

クリューガー ・ 岩原 研究室



Member
2026 / 2
教員 2 人
秘書 2 人
M2 4 人
M1 4 人
B4 5 人

学生配属： 6 名

<http://adv.chiba-u.jp/nano/kruegerlab/>

量子理論 + 第一原理シミュレーション

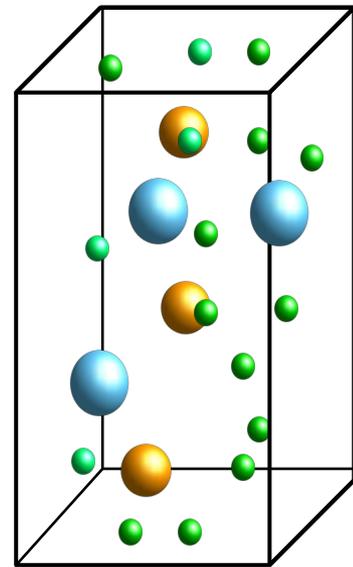
「第一原理」 = 経験的なパラメータなし、実験データと独立

N 個の原子 + n 個の電子シミュレーションボックスに入れて

量子力学

$$H \psi_n(\mathbf{r}_{1\dots}) = E_n \psi_n(\mathbf{r}_{1\dots})$$

Schrödinger 方程式



解 $\{E_n, \psi_n\}$ → 電子分布、化学結合、化学反応、電気抵抗…

→ 原子間の力 F_i → 安定な原子構造, 原子動力学, フォノン ...

対象：新機能物質の構造・電子状態・磁性状態

物質

→ 機能

- ナノ粒子 → ガスセンサー・触媒材料
- 新半導体 → 電子デバイス
- 有機分子薄膜 → フレキシブルデバイス
- 新磁性体 → スピントロニクス技術：
磁気メモリ・量子コンピューター ...

