



躍動

若手研究者・技術者の取り組みと将来の夢

非定常温度場プロセスの理解と制御を目指して

For Understanding and Controlling Processes with Non-steady Temperature Fields

鈴木飛鳥 名古屋大学
大学院工学研究科
Asuka Suzuki 助教

1 はじめに

筆者が所属する材料複合工学研究グループでは、鉄鋼やアルミニウムなどの金属をベースとする材料の組織制御、ポーラス化、複合化などを行う様々なプロセス（熱処理、鋳造、焼結、固液界面反応、化学反応、付加製造法 (Additive Manufacturing)）について研究を実施している。その中でも本記事においては、化学反応と付加製造法の2つについて述べる。これら2つのプロセスには、プロセス中に温度場が急変するという特徴がある。その特徴ゆえに興味深い構造・性質を持った材料を合成できる反面、現象の理解や制御が難しい。

化学反応プロセスでは、原料となる金属粉末間で強い発熱を伴う「燃焼合成反応¹⁾」を利用する。このプロセスは原料粉末のうち低融点な金属の融点まで加熱すると、急速に化学反応が進行し、高融点化合物を省エネルギー・短時間で合成できる。特に、反応性の高いAlやTiを含む化合物 (Al₃Ti, TiAl, Al₃Ni, NiAl, TiB₂, TiC, など) を作製する上で有効な方法である。一方、このプロセスでは作製される材料が気孔を含む多孔質なものとなることが知られている¹⁾。そこで、我々はそうした気孔を積極的に活用した材料開発を推進している。また、現象の理解や制御のため、多元系計算状態図やその場観察技術などを活用した研究を実施している。

付加製造法は近年注目されている3Dプリンタで用いられるプロセスである²⁾。従来のプロセスでは、切断や切削など材料から不要な部分を取り除くことで製品の形に製造していたのに対し、付加製造法では材料を付加していくことで目的の形状の製品を作製する。その最大の利点は従来の製法で実現できなかった非常に複雑な形状・トポロジーを持った製品を製造できることである。当研究グループで主に研究している付加製造法の手法は「粉末床溶融結合 (Powder bed fusion, PBF) 法」である。この方法では、原料となる金属粉末を造形領域に数十 μ m程度敷設し、レーザーもしくは電子

ビームを用いて局所的に溶融・凝固させる。これらを繰り返すことで三次元的な造形物を得る。また、この方法はレーザーや電子ビームによる局所的な急速加熱とその後の急冷・指向性凝固によって特徴的な微視組織が形成され、特異的な特性が発現することが知られている³⁾。当研究グループでは、レーザーを用いるPBF法 (LPBF法) により形成される微視組織の特徴を理解し、制御する研究を実施している^{4,7)}。また、LPBF法では緻密で健全な造形物を得るために、多岐にわたる造形条件 (レーザー出力、走査速度、スポット径、ハッチ距離、粉末積層厚さ、など) を最適化する必要がある。我々はこうした造形条件を効率的に最適化する方法の開発にも取り組んでいる。特に、複数の造形条件を包括する新規プロセスパラメータの開発や機械学習をはじめとするデータ科学の活用を行っている。

本記事では、上述のような化学反応プロセスおよび付加製造法に関する当研究グループの成果の一部について簡略的に紹介する。

2 化学反応プロセスによる多孔質構造を介した金属/樹脂接合技術

近年、自動車をはじめとする輸送機器の軽量化が急務となっている。そこで、鉄鋼材料だけでなく、アルミニウム合金や炭素繊維強化樹脂 (Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP) などを適材適所に使用する「マルチマテリアル構造^{8,9)}」が検討されている。そこで、異種金属および金属と樹脂の接合技術が重要となる。金属と樹脂を接合する技術としては、接着剤による接着、ボルトやリベットなどを用いた機械的締結、金属上に形成した微細な凹凸と樹脂を絡み合わせるアンカー接合が挙げられる^{10,11)}。

当研究グループでは、アンカー接合の強度向上を目的とした研究を推進している。特に、金属基板上に3次元的なトポ

ロジーをもつポーラス構造を形成し、そこへ樹脂を含浸させた「相互浸透層^{12,13)}」を介した接合方法を提案している。これにより、あらゆる方向に高強度な接合の実現を目指している。このとき、金属基板と強固に接合されたポーラス構造を形成するプロセスが重要となる。

「1. はじめに」で述べたように、燃焼合成反応は原料粉末間の強い発熱反応を利用するプロセスであり、合成される材料は多孔質となる。したがって、金属基板上で燃焼合成反応を誘起すれば、ポーラス構造の形成と同時に反応熱による基板との接合が期待できる (Fig.1 (a))。このとき利用する燃焼合

