

鈴木進補研究室

2025年度、本研究室では、主に以下の研究を行った。

1) Ni基単結晶超合金TMS-238におけるTCP析出抑制可能なRuとRe量の推定式構築, 2) 分子動力学法を用いた液体金属における原子の拡散挙動評価, 3) Laser powder bed fusionにおけるヘテロ凝固核TiCがTi-6Al-4V粉末の溶融挙動に与える影響, 4) ソーレ効果の精密評価に向けた干涉縞解析の改善と機械学習分子動力学法の検討, 5) ポーラス金属の気孔配列不規則化に従った圧縮応力減少傾向の解明。以下に研究成果の一例を紹介する。

1) Ni基単結晶超合金TMS-238におけるTCP析出抑制可能なRuとRe量の推定式構築

Ni基単結晶超合金TMS-238はクリープ特性に優れ、航空機エンジンの高圧タービンプレード材として有望な合金である。しかし、Reなどの強化元素により析出し高温クリープ特性を低下させるTopologically Closed-Packed Phase (TCP相) 抑制のためにRuを5 wt.%添加しており、商用合金と比べて高価である。そのため、高価なRu重量分率(C_{Ru})を低減させてコストを抑えつつ、高温クリープ特性を維持した合金開発が求められる。Ni基単結晶超合金には構成元素の拡散速度差に起因する組成偏析が存在し、TCP相の析出およびTCP相が及ぼす影響は合金の局所組成に起因する。これらを考慮したうえでTCP相の析出を抑制できる組成を求めることが、新合金開発に向けて重要である。産業利用を想定すると、高価なRuの重量分率を低減しつつも強化元素であるReの重量分率(C_{Re})を低減させずに、TCP相が析出しない合金が求められる。そこで本研究では、Ruの重量分率を低減させたTMS-238をベースとした合金において、TCP相が析出しない C_{Ru} と C_{Re} の関係を定式化することを目的とした。

Ni基単結晶超合金TMS-238 (5Ru) および、これをベースに他合金元素の重量分率を変化させずに C_{Ru} を半減させた合金 (2.5Ru)、不添加の合金 (0Ru) の単結晶丸棒を製造した。一方向凝固による単結晶製造後、1345℃-20 hの溶体化処理、1150℃-2 h、870℃-20 hの二段階時効処理を行った。単結晶丸棒を(100)で切断し、1150℃で24-1000 hの熱処理実験を行った。Scanning Electron Microscope (SEM) により、横457.3 mm×縦343 mmの画像を取得し、デンドライトコア (DC) 部とインターデンドライト (ID) 部それぞれにおけるTCP相の局所面積率を求めた。Electron Probe Micro Analyzer (EPMA) により、SEMで撮影した測定範囲に対して、ビーム径を10 mmとし、横方向に40点、縦方向に2点、計80点分について各合金の1000 h熱処理試料の C_{Ru} と C_{Re} を測定した。

C_{Ru} を低減させると、DC部ID部のいずれにおいてもTCP相面積率が増加し、いずれの合金でもDC部のTCP相面積率はID部よりも高かった。各合金のDC部におい

て、クリープ特性に悪影響を及ぼすとされるTCP相面積率1%を超える熱処理時間を求めるために、フィッティングを行った。その結果、0Ruでは189 h、2.5Ruでは524 h、5Ruでは1246 hの熱処理でTCP相の面積率が1%を超えた。これによりTMS-238 (5Ru) における C_{Ru} を半減させると、TCP相面積率が1%を超える熱処理時間は約700 h短縮されることが示唆された。

クリープ特性に影響を及ぼすとされるTCP相面積率1%を閾値としてTCP相の析出有無を判断し、2.5Ruにおいて、TCP相面積率1%を閾値とした2つのグループごとに90%確率楕円を描いた。TCP相の析出を抑制可能な C_{Ru} と C_{Re} の関係を推定するために、TCP相面積率1%以上の楕円の接線のうち、正の傾きでTMS-238の C_{Ru} と C_{Re} を通る線を選び、この右下の領域を対象とした。その結果、1150℃-1000 h熱処理においてTCP相面積率が1%未満かつ C_{Ru} が少なく C_{Re} が多い組成域は、式 (1-1) のように表された。

$$C_{Re} < 0.38 C_{Ru} + 4.5 \quad (1-1)$$

2) 分子動力学法を用いた液体金属における原子の拡散挙動評価

液体金属の拡散は材料プロセスにおける物質の輸送を考えるうえで重要な物理現象である。拡散は原子の運動により進行し、分子動力学法 (MD) はそのような原子の挙動を評価する有効な方法である。MDを用いた研究は多く行われているが、個々の原子の拡散挙動評価に焦点を当てた研究は限られている。これは、液体における個々の原子の運動を特徴付けることが困難であるためである。以上より、本研究では液体金属の拡散における個々の原子の微視的挙動の分類方法確立を目的とした。

