様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５年　６月２２日現在

機関番号：１２６０１
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2020～2022
課題番号：２０Ｈ０２０４１

研究課題名（和文）ブラスト／熱水処理による成形接合の開拓と接合寄与因子の統合的理解

研究課題名（英文）Development of hybrid joining via blasting and hot water treatment

研究代表者
梶原　優介（Kajihara, Yusuke）

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：６０５１２３３２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　13,700,000円

研究成果の概要（和文）：金属表面処理を利用した金属と樹脂の直接接合において，ブラスト/熱水処理によって成形接合技術のせん断強度を20 MPa以上にすること，様々な金属（特にアルミニウムや鋼材）に適した表面処理法，接合法を確立すること，成形接合における寄与因子を統合的に理解することを目指して研究を進めた．その結果，ブラスト処理後に熱水処理による二次処理を行うことによってAlとPBTの20 MPa以上の成形接合を実現し，またSPCCや亜鉛めっき鋼の接合においても加熱処理や熱水処理が有効であることを実験的に示した．また樹脂に添加剤を混入した成形接合と評価により，水素結合が接合において大きく寄与する可能性も示した．

研究成果の学術的意義や社会的意義
近年は自動車車両や航空機機体の樹脂化がハイピッチで進んでおり，金属と樹脂の直接接合技術は必要不可欠な技術となっている．本研究において，生産ラインと親和性の高いブラスト/熱水処理援用型成形接合技術を実現し，成形現象や接合メカニズムを統合的に解析・評価が進んでいるため，成形接合技術そのものの発展および産業展開に大きく貢献する成果であると言える．特に自動車産業において，金属・樹脂直接接合技術は確実に要求されるが，要素技術を海外から輸入する形になってしまうと国益の観点から見ても大きな損失である．その点を考慮すると，本研究のみならず，金属樹脂接合に関する国内研究開は極めて有意義である．

研究成果の概要（英文）：In the metal-polymer direct joining resin using metal surface treatment, we performed the study to achieve a shear strength of more than 20 MPa in the forming joining technique by blast/hot-water treatment, to establish suitable surface treatment and joining methods for various metals, and to understand the contributing factors in the direct joining. We have experimentally confirmed that the secondary treatment of hot water treatment after blasting can be used to form Al and PBT direct joints more than 20 MPa, and that heat treatment and hot water treatment are also effective in joining SPCC and galvanized steel. The possibility that hydrogen bonding may play a significant role in the bonding process was also confirmed through the evaluation of molding bonding with additives mixed into the resin.

研究分野：加工計測

キーワード：金属樹脂直接接合　成形接合　ブラスト処理　熱水処理　加熱処理　アルミニウム合金　亜鉛めっき鋼

※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

輸送車両の軽量化が推し進められるなか，様々な金属部品がプラスチックに置き換えられつつある．しかし全ての金属を樹脂に置き換えることは不可能であるため，両者を「直接」接合する技術が強く求められている．直接接合技術として注目されているのは，図 1 のように金属表面に微細構造(10 nm〜500 μm)を創製し，溶融樹脂を流入・冷却することによって，主にアンカー効果による結合を生む成形接合[Ramani, 1998]である．表面処理としては化学エッチング[安藤, 2004]とレーザ加工[Taki, 2015]が主に用いられており，成形方法としてはほぼ射出成形が利用されている．Al や Cu とポリフェニレンスルファイド(PPS)，ポリブチレンテレフタラート(PBT)の成形接合によってせん断強度 25 MPa 以上の接合が実現している．

表面処理方法は適用分野によって使い分けになると考えられるが，自動車産業において求められる要件は「製造現場に導入しやすい」ことである．化学エッチングは，環境負荷が高く専用設備が必要であるため，好適ではない．また，レーザ加工も経済性と処理速度に問題を残す．そこで研究代表者は，金属表面処理としてブラスト処理の導入を提案し，ブラスト援用型の成形接合技術を開拓してきた．図 2 に，代表者の導入したマイクロブラスト処理技術の模式図を示す．ノズル先端からアルミナ等の砥粒を高圧で噴射し，金属表面に無数の微細構造（〜10 μm）を作製することができる．砥粒の材料や寸法，噴射圧やノズル走査速度などによって表面性状を自在に制御できるため，表面性状と接合強度の相関を評価しやすい．ブラスト処理は装置自体安価であるとともに，後処理工程で汎用されているため，現場でも速やかに導入可能である．
これまで，アルミニウム合金 A5052 に対してアルミナ砥粒を特定の条件で噴射してブラスト処理し，エンジニアリングプラスチックである PBT との成形接合を実現し，表面処理条件，成形条件を最適化することによって，せん断強度 15 MPa 以上の直接接合を実現している[Kajihara, 2018]．安価，高速かつ薬品フリープロセスであるため，製造現場への導入が期待できる．

