

Electronics test with a dummy pulse

Y.Honda

2006/1/5

概要

We evaluated the cavity BPM's resolution limited by the detection electronics. A dummy signal of pulsed rf generated by an oscillator was used for this test. Two identical signal split from the dummy signal were processed by two independent sets of electronics and the results were compared. The resolution was estimated to be around 18 nm. The remaining fluctuation seems to be dominated by the noise in the head amplifier.

1 はじめに

発振器で作った疑似信号を空洞 BPM 回路で検出し、回路の性能について評価する。完全に独立な 2 セットの回路に同じ発振器から分けた信号を入力して結果を比較する。初段アンプの雑音についてはほぼ理解されたが、それにつづく検出回路を含めたときに雑音が増えているか (例えば、L.O. の位相雑音が影響していないか) 調べる。

ここでは、空洞の性能は単に入力する信号の大きさとして与える。これまでの実験の結果によると、井上 BPM のビーム位置感度は、 10^{10} e/bunch, bunch length 8mm, 2-port combined の条件で、-119 dBm (for 1 nm) である。また、空洞のポートから converter の入力までに 4.6 dB の信号減衰があり、converter 入口の limiter に 0.4 dB 程度の減衰があることを考慮し、実効的には、-124 dBm (for 1 nm) とした。今回はこの感度を仮定して信号レベルを nm に換算して議論することにする。用いた回路は、改修前のもの。

2 セットアップ

回路が完全に独立な 2 セットの場合と、L.O. 共通の場合の 2 パターンで実験を行った。

2.1 独立な 2 セットの場合

図 1 にセットアップを示す。外部トリガーによってパルス化できる発振器を用いて、疑似信号を作った。パルス長さは実際のビーム信号と同程度、400 nsec とした。これに比べて、パルス化の立ち上がり、立ち下りの時間が十分に短いわけではないのできれいな矩形波には見えないが、あまり気にしない。信号をはじめに 4 つに分配し、2 セットの回路系に入力した。1 セットあたりレファレンス空洞とセンサー空洞に対応して 2 つの信号が入力される。

はじめに、発振器を cw モードで使用し入力信号のレベルの調整を行った。レファレンス空洞側の limiter アンプが適当なアテネータの設定で飽和する程度に合わせた。このとき、センサー空洞側の入力への信号のレベルをスペアナで測定したところ -29 dBm であった。(パルス化したときにピークレベルは cw モードのときと変わらないことは確認済) これ以降は、入力信号強度の変更は converter 入力にある可変アテネータを用いて行う。

converter の出力を後段の detector で検波する。いつもの手法で、detector の位相調整を行った (位相を 90 度ずらした状態で信号ゼロになるように調整)。

detector の出力をアテネータで振幅 1/20 に圧縮したあと 14-bit charge ADC で記録する。ADC のゲート幅は実際のビーム実験のときと同じく 100 nsec とした。図 2 に 1/20 アテネータの手前での信号とゲートの様子を示す。

