

LATTICE DESIGN OF SuperKEKB

Yuki Yoshi Ohnishi^{*A)}, Katsunobu Oide^{A)}, Haruyo Koiso^{A)}, Hiroshi Sugimoto^{A)}, Akio Morita^{A)},
 Norihito Ohuchi^{A)}, Masako Iwasaki^{A)}, Masafumi Tawada^{A)}, Yusuke Suetsugu^{A)}, Ken-ichi Kanazawa^{A)},
 Mika Masuzawa^{A)}, Kazumi Egawa^{A)}, Kazunori Akai^{A)}, Hitoshi Fukuma^{A)}, Yoshihiro Funakoshi^{A)},

^{A)}High Energy Accelerator Research Organization(KEK)

Oho 1-1, Tsukuba, Japan, 305-0801

Abstract

The SuperKEKB project^[1] proposed in High Energy Accelerator Research Organization (KEK) was approved by Japanese Government. The SuperKEKB project requires a positron and the electronic collider with a peak luminosity performance of 40 times KEKB B factory experiment that has been operated up to 2010 for 11 years. The beam energy of the positron is 4 GeV and the electron is 7 GeV for SuperKEKB which is an asymmetry-energy and double-ring collider. The target of the peak luminosity is $8 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. An extremely small beta function at the interaction point (IP) and a low emittance are necessary to achieve this target. In addition, a higher luminosity can be achieved with a large horizontal crossing angle between two colliding beams and a longer bunch length compared with the beta function at IP. This method is called "Nano-beam scheme" with a large Piwinski angle. We will report on the outlook of the lattice design which includes a key of the interaction region at SuperKEKB.

SuperKEKB ビーム光学系の設計

1. はじめに

衝突型加速器の性能を示すパラメータにルミノシティがある。ルミノシティは、粒子の衝突頻度に相当するものであり、自然界の法則で決まる反応断面積との積が物理事象数となることから、高エネルギー加速器実験において重要なパラメータである(物理実験家の唯一最も興味のあるパラメータとも言える)。ルミノシティは次式で与えられる。

$$L = \frac{\gamma_{\pm}}{2e r_e} \left(1 + \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*}\right) \left(\frac{I_{\pm} \xi_{y\pm}}{\beta_{y\pm}^*}\right) \frac{R_L}{R_{\xi y\pm}} \quad (1)$$

+ は陽電子、- は電子を表す。また、 γ はローレンツ因子、 I はビーム電流、 ξ はビーム・ビーム相互作用の大きさを示すパラメータ、 β は衝突点ベータ関数、 R は幾何学的な要因からくる補正係数である。KEKB の 40 倍のルミノシティを得るためには、まず衝突点ベータ関数を 20 分の 1 に小さく絞る。具体的には、垂直ベータ関数を約 $300 \mu\text{m}$ 程度まで絞る。ビーム・ビームパラメータの限界は KEKB の経験から 0.09 であると仮定する。従って、ビーム電流を KEKB の 2 倍^[2] とすれば、目標ルミノシティが計算上達成できることとなる。

衝突点ベータ関数を絞る場合に問題となるのが「砂時計効果」である。砂時計効果は、有限なバンチ長を持つ場合、衝突点から離れるにつれて急激にベータ関数が大きくなることによりルミノシティが減少する効果である。衝突点ベータ関数よりもバンチ長が大きな場合に顕著となる。これを回避するために、有限交差角を大きく取り、水平方向のビームサイズを極力小さくして、2 つの衝突ビームの進行方向で重なる領域をバンチ長よりも圧倒的に小さくさせる。これは「ナノ・ビーム方式」^[3] と呼ばれ、SuperKEKB ではこの方式を採用する。ナノ・ビーム方式では、バンチ長は KEKB と同程度の長

さで良く、コヒーレント放射光(CSR)の影響も低減できる。但し、この方式では、低ベータ関数と低エミッタースが必須であり、ラティス設計に大きな負担がかかる。表 1 に SuperKEKB のマシン・パラメータを示す。

