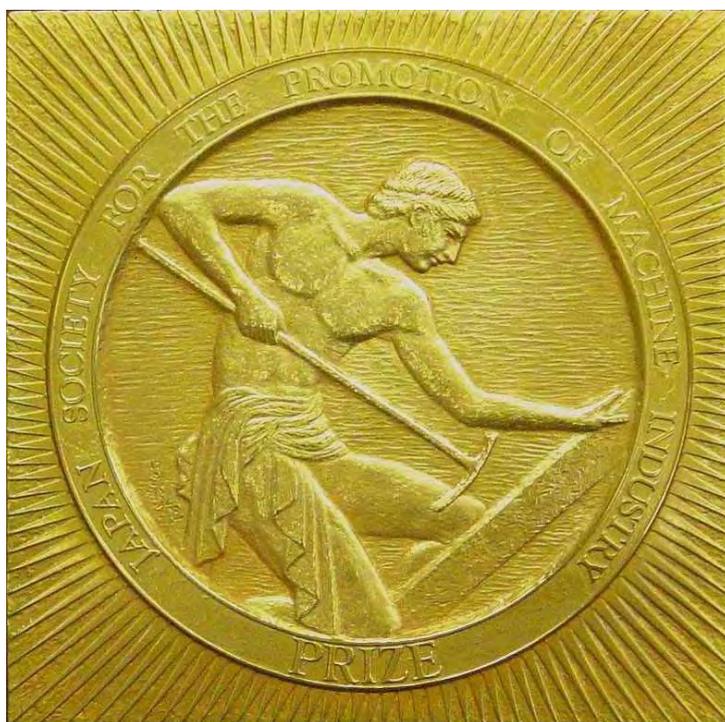


# 第58回機械振興賞 受賞者業績概要



令和6年2月16日

一般財団法人 機械振興協会



## 第58回（令和5年度）

# 機械振興賞受賞者 業績概要

機械振興賞は、経済産業省／中小企業庁、農林水産省、中小企業基盤整備機構、産業技術総合研究所、農業・食品産業技術総合研究機構、新エネルギー・産業技術総合開発機構、日本政策投資銀行、日本政策金融公庫、東京中小企業投資育成、名古屋中小企業投資育成、大阪中小企業投資育成、日本商工会議所、全国商工会連合会、全国中小企業団体中央会、発明協会、JKA、全国信用保証協会連合会、全国中小企業振興機関協会、日本技術士会、中小企業診断協会、日本機械工業連合会および日刊工業新聞の後援を受け、機械産業に関わる優秀な研究開発およびその成果の実用化によって機械産業技術の進歩・発展に著しく寄与したと認められる企業・大学・研究機関・支援機関（以下「企業等」という。）および企業等の研究開発または支援担当者を表彰することによって、わが国機械産業の振興に役立てようとするものである。

第58回機械振興賞は、機械産業に関わる関係団体、地方公共団体、国公立試験研究機関および学会等からの推薦および自薦による応募の計26件の受賞候補者の業績について、審査委員会における慎重審議の結果、研究開発8件、支援事業3件の受賞が決定した。

この業績概要は、受賞者各位がそれぞれの業績について記述したものを紹介するものである。

### 【研究開発】

#### [経済産業大臣賞]

- ◇ 安心降車アシスト（ドアオープン制御付き）システムの開発 ..... 1  
トヨタ自動車株式会社

#### [中小企業庁長官賞]

- ◇ プラズマによる自己組織化単分子表面改質技術と装置の開発 ..... 5  
株式会社 魁半導体

#### [機械振興協会会長賞]

- ◇ バー材とビレット材の両方を使用できる熱間フォーマー ..... 9  
株式会社 阪村ホットアート
- ◇ 油中の粒子と気泡を瞬時に識別する世界初の設備診断センサの開発 ..... 13  
トライボテックス株式会社
- ◇ 長尺アルミクラッチドラムの塑性加工化技術の開発 ..... 17  
マツダ株式会社
- ◇ 船速に依存せず正確に方位制御可能な操船システムの開発 ..... 21  
三菱電機株式会社、ヤマハ発動機株式会社

#### [審査委員長特別賞]

- ◇ 自動化と接合品質を追求したフープ材供給装置 ..... 25  
株式会社 ムラタ溶研

### 【支援事業】

#### [中小企業基盤整備機構理事長賞]

- ◇ 石川県の次世代産業の一翼を担う炭素繊維複合材料への支援活動 ..... 29  
公益財団法人 石川県産業創出支援機構

（原稿作成日 令和6年2月）

### 【奨励賞】

※奨励賞につきましては、業績概要の掲載はありません。

#### [研究開発]

- ◇ 内外径研削を可能としたシューセンタレス加工機  
トーヨーエイテック株式会社

次ページに続く

---

[支援事業]

- ◇ 公設試験研究機関における新ビジネス創出支援の取組み  
茨城県産業技術イノベーションセンター
- ◇ 産学コーディネータの伴走支援を核とする中小企業の研究開発支援  
公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団

※ 各業績の題字等は、以下の内容となっています

---

## 受賞業績名

受賞団体名 1

受賞団体名 1 代表者名

受賞団体名 2

受賞団体名 2 代表者名

受賞団体名 1 所属 開発担当者名 1

受賞団体名 1 所属 開発担当者名 2

受賞団体名 2 所属 開発担当者名 3

受賞団体名 2 所属 開発担当者名 4

---



# 安心降車アシスト(ドアオープン制御付き)システムの開発

トヨタ自動車株式会社

代表取締役社長 佐藤 恒治

トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 富田 博  
 トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 石田 正穂  
 トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 徳田 将則  
 トヨタ自動車(株) 先進安全システム開発部 福田 純也  
 トヨタ自動車(株) MS制御開発部 齋藤 紀之

## はじめに

自動車を駐停車後にドアを開けた際、ドアと自転車などの接近車両との接触事故が世界の都市部を中心に発生している。例えばシカゴでは、自転車事故は約1,500件/年発生しているが、その中の約20%は車の開放ドアとの衝突事故であり、そこには死亡事故も含まれている。また図1に示すように日本でも同様の事故が発生しており、駐停車中の車両の事故の半数にあたる約1,900件/年がドア開き起因であった。

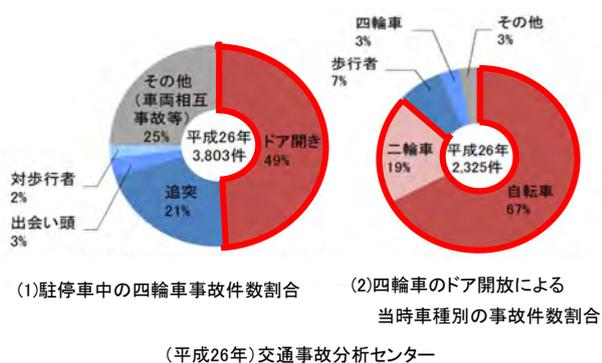


図1 日本でのドア開き起因の事故の割合

近年の健康ブームや宅配サービスの増加、電動キックボードの普及などにより、このような事故は今後さらに増加する可能性があり、このような事故を防ぐ先進安全システムの早急な開発が期待されている。

## 開発のねらい

駐停車後に開放するドアとの衝突事故を防ぐ先進安全システムは欧州や中国の自動車メーカーを中心に近年販売され始めているが、その支援内容はドアを開けた後にブザーを吹鳴したり、ドアに装着されたイルミネーションを点灯させ注意喚起したりするものである。それにより乗員にドアを開けるのを途中で止めさせることを狙ったものであるが、人によっては警報に気づいても反応時間や力の問題でドアを途中で止めることが出来ない場合がある。そこで、すべての人に対して効果のある、完全にドアをロックするシステムの開発を目指した(図2、3)。



図2 安心降車アシストシステムイメージ



図3 システム概要

## 装置の概要

今回開発したシステムは、事故低減に向けて急速普及させるため、車格に合わせて3種類のバリエーションを作成した。ドアのラッチ/アンラッチを電子制御で行う e-Latch ドアと連携し、危険時にはドア開を完全に自動ロックする「e-Latch ドア版」。パワースライドドアと連携し、ドア開作動の途中停止も行うことで降車する人と車などの衝突も防ぐ「スライドドア版」。さらに e-Latch ドアやパワースライドドア等の電子制御ドアが付かない車両に対して、ドアミラー上のインジケータ点灯などでドアを開ける前に注意喚起する「普及版」を準備した。

図4に e-Latch 版のシステム構成を示す。BSM (Blind Spot Monitor) Module は検知と衝突判断の両方の機能を有している ECU (Electronic Control Unit)である。この部品で接近車両の位置や速度をセンシングして、過去の走行位置の履歴から将来の走行軌跡を予測し、開いたドアとの衝突可能性を判断する。衝突可能性が高い場合、CAN (Controller Area Net-

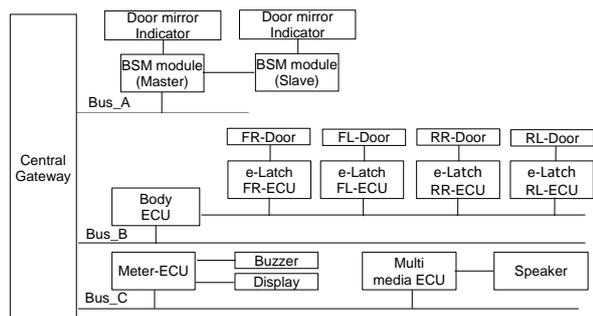


図4 システム構成図

work、車載 LAN)の Bus\_A を経由して各 ECU に衝突可能性を表す信号を出力し、ドアロックやブザー吹鳴などの各アクチュエータを動かす。このような構成にすることで、専用部品を追加することなく本システムを実現した。

## 技術上の特徴

### ① センサ性能改善、衝突判断ロジック開発

コスト低減および開発リードタイム短縮のために BSM 用ミリ波レーダセンサを流用することとしたが、従来の BSM 用ミリ波レーダでは検知対象が 125 cc以上のバイクや四輪車のみであり、自転車は検知の対象ではなかった。ドアと接近車両との衝突事故の約3分の2が自転車による事故であるため、このミリ波レーダを自転車まで精確に検知できるように認識性能を改善させる必要があった。しかし、接近する自転車の傍にガードレールなどの金属障害物が存在すると、自転車から直接反射した電波とガードレール等から反射した電波との区別が付かず、自転車の走行軌跡が曲がって見えてしまい衝突判断が出来ないという課題が発生した。これに対し、自転車の大きさを判別し、認識ロジックの中のグルーピング範囲を変更することで、自転車だけでなく電動キックボードまでも精確に検知可能とした。また、申請中の特許技術を活用した認識、衝突判断ロジックを新たに追加するなど様々な改良を加えることにより、自転車などに対しても衝突可能性有無を判断できるアルゴリズムを構築した。

### ② HMI (Human Machine Interface) 開発

はじめてこの自動的にドアを完全ロックするシステムに遭遇した乗員は、ドアを開きたいのに開くことができず、閉じ込められたと不安に感じる可能性がある。車両のオーナーであれば理解出来る可能性があるが、そうでない乗員はそのようなシステムが車に付いていると分からない可能性が高い。この不安を解消するために

音声ガイダンスを追加した。通知する文言は、接近車両が来たためドアが開かないことをお知らせすると共に、その次のアクションである接近車両に注意して降車することを促すために、「接近車両にご注意ください」とした。

また、このような完全にドアロックするシステムの場合、例えば連続して車両が接近している道路で降車しようとした際には、降車したくてもシステムが衝突可能性を連続して検知し、ドアロックが作動し続け降りることが出来なくなってしまう可能性がある。そこでe-Latch ドア版では、ドア開ボタンを3連打または長押しすることにより、衝突の可能性があっても強制的にドアを開ける仕組みを導入した。3連打としたのは、2連打では通常の使い方で作動してしまう可能性があり、逆に4連打だとパニック時に開けられなくなってしまう可能性があるためである。また、連打間隔については、高齢な方でも操作可能な2秒間の間に3回連続操作とした。長押しの継続時間は、長すぎて途中でボタン押下の操作を中断せず、かつ普段使いで意図して開いてしまわないように2.5秒に設定した。スライドドア版では、ドア停止後に再度ドア開操作をすると、衝突可能性を検知している状態でもドアが開く仕組みとした。

### ③電源マネジメント制御

降車時の事故はドライバー席が76%を占めているという結果があり、イグニッションスイッチ（パワースイッチ、以下IG）OFF後に降車する際の事故が多いと想定される。そのため、今回開発したような降車を支援するシステムは、IG-ON中だけではなくIG-OFF後も作動させる必要がある。

表1は日、欧、中、米のスーパーマーケットの駐車場などで、IG-OFFしてからドアを開けるまでの時間を測定したものである。平均すると日本では23秒、欧州では33秒、中国では24秒、北米では34秒という結果であったが、場合によっては2分経過したケースもあった。例えば

表1 各地域でIG-OFFからドアを開くまでの時間

項目	日本	欧州	中国	米国
平均“ $\mu$ ”	23秒	33秒	24秒	34秒
標準偏差“ $\sigma$ ”	18秒	27秒	32秒	40秒
$\mu+3\sigma$	78秒	112秒	119秒	155秒

IG-OFF後10分間のシステム作動をさせようとすると、図4のシステム構成で示した関係するECUを全てIG-OFF後10分間は作動させておく必要がある。そのためには、その電力消費を満足する容量のバッテリーを車両に搭載する必要があり、車両のコスト増加を招いてしまう。一方、IG-OFF後に電話し十分時間が経ってから降車する場合や、忘れ物を取りに行きすぐに降車する場合など、IG-ONする前に再度降車する場合もある。そこで、普段の使い方では十分満足するIG-OFF後3分間作動を基本的な作動時間とし、それ以上時間が経過すると関係ECUを一度Sleepさせる仕組みとした。そして、ドアの操作やIG-ONなどの車両操作をすると、関係するECUをWake-upさせ、作動継続時間をさらに3分間延長する電源マネジメント制御を入れることにより、3分以上車内にいる乗員に対しても動作しつつ電力消費の低減を実現させた。

