

# KEK 先端加速器試験装置(ATF2)におけるアライメントの現状

## PRESENT STATUS OF ALIGNMENT FOR ATF2 BEAM LINE

荒木栄<sup>#,A)</sup>, 奥木敏行<sup>A)</sup>, 久保浄<sup>A)</sup>, 黒田茂<sup>A)</sup>, 田内利明<sup>A)</sup>,  
照沼信浩<sup>A)</sup>, 内藤孝<sup>A)</sup>, 清水 健一<sup>B)</sup>, 大房 拓也<sup>C)</sup>

Sakae Araki<sup>#,A)</sup>, Toshiyuki Okugi<sup>A)</sup>, Kiyoshi Kubo<sup>A)</sup>, Shigeru Kuroda<sup>A)</sup>, Toshiaki Tauchi<sup>A)</sup>, Nobuhiro Terunuma<sup>A)</sup>,  
Takashi Naito<sup>A)</sup>, Shimizu Kenichi, Ohusa Takuya<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

<sup>B)</sup> SK-service INC.

<sup>C)</sup> Kantou Information Service (KIS)

### Abstract

Accelerator Test Facility (ATF) in KEK is starting the beam-study of ATF2 that is the final-focus beam line in 2009. We confirmed the vertical beam size smaller than 44 nm with low intensity by June 2014 in ATF2. After the several measurements, it was found that the length of the Damping Ring was different with the SAD design. The alignment of DR and ATF2 is good for the most part. We also undergo influence of a seasonal variation, so the measurement environment should be arranged and measured. A precise alignment is established. There is also a magnet by which an alignment error becomes big by a measurement result. We have to keep an alignment tolerance fixedly. It reports the alignment status.

### 1. はじめに

KEK の先端加速器試験装置(ATF)では国際リニアコライダー(ILC)において必要とされるビーム計測・制御技術の開発を進めている[1]。ダンピングリング(DR)では、電子ビームを ILC で要求される程度の低エミッタンスビームで運転する事ができた。

現在、ILC 最終収束系の試験施設である ATF2 ビームラインを利用した研究開発で、極小ビームの実現やナノメートルでのビーム安定化に向けたビーム試験を進めている[2, 3]。その結果、2014 年 6 月には 44nm まで絞り込むことに成功した[4, 5]。ATF のアライメント・トレランスは、 $\sigma$  Transverse < 90 $\mu$ m、 $\sigma$  Vertical < 60 $\mu$ m、 $\sigma$  Rotation < 0.2mrad である。既存の建屋内に設置した ATF ビームライン(Figure 1)は、長期的な地盤変動や気候・温度などの変動によるミスアライメントも発生している。また、ナノメートルレベルでのビーム位置制御を実現には、電磁石の振動対策も必要である。特に最終収束系電磁石の架台剛性はビーム振動に影響する可能性がある。ダンピングリング(DR)および ATF2 ビームラインアライメントの現状を報告する。

### 2. DR アライメント

測量には 3 次元測量器レーザートラッカー[FARO 製](LT)、高さ方向については Y レベル[ライカ製デジタルレベル](DNA03)を使用している。DR は 2011 年 3 月の東北・関東大震災の影響で $\pm 0.5$ mm と大きく崩れ、低エミッタンスビームを維持する事が出来なくなった。2011 年秋に精密アライメントを終えて、動径・高さ方向共に設置残差:RMS=50 $\mu$ m に納める

事ができた。DR から取り出し直後のビームサイズで、震災以前の X=21.5 $\mu$ m、Y=13 $\mu$ m 程度の性能に戻す事もでき、アライメント・トレランスも達成した[6]。2014 年夏より、データ解析は、SpatialAnalyzer® (SA) の Unified Spatial Metrology Network (USMN)[7]を用いた。それ以前は独自解析を行っていた。その後 USMN の結果と比較しても DR 長径および短径距離に誤差は生じるがビーム軌

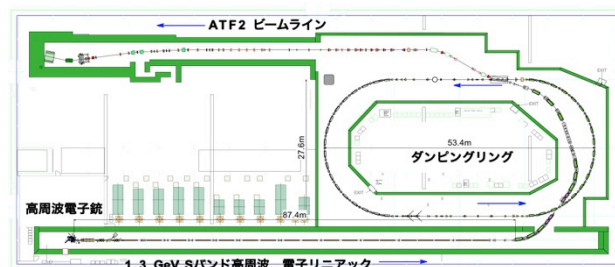


Figure 1: Layout of the ATF beam line.

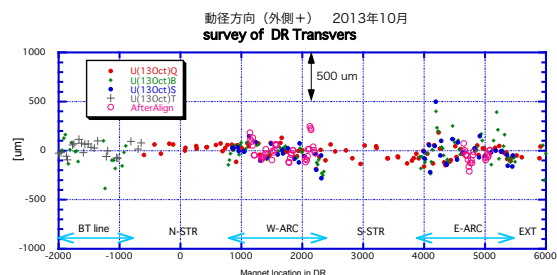


Figure 2: Transversers survey of the ATF-DR beam line.

