

平成 23 年 4 月 11 日現在

機関番号 17104

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540428

研究課題名 (和文) スメクチック液晶ゲルの体積相転移の理論的研究

研究課題名 (英文) Volume phase transitions of smectic liquid crystalline gels

研究代表者

松山 明彦 (Akihiko Matsuyama)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：60252342

研究成果の概要 (和文)：

側鎖型液晶高分子ゲルの体積相転移を記述する理論モデルを構築した。ここでは温度変化や力学的変形による、等方相-ネマチック相-スメクチック A 相転移を伴う液晶ゲルの膨潤や収縮の問題に取り込んだ。3つの異なるネマチック相やスメクチック相の新しい構造相転移を理論的に予測できた。さらに、等方相-ネマチック相転移や等方相-スメクチック相転移やネマチック相-スメクチック相転移において、ゲルの体積が不連続に飛ぶことを見つけた。ゲルを構成するバックボーン鎖や側鎖の構造はゲルの変形を理解する上で重要であることを示した。これらの結果は今後の液晶ゲルの基礎物性に重要である。

研究成果の概要 (英文)：

We present a mean field theory to describe volume phase transitions of side-chain liquid crystalline gels, accompanied by isotropic-nematic-smectic A phase transitions. Three different uniaxial nematic phases and smectic A phases are defined by using orientational order parameters and translational order parameters. We find that the liquid crystalline gel discontinuously changes the volume at an isotropic-nematic, an isotropic-smectic A, and a nematic-smectic A phase transition. The conformation of backbone chains and mesogenic side groups are important to understand the swelling behaviors of liquid crystalline gels. We hope that these results encourage further experimental studies of the liquid crystalline gels.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・生物物理・化学物理

キーワード：液晶ゲル, スメクチック相, ネマチック相, 液晶エラストマー, 体積相転移, 応力, 歪み

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の4年前では、温度変化により、液晶ゲルが等方相からネマチック相に相転移するとき、液晶ゲルの体積が不連続に、あるいは連続的に変化することが、理論的にも実験的にも観測されていた。溶媒を含んでいないスメクチック液晶エラストマーの力学変形に関する研究はたくさんあったが、一方、溶媒と混合したスメクチック相構造をもつ液晶ゲルの体積相転移に関しての問題は、実験的にも理論的にも研究されていない状況であった。

2. 研究の目的

本研究では、ネマチック相に加えて、スメクチック相構造をもつ液晶ゲルの体積相転移を記述するための統計力学的モデルの構築を行い、スメクチック液晶ゲルの自由エネルギーを計算することが、まず第1の目的であった。その自由エネルギーを基礎として、温度、電場や磁場の外場、さらに力学的変形に対する、液晶ゲルの体積相転移や変形の問題を明らかにすることが目的であった。

3. 研究の方法

側鎖型液晶高分子の、主鎖と側鎖の配向秩序パラメーターを区別することで、液晶高分子の内部構造について明らかにする。さらに、スメクチック相とネマチック相の秩序パラメーターを考慮した弾性自由エネルギーを構築し、液晶ゲルが等方性溶媒に解けている場合と、液晶性溶媒に解けている場合について、液晶ゲルの自由エネルギーの構築をおこなう。この自由エネルギーから、熱平衡状態におけ

る液晶ゲルの温度に対する膨潤度や形状と、液晶相転移の関係を明らかにする。

4. 研究成果

主な成果は以下の通りである：

1. ネマチック相-スメクチック相転移に伴い、液晶ゲルの連続的又は不連続的体積相転移が起こることを示した。さらに、ゲルと溶媒の相互作用の強さにより、1次相転移、2次相転移さらに、3重臨界点の存在などをあきらかにした。

2. 側鎖型液晶ゲルの、主鎖と側鎖の配向により、3つのネマチック相とスメクチック相が存在することを理論的に示した。さらに、温度変化による、構造相転移と体積相転移の関係について理論的に予測した。ネマチック相-スメクチック A 相転移に伴い、液晶ゲルの体積が不連続に変化することを見つけた。

3. 液晶溶媒に解けた側鎖型液晶ゲルの体積相転移と温度の関係について研究した。液晶溶媒の相転移温度と側鎖型液晶の相転移温度が競合する結果、3段階の体積相転移が起こることを理論的に示した。