対象とする系として、自己拡散係数の実験値が得られている、773 Kにおける液体PbのMDを実行した。原子間ポテンシャルとしてPreFerred Potential ver5.0.0、シミュレーションソフトとしてMatlantisを使用した。4000個のPb原子を周期境界条件下のMDセル内に面心立方構造で配置し、各原子にはシリアル番号 (ID) を付与した。系はBerendsenサーモスタットによって制御し、ニュートンの運動方程式を速度-Verlet法により数値積分した。計算stepは1 fsを1 stepとした。Matlantisの計算モードは分散力補正なしとした。平衡となる数密度を決定するための事前計算を行い、その後本計算を実行した。事前計算では温度773 K、圧力 1.01×10^5 PaのNPT制御下で10000 fs計算を実行した。このとき初期数密度は 27.9 nm^{-3} に設定した。最後の1000 fsにおけるMDセルの体積に対して時間平均をとり平衡体積を求め、平衡となる数密度を計算した。得られた平衡となる数密度を用いてNVT制御下で本計算を実行した。初期圧力は 1.01×10^5 Paとし、10000 fsの平衡化

後対象とする計算を100000 fs実行した。出力は10 fsごととした。終了したのち、本計算の全時間範囲における原子の座標から自己拡散係数 D を計算した。自己拡散係数は $2.83 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ であり、実験値のエラーバー範囲内であった。以上より、本MDが773 Kの液体Pbを再現していることが確認された。

一つの原子に着目したところ原子が移動の方向を大きく変えるとき、速さは極小値となっていた。また原子がその場に留まるとき、原子は完全に停止するのではなくその場での振動を続けていた。以上より各原子に対して全時間範囲をjump, gradual-motion, stayの三種類の区間に分類する、以下の(i)-(vi)の方法を考えた。jumpは他の原子の隙間を通り抜ける大きな移動、stayはほとんど位置を変えない振動、gradual-motionはいずれにも分類できない、両方の性質を持つような運動である。(i) 速さの時間変化を求め、それが極小値を取る時刻を計算する。(ii) (i)で計算された時刻における原子の位置を求め、時間的に隣り合うもの同士を線分で接続する。(i)で計算された時刻における原子の位置のうち、その位置から延びる二つの線分の角度が鋭角となるものを抽出する。(iii) (ii)で抽出された点同士のうち時間的に隣り合うもの同士を再度線分で接続する。同様に、その点から延びる二つの線分の角度が鋭角となるものを抽出する。(iv) (iii)で抽出された点に対して、時間的に隣り合うもの同士の距離を求め、 $g(r)$ の第一ピーク位置を上回るものをjump区間とする。(v) (iii)で抽出された点に対して、時間的に隣り合うもの同士の区間のうち、(iv)以外の区間において、間に速さの極小値が一つもないものをstay区間とする。(vi) jump区間, stay区間のいずれにも属さないものをgradual-motion区間とする。以上の方法を用いて、個々の原子に対して微視的挙動を分類することが可能である。

3) Laser powder bed fusionにおけるヘテロ凝固核TiCがTi-6Al-4V粉末の溶融挙動に与える影響

Laser powder bed fusion (LPBF)は高い設計自由度と造形精度を有する一方で、急峻な温度勾配に起因して、凝固時に意図せず柱状晶が形成しやすい。加えて、下層に支持部材がない条件で溶融池の形成が不安定化しやすく、造形品質が著しく低下することが問題である。

Ti-6Al-4V粉末へのTiCヘテロ凝固核の添加が、溶融挙動と凝固挙動を改善することが示唆されている。具体的には、TiCが不均質核生成サイトとして作用し、微細かつ等軸な結晶粒の形成を促進する。加えて、LPBFにおいて、TiC添加による相対密度の向上、表面の平滑化、及びスパッタ径の減少が報告されている。しかしながら、TiC添加が溶融挙動に影響を与える因果関係は未解明である。TiCを用いた造形体の品質を保証するためには、その場観察による溶融中の挙動解明が有効だと考えた。

従って本研究は、支持部材がない条件で、TiC添加がTi-6Al-4V粉末のLPBFにおける質量及び熱収支に与える

影響を明らかにすることを目的とした。その場観察した溶融挙動と、加熱領域の平均温度、造形体質量、スパッタ質量の関係を整理した。

TiC粉末を無添加及び2 mass%混合したTi-6Al-4V粉末をそれぞれ試料ホルダに充填し、その場観察装置に挿入した。真空排気後、1.5 sにわたりレーザ照射しながら試料ホルダを直線移動し、レーザ線走査を模擬した。実験条件は、レーザ出力 $P=100, 200, 300 \text{ W}$ 、走査速度 $v=10, 20, 30 \text{ mm/s}$ 、TiC添加の有無を組み合わせた計18条件とした。レーザ照射中における側面及び上面の溶融挙動を、それぞれX線透過法及び二色放射测温法によりその場観察した。レーザ照射終了後、その場観察装置を用いて造形体を撮影した。温度画像から、レーザ照射点付近の加熱領域に設定した関心領域における、レーザ照射中の時間平均温度 T_{ave} を算出した。

