

PRESENT STATUS OF ALIGNMENT FOR KEK-ATF

Sakae Araki ^{#,A)}, Toshiyuki Okugi ^{A)}, Junji Urakawa ^{A)}, Kiyoshi Kubo ^{A)}, Shigeru Kuroda ^{A)},
Toshiaki Tauchi ^{A)}, Nobuhiro Terunuma ^{A)}, Takashi Naito ^{A)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

Accelerator Test Facility (ATF) in KEK is starting the beam-study of the S-band linac since 1996. After that it was extended to the Damping Ring, the Extraction line and the ATF2 that is the final-focus beam line in 2009. These devices are established on the ground floor reinforced the bases. However, misalignments in the temporal change were found, and the Great Eastern Japan Earthquake in March 2011 affected them in the great damages. We have rough aligned the Linac and the Damping Ring immediately for the operation check of the accelerator, and the test-beam had been done in June 2011. After the several measurements, it was found that the length of the Damping Ring was different with the SAD design. The beam line has been completely redesigned in ATF. It reports the re-alignment status.

KEK 先端加速器試験装置(ATF)におけるアライメントの復旧

1. はじめに

KEK の先端加速器試験装置(ATF)は 1996 年から S-band リニアックのビーム運転を開始し、その後ダンピングリング、取り出しライン、2009 年には ATF2 ビームラインまで拡張された。それら装置は床基礎を補強した地上に設置されており、ミスアライメントが生じている上に、2011 年 3 月東北・関東大地震で多大なる影響を受けた。2011 年 6 月に加速器の動作確認をするために、LINAC と DR の深刻な変形を取り除くラフアライメントを早急に行い、テストビーム運転をすることができた。その後、各測量した結果から、季節変動などで DR 周長が設計より 8 月時点で南北方向に最大 1.5mm 伸びていることが判明し、それに最適化したビーム軌道の設計をやり直して座標位置を再設定した。

秋の運転では DR にて震災以前の性能 (リング取り出し直後の電子ビームサイズで、 $X=215\mu\text{m}$ 、 $Y=13\mu\text{m}$) に近づいた。また、その他のビーム軌道設計の微調整を行い、加速器性能を上げるために順次アライメントを進めた。2012 年 6 月まで加速器運転の保守期間に測量を続けているが、冬期に周長で 3 mm 程度縮み、春には再び周長の膨張を確認した。高さ方向も若干のばらつきが出てきているので、現在も精密測量を続けている。

ATF2 ビームラインにおける収束点での到達電子ビームサイズ、 $X=10\mu\text{m}$ 、 $Y=165\text{nm}$ を測定したが、ビームラインの不安定性が問題 になっている。ビーム調整だけでなく、アライメントの変動も大きく影響している。その結果を報告する。

2. ダンピングリング (DR)

2011 年夏の測量した結果から、季節変動などで DR 周長が設計より 8 月時点で南北方向に最大 1.5mm 伸びていることが判明し、それに合わせた

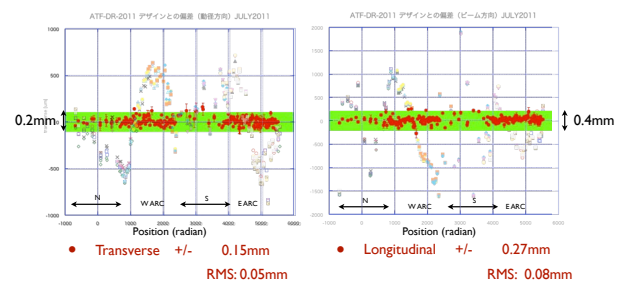


図 1 : DR アライメント、2012 年 9 月の結果
左図が動径(横)方向、右図がビーム方向のズレを示す。赤丸がアライメント後のデータで、薄印がラフアライメント時のデータを示す。

