

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18962

研究課題名（和文）特異点制御を活用した構造材料の新創製プロセスの開発と医療デバイスへの応用

研究課題名（英文）An unique harmonic structure design for innovative structure materials development and its application to bio-devices

研究代表者

飴山 恵（Ameyama, Kei）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：10184243

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：構造材料において、破壊の起点になるなどの理由から嫌われる「応力集中」を、あえて材料中に「特異点」として人為的に導入させることで、これまでにない優れた革新的な力学特性を有する材料創製を行う。研究代表者が創出した「調和組織」を有する調和組織材料には多くの特異現象が見られ、特に、従来からの常識であった「強度と延性の二律背反問題」を解決した。さらに、本研究の目的の1つである「ミクロ・マクロの相乗効果の解明」の過程で、「Synergy Extra Hardening（シナジー硬化現象）」を見出した。シナジー現象は他の調和組織材料でも確認され、普遍的な現象である可能性が高い。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに特筆すべき進展として、「シナジー硬化現象」と「新たな延性発現」の発見、新材料創製プロセスの開発、などが挙げられる。調和組織材料は均一組織材料とは異なるHall-Petch則を示す。「シナジー硬化現象」はこれまで弾性域とされていた応力負荷のごく初期にすでに塑性変形により加工硬化が開始したことを示唆している。

これまでの研究で、「降伏とは何か?」、「延性とは何か?」という、学術的に意義深い問いを改めて突きつける成果が得られた。すなわち、われわれのこれまでの材料科学の知識・常識を打ち破るパラダイムシフトに結びつく。これらの成果は、新しい医療用デバイスの開発指針として意義のある成果と言える。

研究成果の概要（英文）：In structural materials, by intentionally introducing "stress concentration", which is an unwelcome phenomenon because it becomes the initiation point of fracture, into the material as "singular point", we have achieved unprecedented and innovative mechanical properties. Many unique phenomena were found in the material with the harmonic structure, and in particular, the "conventional conflict between strength and ductility" was solved. Furthermore, in the process of "clarifying the synergistic effect of micro and macro", which is one of the purposes of this research, we found "Synergy Extra Hardening." The synergy phenomena were also confirmed in other harmonic structure materials, and it can be a universal phenomenon.

研究分野：材料工学

キーワード：調和組織 ヘテロ構造 力学特性 生体材料 選択的再結晶

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

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、これまで金属材料の強度と延性は両立しない性質であり、両者は二律背反であることが常識であった。これに対し、研究代表者はこれまでの常識を覆し「強さと延性・ねばさが両立する調和組織材料」を創り出すことに世界で初めて成功した。そして、これまでの調和組織材料研究により、製造プロセスの検討と組織形成過程の理解によって、広範囲な金属系材料において精密な組織制御を行なった調和組織材料を製造することが可能となった。そして、創製した調和組織材料を用いて研究を進め、調和組織材料の様々な特異な現象を見出した。それら特異現象には、「巨大な加工硬化」、「硬質相 (Shell) が軟質相 (Core) よりも先に変形」、「選択的再結晶」、「選択的応力誘起相変態」、等々が挙げられる。従来材料では見られない驚くべき力学特性が数多く明らかとなったが、用いられた金属・合金や組織、変形条件は多岐にわたっており、特異現象の発現機構はその多くが不明であった。このような背景の下、本研究では、多くの特異現象の中で、応力集中を生じる特異点に着目した研究を行うこととした。

2. 研究の目的

本研究は、構造材料の微細組織内に「特異点」を人為的に創り出し、常識を覆す革新的な力学特性を持つ「調和組織材料」をさらに高機能化する手法の開発に挑戦し、その成果を医療デバイス作製に応用することを目的としている。本研究課題の「挑戦・その1」は、「調和組織材料」という新しい概念の構造材料設計の実用化を目指して、これまで構造材料にとっては破壊の起点となるため忌避されてきた「応力集中」を、あえて積極的に活用して高機能材料創製に結びつけようとする点である。