分光理論

→ 実験を定量的に解析する

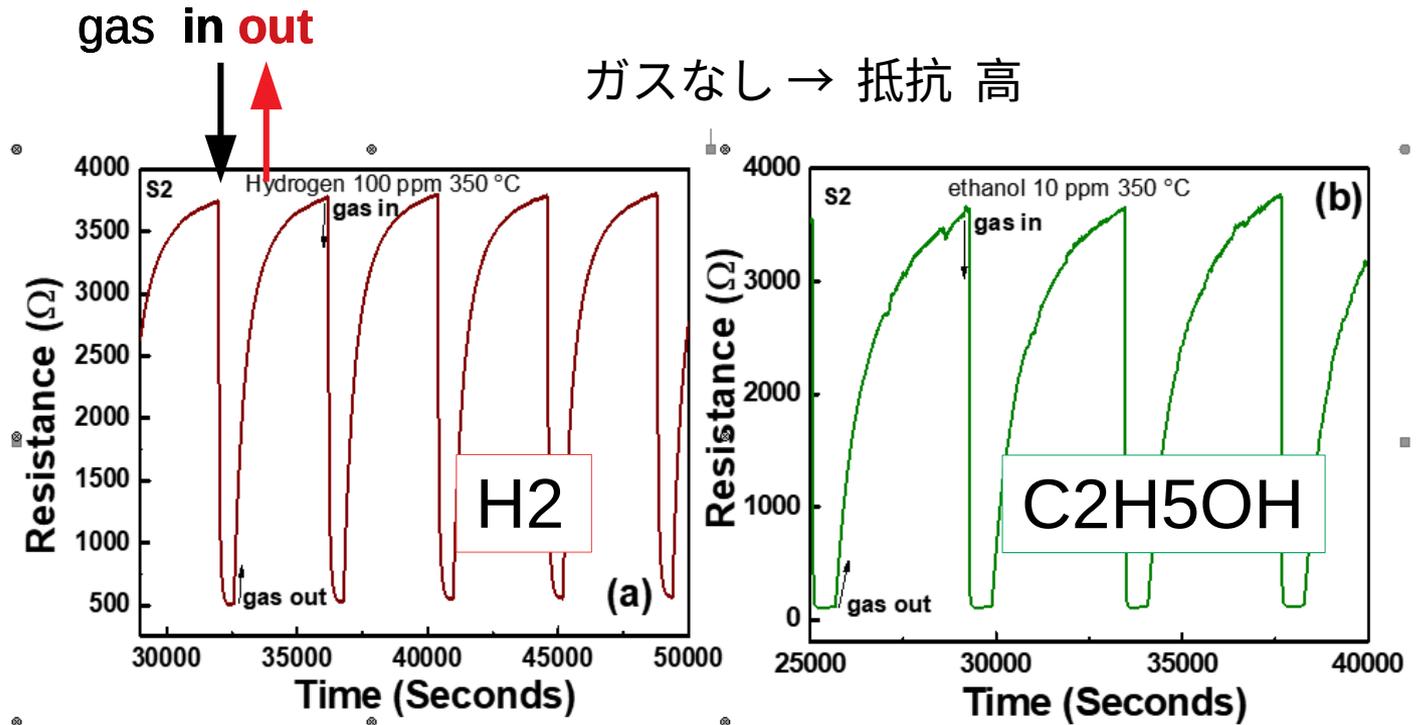
分子吸着・Gas sensing

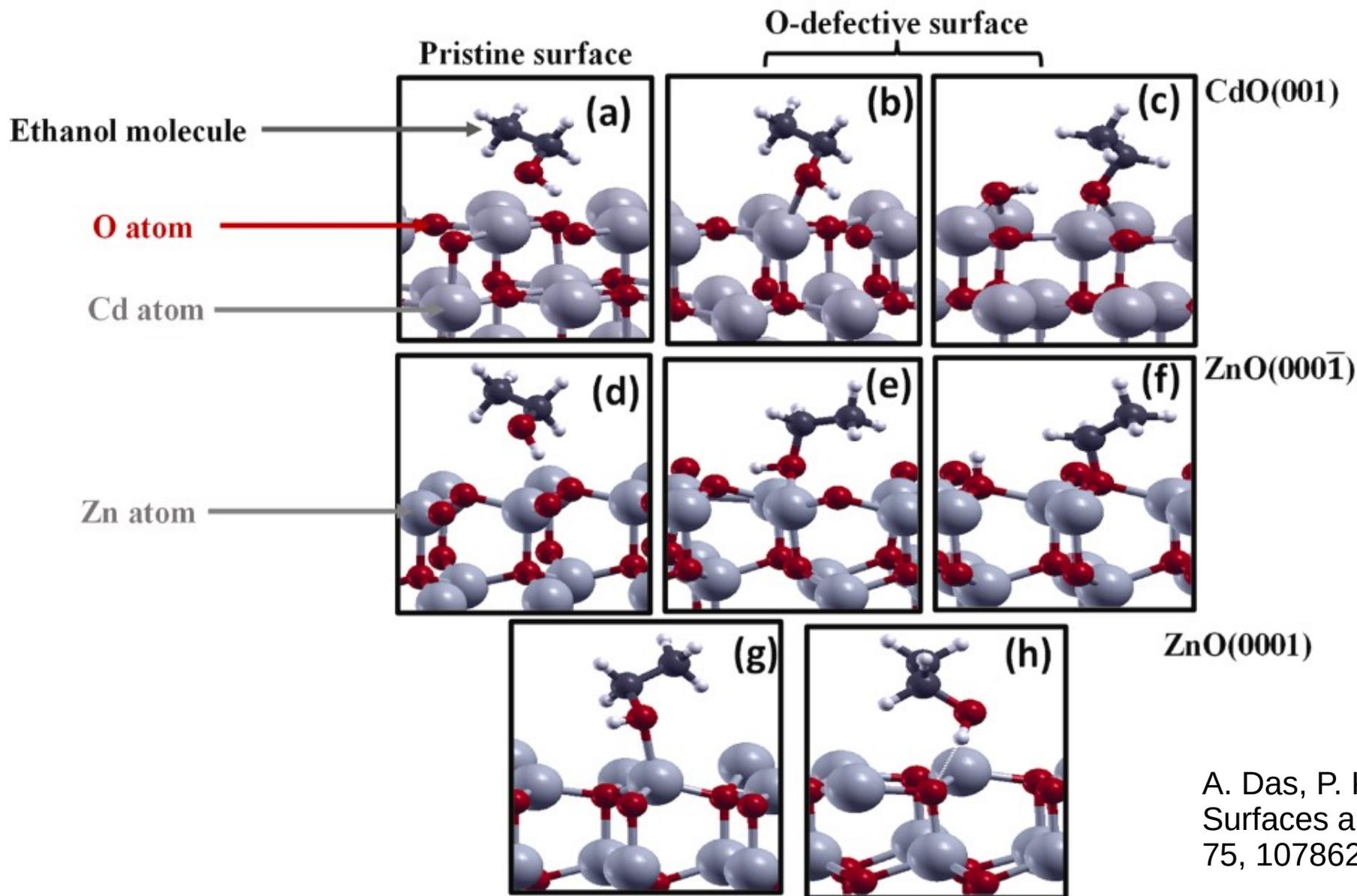
ZnO 酸化亜鉛



ガスあり → 抵抗 低

