

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 2 7 年 度

研究開発課題名：

ビーム計測・制御技術の開発

研究開発機関名：

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

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

航跡場分布をシングルショットで計測する装置のプロトタイプを構築する。

②J-KAREN レーザーによる電子加速試験

原子力機構で整備中の J-KAREN レーザーを用いて、ブースター加速部の実証を行うための理論検討と実験準備を進める。

③レーザー安定化試験

構築した安定化定盤の上でのレーザーの安定化試験を実施する。

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レーザー航跡場加速において、安定な電子加速を行うためには、その加速電場である航跡場が安定に生成されなければならない。そのための加速分布（電子密度分布）計測を行っている。定性的な計測のための 10 フェムト秒以下のプローブ光を用いたシャドウグラフ法、定量計測を目指した計測した干渉計・ホログラフィー計測の準備も進めている。シャドウグラフ法は低密度プラズマでは感度が低いため位相コントラスト法を用いた高感度化を今後図る。

②レーザー電子加速スキームの確認のため、理論式の整理を行った。また、安定電子生成のための入射スキーム、多段加速について理論検討を行ない、シミュレーションを用いた設計を行っている。今年度は 2 次元を中心に行った。今後はパラメータ探索と 3 次元シミュレーションを実施する予定である。また、航跡場への電子入射がずれた場合、横方向の航跡場により電子が揺すられ、X 線を発生するベータトロンが発生する。このベータトロンは角度分布とピークエネルギーから入射時の情報を得るためのベータトロン X 線計測器を開発している。

③既存レーザーの揺らぎの原因であるタイミングジッターを改善するために、現在タイミングジッターの原因となっている電気的な同期を排除し、オシレータ光から分岐した光を用いて同期を行うためのシステムの構築に取り組んでいる。必要な波長選択、

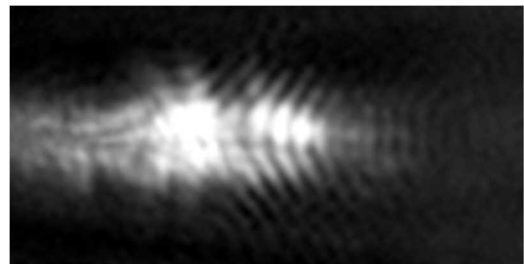


図1 超短パルスプローブを用いたシャドウグラフ計測。ヘリウムガスの背圧 1.75MPa、ガスジェットノズル ϕ 3mm での航跡場。

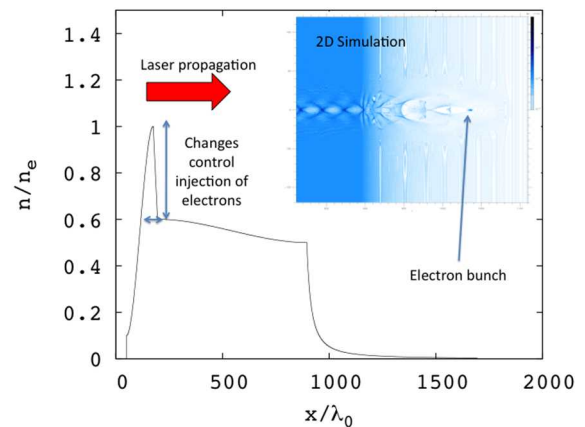


図2 電子加速の 2 次元シミュレーション結果。電子密度の軸方向分布。内部の図は、2 次元密度分布と発生した電子ビームを示す。

プレ増幅、パルス伸長を安定して長時間行うための自動制御機構の開発に成功しており、現在は最終増幅装置の構築に取り組んでいる。

2-2 成果

①航跡場計測として、10 フェムト秒以下のプローブ光を用いての、シャドウグラフ計測を行い、関西研 JLITE-X レーザーを用いて窒素ガス及びヘリウムガスを用いた場合の航跡場の測定に成功した。図 1 にヘリウムガス 1.75 MPa での航跡場を示す。

②2次元のシミュレーションを実施し、図2のような密度分布を用いた場合、20-30 MeV の電子が5%のエネルギー拡がりが発生し、1次元の解析式により、これを追加速することで1 GeV、エネルギー拡がり0.2%の電子ビームが得られることを示した。

また、ベータトロン X 線計測器の2次元空間分布計測器として、8x8ch のシンチレータアレイ計測器を作成し、デモンストレーションとして2次元 X 線イメージングを実施し、図3のように予想通りの画像が取得できた。

③新同期システムを安定に稼働するために、必要な波長の光を安定して取り出すための自動制御機構の開発に成功した(図4)。これにより、制御機構導入前にみられた10nm以上の波長のふらつきが改善され、波長安定度0.05%以下

(RMS)を達成した。波長安定化により、プレ増幅、パルス伸長後の出力も安定になり、パワー変動0.5%以下を達成した。

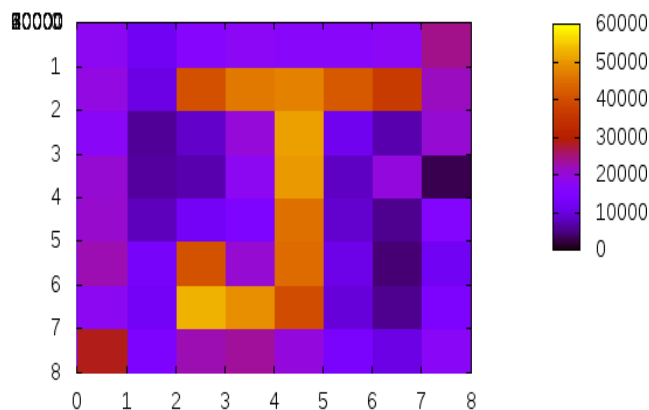


図3 開発した2次元アレイにより計測した X 線イメージング図(「J」文字を型どった鉛コリメータを使用)。

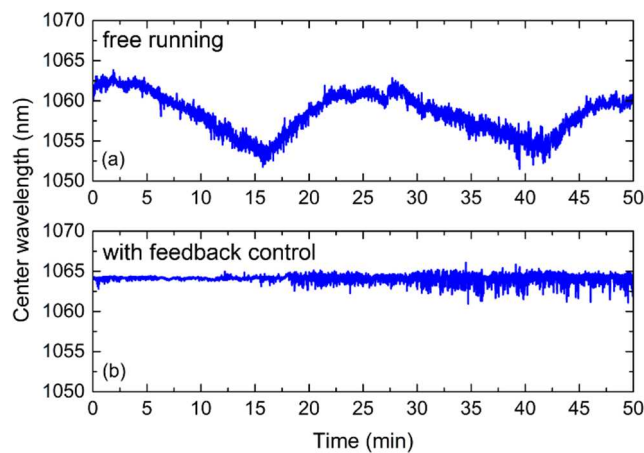


図4 波長制御機構導入前 (a) と導入後 (b) の波長安定性の比較

2-3 新たな課題など

なし

3. アウトリーチ活動報告

なし