

TODAY



素形材技術の進歩と 「素形材産業技術賞」表彰

(一財) 素形材センター
副会長・専務理事 板谷 憲次

11月には「素形材月間」です。素材の関係者の皆様に「素形材月間」をご存知の方がどれくらいいるでしょうか。

「素形材月間」は、平成7年11月に、「素形材産業の活性化並びに素形材及び「ものづくり」に対する一層の理解向上等を図る」ことを目的として始められました。推進組織は、「素形材月間推進協議会（会長；有馬朗人 理化学研究所理事長（当時）」で、一般の方も参加する「ものづくりコンテスト」や「写真コンテスト」なども開催されていましたが、コスト面から一般の方の理解向上を図る機会は激減しました。

「素形材産業技術賞」表彰は、「優秀な素形材産業技術の開発等によりわが国素形材産業の技術水準の進歩向上に著しく貢献した技術の開発者」を表彰するもので、「素形材月間」の始まる10年前、昭和60年に創設され今年で34回目となる表彰制度です。表彰式は「素形材月間」の中心に位置づけられています。

今年の第24回「素形材月間」においても、素形材センターの主催する「素形材月間記念式典」を11月2日に開催し、「素形材産業技術賞」、「素形材優良従業員」の表彰と、記念特別講演会、記念祝賀パーティを行いました。「素形材産業技術賞」表彰では、経済産業大臣賞1件、中小企業庁長官賞1件、製造産業局長賞1件、素形材センター会長賞3件、奨励賞6件が表彰を受けました。（以下、企業の敬称略。）

今年の経済産業大臣賞は、トヨタ自動車（株）と新東工業（株）の「無機バインダーを用いたアルミニウム鋳造の造型・リサイクル技術の開発」

でした。新技術は、従来の中子造形工法（シェルモールド法：鋳物工場の独特の臭気のもと）に代わる無機バインダーを用いたアルミニウム鋳造の中子造形技術と砂リサイクル技術を含む革新的な生産技術です。これにより、製品の形状自由度は向上し、臭気濃度は1/100以下、砂リサイクル工程でCO₂発生量は1/2以下を達成しています。天井を這っていた臭気ダクトもなくなり、鋳物製造現場とは思えないすっきりとした未来工場になっています。鋳造技術としては数十年振りの革新技術です。

製造産業局長賞も自動車企業でした。日産自動車（株）の「可変圧縮比エンジン部品の低ひずみ真空浸炭熱処理技術の開発」です。従来エンジンに対し、出力、トルクとも2倍近い値を達成できる次世代エンジンとして期待されていた「可変圧縮比エンジン」は複雑なリンク機構を有し、生産課題も多くありました。このコア部品の「ロアリンク」に求められる高い疲労強度と硬化層深さを実現したのが、フレキシブルな浸炭パターンを実現できる小型真空浸炭炉とガス焼入れ装置の導入、熱処理方案の最適化による低ひずみ高硬度浸炭焼入れ技術の確立でした。

また、中小企業庁長官賞は（株）木村鋳造所の「砂型用3Dプリンタを用いた鋳鉄鋳鋼品の超短納期製造プロセスの開発」です。鋳造用砂型の3Dプリンタは生産性の高さから、アルミニウム合金鋳物に対して適用されていますが、鋳鉄鋳鋼分野への応用は進んでいませんでした。新技術は、3Dプリンタ砂型を用いて鋳鉄鋳鋼品の試作品を製造する技術です。3Dプリンタは専用の素材を用いる仕様となっていますが、プリンタ・メーカーと交渉し、自ら調達した人口砂の使用を可能とし、また専用の砂焙焼再生装置を設置し、砂の完全な再生利用も実現しました。この砂再生とCAE技術を組み合わせて、超短納期に対応した製造システムを確立したことは、注目新技

術の適用という点で評価されました。

素形材センター会長賞は3件です。新日鐵住金(株)と本田技研工業(株)、(株)本田技術研究所の「量産二輪車向けチタン製燃料タンクの開発」、新日鐵住金(株)の「フランジ連続化超ハイテン高機能部品成形技術の開発」、(株)田島軽金属の「SiC40vol%のアルミニウム合金鋳物の砂型低圧鋳造法の開発」でした。

