

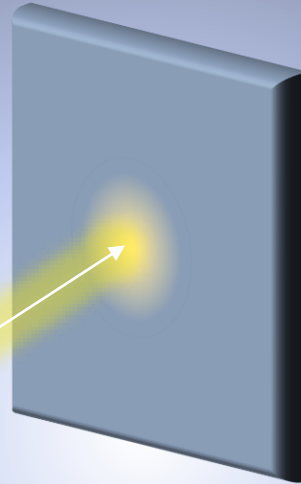
岡本・貴田 研究室 (固体光物性、レーザー分光)

Dielectricity

Magnetism

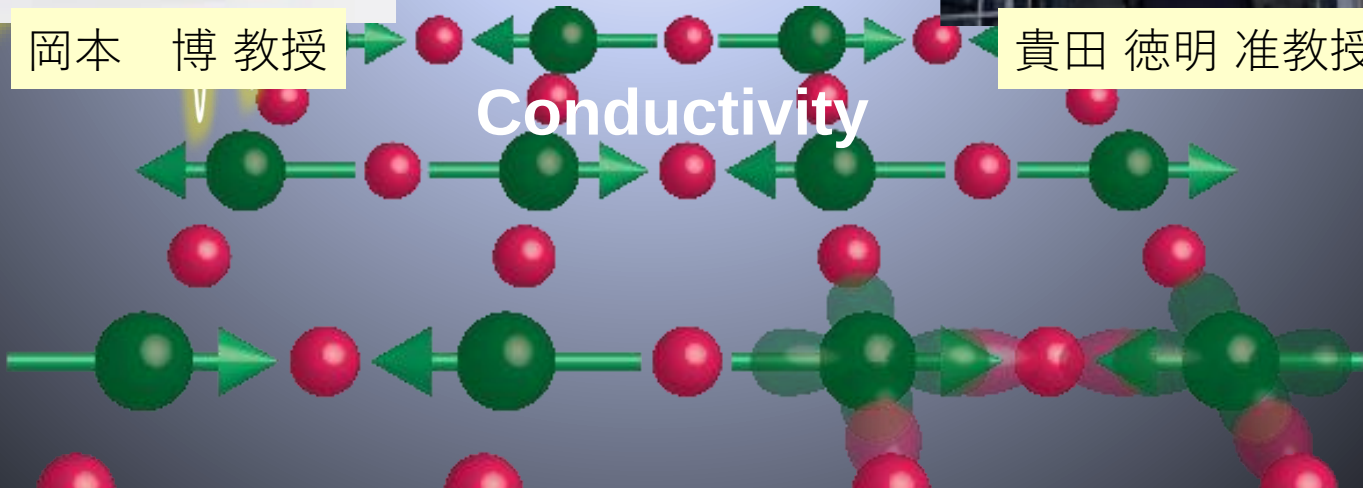


岡本 博 教授

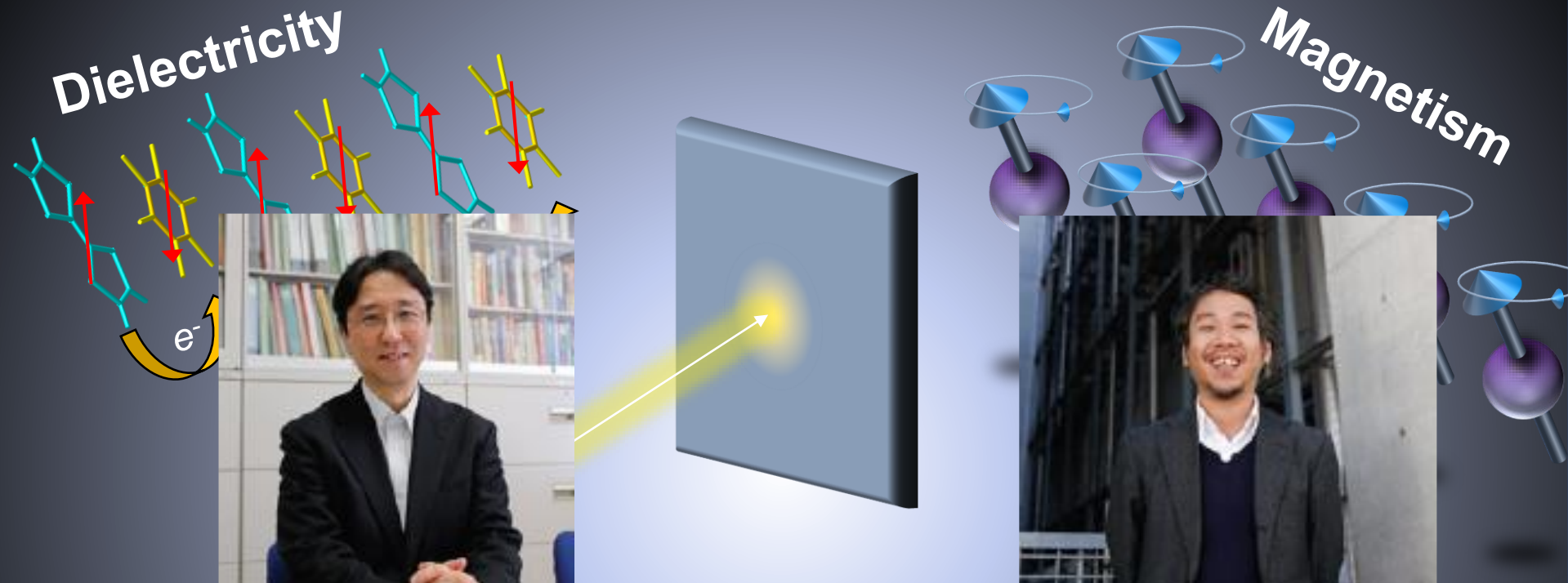


貴田 徳明 准教授

Conductivity



岡本・貴田 研究室 (固体光物性、レーザー分光)



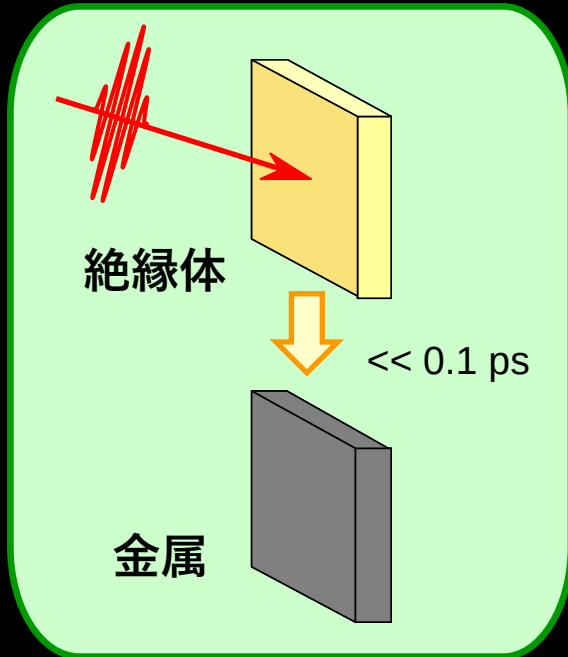
光誘起相転移

固体に光や電場パルス照射することによって
電子構造や物性が高速に変化する

超短パルスレーザーによる時間分解分光法の開発
電子・スピン・構造変化ダイナミクスの実時間観測

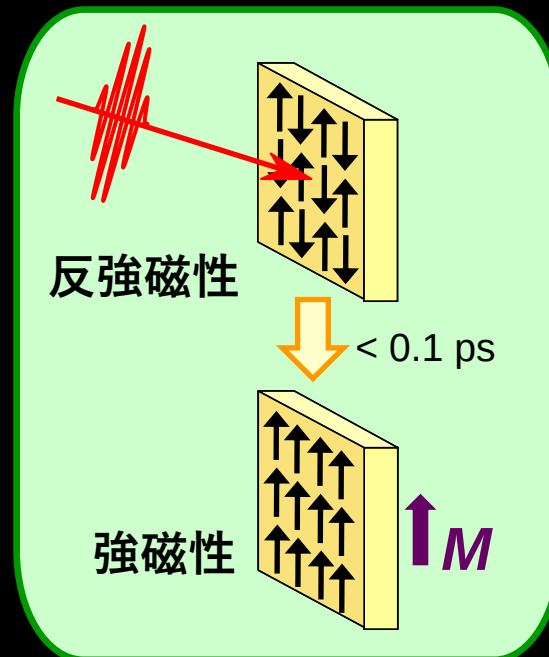
光誘起相転移

光誘起金属化



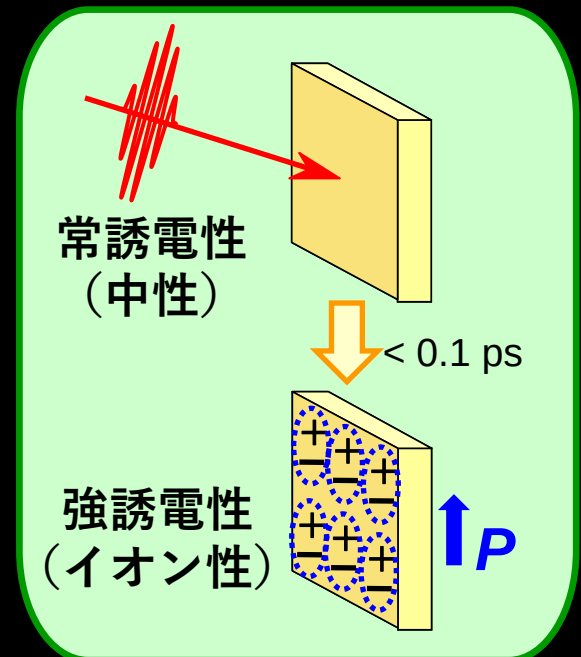
ex. 遷移金属錯体
 $[\text{Ni}(\text{chxn})_2\text{Br}]\text{Br}_2$

光誘起強磁性



ex. マンガン酸化物
 $\text{Gd}_{0.55}\text{Sr}_{0.45}\text{MnO}_3$

光誘起強誘電性



ex. 有機分子化合物
TTF-CA

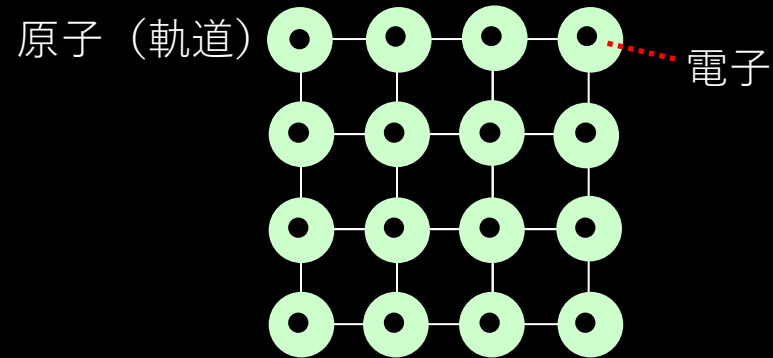
非平衡量子物理学 → 新しい学問分野

超高速の物性制御 → 新しい光デバイスの可能性

強相関電子系 : 電子間に強いクーロン相互作用

強相関電子系の特徴：モット絶縁体－金属転移

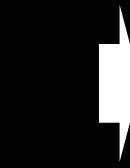
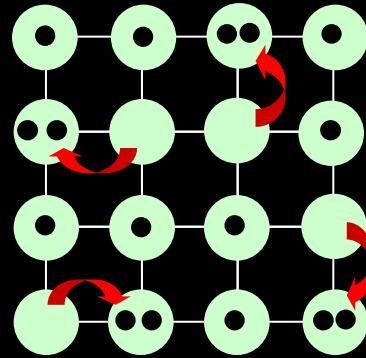
各サイトに平均 1 個の電子



