

SUGINO REPORT

technical news

Spring 2024
No. 189

バリ取り研究所「デバラボ」の開所
大型部品加工機「GIGA FEEDER」の開発
遠心乾燥機能付部品洗浄機「JCC-MULTI」の開発
超高压喷射スターバーストによる電池材料微細化
BINFi-s 添加CFRP プリプレグの開発
CRbの適用事例～バラ積みピッキングモジュールの開発～

SUGINO

SUGINO REPORT technical news No.189 発行月/2024年3月 発行 / 株式会社 Sugino 〒936-8577 富山県滑川市栗山2880番地 TEL (076) 477-2555 www.sugino.com 編集責任者/経営企画部長 山田 義則



SUGINO MACHINE LIMITED



2023年7月に掛川事業所内で開所したバリ取り研究所「デバラボ」のLaboエリア
関連記事は本誌P3、P6、P18参照

CONTENTS

- 3** Prefatory Note / 巻頭言
どうする バリ取り・エッジ仕上げ!?
バリ取り研究所「デバラボ」や(一社)バリ取り・表面仕上げ・洗浄協会に何を期待する?
北嶋 弘一 氏 (一社)バリ取り・表面仕上げ・洗浄協会 理事長 / 関西大学 名誉教授
- 6** Technical Report
バリ取り研究所「デバラボ」の開所
武藤 充 精密機器事業本部 事業企画室 デバラボグループ グループ長
- 8** Technical Report
大型部品加工機「GIGAFEEDEE」の開発
永川 諒 精密機器事業本部 営業技術部 応用開発課
- 10** Technical Report
遠心乾燥機能付部品洗浄機「JCC-MULTI」の開発
大谷 英義 精密機器事業本部 営業技術部 応用開発課
- 12** Technical Report
超高压噴射スターバーストによる電池材料微細化
原島 謙一 プラント機器事業本部 生産統括部 微粒装置部 部長
- 14** Technical Report
BiNFi-s 添加CFRP プリプレグの開発
峯村 淳 プラント機器事業本部 生産統括部 微粒装置部 新材料開拓係
- 16** Technical Report
CRbの適用事例 ～バラ積みピッキングモジュールの開発～
山藤 龍一 RI事業部 RI部 第一技術課
- 18** NEWS & TOPICS
- 19** とやまの鮎
◇天然の生け簀、富山湾が育んだ新鮮な極上の寿司、富山湾鮎の魅力

どうする バリ取り・エッジ仕上げ!?

バリ取り研究所「デバラボ」や
(一社)バリ取り・表面仕上げ・洗浄協会に何を期待する?

北嶋 弘一 氏

(一社)バリ取り・表面仕上げ・洗浄協会 理事長
関西大学 名誉教授



◆プロフィール

1943年生まれ。京都市中京区出身。関西大学大学院工学研究科修士課程修了後、1994年より同大学工学部教授、システム理工学部教授を経て2014年に定年退職、現在は同大学名誉教授および学校法人関西大学顧問を務める。その間、2005年に(公社)砥粒加工学会会長、2013年に(公社)精密工学会副会長をそれぞれ2年間務め、現在は(公社)砥粒加工学会顧問を務めている。在職中、切削加工から研削・研磨加工に至る精密加工技術の高精度化・高能率化に対する研究・開発に取り組む。今日の製品の軽薄短小化および高機能化など更なる高付加価値化を目指して、また航空機用機材に使用されるCFRP材やチタン材をはじめとする難削材料の加工後に生成するバリの除去ならびにシャープ・エッジの形成が大きな課題として、これまで永遠の課題と言われてきたこのテーマの解決に向けて取り組んできている。

昨春、「(一社)バリ取り・表面仕上げ・洗浄協会(DSC協会)」の発足を待っていたかのようにスギノマシンでは掛川事業所内にバリ取り研究所「デバラボ」が開設された。昨年のNHK大河ドラマ「どうする家康」に描かれたように天下を取るための判断の難しさと同様に機械加工工程におけるバリ取り・エッジ仕上げに対する判断も極めて重要であることは言うまでもない。

種々の製品を構成する多くの部品の外観は、表面同士の交差によるりょう線“エッジ”から成り立っているが、個々の部品はそれぞれ関連しながら製品機能の役割“エッジ機能”を分担するとともに、意匠設計上においても重要な役割を担っている。このエッジ機能はエッジ品質によって定まるが、これまでの設計技術者は設計図面上に「バリなきこと」、「シャープなこと」、「糸面取りのこと」など曖昧な

定性的指示で表示するだけで、定量的な数値による指示がなく現場の生産技術者は困惑するばかりである。

このエッジ品質については、本紙の前身「SUGINO NEWS No.159」(2004年10月発行)の巻頭言で紹介した「機械加工部品のエッジ品質とその等級JIS B0721(2004)」が制定されて以来20年を経過した今もなお製造プロセスにおいて十分に認識されていない現状にある。このような状況を鑑みてDSC協会は本JIS規格の理解と普及を促進する目的の一つとして立ち上げたものでもある。

バリ取り・エッジ仕上げは後処理工程ではなく、機械加工工程中の最終工程として考えるべきであり、NCプログラム作成時にはすでにバリのサイズを予測し、できるだけ小さくかつ均一なバリを生成するプロセスデザインを構築する必要があると考える。

しかし、それ以前に製品設計の段階においてバリ対策を考えておかなければならないが、生産システムが極めて高度化したわが国においてすらその認識が極めて低い現状にあると言える。

ここで、カリフォルニア大学バクリー校のDavid A. Dornfeld教授が“Intelligent Deburring of Precision Components” (Symposium on Deburring & Surface Conditioning, Ohio, USA, Oct, 1993)で提唱した「インテリジェント・バリ予測と縮小化およびバリ取り戦略のシステム化」の考え方を紹介したい。

種々の生産工程計画において、同時に進行する部品設計に対するフレキシブルなソフトウェアを構築するもので、コンカレント・エンジニアリングの一つと考えてよい。この場合の生産工程には、機械加工工程、部品の仕上げ工程およびインプロセス計測工程を含んでおり、図に示すように統合されたループはすべての生産サイクルを構成している。すなわち、この3つのループはバリ生成モデリング・ループ、生産・製造工程デザイン・ループおよび計測・フィードバック・ループより成っている。このバリ生成モデリング・ループは、分析モデルはもちろんのこと、工業的経験則と実験的に導出されたバリ生成との関係より構成されており、このモデリングを成功に導くデータは仕上げデータベースに依存しており、センサーによるフィードバック・ループからのデータをリアルタイムに逐次取り込んでいる。

CADをベースにしたデザイン・ループは、バリの特性を予測するために種々のモデルとデータベースの情報とのやり取りを行う。また、センサーによるフィードバックを行う計測・制御ループは、バリの生成位置と大きさを計測するためのビジョン・システムと、バリ取り・エッジ仕上げ工程を準備するためのアコースティック・エミッション (AE) や力またはトルクを検出する力センサーによって構成されるモジュールから成っている。

バリ生成モデリング・ループとデザイン・ループは、エキスパート・ソフトウェアをレベルアップした

CADモジュールと、バリの大きさを予測して抑制するためのバリ極小化モジュールから成る「バリ・エキスパート・システム」として統合される。CADモジュールは、それぞれの機械加工の種類によって生成されるバリの位置、寸法、形状を設計技術者にアドバイスするとともに、バリを抑制または回避するための設計的示唆を与える。

