

Status of ATF (ATF2: Test beamline for ILC Final Focus System)

Nobuhiro Terunuma^{1,A)} and ATF International Collaboration

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization, KEK

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 Japan

Abstract

The test beamline for the ILC final focus system was built at ATF in KEK. Two major goals, achievement of the 37 nm vertical beam size and developing the nano-meter level beam control technique, are defined in this project. Commissioning of the new BPM system and beam size monitors have been carried out since January 2009. The beam size obtained is 2.9 micron in vertical. Commissioning of the beam size monitor based on the laser fringe pattern will be tried and will be used for beam tuning lower than 1 micron from the next beam period in November.

ATFの現状報告（ILC最終収束系試験ビームラインの稼働）

1. はじめに

ATF (Accelerator Test Facility) は、国際リニアコライダー計画 (ILC, International Linear Collider) [1] を中心とした数多くの開発研究を行っており、ダンピングリングで生成される超低エミッタンス電子ビームを用いたビーム技術開発を行う特徴のある加速器である。国内外の大学および研究機関が参加している ATF International collaboration [2] の組織の下で、学生を含めた多くの研究者が開発実験のため頻りにATFを訪れている。

今回、運転を開始したビームラインは、ILCの最終収束系の試験および技術開発を行うことを目的に建設されたものである。この最終収束ビームラインでの研究計画の総称をATF2計画 [3] と呼んでいる。

2. ATF2計画

ATF2計画は、ダンピングリングからの超低エミッタンスビームを利用して、

Phase1: 37nmのビームサイズの実現

Phase2: nmレベルでのビーム軌道制御

の技術開発を行う計画である。これらはILCで高いルミノシティを実現するために必要不可欠な技術開発である。

リニアコライダーの最終収束系の試験は、1994年からSLACにおいて、SLCの45GeV電子ビームを利用したFinal Focus Test Beam (FFTB) で行われた。ここ

