

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02417

研究課題名(和文) 多目的in-situ分析による応力誘起マルテンサイト変態理論の再定義

研究課題名(英文) Refining the Theory of Stress-Induced Martensitic Transformation by Multi-Objective In-Situ Analysis

研究代表者

田原 正樹 (Tahara, Masaki)

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授

研究者番号：80610146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：応力誘起マルテンサイト変態の結晶学的特徴を最新の分析装置を使ってその場観察・測定し、従来の結晶学的理論の再検証を行った。従来は応力誘起するマルテンサイトは熱誘起マルテンサイトと同じであると考えられていた。本研究で詳細に解析した結果、応力誘起マルテンサイトは格子定数を変化させることで母相との界面の適合性を維持しながら生成することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

応力誘起マルテンサイト変態は形状記憶合金が持つ「超弾性」機能の根幹をなす現象であるにもかかわらず、1980年代に行われた研究以降、基礎的研究が十分に行われてこなかった。本研究の成果は応力誘起変態の学術的基礎の再検証に資すると考える。また、得られた成果は超弾性機能の向上に向けた材料設計理論の構築に今後重要な役割を果たすものである。

研究成果の概要(英文)：The crystallographic features of stress-induced martensitic transformation were observed and measured in situ using state-of-the-art analytical equipment to reexamine conventional crystallographic theories. Stress-induced martensite was conventionally considered to be the same as thermally martensite. Detailed analysis in this study reveals that stress-induced martensite is generated by changing the lattice parameter while maintaining the compatibility of the interface with the parent phase.

研究分野：金属組織学

キーワード：マルテンサイト変態 形状記憶合金 超弾性 応力誘起変態 単結晶

## 1. 研究開始当初の背景

形状記憶・超弾性合金は機能性金属材料として盛んに研究開発が行われてきた。その動作機構は冷却、もしくは外部応力によって誘起される無拡散相変態(マルテンサイト変態)によるものである。電子顕微鏡の発達に伴い、1970年代から我が国を中心に活発に研究開発が行われ、金属学および結晶学的基礎の多くが確立された。特に冷却によって誘起されるマルテンサイト組織については盛んに研究が行われ、ごく最近でもマルテンサイト組織界面の連続性に着目した新たな組織制御方法の提案[引用: Y.Song, et al., Nature, 502 (2013)85.]が行われるなど形状記憶合金の研究において中心的な位置を占めてきた。一方で超弾性を発現させるために必要な応力誘起マルテンサイトについての基礎研究はほとんど手付かずである。この原因として、まず実験的に応力負荷中のマルテンサイト組織を透過電子顕微鏡により直接観察することが困難であったこと、さらに応力誘起マルテンサイトの組織は冷却誘起されるマルテンサイトと同じであると思われていたことが挙げられる。

以上が本研究を開始した当初の当該分野における研究背景である。以上に加え、研究代表者が遂行していた若手研究(A)で得た以下の知見を学術的背景として本研究を立案した。研究代表者はこれまでに若手研究において、チタン系形状記憶合金の応力誘起したマルテンサイト相における塑性変形の制御を試みてきた。これは研究代表者が新たに発見したすべり転位である<101>転位の活動をマルテンサイト相の原子シャッフリングを用いて制御し、形状記憶特性の向上と高性能化を目指したものである。その結果、目的であった原子シャッフリングによる転位すべりの抑制に成功し、形状記憶特性の高性能化に成功した。一方、研究代表者はこの若手研究の遂行過程において、応力誘起変態によって生成されるマルテンサイト相の結晶学的特徴が冷却によって誘起されるマルテンサイト相及び結晶学的現象論と大きく異なることを見出した。これはこれまで長い間、応力誘起マルテンサイト変態においても冷却誘起マルテンサイト変態と同じ結晶学的理論が成り立つと考えられてきた定説を覆す新たな発見である。しかし、なぜ冷却誘起マルテンサイトと応力誘起マルテンサイトの結晶学的特徴が異なるのか、その機構や物理的意味は明らかでない。加えてどのような条件の応力誘起マルテンサイト変態においてその違いが現れ、それらが形状記憶合金の特性とどう関連するのかも明らかではない。これらが本研究で解決すべき学術的な「問い」である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は上記の問いを解明し、応力誘起マルテンサイト変態についての金属学的・結晶学的基礎を確立することである。具体的には、応力誘起マルテンサイトの結晶学的特徴(晶癖面方位、結晶方位関係、格子不変変形など)について、現象論計算の結果とその場測定の実験値とを比較する。さらに、観察された違いが何に起因するものであるかを検討し、合金設計や超弾性特性を改善するための基礎的知見を得ることが最終的な目的である。