ガスなし → 抵抗 高







C_2H_5OH

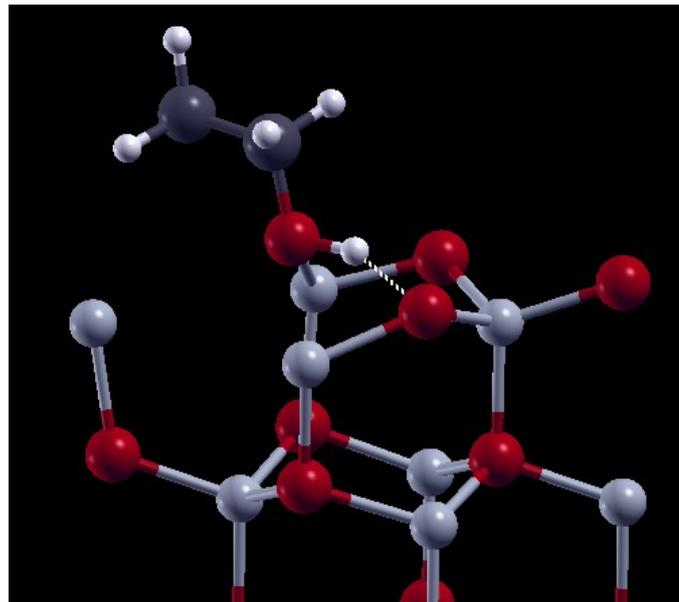
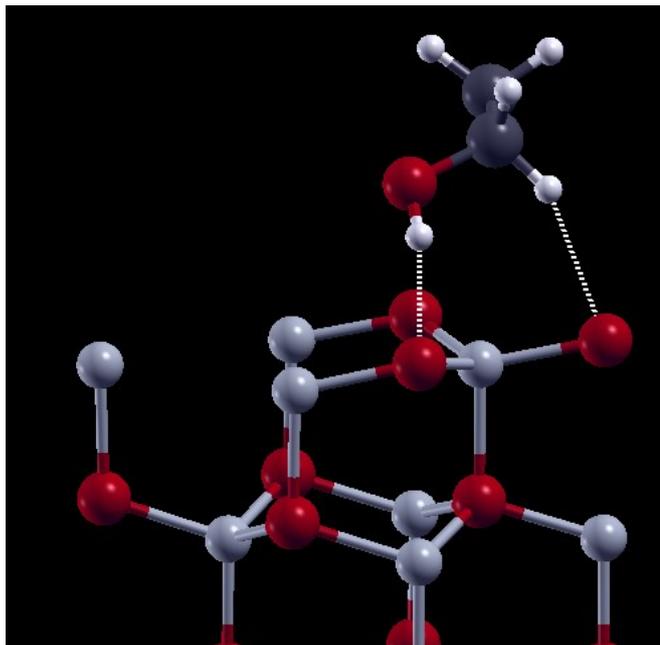
$ZnO(0001)$ 表面

初期構造
(準安定)

