

■第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (JSR2023) 特別企画講演報告 「いよいよ動き出す NanoTerasu—整備状況とサイエンスの展開」

藤井健太郎 (量子科学技術研究開発機構)

企画参加人数 228名

講演構成

- 趣旨説明
内海 渉(量研), 今田 真(JSR2023プログラム委員長),
藤井健太郎 (量研)
- NanoTerasu 整備状況
内海 渉 (量研)
- 加速器の概要
西森信行 (量研), 渡部貴宏 (JASRI,
理研, 量研)
- 放射線安全
萩原雅之 (量研)
- 共用ビームラインの概要
高橋正光 (量研)
- コアリションビームラインの概要
中村哲也 (光科学イノベーションセンター, 東北大学)
- 運営組織体制
内海 渉 (量研)
- 回転体 X 線ミラーと自由曲面 X 線ミラー
三村秀和 (東京大学)
- 高輝度軟 X 線のための CMOS 検出器の開発
黒田理人 (東北大学)
- 世界の軟 X 線イメージングの現状
荒木 暢 (Diamond Light Source)
- 量子物性理論から NanoTerasu への期待
遠山貴巳 (東京理科大学)
- NanoTerasu によって実現する量子固体物性
木村昭夫 (広島大学)
- NanoTerasu における軟 X 線顕微分光システムの展
望
小野寛太 (大阪大学)

講演概要

本特別企画講演は、午前午後の部に分かれて開催され、午前中は主として施設者側の講演者による NanoTerasu の整備状況についての報告、午後の部では、外部研究者による要素技術の開発状況及び利用研究についての展望・期待などの発表が行われた。

まず、世話人(内海渉(量研)、今田真(JSR2023プログラム委員長)、藤井健太郎(量研))を代表して、内海から趣旨説明として本講演が開催されるに至った経緯及びプログラムが紹介された後、NanoTerasu 全体の整備状況の概要が報告された。NanoTerasu という愛称は、一般公募による応募総数598件の中の候補名から愛称選考委員会での審議によって決定されたものである。

次に量研の西森信行氏が発表者を代表して、加速器についてそのインストール状況及び始動スケジュール・目標性

能などの報告を行った。2019年より行ってきた加速器の各コンポーネントの設計、製作、調整、納品は順調に進み、磁石、真空システム等主要装置の配置は概ね完了し、設置の最終段階に入っていることが報告されるとともに、2023年12月のファーストビームを目指した今後の加速器コミッショニング運転スケジュールの概要が紹介された。

引き続き、量研の萩原雅之氏により、NanoTerasu における放射線安全に関する講演があり、「ユーザーが放射線業務従事者でなくても可能な限り放射光実験に参加できること」を目指した取り組みについての報告がなされた。法令基準値に比べて加速器や放射光ビームラインから実験ホールへの漏洩線量が十分低くなるような遮へい設計が行われていること、上記方針に沿って、2022年3月に原子力規制庁に「放射性同位元素等の規制に関する法律 (RI 規制法)」に基づく放射線発生装置の使用許可申請を行い、同年10月に同庁から使用許可証の交付を受けていることなどが説明された。

休憩を挟んで、ビームラインの概要についての報告に移り、まず共用ビームラインについて量研の高橋正光氏が発表した。3本の共用ビームラインについての仕様やビームライン全体に関するインターロック・制御システムなどの説明のあと、整備状況についての報告がなされた。フロントエンド機器の設置及び光学ハッチの建設が完了し、2023年からビームライン分光器やインターロック機器、エンドステーション機器の設置が開始される予定である。一方のコアリションビームラインの概要については、中村哲也氏(光科学イノベーションセンター/東北大学)が講演を行い、コアリション会員の幅広い計測課題ニーズに応え、かつ、ビームラインの横断利用により課題解決とイノベーション創出を加速するために設置される7本について、その特徴・仕様、整備状況について報告した。フロントエンド、挿入光源、光学・実験ハッチの整備の進捗が報告されるとともに、BL09Uにおけるエンドステーション機器(HAXPES)の準備状況が紹介された。

午前の部最後の講演として、量研の内海が2024年度から運用開始予定の NanoTerasu の運営組織体制について概要説明を行った。現在文部科学省と「官民地域パートナーシップ」を構成する機関における検討が続いているところであり、細部については未定部分もあるが、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律(共用促進法)」の改正を見越して、設置者、登録機関、量研とパートナー

代表機関である光科学イノベーションセンターの役割分担などの大枠が紹介され、共用ビームライン、コアリションビームラインそれぞれの運営及び利用方法の概要が示された。

午後の部では、はじめに三村秀和氏（東京大学）から、軟 X 線領域に特化した Wolter 型ミラーの開発状況について紹介があった。ナノメートルビーム集光かつ、取りこぼしのない高効率なミラーの開発のため、リング形状や線状形状といった任意の集光形状に対応が可能になっている。すでに BL06U：軟 X 線ナノ光電子分光ステーションにおけるナノ集光系の検討が進められていることが紹介された。

次に黒田理人氏（東北大学）から、理研・東大物性研・東北大などで進められている sxCMOS の開発プロジェクトについての紹介があった。現在、軟 X 線領域の発光測定に特化した CMOS チップ開発が進んでおり、高感度・広帯域 CMOS チップの開発がすでに完了し、NanoTerasu の整備状況に応じて実装への準備が進んでいるとのことである。

荒木暢氏（分子研 UVSOR）からはスキヤニングタイプの軟 X 線イメージングについて、世界の状況についてのレビューがあった。欧米を中心に多くの実績についての紹介があり、今後 NanoTerasu でもイメージング研究の展開が予定されているがその参考となった。

遠山貴巳氏（東京理科大）からは「固体物性に関する理論からの期待」と題して、共用の 3 ビームラインで予定されている各分光法固体物理のなかで電子物性にかかわる

詳細が明らかになることが示された。さらには現状のエネルギー分解能で示される量子材料物性が超高分解能化によってどのような発展が見込まれるかが示された。この内容は NanoTerasu の実現によってすぐにでも明らかになる固体物理に位置づけされる。

木村昭夫氏（広島大）からは、量子固体物性に対して高いエネルギー分解能、高い空間分解能を利用した Spin 分解 ARPES, RIXS, XMCD, XMLD を用いて期待できる研究の展開について述べられた。軟 X 線マイクロ ARPES での実験例や VUV 領域の Spin 分解 ARPES の現状についての紹介があり、NanoTerasu での Spin 分解 ARPES への展望が紹介された。

本企画の締めくくりとして、小野寛太氏（大阪大）からはナノイメージングに関する期待が述べられた。今後の幅広い材料科学の発展に向けては、機械学習をフル活用したギガイメージングの発展が必須であることが示された。そのために必要な軟 X 線イメージングシステムの構成についての紹介があり、メゾスケールからマクロスケールでの階層的不均一構造の顕微分光を行い、得られた電子状態・化学状態情報をナノスケール空間分解能において計測する動画ピクセル X 線顕微鏡の紹介があった。

NanoTerasu は、2023年 2 月から順次加速器の調整に入り、12月頃にファーストビームを得ることを目指している。2024年 3 月頃の施設検査に合格することにより、いよいよ2024年度からの利用運転開始となる。関係者各位の御支援と御協力をよろしくお願いいたします。