

ものづくりの技術

September 2023

デジタル変革 (GX) と社会変革 (DX)

No. 64

部門長就任の挨拶

第 101 期部門長就任にあたって

ファナック(株) 須藤 雅子

この度、高谷前部門長の後を引き継ぎ、第 101 期の生産加工・工作機械部門の部門長を務めさせていただきましたことになりました。当部門の活動を維持・発展できるように、笹原副部門長、鈴木幹事、運営委員の皆様のお力添えをいただきながら、尽力してまいりますので、よろしくお願いたします。



当部門は 1991 年 (第 69 期) に創立され「ものづくりを科学する部門」として、人類の持つ良いものを作ることの喜びと期待を追求しています。産学連携を重視しており、産学間の緊密な関係を特長としています。現在、当部門には産業界や大学の研究機関からの会員を中心に約 3,000 名の登録があり、情報交換の交差点として、学术界と産業界との協力・共同研究を通じて、実践的な問題解決と技術革新を推進しています。また、学生や若手研究者に対するサポートや研修活動を提供し、次世代の機械エンジニアの育成にも力を入れています。より最新の情報を提供するため、年 4 回の技術セミナーのほか、中高生や大学生・大学院生を対象とした教育セミナーも開催する予定です。



左より ASME 代表, JSME/MMT 代表, SME 代表

生産活動の国際化が進む中、海外への情報発信や情報収集を一層活性化する部門活動の国際化は重要な方針の一つです。そのためには、学会間の国際協力の基盤を構築するとともに、海外の学会と連携して情報のみならず人材の交流を図ることを重視しています。その活動の一つとして、本年 6 月 11 日より 16 日まで LEM&P は、ラトガース大学 (米国ニュージャージー州) において、American Society of Mechanical Engineers(ASME)/MED が主催する製造科学工学会議 (MSEC) および Society of Manufacturing Engineers(SME)が主催する北米製造会議 (NAMRC) と同時開催されました。前回 2020 年は COVID-19 のために開催はキャンセルされ、残念な思いをいたしました。今回は大勢の参加者とともに活発な発表と議論が交わされ、大変有意義な会議となりました。私も ASME 及び SME の PRESIDENT&CEO 達とともに壇上に上り、JSME/MMT を代表してオープニングアドレスを行いました。実行委員の松村先生のご指導もいただきながら、無事に大役を果たすことができたことに安堵しております。長い時間をかけて

トピックス

- 部門長就任の挨拶
- 第 14 回 生産加工・工作機械部門講演会
部門優秀講演論文賞 受賞論文紹介
「デジタルツインによる工具刃先温度のリアルタイム推定」
「選択的レーザー溶融法による粒状体ダンパを適用したボーリングバーの製造および耐びり性の評価」
「DED 方式金属積層における熱履歴情報を考慮した造形経路計画アルゴリズムの開発」
- 部門講習会・セミナー開催報告
「アディティブマニュファクチャリングを基軸とした最先端加工技術」
- 国際会議 開催報告
「国際会議 Leading Edge Manufacturing/Material and Processing LEM&P2023」開催報告
- 部門講習会・セミナー開催のお知らせ
「自動化・効率化のキーワードで読み解く歯車関連技術の新潮流」
- 技術レポート
「製造品質の安定化を実現する「切削加工精度向上サービス」

本会儀の開催準備に貢献された関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

テクノロジーの進展に伴って、私たちの経済と社会はデジタル変革 (DX) の時代にあります。近年、私どもが身を置く生産加工・工作機械の技術はデジタル化の波に乗り、IoT, AI, デジタルツインなどの技術を活用して生産性を向上させ、競争力を高めています。同時に、地球温暖化や環境への影響を抑えるために、脱炭素化実現のための社会変革 (GX) という持続可能な取り組みも求められています。さらに、そのようなトレンドと並行して、2020 年から3年に渡った新型コロナウイルス COVID-19 による予期せぬ事態に対しては、これまでに経験の無い対応が求められ、オンライン会議の活用や自動化の推進等、DX や GX を活用する新たな働き方が発現しました。

DX と GX は、様々な課題解決のキーとなる重要な要素です。産業界と学术界の連携を通じて最新の技術やトレンドにアクセスし、新たなアイデアや解決策を得ることで、より広範な課題解決に取り組むことが可能となります。当

部門は、前述のように学術と企業の距離が大変近いことを特長としております。様々なイベントや講演会、ワークショップを企画することで、最新の情報や技術を提供し、知識やノウハウを共有し、ものづくりの技術革新を生み出すことを期待しています。

今年度の部門活動では、年次大会のオーガナイズドセッションと3回の講習会では、専門的な知識を身につける機会を提供します。学生向けの体験型イベントも計画されており、若手研究者の参加を促進します。恒例のびびり振動の基礎講座も継続して開催し、初心者から専門家までが交流する場を提供します。次年度の部門講演会、再来年の LEM2025 の企画・準備も重要な活動となります。新たに導入された部門制度は 2020 年度からの試行期間を経て、本年度から本実施がスタートしました。試行期間中の模擬評価で明らかになった課題を関係者で力を合わせて一つ一つ克服していき、当部門に登録する全ての会員にとって魅力ある部門を目指します。この目標達成のためご支援とご協力を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。

第 14 回 生産加工・工作機械部門講演会 部門優秀講演論文賞

デジタルツインによる工具刃先温度のリアルタイム推定

石川県工業試験場 新谷 正義, 高野 昌宏, 吉田 勇太, 宮川 広康, 廣崎 憲一

昨今の製造業では、生産機械の中軸を担う工作機械の更なる知能化が不可欠であり、加工の是非を示す指標をいかにして把握するかが課題となっています。切削加工における重要指標としては、切削抵抗、工具刃先温度、びびり振動などが知られていますが、特に断続切削における工具刃先温度は実測が難しく、簡便な推定方法が求められています。このような背景を受け、本研究では、実測が容易な位置の温度情報から工具刃先温度を推定するシステムを開発し、得られた推定値と実測値を比較することでその妥当性を評価しました。