一方、バリ極小化モジュールは、バリ高さやバリ厚さを極小化するため、さらにバリの特性を予測するために切削加工条件 (切削速度、切り込み、送り、工具形状) を最適化するものである。この最適化プロセスは、いくつかの分析、経験則あるいはバリ生成過程の実験と有限要素モデルをファジィ・ルールの基に統合するものである。それによって、極小のバリを生成する工程計画が決定されると、NC工作機械セルに送られて機械加工が実行される。その機械加工の状況は、計測・制御ループにリアルタイムで送られ、ビジョン・フィードバック・モジュールによってスキャンされてバリの特性や寸法が計測され、仕上げデータベースに蓄積される。さらに、AEや力センサーを組み合わせたフィードバックによって、バリ取り・エッジ仕上げを効率的に実行するための工程計画を立ててそれに従ったバリ取り・エッジ仕上げ作業を実施するシステムである。

ここで紹介したインテリジェント・バリ取り・エッジ仕上げシステムの戦略構想はDornfeld教授によって提唱されて以来30年が経過するが、いまだに実用化の域には到達しておらず、近い将来この構想が実現されることをデバラボをはじめDSC協会の若い技術者、研究者に期待するところが大きいことは言うまでもない。このようなシステムの導入によって世界に通用する高品質の製品を生産することができるのと同時に、人手に依存してきたバリ取り・エッジ仕上げの現場からの脱却や脱炭素社会に向けた地球環境保護に対する課題を同時に解決できるのではないかと考える。

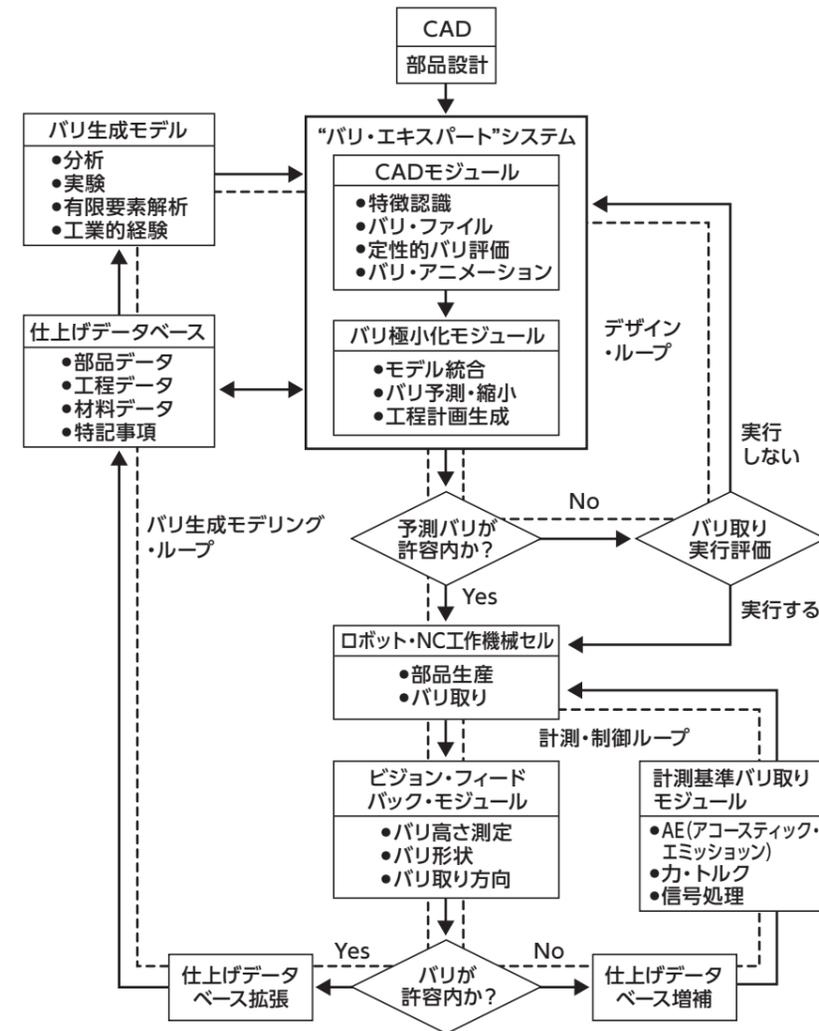


図 インテリジェント・バリ取り・エッジ仕上げシステムの戦略構想(Prof.Dornfeld)



DSC協会のデバラボにおける研究見学会の様子

バリ取り研究所「デバラボ」の開所

武藤 充

1. 開所の経緯

昨今の製造業では、人手不足が深刻な問題になりつつある。長らく人の手作業に頼ってきたバリ取り工程ではいち早くそれが表面化し、抜本的な見直しが急務となっている。そこでスギノマシンではバリ取り自動化を研究するため、2023年7月20日にバリ取り研究所「デバラボ」を開所した。



2. バリ取り自動化が困難な理由

ミクロ視点で考えるとその理由は膨大で多様だが、マクロ視点で捉えると、①ゴールが曖昧 ②しわ寄せ工程 ③時間とコストの3つに大別できると考えている。

① ゴールが曖昧

ゴールとは即ち図面指示を達成することであるが、多くの図面では「バリなきこと」と抽象的表現が用いられている。具体的寸法記載があったとしても、実質、手作業以外では不可能な内容や、発生するバリよりも小さい寸法が記載されていることもある(図1)。ゴールを明確にするには妥当で実現可能な数値設定が必要となる。

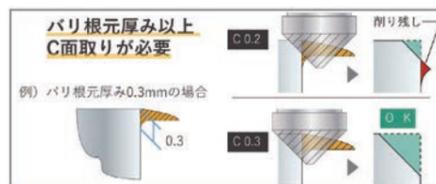


図1 C面取り寸法≧バリ厚み

② しわ寄せ工程

多くの生産現場では生産性向上のため、切削速度や送り速度は限界まで上げて加工する。当然、刃物の切れ味は早期に悪化し、根元が厚く除去し難いバリが形成される。加工時間の要件を満たすようバリ取りにしわ寄せが行くが、バリを出す工程から見直しを図らなければ、バリ取り自動化の実現は難しい。

③ 時間とコスト

バリ取りはパターン化が非常に難しい分野であるため、最適な答えを見つけ出すには膨大な時間と、比較検証等に費やす人的リソースが必要となる。故にわれわれバリ取り技術に関わるメーカーは各々の技術で何が解決でき、何ができないかを明確にしていかなければならない。

3. 「Hubエリア」と「Laboエリア」

バリ取り自動化の課題が前述の3つと想定するならば、単に商品を提供するだけでは自動化の実現は難しい。お客様と課題を共有し、アイデアを出し合いながら解決するための場所と設備が必要である。そこでデバラボには打ち合わせ用のHubエリアとテスト用のLaboエリアを設けた。



打ち合わせと軽作業ができる Hubエリア

研究・テストを行う Laboエリア

両エリアは防音扉1枚で隔てられており、打ち合わせで出たアイデアをすぐ実践したり、テストしたワークをすぐに3Dスキャナで測定したり顕微鏡で観察したりできる配置にして、その時の「閃き」をなるべく実現できるように配慮した。

4. 「数値化」と「提案」

デバラボにおける研究は、数値化して捉えることをテーマとしている。一例として、一般的なドリル加工における抜け際のバリの高さや厚みについて、数値で捉えておくことで前工程への提案がスムーズに行われた事例を紹介する。