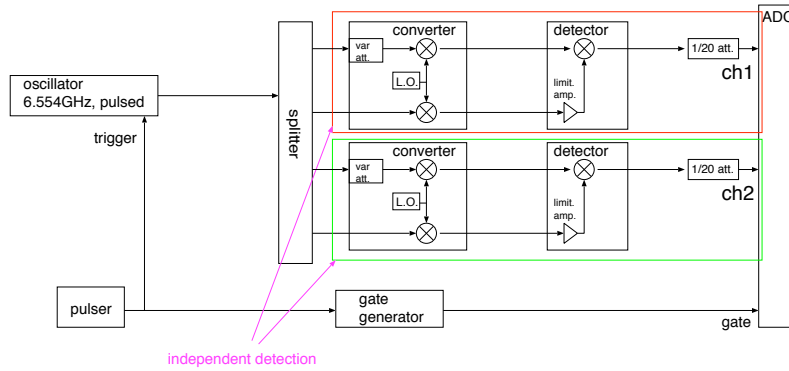


図 1: 独立な 2 系統のセットアップ

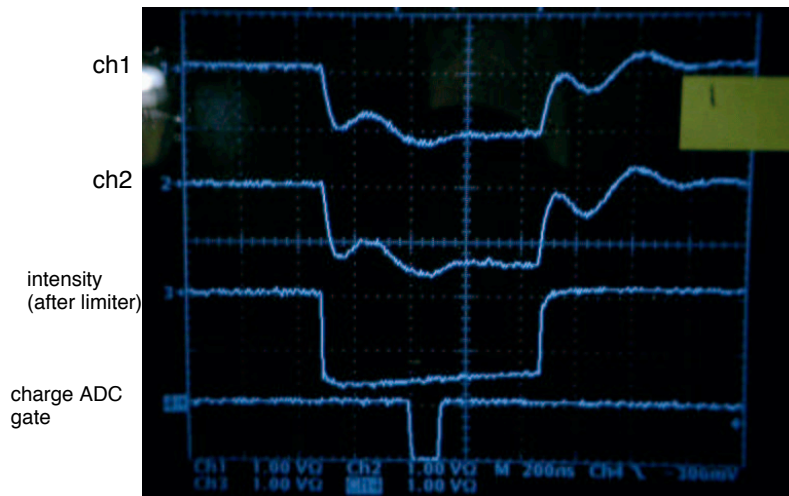


図 2: 信号とゲートの様子

2.2 共通 L.O. の場合

L.O. の位相雑音などの影響を見極めるために、2 セットであるが L.O. 共通の場合での測定も行った。図 3 がそのセットアップである。

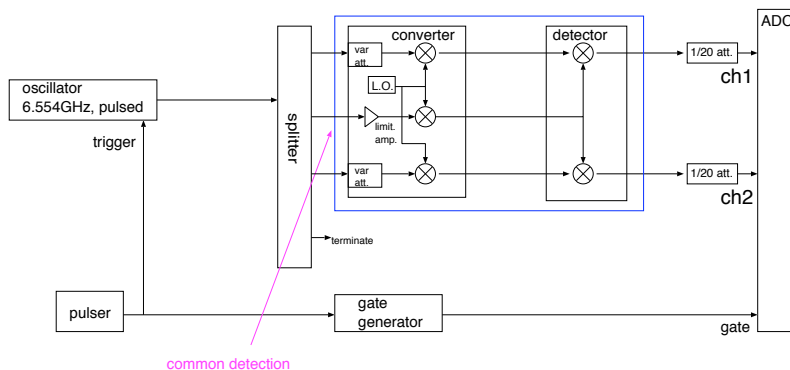


図 3: 共通 L.O. のセットアップ

3 測定

3.1 キャリブレーション

はじめに、出力信号の大きさとビームオフセットの対応を付けるために、センサー側の入力信号の振幅を変えて感度を調べた。converter の入力にある可変アテネータを使用して 10 dB 刻みで変化させた。アテネータの設定が 0dB の時に -29 dBm とし、井上 BPM の感度 -124 dBm (for 1 nm) であることを用いて対応するビームオフセットを計算し、そのときの ADC の読み値をプロットした結果を図 4(独立 2 セットの場合)、図 5(共通 L.O. の場合) に示す。converter の入力を終端して採ったデータをオフセット 0 のデータとした。直線フィットしたものをキャリブレーション関数とし、以降のデータで位置に換算するときを使用した。

