

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年 6月 4日現在

機関番号：12601
 研究種目：特定領域研究
 研究期間：2007～2011
 課題番号：19052001
 研究課題名（和文） スピンプラストラーションと磁気強誘電性
 研究課題名（英文） Spin Frustration and Magnetic Ferroelectricity
 研究代表者
 有馬 孝尚（ARIMA TAKA-HISA）
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授
 研究者番号：90232066

研究成果の概要（和文）：

スピンプラストラーションに基づいた磁性強誘電体について、次のような成果を得た。まず、結晶構造・磁気構造に対する磁場効果について実験理論の両面から研究を行い、磁場印加による電気分極の90度回転の機構解明に成功した。その知見に基づいて新規の室温動作磁性強誘電体の開発に成功した。巨大な電気磁気効果に関しては、磁場の印加角度の調節による電気分極の完全反転に成功するとともに、電場印加によるらせん磁性体のヘリシティの制御や、 CuB_2O_4 の磁化方位の回転にも成功した。代表的な磁性強誘電体である TbMnO_3 などの励起状態の研究に関しては、非弾性X線散乱、非弾性中性子散乱とテラヘルツ分光を組み合わせることによって、電気マグノンの実態を解明するなどの成果を得た。理論的な研究としては、新規の磁性強誘電発現機構を提唱した。さらに、三角格子系における電荷整列がもたらすスピンと強誘電性の関連について理論的な知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

Many accomplishments on magnetic ferroelectrics have been obtained. The mechanism of magnetic-field-induced 90-degree rotation of electric polarization has been elucidated by experimental and theoretical investigations. Based on the knowledge, new magnetic ferroelectrics including a room-temperature multiferroic have been developed. As for the giant magneto-electric effects, the reversal in electric polarization induced by a fine tuning of magnetic field direction has been achieved. We have also succeeded in controlling the magnetization direction in CuB_2O_4 as well as the helicity in several helimagnets with the application of an electric field. The low-energy excitation in a representative spin-driven ferroelectric TbMnO_3 has been also studied by inelastic x-ray and neutron scattering as well as THz-light absorption, which provides useful information about the electro-magnons. Through theoretical studies, we propose a new mechanism of spin-driven ferroelectricity. We have also found a strong coupling between spin and ferroelectricity in a triangular lattice with charge-order instability.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	26,000,000	0	26,000,000
2008年度	29,400,000	0	29,400,000
2009年度	28,600,000	0	28,600,000
2010年度	23,700,000	0	23,700,000
2011年度	17,100,000	0	17,100,000
総計	124,800,000	0	124,800,000

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：強相関電子系・磁気記録・磁性・低温物性・強誘電体物性

1. 研究開始当初の背景

当研究グループは、2003年に TbMnO_3 における巨大な電気磁気効果を世界に先駆けて発見した。以来、この現象を示す「マルチフェロイクス」が盛んに研究されていた。その中で、我々はこの分野を牽引する発見を続けてきた。特に、スピンフラストレーションに起因する複雑な磁気秩序が強誘電性の発現と強く関連し、巨大電気磁気効果の主役を演じていることを明らかにしつつあった。

2. 研究の目的

フラストレート磁性体における磁場下での強誘電分極の変化と結晶構造、磁気構造の変化の対応関係を明らかにする。また、フラストレート磁性体における磁気秩序と誘電性の強い結合を利用して新規外場効果を開拓する。具体的な目的として、フラストレート磁性強誘電体について、

- (1) 結晶構造・磁気構造に対する磁場効果の研究を通じた巨大電気磁気効果の機構解明
 - (2) 磁気構造の電場による制御
 - (3) 励起構造の理論的・実験的解明
 - (4) 多分域構造を利用した新規外場応答の理論予測と実現
- を目指した。

