

紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進

① ビジョンの概要

紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とした精密解析・動的イメージングの国際研究拠点として、超伝導・トポロジカル物質等における動的量子現象の微視的メカニズムや生体高分子などのキラル物質における機能発現メカニズムを解明する。WPI、共同利用・共同研究拠点等と連携して異分野融合研究を推進し、学部・大学院と連携して放射光先端計測・AI・DX技術を一貫して学ぶことができる人材育成拠点を構築する。

② ビジョンの内容

【紫外線域の高輝度小型放射光源による国際研究拠点の形成】放射光の持つ超広帯域性、指向性、偏光性、コヒーレンス性などの特性を活かした多角的・複合的な精密解析・イメージング計測技術は、理学・工学・農学・薬学・医学などの学術分野のみならず、SDGs、カーボンニュートラル、Society5.0に向けた機能性材料の開発、環境浄化用の触媒の開発、電池の開発、疾患の原因究明、創薬など、wellbeingに直結する産業や社会における課題解決にも貢献する。わが国には、9機関11の放射光施設があり、基礎・応用研究から産業利用まで多種多様なニーズに応えている。

広島大学放射光科学研究センターの小型放射光源 HiSOR は世界的にも希少な紫外線領域の利用に最適化された放射光源であり、本計画で世界最高性能の高輝度小型放射光源を整備することにより我が国の紫外線領域の放射光利用研究を格段に強化し、世界中から研究者や学生が集まる国際研究拠点を形成する。

【特色ある学術研究の推進】紫外線域の放射光を使うことが必要不可欠な学術研究として、スピン角度分解光電子分光を用いた量子物質科学研究、円二色性吸収分光を用いた溶液中の生体高分子などのキラル物質の機能や構造に関する量子生命科学的研究があり、これらはいずれも HiSOR が世界を牽引している。スピン角度分解光電子分光は、固体物性を決める電子のエネルギー、波数、スピンを完全決定できる唯一の計測手法であり、紫外線域の放射光を用いることで多彩な量子現象の超高精度計測が可能となる。一方、紫外線域の円二色性吸収分光については、溶液中の生体高分子の高次構造、結晶化が困難なアミロイド線維の構造情報が得られる優れた手法である。放射光源を高輝度化することで空間および時間分解能が格段に向上し、外場を受けて変化する物質の局所的な電子状態や生命現象・機能にかかわるキラル物質の動的構造情報を初めて得ることができる。また放射光先端計測により得られるビッグデータをAIや機械学習により解析し、超伝導・スピントロニクス材料における量子現象の微視的発現メカニズムや生体高分子などのキラル物質における機能発現メカニズムを解明する。

【異分野融合研究・人材育成への貢献】広島大学内にあるWPI（持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点）や共同利用・共同研究拠点（ナノデバイス研究所、原爆放射線医科学研究所）と連携し、放射光先端計測技術を活用した異分野融合研究を推進する。また機器共用により、学内外の幅広い分野の研究者や技術者が簡単に放射光実験にアクセスできる仕組みを構築する。さらに学部・大学院と連携し、国際的・先進的な教育研究環境の中で、放射光源、ビームライン、計測技術、AI・DX技術をオンザジョブで一貫して学ぶことができる人材育成拠点を構築する。