構造最適化



安定な構造



表面と酸素欠陥が分子吸着・センシングへの影響を解明した

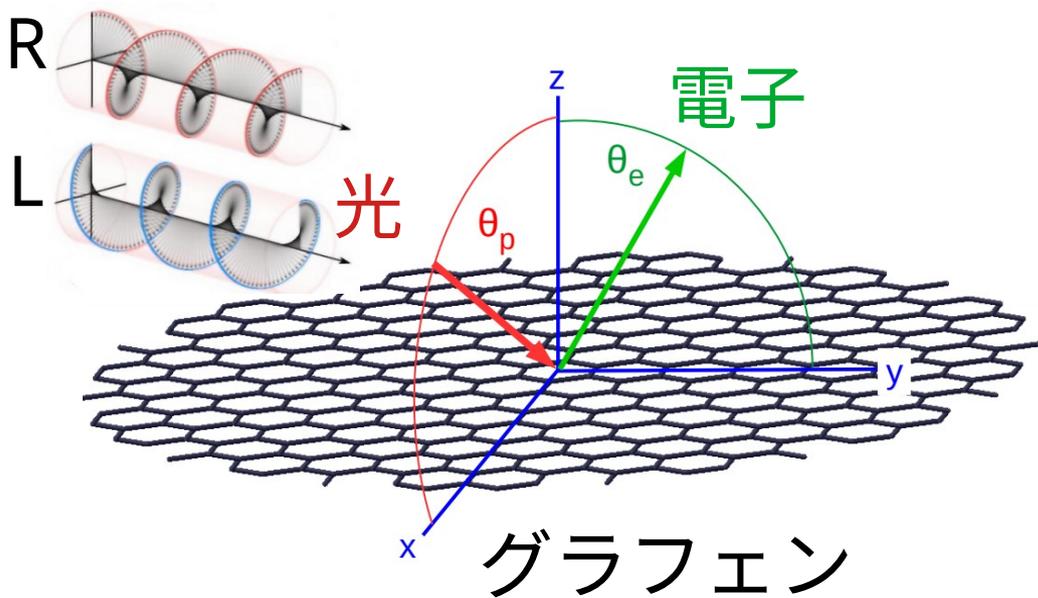
電子分光理論

実験で電子状態を調べると「分光」 Spectroscopy を使う
基底電子状態だけではなく、励起状態も影響がある
励起状態の理論計算は難しくて分光プロセスによって、
様々な計算方法が必要

我々は理論・計算手法を改善・開発する

- X線・光吸収スペクトル、発光スペクトル フォトン
- 光電子分光 (XPS, UPS, ARPES, PYS) フォトン → 電子
- 2次分光：共鳴光電子・Auger電子分光，RIXS (岩原さん)

