

2ビーム利用研究の具体例

小澤健一（KEK物構研 放射光実験施設）

PF研究会 ① での「2ビーム利用の検討状況」 <https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20221106/>

PF

- ・ 光電子分光
- ・ 軟X線吸収分光
- ・ 軟X線顕微鏡
- ・ 回折・散乱
- ・ X線吸収分光
- ・ タンパク質結晶解析
- ・ 小角散乱
- ・ 高圧
- ・ 超高速時間分解
- ・ X線光学・イメージング

UVSOR

- ・ 太田紘志
- ・ 岩山洋士

HiSOR

- ・ 有田将司

PF-UA

- ・ 朝倉清高
- ・ 阿部善也
- ・ 手塚泰久
- ・ 若林裕助

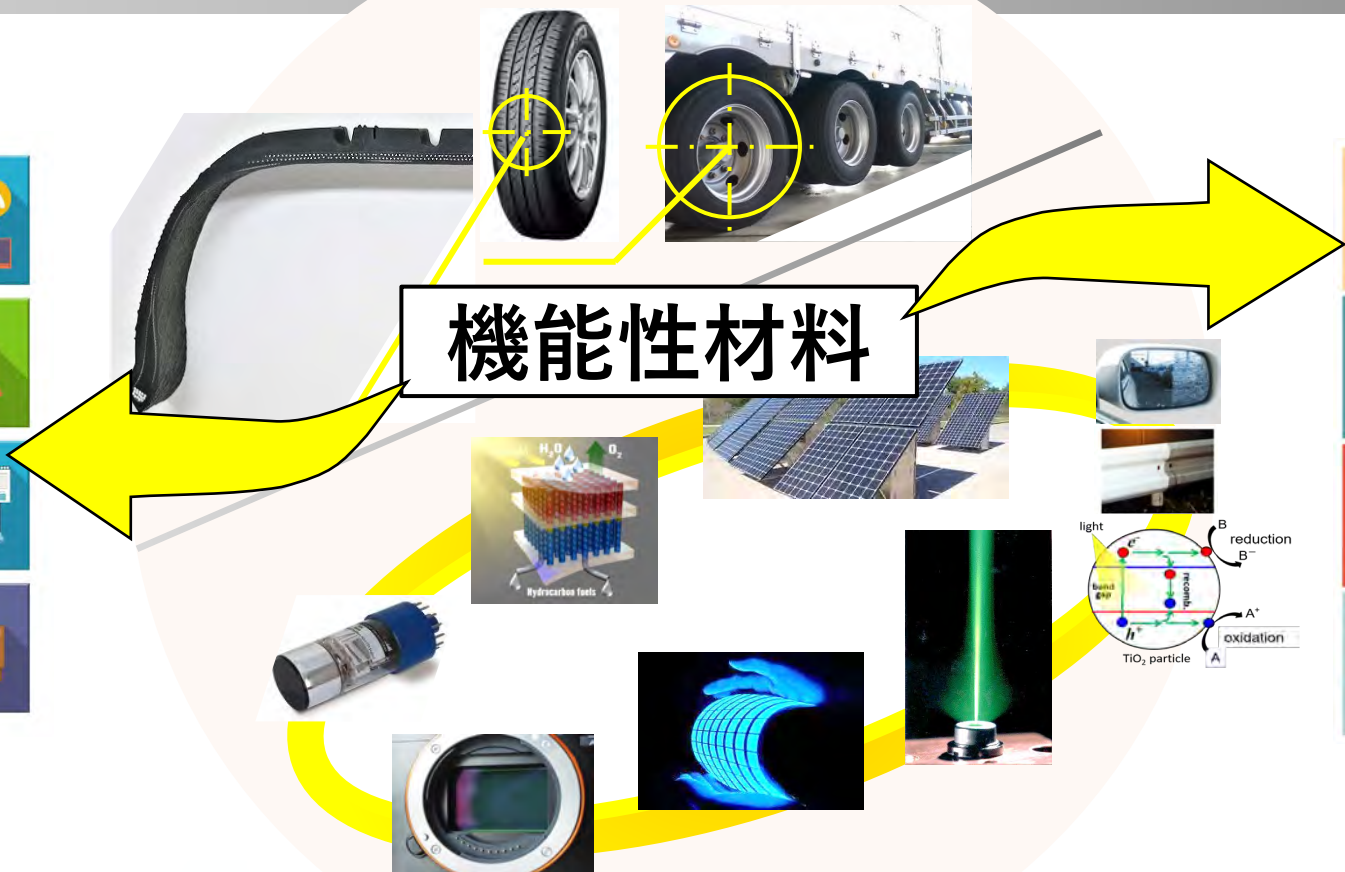
生活インフラ



社会インフラ



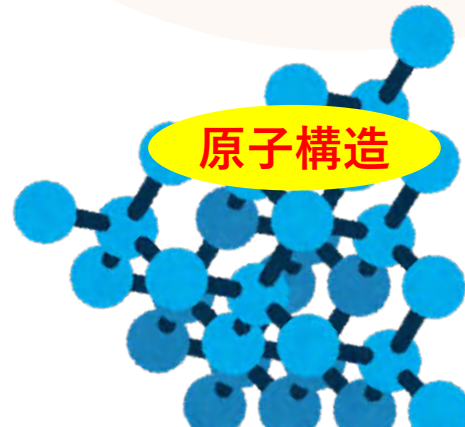
機能的性材料