試料ホルダと粉末の質量におけるレーザ照射前後の差分をスパッタ質量 m_{spatter} と定義し、測定した。その後、試料ホルダから造形体を取り出し、造形体質量 $m_{\text{melt track}}$ を測定した。

X線透過法により、レーザ入熱で形成した溶融池がレーザ走査方向と逆向きに移動することで造形体を形成する過程が、TiC添加の有無に依らず同一であった。二色放射测温法より、 T_{ave} はTiC添加により増加したことが示された。TiC添加の有無に依らず、 P 及び v の増加に伴い m_{spatter} は増加した。加えて、全ての実験条件でTiC添加により m_{spatter} は増加した。同様に、 $m_{\text{melt track}}$ はTiC添加の有無に依らず、 P の増加、 v の減少に伴い増加した。加えて、すべての実験条件でTiC添加により $m_{\text{melt track}}$ は減少した。

質量及び温度の変化を熱収支の観点から整理する。検査体積は蒸発または溶融した粉末床とした。従って、検査体積の質量 $m_{\text{cv}} = m_{\text{spatter}} + m_{\text{melt track}}$ である。式(3-1)に簡略化した熱収支を示す。左辺は検査体積に投入される熱量、右辺第1, 2項は検査体積の昇温、第3項は相変化を表す。なお、粉末床はバルクに対して熱伝導率が極めて低いため、レーザ照射中の周囲への抜熱は無視した。

$$\alpha^{\text{laser}} P t_{\text{d}} = m_{\text{cv}} C_V (T_{\text{ave}} - T_{\text{pre}}) + L m_{\text{cv}} \quad (3-1)$$

α^{laser} は粉末床のレーザ吸収率、 C_V は比熱、 L はTi-6Al-4Vの凝固潜熱、 T_{pre} は粉末床初期温度である。

TiC添加の有無に依らず、 v が一定の条件では、 P の増加により粉末床への入熱量は増加する。その結果、主に式(3-1)における、溶融される粉末の質量 m_{cv} が増加し、 m_{spatter} 、 $m_{\text{melt track}}$ が増加したと考えられる。一方、 P 一定の条件では、 v の増加に伴い加熱時間が減少する。その結果、粉末が十分に加熱されず、伝熱経路が十分に発達せずに局所的に熱が蓄積して T_{ave} が増加したと考えられる。従って、蒸発に割かれる熱量が増加して m_{spatter} が増加した結果、 $m_{\text{melt track}}$ が減少したと考えられる。

TiC添加が質量及び熱収支に与える影響を整理する。2 mass%のTiC添加により粉末床のレーザ吸収率が5%程度

増大することが先行研究より明らかになっている。TiC添加による T_{ave} の増加率 I_{ave} に前述のエネルギバランス式を代入すると3-7%と求まった。一方、 I_{ave} の実験値は2-5%であり、計算値が大きく見積もられる傾向があった。これは、温度上昇による蒸発潜熱項や抜熱項の増大を無視した結果であると考えられるが、乖離の傾向は一致する。従って、TiC添加により粉末床のレーザ吸収率が増大することで、蒸発に割かれる熱量が増加し、 $m_{spatter}$ が増加した結果、溶融池に残る溶融粉末量が減少し、 $m_{melt\ track}$ が減少したと考えられる。

4) ソーレ効果の精密評価に向けた干渉縞解析の改善と機械学習分子動力学法の検討

ソーレ効果とは、温度勾配を駆動力とする物質輸送現象である。この現象のメカニズム解明には、分子動力学法(MD)を用いたシミュレーションが有効である。近年、MD計算を行う上で、原子に働く力を決定するポテンシャル関数として、PreFerred Potential (PFP)などの機械学習ポテンシャルが発展しつつある。この機械学習ポテンシャルは広範な系へ適用可能であるが、実用化にあたっては、ポテンシャルが系の構造や動的性質を正しく再現しているかの検証が不可欠である。そこで本研究の目的は、PFPを用いたMD計算を行い、PFPがどの程度系を再現するか検証することである。加えて、干渉縞解析手法の改善も行ったが、ここでは省略する。