表 1: マシン・パラメータ

	LER	HER	単位
エネルギー	4.000	7.007	GeV
電流	3.6	2.6	A
バンチ数	2500		
周長	3016.3149		m
水平エミッタンス	3.2	4.6	nm
垂直エミッタンス	8.64	11.5	pm
カップリング	0.27	0.25	%
水平ベータ関数	32	25	mm
垂直ベータ関数	0.27	0.30	mm
水平交差角	83		mrاد
運動量縮約率	3.25×10^{-4}	4.55×10^{-4}	
運動量広がり	8.08×10^{-4}	6.37×10^{-4}	
RF 電圧	9.4	15.0	MV
バンチ長	6	5	mm
ν_s	-0.0247	-0.0280	
ν_x	44.53	45.53	
ν_y	44.57	43.57	
エネルギー損失	1.87	2.43	MeV
減衰時間	43.1/21.6	58.0/29.0	msec
ξ_x	0.0028	0.0012	
ξ_y	0.0881	0.0807	
ルミノシティ	8×10^{35}		$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

* yuki yoshi.ohnishi@kek.jp

2. 低エミッタンス・ラティス

放射積分公式を用いるとエミッタンスは、

$$\varepsilon_x = \frac{C_\gamma \gamma^2}{J_x} \frac{1}{2\pi\rho^2} \oint H(s) ds \quad (2)$$

と表現される。ただし、X-Y 結合や X-Z 結合 (分散がある場所に空洞を置いた場合、時間に依存する分散が現れる等) がある場合には、適用不向きなので注意が必要である。本稿では、エミッタンスの計算は、より一般的な 6×6 転送行列を用いたエンベロープ形式によって計算している。

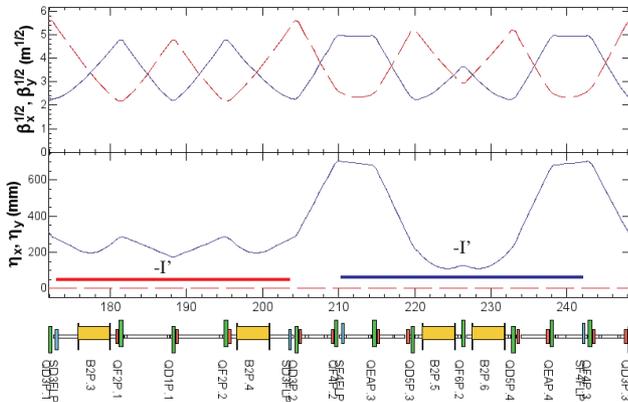


図 1: LER アーク部の 1 セル。赤線は SD ペア、青線は SF ペア。

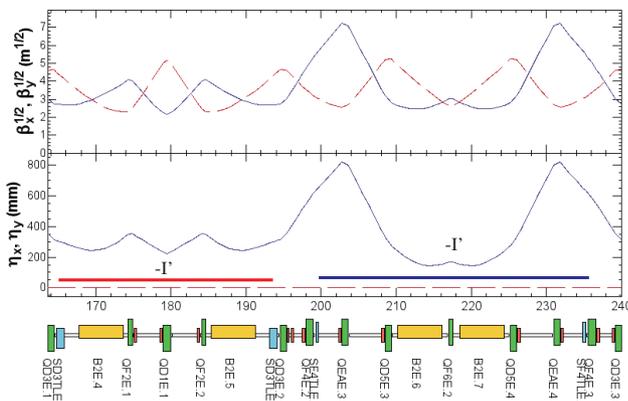


図 2: HER アーク部の 1 セル。赤線は SD ペア、青線は SF ペア。

式 2 から、曲率半径を大きくすることでエミッタンスが小さくなるのがわかる。LER では、有効長 0.89 m である KEKB の主偏向磁石を 4.2 m と長くすることで低エミッタンス化を行っている。HER では、KEKB の主偏向磁石は有効長 5.9 m と既に十分長く、これ以上長くすることはできないので、式 2 中の $H(s)$ をベータ関数と分散を調整することで極力小さくする。また、HER のビームエネルギーを KEKB の 8 GeV から 7 GeV に変更することも低エミッタンス化に寄与している。

