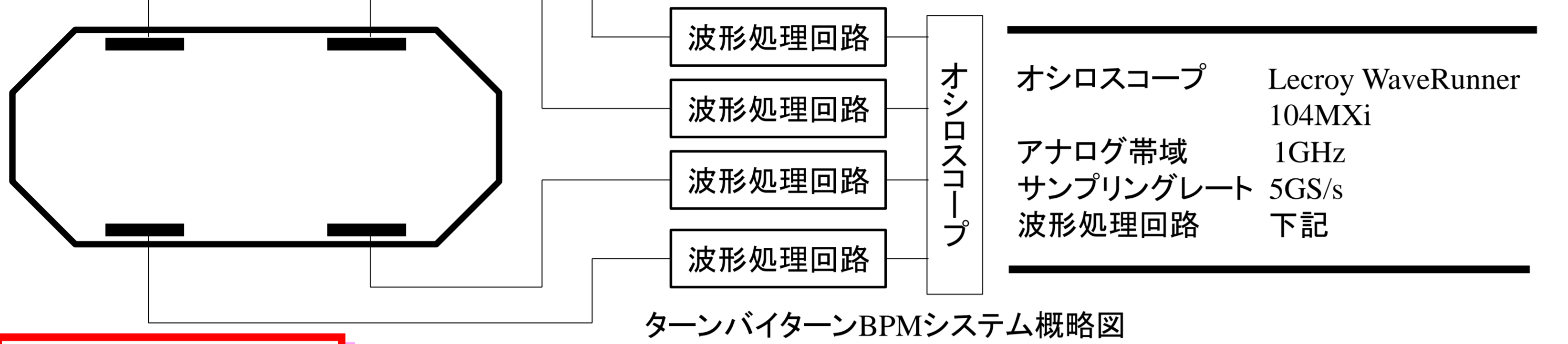
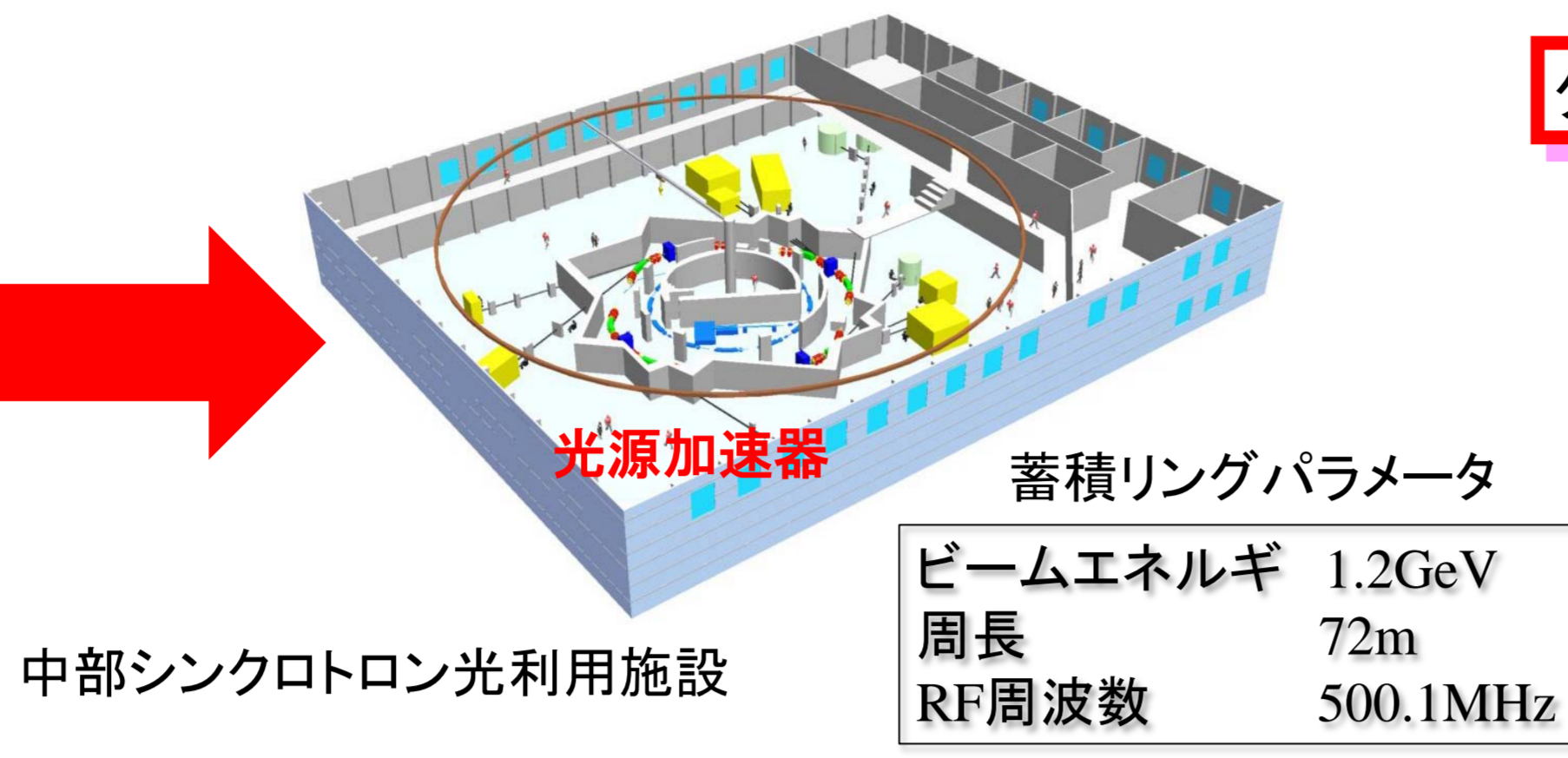


