

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		液晶電気対流の乱流間転移で探る、非平衡臨界現象における対称性の寄与の実験的解明			
研究テーマ (欧文) AZ		Turbulence-turbulence transition in the electroconvection of liquid crystals elucidates the effect of symmetry in non-equilibrium critical phenomena			
研究氏 代表 者	カナ CC	姓) タケウチ	名) カズマサ	研究期間 B	2011~2013年(内1年間)
	漢字 CB	竹内	一将	報告年度 YR	2013年
	ローマ字 CZ	Takeuchi	Kazumasa	研究機関名	東京大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻 助教			
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)					
<p>ある種のネマチック液晶に比較的強い交流電場を印加した際に見られる、dynamic scattering mode 1, 2 (DSM1, DSM2) と呼ばれる2つの乱流状態に注目し、その間の非平衡相転移の物理的性質を調査した。これまでの研究代表者らの研究により、付加的な対称性のない水平配向状態での DSM1-DSM2 転移は、directed percolation クラスという非平衡相転移の基本的な普遍クラスに属することがわかっていた。これを踏まえ、本研究では、(1)ツイスト配向状態の実現によりアップダウン対称性を導入した場合の非平衡臨界現象の変化、(2)高電圧下で DSM2 相がドメイン成長をする場合の、界面ゆらぎの普遍法則とドメイン形状の対称性との関係の解明に取り組んだ。</p> <p>(1)ツイスト配向状態の実現によりアップダウン対称性を導入した場合の非平衡臨界現象の変化</p> <p>対流セルの上下面で液晶分子の配向方向が直交したツイスト配向状態では、バルク中の分子配向に捻じれが生じ、左捻じれと右捻じれが等価であることから、ねじれの符号に関してアップダウン対称性(Z_2 対称性)が付加したと考えられる。この場合、DSM1 相には左捻じれのものと同捻じれのもの二種類が存在し、DSM1-DSM2 転移は、二種類の DSM1 相の共存状態が持続するか否かによって定義することができる。本研究により、転移点では、二種類の DSM1 相の界面長さが時間に対して対数的に減衰するという結果を得た。これは理論的には voter 普遍クラスに期待される挙動であり、アップダウン対称性によって臨界現象の普遍クラスが変化したことが窺える。これを確認するためには、実験的に実現するアップダウン対称性の精度を上げるのが肝要であり、そのために必要な配向技術の導入も本研究で行った。具体的には、通常用いられるラビング配向法に代えて、光感受性配向剤と偏光紫外線を用いて配向を行う方法を試みた。安定的な配向の実現には更なる実験条件の精査が必要であるが、高精度のツイスト配向の実現に向けて有望な状況にある。</p> <p>(2)界面ゆらぎの普遍法則とドメイン形状の対称性との関係</p> <p>印加電圧が転移点より高く、DSM2 相が安定的に成長を続ける場合は、DSM1-DSM2 界面はランダム成長過程に特有のゆらぎを示す。この界面ゆらぎは Kardar-Parisi-Zhang (KPZ) 普遍クラスという、界面成長の基本的普遍クラスに従うことが研究代表者のこれまでの研究で明らかになっていた。本研究では、この界面ゆらぎにおいても対称性が及ぼす普遍クラスへの影響を調査した。具体的には、界面形状が円形の場合と平面の場合の2つの代表的な対称性に注目し、界面ゆらぎの分布や相関を測定したところ、それぞれに異なる普遍的挙動を確認し、KPZ クラスが界面形状によって異なるサブクラスに分離するという非自明な結果を得た(次ページ文献2)。実験成果の数値計算による裏付けも本研究で行った(文献1)。さらに、平面界面が時間の経過とともに定常状態に近づく際にも新たな普遍スケーリング則が現れることを発見した(文献3)。以上の内容は理論的関心が非常に高く、本研究による実験成果を受けて行われている理論研究も多い。</p>					
キーワード FA	非平衡相転移	臨界現象	スケーリング則	液晶	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Statistics of circular interface fluctuations in an off-lattice Eden model							
	著者名 ^{GA}	K. A. Takeuchi	雑誌名 ^{GC}	Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment					
	ページ ^{GF}	P05007/1 ~ 17	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	2012
雑誌	論文標題 ^{GB}	Evidence for Geometry-Dependent Universal Fluctuations of the Kardar-Parisi-Zhang Interfaces in Liquid-Crystal Turbulence							
	著者名 ^{GA}	K. A. Takeuchi, M. Sano	雑誌名 ^{GC}	Journal of Statistical Physics					
	ページ ^{GF}	853 ~ 890	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	147
雑誌	論文標題 ^{GB}	Crossover from Growing to Stationary Interfaces in the Kardar-Parisi-Zhang Class							
	著者名 ^{GA}	K. A. Takeuchi	雑誌名 ^{GC}	Physical Review Letters					
	ページ ^{GF}	210604/1 ~ 5	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	110
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

The project has dealt with non-equilibrium phase transitions between two turbulent states of electrically-driven liquid crystals, called the dynamic scattering modes 1 and 2 (DSM1 and DSM2). The investigator had previously shown that the transition belongs to the directed percolation universality class under the planar alignment of liquid crystal molecules, which corresponds to the situation without any additional symmetry. The present study has investigated the effect of symmetry in this DSM1-DSM2 transition by the following two approaches: (1) critical behavior of the DSM1-DSM2 transition under an up-down symmetry realized by twist alignment, (2) interface fluctuations of DSM2 domains growing under high applied voltage and their relation to the symmetry in the domain geometry.

Concerning (1), the investigator and his coworkers have found that the transition can be characterized as a coarsening process, in the configuration of two symmetric DSM1 domains of opposite helicities. In particular, the length of the interfaces has been found to decay logarithmically in time. This suggests that the transition is now described by the voter universality class. To confirm this statement, it is necessary to improve the quality of the experimentally realized up-down symmetry. To this end, the investigator has introduced a new surface treatment technique that utilizes polarized ultraviolet light and marked promising progress, though further inspections of experimental conditions are needed.

The part (2) concerns interface fluctuations characteristic of random growth processes. Earlier studies by the investigator had shown that those for the DSM2 growth are governed by the Kardar-Parisi-Zhang (KPZ) class, the basic class for such growth processes. The present study has focused on two basic symmetries in the domain geometry, namely circular and flat interfaces, and found a nontrivial result that they belong to two distinct subclasses in the KPZ class. The investigator has also performed numerical simulations to support universality of experimental results, as well as found novel scaling laws that describe how the flat interfaces approach the stationary state. The experimental results have led to a number of theoretical investigations, reflecting strong theoretical interest of the subjects.