

DEVELOPMENT OF THE OPU ELECTRON LINAC SYSTEM FOR ADVANCED APPLICATIONS

Shuichi Okuda¹⁾, Ryoichi Taniguchi, Takao Kojima, Takashi Oka
 Radiation Research Center, U-I-G Cooperation, Osaka Prefecture University
 1-2 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka, 599-8570

Abstract

In Radiation Research Center, Osaka Prefecture University (OPU) 18 MeV electron linear accelerator has been used for scientific and industrial researches in various fields. This accelerator was constructed 48 years ago. For supplying stable beams to many users the accelerator components have been improved. For performing the characteristic quantum beam applications ultra-low intensity beams and coherent THz light sources have been developed. The recent development of the accelerator system for the application researches of the electron beams is reported.

OPU電子ライナックの高度利用のためのシステム開発

1. はじめに

大阪府立大学（OPU）産学官連携機構・放射線研究センターの放射線・加速器施設^[1]では、中・低エネルギーの電子加速器、ビーム分析用のイオン加速器およびコバルト60ガンマ線照射施設によって、種々の放射線照射利用研究が行われている。総合的な放射線利用施設として、学内共同利用および学外の利用が行われている^[2]。最近では特に、装置の老朽化、限られた予算と人員などの問題があるが、工夫を重ねて施設が維持運用されている。

電子ライナックは、多目的利用のための設備を備えると同時に、独自ビームの開発研究がなされているという特徴がある。地域の開かれた利用拠点としても評価されている。また加速器の利用や見学を通じて、学生の教育研究、一般市民への知識普及活動が行われている。

電子ライナックの特徴を活かしたシステムの開発とビーム利用研究の現状について報告する。

2. OPU電子ライナックと利用研究の現状

18 MeV OPU Sバンド電子ライナックは、1962年に設置された。現在研究用のライナックとしては、国内で最も古い。放射化の問題がほとんどない中エネルギー領域で、医療、食品照射、工業利用に関する基礎研究に適している。また加速器システムは、汎用の照射条件で利用することができ、さまざまな条件での基礎研究やある程度まとまった量の試料を照射するために必要な設備が整えられている。国内の大学やその他の研究機関において、研究開発や試験を目的としたこのような汎用の利用システムは現在極めて少ない。本センターのホームページ^[3]により、各研究機関から利用に関する問い合わせがあり、共同研究を実施している。

加速器システムの要素やそれらの配置の変更が容

易で、新たな開発と試験が行うことができる。これらは大学における共同利用施設としての大きな特徴である。

学生の教育研究、一般市民への知識普及を目的とした加速器の整備がなされてきた。また独自に開発したいくつか数種の量子ビームの利用も行われている。現状では、この加速器の運転や保守を行う担当教員は1-2名である。

3. OPU電子ライナックのシステム開発

OPU電子ライナックの概念図と、これまで約5年間の整備の状況を図2に示す。加速器室の地下にはコンベアを備えた大面積の照射設備がある。照射しながら、迷路構造を経た隣室から試料を送ることができる。また遮蔽壁を隔てて、照射室があり、比較的低いX線のバックグラウンドでのビーム利用が行える。

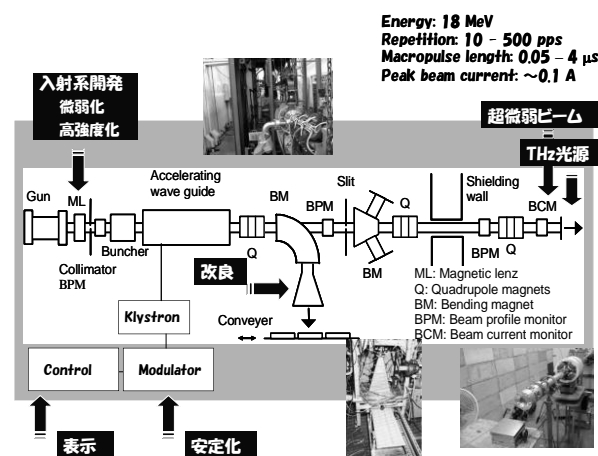


図1：OPU電子ライナックの概念図と2005年度からの主な整備状況

¹ E-mail: okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

2005年度からの高エネルギー加速器研究機構の大学等連携支援事業を契機とし、次のような大掛かりな整備を行ってきた。

- (1) 基本的な安定動作の確保
ビーム輸送系の真空改善、モジュレーター電源の安定化
- (2) 多目的ビーム利用系の整備
パルス当りの電荷量範囲10桁 (10^{-16} - 10^{-6} C) 以上の実現、地下の大面積照射装置の改善
- (3) 独自量子ビームの開発
超微弱ビーム (パルス当りの電荷量: ~数 aC) の開発と利用、コヒーレントTHz光源とそれを用いた、ポンプ・プローブシステムの構築
- (4) 教育研究と知識普及活動のための整備

加速器システムとしては、図1に示すような改良を加えた。微弱ビームの制御と質を高めるための、ビームコリメータを持つ電子銃の開発と、ビーム輸送系でのタンタルコリメータの設置。大面積照射のためのシステムにおける真空度改善を目的とした改善。ビーム利用部での真空照射と光源のための真空容器の設置である。また加速器動作を学生や一般見学者に理解されるように、制御卓を工夫し、各部をテレビモニタにより観察ができるようにした。

2009年度の総運転時間は211時間であったが、主として、微弱ビームを用いた短時間の運転が多く、これまでの整備の結果、修理等に要する時間は顕著に減少した。マイクロ波の立体回路へ供給するSF₆ガスの圧力を1気圧余りに大きく下げ、保守を簡単にした。問題なく動作している。

