

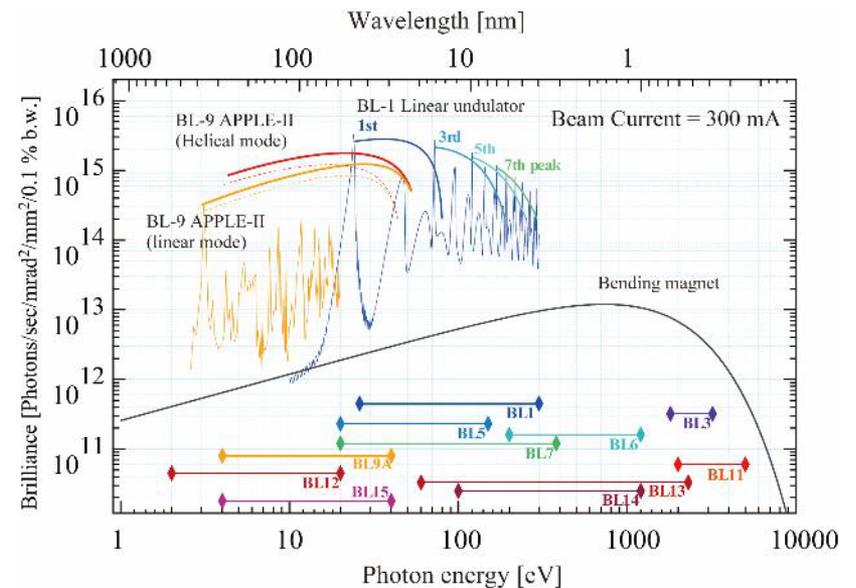


広島大学放射光科学研究所の現状と今後の展望

小型放射光源 (HiSOR)
0.7 GeV、周長22 m
1997年に稼働開始



紫外線域の放射光利用研究に強み・特色



共同利用・共同研究拠点「放射光物質物理学研究拠点」



(ii) 施設の強みや特色の明確化による相互補完関係の強化、持続的な発展を可能とする仕組み

- ✓ 各施設の位置づけ・設置目的
- ✓ これまでの経緯(高度化、成果創出等)と、現状分析に基づく課題
- ✓ 今後の方向性・将来構想(施設間連携を含む)とその工程

沿革

1996年 放射光科学センター設立 1997年より利用開始
2002年 全国共同利用施設 → **2010年** 共同利用・共同研究拠点
2024年 放射光科学研究所に改組【教育研究組織改革分（組織整備）概算要求】

目的

紫外線から軟X線域の放射光を用いた
・大学における**独創的・先端的物質科学研究**の推進
・**共同利用・共同研究拠点**としての特色を活かした**人材育成**

運転モード、利用時間

月曜日：調整運転 火曜日～金曜日：利用運転
1日の運転スケジュール：9:30 - 15:00、15:30 - 21:00
年間運転日数：155日

共同利用・共同研究の状況（2017-2023年）

共同利用・共同研究課題採択数：797 課題，114課題 /年
海外からの課題申請：31課題 /年，全課題の**27%**

受け入れ利用者数：174人 /年（実人数）
海外からの利用者：46人 /年，全利用者の**27%**

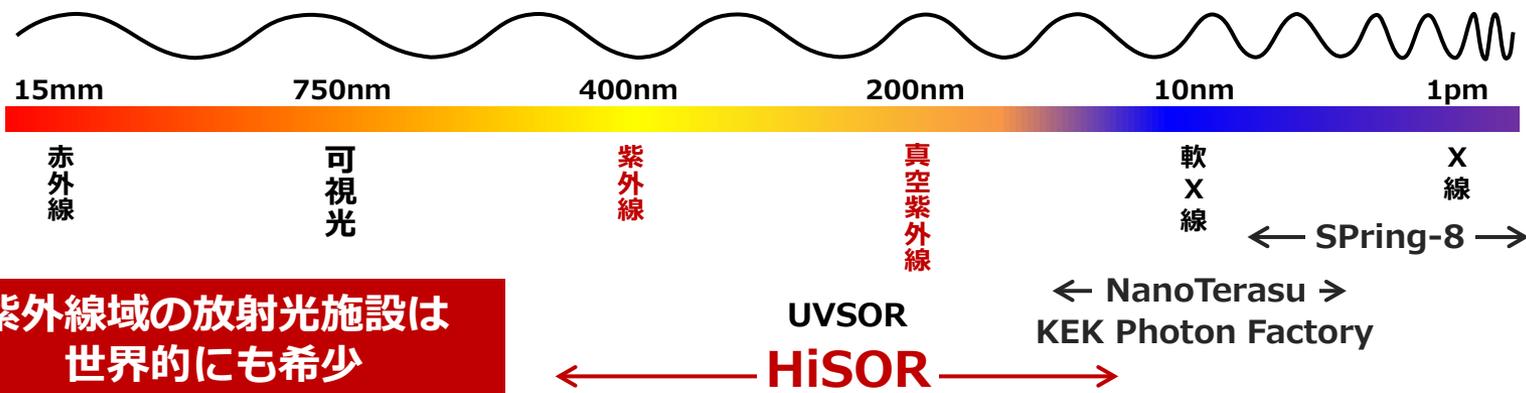
共同研究機関数（2004-2025年）

国内 84 機関 海外 101 機関

※2024年は年間を通じて光源の老朽化による不具合により、共同利用・共同研究課題をほとんど実施できず。2025年4月から正常化。



トップアップ自動運転による光源の安定化、利用時間の延長が必要。
精密計測の基盤技術やシーズ技術の開発のために放射光源の基本性能の高度化が必要。



紫外線域の放射光施設は世界的にも希少

紫外線域の放射光を活用した世界最高水準の計測技術



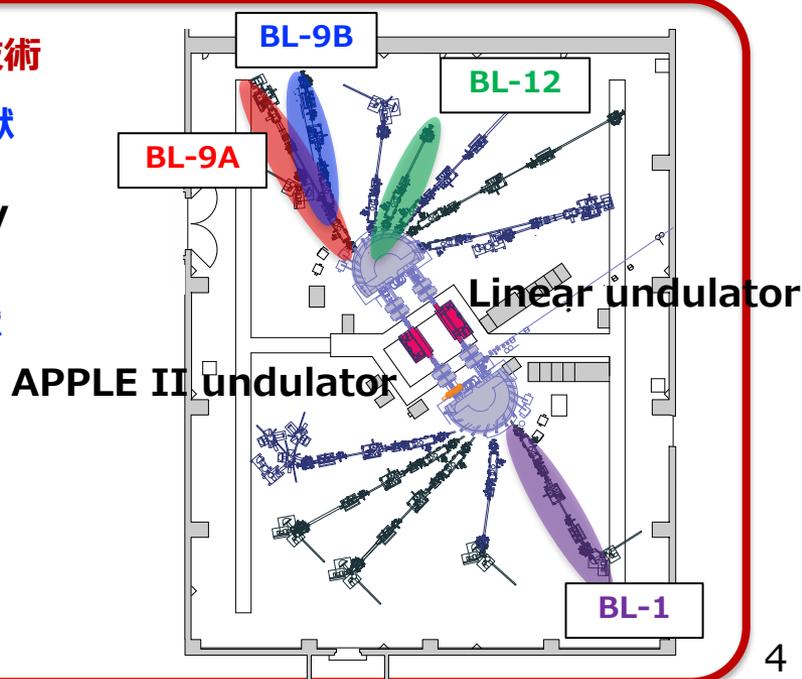
1. 高解像度電子構造解析 **AI半導体・量子分野に貢献**
 世界初の低エネルギー放射光高分解能光電子分光を開発
 BL-9A: $h\nu=5-35$ eV BL-1: $h\nu=22-300$ eV



2. スピン電子構造解析 **AI半導体・量子分野に貢献**
 世界最高性能のスピ分解光電子分光を開発
 BL-9B: $h\nu=16-300$ eV



3. 真空紫外円二色性解析 **創薬・先端医療分野に貢献**
 世界初の溶液中の生体物質の立体構造解析法を開発
 BL-12: $h\nu=2-10$ eV

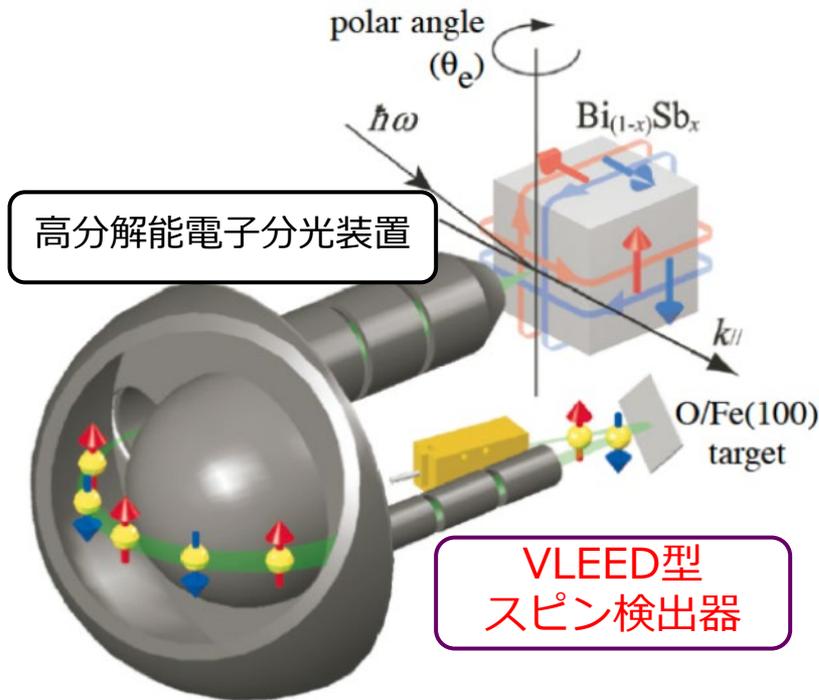


T. Okuda et al., Rev. Sci. Instrum. 82 (2011) 103302.

2018年 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 (宮本幸治)

