

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	動的光散乱法を用いた懸濁粒子の拡散係数分布変化の可視化
Title(English)	
著者(和文)	原田祥宏
Author(English)	Yoshihiro Harada
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12843号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笹部 崇,奥野 喜裕,西迫 貴志,高橋 秀治,伏信 一慶
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12843号, Conferred date:2024/9/20, 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	原田 祥宏	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	笹部 崇	准教授	伏信 一慶	教授
	審査員	奥野 喜裕	教授		
		西迫 貴志	准教授		
高橋 秀治		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「動的光散乱法を用いた懸濁粒子の拡散係数分布変化の可視化」と題し、全 6 章から構成されている。

第 1 章「緒論」では、各種印刷方式の分類の中でインクジェット印刷の特徴や利点を浮き彫りにし、インクジェット印刷の原理等を詳述した上で、高品質な印刷を行う目的に照らした大きな課題の一つとしてインク揮発成分のノズル開口部からの蒸発に伴うインクジェットヘッドノズル内部での粘度等のインク物性変化がインク吐出に及ぼす影響をあげており、インクジェットヘッドノズル内部でのインクの増粘過程について、動的光散乱法を用いて非接触、非侵襲で時間、空間的な分布をその場可視化計測する手法を開発することが目的であると述べている。

第 2 章「粒子運動計測による懸濁液の粒子拡散係数推定」では、まず本論文全体を通して計測手法の核となる動的光散乱法の原理を述べた上で、当該手法により散乱光強度を用いて得られる自己相関関数の減衰定数から溶液内での粒子の拡散係数が求められることを示し、この拡散係数を用いてインクの増粘過程を論ずるとしている。さらに、当該原理での拡散係数計測実証のための実験装置と拡散係数定量化手法の詳細を示した上で、水性顔料インクを対象に 100 μm 程度の空間領域における 1.5 ms 程度の時間スケールでの自己相関関数の減衰過程から拡散係数の定量化が可能であることを示すとともに、粒子濃度等、本計測手法における各種の留意点を述べている。

第 3 章「2 次元センサレイを用いた懸濁液表面の粒子拡散係数分布推定」では、一般にノズル開口部での蒸発速度が半径方向に分布を有することでインクの増粘過程がノズル半径方向に分布を持ちながら経時的に生じていく可能性を述べた上で、インクジェットヘッドノズル部を模擬した系において、増粘過程のノズル半径方向の分布計測の必要性を述べている。実験では、第 2 章で述べた動的光散乱法を用い、インクジェットヘッドノズル部を模した系を円筒状のガラスキャピラリーで構成し、難揮発性溶媒の異なる 3 種のモデルインクを用意した計測により、ノズル開口部半径方向の拡散係数分布計測が可能であることを示すとともに、半径方向に拡散係数が減少する傾向を有すること、この傾向が高粘度の難揮発性溶媒でより顕著となることを示し、この原因を考察するとともに、インクジェットヘッドノズル部におけるインクの増粘過程を拡散係数変化として可視化可能であることを示している。

第 4 章「光干渉断層計測法を用いた懸濁液深さ方向の粒子拡散係数分布推定」では、インク増粘過程がインクジェットヘッドノズル部の深さ方向にも生じることから、深さ方向の拡散係数分布計測手法の必要性を述べている。その上で、深さ方向の物理量計測を実現する手法として SD-OCT (スペクトラルドメイン光干渉断層法) を提示し、その特徴について詳述し、これと動的光散乱法を組み合わせた新たなインク深さ方向の粒子拡散係数計測法を提案している。実験では、第 3 章と同様にインクジェットヘッドノズル部を模したガラスキャピラリー内に 3 種のモデルインクを用意することで、モデルインク内深さ方向の拡散係数分布を可視化し、難揮発性溶媒の粘度が高いほど拡散係数の深さ方向分布の勾配も大きくなる様子を明らかにし、その要因を論じている。

第 5 章「光干渉断層計測法を用いた懸濁液深さ方向を含む 2 次元断面内粒子拡散係数分布推定」では、現実のインクジェットヘッドにおいて様々なノズル開口径やインク物性を用いる上で、ノズル部半径方向と深さ方向の増粘過程が様々な変化する可能性があるため、ノズル部半径方向と深さ方向の円筒座標系 2 次元での経時観察が必要であることを述べ、これを実現する手法として新たに線集光型 SD-OCT と動的光散乱法の組み合わせを提案し、その原理と実験系を詳述している。実験では、直径が異なる 3 種のガラスキャピラリーに充填したモデルインクの拡散係数の変化を可視化しており、内径が小さいほど、またノズル開口部の気液界面に近いほど拡散係数の低下が顕著であり、内径が小さいほど深さ方向の拡散係数分布勾配も顕著になることなどを明らかにし、その要因を論じている。

第 6 章「結論」では、本研究の成果を概観し、得られた知見とその工業上の意義、ならびに今後取り組むべき研究の方向性を総括している。

以上を要するに本論文は、インクジェット印刷のインク吐出に影響するインク増粘過程の可視化手法として動的光散乱法を核とした各種の粒子拡散係数計測手法を提案し、モデル化した系を対象にその有用性を示すとともに、現象に及ぼす主要なパラメータの影響を明らかにしており、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。