



TOYODA GOSEI

TECHNICAL REVIEW

競争力あるモノづくりを支える“生産技術革新”



2019 Vol.61

目 次

巻頭言		「諸々の技法は一日にして成らず」	安田 洋	1
特 集	「競争力あるモノづくりを支える“生産技術革新”」			
特別寄稿		“モノづくり”における生産システムの進化 —自動化を支える技術開発の歴史と今後の展望—	土屋総二郎	2
総 説		モノづくり現場の動向と生産技術の取り組み	加藤 克彦	8
論 文		ビッグデータを活用したブツ不良0化への挑戦	佐藤 恭平	13
		パウチ塗料供給システムによる塗料ロス低減	加藤 剛 董 輝 松井 雅英 山口 好彦	18
		蛇腹形状押出品の外観検査技術	野村 正明	23
新技術紹介		ミリ波ガーニッシュ データ収集システムの構築	内堀 樹 牛 龍基 日比野伊久哉 立川 俊二	26
		インフレータ生産工程における 高圧バルブ故障の予兆検知技術	市川 博教 木納 雄一 田中 琢郎 <small>豊田合成(張家港)科技有限公司</small>	28
一 般	論 文	耐電食性ウェザストリップ用 EPDM 材料の開発	中野 寛之	30
新技術紹介		縦型 GaN-MOSFET を用いた昇圧コンバータ	恩田 敬治 林 伸亮	35
		車室内照明のフルカラー化に伴う色バラツキ低減技術	杉浦 康継 木野 徳人 神谷 孝行	37
		北米仕向け 運転席エアバッグの内圧制御技術	河村 功士	40

一 般	新技術紹介	車両レベルでの騒音・振動計測技術構築に向けた取り組み	橋本 善夫 大中 博史	42
		射出成形油圧レス化への取り組み	古橋 洋明 外間 大介 武市 侑也	45
		グリル金型製作における同時5軸加工技術	坂本 憲治	47
	新製品紹介	広角化対応低コストミリ波ガーニッシュ	高尾 和希	49
		意匠性向上ワンノブレジスタ	藤澤 仁士	51
		意匠自由度向上 軽量フィルムアウターウェザストリップ	各務 敏史 高瀬 智宏	54
		サクシヨンブロー工法ターボダクトの開発	中井 司 田中 達哉 酒井 高明 千田 裕之	56
		HAPTIC PLASTeR: Soft, Thin, Light and Flexible Haptic Display using DEA Composed of Slide-Ring Material for Daily Life	黒木 帝聡 米原 悠二 慶應義塾大学 ロシャン・ペイリス 藤原 武史 慶應義塾大学 南澤 孝太	59
	特許紹介	特許紹介	62	

CONTENTS

Preface		All Technologies weren't Developed in a Day. Hiroshi Yasuda	1		
Feature	Production Technology Innovation “that Supports Competitive Manufacturing”				
	Contribution	Evolution of Production Systems in Monozukuri History of Technical Developments that Support Automation, and Future Prospects	Sojiro Tsuchiya	2	
	Review	Monozukuri Genba (Manufacturing Plant) Trends and Production Engineering Activities	Katsuhiko Kato	8	
	Technical Paper	The Challenge of Achieving Zero Contamination Defects Using Big Data	Kyohei Sato	13	
		Reduction of Paint Loss with a Pouch Paint Supply System	Tsuyoshi Kato Ki Toh Masahide Matsui Yoshihiko Yamaguchi	18	
		Inspection Technology for the Outer Surface of Bellow-Shaped Extruded Tubes	Masaaki Nomura	23	
	New Technology	Millimeter Wave Garnishes: Construction of a Data Collection System	Itsuki Uchibori Longji Niu Ikunari Hibino Shunji Tachikawa	26	
		Detection Technology to Predict High Pressure Valve Failure in the Inflater Manufacturing Process	Toyoda Gosei (Zhangjiagang) Co., Ltd. Hirotaka Ichikawa Yuichi Kino Takuro Tanaka	28	
	General Article	Technical Paper	Development of EPDM Materials for Non-Conductive Weather Strips	Hiroyuki Nakano	30
		New Technology	Boost Converter Using Vertical GaN-MOSFET	Keiji Onda Nobuaki Hayashi	35
Improved Lighting Color Accuracy for Full-Color Illumination in Vehicle Interiors			Yasutsugu Sugiura Norihito Kino Takayuki Kamiya	37	
Internal Pressure Control Technology for Driver-Side Airbags in North America			Koji Kawamura	40	

General Article	New Technology	Efforts to Establish Noise and Vibration Measurement Technology at the Vehicle Level	Yoshio Hashimoto Hiroshi Onaka	42
		Efforts for Sponge Rubber Injection Molding	Hiroaki Furuhashi Daisuke Hokama Yuya Takechi	45
		Technology for Simultaneous 5-Axis Machining in Grille Mold Production	Kenji Sakamoto	47
	New Products	Low-Cost Millimeter Wave Garnish for Wider Angles	Kazuki Takao	49
		One-Knob Register with Improved Design	Hitoshi Fujisawa	51
		Lighter Weight Metallic Film Outer Weather Strips with Greater Design Flexibility	Toshifumi Kakami Tomohiro Takase	54
		Development of Turbo Duct with Suction Blow Molding	Tsukasa Nakai Tatsuya Tanaka Takaaki Sakai Hiroyuki Senda	56
		HAPTIC PLASTeR: Soft, Thin, Light and Flexible Haptic Display using DEA Composed of Slide-Ring Material for Daily Life	Keio University Keio University Tadatoshi Kurogi Yuji Yonehara Roshan Lalintha Peiris Takeshi Fujiwara Kouta Minamizawa	59
Patents	Patents	62		

「諸々の技法は一日にして成らず」

All Technologies weren't Developed in a Day.



取締役・執行役員(生産本部長)

安田 洋

Hiroshi Yasuda

豊田合成は今年 70 周年を迎えました。

自動車用ゴム材料研究からスタートした当社は、ゴム・樹脂をコア技術として青色 LED に代表される半導体技術も保有するものづくりのグローバル企業として発展してきました。また、トヨタ生産システムを基本とする製造現場の継続的な改善活動をグローバルに推進し、自ら行動できる人材育成に注力しています。

さて、法隆寺や薬師寺伽藍を復興した宮大工の故西岡常一さんが大事にした言葉に次のようなものがあります。

- ・ 諸々の技法は一日にして成らず、神代以来の祖神達の神徳なり崇祖の心魂忘れるべからず。
- ・ 百工集えば百念ありひとつに導き統べる、是匠長の器量なり。百念百論ひとつに止まる是正。

千年、二千年を考えて建立、復興再建する社殿、仏閣に対する教えのひとつですが我々のものづくりにも通じる考えと思います。例えば、当社の基幹事業であるエアバッグは、日本での量産開始が 1989 年とわずか 30 年の歴史ではありますが、大変多くの要素技術の積み上げで成り立っており、数々の失敗事例も含めて先人達の知恵と努力の結晶であると考えます。そのひとつでもおろそかにすれば、人の安全を守るべき装置が凶器に変身してしまう事は皆様のよく知るところです。

また、原理原則に沿ってものづくりを進める事は、大勢のエンジニアによって組織的に仕事をする上では絶対に必要な事です。百念百論をひとつにまとめるためには原理原則、誰が見てもその通りだという論理に基づいて仕事を進め完成させることが重要です。そこには技術だけでなく、誠実に謙虚に仕事をするという事も含まれており、決められた事を決められた通りにやる、間違いは素直に認め是正することも大事な事であると認識しています。

自動車産業は 100 年に一度の変革期にありますが、当社は「One Team, One TG」をスローガンに事業活動を推進し、グローバルで 67 グループ会社、約 40,000 人のメンバーが想いをひとつにして日々の仕事に邁進するために、先人達の知恵や経験と原理原則を大事にし技術革新に取り組んでいきたいと考えています。

今回は豊田合成技報初めての生産技術特集です。豊田合成のコアであるゴム・樹脂加工を中心にその一端をご紹介します。理解を深めていただければ幸いです。

また、今回の特集にあたり弊社社外取締役の土屋総二郎氏からモノづくりに関する特別寄稿を頂戴しております。大変興味深い内容となっておりますのでご期待いただきたいと存じます。

“モノづくり”における生産システムの進化 —自動化を支える技術開発の歴史と今後の展望—

土屋総二郎^{*1}

Evolution of Production Systems in Monozukuri

History of Technical Developments that Support Automation, and Future Prospects

Sojiro Tsuchiya^{*1}

1. はじめに

モノづくりの進化の歴史は、有益で品質の良い品物をいかに効率良く作るかといった基本的な課題の進化に他ならない。人間のモノづくりの知恵と技能を機械に置き換えて、人手に頼ることなく機械にて行うことが生産の自動化である。ここであえて自動化の文字を「自動化」、つまり自律的に働くとしているのは、特にモノづくりにおいて自動化は勝手に動くということではなく、人間に代わって作業をしているという意味をあらわしている。決められた性能・品質のものを常に作り続けなければならない生産現場では、問題があれば直ちにそれを検出して自分で修正する、それがかなわぬ時には機械を止めるなどが必要である。自動化の「動」の字に、ニンベンをつけて「自動化」とするのはTPS改善では普通であるが、筆者にとってもしっくりとするからである。

モノづくりの自動化は、そこに使われる機械の進化により実現されてきた。生産技術の仕事にはいろいろとあるが、少し長期的に見れば自動化を着実に進めることが、大切な役割の一つである。通常、自動化には多額の費用、設備投資が必要である。一方、自動化による効果も大きい。どんな事業においても費用対効果は重要なことであるが、自動化においても、常に少ない費用で大きな効果を生み出すような努力が生産技術者には重要である。効果的な自動化システムの立案とともに、自動化のためのマシンやコンポーネントへの最新技術の導入や、新規開発も必要である。現場の改善や最適化と、技術開発による革新的な変革は、常に車の両輪である。両者が連携しながら進んで行くことが、自動化の推進とその結果としての競争力の向上において極めて重要なことである。

日本のモノづくりにおいて、現在、そして今後

も生産現場における人手不足は深刻な課題である。人手不足やそれに伴う労務費高騰からの安易な生産の海外移転は、製造業の持つ本質的な付加価値を失うとともに、開発、設計、生産、販売、サービスといった一連の流れを壊してしまう危険性ははらんでいる。今後とも日本が繁栄し発展していくためには、「日本のモノづくり」は決意を新たにしながらさらに磨きをかけていかなければならない。人が足りなければ、その分生産性を上げれば良いのである。生産性向上にはIEなどによる改善も大変重要であるが、それに加えて自動化は決定的な解決策になりえる唯一の方策である。現在はIoTなど情報技術を活用したモノづくり変革が一つの大きな流れとなっているが、情報だけではモノは作れない。情報を受け取りそれによりモノを作り出す自動化された機械がどうしても必要である。モノづくりにおける自動化機械には長い歴史があるが、IoTの時代においてはコンピュータや制御機器の進化と相まって、今まで以上に大いに発展していくものと思われる。今後とも自動化を実現するための技術、機械やユニット、部品等において、日本が世界をリードし続けることは大変重要なことである。

2. 自動化の歴史

モノを作る道具や機械は人の歴史とともに進化してきており、その方向はいかに効率的に品質の良いものを作るかということであった。人の能力には限界があり、それを乗り越えていくためには、人間に代わって仕事をこなせる機械、すなわち自動化が必要となってくる。このような観点は、自動化が始まった古代から現在まで、また今後も変わらぬものである。

自動化の最初の代表的なものは、古代エジプト

*1 社外取締役

などで使われ始めた水車ではなかろうか。人が生きていくために飲み水を確保し、そして作物を育てるためには水は不可欠なものである。水は高いところから低いところへは勝手に流れるが、逆の場合は水くみという大変な作業が必要となる。これらの作業を水車で行うことは、昔の日本でも一般的に行われてきた。さらに水車の回転軸から動力を取り出して、石臼を回して製粉するなどの自動化へと進化していった（図-1）。



図-1 水車

これらの水車や風車の動力は、馬や牛といった家畜による動力とともに、蒸気機関や電機モーターが出現するまで、人間の代わりに仕事をこなす自動化のための動力の主役であった。その後、18世紀になり蒸気機関の発明、実用化がなされて強力で安定した動力が得られるようになり、機械化や自動化の本格的な展開が始まった。そしてそれが産業革命へと進展していった。

蒸気機関などの動力は、一般的に負荷がかかると回転数が低下するという特性を持っている。逆に無負荷の場合は回転数が上がりすぎて破壊する危険もある。自動化機械の動力として使うには、負荷の変動にかかわらず安定して回転しなければならない。このような目的のために、遠心调速機（ガバナー）が開発された（図-2）。これは蒸気機関の回転速度に比例して蒸気バルブを開閉す

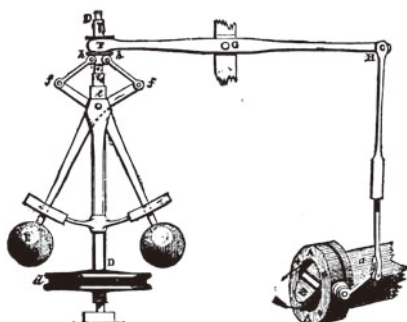


図-2 调速機（ガバナー）

るものである。今で言うフィードバック制御、自動機械のどこでも使われているPID制御の原点であり、制御工学の源流となったものである。

人間の生活に必要とされるものは、衣・食・住と言われるが、衣類で必要となる織物を作ることは大変手間と時間のかかる作業であった。この分野の自動化はいち早く進められた。日本では豊田佐吉により1890年に従来の両手を使うボタン織機を改良し、箆框（おさかまち）を片手で前後に動かすことにより杼（ひ）を飛ばすことと、緯糸をうちこむことを同時に行うことのできる豊田式木製人力織機が発明された（図-3）。その後は、1896年に豊田式動力織機、1906年には環状織機、そして1924年には有名なG型織機（無停止杼式豊田自動織機）が開発され、ほぼ全自動で織物が作れるようになった。

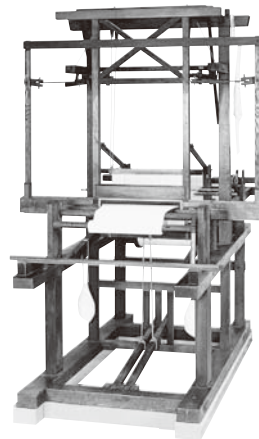


図-3 豊田式木製人力織機

第2次世界大戦後は、自動車産業や家電製品などの産業を中心に大量の部品や製品を効率よく、安定した品質で作るために自動化は急速に進化した。当初はフォードなどの欧米の工場で積極的に進められたが、日本においても1960年代～1980年代の高度成長期における生産増大要求と人材不足から急速に自動化は進んだ。当初の自動化は、同一のものを大量に生産できるというものであったが、その後は市場の変化から自動化設備は、多くの種類のことを柔軟に生産できるというフレキシブル化の方向に進化した。

1990年代に入ると、バブルが崩壊してモノづくりの成長も鈍った。多くのモノづくり産業が海外に市場を求めて展開し、沢山の工場が海外に作られた。ここでは豊富で安価な労働力が容易に入手できたため、国内での自動化を以前の手動に切り替えて展開することも多くあった。しかし現在では新興国の経済発展は著しく、その結果として労務費も大幅に高騰してきており、自動化への期待は世界的に高まっている。

3. 加工分野の自動化を支える NC 工作機械

モノづくりの工程において大きくは、部品を作る工程と、それらを組み立てて製品にする工程とに分けることができる。その中でも部品加工の代表とも言える機械加工の自動化は比較的早くから進められてきた。当初はカムなどによる機械的なものや油圧機器を用いて自動化された工作機械が活躍する時期もあったが、現在はコンピュータにより指示されたとおりに複雑な加工も全自動で行うことのできる数値制御工作機械 (NC 工作機械) に置き換わっている。

前述した産業革命では、動力となる蒸気機関やそれにより動かされる各種機械類に、複雑で精度の高い機械部品が大量に必要とされた。これらを製作するために丸物を加工する旋盤や角物を加工するフライス盤、穴をあけるボール盤など、今でもおなじみの工作機械が作られるようになった (図-4)。しかしこれらの工作機械はすべて人が操作して形状や精度を作り出すものであった。機械には人が、しかも熟達した技能を持つ人が、つきっきりで操作しなければならない。これらの作業を人に代わって加工できるようにしたのが NC 工作機械である。NC 工作機械の概念・原型は、1952 年にアメリカで開発された。日本では 1959 年に富士通信機製造 (現ファナック) により、NC 工作機械の心臓部となる電気・油圧パルスモータが開発され実用的な NC 機械が実現された。1972 年には、世界初のコンピュータを内蔵した NC 装置 (CNC 装置) が出現し、多軸で複雑な加工を可能とした現在のような NC 工作機械へと発展してきた。NC 旋盤は丸物の外面、内面、端面などの通常の旋削加工に加えて、付随する平面加工や溝加工、穴加工等の従来は別の機械で加工していた各種の加工まで全自動で行うターニングセンタへと進化してきた。NC フライス盤も工具の自動交換 (ATC) やワークパレットの自動交換 (APC) を装備するようになり多くの工程、そして加工物の交換までも自動で行えるようになり、複雑な形状の加工物を長時間、全自動で加工することが可能なマシニングセンタへと進



図-4 旋盤の原型¹⁾

化した。さらに近年では制御装置とソフトウェア技術の進歩は目覚ましく、従来の X, Y, Z 3 軸を制御する機械から、回転方向の 2 軸を加えた 5 軸同時制御の機械も一般化し、型などの自由曲面を持つ複雑な形状の加工も全自動にて加工できるようになっている (図-5)。



図-5 マシニングセンタ²⁾

しかしこれらいくら高度化した機械も確かに加工中は全自動ではあるが、そこに加工物を正しくセットし、また刃物・工具類を適切に選び、その動作を指令するのは人間であり、現場技能者の役割の重要性は以前にも増している。ただ技能の内容が変わってきているだけである。

4. 組み立て、搬送の自動化を支えるロボット

でき上がった部品は、組み立てを行い、調整・検査を経て製品となる。組み立ては多くの場合人手によることが多いが、生産数量の多い量産では大きな負担となる。たばこや清涼飲料水など 1 秒間に何個も作るような圧倒的に数量の多い生産においては、古くから専用の自動化機械が作られてきた。問題なのは月産 1 万個から 10 万個程度の生産である。加えて種類も多く、また製品の変化も大きい場合は専用の組み立て自動機では対応が難しい。生産形態として製造工程を整理・標準化して一列に並べる生産ライン化は行っても、組立そのものは人間に頼る場合が多く効率化は作業改善など IE 手法により行われてきた。ところが近年産業用のロボットの機能向上や低価格化が進み、急速に活用が進んできている。ロボットと言うと人造人間や機械人間という概念で鉄腕アトムのイメージも強いが、モノづくりにおいては人間に代わって組み立てなどの作業をプログラムに従って行う自動機械のことである。これが産業用ロボットと呼ばれるものである。産業用ロボットの起源は、1950 年代のアメリカに遡る。誕生のきっかけは指示通りに繰り返し動くロボット、つまりティーチング・プレイバック方式で動くロ

ロボットの概念が、1954年にアメリカの技術者ジョージ・デボルにより特許出願されたことである。その後、このアイデアは1959年に「ユニメート」ロボットとして実現された。ユニメートが極座標系に対して、円筒座標系の「バーサトラン」ロボットもほぼ同時期に開発されて、GMなどの自動車工場に導入された。1960～1970年代、日本においても人手不足などが深刻となり、産業用ロボットに注目が集まった。米国ユニメーション社と川崎重工の技術提携による「川崎ユニメート」は自動車製造においてボデー溶接・組み立てなどに広く使われた(図-6)。この時代に、川崎重工以外にも各社がロボット開発を精力的に始め、現在あるロボットメーカーへと成長していった。



図-6 ユニメートロボット³⁾

ロボットの初期には、投資採算が比較的有利な作業、いわゆる3K作業中心に展開されていった。溶接工程やダイカスト、塗装などである。その後は重量物や、取り扱いが困難な分野の物の移動や組み立てに使われるようになった。1978年には、山梨大学の牧野教授らにより水平多関節ロボットが開発された。これはシンプルで制御軸数も少なく小型化も容易であったことから、従来はなかなか使いにくかった小物の部品組み立て工程でのロボットによる自動化への道を開いた。現在ではこ



図-7 4軸水平多関節ロボット⁴⁾



図-8 6軸垂直多関節ロボット⁴⁾

の水平4軸水平多関節ロボットとともに、より自由度の高い6軸垂直多関節ロボットも多く使われている(図-7, 図-8)。

従来からロボットはその安全性の面から、ロボットを安全柵の中に入れて人とは隔離して使われてきた。しかし使い勝手が悪く、人の作業と連携することもできないのが大きな欠点の一つであった。近年のロボット開発の方向は、より人にフレンドリーで使いやすいものへと進化を続けている。各種センサーなどを用いて安全性を高め、柵から出して人と共存できるロボット、人協調ロボットが開発されている。さらにマシンビジョン(カメラ)により目を持つことや、AI技術を活用して自律的に状況を判断するなどできるようになってきている。ロボットを動かすためには煩雑なプログラミングやティーチングが必要であるが、この面でも開発が進んでいる。ロボットのハンドを、人の手で実際に作業通りに動かしてやり、それをロボットが自動で記憶する方式など、人に優しく使い易いものへと進化を続けている。ここでも人が不要になったと言う訳ではなく、ロボットに作業を教えるのはやはり人であり、ロボットが効率よく仕事ができているか否かは現場の力によって大きく影響を受ける。またIEなどの作業改善も、従来の人作業からロボットの作業に代わっただけで重要なことは変わらない。

5. 生産システム、生産ラインの進化

自動化は、当初は1台の機械での作業の1サイクルを自動で行うところからスタートした。その後、ワークの着脱や搬送も自動化され、作業者がそこに居なくてもある程度の時間、自動運転できるようになった。こういった自動化(点の自動化)が工場の各所にできると、その次にはいくつかの工程をライン状に連結し部品などを製造するようになった。(線の自動化)高度化された専用

自動設備をライン状に並べて、部品などを素形材から完成品まで一貫して製造することができた。ここでは焼き入れや洗浄など各種の処理工程や、検査など品質保証にかかわる工程も取り込まれ、まとまった一連の工程が搬送も含めて自動化されたものである。これらのライン自動化は1970年代から1980年代に大きく発展し、当初は単一部品や製品が生産対象であったが、市場の成長に伴い種類の増加や製品寿命の短命化などから変更に強い自動化ライン、いわゆるフレキシブル化が大きな課題となった。このようなことから柔軟性の高い自動化システムFMS（フレキシブル・マニュファクチャリング・システム）へ向かって開発が進められた。各部品やその後の組み立てがライン化、自動化されてくると、それらを連結して更なる効率化が進められた。工場全体にわたって自動化、連結、同期化された生産システムである。（面の自動化）こうなってくると自動化も単にモノの加工や組み立て、搬送等に留まらず、生産管理や品質管理、設備管理（保全など）も含んだ工場全体のシステムとして構築・運用する必要が出てきた。1980年代後半には、工場全体を統合的に管理運営するシステム、工場管理システムとも呼ばれるものが、CIM/FAといった概念とともに研究開発された。このような流れは、1990年代に入ってのバブル崩壊によりいったん下火になったが、その流れは現在注目されているIoTやインダストリ4.0などで、さらにスケールが大きくなって再び大きく注目されるようになった。今後の自動化は工場内の物理的な自動化に留まらず、モノづくりのグローバル化で世界各地に分散した工場を一つに繋ぎ生産管理や品質管理を一元化し、材料や部品の仕入れ先から販売・サービスまでを含めたモノづくりを一気通貫で運用するなど、情報技術も取り込んで大きく発展していくものと思われる。こういったことが可能になるのも前述したNC工作機械や産業用ロボットに代表されるような、プログラムで自由に動く自動化の基盤が整ってきたことによるものである。

6. グローバルに広がる自動化の波

自動化は、今まではアメリカや欧州、日本などのモノづくり先進国において生まれ、発展してきた。しかし近年は中国やアセアン各国のような新興国においても、経済発展、そしてモノづくりの成熟化に伴って、自動化の要求は高まっている。加えて情報技術の進展により大量のデータが安価に蓄積できること、そしてそれらのデータをAIなど活用して有益な情報に変換する技術や、それらの情報を世界中同時に展開できる高速ネット

ワークなども整備されてきた。これらの情報技術と自動化の合体が、世界的に自動化の進展を促進させる要因ともなっている。また新興国などでは、先進国に比べて高度に熟練した技能者も少なく、従来の技能や経験に頼ることが難しい。一方、若い技能者も育ちつつあるが、彼らは従来からの手動操作の汎用旋盤やフライス盤加工の技能ではなく、NCプログラムをCAD/CAMといった道具を使いコンピュータ上で作成する技能を取得しようとしている。新興国でも普及したスマートフォンやパソコンを使い慣れた世代には、やはりコンピュータで動くNCマシンやロボットのほうが馴染みやすいようである。このようにいろいろな要因や背景から、モノづくりにおける自動化は今後も世界的な規模で展開が進んで行くものと思われる。

7. 自動化の課題と今後の展望

近年IoTであるとかインダストリ4.0が話題となっているが、これらは情報技術の目覚ましい進化と自動化技術が合体して、新しい時代のモノづくりを目指すものである。これらによりNC工作機械やロボットなどは、単に人間に置き換わるだけの道具から、それらを工場内に多数配置し24時間必要な時に、多彩な顧客要求に対応する新しい生産システムとして発展していくであろう。市場や顧客が要望するモノを、フレキシブルに高い品質・きわめて短い納期で、しかもリーズナブルな価格で提供することが求められていく。これらを実現していく工場、そこでは24時間、人に代わってそれこそ「必要なモノを、必要な時に、必要なだけ」生産する自動化されたシステムが必要となる。まさに工場全体が、プログラムに従って動く巨大な全自動設備のようになる。しかし課題もある。こういった巨大な工場システムの設備投資は、ますます膨らみ投資判断が難しくなることである。ちょうど現代の半導体ウエハ工場や液晶パネル工場における投資と同様である。また自動化が世界的に広まってくると、日本などの先進国の今までの優位性が損なわれていくことも考えられる。巨大な市場と大きな投資資金が容易に調達できる中国などのほうが有利となり、日本の競争力が問題となるであろう。また大型化・複雑化した工場システムを、いかに運用・保守するかということも重要な課題となる。特に保守は重要で、情報システムがいかに高度化しても、その指令通りに自動化された機械が常に安定して動かなければ何の意味もない。保守まで自動化することは技術的にも採算的にも極めて難しい。やはりそこには優秀な保全マンが必須である。また自動機を動かすのにプログラムも必要であるが、そのプログ

ラム作成の元になるのは、人の経験であり知恵である。このようなことからいかに自動化された工場でも、高い能力と使命感をもつ現場人材、すなわち「強い現場力」は不可欠である。日本のモノづくりは、現在まで強い現場力を武器に世界と戦ってきたが、今後もそれは変わらない。ただ現場スタッフや技能者に期待される能力が、伝統的な「巧み」に加えて、自働機械のプログラムや保守にかかわる技術・技能へと変わっていくことである。このような技術・技能にたけた「巧み」を従来通りの「現場技能者」という枠組みで捉えるべきではない。開発や設計、生産技術者と同格の現場技術者である。会社内での位置づけ、尊敬や処遇なども新しく作り変えないといけない。今後の自動化の進展にあたっては、単なる生産技術の問題のみならず、このように工場で活躍する人々にかかわる課題に対しても並行して進めることが、自動化を成功に導く鍵の一つである。

参考文献

- 1) シチズンマシナリー株式会社
- 2) DMG 森精機株式会社
- 3) 川崎重工業株式会社「カワサキロボットの半世紀 THE STORY OF KAWASAKI ROBOT」(2018年6月)
- 4) 株式会社デンソーウェーブ

著 者



土屋総二郎

モノづくり現場の動向と生産技術の取り組み

加藤克彦^{*1}

Monozukuri Genba (Manufacturing Plant) Trends and Production Engineering Activities

Katsuhiko Kato^{*1}

1. はじめに

モノづくりを取り巻く環境は、現在、急激な変化の真っ只中にある。

2011年にハノーバー・メッセ（ハノーバー国際産業技術見本市）でドイツ政府によって初めて提唱されたインダストリー 4.0 という概念は、大きな潮流となって世界各国の製造業に広がり、現在ではIoT・AIなどを活用したモノづくり革命が、あらゆる分野の製造業において確実に進んでいる。

