

量子ビーム基盤技術開発への取り組みと展望

高崎地区

東海地区

播磨地区

木津地区

加倉井和久

Co60ガンマ線

電子線

イオン

電子線照射施設

イオン照射研究施設 TIARA

大強度陽子加速器 (J-PARC)

中性子 ミュオン 中間子

研究炉 JRR-3

研究炉 JRR-4

放射光

ORIKEN/JASRI

大型放射光ビームライン

光量子

極短パルス大強度レーザー

中性子

関西光科学研究所

日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門

原子力機構の量子ビーム研究施設

高崎量子応用研究所

原子力科学研究所



線

Co60ガンマ線照射施設



電子線

電子線照射施設



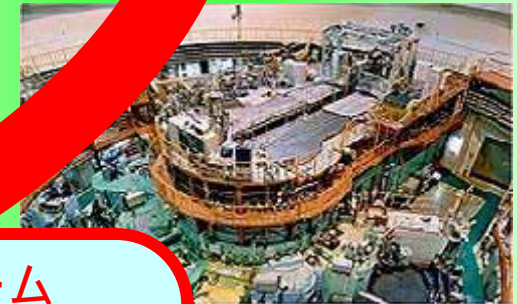
イオン

イオン照射研究施設 TIARA



陽子 中性子 ミュオン

大強度陽子加速器 (J - PARC)



