

MOMOSE QUANTUM BEAM PHASE IMAGING PROJECT

MESSAGE [量子ビーム位相イメージングとは]

百生量子ビーム位相イメージングプロジェクトでは、高エネルギー光子（X線）や中性子、電子などの量子ビームの波としての性質を利用して、量子ビームが物体を透過する際に生じる位相の変化（位相情報）を活用する、「位相イメージング」技術の飛躍的な展開を目指します。位相検出の鍵となる光学系の研究や新奇光学素子の開発を通じ、先端素材や複合材料、デバイス、さらには実際に利用される製品に至るまでのマルチスケールで、これまで検出できなかった物質の不均一構造や状態を可視化します。また、X線位相イメージングで得られた知見を基に、中性子線や電子線を用いた位相イメージングへの技術展開を図り、さまざまな量子ビームの位相情報を相補的に活用する高度なイメージングプラットフォームの構築を進めます。

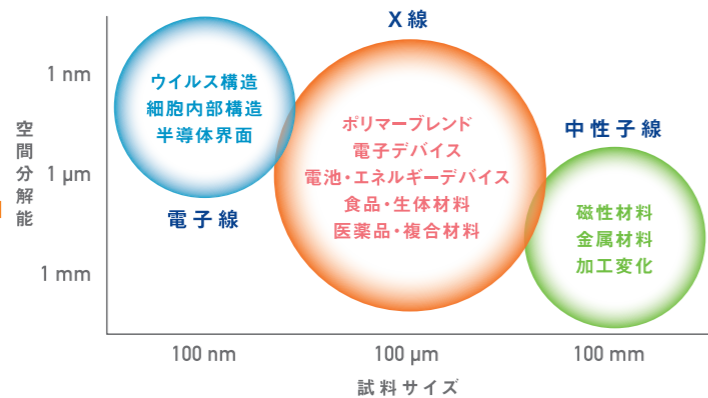


ERATO
百生量子ビーム位相イメージング
研究総括 百生 敦 教授

量子ビーム計測要素技術 | 線源・光学系 / 光学素子・検出器 / 画像解析アルゴリズム

量子ビーム位相イメージング技術 先端情報科学による位相画像解析技術

位相イメージングプラットフォーム

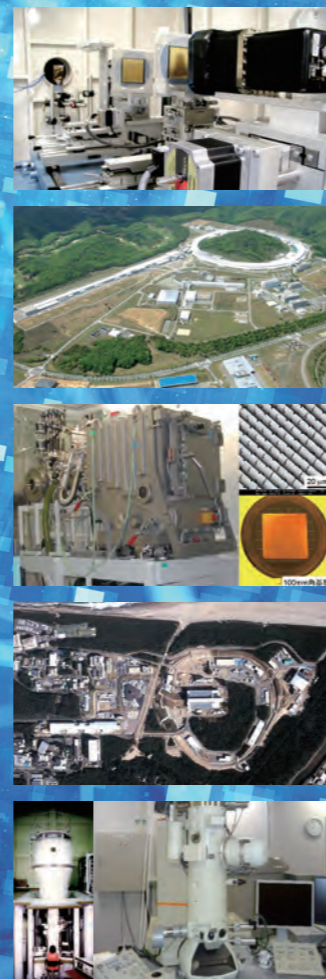
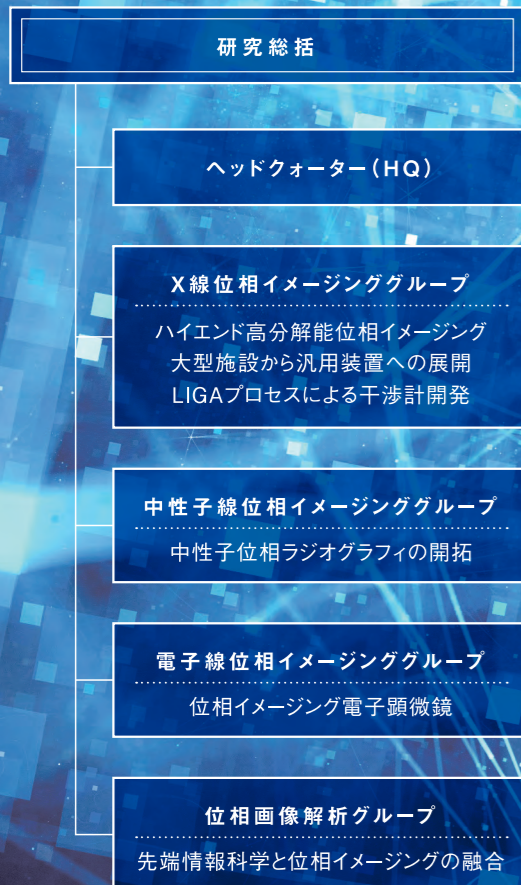