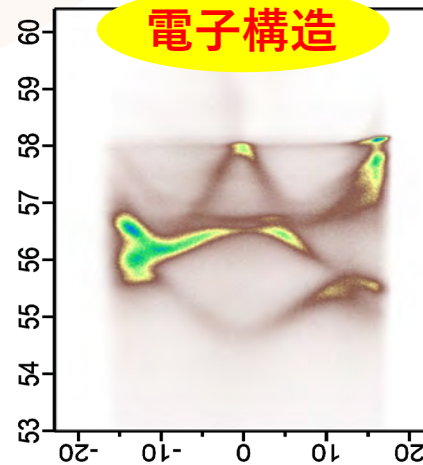
元素組成

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

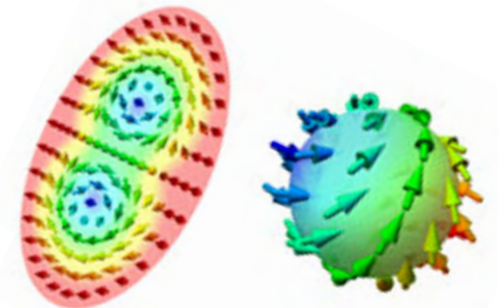
原子構造

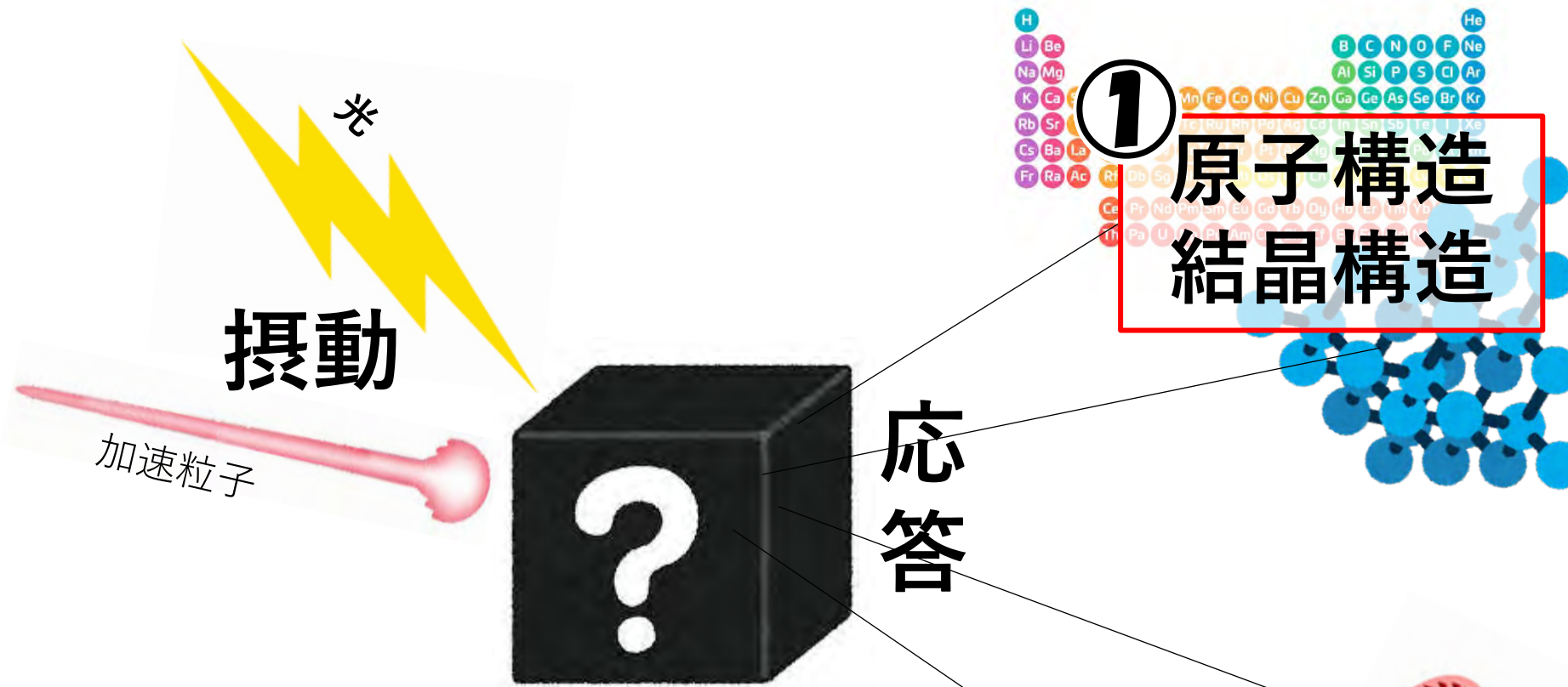


電子構造

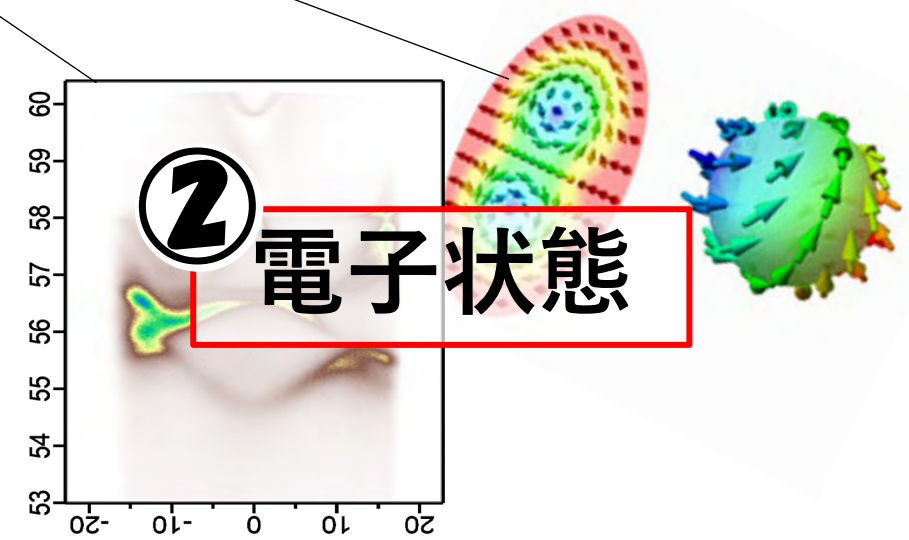


スピン





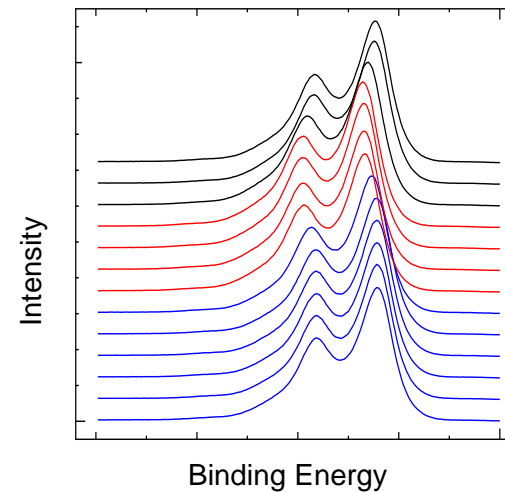
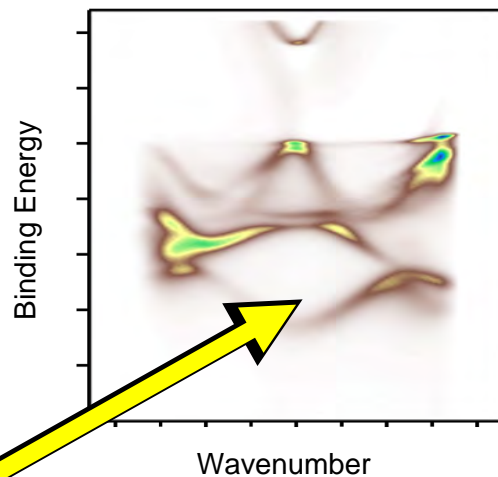
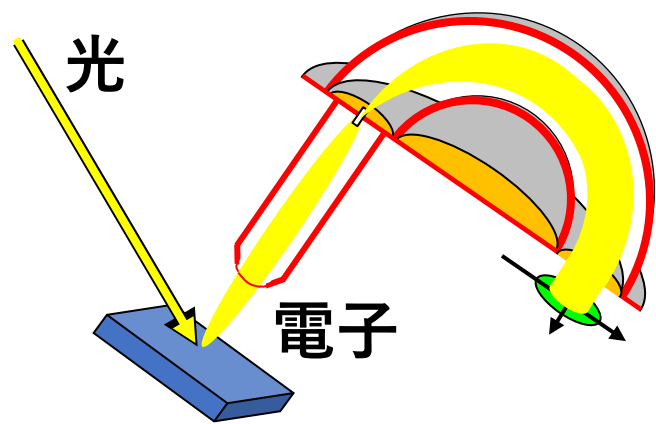
- 光電子分光
- 軟X線吸収分光
- 軟X線顕微鏡
- 回折・散乱
- X線吸収分光
- タンパク質結晶解析
- 小角散乱
- 高圧
- 超高速時間分解
- X線光学・イメージング



