

「PF リング弧部改造計画」

原田 健太郎、小林 幸則、中村 典雄、生出 勝宣、阪井 寛志
高エネルギー加速器研究機構

PF リングは 1982 年、水平エミッタンス約 $460\text{nm}\cdot\text{rad}$ でユーザー運転を開始した。水平エミッタンスはその後、1986 年の低エミッタンス化で約 $128\text{nm}\cdot\text{rad}$ に、1997 年の高輝度化で約 $37\text{nm}\cdot\text{rad}$ に改善され、現在に至っている。(2005 年の直線部改造ではエミッタンスはほぼ維持。) ここでは、PF リングの弧部を改造し、水平エミッタンスを約 $8\text{nm}\cdot\text{rad}$ まで下げる案について概略を述べる。

直線部のラティスは維持し、弧部のみを改造する。現在の PF リングの約 1.9m の偏向電磁石は 1982 年の建設当初から使われているものであるが、それを 2 台の機能結合型 (水平分散力あり) の約 65cm の偏向電磁石に置き換える (図 1)。弧部のみで仮想的なリングを作った場合、現在約 $41\text{nm}\cdot\text{rad}$ であるエミッタンスが、新しいセルでは $4.6\text{nm}\cdot\text{rad}$ まで小さくなる。既存の直線部と新しい弧部を繋ぐため、弧部と直線部の接続部分までを改造範囲とする (図 2)。直線部のチューンの進みを工夫する (整数または半整数とする) ことで、既存の PF リングと同程度の電磁石の誤差 (据付誤差 $50\mu\text{m}$ 、強さの誤差 0.05%、回転誤差 $100\mu\text{rad}$) があっても、現状 (以上) のダイナミックアパーチャを確保できることが分かっている。なお、入射点や真空封止短周期挿入光源の場所のオプティクスはほぼ維持される為、運転及び利用時に大きな問題は生じない。リング全体のエミッタンスは約 $8\text{nm}\cdot\text{rad}$ 、挿入光源からの光の輝度は約 7~8 倍に向上する。

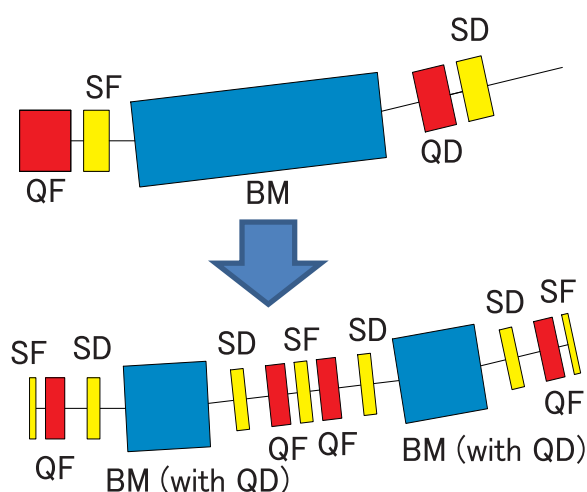


図 1 弧部ラティス改造案

直線部は改造しないので、挿入光源の光源点は変化しない。一方で、弧部の偏向電磁石ラインについては、2.5 度ラインの場合、新しいラティスの 1 台目の偏向電磁石内が光源点となるが、現在のラティスと比較すると光源点が上流側に約 80cm ずれ、光軸がリング内側に約 2cm 平行移動してしまう。光軸の移動を防ぐ為には、弧部入口の偏向電磁石を約 10cm

下流に（出口側は上流に）ずらし、弧部全体の電子軌道を約 2cm 外側にずらせば、光源点は約 80cm 上流に移動するが、既存の BL に向けて光を発生させることが可能である。なお、新しい弧部は現在の偏向電磁石の円弧軌道を弦で結ぶようなイメージになり、弧部全体を約 2cm 外側にしても、周長は約 3cm（RF 約 +100kHz）短くなる。

必要な予算は、加速器要素だけの場合、恐らく高輝度化や直線部改造と同程度の規模と思われるが、当時とは PF の老朽化の度合いが大きく異なり、雨漏りの修理、冷却水系や空調の修理、床面の亀裂や不安定性の改善など、同時に老朽化対策が必要なことが明らかである。また、向上する性能を生かすには、加速器側のモニタや補正系の充実、BL 側の安定性の向上なども必須であろう。加速器のみの改造に必要な期間は、電磁石や真空、モニタ系の準備に約 2 年、実際の改造作業は半年程度（直線部増強と同程度）と思われる。電磁石と真空について、1 セル分、先行して試作することが必要不可欠であろう。

現在、ラティスとオプティクスに対してシミュレーションを行っただけであり、実現に向けては、ハードウェアの詳細設計が大きな課題となる。例えば、機能結合型偏向電磁石の難しさ、現在の 10 倍以上の強力な 6 極電磁石が必要となること、電磁石間隔が狭くなって、真空・モニタ系の設置や維持が簡単でないこと等がある。電磁石の磁場の為、弧部の真空ダクトは現在の約半分の 4cm

まで細くする必要がある。さらに、直線部のチューンを非線形力に対して調整しているので、直線部に大きな 6 極成分があるとアパーチャが劇的に減少する可能性がある。現在、既にいくつかの挿入光源に非線形磁場成分があることが分かっており、場合によっては補正を検討する必要があるかも知れない。

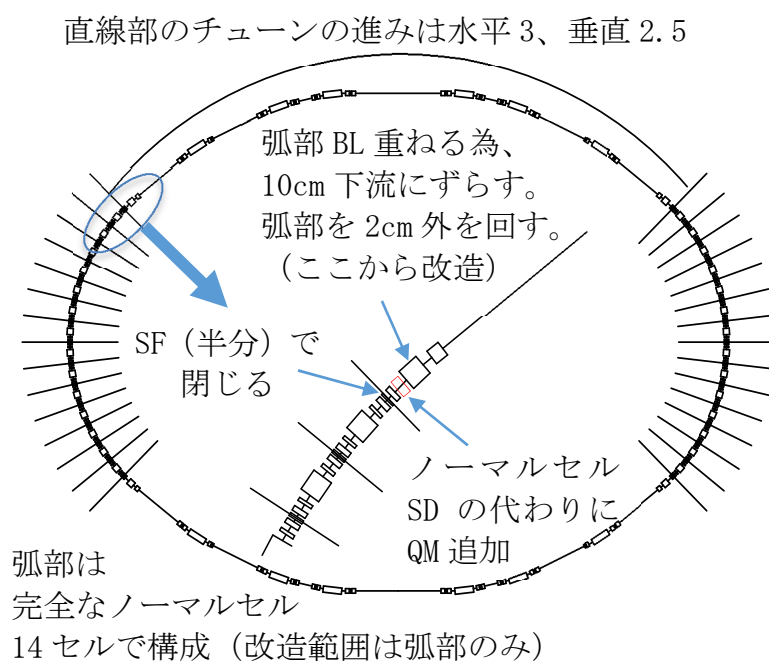


図 2 改造範囲