

SPring-8 における放射光ビーム高速診断システム

High Speed X-ray Beam Diagnostic System at SPring-8

青柳 秀樹¹、工藤 統吾¹、佐藤 一道¹、呉 樹奎¹、佐々木 茂樹¹、田中 均¹、
石川 哲也^{1,2}、北村 英男^{1,2}

Hideki AOYAGI¹, Togo KUDO¹, Kazumichi SATO¹, Shukui Wu,¹ Shigeki SASAKI¹, Hitoshi TANAKA¹,
Tetsuya ISHIKAWA^{1,2}, Hideo KITAMURA^{1,2}

1 JASRI / SPring-8, 2 RIKEN / SPring-8

Outline

Introduction to X-ray Beam Position Monitor (XBPM)

Synchronous measurements using high speed X-ray beam diagnostic system

Investigation for the beam orbit stabilization

Requirements of XBPMs

Durability against severe Heat Load

Maximum power density is about $\sim 500 \text{ kW/mrad}^2$ (standard in-vacuum undulator)

$\sim 1 \text{ kW/mm}^2$ at XBPM (20m from the ID)

High Resolution

Photon Beam divergence is about $20/5 \mu\text{rad}$ (Horz/Vert).

$400/100 \mu\text{m}$ (H/V) at XBPM(20m)

Beam size at ID is about $400/10 \mu\text{m}$ (Horz/Vert).

sub-micron !

High Sensitivity for ID Beam, Low for Background

Background radiation from the fringing field of the bending magnet.

Variation of the K-value

power distribution changes drastically

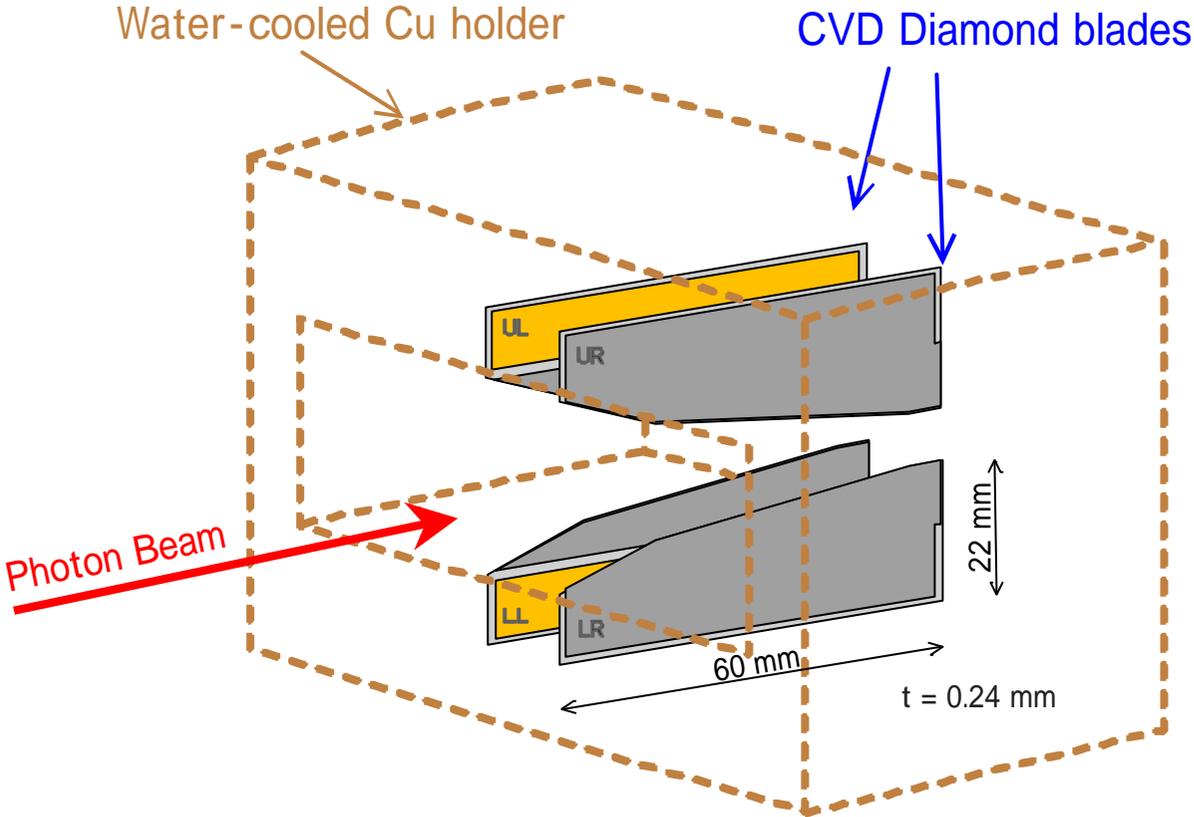
Fast Response

The fast response time is desired for high frequency diagnostic.

10 kHz is a goal for the present

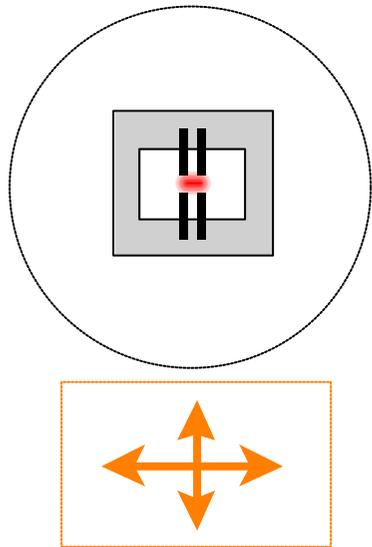
Simultaneous diagnostic over the beamlines is important.

Schematic view of CVD Diamond blades assembly for fixed-blade style (standard style)



-  Heat sink Ti/Pt/Au coated (1000/2000/1-2 μ m)
-  Electrode Titanium coated (5000-10000A)

Schematic views of Three Styles of XBPMs



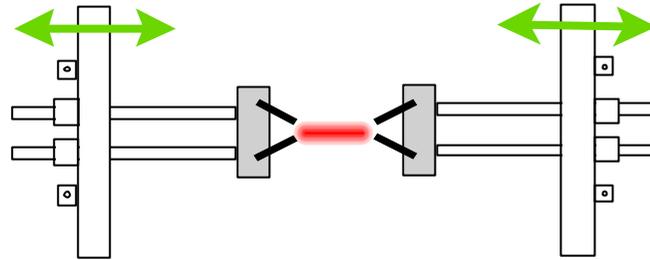
Hori. & Vert. Stages

(a) Fixed-blade style
(Standard style)

固定ブレード型 (標準型)

Standard In-vacuum Undulators

Horizontal Actuators



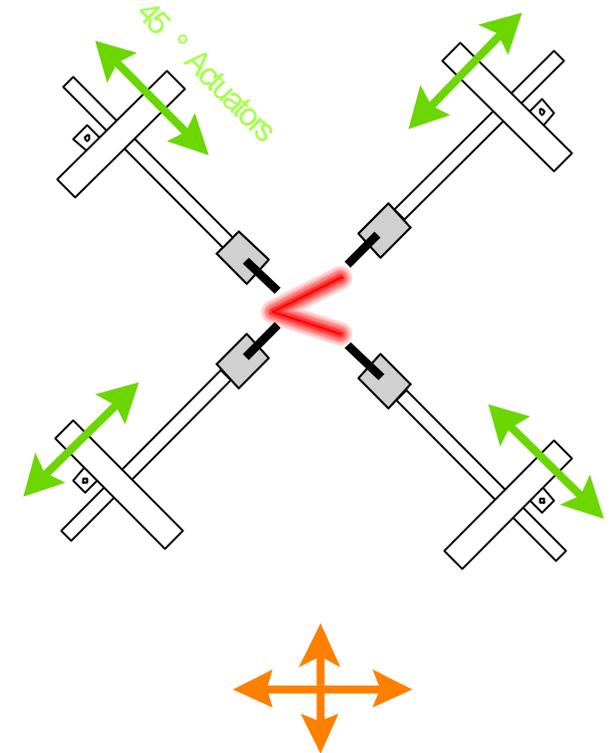
Vertical Stage

(b) Horizontal-blade-drive Style

左右分割型

Wiggler (BL08W)

Twinhelical Undulator (BL25SU)



