

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04504

研究課題名(和文) 粒動接合プロセスによる集合構造制御複合材料の創製

研究課題名(英文) Development of composite materials with controlled texture by dynamic grain bonding process

研究代表者

三木 寛之(MIKI, Hiroyuki)

東北大学・流体科学研究所・准教授

研究者番号：80325943

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：材料の粒動接合プロセスを利用した合金化および複合材料固化プロセスに関する課題に取り組み、金属種およびその組み合わせならびに成形条件が合金化・複合化に及ぼす影響を評価することによって、固化過程と微細結晶粒組織形成との関係を明らかにした。具体的には、純粉体あるいは混合粉体に結晶粒の成長を促す温度範囲での粉末固化成形を行い、成形体の結晶化あるいは合金化・複合化の程度を評価した。その結果、粒子間接合に適した固化成形パラメータとプロセス温度の相関を示すことが出来た。さらに、研究で得られた現象論パラメータをもとに粉末の動的固化モデルと制御された層状組織を有する複合材料作製の指針を示すことが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

通常の粉末固化プロセスでは高温域での焼結あるいはプラズマ処理が必要となるため、結晶粒径が粗大化し材料強度が低下するといった問題が指摘されていたが、本研究で行った焼結を必要としないプロセスにより結晶粒の粗大化が抑制され、成形体が容易に高強度化される技術を開発した。また、プロセス温度の違いによる結晶組織や機械的特性、粒子間接合への影響を評価することによって、粒子間の原子拡散を促す温度範囲での粒動接合による材料の合金化および複合材料化といった適用範囲の広い粉末プロセスの実用化に向けた可能性を示し、融点によらない材料成形技術としての粉末冶金手法の新たな方向性を見出すことができた。

研究成果の概要(英文)：The alloying and composite consolidation process of materials using dynamic interparticle bonding process was studied. The relationship between the solidification conditions and the crystal grain refinement was clarified by evaluating the effects of the types of metals, their combinations, and consolidating conditions of alloy and compound. Pure powder and mixed powder were consolidated in the temperature range that promotes crystal grain growth, and the degree of crystallization or alloying/compositing of the solidified compact was evaluated. As a result, we were able to show a correlation between consolidation parameters and process temperature suitable for interparticle bonding. Based on the phenomenological parameters obtained in the research, we proposed a dynamic solidification model of the powder and a design concept for the composite material with controlled layer microstructure.

研究分野：材料加工学

キーワード：構造・機能材料 複合材料・物性 機械材料・材料力学 表面・界面物性

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は平成 22-24 年度科研費基盤研究(B)[動的圧縮せん断力を利用した固体潤滑機能層の創出]において、接触面に固体潤滑膜を形成する低摩擦材料及び、“圧縮せん断”プロセスを利用した常温大気雰囲気中で粉末を固化する技術を開発している。圧縮せん断法は常温下であっても粉末の固化成形が可能となる新しい成形方法であり、成型手法は金型板間に粉末を充填し圧縮力を加えながら金型をせん断方向に移動させる単純なものである。ここでは、金属粉あるいは炭素と金属の複合材料粉が接触する 2 面間で圧縮力とせん断力を同時に受けることによって固化し微細結晶粒を有する薄片(膜)になる現象を明らかにした。この研究によって、十分な圧縮荷重が付与されていればわずかなせん断距離で粉末金属が固化し得ることを示し、ある種の金属の混合粉では粒子の境界にわずかながら合金相が形成され、金属と非金属系元素の混合粉では金属を主体とする薄片が形成されることを明らかにしている。その結果として“圧縮せん断”プロセスには粉体を一様に固化するだけでなく、材料の選択性あるいは制御性を有するものであることを示した。