図 1 に本研究で開発したシステムの概略を示します。本システムは工作機械内に取り付けた放射温度計から得られるエンドミルシャンク部の温度情報を、サイバー空間上に構築したシミュレーションモデルに入力することでリアルタイムに工具刃先温度を推定するものです。本システ

ムは、デジタルツインの応用例の一つであり、バーチャルセンサと呼ばれる技術に該当します。サイバー空間内で実行するシミュレーションは非定常伝熱解析であり、計算速度の向上のため、モデルは有限要素モデルを低次元化した状態空間モデルを採用しました。また、伝熱解析を行うためには、入力として工具刃先への入熱量が必要となりますが、得られるセンサ情報は温度です。したがって、この温度情報から入熱量を推定する逆問題を解く必要があります。そこで本研究では、放射温度計から得られた温度を目標値とする状態フィードバック制御を行うことで入熱量を推定し、これをシミュレーションモデルに入力することで工具刃先温度を推定しました。

低次元化した状態空間モデルの解析精度を検証するため、有限要素モデルおよび状態空間モデルそれぞれに矩形波状の瞬時入熱を与えた場合の比較結果を図 2 に示してい

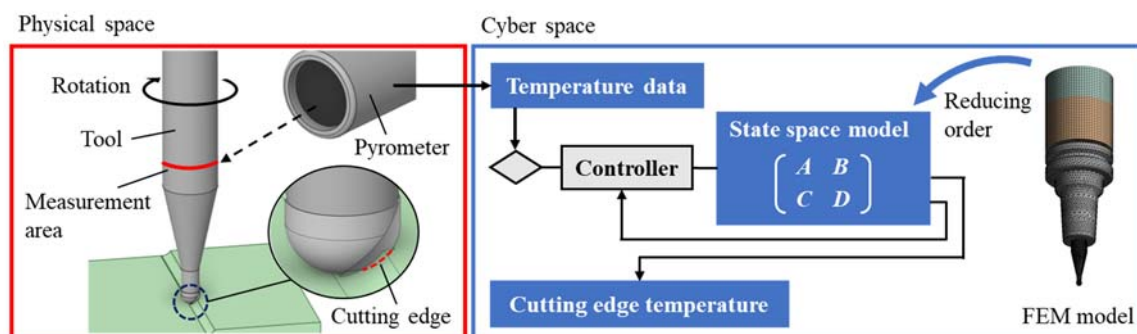


図 1 開発した工具刃先温度推定システムの概略図

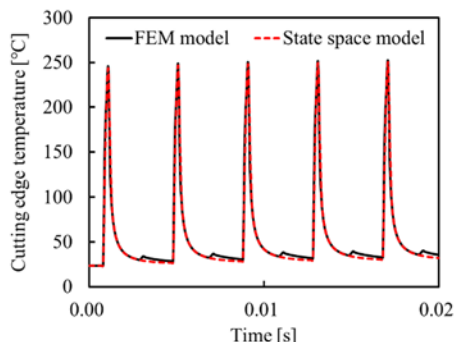


図2 有限要素モデルと状態空間モデルの比較

ます。両者の解析結果は概ね一致しており、低次元化による数値変動の影響は十分に小さいことが確認できました。さらに、計算時間は大幅に削減されており、本環境下で測定した計算時間は有限要素モデルの約 100 万分の 1 となりました。また、図 3 には実加工時に得られた測定温度から本システムを用いて求めた工具刃先温度の推定値と、工具一被削材熱電対法によって実測した値の比較結果を示

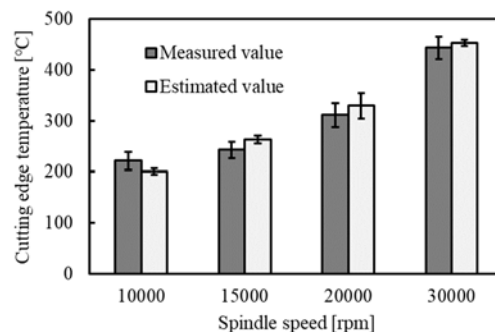


図3 工具刃先温度の推定値および実測値の比較

しています。両者は採用した実験条件の範囲内において一致する傾向を示しており、開発したシステムによる工具刃先温度の推定は十分に妥当性を有していることが明らかになりました。

最後に、本研究が優秀講演論文賞を受賞できたことは、諸先生方のご指導の賜物と思っております。ここに改めて関係各位に深く謝意を表します。

第 14 回 生産加工・工作機械部門講演会 部門優秀講演論文賞

選択的レーザー溶融法による粒状体ダンパを適用したボーリングバーの製造および耐びり性の評価

株式会社豊田中央研究所 増谷 隆志, 角田 貫一, 佐藤 晴輝, 富田 直

1. 緒言

選択的レーザー溶融法 (Selective Laser Melting, SLM) は、粒径が数十 μm 程度の金属粉末を原料とし、その粉末を造形面上に薄く敷き、製造する部品の断面形状に応じてレーザーを照射することで、粉末が溶融し凝固する。この工程を繰り返すことで最終形状が得られる。SLM における高価な材料費や生産速度が遅いといった課題に対し、固有の付加価値として原料粉末を活用した粒状体ダンパ (Particle dampers, PD) の付与が提案されている⁽¹⁾⁽²⁾。造形する 3D モデルへ意図的に閉空間を設ければ、その部位にはレーザーが照射されず、プロセス過程で粉末を封入できる。このような構造物に振動が加わると、内壁と粒状体、または粒状体同士で生じる非弾性衝突と摩擦の複合効果によって振動エネルギーを散逸できる⁽³⁾。一方、中ぐり加工で用いるボーリングバーは、工作機械に片持ちで固定することから、高 L/D (突出し長さ/工具径) が必要となる深穴加工において L の 3 乗で剛性が低下するため、加工面品質を劣化させるびり振動が生じやすい構造上の課題がある。基本的には高剛性化による対策が行われ、L/D の上限目安は鋼製で 3.5、超合金製で 7 程度といわれている。

