

氏 名 PARKHOMTCHOUK DMITRI VASILYEVICH

学位（専攻分野） 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第367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 Effects of Parasitic Collision Points

論文審査委員 主査教授 鎌田 進
教授 生出 勝宣
教授 鈴木 敏郎
助教授 FOREST ETIENNE
教授 平田 光司²（総合研究大学院大学）
Pestrikov Dmitri Vasilivich（高エネルギー
—加速器研究機構）

論文内容の要旨

In multibunch circular colliders with small bunch spacing we have to deal with parasitic collision points (PCPs) when the opposite bunches interact not only at the interaction point (IP). The interactions in PCPs may change the stable orbits and influence the luminosity by dynamic effects. Here we will study some of the effects which are introduced by PCPs. The subject is not well studied yet because in the usual designs the effects of PCPs are done small. But in order to increase the luminosity in future designs it may change as the currents become large, bunch spacing smaller and the separation in PCPs decreases. As will be shown here there are unusual effects under that conditions. They are of highly non-linear nature, so the study was done mainly by computer simulations. The interaction in PCPs introduces some effects in beam dynamics. We will divide them first on weak and strong. Weak effects happen with moderate beams currents and large enough bunch separation in PCPs. They produce small stable orbit distortion which is insignificant as will be shown. In that case the longitudinal coupling is too small to have noticeable dynamic effects. When the kicks at PCPs become large enough some interesting effects may happen. The transverse betatron oscillations then are coupled longitudinally between successive bunches. That leads to few phenomena:

Longitudinal waves of transverse oscillations, which spread from some initial distortion and then damped completely because of synchrotron damping.

Reduced damping time of single excited bunch.

Bunches near the gap (missing bunches in beam) have larger betatron amplitudes.

Betatron resonances trapping occurs in more ordered way due to longitudinal coupling.

Diffusion due to stochastic properties of nonlinear forces in IP combined with coupling. It leads to growth of the bunches betatron amplitude and has some general properties of random walk diffusion.

It was shown that strong PCP interactions introduce some significant effects, few of them could be useful to exploit for enhancement of the beam dynamics stability. Some of the effects could be detected and would be interesting to observe on modern multibunch colliders. The subject becomes more important with growing demands on luminosity.

論文の審査結果の要旨

D.Parkhomchuk 君の学位請求論文は、2リング貯蔵型コライダーにおける寄生衝突点の影響を解析したものである。

近年建設および稼働が進行している粒子ファクトリーと呼ばれる電子・陽電子コライダーでは、非常に高いルミノシティを追求するために、大電流の電子および陽電子ビームを個別貯蔵リングに多数バンチに分けて蓄積する。電子ビームと陽電子ビームは、素粒子反応測定器が周囲を囲むビーム交差点で、互いに高頻度で衝突する。ビームの交差方式としては、PEPII のように交差角ゼロで正面衝突させ前後の機器で電子・陽電子ビームを分離する方式と、KEKB のように、軌道分離用機器の簡素化と測定器ノイズ低減化のために、有限交差角で衝突させる方式とがある。何れの場合でも、バンチ間隔が狭いと、ビーム交差点（主衝突点）以外の場所（寄生衝突点）でも電子・陽電子ビーム間に相互作用が生じる。これを寄生衝突現象と呼んでいる。

主衝突点では電子ビームと陽電子ビームとは常に同じバンチ同士が衝突するが、寄生衝突現象が生じると、全バンチが互いに影響を及ぼしあうようになる。KEKB の場合は交差角が十分大きく、寄生衝突現象は無視できると考えられているが、将来のオプションや他の加速器計画のためにも、一般の事例について寄生衝突現象の解明が望まれている。粒子ファクトリーは近年開発された加速器であるため、寄生衝突現象研究の歴史は浅く、総合的研究報告は未だ成されていない。本委員会に提示された D.Parkhomchuk 君の研究はハドロンビームの場合を含めた総合的な寄生衝突現象の検討である。

D.Parkhomchuk 君は寄生衝突によって生じる多バンチ間相互作用を、ビームバンチを質点として扱う近似に基づいて数値的に研究した。C++言語による計算機プログラムを開発して行ったシミュレーション計算により、幾つかの重要な新知見を得た。即ち、(1) 特定バンチに生じた擾乱のバンチ列に沿った伝搬速度の測定および伝搬速度のバンチ間相互作用強度との関係、(2) 寄生衝突現象に特有なビーム間相互作用の固有モード構造、(3) 寄生衝突現象発生に伴うベータトロン振動共鳴構造の秩序化、(4) 寄生衝突現象が引き起こすベータトロン振動のカオスの発熱、等である。同時に D.Parkhomchuk 君は、解析的で単純なモデルを提案し、シミュレーションにより得られた新知見の物理的説明を試みている。

本研究に示された範囲の D.Parkhomchuk 君の仕事では、計算時間節約のため行われたモデルの単純化と理想化のため、現実の加速器で生じる現象との関係が充分考慮されていない。即ち、ここに得られた研究結果は KEKB や現実的加速器計画に直接このまま適応出来る性質のものではない。また、解析的理論の適応限界も明示されていない。しかしながら、ここで開発されたプログラム自身は寄生衝突現象の核心を表現しており、これを用いて見出された新知見は、寄生衝突現象がもたらす可能性の有る物理現象の本質を示している。今後、寄生衝突現象が発生し得る加速器将来計画の検討に際しては、具体的ビームパラメータの元で、このプログラムの使用及びその他の方法を用いて、本研究で得られた新知見が現実にどの程度の重要性を持って発現するかを定量的に追求することが重要である。その意味で本論文は寄生衝突現象の今後の研究方向を示唆する性質のものである。

以上、Parkhomchuk 君の論文は、寄生衝突が引き起こし得る諸現象を指摘し、ビーム・

ビーム相互作用論に有益な知見をもたらすものである。この所見より本委員会は D.Parkhomchuk 君の論文について博士学位論文として相応しい内容を持つものと判断した。