

Creation of Materials  
by Super-Thermal Field



## 超温度場材料創成学

「超温度場3DP」領域事務局

大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

E-mail s3dp@mat.eng.osaka-u.ac.jp



<https://www-mat.eng.osaka-u.ac.jp/super3dp/>

2024年10月15日発行



Creation of Materials  
by Super-Thermal Field

## 超温度場材料創成学

vol.6

文部科学省 科学研究費補助金 学術変革領域研究(A) 令和3~7年



超温度場材料創成学

### ごあいさつ

本領域「超温度場材料創成学」が始まり3年が経とうとしています。ニュースレターも今回で第6号となります。これまで支援を頂いた皆様、本領域の取り組みを推進していただいた皆様に改めて感謝申し上げます。今年度は、中間評価の年であり、本稿を書いている時点では、中間評価報告書を提出し、書類評価の結果を待ちながらヒアリング準備を進めているところです。その報告書を作成する中で、本領域では、領域内連携研究をはじめ、若手人材育成、国際連携、異分野連携、そしてこのニュースレターなど広報活動を含む多くの取り組みを行ってきたことを改めて実感いたしました。この場を借りて関係の皆様へ深く感謝申し上げます。

本領域提案時に書いた領域の概要は、「金属3Dプリント(3DP)で発見された、電子ビームやレーザーの照射による局所加熱で発生する超温度場での溶融・凝固における『超高速エピタキシャル成長』などの特異な結晶成長のメカニズムを、絶対安定性などの特異現象の発現に注目し、高度なその場観察実験と、それらと高精度に整合させた、熱流体力学計算、フェーズフィールド計算、分子動力学計算などによる数値シミュレーションで解明する。さらに、それらが産むプロセス-組織-構造-性能相関のビッグデータを人工知能により解析し、3DPによる高質単結晶化などの新規材料創成に資する超温度場材料創成学を構築し、材料学に大きな変革をもたらす。」です。

この概要どおり、これまで、超温度場と定義した10<sup>7</sup> K/mを超える巨大な温度勾配での結晶成長について多くの知見を見出すとともに、それに必要な実験手法、計算手法を確立し、優れた材料も創出されました。これらにより、超温度場材料創成学の構築へと大きく前進するとともに新たな発想・展開も生まれてきました。今後の研究の推進方針は以下の3点に大別されます。

- (1) 超温度場における結晶成長の知見の体系化：これまでの研究により見出されてきた知見を基にして、これまでに確立してきた計算、実験、データ科学手法を活用したデータの拡充と並行して、研究手法の高度化も含む未知現象の解明も進め、超温度場での結晶成長の特殊性と一般性とを整理して学術的知見として確立します。
- (2) 超温度場での結晶成長解明から材料創成への推進：これまでの研究で、絶対安定性発現の条件が合金組成から予想可能なことが確認され、単結晶育成可能な合金の設計指針となることが示されました。今後は、得られた知見を基に、新規材料の創成に重点をおいたフェーズの研究への移行を推進します。
- (3) 超温度場を形成する熱源-物質の新たな展開：量子ビームと物質との相互作用による超温度場発生とその計測を発展させます。新たな熱源としてマイクロ波も対象とし、さらに金属やセラミックスで展開してきた研究を半導体や分子結晶なども展開し、熱源との相互作用の異なる系へ拡張を図ります。

本領域では、超温度場での結晶成長について従来の急冷凝固と共通点と相違点を明確にし、学術的に深化するとともに、ステンレス鋼やチタン合金から、セラミックス材料まで様々な材料にて研究が展開されてきました。この中で第一期公募研究も大きな役割を果たしました。残りの1年半で超温度場材料創成学をさらに深化させ発展させます。本ニュースレターではその領域推進に貢献する研究として4月に開始した第2期の公募研究者の方々の研究を紹介いたします。計画研究と連携し、領域の研究を推進するとともに、超温度場材料創成学の対象範囲を拡張する役割を担うことが期待されます。詳細については、この後の記事をご覧ください。このニュースレターを、領域研究に参画している方々には連携の推進にご活用いただければと思います。広く関係の皆様には、本領域の活動に対するご意見をお寄せいただくとともに、ご支援、ご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



小泉 雄一郎

超温度場材料創成学 領域代表者  
大阪大学大学院工学研究科 教授

Creation of Materials  
by Super-Thermal Field

## A01

### 超温度場における 結晶組織成長メカニズム解明に向けた 原子モデリング

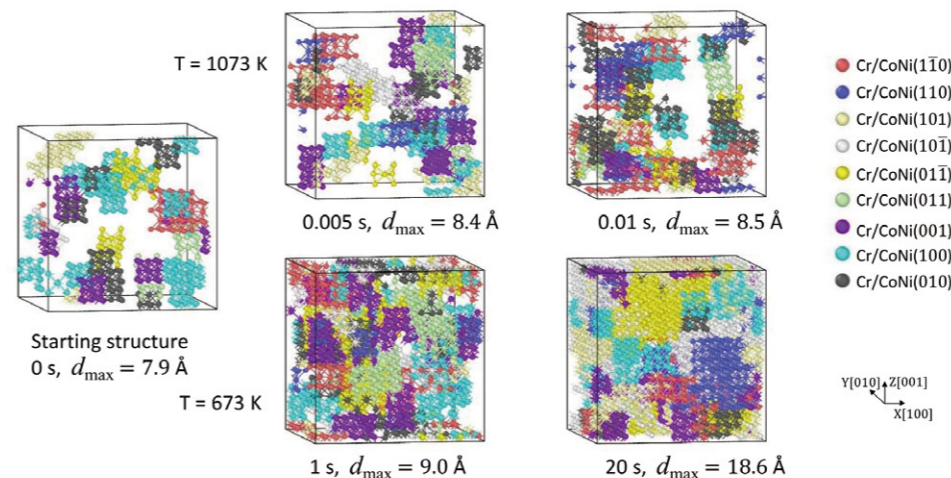


新里 秀平

大阪大学・基礎工学研究科・助教

合金材料では、材料微視組織のみならず、結晶内の元素の配列(化学秩序)が材料の機械特性に影響を与えることが知られています。超温度場においては非常に大きな温度勾配と冷却速度により、凝固直後に極めて非平衡性の高い化学秩序が形成

されることが予想されます。本研究では、超温度場における化学秩序形成過程を解析するために動的モンテカルロ法に基づき温度勾配の影響を考慮した原子拡散解析モデルを構築します。これを用いて結晶内に形成される化学秩序と温度勾配、冷却速度との関係を解析します。さらに、得られた化学秩序を持つ材料内の結晶粒界を対象として、熱力学的積分法による自由エネルギー計算に基づく熱力学的安定性の解析、移動度の計算による動力学的特性の解析を実施することで、超温度場の下で形成される化学秩序が凝固直後の結晶粒成長に与える影響を明らかにすることを目指します。



動的モンテカルロ法による合金中の化学秩序形成プロセス解析例 (出典:J.P. Du, P. Yu, S. Shinzato, et al., Acta Mater. 240 [2022], 118314.)