今年の受賞技術の特徴は、素形材需要の大半を占める自動車関連が多かったことです。式典の記念講演会が、講師に(一財)日本自動車研究所の代表理事・研究所長の永井正夫先生をお迎えし「自動車の将来像について」お聴きしたのは、偶然ではなかったのかも知れません。また、優

秀受賞案件の分野も鋳造3件(内、新素材1件)、塑性加工2件(素材は、チタン、ハイテン)、金属熱処理1件と幅広い分野の受賞となりました。

素形材産業は製造プロセスも確立された成熟した産業のように思われる方が多いようですが、新素材が市場に投入される度に、プロセス革新も必要となる発展途上の産業です。古くからの産業技術である鋳物の製造法もまだまだ改良が続けられています。

金属系素材の研究開発に携わられている本紙の読者の皆様も、実用化プロセスに注目いただき、素形材産業へのご理解、ご支援をお願いいたします。

JRCM REPORT

次世代のものづくりへの橋渡しを目指して

国立研究開発法人産業技術総合研究所
製造技術研究部門長 市川 直樹

1. はじめに

国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下産総研)は、我が国最大級の公的研究機関として日本の産業や社会に役立つ技術の創出とその実用化や、革新的な技術シーズを事業化に繋げるための「橋渡し」機能に注力しています。そのための体制として産総研のコア技術を束ね、その総合力を発揮する「5領域2総合センター」があり、全国10か所の研究拠点で約2300名の研究者が研究開発を行っています。今回ご紹介する製造技術研究部門は、エレクトロニクス・製造領域に属して、2015年からの産総研第4期に発足しました。研究拠点として、つくば東(旧機械技術研究所)と九州(旧九州工業技術研究所)にあり、常勤の研究者が70名、11(つくば東に7、九州に4)の研究グループに分かれています。部門のミッションとして、革新的な加工プロセス・システムの開発、先端センシングデバイスを用いた計測・評価技術の開発、顧客価値や物流・製品リサイクルなども含めた設計・情報技術の開発を統合的に行うことで、日本の製造業の持続的産業競争力強化に資することと設定してい

ます。その中で、部門の研究の大きな方向性として、素材・材料・目的に合わせた加工プロセスの最適化・複合化としての「先進加工技術」と、分散した製造機器・センサのネットワーク化による柔軟性の強化としての「製造網・スマート製造」をあげて、それらの研究成果を産業界に提示・橋渡しを進めていくと共に公設研と連携した地域の研究開発型の中堅・中小企業への展開もはかっているところです。以下、それぞれの最近の成果を簡単にご紹介させていただこうと思います。

2. 先進加工技術

1) 付加製造技術(積層造形技術)

自由な形状創成が可能な3Dプリンタとして知られる積層造形技術については、金属を対象とした取り組みを行っています。国内外で装置や具体的な応用例が増えてきていますが、まだまだ自由な材料で自由な形状を作れると言うところにはなっていない現状があります。切削、変形など従来の加工に置き代わるのではと言われていた時もありましたが、むしろ従来の加工では実

現が難しい加工（格子構造や複雑な内部構造、トポロジー最適化（同じ強度を持ちながら贅肉を落とす形状）への展開が期待され、そうでないところには、従来の加工も積極的に組み合わせさせて使おうという方向になっています。そうした中で、NEDO プロジェクトとして鑄造用精密砂型中子を高速につくる技術開発を技術研究組合 TRAFAM のプロジェクトリーダーとして行ってきました。従来にない高速硬化を実現する 1 液硬化性の人工砂の開発などにより、10 万 cc/h の速度で 1.8m × 1m × 0.75m の空間に約 13 時間で精密な砂型を造形できる装置を開発し、今年から市販され始めています（図 1）^[1,2]。また同じプロジェクトの中で、金属粉を吹きつけ、レーザーで溶融凝固することで造形する DED(Directed Energy Deposition) と言われるタイプの造形方法の開発も行い、プロジェクトの中では主に評価技術について開発してきました。並行して微細細書および異種材料の精密造形技術の開発も行い、0.2mm 以下のライン幅の造形や、粉末材料を瞬時に切り替えることで、同じ面内への違