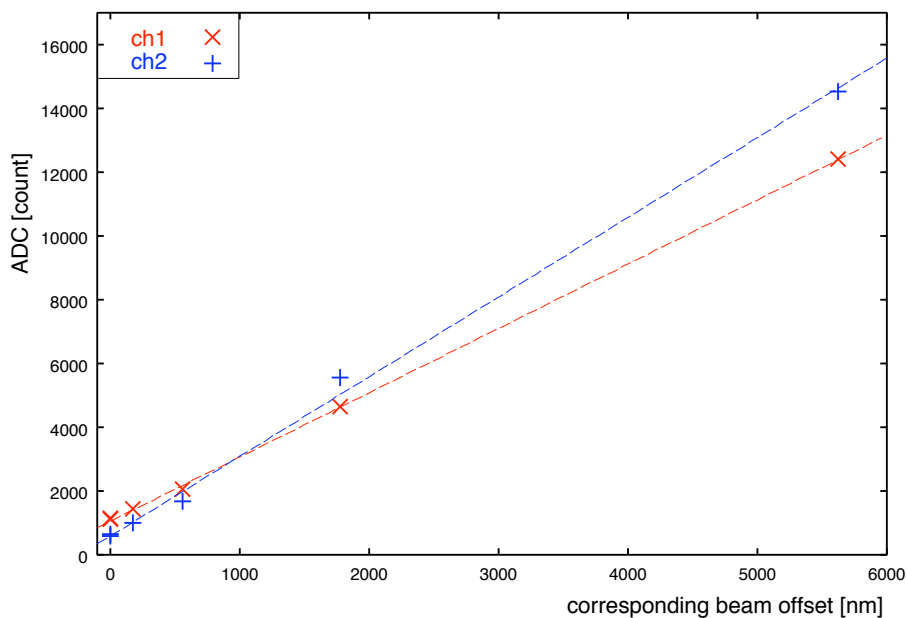


図 4: ADC の読み値と対応するビームオフセット (独立 2 セットの場合)

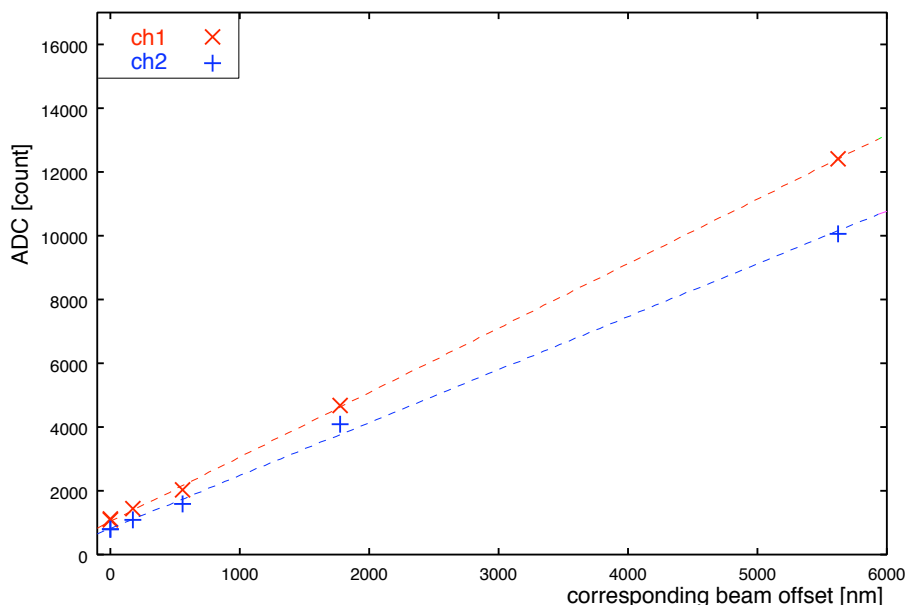


図 5: ADC の読み値と対応するビームオフセット (共通 L.O. の場合)

3.2 結果

3.2.1 独立 2 セットの場合

図 4 の一番右のデータ (信号が有るとき) のデータの分布を図 6 に示す。各チャンネルのバラツキ、相関、チャンネル間の差の分布である。バラツキは 18nm 相当程度と測定された。チャンネル間に相関は見られないので、バラツキの原因は発振器の揺らぎではなく、回路の問題である。

図 4 の一番左のデータ (信号が無い (入力を終端) とき) のデータの分布を図 7 に示す。バラツキは変わらず 18nm 程度でチャンネル間の相関も見られない。

