

次世代放射光光源を用いた 構造物性研究への期待

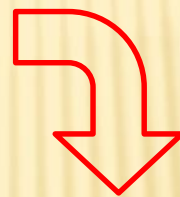
構造物性UG代表 有馬孝尚

理化学研究所 創発物性科学研究センター
東京大学 物質系専攻

観測の高度化

- より小さなものを
- 隠れたものを
- より速い動きを
- より正確に
- 高い選択性で

観測



物質科学の発展

次世代素子

環境問題

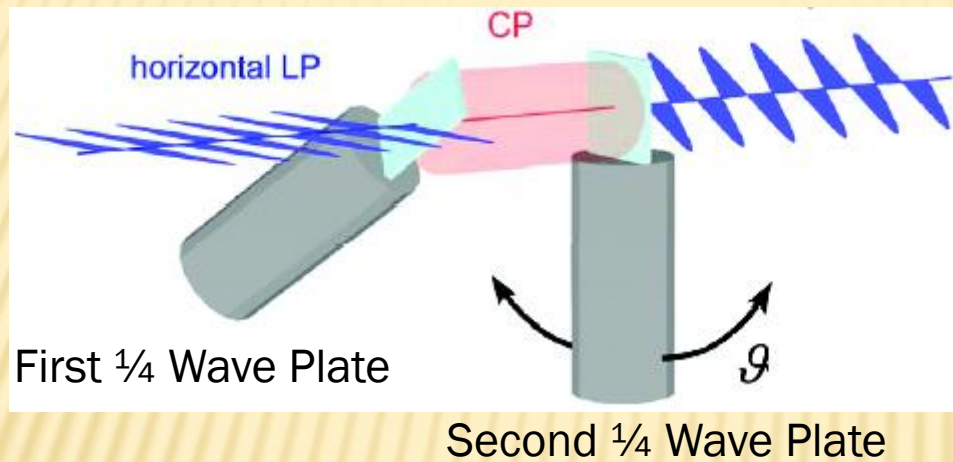
エネルギー問題

次世代光源への期待

- 高精度偏光制御
- 高分解能分光
- 非周期系の構造科学
- オペランド測定
- 時間分解測定

- 小さな発光点
- 高い平行性
- 高い可干渉性

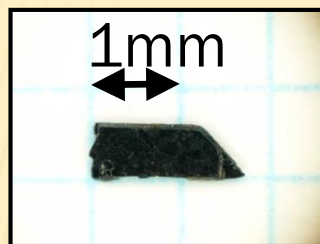
Polarization Control (Hard X-ray)