光電子分光法

✓ 電子状態・バンド構造

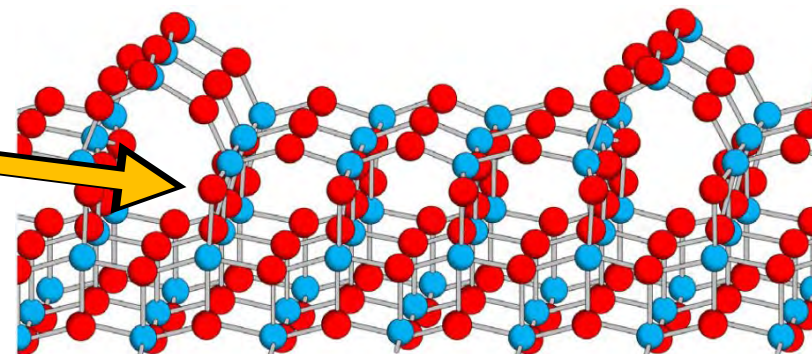
✓ 原子組成・化学状態



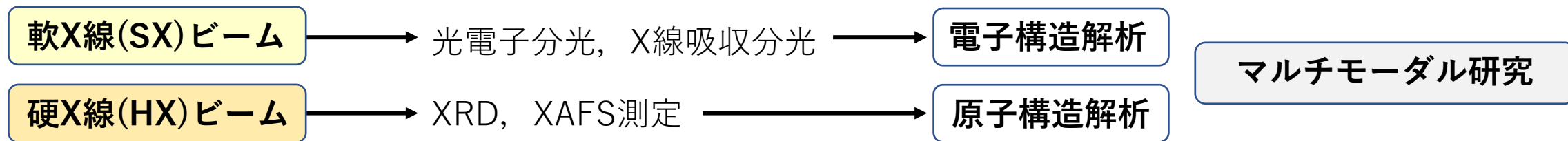
first beam

second beam

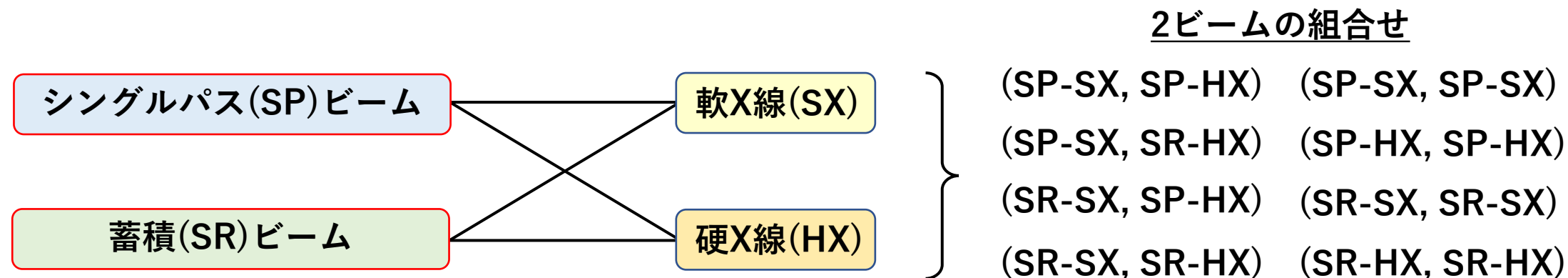
✓ 原子構造・結晶構造



① 開発研究多機能ビームラインBL-11での利用研究

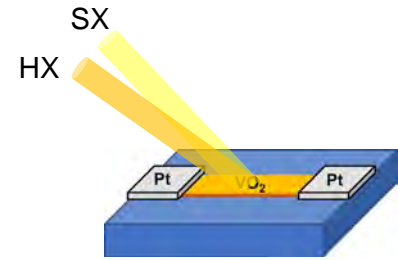
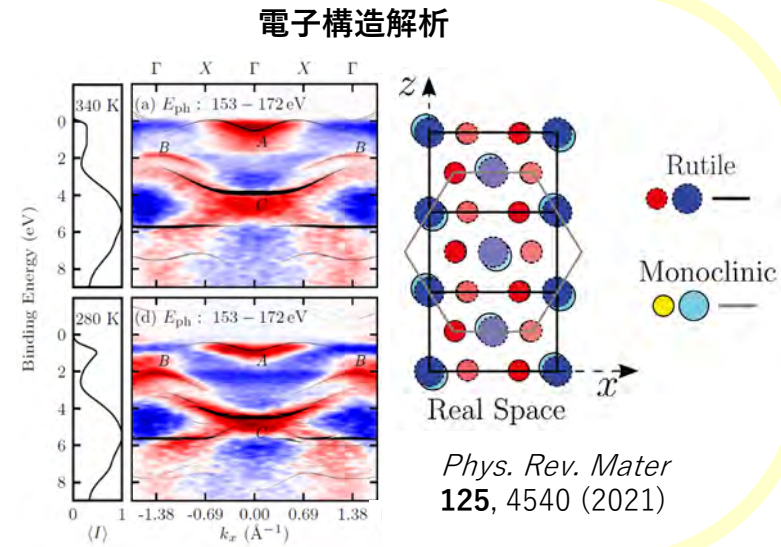
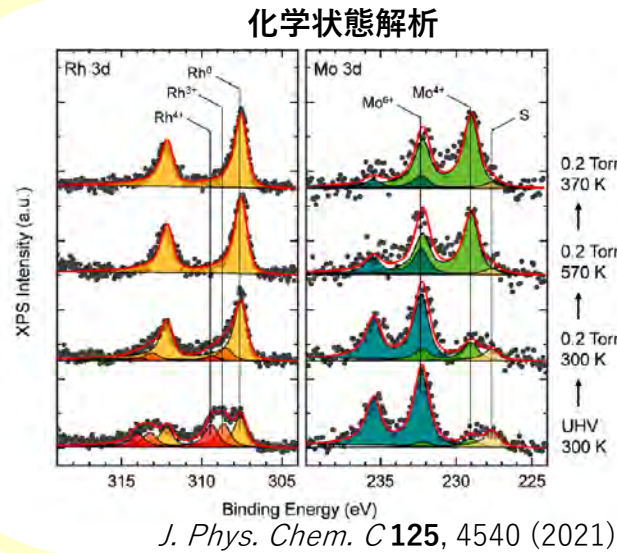
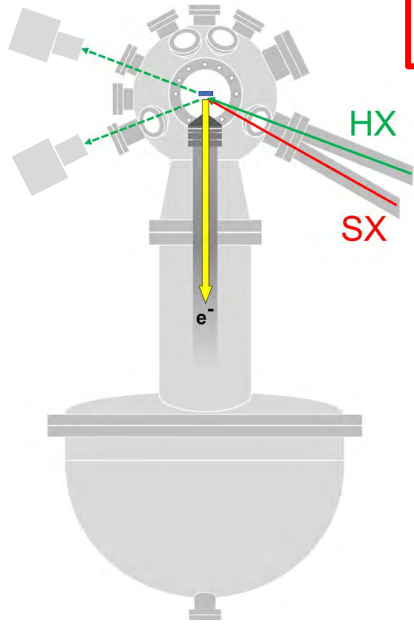


② ハイブリッドリングでの2ビーム利用提案

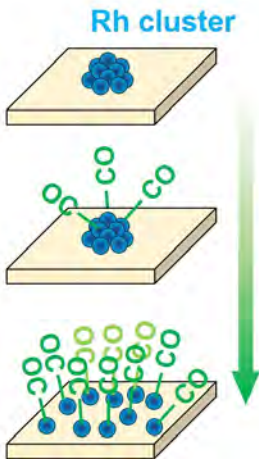


化学状態・電子状態

SX光電子分光



化学的摂動



原子構造・結晶構造

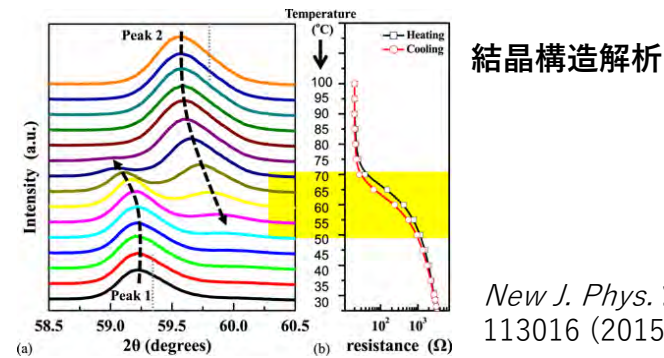
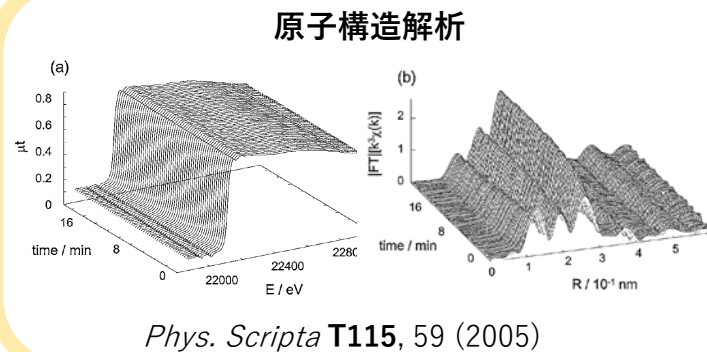
HX測定 (EXAFS)

HX測定 (XRD)