### ④電子式ドアロックシステム開発

完全な自動ドアロックを実現するには、ドアレバーとドアラッチがワイヤーで接続されているメカ式ではなく、電氣的にドアのロック/アンロックを操作する仕組みが必要である。しかし、既存のトヨタやレクサスのドアはメカ式であったため、e-Latch ドアと呼ばれる電気式ドアの新規開発が必要となった。電気式ドアではバッテリー上がりなどの万が一の時にもドアを開ける仕組みが必要であり、メカ式の機構を残す必要があるが、単純に部品を追加するとコストアップとなる。そこで、電気式のドア開ボタン（アンラッチスイッチ）とメカ式のドアレバー（手動リリースハンドル）を図5に示すように一部共通部品とすることで、操作性を確保しながらコスト低減を図った。



図5 電子式ドアロックシステム(e-Latchドア)とメカ式ドアレバー(手動リリースハンドル)

## 実用上の効果

### ①ドア開放事故による経済的損失の低減

交通事故総合分析センターの調査によると、平成 26 年における四輪車のドア開放による事故件数は 2,325 件となっている。それぞれの事故における人身損傷程度の割合と、内閣府が行った交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査(平成 29 年 3 月)の、交通事故の被害者 1 名(損害物 1 件)あたりの損失額からドア開放事故の経済的損失を計算すると、約 44.8 億円/年にのぼる。また、今回開発したシステムは、ドア開放時に衝突の可能性がある場合に、警報を行うことに加えドアをロックすることで事故を低減するものである。ドアロックを追加したことによる事故低減効果の寄与分を確認するため、ドアロックを行わず警報のみを行った場合にどれだけの人がドア開放を止めることができるか実験を行ったところ、およそ 25%の人がドア開放を止められることが分かった。残りの 75%は警報だけでは止めることができず、これらは今回開発したシステムのドアロックを加えることで防ぐことができるようになると考えられる。今回開発したシステムにより、ドア開放事故の経済的損失の 75%にあたる、約 33.6 億円/年を低減させることが可能である。

### ②自動運転車両への適応

e-Palette などの MaaS (Mobility as a Service) 利用を前提とした車両の開発、普及が広がっている。このような MaaS 向け車両の一つに、乗員やものを運ぶための運転手不在の自動運転車両がある。こうした車両は電車やバスのように利用されることが想定されるが、それを実現するためには安全に目的地に到達するための運転技術だけでなく、到着した後に安全にドアを自動で開閉する仕組みが必要である。今回開発した安心降車アシスト(ドアオープン制御付き)システムは、こうした自動運転車両にも適応可能で、車両が周辺環境を把握し、危険な場合のドア開放を禁止させることで安全な乗員の降車、荷物の自動搬出などを可能にする。本開発システムはこうした自動運転車両を運用するうえでの主要な課題を解決し、自動運転車両の普及に貢献するものである。

## 知的財産権の状況

本件に関する特許登録は下記の通りである。

### ① 日本国特許第 07035712 号

名称:後方監視装置

概要:後方から接近してくる車両と開放ドアとの衝突可能性が高い場合、ドアの開放を行わないように制御する。

### ② 日本国特許公開第 2023-004278 号

名称:降車支援装置

概要:警報対象の速度に応じて警報開始タイミングを調整

その他 29 件を出願中

## むすび

本システムの開発は、運転中の安全だけでなく駐車した後の安全に着目し、乗員が安心して降車できることを目指し取り組みました。今後も交通事故ゼロ社会の実現に向け、新しい技術の創出と普及に向け挑戦し続けます。

# プラズマによる自己組織化単分子 表面改質技術と装置の開発

株式会社 魁半導体

代表取締役 田口 貢士

(株)魁半導体 技術部 登尾 一幸  
(株)魁半導体 プロセス開発部 山原 基裕  
(株)魁半導体 プロセス開発部 富川 弥奈

## はじめに

各種材料の表面改質はプラズマ技術や真空紫外(Vacuum Ultraviolet ; VUV) 技術、湿式処理などが広く用いられてきた。しかしながら、これらの手法で処理を施した改質特性は長期間保持するのに課題があった。図1にプラズマ親水性処理による水に対する接触角( $\theta/2$  法)の経時変化を示す。

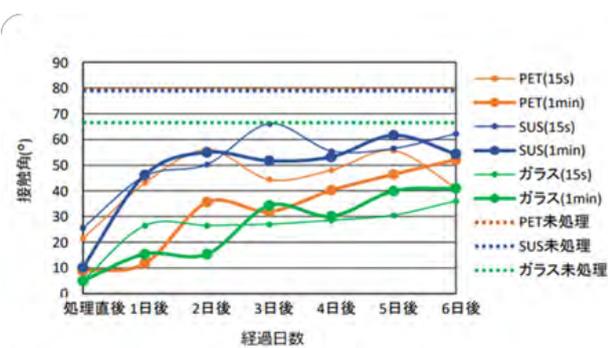


図1 プラズマ親水性処理による水に対する接触角の変化

(繊維学会誌, 第79巻第4号, 129-137 (2023)より)

撥水化処理も同様に、周囲の環境により影響を受け、経時的な変化が見られる。様々な産業からは、周囲の条件に左右されず、処理効果を長期間にわたり維持する技術に対する強い要望が寄せられ、そのための技術開発が強く望まれていた。近年、基材へのポリマーブラシ技術が親水性表

面特性の保持に有望視されている。しかし、ポリマーブラシの形成には溶媒と触媒が必要である。他にも自己組織化単分子層(Self-Assembled Monolayer ; SAM) を形成する手法も知られている。従来のSAM形成技術は湿式法が主流であり、ゾルゲル法などの使用には溶媒や触媒が必要である。気相法によるSAM形成もあるが、反応時間に12時間以上必要であり、工業的に活用可能なプロセスが望まれている。

## 開発のねらい

容器業界では、食品、化粧品、医薬品などの用途に於いて、『内容物の残留』や図2に示す様な『注出口における液垂れ』の防止に関するニーズがある。



図2 液垂れの様子

これに対応するため、溶媒や触媒を含まないプラズマプロセス技術を活用し、『液体の滑り性』を向上させる表面処理プロセスの開発を課題とした。

液垂れ防止を目的とした表面改質では、図3に示す滑落角の測定によって液切れの指標とも

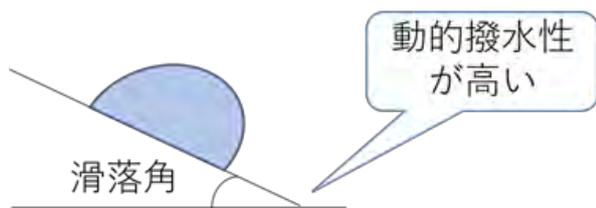


図3 滑落角による動的表面特性の測定

なる動的な特性が確認できる。滑落角とは、表面に液滴が動く際の傾斜度合いを示す角度であり、この角度が小さいほど液体が表面を効果的に滑り易いことを示す。滑落角が小さければ、液体が表面に張り付くのを防ぎ、液垂れを抑制することが可能となる。

このような動的な表面特性に焦点を当て、完全乾式プロセスによる液垂れを効果的に防止する表面改質技術の開発することにより、環境に優しく、素材や形状に関わらず表面の改質が可能となり、ノズル設計に革命をもたらす。

## 装置の概要

プラズマ技術を活用することによりノズル先端部に SAM を形成することを可能とした真空プラズマ表面改質装置『SAMy-N シリーズ』を図4に示す。



『SAMy-Nシリーズ』表面改質装置

図4 本技術を実施する装置

装置の特徴として、

- ・プラズマによる親水化処理と SAM 膜の形成を、連続して間に大気開放を経ずに、あるいは同時に実現可能な装置構成。
- ・常温・常圧では液体の SAM 原料を加熱し、キャリアガスでバブリングすることにより反応部(真空チャンバー)に供給可能。
- ・キャリアガスを用いず、SAM 原料蒸気のみを供給することも可能。
- ・13.56MHz の高周波電源を使用した容量結合 (CCP) 方式を採用し、安定したプラズマを生成。
- ・各部バルブの開閉やガス流量制御、処理圧力制御は電子制御を採用し、タッチパネルにより各パラメータの設定や操作が可能となる。

## 技術上の特徴

ノズル先端部分に対して、撥液性の SAM 膜を形成し、ノズル最表面分子と撥液性単分子を結合することにより表面を改質する。図5に示す SAM 形成プロセスには、当社が独自に開発した『プラズマによる分子結合形成促進 (Plasma Enhanced - Molecular Bond Formation ; PE-MBF) 法』を適用する。プラズマ処理後に同じチャンバー内へ蒸気化させた液体原料を供給し材料表面と反応させ、その表面に単分子結合層を形成させる独創性の高い新規プロセスである。

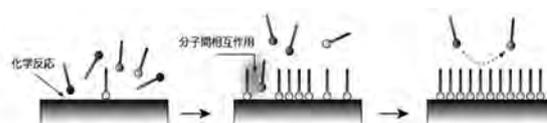


図5 SAM形成の概略図

PE-MBF 法は全く溶媒と重合開始剤や触媒を必要とせず、基材表面分子に SAM 分子を共有結合により導入することができる。PE-MBF 法のプロセスの概要について図6～8に示す。

### ① 基材表面の活性化(図6)

水蒸気プラズマに於いて、水の解離反応により

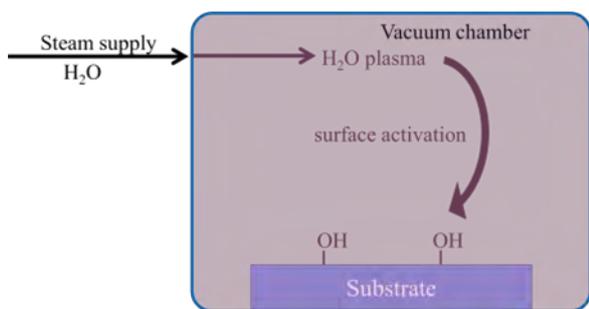


図6 基材表面の活性化メカニズムの概要

OH<sup>-</sup>イオンや OH ラジカル等が生じ、基材表面に OH 基が導入されることにより活性化する。

② SAMの原料供給と形成(図7)

SAM 原料の蒸気を真空プラズマ装置のチャンバー内に供給し、水の解離反応による生成物と SAM 原料の化学反応により SAM 中間体を生成する。その後、SAM 中間体とサンプル表面の OH 基により水素結合を形成する。

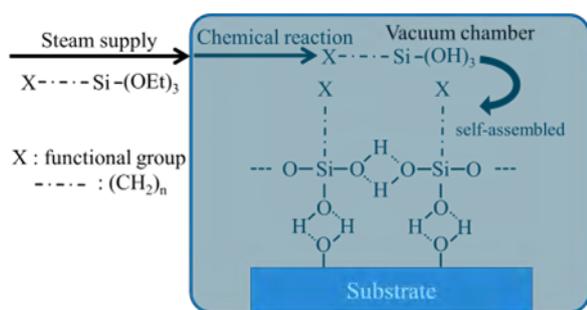


図7 SAM形成メカニズムの概要

③ SAM 形成の定着(図8)

脱水縮合反応により、SAM を定着する。

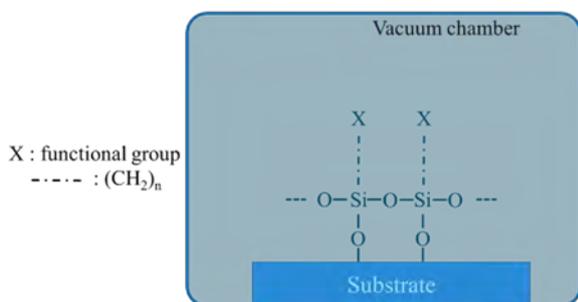


図8 SAM分子の定着メカニズムの概要

上記①～③を、大気開放を経ずに、連続1工程プロセスで行い、基材の表面活性とSAM形成の化学反応をほぼ同時に進行させるところに特徴

を有する。上記のプロセスを行うことにより従来の SAM 形成法と比較して、プロセス時間を1/4以下に短縮することが可能となった。

上記の PE-MBF 法により形成された撥水 SAM について、生理食塩水に対する動的撥水性の機能をポリスチレンプレートに対して実現させた。パーフルオロ系シランカップリング剤と C<sub>8</sub> ; オクチル基, C<sub>12</sub> ; ドデシル基, C<sub>16</sub> ; ヘキサデシル基を有するアルキル鎖長の異なるシランカップリング剤により撥水性 SAM 膜を形成した表面の静的な(静置した)水の接触角(θ/2法)の結果を表1に示す。また、パーフルオロ系シランカップリング剤と C<sub>8</sub> であるオクチル基シランカップリング剤の撥水性 SAM 形成による滑落角変化の結果を表2に示す。

表1 アルキル鎖長による静的接触角の相異

Reagent	Contact angle (°)	
	Before treatment	After treatment
(1H,1H,2H,2H-Tridecafluorooctyl) trimethoxysilane		118
Trimethoxy-n-octylsilane	103	105
Trimethoxy (hexadecyl)silane		74
Dodecyl trimethoxysilane		82

表2 SAM形成前後の転落角の変化

Regent	Slope angle(°)
Before processing	More than 90
(1H,1H,2H,2H-tridecafluoro-n-octyl) trimetoxvsilan	More than 90
Trimetoxy-n-octylsilan	58

パーフルオロ系シランカップリング剤は静的接触角が110°を超えており、最も撥水特性を示しているが、滑落角は90°以上でも水滴が張り付く状況であった。これに対しオクチル鎖はパーフルオロ系シランカップリング剤よりも静的な接触角では撥水性が劣るものの、滑落角で

は 58° と高い液切れ性を示した。

## 実用上の効果

図 2 に示したポリスチレン製スポイトについて、PE-MBF 法により SAM を形成し、生理食塩水に対する動的撥水性機能を付与した効果を図 9, 10 に示す。



図9 動的撥水性特性による液垂れの相異

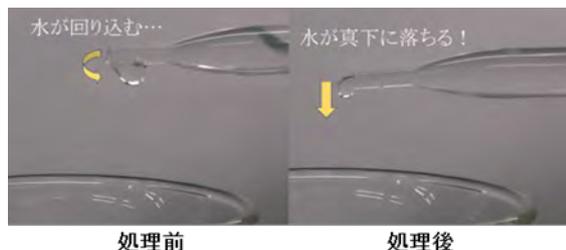


図10 オクチル基含有SAM形成処理前後の液滴の様子

動的撥水性に劣るパーフルオロ系 SAM では液垂れの改善は認められないが、動的撥水性に優れるオクチル基含有 SAM では液垂れの改善が確認された。また、図 10 に示す様にオクチル基含有 SAM 形成後は液滴が真下に落ちる様になり、全く液垂れが生じない効果が確認された。処理効果を示す動画の URL :