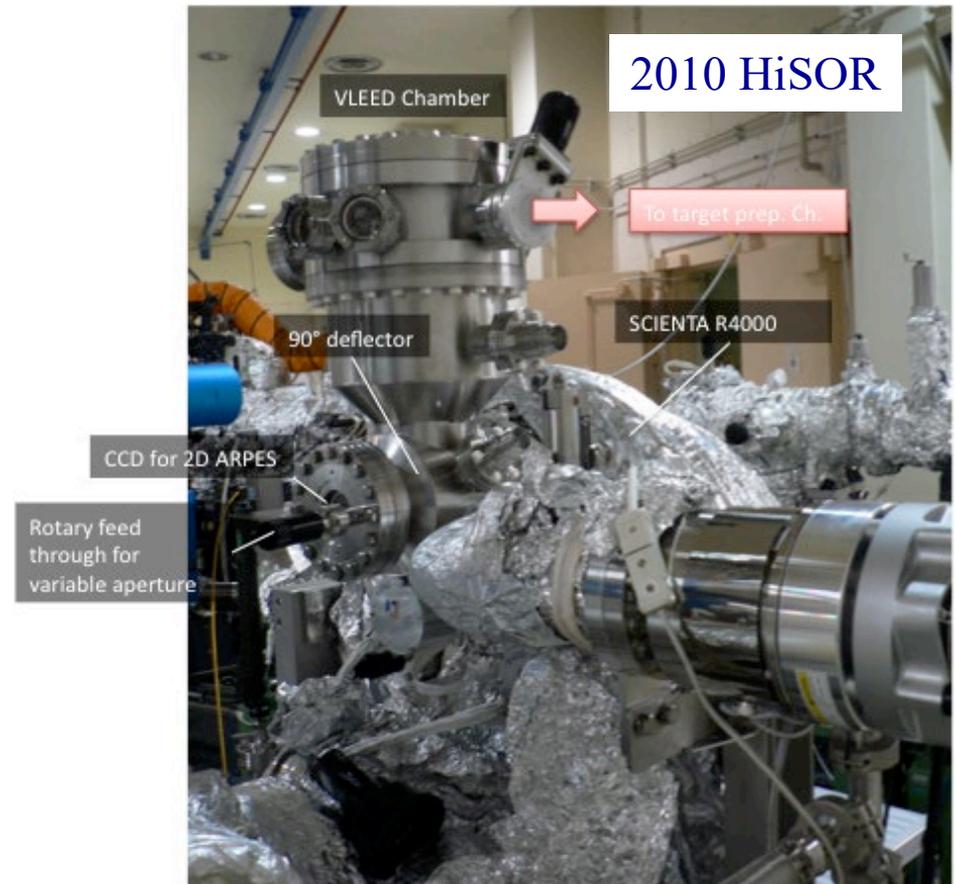
2025年 日本放射光学会 高良・佐々木賞 (奥田太一)

HiSORで開発した手法
世界に波及



検出効率は従来使われていたモット検出器
100倍

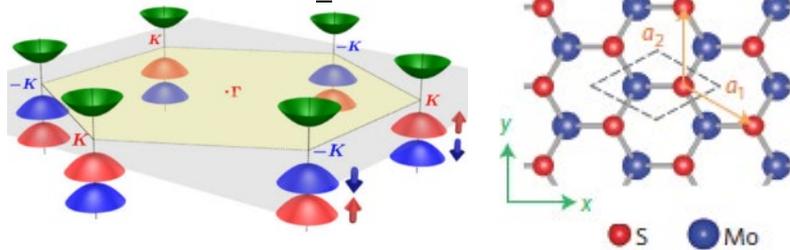
エネルギー分解能、角度分解能
 $\Delta E = 30 \text{ meV}$ 、 $\Delta\theta = \pm 0.7^\circ$



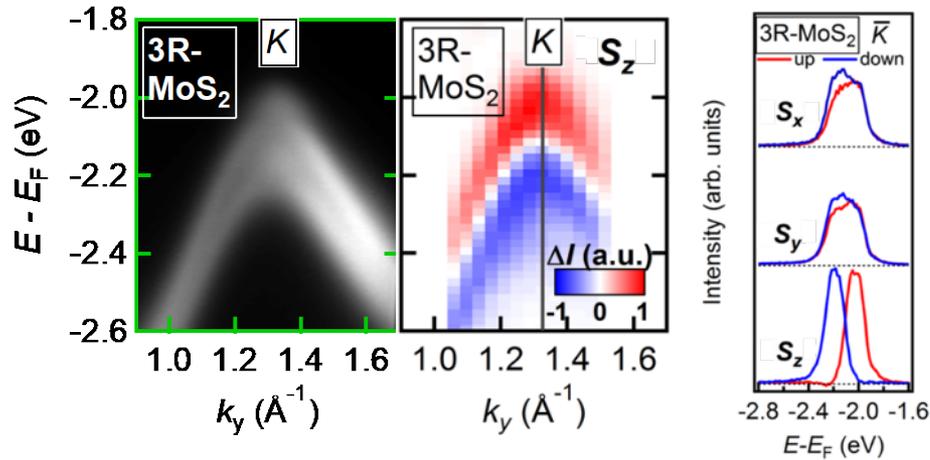
バレーと結合したスピン偏極構造を初めて直接可視化。
次世代半導体技術（バレートロニクス）開発に貢献。

垂直磁気異方性(PMA)をもつ材料の開発。
新たなスピン検出技術の開発に貢献。

Valley states of MoS₂



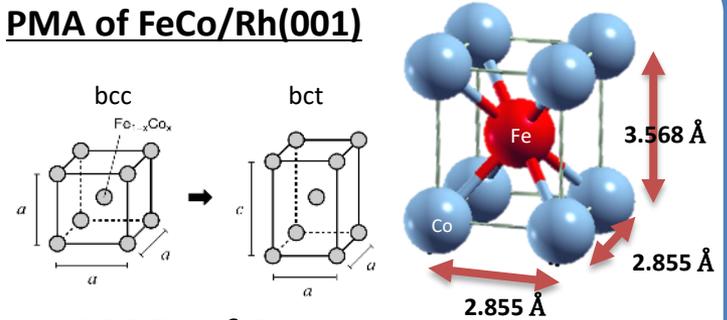
D. Xiao *et al.*, PRL **108**, 196802 (2012).



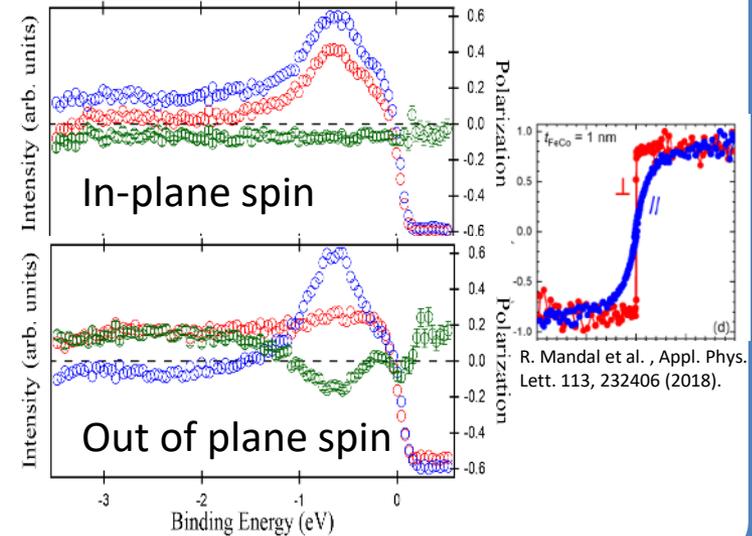
Cited 435 times

R. Suzuki, M. Sakano *et al.*, Nat. Nanotech. **9**, 611 (2014).

PMA of FeCo/Rh(001)



SARPES of FeCo



R. Mandal *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 232406 (2018).

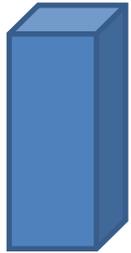
K. Kunitomo *et al.*, PRM **9**, 064407 (2025).

松尾光一准教授が開発したHiSORオリジナルの手法
 2012年 日本化学会 進歩賞（松尾光一）

溶液中の生体物質試料

放射光

光強度: I_0

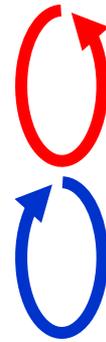


光強度: I

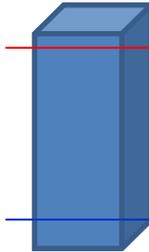
吸収: $A = -\log_{10} I / I_0$

I_L : 左円偏光

I_R : 右円偏光



D型試料



I_{L0}

I_{R0}

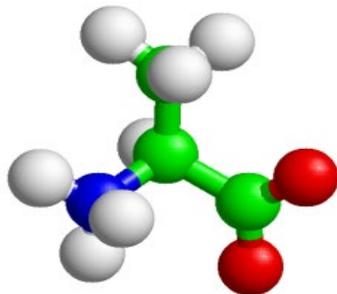
$A_L = -\log_{10} I_L / I_{L0}$

$A_R = -\log_{10} I_R / I_{R0}$

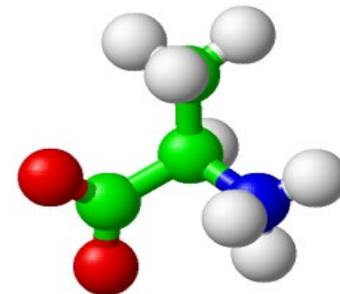
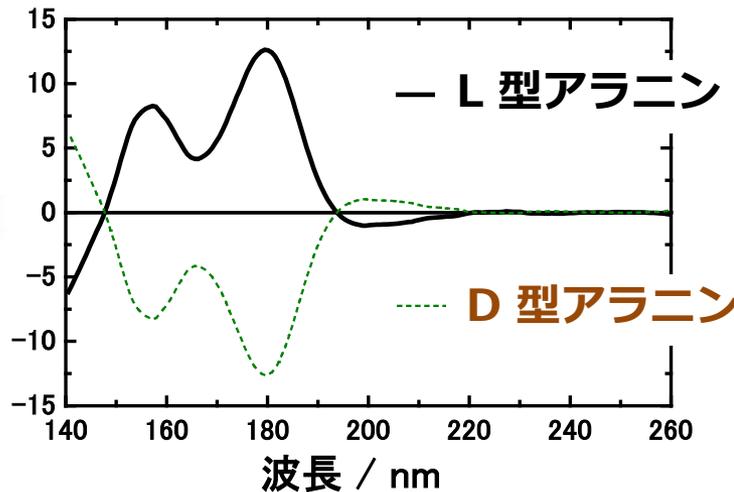
ランベルト・ベールの法則