本研究では、高 L/D のボーリングバーにおけるびり振動を抑制するため、SLM のプロセス過程で PD を付与したボーリングバーの製造を提案する。原料粉末を封入した合金工具鋼 SKD61 製の試作品、および機械的特性に優れた市販されている中実な超合金製の従来品を対象に、

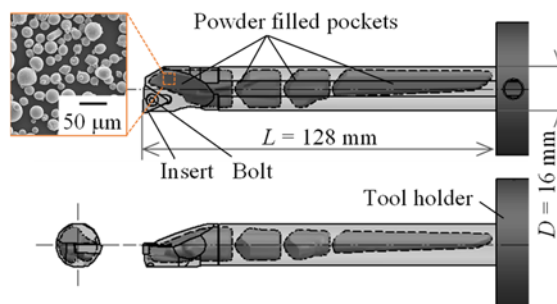


図1 SLM で作製した試作品の形状

表 1 加工条件

Work material	Carbon steel (S45C)
Insert	TPGX110302L NX2525 (Product of Mitsubishi Materials Corporation)
Nose radius [mm]	0.20
Cutting speed [m/min]	212
Radial depth of cut [mm]	0.025, 0.050, 0.100, 0.200
Feed rate [mm/rev]	0.10
Coolant	Unused (Dry cutting)

L/D=8 における加工面の表面粗さを相対比較することで、びり振動抑制に対する有効性を実験的に検証した。

2. 方法

試作品の形状を図 1 に示す。工具径 $D=16\text{ mm}$ の内部に先太りした 4 つの閉空間を設けた。この形状は、汎用 FEM

ソフト ANSYS Mechanical を用いて、体積制約下における静的剛性の最大化問題を対象としたトポロジー最適化の結果を参考に設計した。試作品の静的な剛性を FEM で試算すると、閉空間が無い中実な同一材品に比べ 5.0 % の軽微な低下であった。この試作品を SLM Solutions 社の造形機 SLM280 を用いて、軸方向が積層方向となる姿勢で造形した。なお、封入した原料粉末の材質は構造と同じ SKD61 で、その粒径は $d_{50}=30\ \mu\text{m}$ であった。

SKD61 製の試作品および超硬合金製の従来品を NC 旋盤（オークマ、LB-300M）に $L/D=8$ の位置で固定して、表 1 の加工条件で切削試験を実施した。

3. 結果・考察

切削試験の結果を図 2 に示す。超硬合金製の従来品は全ての条件でびびり振動が生じ、低品質な加工面であった。一方、SKD61 製の試作品における最大高さ R_z は従来品に対して平均で 76 % 小さく、理論粗さに対して 1.5~2.0 倍となる高品質な加工面を得た。なお、PD による制振は、動吸振器と異なり、広い周波数範囲で機能することが知られている。L/D を変更すると動的な剛性を支配する 1 次曲げモードの固有振動数が増えるが、粒径 5~8 mm の PD を用いたボーリングバーはそのような場合でもびびり振動を抑制できたことを Diniz⁽⁴⁾らが報告している。そのため、粒径が $30\ \mu\text{m}$ と 5~8 mm で異なるが、本研究の試作品も L/D の変化に対応できる可能性が高いと考えられる。

4. 結語

本研究では、トポロジー最適化を参考に設計した PD の封入空間を有する SKD61 製ボーリングバーを SLM で試作

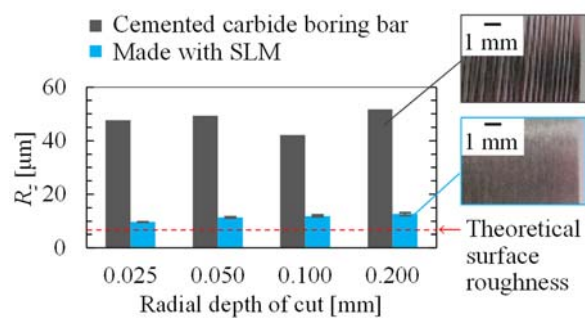


図 2 各切込み量における最大高さ R_z

し、中実な超硬合金製の従来品と耐びびり性を比較した。その結果、原料粉末の封入によって PD を付与した試作品は、従来品よりも優れた耐びびり性を示した。

最後に、本研究の優秀講演論文賞の受賞に関し、ご関係の皆様には深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) Scott-Emuakpor, O. et al., AIAA Journal, Vol.57, No.1 (2019), pp.456-461.
- (2) 増谷隆志 他, 日本機械学会論文集, Vol.87, No.895 (2021), 20-00404.
- (3) Lu, Z. et al., Structural Control and Health Monitoring, Vol.25, Issue 1 (2018), e2058.
- (4) Diniz, A. E. et al., The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.101 (2019), pp.1375-1390.

第 14 回 生産加工・工作機械部門講演会 部門優秀講演論文賞

DED 方式金属積層における熱履歴情報を考慮した造形経路計画アルゴリズムの開発

埼玉大学大学院理工学研究科 加藤麗音, 金子順一, 阿部壮志
三菱電機株式会社 金子弘樹, 入口健二

1. 緒言

近年、材料消費量の削減や難削材加工への要求から、切削加工に加え、機械部品製造技術として Additive Manufacturing(AM) 技術が注目されている。AM 技術では完成形状の表面精度は低く仕上げ加工が必要となるが、切削加工に比べ材料消費量の削減が可能な材料を積層することで造形することが可能である。AM 技術としては、大別して焼結積層造形法 (Selective Laser Sintering) や指向性エネルギー堆積法(Directed energy deposition:DED)があるが、特に DED 法は特定の箇所への金属材料の付与が可能なのが特徴とされる。一方で、熱源となるレーザをワイヤ・粉体材料及び母材に照射し、熔融材料を母材に付与する造形方法のため、硬化前の融解した材料の垂れや熱ひずみによるニアネットシェイプの悪化を防止する必要がある。従来の造形経路の導出アルゴリズムでは、造形途中の造形物に

