

進行方向フィードバックによるビーム不安定性の抑制と今後の課題

高井良太, 帯名崇, 本田融, 多田野幹人, 三橋利行 (PF 放射光源)

飛山真理, John W. Flanagan (加速器研究施設)

蓄積リング中に多数のバンチを蓄積すると、個々のバンチの振動が互いに結合し合い、場合によってはビーム全体が不安定になることがある（バンチ結合型不安定性）。このような不安定は、リングの設計段階から注意深く避けられているが、その発生を完全に抑えることは難しく、何らかの事後的対策が必要となる。PF リングにおいても、蓄積電流が 50mA を超えたあたりから進行方向のバンチ結合型不安定性が確認されており、これまではそれを“RF 位相変調法”によって抑制してきた。しかしながら、この方法では不安定を完全に抑えられないだけでなく、原理的にビームの輝度が低下してしまうという欠点があった。そこで、我々は 2006 年度よりビーム輝度を犠牲にしない“進行方向個別バンチフィードバックシステム”の研究・開発を進め、昨年 10 月にいよいよユーザー運転への本格導入を果たした。本発表では、このフィードバックシステムの現状と今後の課題について報告する。

開発したフィードバックシステムは、位置検出部、信号処理部、電力増幅部、補正部の 4 つに大別される。位置検出には、RF 周波数の 3 倍に相当する 1.5GHz 成分を使用している。高速な信号処理が要求される信号処理部には、KEK, SLAC, Frascati で共同開発した“iGp (integrated General purpose) Signal Processor”を採用した。電力増幅部の高周波アンプは、出力を 500W まで増強したことで、必要十分なキャプチャーレンジを実現している。補正部に当たるキッカーには、PF 用にアレンジした DAFNE タイプの空洞型キッカーを開発し、使用している。

ストリークカメラで撮影した進行方向のビームプロファイルを下図に示す。バンチ数は 280、トータルカレントは 430mA である。進行方向フィードバック (FB) を適用すると、バンチの重心振動が抑制されているのが分かる。また、ビームのエネルギー拡がり敏感な BL-17 では、位相変調時より放射光の強度が 50%程度上昇するのが確認された。しかしながら、図にも表れているように、フィードバックのみの状態ではバンチが伸縮する“4 極振動”を抑えきれないことが判明した。しかも、このモードは 10~15 秒程度の周期で不規則に発生するため、それに同期して光強度が 20~30%も変動してしまう。現在のユーザー運転では、この 4 極振動を進行方向フィードバックと RF 位相変調法を併用することで抑えている。ただし、位相変調の度合いは以前より弱めてあり、光強度は BL-17 において 30%強の増加となっている。

今後の課題は、フィードバックのみの状態で安定かつ高強度の放射光を実現することである。そのためには、4 極振動を励起しているインピーダンス源を特定し、対策を施すことが最善であるが、特定できない場合に備え、4 極振動に対するフィードバック系の検討も並行して進める予定である。

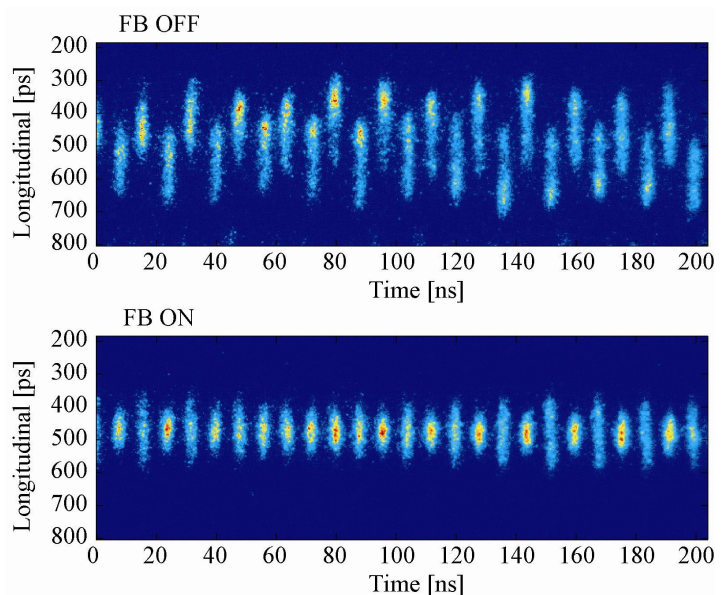


図. FB OFF/ON 時の進行方向ビームプロファイル