ソーレ係数の実験値が多く存在する水/エタノール系を計算対象とした。PFPを用いた計算では、600分子の純水系と、400分子の純エタノール系を用いた。比較対象として、古典的ポテンシャルによる計算では、TIP4P/2005を用いた1000分子の純水系と、OPLS-AAを用いた1000分子の純エタノール系をそれぞれ構築した。初期構造の作成にはPackmolを用い、分子をランダムに配置した。平衡化計算では、等圧・等温制御するNPTアンサンブルを用いて、1 fs×50000 step計算し系を平衡化させた。続く本計算では、等積・等温制御するNVTアンサンブルを用いて、1 fs×10000 step計算した。本計算の結果を解析することで、動的性質を表す自己拡散係数 D と、系の構造を表す部分二体分布関数 g_{ij} を算出した。

PFPを用いた計算により得られた自己拡散係数のアレキニウスプロットに着目すると、エタノールの計算値は実験値に近くオーダーが一致したが、水の結果は実験値より一桁小さい値となった。次に、40℃における部分二体分布関数 $g_{ij}(r)$ に着目すると、PFPで得られた g_{ij} のピーク位置は、古典力場による結果と概ね一致していた。水の g_{OO} に着目すると、PFPの結果はTIP4P/2005に比べ、ピーク高さが大きく、ピーク間の谷がより深い形状を示した。また、エタノールの g_{OH} では、PFPの結果において新たなピークが見られた。

PFPの学習元であるPerdew-Burke-Ernzerhof (PBE) 汎関数は、水分子間の水素結合を過大評価する傾向がある

ため、自己拡散係数は実験値よりも小さくなり、 g_{OO} の第一ピークが高くなることが知られている。本研究におけるPFPの計算結果はこの傾向と一致しており、学習の過程で、PBE汎関数の特性がPFPに受け継がれたものと考えられる。次に、拡散係数の結果に基づき、水/エタノール系におけるソーレ効果のMD計算に必要なシミュレーション時間を見積もった。系として、300分子ずつの水とエタノールを含む、アスペクト比1:1:2のボックスを仮定した。密度を0.9 g/cm³ (9×10² kg/m³) とすると、ボックス長手方向の長さ(2w)は、52 Å (5.2×10⁻⁹ m)となる。このとき、分子拡散により濃度分布が緩和するのに要する時間 t は次式で計算される。

$$t = 3t_r = \frac{3w^2}{D} \quad (4-1)$$

ここで t_r は水の自己拡散における緩和時間である。本研究で得られた水の拡散係数を D として代入すると、 t は13 nsと算出された。これより、ソーレ効果による濃度勾配が定常状態へ至るには、最低13 nsの計算時間が必要である。

PFPは、古典力場で得られた水とエタノールの液体構造を概ね再現する。一方で、PFPによる水の自己拡散係数は、実験値よりも桁が一つ小さくなり、ソーレ効果による濃度勾配の再現には、最低13 nsのシミュレーション時間が必要である。

5) ポーラス金属の気孔配列不規則化に従った圧縮応力減少傾向の解明

ポーラス金属は内部に多数の気孔を有し、圧縮中に応力がプラトー化することで衝撃吸収材として利用される。近年、金属積層造形法などの製造技術の発展により、セル壁の形状や配置といった構造を詳細に設計することが可能となった。そこで構造と剛性の関係を明らかにし、産業利用時の許容応力に応じた構造の最適化により高いエネルギー吸収効率が実現すると期待される。従来研究では主に気孔率に基づく剛性制御が検討されてきたが、気孔配列や形状などの局所的構造が剛性に与える影響は十分には理解されていない。澤田は、気孔配列が不規則なモデルから、ひずみが帯状に集中する領域(以下、予変形帯と呼ぶ)のひずみを抑制するように気孔配列を移動させることで、同じ圧縮ひずみにおいて圧縮応力が増加することを明らかにした。このことから、気孔配列を不規則にすることで、構造的に低剛性となる領域が生じることで予変形帯上のひずみが増加し、圧縮応力が減少するのではないかと考えた。本研究では、様々な不規則度を有する気孔配列の方向性ポーラス金属を対象に有限要素解析を行い、構造不均一性に起因するひずみ局所集中量と圧縮応力低下との関係を近似式として整理することを目的とした。

解析に使用したモデル形状は直径 $D=3$ mmの方向性気孔を多数有する一辺25 mmの立方体とした。規則配列は、気孔中心間距離4.8 mmとした。加えて、規則配列におけ

