

ATF Status Report 2007

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

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization

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

Abstract

ATF has been operated for the R&Ds with the low-emittance electron beam. Most of them are for the developing the technologies for ILC and will be useful for other accelerators. Construction of new beam line, called ATF2 designed with the optics for ILC final focus system and scaled to the ATF energy of 1.3 GeV, will be started in coming fall. It will act as a center for the nano-meter-scale beam development. Development of the Cavity BPM for ATF2-IP has been done and it shows the world record resolution as 8.7 nm. Beam extraction from the damping ring by using the 3 ns Fast Kicker is planning. It will enable about 60 bunches extraction to the ATF2 line with a bunch spacing of 154 ns. Spreading the ATF developed technology to the institutions is also important role of ATF. Cs-Te photocathode RF gun is an example of it and more than three institutions in Japan will get them in 2007.

ATFの現状-2007-

1. はじめに

KEKの先端加速器試験装置^[1](ATF, Accelerator Test Facility)では、ダンピングリングで低エミッタンスの電子ビームを実現する研究やそのビームを用いた先端的なビーム計測技術およびビーム制御技術の開発を行っている。これらの開発研究は将来のInternational Linear Collider (ILC)の実現のために必須なものである。ATFダンピングリングではILCで要求されている低エミッタンスを既に達成しており、この高性能ビームを使った開発研究のために国内外の研究者が多数訪れている。昨年度、実験のために滞在した海外研究者は71名、延べ日数は2085人日に達しており、ATFがILC技術開発の国際的な拠

点として重要な役割を担っていることの現れである。

今年度からILC最終収束系ビーム制御技術の確立を目指すビームライン(通称ATF2)の建設が始まった。2008年10月のビーム実験開始を予定している。ここで使用する高性能Cavity BPMの開発が進められており、現在までに分解能 8.7 nm(世界最高)を確認するなど成果を上げている。

ATFで開発された技術を大学や他の研究機関において展開し貢献することもATFの重要な役割と言える。Cs-TeフォトカソードRF電子銃システムはその一例であり、早大および産総研では本学会前にビームを出力を行った。さらに今年度中に京大および阪大にKEKで製作した電子銃を納める予定である。

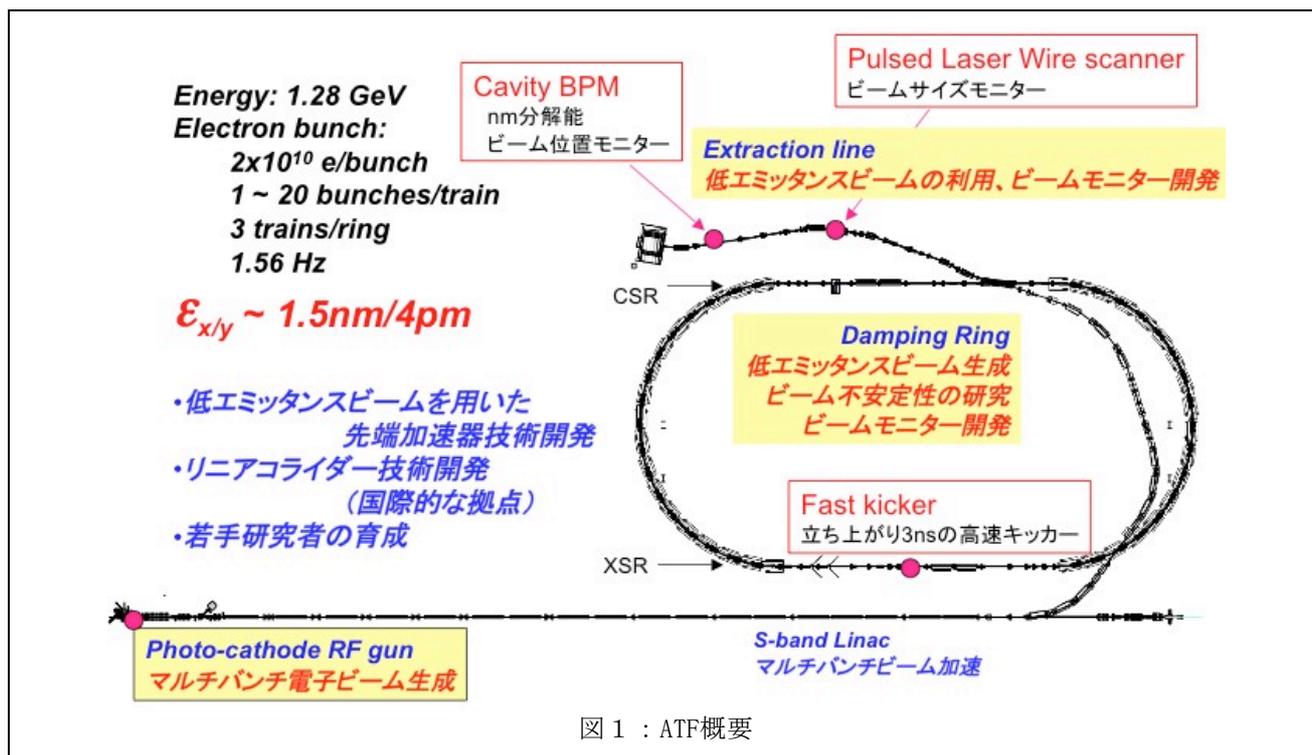


図1 : ATF概要

2. Cavity BPM開発

Nano-meterレベルでのビーム位置計測技術の確立のためCavity BPMの開発試験を続けている。後述するATF2ビームラインでは四極電磁石部に分解能100nmのCavity BPMを34台用いる予定であり、昨年度、予備を含め39台の製造を完了した(写真1)。