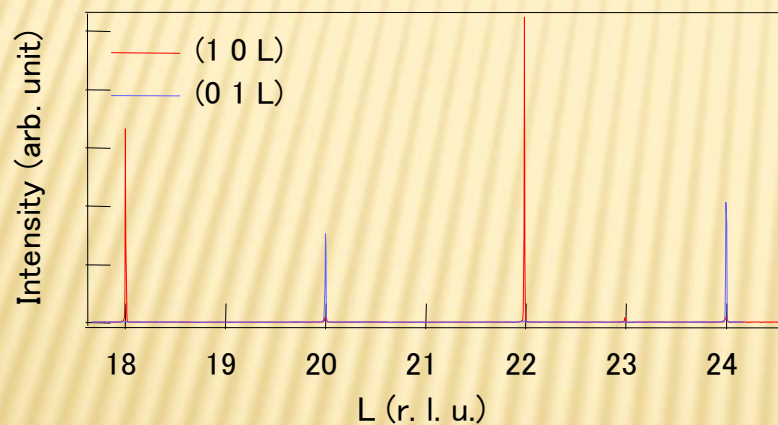
Variable Polarization Plane

H. Ohsumi et al., Physica B, **345**, 258 (2004)

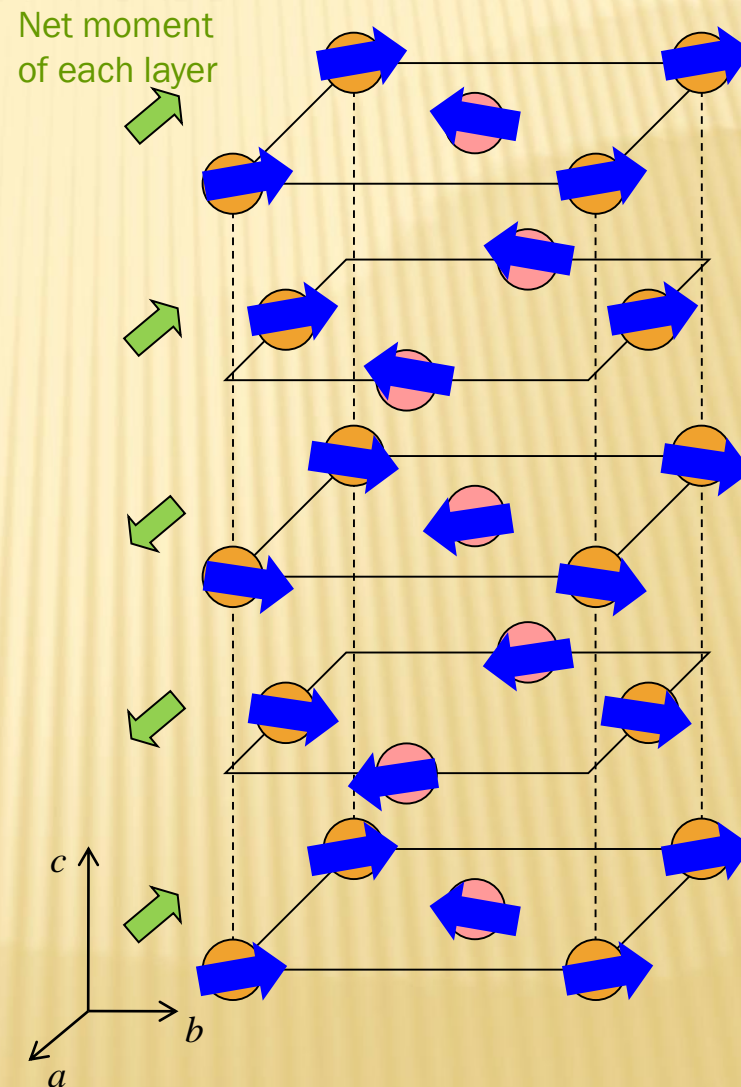
Magnetic Structure of Sr_2IrO_4



Ir L_3 Edge



SPring-8 BL29XUL & BL19LXU

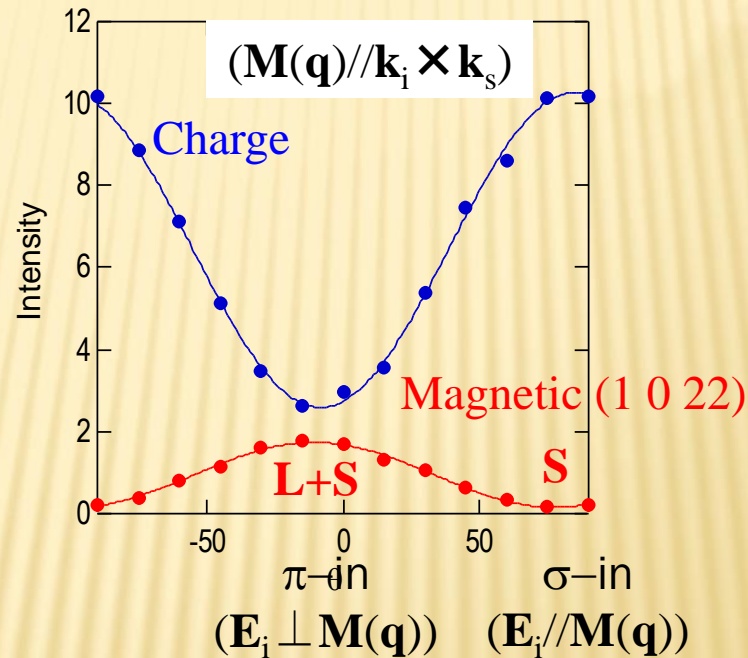
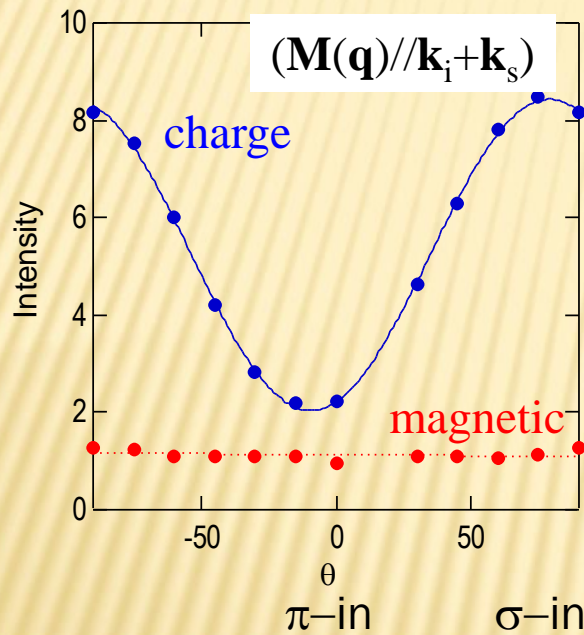


B. J. Kim, H. Ohsumi *et al.*, Science (2009)

Polarization Dependence of Magnetic Scattering

SPring-8: BL19LXU

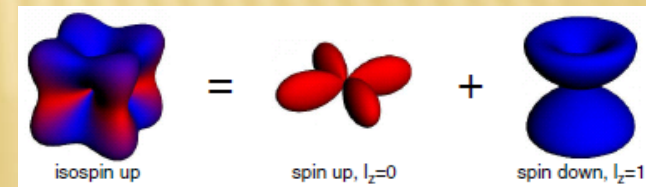
Sr_2IrO_4 (1 0 22)



$$L(Q)/S(Q) \sim 5$$

Jackeli, Khaliullin 2009

S. Fujiyama, H. Ohsumi, T. Arima, H. Takagi *et al.*,
Phys. Rev. Lett. (2014)



X線分光の高分解能化

光電子分光

電子の占有状態

共鳴非弾性散乱分光

電子の励起状態

室温 ~ 25 meV
1 THz ~ 4 meV

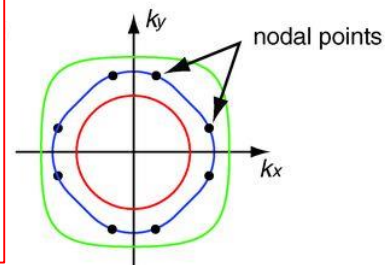
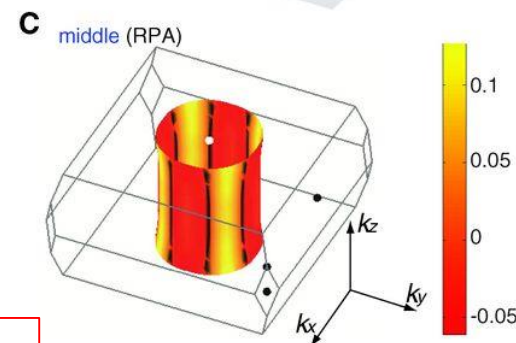
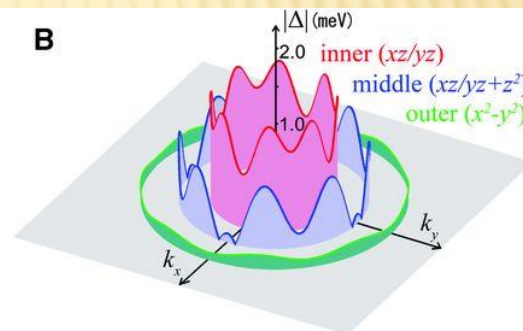
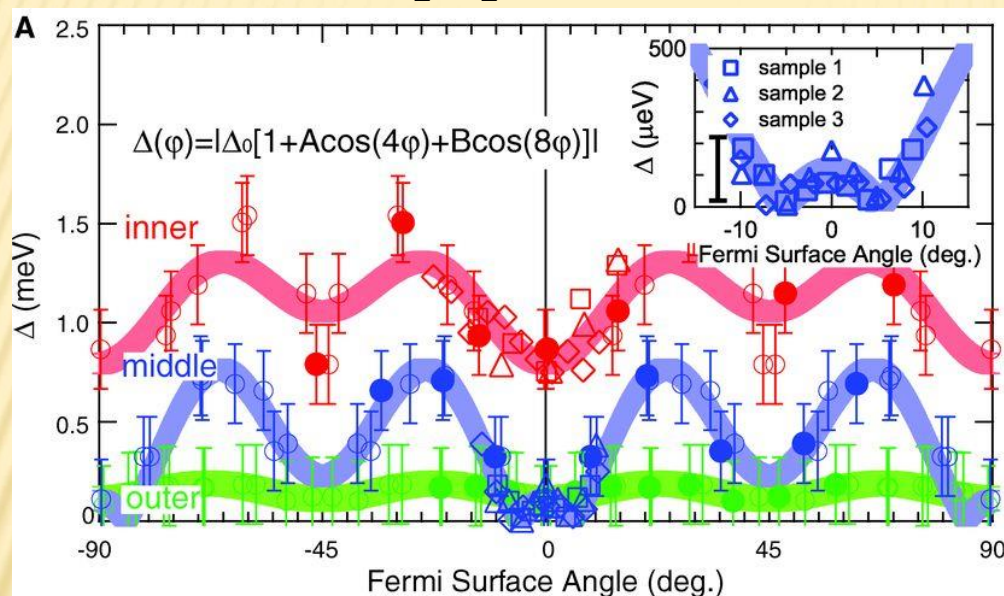


