

氏名	川邊 俊彦
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5412号
学位授与の日付	平成28年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	テイラー・ディーン流れによる低レイノルズ数流における混合促進
論文審査委員	教授 柳瀬眞一郎 教授 富田 栄二 教授 堀部 明彦

学位論文内容の要旨

本論文では、テイラー・ディーン流れを利用したマイクロミキサの混合特性および流動特性を明らかにするため、流路内の流れの可視化を実験および数値計算手法を用いて行った。実験手法としては、レーザ誘起蛍光法 (Laser Induced Fluorescence: LIF) を用いて、2液の混合の様子を定量的に評価した。数値計算として OpenFOAM (Open source Field Operation And Manipulation) を用いた数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics: CFD) を行い、2液の混合と3次元流れ場の関係を評価した。そして、LIF計測による実験手法と OpenFOAM による数値計算から得られた結果より、2液の流入条件、流路断面のアスペクト比、移動する壁面の場所や数が混合特性と流動特性にどのような影響を与えるかを調べ、混合性能を向上させる条件を見出した。

混合させる2液体を、縦2層および横2層で流入させた場合の混合に及ぼす影響について検討し、混合が促進される流入条件は縦2層の場合であることを明らかにした。そして、アスペクト比の異なる3つのマイクロミキサモデルを用いて検討もを行い、混合を促進させる2液の流入条件は、2液の界面積によらないこと、アスペクト比が大きい方が混合は促進されることを明らかにした。さらに、曲がり流路における移動壁面の組合せが混合に及ぼす影響を検討し、混合が促進される移動壁面の組合せは内壁のみであることを明らかにした。また、これらの知見について、ラグランジアン・カオスの観点から評価を行い、ポアンカレ断面を用いてラグランジアン・カオスと混合性能の関係について明らかにした。

以上のように、テイラー・ディーン流れを利用したマイクロミキサの混合特性について、流入条件、移動壁面、流路断面のアスペクト比が混合促進に与える影響について明らかにした。

論文審査結果の要旨

本論文は、曲がり管の一部の壁を移動回転させるテイラー・ディーン流れを利用し、混合効率の高いマイクロミキサを開発するのが目的で、流路内の混合特性および流動特性を明らかにするため、流路内の流れの解析を、可視化実験および数値計算手法を用いて行った。実験手法としては、レーザ誘起蛍光法 (Laser Induced Fluorescence: LIF) を用いて、2液の混合の様子を定量的に評価した。それを補う数値計算として OpenFOAM を用いて、2液の混合と3次元流れ場の関係を評価した。上記のLIF計測による実験手法と、OpenFOAMによる数値計算から得られた結果のよい一致に基づき、2液の流入条件、流路断面のアスペクト比、移動する壁面の場所や数が混合特性と流動特性にどのような影響を与えるかを調べ、混合性能を向上させる条件を見出した。

混合させる2液体を、縦2層および横2層で流入させた場合の混合に及ぼす影響について検討し、混合が促進される流入条件は縦2層の場合であることを明らかにした。そして、アスペクト比の異なる3つのモデル装置を用いて検討もを行い、混合を促進させる2液の流入条件は、2液の界面積によらないこと、アスペクト比が大きい方が混合は促進されることを明らかにした。さらに、曲がり流路における移動壁面の組合せが混合に及ぼす影響を検討し、混合が促進される移動壁面の組合せは内壁のみの場合であることを明らかにした。また、これらの知見に関して、ラグランジアン・カオスの観点から評価を行い、ポアンカレ断面手法を用いてラグランジアン・カオスが混合性能の本質的な機構であることを明らかにした。

以上のように、テイラー・ディーン流れを利用したマイクロミキサの混合特性について、流入条件、移動壁面、流路断面のアスペクト比が混合促進に与える影響について明らかにし、実用化へ向けた重要な成果を得た。以上の結果から、本論文は博士（工学）に値するものであると考える。