

## Development of Nanometer Resolution Cavity BPM

Yoichi Inoue<sup>1,A)</sup>, Masato Higuchi<sup>A)</sup>, Toru Hino<sup>A)</sup>,  
Hitoshi Hayano<sup>B)</sup>, Toshiaki Tauchi<sup>B)</sup>, Yosuke Honda<sup>B)</sup>,  
Philippe Doublet<sup>C)</sup>,  
A) Tohoku Gakuin University  
1-13-1 Chuo, Tagajoshi, Miyagiken, 985-8537  
B) High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukubashi, Ibarakiken, 305-0801  
C) Ecole Normale Supérieure de Cachan

### Abstract

The development of Beam Position Monitor with high resolution needed the next generation linear collider. We developed the Cavity BPM as for high resolution Beam Position Monitor at ATF(Accelerator Test Facility). I report the result of beam position measurement using this Cavity BPM in this paper.

### ナノメートル分解能空洞型ビーム位置モニターの開発

#### 1. はじめに

次世代の電子・陽電子衝突型線形加速器ではその衝突点においてビームは数ナノメートルに絞られるため、高精度、高分解能なビーム位置モニターが要求されている。ILC(International Linear Collider)のための試験加速器であるATF(Accelerator Test Facility)では高分解能ビーム位置モニターとして空洞型ビーム位置モニター(Cavity BPM)を開発している。Cavity BPMの特徴としては円筒形状であることから、旋盤加工により加工精度10 $\mu$ m以下が容易なこと、高分解能であることがあげられる。

位置精度(Cavity BPMの電气的中心と機械的中心の差)を小さくする効果がある。この精度は専用の測定装置を作成し、測定を行った。空洞の電气的中心と機械的中心が約10 $\mu$ mで一致していることが確認されている。

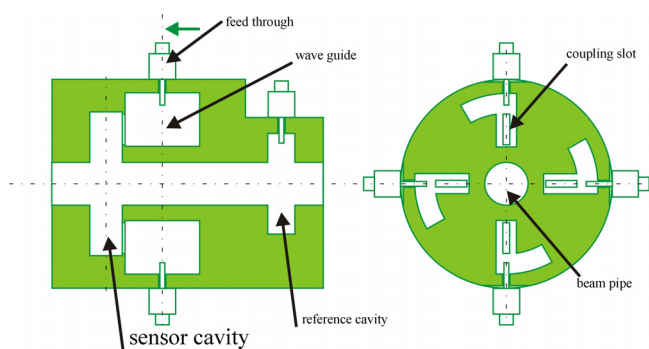


図1:Cavity BPMの構造

#### 2. 空洞型ビーム位置モニター(Cavity BPM)

Cavity BPMはビーム位置を測定するためのビーム位置検出空洞(Sensor Cavity)とビームインテンシティ、タイミング測定用の基準空洞(reference Cavity)から成る。Sensor CavityはX,Yそれぞれ2portからの信号取り出しとし、回路系で合成している。これはコモンモードの除去を目的としており、絶対



	reference	sensor (port A)	sensor (port B)	sensor (port C)	sensor (port D)	isolation (A to B)
upstream (#3)	6.55383 GHz	6.55385 GHz	6.55387 GHz	6.55384 GHz	6.55382 GHz	-24.5dB
middle (#1)	6.55339 GHz	6.55327 GHz	6.55325 GHz	6.55329 GHz	6.55325 GHz	-18.5dB
downstream (#2)	6.55272 GHz	6.55271 GHz	6.55247 GHz	6.55271 GHz	6.55242 GHz	-13.9dB

