

令和 5 年 5 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：2020～2022

課題番号：20H02021

研究課題名(和文) 粒子を含有した流動キャビテーションによる新機能性材料の創成

研究課題名(英文) Generation of novel functional materials by using hydrodynamic cavitation with particles

研究代表者

祖山 均 (Soyama, Hitoshi)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：90211995

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、固体粒子を含有した流動キャビテーションを用いた新機能性材料の創成を目的として研究を推進した。具体的には、固体粒子を混濁させたキャビテーション噴流による表面改質(Cavitation Abrasive Surface Finishing CASF)により、チタン製積層造形材の疲労強度を向上できることを実証した。また、ベンチュリ管を用いて発生させた流動キャビテーションによりセルロースを解繊してセルロースナノファイバ(CNF)を生成できることを実証し、走査型電子顕微鏡(SEM)でCNFを観察した。さらに、流量調整弁による流動キャビテーションを用いたCNFの生成に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

流動キャビテーションの有効活用において、流動キャビテーションの圧潰場の圧力の増大によりキャビテーション強さが増大する原因がこれまで不明だった。本研究の実施により、流動キャビテーション圧潰後の残留気泡を高速度観察することにより、キャビテーション流れ場の音速を計測できることを明らかにし、音速を考慮してキャビテーション強さを評価することにより、圧潰場の圧力によりキャビテーション強さが変化する機構を明らかにした。金属製積層造形材(3D-Metal)は、疲労強度が著しく低いことが実用化の障壁になっているが、本研究により3D-Metalの疲労強度向上が可能になり、3D-Metalの実用化に貢献した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to create new functional materials using hydrodynamic cavitation containing solid particles. Specifically, it was demonstrated that the fatigue strength of additively manufactured titanium alloy can be improved by mechanical surface treatment using a cavitating jet with abrasives, i.e., solid particles, (cavitating abrasive surface finishing CASF). We also demonstrated that cellulose nanofibers (CNF) can be generated by defibrating cellulose by hydrodynamic cavitation generated by using a Venturi tube, and CNF was observed by a scanning electron microscope (SEM). Furthermore, we succeeded to produce CNF using hydrodynamic cavitation by a flow control valve.

研究分野：表面力学設計

キーワード：キャビテーション 固体粒子 セルロースナノファイバ 表面力学設計 機械的表面改質 金属製積層造形材 疲労強度

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

金属製機械材料表面に局所的な塑性変形を付与して疲労強度を向上させる機械的表面改質において、従来技術のショットピーニング SP とキャビテーションの崩壊衝撃力を活用したキャビテーションピーニング CP、パルスレーザーのアブレーションに伴う衝撃力を用いたレーザーピーニング LP、液滴の衝突衝撃力を用いたウォータージェットピーニング WJP を比較した結果、高負荷応力下では SP の方が CP より疲労寿命が長いのにに対し、疲労強度は CP の方が SP より大きいことが判明した。しかしながら、その理由は不明であった。

一般に、機械的表面改質による疲労強度向上では、大きな圧縮残留応力を深くまで導入したほうが疲労強度が大であると考えられているが、CP の表面粗さは SP よりも若干小さいものの、SP は CP よりも大きな圧縮残留応力を深くまで導入でき、SP の表面硬さのほうが CP よりも硬い。また、3次元積層造形材を処理した場合は、LP の表面粗さは SP よりもかなり大きいにも関わらず、LP の疲労強度は SP よりも明らかに大である。要するに、機械的表面改質において局所的塑性変形の付与機構が異なる場合には、圧縮残留応力、硬さ、表面粗さなどの機械的特性と疲労強度の相関関係が不明である。

金属製積層造形材 (3D-Metal) は、CAD/CAM データから直接造形できるなどの利点から、生体インプラントや航空機部品への適用が期待されている。しかしながら、未溶融の金属粒子が表面に残存するために表面粗さが著しく大きく、疲労強度がバルク材の半分程度であることが実用化の障壁になっている。