物理的摂動

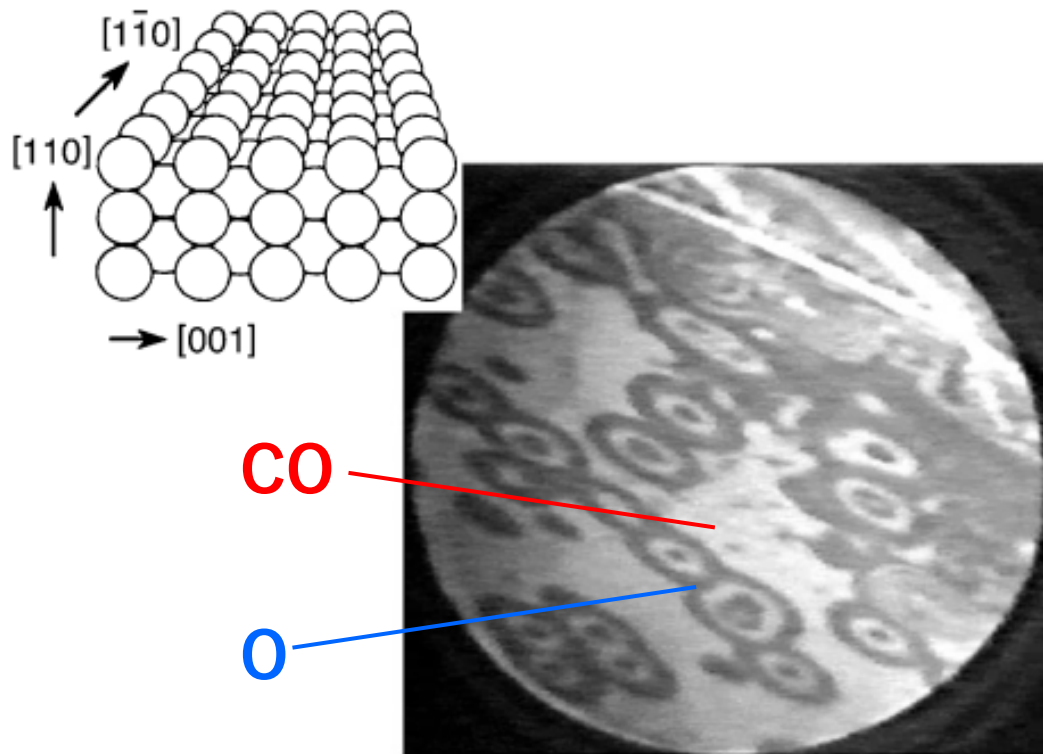
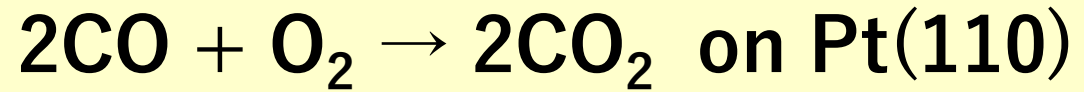
温度, 光, 電位, 圧力

M-I 転移



Reactions at Surfaces: From Atoms to Complexity (Nobel Lecture)

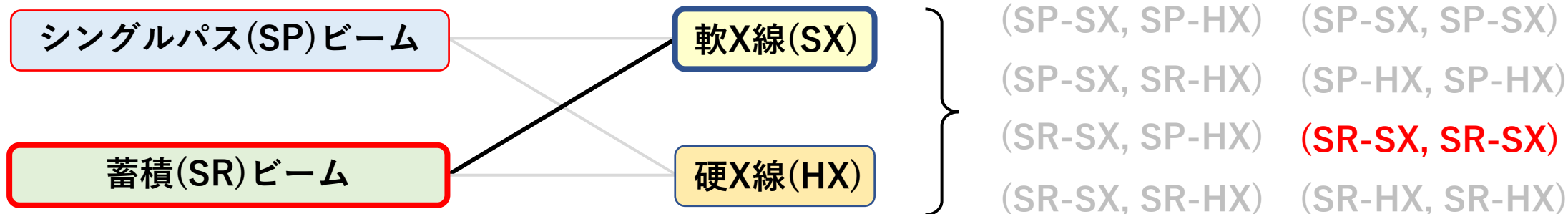
Gerhard Ertl Prof. Dr.



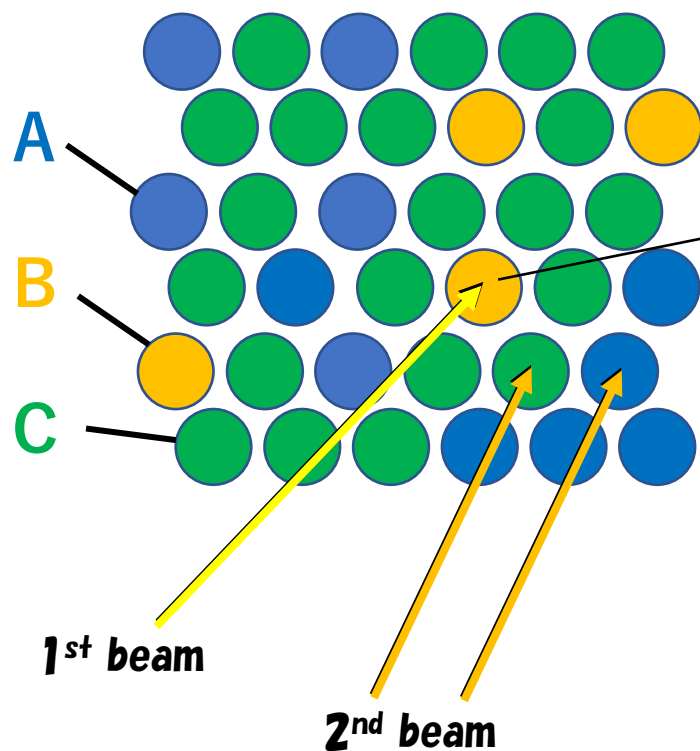
photoemission electron microscopy (PEEM)