しかしながら，熱によって金属を除去するレーザ加工などと異なり，ブラスト処理は塑性変形によって構造を創製する技術である．そのため，噴射圧などを最適化しても深い孔を創製することは非常に困難(アスペクト比は最大でも 0.3 程度)であるため，せん断強度が 15 MPa に留まっている．一般的な自動車部品に求められるせん断強度は 20 MPa 以上であるため，自動車産業に適用が不可能であるという技術的課題を残す．加えて，ブラスト援用型も含めた成形接合全般の抱える問題として，成形時の樹脂転写現象や接合メカニズムが明確に解明していないため，技術自体の産業応用展開が進んでいないという学術的課題を残している．

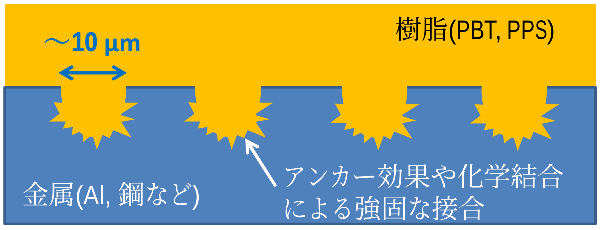

図 1　微細構造を利用した金属樹脂成形接合

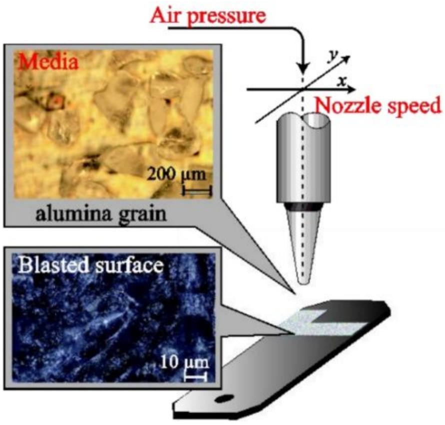

図 2 マイクロブラスト処理

２．研究の目的

上記背景を踏まえ，本研究では熱水処理の導入を提案する．熱水処理反応とは，金属を熱した純水中に数分浸漬すると，金属表面の酸化被膜と水が反応して水酸化物ナノ構造（Al であれば，$Al(OH)_3$ および AlOOH）が生じる化学反応である[Saadi, 2017]．図 3 は，Al 合金 A5052 片を 95°C の熱水に 3 分浸漬した後の表面 SEM 像である．10 nm オーダの非常に小さな水酸化物（小さなテトラポットのような構造）が無数に生じている．熱水処理は，ブラスト処理後の洗浄工程において導入することが容易であり，生産ラインとの親和性も高い．本処理をブラスト後に導入することにより，熱水処理による微細構造に起因するアンカー効果が付加されるため，接合強度 20 MPa 以上の達成が大きく期待できる．アンカー効果増強が期待できる熱水処理であるが，金属部材が限られるという問題がある．例えば，自動車構造材として大部分を占める鋼材は，熱水との反応性が低いため微細構造創製が期待できない．また，亜鉛めっき鋼のように表面に 10 μm オーダの薄膜層が存在する場合は表面処理法が限られる．

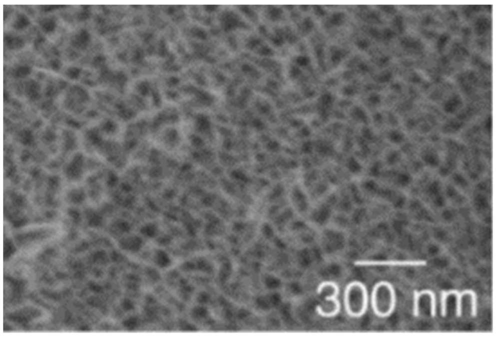

図 3　95°Cで熱水処理した Al 表面

加えて，熱水処理による接合強度向上を進める際，構造がナノスケールであるため，成形時の溶融樹脂のナノ転写現象を明瞭に理解して研究を進めること，また実部品への適用に向けて接合指導原理の理解も非常に大きな要素となる．そこで本研究では，3 つの主目的を定める．すなわち，(i)ブラスト/熱水処理によって成形接合技術のせん断強度を 20 MPa 以上(目標値 30 MPa)にすること，(ii)様々な金属（特にアルミニウムや鋼材）に適した表面処理法，接合法を確立すること，(iii)成形接合における寄与因子を統合的に理解すること，である．目的達成のため，以下の研究課題を設定する．

