaluated. The FETs with highly-integrated hexagonal transistor cells exhibited high power operation with output current of over 50 A. They also showed high-frequency operation of nearly 10 MHz. The SBDs exhibited fast recovery characteristics. A DC-DC boost convertor equipped with the FET and the SBD showed excellent switching operation with small ringing and lower power consumption than that of commercially available SiC MOSFET and SiC SBD.

## 1. はじめに

## 1-1. パワーデバイスの技術トレンド

近年、省エネや自動車の電動化のニーズなどから、半導体のスイッチング部品、特に大電力容量を扱う電力変換用のパワー半導体、あるいはパワーデバイスと呼ばれる電子部品群に注目が集まるようになってきている。従来主流であった Si に代わり、SiC、GaN、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ダイヤモンド等の新しい半導体材料が登場し、高効率化・小型化などの技術革新で紙面を賑わしている。なかでも SiC を使った電界効果トランジスタ (MOSFET) と Si 基板上に形成された横型 GaN 電界効果トランジスタ (FET) は実用化が始まっている。

パワーデバイス業界の技術開発の主なトレンドは図-1 に示すように、システムの大電力化と、高周波化による小型化である。システムの大電力

化・高周波化のためには、パワーデバイスの素子自体も大電力容量化と高周波が必要であるが、この二つの性能は往々にして背反の関係になり、両立することが困難である。

現在のパワーデバイス業界における主流の製品

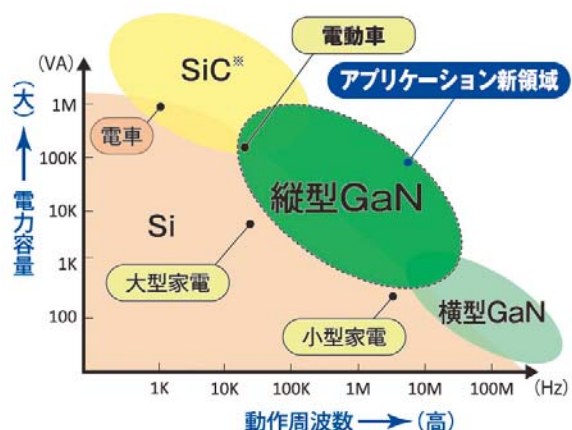


図-1 パワーデバイスの性能区分と技術トレンド

\*1 研究開発部

は、半導体に Si を用いた絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (IGBT) とパワー MOSFET である。Si IGBT は高い電力容量を有する反面、高周波動作が困難である。Si パワー MOSFET は比較的高い動作周波数を有する一方で、電力容量は小さい。SiC MOSFET は Si IGBT の領域から電力容量が向上する方向に開発が進むが、電子の移動度の低さから動作周波数は数百 kHz 帯に留まると考えられる。横型 GaN FET を使った場合、Si パワー MOSFET に対して高周波化が進むと考えられる反面、後述するように二次元に閉じ込められた電子が電気伝導を担うので電力容量の向上はそれほど期待が持てない。このような市場と技術動向を踏まえて、我々は SiC MOSFET と横型 GaN FET の間、見方を変えると、Si IGBT とパワー MOSFET の双方から見て、大電力化と高周波化の二つのニーズを同時に満たすことができる領域を縦型 GaN パワーデバイスで開拓することを目指している。

## 1-2. GaN の電子デバイス

GaN は青色発光ダイオードの実用化以降、Blu-ray Disc 用のレーザ、照明用光源、自動車のヘッドランプなどに採用され、次々と技術革新をもたらしてきた。その材料物性は光デバイスだけに限らず、パワーデバイスとしての性能も優れている (表-1)。SiC 基板上にエピタキシャル成長させた III 族窒化物半導体の高電子移動度トランジスタ (HEMT) は、超高周波 (GHz 帯) での低損失・高電力容量を活かして、従来の GaAs 系 III-V 族化合物半導体 HEMT の市場を席卷し、携帯電話の基地局等で送信用パワーアンプとして用いられるようになった。これは GaN とその混晶 (InAlGaN, AlGaN など) のヘテロ界面に高濃度の二次元電子ガス (2DEG) が誘起されるという III 族窒化物半導体特有の材料機能の恩恵によるところが大きい。この技術をさらに展開し、中耐圧・高周波 (~600 V, ~数十 MHz 帯) 領域のパワーデバイスとして、横型 GaN FET が量産されるようになった。しかしながらこの横型構造に

は二つの本質的な使い難さが存在する。一つ目はチップの小型化が困難な点である。横型の FET において大電力化は、一般的にウェハ表面に形成されたソース電極とドレイン電極の距離を広げることと、ゲート幅を広くすることで達成する必要があり、大電力化と小型化が背反となる。二つ目は前述のとおり 2DEG を利用するため、ドレイン電流をオフするためのゲート電圧を必要とし、そのスイッチング動作は常時オンとなる。これはノーマリーオン動作と呼ばれ、仮にゲート回路に故障が発生した場合、ソース・ドレイン間に電流が流れ続けてしまうことになり、回路の信頼性設計上、忌避される。

この二つの本質的な課題を回避するためにもパワー MOSFET には縦型構造が用いられることが多い。縦型構造は GaN 系では現時点で少数派ではあるが、Si や SiC など先行するパワー半導体では一般的な設計であり、耐圧性能はドリフト層の濃度や膜厚で設計可能であるため、素子面積を犠牲にする必要がない。また、npn 接合を用いるため、ゲート電圧 0 V においても本質的に電流が流れないノーマリーオフ動作が得られる。

我々はこれまで、この縦型 GaN の MOSFET やショットキーバリアダイオード (SBD) に関して、高耐圧性能や低オン抵抗など、電力容量向上に関する性能検証を進めてきた<sup>4)-7)</sup>。MOSFET は単一素子での動作検証を経て<sup>4)</sup>、今回は実用レベルの大電流駆動を目指したマルチセル化と、マルチセルの高集積化のための微細化を行った。SBD では MOSFET 開発で培った MOS 型構造を取り入れた新設計で、高耐圧化と高温動作時のリーク電流低減を達成したので、その結果を紹介する。

## 2. 縦型 GaN トレンチ MOSFET

市販の 2 インチ n<sup>+</sup>-GaN 基板 (転位密度 ~10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup> 台) の上に、MOCVD 法にてドリフト層 n-GaN, ボディ層 p-GaN, ソースコンタクト層 n<sup>+</sup>-GaN をエピタキシャル成長させる。ボディ層へのコンタクト領域とトレンチゲートは、それぞれ

表-1 パワーデバイス向け半導体の物性値

物性値	単位	Si <sup>1)</sup>	4H-SiC <sup>1)</sup>	GaN	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2)</sup>	diamond <sup>3)</sup>
バンドギャップ	eV	1.1	3.26	3.39	4.8	5.47
破壊電界強度	MV/cm	0.3	3	3.3	8	10
電子の移動度	cm <sup>2</sup> /Vs	1300	720	1200	300	3800*
飽和電子速度	cm/s	1 × 10 <sup>7</sup>	2 × 10 <sup>7</sup>	2.7 × 10 <sup>7</sup>	—	1.1 × 10 <sup>7</sup> *
熱伝導度	W/cmK	1.5	4.9	2.2	0.2	22

※ diamond の移動度と飽和速度は正孔の値

フォトリソグラフィと反応性イオンエッチングで加工した。ゲート絶縁膜はトレンチゲート構造に対して膜厚、膜質ともに均一に成膜する必要があるため、成膜方法に原子層堆積法を選択した。また、ゲート絶縁膜の材料には、GaN の価電子帯と伝導帯の双方に対して十分なバンドオフセットを形成できることと、高い絶縁性を実現できることから、SiO<sub>2</sub> を選んだ<sup>8)</sup>。その後、ゲート電極、p ボディ電極、ソース電極をドライエッチングやリフトオフプロセスで形成した。層間絶縁膜と配線電極を形成し、ウェハ裏面にドレイン電極を形成する。作製した縦型 GaN トレンチ MOSFET の断面模式図を図-2 に示す。ゲートレイアウトは六角形とし、この六角形の MOSFET “セル” を、設計にもよるがチップサイズが大きいもので数十万個並列に敷き詰める。大電流化のためには一つのチップに敷き詰める MOSFET のセル数を増やすことが効果的な手段の一つであり、一つ一つの MOSFET セルを微細化できるプロセスが開発のポイントとなる。本報告の素子も、2015 年度報告時<sup>4)</sup> からプロセスフローを大幅に見直し、プロセス保護膜<sup>\*1</sup> の削減による素子構造の簡略化と、セルフアライメントなどのプロセスインテグレーションによるパタンレイヤ数と、重ね合せマージンの削減で、セルピッチを 15 μm から 10 μm 未満へと微細化を達成している。

チップの外縁部にはソース電極から引き出した配線電極を延伸し、フィールドプレートと呼ばれる電界緩和端子を形成することでチップ端部の pn 接合に加わる電界集中を緩和し、高耐圧化を図っている<sup>5)</sup>。このような素子構造を半導体ウェハプロセスにて作製した後、ディスクリート用パッケージ (TO-247) に実装して素子特性を評価した。なお、パッケージに TO-247 を選んだ理由は、パワーデバイス用として最も汎用性が高い (ユーザーが多い) という点であり、チップサイズの観点では、もう一つ小さい規格である TO-

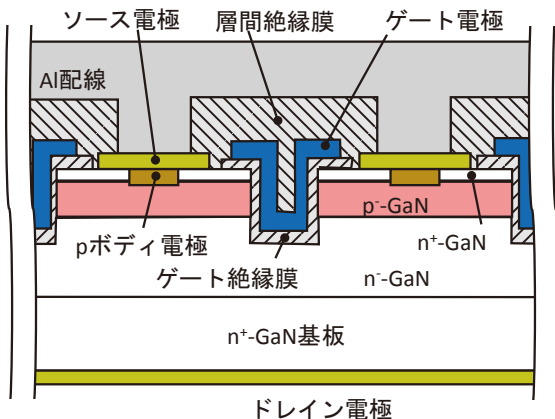


図-2 縦型 GaN トレンチ MOSFET の断面模式図

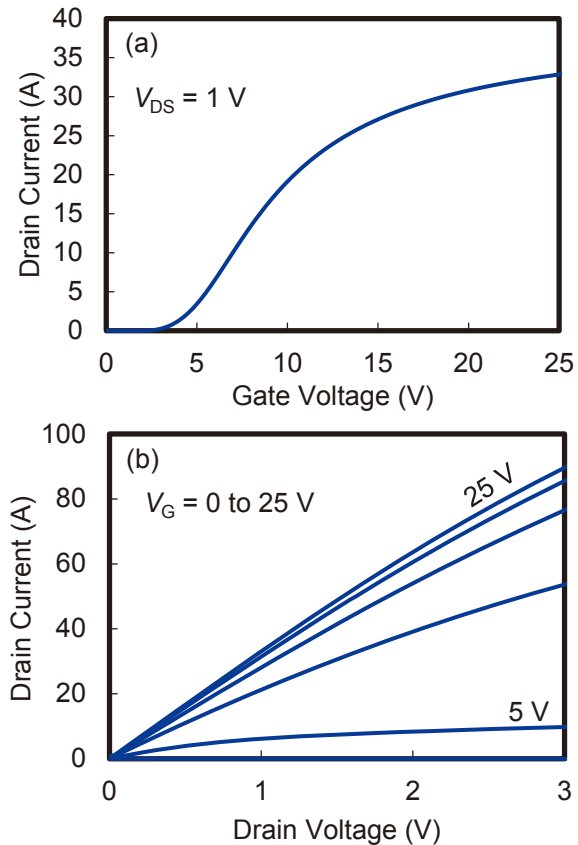


図-3 縦型 GaN トレンチ MOSFET の (a) 伝達特性, (b) 出力特性

220 でも実装可能である。また、リードフレームの各端子は、Si IGBT や SiC MOSFET と同様の割り付けとし、ユーザーニーズの高いピンコンパチブルとした。

図-3 は作製した素子の静特性である伝達特性 ( $I_D$ - $V_G$  特性) と出力特性 ( $I_D$ - $V_{DS}$  特性) である。伝達特性は  $V_{DS} = 1$  V の線形領域で評価しており、x 軸との交点で求められるしきい値電圧は、およそ 4 V でノーマリーオフ特性が得られている。出力特性は、 $V_G$  を 0 V から 5 V ステップで最大 25 V まで印加した。微細化により、一般的な駆動電圧の範囲  $V_G = 20 \sim 25$  V,  $V_{DS} = \sim 1.5$  V で 50 A を超える出力電流が得られている。

図-4 は動特性であり、横軸はゲート電圧スイッチに対する出力電流の追従性を示すもので、飽和電流に達する時間の短さを評価している。図-4 (a) がターンオン、図-4 (b) がターンオフの動作を示す。市販の SiC MOSFET の中から抵抗が同クラスとなる製品を選び比較した。試作した GaN MOSFET の応答時間はターンオンでおよそ 20 ns, ターンオフで 30 ns と短く、SiC

\*1 以後の工程でのプロセスダメージを回避するためにだけに形成する絶縁膜や金属膜

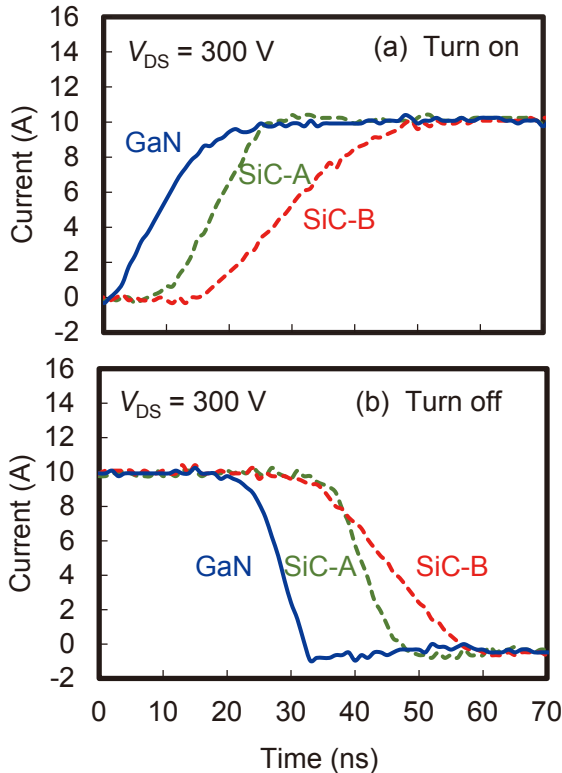


図-4 縦型 GaN トレンチ MOSFET のスイッチング波形(a) ターンオン, (b) ターンオフ

MOSFET に対して高速動作していることがわかる<sup>\*2</sup>.

### 3. 縦型 GaN トレンチ MOS SBD

SBD は、半導体と金属界面に形成されるショットキー障壁を使って整流性を発現させる素子である。我々はこれまで、素子外周部にフィールドプレート構造を有するメサ型の SBD を作製してきた<sup>7)</sup>。フィールドプレートによりショットキー電極外周部の電界集中を緩和しているが、ショットキー電極中央部での電界集中が課題であった。この課題を解消するために、我々は、トレンチ MOS 構造を採用した(図-5)<sup>9),10)</sup>。トレンチ MOS 構造は、前述の MOSFET と類似の構造を有し、複数の微細なメサの一つ一つにショットキー電極を形成する。トレンチ MOS 構造からの電界でショットキー電極直下を完全空乏化させることができ、これによりショットキー電極全面に対して電界緩和効果が得られる。すなわち、ショットキー障壁高さと半導体のキャリア濃度という二つの設計パラメータで決定されるオン抵抗と高耐圧とのトレードオフの関係に対して、MOS 構造

\*2 高速動作の要因は、チップサイズが市販品の SiC MOSFET に比べて小さく、素子容量が小さいためであると考えているが、詳細は評価中

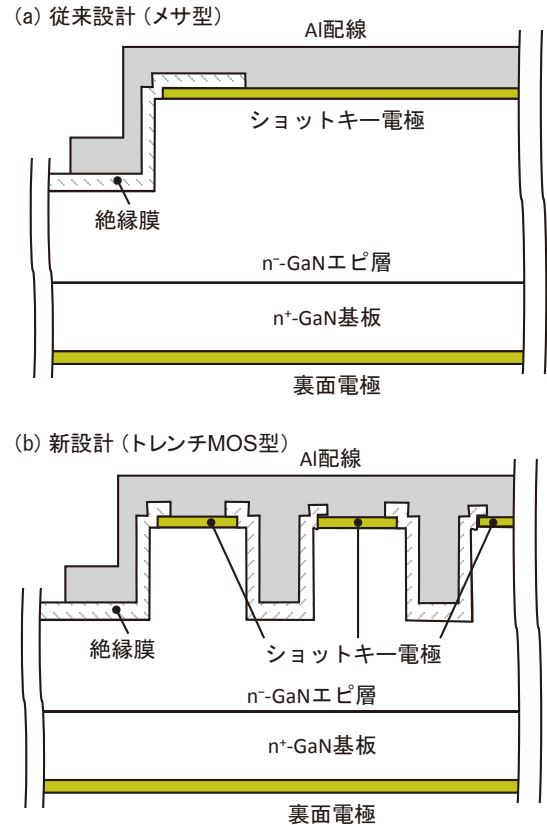


図-5 縦型 GaN SBD の断面模式図  
(a) 従来設計 (メサ型),  
(b) 新設計 (トレンチ MOS 型)

からの電界緩和という設計の自由度が与えられる。新たに加わった MOS 構造の設計パラメータは、絶縁膜の膜厚、トレンチ幅、トレンチ間隔、トレンチ深さ等で、これらの中には交互作用の関係を持つものもあり、それぞれ独立には設計できない。そこで、SQC 手法とデバイスシミュレータを駆使して最適設計値を決定した。素子作製は前述の MOSFET と同様、市販の  $n^+$ -GaN 基板上に MOCVD 法で  $n$ -GaN 層をエピタキシャル成長させ、アノードとなるショットキー電極に Ni を、カソードとなる裏面電極に Al/Ti を用いた。

試作したトレンチ MOS SBD の逆方向  $I$ - $V$  (耐圧) 特性を図-6 に示す。従来設計に比べてリーク電流が低減されていることがわかる。図-7 は逆方向  $I$ - $V$  特性の温度依存性である。車載用パワーデバイスとして今後求められる動作温度 (200°C) においても、リーク耐圧は 600 V 級 (リーク電流密度  $1 \text{ mA/cm}^2$  で定義) を維持した。

図-8 は、MOSFET と同様に TO-247 パッケージに実装した縦型 GaN トレンチ MOS SBD の逆回復特性である。MOS 界面の影響による応答速度の低下が懸念されたが、市販の Si 高速ダイオードに比べて十分に速い逆回復特性を示し、高速スイッチング動作に優れていることが確認できた。

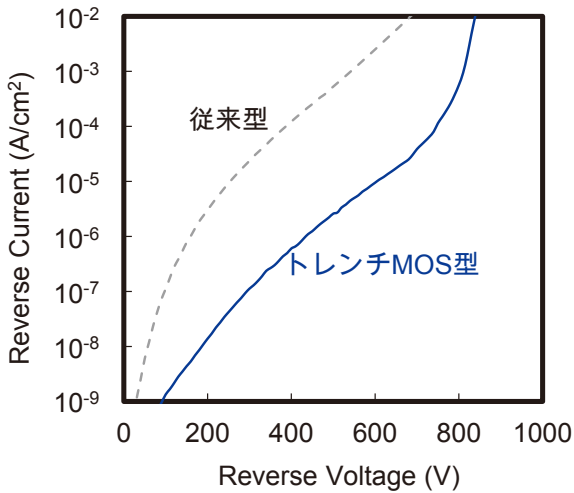


図-6 縦型 GaN SBD の逆方向 I-V 特性 (耐圧特性)

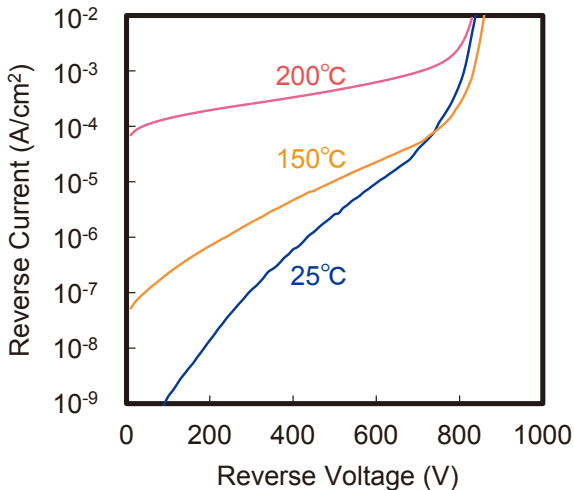


図-7 逆方向 I-V 特性の温度依存性

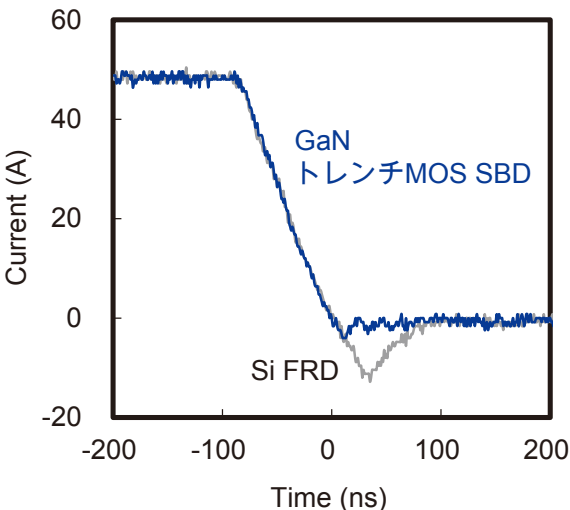


図-8 縦型 GaN トレンチ MOS SBD の逆回復特性 (市販の Si 高速ダイオードとの比較)