二次加工を必要としないニアネットシェイプ化が可能な粉末材料成形では高温域での焼結あるいはプラズマ処理による結晶粒の粗大化の課題であったが、この結晶粒の粗大化抑制された材料が容易に高強度化される圧縮せん断プロセスはその手法の容易さや融点によらず固化が可能であることから、粉末冶金の適用拡大や新材料開発の可能性を開く新しい技術として有望であり、結晶組織や機械的特性、接合化の程度を明らかにすることにより粒子の動的な接合プロセスを解明し、材料設計技術として確立する必要がある。

2. 研究の目的

先行研究により、粉体の固化成型には効率的なせん断力の付与が重要であることを見出しているが、新たに「粒動接合プロセスによる集合構造制御複合材料の創製」と題する材料創製プロセスを提案し、動的に粒子を接合する新しい概念の材料プロセスを確立できると考えるに至った。本研究では動的圧縮せん断力を利用した純金属あるいは合金の標準的な機械的特性(硬度、強度)と同等あるいはそれ以上の特性を示す材料を開発するとともに、粒子間接合を金属の摺動により in-situ で再現しモデル化する。さらに、これらの知見を踏まえ、材料の複合化における粉末の固化成型条件の探索と固化材の微細構造を分析し、機械的特性を向上する条件(混合比、膜質、膜厚、硬度)を定量化することにより、圧縮力とせん断力の同時作用により粉末材料が固化するメカニズムを解明し、粒動接合プロセスにもとづく新たな材料プロセスの開発を目指す。

3. 研究の方法

本研究でははじめに金属粉の粒動接合プロセスによる固化過程を定量化し、成型材の機械的特性、材料特性評価を実施する。これらの抽出された固化条件を摺動パラメータとして再現し、せん断法による固化過程を解明する。続いて、同現象を金属粉末の接合プロセスに展開し、結晶粒微細化条件などの特性・機能性との関係性を定量的に評価する。ここでは、金属粉末と異種金属粉あるいは非金属粉との複合材料を固化し、結晶組織や機械的特性、接合化の程度を明らかにすることにより、粒動接合プロセスによる複合材料設計技術を確立する。

圧縮せん断法による薄板の成型パラメータの確立及び微細構造分析

粒動接合プロセスによる固化成形体を作成し、単元素金属粉における成型パラメータを抽出する。また、成型された金属膜の機械的特性および微細構造分析を実施する。

摺動プロセスを用いた成形体設計及び微細構造分析

摺動時に形成されるナノ組織分析を行う。摩擦挙動と結晶の微細構造の関係評価を行い、物性値を指標に定量的に評価する。試験初期と試験後期の結晶粒の違いや、含有金属種や金属量による成型性の違いなどを考慮したマイクロスケール評価を実施する。

粒動接合プロセスを利用した合金化および複合材料粉における固化プロセスの解明

従来、常温大気中で固化成型装置に雰囲気制御加熱装置を導入し、粉体の酸化を抑制するあるいは結晶粒の成長を促す温度範囲で、単相あるいは混合粉体を用いて固化成形体を作製する。固化成形体では合金化あるいは複合化について検証し、金属種およびその組み合わせ、固化成型条件が合金化・複合化に及ぼす影響を総合的に考察し、固化パラメータと結晶粒微細化条件との関係について議論する。

粒動接合プロセスのモデル化と組織制御された複合材料の創生

現象論パラメータをもとに、摺動あるいは繰返しせん断力による多元素粉末の固化現象をモデル化する。また、動的プロセスの複合化あるいは多層化について検証する。

4. 研究成果

[弾塑性変形を伴う純銅粉末の動的固相接合]