輸送現象
熱物性
高速情報処理

LASER励起角度分解光電子分光

KFe₂As₂

$\Delta E \sim 0.07$ meV

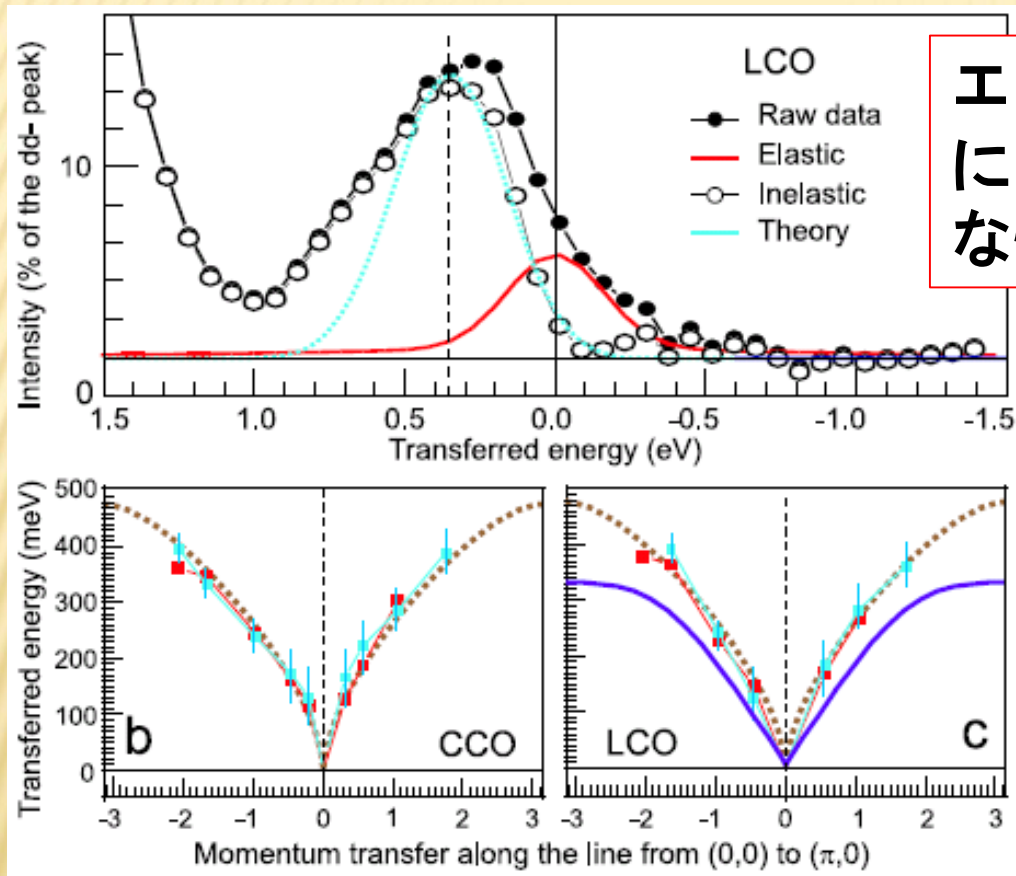


VUV励起光電子分光の高分解能



Brillouin Zone 全体を観測

共鳴非弾性散乱で観る電子励起



エネルギー分解能が1meV
になれば、中性子と相補的
な情報が得られる

$S(\omega, q)$ 4次元空間

原子核の動的感受率

中性子非弾性散乱
+
スピン偏極解析

スピンの動的感受率

X線非弾性散乱
+
偏光解析、励起分光

電子の動的感受率

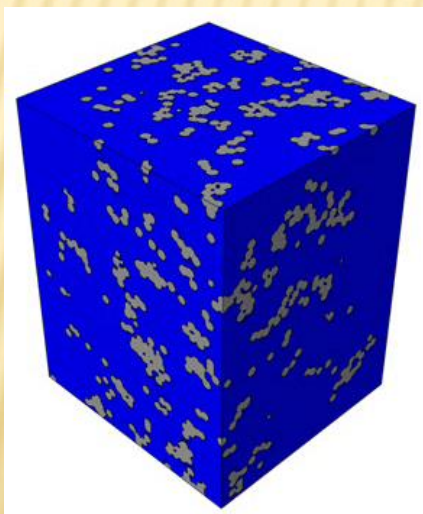
$S(\omega, q, r)$ 7次元空間

非周期系の構造物性

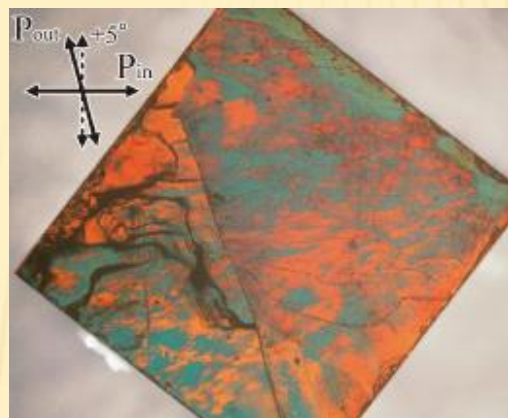


生物

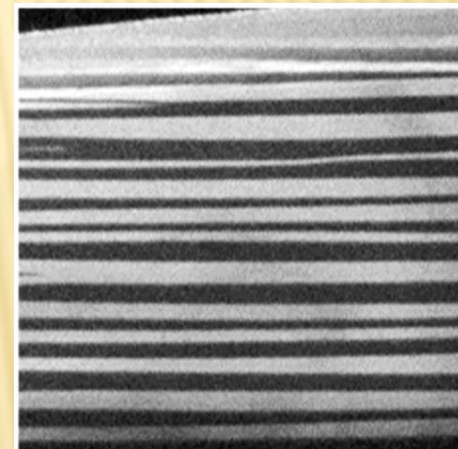