## 3. 研究の方法

単結晶試料を用いて、応力誘起マルテンサイト変態について以下のその場測定を行った。結晶学的特徴として、晶癖面方位、格子不変変形(内部双晶)、結晶方位関係を評価の対象とした。晶癖面方位は二面解析にて、内部双晶はSEM観察にて、結晶方位関係はEBSDにて解析を行った。いずれも応力誘起変態で生成したマルテンサイト板について、応力下で行った。また、応力誘起マルテンサイト変態中の母相及びマルテンサイト相の格子定数を測定するために、応力下で微小部XRD測定を行った。なお、本研究では、応力下にてこれらその場測定を行うための治具を自作して用いた(図1)。試料はTi-Mo-Al合金およびTi-Ni合金の単結晶である。

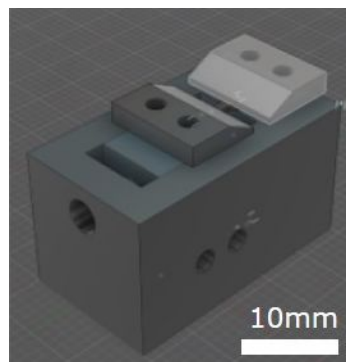


図1 その場測定に用いた自作治具

## 4. 研究成果

### (1) Ti-Mo-Al 合金

まずは研究代表者がこれまでに多くの知見を有している準安定チタン合金にて研究を遂行した。応力誘起マルテンサイト変態が室温で生じ、超弾性挙動を示す合金組成を用いた。本研究では現象論計算(Phenomenological Theory of Martensite Crystallography, PTMC)にて結晶学的特徴の理論値を求める。この計算には母相及びマルテンサイト相の格子定数が必要である。従

来は、応力誘起によって生成するマルテンサイトと熱誘起によって生成するマルテンサイトは同じものであると考えられていた。そこで現象論計算には母相の格子定数と、熱誘起マルテンサイト(同じ合金を冷却して測定)の格子定数を用いるのが一般的であった。しかし、チタン系合金は母相の影響により、冷却しても熱誘起マルテンサイトは得られない。よって本研究では、初期の現象論計算に用いる格子定数は合金組成を変化させて得られたマルテンサイトの格子定数から組成外挿によって求めたものを使うこととした。

このようにして得られた現象論計算の解と、実際の応力誘起マルテンサイトの結晶学的特徴を比較したところ、当初の予備実験のとおり、大きなずれが認められた。晶癖面については13度のずれがあり、内部双晶については計算上約20%存在するはずの内部双晶が全く観察されなかった。現象論計算と実際の観察結果にここまで大きな乖離があるケースは熱誘起マルテンサイト(特に形状記憶合金の熱弾性型変態)では報告されていない。この原因として、応力誘起マルテンサイトの格子定数が当初の想定とは異なるのではないかと考え、応力誘起変態中の格子定数のその場測定を行った。その結果、応力誘起マルテンサイトの格子定数は変態の進行に伴って徐々に変化していることがわかった。このようにして測定したマルテンサイトの正しい格子定数と、母相の弾性変形を考慮して現象論計算を再度行ったところ、実験結果と極めて良い一致を示した。この結果は、応力誘起マルテンサイト変態であっても熱誘起マルテンサイトと同様に不変面条件が満たされていることを意味する。しかし、それ以上に重要な知見として、応力誘起変態中の格子定数が変化することが挙げられる。一連の変化は、不変面条件を満たしつつ、最も外力を緩和できる変態組織を形成するように起こっていた。本研究で得られたこれらの知見はより優れた超弾性材料の設計に極めて重要であり、今後の更なる進展が期待される。