まず、送り速度ごとに発生するバリの厚みを測定し、その最小値と限界値について観察した(図2)。一例ではあるが、簡単な条件設定だけでは厚み0.16mm以下にできなかったため、これを一般的なドリル抜けバリの最小値と仮定した。この値を知ることで、バリを残さず除去するには幅0.16mm以上の加工が必要であることが分かる。また、ドリルの劣化によるバリの肥大化も考慮すると幅0.4mm程度の加工が必要であると推測できた。ある案件で面取り幅C0.3以下という要求事項にも関わらず、サンプルのバリ厚みが0.4mmを超えていた。面取り寸法がバリ厚み以下の場合、バリの取り残しになることと、バリ厚み0.16mmになる穴あけ条件サンプルを提示して、前工程の条件改善を行っていただくことで課題をクリアできた。もしドリル抜け側のバリ厚みを数値で捉えていなければ、前工程の改善という発想に至らず、答えの無いテストに膨大な時間を費やしていたかもしれない。

バリ厚みと送り速度の関係 (回転速度3200min⁻¹)

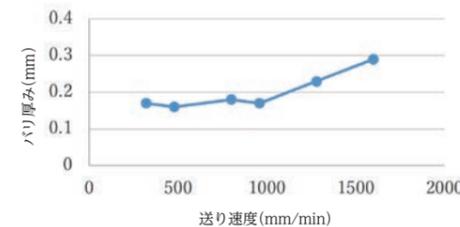


図2 一般条件下でのドリル抜けバリ厚み



図3 カッター形状の違い

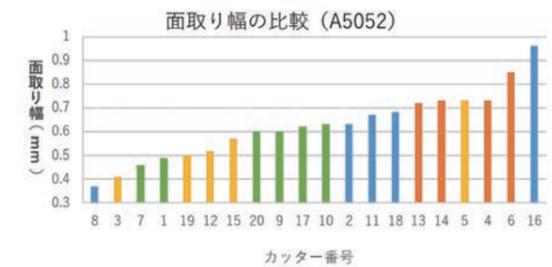


図4 カッター形状別面取り幅データ (20社比較)

5. 保有する独自技術の「洗練」と「認知活動」

バリ取りには様々な工法があるが、何にでも適用できる万能な工法は存在しない。われわれができることは、保有する独自技術を洗練し、多くの方々にそれらの特性を知ってもらい、課題に対して最適な答えとして選択してもらえるように活動することである。そこで、スギノマシンが保有するバリ取り技術の一つであるフローティング加工に関する知識を紹介する。

カッター形状が加工結果に与える影響について

同じ刃数のカッターであっても、シングルとダブル、直刃と曲刃の違いで4パターンに大別できる(図3)。20社の実加工データから、シングルよりもダブルの方が加工面幅は広くなる傾向がみられた(図4)。加工面幅を小さくしたい(C0.5以下)のであれば直刃シングルを選択し、加工面幅を大きく(C0.8以上)したいのであれば曲刃ダブルを選択すると狙った結果が得られる可能性が高まるので、参考にさせていただきたい。

6. おわりに

デバラボはまだ開所したばかりで未熟ではあるが、ウォータージェットバリ取り技術とロボットによるフローティング加工技術を中心に「技術の組み合わせ」によってバリ取りの多様性に対応していく。また、デバラボの活動が、「バリ取り自動化が当たり前の社会」実現の一助になれば幸いである。



武藤 充

精密機器事業本部 事業企画室
デバラボグループ グループ長

大型部品加工機「GIGAFEEDER」の開発

永川 諒



1. はじめに

近年、自動車業界での代表的な取り組みの一つとして、電気自動車(EV)化が挙げられる。EV化により車の内燃機関が電気モータへと変化するため、EVではその構成部品がこれまでのガソリン/ディーゼルエンジンと比べ大きく異なる。とはいえ自動車の製造過程において工作機械による部品加工は依然必要であり、部品に合わせた変化を求められている。

EV化を進めるにあたり課題として、ガソリンエンジンと同程度の航続距離を確保することが難しいことや、バッテリーが高価であること、熱や衝撃に弱いことが挙げられる。

課題解決のため、自動車メーカー各社はバッテリーの開発にしのぎを削っている。現実的な解決策としては、車体の軽量化を進めるとともに、部品点数を削減することで、自動車の製造全体としてコストを抑えることを推し進めている。

部品の軽量化を進めながらも、剛性を確保しつつコストダウンにも貢献する手法として、ギガキャストの導入が主流となりつつある。今までは数十点の鋼板プレス部品で溶接組立されていたシャーシが、アルミダイカスト化によって一体化される。一方で、部品そのものが巨大化してしまい、1メートルを超える部品のハンドリング問題や、新たな加工機の導入が必要となるなど、その扱いづらさに各社が頭を抱えている。

バッテリートレイやサブフレームといったギガキャスト部品には、以下の特徴がある。

- 1) エンジン部品の様な加工精度は求められないが、大型かつ多方面からの加工が必要。
- 2) シール面はきれいな仕上げ面が必要。
- 3) バッテリー等の発熱部品の取り付け面は伝熱のためにフライス面が必要。
- 4) 一般的なダイカスト部品は薄肉の傾向がある。

ギガキャスト部品の加工に適応する適度な精度、加工エリア、設置スペース、価格に見合う加工機をコンセプトとして、汎用性のある大型部品加工機「GIGAFEEDER」を開発した。

表1 GIGAFEEDERの主な仕様

最大加工領域	X軸 1,850mm Y軸 1,450mm Z軸 350mm
主軸回転速度	Max. 12,000 min ⁻¹
主軸本数	最大6本 (標準4本<水平方向> +オプション2本<鉛直方向>)
ツール本数	各11本(最大66本)
外観寸法	全長 5,350mm 幅 2,780mm 高さ 2,800mm ※クレーンタンクを含まない装置 本体の全長:4,100mm
早送り速度	X軸60m/min Y軸60m/min Z軸48m/min

2. 装置の構造

GIGAFEEDERはドリリング・タッピングユニット「SELFEEDER」と、主軸テーパ30番を中心としたマシニングセンタ「SELF-CENTER」をベースとして開発した。主軸はギガキャスト部品の加工に適した主軸テーパ30番の主軸ユニットを搭載、切削工具用マガジンを設け、ATCが可能である。機械構成はコラム移動のXY軸に、SELFEEDER相当の送り軸をZ軸とすることで、大型ワークの加工に十分なストロークを確保した装置となっている。表1にGIGAFEEDERの基本仕様を示す。

① 標準で装置1台に主軸を4軸配置

ワークのハンドリングが容易であることや切りくずの排出性を考慮し主軸は水平方向に配置しており、4軸それぞれが関連し合いながら別々のプログラムにて動作する(図1)。大型ワークの複数箇所を同時に加工することで、サイクルタイムの短縮を実現する。

② すべての主軸にATC機能を装備

4つの主軸それぞれにツールマガジンを配置。ATCは主軸がマガジンから直接ツールを取り外す方式で、



図1 主軸配置

工具交換時間を短縮する。さらに4軸同時にATCを行うことで、交換時間のさらなる短縮が可能である。

マガジンは円盤に放射状にツールを配置する形状で、マガジン1つあたり11本のツールを保持できる(図2)。待機時にはマガジンと一体化したシャッターによって加工室と分離しており、ツールへの切りくず付着を防止する。

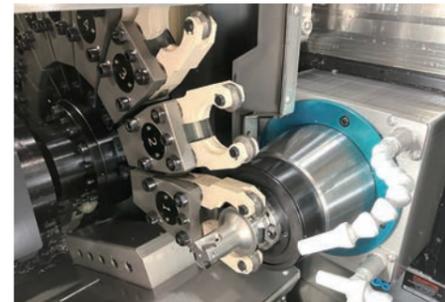


図2 ATC搭載

3. 装置の強み

① 大型EV部品に対応する広い加工エリア

自動車の車体とほぼ同等のサイズの部品を省スペースで加工することを目指し、X軸1,850mm、Y軸1,450mm、Z軸350mmと大型EV部品の加工に十分な最大加工領域を確保している(図3)。対象の部品サイズに合わせて、さらなるロングストロークにも対応可能である。