<https://www.youtube.com/watch?v=EDm59Ov9Uew>

このスポイトに於ける滴下の繰り返し精度と個体差間バラツキに関して、未処理品と処理済品との比較を図 11 に示す。未処理品は滴下した液滴毎の重量のバラツキが大きく、個体差間のバラツキもかなり大きい。それに対して、処理済品は滴下の繰り返し精度が高く、液滴毎のバラツキが減少しており、個体差間のバラツキも減少する効果が確認された。

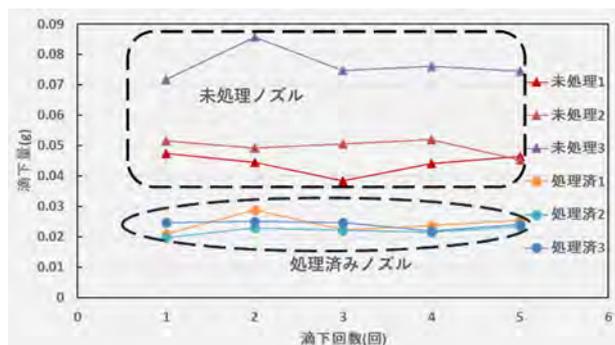


図11 処理の有無による生理食塩水に対するスポイトノズルの液滴と個体差間バラツキ (繊維学会誌, 第79巻第4号, 129-137 (2023)より)

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する出願特許は下記の通りである。

① 特開 2022-151518 号公報

名称: 積層体製造装置及び自己組織化単分子膜の形成方法

概要: プラズマを活用した SAM 形成装置と SAM 形成方法である PE-MBF 法について

## むすび

プラズマ技術を応用することにより、溶媒や触媒を使用せずに SAM を形成可能な『PE-MBF 法』と、その活用法の一つである『完全乾式プロセスによる液垂れを効果的に防止する表面改質技術』を開発した。本方法のプロセス時間は、従来の SAM 形成方法と比較して約 1/4 以下に短縮化が可能である。

さらに、『PE-MBF 法』は様々な表面改質技術に転用し新たな機能性を実現する可能性を秘めており、継続的な進化が必要である。今後も、本プロセスが科学技術や産業の進展に貢献することを期待するとともに、我々は、プラズマを活用した環境に優しい新規プロセスを実現する技術開発を展開する。

# バー材とビレット材の両方を 使用できる熱間フォーマー

株式会社 阪村ホットアート

代表取締役社長 榎本 稔

(株)阪村ホットアート 榎本 大輔

## はじめに

これまで、建材用のハイテンションナットや、ベアリングの素形材で外内輪を同時に生産する熱間鍛造工法を確立し、これを実現する横型熱間フォーマー(以下フォーマー)を開発してきた(図1)。

近年は、自動車用部品、例えばギヤブランクやハブユニットなどの鍛造ニーズが増えてきている。これらの製品は、ネットシェイプ、ニアネットシェイプの形状を狙い、これまでより高い鍛造精度が求められている。

さらに、電気自動車の普及により、自動車部品の構成が大きく変わり、より品質や精度の高い鍛造製品が求められている。本機は、フォーマー

+αの鍛造製品を生産できる機械として開発されたものである。

## 開発のねらい

フォーマーは、インダクションヒーターで加熱したバー材(丸鋼材)を供給し、機内で切断した後、パンチとダイスで成型することで、材料の切断から一気に鍛造製品を完成することができる。フォーマーでは、鍛造方向が横方向であることから金型を効率よく冷却することができる。また、ラムの駆動方向などにより、縦型プレスと比較すると圧倒的な高速生産が可能なのが大きな特徴のひとつである。しかし、フォーマーは、鍛造の動きに合わせて材料を切断するため、せん断加工となり、切断バリが発生する。一方、

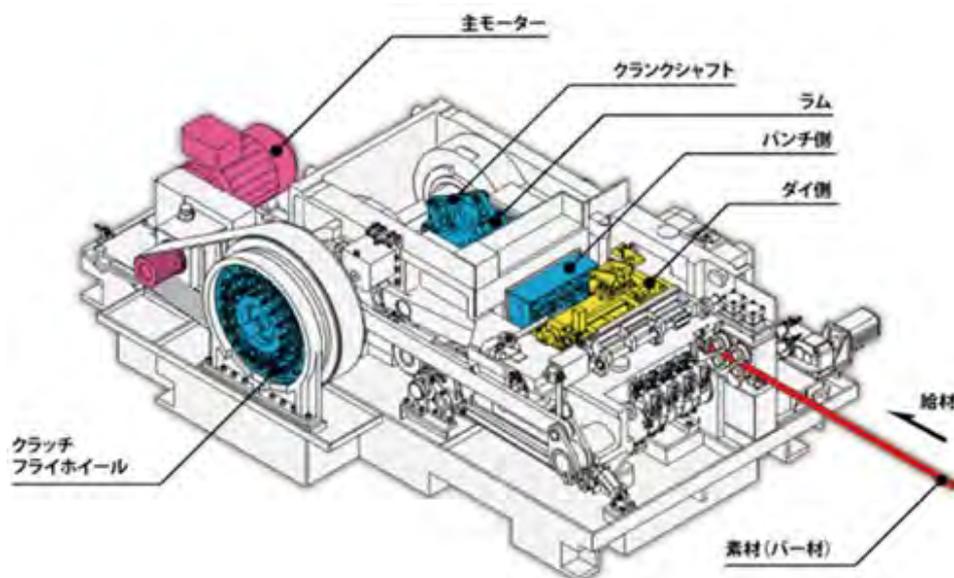


図1 横型熱間フォーマー

縦型プレスは、あらかじめノコ切断した材料(以下、ビレット材)を供給するため、切断バリが発生しない(図2)。



図2 切断した材料

図3の製品は、鍛造で生産されたギヤブランクで、最終製品の状態でも鍛造肌が残っている。フォーマーで生産する場合には、切断バリを製品に打ち込んでしまい製品に傷を付けることがあり、自動車部品、特にトランスミッションで使用されるギヤブランクなどは、フォーマーによる生産は敬遠されてきた。

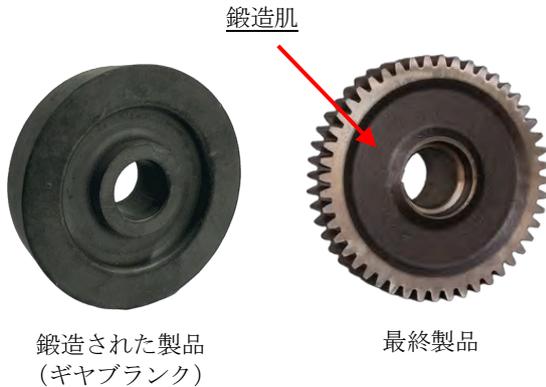


図3 ギヤブランクの鍛造

しかし、本技術により、従来のバー材とビレット材の両方を供給することができ、フォーマーの高い生産性を維持しながら、これまで敬遠されてきた自動車部品なども鍛造することができる、世界で初めてのフォーマーを開発することができた。

### 装置の概要

本装置は、HFW1300-4(圧造能力 13,000kN)に、

バー材とビレット材の両方を供給できる機構を設けたものであり、図4は、実際に設備を設置した写真である。



図4 実際の設置写真

同等クラスの縦型プレス生産能力は、20～30個/分に対して、本設備は、バー材で、最大90個/分、切断されたビレット材は、最大50/分と縦型プレスに比べて非常に高い生産性をもった設備となっている。

本設備は、バー材を加熱するヒーターに加え、異なる方向にビレット材用ヒーターを設置することで、これまでの機構を有効に活用しながらビレット材を供給する機構を設置している。図5は本機の設置図となるが、25m×29mと非常に大きなスペースが必要となる。しかし、同等の生産能力を持つ縦型プレスとフォーマーの両方を設置した場合には、さらに大きなスペースが必要となる。また、圧造金型、機械部品の予備品などの在庫管理にも大きなメリットがある。

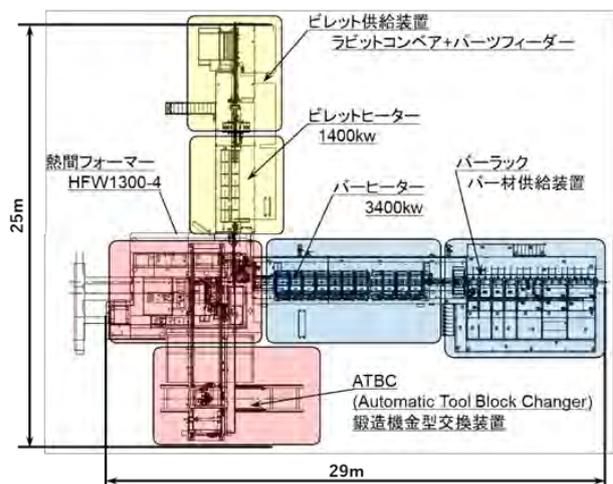


図5 本機の設置図

## 技術上の特徴

これまで、ビレット材専用のフォーマーは開発してきたが、本機は、ビレット材とバー材の両方を使用できる設備という点に大きな特徴がある。

バー材を鍛造する場合には、図6のバー材供給部のように、バー材用のインダクションヒーターで加熱された材料を、フォーマー側の送りロールでクランプして、機内に定寸で、決められたタイミングで供給し、鍛造を行なう。



図6 バー材供給部

ビレット材供給時は、図7のように、送りロールとフォーマーの間にビレット材を供給する。ヒーターで加熱されたビレット材を、シュートを經由し、A部バッファシュートに3～5個滞

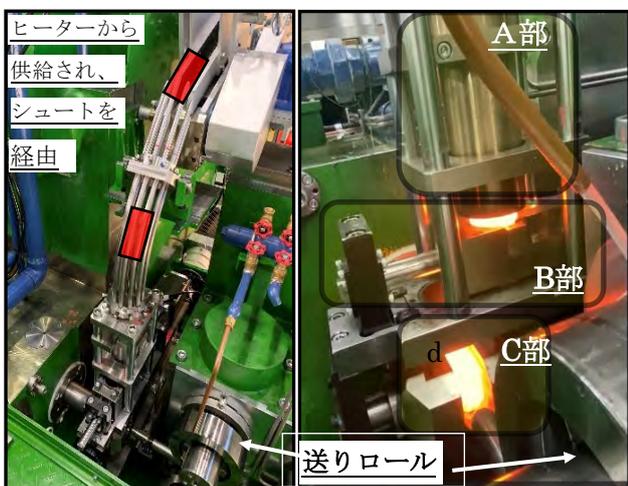


図7 ビレット材供給部

留させる。その後、エア駆動式のB部1個送り装置で、ビレット材を1つ搬送する。搬送されたビレット材は縦向きでC部反転装置に供給され、サーボモーターで90度回転し、送りロールにセットされたプッシャー棒で、圧造部につながる供給口へ送られるされる。バー材供給に使用していた送りロールをプッシャー棒の駆動に使用することで、バー材とビレット材の両方へ対応することに成功した。

この供給動作をフォーマーの鍛造スピードと同期することで連続してビレット材を供給することが可能となった。また、送りロールの駆動、反転装置はサーボモーター駆動として、バー材、ビレット材それぞれのタイミングに操作盤からワンタッチで変更可能となっており、短時間でバー材とビレット材の段取り替えが可能となった。

連続的に供給されたビレット材は、圧造部まで図8のように、次々と後方のビレット材に押され、圧造部に供給される。プッシャー棒を圧造部内まで送ることで、すべての材料を鍛造することができる。また、機械停止時には、この装置でビレット材を排出し、専用のコンベアで機外に搬出する。

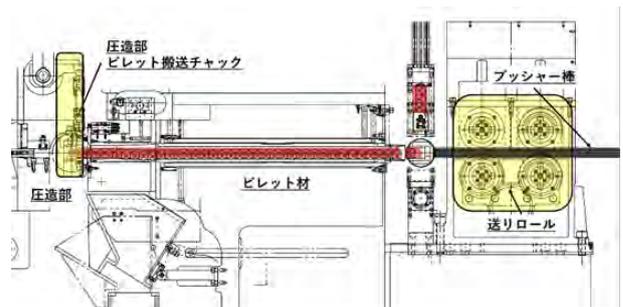


図8 送りロールから圧造部までの図

上記の方法で供給されたビレット材は、機内にセットされたチャックで搬送し鍛造する。圧造部に搬送された後の鍛造は、バー材もビレット材も同様の方法となる。

バー材の場合には、切断を行う移動刃と呼ばれる装置を使用し、定寸で切断する。ビレット材の場合には、次行程に搬送するチャックに交換する。この交換もこれまでの機構を変えること

なく、移動刃とビレット材用の搬送チャックを、ボルト一本で脱着可能となっており、容易にバー材とビレット材の段取り替えが可能な構造となっている。図9に、移動刃とビレット材搬送用チャックを示す。

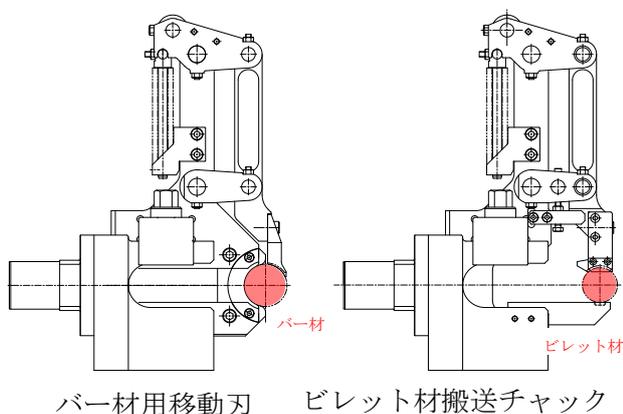


図9 バー材用移動刃とビレット材用チャック

フォーマーでは、1,200℃程度まで加熱された材料を扱うため、その熱影響を避けることができない。材料が接触する部品は、熱の影響を受ける一方、加熱された材料は、温度低下させずに鍛造しなくてはならない。各部品には、冷却水を使用し、材料に影響がでない範囲で冷却するように工夫している。また、加熱された材料からは、酸化スケール（酸化物の被膜）が発生し、その酸化スケールが摺動面に入り込んで摩耗が発生すると問題となる。酸化スケールが摺動面に入り込まないように、シールやカバーなどで摺動面を保護する必要がある。本機は、従来のバー材を扱うフォーマーをベースに開発されたものであり、今回は、FW1300-4 という機種に、ビレット供給装置を取り付けたが、この方法であれば他の機種にも展開が可能となる。また、状況によっては、現在稼働している設備に対してもレトロフィットさせることができることも大きな特徴のひとつである。