おける蓄熱の状態は考慮されておらず、造形物の幾何形状から決定されており、積層途中の材料の冷却や温度状態の把握については暗黙知的な経験による条件設定や、実機上での温度センサによるリアルタイムの制御が必要とされていた。これに対し、造形物の精度向上および造形時間の短縮においては、造形途中の造形物の温度状態の推移を事前に把握し、造形物の冷却を考慮した積層経路・順序の計画システムが必要になると考えられる。

そこで、本研究では造形物の温度状態を FEM により事前推定し、積層途中での造形物の温度分布および造形に伴う温度変化を考慮して造形経路を決定する新しい CAM アルゴリズムの開発を行った。

2. 造形経路計画アルゴリズム

本システムでは、熱ひずみによる母材のそりや造形途中に造形物のたれなどの問題を回避するために、造形物の温

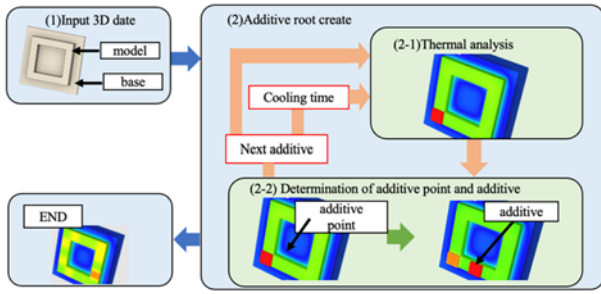
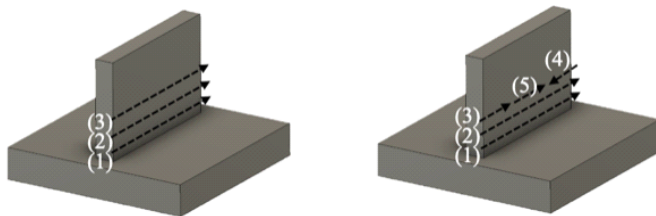


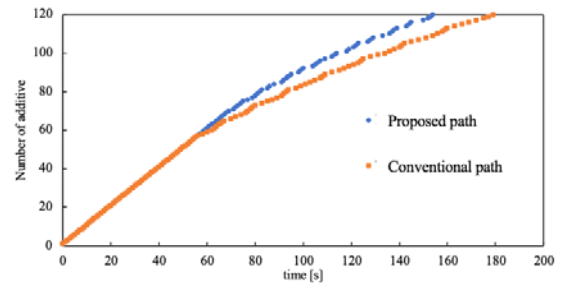
図1 積層順序計画システムの構成

度状態を FEM により事前推定し、積層位置の造形物温度を考慮して造形時経路を決定する。開発システムの概要を図1に示す。システムは(1)完成形状の入力、(2)造形経路の計画から構成されており、(2)造形経路の計画はさらに(2-1) FEM による造形物および母材の熱解析、(2-2) 造形位置の決定及び造形、の2つから構成されている。開発

システムの内部では、完成時の造形形状と積層途中の造形物との差分を Voxel 形状表現で記述し、造形が可能な候補となる Voxel を複数導出し、これに熱解析によって得られた候補点の温度状態から造形位置の決定を行う。また、いずれの候補点も材料温度が高く、造形に適さない状態になっている場合には、待機命令を挿入して造形物の冷却時間を確保し、造形位置の材料温度が常に一定以下となるよう、造形経路および時間の計画を実施する。図2は開発システムを用いてビード形状を造形した場合の結果と、一般的な直線経路において造形を行った結果との造形体積の比較を示す。開発システムでは、最も冷却の早い位置を次の造形点として逐次選択することができ、固定された造形経路において温度低下までの待機時間を挿入する従来手法に比べてビード中盤より上部において造形所要時間の短縮が可能となった。



(a) 従来の直線経路による積層順序 (b) 温度状態を考慮した積層順序



(c) 従来の経路と提案手法による経路における積層体積の推移

図2 ビード形状造形時の積層計画順序と造形体積の推移

部門講習会・セミナー開催報告

No. 23-46 講習会

『アディティブマニュファクチャリングを基軸とした最先端加工技術』開催報告

東北大学 水谷 正義

2023年6月30日(金)に、生産加工・工作機械部門として本年度第1回目となる講習会『アディティブマニュファクチャリングを基軸とした最先端加工技術』が開催されました。新型コロナウイルス蔓延による行動制限が解除されたことを受け、今回はハイブリッド形式にて開催しました。オンサイトは第3企画委員 藤田 智哉 氏をはじめ三菱電機株式会社の全面的なご協力のもと、三菱電機西日本ソリューションセンターにて行い、当日は希望者に対してセンター内ショールームの見学も行いました。参加申込者数は予定の定員を上回る51名の盛況となり、メーカの方々、大学関係者、学生・大学院生など多方面から多数の皆様にご参加頂きました。

講習会の冒頭では、第3企画委員会委員長の富山県立大学の伊東 聡 氏より、本講習会の企画と狙いについてご説明頂きました。

1件目は東京農工大学の笹原 弘之 氏より『総論・アディティブマニュファクチャリングの現状と課題』と題し、本講習会の主題とアディティブマニュファクチャリング

(AM)技術の動向についてご講演頂きました。金属AMにおける各方式の特徴や動向、それらを踏まえた課題や今後の展開について解説頂きました。

2件目は東京大学の大竹 豊 氏より『デジタルエンジニアリングにおけるX線CT活用』と題し、AM造形体の評価・検査の視点からご講演を頂きました。AMでは複雑な3次元形状を造形できる反面、その形状によって内部欠陥も含めた評価・検査が難しい場合があります。これに対してX線CTを利用して内部形状の寸法評価や欠陥解析を行う可能性や、将来的な4D-CTによる変形解析への応用などについて具体的な事例を交えてご紹介頂きました。

3件目は三菱電機株式会社の林 真育 氏より『ワイヤ・レーザDED金属3Dプリンタ“AZ600”によるデジタル造形技術』と題したご講演を頂きました。ワイヤ・レーザDED方式のAM技術について、その特徴や造形体の特性を解説頂くとともに、同方式の具体的な適用事例についてご紹介頂きました。