3. 研究の方法

次の各項目について、研究を遂行した。

- (1) フローティングゾーン法や溶剤法による良質単結晶試料の作成と評価（有馬、木村、野田、阿部）
- (2) スピンフラストレーションの精緻な調整による新規の磁性強誘電体の開拓（木村、有馬）
- (3) 電気分極に対する磁場効果の測定（有馬、木村、野田、阿部）
- (4) X線回折および中性子回折法による結晶構造解析と磁気構造解析、およびそれを応用した巨大電気磁気効果の機構解明（有馬、野田、佐賀山）
- (5) 磁気構造に対する電場効果の測定（佐賀山、野田）
- (6) 電場を用いた磁化制御（有馬）
- (7) 非弾性 X 線散乱法ならびに非弾性中性子散乱法による低エネルギー励起構造の測定（有馬、梶本、佐賀山）
- (8) 磁気強誘電性や電子強誘電性を発現させる新しい機構の提唱（有馬、石原）
- (9) 電荷、スピン、軌道の自由度を持った電子強誘電体 LuFe_2O_4 や有機三角ダイマー

モット絶縁体などの三角格子系における電荷整列と誘電物性の理論（石原）

4. 研究成果

- (1) 新規の磁性強誘電体として、 $\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$, $\text{Sr}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$, $\text{Sr}_4\text{Co}_2\text{Fe}_{36}\text{O}_{60}$ を発見した。特に、 $\text{Sr}_4\text{Co}_2\text{Fe}_{36}\text{O}_{60}$ では、室温低磁場における電気磁気効果の発現に成功した。
- (2) 磁性強誘電体の原子変位の実験的決定に初めて成功した(斜方晶型 YMnO_3)。
- (3) TbMnO_3 における磁場誘起電気分極 90 度回転がらせん磁性のスピン回転面の 90 度回転に伴っていることを実験的に明らかにした。
- (4) 磁場の方位の精密な調節によって、 TbMnO_3 や MnWO_4 の電気分極を磁場のみで反転させることに成功した。
- (5) $(\text{Tb,Gd})\text{MnO}_3$ や MnWO_4 において、らせん磁性の回転方向を電場によって制御した。
- (6) CuB_2O_4 において、電場による磁化方位回転現象を発見した。
- (7) TbMnO_3 における低エネルギー励起について、X 線非弾性散乱、中性子非弾性散乱、テラヘルツ光吸収という 3 つの異なるプローブで観測を行い、電気マグノンに関して重要な知見を得た。
- (8) 磁性イオンと配位陰イオンの軌道混成が磁性イオンのスピン軸の方位に依存することを提唱した。それによって、国内外で多くの磁気強誘電体が見出された。
- (9) 電荷整列に伴って強誘電状態となる LuFe_2O_4 に関する微視的な理論を構築し、種々の特異な物性を予言した。
- (10) 有機三角ダイマーモット絶縁体におけるダイマー内の電荷移動自由度に着目して、電荷整列が強誘電の秩序や揺らぎに与える寄与を理論的に解明した。

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 117 件）

以下全て査読有

- 1) Y. Nii, N. Abe, K. Taniguchi, T. Arima, Magnetic shape memory effect in orbital-spin-coupled system MnV_2O_4 , Appl. Phys. Lett. 100, 051905/1-3 (2012).
- 2) J. Nasu and S. Ishihara, Orbital Compass

