

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03829

研究課題名（和文）不均質非アフィン局所歪みの導入による金属ガラスの緩和状態制御と高靱性化

研究課題名（英文）Control of relaxation state and improvement of ductility in metallic glasses induced by inhomogeneous local non-affine strain

研究代表者

才田 淳治 (Saida, Junji)

東北大学・学際科学フロンティア研究所・教授

研究者番号：20359540

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,000,000円

研究成果の概要（和文）：ガラス遷移温度直上での加熱-急冷プロセスを新規に開発し、金属ガラスの非アフィン歪み導入による緩和状態制御の技術確立を行なうことができた。特に、2020年度に発表した、円柱状試料の直径方向に傾斜した緩和状態分布の導入は、これまでの金属ガラス材料の常識を一新する材料制御法を提供するものである。このような材料制御によって、すぐれた塑性変形性（靱性）を示す金属ガラスを作製することに成功した。また、分子動力学シミュレーションによる構造評価・解析によって、非アフィン歪み導入にともなう原子レベルでの構造変化を明らかにし、緩和状態制御の機構解明および理論構築を行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属ガラスは原子が規則正しく配列する結晶構造を有しない金属で、結晶材料にはない様々な新規な特性を有する。しかしながら金属ガラスでは、加工等によって起こる原子レベルでの微小な構造変化（緩和）によって有用な特性が失われるという問題があった。そして一旦緩和が起きてしまうと、容易にはもとに戻せないということが知られていた。本研究課題は緩和状態を意図的に制御（回復）し、有用な特性の維持、回復、発現を目指す全く新しい構造制御法を確立したもので、材料科学の発展に大きく寄与するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We develop a new heating-quenching process above the glass transition temperature and establish a technique for controlling the relaxation state by introducing non-affine strain in metallic glass. In particular, the introduction of the gradient relaxation state distribution in the radial direction of the cylindrical sample announced in 2020 provides a novel material control method that renews the conventional wisdom of metallic glass materials. By such material control, we succeeded in producing a metallic glass showing excellent plastic deformability (toughness). In addition, structural evaluation by molecular dynamics simulations revealed structural changes at the atomic level due to the introduction of non-affine strains, and was able to elucidate the mechanism of relaxation state control and construct the theory.

研究分野：材料科学

キーワード：金属ガラス 緩和状態制御 非アフィン歪み 構造若返り 機械的特性

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。

### 1. 研究開始当初の背景

アモルファス、金属ガラスといった金属系ランダム原子配列をもつ材料は、これまで人類が長い間用いてきた規則原子配列をもった結晶構造材料にはない高い破断強度・硬度および低ヤング率を兼ね備え、高耐食性や軟磁気特性等、優れた特性を有することが知られている。[1] これまでランダム原子配列材料は結晶のような規則原子配列のような定義ができないため、一括りで「ランダム配列」という表現でしかとらえられてこなかった。しかし図1の左側に示す模式図のように、速い冷却速度と遅い冷却速度で作製したランダム原子配列材料はその原子配列の乱雑さに違いがある。前者はより乱雑（大きな体積をもった未緩和）な状態にあり、後者は比較的規則化が進んだ（緩和した）状態にある。

一方、研究代表者らは図の右側に示したように、固体状態のガラス合金では緩和状態によって例えば熱処理で生成するナノ組織形成や室温での機械的特性に大きな違いを生じることを報告している。[2] 従って、緩和状態を考えることはランダム原子配列材料を研究、そして工業的に応用するのにあたって非常に重要である。逆に考えれば、ランダム原子配列構造を“制御”することによって、特異なナノ組織の形成や種々の新規物性を発現できる可能性があることを示している。例えば機械的特性で考えてみると、金属ガラスは局所的な原子群が融解することによって起こる粘性流動の進展（これを「せん断帯」という）という変形機構のため、延性（塑性変形性）に乏しいという欠点もあり、現在この改善が大きな研究課題になっている。未緩和なガラス状態では自由体積という原子間の空隙が多く存在し、それらがせん断帯の起点となって互いにその進行を阻害することによって変形能が発現すると考えられている。実際に図1の右側に示した変形曲線では、未緩和なガラス合金の方が室温での塑性変形が現れていることがわかる。[3] これまで本分野においては、緩和状態は制御不能なものであり、一旦ガラス合金が緩和してしまうと戻すことは不可能であるとされてきた。従って、このような不可侵な現象の挑戦という観点での研究はほとんど行われてこなかったといえる。

