

# 光物性(木村)グループ

生命機能研究科

理学部物理学科

理学研究科物理学専攻(協力講座)

2017年度 メンバー(予定)

教授 木村 真一

准教授 渡辺 純二

助教 大坪 嘉之, 渡邊 浩

秘書 橋本 朋子

D1 2名(IPC留学生)

M2 2名(物理)+1名(生命)

M1 4名(物理)+1名(IPC)+1名(生命)

4年 最大4名

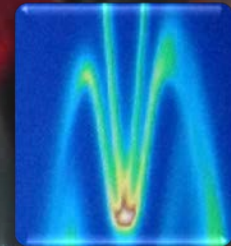




# 物質のもつ機能性の起源の解明と 量子情報からの新しい機能の創造



シンクロトロン光やレーザーなど量子ビームを用いた方法論の開発と先端分光



## テラヘルツ・赤外分光

- 回折限界赤外/THzイメージング
- 時間分解THz分光
- 次世代THz光源開発
- 極低温・高磁場・高圧

## 真空紫外光電子分光

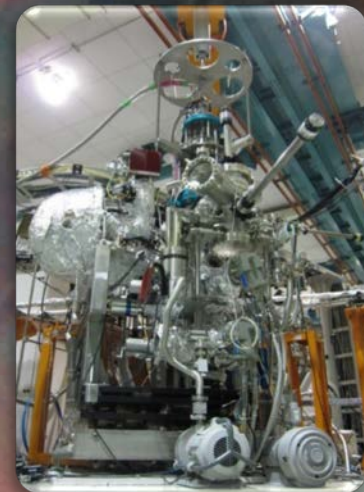
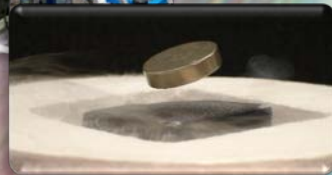
- スピン・軌道対称性・3次元波数分解
- 時間分解光電子分光
- 1次元, 2次元系, トポロジカル系
- 機能性薄膜

## 機能性物質

- 強相関電子系
- 低次元系
- 生体材料

## 電子構造計算

- バルク・表面状態





# 物質のもつ機能性の起源の解明と 量子情報からの新しい機能の創造

簡単に言うと、  
いろいろな“ビーム”を  
使った  
“おもしろい研究”

シンクロトロン光やレーザーなど量子ドットを用いた方法論の発展と先端分光

テラヘルツ・赤外分光

- 回折限界赤外分光イメージング
- 時間分解分光
- 次世代THz光源開発
- 極低温・高磁場・高圧

真空紫外光電子分光

- スピン・軌道対称性・3次元波数分解
- 時間分解光電子分光
- 1次元, 2次元系, トポロジカル系
- 機能性薄膜

機能性物質

- 超伝導電子系
- 低次元系
- 生体材料

電子構造計算

- バルク・表面状態



# 光物性研究室(木村研)の概要・特徴

- **吹田キャンパス**にある4年生から所属できる唯一の研究室。
  - 豊中キャンパスH棟にも居室を確保予定。
- 電子線加速器からの**シンクロtron光**(学外)や**レーザー**(学内), **高輝度電子線**(学内)などの**量子ビーム**を駆使する**分光研究**。
- 物理学を使って**物質科学**から**生命科学**をつなぐ研究(が目標)。  
**スキマを狙う!**
- 研究のキーワード **”おもろい”研究**。
  - 手法:シンクロtron光, レーザー, 光電子分光, 赤外・テラヘルツ分光, 共鳴電子エネルギー損失分光, 電子線回折, (簡単な)バンド計算
  - 対象:強相関電子系, 強磁性半導体, トポロジカル系, 低次元系, ワイル半金属, 生体高分子系(アミノ酸, DNAなど)
  - 分光研究/装置開発 のどちらか/どちらも習得可能。
  - 身につくスキル:光学, 分光, 超高真空( $< 10^{-8}$  Pa), 薄膜成長, 試料育成, 3次元CAD, バンド計算, 電子軌道計算, ,
- 学内にいるときは, **自分のペースで研究・勉学が可能**。
  - コアタイムは, 週1回のセミナーの時間のみ。(研究の時間は, 各自が確保。)
  - 研究の過程と成果が大事。(なにもしないのはダメ。)



# 学生へのメッセージ

## 1. やる気があれば、どんどん研究が発展でき、筆頭著者で論文発表や国際・国内学会での発表ができます。

- 過去14年間で総論文170報のうち、学生が筆頭著者の数は約50本。(Nature系雑誌, Phys. Rev. Lett., Appl. Phys. Lett.を含む。)
- 博士を取った学生1人あたり、平均10本以上の論文あり。(共著を含む。)
- **今年の大学院生の学会等の発表は 16件！**
- **過去2年間で学生・元学生等の受賞数は 9件！**

## 2. やる気があれば、海外や国内施設での実験や発表も可能です。

- 過去2年間で、**修士学生の3名がフランス**での実験に参加。(内1名は2回参加。)
- 4年生でも、国内大型施設での実験に参加可能。(希望制)

## 3. やる気があれば、アカデミアをはじめとして、いい就職口を斡旋します。

- M卒の主な就職先: キヤノン, ニコン, 日清食品, 東芝, ソニー, デンソー, ルネサス, 村田製作所, 半導体エネルギー研究所, INAX, ULVAC, , , ,
- D卒OB 助教以上 6人(内准教授2名),  
国内ポスドク 1人, 海外ポスドク 0人