研究炉 JRR - 3



研究炉 JRR - 4



高崎地区

東海地区

関西光科学研究所

播磨地区



放射光

大型放射光 ビームライン



光量子

極短パルス大強度レーザー

量子ビームプラットフォーム

量子ビーム複合利用

地域連携

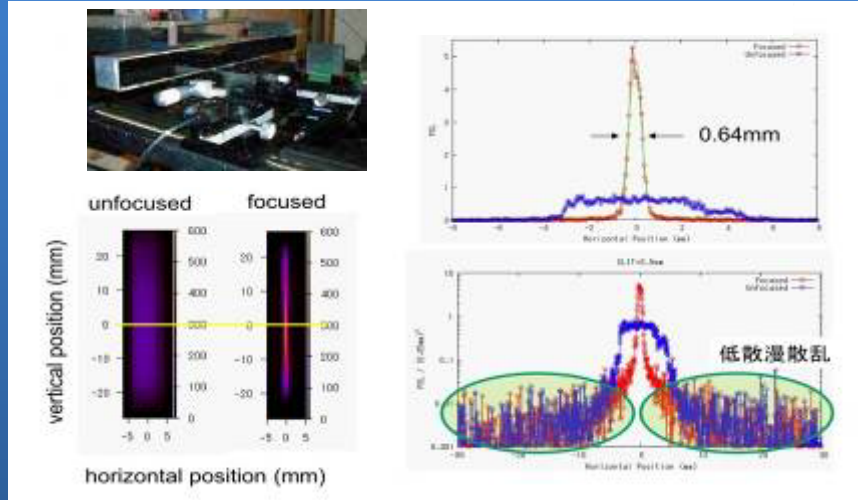
大学・産業界等との連携

他部門との連携/融合研究

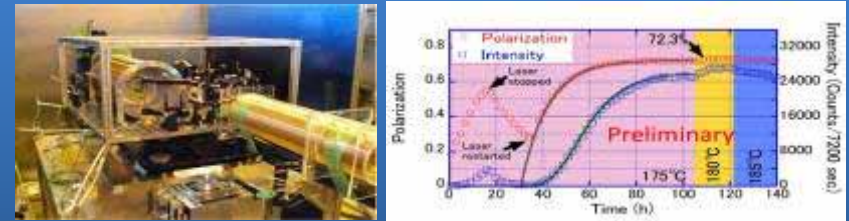
国際協力

施設共用への協力

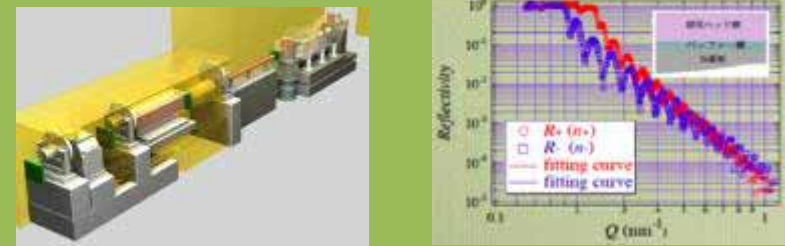
集光技術の開発



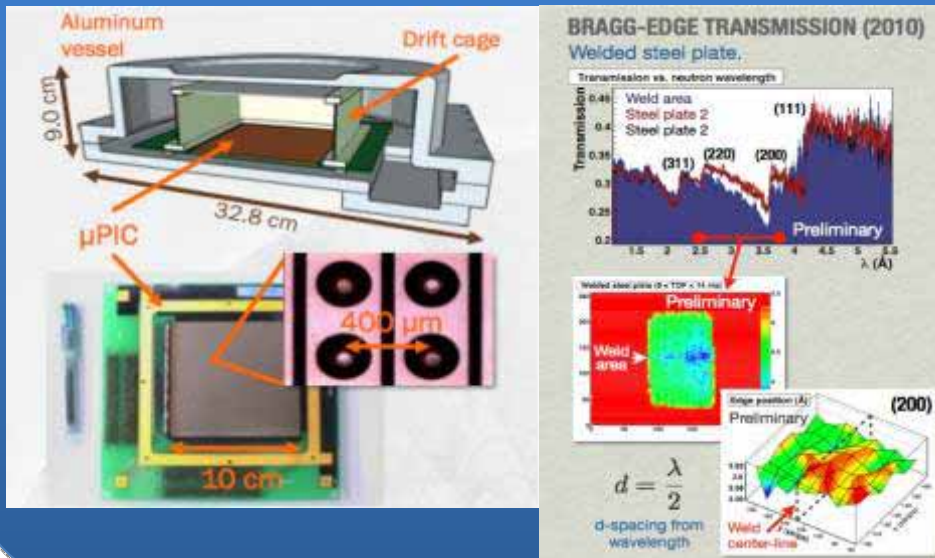
偏極技術の開発



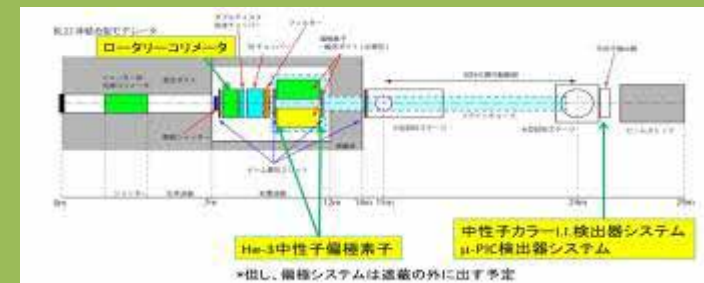
反射率計



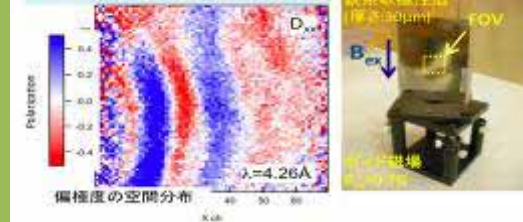
検出技術の開発



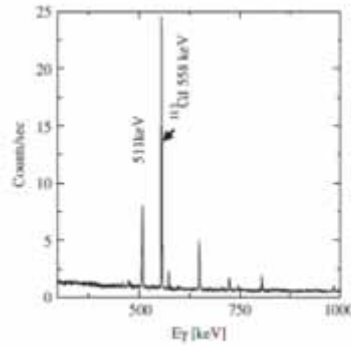
イメージングビームライン



磁性体内部の磁区構造



(1) 即発ガンマ線分析



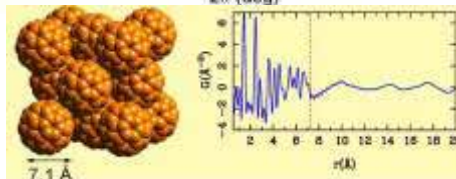
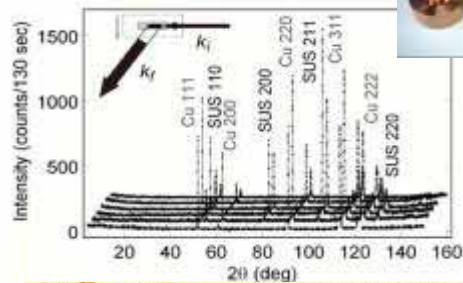
分析データの
3次元イメージング