成反応を一般化して表記すると以下ようになる。

$$M + \alpha(Ti + nX) = M + \alpha TiX_n + \alpha Q \text{ kJ} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、Mは基板のベースとなる金属元素 (FeやAl)、XはBまたはCである。TiとXからTiB₂やTiCなどのセラミックスを形成する際の反応熱を利用する。当研究グループでは、Fe系ポーラス構造を作製する際はFe-Ti-B粉末、Al系ポーラス構造を作製する際はAl-Ti-C粉末を用いている。基板表面全体にポーラス構造を作製する際には全体加熱を行い、基板上に敷設した原料粉末すべてを反応させる。一方、基板の特定

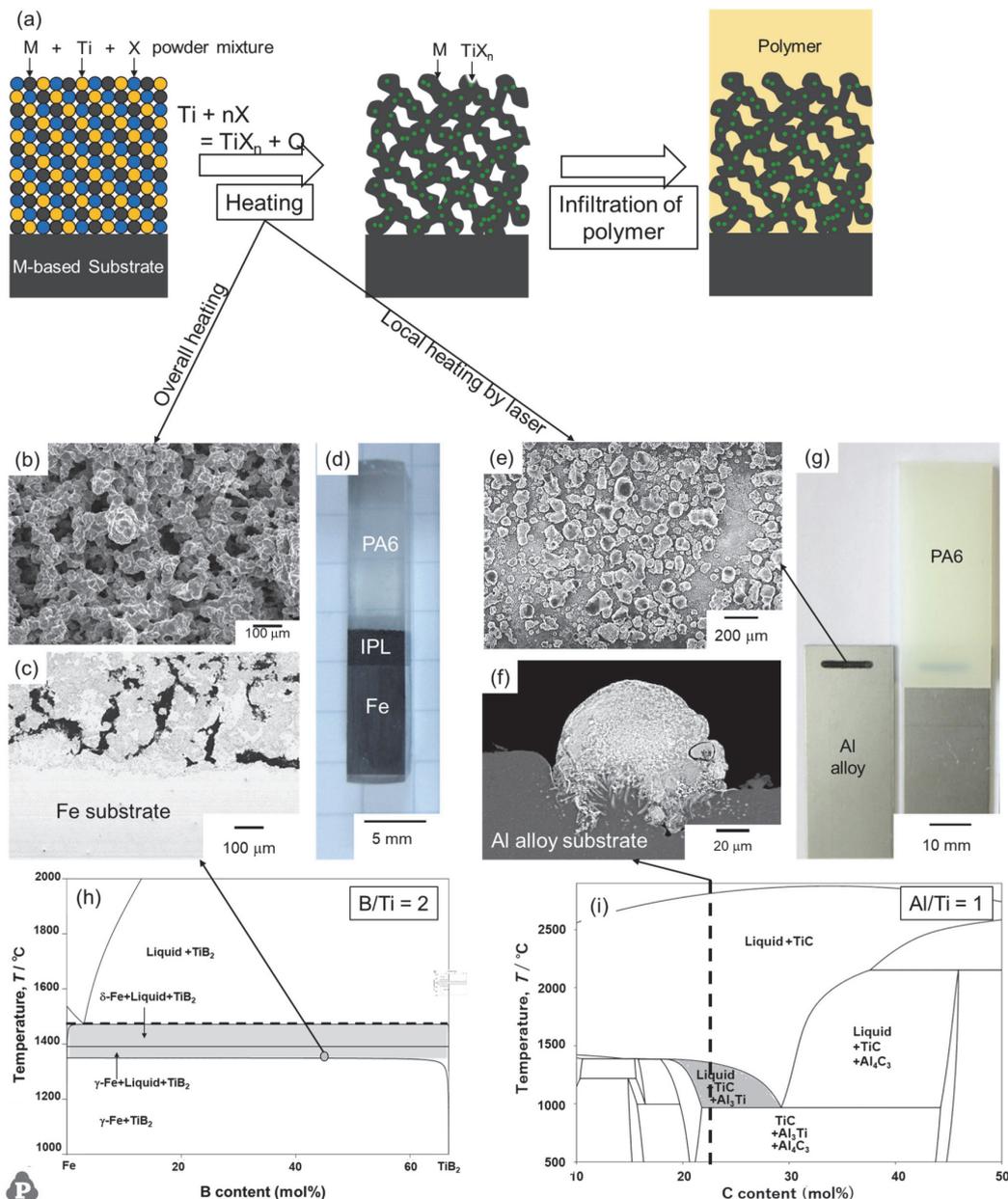


Fig.1 (a) Schematic illustrations showing metal/polymer joining via porous layers synthesized through in-situ exothermic reactions, (b, c, e, f) SEM images of surfaces and cross-sections of the porous layers fabricated through (b, c) overall heating and (e, f) local laser heating, (d, g) photographs of the joints via the porous layers, and vertical sections of equilibrium phase diagrams for (h) Fe-Ti-B ternary system at B/Ti = 2 and Al-Ti-C ternary system at Al/Ti=1.