4. 力学的変形による液晶ゲルの応力-歪み曲線の計算をおこなった。スメクチック相の配向方向に平行に変形を加えていくと、液晶ゲルがスメクチック相から等方相への構造変化を行い、応力が著しく低下することを予測した。

以上の結果は、今後、溶媒分子を含んだ液晶ゲル・液晶エラストマーにおいて、スメクチック相構造を基礎とした、新しい物性として重要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① A. Matsuyama, “Theory of binary mixtures of a rodlike polymer and a liquid crystal”, J. Chem. Phys. 132, 214902-(1-10), (2010). 査読有。
- ② A. Matsuyama and Y. Kushibe, “Three stage-volume phase transitions of a side chain liquid crystalline elastomer immersed in nematic solvents”, J. Chem. Phys. 132, 104903-(1-10), (2010). 査読有。
- ③ 松山明彦, 高分子と液晶の相分離, 高分子, vol.59, 486-487, (2010). 査読有。
- ④ A. Matsuyama, Phase separations in mixtures of a liquid crystal and a nanocolloid particles, J. Chem. Phys. 131, 204904-(1-12), (2009). 査読有。
- ⑤ A. Matsuyama, “Volume phase transitions of smectic gels”, Phys. Rev. E 79, 051704-(1-11), (2009). 査読有。
- ⑥ A. Matsuyama, “Morphology of spinodal decompositions in liquid crystal-colloid mixtures”, J. Chem. Phys. 128, 224907-(1-8), (2008). 査読有。
- ⑦ A. Matsuyama, “Phase separations in liquid crystal-colloid mixtures”, J. Chem. Phys. 128, 044907-(1-11), (2008). 査読有。
- ⑧ A. Matsuyama, “Theory of volume phase transitions of a side-chain liquid crystalline gels”, J. Chem. Phys. 127, 084906-(1-9), (2007). 査読有。
- ⑨ Y. Kushibe and A. Matsuyama, “Tricritical point induced by smectic ordering of a nematic gel, J. Chem. Phys. 126, 034901-(1-8) (2007). 査読有。

[学会発表] (計 30 件)

- ① 松山明彦, 棒状分子と液晶分子の混合系の相分離, 日本物理学会秋季大会, 2010年9月23日, 大阪府立大学
- ② 松山明彦, 棒状分子と液晶分子の相分離, 液晶討論会, 2010年9月6日, 九州大学
- ③ A. Matsuyama, Theory of binary mixtures of rod and liquid crystal, 2010年7月11日, 23rd International liquid crystal conference, Kurakow, Poland
- ④ A. Matsuyama, Three stage volume phase transitions of side-chain liquid crystalline gels, 2009年9月26日, 5th international liquid crystal elastomer conference, Kent, USA.
- ⑤ 松山明彦, 液晶ゲルの構造と体積相転移, 液晶討論会, 2009年9月13日, 東京農工大学
- ⑥ 松山明彦, 側鎖型液晶高分子ゲルの体積相転移, 田中豊一ゲルシンポジウム, 2009年8月5日, 九州大学
- ⑦ 松山明彦, 液晶-コロイドの相分離, 液晶討論会, 2008年9月17日, キャンパスプラザ京都
- ⑧ A. Matsuyama, Phase separations in liquid crystal-colloid mixtures, 2008年6月27日, 7th liquid matter conference, Lund, Sweden.
- ⑨ A. Matsuyama, Volume phase transitions of side-chain liquid crystalline gel, 2007年9月29日, International liquid crystal elastomer conference, Ljubljana, Slovenia.
- ⑩ 松山明彦, スメクチック液晶ゲルの体積相転移, 日本物理学会秋季大会, 2007年9月21日, 北海道大学

〔図書〕（計1件）

- ① A. Matsuyama, WILEY-VCH, 2010,
Thermodynamics of Flexible and rigid rod
polymer blends, Chapter2 p45-p100, in
Encyclopedia of polymer blends, Vol.1 ed.
A. I. Isayev.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.bio.kyutech.ac.jp/~aki/>

6. 研究組織

研究代表者

松山 明彦 (MATSUYAMA Akihiko)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・

准教授

研究者番号：60252342