

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：1B レーザー加速統合プラットフォーム

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

レーザー加速統合プラットフォーム

研究開発機関名：

大阪大学光科学センター

研究開発責任者

兒玉 了祐

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

本研究開発では、参画機関が開発を行っている要素技術を集約した統合プラットフォームを構築し、マルチステージング航跡場加速による安定な電子発生及びマイクロアンジュレーターによる X 線自由電子レーザー (X-ray free-electron laser: XFEL) 発振へと発展できる基盤技術を開発することを最終目標としている。開発目標を達成するため、大阪大学光科学連携センター (理化学研究所播磨事業所内) にマルチステージング航跡場加速専用レーザーシステム及び実験エリアのユーティリティ設計構築を行い整備する。

平成 29 年度はレーザーパルスの増幅及び圧縮、レーザーシステムの評価及び最適化、1A レーザー加速要素技術及び 1D ビーム計測・制御技術を統合した電子ビーム発生を目標とした。

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

平成 28 年度に設置したレーザーシステムの立ち上げを継続して行い、最終段アンプの構築と増幅、パルス圧縮器の調整及びレーザーシステムの評価が完了した。また、電子加速チャンバーにレーザーを導入し、1A レーザー加速要素技術開発、1D ビーム計測・制御技術を統合した電子ビーム発生に着手した。電子源の立ち上げが完了し、追加速の試験準備を行った。

2-2 成果

図 1 はレーザー加速統合プラットフォームレーザーシステムの概念図である。前年度に構築した 40 TW 級 Front-end を 3 ビームに分岐し、独立に構築した最終段増幅器による増幅及び最適化を行った。

図 2 はパルス圧縮器の概念図である。増幅後のレーザーパルスをパルス圧縮器チャンバーへ導入し、圧縮器の構築及び最適化を行った。パルス圧縮器の設計構築においては、空間的な重ね合わせ精度を高め安定に電子発生を行うことに重点を置き、真空容器内に設置した 1 枚の光学テーブル上に 3 ビーム分の圧縮器を配置できる構成とした。また、ジュール級のパルス圧縮器から射出される 0 次光は 1D ビーム計測・制御技術で開発した計測に用いるに十分なエネルギーを有しているため、大気中に導き圧縮し再利用した。

