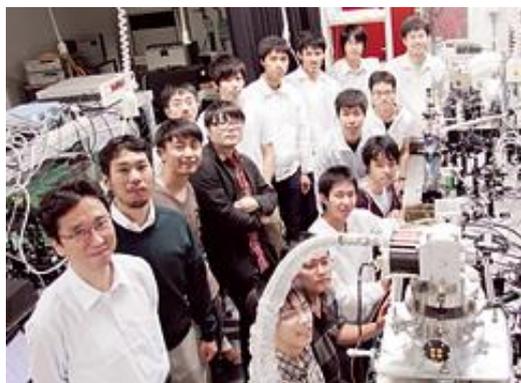


岡本・貴田研究室

強相関係・低次元系における新しいフォトニクス機能の開拓



研究室見学・進路相談いつでも歓迎します!!

岡本 博 教授 (okamoto@k.u-tokyo.ac.jp)

貴田徳明 准教授 (kida@k.u-tokyo.ac.jp)

まで気軽にご連絡下さい。

大学院生人数(2015年4月)

博士: 3年1名、2年1名、1年2名

修士: 2年2名、1年3名

研究内容

電子間のクーロン相互作用がその電子状態を支配する強相関電子系や、電子の運動が一次元あるいは二次元に閉じ込められる低次元電子系は、光だけを使った超高速スイッチや、光照射による高速電子相変化など、通常の半導体では実現できない新奇なフォトニクス機能を発現する可能性を秘めています。

本研究室では、様々な強相関電子系物質や低次元物質（遷移金属酸化物、遷移金属錯体、有機分子性結晶、カーボンナノチューブ、等）に対し、紫外からテラヘルツ領域に渡る最先端のレーザー分光法を適用し、強い電子相関や電子構造の低次元性に起因する新しいフォトニクス機能の開拓とその物理的機構の解明を行っています。

2015年度物理工学科4年生の卒業論文のテーマや当研究室の詳細な研究内容は、[岡本・貴田研究室のホームページ \(http://pete.k.u-tokyo.ac.jp/\)](http://pete.k.u-tokyo.ac.jp/) を参照下さい。

実験装置群



非同軸光パラメトリック増幅器
(7フェムト秒)



テラヘルツポンプ
可視プローブ分光系



ポンプ-プローブ分光系



顕微ラマン・発光分光系

学生自らによる測定系の構築

先輩からのメッセージ

- ・ わいわいと楽しい雰囲気の研究室です。研究は大変ですが先生方、先輩がサポートして下さいますし、必ずプラスになります。柏も通ってみれば非常に良い環境です。是非いらしてみてください。(M2)
- ・ 柏は、家賃も物価も安くて一人暮らしするにはいい場所です！そして、研究に没頭するには最適の環境です。ぜひ、柏の研究室も、選択肢の一つに入れてみてください。(M2)
- ・ 先生方は学生が多い中一人一人に気を配ってくださり、先輩方は丁寧に指導して下さる、とても雰囲気のいい研究室です。(M2)
- ・ 岡本貴田研究室は、豊富な装置と豊富な人材の中で研究室生活を送れます。研究において学生に任せられる裁量も大きいので、成長を感じたい学生には非常に良い研究室であると思います。研究が進めば、学部4年生の最後に学会発表の機会も与えられます。一度是非いらしてください。(D1)

岡本・貴田研究室の研究内容ダイジェスト

全光型超高速光スイッチ

次世代の超高速光通信を実現するには、光だけを使って1ピコ秒以下の間隔で光のオン・オフを行う技術(光ゲート)や、光の経路を変化させる技術(光ルーター)が必要です。物質がこれらの機能を発現するためには、「三次の非線形光学効果」と呼ばれる性質が必要です。本研究室では、低次元強相関電子系を有する遷移金属化合物を対象として、大きな三次の非線形光学効果を持ち高速の光応答を示す物質の探索、その機構解明、光スイッチ素子への応用の研究を行っています。

Adv. Mater. **19**, 2707 (2007).