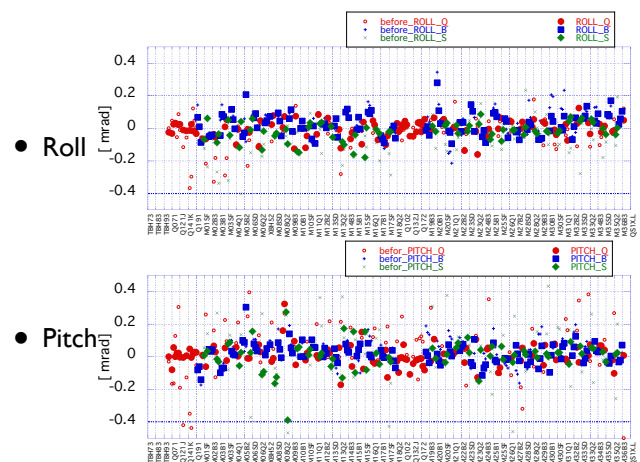


図 2 : DR 電磁石の傾き
赤 : 4 極電磁石、青 : 偏向電磁石、緑 : 6 極電磁石

sakae.araki@kek.jp

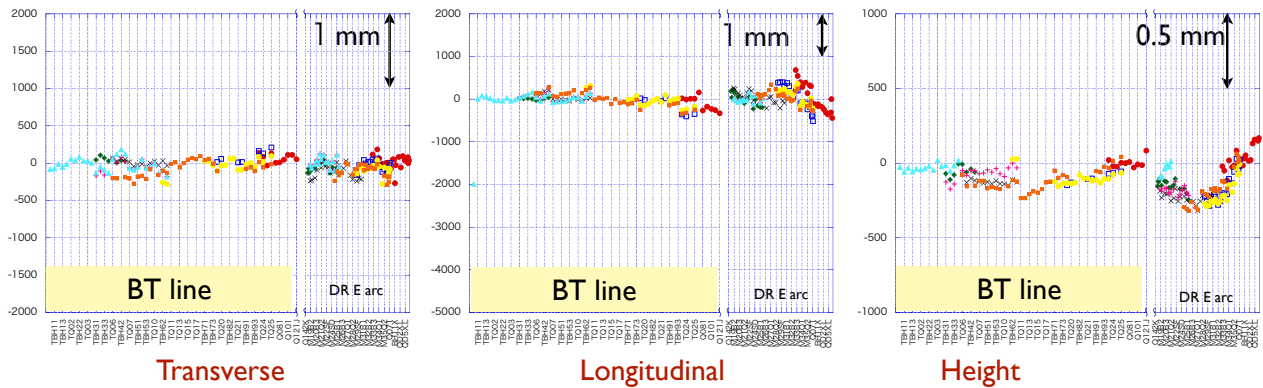


図 3 : BT アライメントの結果(2012/1~3 月)

ビーム軌道の設計をやり直して座標位置を再設定した。昨年秋の DR アライメントの結果を図 1 に示す。

次に図 2 に電磁石の傾きを示す。ビーム方向の回転を Roll、他方向を Pitch とする。概ね 0.1mrad 程度にアライメントされている。一部の基準座の精度不足により収まっていないものもある。

秋期ビーム運転では DR のリング取り出し直後の電子ビームサイズで、 $X=215\mu\text{m}$ 、 $Y=13\mu\text{m}$ であり、震災以前の性能に戻すことができた。

3. ビームトランスポートライン (BT)

また、DR に接続する BT もビーム軌道設計の微調整を行う必要が生じた。ラフアライメント後の測量結果から横方向に 1mm を越える修正を行った。2012 年冬のメンテナンス期間に少しずつ修正をかけて、加速器性能を上げるために順次 BT アライメントを進めた。図 3 の様にアライメントを行った結果、BT ビーム軌道の調整時間は格段に減少し、ビームロスが格段に改善された。

横方向(Transverse)のエラーは $\pm 200\mu\text{m}$ 程度に収まったが、ビーム方向(Longitudinal)のエラーは測定範囲毎に収縮がみられ、DR の東アーク部のアライメント Fit エラーが微増している。また、高さ方向の結果より、東アーク部が変動(湾曲)して BT も同様引きずられて、変動していることが解る。

4. DR 周長の変化

ATF のビーム運転に於いて、長期的季節変動による周長(DR $\approx 120\text{m}$)の変化は以前から観測されていて、冬季と夏季で約 6mm 伸縮することが分かっている。また、前途の測量結果により、高さ方向の変化も生じている。ビーム運転時の DR の RF 周波数の変化を図 4 に示す。2 月上旬の RF 周波数を周長に換算すると約 5mm 短くなり、6 月中旬にはデザイン周波数に戻っている。

アライメントの測量データから周長に準じた長さを出すために、36 角形を形成する偏向電磁石の間隔を設計値と比べた差分を図 5 に示す。その積み重ねをプロットした。左端が総和(周長相当の変化分)である。昨年 10 月にアライメント直後の周長はデザ