また、XY軸はコラム移動で、早送り速度は60m/minと、大型ながら高速な位置決めを実現した。また、Z軸はドリリングユニットの送り軸として十分な精度を確保している。

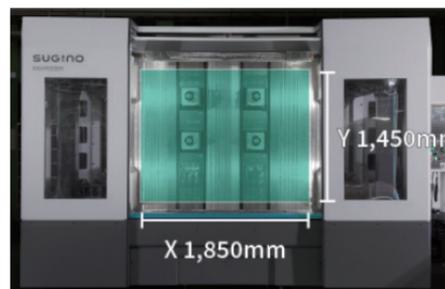


図3 加工ストロークイメージ

② 省スペース

主軸は横形マシニングセンタと同様に、コラムに水平に配置している。ワークをイケールに貼り付けて加工する構成となっており、大柄な部品を垂直に配置して加工できるため、門形マシニングセンタや立形マシニングセンタに対して省スペース化を実現した。設置スペースは全長5,350mm×幅2,780mmであり、大型マシニングセンタを使用する場合と比較して約1/4とも試算できる。

③ 複数主軸による同時加工が可能

複数の主軸それぞれがXYZ軸をもち、互いに関連し合いながら別々のプログラムで加工を行える。大型ワークの加工において、加工箇所が多いことによる加工時間の増加はもちろんのこと、主軸の位置決め時間も従来の中型・小型ワークと比べて長くなる。それぞれの主軸がそれぞれのエリアを加工することで加工時間を短縮するだけでなく、装置の位置決め時間も短縮できる。

バッテリートレイ等のギガキャスト部品では、M8までのタップ穴加工など、小径で加工箇所が多数ある場合が多い。

GIGAFEEDERは、加工能力として必要十分な工具サイズである主軸30番テーパで、ATC機能を搭載している。これにより、専用機のような穴あけ・タップ加工だけでなく、カッター・エンドミルを使用したフライス加工まで1台で実施できる。

4. おわりに

自動車のEV化は、自動車部品加工における工作機械への要求に大きな変革をもたらしている。GIGAFEEDERは自動車の軽量化やコストダウンに向けて使用が増えてきた大型ダイカスト部品の加工に対する、解決策の一つと考えている。

全固体電池化や燃料電池化など、自動車業界は日進月歩で進化しており、自動車製造における工作機械のニーズは日々変化することが予想される。ニーズの変化をいち早く捉え、時勢に即したものづくりを追求し、課題解決に貢献していく。



永川 諒

精密機器事業本部 営業技術部
応用開発課

遠心乾燥機能付部品洗浄機「JCC-MULTI」の開発

大谷 英義



1. 開発背景

自動車業界では、EUをはじめとした各国でのガソリン車撤廃・縮小の流れを受け電気自動車（EV）化が急激に進んでおり、自動車に使用される部品が大きく変わりつつある。

当社の洗浄機は高圧洗浄が強みであり、他社に抜きん出て自動車部品の清浄度・バリ取り要求を達成してきた。エンジンの主要部品であるシリンダヘッドやシリンダブロックは内部に冷却回路を持っており、回路内の錆粉や切粉を洗い流すためには水中高圧洗浄が必須である。また、トランスミッションは複雑な油圧回路を持っており、油圧がかかった際にバリが脱落しないよう、高圧水によるバリ取り洗浄が不可欠である。このような背景から、高圧バリ取り洗浄機はパワートレイン部品の洗浄になくてはならない地位を獲得している。

しかし、BEV（バッテリー駆動式EV）ではエンジンやトランスミッションが姿を消し、モータやインバータなどの電気駆動部品に置き換わった。特に、モータ・減速ギヤ・インバータ等の駆動に関わる部品を一体化した「eアクスル」が、従来のエンジン・トランスミッションに替わるBEVの主要なパワートレイン要素となっている。

eアクスルには次のような特徴がある。

- 1) モータを収める筒状の筐体を持つものが多い。
- 2) 変速機構を持たないため、ギヤボックスに複雑な油圧回路が存在しない。
- 3) インバータ等の電気部品を収める部位は、従来のエンジン部品と比べて清浄度の要求値が高い。
- 4) インバータ、モータ、ギヤそれぞれを封入するため、組み付け・締結用の止まり（非貫通）タップ穴が多数存在する。

このように、従来のエンジン部品とは異なる、eアクスルならではの構造や要求値に対応した洗浄方法の提案が必要となっていた。

また、脱炭素社会に向け、自動車業界においてもサプライチェーン全体でCO₂排出量の削減に向けた取り組みが求められており、特にEVの製造に使用される装置は従来よりも消費電力量が少ないことが必要とされている。

これらの背景を受け、EV部品の洗浄に最適な機能・サイズを持ち合わせながら、従来と比べてCO₂排出量も削減できる、時代のニーズに応える洗浄機を目指して本商品を開発した。

2. 装置構成と仕様

「JCC-MULTI」は洗浄室、乾燥室、洗浄ノズル駆動ユニット、水処理タンクおよび制御装置により構成された、パッケージタイプの高圧部品洗浄・乾燥機である。

洗浄圧力は7MPaを標準設定としている。従来の高圧バリ取り洗浄機と比べると低い設定だが、後述のスイング狙い撃ち洗浄方式の採用によって高速・高品質な洗浄を実現しており、eアクスルをはじめとしたEV用アルミニウム部品の洗浄に不足ない能力を備えている。洗浄圧力を抑えることにより、高圧水回路に関わる消耗品の寿命延長や消費エネルギーの低減など、ランニングコストや環境負荷に対してメリットのある仕様設定とした。

本商品の主な仕様を表1に示す。

表1 JCC-MULTIの主な仕様

洗浄圧力	Max.7MPa
洗浄流量	Max.24L/min
軸ストローク	Y軸460mm,Z軸550mm
対応ワークサイズ	Max.400×500×600mm
ノズル位置決め	全軸サーボ/スイング狙い撃ち
制御装置	FANUC Oi-MF Plus
乾燥仕様	遠心乾燥 + 内蔵プロフ
外観寸法	幅1,600×奥行4,200×高さ2,500mm
機械質量	4,500kg

3. 装置の特長

① 高清浄度と省エネを両立

洗浄方式は、ワークの回転軸とノズルの駆動軸が同期して動くことにより高精度に洗浄できる「スイング狙い撃ち洗浄（特許第7013520号）」を採用した。特に止まりタップ穴と広範囲洗浄を得意としており、洗浄圧力と

流量を最小化することで高速・高品質の洗浄ながらも消費電力を抑えることが可能である（当社従来機比-75.1%）。

さらに、従来の機構に加えて洗浄ノズルにY軸（前後軸）、テーブル側にA軸（チルト軸）を搭載したことで洗浄範囲を拡大した。外観の6面に加え、筒状ワークの内面も狙い撃ち洗浄が可能であり、eアクスルやモータケースなどの洗浄に最適である（図1）。



図1 ワーク内面の狙い撃ち

② 遠心乾燥機能による省エネ乾燥（特許出願済）

乾燥工程で一般的に用いられているコンプレッサエアによるエアブローは、消費電力が非常に大きいという問題がある。本機では高速回転とアシストエアのみでワークを乾燥できるため、乾燥時に発生する消費電力とCO₂を大幅に削減することができた（当社従来機比-52.2%）。