Hori. & Vert. Stages

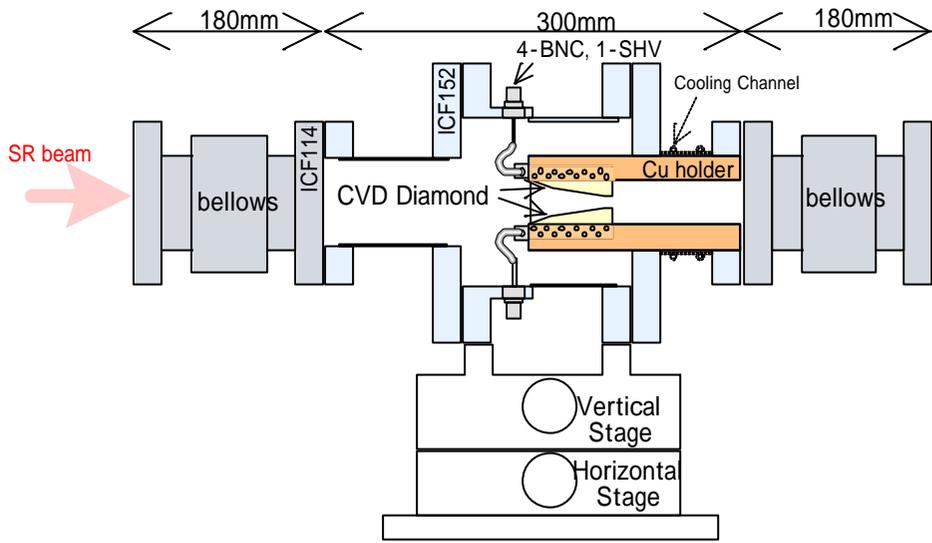
(c) Four-blade-drive style

四象限型

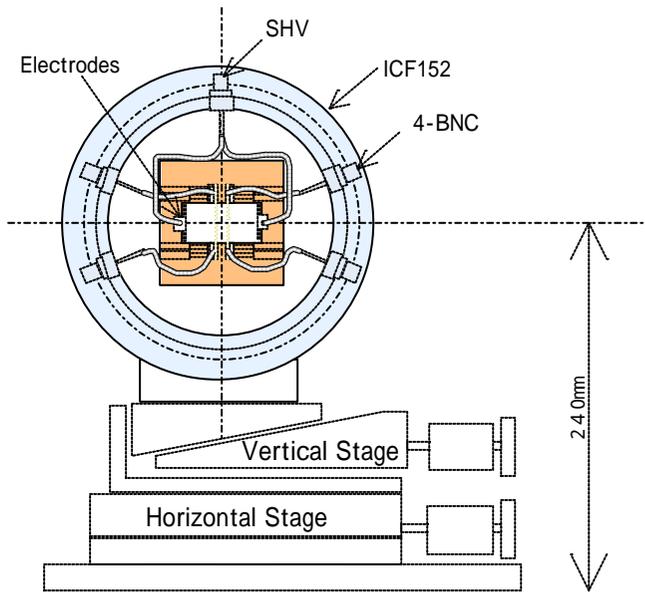
Figure-8 Undulators

(BL24XU, BL27SU)

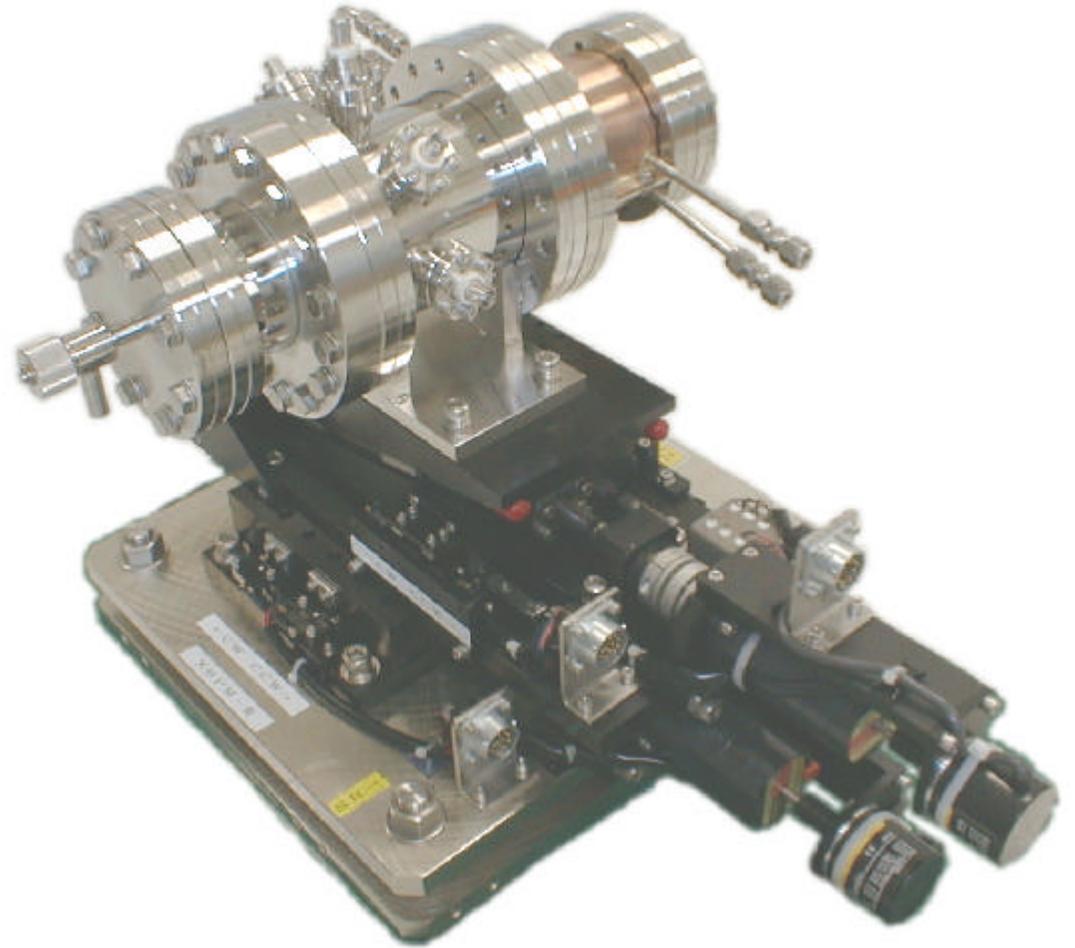
Revolver Undulator (BL15XU)