- Model as an Itinerant Electron System, Europhys. Lett. 97, 027002/1-6 (2012).
- 3) R. Kiyanagi, T. Yamazaki, Y. Sakamoto, H. Kimura, Y. Noda, K. Ohya, S. Torii, M. Yonemura, Junrong Zhang, T. Kamiyama, Structural and Magnetic Phase Determination of $(1-x)\text{BiFeO}_3-x\text{BaTiO}_3$ Solid Solution, J. Phys. Soc. Jpn. 81, 024603/1-6 (2012)
 - 4) Y. Yamaguchi, T. Nakano, Y. Nozue, T. Kimura, Magnetoelectric Effect in an XY-like Spin Glass System $\text{Ni}_x\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$, Phys. Rev. Lett. 057203/1-4 (2012).
 - 5) H. Sagayama, S. Ohtani, M. Saito, N. Abe, K. Taniguchi, T. Arima, Magnetic-field effects on Jahn-Teller distortion in ferroelastic magnetic insulator $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Cr}_2\text{O}_4$, Appl. Phys. Lett. 99, 082506/1-3 (2011).
 - 6) Y. Murakami, Y. Nii, T. Arima, D. Shindo, K. Yanagisawa, A. Tonomura, 6. Magnetic domain structure in the orbital-spin-coupled system MnV_2O_4 , Phys. Rev. B 84, 054421/1-5 (2011).
 - 7) M. Fukunaga, Y. Sakamoto, H. Kimura, Y. Noda, Magnetic Phase Transitions and Magnetic-Field-Induced Polarization Flops in Multiferroic YbMn_2O_5 , J. Phys. Soc. Jpn 80, 014705/1-5 (2011)
 - 8) Junghwan Park, Sang-Hyun Lee, Seongsu Lee, F. Gozzo, H. Kimura, Y. Noda, Y. J. Choi, V. Kiryukhin, Sang-Wook Cheong, Youn Jung Jo, Eun Sang Choi, L. Balicas, Gun Sang Jeon, Je-Geun Park, Magnetoelectric Feedback among Magnetic Order, Polarization, and Lattice in Multiferroic BiFeO_3 , J. Phys. Soc. Jpn. 80, 114714/1-6 (2011)
 - 9) Y. Hiraoka, Y. Tanaka, T. Kojima, Y. Takata, M. Oura, Y. Senba, H. Ohashi, Y. Wakabayashi, S. Shin, T. Kimura, Spin-chiral domains in $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{1.5}\text{Zn}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ observed by scanning resonant x-ray microdiffraction, Phys. Rev. B 84, 064418/1-7 (2011).
 - 10) K. Okumura, T. Ishikura, M. Soda, T. Asaka, H. Nakamura, Y. Wakabayashi, T. Kimura, Magnetism and magnetoelectricity of a U-type hexaferrite $\text{Sr}_4\text{Co}_2\text{Fe}_{36}\text{O}_{60}$, Appl. Phys. Lett. 98, 212504/1-3 (2011).
 - 11) J. Nasu and S. Ishihara, Ring-Exchange Interaction in Doubly Degenerate Orbital System, J. Phys. Soc. Jpn. 80, 033704/1-4 (2011).
 - 12) T. Arima, Spin-Driven Ferroelectricity and Magneto-Electric Effects in Frustrated Magnetic Systems, J. Phys. Soc. Jpn. 80, 052001/1-14 (2011).
 - 13) H. Miyasaka, N. Motokawa, T. Chiyo, M. Takemura, M. Yamashita, H. Sagayama, T. Arima, Stepwise Neutral-Ionic Phase Transitions in a Covalently Bonded Donor / Acceptor Chain Compound, J. Am. Chem. Soc. 133, 5338-5345 (2011)
 - 14) M. Fukunaga, Y. Sakamoto, H. Kimura, and Y. Noda, Magnetic Phase Transitions and Magnetic -Field -Induced Polarization Flops in Multiferroic YbMn_2O_5 , J. Phys. Soc. Jpn 80, (2011) 014705/1-4
 - 15) N. Abe, K. Taniguchi, H. Sagayama, H. Umetsu, T. Arima, Correlation between the mobility of domain wall and polarization flop direction in a slanted magnetic field in the helimagnetic ferroelectrics $\text{Tb}_{1-x}\text{Dy}_x\text{MnO}_3$, Phys. Rev. B 83, 060403R/1-4 (2011)
 - 16) M. Fukunaga and Y. Noda, Classification and Interpretation of the Polarization of Multiferroic RMn_2O_5 , J. Phys. Soc. Jpn 79 054705/1-5 (2010)
 - 17) Y. Kitagawa, Y. Hiraoka, T. Honda, T. Ishikura, H. Nakamura, and T. Kimura, Low-field magnetoelectric effect at room temperature, Nature Mater. 9, 797-802 (2010).
 - 18) Y. Tokunaga, Y. Kaneko, D. Okuyama, S. Ishiwata, T. Arima, S. Wakimoto, K. Kakurai, Y. Taguchi, Y. Tokura, Multiferroic M-type hexaferrites with a room-temperature conical state and magnetically controllable spin helicity, Phys. Rev. Lett. 105, 257201/1-4 (2010)
 - 19) T. Watanabe, and S. Ishihara, Quantum Dielectric Fluctuation in an Electronic Ferroelectricity studied by Variational Monte-Carlo Method, J. Phys. Soc. Jpn. 79, 114714 (2010).
 - 20) S. Ohtani, Y. Watanabe, M. Saito, N. Abe, K. Taniguchi, H. Sagayama, T. Arima, M. Watanabe, Y. Noda, Orbital dilution effect in ferrimagnetic $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Cr}_2\text{O}_4$: competition between anharmonic lattice potential and spin-orbit coupling, J. Phys.: Cond. Matt. 22, 176003/1-6 (2010).
 - 21) H. Sagayama, N. Abe, K. Taniguchi, T. Arima, Y. Yamasaki, D. Okuyama, Y. Tokura, S. Sakai, T. Morita, T. Komesu, H. Ohsumi, M. Takata, Observation of Spin Helicity Using Nonresonant Circularly Polarized X-ray Diffraction Analysis, J. Phys. Soc. Jpn. 79, 043711/1-4 (2010).
 - 22) M. Naka, S. Ishihara, Electronic Ferroelectricity in a Dimer Mott Insulator, J. Phys. Soc. Jpn. 79, 063707/1-4 (2010)