また、チルト機構によりワークの姿勢を変更して遠心乾燥を行えるため、上面にある凹部や止まり穴など、従来遠心乾燥のみでは乾燥させることが難しかった条件でも乾燥度を大幅に向上させることが可能である。

③ 大きな洗浄エリアと小さなフットプリントを両立

対応ワークサイズは400×500×600mmと、eアクスルを十分に洗浄できるエリアを確保した。また、ターンテーブルは装置の正面に対して斜めになるように配置した（図2）。デッドスペースを削減し、空いたスペースに水処理タンクを配置することにより装置全体の省スペース化を実現。同程度の洗浄エリアを持つ従来機と比べて、フットプリントを約20%削減した。さらに、両側面に機器を配置していないため隣接設置が可能となり、工場レイアウトの自由度向上に寄与する。

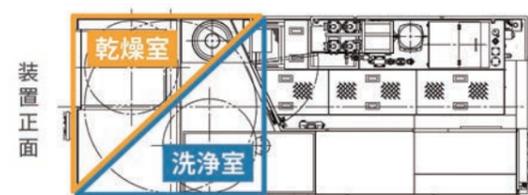


図2 ターンテーブル構成

④ 装置の前からも上からもワークを搬入可能

様々な形態の自動搬送に対応するため、ワークの搬入部は前面と上面が開放されるL型2面ドアを採用した（図3）。ロボットやガントリーローダによる装置前面・上面からの搬送いづれにも標準的に対応し、工程自動化に貢献する。

また、扉開閉用のアクチュエータはエアシリンダに替えて電動シリンダを選択することができ、さらなる工場エア使用量の低減が可能である。



図3 L型2面ドア

4. おわりに

持続可能な社会への取り組みとして、サステナビリティに関わる部分が産業用製品の選定において重要なファクターとなってきている。

JCC-MULTIは精度やコストといった既存の要望のみにとらわれず、長きにわたって装置を使用いただける思想のもと開発を行った。清浄度要求の達成はもちろん、消費電力の削減や省スペース化、ランニングコストの低減など、環境・品質・コスト・スペースに対する問題解決に貢献し、世界中のお客様に選択いただける商品となることを願っている。



大谷 英義

精密機器事業本部 営業技術部
応用開発課

超高圧噴射スターバーストによる電池材料微細化

原島 謙一

1. はじめに

電気自動車や高速通信機器において、蓄電池(二次電池)の技術開発は極めて重要な課題となっている。電池の材料は、マイクロ・ナノオーダーの金属やセラミックス微粒子から構成されている(マイクロは100万分の1m、ナノは10億分の1m)。例えば、近年積極的に開発が進められているリチウムイオン全固体電池は、図1のように正極・負極材料、固体電解質、導電助剤、バインダなど各種微細粒子で作られている。これらの材料は、高い電気特性を得るために適切な粒子径、均一分散性、高純度を備える必要がある。

図2の当社商品スターバーストは、それらの材料を高圧・高速噴射し、コンタミのない均一な機能性粒子の生成装置として電池業界で活用されている。

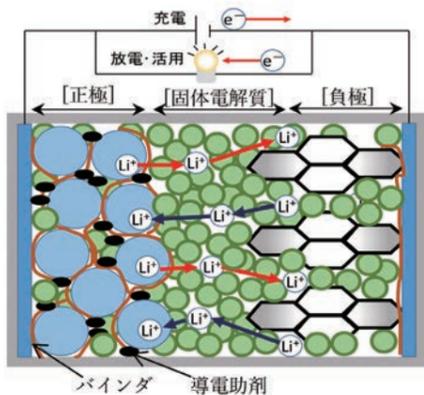


図1 全固体電池構造模式図



図2 スターバースト

2. 超高圧を利用した微細化機構

超高圧を用いた微細化機構粒子では、各種溶媒に混合した粒子を最高245MPaに加圧し、粉碎チャンパー内で微細なノズルから噴射し、粒子同士を衝突させることで微細化が行われる(図3)。この過程では、スラリー原料の衝突や高速のせん断、キャビテーションの効果が粉碎エネルギーとして利用される。微細化処理のパラメータは、基本的には噴射の圧力と衝突の繰り返し回数によって制御されるため、条件設定が容易であり、再現性の高い機構となっている。

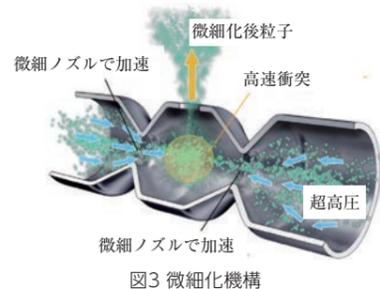


図3 微細化機構

3. 酸化物系固体電解質の微細化

図4に全固体電池内の固体電解質材料である、酸化物LLZ-AL(Li_{6.25}La₃Zr₂Al_{0.25}O₁₂)の微細化前後における電子顕微鏡写真を示す。微細化処理前は、メジアン径(今回は平均径とほぼ同じ)7.06μmの大きな平面結晶状であったものが、微細化処理後(200MPa噴射、50パス繰り返し衝突後)ではメジアン径が1μmを下回り、0.67μmの均質に近い粒子形状となっている。

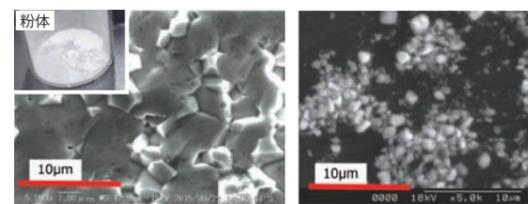


図4 固体電解質LLZ-AL粉碎SEM

粒子が均一であれば、図1の模式図のように電池ケース内で密な充填となり、良好な導電性が得られる。

図5に示すように、初期10パスまでで効果的に微細化され、それ以降は緩やかな形状変化となるが、その間も液体ジェットの衝撃により、粒子の凝集を防ぐ表面改質は行われている。

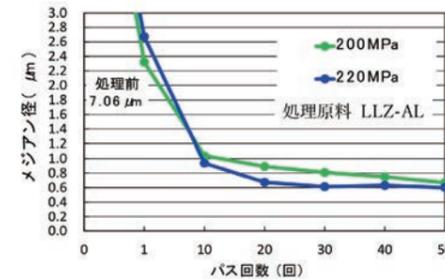


図5 パス回数による粒子径変化

4. 導電助剤カーボンナノチューブの微細化

図6、7に電極内で電気の流れを促進させる導電助剤(図1参照)として用いられる多層カーボンナノチューブ(CNT)の微細化前後における粒度分布と光学顕微鏡観察画像を示す。繊維の形状を球状換算の代表径で示した図6の粒度分布では、噴射衝突のパスを繰り返すごとに分布形状が左側にシフトしており、CNTが微細化されていることがわかる。図7では、処理前は大きな凝集が見られるが、20パス処理後は細かく均一に近い状態で分散している。