純 Cu 粉末を原料として用いた一軸圧粉体試験片（以下、圧粉試験片）に直動摺動式摩擦試験機を用いて常温・窒素雰囲気中にて一方向摩擦実験を行い、粉末粒子の変形や接合状態を調べるため、走査型電子顕微鏡（SEM）と走査型イオン顕微鏡を用いて摩擦試験後の試験片の破断面、および断面の組織観察を行った。図 1 に一方向摩擦実験の概略図を示す。初めに、(1) 相手材である ZrO_2 ボールを圧粉試験片の上に設置し、相手材の上から垂直荷重を負荷することで試験片に圧縮応力を付与する。(2) 圧縮応力を保持したまま相手材を変位させることで、試験片にせん断ひずみを付与する。(3) 圧縮応力と相手材を試験片から取り除く。(4) 相手材を手順(1)での初期地点に移動させる。以上 4 つの手順を 1 サイクルとし、この工程を繰り返すことで、試験片に対して一方向の繰り返し摺動プロセスを行う。図 2 に摩擦試験後の試験片の破断面 SEM 像を示す。すべての条件において、粉末粒子の試験片表面周辺の領域がすべり方向に沿って変形している様子が確認された。この領域より内部の一定の範囲では粉末粒子の境界が領域内で消失していることから、粉末粒子はこの変形領域内で接合していると考えられる。変形領域の厚さは、摺動回数が $N = 100$ と $N = 200$ のとき、いずれも $1.0 \mu\text{m}$ であるのに対し、垂直荷重が 4.0 N から 27 N へと増加した場合 $4.0 \mu\text{m}$ に増加する。従って、変形領域の厚さは摺動回数、即ち付与されるひずみより、垂直荷重、即ち付与される応力の影響をより大きく受けることが明らかになった。

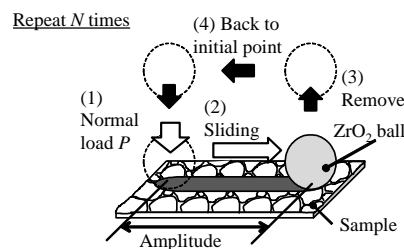


図 1 一方向摩擦実験概略図

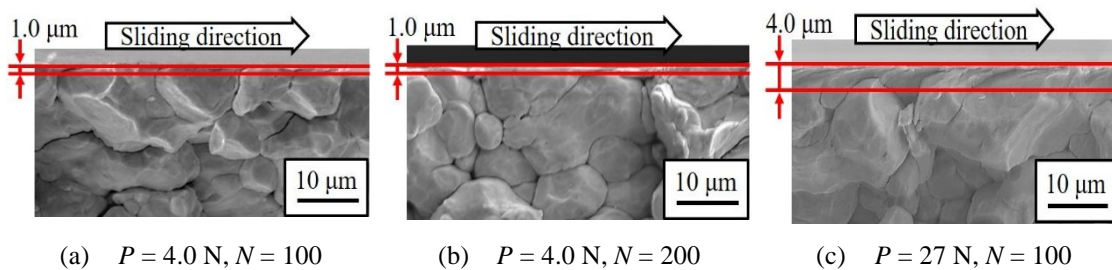


図 2 走査顕微鏡によるは断面観察像

一方、球体と平板の摩擦においては、球体から平板に付与される応力は深さ方向に分布を生じるため、成形体中の粉末粒子の接合状態は、深さよって変化することが示され、粉末粒子はその結晶粒が数 μm サイズにまで微細化された後に接合に至ることが分かった。以上の結果から、粉末粒子の接合プロセスは、(1) 粉末粒子の塑性変形、(2) 粒子の結晶粒の数 μm サイズへの微細化、(3) 粒子間の接合、(4) 粒子のサブミクロンサイズへの結晶粒微細化の順に進むことが示唆された。以上より、直交する二軸力による粉末粒子接合を模擬した一方向摺動摩擦試験により、粉末粒子接合メカニズムが明らかになった。

[温間圧縮せん断法を用いた Cu/Zn 混合粉末の合金板材成形]