3.2.2 共通 L.O. の場合

図 5 の一番右のデータ (信号が有るとき) のデータの分布を図 8 に示す。バラツキは変わらず 18nm 程度でチャンネル間の相関も見られない。

図 5 の一番左のデータ (信号が無い (入力を終端) とき) のデータの分布を図 9 に示す。バラツキは変わらず 18nm 程度でチャンネル間の相関も見られない。

3.3 まとめ

信号レベルを変えて測定されたデータのバラツキの結果を図 10 にまとめる。ノイズの原因がアンプの雑音であれば入力信号に依存せずに一定の大きさのノイズがあるはずであり、原因が位相雑音であれば、入力レベルに依存がみられると予想した。バラツキの大きさは信号レベルに依存しないことが見て採れるので、位相雑音では無いと思われる。

また、完全独立な 2 セットの場合と共通 L.O. の場合で有意な差は見られないことから、L.O. に関係するところがノイズの主な原因ではないと考えられる。

センサー側の detector の入力を終端した場合のデータを図 10 中に記した。converter からのノイズが主であることが分かる。

independent L.O. (with signal)

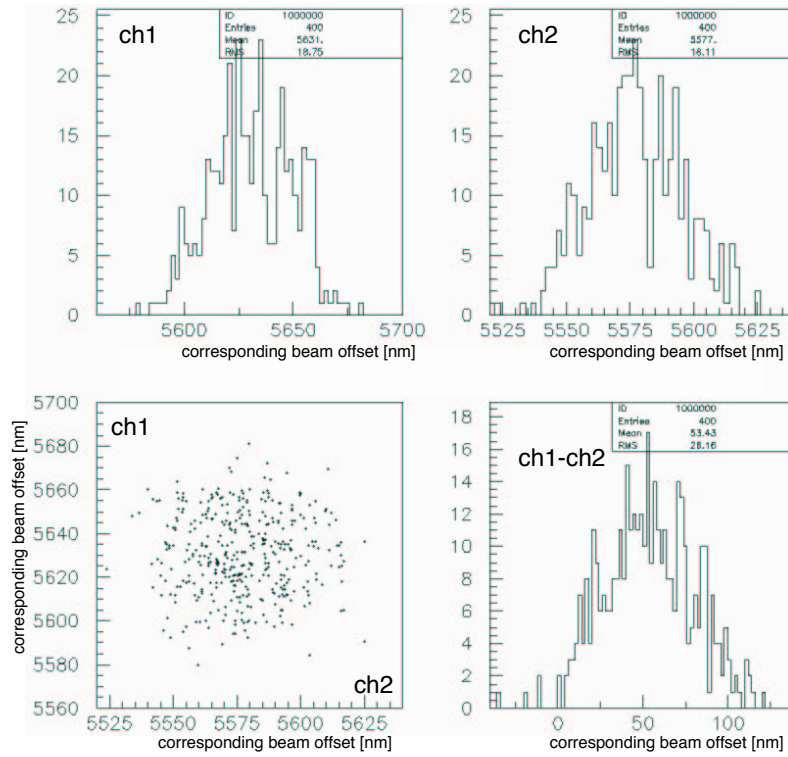


図 6: 信号が有るときのデータの分布 (独立 2 セットの場合)

independent L.O. (without signal)