中部シンクロトロン光利用施設(仮称)のための ターンバイターンBPMシステムの開発

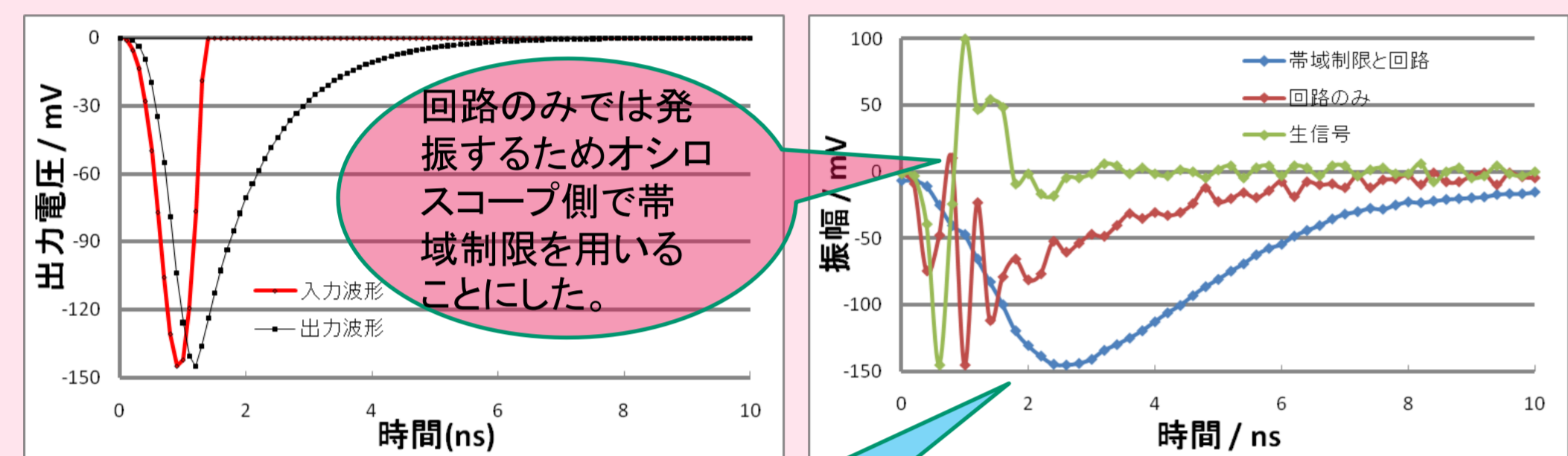
長谷篤宗¹、保坂将人¹、山本尚人¹、高嶋圭史¹、阿達正浩²、全炳俊²、加藤政博^{1,2}
¹名古屋大学大学院工学研究科、²分子科学研究所UVSOR

中部シンクロトロン光利用施設ではブースターシンクロトロンに5台、ストレージリングに32台のビーム位置モニタ(BPM)を設置する予定である。本研究では高速デジタルオシロスコープによる信号処理をベースとした中部シンクロトロン光利用施設用ターンバイターンBPMシステムの開発に取り組んでいる。本施設は産業利用を目的としており、可能な限り早くコミショニングを成功させることが求められている。一方、本施設では磁場誤差を生じる可能性のある超伝導偏光電磁石が導入される予定であるため、本システムの必要性は高い。本システムの主な使用目的は同施設におけるコミショニング時であり、通常運転時に使用されないため安価なシステムであることが望ましい。現在、分子科学研究所のUVSOR電子蓄積リングを用いた実験を通してシステムの検討を進めている。