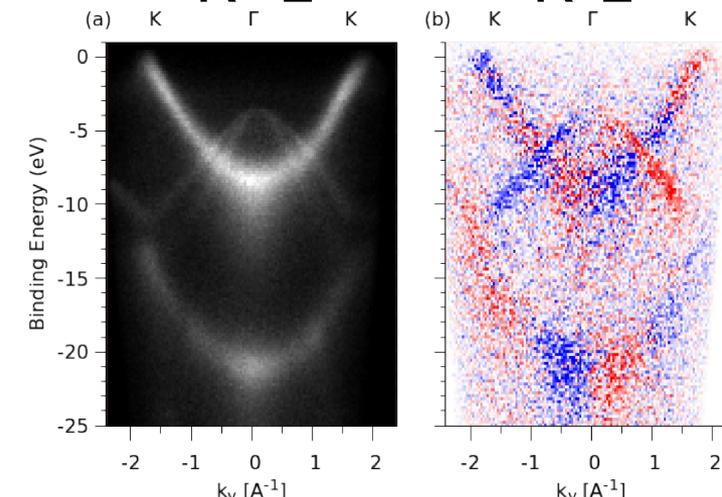
角度分解光電子分光 円偏光二色性



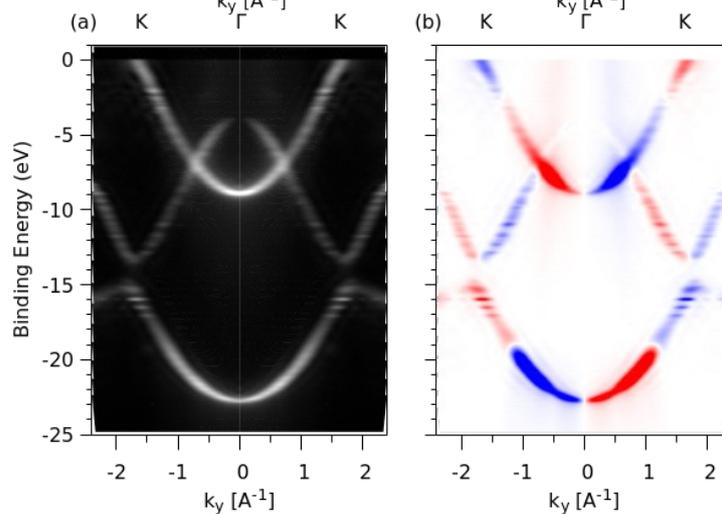
光電子分光

R+L

R-L



実験



理論

Altermagnetism 交替磁性体

nature physics

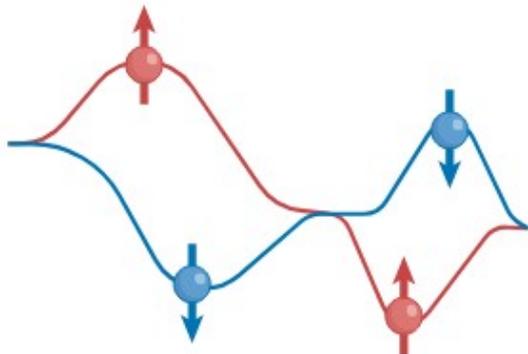
Explore content ▾ About the journal ▾ Publish with us ▾

[nature](#) > [nature physics](#) > [editorials](#) > article

Editorial | Published: 15 January 2026

An alternate chapter in magnetism

[Nature Physics](#) 22, 1 (2026) |



New Class of Magnets Promises To Supercharge Tech Speeds by 1000X

PUBLISHED DEC 19, 2024 AT 01:16 PM EST UPDATED DEC 20, 2024 AT 11:35 AM EST



The image shows an artist's impression of altermagnetic devices viewed through an electron microscope. The colourful overlay depicts the direction of magnetization. Read More | Alex Speed CC 4.0 BY/Alex Speed CC 4.0 BY



By Tom Howarth
Science Reporter (Nature)

0 Share

Newsweek is a Trust Project member

What's New

For the first time, scientists have imaged an entirely new form of magnetism called altermagnetism.

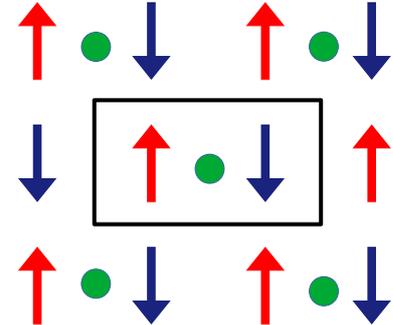
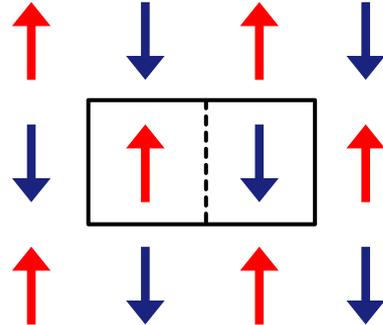
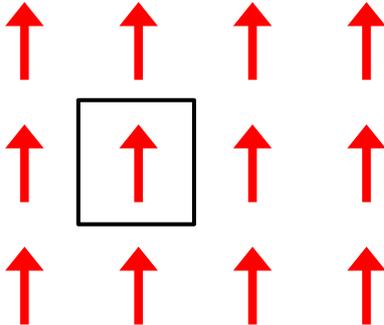
Altermagnetism 交替磁性体

強磁性 $M > 0$

反強磁性 $M = 0$

交替磁性 $M = 0$

スピン
構造

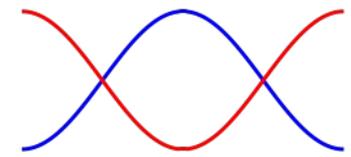
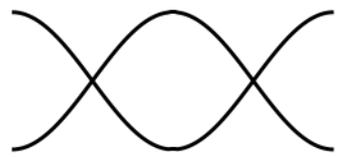
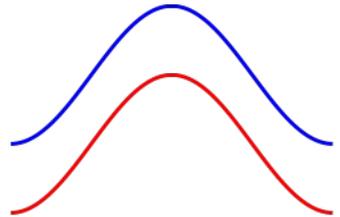