Creation of Materials  
by Super-Thermal Field

## A01

### 金属3Dプリンターのデンドライト/ セル組織予測の高性能3次元計算手法開発

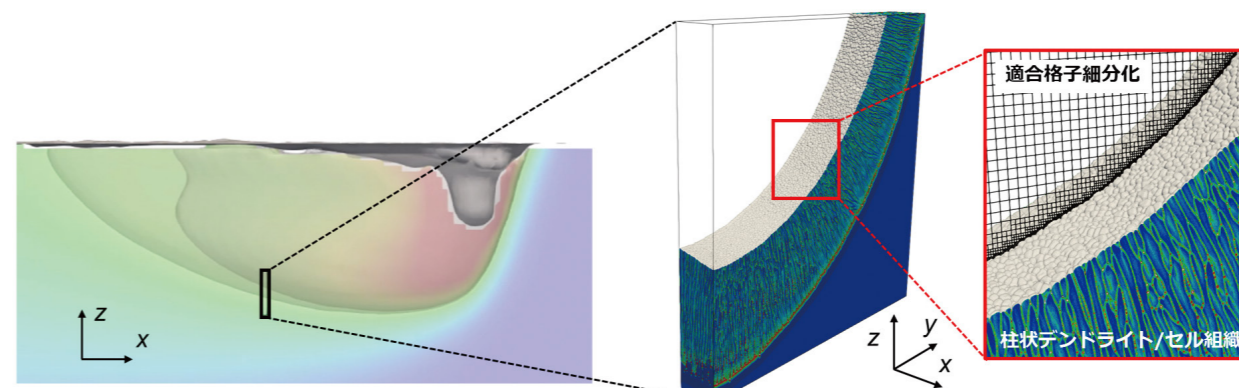


坂根 慎治

京都工芸繊維大学・機械工学系・助教

金属3Dプリンターのデジタルツイン構築に向けて、製品特性を決定する材料微視組織予測手法の構築が急務となっています。本研究では、適合格子細分化法や動的負荷分散などを組み込んだ独自の高性能フェーズフィールド計算法を開発し、溶融プール形状に依存する温度場と流れ場を高精度に反映した3次元デンドライト/セル組織の高精度予測をGPUスーパーコンピュータ上で初めて実現します。これによって、3Dプリンター特

有の過酷な超温度・高速流動場で形成される凝固組織の形成メカニズム解明と定量化の達成を目指します。この研究によって、実験観察と数値計算のデータサイエンスによる融合において不可欠となる定量的な3次元組織予測計算のための基盤技術を構築し、当該研究領域の推進に貢献したいと考えています。



溶融プールのマクロスケール熱流体シミュレーション

ミクロスケールフェーズフィールドシミュレーション

# A01

## 結晶塑性解析による超温度場下の 残留応力予測と力学特性解析

白岩 隆行

東京大学・大学院工学系研究科・講師



金属積層造形では、特異な微視組織を有する合金をバルク形状で得ることができます。したがって、積層造形条件(レーザの出力や走査速度、走査経路など)をうまく制御し、微視組織をコントロールすることで、これまでにない優れた力学特性のバルク材料が製造されることが期待されます。そのような新規材料を設計するためには、金属積層造形におけるプロセス-構造-特性(PSP)の関係を順方向・逆方向に求めることが必要です。そこで本研究では、金属粉末レーザ積層造形などの超温度場プロセスにおける微視組織の応力ひずみ分布を解析すること、そして造形物のマクロな力学特性として引張強度、破断伸び、疲労強度、破壊靱性を予測することを目的としました。これらの力学特性を予測するツールとして、図1のよう

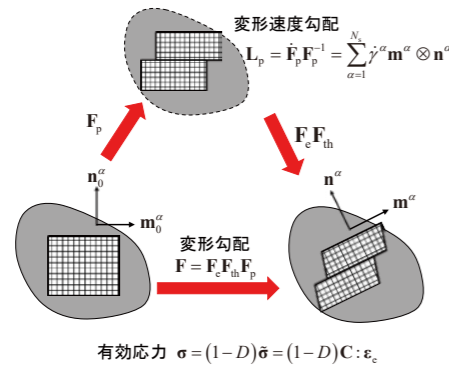


図1 結晶塑性有限要素法の構成式

に結晶塑性有限要素法(CPFEM)を用います。多結晶組織の変形挙動を計算し、その平均的な変形挙動からは、引張強度や均一伸びなどの均一変形に関連した特性が得られます(図2)。また局所的な変形挙動からは、局部伸び、疲労強度、破壊靱性などの特性が得られます。

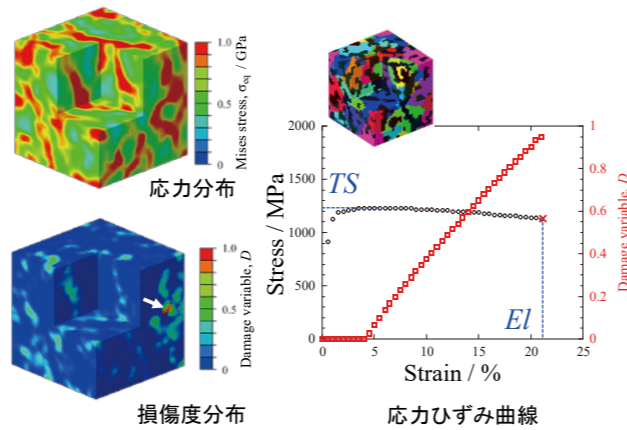


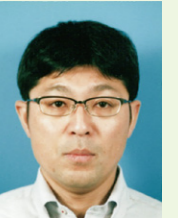
図2 引張強度と破断伸びの予測

# A01

## CALPHAD法を援用した アルミニウム合金の急冷凝固過程における 非平衡晶出挙動評価

徳永 辰也

九州工業大学・大学院工学研究院・教授



粉末床溶融結合法などにより積層造形された様々な合金においては、金属粉末粒子の急速加熱と急冷凝固に起因した特有の様々な組織が形成されますが、その中でも各種化合物の晶出挙動については十分理解されていないのが現状です。そこで、従来、液体急冷法によるアモルファス形成のための臨界冷却速度評価に用いられている手法を逆の立場から適用することで、様々な合金の急冷凝固過程における各種化合物の晶出挙動を明らかにし(図1)、さらにそれらの晶出挙動を熱力学計算に基