- 23) S. Ishihara, Electronic ferroelectricity and frustration, *J. Phys. Soc. Jpn.* 79, 011010 (2010)
- 24) K. Taniguchi, M. Saito, T. Arima, Optical imaging of coexisting collinear and spiral spin phases in the magnetoelectric multiferroic MnWO₄, *Phys. Rev. B* 81, 064406/1-4 (2010)
- 25) T. Watanabe, and S. Ishihara, Quantum fluctuation and geometrical frustration effects on electric polarization, *J. Phys. Soc. Jpn.* 78, 113702 (2009)
- 26) H. Sagayama, K. Taniguchi, N. Abe, T. Arima, Y. Nishikawa, S. Yano, Y. Kousaka, J. Akimitsu, M. Matsuura, and K. Hirota, Two distinct ferroelectric phases in the multiferroic Y-type hexaferrite Ba₂Mg₂Fe₁₂O₂₂, *Phys. Rev. B* 80, 180419R/1-4 (2009)
- 27) K. Kimura, T. Otani, H. Nakamura, Y. Wakabayashi, and T. Kimura, Lattice Distortion Coupled with Magnetic Ordering in a Triangular Lattice Antiferromagnet CuCrO₂, *J. Phys. Soc. Jpn.* 78, 113710/1-4 (2009)
- 28) S. Danjoh, J.-S. Jung, H. Nakamura, Y. Wakabayashi, and T. Kimura, Anomalous induction of ferroelectric polarization by magnetization reversal in the phase-separated multiferroic manganite Eu_{0.8}Y_{0.2}MnO₃, *Phys. Rev. B* 80, 180408R/1-4 (2009).
- 29) M. Fukunaga, Y. Sakamoto, H. Kimura, Y. Noda, N. Abe, K. Taniguchi, T. Arima, S. Wakimoto, M. Takeda, K. Kakurai, and K. Kohn, Magnetic-Field-Induced Polarization Flop in Multiferroic TmMn₂O₅, *Phys. Rev. Lett.* 103, 077204/1-4 (2009)
- 30) H. Kimura, Y. Noda, and K. Kohn, Spin-driven ferroelectricity in the multiferroic compounds of RMn₂O₅, *J. Mag. Mag. Mat.* 321 854-857 (2009)
- 31) M. Fukunaga and Y. Noda, Improvement of the Double-Wave Method for Ferroelectric Hysteresis Loops and Application to Multiferroic RMn₂O₅, *J. Korean Phys. Soc.* 55 (2) 888-892 (2009)
- 32) M. Saito, K. Ishikawa, S. Konno, K. Taniguchi, T. Arima, Periodic rotation of magnetization in a non-centrosymmetric soft magnet induced by an electric field, *Nature Materials* 8, 634-638 (2009)
- 33) Y. Tokunaga, N. Furukawa, H. Sakai, Y. Taguchi, T. Arima, Y. Tokura, Composite domain walls in a multiferroic perovskite ferrite, *Nature Materials* 8, 558-562 (2009)
- 34) N. Abe, K. Taniguchi, S. Ohtani, H. Umetsu, T. Arima, Control of the polarization flop direction by a tilted magnetic field in multiferroic TbMnO₃, *Phys. Rev. B* 80, 020402R/1-4 (2009)
- 35) R. Kajimoto, H. Sagayama, K. Sasai, T. Fukuda, S. Tsutsui, T. Arima, K. Hirota, Y. Mitsui, H. Yoshizawa, A. Q. R. Baron, Y. Yamasaki, Y. Tokura, Unconventional Ferroelectric Transition in the Multiferroic Compound TbMnO₃ Revealed by the Absence of an Anomaly in c-Polarized Phonon Dispersion, *Phys. Rev. Lett.* 102, 247602/1-4 (2009)
- 36) H. Kimura, S. Wakimoto, M. Fukunaga, Y. Noda, K. Kaneko, N. Metoki, K. Kakurai, and K. Kohn, Magnetic-Field-Induced Magnetic Phase Transitions Associated with Ferroelectricity in Multiferroic ErMn₂O₅, *J. Phys. Soc. Jpn.* 78, 034718/1-5 (2009)
- 37) H. Kimura, Y. Noda, and K. Kohn, Spin-driven ferroelectricity in the multiferroic compounds of RMn₂O₅, *J. Mag. Mag. Mat.* 321, 854-857 (2009)
- 38) K. Taniguchi, N. Abe, S. Ohtani, and T. Arima, Magnetolectric Memory Effect of the Nonpolar Phase with Collinear Spin Structure in Multiferroic MnWO₄, *Phys. Rev. Lett.* 102, 147201/1-4 (2009)
- 39) B. J. Kim, H. Ohsumi, T. Komesu, S. Sakai, T. Morita, H. Takagi, T. Arima, Phase-Sensitive Observation of a Spin-Orbital Mott State in Sr₂IrO₄, *Science* 323, 1329-1332 (2009)
- 40) T. Tanaka and S. Ishihara, Dilution effect in correlated electron systems with orbital degeneracy, *Phys. Rev. B* 79, 035109/1-11 (2009)
- 41) M. Saito, K. Ishikawa, K. Taniguchi, T. Arima, Magnetically Controllable CuB₂O₄ Phase Retarder, *Appl. Phys. Express* 1, 121302/1-3 (2008)
- 42) K. Taniguchi, N. Abe, H. Umetsu, H. Aruga Katori, T. Arima, Control of the Magnetolectric Domain-Wall Stability by a Magnetic Field in a Multiferroic MnWO₄, *Phys. Rev. Lett.* 101, 207205/1-4 (2008)
- 43) T. Arima, Magneto-electric optics in non-centrosymmetric ferromagnets, *J. Phys.: Cond. Matter* 20, 434211/1-9 (2008)
- 44) M. Saito, K. Ishikawa, K. Taniguchi, and T. Arima, Magnetic Control of Crystal Chirality and the Existence of a Large Magneto-Optical Dichroism Effect in CuB₂O₄, *Phys. Rev. Lett.* 101, 117402/1-4 (2008)
- 45) H. Sagayama, K. Taniguchi, N. Abe, T. Arima, M. Soda, M. Matsuura, and K.

