

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02418

研究課題名(和文)熱弾性型マルテンサイト変態ダイナミクスの理論構築

研究課題名(英文)Building theory for dynamics of thermoelastic martensitic transformation

研究代表者

新津 甲大(NIITSU, Kodai)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・先端材料解析研究拠点・主任研究員

研究者番号：90733890

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：熱弾性型マルテンサイト変態の低温挙動が熱活性化機構の観点から説明され、時間の次元が変態ダイナミクスを理解する上で極めて重要な役割を担っていることが明らかとなった。熱活性化機構の数理モデルを提案し数値解を得ることで等温変態挙動を描像するTTT線図および温度掃引下での変態挙動を描像するContinuous Cooling/Heating Transformation図を求め、正変態と逆変態の非対称性および非エルゴード性が説明された。これらの理解は提案した数理モデルによって極めて精度よく再現可能であり、当初の目標であった変態ダイナミクスの基本的な学理の構築が達成された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果により、マルテンサイト変態における熱活性化機構の物理的役割が明らかとなった。この役割は特に低温域で顕在化し、従来の理解から外れる変態挙動の主要因となる。その結果、形状記憶効果や超弾性効果は低温で得難くなることが分かり、同合金の低温応用を阻む根源的要因であることが明らかとなった。この課題を解決するためには熱活性化機構の影響を小さくする材料設計戦略を確立する必要があり、今後さらなる理解の深化を通して同合金の低温応用を目指した研究に役立てられると期待される。

研究成果の概要(英文)：The low-temperature behavior of the thermoelastic martensitic transformation was explained from the viewpoint of the thermal activation mechanism, and it became clear that the dimension of time plays an important role in understanding the transformation dynamics. By proposing a mathematical model of the thermal activation mechanism and obtaining a numerical solution, I obtained a TTT diagram that visualizes the isothermal transformation behavior and continuous cooling / heating transformation diagrams that visualize the transformation behavior under thermalization. Asymmetric isothermal transformation dynamics and non-ergodicity can be understood from these diagrams. These understandings can be reproduced accurately by the proposed mathematical model, and the original goal of constructing the basic theory of metamorphosis dynamics was achieved.

研究分野：金属物性

キーワード：マルテンサイト変態 動力学 等温変態 熱活性化 構造相変態

1. 研究開始当初の背景

TiNi 形状記憶合金などに代表されるマルテンサイト(M)変態は、無拡散変態であることから熱活性な機構を有しない変態であると長年考えられてきた。しかし近年、いくつかの合金系においての等温変態の存在が見出され、熱活性化機構を加味した新たな M 変態ダイナミクスの理論構築が求められている。これまで、等温変態については核生成の熱活性化過程の観点から考察がなされてきたが、①M 変態の素過程が核生成と成長(界面掃引)によって記述されること、②そのそれぞれに対し熱活性化過程が考えられること、③正変態と逆変態では核生成の有無に違いがあること等、未検討の事象が多数あり、M 変態ダイナミクスの理解は十分に進んでいなかった。

このような背景の下、代表者はこれまで超弾性合金の低温応用を見据えた研究を行ってきたが、その中で M 変態のヒステリシスが温度・歪速度依存性を示すことを見出し熱活性化過程の存在を明らかにしてきた。歪速度が時間の次元を持つことに着目すると、M 変態のダイナミクスを決定づける因子として『時間』が極めて重要なファクターであるということが示唆される。さらに、このような動力学的効果は平衡境界に付随することから、正変態と逆変態でヒステリシスが非対称に分布することとなり、その結果等温変態挙動が非対称になるという着想に至った。

核生成と成長の素過程を体系的に理解するとともに、主に低温域での M 変態のダイナミクスを理解することは形状記憶合金・超弾性合金の応用上重要であると考えた。また低温での M 変態の停滞や動的弾性の異常挙動が近年報告され、これに対する理解として” Strain glass” という概念が世界的に受け入れられつつある。しかし熱活性な環境下では動的弾性はその周波数・振幅のみならず時間にも依存するはずであり、熱活性化機構の延長線上の現象として Strain glass とされる振舞いも説明できると考えられる。このような疑問・着想の下本研究の構想に至った。

