

研究責任者名 Name	大見 和史	所属機関 Affiliation	加速器第 6 研究系
受理番号 Proposal No.	大型 12/13-06	研究課題名 Program title	加速器におけるビームビーム効果、ビーム不安定性の研究

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文)

LHC によるヒッグス粒子の発見により、電子陽電子衝突器によるヒッグスファクトリが次世代加速器として現実味を帯びてきた。従来は円形加速器での放射光発生とビーム衝突時の制動放射によるエネルギー広がり蓄積を避けるため、線形加速器が有力視されていたが、具体的にターゲットエネルギーがはっきりしたことで、円形加速器の可能性を評価しなおす機運ができた。ビーム衝突による制動放射による影響をシミュレーションし、可能な円形衝突器のパラメータを検討した。

(英文)

Higgs particle is discovered in LHC. The mass is evaluated to be 120 GeV. Design of Electron-positron colliders is started to target Higgs factory. Before the Higgs discovery, linear collider is major candidate, because the beam power loss due to the synchrotron radiation and Bremsstrahlung during the beam-beam collision is too strong in circular accelerators. Now specific target energy becomes clear. It is opportunity for reconsider the possibility of circular colliders. Bremsstrahlung during beam-beam collision is taken into account in the beam-beam simulation. Possible parameter for a circular Higgs factory was studied.

研究成果を公開しているホームページアドレス

研究成果の 公表	口頭研究発表 件数	査読付きの学術論文数	プロシーディング論 文数	その他（投稿中を含 む）
	1		3	

成果の公表リスト（それぞれの枠に番号をつけて記入願います。）

口頭研究発表		
大見、円形加速器におけるビーム内、ビーム間長距離力に対する安定性、RIMS 共同研究,2013/6/19		
査読付きの学術論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (*) 不足する場合には追加願います。		
1	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
2	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
3	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
プロシーディング論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (*) 不足する場合には追加願います。		
1.	著者名	K. Ohmi, F. Zimmermann
	タイトル	Simulated beam-beam limit for circular Higgs factories
	雑誌名等	Proceedings of International Particle Accelerator Conference, IPAC13
	URL	<a href="http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC2013/papers/tupme011.pdf">http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC2013/papers/tupme011.pdf</a>
2.	著者名	K. Ohmi, S. Hatakeyama
	タイトル	Space charge simulation based on measured optics in J-PARC MR
	雑誌名等	Proceedings of International Particle Accelerator Conference, IPAC13
	URL	<a href="http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC2013/papers/tupme012.pdf">http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC2013/papers/tupme012.pdf</a>
3.	著者名	K. Ohmi, S. Kamada, H. Fares
	タイトル	Coherent Thomson scattering using beam echo
	雑誌名等	Proceedings of International Particle Accelerator Conference, IPAC13
	URL	<a href="http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC2013/papers/tupme013.pdf">http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IPAC2013/papers/tupme013.pdf</a>
その他（学位論文、紀要、投稿中の論文を含む）（URL を記載）		
1.		
2.		
特記（本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など）		
1.		
2.		

研究責任者 大見和史

所属機関 KEK、加速器

研究課題名 加速器におけるビームビーム効果、ビーム不安定性の研究

研究組織 大見和史、多和田正文、D. Zhou

### 実施報告の詳細

ビームビーム衝突時に各ビーム粒子は衝突相手ビームの電荷分布による電磁場により加速(進行方向変化)を受ける。この加速によりビーム粒子は制動放射を発生し、エネルギーが減少する。粒子が  $ds$  進むごとに制動放射により発生する光子数  $(dn_\gamma)$ 、光子の平均エネルギー  $\langle u \rangle$ 、エネルギー広がり  $\langle u^2 \rangle$  は以下で表される。

$$\frac{dn_\gamma}{5\sqrt{3}\alpha\gamma} \quad \langle u \rangle = \frac{8}{15\sqrt{3}} \hbar\omega_c = \frac{4}{5\sqrt{3}} \frac{\hbar c\gamma^3}{\rho}$$

$$\langle u^2 \rangle = \frac{11}{27} (\hbar\omega_c)^2 = \frac{11}{12} \frac{\hbar^2 c^2 \gamma^6}{\rho^2} \quad \omega_c = \frac{3c\gamma^3}{2\rho}$$

ここで  $\rho$  は制動運動の曲率半径、 $\omega_c$  は特性周波数と呼ばれる。ビーム粒子の運動は Particle in Cell を用い相手ビームの電磁場を求め、運動量変化を計算することで  $\rho$  を求めることができる。

$$\frac{dp_{x,y}}{ds}$$

Higgs factory での 1 回の衝突で、放出される光子数は 0.5 個程度である。

少ない放出光子数と光子エネルギー分散があるため、ビーム内各粒子は平均エネルギーに対して、乱数的にエネルギー分散が発生する。円形加速器の場合、放射光減衰時間だけエネルギー分散が蓄積される。その結果ビームのエネルギー広がりが大きくなり、バンチ長も長くなる。ビームビーム衝突効果はバンチ長が衝突点の  $\beta$  より長くなると、チューンシフトが大きくなり、横(衝突断面)方向エミッタンスが増大し、ルミノシティが低下する。シミュレーションは図のように、相手ビームをスライスして、そのステップごとに赤で示した粒子の軌道を求め、確率的に黄色で示すような光子を放出させ、エネルギーを変化させる。その操作をビーム内すべての粒子に対して、電子陽電子両ビームに対して行い、粒子の平衡分布を求め、ビームサイズ、ルミノシティを決定する。

