

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01339

研究課題名（和文）複相構造合金における単結晶塑性パラメータの同定手法構築

研究課題名（英文）Identification of single crystal parameters for plasticity in dual phase alloys

研究代表者

眞山 剛（Mayama, Tsuyoshi）

熊本大学・大学院先端科学研究部（工）・准教授

研究者番号：40333629

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：複相構造材料を対象とした信頼性の高い結晶塑性解析を実施するため、多結晶体に埋め込まれた単結晶の塑性パラメータを同定する手法を構築した。具体的には、マイクロ材料試験により明らかにされる孤立単結晶の活動変形機構を解析手法に導入し、さらにその場中性子回折により得られる格子ひずみ発達を用いた格子ひずみ解析により塑性パラメータを同定する。本研究では、主に α -Mg相とLPSO相からなる2相マグネシウム合金に適用して、構築した手法の有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で構築した手法は、結晶塑性解析の信頼性向上に貢献するものである。近年、結晶塑性解析は固体力学と材料科学の両分野で普及が著しいことから、本研究の成果が両分野の基礎研究をさらに推進し得るという点で高い学術的意義を持つ。また、結晶塑性解析は構造材料の材料設計やプロセス設計への応用も期待されており、工学的应用を通して社会に貢献し得ることから、社会的意義のある研究成果と言える。

研究成果の概要（英文）：We developed a procedure for identification of material parameters in crystal plasticity analysis for dual-phase structural materials. In the procedure, first, tensile loading tests for micro-scale specimens are performed to identify possible deformation modes, which are implemented into the crystal plasticity method. Subsequently, material parameters are identified by fitting to lattice strain development which is obtained by in-situ neutron diffraction by TAKUMI facility of MLF in J-PARC. The procedure was applied to two-phase magnesium alloys consisted of α -Mg phase and LPSO phase.

研究分野：材料力学

キーワード：連続体力学 結晶塑性 結晶回折 マグネシウム合金 鉄鋼材料

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

不均質な微視構造を持つ複相構造材料は、従来の単相材や均質材ではトレードオフの関係にあった「強度」と「延性」等の異なる力学特性を同時に向上し得る材料として、大きな注目を集めている。例えばフェライト-マルテンサイト二相(DP)鋼は、軟質フェライト相と硬質マルテンサイト相の二相構造が不均一変形を促進し、強度と延性のバランスに優れた特性を発現している。また、長周期積層構造(LPSO)相を含む二相マグネシウム合金においても、塑性加工時に発達する複雑な微視組織が高強度かつ適度な延性の発現因子であると考えられている。

優れた特性を示す複相構造材料ではあるが、その構成組織が微細であることに起因して組織要素毎の定量的な評価が困難であり、従来の実験・解析手法では各構成要素の影響が平均化された特性のみが取得される。複相構造材料における構成要素毎の塑性特性(単結晶塑性パラメータ)の把握は、更なる特性向上を目指す材料設計、集合組織の発達を含めたプロセス設計、さらには微視的変形機構の活動を考慮した高度な構造設計を実現する上で不可欠である。

近年、このような困難を克服する高度な実験・解析手法として、ボトムアップ的なマイクロ材料試験とトップダウン的な格子ひずみ解析が国内外で実施されている。マイクロ材料試験は、FIBによるマイクロ構造体の加工技術の汎用化と微小アキュエータの高性能化により実現した、試験片寸法がマイクロスケールの材料試験であり、高品質なバルク単結晶の作製が困難な材料の特性を直接評価可能である。一方の格子ひずみ解析は、量子線を利用したその場材料試験から得られる格子ひずみに対して多結晶塑性解析を用いてパラメータフィッティングするものであり、格子欠陥等の影響を含む多結晶体中の降伏挙動や加工硬化挙動を同定することができる。

また近年、複相構造材料の特性発現機構の解明および微視構造の最適設計の実現に向けて、微視的変形機構を考慮した結晶塑性解析の活用が世界的に広がりつつある。特に結晶塑性有限要素法は、粒内不均一変形を表現可能であるため複相材における巨視的特性と微視的変形機構を結び付けた理解を強力に支援し得る。しかしながら、結晶塑性構成式に含まれる単結晶塑性パラメータは、各研究者が試行錯誤的に決定しており非効率である。また、巨視的変形挙動へのフィッティングでは、パラメータが唯一に決定できない“non-uniqueness”の問題が避けられないということも知られている。

