

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月28日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
国立研究開発法人理化学研究所・創発物性科学
研究センター
[職・氏名]
チームリーダー・荒岡 史人
[課題番号]
JPJSBP 120214814

1. 事業名 相手国: ロシア (振興会対応機関: RFBR)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 巨大誘電率を示す強誘電ネマチックの物理 - 実験・理論の相補的挑戦

(英文) Emergence of giant dielectric susceptibility in polar nematic liquids

3. 共同研究実施期間 令和3年4月1日～令和5年3月31日 (2 年 0 ヶ月)【延長前】 年 月 日 ～ 年 月 日 (年 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Lomonosov Moscow State University・Research Associate・Rudyak Vladimir

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,750,000 円
内訳	1年度目執行経費	2,375,000 円
	2年度目執行経費	2,375,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	8名
相手国側参加者等	10名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0(0)
2年度目	0	2	0(0)
3年度目			()

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本交流事業では、近年注目を集めている巨大誘電率を示す強誘電ネマチック液晶について、その学理を探究すべく、日本とロシアがそれぞれ得意としている実験と理論を相補的に持ち寄ることで研究交流とともに学術深化を目指すものであった。当初の予定では、2年間の交流の各年度で互いを訪問し、打ち合わせやセミナーのほか、実験や理論計算をともに行うことで交流を進める予定であった。しかしながら、新型コロナウイルス感染症の世界的な流行により、双方の国とも厳格な入国制限を行っていたため、実質的に不可能となった。しかしながら、この間にインターネットを通じたオンライン会議ツールが非常に発展し、インターネット通話においても多くのメンバーが同時参加しながらにして議論を進める環境が得られるようになった。これにより、立案時点では困難と考えられてきたオンラインでの交流により、互いの実験内容や理論を議論することができた。スマートフォンやタブレットといったスマートデバイスの普及によって、実験装置や計算装置を前にしてのオンライン交流も行うことができ、実際に互いの研究室を訪れるのには到底及ばないながらも、十分に研究交流ができたと考えられる。本事業による助成の一部は、こうしたオンライン交流環境の整備に支出を行った。これら交流により以下項目(2)に記載するような学術的成果が得られ、ともに発表を行ったほか、現在もこのほかの成果について発表へ向け論文を共同執筆中である。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

上述の通り、本研究では近年注目を集め、多くの研究者が参入している強誘電ネマチック液晶についての研究を行った。特に、流動性と強誘電性という一見相反する性質をどのように安定化させ、同時に実現しているのかが重要な学術的テーマとなっていた。本研究では、実験を日本で行い、その知見をもとにロシアが理論構築を行うことで、この理解を試みた。初年度の研究開始直後には、実験結果と相互の議論をもとに目指すべき粗視化した分子モデルと構造を定め、これをもとにロシアがプログラミング・シミュレーションを行うことで、初年度末～2年目の始めには、強誘電性相転移の再現に初めて成功した。また同時に、反強誘電性-強誘電性相転移の存在も示され、これまでの実験結果で知られていた未知の液晶相が、これまでに報告のなかった反強誘電性のネマチック液晶であることが示唆された。このことは、奇しくも同時期にアメリカの研究グループにより報告された実験結果とも一致しており、理論による裏付けは非常に意義深いと言える。この成果は、共同執筆論文が国際誌に掲載されたほか、双方のグループにて国際学会で報告され、また今後も報告する予定である。この成功を起点に2年目以降、さらに外場の存在下における相転移挙動についても理論構築を行い、電場印加時における強誘電相転移挙動についての結果を得ている。これについては理論が先行しており、現在実験を進めているが、電場による反強誘電性の不安定化、ひいては相転移の制御という、本系の構造安定化に関わる重要な内容であるため、今後の早い時期に共著論文として成果発表する予定である。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

本交流事業は、我が国のチームが電気測定や光学測定、観察といった実験を得意とする一方で、相手国(ロシア)が、液晶の相転移における物理理論や数値計算(シミュレーション)を得意としており、また双方が液晶やソフトマターに深い知見を有していることから、それぞれ単独では得られない高いレベルでの学術深化を行うことを目的にした交流であった。国内には、液晶分野で似たアプローチによる理論研究を行う研究者は少なく、したがって、単独のチームではなしえない上記学術的成果を得たことそのものが国際共同研究を行ってきた大きな意義といえる。これらに加え、本研究の過程で生まれた新たな研究発案もあった。議論の過程では、上記、電場印可下における強誘電性ネマチック液晶の発見から実験を開始し、それにより従来の液

品にはないダイナミックな挙動として周期パターンの移送挙動を発見した。このほか、非線形光学効果など、本交流事業による共同研究を通じて発展した、当初の計画になかった新たなテーマを立ち上げ、現在我々の手で推進をしている。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

現時点では直接的な形での社会貢献は見えていないが、本研究で題材としている強誘電性ネマチック液晶は、流動性に加えて巨大な誘電率・強誘電性という、これまでの常識では諮れない相状態を示すことから、その起源を知り物理描像を得ることは科学的に高いインパクトを持つ。特に、破格に大きな誘電率は、大容量の蓄電素子を実現する原理ともなり(日本チームはこれを用いたキャパシターを発案し既に特許出願も行っている)、これに加えて液晶の持つ本質的な流動性が加わることで、ロボティクス向けなど画期的応用への展開も見込まれる。このような前代未聞の物性の持つ応用への潜在性は無限であり、これまでの固定観念では発想し得ないユニークな応用を生むものと信じている。特に液晶は、有機物質群の中でも電子機能材料として工業的に成功した数少ない例であり、我が国においては材料技術基盤が存在する。本研究により得た知見を足がかりとし理解を深め、さらなる材料開発に拍車がかかることで、現在の成熟した液晶産業をベースとしながらも新たな産業の創出・拡張へと繋げることができれば、大きな社会的な貢献となることに疑いの余地はないと考えている。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

日本側の参加者は、代表者を除いて全員が博士取得後5年以内の若手メンバーにより構成されており、ロシア側も10人中7名が大学院生、1名が博士取得後数年の若手であった。これら若手メンバーは実際に実験や計算などの研究活動を行うだけでなく、ミーティングに参加し活発な議論を行うことで交流を行った。本提案は基本的に相補的協力であり、若手にとっては異分野の研究者との議論や研究の推進を経験する貴重な場を提供した。ミーティングでは研究の進捗や成果について報告し、積極的に発言する場を与えることで、コロナ禍のために出席のできなかった国際学会における成果発表・議論などに替わる貴重な対外活動の機会とすることができた。このことは、本事業によって若手にもたらされた最も良かった点といえる。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

上述の通り、本事業を起点とした成果創出はまだ続けられている。この期間中に得られた結果は、これから論文や国際会議における発表にて報告されるほか、当初予定されていなかったにもかかわらず本事業の活動を通じて発案・発見されたテーマについても継続的に研究を行ってゆく。相手国との今後の交流については、ロシアを取り巻く国際情勢の悪化により、その展望は不透明といわざるを得ないが、国際情勢の悪化以前にコロナ禍により利便性の増したオンライン技術を主体とした交流については、本事業の遂行によって手法が十分に確立されたといえる。特に、我々の実験と理論という役割分担においては、物質やデータなど重要な技術の受け渡しを行わずに議論を中心とした交流を続けること自体は、技術的には可能であると展望している。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

特になし