

3.3 負帰還フィードバックによる不安定の抑制

次に、バンチあたりの粒子数を 3.2×10^{12} まで増やし負帰還フィードバックとフィードバックなしとの比較を DCCT を用いて粒子数の時間変化を見る事で行った。図 5 にフィードバックなしの、図 6 に負帰還フィードバックを使った時の DCCT 信号の

図 5: フィードバックなしの時の DCCT 信号 (同じビーム条件でとった 3 ショット)。

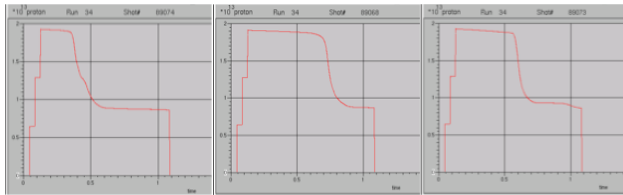
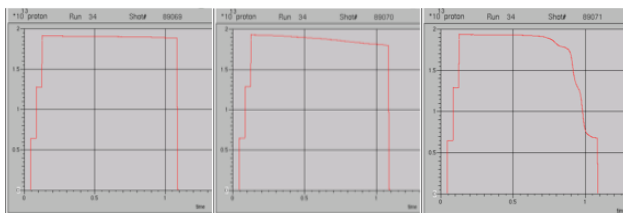


図 6: 負帰還フィードバックの時の DCCT 信号 (同じビーム条件でとった 3 ショット)。



時間変化をそれぞれ示した。なおこの時のバンチ数は 6 で、クロマティシティは ~ 0 である。フィードバック無しの際は早い時間で大きくビームロスをするのに対して、負帰還フィードバックの際は、ビームロスを大幅に抑制出来ているか、或は大きくビームロスした場合でも長い時間ビームをリング内に保つ事が出来ている。この事から、負帰還フィードバックを用いて不安定をある程度抑制できている事が分かった。

4. 30GeV 加速運転への導入にむけて

今回の 30GeV-DC 運転でのビーム試験で負帰還フィードバックでビーム不安定性を抑制出来る事が分かった。次のステップは 30 GeV 加速運転でシステムを使える用にする事である。その為に解決すべき問題点と解決案を以下にまとめた。

- 加速に伴うタイミング信号のずれの補正

加速モードでは、加速中の RF 周波数スイープやシンクロトロン位相の変化により、ある時刻で ADC ゲートやキッカーの出力とビームのタイミングが合うように調整しても、加速に伴ってタイミングがずれてしまう。現状では加速中のタイミングは固定だが、LLRF4 ボードの firmware を改良して、タイミングのずれに追従するようにディレイをフィードフォワードで変更する事を考えている。

- フィードバックゲインの最適化

加速するに従ってバンチ長が縮むため、ビーム位置モニターの出力が大きくなる。このため同じビーム位置のずれでも加速後半のフィードバック出力の方が前半のそれより大きい。逆にビームのエネルギーが上昇すると、より大きなキック電圧が必要になる効果もある。これら二つの効果を考慮したフィードバックゲインの調整が必要である。現状では、4 種類のフィルターを外部タイミングで切り替えできるファームウェアになっているが、この切り替えで十分なのか検討を行う予定である。

- パワーアンプ交換

(加速モードとは直接関係ないが) 3.2 章で前述したように、モード 0 の振動が主であるので、より低周波に感度があるアンプの調達が必要である。

以上の対策を 2010 年 9 月末までに済ませて、10 月に 30 GeV 加速モードでのビーム試験を予定している。

5. まとめ

我々は J-PARC MR のビーム不安定性を抑制する為のバンチ毎フィードバックシステムを設計、設置し、2010 年の 6 月に 3 GeV DC 運転に於けるビーム試験を実施した。ビーム試験では、負帰還フィードバックである程度ビーム不安定性を抑制してビームロスを減らす事に成功した。また、6 バンチ運転でのビームの振動モードは 0 モードが主である事も分かった。今後は、フィードバックシステムを少し改良し、2010 年 10 月に 30 GeV 加速モードで試験を行う予定である。

参考文献

- [1] M. Tobiyama et. al., in proceedings of IPAC10, Kyoto, Japan, 2010
- [2] T. Toyama et. al., in proceedings of PAC09, Vancouver, BC, Canada, 2009
- [3] L. Doolittle, et al., in proceedings of LINAC2006, Knoxville, U.S.A. p.568-570 (2006)
- [4] <http://www.dimtel.com>
- [5] Y. Chin et. al., in proceedings of HB2008, p40, (2008) "Impedance and Beam Instability Issues at J-PARC Rings"