# 学生へのメッセージ

- やる気があれば、どんどん研究が発展でき、筆頭著者で論文を国際・国内学会での発表ができる。

例えば、あるM2学生は。。。。

超一流研究雑誌に第一著者で論文を発表

中国で開催された  
国際会議で口頭発表





# 学生へのメッセージ

## 1. やる気があれば, どんどん研究が発展でき, 筆頭著者で論文発表や国際・国内学会での発表ができます。

- 過去14年間で総論文170報のうち, 学生が筆頭著者の数は約50本。(Nature系雑誌, Phys. Rev. Lett., Appl. Phys. Lett.を含む。)
- 博士を取った学生1人あたり, 平均10本以上の論文あり。(共著を含む。)
- **今年の大学院生の学会等の発表は 16件!**
- **過去2年間で学生・元学生等の受賞数は 9件!**

## 2. やる気があれば, 海外や国内施設での実験や発表も可能です。

- 過去2年間で, **修士学生の3名がフランス**での実験に参加。(内1名は2回参加。)
- 4年生でも, 国内大型施設での実験に参加可能。(希望制)

## 3. やる気があれば, アカデミアをはじめとして, いい就職口を斡旋します。

- M卒の主な就職先: キヤノン, ニコン, 日清食品, 東芝, ソニー, デンソー, ルネサス, 村田製作所, 半導体エネルギー研究所, INAX, ULVAC, , , ,
- D卒OB 助教以上 6人(内准教授2名), 国内ポスドク 1人, 海外ポスドク 0人



# 学生へのメッセージ

1. やる気があれば, どんどん研究が発展する。国際・国内学会で発表する。

- 2.
- 3.

B4学生  
分子科学研究所UVSOR施設での実験  
(2016年11月)

海外ホストク 0人





# 学生へのメッセージ

## 1. やる気があれば, どんどん研究が発展でき, 筆頭著者で論文発表や国際・国内学会での発表ができます。

- 過去14年間で総論文170報のうち, 学生が筆頭著者の数は約50本。(Nature系雑誌, Phys. Rev. Lett., Appl. Phys. Lett.を含む。)
- 博士を取った学生1人あたり, 平均10本以上の論文あり。(共著を含む。)
- 今年の大学院生の学会等の発表は 16件 !
- 過去2年間で学生・元学生等の受賞数は 9件 !

## 2. やる気があれば, 海外や国内施設での実験や発表も可能です。

- 過去2年間で, 修士学生の3名がフランスでの実験に参加。(内1名は2回参加。)
- 4年生でも, 国内大型施設での実験に参加可能。(希望制)

## 3. やる気があれば, アカデミアをはじめとして, いい就職口を斡旋します。

- M卒の主な就職先: キヤノン, ニコン, 日清食品, 東芝, ソニー, デンソー, ルネサス, 村田製作所, 半導体エネルギー研究所, INAX, ULVAC, , , ,
- D卒OB 助教以上 6人(内准教授2名),  
国内ポスドク 1人, 海外ポスドク 0人



# 大学院入試

- 光物性研究室は、  
理学研究科物理学専攻と生命機能研究科の  
2回受験可能。
  - 物理学専攻は、8~9月に筆記試験と面接。
    - 物理の問題が解ければ合格。
  - 生命機能研究科は、7月に面接のみ。  
(筆記ナシだが、TOEIC 550点以上が必要)
    - やる気を見せれば合格？！



# 主なイベント (2016年度)

- 4月 花見@大学本部前
  - 5月 春の遠足 (今年は京都散策 by M1企画)
  - 6月 秘書さん歓送会・歓迎会
  - 7月 暑気払い+生命院試お疲れ様会
  - 8月 留学生歓送会
  - 9月 物理学会(金沢)
  - 10月 歓迎会+物理院試お疲れ様会
  - 11月 秋の遠足 (今年は奈良 by B4企画)
  - 12月 忘年会
  - 1月 放射光学会, 新年会+歓迎会
  - 2月 修論+卒論発表お疲れ様会
  - 3月 歓送会, 物理学会(阪大)
- その他, 誕生日会, 歓迎会,  
学外施設マシントイ等 イベント多数。  
(詳細は, [kimura-lab.com](http://kimura-lab.com) をご覧ください。)



花見(4月)



春の遠足(5月)



秋の遠足(11月)





# 主なイベント (2016年度)

- 4月 花見@大学本部前
  - 5月 春の遠足 (今年は京都散策 by M1企画)
  - 6月 秘書さん勉強会
  - 7月
  - 8月
  - 9月
  - 10月
  - 11月
  - 12月
  - 1月 放
  - 2月 修
  - 3月 奮
- その他, 誕生日会, 歓迎会, 歓迎云,

学外施設マシンタイム等 イベント多数。

(詳細は, [kimura-lab.com](http://kimura-lab.com) をご覧ください。)



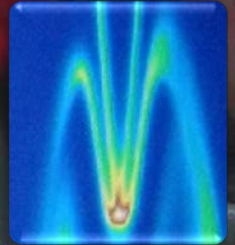
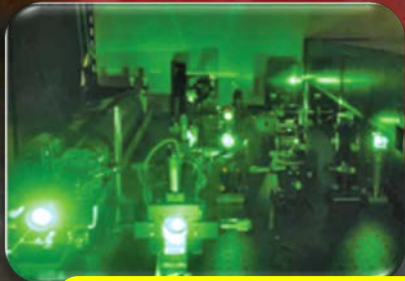
秋の遠足 (11月)