これまでに砥粒 (アブレシブ) を混濁したキャビテーション噴流を用いて、アブレシブの衝突作用により表面を平滑化しながら CP により圧縮残留応力を導入する Cavitation Abrasive Surface Finishing CASF による疲労強度向上を実証してきた。しかしながら、その最適加工条件は不明であった。

超音波で発生させたキャビテーション (超音波キャビテーション) を用いた化学反応を対象としたソノケミストリという分野がある。ベンチュリ管を用いて流れ場によりキャビテーションを発生させる流動キャビテーションの化学的作用の有効利用を図る中で、バイオマスを混濁させた流動キャビテーションにより超音波キャビテーションよりも 20 倍以上高効率で処理できることが明らかになった。また、流動キャビテーションにおいてキャビテーション崩壊場の圧力を高めて最適化すれば、流動キャビテーションの発生領域は小さくなるものの、崩壊時の音響エネルギーを 100 倍以上に強化できることも明らかになっている。しかし、なぜキャビテーション崩壊場の圧力を高めると、流動キャビテーションの発生領域が小さくなるにも関わらずキャビテーションの衝撃エネルギーが増大するのかは不明である。この機構を解明できれば、バイオマスをセルロースナノファイバ CNF として活用できるばかりでなく、CP の加工能力を桁違いに向上できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究は、固体粒子を含有した流動キャビテーションを用いた新機能性材料の創成を目的とした。具体的には、キャビテーションの崩壊衝撃力や固体粒子の衝突衝撃力による局所的塑性変形の付与による圧縮残留応力導入および疲労による応力緩和、固体粒子の削食作用による表面粗さなどの表面性状の制御などの物理的作用に着目し、機械的特性と疲労強度の相関関係を明らかにする表面力学設計を構築して機械材料表面に新機能層を創成する。さらに、固体粒子を含む流動キャビテーションにおける化学的作用を活用して、CNF の生成やカフェ酸の抽出の実現を目指した。

3. 研究の方法

(1) 局所的塑性変形の付与による圧縮残留応力導入

正確に残留応力を評価できているのか？という根本的な問題に立ち返り、国際協働のもとで、残留応力の評価法を再構築するために、機械的評価法や X 線回折による応力評価法 (2D 法や \sin^2 法) などを比較検討した。

(2) 表面性状の制御

固体粒子の衝突による削食作用により、3次元積層造形材の致命的欠陥である表面粗さを低減するとともに、加工硬化を導入する機械的表面改質の影響を実験的に明らかにした。また、SEM 観察などにより疲労破壊の起点などを解明した。

(3) 表面力学設計の構築

機械的表面改質層について、研究代表者が開発した荷重制御型平面曲げ試験機などを用いた疲労試験を実施して、疲労強度向上に関わる疲労亀裂の発生抑制と疲労亀裂の進展抑制を明らかにした。また、疲労特性と、残留応力、表面粗さ、硬さなどの諸因子との関係を実験的に明らかにし、SP や CP、レーザーピーニング LP などの全ての加工法に適用可能な、普遍的な疲労特性向上のための表面力学設計を構築した。

(4) セルロースナノファイバ CNF の生成と評価

流動キャビテーションのキャビテーション圧潰場の音速を評価して、キャビテーション強さを推定する式を提案するとともに、セルロースやバイオマスを流動キャビテーションで処理して、CNFの生成を行い、生成したCNFをSEMで詳細に観察した。

4. 研究成果

(1) 局所的塑性変形の付与による圧縮残留応力導入

機械的表面改質による疲労強度向上の主因子である残留応力の評価法を検討した一例として、図1には、ステンレス鋼に機械的表面改質により圧縮残留応力を導入して、残留応力を機械的方法(Slitting method)とX線回折法(\sin^2 method, 2D method)で計測した結果を示す。2D法により、 \sin^2 法では計測が困難な微小領域も計測できることを実証した。