- Hirota, Correlation between ferroelectric polarization and sense of helical spin order in multiferroic MnWO₄, Phys. Rev. B 77, 220407R/1-4 (2008)
- 46) Seongsu Lee, A. Pirogov, Misun Kang, Kwang-Hyun Jang, M. Yonemura, T. Kamiyama, S.-W. Cheong, F. Gozzo, Namsoo Shin, H. Kimura, Y. Noda and J.-G. Park, Giant magneto-elastic coupling in multiferroic hexagonal manganites, Nature 451, 805-808 (2008)
- 47) M. Fukunaga and Y. Noda, New Technique for Measuring Ferroelectric and Antiferroelectric Hysteresis Loops, J. Phys. Soc. Jpn 77, 064706/1-5 (2008)
- 48) H. Kimura, K. Nishihata, Y. Noda, N. Aso, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, and T. Fujiwara, Pressure-induced commensurate magnetic order in multiferroic HoMn₂O₅, J. Phys. Soc. Jpn 77, 063704/1-4 (2008)
- 49) Y. Yamasaki, H. Sagayama, N. Abe, T. Arima, K. Sasai, M. Matsuura, K. Hirota, D. Okuyama, Y. Noda and Y. Tokura, Cycloidal Spin Order in the a-axis Polarized Ferroelectric Phase of Orthorhombic Perovskite Manganite, Phys. Rev. Lett. 101, 097204/1-4 (2008)
- 50) M. Fukunaga, K. Nishihata, H. Kimura, Y. Noda, and K. Kohn, Discovery of Polarization Flop Transition and Simultaneous Measurements of Magnetic Ordering and Dielectric Properties of TmMn₂O₅, J. Phys. Soc. Jpn 77, 094711/1-7 (2008)
- 51) Y. Noda, H. Kimura, M. Fukunaga, S. Kobayashi, I. Kagomiya and K. Kohn, Magnetic and ferroelectric properties of multiferroic RMn₂O₅, J. Phys.: Condens. Matter 20, 434206/1-13 (2008)
- 52) T. Tanaka and S. Ishihara, Numerical study of t_{2g} orbital system with ferromagnetic polarization, Phys. Rev. B 78, 153106 (2008)
- 53) J. Nasu, A. Nagano, M. Naka and S. Ishihara, Magneto-dielectric phenomena in charge and spin frustrated system of layered iron oxide, Phys. Rev. B 78, 024416/1-12 (2008)
- 54) M. Naka, A. Nagano, and S. Ishihara, Magneto-dielectric phenomena in charge and spin frustrated system of layered iron oxide, Phys. Rev. B 77, 224441/1-15 (2008)
- 55) M. Fukunaga and Y. Noda, New Technique for Measuring Ferroelectric and Antiferroelectric Hysteresis Loops, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 064706/1-4 (2008)
- 56) H. Kimura, K. Nishihata, Y. Noda, N. Aso, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, and T. Fujiwara, Pressure-induced commensurate magnetic order in multiferroic HoMn₂O₅, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 063704/1-4 (2008)
- 57) K. Taniguchi, N. Abe, S. Ohtani, H. Umetsu, and T. Arima, Ferroelectric Polarization Reversal by a Magnetic Field in Multiferroic Y-type Hexaferrite Ba₂Mg₂Fe₁₂O₂₂, Appl. Phys. Express 1, 031301/1-3 (2008)
- 58) K. Taniguchi, N. Abe, H. Sagayama, S. Ohtani, T. Takenobu, Y. Iwasa, and T. Arima, Magnetic-field dependence of the ferroelectric polarization and spin-lattice coupling in multiferroic MnWO₄, Phys. Rev. B 77, 064408/1-7 (2008)
- 59) Seongsu Lee, A. Pirogov, Misun Kang, Kwang-Hyun Jang, M. Yonemura, T. Kamiyama, S.-W. Cheong, F. Gozzo, Namsoo Shin, H. Kimura, Y. Noda & J.-G. Park, Giant magneto-elastic coupling in multiferroic hexagonal manganites, Nature 451, 805-808 (2008)
- 60) M. Saito, K. Taniguchi, and T. Arima, Gigantic Optical Magnetoelectric Effect in CuB₂O₄, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 013705/1-4 (2008)
- 61) N. Abe, K. Taniguchi, S. Ohtani, T. Takenobu, Y. Iwasa, and T. Arima, Polarization Reversal in Multiferroic TbMnO₃ with a Rotating Magnetic Field Direction, Phys. Rev. Lett. 99, 227206/1-4 (2007)
- [学会発表] (計 238 件)
- 1) T. Kimura, “Magnetoelectric Effects and Related Phenomena in Spin-spiral Hexaferrites”, 2012 American Physical Society March Meeting, Boston, MA, USA, March 1, 2012 (Invited).
- 2) S. Ishihara ‘Orbital and Frustration’, Novel Quantum States in Condensed Matter: Correlation, Frustration and Topology (NQS2011), Nov. 7 2011, Kyoto, Japan (invited).
- 3) T. Arima, “Neutron and x-ray studies of spin-helix-driven ferroelectrics”, The International Workshop on Neutron Applications on Strongly Correlated Electron Systems 2011, Tokai, Japan, Feb. 23 2011 (invited).
- 4) Y. Noda, “The Validity of Neutron Magnetic and Crystal Structure Analysis Using Single Crystals on Material Science”, Advanced structure analysis and characterization of ceramic materials

