



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係  
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2024年11月15日  
更新日 : —

科研費  
KAKENHI

## 泡で金属を叩いて強くする：キャビテーションピーニングの開発

材料力学、生産工学、設計工学  
およびその関連分野

研究者所属・職名： 工学研究科・教授

ふりがな そやま ひとし

氏名：祖山 均

主な採択課題：

- [基盤研究\(B\)「レーザキャビテーションを活用した表面力学設計の構築と3次元積層造形材への適用」\(2017-2019\)](#)
- [基盤研究\(B\)「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」\(2020-2022\)](#)
- [国際共同研究加速基金\(国際共同研究強化\(B\)\)「気液相変化を活用したエネルギー集中の解明と医歯工学への展開」\(2022-2025\)](#)

分野：材料力学、表面力学設計

キーワード：キャビテーション、金属製3Dプリント材、疲労強度、ウォータージェット、パルスレーザ

## 課題

### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

流体の速度の増大により圧力が低下して液体⇒気体に相変化する現象をキャビテーションと呼び、速度が低下して気体⇒液体に戻るときにマイクロジェットや衝撃波を発生して、金属材料も破壊する衝撃力を発生する(図1参照)。本研究では、この衝撃力を、逆転発想的に、金属を叩いて強くする機械的表面改質(キャビテーションピーニング)への有効利用を着想し、金属製3Dプリント材の疲労強度向上などを実現した。

### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

キャビテーションに関する研究では、従来は固体壁面近傍における球状気泡の圧潰が注目されてきたが、本研究では、強力な圧潰衝撃力を生じる「渦キャビテーション」(図2参照)に着目して研究を実施した。また、購入した実験装置であれば10年後か20年後に誰かが実現するが、自主設計した実験装置であれば自分しか成し得ない研究成果を得られるとの考えに基づき、オリジナルな装置を考案して試作し、製作した装置を用いて東北大学で機械的表面改質したサンプルをオックスフォード大学やワシントン大学、UCDAVIS、NTUなど世界各国の研究機関で評価する形態で国際的共同研究を実施した。

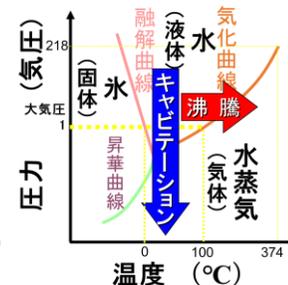


図1 水の状態図

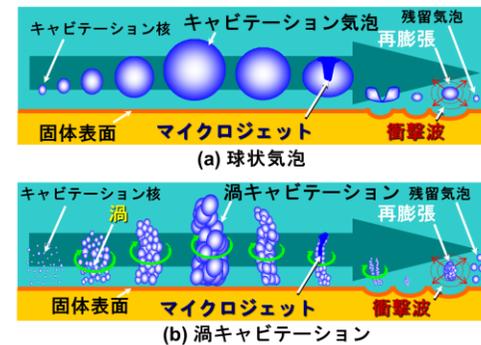


図2 渦キャビテーション



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係  
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2024年11月15日  
更新日 : —

科研費  
KAKENHI

## 泡で金属を叩いて強くする : キャビテーションピーニングの開発

材料力学、生産工学、設計工学  
およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

ウォータージェットやパルスレーザーを用いて発生させたキャビテーションの圧潰衝撃力で金属表面を叩いて強くするキャビテーションピーニングにより、金属製3Dプリント材の疲労強度向上を実証した(図3参照)。また、砥粒を混濁したウォータージェットを用いたCavitation Abrasive Surface Finishingをボーイング社と開発し、チタン製3Dプリント材の表面を平滑化して、疲労強度を1.6倍に向上できることを実証した。さらに、パルスレーザーを用いた場合、レーザーアブレーションLAによる衝撃力よりもレーザーキャビテーションLCの圧潰衝撃力のほうが大きいことを発見した(図4参照)。日本のSPRING-8やドイツにあるEuropean XFELにおいて、渦キャビテーションを高速X線イメージングで可視化した結果、渦キャビテーションは、微細な気泡ではなく、図5に示すような比較的大きなカクカクとした気泡で構成されていることを発見した。

