



KEK物質構造科学研究所における 量子ビーム間連携の取り組み

KEK物質構造科学研究所
量子ビーム連携研究センター (CIQuS)
雨宮健太



量子ビーム連携研究センター (CIQuS)

2020.4.1発足

発掘型共同利用

利用者のマルチビーム化

「待ちの共同利用」からの転換

各プローブのユーザーが実施している研究の中から、マルチプローブ利用によって発展が期待されるものを発掘し、マルチプローブ利用に誘導する。ユーザーとともに研究内容を検討し、マルチビームに適した試料調製から実験・解析まで、研究実施に対する助言・実験支援を一気通貫に行う。

テーマ設定型共同研究

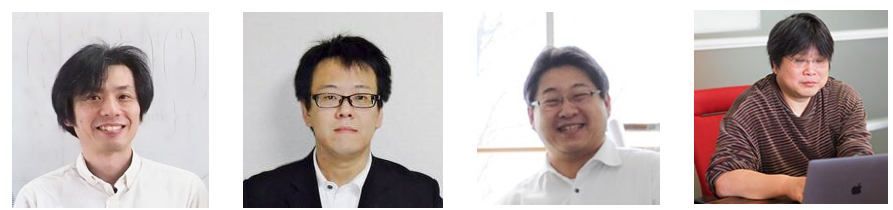
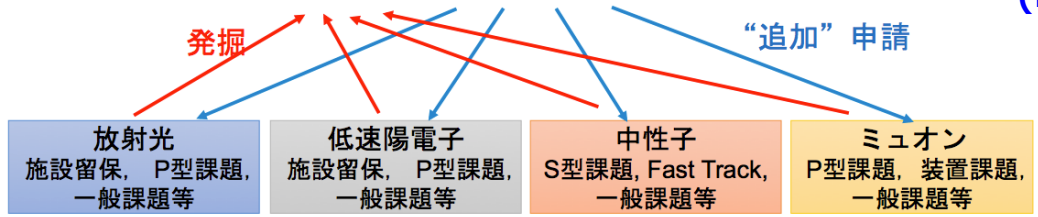
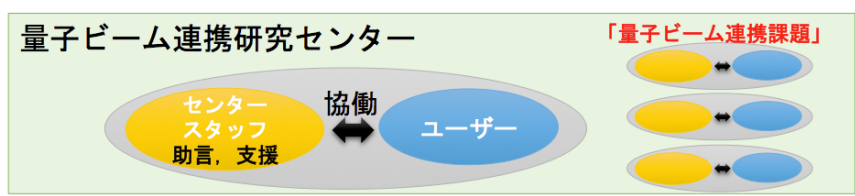
所内スタッフのマルチビーム化

量子ビーム連携によるイノベーション創出

イノベーションに貢献できる量子ビーム連携研究課題：産学官連携・国際連携による課題解決

マルチプローブ若手人材育成

量子ビーム横断利用に対応できる新たな専門スタッフ育成：発掘型を推進するために不可欠



PD : AHMED, Razwan (R2.11.1~)

PD : FAN, Dongxiao (R3.4.1~)

材料の機能発現サイトの可視化

PD : DEY, S. Kumar (R5.12.1~)

マルチプローブ利用研究の基盤形成

情報科学 界面分析

新たなデバイス開発に向けた物性研究

モノの生成過程の履歴解明

発掘型共同利用の実績(2022年度)

打ち合わせ件数：28件，実験実施件数：18件

	利用中の手法	新規利用ビームライン	状況
19	偏極中性子反射率	PF BL-7A(X線磁気円二色性)	PF実験実施(1.0日)(2回)
25	XAFS	MLF BL21(中性子全散乱)	MLF実験実施(4日)(2回)
27	X線回折	MLF BL21(中性子回折)	MLF実験実施(3日)
29	利用なし	MLF BL21(中性子回折) PF	MLF実験実施(1日) 検討中
32	SAXS	JRR-3 SANS-J(中性子小角散乱)	JRR-3実験を実施(2日)
33	SAXS	AR-NE7A(X線反射率) MLF BL16(中性子反射率)	PF実験実施(1日) MLF実験を検討中
34	SAXS	AR-NE7A(X線反射率) MLF BL16(中性子反射率)	PF実験実施(1日) MLF実験を検討中
35	SAXS	JRR-3 SANS-U(中性子小角散乱)	JRR-3実験を実施(1日)
37	X線回折	MLF BL15(中性子全散乱)	MLF実験実施(2日)
38	X線回折	MLF Muon(ミュオンスピン回転)	検討中
39	中性子反射率	PF BL-7A(軟X線XAFS)	PF実験実施(2日)(2回)
40	軟X線XAFS	MLF Muon (ミュオンスピン回転)	MLF実験実施(1日)
41	利用なし	PF BL-16A(X線磁気円二色性) MLF	PF実験実施(1日) 検討中
42	X線回折	MLF BL18 SENJU(中性子回折)	検討中
43	X線回折	MLF BL21(中性子全散乱)	MLF実験実施(1日)
44	X線回折	MLF BL21(中性子全散乱)	MLF実験実施(3日)
45	X線回折	MLF BL21(中性子全散乱)	検討中
46	利用なし	MLF BL21(中性子全散乱) PF	検討中
47	利用なし	MLF BL21(中性子全散乱) PF	MLF実験実施(0.5日) 検討中
48	SAXS	MLF BL16(中性子反射率)	MLF実験を実施予定
49	SAXS	MLF BL16(中性子反射率)	MLF実験を実施予定