複合材料



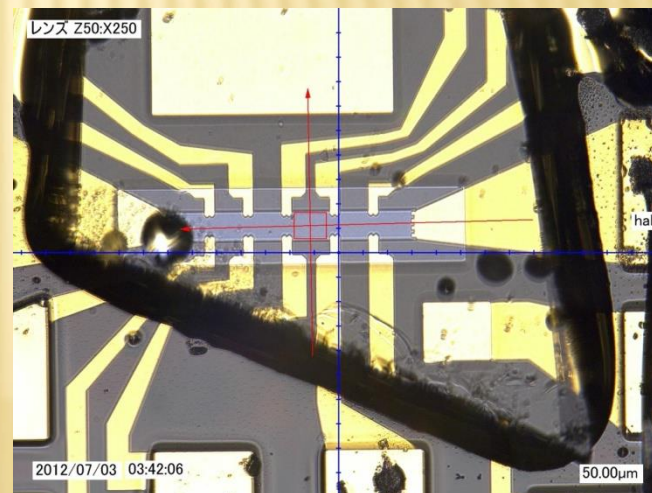
相競合



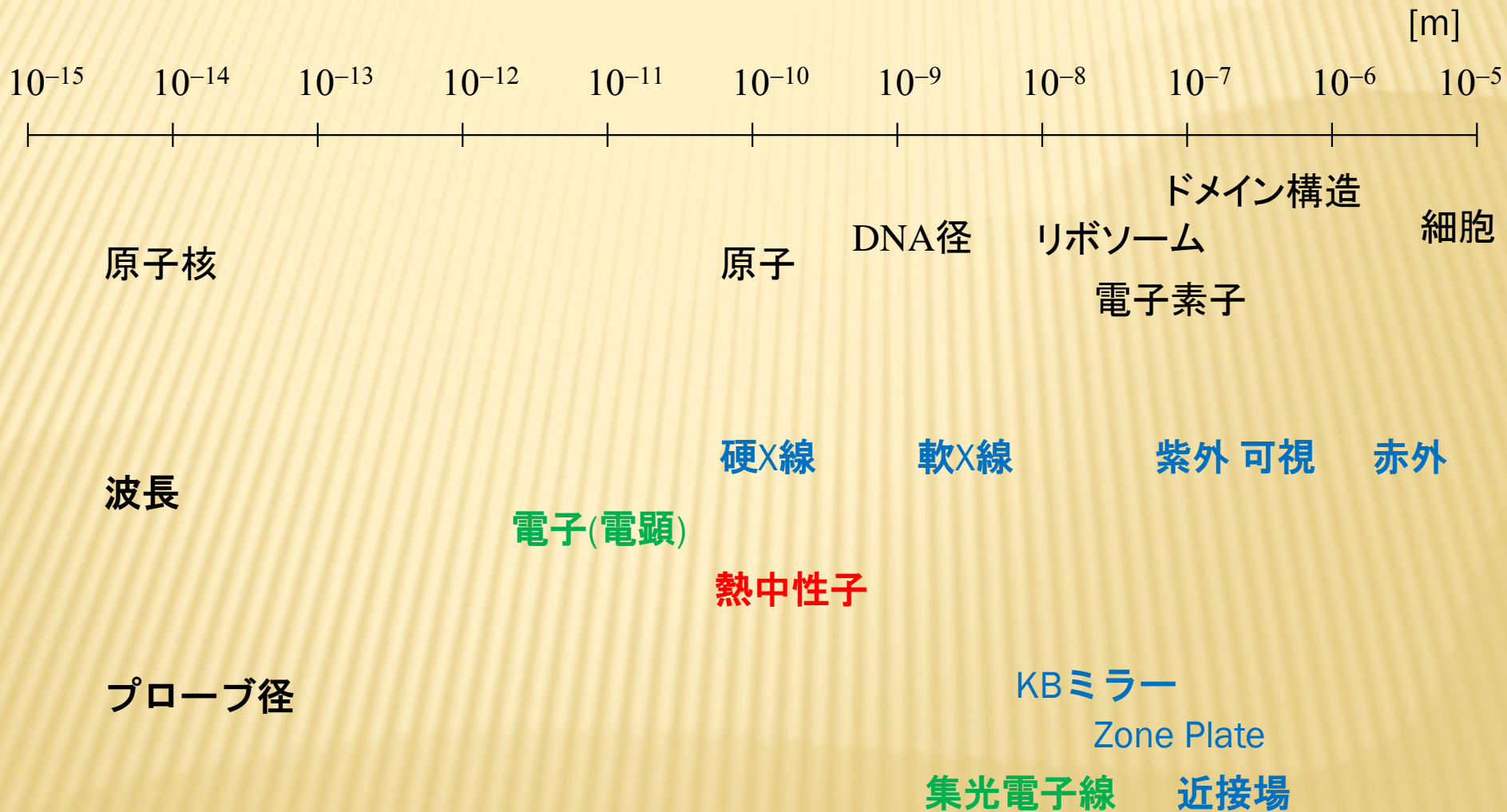
ドメイン構造



電子素子



極小の世界の計測



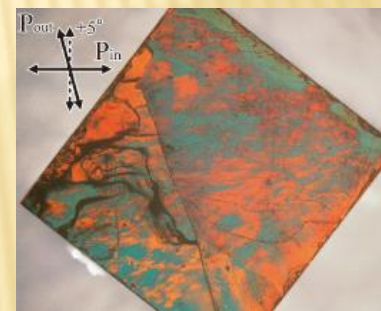
非周期系の構造研究

どういう情報が必要か？

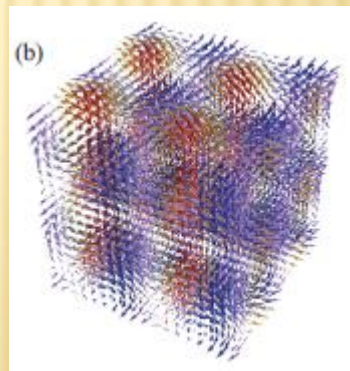
○階層別の構造情報

- 小角散乱
- 顕微/イメージング

階層構造



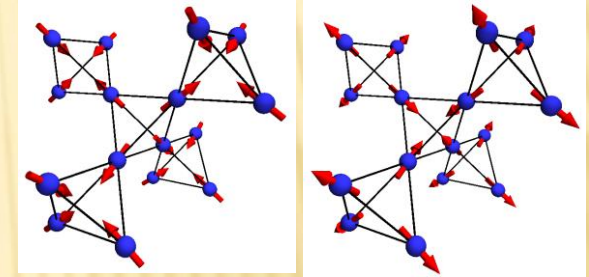
分域構造



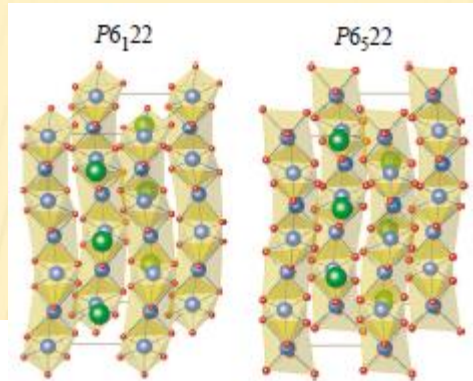
超構造

円偏光微小ビームの利用

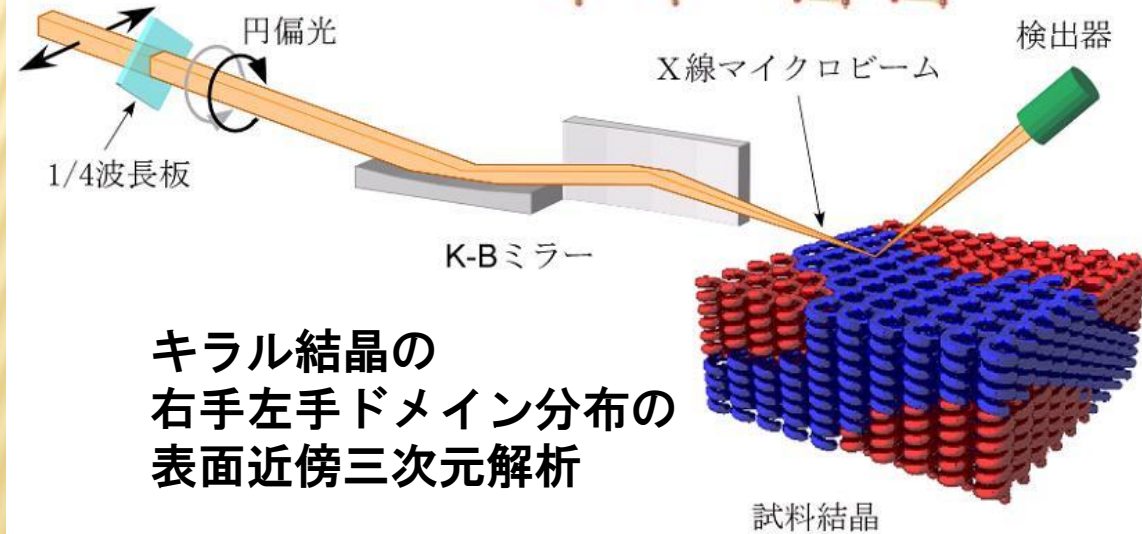
磁気ドメイン



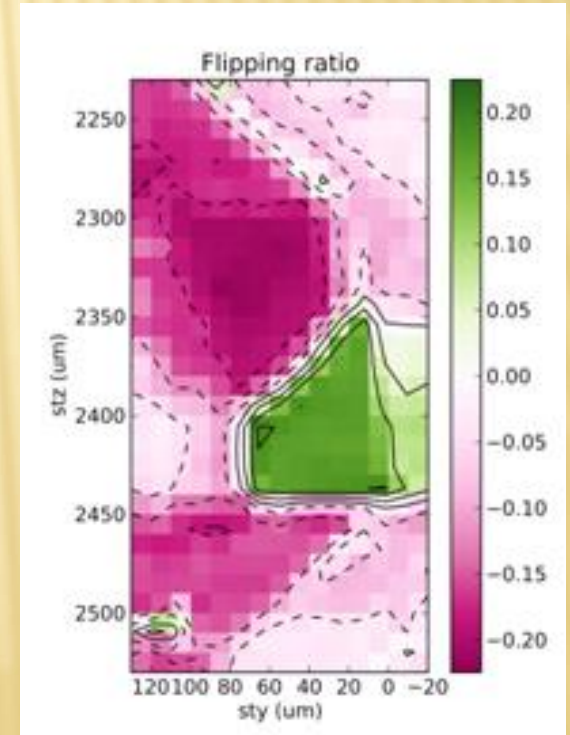
