

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03790

研究課題名（和文）粉末の熔融凝固現象の把握に基づく品質を保証する造形条件設定指針の構築

研究課題名（英文）Building strategy for quality assurance of built part based on understanding the phenomenon in powder bed fusion

研究代表者

古本 達明（Furumoto, Tatsuaki）

金沢大学・設計製造技術研究所・教授

研究者番号：60432134

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：粉末床熔融結合法で得られた造形物の品質保証に向けて、レーザー照射時に熔融池周辺で生じる粉末の熔融・凝固の様子を観察し、造形条件、材料、造形環境が熔融池から飛散するスパッタ・ヒュームの様相に及ぼす影響を調べた。そして、スパッタ・ヒュームの発生に寄与する条件因子、および造形物の品質に影響する因子が特定できた。また、得られた造形条件設定指針に基づいて造形実験を行い、造形物の変形が抑制できること、造形物の機械的特性が改善できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

付加製造法で得られた部品が社会実装されない要因の1つは、造形物の品質保証が難しく、熱源による入熱条件、使用する材料の特性、造形環境など考慮すべき造形条件因子が多いことに加え、各因子が相互に影響を及ぼすために造形現象の理解が困難なためである。本研究では、粉末床熔融結合法の熔融池周辺で生じる粉末挙動について、考え得る全ての条件因子を検討し、造形不具合の主因の1つである熔融池から飛散するスパッタやヒュームを抑制する造形戦略を構築した。これらは、造形物の品質保証を実現するための条件設定指針の確立に寄与でき、粉末床熔融結合法だけでなく、他の付加製造法で同様の造形戦略を構築することに応用できる。

研究成果の概要（英文）：Melting and solidification of metal powder around the laser-irradiated area during a laser-based powder bed fusion process was observed using a high-speed camera to establish the building strategy for the quality assurance of built part, and the influence of laser conditions, powder characteristics, and building environment on the scattering of spatter and fume was investigated. As results, the principal building conditions affecting the built part quality and the scattering of spatters and fumes were identified. In addition, the building experiment was performed based on the established building strategy, and the restraining of deformation and the improvement of mechanical properties of built part was achieved.

研究分野：付加製造法

キーワード：粉末床熔融結合法 金属粉末 高速度カメラ 温度測定 スパッタ ヒューム 再利用粉末

### 1. 研究開始当初の背景

金属材料の加工法で付加加工に分類される粉末床溶融結合法(Powder Bed Fusion: PBF)は、造形用プレート上に薄く堆積した金属粉末にレーザーなどの熱源を選択的に照射し、溶融・凝固を繰り返させながら積層して3次元形状を得る手法である。しかしながら、溶融・凝固を繰り返す造形手順において、金属組織の粗大化や不均一さに起因した機械的特性の低下や、レーザー照射部から飛散するスパッタ・ヒュームによるプロセス不安定化が起こるなど、得られた部品の品質に問題がある場合が多い。特に、レーザー照射部周辺から生じるスパッタ・ヒュームは、粉末床へ到達するレーザーを減衰させ、造形物への付着や含有によって表面性状や材質特性を悪化させるなど、上述した造形不具合を誘発する主要因となる。また、レーザー走査条件、粉末材料の物性や特性、造形雰囲気など、スパッタ・ヒュームの発生要因に影響する条件因子が多く、最適な造形条件の選定や得られた部品の品質管理を難しくしている。PBF 部品を安定供給させるためには、造形プロセスの起点である、入熱で生じる粉末の加熱・溶融から冷却・凝固までの過程で生じる現象を理解し、プロセス不安定化の主要因であるスパッタ・ヒュームの発生を抑制しなければならない。また、品質を保証した造形条件設定指針の構築に向け、各造形因子が造形物の特性に及ぼす影響を整理し、スパッタ・ヒュームの発生を誘発する造形条件因子を特定するとともに、条件を精細に制御した造形プロセスの管理の実現が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究は、PBF の造形最小単位である材料の溶融・凝集・凝固機構を実験的・解析的に検討し、造形プロセスを不安定化させる主要因であるスパッタ・ヒュームの発生機構の解明や、発生に寄与する造形条件因子の特定を行う。また、これらの要因を排除した条件で造形物を評価し、プロセス安定化による造形物品質を保証した条件設定指針を構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、図1に示す簡易的なPBF装置を自作し、高速度カメラを用いてレーザー照射時に溶融池周辺で生じる粉末の溶融・凝固の様子を観察するとともに、粉末種類や造形環境がスパッタ・ヒュームの飛散様相に及ぼす影響を調べた。そして、各造形条件とスパッタ・ヒュームの発生機構との関係を詳細に検討し、輝度式温度計を組み合わせることで造形条件の違いによる温度分布を調べ、粉末の溶融・凝集・凝固機構を温度の観点から整理した。また、溶融池から飛散するスパッタについて粒子形状画像解析(Particle Image Velocimetry: PID)を行い、粉末種類や造形環境がスパッタの飛散様相に及ぼす影響を調べた。さらに、得られた結果に基づいて試験片を製作し、引張強度試験、顕微鏡観察、X線分析、CT分析を行って造形不具合を誘発する因子を調べ、プロセス安定化をもたらす造形条件の設定指針構築に向けて取り組んだ。