4件目はオーエスジー株式会社の中山 逸穂 氏より『難

削材・薄肉形状・マルチマテリアルと幅広く利用できる AM 用工具の紹介』と題したご講演を頂きました。AM によるマルチマテリアル造形など、AM に対する取り組みについて解説頂くとともに、そうした造形体に対するポストプロセスとしての工具開発について加工事例を交えてご紹介頂きました。

5 件目は株式会社 CGTech の奥山 靖史 氏より『VERICUT アディティブモジュールによる積層造形と切削加工シミュレーション』と題したご講演を頂きました。3 軸の切削シミュレーションや多軸のマシンシミュレーションに加え、AM の造形シミュレーションについてその概要や特徴について事例とともに解説・ご紹介頂きました。

6 件目はヤマザキマザック株式会社の浅野 孝平 氏より『カーボンニュートラルに貢献する Mazak のレーザ加工技術』と題したご講演を頂きました。レーザ加工技術を基盤とし、それによる焼入れや AM をコーティング技術として利用する考え方をご紹介頂くとともに、それらの技術を集約したハイブリッド複合加工機の導入事例についてご紹介頂きました。

7 件目はトライエンジニアリング株式会社の岡 丈晴 氏より『ロボットによる切削加工，研磨加工，FSW の最新動向と技術の紹介』と題したご講演を頂きました。AM プロセスのロボットへの展開も期待される昨今ですが、ロボットを切削加工や研磨加工あるいは摩擦攪拌接合 (FSW) にまで適用した事例についてその技術を最新の動向を交えてご紹介頂きました。

ここ数年、リモートワークの普及やデジタルトランスフ

ォーメーション (DX) によって働き方は大きく変化していますが、生産加工や工作機械の分野では「現場・現物」の重要性はなお高い地位を占めています。新しいものづくりの在り方や働き方を考えるにあたって、様々なデータの収集と活用のニーズは今後ますます増えていくものと考えられます。一方、加工技術に目を移すと、アディティブマニュファクチャリング (AM) の台頭とともに生産プロセス自体が見直され、それとともにその周辺動向も大きく変わろうとしています。そうした中で本講習会は、加工技術として「アディティブマニュファクチャリング」を軸に据えて、それに関わる最先端の加工技術をテーマとし、改めて加工の観点から生産プロセスを考えていただけるような企画にしました。様々な視点から AM 技術を捉えた多岐にわたる内容でしたが、いずれのご講演についても議論が白熱し、非常に有益な情報交換が行われました。

なお、今回はオンサイトとオンラインのハイブリッド形式での開催でしたが、参加申込者数の半数近くがオンサイトでの参加でした。こうした講習会や講演会も少しずつオンサイトでの開催も増えてきていますが、今後はオンサイト、オンライン双方の特徴を活かしつつ企画を進めていきたいと考えていますので、ぜひ今後も積極的なご参加をお待ちしています。

最後になりますが、慣れないハイブリッド形式での開催で、講師の先生方には多大なる御配慮と御尽力を賜りました。また本講習会の開催にあたり、ご尽力いただいた関係者各位にこの場を借りて、改めまして厚く御礼を申し上げます。

国際会議 開催報告

「先端生産技術と材料・加工に関する国際会議 “The International Conference on Leading Edge Manufacturing/Materials & Processing (LEM&P2023)”」のご報告

松村隆 (東京電機大学), 鈴木教和 (中央大学)

LEM&P2023 がラトガース大学にて開催された。以下にその概要を報告する。

- 開催日：2023 年 6 月 12 日～16 日
- 会場：Rutgers University, New Brunswick, NJ, US
- 参加者：81 名 (全体では 750 名)
- 講演件数：63 件 (口頭：51 件, ポスター：12 件)
- 企画：生産加工・工作機械部門
- 共催：American Society of Mechanical Engineers (ASME), Society of Manufacturing Engineers (SME), 日本機械学会 生産加工・工作機械部門, 生産システム部門
- プログラム委員会
委員長：松村隆 (東京電機大学)
幹事：鈴木教和 (中央大学)
- トピック：工作機械技術, 加工技術, 微細加工と表面技術, 計測・モニタリング・評価, 付加加工技術, 生産システム, 材料技術, 材料加工

国際会議 LEM&P2023 は、現地の Rutgers 大学の主催のもとで、ASME の MSEC (Manufacturing Science Engineering Conference) と SME の NAMRC (North American Manufacturing Research Conference) との Co-location により同時開催されました。会議の期間中、参加者は 3 つ国際会議を自由に聴講ができ、お互いに交流を深めることができました。

この国際会議は、先進的な生産加工と材料について、この分野の先端的な研究と技術の情報交流を図るものです。

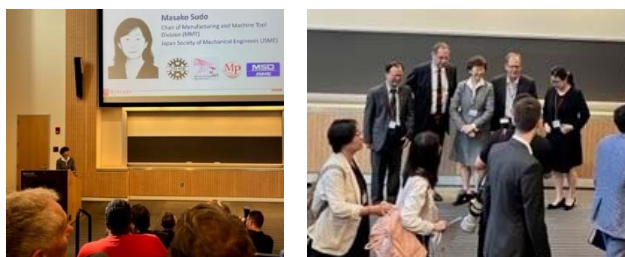


図 1 初日のプレナリーの様子

上記のように 8 つのトピックに関連して 63 件の講演が行われ、最新の研究成果の報告がなされるとともに、活発な議論が繰り広げられました。ポスターセッションでは 5 分間のショートプレゼンを実施し、MSEC からの 43 件のポスター展示とあわせて、合同でポスターセッションを開催しました。日本からの参加者だけでなく、海外からの多くの参加者と交流を図ることができました。

