

パルス4極電磁石を用いた PF-AR 入射スタディ報告

原田 健太郎、小林 幸則、長橋 進也、宮島 司
(KEK-PF 電磁石・軌道グループ)

我々は2003年にパルス4極電磁石を用いた入射システムを設計開発し、2004年冬に電磁石および電源を製作、春になって磁場測定を行って性能を確かめた後、夏のシャットダウン中に実際にPF-ARに設置した。ここでは2004年の秋から行ったパルス4極電磁石によるPF-AR入射マシンスタディの結果について報告を行う。

通常の入射においてはパルス偏向電磁石を4台用いているが、4極電磁石を用いれば1台で入射が可能となる。また、4極電磁石は中心では磁場がゼロであるため、そこを通る蓄積ビームに対しては振動を励起しない。一方、大振幅の入射ビームに対しては振幅に比例した磁場で蹴りを与えるため、入射ビーム振動の大きさを効果的に減らすことができる。これがパルス4極電磁石を用いた入射の原理である。

計算の結果、PF-ARにおいてはパルス4極電磁石を入射点より約15m下流、南直線部の4極電磁石QC2SWの隣に設置するのが最適であり、必要な磁場勾配は3T/mであることが分かった。ここで、パルス幅はビーム周回周期(の2倍)にあわせて2.4 μ secであり、対応する電源は電流2000A、充電電圧およそ20kVである。励磁試験及び磁場測定によって、これらの性能が満たされていることを確認した後、PF-ARに電磁石本体を設置した。磁場測定の結果を図1に示す。入射ビームの振動の振幅はパルス4極電磁石内でおおよそ15mmと見積もられる為、入射ビームは内側に向かって約1.1mrad蹴られることとなる。この蹴りによって入射ビームの振動の大きさは減少し、通常の入射システムを用いた場合とほぼ同じ大きさになり、入射が可能になると予想された。

マシンスタディの結果、入射が可能であることが確認され、原理は実証された。低電流における入射効率は通常の入射と同程度であり、また、光モニタやビーム振動検出器による観測の結果、蓄積ビームの重心振動が完全にゼロではないものの、かなり小さくできていることも分かった。

蓄積ビームの振動を図2に、パルス4極を使った場合の典型的な入射履歴を図3に示す。目下最大の問題点は蓄積可能な電流値であり、現在のところ蓄積電流が30mA~40mAに達したところで入射が滞り、それ以上蓄積することができていない。原因はビーム不安定性にあると思われるが、解決は今後のスタディに委ねられている。

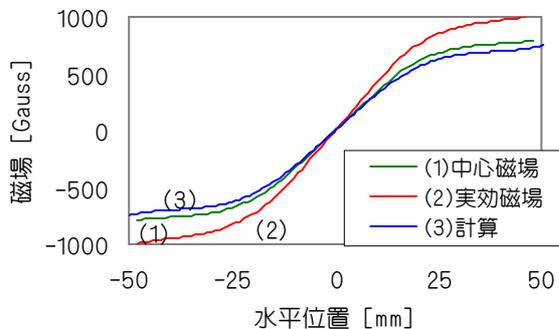


図1 磁場測定結果

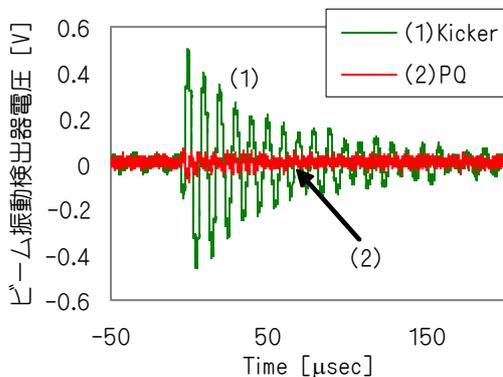


図2 蓄積ビーム重心振動の比較

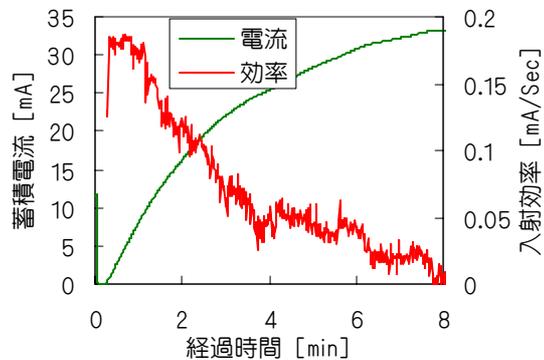


図3 入射履歴(繰り返し5Hz)