複相構造材料を対象とした信頼性の高い結晶塑性解析を実現するためには、単結晶塑性パラメータの同定手法確立が不可欠であり、最新の実験技術を駆使して単結晶塑性パラメータを唯一に決定する系統的な手順を構築する必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、複相構造材料における単結晶塑性パラメータを、数値解析と実験観察の連携により系統的に同定する手法を構築することである。

3. 研究の方法

多結晶体の変形挙動を単結晶特性に基づき表現するためには、単結晶特性そのものの理解に加えて、多結晶体中の各単結晶が受ける変形拘束の影響を考慮する必要がある。そこで本研究では、(i)単結晶挙動のマイクロ材料試験、(ii)J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)の匠(BL19)におけるその場中性子回折による格子ひずみ発達の測定、(iii)マイクロ材料試験および中性子その場回折に対応する結晶塑性有限要素解析による単結晶パラメータの同定、(iv)多結晶体の変形機構解明のための数値解析、の4項目を実施した。対象材料としては長周期積層(LPSO)型マグネシウム(Mg)合金を主な対象とした。

4. 研究成果

(i) マイクロ材料試験

α -Mg 相と LPSO 相からなる二相マグネシウム合金の変形挙動を各相の変形機構を考慮して記述するためには、各相の単結晶挙動を把握する必要がある。 α -Mg 相は従来の Mg 合金と同様に 2H 構造を持つため変形機構としても底面すべり系、非底面すべり系および双晶系を考慮することが妥当であると考えられる。一方、LPSO 相は結晶構造自体が従来の Mg 合金とは異なるため、考慮すべき変形機構から検討する必要がある。従来、変形機構の調査にはバルク単結晶による材料試験が実施されているが、LPSO 相はバルク単結晶の作製が困難であることが知られている。そこで本研究では、マイクロメートルオーダーの試験片を用いた材料試験により、LPSO 単結晶の変形挙動を調査した。図 1 は実験結果例であり、図中の逆極点図に示す 2 種類の異なる負荷方位による引張試験結果を示している。SC60 試験片は c 軸と負荷軸間の角度が 60 度であり、底面すべり系のシュミットファクターが比較的大きい負荷方向である。この場合、底面すべりが底面と平行に局所化して形成されるすべり帯を伴う変形挙動を示した。一方、SC14 試験片は c 軸と負荷軸間の角度が 14 度であり、底面すべり系のシュミットファクターは比較的小さい負荷方位

であるが、この場合においても底面すべり系以外の活動は認められず、LPSO相においては、底面すべり系が支配的な変形機構であることがわかった。また、図1に示すようにSC14試験片においては、底面すべり系の局所化領域が底面と垂直に近く広がっており、これはキंकモードの変形局所化と見做すことができる。図1の応力-ひずみ曲線からは、SC14試験片の引張負荷ではSC60試験片と比べて著しく大きな塑性変形を示していることがわかる。この大きな塑性変形の発現機構は、本マイクロ材料試験に対応する結晶塑性有限要素解析を実施することにより、大きな結晶格子回転を伴うキंक帯の形成と伝播により説明可能であることを確認している[1]。

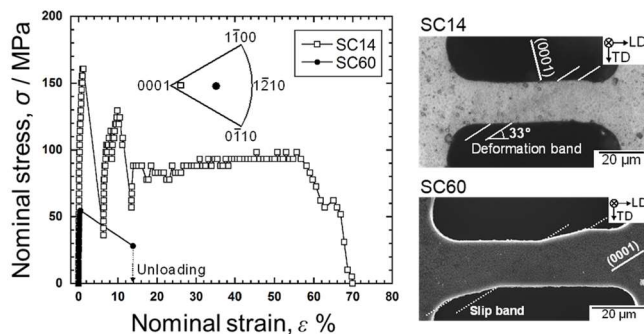


図1 LPSO単結晶のマイクロ材料試験結果 (文献[1]よりElsevierの許可を得て転載)

