

# ILC BDS と ATF2

奥木 敏行 (KEK)

2015/ 07/ 19

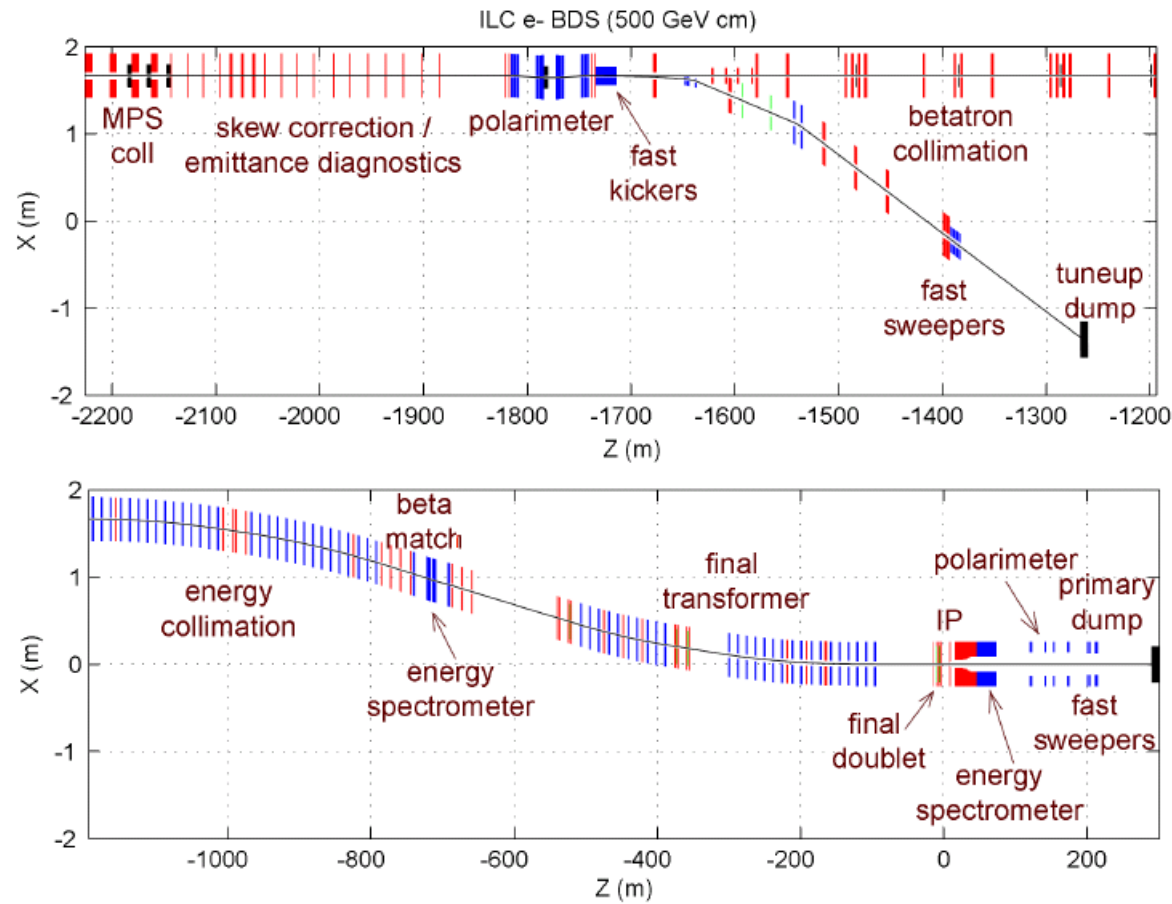
ILC 夏の合宿 2015

ホテル天坊 (伊香保)

# **ILC Beam Delivery System (BSD)**

# Beam Delivery System (BDS)

ILC の主リニアック以降のビームラインの総称を BDS と呼んでいる。

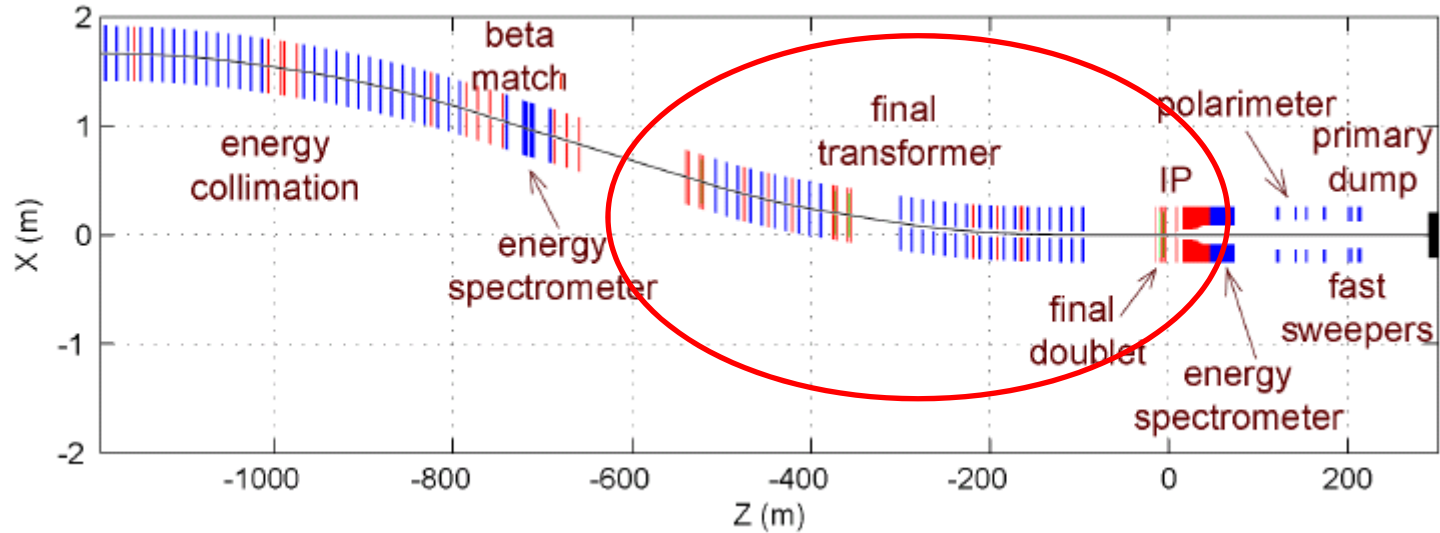


BDS には、以下のような要素が含まれている。

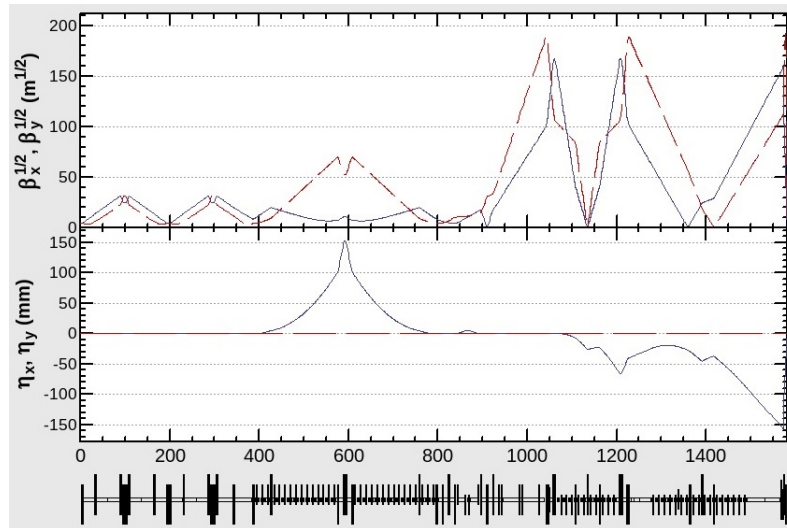
1. Beam Diagnostic System
2. Beam Collimation System
3. Final Focus Beamline
4. Extraction Line

# Final Focus Beam Line

今日はBDSのうち、最終収束ビームラインに特化して話したいと思う。



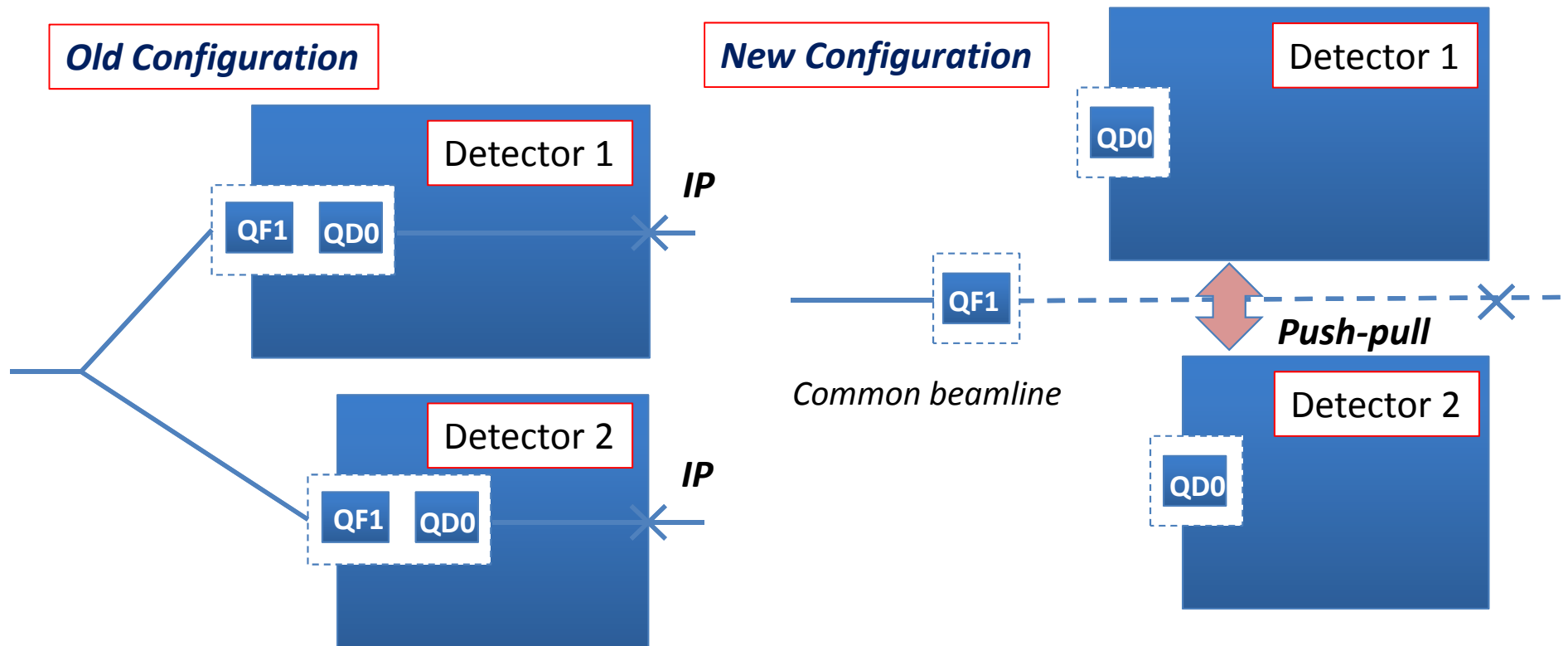
## ILC の最終収束系のビーム光学系



ILCでは、  
 高いルミノシティを得るために  
 衝突点で  
 水平方向には 数100nm、  
 垂直方向には 数 nm  
 までビームを絞り込む。

# push-pull 方式

2006 年に RDR ができた後、push-pull 方式が採用された。



2つの測定器に対して、  
2つのビームラインを用意

QF1 までは共通のビームライン。  
それぞれの測定器に対してQD0をもつ。  
QF1、QD0の超伝導電磁石に対して、  
それぞれ別々のクライオシステムを持つ。

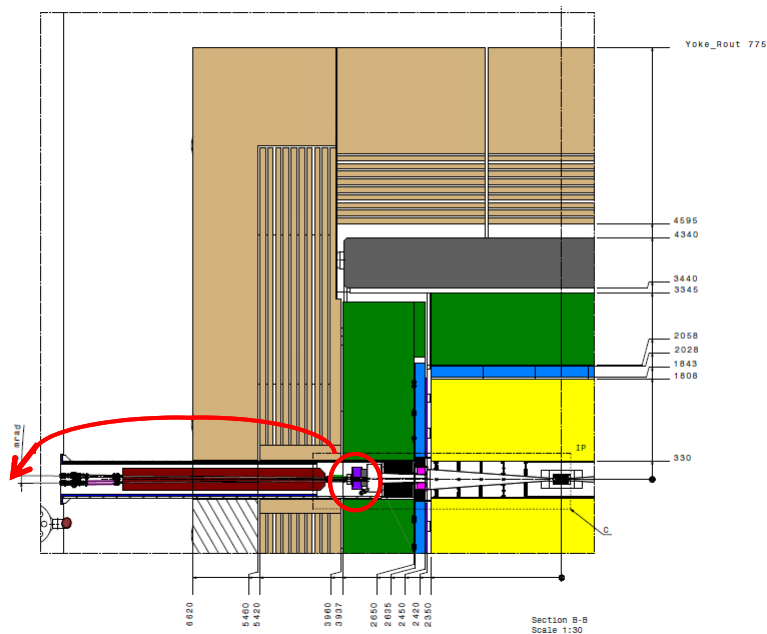
# 設計上の制約

at MDI/CFS meeting at 2014/09/05 in Ichinoseki

## ILD L\* Issue

presented by Karsten Buesser

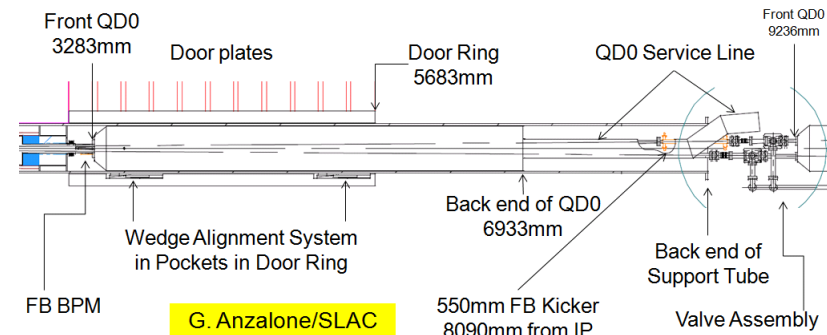
ILD Dimensions



If the ion pump and valve will be removed,  
the QD0 L\* can be shortened to 4.4m -> 4.1m for ILD.

## SiD L\* Issue

presented by Tom Markiewicz



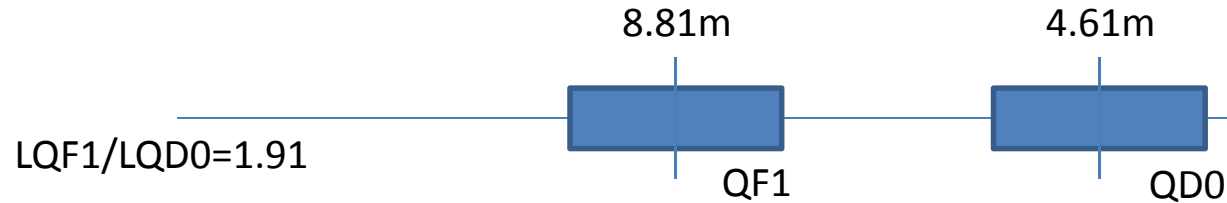
SiD can accommodate a QD0 L\* between 2.6-4.5m.

- Ion pump
  - Vacuum port
  - FB kicker
- must put in between SD0 and QF1 .