2. 研究の目的

核生成・成長の素過程とその熱的活性化過程の役割を明らかにすることで、等温変態を加味した M 変態ダイナミクスの理論構築を目標とする。

3. 研究の方法

等温変態を加味した M 変態ダイナミクスの理論構築のため、以下の項目について調査を行った。

(1) 正/逆変態における等温変態の非対称性の検討

液体 He 温度までの冷却が可能な万能試験機用極低温チャンバを用い、室温以下の任意の温度にて一定荷重下で等温保持し等温変態挙動を調査した。

(2) バリエーション組織の違いと等温変態挙動の相関

外場の種類に応じてバリエーション数は変化し、核生成の寄与が変わる。したがって核生成の影響の大小に応じて(主に)正変態側の等温変態ダイナミクスが変わると考えられる。マルチバリエーション組織を呈する磁場誘起相変態と、ほぼシングルバリエーションとなる応力誘起相変態のダイナミクスの違いからバリエーション組織と変態ダイナミクスの相関を調べた。

4. 研究成果

(1) 熱活性化機構に基づく変態ダイナミクスの理解

TiNi 合金に対し変態ヒステリシスの温度依存性および歪速度依存性を調べた。大きな歪速度を得るため、スプリットホプキンソン棒法によるパルス応力試験も行った。その結果、温度依存性はもとより明確な歪速度依存性も示す(図1)ことが分かり、熱活性化機構の存在を示唆する結果が得られた。

この温度および歪速度依存性は、転位の熱活性化運動のモデルから転用した以下の数式で説明することができ、

$$\sigma_{eff} \left( = \frac{\sigma_{hs}}{2} \right) = \sigma_{\mu} + \sigma_{TA} \left[ 1 - \left( \frac{T}{T_A} \right)^{1/q} \right]^{1/p}$$

$$T_A = Q_{TA} / mk_B \text{ and } m = \ln(\dot{\epsilon}_0 / \dot{\epsilon}) \quad (1)$$

この関係から熱活性化エネルギーが 0.5 ± 0.1eV と求まった。

以上の知見から、変態ダイナミクスを知ろううえで不可欠な情報である、変態ヒステリシスのダイナミクスの理論モデルを決定

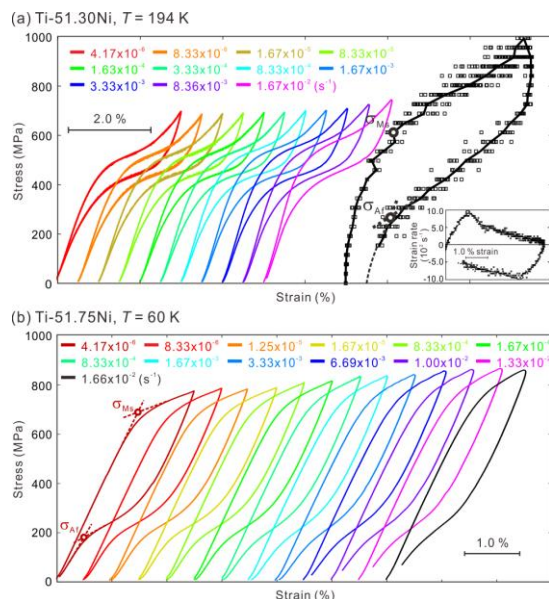


図 1. TiNi 合金における超弾性挙動の歪速度依存性

することができ、温度・歪速度の任意の2変数に対しヒステリシスの大きさを知ることができるようになった(図2)。

## (2) 等温変態ダイナミクスを理解

歪速度の項に時間の次元が含まれていることに着目し(1)式を以下のように変形した。

$$\frac{\partial(\sigma_{M/A}^{hs} - \sigma_{M/A}^u)}{\partial t} = -E_A \exp\left\{ \ln \dot{\epsilon}_0 - \frac{Q}{k_B T} \left[ 1 - \left( \frac{\sigma_{M/A}^{hs} - \sigma_{M/A}^u}{\sigma_{M/A}^{TA}} \right)^p \right]^q \right\} \quad (2)$$