う金属の造形に成功しています（図 2）^[2]。粉を薄く敷き詰め、その粉面に対して造形対象物の二次元断面のパターンを溶融凝固させる PBF(Powder Bed Fusion) と呼ばれる造形方式に対しては、JST プロジェクト等に参画し、このプロセスにおける溶融凝固挙動や凝固後の金属組織を詳細に調べることで、積層造形に適した高い加工性や性能を持つ新しい合金開発や、既存材料に対しては高価なガスアトマイズ粉に代わる安価な粉の利用方法など、付加製造技術・積層造形技術がより社会に広まるための基盤技術の開発を行っています^[3,4]。

積層造形技術というと、一般には、金属粉を敷き、あるいは粉を飛ばして溶融凝固を平面上あるいは局所的に付加するものが考えられていますが、薄い SUS の金属箔の積み重ねで機能をつくることも考えています。プレスで打ち抜いた金属箔をナノ精度の位置決めと低温短時間の拡散接合技術により、微小流量送液を可能とする全金属製マイクロポンプをサポインで中小企業とともに開発しました（図 3）^[5]。

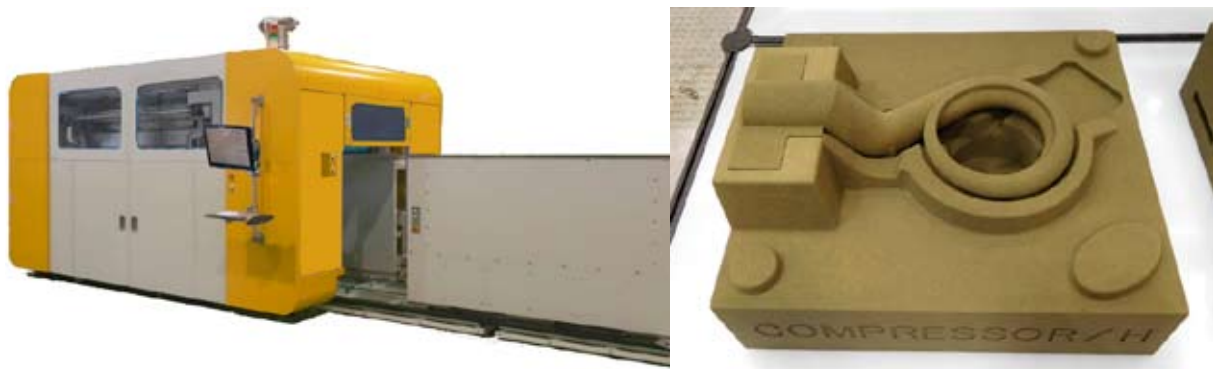


図 1 高速砂型積層造形装置（左）と造形例（右）

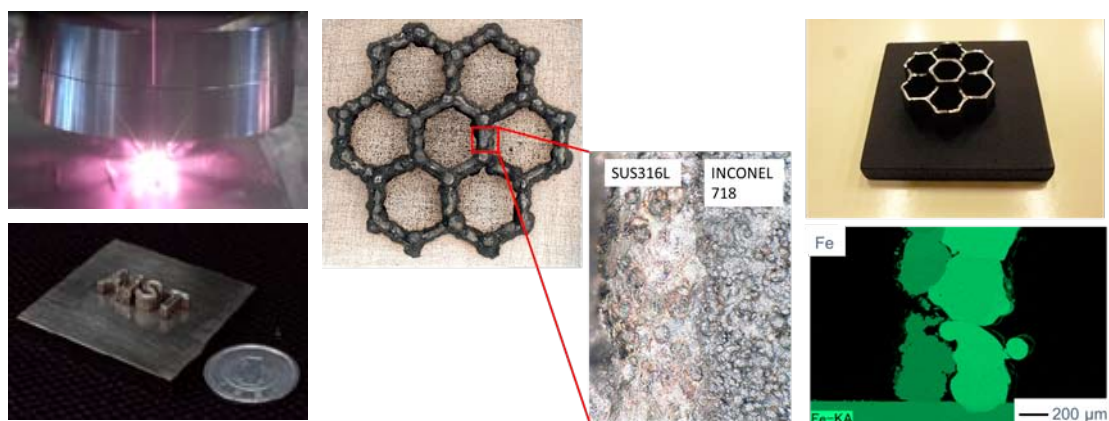


図 2 レーザ DED 法による細書き造形プロセスの様子と造形例（左）およびステンレス鋼 (SUS316L)/ ニッケル基超合金 (INCONEL 718) ハニカム構造造形物（中央、右）

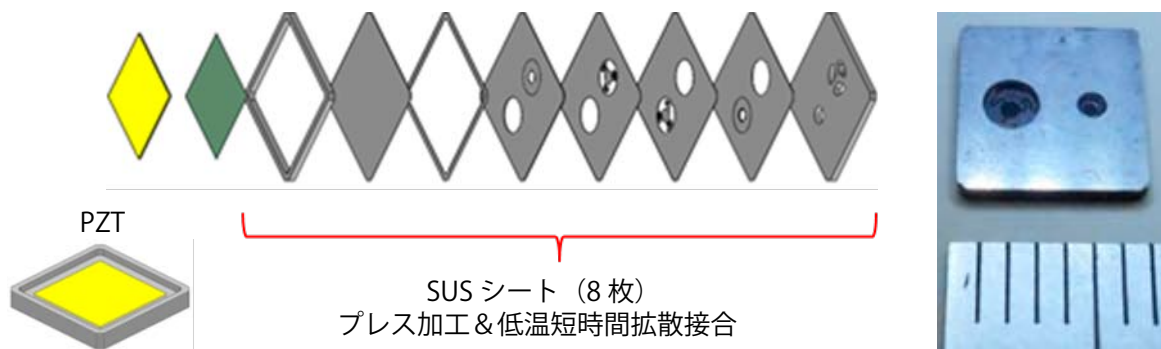


図3 SUS金属箔積層によるマイクロポンプ