4. 独自の量子ビーム開発

独自に開発した特徴ある量子ビームとして、超微弱電子ビーム^[4, 5]と、コヒーレントTHz光源がある。前者の発生システムとビームの状況の概念図を図2に示す。

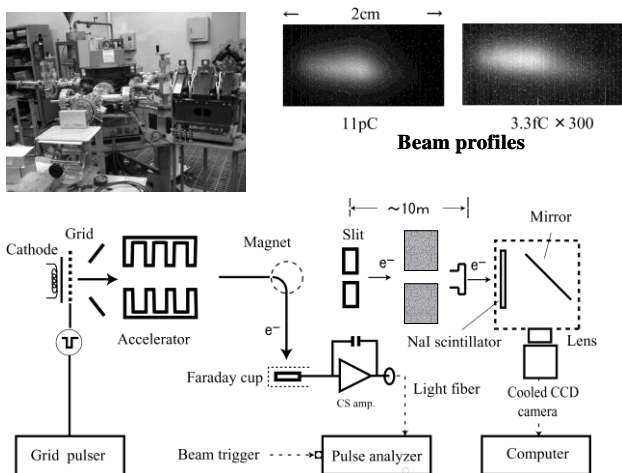


図2: 超微弱電子ビームの生成の概念図とシンチレータによるビームプロファイルの観測

まず電子銃からのビーム強度を可能な限り押さえ、さらに輸送系に設けられたスリットで微弱化する。暗電流の評価や、電流としては計測できない領域での微弱なビームのモニタ方法が重要である。これらの研究開発の下に、ビーム利用研究が行えるようになった。

超微弱電子ビームには、次のような応用分野がある。

- (1) 高感度放射線線量計の特性測定
- (2) パルス電子線によるラジオグラフィ
- (3) 制動放射X線スペクトルの測定とその利用
核反応を利用した新しい非破壊検査法の開発
- (4) 細菌や微生物に対する照射効果

このうち(1)-(3)についての研究を開始した^[6]。マイクロ秒パルス当りの最低ビーム電荷量をこれまでに約 10^{-16} Cとすることに成功し、数aCを安定に、またエネルギーをそろえて得ることが目標である。これは、個々の電子を計数する、放射線検出器による測定領域である。

コヒーレント放射については、京都大学原子炉実験所の電子ライナックの共同利用による基礎研究^[7]で、興味ある結果が得られている。この結果をもとに、OPU電子ライナックによる特徴ある半サイクル光の発生と、ポンプ・プローブ実験 (図3) のシステムを構築した。

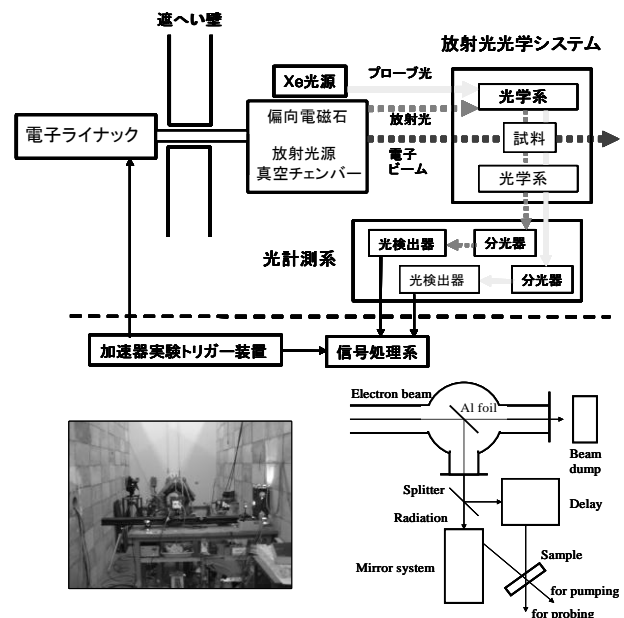


図3: コヒーレント放射によるポンプ・プローブ実験系の概念図

このシステムでは、パルスラジオリシスのシステムを基本とし、ポンプビームとしてパルス電子線またはコヒーレント放射を用い、プローブ光として、通常光源またはコヒーレント放射を用いる。

光源のために設置した真空容器は、これまでに希望があった真空中での電子線照射のためにも利用で

き、独立して真空引きができるシステムとした。

5. おわりに

大阪府立大学のOPU電子ライナックは、老朽化に対応する基本的な整備を行い、新たな研究が進展している。教育および研究のための多目的のビーム利用特性を維持しながら、独自に開発した量子ビームを利用する研究が行われている。このために、汎用で、特徴のある基礎研究用の加速器システムをめざして開発研究を行っている。今後さらに高度な量子ビームの利用環境を整備する。

本研究のうち電子ライナックの整備については、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、大学等連携支援事業で、2005-2007年度「大阪府立大学における電子線の高度利用および大学院教育のための加速器の整備」、2008-2010年度「大阪府立大学における電子線の高度利用および大学院教育のための加速器の整備」として行われた。またコヒーレント放射の利用研究については平成20-22年度科研費（20360421）の助成によった。

参考文献

- [1] 奥田修一, 日本加速器学会誌 2 (2005) p.96.
- [2] 大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成19年度共同利用報告書.
- [3] <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/index.html>
- [4] 奥田修一, 高齢の加速器が生み出す超微弱電子ビーム・百舌鳥の知恵, 「産学官連携活動の実際」, 大阪府立大学, 編中央経済社 (2008) pp.165-175.
- [5] R. Taniguchi et al., Radiat. Phys. Chem. 76 (2007) 1779.
- [6] R. Taniguchi et al., Radiation Measurements 43 (2008) 981.
- [7] S. Okuda and T. Takahashi, Infrared Phys. Technol. 51 (2008) 410.