

会議報告

第20回FELとHigh Power Radiation研究会の報告

境 武志*

Report on the 20th FEL and High Power Radiation Meeting

Takeshi SAKAI*

1. はじめに

2014年3月13日から14日にかけて、日本大学理工学部駿河台キャンパスにおいて第20回FELとhigh power radiation研究会が開催された。本研究会は、加速器をベースとして発生させた自由電子レーザー（FEL）等の高強度放射光とその利用に関する研究成果を発表する場として1991年以来ほぼ年1回の頻度で開催されてきた。当初赤外領域が中心だったFELの研究開発は、加速器技術の進歩を背景に赤外からX線領域にわたる強力な単色光源として広い波長範囲での利用を可能とするまでに発展してきた。また最近では高強度光源としてFELの他、テラヘルツ領域のコヒーレント光源、レーザーコンプトンX線源、パラメトリックX線源等の新たな光源が注目されている。日本国内においても、基礎研究分野への利用に加え、加速器・量子ビームの産業や医療分野における貢献の観点から、様々な加速器施設でこれら光源の研究とともに利用の開拓が精力的に進められている。第20回となる本研究会は、日本大学量子科学研究所電子線利用研究施設（LEBRA）の主催で2日間に渡り開催された。参加は、日本大学、京都大学、早稲田大学、兵庫県立大学、東北大学電子光理学研究センター、立命館大学、大阪府立大学、大阪大学産業科学研究所、産業技術総合研究所、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構、分子科学研究所、東芝株式会社、日本電気株式会社、ジャパン・アナリスト株式会社、ロックゲート株式会社（順不

同）から42名の参加者があり、17件の口頭発表、1件の特別講演が行われた。

2. 会議報告

日本大学量子科学研究所次長の早川（建）氏から開会と開催の経緯等の挨拶後、初日のセッションが開始された。はじめに主催である日本大学から「LEBRA-FELの現状」としてユーザー利用状況、電子線形加速器のトラブル等が野上氏（日本大学量子科学研究所）から報告された。特に、フルバンチモードにバーストモードビームを重畳した電子ビームを用い、波長1.2～1.6 μm のFELを発振させ、非線形結晶を用いて可視光領域の要求波長（600～800nm）の安定発振利用例が紹介された。2番目のセッションでは「時間分解分光に向けたKU-FELの光源整備と分光実験の現状」と題して中嶋氏（京都大学エネルギー理工学研究所）からFELパルス特性計測の新スキームの開



図1 日本大学理工学部駿河台キャンパス発表会場の様子

* 日本大学量子科学研究所 LEBRA, Nihon University (E-mail: sakai@lebra.nihon-u.ac.jp)
研究会ホームページ <http://www.lebra.nihon-u.ac.jp/20FEL-HPR/>

発^{1,2)}, 中赤外 FEL スペクトルの単一パルス計測³⁾, プラズマミラーによるターゲット損傷の回避と広帯域化⁴⁾が紹介された. 次のセッションでは, 「光クライストロン分散部による自由電子レーザー制御に関する研究」に関して, 清氏(産業技術総合研究所)から光クライストロンの高次高調波自発放出光, 分散部調整による FEL 制御に関して紹介があった^{5,6)}. 磯山氏(大阪大学産業科学研究所)からは, 「自己相関法を用いた FEL ミクロパルス波形の計測」に関して, 乾燥空気パージやステッピングモータ等全体の改良を行ったマイケルソン干渉計を用いて, FEL ミクロパルスの時間領域測定の結果に関して報告があった⁷⁾. 島田氏(高エネルギー加速器研究機構)からは「GeV クラスの ERL による高強度赤外線およびガンマ線生成の提案」と題して, ERL における高強度の赤外・ガンマ線の生成に関して, 発振メカニズムを CSR や FEL, pulse stacker, wake などとの相違点や類似点を例に上げながら提案がなされた⁸⁾. 宮本氏(兵庫県立大学高度産業科学技術研究所)からは, 「蓄積リングを用いたレーザー Compton 散乱偏光ガンマ線による光核反応」という題目で, newSUBARU におけるガンマ線ビームライン(1~73 MeV, 0.33 mW)の開発, ポラリメータを用いたガンマ線直線偏光度測定等に関して紹介された^{9,10)}. 浜氏(東北大学電子光理学研究センター)からは, 「スミス=パーセル後進波 FEL のためのエミッタンス交換路の検討」に関して, 3D シミュレーション, エミッタンス交換路の検討が示され, 提案があった. 入澤氏(大阪大学産業科学研究所)から「高強度テラヘルツ FEL を用いた利用実験の展開」として, 阪大産研のテラヘルツ光源の現状¹¹⁾, 高強度テラヘルツ光の利用環境, 分光イメージング利用, NEC 社製テラヘルツイメージャー¹²⁾を使用した 1 shot イメージングに関して報告があった. 1 日目最後に特別講演として, 寒河江氏(日本大学松戸歯学部)から「LEBRA-FEL を用いた硬組織レーザー反応の組織依存性について」という題目で医学歯学分野のレーザー利用, 硬組織へのレーザー利用と期待, 硬組織の特殊性に関して紹介があり, FEL による硬組織破壊の新しい理論体系の必要性に関して提案がされた¹³⁾. 1 日目のセッション終了後に, 御茶ノ水ワテラスタワー 2 階の cafe104.5 にて懇親



図 2 御茶ノ水ワテラスタワー cafe104.5 にて開催された懇親会の様子

会が開催された.

2 日目のセッションは, 山田氏(立命館大学)の発表から始まり, 「CW トップアップ入射で実用化した卓上型放射光装置」として MIRRORCLE 型放射光装置¹⁴⁾, 非破壊検査, X 線 CT 等のニーズに関して紹介があった. 次に早川(恭史)氏(日本大学量子科学研究所)から「PXR 円錐ビームを用いた極小角散乱イメージング」と題して, パラメトリック X 線放射源の現状, 位相コントラストイメージング, 小角散乱への成果に関して報告があった¹⁵⁾. 全氏(京都大学エネルギー理工学研究所)からは, 「KU-FEL におけるレーザー出力安定化に向けた取り組み」として BPM 導入とフィードバック制御, 変動要因対策, 安定度の向上への取り組みが紹介された¹⁶⁾. 加藤氏(大阪大学産業科学研究所)からは「FEL の成長に伴う波長スペクトルの時間的振る舞い」として, 阪大産研 FEL, 共振器長デチューニング, 波長スペクトル時間変化に関するシミュレーション, 測定結果に関して報告があった¹⁷⁾. 続いて川瀬氏(大阪大学産業科学研究所)から「産研 THz-FEL の高強度化運転」として, 27 MHz グリッドパルサー導入による THz-FEL の高強度化(マクロパルスエネルギー最大 16 mJ, ミクロパルス 130 μ J@68 μ m) 運転に関しての報告があった¹⁸⁾. 齊藤氏(大阪府立大学)から「電子ビームからの高強度 THz コヒーレント放射による液体の吸収分光」の題目で, KURRI L バンド電子ライナックのコヒーレント遷移放射光源による液体の吸収分光, 透過率測定に関して報告があった¹⁹⁾. Lueangaramwong 氏(東北大学)から

「Development of Linear Focal Cherenkov Ring Camera for Longitudinal Phase Space Measurement」という題目で、チェレンコフリングカメラを用いた縦方向位相空間分配測定のための新しい方法、Turtle-back ミラーを用いたエネルギー分解能の増強、数値解析による最適化に関して報告があった²⁰⁾。吉田氏（京都大学エネルギー理工学研究所）からは「アンチストークスラマン散乱測定法を用いた中赤外 FEL による選択的格子振動励起の原理実証」として、KU-FEL を用いた格子振動の選択的励起の実証に関して報告が行われた²¹⁾。最後のセッションでは、宍倉氏（日本大学量子科学研究所）から「LEBRA-FEL: 光生命化学反応解析研究のための検証実験」という題目で、生物体への LEBRA-FEL 照射系の開発状況、既知の光生物化学反応誘起検証とその結果に関して報告が行われた²²⁾。

研究会は、田中氏（日本大学量子科学研究所）から閉会の挨拶、今回は大阪大学産業科学研究所がホストとなり、2014 年 12 月頃に開催予定で検討が進められている旨報告があり終了した。

参考文献

- 1) Yu Qin, et al., "Use of Fringe-Resolved Autocorrelation for the Diagnosis of the Wavelength Stability of a Free Electron Laser", *Jpn. J. Appl. Phys.* 51, 102704 (2012).
- 2) Yu Qin, et al., "Pulse duration and wavelength stability measurements of a midinfrared free-electron laser", *Opt. Lett.* 38, 1068 (2013).
- 3) Xiaolong Wang, et al., "Single-shot spectra of temporally selected micropulses from a mid-infrared free-electron laser by upconversion", *Opt. Lett.* 37, 5148 (2012).
- 4) Xiaolong Wang, et al., "Damage threshold and focusability of mid-infrared free-electron laser pulses gated by plasma mirror with nanosecond switching pulses", *Appl. Phys. Lett.* 103, 191105 (2013).
- 5) N. Sei, et al., "DEVELOPMENT OF FREE-ELECTRON LASERS USING TWO "HIGHER ORDERS" WITH THE STORAGE RING NIJI-IV", *Opt. Express* 20 (2012) 308.
- 6) N. Sei, et al., "Multi-range free-electron laser with a pair of dielectric multilayer mirrors", *Appl. Phys. Lett.* 101, 144101 (2012).
- 7) 大角寛樹, "自己相関法を用いた FEL ミクロパルス波形の計測", 平成 25 年度博士前期 (修士) 課程論文.
- 8) 島田美穂, "ERL を用いた ILC 陽電子源のためのガンマ線源の提案", http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/wg_1/erlmeetingsiryou/data/76shimada_web.pdf.
- 9) 宮本修治, "ニュースバル偏光ガンマ線ビームライン", http://www.pasj.jp/web_publish/pasj9/proceedings/PDF/FRLR/FRLR17.pdf.
- 10) 宮本修治, "ニュースバル放射光施設", http://www.pasj.jp/cgi-bin/meetings/pasj10/pdf_get.cgi?SSFP/SSFP07/SSFP07.pdf.
- 11) R. Kato, et al., "HIGH POWER TERAHERTZ FEL AT ISIR, OSAKA UNIVERSITY", The 1st International Particle Accelerator Conference (IPAC'10), Kyoto, Japan, May 23-28, 2010, pp.2209-2211.
- 12) <http://www.nec.com/en/global/prod/terahertz/>
- 13) Toshiro Sakae, et al., "Pit Formation on Dental Hard Tissues Using Two Different Free Electron Laser Sources, LEBRA-FEL and KU-FEL", *Proceedings of FEL2012*, pp.563-565.
- 14) <http://www.photon-production.co.jp/>
- 15) Y. Hayakawa, et al., "X-ray Imaging Based on Small-angle X-ray Scattering Using Spatial Coherence of Parametric X-ray Radiation", *Journal of Physics: Conference Series*, 517, 012017 (2014).
- 16) K. Okumura, et al., "Study on Electron Beam Stabilization in KU-FEL", http://www.pasj.jp/cgi-bin/meetings/pasj10/pdf_get.cgi?SAP0/SAP098/SAP098.pdf.
- 17) R. Kato, et al., "TEMPORAL BEHAVIOR OF FEL SPECTRUM AT ISIR, OSAKA UNIVERSITY", http://www.pasj.jp/cgi-bin/meetings/pasj10/pdf_get.cgi?SAOT/SAOT10/SAOT10.pdf.
- 18) K. Kawase, et al., "Study of THz-FEL with 27 MHz Electron Beam Operation", http://www.pasj.jp/cgi-bin/meetings/pasj10/pdf_get.cgi?SUOS/SUOS03/SUOS03.pdf.
- 19) H. Saito, et al., "Absorption Spectroscopy by Using the High-Intensity Coherent Radiation", http://www.pasj.jp/cgi-bin/meetings/pasj10/pdf_get.cgi?SAP0/SAP028/SAP028.pdf.
- 20) A. Lueangaramwong, et al., "Study of Longitudinal Phase Space Distribution Measurement via a Linear Focal Cherenkov Ring Camera", http://www.pasj.jp/cgi-bin/meetings/pasj10/pdf_get.cgi?MOOS/MOOS02/MOOS02.pdf.
- 21) K. Yoshida, et al., "Experimental demonstration of mode-selective phonon excitation of 6H-SiC by a mid-infrared laser with anti-Stokes Raman scattering spectroscopy", *Applied Physics Letters* 103, 182103 (2013).
- 22) F. Shishikura, et al., "LEBRA Free Electron Laser as a Radiation Source for Photochemical Reactions in Living Organisms", <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/FEL2013/papers/wepso65.pdf>.