づいた核生成のGibbsエネルギーの大小の観点から理解できるのではないかと考えられます。本研究ではアルミニウム合金を対象とし、CALPHAD法と速度論的取り扱いをカップリングすることで、急速冷却過程における液体合金からの各種安定・準安定化合物の晶出挙動を明らかにし、さらに核生成のGibbsエネルギーの大小の観点から化合物晶出挙動を理解することを目的として、粉末床溶融結合法などで造形された部材における材料組織制御指針を新たに提案します。

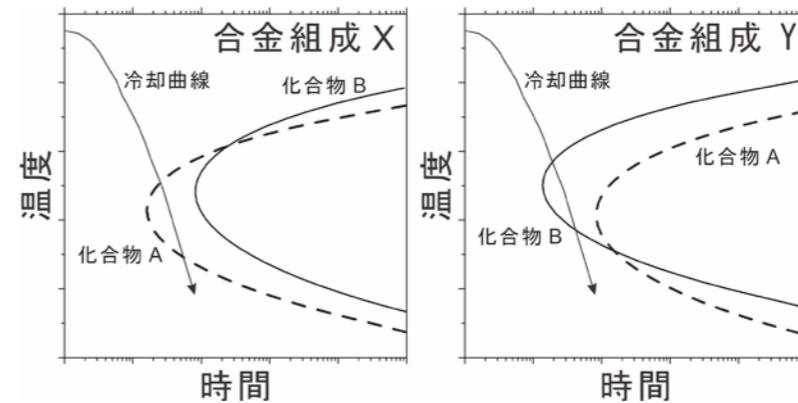


図1 液体合金からの化合物AおよびBの晶出の連続冷却変態曲線の模式図

# A01

## 超温度場サロゲートモデルの構築と それに基づくプロセス・材料設計指針

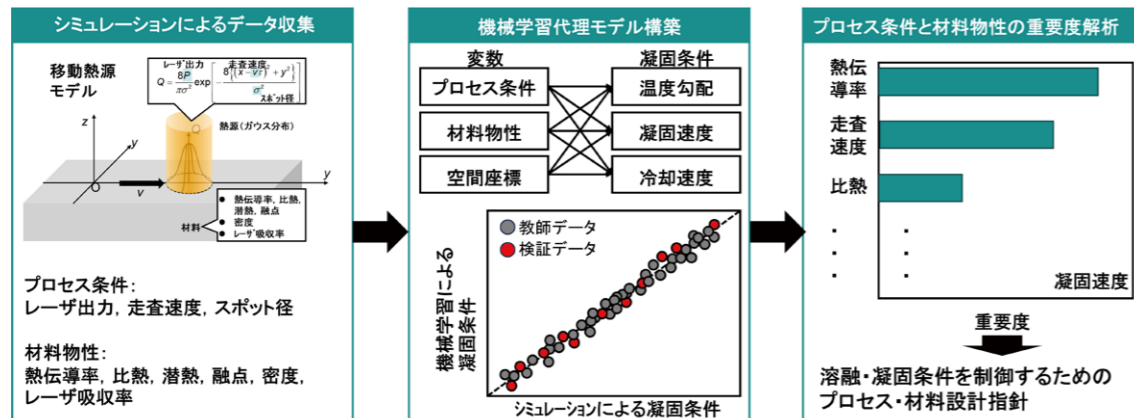
鈴木 飛鳥

名古屋大学・工学研究科・助教



レーザ粉末床溶融結合(L-PBF)による金属3Dプリントでは、10<sup>7</sup> K/m以上の温度勾配(超温度場)下で固液界面の移動(凝固)が進行します。この超温度場を評価する方法として、シミュレーションによる非定常温度場解析(熱伝導解析、熱流体解析)が広く用いられています。しかしながら、一般的に非定常温度場解析は計算コストが高く、多数の解析を行うことは困難です。近年では、高計算コストのシミュレーションを機械学習に代替させるサロゲートモデルの研究が広く行われています。サロゲートモデルを用いた高速な超温度場予測が可能となれば、超温度場の評価に加えて、各プロセス条件・材料物性が凝固条件に与える寄与を体系的に整理することが可能になり、プロセスや材料の視点から凝

固条件を積極的に制御する指針が得られます。以上より、本研究では、「新規超温度場材料の創製に資する超温度場シミュレーションの高速かつ説明可能な機械学習サロゲートモデルの構築」を目的とし、そのために(1)プロセス条件、材料物性を広く変更したシミュレーション、(2)物理的妥当性を考慮した機械学習サロゲートモデルの構築、(3)プロセス条件および材料物性の超温度場に対する重要度解析を行います。

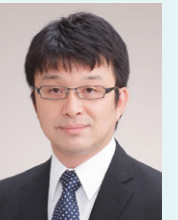


# A02

## 積層造形材料のナノスケール濃度変調の 解析と強化メカニズム解明への展開

佐々木 泰祐

物質・材料研究機構・  
磁性・スピントロニクス材料研究センター・グループリーダー



パウダーベッド方式により作製された金属積層造形材料では、レーザや電子ビームによる局所加熱が形成する超温度場によって、従来の铸造法や加工熱処理により作製された材料とは全く異なる組織が形成します。本研究では、走査型電子顕微鏡(SEM)や透過型電子顕微鏡(TEM)、3次元アトムプローブ(3DAP)などの組織解析手法を駆使して微細組織をマイクロ~原子レベルの幅広いスケールで解析し、その知見をもとに特性の制御にむけた組織制御指針を提案します。注目する組織の一つ

は、積層造形材料に形成される典型的な組織であるナノスケールのセル/セル境界相組織です。SEMやTEMによるセル/セル境界相組織のセルサイズや元素分布、転位組織の解析に加え、3DAPを用いて転位への溶質元素偏析などのナノスケールの濃度変調の有無を解析します。そして、それらの因子を変化させた材料の組織と特性の評価結果から力学特性と組織の相関を明らかにして、高特性化の指針提案と実証を進めます。