写真1: ATF2四極電磁石用Cavity BPM。
位置分解能100nm、韓国PAL製。

現在は仮想衝突点用に分解能2nmのCavity BPMを開発中である^[2](写真2)。これはロー付けされた一個のブロックに二個のCavity BPMを内蔵するものである。これをATFの取り出しラインに2セット設置し、2つのCavity BPMでビーム軌道の評価し、間のBPMの応答を評価した。ビーム試験の結果は、ビーム強度 0.7×10^{10} e/bunchの下で、

$8.72 \pm 0.28(\text{stat}) \pm 0.35(\text{sys})$ nm
という世界最小の位置分解能である。今後、装置の温度安定化やATFビームの安定化などを行いつつ目標性能を実現するべく研究を続けていく。

3. Fast Kicker開発

立ち上がりが3ns程度という極めて高速なパルスキッカーの開発はILCダンピングリングに必須である。昨年はこの高速キッカーの実証試験をATFで行い、周回ビームをキックして得られるビーム振動から立ち上がり3.2nsを示すことができた。この一年は、実際にATFダンピングリングからビームを取り出す検討を行っている^[3]。これはキッカーとしての安定度や信頼性を試験するためであるが、実現すれば154ns間隔で60バンチの連続取り出しができることになり、ATF2ビームラインでのILC技術開発に大きく役立つ。現在のビーム取り出しはパルス電磁石の

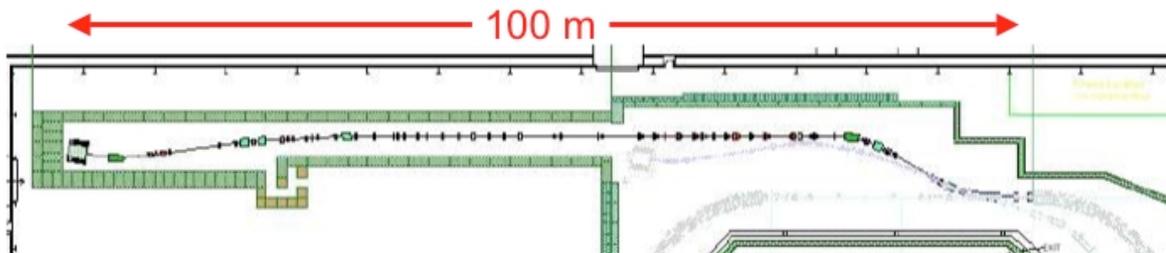


図3: ATF2計画。2008年10月の立ち上げを目指し建設を開始。

IP-BPM Hot Model

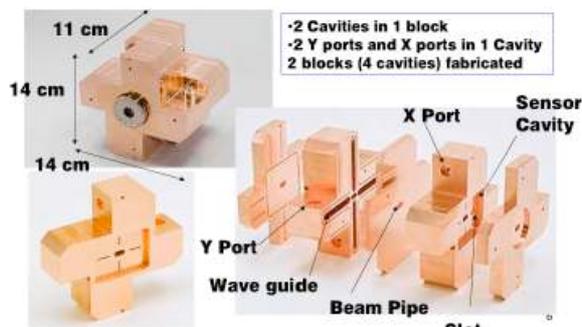


写真2: ATF2仮想衝突点用Cavity BPM。
位置分解能2nmを目指す。

性能で制限されており、ビームは154ns間隔で3バンチのみである。

現ATFのパルス電磁石は5mradの蹴り角であるが、3nsキッカーの蹴り角はおよそ90 μ radで十分でない。そこでバンパ軌道を導入し、キッカーを2連で使用し小型のセプタム磁石を追加で導入するなどして、ビームを取り出す検討と試験を始めている(図2)。

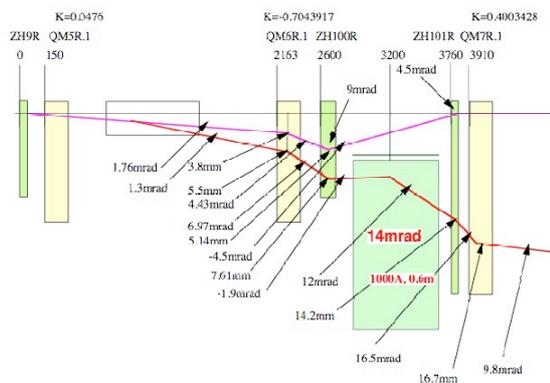


図2: ATFダンピングリングからの高速(3ns)キッカーを用いたビーム取り出しの検討

4. ATF2

現在、ビーム取り出しラインではダンピングリングで生成された低エミッタンスビームを用いた開発研究が行われているが、このラインを変更・延長してILC最終収束システムの開発研究を行うことを計画している(ATF2計画、図3)。