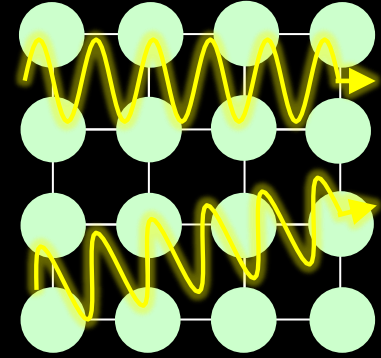
強相関電子系の特徴：モット絶縁体－金属転移

各サイトに平均 1 個の電子

金属

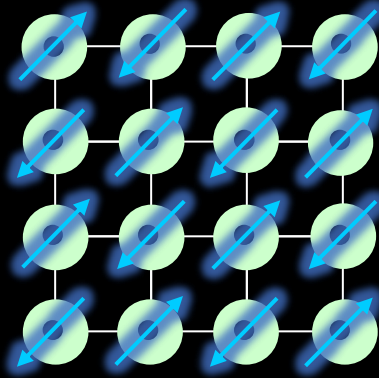


電子が
非局在化

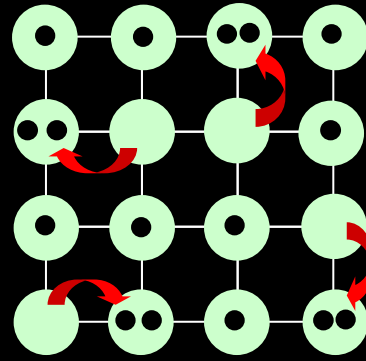


強相関電子系の特徴：モット絶縁体－金属転移

モット絶縁体



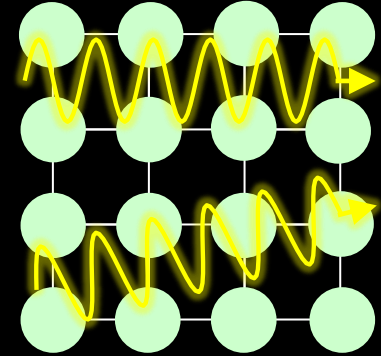
各サイトに平均 1 個の電子



電子が
局在化

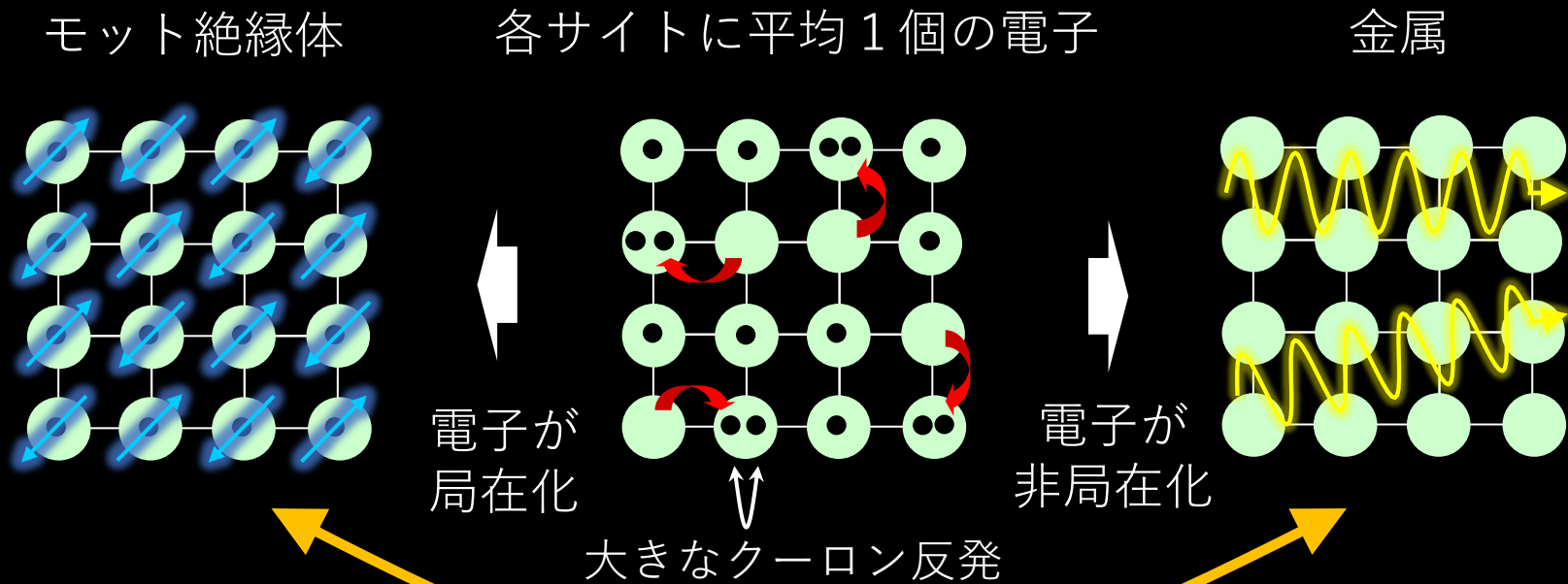
大きなクーロン反発

金属



電子が
非局在化

強相関電子系の特徴：モット絶縁体－金属転移

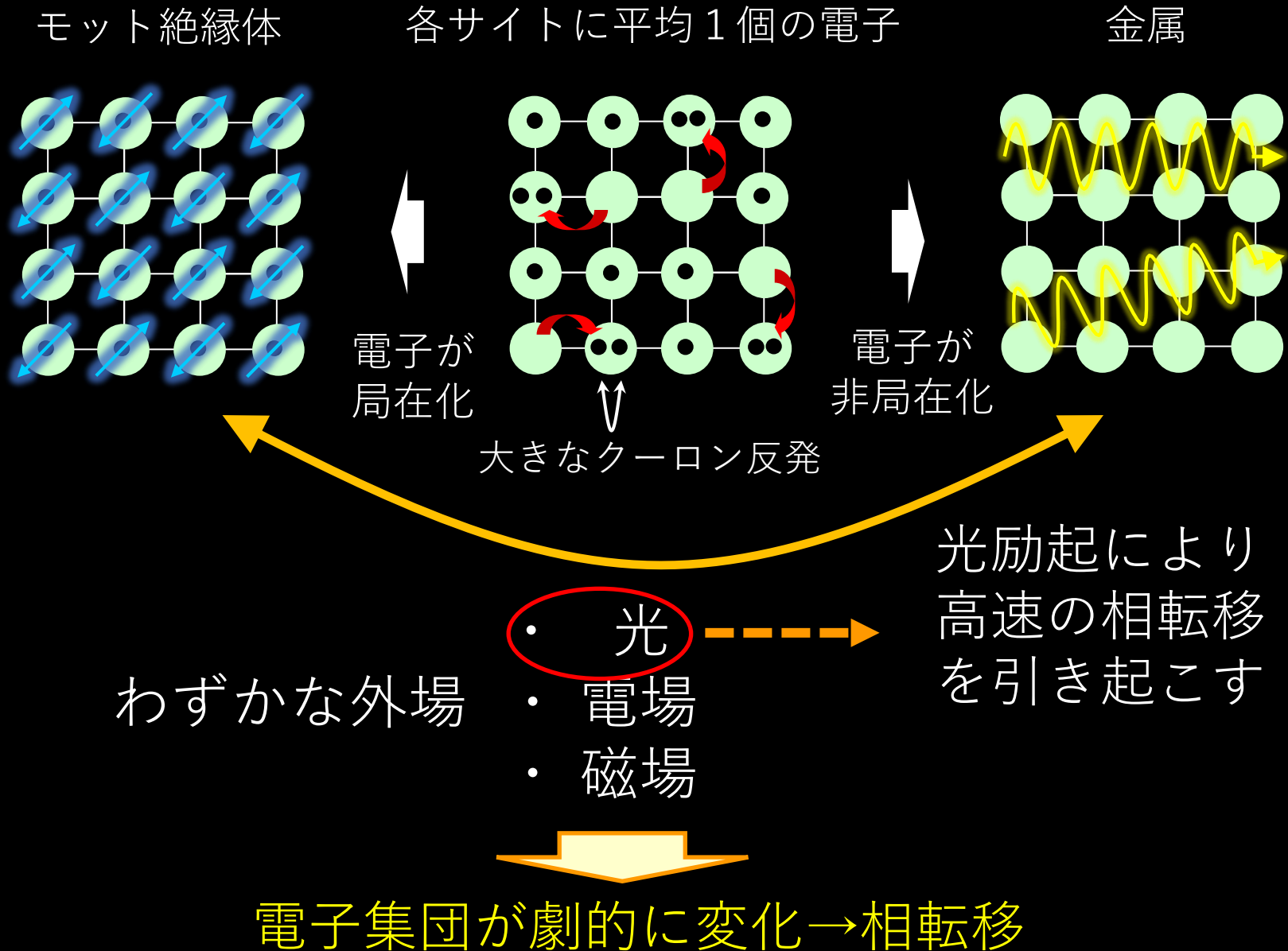


わずかな外場

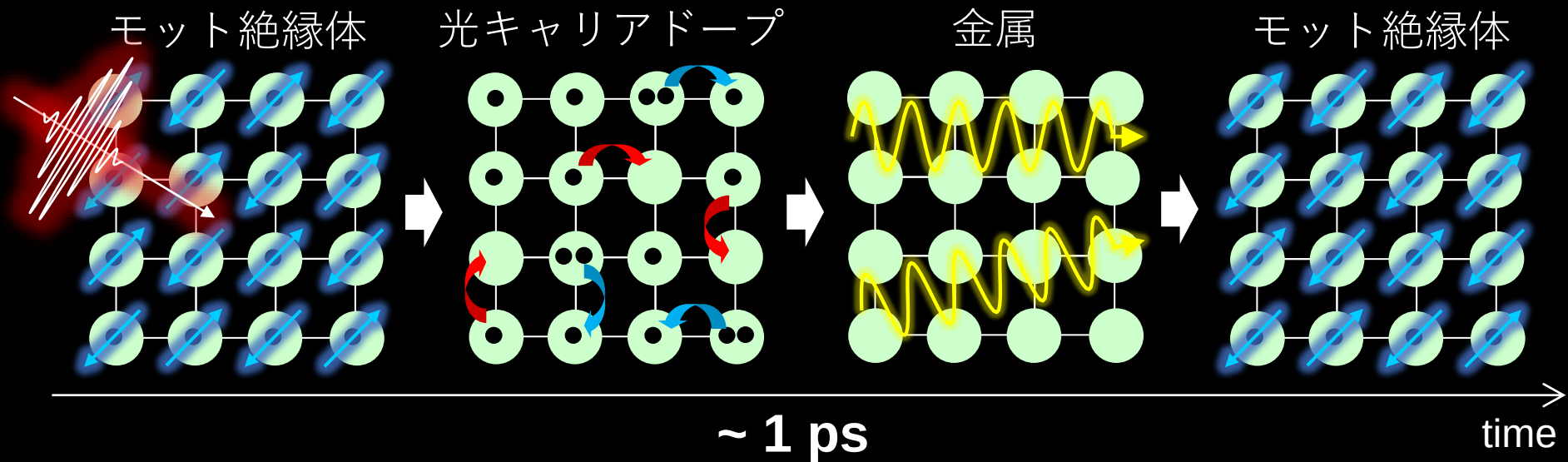
- ・ 光
- ・ 電場
- ・ 磁場

電子集団が劇的に変化→相転移

強相関電子系の特徴：モット絶縁体－金属転移



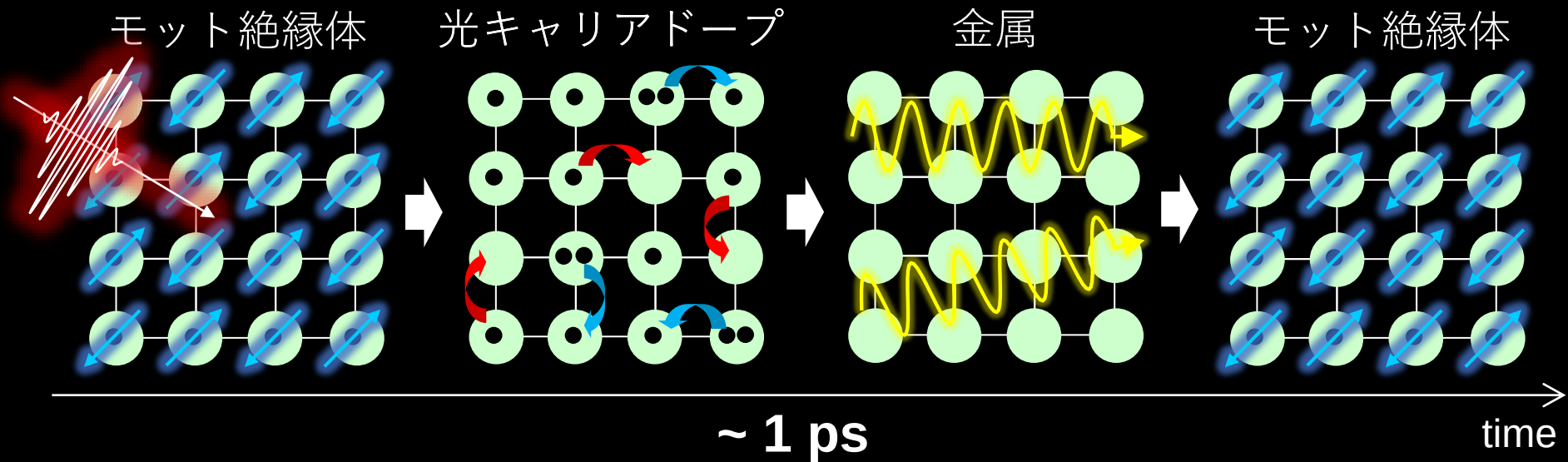
強相関電子系の光誘起相転移