2) オンデマンド加工技術

複雑な一体形状を作成する方法は付加製造技術ばかりではありません。塑性加工で、古くから行われてきたへら絞り（スピニング加工）を高度化し、ローラ工具をワークの回転と同期して精密に制御することで、非軸対称な構造や異形のパイプ加工を可能とする技術を開発してきました^[6]。これまで、その実現には複雑な計算を断面ごとに行う必要があったのですが、3D-CADでのデジタルデータから一括で異形のスピニング加工を行うNC指令に変換できる技術を開発しました。これにより、金属3Dプリンタが苦手とする中～大型部品のラピッドプロトタイプングにも対応できる技術になると期待しています（図4）^[7]。

3) 複合加工技術

加工現象の解明をもとにした加工プロセスを

最適に複合化する製造プロセスを開発し、プロセスチェーンの短縮化のみならず、従来の手法では困難な形状や精度の加工と高機能を付与した部材デバイスの製造を目指しています。その1つの例として、レーザー加工と電解加工の異なる原理の加工方法を同一機上で複合することで、SUS等の金属に対して小径の穴や、狭い溝など高アスペクト比の形状を、レーザー加工のみでは抑制が困難なデブリをほとんど発生させないで加工でき、斜めの穴や溝の加工もできる超小型のDEEL（Deep Electrochemical Etching with Laser assistance）複合加工機を開発しました（図5）。直径100 μm 以下、数百の穴を持つ小径多孔インジェクションノズルや、脳血管など抹消血管を対象とした直径200 μm 以下の超小径ステントなど世界に類を見ない金属製品製造への貢献が期待されています^[8]。