る各気孔中心の座標にランダムな変位を与えることで16種類の不規則配列を作成した。気孔率は全て35.5%とした。ここで、気孔率を一定にするためにモデル端の気孔体積は気孔配列を移動させた際にも一定とした。気孔配列の不規則度は、規則配列からの各気孔の変位量 R を算出し、 D で正規化した全気孔の平均変位 R_{ave}/D により定義した。モデルの材料特性はA6061-Oのノンポラス材料の圧縮試験結果から定義された。有限要素解析にはAbaqus/Explicit 2024を用いた。解析は圧縮ひずみ $\epsilon=30\%$ に到達するまで実施し、相当塑性ひずみ分布を取得した。各モデルを気孔長手方向に対して垂直方向の2種類からそれぞれ圧縮シミュレーションを行った。予変形帯のひずみ集中量増加と圧縮応力の低下との関係を定量的に示すため、澤田によって確立された変形帯の定義手法を適用した。まず、セル壁中心から1 mmの範囲内における最大相当塑性ひずみを、当該セル壁の代表値として算出した。次に、各気孔配列に対し、モデル側面から3 mm以内に中心が位置する気孔を変形帯の端部と定義した。そのうえで、モデルの左端から右端へ隣り合う気孔を連結する経路を探索した。これらの経路のうち経路内のセル壁におけるひずみの代表値の平均が最大となるものを変形帯として定義した。

全モデルで、 $\epsilon=10\%$ まではセル壁破断が起きず、一部のモデルでは圧縮直後からひずみの集中が明確となった。またその範囲において R_{ave}/D 増加に従って圧縮応力が減少した。その圧縮ひずみにおける相当ひずみ分布より、規則配列ではモデル全体にひずみが均一に分布している様子が見られた。一方で、不規則配列では、定義された変形帯と

同じ箇所にひずみが集中している様子が見られた。この傾向は他のモデルでも同様に見られた。

これは気孔配列の不規則化により薄肉なセル壁やせん断変形のしやすい角度を有するセル壁が増加することで、そのセル壁にひずみが集中した。加えて、その近傍のセル壁にひずみが伝播した結果だと考えられる。予変形帯上のひずみ平均値 $\bar{\epsilon}_{\text{ave}}^{\text{P}}$ 圧縮ひずみ10%における圧縮応力 σ_{10} の関係を示した近似直線は決定係数0.76で以下のように示された。

$$\sigma_{10} = -21.2\bar{\epsilon}_{\text{ave}}^{\text{P}} + 54.6 \quad (5-1)$$

ある程度良好な負の相関を示したもののばらつきも見られた。近似式に対して σ_{10} が上振れたモデルでは、定義された変形帯以外に大きなひずみを有するセル壁が存在しないため、明瞭な予変形帯のみが形成されていたことが考えられる。一方、近似式に対して σ_{10} が下振れたモデルでは、定義された変形帯外にも大きなひずみを有するセル壁が存在し、圧縮応力の低下につながったと考えられる。この傾向において圧縮方向による顕著な差異は観察されなかったことから、構造に依存せず予変形帯に集中するひずみの増大に伴い圧縮応力が類似の傾向で低下することが示された。

以上より、気孔配列不規則化に従い、帯状の領域にひずみが集中する。それにより圧縮ひずみ10%では近似式(5-1)で示されるように、セル壁が破断するまでの圧縮応力は減少するという知見を得た。

著書・論文

M. Shiinoki, E. Sondermann, A. Meyer, and S. Suzuki Int. J. Heat and Mass Transfer, 263 (2026) 128560
K. Kadoi, Y. Ueda, Y. Kushiya, H. Ueno, Y. Mabuchi, C. Hanada, H. Aoki, R. Saguchi, M. Yamada, H. Sato, Y. Watanabe, S. Nakano, and S. Suzuki Int. J. Microgravity Sci. Appl., 42 (2025) 420203
Y. Wakai, N. Seto, N. Sato, D. Jodi, Y. Kushiya, and S. Suzuki Progress in Additive Manufacturing, 11 (2026) 257-271
Y. Kobayashi, K. Kawashima, M. Shiinoki, and S. Suzuki Phys. Scr., 100 (2025) 105948
M. Maruyama, Y. Kushiya, N. Sato, N. Seto, and S. Suzuki Int. J. Adv. Manuf. Technol., 141 (2025) 5407-5416
K. Kawashima, M. Shiinoki, Y. Kobayashi, and S. Suzuki Defect Diffus. Forum, 445 (2025) 39-51
T. Saito, H. Harada, M. Osawa, K. Kawagishi, and S. Suzuki Mater. Sci. Eng. A, 941 (2025) 148410
H. Tokunaga, Y. Wakai, N. Sato, N. Seto, S. Kajino, S. Suzuki, Y. Motoyama, and T. Okane Int. J. Adv. Manuf. Technol., (Online First)
Y. Wakai, S. Yamamoto, H. Azuma, Y. Kushiya, S. Kajino, T. Okane, N. Sato, S. Nakano, T. Shimizu, and S. Suzuki Int. J. Adv. Manuf. Technol. (Online First)