## 実用上の効果

本機により、フォーマーの高い生産性を生か

し、バー材とビレット材両方を鍛造することが可能となった。ビレット材を取り込むことで鍛造肌を残すギャブランクを鍛造することが可能となり、新たな自動車部品的高速鍛造が可能となる。また、2台の機械を1台で兼用できることで、前述している通り、金型や消耗部品の在庫管理にもメリットがある。さらに、従来のフォーマーを扱うオペレーターが操作可能なこともメリットの1つである。

近年では、人材不足も大きな問題の1つとなり、オペレーターの育成や定着が、大きな課題となっている。これまでのフォーマーにビレット材という+αの機能を持たせることで、これまでのフォーマーの操作スキルで、ビレット材を扱え、フォーマーの活躍の場が、さらに広がることが期待できる設備となった。

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特開 2023-72621

名称: 横型熱間鍛造機

概要: 1つの横型熱間鍛造機でありながら多くの製品に対し幅広く適用させて求める製品を熱間鍛造できるようにすること。

## むすび

自動車産業は、100年に1度の変革期と言われている。電気自動車の普及により自動車部品の部品構成が大きく変わろうとしている。その中で、弊社もこれまでのフォーマーに+αの機能を持たせた設備の開発を進める必要がある。

生産性の向上や、品質面の向上は、材料の歩留まりの向上につながり、ひいては省資源・省エネルギーを実現する設備につながる。これからも継続的に開発を進め、微力ながらカーボンニュートラルに貢献できるもの作りを目指して参る所存である。

# 油中の粒子と気泡を瞬時に識別する 世界初の設備診断センサの開発

トライボテックス株式会社

代表取締役社長 川畑 雅彦

トライボテックス(株) 井原 聡

トライボテックス(株) 類家 淳司

トライボテックス(株) 安部田 泰

トライボテックス(株) 山田 翼

トライボテックス(株) 長門 真吾

## はじめに

近年、コロナ禍が正常化しつつある中において、企業環境はデータのデジタル化とDXへの対応が加速しており、厳しいビジネス環境にDXを活用し新たな企業戦略による安定収益と保全形式の創成が急務となっている。本取組みでは、産業界にとり重要な課題である保全のデジタル化に対応するオンライン自動粒子数測定技術を確認するとともに、デジタルデータを活かしたデータドリブン経営に資する設備診断センサの開発を行った。

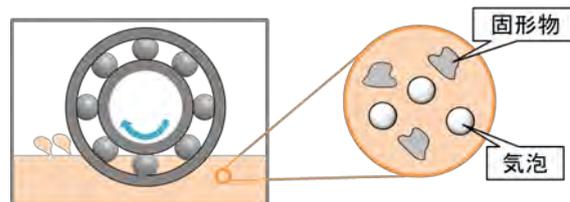
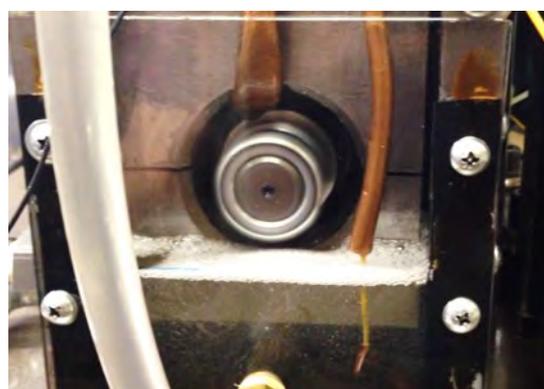


図1 潤滑油中の気泡の様子

## 開発のねらい

産業機械の潤滑油の清浄度は、レーザー光を使用した自動粒子計数器による油中粒子数測定の結果により評価（JIS B 9934）することが主流となっている。この油中粒子数測定では、油中の気泡が偽計数の原因となるため、分析する場合には減圧、超音波、加振等により油中の気泡を除去した後測定を実施する手順が規定されている。

回転部を有する産業機械は、潤滑部の潤滑油中に多数の気泡が混在している場合が多く（図1）、JIS B 9934 で規定されている手順に従い分析を

行うと気泡除去の工程が必要であった。このことが分析データのデジタル化とICT化の障害となっており、分析結果が出るまで設備の健全性が担保できないという課題があった（図2）。

そこで、本取組みでは事前脱気が不要で、流れ場中で「粒子と気泡を峻別」し粒子のみをリアルタイムに計数するセンサの開発を行った。

## 装置の概要

本取組みにより開発したセンサは、新たに開



図2 診断スキームの変革

発した原理「光同期式気泡識別法」を用いることで、事前脱気を必要とせず、流れ場中の「粒子と気泡を峻別し」粒子のみをリアルタイムに計数する装置である。本装置（図3）はネットワークへの接続機能があり、油中粒子数の計数結果をパソコンやスマートフォンに送信することが可能である。すなわち、現場設備の油圧・潤滑油系統にセンサを搭載すれば現場設備の摩耗状況を手元のデバイスでいつでも確認することができ、専用の接続ネットワークを構築することでオンライン上での常時遠隔監視が可能となる。



図3 新開発センサの外観

## 技術上の特徴

これまでの液中粒子計測装置は、JIS B 9934で規定されている光遮蔽式計数法により行われてきた。この光遮蔽式計数法は、例えば図4に示すように発光素子（LD）と受光素子（PD）が一对であり、LDから照射されるレーザー光をPDで受光し、受光した電圧の降下回数と降下電圧の大きさをパラメータに粒子の数とサイズを計測するものである。

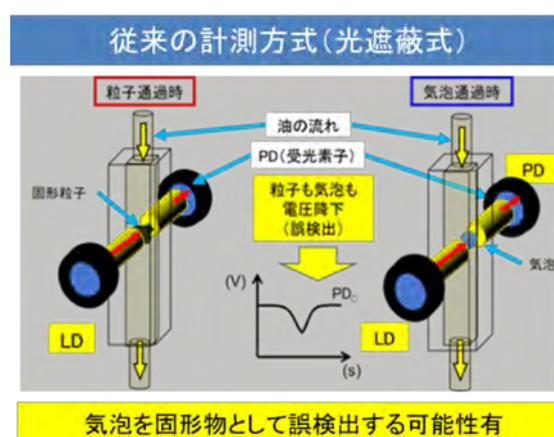


図4 従来の計測方式の受光素子レイアウト

この原理による粒子検出では、センサ部を通過する油中異物がレーザー光を遮ることにより発生する電圧降下が検出パラメータであり、センサ部を通過する異物が粒子であっても気泡であってもレーザー光は遮光されて電圧降下が発生するため、これが偽計数の原因となっていた。そこで、自動粒子計数法に関する規格であるJIS B 9934では、気泡を取り除いたのちに計数する手順が規定されており、この手順を経るとサンプリングから試料油運搬、分析、データ確認など複数のプロセスと日数が必要となる。

例えば、現場設備で油の汚れが目視確認できたとしても、それが、重大インシデントにつながる可能性があるのか否かを現場で定量判断する術がなく、場合によっては、長時間機械を停止せざるを得ない状況となることもある。このよう

に、設備の安全と適切な保全計画にとって、気泡と粒子を現場で識別する技術は優先度の高い課題となっていた。

今般開発した技術では、粒子と気泡がセンサ部を通過した際に発生するレーザー散乱光の違いに着目することで気泡と粒子の識別を実現した。図5に示す通り、気泡がセンサ部を通過する際のレーザー散乱光はレーザー光の進行方向に対して均一となる。一方、粒子がセンサ部を通過する際のレーザー散乱光はレーザー進行方向に対して不均一となる。この原理を用いた気泡識別手法を「光同期式気泡識別法」と名付けた。

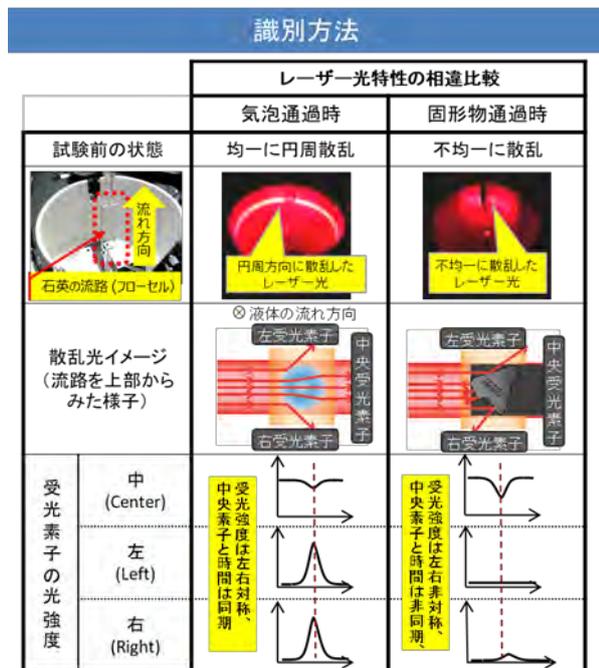


図5 気泡識別の原理

「光同期式気泡識別法」の受光素子レイアウトを図6に示す。「光同期式気泡識別法」はセンサ部に受光素子を複数配し、気泡表面の側方散乱光を左右の受光素子で受光 (正電圧) し、中央の受光素子の受光電圧 (負電圧) と同期させることにより気泡と粒子を瞬時識別している。この光同期式識別法を用いたセンサは、潤滑油中に気泡が存在していても気泡の峻別が明確に可能であることから、計測データをデジタル化し、オンラインで油中粒子数の連続監視が可能であり、インターネット等で任意の場所に送信する

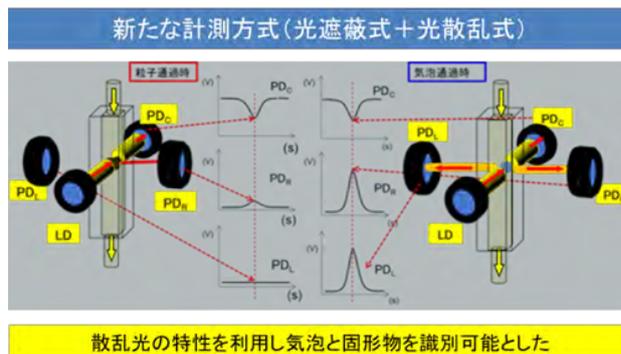


図6 新たな計測方式の受光素子レイアウト

DX対応が可能となった。

すなわち、これまで不可能であった機械システムの摩耗状態をIoTの活用によりリアルタイムに遠方監視するシステムの構築を可能とするセンサの開発に成功した。

この「光同期式気泡識別法」によって、気泡と粒子の分離は実現できたが、本装置には検出感度の課題が残った。本装置の粒子サイズの検出下限は5 $\mu$ mであったが、主に油圧システムの作動油中の塵埃を対象としたISO 4406の清浄度コードでは4 $\mu$ m(c)が規定されていた。

本装置は種々の業界で幅広く活用されることを期待しているため、このISO 4406にも対応すべく検出感度向上の研究に取り組んだ。この取り組みの概要を図7に示す。

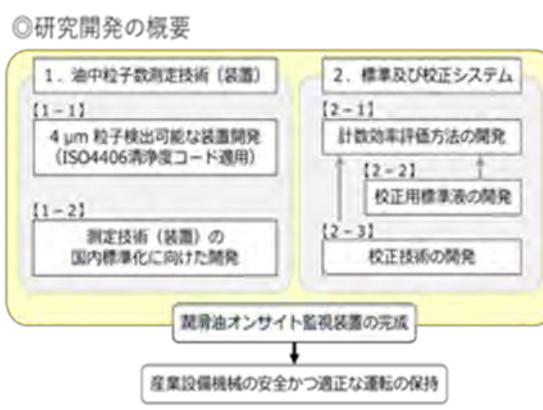


図7 サポイン事業の研究概要

本研究は平成29年度に申請し採択されたサポイン事業「機械保全に資する潤滑油オンサイト監視装置の開発」(計画認定番号及び認定年月日: 中部1607028-1平成29年7月28日)を活用し、当社と産総研の連携によって実施した(図8)。

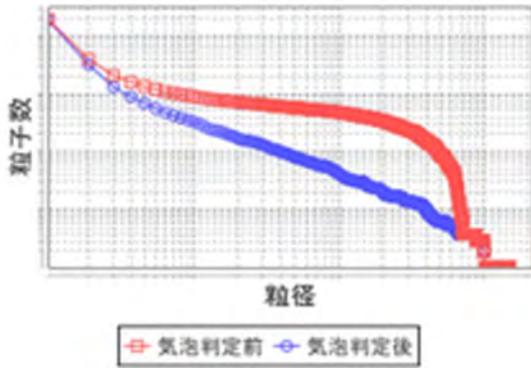


図8 サポイン研究成果による気泡判定効果

これらの研究結果を踏まえて開発した装置は、高さ10cm×幅15cm×奥行10cmと掌（てのひら）サイズの小型であり産業機械の潤滑回路への組み込みも可能であることから、web環境を整えることでオンライン診断システム構築を可能としたのが最大の特徴である。潤滑状態を判断するパラメータは、これまで温度・振動・圧力・流量等であったが、本開発により監視する「油中粒子数」が新たな状態監視パラメータに加わることで、「分解して確認する」保守点検方式から、「非分解で確認する」保守点検方式への移行に資すると想定され、陸・海・空の産業界で使用されているあらゆる機械設備の保守点検方式の革新につながることを期待される。なお、現時点において、本装置の競合となる製品はない。

## 実用上の効果

潤滑状態をデジタル化するオンライン監視は、デジタルデータのネットワーク化が可能となるため多数の設備機械の健全性が瞬時に把握できるようになり、いわゆる「データドリブン経営」が可能となる。総務省の情報通信白書（令和2年度版）によれば、オンラインデータの利用率が大きくなると、資本投入や労働投入で説明できない付加価値の伸び、いわゆるTFP（全要素生産性）が8%向上するとされている。また、機械設備の保守マニュアルに「潤滑油は1年で交換を推奨」と記されているが、データ監視により科学的で合理的な根拠に基づき潤滑管理を適正化