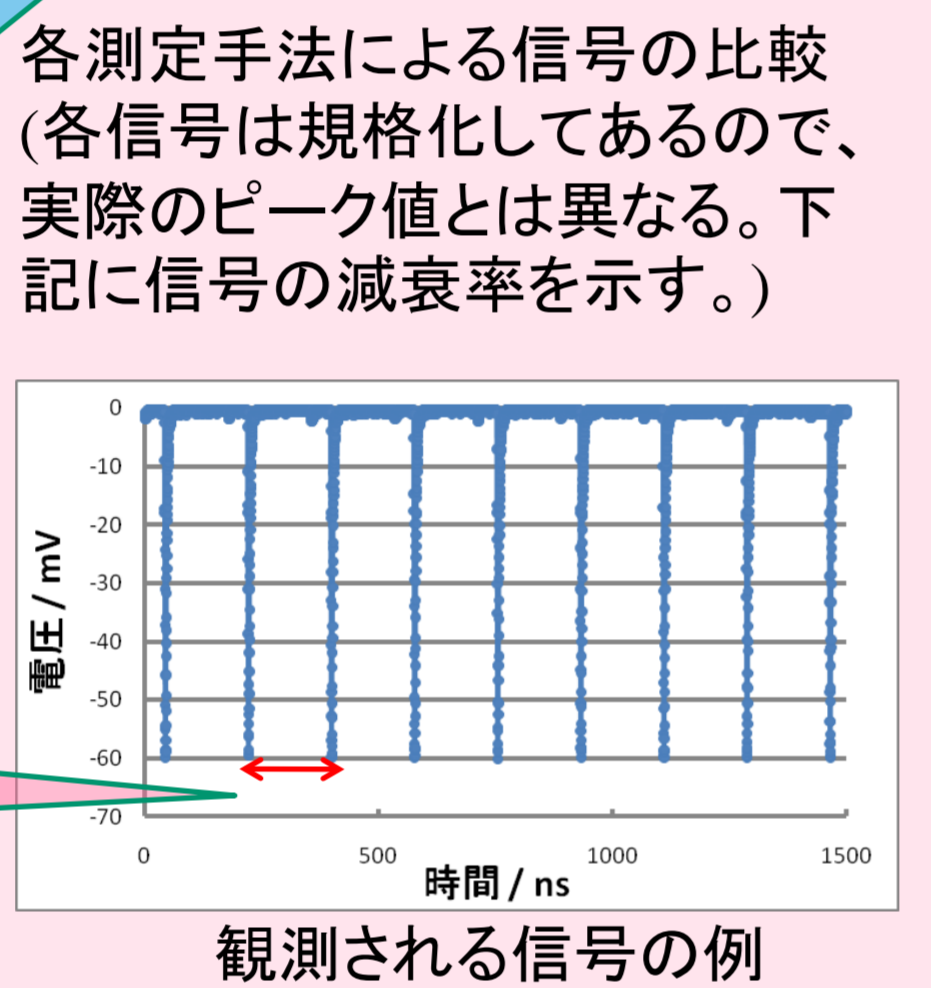
波形処理回路とは

ターンバイターン測定において測定される信号が非常に速いため、サンプリングレートが5GS/sでは足りず、位置に変換した際に大きなばらつきが生じる。そのため、得られる信号を緩やかにするような回路を作製することでこの問題を解決しようとした。



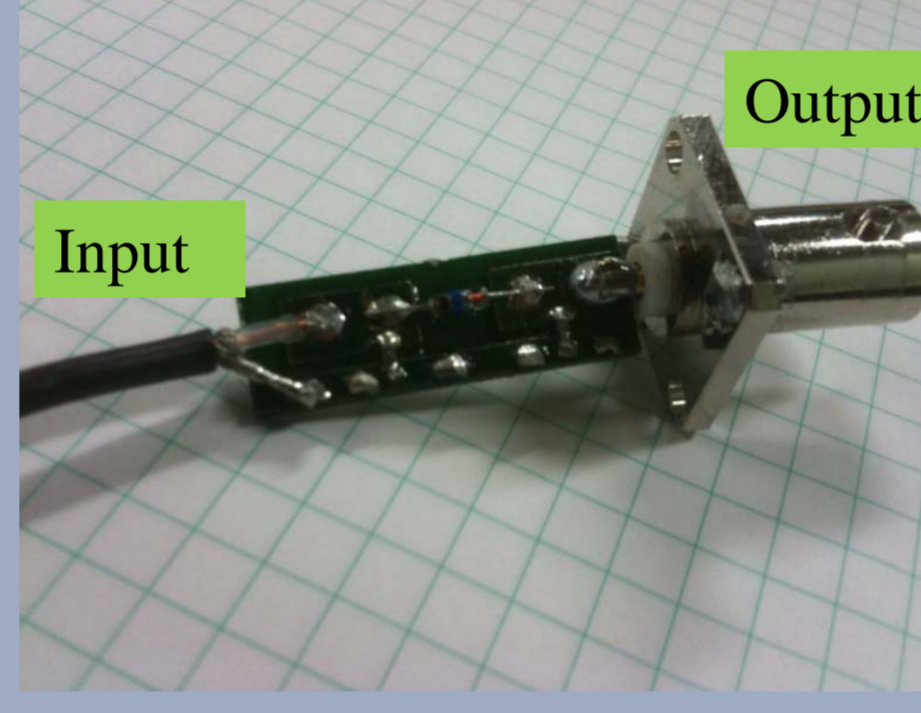
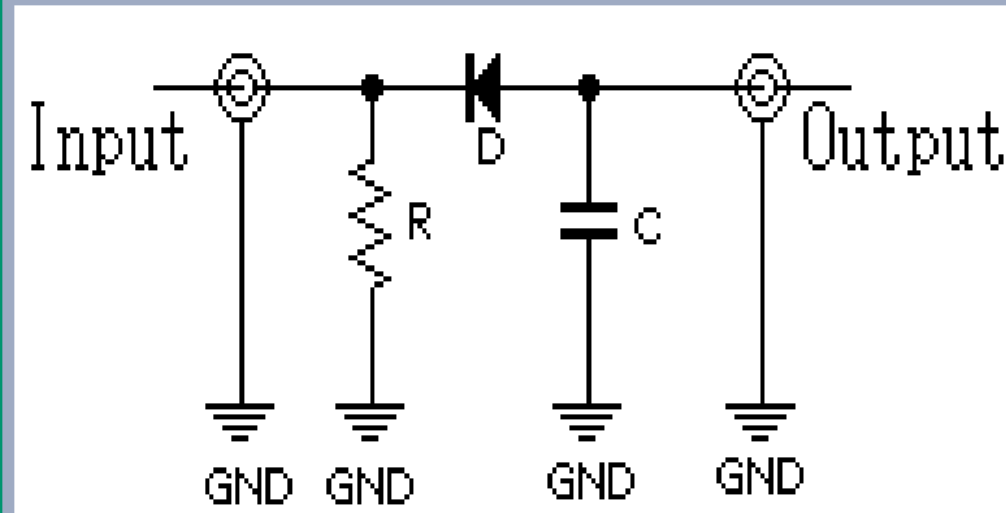
出力信号が入力信号に比べて緩やかになることで、5GS/sのサンプリングレートでもかなりの精度が期待できる。