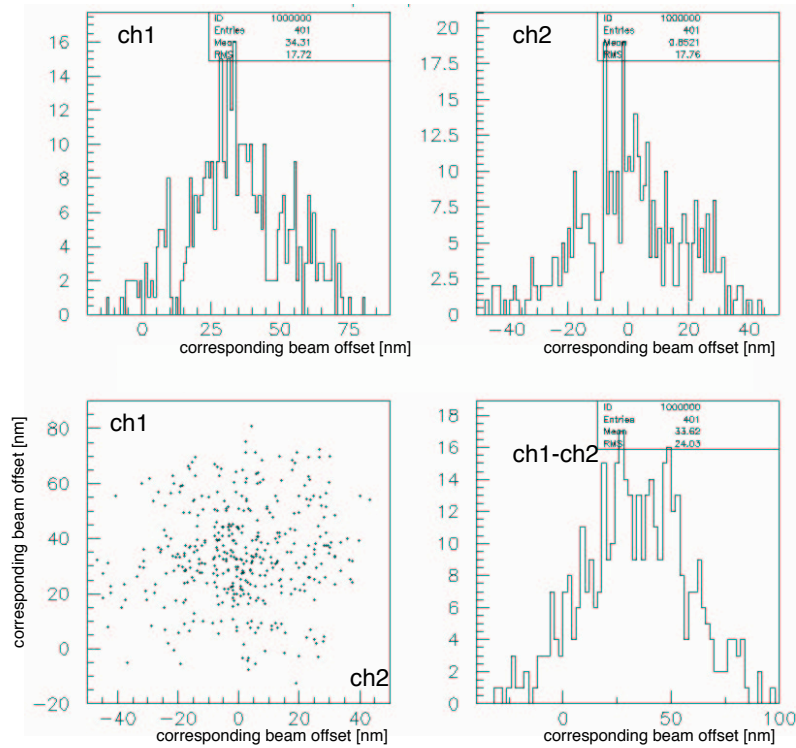


図 7: 信号が無いときのデータの分布 (独立 2 セットの場合)

common L.O. (with signal)

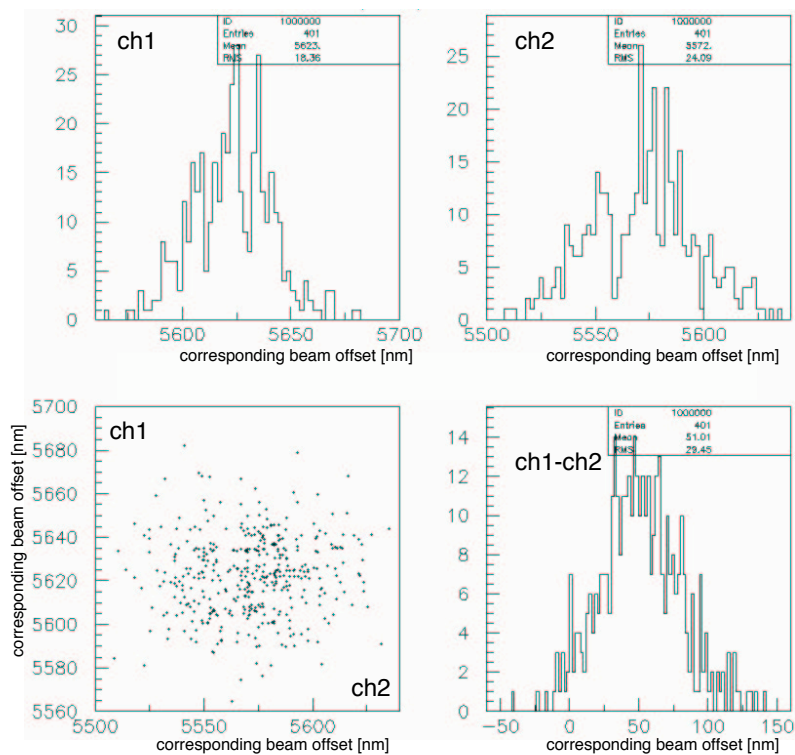


図 8: 信号が有るときのデータの分布 (共通 L.O. の場合)

4 結論

回路 (改修前) によって決まる分解能は、18nm 程度 (井上 BPM の場合) である。ノイズの原因は主に初段アンプの雑音であるとおもわれる。

common L.O. (without signal)

