

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00737

研究課題名(和文) マルチマテリアルAM技術の開発

研究課題名(英文) Research on Science of Multimaterial AM

研究代表者

新野 俊樹(Niino, Toshiki)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：70291929

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,500,000円

研究成果の概要(和文)：付加製造技術は、複雑な3次元構造を造形することができる加工方であり、樹脂、金属、セラミックスの加工が商業的に可能である。しかしながら、樹脂と金属の複合構造体の加工は現在のところ実現していない。本研究では、樹脂の最終部品の付加製造技術としても普及しているレーザー焼結と、表面に金属配線を配置された樹脂成形品、MIDの製造技術であるところのLDSを組み合わせることで、マルチマテリアルAM(MMAM)の確立を目指した。一般的なレーザー焼結用粉末に銅の化合物を混ぜることで、ポリアミド製の部品を製造する技術を確立し、さらに、高融点、高強度のポリエーテルエーテルケトンのMMAMも可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複雑な構造を有する樹脂部品に電気的な機能を付与することで、機器の圧倒的小型化や、内部に配線を持つことで内部に機能性を有する流体部品を実現できることで、ドローン等を含む航空宇宙機器や、補聴器をはじめとするヘルスケア部品の圧倒的小型化・軽量化・高機能化が期待できる

研究成果の概要(英文)：Additive manufacturing technology is a processing method that enables complex three-dimensional structures to be formed, and processing of resins, metals and ceramics is commercially feasible. However, the processing of composite structures of resin and metal has not yet been realised. This study aimed to establish multi-material AM (MMAM) by combining laser sintering, which is also popular as an additional manufacturing technology for plastic end parts, with LDS, which is a manufacturing technology for plastic moulded parts with metal interconnections on the surface and MIDs. By mixing a copper compound with common laser sintering powders, a technique was established to produce components made of polyamide, and MMAM of polyetheretherketone with a high melting point and high strength was also made possible.

研究分野：付加製造

キーワード：付加製造 3Dプリンタ レーザー焼結 MID マルチマテリアル

1. 研究開始当初の背景

AM技術は、接合技術を自動化することによって、自由形状をデータからダイレクトに実体化できる技術であるが、複合的な材料構造、特に金属と樹脂の複合構造体を構築する技術は確立されていない。もし、金属-樹脂複合体の構築が可能になれば新たなメカトロデバイスの創出、メカトロ機器の小型化に大きく貢献することが期待される。金属のAM技術は多くは、溶接技術の自動化したもので、溶接ビードを必要な場所に付着させていくことで所望の形状を実体化する。金属を溶接するには金属を融点以上に加熱しないとならないが、一部の特殊な金属を除けば金属の融点は700°Cより高い。それに対して多くの樹脂の分解温度は500°Cであるため、溶融した金属と樹脂が同じ場所に存在することは原理的に不可能である。

一方、金属と樹脂の複合構造は、射出成形品の表面を修飾することでMIDという形ですでに確立されている。MIDの製造工法では、溶接以外の方法によって射出成形品の表面に金属を配置することで、前述のジレンマを解消している。金属の配置には、金属箔の張り付け、めっき、蒸着などの手法を用いるため、金属を構造部材として利用して部品の力学強度を向上することはできないが、樹脂にはない金属の高い導電性を利用することで、立体配線路を形成したり、金属箔に画次元形状を付与することで高機能なアンテナの製造などに利用されている。射出成形をベースとした形状創成技術であるため、得られる形状の複雑さはAMに比べると限定的である。

2. 研究の目的

本研究では、形状の複雑性というAM技術の特性と、金属と樹脂の接合というMID製造技術を組み合わせることで、幾何学的に複雑でかつ材料的にも複合的な構造を有する複合材料付加製造技術（Multi-Material Additive Manufacturing, 以降MMAM）を開発することを目的とする。前者では金属の融点が樹脂の分解温度より高くなるという問題があり、材料の選択に制限がある。後者のアプローチは、二つの技術の単なる組み合わせであるため、樹脂部分の構造は複雑なものにできるが、複雑な内部構造内に金属を配置することができない。本研究は、AM技術による樹脂の造形とMID技術による樹脂表面の選択的金属化を同時に行うことで、複雑な形状を有する樹脂部品の隠面をふくめた全ての表面を金属化できることを特徴とする。また、本研究目的を達成するには、MID製造に対応した新たな材料の開発とそれを造形するためのAMプロセスが必要になるが、このプロセスには研究代表者が独自に開発したレーザー焼結の低温造形法を利用する。