## (2) Ti-Ni 合金

上記のチタン合金での結果を受けて、実用材として最も広く用いられている Ti-Ni 合金の応力誘起マルテンサイトについても研究を行った。実験方法はチタン合金と同様である。本研究では電子顕微鏡観察と微小部 XRD 測定による格子定数の評価を基に、結晶学的特徴の再評価と現象論計算の再計算を行った。その結果チタン合金と同様に、観察される結晶学的特徴は現象論計算からずれていること、ずれの原因もチタン合金と同様に応力誘起変態中の格子定数の変化にあることが明らかになった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tahara Masaki, Otaki Nao, Minami Daichi, Uesugi Tokuteru, Takigawa Yorinobu, Higashi Kenji, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 227
2. 論文標題 New dislocation dissociation accompanied by anti-phase shuffling in the martensite phase of a Ti alloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 117705 ~ 117705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2022.117705	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 Chiu Wan-Ting, Wakabayashi Kaoru, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 897
2. 論文標題 Investigations of mechanical properties and deformation behaviors of the Cr modified Ti-Au shape memory alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 163134 ~ 163134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2021.163134	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 Zoubkova Kristyna, Seiner Hanus, Sedlak Petr, Villa Elena, Tahara Masaki, Hosoda Hideki, Chernenko Volodymyr	4. 巻 224
2. 論文標題 Non-linear elastic behavior of Ni-Fe-Ga(Co) shape memory alloy and Landau-energy landscape reconstruction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 117530 ~ 117530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2021.117530	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 Nohira Naoki, Chiu Wan-Ting, Umise Akira, Tahara Masaki, Hosoda Hideki	4. 巻 15
2. 論文標題 Achievement of Room Temperature Superelasticity in Ti-Mo-Al Alloy System via Manipulation of Phase Stability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 861 ~ 861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma15030861	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 Nohira Naoki, Oshita Yoshiaki, Chiu Wan-Ting, Umise Akira, Tahara Masaki, Hosoda Hideki	4. 巻 2
2. 論文標題 Investigations of Deformation Behavior and Microstructure of Al Tailored Ti-Mo High Temperature Shape Memory Alloys during Isothermal Holding at 393 K	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micro	6. 最初と最後の頁 113 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/micro2010007	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 Chiu Wan-Ting, Wakabayashi Kaoru, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 123
2. 論文標題 Enhancement of mechanical properties and shape memory effect of Ti-Cr-based alloys via Au and Cu modifications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials	6. 最初と最後の頁 104707 ~ 104707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2021.104707	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 Chiu Wan-Ting, Fuchiwaki Kota, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 14
2. 論文標題 Investigations of Effects of Intermetallic Compound on the Mechanical Properties and Shape Memory Effect of Ti-Au-Ta Biomaterials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 5810 ~ 5810
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14195810	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 Chiu Wan-Ting, Wakabayashi Kaoru, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 875
2. 論文標題 Enhancement of the shape memory effect by the introductions of Cr and Sn into the -Ti alloy towards the biomedical applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 160088 ~ 160088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2021.160088	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 Chiu Wan-Ting, Ishigaki Takuya, Nohira Naoki, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 269
2. 論文標題 Evaluations of mechanical properties and shape memory behaviors of the aging-treated Ti-Au-Mo alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 124775 ~ 124775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matchemphys.2021.124775	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 Park Min Soo, Chiu Wan-Ting, Nohira Naoki, Tahara Masaki, Hosoda Hideki	4. 巻 822