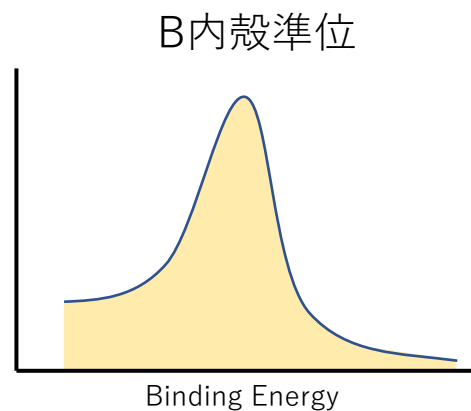
2ビームの組合せ



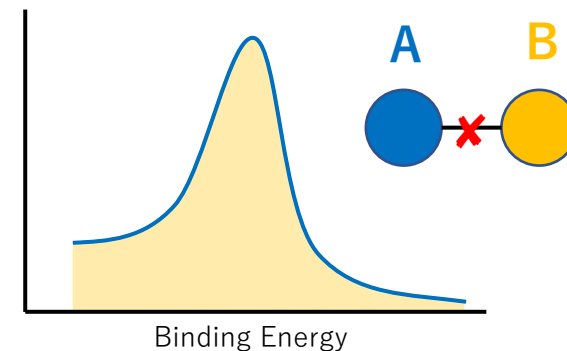
ABC三元合金



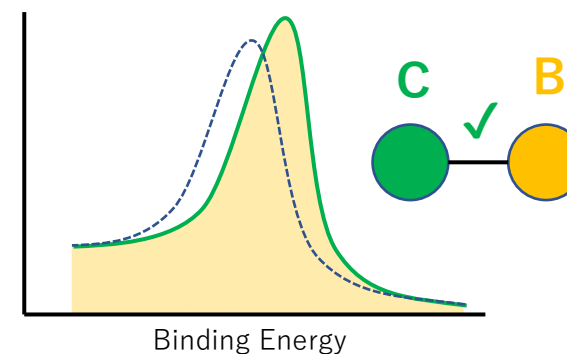
光電子分光スペクトル



Aを励起



Cを励起



✓ 元素選択励起

ポイント

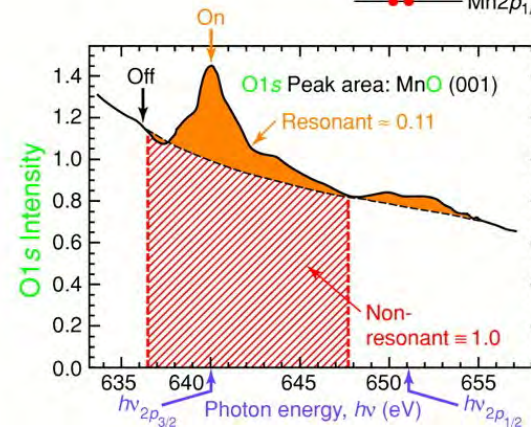
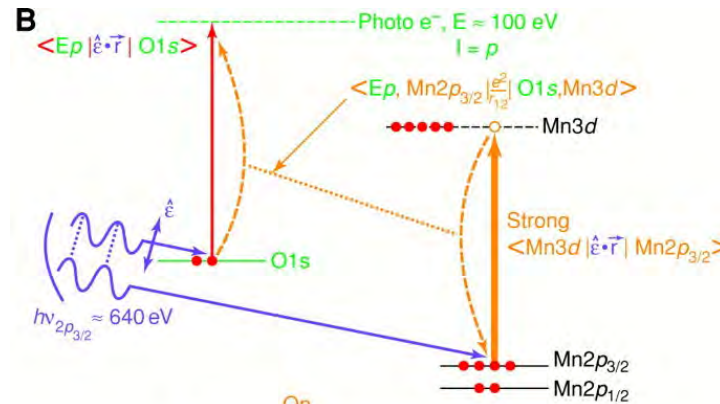
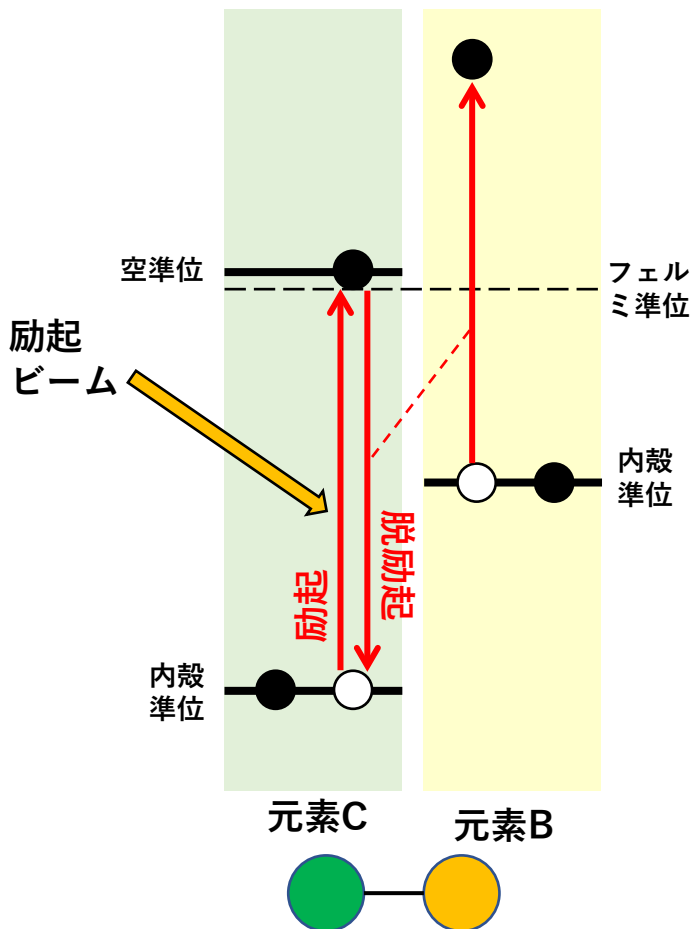
✓ 隣接原子間のエネルギー遷移