図2:製作した空洞実機のパラメータ

#### 3. Mover System

各空洞型ビーム位置モニターにはそれぞれに独立のムーバーシステムを設置した。空洞型ビーム位置

<sup>1</sup> E-mail: yinoue@post.kek.jp

モニターをX,Y方向及びX', Y'方向に移動させるためのムーバーとX,Y方向それぞれにアクティブムーバーを設けている。それぞれのムーバーはレーザー干渉計と連動しており、空胴の位置制御を行う。波長が732nmのレーザーを用いており、316nm stepで空胴を動かすことが出来る。その精度としてはレーザー光路の空気の揺らぎをおさえれば約5nmである。実際のビームテストでは装置全体をビニールハットで覆い、エアコンの風などによる空気の揺らぎを抑えている。また、レーザー干渉計及びアクティブムーバーを用いて空胴の位置安定化を行っており、空胴型ビーム位置モニターによるビーム位置の測定からも装置による安定化の効果が確認されている。

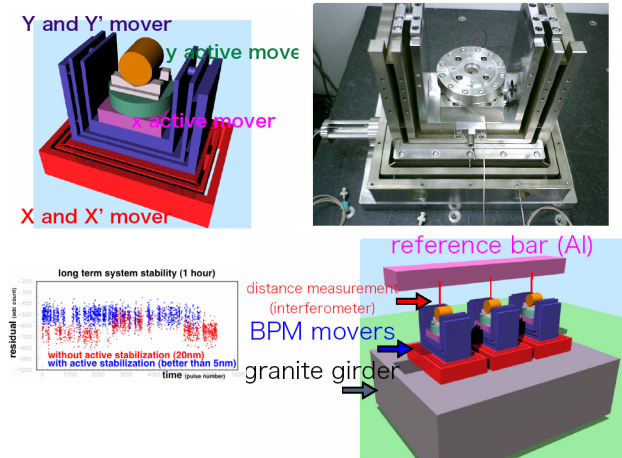


図3:ムーバーシステム

ルの導出を行い、スケールをつけた。右下はそれぞれの測定データのばらつきを求めたもの。この結果から3つの空胴型ビーム位置モニターの分解能を同じと仮定して、統計的な効果による係数 $\sqrt{(2/3)}$ をかけて空胴型ビーム位置モニターの分解能を17nmと結論する。

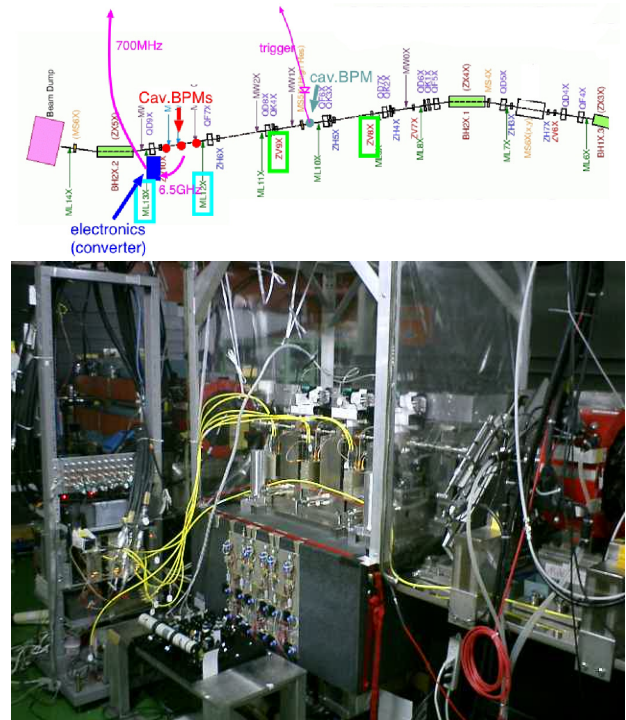


図4:装置のレイアウト

#### 4. 装置のレイアウト

空胴型ビーム位置モニター及びMover SystemはATFのビーム取り出しライン下流に設置されており、信号は前段回路で処理を行った後、トンネル外に取り出して測定を行っている。

#### 5. 回路系の概要

空胴の2portから取り出された信号は直後にcombineされ、down convertされたのち、phase detectionされる。空胴の中心を0として中心からの変位は正負それぞれADCの別のチャンネルから取り出されることになる。基準空胴はビームの強度測定及び位相検波の際の基準位相として利用される。