# 物質のもつ機能性の起源の解明と 量子情報からの新しい機能の創造

シンクロトロン光やレーザーなど量子ビームを用いた方法論の開発と先端分光



## テラヘルツ・赤外分光

- 回折限界赤外/THzイメージング
- 時間分解THz分光
- 次世代THz光源開発
- 極低温・高磁場・高圧

## 真空紫外光電子分光

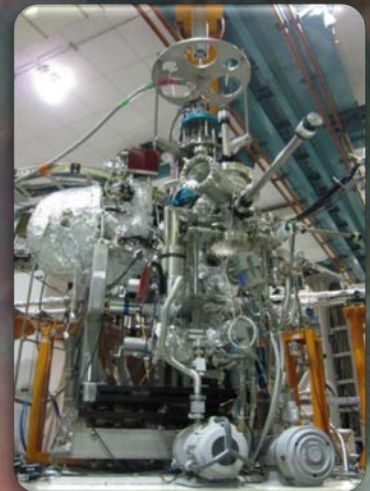
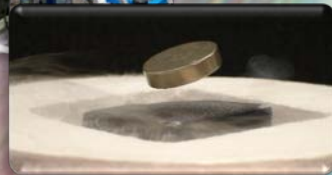
- スピン・軌道対称性・3次元波数分解
- 時間分解光電子分光
- 1次元, 2次元系, トポロジカル系
- 機能性薄膜

## 機能性物質

強相関電子系  
低次元系  
生体材料

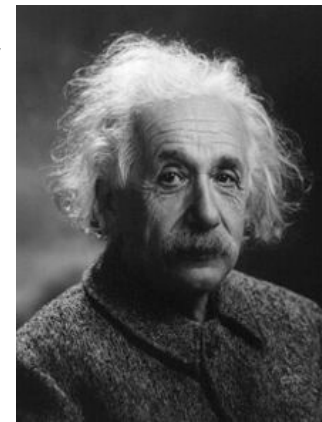
## 電子構造計算

- バルク・表面状態



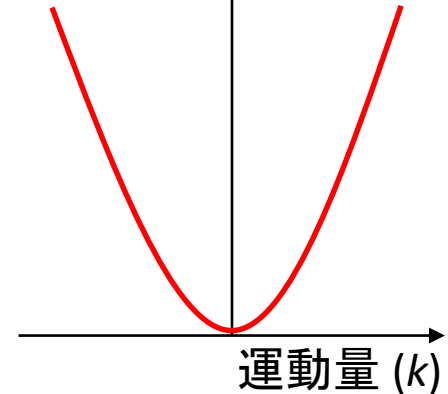
# シンクロトロン光を使った研究 電子の状態が直接見える： 角度分解光電子分光(ARPES)

= アインシュタインの光電効果(1905年)



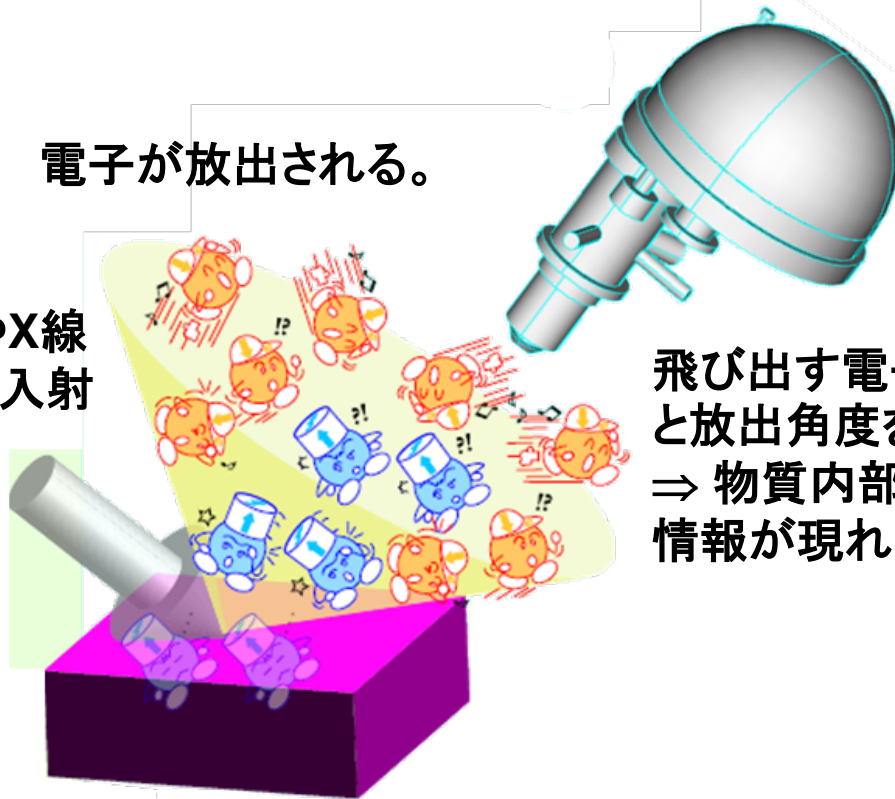
エネルギー (E)

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*}$$



電子が放出される。

紫外線やX線を物質に入射



飛び出す電子の速度  
と放出角度を計測。  
⇒ 物質内部の電子の  
情報が現れる。

物質のもつ機能性の起源の解明と  
量子情報からの新しい機能の創造

シンクロトロン光やレーザーなど量子ビームを用いた方法論の開発と先端分光

- テラヘルツ・赤外分光
  - ・回折限界赤外THzイメージング
  - ・時間分解THz分光
  - ・次世代THz光源開発
  - ・極低温・高磁場・高圧
- 真空紫外光電子分光
  - ・スピン・軌道対称性・3次元波数分解
  - ・時間分解光電子分光
  - ・1次元・2次元系、トポジカル系
  - ・機能性薄膜