調和組織材料が示す特異な力学特性には、「応力集中」と「応力分散」がキーワードとなっている。網目状に展開した Shell の個々の結晶粒の塑性変形というマイクロでの応力集中により、変形のごく初期段階から転位の増殖が始まり、一方で、均等に拡がったマクロな網目構造が負荷応力を分散している。このようなマイクロとマクロの相乗効果が調和組織の特異性を生み出している。その結果、調和組織材料は、微細粒と粗大粒の割合の単純な複合則にはのらない。例えば、医療デバイス用材料の一つである SUS316L ステンレス鋼の例では、Fig.1 に示すように、引張強さ (UTS) と全伸びの関係は、均一組織材料 (Homo と記載) にはバナナ曲線と称される強度と延性の二律背反関係が存在していることがわかるが、調和組織材料 (Harmonic Structure: HS と記載) ではバナナ曲線から外れて高強度と高延性が両立する。図からわかるように、微細粒と粗大粒の割合が近づくほど強度・延性バランスが良好になる。調和組織材料では、このような微細粒、粗大粒の結晶粒径、微細粒割合、網目構造の寸法、そして、微細粒から粗大粒へ遷移する領域 (Shell/Core 界面近傍) の結晶粒径勾配が重要な因子であることがわかっている。

微細結晶粒から構成された Shell 網目構造はそれ自体が厚さを持っており、従来の均一組織材料における結晶粒界や双晶界面のような、平面状の格子欠陥とは異なる新たな格子欠陥として捉えることができる。そして、Shell 網目構造は応力集中と応力分散の両方の役割を持ち、材料内部に周期的に配置された「特異点」と見なすことができる。しかも、調和組織の組織因子である網目の寸法や微細結晶粒割合、Shell/Core 結晶粒径は任意に変えることができ、特異点の制御が可能である。本研究では、このような特異点を活用した加工熱処理法について詳細な検討を行った。以下に純 Ti の結果について詳述する。

3. 研究の方法

本研究では、プラズマ回転電極法 (PREP 法) により作製した純 Ti 粉末 (平均粒子径約 200 μ m) を用いた。粉末の化学組成を Table. 1 に示す。この純 Ti 粉末に対し、遊星型ボールミル装置 (Fritch P-5) を用い、SKD11 製の容器と SUJ2 製ボールで種々の時間のメカニカルミリング (Mechanical Milling: MM) を行った。焼結はプラズマ放電焼結法により 1073K、1.8ks で行った。得られた焼結体に対し、冷間圧延を 10%、20%、30%、50%行い、さらに熱処理を 573K~1073K で 1.8ks 行った。組織観察は、EBSD、TEM により行い、機械的性質は引張試験 (試験片ゲージ部 3mm x 1mm x 1mm) により初期ひずみ速度: $5.56 \times 10^{-4} \cdot s^{-1}$ で評価した。

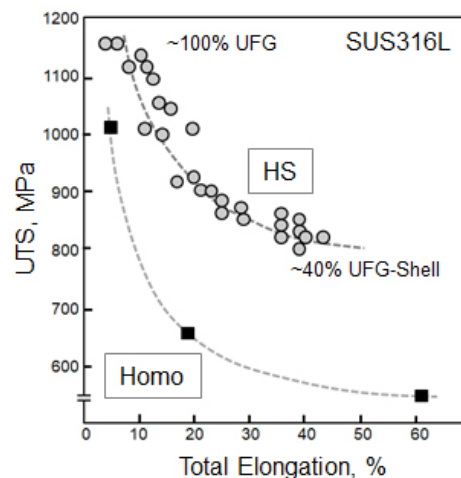


Fig.1 Relation between UTS and elongation of SUS316L stainless steel with harmonic structure (HS) and homogeneous structure (Homo).

Table 1 Chemical composition of Pure Ti powder fabricated by PREP

	Fe	O	C	N	H	Ti
Pure Ti	0.04	0.111	0.004	0.015	0.012	Bal.

4. 研究成果

Fig. 2は温度 1073K で 1.8ks 保持し焼結された (a) 供試 (Initial Powder:IP) 焼結体, (b) MM360ks 粉末焼結体の EBSD Band Contrast Map (BC Map) に結晶粒界を黒線で示したものである。

IP 焼結体は均一粗大組織 (Homogeneous Structure: Homo) であり、平均結晶粒径は 117.2 μm である。MM 粉末焼結体は微細結晶粒組織 Shell が 3D ネットワーク状に連結しており、その中に粗大結晶粒組織 Core が島状に分布した調和組織 (Harmonic Structure: HS) が形成されている。MM360ks 粉末から作製された HS 材の平均結晶粒径は Shell が 5.3 μm, Core が 22.1 μm, Shell 割合は 20%であった。