③ 学術研究構想の名称

紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進

④ 学術研究構想の概要

放射光源の輝度を約100倍向上させ、紫外線域で世界最高の高輝度小型放射光源に更新する。これに

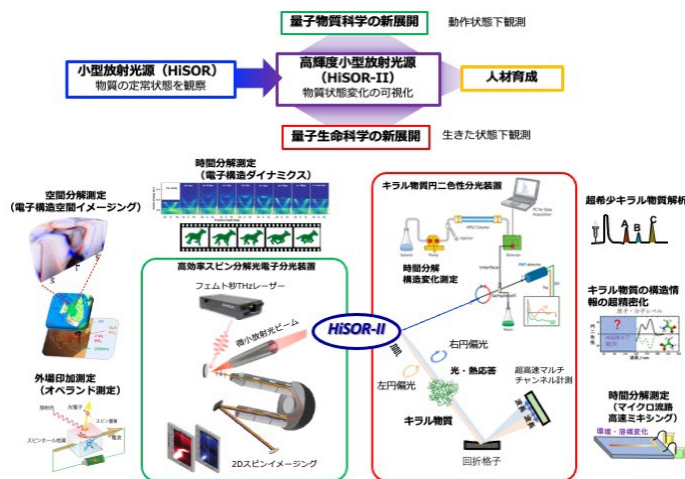


図1 ビジョンと学術構想の概要

より、高解像度スピン・電子構造解析の空間分解能を 100 倍向上させ、円二色性吸収分光実験の時間分解能を 1,000 倍向上させる。

⑤ 学術的な意義

外場を受けて変化する物質の局所的な電子状態の動的変化を明らかにし（イメージング、オペランド計測および時間分解測定）、基底状態から励起状態までを一貫して計測することにより、高温超伝導、スピン流、マヨラナフェルミオンなどの量子現象の本質を解明し、スピントロニクスデバイスや量子コンピュータの開発に貢献する。また生体高分子の生命機能発現メカニズムを解明し、医療・創薬に貢献する。実験データは AI や機械学習により解析し、これまで隠れていた情報を可視化し、学術研究に新たな展開をもたらす。さらに大学共同利用機関 Photon Factory、UVSOR と連携し、放射光学術基盤として、放射光先端計測技術を活用した異分野融合研究を推進し、機器共用や DX 化により学内外の幅広い分野の研究者や技術者が簡単に放射光利用にアクセスできる仕組みを構築する。また学部・大学院と連携し、放射光先端計測・AI・DX 技術を駆使して学術研究、科学技術・産業分野における重要課題を解決できる人材の育成を行う。

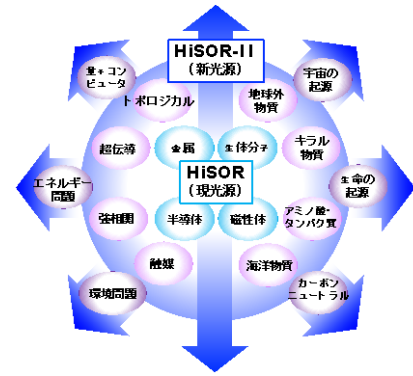


図2 新高輝度小型放射光源の波及効果

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

【国内外の研究動向】従来の測定は静的な状態の空間的に均一な系の観測が主であったが、今後は不均一な物質の局所状態や、生体物質が機能している状態の動的精密計測が必要である。それを実現するために最適な紫外線域の高輝度小型放射光源が世界的に必要とされている。

【当該構想の位置付け】紫外線域の放射光を用いた固体のスピン電子構造解析や生体物質の構造解析については HiSOR がこれまで研究を牽引してきており、様々なノウハウの蓄積や 20 年以上にわたる研究実績、国際共同研究ネットワークの構築を行ってきた。本構想ではこの実績をさらに発展させ、学内にある WPI や共同利用・共同研究拠点と連携して、紫外線域の高輝度放射光を利用する国際研究拠点および人材育成拠点へと発展させるものである。

⑦ 社会的価値

広島大学東広島キャンパスに隣接して広島中央サイエンスパークがあり、広島大学デジタルものづくり教育研究センター、産業技術総合研究所、理化学研究所、酒類総合研究所、企業の研究所等がある。高輝度放射光を広く共同利用に供することにより、産学官リサーチコンプレックス機能を強化し、SDGs やカーボンニュートラルなどの社会の重要課題の解決に貢献する。また放射光先端計測・AI・DX 技術に通じた専門人材を育成するとともに、STEAM 教育、理系女性研究者の育成、放射光施設の活用を目指す企業人材のリカレント教育にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

【設計・建設】

- ・新放射光源（HiSOR-II）：光源加速器の基本設計は KEK などの協力を得て完了している。電子蓄積リング（HiSOR-II）は周長約 40m、電子エネルギー500MeV、挿入光源数 4 である。現光源に比べておよそ 100 倍の輝度の向上、トップアップ入射による蓄積電流を保ったままの自動運転が可能となる。

- ・測定装置：従来比 1,000 倍以上の高効率なマルチチャンネルスピン検出器を導入する。さらにフェムト秒レーザーを導入し、ピコ秒レベルの時間分解オペランド測定機能を付与する。その他の装置は現装置を移設し、経費を圧縮する。

【運用】光源の自動トップアップ運転、ビームライン制御と実験ステーションの DX 化を進める。先端計測ビームラインに加え、汎用ビームライン、教育用ビームラインも整備し、共同利用と人材育成に供する。

【総経費】64 億円（内訳）建設・整備費：40 億円（新実験ホール：10 億円、新電子蓄積リング：10 億円、ブースターシンクロトロン及び入射路：10 億円、ビームライン移設、機器共用の整備：10 億円）運営費：4 億円×6 年= 24 億円

⑨ 連絡先 島田 賢也（広島大学放射光科学研究センター）