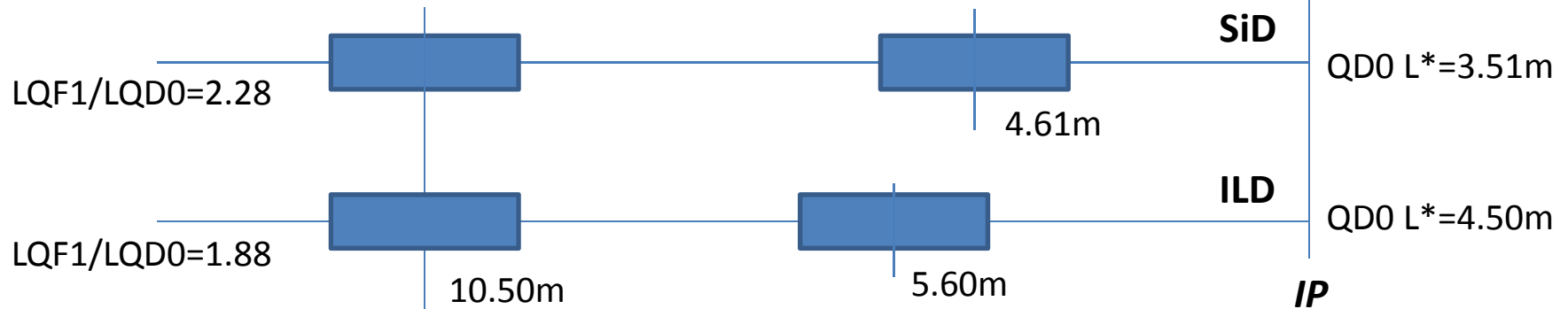
いろいろなコンポーネントを  
QD0 と QF1 の間に入れられないので、  
QF1 は測定器に、あまり近づけられない。

## Final Doublet (FD) configuration

### RDR FD configuration (shorter $L^*$ )



### TDR FD configuration (Push-pull)



Push-pull 方式を採用するということは、

1. 2つの  $L^*$  を同時に選べる共通のビームラインの構築が必須。
2. IP と QF1 電磁石との距離が長くなる。

# ILC Push-Pull Optics

2006年に A.Seryi が雛型のビーム光学系を設計。

ただし、これはコリメーターのデザインのためのもので、衝突点でのビームサイズは最適化されていない。

そこから TDR まではデザインは進められていなかった。

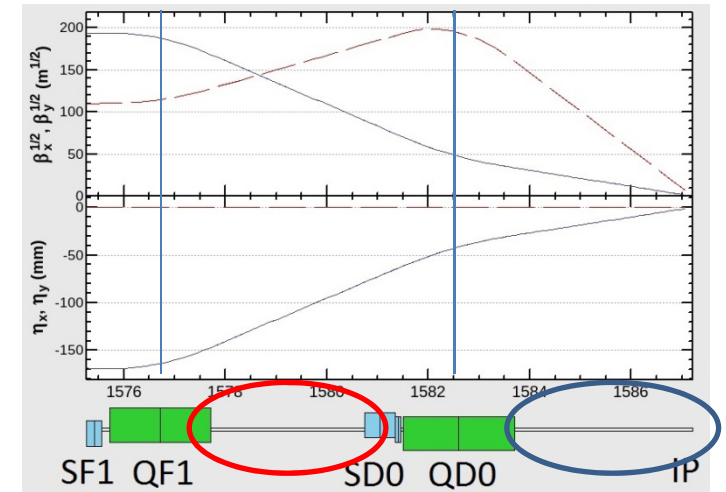
つまり TDR の段階では、  
衝突点でビームを絞れる光学系は無かった。

## Simulated beam size at E=250GeV

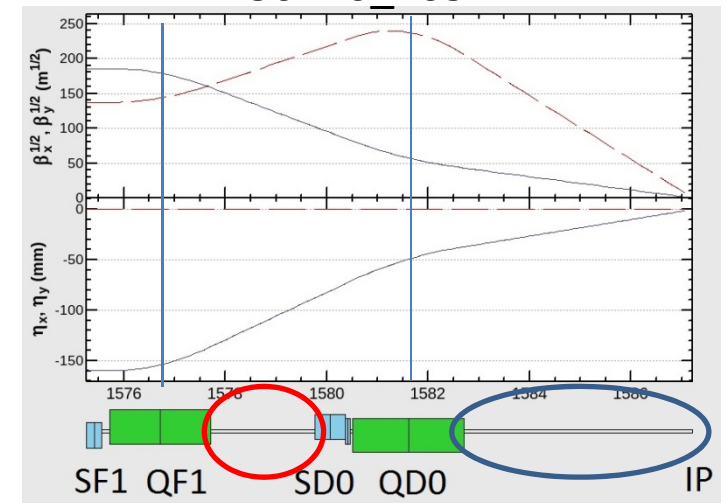
optics	L*=3.51m ( 351LD0_304D1B )		L*=4.50m ( 450LD0_205D1B )	
	horizontal	vertical	horizontal	vertical
design	0.47um	5.90um	0.47um	5.90um
original	<b>2.17um</b>	<b>8.52nm</b>	<b>0.76um</b>	<b>5.95nm</b>
optimize	0.49um	6.18nm	0.49um	5.99nm

AWLC2014 (2014/05, FNAL)

351LD0\_304D1B



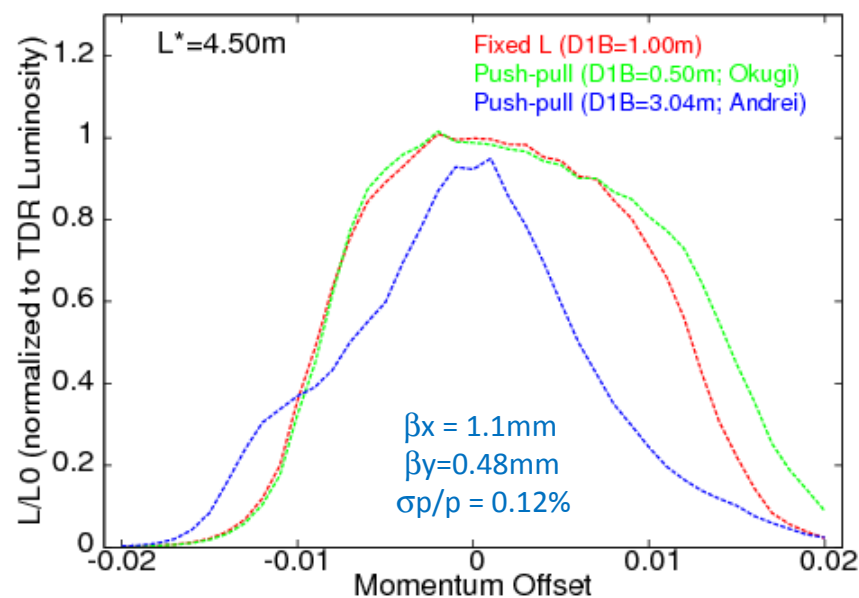
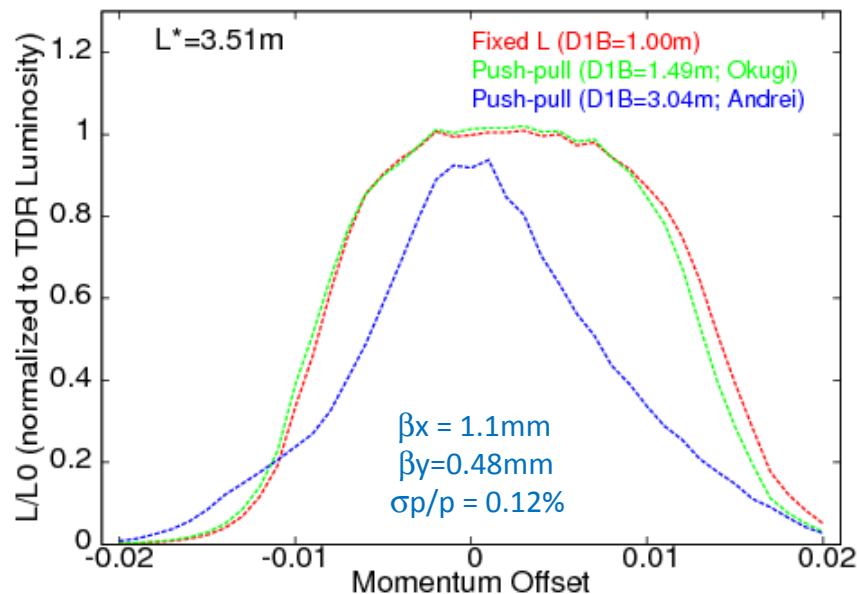
450LD0\_205D1B





# QF1 が衝突点の近くに置けた場合

Presented at BDS topical meeting at 2014/09/04 by T.Okugi

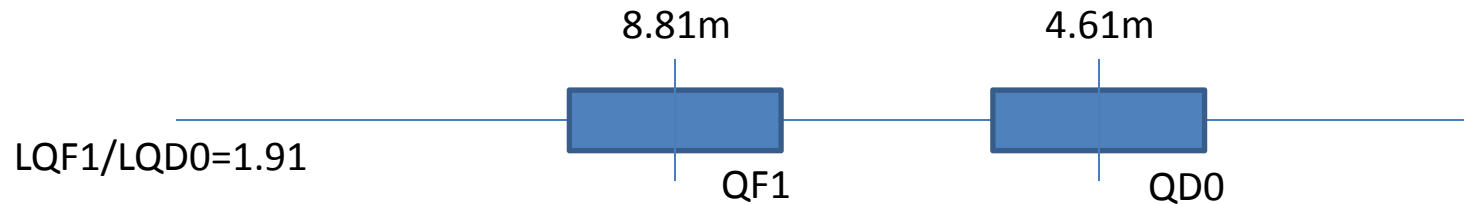


QF1を近くに置ければ、上流のビームラインを共通にしても、異なる2つのQD0 両方とも RDR に遜色ないビーム光学系をデザインできる。しかし、QF1を離すと、性能は一気に悪くなる。

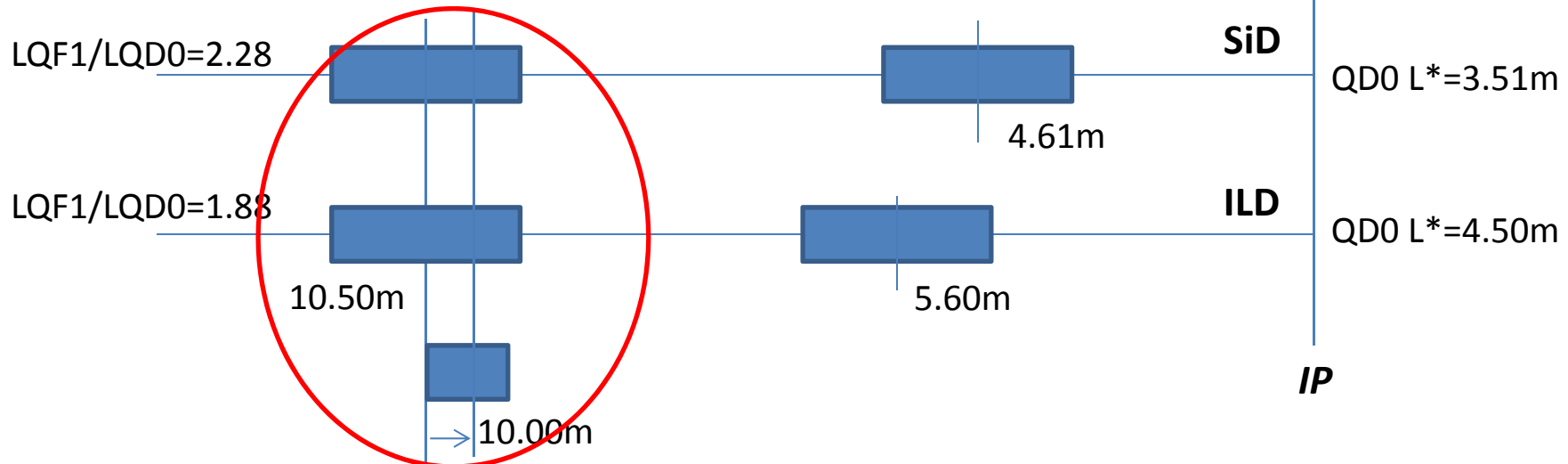
# Discussion at MDI/CFS meeting

Proposed by B. Parker at 2014/09/06

## RDR FD configuration (shorter L\*)



## TDR FD configuration (Push-pull)



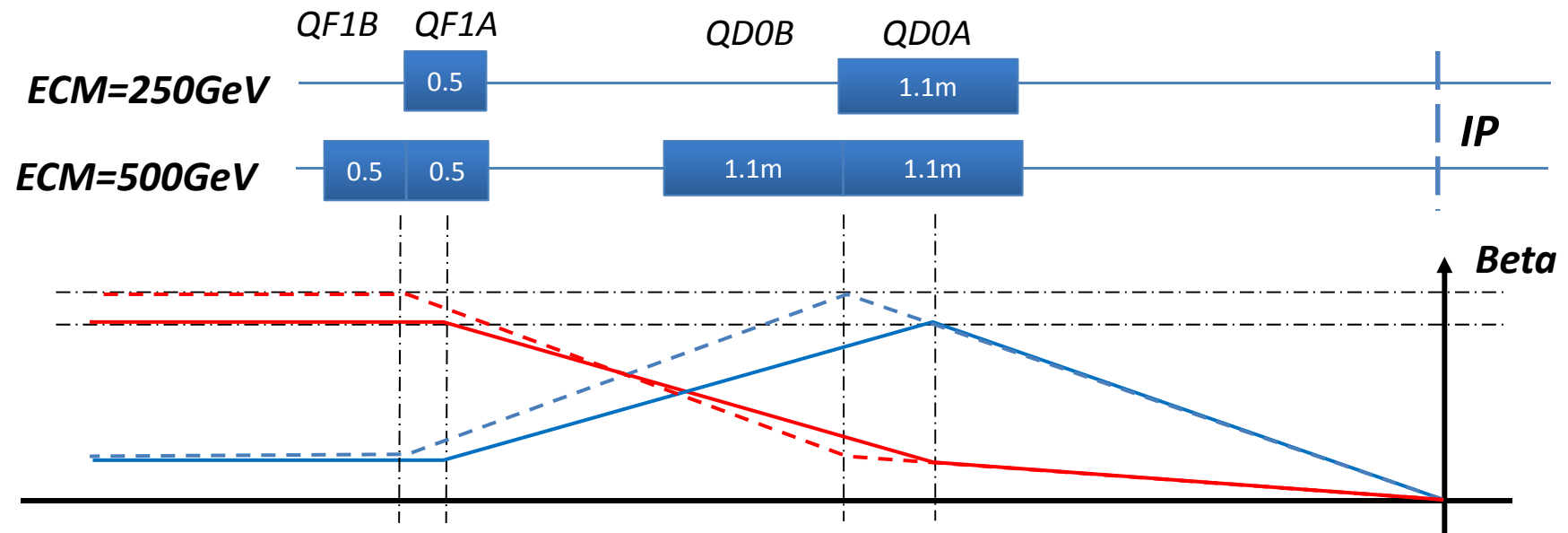
QF1 の長さを半分にする事で、衝突とQF1の有効距離を 50cm 短くできる。  
それに伴って、QF1の磁場は強くなるが、磁石自体は許容できる。

## 低いエネルギーへの対応 ( $E_{CM}=250\text{GeV}$ )

*The field strength for  $E_{CM}=250\text{GeV}$  is a half to  $E_{CM}=500\text{GeV}$ .*

*When we only use a half of FD magnets,  
the beta functions at FD magnets are decreased.*

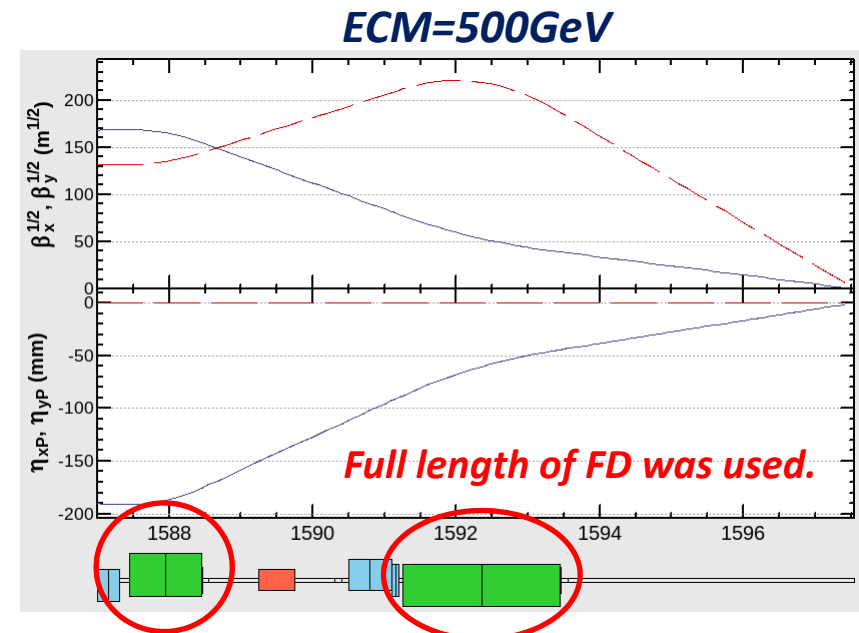
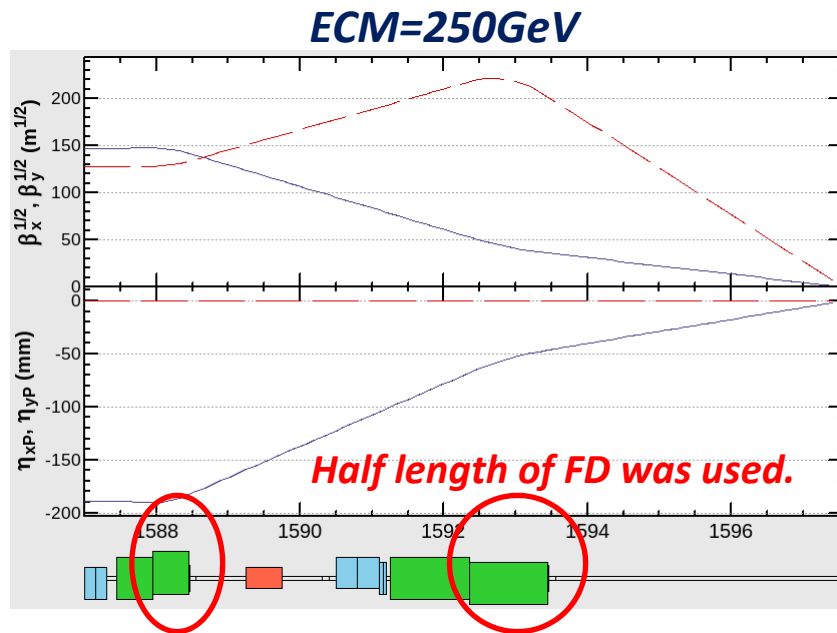
*Therefore, the collimation depth can be increased.*



TDR の段階でアイデアは出ていたが、実際のビーム光学系は設計されていなかった。

2014年9月より2つの測定器で  
共通のQD0の位置の設計を開始。

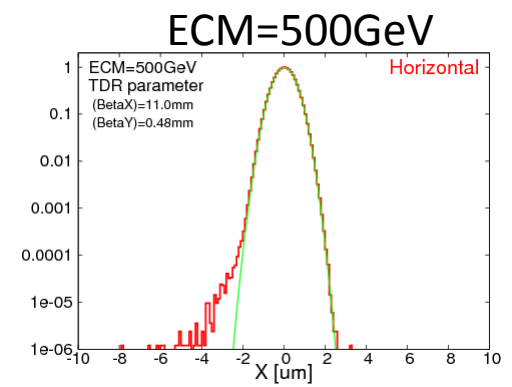
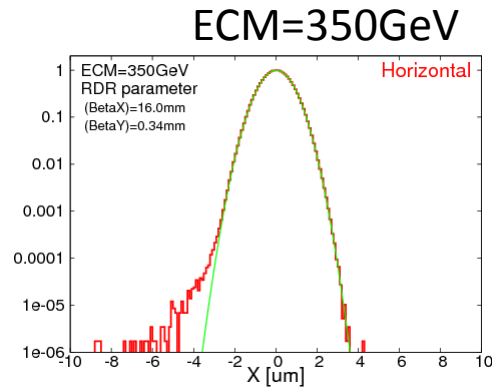
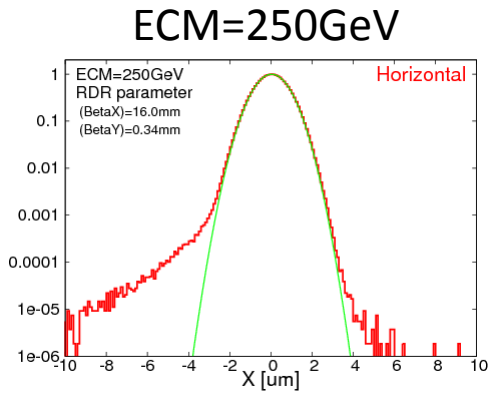
2014年11月より、低エネルギーに対応可能な  
ビーム光学系の設計開始。