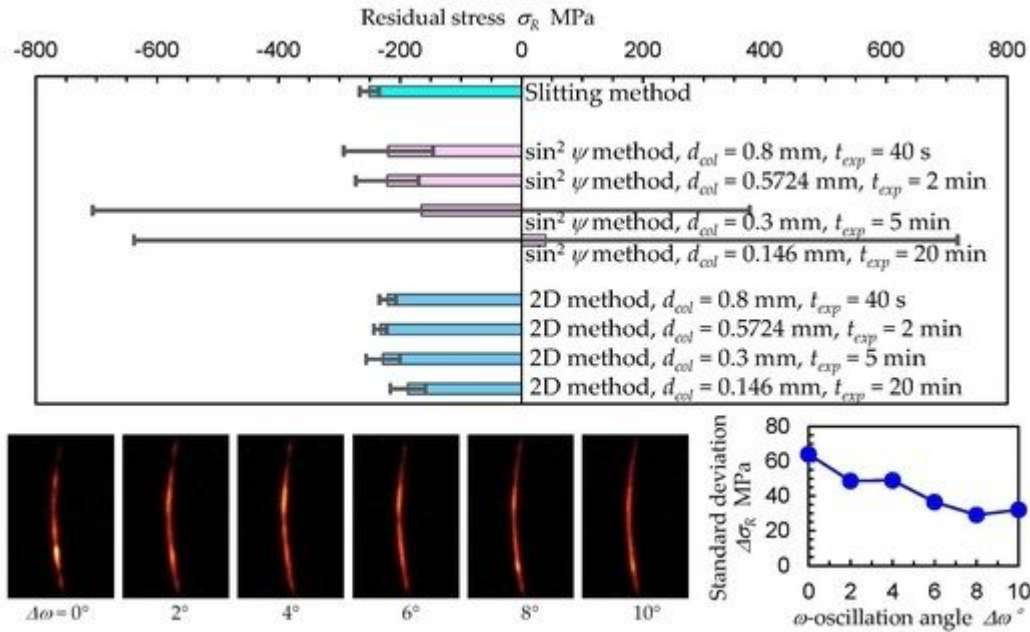


図1 残留応力評価における機械的方法 (Slitting method) と X 線回折法 (\sin^2 method, 2D method) の比較

(2) 表面性状の制御

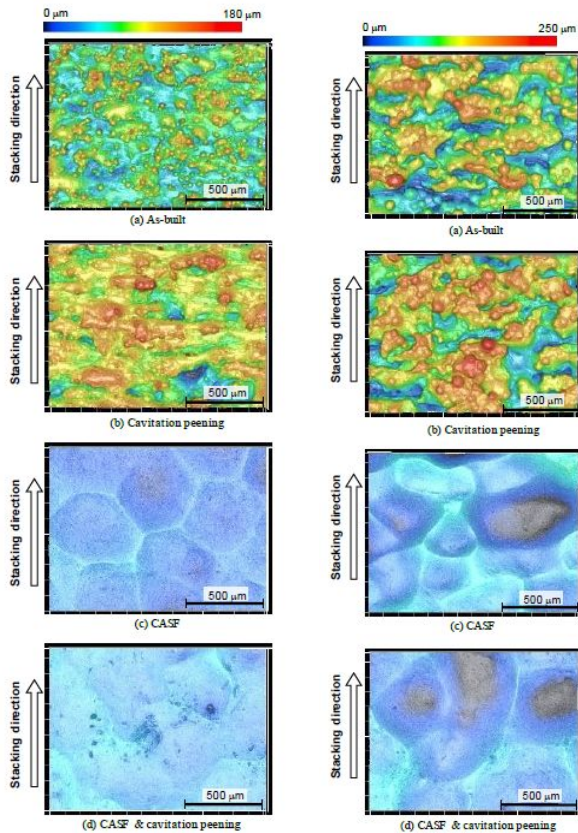


図2 DMLS

図3 EBM

図3と図4には、3D-Metalの機械的表面改質の代表例として、チタン製積層造形材の(a)As-built材、(b)CP材、(c)CASF材、(d)CASF+CP材について示す。図3と図4は、それぞれ、Direct Metal Laser Sintering DMLSとElectron Beam Melting EBMで積層造形した試験片である。図4には、DMLSとEBMの破断面の様相を示す。