20120618
T.Naito

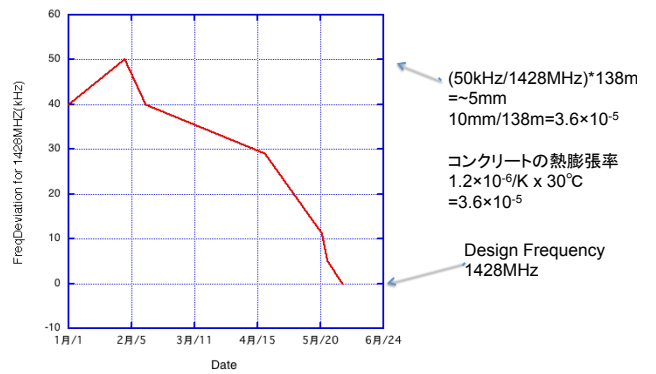


図 4 : DR の RF 周波数の変化

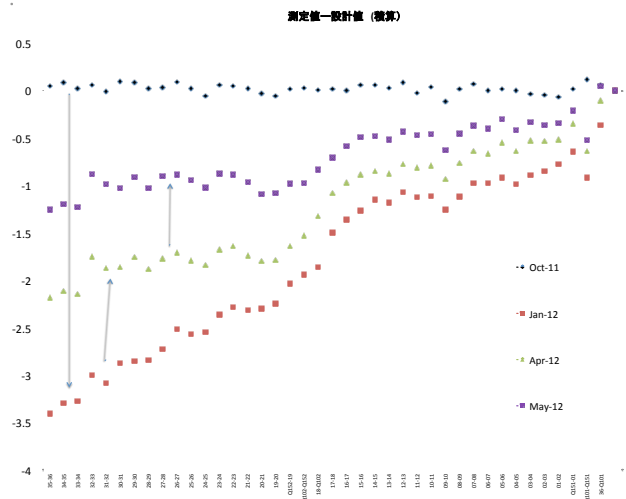


図 5 : DR 周長の季節変化

インに対して、+0.1mm であったが、

今年 1 月の測量結果では、-3.4mm と短くなり、春 4 月は-2.2mm、5 月は-1.3mm と徐々に伸びてきているのが観測された。

4 月の測量データを詳しく解析し、エラーを 1000 倍で平面プロットしたものを図 6 に示す。リング基

準の入射部を便宜上合わせた図であるが、アライメント直後のデータと比べると周長が短くなっており、南北方向で約 0.5mm 狭くなった。次に高さ方向のプロットを図7に示す。やはり、昨年夏のアライメント直後(赤丸)と今年の冬(黒丸)と春(緑丸)を比べると上下に変動がみられる。東西アーク部の変形には差異が生じておりリングが一様に変形していない。

5. ATF2 ビームライン (EXT/FF)

春期運転時の ATF2 ビームラインでの極小ビーム開発研究において、収束点での電子ビームサイズは、 $X=10\mu\text{m}$ 、 $Y=165\text{nm}$ (垂直方向)を到達することが出来た^[1]。更なる目標値 37nm を達成するための研究開発^[2]を進めているが、ビームの安定性が重要であり、ビーム軌道の変動は各種測定に悪影響を及ぼしている。昨年末のアライメント直後の測量データ(図 8)と比べると、余震の影響なのか季節変動によるものなのかビームラインの変動が測定されている。春のビーム運転直後の6月の測量を図9に示す。

ATF2 ビームライン後半の FF エリアはアクティブムーバーで軌道を調整することが可能である。その調整状態で基準点を測定した。

測量基準点位置＝電磁場中心とはならず、横方向のズレは大きめにでている。高さ方向は概ね良好である。偏向電磁石と6極電磁石の調整不足によりエラーが大きいことが解る。4極電磁石の RMS は、横方向： $197\mu\text{m}$ 、ビーム方向： $250\mu\text{m}$ 、高さ方向： $155\mu\text{m}$ と増加している。

アライメントエラーの変動が考えられるので、Roll と Pitch を確認した結果(図 10)、数台を除き大きな変動はなく、正しくアクティブムーバーが可動していることを確認した。

