

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^{#, A) B)}, Talitha Bromwich^{D)}, Philip Burrows^{D)}, Glenn Christian^{D)}, 加納勇也^{C)},
駒宮幸男^{C)}, Neven Blaskovic Kraljevic^{D)}, Colin Perry^{D)}, 照沼信浩^{A) B)}

A) High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

B) Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

C) University of Tokyo

D) Oxford University

2016/08/08

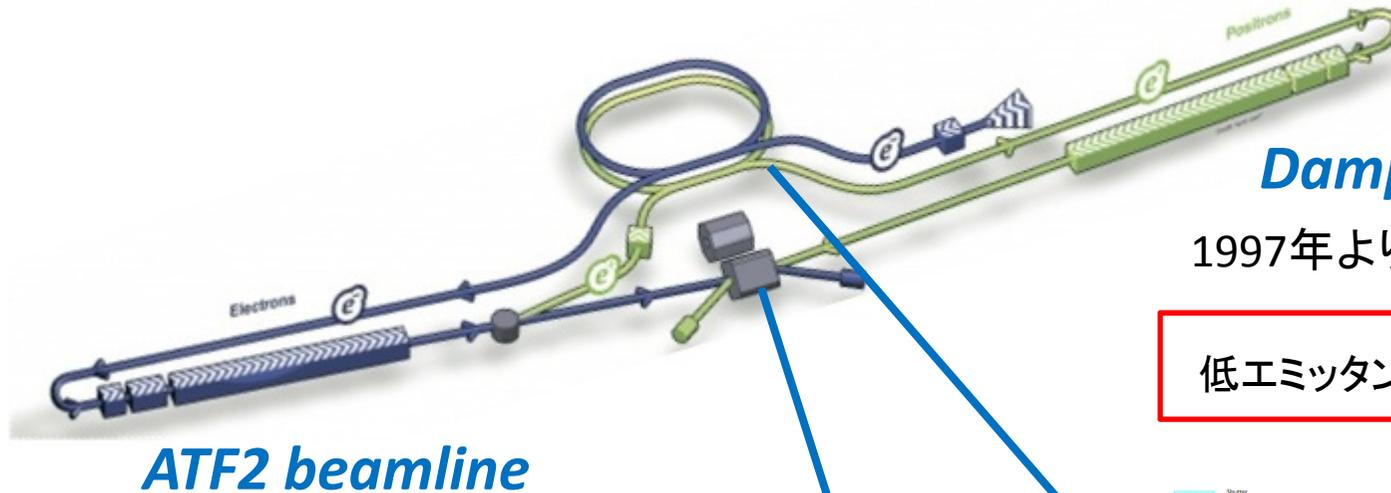
第13回加速器学会年会
幕張メッセ

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

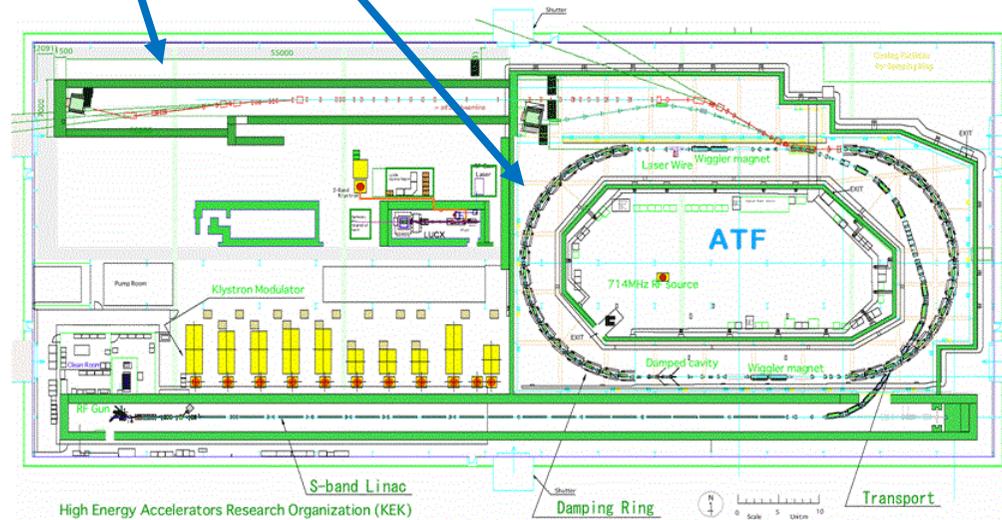


1997年より運転を開始した。

低エミッタンスビームの生成

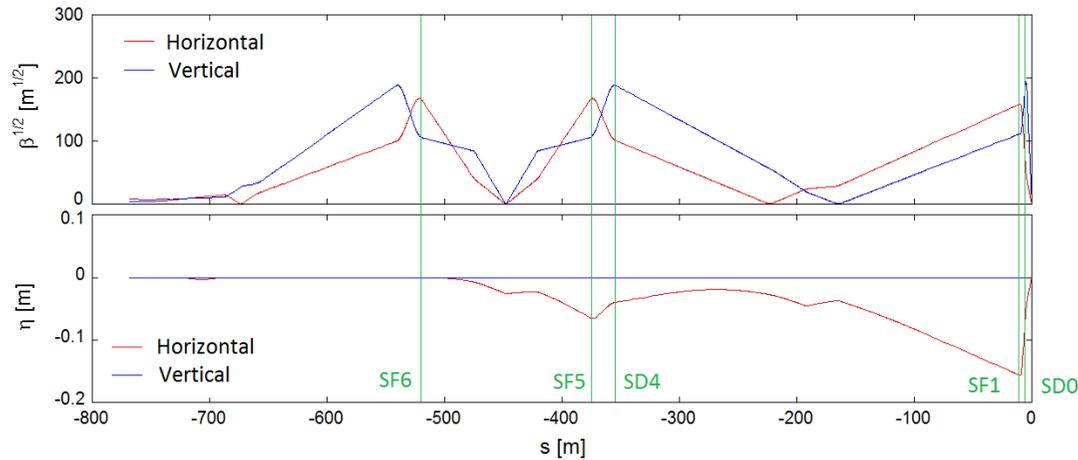
最終収束ビーム光学系の研究
(Local Chromaticity Correction)