両リングにウイグラー磁石を直線部に挿入することで、一層の低エミッタンス化を行っている。

3. 衝突点領域

3.1 最終収束系

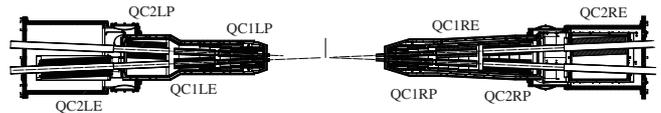


図 3: 最終収束磁石の配置図

衝突点でのベータ関数を小さく絞るためには、強力な収束力を持つ磁石を衝突点の近くに置くことを考える^[4]。SuperKEKB では、図 3 に示すように、それぞれのリングに独立な 4 台の超伝導磁石を設置する。ビーム軌道は近似的に四極磁石の中心付近を通過するので、軌道が曲げられることによる放射光の発生を抑え測定器のバックグランドを軽減すると考えられる。KEKB では、LER と HER で共通の最終収束磁石を用い、積極的に衝突点下流のビーム軌道を磁場中心からオフセットさせて二つのビーム軌道の分離を行っていたが、SuperKEKB では、交差角を大きくしソレノイド区間の外側で後続の偏向磁石を用いてビーム軌道の分離を行う。そのために必要な交差角は 83 mrad となる。

最終収束磁石は、主磁場である四極の他に、二極、歪二極、歪四極、八極磁場を発生する補正コイルを四層構造で持つ。これらの超伝導磁石のうち LER 用の最も衝突点に近い最終収束磁石 (QC1LP, QC1RP) を除いて、鉄ヨークが付加される。LER 用の QC1LP と QC1RP には鉄ヨークがないので、HER の電子ビームは、対向磁石から洩れ磁場の影響を受ける。洩れ磁場は、対称性がないので、全ての多重極成分が発生し得る。これらの成分のうち、六極、八極、十極、十二極成分を補正するために補正コイルを HER に設置する。また、洩れ磁場のうち二極成分は補正しないので、HER ビームは LER のビームライン側に曲げられる。HER 用の QC1LE, QC2LE および QC1RE, QC2RE を水平に $680 \mu\text{m}$ 平行移動させて QC1LE, QC1RE の中心にビームがくるようにし、二極補正コイルを用いて QC2LE, QC2RE の中心をビームが通るようにすることで、二極補正コイルの曲角を最小にする。このとき必要な曲角は約 1.26 mrad となる。

表 2 に最終収束磁石のパラメータを示す。

表 2: 最終収束磁石のパラメータ

名称	距離 (m)	長さ (m)	磁場勾配 (T/m)	磁場 (T)
QC2RE	2.925	0.3700	34.90	12.91
QC2RP	1.956	0.4135	27.17	10.92
QC1RE	1.410	0.3774	66.22	24.99
QC1RP	0.932	0.3372	66.52	22.43
QC1LP	0.932	0.3372	67.94	22.91
QC1LE	1.410	0.3774	70.68	26.67
QC2RP	1.930	0.4135	27.15	10.96
QC2RE	2.700	0.7000	20.20	14.13

3.2 測定器ソレノイド補償磁場

測定器では衝突実験で生成される荷電粒子の運動量を飛跡検出器で測定するために、1.5 Tのソレノイド磁場が置かれる。これは、衝突型加速器に特有なものであり、測定器用ソレノイド磁場を補償するために最終収束磁石を被うように、補償ソレノイドが衝突点領域に設置される。主な補償ソレノイドは測定器ソレノイドと並行に置かれるために、ビーム軸とソレノイド磁場の向き(ソレノイド軸)とは、ある有限な角度を持つ。このために、ソレノイド磁場のフリンジによる垂直エミッタンスの増大が問題となる。垂直エミッタンス(ε_y)は、

$$\varepsilon_y \propto \left(\frac{p}{\rho}\right)^2 \int H(s) ds \propto B_x^4(s) \quad (3)$$