<sup>#</sup> sakae.araki@kek.jp





## 6. 最終収束系電磁石の振動

ATF2 の仮想焦点(IP)は  $37\mu\text{m}$  である。そこまで絞るためには、ビームパイプの繋ぎ目などの段差も Wakefield に影響するので対策やアライメントも必要になる。IP 直前にある最終収束系の電磁石の振動も抑えるため、防振台に設置されている(Figure 8)。また、2012 年夏に QF1FF(4 極電磁石)は、より大型の電磁石(重量 1.2t)に入れ換えをおこなった。この大型電磁石も他と同様にアクティブムーバに設置される。電磁石群が非同期で早い振動があるとビームジッターの要因になり、収束や計測に影響するので振動測定をしている。KEK サポート架台の剛性を上げるため、シムの挟み込みや強化(Figure 9)を進めたが、2015 年春に国際協力を進めている LAPP(フランス)[8]による剛性を上げた T プレート型に交換した(Figure 10)。KEK 下部サポート架台(桃線)と T プレート型サポート架台(緑線および黒線)のサポート方法の違いによる振動測定結果を Figure 11 および、パワースペクトラムの一部を Figure 12 に示す。T プレート型は測定範囲全域では良好な振動抑制は得られたが、それでも(a)横方向に 17-19Hz、(b)縦方向に 44-48Hz ピークの雑振動がある。未だこの付近の震動源は判明していない。

## 7. まとめ

DR と ATF2 のアライメントは震災以降、高さ方向の変動は小さくなり概ね良好である。季節変動を受けつつも環境温度の影響も受けるので、運転状況に近い環境で測定すべきである。精密アライメントは確立しているが、最近の測定結果では、年々ズレが大きくなっている箇所もある。今後も定期的に測定を行い、アライメント・トレランスを一定に保つ必要がある。また、振動の影響を受けやすい箇所はこれからも振動対策を進めなければならない。

## 参考文献

- [1] ATF Collaboration, Phys. Rev. Lett., 88, 194801 (2002).
- [2] ATF2 Collaboration., "ATF2 Proposal", KEK Report 2005-2(2005).
- [3] P.Bambade et al., "Present status and first results of the final focus beam line at the KEK Accelerator Test Facility", Phys. Rev. ST-AB 13, 042801 (2010).
- [4] N.Terunuma et al., "先端加速器試験施設(ATF)の現状", 本加速器学会.
- [5] T.Okugi et al., "ATF2 ビームラインでの微小ビームサイズの達成", 本加速器学会.
- [6] S.Araki, et al., "KEK 先端加速器試験装置(ATF)におけるアライメントの復旧", Proceedings of the 9th Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Toyonaka, Aug. 8-11, 2012.
- [7] <http://www.kinematics.com/spatialanalyzer/usmn.php>
- [8] S.Araki, et al., "KEK-ATF における最終収束系試験用電磁石のアライメント", Proceedings of Particle Accelerator Society Meeting 2009, JAEA, Tokai, Aug. 5-7, 2009.

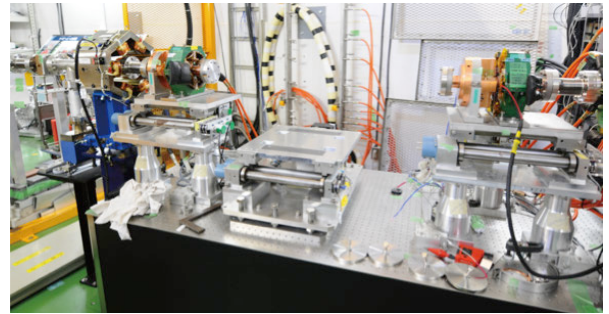


Figure 8: Vibration isolated table and active-mover.

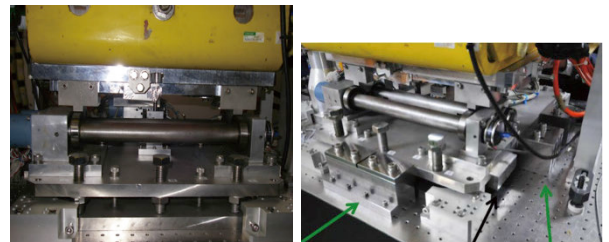


Figure 9: KEK-support and shims+ side blocks.



Figure 10: LAPP-support and side blocks.

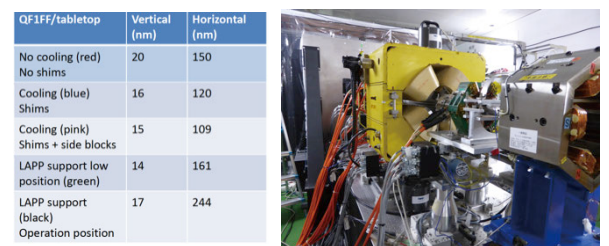


Figure 11: Summarizes the relative displacements at 1Hz for the different configurations. Photo is measurement set-up.

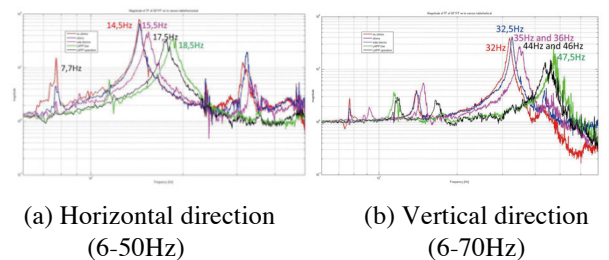


Figure 12: Transfer function measurements between the top of the FD table and the top of QF1FF.