2009年より運転を開始した。



Beam Optics (Local Chromaticity Correction)

Beam optics of ILC final focus system

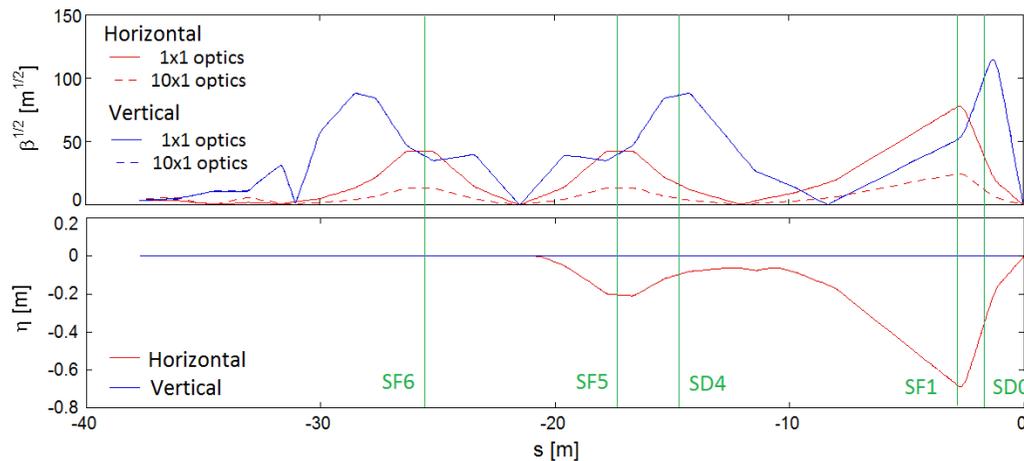


ILC final Focus System

- 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

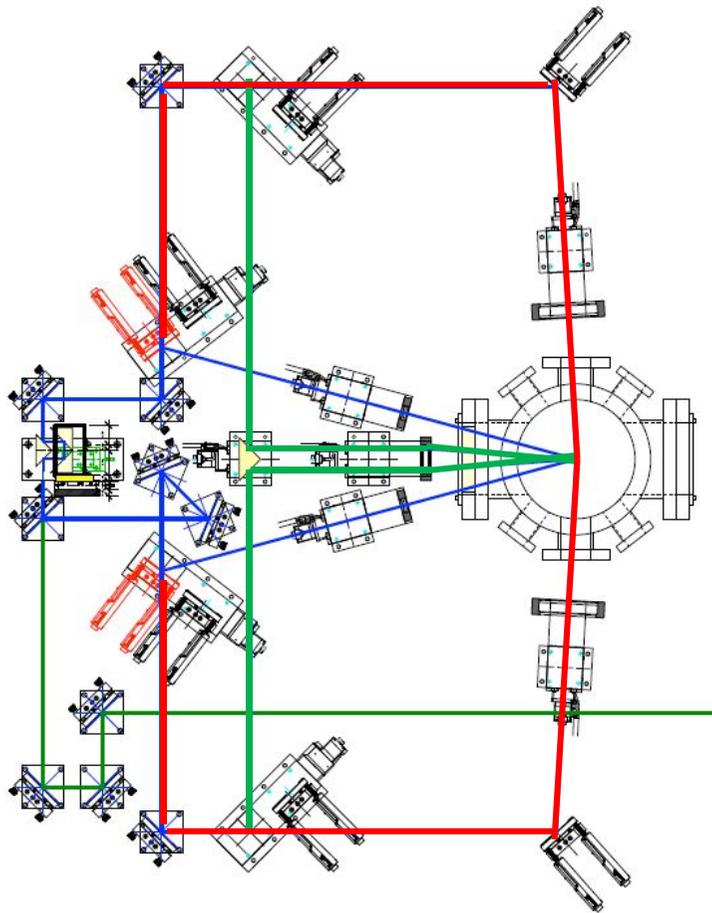
Since β_{x^*} is 10 times larger than 1x1 optics, X chromaticity is one order smaller than ILC.

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。

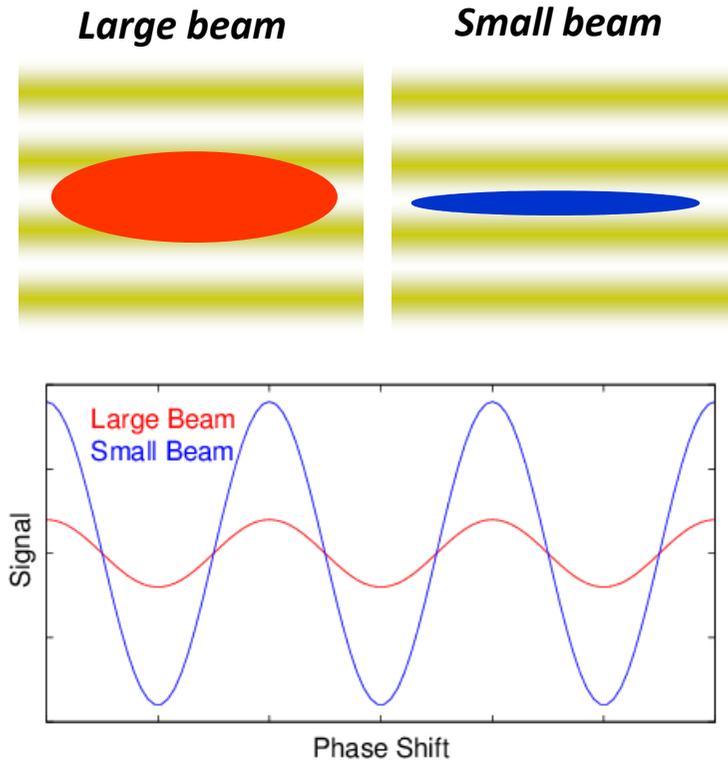
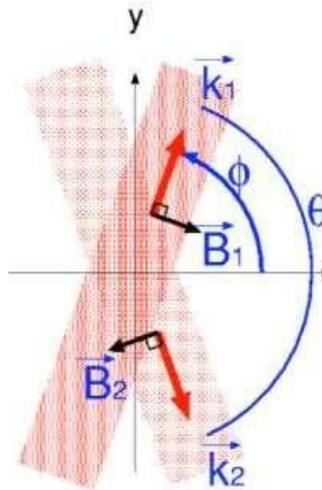
ビームサイズ測定