また、日本の製造業では、かつて生産コストを削減するために人件費の低い海外への移転が進められてきたが、近年は現地での賃金が上昇し、国内回帰が進展している。その一方で、日本では今後、少子高齢化の進展により、労働力人口が減少することが予想されている。

自動車業界は、CASE（コネクティッド、自動化、シェアリング、電動化）というキーワードに代表される、100年に一度といわれる大きな変革期を迎えている。クルマそのものの変化に対応し、部品に対しても軽量化・静粛ニーズがさらに高まるなど、さまざまな変化が予想されている。

このような情勢の中、豊田合成グループは『大きな環境変化に柔軟かつ迅速に対応し、世界のお客様へ「安心」「安全」「快適」をお届けするグローバルカンパニー』を目指す姿として掲げた中長期経営計画「2025事業計画」を2018年5月に公表した。

この計画では、今後社会に貢献し、持続的に成長するための新たな取り組みを示すものとして「活動の3本柱」を掲げている。「活動の柱Ⅰ イノベーション・新モビリティへの挑戦」「活動の柱Ⅱ 伸びる市場・伸ばせる分野へ重点戦略」「活動の柱Ⅲ 生産現場のモノづくり革新」である（図-1）。

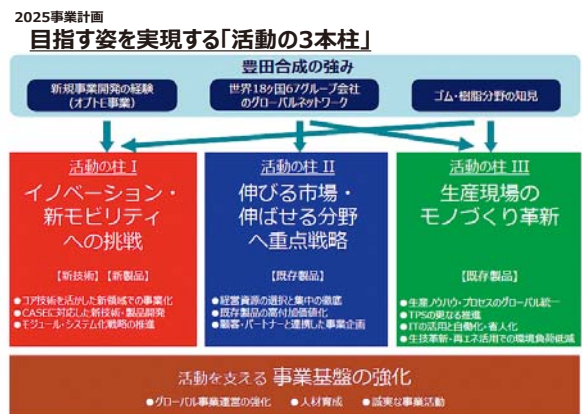


図-1 2025 事業計画

今後も競争力のあるモノづくりを続けていくためには、特に「活動の柱Ⅲ 生産現場のモノづくり革新」は必須である。しかし生産技術とひと口にいっても、その領域は非常に幅広く、課題も多岐にわたる。本総説では、今後の生産技術革新において特に鍵を握る「自動化」「IoT」「環境」への取り組みについて報告する。

2. 豊田合成の取り組み

2-1. 豊田合成の生産技術の変遷

豊田合成における生産技術革新の取り組みを紹介する前に、現在に至るまで、豊田合成が生産技術とどう向き合ってきたか、その歴史を振り返っておきたい。

豊田合成は、1949年にトヨタ自動車工業のゴム部門が独立して誕生した。以来、ゴム・樹脂の専門メーカーとして、1954年に樹脂射出ハンドルの生産技術、1959年にスポンジゴムの自動成形技術を開発するなど、初期から工法の開発に積極的に取り組んできた。

*1 生産技術統括部



図-2 生産技術の変遷

自動車の普及に伴い、排出ガス規制対策や安全対策など、社会的要求が厳しさを増す中では、軽量化に効果を発揮するフルインパネ、燃料組成の変化に適応させた新しいフューエルホース、衝突安全性のニーズに応えたウレタンバンパなどを製品化した(図-2)。

一方で、従来の工法にとらわれない、低コスト工法の開発にも取り組んできた。例えば従来、いくつかの部品を成形して組み立てていたものを、一体成形で完成させる画期的な工法を開発し、量産化を実現した。

また、ゴム・樹脂の分野だけではなく、金属部品など、幅広い分野の内製化にも取り組んできた。例えば、エアバッグのインフレーター(ガス発生装置)は、かつては専門メーカーからの購入に頼っていたが、2010年より自社内での製造を可能にした。その開発の際には独自のガス充填工法を開発し、充填質量のバラツキを抑えた製品を実現した。

ここで挙げた事例は一部に過ぎない。伝えたいことは、どの時代においても、顧客と社会のニーズに応えるために、生産技術部門が、製品設計部門、材料技術部門と一体となって困難な課題に挑み続けた、という伝統的な風土である。受け継がれていくその風土も、生産技術革新を未来に向けて力強く押し進める原動力となる、と確信している。

また、豊田合成における生産技術の発展には、TPS(Toyota Production System:トヨタ生産方式)の考え方がベースにあることも重要なポイントである。この点については、次章「自動化」の中で述べる。

2-2. 自動化

日本の少子高齢化は避けては通れない課題であり、それに伴って生産年齢人口(15歳から64歳の人口)の減少がすでに始まっている。2015年の段階で生産年齢人口は7,592万人存在していたが、2030年には6,773万人となり、約1割の減少、さらに2060年には4,418万人となり、約4割も減少することが見込まれている¹⁾(図-3)。

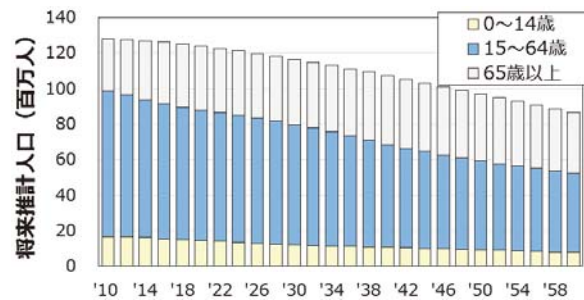


図-3 日本の人口推移

このような状況下で、あらゆる分野の製造業において、設備の自動化が重要な取り組みの一つとなっている。豊田合成においても進められているが、その特徴は、単に人が行っていた作業を機械に置き換えていく、という考え方ではなく、TPSの思想に基づき、ニンベンをついた「自動化」を目指している点にある。

豊田合成の生産現場では、自動化推進に当たってTPSの改善手法の考え方を取り入れている。まず工程からムダを見つけ、省き、工程を集約する。さらに人作業の集約である一人工を追求し、その上で、機械化を進める。そうすることで、より効率のかつ低投資な自動化を推進している。こ

のサイクルを繰り返すことで生産性を徹底的に高めている。

また、これまでは生産工程そのものを対象にして自動化に取り組んできたが、近年は部品・材料の搬送、工程への供給、完成品の検査、出荷など、工場全体を広く見渡した自動化導入を推進している。具体的には、独自の画像の歪み補正技術を組込んだ「蛇腹ホースの外観検査技術」、無軌道AGVを活用した「工程外における部品供給の自動化」、2色（青・赤）の照明を用いた「ウェザストリップの外観検査技術」（図-4）などに取り組んでいる。

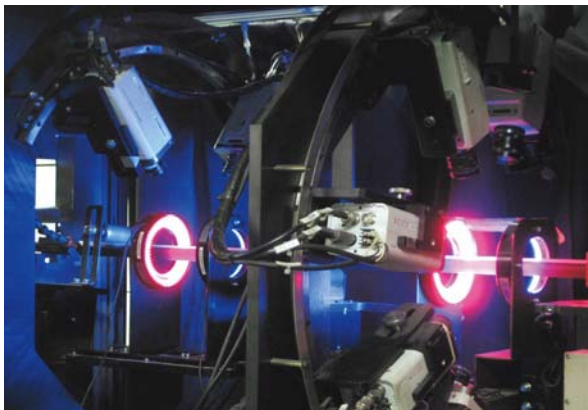


図-4 ウェザストリップの外観検査機

さらに、デジタル上で工程を構築し、工場単位でのモノの動き、ロボットの動き、人の動きをシミュレーションし、検証する「デジタルファクトリー」も取り入れている。

検査工程の自動化については、すでにさまざまな製品の検査に対して導入している。さらに一歩進んで、外観自動検査技術においては、ディープラーニングによる判別機能も積極的に取り入れている。今後は不良品の流出防止だけでなく、不良の原因をAIで診断し、どの工程で問題が起きているかまでを解析する「発生源予兆管理システム」を発展させていきたいと考えている。このように自動化による付加価値と生産性の高い工程を目指した取り組みを進めている。

2-3. IoT 活用による生産現場の生産性向上

インダストリー 4.0 に端を発する取り組みとして、多くの生産現場でIoT 導入が進められている。豊田合成の生産現場においてもIoT 技術やデータ解析を活用した品質改善の取り組みを2016年から本格的に開始した。現在は主に「不良をより削減するための真因追究」「生産性向上のための、設備のあらゆる停止ロス低減」の2つの方向性でIoT を活用している。

「不良をより削減するための真因追究」の活動においては、オープニングトリム（車体側のドア開口部に取り付けるゴム部品）のブツ不良（ゴム表面にできる微細な凸状の外観不良）の「0化」に向けた対策をはじめ、すでに成果が表れ始めている（図-5）。

■ ウェザストリップ生産工程

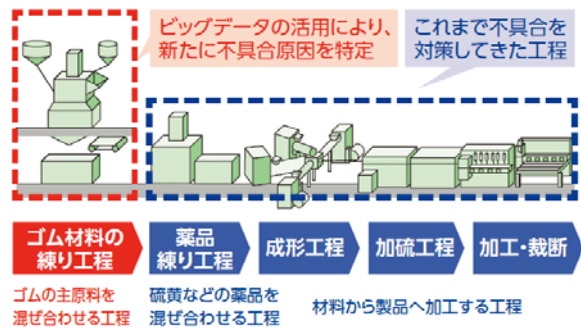


図-5 オープニングトリム ブツ不良対策

「ゴム・樹脂は生き物」といわれ、材料のバラツキや環境の変化に影響を受けやすいため、品質を安定させることが非常に難しい素材である。同じ条件で生産しても、ロットが変われば同じ品質の製品ができるとは限らない。それでも豊田合成では、これまで長年をかけて熟練した技術者の知見を基に不具合対策を行い、オープニングトリムの不良率については残り数%まで低減できていた。しかしここ数年は、不良率が下げ止まり傾向にあった。そこでIoTとビッグデータ解析を活用したところ、これまで想定していなかった工程でブツ不良の原因を発見することができた。

もう一つの「生産性向上のための、設備のあらゆる停止ロス低減」については、現在、生産設備の稼働状況の見える化を実現。今後は、異常や故障が発生する前に対処できるシステムを構築していく。

他にも、良品条件監視によって不良を抑制した「ミリ波IoT」、配合量制御による不良低減を実現した「ウレタンハンドル工程」など、IoT 導入の効果は広がりつつある。

今後も熟練技術者の経験・ノウハウをデジタル化し、データ解析に活用することで、問題の根本にある真因を追求していく方針である。そして「生き物」を扱うゴム・樹脂製品メーカーならではの困難な課題を克服し、さらなる品質・生産性の向上につなげていきたいと考えている。

そのためには、データ解析に精通した人材の育成が不可欠である。豊田合成では、トヨタ自動車と滋賀大学データサイエンス教育センターによる

ビッグデータ分析の研修プログラム「機械学習実践道場」を活用するなどして、人材育成を推進している。データ分析のスキルを身につけた人材は現在、すでに国内に十数人おり、早期に50人以上へと増やす考えである。各職場にデータ活用を推進できる中核人材を配置することを目指すとともに、海外拠点への展開も視野に入れている。

2-4. 環境にやさしいモノづくり

豊田合成では5年ごとの「環境取り組みプラン」に加え、長期ビジョンとなる「TG2050 環境チャレンジ」を2016年に策定し、全社一丸となって環境保全活動を推進している。この活動が高く評価され、日経リサーチによる「第22回環境経営度調査2019 企業ランキング」では、製造業360社中3位、自動車業界ではトップを獲得している。

豊田合成が、環境経営における日本トップクラスの企業として、2050年に向けてチャレンジ目標の達成に挑む中、その一翼を担う我々生産技術部門では、多彩な活動を推進している。特に、まずは「必要な時に必要な分だけを適切に加工する」をポリシーに、工程の削減やコンパクト化を進め、省エネに努めている。

以下に具体的な取り組み例と成果を示す。

【ホース誘電加熱曲げ】

曲げたい箇所だけを誘電により加熱し、曲げ加工を行う「ホース誘電加熱曲げ技術」(図-6)にて95%の消費エネルギーを低減。

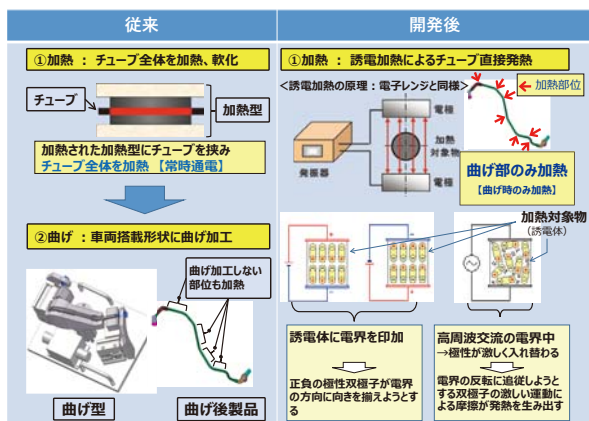


図-6 ホース誘電加熱曲げ技術

【インフレータ製造工程】

部品の有無をRFIDで検知し、自動での洗浄器の稼働を行ったことで「非稼働時の消費エネルギーミニマム化」を実現。

【パウチ式塗料交換システム】

密閉式のパウチを活用することによる配管経路の短縮とパウチ内に残った塗料の使い回しで塗料

ロス低減を実現。

また、廃棄物低減についてもプロジェクトを立ち上げ、発生源対策、リサイクル・リユースに関する活動を強化している。

例えば、工程内廃材をリサイクルする取り組みを進めている。豊田合成では10年以上前に、トヨタ自動車、豊田中央研究所と共同で、それまで再利用や再資源化が困難だったEPDMゴム製品を高品質の再生ゴムにリサイクルする脱硫再生技術を開発。2008年に(財)化学技術戦略機構を中心とする経済産業省(オブザーバー)が参加するグリーンサステナブルケミカルネットワークからGSC賞を受賞した。この技術を活用し、一時期は主力製品のウェザstriップの工程内廃材を再生処理し、もう一度ウェザstriップの原材料として活用してきた。現在はさらに、再生ゴムを元の製品に戻すのではなく、フロアマットや重機の下に敷くマットなどにリサイクルする技術として応用する取り組みが進められている。

3. これからのモノづくり (おわりに)

AIやロボット技術の進展により、将来、各分野の工場において、モノづくりが大きく変わっていくと考えられる。個々の顧客の要望に合う製品を、大量生産並の生産性で生み出す「マス・カスタマイゼーション」の時代も到来しようとしているといえるだろう。

自動車分野においても、マス・カスタマイゼーションのニーズや、CASE、MaaSなどの大変革への対応が、今後求められていく。自動車部品の工場生産のあり方も大変革期を迎えつつある。我々部品メーカーも競争が一層激しくなると考えられる。

その中で豊田合成の生産技術部門では、競争力あるモノづくりを実現していくために、今回紹介した「自動化」「IoT活用による生産現場の生産性向上」「環境にやさしいモノづくり」を加速させ、海外の拠点・仕入れ先にも展開していく方針である。「2025事業計画」の「活動の柱Ⅲ 生産現場のモノづくり革新」においても、重点実施事項の一つとして「生産ノウハウ・プロセスのグローバル統一」が掲げられている。世界中の工場が持つ情報や技術力を共有することができれば、豊田合成グループ全体としてさらに発展できると考えている。

理想は、全生産拠点が一つの「スマート工場」のように一体化した「TG One Factory 構想」を実現することだと考えている。世界中の生産拠点が一つのチームとなって力を合わせることで、アンテナを高くし、常に時代の変化を読み、最新技

術を積極的に取り入れる，という体制を構築していきたい。そして，社会課題の解決と顧客ニーズを実現するより優れた製品の開発・提供に，生産技術部門は，製品設計部門，材料技術部門と一体となって貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 2015 年は総務省「国勢調査」(年齢不詳人口を除く)，2020 年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成 24 年 1 月推計)」(出生中位・死亡中位推計)

著 者



加藤克彦

ビッグデータを活用したブツ不良 0 化への挑戦

佐藤 恭平^{*1}

The Challenge of Achieving Zero Contamination Defects Using Big Data

Kyohei Sato^{*1}

要旨

不良の根本対策においては、不良要因を正確に特定することが重要である。

これまで、ブツ不良について様々な対策を実施してきたが、わずかに不良が残存していた。しかし、残存する不良の発生要因を特定することが困難で、不良率は下げ止まりの状況だった。

そこで、今回新たな取り組みとして、ビッグデータを活用した不良要因解析を実施した。その結果、新たな不良要因が特定され、不良率低減に繋げることができたので報告する。

Abstract

Accurately identifying the causes of defects is important in devising fundamental countermeasures.

Despite the various countermeasures that have been implemented to prevent contamination defects, a small number of defects remain. However, identifying the causes of these remaining defects has been difficult, and progress in decreasing the defect rate has stalled.

Recent efforts with defect factor analysis using big data have led to the identification of a new cause of defects and reductions in the defect rate.

1. はじめに

昨今、自動車は電動化や自動運転等の変革を迎えるに当たり、多くの自動車部品が改廃されようとしているが、ウェザーストリップ製品の機能は、今後も求められることが予想される。

ウェザーストリップ製品は、長年製造され続ける製品が故、求められる製造コストも年々厳しくなるため、不良対策と低コスト工法の開発、両輪での活動が必要である。

本稿では、ネック不良を撲滅（0化）する活動の一環として推進された、ビッグデータを活用した不良対策の事例について説明する。

2. 背景

2-1. 製品・工程概要

オープニングトリム（図-1）は、自動車のドア全周をシールする部品で、車内を風雨や騒音から守る機能のほかに、人目につく箇所であることから、見た目の品質も要求されている。

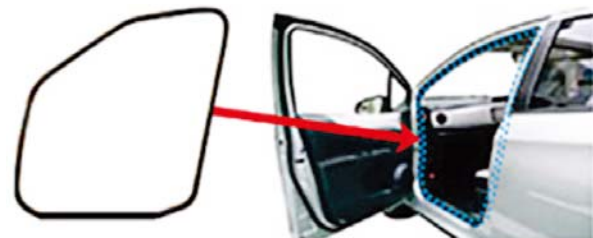


図-1 オープニングトリム

オープニングトリムは、4種類のゴム材料と金属インサートで構成されている（図-2）。今回対象とした不良は、カバー材料中に発生するブツ不良（凸状の外観不良）（図-3）である。

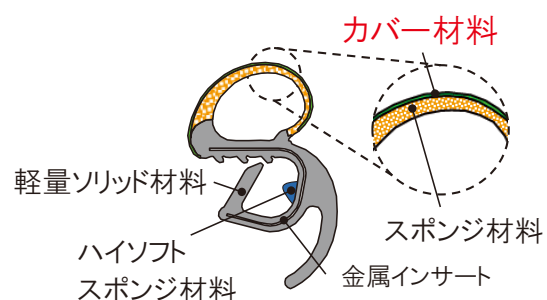


図-2 オープニングトリム断面図

*1 生産技術統括部 基盤生技室

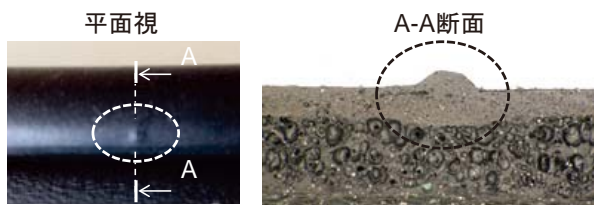


図-3 ブツ不良

製造工程は、材料を製造する配練工程と製品を製造する押出工程に分かれ、各工程とも複数の設備を有している(図-4)。

製品、工程とも複雑な構成であることを特徴としている。

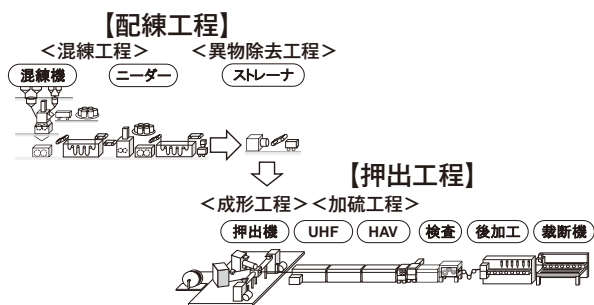


図-4 製造工程

2-2. これまでのブツ不良対策

オープニングトリムのブツ不良対策は、長年取り組んできており、残り数%まで低減できている。しかしながら、ここ数年は下げ止まり傾向にあった(図-5)。

これまで技術者の知見に基づいて対策を講じてきたが、現状は、ブツ不良の発生要因を明確にできず、対策が進んでいないのが実態だった。

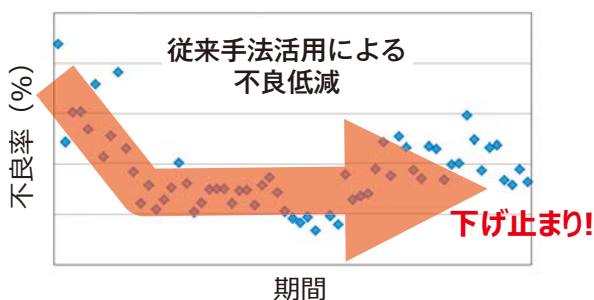


図-5 ブツ不良率推移

2-3. ビッグデータの活用

従来手法とビッグデータ解析手法の手法比較について以下に示す(図-6)。

従来手法は、過去の技術知見に基づいて仮説を立て検証する手法のため、個人の知見・経験に依存する。今回のような、残り数%の不良で発生要因に対して知見が及ばず、対策に繋がれない場合がある。

一方、ビッグデータ解析手法は、現在発生している現象(データ)に基づいて仮説を探索することができるため、個人の知見・経験に依存せず、不良発生の実因を掴むことができる。

本稿では、これまで人の知見で見つけられなかった「新たな不良要因の発見」を狙い、ビッグデータを活用した真因追究を実施した。

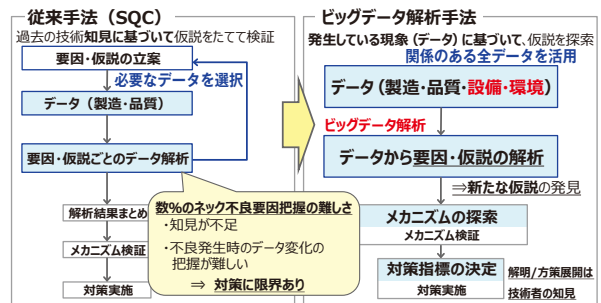


図-6 手法比較

3. 不良要因の特定

3-1. 解析データの把握

解析データは、配練工程、押出工程の各設備データに加え、材料物性や環境データ、品質データなど各データから、今回解析の対象とするカバー材料に影響を与える47因子(目的変数:ブツ不良発生数,説明変数:その他46因子)を選定した(表-1)。

表-1 収集データ概要

		因子数	サンプリング周期
配練工程	設備データ	20	2s
	物性データ	8	20min
	環境データ	2	20min
押出工程	設備データ	6	5s
	物性データ	8	180min
	環境データ	2	180min
	品質データ	1	60s

各因子のデータは、それぞれ異なる粒度(サンプリング周期)で収集されているため、まずは、全データの粒度を統一するための前処理を行った。

データの粒度は、目的変数に統一することが一般的とされているため、今回は、ブツ不良発生数に統一し、47因子、4770サンプルのデータで解析を行った(表-2)。

目的変数は、単位時間あたりに発生するブツ不良のカウントデータだが、量産中に発生する不良は少なく殆どが良品のため、目的変数の値はほぼ0で、極端に偏った分布であるという特徴を持つ(図-7)。このため、データの分布に留意し、解析手法を選定する必要があった。

表-2 データ構造

No.	目的変数 (1 因子)	説明変数 (46 因子)								
	Y ブツ 不良数	材料 物性 A	材料 物性 B	...	設備 A	設備 B	...	環境 A	環境 B	...
1	0	50	5	...	100	31	...	25	70	...
2	0	48	4	...	120	32	...	23	90	...
3	1	49	5	...	110	28	...	22	75	...
	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮	⋮	...
4770	0	50	3	...	120	30	...	30	85	...