#### 4. アプリケーションデモ評価

最後に、作製した GaN トレンチ MOSFET と、GaN トレンチ MOS SBD を、代表的なスイッチング回路に実装しデモ評価した結果を示す。

図-9 は、縦型 GaN トレンチ MOSFET をゲート信号 ( $V_G$ ) 8 MHz で駆動させた際のスイッチング波形である。比較として評価した SiC MOSFET の出力信号 ( $V_{DS}$ ) が歪んでいる (飽和電圧に達しない) のに対して、縦型 GaN トレンチ MOSFET の波形は矩形を維持している。図示しないがデモ回路の上限周波数である 10 MHz においても矩形の波形が維持できており、さらなる高周波駆動の可能性も期待できる。

図-10 は、縦型 GaN トレンチ MOSFET と縦型 GaN トレンチ MOS SBD を搭載したフル縦型 GaN DC-DC コンバータである。市販の SiC MOSFET, SiC SBD を搭載したフル SiC DC-DC コンバータと、共通の回路パラメータで比較した結果、ターンオン、ターンオフともにスイッチング後のリングング<sup>\*3</sup>を小さく抑えられることがわかった (図-11)。また、スイッチング時に発生する損失 (電圧, 電流値で結ばれる, 図-11 (c), (d) 中に三角形で示した部分の大きさに比例) は、約 30% の低減が見られた。

\*3 矩形波などの急峻な変化で発生する電気信号の振動波形で、ノイズ

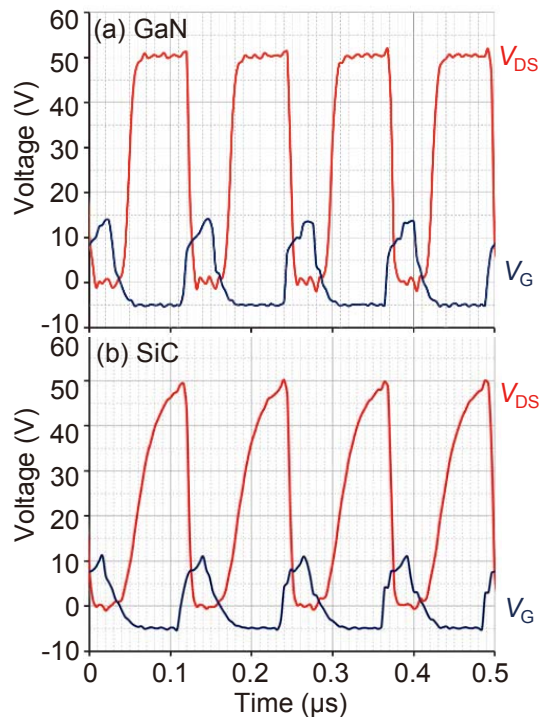


図-9 8 MHz におけるスイッチング特性 (a) 縦型 GaN トレンチ MOSFET, (b) SiC MOSFET





図-10 フル縦 GaN DC-DC コンバータ  
DC-DC コンバータに縦型 GaN MOSFET と縦型  
GaN SBD を同時に搭載したのは、世界初である  
(2018年4月TG調べ)

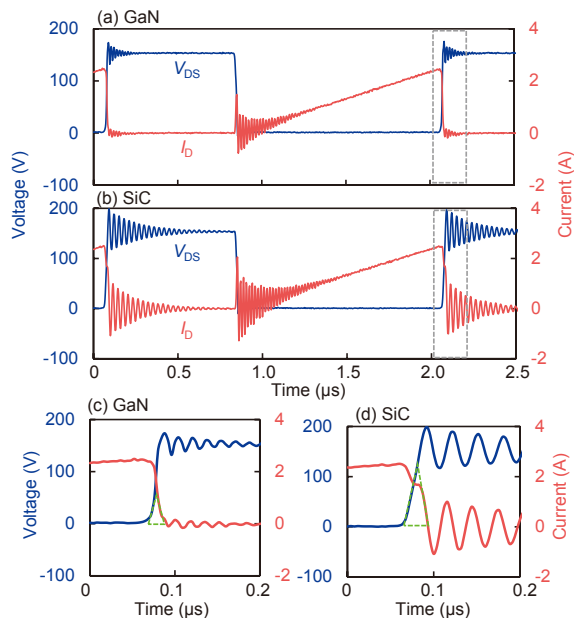


図-11 DC-DC コンバータのスイッチング波形  
(a) フル縦 GaN, (b) フル SiC,  
(c) 図-11 (a) 内の点線部拡大図,  
(d) 図-11 (b) 内の点線部拡大図

## 5. まとめ

縦型 GaN トレンチ MOSFET の大電流化を果たした。静特性は、1チップで 50 A を超える電流値とノーマリーオフ動作が確認できた。動特性の応答時間はターンオンがおよそ 20 ns、ターンオフが 30 ns 程度の高速スイッチングを示し、大電力量化と高周波化を両立できる性能を示した。縦型 GaN トレンチ MOS SBD は、新しく導入した MOS 構造により高耐圧化と良好な温度特性を実現した。これらを搭載した DC-DC コンバータではリングングが小さく、スイッチングによる損失が SiC に比べておよそ 30% 低減可能であることが分かった。

縦型 GaN パワーデバイスの実用化に向けては、本報告で紹介したデバイス設計、ウェハプロセスの他に、自立基板の大口径化、低コスト化といった課題が存在しており、解決が急がれる。デバイス開発には今後の課題として事業化に向けた生産性や歩留り、信頼性などが残されているが、社外との連携も視野に入れながら早期の事業化を実現し、各種電力変換システムの小型化・高効率化を通して社会貢献できれば本望である。

## 謝辞

素子作製にご尽力いただいた研究開発部の諸兄と、検証用の DC-DC コンバータの設計ならびに特性評価にご協力いただいた電子技術部の皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 日経エレクトロニクス編, 『次世代パワー半導体』, 日経 BP 社, 2012, p. 93.
- 2) NanotechJapan Bulletin, 8, 1 (2015).
- 3) 嘉数, NTT 技術ジャーナル, 6, 15 (2010).
- 4) 岡ら, 豊田合成技報, Vol. 57, p. 34 (2015).

- 5) T. Oka et al., Appl. Phys. Express, 7, 021002 (2014).
- 6) T. Oka et al., Appl. Phys. Express, 8, 054101 (2015).
- 7) N. Tanaka, et al., Appl. Phys. Express, 8, 071001 (2015).
- 8) J. Robertson and B. Falabretti, J. Appl. Phys., 100, 014111 (2006).
- 9) M. Mehrotra and B. J. Baliga, Solid-State Electron., 38 (4), 801 (1995).
- 10) K. Hasegawa et al., Appl. Phys. Express, 10, 121002 (2017).

著 者



西井潤弥



上野幸久



伊奈 務



田中成明



黒崎潤一郎



鈴木智行



長谷川一也



安西孝太



西尾 剛



村上信吾



村上倫章



岡 徹

## 樹脂流動状態の可視化技術開発

松浦元司<sup>\*1</sup>, 上村明美<sup>\*1</sup>, 渡辺健市<sup>\*2</sup>, 水野克俊<sup>\*3</sup>

### Technological Development for Visualizing Flow Condition of Resin

Motoshi Matsuura<sup>\*1</sup>, Akemi Uemura<sup>\*1</sup>, Kenichi Watanabe<sup>\*2</sup>, Katsutoshi Mizuno<sup>\*3</sup>

#### 要旨

クレージングなど塗装外観不具合の未然防止を目的として、成形品の樹脂流動状態を可視化する技術開発を行った。流動状態の可視化は、偏光顕微鏡を用いて行った。主に、2つの技術により流動状態の可視化を可能にした。1つは光源を単色化することと、もう1つは、2つの異なる方位角における偏光顕微鏡写真の合成によって、方位角方向の強度変化を平均化する技術である。クレージング対策を目的としたいくつかの事例を示す。また、この技術はクレージング対策以外にも応用が可能である。

#### Abstract

To prevent painting defects such as “crazing defects” before they happen, we developed a technology for visualizing the flow conditions of resin for molded articles. To visualize the flow condition of resin, we used a polarized optical microscope. We were able to visualize the flow condition by two main methods. One is to make the light source monochromatic, and the other is a technique to average the change in light intensity around the azimuthal angle by synthesizing two polarized optical microscopy images at the point of different azimuthal angles. We present some examples of the result of analysis for preventing crazing defects. This technique can also be applied to defects other than crazing defects.

## 1. はじめに

近年、意匠性向上を目的とし、樹脂製品の大型化、塗装めっき製品のニーズが拡大している。ただし、大型化・加飾加工による高付加価値化はつくりの難しさとなり、外観不具合の原因となりえる。最近、基材樹脂の流動状態が、これらの不具合の要因となっているケースが少なくないことがわかってきた。そこで塗装外観不良の未然防止を目的として、成形品の樹脂流動状態の可視化・定量化を試みた。

## 2. 背景と開発目標

### 2-1. 背景

樹脂製品を塗装・めっきする加飾化の流れが近年、加速している。このような加飾化により、1次加工である射出成形の段階では見つからない成形欠陥が、2次加工である塗装・めっき後に塗装

むらやクレージング、あるいはめっき剥がれとしてあらわれることがある。これまでこれらの不具合は、塗装やめっきの加工上の不具合として対策されることが多かった。しかし最近、これらの不具合は、かなりの場合において、基材樹脂の流動状態と密接に関係していることがわかってきた。たとえば塗装品では、基材成形品の樹脂流動状態に起因してクレージング不具合が発生することがある。そこで、偏光顕微鏡を用いて成形品断面の樹脂流動状態を可視化・定量化し、これに基づいて成形条件を制御することにより、外観不良の未然防止ができると考えた。

### 2-2. 開発目標

表-1に世の中で見られる樹脂流動状態の可視化に関連する技術を示した。代表例として、研磨/薬品処理による方法<sup>1)</sup>、フィラーの向きにより可視化する方法、型内の樹脂流動を直接観察する手法<sup>2)</sup>、あるいは、コンピュータシミュレーショ

\*1 材料技術部 材料分析室

\*2 材料技術部 材料開発統括室

\*3 IE 生産技術部 第1生技室

表-1 世の中の樹脂流動状態の可視化技術（代表例）

方法	成形品	流動状態可視化サイズ	定量化
		← m mm μm →	
研磨/薬品処理法	○		×
フィラーによる可視化	○		×
偏光顕微鏡法	○		×
型内流動可視化	×		○
流動CAE	×		○

ンにより可視化する方法，そして，従来技術である偏光顕微鏡により観察する手法が挙げられる。それぞれの技術が対象とする領域の大まかなサイズ，実際の成形品の可視化の可否，配向の定量化の可否を示した。このように整理してみると，実際の成形物の流動状態が観察できて，定量化もできる汎用的な手法がない。

そこで，パッチワークを用いた偏光顕微鏡観察像から樹脂の配向状態を定量化する技術開発を目指した。開発の目標として，実際の成形品において数ミリ角レベルの領域の樹脂配向が定量化できることとした。

### 3. 偏光顕微鏡観察像の定量化の課題

次に偏光顕微鏡観察による流動状態の定量化の課題について述べる。

最初に実験上の課題として，偏光顕微鏡で観察を行うことから，試料を光が透過する必要がある。着色材などの製品はナチュラル色に置き換え，成形を行う必要がある。さらに対象とするABS樹脂（アクリロニトリル，ブタジエン，スチレン共重合合成樹脂）では材料が白濁しており，工夫を要する。

次に流動状態定量化の課題を述べる。図-1に示すように，偏光子と検光子が直交した状態（以下，クロスニコル）に白色光を透過させると視野は暗くなる。クロスニコル間に光学的に等方的な試料が存在しても，同様に視野は暗くなる。これに対し，図-2に示すように，クロスニコル下で複屈折を有する試料を観察すると，分子配向試料を透過した光は楕円偏光となり，検光子方向の振動が発生するため，検光子を透過する。このとき透過強度は波長依存性があるため，白色光光源の場合，各波長の強度バランスが崩れて干渉色が

見られることがある<sup>3)</sup>。

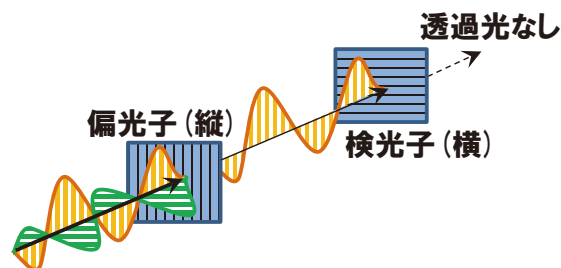


図-1 クロスニコルに白色光を透過させた図

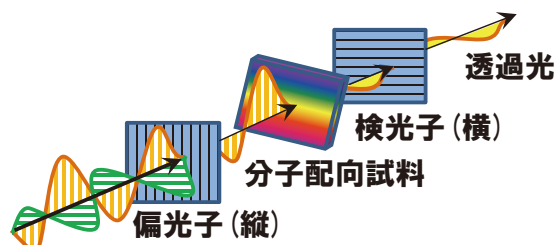


図-2 クロスニコル間に分子配向試料を挿入して白色光を透過させる場合

図-3は偏光子（P）と検光子（A）を直交させたクロスニコルの間に，流動による配向がある樹脂成形品を図のようにまっすぐ縦にして見たところであり，干渉色が現れている。図-4は樹脂成形品の向きを回転させたものである。

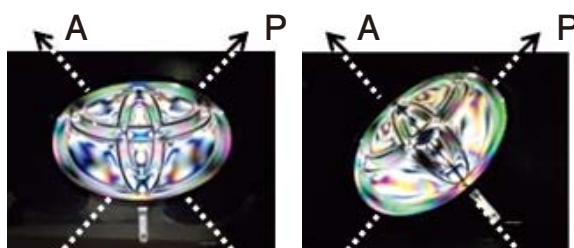


図-3

図-4

このように樹脂成形品を回転させると色に変化することから、干渉色は、試料の各部位の樹脂流動方向と関係している。試料内での樹脂流動方向が不明な中で干渉色図表を用いて試料各部の配向の強さを推定することは、複雑で難しいと考えられる。

## 4. 定量化の手法

### 4-1. 試料作製方法

ミリレベルのマクロな領域の状態を偏光顕微鏡で観察しようという狙いから、試料は成形品を5～10mm角程度に切り出し、 $\phi$  25mmの円柱状の型内でエポキシにより包埋する。これを精密切断機で厚さ500 $\mu$ mにスライスし、顕微鏡観察を行った。顕微鏡としてオリンパス製偏光顕微鏡、BX51-Pを使用して観察を行った。

例として、**図-5**に示す樹脂成形品のゲート部(**図-6**に拡大図を示す)を切り出して埋め込み、断面のスライス片を作製した。



**図-5** 樹脂成形品の全体像



**図-6** 樹脂成形品ゲート部の拡大

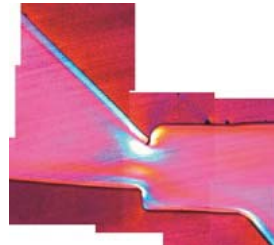
### 4-2. 材料の透明性の確保

ABS材料では、AS樹脂中にブタジエンゴムが分散する微細構造をとるため、白濁しており、透明性が悪い。これを改善するために、AS樹脂とゴムの屈折率を合わせた特殊な透明ABS材料に粘度調整を施し、ABSと同じ条件で成形できる材料を開発して実験を行った。

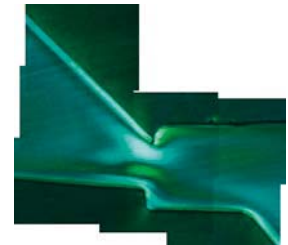
### 4-3. 偏光顕微鏡像の単色化

3項偏光顕微鏡像の定量化の課題で述べたように、干渉色を扱って流動状態を定量化することが難しいため、緑色の単色フィルターを用いた。

**図-7**は前述の樹脂成形品のゲート部断面を、クロスニコル下で鋭敏色板を挿入し、白色光を用いて観察したものであり、干渉色があられている。同じ試料について、単色フィルターを挿入して観察すると**図-8**のように観察像は明暗の情報になる。



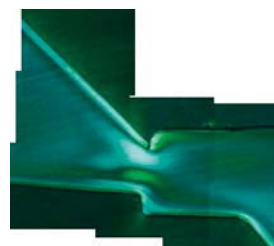
**図-7**  
ゲート部断面の偏光顕微鏡観察像 (クロスニコル下 鋭敏色板使用)



**図-8**  
ゲート部断面の偏光顕微鏡観察像 (クロスニコル下 単色フィルター使用)

### 4-4. 方位角の影響排除

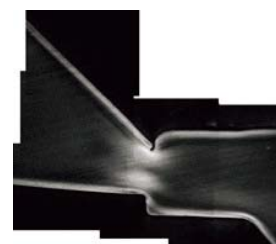
単色フィルターを使用しても、試料を方位角方向に回転させると、明るさは変化する。この方位角方向の依存性を排除するため、異なる角度で観察した像を合成して平均化するという方法をとることにより、弱い複屈折を有する樹脂配向を、明暗で見ることが可能となった。たとえば**図-8**と角度を変えた**図-9**を合成するとモノクロの**図-10**を得ることができる。像の合成には一般的な画像解析ソフトを用いた。



再掲**図-8**  
ゲート部断面の偏光顕微鏡観察像 (クロスニコル下 単色フィルター使用)



**図-9**  
試料の方位角を変化させて観察



**図-10** 合成された観察像

## 5. 結果

図-10のモノクロ像の明暗で示された配向の強さをピクセルごとに16階調に色彩化し、可視化・定量化したのが、図-11である。ゲート部で2箇所配向の強い領域が見られ、流れが狭くなるところで配向が強くなることが分かった。

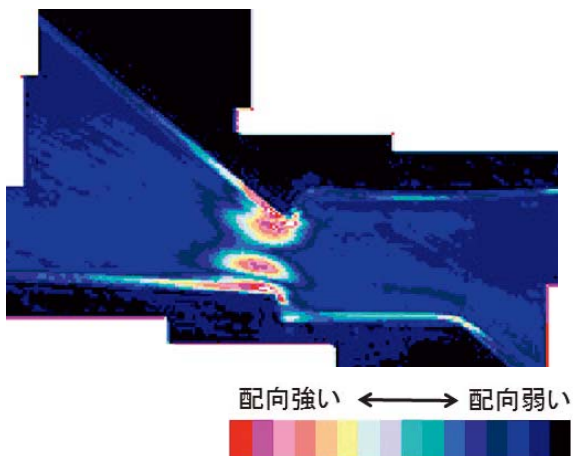


図-11 樹脂製品ゲート部の配向状態定量化結果

## 6. 適用例

### 6-1. 射出速度による影響の可視化

樹脂を射出成形する際の変化させることにより、成形品の配向はどのように変化するだろうか。射出速度をそれぞれ50mm/s、150mm/sと変化させて成形したテストピースのゲート部と

中央部の断面を偏光顕微鏡観察し、樹脂流動状態の解析を行った。結果を表-2に示す。

まず中央部を見ると、表層付近0.5mmほどが配向し、内部は配向していないことがわかった。表層の配向の程度は、射出速度150mm/sのほうが強く、配向領域の厚みは若干薄いことがわかった。

さらにゲート部付近では、配向した領域の厚みも厚く、表層付近の配向は若干150mm/sのほうが強いように見られる。

このように成形品の配向状態について、様々な情報を得ることができる。

### 6-2. 保圧による影響の可視化

次にテストピース(図-12)を成形する際の保圧あり、なしの影響を可視化した。図-13、図-14は、それぞれ保圧をかけていない場合、

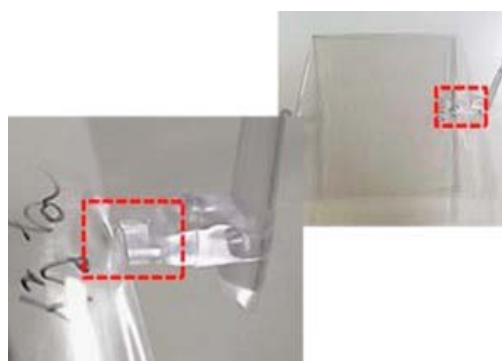


図-12 テストピースとゲート部の拡大

表-2 射出速度を変化させた時のテストピース断面の樹脂流動状態

		中央部	ゲート付近
分子配向の状態	射出速度 50mm/s		
	射出速度 150mm/s		

1mm

配向強い ← → 配向弱い

保圧をかけた場合のテストピースゲート部の樹脂流動を可視化したものである。保圧ありの場合、テストピースゲート部付近の配向は、保圧をかけない場合よりも強い。保圧をかけることで配向が大変強くなることがわかった。

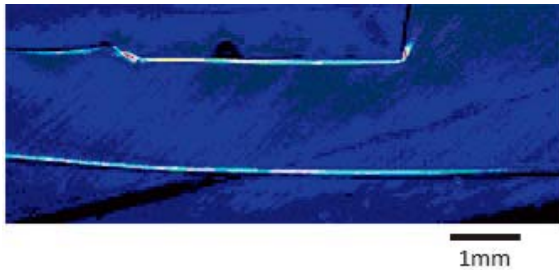


図-13 ゲート部の樹脂流動状態（保圧なし）

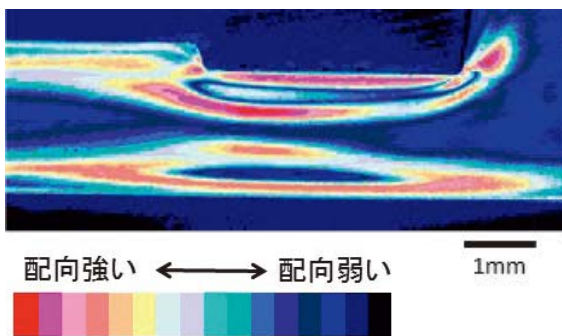


図-14 ゲート部の樹脂流動状態（保圧あり）

### 6-3. 塗装クレージング品の可視化

はじめに述べたような大型製品では多点ゲートとなる場合がある。図-15に製品の模式図を示す。このような射出成形品に塗装した場合、ゲート付近にクレージングが発生することがある。各ゲート近辺で塗装の状態を確認すると、ゲート付近でクレージングが発生する部位と発生しない部位が存在した。それぞれについてゲート付近断面の流動状態を解析した結果を図-16～図-18に示す。製品においても、表層で配向が強いことがわかった。また、クレージングが発生する部位の配向が強く、塗装に問題のない部位での配向は弱いことがわかった。この結果から、クレージングが発生するおおよその閾値が読み取れる。