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。

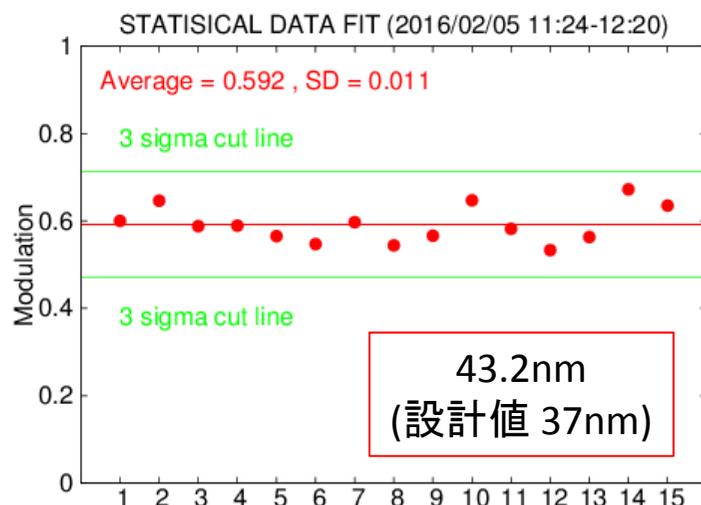
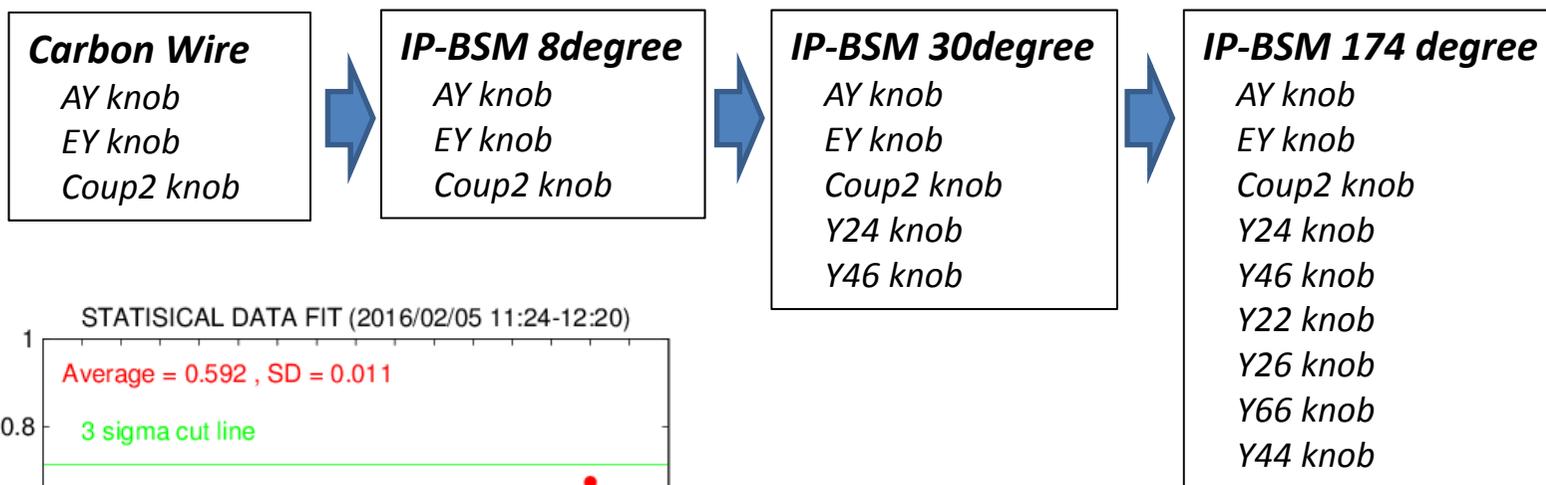
ATF2 でのビームサイズ調整の現状

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)