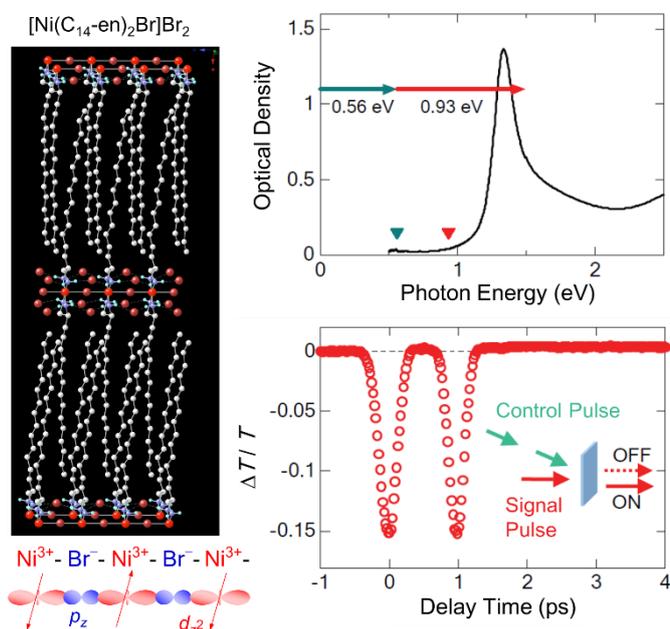
Phys. Rev. Lett. **95**, 087401 (2005).

Phys. Rev. Lett. **94**, 047404 (2005).

Phys. Rev. B **70**, 085101 (2004).

Phys. Rev. Lett. **87**, 177401 (2001).

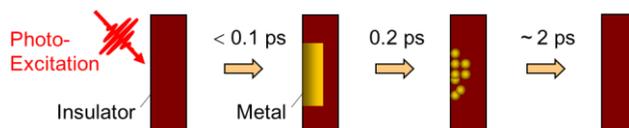
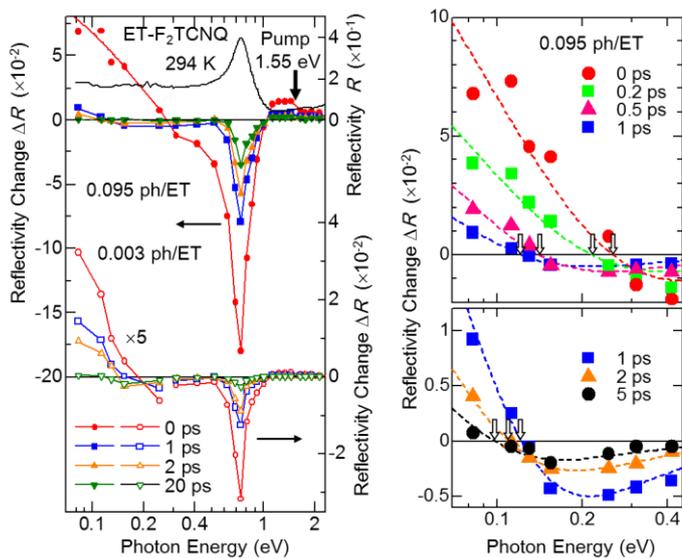
Nature **405**, 929 (2000).



光誘起金属化

固体に光を照射することにより、固体の電子構造や結晶構造ががらりと変化する現象(光誘起相転移)は、固体物性、特に、非平衡物理学の新しいパラダイムとして、また、次世代の超高速光スイッチや光メモリの動作原理として注目を集めています。

この光誘起相転移を光スイッチに応用する場合には、この相転移をいかに小さな光強度でいかに高速に生じさせることができるか、さらに、いかに高速にその変化がもとに戻るか、が鍵となります。そのような観点から注目を集めている物質群が、電子間のクーロン相互作用が電子状態を支配している強相関電子系です。強相関電子系では、光照射によって生じた光キャリアが、電子間の強い相互作用を通して周りの電子、スピンを瞬時に変化させることにより、超高速かつ高効率の相転移の実現が期待できます。その典型例が、光照射によってモット絶縁体が金属に転移する現象“光誘起モット絶縁体—金属転移”です。本研究室では、様々な物質群でこのモット絶縁体—金属転移をはじめとする超高速光誘起相転移を探索し、その物理的機構の解明を行っています。



Phys. Rev. B **91**, 081114(R) (2015).

Phys. Rev. Lett. **113**, 096403 (2014).

Phys. Rev. B **83**, 125102 (2011).

Phys. Rev. B **82**, 060513(R) (2010).