講演・発表

椎木政人, Elke Sondermann, Andreas Meyer, 鈴木進補 透過X線とシアーセル法を用いた液体アルミニウム合金中における銅とケイ素の不純物拡散係数測定 軽金属学会 第148回春期大会 2025/5/17
徳永仁史, 若井悠貴, 佐藤直子, 瀬渡直樹, 梶野智史, 鈴木進補, 本山雄一, 岡根利光 粒子法によるPBF方式金属積層造形プロセスシミュレーション 日本鑄造工学会 第185回全国講演大会 2025/5/24
土田菜摘, 高松聖美, 門井浩太, 鈴木進補 球状化処理を施したAl-6.4%Si合金におけるセミソリッド状態までの溶融過程その場観察 日本鑄造工学会 第185回全国講演大会 2025/5/25
K. Kawashima, M. Shiinoki, Y. Kobayashi, and S. Suzuki Jump Behavior of Individual Atoms in Liquid Pb using Molecular Dynamics Simulation 21st Conference on Diffusion in Solids and Liquids 2025/6/24
C. Tabata, T. Maeda, T. Osada, S. Ozaki, K. Kawagishi, and S. Suzuki Finite Element Analysis of the nanoindentation tests for evaluating Al ₂ O ₃ /Ni-base substrate interfacial failure stress Thermec '2025 International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials 2025/6/30
N. Tsuchida, S. Takamatsu, K. Kadoi, and S. Suzuki In-Situ Observation of Refinement and Spheroidization Process of Primary Crystal in Al-6.4Si Alloy by SIMA process 6th International Conference on Light Materials 2025/7/8
Y. Kawakita, M. Shiinoki, T. Nishiyama, T. Kikuchi, and S. Suzuki Collective atomic dynamics of liquid bismuth International Conference on Neutron Scattering 2025 2025/7/9
田畑千尋, 宇多田悟志, 長田俊郎, 川岸京子, 原田広史, 鈴木進補 CaOるつば溶解によるNi基単結晶超合金中の不純物除去と無害化による耐酸化性向上メカニズム R054カーボンニュートラル実現のための耐熱材料委員会 2025/7/8
櫛舎祐太, 若井悠貴, 平沼拓也, 瀬渡直樹, 佐藤直子, Jodi Dennis, 鈴木進補 Laser Powder Bed FusionにおけるX線透過法と二色放射温度を用いた溶融挙動その場観察 第3回AM Worldセミナー 2025/7/18

S. Takamatsu, N. Tsuchida, and S. Suzuki Microstructure on Inner Surface of Cell Walls inside Aluminum Alloy Foam Fabricated via Semi-Solid Route 2025 the 14th International Conference on Engineering and Innovative Materials 2025/8/5
門井洸衛, 櫛舎祐太, 上野遙か, 市川文彩, 小林正和, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 中野 禅, 鈴木進補 国際宇宙ステーションの静電浮遊炉で微細化させたTiC添加Ti-6Al-4V中の結晶粒解析 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
櫛舎祐太, 門井洸衛, 上野遙か, 市川文彩, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 小山千尋, 織田裕久, 石川毅彦, 渡邊勇基, 鈴木進補 ISS-ELFの高速度カメラを用いたTi-6Al-4Vの局所的な結晶成長速度の解析手法 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
上野遙か, 門井洸衛, 櫛舎祐太, 市川文彩, 上田雄翔, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 鈴木進補 国際宇宙ステーションの静電浮遊炉で微細化させたTiC添加Ti-6Al-4V試料表面解析 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
市川文彩, 門井洸衛, 櫛舎祐太, 上野遙か, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 鈴木進補 静電浮遊炉で凝固したTi-6Al-4V試料中に添加したTiCヘテロ凝固核の3次元形状 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
的場 創, 若井悠貴, 門井洸衛, 大西正悟, 南 尚吾, 鈴木進補 レゴリスシミュラントの溶融凝固過程で形成する気泡の成分推定 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
土橋真紀, 大矢野静奈, 大野直樹, 田畑千尋, 高田裕治, 宇多田悟志, 長田俊郎, 川岸京子, 鈴木進補 真空誘導溶解中におけるNi基超合金への添加により不純物Siを除去可能な酸化物 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
秋山凜咲, 土橋真紀, 宇多田悟志, 長田俊郎, 川岸京子, 鈴木進補 廃棄タービンプレードの断面分析による運航中のガスタービンエンジン内部環境の推定 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
平沼拓也, 若井悠貴, 櫛舎祐太, 瀬渡直樹, 佐藤直子, ジョディデニス, 鈴木進補 X線透過法およびEPMAを用いたLaser Powder Bed Fusionにおけるスパッタ発生量と組成変化の関係解明 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
堀越晴貴, 椎木政人, 鈴木進補 分子動力学計算によるソーレ係数算出に向けた汎用ニューラルネットワークポテンシャル検証 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
川嶋啓太, 小林由央, 椎木政人, 鈴木進補 液体金属におけるジャンプ頻度による原子の自己拡散挙動評価 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
佐々木海夏翔, 椎木政人, 川嶋啓太, 鈴木進補 シアーセル法を用いた蛍光X線分析用Al-Cu合金の検量線作成 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
矢野峻吾, 澤田万尋, 鈴木進補 方向性ポーラス金属の宇宙利用に向けた機械的特性の予測 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
玻座真亜子, 矢野峻吾, 鈴木進補 ポーラス金属のヤング率と宇宙利用 日本マイクログラビティ応用学会 (JASMA) 主催 微小重力科学夏の学校2025 2025/8/10
M. Shiinoki, K. Kawashima, Y. Kobayashi, A. Yamanaka, and S. Suzuki Atomic radius dependence of impurity diffusion coefficients in liquid Pb 19th International Conference on Liquid and Amorphous Metals 2025/9/1
Y. Kushiya, Y. Wakai, T. Hiranuma, N. Seto, N. Sato, D. Jodi, Y. Watanabe, and S. Suzuki Effect of TiC heterogeneous nucleation site particles on the melting behavior of Ti-6Al-4V powder by in-situ X-ray and thermal imaging during laser powder bed fusion The 13th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams (MetFoam 2025) 2025/9/2
T. Hiranuma, Y. Wakai, Y. Kushiya, N. Seto, N. Sato, D. Jodi, and S. Suzuki Evaluation of Spatter Generation and Compositional Changes of Hastelloy X during Laser Powder Bed Fusion using In-Situ X-ray Imaging and EPMA The 13th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams (MetFoam 2025) 2025/9/2