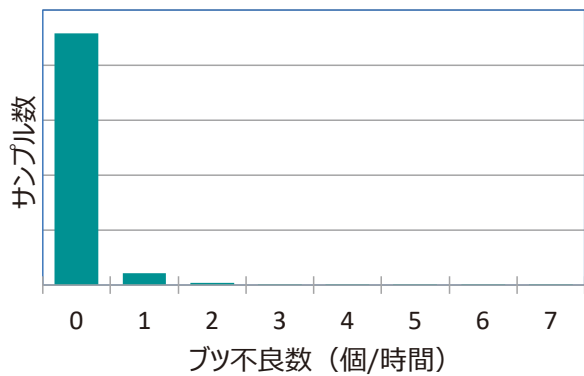


図-7 データ分布 (ブツ不良発生数)

3-2. 解析方針

データの特異な分布を考慮し、2つの解析手法を選定した。各手法のメリットを活かしつつ、デメリットを補い、解析を実施した (表-3)。

表-3 各手法メリット・デメリット

	Elastic Net	ベイズ統計モデリング
メリット	多数の因子から影響度の高い因子を選択的に取り込むことができる	目的変数のデータ分布に柔軟である (特異な分布でも精度がよい)
デメリット	目的変数のデータ分布に制約がある (特異な分布の場合、精度が落ちる)	複雑なモデルの場合、計算量が膨大になる。 ※計算が収束しない場合がある

解析の手順としては、まず、Elastic Netを使ってブツ不良の発生に対して影響度の高い要因を絞り込み、次にベイズ統計モデリングを使ってブツ不良の発生要因を特定するという流れで実施した^{1), 2), 3)}。

3-3. ビッグデータ解析

3-3-1. ブツ不良要因の絞り込み

Elastic Net を使って、説明変数 46 因子からブツ不良発生に影響度の高い因子を絞り込んだ解析結果を図-8に示す。

解析の結果、46 因子中、不良に影響度が高いものを 10 因子まで絞り込むことができた。

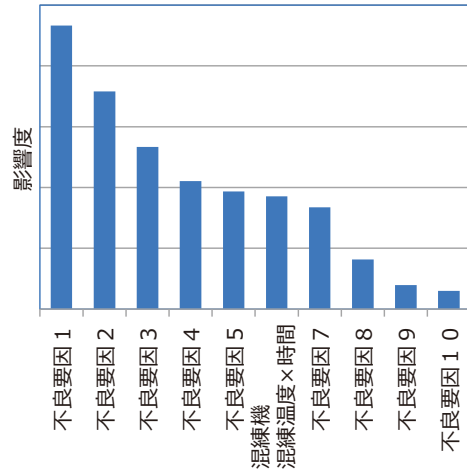


図-8 解析結果 (Elastic Net)

3-3-2. ブツ不良要因の特定

Elastic Net で絞り込んだ 10 因子を使い、ベイズ統計モデリングでブツ不良要因を特定した。

まず、今回のような極端に偏った分布のデータに対する解析の考え方について示す。図-7で示したとおり、良品が非常に多い分布となっているが、このデータを2つのシンプルなモデルと仮定して推定することとした。

- 1) 不良発生“有無”(AかB)を推定 (図-9)
- 2) 不良発生“数”(Bの数)を推定 (図-10)



図-9 不良発生“有無”を推定

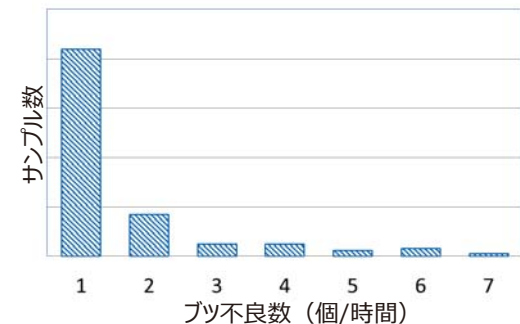


図-10 不良発生“数”を推定

上記の考え方で、解析した結果として、標準偏回帰係数の確率密度分布と平均値を以下に示す。(図-11, 12)

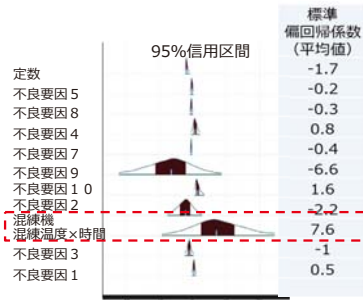


図-11 不良発生“有無”解析結果

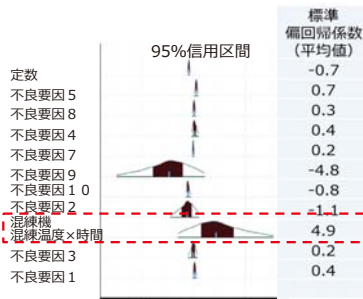


図-12 不良発生“数”解析結果

解析の結果、両モデル共に混練機での温度×時間が不良発生に対し、最も影響度が高いこと（標準偏回帰係数の絶対値が最大になる）が分かった。

なお、今回対象とするブツ不良は、これまで原材料中の加硫剤に起因と考えられていたことから、加硫剤を配合する工程以降で対策を講じてきたが、今回の解析結果から加硫剤を配合する工程より前の工程にも、ブツ不良発生要因があるという、新たな知見が得られた（図-13）。

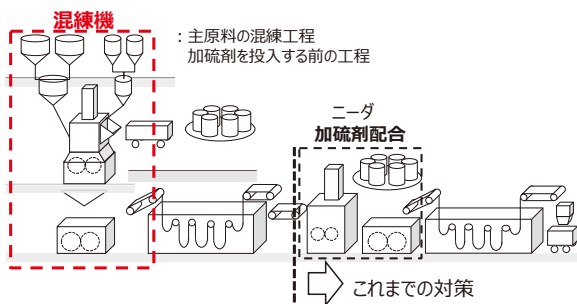


図-13 配練工程

4. 解析結果の検証

解析の結果、混練機での温度×時間がブツ不良に対して最も影響することはわかったが、これまでの知見とは大きく異なることから、2つの検証を行った。

1つ目に、不良要因がこれまで考えられていた要因とは異なるのかどうかを確認するためブツ核を確認した。

2つ目に、混練機でブツ不良は発生しうるのか。

そのメカニズムについて仮説を立てて検証を行った。以下に、それらについて示していく。

4-1. ブツ核の分析

ブツ核の状態を比較検証するため、表-4に示す評価試料を準備し、パルスNMR、EPMAを使って分析を行った。

表-4 評価試料

No.	試料種
①	ブツのない製品の正常部位
②	加硫剤起因のブツ (これまでブツの要因と考えられていた)
③	量産工程で発生しているブツ

パルスNMR：

分子の運動状態を分析することで高分子の架橋度合いや結晶化度などに関する情報が得られる。
⇒試料の加硫状態を分析。
緩和時間が短いほど加硫度が高い。

EPMA：

電子線を固体試料表面に照射することで、発生する、X線の波長と強度から構成元素を分析する。
⇒試料の硫黄元素濃度を分析。
硫黄原子濃度が高いほど加硫剤濃度が高い。

分析結果を図-14、図-15に示す。

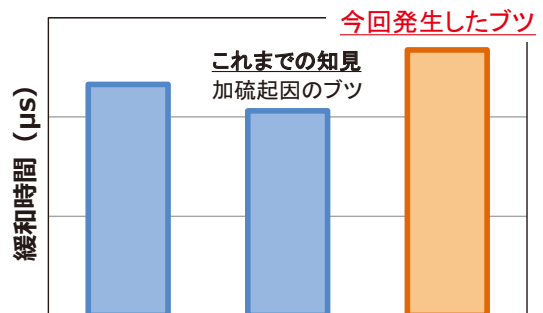


図-14 パルスNMR結果

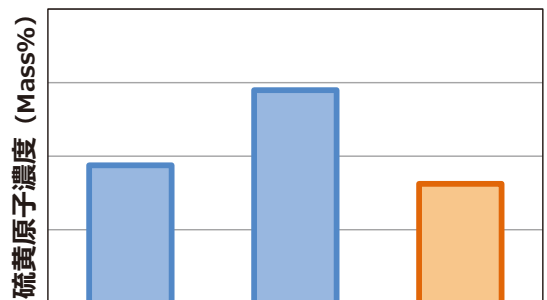


図-15 EPMA結果

両分析の結果、現在量産工程で発生しているブツ不良は、これまでブツ不良の要因として考えられていた加硫起因のものとは加硫度、加硫剤濃度ともに異なる別物であることが分かった。

4-2. ブツ不良発生メカニズム

4-2-1. 仮説立案

混練機で温度、混練時間に起因してブツ不良が発生するメカニズムについて、以下のような仮説を立てた。

混練中の剪断により原材料中のポリマーの分子鎖が切断されラジカルという不安定な状態が発生する。このラジカルが安定化しようと原材料中のカーボンと結合し、局所的に硬化することでブツ化すると考えた。

この現象は、混練中の温度が上昇する、混練時間が長くなることで発生するリスクが上昇するため、ブツ不良の発生数に影響すると考えた(図-16)。

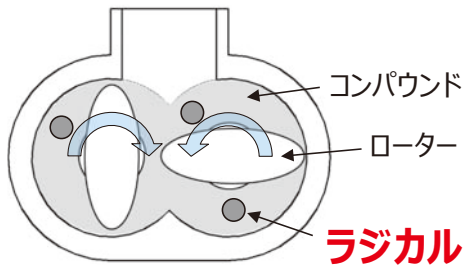


図-16 混練機

4-2-2. 検証結果

ラジカル発生を狙い、過剰に混練した材料に、ラジカル捕捉剤(発生したラジカルを無効化する材料)を添加し効果を確認した(図-17)。

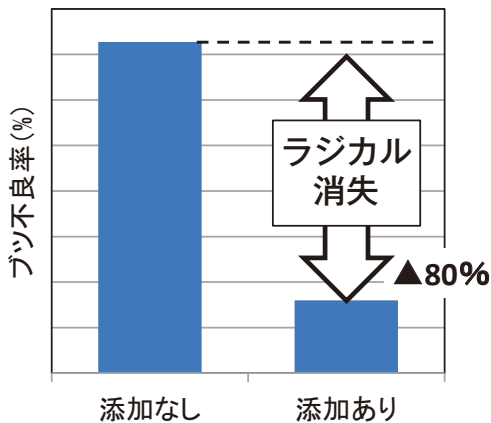


図-17 検証結果

この結果、ブツ不良が80%低減した。これは、ラジカル捕捉剤によりラジカルが消失したことによるものであり、混練中に発生するラジカルがブツ不良の主要因であることが証明された。

5. 対策結果

年間のブツ不良率推移を図-18に示す。

対策を実施した結果、対策前に比べて年間通して、低減効果を確認できた。

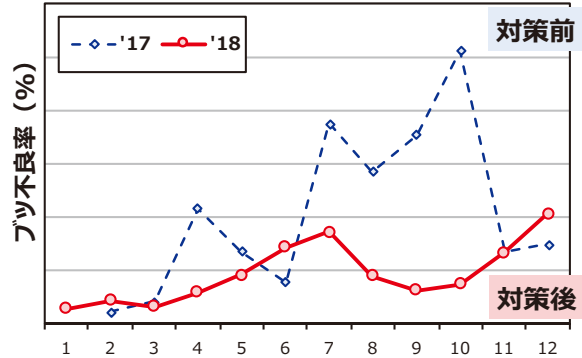


図-18 ブツ不良率推移

6. おわりに

ビッグデータ解析を活用して不良要因を解析行った結果、長年わかっていなかった不良要因に対して新たな知見が得られ、不良低減にも繋げることができた。

一方、得られる情報が多くなると、その結果を解釈し、量産工程に反映するためには今まで以上に生産技術力を向上させる必要があることも実感した。

今後は、今回のような仕事の進め方を全社に展開し、不良低減につなげていこうと考える。

参考文献

- 1) 機械学習講座テキスト, 日科技連, (2017)
- 2) 松井秀俊:
第6回機械学習実践道場資料, p.17 (2017)
- 3) 松浦健太郎:
StanとRでベイズ統計モデリング, 共立出版株式会社, p.213 (2016)

著者



佐藤恭平

パウチ塗料供給システムによる塗料ロス低減

加藤 剛^{*1}, 董 輝^{*1}, 松井雅英^{*1}, 山口好彦^{*2}

Reduction of Paint Loss with a Pouch Paint Supply System

Tsuyoshi Kato^{*1}, Ki Toh^{*1}, Masahide Matsui^{*1}, Yoshihiko Yamaguchi^{*2}

要旨

環境負荷の観点から、塗装工程は、環境負荷物質である VOC や塗料廃棄物を多く排出する問題を抱えていた。色段替え時における、配管洗浄および残材の塗料ロスが主要因であり、これらを低減させる新しい塗料供給システムが必要であった。そこで、カートリッジシステムの基本コンセプトをベースに、製品仕様に適合したコンパクトなシステムの具現化を目指して開発に取り組み、目標を満足するオリジナルの塗料供給システムを開発したので紹介する。

Abstract

From the viewpoint of environmental impact, painting processes must deal with the problem of discharging large amounts of environmentally hazardous substances, such as VOCs and paint waste. A new supply system is needed to reduce paint loss from pipe cleaning during changeovers. Based on the basic concept of the cartridge, we developed a compact system that conforms to product specifications. In this paper, we describe this new paint supply system.

1. はじめに

浮遊粒子状物質や光化学オキシダントに係る大気汚染の状況は、いまだ深刻であり、現在でも、浮遊粒子状物質による人の健康被害が数多く届出されており、緊急に対処することが必要となっている¹⁾。

浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの原因には様々なものがあるが、揮発性有機化合物（以下、VOC）もその一つである。VOCとは、揮発性を有し、大気中で気体状となる有機化合物の総称であり、トルエン、キシレン、酢酸エチルなど多種多様な物質が含まれる。豊田合成においてもVOCの排出は、第6次環境取り組みプランにて、生産工程におけるVOCの排出量低減を活動内容として、2020年度に'12年度比6%減を目標として取り組んでいる。

本稿では、豊田合成のVOC排出量の約7割を占める塗装工程において、VOC排出量の低減、さらに廃棄物となる色段替え時の洗浄塗料ロス、塗料残材の低減を狙った、新規塗料供給システム開発の取り組みについて説明する。

2. 塗料ロスの発生状況

豊田合成における塗装製品は、内外装の意匠製品が主であり、外装品ではバックドア、スポイラーが、内装品ではセンタークラスタなどがある。多種の色品番に対応するために、頻繁な塗料段替えが行われるのが一般的である。

塗装工程における配合塗料の歩留まりをみると、製品塗着に使われる塗料は、塗着効率の低い少量、補給製品のラインでは図-1のように使用量のわずか10%にも満たず、約90%は塗料ロ

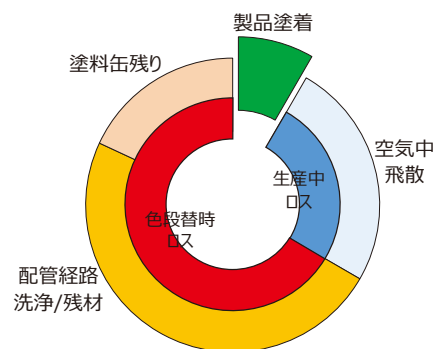


図-1 塗料の製品塗着効率 (少量, 補給製品)

*1 生産技術統括部 基盤生技室

*2 IE 生産技術部 表面処理生技室

スとなっているのが実態であった。塗料ロスの内訳を解析すると、生産中のロスである塗料の空気中への飛散もあるが、色段替え時における洗浄作業の塗料ロス、また塗料缶や配管経路の塗料残材といった、色段替え時ロスが全体のおよそ3分の2を占めており、それが大きな問題であった。この洗浄塗料ロスが VOC 排出、塗料残材が廃棄物に繋がっていた。

3. 現状の課題

豊田合成の塗装工程は、塗装ロボットによる自動塗装が主流である。工程の概要としては、大きくは配合室と塗装ブースに分けられる。配合室にて配合された塗料が、配管を通して塗装ブースへ搬送され、ブース内にある色替え装置（以下CCV）を経由し塗装ロボットのアーム先端に配置する塗装ガンから製品へ塗布される（図-2）。

この実態から、従来の塗装システムにおいて、以下の2点が塗料ロスを低減するための大きな課題であった。

- 1) 配管経路の短縮
- 2) 塗料缶内の塗料使い切り

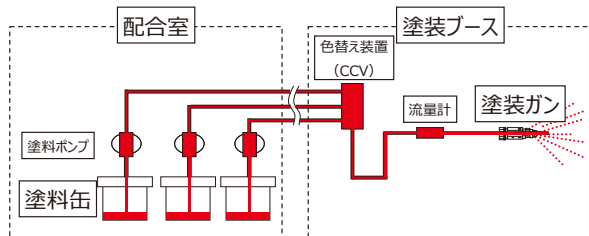


図-2 塗装工程の概要

3-1. 配管経路の短縮

配合室の塗料缶から塗装ブース内のCCVへは、塗料の沈殿を抑制するために循環経路となっており、その配管は往復でおよそ40mもの長さがあり、さらにCCVから塗装ガンへの配管経路が10m、合計で50mと非常に配管経路が長い。

色段替え時には、この配管経路に残る塗料の廃棄、および洗浄するためのシンナーの使用が大量なため、塗料容器を塗装ガン近傍へ配置して配管経路を短縮することがポイントとなる。

3-2. 塗料缶内の塗料使い切り

配合塗料缶は色品番毎に用意されており、CCVで切り替えて使用される。生産終了後に塗料缶の塗料残りは、以下の2点の理由から全て廃棄していた。一つは塗料缶から塗料内のシンナー

が揮発するための品質面から、もう一つは配合室内に全ての塗料缶残りを保管するスペースが不足しており、廃棄せざるを得なかった。

そこで塗料を廃棄させないために、小型の密閉容器に入れて塗料を使い切るといった、新たなシステムを構築する必要がある。

4. 新規塗料供給システムの考え方

前述の「配管経路の短縮」「塗料缶内の塗料使い切り」を基本コンセプトとして、カートリッジ式の塗料供給システムを構想した。カートリッジ式塗料供給システムは一般的にもあるが、吐出量が多いため豊田合成の使用用途に合わないことから、既存設備を一新する必要があり高コストなことから、2つのコンセプトを基に豊田合成の塗装工程に適したオリジナルシステムを再構築した。

まず「配管経路の短縮」は、塗料ロボット近傍での色段替え機構が必要となる。要素技術としては、新機構にて色段替え時間増加による生産性低下がないよう、容器交換時間の短い、容器ワンタッチ交換技術の確立が必要となる。

「塗料缶内の塗料使い切り」は、塗料内のシンナーが揮発しないよう密閉化した、新たな塗料容器が必要となる。しかし、密閉容器にすると図-3のように攪拌羽根による攪拌ができなくなり、色の安定性のために容器内塗料をどうやって攪拌するかが課題となる。その他にも要素技術として、揮発防止の容器材料選定、塗料切れ防止のための残量監視制御技術の確立が必要である。

それぞれの技術開発内容について、次項から説明する。

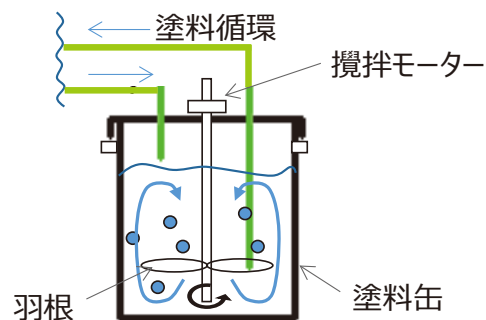


図-3 現行の塗料攪拌

4-1. 容器ワンタッチ交換技術

ワンタッチで交換できるコネクタについて、着脱時間を優先し、異業種分野も含めて容器コネクタを調査した。着脱時間の他にも、耐溶剤性や塗料充填のし易さ、耐圧性能なども評価項目とし選

定をした。結果、食品系に使用される自己密封閉閉式のコネクタを採用した。これは、ノズルを差すことでキャップが開き容器内塗料が流れ、ノズルを抜くとキャップが閉まり密閉できる構造で、着脱時間が1s以下と非常に短く、目標の容器交換時間を可能にした。

4-2. 塗料貯蔵機構の密閉容器化

4-2-1. シンナー揮発防止材料選定

配合塗料のシンナー揮発防止と密閉容器内の負圧防止を両立させるために、複数の樹脂フィルムで構成するラミネート加工の容器材料から選定した。溶剤透過を抑制する容器材料で、かつ複数フィルムのラミネート強度、容器形状にするためのパウチ加工のシール強度を確保するために、評価方法として、シンナーを充填させて1週間放置後の容器の物性を評価した。シール強度として耐溶剤性試験を、ラミネート強度として耐圧性試験を実施し、その結果から要求性能を確保できる3層構造のフィルム材料を選定した。また透過性の検証結果としても、図-4のように塗料充填後1ヶ月放置の溶剤透過率の目標を満足した。

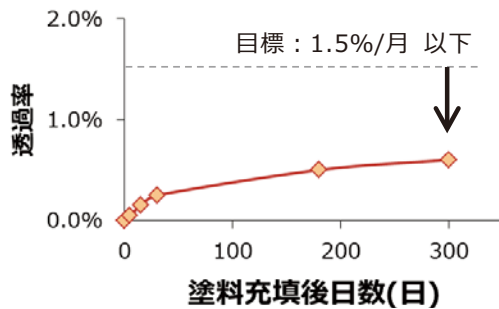


図-4 透過率推移

4-2-2. 色むら防止最適攪拌技術

色むらとは、図-5のように塗着時の塗料におけるメタリック含有量に変化することが原因の、色差のバラツキである。メタリック含有量の変化の原因として、塗料内にてメタリックが沈降する現象が影響すると考えられる。塗料内のメタリック沈降現象は図-6に示すストークスの原理で説明できる。

ストークスの原理より、塗料内のメタリック沈降速度が算出でき、そこからメタリックは6min放置すると沈殿することがわかった。

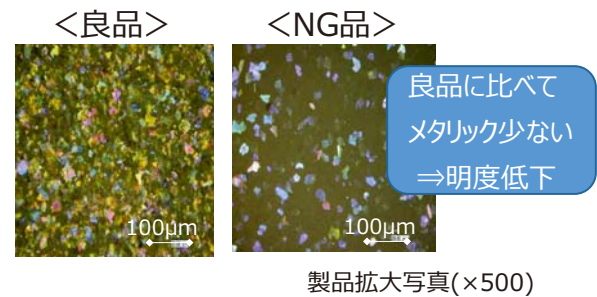
一方現行のシステムは、メタリック沈降防止として、本章の冒頭にて説明したように保管容器に

以下のしくみが盛り込まれている。

- 1) 塗料缶内の羽根回転による攪拌
- 2) 塗料配管の循環

これらが困難な密閉のパウチ容器で、どのように攪拌するかが課題である。

そこでまず、容器の攪拌方法を簡易モデルによる味見トライで検討した。攪拌方法は、左右、上下、揺動の3水準で評価した。図-7のように左右、上下の攪拌では慣性力のみであるが、揺動は慣性力に加えて回転運動が加わり、拡散効果が大きいことが確認された。



製品拡大写真(×500)

図-5 メタリック含有量の変化

$$v = \frac{2r^2 g(\rho_s - \rho)}{9\eta}$$

v:メタリック沈降速度
r:メタリック球半径
g:重力加速度
 ρ_s :メタリック粒子密度
 ρ :塗料密度
 η :塗料粘度

図-6 ストークスの原理

攪拌方法	左右 ↔	上下 ↑↓	回転(揺動) ↻
掛かる力	慣性力	慣性力	慣性力 + 回転運動

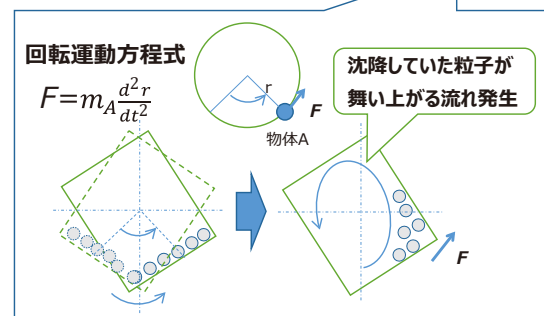


図-7 攪拌方法の検証

次にCAEを活用して現象を確認した。図-8のように、回転角度や速度、回転軸位置など各揺動条件で攪拌性を評価した。CAE結果をD-最適計画法に掛けて最適条件を算出した結果、パウチ揺動条件は回転軸位置の影響は少なく、角度と速度の影響が大きいことがわかった(図-9)。また試作揺動機にて実機検証を実施し、解析にて検証した対流現象を確認できた。

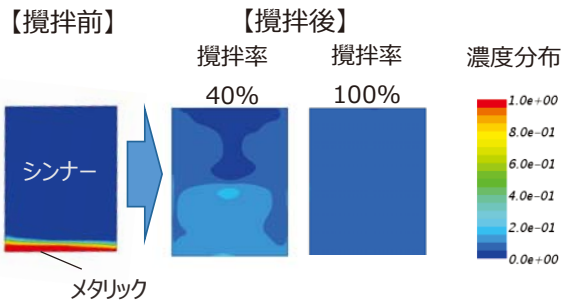


図-8 CAE解析による攪拌性評価

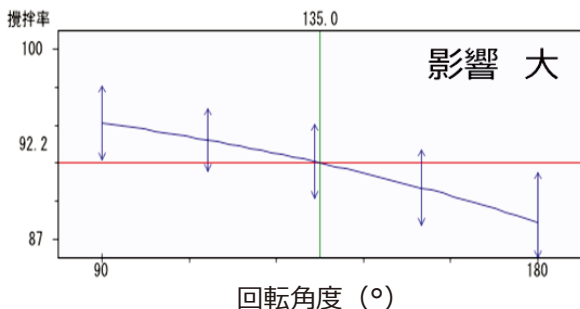


図-9 D-最適計画法一例(回転角度)

容器の揺動設備で、各色別での色差評価を実施した結果、図-10のように既設システムによる色差 ΔE と同等の品質を確保できた。

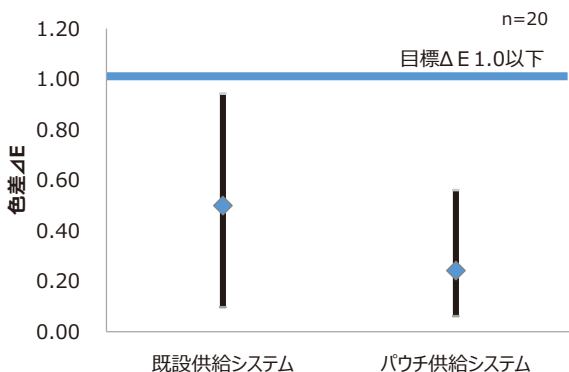


図-10 色差検証結果

4-2-3. 残量監視制御技術

塗料切れ防止のための残量監視については、ギアポンプを有効活用し、充填量の累積管理を実現した。塗料を定量吐出させるギアポンプの駆動源であるサーボモータの積算回転数から、容器内の塗料残量を精密測定し、10cc以内の残量精度で監視することが可能になった。また、シンナー揮発防止の容器にしたことで継ぎ足しが可能となり、廃棄していた塗料缶残りを0にすることができた。

5. まとめ

新しい塗料交換システムを成立させるための要素技術開発に取り組み、開発目標を全て満足することができた。

結果、配合室からの長い配管経路を廃止し、塗装ロボット近傍に塗料供給システムを設置することが可能になったことで、配管長は50mから6mに短縮することができた。また密閉容器にすることで塗料を使い切ることができ、廃棄していた塗料缶残りを0にした。これらにより、大幅な塗料ロス低減を実現し、VOC排出量低減、廃棄物低減に貢献した。

6. おわりに

豊田合成は、「環境基本方針」のもと、1993年に第1次環境取り組みプランを策定し、環境課題に積極的に取り組んできた。環境課題に取り組むには、長期的な視点が必要と考え、環境長期目標「TG2050環境チャレンジ」を2016年2月に発表。さらに同年、2020年度までの5年間の活動項目と目標を設定した「第6次環境取り組みプラン」を策定し、環境保全活動を推進している²⁾。

ゴム・樹脂の高分子分野の専門メーカーである豊田合成が象徴としている六角形の「ベンゼン環」(高分子の原点となる構造体)にちなんだ「6つのチャレンジ」を図-11のように掲げ、2050年を見据えた長期的視点で環境保全活動を推進している。

VOC排出量低減、廃棄物低減についても、低減事例を現地・現物で情報共有し、低減活動を進めている。今後、TG2050環境チャレンジ達成に向けて、これまでの2020年度目標に加え、中間の2030年を見据え、活動を着実に進めていく。



図ー 11 TG2050 環境チャレンジ

著 者



加藤 剛



董 輝



松井雅英



山口好彦

参考文献

- 1) 環境省 HP 揮発性有機化合物 (VOC) 対策
- 2) 豊田合成レポート 2019

蛇腹形状押出品の外観検査技術

野村 正明^{*1}

Inspection Technology for the Outer Surface of Bellow-Shaped Extruded Tubes

Masaaki Nomura^{*1}

要旨

検査品質の安定性確保と人件費の抑制を目的とし、人による目視検査の機械化を進めている。

しかし、蛇腹形状押出品においては、蛇腹形状部分の切り立った斜辺の部分の視解化が困難で、外観検査は人による目視検査に頼っていた。

今回、撮像系（カメラ、照明）の配置の検討と、それによって得られた撮影画像を高速に判定する検査プログラムの開発により、押出成形工程内でのインライン自動検査を可能にした。

Abstract

With the aims of ensuring inspection quality and reducing personnel costs, we have been developing inspection machines to replace visual inspection by humans.

In the inspection of bellow-shaped extruded products, however, we have continued to depend on visual inspection by humans because of the difficulty of capturing images of the steep angles of bellows.

By studying the arrangement of the image capture system and developing an inspection program to process captured images, we recently achieved in-line automatic inspection for an extruding process.

