

## 【基盤研究(S)】

### 大区分D



## 研究課題名 調和組織材料の革新的力学特性発現機構の解明と次世代構造材料創製指導原理の創発

立命館大学・理工学部・教授

あめやま けい  
飴山 恵

研究課題番号：18H05256 研究者番号：10184243

キーワード：組織制御、ヘテロ構造、強度・延性

#### 【研究の背景・目的】

社会基盤の骨格とも言える構造用金属材料には、高い強度と大きな延性が同時に要求される。しかし、金属材料の強度と延性は両立しない性質であることが一般常識であった。材料を高強度化すると、早期に塑性不安定条件に達しくびれが生じるためである。これに対し、われわれは「調和組織」という新しい微細構造を提案し、高強度と高延性・高靱性が両立することを明らかにした。調和組織は、図1に示すような、超微細粒組織 (Shell) と粗大粒組織 (Core) の混合体 (ヘテロ構造) であるが、単なる「混合」ではなく、「硬い」微細粒組織と「軟らかい」粗大粒組織が網目構造を作り、材料内部の空間を「周期的」に埋め尽くしている。このようなマイクロとマクロの構造が重畳して、調和組織を持つ調和組織材料は様々な特異な力学特性を示す。

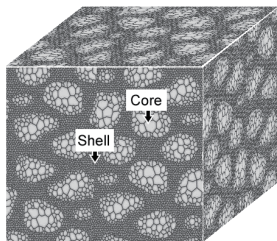


図1 調和組織のイメージ

本課題では、調和組織材料が示す数々の特異力学現象、例えば、選択的再結晶や選択的加工誘起相変態等々の通常材料では起こらないような現象、を統一的に理解し、その結果を基に次世代構造材料創製の指導原理を創発することを目的としている。金属材料組織学、弾・塑性力学、材料強度学、計算材料力学、など多彩な学術分野の研究者が結集し、内在するマイクロ・マクロレベルの組織の力学応答の観点から、調和組織材料の「高強度と高延性・高靱性の両立」や様々な特異な力学特性を、調和組織材料製造技術、最先端の力学特性・組織解析手法を駆使して解明する。得られた成果をもとに、高強度と高延性・高靱性などの複数の優れた力学特性を具備し軽量化も達成できる、安心・安全な次世代構造材料としての調和組織材料創製を試みる。

#### 【研究の方法】

調和組織材料の特異現象の発現は、主に転位のすべり運動により担われるナノ・マイクロ領域の現象と、周期構造を持った数十～数百マイクロンのマクロ領域の現象が重畳していると推測される。ナノ・マイクロ

領域のサブマイクロ結晶の粒界は、転位の障害物としてだけでなく、転位の発生源かつ消滅場所として働いている可能性が高い。同時に、結晶粒径に広い分布 (粒径勾配) が存在する調和組織では、粒径勾配に起因した特異な変形も起こりえる。そうした観点の下、本研究では、材料創製手法、SEM 内その場変形解析、ならびに大型放射光による変形解析等によるマイクロ・マクロ力学特性評価、シミュレーション手法を駆使して研究を進める。これにより、マイクロからマクロに広がる、転位/粒界/周期構造の関連性を系統的に明らかにする。

#### 【期待される成果と意義】

調和組織材料は、金属粉末に表面強加工を施し超微細粒組織を粉末表面に作り込み、その後、焼結することで作製される。つまり、すでに実用化されている技術の組み合わせで作製が可能な手法であるため、工業的な拡がり期待できる。近年、話題となっている3Dプリンターへの展開も容易である。このような実用展開と同時に、調和組織材料の特異現象の発現機構の統一モデルを、先端的な実験とシミュレーションにより提案・証明することで、強度と延性・靱性を両立させた「夢の構造材料」の材料設計指針を獲得することが期待される。

さらに、国際共同研究を展開することで、新たな国際連携ネットワークの構築が期待できる。その中で、若手研究者の育成・交流を推進させることを目指している。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- S.K.Vajpai, M.Ota, Z.Zhang, K.Amezama, *Three-Dimensionally Gradient Harmonic Structure Design: An Integrated Approach for High Performance Structural Materials*, Materials Research Letters, 4, 191-197, 2016.
- J.Li, J.Liu, G.Dirras, K.Amezama, F.Cazes, M.Ota, *A three-dimensional multi-scale polycrystalline plasticity model coupled with damage for pure Ti with harmonic structure design*, Int. J. Plasticity, 100, 192-207, 2018.

#### 【研究期間と研究経費】

平成30年度～平成34年度  
155,000千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.amelab.se.ritsume.ac.jp/en/homeamezama@se.ritsume.ac.jp>