

# ATF2 仮想衝突点における FONT パルス内フィードバックを使ったジッター低減

奥木敏行<sup>#, A) B)</sup>, Talitha Bromwich<sup>D)</sup>, Philip Burrows<sup>D)</sup>, Glenn Christian<sup>D)</sup>, 加納勇也<sup>C)</sup>,  
駒宮幸男<sup>C)</sup>, Neven Blaskovic Kraljevic<sup>D)</sup>, Colin Perry<sup>D)</sup>, 照沼信浩<sup>A) B)</sup>

A) High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

B) Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

C) University of Tokyo

D) Oxford University

2016/08/08

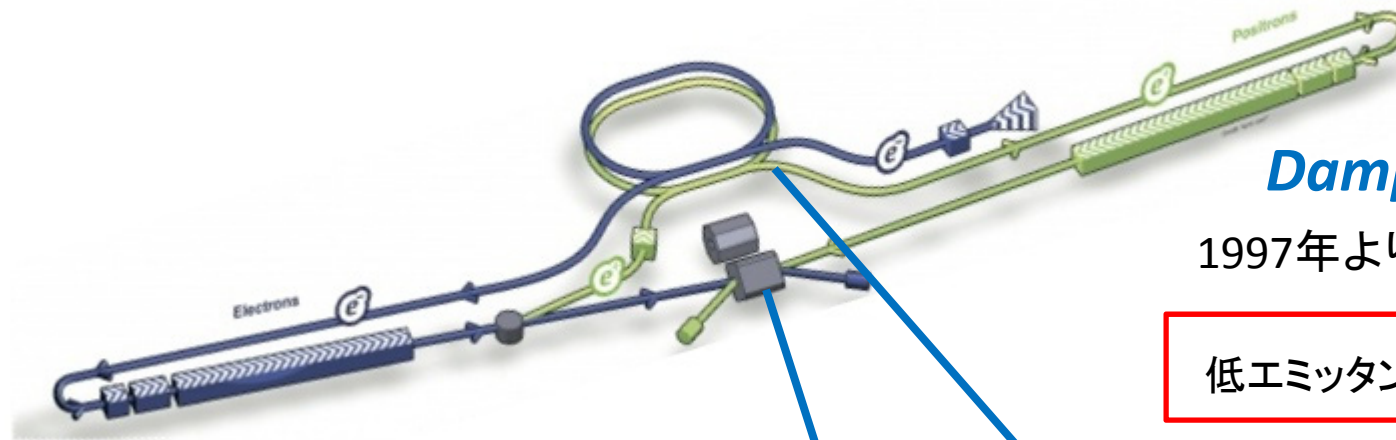
第13回加速器学会年会  
幕張メッセ

# *Introduction*

ATF2 でのビームサイズ収束の現状

# ATF (Accelerator Test Facility)

KEKにあるILCの衝突点でビームを絞るための技術開発を進める施設

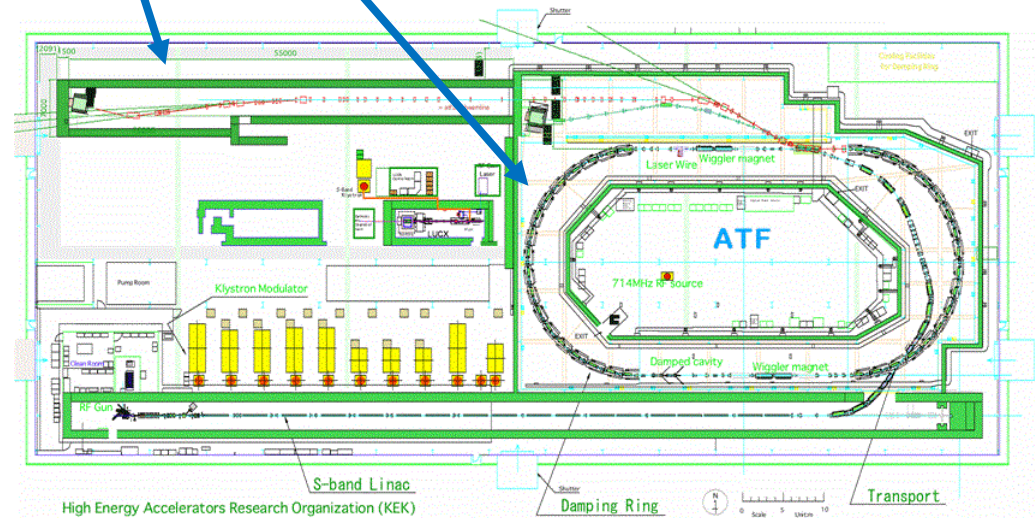


1997年より運転を開始した。

低エミッタンスビームの生成

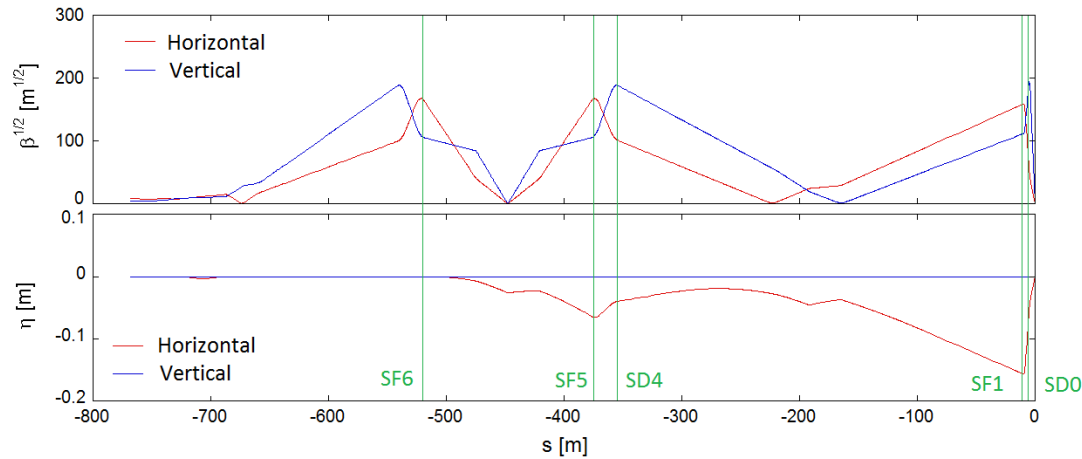
最終収束ビーム光学系の研究  
(Local Chromaticity Correction)