させることで油取替の延伸化も見込めることから、カーボンニュートラルを目指す企業の「GX（Green Transformation）」にも資することとなり、省エネ、省資源、コスト低減に役立つことが期待される。

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関連する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第4719587号

名称: 微粒子計数装置、これを用いる微粒子計数方法及びこれを備える潤滑対象部診断システム

概要: 液体（特に、潤滑油）中に含まれる比較的大径で広範囲に及ぶ微粒子と気泡とを光学的に識別して所定の粒径毎の微粒子を高精度に計数することができる微粒子計数装置。

② 日本国特許第6467579号

名称: 粒子計数装置及び粒子計数方法

概要: 液体中の粒子の形状、材質、サイズ等を詳細に識別しつつ粒子の個数を計数することができる粒子計数装置。

③ 日本国特許第6592765号

名称: 粒子計数装置

概要: 液体中の粒子の性状を詳細に識別しつつ粒子の個数を計数することができるとともに、採液するポンプに起因する装置の大型化や測定精度の低下を抑制することができる粒子計数装置。

## むすび

デジタルデータで可視化される潤滑状態により、産業界の保全方式に新たなフェーズが加わり、限りある資源の有効活用となることや、インフラの安定運転等が期待されます。私共は今後も現場の声を大切にしながら産業界の発展、ひいてはSDGsへの貢献を目指し努力致します。

# 長尺アルミクラッチドラムの 塑性加工化技術の開発

マツダ株式会社

代表取締役社長兼CEO 毛 籠 勝 弘

マツダ(株) 技術本部 椎 野 和 幸

マツダ(株) 技術本部 野 畑 俊 也

マツダ(株) 技術本部 河 野 弘 和

マツダ(株) 技術本部 新 家 泰 平

マツダ(株) 技術本部 長 野 隼 門

## はじめに

マツダは「走る歓び」を提供し、“自分で運転をする愉しさ”を感じていただき、人の心と身体を元気にし、お客様の人生を輝かせることができるブランドを目指している。2022年9月に販売を開始したCX-60には、優れた環境性能と「走る歓び」を実現させるべく、新開発の縦置き8速オートマチックトランスミッション（以下FR8AT）を搭載している（図1）。



図1 新開発 FR8AT

新開発のFR8ATは、ペダルワークスペース確保によるドライビングポジションの理想化（図2）のためユニットのコンパクト化と、ロスのない高い伝達効率を両立したトルコンレス構造としている。この実現のため、ユニットに内蔵される動力伝達部品であるクラッチドラムは、長尺でかつ軽量の製品として長尺アルミクラッチドラムが必要であった。

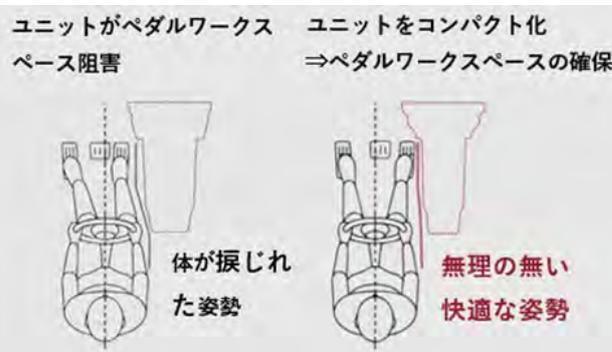


図2 ペダルワークスペースの比較

## 開発のねらい

FR8ATに内蔵されるアルミクラッチドラムは、理想のドライビングポジション実現のために、従来の製品と比較しL/D（高さとの直径の比）で2倍以上になり、より細長い形状にする必要がある（図3）。また、マツダの目指す「走る歓び」を具現化する高い伝達効率とユニット振動抑制の両立に向け、アルミ化による軽量化が必須であった。アルミ板材の塑性加工は成形難易度が高いため、アルミクラッチドラムは成形性の高いダイキャスト+切削加工、及び副資材を用いた相手部品との結合が主流であるが、塑性加工と比べ加工時間が長く、また製造時のCO<sub>2</sub>の排出量が多い。そのため、従来の鉄材クラッチドラムの塑性加工技術を基盤に机上予測技術を用いて進化させることで、既存の塑性加工ラインを最大活用し、製造時CO<sub>2</sub>排出量低減とコスト改善をねらいとした長尺アルミクラッチドラム

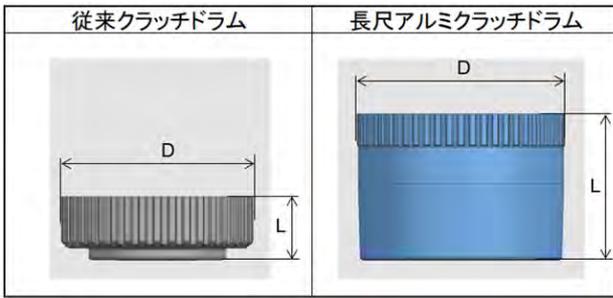


図3 クラッチドラムの製品高さ比較

の塑性加工化技術の開発に取り組んだ。

## 装置の概要

AT 内部には、クラッチプレートの締結/解放を行い、動力を伝達/遮断するためのスプライン形状を有する多くの部品が組み込まれている。ク

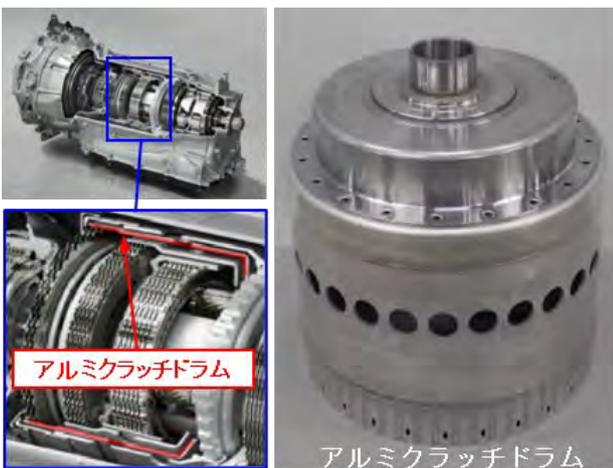


図4 クラッチドラム部品

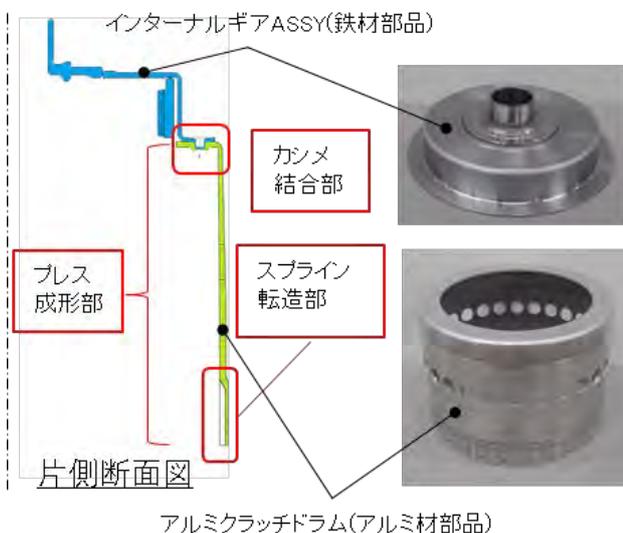


図5 アルミクラッチドラムの成形部位

ラッチドラムはその代表的な部品である(図4)。今回技術開発した長尺アルミクラッチドラムの製品図と各工程での成形部位を図5に示す。

## 技術上の特徴

### ①プレス工程の割れ/しわの抑制技術

プレス工程ではねらいの形状を複数の工程で造り込む。成形の厳しい部位での割れを防ぎ、手戻りのない工程設計を可能とするため、CAE上の割れの評価指標としきい値を明確化した。具体的には、VDA 曲げ試験(ドイツ自動車工業規格の板曲げ試験、以下曲げ試験)を行い、試験中の荷重低下と試験片の割れ発生の状態を確認し、この結果をCAE上で再現させて評価指標としきい値を決定した(図6)。

ストローク	アルミ曲げ試験(板厚 2.6mm)		最大歪
	実機	CAE	
割れ発生位置			大
割れ発生 2mm手前			中
割れ発生 4mm手前			小

図6 VDA曲げ試験の予実結果

割れは材料が引張により伸びの限界に近づいたときに発生するものであるため評価指標を「最大歪」とした。曲げ試験から得た割れの評価指標としきい値が複数工程で造り込まれる製品にも適応可能であることを確認するためアルミクラッチドラムの試作品にて、予実確認しCAE予測が実機で再現され、割れの机上評価が可能であると確認できた(図7)。

また、アルミはしわが発生しやすい材質であり深絞り成形の場合、より顕著となる。そのため、金型構造内には、しわ押え機構が必須である。今回、製品高さが2倍になり既存プレス機では不足するしわ押えストロークを解決する金型構造とした。図8は、その概略図を示す。成形の進行に合わせてしわ押えタイミングを調整できる金型構造であり、しわ押え1で加工開始から

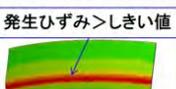
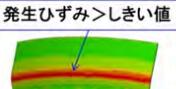
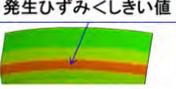
評価部とパンチ	パンチR	CAE	実機
 <p>評価部 パンチR 型具:成形パンチ</p>	R1	 <p>発生ひずみ&gt;しきい値</p>	 <p>割れ有</p>
	R3	 <p>発生ひずみ&gt;しきい値</p>	 <p>割れ有</p>
	R6	 <p>発生ひずみ&lt;しきい値</p>	 <p>割れ無</p>

図7 割れ机上評価と実機確認結果

ブランク（製品）を押え、しわ押え1からブランクが抜けるタイミングでしわ押え2でブランクに押えを効かせ、成形中にしわ押えが効かないタイミングを無くすことでしわの発生を抑制することができた。

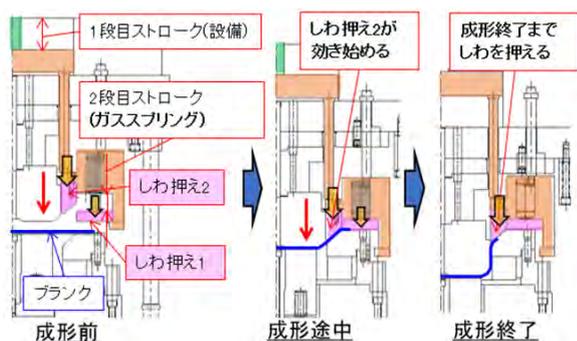


図8 しわ抑制金型構造概略図

②転造工程のスプリングバック抑制技術

スプライン転造は、マンドレルにプレス成形後の円筒形状の製品を取り付け、マンドレルと製品を回転させながらマンドレルの回転に同期して転造ローラーで転造する回転塑性加工である（図9）。

アルミは鉄と比べてヤング率が小さく転造する際のスプリングバックが大きくなる課題がある。

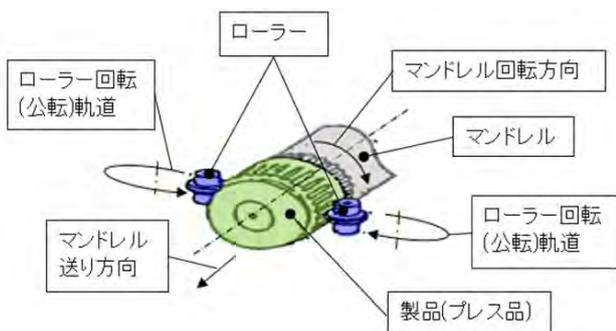


図9 スプライン転造概略図

スプリングバックの発生メカニズムは転造時に材料が転造ローラーの回転方向ではなく製品の円周方向へ塑性流動することであると考えられる。従来ローラーでは凸形状を2つ設け、仕上げ部の側面を押える形状とすることで円周方向へ流れる材料を拘束していたが仕上げ部両端の成形部位の材料は円周方向へ流れてしまう。そこで、新開発ローラーの考え方は、従来ローラーで拘束しきれなかった材料を拘束するため、凸形状を3つ設け、仕上げ部外から材料の流れを拘束できる形状とした。また、仕上げ部外の小径板厚は、従来よりも板厚を厚くすることで、円周方向へ流れる材料を抑制する効果をもたせた（図10）。この新開発ローラーにより従来の鉄同等以下のスプリングバック量へ抑えることが可能となった（図11）。

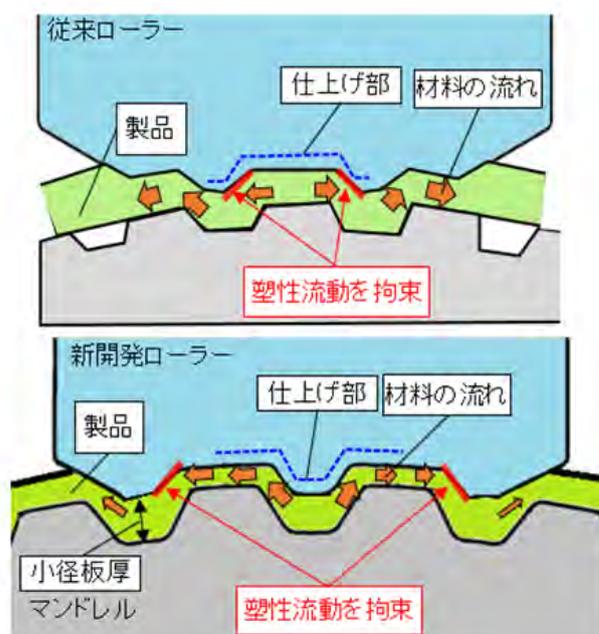


図10 ローラーと塑性流動の関係

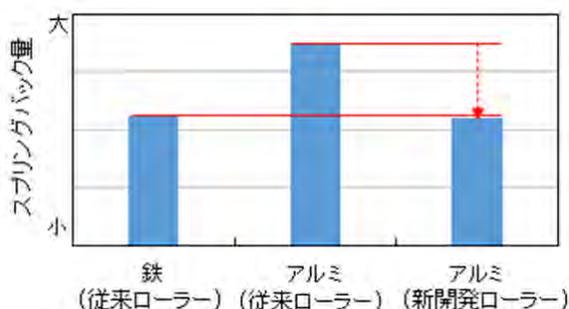


図11 スプリングバック量の結果

### ③異材結合工法選定プロセスの確立

アルミと鉄の異材結合工法として、拡散接合、溶融接合、メカニカル結合、接着材の工法から結合強度、同軸度、レイアウト、生産性、コストから重みづけ評価を行い、FR8AT内の限られたスペースで成立でき、切削や副資材が不要なカシメ結合を選定した(図12)。