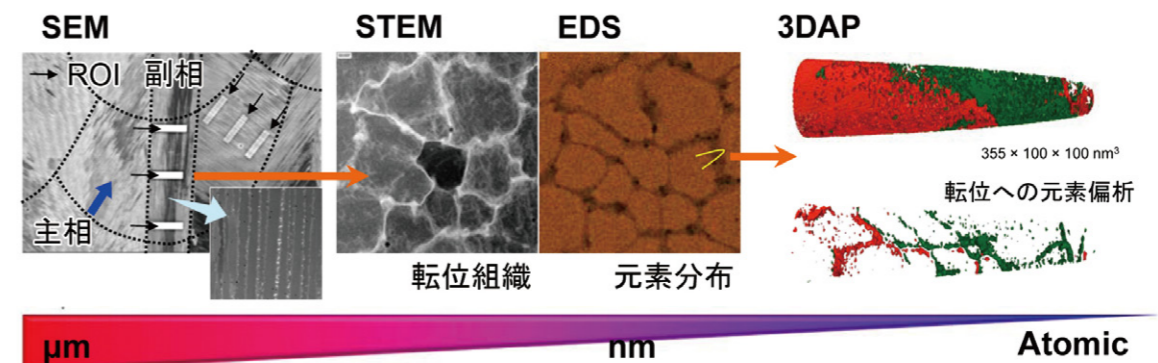


図 SEM、TEM、3DAPによる積層造形材料の微細組織解析の例

# A02

## Quantitative elucidation of dislocation network structure strengthening in additive manufactured steel

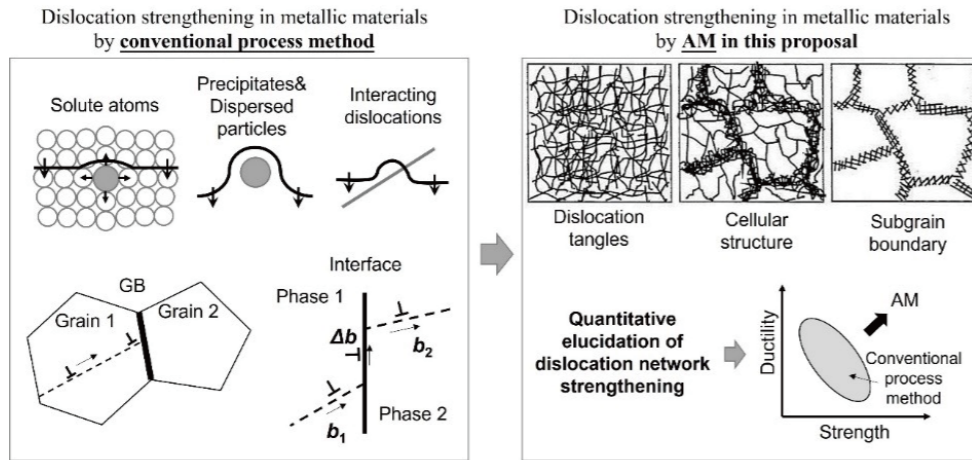
孫 飛

名古屋大学・工学研究科・特任准教授



Additive manufacturing (AM) technique could create high-performance metallic materials with unique microstructures involving a high density of dislocation induced by the large temperature gradients and high cooling rates, leading to the high strength of steel. However, its underlying strengthening mechanism remains unclear. This proposal aims to quantitatively elucidate the strengthening of the dislocation network structure in AMed steel using transmission electron microscopy, micro-indentation method, and finite element method simulation, which will gain a deeper understanding of the AM capability to tune dislocation network

structures to achieve high-performance metallic materials with breaking strength-ductility trade-off.



# A02

## その場中性子回折を用いた Ni基超合金積層造形体の階層的な多相組織のダイナミクス解析

森 真奈美

仙台高等専門学校・総合工学科・准教授



金属粉末に高エネルギービームを繰り返し照射して3次元構造を造形する積層造形プロセスは「超温度場」における組織形成を活用した組織制御や新材料創製への応用が期待されています。本研究では、耐熱材料として使用されているNi基超合金を主な対象とし、室温・高温における塑性変形挙動のその場中性子回折測定を行います。得られた回折データから一方向凝固・単結晶組織に強化相である金属間化合物が析出した階層的な多相組織(図1)の高温環境・応力下におけるダイナミクスを力学特性と相関可能な定量的な組織情報(相分率、結晶方位分布、格子ミスフィット、応力分配等)に基づいて明

らかにします(図2)。以上を通して、Ni基超合金積層造形体の強化機構や塑性変形に関する基礎学理とプロセス最適化の指導原理を構築し、積層造形に適した合金設計に展開します。

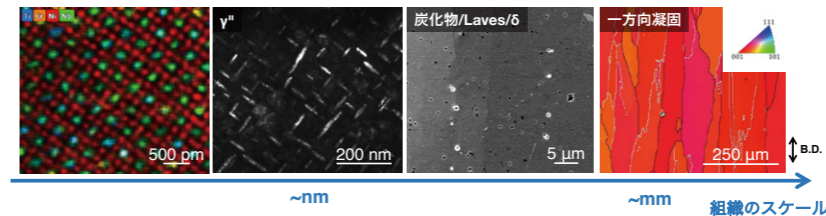


図1 Ni基超合金積層造形体における階層的な多相組織。その場中性子回折を用いて、階層的な多相組織の解析を幅広いスケールで行い、高温環境・応力下におけるダイナミクスを定量的な組織情報を基に明らかにすることが可能です。