1. はじめに

検査品質の安定性確保と高騰する人件費の抑制を目的として、人による目視検査（外観検査）を機械化するニーズが高まってきている。

豊田合成においては、めっきグリルなどの大型部品からカップ・シール部品などの小物部品まで国内外で生産する様々な製品を対象として、外観検査技術の開発を進めている（図-1）。

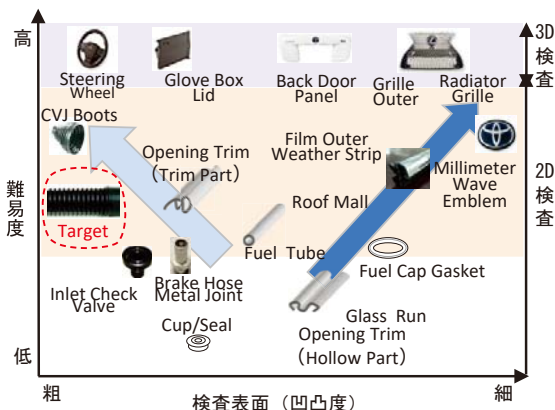


図-1 外観検査技術の広がり

本稿では、蛇腹形状押出品の外観検査技術について述べる。

2. 検査対象と目標

2-1. 検査対象

検査対象を図-2に示す。給油口と燃料タンクをつなぐ樹脂製の管（フィルターパイプ）が今回の検査対象である。フィルターパイプは多層コルゲート成形（押出成形）で生産され、他の構成部品との組み付け、曲げ加工を行い製品となる。

なお、フィルターパイプに付随するブリーザチューブ、エアチューブにおいても本技術を応用した外観検査機を開発している。



フィルターパイプ（押出成形後の単品）

図-2 検査対象

*1 マシンエンジニアリング部 設備開発室

2-2. 検出目標

樹脂押出成形においては、押出流路に滞留した樹脂材料が長時間の加熱により変質し、ブツ不良、メヤニ不良として表出することがある。

それらの不良を、人の目視検査と同等レベル以上で押出成形工程内（インライン）で検出することを目標とした。

3. 問題点と解決方法

3-1. 従来の方と問題点

従来のフィルターパイプ外観検査機の撮像方法を図-3（ア）に示す。

製品の長手方向に対して真上に配置したカメラによりワークを撮影し、画像処理によって、欠点を検出している。

この方法で、フィルターパイプの深く切り立った蛇腹（以下、柔軟蛇腹という）を検査するためには、以下のような問題点があった。

- 1) 山部に遮られ、LED 照明の光が谷部近傍に届かないため、像が写らない
- 2) 斜辺部にある欠点は撮影時に大きさが縮小されてしまい、微小な場合に検出できない

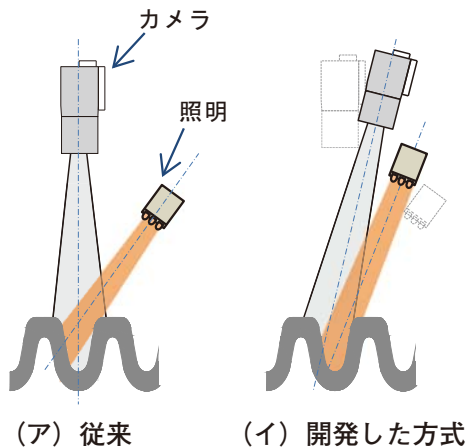


図-3 撮像方法

3-2. 解決方法

上記問題点に対して案出した解決方法を以下に示す（図-3（イ））。

- 1) LED 照明の光が谷部まで届くようにするため、照明の照射角度を真上方向にずらす（照明角度の変更）
- 2) 柔軟蛇腹の斜辺部にある欠点を大きく写すために、カメラの位置を真上から斜めにずらす（撮像角度の変更）

柔軟蛇腹部の撮影画像を図-5（ア）に示す。斜辺部から谷部も明瞭に撮影できている。

次にこのようにして撮影した画像から、欠点を検出する方法について述べる。

4. 検査プログラムの内製開発

4-1. 開発ツール

撮影した画像から欠点を検出するプログラムを開発するために、画像処理プログラム開発ソフトを用いた。

豊富に用意された関数を使用することで複雑な処理も短時間で開発ができること、ツールを共通化することで開発したプログラムを他テーマにも応用しやすいなどの利点がある。

4-2. 処理の流れ

検査プログラムの処理の流れを図-4に示す。

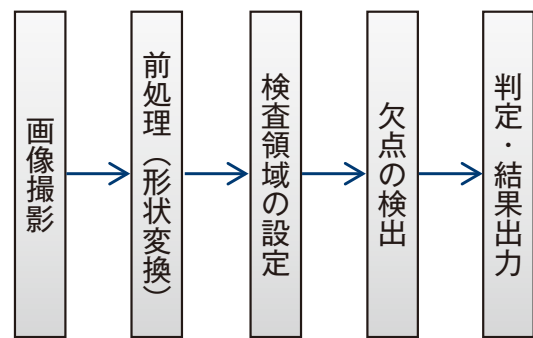


図-4 処理の流れ

256 階調モノクロ画像のデータから、欠点の有無を判定している。

画像撮影、前処理（形状変換）、検査領域の設定、欠点の検出、判定・結果出力が処理の流れである。

今回新たに開発した、前処理（形状変換）、検査領域の設定について、柔軟蛇腹部の撮影画像を例にして述べる。



図-5 撮影画像と形状変換画像

4-3. 前処理（形状変換）

柔軟蛇腹部の撮影画像（図-5（ア））は、円筒状のワークを斜めから見ることになるため、真上から撮影すれば直線状になる山部や谷部の線が、楕円弧状になる。

この画像から欠点を検出することも可能であるが、今回は、斜めから見た画像を、あたかも真上

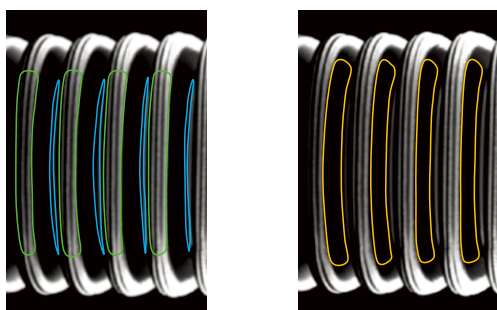
から見たかのような画像に形状変換する方針をとった。

形状変換した画像を図-5(イ)に示す。

この方法には、カメラを真上に配置した場合とアルゴリズムを共通化できること、形状が直線状になるため処理を単純化できるという利点がある。

4-4. 検査領域の識別

柔軟蛇腹部の撮影画像には、明視野画像(山部、谷部)と暗視野画像(斜辺部)の両方が含まれている(図-6)。更に、山部には縦筋状の模様(吸引ふ形のための吸引溝の形)があるという特徴がある。



山部領域、谷部領域

斜辺部領域

図-6 検査領域の識別

つまり、山部(明視野、縦筋模様あり)、谷部(明視野)、斜辺部(暗視野)の3種類の画像が1枚の画像に含まれている。

どの部位にある欠点であっても同等の検査精度を確保するためには、画像の種類に応じて検査アルゴリズムを使い分ける必要がある。

そのために、山部、谷部、斜辺部のいずれの部位かを識別するアルゴリズムを開発し、検査プログラムに実装した。

部位の識別には、領域の特徴(輝度、幅、高さなど)や相対位置の関係(山、斜辺、谷の並びの順序など)の情報を使用している。

4-5. 実機での検証

開発した検査プログラムを搭載した外観検査機を製作し、検査性能(規定した欠点の検出と処理時間)を満足することを確認した。

5. 現状と課題

5-1. 実用化状況

開発した外観検査機は、現在、豊田合成 平和町工場の生産ラインで稼働中である。

5-2. 残された課題

画像処理を用いた外観検査機では、不良品の流出を防止するために良品・不良品を判別するしきい値を厳しめに設定する必要があるため、本来良品であるワークを不良と判定する事案がしばしば問題となる。

本機においても、例えばワーク表面の僅かな色艶の違いや水冷槽の水滴残りなどを不良として判定してしまう場合があり、製造工程の維持管理と検査機のソフト改良の両面から改善を続けていく必要がある。

6. まとめ

撮像系の改良と検査プログラムの開発により、蛇腹形状押出品の外観検査技術を開発した。

今後は、外観検査機の判定結果を製造工程の生産情報と紐付けすることで、IoT(Internet of Things)を活用した不良の発生源対策につなげていくと共に、海外拠点への展開や他製品への応用も視野に入れ、開発を進めていく考えである。

著 者



野村正明

ミリ波ガーニッシュ データ収集システムの構築

内堀 樹^{*1}, 牛 龍基^{*1}, 日比野伊久哉^{*1}, 立川俊二^{*1}

Millimeter Wave Garnishes: Construction of a Data Collection System

Itsuki Uchibori^{*1}, Longji Niu^{*1}, Ikunari Hibino^{*1}, Shunji Tachikawa^{*1}

1. はじめに

豊田合成では自動車の衝突予防として搭載されるミリ波発信機のレーダーを透過させるエンブレムを生産している（図-1）。近年受注が増加傾向であり、国内外で開発・生産準備が進められている。

製造工程は成形，加飾，塗装を含んだ複数工程からなる一貫工程であることから，従来工程では不良が発生した場合，どの工程要因で不良が発生しているのか，不良発生時の正確な製造条件が不明なためカンコツによる現象対策が続いていた。

今回の新規工程では不良発生時の正確な製造条件が見える化し，製品と製造条件を紐付けて現状把握，不良解析が可能なシステム構築を行ったので紹介する。

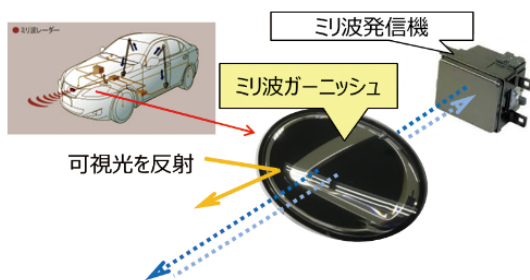


図-1 ミリ波ガーニッシュ

2. システム構築に必要な技術課題

2-1. 製品固体識別とコード読取

製品と製造条件の紐付けを行うためには1製品に対し固有の情報を持たせる必要がある。

成形工程のショット数を基準にした固有シリアルコードを2次元コードとして製品のランナー部へ印字を実施した（図-2）。

印字したコードは各設備の投入位置で読取，加工終了の信号で製造条件と共にデータを送ることで，1製品毎の製造条件の収集を可能にした。

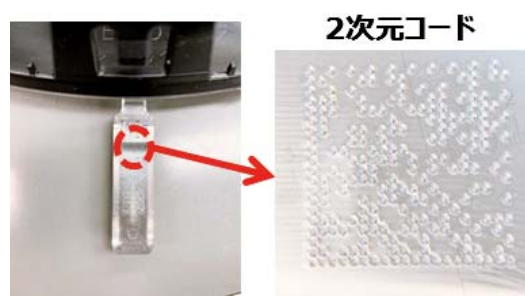


図-2 コード印字

2-2. データベースまでの通信，紐付け

データを収集するには各製造条件データを取る設備 PLC からデータベース（以下，DB）までの通信を確立する必要がある。

今回は各設備 PLC と上位 PLC をリンクさせ，上位 PLC から DB へデータ通信できるように構築した。また不良品は不良登録を行うことで良品，不良品と製造条件の1対1の紐付けを可能とした（図-3）。

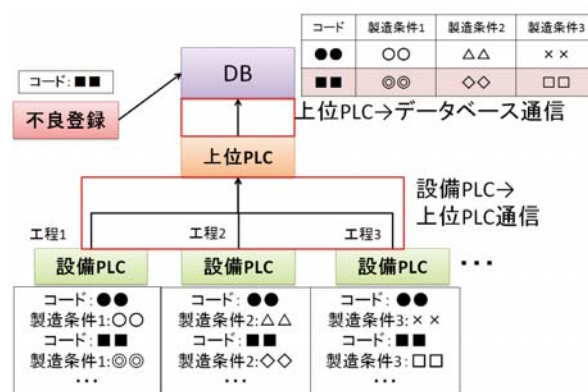


図-3 設備 PLC から DB までの通信と紐付け

3. 収集データの見える化

DB へ収集したデータが見える化，活用するために現状把握，工程管理の効率化ツールを開発した。開発したツールの一部を紹介する。

*1 IE 生産技術部 IE 第1生技室

3-1. 日毎管理

生産状況、設備の稼働情報、不良発生パレート図、変化点情報などを1画面表示し、生産ラインのリアルタイムの状況把握を可能とした(図-4)。

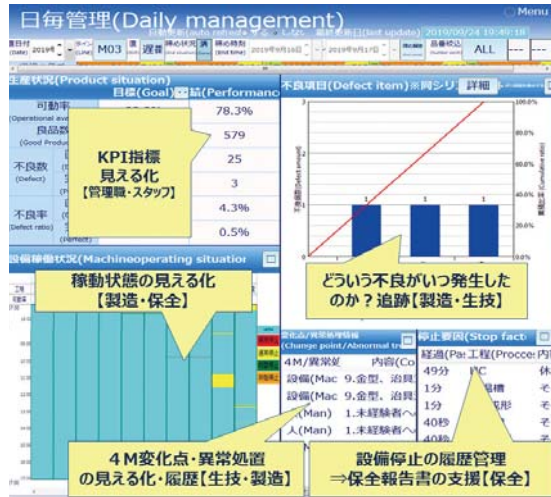


図-4 日毎管理画面

3-2. 条件監視

製造条件をリアルタイムでグラフ表示し、上下限を設定することで各製造条件の傾向から不良が発生する前に早期対策を可能とした(図-5)。

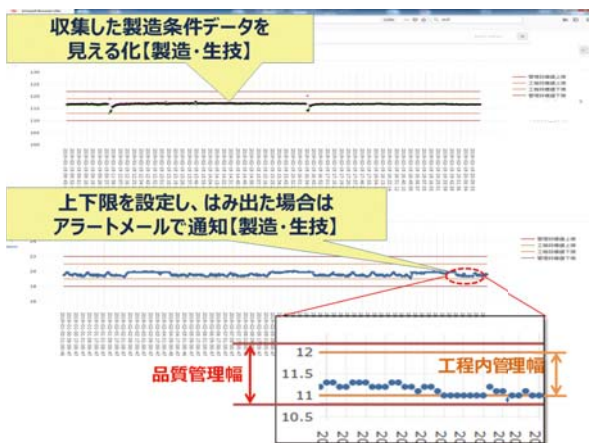


図-5 条件監視画面

4. 結果

データ収集システムを用いて、現状把握の効率化、不良解析を実施した結果、次の結果を得られた。

- 1) 生準工数(製品造りこみ工数): 約38%低減
- 2) 量産開始以降の不良対策工数: 約67%低減
- 3) 量産開始以降の不良率: 従来比約35%低減

5. おわりに

今回のデータ収集システム構築はこれからの新規ミリ波ガーニッシュ生産ラインにも展開していく。

また、このシステムは内外装樹脂部品だけでなく他領域工程への活用が期待される。

最後に本件にご協力いただいた関係部署の皆様へ厚く謝意を申し上げます。

著者



内堀 樹



牛 龍基



日比野伊久哉



立川俊二

インフレーター生産工程における高圧バルブ故障の予兆検知技術

市川博教^{*1}，木納雄一^{*2}，田中琢郎^{*3}

Detection Technology to Predict High Pressure Valve Failure in the Inflator Manufacturing Process

Hiroataka Ichikawa^{*1}, Yuichi Kino^{*2}, Takuro Tanaka^{*3}

1. はじめに

豊田合成では自動車用エアバッグのインフレーターを生産している。インフレーターとはエアバッグを膨らませるためのガス噴出装置で、金属容器に不活性ガスを高圧で封入し、起動用部品を組み付けている。インフレーター生産工程では、ガスを昇圧機にて昇圧した後、ガス制御装置及び高圧バルブを介してインフレーターに封入している（図-1）。豊田合成ではインフレーターに封入するガス質量を保証しているが、高圧バルブが故障するとガス質量がばらつき不良になり（図-2）、また高圧バルブを交換するための設備停止時間が発生する。今回、この問題解決に向けた取り組みとして、高圧バルブの故障を事前に検知する予兆検知技術を紹介する。

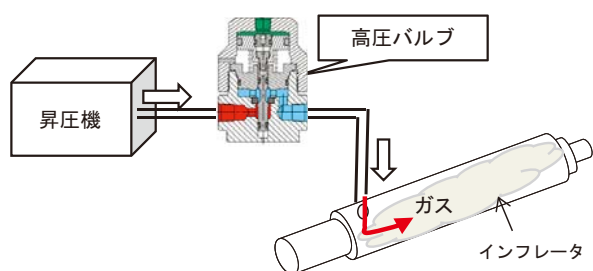


図-1 工程概略



図-2 ガス質量不良率推移

2. 高圧バルブ故障の特徴

現在、高圧バルブ故障に関して2つの問題を抱えている。1つ目は、故障頻度がバラバラであること。高圧バルブは高精密部品であり、高圧下で繰り返し摺動するため、数十ミクロン単位での部品精度バラつきにより故障頻度が変わり、定期交換が出来ない。

2つ目は、故障箇所が外から検知できないこと。高圧バルブ故障は内部部品の摩耗が原因であるため、分解しなければ確認できない。仮に分解して点検する場合も交換と同じ手間暇がかかるため、現状バルブが故障してからガス質量不良の増加を合図に交換をしている。

そこで、今回バルブが故障する前の休日を使ってバルブ交換することを狙い、故障の1週間前までに予兆を検知するシステム構築を図る。

3. 問題解決に向けた取り組み

高圧バルブ故障の問題解決に向けて、高圧バルブ故障具合を事前に予兆検知し部品交換するため、今回3つのステップを設定した。

- 1) 高圧バルブ故障の定量化
- 2) 予兆検知に必要な情報の絞り込み
- 3) 予兆検知するシステム構築

1) 高圧バルブ故障の定量化

まず、高圧バルブの正常時に比べ故障時のガス質量ばらつきが大きいことを突き止め、高圧バルブ故障をガス質量ばらつきの定量値に置き換えた。

2) 予兆検知に必要な情報の絞り込み

次にガス質量ばらつきに関わる因子から予兆検知に必要なデータが何かを原理原則に基づき精査

*1 SS生産技術部 SS第3生技室

*2 豊田合成(張家港)科技有限公司 生産技術部

*3 マシンエンジニアリング部設備開発室

を実施。高圧バルブ故障の影響をまとめた関連図を作成し、さらにランダムフォレスト解析手法(図-3)を使って故障への影響度を算出し影響の大きい3因子に絞り込んだ。

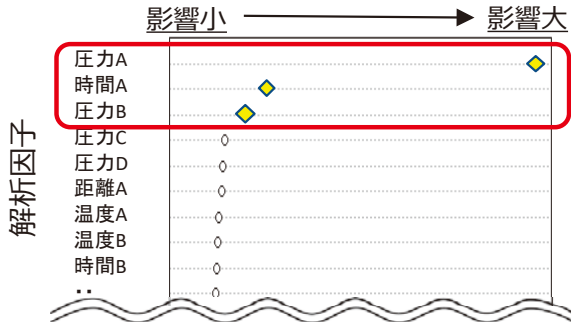


図-3 ランダムフォレスト解析結果

3) 予兆検知するシステム構築

絞り込んだ3因子を元に、今回サポートベクターマシン(以下、SVM)と呼ばれる機械学習の手法を使い検知システムを設計した。SVMとはOKやNGのデータを分類する手法で非常に識別能力が高い。まず、正常な状態を機械に学習させることでOKエリアの境界を設定し、その後絞り込んだ3因子データを入力すると境界からどの程度離れているかの距離を算出でき正常度として出力する(図-4)。このシステムを使用し故障間際の量産データを解析した。故障の8日前に正常度が変化しており、故障始めの微小変化を捉えることができている(図-5)。

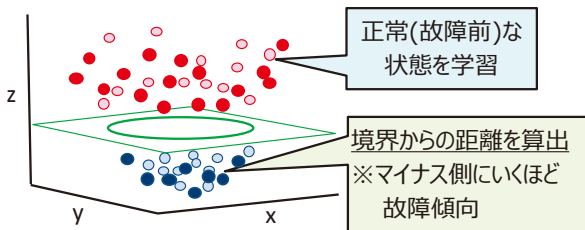


図-4 SVMイメージ図

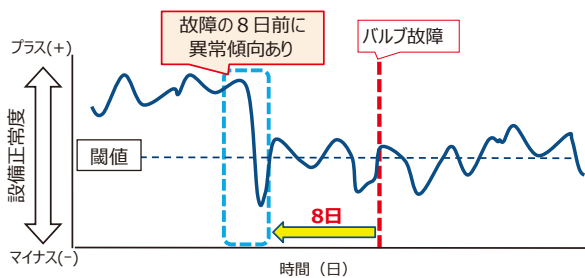


図-5 機械学習解析結果

4. まとめ・謝辞

今回、ランダムフォレストを用いた因子の絞り込みとSVMを用いることで、目標である高圧バルブ故障の1週間前までに予兆を検知できるシステム開発が完了した。

最後に、本技術の開発に際し、ご支援、ご指導いただきました関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

著者



市川博教



木納雄一



田中琢郎

耐電食性ウェザストリップ用 EPDM 材料の開発

中野寛之^{*1}

Development of EPDM Materials for Non-Conductive Weather Strips

Hiroyuki Nakano^{*1}

要旨

近年、EV車の急速普及に伴い、燃費向上のために車体の軽量化要求が高まっており、ドアパネル等に鉄よりも軽い金属（マグネシウム、アルミニウム）の適用が検討されている。しかしこれらの金属は鉄よりもイオン化傾向が高く、接触するゴム製品を介して電気回路が形成されることで、「電解腐食（電食）」が発生する懸念が高まっており、高電気抵抗化したゴム材料の開発が求められている。

今回開発した耐電食性ウェザストリップ用 EPDM 材料の配合設計は、導電性を有するカーボンブラックと非導電性の無機系白色フィラーの配合比率を最適化し高電気抵抗を発現させるが、白色フィラーの影響によりゴムの比重が増加し、加工性が悪化する傾向となる。そのため、新たな配合設計手法を用いることで、比重増加させることなく高電気抵抗を維持することが可能となり、ラゲージウェザストリップ製品向けの配合を設定し、量産化を実現した。

Abstract

With the rapid spread of EVs in recent years, there is an increasing demand for lighter weight vehicle bodies to improve fuel economy. The use of metals (Mg, Al) that are lighter than steel on door panels has been investigated. However, because these metals have a higher ionization tendency than steel and there is concern of electrolysis corrosion when they are in contact with rubber products, there is a need to develop rubber materials with high electrical resistance.

I have developed EPDM materials for non-conductive weather strips, optimizing the mixing ratio of conductive carbon black and nonconductive inorganic white filler to produce high electrical resistance. However, the specific gravity of rubber increases due to the influence of white filler, and workability tends to become worse. Using a new recipe design technique, it was possible to maintain high electrical resistance without rising specific gravity. A recipe was then established for luggage weather strips and mass production was achieved.

1. はじめに

近年、日本でも軽量化のために車体の素材にアルミニウムやマグネシウムなど、鉄よりも軽い金属を採用する検討が進んでいる。これらの金属は、鉄よりもイオン化傾向が高く（図-1）、接触するゴム製品を介して電気回路が形成され（図-2）、電解腐食（電食）、特に異種金属接触腐食に対する懸念が高まっている（図-3）。

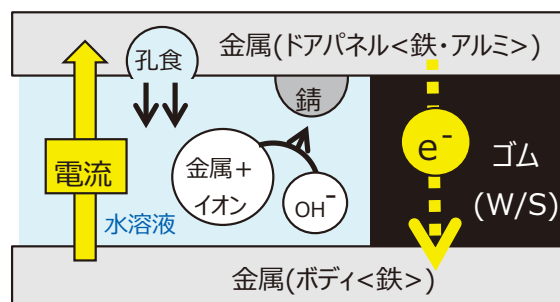


図-2 電解腐食メカニズム

←大(酸化しやすい)										→(酸化しにくい)小←									
K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au				

図-1 イオン化傾向

*1 材料技術部 ゴム材料技術室

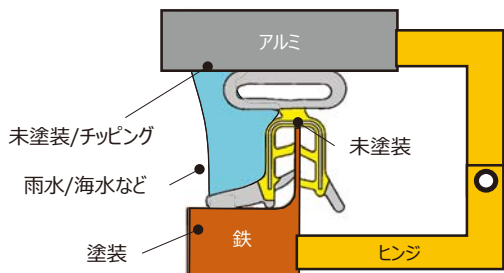


図-3 ゴム製品を介して電気回路形成

電食を防止する方策として、製品に使われるゴム材料を高電気抵抗化することで電気回路を遮断する手段が有効であり、今回はラゲージウェザstriップ向け EPDM 材料の高電気抵抗化として報告する。

ウェザstriップ (図-4) とは、車の開口部 (ドア、トランク、窓ガラス、サンルーフ) に装着し、雨風や騒音から室内を守るほか、ドア開閉や窓ガラスの昇降をスムーズにするといった多くの役割を担う製品である。



図-4 ウェザstriップ (ドア周り)

2. 電気抵抗値の目標設定

一般的にゴムポリマーの電気抵抗値は、 $1E+10 \sim 1E+16$ ($\Omega \text{ cm}$) と言われているが、カーボンブラックを配合したウェザstriップ用のゴム材料は電食を発生させる懸念がある抵抗値となってしまう (図-5)。

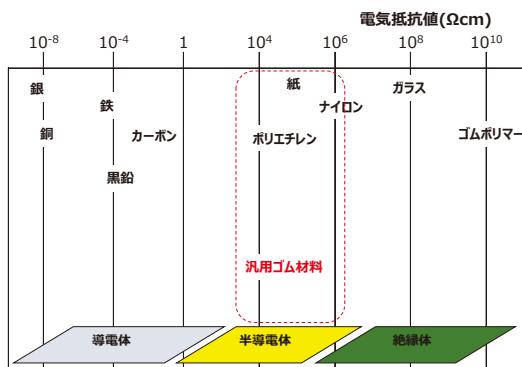


図-5 材料別の電気抵抗値

今回、電気抵抗値を引き上げることによって、電食リスクを低減させることを目的とし、現行材比 10^2 倍 ($\Omega \text{ cm}$) 以上と目標値を設定した。

なお、電気抵抗値は、JIS K6271-1 又は ISO 14309 に準拠して測定した。

3. 高電気抵抗化の考え方と検証

3-1. 従来技術の高電気抵抗化

ゴム材料の配合は一般的に、ポリマー (生ゴム)、カーボンブラック、オイル、フィラーから成り、この中のカーボンブラックにより、強度などの材料物性を発現させている。一方でカーボンブラックは導電性を有しているため、ゴム材料は電気を通しやすい性質を持っている。

まず、カーボン種 (表-1)、カーボン比率による高電気抵抗化の効果を確認した (図-6)。

表-1 カーボン種

	カーボンA	カーボンB	カーボンC
鎖長: DBP 吸収量 ($\text{cm}^3/100\text{g}$)	115	152	124
平均粒子径 (nm)	43	72	85

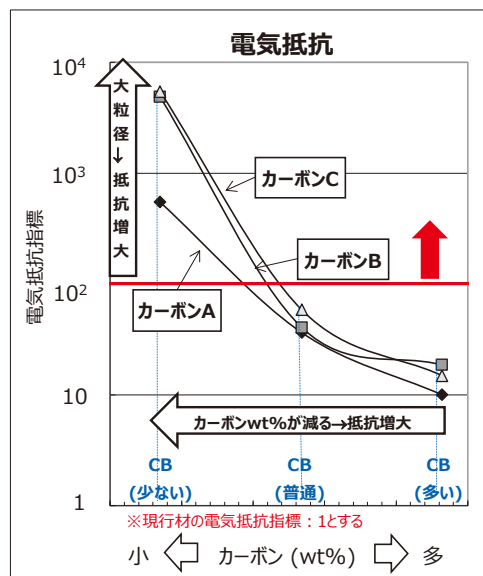


図-6 カーボン種・カーボン比率の効果

配合部数を固定し、カーボンブラックを減らした分を白色フィラーに置換して、電気抵抗値と比重の変化を調査した (表-2)。カーボンブラックの選定について、配合比率により、いずれも適用可能となるが、材料コストとのバランスを考慮して選定する必要がある。絶縁性の高い無機系白色フィラーを増量することで、配合に占めるカーボンブラックの割合が低減し高電気抵抗化が可能となる。

表-2 目標抵抗値を満たす配合

使用カーボン種	現行材		電気抵抗 現行比 10 ² 倍		到達配合		目標値
	A	A	B	C			
カーボン量(-)	100	62.6	69.6	71.2			
電気抵抗指標	1	× 10 ²	○ 10 ²	○ 10 ²	○ 10 ²	○ 10 ²	10 ² ≤
比重	1.30	○ 1.35	× 1.34	× 1.34	× 1.34	× 1.30	≥ 1.30

※カーボン：現行材を 100とした場合の指数を示す
 ※電気抵抗指標：現行材を 1とした場合の指数を示す
 ※材料コスト：A < B < C

しかし、比重の高い無機系白色フィラーの増加は、ゴム材料自体の比重増加に直結し、車の軽量化要求とは逆行することになる。また、カーボンブラックの比率を減らしすぎると、物性が著しく低下してしまうため、最小限の比率は確保しなければならない。

3-2. 開発材の考え方

無機系白色フィラーに加え、今回、比重の低い有機系の軽量フィラー（表-3）を採用し、カーボンブラックと合わせて充填剤の最適配合を実施することで、ゴム材料自体の比重増加をさせることなく電気抵抗目標値を満足させる（図-7）。

表-3 カーボン/フィラーの特徴

	カーボンブラック	白色フィラー	軽量フィラー
比重	1.8	2.7	0.4 ~ 1.4
長所	補強性付与	安価 非導電性	非導電性
背反事項	導電性	重い 補強性無し	混練加工性に 難有り

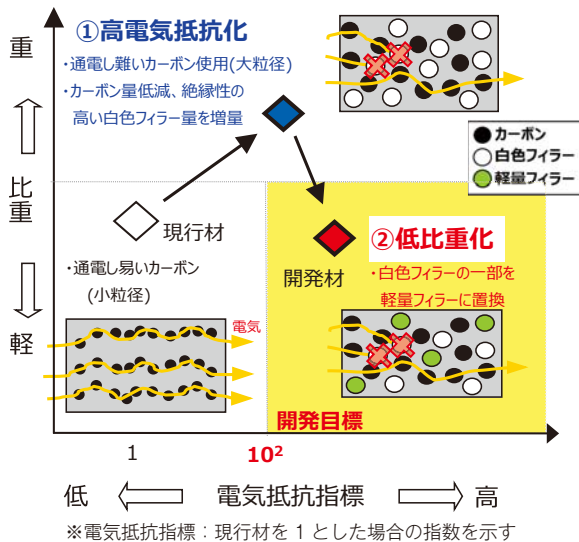


図-7 開発材の考え方

3-3. 軽量フィラーの選定の考え方

軽量フィラーの候補は、大きく分けて中空系とソリッド系の2つに分類され、個々の原材料特性の重要要素（表-4）についてスクリーニングをした。

表-4 軽量フィラー原材料特性の重要要素

		原材料特性		
		耐圧強度	融点	水分率
中空系		✓	✓	✓
ソリッド系		-	-	✓
評価	リスク	"軽さ"の消失	"軽さ"の消失	発泡
	原因	加工時の破壊	加工時の熔融	水分
	目標値	≥ 5.6MPa	≥ 200°C	≤ 0.5%