機能性物質

- ・強相関電子系
- ・低次元系
- ・生体材料

電子構造計算

- ・バルク・表面状態



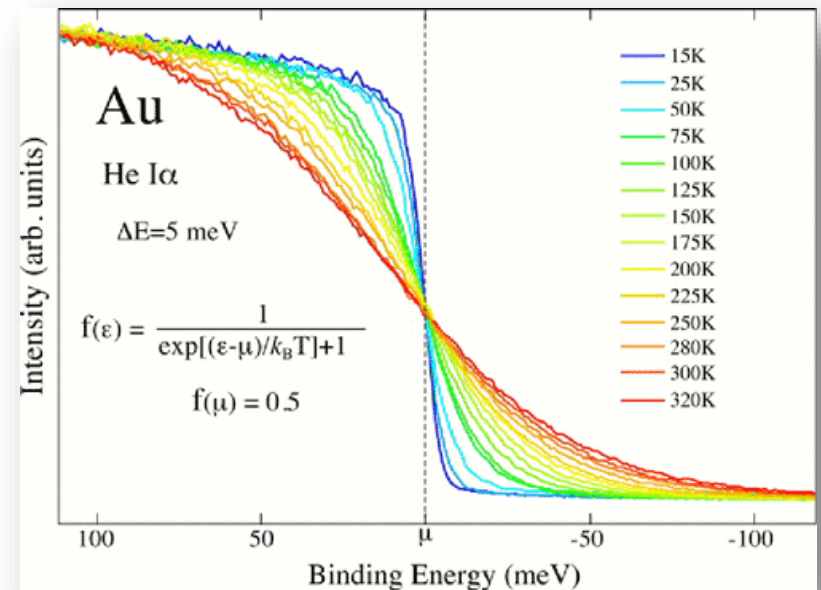
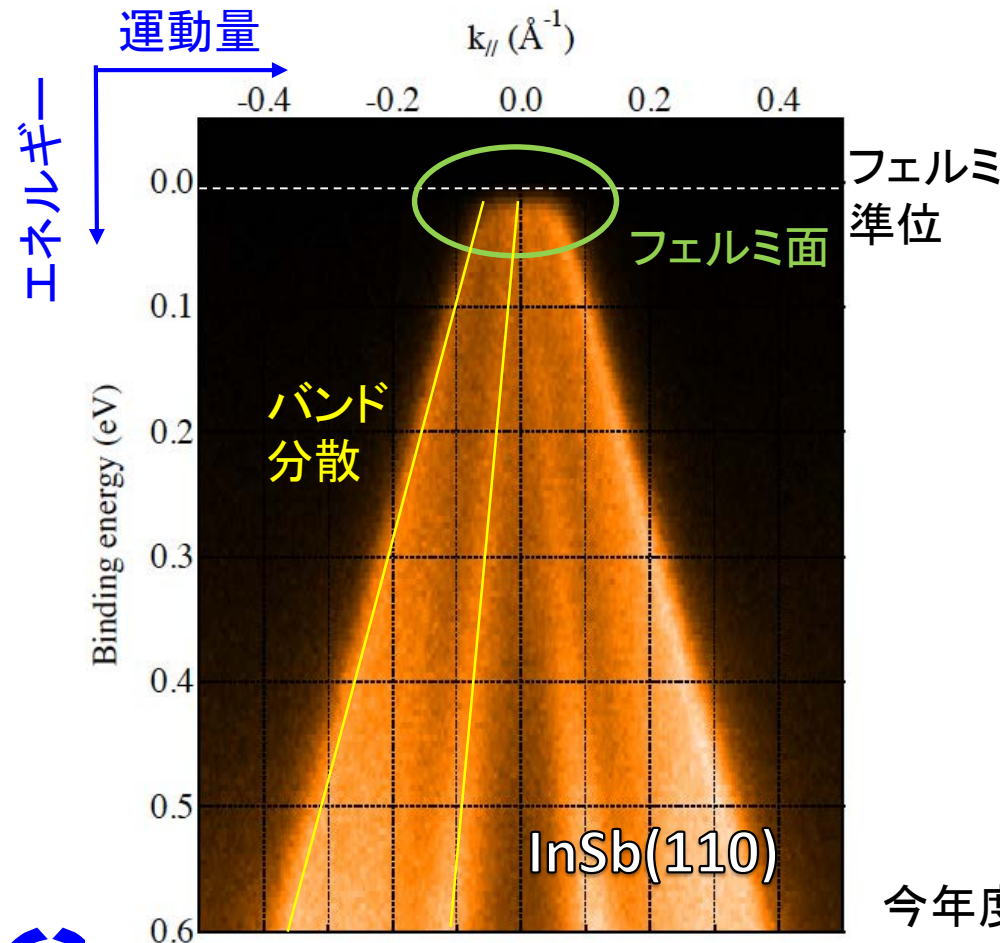


# シンクロトロン光を使った研究

## 光電子分光による電子構造の直接観測

(物性物理学IIで出てくる, )  
バンド構造, フェルミ面

(統計力学で出てくる, )  
フェルミ分布関数



...を直接観測できる。

今年度の4年生卒業研究の1つ

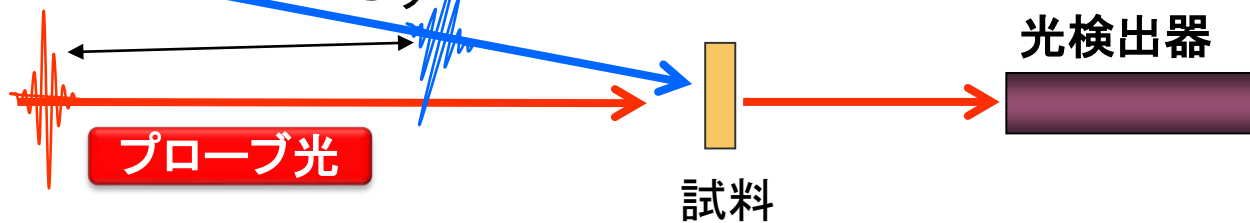


# レーザーを使った研究

ポンプ光

光の速さ  $3 \times 10^8 \text{m/s}$   
 $30 \mu\text{m} = 100 \text{フェムト}(10^{-13}) \text{秒}$