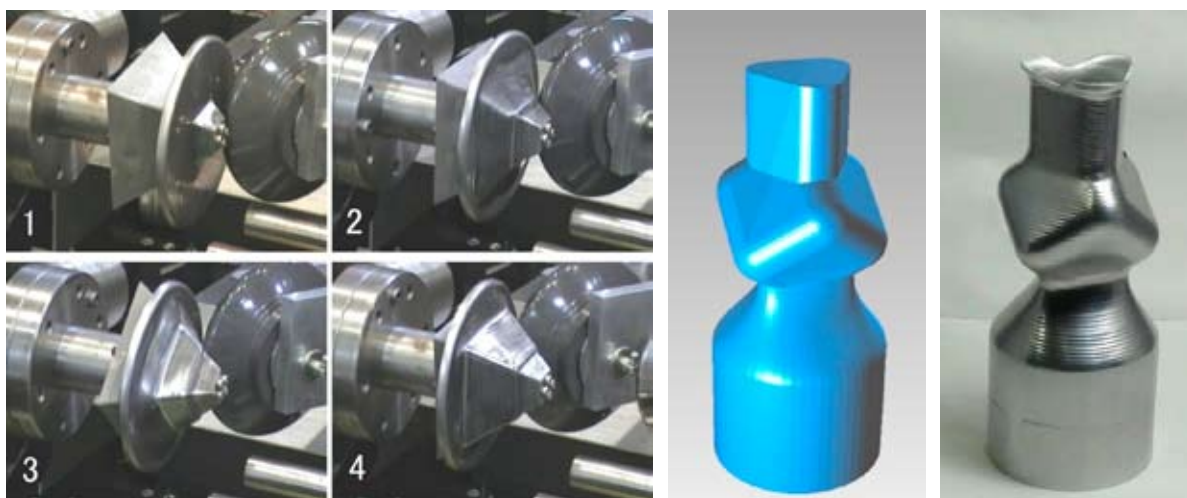


図4 異形スピニング加工装置（左）と3DスピニングによるCADデータ（中央）とスピニング加工例（右）

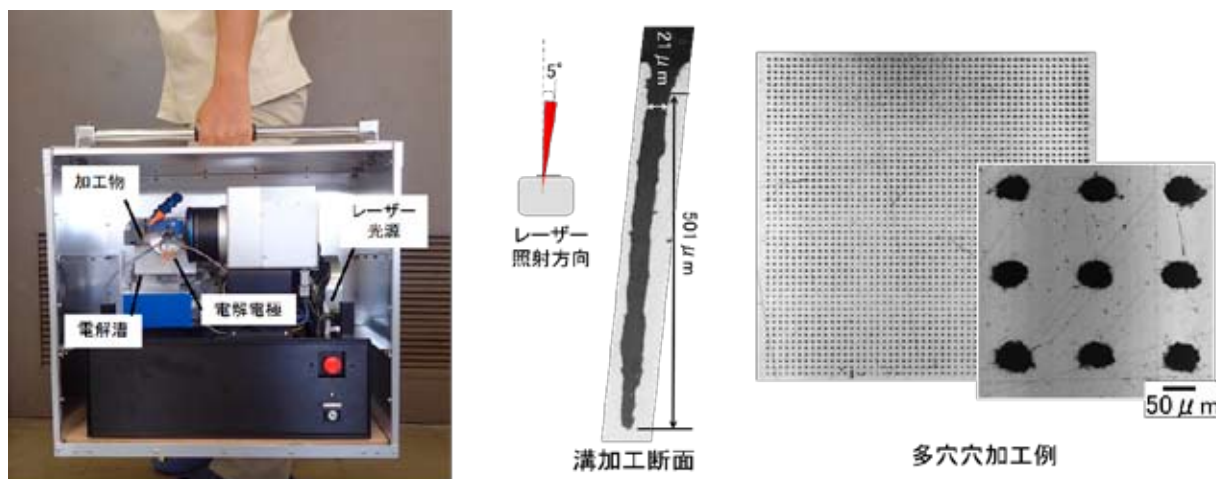


図5 DEEL 複合加工装置（左）と加工例（右）

3. 製造網・スマート製造

1) 製造網および製造のモデリング

加工機、工場、企業など様々な階層でネットワーク化されたものを「製造網」と呼び、それによる柔軟性（レジリエンス）の高い生産システムの実現に必要な技術の開発を行っています。資源循環型の社会システム構築、工場・生産設備のムダ・ムリ・ムラや不具合・診断を行うモニタリングシステムなどを考え、それらのデータモデルの構築を目指しています。特に生産システムを構築する全ての要素とその関係を、要素間のモノ、エネルギー（物理操作）、情報の流れとして、物理空間とサイバー空間に対応づけて明示する表現形式を提案しました^[9]。また、経産省主導のWGの下、傘下の企業と協力しながら、実現が期待される2つのユースケースについてプロトタイプとなるシステムを構築しました^[10]。

2) 製造現場での見えないものを見ることができるセンシング技術

製造現場での不具合には、様々な要因が考えられますが、直接的に原因が分かる場合ばかりではないことが普通です。そうした直接分からない（見えない）現象を可視化・計測出来るようにする技術開発を行っています。例えば、静電気分布を可視化できるスキャナーとして、非接触、定量的、高空間分解（1mm）、短時間（2秒@30mm×30mm）で、表面電位分布を測定できる装置の開発に成功しました^[11]。また、航空機CFRPの内部で発生した破壊予兆を応力発