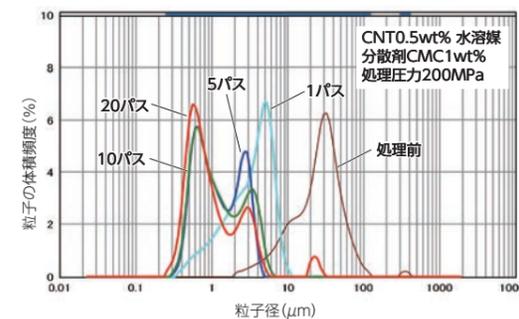


図6 CNTの微細化粒度分布

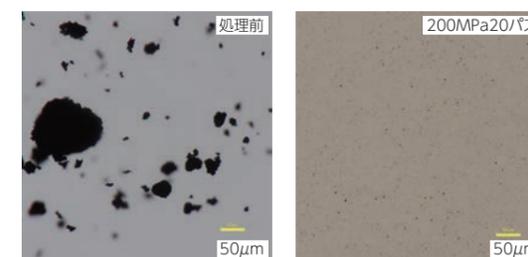


図7 CNTの光学顕微鏡観察画像

次に、この導電助剤CNTの分散が電池の導電性に有効であるかを調べた。微細化前後のCNTに電極の主材となるカーボン活物質粒子と材料結合用のバインダを混合し、集電金属板に塗布した(日置電機(株)提供)。図8に示すように、凝集しやすいCNTを微細化することで、適度な粘性のもとムラなく滑らかに塗布できている。

そのときの集電板表面の体積抵抗率を図9に示す(日置電機製電極抵抗測定システムRM2610使用)。抵抗率の小さい方が導電性の良いことを表している。CNTを微細化することで、電気抵抗が小さくなっている(導電性が良くなる)。パスを重ねることで抵抗の極小最適値が見られるが、これは混合体全体の分散と結合度合いに起因する。この特性の把握が、CNT単体の微細化最適パス回数の判断指標となる。

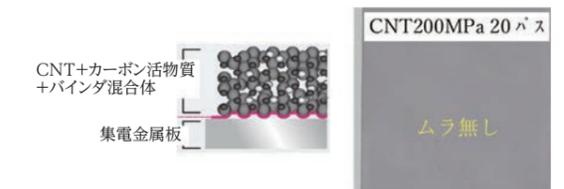


図8 電池材料塗布状態

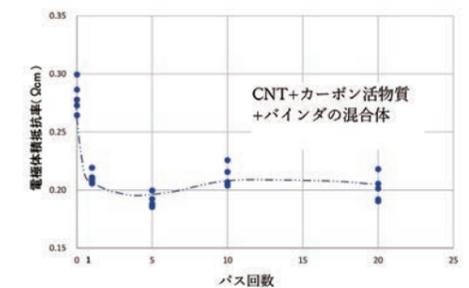
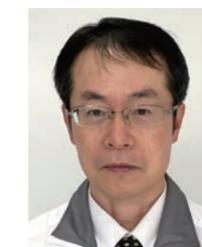


図9 CNTの微細化パス回数と集電板表面の体積抵抗率

5. おわりに

電池開発の最新の動向では、高容量化、安全性、環境負荷の低減、コスト削減などさまざまな要素が材料選定に求められている。その中で、効率的で高品質な微細化を実現する高圧噴射技術は、今後の電池製造において大いに貢献できると考えている。



原島 謙一

プラント機器事業本部 生産統括部 微粒装置部 部長

BiNFi-s 添加CFRP プリプレグの開発

峯村 淳

1. はじめに

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)は、炭素繊維(カーボンファイバー)で樹脂を強化した複合材料の総称で、軽量かつ優れた強度特性をもつことから、航空機、自動車、スポーツ用品など幅広い分野にて広く利用されている。当社は、この材料のさらなる高機能化を目標に、2016年から同志社大学の犬塚教授と共同研究を行っており、当社製のセルロースナノファイバー-BiNFi-s(ピンフィス、以下BFと記載)をCFRPに少量添加することで、力学物性をはじめ、疲労寿命や耐衝撃性、振動減衰特性などの向上を実現してきた。

しかし、これまでは、手作業で炭素繊維にBF添加樹脂を含浸させるハンドレイアップ工法で作製したCFRPを評価していたのに対し、多くのCFRP製品は、CFRPプリプレグ(樹脂を含浸させた半硬化状態の炭素繊維シート)を使用するのが一般的なため、最終製品状態での評価や実用化判断までには至らなかった。そこで、実用化検討を加速させるため、2023年からBF添加CFRPプリプレグの開発に着手し、同年10月にサンプル提供を開始した。現在はスポーツ用途にターゲットを絞り、スポーツ関連メーカーと共に実用化検討を進めている。

本稿では、BF添加CFRPプリプレグによる、CFRP物性の改善効果や、補強メカニズムに関して解説する。

2. BF添加CFRPプリプレグとは

BF添加CFRPプリプレグは、BiNFi-sドライパウダー(以下、BFDP)を0.5wt%添加した熱硬化性エポキシ樹脂を炭素繊維に含浸させたシートである(図1)。このプリプレグを何枚か貼り合わせて、製品形状に成形し、熱を加えて硬化させることでCFRP製品が作られる。BFDPは炭素繊維よりも極細なため、樹脂中に分散することでSEM像(図2)のように炭素繊維間に入り込み、炭素繊維と絡まった状態でCFRP中に存在している。

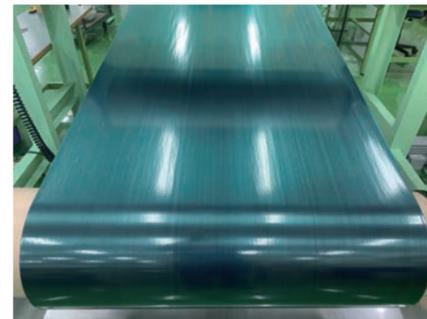


図1 BFDP添加方向CFRPプリプレグ

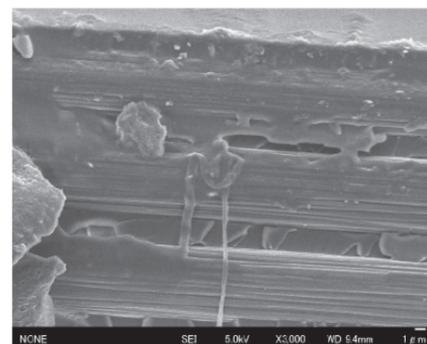


図2 BFDP添加CFRPの断面

3. BFDPによるCFRPの物性改善効果

CFRPは大きな力や衝撃が加わる製品に使われることが多いため、曲げ強度や衝撃強度のような基礎物性は重要なパラメータとなる。BFDP添加/未添加のCFRPプリプレグをそれぞれ20枚積層し、厚み2mmの積層板を作製し、曲げ試験(試験方式:3点曲げ)を行った結果を図3に示す。BFDP添加品の曲げ強度は、未添加品に比べ1.1倍高い値を示した。CFRPはもともと高強度材料であるため、強度が1割向上するだけでも大きな効果となる。仮に、同じ強度のCFRPを作製する場合に、プリプレグの積層数を1割減らせるため、軽量化にもつながると考える。また、曲げ試験の応力-ひずみ線図では、BFDPを添加することで破断ひずみが向上しており、壊れにくくなっていることがわかる。

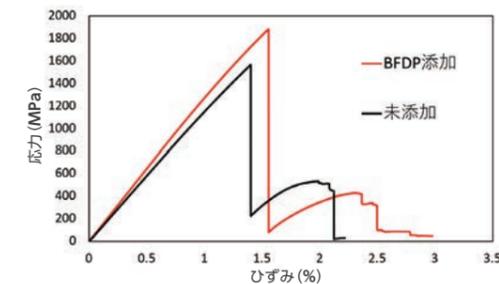
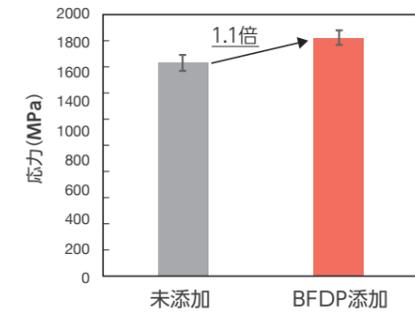