タイミングをずらす



## Smsの光誘起相転移現象

半導体

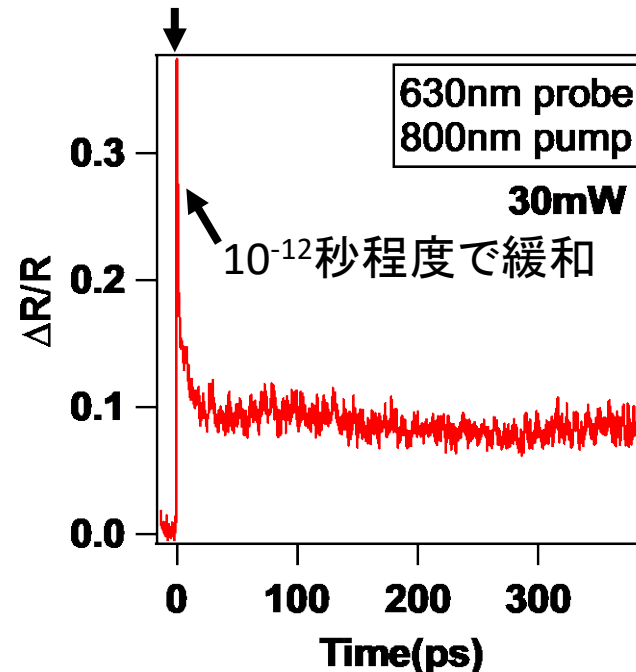
金属

圧力  
光



光を照射して一瞬だけ金属状態する。  
この変化を反射率の変化で観測。

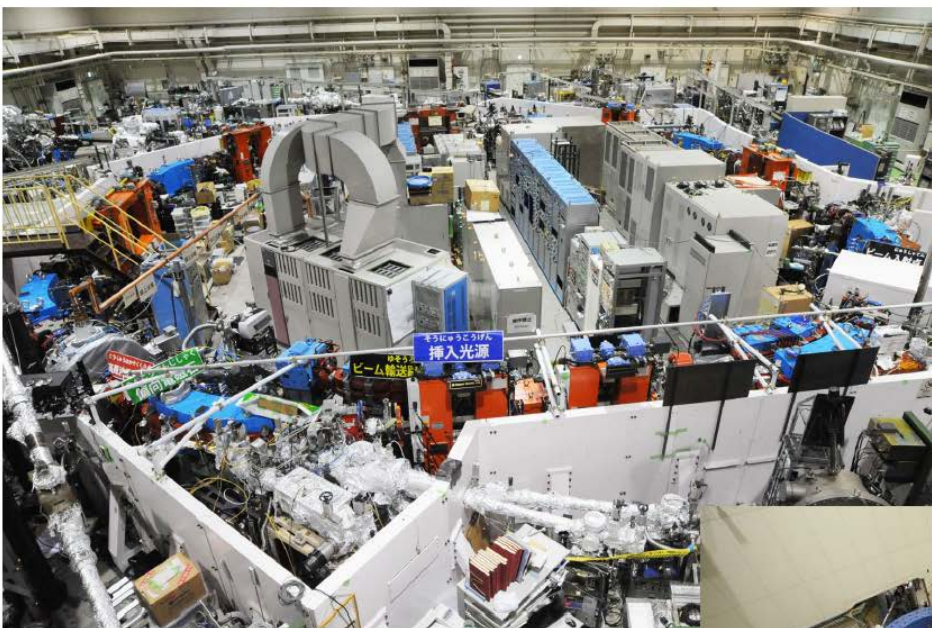
光を照射した直後に反射率が40%近く上昇



# 我々が主に使っている学外施設(シンクロtron光)

自然科学研究機構 分子科学研究所 UVSOR施設 (愛知県岡崎市)

## UVSOR光源加速器と放射光ビームライン



UVSOR-III  
Storage Ring  
and Beam-lines

UVSOR Injector



Electron Energy	750 MeV
Circumference	53.2 m
Beam Emittance	17 nm-rad
Beam Current	300 mA (constant)
Number of Undulators	6
Number of Beam-lines	15