物質科学、材料科学、
デバイス科学、生命科学
のための
先端画像計測技術

安全・安心・健康・医療
に貢献する産業化

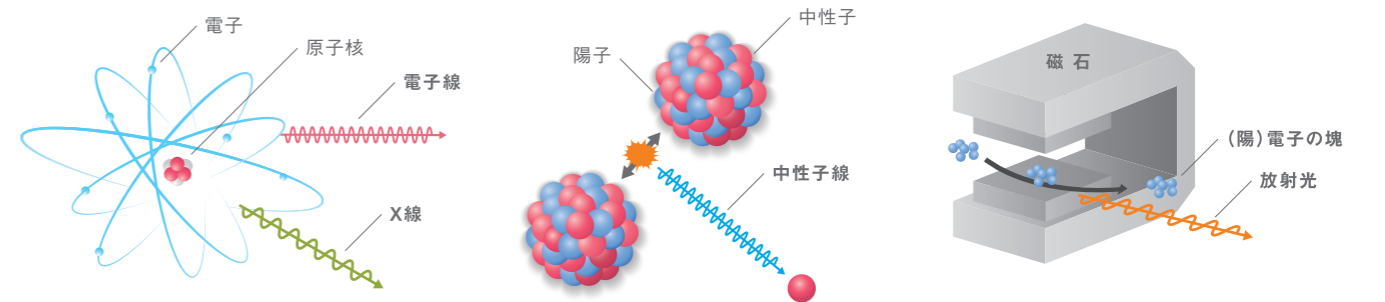
Multi-Dimension: 2D、3D (CT)、4D (CT+時間分解、エネルギー分解等)
Multi-Scale: 木を見て森も見る(ナノからマクロ)
Multi-Modality: 性質の異なる量子ビームによる測定応用

PROJECT STRUCTURE [プロジェクト体制]



量子ビーム

粒子と波の性質をあわせ持ち、物質を形作っている原子や、電子・中性子・陽子やニュートリノ・クォーク・ミュオンなどの素粒子、X線やγ線などの光子が量子であり、加速器、研究用原子炉等の施設や専用装置から取出し、細いビーム状に整えたもので、物質の分析や計測に使われます。



[電子の励起・電場]

[原子核破碎]

[高エネルギー(陽)電子+磁場]

本プロジェクトではX線発生装置からのX線、SPring-8やKEK-PF等のシンクロトロン放射光施設からの放射光、J-PARC等の中性子施設からの中性子線、電子顕微鏡Field Emission電子銃からの電子線等を用いて量子ビーム位相イメージング画像の取得を行います。

位相イメージングとは...

What's Phase Imaging?

従来のX線画像(吸収コントラスト)

- 1895年のX線の発見以来の利用
- 高い空間分解能
- 比較的廉価な装置化



レントゲン博士



[問題点]

X線を吸収しにくい物質(生体軟組織、高分子材料など)に対しては、X線画像のコントラストは不十分

曲がるX線を検出してX線画像120年の機序から跳躍!

位相シフトにより、1/10,000度ほどX線は曲がる!



曲がるX線を検出する
(X線位相コントラスト生成)
原理上、約1,000倍の
感度向上

X線波面→

X線位相イメージングの開拓

X線位相コントラスト生成

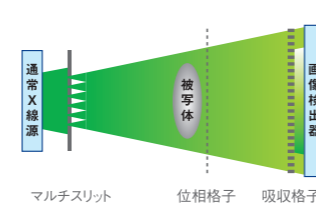


位相計測技術

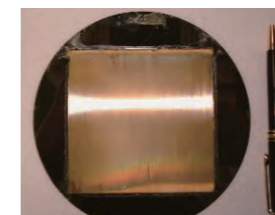
X線位相イメージング

- 通常位相コントラスト撮像では吸収と位相が混在
- 位相計測技術を用いて位相情報を分離
- X線の吸収、屈折(位相シフト)、散乱による定量的画像を生成
- X線断層撮影法(X線CT)との融合が容易

X線位相イメージングのための構成例と撮影例



格子によるモアレ形成を通して「曲がる」X線を画像化する(Talbot-Lau干渉計)



X線リソグラフィと狭所金めっき技術を用いて作製した10cm角格子



母指の撮影(左から、吸収、屈折、散乱)

※埼玉医科大学にて撮影

関節の軟骨が見えることを利用し、関節リウマチの早期診断をねらった医用画像診断装置の開発が進んでいます。

X線位相イメージンググループ

先端X線光源を使った位相イメージング技術の開発

SPring-8などのシンクロトロン放射光を用いたハイエンド位相イメージングを
追及(時間分解、高空間分解など)

実験室系高分解能位相イメージングCT顕微鏡の開発

位相イメージング技術を実験室で実現することで、汎用性が高く、
高性能な位相イメージング顕微鏡装置を開発

MEMS技術等を用いた位相イメージングための 次世代光学素子の開発

Q どこまで細かいものが見えるのか?