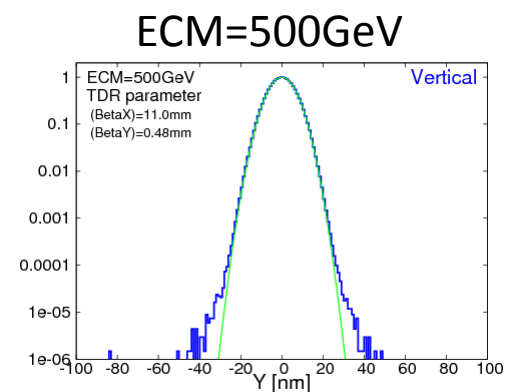
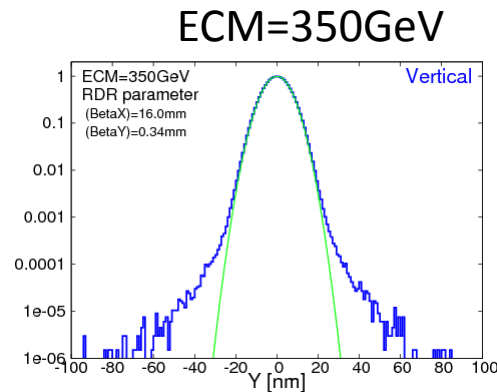
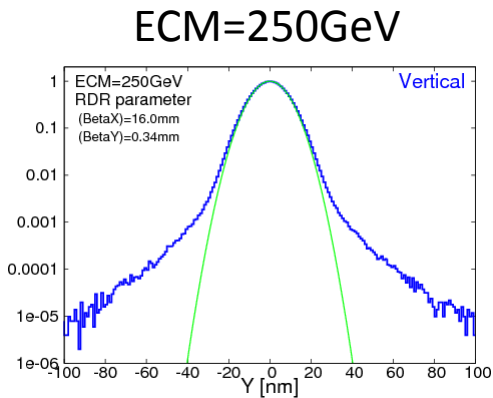
より難しい低エネルギーの光学系を最適化して、  
高いエネルギーの光学系は多少最適値からずれても許容する。

# IP beam profile

**Horizontal  
Profile**



**Vertical  
Profile**



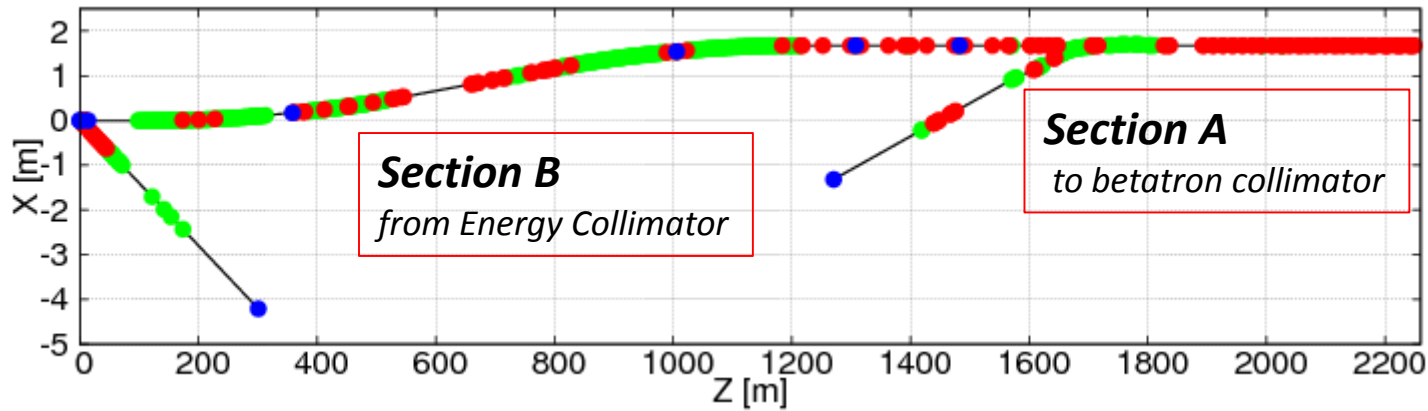
## Simulation Results for ECM<500GeV optics ( no SR )

ECM	Horizontal		Vertical		Relative Luminosity
	design beam size	simulation (core)	design beam size	simulation (core)	
250GeV	0.729um	0.755um	7.66nm	7.81nm	94.7%
350GeV	0.683um	0.690um	5.89nm	5.97nm	97.8%
500GeV	0.474um	0.482um	5.86nm	5.89nm	97.8%

それぞれのビームエネルギーに対して対応できるビーム光学系を設計した。

## BDS optics for ECM=1TeV operation

同じトンネルで ECM=1TeV まで拡張可能なように、ビーム光学系を設計する。  
500GeV までのビーム光学系に、電磁石することで 1TeV までのビーム光学系は対応。

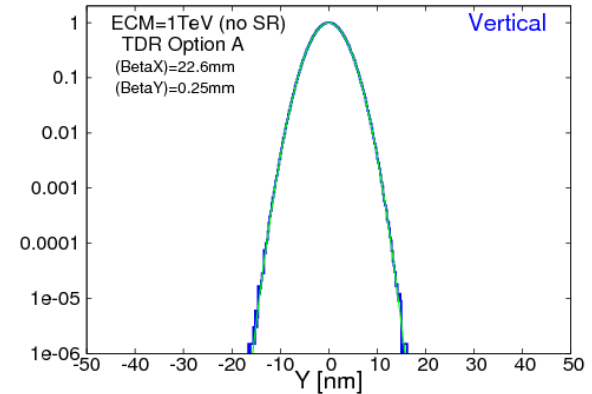
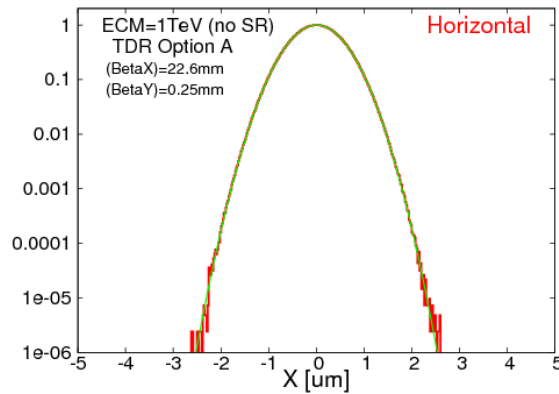


**The number of components both for ECM=500GeV and ECM=1TeV**  
( not include the dumpline )

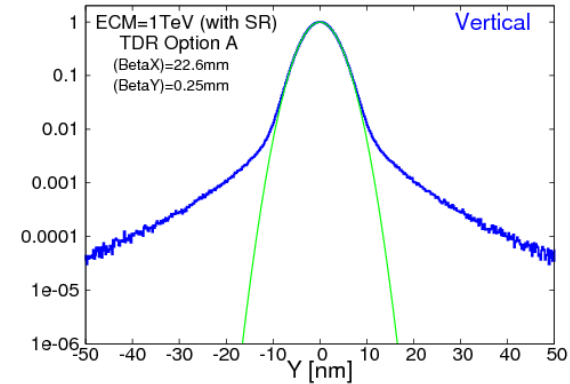
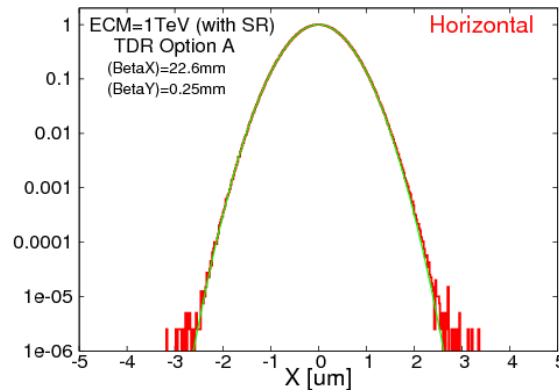
	Energy [GeV]	# of BEND	# of QUAD	# of SEXT	# of Steer	# of PS	# of Mover	# of BPM
Section A	500	16	64	0	19	73	70	78
	1000	43	108	0	19	115	108	116
Section B	500	63	33	7	55	46	40	101
	1000	176	41	7	55	56	48	112

# Simulation Results for ECM=1TeV optics

<< no SR >>



<< with SR >>



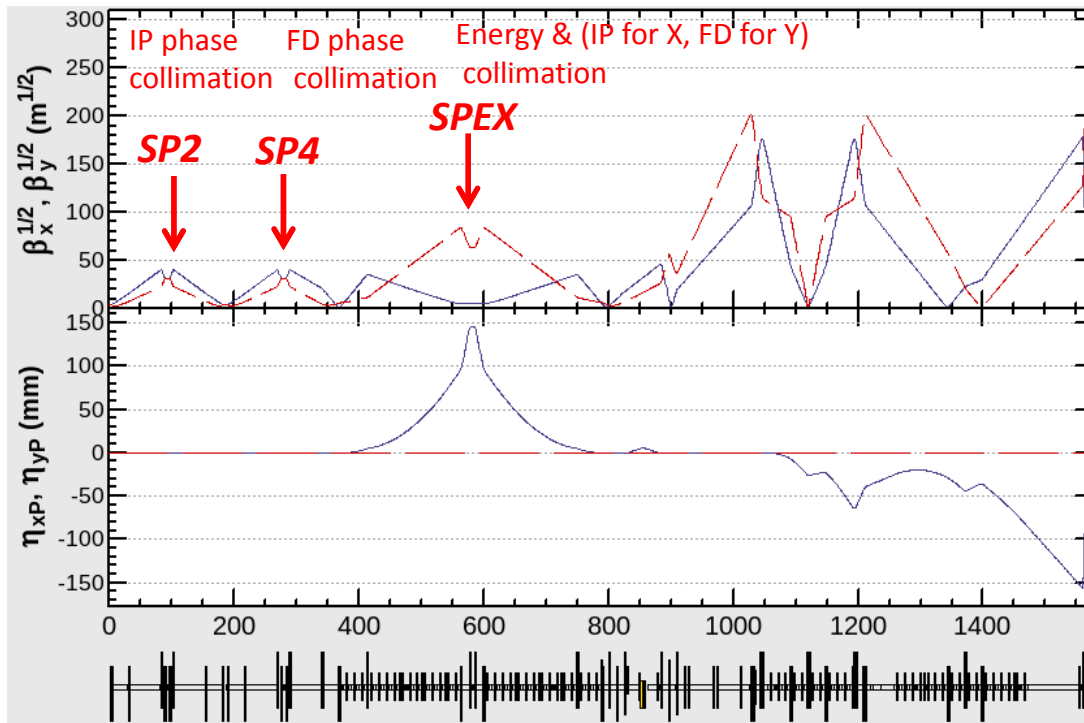
	Horizontal			Vertical			Relative Luminosity
	design	rms	core	design	rms	core	
no SR	0.481um	0.481um	0.481um	2.99nm	2.99nm	2.99nm	99.8%
with SR		0.499um	0.498um		3.71nm	3.15nm	91.7%

ECM=1TeV に対しても、ビームライン上のシンクロトロン放射の影響を入れても、線形ルミノシティの90%以上のルミノシティを実現可能。

# コリメーターの最適化

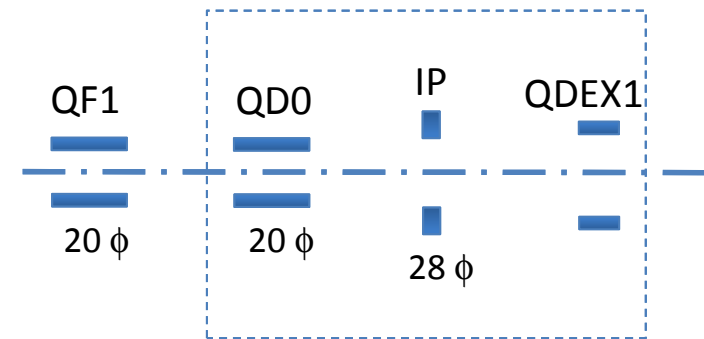
*Phase advances between collimators to IP were optimized to increase collimation depth.*

Beta Function at SP2/SP4 = ( X; 1000m / Y; 1000m )  
 Beta Function at SPEX = ( X; 36m / Y; 4000m )  
 Phase Advance (SP2 / IP) = ( X; 7.0 pi / Y; 6.0 pi )  
 Phase Advance (SP4 / IP) = ( X; 6.5 pi / Y; 4.5 pi )  
 Phase Advance (SPEX / IP) = ( X; 5.0 pi / Y; 3.5 pi )  
 EtaX at SPEX = 0.145m



*The aperture is limited by the synchrotron radiation around detector.*

## Detector apertures

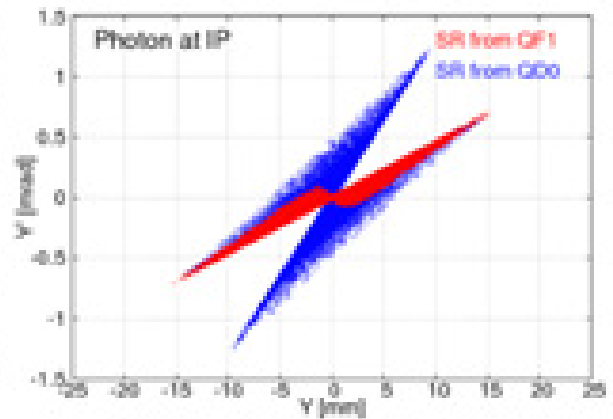
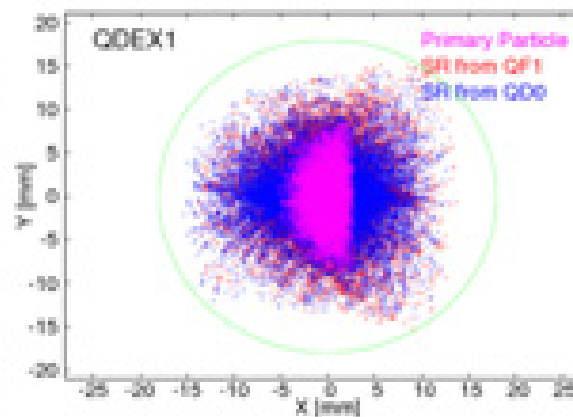
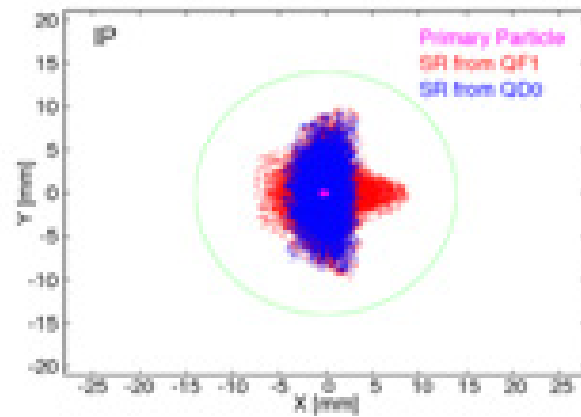
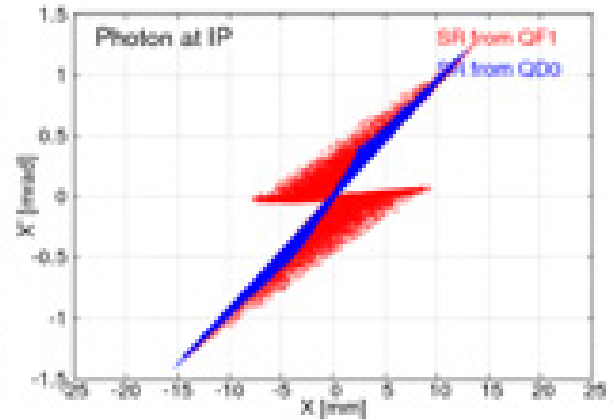
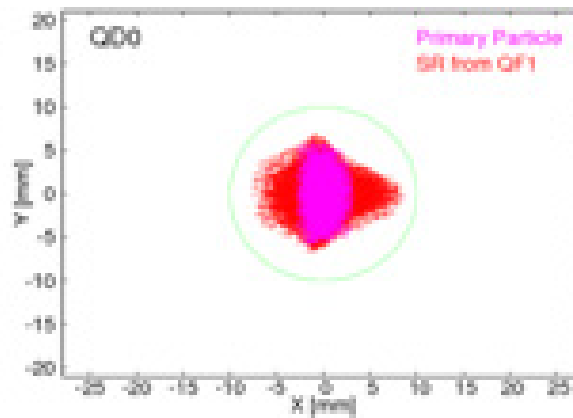
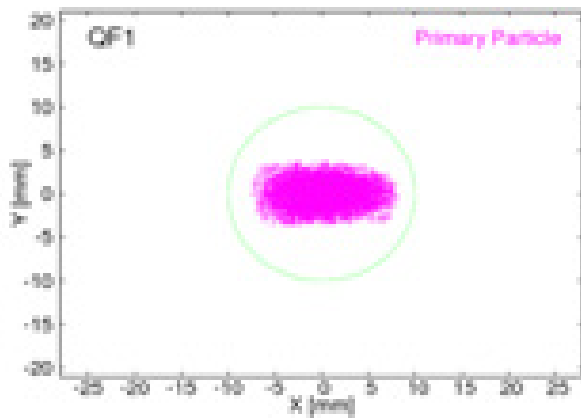