UVSORのビーム周回周期は177nsで、信号の減衰時間はこれより十分短いので前の信号の影響は無視できる。



測定手法	電流値 (mA)	平均電圧 (V)	減衰率 (dB)
直接	14.5	1.21	0
回路のみ	12.6	0.21	15.2
回路と帯域制限	13.0	0.11	20.8

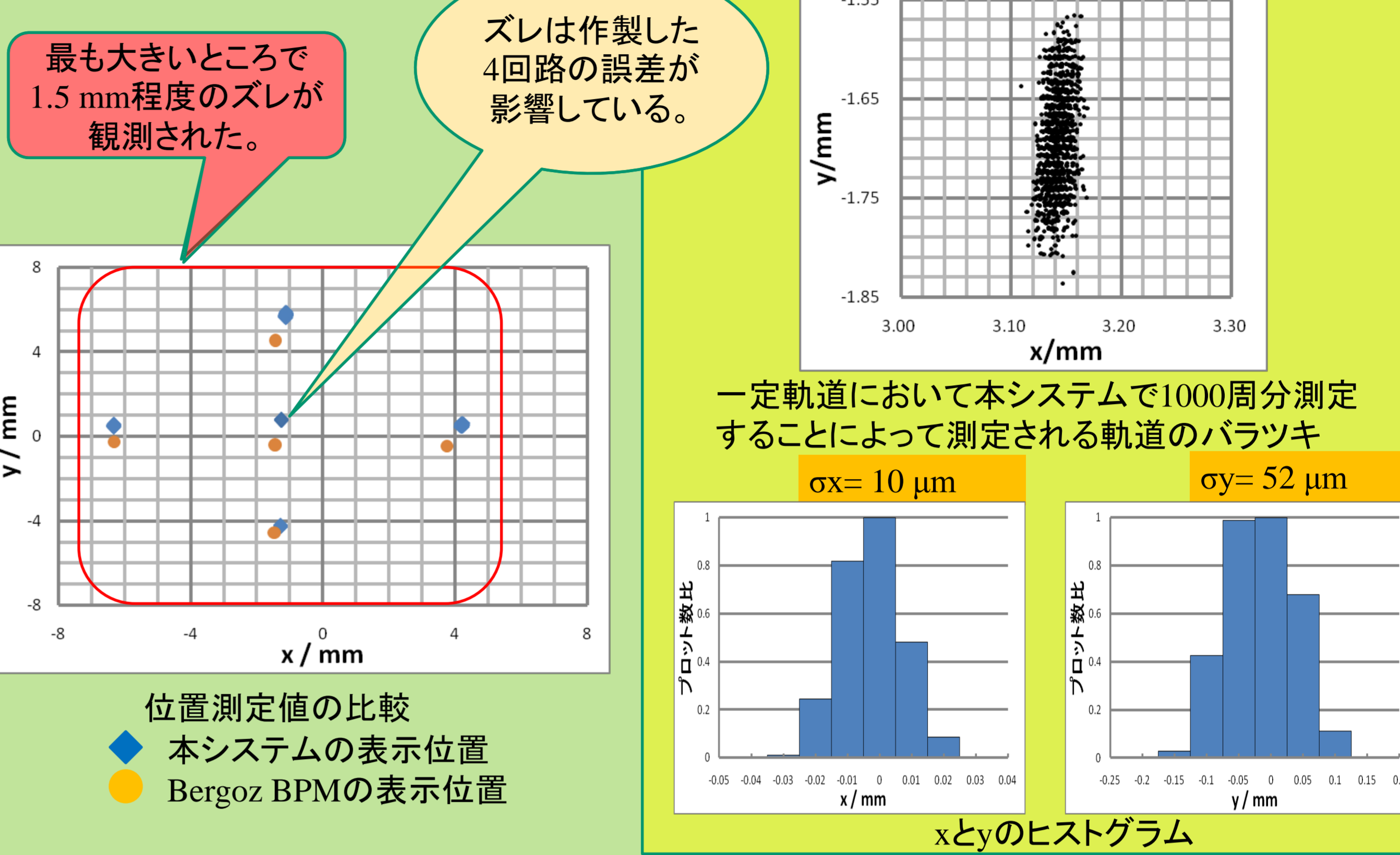
各手法による信号強度 (負のピーク値で比較)