原料として、平均粒径 $5.2 \mu\text{m}$ の純 Zn 粉末と、純 Zn と粒径が殆ど同じになるように平均粒径 $4.8 \mu\text{m}$ の純 Cu 粉末を選択した。それぞれの粉末は大気雰囲気中において乳鉢と乳棒を用いて 10 分間混合し、Zn の体積密度が 50% (Zn 44 wt.%) になるように調整したものをを用いた。成形には図 3 に示す加熱機構を有する圧縮せん断金型を用い、以下に述べる成形プロセスにより成形を行った。はじめに固定板 (Base plates) 上に原料粉末を充填する。続いてその上に移動板 (Moving plate) をのせる。次に常温下で粉末に鉛直方向の圧縮荷重 P を負荷し、荷重を負荷したまま移動板のみを L_1 だけ移動させ、粉末にせん断力を負荷する。その後、それぞれの荷重を一旦除荷する。続いて温間プロセスのために、目標とする成形温度 T まで金型をヒーターにより加熱する。成形温度に到達したら再び圧縮荷重 P を負荷し、そのまま移動板をせん断距離が L_2 となるように移動させ、せん断力を負荷する。以上の工程により、二段階の圧縮せん断成形体を作製する。成形条件は目標温度として先行研究で Cu-Zn 合金相が確認された温度を参考に $T = 250, 300^\circ\text{C}$ とし、すべての成形体を大気雰囲気中で成形した。

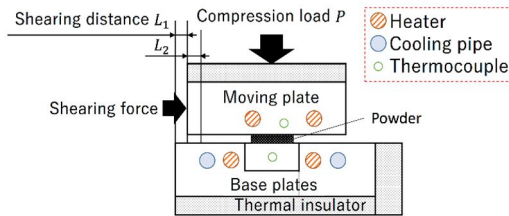


図3 温間圧縮せん断法用加熱金型概略図

図4 (a), (b)に本研究において $T = 250^\circ\text{C}$, 300°C の条件で作製した成形体を示す。加熱プロセスにより黄銅色の成形体を得られた。また、図5に(a) $T = 250^\circ\text{C}$ で作製された本研究と(b)粒径の異なる原料混合粉 ($5.2\ \mu\text{m Zn}$, $43\ \mu\text{m Cu}$)を用いた成形体断面の光学顕微鏡像を示している。図5ではいずれも3つの異なる色の領域が見られ、特に黄色の領域はその色からCu-Zn系の合金と考えられるが、その面積割合は $4.8\ \mu\text{m Cu}$ 粉末成形体で約60%増加している。同様にそれぞれの相の面積割合を同じ粒径 ($4.8\ \mu\text{m Cu}$) で比較した場合、 $T = 300^\circ\text{C}$ 成形体では、 $T = 250^\circ\text{C}$ 成形体と比べて黄色の領域が約15%増加することが確認された。また、成形体内部の組成を調べるために成形体断面に対してエネルギー分散型X線分光法による元素分析を行い、光学顕微鏡像と照合した結果、黄色と観察された領域の組成がCu-Zn'相に対応することが示唆された。



図4 温間プロセスによって作製したCu-Zn試験片
(a) $T = 250^\circ\text{C}$ (Cu: $4.8\ \mu\text{m}$), (b) $T = 300^\circ\text{C}$ (Cu: $4.8\ \mu\text{m}$).

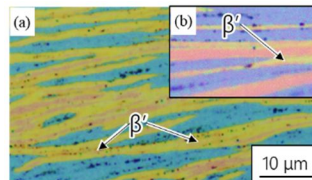


図5 温間プロセスによって作製したCu-Zn試験片の断面光学顕微鏡観察像
(a) $T = 250^\circ\text{C}$ (Cu: $4.8\ \mu\text{m}$) (b) $T = 250^\circ\text{C}$ (Cu: $43\ \mu\text{m}$).