2. 論文標題 Effects of Cr and Sn additives on the martensitic transformation and deformation behavior of Ti-Cr-Sn biomedical shape memory alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 141668 ~ 141668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.141668	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 Chiu Wan-Ting, Ishigaki Takuya, Nohira Naoki, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 133
2. 論文標題 Influence of the precipitates on the shape memory effect and superelasticity of the near-eutectoid Ti-Au-Fe alloy towards biomaterial applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Intermetallics	6. 最初と最後の頁 107180 ~ 107180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.intermet.2021.107180	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 Chiu Wan-Ting, Ishigaki Takuya, Nohira Naoki, Umise Akira, Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 867
2. 論文標題 Effect of Cr additions on the phase constituent, mechanical properties, and shape memory effect of near-eutectoid Ti-4Au towards the biomaterial applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 159037 ~ 159037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2021.159037	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 Tahara Masaki、Hasunuma Kazuya、Hosoda Hideki	4. 巻 868
2. 論文標題 Microstructure of + dual phase formed from isothermal phase via novel decomposition pathway in metastable -Ti alloy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 159237 ~ 159237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2021.159237	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 Chiu Wan-Ting、Ishigaki Takuya、Nohira Naoki、Umise Akira、Tahara Masaki、Hosoda Hideki	4. 巻 857
2. 論文標題 Effect of 3d transition metal additions on the phase constituent, mechanical properties, and shape memory effect of near-eutectoid Ti-4Au biomedical alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 157599 ~ 157599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.157599	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 Chiu Wan-Ting、Ishigaki Takuya、Nohira Naoki、Umise Akira、Tahara Masaki、Inamura Tomonari、Hosoda Hideki	4. 巻 133
2. 論文標題 Influence of the precipitates on the shape memory effect and superelasticity of the near-eutectoid Ti-Au-Fe alloy towards biomaterial applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Intermetallics	6. 最初と最後の頁 107180 ~ 107180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.intermet.2021.107180	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 Chiu Wan-Ting、Ishigaki Takuya、Nohira Naoki、Umise Akira、Tahara Masaki、Inamura Tomonari、Hosoda Hideki	4. 巻 867
2. 論文標題 Effect of Cr additions on the phase constituent, mechanical properties, and shape memory effect of near-eutectoid Ti-4Au towards the biomaterial applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 159037 ~ 159037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2021.159037	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 Shinohara Yuri, Sasaki Tomoya, Tahara Masaki, Hosoda Hideki, Inamura Tomonari	4. 巻 60
2. 論文標題 Goss Orientation Evolution in T-5.5Mo-8Al-6Zr Shape Memory Alloy upon Heat Treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1890 ~ 1897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.M2019039	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 Goto Kenji, Umise Akira, Tahara Masaki, Hosoda Hideki	4. 巻 60
2. 論文標題 Compressive Deformation Behavior and Magnetic Susceptibility of Au <sub>2</sub> CuAl Biomedical Shape Memory Alloys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 662 ~ 665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MB201810	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 Nagoshi Takashi, Yasuda Takahisa, Otaki Nao, Tahara Masaki, Hosoda Hideki, Sone Masato	4. 巻 13
2. 論文標題 Evaluation of the Shape Memory Effect by Micro-Compression Testing of Single Crystalline Ti-27Nb Ni-Free Alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 110 ~ 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma13010110	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 Buasri Taywin, Goto Kenji, Tahara Masaki, Hosoda Hideki	4. 巻 60