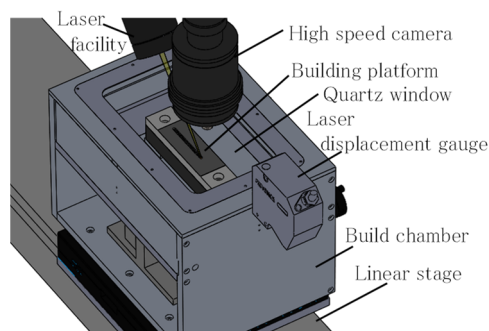


図1 自作したレーザー照射部可視化装置

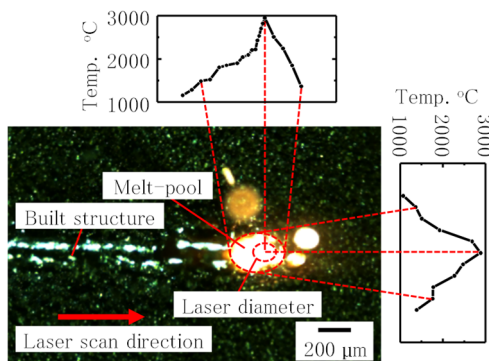


図2 溶融池の温度分布測定結果

### 4. 研究成果

#### (1) 溶融池内部の温度測定

図2は、輝度式温度計を用いて溶融池内部の温度分布を測定した結果である。溶融池は、レーザー走査方向に対して温度分布を有し、レーザー照射部中心位置より前方では温度勾配が急峻であるのに対し、後方では勾配が緩やかであることがわかる。粉末床にレーザー照射すると、照射部中心近傍の粉末が急激に加熱され、溶融して溶融池を形成する。そして、レーザー走査後に溶融粉末が急冷されることで凝固してビードを形成する。レーザー走査方向前後で温度勾配が異なるのは、溶融池の前後で粉末様相が異なるためである。溶融池前方では未溶融粉末が堆積し、後方では溶融・凝固によってビードが形成される。粉末床の熱伝導率は造形物に対して著しく小さく、温度勾配の変化は溶融池周辺の粉末様相によって生じたと考えられる。

図3は、レーザー出力が異なるとき、堆積粉末が溶

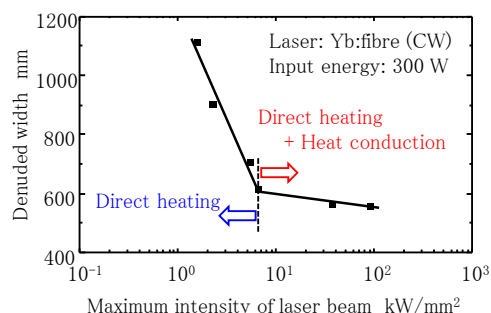


図3 レーザ出力による粉末溶融領域の変化

融する領域の変化を調べた結果である。溶融領域はレーザ出力によって変化し、レーザ出力が小さな条件では粉末床がレーザ照射による直接加熱によって溶融するのにに対し、出力が大きくなるとレーザによる直接加熱に加え、粉末を堆積させたプレートからの熱伝導によって溶融することがわかった。

