

2023 年度年次報告書

革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明

2021 年度採択研究代表者

中野 貴由

大阪大学 大学院工学研究科
教授

カスタム力学機能制御学の構築 ～階層化異方性骨組織に学ぶ～

主たる共同研究者：

阿部 英司（東京大学 大学院工学系研究科 教授）

眞山 剛（熊本大学 大学院先端科学研究部 教授）

研究成果の概要

2023 年度は、学術的な観点から、(1) 新たな 3DP 特異界面の発見(計画当初には想定されていなかった成果)、(2) 界面形成機構の解明、(3) ナノ、メソ、マクロの3スケールで導入された3DP 特異界面の力学機能への顕著な寄与の実証、(4) これらの強化機構解明のための計算モデル構築が急速に進展した。一部の界面に関しては、(5) 強化機構の一端を明らかにし、強化効果の最大化に向けた界面制御を開始するに至っている。さらには、(4)の計算モデルは、強化機構解明の用途のみならず、界面含有構造体の力学機能の高精度な予測を可能とすることから、本プロジェクトの目標の 1 つである、異方性カスタム力学機能設計のための有用なツールとしての適用に資するものである。すなわち、学術的知見を蓄積すると同時に、3DP 特異界面含有構造体の産業適用を見据えた機能設計システムの要素開発が進行している。

さらには、2023 年度終盤には、他種材料での界面創成に関する研究項目を追加し、カスタム力学機能制御学の適用範囲の拡大と一般化を促進するための取り組みを開始した。結果として、2023 年度は 11 の項目について研究を推進した。進捗状況について自己採点を行うと、11 項目中 6 項目が「計画以上の進捗」、5 項目が「計画通りの進捗」であり、計画より遅れている項目はない。加えて、当初想定されていなかった、かつ学術的に重要な知見も多数得られている。

学術的知見の獲得にともない、この 1 年でチーム内での連携がますます活発化し、それぞれの研究者の強みが有機的に融合することで、研究の質、スピードともに著しく向上した。これは、Web での運営会議と対面での研究推進会議を通じてチーム内での緊密な情報共有と連携を深めるといった運営体制が結実したものと自負している。2024 年度以降もチーム一丸となり、3DP ナノ力学解明に向けて邁進する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Okugawa, M. Saito, K. Yoshima, H. Sawaizumi, K. Nomoto, S. Watanabe, M. Nakano, T. Koizumi, Y. Solute segregation in a rapidly solidified Hastelloy-X Ni-based superalloy during laser powder bed fusion investigated by phase-field and computational thermal-fluid dynamics simulations, *Additive Manufacturing*, **84**, 104079, (2024).
- 2) Eren, Z. Gokcekaya, O. Balkan, D. Nakano, T. Mecitoğlu, Z. Comparison of in-plane compression of additively manufactured Ti6Al4V 2D auxetic structures: Lattice design, manufacturing speed, and failure mode, *Materials & Design*, **241**, 112885 (2024).
- 3) Wang, J. Ishimoto, T. Matsuzaka, T. Matsugaki, A. Ozasa, R. Matsumoto, T. Hayashi, M. Kim, H.S. Nakano, T. Adaptive enhancement of apatite crystal orientation and Young's modulus under elevated load in rat ulnar cortical bone, *Bone*, **181**, 117024, (2024).
- 4) Mori, K. Fujita, T. Hata, H. Kim, H.J. Nakano, T. Yamashita, H. Surface chemical engineering of a metal 3D-printed flow reactor using a metal-organic framework for liquid-phase catalytic H₂ production from hydrogen storage materials, *ACS Applied Materials & Interfaces*, **15**, 51079-51088, (2023).
- 5) Tane, M. Nishio, H. Egusa, D. Sasaki, T. Abe, E. Miyoshi, E. Higashino, S. Effects of aluminum and oxygen additions on quenched-in compositional fluctuations, dynamic atomic shuffling, and

their resultant diffusionless isothermal ω transformation in ternary Ti–V-based alloys with bcc structure, *Acta Materialia*, **255**, 119034, (2023).