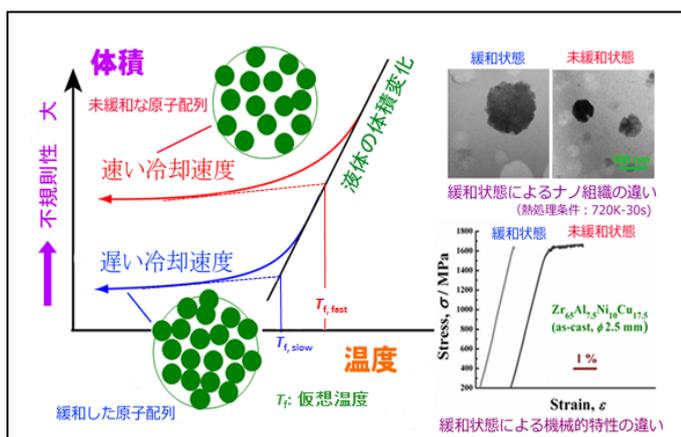


図1 ランダム原子配列の概念図と緩和状態による特性変化

### 2. 研究の目的

本研究では、主に金属ガラスを対象にして数学・基礎物理学と材料工学の研究者が集結し、「ランダム原子配列構造の評価と制御」という新しい物質材料学の学理を構築することを目的とする。すなわち、実用上重要となる緩和(Relaxation)現象に着目し、研究代表者らが提唱してきた「局所不均質構造モデル」[4]をベースに、ランダム原子配列に発生する非線形局所歪み（非アフィン歪み）を意図的に導入する技術確立する。そのために、緩和したランダム原子配列を過冷却液体状態へ一旦相遷移させ、それを新たに急冷することで局所未緩和状態に再生・回復（これを構造若返り、Rejuvenation という）させることを検討する。さらにその技術確立と並行して、緩和状態制御の概念形成、理論構築を行うとともに、本過程で得られた基礎科学および先端材料科学の知見を互いに融合させることで、“原子レベルでの不規則構造の評価・制御による新材料・新機能創成”という新機軸を提案し、非平衡物質構造材料の新しい科学的知見の創出と新規材料特性の開拓を目指すことを目指した。

### 3. 研究の方法

研究代表者らは、金属ガラスの緩和状態はガラス遷移温度直上(1.2~1.3 $T_g$ :  $T_g$ はガラス遷移温度)での冷却速度によって決定されることを明らかにした。[5, 6] このことから、事前検討において直径 3 mm、厚さ 0.5 mm の緩和した  $Zr_{55}Al_{10}Ni_{15}Cu_{30}$  のディスク状の微小金属ガラスを、一旦過冷却液体温度域(1.05 $T_g$ )まで急速加熱し、一定時間(120 s 間)保持して十分平衡状態にした後、急冷することで構造若返りが達成できることを報告している。[7] この時起こる緩和状態制御としての構造若返り現象は、分子動力学シミュレーション研究から再急冷過程に起こる原

子配列の不規則化、自由体積の再導入等が原因となっており、その過程で非アフィン歪みが相関していることを明らかにした。[8, 9]

本研究では、これらの知見をもとに機械試験に供することができるバルク状試料で、かつ強制冷却できる構造若返り処理を行う装置を開発した(図2)。この装置は真空雰囲気チャンバー内に上下駆動可能な試料ホルダーを配置し、試料を固定させて所定温度まで加熱し、その後試料ホルダーを下降させて液体窒素で間接冷却させた銅製メッシュのステージに接触させて急冷を行うものである。加えて、試料ホルダーを図3のように改良することで、試料中に非対称な冷却速度分布を導入することを可能にした。[10] 図3(a),(b)に試料ホルダー部分の概略図を示す。円柱状試料を銅製ホルダーで挟み込む構造になっており、その上下のホルダー間に90 μm程度のギャップを設けている。雰囲気は真空であるので、上下の試料ホルダー間は真空断熱されていることから、ホルダー下部(すなわち円柱状試料下部)は急冷効果が高いが試料上部は金属ガラス中の熱伝導のみによって冷却が進行するため、相対的に急冷効果は低くなる。一般に金属ガラスの熱伝導率は10 W/m K程度で、[11] 銅やアルミニウムの20~40分の1程度であるため、試料内の伝熱がそれほど促進されずに直径方向に効果的に冷却速度分布を付与することができる。