図6に本研究において $T = 250^\circ\text{C}$ で作製した成形体に対して行ったX線回折(XRD)の測定結果を示す。図6より、プロファイルにCu-Zn'相とCu-Zn相の回折ピークが確認され、これらの回折ピークと重複しない純Cuや純Zn、他のCu-Zn合金相の回折ピークはほとんど確認されなかった。さらに、小さい粒径のCu粉末を用いることにより相のピークが'相のピークに比べ相対的に小さくなることを確認された。これは図5に示された層状組織の形成によりCu/Zn間の接触面積が増加し、原子の拡散が促進された結果、'相が増加したことに起因すると考えられる。

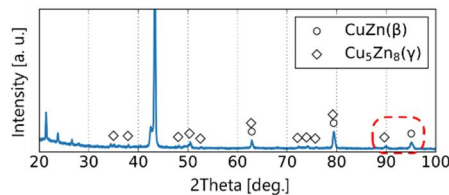


図6 温間プロセスによって作製したCu-Zn試験片のXRDプロファイル
: $T = 250^\circ\text{C}$ (Cu: $4.8\ \mu\text{m}$)

次に $T = 300^\circ\text{C}$ で作製した成形体に対し、引張試験により機械的強度の評価を行った結果、二段階圧縮せん断法で成形した成形体は、黄銅圧延材に比べて約1.2倍の引張強さを有することがわかった。一方で、破断伸びは比較的小さな値を示したが、成形体内部の硬くて脆い相が起点となり破断が生じたためだと考えられる。XRDの結果から、この相は原子拡散が不十分なために存在していると思われるが、より原子拡散を促進させる方法の検討が必要であることが分かった。以上のように、二段階の温間圧縮せん断法によるCu/Zn混合粉末の固化成形において、原料の一つであるCu粉末の粒径を変化させることで材料中の'相の割合を制御できることを明らかにした。一方で、この手法では材料中に'相の残存が見られ、均一な合金材料を成形し、材料の機械的性質を更に制御するためには、粉末の粒径を変化させる以外の手法を試みる必要があることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takeda Sho, Miki Hiroyuki, Fontaine Julien, Guibert Matthieu, Takeishi Hiroyuku, Takagi Toshiyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Interparticle Bonding of Cu Powder under Repetitive Unidirectional Friction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tribology Online	6. 最初と最後の頁 43～49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2474/trol.13.43	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 Takeda Sho, Miki Hiroyuki, Takeishi Hiroyuku, Takagi Toshiyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Cu-Based MoS ₂ -Dispersed Composite Material Formed by the Compression Shearing Method at Room Temperature	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Tribology Online	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） 10.2474/trol.12.29	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 Takeda Sho, Miki Hiroyuki, Fontaine Julien, Takeishi Hiroyuku, Takagi Toshiyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Role of MoS ₂ Addition in the Consolidation of Metal from Powder to Plate by the Compression Shearing Method at Room Temperature	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tribology Online	6. 最初と最後の頁 15～19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2474/trol.13.15	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 MIKI Hiroyuki	4. 巻 24
2. 論文標題 Dynamic Molding Process for Powder Material using Compression Shearing Method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Hosokawa Powder Technology Foundation ANNUAL REPORT（公開日：2017/06/10）	6. 最初と最後の頁 109～114
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14356/hptf.14118	査読の有無 無
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39件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 21件）