図-15 多点ゲート製品の模式図

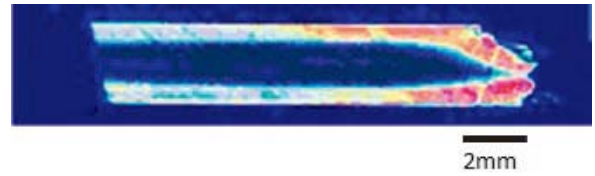


図-16 ゲート1付近の樹脂流動状態（クレージング発生）

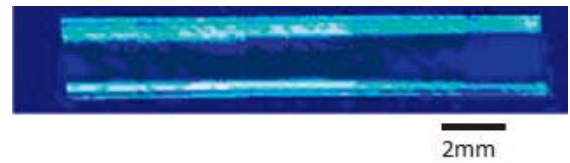


図-17 ゲート2付近の樹脂流動状態（クレージング発生）

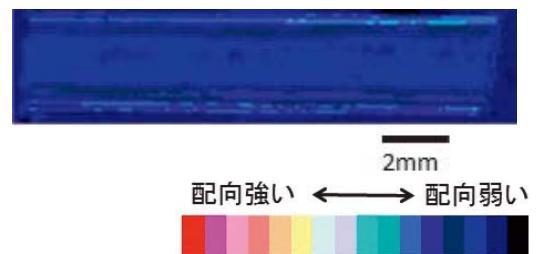


図-18 ゲート3付近の樹脂流動状態（クレージング無し）

### 6-4. 溶着温度による影響の可視化

クレージング関係以外にも流動状態を見たいというニーズがある。異種材料の溶着を必要とする製品があり、溶着部の流動状態を見たいというものである。その検討の中で、温度を変化させてABSと共重合PCの溶着させる実験を行い、それぞれのテストピースの溶着断面の樹脂流動状態を解析し、さらに引張り試験で溶着強度を測定した。結果を表-3にまとめて示す。共重合PCの領域を見ると、240℃で溶着したものの配向が強いのがわかる。溶着強度を比較すると240℃の方が大きい。溶着温度が低いと熔融樹脂の粘度が高く、接合圧力が強いのではないかと考えられる。このような検討においても有用なデータを提供できる。

## 7. おわりに

成形品の流動状態を可視化したいというニーズは、成形加工やめっき・塗装のさまざまな場面で発生している。クレージング以外にも、溶剤クラックやめっき剥がれとの関係を知りたい、また、フローマークやウエルド部分の断面の流れの状態を可視化したい、など多岐にわたっている。これらの問題に本手法を応用し、外観不良問題を

表-3 溶着温度を変化させた時のテストピース溶着部断面の樹脂流動状態と溶着強度

溶着温度	240°C	260°C	 配向弱い ↑ ↓ 配向強い
分子配向状態	 ABS 共PC 1mm	 ABS 共PC	
溶着強度	33.9MPa	15.9MPa	

1つ1つ解決していくことによって、顧客ニーズにこたえる製品製造に貢献していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 加藤 淳：可視化情報学会誌，28 (111)，35 (2008)
- 2) 横井 秀俊：成形加工，29 (6)，176 (2017)
- 3) 坪井 誠太郎：偏光顕微鏡，岩波書店 (1959) p.154

### 著 者



松浦元司



上村明美



渡辺健市



水野克俊



## 共振式ワイヤレス給電技術 / レジスタノブ照明の開発

菅藤 徹<sup>\*1</sup>, 佐藤 真<sup>\*1</sup>, 婦木慎一郎<sup>\*1</sup>, 柴田 実<sup>\*2</sup>, 永井浩美<sup>\*2</sup>

### Development of Wireless Power Transfer via Electromagnetic Resonant Coupling and Register Knob Illumination

Toru Kanto<sup>\*1</sup>, Makoto Sato<sup>\*1</sup>, Shinichiro Fuki<sup>\*1</sup>, Minoru Shibata<sup>\*2</sup>, Hiromi Nagai<sup>\*2</sup>

#### 1. はじめに

現在、先進国では高齢化や人口減少・過疎化の社会問題や大気汚染などの環境問題が挙げられている。特に経済発展著しい中国では両問題に対して自動運転や電気自動車による電動化に取り組み、課題解決へ向けて推進している。我々日本においてもこれら技術に加えて通信技術（5G）を融合した科学技術イノベーションにより、社会問題に対する抜本的な解決策に向けて取り組み始めている。

#### 2. ワイヤレス電力伝送技術

##### 2-1. 日本での戦略的な取り組み

日本では戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の下、脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム研究開発の中にワイヤレス電力伝送技術が含まれている。現状、電気自動車は充電に時間が掛かることから高効率なワイヤレスシステムの開発により走行継ぎ足し充電を可能にし、魅力的なシステムになる。また通信の組み合わせにより電力マネージメントで強さを発揮すると期待されている。これらは大電力の自動車向けのみならずドローンなどの中電力、屋内センサーなどの小電力でも一貫して効果を発揮し実用可能な技術と見越して取り組みがされている。

##### 2-2. ワイヤレス給電の特徴

ワイヤレス給電はコネクタや金属などの接点を介さずに給電する技術である。このため機器コネクタの安全性・防水性・防塵性を向上させつつ、固定接点がないことから磨耗断線不具合を気にせず電子機器に移動や回転などの動きを加えることができ、自由なデザイン設計、演出を可能にする技術として期待されている。

#### 2-3. ワイヤレス給電方式

代表的なワイヤレス給電には電磁誘導方式、電波受信方式、共振方式がある。電磁誘導方式は充電器の製品化がされているが給電距離が短く、また送受電コイルの位置ズレ要求が厳しい。一方、電波受信方式は長距離給電できるものの海洋上に限られ、身近な用途利用には難しさがある。

表-1 ワイヤレス給電方式の比較

	電磁誘導方式	電波受信方式 (マイクロ波)	磁界共振方式
製品例	充電 (モバイル)	電力伝送 (海上基地)	照明 (居住空間)
給電距離	1cm 以内	数 m~数万 km	0.1mm~1m
自由度 (配置、位置)	低	低	高
周波数	10kHz~200kHz	2.4GHz、5.8GHz	450kHz、6.78MHz
システムサイズ	中~大	大	小~大
出力パワー	10W 以下	1000kW 以上	0.5 ~ 2000W

#### 3. 共振方式

送電側と受電側の共振器を電界、磁界もしくはその両方を共振させて電力伝送する方式である。我々は従来の設置位置の限定やズレによる電力効率低下を解消させる方式として着目した。

#### 4. レジスタノブ照明

##### 4-1. レジスタの機能と課題

レジスタは車室内の環境を快適にするべく空調の噴出し口として設置されている部品である。乗員の意図に合わせてノブ可動により、風向を調整する。日中はノブ位置を視認できるが、夜間は暗いためにノブを視認することが困難である。また最近ではノブにダンパーの開閉機能も兼ね合わせ

\*1 商品開発部 外装開発室

\*2 商品開発部 内装開発室

たワンノブレジスタにおいてノブ意匠に目印となる塗装や構造による改善策が見られるが、解決には至っていない。

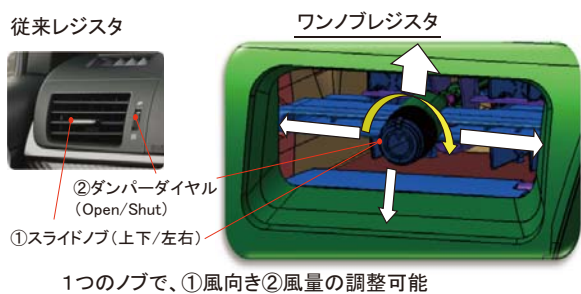


図-1 レジスタの機能と特徴

#### 4-2. ワイヤレス照明のうれしさ

夜間視認性向上には照明機能が有効であるためノブへの配線により電気を流し、LED点灯で問題解決が出来るようではあるが、ノブが可動部であるため磨耗による断線不具合や結露による防水加工処置など様々な技術が必要とされる。しかしワイヤレス給電であればこれらの課題を同時に解決できることから開発に取り組んできた。

表-2 昼夜のノブ見栄えの比較

状態	非点灯時	点灯時
見栄え		
特徴	漆黒表現	円環 無限反射

#### 4-3. 照明価値を最大化したデザイン

培ってきた光技術を駆使して照明機能を夜間視認性向上の活用だけに留まらず、完全な漆黒表現を非点灯時に取込み点灯時を際立たせると共に、虚像効果で奥行き感を演出することでお客様の驚きをより引き出させることを試みている。



図-2 ワイヤレス給電レジスタノブ照明

## 5. おわりに

今回取り組んだワイヤレス給電技術によりレジスタに驚きある意匠・機能照明を融合した製品を実現できた。お客様に「ワイヤレスでWow(驚き)」ある製品供給のため、価値追求と製品の適用拡大を継続していく。

### 謝辞

本技術開発・製品量産化にあたり、社内外の多くの関係者の皆様からのご支援とご協力を賜り、厚く御礼を申し上げます。

### 著者



菅藤 徹



佐藤 真



婦木慎一郎



柴田 実



永井浩美

## 車載電子部品の静電気放電試験技術

酒井勇一郎<sup>\*1</sup>，恩田敬治<sup>\*1</sup>，白井卓司<sup>\*1</sup>

### Electro-Static Discharge Test Technology for Automotive Electronic Devices

Yuichiro Sakai<sup>\*1</sup>，Keiji Onda<sup>\*1</sup>，Takuji Shirai<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年，デジタル家電や車載機器など電子機器の小型化，高性能化に伴い，静電気放電（以下 ESD：Electro-Static Discharge）による機能障害が増加している。

車載機器の ESD イミュニティ試験の評価方法は国際規格 ISO 10605 Ed.2 で規定され，ESD が生じる場面によって，試験方法が異なる（図-1）。その中でも人による組み付け工程を想定した ESD 試験は図-2 の試験配置となり，気中放電にて行う。

一般的に気中放電は接触放電とは異なり，人によるアプローチを伴う空気ギャップを介した放電

となるため製品側に与えるストレスのばらつきが大きい。

そこで，ESD による供試品（以下 DUT：Device Under Test）のダメージを見える化するため，試験現場で ESD 電流を計測する技術開発に取り組んだ。

#### 2. ESD 電流の計測手法

##### 2-1. 基準電流計測

ESD 試験の校正はファラデーケージ（以下 FC）を用いて，ESD ガンをターゲット電極に接触させて電流計測する。

今回基準値として FC を使用しターゲット電極に ESD 放電用のピン（DUT 先端と同等品）を取付けた状態で気中放電させ電流を計測した（図-3）。ピンへの気中放電を基準とした理由として，FC のターゲット電極が平面（図-4）であることに対し DUT の電極線は先端形状を持ち異なるため，擬似的に同じ試験状態を再現させた。

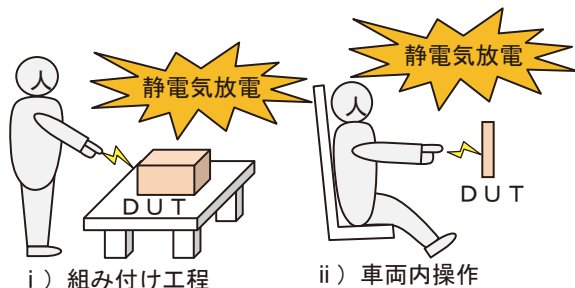


図-1 人による静電気放電

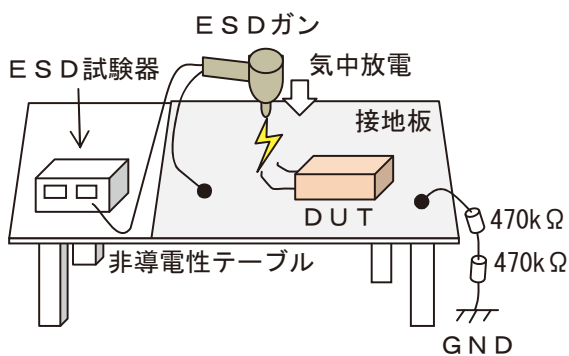


図-2 気中放電試験

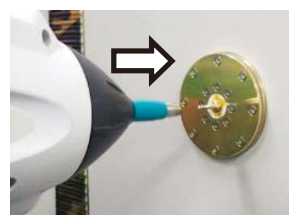


図-3  
ピン有り（先端形状）  
の FC 電極写真

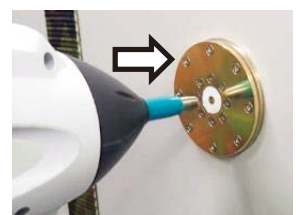


図-4  
ピン無し（平面）の FC  
電極写真

図-5 に平面と先端形状の放電電流の違いを示す。第1ピークの有無に違いがある。ピーク出現の放電プロセスは，針電極によって電極間の空間を部分破壊するコロナ放電と平板電極によって電極間の空間を全路破壊する火花放電との違いから説明できる<sup>1)</sup>。

\*1 電子技術部 性能評価室

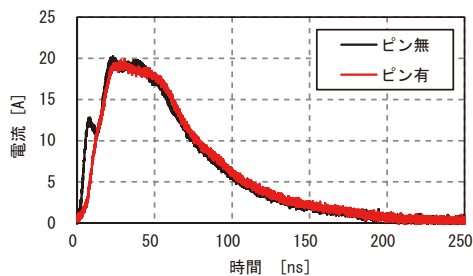


図-5 ピン有／無のESD電流比較

### 2-2. 試験現場でのESD電流計測

ESD電流をカレントプローブ（以下CP）及びシャント抵抗（以下SH）を使用して計測した。

表-1及び図-6、図-7に各試験の検出方法を示す。

ESD試験器の放電条件は放電抵抗330Ω、静電容量150pF、放電電圧+10kVである。

CPとSHの先端形状はFCと比較するため、DUT先端同型のピンを用いた。ESDガンはピンの軸上を200mm/sの速さで近づけて、放電と同時に停止させた。

表-1 ESD電流検出方法比較

検出方法	電流プローブ (CP)	シャント抵抗 (SH)	ファラデーケージ[基準] (FC)
メーカー	Tektronix	T & M	ノイズ研
品番	TCP0030	SDN-414-10	FC200相当
接続	クランプ	挿入	挿入
周波数[GHz]	0.12	2	4
抵抗[Ω]	-	0.1	2.04
サイズ[cm]	20×1.6×3.2	6.7×1.8×1.8	150×159×60

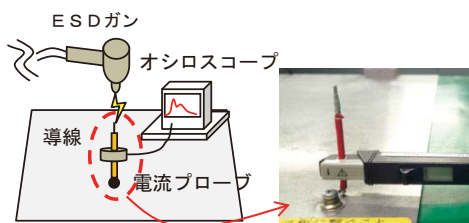


図-6 電流プローブ (CP) による検出方法

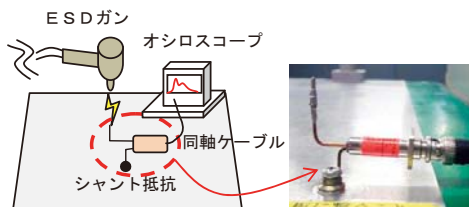


図-7 シャント抵抗 (SH) による検出方法

### 3. 結果

各手法によるESD電流波形を図-8に示す。基準とするFCとSHの電流波形の立ち上がりが

一致し、同等の波形を得ることができた。一方で、CPの電流波形は立ち上がりに5.7nsの遅れと、電流ピークに26%の増加が見られたが、立下りは同等の波形を示した。立ち上がりの遅れは、CPの応答速度がSHよりも遅いことによるものである。

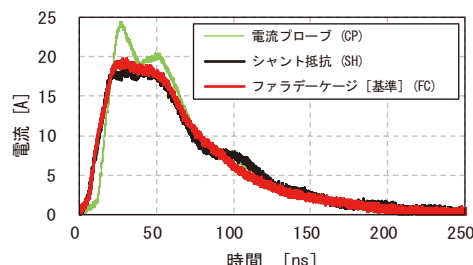


図-8 ESD電流波形比較

### 4. まとめ

試験現場でDUTに流れるESD電流について計測技術を立案し評価を行った。シャント抵抗を用いた計測技術はファラデーケージと同等の電流波形を示したことから、代用可能な手法であることを確認した。その結果、計測現場でESD電流のモニターが可能になった。これによりDUTへのストレスが定量化でき、気中放電現象のばらつき解析に活用できる。

### 参考文献

- 1) 村田雄司：静電気の基礎と帯電防止技術，日刊工業新聞社，1998，p.100-105
- 2) ISO 10605, Road vehicles - Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge, ISO, 2008
- 3) 秋山雪治，戸澤幸大，石田武志：ESDガンの等価回路モデルの改良，エレクトロニクス実装学会誌 Vol.14, No.4, p254-261 (2011)
- 4) 小村淳己，吉田孝博，増井典明：各種放電源からのESD特性の比較，静電気学会誌，36, 1, p.8-13 (2012)

著者



酒井勇一郎

恩田敬治

白井卓司

## 脇見・居眠り警報ハンドル（TGLSS）の電源回路技術

吉田卓矢<sup>\*1</sup>，日比野康司<sup>\*1</sup>，恩田敬治<sup>\*2</sup>

### Power Supply Circuit Technology for Steering Wheels to Prevent Dozing and Inattentive Driving (TGLSS : Toyota-Gosei Logistics Support System)

Takuya Yoshida<sup>\*1</sup>, Yasushi Hibino<sup>\*1</sup>, Keiji Onda<sup>\*2</sup>

#### 1. はじめに

ドライバーの脇見居眠りをハンドルに内蔵されたカメラで監視するシステム TGLSS（以下、システム）をトラック向けアフターパーツとして開発した<sup>1)</sup>。システムはハンドルを交換することで導入できるが、ハンドルの配線がホーン用 1 本のためシステムへの電源供給ができない（図-1）。

本稿ではこの課題を解決するための電源回路技術を報告する。

2) システム誤作動…電源変動の影響でシステムの動作が不安定になりドライバー監視ができなくなる。

#### 2-2. 専用電源回路の開発

前項の問題を解決するため、ホーンとハンドルの間に電源回路を組みこんだ（図-2）。

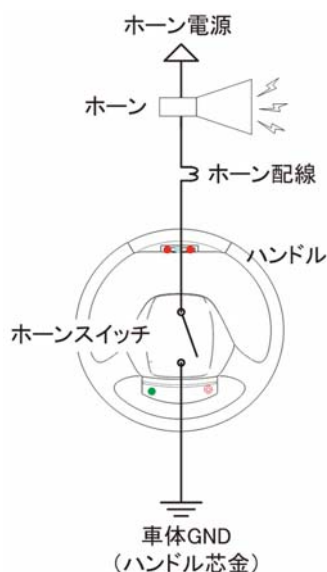


図-1 トラックのホーン配線

#### 2. 開発内容

##### 2-1. 電源供給における問題

ホーン線をシステムの電源供給に流用すると以下の問題が発生する。

- 1) ホーン動作不良…システム故障の影響によりホーンが動作不良（不鳴り）になる。

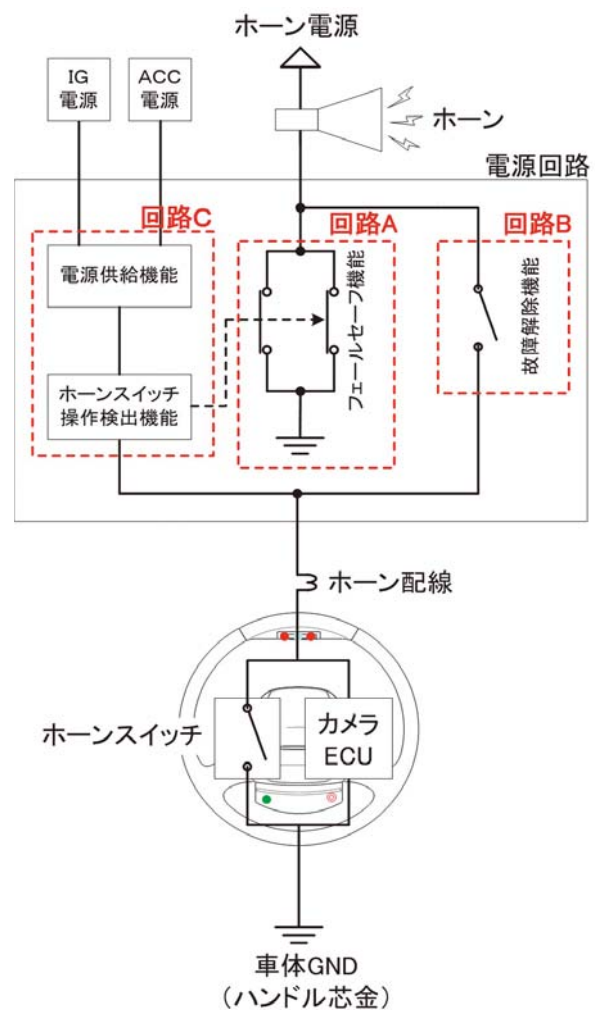


図-2 電源回路図

\*1 電子技術部 電子開発室

\*2 電子技術部 性能評価室

### 2-3. 回路機能 (図-2)

- 1) 回路 A…フェールセーフ機能
  - a) ホーン駆動リレーの2重化による冗長設計
  - b) 電源回路異常をホーン鳴動により、運転者へ通知
- 2) 回路 B…故障解除機能
  - a) スイッチにより、電源回路異常時のホーン鳴動を停止し、元の回路へ復帰
- 3) 回路 C…電源供給機能
  - a) コンデンサにより車両電源の電圧変動を補償 (補償時間: 100ms 以内)
  - b) ホーン配線の電流からホーンスイッチ操作を検出
  - c) ACC, IG による電源2重化