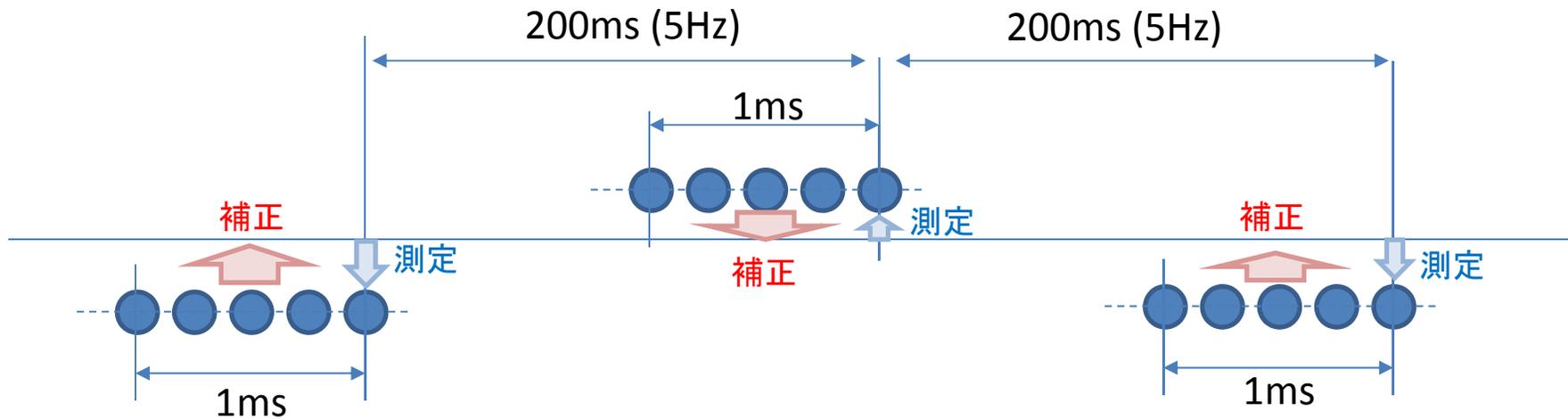
FONT

(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

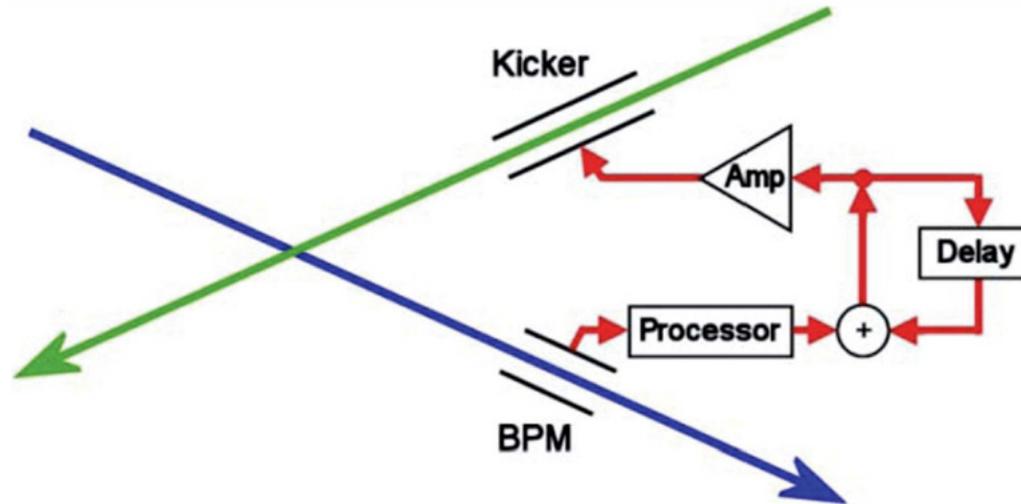
5Hzの間の地盤振動等によるトレイン毎の位置のずれを、
トレイン内の高速フィードバックで補正する。