続いて、ラボ検討で混練加工性（ミキサー / オープンロール）、加硫物性（要求特性）、未加硫物性（ミキサー / オープンロール以外の工程の加工性予測）を確認し、その後、工場検討にてスケールアップし加工性を確認した。

軽量フィラーにより、ゴムポリマーとの相溶性が異なっているが、仮にゴムポリマーとの相溶性が悪い場合、フィラー分散性の悪化、押出性（ガーベダイ）の悪化、テープ切れなどといった加工性不具合に繋がる懸念がある。これらの加工性不具合は加工性評価一覧表（図-8）にて項目をピックアップし、評価漏れがないようにした。

		フィラー配合比率変量 加工性への影響 (小:1 ← 3 → 5:大)				点数 =A× (B+C+D)	コメント
		A.影響度	B.カーボン 変量	C.白色フィラー 変量	D.軽量フィラー 追加		
混練	ヤケ	3	5	1	3	27	
	ミキサーへの材料残り	1	3	5	3	11	
	ロール粘着性	3	3	5	3	33	
	擬似ゲル	3	3	3	3	27	
	フィラー分散性	5	5	5	3	65	影響大
	テープ切れ	5	5	5	3	65	影響大
押出	インサート切れ	3	3	3	3	27	
	エア抱き込み	3	5	5	3	39	
	形状保持性	3	3	3	3	27	
	ヤケ	3	1	5	3	27	
	ゴム圧	3	3	1	3	21	
	押出形状 く込み性	3	3	3	3	27	
	テープ切れ	3	5	5	3	65	

図-8 加工性評価一覧表（一部）

これらの加工性評価項目の中で、今回の変化点に対して、特に懸念が大きかった項目は①フィラー分散性と②テープ切れとなる。

①フィラー分散性は、本報告では詳細割愛するが、目標を達成するために、混練条件の最適化を実施した。なお、評価方法としては、フィラー分散測定機を使用した（図-9）。

②テープ切れの検証は、判断基準として未加硫でのテープ破断強度（グリーン強度）で判断し、加工性検証を実施した。

テープ切れの有/無が判明しているゴム材料に

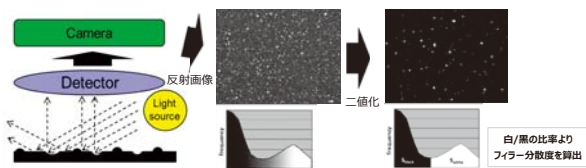


図-9 フィラー分散測定機原理

ついて、グリーン強度の物性結果を分析し、測定温度：60℃にて、評価項目：「伸び」と「抗張積（引張破断エネルギー）」の2種で閾値が存在することを見出し、テープ切れの指標として活用した（図-10）。

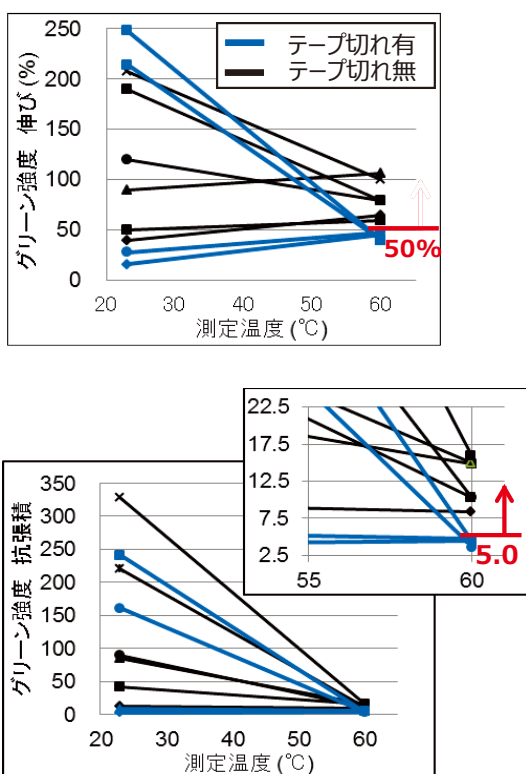


図-10 グリーン伸び／抗張積と測定温度の関係

グリーン強度で見出した結果により、軽量フィラーとして「オレフィン系フィラー」を採用することにした（表-5）。

表-5 軽量フィラーの選定結果

	原材料	比重	原材料特性			ラボで確認		工場で確認
			耐圧強度	融点	水分率	グリーン強度 伸び (≧50%)	抗張積 (≧5.0)	混練作業性
中空系	フライアッシュ	0.7	×	○	×	-	-	-
	ガラスパルーン	0.4	×	○	○	-	-	-
	架橋ポリエステルフィラー	0.47	○	○	○	×	×	×
ソリッド系	オレフィン系フィラー	0.9	-	-	○	○	○	○
	セルロース粉末	1.4	-	-	×	-	-	-
	ナイロン繊維	1.14	-	-	×	-	-	-
	炭酸カルシウム	2.7	-	-	○	-	-	-

3-4. 軽量フィラーの配合設計

前項にて軽量フィラーとして「オレフィン系フィラー」を採用したが、既存配合にも使用している「オレフィン系フィラー①」とエチレン割合の低い「オレフィン系フィラー②」を適用（表-6）し、最適な添加比率設定を60℃雰囲気下のグリーン強度の伸びと抗張積により、決定した（図-11）。

表-6 オレフィン系フィラー特性

	エチレン割合 (wt%)	粘度 ML1+4 @100℃	融点 (°C)
オレフィン系フィラー①	77	20	99
オレフィン系フィラー②	52	40	-

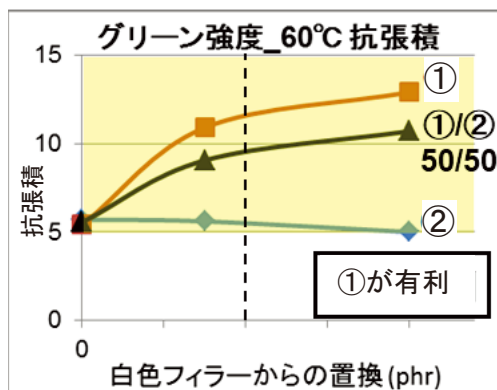
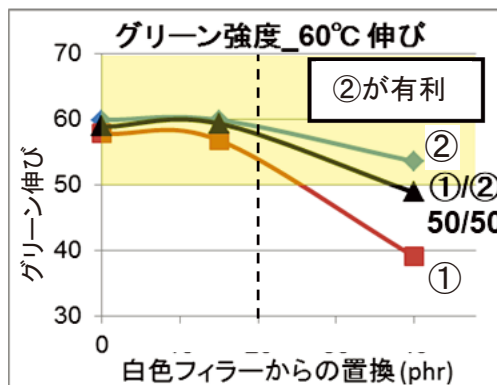
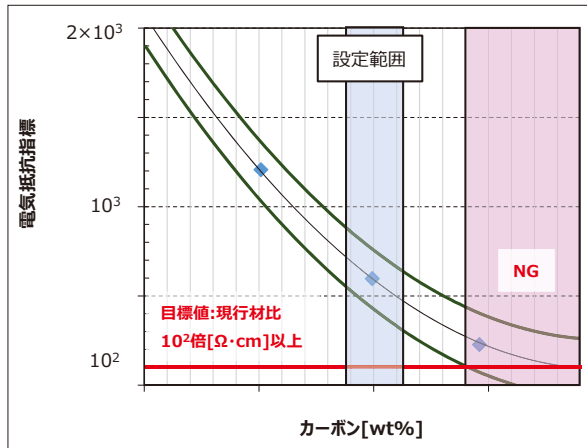


図-11 オレフィン系フィラー添加量設定

伸びと抗張積を考慮して、① / ② = 50/50（等量配合）に設定し、工場での混練加工性 / 押出加工性の確認を実施した。

3-5. 実用配合の設定

電気抵抗指標の目標値：現行材比 10² 倍以上を満足するカーボンブラックの実用配合を設定した。このカーボンブラック配合量設定範囲は、量産工程での電気抵抗値の工程能力を十分確保している（図-12）。



※電気抵抗指標：現行材を 1 とした場合の指数を示す

図-12 カーボンブラック配合量の設定範囲

なお、図-12のカーボンブラックは表-1で検討したカーボン A であり、カーボン種が異なる場合は、上記のグラフとも異なる傾向を示す。

3-6. 工場での加工性確認

高電気抵抗性、低比重、加工性を満たす配合設計を確立し、工場での検討結果にて混練加工性と押出加工性に問題がないことを確認できた(表-7)。

表-7 開発材の目標値に対する結果

		現行材	開発材	目標値	寄与する製品特性
電気抵抗指標		1	5.5×10 ²	10 ² ≤	耐電食性
比重		1.29	1.28	1.30 ≥	製品重量
グリーン 強度 60℃	伸び (%)	55	78	50 ≤	混練 / 押出時の テープ切れ (加工性)
	抗張積	8	12	5 ≤	
フィラー分散度 (%)		89	90	85 ≤	—
テープ切れ有無		無し	無し	無し	—

※電気抵抗指標：現行材を 1 とした場合の指数を示す

4. まとめ

今までのゴム材料の高電気抵抗化は、白色フィラーを添加することによる高充填化で、比重（重

量）増加を伴うものだったが、オレフィン系の軽量フィラーを活用した豊田合成独自の最適配合技術を実施することで、比重増加を抑制しながら、電気抵抗値を高め、加工性も従来レベルを満足することが可能となった。

今回の材料を適用したラゲージウェザーストリップ(図-13)は、2018年発売の新規車種に採用され量産化された。

今後は培った配合技術を基に、他のゴム材料の開発に応用し、適用していく計画である。



図-13 ラゲージウェザーストリップ

5. おわりに

最後に、今回の材料開発に関わるすべての関係者、及び開発材の適用から生産準備、量産化に関わったすべての関係者に対して、心から感謝いたします。

著 者



中野寛之

縦型 GaN-MOSFET を用いた昇圧コンバータ

恩田敬治^{*1}, 林 伸亮^{*1}

Boost Converter Using Vertical GaN-MOSFET

Keiji Onda^{*1}, Nobuaki Hayashi^{*1}

1. はじめに

近年、SiC や GaN などのワイドバンドギャップ半導体の実用化が進められている。縦型構造の GaN パワーデバイスとは従来の Si パワーデバイスと比較し、高周波スイッチング回路において低損失化や電磁ノイズ低減などの効果が期待できる。

豊田合成で開発中の縦型 GaN パワーデバイスを使用した高周波スイッチング方式の昇圧コンバータを試作し、その省エネ性や電磁ノイズの低減効果について評価した。

2. 回路と計測方法

回路構成を図-1に、外観を図-2に、回路仕様を表-1にそれぞれ示す。本回路は、出力電圧フィードバック型 PWM 制御の昇圧コンバータである。

スイッチング用トランジスタ Q は、縦型 GaN-MOSFET¹⁾ 又は同クラスの SiC-MOSFET を同一回路に載せ替えて使用した。MOSFET の駆動は、ゲート抵抗 Rg を 3 Ω、駆動電圧を +15V / -5V とし、スイッチング周波数を 500kHz ~ 1MHz の範囲で変化させた。

高周波化による損失増加を抑えるため、高周波特性に優れた低損失の回路部品を採用した。

本測定では MOSFET のスイッチング性能差を分かり易くするために、電流臨界モードでスイッチングさせた。MOSFET のドレイン電流計測にはカレントプローブ (Tektronix 社製 TCP0030A) を、回路の電力計測にはパワーメーター (横河電機社製 WT1800) を使用した。

放射ノイズレベルは、CISPR25 (車載機器の放射妨害波測定法) に準拠して計測した。図-3は、電波暗室内において昇圧コンバータを 500kHz のスイッチング周波数で動作させた時の放射ノイズレベルの測定風景である。

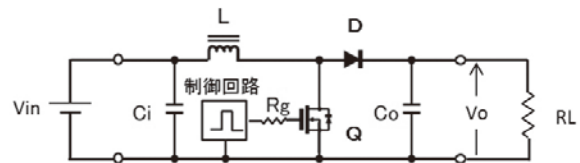


図-1 回路構成

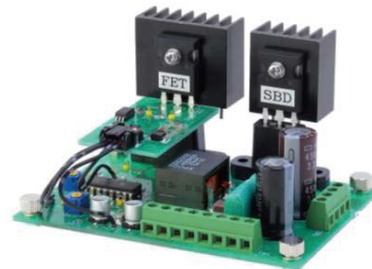


図-2 回路外観

表-1 回路仕様

項目	定格・仕様	
入力電圧	Vin	DC24 ~ 100V
出力電圧	Vo	DC150 ~ 500V
昇圧コイル	L	29 μH
ゲート抵抗	Rg	3 Ω
トランジスタ	Q	SiC/GaN 10A クラス
ダイオード	D	SiC/GaN 10A クラス
スイッチング周波数		500kHz ~ 1MHz

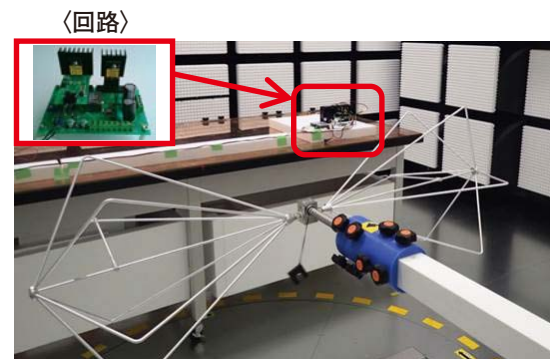


図-3 放射ノイズレベル測定

*1 電子技術部 性能評価室

3. 計測結果

図-4にSiC-MOSFET, 図-5に縦型 GaN-MOSFET のターンオフ時のドレイン-ソース間電圧 V_{DS} ・ドレイン電流 I_D 波形を示す. ターンオフ時のドレイン電流 I_D の di/dt は, SiC が $-80A/\mu s$ に対して GaN は $-160A/\mu s$ と2倍早く電流を遮断している. 結果, ターンオフ時のスイッチング損失は SiC が $3.75 \mu J$ に対して GaN は $1.75 \mu J$ と約 $1/2$ に低減している. また, ターンオフ時のドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の振動周期, 振幅も SiC と比べて $1/2$ 以下となっており, 縦型 GaN-MOSFET のスイッチング性能がよいことを示す結果になっている. これは, 縦型 GaN-MOSFET のドレイン-ソース間接合容量が小さいためと推定される.

図-6に縦型 GaN-MOSFET 又は SiC-MOSFET を使用した場合の昇圧コンバータの電力損失比を示す. 縦型 GaN-MOSFET を搭載した回路は SiC-MOSFET を搭載した場合と比べて, スwitching 周波数 $500kHz \sim 1MHz$ の範囲において, 電力損失が約 30% 低減している.

図-7に周波数 $10MHz \sim 100MHz$ の放射ノイズの計測結果を示す. 縦型 GaN-MOSFET を搭載した回路は, 周波数 $20 \sim 50MHz$ の帯域で放射ノイズのピーク値が約 $20dB \mu V/m$ 低減している. これは図-5のターンオフ時のドレイン-ソース間電圧 V_{DS} の振幅が小さいためである.

放射ノイズにおいても縦型 GaN-MOSFET が良好であることがわかる.

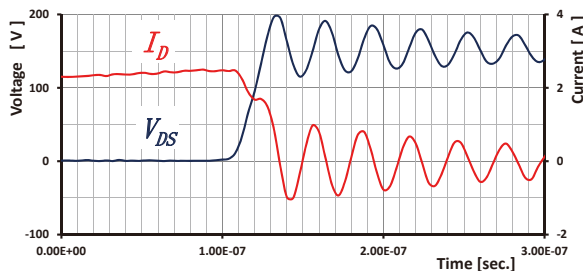


図-4 SiC-MOSFET ターンオフ波形

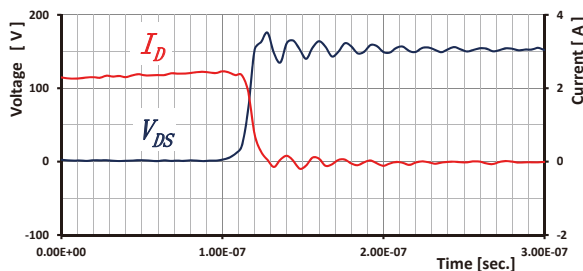


図-5 GaN-MOSFET ターンオフ波形

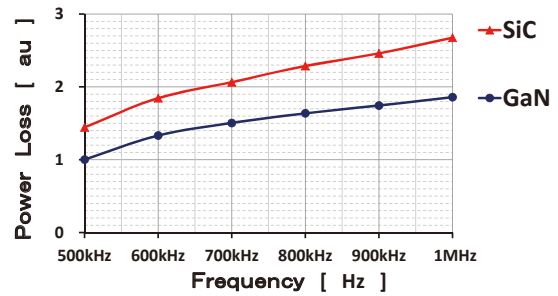


図-6 回路の電力損失

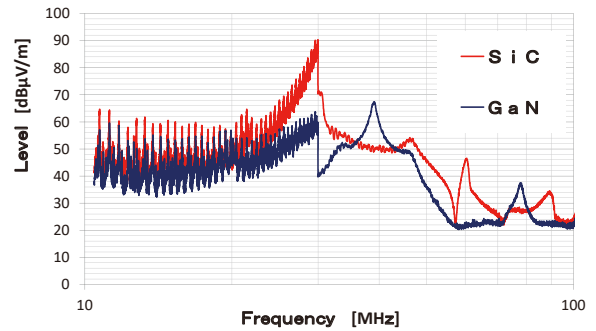


図-7 放射ノイズレベル

4. まとめ

縦型 GaN-MOSFET を用いた昇圧コンバータの性能評価を行なった. その結果, 省エネ性能と放射ノイズレベルが SiC-MOSFET と比べて良好であることを確認した.

謝辞

パワーデバイスをご提供いただいた研究開発部の皆様に感謝いたします.

参考文献

- 1) 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: 縦型 GaN パワーデバイスの進展, 豊田合成技報, Vol.60, p.15-21 (2018)

著 者



恩田敬治



林 伸亮

車室内照明のフルカラー化に伴う色バラツキ低減技術

杉浦康継^{*1}，木野徳人^{*2}，神谷孝行^{*2}

Improved Lighting Color Accuracy for Full-Color Illumination in Vehicle Interiors

Yasutsugu Sugiura^{*1}, Norihito Kino^{*2}, Takayuki Kamiya^{*2}

1. はじめに

エコ意識の高まりと共に、住宅をはじめ店舗・オフィスにおける照明のLED化が急速に進み、家電量販店の店頭には様々なLED照明製品が立ち並ぶようになった。

自動車においてはストップランプをはじめとした外装用照明からLED化が始まり、車室内においても足元照明、間接照明といった雰囲気演出を目的としたイルミネーションとして、LEDが採用されてきた。

更には、電球からの置き換えだけでなく、居住空間を演出する「光」に対するユーザーのニーズが高まり、車室内の様々な場所にLEDを組み入れることで、これまでできなかった機能や効果を持った光を車室空間に与えることが期待されている。その一つに暖色系から寒色系まで多様な色やカラーを再現できるフルカラー化のニーズが高くなっている。

2. フルカラーイルミネーションの課題

2-1. 現行品紹介

カラーイルミネーション用として、現在、豊田合成が量産している光源は、マルチカラーLEDによって光源の多色化を図ることで、照明色に豊富なバリエーションを生み、高級感と先進感のある居住空間の演出に寄与している（図-1）。

2-2. 混色のメカニズムと色バラツキ

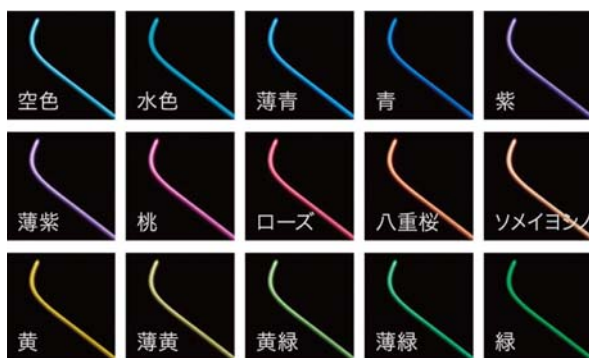
フルカラー照明を語るにあたり、混色の原理について説明する。

光は、赤（R）、緑（G）、青（B）の3つの色を使い、光量を調節して混ぜ合わせることによって、ほぼすべての色が再現できる。この3つの色を光の3原色といい、カラーテレビやコンピュー

タのカラーディスプレイ、電飾看板などそのもの自身が発光しているものは、この3原色が使用されている（図-2）。



a) 天井間接照明



b) 照明色のバリエーション

図-1 天井のカラーイルミネーション

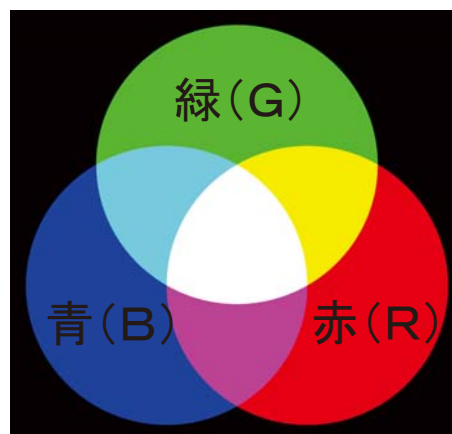


図-2 光の3原色

*1 光源デバイス開発部 照明開発室

*2 車載照明技術部 照明技術室

また、発光色を数値やグラフで表す表色系には図-3に示すxy色度図があり、2つの数値(x,y)を使ってxy座標空間で色を表すことができる。このxy色度図では、混色した色はRGB3原色の光量の比率を内分した点で表される。

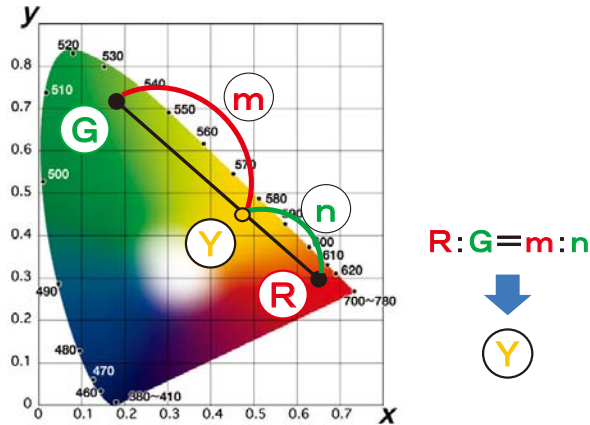


図-3 色度図と内分点

ここで、この3つの原色となる光源色に差があると、同じ比率で混ぜ合わせても色目に差が生じることになる。

LED光源においても、原料や製造上のバラツキから発光色に特性値の分布、いわゆるバラツキ(個体差)があり、原色となる3つのLED全ての発光色を個体差なく均質化することは困難となっていた。

このため、複数のイルミネーションランプを点灯した際は、色目の差が照明の品位を低下させる場合もあり、色バラツキの低減が課題であった。

3. 色バラツキ低減方法

3-1. 色バラツキの定量化

一般的に色と色の違いを表示する指標として、図-3の色度図上に、特定の中心色に対する識別変動の標準偏差をプロットしたMacAdam楕円¹⁾という指標がある(図-4)。

図中の楕円はスケール10倍でプロットしているが、特定の中心色に対して一般的にはスケール3倍楕円(MacAdam 3 step)の楕円範囲内は人の目で色差を認識できないと言われている。今回RGB3原色の混色によって生じる発光色バラツキをこの楕円内に収めることが要素技術の大きなポイントである。

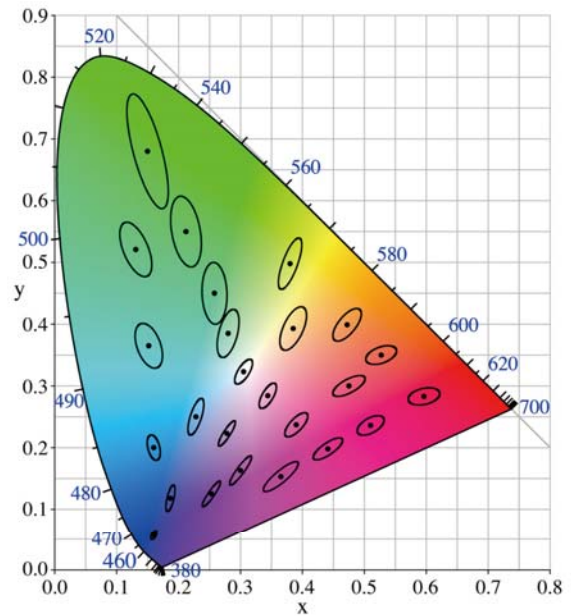


図-4 MacAdam楕円(×10)

3-2. 色バラツキ補正方法

RGB3原色の混色によって生じる発光色バラツキのメカニズムは先述のとおり、RGB各素子の原料および製造上のバラツキによるものであるため、そのバラツキ(主に光度、色度)を灯体ユニットにてRGB各色を補正し発光色を統一することが必要である。

その具体的方策として図-5のように、RGB各単色にて製造上の出現色度グリッドより内側で個々に基準点を設け、他の2色の微少発光により基準点色度へ合わせこむことで灯体ユニット単位でRGB各発光色を統一する方法を採用した。

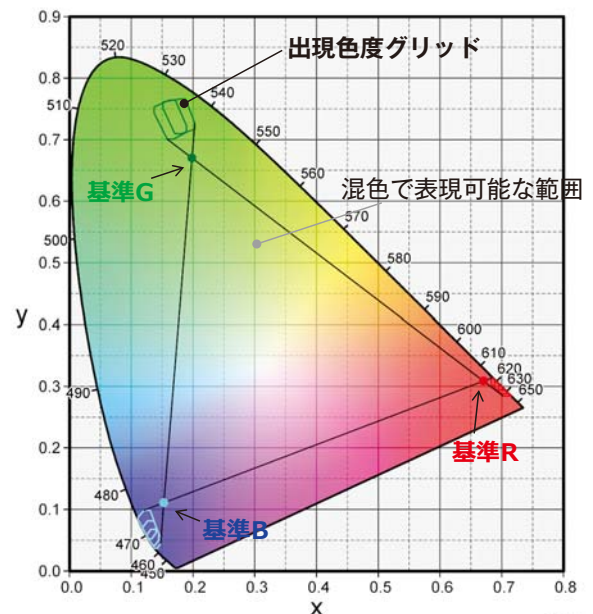


図-5 色バラツキ補正方法

同様に光度についても最終的な代表色での目標光度に至る RGB 各色の光度へ合わせこむ。

具体的には、各色の基準点へ合わせこむための補正係数を発光モジュール内部に擁する記憶媒体へ書き込みし、車両側から受け取る RGB 光量比率と掛け合わせることで、混色発光時に MacAdam 3 step 相当のバラツキに抑えることが可能となる (図-6)。

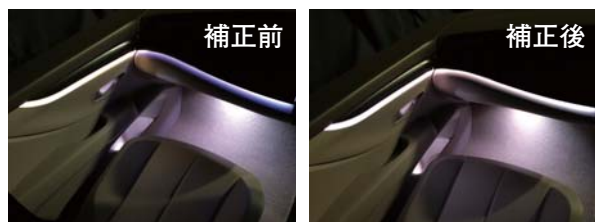


図-6 色バラツキ低減効果

4. まとめ

今回開発した発光色バラツキ低減技術は、来たる自動運転時代に向けて、「知らせる」「演出する」などの機能や効果を持った光としてのフルカラー化のニーズが高くなっており、車室内照明への本技術の活用が期待される。

5. おわりに

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

参考文献

- 1) MacAdam, D.L., Visual sensitivities to color differences in daylight, J.Opt. Soc. Am. 32, p247-274 (1942).