A X線格子の細かさが限界

これまでの
位相イメージングの
問題点

Q 動いているものは見えるのか?

A 撮影時間内で静止している必要あり

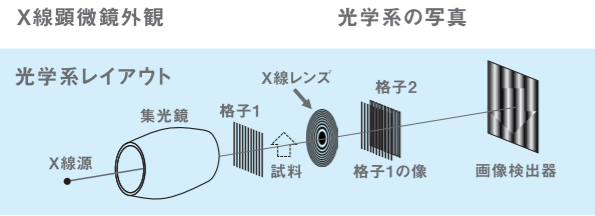
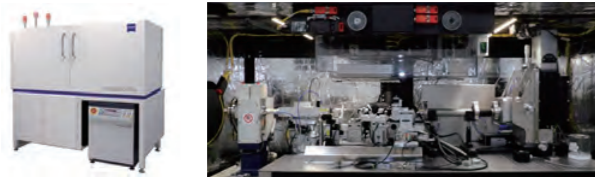
顕微鏡と組み合わせて限界突破

高速撮影技術の導入

位相イメージングCT顕微鏡

ナノメートルスケールで3D内部構造を観る

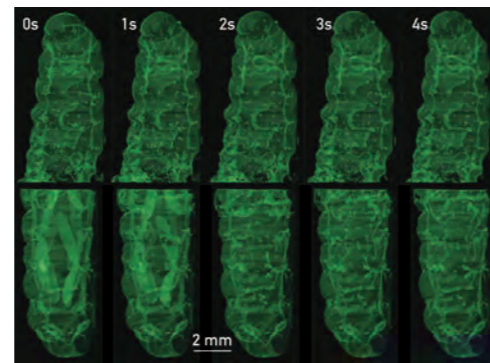
X線顕微鏡にX線格子光学系を融合。CTスキャンを組み合わせる
ことで試料の3次元構造を高分解能、高感度で得る。



4D(3D+時間)位相CT、ストロボCT

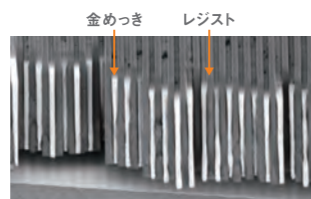
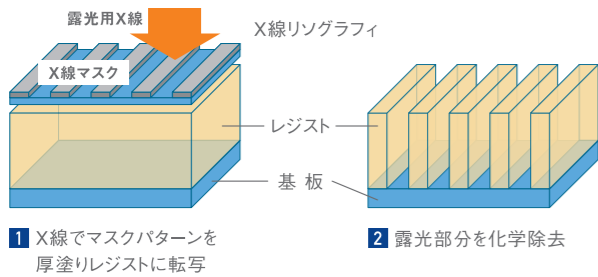
3D構造の時間変化を観る

ダイナミクスを可視化することにより、これまでの構造理解から機能
理解への展開。



白色シンクロトロン放射光を用いた生きたブドウ虫の
4D位相CT例

X線格子の作製

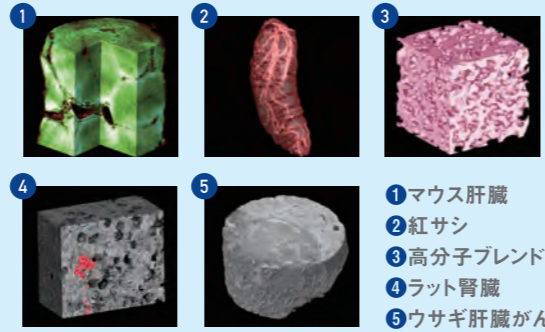


MEMS技術等を駆使して、狭
ピッチ・高アスペクト比・大面積
X線光学素子を作製。
位相イメージングの高性能化を
実現。

研究対象・応用例

ソフトマテリアル(高分子、ゴム等) 機能性材料、複合材料 生物組織(軟骨、毛髪、細胞等) 電池材料、エネルギーデバイス
安全衛生(農学、食品等)