### 2-4. 電源回路の外観と構造

電源回路はハンドルからホーン線の近傍に設置でき、故障時の解除操作を直ちに行う必要がある。また車両へのシステムの導入を容易にする必要性から、車室内の1DINスペース搭載とした (図-3, 図-4, 図-5)。



図-3 電源回路搭載状態

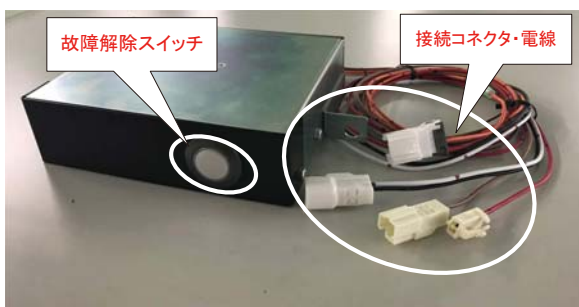


図-4 電源回路外観



図-5 電源回路内部

## 3. まとめ

電源供給とホーン検出機能を単配線で実現する電源回路を開発することで、システムを完成させた。

フェールセーフ機能と、電源の安定供給機能を持たせることで、システムの安全性を担保した。

## 謝辞

本技術におきまして情報提供ならびに、ご協力いただきました関係各部署に厚く謝意を申し上げます。

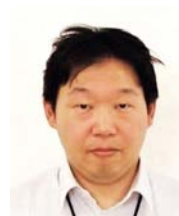
## 参考文献

- 1) 日比野康司, 志賀一三, 小島史泰: TGLSS (Toyota-Gosei Logistic Support System) 脇見・居眠り警報ハンドルの開発, 豊田合成技報, Vol.59, p.35-38, (2017)

## 著者



吉田卓矢



日比野康司



恩田敬治

## 樹脂フューエルフィラーパイプにおける給油性予測技術の開発

丸田康博<sup>\*1</sup>, 椿 公男<sup>\*1</sup>, 安田 陽<sup>\*2</sup>, 関原敦史<sup>\*3</sup>

### Development of Refueling Simulation for Plastic Fuel Filler Pipes

Yasuhiro Maruta<sup>\*1</sup>, Kimio Tsubaki<sup>\*1</sup>, Akira Yasuda<sup>\*2</sup>, Atsushi Sekihara<sup>\*3</sup>

#### 1. はじめに

フューエルフィラーパイプ (図-1) は、燃料を給油口から燃料タンクに送るパイプのことで、豊田合成では本製品を樹脂化することにより自動車の軽量化に貢献している。

樹脂フューエルフィラーパイプ (以下、パイプ) に要求される機能の一つとして給油性があり、燃料を吹き返すことなく、安全かつ確実にタンクへ入れる必要がある。パイプ内の燃料は、流れ易いと給油口からの空気流入量が増加して燃料の蒸発が促進され、タンクの内圧が急上昇して吹き返しに繋がる。また、流れ難いとパイプ内で燃料が詰まり易くなり満タンになる前に燃料が給油口に達して給油が停止してしまう。このため、パイプ内の燃料の流動を適度に制御する設計が必要であり、パイプ搭載スペースは車両後方のボデーとタイヤの隙間に制限されるため、給油性を満足する設計に多くの工数を費やしている。

そこで、製品開発リードタイム短縮に向けて、CFD (Computational Fluid Dynamics) 解析による給油性の予測技術を確立したので紹介する。

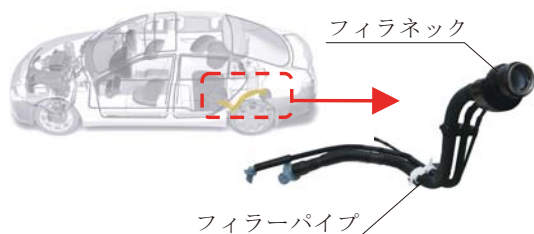


図-1 樹脂フューエルフィラーパイプ

#### 2. 給油性予測に向けた考え方

給油性は、給油ガンから噴射された燃料が持つ押し込むエネルギーとその燃料がパイプを通りタンクへ流動する際に生じる抵抗 (圧力) エネルギーの

バランスにより決まってくる (図-2)。

押し込むエネルギーは、運動エネルギーと位置エネルギーの総和であり、噴射条件と給油口からタンクまでの高低差で決まってくる。また、抵抗エネルギーは、圧力損失エネルギーとタンク圧力エネルギーの総和であり、圧力損失においては、パイプの取り廻し形状による流れに加えて、曲げ加工を容易にする蛇腹部での流れ、パイプとタンクを接続してバネにより流動を制御する逆止弁での流れにより生じる。

今回は、給油性の予測技術構築に向けて、パイプを構成する蛇腹部と逆止弁における圧力損失の精度向上を行い、その後、タンク圧力を加えて給油性の検証を行うステップにて取り組んだ。

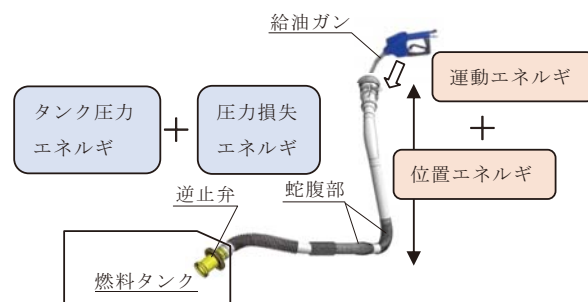


図-2 給油時の流動に関わるエネルギー

#### 3. 給油性の予測技術構築

##### 3-1. 圧力損失の精度向上

蛇腹部と逆止弁の各損失の精度を得るために各構成部品単位に分け、燃料蒸発等の影響を排除するため水による評価を行った。解析には汎用ソフト STAR-CCM+ を使用し、精度向上のためにメッシュサイズの調整と乱流モデルの選定を行った。図-3 は各構成部品の試験と CFD 解析の比

\*1 実験部 予測技術開発室

\*2 SS 技術部 新デバイス開発室

\*3 FC 技術部 フィラパイプ技術室

較結果であり、誤差10%以内とよい一致を得ている。

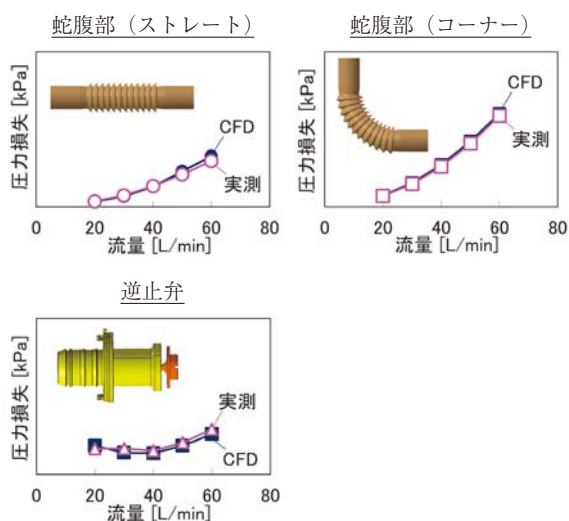


図-3 構成部品の圧力損失比較結果

### 3-2. タンク圧力を含めた給油性予測

給油は燃料と気体が混合して流動するため、解析手法においてはVOF (Volume of Fluid) 法を用い、メッシュ要素内における液体の体積分率にて気液混合状態や界面状態を再現した。

給油性の評価は、給油をしながらタンクの内圧を強制的に高くしていき、パイプ内を燃料が遡上して給油がストップする限界圧力（以下、給油圧力）にて行った。この際、解析における給油ストップ判断は、給油ガンのセンサー位置における燃料の存在を判定することにて行った(図-4)。また、タンク内は燃料蒸発成分が飽和しているとし、解析において燃料蒸発は無視した。

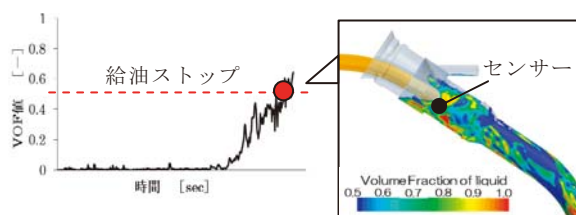


図-4 給油ストップ判定

図-5に給油圧力の結果を示す。給油圧力は、試験と解析にて程よい結果の一致を得ており、パイプ内における燃料の流動抵抗を再現できていると言える。これにより、フィルターパイプの設計段階に給油性確保の確認が実施できる解析技術が確立できた。

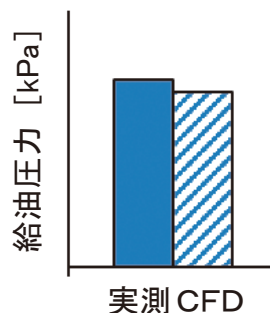


図-5 給油圧力の比較結果

## 4. おわりに

樹脂フューエルフィルターパイプにおける燃料の流動特性に着目し、それらの予測精度を上げることで給油性を予測できる解析技術を構築した。

今後は、燃料の蒸発特性に絡んだ環境規制が厳しくなっていくことを見据えて、対応できる予測技術の開発を行っていく。

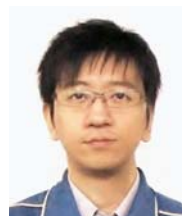
### 著者



丸田康博



椿 公男



安田 陽



関原敦史



## 金型スライド機構の開発

上野拓哉<sup>\*1</sup>

### Development of Mold Slide Core Structure

Takuya Ueno<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

豊田合成では自動車部品を中心に数多くの樹脂製品を手掛けており、大多数が射出成形用樹脂金型によって生産されている。

その金型の一部が内製化されており、高品質・低コストはもちろん、新しい技術や機構の開発も求められている。

今回、市販金型部品メーカー（株式会社テクノクラーツ）との共同開発により、ランナー・ゲート形状を処理するためのスライド機構について新機構を開発したので本報告にて紹介する。

#### 2. 従来機構の説明と課題

##### 2-1. 従来機構の説明

製品の意匠性を損なわず樹脂を製品部に流すためにはゲートを意匠部から見えない部分に設定する必要がある。そのままランナー・ゲートを設定してしまうと金型から製品を離型することができず金型として成立しない（図-1）。そのため、スライド機構を用いて処理をおこなっている。

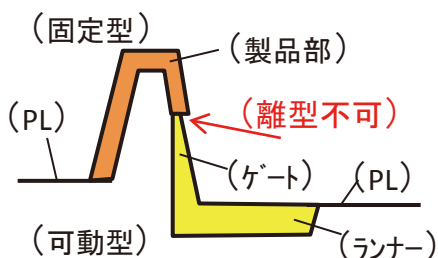


図-1 不成立構造

現スライド機構を図-2-1～2-3に示す。型締め時に可動型(a)が上がって来て、アングュラピン(b)がスライドコア(c)の孔に挿入され前進をしていく（図-2-1）。

前進しきったところで固定型に保持され、樹脂注入時の圧力を受ける（図-2-2）。

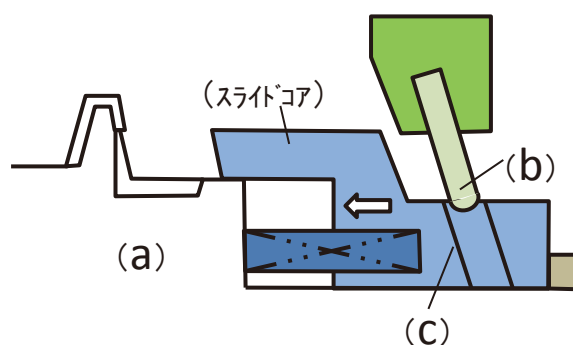


図-2-1 現スライド機構（前進）

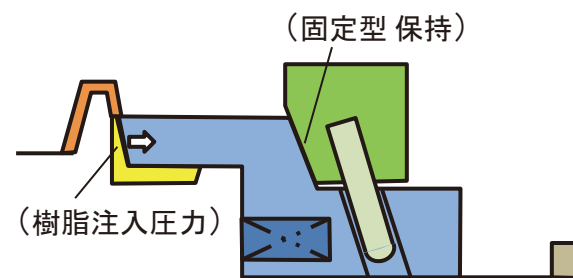


図-2-2 現スライド機構（保持）

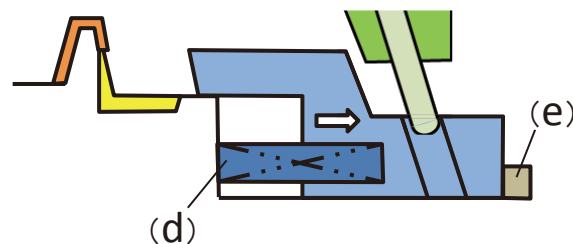


図-2-3 現スライド機構（後退）

樹脂が冷え固まったところで型開きがおこなわれ、アングュラピン(b)とバネ(d)によってスライドコアが後退しストッパー(e)に当たり、止まる（図-2-3）。

##### 2-2. 従来機構の課題

ランナーは基本的に製品外郭に存在し、それを処理するスライドコアも製品外郭に配置される

\*1 金型設備製造部 金型技術室

(図-3). スライドコアのサイズはランナーの長さや周辺の構造体, 強度を加味して設計されるが, ストロークが長ければ基本的にスライドも大きくなる (図-4). それにともない金型サイズが大きくなり材料費・切削量が増えることでコストUPにつながる. そこで機能を損なわず, 省スペースかつ加工性がよい新機構の開発をおこなった.

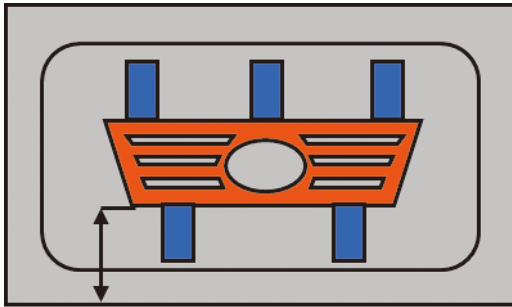


図-3 金型平面図

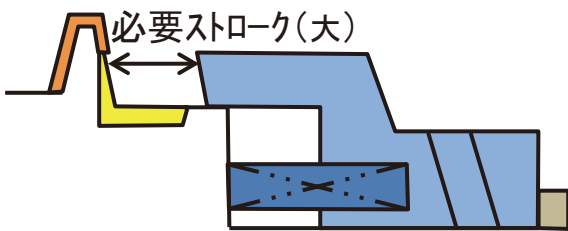


図-4 スライドサイズ

### 3. 新機構概要

本開発は株式会社テクノクラーツが市販している「すっぽん」(図-5) という商品を基に, 共同開発をおこなった.

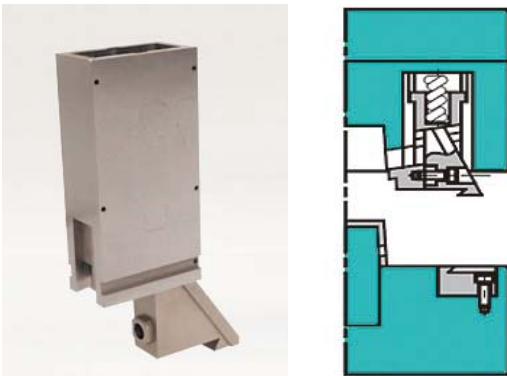


図-5 キャブスライドすっぽん

キャブスライド機構にすることでスライドストロークを最小限に抑えることができ従来に比べ, 省スペース化が可能であると考えた (図-6).



図-6 キャブスライド機構

#### 3-1. 市販品の課題と解決

課題1: (図-5) に示すような市販されている角の形状では体積が増加するため, 金型での配置が規制され, 設計自由度が低くなる. また, 体積が増加すると加工性においても不利である. そこで省スペース且つ加工性を上げるために角⇒丸形状にすることで解決した (図-7).

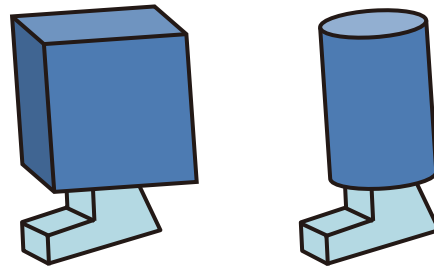


図-7 角形と丸形の比較

課題2: 市販品は固定側のみで位置が決まるような思想でつくられており, 今回処理するランナー・ゲート部は可動側で処理しなければならない. 固定側のみで処理をしようとする意匠面にコアラインがでて品質不良をおこす (図-8). 可動側のみで処理をしようとする射出圧を受ける背面が空間となるため, コアがたわみ, バリ不良や破損を引き起こす (図-9).

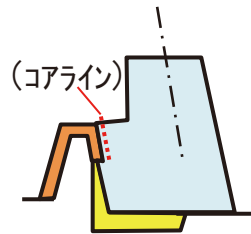


図-8 固定側で位置決め

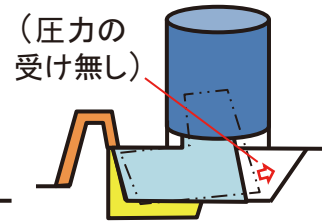


図-9 可動側で位置決め

これを解決するためには, 固定可動で位置ずれを0でおこなわなければならない. しかし, それは加工精度的に極めて困難である. そこで, これをクリアするために (図-10-1, 2) のような

機構とした。Z方向のみを規制して、すっぽんユニット自体が先端コア（可動側位置決め）に追従して動けるようにすることで位置問題を解決した。また射出圧を押しさえ板を介して金型で受けることによりコアたわみ問題を解決した。

課題1, 2ともに解決することで新機構を完成させることができた。

著 者



上野拓哉

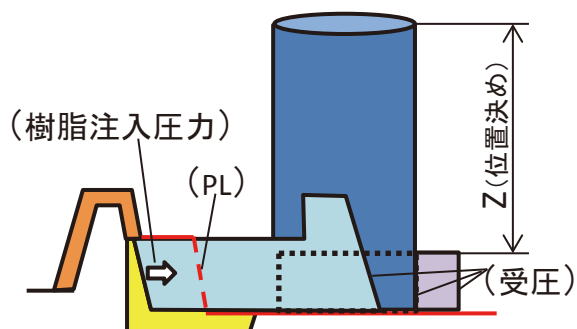


図-10-1 課題解決図（側面視）

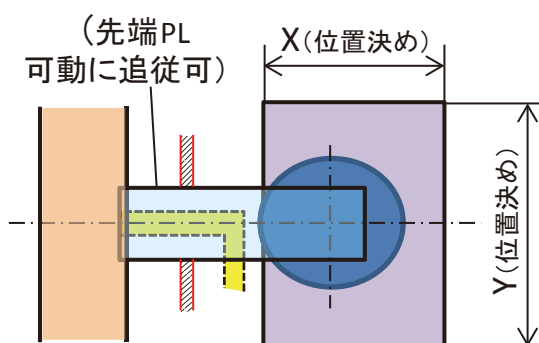


図-10-2 課題解決図（平面視）

#### 4. 最後に

本技術を開発することにより、スライドストロークおよび従来機構のサイズを縮小することができた。この開発により、製品外郭に配置されるゲートによって金型サイズが拡大されていた事例について適正な金型サイズを確保できるようになり、金型製作のコストダウン、重量の削減によるメンテナンス性の向上が確認されている。

最後に、本技術を確立させる上で、ご協力いただいた方々へ厚く謝意を表します。

## オープニングトリム ゆるやかなブツ（外観）不良の検査技術

辻本朋也<sup>\*1</sup>，武市侑也<sup>\*1</sup>

### Inspection Technology for Smooth Bulb Defects of Opening Trim

Tomoya Tsujimoto<sup>\*1</sup>, Yuya Takechi<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

豊田合成では、ゴム成形によるオープニングトリム（以下 OT）製品を生産している（図-1）。

その製品はドアのシール部品であり、製品機能としては遮音性や摺動性のほか、意匠性が求められる製品となっている。

その意匠性において、近年では人の目視による工程保証から検査機による自動検査での工程保証が期待されており、検査機導入のニーズが高まっている。

外観品質基準の一つとして、製品表面の突起物（以下ブツ）の検出が求められているが、ブツの高さが十分なければ安定検出がされていない状態である。

そこで今回、ブツの高さが無い外観不良（以下ユル凸）においても、安定検出できる検査技術の開発を行った。

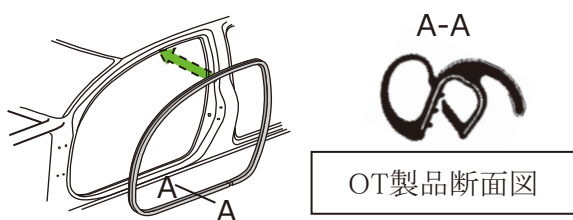


図-1 OT製品

#### 2. 2値化処理による検査技術（従来技術）

豊田合成では従来、LED照明を製品に照射し、カメラにて撮像している。製品表面にブツが発生すると、ブツ周辺の輝度に変化し、輝度に対してある一定の閾値以上の画素を白、以下の画素を黒に2値化処理し、白の画素の合計値によって判定を行う（図-2）。