2009年より運転を開始した。



# Beam Optics (Local Chromaticity Correction )

Beam optics of ILC final focus system

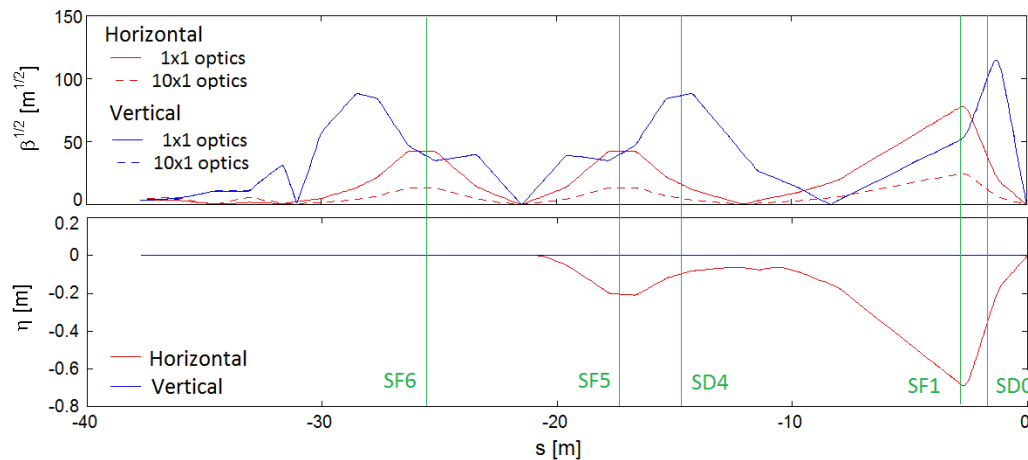


## ILC final Focus System

- ILC final focus system and ATF2 beamline are both based on the Local Chromaticity Correction.

- Same magnet arrangement

Beam optics of ATF2 beamline



## ATF2 Beam Optics

### 1x1 optics

X&Y chromaticities are comparable to ILC FF.

### 10x1 optics

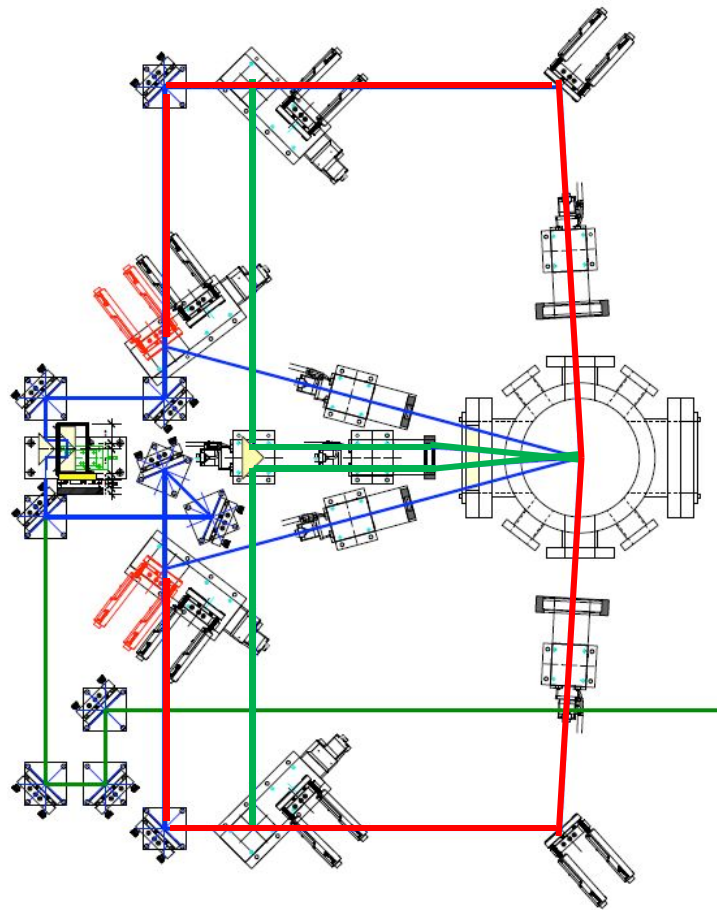
Since  $\beta_{x^*}$  is 10 times larger than 1x1 optics, X chromaticity is one order smaller than ILC.

ILC と ATF2 は同じ方式の収差補整、同程度の許容値になるように設計されている。

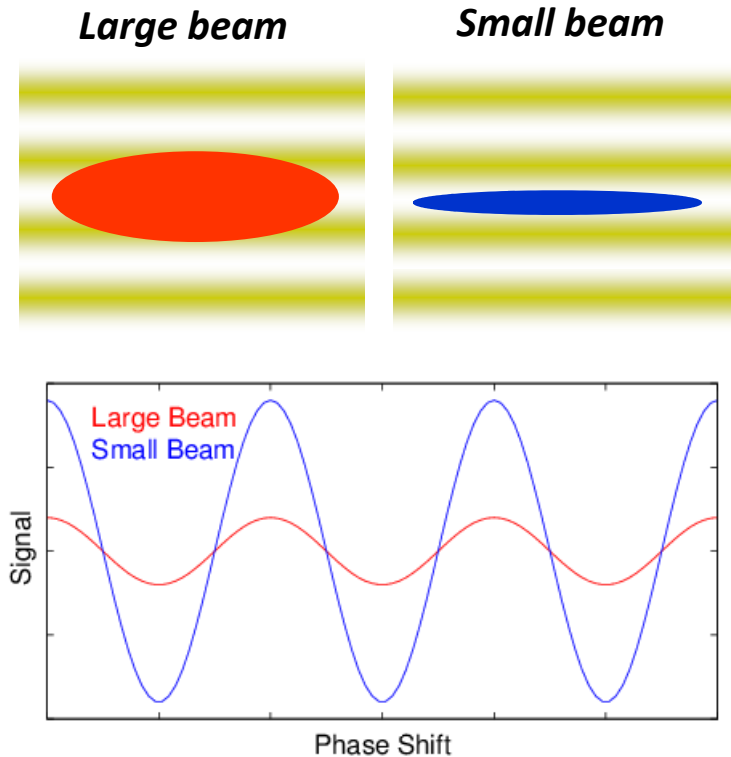
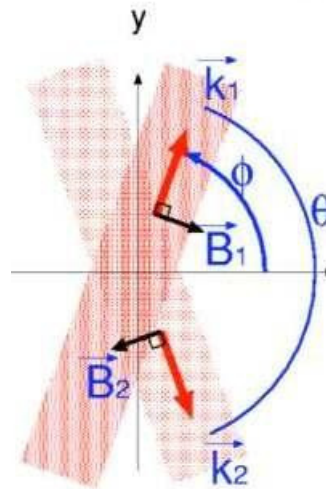
# ビームサイズ測定

