

会議報告

第 23 回 FEL と High-Power Radiation 研究会・ 第 14 回高輝度・高周波電子銃研究会報告

柏木 茂*

23rd FEL & High-Power Radiation Meeting and 14th High Brightness RF Gun Meeting

Shigeru KASHIWAGI*

1. はじめに

2017年2月23日(木)、24日(金)の2日間、東北大学電子光理学研究センターにて、「第23回FELとHigh-Power Radiation研究会・第14回高輝度・高周波電子銃研究会」が開催された。今回の研究会の開催を担当した一人として、研究会の様子を簡単に報告させて頂く。

今回は、同時期に東北大学で二つの研究会が開催されることとなり、共通する内容も多いことから、二つの研究会を同時開催することとなった。東北大学電子光理学研究センター(旧原子核理学研究施設)での開催は、FELとHigh-Power Radiation研究会は9年ぶり3回目、高輝度・高周波電子銃研究会は7年ぶり2回目であった。研究会では、21件の口頭発表と1件の招待講演があり、参加者は60名であった。

2. 研究会報告

プログラムは、前半を高周波電子銃研究会、後半をFEL研究会とし、それぞれの研究会をテーマ別のセッションに分けプログラムを編成した。

研究会は東北大学電子光理学研究センター長の濱の挨拶で始まった。例年、高輝度・高周波電子銃研究会では、高周波電子銃をはじめとする電子源について、陰極自体の研究開発や高輝度電子銃の利用まで幅広く議論される。最初のセッションでは、広島大学の栗木氏からマルチアルカリカソード(CsK₂Sb)の堅牢さについて、KEKの山

本尚人氏からはGaAs系スピン偏極電子源開発の現状およびGaN系フォトカソードの性能試験の結果について報告があった。また、京都大学の山下氏からは、陰極近傍の自己線形化現象に対する初期電流密度分布の与える影響について、同じく京都大学のK. Torgasin氏からは、六ほう化系陰極のThermally Assisted Photoemission (TAPE)効果についての講演があった。TAPE効果を利用した電子源は光陰極と熱陰極の両者の特性を利用したもので今後の展開が注目される。また、東北大学の西森氏から、高繰り返しX線自由電子レーザーなどの次世代放射光源のための高電圧DC電子銃の開発状況について報告があった。現在は、KEK-cERLでの500 kV運転を目指した開発が進行中である。SPring-8の水野氏からは現在開発中のビームトラッキングコードについての発表があった。3次元のビームトラッキングの空間電荷効果計算にBulk-to-Point法を導入したもので、開発したコードを用いてDC連続ビームのエミッタンスリダクションを計算した例が紹介された。

高周波電子銃の開発については、日本大学の境氏(野上氏が代理で発表)、大阪大学産業科学研究所の野澤氏と楊氏から3件の発表があった。境氏らは銅の高周波空洞を20 Kまで冷却し低損失常伝導高周波空洞の実現を目指すもので、その開発状況が報告された。野澤氏からは10 fs以下の極短電子ビーム発生とその圧縮条件の最適化について、楊氏からは高周波電子銃の電子線回折装置や電子顕微鏡への応用例について、その測定結果

* 東北大学電子光理学研究センター Research Center for Electron Photon Science (ELPH), Tohoku University (E-mail: kashiwagi@lms.tohoku.ac.jp)

も含め発表された。

1日目午後の後半から、FELとHigh-Power Radiation研究会となった。最初のセッションでは、極短電子ビームを用いたTHz領域のコヒーレント放射発生について5件の発表があった。KEKの本田氏からcERLの連続ビームの特徴を活かした光共振器を用いた回折放射発生について、実験の準備状況も含め発表があった。早稲田大学の坂上氏からは、RFディフレクターを使った電子ビーム傾き制御によるTHz放射発生とそのTHz放射を使った時間領域分光システムが紹介された。東北大学の柏木、京都大学のS. Krainara氏と全氏からは、アンジュレータを用いたコヒーレント放射発生実験について発表があった。東北大学では、これまでに時間幅約100 fsの電子ビームから3 THzのコヒーレントアンジュレータ放射が観測されている。また、京都大学においても光陰極高周波電子銃を電子源としたコンパクトな加速器システムを使い170～550 GHzのコヒーレントアンジュレータ放射発生に成功したという報告があった。

招待講演には、理化学研究所仙台地区でレーザーベースのテラヘルツ光源開発をされている南出泰亜チームリーダーを迎え、「波長可変・高輝度テラヘルツ波に関する技術開発と将来発展」について講演して頂いた。講演では、THz-FELも含めたTHz利用について紹介されたのち、南出氏が1990年代からこれまで開発されてきたTHz光源について、ユーモアも交えながら楽しくわかりやすくご説明頂いた。その中で、ピークパワーが約100 kWを超えるレーザーベースのTHz光源なども紹介された。これまでピークパワーが加速器ベースのTHz光源の一つの特長であったが、現在ではレーザーベースのTHz光源の高出力化も進み、その優位性が危うい状況にあると感じた。

1日目の講演終了後に、電子光理学研究センター研究棟の多目的室で懇親会を行なった。我々が懇親会を当センター内で催す場合には、「持込可・差し入れ大歓迎」と参加者に声をかけておくのが恒例である。その成果(?)もあり、今回も日本全国の美味しいお酒を頂くことができた。参加者も多かったためか会場が少々狭く感じられたが、近況を皆で報告し合うなど楽しい時間を過ごすことができた。