#### 6. ビーム位置分解能の測定

ビーム試験では上流、下流の空胴を固定したまま真ん中の空胴だけを316nm stepでY方向に移動させることによりビーム位置分解能の測定を行った。ADCから得られた生データから、相対的なY方向ゲインの補正、ビーム強度、X方向との相関の補正を行った後の結果を示す。左下は評価関数(Meas.-Predict.)を各ムーバーの位置ごとにプロットしたものの。このムーバーを動かしたデータから絶対スケー

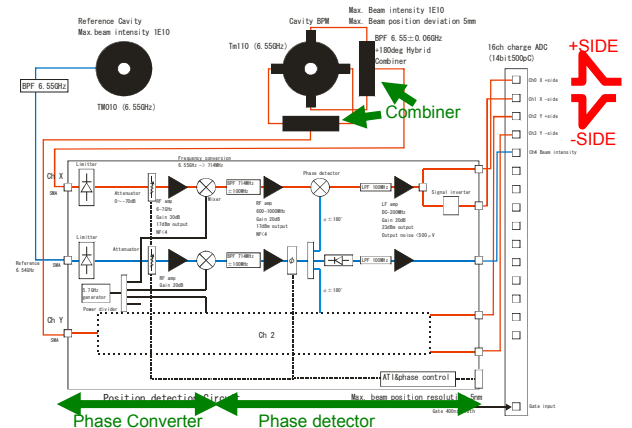


図5:回路系の概要

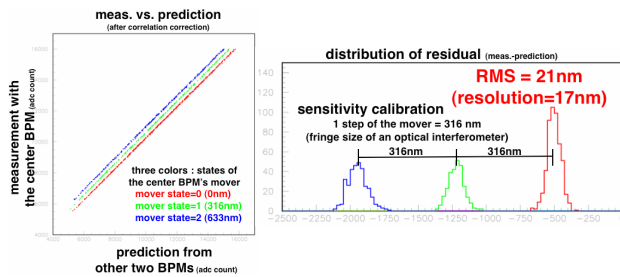


図6.分解能の測定結果

## 7. まとめ・今後の予定

現在得られている空洞型ビーム位置モニターの分解能は17nmとなったが、この値は回路系におけるノイズレベルよりも大きな値であることが解っているので、さらなる解析が必要である。またそれ以上の分解能になると現在の空洞のSensitivityでは苦しい。さらに大きい強度の得られるモニターが必要である。

現在ATFではリニアコライダの最終収束ラインのテストベンチとしてATF2計画が進められている。ビームラインの主要な位置モニターとして空洞型ビーム位置モニターが使用され、各四極及び六極電磁石に固定される。ビーム軌道が四極磁場の中心を外れると余計な蹴りが生じて収束後のビームサイズに影響してしまう。また、リニアコライダにおける収束された2つのビームの衝突技術を実証する目的で、ATF2では1つのビームを超高分解能のビーム位置モニタービーム位置モニターに対して安定化する試験を行う。これらの目的に対してATFでは現在ATF2 BPM, IP BPMと呼ばれる特殊な空洞型ビーム位置モニターの開発を行っている。

## 参考文献

- [1] Vladimir Vogel, "Performance of a Nanometer Resolution Beam Position Monitor System", Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-CONF-216283, October 18, 2005, <http://atfweb.kek.jp/nanobeam/files/proc/proc-WG2c-20.pdf>
- [2] Sean Walston, "nano grid and ddc analysis", SLAC GREEN ROOM, ATF NanoBPM Meeting at SLAC, April 24, 2006, <https://confluence.slac.stanford.edu/display/nanobpm/ATF+NanoBPM+Meeting+at+SLAC+-+24+April+2>
- [3] 本田 洋介 OHO 2006 高エネルギー加速器セミナー Lecture note " ナノビーム診断 " <http://cocoa.kek.jp/OHO06/index.html> 他