$$B_x(s) \simeq -\frac{x}{2} B'_z(s) \simeq -\frac{s\phi}{2} B'_z(s) \quad (4)$$

と表される。ここで、 p は運動量、 B_z はソレノイド磁場、 B_x はフリンジ磁場、 ϕ はソレノイド軸とビーム軸のなす角である。従って、垂直エミッタンスはソレノイド軸とビーム軸のなす角とソレノイド磁場変化の積の四乗に比例する。つまり、垂直エミッタンスを抑えるためには、 B'_z をなるべく小さくし、LERとHERの交差角83 mradを保ちつつ ϕ を最適化する必要がある。 ϕ は41.5 mradのとき、つまりソレノイド軸が交差角を2等分割するように選んだ場合に、LERとHERの垂直エミッタンスが同程度に小さくなるのがビーム光学系の計算によりわかっている。

補償ソレノイドは、衝突点の両側で、距離にして約4m内で片側でそれぞれ

$$\int_{IP} B_z(s) ds = 0 \quad (5)$$

となるように、かつ以下で述べる回転角が小さくなるように調整されている。さらにビームの垂直軌道を最終収束磁石の歪二極磁場で補正し、ソレノイド区間内にある最終収束磁石を僅かにビーム軸のまわりに回転させることによって垂直分散とX-Y結合の発生を抑えている。およその回転角は、

$$\theta_{QC} = \frac{1}{2B\rho} \int_{IP}^{QC} B_z(s) ds \quad (6)$$

と表され総合的に最適化される。これらの垂直分散とX-Y結合は、後述するように局所的色収差補正に入るまでに補正される。図4および図5に衝突点領域のビーム光学系における補正の様子を示す。LERでは、ソレノイド区間外では垂直二極補正磁石を積極的に用いず、歪四極磁石を用いてX-Y結合と垂直分散を補正している。しかしながら、HERでは水平分散が比較的小さくX-Y結合を介した垂直分散を補正するには歪四極磁場が強くなりすぎるために、衝突点から垂直二極補正磁石までの間に歪四極磁石を置きX-Y結合の補正を終え、次に垂直二極補正磁石を4台用いて、垂直分散および垂直軌道を調整する区分的補正方式を取っている。最終的に得られる垂直エミッタンスは、LERで0.8 pm、HERで1.48 pmである。この値は、カップリングの目標値である0.27%(LER、8.64 pm)および0.25%(HER、11.5 pm)と比較して十分小さな値である。

3.3 ビーム光学系のモデル化

ビーム光学系を設計する上で磁場のモデル化は重要である。特に、ソレノイド軸とビーム軸が平行でない場合のモデル化は難しい。また、力学口径を評価する場合、一般的に多重極成分およびフリンジ磁場の影響は無視できない。衝突点領域の±4 mでは、ビームの進行方向について約4 cmのスライスに区切って磁場を挿入している。最終収束磁石および洩れ磁場の多重極成分については、磁場計算から得たデータをもとに、44極および歪44極までを採り入れている。本稿におけるビーム光学系の計算は、全てSADコード^[5]を用いている。