 \leftrightarrow  対称性

並進

回転

バンド状態
スピン分裂



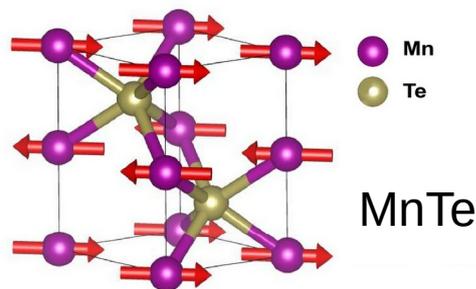
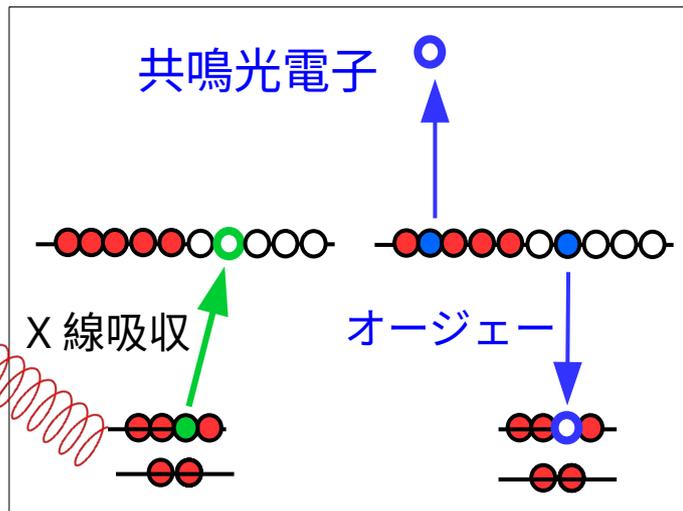
→ スピントロニクス応用

理論的に多くの「候補物質」が予想されたが、
実験で確認できた Altermagnet 物質が少ない

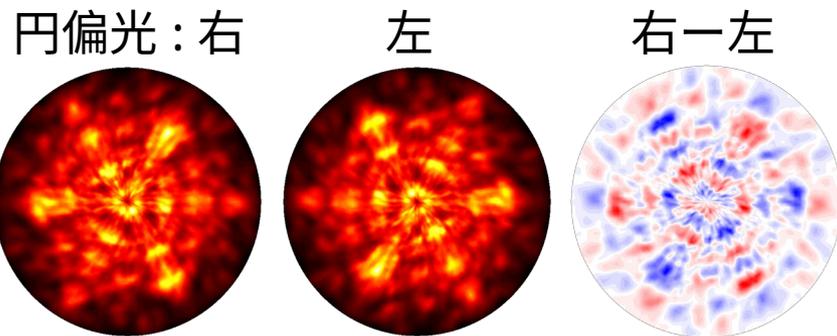


新しい実験が必要である

交替磁性体： 共鳴光電子分光の円二色性

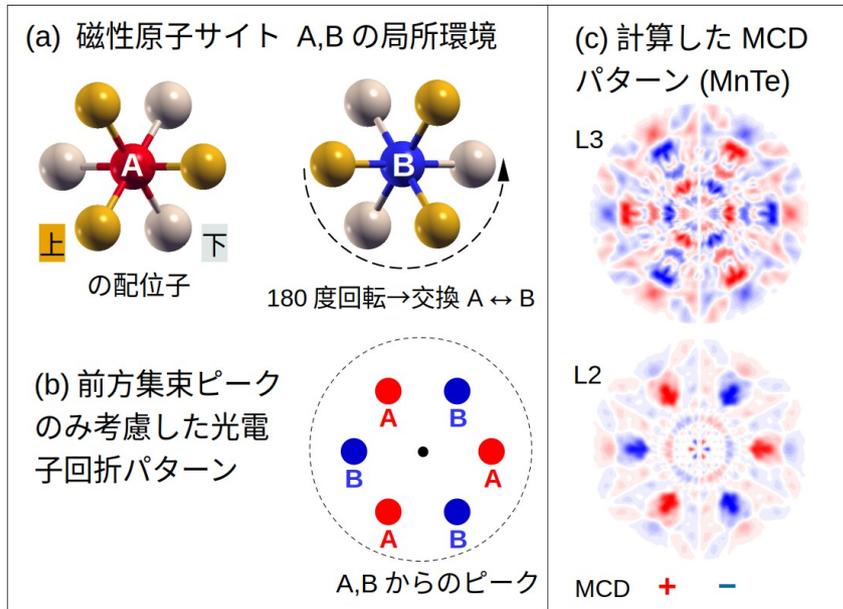
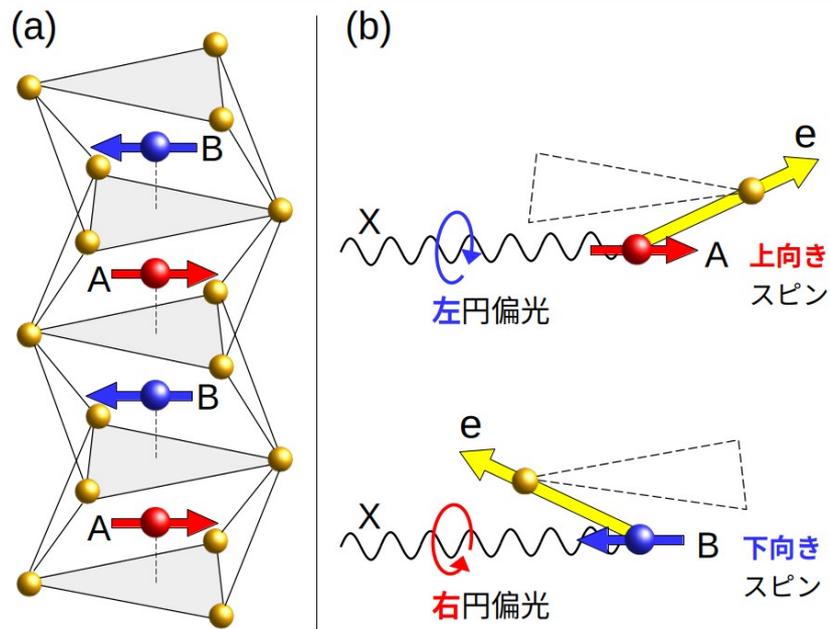