円二色性 = $\Delta A = A_L - A_R$

L型は正、D型は負

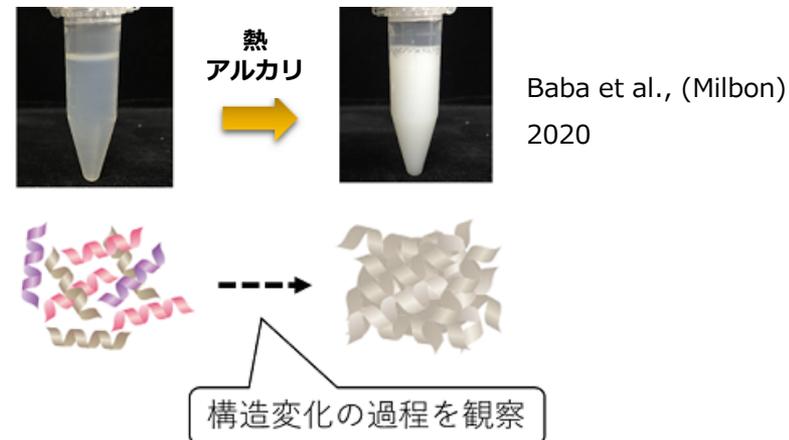
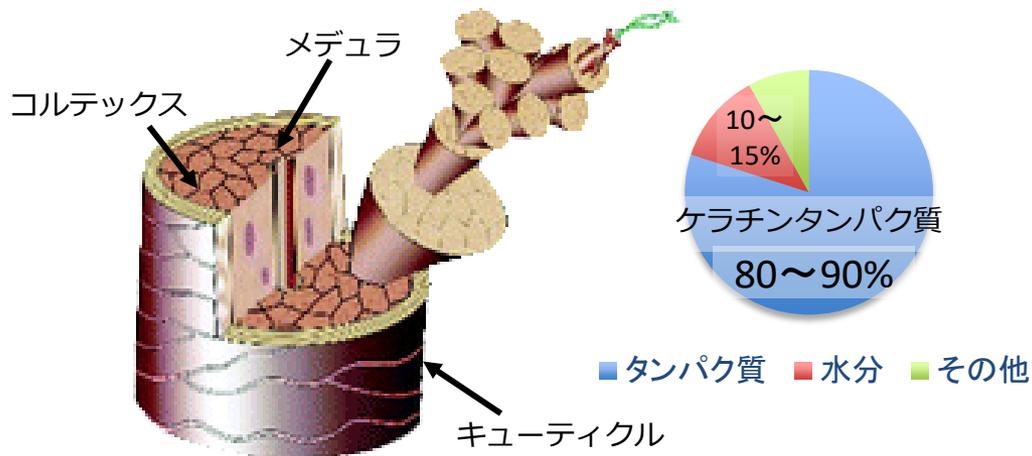


L型アラニン
 (左手)

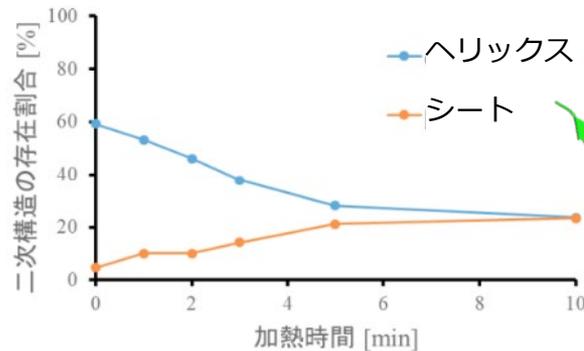
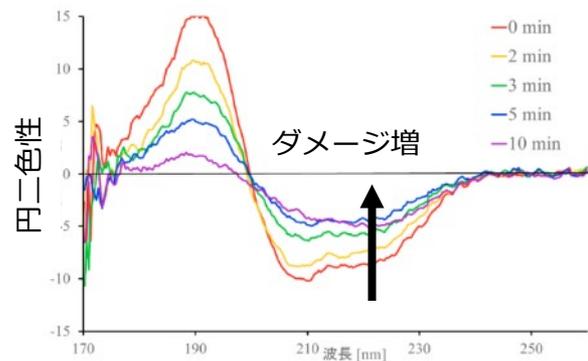


D型アラニン
 (右手)

2020年10月13日 プレスリリース「株式会社ミルボンと広島大学が、熱ダメージで毛髪タンパク質が構造変化する過程の高精度観察に世界で初めて成功」



Lin et al., J. Mater. Chem. C 7, 3315 (2019)



ダメージが無い場合はαヘリックスが主。ダメージを受けるとβシートにかわる。

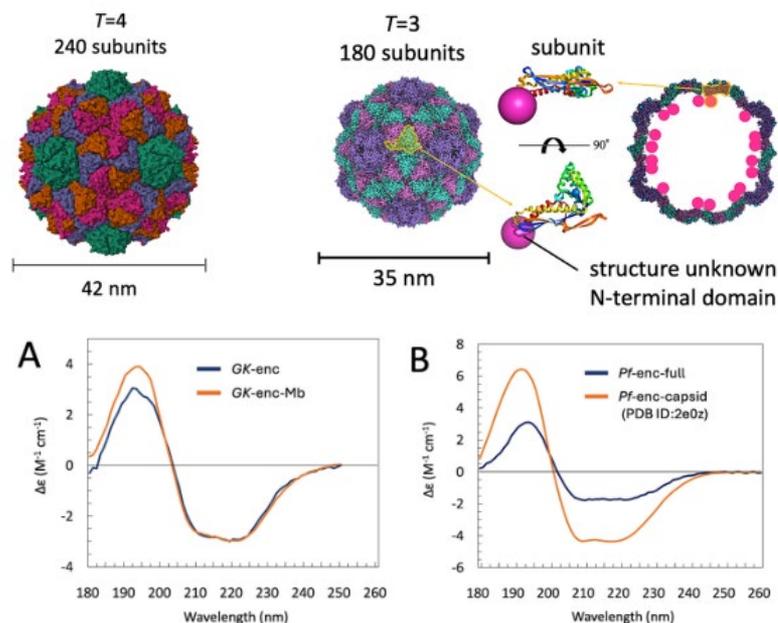


ヒートプロテクティブ
シャンプー & リンス

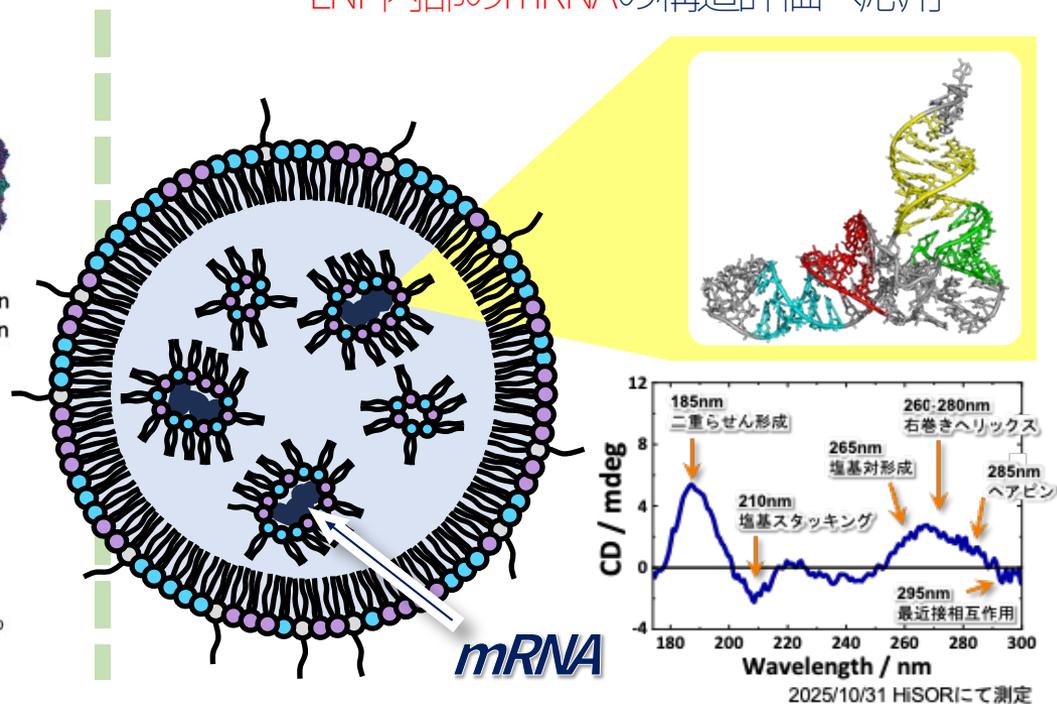
熱ダメージを抑制する有効成分の探索に応用し、製品化につなげる

ワクチンとなるmRNAを収納する脂質性ナノ粒子(LNP)内部の
 非破壊的な品質評価を実現

ナノカプセル内部の分子構造を評価



LNP内部のmRNAの構造評価へ応用



S. Kumamoto et al., *Chirality*, (2024) **36**, e23700.

創薬・先端医療分野に貢献



放射光科学研究所を利用した学部・大学院教育の実績（2021年-2025年）

学士取得者：75名（年平均:15名。理学部物理学科定員66名の23%）

修士取得者：46名（年平均：9名。先進理工系科学研究科物理学プログラム定員30名の30%）

学位取得者：16名（広島大学）、8名（**学外#**）（1996-2025の累積では104名）

#HiSORを利用した学外の学位取得者（2021年-2025年）

2021年 筑波大学 1、Indian Institute of Technology (Banaras Hindu University) 1

2022年 大阪大学 1、東京大学 1

2023年 東京大学 1、茨城大学 1

2024年 大阪大学 2

2025年 Indian Institute of Technology (Banaras Hindu University) 1

民間企業就職先（1996年-2025年。広島大学卒業生。***は学位取得者。**）

日立製作所、*HGST(Hitachi Global Storage Technologies)、トヨタ、*マツダ(社会人ドクター)、JR西日本、*JR東海、*広島県警 科学捜査研究所、大日本印刷、中国電力、サンディスク(ウェスタンデジタル)、*東京精密、マイクロン、東芝、住友重機、日本製鉄、楽天、*旭化成、京セラ、パナソニック、ドコモ、三菱東京UFJ銀行、大同特殊鋼、*毎日新聞、NISSHA株式会社、富士電機、TSMC、キーエンス、日産自動車、*塩野義製薬、LIXIL、カネカ、キャノンアネルバ、花王、P&Gなど

大学・研究機関（1996年-2025年。広島大学学位取得者の実績。）

広島大学、広島市立大学、東京大学、東京工業大学、東北大学、京都大学、大阪公立大学、徳島大学、宇部工業専門学校、呉工業専門学校、日本原子力研究開発機構、KEK、物質・材料研究機構、SPring-8、あいちSR、QST、テキサス大学(米)、ミズーリ大学(米)、SLS(スイス)、マックスプランク研究所(独)、物理研究所(クロアチア)、KTH王立工科大学(スウェーデン)、清華大学(中国)、浙江師範大学(中国)、西湖大学(中国)、新疆大学(中国)、中国科学院(中国)、精華大学(中国)、松山湖材料実験室(中国)、中国・電子科技大(中国)

広島大学物理学科（物理学プログラム）の卒業認定・学位授与の方針では、大学や国公立研究機関の研究者、あるいは企業の技術職・専門職等で活躍できる人材の育成を掲げており、放射光科学研究所はそれに大きく貢献しています。修士課程修了後に民間企業に就職し、SPring-8やあいちシンクロトロンで放射光を利用している卒業生もいます。また海外研究者との共同研究の経験が就職後の海外勤務の際に役立ったという学生もいます。放射光科学研究所で研究して教員となった者は中学・高校の理科教育を通じて、放射光科学の裾野拡大に貢献しています。