これはいわばヒステリシスの熱活性成分に関する微分方程式であり、数値的に解くことで時間を一つの自由度とする Dynamic 相図(図3)を導出することが可能となった。この相図から、任意の保持応力下での等温変態挙動(Time-Temperature-Transformation: TTT線図)を決定することができ、図4のように求まった。その結果、正変態ではCカーブを示すが逆変態ではCカーブの下側のみが出るという非相反な変態ダイナミクスが現れることが分かり、これは実験結果とも定量的に極めて良い一致を示した。

さらに温度掃引下での変態挙動を求めるため、TTT線図上にて様々な加熱・冷却速度で経路積分

$$V_M(\mathbf{r}) = V_M(\mathbf{r}_0) + \int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} \frac{\nabla V_M(d\mathbf{r})}{\Psi} d\mathbf{r}$$

$$\Psi = \begin{cases} 1 & (\text{when } \nabla V_M(d\mathbf{r}) \geq 0) \\ k(\sigma_M^{hs} + \sigma_A^{hs}) & (\text{when } \nabla V_M(d\mathbf{r}) < 0) \end{cases} \quad (3)$$

を行った。これにより Continuous Cooling/Heating Transformation (CCT/CHT)図が図5のように求まった。この図から変態歪は熱履歴依存性を示し、特に図5(c)から分かるように、熱活性化機構が顕在化する低温ではその差が顕著となり、エルゴード性が破れることが分かった。このことから Strain glass の最も代表的特徴とされる非エルゴード性は熱活性化機構によっても再現されることが明らかとなった。

これらの成果から、熱弾性型マルテンサイト変態の低温挙動が熱活性化機構の観点から説明され、時間の次元が変態ダイナミクスを理解する上で極めて重要な役割を担っていることが明らかとなった。またこれらの理解は提案した数理モデルによって極めて精度よく説明可能であり、当初の目標であった変態ダイナミクスの基本的な学理の構築が達成された。