J-PARC利用による
大量データの取得・蓄積

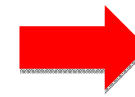
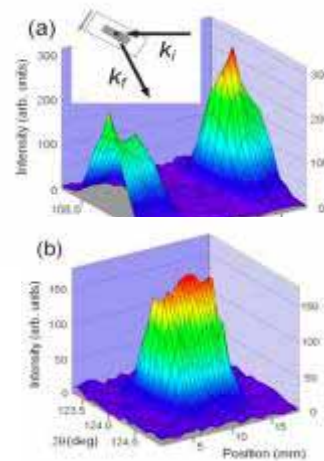
(2) 中性子散乱

・Diffraction data



2体分布関数データ(PDF)

・残留応力分布



物質中の中性子散乱情報
の3次元画像化
(イメージング)

視覚化による量子ビーム利用
データ活用の大幅促進

イオンビームの高エネルギー化と利用

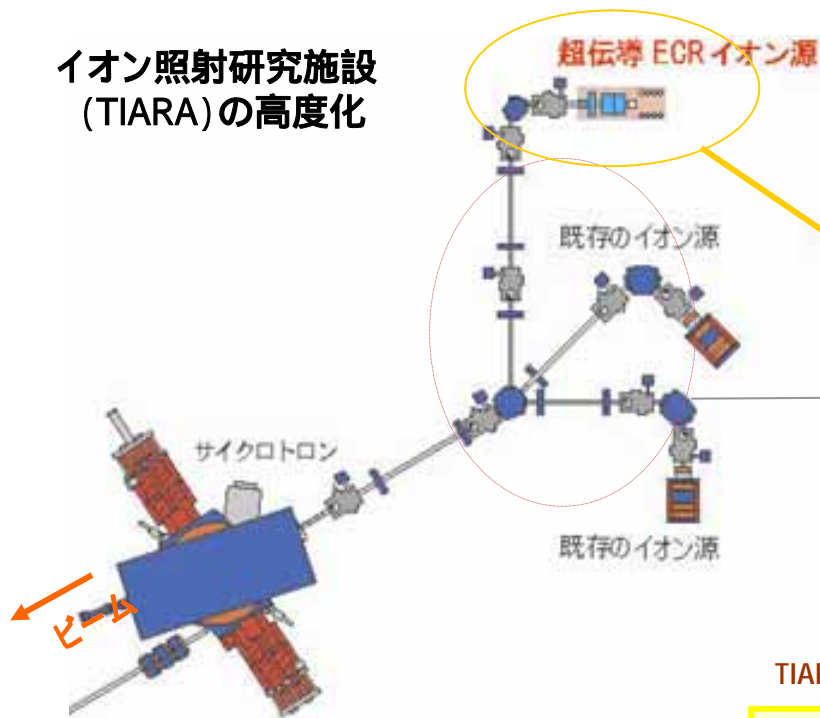
重イオンの高エネルギー化

より長い飛程、広範なLET

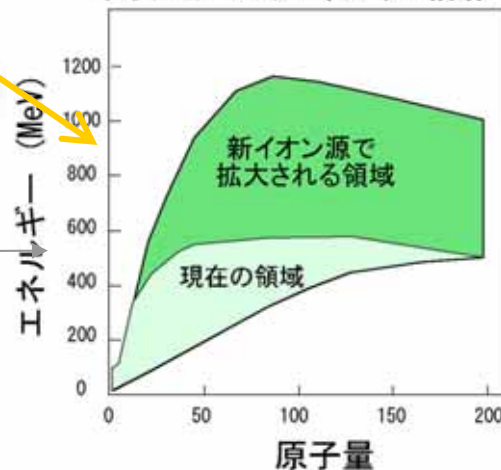
超伝導ECRイオン源の開発

高安定・低エミッタンスビームの発生

イオン照射研究施設 (TIARA) の高度化



イオンビームのエネルギー領域



TIARAの既存または開発中の技術

- ・カクテルビーム加速
(半導体で利用実績)
- ・マイクロビーム形成 ($1\mu\text{m}$)
- ・8極磁場による
大面積均一ビーム形成

・高速中性子発生

${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ 40 ~ 70MeV

ビーム迅速切換技術 (H20 ~ 24)