の箇所のみポーラス構造を作製する場合には、レーザーによる局所加熱を利用する。

一例として、Fe基板表面のFe-Ti-B粉末を全体加熱して作製したFe系ポーラス構造および樹脂との接合体をFig.1 (b-d) に示す。基板と接合した複雑な連通型ポーラス構造 (Fig.1 (b, c)) と樹脂のアンカー接合により、接合界面と垂直方向に母材の樹脂強度に近い強度が実現できることが示されている¹⁴⁾。こうしたポーラス構造形成の背景には、式 (1) に包括した化学反応の素過程が関与している。金属材料の組織変化を理解する際に重要となるのが状態図である。特に近年は熱力学データベースが整備され、多元系状態図を精度よく予測できるようになってきた。化学反応プロセスも大きな発熱による試料の温度変化はあるものの、その本質は原子拡散に伴う組織変化であり、状態図は有用である。全体加熱の場合には、反応による最高到達温度とその温度における相平衡の関係が重要であると考えられる。Fe-Ti-B三元系状態図において (γ - or δ -) Fe相が液相と平衡できる温度 (Fig.1 (g) 灰色部) に最高到達温度を制御すると、Fig.1 (b) に示すような原料粉末同士が連結し、かつ基板と良好に接合したポーラス構造を合成できることが明らかになっている¹⁵⁾。

一方、Al基板上的Al-Ti-C粉末を局所加熱して作製したポーラス構造をFig.1 (e-g) に示す。このプロセスでは、基板表面のポーラス構造は粒状生成物からなる凹凸に近い構造となっており、3次元的な構造を得るにはさらなる構造制御が必要である。一方で、界面と平行方向のせん断強度について従来のアンカー接合よりも高い強度を実現している¹⁶⁾。レーザーによる局所加熱の場合には、レーザーによる入熱の方が反応熱よりも大きいため、原料粉末が熔融した後の凝固過程が重要となる。ポーラス構造を構成する粒状生成物はTiCが連結したネットワーク構造が骨格となることが分かっている¹⁶⁾。つまり、加熱時および凝固時にTiCが優先的に形成する必要がある。さらに、基板との接合については第二晶として Al_3Ti が形成することが望ましい。 Al_3Ti は原料粉末に含まれるTiと基板のAlとの反応により生成し、ポーラス構造と基板を良好に接合させるためである。Fig.1 (h) の破線部のような組成をもつ粉末にレーザーを照射することで、上述の凝固過程を経て基板と強固に接合したポーラス構造が形成し、高強度な金属/樹脂接合が実現できる。

3 燃焼合成発泡法によるポーラス Al_3Ti の構造制御

燃焼合成反応では、反応熱を制御することで、内部にガスを含む閉気孔型のポーラス材料を作製できる¹⁷⁾。例えば、Al-Ti- B_4C からなる混合粉末を加熱すると、Alの融解を起点に反

応が開始し、 $3Al + Ti \rightarrow Al_3Ti$ 、 $3Ti + B_4C \rightarrow 2TiB_2 + TiC$ の2つの反応が生じる。2つ目の反応も強い発熱を伴う反応のため、Tiと B_4C の添加量を調整することで、系全体の反応熱を制御できる。これらの反応により、 Al_3Ti が融解するまで温度が上昇すると、Al粉末の表面に付着したアルミナ水和物または内部に固溶した水素ガスにより発泡に至る (Fig.2 (a-f))。作製されるポーラス金属は Al_3Ti を母相とし、 TiB_2 やTiCなどのセラミック粒子が分散した複合材料となる (Fig.2 (g,h))。 Al_3Ti はAlと同程度の密度 ($3.4g \cdot cm^{-3}$) でありながら、高融点 ($1340^\circ C$)、高剛性 (剛性率: $93GPa$) かつ耐酸化性に優れた金属間化合物である¹⁸⁾。この Al_3Ti を母相とするポーラス金属は輸送機器の剛性補強部材や工業炉等の耐熱断熱材としての応用が期待できる。しかしながら、燃焼合成反応が不可逆かつ急速に反応するため、ポーラス金属の特性を支配する気孔構造の制御が難しい。そこで、著者らは透過X線を用いた発泡過程のその場観察に取り組んでいる (Fig.2 (i-o))。これにより、発泡後に内部に気孔が形成され、合体や破裂により崩壊する様子とその場観察できる (Fig.2 (m-o))。また、発泡する前に試料にわずかな体積変化が生じることが明らかになった (Fig.2 (i-l))。この体積変化の要因は、上述の2つの燃焼合成反応が劇的に生じる起点が前者はAlの融解 ($660^\circ C$)、後者は Al_3Ti の融解 ($1340^\circ C$) であるという違いによりもたらされることが組織観察などから明らかになった。現在、著者らは均一かつ微細な気孔構造を作製するために、液相の見かけ粘性を増加させる増粘剤を添加した場合のその場観察なども実施している。