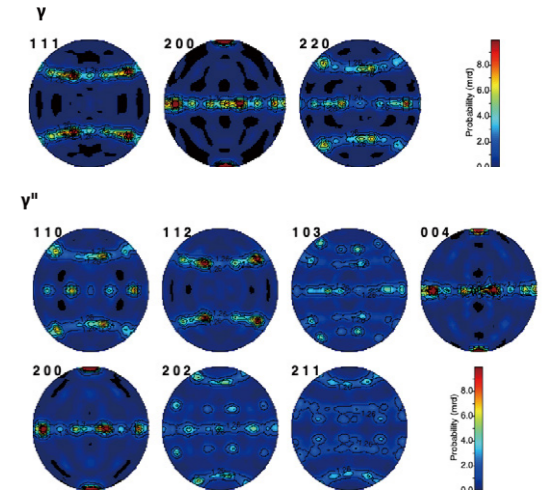


図2 その場中性子回折測定で得られたNi基超合金積層造形体の集合組織。積層造形によりγ相およびγ'相とともに集合組織が形成している。

# A02

## 二次イオン質量分析法による超温度場凝固に固有の帯状変調組織の実証

仲村 龍介

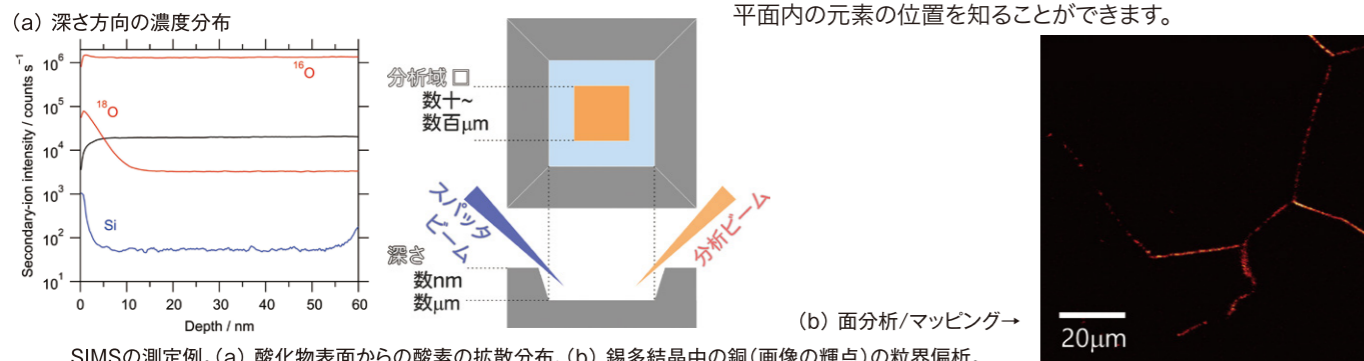
滋賀県立大学・工学部・教授



金属粉末をレーザービームで溶融し凝固させる過程では、「巨大な温度勾配」下での「超高速の結晶成長」が生じます。この極限的な環境下では、固有のミクロ組織の形成が観測および予測されています。凝固速度 1 m/s 級で出現する「帯状変調組織(banded structure)」、そして一段上の10 m/s 級で出現するとされる「平滑な凝固界面」が学術的な関心の的です。前者が後者の前駆的段階と考えれば、前者の「帯状変調組織(banded structure)」には、その先の「平滑な凝固界面」が出現する起源の解明の糸口が隠されているのではないかとこの研

究の出発となる問いです。「帯状変調組織」は、サブミクロン(数百ナノメートル)スケールの周期的構造です。本研究では、分析領域サイズと空間分解能の両面において、この組織の解析に最適な二次イオン質量分析法(SIMS)を駆使して、極限環境下で固有に生じる凝固組織「帯状変調組織」の実証と出現条件の解明に挑戦します。

SIMSの特徴は、(1) 水素を含めた全元素の、(2) 極めて微量(イオン種による)の、検出をできることです。その基本特性を活かして、図の例のように、深さ方向の連続的な濃度分布、そして、平面内の元素の位置を知ることができます。



SIMSの測定例。(a) 酸化物表面からの酸素の拡散分布、(b) 錫多結晶中の銅(画像の輝点)の粒界偏析。

# A02

## レーザー照射により誘起される超高温相のその場観察と物理量定量化

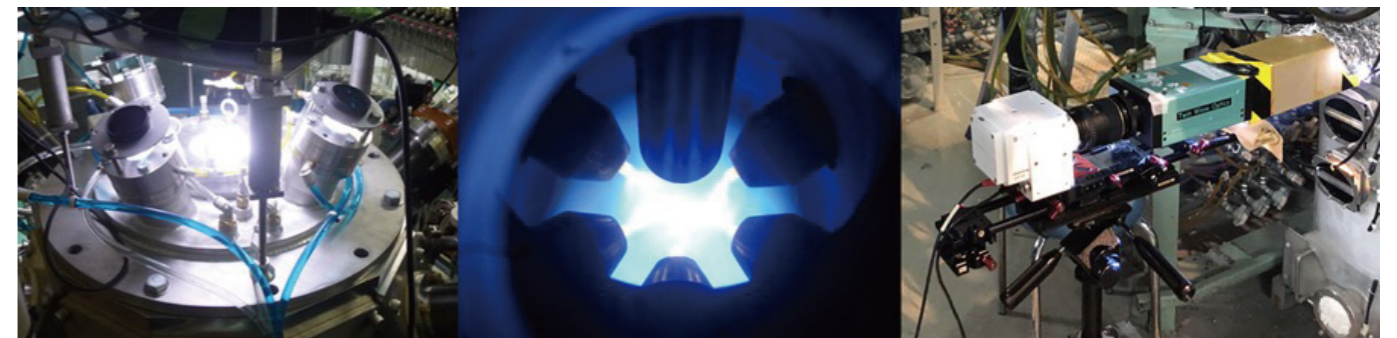
田中 学

九州大学・工学研究院・准教授



金属3DPの理解、制御に向けては、金属粉末へのレーザー照射による急速溶解・急速凝固現象のその場観察が重要です。溶融する金属からの蒸発現象、それに伴う熱・物質・運動量の入出力、つまり移動現象を明らかにするために、瞬間的、局所的に発生するプラズマを含んだ気相情報を定量化します。本申請課題では、プラズマ相からの発光および吸光現象を用いた光学的高速度イメージング技術の適用を計画しています。これ

まで、電氣的に発生させたプラズマ相からの各種金属原子からの発光を捉えることで、気相の温度場の計測に成功しています。さらに、基底状態である金属原子による吸光を利用した濃度場計測の構築も進んでいます。本課題では、レーザー誘起プラズマに対して上記イメージング技術を適用することで、気相側の温度場・濃度場のその場観察を行い、それにより「超温度場結晶成長マイクロダイナミクス」の理解の深化を目指します。



高速度イメージング技術適用の一例

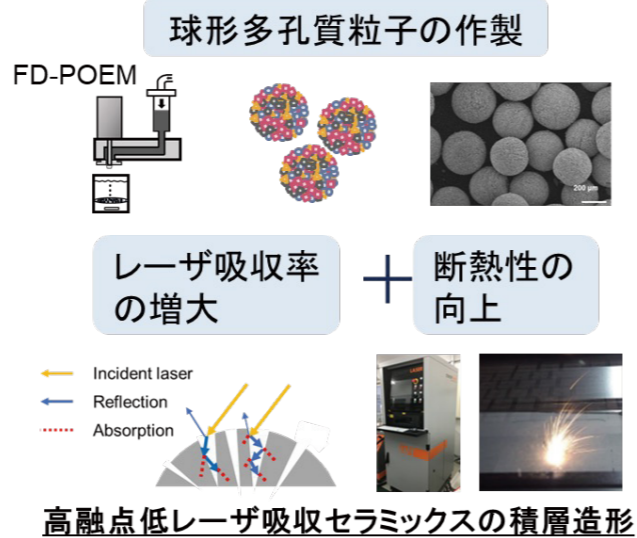
# A03

## 高レーザー吸収球形多孔質セラミックス粒子の組成最適化と緻密セラミックス積層造形

野村 直之  
東北大学・工学研究科・教授



本研究は、セラミックス積層造形用粉末開発のための基礎研究であり、気孔を積極的に導入した積層造形用球形セラミックス粉末を、独自に開発した凍結乾燥パルス圧力印加オリフィス噴射法(Freeze-Dry Pulsated Orifice Ejection Method; FD-POEM)により創製し、高いレーザー吸収性と高い断熱性を両立させることを目的とします。積層造形用粉末には気孔をできるだけ排除して造形物中の気孔形成の要因を減らすことが一般的に要求されます。しかし粒子中に連通路を導入して表面に凹凸を導入し、断熱性を高めることで局所的な温度上昇を最大限に高め、溶融による緻密化を行います。本研究では、90%を超える高い気孔率を含有する多孔質球形セラミックス粒子を作製し、コンビナトリアル手法を用いて組成最適化を実施して、緻密なセラミックスレーザー積層造形体の実現を目指します。