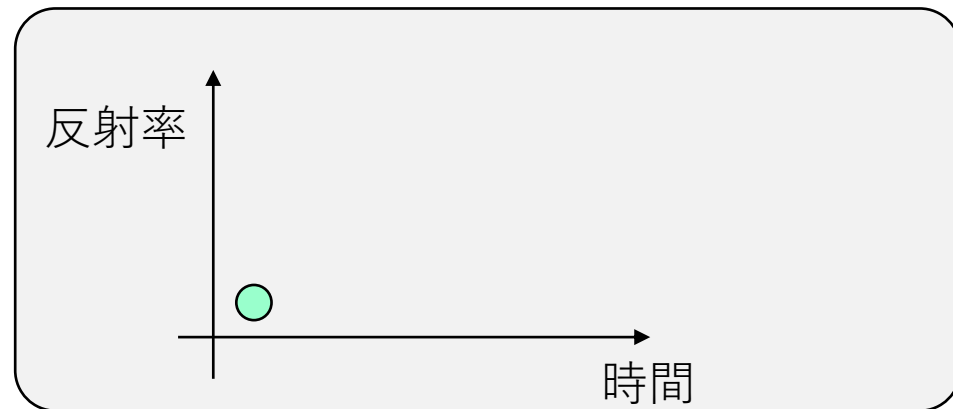
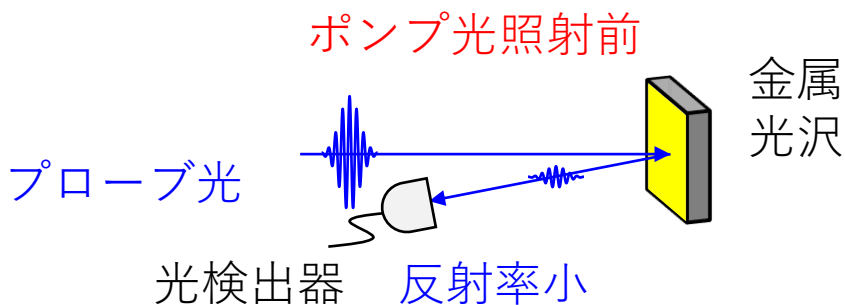
この金属化は、物質の構造が変化するわけではなく、電子やスピンの秩序だけが変化する現象であるため、極めて高速に生じ、また、もともにもどるのもピコ秒程度と非常に速い。

フェムト秒の時間幅を持つレーザーパルスを使った“ポンプ・プローブ分光”でのみ検出が可能

強相関電子系の光誘起相転移

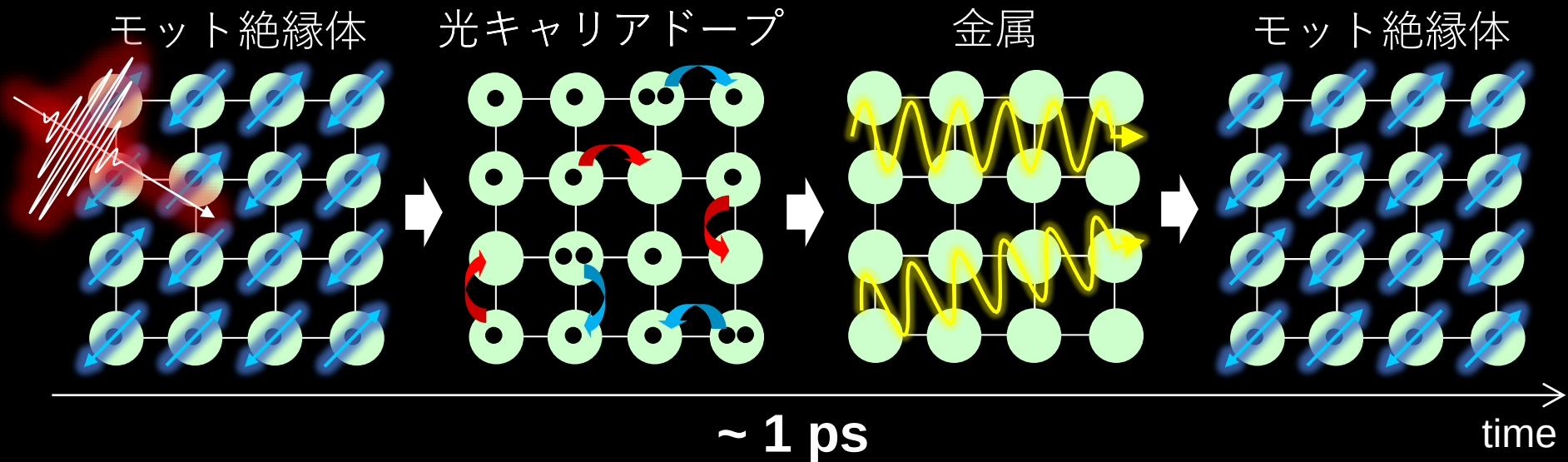


フェムト秒レーザーパルスによるポンプ・プローブ分光

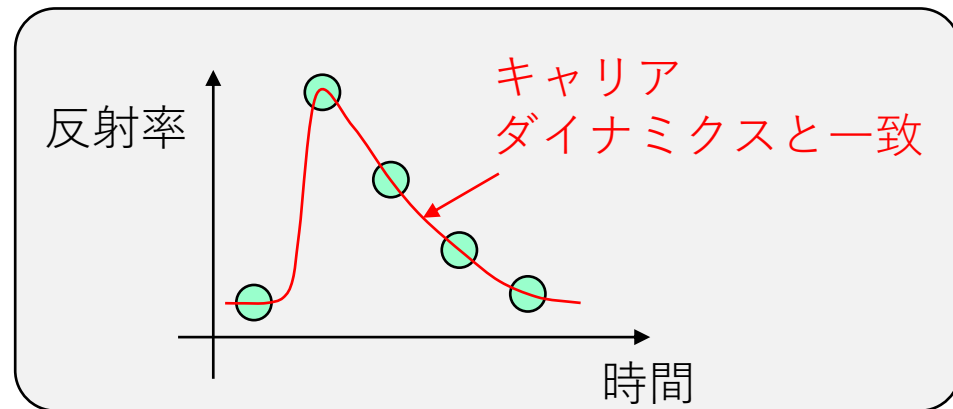
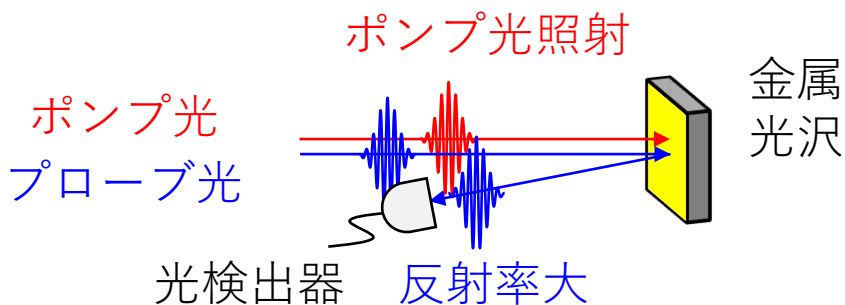


ポンプ光による反射率(吸収)変化を様々な波長のプローブ光で測定することにより、電子構造の変化をフェムト秒の時間分解能で検出できる。

強相関電子系の光誘起相転移



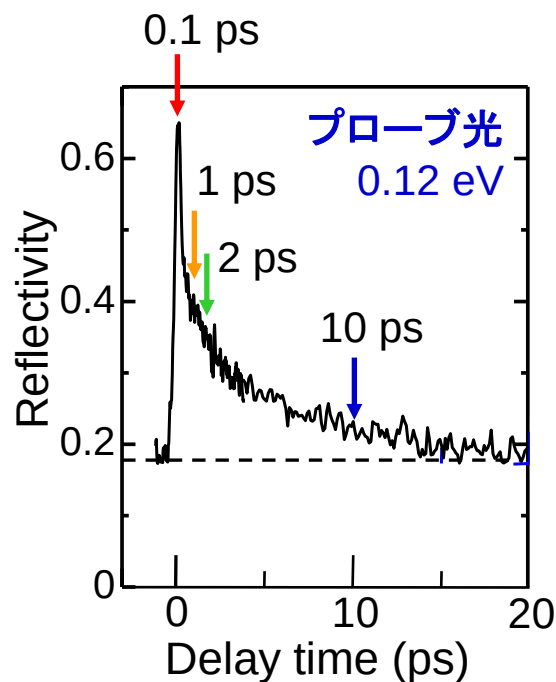
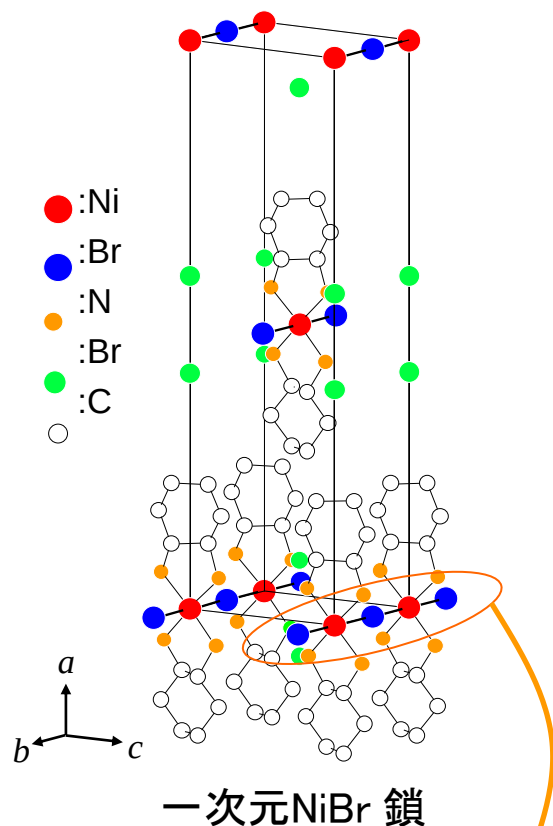
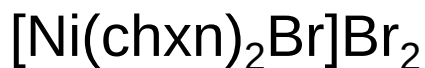
フェムト秒レーザーパルスによるポンプ・プローブ分光