図4は、輝度式温度計を用いて粉末床の温度測定を行い、レーザ照射後の温度変化から粉末床の冷却速度を調べた結果である。粉末床の温度はレーザ照射後に急速に低下し、本実験の範囲では冷却速度が $10^5$  オータとなり、数値解析によって推定された速度と同等であることがわかった。これまで、数値解析によって推定されてきた冷却速度が実測できることを示す結果である。また、冷却速度はビード内部の粒子径に影響する因子であることがわかっており、高速度カメラと輝度式温度計を組み合わせることで溶融池内部の温度が把握でき、温度を監視することで造形物の粒子径が制御できる可能性も示す結果といえる。

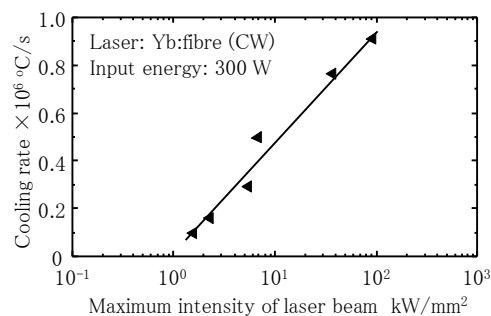


図4 レーザ出力による冷却速度の変化

## (2) 造形条件因子がスパッタ・ヒュームの飛散挙動に及ぼす影響

図5は、粉末床に対するレーザの入射角が異なるとき、溶融池から飛散するスパッタ・ヒュームの様相を側面から比較した結果である。レーザ光は右方向へ走査し、溶融池内部に形成される凹みをX線CTで観察した結果も併せて示している。いずれの条件でも、溶融粉末が飛散したホットスパッタと溶融池周辺の未溶融粉末が飛散したコールドスパッタが観察され、各スパッタはレーザ走査方向に対して溶融池の後方へ飛散した。また、粉末の一部が蒸発し、環境中で冷却されて固化した粒子であるヒュームも走査方向の後方へ飛散し、スパッタ・ヒュームの飛散様相はレーザ入射角度によって異なっていた。一方、溶融池に形成される凹み形態もレーザの入射角度によって変化し、入射角度が50度のときは凹み部前方が立ち壁状を呈しているのに対し、入射角度が大きくなるにつれて凹み部前方の形態が緩やかになった。スパッタ・ヒュームの飛散が溶融池に形成される凹み形態に影響を受け、レーザの入射角度が造形様相に影響する因子の1つであることを示す結果である。

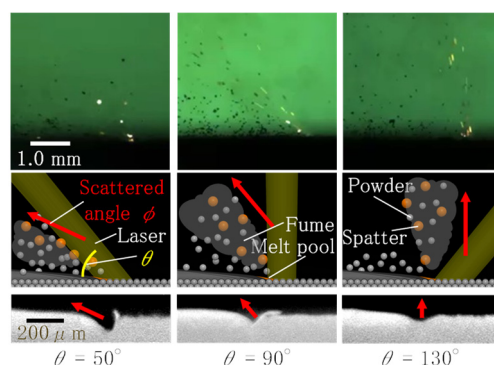


図5 レーザ入射角度による飛散様相の変化

レーザ入射角度が70度のとき、溶融池から飛散したホットスパッタがレーザ光路に侵入したときの様相変化を時系列で並べた結果を図6に示す。スパッタの飛散開始時間を0秒としている。ホットスパッタがレーザ光路に侵入するとスパッタにもレーザが照射され、133 ns 経過するとスパッタからヒュームが発生する様子が観察された。また、467 ns 経過すると、発生したヒュームの影響を受けてスパッタの飛散方向が反転するとともに、スパッタの体積が減少していった。ヒュームが発生してレーザ光路に侵入すると、粉末床へ到達するレーザ出力を減衰させることが知られているが、レーザ光路に侵入したスパッタからもヒュームが発生することから、スパッタも間接的に粉末床への入熱量に影響する因子であることがわかった。