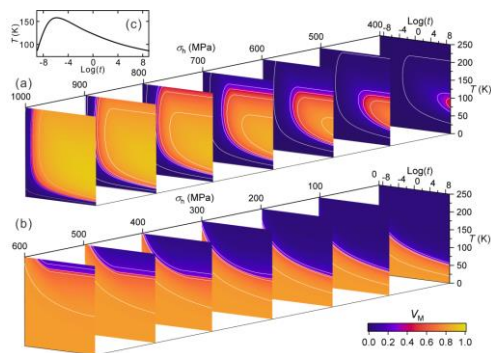


図4. TiNi合金のTTT線図:(a)正変態側、(b)逆変態側

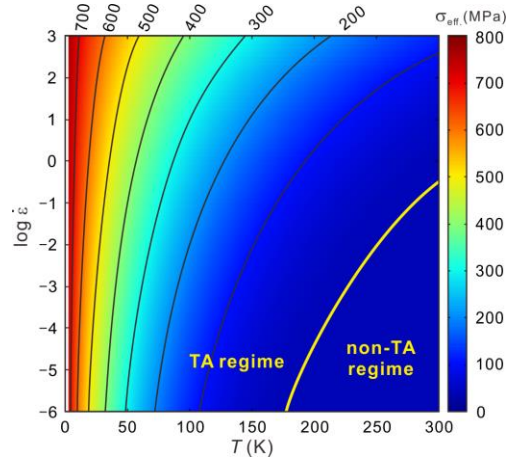


図2. TiNi合金における変態ヒステリシスの温度・歪速度依存性

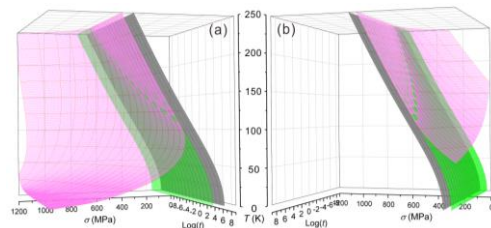


図3. TiNi合金のDynamic相図:(a)正変態側、(b)逆変態側

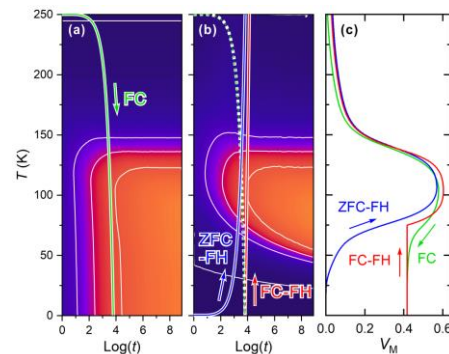


図5. TiNi合金の(a)CCT図、(b)CHT図、(c)±0.1K/sで温度掃引した際の変態歪の熱履歴依存性

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hanasaki N., Oda M., Niitsu K., Ehara K., Murakawa H., Sakai H., Nitani H., Abe H., Sagayama H., Uetsuka H., Karube T., Inui H.	4. 巻 11
2. 論文標題 Element dependence of local disorder in medium-entropy alloy CrCoNi	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 125216 ~ 125216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0072766	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 Hamada Tetsuya, Higashi Masaya, Niitsu Kodai, Inui Haruyuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Phase equilibria among Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> and its higher-ordered phases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 373 ~ 385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2021.1915691	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 Akase Zentaro, Kimura Kenta, Saito Tomohiro, Niitsu Kodai, Tanigaki Toshiaki, Iwasaki Yoh, Sharma Parmanand, Makino Akihiro, Shindo Daisuke	4. 巻 541
2. 論文標題 Magnetic flux in soft magnetic Fe-Si-B-P-Cu amorphous alloy containing nanocrystallites analyzed by electron holography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 168519 ~ 168519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2021.168519	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 Niitsu Kodai, Liu Yizhou, Booth Alexander C., Yu Xiuzhen, Mathur Nitish, Stolt Matthew J., Shindo Daisuke, Jin Song, Zang Jiadong, Nagaosa Naoto, Tokura Yoshinori	4. 巻 21
2. 論文標題 Geometrically stabilized skyrmionic vortex in FeGe tetrahedral nanoparticles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Materials	6. 最初と最後の頁 305 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41563-021-01186-x	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 Sugiura Yuki, Niitsu Kodai, Saito Yasuko, Endo Takashi, Horie Masanori	4. 巻 11
2. 論文標題 Inorganic process for wet silica-doping of calcium phosphate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 12330 ~ 12335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA00288K	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 Zhou Dengshan, Chen Zhenghao, Ehara Kazuki, Niitsu Kodai, Tanaka Katsushi, Inui Haruyuki	4. 巻 191
2. 論文標題 Effects of annealing on hardness, yield strength and dislocation structure in single crystals of the equiatomic Cr-Mn-Fe-Co-Ni high entropy alloy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 173 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2020.09.039	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 Sugiura Yuki, Obika Hideki, Horie Masanori, Niitsu Kodai, Makita Yoji	4. 巻 5
2. 論文標題 Aesthetic Silver-Doped Octacalcium Phosphate Powders Exhibiting Both Contact Antibacterial Ability and Low Cytotoxicity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 24434 ~ 24444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c02868	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 Niitsu K., Date H., Kainuma R.	4. 巻 186
2. 論文標題 Thermal activation of stress-induced martensitic transformation in Ni-rich Ti-Ni alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 263 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2020.05.010	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 Niitsu Kodai	4. 巻 53
2. 論文標題 Temperature dependence of magnetic exchange stiffness in iron and nickel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 39LT01 ~ 39LT01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ab9672	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 Zhou Dengshan, Jin Shenbao, Yang Chao, Niitsu Kodai, Sha Gang, Zhang Deliang	4. 巻 -
2. 論文標題 Ti-Enriched Al2O3/Cu Interfaces in a Cu-Al2O3 Alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SSRN Electronic Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2139/ssrn.3454925	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 該当する