Side View



Front View

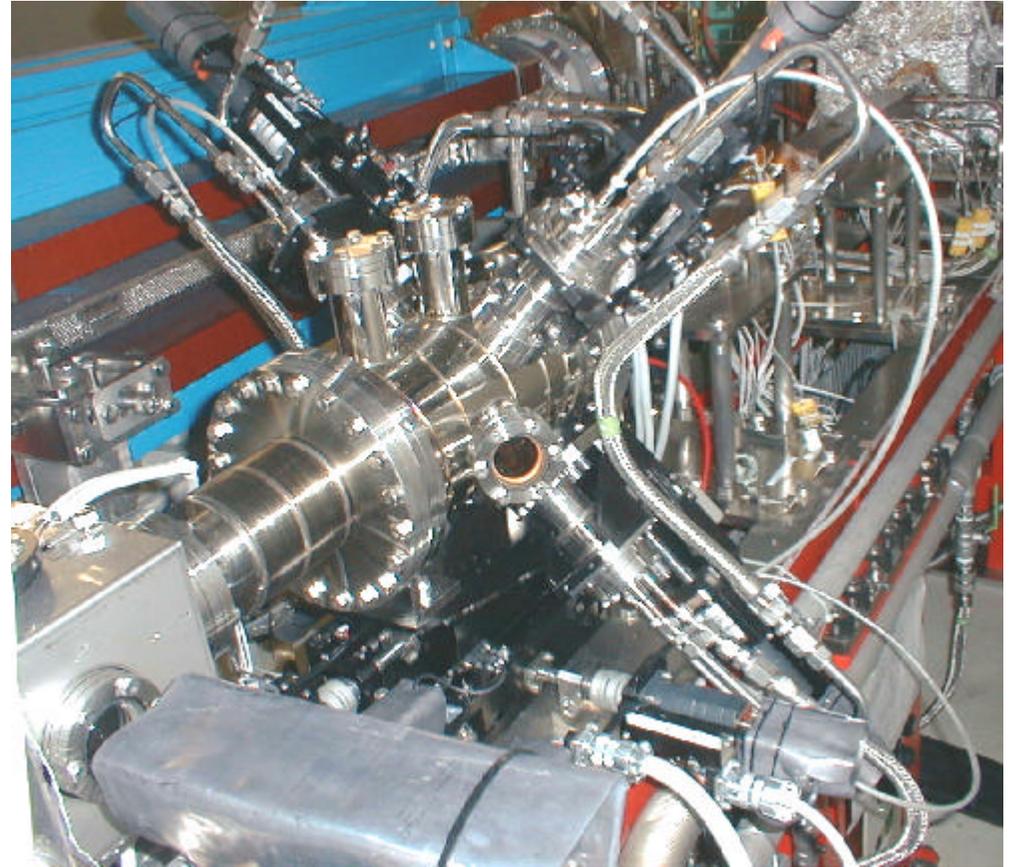


Compact Style



Horizontal-blade-drive Style

左右分割型



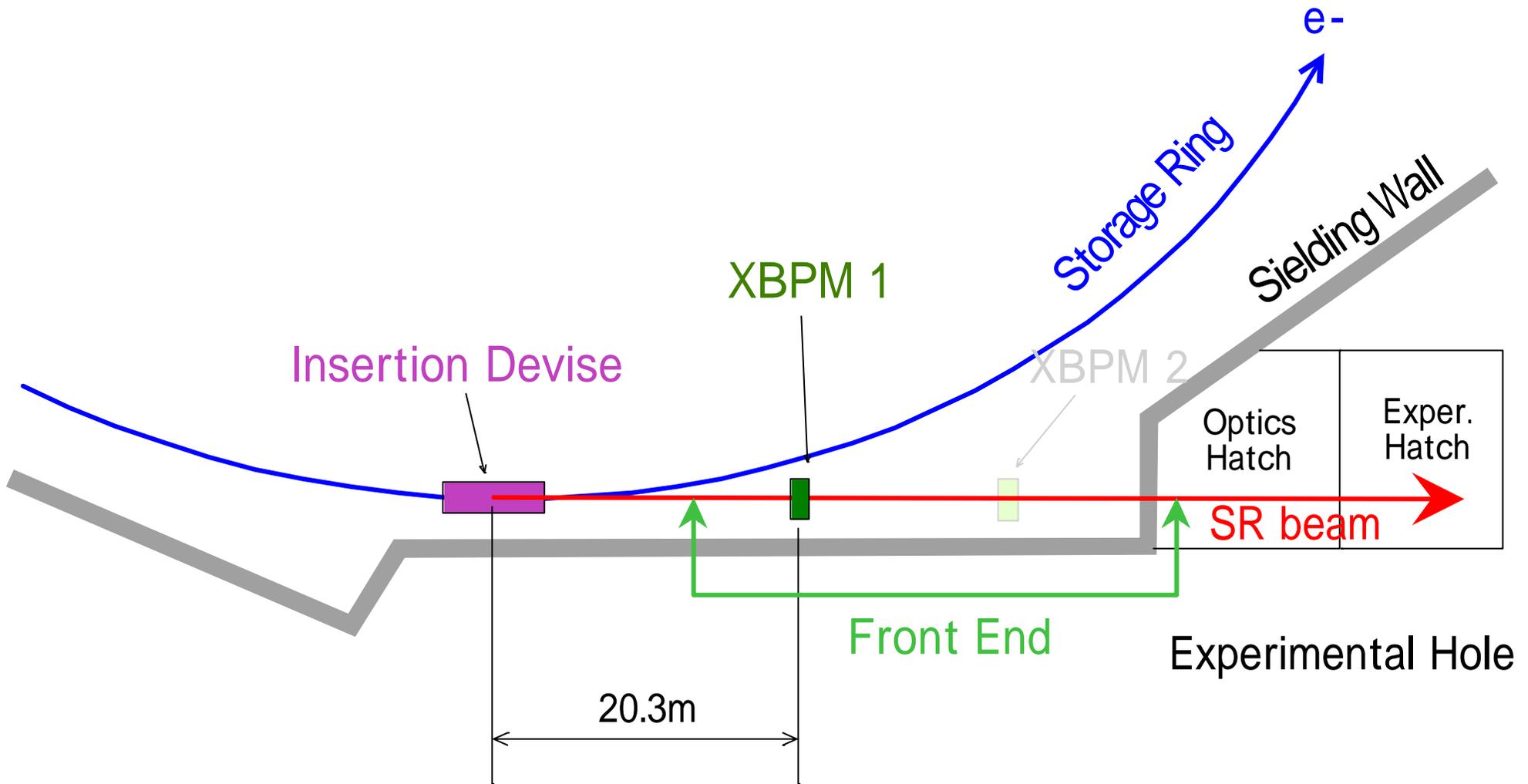
Four-blade-drive Style

四象限型

XBPMs for ID-BL @ SPring-8

Beamline	Type of ID	Radiation Power (preliminary)		Style of XBPM	Installation
		Total (Pmax)kw	Peak (PDmax)kw/mrad ²		
B L 0 8 W	EW	22	160?	左右分割型	平成 9 年度
B L 0 9 X U	IN-XU	12.5	495	固定型 (標準型)	平成 8 年度
B L 1 0 X U	IN-XU	12.5	481	固定型 (標準型)	平成 9 年度
B L 1 1 X U	IN-XU	12.5	480?	固定型 (標準型)	平成 10 年度
B L 1 2 X U	IN-XU	12.5	480?	固定型 (標準型)	平成 12 年度
B L 1 3 X U	IN-XU	12.5	480?	固定型 (標準型)	平成 12 年度
B L 1 5 X U	Rev	4.5/5.9	460?	四象限型	平成 11 年度
B L 1 6 X U	IN-XU	6.3	480?	固定型 (標準型)	平成 10 年度
B L 1 7 S U	SX-F8,HU	8.7	50	四象限型	平成 14 年度予定
B L 1 9 I S	IN-XU	34	1850	固定型 (標準型)	平成 12 年度
B L 2 0 X U	IN-XU	12.5	614	固定型 (標準型)	平成 12 年度
B L 2 2 X U	IN-XU			一体型 (標準型)	平成 13 年度
B L 2 3 S U	SX-HU	3.9	36	四象限型	平成 13 年度予定
B L 2 4 X U	IN-F8	18.9	350	四象限型	平成 9 年度
B L 2 5 S U	SX-HU	1.97	10.8	左右分割型	平成 9 年度
B L 2 7 S U	SX-F8	10.5	71.1	四象限型	平成 9 年度
B L 2 9 X U	IN-XU	12.5	510	固定型 (標準型)	平成 10 年度
B L 3 5 X U	IN-XU	12.5	480?	固定型 (標準型)	平成 11 年度
B L 3 7 X U	IN-XU	12.5?	480?	一体型 (標準型)	平成 13 年度
B L 3 9 X U	IN-XU	12.5	496	固定型 (標準型)	平成 9 年度
B L 4 0 X U	IN-HU	4	90	固定型 (標準型)	平成 11 年度
B L 4 1 X U	IN-XU	12.5	466	固定型 (標準型)	平成 8 年度
B L 4 4 X U	IN-XU	12.5	480?	固定型 (標準型)	平成 10 年度
B L 4 5 X U	IN-VU	2.9	140	固定型 (標準型)	平成 8 年度
B L 4 6 X U	IN-XU	8.25	415	固定型 (標準型)	平成 10 年度
B L 4 7 X U	IN-XU	12.5	496	固定型 (標準型)	平成 8 年度

Arrangement of XBPM



Excitation of the Superconducting Electromagnet in the Experimental Hutch of BL39XU

Measured with XBPM at BL47XU

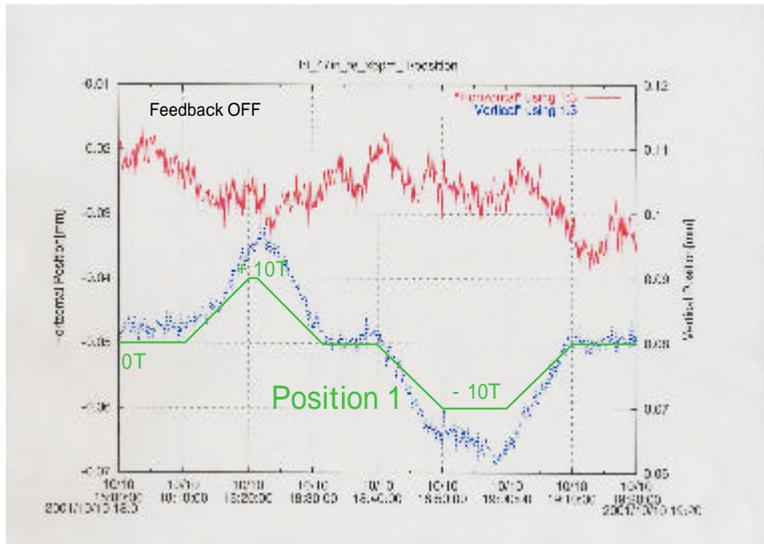


Figure 1

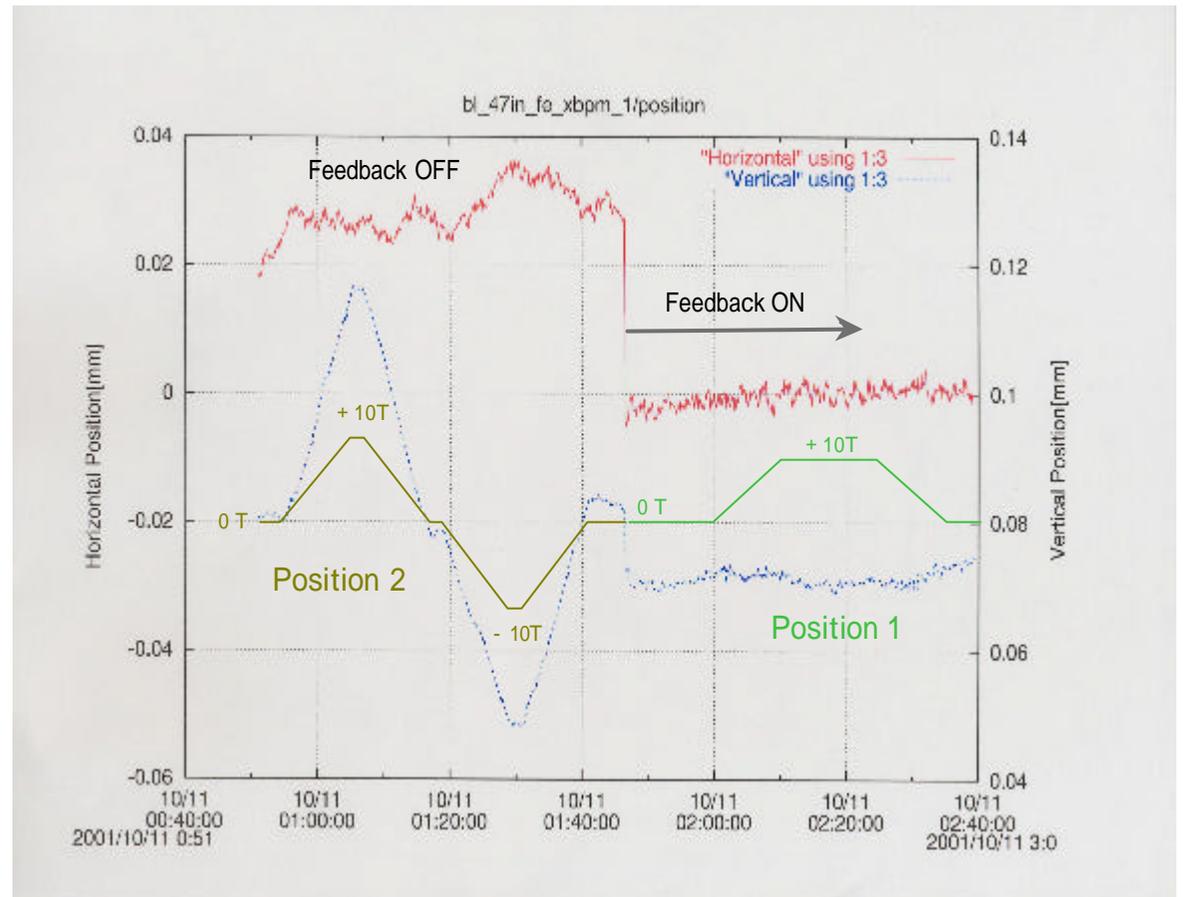


Figure 2

Importance of Synchronous Measurement

光位置モニターの実効的な精度を引き上げる

各ビームラインの光位置モニター単独での使用

電子ビーム軌道の振動に由来する本来の振動であるのか、

モニター自身が原因となる見かけの振動であるかの判別が困難

複数のモニターで放射光ビーム位置の同時測定

ビーム本来の振動を特定することが出来る

リングの軌道の状態を観察する

ベータトロン振動の位相が異なるところでの観測

他の現象との相関を調べる

機械的振動、電気的ノイズ、温度依存性、・・・

Synchronous Measurement using PHS Trigger System

システム構成は2通り

出力信号を1か所に集める 又は トリガー信号を各ビームラインに伝送

信号の伝送方式？

ネットワーク 又は ハードワイヤ 又は 光ケーブル 又は . . . ?