- 回路に使用した部品
- ダイオード ショットキー
 - ダイオード (1SS99)
 - コンデンサー チップセラミック
 - コンデンサー (47pF)
 - 抵抗 チップ抵抗 (471Ω)

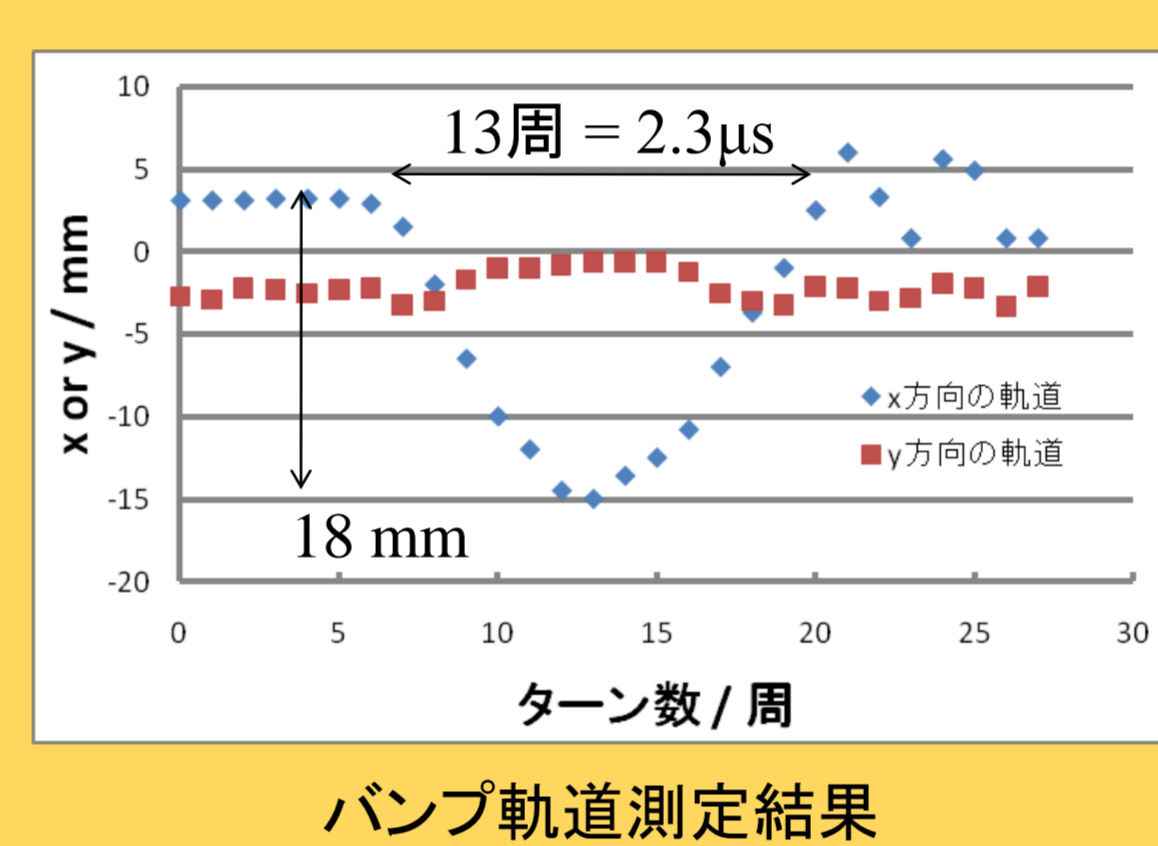
ターンバイターンBPMとBergoz BPMとの位置測定値の比較

蓄積リングのステアリングマグネットを用いて通常の軌道から水平および垂直にそれぞれ5mm程度軌道をずらし、通常の処理システムで測定された軌道位置及び本システムで各300周測定した軌道位置を比較した。