1. 発表者名 Yusuke Koshiba, Shun Nagai, Hiroyuki Miki, Sho Takeda, Takamichi Miyazaki, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Mechanical Properties of Al and Cu Thin Plates Fabricated by Warming Process with Compression Shearing Method
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuma Takahashi, Hiroyuki Miki, Sho Takeda, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Consolidation and Metal Alloying of Cu/Zn Mixed Powders by Warming Compression Shearing Method
3. 学会等名 Sixteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木 寛之, 長井 峻, 武田 翔, 宮崎 孝道, 小助川 博之, 中山 昇, 高木 敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法を用いた純アルミニウムおよび純銅粉末成形材における材料組織制御
3. 学会等名 2019年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木 寛之, 高橋 拓馬, 武田 翔, 中山 昇, 小助川 博之, 高木 敏行, 武石 征洋
2. 発表標題 温間圧縮せん断法による銅亜鉛混合粉末の複合化ならびに合金化
3. 学会等名 第70回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木 寛之, 武田 翔, 大塚 誠, Marcel Gultig, Manfred Kohl, 小助川 博之, 高木 敏行
2. 発表標題 アクチュエータへの適用を目的とした形状記憶合金の材料改質
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 渡辺 諒, 三木 寛之, 高橋 拓馬, 小柴 悠輔, 小助川 博之, 高木 敏行
2. 発表標題 アルミワイヤを原料とした圧縮せん断成形体における加工組織観察機械的特性の評価
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 第50回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroyuki MIKI, Kazuki NAKAGOSHI, Sho TAKEDA, Shun NAGAI, Noboru NAKAYAMA, Hiroyuki KOSUKEGAWA, Toshiyuki TAKAGI, Hiroyuku TAKEISHI
2. 発表標題 Consolidation Behavior of the Mixed Cu and Zn Powder Processed by Warm Plastic Working
3. 学会等名 2018 International Conference on Material Strength and Applied Mechanics (MSAM 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki Miki, Shun Nagai, Sho Takeda, Takamichi Miyazaki, Noboru Nakayama, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi, Hiroyuku Takeishi
2. 発表標題 Consolidation behavior of metal powders by Compression Shearing Method at Room Temperature
3. 学会等名 International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS Processing, Fabrication, Properties, Applications (Thermec 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sho Takeda, Hiroyuki Miki, Julien Fontaine, Matthieu Guibert, Noboru Nakayama, Hiroyuku Takeishi, Toshiyuki Takagi
2 . 発表標題 Transition of Dynamic Elasto-plastic Contact Behavior of Pure Cu Powder
3 . 学会等名 Fifteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shun Nagai, Sho Takeda, Hiroyuki Miki, Takamichi Miyazaki, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi
2 . 発表標題 Effect of Compression Shearing Method at Room Temperature Consolidation Process of Pure Cu Powder on Grain Refinement and Mechanical Properties
3 . 学会等名 Fifteenth International Conference on Flow Dynamics (ICFD2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sho TAKEDA, Hiroyuki MIKI, Julien FONTAINE, Matthieu GUIBERT, Noboru NAKAYAMA, Hiroyuku TAKEISHI, Toshiyuki TAKAGI
2 . 発表標題 Solid-phase Interparticle Bonding of Pure Cu Powder Particles Under Repetitive Unidirectional Friction Experiment
3 . 学会等名 The 5th Asian Symposium on Materials and Processing (ASMP2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sho TAKEDA, Hiroyuki MIKI, Julien FONTAINE, Matthieu GUIBERT, Toshiyuki TAKAGI
2 . 発表標題 Transition of Solid-phase Dynamic Alloying Behavior of Powder Particles under Repetitive Tangential Force
3 . 学会等名 ELyT Workshop 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki MIKI, Manfred KOHL, Mickael LALLART, Linjuan YAN
2. 発表標題 Future prospects in the MISTRAL (Miniature-Scale Energy Generation by Magnetic Shape Memory Alloys) project
