

論文 / 著書情報

Article / Book Information

題目(和文)	光誘起流動下における光重合挙動の解明と分子配向制御
Title(English)	A Mechanistic Analysis of Photopolymerization Behavior and Molecular Alignment Control under Photo-induced Flow Fields
著者(和文)	石山拓途
Author(English)	Takuto Ishiyama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第309号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:穴戸 厚,安藤 慎治,大塚 英幸,佐藤 浩太郎,久保 祥一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第309号, Conferred date:2025/3/26, 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

(博士課程)

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		石山 拓途	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	宍戸 厚		教授		久保 祥一	准教授
	審査員	安藤 慎治		教授	審査員		
		大塚 英幸		教授			
		佐藤 浩太郎		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「A Mechanistic Analysis of Photopolymerization Behavior and Molecular Alignment Control under Photo-induced Flow Fields（光誘起流動下における光重合挙動の解明と分子配向制御）」と題して、光誘起流動下での分子配向制御および重合挙動解析に関する研究成果が英文で記されており、全 6 章より構成されている。

第 1 章「General Introduction（序論）」では、ソフトマテリアルの機能化および分子配向技術について説明するとともに、本研究の目的や意義について述べている。

第 2 章「Effect of Polymer Concentration of Molecular Alignment Behavior Induced by Scanning Wave Photopolymerization（動的光重合が誘起する分子配向挙動におけるポリマー濃度の影響）」では、様々な露光量条件下での時空間選択的な光重合が分子配向挙動に与える影響を検討している。分子配向の誘起には、一定以上のポリマー濃度が必要であることを明らかにしている。さらに、ポリマー濃度に伴う液晶相状態や粘性の変化の検討、動的光重合過程の偏光顕微鏡による直接観察をしている。重合過程でポリマー濃度が一定値を超えることによる液晶相の発現および粘性の急激な増加が、配向誘起において重要であると明らかにしている。

第 3 章「Specific Polymerization Behavior Caused by Spatiotemporal Photo-induced Flow Fields（時空間光照射が誘起する流動場による特異な重合挙動）」は、動的光重合が誘起する流動下での重合挙動を検討し、光誘起流動場により従来手法と比較して重合効率が 90%効率化するとともに、高分子量なポリマーが生成することを見出している。ポリマーの構成成分を詳細に調べたところ、空間選択的な光重合に伴いポリマーが非露光部に拡散し、低ラジカル濃度下で重合が進行し停止反応が抑制されることが高効率重合の鍵であることを解明している。

第 4 章「Polymerization Behavior and Microscale Alignment Patterning Using Spatiotemporal RAFT Photopolymerization（時空間光 RAFT 重合による重合挙動と微細配向パターンニング）」では、動的光重合が誘起する分子配向・特異な重合挙動を精密重合の一種である可逆的付加—開裂連鎖移動（RAFT）重合に適用している。動的光照射により RAFT 重合では、ポリマーの分子配向および分子量分布を低露光量の光照射で制御することに成功している。さらに、動的光重合により作製した配向性高分子の架橋点に RAFT 機構を組み込むことで、光刺激を利用した分子鎖交換反応により局所的に分子配向を乱し、微細な配向パターンニングを実現している。緻密にリタデーションおよび配向領域を制御することで、位相変調型ホログラムを作製することに成功している。

第 5 章「Synthesis of Commodity Polymers and Polythiophenes by Spatially Selective Photopolymerization（空間選択的な光重合による汎用高分子とポリチオフェンの合成）」では、動的光重合の適用範囲を非液晶高分子の合成まで拡張し、機能材料を創製した。種々の汎用モノマーに動的光重合を施したところ、均一重合系と比較して分子量が最大で 23 倍も大きな高分子が効率的に生成した。動的光重合を汎用高分子の合成に適用することに成功している。次に、優れた電気・光学機能を有しながらも材料化例のほぼないポリチオフェンをパターン光により合成している。フィルムはポリチオフェンの分子配向由来の偏光発光特性を示している。パターン光を照射することで、ポリチオフェンおよび偏光発光領域をパターンニングできることを見出した。

第 6 章「Summary and Perspectives（総括と展望）」では、本論文で得られた研究成果を総括するとともに、今後の課題と研究展望を述べている。

以上を要するに本論文では、光誘起流動場における分子配向メカニズムおよび重合挙動を解明することにより、特異な場を利用した高エネルギー効率な高分子合成手法を提案するとともに、適用可能な重合系の拡張について述べている。さらに、微細配向パターンニングの実現や従来手法では活用できなかった機能分子の配向制御により、光機能材料の創製に成功している。多彩な高分子の配向制御による機能化や高効率合成が可能であるため、次世代の機能性ソフトマテリアルの設計も可能であることから、工学上貢献するところが大きい。したがって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。