このような純 Ti 焼結体に対し、50%の冷間圧延を施し後に、種々の温度で熱処理を 1.8ks 行い、圧延面と直角な方向である TD 方向から組織観察した。Fig. 3 の EBSD-BC Map に示すように、調和組織材料に加工熱処理 (Thermo-Mechanical Processing: TMP) を施すと、Shell 領域が大幅に増加していることがわかる。これは、加工熱処理による再結晶微細化によるものであることが考えられる。各条件における結晶粒径、10 μm 以下の結晶粒の割合を Table 2 に示す。Fig. 3 (a), (b) から温度 873K, 973K で熱処理すると、調和組織構造は維持していることに対し、1073K で熱処理を施すと、組織全体が微細粒となり調和組織構造が崩壊していることがわかる。

Fig. 4 に、各 TMP 材の引張試験による公称応力ひずみ線図を示す。この結果から、圧下量 50%で冷間圧延を施すと、温度 873K で 1.8ks で熱処理を行うと最も優れた機械的特性が得られた。Table 2 と引張試験の結果から、10 μm 以下の結晶粒径の割合が多いほど優れた機械的特性を有することがわかる。

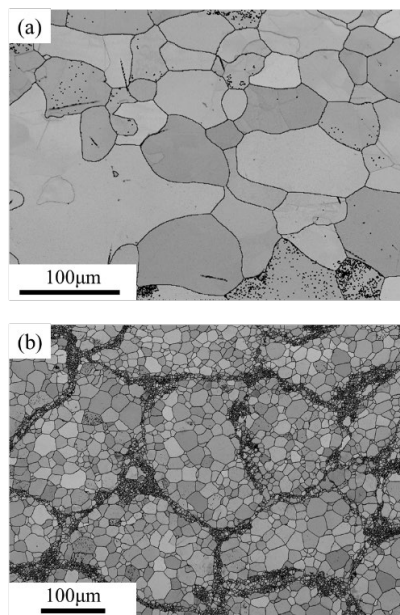


Fig.2 EBSDikages of compacts (a) Homo, (b) HS.

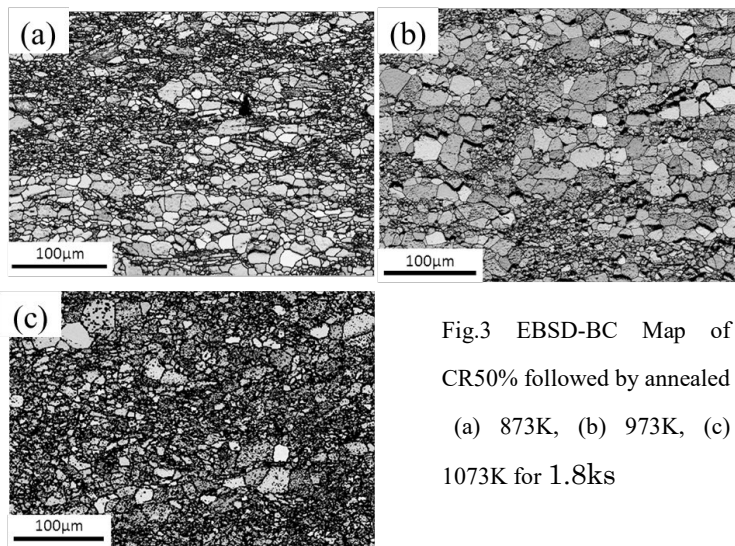


Fig.3 EBSD-BC Map of CR50% followed by annealed (a) 873K, (b) 973K, (c) 1073K for 1.8ks

Table 2 Average grain size and Shell fraction of TMP

Annealing Temperature / K	Average Grain Size (μm)			Shell Fraction / %
	Overall	Core	Shell (<10μm)	
873	9.2	15.4	9.0	63.1
973	14.2	20.0	5.8	37.5
1073	12.2	17.0	6.8	46.9

Fig. 5 に、冷間圧延 20% 施した後に、熱処理を 873K で 1.8k 行った際の Shell 部の TEM 像および同一視野における SEM/EBSD 観察の結果を示す。Fig. 5(a) から転位が蓄積されていない結晶粒の存在を確認した(矢印 A, B, C)。Fig. 5(b), (c) よりこれらの再結晶粒に対応する結晶粒は異なる方位をもつことがわかる。これらの結晶粒の局所的な方位差 KAM に着目すると、Fig. 5(d) に示すように、KAM 値は小さいことがわかる。Fig. 5(a) と (c) を比較すると、転位密度が低い粒の KAM 値は低いことがわかり、転位密度と KAM 値には相関関係が存在することが明らかである。