また、 Al_3Ti は結晶構造が対称性の低い $D0_{22}$ 型であることに起因して脆性的であり、ほとんど塑性変形能を示さない¹⁹⁾。一方、 Al_3Ti に第三元素 (Cr, Mn, Fe) などを添加することで、対称性の高い $L1_2$ 型の結晶構造となることが知られており、緻密材料では塑性変形能の改善も報告されている²⁰⁾。著者らは燃焼合成反応によるポーラス $L1_2$ 型 (Al, X) $_3Ti$ ($X = Cr, Mn, Fe$) の合成に現在取り組んでいる。これにより、mmオーダーのポーラス構造の制御と同時に、nmオーダーの結晶構造や μm オーダーの微視組織を制御し、目的とする特性を持った材料の合成を目指している。

4 LPBF法のプロセスパラメータ設計

LPBF法において緻密な造形物を得るための造形条件最適化に広く用いられるプロセスパラメータに体積エネルギー密度 (Volumetric energy density, VED) がある。VEDは以下の式で表される²¹⁾。

$$VED = \frac{P}{v \cdot S \cdot t} \dots \dots \dots (2)$$

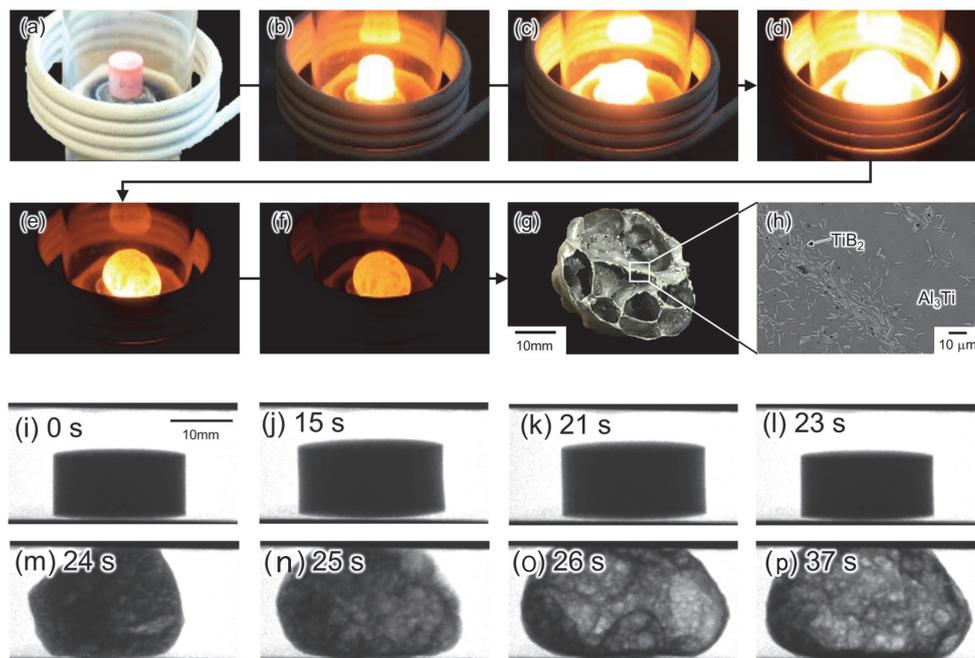


Fig.2 (a-g) Photographs showing (a-f) combustion foaming behavior and (g) porous Al₃Ti, (h) SEM image showing the microstructure in the porous Al₃Ti, and (i-p) X-ray radiography images showing the volume change of the sample and formation of pores inside the sample.