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



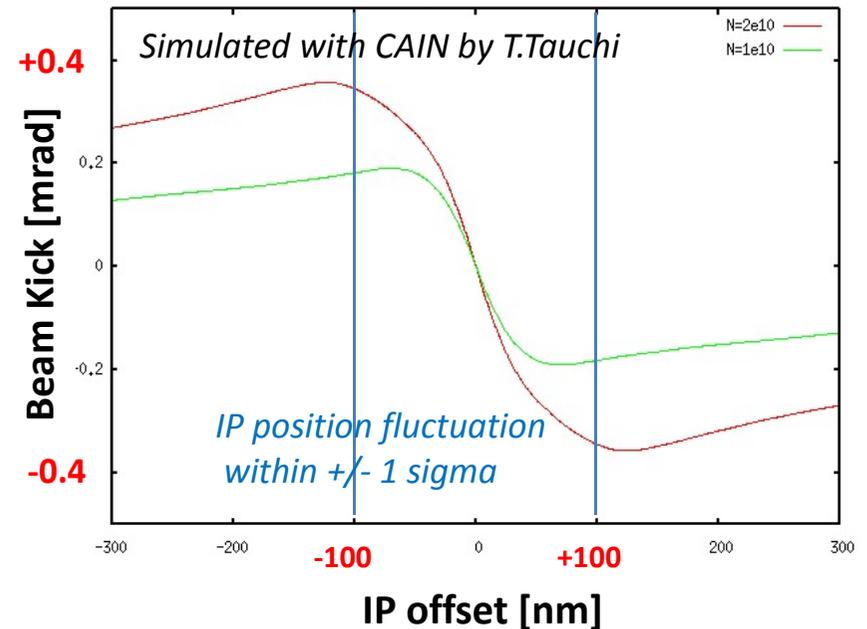
2つのビームを使ったフィードバック

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。

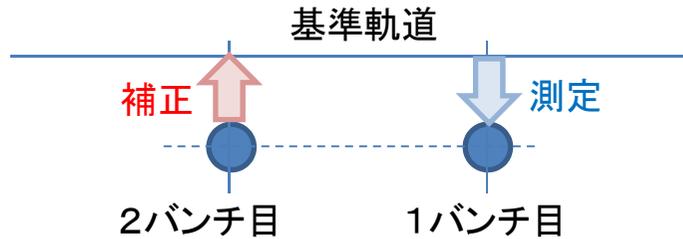
衝突点での2つのビームの相対位置を補正

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

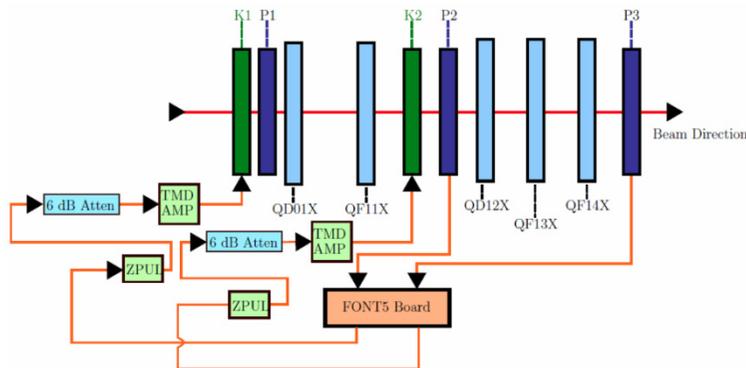


ATF2 での FONT フィードバック

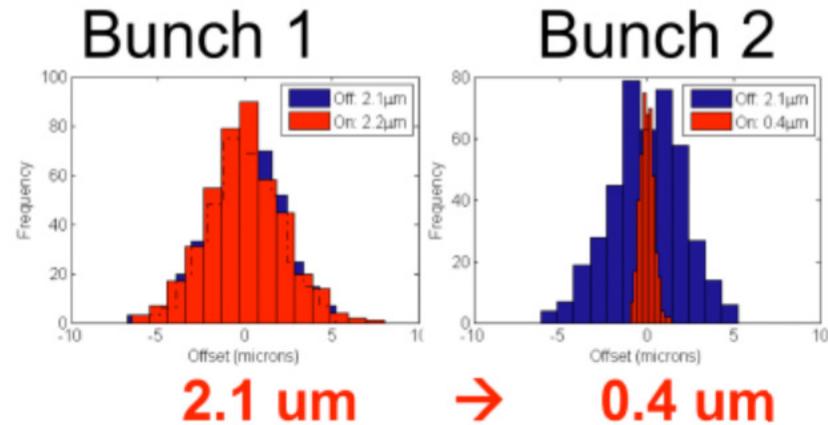


1つのビームでのフィードバック

1バンチ目の情報から
2バンチ目のビーム位置を補正。

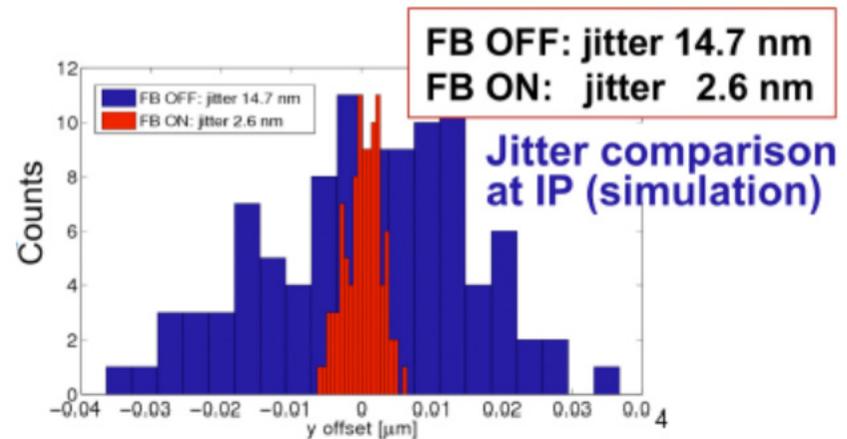


2組のキッカー、BPMを使うことで、
位置と角度の2次元の補正が可能。



2.1 um → 0.4 um

Assuming perfect lattice,
no further imperfections (!)