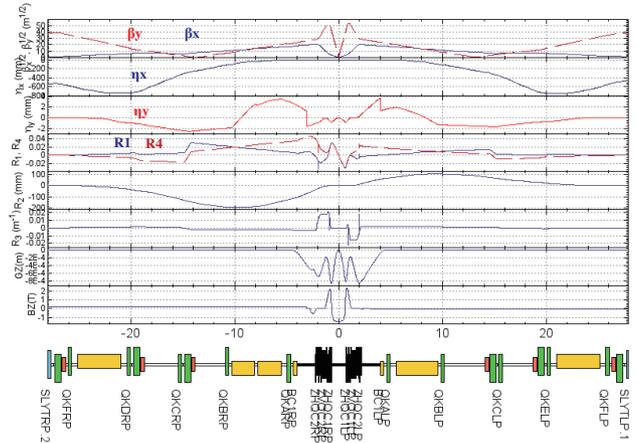


図4: LER 衝突点領域のラティス。

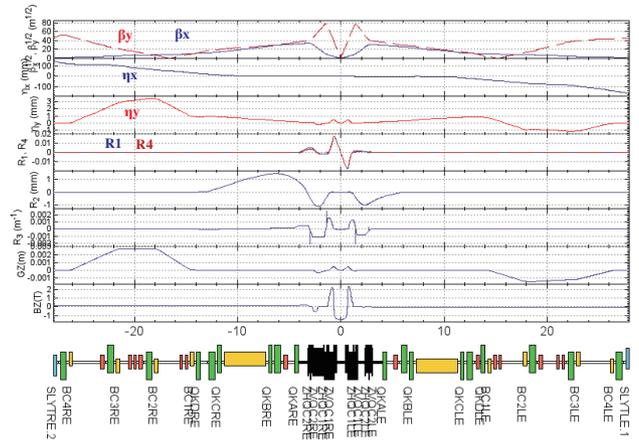


図5: HER 衝突点領域のラティス。

4. 力学口径(ダイナミック・アパーチャー)

力学口径は、ビーム光学系の非線形効果によって制限を受ける。まず、最終収束磁石での非線形効果が問題となる。そこでは、最大70 T/mと磁場勾配が大きい上にベータ関数が大きいため、非線形効果による影響も大きい。次に、非線形磁場だけでなく、ハミルトニアンからわかるように自由空間と言えども線形ではない。特に、衝突点領域では、ベータ関数が衝突点で小さく絞られ、衝突点から離れるにつれて自由空間において急激に大

きなベータ関数となる場合、その効果は無視できない。最後に、色収差補正を行うために導入する六極磁石の非線形効果が力学口径を制限する可能性がある。衝突点でベータ関数を極度に絞る場合、最終収束磁石でのベータ関数は大きくなるので大きな色収差が発生する。その色収差を補正するためには、強い磁場の六極磁石が必要となるため大きな非線形効果が予想される。このような非線形効果によって制限される力学口径を評価するためには数値シミュレーションに頼らざるを得ない。本稿では、六次元座標を持つ粒子トラッキングによって、力学口径を評価する。力学口径は、Touschek 寿命および入射効率を決める重要な指標である。

4.1 noninterleaved 色収差補正

広い力学口径を確保するために、色収差を補正する六極磁石の配置に工夫を施している。それは、リングのアーキ部に導入した noninterleaved 色収差補正である。2 台の 1 組同じ強さの六極磁石を、その間の転送行列が

$$M_S = -I' = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ m_{21} & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & m_{43} & -1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

となるようにする。こうすることで、色収差を補正しつつ、六極磁石での運動量のずれのないビームに与える非線形キックを最低次項について $-I'$ でキャンセルする。図 1、図 2 にアーキ部での六極磁石を示す。色収差補正には、アーキ部全体で 50 ファミリーの六極磁石を用いる。

4.2 局所の色収差補正

局所の色収差補正は、衝突点領域で発生した色収差を発生源近くで局所的に補正することを目的としている。最終収束磁石で発生した大きな色収差を衝突点近くで補正することによって力学口径に対する制限が緩和されることが知られている。衝突点では分散はゼロであるが、衝突点近くに偏向磁石を配置して分散を作りアーキ部における色収差と同様に六極磁石のペア間の転送行列が $-I'$ となるように配置する。アーキ部と異なる点は、六極のところでは大きな水平または垂直ベータ関数を積極的に作っているところである。分散を作るために正と負符号の曲角を組み合わせたシケイン軌道を作るが、HER では、ビームエネルギーが高いのでエミッタンスの増大をなるべく抑えるために局所の色収差補正 (垂直方向) では、一方向のみに曲げる軌道にして偏向磁石の数を減らしている。

局所の色収差補正には 4 ファミリー (衝突点を挟んで、それぞれ 2 ファミリー) の六極磁石を用いる。図 6 および図 7 に、衝突点領域のラティスを示す。垂直方向の色収差は、最終収束磁石の QC1[LR][PE] で発生する。従って、この色収差を局所的に補正するために、QC1 と最初の六極ペア (図 6 および図 7 の赤線) との垂直ベータatron位相差は π となるように調整されている。また、水平方向の色収差は、QC2[LR][PE] で発生するため、QC2 と次の六極ペア (図 6 および図 7 の青線) との水平ベータatron位相差は 2π となるように調整されている。