2. 論文標題 Phase Reaction and Diffusion Behavior between AuTi and CoTi Intermetallic Compounds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 631 ~ 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MB201806	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 田原正樹, 稲邑朋也, 細田秀樹	4. 巻 vol.67
2. 論文標題 単結晶Ti-Nb形状記憶合金の応力誘起マルテンサイト変態と塑性変形挙動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 116~120
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 Tahara Masaki, Inamura Tomonari, Kim Hee Young, Miyazaki Shuichi, Hosoda Hideki	4. 巻 257
2. 論文標題 Isothermal martensitic transformation behavior of Ti-Nb-O alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 126691 ~ 126691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2019.126691	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 Tahara Masaki, Hasunuma Kazuya, Ibaki Ryosuke, Inamura Tomonari, Hosoda Hideki	4. 巻 21
2. 論文標題 Microstructural Evolution in Metastable Ti-Mo-Sn-Al Alloy During Isothermal Aging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 1900416 ~ 1900416
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adem.201900416	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30件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 田原正樹
2. 発表標題 -Ti系形状記憶合金における等温変態と応力誘起マルテンサイト変態
3. 学会等名 2021年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田原正樹, 野口琴未, Chiu Wan-Ting, 海瀬晃, 細田秀樹
2. 発表標題 チタン系形状記憶合金における応力誘起マルテンサイトの結晶学的特徴と格子定数の関係
3. 学会等名 2021年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chiu Wan-Ting, 石垣卓也, 田原正樹, 細田秀樹
2. 発表標題 生体用Ti-Au基金金の機械特性・形状記憶特性に及ぼす遷移元素の添加
3. 学会等名 2021年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森駿太郎, 野平直希, Chiu Wan-Ting, 海瀬晃, 田原正樹, 細田秀樹
2. 発表標題 Ti-4Mo-11Al形状記憶合金における自己調整組織の再配列に及ぼす時効熱処理の影響
3. 学会等名 2021年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安藤一斗, Chiu Wan-Ting, 海瀬晃, 田原正樹, 細田秀樹
2. 発表標題 Ti-Mo-Sn-Al 合金における等温変態による形状記憶効果
3. 学会等名 2021年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田原正樹、上杉徳照、細田秀樹
2. 発表標題 型Ti合金のマルテンサイト単結晶における塑性変形挙動
3. 学会等名 第168回日本金属学会春期大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaki Tahara, Kazuya Hasunuma, Ryosuke Ibaki, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Microstructure observation of isothermally formed phase in Ti-Mo base shape memory alloy
3. 学会等名 Ti-2019(The 14th world conference on titanium) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideki Hosoda, Dai Inomata, Masaki Tahara.
2. 発表標題 Mechanical properties of TiNbCu biomedical shape memory alloy of hypereutectoid composition
3. 学会等名 Ti-2019(The 14th world conference on titanium) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Umise, Kenji Goto, Tso Fu Mark Chang, Masaki Tahara, Masato Sone, Takao Hanawa, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Deformation Behavior of Au-28Cu-22Al Biomedical Shape Memory Alloy Micropillars
3. 学会等名 30th Annual Conference of the European Society for Biomaterials (ESB2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaya Iwasaki, Masaki Tahara, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Effect of aging treatment on phase constitution and mechanical property of Ti-7.5Cr-7Al biomedical superelastic alloy
3. 学会等名 1st Tokyo Tech-NCTU Joint Symposium on Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Nohira, Akira Umise, Masaki Tahara, Kenji Goto, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Effect of Aging Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-Au-Mo Biomedical Shape Memory Alloys
3. 学会等名 1st Tokyo Tech-NCTU Joint Symposium on Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Min Soo Park, Akira Umise, Masaki Tahara, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Effect of Yttrium addition on Microstructure and Mechanical Properties of Ti-Cr-Sn Biomedical Alloys
3. 学会等名 1st Tokyo Tech-NCTU Joint Symposium on Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideki Hosoda, Akira Umise, Masaki Tahara.
2. 発表標題 Development of AuCuAl biomedical superelastic alloys
3. 学会等名 1st Tokyo Tech-NCTU Joint Symposium on Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Akira Umise, Kenji Goto, Masaki Tahara, Yusuke Tsutsumi, Hiroyasu Kanetaka, Takao Hanawa, Hideki Hosoda.