*The collimation depth were defined to 70% of aperture limit for safety margin.*



# 各点でのシンクロトン放射の分布

(QD0 L\*)=4.5m , (QF1 L\*)=9.0m



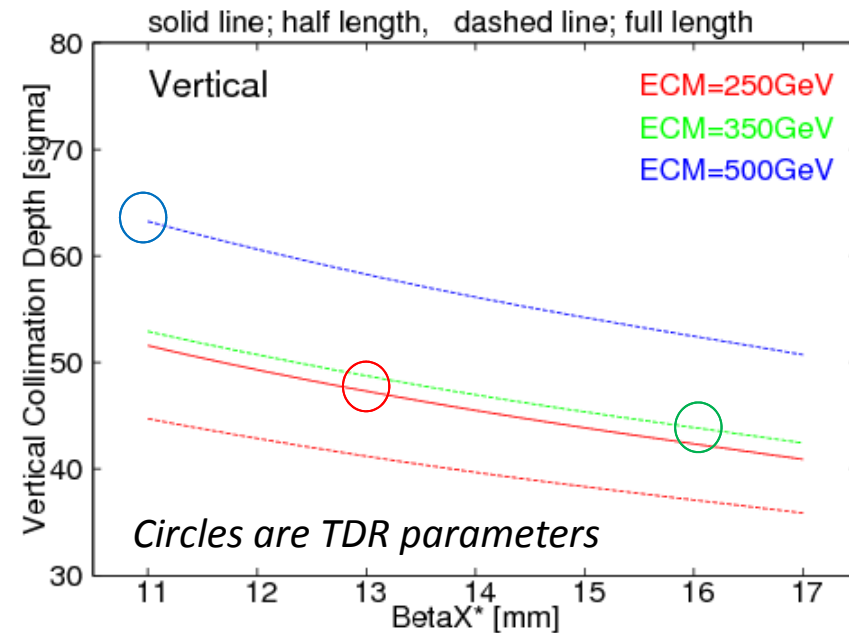
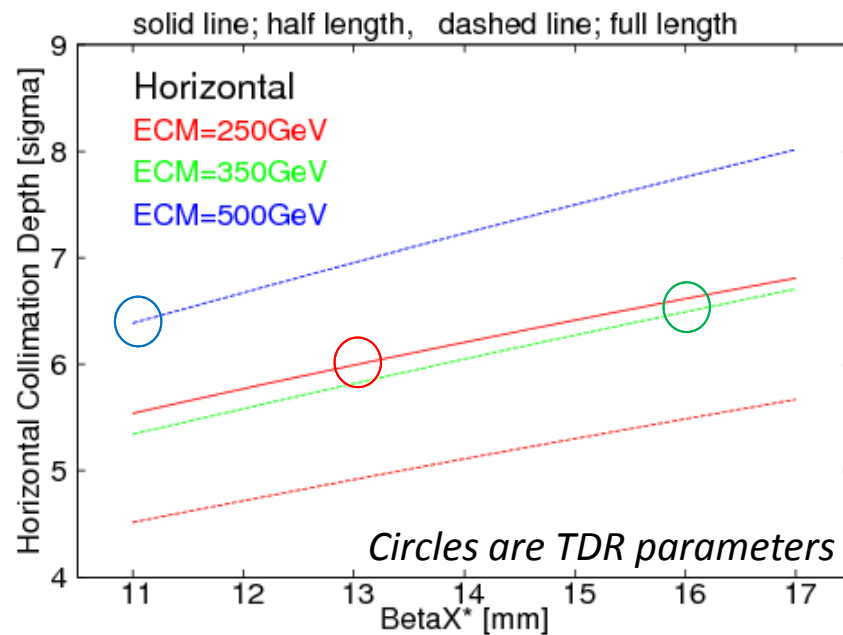
ピンク  
赤  
青

ビーム  
QD0からのシンクロトン光  
QF1からのシンクロトン光

# The collimation depth for various beam energy

ECM	BetaX*	BetaY*
250GeV	13mm	0.041mm
350GeV	16mm	0.034mm
500GeV	11mm	0.048mm

(QF1  $L^*$ ) = 9.1m  
(QD0  $L^*$ ) = 4.1m

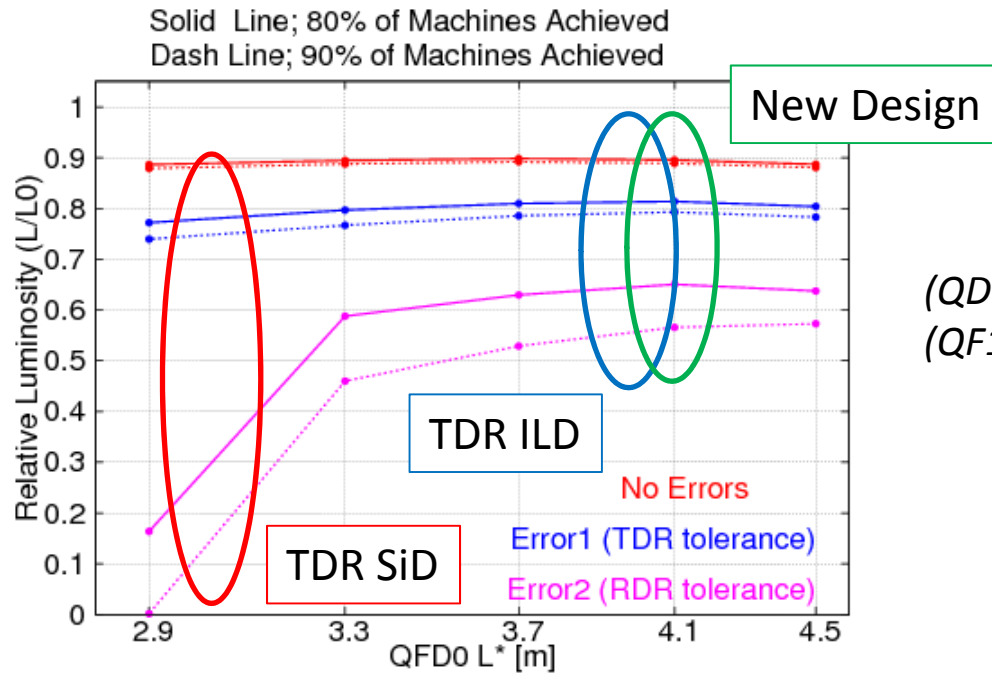


特に、水平方向の Collimation Depth が小さいと、  
コリメーターで沢山の2次粒子が作られて、  
測定器バックグラウンドやミュオンスポイラーへの要求が厳しくなる。

# おまけ

ある誤差を仮定したビームチューニングシミュレーションの結果

## Relative Luminosity by Beam Tuning Simulation



$ECM = 250\text{GeV}$   
 $\beta^* (x/y) = 13\text{mm} / 0.41\text{mm}$   
(QD0 L\*) = variable, (QD0 Length) = 2.2m  
(QF1 L\*) = 9.5m, (QF1 Length) = 1.0m  
( half length of TDR design)

- TDR の最終収束電磁石の位置は、ILD よりも SiD の方がビームサイズを絞りにくい設計になっていた。
- Push-pull 方式で SiD との共存を考えると、ILD も絞りにくくなっていた。
- 最終的に決まったパラメーターは TDR の ILD に近い状態になっている。

## ILC BDS (Final Focus Systemの設計) のまとめ

TDR 時には、BDS のデザインは概念設計があるだけの状態で、実際のビームラインの設計は殆どできてなかった。

今年 (2015年) の春に、ようやく最終収束系のベースラインのビーム光学系のデザイン(ECM=250GeV – 1TeV ) が完成して、新たなデザインに組み込んだ。

# ルミノシティモニター

加速器と測定器の間の共通の開発項目

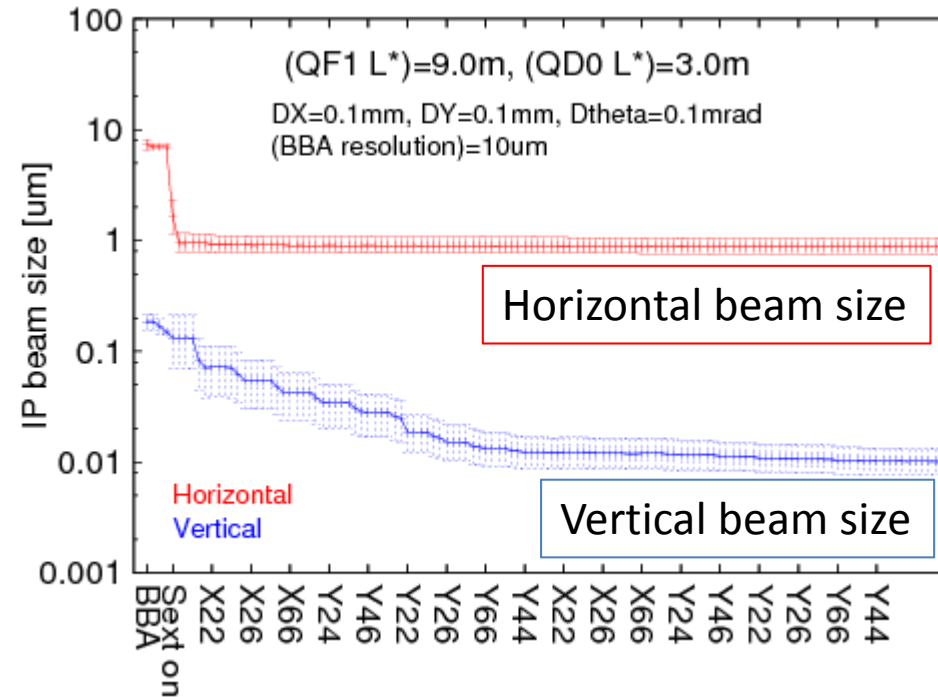
# 衝突点でのビームサイズ

ILCでのビームサイズの調整はルミノシティモニターでおこなう。

*Example of the beam size minimization by the beam tuning simulation*

## Alignment errors

	Bend	Quad	Sext
$\Delta K$	0.1%	0.1%	0.1%
$\Delta X$	N. A.	0.1mm	0.1mm
$\Delta Y$	N. A.	0.1mm	0.1mm
$\Delta\theta$	0.1mrad	0.1mrad	0.1mrad



	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_x \times \sigma_y$ [a.u.]
Before tuning	8000 nm	400 nm	1000
After Tuning	500 nm	6 nm	1

3桁以上の dynamic range が必要

# Beamstrahlung Monitor

大きなビームサイズの際に感度がある。

基本的なコンセプトはあるが、実現に向けての開発には手が回っていない。

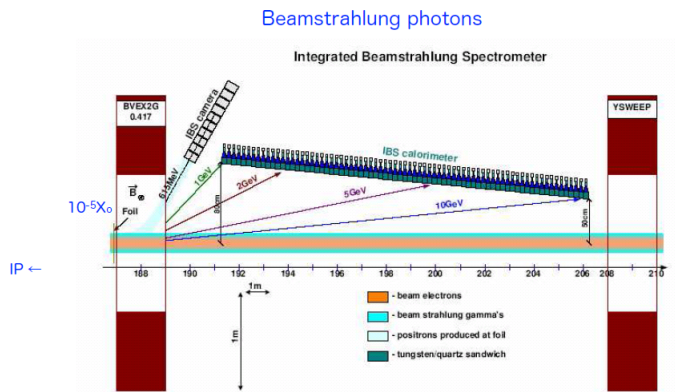
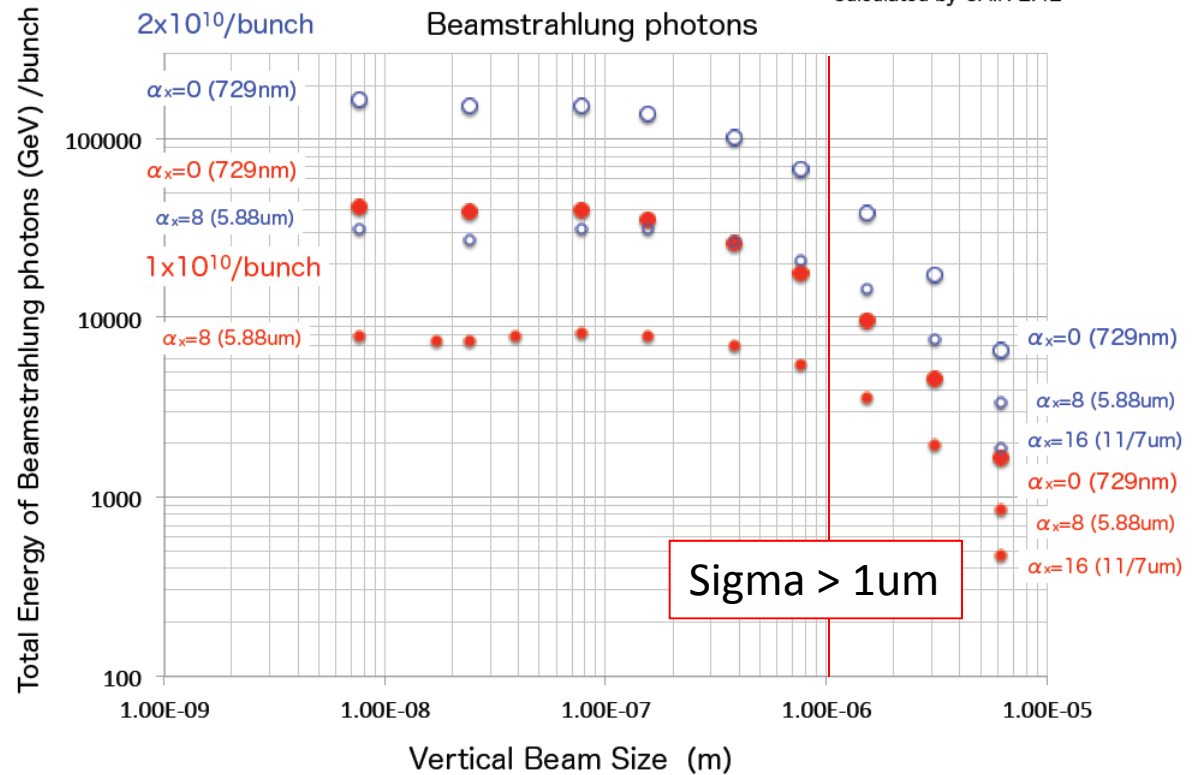


Figure 1: Concept for the GamCal.

W.M. Morse, GamCal - A Beamstrahlung Gamma Detector for Beam Diagnostics, LCWS07

ILC : head-on collisions at  $E_{cm}=250\text{GeV}$

Calculated by CAIN 2.42

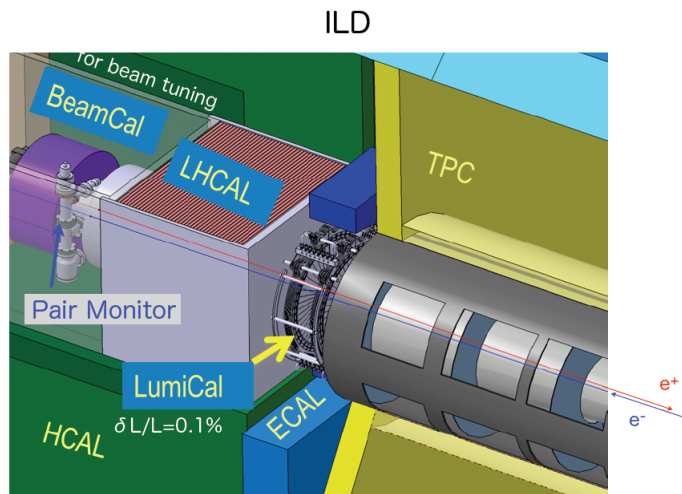


presented by T.Tauchi (KEK) at AWLC2014

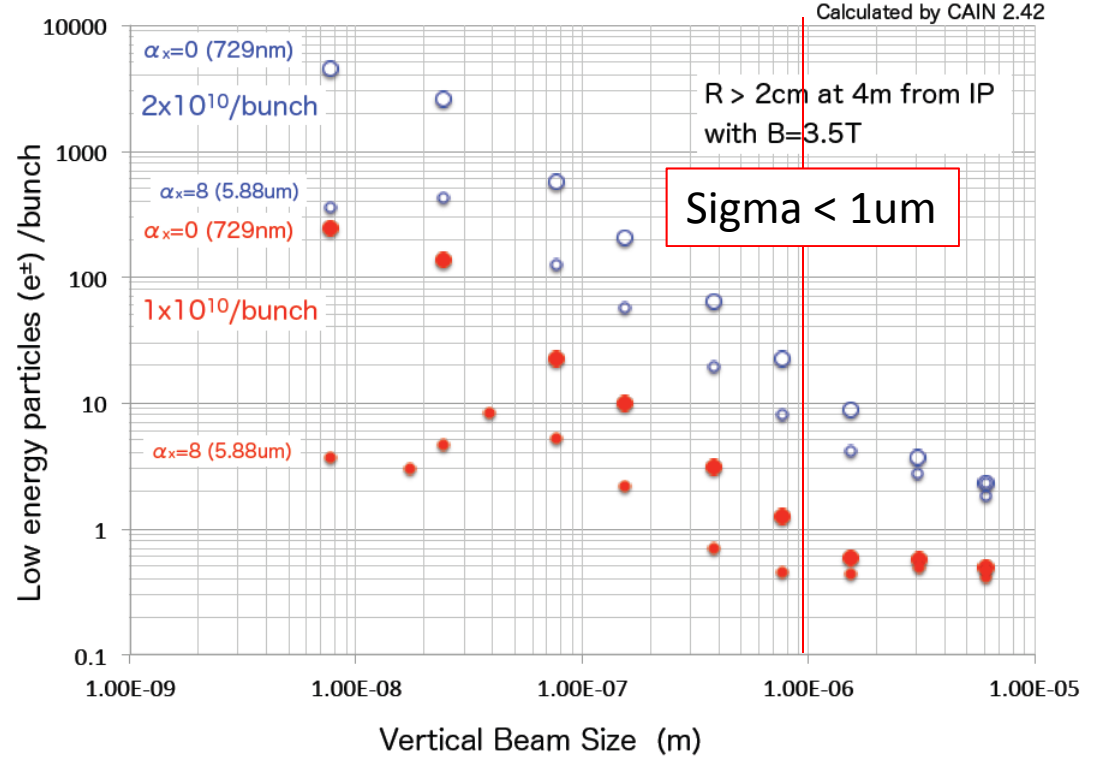
# Incoherent Pair Monitor

ビームサイズが小さくなった時に良い感度がある。  
 ビームコミッシュヨニング時にも使えるように、  
 低ルミノシティ領域でも測定可能なように考える必要がある。