PHS を用いてトリガー信号を送る方式をテンポラリーに採用

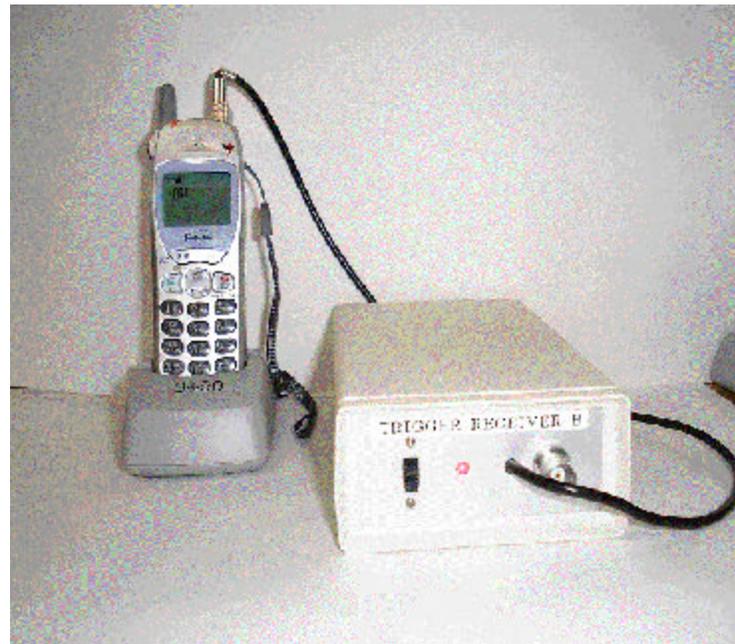
長所：・ネットワーク経由よりも速い Delay Time ± Jitter = 17 ± 1 msec

・ SP-8 構内の任意の場所で同時性を確保 (持ち運びが可能)

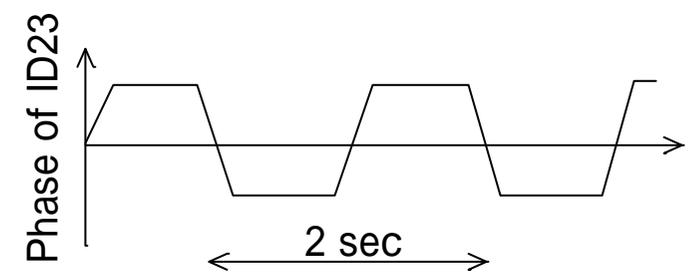
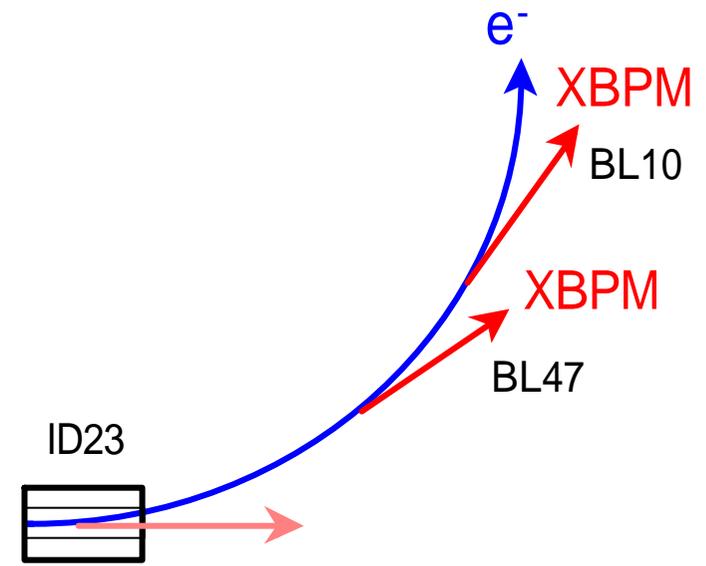
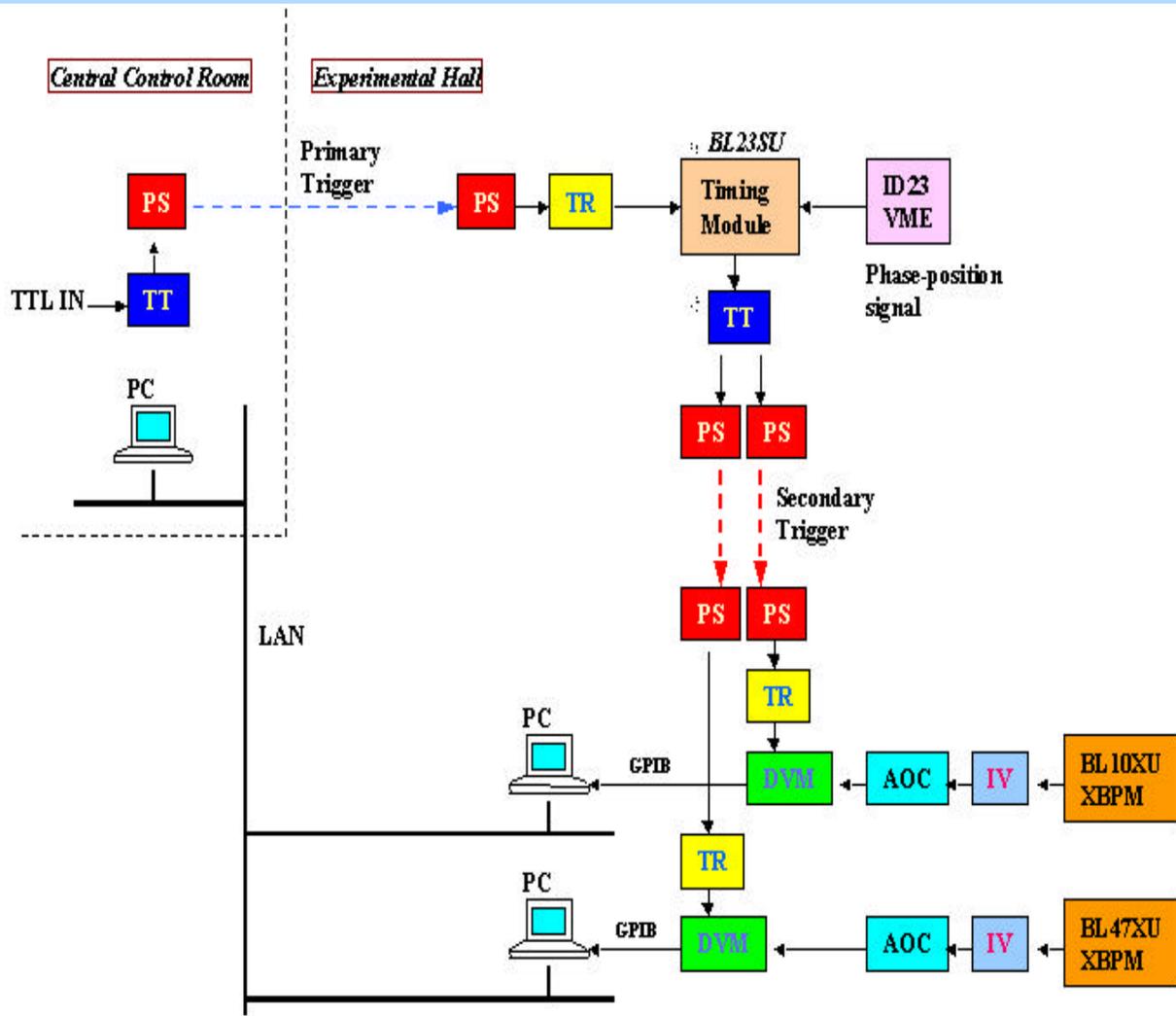
周長約 1.5 km の施設、約 60 本のビームライン

・ 短期間で準備が出来る (安価、自作可能、. . .)