高断熱・レーザー吸収能を有するFD-POEM粒子を用いたセラミックス積層造形体作製の概念図

# A03

## 酸化物系全固体電池におけるレーザー超温度場で誘起する界面形成機構の理解

本間 剛  
長岡技術科学大学・工学研究科・教授



全固体ナトリウムイオン電池は、高いエネルギー密度と優れた安全性能を兼ね備える蓄電デバイスとして期待されています。電池には正極、負極、および固体電解質それぞれの部材内及び部材間ごとの接触界面が存在し、これらの界面制御は電池の内部抵抗に影響を与えます。セラミックスで構成する全固体電池は焼成によって作製されますが、異種材料であるが故に相互拡散による意図しない固相反応が進行します。一方で我々が推進しているレーザー照射による溶融凝固を用いた全固体電池の作製では、活物質に含まれる遷移金属イオンの光吸収と無輻射緩和による局所加熱が誘起し、位置選択的な加熱が可能です。図1は正極となるリン酸鉄ナトリウムへレーザー照射している様子で、局所的には1600°Cまで到達し、冷却過程でガラス化していることが明らかになっています。本研究では、レーザー照射による活物質-固体電解質界面を作製し、溶融池の形成、温度分布と組成との関係を調査し、3Dプリンティングによる全固体電池作製のための基盤形成を目指します。

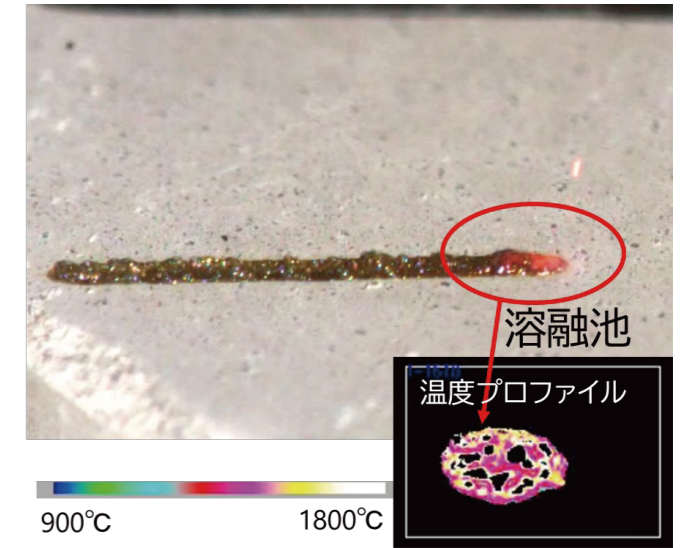


図1 ハイスピードカメラと放射温度計を用いて、リン酸鉄ナトリウムのレーザー照射による溶融を観察した様子

# A03

## 超温度場での特異な組織形成を利用した生体材料の高機能化のための材料設計指針の構築

多根 正和  
大阪大学・大学院工学研究科・教授



A03班・超温度場バイオマテリアル創成科学が目指す生体用Ti合金の高機能化(力学的生体親和性を満たす低弾性率化)の実現には、超温度場・3Dプリントでの特異な結晶成長によって創成されるTi合金の弾性特性を解明した上で、特異結晶成長を考慮したプロセス・微細組織制御指針を確立することが不可欠です。しかし、超温度場での特異結晶成長によって創成される異方的な微細組織および特異な相安定性を反映した弾性特性の支配因子は未だ明らかになっていません。本研究では、共鳴超音波スペクトロスコピーを基軸とした高効率弾性率計測システム(Fig. 1)による実験と独自の微視的弾性理論であるinverse Voigt-Reuss-Hill近似等による単結晶弾性率解析を基軸として、超温度場で創成されるTi合金の低弾性率化のための結晶弾性および材料組織における支配因子を解明します。Fig. 1に示す共鳴超音波スペクトロスコピーを利用することで、特異結晶成長によって創成される異方的な微細組織や弾性特性に及ぼす影響を詳細に解析することが可能となります。さらにはA03班内でのプロセス-組織-特性間の緊密な連携を実施することに

より、超温度場・3Dプリントの特徴を生かした生体用Ti合金の特異な低弾性率化のための材料設計指針を確立し、超温度場材料創成学に貢献します。

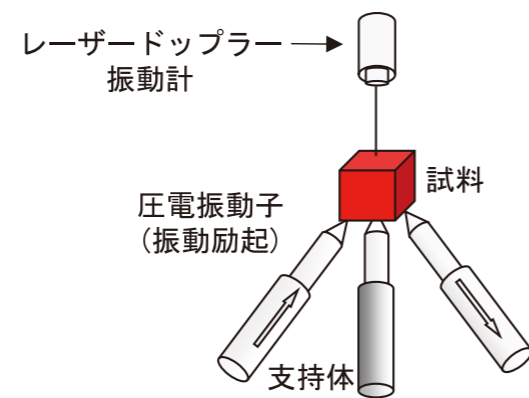


図 レーザードップラー振動計による振動モードの解析を組み合わせた共鳴超音波スペクトロスコピー

# A03

## 金属/セラミックス複合粉体に由来した温度場生成と結晶配向制御

松本 洋明  
香川大学・創造工学部・教授



本研究[第1期公募研究(22、23年度)の内容を更に発展化、特に基礎学理の深化を図ります]では、金属/セラミックス(AISi10Mg or Al/SiC)複合体をモデル材料として、複合粉体の異なる特性(レーザー吸収率・融点)を起点とした独自の研究アプローチに立脚し、LPBFによるAlメルト域(サブmm領域)および未溶融セラミックス界面近傍(サブμm領域)における局所での温度場生成とそれに由来した結晶成長を評価・その基礎学理を深化させます。具体的には、(1)粉末粒度を調整(微細化)して界面反応(4Al(液相)+4SiC(固相)→3Si(固相)+Al<sub>4</sub>SiC<sub>4</sub>(固相))を促進した緻密で多量のSiC/Al<sub>4</sub>SiC<sub>4</sub>セラミックス相を含有する複合体の創製、(2)複合粉体に由来した溶融池域および粒子間領域における温度場・凝固マップの評価とそれを基盤とした(3)α-AlおよびAl<sub>4</sub>SiC<sub>4</sub>相の結晶成長・結晶配向性(等方性・異方性の両面から)の基礎原理を明らかにいたします。これにより、“金属(Al)を媒介とした多量セラミックス相の創製”と“複合粉体を起点とした温度場・結晶成長”を独自性として本研究領域の主旨である“超温度場生成”の可能性を探ります。本研究では実験研究を基盤として有限要素計算解析(FEM)を援用した温度場解析を実施致します。加えて、こ