- ・任意のビームに40分で切換え
(1回の実験で複数種ビームが利用可能)
- ・カクテルビームのイオン種拡大
- ・マイクロビーム技術の高度化

・半導体耐放射線性研究



・重粒子線治療



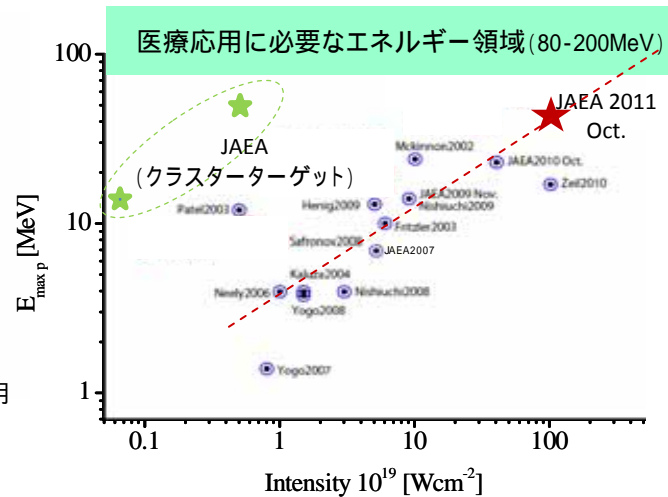
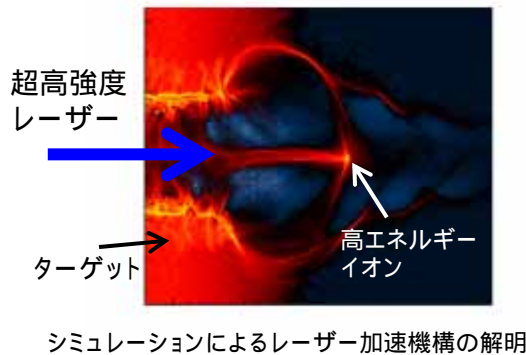
- ・イオンビーム育種
- ・イオン穿孔膜創製
- ・ナノ加工技術開発 等

超高強度レーザーが作り出す新たな量子ビーム源

超高強度レーザーの活用により、小型のイオンビーム源やkeV領域の小型アト秒コヒーレントX線源などの新たな特徴を持った量子ビーム源が生まれつつある

レーザー加速による小型イオンビーム源

- ・40 MeVのイオンビームの高効率発生に成功。
- ・現状でネズミを利用した模擬治療などに適用可能。
- ・新型ターゲット等の利用による低照射強度での高エネルギー粒子発生の実証に成功。



【将来性および課題】

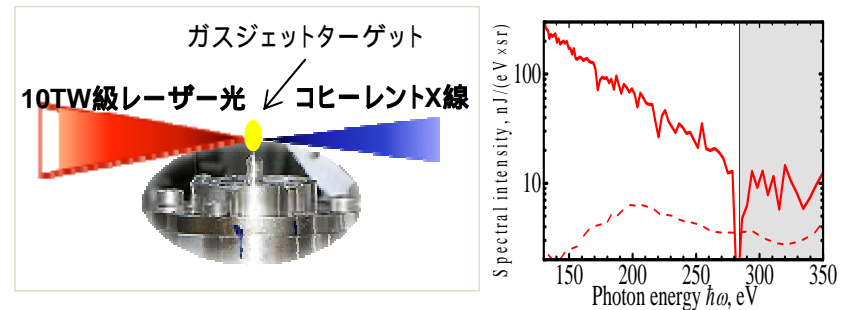
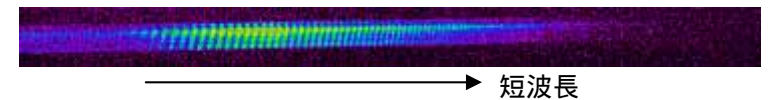
- ・集光技術の高度化により、医療応用に必要な80MeV以上のイオンビーム発生の実証が可能。
- ・超高強度レーザーの小型化技術開発を通じて、レーザー駆動粒子線治療器の小型化を図る。