掌性ドメイン



水平直線偏光



キラル結晶の
右手左手ドメイン分布の
表面近傍三次元解析

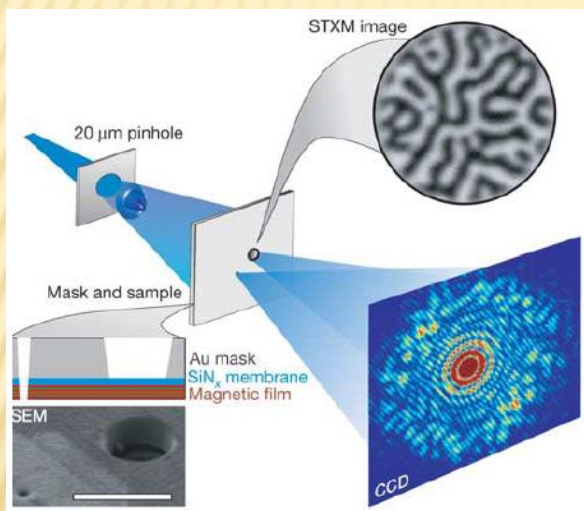


H. Ohsumi et al., Angew. Chem. (2013)

S. Tardif et al., Phys. Rev. Lett. (2015)

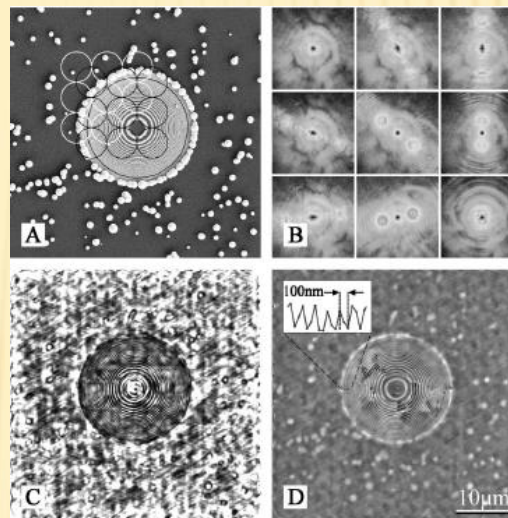
コヒーレント X 線の利用

ホログラフィー

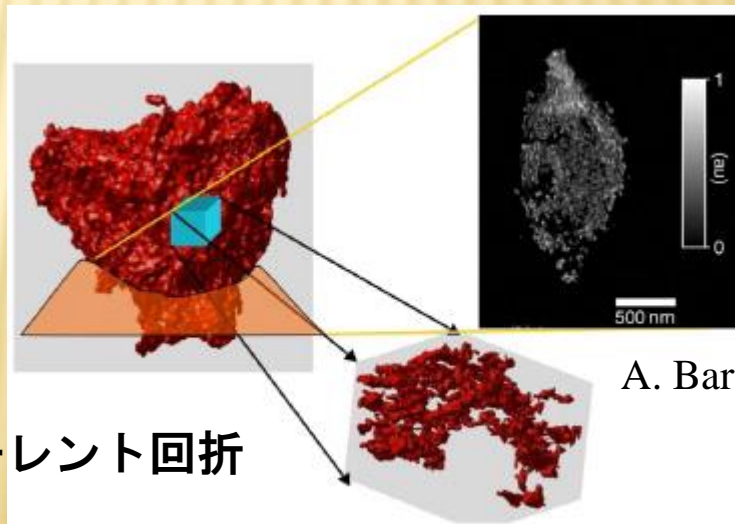


S. Eisebitt et al., Nature (2004)

タイコグラフィー



J. M. Rodenburg et al., PRL (2007).



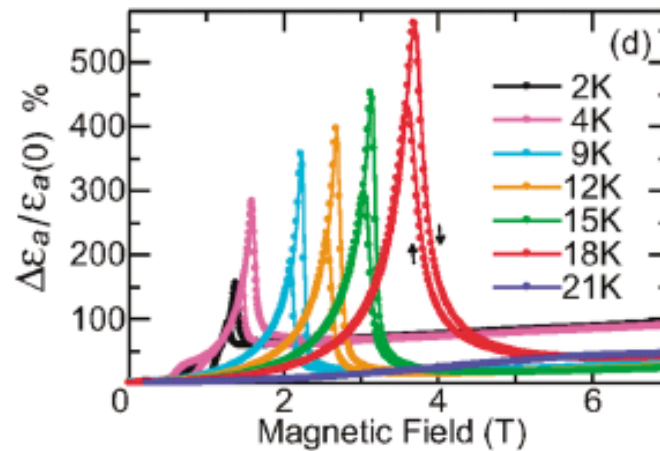
A. Barty et al., PRL (2008).