Photograph of the PHS Trigger Receiver Box



Schematic View of PHS Trigger System

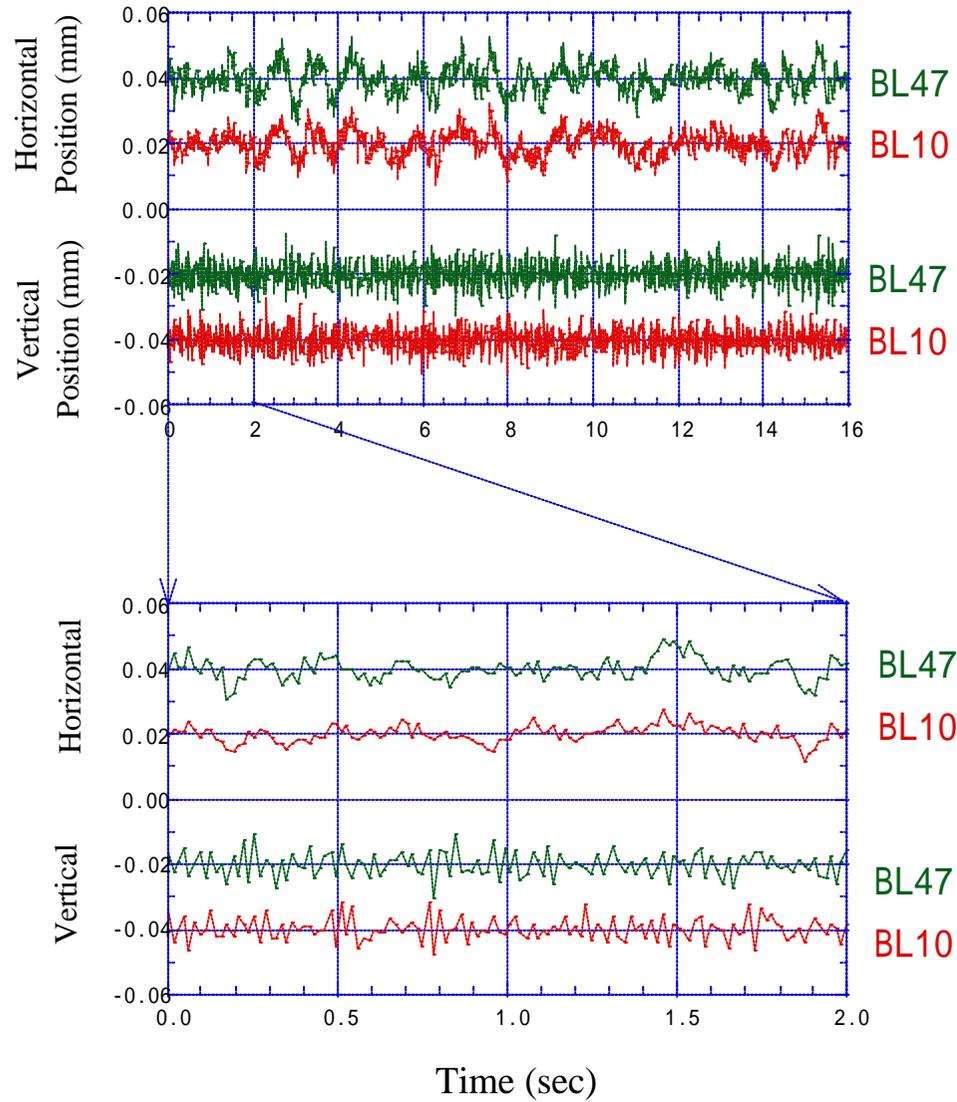


- | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|
| PHS Trigger Transceiver: | TT | Kiethley 2000 Digital Volt meter: | DVM |
| PHS Trigger Receiver: | TR | IV converter: | IV |
| Personal Station of PHS: | PS | Analog Operation Circuit: | AOC |

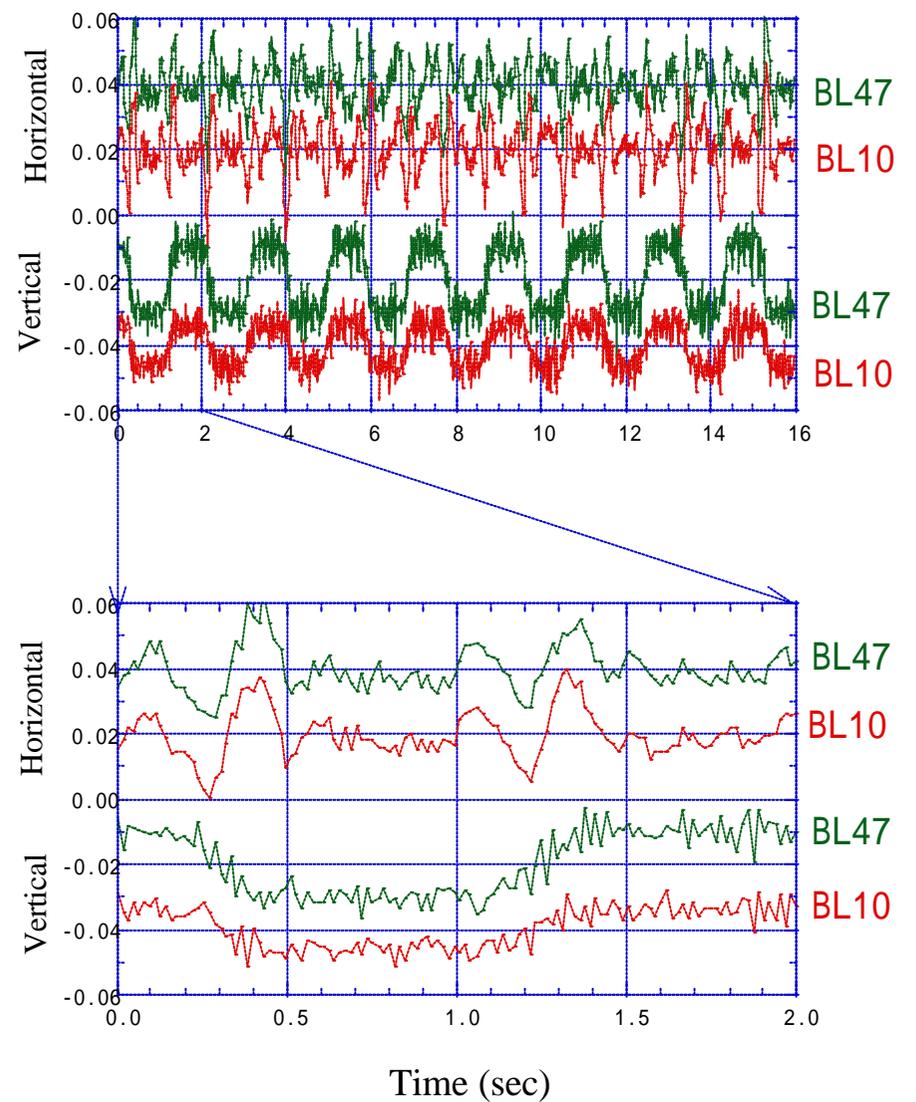
Synchronous Observation

(60 Hz Data Taking)

Natural Drift



Perturbation(0.5Hz) Applied



Synchronous Measurement using Optical Cable

PHS トリガーシステムの短所

- ・ 時間分解能が不十分
- ・ 常時観測のためには操作性に不便である

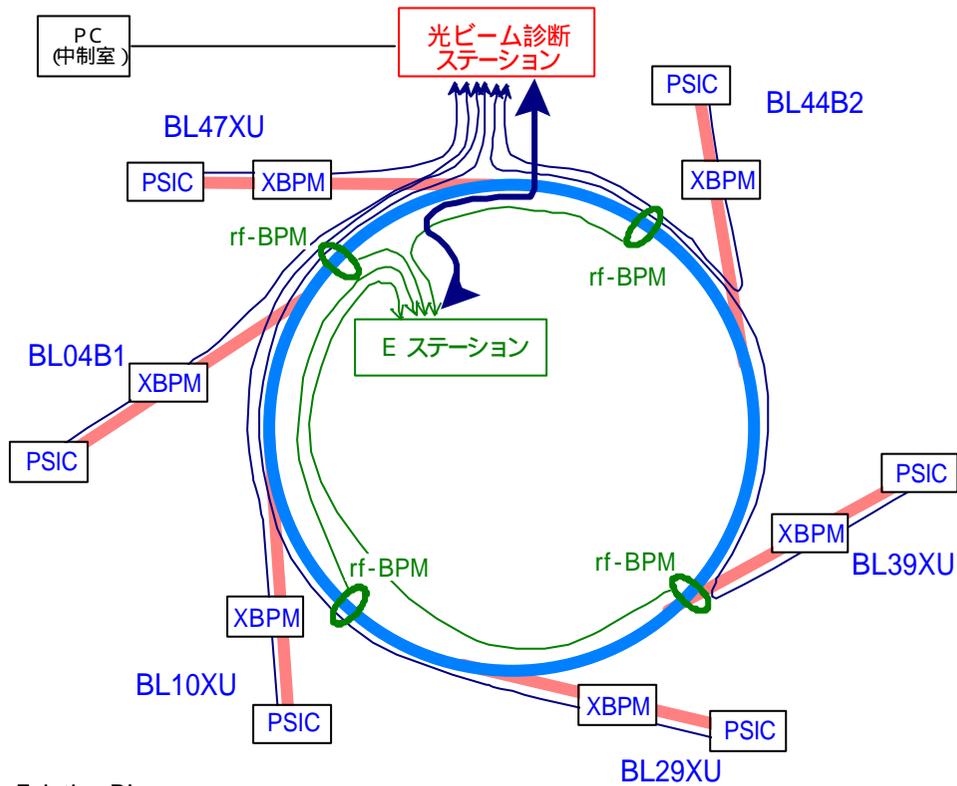
光ケーブルを用いて出力信号を送るシステムを構築

長所： ・ 周波数帯域が高い

IV コンバータ	10 kHz
データ収集系	40 kHz (100 kHz sampling)
E/O&O/E モジュール	300 kHz
光ファイバー	300 MHz