Y. Wakai, Y. Kushiya, T. Hiranuma, N. Seto, N. Sato, D. Jodi, and S. Suzuki In-situ observation of periodic melting behavior in pure titanium powder during laser powder bed fusion The 13th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams (MetFoam 2025) 2025/9/3
S. Yano, A. Hazama, M. Sawada, and S. Suzuki Formation of Deformation Bands in Porous Metals with Unidirectional Pores The 13th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams (MetFoam 2025) 2025/9/3
N. Tsuchida, S. Takamatsu, K. Kadoi, and S. Suzuki In-situ observation of melting behavior with spherical primary crystals of Al-6.4mass%Si for semi-solid foaming The 13th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams (MetFoam 2025) 2025/9/3
M. Shiinoki, T. Nishiyama, T. Kikuchi, Y. Kawakita, and S. Suzuki Structure analysis of liquid bismuth using molecular dynamics simulations 19th International Conference on Liquid and Amorphous Metals 2025/9/3
堀越晴貴, 椎木政人, 鈴木進補 ソーレ係数算出に向けた水/エタノール系の分子動力学計算 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/11
上野遙か, 門井洸衛, 櫛舎祐太, 市川文彩, 上田雄翔, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 小林正和, 鈴木進補 ISS-ELFで溶融凝固させたTiC添加Ti-6Al-4V試料表面解析 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/11
市川文彩, 門井洸衛, 櫛舎祐太, 上野遙か, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 鈴木進補 静電浮遊炉で溶融凝固したTi-6Al-4Vに添加したTiCヘテロ凝固核の解析 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/11
的場 創, 若井悠貴, 門井洸衛, 大西正悟, 南 尚吾, 鈴木進補 レゴリスシミュラントの溶融凝固過程で発生する気泡成分の推定 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/11
佐々木海夏翔, 椎木政人, 川嶋啓太, 鈴木進補 シアーセル法による蛍光X線分析用Al-Cu合金の標準試料作製 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/11
川嶋啓太, 椎木政人, 小林由央, 鈴木進補 分子動力学法を用いた液体金属における原子の自己拡散挙動評価 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/11
門井洸衛, 櫛舎祐太, 上野遙か, 市川文彩, 小林正和, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 中野 禪, 鈴木進補 ISS-ELFで溶融凝固させたTiC添加Ti-6Al-4V試料におけるSPRING-8のXRD-CTを用いた粒数推定 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/13
椎木政人, 川嶋啓太, 小林由央, 山中亜理紗, 鈴木進補 分子動力学計算を用いた液体Pb中における不純物拡散係数の予測 日本マイクログラビティ応用学会 第37回学術講演会 (JASMAC-37) 2025/9/13
椎木政人, 西山隆之, 菊地龍弥, 川北至信, 鈴木進補 機械学習ポテンシャルによる液体Biの構造解析 日本物理学会 第80回年次大会 (2025年) 2025/9/16
玻座真亜子, 矢野峻吾, 鈴木進補 ポーラスアルミニウム合金の気孔配列変化におけるヤング率の推移 軽金属学会関東支部 2025年度 第11回若手研究者ポスター発表会 2025/9/22
加藤貴見, 土田菜摘, 高松聖美, 門井浩太, 小林正和, 鈴木進補 傾斜冷却板を用いた casting により初晶を球状化したAl-6.4 mass%Siの溶融過程その場観察 軽金属学会関東支部 2025年度 第11回若手研究者ポスター発表会 2025/9/22
堀越晴貴, 椎木政人, 鈴木進補 ソーレ効果の宇宙実験と分子動力学シミュレーション 早稲田大学機航フェス☆2025 2025/9/24
大矢野静奈, 宇多田悟志, 田畑千尋, 池田亜矢子, 長田俊郎, 川岸京子, 鈴木進補 Ru量を低減させたTMS-238における有害相抑制可能な組成の推定 第53回日本ガスタービン学会 定期講演会 2025/10/8

