

(様式 5)

2022 年 11 月 30 日
Year Month Day

学位（博士）論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph.D. candidate)	工学府博士後期課程 機械システム工学 専攻 (major) 2020 年度入学(Admission year) 学籍番号 20833001 氏名 石川 達将 (student ID No.) (Name)
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	西田 浩之
論文題目 (Title)	レーザー誘起マイクロジェットを支配する気泡パラメータの調査と最適化 Investigation and Optimization of Bubble Parameters Governed Laser-induced Microjet
論文要旨（2000 字程度） (Abstract(400 words)) ※欧文・和文どちらでもよい。但し、和文の場合は英訳を付すこと。 (in English or in Japanese) 要旨： 本論文では、レーザー誘起マイクロジェットの生成効率向上に向けて、マイクロジェット速度を支配する気泡パラメータを特定し、そのパラメータがマイクロジェット速度に与える影響を調査することを目的とする。さらに、マイクロジェット速度を最大化する最適気泡パラメータを調査することを目的とする。 本研究では初めに、マイクロジェット速度を支配する気泡パラメータの1つであると示唆されている気泡数にのみ着目し、数値解析による調査を行った。本調査では、レーザー誘起マイクロジェットの生成元であるレーザー誘起気泡から伝播する圧力波の数値解析を行い、圧力波の経路や構造を明らかにした。更に、気泡の体積膨張履歴を用いた考察から、気泡数を増やすほど圧力波干渉により気泡膨張が阻害され、インパルスが小さくなることを確認した。 次に、最適化アルゴリズムを用い、マイクロジェット速度にかかわるインパルス最大化を目的とした気泡最適化を行った。更に、気泡最適化の過程で得た解の集合を、データ解析手法を用いて解析することで、マイクロジェット速度を支配する気泡パラメータの同定を行った。これらの結果から、壁面に半円状の気泡を付着させるような気泡配置が最適解として得られた。本調査によって、気泡の位置、個数、体積がマイクロジェット速度を支配するパラメータとして得られた。 最後に、気泡内のエネルギー総量 E とインパルス I の比であるエネルギー効率 I/E の最大化を目的とした気泡最適化とデータ解析を行った。本調査においても、壁面に半円状の気泡を付着させるような気泡配置が最適解得られた。一方、気泡の位置、個数、体積、エネルギー総量 E がマイクロジェット速度を支配するパラメータとして得られた。 E が支配パラメータとなることは、 E とエネルギー効率の関係を示す解析解の導出からも確	

認された。

(英訳) ※和文要旨の場合(400 words)

Abstract:

The objective of this study is to investigate bubble parameters that govern the microjet velocity and their effect on a microjet velocity in order to improve the generation efficiency of a laser-induced microjet. Furthermore, this study is aimed to investigate the optimum bubble parameters that maximize the microjet velocity.

Initially, we numerically investigated pressure waves propagating from laser-induced bubbles, which are the source of laser-induced microjet generation, and clarified the pressure wave path and the pressure field structure. This study focused only on the number of bubbles, which has been suggested to be one of the bubble parameters governing microjet velocity. Furthermore, from a discussion using the volume expansion history of the bubbles, it was concluded that the impulse decreases as the number of bubbles increases due to inhibited bubble expansion caused by pressure wave interaction.

Next, we optimized the bubbles to maximize the impulse, which affects the microjet velocity by using an optimization algorithm. From these results, a semicircular bubble on the microchannel wall surface was obtained as the optimal solution. Furthermore, the set of solutions obtained during the bubble optimization process was analyzed using data analysis techniques to obtain the bubble parameters governing the microjet velocity. The position, number, and volume of bubbles were obtained as the governing parameters in this investigation.

Finally, bubbles were optimized to maximize energy efficiency (I/E), which is the ratio of total energy in the bubble E to impulse I , and data obtained in the optimization process was analyzed. A semicircular bubble on the microchannel wall surface was also obtained as the optimal solution in this optimization. On the other hand, the position, number of bubbles, volume, and total energy E were obtained as the governing parameters of the microjet velocity. The reason that E is the governing parameter was also confirmed by the derivation of an analytical solution that describes the relationship between E and energy efficiency.