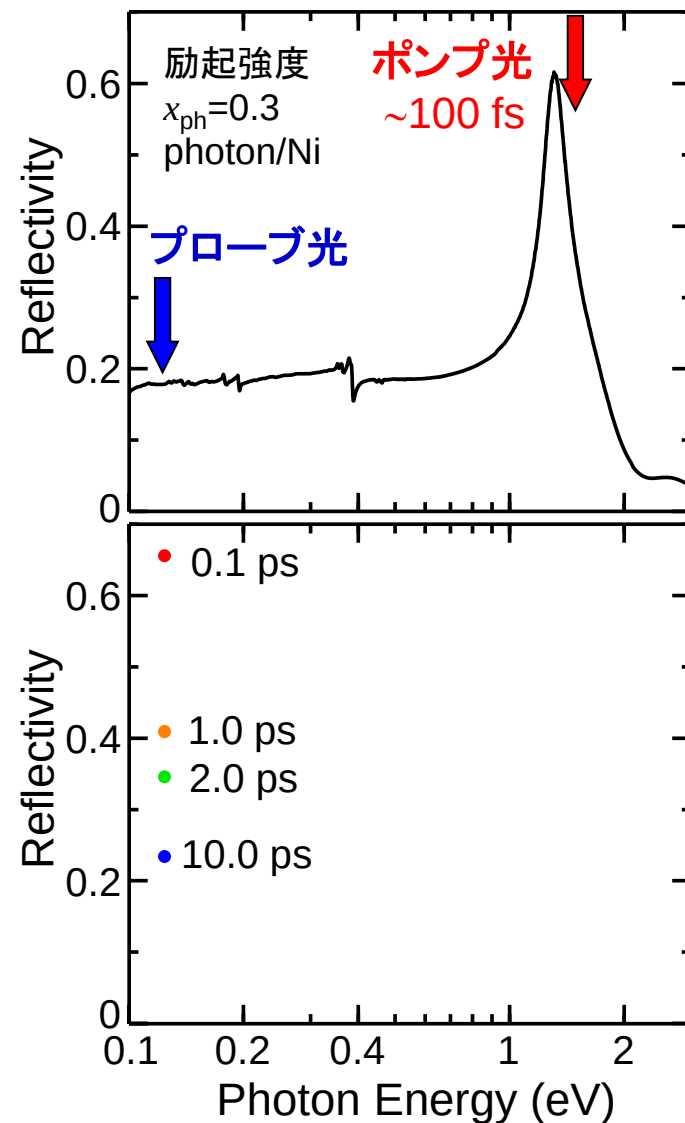
ポンプ光による反射率(吸収)変化を様々な波長のプローブ光で測定することにより、電子構造の変化をフェムト秒の時間分解能で観測できる。

モット絶縁体の超高速光誘起金属化

1次元モット絶縁体

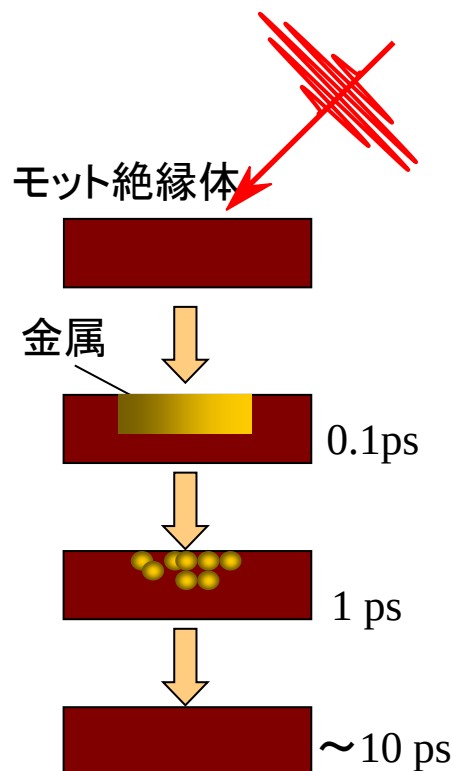


ポンプ光によって、
反射率が大きく増大し、
ピコ秒の時間でもとに
戻っていく様子が観測
できる。

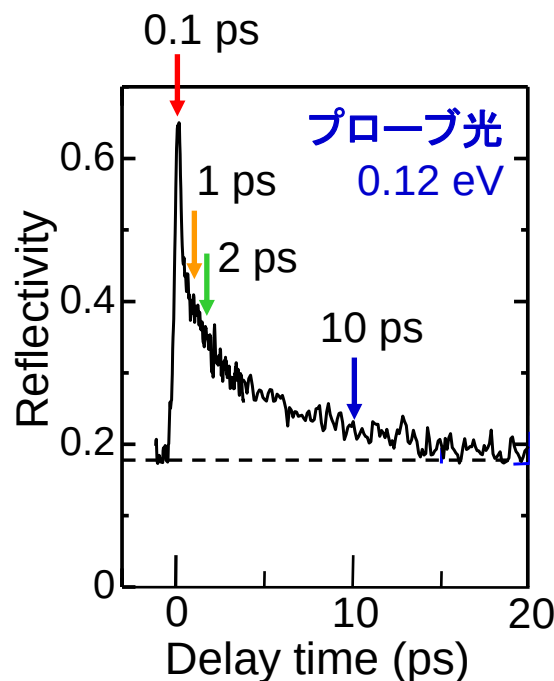


モット絶縁体の超高速光誘起金属化

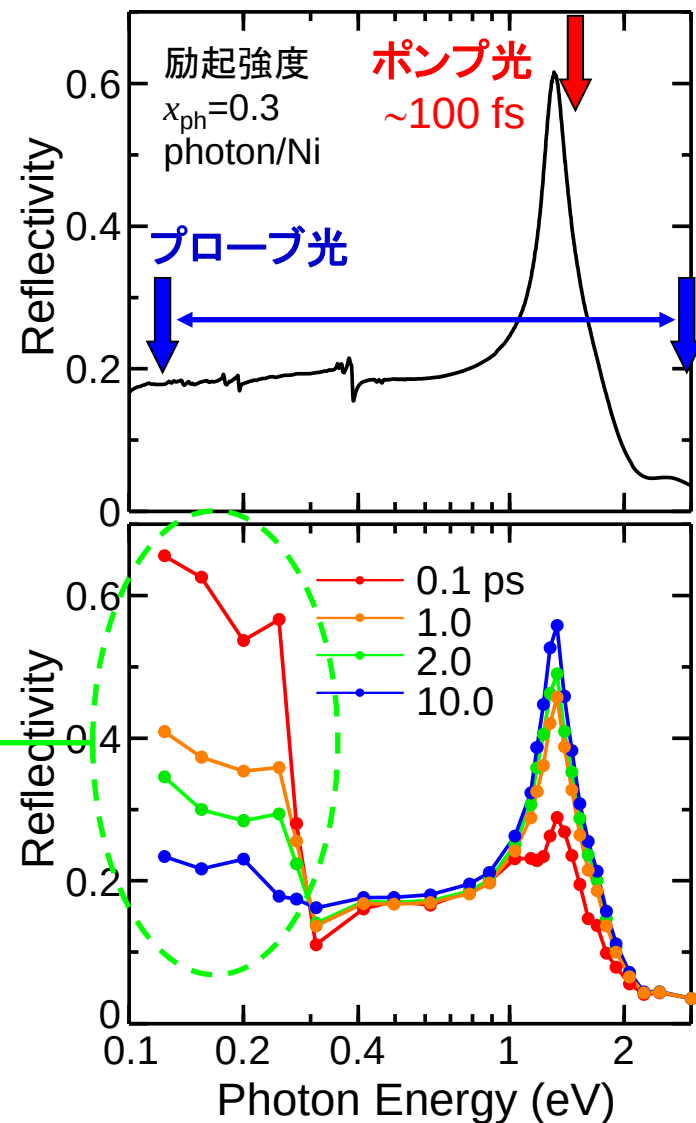
1次元モット絶縁体
 $[\text{Ni}(\text{chxn})_2\text{Br}]\text{Br}_2$