物質のもつ機能性の起源の解明と  
量子情報からの新しい機能の創造

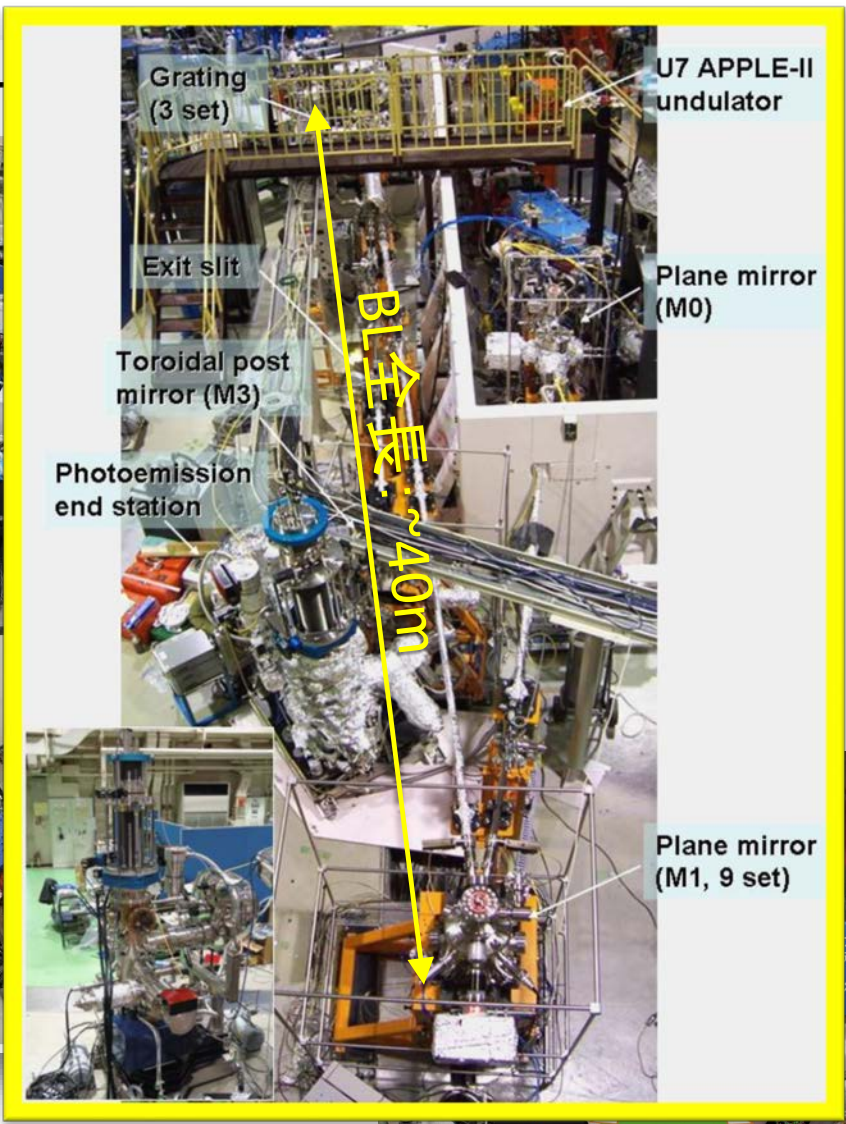




# 我々が主に使っている学外施設(シンクロtron光)

自然科学研究機構 分子科学研究所 UVSOR施設 (愛知県岡崎市)

## UVSOR光源加速器と放射光ビーム



Electron Energy	750 MeV
Circumference	53.2 m
Beam Emittance	17 nm-rad
Beam Current	300 mA (constant)
Number of Undulators	6
Number of Beam-lines	15