Forward Calorimeter System for MDI



ILC : head-on collisions at  $E_{cm}=250\text{GeV}$



presented by T.Tauchi (KEK) at AWLC2014



# Requirement of Luminosity monitor resolution

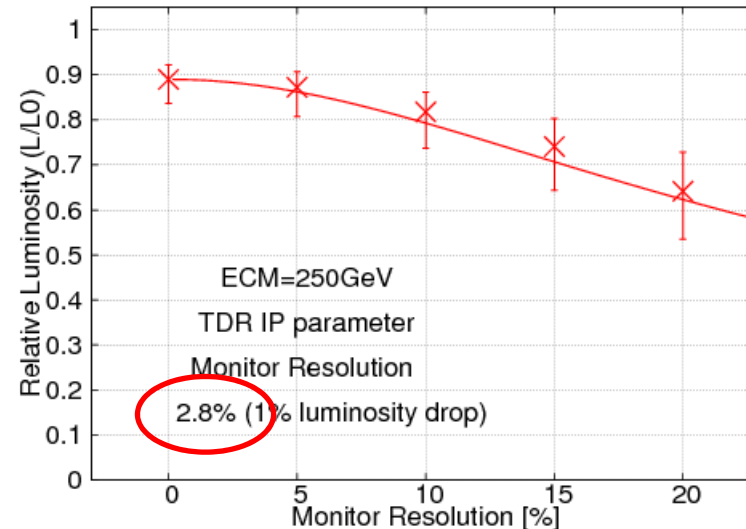
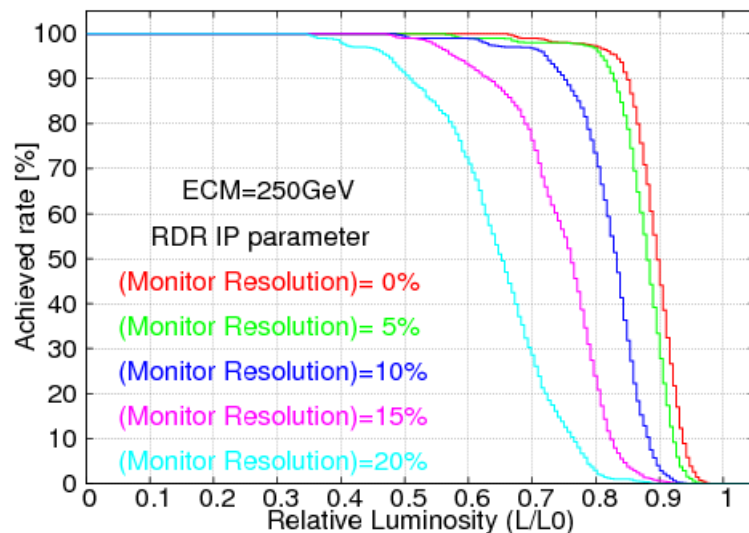
In present MDI-BDS design, the luminosity monitor will be

- Beamstrahlung monitor for large beam
- Incoherent pair monitor for small beam

The resolution requirement for IP beam size tuning also evaluated.

The tolerance is evaluated for ECM=250GeV,  
and TDR IP beta functions ( $\beta_{X^*}/\beta_{Y^*}= 13\text{mm}/0.41\text{mm}$ ).

The alignment error is set to the tolerance for 250GeV TDR parameter.



最終的にビームサイズを絞り込むには3%以下の分解能が必要になる。

## ルミノシティモニターのまとめ

高いルミノシティを実現するには、ルミノシティモニターが重要。

広い Dynamic Range と、高分解能の両方が要求される。

測定器グループとの協力が不可欠。

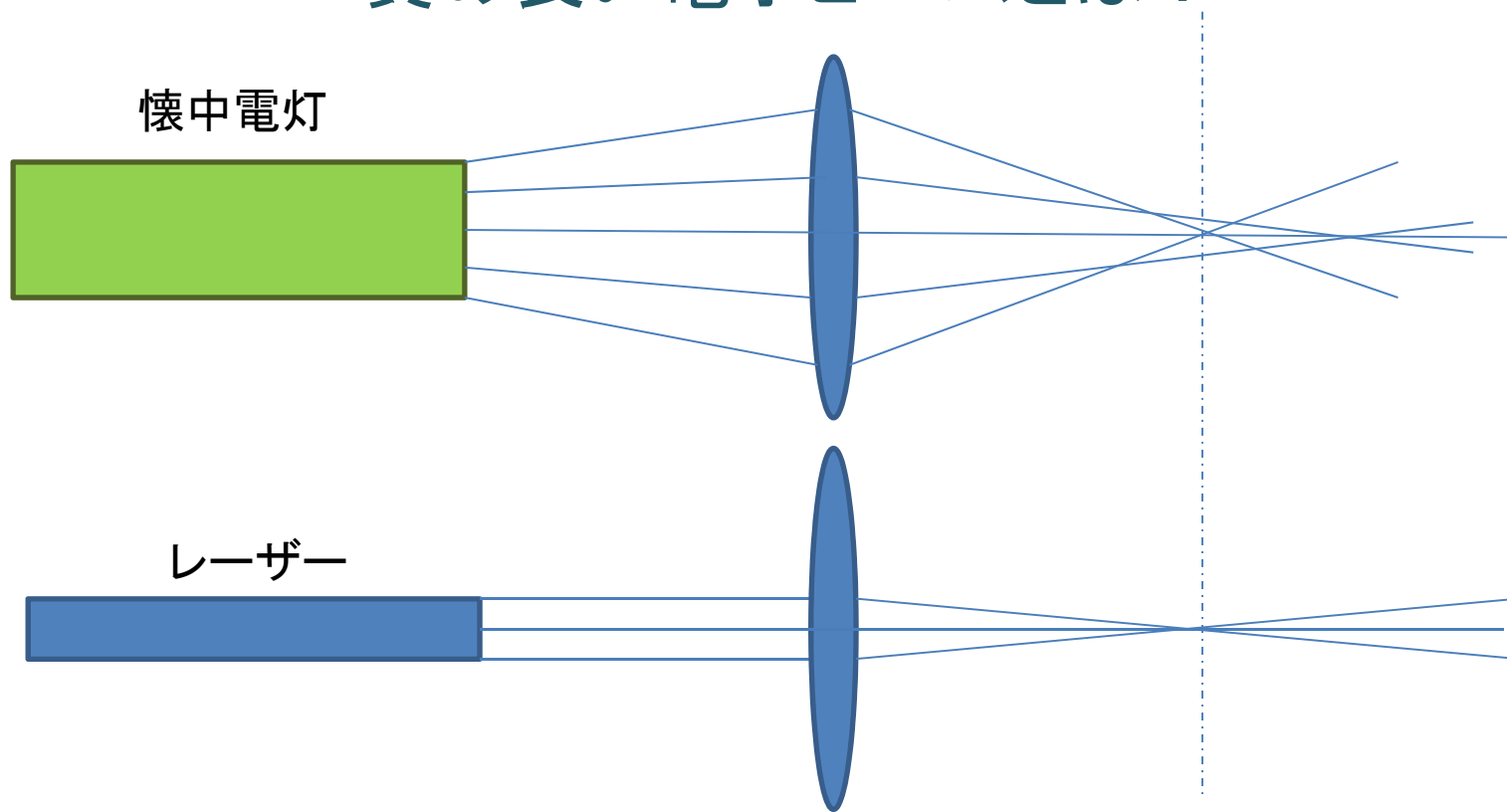
協力してください。

**ATF2**

ビームを小さく絞るために必要なことは？

1. 質の良いビームを作る。
2. 質の良いレンズを作る。

# 質の良い電子ビームとは？



同じレンズを使って、光を集光させる時、

レーザーのほうが懐中電灯よりも小さく絞ることができる。

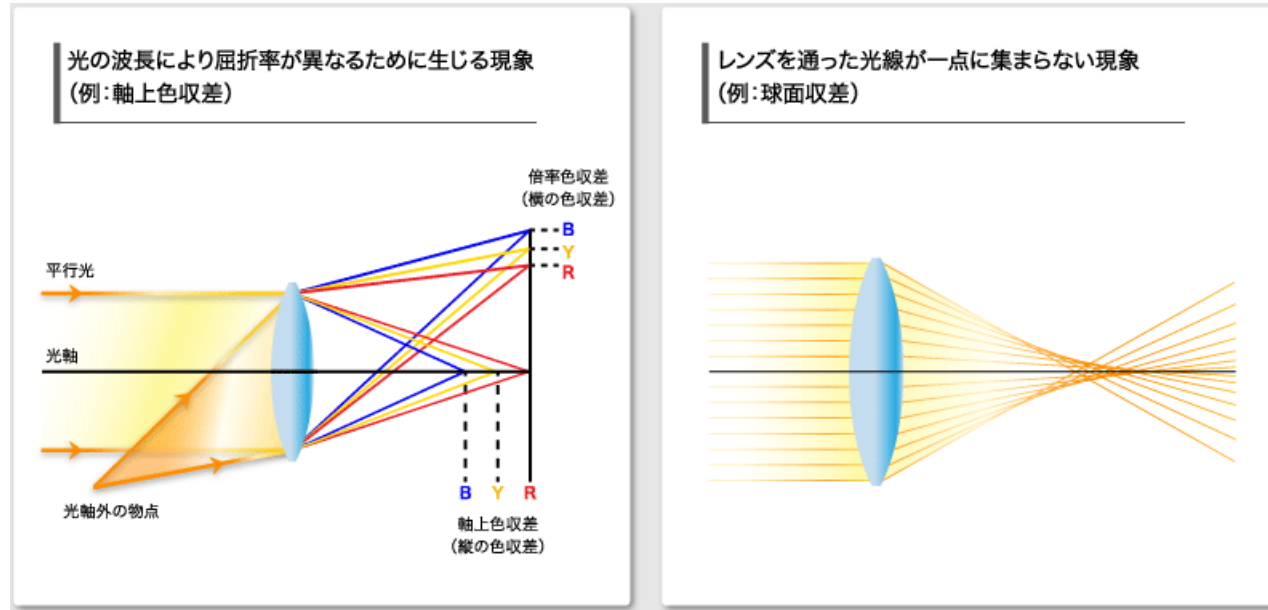
これは、レーザーのほうが懐中電灯よりも光の質(平行性)が良いから。

電子ビームにも光と同じように、質(平行性)の良し悪しがあり、

小さく絞るためには、質(平行性)の良いビームを作ることが必須。

# 性能が良いレンズ系とは？

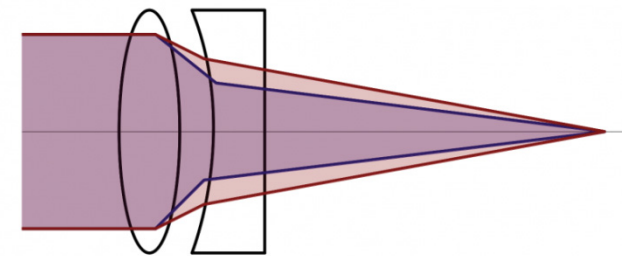
1枚のレンズでは、色の違う光、中心からの距離が違う光を1点で集光させるのは難しい。



色の違った光を1点で集光させる例

電子ビームも光と同じように、  
収差を無くして1点で小さく絞るためには、  
複数のレンズ(磁石)を組み合わせ、  
性能のよいレンズ系を作ることが必須。

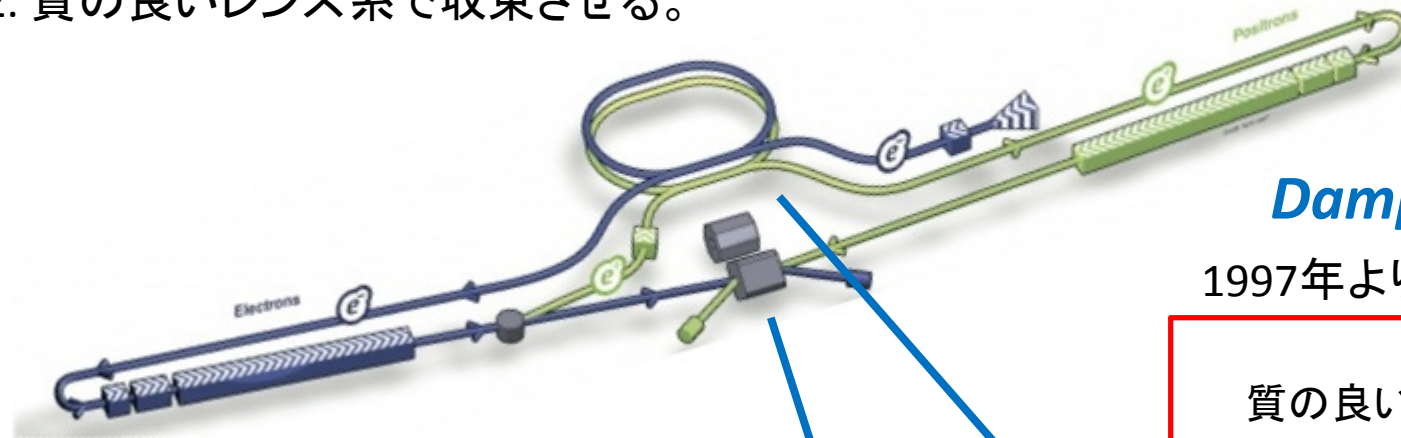
屈折率大 屈折率小



アクロマートレンズ

ILCでは、衝突点でビームをできる限り絞るため、

1. 質の良いビームを作り、
2. 質の良いレンズ系で収束させる。



**ATF2 beamline**

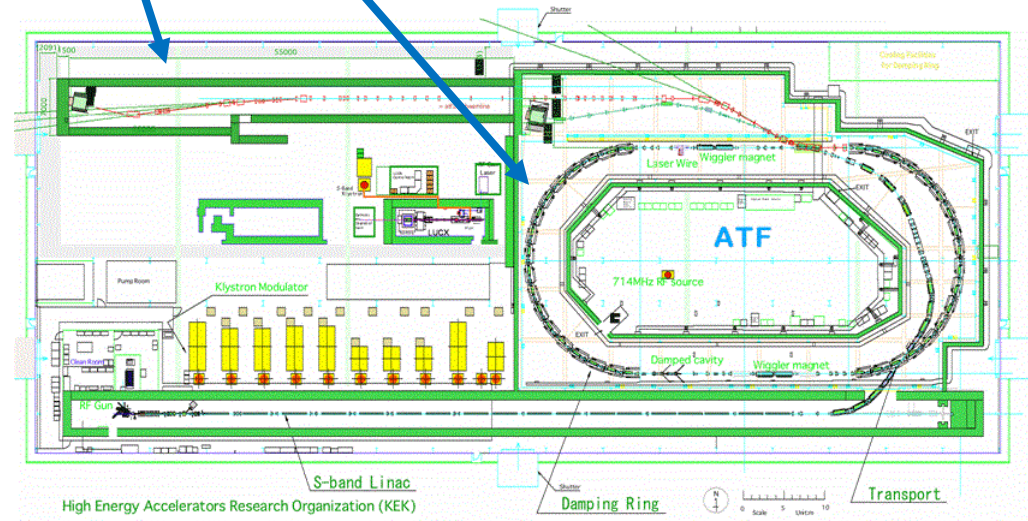
質の良いレンズの研究

2007年より運転を開始した。

**Damping Ring**

1997年より運転を開始した。

質の良いビームの生成



## **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

# ATF2 (最終収束ビームライン)

ILC の衝突点でビームを小さく絞るために必要な高性能なレンズ系の研究をするビームライン

2007年より運転開始。

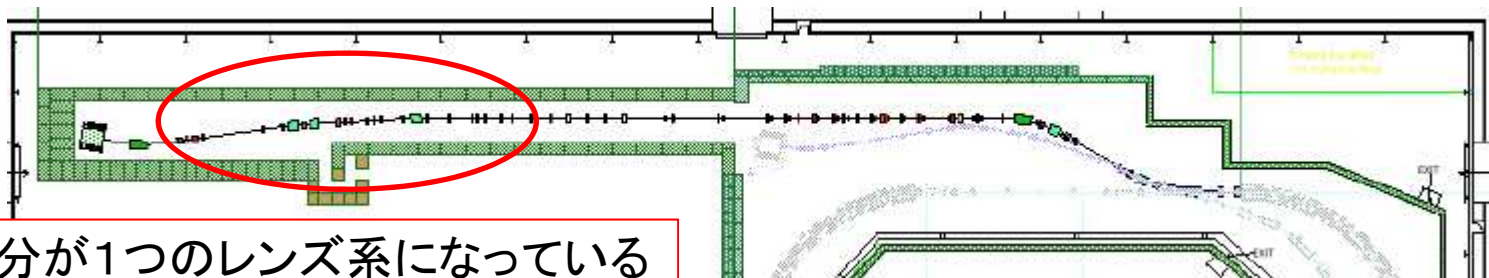
ILC は国際的な計画なので、設計、製作、運転の全てを国際協力の枠組みで進めている。