(ii) 中性子回折

多結晶中に埋め込まれた単結晶の挙動は、孤立単結晶の材料試験により得られる特性とは必ずしも一致しない。これは、例えば鋳造材であっても凝固過程で周囲の結晶粒との相互作用で導入される結晶欠陥や残留応力が存在し得ること、また変形時においても周囲の結晶粒による変形拘束が影響し得ること等が要因として考えられる。さらに塑性加工を経た場合には、熱・力学的なプロセスにより格子欠陥が導入されていると考えられるため、鋳造まま孤立単結晶に対する材料試験で得られた結果とは大きく異なる可能性がある。したがって、単結晶特性に基づき多結晶体の変形挙動を記述するためには、多結晶体に埋め込まれた単結晶の特性を把握する必要がある。そのため本研究では、J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)の匠(BL19)において中性子その場回折試験を実施して、多結晶体を構成する単結晶の特性を評価することにした。図2はその一例として、 α -Mg相とLPSO相からなる二相合金における各相固有ピークの変形に伴う変化を示している。ここで示している結果は、引張負荷を受ける試料の負荷軸方向に面法線が配向した結晶の回折ピークであり、応力の増加に伴い両ピークが高TOF側にシフトしていることがわかる。これは、格子面間隔の増加に対応している。またこれらの結果から、LPSO相を40%程度含む合金(Mg₉₄Zn₂Y₄合金)を用いることにより、塑性変形後も両相固有ピークの評価が可能であることもわかった。

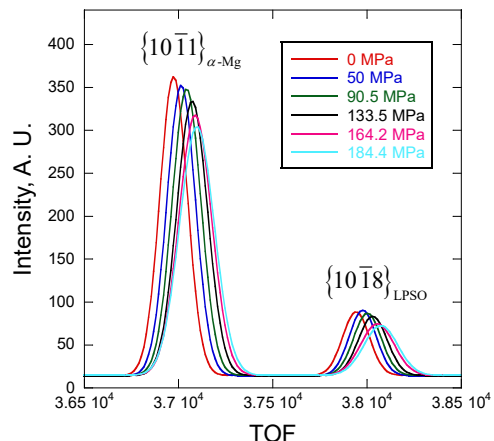


図2 二相マグネシウム合金における各相固有ピークの変形に伴う変化

(iii) 単結晶パラメータの同定

結晶塑性解析手法は、材料の微視的変形機構を考慮して単結晶から多結晶の変形挙動を表現できる手法であり、結晶性材料の力学特性に関する研究において様々な洞察を可能とする手法である。しかしながら、その一方で、多くの場合において材料パラメータを一意に定めることができないという大きな問題がある。