- (ICC3), Nov. 16, 2010, Osaka, Japan (Invited).
- 5) T. Arima, "Electric control of magnetization in a magnet with D_{2d} symmetry", 55th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Atlanta, USA, Nov. 15 2010 (invited).
 - 6) T. Kimura, "Current progress of research on spin-driven ferroelectrics", Inorganic Materials Conference 2010, Biarritz, France, Sep. 13, 2010. (Invited).
 - 7) Y. Noda, "Which Is Major Player, S • S or S x S, in the Ferroelectricity of RMn_2O_5 ?", The 8th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics (JKC-FE08), Egret Himeji, Himeji, Japan, August 4, 2010 (Plenary).
 - 8) T. Arima, "Synchrotron X-ray as a Useful Probe for Frustrated Magnets", Highly Frustrated Magnetism 2010, Baltimore, USA, Aug 4 2010 (invited).
 - 9) S. Ishihara, 'Electronic Ferroelectricity in Correlated Electron System', The 3rd Emergent Materials Research (EMS), Jul 5 2010, POSTECH, Pohang, Korea (Invited).
 - 10) Y. Noda, "Coexisting of Two Different Mechanisms of Ferroelectricity in Multiferroic RMn_2O_5 ", The 10th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF-10), 23 June 2010, Suzukake-Hall, Tokyo Institute of Technology, Yokohama, Japan (Invited).
 - 11) T. Arima, "Coupling among magnetic, electrical, and optical properties in CuB_2O_4 ", The 6th International Conference on Advanced Materials and Devices (ICAMD 2009), Jeju, Korea, Dec. 9 2009 (invited).
 - 12) T. Arima, "Polarized neutron and synchrotron X-ray studies of helimagnetic ferroelectrics", Polarized Neutrons and Synchrotron X-Rays for Magnetism 2009, Bonn, Germany, Aug. 3 2009 (invited).
 - 13) Y. Noda, "New Aspects of Magnetic and Dielectric Behavior of Multiferroic RMn_2O_5 ", Materials Science & Technology 2008(MS&T08), Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A., October 7, 2008 (Invited).
 - 14) Y. Noda, "Magnetic and crystal structure in connection with ferroelectric properties of multiferroic RMn_2O_5 ", The XXI Congress and General Assembly of the International Union of Crystallography, Osaka, Japan, August 29, 2008 (Invited).
 - 15) T. Arima, "Diffraction Studies of Relation between Helicity of Cycloid Magnetism and Ferroelectric Polarization in Multiferroic Manganese Oxides", The 8th Conference of