ビームサイズを小さく絞ったことの証明には、そのビームサイズの測定。

ATFでは、通称新竹モニターと呼ばれるビームサイズモニターを使っている。



174deg mode  
30 deg mode  
2-8deg mode



レーザーの干渉縞と  
ビームサイズを比べることで  
ビームをサイズを測る。

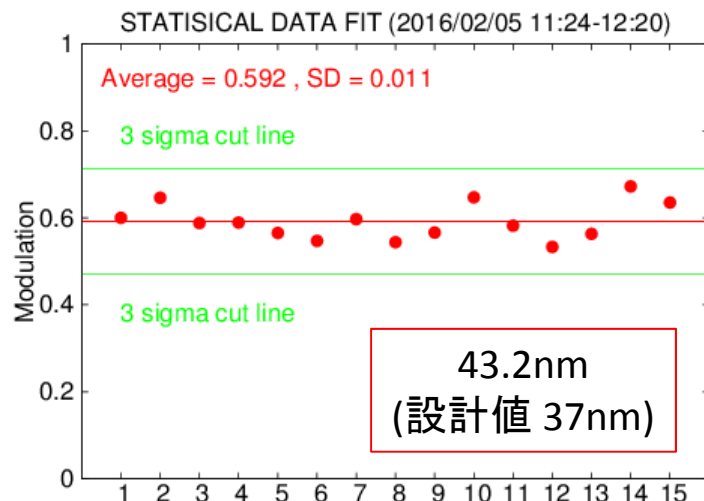
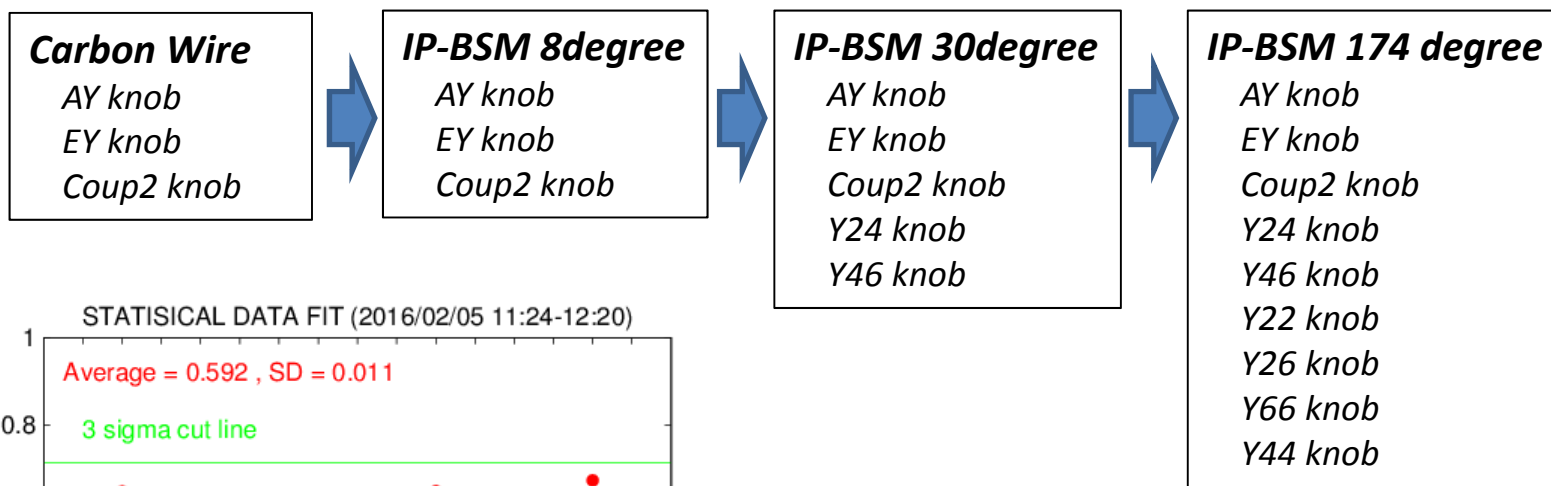
# ATF2 でのビームサイズ調整の現状

## FF sextupoles tuned OFF

ATF2 のビーム調整はILCと同じ方法でおこなわれている。

- Orbit tuning
- QF1FF strength optimization (Carbon wire; Horizontal beam size)
- QDOFF strength optimization (Carbon wire; Vertical beam size)
- QDOFF rotation optimization (Carbon wire; Coupling)
- FF normal and sextupole BBA (Magnetic center)

## FF sextupoles tuned ON



50nm未満のビームサイズまでビームを絞っている。

(第12回加速器学会 FROLO1 参照)