ATF2 仮想衝突点での 2バンチ目のビームサイズ測定

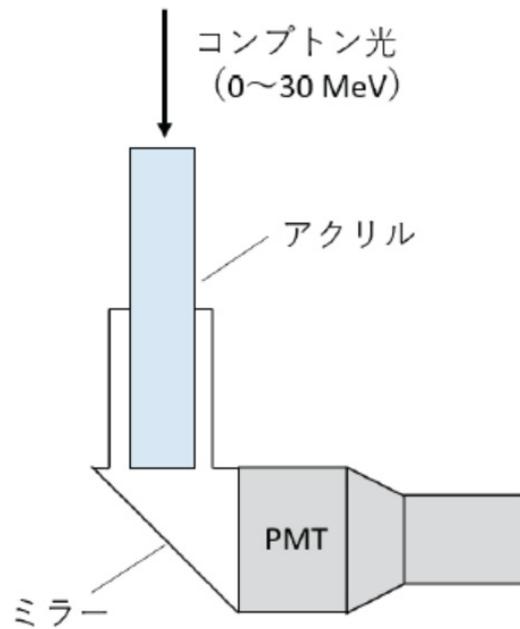
MOTIVATION

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。

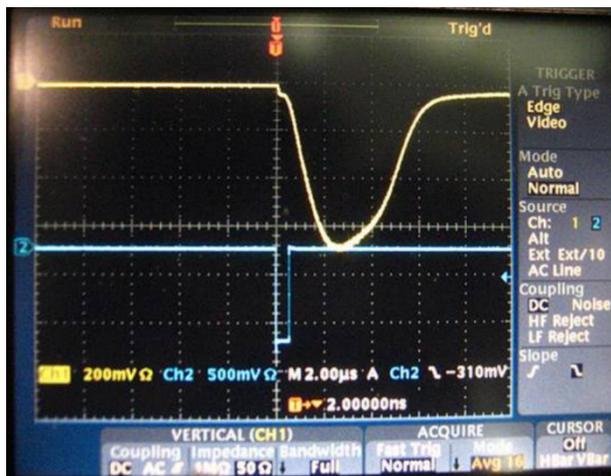
2バンチ目のビームサイズ測定の準備1



時間分解能が早いアクリルチェレンコフ測定器を使用する。



Signal for CsI (TI) ; 2us/div



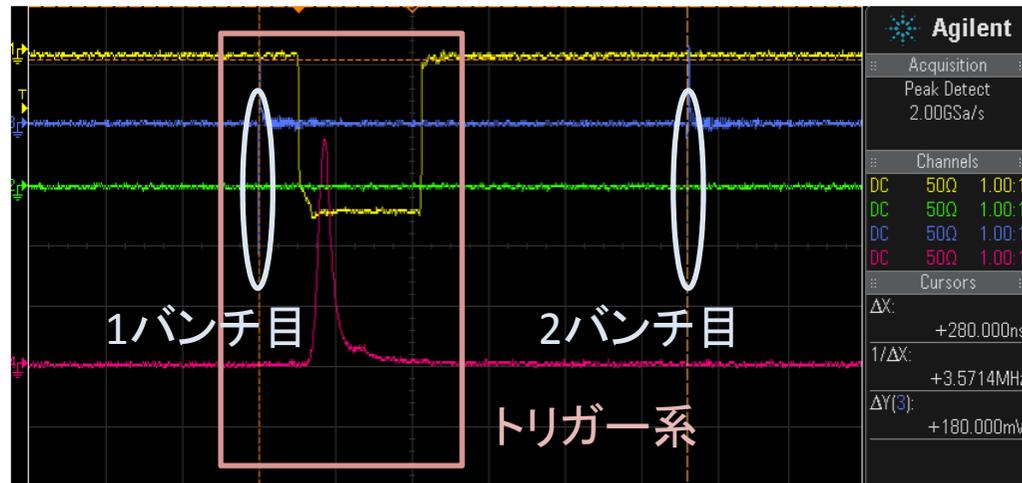
Signal for acrylic Cherenkov ; 20ns/div



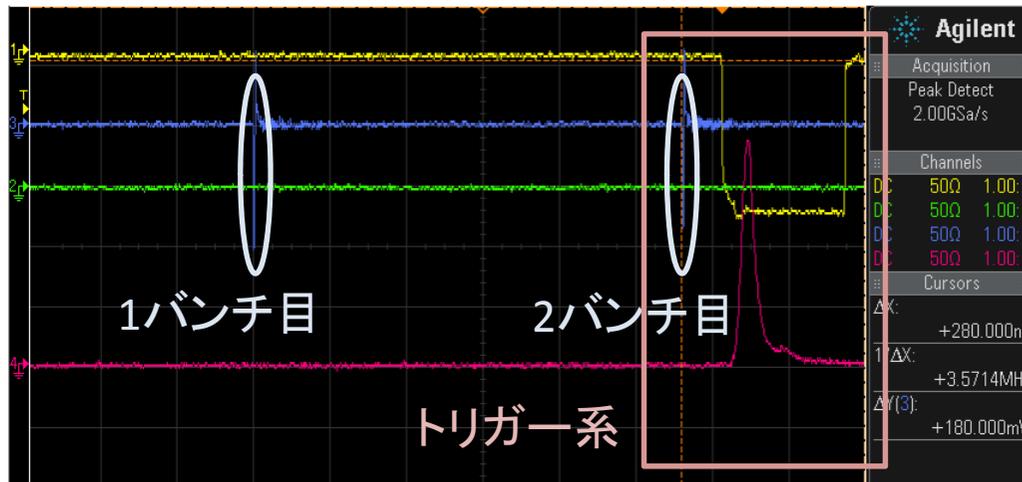
2バンチ目のビームサイズ測定の前準備2