社会貢献・アウトリーチ

中学校・高校生の見学やオープンキャンパス（一般）により毎年600人以上を受け入れ。



SSH校の理科実験を研究所で実施



科学技術週間
先端科学体験
セミナー
小学・中学生
対象

VR機器を用いた遠隔施設見学とセミナーを実施。島根県、鳥取県、福岡県、埼玉県、福島県等



一人一台VR機器体験

- 1. 大学・大学院教育**：毎年学部生、大学院生を受入。学位取得者数は104名(1996年-2025年)。教員と共に学生が日常的に先端研究、研究開発及び装置開発に参画。
- 2. 小型放射光だからこそその機動力、大学附置研究所ならではの柔軟性**
 - ・小型放射光だからこそ迅速に意思決定を行うことができる（利用申請から使用まで最短翌日）。
 - ・標準的な測定機器を備えるだけでなく、個々のニーズに合わせた実験装置のカスタマイズが可能。
 - ・先端研究ビームラインと並列して、学生の教育研究にも柔軟に対応できるビームラインを整備。

AI半導体・量子分野に貢献

世界TOP

高解像度電子・スピン構造解析

スマートフォンなどの電子デバイスの省電力化、情報集積化技術などの発展に貢献

超伝導材料の高性能化に役立つ奇妙な金属状態の解明
(2025年2月)



半導体産業技術研究所 キラルノット超物質拠点

量子コンピュータ

半導体

超伝導

スピントロニクスデバイス

超物質

RISEが中核である「せとうち半導体コンソーシアム」等を通じた半導体産業界との連携の深化

創薬・先端医療分野に貢献

世界初

溶液中の生体物質の立体構造解析

新しい薬の創製、病気の原因解明

パーキンソン病誘発物質の形成メカニズムの解明
(2024年9月)



PSI GMP センター 原爆放射線医科学研究所

創薬

再生細胞医療

ヘルスケア

製薬企業との共同研究を通じた革新的医薬品開発を支える基盤技術の構築、生体分子をターゲットとした産業界へのアプローチ
(ミルボン(株)との共同研究による製品化実績あり)



ヒートプロテクトタイプ
シャンプー & リンス

- ✓ 教員と学生が一緒になって行う先端研究・研究開発を通じた「教育」「人材育成」
- ✓ 総合研究大学だからこそ基礎研究から社会実装を通じた異分野融合研究まで実施可能

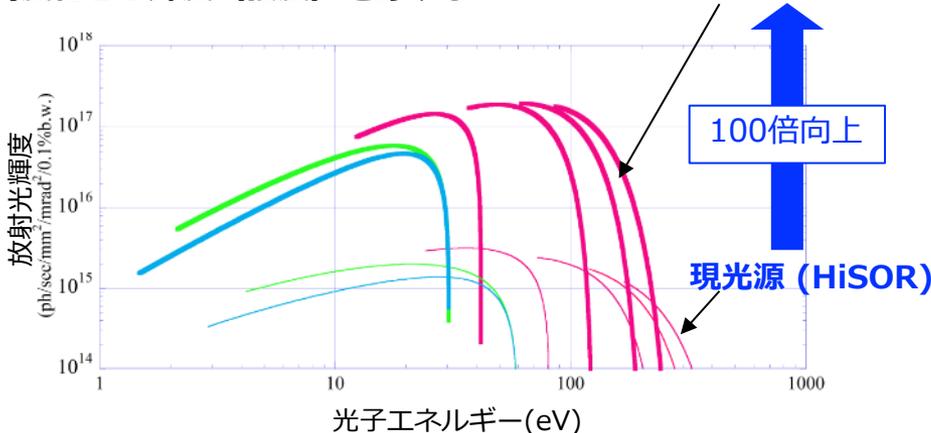
稼働から29年が経過し、放射光源の老朽化が深刻。
2024年は年間を通じて多発的に不具合が発生。
放射光源の基本性能が、世界標準から大きく劣後。

放射光源の高度化計画 (HiSOR II)

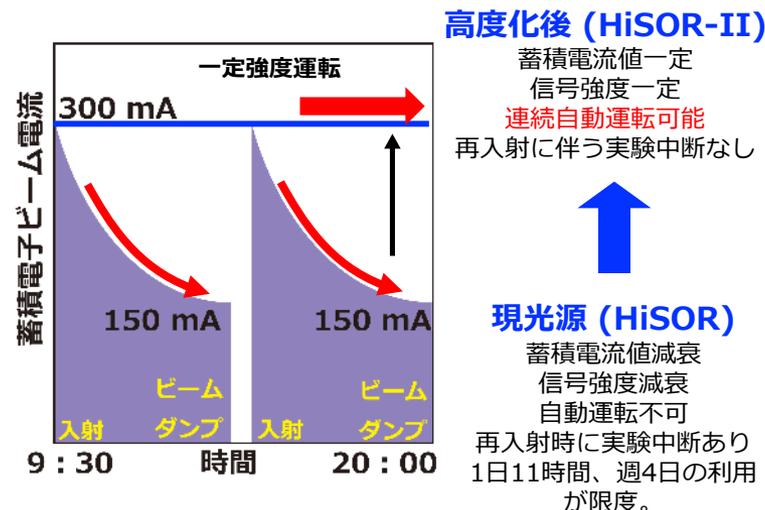
放射光利用の定量・精密計測の基盤および技術シーズ開発を支えることを主眼に、光源の基本性能、とりわけトップアップ自動運転による放射光強度の高度な安定化を中核に据えます。現行光源では仕様上、トップアップ自動運転を組み込むことができず、6時間で強度が半分程度まで減衰し、強度一定を前提とする最先端の精密計測には大きな障壁となっています。また入射・蓄積のためにはオペレータが必要となるため、利用時間のこれ以上の延長は困難です。HiSORはこれらの障壁を解消し、長時間・網羅的・再現性の高い精密実験を可能にする基盤技術やシーズ技術の開発の役割を担います。このためHiSORの高度化計画では、大学に設置された放射光実験施設として適正な予算規模を考慮して蓄積電子エネルギーを0.7 GeVから0.6 GeVに下げることでコストの削減を図り、放射光利用の定量・精密計測の基盤および技術シーズ開発に必要とされる放射光源の基本性能の高度化を図ります。

高度化1：輝度（強度）をあげる

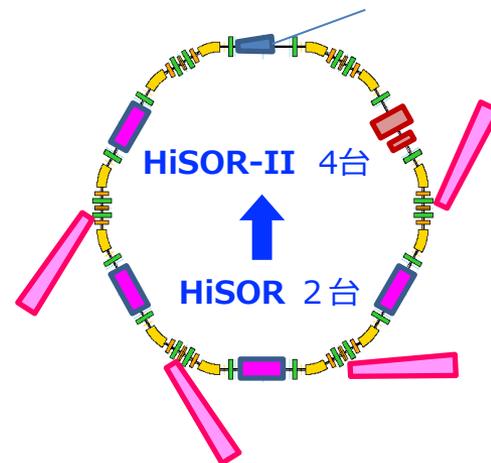
高度化後 (HiSOR-II)



高度化2：24時間連続トップアップ自動運転

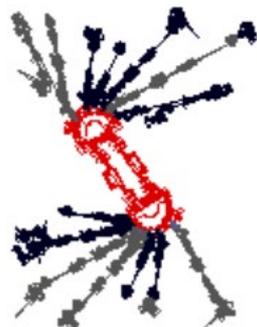


高度化3：アンジュレータビームラインを増やす

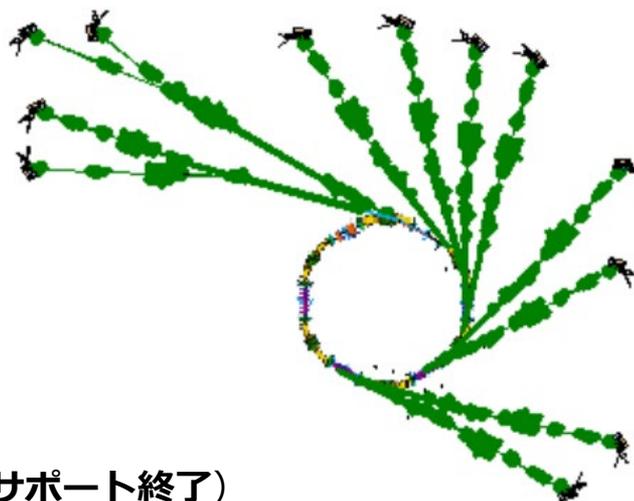


	HiSOR (現光源)	HiSOR II (新光源)
高解像度電子構造解析	エネルギー分解能： $\Delta E \sim 5 \text{ meV}$ 運動量分解能： $\Delta k < 0.005 \text{ \AA}^{-1}$ 空間分解： $\Delta x \sim 100 \mu\text{m}$	$\Delta E < 0.5 \text{ meV}$ (10倍高解像) $\Delta k < 0.001 \text{ \AA}^{-1}$ (2倍高解像) $\Delta x \sim 1 \mu\text{m}$ (100倍高解像)
スピン電子構造解析	スピン検出感度： 0.01	10 (1000倍高効率)
VUV-CD解析	測定波長： $260 \sim 140 \text{ nm}$ 時間分解能： ミリ秒 試料設置数： 1 種類 空間分解能： $\Delta x \sim \text{数mm}$	$260 \sim 40 \text{ nm}$ (2倍拡大) ナノ秒 (1000倍向上) 96 種類まで拡張 $\Delta x \sim \text{数}\mu\text{m}$ (1000倍高解像)

HiSOR (現光源) 1997年稼働



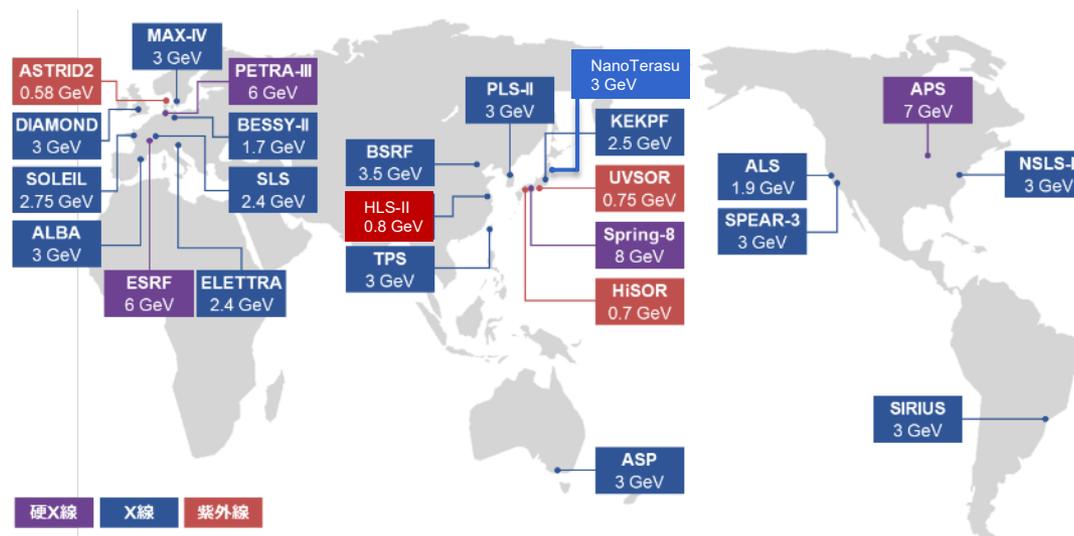
HiSOR II (新光源) : 紫外線域で自動運転が可能な安定化した光源



放射光強度が100倍で一定。
24時間の自動運転。
アンジュレータが4箇所
に設置可能。

放射光強度が変動。
24時間の自動運転ができない。
老朽化が深刻 (2028年に製造会社のサポート終了)