コヒーレント回折

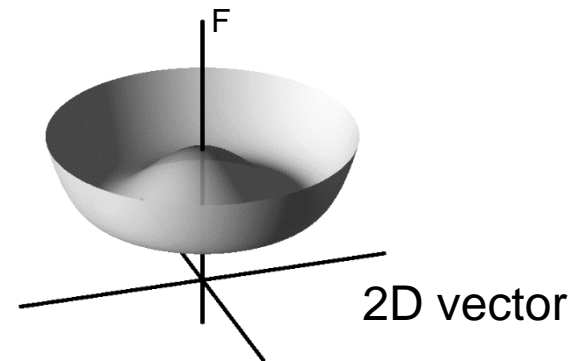
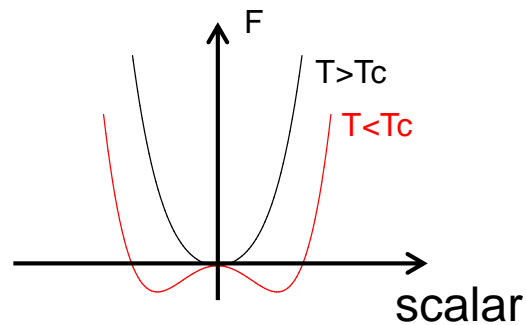
Interest in Domain Walls

1. Dynamics

Domain-wall Motion  Giant Response



DyMnO₃, T. Goto et al. (2003)