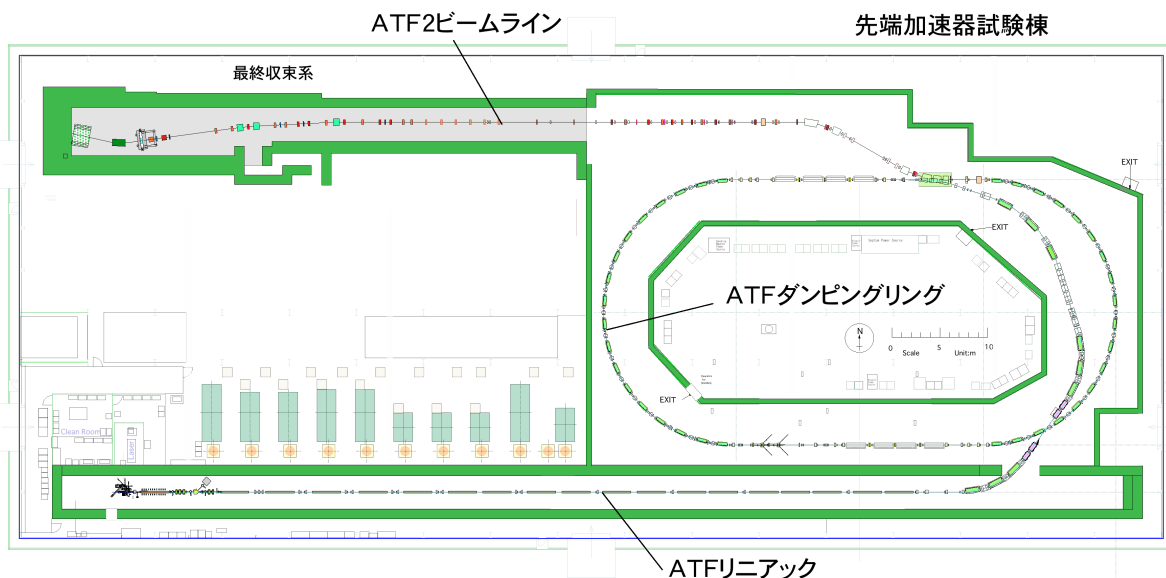


図1: ATF全体図。ATF2ビームライン下流部（グレー色）は床補強工事を行いシールドが新設された。

¹ E-mail: nobuhiro.terunuma@kek.jp



写真1：完成したATF2ビームライン（最終収束部）

では設計値47nmに対して約70nmまでビームが絞れたことを確認している。ビームサイズは新竹氏が考案実現したレーザー干渉縞を利用するモニター[4]で測定された。FFTB 実験当時は、ビームパルスごとにナノメートルレベルでビーム位置を測定する技術が確立しておらず、設計値と測定値の差はビームジッターに起因するのか、ビーム自体が十分に絞られていないためか、判断が出来なかった。ATF2 計画では高分解能の空洞型ビーム位置モニターを用いることにより、ビームジッターの効果を切り離してビームサイズの測定を行う。

ATF2の最終収束(FF)ビームラインは、ILCの最終収束ビームラインをビームエネルギーで250GeVから1.3GeVにスケールダウンしたものである。従って、ATF2-FFを使って行われる各種のビーム調整技術の開発は、ILCでの最終収束系に必要とされる技術へと直結する。

3. ATF2ビームラインの建設

ビームラインは全長約100mで、前半が既存ATFシールド室内となり、後半が新規に作られるシールド室内となる。最終収束系は後半部分である。既存部分のビームラインもATF2のために改造される。そのため、ATFで継続中の開発研究を長期間止めること無く、ビーム運転を最大限維持するようにスケジュールを調整した。建設期間は2007年6月から2008年11月までに及んだ。(写真1)

床工事は、ATFのビーム運転に影響が出ないように、2007年夏の停止期間に行われた。既存の床を撤去整地してから、合計38本の鉄筋コンクリートの柱を地下13mから形成した。

ATF2ビームライン全体では四極電磁石42台、スクュー四極電磁石6台、偏向電磁石7台(3台)、六

極電磁石5台、ステアリング23台が使用される。このうち、四極24台はATFで使用しているものと同型をIHEP(中国)で新規製作したもので、主にFF部に配置されている。六極電磁石6台とFinal doublet部の四極電磁石2台はSLACから提供されており、これらはFFTBで使用されていたものをATF2用に改造したものである。

FF部における全ての四極電磁石および六極電磁石は、FFTBで使用されていたカム式ムーバーの上に設置されている。このムーバーは100nm精度で位置調整可能であり、最終収束系のビーム軌道調整は、このムーバーで四極電磁石の位置をずらすことで行う。

最終収束系の中でも仮想衝突点の直前に置かれるFinal Doublet部では、電磁石が振動すると仮想衝突点でのビーム位置に与える影響が大きい。この電磁石の振動を抑えることは、ATF2計画にとって重要な課題である。Final Doubletの架台システムはLAPP(フランス)が担当した(写真2)。CLIC用に研究されていた防振架台を採用し、LAPPでの振動試験

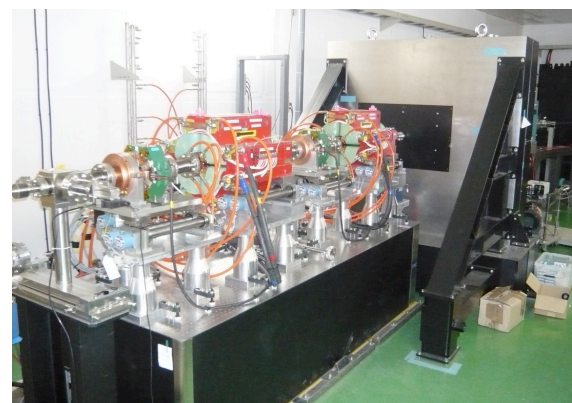


写真2：設置されたFinal Doublet System。後方に見える垂直定盤の背面が仮想衝突点である。

を経た後、2008年9月にビームライン上に設置された。設置後に、電磁石に冷却水を流した状態で振動試験を行い、振動レベルは床に対して、5nm以下とATF2の要求を満たしていることを確認した。