✓ 元素選択励起

ポイント

✓ 隣接原子間のエネルギー遷移

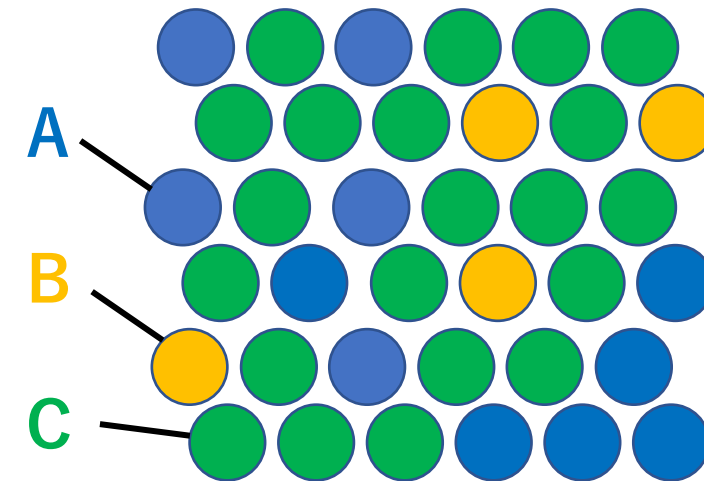
多原子共鳴励起



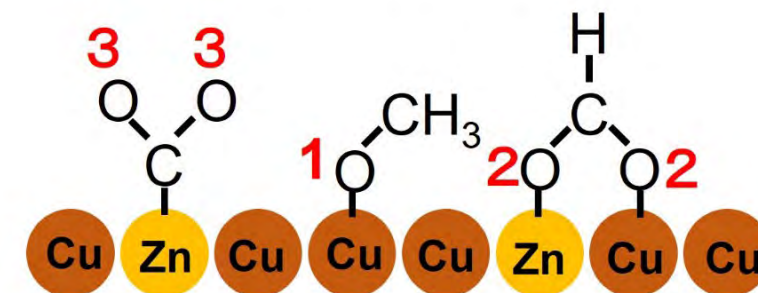
Science 281, 679 (1998)