2 . 発表標題 Effect Fe Additions on Mechanical Properties and Corrosion Behavior of AuCuAl Based Biomedical Shape Memory Alloys
3 . 学会等名 The 4th International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-4) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Masaya Iwasaki, Masaki Tahara, Hideki Hosoda.
2 . 発表標題 Phase constitution and mechanical properties of Ti Cr based biomedical shape memory alloys
3 . 学会等名 The 4th International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-5) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Justyna Lazarczyk, Pimpet Sratong-on, Akira Umise, Masaki Tahara, Volodymyr Chernenko, Hideki Hosoda.
2 . 発表標題 Design of magneto-active NiMnGa/Polymer layered composite for biomedical applications
3 . 学会等名 The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K.Hasunuma, A.Umise, M.Tahara, H.Kanetaka, H.Hosoda.
2 . 発表標題 Formation of isothermal $\beta$ phase in Ti-Mo base biomedical shape memory alloy
3 . 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (IcMaSS2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名	Kenta Hayashi, Masaya Iwasaki, Akira Umise, Masaki Tahara, Hiroyasu Kanetaka, Hideki Hosoda.
2. 発表標題	Effect of Bi addition on phase constitution and mechanical properties of Ti-Cr base shape memory alloy
3. 学会等名	International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (IcMaSS2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Maya Miyoshi, Akira Umise, Masaki Tahara, Kenji Goto, Takao Hanawa, Hideki Hosoda.
2. 発表標題	Effect of C and Y additions on microstructure and mechanical properties in AuTiCo biomedical shape memory alloy
3. 学会等名	The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Hideki Hosoda, Akira Umise, Kenji Goto, Masaki Tahara.
2. 発表標題	Deformation Behavior of Stoichiometric Au <sub>2</sub> CuAl
3. 学会等名	The 2018 MRS Fall Meeting & Exhibits (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Akira Umise, Kenji Goto, Masaki Tahara, Tso Fu Mark Chang, Masato Sone, Takao Hanawa, Hideki Hosoda.
2. 発表標題	Deformation Behavior of AuCuAl Biomedical Superelastic Alloys by Micro-Compression Tests
3. 学会等名	The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 A. Umise, K. Yamaji, K. Goto, M. Tahara, H. Kanetaka, T. Hanawa, H. Hosoda.
2. 発表標題 Mechanical Property Improvement of AuCuAl Biomedical Superelastic Alloys Containing Phase
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (IcMaSS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林建太, 野平直希, 木村啓吾, 田原正樹, 細田秀樹.
2. 発表標題 Ti-Mo-Al合金の機械的性質に及ぼす時効熱処理の影響
3. 学会等名 2019年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Justyna Lazarczyk, Pimpet Sratong-on, Masaki Tahara, Volodymyr Chernenko, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Design and development of NiMnGa-epoxy layered composite for magnetostrain actuation
3. 学会等名 2019年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蓮沼和也, 田原正樹, 細田秀樹.
2. 発表標題 Ti-Mo-Sn-Al形状記憶合金の等温変態挙動
3. 学会等名 2019年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野平直希, 林建太, 木村啓吾, 田原正樹, 細田秀樹.
2. 発表標題 Ti-Mo-Al合金の内部組織と形状記憶特性に及ぼす時効熱処理の影響
3. 学会等名 2019年日本金属学会秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野平直希, 海瀬晃, 田原正樹, 細田秀樹.
2. 発表標題 Ti-Mo-Al形状記憶合金の内部組織と機械的性質
3. 学会等名 第2回材料機能特性のアーキテクチャー研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野平直希, 海瀬晃, 田原正樹, 後藤研滋, 細田秀樹.
2. 発表標題 Ti-Au共析近傍合金の組織と機械的性質
3. 学会等名 第16回ヤングメタラジスト研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 MinSoo Park, Akira Umise, Masaki Tahara, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Effect of yttrium addition on Phase Constitution and Mechanical Properties of Ti-Cr-Sn based Shape Memory Alloys
3. 学会等名 第2回材料機能特性のアーキテクチャー研究会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 MinSoo Park, Akira Umise, Masaki Tahara, Hideki Hosoda.
2. 発表標題 Effect of Y2O3 precipitation on phase constitution and mechanical properties of Ti-Cr-Sn shape memory alloy
3. 学会等名 学際・国際の人材養成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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

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		
フランス	INSA Rennes		