

二国間交流事業 共同研究報告書

平成23年4月13日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東京工業大学大学院・理工学研究科

職・氏名 (ふりがな) 准教授・石川 謙 いしかわ けん

1. 事業名 相手国（ロシア）との共同研究 振興会対応機関（ RFBR ）

2. 研究課題名 極性液晶相の統一理論構築と高性能ディスプレイへの応用

3. 全採用期間

平成21年4月1日～平成23年3月31日（2年0ヶ月）

4. 研究経費総額

(1) 本事業により交付された研究経費総額 4800 千円

初年度経費 2350 千円、 2年度経費 2450 千円、 3年度経費 0 千円

(2) 本事業による経費以外の国内研究経費総額 120 千円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
石川 謙 <small>いしかわ けん</small>	東京工業大学・准教授	極性液晶の実験的研究
竹添 秀男 <small>たけぞえ ひでお</small>	東京工業大学・教授	屈曲型極性液晶の物性
福田 敦夫 <small>ふくだ あつお</small>	東京工業大学・名誉教授	極性液晶構造に関する知見の提供
荒岡 史人 <small>あらかみ しんと</small>	東京工業大学・助教	分光による極性液晶の構造研究
Guo Ling Feng <small>ぐお りん ふう</small>	東京工業大学・博士課程学生	極性液晶の光電特性測定
向後 伶利 <small>こうご れいり</small>	東京工業大学・修士課程学生	非線型分光による極性構造の評価
永山 裕貴 <small>ながやま ゆうき</small>	東京工業大学・修士課程学生	円偏光二色性による液晶構造の評価
磯部 和宏 <small>いそべ かずひろ</small>	東京工業大学・修士課程学生	極性構造の微小複屈折測定

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 モスクワ大学・副学長・教授・ A. R. KHOKHLOV

(3) 相手国参加者（代表者の氏名の前に○印を付すこと）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
○A. R. KHOKHLOV	モスクワ大学・副学長・教授（ロシア）	ソフトマテリアルに関する物理理論
A. V. EMELYANENKO	モスクワ大学・准教授（ロシア）	極性液晶の理論及びコンピュータシミュレーション

6. 研究概要（研究の目的・内容・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

液晶テレビや、コンピュータディスプレイなどの液晶表示装置にはネマチック液晶が使われている。ネマチック液晶は結晶と液体の中間状態で、細長い分子の長軸が揃った光学的異方性を持ち非極性な流体である。液晶には、ネマチック液晶以外に、層構造を持つスメクチック液晶があり、それらの中には一つの層内で分子の双極子方向が揃った極性構造をとるものがある。これらの液晶は、隣接層間の極性の方向変化により、強誘電・反強誘電・フェリ誘電などの様々な極性構造をとる。特にフェリ誘電構造には多様性があり、その発現機構はソフトマテリアルにおける自発的長周期構造の形成の観点から基礎科学的に興味深く、その解明が待たれている。また、これらの極性液晶は、巨視的な極性を持たないネマチック液晶より高速な電場応答が可能であることから、表示デバイスへの展開が期待されている。

本共同研究は、これらの極性構造を有する液晶相について、日本側が実験を、ロシア側がコンピュータシミュレーションを含む理論を中心に研究を行い、両者の統合の元に全体的な理解を深め、電気光学デバイスへ応用する手法の開発を目的とする。

これまで、フェリ誘電状態に関しては、実験的に4層周期構造が最長であると考えられていた。それに対して、強誘電性液晶／反強誘電性液晶混合2成分系において、強誘電状態から反強誘電状態へ連続的に変化する系を実験的に見いだした。この過程において、従来信じられていたよりも、長い周期構造の状態が出現していることが実験的に示唆された。これに対応して、ロシア側が、離散撓電効果を含んだ理論を元にしたコンピュータシミュレーションを行い、4層を超える周期の層構造の理論的再現に成功した。この結果は、生体膜を含む層状の柔らかい物質における自発的な構造形成に関して、新しい機構を示すものである。しかしながら、その一方で、光学スペクトルの実験からは100層程度の周期の構造を考える必要があることが示されたのに対し、対応する計算機シミュレーションにおいては、計算コストの問題から数十層以上の周期構造に対する理論的シミュレーションが困難であるため、これまでとは異なる理論的アプローチが必要であることが認識され、次の段階へのステップとしてロシア側と検討を行っている。

様々な極性構造では、隣接層間で分子のパッキングが異なるために、構造が違う液晶相では、分子の運動性も変化する可能性が指摘されている。これまで、液晶状態における分子運動の直接測定は行われていなかったが、福井大学遠赤外線領域開発研究センターの協力の下にTHz領域の分光測定を行い、分子の運動性に関する知見の測定を試みた。その結果、巨視的な自発分極値が小さな試料では非極性相と極性相の間で有意な違いが見られなかったが、一部の自発分極値が大きな試料で、非極性相との間に違いがあることが見いだされた。この結果はTHz領域の分光測定が分子の運動性を理解する新しい測定手段となる可能性があることを示している。

極性液晶に関しては、上述のように、ネマチック液晶より高速な応答性を有することは分かっていたが、2状態の変化を使うために中間調の表示が困難であること、均一なデバイス構築が容易でないこと、衝撃に弱いといった理由から、開発が停滞していた。本研究で見いだされた連続的な変化をする系では、電場に対しても滑らかな応答をするので、中間調表示が可能であることが示された。一方、均一なデバイス構築と耐衝撃性については、層構造が関係するために、液晶を均一に配向してデバイスを作る限りは解消が容易ではない。そこで、この困難を回避するために、これらの液晶を微小空間に閉じ込めることにより、疑似的に等方的な状態を実現し、その状態から電場により複屈折を誘起し、電気光学的スイッチを行うというアイデアが生み出された。この手法により、より広い温度領域で、温度依存性の小さな特性が得られる事が原理的に期待されることから、本研究に継続する新たな展開が拓かれた。