

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

2020 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書
------------------

山崎倫昭

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター  
教授

機能マルチモーダル制御の材料科学と材料創製

## § 1. 研究成果の概要

本研究では、Mg/LPSO 二相 Mg 合金展伸材をモデル合金として、不均一組織を有する材料における力学特性発現機構を解明した上で機能マルチモーダル制御による Mg 合金の力学特性多機能化に関する指導原理を確立し、材料創製へ応用展開する。研究推進のために、離散的観点からマルチモーダル組織を構成する各領域の単体力学特性の支配因子・作用機構を解析する離散的解析グループ、集団挙動と相互作用が重畳するマルチモーダル組織の力学特性発現機構を連続体的観点から理解する連続体的解析グループ、不均一系における変形機構の基礎的知見をもって金属材料全般に適用可能な強靱化に有効な機能マルチモーダル制御のための学理を構築し、広く材料創製に展開する材料創製グループを設定している。

材料創製グループでは、主に Mg-Zn-Y 合金押出材を複数種類試作し、共通モデル合金試料として各グループへ供給するとともに、押出材の機械的特性に影響を及ぼす押出加工パラメータを調査し、低押出ラム速度にて押出加工を施すことで 400 MPa を超える引張強度と 10%近い延性を両立する大型部材の試作に成功した。連続体的解析グループでは、引張その場中性子回折実験により、微視的降伏には底面迂りが、巨視的降伏挙動には非底面迂りの活動が強い影響を及ぼしていることを示唆する結果を得た。従来から Mg 合金が大変形するためには、ミーゼスの条件を満足するために非底面迂りの活性化が必要であることが理論的観点から示唆されていたが、マルチモーダル微細組織を有する Mg 合金においては、この非底面迂りの活動が初期の巨視的降伏挙動の理解に特に重要であることがわかった。離散的解析グループでは、マイクロ材料試験法の立ち上げを行うとともに、相配置/方位関係の界面をモデル化した大規模 MD 計算を実施するための準備として、Mg 単元系に対する機械学習ポテンシャルの作成を行った。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 山崎グループ

① 研究代表者: 山崎 倫昭 (熊本大学先進マグネシウム国際研究センター 教授)

② 研究項目

- ・3-1. 機能マルチモーダル制御技術の確立
- ・3-2. 新規性能の探索と機能マルチモーダル設計指針に基づく新材料の創製
- ・1-3. モデル合金による弾塑性遷移・強度発現挙動の実証
- ・2-3. モデル合金による塑性不安定発現・局所損傷発生条件の解明

### (2) 萩原グループ

① 主たる共同研究者: 萩原 幸司 (名古屋工業大学大学院工学研究科 教授)

② 研究項目

- ・1-2. 連続体的観点からの弾塑性遷移・強度発現機構の解明
- ・2-2. 連続体的観点からの塑性不安定発現・局所損傷発生機構の解明

### (3) 松本グループ

① 主たる共同研究者: 松本 龍介 (京都先端科学大学工学部 准教授)

② 研究項目

- ・1-1. 離散的観点からの弾塑性遷移・強度発現機構の解明
- ・2-1. 離散的観点からの塑性不安定発現・局所損傷発生機構の解明

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Surprising increase in yield stress of Mg single crystal using long-period stacking ordered nanoplates”, K. Hagihara, R. Ueyama, M. Yamasaki, Y. Kawamura, T. Nakano, *Acta Mater.* 209 (2021) Art. No. 116797.
- 2) “Quantitative estimation of kink-band strengthening in an Mg-Zn-Y single crystal with LPSO nanoplates”, K. Hagihara R. Ueyama, T. Tokunaga, M. Yamasaki, Y. Kawamura, T. Nakano, *Mater. Res. Lett.* 9 (2021) 467-474.
- 3) “ $\alpha$ -Mg/LPSO (Long-Period Stacking Ordered) phase interfaces as obstacles against dislocation slip in as-cast Mg-Zn-Y alloys”, T. Mayama, S. R. Agnew, K. Hagihara, K. Kanuma, K. Shiraishi, M. Yamasaki, Y. Kawamura, *Int J. Plast.* 154 (2022) 103294.
- 4) “Effect of hierarchical multimodal microstructure evolution on tensile properties and fracture toughness of rapidly solidified Mg-Zn-Y-Al alloys with LPSO phase”, S. Nishimoto, Y. Koguchi, M. Yamasaki, Y. Kawamura, *Mater. Sci. Eng. A*, 832 (2022) 142348.
- 5) “Influence of crystallographic orientation and Al alloying on the corrosion behaviour of extruded  $\alpha$ -Mg/LPSO two-phase Mg-Zn-Y alloys with multimodal microstructure”, M. Yamasaki Z. Shi, A. Atrens, A. Furukawa, Y. Kawamura, *Corros. Sci.* 200 (2022) 110237.