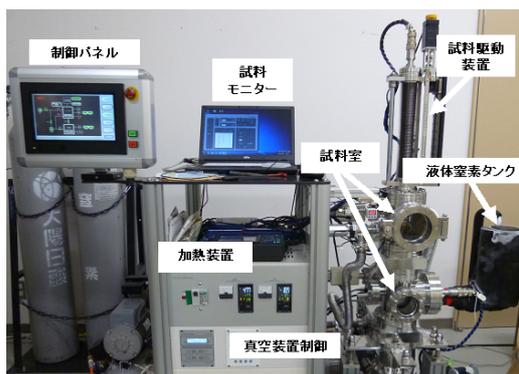


図2 構造若返り処理(急速加熱冷却)装置の外観

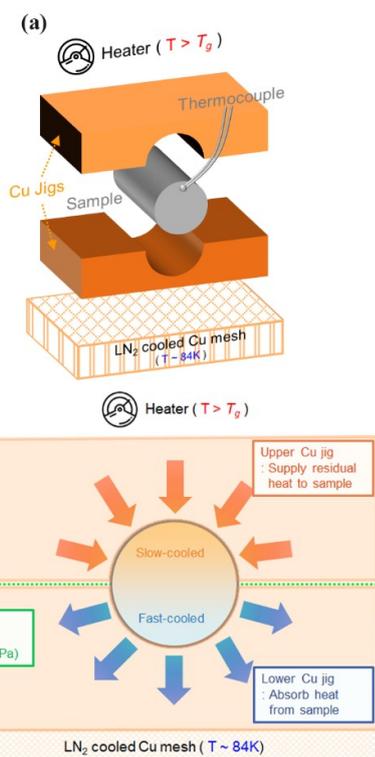


図3 試料ホルダー部の詳細

#### 4. 研究成果 [10]

##### 4.1 傾斜構造若返り制御方法の開発

図4は直径4 mm、長さ8 mmの $Zr_{60}Cu_{30}Al_{10}$  金属ガラスを $1.04T_g$ まで0.4 K/sで加熱した後、液体窒素で冷却した銅製メッシュに接触させて冷却させた時の試料上部(オレンジ色の曲線)および下部(青色の曲線)の実際の温度変化を示している。なお図中のグレーの部分にはヒーター付近での温度変化である。昇温過程では、試料の上部および下部ともほとんど温度差は見られない。しかしながら、X軸で示した時間1000 s付近からの急冷過程では両者の差が非常に大きくなっていることがわかる。ガラス遷移温度直下の曲線の傾きから、冷却速度は試料下部で6.3 K/s、上部で1.8 K/sとなっており、3.5倍の差異がある。試料断面部のマルテンズ硬度分布を図5(a)に示す。冷却効果の高い試料下部は

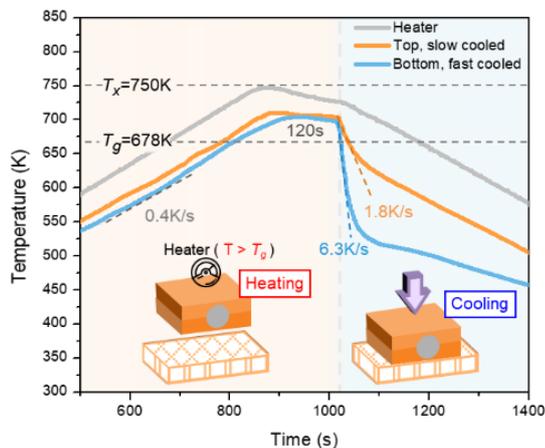


図4 傾斜構造若返り試料の加熱冷却曲線

上部に比べて硬度が小さく軟化が認められており、構造若返り過程がより顕著であることがわかる。このことは、図5(a)の上下方向(徐冷部から急冷部)のマルテンズ硬さのライン分布を示した図5(b)からもわかる。図から明らかなように、試料断面での硬度分布は2次的に傾斜変化しており、構造若返り状態もこれに対応した分布を示していると考えられる。