しかし、製品表面にユル凸が発生すると、ユル

凸部周辺では輝度の変化が小さいため、ユル凸の安定検出が確立されていない問題がある。

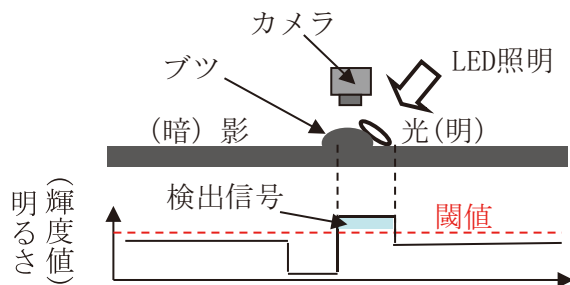


図-2 ブツ検出原理

#### 3. 波長違いによるユル凸検出の優位性

一般的に、キズのような微小な凹凸を検査する場合には、波長が短い青色光や紫色光が適している。しかし、物体の波長に対する反射率の違いにより、波長を使い分ける必要があるため、検査ワークの反射特性を理解しておく必要がある。

そこで、ユル凸検出に優位な波長を選定するため、OT製品のユル凸部に異なる波長（紫外・青・緑・赤・白）のLED照明を照射し、輝度変化の違いが生じるかを検証した（図-3）。

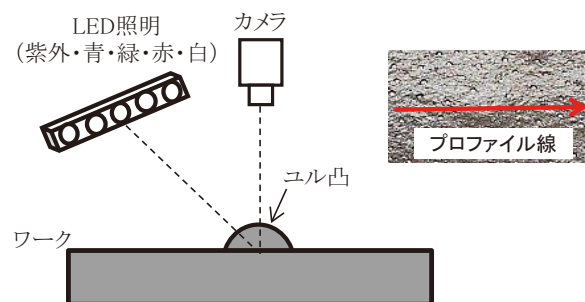


図-3 ヌル凸検出検証

\*1 WS生産技術部 WS第1生技室

図-4は各波長によるユル凸部での輝度変化をグラフ化したものである。x軸が計測プロファイル、y軸が計測プロファイル上の輝度値を表している。プロファイル値200～300の間にユル凸があり、各波長での輝度変化を見てみると、白色で最も大きな変化がされていることが分かる。これは、白色が可視光全域の波長をカバーしているため、検査ワークの反射特性の影響を受けることなく、ユル凸部で波長が散乱したのだと考えられる。

一方で、青色もユル凸部で輝度変化のピークを得られているが、ユル凸部以外（プロファイル値120付近）でも大きく輝度変化していることが分かる。これは検査ワーク表面の微小な凹凸にも波長が散乱してしまっているため、ユル凸部以外の部分で誤って不良判定をしてしまう恐れがある。

以上より、OT製品のユル凸部を安定検出させるためには、白色LEDが最も適していることが今回の検証で判明した。

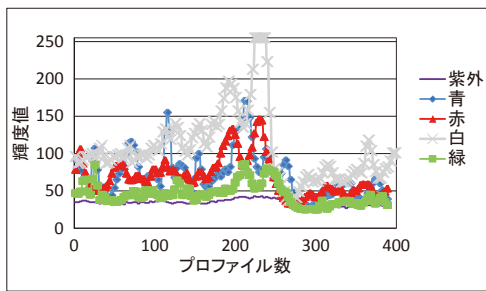


図-4 各波長によるユル凸部での輝度変化

#### 4. 濃淡処理による検査技術（開発技術）

従来技術の2値化処理では、白か黒の2階調の情報としての処理しかできず、外観不良部で十分な輝度変化がされないとカメラで検出できない場合がある。

そこで今回、ユル凸部でも高精度に検出できる濃淡処理技術を開発した。濃淡処理では、撮影した画像そのままの処理を行い、多階調処理（256階調）により中間の色も処理できるため、高精度の計測が可能なが特徴である（図-5）。

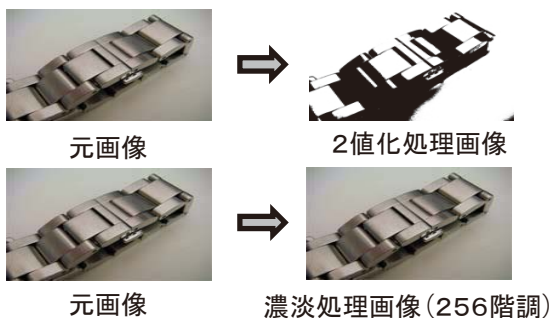


図-5 処理画像比較

検査フローとして、まずカメラで検査ワークを撮像し、取り込んだ画像を256階調の濃淡画像に分けて画像処理し、計測領域を設定する。そして、計測領域内をさらに小さな欠陥検出領域（エレメント）に分割し、エレメントをずらしながら周囲のエレメントとの色差を計測する。その色差に対して閾値を設定し、計測領域内である一定の閾値を超えた色差が算出された場合、外観不良と判定する（図-6、7）。

濃度そのものではなく、濃度の変化量を比較しているため、検査ワークの表面粗度の影響を受けることなく、高精度にユル凸部を検出させることを可能にした。

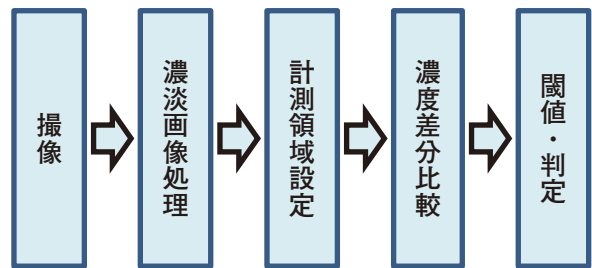


図-6 濃淡処理による検査フロー

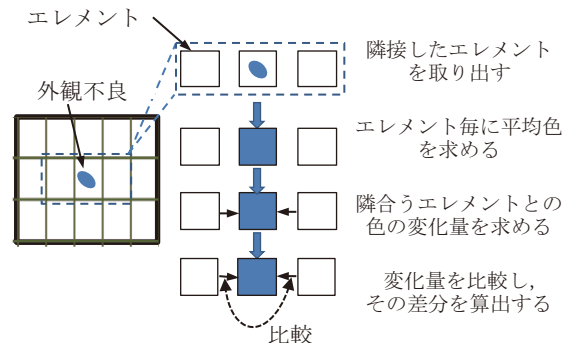


図-7 濃度差分比較詳細

今回の技術確立により、外観不良であるユル凸部の安定検出が可能となり、自動検査による工程保証への足がかりとなると考えている。

#### 5. まとめ・謝辞

今回開発した検査技術によって、OT製品のユル凸不良の検出精度を高めることができた。

この検査技術を既存の外観検査機に導入し、更なる検出精度の向上を目指し、将来的には外観検査機のグローバル展開を計画している。

最後に、本開発においてご協力いただきました関係各部署の方々に厚く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 馬場葉子, 向川康博, 八木康史: 照明光と反射光を考慮した反射特性の推定, 情報処理学会研究報 Vol2011, No41, p.1-8 (2011)
- 2) 鎌田慎也: デジタルデータの分布分析—デジタル画像からの輝度分布分析, *UNISYS TECHNOLOGY REVIEW* 第 87 号, p.79-86 (2005)

## 著 者



辻本朋也



武市侑也

## 燃料系バルブの生産性向上

細江 登<sup>\*1</sup>

### Improved Productivity of Valves for Automobile Fuel Systems

Noboru Hosoe<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

豊田合成では、燃料系の機能製品（バルブ、インレットホース、キャップ等）を生産している。この製品群には日米欧亜それぞれに燃料透過についての法規制があり、巨大市場中国においても北米同等レベルへの法改正が決まっているため、グローバルな対応が急務となっている。

本事例で取り上げる燃料バルブは、燃料タンクと配管の接合部に使用する部品である（図-1）。

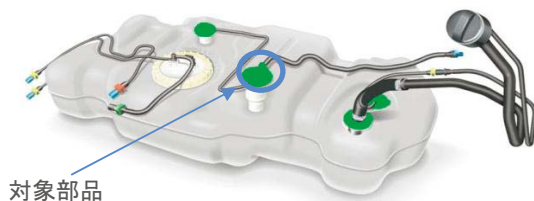


図-1 樹脂製ガソリンタンク

燃料バルブの機能は、

- 1) 燃料透過バリア性
- 2) 燃料タンクとの溶着性

が必要となることから、2種類の樹脂材料を用いることと材料層間の密着（接着）性が要求される。工法としては2層間を熱による化学反応にて接着させるよう同時成形が可能な2色樹脂射出成形工法を採用している（図-2）。

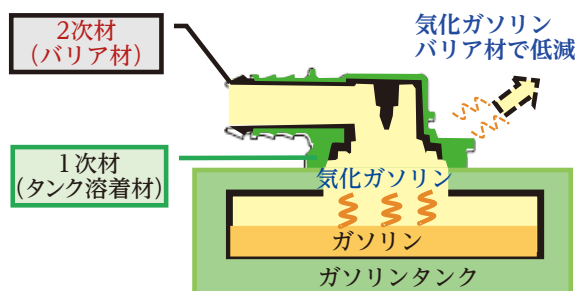


図-2 燃料バルブの機能

#### 2. 生産性向上に必要な技術課題

過去の知見より、号口の成形サイクルタイム以下にするとバリア材の肉厚が不安定になる現象が発生することがわかっている。原因として1次材（タンク溶着材）成形後の製品の取出温度が、サイクルタイムの短縮とともに上昇し、2次材（バリア材）の成形時に肉厚が不安定になることがわかった（図-3）。

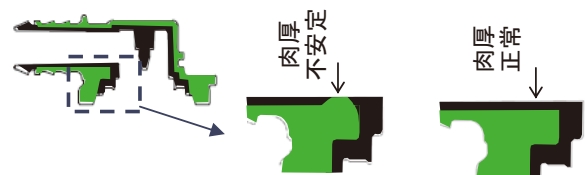


図-3 バリア材の肉厚

#### 3. 開発のねらい

そこで開発のねらいを以下の2点に設定した。

- 1) 2次材（バリア材）の肉厚安定性【成形品質】
  - 2) 成形サイクルタイムのミニマム化【生産性】
- ※ねらいのサイクルタイムをA秒とする

#### 4. メカニズムの推定

##### 4-1. 発生プロセス

肉厚が不安定になる過程を、①～④の順に推定する（図-4）。

- ① 2次材成形時に1次材が2次材に接触すると1次材が圧縮され変形
- ② 1次材が大きく変形し2次材の流路にまで変形が拡大
- ③ 2次材の材料流路が部分的（全部）に狭窄
- ④ 2次材充填不足により肉厚が不安定

\*1 FC 第1生産技術部 FC 第1生技室



図-4 発生メカニズム

#### 4-2. メカニズム推定

「2次材により1次材が圧縮され変形する」ということがキーポイントであると予測した。

その変形が生じる条件としては

【2次材充填圧】 $\geq$ 【1次材剛性】(図-5)であり、そのモードとして下記の状態を抽出した。

モード1: 2次材の充填圧が高い

理由: 2次材の充填速度が速い

モード2: 1次材の剛性が低い

理由: 1次材の温度が高い(軟化)

1次材の樹脂量が少ない(低密度)



図-5 1次材変形条件

### 5. 対策

発生原因と2色樹脂射出工法の工程より、影響が考えられる要因として、工程要因8種類を抽出し生産サイクルのミニマム化を実施する。対策を効率よく実施するため、SQC手法を用いることで要因の絞り込みと、サイクルのミニマム化(最適化)を実施。

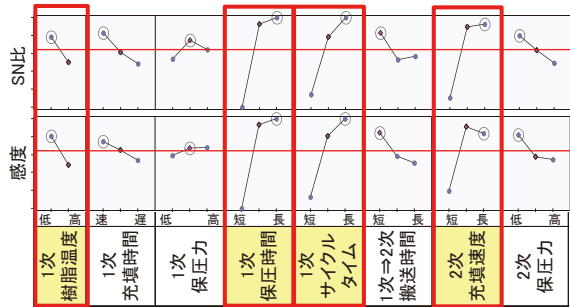
#### 5-1. 実施手順

##### 5-1-1. 要因の絞り込み

- 1) 生産条件要因のスクリーニングを、L直交表を用い、静特性解析し要因効果図より4要因に絞り込み
- 2) 要因効果図より抽出した4要因に対し、「1次樹脂温度」は他への影響大のため除外(図-6)

##### 5-1-2. サイクルのミニマム化(最適化)

- 1) 残り3因子を応答曲面法にて、2次材(バリア材)肉厚と工程要因の予測式を算出
- 2) 算出した予測式よりサイクルタイムのミニマム化(最適化)を実施



※「1次樹脂温度」は他への影響大のため除外

図-6 要因効果図

#### 5-1-3. 解析結果

最適化水準を選定した。今回はサイクルタイムがA秒時の2次材(バリア材)の肉厚であるため、バリア層の肉厚とその他の因子条件を予測式より算出し決定した。

解析の結果、サイクルタイム時間A秒で、肉厚が確保可能であることが得られた(図-7)。

#### 5-1-4. 予測式

2次材肉厚

$$\begin{aligned}
 &= b \times (1 \text{ 次保圧時間}) \\
 &+ c \times (1 \text{ 次ウェット時間}) \\
 &+ d \times (2 \text{ 次充填時間}) \\
 &+ e \times (1 \text{ 次保圧時間} - a) \\
 &\quad \times (1 \text{ 次ウェット時間} - \beta) \\
 &+ f \times (1 \text{ 次保圧時間} - a)^2 \\
 &+ g \times (1 \text{ 次ウェット時間} - \beta)^2 \\
 &+ h \times (2 \text{ 次充填時間} - \delta)^2 \\
 &+ a
 \end{aligned}$$

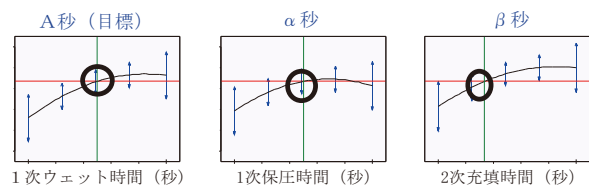


図-7 応答曲面法解析結果

### 6. 開発のねらいに対する実機検証

算出条件にて生産を実施し、サイクルA秒時での2次材(バリア材)肉厚の安定度をCpを用いて評価し、号口同等の工程能力を得ることができた。

【実記検証】

- 1) 2次材(バリア材)肉厚安定性【成形品質】  
対策後 Cp = 2.1
- 2) 成形サイクルタイムのミニマム化【生産性】  
目標サイクルタイム A秒達成



## 7. まとめ

今回のテーマである燃料バルブの生産性向上について、SQC手法を活用することで、製品肉厚の安定性について技術確立できた。また本製品は現在量産適用されており、更なる他製品への活用が期待される。

最後に、本件にご協力いただきました関係部署の皆様には厚く謝意を申し上げます。

著 者



細江 登

## 新インモールドカット開発

西田直樹<sup>\*1</sup>，杉 剛聡<sup>\*1</sup>，丹羽正雄<sup>\*1</sup>

New TG In-mold Gate Cutting System

Naoki Nishida<sup>\*1</sup>，Takato Sugi<sup>\*1</sup>，Masao Niwa<sup>\*1</sup>

### 1. はじめに

豊田合成では、内外装部品事業を中心に、射出成形による樹脂製品を多く手がけている。

射出成形用樹脂金型では、製品・ランナーが存在し、商品である製品を切り離す工程が必要である（図-1）。

ゲート切断工法は下記の2種類がある。

- 1) オフラインカット（型外切断）（図-2）

成形後、ニッパー治具にて切断

- 2) インモールドカット（型内自動切断）

金型内の機械的な機構により、成形の一連動作で切断

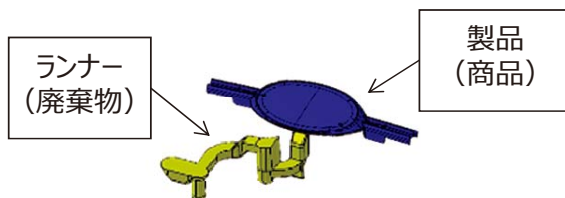


図-1 製品とゲート

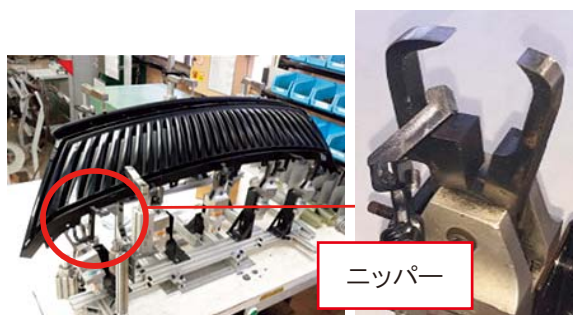


図-2 オフラインカット治具

#### 【インモールドカット】

オフラインカット工程を廃止できることにより、高いQCD効果がある（表-1）。

表-1 インモールドカットのメリット

	項目	効果
Q	品質クレーム	ゼロ
C	ゲートカット治具費	100 (千円/面)
D	調整工数	10 (H/面)
	段替え工数	15 (min/面)

しかしながら、豊田合成のインモールドカットの反映率としては、全製品の約6割（2016年度実績）となっており（図-3）、設備投資や人作業によるコスト高、さらには品質確保が困難な状況である。

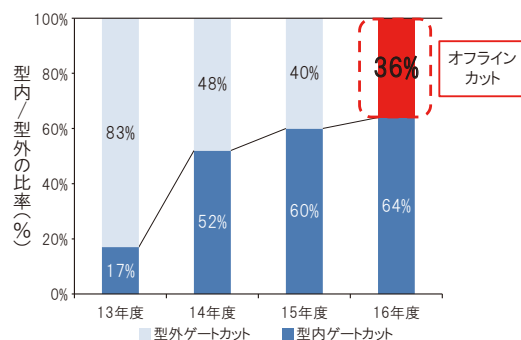


図-3 インモールドカット反映率の推移

### 2. 現状把握

#### 2-1. ゲートサイズ

ゲートサイズは成形品の形状・大きさ、成形樹脂の種類等の各要素を総合的に判断し、流動解析を用いて、圧力損失を加味し設定する（下記式）。

$$L^{(n+1)} = \frac{K \cdot H^{(n+3)} \cdot P^n}{2^{(n+3)} \times (n+2) \times (n+3)}$$

$L$  : 成形品の大きさ [cm]

$H$  : 成形品肉厚 [cm]

$P$  : ゲートでの必要圧力 [kgf/cm<sup>2</sup>]

$n$  : 非ニュートン指数

$K$  : 流動性のパラメータ

\*1 IE 生産技術部 IE 第3生技室

一般的にゲートを大きくすることで、下記のメリットがある。

- 1) キャビティへの樹脂注入が容易になり、成形圧力を下げることができる。
- 2) 保圧が十分かかり、ヒケ量が少なくなる。

### 2-2. 従来工法の課題

従来のインモールドカットにおいては、ゲートサイズに制約があり、一定のサイズを超えるとゲート切断不良（残り）が発生する（図-4）。

（図面値：0.5mm以下）

これにより相手物との干渉や危害性が発生する（図-5）。

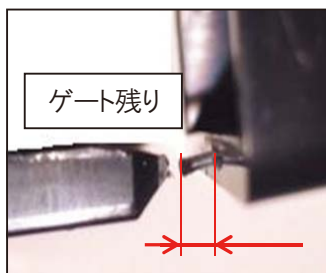


図-4 ゲート残り

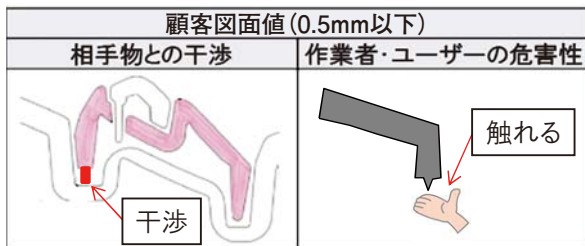


図-5 ゲート残りによる不具合

豊田合成の主なゲート仕様を表-2に示す。

インモールドカットできない製品群は主に高輝度意匠品（めっき・塗装）であり、品質確保するために大きなゲートサイズが必要である。

これらを網羅する新たなインモールドカットの開発を目指した。

## 3. 新技術概要

### 3-1. 開発コンセプト

引張力に注目し、ある機構にてゲートと製品に引張応力をかけることで切断する仕様を開発した（図-6）。

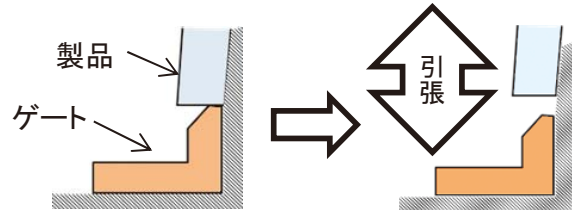


図-6 新インモールドカット仕様

### 3-2. 技術ポイント

2-2項で述べたゲート残り不良を改善するために織り込んだアイテムを以下に示す。

- 1) 切断荷重設定

$$\text{必要切断力 } P \text{ (N)} = \frac{\text{ゲート断面積 (mm}^2\text{)} \times \text{引張強さ (MPa)}}{\text{必要切断力は上記の式にて設定し、ゲート断面積によって切断力を変化させる機構とした。}}$$

必要切断力は上記の式にて設定し、ゲート断面積によって切断力を変化させる機構とした。

- 2) 切断面への応力均一化

中心荷重を受ける両端固定梁の公式を下記に示す。

$$\delta = \frac{Plx^2}{24EI} \left( \frac{3}{2} - \frac{2x}{l} \right)$$

$\sigma$  = たわみ [mm]

$P$  = 荷重 [N]

$E$  = ヤング率 [GPa]

$I$  = 断面二次モーメント [m<sup>4</sup>]

$l$  = 支点間距離 [mm]

