

研究種目： 若手研究(B)
 研究期間： 2008 ~ 2009
 課題番号： 20740211
 研究課題名(和文) イリジウム酸化物の強相関電子物性の研究
 研究課題名(英文) Research on correlated electronic properties of iridium oxides
 研究代表者
 大串 研也 (OHGUSHI KENYA)
 東京大学・物性研究所・特任講師
 研究者番号： 30455331

研究成果の概要(和文)： ポストペロブスカイト型イリジウム酸化物 CaIrO_3 は、115 Kで反強磁性転移を示す。X線磁気ブラッグ散乱を用いて、反強磁性磁気構造を決定した。更に、軌道状態がスピン軌道相互作用の影響を強く受けていることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)： CaIrO_3 with the post-perovskite structure undergoes the antiferromagnetic transition at 115 K. We have revealed the magnetic structure of the low temperature phase by utilizing the resonant x-ray scattering. We also clarified that the orbital state is strongly influenced by the spin-orbit coupling.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |
| 2009年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 総計 | 3,400,000 | 1,020,000 | 4,420,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性II

キーワード：強相関系

1. 研究開始当初の背景

イリジウムを含む酸化物で、金属絶縁体転移などの新奇な強相関電子物性が発現するとの報告がなされていた。特異な量子秩序相発現の起源として、4価のイリジウムが $S = 1/2$ の量子スピンを有する事や、5d電子系で局在を促す電子相関効果と遍歴を促す波動関数の広がり具合が拮抗していることが推定されていた。より微視的な観点からエキゾチック電子相を理解することが望まれていた。

2. 研究の目的

本課題の研究代表者は、ポストペロブスカイト型イリジウム酸化物 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$ の電子物性を調べてきた。Mott絶縁体である CaIrO_3 へ、CaをNaに置換することでホールを導入すると、系は金属化する。この系は、擬2次元系におけるフィリング制御型のモット転移という観点から興味深い一方で、そもそも母物質である CaIrO_3 が示す強い磁気異方性を有する反強磁性相の理解が不十分であった。そこで、 CaIrO_3 の磁気構造と軌道状態を解明することを研究目的とした。

3. 研究の方法

スピン構造を決定する手段として最も用いられているのが中性子磁気散乱法である。しかし、イリジウムは中性子を著しく吸収するため、中性子で磁気反射を観測することは不可能である。従って、X線磁気ブラッグ散乱法を適用した。実験は、SPring8 BL02B1及びBL19LXUで実施した。入射エネルギーをイリジウムのL吸収端に合わせ共鳴効果により強度を稼ぐことで、一般には弱い磁気反射を観測することができる。こうした手法を適用できるのは、5d遷移金属のL吸収端が回折実験に適切な波長を有するからである。

X線磁気ブラッグ散乱は、高品質の結晶に対し実施する必要がある。従って、ポストペロブスカイト型CaIrO₃単結晶を、フラックス法を用いて育成した。実験室系の四軸X線回折計を用いて結晶性を十分チェックした後、放射光設備で実験を行った。

4. 研究成果

ポストペロブスカイト型イリジウム酸化物CaIrO₃の単結晶育成に成功した(図1)。CaCl₂をフラックスとし、1250℃から徐冷することで、最長2mmのa軸方向に伸びた針状結晶を得た。育成試料に対する磁化測定から、115 K以下で発現する弱強磁性がb軸方向を向いていることを明らかにした。



図1. CaIrO₃単結晶

X線磁気ブラッグ散乱実験の多くは、入射光波長を強い共鳴効果が期待されるL₃吸収端に合わせて実施した。はじめに、ATS散乱の寄与を取り除くため、入射光の偏光方向をa軸に平行にした。00*l* (*l*: 奇数)に、超格子反射を観測した(図2)。これらの反射は、σ入射 π反射の偏光依存を示し、また磁気転移温度以上で消失する。従って、磁性由来の反射であると結論付けた。

磁気反射は、a, b軸方向に強磁性、c軸方向に反強磁性的に結合するスピン配置で理解できる。こうしたスピン配置は、IrO₆八面体が頂点共有する方向に反強磁性、稜共有する方向に強磁性的に結合することを予言するGoodenough-Kanamori則と整合する。群の表現論を用いた解析により、スピンの方向を決定することができる。スピンは基本的にはc軸方向に向き、わずかにb軸方向にキャントしていることが判明した。現象論的な考察から、弱強磁性はDzyaloshinskii-Moriya相互作用のみでは理解できず、Irサイトにおける単一イオン異方性が主要な役割を果たしていることが明らかになった。

L₂吸収端においては、実験精度の範囲で磁気反射を観測することができなかった。これは、CaIrO₃においてもSr₂IrO₄と同様に、J_{eff} = 1/2の軌道状態が実現していることを意味している。

一方、入射光の偏光をb軸に平行にすると、ATS散乱の寄与が主要になる。L₂吸収端とL₃吸収端のATS散乱の強度比I(L₂)/I(L₃)は1%程度であり、磁気反射同様、著しい吸収端依存性があることが判明した。このことは、磁気反射のみならず、ATS散乱も軌道状態を調べる有効なプローブであることを示唆している。

以上のように、本研究課題を通して、CaIrO₃の磁気構造と軌道状態を明らかにすることができた。

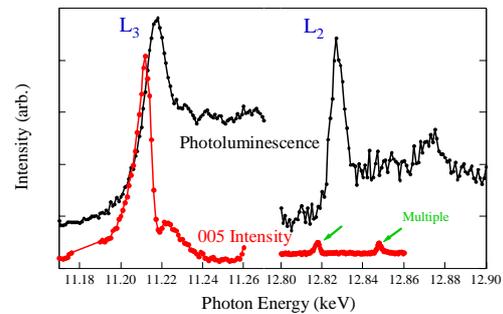


図2. X線磁気ブラッグ散乱

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 2 件)

1. 大串研也, 高圧力の科学と技術, 査読有, 18, 237 (2008).
「ポストペロブスカイトアナログ物質の探索および物性研究」
2. K. Ohgushi, T. Yagi, H. Gotou, Y. Kiuchi, and Y. Ueda, Physica B, 査読有, 404, 3261 (2009).

"Metallization of quasi-two-dimensional Mott insulator CaIrO_3 with $S=1/2$ spins"

[学会発表] (計 4 件)

1. 大串 研也, 市原 正樹, 木内 陽子, 松下能孝, 山本 文子, 高木 英典, 日本物理学会, 2008年9月22日, 岩手大学.
「パイロクロア型酸化物における反転対称性の破れ」
2. 大串研也, 大隅寛幸, 杉本邦久, 山浦淳一, 片山尚幸, 有馬孝尚, 高木英典, 日本物理学会, 2009年3月27日, 立教大学.
「放射光磁気回折を用いた CaIrO_3 の磁気構造の研究」
3. Kenya Ohgushi, 8th Asia-Pacific Workshop, 07/05/09, Yonsei university Seoul, Korea.
"Broken Inversion Symmetry on the Pyrochlore Lattice"
4. Kenya Ohgushi, 22nd International Conference on High Pressure Science and Technology, 07/31/09, Odaiba, Tokyo, Japan.
"Correlated Electronic Properties of Post-Perovskite-type Iridium Oxides"

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://ohgushi.issp.u-tokyo.ac.jp/index.html>

1

6. 研究組織

(1)研究代表者

大串 研也 (OHGUSHI KENYA)

東京大学・物性研究所・特任講師

研究者番号：30455331