会議の初日の Opening session における Welcome address では、現地実行委員会委員長、開催校代表、SME、ASME、JSME、Advanced Manufacturing National Program Office からの挨拶がありました。JSME からは須藤部門長によりご挨拶をして頂きました(図 1)。当日の昼の Award Luncheon では、事前の論文審査を経て選ばれた 3 件の優秀講演論文に対して表彰を行いました(図 2)。引き続き、Keynote speech では Fred M. Carter III 氏 (DMG MORI) から最新の金属積層造形技術に関する話題提供がありました。会場からは多くの質問が寄せられ、発表内容に対する関心の高さを感じました(図 3)。また夕刻には、各団体の参加状況や活動状況について報告がありました。今年度の MSEC については 213 件(ポスター含む)、NAMRC は 178 件の論文が採択されました。北米の研究動向としては、AM や AI に関する研究がある程度落ち着き、現在は Smart Manufacturing に向けた取り組みを意識しているようでした。

本講演会を実施するうえで、LEM&P2023 の Organizing committee と Session organizer、生産加工・工作機械部門の皆様、そして、現地 Rutgers 大学の実行委員、MSEC、NAMRC の実行委員の皆様には、企画の段階から大変なご支援を賜りました。また、LEM&P2023 にてご発表、ご参加された皆様におかれましては、論文投稿からご発表までいろいろとご協力を頂きました。皆様のおかげで LEM&P2023 を盛



図 2 優秀講演論文表彰の様子



図 3 ランcheon キーノートの様子

会のうちに終了することができました。また、マザック財団から支援をいただきましたことを申し添えます。この場をお借りして心から深くお礼申し上げます。

部門講習会・セミナー開催のお知らせ(開催案内)

講習会開催のお知らせ

富山県立大学 伊東 聡

生産加工・工作機械部門では、以下の講習会を開催致します。

ハイブリッド方式による開催ですので、対面形式、オンライン(Webex)から参加方式を選択頂けます。歯車加工の最先端技術のみならず、関連技術分野における自動化・効率化をテーマとしておりますので、新たな観点から歯車加工技術を考えていただく機会として、これらの講習会をご活用頂ければ幸いです

【23-94】自動化・効率化のキーワードで読み解く歯車関連技術の新潮流

(生産加工・工作機械部門 企画)

[協賛(予定) : 型技術協会, 日本金型工業会, 精密工学会, 自動車技術会, 砥粒加工学会, 日本工作機械工業会, 日本塑性加工学会, 日刊工業新聞社, 日本工業出版社, ニュースダイジェスト社]

◆開催日◆ 2023年10月6日(金) 10:00~16:40

◆会場◆ ハイブリッド開催: 慶応義塾大学 日吉キャンパス(オンサイト)およびWebex(オンライン)
ミーティングID, およびパスワードは10月3日(火)までにメールでお知らせする予定です。

◆ 対面開催会場 ◆ 慶応義塾大学 日吉キャンパス 来往舎2階 大会議室

所在地：〒223-8521 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1

東急東横線、東急目黒線、東急新横浜線／横浜市営地下鉄グリーンライン:日吉駅下車 徒歩1分

<https://www.keio.ac.jp/ja/maps/hiyoshi.html>

司 会：伊東 聡 [富山県立大学]，寺前 俊哉 [プロテリアル]，村木 俊之 [マザック]，小池 綾 [慶応義塾大学]

◆ 題目・講師 ◆

10:00～10:05 開会挨拶

1. 10:05～10:55 5軸加工機と汎用工具での歯車加工 歯車加工技術研究所 木脇 祐二 氏
10:55～11:00 < 休憩 / 接続セットアップ >
 2. 11:00～11:50 操舵装置用ラック&ピニオンの高効率化 山形大学 大町 竜哉 氏
11:50～13:00 < 昼食時間 >
 3. 13:00～13:50 歯車部品の加工における更なる工程集約と自動化に向けた取り組み ヤマザキマザック株式会社 山本 雄記 氏
13:50～13:55 < 休憩 / 接続セットアップ >
 4. 13:55～14:45 EV化を支える歯車加工技術 株式会社カシフジ 河野 邦俊 氏
14:45～14:55 < 休憩 / 接続セットアップ >
 5. 14:55～15:45 ポイントオートフォーカス法による歯車と工具の形状及び粗さ測定 MATE 三浦 勝弘 氏
15:45～15:50 < 休憩 / 接続セットアップ >
 6. 15:50～16:40 浸炭歯車のリマニュファクチャリング技術の開発 日立建機株式会社 金澤智尚 氏
- 17:00～18:30 名刺交換会・交流会 来往舎1階 ファカルティラウンジ

◆ 趣 旨 ◆

電気自動車(EV)やロボット技術が産業分野のみならず、日常生活においても益々身近になっていく中で歯車の加工や製造には新たな要求や需要が生まれてきています。これまで生産加工・工作機械部門では、歯車加工技術に関する講習会を例年開催してきました。近年、SDGs への取り組みがより一層要求される中で、歯車関連技術は製造・加工技術のみならず、製品設計や工程設計、品質管理、メンテナンス等の多岐に渡る技術分野との連携がさらに重要になってくることが考えられます。今回は歯車の加工技術のみならず、設計や計測、補修技術にまで視野を拡げ、自動化・効率化をキーワードとして歯車関連技術における最新の潮流を読み解く講習会を企画しました。歯車加工の最先端技術のみならず関連技術分野における自動化・効率化をテーマとし、新たな観点から歯車加工技術を考えていただけるような企画にしました。この機会に是非ともお申込みいただければ幸いです。

◆ 詳 細 ◆ 右記の日本機械学会 HP のイベント一覧より御確認下さい。 <https://www.jsme.or.jp/event/23-94/>

技術レポート

「環境負荷の低減を実現する電解水専用切削液」と「切削液の品質管理システム」

株式会社日本フルードシステム
開発部
稲垣秀和

1. 背景

金属部品の加工における重要な要素として、工作機械、切削工具、切削液の3要素がある。精密に設計された部品形状となるように工作機械が切削工具を目的の位置に運び、目的の形状となるように金属表面を削る。この時に発生する摩擦を低減させ、工具と被削材を冷却し、発生した切屑を洗い流し新た

な加工に備える役割が、我々が開発する切削液の仕事と考えている。

そして、これまで市場が求める品質に対応した切削液が開発されてきた。例えば、大量生産への要求に対しては、24時間無人自動運転を可能するため、火災の危険がない安全な非危険物である水溶性切削液が開発され、多くの工場で採用されてい