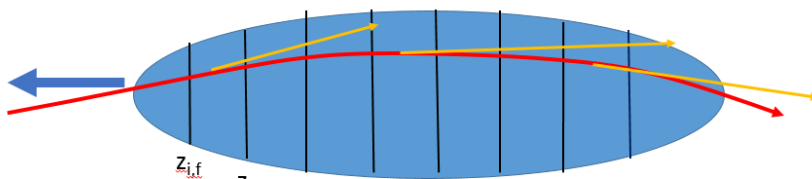


図 1: ビームビームシミュレーションでの粒子起動と、制動放射の模式図。

図 2 に加速器の周回に対するルミノシティの変化を示す。ビームは放射減衰により 100 ターン程度の減衰時間を持つ。数 100 ターンのシミュレーションで平衡分布、ルミノシティが得られる。図にはチューン  $v_x$  の異なる 3 ケースが計算されている。  $v_x=0.51, 0.515$  では設計ルミノシティが得られるが、  $0.52$  では不安定な振動がみられる。図 3 に  $v_x=0.515$  の場合の水平方向ビームサイズを示す。チューンを  $0.5$  に近づけたため、ビームサイズが期待通り設計値より小さくすることができた。図 4 に  $v_x=0.52$  での  $y$  振幅を示す。コヒーレント振動が起こっていることがわかる。このコヒーレント振動により  $v_x=0.52$  ではルミノシティが悪化していることがわかる。

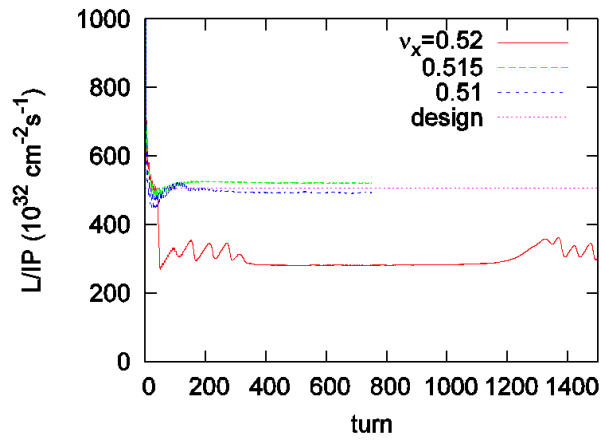


図 2: シミュレーションで求められた、Higgs factory のルミノシティ

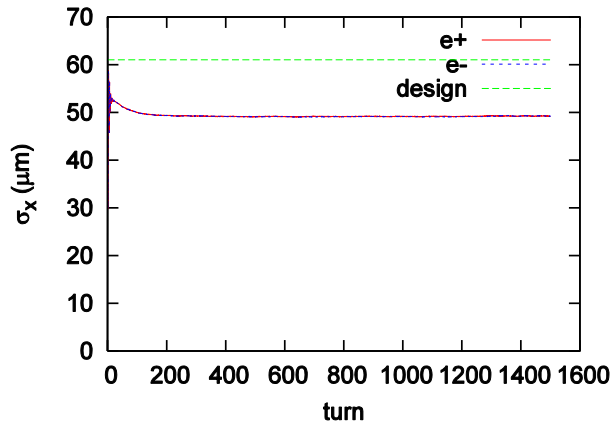


図 3: 水平方向ビームサイズの挙動、 $v_x=0.515$

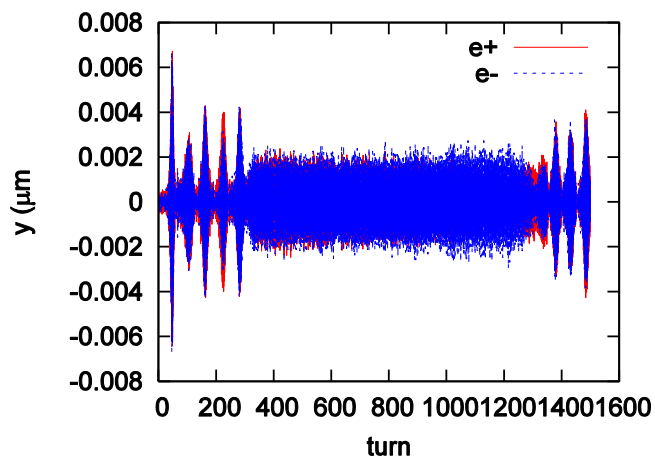


図 4: 垂直方向振幅の挙動。 $v_x=0.52$