ここで、 P はレーザー出力、 v は走査速度、 S は隣接レーザートラックの間隔、 t は粉末積層厚さである。VEDは単位体積あたりのエネルギーに相当する次元をもち、造形を完了するまでに要した単位体積当たりの全投入エネルギーとしての物理的意味を持つ。著者らは S と t を固定し、 P と v を広く変化させて作製したマルチ層造形体の相対密度を評価した (Fig.3) (文献22) からの引用改題)。VEDは S と t が固定される場合には、 $P \cdot v^{-1}$ に簡略化できる。Fig.3 (c) は相対密度と $P \cdot v^{-1}$ の関係を示している。 $P \cdot v^{-1}$ の増加に伴って相対密度が増加する傾向を示したものの、同じ $P \cdot v^{-1}$ であっても大きな相対密度のばらつきが存在することが分かる。つまり、造形体の相対密度を整理する指標として、VEDは必ずしも適切ではない。そこで、著者らはレーザー溶接の分野で用いられている以下の Deposited energy density (DED) ^{23,24)} に着目した。

$$DED = \frac{AP}{\sqrt{\pi \cdot D \cdot v \cdot \sigma^3}} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 A はレーザー吸収率、 D は熱拡散率、 σ はレーザースポット径である。DEDも単位体積あたりのエネルギーに相当する次元を持つ。DEDでは、レーザーがある一点に照射されている時間 τ を定義し、その時間で熱が伝わる深さ ($D \tau$) ^{0.5)} を含む円柱領域を単位体積と考える (Fig.3 (b))。つまり、レーザー照射中に熱が分配される領域の入熱量を示すパラメータである。 P と v のみを変化させた場合、DEDは $P \cdot v^{-0.5}$ にて近似

できる。Fig.3 (d) に相対密度とDEDに基づく $P \cdot v^{-0.5}$ の関係を示す。Fig.3 (c) に比べて、データのばらつきは小さくなり、おおむね一つの曲線で相対密度の変化を整理できることが分かる。すなわち、積層造形体の相対密度を整理するパラメータとしては、 $P \cdot v^{-1}$ に比べて $P \cdot v^{-0.5}$ の方が適切である。

一方で、DEDも積層造形のプロセスパラメータとして必ずしも完全ではない。DEDはレーザー溶接の分野で提唱されたパラメータであるため、接合部にレーザーを一度だけ走査することを想定して定式化されている。そのため、積層造形において重要な条件である隣接レーザートラックの間隔 (S) や粉末積層厚さ (t) が含まれていない。現在、著者らはDEDの拡張を検討し、 S や t の寄与を内包するプロセスパラメータの開発に取り組んでいる。

また、こうした多数のパラメータを最適化する際に有用となるのが、機械学習をはじめとするデータ科学である。データ科学は近年急速に発展し、データ駆動型の材料開発を行うマテリアルズインフォマティクス (MI) が推進されている²⁵⁾。著者らも機械学習を活用した造形条件の最適化に取り組んでいる。一例として、Al-12Si合金積層造形体のニューラルネットワークによる相対密度予測について述べる。Fig.4 (a) に示されるようなレーザー出力と走査速度で造形したAl-12Si合金のうち、灰色で示されるデータをニューラルネットワークへ学習させ、黒色で示されるテストデータを予測させた。なお、斜線で示されたプロットは造形途中で試料の形状が崩れ

てしまったものであり、そうしたデータは仮想的に相対密度を0.6として入力している。Fig.4 (b) にテストデータの実測値のニューラルネットワークによる予測値を $P \cdot v^{-0.5}$ に対して整理した結果を示す。実測値において、広い条件で作製したAl-12Si合金の相対密度は概ね $P \cdot v^{-0.5}$ に対してに整理できるが、一部外れているデータ (灰色の領域) があることが分

かる。これは広いレーザ条件のもとでは、 $P \cdot v^{-0.5}$ もすべてのデータを整理することはできないことを表している。一方、ニューラルネットワークによる予測値は、 $P \cdot v^{-0.5}$ に対して整理できる実測値を精度よく予測している。また、外れているデータに関する予測精度は高くないが、「 $P \cdot v^{-0.5}$ に対して整理できない」という点は予測されている。つまり、相対密