る。また超硬，チタン合金，ニッケル合金などの難削材の精密加工が求められる市場に対しては，極圧剤等の特殊潤滑剤を配合した加工性能に優れた水溶性切削液が開発され，日本のものづくりを支えている。その他にも，炭素繊維強化樹脂（CFRP）やセラミックス，チタンアルミ合金などの新素材が開発される度に，それらに適した加工液が開発されてきた。もちろん，経済状況が厳しくなると，より安価な加工液が求められ，価格競争力の高い切削液が重宝されることもある。このように市場の環境に合わせ様々な切削液が開発されている。

2. 「電解水専用OilWater」の開発コンセプトとその性能

昨今，SDGsをはじめとする世界的な環境意識の高まりから，あらゆる分野において環境に影響の少ない持続可能な開発が求められており，例外なく切削液もそれらに対応した製品の開発が最優先課題となっている。そこで弊社では，切削液の寿命を延長するために従来配合されてきた防腐剤（殺菌剤）や，潤滑性を高めるために配合されてきた鉱物油や塩素，硫黄，リン等を含む極圧剤を使用しない，人と自然環境を最優先した切削液の開発に取り組んでいる。そして，弊社「OilWater series」では，上述の添加剤を配合せず良好な性能を確保するために，水溶性切削液の大半を占める「希釈水」に「アルカリ電解水」を用いた新たな切削液である。

一般的に水溶性切削液の希釈に使用される水は，水道水，工業用水，地下水などが使用されているが，これらの水質は地域・季節によって違いがあり，硬度成分であるカルシウム，マグネシウム濃度，鉄，シリカなどの微量元素やpH，工業用水や地下水においてはバクテリアの有無などに大きな差が現れることが知られている。そして，図1は希釈水の硬度と切削液の安定性の関係性を評価した結果であるが，希釈水硬度によって切削液安定性が大きな影響を受けることが示されている。つまり，水質変化の少ない安定した希釈水を用いる事で，使用環境・地域による加工液の性能差を無くし，加工液本来の性能を發揮させることが出来るようになる。

ここで，希釈水として，純水やイオン交換水を用いることでも安定性は改善される。しかしながら，これらを希釈水として用いた場合，切削液の腐敗や錆の発生が課題となる。そこで我々は，アルカリ電解水を希釈水として用いる新たな切削液「OilWater series」の開発に取り組んだ。図2に，開発切削液の防腐性能の評価結果を示す。同図に示すように，純水で市販エマルジョンを希釈した場合，高濃度時には防腐剤の効果によりバクテリアの発生を抑制出来るものの，加工液濃度の低下とともに資化されやすい鉱物油等の影響が強くなり，バクテリアが多く発生する。一方で，アルカリ電解水を用いて専用加工液を希釈した場合，専用加工液は防腐剤を配合していないのに関わらず，アルカリ電解水の効果によって加工液濃度によらず安定してバクテリアの発生を抑制できている。さらに，「OilWater series」の皮膚刺激性について，防腐剤を含む市販エマルジョン2種との比較（社内基準に基づく）を行った結果を図3に示す。その結果，防腐剤を配合していないOilWaterの刺激性が総じて低いことが確認できた。特に，加工液に5時間暴露した際の刺激性の差は，基準エマルジョンS及びTと比較して一目瞭然である。これらの結果から，加工従事者はもとより，弊社加工液製造担当者も，より安心して加工液を扱うことが出来ると考えている。



図1 希釈水硬度と安定性および性能

防腐性試験

加工液濃度	純水+エマルジョン	電解水+専用液
10wt%	0	10 ³
5wt%	0	10 ⁴
3wt%	10 ³	10 ⁴
2wt%	10 ⁴	10 ³
1wt%	10 ⁴	10 ³
0.5wt%	10 ⁶	10 ³

※三菱石油バイオエッカー-TTCによる菌数測定

図2 加工液濃度と防腐性能の関係

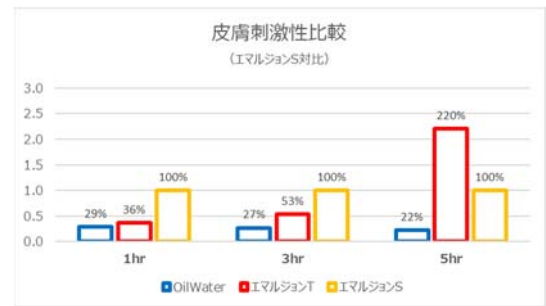


図3 皮膚刺激性の評価結果

3. ワイヤレスモニタリング装置による液管理

OilWater シリーズは，防腐剤や鉱物油，塩素，硫黄系極圧剤などを配合していないため，安定して使用するためには，アルカリ電解水の補給や加工液の濃度・pH管理などが極めて重要となる。従来の切削液においても，濃度・pHの管理は重要であり，糖度計などを用いた管理がされてきた。しかしながら，従糖度計による管理方法においては，水質の変化や混入油分等の影響により，正確な測定が困難であり，現場での液管理を難しくしていた。そこで我々は，OilWaterの特徴を活かし，EC値で濃度管理をする方法を新たに開発した（図4，特許出願済）。こ

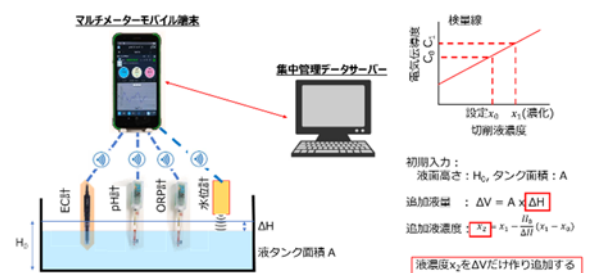


図4 加工液モニタリング装置（※特許出願済）

れにより、従来の現場では難しかった加工液濃度の正確な測定を可能にし、リアルタイムでの濃度管理を実現した。さらに、モバイル端末から送られるデータはサーバーで集中管理する事が可能であることから、これらの情報を共有する事で、メーカーからの的確なサポートも可能としている。