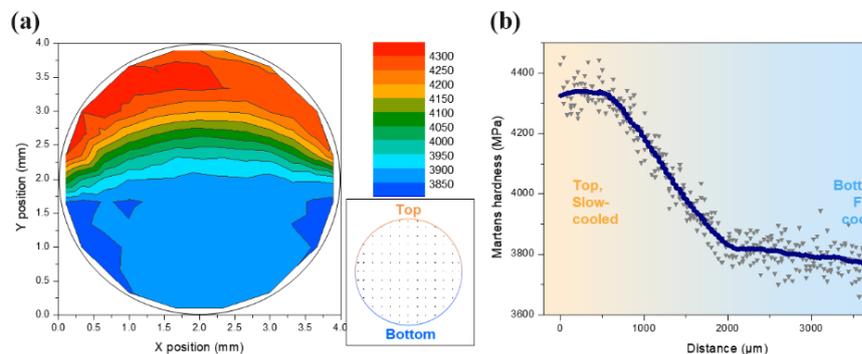


図5 傾斜構造若返り試料の断面硬度分布(a)および上下方向のラインプロファイル(b)

#### 4.2 傾斜構造若返り金属ガラスの変形と破壊挙動

図6は作製まま試料(As-cast)と2次元傾斜構造若返り試料(Heat treated (gradient A))の真応力-真ひずみ圧縮試験結果である。一見して、2次元傾斜構造若返り材では塑性変形性が大きく改善されていることがわかる。5回の試験の平均値として、塑性のびは作製まま試料では $2.52 \pm 0.63\%$ 、2次元傾斜構造若返り材では $7.21 \pm 2.19\%$ であった。さらに興味深いのは、2次元傾斜構造若返り材では塑性変形領域で見かけ上の加工硬化現象が発現している点である。既に述べたように、金属ガラスの変形は局所的な粘性流動によるせん断帯の移動(すべり)で進行する。さらに金属ガラスは転位や粒界もなく、マクロ的に均一な組織のため、一旦せん断帯の移動が起こるとこれを阻止する機構が働かないため塑性変形能が乏しく、また塑性変形がおこっても加工硬化は起こらないとされており、これが応用の際の障害の一つになっている。近年このような課題を解決すべく、短範囲規則性(ナノクラスター)の形成、第2相としての結晶相析出、部分的な歪みの導入といったマイクロ・マクロの不均一性導入が検討されてきた。[12-16]ここでの結果は、ガラス単相構造で見かけ上の加工硬化現象を発現できることを示しており、あらたな金属ガラスの機械的特性改善手法として特筆される。

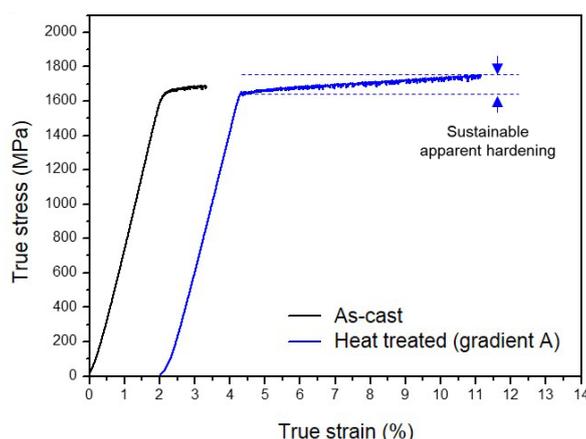


図6 傾斜構造若返り試料の圧縮機械試験結果

以上報告したように、本研究はこれまで不可侵の現象として考えられてきた金属ガラスの緩和現象を人為的に制御し、特性改善をもたらすという新たな概念を形成するものであり、同時に金属ガラスの工業的な応用において大きな進展をもたらす組織・構造制御手法となることが期待される。なお研究期間内に論文として発表できていない成果もあり、今後早急にそれらについて発表する予定である。

#### 引用文献

- 1) 例えば C. Suryanarayana, A. Inoue, “Bulk metallic glasses”, CRC Press, Boca Raton, (2010).
- 2) J. Saida, A. D. Setyawan, H. Kato, A. Inoue: *Met. Mater. Trans. A*, **42A** (2011) 1450-1455.
- 3) J. Saida, A. D. Setyawan, H. Kato, M. Matsushita, A. Inoue: *J. Alloys Compd.*, **504S** (2010) S52-S55.
- 4) T. Ichitsubo, E. Matsubara, H.S. Chen, J. Saida, T. Yamamoto, N. Nishiyama: *J. Chem. Phys.*: **125** (2006) 154502 (9 pages).
- 5) A.D. Setyawan, H. Kato, J. Saida, A. Inoue: *J. Appl. Phys.*, **103** (2008) 044907.
- 6) A.D. Setyawan, H. Kato, J. Saida, A. Inoue: *Phil. Mag.*, **88** (2008) 1125-1136.
- 7) J. Saida, R. Yamada, M. Wakeda, S. Ogata: *Sci. Tech. Adv. Mater.*, **18** (2017) 152-162.
- 8) M. Wakeda, J. Saida, J. Li, S. Ogata: *Sci. Rep.*, **5** (2015) 10545.
- 9) M. Wakeda, J. Saida: *Sci. Tech. Adv. Mater.*, **20** (2019) 632-642.
- 10) W.H. Ryu, R. Yamada, J. Saida: *NPG Asia Mater.*, **12** (2020) 52.
- 11) J. Schroers, W.L. Johnson: *Appl. Phys. Lett.*, **84** (2004) 3666-3668.
- 12) J. Das, M.B. Tang, K.B. Kim, R. Theissmann, F. Baier, W.H. Wang, J. Eckert: *Phys. Rev. Lett.*, **94** (2005) 205501.
- 13) G. Wang, K.C. Chan, L. Xia, P. Yu, J. Shen, W.H. Wang: *Acta Mater.*, **57** (2009) 6146–6155.
- 14) Y. Wu, Y. Xiao, G. Chen, C.T. Liu, Z. Lu: *Adv. Mater.* **22** (2010) 2770–2773.
- 15) J.W. Qiao, A.C. Sun, E.W. Huang, Y. Zhang, P.K. Liaw, C.P. Chuang: *Acta Mater.*, **59** (2011) 4126–4137.
- 16) R.T. Qu, Q.S. Zhang, Z.F. Zhang: *Scripta Mater.*, **68** (2013) 845–848.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Yamada Rui, Shibazaki Yuki, Abe Yasuto, Ryu Wookha, Saida Junji	4. 巻 10
2. 論文標題 Breakdown of One-to-One Correspondence in Energy and Volume in a High-Pressure Heat-Treated Zr-Based Metallic Glass During Annealing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64442-1	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 Ryu Wookha, Yamada Rui, Saida Junji	4. 巻 12
2. 論文標題 Tailored hardening of ZrCuAl bulk metallic glass induced by 2D gradient rejuvenation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41427-020-0233-8	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 Shibazaki Yuki, Yamada Rui, Saida Junji, Kono Yoshio, Wakeda Masato, Itoh Keiji, Nishijima Masahiko, Kimoto Koji	4. 巻 1
2. 論文標題 High-pressure annealing driven nanocrystal formation in Zr <sub>50</sub> Cu <sub>40</sub> Al <sub>10</sub> metallic glass and strength increase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Materials	6. 最初と最後の頁 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43246-020-00057-3	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 Wakeda Masato, Saida Junji	4. 巻 20
2. 論文標題 Heterogeneous structural changes correlated to local atomic order in thermal rejuvenation process of Cu-Zr metallic glass	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 632 ~ 642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2019.1624140	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 Yamada Rui, Shibazaki Yuki, Abe Yasuto, Ryu Wookha, Saida Junji	4. 巻 11
2. 論文標題 Unveiling a new type of ultradense anomalous metallic glass with improved strength and ductility through a high-pressure heat treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41427-019-0175-1	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 Yamada Rui, Yodoshi Noriharu, Nomura Naoyuki, Saida Junji, Kawasaki Akira	4. 巻 191