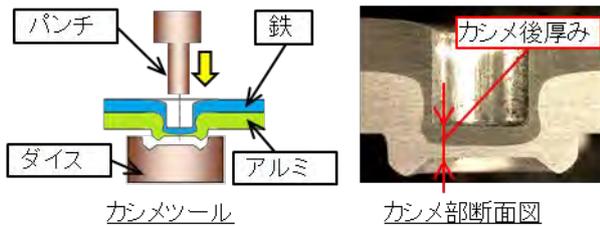


図12 カシメ結合のツールと断面

カシメ結合の信頼性確保の具体例として、以下、静ねじり強度とねじり疲労強度の評価方法を示す。静ねじり強度はカシメ結合強度の寄与率の高いカシメ後厚み、アルミと鉄のカシメ前板厚を管理幅以上に振らしても要求強度規格を十分満足する結果が得られた。ねじり疲労強度はCAE上で発生応力と相関の高いカシメ断面形状を検証し、カシメ負荷面高さH、カシメ負荷面外径D、及び応力集中部Rの寸法であるとわかった(図13)。この絞り込んだ3特性に対して振らしテスト品のカシメ断面を測定し、測定結果を解析モデルへ反映させ、応力解析を行った。

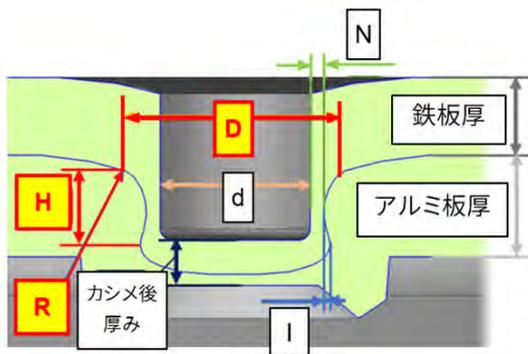


図13 カシメ部断面寸法特性

その結果、疲労限度線以下であることが机上で確認できた(図14)。また実機でも疲労試験において、開発基準サイクルをクリアできることを確認した。これにより動力伝達部品へ適用可能な異材結合工法を確立し、信頼性保証プロ

セスを構築できた。

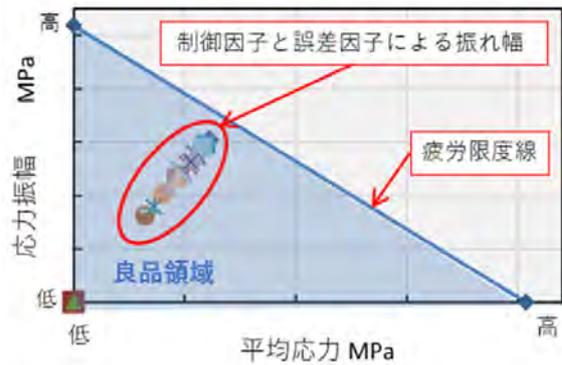


図14 10<sup>7</sup>サイクル疲労限度線

## 実用上の効果

長尺アルミクラッチドラムの塑性加工化技術開発により、従来比で製造時のCO<sub>2</sub>排出量を85%低減し、コスト改善25%を達成した。また、新開発8ATの特徴であるトルコンレス構造とペダルワークスペースを確保が可能となり、理想ドライビングポジションとキレのある変速感を得ることができた。

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

### ① 日本国特許第7230773号

名称:自動変速機

概要:自動変速機内の回転部品の異材結合(アメリカ、ドイツ、中国でも出願済)

## むすび

アルミクラッチドラムの製造工法はアルミダイキャスト+切削加工が一般的であったが、本技術開発により、既存設備を最大限に活かし塑性加工の適応範囲を拡大することができた。また、今回のクラッチドラムのような動力伝達部品に限らず車体部品へ適応することが可能であると考え。今後も地球環境への貢献と「走る喜び」をお客様へ提供するため技術の向上を継続的に取り組んでいく。

# 船速に依存せず正確に方位制御可能な 操船システムの開発

三菱電機株式会社

代表執行役 執行役社長 漆 間 啓

ヤマハ発動機株式会社

代表取締役社長 日 高 祥 博

三菱電機(株) 先端技術総合研究所 今 村 直 樹

三菱電機(株) 姫路製作所 阪 口 亮

ヤマハ発動機(株) マリン事業本部 伊 藤 誠

ヤマハ発動機(株) マリン事業本部 中 安 良 和

Yamaha Motor Corporation, USA 山 口 幸 平

## はじめに

プレジャーボートは、余暇にマリンレジャーを楽しむための乗り物であり、その楽しみ方は、小型ボートでは内海での気軽なフィッシング、大型ボートでは外洋での本格的なフィッシングやクルージングなど、様々である（図1）。



図1 マリンレジャーの様子

このプレジャーボートの世界において近年、操縦が簡単で気軽に操船を楽しみたいといった経験の浅い操船者からのニーズとともに、高い操船技術が求められる離着岸から解放されたい熟練者からのニーズもまた高まりを見せてきている。これら多様なニーズに応えるべく、船外機

シェアトップクラスの技術力とボートやその使用われ方に関する幅広い知見を強みとするヤマハ発動機と、電子制御ユニット量産化の実績とノウハウを強みとする三菱電機姫路製作所ならびに物理現象に立脚した制御理論への深い専門性を強みとする同社先端技術総合研究所とが協業し、「操船の手間を省く」価値提供が可能な、ボートのオートパイロット機能を有する操船システムを開発した。

## 開発のねらい

オートパイロット機能は、ボートの“走る・曲がる・止まる”を自動化するものである。競合他社は、このうち“曲がる”の自動化を既に実用化していた点で我々には弱みであった。そこで、当該機能の基幹である船首を操船者の意図した向きに仕向ける、他社性能を圧倒的に凌駕する方位制御技術で、「操船の手間を省く」操船システムを目指した。しかし、我々が志向する方位制御技術には、下記の厳しい市場要求に応えつつ、現場の課題を払拭する必要がある。

【要求】ボートと、ボートを駆動する船外機との無数の組み合わせに対応しなければならない。

通常、ボートを製造するボートビルダーと船外

機メーカーは別なため、船外機メーカー側が船外機を艀装するボートを選べない。また、操船者は、釣りから移動用途まで幅広い船速範囲でオートパイロットを使いたい期待を持っている。

**【現場の課題】** ボートと船外機の組み合わせのバラつきに対して、現場で個別に制御の適合作業をすることが一般的なため、ボートビルダー、ディーラー、ユーザーの作業負担が重い。

このことには、万が一でも適合作業が不適切な場合に、システムの制御性悪化を招き、快適な乗り心地が得られないリスクを孕んでいる。

こういった実情を背景に、本開発の目的は、どんなボートでも初期設定作業不要で適応でき、そしてお客様が常に快適な航走をできるように、ボートと船外機の組み合わせバラつきを考慮した系統的な方位制御系の設計手法とその技術確立であった。本目的を達成するための技術課題は、下記のとおりであった。

**【技術課題】** どんなボートでも、時速 10km から 100km までにかけてすべての船速域で方位制御系の安定性を確保し、操船者が指示した方位指令に対して機敏に実方位が応答し、当該応答のバラつきをすべての船速域で抑制すること。

## 装置の概要

操船システムは主に、ボートの位置を検出する GNSS (Global Navigation Satellite System)、ボートの方位を検出するヘディングセンサ、操船者が経路したい或いは行きたい目標座標を設定するディスプレイ、オートパイロットのモー

ドを設定するパネル、およびオートパイロット機能の基幹である方位制御技術と絡む各種制御モジュールを実装した BCU (Boat Control Unit) から構成され、さらにオプションとして、倒しやひねりといった操作だけで方位や船速の調整ができるジョイスティックを備えている (図 2)。操船者は通常、レバー操作で前進・後退指示ならびにスロットル開度指示して船外機の推進力を調整しながら、Helm (ハンドル) 操作で船外機の舵角を調整する複雑な複合動作をタイミング良く行いながら操船する必要がある。これに対して操船システムでは、操船者の座標設定だけで目的地へ到達でき、操船者は複雑な複合動作から解放される。

BCU は、操船に関する周辺情報を各種のセンサから入手し、ボートをどのように動かすかを判断し、各種のコントロールユニットへ指令を与える操船制御、ボート電装品の駆動制御を行うボディ制御、ボートの各ユニットの通信調停を行うゲートウェイ制御から構成されている (図 3)。

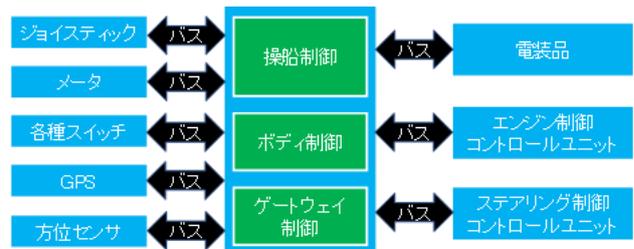


図3 BCUの構成



図2 開発した操船システムを備えたボートの一般的な構成

## 技術上の特徴

前述の技術課題は、下記取り組みで解決した。

### (1) ボートの動特性の実験的解明とモデリング

ボートの方位を変更する源は、船外機が有する操舵機構で舵を操作し、そのときに舵に作用する流水からの反力や船外機が発生する推力の方向変化で生じるモーメントである。ボートの動特性には、代表的で現在でも実用的なものに野本モデルがある。野本モデルは、操舵に応じてボートの角速度の大きさと位相が変化する、という非常に直感的な動特性をシンプルな数式でモデリングしている。しかしながらボートは、タンカーのような大型船と比較して小型で機動性が高く、かつ方位制御を効かせる船速域もかなり広い。そこで、野本モデルの考え方を基本としながらも、ボートの大きさ（全長、船幅）、船外機数（1～4機掛け）、船底形状違い、の複数のボートで、船速をパラメータとした舵角に対する角速度の周波数応答を徹底的に実測した。その結果、どんなボートでも同じ船速であれば周波数応答の差異が小さくしかも線形で、当該特性が船速に強く依存する、といった極めて重要な実験的事実を突き止めた（図4）。これにより、線形でありながら、線形モデルのパラメータに船速依存性を持たせた特長的なモデリングが可能となった。また、産業界では最も身近な古典制

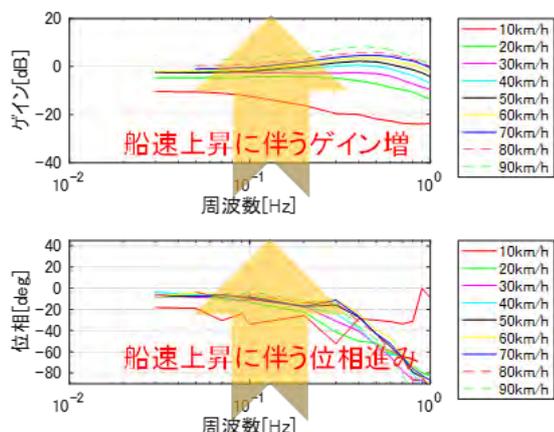


図4 舵角に対する角速度の周波数応答実測値

御理論が、制御系設計に使える見通しを得た。

### (2) 系統的な方位制御系設計

方位制御系を理論立てて系統的に設計するために、ボートの動特性モデルと制御系のモデルをもとに、数値シミュレーションで要求の成立性を検証するモデルベース開発を実践した。方位制御系は、角速度を制御する角速度制御系と、角速度の積分に相当する方位を制御する方位制御器より構成される。特に、前者の角速度制御系は、ボート動特性の船速依存性を吸収しつつ、外乱に対するロバスト性を担保するゲイン可変型の3つの特長的な制御器で設計した。

- ①角速度制御器：角速度応答を、船速に依らず常に一定として応答バラつきを抑制する役割
- ②振動抑制制御器：特に舵効きが鈍感な低船速域での操舵による、角速度応答の遅延を小さくする役割
- ③2自由度制御器：“方位を変更するように方位指令が出ているにも拘らず、船首がなかなかその方向を向いてくれない”といった違和感を操船者に与えないよう、方位指令直後に実方位を機敏に反応させる役割

なお、ボート動特性の高船速域では、図4に示したゲインの緩やかな山に見られるように、操舵によって角速度の感度が高くなる特性があるため、これを抑える役割を果たすフィルタをさらに導入し、方位制御器を含め、方位制御系を構成した（図5）。

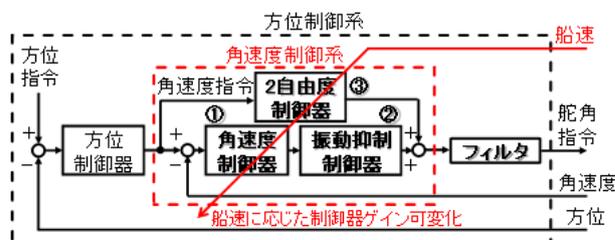
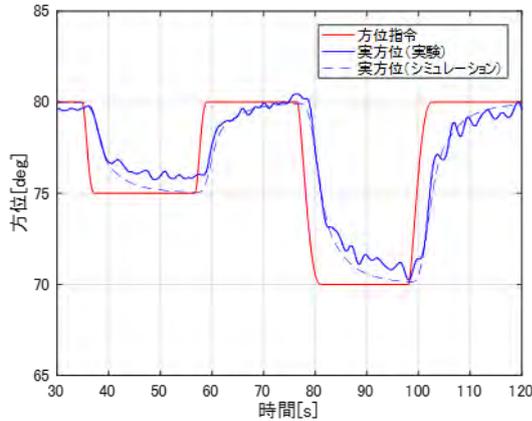


