

1 回対称リングの安定性

早乙女 光一

JASRI/SPring-8

SPring-8 蓄積リング（エネルギー8GeV、周長 1436m）の、設計当初のラティス構造は、長さ約 30m の double-bend セルを 48 回繰り返す、12 セルごとに偏向電磁石を抜いてこれを missing-bend セルにする、というものであった。リングの対称性を保つため、この missing-bend セルにおいても 4 極および 6 極電磁石がノーマルセルと同様に設置されていた。このラティスは、1997 年のコミッショニング開始からおよそ 3 年間にわたって使用された。

その後 2000 年に、missing-bend セルを電磁石フリーな長直線部に変換するために、4 極および 6 極電磁石の再配置が行われた。この再配置の際には、missing-bend セルを含む 3 セル分をマッチングセクションとして扱い、「ベータトロン位相マッチング」と「局所クロマチシティ補正」の 2 つの処方方を組み合わせて、ビームの安定性を確保すべく、ラティス設計が行われた。

ベータトロン位相マッチングは、マッチングセクションのベータトロン位相進みを水平・垂直ともに 2π の整数倍に合わせるもので、on-momentum 電子に対するダイナミックアパーチャーを確保し、入射効率の低下を防ぐ効果がある。

リングの対称性を高く保つという観点からは、マッチングセクションには 6 極電磁石を持ち込まず、線形要素のみでオプティクスをつなぐことが望ましい。しかし、マッチングセクション内にある 4 極電磁石の強い収束力（これは低エミッタンス条件の保持に必要）に起因する局所クロマチシティが無視できず、これを補正しなければ off-momentum 電子に対するベータトロン位相のマッチングが大きく崩れ、運動量アクセプタンスが狭くなる。そこで、マッチングセクションのアーケ部 6 極を弱く（ノーマルセルの 1/4 程度に）励磁して、水平方向の局所クロマチシティ補正を行った。これにより off-momentum 電子のダイナミックアパーチャーが拡大し、ユーザー運転に必要な Touschek ビーム寿命を確保することができた。

2000 年の長直線部の改造後さらに、4 カ所の長直線部オプティクスの独立チューニングという可能性も視野に入れつつ、「6 極電磁石に起因する非線形キックの相殺」という 3 つ目の処方を加えてビームの安定性を増すことに成功した。（相殺用 6 極電磁石を 2007 年に長直線部に増設した。）

2011 年には、4 カ所の長直線部の内の 1 カ所で局所的なラティス改造が行われ、リングは 1 回対称となった。この改造は、5m の真空封止型短周期アンジュレータ 3 台を直線上に設置するためのもので、狭ギャップ状態（最小値 5.8mm）でのリングの安定運転を実現するために、アンジュレータ間に 4 極トリプレットが追加され、各アンジュレータ部の垂直ベータが下げられている。

本講演では、上に述べた SPring-8 蓄積リング改造の経緯や、現在の 1 回対称リングのビーム性能などについて報告する。