(1) Alと樹脂によるブラスト/熱水処理援用型成形接合技術の確立
ブラスト後の熱水処理によって，Al と樹脂（PBT，PPS などのエンジニアリングプラスチック）との成形接合技術を実現し，せん断強度 20 MPa 以上を達成する．

(2) 鋼材/樹脂の成形接合技術の確立
従来では熱水処理による微細構造創製が難しい鋼材に対し，適切な方法によってナノ構造を創製し，PBT 等との強固な接合を実現・確立する．

(3) 接合におけるアンカー効果，化学的効果の寄与率の解析
接合強度に大きく寄与するアンカー効果と化学的効果に対し，従来の電子顕微鏡観察（TEM, EELS など）のみならず，高分子の運動モードに敏感な計測技術を行うことによって，様々な成形接合における接合寄与因子の寄与率を明らかにする．加えて，接合条件と接合強度の相関分析を行い，社会実装に向けて大きく研究を進展させる．

以上の課題を達成することによって，成形接合技術自体の学術的発展のみならず，成形接合技術に対する産業からの需要創生を大きく促進する．

３．研究の方法
本研究は，研究代表者（梶原優介）及び研究分担者（木村文信）により，以下の通り進めた．

【1】ブラスト/熱水処理援用型成形接合技術の確立

接合部材として，自動車部品として汎用される Al 合金(A5052)と PBT を使用する．A5052 表面にブラスト処理によってマイクロ構造を創製し，その後熱水処理によって水酸化アルミニウムのナノ構造を追加工する．ブラスト処理条件はほぼ最適化[Kajihara, 2018]しているため，本課題での目標は，熱水処理条件を最適化してせん断強度 20 MPa 以上を達成することである．作製する接合試験片は，主に ISO19095 に準拠した重ね接手構造である．熱水処理は処理温度によって生成される水酸化物の割合が異なるため，表面の物理的・化学的状態が処理温度，処理時間に大きく依存すると考えられるため，処理条件を注意深く最適化する．

【2】鋼材/樹脂の成形接合技術の確立

SPCC に代表される鋼材は水に浸漬すると錆が容易に生じてしまうため，熱水処理による表面処理は困難である，そこでより適切な方法（ブラスト＋加熱）によって表面微細構造を創製し，成形接合を実現・確立する．加えて，自動車部材として汎用が進む亜鉛めっき鋼に対し，表面のめっき層を損なわずに表面処理を行い，樹脂との強固な接合を実現・確立する．引張せん断強度 25 MPa 以上の達成するを目標とする．

【3】接合におけるアンカー/化学的効果の寄与率の解析

成形接合においては，主にアンカー効果と化学的効果が影響するが，その寄与率を明らかにすることは，接合メカニズムそのものを解明することに繋がる．本研究では，従来通り SEM/TEM による接合界面の解析を行うほか，EDX や EELS による分析を行う．加えて，アンカー効果は成形条件に大きく影響されるため，射出成形条件と接合強度の相関分析を行い，社会実装に向けて大きく研究を進展させる．

４．研究成果

【1】ブラスト/熱水処理援用型成形接合技術の確立

ブラスト処理後に熱水処理（Hot water treatment, HWT）を実施することは，有効な接合強度向上の方法と考えられる．PBT樹脂（1101G-X54，東レ）と成形接合させた際に得られる，熱水処理の有無による接合強度の変化を図4に示す．熱水処理による二次処理を施すことで，20 MPa以上の接合強度を得ることができた．熱水処理を加えることによって金属表面がさらに複雑になったことが要因だと考えられたため，様々な粗さ指標との関係を調査したところ，傾斜度*Rda*が最も適切であることが分かった．表面構造をAFMによって計測し，*Rda*を計算した結果を図5に示す．熱水処理によって表面がより複雑化し，アンカー効果が向上することによって接合強度が増加したことが確認できる．

