

レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証

(ステージ1の開発成果とステージ2の開発計画)

自然科学研究機構 分子科学研究所 佐野 雄二
高輝度光科学研究センター 熊谷 教孝

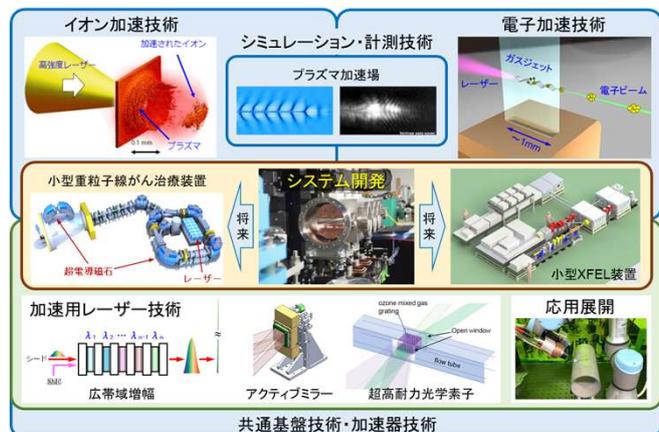
はじめに

粒子加速器は学術・産業・医療などの幅広い分野で利用されているが、装置が巨大で高額な建設費がその普及を妨げている。近年、従来の加速技術と比較して桁違いに高い加速勾配をもつレーザープラズマ加速技術の開発が進展している。この技術により粒子加速器の大幅な小型・低価格化が実現できれば、物質や生命の謎の解明や産業展開など、加速器を活用する機会の拡大が期待できる。

目指す姿と実施内容

粒子加速器の大幅な小型化を達成し、新材料や新薬の創製、粒子線がん治療への応用などの社会実装を通して工学、化学、医学、薬学など幅広い分野に貢献し、科学技術創造立国としての基盤を提供する。このため、以下を推進する。

- ▶ 小型電子加速器の開発により放射光や自由電子レーザー(FEL)利用の利便性を高め、基礎から応用までの幅広い研究および新材料や新薬の開発等の産業利用における強力な基盤装置としての活用を図る
- ▶ 小型イオン加速器の開発により粒子線がん治療装置等の医療用加速器の導入・運用コストを低減し、既存病院への導入を図ることにより、健康寿命の延伸と医療費の削減に貢献する
- ▶ 粒子加速用の高安定・高出力・小型レーザーの実用化により国産レーザー技術の世界市場への参入を拡大し、新たな応用への製品投入など産業の拡大・発展に貢献する



「レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証」実施内容

ステージ1(2017~2020年度)の開発成果

電子加速では、ターゲット(ガスジェット)の改良などにより電子ビームの制御特性が大幅に向上した。また、1GeVの電子加速、可視光領域の放射光観測、加速エネルギー増大のための多段加速に成功した。イオン加速では、レーザーが引き起こす電子の特異な振る舞いが重イオンを効果的に生成し加速することを解明するとともに、炭素イオン生成用のターゲット開発、炭素イオンの高純度化、ビーム制御において進展を得た。レーザー開発では、排熱を促進するアクティブミラーや常温接合技術の活用でレーザーの大幅な高出力化・小型化に成功した。また、高耐力光学素子の開発や損傷評価技術などに進展を得た。

ステージ2(2021~2023年度)の開発計画

電子加速では、シミュレーションを活用して加速された電子ビームの最適化を行うとともに、電子ビームをアンジュレータに入射して極端紫外(EUV)領域の放射光の増幅を確認する。イオン加速では、加速用レーザー、炭素イオン発生装置、計測用ビームライン、リアルタイムイオンモニターなどを組み合わせ、量子メス(次世代重イオンがん治療装置)のイオン入射器の実証実験を行う。レーザーについては、新奇要素技術開発を継続するとともに、粒子加速に使用するためのレーザーの基本設計を実施する。

おわりに

2017~2020年度の開発(ステージ1)を指揮した熊谷教孝に替わり、2021年4月に佐野雄二が研究開発代表者を引継いだ。変わらぬご指導・ご協力をお願いいたします。

参考資料

JST未来社会創造事業「粒子加速器の革新的な小型化及び高エネルギー化につながるレーザープラズマ加速技術」 ホームページ: <https://www.jst.go.jp/mirai/jp/program/large-scale-type/theme01.html>