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。

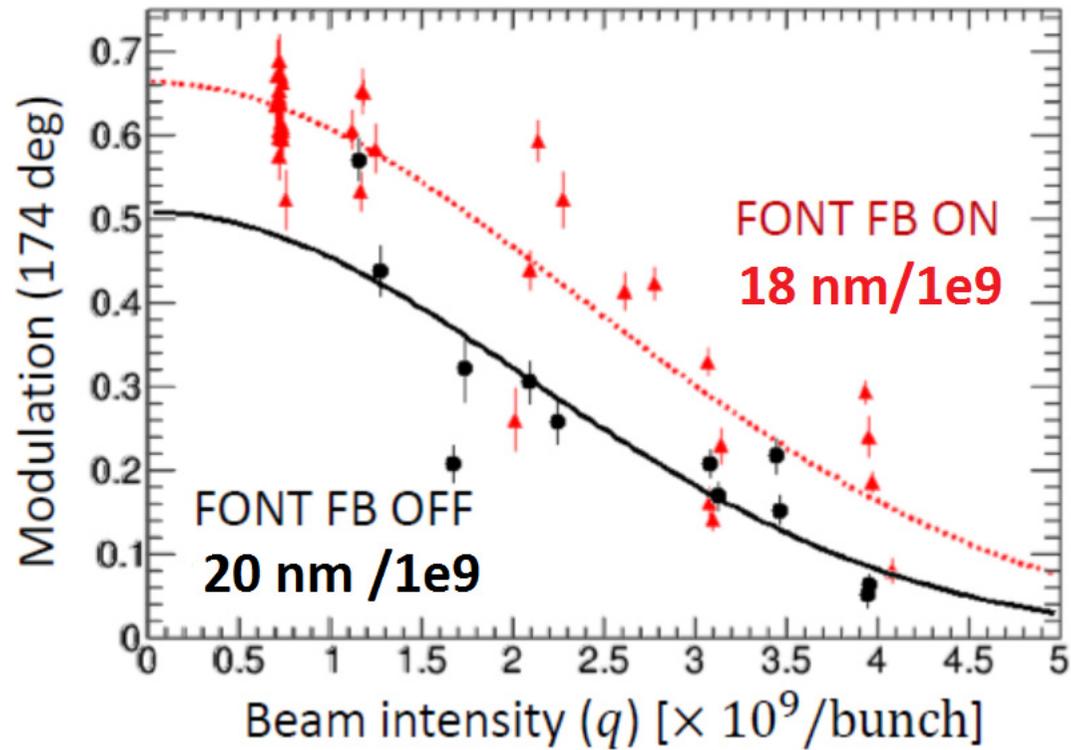
(a) 1バンチ目の測定



(b) 2バンチ目の測定



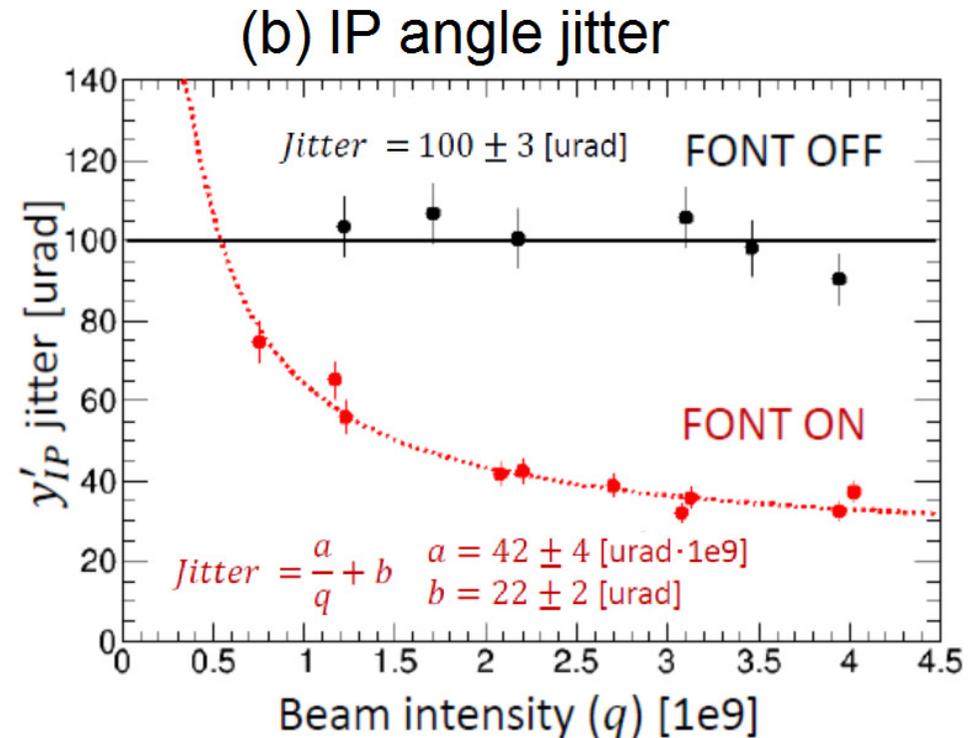
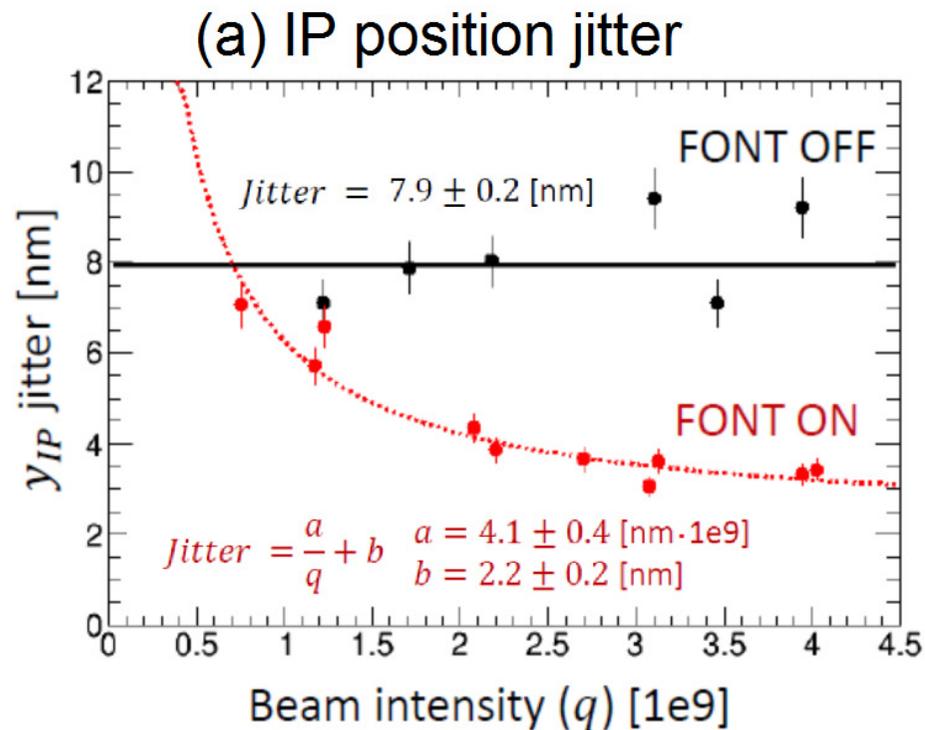
2バンチ目のビームサイズ測定結果



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。

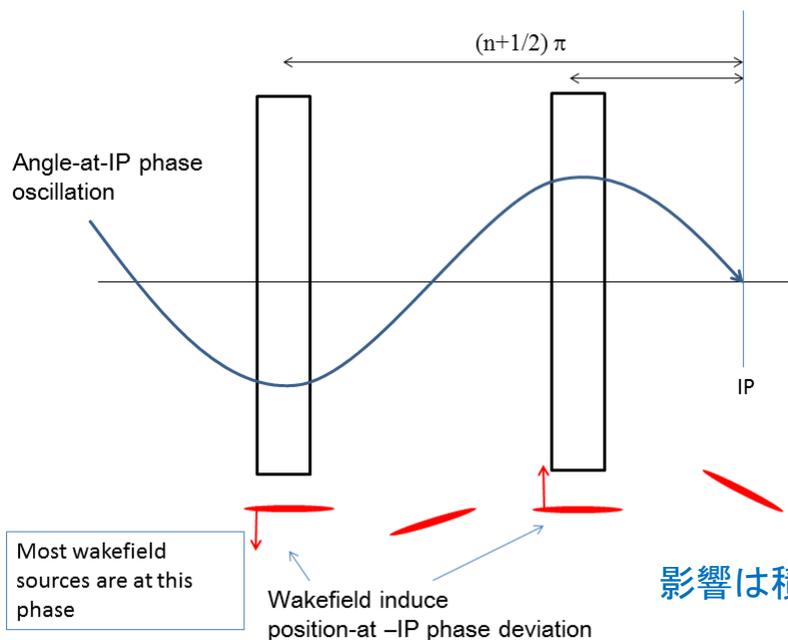


低電荷領域ではFONTによる位置安定度に差はなく、FONT無しでも8nm程度のジッターではビームサイズへの影響は殆どない。

N=0.7x10⁹ 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)



