

氏 名 柏 木 茂

学位（専攻分野） 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大甲第364号

学位授与の日付 平成11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 Energy Compensation Multi-bunch Beam for
Linear Colliders

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 佐藤 康太郎
教 授 生出 勝宣
教 授 榎本 収志
教 授 高田 耕治
助 教 授 新竹 積
教 授 横谷 馨（高エネルギー加速器研究機構）
助 教 授 小山田 正幸（東北大学）

論文内容の要旨

For future linear colliders, one of essential technique to get sufficient luminosity is the ability to accelerate the multi-bunch beam with small bunch spacing. In multi-bunch acceleration, it is important to control the transverse and longitudinal wakefields. The transverse wakefields in the accelerating structures cause the multi-bunch instability and the longitudinal wakefields induce the energy deviation due to the beam loading in the structures. If the energy deviation is not compensated, the emittance growth is introduced and in turn lower the luminosity. So the compensation of the bunch-to-bunch energy spread is essentially important for future linear colliders. In this paper, we compare with the two different types of multi-bunch energy compensation method for the emittance growth in the linacs using tracking simulation, one is local compensation method ($\Delta\Phi$ -A method) and another is unlocal energy compensation method (ΔF method). The results of this simulation will be good information for design of future linear colliders. We describe the beam tests for the energy compensation methods (ΔF and $\Delta\Phi$ -A method) using the multi-bunch beam at the ATF linac in KEK.

論文の審査結果の要旨

柏木茂君の博士論文内容は、線形加速器において多バンチ間のエネルギーの広がりによって発生するエミッタンスの増大について、エネルギー広がり補正を局所的に行った場合と非局所的に行った場合の評価をシミュレーションによっておこなったことである。さらに、KEK ATF 線形加速器において、エネルギーの広がり補正を局所的に補正する方式と非局所的に補正する両方の方式で行い、補正が可能であることを実証したことである。

論文の導入部において、まず本研究の位置づけとして線形加速器で構成されるリニアコライダーの概要及び多バンチ運転の必要性と多バンチの運動を述べている。次に、線形加速器の加速電界を上げるための RF パルス圧縮の方式を比較検討するとともに、多バンチ間のエネルギーをそろえる方式として、非局所的な ΔF 補正方式と局所的な $\Delta\phi - A$ 補正方式を述べている。 ΔF 補正方式では、加速周波数とわずかに上下に異なる 2 種類の周波数の加速管を設置し、加速位相のずれを使ってバンチ間のエネルギーの傾きを補正する。 $\Delta\phi - A$ 補正方式では、2 台の RF 源からのパルスを合成し、合成位相を変えることによって、パルスの形を変えエネルギーの広がりを補正する。

論文の主要部において、多バンチ間にエネルギーの広がりがあると、線形加速器の機器の各種の設置誤差から発生する軌道の偏向と、収束系のエネルギー分散によりエミッタンスが増大する機構を解析した。エネルギーの広がりを補正する 2 方式について、エミッタンス増大の観点からシミュレーションを行い、局所的に補正を行う $\Delta\phi - A$ 補正方式が優れていることを示した。相対的なエネルギーの広がりが大きい低エネルギー領域でエミッタンス増大が問題になりうることを示し、エミッタンス増大と 2 種類の補正方式との関係をシミュレーションによって比較検討を初めておこなった。

実験においてはまず非局所的な ΔF 補正方式を組み上げ、多バンチビームを加速して 23 バンチのエネルギーの広がりをもとの 1.5% から 0.3% に補正することに成功している。さらに、局所的にエネルギー広がり補正が可能な $\Delta\phi - A$ 方式を組み上げた。19 バンチのビームを加速し、合成位相を変えることによってバンチ間のエネルギーを変えられることを実証した。

これらの実験において、柏木君は主導的な立場で、大電力 RF パルスの各種調整をはじめ、個々のバンチのエネルギーと広がりを観測するためのモニター類の整備から測定まで広い範囲の仕事を行った。特に、 $\Delta\phi - A$ 方式はバンチ間のエネルギーの補正量が可変であり、バンチ毎の電流が一樣でない場合でも対応が可能で、有望であると考えられている。原理そのものはすでに知られているものであるが、柏木君は実際に実験装置を組み上げビームを使って初めて補正方式を実証した。

以上、エネルギー補正方式の比較検討をエミッタンス増大の観点から行い新しい知見が得られたこと、2 種類のエネルギー補正方式の実験を行い有効性を実証したことは優れた研究業績であり、数物科学研究科加速器科学専攻の学位論文の内容に値する。特にビームを使った実験を主導的に行ったことは、柏木君が広範囲の加速器と加速器機器の理解と経験を持ちあわせ、自立した実験研究者であることを示している。