表-2 主なゲート仕様

カット方法	インモールド				オフライン
	非意匠品	非意匠品	内装品 (コンソール等)	内装品 (ピラー等)	高輝度意匠品 (めっき・塗装)
ゲートサイズ	小	大	小	小	大
ゲート種類	サイド	ダイレクト	トンネル	カルフォン	モグリ
断面図					
					技術開発

l = 支点間距離を Min 化することで、切断力が切断面に一極集中する機構を考案し、安定した品質を実現した。

改善前後の引張応力分布シュミレーション結果を図-7に示す。



図-7 引張応力分布シュミレーション

#### 4. 実験結果

考案した新インモールドカットの有効性を確認するために、ゲート残り量を測定した。

この残り量の工程能力を算出し評価した結果を表-3に示す。

CpK=2.03 となり、高い有効性が実証できた。

表-3 従来工法と新工法の比較

	従来工法	新インモールドカット
製品		
ゲート残り 規格値: 0.5mm		
Cpk	0.45	2.03
評価	×	○

#### 5. まとめと今後の展望

本開発により、反映率が64%から77%となり飛躍的に向上した。これにより、1項で述べたQCDの大幅な効果を得ることができた(図-8, 表-4)。

今後の展望としてはグローバルでの横展開を推進し、利益確保を図っていくと共に、残りの

23%の課題をクリアするための新たなインモールドカット開発にも取り組んでいる。

最終的にはインモールドカット100%が目標である。

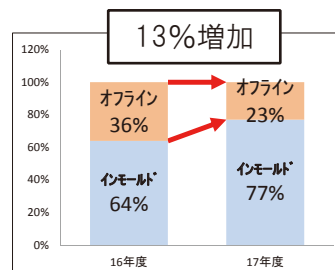


図-8 反映率の変化

表-4 開発効果

	項目	効果 (13%増)
Q	品質クレーム	ゼロ
C	ゲートカット治具費	○
D	調整工数	○
	段替え工数	○

#### 6. おわりに

今回開発した技術は、今後の射出成形工程において、国内外にて効果があり、広く適用できる技術である。

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

著者



西田直樹



杉 剛聡



丹羽正雄

## ウレタンハンドルのピンホール低減技術

筒井良治<sup>\*1</sup>，井添希久代<sup>\*1</sup>

### Pinhole Reduction Technology of Polyurethane Steering Wheels

Yoshiharu Tsutsui<sup>\*1</sup>, Kikuyo Izoe<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

ウレタンハンドルの軽量化・材料使用量低減のために近年ウレタン材料の低密度化が進んでいる。しかし低密度化に伴い、ハンドル表面の外観品質が悪化する傾向になっている。材料密度による表面外観への影響を図-1に示す。

今回、低密度化ウレタンの課題であるハンドル表面の外観品質の最適化を、ウレタン材料の反応挙動制御により量産適合を行ったので紹介する。

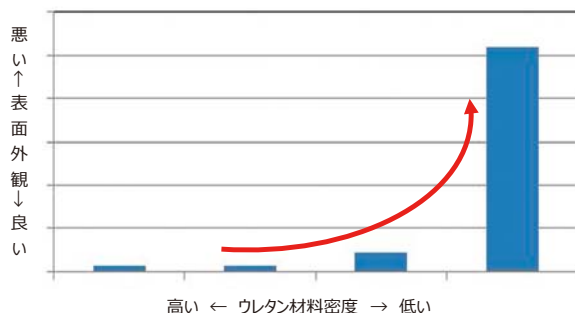


図-1 ウレタンハンドル用材料密度による表面外観への影響

#### 2. 低密度化ウレタンの課題

低密度化ウレタンは、材料が端末部に到達する前に硬化・発泡反応が開始し、ハンドルのリング最終融合部（端末部）に発泡時の気泡が残り易い。ウレタンハンドルの外観不具合発生メカニズムを図-2に示す。端末部に気泡が残ると、ハンドル表面に円形の孔（以下ピンホールと言う）を持った外観状態になり、成形品の不良率悪化を伴う。ピンホール低減のために、ウレタン材料の硬化反応を損なわず、流動性を改善する最適化技術が必要である。

#### 3. 低密度化ウレタンの流動性改善

ウレタン材料の流動性を改善するためには、ウレタン材料中のウレタン触媒配合量を調整するのがポイントとなっている。ウレタン触媒はその目的によって、樹脂化・泡化触媒と大きく分かれる。これまでのウレタン密度ではウレタン触媒すなわち各種アミン触媒の配合量の調整で、改善を実施してきたが、今回の低密度化ウレタンの流動性改善のためには従来方法では限界があると判断した。

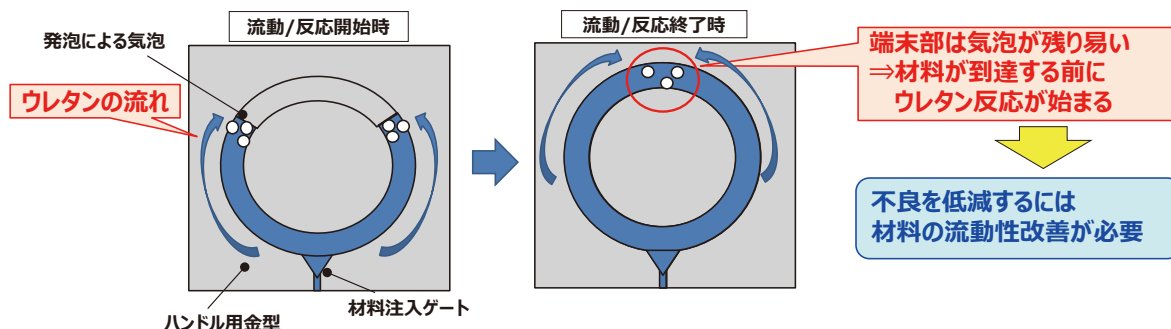


図-2 外観不具合発生メカニズム

\*1 SS生産技術部 SS第4生技室

### 3-1. ウレタン触媒による反応開始遅延

そこで今回流動性改善のために、ウレタン触媒の分子構造を変えることで、ウレタン材料の反応挙動を制御し、反応開始を遅らせることを試みた。

今回のウレタン材料の反応挙動の狙いを図-3に示す。ウレタン材料の改善前の反応挙動は、材料が金型内に注入完了から直ちに反応が進んでおり、ハンドルのリング端末部に気泡が残りがちになってしまう。一方、改善後では材料注入完了から反応が始まるまでの時間を遅らせて、リング端末部に十分にウレタン材料が充填されてから反応が進むように改善を実施した。

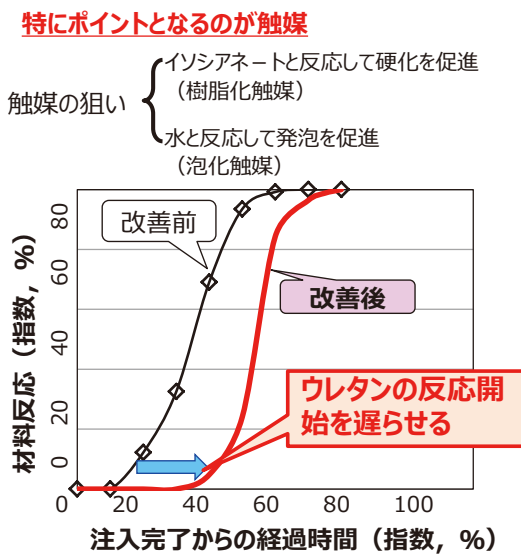


図-3 ウレタン材料の反応挙動 (狙い)

### 3-2. ウレタン配合と成形条件の最適化検討

ウレタン材料の流動性を確保するために、過去の知見より流動性に効く配合因子・成形条件因子を設定し、それらの条件因子を元に応答曲面法(中心複合計画)を活用してピンホール低減可能な最適条件を検討した。その解析結果を図-4に示す。

その結果、改善後のウレタンハンドルの表面のピンホール径を1/2まで小さくすることができた。その結果を図-5に示す。

改善後の最適条件にて成形性を確認し、金型の脱型時間を維持したまま、その他の成形性不具合(脱型不良など)が発生しないことも確認できた。

以上の検討により、低密度化ウレタンの材料配合・成形条件として、ピンホール低減の最適化を達成することができた。実際の低密度化ウレタンでの成形工程でのピンホール不良に対しても低減の効果が認められ、順次適用工程を拡大している。

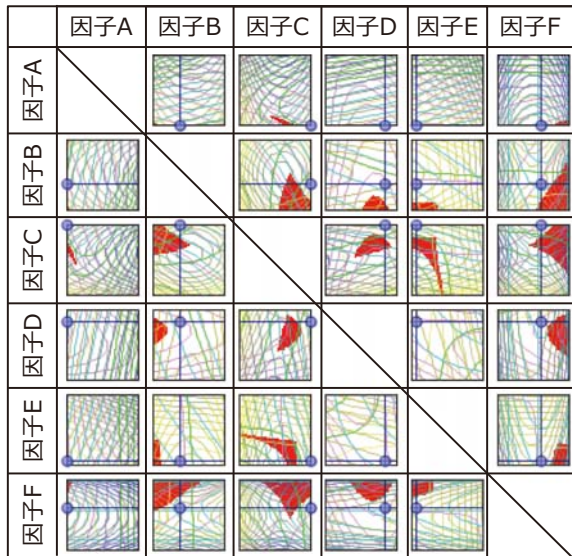


図-4 応答曲面法解析結果

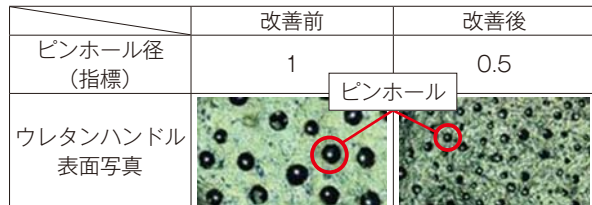


図-5 ピンホール改善効果

## 4. まとめ

今回開発した適用技術は、今後の低密度化ウレタンハンドル成形工程の、成形外観の最適化技術として、活用できるものである。

最後に、本件に協力いただいた材料メーカー関係者、関係部署の皆様に、厚く謝意を申し上げます。

著者



筒井良治



井添希久代

## 発光エンブレム

福井弘貴<sup>\*1</sup>

### Illuminated Emblem

Hiroataka Fukui<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

車のブランドを表現する手段として加飾、意匠形状等で差別化が図られている。近年、外装のデザイン性を高めるため、加飾とLEDを組み合わせたイルミネーションの採用が進んでいる。

今回、昼間は従来品と同じ外観を確保し、夜間は発光することで商品性を高めた、発光エンブレムを開発したので、その概要について紹介する。

#### 2. 製品の概要

本製品（図-1）は、ラジエターグリルに搭載されるエンブレムであり、このエンブレムのめっき調加飾部は光透過材を使用することで、昼と夜の見栄えの違いを実現した。

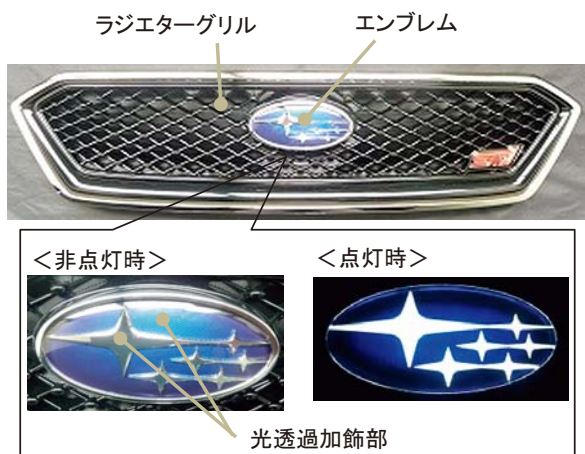


図-1 発光エンブレムの搭載位置と外観

このエンブレム意匠デザインに対して、6連星部を白色で発光させる。又、星周囲部の背景を青色で発光させることでSUBARUの象徴である星と宇宙のイメージを実現している（図-2）。

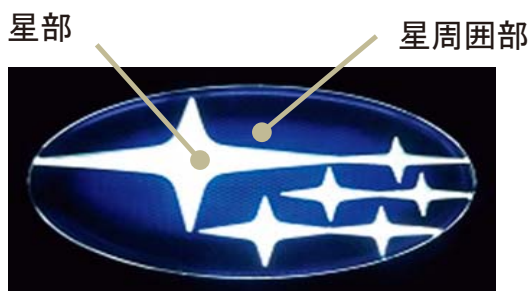


図-2 LED発光エンブレムの発光部位

#### 3. 製品の特長

##### 3-1. 配光設計

本製品は、均一な明るさでの発光を実現するため、端面から入光した光をCAE活用により光学設計したレンズで導光させ、均一な発光を実現した（図-3）。

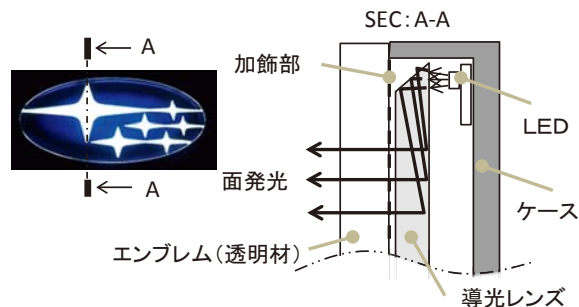


図-3 光経路図

##### 3-2. 奥行きを感じさせる発光表現

車両搭載時のスペースが限られているため、発光エンブレムには薄型化が必要となる。一方で発光の見栄えは奥行き感が望まれる。これら薄型化と奥行き表現の相反する要件を満足させるため、導光レンズの表面・裏面にそれぞれ異なる微細な

\*1 光源デバイス開発部 デバイス開発室

レンズ形状を設け、微細レンズの反射・干渉によって、奥行き感のある発光表現を実現した(図-4)。

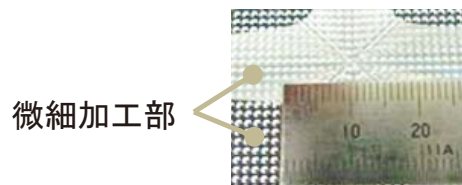


図-4 導光レンズ微細加工

#### 4. おわりに

今回開発した発光エンブレムは、今後のSUBARU車に展開していただく予定である。

最後に本製品の開発、量産化に際しご支援とご指導をいただきました株式会社SUBARU、スバル用品株式会社ならびに社内外関係部署の方々に厚く御礼申し上げます。

著 者



福井弘貴



## LED バニティランプ

水城 哲<sup>\*1</sup>

### LED Vanity Lamp

Tetsu Mizushiro<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年の車載照明は、意匠性ニーズと省エネ意識の高まりにより、LED化が急速に進んでいる。また、昨今では、LEDの発光効率向上と低価格化により、特に高照度照明（ルームランプ、バニティランプ等）の採用が拡大している。

今回は、トヨタ自動車株式会社LEXUSで初めて搭載されたLEDバニティランプを開発したので紹介する。

#### 2. 製品の概要

##### 2-1. 使用目的

本製品（図-1）は、運転席及び助手席の天井に搭載され、夜間時に乗員がサンバイザの鏡を用いて自身の顔を確認する際に、顔を明るく照らす照明である。

##### 2-2. 部品構成と機能

主な部品構成と各々の機能を以下に記す（図-2）。

- 1) 基板：発光，通電
- 2) レンズ：意匠，光の透過／拡散
- 3) リフレクタ：光の反射，天井への取付
- 4) カバー：放熱，基板保護



図-1 製品外観



図-2 部品構成

#### 3. 製品の特長

##### 3-1. 最適化された配光

LEDの配置レイアウトと、リフレクタやレンズの光学特性を利用し、顔位置中央を狙った配光設計を実施した。その結果、製品搭載状態（図-3）での顔位置において、明るさムラの少ない照射を実現した（図-4）。また、自社開発の高光束・高発光効率のLEDを搭載することにより、消費電力を電球タイプの1/10以下へ低減しながらも必要な明るさを確保した。

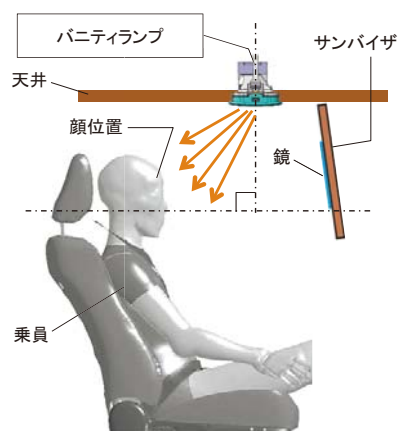


図-3 製品搭載状態

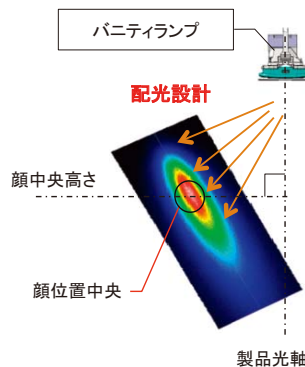


図-4 顔位置を想定した照度評価面

\*1 車載照明技術部 照明技術室

### 3-2. 低グレア

電球タイプで見られた局所的な発光を抑え、光をレンズ全体に拡散させて光らせる面発光技術により、目に突き刺さるようなグレア感（眩しさ）を低減させた（図-5、図-6）。

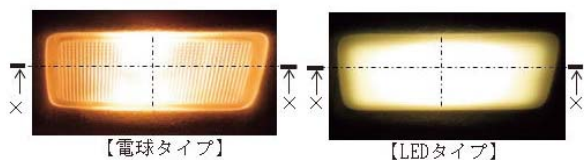


図-5 点灯状態

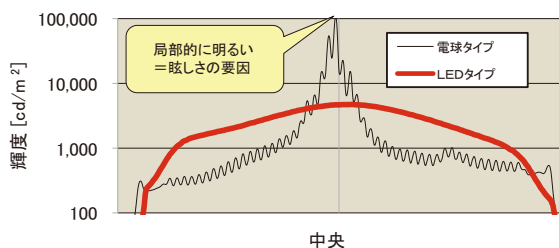


図-6 輝度分布 (X-X位置)

## 4. おわりに

今後も、皆様に喜んで使っていただけるようなLED照明製品を開発していきたい。

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

著 者



水城 哲

## 意匠自由度向上カップホルダー

三井靖之<sup>\*1</sup>

### Cup Holder with Greater Freedom of Design

Yasuyuki Mitsui<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

従来のコンソールシフト横カップホルダーは、コンソールアッパー面にカップホールド穴形状を形成しており、意匠面の連続性を遮断し、外観（意匠性）を損なう結果となっている（図-1）。

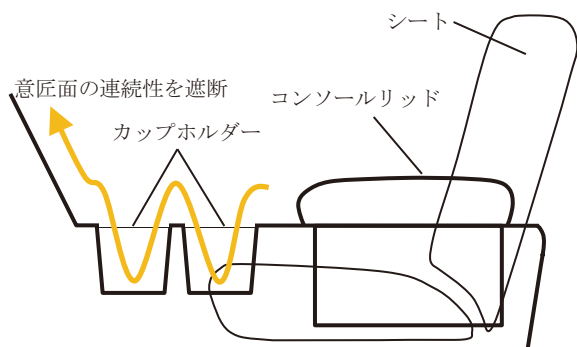


図-1 従来のコンソールシフト横カップホルダー

今回、連続した意匠面を実現させた意匠自由度向上カップホルダーを開発、量産化したのでその概要について紹介する（図-2）。

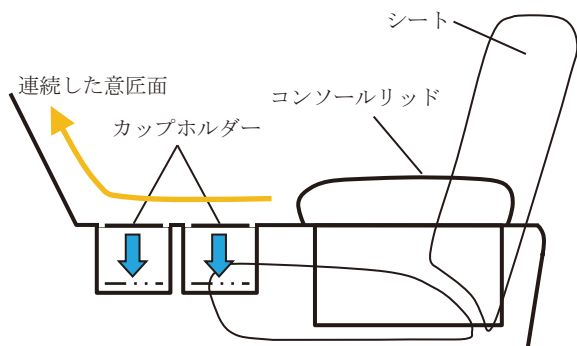


図-2 今回のコンソールシフト横カップホルダー

#### 2. 製品の概要

本製品は、連続した意匠面を達成させるため、カップホルダーとして使用する時はカップホールド面（意匠面）を押し下げて収納（図-3）、ボタン操作で戻すことができる構成となっている（図-4）。

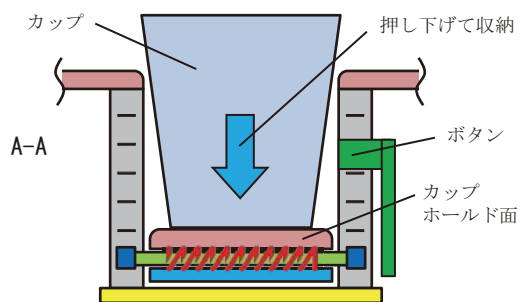
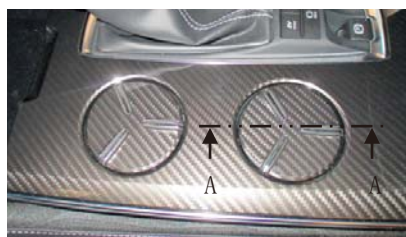


図-3 カップホルダー使用状態

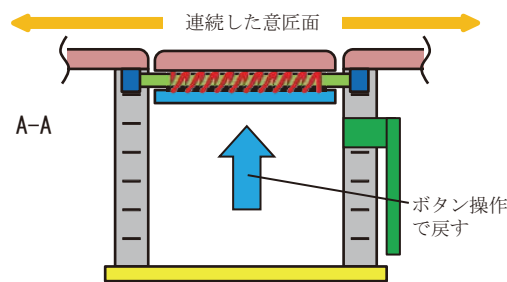


図-4 戻した状態

\*1 IM 技術部 IM 第2技術室

### 3. 開発の狙いとポイント

#### 3-1. 意匠性向上

カップホルド面が昇降するタイプの従来カップホルダーでは、コイルばねをケース側面に搭載してトレイを引っ張り上げていた（図-5）。

それに対して今回の開発品は、コイルばねをトレイ内部に搭載し、トレイを押し下げるとギヤがケースのラック形状によって回転しコイルばねが捻られ、ボタン操作によりロック解除されるとコイルばねの力によってトレイが上昇する構造とした事で、カップホルド面が意匠面から底面まで昇降できることを可能とした（図-6）。