光技術を利用して可視化できる技術を開発し、CFRP破壊初期過程に内部で発生する予兆であるトランスバースクラックを世界で初めて発光可視化する事に成功しました^[12]。同じ技術を用いて、自動車の車体モデルの正面衝突時の応力（歪）の伝播状態の可視化にも成功しています^[13]。

3) 臨海副都心センターモデル工場

近い将来のものづくりのあり方の一つとして、変種変量に対応できる分散型生産システムが考えられます。従来の大量生産向けの生産ラインから、製品やその生産量に応じてアクティブに工場同士を連携させることで対応可能とするシステムが想定されます。その場合の情報やものの流し方・共有化のやり方（協調領域と競争領域の切り分け）、海外も含めた標準化などが大きな課題です。一方、モデル・シミュレーションなどにより構築するサイバー空間で、実工場である物理空間で生じていることをシミュレーションし、人工知能も駆使しながら、不具合の予知予測等を行うというデジタルツイン（国内ではこれに技能者の知見やノウハウなども入れたデジタルトリプレットという考え方を出している）も、ものづくりの将来像として考えられています。製造技術研究部門では、こうした将来のものづくりを「製造網・スマート製造」として、上記の各要素技術等も含めて企業の方々に提示し、またテストベッドとして試してもらえる場を、産総研臨海センターに2019年度早々にはオープンしようと準備を進めているところです（図6）^[14]。

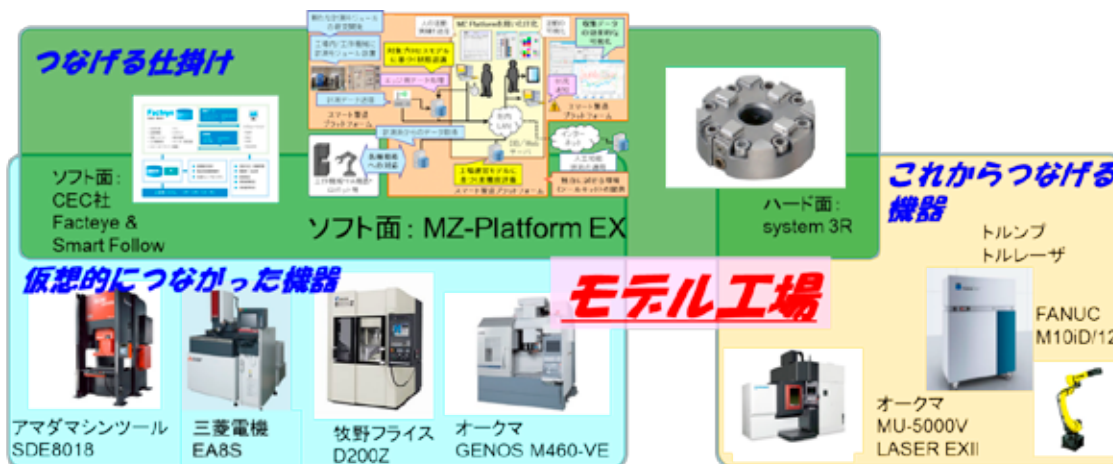


図6 産総研臨海センターに置かれる加工機群を用いたテストベッド

4. おわりに

産総研製造技術研究部門での最近の成果や動きをご紹介させていただきました。ここに示させていただいたのはごく一部で、紙面の関係から紹介しきれていない面白い技術も多数あります。ぜひ部門の紹介ウェブサイト^[15]