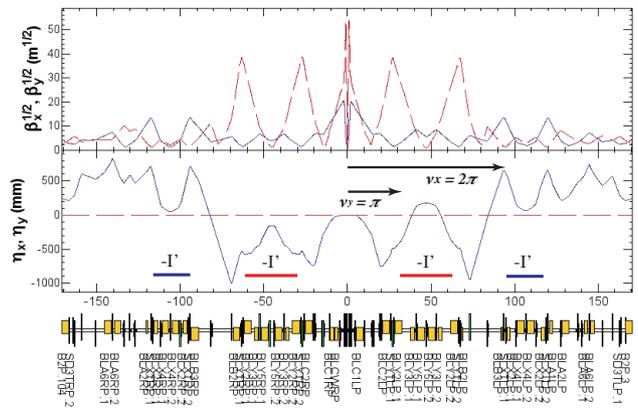


図 6: LER 衝突点領域のラティス。赤線は垂直方向、青線は水平方向の局所の色収差補正。

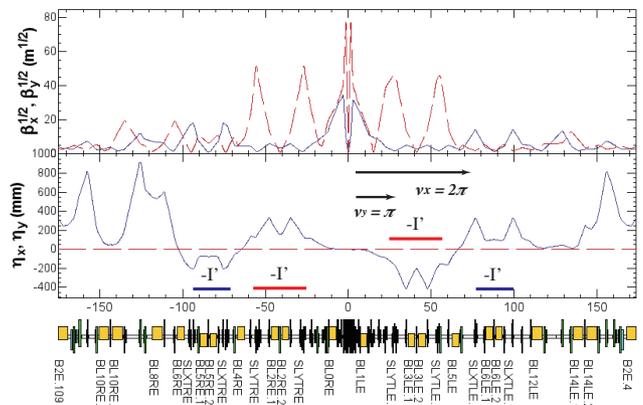


図 7: HER 衝突点領域のラティス。赤線は垂直方向、青線は水平方向の局所の色収差補正。

4.3 Touschek 寿命

ビームを安定にリングで蓄積するためには、ビームの寿命は長くなければならない。SuperKEKB では、低エミッタンスであるために Touschek 寿命がビームの寿命を決める。設計パラメータにおける Touschek 寿命は、LER および HER で 600 秒を目標としている。六極磁石では、色収差を補正しつつ必要な Touschek 寿命を達成し得る力学口径の広さが得られるように最適化する。横方向の振幅に対して安定領域を増やすために、最終収束系の QC1 および QC2 に設置されている八極磁石を含めて最適化する。歪六極磁石も力学口径のために X-Y 結合の色収差 (chromatic X-Y coupling) を補正し最適化する。その場合、歪六極磁石は、局所の色収差補正部および衝突点に近いアーキ部の六極磁石 24 台 (12 ファミリー) を回転させることによって歪六極成分を作りだすことを検討している。これらの最適化には、オフ・モーメント マッチングおよび Touschek 寿命を評価関数とするダウンヒル・シンプレックス法を用いている。

粒子トラッキング・シミュレーションを用いて、力学口径を評価を行った。シミュレーションの条件について、追跡する周回数は 1000 ターンで安定領域を決め、シンクロトロン振動は考慮するが、放射減衰および拡散は含ま

れていない。横方向領域を 50 分割して大振幅領域から調べている。

図 8 および図 9 に力学口径を示す。x 方向に対する y 方向の振幅比はカップリングの値に固定している。力学口径の広さから Touschek 寿命を推定する場合、結果がベータatron振動の初期位相に依存する場合がある。特に大振幅領域では、非線形性が強くなっている場合があり位相空間が大きく歪んでいる。本来ならば、リング全周を始点として粒子トラッキングを行う方が現実に近いが、ここでは初期位相を $(\psi_{x0}, \psi_{y0}) = (0, 0)$ と $(\psi_{x0}, \psi_{y0}) = (\pi/2, \pi/2)$ を代表点として選び、そこから得られる 2 通りの寿命の調和平均を Touschek 寿命として定義している。図中の赤線が $(0, 0)$ 、緑線が $(\pi/2, \pi/2)$ を示す。LER の Touschek 寿命は 600 秒に若干届いていないが、まだ最適化の余地が残っており、HER では目標値の 600 秒を越えている。