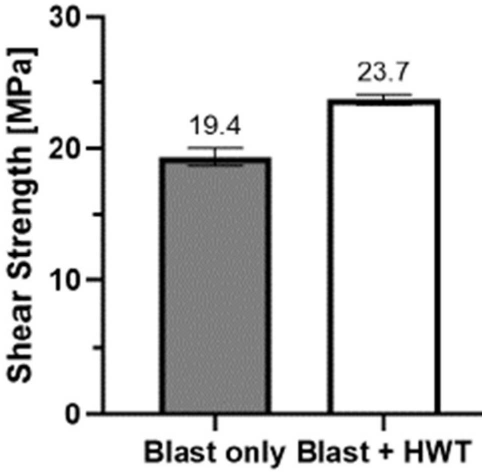

図 4 ブラストのみ及びブラスト＋熱水処理時の接合強度

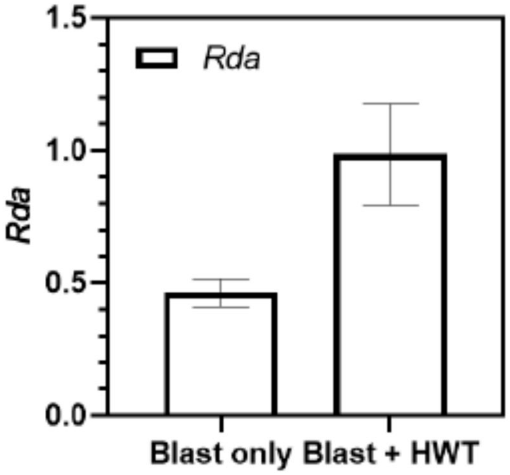

図 5 各処理における *Rda* の評価

【2】鋼材/樹脂の成形接合技術の確立

まずSPCC材の成形接合技術の確立を推し進めた．SPCCは熱水に浸漬すると容易に錆が生じて接合に不適となってしまうため，本研究では鋼材に加熱処理（500°C）を加えると表面にナノ構造が生じることに着目し，ブラスト後に二次処理として加熱処理に導入を行った．具体的には，ブラスト後に電気炉にて500 °C，処理時間30分で加熱処理を行った．図6は，ブラスト処理後に加熱処理を行ったSPCC表面のSEM像である．加熱処理により，100 nmオーダの微細構造が生じていることが見て取れる．図7は，未処理，ブラスト処理のみ，ブラスト処理＋加熱処理を行った際のSPCCとPBTの成形接合後の引張せん断強度である．ブラスト処理のみでは20 MPaに到達しないものの，2次処理によって加熱処理を行うことによって，引張せん断強度は25 MPa弱まで大きく向上している．図7には表面自由エネルギーの測定値もプロットしてあるが，本結果から表面構造の複雑化が接合強度向上に大きく寄与していることが分かる．

次に，亜鉛めっき鋼の成形接合技術確立に向けた検証を行った．亜鉛めっき層は数10 μmであるためブラスト処理では表面構造が破壊してしまう．そのため，熱水処理のみでめっき層表層に微細構造を創製し，当該微細構造のみでアンカー効果を生じさせて接合することを試みた．図8に，亜鉛めっきハイテン鋼SPFC780に対し，75℃で20分熱水処理をしたのちのSPFC780表面SEM像を示す．ZnOの針状構造が無数に生じていることが見て取れる．