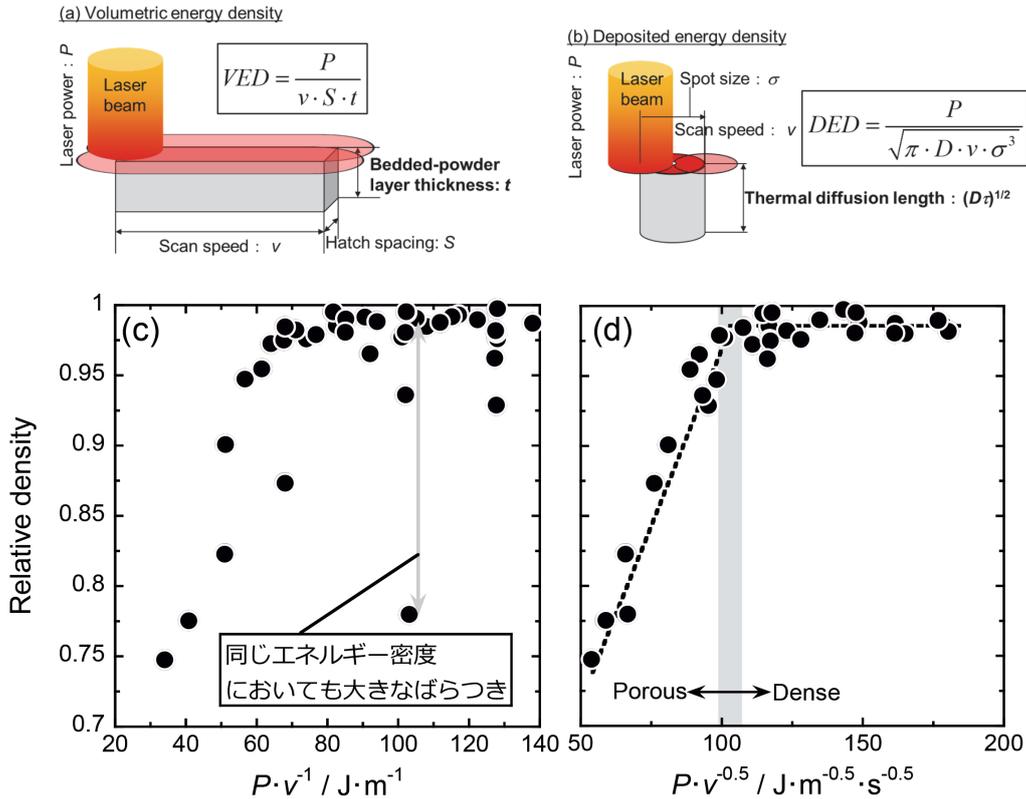


Fig.3 (a, b) Schematic illustrations of heat input models assumed in volumetric and deposited energy densities (VED and DED) and (c, d) changes in the relative density of laser powder bed fused maraging steels as a functions of (c) $P \cdot v^{-1}$ based on VED and (d) $P \cdot v^{-0.5}$ based on DED.

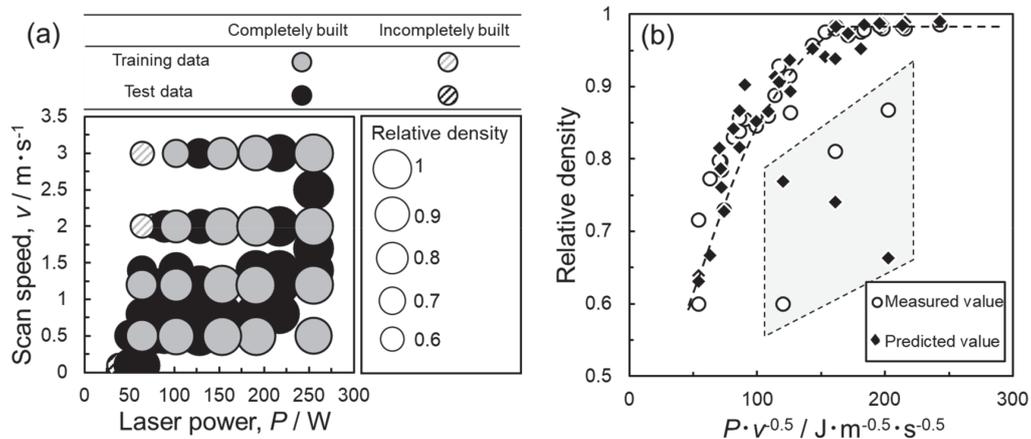


Fig.4 (a) Data set of relative density of laser powder bed fused Al-12Si alloy for training and tests. (b) Change in the measured relative density for test data and the values predicted by a neural network as a function of $P \cdot v^{-0.5}$.

度がほぼ1となる条件と同一の $P \cdot v^{0.5}$ において、緻密な造形物とならない条件の存在を予測している。

現在は可能な限り少数の実験データから精度良く造形物の相対密度を予測する手法の開発に取り組んでいる。その際にはDEDのような物理的意味のあるパラメータの存在が重要であると考えている。こうしたパラメータにより、各造形条件の重要性の本質を理解できるためである。DEDの拡張とデータ科学の適用の両方のアプローチから少数の実験データによる高精度予測が可能になりつつある。

5 おわりに

化学反応プロセスおよび付加製造法に関する当研究グループの取り組みとして、金属/樹脂接合、高融点ポーラス金属の合成、積層造形プロセスパラメータ設計に関して紹介した。化学反応プロセスおよび付加製造法には、プロセス中に温度場が急変するという共通点があり、複雑な現象を支配する因子の理解や制御が困難となっている。一方で、金属材料学の基本となる状態図や、その場観察やデータ科学などの先端技術をフル活用することで、現象の理解・制御を行うことは十分に可能である。また、有限要素法やフェーズフィールド法などの計算科学も複雑なプロセスをモデル化し理解する上で重要となる^{26,27)}。実験、計算科学、データ科学を組み合わせることで、複雑なプロセスの理解と制御を目指していきたいと考えている。

