

1 D : ビーム計測・制御技術の開発

プロジェクトの概要

研究開発責任者：神門正城（原子力機構）

安定な電子加速実現のための加速場を見る計測器、調整装置、レーザー安定化要素技術を開発

- 世界とは異なるアプローチ “多段レーザー加速” で、小型・高エネルギー電子ビームを作る (1A, 1Bと共同)
- 1 Aにて世界で最も安定したレーザープラズマによる電子ビーム加速を実現しているが、実用化にはより高い安定性が必要
- 多段化により電子ビームの安定化が見込まれるが、一方で電子ビームを高精度で制御する技術が要求される

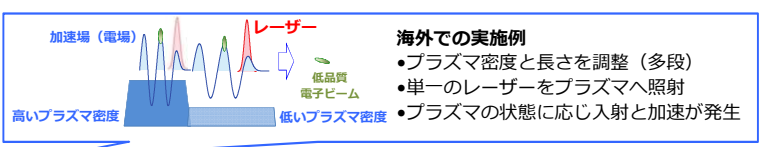
多段加速方式で、加速エネルギー利得 $>1\text{GeV}$ 、エネルギー広がり $<1\%$ 、発散角 $<1\text{ mm-mrad}$ 、パルス幅 $\sim 10\text{fs}$ の高品質電子を生成するためのモニター・制御・レーザー技術を開発する。

技術戦略

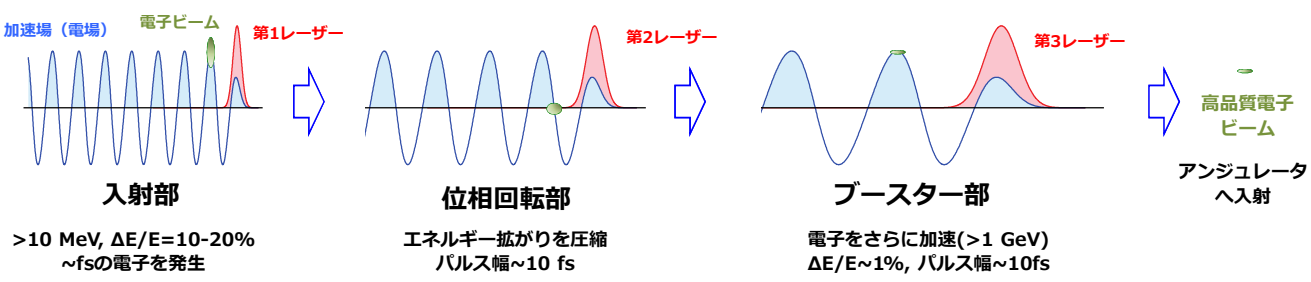
- レーザーの位置や加速場などを常時モニタリング・制御し、世界で最も安定したレーザープラズマ電子加速を実現
- 加速源であるレーザー装置の安定化技術も開発し、環境にロバストで安定したレーザープラズマ電子加速の装置技術を確立
- 開発技術をレーザー加速統合プラットフォーム (LAPLACIAN) へ集結。各要素技術を統合し、有効性を実証

原理・技術施策

多段化レーザープラズマ電子加速の原理



- 海外機関で行われている単一のレーザーを用いた多段加速方式とは異なり、複数の適切なパラメータを持ったレーザーパルスを利用して多段加速を行う (将来、更に加速エネルギー上昇のスケラビリティ有り)

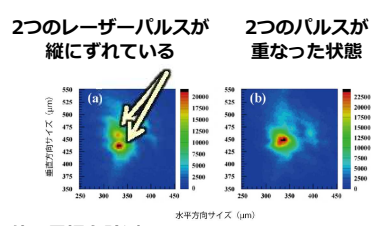
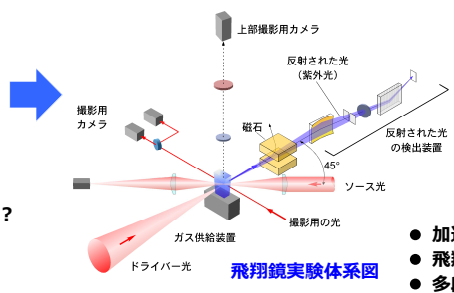


電子ビームを適切に加速場に入射させる「目」(計測)と「手」(制御)が必要となる

技術課題とその解決方法

- プラズマ波計測・アライメント技術
多段加速を高精度に行うためには、微小空間($10\sim 100\mu\text{m}$)に電子ビームとレーザーをショット毎に合わせる必要

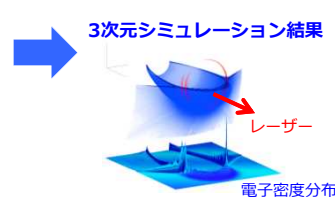
- 加速に使える場はできているのか?
- 電子ビームとレーザーはオーバーラップはしているのか?
- ショット毎のずれはないか?



- 加速に使う電場を計測
- 飛翔鏡実験を通じて様々な調整手法を開発→さらに高度化
- 多段加速用の常設モニターとして適用可能な技術を確立

- ブースター加速条件の最適化
安定した追加速方法・条件が不明

- チャープ光での長距離伝搬は安定か?
- 安定な電子を作り出すパラメータは?



- 理論、3次元・高精度シミュレーション技術によるパラメータ探索
- チャープさせた高出力レーザーによる安定性影響の検証

- レーザー装置自体の不安定性
安定な電子ビーム生成のためには、環境にロバストで空間的・時間的に安定したレーザーが必要

- 高出力レーザーの不安定の原因は?

- 振動や温度変化を抑制・制御し、安定な $\sim 10\text{TW}$ 級レーザーを実現
- タイミングを電気から光に変えた安定なレーザー増幅器を開発

原子力機構で使用されているパラメトリック増幅法の高度化