シングルビームの光電子分光
実験で減少を確認。

ABC三元合金

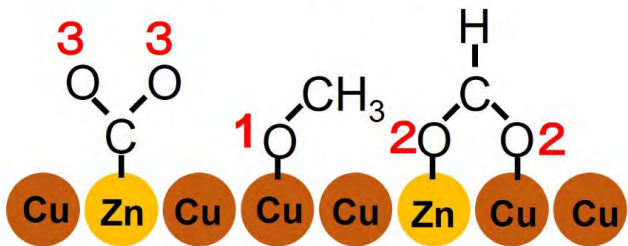


合金触媒系の例

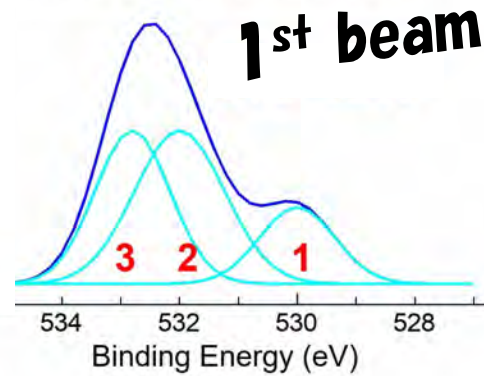


目的：光電子分光測定により吸着サイトを決定する。

合金触媒系の例

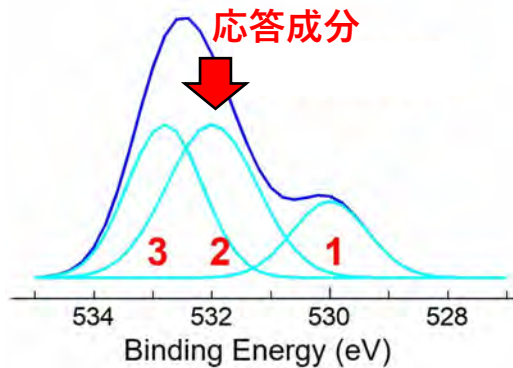


O 1s光電子スペクトル

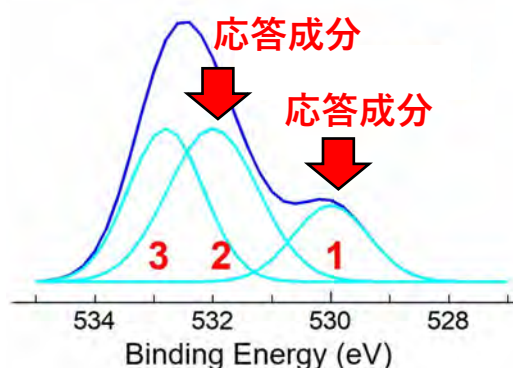


2nd beam

O 1s光電子スペクトル

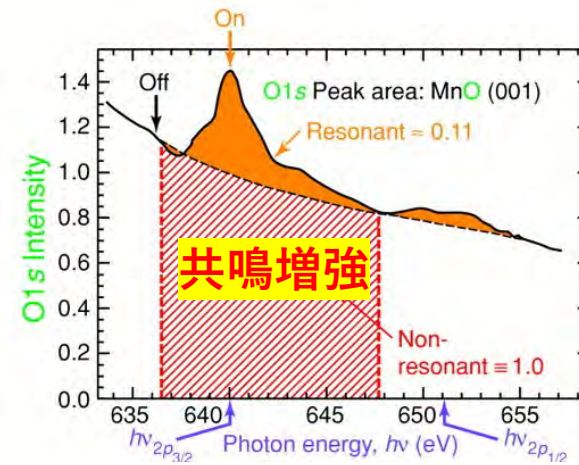


Zn原子を刺激



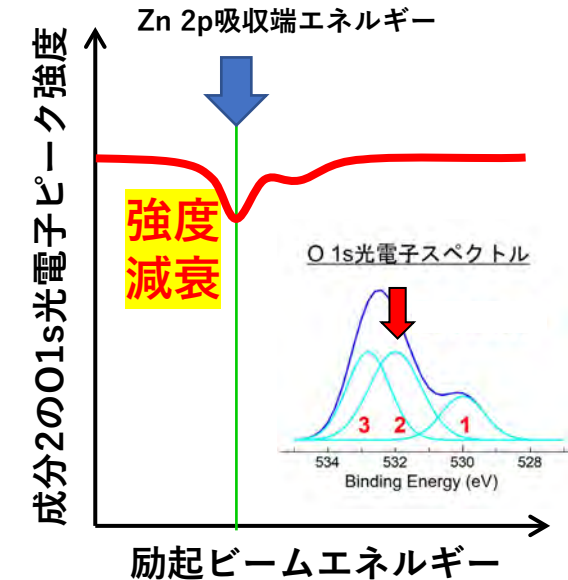
Cu原子を刺激

1ビーム実験

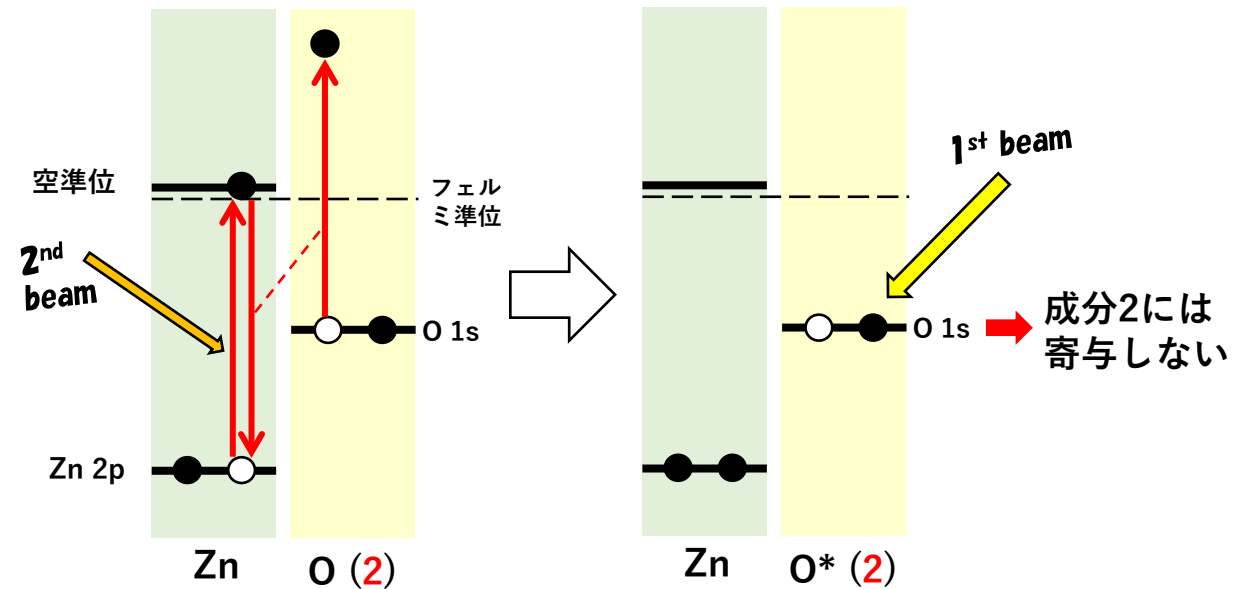


Science 281, 679 (1998)

2ビーム実験



多原子共鳴励起



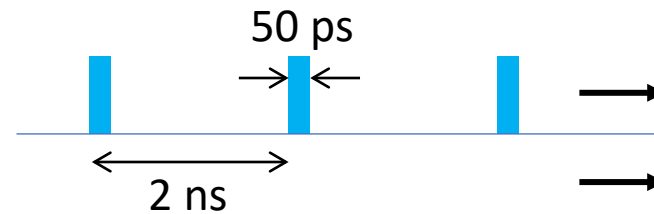