分光  
元波数分解  
カル系

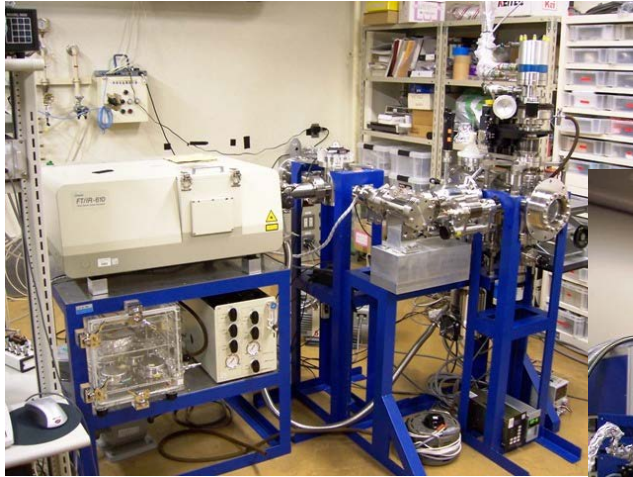
電子構造計算  
・バルク・表面状態



一方学内では、  
**通常の光電子分光，赤外・THz分光，レーザー分光**  
が可能

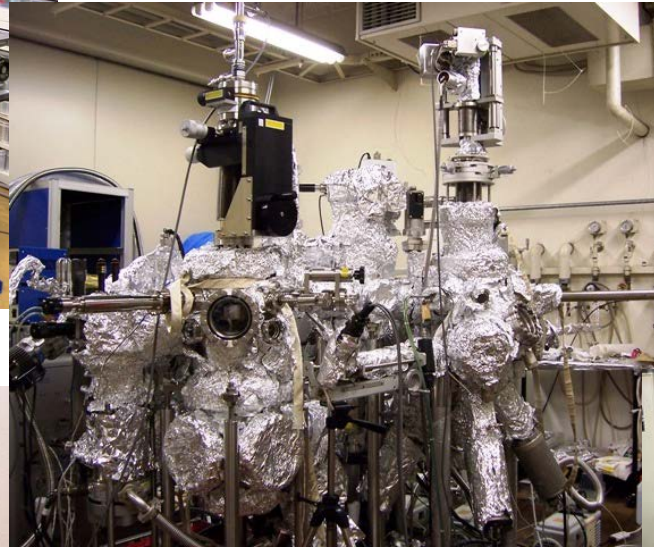
基礎的な実験を学内で行う。シンクロtron光を使う前実験など。

赤外分光装置

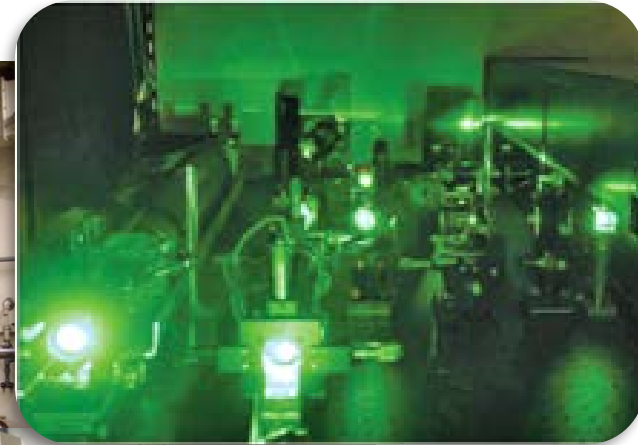


4年生は卒業研究で使用。

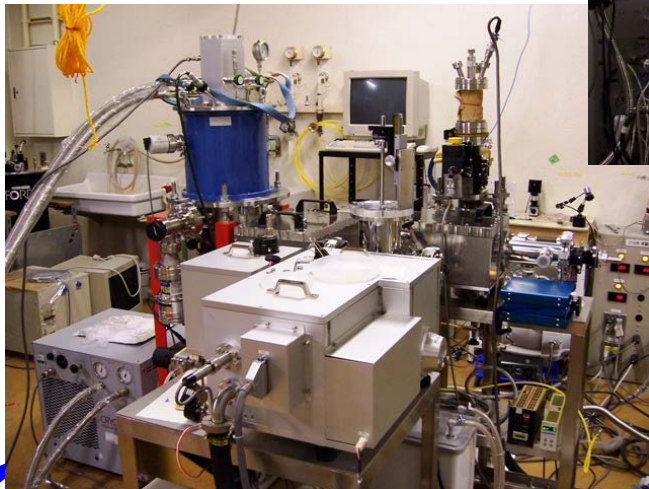
紫外線・X線光電子分光装置  
+分子線エピタキシー装置



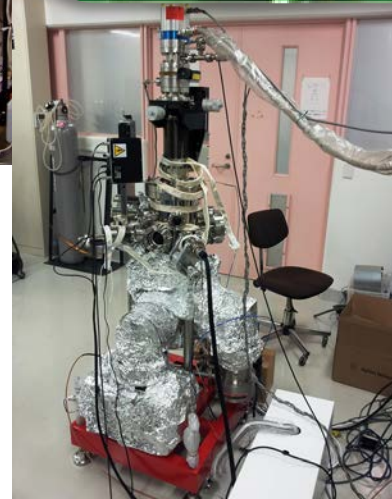
各種レーザー分光装置



テラヘルツ分光装置



高分解能角度分解  
逆光電子分光装置  
(開発中)





# 2015~2016年度のプレスリリース

ホーム / 研究情報 / 2016 / トポロジカル近藤絶縁体の特異な2次元電子状態を発見



## トポロジカル近藤絶縁体の特異な2次元電子状態を発見

次世代半導体素子の省エネルギー化やスピントロニクス素子実現に一步近づく成果

2016年8月31日

**本研究成果のポイント**

- 電子間の多体効果により半導体<sup>①</sup>となる近藤絶縁体<sup>②</sup>である12層化イッテルビウムYbB<sub>12</sub>単結晶の表面を原子1個レベルで平坦化・清浄化<sup>③</sup>し、この物質がトポロジカル近藤絶縁体(TKI)<sup>④</sup>となっていることを発見。
- TKIの候補物質は1種類のみが知られていたが、本研究により、新たな候補が出現した。
- 次世代の半導体素子における無散逸電流<sup>⑤</sup>による省エネルギー伝導やスピントロニクス技術等への応用に役立つと期待される。

**リリース概要**

大阪大学大学院理学研究科の萩原健太氏(修士2年)、生命機能研究科の大坪嘉之助教、木村真一教授、自然科学研究機構分子科学研究所の田中清尚准教授、Synchrotron SOLEIL(仏)のAmina Taleh(アマナ・タレフ)博士、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の組頭

Hottest

- トポロジカル近藤絶縁体の特異な2次元電子状態を発見
- 統合生産の認知・社会機能を予測する手法を開発
- 橋を渡るタンパク質の挙動を可視化
- 夢の多機能電子素子マルチフェロイック物性を究明する新手法を発見
- F1エンタニンに匹敵する回廊数を有する「ベムスター」のMotA分子の構造を解明

学生たちの挑戦ムービー公開中

研究で世界をハッピーに。

Osaka University Knowledge Archive OUKA 学術情報庫

大阪大学未来戦略機構 Institute for Academic Initiatives



## 「次世代デバイス開発の扉を開く電子構造を発見 ～トポロジカルな舞台での「強相関スピントロニクス」時代の幕開けへ～」

- 発表者 近藤 猛(東京大学物性研究所 附属極限コヒーレント光科学研究センター 准教授)  
 中山 充大(東京大学大学院新領域創成科学研究科 博士課程1年)  
 松波 雅治(豊田工業大学物質工学分野エネルギー材料 准教授)  
 木村 真一(大阪大学大学院生命機能研究科 生命機能専攻 教授)  
 小野 寛太(高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 准教授)  
 組頭 広志(高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授)  
 中辻 知(東京大学物性研究所 新物質科学研究部門 准教授)  
 辛 埴(東京大学物性研究所 附属極限コヒーレント光科学研究センター 教授)

- 発表のポイント
  - 強い電子相関(強相関、注1)を兼ね備えて発現するトポロジカル絶縁体(注2)やワイル半金属(注3)の母体電子構造を発見。
  - 放射光を用いた光電子分光(注4)による運動量空間(フェルミ海、注5)全域



平成27年9月4日

報道機関各位

東京工業大学  
 東京大学 大学院 理学系研究科・理学部  
 自然科学研究機構 分子科学研究所  
 お茶の水女子大学

### ピスマス薄膜が半導体になることを実証

一次世代高速デバイスの有力材料に浮上ー

**【要点】**

- 高品質のピスマス薄膜を作成し、その電気的性質を測定
- 半金属であるピスマスが薄膜化によって半導体になる理論を実証
- 次世代の高速デバイス開発へ新たな道

### Press Release



平成 27 年 12 月 2 日

キーワード: 数物系科学・物理学・物性、同物性II、1次元ナノ構造、朝永・ラッティンジャー液体、角度分解光電子分光

**1次元での電子の振る舞いを固体表面で実証**  
 ～次世代半導体デバイスにおける極微金属ナノ配線の性質の予測に道～

- ◆ 本研究成果のポイント
  - 半導体表面に1次元ナノ金属<sup>①</sup>を作製し、朝永・ラッティンジャー液体(TLL)<sup>②</sup>と呼ばれる1次元系特有の電子状態が実現していることを発見
  - これまで、固体表面でのTLLの作製例はほとんどなく、その電子状態の観測範囲(エネルギー・運動量)も限られていた
  - 次世代の半導体素子における極度に微細化したナノ金属配線の性質予測など、1次元ナノ金属特有の電子物性の解明に役立つと期待