等もご覧になり、使えそうな技術、新しい展開を考えるうえでのヒントを探してみてください。簡単な技術相談から、技術コンサルティング、共同研究など様々な連携の仕方がありますので、ご遠慮なくご相談いただければと思います。

参考文献

- [1] 大場, 鈴木, 諏訪, 宮野, 加藤, 江端, 岡根: 量産適用を目指した高速砂型積層造形装置の開発, 鑄造工学, 90(2018), pp.274-279.
- [2] 技術研究組合次世代 3D 積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM) 「シンポジウム講演集」(2016), (2017), (2018).
- [3] Sato, N., Ito, M., Izumida, T., Shimizu, T., Nakano, S.: Usability of Ti6Al4V Powder via Hydride-Dehydride Process for Selective Laser Melting Process, Mater. Sci. Forum, 879(2017), pp.1698-1702.
- [4] 中野: 金属積層造形 (金属 3D プリンティング) の実用化と課題, 第 26 回微粒化シンポジウム講演論文集 (2017.12), 日本流体微粒化学会・日本エネルギー学会, pp.5-7.
- [5] 加藤, 佐藤, 白鳥, 鈴木: 鉄と鋼, 102(2016), pp.34-39.
- [6] 荒井: 同期絞りスピニングによる異形断面形状の成形, プレス技術, 54-9 (2016), pp. 38-42, 2016
- [7] 荒井: ロボット技術によるスピニング加工 (ヘラ絞り) の進展, 精密工学会誌, 84-4 (2018), pp.311-314.
- [8] 産総研プレス発表 (発表・掲載日: 2018/05/31): 加工技術の複合化により高品位微細加工を超小型装置で実現 https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2018/pr20180531/pr20180531.html
- [9] ロボット革命イニシアティブ協議会 I o T による製造ビジネス変革WG 産業機械サブ幹事会: 「スマートマニュファクチュアリングの実践」～現場力を活用するサイバーフィジカル生産システム～, (2017). https://www.jmfrri.gr.jp/content/files/Open/2017/20170321_wg1_mtsw/J-RR1_Release_RRIWG1_IMSCpaper_0315a_m.pdf
- [10] ロボット革命イニシアティブ協議会 I o T による製造ビジネス変革WG 産業機械サブ幹事会: 「スマートマニュファクチュアリングの実践」～工作機械の多様性を考慮した状態監視・可視化システムの協調設計と実証～, (2018). https://www.jmfrri.gr.jp/content/files/Open/2018/20180427_SSK_Report/1_2018_report_J_r5.1.pdf
- [11] 産総研プレス発表 (発表・掲載日: 2017/06/06): 静電気分布を可視化するスキャナー https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170606/pr20170606.html
- [12] Terasaki, N., Fujio, Y., Sakata, Y.: Proceedings of 29th International Committee on Aeronautical Fatigue and Structural Integrity (ICAF2017) symposium 75, (2017), pp.1961-1967.
- [13] 産総研広報 YouTube (公開: 2018/03/08): 車体正面衝突試験時の応力発光 <https://www.youtube.com/watch?v=JEIP-4ZvI5w>
- [14] 産総研が AI 検証環境を整備、工場やコンビニなど再現, ニュースイッチ <https://newswitch.jp/p/12250>, 2018/03/09.
- [15] 産総研製造技術研究部門ウェブサイト <https://unit.aist.go.jp/am-ri/>

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第 386 号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2018年12月1日
発行人 小紫 正樹
発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11 東洋海事ビル6階
TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285
ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp