

NanoTerasu 共用ビームラインの現状と展望

量子科学技術研究開発機構 NanoTerasu センター
堀場弘司

量子科学技術研究開発機構 (QST) では、NanoTerasu の高輝度光源性能を十全に活かした世界最先端の軟 X 線分光計測環境をユーザーに提供し、学術利用の研究基盤を担うことを使命として、第一期の共用ビームライン 3 本の整備を進めてきた。これらのビームラインは 2024 年度から登録機関である高輝度光科学研究センター (JASRI) によるユーザー利用支援の元で共用利用を開始している。以下に 3 本の共用ビームラインの現状について述べる。

BL02U^{1,2)} : 軟 X 線超高分解能共鳴非弾性散乱 (RIXS) ビームラインは、特に RIXS 実験における極限エネルギー分解能の追求を目指しており、2D-RIXS という方式を超高分解能化のために採用した世界初のビームラインである。これまでに Cu L 吸収端のエネルギー (930 eV) で 16.1 meV ($E/\Delta E \sim 58,000$) という、このエネルギー領域で世界最高値となる分解能を達成している³⁾。現在も更なる高分解能の目標値に向けて調整を続けているが、現時点においても世界最高レベルの超高分解能 RIXS 実験がユーザーに利用可能な状態になっている。

BL06U⁴⁾ : 軟 X 線ナノ光電子分光ビームラインでは、角度分解光電子分光 (ARPES) 実験を高精度で行うための高エネルギー分解能と高フラックスを維持した上での極限集光による空間分解機能の付加を目指している。ナノ集光を目指した A ブランチと、より汎用的なマイクロ集光の ARPES 実験を行う B ブランチを排他的に利用する設計であり、現時点では B ブランチのみがユーザー利用に開放されている。ビームラインのエネルギー分解能は He イオン化スペクトル (~ 65 eV) で 1.1 meV と、低エネルギー領域におけるエネルギー分解能は目標値を超える $E/\Delta E \sim 60,000$ を達成している。また光の集光特性も設計値通りの性能を達成し、B ブランチでは 10 μm 以下のスポットサイズでの ARPES 実験が可能である。現在 A ブランチの立ち上げを進めるのと並行して、B ブランチではディフレクター機能付きアナライザへの更新を計画しており、2026 年度以降の順次開放を目指している。

BL13U^{5,6)} : 軟 X 線ナノ吸収分光ビームラインは、分割型 APPLE-II アンジュレータによる偏光切り替えを方式を初めて採用し、多彩な偏光制御と広エネルギー帯域の円偏光利用を特長としたビームラインである。現在までに設計値である 180 eV から 3,000 eV までの全エネルギー範囲で軟 X 線吸収分光実験が可能となっており、ユーザーの幅広いニーズに応える様々な元素の吸収端を利用した実験が可能となっている。また直線偏光の 3 次光成分を利用した干渉制御により 3,000 eV 付近における円偏光生成に成功しており⁷⁾、高速偏光スイッチングのための整備・調整は順調に進んでいる。

さらに QST では、幅広いユーザー利用の要望に応えるために、第二期以降の共用ビームラインの増設を計画的に進めており、その 1 本目として、エネルギー範囲 2-20 keV でテンダー領域の X 線を活用する新しい回折ビームラインの建設を開始している。こちらは 2027 年度の共用開始を目指している。

参考文献

- 1) J. Miyawaki *et al.* *J. Phys.: Conf. Ser.*, **2380**, 012030 (2022).
- 2) K. Yamamoto *et al.* *J. Phys.: Conf. Ser.*, **3010**, 012115 (2025).
- 3) プレスリリース : 物質の未知の振る舞いに迫る ! 新世代の分析技術でエネルギー分解能の世界記録を更新 ~NanoTerasu が 2025 年 3 月から世界最先端の分析装置を共用~ <https://www.qst.go.jp/site/press/20240918.html>
- 4) K. Horiba *et al.* *J. Phys.: Conf. Ser.*, **2380**, 012034 (2022).
- 5) Y. Ohtsubo *et al.* *J. Phys.: Conf. Ser.*, **2380**, 012037 (2022).
- 6) Y. Ohtsubo *et al.* *J. Phys.: Conf. Ser.*, **3010**, 012079 (2025).
- 7) K. Inaba *et al.*, in preparation.