図5 開発した方位制御系

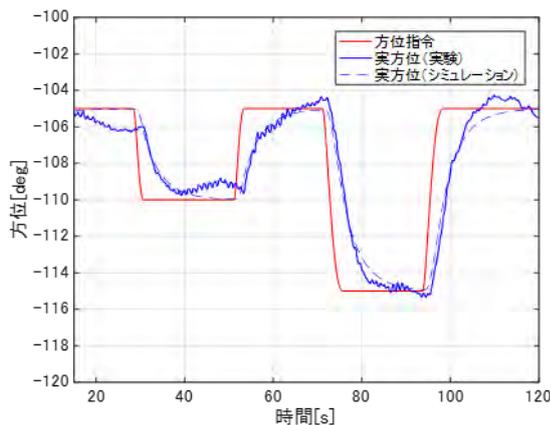
### (3) 実験による検証

方位制御系をBCUへ実装し、複数のボートで方位制御性能を評価した。その結果、すべての

ボートのすべての船速域で方位制御性能を満足することを確認し、「船速、およびボートに依存せず正確に方位制御可能」なことを実証できた（最大時速 70km のボートでの実測例、図 6）。



(a) 時速 10km



(b) 時速 70km

図6 実験と数値シミュレーションの比較

## 実用上の効果

【産業性】ボート動特性は、システム設計の効率化や、将来の自動操船化に向けた他の機能開発へ活用できる。また、角速度制御系でのゲインスケジューリング制御の考え方は、ボートのみならず動特性が変動する機械対象へも応用できる。

【社会性】低船速から高船速にかけて安定した自動操舵を実現できるため、ボートを直進走行させるためのハンドルでの操舵、つまり当て舵

操作を低減し、操船者の労力の手間を大幅に省く簡単な操船を提供できる。搭乗者には、直進中の方位の振れが極めて小さい快適な乗り心地を提供できる。

【波及効果】開発した方位制御技術には汎用性があり、ユニークな推進器を有する新操船システム HARMO にも展開されている（図 7）。



図7 新操船システムHARMOの推進器

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する主要な特許登録は、下記のとおりである。

① 日本国特許第 6976367 号

名称: 船舶の方位制御装置

概要: 制御対象の変動に対してロバストな制御装置およびその方法に関する。

② 米国特許 US10296014

名称: BOAT MANEUVERING CONTROL METHOD FOR BOAT AND BOAT MANEUVERING CONTROL SYSTEM FOR BOAT

概要: ボートの方位保持などの機能実現に係る制御方法とその制御システムに関する。

## むすび

私たちは、今後もお互いの企業の強みを融合させ、マリンレジャーを楽しむすべてのお客様へ「いいね！」と感じて頂ける価値を常に探求し、価値提供に資する機械装置の具現化に向けて積極的に挑戦し続けてまいります。

# 自動化と接合品質を追求した フープ材供給装置

株式会社 ムラタ溶研  
代表取締役社長 村田 倫之介  
取締役会長 村田 彰久  
専務取締役 村田 唯介

## はじめに

5G 通信、自動車の操作自動化・安全性向上による電子部品の搭載量増大、人口減少に伴う各種機械・装置の自動化推進、働き方改革や時短推進による家電の自動化推進により、デバイスのリードフレームやコネクタ需要は増加の一途をたどる。これらの電子部品は帯状薄板金属であるフープ材をプレス成型して製造されるが、生産ラインの高速化や幅広フープ材を使用して複数個を同時にプレス成型するなど、生産方式にも変化が起きている。これらの背景により、さらに時間短縮と歩留まりの向上を求められるようになった。

## 開発のねらい

プレス材料のフープ材が材料切れを起こした際、通し直すと約 14～29 分かかる(当社調べ)。ムラタ溶研製フープ材接合供給装置は元々、高品質溶接による接合を短時間(1 分以内)で行える装置だったが、今回は自動化を追求し、接合時間を 15 秒に短縮することを目標とした。

現在主流である多列同時プレスによるデバイス生産は 1 分間に 1,000～4,000 個ほど行われる。手作業による通し直しから手動フープウェルダーへの機械化は、多列同時プレスでない時代であっても劇的な効果があった。しかし、社会的なニーズにより生産量が飛躍的に伸びているいま、材料の接合供給もさらなるスピード化が

求められている。さらに、エラー回避措置的な機械構造をとっているが、手動機では材料を溶接する前の突合せ時にわずかだが人的ミスが起こる場合があった。接合時間を約 1/4 にする短縮と同時に歩留まりのさらなる向上も開発のねらいとした。

## 装置の概要

従来の同社溶接装置は溶接の工程が自動で、前工程である切断前のワーク把持、切断、切断面どうしを付き合わせてのクランプは作業者の手によって行われていた。本賞応募の新装置では作業者が切断前のワーク把持を行えば、その後



図1 装置外観

の工程から溶接完了まで全自動で行える。これにより約 1 分から 15 秒へと大幅な時間短縮を実現し、操作のミスによる歩留まり低下も防ぐことができるようになった。

また、フープ材料幅を入力すれば溶接の開始点と終了点が自動で割り出される仕組みを搭載し、段取時間も短縮した。

まず、装置の外観を図 1 に示す。ワークの取り扱いはこの写真にある上部治具カバーを開けて行う。ちなみに当社従来品の手動機にカバーはなく、ワークテーブルとして存在する。

また、当社製従来手動機の場合と開発製品である自動機の作業および所要時間を比較を図 2 に示す。

手動機の場合、先行材と後行材を切断刃の下に入るように配置し、操作者がボタンを押すことで切断される。センタープレートというガイドに当てながら、切断した先行材、後行材を付き合わせた状態でそれぞれクランプすることでセッティングが完了となる。この状態で接合ボタンを押せば、接合開始から完了までは溶接

アーク長の調整も含めて自動で行われる。接合後の圧延は手動で行う。

一方、今回開発の自動接合機では、切断刃の下に先行材、後行材をセットし、開始ボタンを押せば、後は切断、突合せ、溶接接合まですべて自動で行われる。この間に人の作業はないため、人的なミスは起こりえず、歩留まりをさらに高めることができる。時間についても、以下にあるように手動全工程 80 秒が自動機では 23 秒にまで短縮された。この間に現在のプレス機で約 2,000 ～ 3,000 個の生産が可能となる。

## 技術上の特徴

手動工程を自動化するには複数の技術的なポイントが存在する。以下項目ごとに解説する。

### ①切断／クランプ圧力の使い分け

端面どうしの突合せ溶接では、垂直な切断面、バリのない品質が求められ、溶接品質に直結する。

本装置に用いている切断刃は、硬度 HRC65 以



図2 手動機と自動機の作業および作業時間の比較

上の焼き入れされたハイス綱を用い、切断は1.0～2.0MPaの比較的高圧な油圧で行われるため、ワークも強い力でクランプされる(図3)。

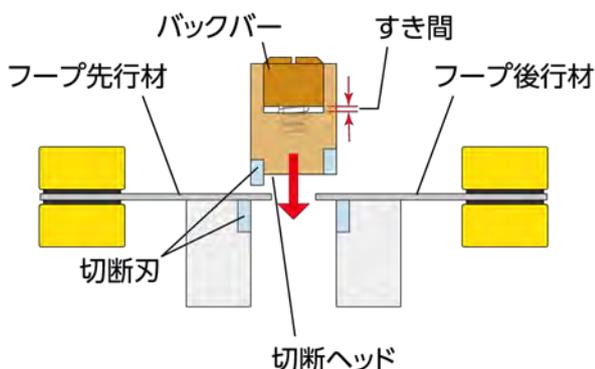


図3 切断時のようす

転じて、溶接時のクランプでは0.2～0.3MPaの空圧に変換し、最適な加圧力で接合部を密着し、熱歪みを抑制する(図4)。

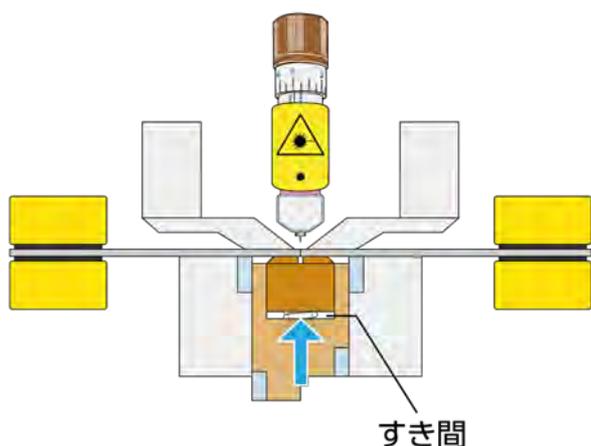


図4 溶接時のようす

②ワーク中央から外側への溶接

溶接端部の溶け落ちは、プレス機の金型内で引っかかり、金型の破損を誘発する原因になるため、本装置ではその防止に、溶け落ちや穴明きのない溶接工法を用いている。本装置では材料中央部に溶接開始点を設定し、外側に向かって溶接を行い、終了点前でアークをオフにしている。その際、溶け落ちのない溶接が行える最適なアークオフ地点は、独自のトーチ走行位置と演算で割り出している。また、溶接の開始点を1回目と2回目で数mm重なることにより、融合不良をなくしている(図5)。

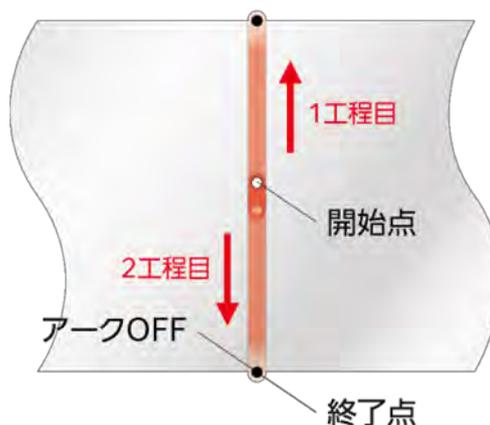


図5 2工程での溶接

③ワークを確実に付き合わせる機構

本装置は、突合せ接合技術で重要な「切断」「突合せ」を確実にできる機構を搭載している。

本装置は切断部を装置中央に設け、切断端材(スクラップ)の排出や突合せを容易にしている(図6)。

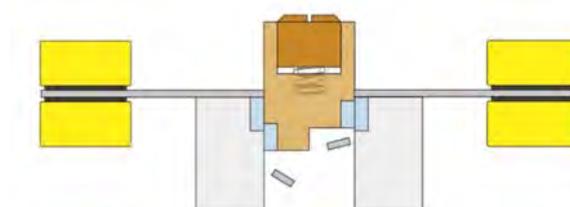


図6 切断とスラップの排出

30±0.005mm幅に切断された材両端部は、左右のクランプ突合せ機構により溶接中央の可動式バックバー(裏当金)と上部クランプ板の間に自動挿入され、材端面どうしが突き当てられる。このとき、すでに上部クランプが本体奥から進出しており、ワークが重なり合わない機構と

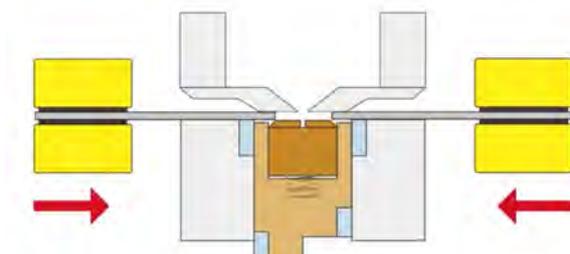


図7 ワークの突合せ

なっている（図7）。

溶接加圧力は切断時は 1.0 ～ 2.0MPa の油圧を、0.2 ～ 0.3MPa の空気圧に変換させて付合せ端部を密着させている。また、溶接は最適なアーク長を電極タッチセンサーが自動で設定し、行われる（図8）。

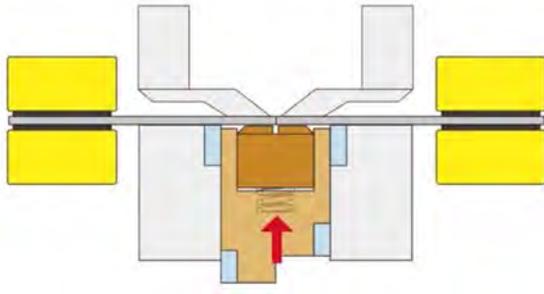


図8 下治具の上昇によるクランプ

#### ④溶接部の硬化を防ぐ工夫

当社独自の「狭窄ノズル TIG 溶接法」は、ビード幅が狭く、深い溶込みが得られ、熱影響部の変質領域も狭く、溶接局所の酸化・窒化による硬化はほとんど見られない。

本装置ではワークの上部、裏側からガスを当てて溶接部両面の無酸化雰囲気形成している。また、狭窄ノズルによるエネルギー密度の向上で、3000 ～ 6000mm/min の高速溶接を可能にし、熱影響の範囲を最小化している（図9）。

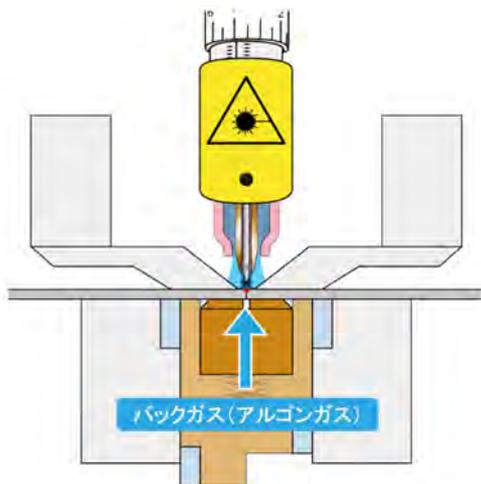


図9 ワーク両面での無酸化雰囲気形成

以上のように、本装置は、従来にない接合技術を実現している（図10）。

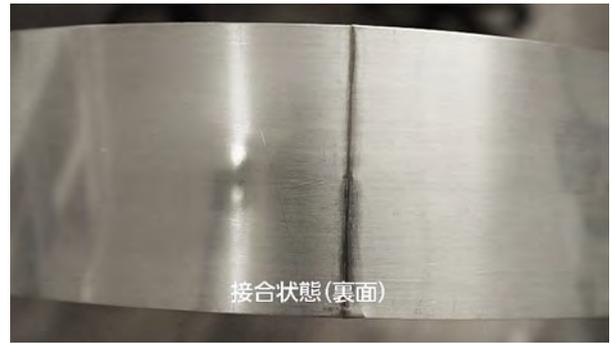


図10 接合部の様子

## 実用上の効果

ムラタ溶研製フープ材接合装置は、フープ材を使用するプレス業界の供給装置として一定の評価を得ているが、それでも、接合時間 60 秒が限界だった。今回の発明で、接合時間は 15 秒に短縮され、1 分間に数千個の製品を成型するプレス機において、年間でのその効果は大きなものとなる。自動車、モバイル機器、家電やその他電子部品を使用するあらゆる製品の、生産性向上に寄与するため広範囲な波及効果が期待できる。