# 電子の散乱 詳細観察 阪大など

大阪大学の木村真一教授（分子科学研究所）と共同研究で、物質の内部を通る電流の様子を詳細に観察する

ことに成功した。超電導物質や有機LEDなどの性能向上につながる成果だ。論文が英科学誌サイエンスに発表された。

## ビスマス薄膜の半導体化

### 電気的性質測定で実証

東京工業大学大学院理工学研究科の平原徹二准教授らの共同研究チームは、半金属のビスマスを薄膜にすると半導体になることを突き止めた。高品質のビスマス薄膜を作り、電気的性質を測定して確かめた。次世代の高速電子デバイスに有望な材料になる可能性がある。米物理学会誌フィジカル・レビュー・レターズに掲載された。

物質の厚さを薄くしていくと、内部の電子がその狭い領域に閉じ込められ、量子力学的に振る舞う。この一量子サイズ効果を利用して、ビスマスの電気的性質を制御できることを示した。

日経産業新聞 2013年10月28日

日刊工業新聞 他 2015年9月11日

東京工業大学大学院理工学研究科の平原徹二准教授らの共同研究チームは、半金属のビスマスを薄膜にすると半導体になることを突き止めた。高品質のビスマス薄膜を作り、電気的性質を測定して確かめた。次世代の高速電子デバイスに有望な材料になる可能性がある。米物理学会誌フィジカル・レビュー・レターズに掲載された。

その結果、ビスマス薄膜が半導体になっていることを確認した。1960年代に、ビスマスを薄膜にすると半導体になることを示した。

物質の厚さを薄くしていくと、内部の電子がその狭い領域に閉じ込められ、量子力学的に振る舞う。この一量子サイズ効果を利用して、ビスマスの電気的性質を制御できることを示した。

物質の厚さを薄くしていくと、内部の電子がその狭い領域に閉じ込められ、量子力学的に振る舞う。この一量子サイズ効果を利用して、ビスマスの電気的性質を制御できることを示した。

# 新聞掲載 いくつか

## 新種の電導現象

### 実験結果 絶縁体、表面だけ電気

大阪大学の木村真一教授らは、期待している。冷却すると電子同士の相互作用が強まって動かなくなる「近藤絶縁体」で、表面だけ電子がよく流れ、ウラン化合物の単結晶の表裏で確認した。理論的には、加工、角度分解光電子顕微鏡で確認していたが、決め分法と呼ぶ最先端技術で表面の電子状態を調べたところ、内部は電気が流れていないことが確認された。

近藤絶縁体は、軌道には空いていて、電子が十分にあり常温で、明確な実験結果は得られていなかった。通常の電子素子に使用される「バンド絶縁体」が違って、表面だけ電気が流れる。近藤絶縁体は、表面だけ電気が流れる。近藤絶縁体は、表面だけ電気が流れる。

物質の厚さを薄くしていくと、内部の電子がその狭い領域に閉じ込められ、量子力学的に振る舞う。この一量子サイズ効果を利用して、ビスマスの電気的性質を制御できることを示した。

日経産業新聞 2016年9月23日

日経産業新聞 他 2011年3月11日

## 鉄系、従来理論で説明

### 室温実現の可能性も

自然科学研究機構分子科学研究所と中国の復旦大学は共同で、鉄を含む超電導材料で従来の超電導材料が超電導になる臨界温度が極めて低い電子素子の流れに表面だけ電気が流れることを示した。鉄系材料は、従来の理論で説明できる可能性もある。鉄系材料は、従来の理論で説明できる可能性もある。

理論を大きく修正しなくても済むという。現在の超電導材料は極低温に冷やさないと使えないが、室温超電導も実現できる可能性があるという。分子研の木村真一准教授らの成果。内容は2月28日付の英科学誌ネイチャーに掲載された。

その他、日本経済新聞、日刊工業新聞、科学新聞などに掲載された。



# 研究室見学

- とりあえず, 1月18日(水) 13:00-18:00 (17日は出張なので無理です。) – H棟5階H519(客員教員室1)でバーチャル研究室訪問。
- 研究の現場を「生で」見たい人は, 吹田キャンパスの研究室に, 事前に連絡してからお越しください。

学バス  
バス停



ナノバイオロジー棟



詳しくは、ホームページをごらんください。

<http://kimura-lab.com>

Osaka University  
Graduate School of Frontier Biosciences / Department of Physics

# Photophysics Laboratory [Kimura Lab.]

国立大学法人 大阪大学  
大学院生命機能研究科 / 大学院理学研究科物理学専攻

## 光物性研究室 [木村研究室]



- Home
- Research
  - Apparatuses
- Publication
- Events
- Members
- Call for members
- Lecture
- Lab. schedule
- Access
- Member only
- Link
  - Osaka Univ.
  - Dept. Physics
  - FBS
  - UVSOR
  - JPS



Announcements [ Archives ]

光物性研究室は、量子多体物性・強相関・量子光学・量子生物学をキーワードに、強相関系や生体物質などの新奇機能性物質の電子構造の研究やシンクロトロン光やレーザーなどの光や電子を使った新しい方法論の開発研究を行っています。