2. 論文標題 Uniformity of the glassy state of iron-based metallic glassy particles and reproducibility of fabricating microparts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials & Design	6. 最初と最後の頁 108667 ~ 108667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matdes.2020.108667	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 Guo Wei, Shao Yuman, Saida Junji, Zhao Mi, L? Shulin, Wu Shusen	4. 巻 795
2. 論文標題 Rejuvenation and plasticization of Zr-based bulk metallic glass with various Ta content upon deep cryogenic cycling	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 314 ~ 318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2019.04.340	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 R. Yamada, N. Tanaka, W. Guo and J. Saida	4. 巻 68
2. 論文標題 Rejuvenation behavior and new classification of $\alpha$ -relaxation region in Pd-based glass	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan	6. 最初と最後の頁 191-198
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 Itoh K, Yamada R, Saida J, Ikeda K, Otomo T	4. 巻 33
2. 論文標題 Atomic-level characterization of free volume in the structure of Cu <sub>67</sub> Zr <sub>33</sub> amorphous alloy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 274001 ~ 274001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/abfc12	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 Wakeda Masato, Saida Junji, Ichitsubo Tetsu	4. 巻 -
2. 論文標題 Atomistic study on simultaneous achievement of partial crystallization and rejuvenated glassy structure in thermal process of metallic glasses	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Philosophical Magazine	6. 最初と最後の頁 1 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14786435.2022.2048112	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 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 伊佐野はる香、Ryu Wookha、山田 類、才田淳治
2. 発表標題 ランダム構造傾斜制御によるZr基金属ガラスの高靱性化
3. 学会等名 日本材料学会 第6回材料WEEK 材料シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田 類、吉年規治、野村直之、才田淳治、川崎 亮
2. 発表標題 金属ガラスマイクロ部品創製プロセスの確立
3. 学会等名 日本材料学会 第6回材料WEEK 材料シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rui Yamada, Noriharu Yodoshi, Naoyuki Nomura, Junji Saida, Akira Kawasaki
2. 発表標題 Fabrication of Fe-based Metallic Glassy Microparts Through Unprecedented Processes
3. 学会等名 2021 TMS Annual Meeting & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junji Saida, Rui Yamada
2. 発表標題 Control of random atomic configuration for improved mechanical properties in metallic glasses
3. 学会等名 World Chemistry Forum 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junji Saida
2. 発表標題 Evolution of controlled random atomic structure in bulk metallic glasses
3. 学会等名 International Congress on Advanced Materials Science and Engineering 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Saida, R. Yamada, W. Guo, M. Wakeda
2. 発表標題 Recovered plasticity with local structure change by thermal rejuvenation in Zr-based metallic glasses
3. 学会等名 European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processing 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Abe, R. Yamada, Y. Shibazaki, W.H. Ryu, J. Saida
2. 発表標題 Excellent Mechanical Behavior with Anomalous Glassy State of High-Pressure Heat-Treated Zr-Based Bulk Metallic Glass
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (MRM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 類、柴崎裕樹、阿部泰人、才田淳治
2. 発表標題 高圧熱処理を施した金属ガラスの体積とエネルギーの相関
3. 学会等名 日本金属学会 2019年秋期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 類、柴崎裕樹、阿部泰人、Ryu Wookha、才田淳治
2. 発表標題 高圧熱処理が金属ガラスのガラス状態に及ぼす影響
3. 学会等名 日本金属学会 2020年春期講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部泰人、山田 類、柴崎裕樹、Ryu Wookha、才田淳治