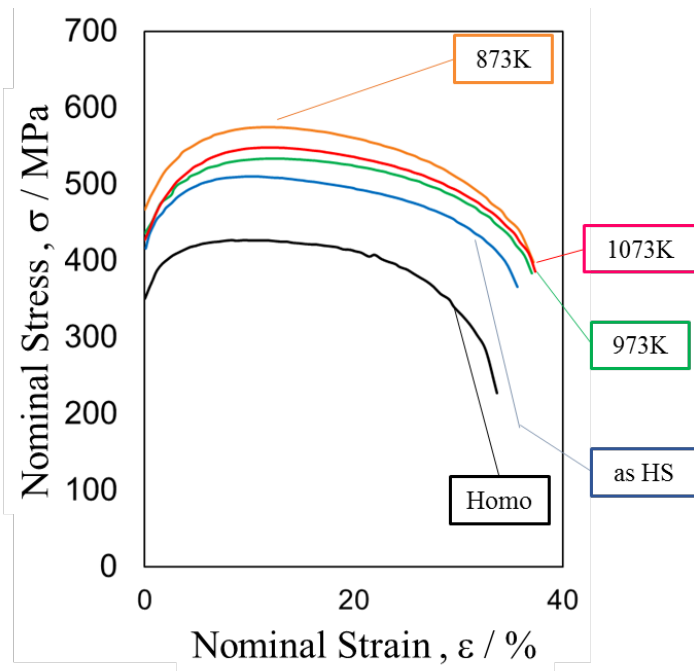


Fig.4 Tensile tests results.

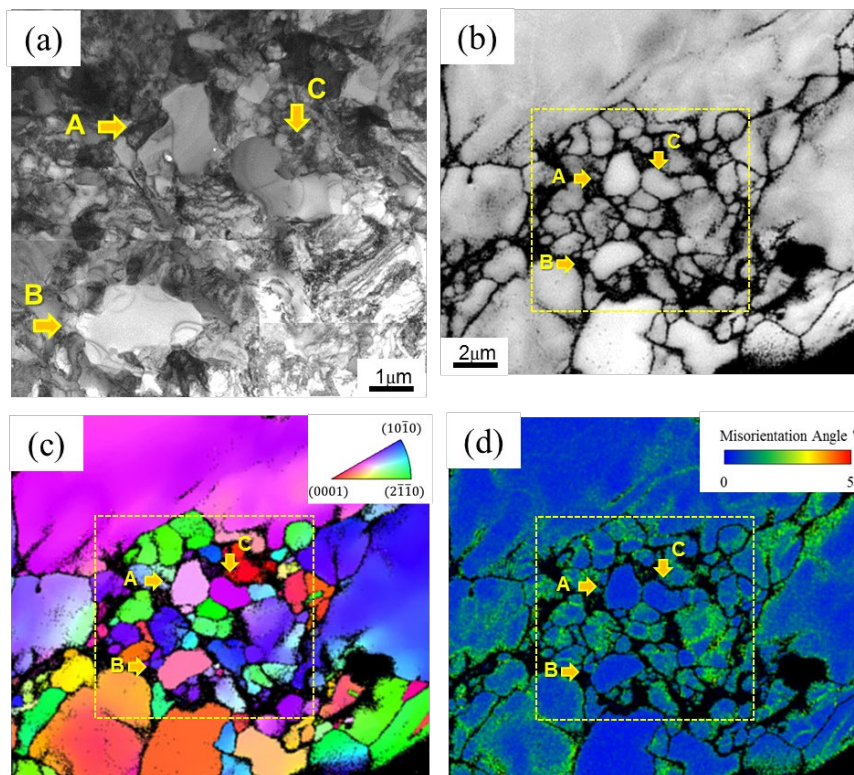


Fig. 5 (a) TEM image, (b) EBSD-BC image, (c) IPF map, (d) KAM image of Shell area from CR20% + HT