3. 研究の方法

MIDの製造には様々な工法が用いられているが、LDS法（Laser Direct Structuring法）は最も広く利用されている工法である。LDSではベースポリマーに金属化合物、触媒、無機フィラーを添加したものが材料として用いられる。この材料を射出成形し、成形品の表面に波長1μm程度の近赤外光を照射すると、金属化合物が還元され金属微細粒子が析出する（活性化）(図2)。これをめっき種として選択的に無電解めっきを行い、さらに電解めっきで厚づけすることによって、樹脂部品表面に電気回路等を構成する(2)(図3, 4)。本研究では、このプロセスのうち、射出成形の部分をAM技術の一つであるレーザー焼結(図5)で置き換える(図6)。まず、市販のレーザー焼結用の粉末材料にLDS用の添加剤を添加して、表面の金属化を可能にする。次に、ベースポリマーの高機能化を目指し、スーパーエンジニアリングプラスチックのLDS化を行う。このことにより200°Cの超高温環境下での利用が可能で、金属並みの強度を有する樹脂-金属複合構造体の利用が可能になる。材料とプロセスの開発に平行して、一般的に使われている近赤

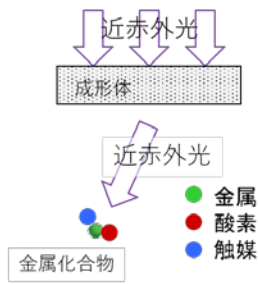


図1 金属化合物の金属種化のプロセス

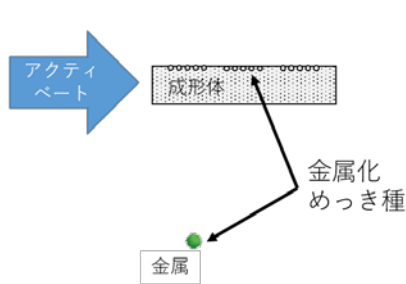


図2 有機金属の金属種化のプロセス

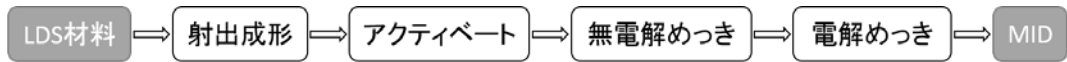
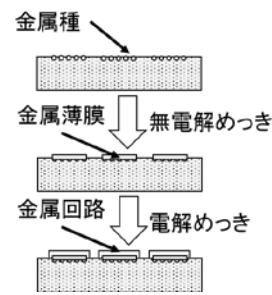