著者



杉浦康継



木野徳人



神谷孝行

北米仕向け 運転席エアバッグの内圧制御技術

河村 功士^{*1}

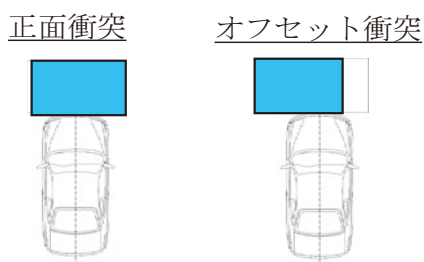
Internal Pressure Control Technology for Driver-Side Airbags in North America

Koji Kawamura^{*1}

1. はじめに

エアバッグモジュールは仕向地毎に設定されている衝突安全法規・アセスメントに対応できるように開発されている。

その中で、北米仕向けの車両に対する法規・アセスメントが最も厳しく、様々な衝突形態(図-1)に対応した乗員保護性能と、乗員がエアバッグモジュールに近接した状態(図-2)での加害性低減性能(以下、OOP(Out of Position)性能)を両立させる必要がある。



乗員侵入時間:早い 乗員侵入時間:遅い

図-1 衝突試験条件

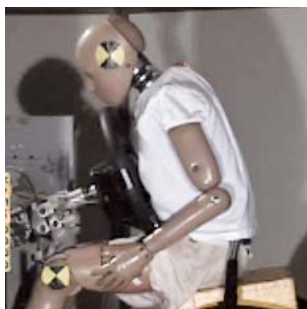


図-2 OOP 評価

従来の運転席エアバッグモジュール(図-3)は、この2つの性能を満足させるために、高機能の2段式ガス発生装置(以下、デュアルインフレーター)を採用している。これにより、乗員保護性能は運転席エアバッグモジュールの構成部品であるエアバッグに十分なガスを供給し、OOP性能で

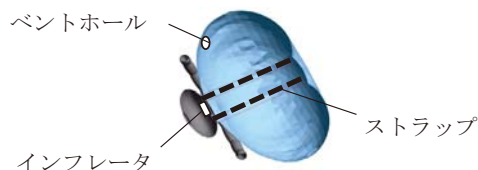


図-3 運転席エアバッグモジュール

はエアバッグを優しく展開するようにガスの供給を抑え、エアバッグ内の圧力(以下、バッグ内圧)を制御している(図-4)。

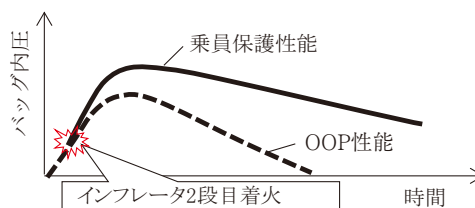


図-4 求められるバッグ内圧特性

今回の開発は、運転席エアバッグの圧力制御をエアバッグの構造で対応する技術であり、これによりインフレーターを安価・軽量のシンプルな1段式ガス発生装置(以下、シングルインフレーター)に変更することを目的とする。



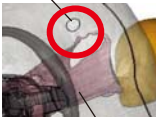



2. 製品の概要

従来品は衝突時、乗員がエアバッグに侵入する前にベントホールからガスが排気される構造のため、ガスの一部をロスしている。

開発品はエアバッグの高さを制御するストラップ構造を変更することにより、乗員がエアバッグに侵入するまでは、ストラップが引張られる力でベントホールをクローズ状態とし、ガスのロスを抑制する。その後、乗員がエアバッグに侵入することで、ストラップの引張られる力が弱まりベントホールがオープン状態となり、ガスを排気する構造となっている(表-1)。

*1 SS 開発部 システム性能開発室

表-1 従来品と開発品のガスの排気状況

	乗員侵入前	乗員侵入後
乗員の侵入状況		
従来品	ベントホールオープン  ストラップ	ベントホールオープン 
開発品	ストラップ  ベントホールクローズ	 ベントホールオープン

3. 製品の特長

3-1. 乗員保護性

様々な衝突形態では、乗員のエアバッグへの侵入タイミングが異なっている。そのため、従来品は車両に搭載されている ECU からの着火信号を制御することで、デュアルインフレータの2段目のガス供給タイミングを変え、衝突形態に応じてバッグ内圧を設定している。

開発品は、乗員がエアバッグに侵入するまでにベントホールがクローズ状態となるため、バッグ内圧を一定に保つことができ、乗員がエアバッグに侵入するタイミングに合わせて、ベントホールがオープン状態となりガスを排気することができる。これによりインフレータでガスの供給タイミングを変える必要がなくなるため、シングルインフレータで最適なバッグ内圧を設定することができ、従来品と同等性能を確保することが可能となる (図-5, 図-6)。

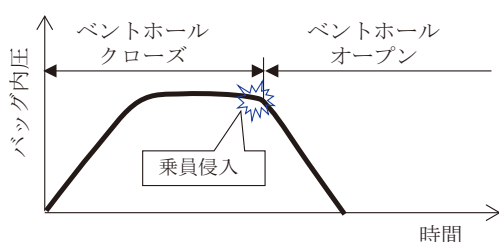


図-5 乗員侵入が早い場合のバッグ内圧

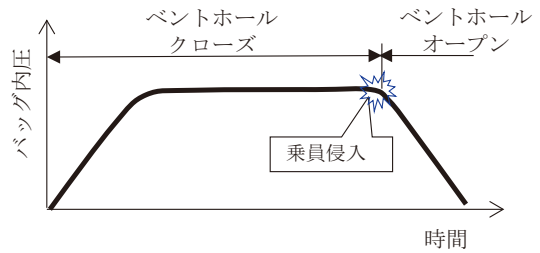


図-6 乗員侵入が遅い場合のバッグ内圧

3-2. OOP 性能

運転席エアバッグモジュールと乗員が近接した状態では、乗員が侵入した状態と類似するため、ベントホールがオープン状態となり、バッグ内圧の上昇を抑制し従来品と同等性能を確保することが可能となる (図-7)。



図-7 OOP 試験状況

3-3. 効果

開発品はバッグの構造でバッグ内圧を制御することができるため、インフレータをデュアルインフレータからシングルインフレータに変更することができ、従来と同等性能を確保し、質量を約10%低減することができる。

4. おわりに

今回紹介した運転席エアバッグについては、2017年10月にアコードより生産開始となりました。

最後にこの製品の開発・量産化に対し、ご指導ご協力いただいた株式会社本田技術研究所関係部署の方々に深く謝意を示します。

著 者



河村 功士

車両レベルでの騒音・振動計測技術構築に向けた取り組み

橋本善夫^{*1}, 大中博史^{*1}

Efforts to Establish Noise and Vibration Measurement Technology at the Vehicle Level

Yoshio Hashimoto^{*1}, Hiroshi Onaka^{*1}

1. はじめに

近年電気自動車やハイブリッド車の販売が増加し、エンジンノイズの低減により車内の静粛性向上ニーズが高まっている。遮音性を向上した製品開発のためには、車両レベルでの騒音・振動（以下、NV）計測技術が必要不可欠である。

特に車外騒音を遮音するウエザストリップ（以下、WS）では、車両に取り付けた状態での評価が必要となる。そのため車両レベルでのNV性能を精度良く評価できる車両用防音室を設置したので紹介する。

2. 車両用防音室設置の考え方

設置した防音室は、図-1に示すように人に耳障りとなる風切音やその他車内で発生する異音の周波数帯である630Hz～6.3kHzを計測対象として設計された。暗騒音については、車室内の最小音圧20dB（6.3kHz）の計測をするため、対象音圧より10dB以上低い暗騒音を確保できる仕様とした。

また、防音室の壁表面は一般的に無響室で使用される吸音楔ではなく、計測スペース確保のため計測対象の周波数帯で高い吸音特性を持つガラスクロス貼りの吸音ボードを採用した。

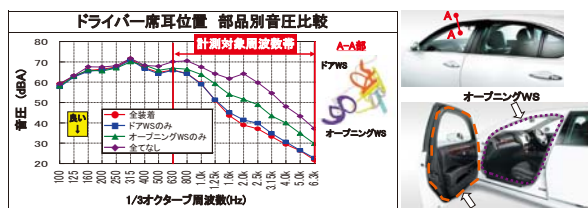


図-1 車両走行時の室内音圧測定結果

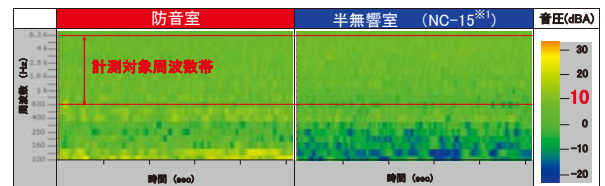
3. 車両用防音室の性能確認

防音室は次の3つの音響性能を設計要件とした。

- 1) 暗騒音レベル 10dB 以下
- 2) 遮音性能 30dB 以上
- 3) 逆二乗則成立性
(防音室境界壁の反射の影響を受けないための条件)

3-1. 暗騒音レベル

豊田合成の防音室と他社半無響室（床面のみ音が反射する構造）での暗騒音レベルを比較した結果を図-2に示す。計測対象周波数帯630Hz～6.3kHzでは、防音室内の音圧は10dB以下であり、半無響室と比較しても同等であることが確認された。



※1 NC値(Noise Criteria):アメリカの音響学者、L.L.Beranek(ベラネック)氏が提案した室内騒音の評価指標。NC-15はレコーディングスタジオレベル。

図-2 防音室と半無響室の暗騒音レベル

3-2. 遮音性能

遮音性能は、図-3に示す室内2箇所と室外1箇所の高さ1000mmの位置で音圧計測をして確

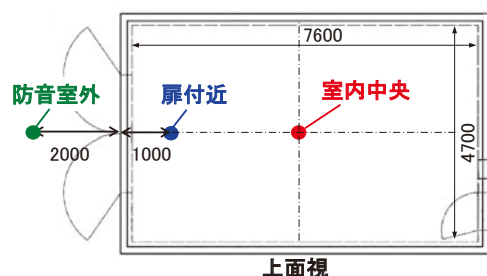


図-3 計測位置

*1 実験部 予測技術開発室

認した. 図-4に音圧計測結果を示す. 計測対象周波数帯 630Hz ~ 6.3kHz において室内外の音圧差が30dB 以上あり, 設計どおりの遮音性能であることが確認された.

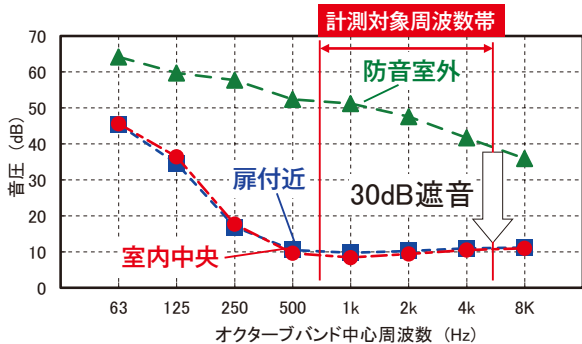


図-4 遮音性能

3-3. 逆二乗則成立性

防音室が境界壁の反射の影響を受けないことは, 点音源から放射される音の音圧レベルが逆二乗則に従うかどうかで判断する. 逆二乗則とは, 音源からの距離が2倍になると音圧が6dB 減衰する法則である.

本稿では防音室中央に点音源スピーカーを配置して, マイクフォンとの距離を変化させ, 音圧がこの法則に適合するか検証した. 図-5に示すように防音室の減衰特性は逆二乗則に従っている.

実際の計測は図-6に示す逆二乗則が成立する範囲で実施する.

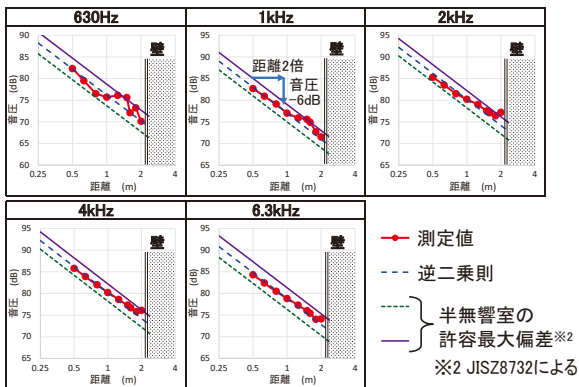


図-5 防音室の逆二乗則特性

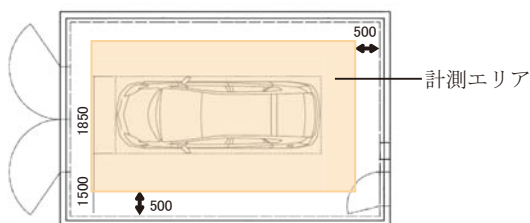


図-6 防音室での計測エリア

4. 車両レベルでの信頼性確認

車両での音の計測において, 測定値のばらつきを抑えるには, 音源スピーカーとマイクロフォンの位置関係を再現することが重要である.

豊田合成においてもそれらの設置位置を再現できるように専用治具を用いて評価を実施している.

測定値の信頼性確認のため, 車両, 音源スピーカー, マイクフォンの設置を繰り返し, ばらつき度合いを確認した. 確認方法は車外ドアミラー近傍に音源スピーカーを設置し, フロント席耳位置の音圧を計測した(図-7). 図-8に示すように測定値のばらつきは1dB 以内であり, 信頼性の良い評価であることが確認できた.



図-7 車内音計測方法

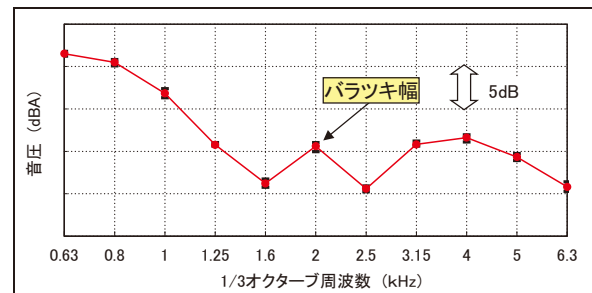


図-8 車内音計測ばらつき

また, 測定値が防音室と半無響室で同じ結果になるか, 遮音特性が異なるガラス(強化ガラス, 合わせガラス)を用いて確認した. 確認方法はフロント席耳位置に音源スピーカーを設置し, ガラス面上の音圧と加速度を計測した(図-9). 図-10に示すように音圧, 加速度とも防音室と半無響室で同じになることが確認できた.



図-9 計測方法

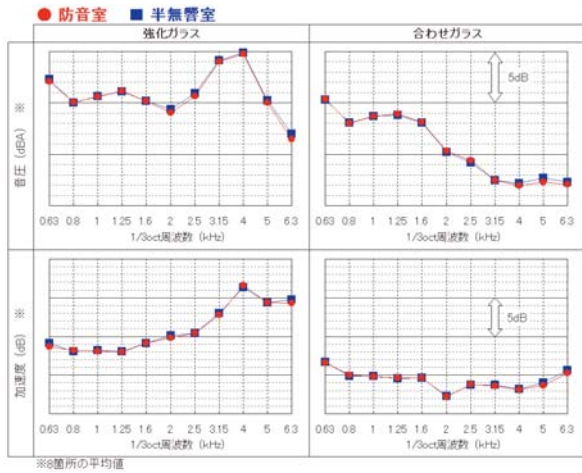


図-10 防音室と半無響室での測定値の比較

車両レベルの計測における測定値のばらつき確認、半無響室との結果比較を行い、車両レベルでのNV計測が可能であることを確認した。

今後とも開発品の早期製品化の実現に向けて、車両レベルでの静粛性を向上した製品開発を目指していく。

著者



橋本善夫



大中博史

5. まとめ

設置した防音室の音響性能は計測対象の周波数範囲において、3つの設計要件（暗騒音レベル、遮音性能、逆二乗則成立性）を満足することを確認した。

射出成形油圧レス化への取り組み

古橋洋明^{*1}, 外間大介^{*1}, 武市侑也^{*1}

Efforts for Sponge Rubber Injection Molding

Hiroaki Furuhashi^{*1}, Daisuke Hokama^{*1}, Yuya Takechi^{*1}

1. はじめに

豊田合成ではゴム成形によるウェザstriップ（以下、WS）製品を生産している。WSゴム金型は上半分（上型）と下半分（下型）で構成されるが形状が複雑な場合には中型（入れ子）を組み合わせて製作されている。

・ゴムの成形方法

ゴムの接続成形は以下の方法がある（図-1）。

1) 注入成形（トランスファ成形）

ピストン形状になった下型から材料（生ゴム）を可塑化させながら強制的に注入しキャビティーへ供給する方法。

2) 射出成形（インジェクション成形）

スクリュとプランジャーを用いて事前に可塑化させた材料（生ゴム）をキャビティーへ供給する方法²⁾。注入成形と比べて成形サイクルが短い。

	注入成形	射出成形
設備略図		
機械仕様	ゴム玉材手挿入	ゴム材自動供給(スクリュ)
	上型締(エア-ハイドロ)	上型締(エア-ハイドロ)
	下注入	上射出
	(多段制御電動サーボ)	(多段制御電動サーボ)
	縦型Cフレーム構造	縦型Cフレーム構造

図-1 成形方法と設備仕様

そこで省エネアイテムの盛り込みとして革新工法の開発と工程のムダ排除による環境負荷低減を目的にドアWSの成形方法を注入成形からサイクルの短い射出成形に変える取り組みを行った。

2. 環境に配慮した油圧レス射出成形機の開発

今回開発した射出成形機では環境に配慮した下記技術を用いた開発事例を紹介する。

2-1. エアハイドロユニットを用いた型締め機構

空気圧を高圧の油圧に変換し、型締めシリンダを駆動させる（図-2）。

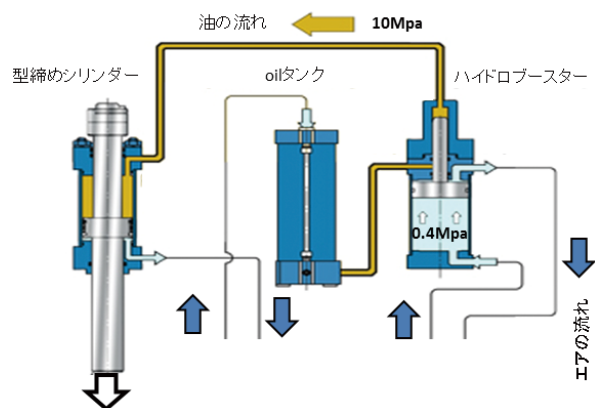


図-2 エアハイドロ機構

2-2. サーボモーターを用いた計量、射出機構¹⁾

計量・射出機構を従来の油圧駆動からサーボ駆動機構に変更する（図-3）。

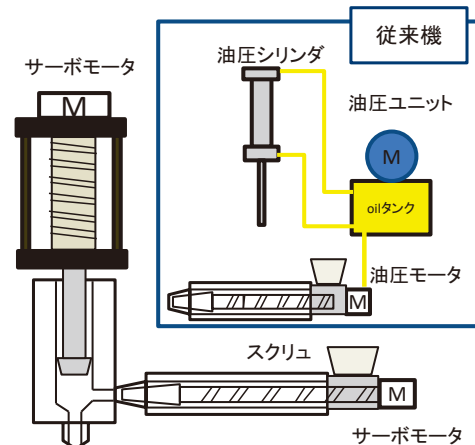
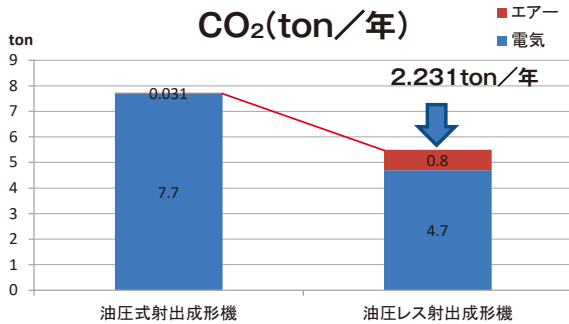
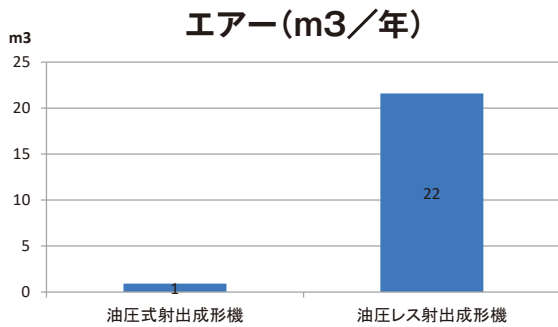
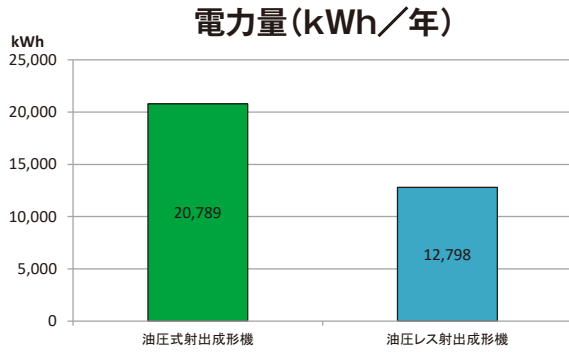


図-3 直動式計量・射出機構

*1 WS生産技術部 WS第1生技室

2-3. 油圧式射出成形機と油圧レス射出成形機のCO₂発生量比較

電力量, エア使用量, CO₂排出量を比較する(図-4).



従来の油圧ポンプ式から油圧レスへ変更

<削減量>
 電力: 7,991kWh/年 削減
 エア: 20.7ton/年 増加

油圧レスによるCO₂削減効果
 2.231ton/年・台

図-4 CO₂発生量比較

3. まとめ

今回開発した油圧レス射出成形技術によりCO₂発生量を抑えることができた。

この成形技術を今後の新製品開発にも展開するとともにグローバル展開も計画していく。

最後に本開発にご協力いただきました関係部署の方々に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 中村晋哉: 射出成形機の電動化と高負荷用ボールねじ日本機械学会誌 103 巻 978 号 (2000)
- 2) 大柳 康: ゴム射出成形総論 日本ゴム協会誌 68 巻 2 号 (1995)

著者



古橋洋明



外間大介



武市侑也

グリル金型製作における同時5軸加工技術

坂本 憲治^{*1}

Technology for Simultaneous 5-Axis Machining in Grille Mold Production

Kenji Sakamoto^{*1}

1. はじめに

近年のフロントグリルは、レクサスを中心に製品の大型化と意匠形状の複雑化（横格子から網目格子）が進み、金型の意匠形状加工時間が増大している。意匠形状加工は切削加工を行った後、磨き作業により要求された面粗度まで仕上げる（図-1）。

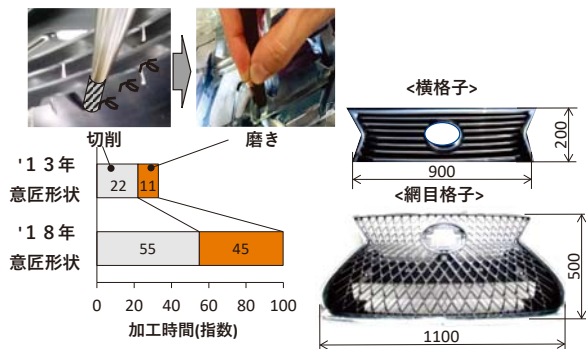


図-1 金型意匠形状加工時間の状況

金型磨きには‘匠の技’が必須であるが、この域に達した人員は限られており、技能員のスキル向上が急務である。しかしそれには最低10年は必要とされ、大きな課題となっている。ここでは、匠の磨き動作を切削加工動作に応用することで、磨き作業時間の短縮を図った事例について紹介する。

2. 意匠形状加工の問題点と課題

磨きは図-2の流れで行う。切削加工面は深

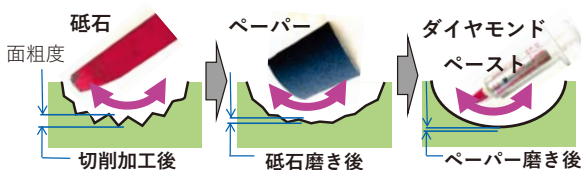


図-2 磨き作業の流れ

い凹凸があり、最初に砥石を使って凹凸をならす。砥石は単位時間あたりの除去量が多いため、効率よく作業ができるが、その反面、形状を崩しやすい。この作業で匠の技が必要となる。

磨き時間短縮の課題は切削面粗度向上であるが、これまで高精度設備への更新、刃具軌跡の高品位化などに取り組んできた。今回は、匠の磨き動作を分析し、それをヒントに新たな切削方法を取り入れることで、切削面粗度向上を試みた。

3. 意匠形状加工の動作分析

匠の磨き動作と切削加工動作を比較した（図-3）。匠は形状の変化に合わせて砥石を動かしており、その接触点における面直軸に対してほぼ一定の角度 α を維持している。一方、切削は刃具の軸が固定されているため α は大きく変化している。この違いに着目した。

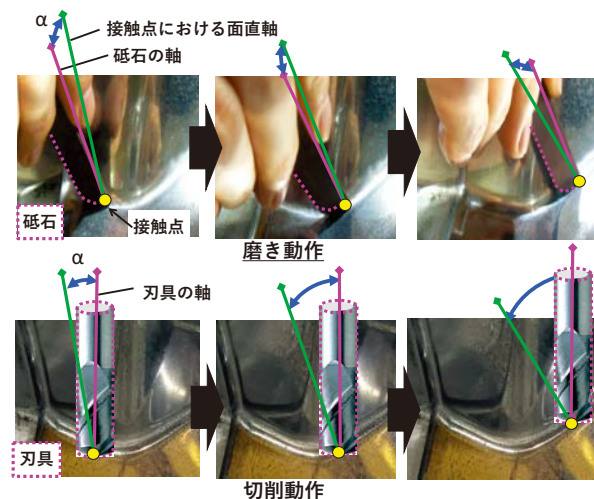


図-3 動作分析結果

4. 理論解析による新加工法確立

切削理論解析により切削中の現象を予測した（図-4）¹⁾。切削中は切削抵抗 F が働き、刃具が

*1 モールド事業統括部 金型製造第1課

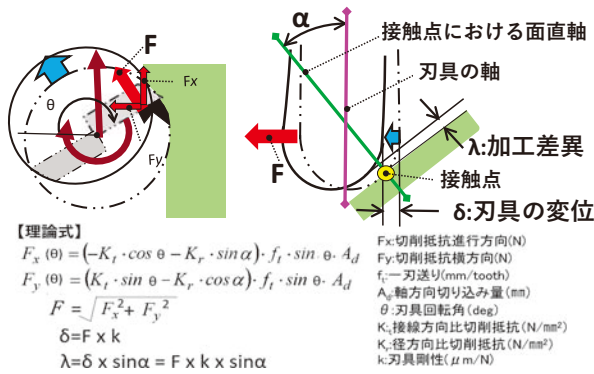


図-4 切削加工中の現象

δ だけ変位することで加工差異 λ が発生する。切削動作分析では α が大きく変化していたことから、理論式から α と λ の関係を予測した(図-5)。

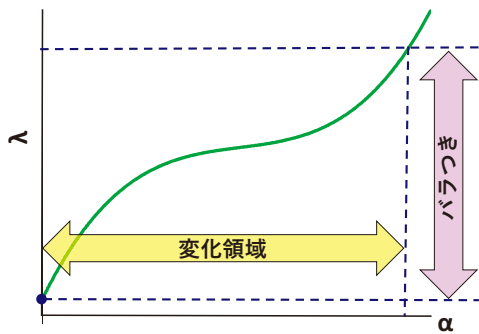


図-5 加工差異の変化予測結果

現状の加工は λ のバラつきが極めて大きいことが分かった。 λ を最小とするには α を 0° 一定とすればよいが、材料と刃具との接触点が1点に集中することで、刃具が偏摩耗し、安定した面粗度が得られない。そこで、 λ のバラつき目標を砥石磨き後の面粗度レベルの80%以下となるように α の変化領域を α_1 から α_2 で制御する加工を考案し、 λ のバラつき抑制と刃具の偏摩耗回避を両立させた。また一定化された λ は刃具の軌跡を補正した(図-6)。

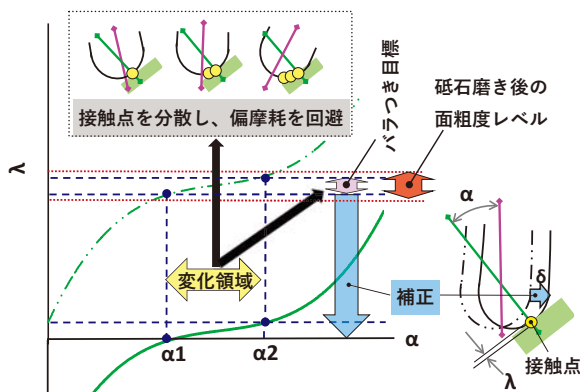


図-6 新規加工法の概念図

α を制御した加工は、現状のXYZ3軸制御から、回転軸、傾斜軸の2軸を加えた同時5軸制御にすることで実現した(図-7)。

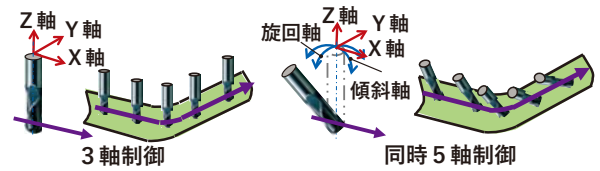


図-7 軸制御の説明図

5. まとめ

同時5軸加工により砥石による磨き作業が不要となり、磨き時間を50%削減することができた(図-8)。

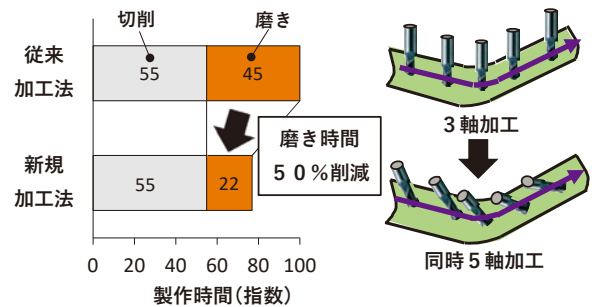


図-8 結果

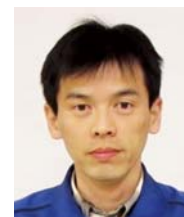
6. おわりに

同時5軸加工技術は、匠の技に非常に近いもので、その結果、切削面品位は匠の磨きレベルに達したと言える。最後に理論についてご教示いただいた研究機関の方々に厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) Krystof, J., *Grundlagen der Zerspangung*, (1939), VDI-Verlag GmbH.