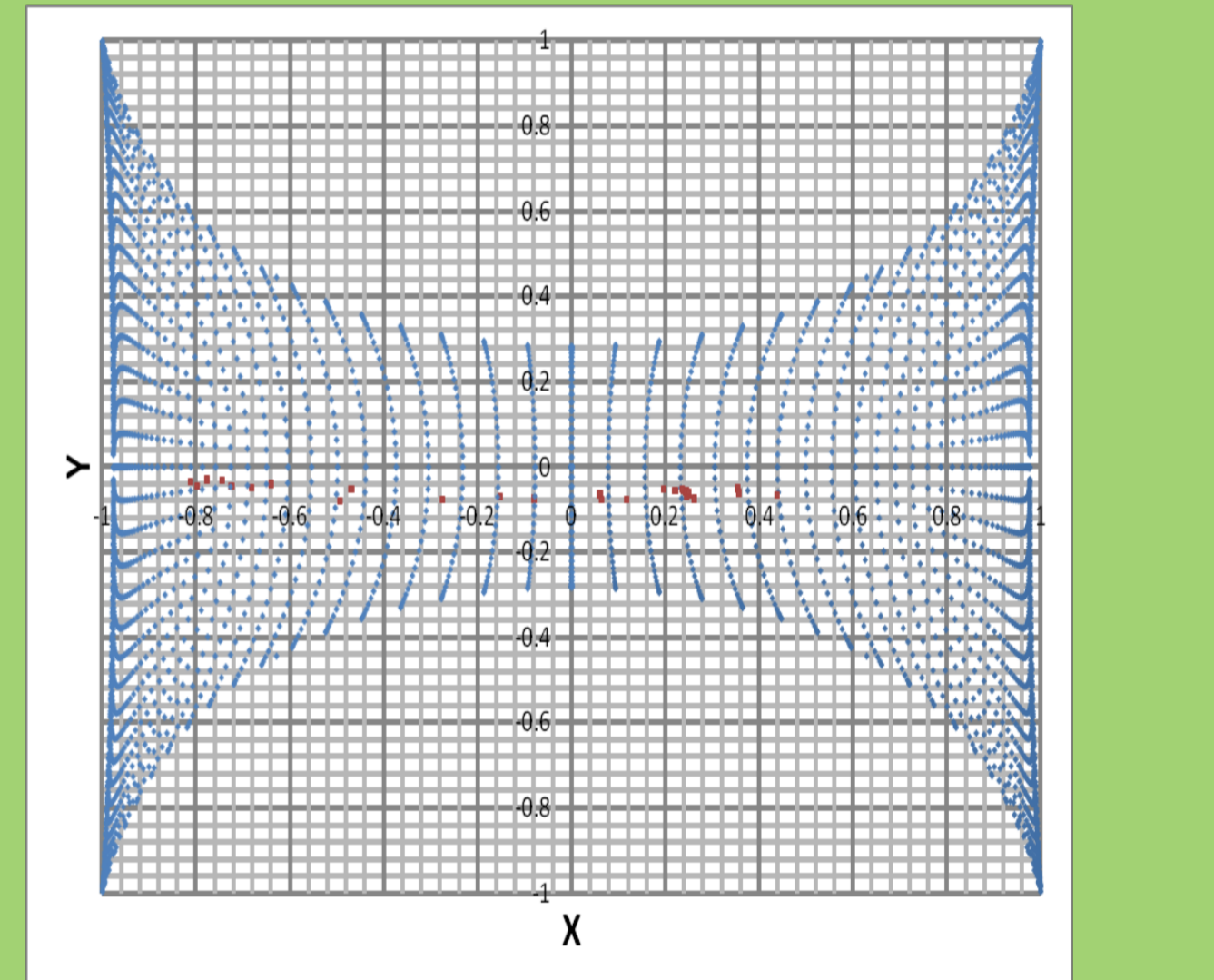


入射バンプ軌道の測定

本システムの有効性を確認する一つのデモンストレーションとして、入射の際に作られるバンプ軌道を入射点近くのBPM(B1U)で測定した。

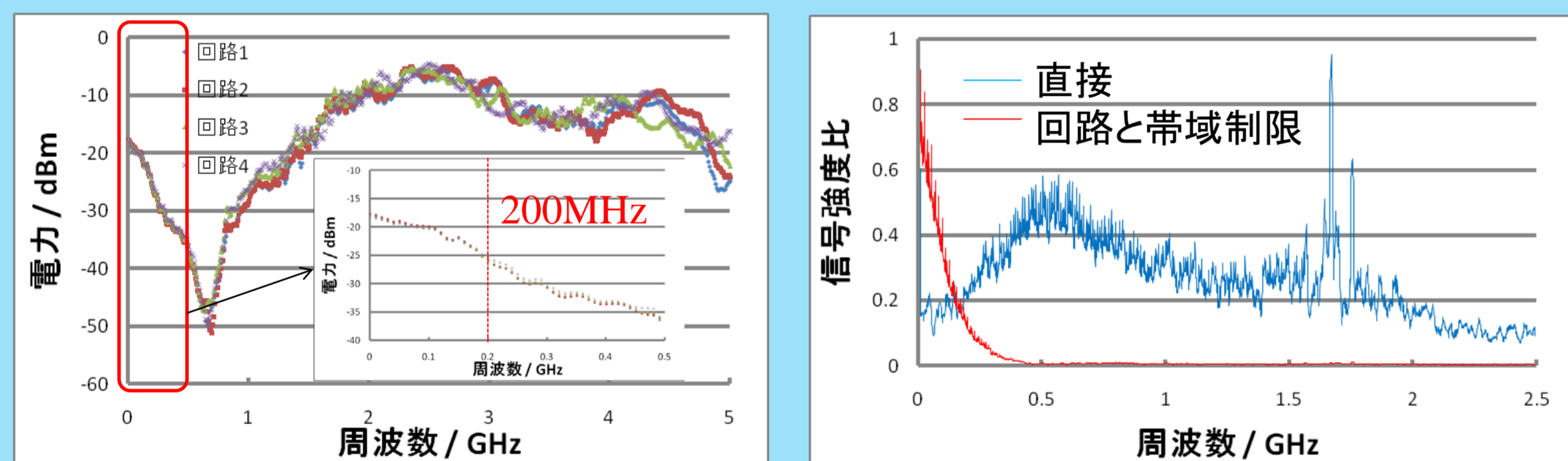


本測定では軌道が中心から大きく外れると予想されたため、電磁場解析ソフトPOISSONを用いて作成した右図のような位置マップを用いて得られたシグナルを位置へと変換した。