超高速の
絶縁体—金属—絶縁体
スイッチの実証

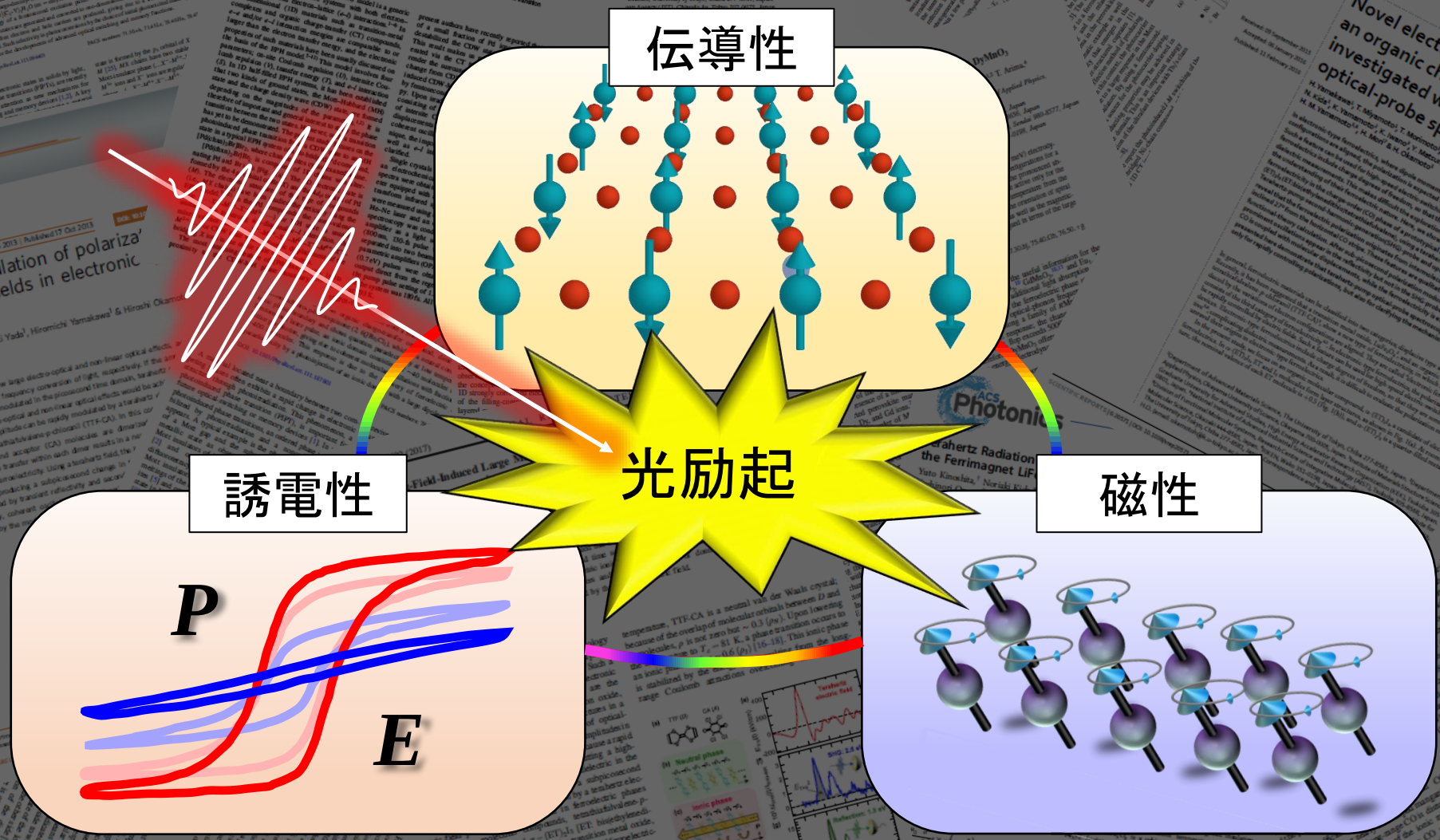


赤外域に
高い反射率の
バンドが出現
↓
光誘起金属化



光誘起相転移：研究対象

様々な物質の電子構造と物性を光で制御する



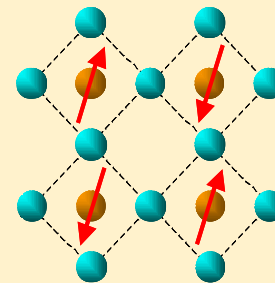
光誘起相転移：研究対象

様々な物質の電子構造と物性を光で制御する

伝導性

銅酸化物

La_2CuO_4 , Nd_2CuO_4
ハロゲン架橋Ni錯体
 $[\text{Ni}(\text{chxn})_2\text{Br}]\text{Br}$



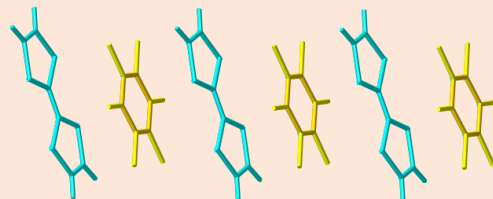
誘電性

有機半導体

TTF-CA

水素結合型強誘電体

クロコン酸



光励起

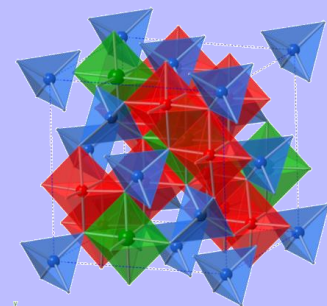
磁性

フェリ磁性体

LiFe_5O_8

Mn酸化物

$\text{Gd}_{0.55}\text{Sr}_{0.45}\text{MnO}_3$



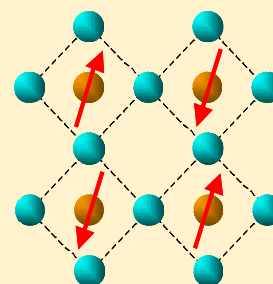
光誘起相転移：研究対象

様々な物質の電子構造と物性を光で制御する

伝導性

銅酸化物

La_2CuO_4 , Nd_2CuO_4
ハロゲン架橋Ni錯体
 $[\text{Ni}(\text{chxn})_2\text{Br}]\text{Br}$

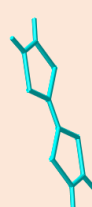


誘電性

有機半導体

TTF-CA

水素結合型強誘電
クロコン酸



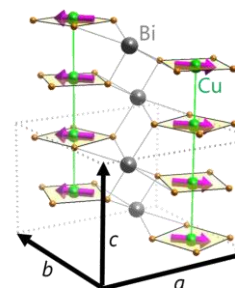
光励起

マルチフェロイクス

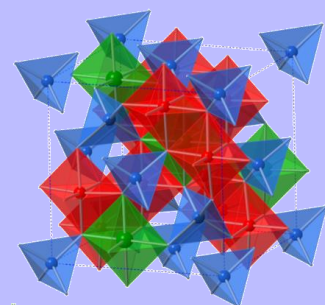
木村研と共同研究

ビスマス銅酸化物

Bi_2CuO_4
ヘキサフェライト
 $\text{Sr}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$