1. 著者名 Harada Ken, Niitsu Kodai, Shimada Keiko, Kodama Tetsuji, Akashi Tetsuya, Ono Yoshimasa A., Shindo Daisuke, Shinada Hiroyuki, Mori Shigeo	4. 巻 25
2. 論文標題 Electron Holography on Fraunhofer Diffraction Using Double Slit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microscopy and Microanalysis	6. 最初と最後の頁 102 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S1431927619001247	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 Mathur Nitish, Stolt Matthew J., Niitsu Kodai, Yu Xiuzhen, Shindo Daisuke, Tokura Yoshinori, Jin Song	4. 巻 13
2. 論文標題 Electron Holography and Magnetotransport Measurements Reveal Stabilized Magnetic Skyrmions in Fe1-xCoxSi Nanowires	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 7833 ~ 7841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.9b02130	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 Wang Hao, Geng Hongwei, Zhou Dengshan, Niitsu Kodai, Muransky Ondrej, Zhang Deliang	4. 巻 771
2. 論文標題 Multiple strengthening mechanisms in high strength ultrafine-grained Al-Mg alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 138613 ~ 138613
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2019.138613	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 Niitsu K., Xu X., Umetsu R. Y., Kainuma R., Harada K.	4. 巻 101
2. 論文標題 Temperature dependence of exchange stiffness in an off-stoichiometric Ni <sub>2</sub> MnIn Heusler alloy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 14443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.014443	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 Harada Ken, Malac Marek, Hayashida Misa, Niitsu Koudai, Shimada Keiko, Homeniuk Darren, Beleggia Marco	4. 巻 209
2. 論文標題 Toward the quantitative the interpretation of hole-free phase plate images in a transmission electron microscope.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ultramicroscopy	6. 最初と最後の頁 112875 ~ 112875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultramic.2019.112875	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