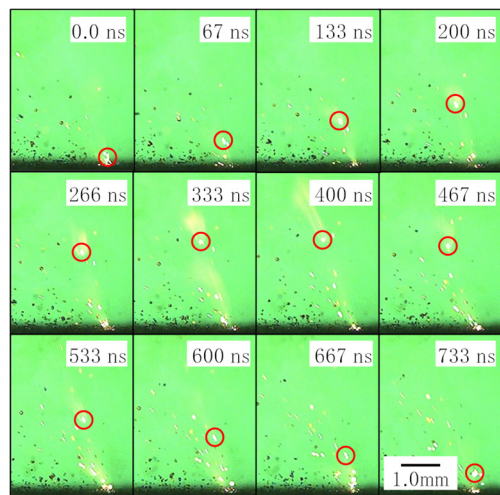


図6 レーザ光路内部のスパッタ挙動

図7は、チタン合金粉末を用いて造形したとき、環境に含まれる酸素や水分の違いによる造形物内部の酸素量を比較した結果である。比較のため、造形前のチタン粉末に含まれる酸素量も併せて示している。造形物に含まれる酸素量は環境中の酸素・水分によって影響を受け、酸素および水分が10 ppmの条件では造形前粉末とほぼ同じであるのに対し、それぞれ1500 ppmへ増加させた条件では造形物中の酸素量が増加し、酸素と水分のどちらも増加させた条件ではさらに酸素量が増加した。一般的に、商用のPBF

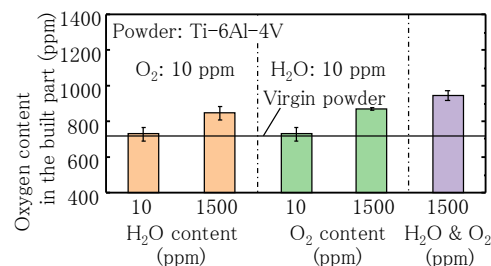


図7 環境に含まれる酸素・水分による造形物特性の変化



装置では 1000 ppm 程度の酸素濃度で造形しているが、造形物特性に影響を及ぼさないためには環境中の酸素濃度を 10 ppm 程度にまで低減させる必要があることがわかった。また、環境中の水分も造形物特性に影響することから、水分の管理も重要であることが明らかとなった。

図 8 は、チタン粉末を用いて造形するとき、環境中に含まれる酸素や水分が粉末の再利用性に及ぼす影響を調べた結果である。再利用粉末は、商用の PBF 装置を用いて各環境下で 250,000 mm<sup>3</sup> の造形を行った後、粒径サイズが 100 μm を越える粉末を取り除いて評価している。図 7 で示した造形物と同様に、再利用粉末でも環境中の酸素および水分の影響を受けていることがわかる。特に、水分が増えると再利用粉末に含まれる酸素量が増加しており、粉末の再利用に向けて水分の管理がより重要であることを示す結果である。

図 9 は、環境中の酸素・水分が異なる条件で造形を行い、得られた造形物の空隙率を比較した結果である。酸素および水分が 10 ppm の条件で空隙率が 0.02 % と最小になった。PBF では、レーザー照射による入熱で熔融池が形成される過程で環境中の酸素が取り込まれ、取り込まれた酸素濃度によって熔融池内部で生じるマランゴリ対流が変化することが知られている。酸素が少ない条件ではマランゴリ対流が外側から内側へ流れ、スパッタが飛散しにくい流れ場となったためと考えられ、酸素・水分の管理は造形物特性にも影響する因子といえる。これらの結果から、環境中に含まれる酸素および水分が造形物特性や未熔融粉末に影響する主要な因子であり、高機能な造形物を得るためにこれらの管理が重要であることがわかった。

図 10 は、商用の PBF 装置を用いて、チャンバ内部で右側方向へ 2.5 m/s の条件で不活性ガスを流しながら造形したとき、ガス流れに対するレーザー走査方向によるスパッタ飛散挙動の履歴を調べた結果である。横軸は熔融池の中心位置からの距離である。図 5 で示したように、熔融池から飛散するスパッタはレーザー走査方向に対して後方に飛散する。ガス流れに対向するようにレーザー走査すると、(a) に示すようにスパッタがガス流れにしたがって遠方へ飛散したのに対し、ガス流れと同じ方向にレーザー照射すると、(b) に示すようにガス流れの影響を受けてスパッタの飛散方向が変化した。チャンバ内部では、熔融池から生じるヒュームをレーザー光路へ侵入させないため不活性ガスを流しているが、ガス流れがスパッタ飛散挙動にも影響することがわかった。スパッタが造形物表面へ付着すると、造形物の表面性状を悪化させるだけでなく、次層以降の造形で空隙などの欠陥を誘発する要因となる。チャンバ内部のガス流れも造形物特性に影響する因子の 1 つであり、スパッタ飛散による造形物特性の悪化を抑制するため、ガス流れを考慮した造形戦略を構築する必要があることがわかった。