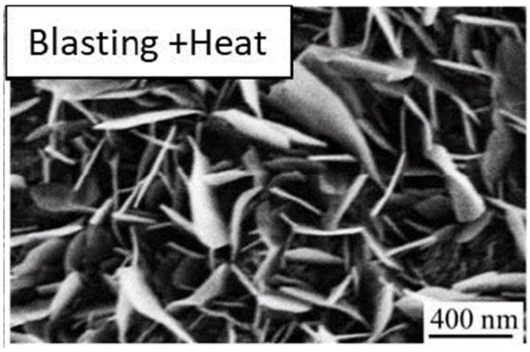

図 6 ブラスト＋加熱後の SPCC 表面 SEM 像

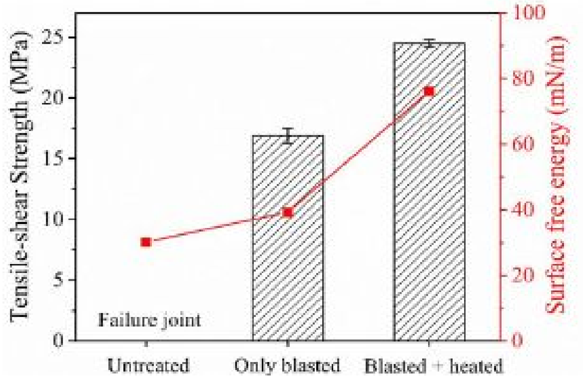

図 7 ブラスト＋加熱後のせん断強度と表面自由エネルギー

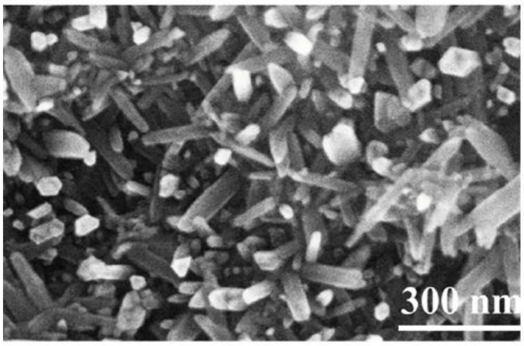

図8 熱水処理後のSPFC780表面SEM像

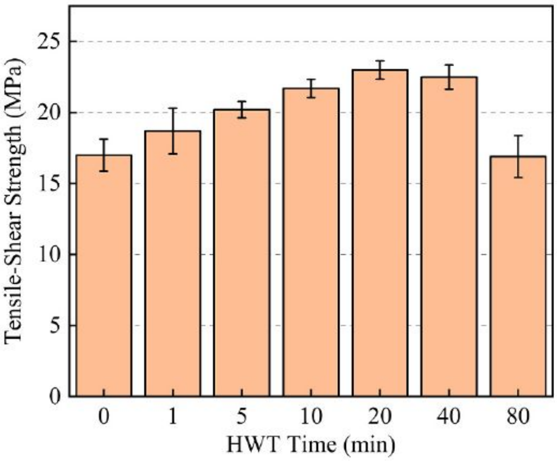

図9 熱水処理時間と引張せん断強度の関係

図9は，熱水処理時間と引張せん断強度の関係である．熱水処理時間20分では引張せん断強度は23 MPaに達しており，熱水処理のみで亜鉛めっき鋼と樹脂の強固な接合を得ることに成功している．熱水処理時間を長くしすぎると表面の針状構造が大きくなりすぎてしまい，アンダーカット構造への樹脂が侵入が困難になることもTEM評価から確認している．

【3】接合におけるアンカー/化学的効果の寄与率の解析

樹脂に添加剤を加えて化学的効果を付加することにより，アンカー効果と化学的効果の寄与について調査した．具体的には，PA6 樹脂（CM011-G30，東レ）に流動性向上剤（添加剤 OSGOL MF-11)を混入した樹脂に対して，ブラスト処理，熱水処理を行い，添加材によるアンカー効果および化学的相互作用の変化を評価した．PA6 は NH 基や CO 基を有しており，これらの官能基の間に生じる水素結合により流動性が低くなっているが，添加剤を添加することにより，分子間の水素結合が緩和され，流動性が改善されるはずである．

図 10 に，添加材添加率と引張せん断強度の関係を示す．添加率が上がるにつれて接合強度が上昇し，添加量 10%のときに最大強度が得られている．接合強度が向上する主な理由として，流動性が高くなるにつれて，金属微細構造への樹脂の転写性が向上し，機械的なアンカー効果が強くなったことと添加剤による化学結合の変化が考えられる．そこで，化学的相互作用の寄与を明らかにするため，AFM-IR によるナノスケール赤外分光を行った．PA6 とアルミニウム表面の間に水素結合が形成されると，自由 C=O 伸縮の低波数へのシフトと自由 N-H 曲げの高波数へのシフトが観察されるはずである．図 13 に，水素結合 N-H 曲げ振動と自由 N-H 曲げ振動の比（相対強度）を AFM-IR 測定結果から計算してまとめた結果を図 11 に示す．添加剤を含まないサンプルでは，N-H 曲げの相対強度はほぼ変化していない．一方，添加剤含有量 10% のサンプルでは，N-H 曲げの相対強度は全体的に増加した．この相対強度の変化は，水素結合の形成を示唆している．添加剤のある樹脂は金属表面の官能基と水素結合しやすいため，接合強度が高まったのだと考えられる．以上の結果から，アンカー効果と化学的相互作用の寄与率を評価することが今後大きく期待できる．