図3 LDS による MID 作成プロセス

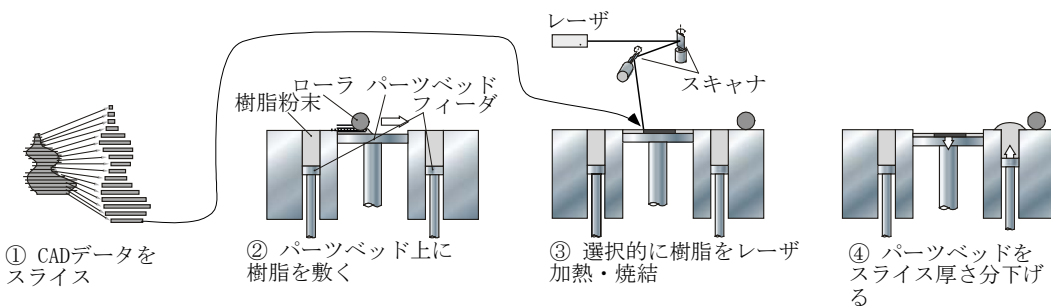


図4 レーザー焼結のプロセス。手続き②から④を繰り返すことにより、CAD データで定義された三次元形状①を実体化することが可能。

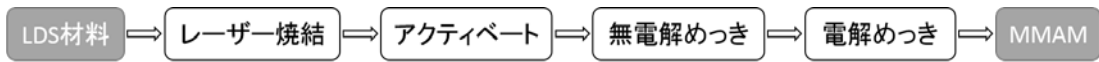


図5 Multi-Material Additive Manufacturing (MMAM) のプロセス

外レーザーではなく、造形用の遠赤外レーザー（波長 $11\mu\text{m}$ ）で金属化合物を活性化する技術を開発する。このことにより、市販のレーザー焼結装置内で、造形中に活性化できるようになると同時に、造形後には陰になってしまっていて活性化できないような場所の金属化が可能になる。

4. 研究成果

(1) AM ベースの材料を用いたマルチマテリアル AM

AM 技術と MID 技術の融合には、確立された AM ベースの材料を起点として MID に対応できるように改造を施すアプローチと、確立された MID ベースの材料を AM に対応できるように改造するアプローチの二つが考えられるが、本研究では前者のアプローチをとる。MID に対応する過程で、AM 用の材料に様々な添加物を添加する必要が生じ、その結果として得られる部品の強度が低下する。目標の一つとして、現在、商業的に利用可能な AM のレベルを維持しつつ MID に対応させることを目指した。

AM ベースの材料として、ダイセルエボニック社が市販している VESTOSINT を用いた。VESTOSINT はポリアミド 12 をベースとした中心粒径 $45\mu\text{m}$ の粉末である。この樹脂を金属化させるために、銅の化合物である CuCr_2O_4 粉末（粒径中央値 μm ）を用いた。樹脂 97wt%、銅化合物粉末 3wt% をドライブレンドし、波長 $11\mu\text{m}$ （中遠赤外光）の CO_2 レーザーで造形し、波長 $1\mu\text{m}$ （近赤外）のファイバーレーザーで活性化したところ、極めて良好な活性化パターンが得られた。さらに活性化にも中遠赤外を用いたところ、パターンの崩れがしようじた。この現象

は、活性化時に溶融した樹脂が流動し、還元した金属核が移動したり、埋没したりしたことで生じたと考えられたため、流動を防止する骨材としてガラス繊維を添加した。一方、骨材を添加すると、造形時の溶融樹脂の流動性が低下するため、造形物の密度が低下することが問題となった、これを防ぐため、ガラス表面への樹脂のぬれを向上する効果を狙ってシランカップリング剤を添加したところ、100%に近い密度が得られたが、若干のパターンの崩れが観測され、また、造形物の側面パターンニングもできなかった。

(2) 市販の AM 装置による MMAM 対応

本研究では、レーザーを使用する AM 技術と、同じくレーザーを使用する MID 技術を複合化する。それぞれで利用されるレーザーは波長が異なるため、2つの技術を組み合わせるには、双方の装置が必要となり、2つの技術を融合して造形をしつつ MID 化を行うにはそれぞれの機能をもった新たに複合的な装置を開発する必要がある。本研究では、AM 装置に使用されるレーザーで活性化を行う技術を開発し、市販の AM 装置をソフトウェア改造程度の改変を施すことで、MMAM を可能なものとすることを目指した。

前述したように中遠赤外光レーザー(CO₂レーザー)で活性化は可能なことはわかりましたが、レーザーが直接当たる構造体上面のみ選択的な活性化が可能であり、側面、底面への選択的な活性化はできなかった。そこで、まず中遠赤外レーザーによる活性化メカニズムを調査し、プロセスをよく理解した上で、中遠赤外レーザーによる方向の面上での活性化プロセスを考えることとした。活性化時の様子を高速カメラで観察したところ、レーザーの照射により、樹脂、ガラスが溶融し、再凝固して部品表面に暴露したガラスの粒表面に金属核が析出していることが見てとれた。