2. 発表標題 高圧熱処理が与えるZr系バルク金属ガラスの特性変化
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会 2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wookha Ryu、山田 類、才田淳治
2. 発表標題 Effect of rejuvenation state gradient in ZrCuAl bulk metallic glasses
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会 2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴崎裕樹、山田 類、才田淳治、河野義生、譚田真人、伊藤恵司
2. 発表標題 高圧熱処理によるZr50Cu40Al10金属ガラスの組織変化
3. 学会等名 日本金属学会 2019年秋期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 才田淳治、山田 類、今福宗行、佐藤成男、鈴木裕士、菖蒲敬久
2. 発表標題 金属ガラスの応力・変形状態の局所解析
3. 学会等名 日本材料学会 第53回X線材料強度に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Saida, R. Yamada and M. Wakeda
2. 発表標題 Random structure control and improved mechanical properties in metallic glasses by thermal rejuvenation
3. 学会等名 International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN) 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Saida, R. Yamada, W. Guo and A.D. Setyawan
2. 発表標題 Tailoring of glassy structure in the aspects of relaxation state in metallic glasses
3. 学会等名 5th Annual World Congress of Smart Materials 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 類、柴崎裕樹、阿部泰人、才田淳治
2. 発表標題 高圧熱処理が導く特異なガラス状態の達成
3. 学会等名 日本金属学会 2019年春期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉川智博、伊佐野はる香、山田 類、岡田淳平、和田 武、才田淳治
2. 発表標題 AlCuSi 3元共晶合金を用いた非平衡急冷凝固によりSiの非晶質化
3. 学会等名 日本材料学会 第7回材料WEEK 材料シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 類、岡田淳平、和田 武、才田淳治、吉川智博、伊佐野はる香
2. 発表標題 AlCuSi急冷凝固時の組織形成ならびに非晶質Si凍結メカニズムの検討
3. 学会等名 日本材料学会 第7回材料WEEK 材料シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 才田淳治、山田 類、伊佐野はる香、 吉川智博、Ryu Wookha
2. 発表標題 熱的構造若返りの傾斜制御による金属ガラスの機械的特性の改善
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 類、才田淳治、岡田淳平、和田 武、伊佐野はる香、 吉川智博
2. 発表標題 非対称なカップルドゾーンを有する共晶系合金の急冷凝固
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 類、Ryu Wookha、伊佐野はる香、 吉川智博、才田淳治
2. 発表標題 熱的手法を通じたZr系金属ガラスの3次元緩和状態傾斜の形成
3. 学会等名 日本金属学会 2022年春期講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 押切智哉、大沼正人、太田元基、才田淳治、山田 類
2. 発表標題 アモルファス合金の残留ひずみ解析
3. 学会等名 日本金属学会 2022年春期講演大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「日本材料学会 第7回材料WEEKワークショップ 金属ガラス部門委員会 優秀研究発表賞」を受賞  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-1015.html>  
連続的に構造の異なる金属ガラスの作製に成功  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-798.html>  
高圧熱処理によってもたらされる金属ガラスのナノ結晶組織化と高強度化に関する研究  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-797.html>  
『Materials and Design』オンライン版に論文掲載  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-770.html>  
『Scientific Reports』オンライン版に論文掲載  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-771.html>  
超高密度金属ガラスの高圧熱処理合成の実現  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-688.html>  
超高密度金属ガラスの高圧熱処理合成の実現 -ランダム構造・ガラス状態のさらなる可能性の探求-  
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/01/press20200115-02-glass.html>  
Science and Technology of Advanced Materialsに論文掲載  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-621.html>  
才田淳治教授研究紹介  
<http://www.fris.tohoku.ac.jp/researcher/managing/saida.html>

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	譚田 真人 (Wakeda Masato)  (00550203)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・構造材料研究拠点・主任研究員  (82108)	
研究分担者	新山 友暁 (Niiyama Tomoaki)  (00583858)	金沢大学・機械工学系・准教授  (13301)	
研究分担者	佐藤 成男 (Sato Shigeo)  (40509056)	茨城大学・理工学研究科(工学野)・教授  (12101)	
研究分担者	山田 類 (Yamada Rui)  (40706892)	東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教  (11301)	
研究分担者	加藤 秀実 (Kato Hidemi)  (80323096)	東北大学・金属材料研究所・教授  (11301)	

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