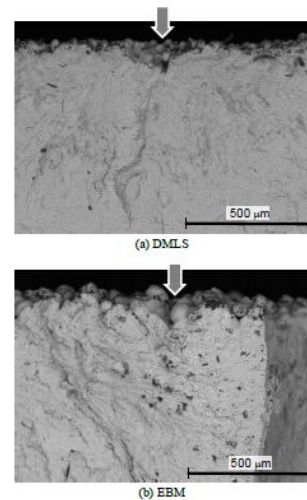


図4 破断面の様相

図2～4より,CASFにより表面を平滑化できるばかりでなく,積層造形した際に生じる表面近傍の欠陥を除去できることがわかる。

(3) 表面力学設計の構築

図5には, Direct Metal Laser Sintering DMLS と Electron Beam Melting EBM で積層造形した試験片を, CP, SP, LP, CASF, Grinding G で処理して疲労試験に供した結果を示す。図6には, 疲労強度 σ_f を As-built 材の σ_{f0} から表面粗さの低減と加工硬化, 残留応力の導入を勘案して式(1)～(4)で推定した結果を示す。

$$\sigma_{f\ est} = \sigma_{f0} + a \frac{1}{\Delta RZ'} \sigma_{f0} + b \Delta H_{R15N}' \sigma_{f0} + c \Delta \sigma_R \quad (1)$$

$$\Delta RZ' = \frac{Rz_0 - Rz}{Rz_0} \quad (2)$$

$$\Delta H_{R15N}' = \frac{H_{R15N} - H_{R15N0}}{H_{R15N0}} \quad (3)$$

$$\Delta \sigma_R = \sigma_R - \sigma_{R0} \quad (4)$$

また図7には,CASFで処理した場合のS-N線図を示し,図8にはCASF材の疲労強度の向上を推定した結果を示す。図6～8により,表面粗さの低減,加工硬化,残留応力の導入を勘案すれば,機械的表面改質材の疲労強度を推定できることを明らかにした。