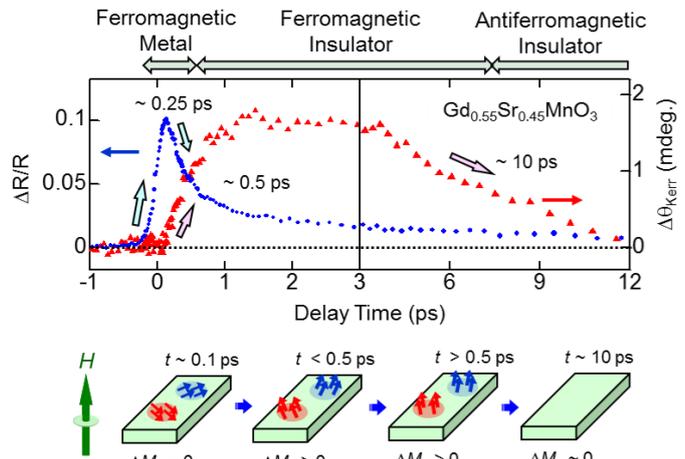
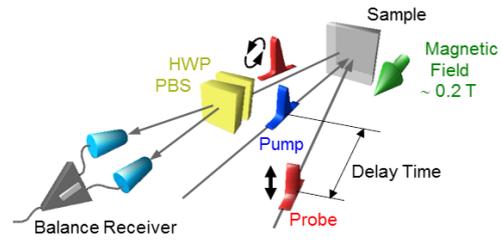
Phys. Rev. Lett. **98**, 037401 (2007).

Phys. Rev. Lett. **91**, 057401 (2003).

光誘起強磁性

次世代の磁気記憶媒体や光磁気デバイスを実現するために、光によって高速に磁化が変化する現象を開拓することが望まれています。強相関電子系物質は、この光磁気機能材料としても注目されています。例えば、ペロブスカイト型マンガン酸化物では、組成の変化を通してフィリングやバンド幅を制御することによって、電荷・スピン・軌道の自由度が絡み合った様々な特徴的電子相(常磁性半導体相、強磁性金属相、反強磁性電荷秩序絶縁体相)を生み出すことができます。本研究室では、このマンガン酸化物やその他の磁性体において、光照射によって高速に強磁性磁化が生じる現象“光誘起強磁性”の探索とその機構解明を行っています。

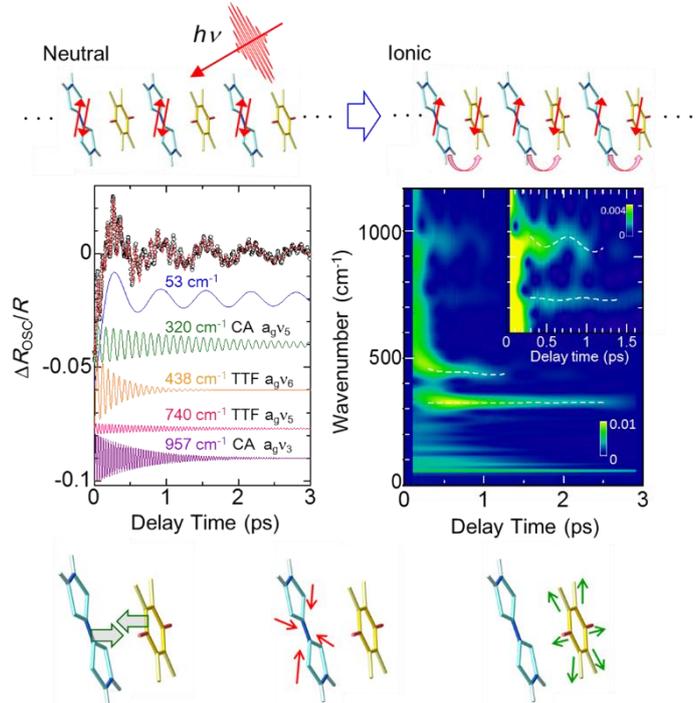
Phys. Rev. B **84**, 045114 (2011).
Phys. Rev. B **83**, 165408 (2011).
Phys. Rev. B **77**, 094410 (2008).
Phys. Rev. Lett. **99**, 207401 (2007).
Phys. Rev. Lett. **98**, 017402 (2007).



