

氏 名	田 中 誠 一
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	生工博甲第105号
学 位 授 与 の 日 付	平成21年3月25日
学 位 授 与 の 条 件	学位規則第4条第1項該当
学 位 論 文 题 目	ディフューザ型バルブレスマイクロポンプに関する研究
論 文 審 査 委 員	主 査 教 授 早瀬修二 〃 西尾一政 〃 花本剛士 〃 尾川博昭 〃 岡元孝二

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

マイクロポンプは、μ-TAS (Micro Total Analysis Systems)、マイクロ冷却装置、マイクロ燃料電池などのマイクロ流体機器において重要な流体輸送を担うので、様々な機構を持つマイクロポンプがこれまでに提案されてきた。マイクロポンプ開発における課題は、様々なマイクロ流体機器の仕様に対応可能で正確な駆動を確保しなければならないことである。そのためには、液送メカニズムを理解した上で設計指針を確立する必要がある。高い汎用性が期待できる機械式のマイクロポンプの中でも、非対称な特性をもつ流路を配置したバルブレスマイクロポンプは、長寿命、高い生産性、小型化に有利であることから、様々な応用が期待されている。しかし、液送機構が明らかにされていないため、性能予測法の確立が十分ではなく、実用化に辿り着いていないのが現状である。

本研究は、非対称な特性を持つ単純なディフューザ形状流路に振動流を与えて流体輸送を行う独自のバルブレスマイクロポンプを提案すると共に、バルブレスマイクロポンプの流体輸送のメカニズムを実験的、解析的に解明し設計指針を提示することを目的としている。

本論文は、以下のように、全5章で構成されている。

第1章は「序論」であり、マイクロ流体機器について概説した後、マイクロポンプの開発や研究の現状と問題点について説明し、本研究の目的とその意義を明らかにしている。

第2章「実験」では、本研究で提案するバルブレスマイクロポンプが示され、特性試験方法が説明され、試験結果が提示されている。幾何学的寸法と駆動条件がポンプ特性に及ぼす影響が試験され、アクチュエータの設置位置とディフューザ形状流路の広がり角度の最適条件が示され、さらに、駆動条件、ポンプ寸法がポンプ特性に及ぼす影響が明らかにされた。続いて、次元解析の結果に基づいてデータを整理した結果、Reynolds数、および、流れの非定常度を示すWomersley数によってポンプ特性を整理可能なことが明らかにされ、ポンプ性能はReynolds数、Womersley数の増加に従って上昇することが示されている。

第3章「理論解析」では、1次元準定常解析および3次元流れ解析によるバルブレスマイクロポンプの理論解析について述べている。1次元準定常解析では、ディフューザまたはノズル流路の圧力損失を準定常と仮定して非定常Bernoulli式に基づく解析が展開されている。一方、3次元流れ解析では、市販CFDコードを利用した非定常流れ計算が行われている。供試マイクロポンプ内部の非定常流れが計算され、その妥当性が検討されている。

第4章「考察」では、1次元準定常解析および3次元流れ解析による計算結果が実験結果と比較され、幾何学的条件や駆動条件がマイクロポンプ性能に及ぼす影響について議論されている。1次元準定常解析による計算結果はWomersley数の低い駆動条件では実験値と定性的に一致することから、1次元準定常解析がバルブレスマイクロポンプの性能予測やポンプ設計に有用であるとされている。さらに、3次元流れ解析による計算結果に基づいてポンプ内部の流動状態が検討され、非対称流路内部では、振動流下でディフューザ方向流れにのみ発生する渦やはく離が流れ方向による圧力損失の差

の原因となることから一方向流れが実現するとされている。

第5章は「結論」であり、以上の研究によって得られた結果を要約し、残された問題点や展望について述べている。

本研究の試験結果や性能予測手法はマイクロポンプ設計に有用であると共に、本研究で提案したバルブレスマイクロポンプは組立、生産性の高い単純形状であり、マイクロ流体システムの高性能化に大きく貢献するものと考えられる。

## 学位論文審査の結果の要旨

以上述べたように、著者の研究は、マイクロ流体システムの高性能化に大きく貢献すると共に、有用な資料を提供している。

なお、本論文に対して調査委員から、独創性・独自性の所在、計算結果と実験結果の相違の理由、性能向上の方策などについての質問があったが、著者によって、適切な回答がなされた。また、公聴会においても、学内外から多数の出席者があり、測定方法の妥当性や表面粗さの影響など、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。