ATFに参加している代表的研究機関  
- ATF International Collaboration -



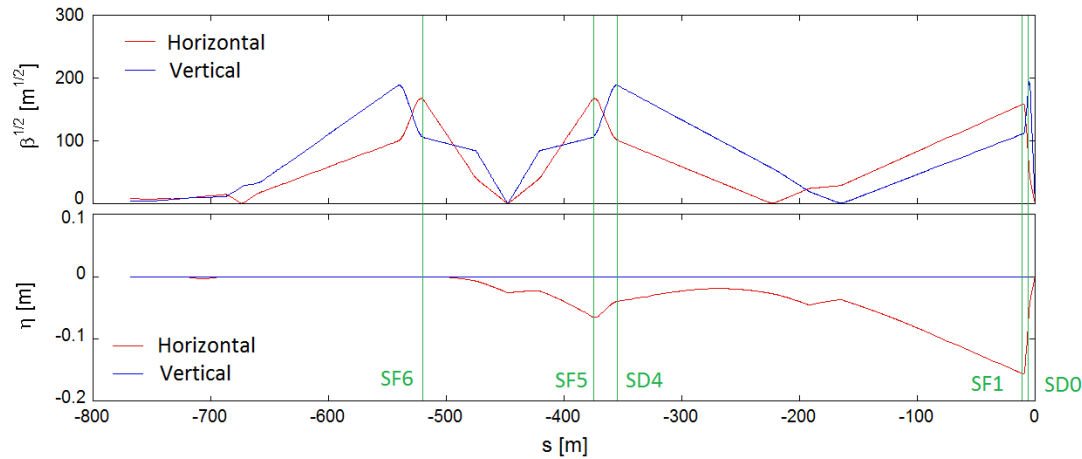
この部分が1つのレンズ系になっている





# Beam Optics

Beam optics of ILC final focus system

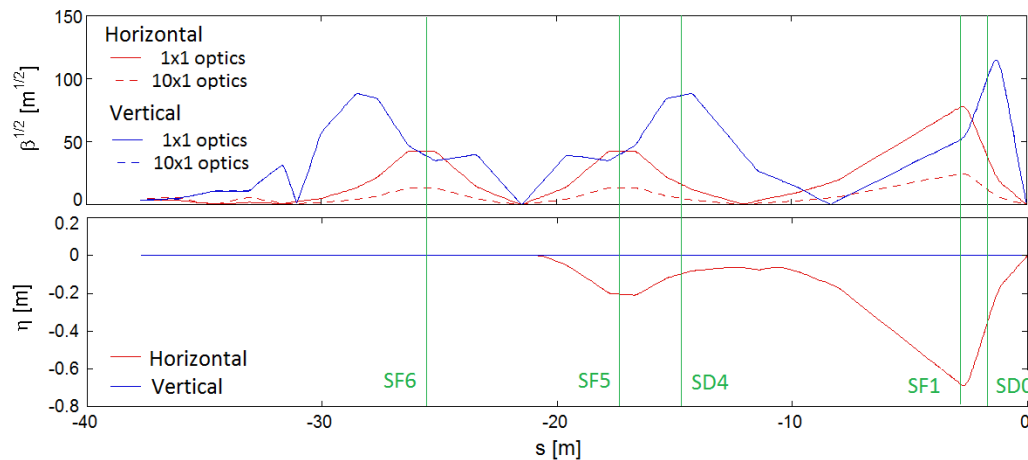


## ILC final Focus System

- 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.

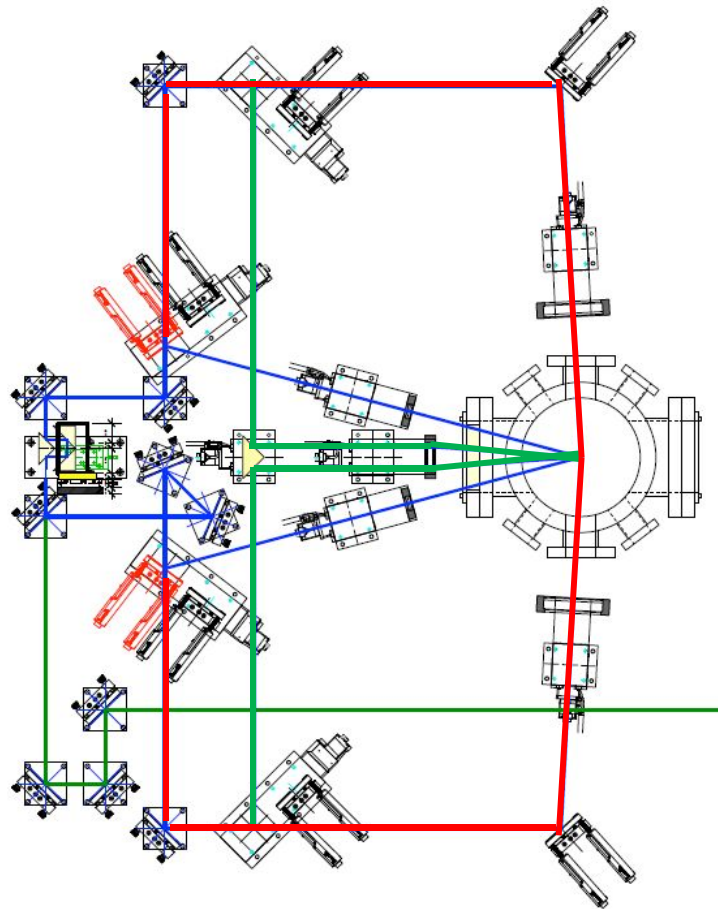
### 10x1 optics

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。

# ATF2 仮想衝突点でのビームサイズ測定

ビームサイズを小さく絞ったと証明するためには、  
そのビームサイズを測定できないといけない。



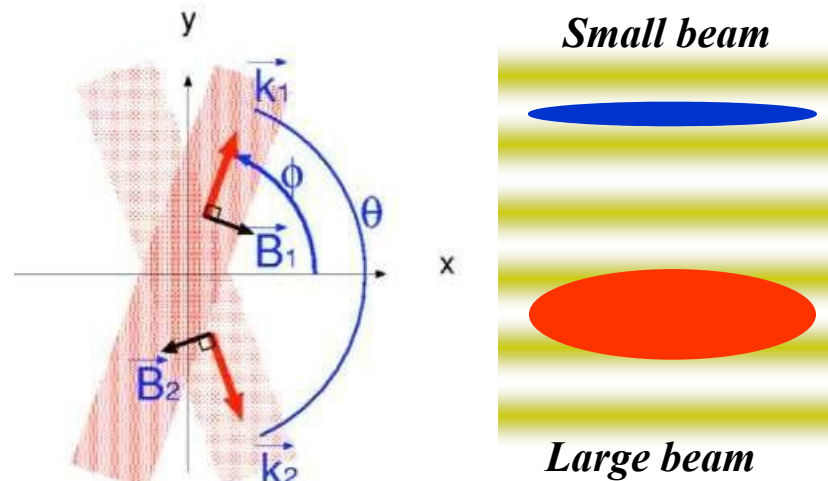
ATF2

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サイズを測る



このモニターを使った研究に関しては、  
若手セッションで東大の加納君が発表します。

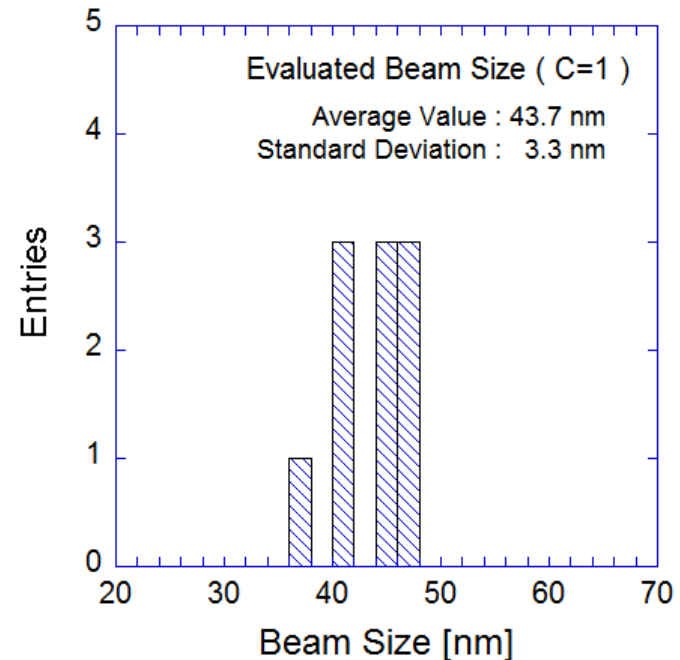
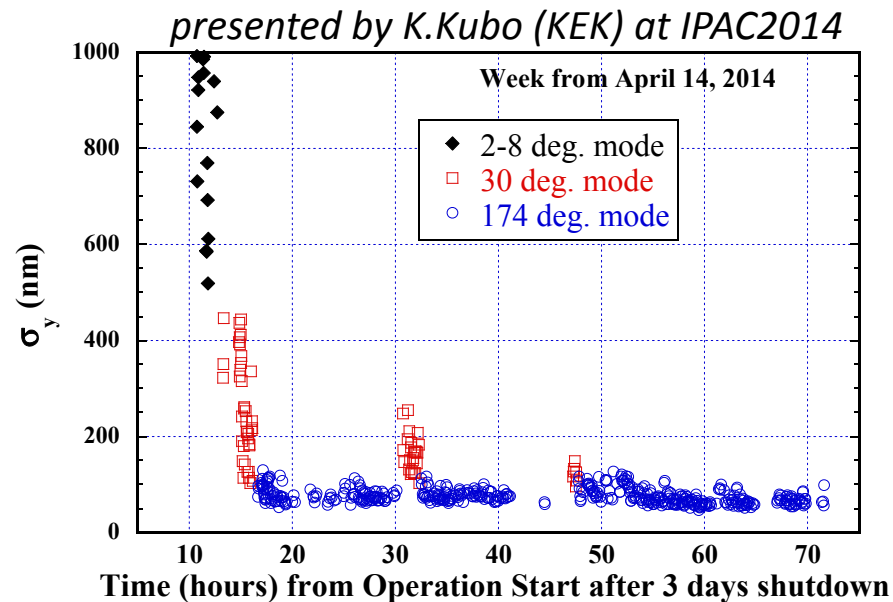
# ATF2 でのビームサイズ収束結果

世界最小のビームサイズの計測に成功。

測定されたビームサイズは設計値 37 nm の約1.2倍。

約1日の調整でビームサイズを絞ることができる。

## Beam size history after 3 days shutdown



ただし、 水平方向ビームサイズは設計値よりも大きい。

非常に少ないビームでのみ小さく絞れている。

いつも聞かれることなので...

ATF2では水平方向ビームサイズは大きいけど、  
それでもILCの最終収束系の証明になるの？

ATF2 の電流値は低いけど、その測定で構わないの？

# 水平方向ビームサイズは大きくても証明になるの？

When we assumed the beam size at quadrupoles as  $\sigma_{x,y} \propto L^* \sqrt{\frac{\varepsilon_{x,y}}{\beta_{x,y}^*}}$ ,

the effect of multipole field to IP beam size can be roughly scaled as

$$Y_{24} \propto L^{*2} \sqrt{\frac{\varepsilon_x \varepsilon_y}{\beta_x^* \beta_y^*}} / \sqrt{\varepsilon_y \beta_y^*} = L^{*2} \varepsilon_y \sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\beta_x^*}} \quad (5th \text{ order aberration}) \propto L^{*5} \frac{\varepsilon_x^2}{\beta_x^{*2}} \sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\beta_x^*}} / \sqrt{\varepsilon_y \beta_y^*} = L^{*5} \frac{\varepsilon_x^2}{\beta_x^{*2}} \sqrt{\frac{\varepsilon_x \varepsilon_y \beta_y^*}{\beta_x^*}} \text{ etc.}$$

		ILC	ATF2(1x1)	ATF2(10x1)
2 <sup>nd</sup> order	Y46	1	0.91	0.91
	Y24	1	6.50	2.05
	Y22	1	3.76	0.38
	Y26	1	0.52	0.16
	Y66	1	0.07	0.07
	Y44	1	11.14	11.14
3 <sup>rd</sup> (horizontal)		1	17.80	0.56
4 <sup>th</sup> (horizontal)		1	84.33	0.84
5 <sup>th</sup> (horizontal)		1	399.55	1.26

色収差

空間収差

電磁石の製作が  
とんでもなく難しい。

Allowed component  
of quadrupoles

垂直方向ビームサイズに及ぼす収差の大きさは、  
ILC の最終収束系と、現在のATF2 の光学系は同程度。

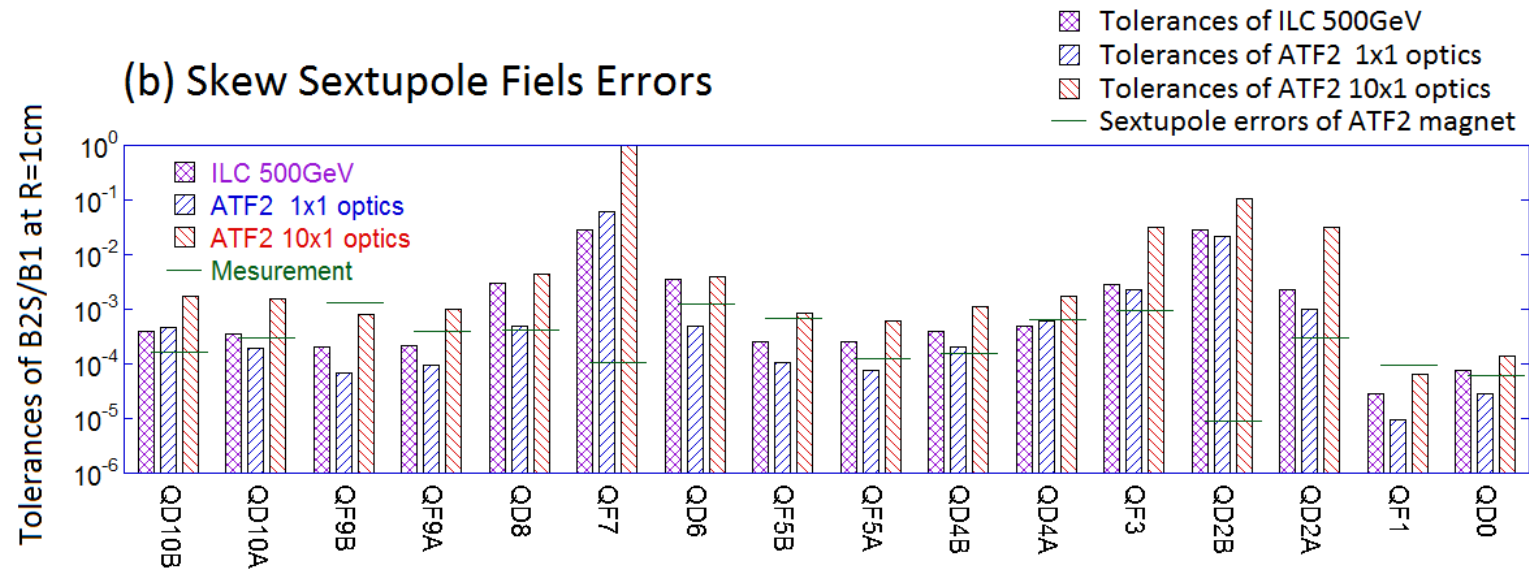
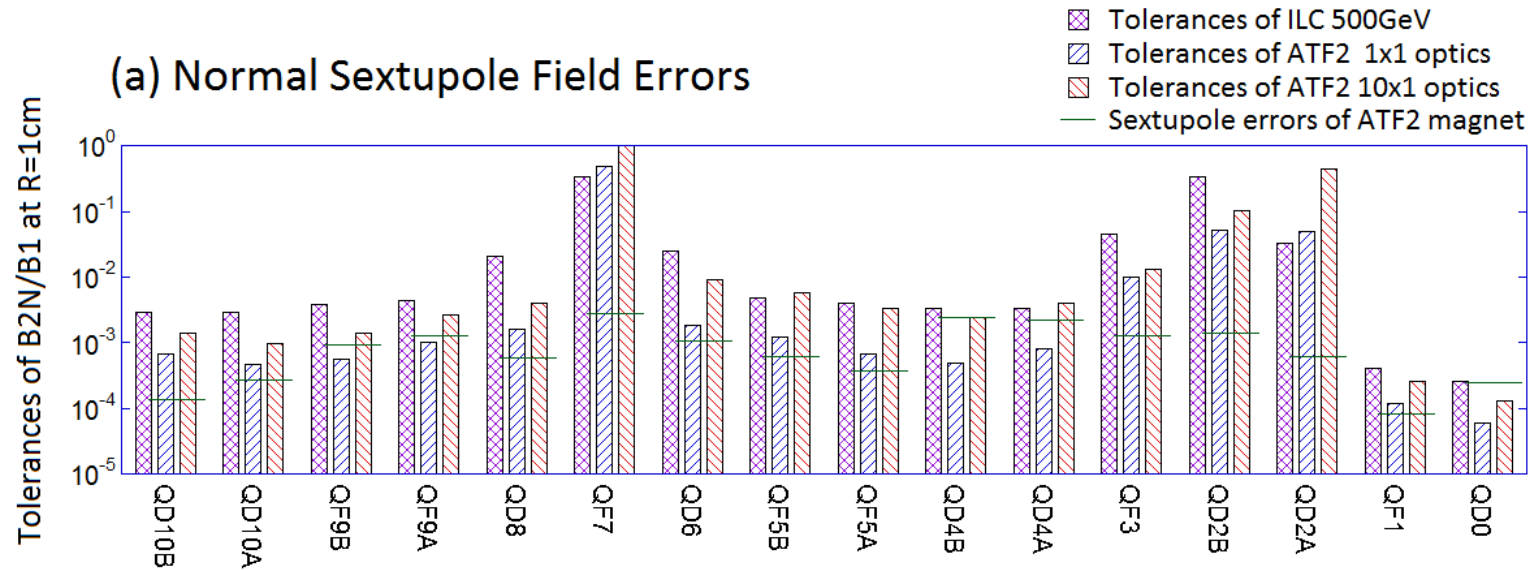
# ILC と ATF2 の Multipole Field Error の比較

