

氏 名 (本籍)	は せ が わ こ う し 長谷川 浩 司 (茨 城 県)
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 6472 号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学 位 論 文 題 目	音場浮遊液滴の内外部流動発生機構と物質輸送機構の相互作用

主	査	筑波大学教授	博士 (工学)	阿 部 豊
副	査	筑波大学教授	工学博士	正 司 秀 信
副	査	筑波大学教授	博士 (工学)	石 田 政 義
副	査	筑波大学准教授	工学博士	文 字 秀 明
副	査	筑波大学名誉教授	工学博士	成 合 英 樹

論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究においては、音場浮遊法を用いて空間に保持された液滴の相変化や物質輸送ならびに遊液滴周りの流動の相互関係を把握することを目的として、液滴の内外部の流動場を PIV 計測することにより、それらの流動の流動構造及び発生機構について明らかにしている。

蒸気圧をパラメータとして、液滴の内外部流動を PIV 計測した結果、高表面張力・低蒸気圧の水液滴では、内部に 1 対の循環渦、外部において液滴下部に 1 対のトロイダル渦が、低表面張力・高蒸気圧のエタノール液滴では、液滴の内部、外部ともに上下に計 2 対のトロイダル渦が観測されることが明らかとなった。更に、蒸気圧の高いエタノール液滴の内外部流動では、内部と外部に発生するトロイダル渦の流動方向が液滴界面を介して逆転することが明らかとなった。この結果は、これまで理論的にのみその存在が指摘されていたストークス層内の循環流動の存在を実験的に示したものである。

液滴の蒸発と表面温度の同時計測を行った結果、音場浮遊液滴の蒸発挙動に対して、周囲流動が律速因子であることを示している。更に、既存の理論と比較することにより外部流動が液滴の物質輸送に与える影響について定量的に明らかにしている。

最終的に、高蒸気圧液体の浮遊液滴が、時間の経過と共に周囲水成分を吸収し、液滴内の濃度が変化することを明らかにし、その結果を元に、既存の理論を拡張して濃度変化を考慮した推定式を構築し、その結果が実験結果と定量的に一致することを確認した。加えて、水—エタノール予混合液滴を用いた同様の実験を行い、多成分液滴においては、時間経過と共にエタノール成分の蒸発により液滴内外のエタノール濃度に変化が生じることで液滴の内外部流動構造も変化することを明らかにした。

審 査 の 結 果 の 要 旨

音場浮遊法を用いた無用器プロセッシングは、その他の浮遊法と比較して浮遊流体の種類に制限がないことに加え、大液滴を浮遊可能であることから、分析化学分野や新規材料創生分野等で活用され始めている。

しかしながら、音場浮遊法により浮遊させた液滴の内部、外部には原理的に不可避な流動が発生することが知られており、特に周囲に発生する流動が液滴の物質輸送に影響を与える可能性が指摘されている。また、非線形かつ相変化を伴う浮遊液滴の挙動については、実験技術上の困難を理由に、現状では実験的知見が十分に蓄積されておらず、その拡充が求められているのが現状である。

本研究で得られた結果は、液滴浮遊技術を用いた相分離や物質純化に関する貴重な科学的知見を得ており、浮遊技術を用いた相分離や物質純化等非接触無容器プロセッシングの確立に大きく資するものである。

平成 25 年 1 月 25 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。