紫外線域利用研究に強みのある放射光実験施設は世界的にも希少



- ・ 分子科学研究所 (愛知県岡崎市) UVSOR 0.75GeV
- ・ 広島大学 HiSOR 0.7 GeV
- ・ オーフス大学 (デンマーク) ASTRID2 0.58 GeV
1991年に建設したASTRID Iからアップグレードし、2013年から稼働。アップグレードするまでの期間22年。
- ・ 中国科学院 (Hefei Synchrotron Radiation Facility) HLS-II 0.8GeV
1991年に建設したHLS Iからアップグレードし、2016年から稼働。アップグレードするまでの期間25年。

紫外～VUV領域の放射光施設は世界的にも少ないため、国内に2拠点を有し、質(先進性)と量(利用機会)を同時に確保できることは国際競争力上の優位性につながります。UVSORは量子マルチビーム等を活用した先端手法・新領域開拓を担い、HiSORはトップアップ自動運転による強度一定化と利用時間の延長により、定量・精密計測、網羅的測定によるデータベース構築、多様な利用者ニーズへの対応、シーズ技術開発などの基盤的研究を支えることで、両者は相互補完関係を形成します。これにより、先端計測技術開発と新たな学術研究の展開に加え、基礎・応用研究の基盤となる実験データの定量化・標準化・データベース化を国内で一貫して推進できます。また、2拠点体制により不測の事態へのレジリエンスが向上し、機能分散を通じて人材育成(OJT)や産学連携の受け皿の拡大にもつながります。



(i) 国内放射光施設における産学の利用者の受入体制の整備

- ✓ 施設間の連携促進等により、各施設で受け入れられるSPring-8のユーザー層、キャパシティー(現時点で可能なキャパシティーと、追加的な措置(運転時間の拡充や機器の更新等)により可能となるキャパシティー)

(回答)

HiSORがカバーする波長域は紫外線から軟X線であり、現状の光源特性やビームライン・計測器のセットアップで実施可能な軟X線域(励起光エネルギー:200-1200eV)の固体、液体の吸収分光実験の受け入れが可能です。またSPring-8 IIIに向けた予備実験および測定手法の開発、新規実験に対するデータ解析手法の開発等に参画することも可能です。HiSORでは1課題に対し、最大8日(4日/週×2週:88時間)のビームタイムを配分しています。キャパシティーについては諸経費(放射線管理、消耗品、RA経費等)として1課題あたり20万円の追加措置により、研究所として年間10課題(880時間)の受け入れが可能です。



(iii)時代に即した利用制度の構築

- ✓ 課題の申請・審査の方法、利用料金設定の考え方
- ✓ 研究データの取り扱い(ビッグデータ時代に対応した工夫等)

(回答)

本学ではすでにコアファシリティ事業による学外利用の実績があり、放射光科学研究所についても全学のコアファシリティマネジメントの枠組みに組み入れて、課題の申請・審査方法および利用料金設定の考え方を整理した利用制度を構築します。研究のプライバシーや知財を守るための情報セキュリティを確保した上で、実験で得られるビッグデータの保管・共有・利活用ルールを整備し、解析を支援するプライベートAI等の環境を整備します。

コアファシリティマネジメントセンターによる全学共用機器の 利活用拡大と技術職員育成の一体的推進(概要)



2026年4月改組・設置



補足資料

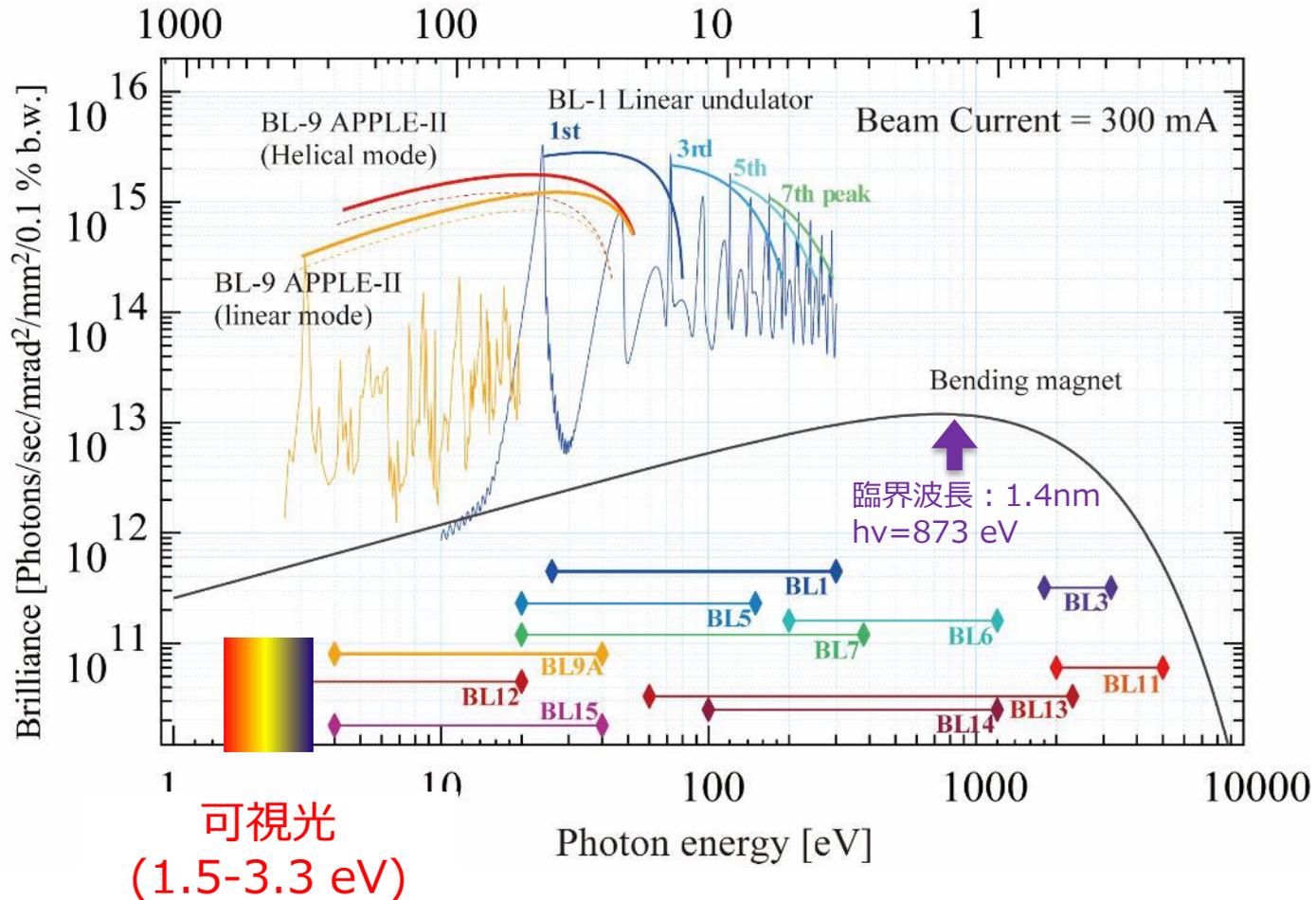


紫外線



軟X線

Wavelength [nm]





共同利用・共同研究の状況 (2017-2023年)

共同利用・共同研究課題採択数: 797 課題, 114課題 /年
海外からの課題申請: 31課題 /年, 全課題の27%

受け入れ利用者数: 174人 /年 (実人数)
海外からの利用者: 46人 /年, 全利用者の27%

※2024年は年間を通じて光源の不具合が発生し、令和6年度はほとんど共同利用・共同研究課題を実施できず。2025年4月から正常化。

学位取得者数(1996-2025年)

学内65名、学外39名 (うち海外22名)、合計104名

成果論文の状況 (2017-2023)

2024年2月現在	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
SCI論文数	39	39	42	60	41	42	33	296
Top 10% 論文数 (SCI論文数に対する割合)	10 (26%)	1 (3%)	6 (14%)	8 (13%)	5 (12%)	5 (12%)	1 (3%)	36 (12%)
インパクトファクター(IF)が 7を超える論文 Phys. Rev. Lett. IF=8.385	8 (21%)	3 (8%)	17 (40%)	9 (15%)	11 (27%)	8 (19%)	3 (9%)	59 (20%)
国際共著論文数 (SCI論文数に対する割合)	23 (59%)	25 (64%)	25 (60%)	35 (58%)	31 (76%)	28 (67%)	18 (53%)	185 (62%)

共同研究機関数 (2004-2025年)

国内 84機関 海外 101 機関

Nature 576, 416-422 (2019)

Nature 626, 523-528 (2024)



nature、science系ジャーナルへの掲載状況 (2003-2025)

Nature 4、Nature Materials 2、Nature Nanotechnology 1、Nature Physics 3、
Nature Communications 24、その他natur系ジャーナル 28、
Science 1、Science Advances 1

HiSORで開発された先端計測技術の波及効果

広島大学放射光科学研究所(HISOR)
世界初



HiSORで開発した先端計測技術が
国内外の放射光・レーザー実験施設に普及



日本
NanoTerasu



イタリア
ELETTRA
synchrotron



東大物性研
LASOR



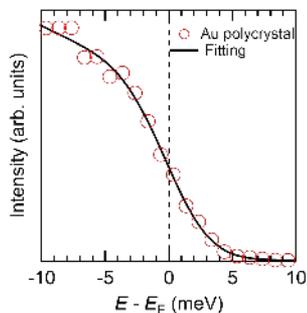
韓国
Pohang
Light
Source

※QSTと共同研究契約を締結し、NanoTerasuのQSTビームラインにHiSORで開発した顕微スピンドル角度分解光電子分光を移設しました。共用利用に供する予定です。

世界最高水準の高解像度スピン電子構造解析装置の開発 (2024年)