4. まとめ

我々は、限られた資源を活用し、生活を豊かにするための技術に貢献している。そして、持続可能な開発を意識し、出来るだけ少ない資源で目的を達成する技術開発を心がけている。本技術に興味を頂けましたら幸いです。

編集後記

生産加工・工作機械部門ニュースレターNo. 64をお届けします。執筆者の皆様には、大変お忙しい中、記事を執筆いただき、誠にありがとうございました。今回の技術レポートでは、株式会社日本フルードシステム 稲垣様に、同社が開発している「環境負荷の低減を実現する電解水専用切削液」と「切削液の品質管理システム」について、ご執筆いただきました。

昨年度と比べ、対面イベントも活発に開催されるようになっております。これらの活動を通じ、多くの方々の交流が進むことを願っております。

広報・出版委員会 委員長：成田浩久（名城大学）、幹事：杉原達哉（大阪大学）、委員：古本達明（金沢大学）

Manufacturing & Machine Tool

No.64 秋季号 2023年9月28日発行

編集 生産加工・工作機械部門、広報・出版委員会

発行者 一般社団法人 日本機械学会 生産加工・工作機械部門

行事カレンダー

期 日	主 催	名 称	場 所
2023年10月6日	日本機械学会 生産加工・工作機械部門	【講習会】自動化・効率化のキーワードで 読み解く歯車関連技術の新潮流	慶応義塾大学 日吉キャンパス

* 日本機械学会 生産加工・工作機械部門が主催する講習会等の詳しい情報は、開催日の約1ヵ月前を目途に、部門のホームページ (<http://www.jsme.or.jp/mmt>) に掲載します。そちらもご参照ください。

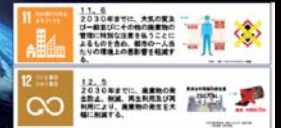


オイルウォーター

OilWater

鉛物油も防腐剤も含まない電解水専用金属加工液

✓ アルカリ電解水と専用加工液でSDGsに貢献



鉛物油ゼロ 防腐剤ゼロ 硫黄、燐、塩素、硼素ゼロ ミスト低減

※SVHC非該当Ver.29・RoHS非該当・塩素・硫黄・燐系極圧剤非含有・非危険物・PRTR非該当

✓ アルカリ電解水専用加工液の効果

- 環境改善：工場で働く環境から改善 ▶ 工場 = 悪臭、べたつき (安全性はもちろん、今まで難しかった錆物の臭い、工場内オイルミスト、腐敗臭を低減)
- 生産性向上：優れた冷却性 ▶ 切削量up、加工時間短縮 (優れた冷却性で、工具摩耗を抑制し超硬・金型鋼やステンレスなどの難削加工効率改善)
- コスト削減：工具・添加剤・時間の削減 ▶ トータルコスト低減 (工具交換頻度低減、添加剤補給量削減、洗浄剤削減、工場清掃簡略、消費電力削減)

※) 詳細は、下記問合せ先にご連絡下さい。

Oilwater series&アプリケーション

SP	SP-X	WK-α
SUS/SKD/Ti	SUS/鍛造/SKD/Ti/Ni/Al	超硬/SKD/Ti/Ni
<ul style="list-style-type: none"> 優れた冷却性と低毒性で難削材の高速研削研磨にも対応 推奨濃度：3~10% 倍率：10~30倍 透明 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却性と潤滑性を兼ね備えより高い加工性能を実現 使用濃度：5~10% 倍率：10~20倍 微白色 	<ul style="list-style-type: none"> 超硬の加工といえばこれ ※超硬だけでなく、難削全般 使用濃度：3~10% 倍率：10~30倍 透明

OilWater専用モニタリング装置 “マルチメーター”



3成分同時測定

pH、EC、水位+OP

ワイヤレス測定

工場のどこからでも...

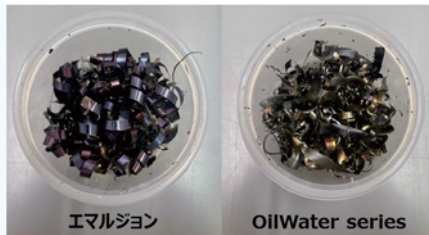
専用アプリ

簡単操作・履歴表示

※) 特許出願済

社内性能試験結果 (加工・洗浄・防錆・冷却)

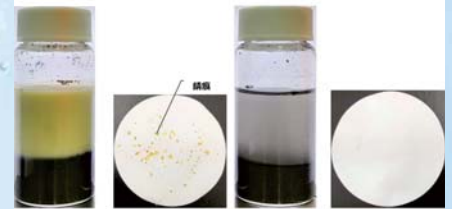
SKD61焼入鋼チップ (HRC44-48)



エマルジョン

OilWater series

pHドロップ発錆試験



エマルジョン pH8.1

Oilwater series pH8.0

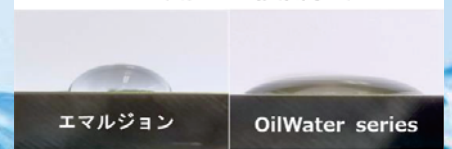
機内べたつき改善例



エマルジョン

OilWater series

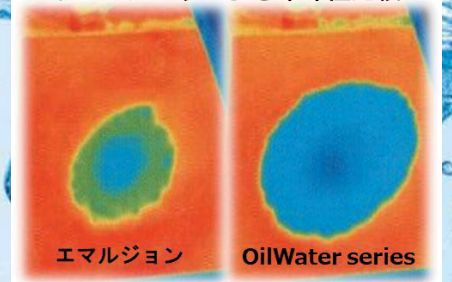
SUS304表面との接触角測定



エマルジョン

OilWater series

サーモカメラによる冷却性比較



エマルジョン

OilWater series

Japan Fluid System (株) 日本フールドシステム

問合せ先 〒665-0051 兵庫県宝塚市高司5-1-44 TEL : 0797-76-5735

取り扱い製品 ✓電解水専用加工液 ✓電解水 ✓電解水生成装置 ✓産業支援装置 ✓オンデマンド開発 (化学品・装置)