the Asian Crystallographic Association, Taipei, Nov. 5 2007 (invited).

[その他]

新聞掲載

- 1) 「磁化ない電子スピン配列」日刊工業新聞 2012年5月25日
- 2) 「Z型六方晶フェライト 弱磁場で電気磁気効果 阪大が室温で発見」日刊工業新聞 2010年8月10日
- 3) 「電気流さない電磁石」日刊工業新聞 2009年8月11日
- 4) 「酸化物の絶縁性を解明」朝日新聞 2009年3月13日
- 5) 「光の吸収量 裏表で変化」日経産業新聞 2008年2月25日

6. 研究組織

(1)研究代表者

有馬 孝尚 (ARIMA TAKA-HISA)
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授
 研究者番号：90232066

(2)研究分担者

野田 幸男 (NODA YUKIO)
 東北大学・多元物質科学研究所・教授
 研究者番号：80127275

石原 純夫 (ISHIHARA SUMIO)
 東北大学・大学院理学研究科・教授
 研究者番号：30292262

梶本 亮一 (KAJIMOTO RYOICHI)
 独立行政法人日本原子力研究開発機構
 量子ビーム応用研究部門・研究員
 研究者番号：30391254

(3) 連携研究者

木村 剛 (KIMURA TSUYOSHI)
 大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
 研究者番号：80323525

佐賀山 基 (SAGAYAMA HAJIME)
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教
 研究者番号：90436171

阿部 伸行 (ABE NOBUYUKI)
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教
 研究者番号：70582005