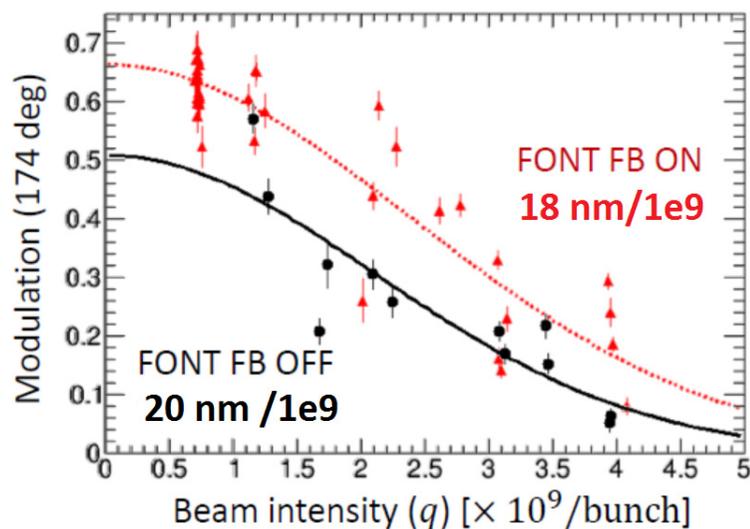
ATF2 でのビーム強度依存性の主要因

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、

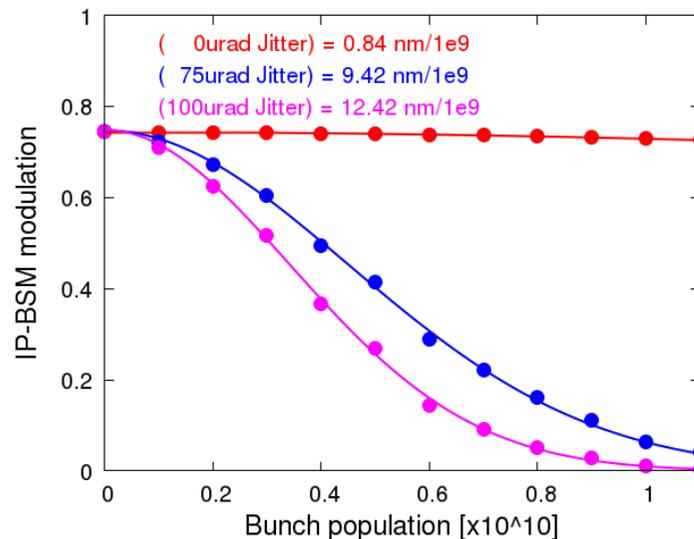
低電荷領域では殆ど影響は出ない。

影響は積算される。

測定結果

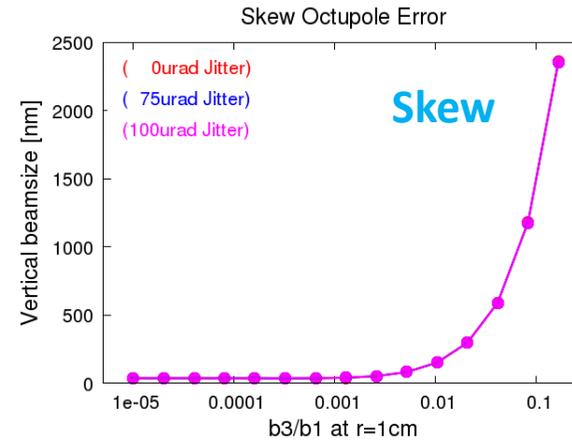
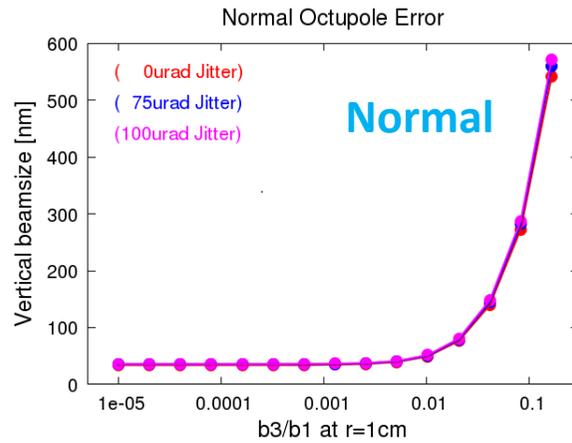


シミュレーション

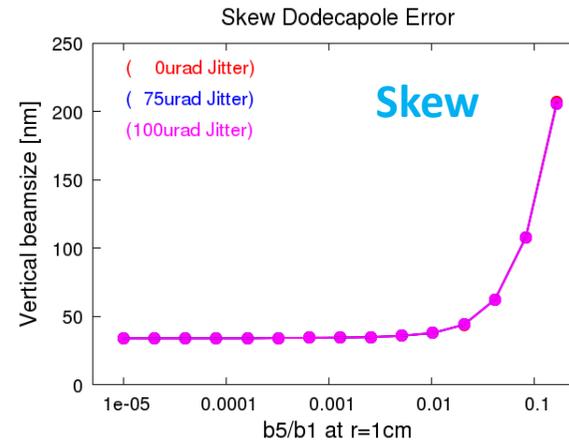
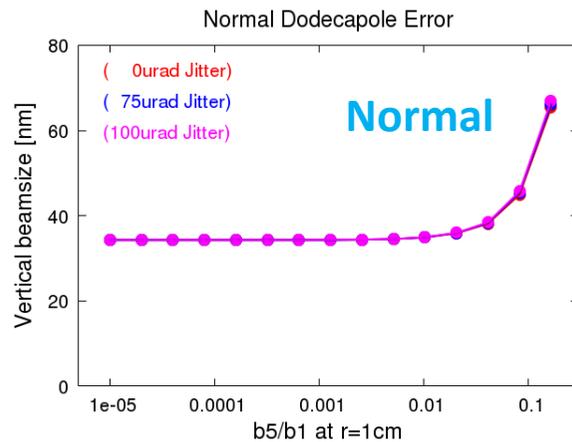


多重極磁場誤差とジッターによる効果(シミュレーション)

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。