発掘型共同利用の実績(2022年度_つづき)

	利用中の手法	新規利用ビームライン	状況
50	中性子反射率	PF BL-19A(軟X線顕微鏡)	PF実験実施(3日)(2回)
51	SAXS	JRR-3 SANS-J(中性子小角散乱)	JRR-3実験を実施(2日)
52	X線反射率	MLF BL16(中性子反射率)	MLF実験を実施予定
61	SAXS	MLF BL16(中性子反射率)	MLF実験実施(1.5日)
62	SAXS	MLF BL16(中性子反射率)	MLF実験を実施予定
63	SAXS	MLF BL16(中性子反射率)	MLF実験を実施予定
59	SAXS	JRR-3 SANS-U(中性子小角散乱)	JRR-3実験を検討中

3年間の推移

2021年度: 10件

X線回折 (3件)
 X線磁気円二色性 (2件)
 X線小角散乱 (2件)
 中性子回折(1件)
 中性子全散乱 (1件)
 陽電子回折 (1件)

2022年度: 18件

X線磁気円二色性 (2件)
 X線反射率 (2件)
 軟X線吸収分光 (1件)
 軟X線顕微鏡(1件)
 中性子全散乱 (5件)
 中性子回折 (2件)
 中性子小角散乱 (3件)
 中性子反射率 (1件)
 ミュオンスピン回転 (1件)

2023年度: 17件 + 予定1件
 ※ 集計中

X線回折(1件)
 X線磁気円二色性 (2件)
 軟X線顕微鏡(2件)
 中性子全散乱 (1件)
 中性子回折 (予定1件)
 中性子小角散乱 (2件)
 中性子反射率 (9件)

X線と中性子で同じ手法：回折・散乱，反射率，小角散乱，etc.

物質系に特徴的な組み合わせ：磁性薄膜 ⇒ 中性子反射率 + X線磁気円二色性，etc.

実施担当者の得意分野：自身が管理している装置は融通が利く

マルチプローブ利用促進プログラム

エキスパート向け

初心者向け

申請計4件

申請計4件 (うち3件は発掘型より)