回路の特性

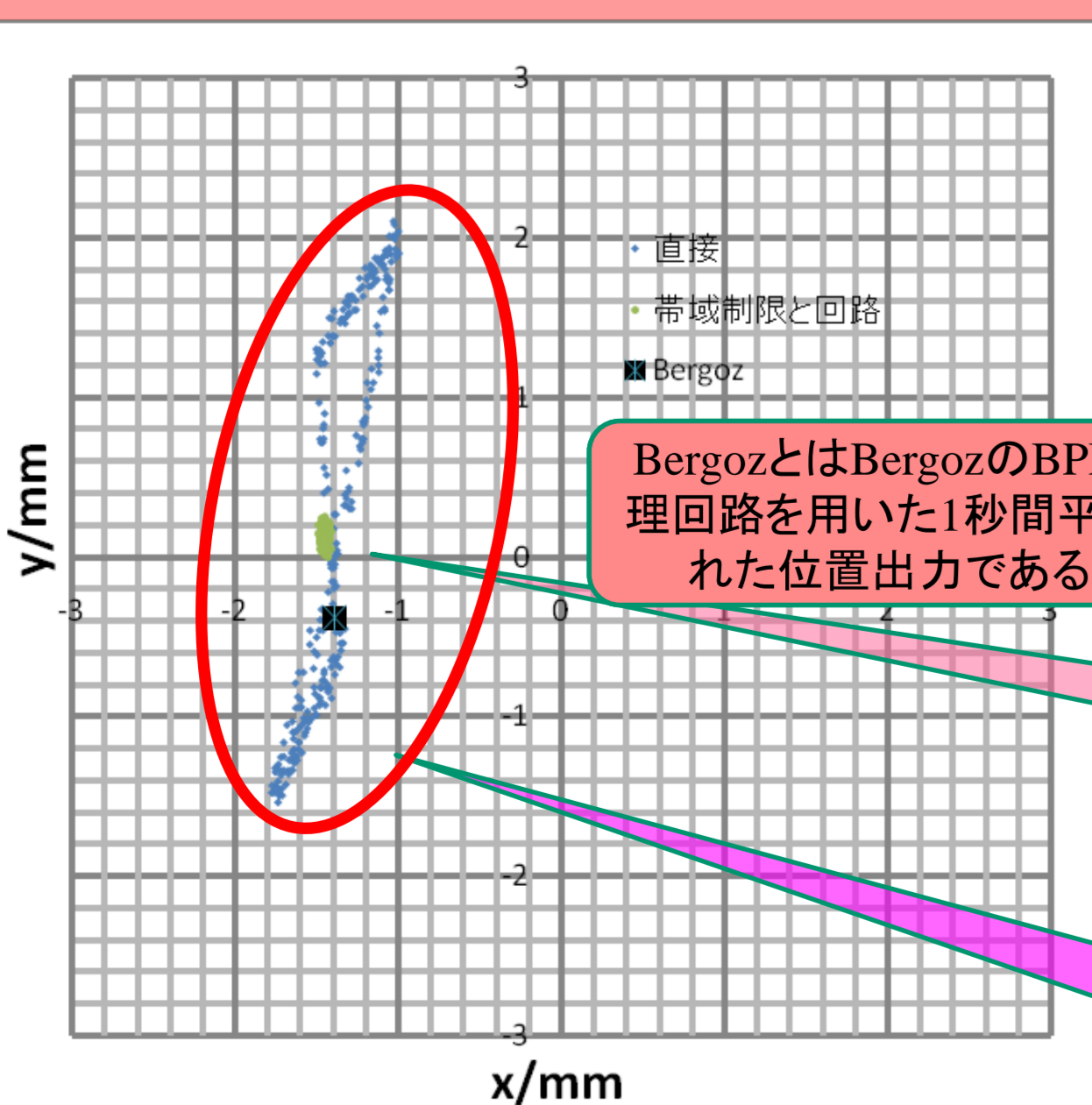
回路特性の適性と誤差を知るためにスペクトルアナライザーを用いて調査した。



オシロスコープ側の帯域制限で200MHzのLow Pass Filterを用いるため得られる信号は200MHz以下である。この領域において自作回路は4つともほとんど誤差はなく作ることができている。