表 1 は、メディアン径( $D_{50}$ )が 33 μm であるマルエーシング銅粉末に対して、一次粒子径が 7 nm と 10 nm である疎水性のナノシリカ粒子を添加したとき、ナノシリカ粒子の添加量による粉末流動性の変化を調べた結果である。いずれの添加量でも、添加によって流動性が改善されて動的密度が大きくなり、本実験の範囲では添加量による動的密度の有意差はなかった。一方、雪崩エネルギーは粒子径が大きく、添加量が多い条件で小さくなった。PBF では、レーザー照射部周辺の粉末が凝集することで熔融池が形成されることから、安定した造形物を得るためには熔融池への粉末供給様相が重要であり、その指標として雪崩エネルギーを用いることが有効であることがわ

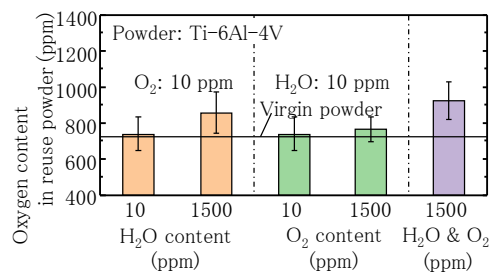


図 8 環境中に含まれる酸素・水分によるリサイクル粉末特性の変化

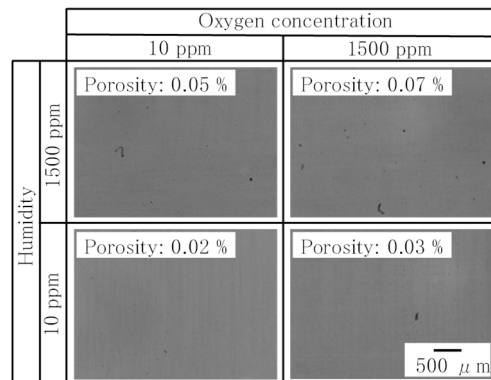


図 9 環境中に含まれる酸素・水分が造形物内部の空隙率に及ぼす影響

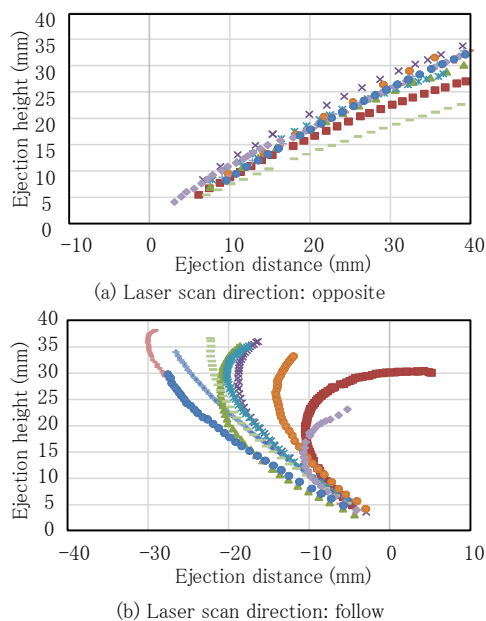


図 10 レーザ走査方向によるチャンバ内部のスパッタ飛散挙動の変化

表 1 ナノシリカ粒子の添加量と粉末流動性

SiO <sub>2</sub> size (nm)	SiO <sub>2</sub> ratio (%)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Avalanche energy (mJ/kg)
-	-	3970	10.3
7	10	4390	7.9
40	10	4440	7.7
7	100	4440	5.8
40	100	4290	5.5