の複合化の概念を融点・レーザー吸収率の異なる金属-金属間の関係性にも内容を昇華させて例えば、AISi10Mg/Mo複合体の製造も実施して(複合化の組合せの幅を拡げて)、複合化に由来した局所での温度場と特異な組織形成の可能性を評価する予定です。

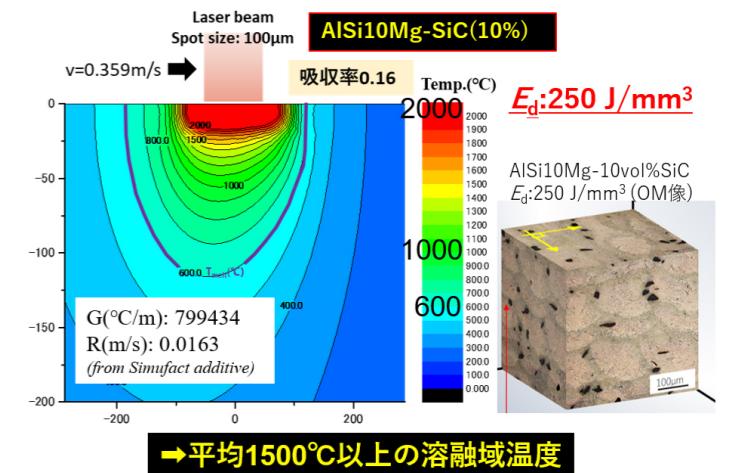


図 AISi10Mg/SiC 複合体に由来した溶融温度の増加

# A03

## 金属3DPによる等温 $\alpha'$ 相の相分解を利用した $\alpha+\beta$ 型チタン合金の創製

田原 正樹

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授



チタン合金における準安定 $\beta$ 相は超弾性や低ヤング率などの様々な機能性の発現をもたらします。本研究では、超温度場を利用して作製した準安定 $\beta$ チタン合金において、相分解反応を用いて従来にない微細な $\alpha/\beta$ 二相ラメラ組織の形成を目指します。第1期では、 $\beta$ 相の相安定性を大きく低下させた新たな準安定 $\beta$ 型チタン合金を金属3DPで作製し、造形ままの条件で超弾性を発現させることに成功しました。第2期では、この準安定 $\beta$ 相の相分解反応を利用し、 $\alpha/\beta$ 微細ラメラ構造を有する積層造形体の創製に取り組みます。超弾性を示すような一部の準安定 $\beta$ チタン合金では、時効熱処理によって $\alpha'$ 相が生成し、この $\alpha'$ 相を更に高温で熱処理することで $\alpha/\beta$ ラメラ組織が形成されることを我々は見出しました(図)。本研究では、従来法で作製するよりも更に $\beta$ 相の安定性が低い積層造形体を用い、より微細なラメラ組織を有する高強度 $\alpha+\beta$ チタン合金の創製に挑みます。

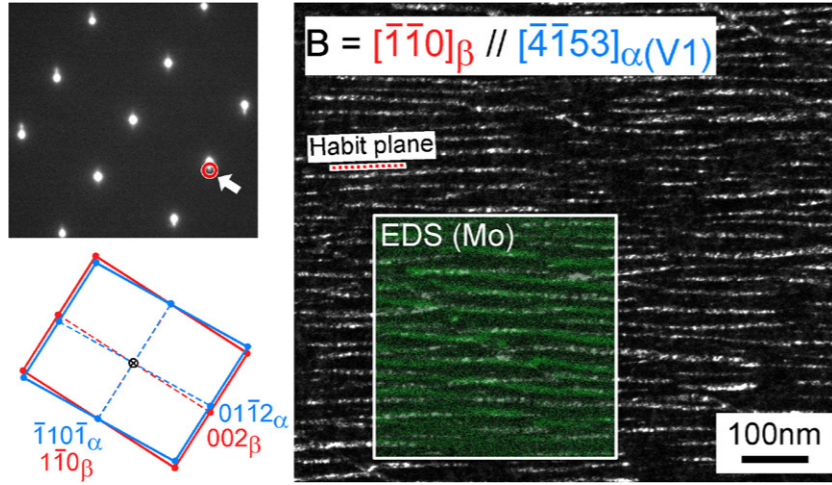


図 従来法で作製したTi-Mo系合金において $\alpha'$ 相を経由して得られた $\alpha/\beta$ ラメラ組織

# B01

## ミリ波による「超温度場」形成と触媒反応制御

椿 俊太郎

九州大学・農学研究院・准教授



ミリ波(波長<10 mm)によって担持金属触媒上の局所に従来のマイクロ波(波長 = cm)では困難な「超温度場」を形成し、自在に固体触媒反応を加速する方法論を確立します(図1)。独自開発のミリ波 in situ XAFSおよびXRDを用いて、ミリ波によって固体触媒上の金属ナノ粒子に生じる局所高温反応場の形成を実証します(図2)。さらに、電磁界・熱流束・CFD連成解析を駆使して触媒活性点上の局所反応場の伝熱機構を解

明します。続いて、シングルモード型ミリ波装置を用いて、固体触媒上の活性点に「超温度場」を形成し、ミリ波による担持金属触媒反応の自在な反応加速を達成します(図2)。ミリ波照射と担持金属触媒構造の設計によって、触媒活性点上の高強度なミリ波電磁場を形成し、触媒反応加速の自在制御を実現したいと考えています。

ミリ波( $\lambda=10$  mm) > 従来のマイクロ波( $\lambda=122$  mm)

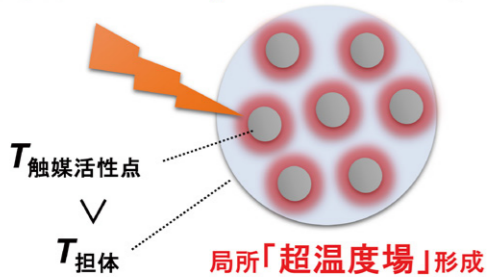
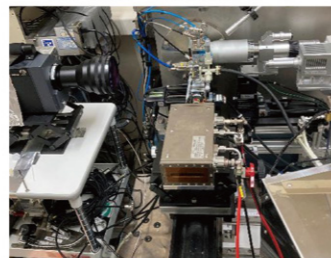