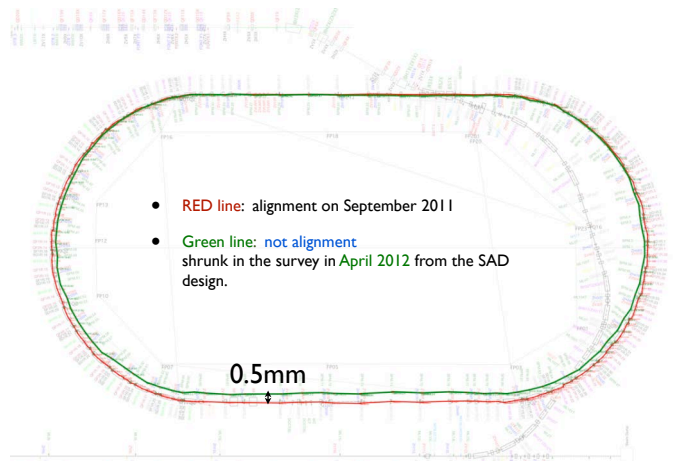


図6：DR 平面プロット (差分 x1000)
赤線：2011年9月、 緑線：2012年4月

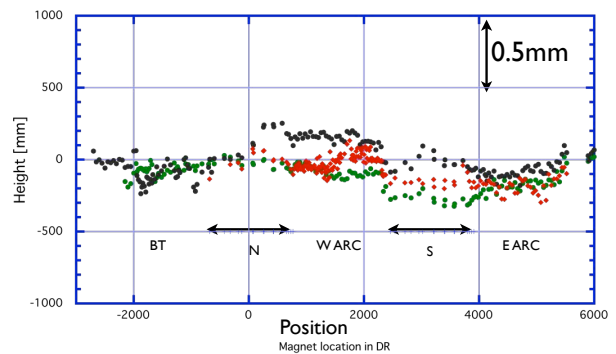


図7：DR 高さの変動

赤丸：2011年9月、黒丸：2012年1月、緑丸：4月

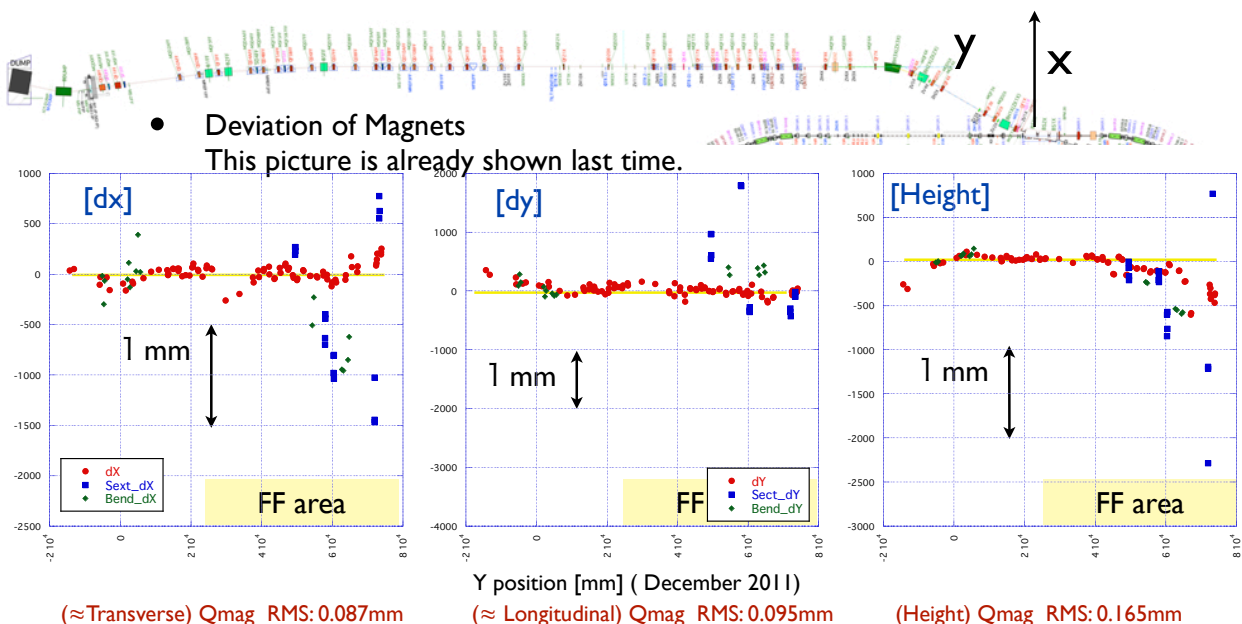


図8：ATF2 アライメント結果(この時点では偏向電磁石と6極電磁石は未調整である)

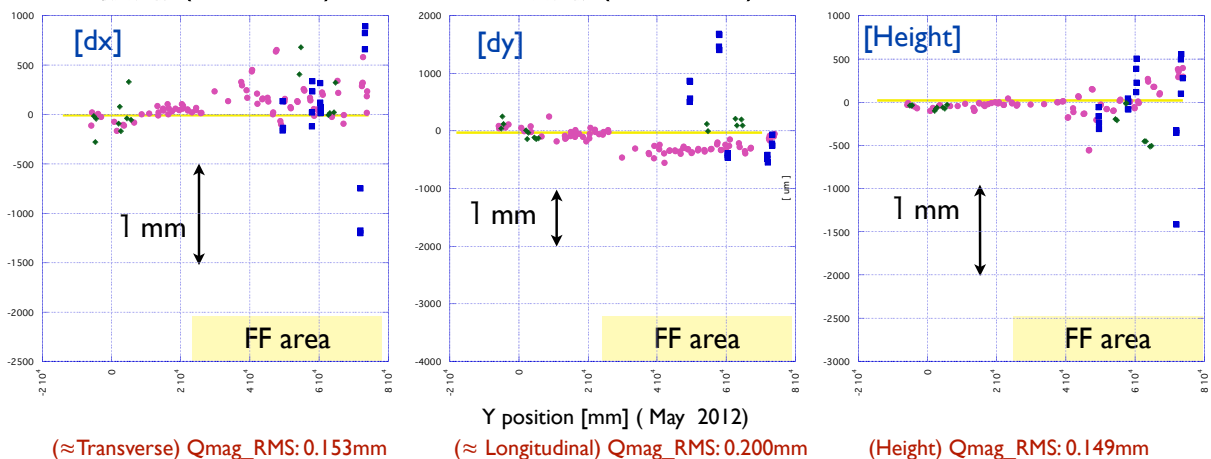


図 9 : ATF2 測量結果(アクティブムーバーSET 済)

6. まとめ

DR 周長や高さ方向の変動によりアライメントが変化していることが再認識された。極小ビーム開発研究のためには、精密アライメントの保持が必要である。アライメント測量は、停止時に行うものであり、運転時の通電状態が異なり温度条件が同じでは無いことを理由の一つとして挙げられるが、ビーム運転の安定度を上げるためには、この変動を改善することが重要である。

周長変動の対策としては、基準周波数をリング軌道が最適になるように適宜調整しているが、それに伴うリニアックの RF やタイミングの再調整、多岐にわたり影響を及ぼして、効率のよい高度安定運転が大変難しくなっている。この問題解決が急務になっている。定期的に測量に加えて、温度変化の影響を調べる予定である。

参考文献

- [1]International Collaboration Atf, et al., “Status of the Accelerator Test Facility”, in this meeting.
- [2]T.Okugi, et al., “Beam focusing at ATF2 beam line”, in this meeting.

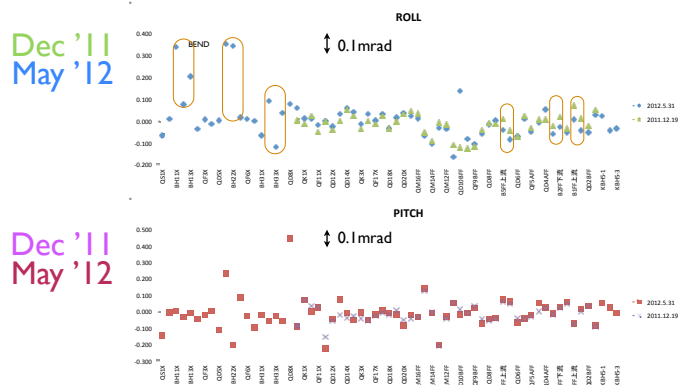


図 10 : ATF2 電磁石の傾き

上に Roll、下に Pitch を示し、2011 年 12 月と 2012 年 5 月のデータをプロットした。偏向電磁石の基準座は複数あり高さ調整を優先するために、傾きのデータが外れる場合がある。