研究会の2日目は赤外自由電子レーザーおよび施設報告のセッションからスタートした。最初に日本大学の野上氏から、最近の日本大学電子線利用研究施設(LEBRA)の加速器稼働状況およびFEL利用状況が報告され、その中でパラメトリックX線ラインに新たにコヒーレントTHz放射ラインが整備されたことも紹介された。奥村、田伐の両氏からは京都大学の中赤外FEL(KU-FEL)を使ったユニークな利用研究について発表があった。奥村氏からは音響分光法による固体試料吸収スペクトル測定にKU-FELの光パルスを用いるシステム構築について、田伐氏からは二次高調波発生分光システムの構築について発表があった。日本大学も京都大学も小規模ながらFEL施設が共同利用に供され様々な利用研究が展開されている。光子発生技術研究所の山田氏は、新たな拠点の概要について講演された。新拠点の建屋や放射線シールドの配置などの詳しい説明とイメージングやXAFSなどの光源の利用事例が紹介された。

午前中の後半のセッションでは、SACLAやcERLなどに関する発表があった。理研の渡川氏からはSACLA軟X線ビームラインBL1についてSCSS試験加速器の移設からエネルギーアップグレードについての説明があり、FELゲインの測定結果やユーザー運転中の出力トレンドなどが示された。同じくSACLA関連の発表で理研の原氏から、ドッグレッグトランスポートラインの改造によりCSR効果の影響が抑制でき、それによりマルチビームライン運転の共用が可能になったという報告があった。今尚、進化し続けているSACLAを感じる2件の発表であった。総研大の布袋氏からは、ERL加速器を極端紫外光光源に利用するEUV-FEL実現に向けた入射器設計についての発表があった。EUV光源実現のためには大電流ビーム生成が一つの鍵だと思われる。兵庫県立大学の杉田氏からは、NewSUBARUのレーザーコンプトン散乱ガンマ線ビームラインで行なわれている材料欠損検査のための高速陽電子ビーム生成と利用について発表があった。陽電子欠陥検査実験の結果も示され、着実に利用研究が進んでいるようであった。

2日目午後はレーザー加速関連のセッションからであった。KEK/東京大学の小山氏よりレーザー駆動誘電体加速について発表があった。最初



写真 1 集合写真 (東北大学電子光物理学研究センター三神峯ホール)

に誘電体加速の放射線生物学への応用について説明があり、実際のビーム加速実験に向けて EB 露光によって製作した誘電体回折格子が紹介された。大阪大学の細貝氏と QST の神門氏からは、現在、ImPACT プログラムで進行中の XFEL を目指したステーjingレーザー航跡場加速研究について発表があった。細貝氏からは大阪大学での再現性の高い GeV 級電子ビーム発生に関する研究開発状況について説明があり、神門氏からはレーザー加速開発において重要な加速場のプラズマ波計測装置や電子ビーム計測器の開発について発表があった。2017 年度中に理研播磨でもステーjingレーザー航跡場加速実験が開始されることも報告された。KEK の山本樹氏からは、周期長が 4 mm の極短周期アンジュレータの開発について発表があった。アンジュレータの磁場測定結果や磁石列長尺化に向けた取組みについて報告があり、また東北大学電子光物理学研究センターで実施された放射光発生の試験実験についても紹介された。三氏の発表にあったプラズマレーザー加速器と極短周期アンジュレータを組み合わせた放射光源開発に今後注目していきたい。

研究会の最後のセッションでは、種々のアンジュレータからの放射に関する 3 件の発表があった。広島大学の美馬氏からは、既に HiSOR に導入されている準周期アンジュレータの放射スペクトルに関する研究発表であった。準周期性の違いによりどのように放射スペクトルが変化するかを考察し、準周期アンジュレータの最適化が可能で

あることが示された。分子科学研究所の藤本氏からは、UVSOR 円偏光アンジュレータから生じる放射光光渦について発表があった。藤本氏らはアンジュレータからの高次光が光渦であることをダブルスリットで光渦回折像を測定することによって説明した。今回の研究会の最後の発表は、広島大学の松葉氏によるタンデムアンジュレータ放射の偏光特性に関するものであった。UVSOR で実施した偏光測定とシミュレーションの結果から、逆円偏光の 2 次光を重ね合わせることで軸対称径偏光ビームを作り出せることを示した。極めて特殊な螺旋状の波面をもつ光渦が今後どのように利用されるかは大変興味深い。

3. おわりに

2 日間という短い時間であったが、性格の異なる二つの研究会の参加者が一堂に会することで、互いに関連した要素技術や応用について活発な意見交換や議論ができた。今回の研究会での議論により、高輝度電子銃開発から FEL をはじめとする高輝度光源開発の発展へと繋げる道筋が見通せたのではないかと思う。来年度の FEL 研究会は京都大学がホストで開催されることが世話人会で決まった。電子銃研究会については、広島大学または京都大学で開催される予定である。次回も多くの方々に参加頂くことを期待したい。最後に、本研究会でご講演頂いた方々、ご参加頂いた方々、また研究会開催にご協力頂いた電子光センター内外の方々に、ここに深く感謝申し上げる。