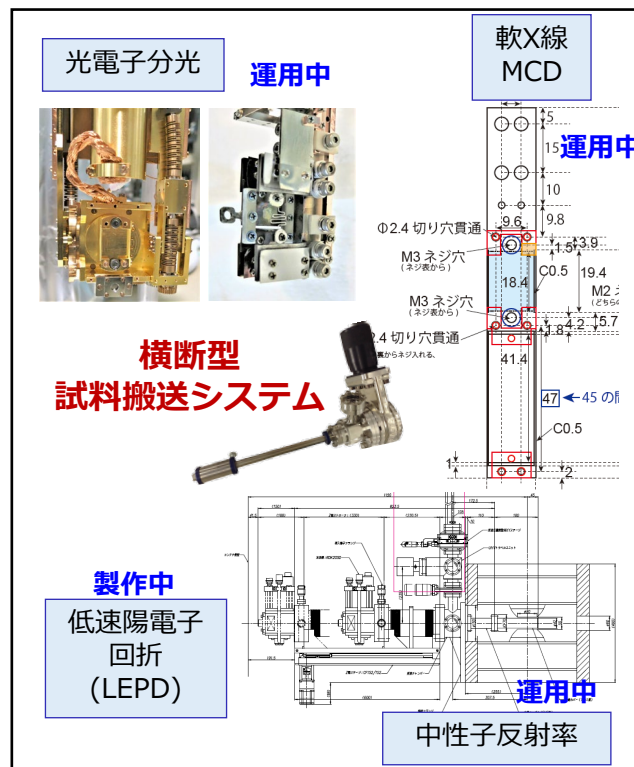
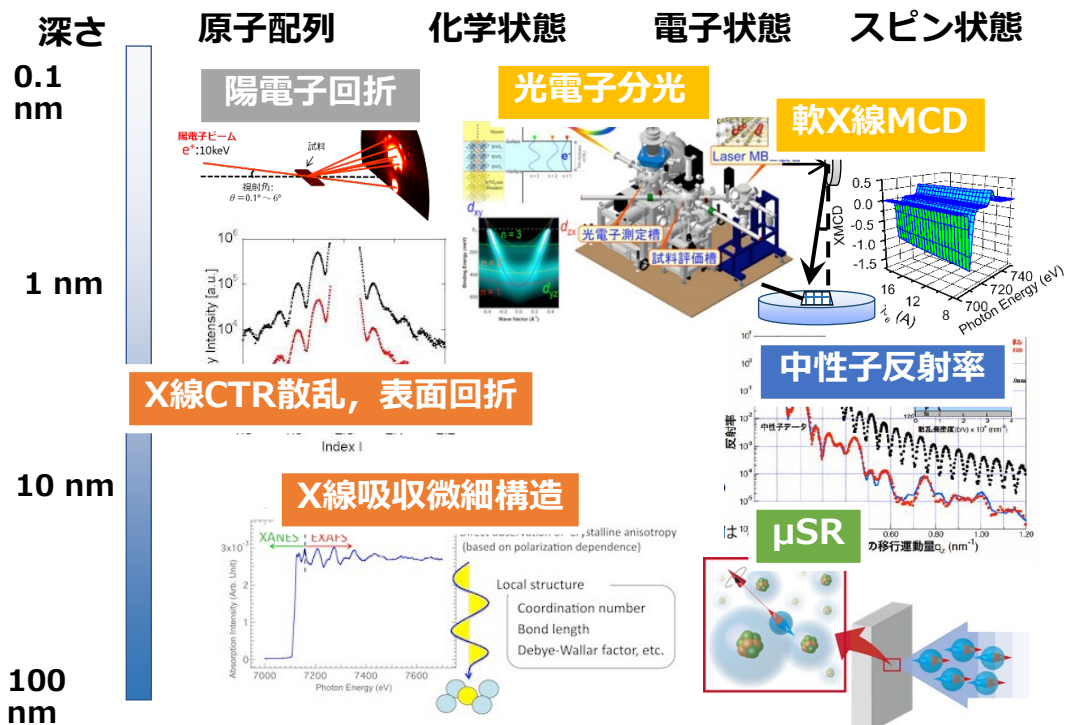
2022年度18件

	マルチプローブ課題 (エキスパートタイプ)	マルチプローブ課題 (スタンダードタイプ)	マルチプローブ 利用相談	発掘型共同利用
募集時期	年1回(11月) +緊急の場合は随時	年2回(5月, 11月)	随時	随時 (募集ではない)
審査	S型課題に準ずる 対象となる各プローブの PACからの審査員を含む数 人の審査員によるヒアリン グ(一括)の後, 各PACで採 否と評点を決定	一般課題に準ずる プローブごとに匿名のレ フェリー3-4名による書類 審査の後, 各PACで採否 と評点を決定	—	利用する制度に依存
採択方法	対象となる全てのプローブ のPACの承認をもって採択 とする	プローブごとに採否を決 定し, 不採択部分は CIQuSでフォローする	—	同上
有効期間	3年	1年	—	同上
進捗評価	・年1回(対象プローブにつ いて一括で実施) ・評価結果は各PACの判断 で次年度以降の配分に反映	なし	—	CIQuSで進捗を把握 (評価ではない)
備考	・評点はプローブごと ・マルチプローブ実験を行 う意義を含めて審査	・評点はプローブごと ・マルチプローブ実験を 行う意義を含めて審査	ユーザーからの相談を 受けて適切な利用方法 を紹介し, 実施を支援	ユーザーにマルチプロー ブ利用を促し, 課題申 請・実験・解析を支援

量子ビーム連携表面構造分析システム

薄膜デバイスをはじめとする固体表面研究では、0.1-100 nmにおよぶマルチ深さスケールで、原子配列、化学状態、電子状態、スピン状態といったマルチ観点での表面観察が極めて有効

