

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	超音波による非接触ピペットに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	田中宏樹
Author(English)	Hiroki Tanaka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10549号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 健太郎,小池 康晴,黒澤 実,初澤 毅,吉田 和弘,佐藤 海二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10549号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	田中 宏樹	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	中村 健太郎	教授	審査員	吉田 和弘	教授
	審査員	小池 康晴	教授		佐藤 海二	准教授
		黒澤 実	准教授			
		初澤 毅	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「超音波による非接触ピペットに関する研究」と題し、6章から構成されている。

第1章「序論」では、研究の背景として、創薬プロセスなどの分野において、非接触な液滴の操作手法が望まれていることに触れ、様々な非接触浮揚の手法を紹介した上で、超音波浮揚法の原理と特徴をまとめている。そして、音場を用いた液滴操作の利点を述べ、容器内の薬液から非接触で液滴を打ち上げる技術、定在波音場で液滴を捕捉する技術、滴下する技術について検討し、これらを組み合わせて液滴の非接触ピペットを実現することが本研究の目的であるとしている。

第2章「浮揚液滴の体積と周波数選択」では、薬液の浮揚に用いる定在波音場の波長と、浮揚できる液滴の水平・鉛直方向の寸法の関係について実験的に検討している。超音波浮揚した液滴の断面形状は、水平方向に大きい楕円形となることが知られているが、定在波が高周波になるにつれ、鉛直方向の寸法は波長に対し一定の割合で減少し、水平方向の寸法は鉛直方向より大きく減少することを明らかにしている。また、液滴の体積は波長の3乗に比例することを示唆している。

第3章「液滴の非接触打ち上げ」では、容器底面からMHz帯超音波を集束照射することによって、マイクロプレートに入れた液体サンプルから、非接触で数 μl の液滴をひとつだけ取り出す手法について検討している。容器の下方に設置した凹面集束振動子から容器内の液体の液面までの距離を、パルスエコー法により測定し、振動子の位置決めを行う液滴打ち上げシステムを提案している。そして、打ち上げ液滴の直径や到達する高さ、振動子・液面間距離、振動の印加時間、液滴の密度・表面張力・粘性係数の関係を、実験的に検討している。そして、これらの結果から、集束超音波の周波数や強さが変化した場合の影響について考察を行っている。

第4章「穴あき反射板上における物体の浮揚位置」では、第3章で述べた技術によって打ち上げた液滴を、反射板に設けた穴の上で、超音波定在波音場によって保持するために、微小物体が穴の上で浮揚するよう制御する手法について検討している。軸対象な振動系を仮定した数値解析モデルについて、穴の上での物体の浮揚位置の変化の傾向を、有限要素解析によって検討したのち、同様の装置を用いた27.4 kHzにおける実験を行っている。振動子・反射板間隔を、共振長より超音波の波長の10-20%程度長く設定することで、物体を反射板の穴の上で浮揚できると述べている。

第5章「穴あき反射板の液滴浮揚能力と滴下」では、反射板の穴の上で浮揚した液滴を、振動を止めることで反射板の穴を通して落下させ、個別容器に分注するために、反射板の穴の直径と物体の浮揚能力の関係を明らかにしている。有限要素法による音場解析に基づいて、反射板の穴の直上における音響インピーダンスから穴あき反射板の反射係数を求め、反射板の穴の直径と波長の比と、浮揚液滴に働く音響放射力の関係を考察している。その結果を実験的に検証するために、穴の上における発泡スチロールの微小球の浮揚に必要な振動面の最小振動速度と、穴の上で浮揚する液滴の最大直径の二点について、平板型と半円筒型の2種類の形状の穴あき反射板について浮揚状態の評価を行っている。そして、穴の直径が定在波の半波長を超えると、浮揚能力が大きく減少すると結論づけている。

第6章「結論」では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、本研究の成果に基づいて非接触ピペットの設計例を示している。さらに、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は超音波浮揚における浮揚液滴の体積の波長依存性と、集束超音波によるマイクロプレート容器からの液滴吐出や、穴あき反射板を用いた液滴の浮揚能力について論じることで、非接触な液滴操作において重要な液滴の取り出しと滴下に関する諸条件を明らかにしたものであり、工学上、工業上貢献するところが大きいと考えられる。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。