Purple ; ILC TDR

Blue ; ATF2 1x1 optics

Red ; ATF2 10x1 optics

それに伴って、電磁石の製作精度の要求も同程度



ただし、水平方向ビームサイズに関しては、

**Horizontal IP Parameters for ILC and ATF2**

	ILC - 500GeV		ATF2	
	RDR	TDR	10x1 optics	1x1 optics
Beam Energy	250 GeV		1.28 GeV	
L*	3.50m		1.00 m	
$\sigma_{p/p}$	0.12%		0.10%	
$\epsilon_x$	0.02nm		2.0nm	
$\beta_{x^*}$	21mm	11mm	40mm	4mm
$\sigma_{x^*}$	0.65um	0.47um	8.9um	2.8um
L*/ $\beta_{x^*}$	167	318	25	250
L*/ $\beta_{x^*}$ × $\sigma_{p/p}$	0.20	0.38	0.025	0.25

**Strength of chromatic aberration**

ただし、水平方向ビームサイズを絞る難しさは、今のビーム光学系は、ILC よりも簡単。

垂直方向ビームサイズに関しては、現在の10x1 optics でOK。

水平方向ビームサイズに関しては 10x1 optics では不十分。

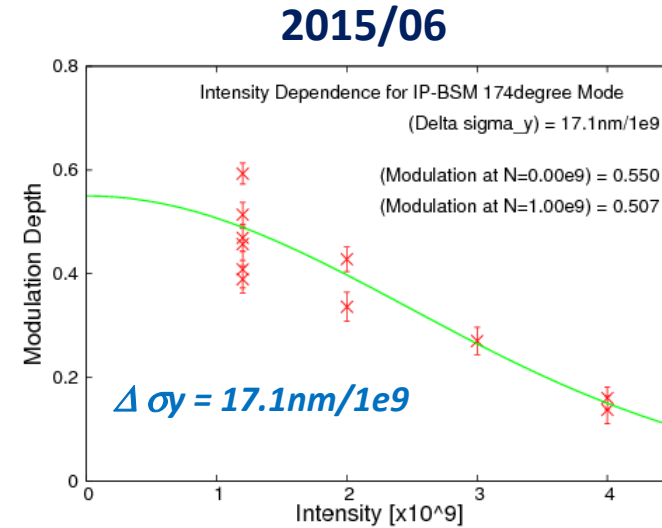
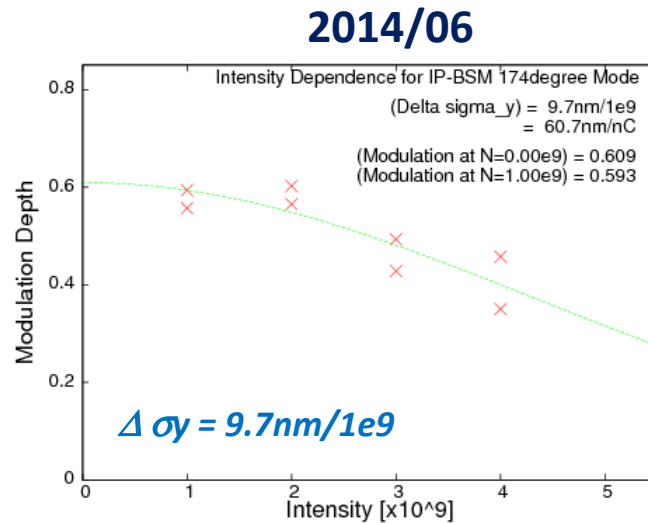
だが、1x1 optics という当初のビーム光学系では、

ILC に比べて極端に、垂直方向ビームサイズを絞るのが難しくなってしまう。



# 何故非常に低いビーム電流で測定してるのか？

(答え) 非常に強いビーム電流依存性があるから



		Intensity dependence	Modulation at zero intensity
2014	No OTR Optimization	16.8 nm/1e9	0.578 (44nm)
	After OTR Optimization	9.7 nm/1e9	0.609 (42nm)
2015	After OTR Optimization	17.1nm/1e9	0.550 (46nm)

電流が0の状態に外挿すると、40nm台のビームサイズを実現できているが、電流を上げるとビームサイズが増えてしまう。

# Wakefield の ATF2 と ILC への影響の違い

## The effect of the Cavity BPMs (構造体の影響)

		ATF2	ILC BDS (ECM=250GeV)	Relative Effect ( ILC/ATF2 )	
				Misalignment	Jitter / ( beam size)
Beam Energy		1.3 GeV	125 GeV	0.0104	
Bunch Population		$0.1 \times 10^{10}$	$2.0 \times 10^{10}$	20	
Bunch Length		7 mm	0.3 mm	0.3	
Emittance		12 pm	0.14 pm	9.26	1
Beta Function	$\Sigma \beta$	58350 m	241 m	2.37	5.56
	Sqrt ( $\Sigma \beta$ )	324617 m	570 m		
Total				<b>1.37</b>	<b>0.35</b>

ビーム強度依存性に関しては、

その原因が Cavity BPM などの構造物だとすると、

ATF2 で  $N=1e9$  の粒子を絞れば、ILC でも  $N=2e10$  の粒子を絞ることができる。

ビーム強度依存性の原因を同定することは ILC の設計にも大きな影響がある。

## ATF2 のまとめ

ATF2 は今は 10x1 optics と呼ばれるビーム光学系で低電流で運転しています。

その運転条件は、説明したような理由で ILC の最終収束系と遜色ありません。

そして、ビームサイズは設計値の約1.2倍(モニターの分解能込、40数nm)まで絞ることが出来てます。

**Backup**

# IP Beam size tuning Simulation

**Beam size minimization was simulated for the following conditions**

## **Tuning knobs**

### 1) Orbit correction

- movers for quadrupoles .
- dipole correctors for bending magnets.

### 2) IP-beam size tuning

- sextupole position shift for linear optics
  - skew and normal sextupole strength for 2nd order optics
- ( same procedures to ATF2 tuning )

**Monitors ;** Luminosity monitor (informations for X and Y are coupled)

## **IP beam parameters**

Beam Energy	125 GeV
gamma * emit ( x/y )	10um / 35pm
momentum spread	0.19%
RDR IP beta function ( x/y )	21 mm / 0.40mm
TDR IP beta function ( x/y )	13mm / 0.41mm

Since ECM=250GeV is difficult to others, I evaluated the tolerances for ECM=250GeV.

# Tolerances evaluation by IP-beam size tuning

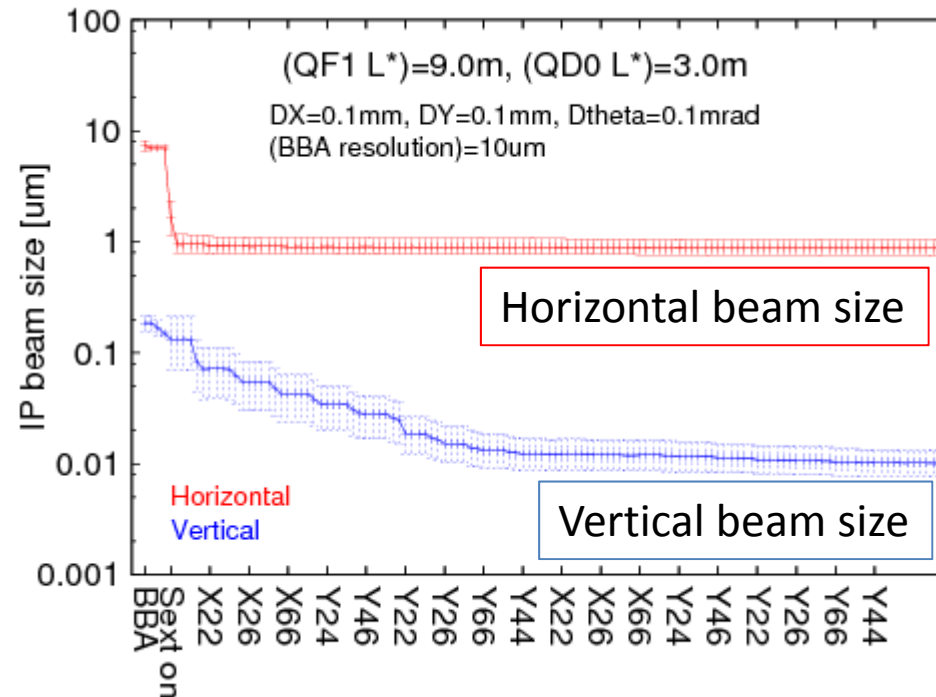
## Procedures

1. Put the *errors for single parameter*
2. Apply the orbit tuning
3. Tuned on the sextupole after sextupole BBA
4. Apply the linear and 2<sup>nd</sup> order optics tuning

## Example of the beam size minimization by the beam tuning simulation

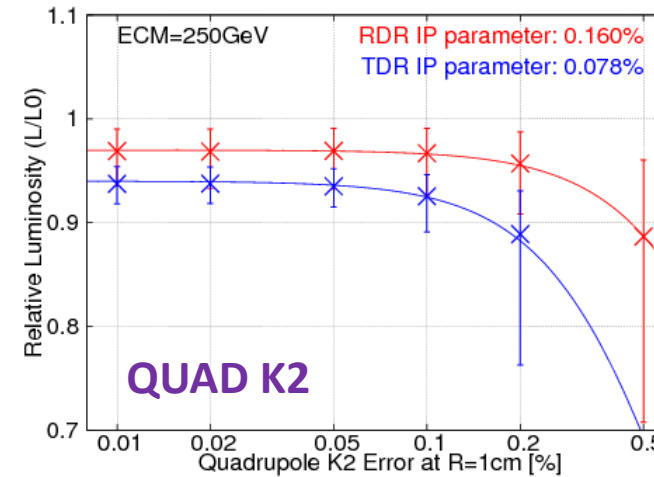
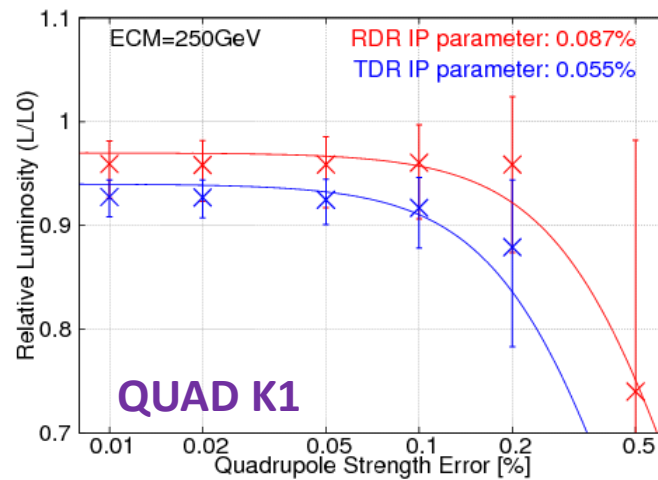
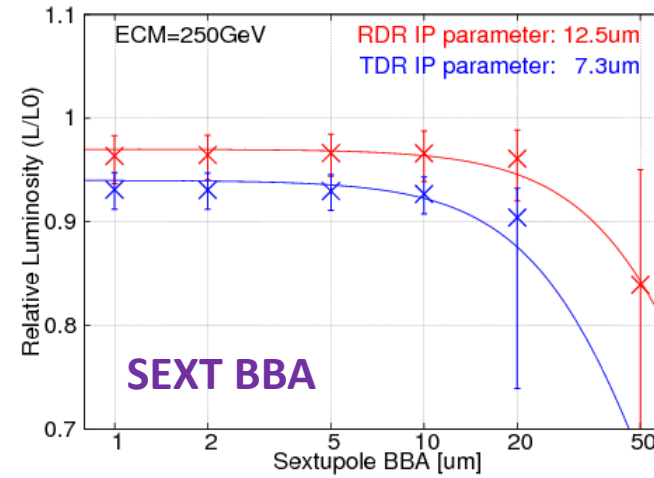
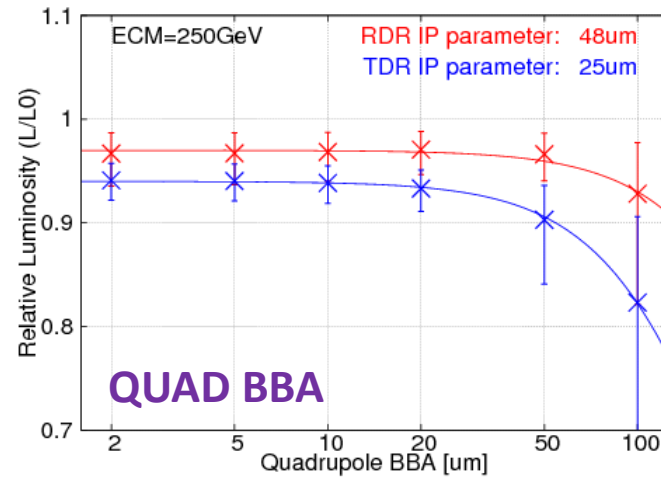
### Alignment errors

	Bend	Quad	Sext
$\Delta K$	0.1%	0.1%	0.1%
$\Delta X$	N. A.	0.1mm	0.1mm
$\Delta Y$	N. A.	0.1mm	0.1mm
$\Delta\theta$	0.1mrad	0.1mrad	0.1mrad



# Example of tolerance evaluation

The tolerances were defined to  
**1% luminosity reduction of 100 seed average.**



# Summary of BDS Alignment Tolerances (ECM=250GeV)

1% average luminosity reduction

Red seems difficult.

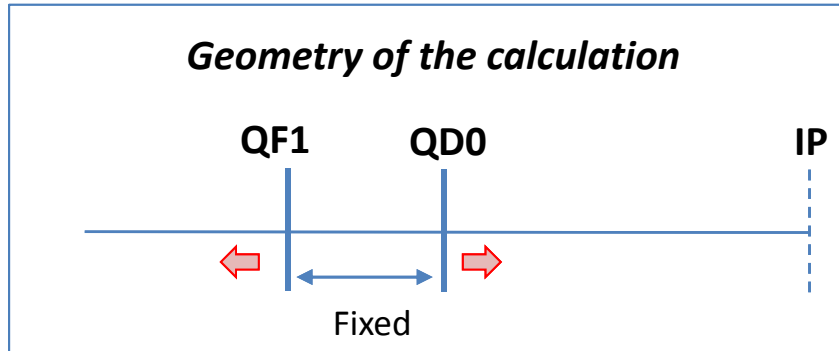
Parameters		RDR ( BX=21.0mm, BY=0.40mm)	TDR (BX=13mm, BY=0.41mm)	
Quadrupole	Initial Alignment	Position	> 200um	
		Roll	0.20mrad	
	Strength	K1	0.087%	
		K2 at R=1cm	0.160%	
	BBA		48um	25um
Sextupole	Initial Alignment	Position	> 200um	
		Roll	> 1mrad	
	Strength		> 1%	0.60%
	BBA		12.5um	7.3um
Bending Magnet	Initial Alignment	Position	> 200um	
		Roll	> 1mrad	
	Strength		> 1%	> 1%
	BPM Alignment		103um	73um

Simulation results said that

- the tolerances for TDR is 1.4times difficult to RDR for the errors related to linear optics .
- the tolerances for TDR is 2.0times difficult to RDR for the errors related to 2<sup>nd</sup> order optics.

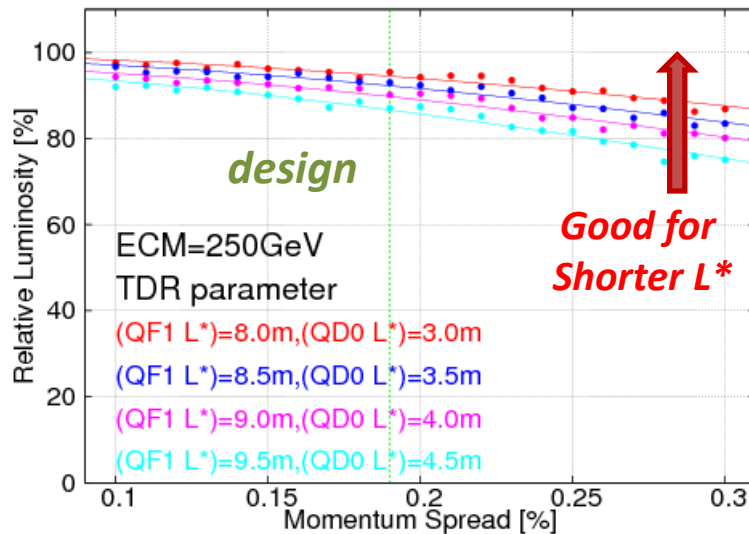


# $L^*$ dependence for same distance between QF1 and QD0

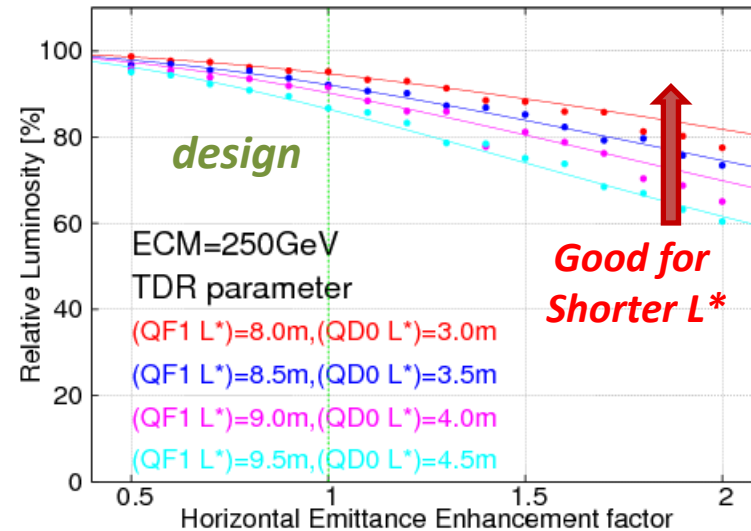


$ECM = 250\text{GeV}$   
 $\beta^* (x/y) = 13\text{mm} / 0.41\text{mm}$   
 $(QF1 L^*) - (QD0 L^*) = 5.0\text{m}$   
 $(QF1 \text{ Length}) = 1.0\text{m}$  ( half length of TDR design)  
 $(QD0 \text{ Length}) = 2.2\text{m}$

## Momentum Spread



## Horizontal Emittance



In generally, the performance of FF beamline is better as small  $L^*$  as possible.