- ・ 常時観測が可能
- ・ rf-BPM のシステムと互換性がある

Schematic View of Optical Cable System



Existing BL

BL10XU
BL29XU
BL39XU
BL47XU

New BL

BL15XU
BL20XU
BL24XU
BL35XU

図 1 全体の概略

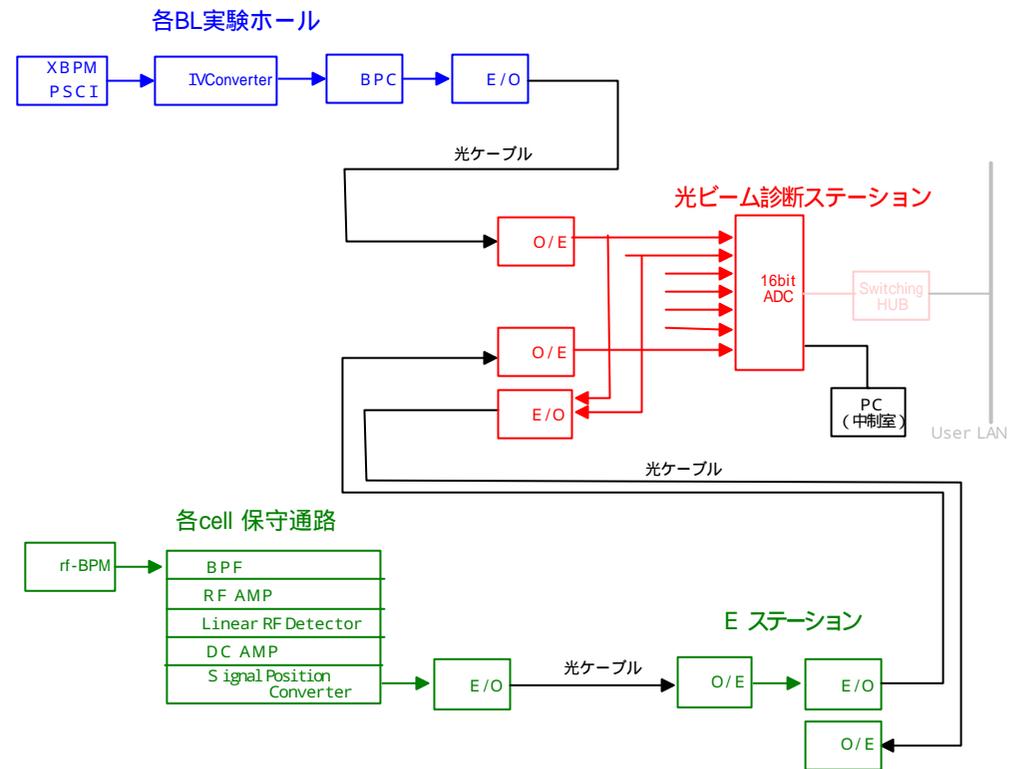


図 2 データ伝送経路

ビームラインの選択基準

1. ベータトロン振動の位相を振り分ける。

- ・ 振動の全体像を把握するため

2. 物理的な位置を振り分ける。

- ・ 近い BL までは、仮設光ケーブルで対応できる。

3. 標準型挿入光源（真封止型） & 標準型光位置モニター（固定ブレード型）

真空封止型は、

- ・ Gap Full Open から Min. Gap までの時間が短い
- ・ パワー分布の広がりが狭い

補正係数 A_x , A_y の値が小さい

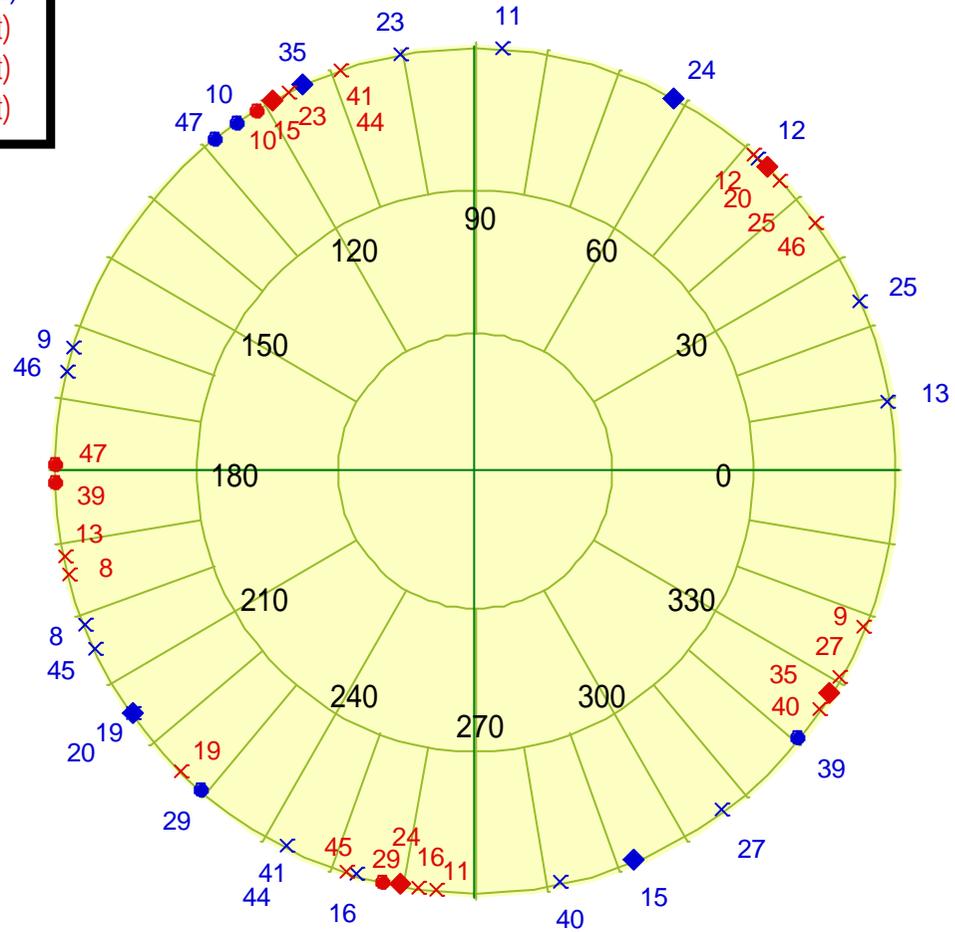
分解能が小さい

4. ビームラインの性格

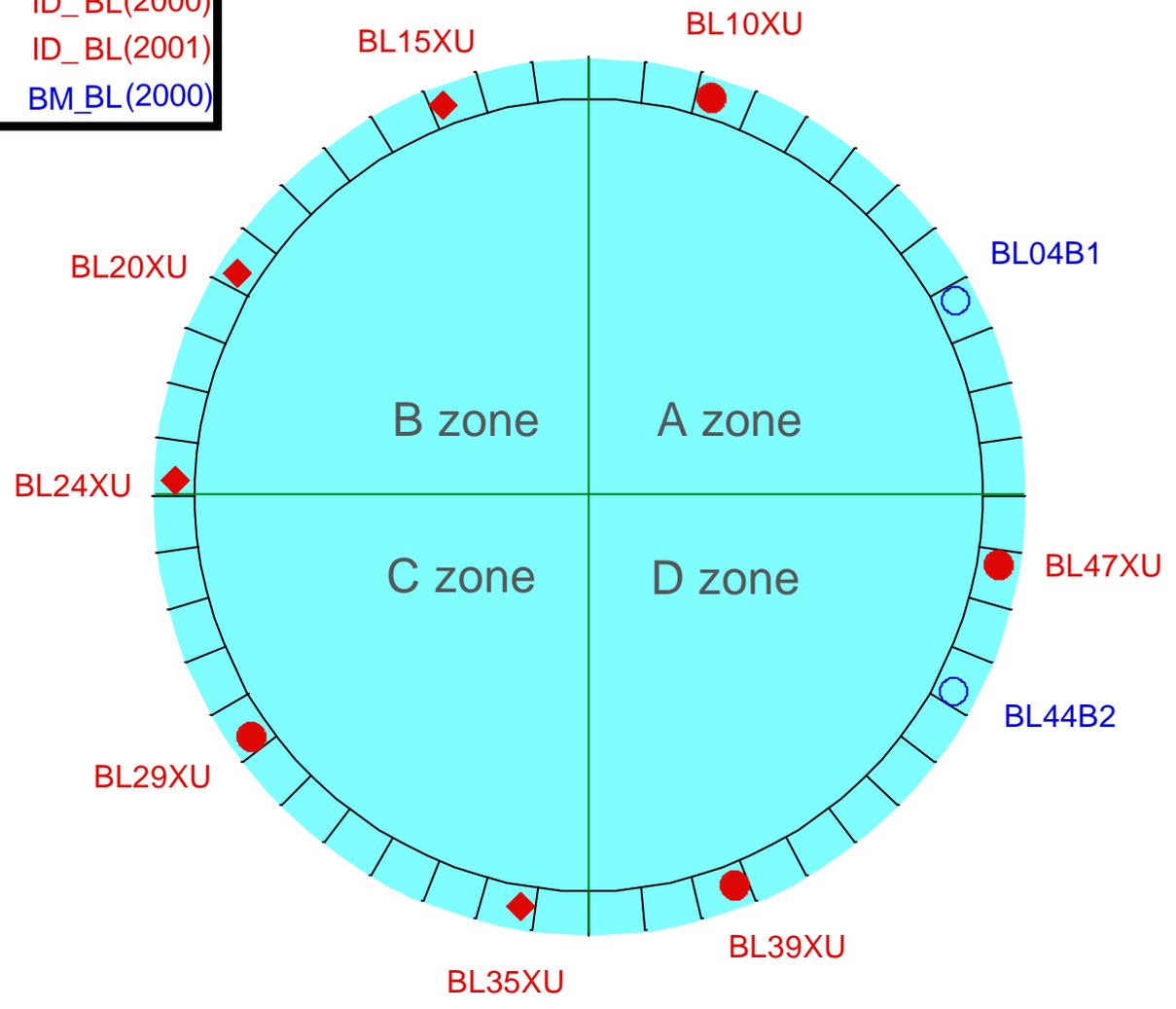
- ・ R/D ビームライン、振動に敏感な BL（担当者）

Phase of Betatron Oscillation

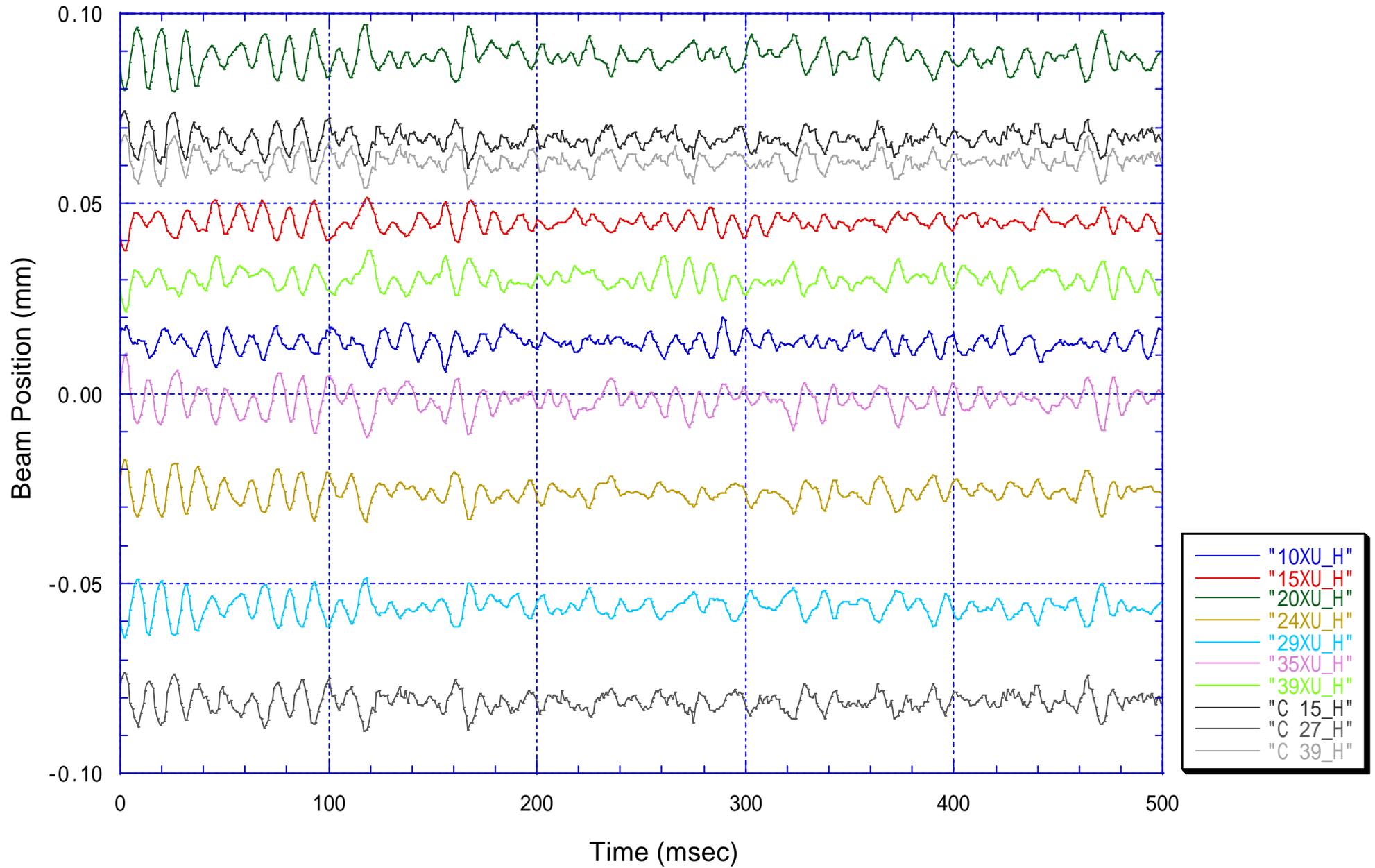
- × ALL BL (Horz)
- Old_ BL (Horz)
- ◆ New_ BL (Horz)
- × ALL BL (Vert)
- Old_ BL (Vert)
- ◆ New_ BL (Vert)