従来よりも小型・安価なレーザー駆動粒子線治療器の実現

相対論的プラズマからのアト秒keVコヒーレント光源

- ・超高強度レーザーで初めて実現する「相対論的プラズマ」を利用して300eV以上のアト秒コヒーレントX線発生に成功。



【将来性】

既存レーザーで実現できる照射強度 (10^{21} W/cm²) で、10keV以上のアト秒コヒーレントX線発生が可能。

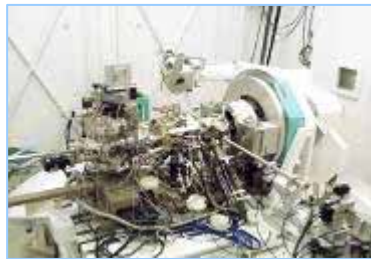


現段階でSACLA等の大型施設のみ
のkeV領域コヒーレントX線光源を
実験室規模で実現

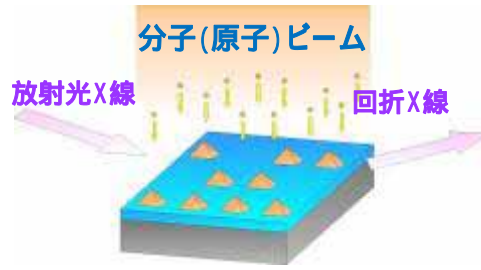
放射光分野における新たな利用技術開発

ナノ構造観察技術とコヒーレントX線利用

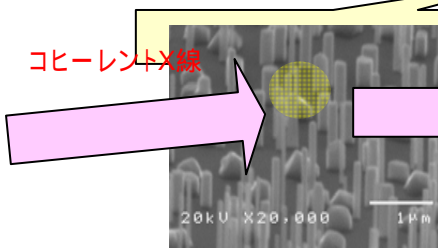
半導体材料成長過程のその場観察



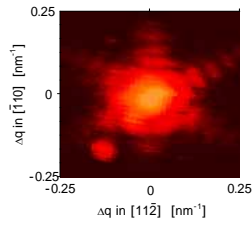
MBE装置+表面回折計



量子ドット成長過程の観察



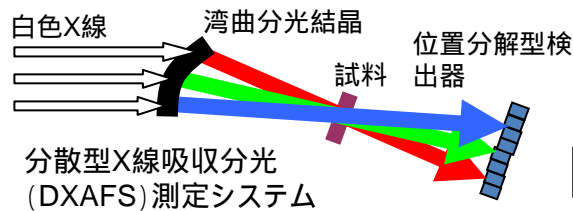
コヒーレントX線



スペックル回折パターン

ナノ構造デバイス(量子ドット、量子ワイヤー等)、多接合太陽電池の高性能化・実用化

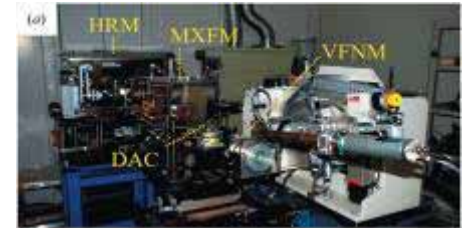
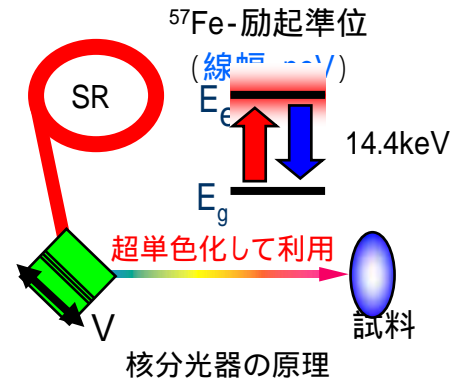
実使用条件下の局所構造・状態の時分割観察



