

氏名 崔 載 永

学位(専攻分野) 博士(工学)

学位記番号 総研大甲第70号

学位授与の日付 平成6年3月24日

学位授与の要件 数物科学研究科 加速器科学専攻
学位規則第4条第1項該当

学位論文題目 Bunching of High Intensity Electron Beams in
Linacs

論文審査委員 主査教授 高田 耕 治
教授 佐藤 勇
教授 榎本 收 志
助教授 竹田 誠 之
助教授 大澤 哲
教授 浅見 明 (鳴門教育大学)

論文の審査結果の要旨

崔載永(Jae-Young Choi)氏の論文はリニアックにおけるバンチングという極めて古いが必ずしも良く理解されてこなかった問題に明快な物理的見通しを与えようとしたものである。Bファクトリー電子、陽電子非対称型衝突リングのための入射器として、放射光施設2.5GeVリニアックは高エネルギー化、電流増強など大幅な性能の見直しが要求されている。とくにエミッタンスの増大を伴わずに電流強度を上げることが重要課題である。ところで加速器の最終的なビーム特性は、入射器の性能が不完全であると決して設計目標に近付けないことは古今の鉄則である。その意味でリニアックの入射部分のバンチング過程の解析およびその適切な設計は極めて重要な課題である。

崔氏はこの問題を解決するに当たって、先ず、解析的モデルによるエミッタンスの増大の大局的検討を行なった。次いで、それに基づいて放射光施設2.5GeVリニアックバンチャー部のビームプロファイル観測の実験を行った。またこれと並行して世界最新のPARMELAコードによる詳細なシミュレーションでの裏付けも行った。これらの一連の作業における組織的な問題の立て方ならびに解析の深さのついて、大変高い評価が与えられた。

崔氏は更に一歩進めて、PARMELAコードでは取り入れられていないローディング効果の検討も行った。それにはウェークフィールドとバンチング作用の反復計算という大変高度な手法を採用している。

なお論文は留麗な英文で仕上げられており、英語による発表力も十分であると考えられる。

この一連の仕事によって、崔氏が学位を授与されるのに十分な実力を有していると判断されたが、特にそれに加えて、高エネルギー物理学研究所放射光施設リニアックの大電流化のための設計の基礎的側面が固められた点も大変評価された。

このようにいきさつから数物科学研究科加速器科学専攻の博士(工学)学位論文として相応しいと判断した。

論文内容の要旨

この論文は、高エネルギー物理学研究所放射光施設のリニアックを使って実験的および理論的に次のような研究を行い、それをまとめたものである。

(1) 先ず、バンチャー部の高周波電磁場による横方向発散力に、バンチ長に反比例して増加する自己電荷の横方向発散力を加えて電子軌道を計算し、バンチ長短縮過程と横方向エミッタンス増大の相関を大局的に論じた。特に、バンチ先端から末尾にかけての横方向発散力変化が位相空間上での、いわゆるバタフライ状エミッタンス増加を結果することを軸に解析を進めた。その上で、バンチ短縮化は緩やかであるが加速は最大に近い高周波位相でバンチャー部へ入射するのが、バタフライの面積が小さく、従ってエミッタンス増大の極小化につながるとした。

(2) この理論的検討に並行して、電子の位相空間上の軌跡をバンチャー部設計用として世界的に最も進んだPARMELAコードで詳しく計算した。また、高エネルギー物理学研究所放射光施設のリニアックのバンチャー部の高周波位相を変えたときのビームのプロファイルの変動を観測した。この過程で数値的および実験的に求められたエミッタンスの振る舞いは理論的予想を確認するものであった。このようにしてバンチング過程の理解が深められ、PARMELAコードによる計算を批判的に活用できるようになった。特にBファクトリーの仕様で要求されるバンチ当りの電荷量とバンチ長に対し、エミッタンス増大を許容値以内に抑さえるための、バンチャー諸パラメータ選択の見通しが極めて明るくなった。

(3) 当然のことながら大電流動作においてはビームローディング効果が無視できない。しかし現在のPARMELAコードではその効果が組み入れられていない。そこでこれを改善するために、同コードで計算されたバンチ形状を第0近似として、それがバンチャー部で誘起するウェーク場を先ず求めた。そしてこれを初めに仮定した電磁場に重畳したものを新しい入力パラメータとして計算を再度実行し、近似の度合いを高めた。この新しい工夫は、PARMELAコードにビームローディング効果を取り入れ、バンチングの計算精度を上げるものとして大変評価される。なおこの計算過程で、高周波パルス立ち上がり部分における過渡的なエミッタンス増大の振る舞いも明らかにした。