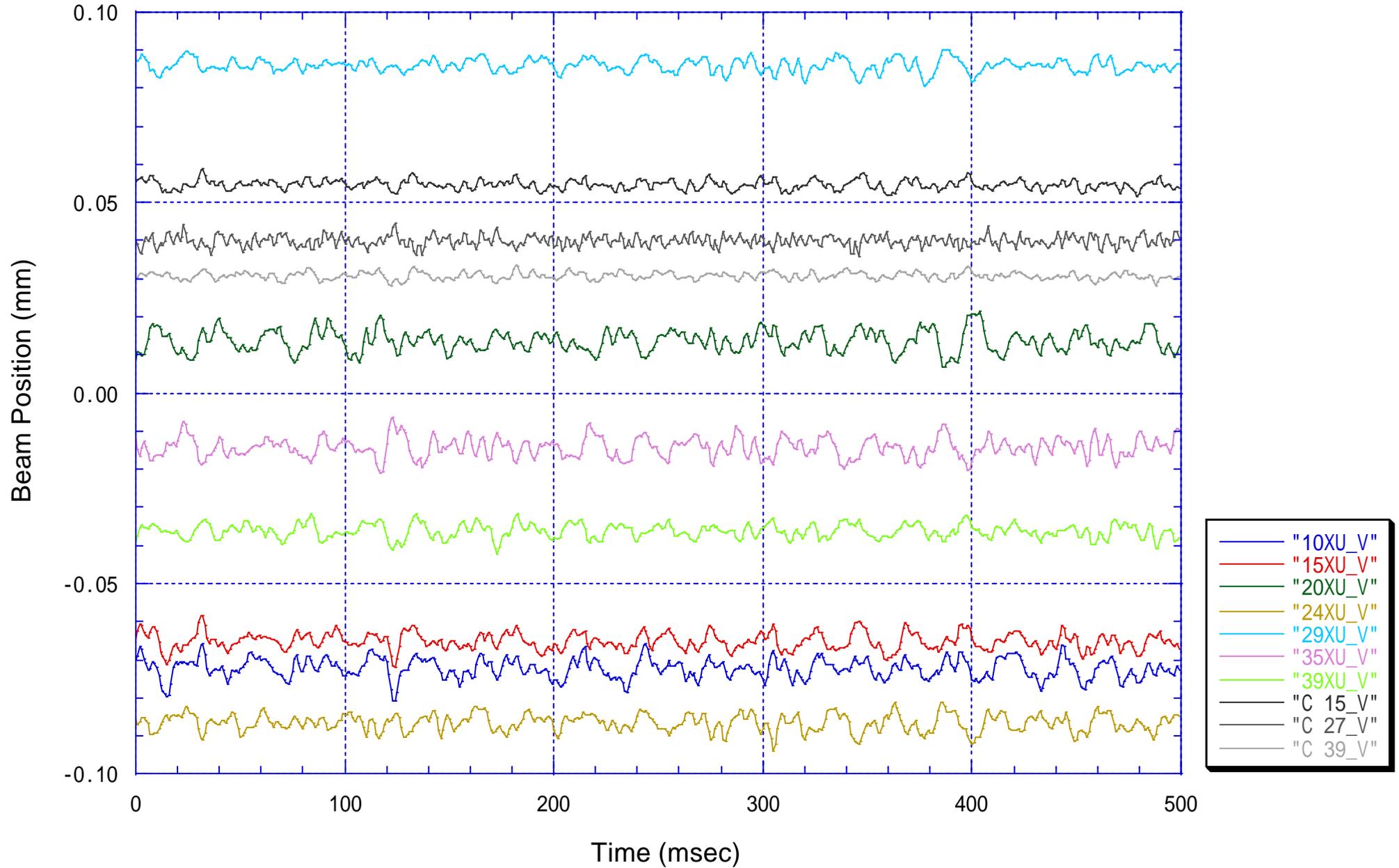
Position of Beamlines



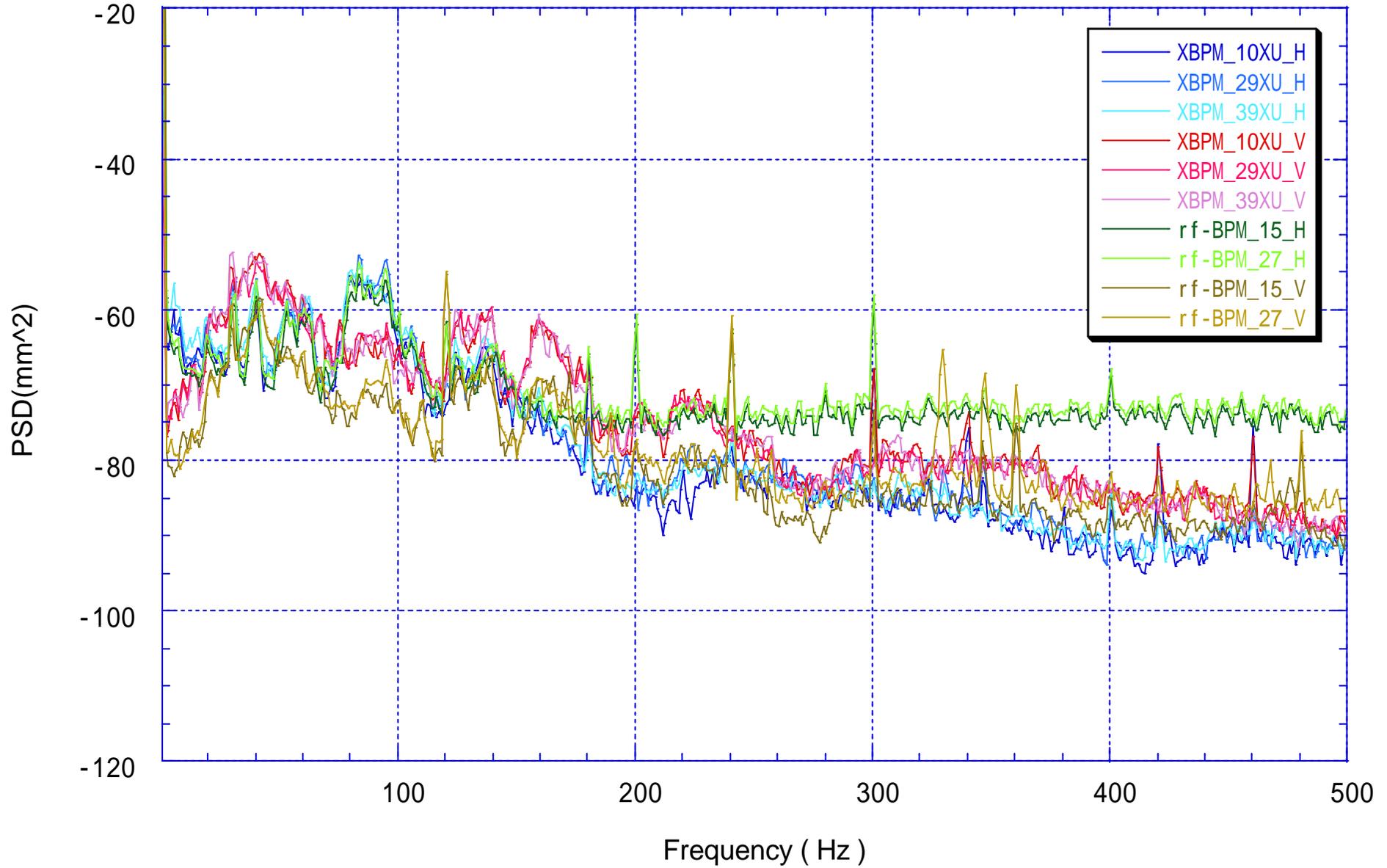
Horizontal Beam Position



Vertical Beam Position

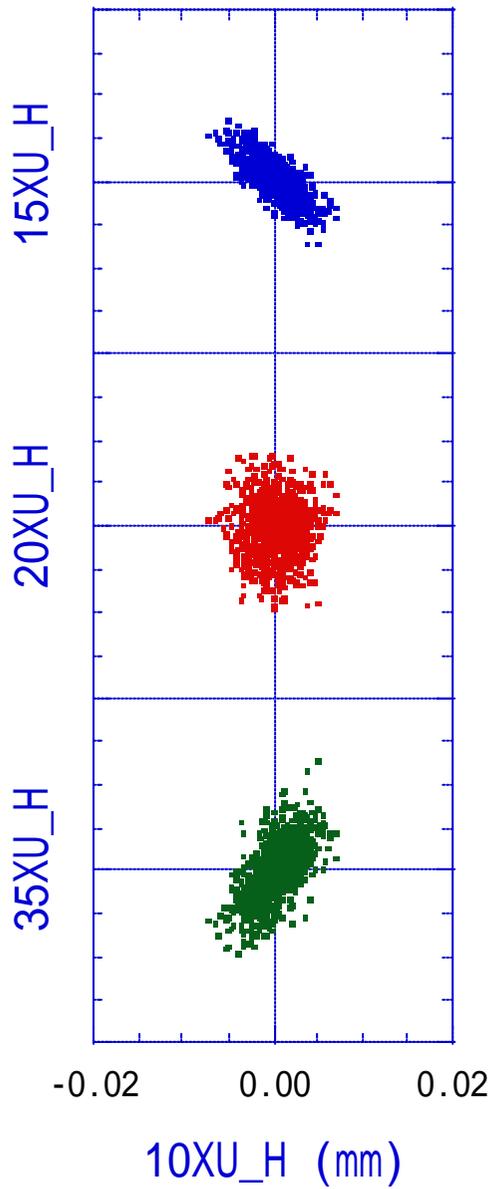


FFT of XBPM and rf-BPM

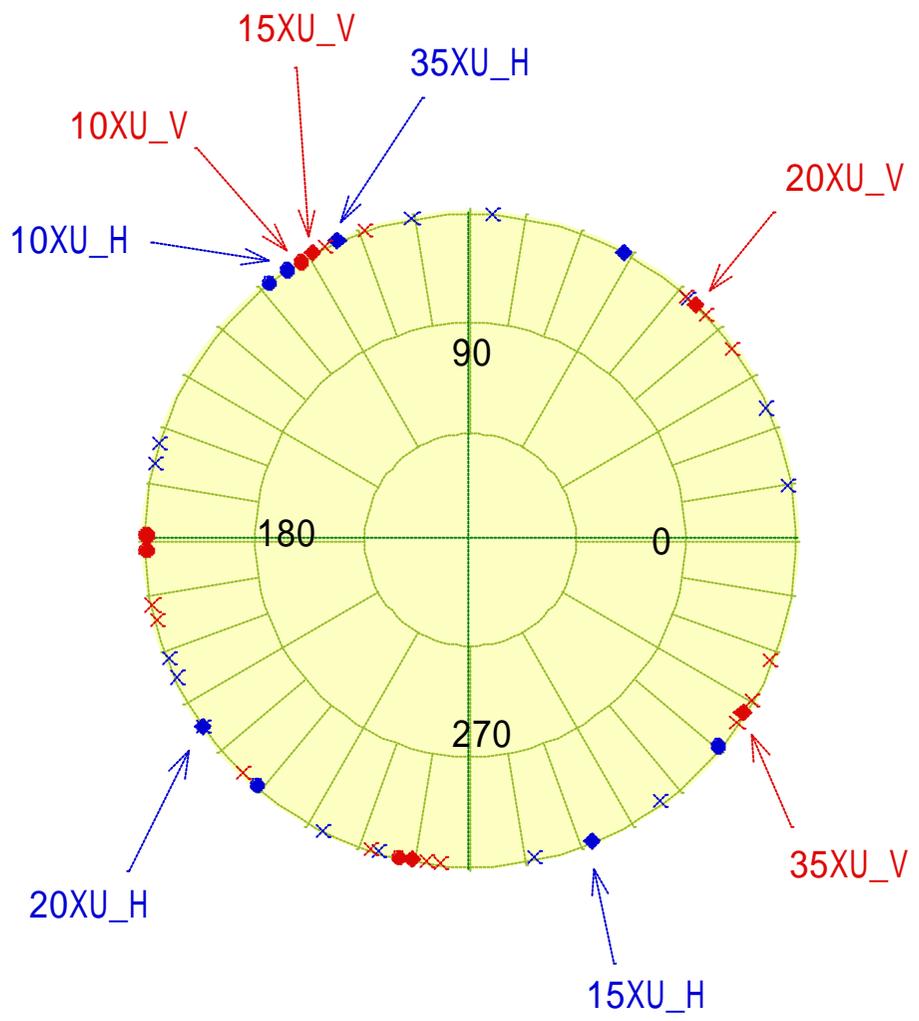
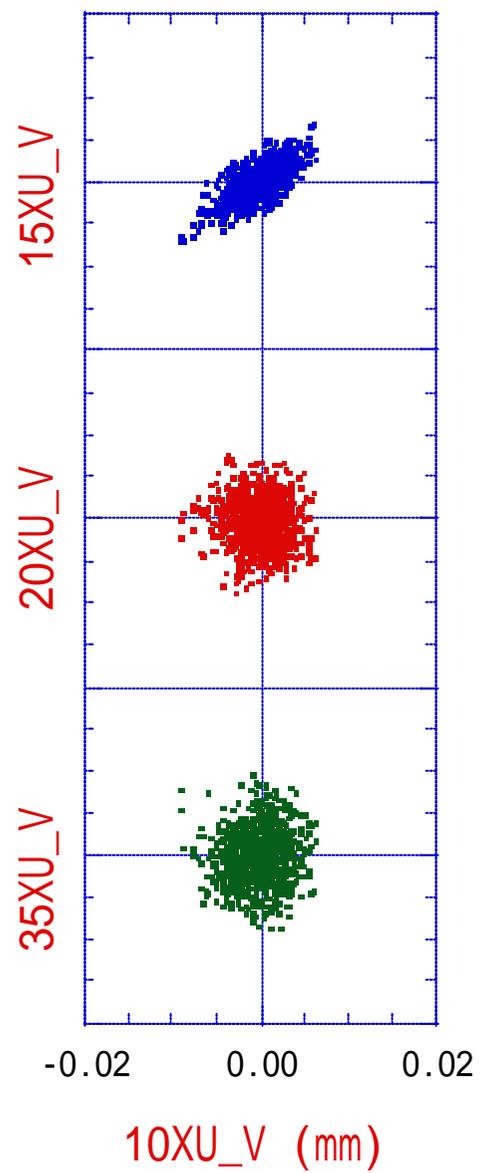


Correlation among XBPMs

Horizontal



Vertical



Investigation for the bam orbit stabilization

FFT 解析の結果によると 200Hz 以下のあたりの振幅が大きい

Horizontal: 80 ~ 90Hz

Vertical: Broad peak around 40Hz

ビームサイズを考慮に入れると Vertical 方向の抑制が効果的

時系列データの結果は ベータトロン振動の位相を定性的に（部分的に）は説明できる

定量的評価が震源地の逆探知につながれると期待できる

他の現象との相関をしらみつぶし調べる

機械的振動、電氣的ノイズ、温度依存性、・・・

Summary

同時計測のシステムを導入した

PHS を用いてトリガー信号を送るシステム

当初の目的を達することが出来た

光ケーブルを用いて出力信号を送るシステム

XBPM と rf-BPM の信号の相関を見ることが出来る (10kHz 程度まで)

軌道安定化を実現させるためには、

モニター位置信号の情報から振動源を逆探知

本システムを拡張し、他の現象との相関を調査