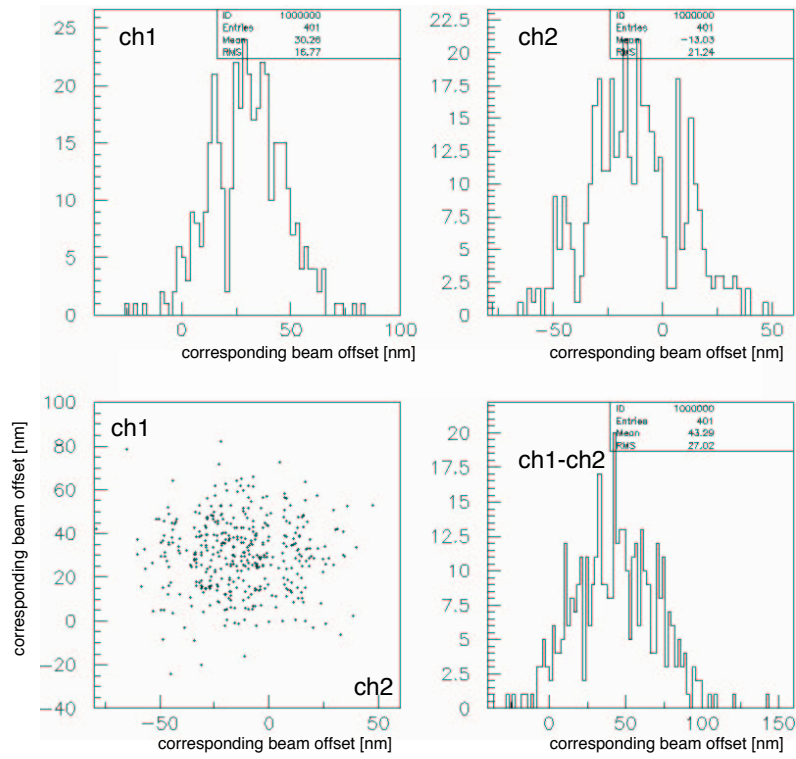


図 9: 信号が無いときのデータの分布 (共通 L.O. の場合)

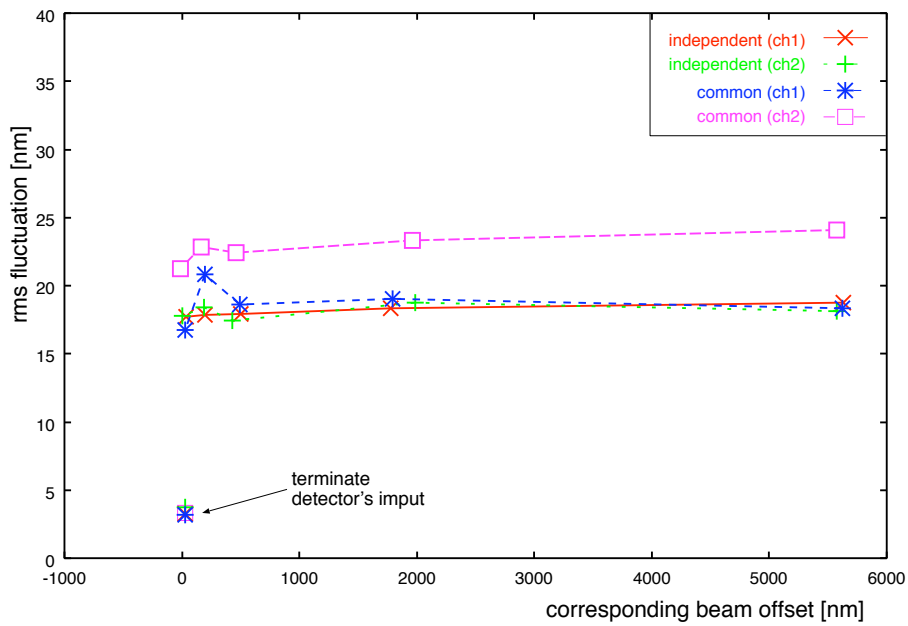


図 10: 信号の大きさとバラツキの大きさの関係