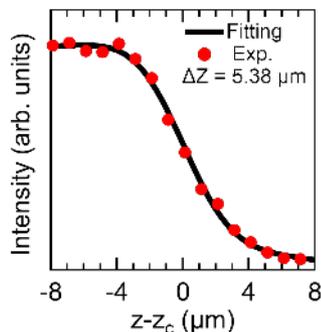
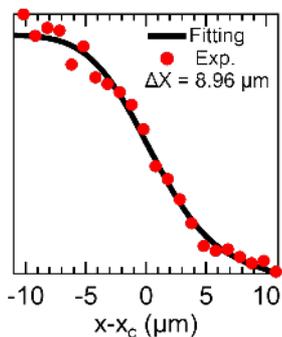
スピン分解エネルギー分解能

$\Delta E = 5.5 \text{ meV}$

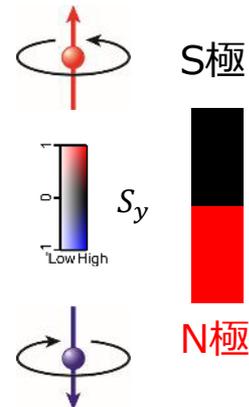
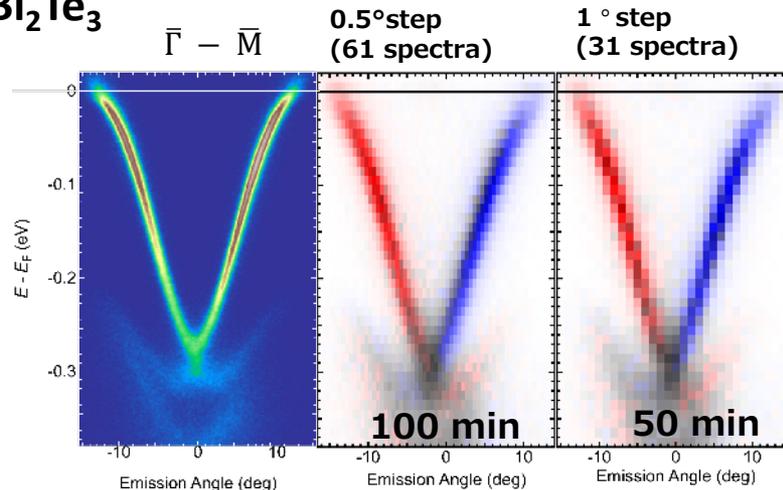


空間分解能

H x V: $5.8 \mu\text{m} \times 5.4 \mu\text{m}$



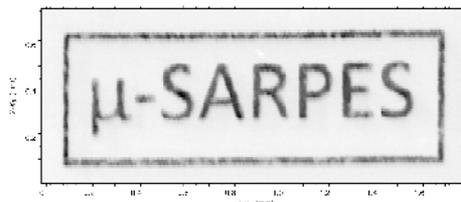
Knife Edge measurement



光学顕微鏡



光電子イメージング (開発した装置)



T. Iwata *et al.*,
Sci. Rep. **14**, 127 (2024).

X: 10 μm step
Z: 5 μm step

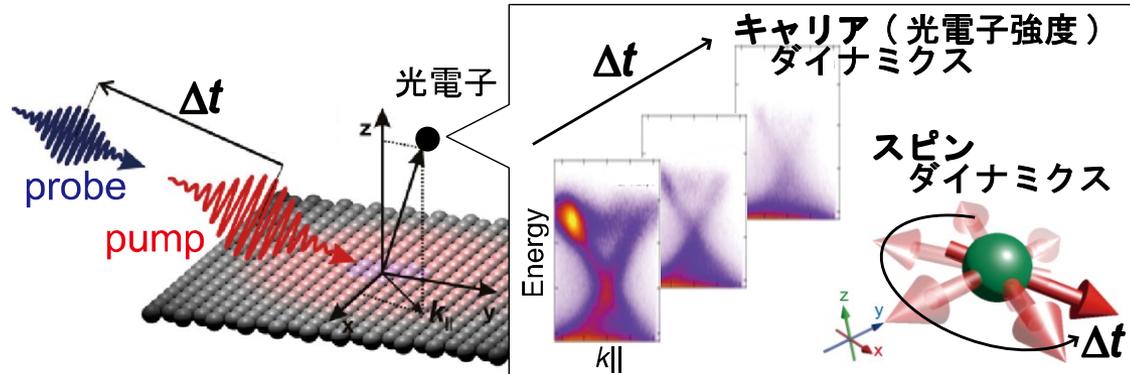
22815 points/28 hours
4.4 sec / point

最近の測定技術の進展 (AI半導体・量子分野に貢献)



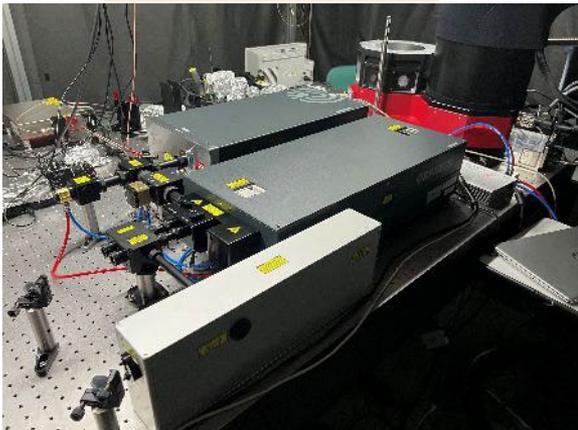
動作中のデバイス内部の電子の動きを可視化する技術

2024年10月：フェムト秒時間分解測定のための高強度・超短パルスレーザーの導入。



▶ Ultrafast spin dynamics

Femtosecond laser



Spin-resolution + Time-resolution

Pump: Mid-IR, THz region
Probe: HHG

CARBIDE

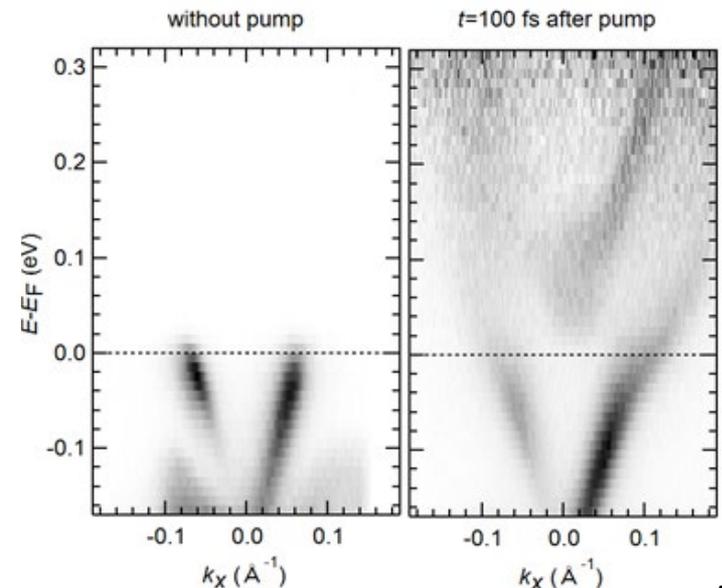
Unibody-Design Femtosecond Lasers for Industry and Science

Wavelength: 1030 nm
Output power: 40 W
Repetition rate: 100 kHz
Pulse duration: < 250 fs

ORPHEUS | F

Broad-Bandwidth Hybrid Optical Parametric Amplifier

Wavelength: 650 – 900 nm and
1200 – 2500 nm
Pulse duration: < 100 fs



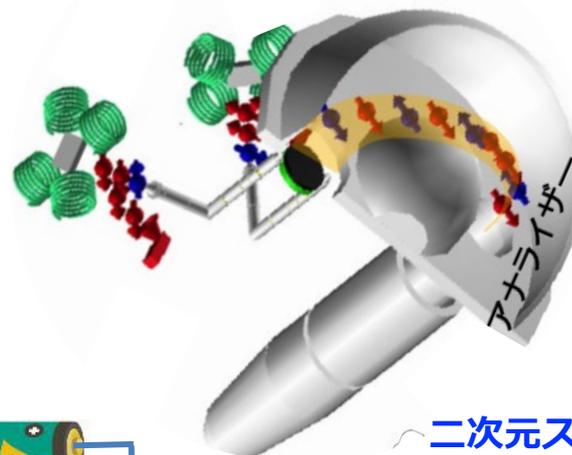
R6概算要求 (基盤的設備整備分)

動作中のデバイスのスピン電子状態の精密計測システムの構築 (オペランド計測)

テラヘルツレーザー光 (新規導入)

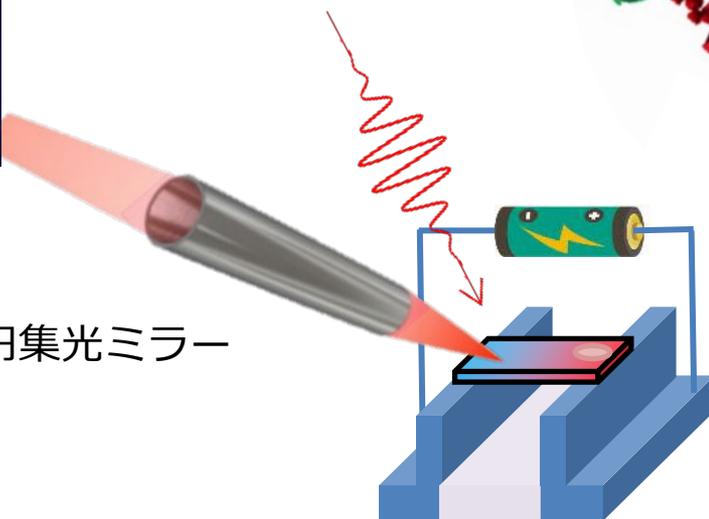
新型スピン電子エネルギー分析器 (新規導入)