X線位相イメージング法による観察例



中性子線位相イメージンググループ

J-PARCの核破砕パルス中性子源を用いた物質・生命科学実験施設・中性子ラジオグラフィ実験ステーション(RADEN)での
Talbot-Lau干渉計による位相イメージングの実現と応用

小型中性子源にも展開

中性子Talbot-Lau干渉計の開発



中性子ラジオグラフィ実験ステーション(RADEN)

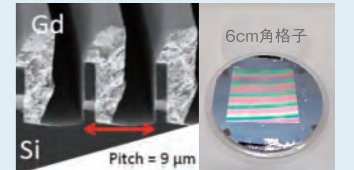


試作Talbot-Lau干渉計

中性子線用Gd格子の開発



Gd基金属ガラスImprint格子



蒸着Gd格子

研究対象・応用例

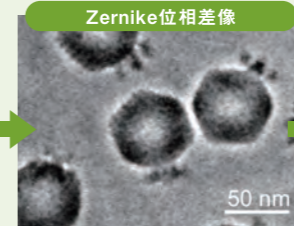
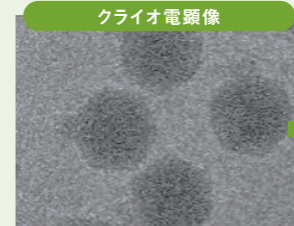
中性子線位相光学 スピン偏極位相イメージング 電磁鋼板の加工劣化の観察 超伝導線材中に流れる電流の検出

電子線位相イメージンググループ

定量性、操作性、拡張性に優れたニューコンセプトの位相イメージング電子顕微鏡を実現

定量性のある位相画像に基づく高精度な構造解析

電子顕微鏡技術における位相利用イメージングの展開



高精度位相イメージング
(本プロジェクト)

- 電場やレーザー場を利用したメンテナンスフリー位相変調装置の開発
- 位相イメージングの手法を取込み、細胞や機能性素材計測等への適用を拡大

位相差電子顕微鏡



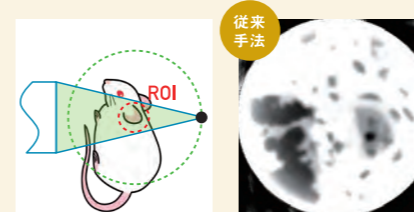
研究対象・応用例

電子線位相制御技術 電子線位相CT 位相制御によるレンズ収差補正 細胞内の電荷分布計測 機能性素材やデバイス開発

位相画像解析グループ

最新のCT画像再構成法(インテリアCT、スパースビューCTなど)や逆問題解法と位相イメージングを融合

インテリアCT



関心領域(ROI)のみにX線を照射した投影データからの位相CT画像再構成例(マウス耳小骨)

スパースビューCT



投影方向数を削減した投影データからの位相CT画像再構成例(マウス耳小骨)

研究対象・応用例

先進的画像再構成 位相アンラップ問題の解法 顕微鏡 医用機器

PARTICIPATING INSTITUTIONS

[参画研究機関]



日本
JAPAN

JASRI



RESEARCH GROUP LEADER

[研究グループリーダー]

研究総括

X線位相イメージンググループ / 放射光位相イメージングサブグループ

東北大学 多元物質科学研究所 (IMRAM) 教授 /
高輝度光科学研究センター (JASRI/SPring-8)
客員主席研究員

百生 敦 *Atsushi Momose*

atsushi.momose.c2@tohoku.ac.jp

格子開発サブグループ

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Institute of Microstructure Technology
Head of the department X-ray optics

Jürgen Mohr

juergen.mohr@kit.edu

中性子線位相イメージンググループ

日本原子力開発機構
J-PARCセンター (J-PARC) 研究副主幹

篠原 武尚 *Takenao Shinohara*

takenao.shinohara@j-parc.jp

電子線位相イメージンググループ

自然科学研究機構 生理学研究所 (NIPS) 准教授

村田 和義 *Kazuyoshi Murata*

kazumu@nips.ac.jp

位相画像解析グループ

筑波大学 システム情報系 教授

工藤 博幸 *Hiroyuki Kudo*

kudo@cs.tsukuba.ac.jp

ERATO百生量子ビーム位相イメージングプロジェクトHQ

東北大学 多元物質科学研究所 西2号館N211室 (旧科学計測研究棟 N棟)
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2丁目1番1号

プロジェクトホームページ | WWW.JST.GO.JP/ERATO/MOMOSE

お問合せ先

研究推進主任 (兼) 総括補佐 (特任教授) 中野 朝雄 *Asao Nakano*

asao.nakano.a6@tohoku.ac.jp