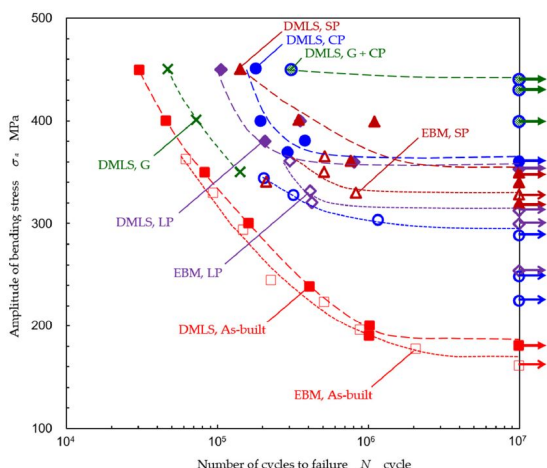


図5 機械的表面改質による3D-Metalの疲労強度向上

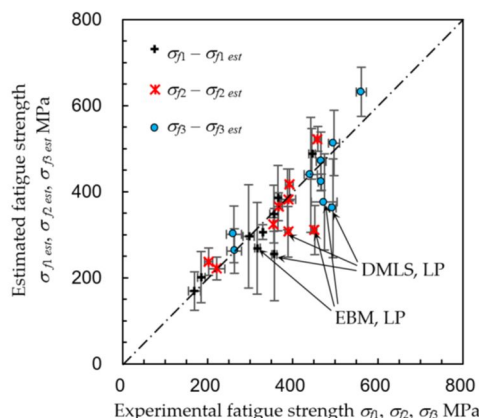


図6 表面粗さ, 硬さ, 残留応力による疲労強度の推定

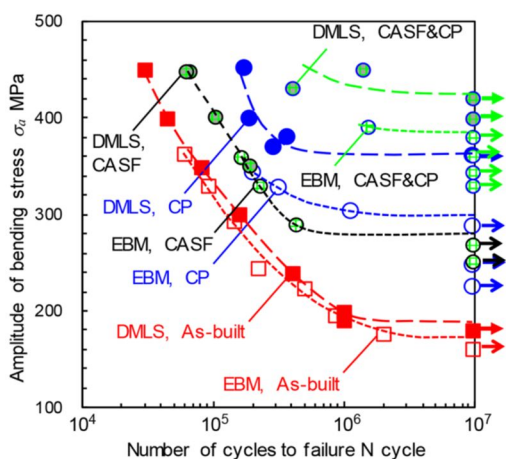


図7 CASFによる3D-Metalの疲労強度向上

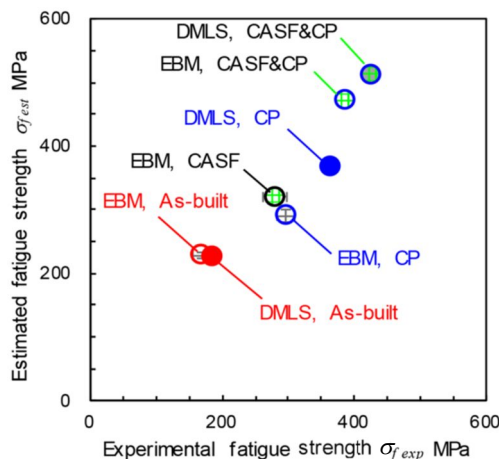


図8 表面粗さ, 硬さ, 残留応力による疲労強度の推定 (CASF 材)

(4) セルロースナノファイバ CNF の生成と評価

流動キャビテーションの崩壊場の圧力が增大するほど(キャビテーション数が増えるほど),キャビテーション強さが增大する機構を解明するために,キャビテーション崩壊場の残留気泡を観察して,キャビテーション崩壊場の音速を計測した。図9には,ベンチュリ管を用いて発生させた流動キャビテーションのキャビテーション数と発光強度の関係を示す。キャビテーション圧潰場の音速を考慮することにより,発光強度を推定できることを実証した。なお,ベンチュリ管に生じる流動キャビテーションは渦キャビテーションが重要であることも明らかにした。

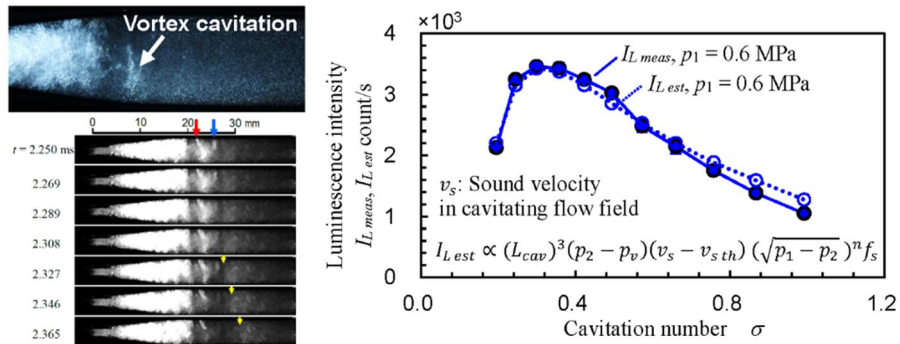


図9 ベンチュリ管に生じる流動キャビテーションのキャビテーション強さの推定

本研究では、ベンチュリ管でバイオマスを処理しながら、カフェ酸を抽出できることを実証した。さらに、ベンチュリ管の閉塞を回避して流動キャビテーションでバイオマス进行处理するために、流量調節弁でバイオマス进行处理できることを実証した。図10には、流量調節弁を用いて発生させた流動キャビテーションで処理する前のバイオマスと処理後のバイオマスを示す。流量調節弁を用いた流動キャビテーションによりバイオマスを解繊できることを明らかにした。