以上のことから、これらの粒はTMPによる応力集中と転位蓄積が“特異点”であるShell内の結晶粒に生じ、その後の熱処理により、選択的に再結晶した結晶粒であると結論づけられる。このように選択的に組織の特定箇所のみ再結晶粒を生成させることは、従来の均一材料では起こらない。言い換えれば、調和組織材料では再結晶速度論から考察すると、転位を多く蓄積する“特異点”Shell部でより早期に再結晶を生じ、次いでCoreが再結晶するといった同一材料中で異なる再結晶速度論が存在することを示唆している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 Wang Xiang, Cazes Fabien, Li Jia, Hocini Azziz, Ameyama Kei, Dirras Guy	4. 巻 128
2. 論文標題 A 3D crystal plasticity model of monotonic and cyclic simple shear deformation for commercial-purity polycrystalline Ti with a harmonic structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mechanics of Materials	6. 最初と最後の頁 117 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mechmat.2018.10.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ameyama Kei, Horikawa Naoki, Kawabata Mie	4. 巻 105
2. 論文標題 Unique Mechanical Properties of Harmonic Structure Designed Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 124 ~ 126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-089	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 Karre Rajamallu, Kodli Basanth Kumar, Rajendran Archana, J. Nivedhitha, Pattanayak Deepak K., Ameyama Kei, Dey Suhash R.	4. 巻 94
2. 論文標題 Comparative study on Ti-Nb binary alloys fabricated through spark plasma sintering and conventional P/M routes for biomedical application	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 619 ~ 627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2018.10.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kikuchi Shoichi, Nakatsuka Yuta, Nakai Yoshikazu, Nakatani Masashi, Kawabata Mie, Ameyama Kei	4. 巻 13
2. 論文標題 Evaluation of Fatigue Properties under Four-point Bending and Fatigue Crack Propagation in Austenitic Stainless Steel with a Bimodal Harmonic Structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frattura ed Integrita Strutturale	6. 最初と最後の頁 545 ~ 553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3221/IGF-ESIS.48.52	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zhou Hao, Huang Chongxiang, Sha Xuechao, Xiao Lirong, Ma Xiaolong, H?ppel Heinz Werner, G?ken Mathias, Wu Xiaolei, Ameyama Kei, Han Xiaodong, Zhu Yuntian	4. 巻 7
2. 論文標題 In-situ observation of dislocation dynamics near heterostructured interfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Research Letters	6. 最初と最後の頁 376 ~ 382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21663831.2019.1616330	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Rai Prabhat K., Shekhar S., Yagi K., Ameyama K., Mondal K.	4. 巻 424-425
2. 論文標題 Fretting wear mechanism for harmonic, non-harmonic and conventional 316L stainless steels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Wear	6. 最初と最後の頁 23 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wear.2019.02.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zheng Ruixiao, Liu Maowen, Zhang Zhe, Ameyama Kei, Ma Chaoli	4. 巻 169
2. 論文標題 Towards strength-ductility synergy through hierarchical microstructure design in an austenitic stainless steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 76 ~ 81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2019.05.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Li Guodong, Lyu Shaoyuan, Zheng Ruixiao, Li Qiushi, Ameyama Kei, Xiao Wenlong, Ma Chaoli	4. 巻 755
2. 論文標題 Strengthening 2024Al alloy by novel core-shell structured Ti/B4C composite particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 231 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2019.04.021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zheng Ruixiao, Li Guodong, Zhang Zhe, Zhang Yitan, Yue Shengyu, Chen Xu, Ameyama Kei, Ma Chaoli	4. 巻 7
2. 論文標題 Manipulating the powder size to achieve enhanced strength and ductility in harmonic structured Al alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Research Letters	6. 最初と最後の頁 217 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21663831.2019.1580621	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhou Gaobin, Ma Hantuo, Zhang Zhe, Sun Jing, Wang Xiaobin, Zeng Peng, Zheng Ruixiao, Chen Xu, Ameyama Kei	4. 巻 758
2. 論文標題 Fatigue crack growth behavior in a harmonic structure designed austenitic stainless steel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 121 ~ 129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2019.05.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 永田勝也, 堀川直樹, 川畑美絵, 飴山恵	4. 巻 83
2. 論文標題 調和組織制御された純Niの機械的性質に及ぼす微細組織の影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本金属学会誌	6. 最初と最後の頁 231 ~ 237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/jinstmet.J2019006	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 入谷竜平, 堀憲太, 川畑美絵, 飴山恵	4. 巻 59