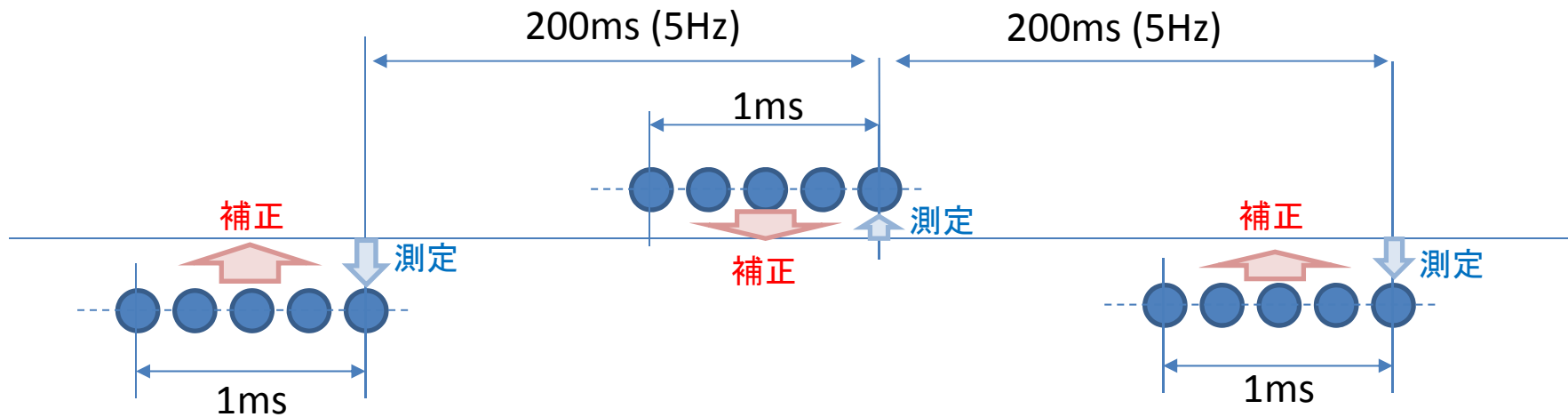
# FONT

**(feedback on a nanosecond time scale)**

Oxford 大学の研究チームが開発を進めている。

# FONT の概要

5Hzの間の地盤振動等によるトレイン毎の位置のずれを、  
トレイン内の高速フィードバックで補正する。

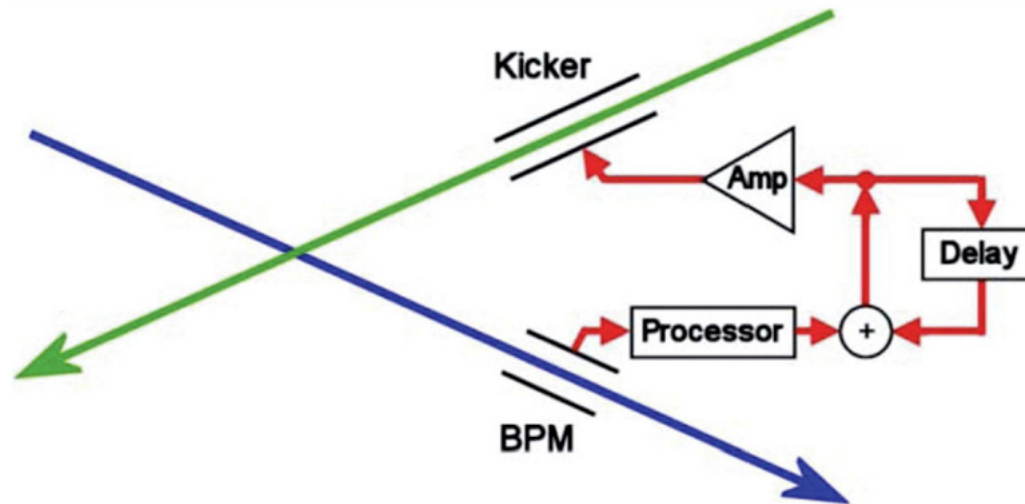


トレイン内のバンチ間隔に間に合わせるようにフィードバックをかけるため、  
バンチ間隔以内の応答速度のフィードバックが必要。

バンチ間隔が数100nsと長く、バンチトレインが1312バンチと長い  
超伝導リニアコライダーでは、FONTの技術は高いルミノシティを実現するために有用。



# ILC での FONT フィードバック



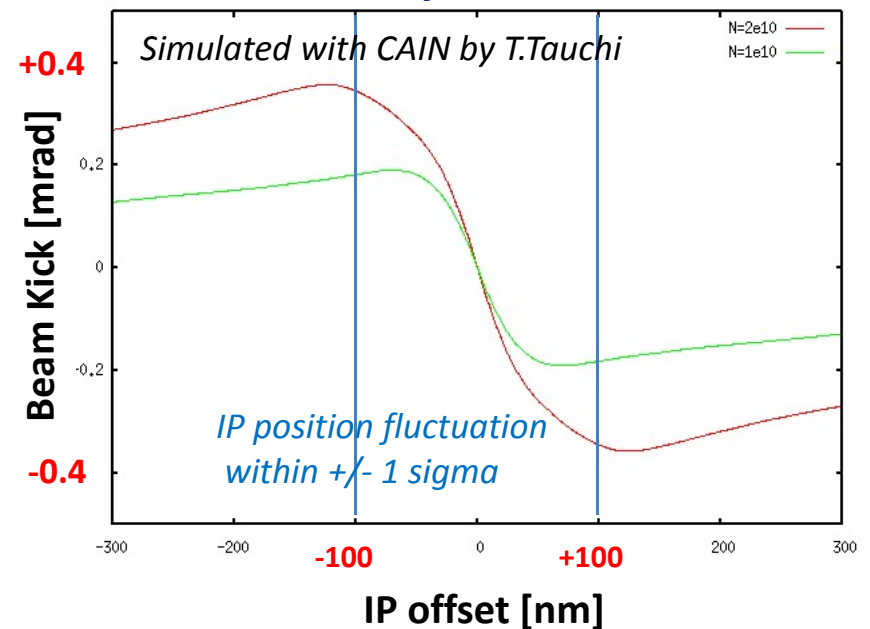
## 2つのビームを使ったフィードバック

ILCではビームビーム効果が大いので、2つのビームのオフセットが大きな取り出し角度の違いになって表れる。