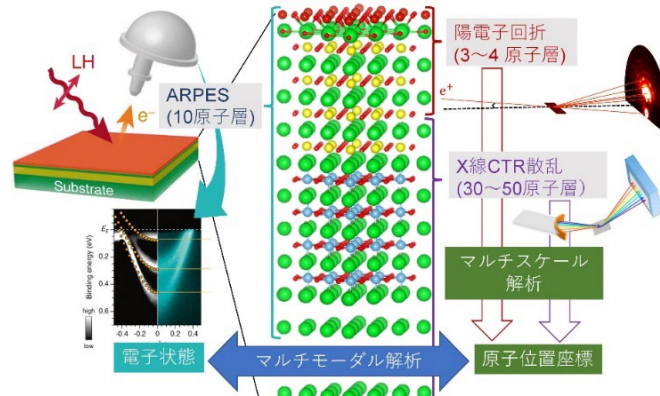
→ 表面を劣化させることなく、放射光、低速陽電子、中性子、ミュオンの各装置の間で試料を移送して、同一の試料に対して複合的な表面分析を行う、量子ビーム連携表面構造分析システムを構築



博士研究員をテーマ設定型共同研究に参画させ、マルチプローブ人材を育成



AHMED, Rezwan
(R2.11.1~)



表面科学

X線光電子分光, X線CTR散乱等との相補利用を目的とした低速陽電子回折(LEPD) 実験ステーションを製作。全反射高速陽電子回折(TRHEPD) 実験を実施。



FAN, Dongxiao
(R3.4.1~)

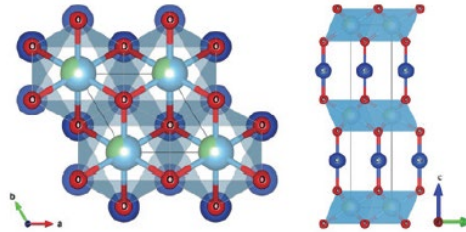
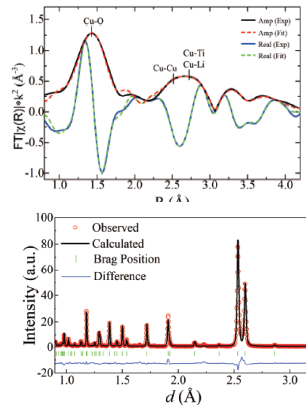


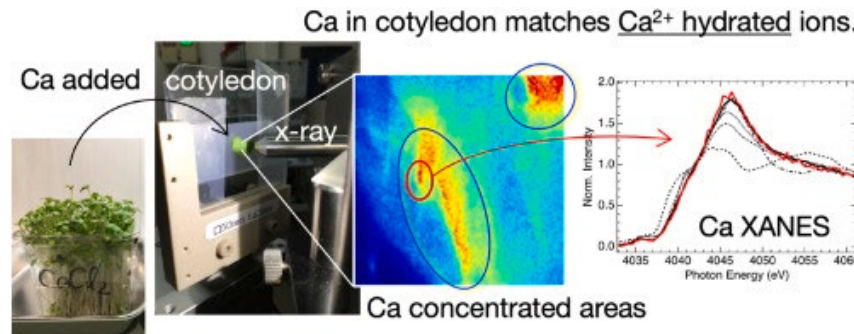
図2: Rietveld 解析で得られた $\text{CuLi}_{1/3}\text{Ti}_{2/3}\text{O}_2$ の結晶構造

材料科学

光触媒に対する, 時間分解X線吸収分光による光励起状態の観察および中性子回折によるLi の構造解析を実施。



大下宏美
(R3.4.1~)



食品科学

X線吸収分光を軸に, 中性子利用実験に向けた feasibility study を実施。



CIQuSの取り組みから見てきたこと

実施体制

- マルチプローブ利用に精通した研究者によるコンサルティングが必須【発掘型】
実験計画から申請, 実施, 解析まで, 一気通貫で共同研究を実施
- 問い合わせ窓口を準備して待つだけではなく, 能動的な働きかけが必要
- 特定の施設・プローブに縛られない環境とマルチプローブ利用への動機づけ
- 広い分野での人材育成: マルチプローブに精通した研究者を博士研究員から育成

利用制度

- すばやく実験が実施できることが重要【随時申請・採択】
放射光・低速陽電子: PF-CIQuS課題, 中性子: Fast Track課題
- 一回の実験で上手くいくことは稀 ⇒ 一度始めたら複数の実験機会を
- 軌道に乗ればマルチプローブ課題(一度の申請で複数プローブ利用)も有効

今後の課題

- ハードウェアの整備(物質系に依存): 同じ試料を同じ条件で測定できるのがベスト
- 物質系に合わせた実験手法の組み合わせ: 【測定のレシピ】の確立
- AI/DXの活用による解析の高度化: 初心者でも熟練者を超える結果を
- 他の国内ビーム施設と連携した人事&技術開発: 【新領域開拓室(2023発足)】