

# 「パルス電磁エネルギー技術を用いたビーム物理工学」調査専門委員会 設置趣意書

パルス電磁エネルギー技術委員会

## 1. 目的：

電磁エネルギーの応用・利用形態として、荷電粒子ビームがある。荷電粒子ビームは、良く制御された電磁エネルギーを、粒子加速器を用いて荷電粒子の運動エネルギーへと変換し生成する。パルス電磁エネルギーの投入によって生成される荷電粒子ビームは大電流であることが特徴で、粒子ビームを用いた慣性閉じ込め方式核融合への応用を目指した研究・開発により発展した。粒子加速器にはさまざまな種類があり、応用分野も素粒子・原子核物理や精密加工、放射線治療、微量元素分析など幅広い。

本調査専門委員会では、パルス電磁エネルギー技術を用いたビーム物理・工学分野への利用を調査し、今後の展望を行うことを目的とする。

## 2. 動向：

さまざまな種類の粒子加速器があり、生成される粒子ビームは、素粒子・原子核物理や精密加工、放射線治療、微量元素分析など幅広い分野へ応用されている。特に、パルス電磁エネルギーの投入によって生成される荷電粒子ビームは大電流であることが特徴で、粒子ビームを用いた慣性閉じ込め型核融合への応用を目指した研究・開発により大きく発展してきた。

大電流の粒子ビームでは、ビーム自身を作る電界によって粒子軌道が曲げられる現象が顕著に起こる。これは空間電荷効果と呼ばれ、ビームを半径方向へ発散させる動きを起こす。一方で、高エネルギー粒子加速器では、荷電粒子ビームを輸送するために半径方向の軌道を制御する電磁石を輸送ラインに沿って配置する。このため、大電流の荷電粒子ビームは、外側へ発散しようとする空間電荷効果と発散を抑制する電磁力とが相互作用する“one component plasma”となり、非線形で複雑な振舞いをする。したがって、ビーム軌道の解析の際には、ビーム自身を作る電磁界を考慮した多体問題として注意深い取扱いが必要である。

容量性パルス電磁エネルギーだけではなく、誘導性パルス電磁エネルギーを用いた荷電粒子ビーム発生技術も大きく発展している。誘導加速器は、パルス電源から磁性体コアと加速ギャップを組み合わせたモジュールへ電力を供給し、加速ギャップへパルス高電圧を印加して荷電粒子を加速する。従来の静電加速器とは異なり、パルス電流が流れている時間だけ加速ギャップに電圧が発生し、ギャップの外部では接地電位とできる。

このため、誘導加速モジュールを多段に置くことによって、加速される荷電粒子のエネルギーを段数に応じて高める線形加速器を構築できる。

誘導加速器は、パルスパワー技術に基づく機構であるため、任意のタイミングでトリガーをかけられるスイッチング素子が重要となる。近年のパワーエレクトロニクスの発展とともに、高電圧・大電流を半導体素子で扱えるようになってきており、高繰り返し誘導加速器も構築されている。さらに、誘導加速シンクロトロンが提案・実証され、従来の加速器の自由度を大きく上回る動作が可能な、次世代の粒子加速器と荷電粒子ビームが利用できるようになってきている。

【参考文献】 電気学会：「電気学会 125 年史」

### 3. 調査検討事項：

主に次のようなパルス電磁エネルギー技術に基づいた特徴的なビーム物理・工学分野の研究・開発およびそれらの関連事項を調査する。

- 1) 粒子ビーム発生・制御のためのパルス電磁エネルギー技術（パルスパワー電源）
- 2) 粒子源（レーザーイオン源，クラスターイオン源，極短バンチ電子銃）
- 3) 粒子加速手法（誘導加速，両極性加速，レーザー電子加速）
- 4) ビーム動力学（パルス圧縮，エミッタンス増加機構，高エネルギー粒子加速機構）
- 5) 応用（放射線治療，電子ビーム励起放射源，重イオン慣性核融合）

### 4. 予想される効果：

上述の調査検討事項に従い、パルス電磁エネルギー技術に基づいた特徴的なビーム物理・工学分野の研究・開発およびそれらの関連事項をまとめ、今後のパルス電磁エネルギー技術の異分野への貢献や利用方法を提案する。

### 5. 調査期間：

平成 28 年(2016 年)5 月～平成 31 年(2019 年)4 月（3 年間）

### 6. 委員会構成

職名	氏名	所属	会員区別
委員長	菊池 崇志	長岡技術科学大学 大学院工学研究科原子力システム安全工学専攻	会員
委員	堀岡 一彦	東京工業大学	会員

委員	伊藤 弘昭	富山大学	会 員
委員	徳地 明	(株)パルスパワー技術研究所	会 員
委員	細貝 知直	大阪大学	非会員
委員	西尾 峰之	阿南工業高等専門学校	会 員
委員	曾我 之泰	金沢大学	非会員
委員	阿蘇 司	富山高等専門学校	非会員
委員	坂上 和之	早稲田大学	非会員
委員	伊藤 清一	広島大学	非会員
委員	江 偉華	長岡技術科学大学 極限エネルギー密度工学研究 センター	会 員
幹 事	高橋 一匡	長岡技術科学大学 大学院工学研究科電気電子情 報工学専攻	会 員

7. 活動予定 :

委員会 1 回/年、幹事会 2 回/年

8. 報告形態 :

技術報告書

9. 委員の公募 : する