磁性



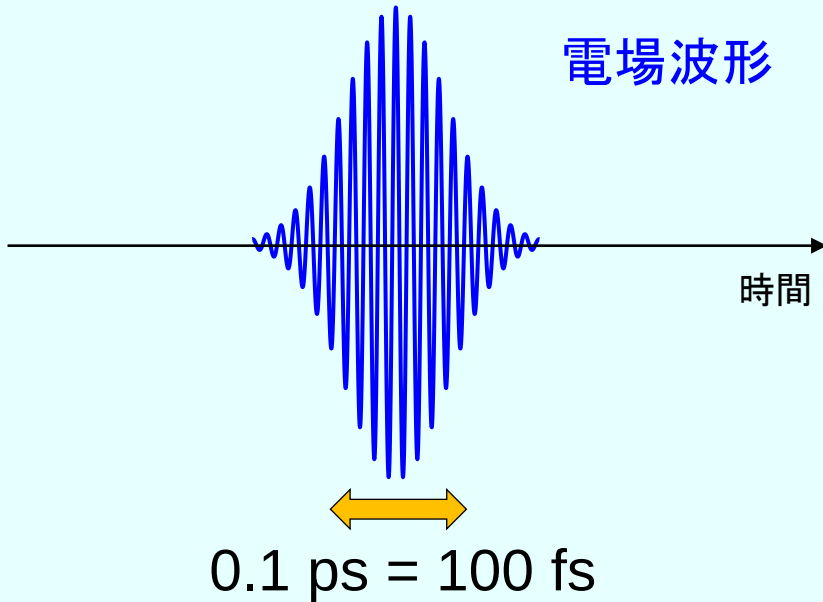
MnO_3

Novel electronic
an organic charge-
investigated with te
optical-probe spectro

最近の研究テーマ① 高強度テラヘルツパルス による固体の超高速スイッチング現象の開拓

従来の可視光パルス

電場波形

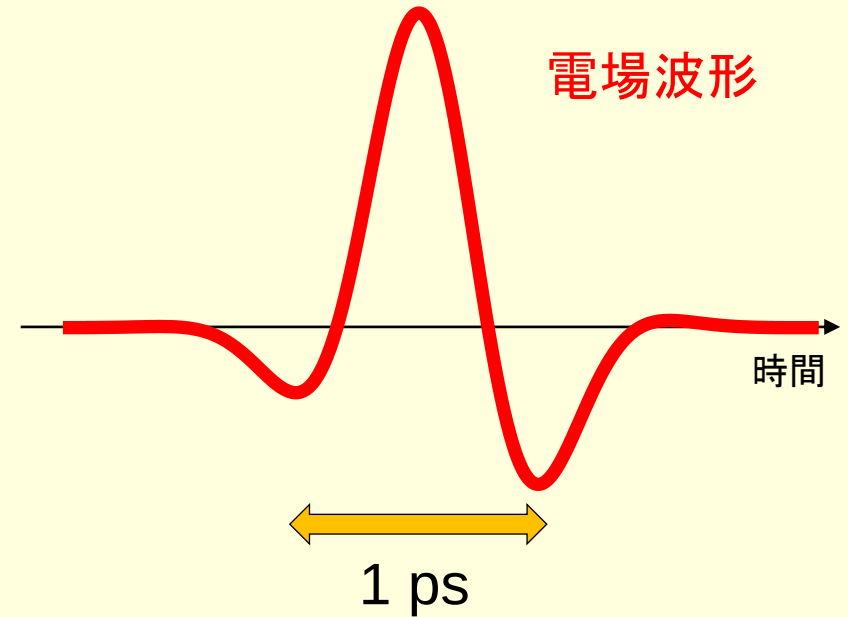


周波数 : 500 THz (⇔周期: 2 fs)
典型的なパルス幅 : 0.1 ps = 100 fs

周期に比べてパルス幅の長い
マルチサイクルの光パルス

テラヘルツパルス

電場波形

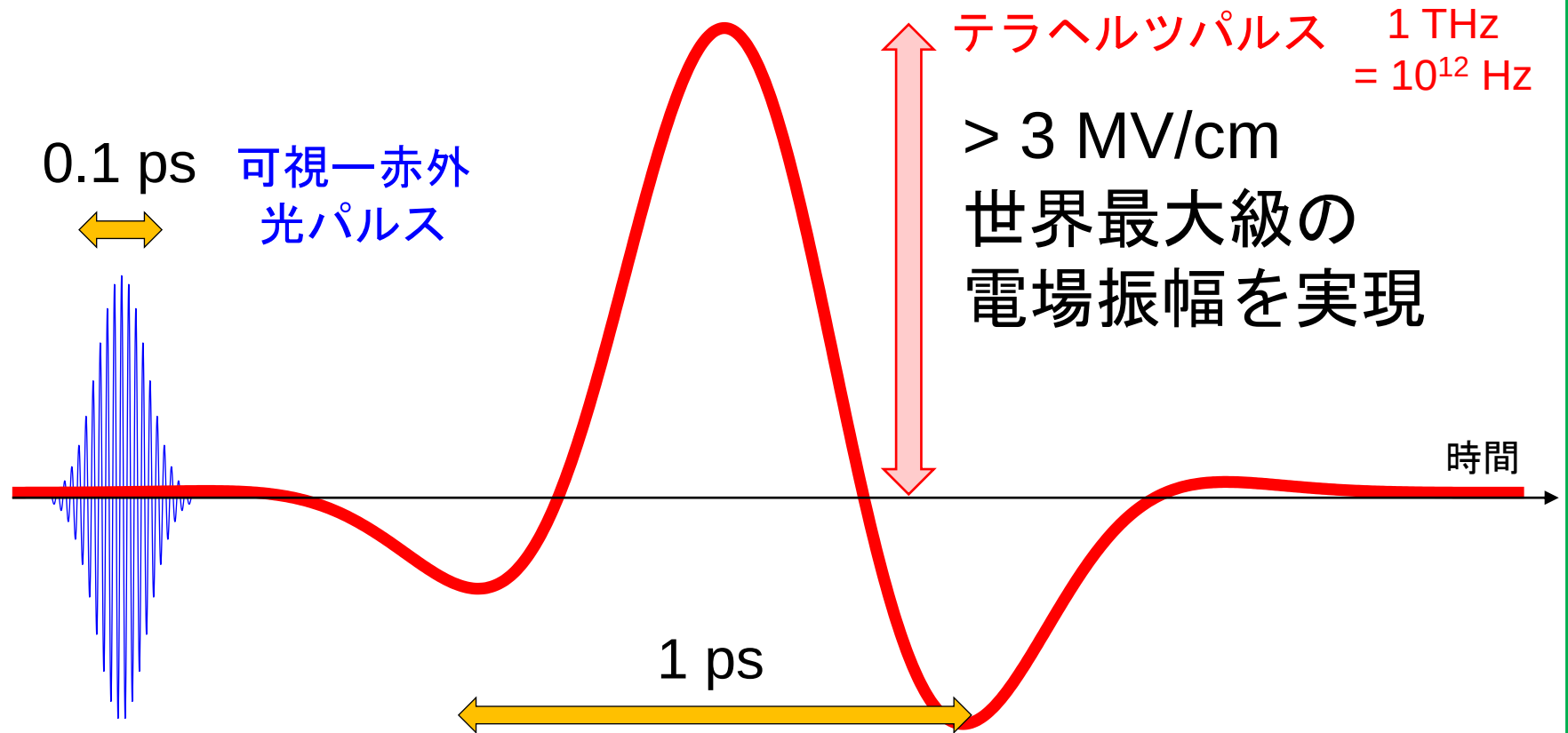


周波数 : 1 THz (⇔周期: 1 ps)
典型的なパルス幅 : 1 ps

- ・ 可視光とは全く異なる周波数
- ・ 理想的なシングルサイクルパルス

最近の研究テーマ① 高強度テラヘルツパルス による固体の超高速スイッチング現象の開拓

二つのパルスの時間スケール → テラヘルツパルスの方が低周波・長波長

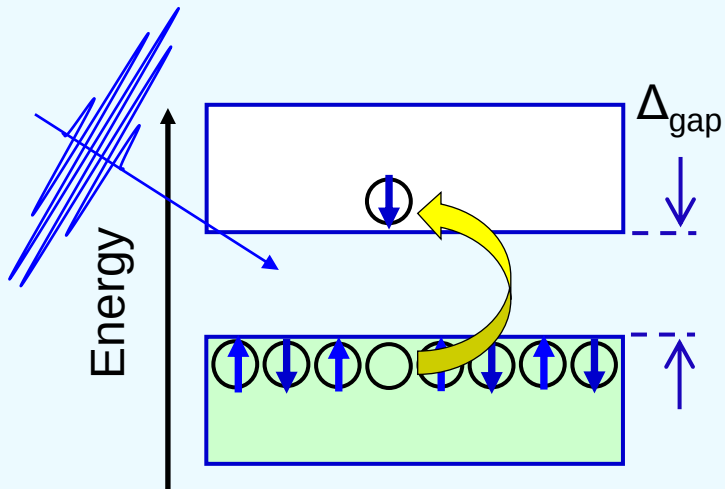


特定の方に強い電場を瞬間的に印加 → 電子構造の電場による制御

高強度テラヘルツパルスによる絶縁体－金属スイッチ

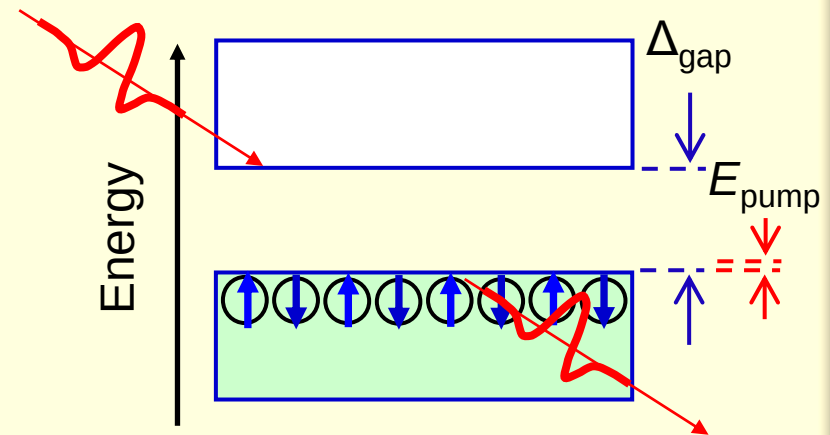
モット絶縁体－金属転移

従来の可視光励起
($E_{\text{pump}} \sim \Delta_{\text{gap}}$)



電子のバンド間遷移によるキャリアの生成

テラヘルツ波励起
($E_{\text{pump}} \ll \Delta_{\text{gap}}$)



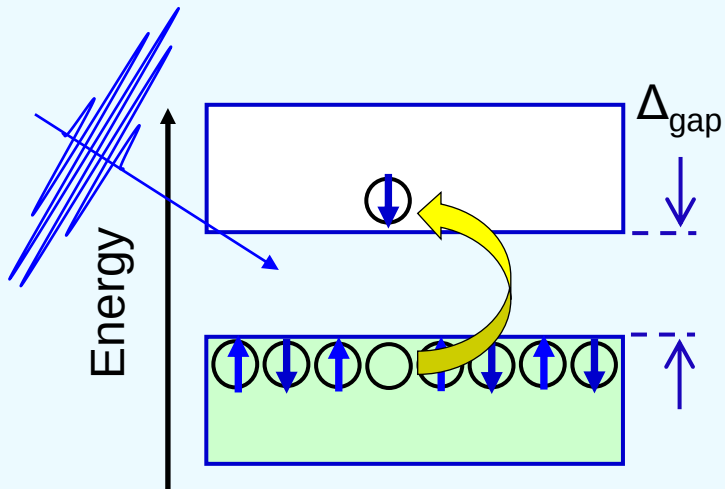
低強度の場合、テラヘルツ波は物質を透過 ($E_{\text{pump}} \ll \Delta_{\text{gap}}$)

高強度テラヘルツパルスによる絶縁体－金属スイッチ

モット絶縁体－金属転移

従来の可視光励起

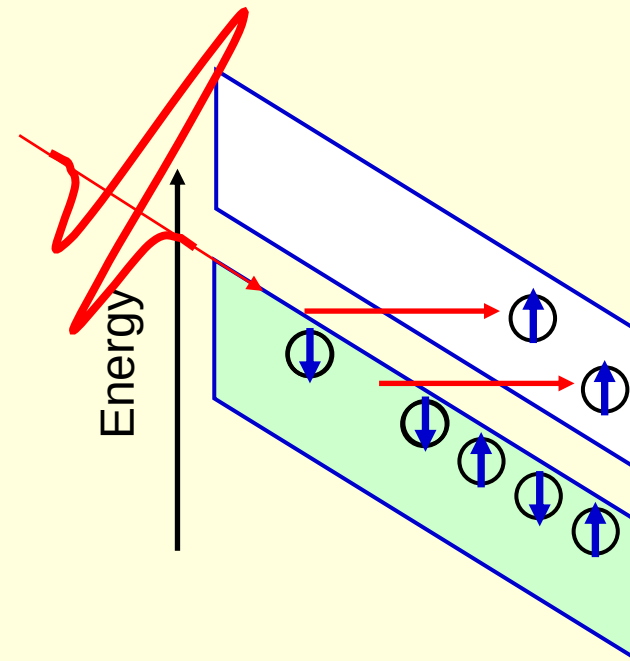
$$(E_{\text{pump}} \sim \Delta_{\text{gap}})$$



電子のバンド間遷移によるキャリアの生成

テラヘルツ波励起

$$(E_{\text{pump}} \ll \Delta_{\text{gap}})$$

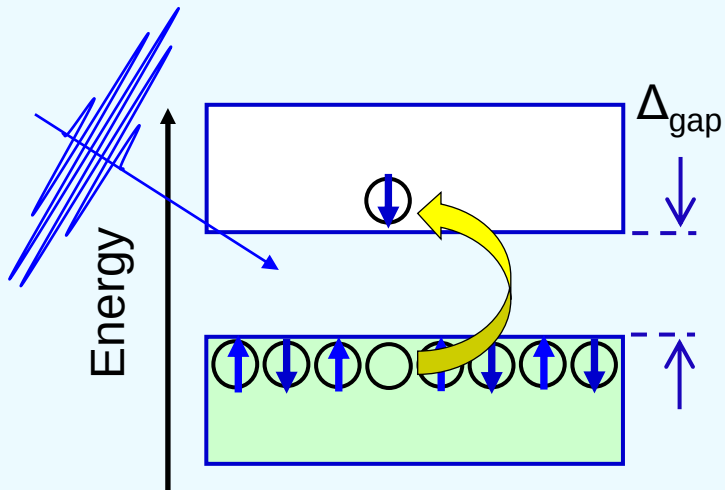


光電場によりバンド構造自体が変化し、電子がトンネルする

高強度テラヘルツパルスによる絶縁体－金属スイッチ

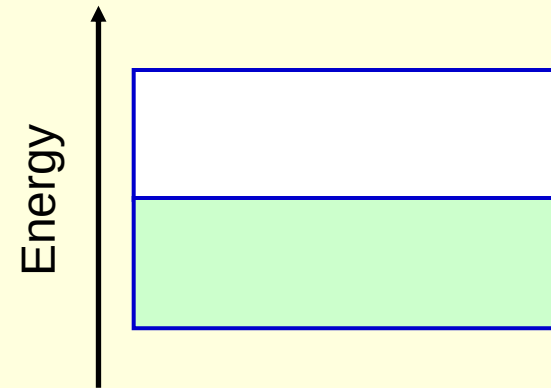
モット絶縁体－金属転移

従来の可視光励起
($E_{\text{pump}} \sim \Delta_{\text{gap}}$)



電子のバンド間遷移によるキャリアの生成

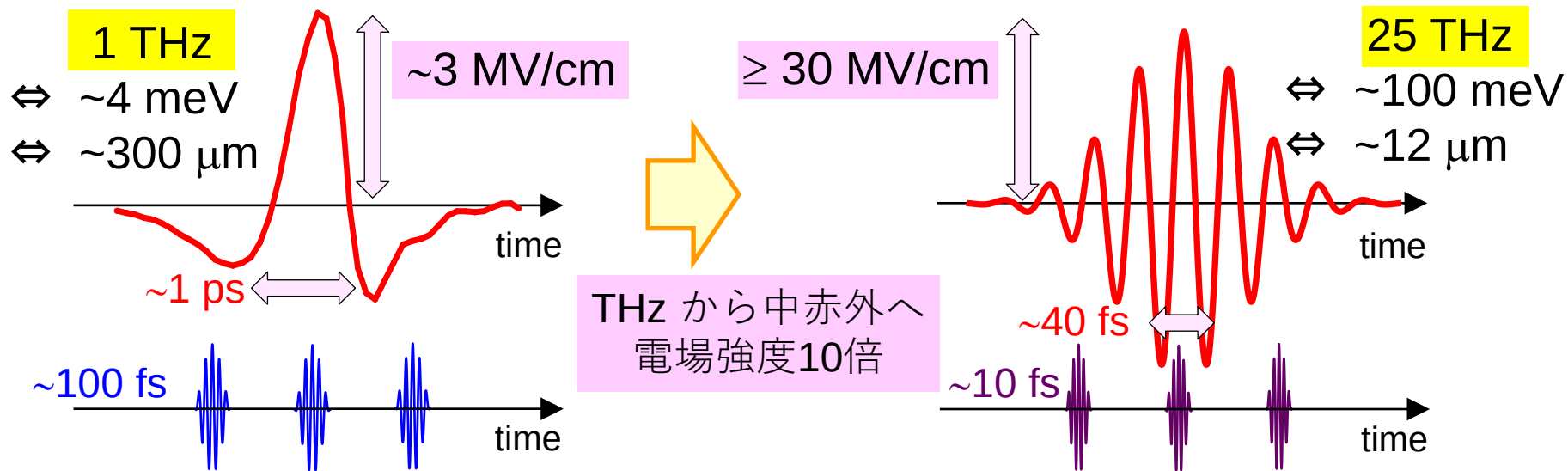
テラヘルツ波励起
($E_{\text{pump}} \ll \Delta_{\text{gap}}$)