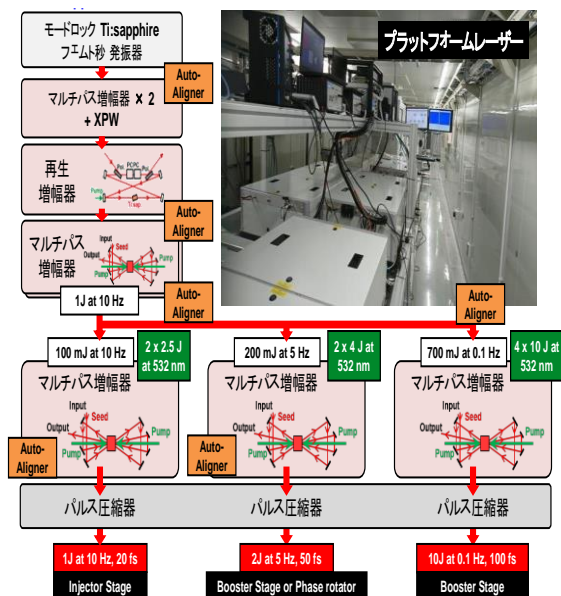


図 1 プラットフォームレーザーシステムの概念図

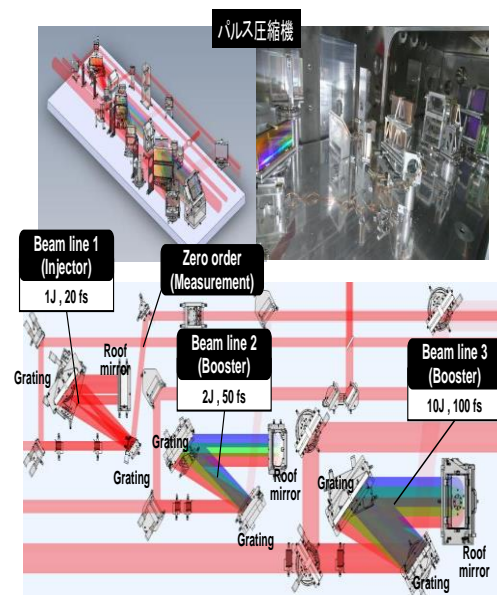


図 2 パルス圧縮器の概念図

圧縮後のレーザーパルスを用いたレーザー加速要素技術で開発した電子源及び 1D ビーム計測・制御で開発した計測技術を統合できるように設計した電子加速チャンバーに導入し、プラットフォームレーザーを用いて検証を行った。

図 3 は電子源検証実験の実験レイアウトである。電子源駆動用のレーザーパルス（最大エネルギー 1 J、最短パルス幅 20 fs）を軸外し放物面鏡（ $f=175$ mm）を用いてガスジェットに集光照射し電子を発生させた。射出された電子ビームをパルス電源駆動のソレノイドマグネットにより収束させ、エネルギースペクトル、空間プロファイル等の計測を行った。

図 2 は電子スペクトル計測器で観測された典型的な電子ビームのエネルギースペクトルである。パルスソレノイドマグネットを用いることにより特定のエネルギーを一定の位置に安定に集光し切り出すことに成功した。

また、最終年度の追加速試験及び X 線発生試験のため電子輸送用の電磁石、マイクロアンジュレーターの設置を完了した。

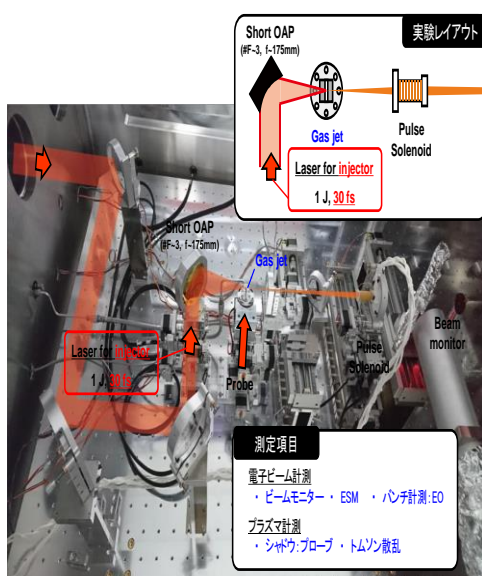


図 3 電子源検証実験の実験レイアウト

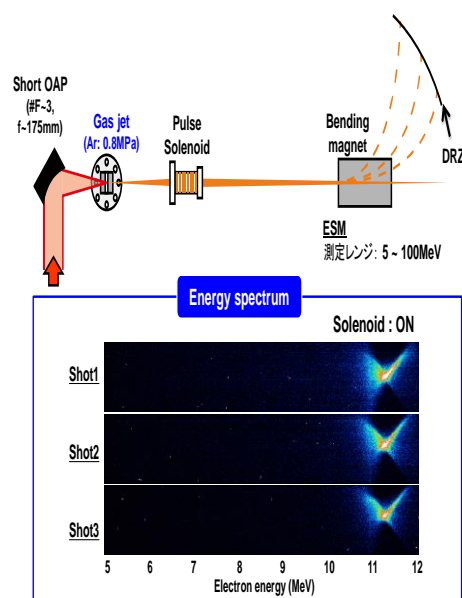


図 4 電子ビームのエネルギースペクトル

2-3 新たな課題など

昨年度までに電子源の立ち上げが完了しているが、レーザー航跡場加速研究の実験パラメータは無数に存在するため、将来のレーザー航跡場加速器実現を見据え引き続きシミュレーションによる電子ビーム生成部、加速器ビームライン設計及びアンジュレータ放射等の検証を行う。

これまでの実験的検証はシングルショット計測で行っており、レーザー航跡場加速器による XFEL 発振及びユーザ利用を実現するためにはレーザーの高繰り返し化や差動排気システムの構築が必須である。シングルショットによる検証と並行してプラットフォームレーザーの最大繰り返し周波数で運用できるよう技術的な検討を行う。

3. アウトリーチ活動報告

無し