図1 従来のマイクロ波よりも短波長のミリ波を用いて固体触媒の反応活性点に局所的な「超温度場」を形成し、触媒反応を加速する。

反応加速機構解明  
in situ ミリ波XAFS



触媒反応開発  
ミリ波触媒リアクター

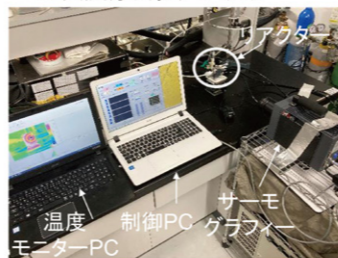
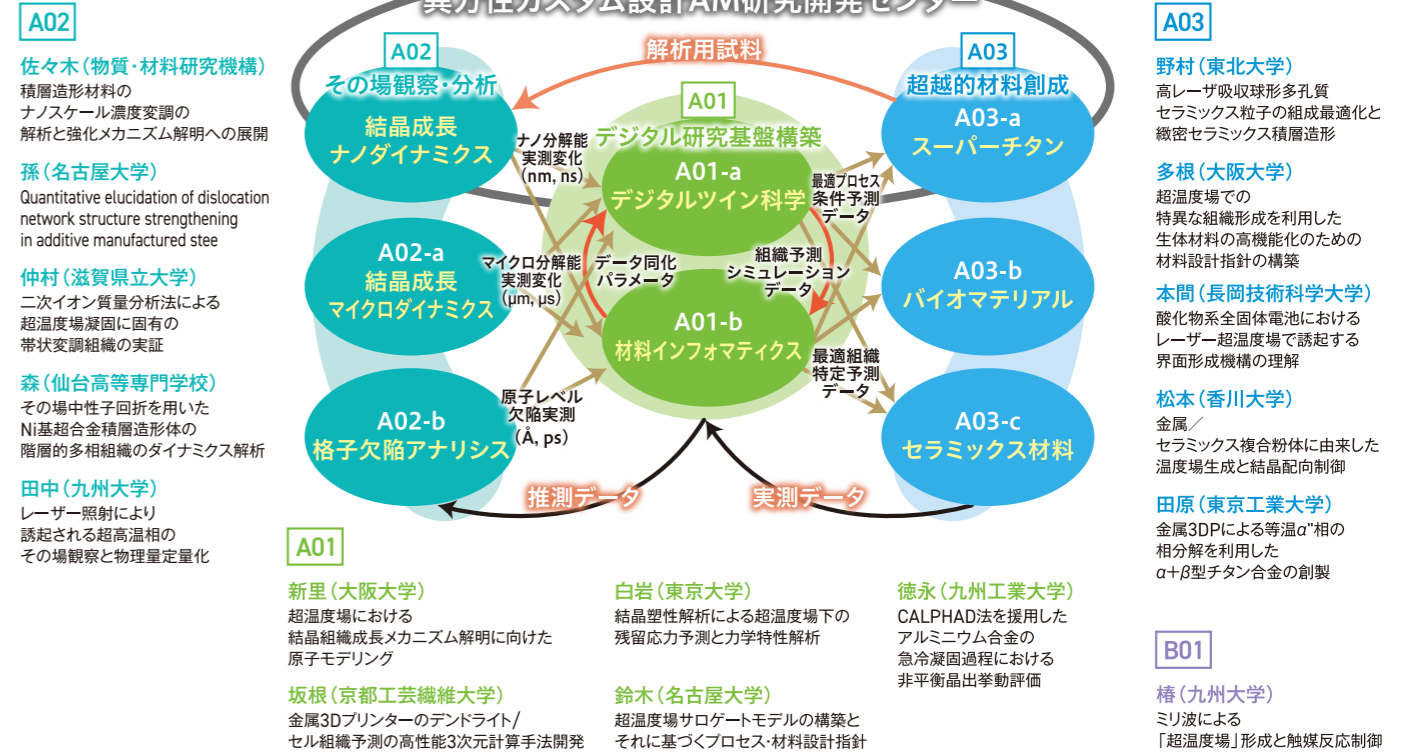


図2 独自開発のミリ波触媒リアクターとin situ ミリ波XAFSシステムを用いて、「超温度場」形成機構の解明と触媒反応の開発を進める。

## 研究体制

### 大阪大学工学研究科附属 異方性カスタム設計AM研究開発センター



## 2024年前期 活動記録

- 3月17-18日 2023年度報告会 大阪大学 中之島センター
- 5月15日 第2期公募研究キックオフミーティング 大阪大学 吹田キャンパス
- 7月12日 ディスカッションミーティング A01班
- 8月23日 ディスカッションミーティング A02班
- 8月28-30日 超温度場夏の学校 電子顕微鏡スクール 大阪大学 超高压電子顕微鏡センター
- 9月5-7日 超温度場夏の学校 データ科学スクール 名古屋大学 東山キャンパス
- 9月18-20日 日本金属学会 秋期講演大会 公募シンポジウム 「超温度場材料創成学II: Additive Manufacturingによる材料科学の新展開」 大阪大学 豊中キャンパス

## 今後の予定

- 10月11-12日 超温度場夏の学校 若手研究交流会 滋賀・膳所
- 10月18日 ディスカッションミーティング A03班
- 11月26-27日 第18回物性科学領域横断研究会 神戸大学
- 12月16-18日 第34回日本MRS年次大会 横浜市開港記念会館他
- 3月17-18日 2024年度報告会 大阪大学 箕面キャンパス

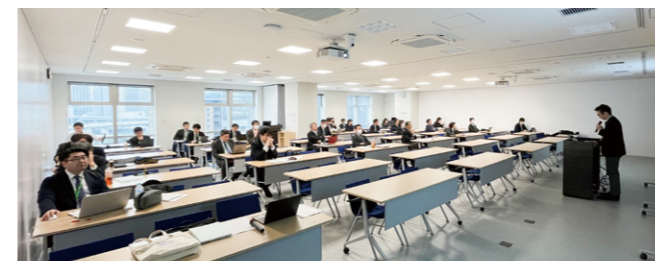
### ◎総括班 定期ミーティング

- 4月10日・24日 6月5日・12日・26日 8月28日
- 5月8日・22日 7月10日・31日 9月11日・25日

## 活動報告

### ◎2023年度報告会

3月17日(日)-18日(月)に大阪大学 中之島センターにて『2023年度報告会』を開催し、7つの計画研究班と16の第1期公募研究班の報告と討論を、2日間かけてみっちりを行いました。そして、総括班評価者と学術調査官の先生方からこれまでの研究成果に対する講評と、中間評価やプロジェクト後半に向けての助言をいただきました。



2023年度報告会の様子

### ◎第2期公募研究キックオフミーティング

5月15日(水)に大阪大学 吹田キャンパス 工学部センテラスにて『第2期公募研究キックオフミーティング』を開催し、2024年度より新たにプロジェクトに加わった16の第2期公募研究班の研究紹介を行いました。そして、A01、A02、A03とB01の各班に分かれ、計画研究班と公募研究班の今後の共同研究について議論しました。また、大阪大学大学院工学研究科附属異方性カスタム設計・AM研究開発センターを見学しました。



第2期公募研究キックオフミーティング