予期する現象が観測される見込みがあるか？**ハイブリッドリングに期待！**

光の条件: 10^{11} photons/s
照射域 Φ 50 μm (面積 2×10^{-5} cm^2)

金属の表面原子密度: $\sim 10^{15}$ atoms/ cm^2

照射域の原子数: 2×10^{10} atoms

PFのバンチ構造:
マルチバンチ運転



→ この条件で 10^{11} photons/sが供給。

→ 1パルスで供給される光子数 200個

→ 250 fsに1個の光子が供給される時間が50ps続き, 2nsはダーク状態。

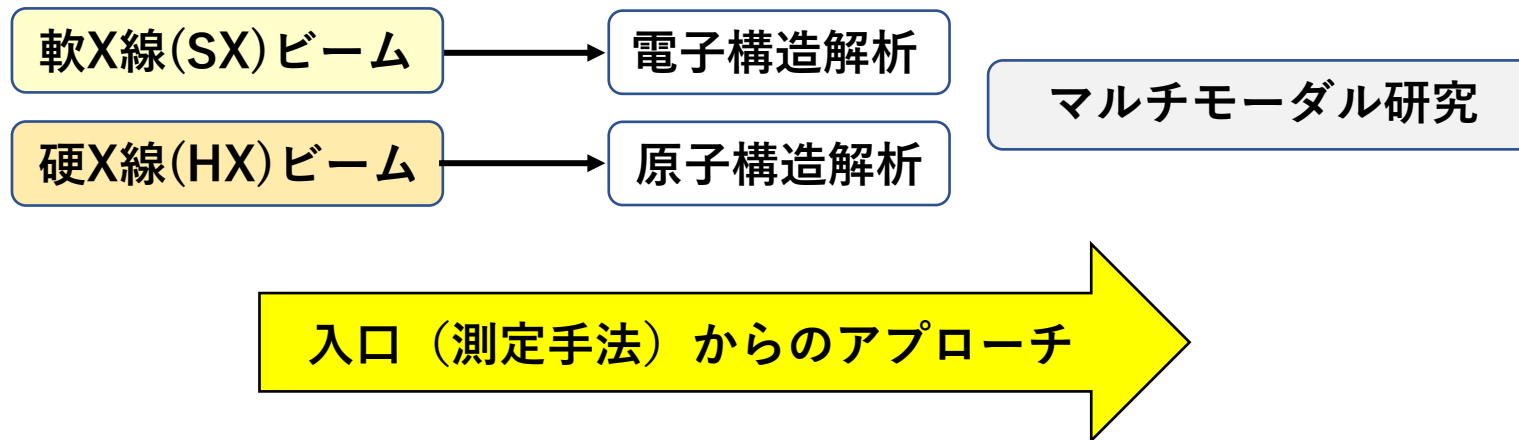
C 1sの正孔寿命 (Phys. Rev. B **41**, 9766 (1990))

	寿命幅	寿命
graphite	210 meV	3 fs
small molecules	110 meV	6 fs
isolated C atoms	56 meV	12 fs

多原子共鳴励起が起きてC 1s準位に正孔がある間に、光が来る必要がある。

しかも、励起している同じ原子に！

① 開発研究多機能ビームラインBL-11での利用研究



② ハイブリッドリングでの2ビーム利用提案