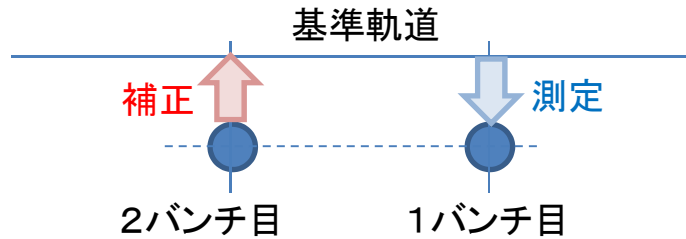
衝突点での2つのビームの相対位置を補正

超電導リニアコライダーはトレイン長が長いので、FONTによって、2つのビームを合わせ易い。

Beam-beam kick for ILC IP Parameter

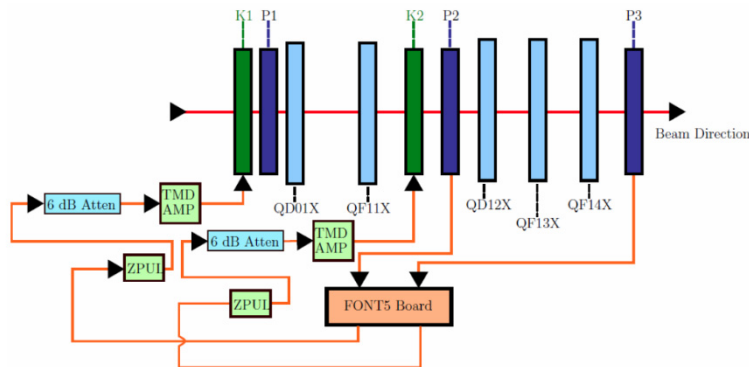


# ATF2 での FONT フィードバック

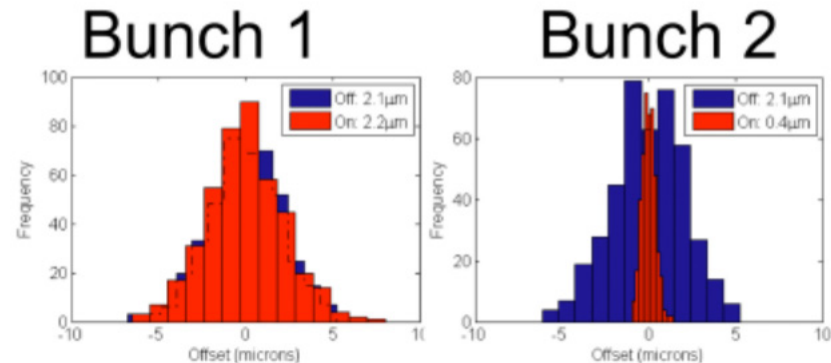


1つのビームでのフィードバック

1バンチ目の情報から  
2バンチ目のビーム位置を補正。



2組のキッカー、BPMを使うことで、  
位置と角度の2次元の補整が可能。

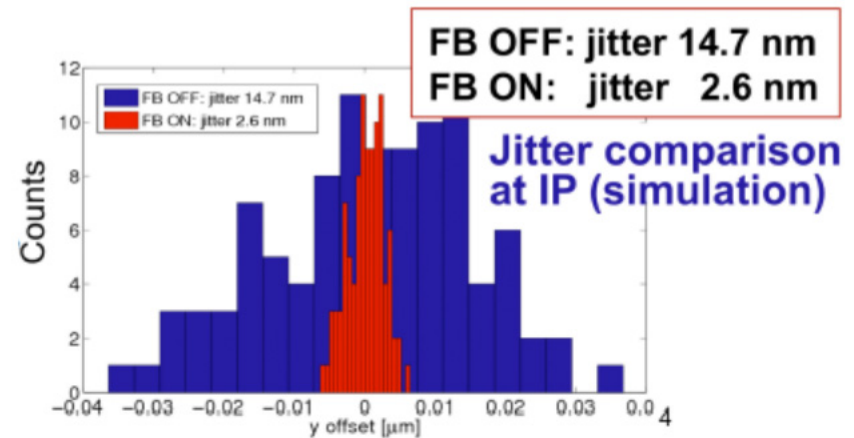


2.1  $\mu\text{m}$



0.4  $\mu\text{m}$

Assuming perfect lattice,  
no further imperfections (!)



G.B. Christian et al.,  
Proc. IPAC 2011, 520 (2011).