Interest in Domain Walls

2. Unique Response

Spatial Modulation in Order Parameter  Unique Response



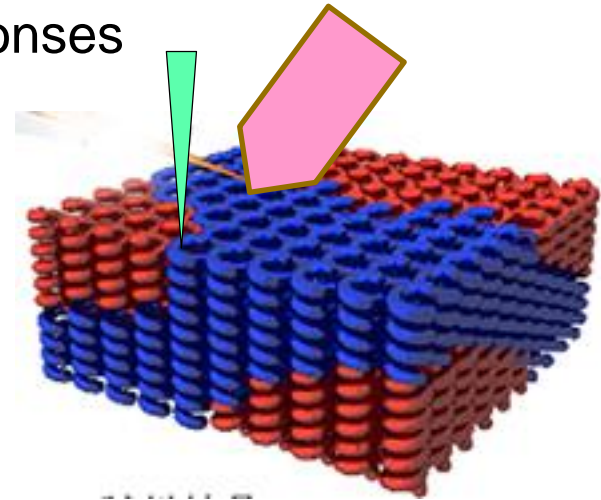
What is Needed

Real-space Imaging of Ferroic Domains

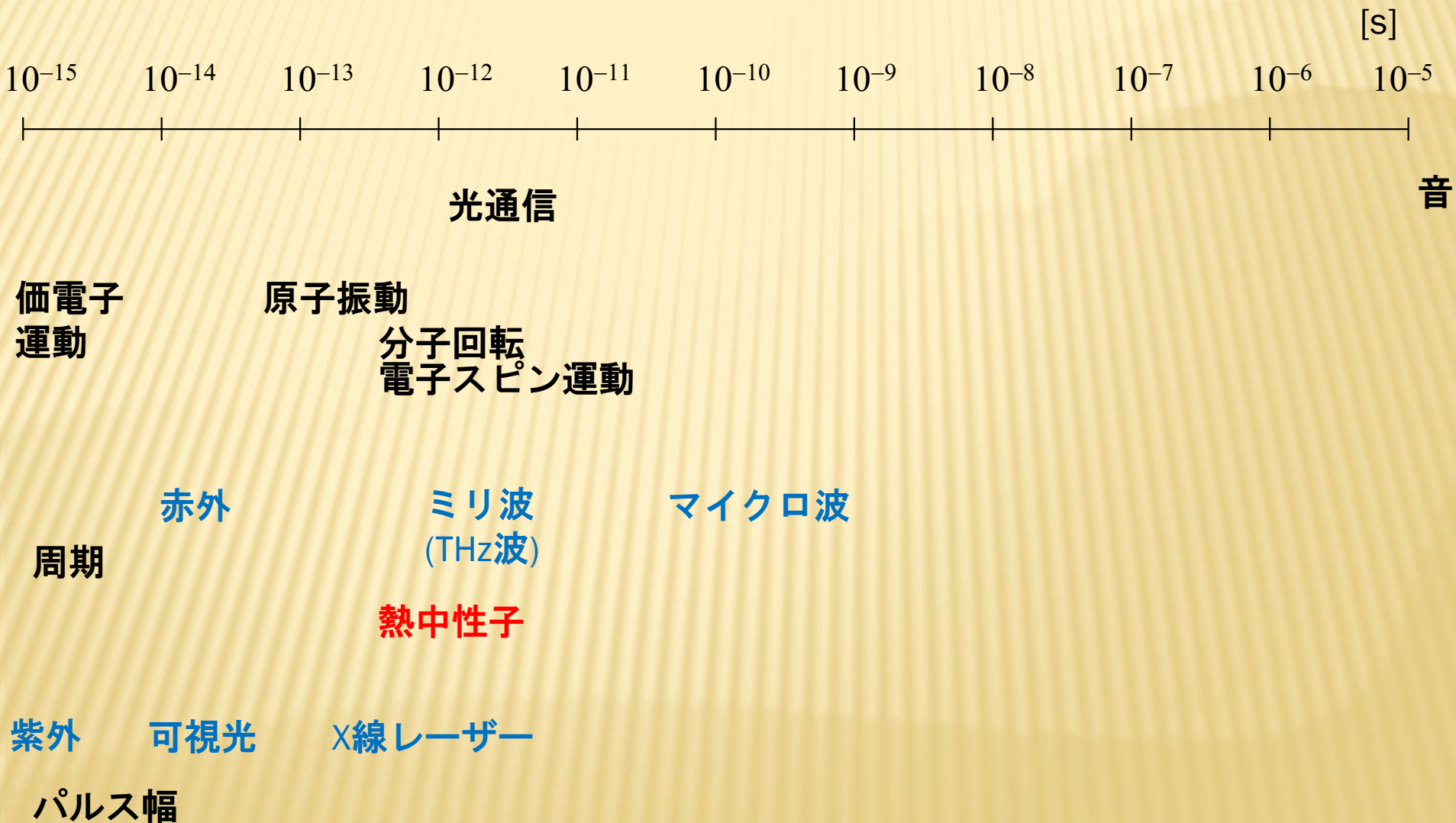
Advances in Microscopy Techniques

Pin-point Measurements of Physical Responses

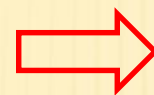
Photon, Electron



超高速計測

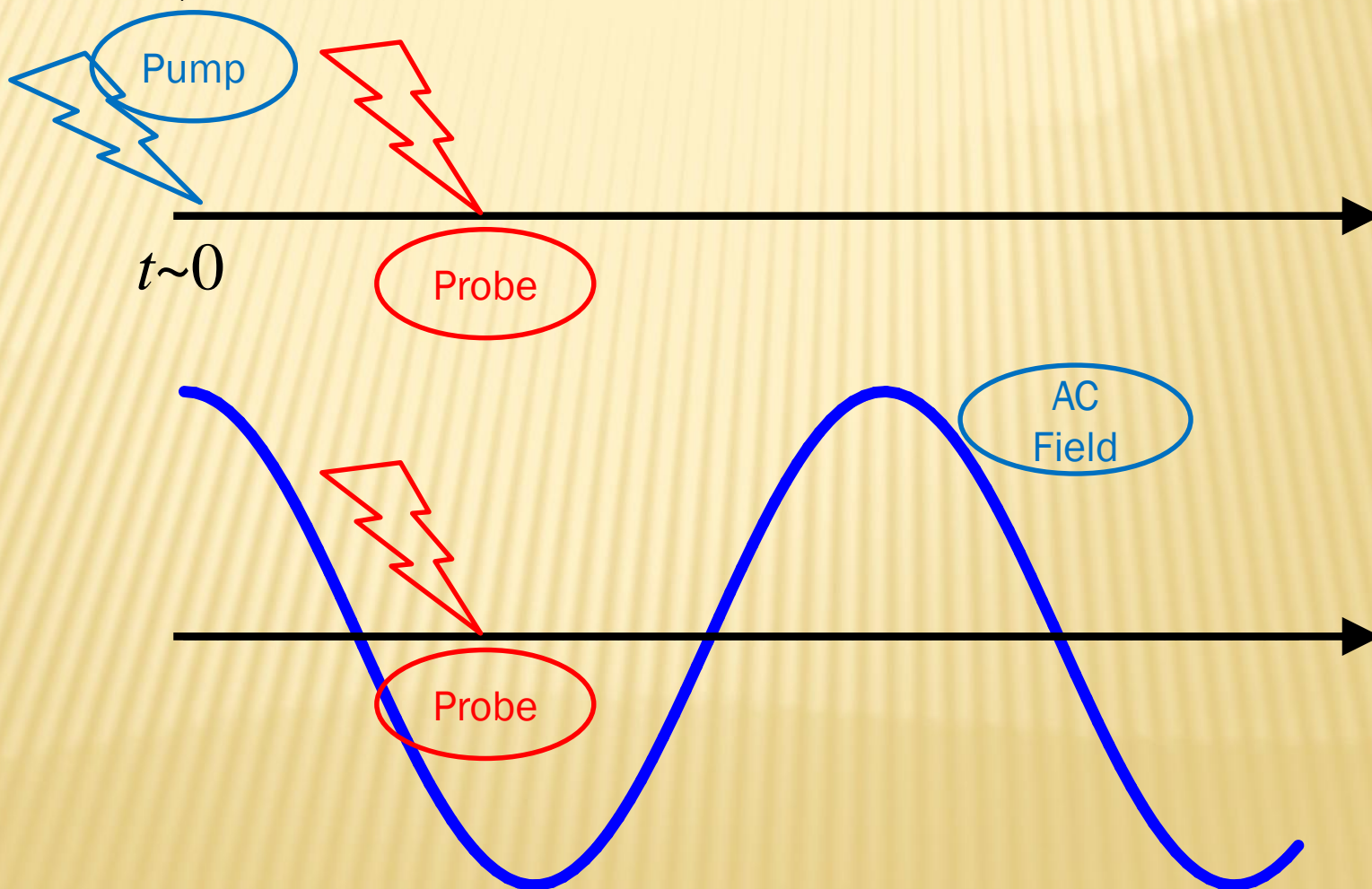


実時間計測

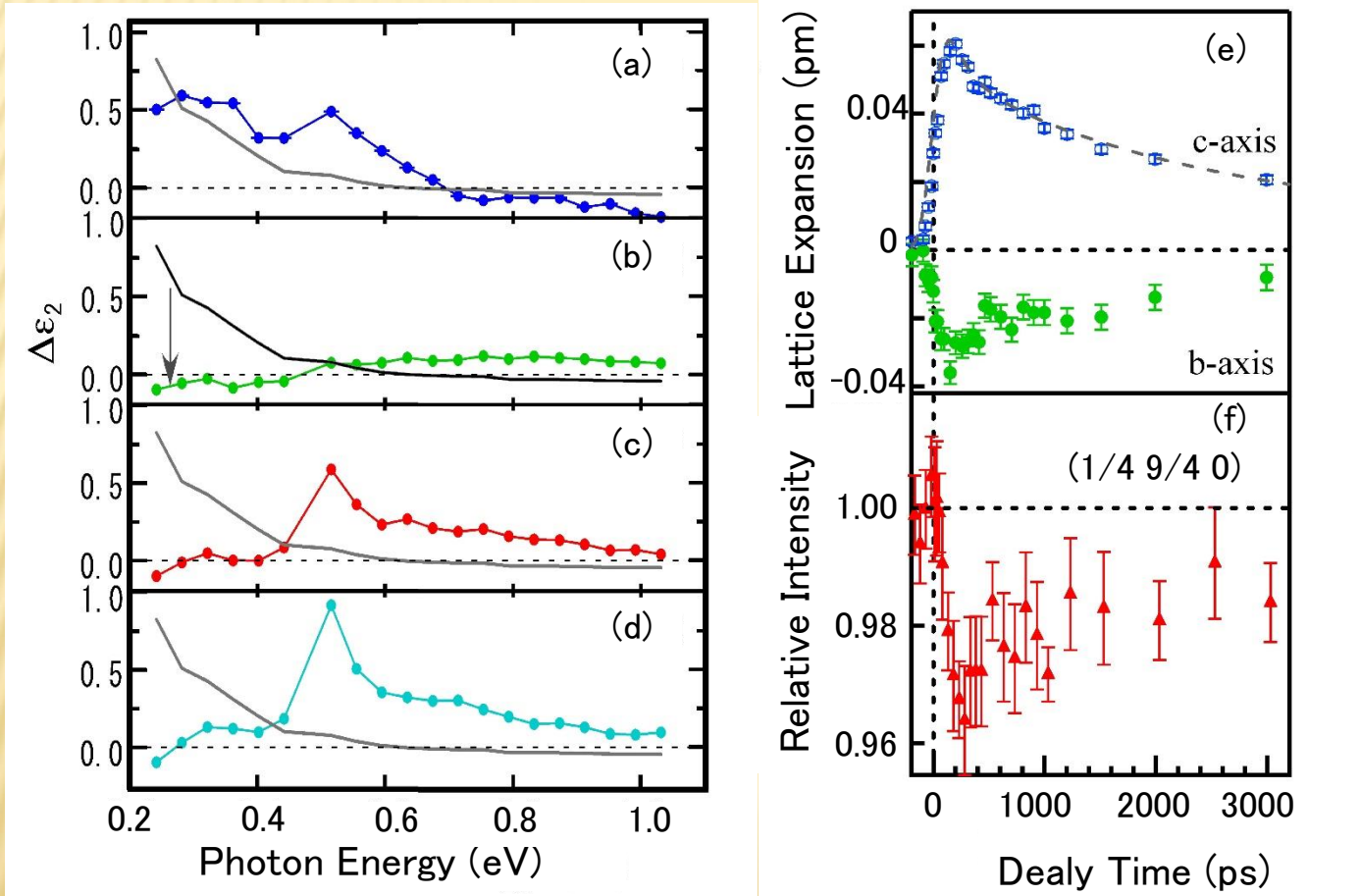


Movie of Excitations

“femtosec-E,B field”