放射光

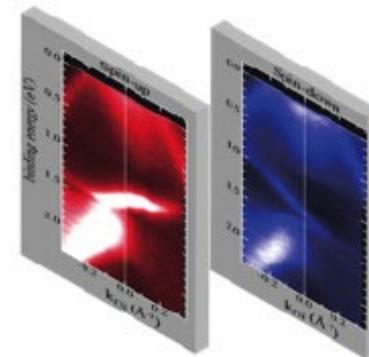


二次元スピン電子状態
イメージング

回転楕円集光ミラー



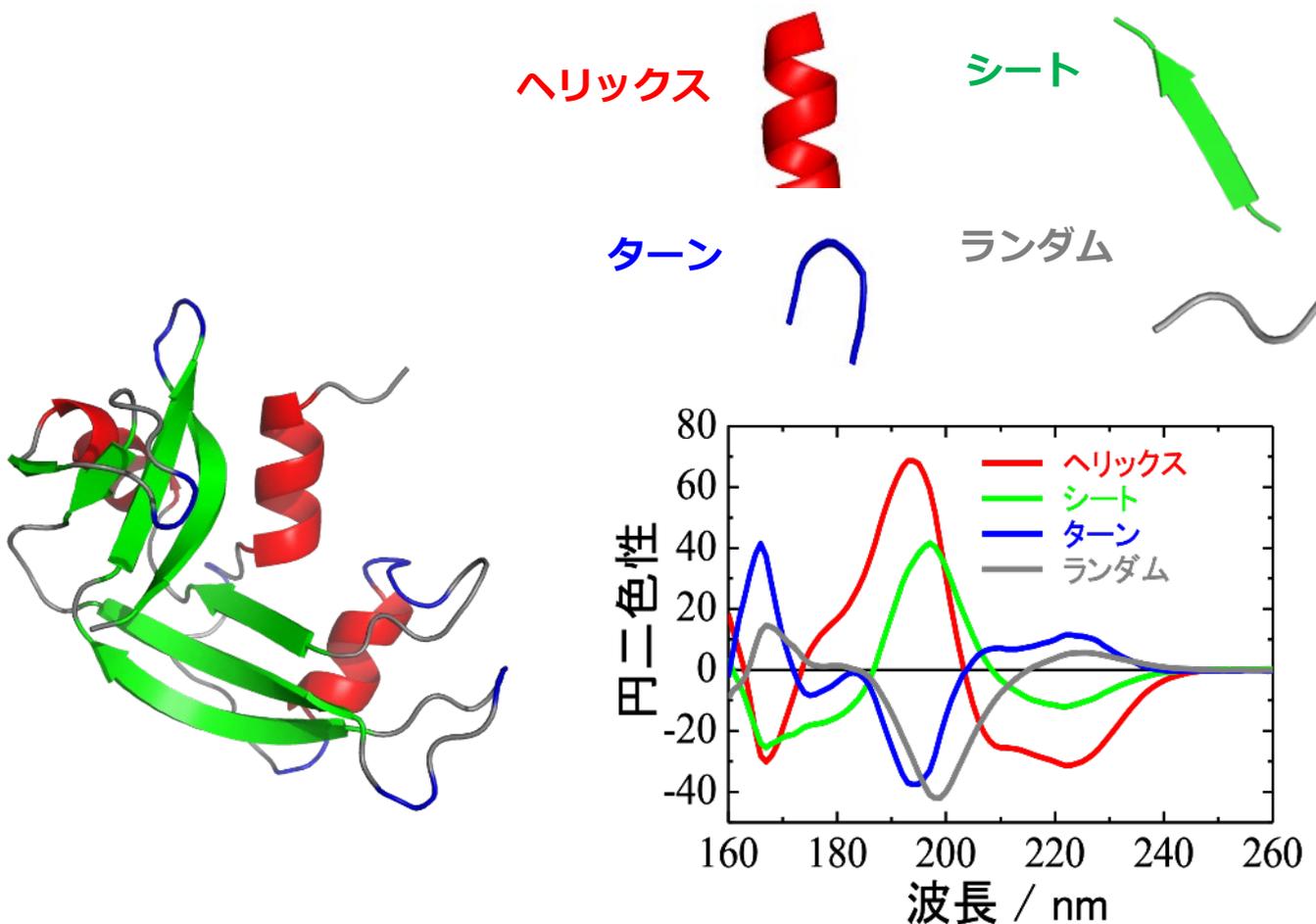
動作中のデバイス



省電力・高速で動作する新しいデバイスの開発に貢献

紫外線域放射光の円二色性スペクトル (VUV-CD) は生体高分子の高次構造に敏感!

タンパク質分子のパーツの情報 (高次構造) を可視化



広島大学放射光科学研究所(HISOR) 世界初・国内では唯一



HiSORで開発した先端計測技術が
世界の放射光実験施設に普及



ドイツ
ANKA



イギリス
Diamond
light source



ドイツ
BESSYII



デンマーク
ASTRID2



フランス
Synchrotron
SOLEIL

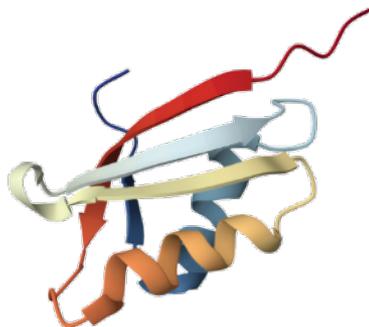
広島大学HiSOR 紫外線

物質の**電子状態**を観測
タンパク質の高次構造を観測

例) タンパク質の高次構造解析

生体環境を模擬した溶液中で測定する

溶液中のタンパク質の**動的**な
高次構造情報



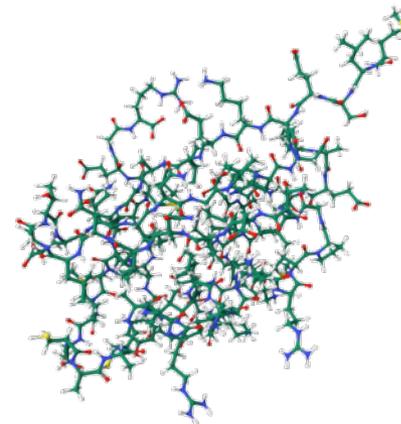
SPring-8 X線

物質の**原子配列**を観測
タンパク質の原子構造を観測

例) タンパク質の結晶構造解析

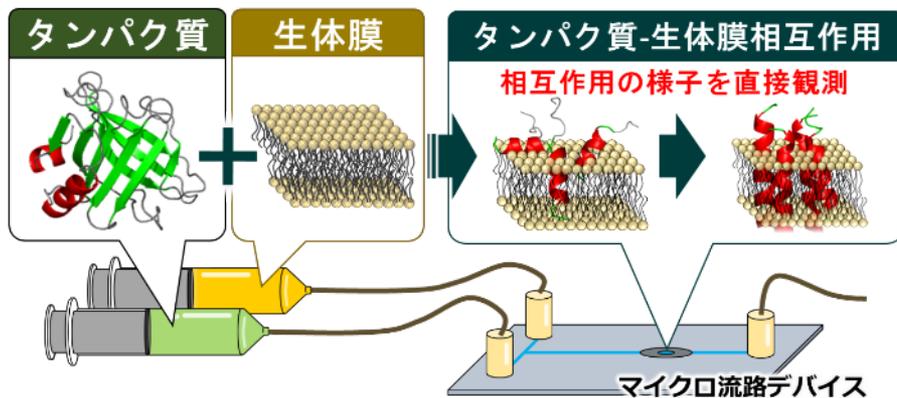
固体化(結晶化)、乾燥して測定する

結晶化したタンパク質の**静的**な
原子構造情報

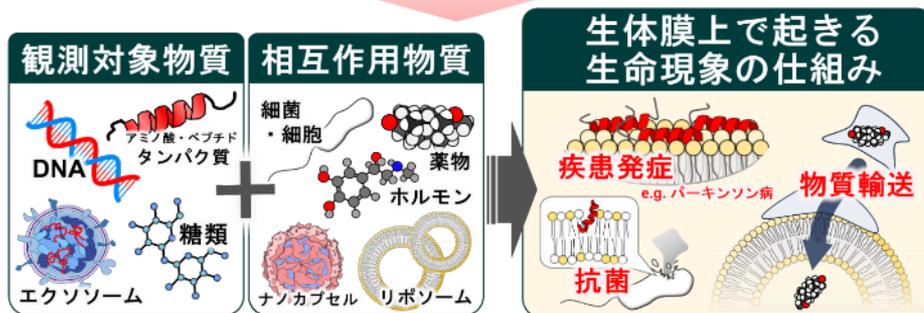


タンパク質が生体膜に作用する際の動的な構造変化の初観測
 — 生体膜上で起こる複雑な生命現象の解明に期待 —

- タンパク質と細胞を構成する生体膜を効率良く混合できる小型デバイスを開発
- 生体膜に作用しながら変化するタンパク質の構造を分子レベルで可視化
- 生体膜上で起こる様々な生命現象の発生メカニズムの解明に期待



動的な構造変化の可視化に成功
 様々な生命現象の観測に応用



地域中核・特色ある研究大学の中における位置付け・役割

地域中核・特色ある研究大学強化促進事業 (JPEAKS) における中核的研究設備としての位置付け



広島大学
放射光科学研究所
Hiroshima University
Research Institute for Synchrotron Radiation Science

放射光による物質の見える化技術を核とした半導体・超物質及びバイオ領域融合型産業集積エコシステムの実現

提案内容の概要

学術的に卓越した先端融合研究

イノベーション創出・地域貢献

社会実装加速





広島大学

世界的に希少な紫外線（UV）領域の放射光による物質の可視化技術を通じて、半導体・超物質、再生・細胞医療・創薬の**融合研究領域を中心に研究を促進**。広島および瀬戸内地域などの環境や資源を生かし、**グローバルとローカルの両視点から、地球規模の課題解決、社会変革につながるイノベーションの創出や、地域産業の生産性向上および新規雇用創出**を目指します。さらに、内外の課題解決をけん引していく、**国際展開型の地方創生モデル**を構築していきます。

地域中核・産業集積に研究基盤として貢献



日本	米国
広島大学	バドュー大学
東北大学	ポインシ州立大学
東京工業大学	ワシントン大学
名古屋大学	ロチェスター工科大学
九州大学	レンセラー工科大学
	バージニア工科大学

バドュー大学との包括協定



**UPWARDS
(日米11大学)**

バイデン大統領・越智学長



日米半導体連携



**マイクロンジャパン
5000億円投資**

経済効果

2024年から10年間の投資
5000億円に対して
経済波及効果⇒**2兆円**
投資期間中の雇用⇒**2万人増**
最終雇用⇒**5900人以上**



**半導体産業技術研究所
せとうち半導体
共創コンソーシアム**



関連産業集積



**HiSOR
放射光科学研究所**



**WPIキラルノット
超物質拠点
国際頭脳循環**



**東広島市と連携した
まちづくり
インターナショナルスクール**

イノベーション創出性、半導体産業の集積化、地方創生に貢献

学術研究の成果を社会に還元する



東京エレクトロン

半導体製造装置製造で世界を牽引するメーカー

R8にトライアルユース（試験的利用）を3回実施。→共同研究契約

半導体材料、金属材料評価



国内最大規模の試験分析・調査分析会社

R6より共同研究契約継続

金属被覆材料評価。紫外線域放射光を分析に組み込む。



美容室専売のヘアケア製品では国内トップシェア

HiSORの利用研究によるヘアケア製品開発実績あり。R8は2回利用 →共同研究契約

毛髪タンパク質の構造研究



広島県竹原市に本社をおく食品メーカー。家庭用ジャム市場でトップレベルのシェア。

R8にトライアルユースを1回実施。
果物に含まれる食物繊維の構造解析。



日本学術会議 未来の学術振興構想

グランドビジョン 16

量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献

No. 145

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

量子物質科学の新展開

これまで **静止した量子状態の観測**

これから **多次元計測と動作下（オペランド）観測による量子物性の理解および制御**

④ 学内連携による先端分光技術開発

回折限界光からのキラル光渦の発生と応用

ナノ構造試料観測

キラルノット 電子状態の3D観測

ナノデバイス研究所 WPIキラルノット拠点

① 微小ビームにより実現する多次元計測高解像度測定（空間分解）

2Dスピンの検出技術

2D検出器

2Dスピニンメージ

スピンフィルタ

電子アナライザ

試料

HISOR II 放射光

3Dスピン・電子構造解析

超微量試料測定（地球外試料・宇宙の起源探索）

希少な地球外試料を分析し宇宙や太陽系の起源を探る

電子構造空間イメージング

エッジ状態観測



② 外場印加した試料やデバイスの電子・スピンの空間的・時間的变化を計測し、新たな量子物性研究を展開（オペランド）

フェムト秒THzレーザー

THz光(0.12 eV)