Beam OpticsはILC最終収束システムと同じ設計に基づいており、エネルギーを1.3GeVにスケールしたものとなっている。仮想衝突点においては垂直方向37nmまでビームを絞ることを目標とし、同時にnanometer levelでのビームの安定化と制御の技術開発を狙うものである。そのために、今までATFで開発してきたCavity BPMやLaser wireなど高性能モニターを実践的に運用する。

現在は延長部分の床の補強工事（写真3）を行っており、10月からはATFの運転と平行して延長部分のビームライン設置を行う。2008年の夏期停止と共に既存ラインの変更と接続を行い、2008年10月の立ち上げの予定である。



写真3 : ATF2ビームライン予定部。上流からビームダンプ方向。床補強工事は9月末まで、10月からビームラインの設置を開始。

5. 技術の大学および研究機関への展開

4.1 Cs-Te Photocathode RF Gun

2002年にATFでは電子源を熱電子銃からCs-Te Photocathodeを用いたRF Gunに変更した（写真4）。この際、電子銃本体の加工はKEK工作センターによりX-band加速管製作で開発された超精密加工を用いて行われ、カソード生成導入システムは名古屋大とKEKの共同で開発している。2004年には同じ電子銃をLUCX^[4]用に製作し3nC x 100バンチのビーム生成に成功している。

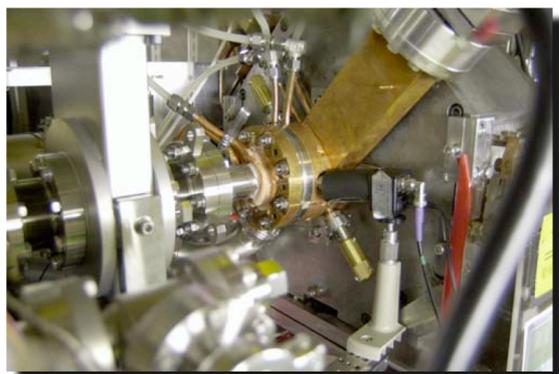


写真4 : ATF Cs-Te photocathode RF Gun

これらのATFで開発された技術と経験に基づき、他の研究機関に於いてもCs-Te photocathode RF Gunの採用が始まった。産総研においては既存のRF Gun（ATFと同型）にカソード導入システムを組み込み、ATFで蒸着したCs-Teカソードを用いてビーム生成を開始している^[5]。

RF Gunの改良も行われており、昨年度にはhalf-cell end plate（ヘリコフレックスで取り付け）を直接本体にロー付けし、さらに挿入式チューナーを取り除くなどした電子銃の製作（早稲田大学用）を行った。今年6月にはATFにおいてRF processingを兼ねた性能試験を行い^{[6][7][8]}、改造前は10MWであったものが12MWまで入力パワーを上げることに成功している。今年度はこの電子銃の製作がさらに3台始まっており、京大、阪大およびATF(upgrade)用として使用される予定である。

5. まとめ

ATFでは2008年のビーム運転を目標にATF2ビームラインの建設を始めた。ここで使用されるCavity BPMの開発は順調に進んでおり、世界最小分解能8.7nmを達成した。3nsの高速キッカーを用いたビーム取り出しはATF2での研究にとって重要であり精力的に検討が進められている。ATFで開発実用化された技術を他の研究機関に展開する事も重要である。Cs-Te Photocathode RF Gunはこの一例であり、他の技術も展開が期待される。

参考文献

- [1] ATF International Collaboration, <http://atf.kek.jp>
- [2] 中村友哉、ATF2最終収束系のための空洞型ビーム位置モニターの開発状況。本学会ポスター発表, WP35
- [3] 内藤孝、ストリップラインを用いた高速キッカーシステムの開発。本学会口頭発表, T006
- [4] 福田将史、KEK小型電子加速器(LUCX)の現状報告(2)。本学会ポスター発表, WP04
- [5] 黒田隆之助、産総研に於けるSバンド小型リニアックを用いたレーザーコンプトン散乱硬X線発生装置の開発と利用状況。本学会口頭発表, W006
- [6] 五輪智子、早稲田大学フォトカソードRF電子銃システムの現状報告。本学会ポスター発表, FP15
- [7] 村田亜希、早稲田大学におけるCs-TeフォトカソードRF-Gunシステムの開発。本学会ポスター発表, FP16
- [8] 加藤雄大、早稲田大学におけるフォトカソードRF電子銃を用いた「マルチバンチビーム生成計画」。本学会ポスター発表, FP17