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

- ① 日本国特許第 6980239 号  
名称: 帯状金属板の突合せ接合装置及び突合せ接合方法
- ② 日本国特許第 6980237 号  
名称: 全自動突合せ接合装置

## むすび

自動化を進めた本装置では、均一でエラーのない接合面密着状態を形成でき、ほぼ不良を発生させることなく高速で安定的なフープ材接合供給が可能である。電子部品製造工程の材料供給というボトルネックを解消し、社会的に一層の自動化・AI化推進のサポートが行える。

# 石川県の次世代産業の一翼を担う 炭素繊維複合材料への支援活動

公益財団法人 石川県産業創出支援機構  
理事長 田中 新太郎

(公財)石川県産業創出支援機構 成長プロジェクト推進部 高橋 雅彦  
(公財)石川県産業創出支援機構 事務局参事 森 大介  
(公財)石川県産業創出支援機構 成長プロジェクト推進部 姫野 志寿

## はじめに

公益財団法人石川県産業創出支援機構（以下、ISICO）は、総合産業支援機関として1999年に設立され、県内企業の研究開発や販路開拓、創業支援、デジタル化に関する設備導入、経営に関する専門家派遣などさまざまな支援を行っている。

その中で特徴的な取り組みとして、石川県が「将来の次世代産業の一翼を担う成長分野」として位置づける『炭素繊維複合材料』分野において、ISICOが中心となり取り組んだ「いしかわ炭素繊維クラスター」事業をはじめとする各種事業が挙げられる。

取り組みの背景とその内容、成果について紹介する。

## 事業支援のねらい

石川県を含む北陸地域は、日本を代表する合成繊維の産地として、発展してきた地域であり、機械産業についても、明治初期の繊維産業の振興に伴う繊維機械工業の発展を基盤に、技術力を蓄積してきた地域である。

一方、2000年代以降、新興国の技術伸長による価格競争の激化などにより、従来の合成繊維の衣料中心から、最先端素材への移行が求められるようになった。

そこで、2009年、県の方針のもと、ISICOが主体となり、石川県を炭素繊維複合材料の一大

生産拠点とするため連携事業である「いしかわ炭素繊維クラスター」を発足した。いしかわ炭素繊維クラスターは、繊維企業や機械加工企業など関連する多様な業種が、県内外ならびに企業規模を問わず参画するとともに、石川県プレス工業組合、県内大学、石川県工業試験場が参画したことが特徴として挙げられる（図1）。

川下企業へ技術提案が可能になる協業体制の構築



図1 いしかわ炭素繊維クラスターの協業体制

その後、同取り組みは2012年に文部科学省「地域イノベーション戦略支援プログラム」に採択され、取り組みが加速化することとなった。

点在する川中企業等をクラスター化することにより協業体制の構築が図られ、これまで1社では困難であった多様なニーズへの対応や、川下企業への技術提案が可能となった。

## 事業支援の概要

いしかわ炭素繊維クラスターの取り組みを実施するにあたり重視したことは、事業をリードし組織間をコーディネートする「人材」の確保である。そこで、ISICOが主体となり、炭素繊維複合材料の分野で国内トップレベルであった研究者や研究開発コーディネータ、大学と企業を繋

ぐ事業化コーディネータ、企業内の研究開発者を育てるための人材育成コーディネータを招聘し、「研究開発」、「事業化」、「人材育成」の3つのプログラムを推進した。加えて、金沢工業大学革新複合材料研究開発センター（以下、ICC）が採択を受けた、「革新的イノベーション推進プログラム（COI STREAM）」に対する支援も行った。

「研究開発」に関する活動としては、ISICOでは、2010年より後述する「いしかわ次世代産業創造ファンド」を創設し、研究開発支援の補助金メニューを設け、資金面での支援を行っている。炭素繊維複合材料分野は、ファンド設立当初から現在に至るまで一貫して集中支援分野として定めている。さらに、県内中小企業等に対し、経済産業省の成長型中小企業等研究開発支援事業（Go-tech 事業）等の外部資金獲得を支援するとともに、Go-tech 事業の事業管理機関として、企業、大学、公設試等の共同研究開発の継続的な支援を行っている。「事業化」に対する活動としては、2014年11月に炭素繊維複合材料において、繊維産業や機械産業といった川上・川中企業が中心となる北陸エリアと、自動車産業や航空機産業といった川中・川下企業が中心となる東海エリアが連携する「東海・北陸連携コンポジットハイウェイ」構想に参画し、炭素繊維複合材料の商品化や事業化をさらに推し進めた。海外への展開については、2015年に ISICO、ICC および県内企業等が、ドイツの世界的炭素繊維複合材料クラスターである CFK Valley（現コンポジットユナイテッド）を訪問し、ICC と CFK Valley の連携協定（MOU）締結に貢献した（図2）。



図2 ICC/CFK-Valley 協力協定調印

また、締結に合わせ石川県とドイツの企業、研究機関等の間で活発な意見交換が行われた。その結果、航空機分野における国際共同研究事業が立ち上がるに至った。ISICOにおいても、新たに補助金メニューとして国際連携枠を設け、研究開発推進のための強力なバックアップを行った。

「人材育成」に対する活動としては、ISICOにおいて、炭素繊維複合材料に関する基本的な知識の習得から専門知識の定着、実習などの経験的学習まで、各個人のレベルに合わせて選択できる人材育成プログラムの提供を行った。その結果、約2千人が受講し、炭素繊維分野において第一線で活躍する多数の企業研究者・技術者を輩出するに至った。

## 事業支援の特徴

### 【クロスアポイント制度の活用】

複数の組織が連携する上で、各組織の文化の違いを理解した上で、柔軟に活動できる人材の配置が重要であると考えた。そこで、クロスアポイント制度を活用し、前述の炭素繊維複合材料分野の研究者・コーディネータを ISICO の職員として配置する一方、たとえば週に3日は大学で勤務させるなどの柔軟な体制を構築した（図3）。このような組織間のハブとしての活動が功を奏し、複数機関が連携する大型研究開発プロジェクトの組成や事業化などに繋がった。この体制は、文部科学省「地域イノベーション戦略支援プログラム」終了後も、研究者・コーディネータの多くは ISICO や県内の大学に留まるなど

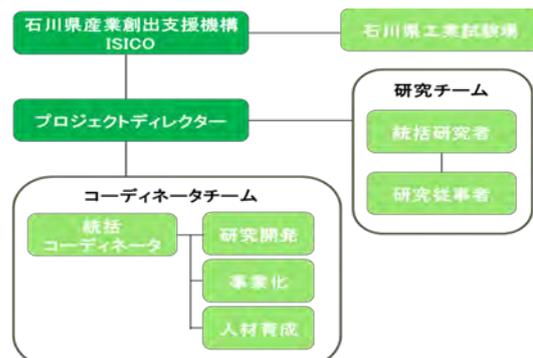


図3 いしかわ炭素繊維クラスターの運営体制

「自走化」が図られている。

【ファンドによる資金面での支援】

ISICOでは、2010年より「いしかわ次世代産業創造ファンド」を創設し、研究開発支援の補助金メニューを設け、資金面での支援を行っている。具体的には、石川県や県内金融機関からの出資を受け、全国最大規模となる300億円のファンドを組成し運用益を活用して補助金を交付している（図4）。

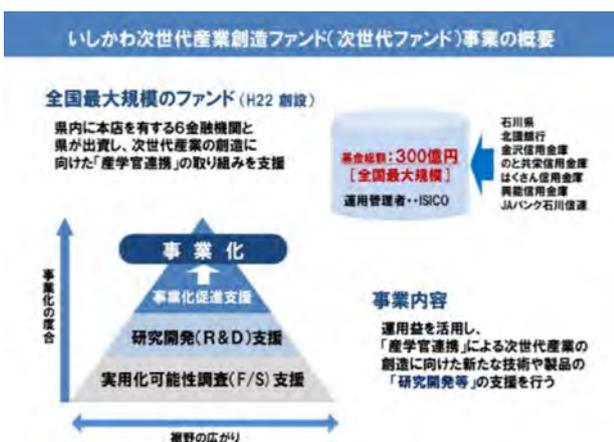


図4 いしかわ次世代産業創造ファンドの概要

本ファンドの特徴の一つに、国や県の補助金等を財源としていないため、企業側が「複数年度にまたがる」プロジェクトを柔軟に組成できる点があげられる。採択企業からは、「単年度事業ではないため、いわゆる『はしごを外される』リスクがなく、腰を据えてじっくり研究に取り組むことができる」と評価を受けている。

事業支援の成果

いしかわ炭素繊維クラスターに参画することで、合成繊維や機械加工分野で培った技術を炭素繊維複合材料という新たな分野に応用し市場を拡大するとともに、これまでの大手企業の下請けという立場から脱却し、企画立案型企業へ転身するという企業が誕生した。その中でも特に優れた実績をあげた3社について以下に示す。

<小松マテール株式会社>

同社は、ポリエステルやナイロンなどの合成繊維素材の染色加工を中心に行っている企業で

ある。「いしかわ炭素繊維クラスター」に参画したことを契機に炭素繊維事業に参入することとなった。同じ繊維といっても勝手の違う炭素繊維に苦戦しつつも、ISICOは同社に対し、次世代ファンドをはじめとする持続的な支援を行った。その結果、熱可塑性炭素繊維複合材である「カボコーマ・ストランドロッド」の開発に成功し、同社の新たな市場開拓に繋がった。カボコーマ・ストランドロッドは、軽量（鉄の4分の1の比重）で、引張に強いという優れた特性を有しており、駅ホームの転落防止用昇降式ホーム柵のロープ等に活用されている。加えて、錆びや結露等が発生しないという特徴も併せ持っていることから、木造建築物の耐震補強材としての活用も拡大している。実際に、重要文化財「善光寺経蔵」（長野市）をはじめ多くの文化財の保存修理工事に採用されている（図5）。



図5 (左)カボコーマ・ストランドロッドの構造 (右)善光寺 経蔵の保存修理工事の様子

2018年にカボコーマ・ストランドロッドはJEC World 2018・建築・インフラ部門でJECイノベーションアワードを受賞。さらに、2019年、カボコーマ・ストランドロッドが日本産業規格（JIS）に認定されている。これは、炭素繊維複合材料の製品規格として日本で初めての事例であるとともに、一般的に標準化には申請から3～5年を要するところ、ISICO、石川県、石川県工業試験場およびICCの支援のもと、経済産業省の「新市場創造型標準化制度」を活用し、申請からわずか2年という短期間で標準化されたことが特筆すべき点である。

<サンコロナ小田株式会社>

従来、大手合繊メーカーなどからの糸加工を中心とした下請け企業であった同社は、「いしか

わ炭素繊維クラスター」への参画を契機に、得意とする糸加工技術を活用して炭素繊維事業に参入した。ISICO は、ファンドを活用した資金的支援に加え、石川県工業試験場等と連携し、戦略的基盤技術高度化支援(サポイン)事業などの外部資金獲得ならびに研究開発推進にかかる支援を行った。その結果、複雑成形性・高強度を同時に実現し、かつ量産が可能なプレス成形用シートである Flexcarbon の開発に成功した。Flexcarbon は、2017年にコンポジットハイウェイコンソーシアムが実施している「コンポジットハイウェイ・アワード」でグランプリを受賞。2019年の Sampe Japan 先端材料技術協会では製品技術賞を受賞した。さらに2020年には、世界最大規模の複合材料展示会「JEC WORLD2020」でのスポーツ&ヘルスケア部門において製品メーカーとともに JEC Composites Innovation Awards 最優秀賞を共同受賞した。

<津田駒工業株式会社>

同社は、繊維分野における織機や整経機などの繊維機械の製造販売を中心とした企業である。「いしかわ炭素繊維クラスター」に参画し、繊維機械で培った糸張力制御などの糸を取り扱う技術を活用して炭素繊維事業の取り組みを本格化させた。ISICO は、ファンド事業等で持続的に資金面や技術面で支援し、その結果、熱硬化性プリプレグ用の積層機の開発に至った。さらに、国内初となる「熱可塑性プリプレグ自動積層機 TAL-TP」(図6)の開発にも成功し、航空機分野等の新たな市場への進出を果たしている。



図6 熱可塑性プリプレグ自動積層機TAL-TPの外観

## むすび

2023年2月、「いしかわ炭素繊維クラスター」をはじめとする石川県全体の炭素繊維複合材料に関する取り組みが評価され、石川県は、内閣府の地方大学・地域産業創生交付金事業に採択された。同年4月より、「地域に培われてきた高度な繊維・機械加工技術を活かした環境適合型複合材料川中産業創出プロジェクト」がスタートし、ISICO としても、引き続き、研究開発支援ならびに事業化支援を担っている。そのような中、ISICO 職員の自発的な提案のもと、理事長直轄による若手を中心とした組織横断型の「チーム炭素繊維」が誕生した。これまでの研究開発支援に加えて、受注開拓部門でも炭素繊維複合材料に関する理解を深め、積極的な受注・販路開拓にも取り組むこととしており、総合産業支援機関としての ISICO のすべての機能を活用した新たな取り組みが始まったところである。

産業支援機関として、時代の潮流を見極め、次々に新たな施策を打ち出す必要性がある一方で、特に「企業の研究開発支援」については「はしごを外さないという『支援側の覚悟』」が不可欠だと感じており、現在、その成果が「継続は力」となって現れはじめていることは、まさに支援者冥利に尽きるところである。

現在、炭素繊維複合材料は、製造時における二酸化炭素排出量が多いことを理由に、カーボンニュートラルが叫ばれる社会において逆境に立たされることもある。しかし、これまでの活動を通し、炭素繊維複合材料は、製品のライフサイクルまで含めると逆にカーボンニュートラルに貢献できる素材であると確信している。「ネガティブイメージの払拭」は支援機関の新たな責務であると同時に、炭素繊維複合材料を PR する好機ともいえる。今回の受賞に甘んじることなく、「勝って兜の緒を締めよ」の諺のとおり、一層の支援の拡充を図ってまいりたい。



(無断転載を禁じます)

第58回機械振興賞受賞者業績概要

令和6年2月16日発行

発行所 一般財団法人 機械振興協会  
〒203-0042 東京都東久留米市八幡町一丁目1番12号  
e-mail prize@tri.jspmi.or.jp (技術研究所 賞事務局)