謝辞

本研究の成果の一部は、公益財団法人科学技術交流財団共同研究推進事業および知の拠点あいち重点研究プロジェクト(Ⅱ期およびⅢ期)の支援の下、得られたものである。ここに特記して謝意を記す。

参考文献

- 1) 日比野敦, 渡辺龍三: 日本金属学会誌, 55 (1991) 11, 1256.
- 2) 小泉雄一郎, 千葉晶彦, 野村直之, 中野貴由: まてりあ, 56 (2017), 686.
- 3) 木村貴広, 中本貴之: 粉体および粉末冶金, 61 (2014), 531.
- 4) 高田尚記, 生出佳, 小林卓哉, 鈴木飛鳥, 小橋眞: 粉体および粉末冶金, 66 (2019) 12, 573.
- 5) N. Takata, M. Liu, H. Kodaira, A. Suzuki and M. Kobashi: Additive Manufacturing, 33 (2020), 101152.
- 6) N. Takata, R. Nishida, A. Suzuki, M. Kobashi and M. Kato: Metals, 8 (2018), 440.
- 7) A. Suzuki, K. Sekizawa, M. Liu, N. Takata and M. Kobashi: Adv. Eng. Mater., 21 (2019), 1900571.
- 8) 藤本雄一郎, 漆山雄大 監修: 自動車のマルチマテリアル戦略 材料別戦略からイザイ接合, 成形加工, 表面処理技術まで, NTS, (2017)
- 9) K. Nagatsuka, D. Kitagawa, H. Yamaoka and K. Nakata: ISIJ Int., 56 (2016), 1226.
- 10) S. T. Amancio-Filho and J. F. dos Santos: Polym. Eng. Sci., 49 (2009), 1561.
- 11) A. Suzuki: Material Stage, 19 (2019) 2, 16.
- 12) A. Suzuki, Y. Arai, N. Takata and M. Kobashi: J. Mater. Proc. Tech., 254 (2018), 338.
- 13) A. Suzuki, Y. Arai, N. Takata and M. Kobashi: J. Mater. Proc. Tech., 262 (2018), 11.
- 14) A. Suzuki, K. Noritake, N. Takata and M. Kobashi: J. Mater. Proc. Tech., 288 (2021), 116843.
- 15) A. Suzuki, K. Noritake, N. Takata and M. Kobashi: Adv. Powder Tech., 30 (2019), 2101.
- 16) S.-G. Kim, A. Suzuki, N. Takata and M. Kobashi: J. Mater. Proc. Tech., 276 (2020), 116388.
- 17) N. Kanetake and M. Kobashi: Scr. Mater., 54 (2006), 521.
- 18) M. Sujata, S. Bhargava and S. Sangal: ISIJ Int., 36 (1996) 3, 255.
- 19) 山口正治, 中村藤伸, 白井泰治: 軽金属, 38 (1988) 4, 228.
- 20) 間淵博, 中山豊: 日本金属学会会報, 30 (1991) 1, 24.
- 21) 京極秀樹, 池庄司敏孝: 図解 金属3D積層造形のきそ, 日刊工業新聞社, (2017)
- 22) A. Suzuki, R. Nishida, N. Takata, M. Kobashi and M. Kato: Additive Manufacturing, 28 (2019), 160.
- 23) U. S. Bertoli, A. J. Wolfoer, M. J. Matthews, J. -P. R. Delplanque and J. M. Schoenung: Mater. Des., 113 (2017), 331.
- 24) D. B. Hann, J. Lammi and J. Folkes: J. Phys. D: Appl. Phys., 44 (2011), 445401.
- 25) 足立吉隆, 新川田圭介, 奥野晃弘, 弘川奨悟, 田口茂樹, 定松直: 鉄と鋼, 102 (2016) 1, 47.
- 26) Y. Zhao, Y. Koizumi, K. Aoyagi, D. Wei, K. Yamanaka and A. Chiba: Additive Manufacturing, 26 (2019), 202.
- 27) 野本祐春: まてりあ, 57 (2018) 9, 426.