著者



坂本憲治

広角化対応低コストミリ波ガーニッシュ

高尾和希^{*1}

Low-Cost Millimeter Wave Garnish for Wider Angles

Kazuki Takao^{*1}

1. はじめに

近年、自動運転化を見据え、自動車の安全性を高めるために予防安全システムが普及している。米国法規（NHTSA）でも、2022年までに、大手カーメーカー 20 社が製造する新型車の全車種に AEB（自動緊急ブレーキ）の標準搭載が発表された。このように、予防安全システム市場は今後とも拡大していくと予想される。

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

フロントグリルは車の「顔」であり、ミリ波を透過する機能だけでなく、高い意匠性が必要である。今回、ミリ波ガーニッシュの意匠性を維持しながら、高機能かつ低コストに対応したミリ波ガーニッシュを紹介する。



意匠性と電波透過性を両立

図-1 ミリ波ガーニッシュ

2. 製品の概要

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

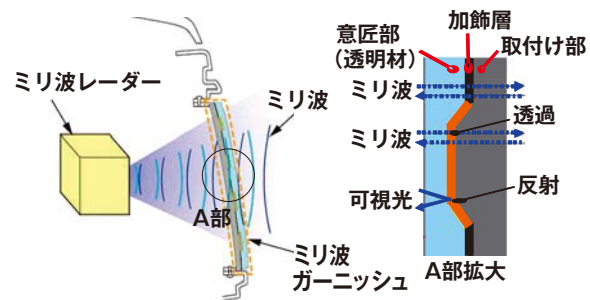


図-2 ミリ波ガーニッシュ構想図

3. ニーズ

予防安全システム向上に伴い、ミリ波レーダーでの検知範囲の広角化が必要とされている。

また、搭載台数の拡大とともに、製品の低コスト化が求められるようになった。

このニーズを受け、我々は広角化対応技術と2色成形技術により、高機能で低コストのミリ波ガーニッシュを実現したので今回紹介する。

4. 製品の特徴

4-1. 広角検知への対応

従来品は、水平0度方向の電波のみに対応する設計であり、広角での検知に対応できなかった。開発品は、精密金型加工・成形技術によって、

*1 EM 技術部 EM 第2技術室

広角での電波性能を阻害しないよう、製品内板厚をより均一にすることで電波性能の達成を実現した（図-3）。

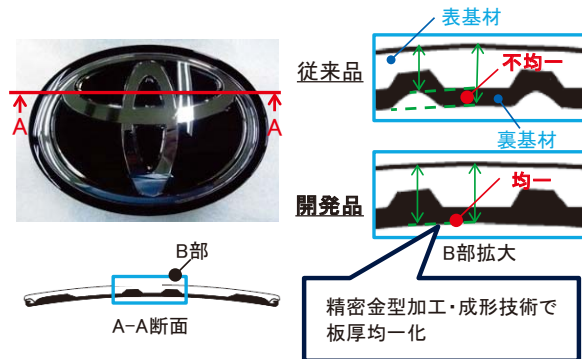


図-3 広角対応ミリ波ガーニッシュ

4-2. 低コスト化への対応

従来、エンブレム周辺の黒色部はスクリーン印刷、外周部は黒色材での成形を行っていた。

開発品は、黒色加飾部を印刷から樹脂化し2色成形することで1つの工程に収めることができ、低コストで従来品と同様な立体意匠を実現した（図-4）。

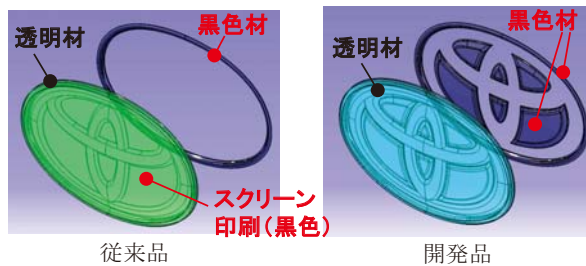


図-4 黒色加飾部の2色成形化

5. まとめ

今回紹介の「広角化対応低コストミリ波ガーニッシュ」は2019年9月に量産化に成功した。最後に今回の開発にご尽力いただきました社内外関係部署の皆様へ厚く御礼申し上げます。

著者



高尾和希

意匠性向上ワンノブレジスタ

藤澤仁士^{*1}

One-knob Register with Improved Design

Hitoshi Fujisawa^{*1}

1. はじめに

近年、内装製品の商品性向上の目的で、意匠の見切りを減らす取り組みがなされている。その顧客要望を実現するために新しい構造のレジスタを開発した。

従来のレジスタは、ノブにより風向調整を実施し、ダイヤルにより風量調整を実施していた。そのため、ダイヤル用の見切りがあり、外観（意匠性）を損なうものとなっている（図-1）。

今回、ノブ操作だけで風向調整と風量調整を行うことができるレジスタを開発、量産化したのでその概要について紹介する（図-2）。

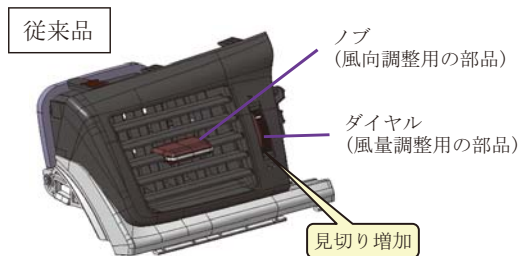


図-1 従来のレジスタ

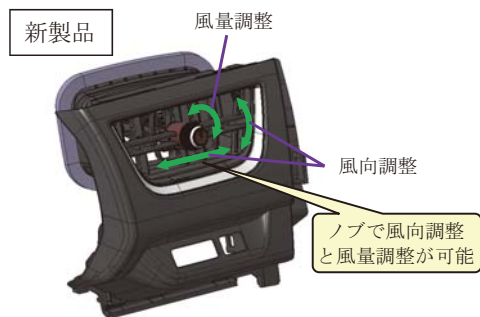


図-2 今回のレジスタ

2. 製品の概要

本製品において、見切りの少ない外観とし、かつ操作性を維持するため、ノブで風向調整と風量調整の両方をできる構造とし、3つの操作系を1つのノブで操作できる構造を実現した（図-3）。

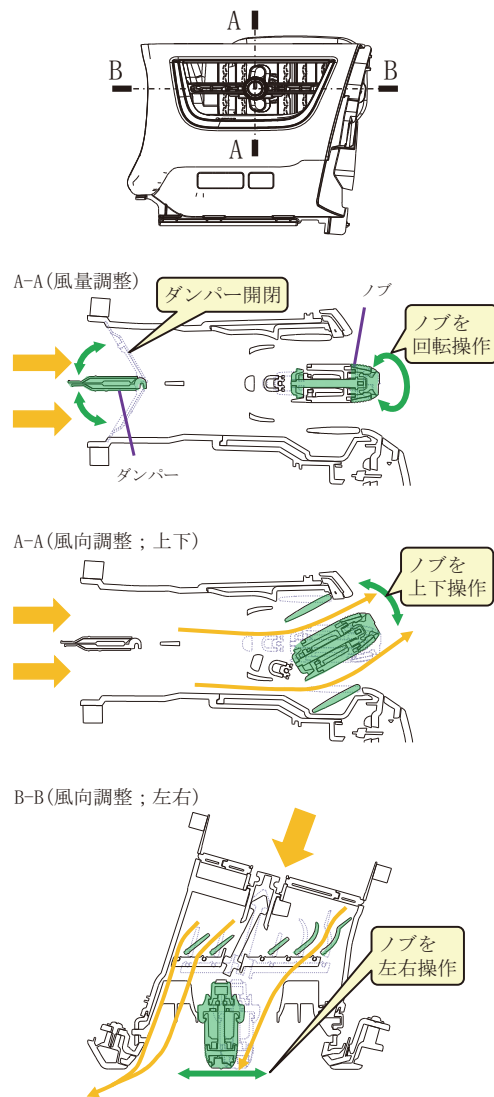


図-3 風向調整と風量調整

^{*1} IM 技術部 IM 第2技術室

3. 開発の狙いとポイント

3-1. ダンパー開閉性

一つのノブで風向調整と風量調整を実施するため、ユニバーサルジョイント（図-4）を適用している。ユニバーサルジョイントとは、軸回転運動を角度（ θ ）を変えて伝達可能な部品である。ただ、構造の特性上、軸回転伝達時、回転角度ズレが発生することが分かっている。

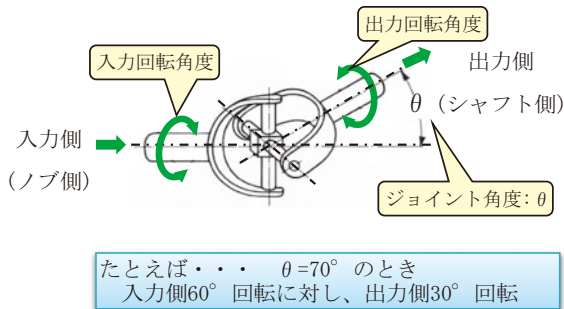


図-4 ユニバーサルジョイントイメージ

ユニバーサルジョイントを本製品に適用すると、図-5のようになる。入力側（ノブ側）の回転運動が、ユニバーサルジョイントを介し、出力側（シャフト側）に伝わり、ダンパードライブにより回転運動をダンパー開閉動作に変換するものである。

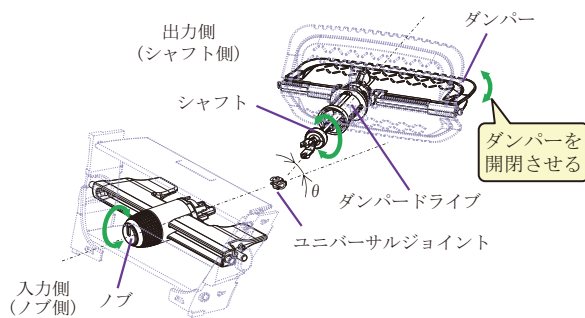


図-5 レジスタに適用した場合の構造

ここで、角度 θ を変化させた時の入力回転角度90°に対する出力回転角度をプロットしたグラフが図-6である。すなわち、本製品では風向により、上記回転角度のズレが変化することを示している。

このユニバーサルジョイントの特性により、レジスタに適用した場合、風を乗員へ向けている（= θ が大きい）とき、ノブを回転させてもダンパードライブの出力回転角度が足りないため、ダンパーが閉まりきらず、風漏れが発生するという課題があった（図-7）。

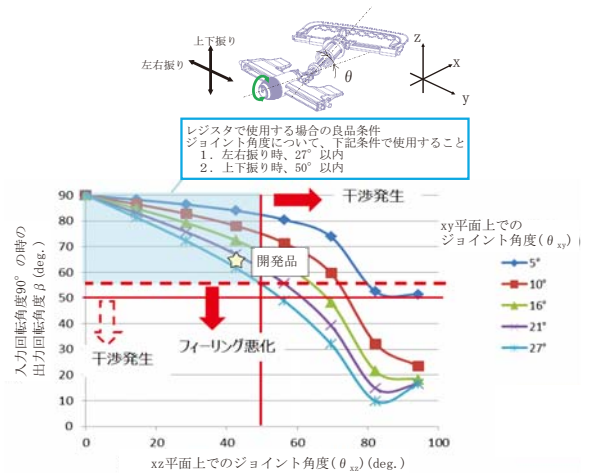
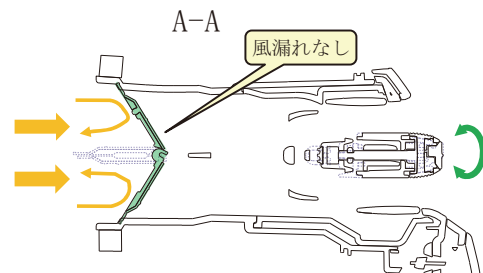
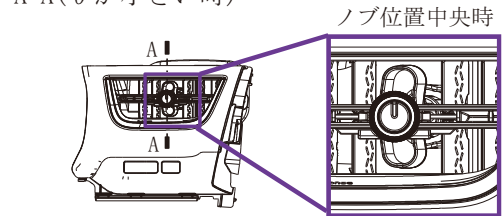


図-6 入力回転角度と出力回転角度の関係

A-A (θ が小さい時)



A-A (θ が大きい時)

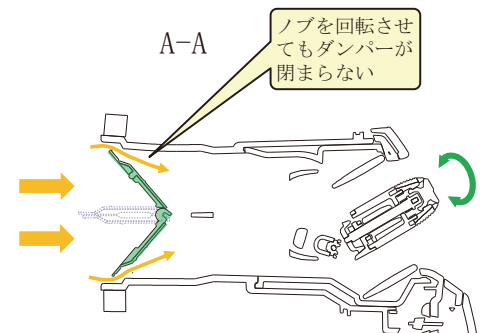
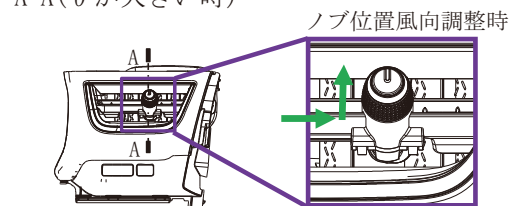


図-7 レジスタでの課題

3-2. 課題への対応

前述までの課題に対して、回転角度ズレ吸収機構である空走角度を考案し、風漏れの課題を払拭した。回転運動をダンパーの開閉動作に変換するためのダンパードライブ溝形状に、ダンパーが動かない領域を作ることにより、この機構を実現した(図-8)。

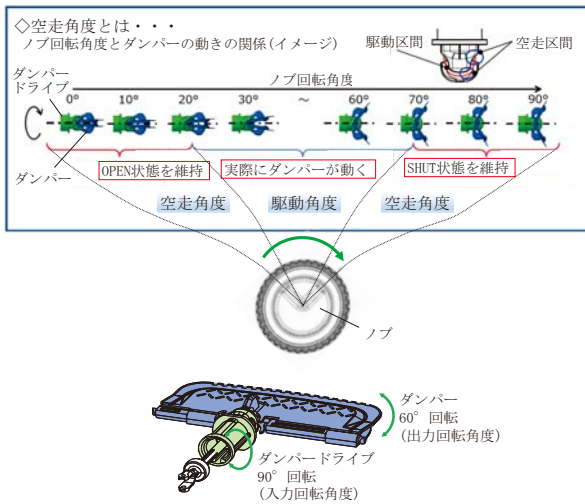


図-8 ノブ操作における駆動角度と空走角度

以上の対応により、ノブ位置が風向調整時であっても風漏れは発生しない構造を実現できた(図-9)。

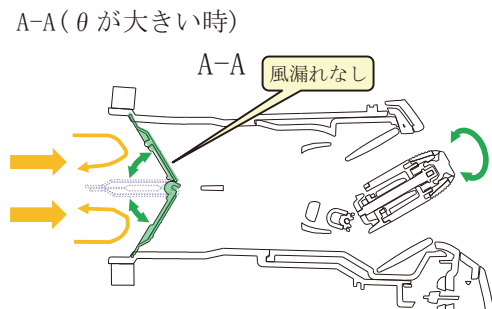


図-9 空走角度考案後

4. おわりに

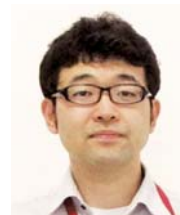
今回紹介したレジスタはレクサス UX に採用され量産化された(図-10)。

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、トヨタ自動車九州株式会社、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-10 レクサス UX 内装

著 者



藤澤仁士

意匠自由度向上 軽量フィルムアウターウェザストリップ

各務敏史^{*1}，高瀬智宏^{*2}

Lighter Weight Metallic Film Outer Weather Strips with Greater Design Flexibility

Toshifumi Kakami^{*1}，Tomohiro Takase^{*2}

1. はじめに

従来，高級車において，ドアガラス周辺に SUS モールやアルミモールなどの金属を使用した光輝意匠による高級感の演出がなされてきた。近年，特に欧州においてその光輝意匠の適用車種が拡大してきている。また，従来の光輝意匠でも見え幅を広げるなど，ますます光輝意匠による演出が増加している（図-1）。

今回，軽量化を目的に，意匠部の金属や嵌合部の金属インサートの代わりに，意匠部には従来以上に，より広範囲に光輝フィルムを貼り合せ，嵌合部には樹脂を使用したアウターウェザストリップを量産化したので紹介する。



アルミモール付き
光輝意匠アウターウェザストリップ

図-1 光輝意匠仕様

2. 製品概要

アウターウェザストリップとは，自動車のドアに取り付ける部品で，その主な機能は，雨・ホコ

リ・音の車内への侵入防止，ドアガラス昇降時のガラス保持等である。図-2 に装着状態を示す。

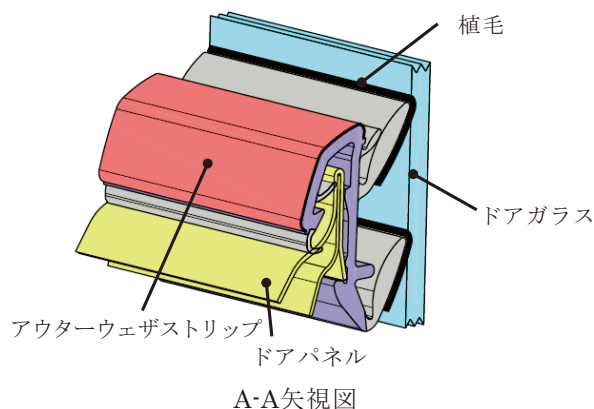


図-2 アウターウェザストリップ装着状態

3. 従来製品との比較

従来の光輝意匠アウターウェザストリップは，ドアパネルとの嵌合力確保のために SUS もしくは金属インサートを使用し，意匠部にも SUS を使用したものが主流である。光輝フィルムを貼ったものも一部，量産化されているが，光輝フィルムの貼り合せ時の変形防止を目的に金属インサートを設定し，光輝フィルムは曲げジワ防止のために光輝意匠部を狭く設定している（図-3）。

今回，金属インサートを使わずに樹脂アウターウェザストリップに光輝フィルムを貼り合せ，尚

*1 WS 技術部 WS 第1 技術室

*2 WS 技術部 WS 開発室

且つ意匠面の広範囲に光輝フィルムを貼り合わせる技術確立した。この技術によって光輝意匠の自由度が高く軽量なアウターウェザーストリップを提供できる（図-4）。光輝意匠の幅を広げることができるため、他光輝部品からの光輝意匠を繋げることができることも可能となった（図-5）。

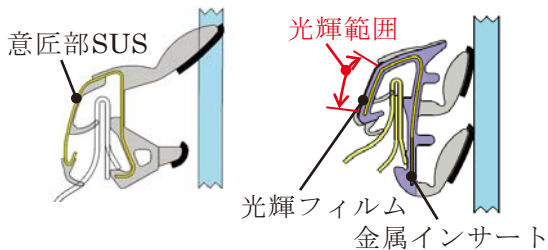


図-3 従来品

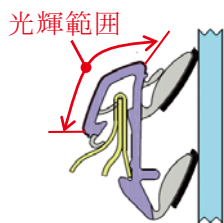
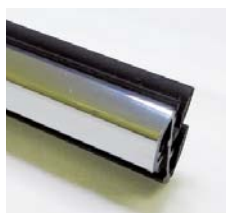


図-4 開発品



図-5 光輝意匠の繋がり

また、光輝フィルムの色を変えることにより、同じ断面形状で様々な市場ニーズの意匠にも対応可能となる（図-6）。軽量化の効果は、図-7に示す。



金属光沢調



ピアノブラック



サテンシルバー調

図-6 意匠カラーバリエーション

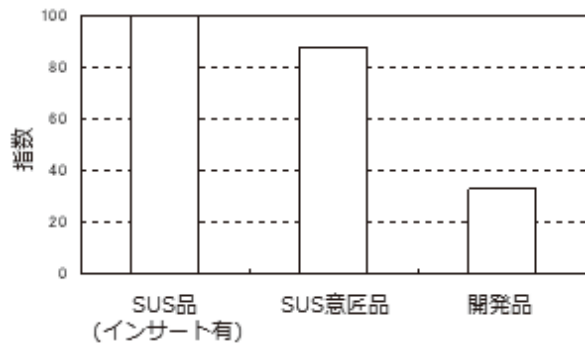


図-7 軽量化効果

4. おわりに

今回の開発品は、2019年11月から量産化され、本製品の開発にご支援、ご指導いただいた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

著 者



各務敏史



高瀬智宏

サクシヨンブロー工法ターボダクトの開発

中井 司^{*1}, 田中達哉^{*1}, 酒井高明^{*2}, 千田裕之^{*2}

Development of Turbo Duct with Suction Blow Molding

Tsukasa Nakai^{*1}, Tatsuya Tanaka^{*1}, Takaaki Sakai^{*2}, Hiroyuki Senda^{*2}

1. はじめに

地球規模の温暖化や大気汚染抑制で、自動車の低燃費化は、終わりなき必須事項である。

本件は、低燃費化に繋がる取り組みとして、軽量化に着目し、従来、複数部品・複数素材構成だった配管を、樹脂パイプ1本構成へ転換した開発事例である。

今回、樹脂パイプを形成するにあたり、吸気配管としては長尺となることから、サクシヨンブロー工法を用いることとした。従来ブロー工法（エクステンジブロー）とは、パリソンと呼ばれる筒状の熔融樹脂を膨らませる点では同じであるが、パリソンの金型への導き方と形成方法が異なる。従来ブロー工法は、パリソン片面が先行して金型接触＝冷却、固化し、また吐出に時間がかかる（図-1）。

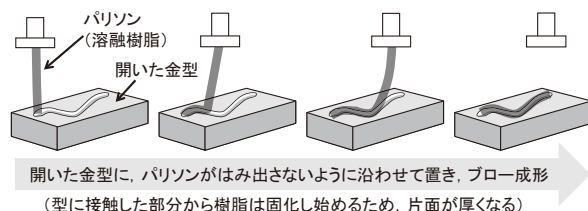


図-1 従来ブロー（エクステンジブロー）

一方、サクシヨンブロー工法は、金型のキャビティは出入口を有したトンネル状であり、閉じた金型の出口側から吸引（サクシヨン）、入口側からパリソン導入し、ブロー成形するため、パリソンの吐出時間を短くすることができる。また、製品部位による金型への接触時間差が少ない事で熔融温度バラツキが少なく、均一にパリソンが膨らむことができる。かつ、パリソン吐出時間の偏肉制御により、パイプ周方向の偏肉を減らせる。したがって、従来ブロー工法で行なっていた薄肉部の強度確保のため、パイプ全体の肉厚を一律に増す対

応＝無駄な厚肉部を減らすことに繋がる（図-2）。

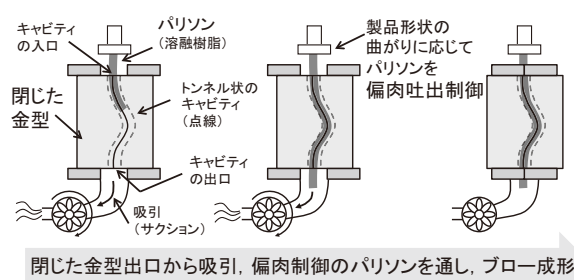


図-2 サクシヨンブロー

2. 製品開発

従来仕様は、複数部品を連結したもので、部品ごとに機能分担する構成（図-3）であった。

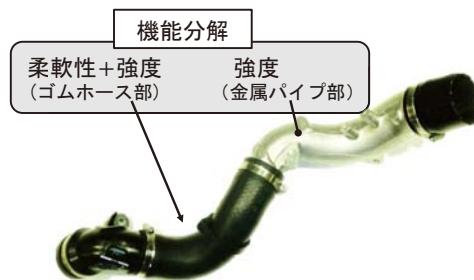


図-3 従来仕様

本開発品は、軽量化を念頭に、サクシヨンブローでの樹脂パイプ1本仕様とし、柔軟性と強度を両立させる必要がある（図-4）。



図-4 サクシヨンブロー仕様

*1 FC 技術部 エンコパ部品技術室

*2 FC 第1生産技術部 FC 第3生技室

柔軟性は蛇腹形状付与で余長を稼ぐことで得られるが、背反として、耐久性低下、正圧負荷時の樹脂配管変形での周辺隙ダウンを助長、誘発する。そのため形状の設定はCAE活用でのバランス取りが重要であり、根幹となる耐久性の判断指標は、S-N線図を用いた寿命予測を用いることで、柔軟性、耐久性および車両必要隙を確保した形状を決定した(図-5)。

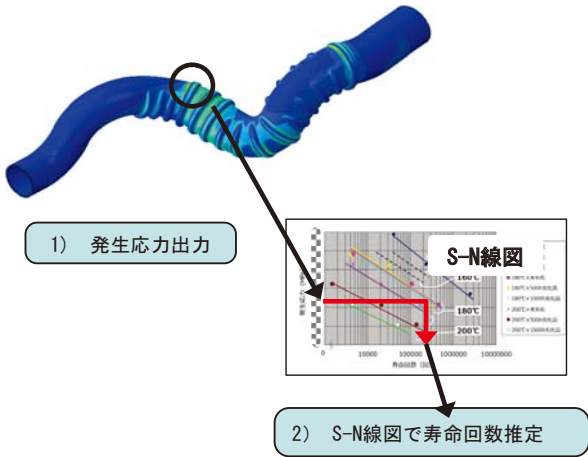


図-5 S-N線図を用いた予測

3. 工法の特徴を活かした製造条件設定

樹脂パイプ軽量化のためには、前述の通り偏肉(図-6)を減らす必要がある。その設計要求値(図-7)を満足させるため、周方向の肉厚均一性を達成しうるサクシヨンブロー工法の特徴を活かし、次のステップにて製造条件検討を実施した。

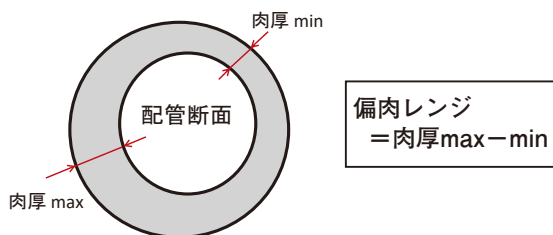


図-6 偏肉について

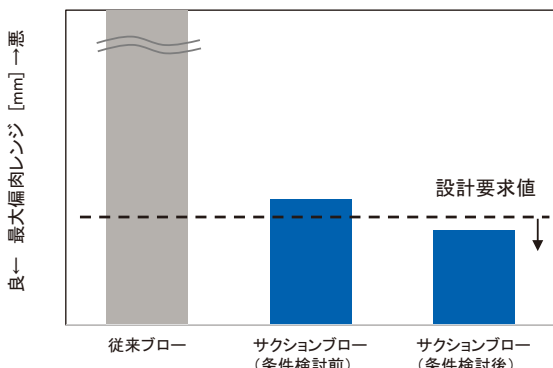


図-7 最大偏肉レンジ比較

検討ステップとして

- 1) パリソン肉厚と製品肉厚の関係把握(図-8)
- 2) 各部位に対して適切な肉厚とするために製品部位毎(口元部、溶着台座部など)の肉厚の関係把握(図-9)
- 3) 各制御因子と各部位肉厚の関係把握(図-10)
- 4) SQC手法(応答曲面法)での偏肉抑制条件設定(図-11)

を進めた。その結果、軽量化と強度の両立設定した設計肉厚幅(偏肉量)を達成した。

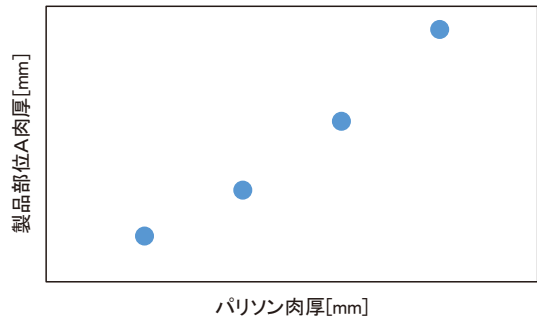


図-8 パリソン肉厚と製品肉厚の関係

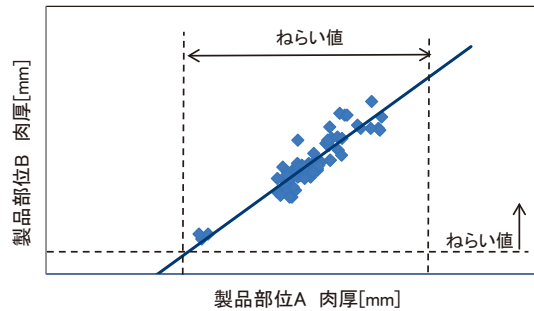


図-9 製品部位間の肉厚の関係

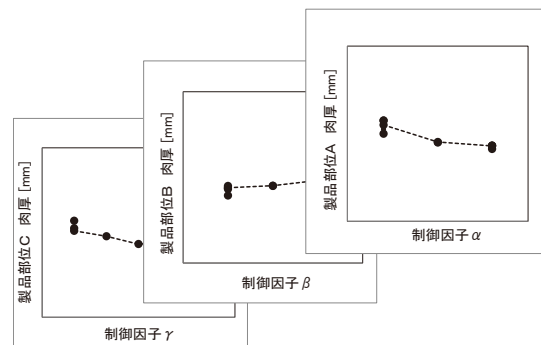


図-10 制御因子と肉厚の関係

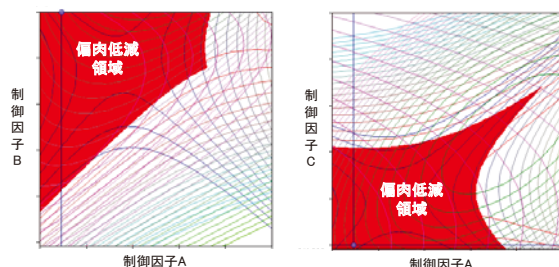


図-11 制御因子と偏肉低減領域

4. 結果

サクシヨンブロー工法を選定し、肉厚を満足した事で、従来品に対し軽量化▲65%を達成した(図-12).