図3 曲げ試験結果

次に、上記と同様に作製した積層板で、衝撃強度(試験方式:アイゾッド フラットワイズ法)を測定した結果を図4に示す。BFDP添加品の衝撃強度は、未添加品に比べ1.5倍高い値を示した。曲げ強度は静的荷重に対する強度だが、衝撃強度は瞬間的にかかる衝撃荷重に対する強度だが、両方の荷重に対してBFDP添加効果を確認できた。

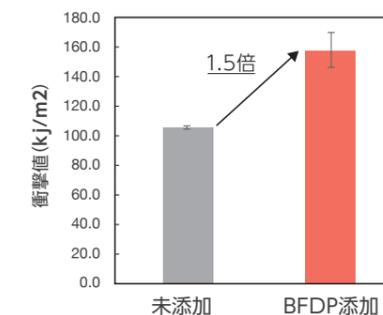


図4 衝撃試験(アイゾッド)結果

4. BFDPのCFRP補強メカニズム

CFRPは外部から大きな力や衝撃が加わり、大きな損傷が発生すると急速に破壊が進行するといわれている。CFRPの破壊メカニズムは、図5に模式図で示すように、大きな損傷点から内部にき裂が進展し、炭素繊維まで達すると樹脂と炭素繊維の界面剥離が生じ、炭素繊維が破断することで、最終的に破壊に至る。そこにBFDPを添加することで、樹脂のき裂進展が抑制され、炭素繊維と樹脂の接着性が上がるため界面剥離も抑制されると考える。

炭素繊維と樹脂の接着性を評価するために、マイクロドロップレット試験を行った結果を図6に示す。この試験では、炭素繊維系にBFDP添加した液状樹脂を球状に固着させ、それを炭素繊維系から引き抜くときの強度を測定する。図6よりBFDP添加品の接着強度(界面せん断強度)は、未添加品に比べ約1.5倍高い値を示した。BFDPによって炭素繊維と樹脂の接着性が向上することが確認できた。

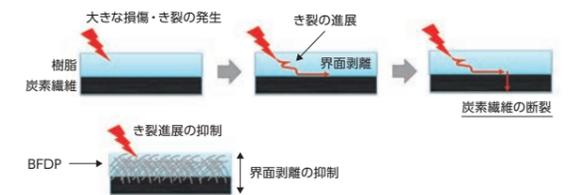


図5 CFRP破壊メカニズム

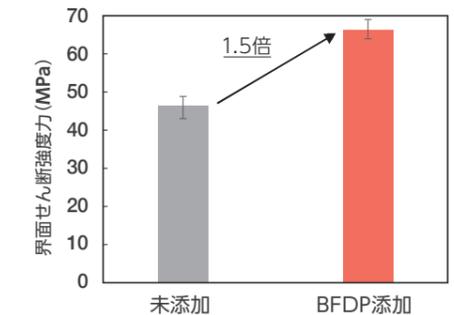


図6 炭素繊維と樹脂の接着強度(界面せん断強度)

5. おわりに

CFRP製品はスポーツ製品から普及し、その後、航空機や自動車、発電用風車などの産業分野に進出し、広く使われるようになっていった材料である。BFDP添加CFRPは、冒頭でも記述したように、まずはスポーツ用途にターゲットを絞って製品化実績を増やし、将来的には、産業分野でも高付加価値なターゲットを探索し展開を図っていきたいと考える。



峯村 淳

プラント機器事業本部
生産統括部 微粒装置部
新材料開拓係

CRbの適用事例 ～バラ積みピックアップモジュールの開発～

山藤 龍一

1. はじめに

近年製造業においては、人材難や多品種少量生産対応などの観点から、無人自動システムや多機種に対応可能なロボットシステムが求められている。例えば、ワークピックアップ用途では、ワークストックなどに整列されたワークをピックアップすることが多く、その前段取りは作業者が実施している。この前段取りを含めて自動化するためには、コンテナやカゴなどの中にランダムに積まれたワークの状態を認識し、一つずつピックアップすることが要求される。今回これらの諸課題を解決すべく、当社が展開する狭小空間で動作可能な産業用ロボット「CRb(シー・アール・ビー)シリーズ」と3Dビジョンカメラ技術を組み合わせたバラ積みピックアップモジュール(図1)を開発した。

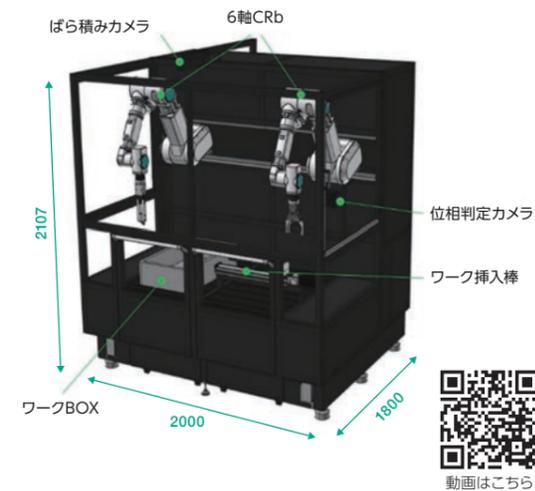


図1 バラ積みピックアップモジュール

2. 6軸ロード型CRbの開発

バラ積みピックアップモジュールを開発するにあたり、5軸ロード型CRbに手首回転軸を加えた駆動軸数6軸仕様の「CRb020H610」(図2)を新しくCRbシリーズに追加した。軸を追加するにあたっては、各軸の動力学計算を見直すことによって、5軸仕様の可搬質量20kgを

維持したまま最大リーチ長を625mmから1,015mmに拡大した。ロード型CRbは水平軸を壁掛け設置とすることで、コンパクトながら可動域を広く取れる構造としている。水平軸を延長して稼働範囲を拡大することも可能であり様々な用途に展開できる。



図2 CRb020H610の外観

表1 仕様表

形式	CRb020H610
制御軸数(自由度)	6軸 (直動軸:1軸、回転軸:5軸)
可搬質量	20kg
最大リーチ長	1,015mm
位置繰り返し精度	±0.05mm
本体質量	アーム部 約90kg+35kg/m (A1軸の長さによって異なります)

3. バラ積みピックアップ

バラ積みピックアップでは、図3のように乱雑に置かれたワークの集まりに対して「形状認識」と「ワークの姿勢判断」を行った後に、「ピックアップ優先度判定」にて把持のしやすさを評価して評価値が最も高いワークをピックアップする。当社が採用した3Dビジョンカメラは、複数パターンの縞模様を対象物に投光し、投光と反射光のパターン変化を解析することで3D点群データを生成している。縞模様の投光回数や幅を設定することで、高精度かつ外乱光に強い認識が可能である。

① 形状認識

3Dビジョンカメラでバラ積みされたワークを撮像すると、ワーク同士の境界部分が不明な点群データ(図4)が取得される。把持するワークを決定するためには、得られた点群をワーク1個ごとの点群に分割・分類する必要がある。この処理には、ワーク形状を事前に学習させたAIを使用する。学習には、対象ワークの3D-CADデータ、もしくは、3Dビジョンカメラで撮像した対象ワーク1個分の点群データを用いる。学習済みのAIを用いて形状認識を行うことによって、ワーク同士の重なりなどによりワーク全体が撮像できない場合においても、学習したワークの特徴から予測することによって正確な形状認識が可能となる。