電子のトンネリングをきっかけに
ギャップが潰れ、金属状態へ転移
エネルギー損失の無い
新しい光誘起相転移

光の電場効果による超高速相転移

最近の研究テーマ② 中赤外位相制御パルスを用いた 新しい光誘起現象の探索

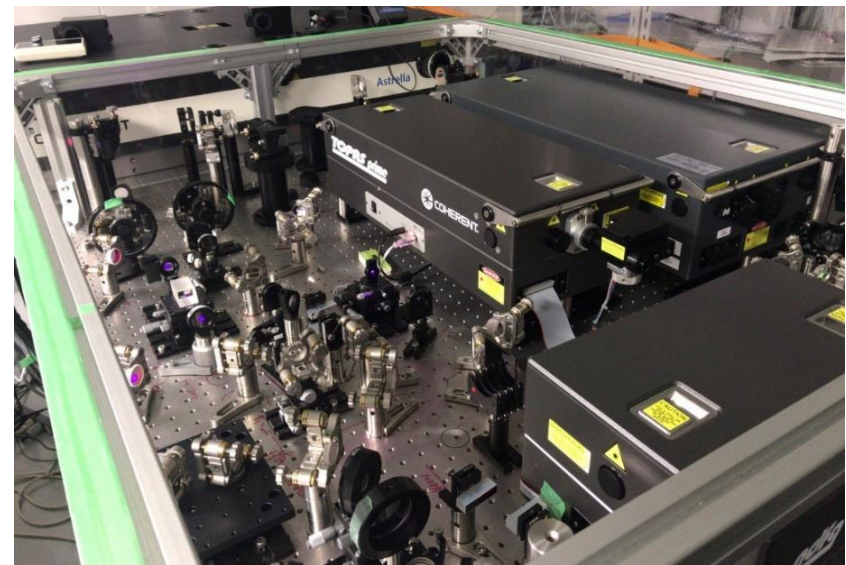


波長可変中赤外パルス+10 fs極短可視パルスの発生 → 新しい光誘起現象の観測

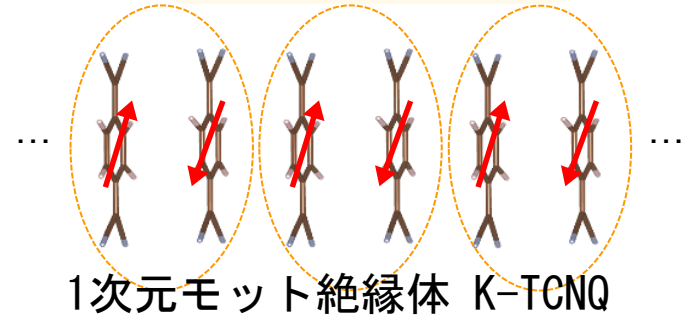
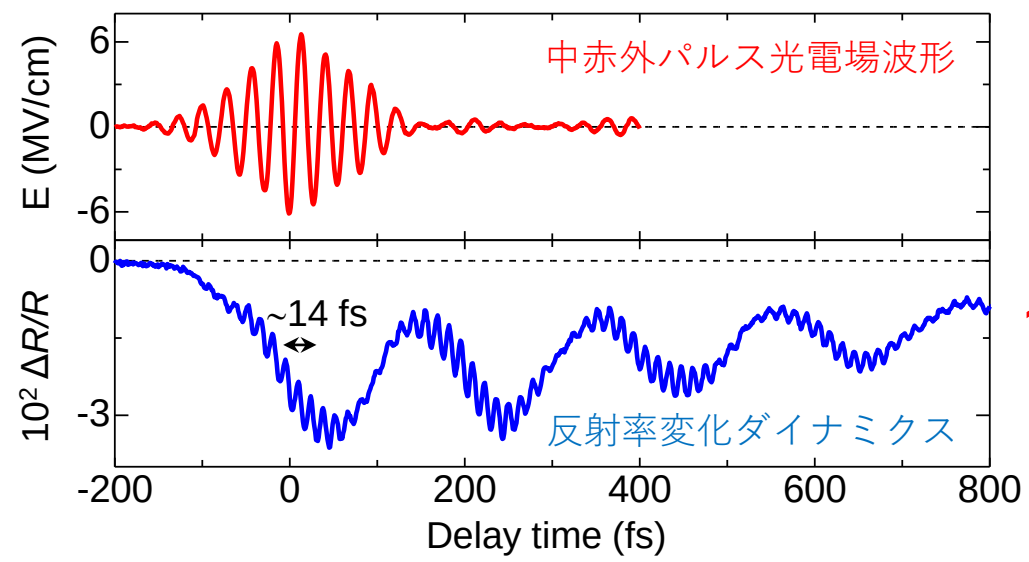
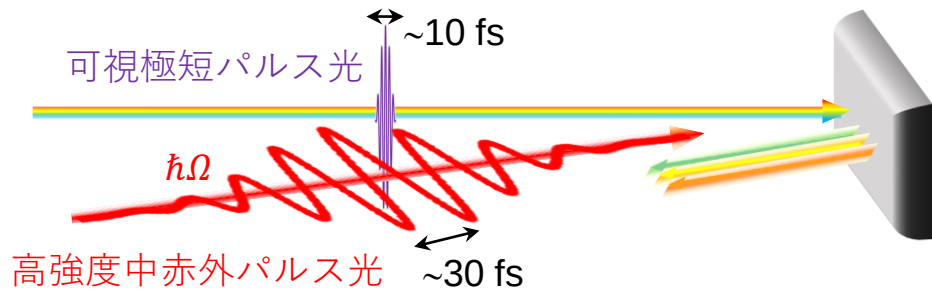
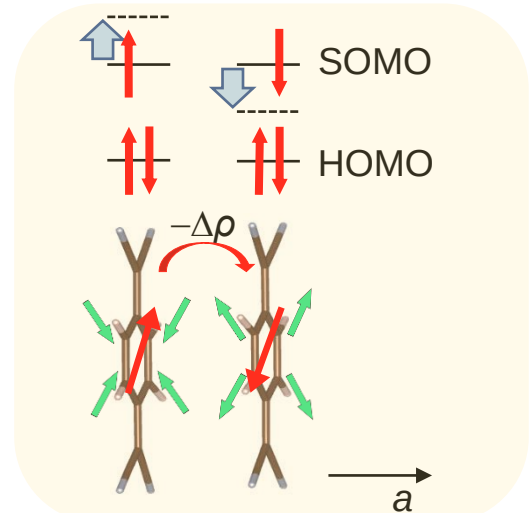
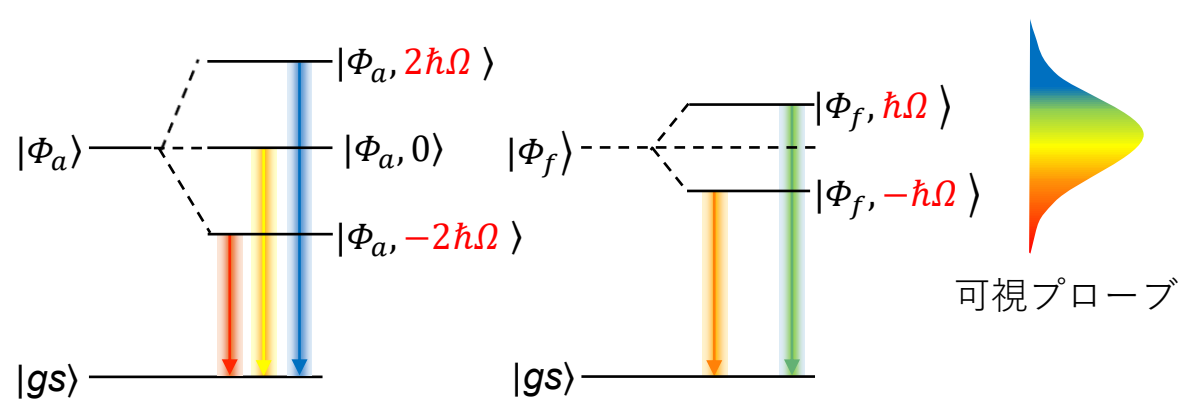
**高強度中赤外パルス
時間幅 < 10 fsの可視プローブパルス
の発生が可能**