# ATF2 仮想衝突点での 2バンチ目のビームサイズ測定

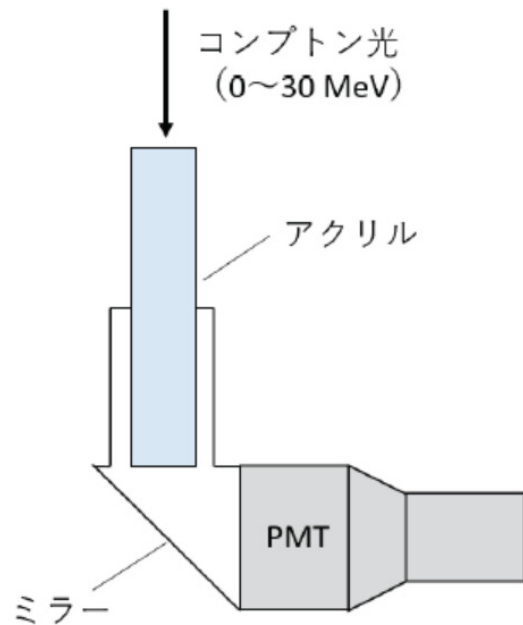
## MOTIVATION

ATF2 の焦点ではビームサイズ、ビームの広がり角に対して、20-30% 程度のジッターがある。

ATF2 では FONT により2バンチ目のジッターを下げる事が可能。

ジッターが焦点でのビームサイズに影響を与えているかの確認が可能。

## 2バンチ目のビームサイズ測定の準備1



時間分解能が早い亚克力チェレンコフ測定器を使用する。



Signal for CsI (TI) ; 2us/div



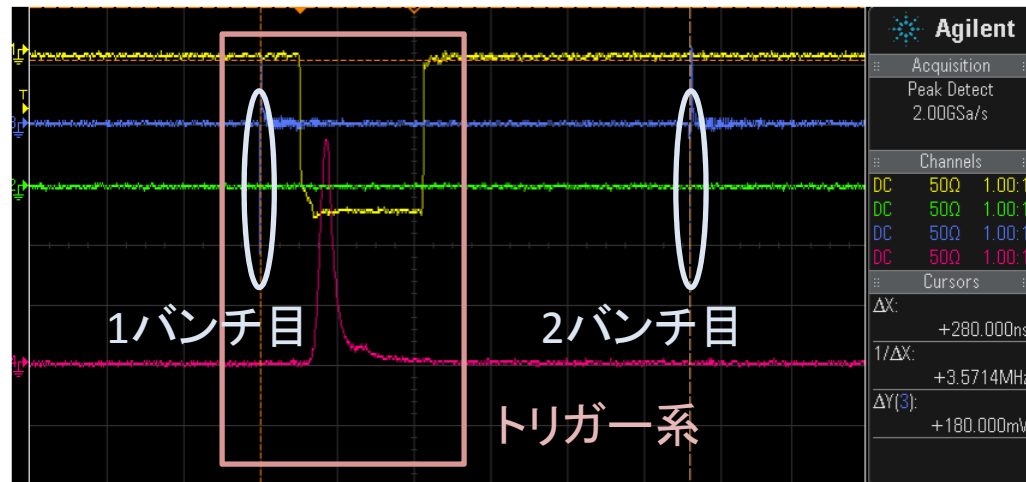
Signal for acrylic Cherenkov ; 20ns/div



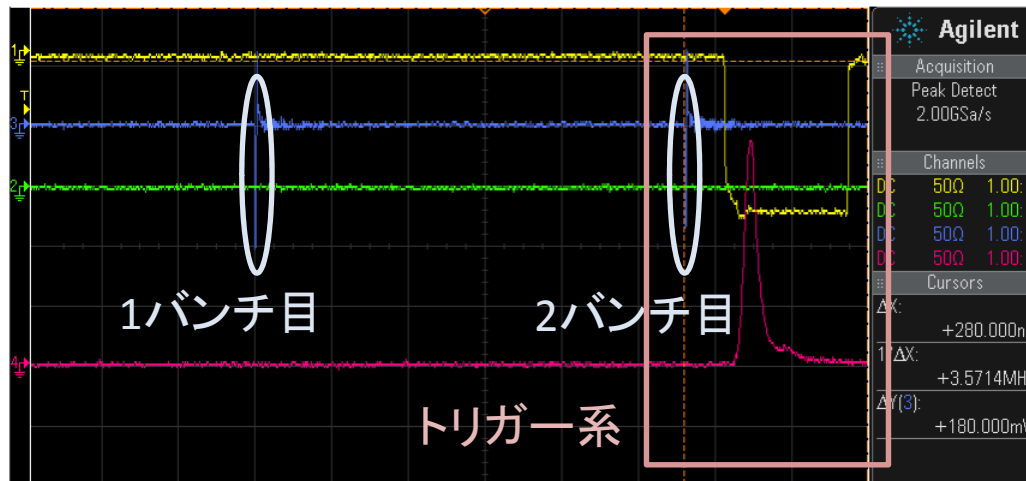