電子・スピン・格子ダイナミクスの直接観測

光誘起相転移の研究では、光で励起される初期電子励起状態から、電子状態、スピン配列、結晶構造が異なる光誘起相へ、時々刻々とどのように変化していくか、を検出することが重要です。その情報から、光誘起相転移の機構を解明すると同時に、物質の中での様々な相互作用の役割を明らかにすることができます。光励起直後から生じるそのような電子・スピン・格子系の変化を実時間で検出するには、それぞれの自由度の運動の時間スケールと同程度の時間分解能が必要となります。特に、電子の運動を実時間で観測するには、非常に高い時間分解能が必要です。このために、非同軸パラメトリックアンプを作製し、6.5 から 15 フェムト秒(1 フェムト秒=10⁻¹⁵秒)の時間幅の極短パルス光を使った超高時間分解能のポンププローブ分光測定を行っています。

Phys. Rev. Lett. **111**, 187801 (2013).
Nature Phys. **7**, 114 (2011).
Phys. Rev. Lett. **105**, 258302 (2010).
Phys. Rev. Lett. **96**, 057403 (2006).



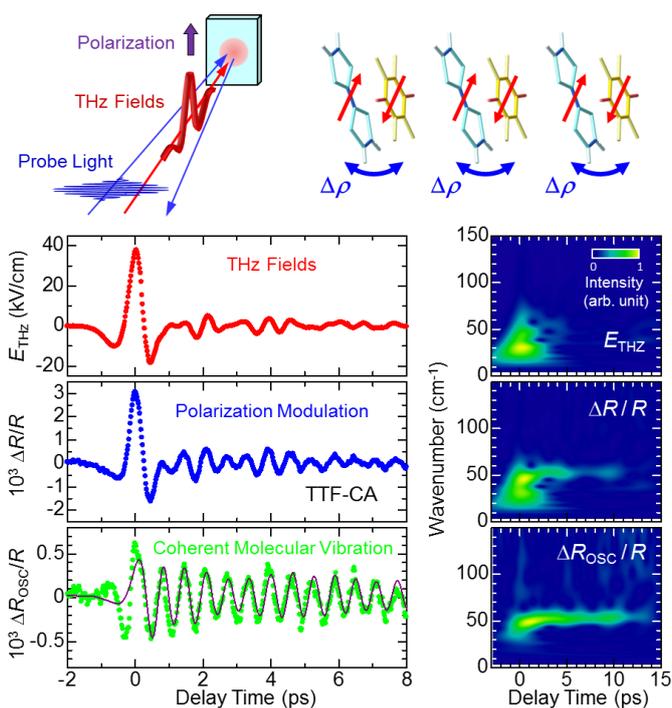
Phys. Rev. Lett. **94**, 087202 (2005).
Phys. Rev. B **70**, 165202 (2004).
Phys. Rev. Lett. **88**, 057402 (2002).

高強度テラヘルツパルスによる物性制御

テラヘルツパルスとは、時間幅が約 1 ピコ秒の単一サイクルから数サイクルの電磁場パルスのことです。最近、このテラヘルツパルスを、物質の電子状態を制御するための励起(ポンプ)光として用いることによって、新しい高速スイッチング現象や相転移現象を発現させようという試みが注目されています。本研究室では、近赤外域のフェムト秒レーザーパルスを整形して非線形光学結晶に入射することによって、電場強度が 500 kV/cm 以上の高強度テラヘルツパルスの発生に成功しています。この電場は、空気の絶縁破壊の閾値 (35 kV/cm) を遥かに超える強電場のパルスです。この高強度テラヘルツパルスを用いて、電子型強誘電体の高速分極変調や三次の非線形光学効果を利用した高速光スイッチ、モット絶縁体—金属転移等の研究を進めています。

Nat. Commun. **4**, 2586 (2013).

Appl. Phys. Lett. **102**, 091104 (2013).