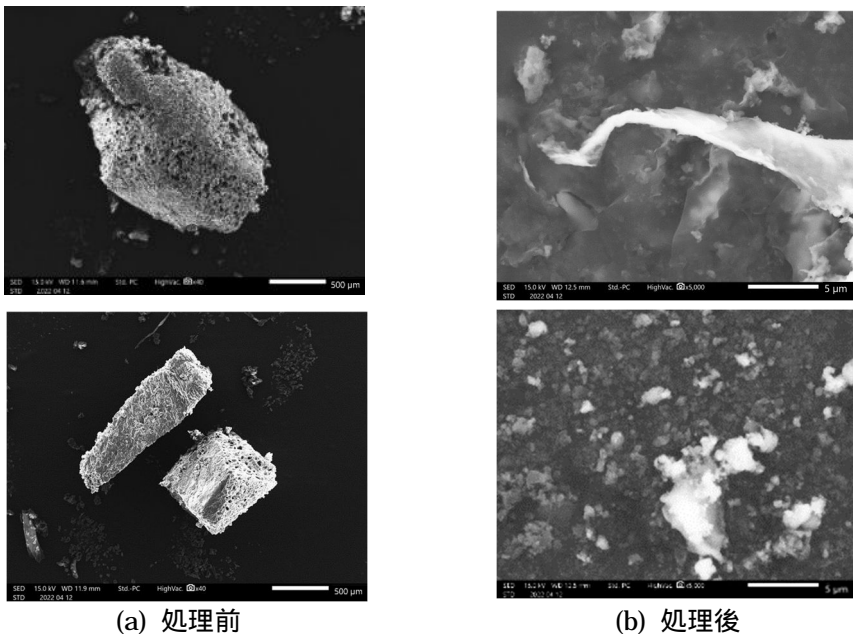


図10 流量調節弁を用いて発生させた流動キャビテーションによるバイオマスの処理

< 引用文献 >

H. Soyama, C. Kuji, T. Kuriyagawa, C.R. Chighizola and M.R. Hill, Optimization of Residual Stress Measurement Conditions for a 2D Method Using X-ray Diffraction and Its Application for Stainless Steel Treated by Laser Cavitation Peening, *Materials*, Vol. 14, No. 11, (2021), article No. 2772, DOI:10.3390/ma14112772

D.G. Sanders, H. Soyama and C. De Silva, Use of Cavitation Abrasive Surface Finishing to Improve the Fatigue Properties of Additive Manufactured Titanium Alloy Ti6Al4V, *SAE technical paper*, (2021), article No. 2021-01-0024, DOI:10.4271/2021-01-0024

H. Soyama and F. Takeo, Effect of Various Peening Methods on the Fatigue Properties of Titanium Alloy Ti6Al4V Manufactured by Direct Metal Laser Sintering and Electron Beam Melting, *Materials*, Vol. 13, No. 10, (2020), article No. 2216, DOI:10.3390/ma13102216

H. Soyama, Luminescence Intensity of Vortex Cavitation in a Venturi Tube Changing with Cavitation Number, *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol. 71, (2021), article No. 105389, DOI:10.1016/j.ultsonch.2020.105389

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Mojib Melody, Soyama Hitoshi, Sanders Daniel, Arola Dwayne, Ramulu M.	4. 巻 IMECE2021
2. 論文標題 The High Cycle Fatigue Behavior of Surface Treated Electron Beam Melted Titanium Ti6Al4V	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ASME 2021 International Mechanical Engineering Congress and Exposition	6. 最初と最後の頁 71975
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1115/imece2021-71975	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 Soyama Hitoshi, Kuji Chieko, Kuriyagawa Tsunemoto, Chighizola Christopher R., Hill Michael R.	4. 巻 14
2. 論文標題 Optimization of Residual Stress Measurement Conditions for a 2D Method Using X-ray Diffraction and Its Application for Stainless Steel Treated by Laser Cavitation Peening	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 2772
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ma14112772	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 Soyama Hitoshi, Korsunsky Alexander M.	4. 巻 305
2. 論文標題 A critical comparative review of cavitation peening and other surface peening methods	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Materials Processing Technology	6. 最初と最後の頁 117586
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jmatprotec.2022.117586	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 SOYAMA Hitoshi	4. 巻 91
2. 論文標題 Improvement of Fatigue Characteristics of Welded Parts by Cavitation Peening	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY	6. 最初と最後の頁 195 ~ 199
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2207/jjws.91.195	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 祖山均	4. 巻 66
2. 論文標題 キャビテーションピーニングを用いた表面改質方法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 トライボロジスト	6. 最初と最後の頁 912 ~ 918
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 -