2. 論文標題 調和組織制御された0.3mass% 炭素鋼のミクロ組織と力学特性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 熱処理	6. 最初と最後の頁 103 ~ 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Nagata Masaya, Horikawa Naoki, Kawabata Mie, Ameyama Kei	4. 巻 60
2. 論文標題 Effects of Microstructure on Mechanical Properties of Harmonic Structure Designed Pure Ni	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1914 ~ 1920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2019145	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 FUJIWARA Hiroshi, SANGUAN-NGERN Kenichi, AMEYAMA Kei	4. 巻 66
2. 論文標題 Microstructure and Mechanical Properties of SUS304L Compact Produced by Shot-Blast SPD-PM Process	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy	6. 最初と最後の頁 205 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2497/jjspm.66.205	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 Kikuchi Shoichi, Nukui Yuhei, Nakatsuka Yuta, Nakai Yoshikazu, Nakatani Masashi, Kawabata Mie Ota, Ameyama Kei	4. 巻 127
2. 論文標題 Effect of bimodal harmonic structure on fatigue properties of austenitic stainless steel under axial loading	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Fatigue	6. 最初と最後の頁 222 ~ 228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfatigue.2019.06.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Prabhat Kumar Rai, K. Mondal, Kei Ameyama, Koki Yagi, Shashank Shekhar	4. 巻 28
2. 論文標題 Corrosion behavior of harmonic structured 316L stainless steel in 3.5% NaCl and simulated body fluid solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Engineering and Performance	6. 最初と最後の頁 7554 ~ 7564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Sharma Bhupendra, Shogo Yamada, Kawabata Mie, Vajpai Sanjay Kumar, Ameyama Kei	4. 巻 34
2. 論文標題 Fabrication of Ti from a blend of Ti and TiH ₂ powders via powder metallurgy processing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials and Manufacturing Processes	6. 最初と最後の頁 1745 ~ 1752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10426914.2019.1669802	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sharma Bhupendra, Nagano Kentaro, Kawabata Mie, Ameyama Kei	4. 巻 9
2. 論文標題 Microstructure and mechanical properties of hetero-designed Ti-25Nb-25Zr alloy fabricated by powder metallurgy route	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Letters on Materials	6. 最初と最後の頁 511 ~ 516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22226/2410-3535-2019-4-511-516	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Orlov Dmytro, Zhou Jinming, Hall Stephen, Ota-Kawabata Mie, Ameyama Kei	4. 巻 580
2. 論文標題 Advantages of architected harmonic structure in structural performance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 012019 ~ 012019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1757-899X/580/1/012019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kikuchi Shoichi, Akebono Hiroyuki, Ueno Akira, Ameyama Kei	4. 巻 330
2. 論文標題 Formation of commercially pure titanium with a bimodal nitrogen diffusion phase using plasma nitriding and spark plasma sintering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Powder Technology	6. 最初と最後の頁 349 ~ 356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.powtec.2018.02.047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Liu Jia, Li Jia, Dirras Guy, Ameyama Kei, Cazes Fabien, Ota Mie	4. 巻 100
2. 論文標題 A three-dimensional multi-scale polycrystalline plasticity model coupled with damage for pure Ti with harmonic structure design	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 192 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijplas.2017.10.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Park Hyung Keun, Ameyama Kei, Yoo Jongmyung, Hwang Hyunsang, Kim Hyoung Seop	4. 巻 6
2. 論文標題 Additional hardening in harmonic structured materials by strain partitioning and back stress	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Research Letters	6. 最初と最後の頁 261 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21663831.2018.1439115	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sharma Bhupendra, Vajpai Sanjay, Ameyama Kei	4. 巻 8
2. 論文標題 An Efficient Powder Metallurgy Processing Route to Prepare High-Performance α -Ti-Nb Alloys Using Pure Titanium and Titanium Hydride Powders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Metals	6. 最初と最後の頁 516 ~ 521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/met8070516	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ueda D., Dirras G., Hocini A., Tingaud D., Ameyama K., Langlois P., Vrel D., Trzaska Z.	4. 巻 17
2. 論文標題 Data on processing of Ti-25Nb-25Zr α -titanium alloys via powder metallurgy route: Methodology, microstructure and mechanical properties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Data in Brief	6. 最初と最後の頁 703 ~ 708