プレスリリース「金属製積層造形材の疲労強度を1.6倍に向上 – 泡による衝撃力を用いた圧縮残留応力の導入と砥粒による平滑化を併用 – 」2019年2月12日

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/02/award20190212-01.html>

プレスリリース「強力な力を生じる渦キャビテーションの構造を解明 発生メカニズム解明と用途拡大に期待」2023年12月15日

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2023/12/press20231215-01-cavitation.html>

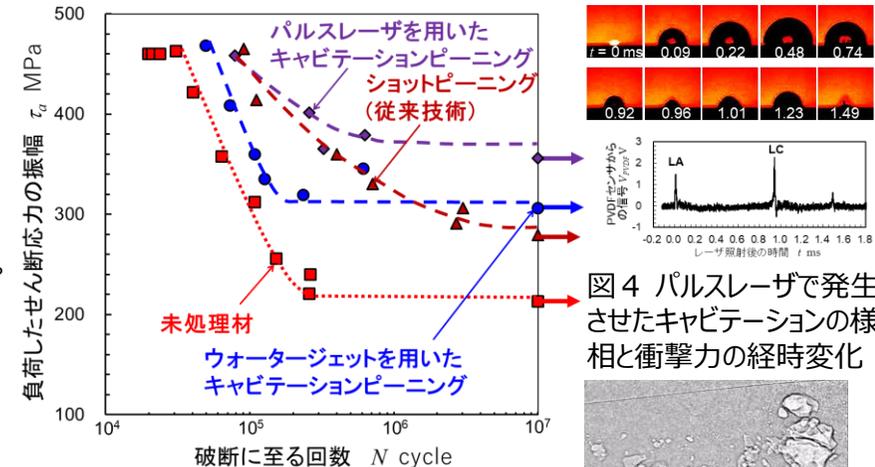


図3 キャビテーションピーニングによるチタン合金製3Dプリント材の疲労強度向上

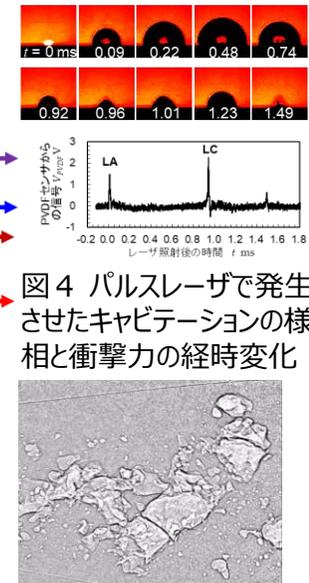


図4 パルスレーザーで発生させたキャビテーションの様相と衝撃力の経時変化

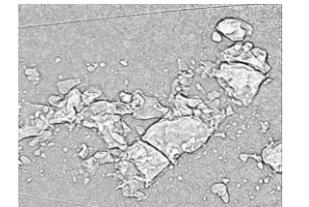


図5 高速X線イメージングによる渦キャビテーションの観察

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

今後、泡(キャビテーション)を生成するのに要するエネルギーを、泡の圧潰により、エネルギーを時間的・空間的に凝縮させて、その物理的・化学的作用の有効利用を図る(図6参照)。キャビテーションピーニングは自動車や航空機製造などの製造業に技術革新をもたらすばかりでなく(9)、キャビテーションは、植物工場の水処理に用いた安定した食料供給(2)、飲み水用の水処理に利用した「安全な水」の供給(6)、非可食性バイオマスの前処理に用いたバイオエタノール製造(7)、タンカーのバラスト水の水処理に使用してシージャッカーと呼ばれるプランクトンによる環境破壊の低減(14)への利用が期待される( )はSDGsの番号を示す)。

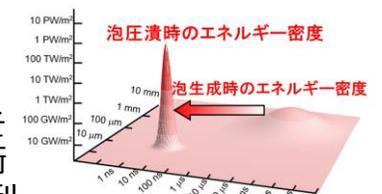


図6 泡の圧潰を活用したエネルギーの時間的・空間的凝縮