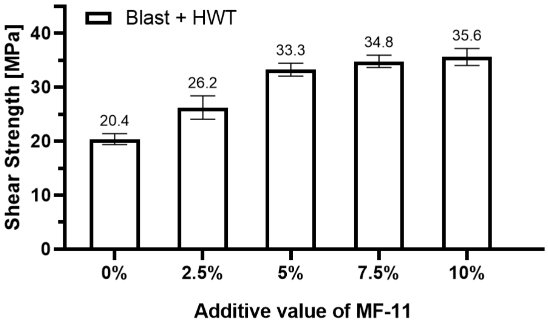

図10 添加剤濃度と引張せん断強度の関係

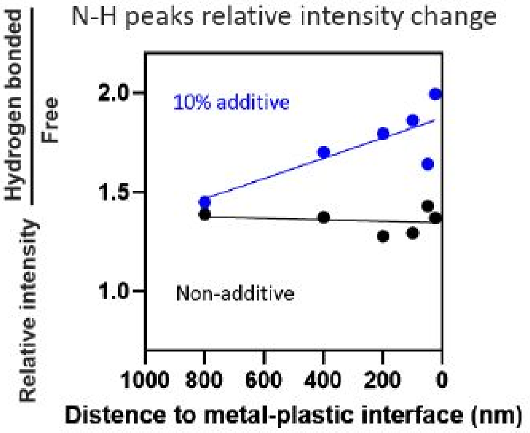

図11 N-H基の自由振動と水素結合性振動の比率

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計10件（うち査読付論文　7件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 Kimura Fuminobu、Kadoya Shotaro、Kajihara Yusuke	４．巻 4
２．論文標題 Active Air Venting of Mold Cavity to Improve Performance of Injection Molded Direct Joining	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Nanomanufacturing and Metrology	６．最初と最後の頁 109～117
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s41871-021-00097-4	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 Wang Shuohan、Kimura Fuminobu、Zhao Shuaijie、Yamaguchi Eiji、Ito Yuuka、Kajihara Yusuke	４．巻 72
２．論文標題 Influence of fluidity improver on metal-polymer direct joining via injection molding	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Precision Engineering	６．最初と最後の頁 620～626
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.precisioneng.2021.07.001	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 KIMURA Fuminobu、CHANG Hao、CHEN Weiyan、KAJIHARA Yusuke	４．巻 10
２．論文標題 Controlling Size and Similarity of Anodic Porous to Reveal Joining Mechanism of Injection Molded Direct Joining	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Journal of Smart Processing	６．最初と最後の頁 351～358
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7791/jspmee.10.351	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 KAJIHARA Yusuke、KADOYA Shotaro、KIMURA Fuminobu	４．巻 72
２．論文標題 Metal Polymer Direct Joining Using Anodization	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Journal of The Surface Finishing Society of Japan	６．最初と最後の頁 194～198
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4139/sfj.72.194	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 Kajihara Yusuke	4．巻 33
2．論文標題 Structure Property: Joining Techniques for CFRP	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Seikei-Kakou	6．最初と最後の頁 235～238
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4325/seikeikakou.33.235	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 Zhao Shuaijie、Kimura Fuminobu、Yamaguchi Eiji、Horie Nayuta、Kajihara Yusuke	4．巻 107
2．論文標題 Manufacturing aluminum/polybutylene terephthalate direct joints by using hot water?treated aluminum via injection molding	5．発行年 2020年
3．雑誌名 The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	6．最初と最後の頁 4637～4644
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00170-020-05364-0	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 Kadoya Shotaro、Kimura Fuminobu、Yanagishita Takashi、Kajihara Yusuke	4．巻 67
2．論文標題 Structure size effect on polymer infiltration in injection molded direct joining	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Precision Engineering	6．最初と最後の頁 100～109
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.precisioneng.2020.09.017	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 YAMAGUCHI Masaki、YOSHIDA Ichiro、KONDO Yuki、YAMAGUCHI Eiji、HORIE Nayuta、SUZUKI Gota、KIMURA Fuminobu、KAJIHARA Yusuke	4．巻 86
2．論文標題 Research and Proposal on Surface Texture Parameters for The Injection Molded Direct Joining Using Micro Blasting	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Journal of the Japan Society for Precision Engineering	6．最初と最後の頁 486～492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2493/jjspe.86.486	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 Zhao Shuaijie、Kimura Fuminobu、Wang Shuohan、Kajihara Yusuke	4．巻 540
2．論文標題 Chemical interaction at the interface of metal?plastic direct joints fabricated via injection molded direct joining	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Applied Surface Science	6．最初と最後の頁 148339～148339
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.apsusc.2020.148339	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 梶原優介	4．巻 71
2．論文標題 ブラスト処理を利用した金属-樹脂接合の特徴と事例	5．発行年 2020年
3．雑誌名 プラスチックス	6．最初と最後の頁 38-42
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 －