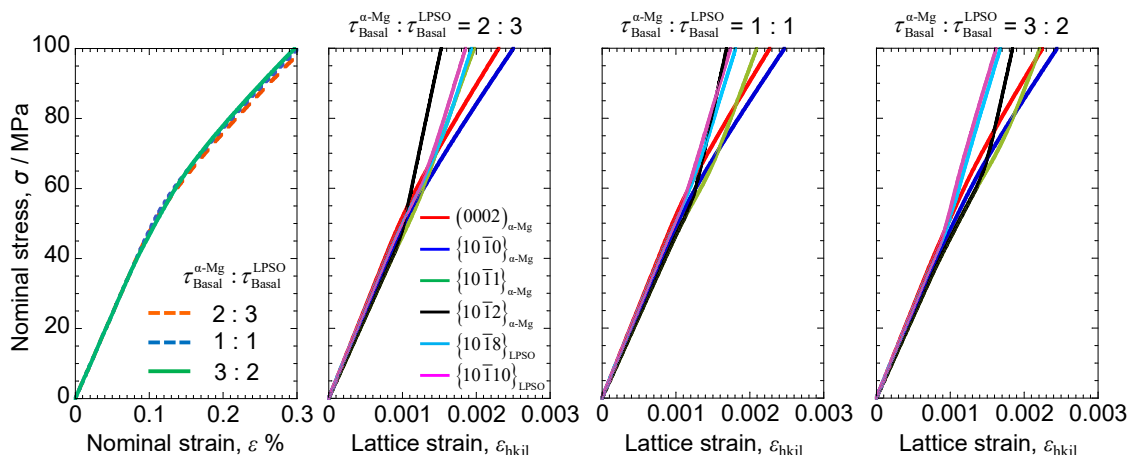


図3 結晶塑性解析における材料パラメータの non-uniqueness

図3の一番左に示した応力-ひずみ曲線は、 α -Mg相とLPSO相からなる二相合金を想定した引張負荷解析を3種類の異なる材料パラメータを用いて実施した計算結果である。異なる材料パラメータを用いているにもかかわらず、解析により得られた応力-ひずみ曲線はほとんど同一であることがわかる。すなわち、各相の単結晶パラメータを特定するためには、引張負荷の応力-ひずみ曲線以外の情報が必要であることを示している。追加の情報としては、様々な負荷における変形挙動を用いるという方法もあるが、ここではその場合中性子回折により得られる格子ひずみ発達を用いることを考えてみる。図3に示す応力-格子ひずみ関係より、格子ひずみ発達は材料パラメータにより異なることがわかる。したがって、応力-ひずみ挙動に加えて格子ひずみ発達をもフィッティング対象とすることにより、より現実的な単結晶パラメータの同定が可能になると考えられる。具体的に $Mg_{94}Zn_2Y_4$ 合金鑄造材のパラメータ同定を実施する際には、まず図1に示した単結晶の材料試験結果に基づき結晶塑性解析で考慮する変形機構を確定する。さらに図2に示したその場合中性子回折の結果より得られる格子ひずみ発達をフィッティング対象とするパラメータ同定を実施する。 $Mg_{94}Zn_2Y_4$ 合金鑄造材の引張負荷過程の格子ひずみ発達を利用した場合は、 α -Mg相とLPSO相の底面すべり系CRSSがほぼ同一の場合に最も良い一致を示すことがわかっている。

(iv) 変形機構解明のための数値解析

以上に示したマイクロ材料試験および中性子回折による変形機構と単結晶パラメータに関する理解に基づき、多結晶体の結晶塑性有限要素解析を実施することにより、粒内不均一変形や結晶粒間相互作用等に起因する力学現象を解明することができる。ここではその一例として、LPSO型Mg合金鑄造材において観察される、除荷過程における応力-ひずみ挙動の非線形性発現機構について示す。除荷時の非線形変形挙動は、純Mgや商用Mg合金においても観察されており、その機構として双晶の形成と消滅、および底面すべり系の寄与が考えられている。LPSO型Mg合金では上記(i)マイクロ材料試験の結果から、底面すべり系の活動が支配的であり双晶の活動は無視できることがわかっている。また、中性子回折の結果からは、多結晶体においても底面すべり系が支配的であり、その活動応力についても見積もられている。これらの知見と整合するように、底面すべり系が支配的に活動する変形機構と材料パラメータを考慮した結晶塑性解析手法により、圧縮-除荷解析を実施した。図4はその結果を示しており、底面すべり系のみが活動する場合においても除荷過程において非線形挙動が発現していることがわかる。この挙動は、圧縮負荷中に発達する応力分布の不均一性により、除荷過程においても局所的には逆負荷を受ける領域が存在すること、および塑性異方性が強い場合には粒間不均一性による移動硬化が著しいことに起因している[2]。

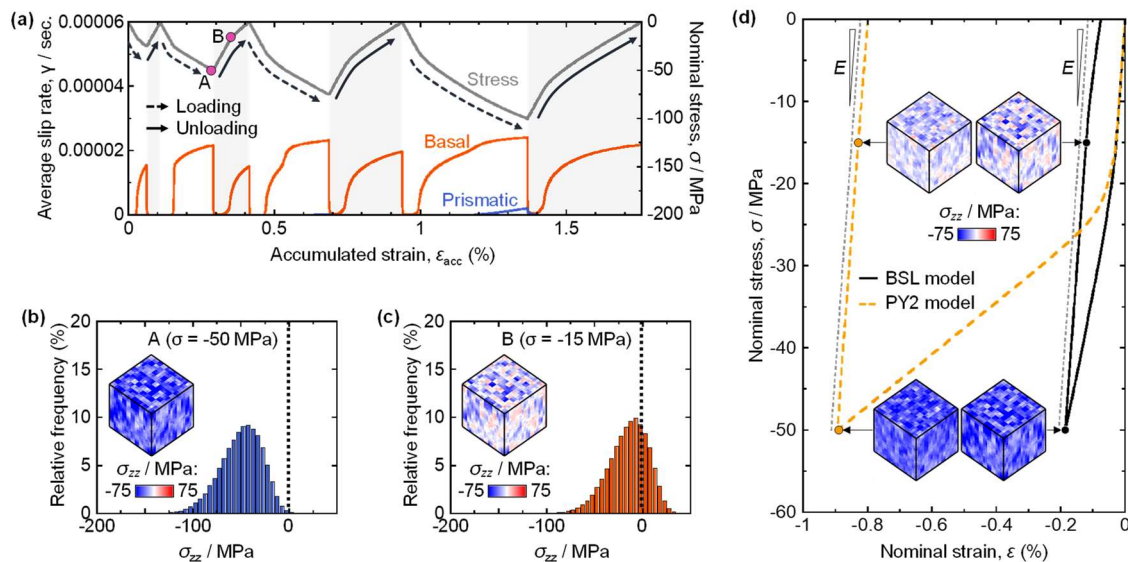


図4 LPSO単相多結晶体の非線形除荷挙動の発現機構 (文献[2]よりElsevierの許可を得て転載)