テラヘルツイメージング

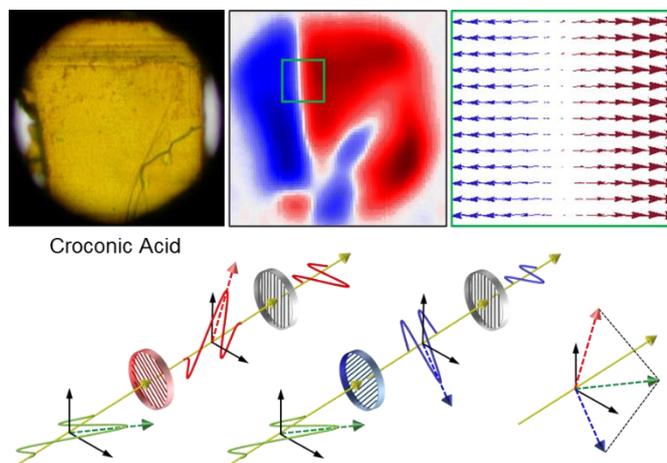
強誘電体や強磁性体では、外部電場や外部磁場がなくても巨視的な分極や磁化が生じます。しかし、多くの場合、試料内には試料全体のエネルギーを最小にするために、分極や磁化の方向が互いに異なる微視的なドメインが形成されます。強誘電体や強磁性体を記憶デバイスに応用するには、ドメイン構造と、外場によるドメイン構造の変化を高い空間分解能で検出することが重要です。

本研究室では、分極や磁化の方向を直接検出することができる新たなドメイン構造観測手法として、テラヘルツ電磁波発生を利用したイメージング法を開発し、強誘電体や強磁性体のドメイン構造の可視化を行っています。

Appl. Phys. Lett. **105**, 041101 (2014).

Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 09PD08 (2014).

Phys. Rev. B **80**, 205201 (2009).



岡本・貴田研究室 最近の学部生・大学院生の活躍

卒業論文賞

- 2011年3月 五月女 真人君 理工工学科優秀卒業論文賞、工学部長賞
2012年3月 武田 遼太郎君 理工工学科優秀卒業論文賞
2013年3月 木下 雄斗君 理工工学科優秀卒業論文賞

修士論文賞

- 2007年2月 田尾 祥一君 理工工学優秀修士論文賞
2008年2月 木村 和輝君 物質系専攻修士論文優秀賞、理工工学優秀修士論文賞
2009年2月 上村 紘崇君 物質系専攻修士論文優秀賞、理工工学優秀修士論文賞
2011年2月 浜本 貴紀君 物質系専攻修士論文優秀賞
2013年2月 五月女 真人君 物質系専攻修士論文優秀賞、理工工学優秀修士論文賞
2014年2月 寺重 翼君 理工工学優秀修士論文賞
2015年3月 木下 雄斗君 物質系専攻修士論文優秀賞

博士論文賞

- 2011年2月 松井 弘之君 新領域創成科学研究科研究科長賞→総長賞候補
2012年2月 上村 紘崇君 新領域創成科学研究科研究科長賞→総長賞候補

国際会議・学術誌での受賞

- 2008年9月 松井 弘之君の研究が国際会議 SSDM の Technical Highlight に選出
2008年11月 上村 紘崇君の論文が日本物理学会欧文誌の注目論文に選出
2014年7月 五月女 真人君の論文が APL 誌の Feature Article、Cover Image に選出
2014年8月 寺重 翼君が国際会議 ECRY2014 においてポスター賞受賞
2014年9月 木下 雄斗君の論文が応用物理学会欧文誌の注目論文に選出

招待講演・依頼講演

- 2009年12月 上村 紘崇君 (招待講演)
基研研究会&ナノ統合連続研究会「相関電子系における光誘起現象」(京都大学)
2011年10月 上村 紘崇君 (依頼講演)
新学術領域「分子自由度が拓く新物質科学」A04 班会議(東京大学)

日本学術振興会特別研究員

- 2008年4月～2011年3月 田尾 祥一君
2009年4月～2012年3月 上村 紘崇君
2013年4月～2015年3月 宮本 辰也君
2013年4月～ 五月女 真人君

リーディング大学院 (MERIT)コース生

- 2012年12月～ 五月女 真人君
2012年12月～ 寺重 翼君
2013年10月～ 木下 雄斗君
2013年10月～ 山川 大路君
2014年10月～ 森本 剛史君

大学院生への相談・質問は、

博士課程2年 寺重 翼 (terashige@okalab.k.u-tokyo.ac.jp)

博士課程1年 木下 雄斗 (kinoshita@okalab.k.u-tokyo.ac.jp)

まで、些細な事でもお答えしますので遠慮なくご連絡下さい。