計算結果： 光電子の角度分布



共鳴光電子分光 + 電子回折

理論 + 計算方法の開発した



円偏光 x 線吸収でスピン向きを選ぶ + 光電子回折でサイト A,B を区別できる

共鳴光電子回折の円二色性でローカルの磁気モーメントを測定できることを証明した。

Peter Krüger, Phys. Rev. Letters 135, 196703 (2025)

現在、共同研究者と一緒にいくつかの「候補物質」を調べて、この新しい実験を行う。

岩原先生：新磁性 + 動的 Jahn-Teller 効果



$$\hat{H} = \underbrace{\lambda \hat{\mathbf{l}} \cdot \hat{\mathbf{s}}}_{\text{Spin-orbit}} + \hbar\omega \left[\sum_{\gamma} \frac{1}{2} (\hat{p}_{\gamma}^2 + \hat{q}_{\gamma}^2) + g \underbrace{(\hat{q}_{z^2} |xy\rangle \langle xy| + \text{cycl.})}_{\text{Orbital-lattice}} \right]$$

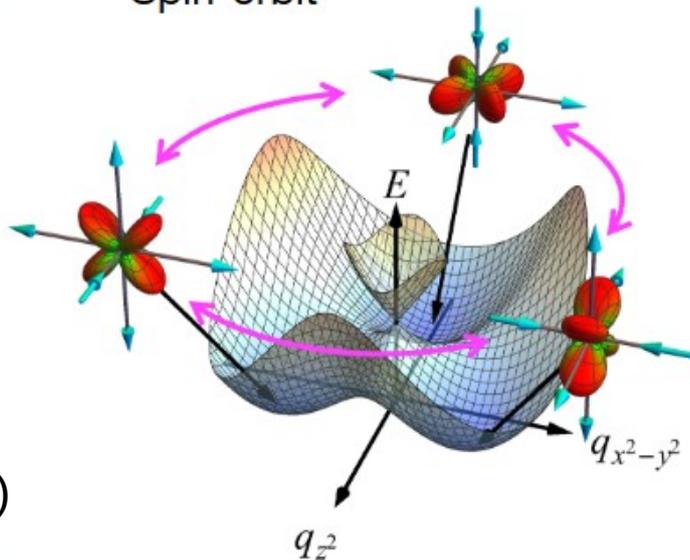
重い元素 (5d 金属) の化合物
で新しい量子効果が生じる

電子状態 + 振動状態が

量子的に混ざっている

→ 量子もつれ (entanglement)