M2山川貴士君・D3園直樹君の成果！

T. Yamakawa, N. Sono, et al.
AIP Advances **10**, 025311 (2020)



中赤外位相制御パルスを用いた新しい光誘起現象の探索



フォノン励起による
電子状態制御
～ 14 fsの超高速応答まで観測

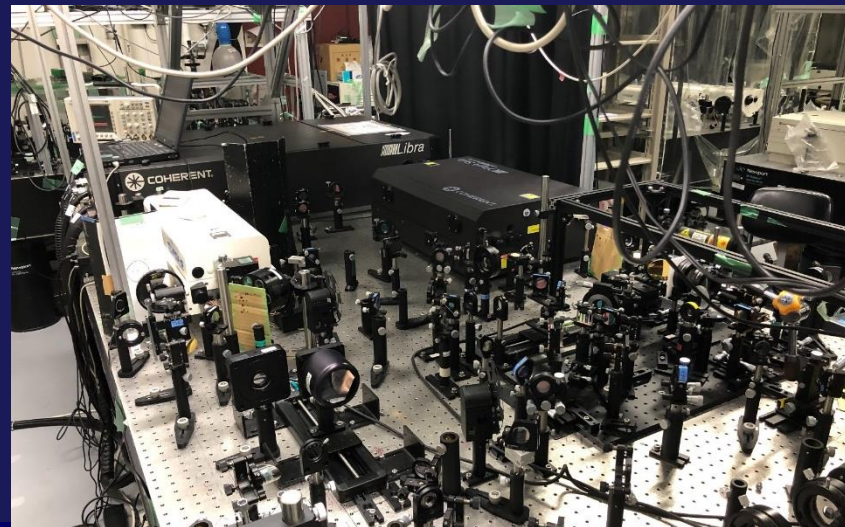
フロッケ状態の解明

最新レーザーシステム・顕微分光装置を次々に導入

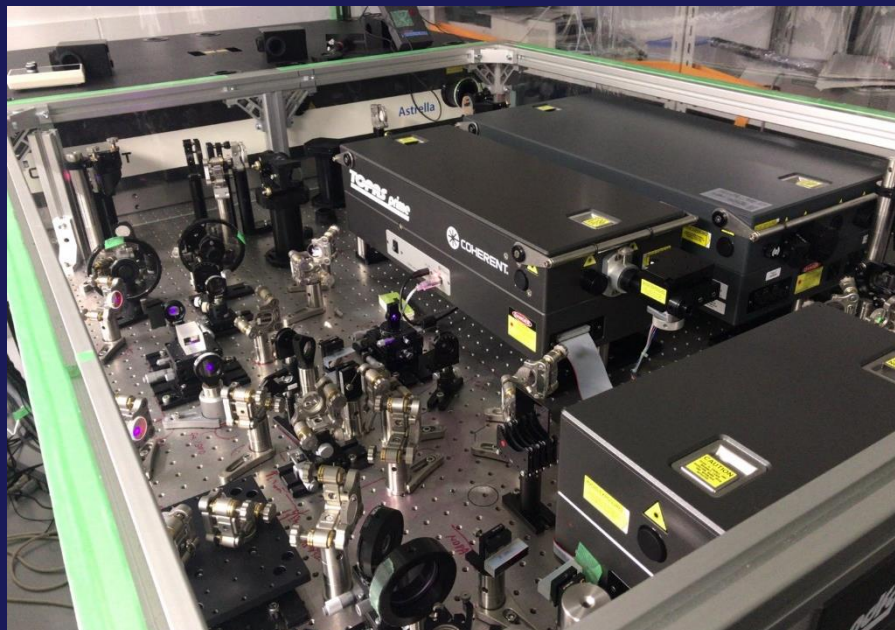
柏キャンパス第二総合研究棟 402 号室



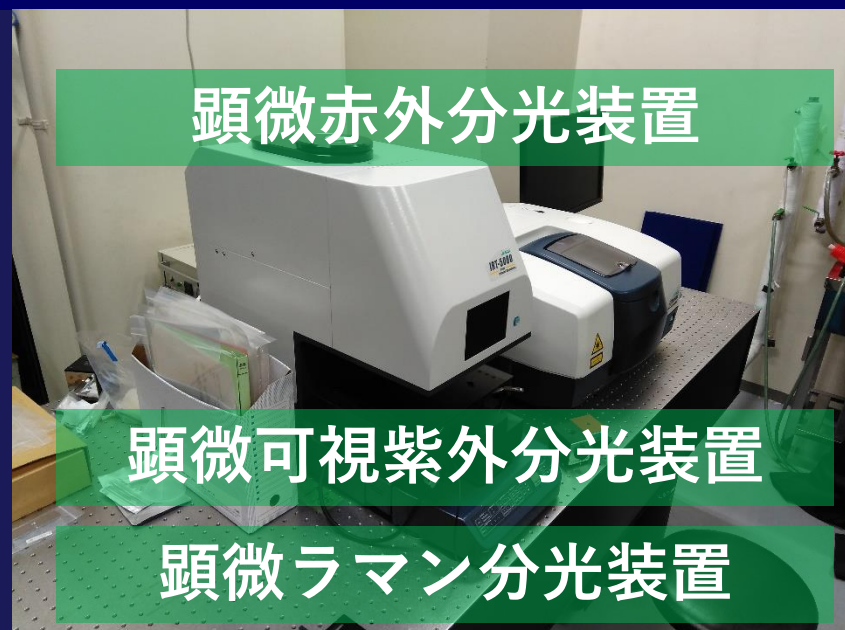
柏キャンパス基盤棟 BC9 号室



柏キャンパス基盤棟 BF2 号室



柏キャンパス基盤棟 BA1 号室



顕微赤外分光装置

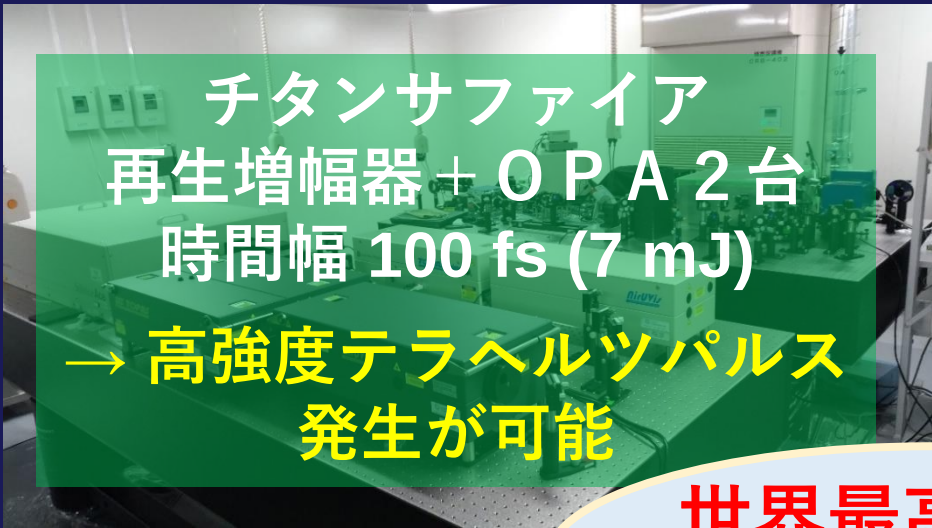
顕微可視紫外分光装置

顕微ラマン分光装置

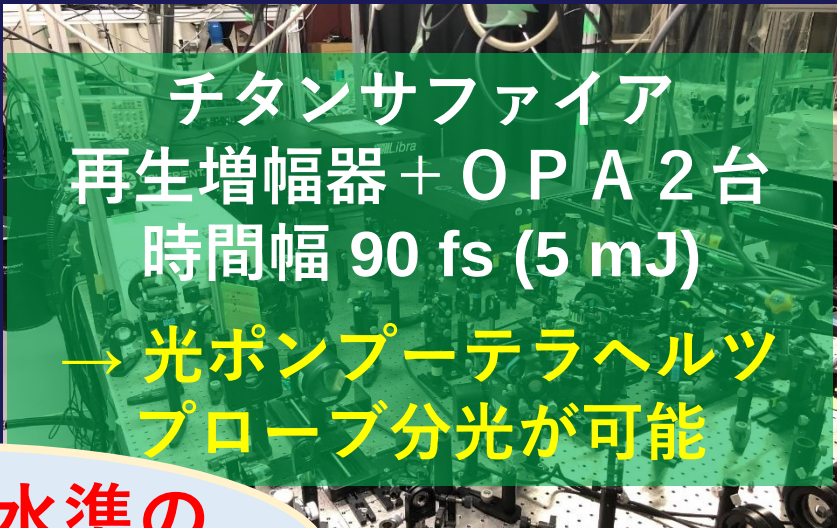
最新レーザーシステム・顕微分光装置を次々に導入

柏キャンパス第二総合研究棟 402 号室

柏キャンパス基盤棟 BC9 号室



チタンサファイア
再生増幅器 + O P A 2 台
時間幅 100 fs (7 mJ)
→ 高強度テラヘルツパルス
発生が可能

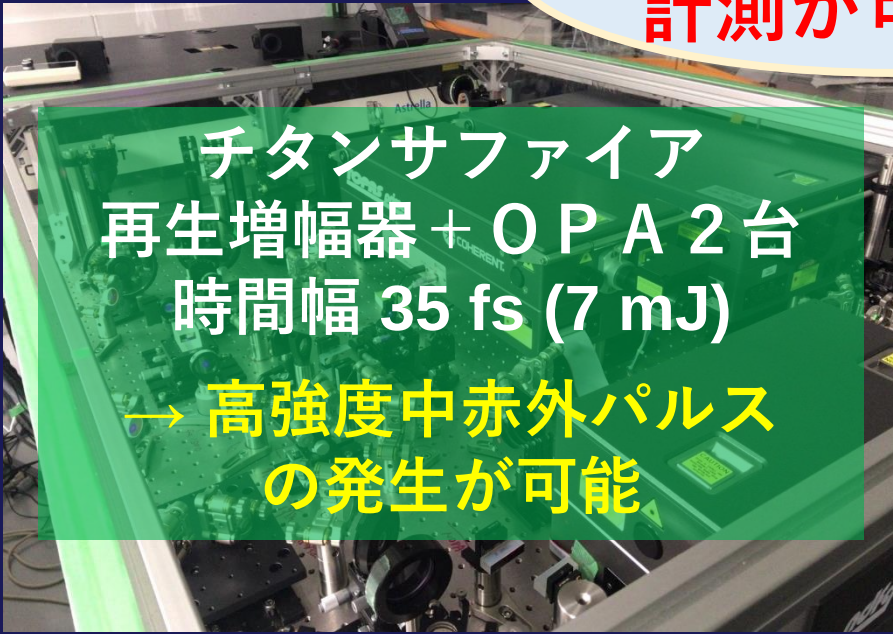


チタンサファイア
再生増幅器 + O P A 2 台
時間幅 90 fs (5 mJ)
→ 光ポンプ・テラヘルツ
プローブ分光が可能

世界最高水準の
計測が可能に！

柏キャンパス基盤棟

基盤棟 BA1 号室



チタンサファイア
再生増幅器 + O P A 2 台
時間幅 35 fs (7 mJ)
→ 高強度中赤外パルス
の発生が可能

顕微赤外分光装置

顕微可視紫外分光装置

顕微ラマン分光装置

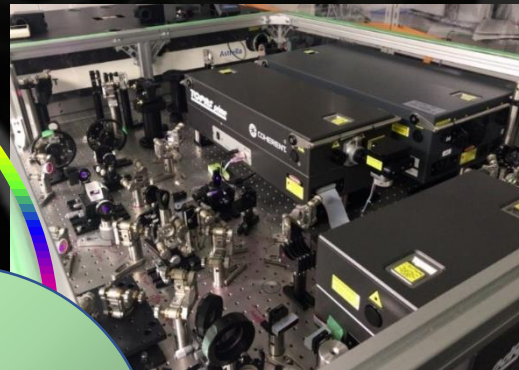
学生の研究内容 & 実験設備

有機非線形光学結晶DSTMSによる
MV/cm級のTHz波発生系
(M2, M1, B4で共同実験)



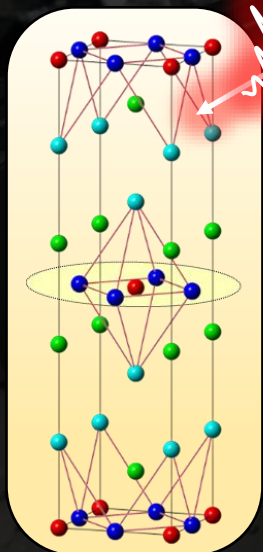
装置開発

位相安定な中赤外光励起・
サブサイクル分光系
(D2, M2, M1, B4で共同実験)



理論

測定



モット絶縁体
電子型強誘電体
励起子絶縁体
マルチフェロイクス
スピン液体 etc…
の光応答



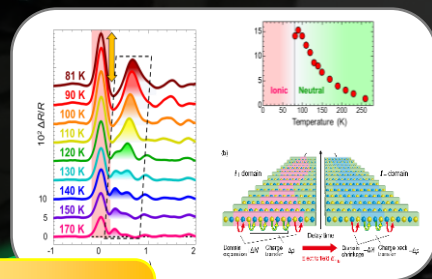
ワークステーションを用いた
第一原理計算、モデル計算

学生生活（実験の流れ）

装置開発



データ
解析



測定

光学系の調整

解析・解釈

START!

約 2 ～ 3 週間

マシンタイム交代

試料取り付け

測定



学会・論文
発表

研究室での議論

理論解析

岡本・貴田研究室 卒論生、大学院生の活躍（2011年～）

卒業論文賞

2011年 3月	五月女真人君	物理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	物理工学科優秀卒業論文賞
2013年 3月	木下雄斗君	物理工学科優秀卒業論文賞

修士論文賞

2013年 2月	五月女真人君	物質系専攻修士論文優秀賞 & 物理学優秀修士論文賞
2014年 2月	寺重 翼君	物理学優秀修士論文賞
2015年 2月	木下雄斗君	物質系専攻修士論文優秀賞
2016年 3月	森本剛史君	物質系専攻修士論文優秀賞 & 物理学優秀修士論文賞
2018年 3月	園 直樹君	物質系専攻修士論文優秀賞 & 物理学優秀修士論文賞
2019年 3月	水井 誠君	物理学優秀修士論文賞
2020年 3月	北尾貴之君	物質系専攻修士論文優秀賞 & 物理学優秀修士論文賞

博士論文賞（総長賞候補）

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
2018年 2月	山川大路君	新領域創成科学研究科研究科長賞→総長賞候補
2019年 2月	森本剛史君	新領域創成科学研究科研究科長賞

MERIT Award

2017年 3月	寺重 翼君	2019年 3月	森本剛史君
----------	-------	----------	-------

2019年3月
日本物理学会の打ち上げ



岡本・貴田研究室 卒論生、大学院生の活躍（2011年～）

卒論生の学会発表（日本物理学会）

2011年 3月 五月女真人君 2012年3月 武田遼太郎君
2013年 3月 木下雄斗君・増田亮二君・山川大路君
2014年 3月 森本剛史君 2015年3月 渡部 憲君
2017年 3月 浅田和規君 2019年3月 鈴木博貴君

学術誌・学会での受賞

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ECRYS2014において、SPECIAL POSTER PRIZEを受賞
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
2015年10月 武田遼太郎君の論文がAPL誌の注目論文に選出
2017年 3月 森本剛史君の論文が米国物理学会PhysicsのFocusで紹介
2017年 6月 森本剛史君がPIPT6において、BEST POSTER AWARDを受賞
2017年 9月 山川大路君が2017年日本物理学会領域7 優秀ポスター賞受賞
2018年 9月 浅田和規君が2018年日本物理学会領域7 学生優秀発表賞受賞
2019年 3月 北尾貴之君が2019年日本物理学会領域7 学生優秀発表賞受賞

招待講演・依頼講演

2011年10月 上村紘崇君 依頼講演 新学術領域A04班会議（東京大学）
2016年 8月 森本剛史君 招待講演 IMPACT 2016（Cargese, France）

学振特別研究員

2013年 4月～五月女真人君、宮本辰也君 2016年4月～木下雄斗君
2017年 4月～山川大路君、森本剛史君

岡本・貴田研究室の良いところ ～研究生の郭さんから～

- ・ 突拍子のない質問でも先輩が答えてくれる
- ・ スケジュールに自由度が高い
- ・ 光物性の研究は手応えある
- ・ 装置開発に携われる
- ・ 歓迎会などのイベントもある

スタッフ

岡本 博 教授

貴田 徳明 准教授

宮本 辰也 助教

秘書：1名

技術補佐員：1名

学生

博士：3年1名, 1年2名

修士：2年5名, 1年3名

研究生：1名