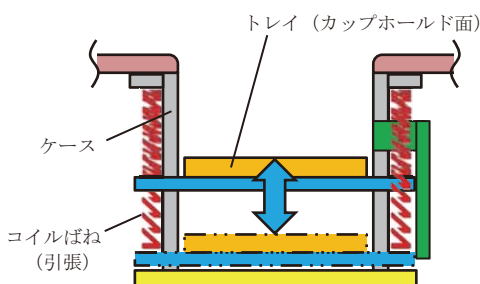


図-5 従来カップホルダー

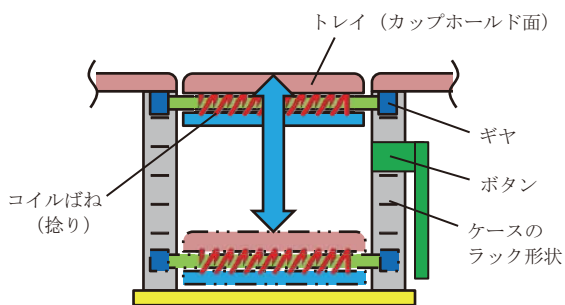


図-6 今回のカップホルダー

#### 3-2. 使用性向上

意匠面がカップホルド面になる事で、カップホルダー使用時に意匠面が傷付く懸念がある。その配慮としてトレイに三又の軟質材を設定（図-7）することで、カップや缶等の底面がトレイに施した加飾に接触しないようにした。

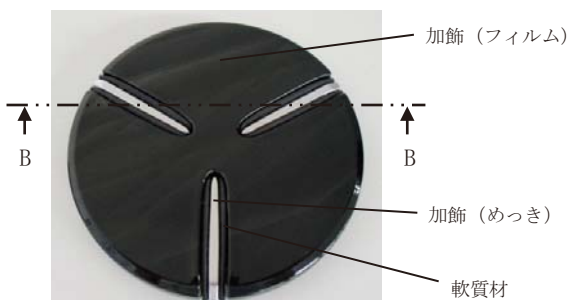


図-7 トレイ

またその軟質材はペットボトル本体底部の滑り止めとなり、ユーザーが片手でペットボトルの蓋を開け閉めすることを可能とした（図-8）。

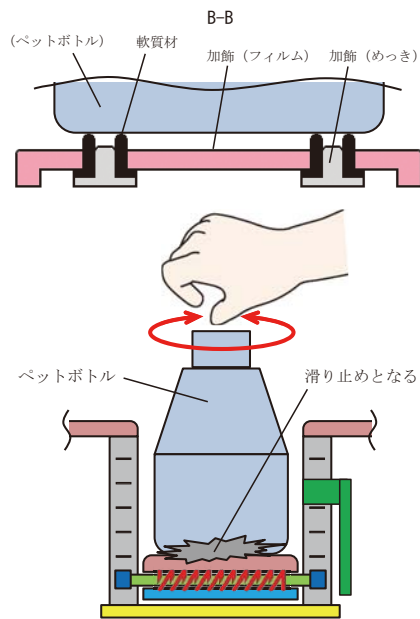


図-8

### 4. おわりに

今回紹介したカップホルダーはクラウンに採用され量産化されることになりました（図-9）。

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



図-9

著 者



三井靖之

## TNGA サイドエアバッグ開発

木野雅夫<sup>\*1</sup>, 柴山幸史<sup>\*1</sup>

### Development of TNGA Side Air Bag

Masao Kino<sup>\*1</sup>, Koji Shibayama<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

サイドエアバッグはシート側面（トリム側）に搭載され、側面衝突時にインフレーター（ガス発生装置）からのガス供給により、ドアトリムと乗員の隙間に瞬時に開くことで、胸部や腹部などへの衝撃を軽減するエアバッグである。

近年、国際統一ダミーとして人体忠実度が向上（リブ・関節の柔軟性等、より人間に近づけた）した World-SID ダミー導入に伴い、サイドエアバッグへの乗員保護性能向上が求められている。図-1 に World-SID ダミーを示す。

今回、世界各地域における車両の衝突安全アセスメントの向上に貢献し、大型車から小型車まで様々な車種に共通して搭載できる TNGA (Toyota New Global Architecture) サイドエアバッグをトヨタ自動車株式会社と共同で開発したので紹介する。



JASTI CO., LTD より抜粋

図-1 World-SID ダミー

#### 2. 製品の概要

従来のサイドエアバッグは胸部・腰部の2つのバッグに分かれた構造に対し、開発品は更に胸部を前後に分割し3バッグ構造にした。従来品と開発品の構造と展開イメージを図-2 に示す。

上側後方のバッグ（下図①）と下側（②）を先に開かせた後、上側前方のバッグ（③）が低い内圧で開くよう設定しており、胸部を保護する。

先に上下に展開させることで、速い衝突速度に対してもドアトリムと乗員の隙間に瞬時に開き、効率よく衝撃を吸収することが可能となった。また3バッグの各内圧を最適化することで保護性能を向上させた。

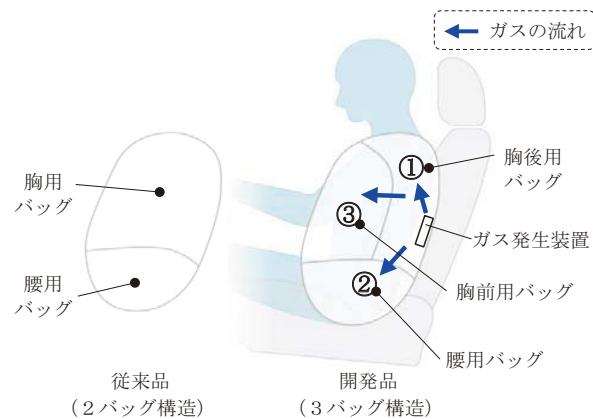


図-2 構造と展開イメージ

#### 3. 製品の特徴

##### 3-1. 3バッグ毎の内圧設定

側面衝突時の人体における胸前・胸後・腰部の傷害耐性値イメージ（大中小）は図-3 に示すように各部位で異なるため、乗員を最適に保護するには、耐性値に合わせたバッグ内圧を設定する

\*1 セーフティシステム技術部 セーフティシステム第3技術室

必要がある。従って図-4に示すように、バッグ内圧を腰部は高压、胸後部は中圧、胸前部は低压に設定した。

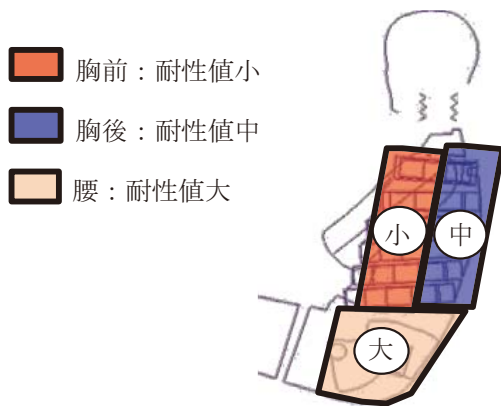


図-3 人体の傷害耐性値イメージ

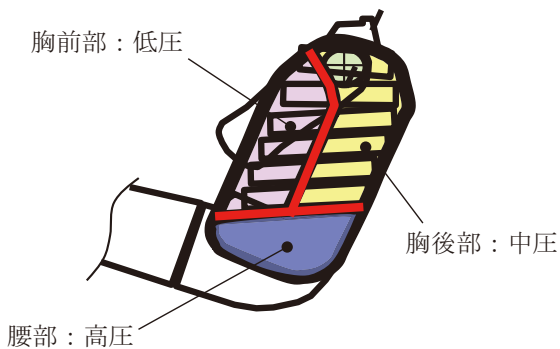
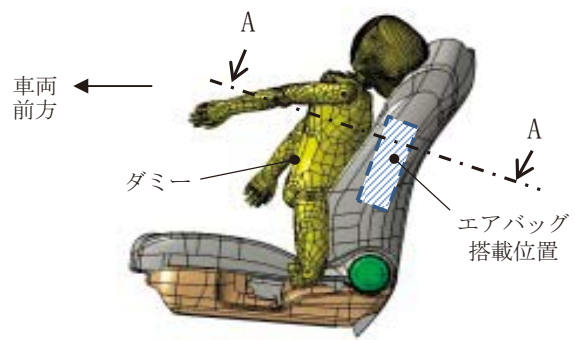


図-4 3バッグの各部位バッグ内圧

### 3-2. OOPに対応した構造

OOP (Out Of Position) 評価とは非正規着座乗員に対する、エアバッグが膨張時に与える加害性評価である。評価形態は図-5に示すように、ダミーが後ろ向き姿勢の場合エアバッグと接近するため、加害性に対して厳しい形態であるが、今回の開発品はバッグをテザー構造により胸前・胸後部に分割し、胸前部を低压にした。更にテザーを車両後方側へ引き込む構造にすることで乗員への加害性を低減させた。



A-A (エアバッグ展開状態)

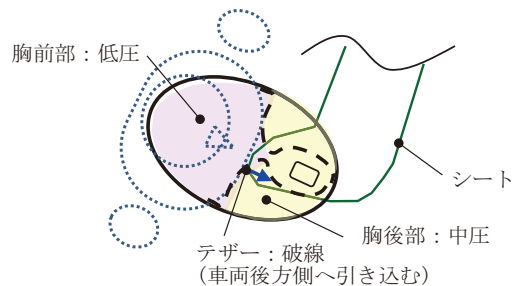


図-5 OOP 評価形態及び展開状態

### 3-3. 効果

3バッグ化することで、World-SID ダミーに対する保護性能向上と、OOP 評価に対するロバスト性向上の両立を可能とした。

## 4. おわりに

今回紹介したサイドエアバッグについては、2017年2月より生産開始。今後の車種へも展開拡大中です。

最後にこの製品の開発・量産化に際し、ご指導ご協力いただいたトヨタ自動車株式会社関係部署の方々に厚く謝意を表します。

著 者



木野雅夫



柴山幸史

## 低 $\mu$ 材による摺動性向上ガラスラン

清水康広<sup>\*1</sup>, 池谷久徳<sup>\*2</sup>

### Improved Slip Characteristics by Low $\mu$ Slip Coating on Glass Runs

Yasuhiro Shimizu<sup>\*1</sup>, Hisanori Ikeya<sup>\*2</sup>

#### 1. はじめに

近年、車両品質向上への取り組みがより高まっており、ウェザーストリップ製品においても、品質向上が強く求められている。製品品質には初期品質と、製品を長く使用したときの耐久品質がある。

今回、ユーザーが操作を行うドアガラスの昇降をよりスムーズにすることを目的として、ガラスランの摺動性を向上させた製品を開発・量産化したのでその概要について紹介する。

#### 2. 製品概要

ガラスランとは、自動車の窓枠に取り付けるTPV製のシール部品で、その主な性能は、①ドアとドアガラスの間からの水・音・埃の進入防止、②スムーズにドアガラスを昇降させるガイド機能、③走行時やドア開閉時のガラスの保持（異音防止）である。図-1に装着部位、図-2に製品仕様を示す。



図-1 装着部位

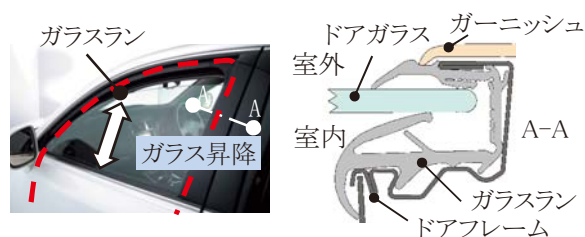


図-2 製品仕様

#### 3. 製品の特徴

##### 3-1. 開発の狙いポイント

ガラスランの低摺動化の手段としては、主に以下の2つが挙げられる。その関係を図-3に示す。

- 1) ガラス摺動部の材料変更（摩擦係数の低減）
- 2) 形状変更（リップ反力の低減）

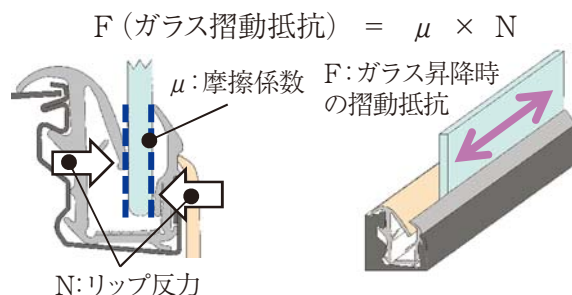


図-3 摺動抵抗関係図

##### 3-2. 材料変更による低摺動化

ガラスランをより低摺動化する場合、ガラスとの摺動部に、より低い摩擦係数を有する材料が必要となる。単に滑り易い成分を配合すれば良いというわけではなく、ガラス摺動時の耐久性、異音防止性に加え、押出時のブツや形状のバラツキなど、製品性能と生産性の両立が重要となる。

今回、滑材の最適化とベースとなる樹脂について配合設計し、滑材ブリードを制御することで初期品質、耐久品質を満足する摺動材を開発した。図-4に摩擦係数の低減効果を示す。

\*1 WS技術部 WS第1技術室

\*2 材料技術部 ゴム材料技術室

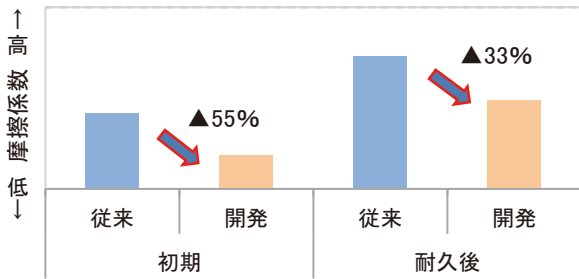


図-4 初期・耐久後の摩擦係数

### 3-3. 形状変更による低摺動化

ガラスランにおけるシール設計のポイントは、必要なガラス保持性を確保しつつ低摺動化することである。保持性が低下すると初期品質はもとより、耐久品質にも影響を与え、水洩れ、ガラスとの異音などの品質劣化が顕著に現れるからである。その関係を図-5に示す。

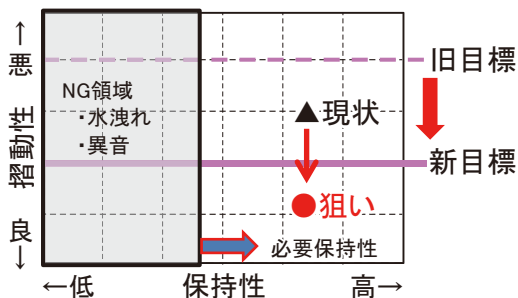


図-5 保持性と摺動性の関係

今回、ドア構造の変更を活用し、リップ反力低減に対してネックとなる部位を変更することが可能となった。開発品では図-6に示すようにリップ根元の屈曲点を変更することによりリップ長さ延長およびたわむスペースを確保し、ガラスランのリップ反力低減を成立させた。また図-7に開発材料と断面形状を組み合わせた摺動抵抗の低減効果を示す。

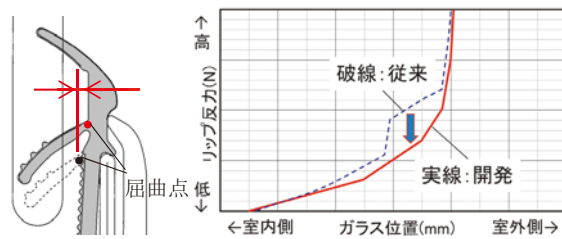


図-6 断面形状の一例（室外リップ）

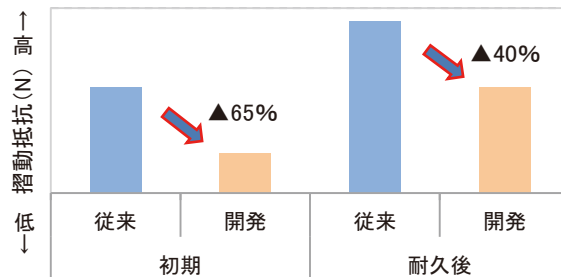


図-7 摺動抵抗低減効果

## 4. おわりに

今回紹介したガラスランは、2018年5月に量産化された。本製品の開発に際しご支援、ご指導いただいたトヨタ自動車株式会社の関係部署の方々に厚く御礼申し上げます。

著者



清水康広



池谷久徳



## オープンタイプ樹脂リッドの開発

川口修平<sup>\*1</sup>，榎本健太郎<sup>\*1</sup>，立野俊史<sup>\*1</sup>

### Development of Open Type Resin Fuel Filler Lid

Shuhei Kawaguchi<sup>\*1</sup>，Kentaro Enomoto<sup>\*1</sup>，Toshifumi Tachino<sup>\*1</sup>

#### 1. はじめに

近年、商品性を上げる目的で、意匠性向上を狙って、フューエルリッド（以下、リッド）の樹脂化が進んできている。

##### 金属リッド



危害感有り

##### 樹脂リッド



意匠面にシボ処理

図-1 リッド

本稿では、北米のLEV III<sup>\*1</sup>法規制に伴う、燃料タンクの密閉システム化に対応したオープンタイプ樹脂リッドの開発について紹介する。

<sup>\*1</sup> 燃料タンクや配管から車外へ排出される燃料蒸発ガスを制限する規制

#### 2. 従来品（プッシュタイプ）の課題

##### 2-1. 密閉タンクシステムについて

LEV III法規制に伴い燃料タンクの密閉システムが必要となる。

密閉タンク内にガスを閉じ込め、弁開放時に回収装置でガスを回収し、排出を抑制する（図-2）。

密閉タンクシステムは、給油前にタンク内圧を開放する必要があり、タンク高压時ユーザーがキャップを触れないようにする機構が必要である。

##### 2-2. 従来リッドでの操作

従来リッド仕様と密閉タンクシステムを組み合わせリッドを開く場合、リッドプッシュ操作で圧

力開放を開始し（①）、15秒後圧力開放が完了するとロックが解除され、解除後に再度リッドを押して（②）リッドが開く（③）（図-3）。

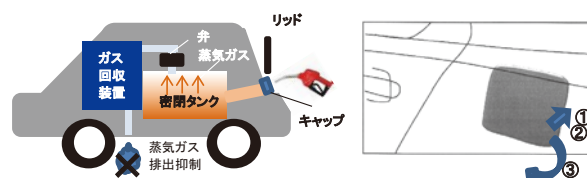


図-2 密閉タンクシステム 図-3 操作方法

上記より、以下2つの課題がある。

- 1) 最大15秒待機必要
- 2) ユーザーに2回押しをもらう必要あり  
(リッドが開くまでに計3アクションが必要)

#### 3. 開発品（オープンタイプ）の概要

運転席でロック解除ボタンを押す（①）ことで減圧が開始、減圧完了後ロックが解除された直後、リッドがポップアップする（②）構造にした（図-4）。その結果、ユーザーの15秒待機がなくなり、リッドを開くアクションを3回から2回に減らせることができた。

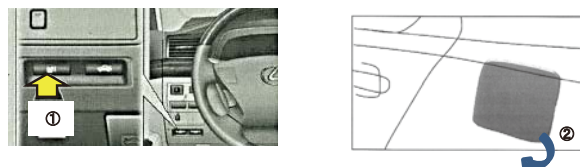
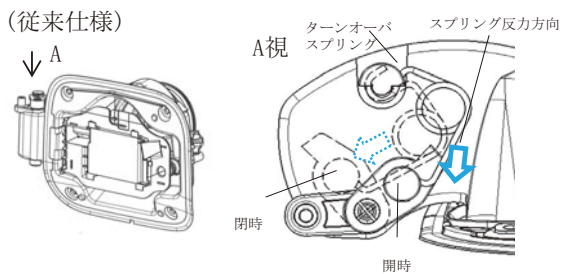


図-4 製品概要

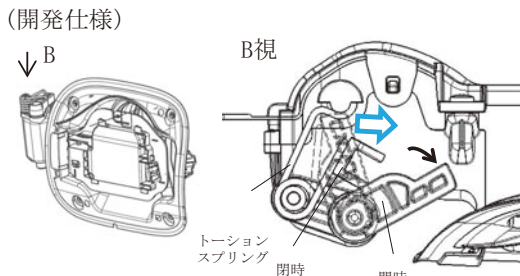
それに伴い、リッドの開閉機構に用いていたスプリングをターンオーバースプリング<sup>\*2</sup>（従来仕様）からトーションスプリング（開発仕様）に変更した（図-5）。

<sup>\*2</sup> 力の作用方向が逆変するようにつばね（反転ばね）

<sup>\*1</sup> FC技術部 エンコパ部品技術室



スプリング反力：閉時及び開時を保持する方向



スプリング反力：リッド開き方向

図-5 開閉機構

#### 4. 開発のポイント

今回の開発品は、リッド全開後ガソリン給油時に、リッドが自重で閉じないように、ARMのブレーキリブとBOXにインサート成形した軟質部(TPO)を干渉させ保持する事を可能とした(図-6, 7, 8).