以上の結果から、金属化合物を還元するには、樹脂の融点を大きく超える温度まで加熱する必要があることが分かった。このことから、造形物の側面で活性化しようとした場合、活性化する部位の周囲にも溶融部位が生じることが想像され、結果として、側面活性化部では、覆いができてしまい、造形後にこれを除去する必要があるが必ず生じることが分かった。以上より、中遠赤外光により造形と活性化を行い、完全なマルチマテリアル AM を行うことはできないと結論づけた。したがって、市販の装置のソフトウェア変更のみによるマルチマテリアル AM の実現は困難であることが分かったが、近年、近赤外光を利用した形装置が上市されつつあり、次項、成果(3)では、近赤外光による造形と、活性化について述べる。

(3) 近赤外光による造形と活性化によるマルチマテリアル AM

市販の LDS 装置では、近赤外レーザーが活性化に用いられており、近赤外光で活性化が可能であることは、周知の事実である。一方、近赤外光はほとんどの樹脂が吸収をしないため、これまでのレーザー焼結装置の光源には用いられていなかったが、近年、一部の製造会社から、樹脂に吸収剤を添加することで近赤外レーザーによって造形を行う装置が上市されるようになっていく。そこで、近赤外光で造形と活性化の両方を行う工法の確立をめざした。

近赤外光を用いた場合の最大の懸念事項は、造形時に全ての金属化合物が還元されてしまい、それに続く選択的な活性化ができなくなることである。しかしながら、樹脂の溶融温度よりも、活性化に必要な温度が高いことは、中遠赤外光による活性化の際に分かっており、造形時のエネルギーを小さくすることで、溶融はするが活性化はしない条件が見いだせることは容易に想像できる。さらに、造形物表面に析出した金属部が全体の面積に占める割合(被覆率)は、照射するレーザーパワーを大きくすると、大きくなるが、走査間隔を小さくすることで、レーザーパワーを大きくすることで、面積当たりの供給エネルギーを大きくすることで、制限できることが確認され、さらに被覆率が小さい条件でも、充填率が100%近い、造形物が造形できることが確認

された。

(4) 新規高機能樹脂の開発

市販の AM 用の樹脂は半田付けを前提としておらず、融点が 180°C 程度と低いため、これを MID 化しても立体実装板として使用することはできない。そこで、半田付けに対応可能な高耐熱性の PA や、スーパーエンジニアリングプラスチックであるポリフェニルサルファイド(PPS) やポリエーテルエーテルケトン (PEEK) の開発をめざした。

既に述べたように、造形時にレーザーパワーを小さくすることで、活性化は提言することが可能であり、さらに金属化合物の添加量を小さくすることで、大きなエネルギーを供給しても低い被覆率を維持することができ、十分な充填率が得られることが分かった。金属化合物の添加量を 0.5wt% と低くしても、80% 以上の高い被覆率がえられた。PEEK という半結晶性樹脂の中では最高強度、最高耐熱のマルチマテリアル AM が実現できることが示された(図 7)。