門井洸衛, 櫛舎祐太, 上野遥か, 市川文彩, 小林正和, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 中野 禪, 鈴木進補 SPring-8 でのX線回折による国際宇宙ステーションで溶融凝固させたTi-6Al-4V試料の粒数推定 第12回 ZAIKEN Festa 2025/10/23
高松聖美, 清山拓夢, 奥西優太, 土田菜摘, 鈴木進補 セミソリッド発泡法で作製した発泡アルミニウム合金セル壁上の水素分析 軽金属学会 第149回秋期大会 2025/11/9
土橋真紀, 大野直樹, 田畑千尋, 高田裕治, 宇多田悟志, 長田俊郎, 川岸京子, 鈴木進補 Ni基超合金リサイクルプロセスにおける不純物Si除去に効果的な酸化物の探索 日本学術振興会 R054カーボンニュートラル実現のための耐熱材料委員会 2025/11/10
秋山凜咲, 土橋真紀, 大矢野静奈, 宇多田悟志, 池田亜矢子, 田畑千尋, 川岸京子, 鈴木進補 使用済みNi基単結晶超合金タービンブレードにおける不純物濃化部の特定 日本学術振興会 R054カーボンニュートラル実現のための耐熱材料委員会 2026/3/2
櫛舎祐太, 若井悠貴, 平沼拓也, 瀬渡直樹, 佐藤直子, Jodi Dennis, 渡辺義見, 鈴木進補 X線透過法と二色放射测温法で可視化したLaser powder bed fusionにおけるTiCヘテロ凝固核の添加有無によるTi-6Al-4V粉末の溶融凝固挙動 日本学術振興会 R054カーボンニュートラル実現のための耐熱材料委員会 2026/3/2
門井洸衛, 櫛舎祐太, 上野遥か, 市川文彩, 小林正和, 山田素子, 佐藤 尚, 渡辺義見, 中野 禪, 鈴木進補 国際宇宙ステーションの静電浮遊炉でTiCヘテロ凝固核から形成させたTi-6Al-4Vの旧β粒数推定 日本学術振興会 R054カーボンニュートラル実現のための耐熱材料委員会 2026/3/2
堀越晴貴, 椎木政人, 鈴木進補 ソーレ効果の計算に向けた液体Al-Ag合金の分子動力学シミュレーション 日本機械学会 関東支部 第32期総会・講演会 2026/3/9
平沼拓也, 若井悠貴, 櫛舎祐太, 瀬渡直樹, 佐藤直子, Jodi Dennis, 鈴木進補 Hastelloy X粉末のPBF-LB/Mにおける下面凹凸形成過程のその場X線透過観察 日本金属学会 2026年春期(第178回)講演大会 2026/3/11
秋山凜咲, 土橋真紀, 大矢野静奈, 宇多田悟志, 池田亜矢子, 田畑千尋, 川岸京子, 鈴木進補 使用済みNi基単結晶超合金タービンブレードに存在する不純物の特定 日本金属学会 2026年春期(第178回)講演大会 2026/3/12
S. Oyano, S. Utada, C. Tabata, A. Ikeda, T. Osada, K. Kawagishi, and S. Suzuki Precipitation behavior of topologically closed-packed phases in TMS-238 at 1150°C 2026 TMS Annual Meeting & Exhibition 2026/3/19
矢野峻吾, 玻座真亜子, 鈴木進補 ポーラス金属における見かけのヤング率低下を引き起こすセル壁幾何学形状の推定 2026年塑性加工春季講演会 2026/3/19
椎木政人, 西村友希, 鈴木進補 Sauer-Freise法を用いた液体Sn-Pb合金における相互拡散係数の濃度分布解析 日本物理学会 2026年春季大会 2026/3/24 (オンライン開催)

特許

川岸京子, 原田広史, 横川忠晴, 田畑千尋, 前澤裕俊, 埋橋 淳, 大久保忠勝, 高田裕治, 鈴木進補 Sbによる耐酸化性の劣化を予防したNi基超合金の製造方法, Sbによる耐酸化性の劣化を予防したNi基超合金部材 特許番号: 07810472, 登録日: 2026-01-26
--