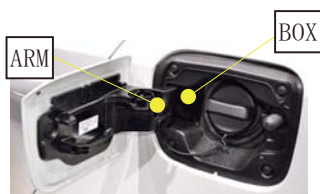


図-6 リッド全開状態

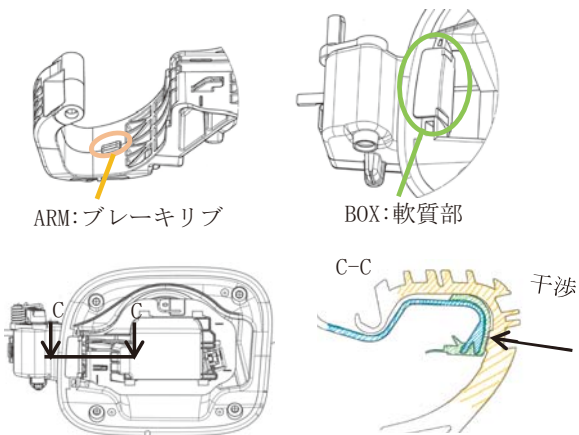


図-7 全開保持機構

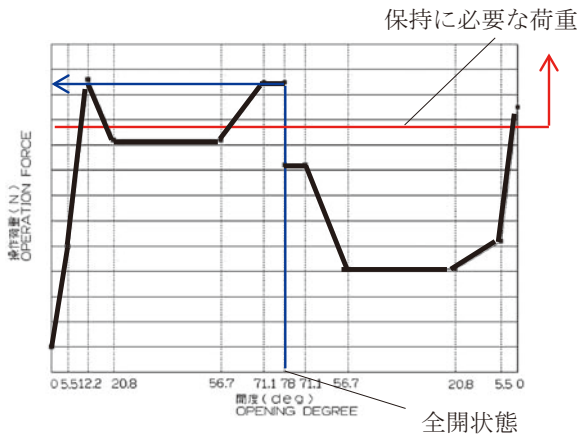


図-8 操作荷重 (設計狙い値)

#### 5. おわりに

今回紹介した樹脂リッドはレクサス LC, LS に採用され量産化されることになりました。

最後に、この製品の開発・量産化に際し、ご支援、ご指導いただいたトヨタ自動車株式会社 レクサスポデー設計部、並びに社内関係部署の方々に厚くお礼申し上げます。

#### 著者



川口修平



榎本健太郎



立野俊史

## 太陽光 LED スポットライト

下西正太<sup>\*1</sup>, 武田重郎<sup>\*1</sup>

Spot Light using HYPERSUNLIGHT<sup>®</sup>

Shota Shimonishi<sup>\*1</sup>, Shigeo Takeda<sup>\*1</sup>

### 1. はじめに

照明分野は、白熱灯を皮切りに、蛍光灯、ベースライト等の省エネ効果の高い領域で、LED化が進んできた。現在は、中国を筆頭としたアジア勢が牽引する形で、LED照明のコモディティ化が加速している。一方、大光量に加え高品質の特長を持ち合わせたハロゲンランプ、メタルハライドランプ等の領域は、LED化が顕著ではなかったが、昨今、著しい技術進歩により、非LED化領域におけるLED化も活発になり、高付加価値LED照明の市場も拡大しつつある。

豊田合成も高品質LED照明の開発を進め、昨年、太陽光LED（製品名：HYPERSUNLIGHT<sup>®</sup>）を開発した<sup>1)</sup>。

本稿では、トヨタ自動車株式会社殿より要望を受け開発した「太陽光LEDスポットライト」を紹介する。

### 2. 製品概要

#### 2-1. 太陽光LED

図-1に「太陽光LED」と、一般的に広く使われている「一般光LED」のスペクトルを示す。

太陽光LEDは、励起光源として紫色LEDを用い、青/緑/赤色の蛍光体を組み合わせ、太陽光に近いスペクトルを設計した。スペクトルは、凹凸の少ないフラットな形状であり、かつ紫外光や赤外光の成分は含まない高品質LED照明で

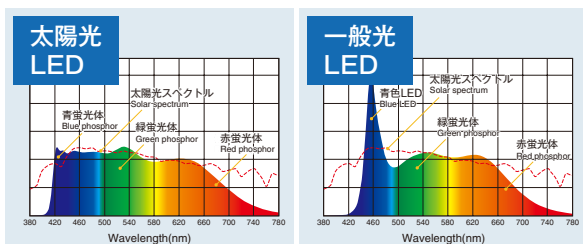


図-1 太陽光LEDと一般光LEDのスペクトル比較

ある。一方、一般光LEDは励起光源に青色LEDを使用しているため、スペクトルはフラットにはならず、太陽光とは異なるスペクトルとなる。

#### 2-2. スポットライト

図-2にスポットライト、および搭載しているLED光源であるCOB (chip on board)を示す。スポットライトの照度は15,000lx以上必要であるため、本件向けに開発した「大出力タイプ太陽光COB」(500個以上のLEDチップを実装)を搭載している。

このCOB1個を1台のスポットライトに搭載し、単一光源を光制御することにより、均一でムラのない高品質な光が得られた。

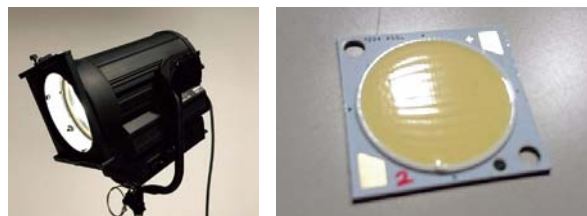


図-2 スポットライトと太陽光COB

表-1に太陽光LEDスポットライトの製品仕様を示す。開発品は、ムラのない均一で高品質な光と、太陽光LEDの特長である高品質(Ra97)に加え、照度15,000lx以上の大光量を持ち合わせている。また、従来のハロゲンランプ1.5kW相当の大光量でありながら、太陽光COBと器具内の局所放熱機構により、11kgの軽量器具を実現した。

表-1 太陽光LEDスポットライトの製品仕様

照度	15,350lx (投光径：Φ1.1m, 距離：3m)
色品質	Ra97 ※ Ra：平均演色評価数
色温度	6500K
フィールド角	20.7°～58.7°
本体重量	11.4kg
器具寸法	254 × 380 × 476mm

\*1 オプトE技術部

### 3. 開発のポイント

スポットライトに最大300Wの電力を投入し、大光量を得ているため、放熱設計が開発のポイントになる。

通常の放熱機構では、最も高温になるLED光源の樹脂部の温度が200℃以上となり、数時間の点灯で樹脂クラックが発生し、ワイヤー断線、不点灯に至る可能性がある。

今回の開発ではこのLED光源の樹脂温度を低減させるため、大出力に対応したCOBの内部構造設計と、スポットライトの放熱設計を行うことにより220℃から120℃まで低減でき、目標の130℃以下をクリアすることができた(図-3)。

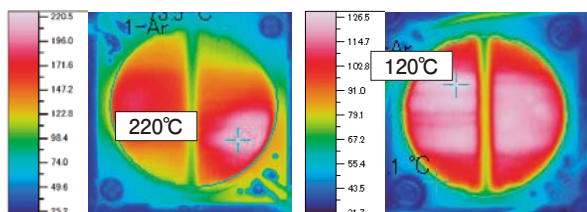


図-3 COBの樹脂温度サーモグラフィー  
(左：従来設計 右：最終仕様)

### 4. 効果の確認




本スポットライトは、晴天時に屋外で実施しているボデーカラーの検査を屋内で可能とする照明を開発目標とした。

表-2にトヨタ自動車株式会社殿にて実施いただいた実車確認結果を示す。屋外と屋内で車2台(パールマイカ, レッドマイカ)のボデーカラーの差と塗装板テストピースの見え方評価を行い、屋内の評価では、太陽光LEDと一般光LEDの2種類の照明を使用した。

結果、太陽光LEDは、一般光LEDと比較して屋外に近い傾向があることが分かった。今後、他の塗色についても見え方評価を実施予定である。

また、これまでの評価で、ボデーカラーにより見え方に差がある傾向があるため、塗色ごとに光量、配光の調整を行い、最適条件を見極めていく。

表-2 実車と塗装板の評価結果

	パールマイカ	レッドマイカ	塗装板
イメージ			
屋外(晴天)	◎	◎	◎
屋内	○	○	◎
一般光LED	△	△	△

基準 ◎：屋外と同じ ○：車両の一部は屋外と同じ  
△：色味が屋外と異なる

### 5. まとめ

省エネルギーに大きく貢献できるLED照明の普及は全世界で取り組む重要な事案である。また、高効率、高色品質のLEDは特にLED照明市場から強く求められている。豊田合成では今後も引き続き環境にやさしい社会の実現に貢献するべく、市場ニーズに応えられるLEDの開発を推進していく。

### 謝辞

今回紹介した太陽光LEDスポットライトは、トヨタ自動車株式会社殿より、実車のボデーカラー検査用照明として開発の申入れを受けたものになります。

本製品の開発に際し、ご支援いただきましたトヨタ自動車株式会社MS塗装生技部、品質保証部並びに関係部署の方々には厚くお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 豊田合成技報 Vol.59 p.83-84 (2017)

### 著者



下西正太



武田重郎

## 車両用収納装置

特許 No. 6160551

発明者 飯谷憲司, 近藤武司

[発明の属する技術分野]

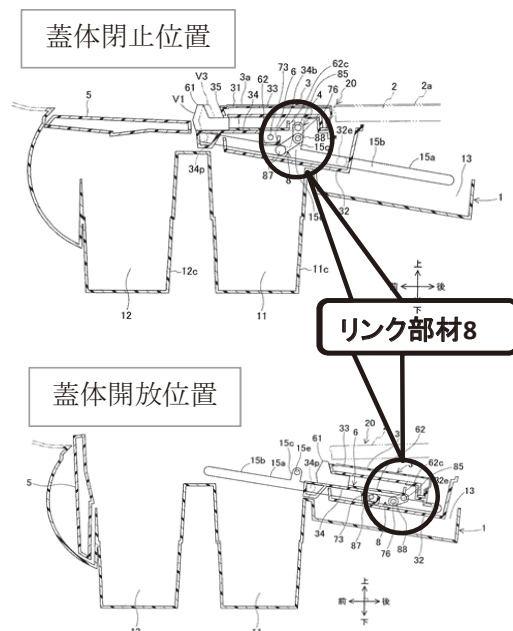
本発明は、開閉可能な蓋体を有する車両用収納装置に関する。

[発明の概要]

車両用収納装置は、収納部 11 を有する本体部材 1 と、本体部材 1 の収納部 11 の開口を塞ぐ蓋体 3 と、蓋体 3 を閉止位置と開放位置との間で移動させる蓋体移動手段 4 とを備え、蓋体移動手段 4 は、蓋体 3 を閉止位置にさせるときには、蓋体 3 をアームレスト 2 に近接させて蓋体 3 の意匠面 3a をアームレスト 2 の意匠面 2a と略同一高さ位置させ、蓋体 3 を開放位置にさせるときには、蓋体 3 をアームレスト 2 よりも低い位置に下降させた後、蓋体 3 をアームレスト 2 の下側に移動させるよう、構成されており、蓋体移動手段 4 は、蓋体 3 と本体部材 1 との間に設けられ、蓋体 3 をアームレスト 2 に対して上下移動させるリンク部材 8 を有している。

[発明の効果]

アームレストと干渉させずに蓋体を開閉させることができる。



## ガラスラン

特許 No. 4888187

発明者 安達健太郎, 吉岡真一

[発明の属する技術分野]

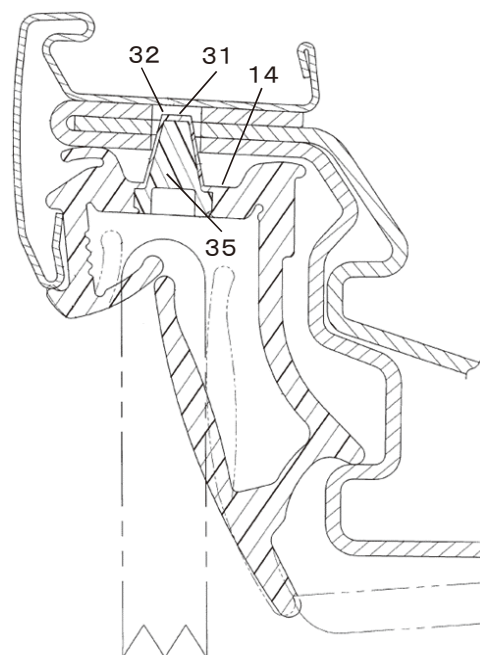
本発明は、ガラスランに関する。

[発明の概要]

ガラスランのコーナーの型成形部には、チャンネル部に設けられた孔 32 に嵌め込まれて係止される規制突起 31 が設けられている。規制突起 31 には、型成形部よりも硬質のインサート部材 35 が埋設されている。規制突起 31 の外周面は段差のない滑らかな平面又は曲面として構成されている。また、型成形部の長手方向に対して直交する方向における規制突起 31 の横幅は、基底部 14 との境界部である付根部から突出方向先端側に向けて次第に狭くなっている。

[発明の効果]

インサート部材が埋設された規制突起が型成形部の基底部に設けられ、チャンネルの取付部に形成された孔に嵌り込んで係止されるため、ドアガラスの開閉によるガラスランのずれ移動を規制する。特にインサート部材が埋設されて露出しないことで、孔と衝突することによる異音が防止できる。



## ウォーターアシスト成形品

特 許 No. 6102769

発明者 岡 哲史, 牧 吉則, 馬淵 修, 木野 等  
 [発明の属する技術分野]

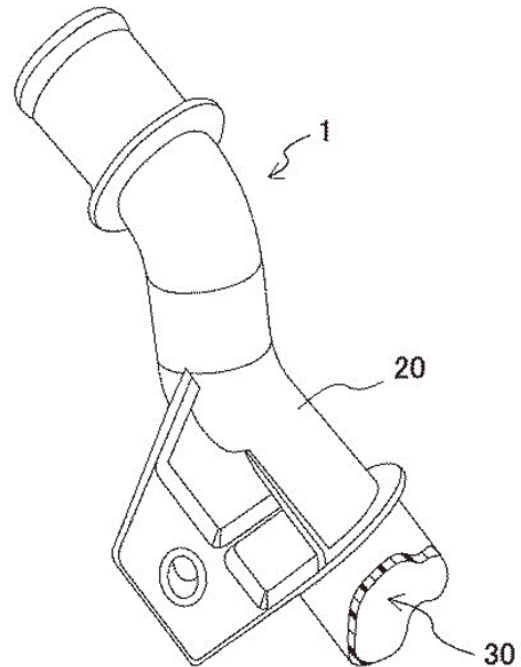
本発明はウォーターアシスト成形法と呼ばれる成形方法で得られた成形品に関する。

[発明の概要]

成形型のキャビティに注入された成形材料中に液体を圧入することで前記成形材料を前記キャビティの外部に押し出して中空部 30 を形成し、壁部 20 と、前記中空部 30 と、を備えるウォーターアシスト成形品 1 を成形する成形工程と、前記キャビティの外部に押し出した前記成形材料を、前記成形工程において前記成形材料の少なくとも一部として用いるリサイクル工程と、を有し、前記成形材料は、PA66 樹脂 / PA612 樹脂 / グラスファイバーの 3 成分を含み、前記 3 成分の質量の和を 100 質量%としたときに、各々の成分の含有量を 23 質量%以上 43 質量%以下とした、ウォーターアシスト成形品 1 の製造方法。

[発明の効果]

製造時の成形材料の損失分が、全量または略全量リサイクル可能になる。



## エアバッグ装置

特 許 No. 4946984

発明者 石黒直彦, 森田文平, 浅岡道久, 伊藤 瞬  
 [発明の属する技術分野]

本発明は、エアバッグの内圧制御や形状制御などに利用できるアクチュエータに関する。

[発明の概要]

作動ピンを有したピストンの先端壁部をシールリングを介してシリンダケースの天井壁部に当接させることにより、作動前におけるピストンの前方側への移動を規制することができ、ガスがピストンの噴出孔を通してシリンダケースとピストンの間に流れることにより、作動ピンを迅速に後退移動させることができるアクチュエータ。

[発明の効果]

シリンダケースの天井壁部とピストンとの間にシールリングを入れると言う簡単な構成で、噴出孔が天井壁部により塞がれることがなくなり、ガスをシリンダケースとピストンとの間に流せて、作動ピンを迅速に後退移動させることができる。

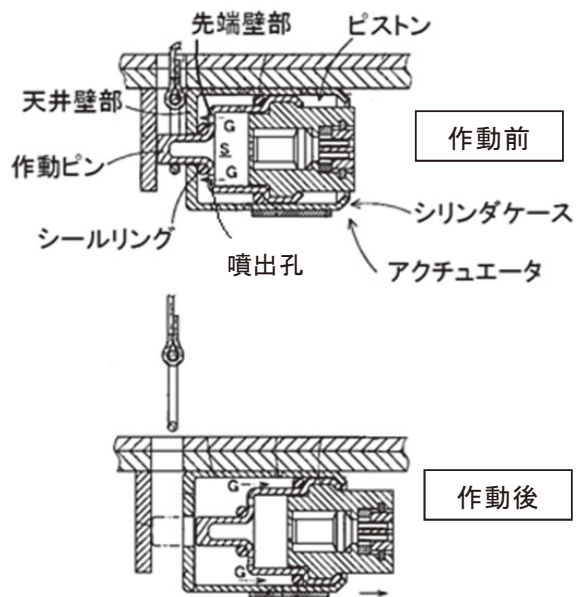


図. 作動前後のアクチュエータ

## 発光装置

特 許 No. 6256699

発明者 三輪朋弘, 酒井和宏, 下西正太, 武田重郎

[発明の属する技術分野]

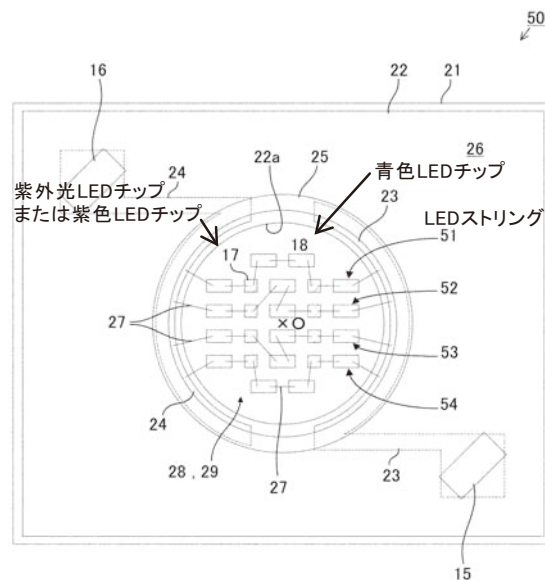
本発明は発光装置に係り, 詳しくは, 複数個の LED チップが直列接続された LED ストリングを複数個並列接続し, 紫外光 LED チップまたは紫色 LED チップと青色 LED チップとを混在させた発光装置に関する。

[発明の概要]

紫外光 LED チップまたは紫色 LED チップ 17 と青色 LED チップ 18 とが直列接続された複数個の LED ストリング 51 ~ 54 間で, 紫外光 LED チップまたは紫色 LED チップ 17 の個数と, 青色 LED チップ 18 の個数とがそれぞれ同一であり, 紫外光 LED チップまたは紫色 LED チップ 17 を, 青色 LED チップ 18 が囲むように配置された, 発光装置。

[発明の効果]

紫外光 LED チップまたは紫色 LED チップと青色 LED チップとを複数個直並列接続した際に, 発光ムラの発生を防止可能な発光装置を提供することができる。



## 編集後記

自動車業界が100年に一度と言われる大変革の時代に直面している中、豊田合成は2018年5月に中長期経営計画として「2025事業計画」を策定しました。

今号は、その計画達成に向けた重点取り組み活動の柱の一つである“イノベーション（革新技術による新領域の早期事業化）”にフォーカスした特集テーマとしました。

また特別寄稿として、20社以上の企業を株式上場させたベンチャーキャピタリストである株式会社アイピーアライアンス 代表取締役社長 木嶋様に、イノベーション創出のための仕組みづくりについて、ご執筆いただきました。

本技報を是非ご一読いただき、豊田合成の活動に興味を持っていただければ幸いです。

最後にお忙しい中、原稿の執筆に尽力いただいた執筆者各位、ならびに原稿の編集に取り組んでいただいた編集委員各位にお礼申し上げます。

## 表紙デザインコンセプト

今回の特集テーマである「未来への挑戦 - 革新的イノベーションの創造 -」をキーワードとし、豊田合成が新しい技術への挑戦を通じて「街」「クルマ」「自然」が寄り添いあう未来を創りあげていく姿を描きました。

全体のテイストとしてあたたかみや明るさを強調し、人へのやさしさや豊田合成への親しみやすさ、そしてこれからの明るい未来に豊田合成の技術で貢献していきたいという希望を表現しています。

デザイン開発部



高橋 美晴

## 豊田合成技報編集委員会

編集委員長	中村 正	(技術管理部)
編集委員	守山 実希	(研究開発部)
	吉田 順治	(材料技術部)
	佐々 道成	(知的財産部)
	渡邊 千穂	(デザイン開発部)
	草場 幸助	(商品開発部)
	田中 義治	(光源デバイス開発部)
	堀邊 隆介	(電子技術部)
	野田 和司	(車載照明技術部)
	関谷 隆	(新製品工法開発部)
	大竹 正起	(IM技術部)
	田中 豊	(SS開発部)
	高瀬 智宏	(WS技術部)
	西 博	(FC技術部)
	丸田 康博	(実験部)
	前田 亨	(金型設備製造部)
	栗木 大次	(生産技術統括部)
	武田 哲夫	(WS生産技術部)
	田中 克巳	(FC第1生産技術部)
	箕浦 健二	(IE生産技術部)
	久保 孝夫	(SS生産技術部)
	千田 昌伸	(オプトE企画部)
	竹内 宏充	(特機部)
事務局	三輪 聡彦	(技術管理部)
	岩本 真由美	(技術管理部)
	家田 与一	(技術管理部)

## TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 60 2018 (禁無断転載)

2018年12月14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 橋本 正一

編集人 豊田合成技報編集委員会

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

印刷所 竹田印刷株式会社

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





**TOYODA GOSEI**

**TECHNICAL REVIEW** Vol.60 2018  
<http://www.toyoda-gosei.co.jp/>