1. 著者名 Sasaki Hirotooshi、Takeo Fuimo、Soyama Hitoshi	4. 巻 462-463
2. 論文標題 Cavitation erosion resistance of the titanium alloy Ti-6Al-4V manufactured through additive manufacturing with various peening methods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Wear	6. 最初と最後の頁 203518 ~ 203518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wear.2020.203518	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 Soyama Hitoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Cavitating Jet: A Review	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7280 ~ 7280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10207280	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 Soyama Hitoshi、Takeo Fumio	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect of Various Peening Methods on the Fatigue Properties of Titanium Alloy Ti6Al4V Manufactured by Direct Metal Laser Sintering and Electron Beam Melting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 2216 ~ 2216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma13102216	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 Soyama Hitoshi, Simoncini Michela, Cabibbo Marcello	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of Cavitation Peening on Fatigue Properties in Friction Stir Welded Aluminum Alloy AA5754	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metals	6. 最初と最後の頁 59 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/met11010059	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 Soyama Hitoshi, Chighizola Christopher R., Hill Michael R.	4. 巻 288
2. 論文標題 Effect of compressive residual stress introduced by cavitation peening and shot peening on the improvement of fatigue strength of stainless steel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Processing Technology	6. 最初と最後の頁 116877 ~ 116877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmatprotec.2020.116877	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 Sanders Daniel, Soyama Hitoshi, De Silva Channa	4. 巻 2021-01-0024
2. 論文標題 Use of Cavitation Abrasive Surface Finishing to Improve the Fatigue Properties of Additive Manufactured Titanium Alloy Ti6Al4V	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SAE technical paper	6. 最初と最後の頁 1 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4271/2021-01-0024	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 Soyama Hitoshi	4. 巻 71
2. 論文標題 Luminescence intensity of vortex cavitation in a Venturi tube changing with cavitation number	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ultrasonics Sonochemistry	6. 最初と最後の頁 105389 ~ 105389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultrsonch.2020.105389	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 Soyama Hitoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Laser Cavitation Peening and Its Application for Improving the Fatigue Strength of Welded Parts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Metals	6. 最初と最後の頁 531 ~ 531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/met11040531	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 Soyama Hitoshi, Sanders G. Daniel	4. 巻 21
2. 論文標題 Cavitation Abrasive Surface Finishing (CASF) for the Improvement of Fatigue Strength of Titanium Alloy Ti6Al4V Manufactured by Electron Beam Melting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metal Finishing News	6. 最初と最後の頁 56 ~ 58
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 祖山均	4. 巻 49
2. 論文標題 キャビテーション噴流式材料試験 (ASTM G134) の改訂について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ターボ機械	6. 最初と最後の頁 65 ~ 72
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 -