## 2バンチ目のビームサイズ測定の前準備2

レーザータイミング、測定器ゲートを測定したいバンチに合わせる。

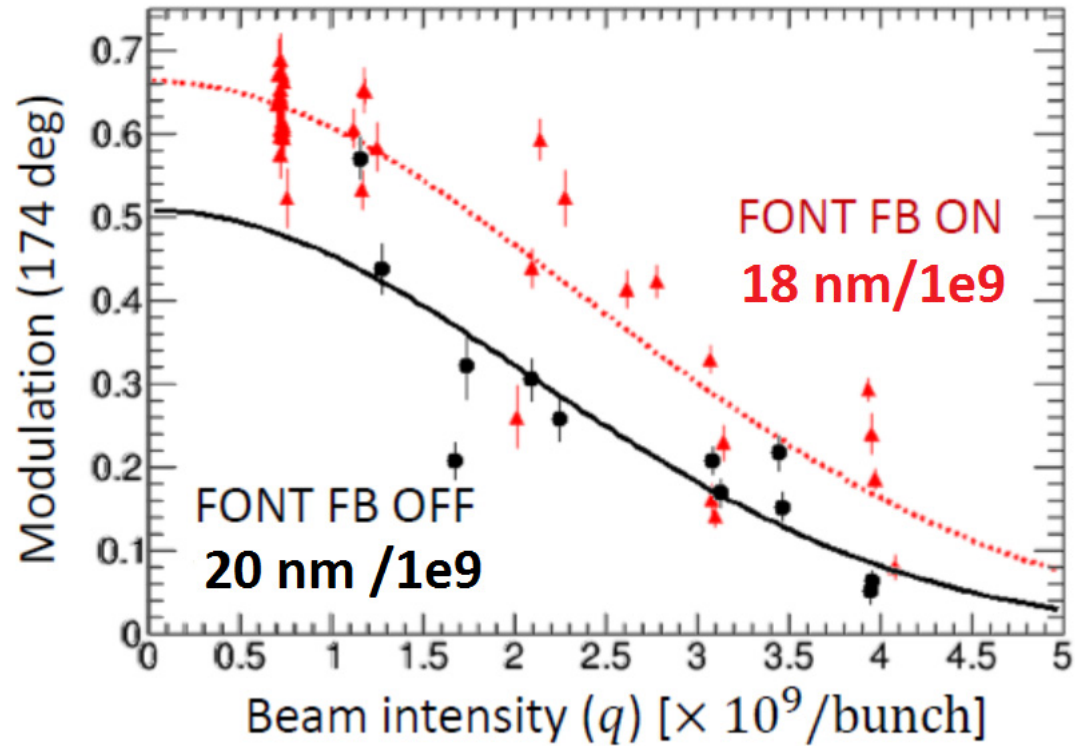
(a) 1バンチ目の測定



(b) 2バンチ目の測定



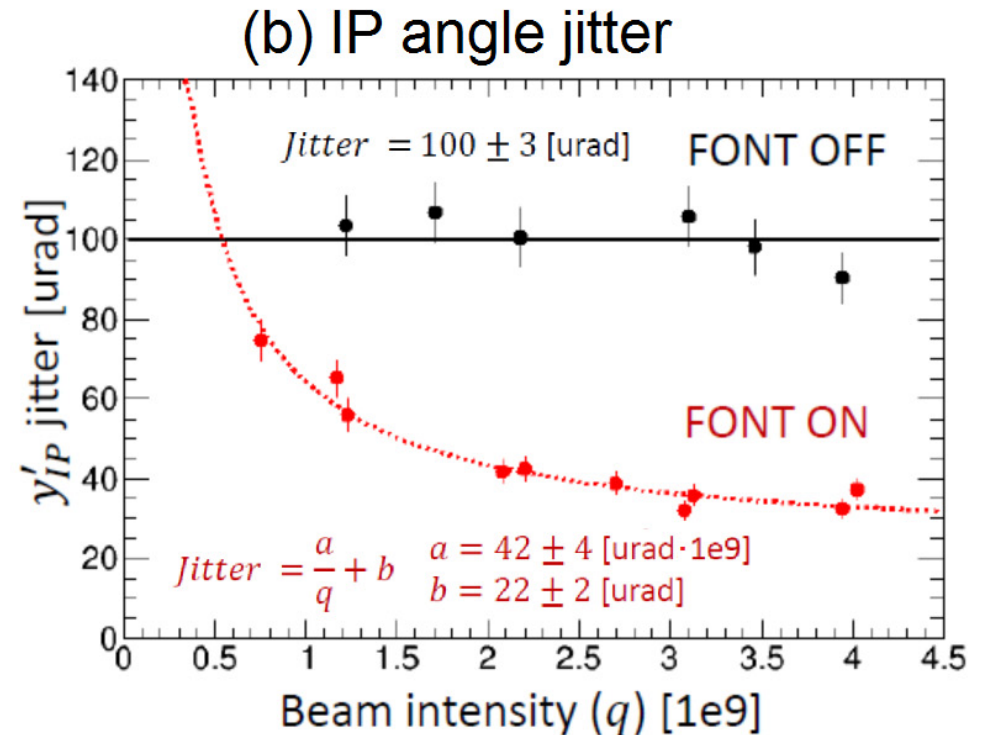
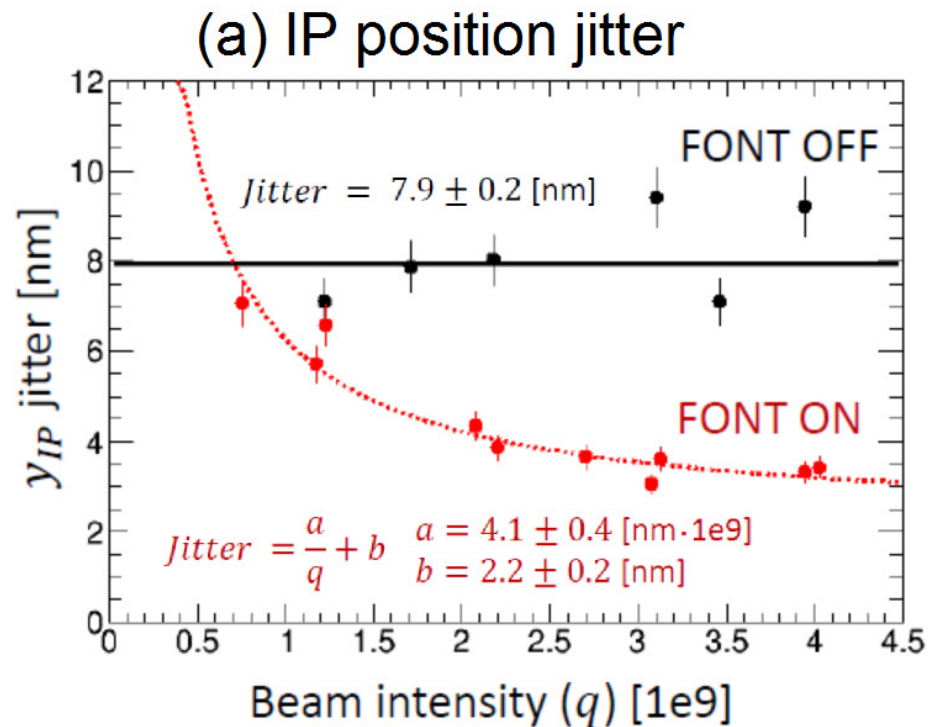
## 2バンチ目のビームサイズ測定結果



FONTでビーム軌道を安定させると、全てのバンチ電荷でモジュレーションが大きくなった(ビームサイズが小さくなった)。

# FONTにより期待される2バンチ目のビームの安定度

低いバンチ電荷では BPM の分解能が下がるので、軌道安定度もあまり改善できない。



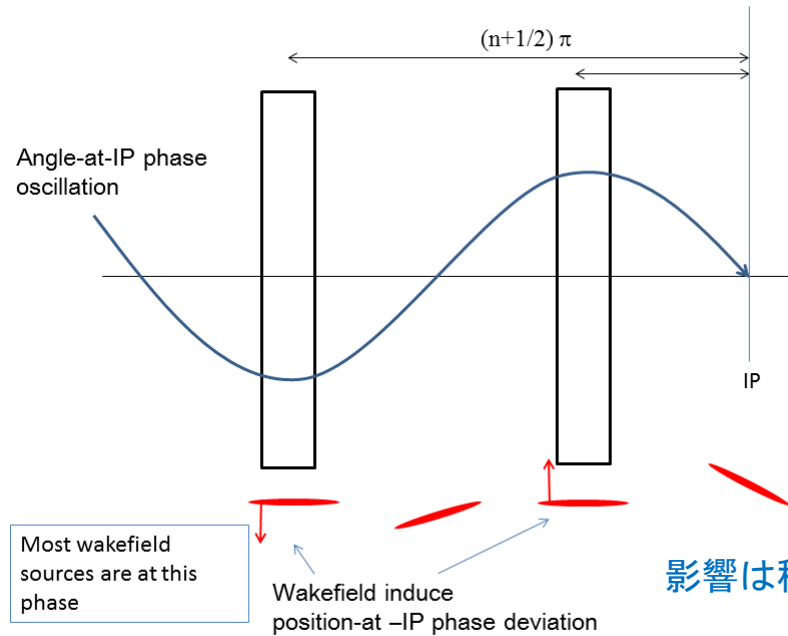
低電荷領域ではFONTによる位置安定度に差はなく、FONT無しでも8nm程度のジッターではビームサイズへの影響は殆どない。