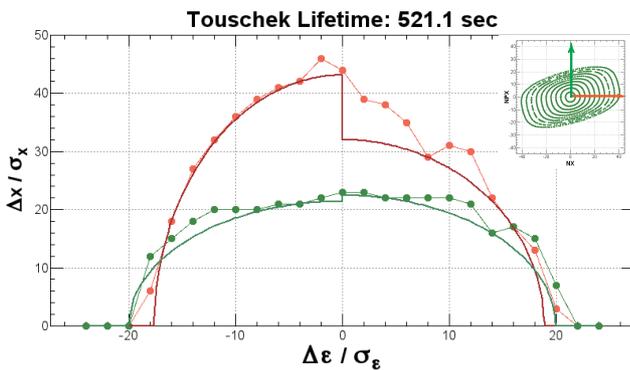


図 8: LER の力学口径とそこから推定される Touschek 寿命

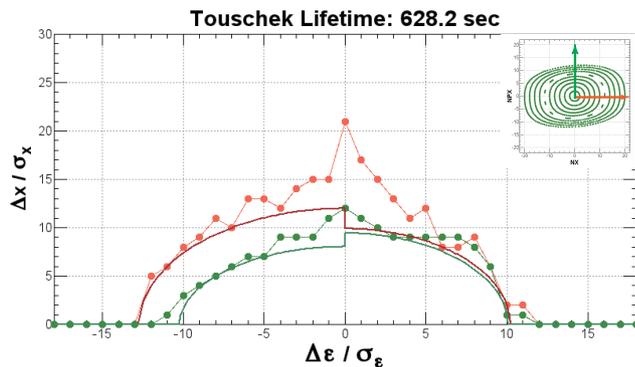


図 9: HER の力学口径とそこから推定される Touschek 寿命

4.4 入射アパーチャー

入射されるビームは、力学的に安定な領域に入っていないと補うための電荷量が求められる。そのために必要な入射ビームのパラメータを表 3 に示す。必要な入射アパーチャーは、入射ビームのエミッタンスと蓄積ビームと合流させるためのセプタム磁石の壁 (磁場品質の低い領域を含む) の厚みからくる入射エラーの大きさによって決

表 3: 入射ビームのパラメータ

	陽電子	電子	単位
ビームエネルギー	4	7	GeV
入射ビーム電荷量	4	5	nC
パンチ数/パルス	2	2	
規格化エミッタンス (x/y)	92/6.8	20/20	μm
必要アパーチャー (x/y)	707/8.7	474/14.6	nm
運動量アクセプタンス	0.25	0.25	%

まる。入射ビームを低エミッタンス化^[6]するために、陽電子ではダンピング・リングを、電子では RF 電子銃を設置する。セプタムの壁の厚みは 4 mm まで薄くするのが限界である。これらから決まる入射アパーチャーを力学口径はカバーしていることは確認している。しかしながら、衝突実験を行いながらの連続入射では、入射ビームは衝突点で相手ビームからビーム・ビーム相互作用を受ける。ナノ・ビーム方式の場合、入射ビームの水平方向の振幅は進行方向の位置のずれに変換されるので、ベータ関数の大きなところでビーム・ビーム相互作用によるキックを受けてしまう。入射から平衡状態への遷移で、垂直エミッタンスの増大やコヒーレントな振動が誘起される可能性がある。その結果、力学口径から外れて失われてしまい入射効率が悪化することが考えられる。これを回避するには、「クラブ・ウエスト」^[7]と呼ばれる方式、または「シンクロトロン入射」^[8]が考えられる。クラブ・ウエストでは、衝突点からのベータatron位相が、それぞれ $\psi_x = n\pi$ 、 $\psi_y = m\pi + \pi/2$ (n, m は整数) となるように六極磁石ペアを置き、衝突点における水平方向のずれに応じてウエストの進行方向の位置を変えて、相手のビーム軸上に移動させる。六極磁石ペアの間のベータatron位相は水平・垂直ともに $2n\pi$ または $2(n+1)\pi$ にそろえ、非線形性を相殺する。