3. 学会等名 ELyT Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三木 寛之, 長井 峻, 武田 翔, 中山 昇, 武石 洋征, 高木 敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法によるアルミニウム粉末の固化過程
3. 学会等名 平成30年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田 翔, 三木 寛之, Julien FONTAINE, Matthieu GUIBERT, 小助川 博之, 中山 昇, 武石 洋征, 高木 敏行
2. 発表標題 繰り返し一方向摺動による金属粉末接合プロセスの解明
3. 学会等名 日本機械学会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田 翔, 三木 寛之, Julien FONTAINE, Matthieu GUIBERT, 小助川 博之, 中山 昇, 武石 洋征, 高木 敏行
2. 発表標題 弾塑性変形を伴う純銅粉末の動的固相接合
3. 学会等名 第69回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長井 峻, 武田 翔, 三木 寛之, 宮崎 孝道, 小助川 博之, 高木 敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法を用いた純アルミニウムおよび純銅粉末成形固化および微細組織形成
3. 学会等名 第69回塑性加工学会連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 拓馬, 武田 翔, 長井 峻, 三木 寛之, 高木 敏行
2. 発表標題 温間圧縮せん断法を用いたCu/Zn混合粉末の合金板材成形
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会第 49 回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長井 峻, 武田 翔, 三木 寛之, 宮崎 孝道, 小助川 博之, 高木 敏行
2. 発表標題 塑性変形を受ける純アルミニウムおよび純銅粉末の直接固化成形とその機械的特性評価
3. 学会等名 日本機械学会東北支部第 54 期講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroyuki Miki, Shun Nagai, Sho Takeda, Takamichi Miyazaki, Noboru Nakayama, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi, Hiroyuku Takeishi
2. 発表標題 Consolidation behavior of metal powders by Compression Shearing Method at Room Temperature
3. 学会等名 International Conference on PROCESSING & MANUFACTURING OF ADVANCED MATERIALS Processing, Fabrication, Properties, Applications (Thermec 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武田翔, 三木寛之, Julien FONTAINE, Matthieu GUIBERT, 宮崎孝道, 高木敏行
2. 発表標題 繰り返し一方向摺動プロセスによる金属粉末の接合メカニズムの検討
3. 学会等名 日本機械学会M&M2017 材料力学カンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroyuki Miki, Koki Tsuchiya, Eijiro Abe, Sho Takeda, Makoto Ohtsuka, Marcel Guelzig, Manfred Kohl, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Improvement in Magnetic Properties of Metamagnetic Shape Memory Alloy Processed by Compression Shearing Method at Room Temperature
3. 学会等名 The 14th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sho Takeda, Hiroyuki Miki, Julien Fontaine, Matthieu Guibert, Takamichi Miyazaki, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Interparticle Bonding of Metal Powder under Repetitive Unidirectional Friction Force
3. 学会等名 The 14th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shun Nagai, Sho Takeda, Hiroyuki Miki, Takamichi Miyazaki, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Grain Refined Al Thin Plate Fabricated by Compression Shearing Method at Room Temperature
3. 学会等名 The 14th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名	Hayato Inoue, Noboru Nakayama, Yuya Kodaira, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi, Hiroyuki Miki, Hiroyuku Takeishi
2. 発表標題	Micro Square Pyramid Shape Molding on Titanium Thin Plate formed by Compression Shearing Method at Room Temperature
3. 学会等名	The Seventeenth International Symposium on Advanced Fluid Information (国際学会)
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	Manfred KOHL, Hiroyuki MIKI, Mickael Lallart, Marcel GUELTIG, Makoto OHTSUKA
2. 発表標題	Miniature-Scale Energy Generation by Magnetic Shape Memory Alloys
3. 学会等名	ELYT Workshop 2018, 9th annual workshop (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	FONTAINE Julien, MIKI Hiroyuki, MIYAZAKI Takamichi, GUIBERT Matthieu, TAKEDA Sho
2. 発表標題	Compression-Shearing Method - understanding Interfaces in metal Composites
