OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Magnetoelectric Properties in a Geometrically-Frustrated Triangular Lattice Antiferromagnet CuCrO2
Author(s)	木村, 健太
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/54278
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	木村健太（きむらけんた）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第　２３８７１　号
学位授与年月日	平成22年３月23日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	Magnetoelectric Properties in a Geometrically-Frustrated Triangular Lattice Antiferromagnet $CuCrO_2$ （幾何学的にフラストレートした三角格子反強磁性体$CuCrO_2$における電気磁気特性）
論文審査委員	（主査） 教授　木村　剛 （副査） 教授　北岡　良雄　　教授　鈴木　義茂 教授　川村　光（理学研究科）

論文内容の要旨

近年、磁気フラストレーションを内包する系において、しばしば磁性と強誘電性に強い結合（電気磁気結合）が現れることが明らかとなり注目を集めている。本研究では、幾何学的フラストレーション系の代表である三角格子反強磁性体（略して、TLA）に着目し、新たな電気磁気結合物質の発見、その電気磁気特性の実験的解明、さらには、TLAの特性を反映した新奇な電気磁気応答の発見を目的とした。

具体的な研究対象として、古くから知られる二次元TLAである$CuCrO_2$を選択した。フラックス法を用いて単結晶を育成し、その物性（磁性・誘電性・結晶構造）をマクロ測定手法（磁化測定・比熱測定・誘電測定・マクロ歪み測定）とミクロ測定手法（中性子回折・放射光X線回折）を組み合わせることで詳細に調べた。なお、単結晶を用いた本物質の物性測定は過去に報告がない。

はじめに、零磁場における本物質の電気磁気特性の測定を行い、温度低下に伴って二段階の磁気相転移が発生すること、また、基底磁気相への磁気秩序化に伴って三角格子面内に強誘電性が出現することを発見した。さらに、我々が決定した基底磁気構造の電場応答を観測することにより、本物質における強誘電性が非整合螺旋型磁気秩序によって誘起されていることを直接示した。次に、電気磁気特性に対する磁場印加効果を調べ、本物質が二次元TLAとしては新奇な磁気相転移を示し、この相転移を介して電気分極の90度フロップ現象に起因する巨大な電気磁気応答が出現することを発見した。さらに、本物質が従来にない電場と磁場双方による電気分極反転制御が可能な螺旋磁性誘起型強誘電体であることを発見し、その起源を三角格子面内の高い等方性に着目して説明した。最後に、本物質の結晶構造について調べ、磁気秩序化に伴って三角格子に歪みが生じること発見した。この三角格子の歪みと、非整合性の起源および磁気転移の起源との関連を議論した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、幾何学的フラストレーション系の代表である三角格子反強磁性体に着目し、新たな電気磁気結合物質の発見、その電気磁気特性の実験的解明、さらには、三角格子反強磁性体の特性を反映した新規な電気磁気応答の発見を

目的とした研究をまとめたものである。具体的な成果としては、典型的な三角格子反強磁性体の一つである$CuCrO_2$の単結晶試料の作成に成功し、磁化率・誘電率・電気分極および磁気歪みなどの測定を組み合わせることにより、同物質におけるスピンーカイラルな強誘電ドメイン構造の理解およびその電場・磁場制御を実現した。本論文の内容を要約すると以下の通りである。

(1) 第１章では、序論として、電気磁気効果、フラストレート磁性、本論文で取り扱った三角格子反強磁性体$CuCrO_2$についてのこれまでの研究の沿革を整理したうえで、本研究の目的を述べている。
(2) 第２章では、研究手法の説明を行い、フラックス法を用いての単結晶を育成およびその物性（磁性・誘電性・結晶構造）測定に関する手順および原理の詳細を述べている。単結晶を用いた本物質の物性測定は本研究が初めてであり、さらに測定手法として、マクロ測定手法（磁化測定・比熱測定・誘電測定・マクロ歪み測定）とミクロ測定手法（中性子回折・放射光X線回折）といった多角的な物性測定を行っている。
(3) 第３章では、$CuCrO_2$における外場のない基底状態における磁性および強誘電性について議論し、温度変化による二段階の磁気相転移の発生、基底磁気相への磁気秩序化に伴う三角格子面内の強誘電性の出現、さらに基底磁気構造の決定といった同物質における磁性および誘電性の新たな知見を提供している。これらの結果を統合的に議論することにより、本物質における強誘電性が非整合螺旋型磁気秩序によって誘起されるスピンカイラリティと１対１に対応していること、さらに電場によるスピンカイラリティの制御が可能であることを直接的に示している。
(4) 第４章では、同物質の磁性および強誘電性に対する磁場印加の効果が述べられ、磁場印加による螺旋面の90°フロップを特徴とする一次転移の磁気相転移の発見、この磁気相転移に伴う強誘電電気分極の90°フロップに由来する巨大な電気磁気効果の発見、磁気および強誘電ドメイン構造に関連した特徴的な電気分極反転の磁場および電場依存性の発見が示されている。
(5) 第５章では、同物質の磁気転移に伴う微小な結晶構造歪みの発見について述べられ、この構造歪みと基底状態における非整合な磁気構造との関連性について議論している。
(6) 第６章では、本研究論文が総括されている。

以上のように、本論文は磁気秩序誘起の強誘電性を示す三角格子反強磁性体$CuCrO_2$における様々な巨視的および微視的な物性さらにそれらの相関を詳細に調べることにより、フラストレート磁性体におけるスピンカイラリティなど特異な物理量の検出および制御の可能性を提示した。これらの結果は今後の同研究分野の新展開につながるものと思われる。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。