



Title	Exploration and control of magnetoelectric properties induced by chirality
Author(s)	上田, 大貴
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/72282">https://hdl.handle.net/11094/72282</a>
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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>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 ( 上 田 大 貴 )	
論文題名	Exploration and control of magnetoelectric properties induced by chirality (キラリティが誘起する電気磁気物性の開拓および制御に関する研究)
論文内容の要旨	
<p>本論文は、下記に示す①磁気構造がキラリティを内包する磁性絶縁体において共存する複数のドメインの観測・制御に基づき秩序変数間の非自明な結合の有無や電気磁気応答の起源を解明する、また②分子配向秩序がキラリティを有する液晶材料においてキラリティに起因した新たな電気磁気応答を開拓する、といったキラリティが鍵を握る電気磁気物性に関する研究について述べたものである。</p> <p>①キラリティを含む様々な秩序変数を可視化するため、ある種のキラル磁気ドメイン観測への適用報告例がある共鳴X線回折に着目した。まず一般の磁性体からの共鳴回折強度を導出し、反強磁性体においても電荷・磁気散乱の干渉効果によって回折強度に偏光依存性が発現し得ることを発見した。この新たに見出された干渉効果および従来から知られている磁気散乱による偏光依存性を用いることで、2種類の六方晶フェライト(Y型：<math>\text{Ba}_{1.3}\text{Sr}_{0.7}\text{CoZnFe}_{11}\text{AlO}_{22}</math>、Z型：<math>\text{Sr}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}</math>)単結晶試料中にそれぞれ共存する2種類の磁気ドメインを分離観測することに成功した。Y型ではスピンキラル構造とup-up-down-down型反強磁性構造が独立したドメインを形成することを明らかにし、磁場によるスピンキラルドメインの選択的制御に成功した。一方、Z型ではサイクロイダル磁気構造とフェリ磁性構造が強く結合したドメインを形成することを明らかにし、磁場印加による両ドメインの同時制御に成功した。ドメインという微視的なスケールでの秩序変数の振る舞いを磁化や電気分極などの巨視的な物性測定結果と組み合わせ、秩序変数の結合・非結合性を物質が持つ対称性から議論するとともに電気磁気応答の起源を解明した。</p> <p>②キラルな分子配向秩序相であるSmC*相でのキラリティに起因した分子配向と電気双極子モーメントの結合に着目し、液晶が持つ外場応答の柔軟性を組み合わせることで、非磁性液晶での磁場による分子配向制御を介した電気分極の制御に室温で成功した。これは従来の電子系に起源を発する電気磁気効果とは異なる液晶ならではのキラリティ誘起物性である。</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 上 田 大 貴 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	鈴木 義茂
	副 査	教 授	関 山 明
	副 査	教 授	井 澤 公 一
	副 査	教 授	木 村 剛
	副 査	准教授	( 東京大学大学院新領域創成科学研究科 ) 若 林 裕 助

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、物質に内包する対掌性（キラリティ）が誘起する特異な電気磁気物性に関する研究についてまとめたものであり、その内容を要約すると以下のとおりである。

第 1 章では、序論として、キラリティに関する一般的な説明に続き、磁気構造にキラリティを内包するマルチフェロイック物質、反強磁性ドメインの観測手法、液晶における分子配列に起因するキラリティおよび強誘電性についてなど、本研究に関連するキラリティに関わる物質・物性の研究の沿革を記載したうえで、本研究の目的を述べている。

第 2 章では、磁性体における共鳴 X 線散乱に関して、入射 X 線の円偏光依存性に着目した散乱断面積の導出を行い、円偏光 X 線回折が種々の磁気ドメインの観測に適用可能なプローブであることを提言している。

第 3 章および第 4 章では、第 2 章で導出した式を実際のマルチフェロイック物質 ( $\text{Ba}_{1.3}\text{Sr}_{0.7}\text{CoZnFe}_{11}\text{AlO}_{22}$  および  $\text{Sr}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ ) に対する円偏光共鳴 X 線回折の実験結果に適用し、異なるタイプの磁気ドメインの空間分布の観測について記している。また、得られた観測結果に基づいて、これらのマルチフェロイック物質において観測された複数の秩序変数間の結合に関して考察している。その結果、ドメインのスケールでの秩序変数の振る舞いを磁化や電気分極などの巨視的な物性測定結果と組み合わせ、秩序変数の結合・非結合性を物質が持つ対称性から議論するとともに電気磁気応答の起源を明らかにしている。

第 5 章では、液晶において実現するキラルな分子配向秩序相でのキラリティに起因した分子配向と電気双極子モーメントの結合に着目し、液晶が持つ外場応答の柔軟性を組み合わせることで、非磁性液晶での磁場による分子配向制御を介した室温での電気分極の磁場制御に関する結果を記している。

第 6 章では、本研究を総括し、将来展望に関して述べている。

以上のように、本論文研究では、キラリティ、とくに磁気構造・分子配列という 2 つのキラリティに関する観測、制御及びそれに関連する物性開拓を実施した。その主な研究成果を以下にまとめる。

- (a) 円偏光共鳴 X 線回折に着目し、磁性体における種々の磁気ドメインの選択的な判別手法を提案した。
- (b) 提案した手法を応用し、磁気構造がキラリティを内包するマルチフェロイック物質における共存する複数の磁気ドメインの選択的な観測に成功した。
- (c) (b) の観測結果に基づき、各ドメイン対を特徴付ける秩序変数間の非自明な結合の有無や電気磁気応答の起源を解明した。
- (d) (b) キラルな分子配列を有する液晶材料において、従来報告のない液晶材料を使った室温の強誘電分極の磁場制御を実現した。

これらの成果は、キラリティが誘起する電子物性に関する研究の新たなアプローチを提示するものであり、今後のさらなる研究の展開が期待できる。よって本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。