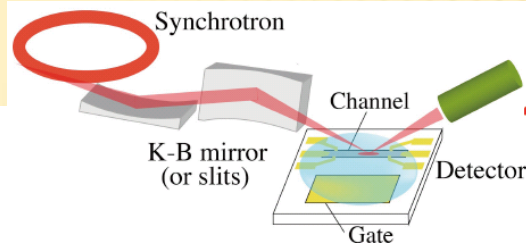
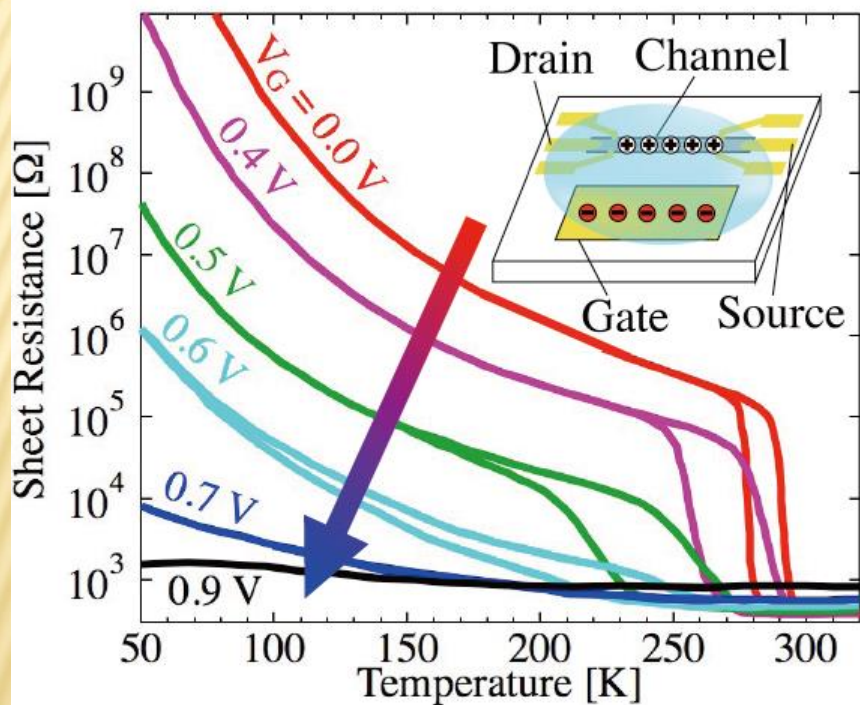
Time-resolved Measurement



H. Ichikawa, S. Adachi, S. Koshihara et al. Nature Materials (2011).

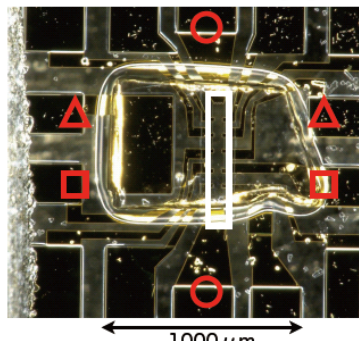
例 2 : 電気二重層トランジスタ

VO₂ on a TiO₂ (001) Substrate

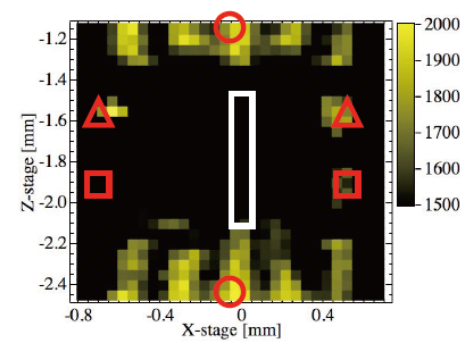


電界印加領域のみの
電気抵抗と回折の同時観測

デバイスの写真

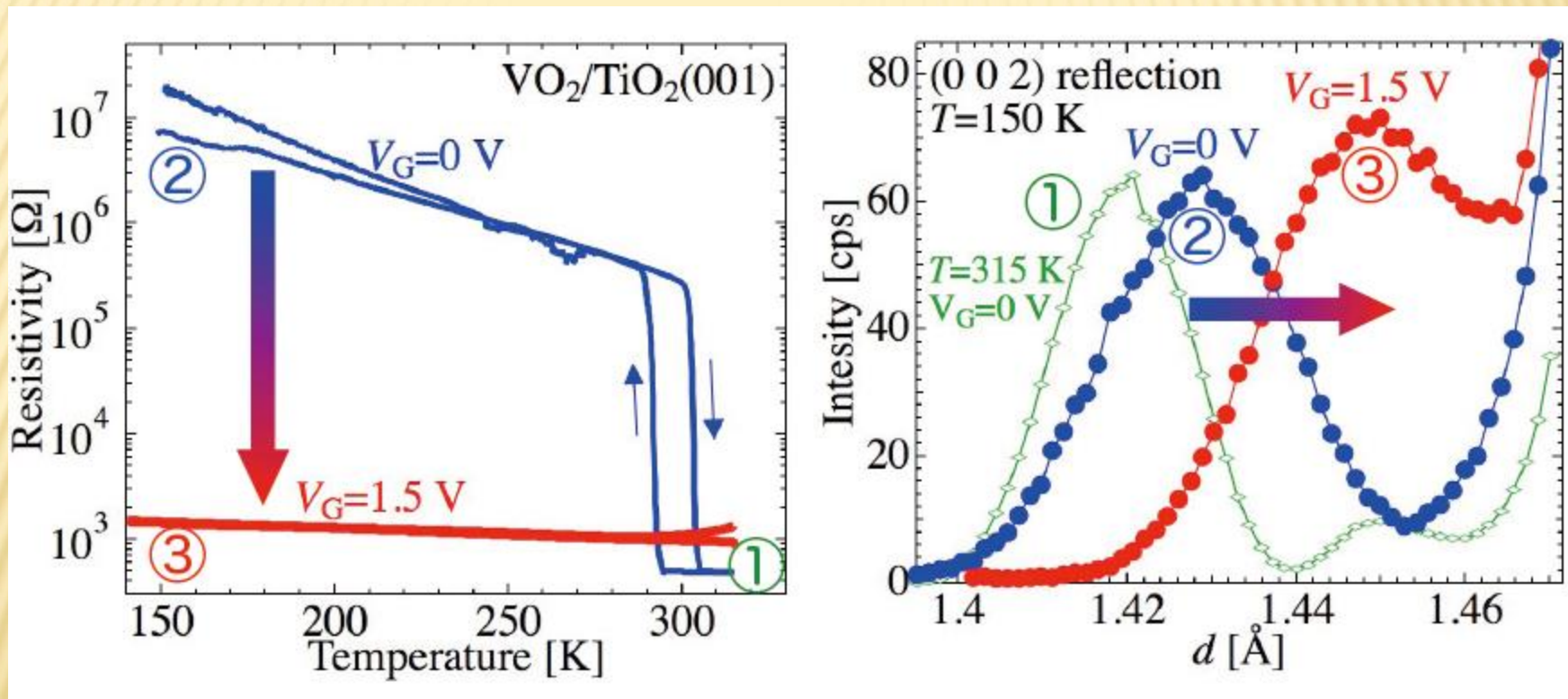


金の蛍光の2次元マップ



M. Nakano, K. Shibuya, D. Okuyama, T. Hatano, S. Ono, M. Kawasaki, Y. Iwasa, Y. Tokura, Nature **487**, 459 (2012).

トランジスタ動作下での構造研究



- ・電界誘起相転移は薄膜全体で発現
- ・温度、X線、圧力誘起の金属相と異なる新しい相

次世代光源への期待

- 高精度偏光制御
- 高分解能分光
- 非周期系の構造科学
- オペランド測定
- 時間分解測定

- 小さな発光点
- 高い平行性
- 高い可干渉性

ω, t, q, r 8次元空間測定