〔学会発表〕　計26件（うち招待講演　0件／うち国際学会　5件）

1．発表者名 Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara
2．発表標題 Controlling temperature distribution of injection mold for metal-polymer direct joining
3．学会等名 36th International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-36（国際学会）
4．発表年 2021年

1．発表者名 Weiyan Chen, Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara
2．発表標題 Effects of hot water treatment condition on injection molded direct joining of high-strength galvanized steel
3．学会等名 36th International Conference of the Polymer Processing Society (PPS-36（国際学会）
4．発表年 2021年

１．発表者名 Shuohan Wang, Fuminobu Kimura, Shuaijie Zhao, Eiji Yamaguchi, Yuuka Ito, Yusuke Kajihara
２．発表標題 Flow modifier effects on metal-plastic injection molded direct joining
３．学会等名 2nd International Conference on Advanced Joining Processes (AJP 2021)（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Weiyan Chen, Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara
２．発表標題 Direct joining of high-strength galvanized steel and polybutylene terephthalate using hot water treatment
３．学会等名 2nd International Conference on Advanced Joining Processes (AJP 2021)（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名 木村文信，梶原優介
２．発表標題 成形接合における型温分布が接合強度に与える影響
３．学会等名 プラスチック成形加工学会年次大会
４．発表年 2021年

１．発表者名 Weiyan Chen, Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara
２．発表標題 Study on injection molded direct joining of galvanized steel with hot water treatment
３．学会等名 プラスチック成形加工学会年次大会
４．発表年 2021年

１．発表者名
Hao Chang, Shotaro Kadoya, Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara

２．発表標題
The relationship between joining strength and polymer infiltration into nanopores for joints made by injection molded direct joining

３．学会等名
プラスチック成形加工学会年次大会

４．発表年
2021年

１．発表者名
Weiyan Chen, Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara

２．発表標題
Process optimization of hot water treatment on galvanized steel in injection molded direct joining

３．学会等名
精密工学会秋季大会

４．発表年
2021年

１．発表者名
Shuohan Wang, Shuaijie Zhao, Fuminobu Kimura, Eiji Yamaguchi, Yuuka Ito and Yusuke Kajihara

２．発表標題
Machine learning analysis on metal surface pretreatment conditions in blast-assisted injection molded direct joining

３．学会等名
プラスチック成形加工学会シンポジア

４．発表年
2021年

１．発表者名
木村文信，梶原優介

２．発表標題
型温制御による金属・樹脂接合強度の変化：接合界面近傍の力学特性評価による原因調査

３．学会等名
プラスチック成形加工学会シンポジア

４．発表年
2021年

1．発表者名 Hao Chang, Fuminobu Kimura, Yusuke Kajihara
2．発表標題 Dependence of the nano structure size on joining strength and polymer infiltration in injection molded direct joining
3．学会等名 精密工学会春季大会
4．発表年 2021年

1．発表者名 Shuaijie Zhao, Fuminobu Kimura, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie, and Yusuke Kajihara
2．発表標題 Influence of surface hydroxyl groups on the direct joining of metal and polymer via injection molding
3．学会等名 euspen's virtual international conference（国際学会）
4．発表年 2020年

1．発表者名 Shuohan Wang, Fuminobu Kimura, Shuaijie Zhao, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie, Yusuke Kajihara
2．発表標題 Polymer Additive Effects in Injection Molded Metal-Polymer Direct Joining
3．学会等名 18th International Conference on Precision Engineering (ICPE2020)
4．発表年 2020年

1．発表者名 Shotaro Kadoya, Fuminobu Kimura, Takashi Yanagishita, Yusuke Kajihara
2．発表標題 Metal polymer injection molded direct joining: replication procedure and injection speed effect for several scales of surface structures
3．学会等名 18th International Conference on Precision Engineering (ICPE2020)
4．発表年 2020年