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dib.2018.01.093	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nukui Yuhei, Kubozono Hiroki, Kikuchi Shoichi, Nakai Yoshikazu, Ueno Akira, Kawabata Mie Ota, Ameyama Kei	4. 巻 716
2. 論文標題 Fractographic analysis of fatigue crack initiation and propagation in CP titanium with a bimodal harmonic structure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 228 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2018.01.054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Li Guodong, Morinaka Shuichi, Kawabata Mie, Ma Chaoli, Ameyama Kei	4. 巻 15
2. 論文標題 Improvement of strength with maintaining ductility of harmonic structure pure copper by cold rolling and annealing process	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia Manufacturing	6. 最初と最後の頁 1641 ~ 1648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.promfg.2018.07.292	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kikuchi Shoichi, Kubozono Hiroki, Nukui Yuhei, Nakai Yoshikazu, Ueno Akira, Kawabata Mie Ota, Ameyama Kei	4. 巻 711
2. 論文標題 Statistical fatigue properties and small fatigue crack propagation in bimodal harmonic structured Ti-6Al-4V alloy under four-point bending	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 29 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2017.11.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Vajpai Sanjay Kumar, Sharma Bhupendra, Ota Mie, Ameyama Kei	4. 巻 736
2. 論文標題 Effect of cold rolling and heat-treatment on the microstructure and mechanical properties of -titanium Ti-25Nb-25Zr alloy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 323 ~ 328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2018.09.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 飴山恵, 中谷仁, 川畑美絵	4. 巻 32
2. 論文標題 調和組織制御による革新的構造材料の創製	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Functionally Graded Materials	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14957/fgms.32.1	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11件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 長野健太郎, 川畑美絵, 上田大記, 南谷大樹, GuyDirras, 飴山恵
2. 発表標題 Ti-25Nb-25Zr合金調和組織の冷間圧延により形成される特異な組織
3. 学会等名 日本金属学会春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Ameyama
2. 発表標題 Control of Microstructural Singularity for High Performance Metallic Materials
3. 学会等名 Gordon Research Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Ameyama
2. 発表標題 Harmonic Structure Design: Creation of Innovative High Performance Metallic Materials
3. 学会等名 10th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kei Ameyama
2 . 発表標題 An Innovation Towards High Performance Structural Metallic Materials via Harmonic Structure Design
3 . 学会等名 Int Conf Materials Science and Nanotechnology (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K.Ameyama, M.Nakatani, B.Sharma, M.Kawabata
2 . 発表標題 Preferential Ultra Fine Grain Formation in Harmonic Structure Designed SUS304L Austenitic Stainless Steel
3 . 学会等名 Materials Research Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kei Ameyama
2 . 発表標題 Unique Mechanical Properties of Harmonic Structure Designed Materials
3 . 学会等名 TMS Annual Meeting & Exhibition (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K.Ameyama, C.Sawangrat, S.K.Vajpai
2 . 発表標題 Application of harmonic structure design to biomedical Co-Cr-Mo alloy
3 . 学会等名 Int.Workshop Giant Straining Process for Adv. Mater.(GSAM2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Ameyama
2. 発表標題 Harmonic Structure : An Innovative High Performance Metallic Materials Design
3. 学会等名 9th Int Conf Mater. and Manufacturing Technology (ICMMT 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Ameyama
2. 発表標題 Unique Microstructure Evolution of Harmonic Structure Designed Metals and Alloys via Thermo-Mechanical Processing
3. 学会等名 XIV International Conference on Nanostructured Materials (NANO 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K.Ameyama, M.Nakatani, M.Kawabata, G.Dirras
2. 発表標題 Application of TMP to Harmonic Structure Designed Materials
3. 学会等名 Int Conf PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飴山恵, 戸川直人, 赤田英里, B.Sharma, J.Yi, 川畑美絵
2. 発表標題 CrMnFeCoNi高エントロピー合金の調和組織制御
3. 学会等名 日本金属学会春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 双晶変形が抑制されたチタン合金の製造方法及びチタン合金	発明者 飴山恵、川畑美絵、南 谷大樹、長野健太郎	権利者 学校法人立命館
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-038687	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 炭素含有鉄合金材の製造方法及び炭素含有鉄合金材	発明者 飴山恵、入谷竜平、 川畑美絵	権利者 学校法人立命館
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-157141	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----