3.2 ビームモニター

ATF2上流部のビーム取り出し路では従来のStrip-line型BPMを使用するが、下流のFF部では前述のCavity BPMを39台配備する。要求位置分解能は100nmである。開発されたFF用のCavity BPM(Cバンド)は17nmの分解能を有する。仮想衝突点(ATF2-IP)直前のFinal Doublet付近ではビームサイズが大きく、そのため内径40mmのパイプに合うようにSバンドのCavity BPMが4台採用されている。一方、ATF2-IPでのビーム制御技術の開発研究では位置分解能2nmが要求されている。この超高性能Cavity BPMの開発もATFで行われてきた [5]。達成した分解能は8.7nmであり、これは実現されている世界最高分解能である。このBPMはビームラインの初期試験・調整を待ってからインストールする予定である。

ATF2-IPにおいて絞り込まれたビームの測定には、FFTで使われたレーザー干渉縞によるビームサイズモニター[4]を改良して使用する。ATF2-IPでの目標である垂直方向の大きさ35nmというビームサイズで感度が高くなるように、レーザーの波長をFFTで使用された1064nmから532nmに変更されている [6, 7]。この装置の開発改良は東大が中心となりKEKと共同で担当している (写真3)。このモニターはATF2のプログラムを遂行するために重要なものであり、ビーム開発試験の進捗と共に改良発展していくことになる。



写真3：レーザー干渉縞型ビームサイズモニター。

4. ビームラインの稼働

2009年1月末からビームラインの調整運転を開始した。ATF全体の運転時間に対するATF2ビームラインでのR&D (調整運転を含む) は約50%である。今までに実質3ヶ月程度の時間を使ったことになる。こ

の間、Cavity BPMシステムのビームによる調整、レーザー干渉縞ビームサイズモニターの試験、各種ビーム調整ツールの整備を行ってきた。

仮想衝突点から40cm下流のワイヤースキャナーを使って、垂直方向3micronまでビームを絞る確認をしている。これはワイヤースキャナーの測定限界であり、今後の調整にはレーザー干渉縞ビームサイズモニターが必須である。現在のところ、1本のレーザーワイヤーとして水平方向ビームサイズの測定を確実に再現できることを確認している。干渉縞モードでの測定は秋からの運転で試みる予定である。

ビームラインの振動も重要な検討対象である。特にfinal doubletおよびレーザー干渉縞ビームサイズモニターの相対的な動きは重要であるが、加速度計を用いた測定によると5nm程度であり大きな問題にはならないと考えている。

現在は夏期停止中であり、ビームラインの再アライメント、機器の改善を行っている。運転再開は10月後半を予定している。



第7回ATF2 Project Meeting, KEK, 2008/12/15

5. まとめ

先端加速器試験装置(ATF)では、低エミッタンスビームを利用してILCの最終収束系の技術開発を行う(ATF2計画)のために、新たなビームラインを建設し、2009年1月よりcommissioningを始めた。今後、レーザー干渉縞ビームサイズモニターの整備調整、ビームサイズ調整技術の開発を行いながら2010年度を目標に37nmの極小ビームサイズの実現を目指すことになる。

参考文献

- [1] Baseline Configuration Document, <http://linearcollider.org/wiki/doku.php>.
- [2] ATF International Collaboration, <http://atf.kek.jp/>
- [3] ATF2 proposal, KEK-Report 2005-2.
- [4] T. Shintake, Nucl. Instru. Meth., **A311** 455 (1992).
- [5] Y. Inoue *et al.*, Phys. Rev. ST Accel. Beams **11**, 062801 (2008)
- [6] T. Suehara, Doctor thesis, University of Tokyo (2008)
- [7] 山中隆志、修士論文、University of Tokyo (2009)