② ワークの姿勢判断

ワークを把持する際のハンドの姿勢を決定するために、ワークの姿勢を判断する必要がある。前述の学習の際に、あらかじめ学習する形状に対して基準点とワークの向き(座標系)を設定して学習することで、形状認識と同時にワークの姿勢を判断することができる。バラ積みピックアップにおいては、カゴなどの中でワークの裏表が混在するなどワークの姿勢が様々である。そのため、ワークの把持方法が1通りでは全てをピックアップすることができない場合がある。学習時に設定したワークの座標系上に把持位置および把持方向を複数設定しておくことで、ワークの姿勢に応じた最適な把持位置を選択できるようになる。



図3 バラ積みワーク



図4 バラ積み撮像画面

③ ピッキング優先度の決定

バラ積みピックアップにおいてはワークの把持順が一意に決まっていないため、ワークの姿勢や重なり具合などから把持するワークを都度決定しなければならない。例えば、ワークの基準点の高さや把持位置、ワークの傾きなどから評価を行い、最も把持しやすいと評価されたワークから順にピックアップを行う。ピックアップ後にワークの山が崩れる可能性もあるため、把持を行う直前に3Dビジョンカメラによる撮像を毎回行い、ピックアップの優先度を都度決定することが望ましい。

4. 協調動作

図1のバラ積みピックアップモジュールは、1つのコントローラで制御される2本のロボットアームを使って、一方のロボットアームがバラ積みピックアップを行った後、もう一方のロボットアームにワークを直接渡している。本システムは協調動作が可能であり、受け側のハンド座標系を参照して渡す側のロボットの動作を教示できる。これにより、受け側のハンド姿勢を変えると、渡す側のロボットの姿勢も協調して変化するため、受け渡しの教示が行いやすい。一般的に2台のロボット間でワークを受け渡す場合は、一旦仮置きしてから受渡すことが多いが、直接受け渡すことにより仮置き台が不要となり、省スペースなシステムを構築することができる。この協調動作を使って、片方のアームで把持しているワークの姿勢を変えながら、もう一方のアームの姿勢を協調させてワーク輪郭線に倣わせるような動作も可能である。

5. おわりに

今後、3Dビジョンカメラはロボットの目としての活用が期待されており、流れてきたワークを識別し動作を変えることが当たり前になりつつある。明るさの影響を受けずより鮮明な画像を撮影し、AIにより素早く形状の認識を行い姿勢判断・分析を行う技術は、幅広い分野で使われる技術である。先行してこれらの技術に取り組むことが認知度向上と競争へのプレッシャーとなる。当社技術を活かしたオンリーワンかつ最先端のロボットシステムを構築し、お客様が抱えるものづくりにおける



「困りごとと解決」のため様々な分野で提案していく。

山藤 龍一

RI事業部 RI部
第一技術課



富山をさまざまな切り口でご紹介

掛川事業所内に「デバラボ」(バリ取り研究所Deburring Labo at SUGINO)開所

2023年7月20日(木)、当社掛川事業所(静岡県掛川市)内に「デバラボ」(バリ取り研究所Deburring Labo at SUGINO)を開所しました。

デバラボは、近年、生産性向上や危険作業の廃止を目的に自動化のニーズが高まっている「バリ取り」を研究します。これまで富山県の拠点で実施していたウォータージェットバリ取りテスト等が太平洋側の拠点でも実施できるようになったため、お客様との

コミュニケーションをより密に行うことで、問題解決を図り、トータルソリューションを提案します。開所日に実施した記者会見では、多数のメディア関係者にご参加いただきました。

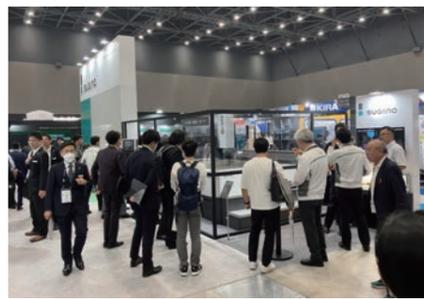
デバラボの詳細はこちら ▶



MECT2023 出展

2023年10月18日(水)~21日(土)にMECT2023(於:ポートメッセなごや)が開催され、本誌に掲載している大型部品加工機「GIGA FEEDER」や遠心乾燥機能付 部品洗浄機「JCC-MULTI」、CRbバラ積みピッキングモジュールなど多彩な商品を出品しました。

当社WEBサイトにMECT2023特設ページを公開しています。お客様のお役に立つ情報をご紹介しますので、ぜひご覧ください。



「Industry days 2023」革新技術コンテスト大賞を受賞

ハンガリー最大の工作機械展示会である「Industry days 2023」革新技術コンテストで、液中微細コンタミ・油分除去ユニット「JCC-HM」が大賞を受賞しました。

「JCC-HM」は、マイクロバブルの力で切削油や、洗浄液中の異物・油分を除去する浄化ユニットです。



商品の詳細はこちら ▶



2023年“超”モノづくり部品大賞「環境・資源・エネルギー関連部品賞」

モノづくり日本会議と日刊工業新聞社が主催する「2023年“超”モノづくり部品大賞」において、真空乾燥機「EVADRY(エバドライ)」が「環境・資源・エネルギー関連部品賞」を受賞しました。

「EVADRY」は、洗浄後のワークに残った水分を、真空を利用して蒸発させる装置です。



商品の詳細はこちら ▶



とやまの鮭

天然の生け簀、富山湾が育んだ新鮮な極上の寿司、富山湾鮭の魅力

海と山に囲まれた、自然豊かな富山県。その魅力を伝えるべく、「寿司」と言えば、「富山」を合言葉に、富山の寿司の魅力の世界に発信するプロジェクトが昨年開始しました。このプロジェクトは、世界的に人気の高い食文化である「寿司」をPRし、富山県の関係人口を増やしていこうと、今年度から県が始めたものです。富山県ではこれまでも、食のブランド化として「富山湾鮭」を認定する取り組みを展開してきました。



海に囲まれた日本では、各地でおいしい寿司が味わえますが「富山湾鮭」は他の寿司と何が違うのでしょうか？

まずは豊富なネタの種類です。

富山湾は「天然の生け簀」と呼ばれるほど、豊富な種類の魚介が生息しており、四季折々に季節の魚を味わうことができます。

その豊富な魚介が生息する理由は、海底の表層部にある豊かな土壌の栄養分と、中層部には対馬暖流、深層部には冷たい深層水が流れる3層構造のおかげです。

次に誇るは寿司の要とも言える鮮度。

定置網をしかける漁場が沿岸部からも見えるほど港に近いため、獲れたての新鮮な魚をすぐに市場に運ぶことができます。網にかかった魚介は、船上や漁港でも鮮度管理を徹底しており、提供店へと届けられ、お客さまからの注文を受けてから握られます。それにより「きときと(新鮮)」の状態、最高の鮮度で美味しく味わえるのです。

そして魚介と同じように、ほかの素材選びにもこだわりがあります。

シャリには立山連峰からのおいしい水が作り出す富山県産の米、醤油には地域で醸造されたものを使うなど、富山づくしとも言えるおもてなしの心が「富山湾鮭」の美味しさの秘密なのです。

季節ごとの魚種の豊かさ、漁場の近さ、職人のおもてなしの心が生み出す「富山湾鮭」は富山ならではの最高の寿司と言えます。ぜひ、富山にお越しの際には、訪れた人だけが堪能できる贅沢なお寿司「富山湾鮭」をご堪能ください。



天然の生簀 富山湾鮭 ▶