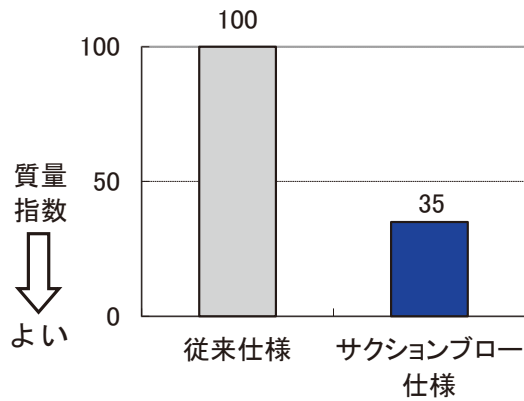


図-12 最終結果

5. まとめ

本取り組みにより、サクシヨンブロー工法を用いたターボダクト配管を開発、量産に繋げることができた(図-13).



図-13 サクシヨンブロー工法を用いたターボダクト

最後に、サクシヨンブロー工法を用いたターボダクト開発に際し、多大にご尽力いただいたトヨタ自動車株式会社、トヨタ車体株式会社、ならびに関係者の方々に改めて感謝申し上げます。

著者



中井 司



田中達哉



酒井高明



千田裕之

HAPTIC PLASTeR: Soft, Thin, Light and Flexible Haptic Display using DEA Composed of Slide-Ring Material for Daily Life

Tadatoshi Kurogi^{*1}, Yuji Yonehara^{*2}, Roshan Lalintha Peiris^{*3}

Takeshi Fujiwara^{*2}, Kouta Minamizawa^{*4}

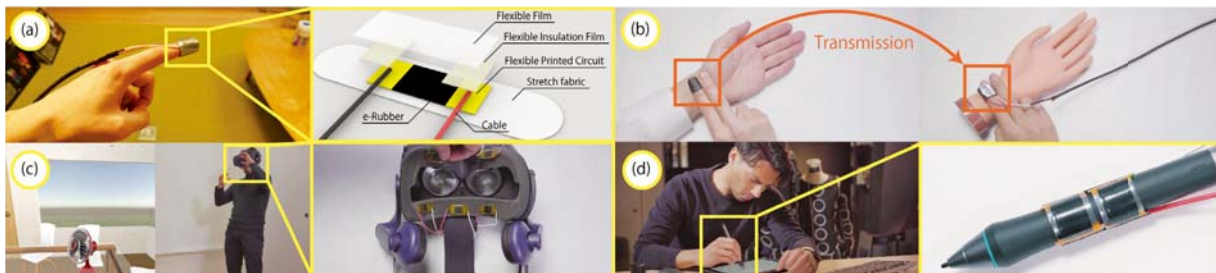


Figure 1: The HAPTIC PLASTeR system and applications: (a) The haptic display part of the HAPTIC PLASTeR and structure of the haptic display, (b) The haptic transmission system using the HAPTIC PLASTeR, (c) The HMD with the HAPTIC PLASTeR to present feeling the virtual wind, (d) The stylus with the HAPTIC PLASTeR to present feeling texture of materials

CCS CONCEPTS

•Human-centered computing → Haptic devices;

KEYWORDS

Haptic display, dielectric elastomer actuator, slide-ring material

ACM Reference format:

Tadatoshi Kurogi, Yuji Yonehara, Roshan Lalintha Peiris, Takeshi Fujiwara, and Kouta Minamizawa. 2019. HAPTIC PLASTeR: Soft, Thin, Light and Flexible Haptic Display using DEA Composed of Slide-Ring Material for Daily Life. In *Proceedings of SIGGRAPH '19 Emerging Technologies, Los Angeles, CA, USA, July 28 - August 01, 2019*, 2 pages.

<https://doi.org/10.1145/3305367.3327983>

^{*1} Keio University Graduate School of Media Design, TOYODA GOSEI Co., Ltd.

^{*2} TOYODA GOSEI Co., Ltd.

^{*3} Keio University Graduate School of Media Design

^{*4} Keio University Graduate School of Media Design JST ACCEL

1 INTRODUCTION

Recently, many wearable haptic displays have been widely explored aiming the enriched user experience through various application such as the virtual reality and Telexistence. Many such proposed wearable haptic displays so far are composed of rigid materials such as motors, voice coil actuators and speakers [Minamizawa et al. 2007]. Therefore, in recent years, haptic displays composed of soft materials such as dielectric elastomer actuators (DEAs) have been proposed [Koo et al. 2008; Park et al. 2015]. However, the polymers used in such DEAs have hysteresis-loss property as a main physical limitation, which results in different output displacement property during the actuation cycles. As such, this property requires

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

SIGGRAPH '19 Emerging Technologies, July 28 - August 01, 2019, Los Angeles, CA, USA

© 2019 Copyright held by the owner/author(s).

ACM ISBN 978-1-4503-6308-2/19/07.

<https://doi.org/10.1145/3305367.3327983>

specialized actuation mechanisms for DEAs to be widely used as haptic displays.

Following this trend, Ito proposed Slide-Ring polymer Material (SRM), which has property different from the other polymers [Ito 2007]. In contrast to the other polymers, SRM consist of 8-shaped cross-linking points that allow the SRM to freely move. Therefore, it has a unique property that allows small hysteresis-loss. As such, this property of the SRM makes it suitable as a haptic actuator compared with other DEAs.

Thus, in our work HAPTIC PLASTeR, we explore a soft, thin, light and flexible haptic display that uses DEA composed of SRM (Figure 1(a)). Due to the property of SRM, it can present an output waveform that approximately follows the input waveform as a desirable property for soft haptic displays. As such, by customizing the shape/size and/or the input signals, we can seamlessly integrate it with other objects as a haptic display that blends into our daily life.

2 HAPTIC PLASTER

Figure 2 shows the system overview of the HAPTIC PLASTeR which consists of the *haptic display*, the *control driver unit*, and the *actuation system*. The *haptic display* is equipped with “e-Rubber” which is a DEA composed of SRM (Figure 3), on a plaster-sized flexible material

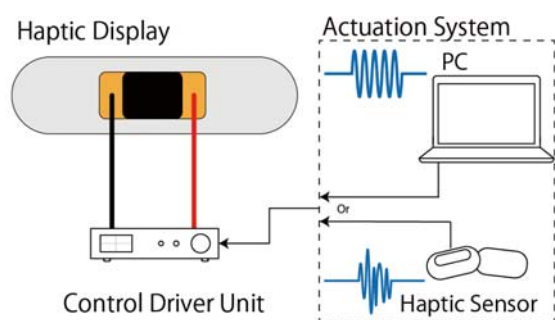


Figure 2: System Overview

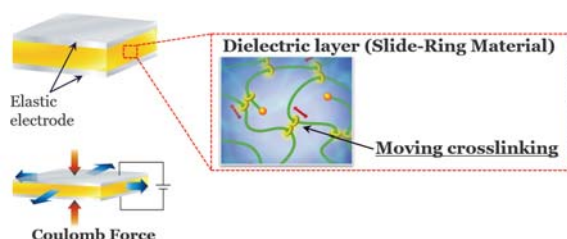


Figure 3: Structure of e-Rubber and SRM

that can be worn on a finger. A flexible insulation film is placed on top of the flexible electrodes of the actuator prevent the electrodes from touching the skin (Figure 1(a)). The e-Rubber works by the Coulomb Force principle, whereby the rubber shrinks when a voltage is applied to the two electrodes. Thus, by changing the applied signal, the e-Rubber can be actuated as a haptic display.

The *control driver unit* amplifies and offsets the input signal as required by the haptic display. As the e-Rubber requires 0-1.5kV for actuation (similar to other DEA), the input signal from various sources can be amplified using the amplifier of the control unit. In addition, the control unit offsets any negative values on the input signal as specified by property of the e-Rubber where the drive voltage is 0 - 1.5 kV with 750 V as the center.

We developed two kinds of actuation systems that allow input signals from the PC and an external haptic sensor. Input from the PC is used for VR applications or presenting textures on a tablet application, etc. Input from the haptic sensor is used as a haptic transmission application. Both these actuation systems can be directly attached to the control unit to present the input signal.

Note on safety: Since the actuator requires a high drive voltage, we have taken a few steps as safety measures. Firstly, as indicated, the haptic display is well insulated with two layers of films. Secondly, the haptic display consumes a minimal amount of current as it operates using the Coulomb principle (as a capacitor). Therefore, the control unit consists of an overcurrent detector that detects any current leakage and shuts down immediately. These safety measures were ensured with thorough procedures. As proof, the display was presented at a public exhibition (Figure 4) that was held for 3 days (8 hours a day) with over one hundred visitors who tried our prototype.

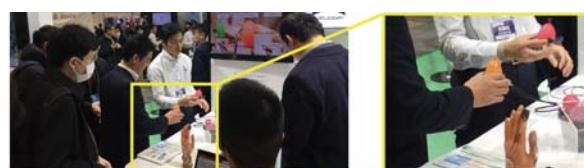


Figure 4: Public demonstration in business robot exhibition.

3 EVALUATION

Two technical evaluations were conducted to identify the property of the system.

In the input voltage waveform vs output displacement waveform evaluation, a voltage of 0-1.5kV (750V center) with 1Hz was presented as the drive signals to the HAPTIC PLASTeR, and the displacement was measured. The result indicates that the waveform of the output displacement approximately followed the waveform of the input signal (**Figure 5**). This property indicates the characteristics of the SRM of the e-Rubber used in the HAPTIC PLASTeR that denote small hysteresis-loss.

In the frequency characteristics evaluation, eleven types of sine waves with frequencies were presented as the input signals to HAPTIC PLASTeR, and the displacement was measured. As a result, the maximum displacement is 3.5 μ m when input frequency is 0.1Hz, and the displacement decreases at higher frequencies (**Figure 6**). This result indicates that the HAPTIC PLASTeR is suitable for low-frequency actuation which present a different property from conventional vibration motors, voice coils, and speakers.

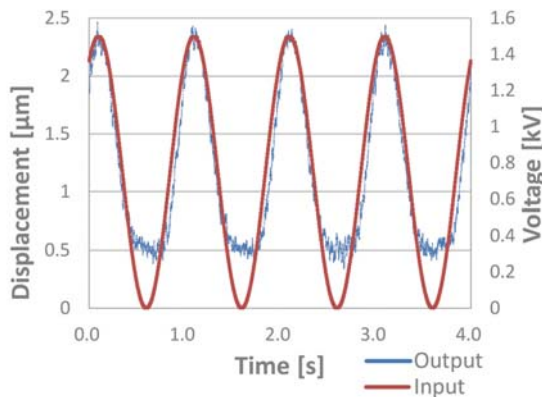


Figure 5: Input waveform vs output waveform

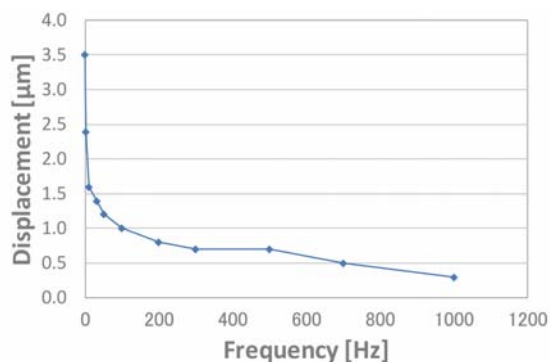


Figure 6: Frequency Characteristics

4 USER EXPERIENCE

At the SIGGRAPH 2019 E-Tech demonstrations, we will showcase the HAPTIC PLASTeR in various form factors such as wearable band-aid, integrated with a head-mounted display and smartwatches, table styluses etc. Mainly, the participants will be able to experience two main application scenarios the HAPTIC PLASTeR. First is a haptic transmission based experience that will allow the user to experience various transmission of haptic data such as the heartbeat of a remote user. Secondly, the participants will be able to experience various daily use applications such as being able to feel textures of materials on a tablet device with an integrated stylus, and various VR application scenarios such as feeling the virtual wind in VR through the soft haptic actuation of the display.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is partly supported by JST-ACCEL Embodied Media Project Grant #JPMJAC1404.

REFERENCES

- Kohzo Ito. 2007. Novel cross-linking concept of polymer network: synthesis, structure, and properties of slide-ring gels with freely movable junctions. *Polymer journal* 39, 6 (2007). <https://doi.org/10.1295/polymj.PJ2006239>
- Ig Mo Koo, Kwangmok Jung, Ja Choon Koo, Jae-Do Nam, Young Kwan Lee, and Hyouk Ryeol Choi. 2008. Development of Soft-Actuator-Based Wearable Tactile Display. *IEEE Transactions on Robotics* 24, 3 (2008).
- Kouta Minamizawa, Souichiro Fukamachi, Hiroyuki Kajimoto, Naoki Kawakami, and Susumu Tachi. 2007. Gravity Grabber: Wearable Haptic Display to present Virtual Mass Sensation. In *ACM SIGGRAPH*. ACM.
- Won-Hyeong Park, Tae-Heon Yang, Yongjae Yoo, Seungmoon Choi, and Sang-Youn Kim. 2015. Flexible and Bendable Vibrotactile Actuator Using Electro-conductive Polyurethane. In *World Haptics Conference*. IEEE.

両開き収納ボックス

特許 No. 5880240

発明者 福井直行

[発明の属する技術分野]

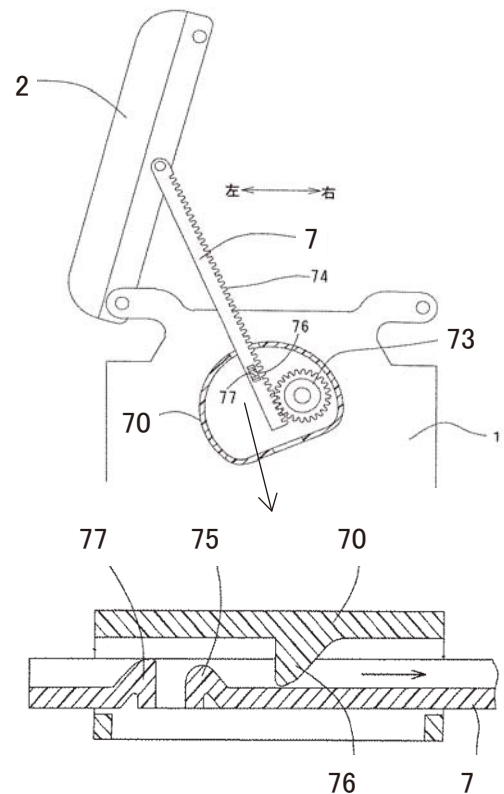
蓋体付きの両開き収納ボックスに関する。

[発明の概要]

両開き収納ボックスで、蓋体2の揺動の緩和手段は、蓋体2の開閉に追従するアーム7と、アーム7と係合してスライド速度を緩和するダンパ73と、これらが収容されるアームケース70とを有し、蓋体2の揺動限界に近づいた際、アームケース70の突起75を、アーム7の爪部76が乗り越えてストッパ77が当接することで、アーム7のスライドを規制する。

[発明の効果]

本発明によれば、蓋体7が閉じる際、ボックス本体との衝突による異音が緩和される。また蓋体7を開ける際、爪部76が突起75を乗り越えることで、操作者にクリック感を提示できる。



ガラスラン

特許 No. 4983338

発明者 安達健太郎, 吉岡真一

[発明の属する技術分野]

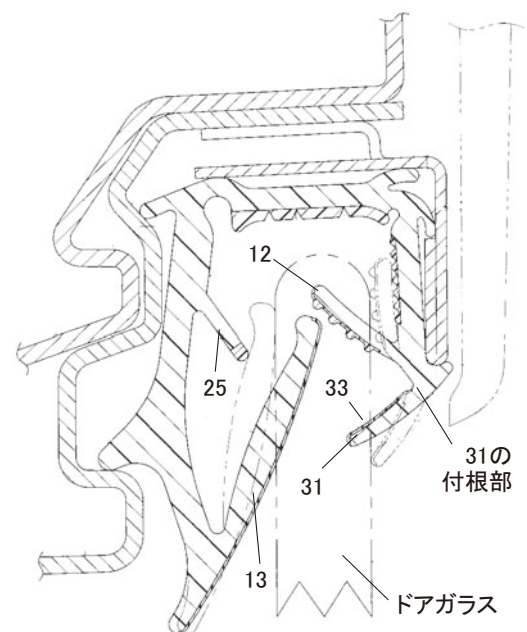
本発明は、ガラスランに関する。

[発明の概要]

ガラスランの車外側シールリップ12の付根部から車内側へ伸びる外リップ31が設けられ、さらに車内側シールリップ13と当接するサブリップ25が設けられ、外リップ31のドアガラスと接触し得る部分には摺動層33が形成され、少なくとも外リップ31の付根部及びその近傍の部位には摺動層33が形成されない。

[発明の効果]

外リップ31がスムーズに変形し、摺動性等を悪化させずに風切り音の発生を防止できる。さらに外リップ31に起因するドアガラスの車内側への大きな変位がサブリップ25によって抑制される。



燃料供給装置

特許 No. 6500726

発明者 関原敦史, 平松義也

[発明の属する技術分野]

本発明は燃料供給装置に関する。

[発明の概要]

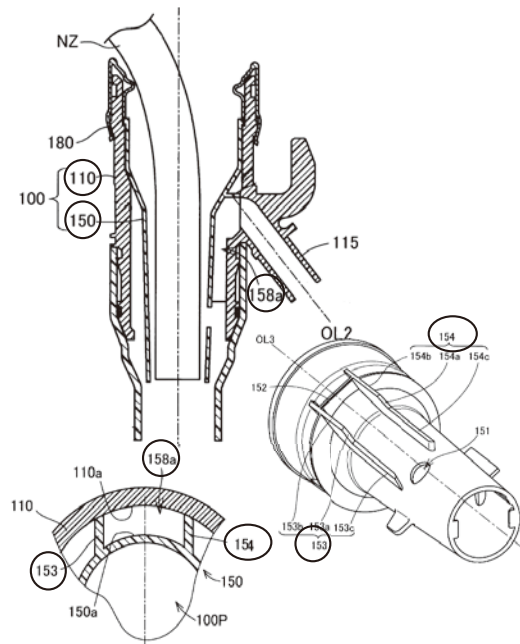
燃料供給装置 100 には、蒸気ポート 115 を有するフィルターネック本体 110 と、フィルターネック本体 110 の内側に配置されたノズルガイド 150 がある。

さらに、燃料供給装置 100 には、蒸気ポート 115 から流入する燃料蒸気をタンク方向へと導き、蒸気ポート 115 と連続するように形成された蒸気流路 158a がある。

蒸気流路 158a には、蒸気流路 158a の一部を形成するリブ 153,154 があり、リブ 153,154 の高さは、ノズルガイド 150 の外表面 150a からフィルターネック本体 110 の内表面 110a までの距離と同じである。

[発明の効果]

本発明の燃料供給装置は、ノズルガイドの外表面に形成された蒸気流路により、蒸気ポートから流入する燃料蒸気をタンク方向へ導く。それにより、燃料蒸気が給油ノズルから供給される液体燃料と衝突せずに合流するため、液体燃料の逆流や、飛沫の流出を抑制できる。



ステアリングホイール

特許 No. 6164175

発明者 石井 力, 廣瀬 修, 笹木健治, 柳澤利仁

[発明の属する技術分野]

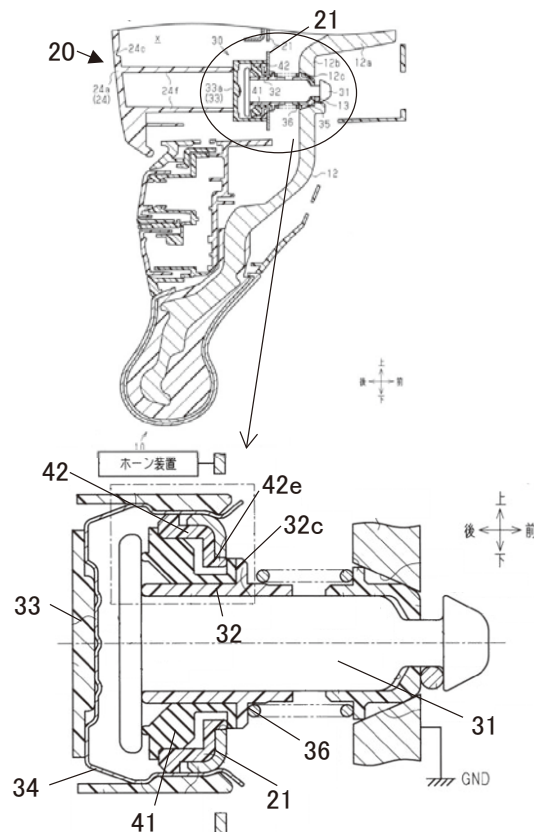
本発明は、ステアリングホイールに関する。

[発明の概要]

エアバッグ装置 20 のバッグホルダ 21 に挿通された支持部材 31 と、コイルばね 36 により後方へ付勢された筒状のスライダ 32 と、キャップ部材 33 内に取付けられた可動側接点部 34 と、環状のダンパホルダ 42 と、スライダ 32 及びダンパホルダ 42 の間に介装された環状の弾性部材 41 とを備え、ダンパホルダ 42 の前方への動きが伝達部 42e を通じて伝達される被伝達部 32c とを備えた、エアバッグ装置付きステアリングホイール。

[発明の効果]

エアバッグ装置を押下げ操作するときの操作フィーリングを良好にしつつ、安定した共振周波数で振動を抑制することができる。



Ⅲ族窒化物半導体発光素子の製造方法

特 許 No. 5874592

発明者 宮崎敦嗣, 奥野浩司

[発明の属する技術分野]

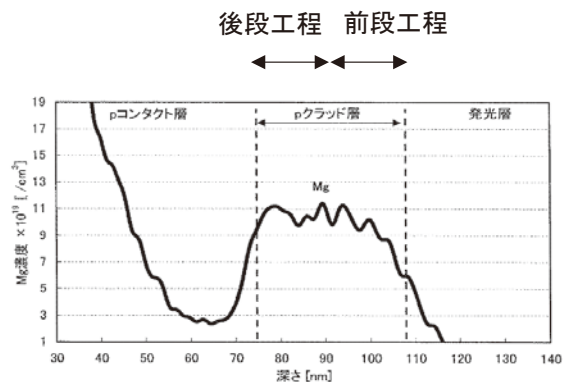
本発明は、Ⅲ族窒化物半導体からなる発光素子の製造方法であり、pクラッド層の形成方法に関する。

[発明の概要]

pクラッド層は、発光層上に第1pクラッド層を形成する前段工程と、第1クラッド層上に第2pクラッド層を形成する後段工程とにより形成し、後段工程でのMgドーパントガスの供給量は、前段工程でのMgドーパントガスの供給量の半分以下にして、発光層と第1pクラッド層との界面からpコンタクト層側に向かって急峻にMg濃度を上昇させた後、一定のMg濃度を保ってpクラッド層における厚さ方向のMg濃度を均一として、その後第2pクラッド層とpコンタクト層との界面付近で急峻にMg濃度を減少させたMg濃度分布を得る。

[発明の効果]

pクラッド層の厚さ方向におけるMg濃度がより均一となり、pクラッド層内でのキャリア分布の不均一性が解消され、発光層へのホール注入に対する影響が低減し、発光効率への影響が低減される。



編集後記

今年、創立 70 周年を迎えた豊田合成は、「限りない創造 社会への奉仕」の社是のもと、モノづくり技術を高めながら製品を提供し社会に貢献してまいりました。

今号は、そのモノづくりを支える「生産技術」を特集テーマとし、豊田合成の生産技術の一端を知っていただきたいという思いで編集いたしました。

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「競争力のあるモノづくりを支える“生産技術革新”」を表現するにあたり、生産現場で技術革新に取り組んでいる社員たち、設備などに焦点を当てデザインしました。

豊田合成を象徴する六角形がぴったり隙間なく密着し、中に描かれた社員たちが、「ONE TEAM, ONE TG.」となり、「生産技術の革新」に辿り着き、更に明るく鮮やかな未来の創出を目指して積極的に取り組んでいく姿を表現しました。

デザイン開発部



申 奇男

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)
	富田 彰	(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)
	木野 徳人	(車載照明技術部)
	関谷 隆	(新製品工法開発部)
	西村 直人	(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)
	加藤 剛	(生産技術統括)
	野竹 知義	(モールド事業統括部)
	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)
	久一 勝敏	(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)
	迎 ひとみ	(技術管理部)
	家田 与一	(技術管理部)
	荒金 克学	(技術管理部)

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 61 2019 (禁無断転載)

2019年12月24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