N=0.7x10<sup>9</sup> では角度ジッターにはある程度の差が見られた。

これが影響しているのだろうか？



# Wake field とジッターによる効果 (シミュレーション)

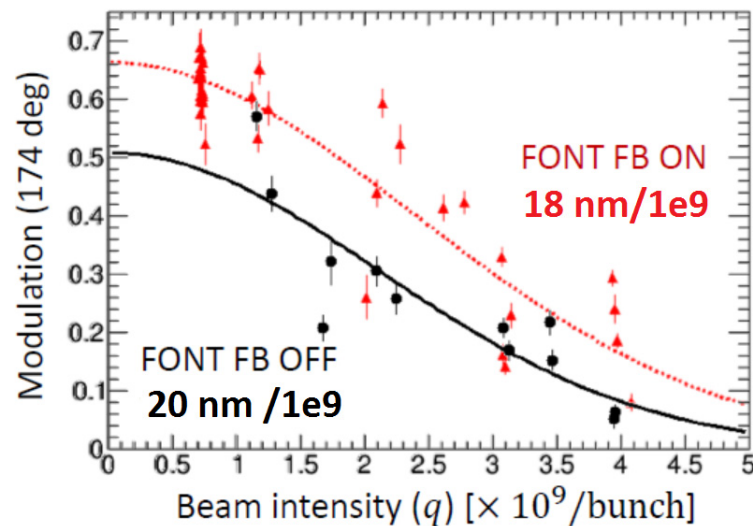


ATF2 でのビーム強度依存性の主要因

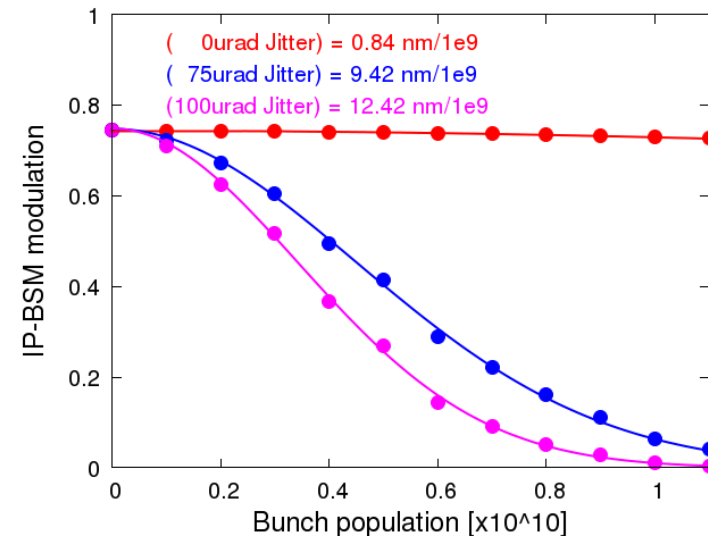
シミュレーションでは高電荷領域では Wakefield の影響は大きいが、

低電荷領域では殆ど影響は出ない。

## 測定結果



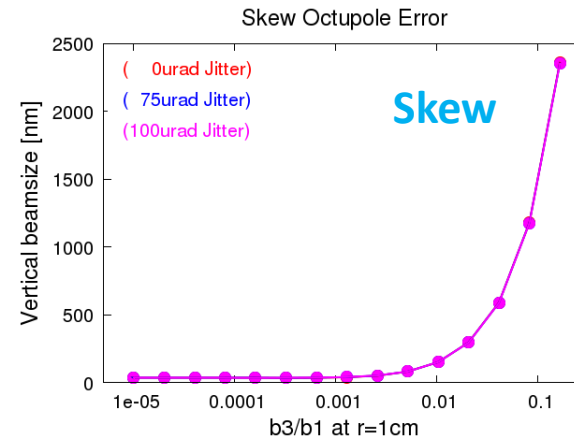
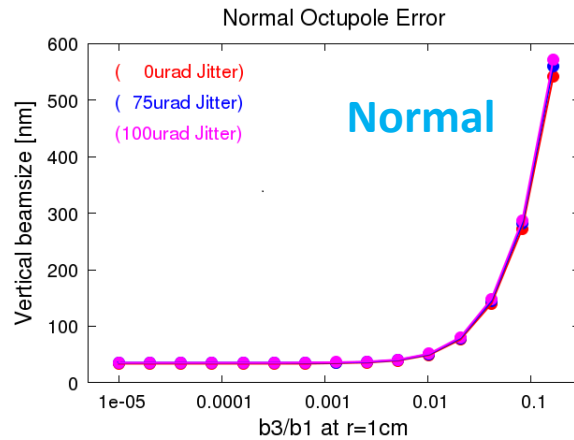
## シミュレーション



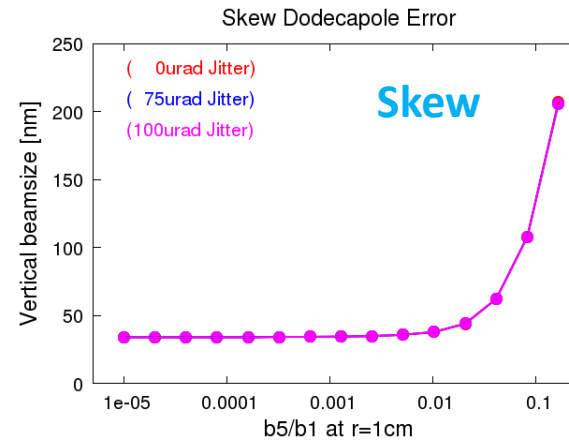
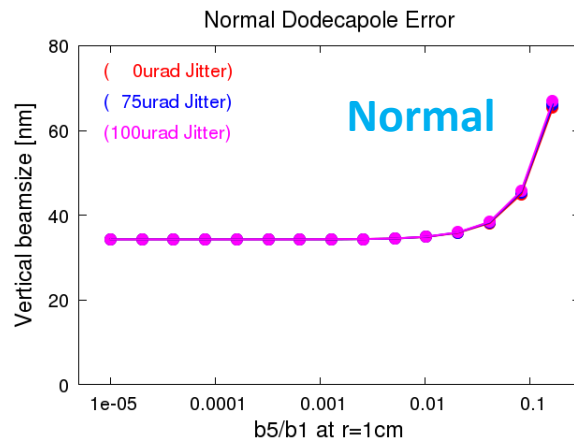


# 多重極磁場誤差とジッターによる効果(シミュレーション)

## QF1FF Octupole Error



## QF1FF Dodecapole Error



多重極誤差の影響は水平方向が主で垂直方向にジッターを増やしてもビームサイズの影響は小さい。

## まとめ

ATF2 ビームラインは ILC の最終収束ビームラインの試験施設として、ILC と同じ Local Chromaticity Correction 方式のビーム光学系になっている。

ATF2 の仮想衝突点では現在 50nm 未満までビームを絞ることができている。

仮想衝突点では、ビームサイズ、角度広がりに対して20-30%程度のジッターがある。

FONT により 2 バンチ運転における 2 バンチ目のビームを安定にして、このジッターが測定されたビームサイズに影響があるかを調べた。

その結果、FONT feedback で 2 バンチ目のジッターを低減させると、低電荷領域でも仮想衝突点でのビームサイズが小さくなった。

ただし、何故小さくなったかの明確な理由は説明できていない。測定における Systematic 要因なども含め、今後解明していきたい。