<引用文献>

- [1] K. Takagi, T. Mayama*, Y. Mine, Y. L. Chiu, K. Takashima, Journal of Alloys and Compounds, **806** (2019) 1384-1393.
- [2] K. Shiraishi, T. Mayama*, M. Yamasaki, Y. Kawamura, Materials Science and Engineering A, **790** (2020) 139679.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 M. Yamasaki, T. Mayama, T. Matsumoto, K. Hagihara, D. Drozdenko, Y. Kawamura	4. 巻 819
2. 論文標題 Formation of <0001>-rotation-type kink boundary in Mg-Zn-Y alloy with long-period stacking ordered structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 141466
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.msea.2021.141466	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Y. Kawano, T. Mayama, M. Mitsuhashi, S. Yamasaki, M. Sato	4. 巻 26
2. 論文標題 Generalized Slip Operation Factor Considering Contribution of Secondary Slip Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Today Communications	6. 最初と最後の頁 102041
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.mtcomm.2021.102041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 K. Shiraishi, T. Mayama, M. Yamasaki, Y. Kawamura	4. 巻 790
2. 論文標題 Enhanced non-linearity during unloading by LPSO phase in as-cast Mg-Zn-Y alloys and slip-dominated non-linear unloading mechanism	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 139679
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.msea.2020.139679	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Y. Kawano, M. Sato, T. Mayama, M. Mitsuhashi, S. Yamasaki	4. 巻 127
2. 論文標題 Quantitative evaluation of slip activity in polycrystalline α -titanium considering non-local interactions between crystal grains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 102638
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijplas.2019.12.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Takagi, T. Mayama, Y. Mine, Y.L. Chiu, K. Takashima	4. 巻 806
2. 論文標題 Extended ductility due to kink band formation and growth under tensile loading in single crystals of Mg-Zn-Y alloy with 18R-LPSO structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 1384-1393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2019.07.344	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Y. Kawano, T. Ohashi, T. Mayama, M. Tanaka, Y. Okuyama, M. Sato	4. 巻 92
2. 論文標題 Investigation of strain redistribution mechanism in titanium by image-based crystal plasticity analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Physical Journal, B	6. 最初と最後の頁 204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjb/e2019-100238-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Kawano, T. Ohashi, T. Mayama, M. Mitsuhashi, Y. Okuyama, M. Sato	4. 巻 60
2. 論文標題 Crystal plasticity analysis of microscopic deformation mechanisms and GN dislocation accumulation depending on Vanadium content in phase of two-phase Ti alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 959-968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.M2019016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Mayama, M. Tane, Y. Tadano	4. 巻 165
2. 論文標題 Superior energy absorption in porous magnesium: contribution of texture development triggered by intra-granular misorientations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 62-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2018.11.037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Mayama, M. Tane, Y. Tadano	4. 巻 1063
2. 論文標題 Crystal plasticity analysis of anisotropic deformation behavior of porous magnesium with oriented pores	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1063/1/012047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 佐藤将義, 眞山 剛, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 塑性異方性に依存するパウシンガー効果の支配的機構
3. 学会等名 日本金属学会2021年春期(第168回)講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 眞山 剛, 白石一馬, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 粒間 / 粒内不均一変形に起因するLPSO单相合金における除荷時の非線形挙動
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋期(第167回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Mayama, M. Tane, Y. Tadano
2. 発表標題 Underlying deformation mechanism for high energy absorption capability in porous magnesium with oriented pores: A crystal plasticity finite element study