回路を用いた位置測定

回路導入による精度の変化を見た。また、帯域制限は200MHzのLow Pass Filterを用いた。右下に位置へ変換するための式を示す。



$$X = \frac{(V_a + V_d) - (V_b + V_c)}{V_a + V_b + V_c + V_d}$$

$$Y = \frac{(V_a + V_b) - (V_c + V_d)}{V_a + V_b + V_c + V_d}$$

BergozとはBergozのBPM処理回路を用いた1秒間平均された位置出力である。

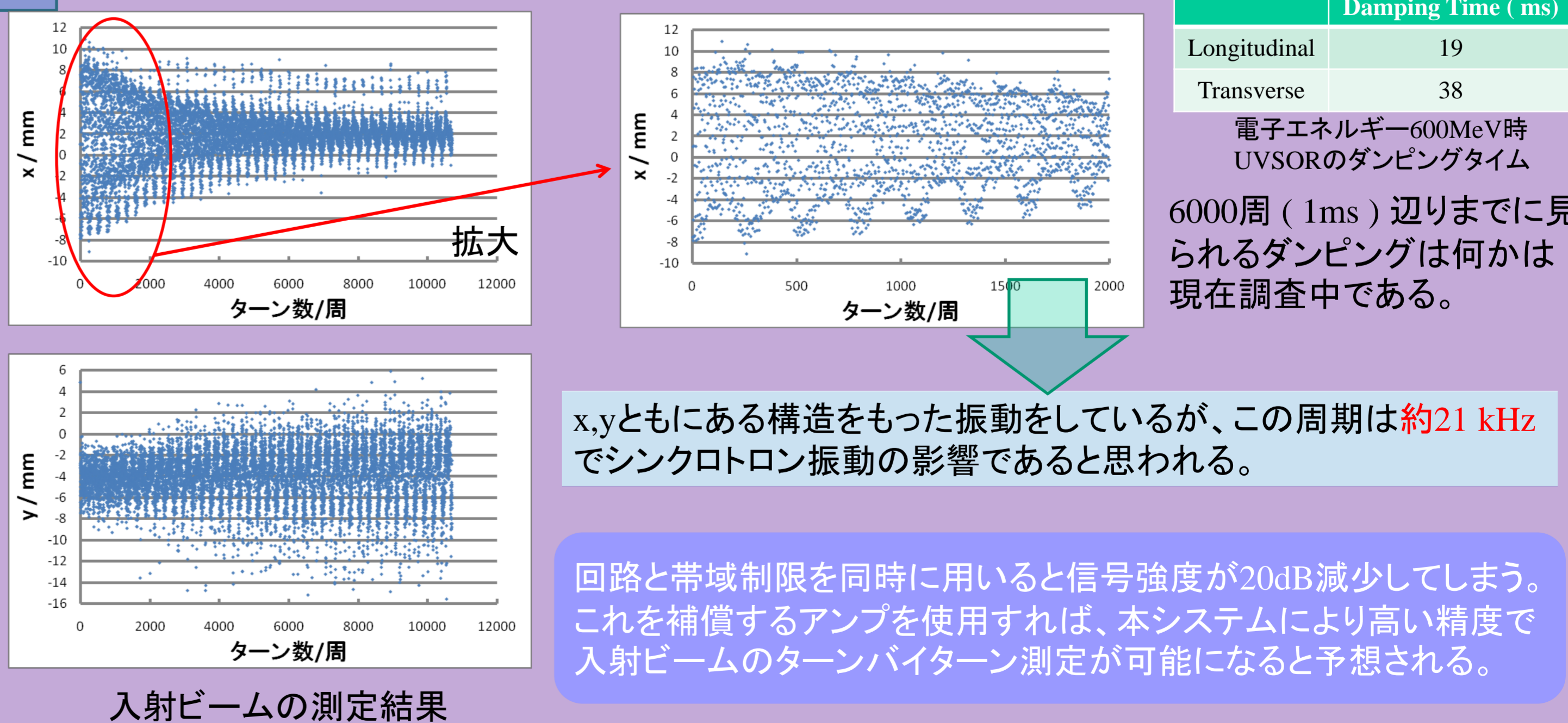
今回用いたBPMでは $K_x = 12.82 \text{ (mm)}$ $K_y = 43.48 \text{ (mm)}$

回路と帯域制限を用いた時にかなり精度良く位置表示することができた。

直接測定時のバラツキはサンプリングレートの不足が原因

入射ビーム測定

蓄積ビームの測定では波形処理回路を用いた測定で十分な精度が得られることが分かった。一方、ブースターシンクロトロンからの入射ビームでは測定に十分な電荷量が期待できないので、信号強度の減衰の信号処理回路及び帯域制限を用いず、高周波アンプを用いて増幅し、オシロスコープで測定した。



まとめ

- 本システムの現在の精度は水平方向で10μm、垂直方向で50μmである。また位置の絶対精度は1.5mm程度と考えられる。
- 本システムを用いてUVSOR-IIの入射バンプ軌道の測定および入射ビーム軌道の測定に成功した。入射ビーム軌道の測定精度を上げるには適切な増幅器が必要と考えられる。