

プログラム名：ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現

PM名：佐野 雄二

プロジェクト名：レーザー加速・XFEL 実証

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 28 年度

ビーム計測・制御技術

研究開発機関名：

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

研究開発責任者

神門 正城

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

①航跡波計測装置の開発

周波数領域ホログラフィー法により航跡波計測を行う。また、極短パルスプローブ光を用いた航跡波分布の計測を実施する。

②高出力レーザーによる電子加速試験

量子機構で開発された高出力レーザーを用いて、プラットホームで計画されているブースター加速部の予備試験を行う。アライメントモニタの1つとして、電子振動の結果放射されるベータトロン X 線計測器の開発を行なう。

③レーザー安定化試験

H27 年度に整備した安定化試験ベンチを用いて、レーザードリフト制御のための装置の開発を行う。

④ビームモニタの開発

電子ビームの位置、エネルギー、電荷量、エミッタンス、パルス幅などのパラメータを計測するための計測器の設計・開発を行なう。

⑤プラットホーム統合実験

理研播磨地区に設定されたプラットホームのためのレーザー設置、電子ビームラインなどの設置を大阪大学等と協力して行う。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

①航跡波計測装置の開発

周波数領域ホログラフィーによるリアルタイムでレーザー航跡場を計測できる装置を構築し、量研関西にある JLITE-X レーザーにより計測試験を行った。

②高出力レーザーによる電子加速試験

量研機構関西にある J-KAREN-P レーザーを用いたブースター加速試験の準備を進めている。集光径とパルス長計測を完了し、電子加速実験を開始した。また、アライメントのためのベータトロン X 線計測器を開発し、JAEA にある X 線装置を用いて装置の試験を行った。

③レーザー安定化試験

レーザードリフトを補償するためのレーザー位置モニターを開発するために、ビームモニターカメラとリアルタイムで通信するプログラムを作成した。得られた画像からビームの位置を解析してリアルタイムでログを表示することに成功している。今後、ミラーの制御を行うためのプログラムを作成し、自動でレーザードリフトを補償するための機能を追加する。

④ビームモニタの開発

H28 年度は、電子ビームのバンチ長とレーザーとのタイミング計測のために、非破壊・リアルタイム計測器として電気光学結晶を用いた空間デコード法を開発・製作し、量研の小型レーザーにて試験を行った。また、非破壊ではないが、より短バンチ長を計測できる手法としてコヒーレント放射スペクトルを

シングルショットで計測可能な分光器を設計した。ビームエネルギー、電荷量、エミッタンスやビームプロファイル計測のための設計を開始した。

⑤プラットホーム統合実験

プラットホーム構築のためのレーザー、電子ビームライン、計測器設置などの打合せを大阪大学(1Aと1B)、KEK、RIKENと進めた。

2-2 成果

①航跡波計測装置の開発

量研関西にある JLITE-X レーザーにより計測試験を行ない、図 1 に示すように、航跡場による干渉縞のシフトを明瞭に観測した。これにより本装置の基本動作を確認した。

②高出力レーザーによる電子加速試験

量研関西にある J-KAREN-P レーザーを用いた電子加速実験システムを構築し、実験を開始した。データは現在解析中である。

ベータトロンアライメントモニター：

Ge(220)湾曲結晶と X 線計測器等で構成した、ベータトロン X 線のエネルギー分布を取得可能な装置を製作している。X 線発生装置 (JAEA 共用設備) でこの入射モニターをテストし、下図の結果を取得する事が出来た。X 線計測器としてイメージングプレートを使用しており、横軸は X 線エネルギー、縦軸は X 線強度に対応している。

X 線発生装置からは約 60keV の特性 X 線 ($W K\alpha_1$ 線、 $W K\alpha_2$ 線) が放射されるが、図から明らかのように特性 X 線の観測に成功した。

③レーザー安定化試験

ビームモニターカメラからリアルタイムでビーム形状を取得することに成功している。ビームの位置リアルタイムで解析しログ表示することに成功した。

④ビームモニタの開発

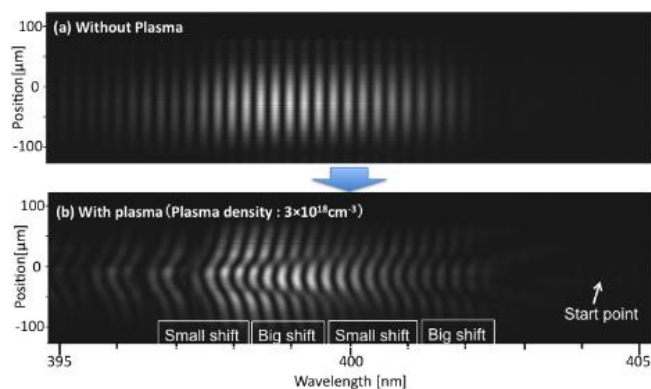


図 1. 周波数領域ホログラムの画像。上はレーザー航跡場がない場合、下はある場合。

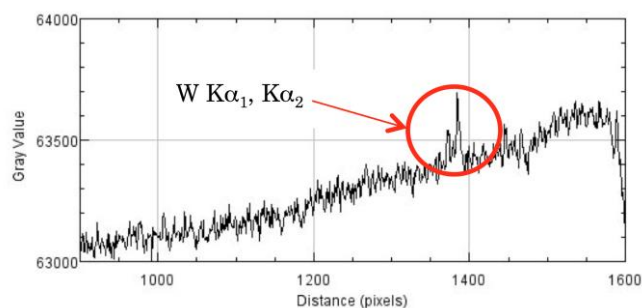


図 2: ベータトロン計測器で計測された W K 線 (60 keV)。

電気光学結晶を用いた電子ビームのバンチ長計測器を開発し試験を行った。図3のようにシングルショットでバンチ計測を行えることを示した。また、波の破壊法と呼ばれる電子発生スキームにおいて、レーザーと電子ビームのタイミングに大きなずれとジッタが生じることを世界で初めて計測した。これは制御された入射法（イオン化法）などでは起きないことも併せて実証した。

ビームエネルギーは永久磁石による偏向と収束磁石を用いた方法による高分解能計測器を設計中であり、同様にエミッタンスを計測する方法も検討している。ビームプロファイルモニタは、蛍光板と電気光学結晶を用いる方法を検討した。電荷量については、蛍光板の発光量から見積もることとし、併せてカレントトランスフォーマーを用いる方法を検討している。

⑤プラットフォーム統合実験

プラットフォーム用レーザーの設置打合せについては、大阪大学と協力してフランスや Skype を用いた会議などに参加し、主にコンプレッサの設計改造に貢献した。プラットフォームでの装置設計においては、大阪大学、KEK、RIKEN のチームと打合せを行ない、工程表を含めて設計を行った。おおよその案を構築することができた。

2-3 新たな課題など

特になし。

3. アウトリーチ活動報告

2016年10月13日関西文化学術研究都市推進機構が主催するけいはんなビジネスメッセにおいて、量研機構関西のアクティビティを広く紹介するコーナーにおいて、本プログラムの紹介を行い、ポスター展示と研究員（中新信彦）による説明と、パンフレットの頒布を行った。内容は、ImPACTにおける Project 1 の全体説明と、量研機構関西で進めているビーム・計測技術について紹介した。

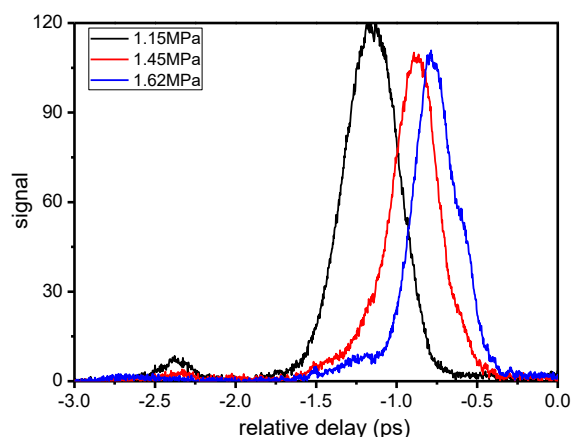


図 3: 電気光学結晶を用いて計測された電子ビームの時間情報。電子エネルギーは、おおよそ 30 MeV 程度である。