かった。

図 11 は、ナノシリカ粒子の添加が熔融池形成に及ぼす影響を調べた結果である。添加によって粉末流動性が改善され、多くの粉末が凝集されることで熔融池が大きくなり、それにとまって熔融池から飛散するスパッタ量が多くなった。熔融池へ粉末が凝集する駆動力は、粉末が熔融することで発生する反跳圧やそれに誘起された雰囲気ガス流れであり、粉末流動性の改善によって反跳圧やガス流れの影響を受けやすくなったためと考えられる。

図 12 は、粉末の雪崩エネルギーと熔融池からのスパッタ発生数との関係を調べた結果である。縦軸は、熔融池へ取り込まれた単位面積あたりの粉末量から発生したスパッタ数として整理している。スパッタ発生数は雪崩エネルギーによる違いがなく、走査速度が低下するにつれて増加したが、その影響は小さかった。ナノシリカ粒子の添加による雪崩エネルギーの低下は、熔融池へ取り込まれる粉末量の増加に寄与するが、スパッタの飛散様相に影響する主因ではないことがわかった。

図 13 は、遠心アトマイズ法で造粒したアルミニウム合金粉末の表面形態が粉末流動性に及ぼす影響を調べた結果である。使用した粉末は、円形度が 0.87~0.90、メディアン径 ( $D_{50}$ ) が 32.3~47.4  $\mu\text{m}$  で、粉末形状や粒度分布はほぼ等しい。粉末の表面形態は、含まれる化学組成の違いによって内部に形成される組織が異なるために生じる。グラフの横軸は、粉末の拡大画像を二値化処理し、輪郭プロフィールから算出された凹凸を含む周囲長と、粉末投影面積に等しい円の周長の比から求めた値であり、周囲長比が大きいほど粉末表面の凹凸が大きいことを示す。また、グラフの縦軸は流動エネルギーであり、値が大きいほど粉末流動性が悪いことを示す。グラフから、円形度や平均粒径が同じでも粉末流動性が異なり、表面が粗くなるにつれて摩擦力が大きくなって流動性が低下することがわかる。この結果は、球形粉末の流動性が円形度だけでなく粉末表面の形態に影響を受けることを示す結果である。

図 14 は、造形時のレーザー走査前後で生じる温度差が造形物の変形量に及ぼす影響を調べた結果である。PBF では、粉末床に対してレーザー走査するとレーザー照射部の急激な加熱によってプレート表面が膨張し、これに対応してプレート裏面では圧縮方向にひずみが生じる。また、レーザー走査後には冷却による収縮で裏面では引張方向にひずみが生じる。このとき、圧縮および引張方向のひずみが生じる位置はレーザーの走査位置にしたがって変化し、これらが層内および積層方向の造形時に繰り返し生じることで造形物が変形することとなる。グラフから、レーザー走査前後の温度差が小さい方が変形量は小さく、造形物の変形抑制には造形時の入熱量を最小限にすることが有効であることがわかった。

図 15 は、変形抑制に向けて検討した造形物の断面図である。完全熔融体とポーラス構造体を交互に造形することで入熱量が低減でき、10 層ごとにポーラス構造体を挿入すると従来比で変形量が 30%、5 層ごとに挿入すると 65% 低減することができた。PBF は、造形時に下層を同時に熔融しながら凝固する工程であり、下層の溶け込みによって残留応力が緩和された領域が広がったためと考えられる。また、2 層ごとに挿入すると造形物の引張強度が従来法と同等であることもわかった。造形物の変形抑制に向けて、ポーラス構造体を併用した造形戦略が有効であることがわかった。