回折楕円ミラー

外場印加試料ホルダー

放射光

光電子

電子状態の外場応答を直接観測することによりデバイス特性や触媒反応を解明

③ 超高速で運動する電子状態の観測（時間分解）

原子

電子雲

電子スピン

光

時間軸

超高速で量子状態の時間変化を計測し、高温超伝導機構を解明

3D高解像度電子構造解析ビームライン & 3Dスピン電子構造解析ビームライン

- トップアップ入射（一定の放射光強度）によりヒートロードの時間変化が抑制され、長時間にわたる光学系の安定性が保たれるため、長時間の高精度測定(エネルギーシフト <1 meV)が実現→アウトプットの質と量の向上
- 微小ビーム(数 μm)を利用することにより不均一試料の中の特定のドメイン（空間イメージング）や小惑星から持ち帰った地球外物質などの微小試料の高解像度電子状態やスピン構造、試料のエッジに局在する新奇トポロジカル電子状態（キラルエッジ状態、トポロジカルヒンジ状態）などの観測が可能（[前ページ①参照](#)）
- 微小ビーム(数 μm)と特殊試料ホルダーなどを利用することにより電場勾配や磁場勾配のある試料、圧力をかけた試料などの観測（オペランド観測）を精度よく行うことが可能（[前ページ②](#)）
- 偏向可変アンジュレータからの水平・垂直直線偏向および右・左円偏光とスピン検出を組み合わせた電子状態の完全決定を実現し、新奇物性に潜むフェルミ準位付近の電子状態を、超高分解能でスピン・軌道分解しながら観測し、これまで不可能だった巨視的量子現象を含む物質の電子物性の詳細観測を可能に→新エレクトロニクス、スピントロニクス材料の探査

時間分解電子構造解析ビームライン

- 放射光とポンプレーザを組み合わせた時間分解電子状態（ダイナミクス）観測により、超高速（ピコ秒）で電子状態の変化を計測し、電子と格子などの多体効果を直接観測し高温超伝導体の機構解明やトポロジカル電子輸送現象などを解明（[前ページ③](#)）
- レーザー光励起による非熱平衡状態での新しい電子状態の観測
- ナノメートルスケールから発現がスタートする巨視的量子状態の時空間分解測定の開発と発展

機械学習による物質表面・界面・バルクの高精度測定及びビッグデータ解析の実現

- 多次元測定で得られるビッグデータの高効率な解析処理の開発及び構築

学内連携による先端分光技術開発（[前ページ④](#)）

- ナノ構造デバイス研究を得意とする学内のもう一つの共同利用・共同研究拠点であるナノデバイス研究所などと連携し、空間分解・オペランド観測を活用することで、デバイス動作時の電子の動きを可視化
→ ナノデバイス開発の指針
- WPIキラルノット拠点で創製した新奇キラル物質の電子状態の3D観測や、回折限界光（コヒーレント光）から発生したキラル光渦を利用した新しい物性測定手法の創生
→ 新奇キラル物質創製への指針。キラル物質の物性理解と制御。

躍進する学術領域

固体物理学、強相関電子系、ナノテクノロジー、スピントロニクス、オービトロ・エレクトロニクス、宇宙の起源

量子生命科学の新展開

これまで **静止した構造の観測**
生体VUV-CD

これから **運動する構造の観測 (空間分解・時間分解)**
キラル物質VUV-CD

② 回折限界光(コヒーレント光)からの角運動量を持つ光渦による新規キラル計測法の開発

アンジュレータ装置
放射光(光渦) 電子

蛋白質 多糖類 DNA

角運動量を持つ光渦を用いた新しいキラル分光法を開発

⑥ 高強度赤外光を用いた有機分子の3Dイメージング

ホモキラリティ研究による宇宙・生命起源の解明

FT-IRイメージング

ホモキラリティ (生命の起源)

④ 自動計測システムで超ハイスループット測定

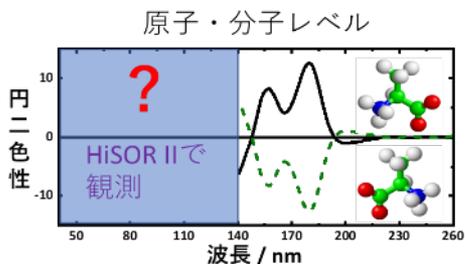
1回に96種類の試料を設置。□ポット化による自動測定

ハイスループットスクリーニングにより創薬研究を加速

コヒーレント光 HiSOR-II 時空間分解計測

外場環境下測定

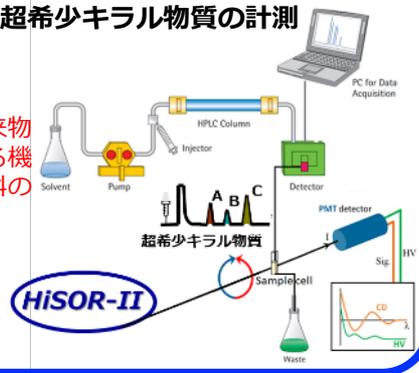
① キラル物質の構造情報が超精密化



測定可能波長の拡大による超精密構造解析を実現しキラル物質の機能発現機構を解明

⑤ 高速液体クロマトグラフを組み合わせた超希少キラル物質の計測

海洋由来物質による機能性材料の開発



③ キラル構造のダイナミクスを高速観測

HiSOR-IIの円偏光を直接利用 → 超高速時間分解計測

Multi-LIA CMOS

波長 波長

回折格子

疾患原因(アルツハイマー病、白内障など)となる生体キラル物質の運動を観測し、構造と機能の関係解明



HiSORでは、**放射光が提供する広範囲のエネルギー領域の光により初めて得られるキラル構造由来の円二色性信号(VUV-CD)**を利用して、生体分子などのキラル物質の構造機能研究を展開してきた。従来の実験室光源を用いた実験からのキラル信号の精度や量の飛躍的な向上は、キラル物質の未知構造を観測できる新しい計測技術の構築と、従来に比べ高精度なキラル構造情報を得ることができる新しい解析技術の構築を実現し、HiSORは我が国のキラル物質研究の向上に大きく貢献し、**放射光キラルVUV-CD分光測定の本格的な存在となってきた。**

HiSOR-IIに建設されるビームラインでは、従来のビームラインよりも測定エネルギー範囲が2倍以上と格段に拡張するとともに、**マイクロビームの利用が実現することから、時間・空間分解能が従来よりも100~1000倍向上するため、その有効性や拡張性は飛躍的に高まり、これまでのノウハウを十分に生かした世界トップレベルのキラル物質の構造機能研究が展開**できると期待される。

HiSOR-IIでは、新たに**アンジュレーターからの低エネルギー高輝度・低エミッタンス光を用いたVUV-CDビームラインと、ベンディングマグネットからの放射光を用いた高速時間分解VUV-CDビームライン**を建設し、多様な物性・機能を持つキラル物質の構造研究を展開する。

キラル物質構造解析専用のアンジュレーターVUV-CDビームライン

- CDスペクトルの可視～軟X線までの超広域測定を実現し、キラル物質の構造を分子・原子レベルで精密に可視化（[前ページ①](#)）
- キラル物質の多様性に（結晶・液体・気体状態）に対応した高度に制御された計測システムを構築
- 回折限界光源により実現するコヒーレント光から発生する、角運動量を含む新しいキラル光“光渦”を用いた全く新しい挑戦的なアプローチによるキラル物質の構造計測法を開発（[前ページ②](#)）

高速時間・高空間分解測定専用のキラル物質ベンディングVUV-CDビームライン

- マイクロビームによるナノ秒時間分解計測を実現し、キラル物質の光反応、温度ジャンプ、溶媒環境変化などにより起こる超高速な構造変化をマイクロ秒レベルで観測（[前ページ③](#)）
- マイクロビームを用いて、マイクロレベルの高空間分解測定を実現し、キラル物質のイメージング、多種類キラル物質のハイスループット測定（96種類）、キラルダイナミクスのスナップショット観測を実現（[前ページ④](#)）
- マイクロビームを用いた微量キラル物質計測を実現し、ヒト由来・難精製などの超希少キラル物質を計測。また高速液体クロマトグラフ（HPLCシステム）を組み合わせた混合体中の超微量キラル物質を分離計測。（[前ページ⑤](#)）

有機分子3Dイメージング専用の赤外線トモグラフィビームライン

- WPI キラルノット超物質拠点と連携し、高強度赤外線による高精度3Dイメージング計測を実現し、地球外物質（微粒子・隕石など）の有機・無機分子マイクロトモグラフィを完全非破壊で観測（[前ページ⑥](#)）

躍進する学術領域

構造生物学、放射線生物学、天然物有機化学、食品科学、糖質科学、がん医療、ナノテクノロジー、レオロジー学、地球惑星化学、生命の起源



2019年

- ・第23回HiSOR研究会「分子キラリティの計測・理論技術の革新から迫る生命機能研究の新展開」
- ・第24回HiSOR研究会「最先端光電子分光で開く量子物質科学に関するワークショップ」
- ・第25回HiSOR研究会「小型放射光リングによる多彩な量子ビーム発生と応用」

2021年

- ・ The 25th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation
Materials Science using VUV-SX Synchrotron Radiation

2022年

- ・第26回HiSOR研究会「生体分子の構造機能研究におけるキラル分光の新しい可能性」
- ・ The 26th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation
Materials Science using VUV-SX Synchrotron Radiation : Towards the future HiSOR-II project

2023年

- ・ The 27th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation
Materials Science using VUV-SX Synchrotron Radiation : Towards the future HiSOR-II project

2024年

- ・ The 28th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation
Materials Science using VUV-SX Synchrotron Radiation : Towards the future HiSOR-II project

2025年

- ・第27回HiSOR研究会「物性研究とベイズ計測の協奏」(AI・機械学習による放射光データの解析)
- ・ The 29th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation
Materials Science using VUV-SX Synchrotron Radiation : Towards the future HiSOR-II project
- ・第1回HiSOR-IIに向けたミニワークショップ「ARPESと分光技術の新展開」
- ・第2回HiSOR-IIに向けたミニワークショップ「軟X線の活用の新展開」

2026年

- ・ The 30th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation
Materials and Life Science using VUV-SX Synchrotron Radiation : Towards the future HiSOR-II project