→ 量子情報 (Q-bits) の原理



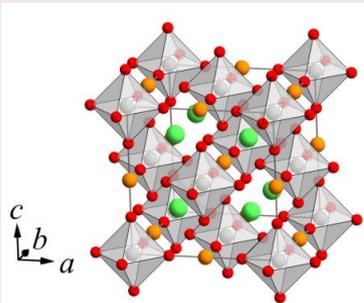
Spin-orbit-lattice entanglement

$$|\Psi_{\nu}\rangle \approx c_{1\nu} \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{orbital} \end{array} + c_{2\nu} \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{orbital} \end{array} + c_{3\nu} \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{orbital} \end{array}$$

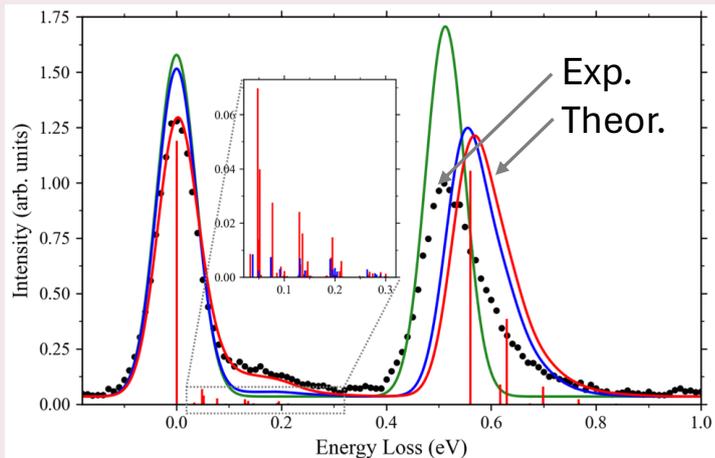
N. Iwahara, V. Vieru, L. F. Chibotaru, Phys. Rev. B **98**, 075138 (2018).
N. Iwahara, J. Phys. Soc. Jpn. **93**, 121003 (2024).

岩原：量子もつれが関わる物性 (2025年度)

強相関物質の分光理論 (M2)

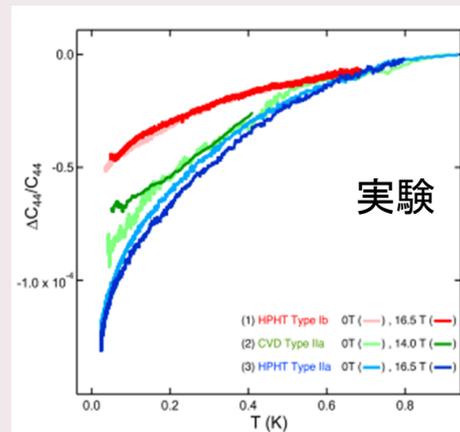
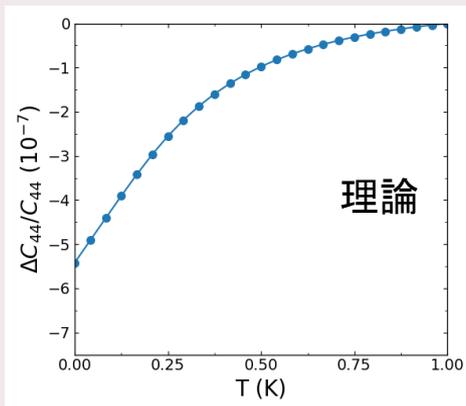


- 強相関物質における、量子もつれ状態の理論計算
- 分光データ (RIXS) における量子もつれの特徴の解明



ダイヤモンドの弾性特性 (B4)

- ダイヤモンドを冷やすと柔らかくなる新現象 (2025年に北大グループが報告) の理論解析
- 弾性定数を低下させる、1つの機構を解明



国際化

教員が海外に住んだこと（クリューガ - 45 年，岩原さん 8 年）

海外の共同研究者が多い（ヨーロッパ，Singapore, US ...）

90% の学生は Lab2Lab の留学する（1ヶ月～9ヶ月）

外国人が研究室にいる：留学生（2025 フランス人，4ヶ月）
若手研究員（2026～，岩原 G, 予定）

求めたい学生

量子力学 + 物性物理学 が嫌いではない

理論・数値計算・プログラミング に興味ある方

研究室の生活

コアタイム：卒業研究：月～金午前中，15 時間以上

演習：ゼミナーシ・勉強会：～4 時間

花見・合宿・... もある

見学 → 2/17, 工学 1 号棟 2F (集合：エレベータの前)