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 KODAI NIITSU
2. 発表標題 Magnetic configuration under geometrical confinement
3. 学会等名 8th INTERM 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 Ashif Equbal, Kazuki Ehara, Makoto Asakura, Kodai Niitsu, Kyosuke Kishida, Haruyuki Inui
2. 発表標題 Plastic Deformation of Single Crystals of a Cr-Co-Ni Equiatomic Medium Entropy Alloy
3. 学会等名 2020 MRS fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuya Hamada, Ryutaro Sakai, Masaya Higashi, Kodai Niitsu, Haruyuki Inui
2. 発表標題 Phase equilibria and crystal structures of highly ordered intermetallic compounds of Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> phases with the framework structure of $\gamma$ -Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> phase
3. 学会等名 2020 MRS fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kodai Niitsu, Kazuki Ehara, Kyosuke Kishida, Haruyuki Inui
2. 発表標題 Plastic deformation behavior and microstructural evolution of a Cr-Co-Ni medium entropy alloy
3. 学会等名 Thermec'2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 新津 甲大、原田 研、進藤 大輔
2. 発表標題 Fe, Ni 薄膜内に導入される磁壁の幅とその温度依存性
3. 学会等名 日本金属学会2020年春季(第166回)講演大会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 K. Abe, Y. Kimura, X. Xu, K. Niitsu, T. Omori, R. Kainuma
2. 発表標題 Magnetic transition in ordered BCC phases of Fe-Al alloys
3. 学会等名 CALPHAD 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kodai Niitsu
2. 発表標題 Magnetic texture under geometrical confinement
3. 学会等名 7th INTERM 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱田 欽也、境 龍太郎、新津 甲大、乾 晴行
2. 発表標題 -Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> の高次規則相の結晶構造と相平衡
3. 学会等名 本金属学会2020年春季(第166回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新津 甲大、岩村 泰樹、乾 晴行
2. 発表標題 Fe-Al B <sub>2</sub> 相に導入した転位近傍の磁気特性
3. 学会等名 本金属学会2020年春季(第166回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦 周太郎、岸田 恭輔、新津 甲大、乾 晴行
2. 発表標題 Ti-Zr-Nb-Hf-Ta等原子量合金の低温圧縮変形挙動
3. 学会等名 本金属学会2020年春期（第166回）講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李 柒、陳正昊、新津 甲大、乾 晴行
2. 発表標題 Effect of nitrogen addition on the strength and ductility of CrCoNi equiatomic alloys
3. 学会等名 本金属学会2020年春期（第166回）講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 王 小豊、陳 正昊、新津 甲大、岸田 恭輔、乾 晴行
2. 発表標題 -Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> 単結晶マイクロピラーの塑性変形と変形組織観察
3. 学会等名 本金属学会2020年春期（第166回）講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Haruyuki Inui, Koudai Niitsu, Kyosuke Kishida, Easo George
2. 発表標題 Materials Parameters in Designing FCC High-entropy Alloys
3. 学会等名 TMS 2020 Annual Meeting & Exhibition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Haruyuki Inui, Kodai Niitsu, Kyosuke Kishida
2. 発表標題 Effects of Heat-Treatment on Mechanical Properties of Equiatomic CrMnFeCoNi High-Entropy Alloy and Its Derivative Equiatomic Quaternary and Ternary Medium-Entropy Alloys
3. 学会等名 2019 MRS FALL MEETING & EXHIBIT (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Haruyuki Inui, Kyosuke Kishida, Koudai Niitsu, Easo George
2. 発表標題 Single-crystal Mechanical Properties of Equiatomic CrMnFeCoNi High-entropy Alloy and Its Derivative Equiatomic Quaternary and Ternary Medium-entropy Alloys
3. 学会等名 World Congress on High Entropy Alloys (HEA 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新津甲大, 江原和輝, Ashif Eqbal, 浅倉誠仁, 岸田恭輔, 乾 晴行
2. 発表標題 FCCハイエントロピー合金の塑性変形と微視組織
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 濱田鉄也, 境龍太郎, 新津甲大, 乾 晴行
2. 発表標題 -Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> の高次規則相と相平衡
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 矢野凱己, 新津甲大, 貝沼亮介, 乾 晴行
2. 発表標題 NiCoMnIn合金における磁場誘起マルテンサイト変態ダイナミクス
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 江原和輝, 新津甲大, 岸田恭輔, 乾 晴行
2. 発表標題 Cr-Co-Ni等原子量合金単結晶の塑性変形における熱活性化過程
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 松浦周太郎, 岸田恭輔, 新津甲大, 乾 晴行
2. 発表標題 Ti-Zr-Nb-Hf-Ta等原子量合金のすべり面解析
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 Yoshiki Yano, Kodai Niitsu, Ryosuke Kainuma, Haruyuki Inui
2. 発表標題 Isothermal nature of magnetic-field-induced martensitic transformation in NiCoMnIn metamagnetic shape memory alloy
3. 学会等名 Intermetallics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Haruyuki Inui, Kyosuke Kishida, Kodai Niitsu
2. 発表標題 Single-crystal Mechanical Properties of Equiatomic CrMnFeCoNi High-entropy Alloy and its Derivative Equiatomic Quaternary and Ternary Medium-entropy Alloys
3. 学会等名 Materials Structure & Micromechanics of Fracture(MSMF9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ehara Kazuki, Makoto Asakura, Kodai Niitsu, Kyosuke Kishida, Haruyuki Inui
2. 発表標題 Mechanical Properties of Single Crystals of Cr-Co-Ni Equiatomic Medium Entropy Alloy
3. 学会等名 Beyond Nickel-Based Superalloys III (国際学会)
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
---------	---------