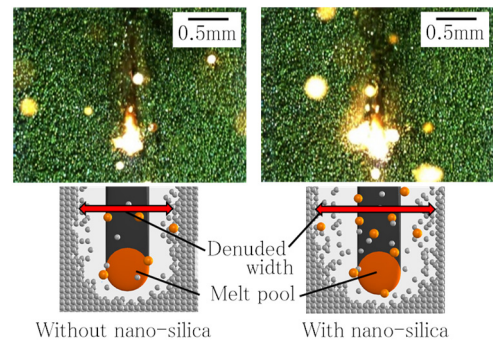


図 11 ナノシリカ粒子の添加による熔融池様相の変化

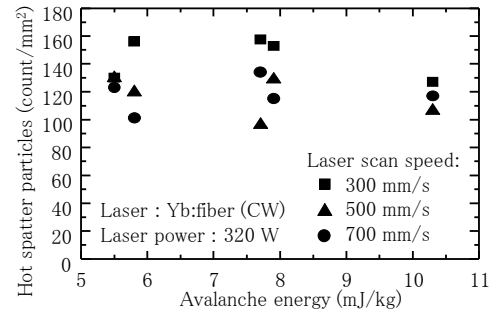


図 12 雪崩エネルギーによるスパッタ飛散量

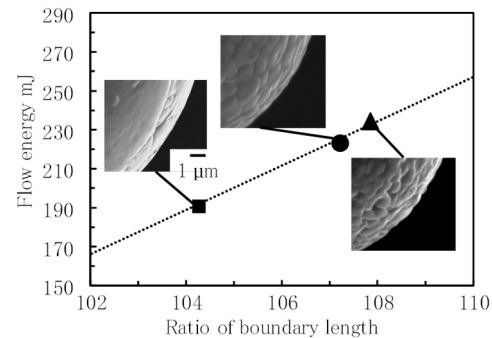


図 13 粉末の表面形態による流動性の変化

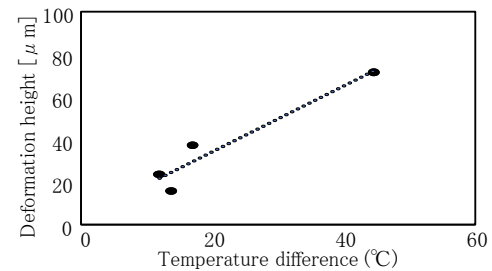


図 14 造形時の温度差による変形量

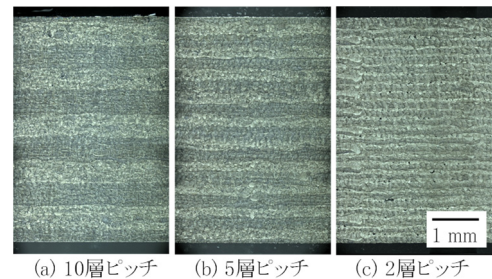


図 15 変形抑制に向けた造形戦略

図 15 変形抑制に向けた造形戦略が有効であることがわかった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Furumoto Tatsuaki, Oishi Kazushi, Abe Satoshi, Tsubouchi Kotaro, Yamaguchi Mitsugu, Clare Adam T.	4. 巻 299
2. 論文標題 Evaluating the thermal characteristics of laser powder bed fusion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Processing Technology	6. 最初と最後の頁 117384 ~ 117384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmatprotec.2021.117384	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tsubouchi Kotaro, Furumoto Tatsuaki, Yamaguchi Mitsugu, Ezura Atsushi, Yamada Shinnosuke, Osaki Mototsugu, Sugiyama Kenji	4. 巻 120
2. 論文標題 Evaluation of spatter particles, metal vapour jets, and depressions considering influence of laser incident angle on melt pool behaviour	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	6. 最初と最後の頁 1821 ~ 1830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00170-022-08887-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 TSUBOUCHI Kotaro, FURUMOTO Tatsuaki, YAMAGUCHI Mitsugu	4. 巻 88
2. 論文標題 ナノシリカ粒子の添加による付加製造用金属粉末の流動性改善と造形特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society for Precision Engineering	6. 最初と最後の頁 415 ~ 419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2493/jjspe.88.415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 YAMADA Shinnosuke, YAMAGUCHI Mitsugu, FURUMOTO Tatsuaki	4. 巻 88
2. 論文標題 Effect of Powder Shear Property on PBF-LB/M Powder Bed Quality of Tool Steels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society for Precision Engineering	6. 最初と最後の頁 795 ~ 800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2493/jjspe.88.795	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Mitsugu, Kushima Kotaro, Ono Yushi, Sugai Tomohiro, Oyama Tomohiro, Furumoto Tatsuki	4. 巻 311
2. 論文標題 Humidity control in laser powder bed fusion using titanium alloy powder for quality assurance of built parts and reusability of metal powder	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Materials Processing Technology	6. 最初と最後の頁 117817 ~ 117817
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmatprotec.2022.117817	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Mitsuyoshi, Furumoto Tatsuki, Sakuma Kazuaki, Kawasaki Kai, Itagaki Kazuyuki	4. 巻 17
2. 論文標題 Experimental Investigation of Spatter Particle Behavior and Improvement in Build Quality in PBF-LB	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 335 ~ 345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2023.p0335	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Mitsugu, Tsubouchi Kotaro, Kamimoto Asako, Yamada Shinnosuke, Sugiyama Kenji, Furumoto Tatsuki	4. 巻 17