3. 学会等名	ELYT Workshop 2018, 9th annual workshop (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	中越 一輝, 長井 峻, 武田 翔, 三木 寛之, 高木 敏行
2. 発表標題	強ひずみ温間プロセスによる Cu/Zn 合金化技術の開発
3. 学会等名	日本機械学会 東北学生会 第48回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 武田翔, 三木寛之, Julien FONTAINE, 宮崎孝道, 武石洋征, 高木敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法における粒子接合メカニズムの解明
3. 学会等名 東北大学附置研究所第2回研究所若手アンサンブルワークショップ
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroyuki Miki, Eijiro Abe, Sho Takeda, Makoto Ohtsuka, Marcel Gueltig, Manfred Kohl, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Application of Ni-Mn-In based Magnetic Shape Memory Alloy Plates for Energy Harvesting Device
3. 学会等名 The fifth International Conference on FSMAs (ICFSMA '16) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三木寛之, 川崎雄太, 武田翔, 小助川博之, 高木敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法による異種金属複合材料の固化成形
3. 学会等名 日本機械学会2016年度年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大塚誠, 阿部英次郎, 三木寛之, Marcel GUETIG, Manfred KOHL, 高木敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法により作製されたNi-Mn-In系合金薄板材を利用した環境発電素子の特性向上のためのデバイス設計
3. 学会等名 日本金属学会2016 年秋期講演大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 S. Takeda, H.Miki, J. Fontaine, M. Guibert, L. Billaut, T. Miyazaki, T. Takagi
2. 発表標題 Interparticle Bonding of Metal Powder Particles by Compression Shearing Process
3. 学会等名 2016 TFC ELyT Workshop 8th Annual Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroyuki Miki, Eijiro Abe, Sho Takeda, Makoto Ohtsuka, Marcel Gueltig, Manfred Kohl, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 Application of Ni-Mn-In based Magnetic Shape Memory Alloy Plates for Energy Harvesting Device
3. 学会等名 JSPS Core-to-Core Program 6th Workshop The 2nd NUAA Tohoku University Joint Symposium on Fluid Science, Aerospace Engineering and Smart Structure Technology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Noboru Nakayama, Masaomi Horita, Hayato Inoue, Hiroyuki Kosukegawa, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi, Hiroyuku Takeishi
2. 発表標題 Micro Square Pyramid Shape Forming used by Compression Shearing Method at Room Temperature
3. 学会等名 Sixteenth International Symposium on Advanced Fluid Information (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三木寛之, 阿部英次郎, 土屋光樹, 武田翔, 大塚誠, Marcel GUELTIG, Hinnerk OSSMER, Manfred KOHL, 高木敏行
2. 発表標題 メタ磁性形状記憶合金を用いた熱電発電デバイス
3. 学会等名 第25回日本MRS年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 李陽, 堀田将臣, 中山昇, 武石洋征, 三木寛之
2. 発表標題 圧縮せん断法により成形したマグネシウム薄板の機械的性質
3. 学会等名 (一社) 日本非破壊検査協会平成25 年度第2 回応力ひずみ測 定部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長井峻, 武田翔, 三木寛之, 小助川博之, 高木敏行
2. 発表標題 常温圧縮せん断法により形成された金属粉固化剤の粒子間接合性評価
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会第47回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroyuki Miki, Koki Tsuchiya, Eijiro Abe, Makoto Ohtsuka, Marcel Guelzig, Hinnerk Ossmer, Manfred Kohl, Toshiyuki Takagi
2. 発表標題 METAMAGNETIC SHAPE MEMORY ALLOY PLATE SOLIDIFIED BY THE DYNAMIC MOLDING METHOD
3. 学会等名 The International Workshop on Advances in Shape Memory (IWASMM) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<http://www.fris.tohoku.ac.jp/feature/topics/detail---id-5.html>
<https://www.fris.tohoku.ac.jp/researcher/advanced/miki.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	武田 翔 (TAKEDA Sho) (10826225)	東北大学・流体科学研究所・助教 (11301)	
研究分担者	宮崎 孝道 (MIYAZAKI Takamichi) (20422090)	東北大学・工学研究科・技術一般職員 (11301)	
研究分担者	小助川 博之 (KOSUKEGAWA Hiroyuki) (00709157)	東北大学・流体科学研究所・助教 (11301)	
連携研究者	中山 昇 (NAKAYMA Noboru) (80336445)	信州大学・工学部・准教授 (13601)	