1. 著者名 Soyama Hitoshi, Kuji Chieko, Liao Yiliang	4. 巻 11
2. 論文標題 Comparison of the effects of submerged laser peening, cavitation peening and shot peening on the improvement of the fatigue strength of magnesium alloy AZ31	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Magnesium and Alloys	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jma.2023.04.004	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 Soyama Hitoshi, Kuji Chieko	4. 巻 451
2. 論文標題 Improving effects of cavitation peening, using a pulsed laser or a cavitating jet, and shot peening on the fatigue properties of additively manufactured titanium alloy Ti6Al4V	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Surface and Coatings Technology	6. 最初と最後の頁 129047 ~ 129047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.surfcoat.2022.129047	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 Kuji Chieko, Soyama Hitoshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Mechanical Surface Treatment of Titanium Alloy Ti6Al4V Manufactured by Direct Metal Laser Sintering Using Laser Cavitation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Metals	6. 最初と最後の頁 181 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/met13010181	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13件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 祖山均
2. 発表標題 ベンチュリ管に生じる流動キャビテーションの発光強度に及ぼす キャビテーション流れ場の音速の影響
3. 学会等名 キャビテーションに関するシンポジウム (第20回)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 祖山均
2. 発表標題 レーザキャビテーションピーニングによるマグネシウム合金の疲労特性向上
3. 学会等名 ショットピーニング技術協会2021年度学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 祖山均
2. 発表標題 キャビテーションピーニングによるマグネシウム合金AZ31Bの疲労寿命向上
3. 学会等名 日本材料学会第70 期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 祖山均
2. 発表標題 流動キャビテーションによるセルロースナノファイバの生成における絞り部口径の影響
3. 学会等名 日本混相流学会 混相流シンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sasaki Hirotooshi、Iga Yuka、Soyama Hitoshi
2. 発表標題 Mechanical Surface Treatment of Additive Manufactured Ti6Al4V by Cavitation Peening
3. 学会等名 2020 Spring International Conference on Material Sciences and Technology (MST-S) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sanders G. Daniel、Soyama Hitoshi、De Silva Channa
2. 発表標題 Use of Cavitation Abrasive Surface Finishing to Improve the Fatigue Properties of Additive Manufactured Titanium Alloy Ti6Al4V
3. 学会等名 SAE International, AEROTECH2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 祖山均
2. 発表標題 ステンレス鋼の疲労寿命向上における 水中レーザーピーニングと水膜レーザーピーニングの比較
3. 学会等名 日本材料学会第69期学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 祖山均
2. 発表標題 扇型水噴流におけるノズル形状の影響
3. 学会等名 日本混相流学会 混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 祖山均、八幡祥生、齋藤正寛
2. 発表標題 水中バルスレーザにより歯根管を模した細管内に生じる気泡の観察
3. 学会等名 日本混相流学会 混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 祖山均、久慈千栄子
2. 発表標題 キャビテーションピーニングによる チタン合金Ti6Al4V製積層造形材の疲労寿命向上
3. 学会等名 2022年度 ウォータージェット技術年次報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Soyama Hitoshi、Kuji Chieko、Kogawa Hiroyuki、Futakawa Masatoshi
2. 発表標題 Effect of Liquid Density on Relation between Developing Time and Size of Laser Induced Bubble
3. 学会等名 11th International Conference on Multiphase Flow (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Soyama Hitoshi
2. 発表標題 Improvement of Fatigue Properties of Metallic Materials by Peening Methods Using a Water Jet
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim International Conference on Water Jet Technology (PRIC2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Soyama Hitoshi
2. 発表標題 IMPROVEMENT OF FATIGUE STRENGTH OF 3D PRINTED Ti6Al4V BY MECHANICAL SURFACE TREATMENTS FOR MEDICAL IMPLANTS
3. 学会等名 International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 バイオマスの微粒化方法	発明者 祖山均, 北川尚美, 廣森浩祐, 久慈千栄 子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-124701	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

科学研究費補助金 基盤研究 (B)に関する報告 http://www.mm.mech.tohoku.ac.jp/menu12/index7.html 科学研究費補助金 基盤研究 (B)に関する報告 http://www.mm.mech.tohoku.ac.jp/menu12/index7.html Vortex Cavitation https://youtu.be/qhA3dtp98 Cavitation Peening https://youtu.be/BurRGrmOGQY Cavitating Jet https://youtu.be/hezjXoGuP4c

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	北川 尚美 (Shibasaki-Kitakawa Naomi) (00261503)	東北大学・工学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	久慈 千栄子 (Kuji Chieko) (20839287)	東北大学・工学研究科・助教 (11301)	
研究分担者	佐々木 裕章 (Sasaki Hirotooshi) (90812040)	東北大学・工学研究科・助教 (11301)	削除：2020年12月15日

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			
米国	Iowa State University			
英国	University of Oxford			
米国	University of Washington	UCDAVIS		
ウクライナ	National Technical University of Ukraine			

共同研究相手国	相手方研究機関			
スロベニア	University of Ljubljana			
ドイツ	Deutsches Elektronen- SYnchrotron (DESY)			