2. 論文標題 Influence of Oxygen Concentration in Building Environment and Oxidation Extent of Maraging Steel on Spatter Generation Behavior in Powder Bed Fusion	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 346 ~ 355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2023.p0346	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 HIGASHI Naoya, FURUMOTO Tatsuki, YAMAGUCHI Mitsugu, NIU Jing, KUWABARA Kosuke	4. 巻 90
2. 論文標題 PBF-LB/M用金属粉末の粒度分布の違いが粉末床と造形特性に及ぼす影響	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society for Precision Engineering	6. 最初と最後の頁 126 ~ 131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2493/jjspe.90.126	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 東直哉, 古本達明, 山口貢, 牛晶, 小関秀峰, 桑原孝介
2. 発表標題 金属AM用耐食Ni基合金のリサイクル特性
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久島光太郎, 古本達明, 阿部諭, 山口貢, 大野雄史, 須貝友裕, 尾山朋宏
2. 発表標題 レーザーを用いた粉末床溶融結合時の造形環境最適化に関する研究, 酸素濃度および水分濃度がチタン合金造形特性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久島光太郎, 古本達明, 阿部諭, 大野雄史, 尾山朋宏
2. 発表標題 造形雰囲気中の酸素濃度と粉末床溶融結合特性
3. 学会等名 第14回日本機械学会 生産加工・工作機械部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東直哉, 古本達明, 山口貢, 牛晶, 小関秀峰, 桑原孝介
2. 発表標題 耐食Ni基合金を用いたPBF-LB/M造形における金属粉末の粒度分布の影響
3. 学会等名 第14回日本機械学会 生産加工・工作機械部門講演会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 ONO Yushi, FURUMOTO Tatsuaki
2. 発表標題 Distinctive gas solutions for sustainable metal additive manufacturing
3. 学会等名 FORMNEXT 2022, TCT conference
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 KUSHIMA Kotaro, FURUMOTO Tatsuaki, ONO Yushi, OYAMA Tomohiro
2. 発表標題 The effect of oxygen in the shielding gas on building properties for laser powder bed fusion of aluminum alloy
3. 学会等名 ICMDT2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tsubouchi Kotaro, Furumoto Tatsuaki, Yamaguchi Mitsugu, Yamada Shinnosuke, Osaki Mototsugu, Sugiyama Kenji
2. 発表標題 Melt pool behaviour during laser powder bed fusion process, Influence of laser incident angle on the scattering of spatter particles
3. 学会等名 LEM21 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鍛次本翔真, 古本達明, 阿部諭, 山口貢, 橋本洋平, 小谷野智広, 細川晃
2. 発表標題 工程分割によるスパッタレ造形法の開発, 単ライン造形時のドロップレット評価と最適条件
3. 学会等名 2021年度精密工学会北陸信越支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坪内光太郎, 古本達明, 山口貢, 阿部諭, 細川晃
2. 発表標題 ナノシリカ粒子添加による金属AM 粉末の流動性改善と造形特性に及ぼす影響
3. 学会等名 2021年度精密工学会北陸信越支部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古本達明
2. 発表標題 レーザー照射部の可視化による 金属AMの現象解明に関する研究
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会 第29回秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Furumoto Tatsuaki
2. 発表標題 Fabrication of release agent supply die with porous structure using metal-based additive manufacturing with laser beam
3. 学会等名 37th International Conference of the Polymer Processing Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022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
研究分担者	阿部 諭  (Abe Satoshi)  (30882584)	金沢大学・設計製造技術研究所・研究協力員   (13301)	

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
---------	---------