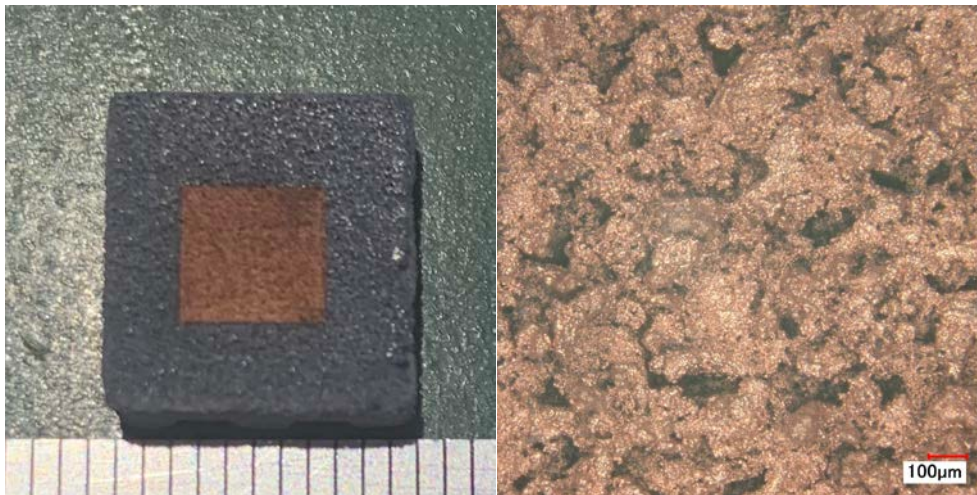


図 7 活性化表面の外観と拡大図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 新野 俊樹, 渡邊 哲也, 森 三樹	4. 巻 Vol. 71, No. 6
2. 論文標題 マルチマテリアルAM: 表面に導電体構造体を有する樹脂構造体の付加製造	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 1001-1005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 韓 偉, 天野 晶仁, 森 三樹, 新野 俊樹	4. 巻 vol. 73, no. 5
2. 論文標題 レーザー焼結したLDS材料のCO ₂ およびファイバーレーザーによる 活性化のメカニズム調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 415-418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 萩原正, 新野俊樹	4. 巻 Vol. 60 No. 5
2. 論文標題 AM (付加製造)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 素形材	6. 最初と最後の頁 89-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuan Pang, Stephanie Sutoko, Zitong Wang, Yohei Horimoto, Keniv Montagne, Ikki Horiguchi, Marie Shinohara, Mathieu Danoy, Toshiki Niino, Yasuyuki Sakai	4. 巻 Vol 76
2. 論文標題 Organization of liver organoids using Raschig ring-like micro-scaffolds and triple co-culture: Toward modular assembly-based scalable liver tissue engineering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Engineering & Physics	6. 最初と最後の頁 69-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuan Pang, Stephanie Sutoko, Yohei Horimoto, Ding Weng, Keniv Montagne, Kikuo Komori Kiyoshi Takano, Ryo Shirakashi, Masahiro Anzai, Toshiki Niino, Yasuyuki Sakai	4. 巻 Vol. 149, No 15
2. 論文標題 Biodegradable and hollowed micro-scaffolds for improved modular assembly-based tissue engineering: Design, 3D fabrication, and feasibility in randomly packed perfusion culture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biochemical Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新野 俊樹	4. 巻 vol 65 no. 3
2. 論文標題 付加製造によるスポーツ義足の生産	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 砥粒加工学会誌	6. 最初と最後の頁 126-129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新野 俊樹	4. 巻 Vol 3, No. 34
2. 論文標題 付加製造技術の加工技術としての位置づけと新しいものづくりへの展望	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ぶらすとす	6. 最初と最後の頁 597-601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新野 俊樹	4. 巻 Vol. 61 No. 5
2. 論文標題 AM(付加製造)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 素形材	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新野 俊樹	4. 巻 vol.84 No.4
2. 論文標題 付加製造 (Additive Manufacturing) を核とした 新しいものづくり	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学工学会誌	6. 最初と最後の頁 171-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jingyuan Ji, Yuan Pang, Stephanie Sutoko, Yohei Horimoto, Wei Sun, Toshiki Niino and Yasuyuki Sakai	4. 巻 Vol. 10 No. 11
2. 論文標題 Design, Fabrication, and Evaluation of Polyglycolic Acid Modules with Canals as Tissue Elements in Cellular Assembly Technology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jingyuan Ji, Yuan Pang, Stephanie Sutoko, Yohei Horimoto, Wei Sun, Toshiki Niino and Yasuyuki Sakai	6. 最初と最後の頁 3748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Muxin Li, Rubina Rahaman Khadim, Mitsuru Nagayama, Marie Shinohara, Kousuke Inamura, Mathieu Danoy, Masaki Nishikawa, Katsuko Furukawa, Yasuyuki Sakai and Toshiki Niino	4. 巻 Vol. 11 No. 6
2. 論文標題 Fabrication of a Porous Three-Dimensional Scaffold with Interconnected Flow Channels: Co-Cultured Liver Cells and In Vitro Hemocompatibility Assessment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Appl. Sci.	6. 最初と最後の頁 2473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新野 俊樹	4. 巻 Vol. 62, No. 11