シンクロトロン入射では、入射エラーからくる横方向のベータatron振動を、入射点に分散を作り入射ビームのエネルギーをずらすことでシンクロトロン振動に変換してしまうというものである。

現在、クラブ・ウエスト方式では、2つのクラブ・ウエスト用六極磁石ペアを挟んで衝突点という非線形性の大きい領域があるため、クラブ六極ペア間で非線形性を相殺できず、力学口径が著しく制限されてしまうという問題がある。そのため、ベータatron入射 (通常入射) だけでなく、シンクロトロン入射の可能な入射部の設計が検討されている。

5. まとめ

SuperKEKB のラティス設計について報告を行った。低エミッタンスと衝突点での低ベータ関数という基本的な設計方針は、ほとんど決まっているが細部に渡る検討課題は依然として多く残っている。検討課題を以下に挙げる。

5 つの重要課題 (Five Big Issues (FBI))

- 入射と Touschek 効果からくる測定器が被るバックグラウンド

- 最終収束磁石からの放射光
- コリメーター (可動マスク)
- マシン・エラーとオプティクス補正
- 衝突軌道フィードバックと連続入射に関連するビーム・ビーム相互作用

Touschek バックグラウンドについては、可動マスクを含めた評価がほぼなされており、ソレノイド磁場中の軌道およびビーム・プロファイル等による放射光については、真空パイプの形状とリッジと呼ばれる構造を採り入れることにより極力低減される。マシン・エラーとその補正については許容量と具体的な補正方法について研究中である。これらの課題を克服するための最適化が進行中であり、ラティスの設計は最終段階を迎えている。現在のところ、ラティス設計において致命的な問題点は見つかっていない。

参考文献

- [1] Letter of Intent for KEK Super B Factory, KEK-REPROT-2004-4, Jun. 2004.
Belle II Technical Design Report, KEK-REPORT-2010-1, Nov. 2010.
- [2] T. Kageyama et al., “アレックス空洞系 KEKB から SuperKEKB に向けて”, 第 8 回日本加速器学会年会プロシーディング, TUPS126, Aug.1-3, 2011.
- [3] P. Raimondi, 2nd SuperB Workshop, Frascati, Italy, Mar. 16-18, 2006.
- [4] M. Iwasaki et al., “SuperKEKB 衝突点用超伝導磁石システムの設計”, 第 8 回日本加速器学会年会プロシーディング, TUPS017, Aug.1-3, 2011.
- [5] K. Oide, Nucl. Inst. Meth. A **276**, 427 (1989).
<http://acc-physics.kek.jp/SAD/>
- [6] F. Miyahara et al., “SuperKEKB のための低エミッタンスフォトカソード RF 電子銃開発”, 第 8 回日本加速器学会年会プロシーディング, TUPS034, Aug.1-3, 2011.
M. Yoshida et al., “SuperKEKB 用高電荷低エミッタンス DAW 型高周波電子銃用レーザーの開発”, 第 8 回日本加速器学会年会プロシーディング, MOPS115, Aug.1-3, 2011.
T. Kamitani et al., “SuperKEKB に向けた KEKB 入射ライナックの陽電子ビーム増強”, 第 8 回日本加速器学会年会プロシーディング, TUPS028, Aug.1-3, 2011.
- [7] Conceptual Design Report, “A High-Luminosity Asymmetric e^+e^- Super Flavour Factory”, INFN/AE-07/2, SLAC-R-856,LAL 07-15, Mar. 2007.
- [8] P. Collier, CERN-SL-95-50OP, Jun 1995.
Proceedings of PAC '95, Dallas, Texas, May 1-5, 1995.