

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

2022 年度
年次報告書

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 先進マグネシウム国際研究センター 准教授)

研究成果の概要

2022 年度は、3DP 特異界面含有構造物の産業適用性を見据え、年度初頭に参加者として、多根、東野(3次元弾性率解析に関する項目担当)を追加し、多階層(ナノ～メソ～マクロスケール)での弾性変形から塑性変形までの力学特性を網羅的に解明する体制を整えた。Web、対面での運営会議、研究推進会議により、チーム内の緊密な連携を深め、プロジェクトのスムーズな運営と研究進捗の加速を図った。研究代表者の統括の下、それぞれの研究者が得意とするスケールと実験・解析手法を駆使しながら、ナノ～マクロ、そして実験と計算が有機的に連携した系統的な成果が創出され始めている。

特筆すべき成果として、超多元系 BCC 型バイオハイトロピー合金とレーザ 3DP の超急冷を掛け合わせることで、メソスケールで生じていた偏析をナノスケールにまでスケールダウンし、原子レベルでの強制固溶体化に成功した。固溶体化により、熔融池界面(3DP 特異界面の 1 つ)での等軸粒形成を防止、エピタキシャル成長を促進することで、会合界面(同)での格子整合を駆動力とした単結晶化を達成した(ハイトロピー合金では世界初)。こうした 3DP 特異界面を通じた組織制御は、固溶強化を最大限発揮させての高強度と BCC 構造の持つ異方性による低ヤング率を合わせもつ新規の金属材料を実現した。本成果は英文誌にて論文発表するとともにプレスリリースした。

これ以外にも、チーム間連携にて複数の論文が投稿準備中であり、2023 年度以降、加速度的に具体的成果物を創出していく予定である。

得られた成果に基づき、中間報告時点でのマイルストーンから見た現在の進捗状況について自己採点を行うと、10 項目中 4 項目が「計画以上の進捗」、6 項目が「ほぼ計画通りの進捗」であり、計画より遅れている項目はない。加えて、マイルストーン外での進捗も顕著である。2023 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) Y. Ekubaru, O. Gokcekaya, T. Ishimoto, K. Sato, K. Manabe, P. Wang, T. Nakano*: Excellent strength–ductility balance of Sc-Zr-modified Al-Mg alloy by tuning bimodal microstructure via hatch spacing in laser powder bed fusion, *Materials & Design*, 221, (2022), 110976. DOI: 10.1016/j.matdes.2022.110976.
- 2) Y. Ekubaru, O. Gokcekaya, T. Nakano*: Effects of scanning strategy on the microstructure and mechanical properties of Sc-Zr-modified Al-Mg alloy manufactured by laser powder bed fusion, *Crystals*, 12, (2022), 1348. DOI: 10.3390/cryst12101348.
- 3) O. Gokcekaya, T. Ishimoto, Y. Nishikawa, Y.S. Kim, A. Matsugaki, R. Ozasa, M. Weinmann, C. Schnitter, M. Stenzel, H.S. Kim, Y. Miyabayashi, T. Nakano*: Novel single crystalline-like nonequiatomic TiZrHfNbTaMo bio-high entropy alloy (BioHEA) developed by laser powder bed fusion, *Materials Research Letters*, 11, (2023), 274-280. DOI: 10.1080/21663831.2022.2147406.
- 4) H. Amano, T. Ishimoto, K. Hagihara, R. Suganuma, K. Aiba, S.H. Sun, P. Wang, T. Nakano*: Impact of gas flow direction on the crystallographic texture evolution in laser powder bed fusion, *Virtual*

and Physical Prototyping, 18, (2023), e2169172. DOI:10.1080/17452759.2023.2169172.

5) C. Zhu, Y. Seguchi, M. Okugawa, C. Guo, Y. Koizumi*: Influences of growth front surfaces on the grain boundary development of multi-crystalline silicon during directional solidification: 2D/3D multi-phase-field study, Materialia, 27, (2023), 101702. DOI: 10.1016/j.mtla.2023.101702.