分散型X線吸収分光 (DXAFS) 測定システム

触媒機能の解明
新型触媒開発

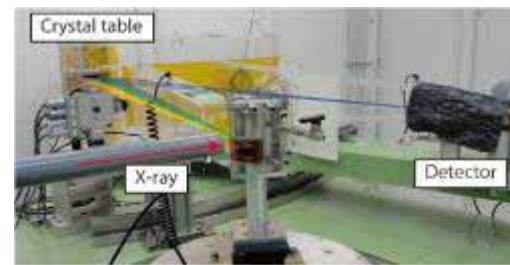
放射光メスbauer・核散乱法の開発



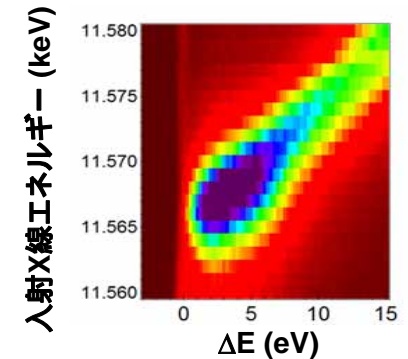
鉄の磁性・水素脆性
スピントロニクス素子
超伝導体機構解明

非弾性X線散乱法の開発

共鳴非弾性X線散乱による軌道選択的電子状態観察



非弾性散乱X線スペクトロメータ



Ptナノ粒子触媒の測定例

強相関係、触媒の機能発現機構の解明

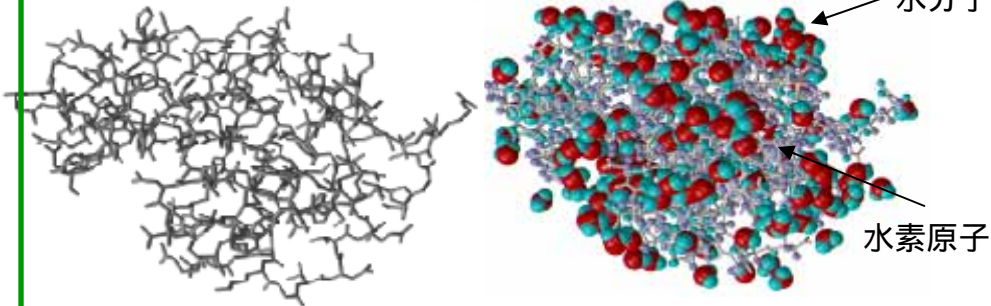
中性子

放射光

中性子と放射光を相補的に利用したタンパク質の全原子構造解析で創薬に貢献

放射光で骨格(重い原子)を観る

さらに、中性子で水素など軽い原子を観る

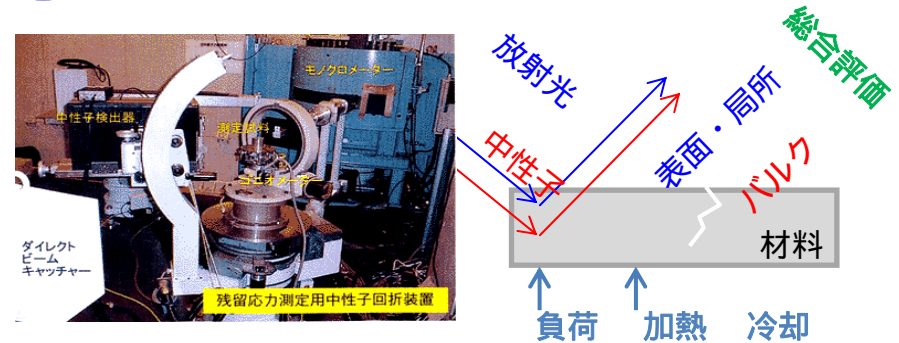


全原子構造の決定

中性子

放射光

中性子と放射光を相補的に利用した残留応力測定により材料の健全性評価に貢献



核融合炉用材料(超伝導コイル)、ジェットエンジン等の残留応力を精密に評価

イオン

電子

中性子

ガンマ

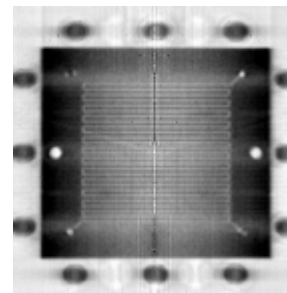
電子線・ガンマ線・イオンビーム・中性子を用いて燃料電池の高性能化に貢献

電子線・ガンマ線・イオンビームで材料加工

中性子で内部の水分布を測定



イオン伝導層



燃料電池の中核となる電解質膜・触媒接合体



高性能な燃料電池材料を開発

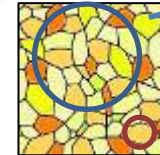
放射光

光量子

放射光とX線レーザーを相補的に利用して相転移現象を解析し、機能材料開発に貢献

相転移が起こる時の材料構造の時間的、空間的な変化をX線レーザーと放射光で観察

誘電体等の機能材料(構造が不均一)



X線レーザーは、比較的大きな領域で起こる速い構造変化をピコ秒スケールで観測(時間的に精密な観察)

放射光は、サブナノメートルサイズの微小領域で起こる構造変化を観測(空間的に精密な観察)

構造が複雑に変化する相転移現象のメカニズムを解明(大容量コンデンサ等の機能材料開発へ応用)