１．発表者名
Weiyan Chen, Fuminobu Kimura, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie, Yusuke Kajihara

２．発表標題
Feasibility of injection molded direct joining of steel and polymer

３．学会等名
18th International Conference on Precision Engineering (ICPE2020)

４．発表年
2020年

１．発表者名
Shuaijie Zhao, Fuminobu Kimura, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie, and Yusuke Kajihara

２．発表標題
Chemical effect evaluation in the direct joining of metal and plastic via injection molding

３．学会等名
プラスチック成形加工学会年次大会

４．発表年
2020年

１．発表者名
Shuohan Wang, Fuminobu Kimura, Shuaijie Zhao, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie, Yusuke Kajihara

２．発表標題
Effects of Polymer Additives in Injection Molded Metal-Polymer Direct Joining

３．学会等名
プラスチック成形加工学会年次大会

４．発表年
2020年

１．発表者名
Shuaijie Zhao, Fuminobu Kimura,and Yusuke Kajihara

２．発表標題
Chemical interaction between metal and plastic in injection molded direct joining

３．学会等名
精密工学会秋季学術講演会

４．発表年
2020年

１．発表者名 竹内暁人，木村文信，梶原優介
２．発表標題 成形接合における接合面の反射光分析と光線追跡解析
３．学会等名 精密工学会秋季学術講演会
４．発表年 2020年

１．発表者名 Hao Chang, Shotaro Kadoya, Fuminobu Kimura, Yuesuke Kajihara
２．発表標題 Fabrication of anodic porous alumina for metal-polymer direct joining
３．学会等名 精密工学会秋季学術講演会
４．発表年 2020年

１．発表者名 Weiyan Chen, Fuminobu Kimura, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie and Yusuke Kajihara
２．発表標題 Correlation between micro-blasted steel surface roughness and joining strength in injection molded direct joining
３．学会等名 精密工学会秋季学術講演会
４．発表年 2020年

１．発表者名 竹内暁人，木村文信，門屋祥太郎，梶原優介
２．発表標題 ナノスケール構造を用いた金属－透明樹脂成形接合
３．学会等名 プラスチック成形加工学会シンポジア
４．発表年 2020年

１．発表者名 Shuohan Wang, Fuminobu Kimura, Shuaijie Zhao, Eiji Yamaguchi, Nayuta Horie, Yusuke Kajihara
２．発表標題 Influence of fluidity improver on metal-polymer direct joining via injection molding
３．学会等名 プラスチック成形加工学会シンポジア
４．発表年 2020年

１．発表者名 Hao CHANG, Fuminobu KIMURA, Yusuke KAJIHARA
２．発表標題 Fabrication of alumina nano textures for understanding the polymer infiltration in metal-polymer hybrid joining
３．学会等名 Mate
４．発表年 2021年

１．発表者名 Zhao Shuaijie, Kimura Fuminobu, Kajihara Yusuke
２．発表標題 Understanding the influence of injection parameters on injection molded direct joining with machine learning
３．学会等名 精密工学会春季学術講演会
４．発表年 2021年

１．発表者名 Shuohan Wang, Fuminobu Kimura, Shuaijie Zhao, Eiji Yamaguchi, Yuka Ito, Yusuke Kajihara
２．発表標題 Evaluations of flow modifier to joint performance in injection molded direct joining
３．学会等名 精密工学会春季学術講演会
４．発表年 2021年

〔図書〕　計2件

1．著者名	4．発行年
木村文信	2021年
2．出版社 情報技術協会	5．総ページ数 6
3．書名 異種材料の接着・接合技術と応用事例（分担執筆）	

1．著者名	4．発行年
梶原優介，趙帥捷，木村文信	2021年
2．出版社 S&T出版	5．総ページ数 7
3．書名 接着･接合の支配要因と最適化技術（分担執筆）	

〔出願〕　計1件

産業財産権の名称	発明者	権利者
めっきされた金属と樹脂との複合部材の製造方法および複合部材	梶原優介，木村文信，陳偉彦，伊藤由華，鈴木幸徳，山口	同左
産業財産権の種類、番号	出願年	国内・外国の別
特許、2021- 95975	2021年	国内

〔取得〕　計0件

〔その他〕

梶原研究室
http://www.snom.iis.u-tokyo.ac.jp/

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	木村　文信 (Kimura Fuminobu) (10739311)	東京大学・生産技術研究所・助教 (12601)	

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