



Title	Rheo-Optical Study on Flow-Induced Structure of Wormlike Micellar Solutions
Author(s)	大場, 矢登
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/69373
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (大 場 矢 登)

論文題名

Rheo-Optical Study on Flow-Induced Structure of Wormlike Micellar Solutions
(流動光学的手法によるひも状ミセル水溶液の流動誘起構造に関する研究)

論文内容の要旨

ある種の高分子や界面活性剤は、会合などにより分子サイズよりも大きな構造を形成する。これらの構造は流動によって容易に破壊され、しばしば流動中で新たな構造、すなわち流動誘起構造を形成する。流動誘起構造中では、流速や応力が不均質な流動が観測される。こうした複雑な流動を示す物質を複雑流体と呼び、液晶、固液分散系、液液分散系なども含まれる。複雑流体は、高分子の成形加工、化粧品、食品など様々な分野で利用されており、流動誘起構造の理解は、学術、産業の両方の観点から重要である。

本研究では、流動誘起構造発現の原理を調査するために、界面活性剤のひも状ミセル溶液をモデル系として選び、新規の偏光イメージング法を用いた流動の可視化を行っている。ミセルの形成する流動誘起構造として、ずり流動下におけるshear bandがよく知られている。Shear bandは、流動勾配方向に不連続な流れの層を形成するgradient bandと、渦度方向に不連続な流れの層を形成するvorticity bandにわけられる。shear bandの形成に関しては、これまでに、粒子追跡法やNMRなどを利用した様々なイメージング法で研究が行われ、管模型による分子論的な解釈が提案されている。しかしながら、vorticity bandの形成原理には、不明な点が多く、分子論的な説明は達成されていない。本研究では、ひも状ミセル水溶液の形成する流動誘起構造（vorticity band）の形成ダイナミクスを理解することを目的とした。本論文は以下の6つの章から構成されている。

I章は、研究の緒言であり、流動誘起構造に関する研究が紹介されている。また偏光イメージング法の基礎となる複屈折と応力の関係（応力光学則）について説明している。

II章では、偏光イメージング法を用い、複屈折の空間分布を得ることができる装置の開発について述べている。偏光イメージング法の原理について説明し、開発した装置の妥当性、有用性について述べている。

III章では、cetyltrimethylammonium bromide/sodium salicylateからなるひも状ミセル水溶液において、流動誘起構造形成時の複屈折分布の塩濃度依存性を応力と同時に測定した。ひも状ミセル水溶液は添加塩の濃度によってその粘弾性特性を大きく変化させる。本章では応力光学則に従って複屈折分布と応力を比較し、各塩濃度において生じている流動誘起構造の性質について考察した。

IV章では、一定のずり速度下において応力と複屈折分布が周期的に振動する挙動を示した試料を、ひも状ミセルの伸び切りを考慮した応力光学則を用いて解析した結果が述べられている。伸び切り効果を現象論的に応力光学係数に導入することで、流動が不安定化した後でも応力光学則が成立することを確認した。これは流動の不安定化の前後で応力の起源に変化がないことを示しており、8-chain modelによる予測から、ひも状ミセルの粘弾性セグメントが流動誘起構造形成時でも変化していないことを明らかにした。

V章では、VI章での結果を踏まえ、複屈折分布と応力応答をより詳細に解析し、高複屈折部と低複屈折部の違いについて考察した。VI章での知見から、複屈折分布は局所応力の分布ととらえることが可能となった。これを利用し、流動の空間分布は内部ひずみの分布に対応していることが明らかになった。

VI章では、研究の総括として、流動が不安定化する系における応力、複屈折の振動の原理について述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (大 場 矢 登)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	井上 正志
	副 査	教授	佐藤 尚弘
	副 査	教授	橋爪 章仁
論文審査の結果の要旨			
高分子や液晶、さらに界面活性剤は、分子サイズよりも大きな構造を形成する。これらの物質群は、電場、磁場等の外場に柔軟に応答し、平衡から逸脱した新たな構造を発現する場合がある。流動の印加によってもしばしば新規な構造が発現し、流動誘起構造と呼ばれる。流動誘起構造中では、流速や応力が不均質になる。流動誘起構造の理解は、これらの物質群の非平衡、非線形の応答を理解する上で重要である。 本論文は、流動誘起構造発現の原理を調査するために、界面活性剤のひも状ミセル水溶液をモデル系として選び、新規の偏光イメージング法を用いて、流動誘起構造の可視化を行っている。ひも状ミセルの形成する流動誘起構造として、ずり流動下における shear band がよく知られている。Shear band は、流動勾配方向に不連続な流れの層を形成する gradient band と、渦度方向に不連続な流れの層を形成する vorticity band に分類できる。shear band の形成に関しては、これまでに粒子追跡法や NMR などを利用したさまざまなイメージング法で研究が行われており、高分子に対する管模型を用いて分子論的な解釈が提案されている。しかしながら、vorticity band の形成原理は未解明で、分子論的な説明は達成されていない。本論文は、ひも状ミセル水溶液の形成する vorticity band の形成の分子ダイナミクスを理解することを目的としている。本論文は以下の 6 つの章から構成されている。 I 章は、研究の緒言であり、流動誘起構造に関する研究事例を紹介し、研究の目的について説明している。また偏光イメージング法の基礎となる複屈折と応力の関係（応力光学則）について説明している。 II 章では、偏光イメージング法を用いた複屈折の空間分布を測定する装置の開発について述べている。さらに測定値の妥当性、有用性について調査している。 III 章では、ひも状ミセル水溶液を用いて、流動誘起構造形成時の複屈折分布を測定し、その塩濃度依存性を議論している。ひも状ミセル水溶液は、添加塩濃度によってその粘弾性特性を大きく変化させる。本章では応力光学則に従って複屈折分布と応力を比較し、各塩濃度において生じる流動誘起構造の性質について考察している。 IV 章では、一定のずり速度下において応力と複屈折分布が周期的に振動する挙動を、ひも状ミセルの伸び切りを考慮した応力光学則を用いて解析している。伸び切り効果を現象論的に導入すれば、流動が不安定化した後でも応力光学則が成立することを確認している。これは流動の不安定化の前後で応力の起源に変化がないことを示しており、ひも状ミセルの基本的な構造は流動誘起構造形成時でも変化しないことを明らかにしている。 V 章では、IV 章での結果を踏まえ、複屈折分布と応力応答をより詳細に解析し、流動の空間分布は内部ひずみの分布に対応すること、さらにこの結果は架橋網目構造のサイズの変化として理解できることを明らかにしている。 VI 章は、研究の総括である。 以上の結果は、流動誘起構造発現の分子論的解釈を進める上で、重要な知見である。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。			