(2020年12月21日受付)

先輩研究者・技術者からのエール

名古屋大学 名誉教授

村田 純教

鈴木飛鳥先生は小職の退職直前の博士後期課程の学生です(親しみをこめて鈴木君と呼びたいのですが、既に活躍されている教育・研究者であり、敬意を表して鈴木先生と記します)。鈴木先生は、大学院時代に水素透過膜の研究をしていました。従来、水素透過膜の透過能はジーベルツの法則とフィックの法則に基づいた指標で評価されていましたが、それでは説明できない例が多く存在しました。そこで、鈴木先生は、水素の化学ポテンシャル勾配を用いた新たな指標を定式化し、それにより例外なく水素透過能が評価できることを示しました。加えて、この指標に基づいて多くの実験結果を整理し、遷移金属透過膜の設計指針も提案しました。これらの業績は彼の優れた洞察力に基づくものです。透過膜の研究に関して、小職が「Pd以外の有望な金属を透過膜として利用する際に、水素分子を解離するためのPdコーティングが施されているけど、金属表面での水素解離の本質が明確になれば、コーティングが不要になるだろうね。」と鈴木先生に話したことがあります。しかし、それについては持ち越しとなりました。というのも、鈴木先生は博士後期課程を短縮修了後、直ちに助教として、現在所属する小橋・高田研究室でプロセス関連の研究に取

組むことになったためです。

鈴木先生は、反応焼結法をはじめとする様々なプロセスとそれに基づく材料開発という新たな研究を始めてからほぼ5年ですが、既に輝かしい業績を挙げています。その一部は、本誌の「非正常温度場プロセスの理解と制御を目指して」の記事に記されています。この題目のように、材料におけるプロセス研究の難しさは、様々な要因が複雑に絡み合った結果として製品が出来上がることや、プロセス最適化のためのパラメータがしばしば製造プロセスおよび製品のサイズに依存することにあります。上述の記事には、レーザーを用いた粉末床溶融結合法に基づく製造法が紹介されており、緻密な造形物を得るためのプロセスパラメータとして、従来とは異なる新たなパラメータが示されています。そこには、現れる現象の奥に潜む学理を見出そうとする姿勢と、これまで培った確かな洞察力が感じられます。さらに、実験のみならず、近年めざましく発展している機械学習の手法も取り入れ、反応焼結法に基づいた造形プロセスの分野に新風を吹き込もうとしています。まさに今、鈴木先生は躍動しており、今後のさらなる飛躍が期待されます。

トヨタ自動車(株) 素形材技術部・グループ長

古川 雄一

化学の力を駆使した鈴木先生の研究は、素形材分野における成形時の加熱を少なくし、CO₂を低減したり、高付加価値な物質をインプロセスで生成したりすることを可能にするなど多岐に渡る応用力を秘めていると思っております。時には当初の研究目的と異なった思わぬ材質が生まれることや、特殊な複合界面により期待以上の特性を得られることなどがあり、ワクワク感が絶えません。更に計算を活用して複雑な反応を予測・考察・解明し、予測や偶然を必然にする計算力・考察力には、いつも感銘を受け学ばせていただいています。

溶融金属と固体との界面反応、3D積層の粉同士の反応、発泡金属生成時の反応等の研究は、新素材の創出や接合界面の最適化など良い製品をつくるための価値が生まれますが、実用化までに長い年数を要することもあり、産業界とのニーズのマッチングを共に考えていくことが必要だと思っております。

とある日、鈴木先生の新素材向けの研究から生産技術の改善のつながる身近な価値を生み出す思わぬきっかけをいただいたことがあります。

素形材関係の製造現場の困りごとの一つとして、加工点における素材との凝着があります。例えば金型表面への素材の凝着防止のために素材と反応しづらい表面処理

を施工しているにも関わらず素材の一部が金型に凝着してしまうことがあります。さらに、凝着防止の表面処理に潤滑剤を併用したら余計に凝着が多くなった不思議な経験が過去にあり、原因不明のまま数年前に迷宮入りした困りごとがありました。ところが、近年の鈴木先生の研究であるアルミニウム合金溶湯と異種材の複合化の研究がきっかけで、潤滑剤の主成分が凝着の原因になっていることが明らかになりました。思わぬ発見に関係者一同で大変驚き、将来に向けた大きなヒントを得ることができ、皆で喜び合い、これこそが産学連携の醍醐味の一つだと深く感じました。

ムダの無い研究開発も大切ですが、ニーズを多く抱えた産業界と緻密に論理的に究明する研究チームが一体となることで、思わぬ価値を数多く生み出していけるのではないかと思います。鈴木先生は、常に前向きで正直に事実を追求し、難しい研究内容を分かり易く、和やかに説明いただけるので、会話も弾み、新しい発想や応用が連鎖的に出てきます。これからも多くの企業との産学連携を通じ、皆で切磋琢磨し、楽しい会話を重ね、我が国の素形材を支える基盤技術が鈴木先生の化学と計算で数多く創出されることを期待し、エールのコメントとさせていただきます。