2. 論文標題 デジタルスベア戦略事業の紹介、付加製造技術適用の可能性、展望	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 素形	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新野 俊樹	4. 巻 Vol. 62, 5
2. 論文標題 AM (付加製造)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 素形材	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuki Yamauchi, Takashi Kigure, Kazutaka Isod, Toshiki Niino	4. 巻 Vol. 46
2. 論文標題 Powder bed penetration depth control in laser sintering and effect on depth of fusion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Additive Manufacturing	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kigure, Takashi Yamauchi, Yuki Niino, Toshiki	4. 巻 -
2. 論文標題 Investigation into Laser Sintering of PEEK using Commercially Available Low Powder Bed Temperature Machine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 32nd Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium ; An Additive Manufacturing Conference	6. 最初と最後の頁 546-559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Kigure, Toshiki Niino	4. 巻 -
2. 論文標題 Relationship between powder bed temperature and microstructure of laser sintered PA12 parts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 30th Annual International	6. 最初と最後の頁 827-834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木暮 尊志, 山内 友貴, 新野 俊樹
2. 発表標題 ワーキングカーブを用いたレーザー焼結低温造形の簡易的な造形条件決定手法のPEEKへの適用についての研究
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山内 友貴, 木暮 尊志, 新野 俊樹
2. 発表標題 透過深度によるレーザー焼結部品の機械的性質制御 粉体層の厚さと透過深度の関係が部品密度および強度に与える影響
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川 敦士, 新野 俊樹
2. 発表標題 スーパーエンブラのレーザー焼結における精度向上の考察 各層の逐次凝固に伴う収縮による造形物の変形
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 天野 晶仁, 新野 俊樹, 森 三樹
2. 発表標題 マルチマテリアルAMにおける構造体側面への配線形成に関する研究
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 友貴, 新野 俊樹, 森 三樹
2. 発表標題 LDS材料の近赤外光を用いたレーザー焼結と活性化による金属樹脂複合構造体の製造
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 三樹, 新野 俊樹, 石川 敦士
2. 発表標題 酸化金属粉を含有するPEEK樹脂を用いたレーザー焼結造形および表面活性化による配線形成に関する研究
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川敦士, 新野俊樹
2. 発表標題 スーパーエンブラのレーザー焼結における精度向上の考察
3. 学会等名 2019年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木暮尊志, 山内友貴, 新野俊樹
2. 発表標題 レーザー焼結低温造形の溶融深さと造形物の充填率の関係に関する研究
3. 学会等名 2019年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Kigure, Toshiki Niino
2. 発表標題 Relationship between powder bed temperature and microstructure of laser sintered PA12 parts
3. 学会等名 Solid Freeform Fabrication 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 天野 晶仁, 新野 俊樹, 森 三樹
2. 発表標題 レーザー焼結したLDS材料のCO ₂ レーザー焼結したLDS材料のCO ₂ レーザーによる活性化のメカニズム調査 レーザーによる活性化のメカニズム調査
3. 学会等名 2020年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 友貴, 新野 俊樹, 森 三樹
2. 発表標題 LDS材料の近赤外光を用いたレーザー焼結と活性化の工法における造形物表面に形成した金属膜の密着強度に影響を与える要因 著者名 田中 友貴, 新野 俊樹, 森 三樹
3. 学会等名 2020年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 篤司, 新野 俊樹
2. 発表標題 レーザー焼結低温造形におけるレーザー放射強度が樹脂の分会に与える影響
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 船岩 大輝、新野 俊樹
2. 発表標題 高融点樹脂のレーザー焼結における変形のメカニズムに関する研究
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木暮 尊志, 山内 友貴, 新野 俊樹
2. 発表標題 レーザー焼結低温造形における造形品の内部構造に積層厚さが与える影響
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 篤司、新野 俊樹
2. 発表標題 レーザー焼結低温造形における照射輝度が発煙に与える影響に関する研究
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kigure, Takashi Yamauchi, Yuki Niino, Toshiki
2. 発表標題 Investigation into Laser Sintering of PEEK using Commercially Available Low Powder Bed Temperature Machine
3. 学会等名 2021 International Solid Freeform Fabrication Symposium
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------