3. 学会等名 ICMM6 (International Conference on Material Modelling) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山隼太郎, 眞山 剛, 諸岡 聡, Gong Wu, Stefanus Harjo, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 単軸負荷を受ける -Mg/LPSO二相合金における格子ひずみ発達
3. 学会等名 日本金属学会九州支部、日本鉄鋼協会九州支部、軽金属学会九州支部、平成31年度合同学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹中 陸, 眞山 剛
2. 発表標題 フローダイバーターステントの網目構造における応力状態の数値的評価
3. 学会等名 日本金属学会九州支部、日本鉄鋼協会九州支部、軽金属学会九州支部、平成31年度合同学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Mayama; M. Tane, Y. Tadano
2. 発表標題 Influence of texture on energy absorption capability in porous magnesium with oriented pores
3. 学会等名 SIPS2019 (Sustainable Industrial Processing Summit & Exhibition) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛, 高山隼太郎, 諸岡 聡, Gong Wu, Stefanus Harjo, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 複相マグネシウム合金における格子ひずみ発達機構
3. 学会等名 日本機械学会M&M2019材料力学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛, 白石一馬, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 強い塑性異方性を持つ金属材料におけるパウシンガー効果の発現機構
3. 学会等名 日本機械学会M&M2019材料力学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛
2. 発表標題 結晶塑性有限要素法による粒内 / 粒間不均一変形の数値的評価
3. 学会等名 日本鉄鋼協会・不均一変形研究会・第2回研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山隼太郎, 眞山 剛, 諸岡 聡, Gong Wu, Stefanus Harjo, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 -Mg/LPSO二相合金鑄造材における格子ひずみ発達機構
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期(第165回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛
2. 発表標題 MgおよびMg合金の変形挙動に関する結晶塑性解析
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期(第165回)講演大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛
2. 発表標題 結晶のすべりと回転に起因する格子ひずみ発達の数値的評価
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期(第165回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛
2. 発表標題 マグネシウムにおける粒内/粒間不均一変形の数値的評価
3. 学会等名 高性能マグネシウム合金創成加工研究会 第75回講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 眞山 剛, 萩原幸司, 只野裕一, 大橋鉄也
2. 発表標題 LPSO構造におけるキンク帯形成過程の結晶塑性解析
3. 学会等名 軽金属学会第134回春期大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白石一馬, 眞山 剛, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 LPSO型Mg-Zn-Y合金における除荷時の非線形変形
3. 学会等名 軽金属学会第134回春期大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 結晶塑性有限要素法によるラスマルテンサイトの变形解析
2. 発表標題 眞山 剛
3. 学会等名 「鉄鋼のマルテンサイト/ベイナイト組織 - その基礎と応用 - 」第三回フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Shiraishi, T. Mayama, M. Yamasaki, Y. Kawamura
2. 発表標題 Inelastic unloading behavior of dual phase Mg-Zn-Y alloys with LPSO phase
3. 学会等名 Mg2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Mayama; M. Tane, Y. Tadano
2. 発表標題 Crystal plasticity analysis of anisotropic deformation behavior of porous magnesium with oriented pores
3. 学会等名 Numisheet2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞山 剛, 萩原幸司, 只野裕一, 大橋鉄也
2. 発表標題 LPSO構造多結晶体におけるキンク帯発達過程の結晶塑性解析
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期(第163回)講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞山 剛, 高木康介, 峯 洋二, 高島和希
2. 発表標題 単軸引張負荷を受けるLPSO構造単結晶における変形帯形成
3. 学会等名 軽金属学会第135回秋期大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞山 剛
2. 発表標題 結晶塑性有限要素法によるHCP双結晶の格子ひずみ解析
3. 学会等名 日本機械学会第31回計算力学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞山 剛, 高木康介, 峯 洋二, 高島和希
2. 発表標題 底面すべり系が支配的に活動する単結晶における変形帯形成
3. 学会等名 日本機械学会M&M2018材料力学カンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Mayama, K. Hagihara, Y. Tadano, T. Ohashi
2. 発表標題 Crystal plasticity finite element analysis of kink band formation in directionally solidified (DS) crystals of Mg-based LPSO alloy
3. 学会等名 LPSO2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞山 剛, 萩原幸司, 上山涼平, 只野裕一
2. 発表標題 単軸圧縮負荷を受けるLPSO構造一方向凝固材の結晶塑性解析
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季(第164回)講演大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

熊本大学 固体力学研究室 http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/~koriki/ 熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター http://www.mrc.kumamoto-u.ac.jp/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	諸岡 聡 (Morooka Satoshi) (10534422)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 原子力科学研究所 物質科学研究センター・研究副主幹 (82110)	
研究分担者	峯 洋二 (Mine Yoji) (90372755)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授 (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	University of Virginia			