

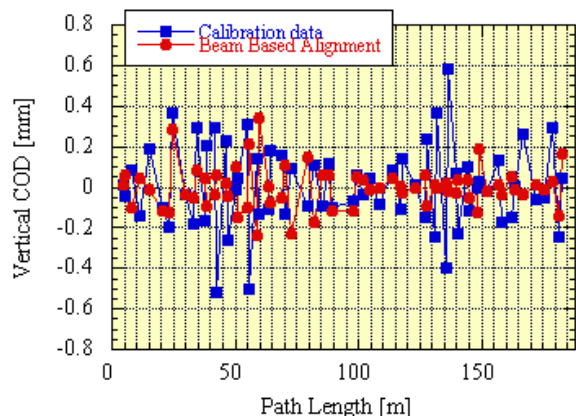
PF リングにおけるビーム位置モニターの Beam Based Alignment

放射光源研究系 本田 融、帯名 崇、原田健太郎、Cheng Weixing、
多田野幹人、長橋進也、芳賀開一、小林幸則、宮島 司

直線部改造によるラティス変更を経て現在のPFリングは28台の偏向電磁石と78台の四極電磁石で構成されている。四極電磁石は蓄積リングの電子軌道がその中心を通るようにアライメントされている。リングのコミッションング時にはビーム位置モニター (BPM) によって電子軌道の四極電磁石中心からの変位を計測し、閉軌道のずれ (Closed Orbit Distortion : COD) を補正する。大きなCODが発生するとダイナミックアパーチャが狭くなってビーム寿命が保てなくなったり、ベータatronチューンを始めとする様々なリングパラメータが設定値からずれてエミッタンスの悪化を招くなどの障害が起こる。また2005年以来ギャップの非常に狭い短周期の真空封止アンジュレータも複数導入されており電子軌道の絶対値を正確に計測し軌道フィードバックすることが益々重要となってきた。

PFリングのBPMは直近の四極電磁石に対してアライメントされている。BPM本体はビームダクトに4つの小さな円盤型電極 (button electrode) を取り付けした構造をしており、4つの電極で検知される高周波のビーム信号の強度比からビーム位置を計測する。電極からの信号は4対1の半導体スイッチ (PIN diode switch) を介して一台の検波回路で信号処理される。BPMのオフセット (四極電磁石中心に対する零点のずれ) は設置アライメント誤差等の機械的要因とボタン電極の浮遊容量や半導体スイッチの挿入損失のばらつき等の電氣的要因が混合して生じる。リングに設置する前にベンチで較正データを獲りオフセットを除くように準備をしているが、軌道補正後に残るCOD (図1の青四角、垂直方向のみのデータ) から推定すると標準偏差にして0.20 mm、また一部区間のBPMには0.5 mm を超えるオフセットが生じていると思われた。

ビームを収束させる働きをする四極電磁石のつくる磁場の大きさは中心からの距離に比例し、磁場中心では零である。四極電磁石の真中を通過する電子の軌道は一切曲げられない。したがって特定の四極電磁石に流す電流値を微小に変化させても新たなCODが発生しないビーム位置が磁場中心と考えられ、そのときの隣接するBPMの測定値からオフセットを知ることができる。



この Beam Based Alignment によって実測した零点に基づいてCOD補正を行った結果が図1の赤丸でプロットされている。残存するCODの標準偏差は約半分の0.10 mmまで改善された。また真空封止アンジュレータ U#17の最小ギャップの探索とビームラインでの詳細な光軸測定によって決定された中心軌道と、Beam Based Alignment に基づくビーム位置の計測は20 μ m 以内の誤差で符合した。

図1 BPMのBeam Based Alignmentによる垂直方向CODの改善