# Effect of (QD0 L\*) to collimation depth

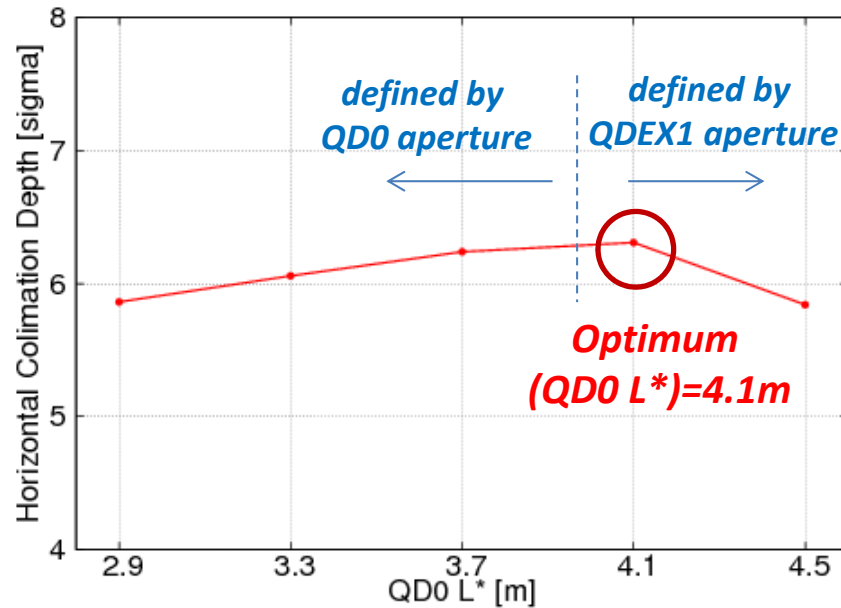
$$ECM = 250\text{GeV}$$

$$\beta^* (x/y) = 13\text{mm} / 0.41\text{mm}$$

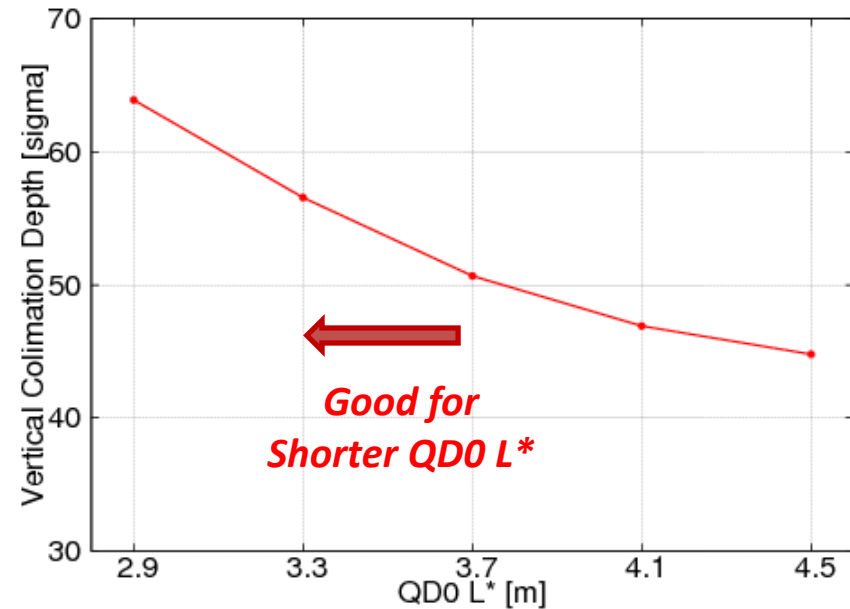
$$(QD0 L^*) = \text{variable}, \quad (QD0 \text{ Length}) = 2.2\text{m}$$

$$(QF1 L^*) = 9.5\text{m}, \quad (QF1 \text{ Length}) = 1.0\text{m} \text{ ( half length of TDR design)}$$

## Horizontal Collimation Depth



## Vertical Collimation Depth



The horizontal collimation depth have small dependence to QD0 L\*.  
And the optimum QD0 L\* is 4.1m, when (QF1 L\*) = 9.5m .

The vertical collimation depth is larger for smaller QD0 L\*.

# Effect of (QF1 L\*) to Luminosity

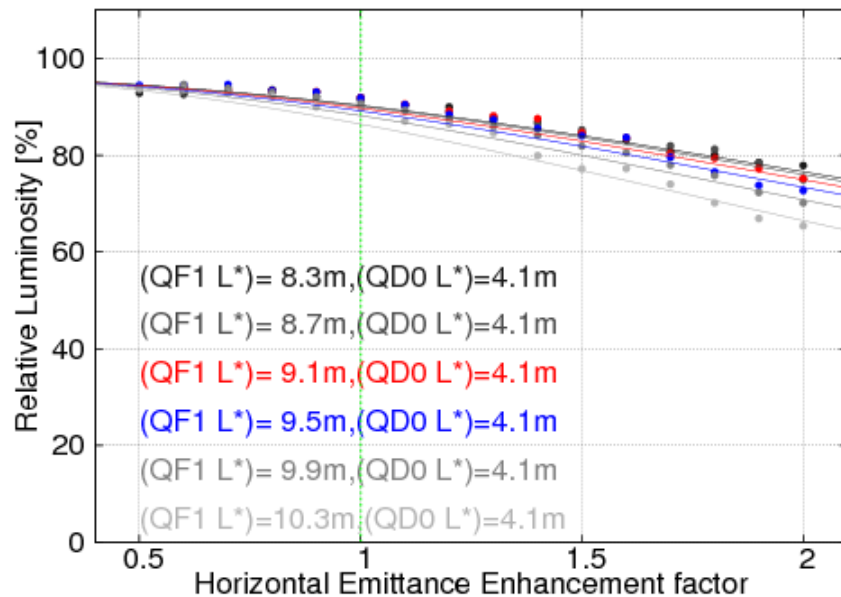
ECM = 250GeV

beta\* (x/y) = 13mm / 0.41mm

(QD0 L\*) = 4.1m , (QD0 Length) = 2.2m

(QF1 L\*) = variable, (QF1 Length) = 1.0m ( half length of TDR design)

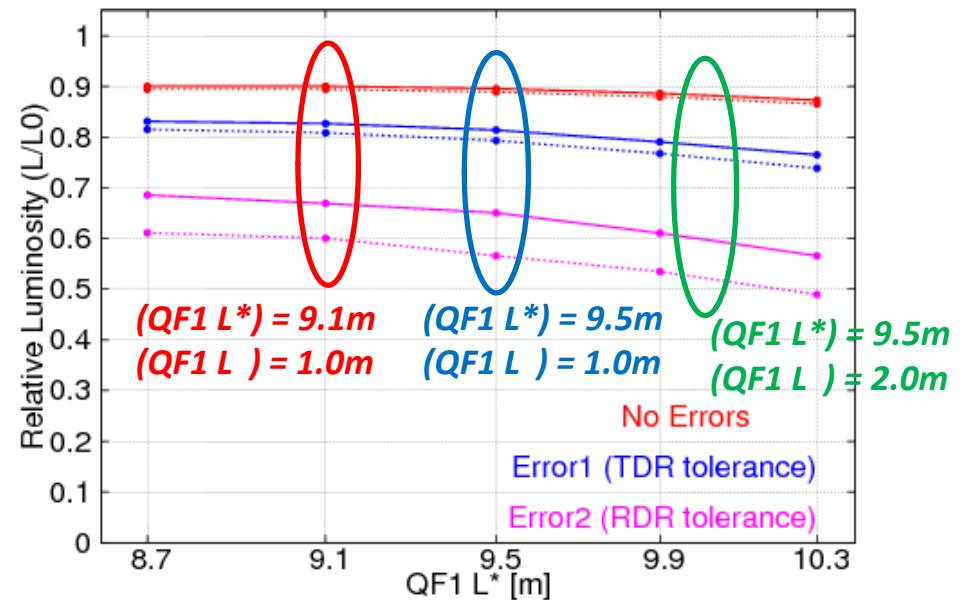
**Horizontal emittance dependence of relative luminosity**



**Relative Luminosity by Beam Tuning Simulation**

Solid Line; 80% of Machines Achieved

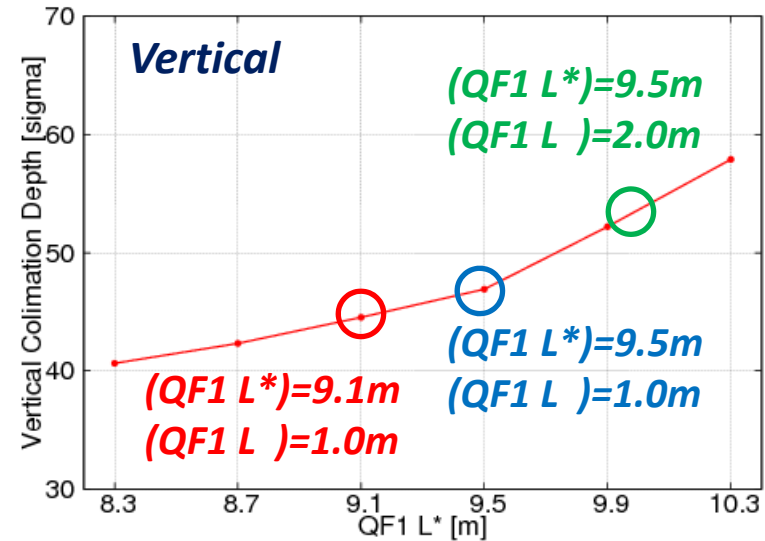
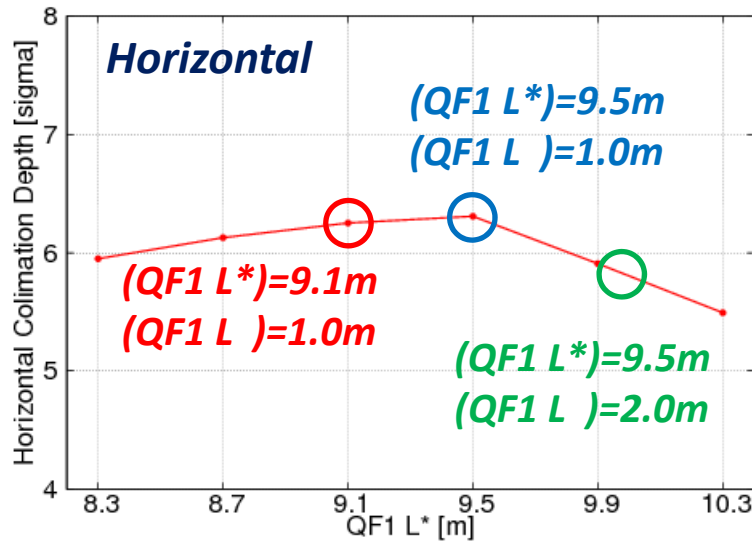
Dash Line; 90% of Machines Achieved



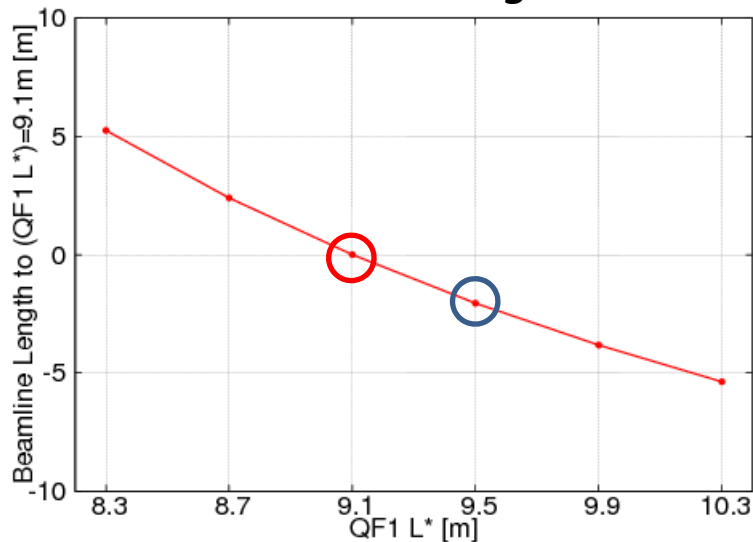
- When the horizontal beam size at FF beamline is increased, the luminosity reduction is small for shorter QF1 L\*.
- The IP beam tuning simulation also said the shorter QF1 L\* is better.

# Other Consideration for $(QF1 L^*)=9.1m$ and $9.5m$

## Collimation Depth



## FF Beamline Length



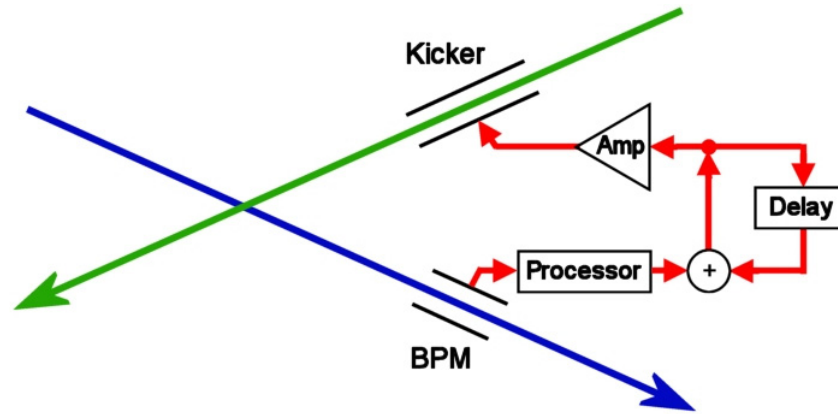
The X and Y collimation depths both for  $(QF1 L^*)=9.5m$  are a little bit larger than  $(QF1 L^*)=9.1m$ .

When we use the full length of QF1 magnet, the horizontal collimation lengths are smaller.

Optics for  $(QF1 L^*)=9.5m$  is about 2m shorter than  $(QF1 L^*)=9.1m$ .

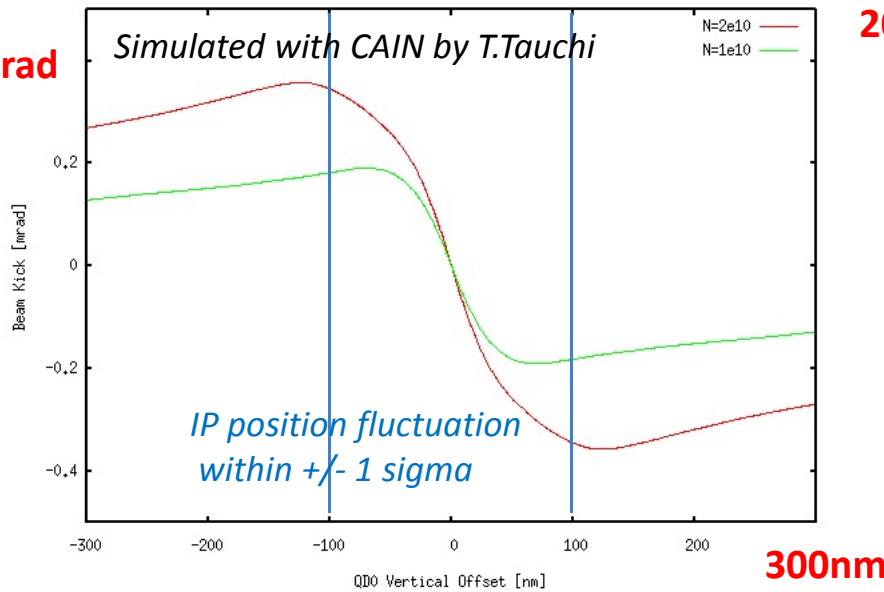
# Intra-train Feedback

ビームビーム散乱で角度が変わったビームの位置で、ビーム同士の相対位置の情報を得る。



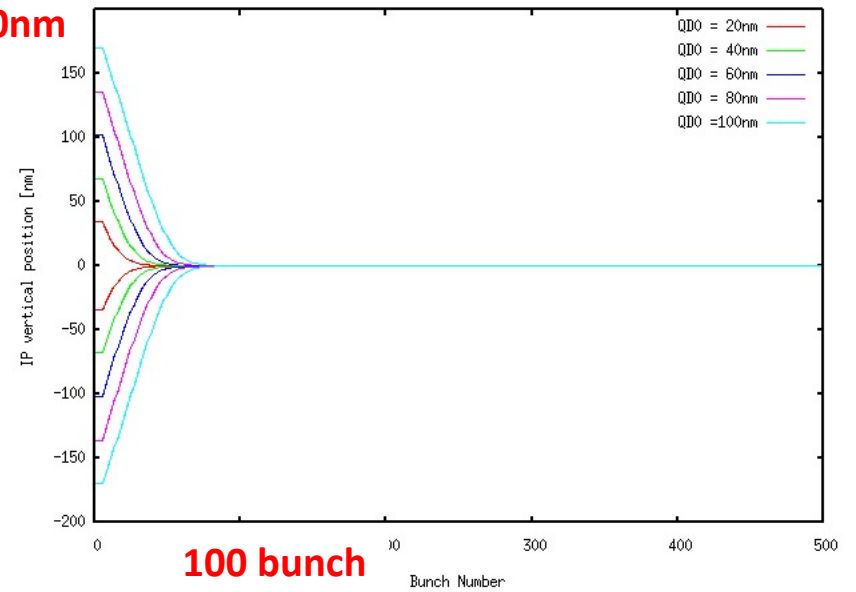
Beam-beam kick for ILC IP Parameter

0.4mrad



Example of the intra-train feedback

200nm

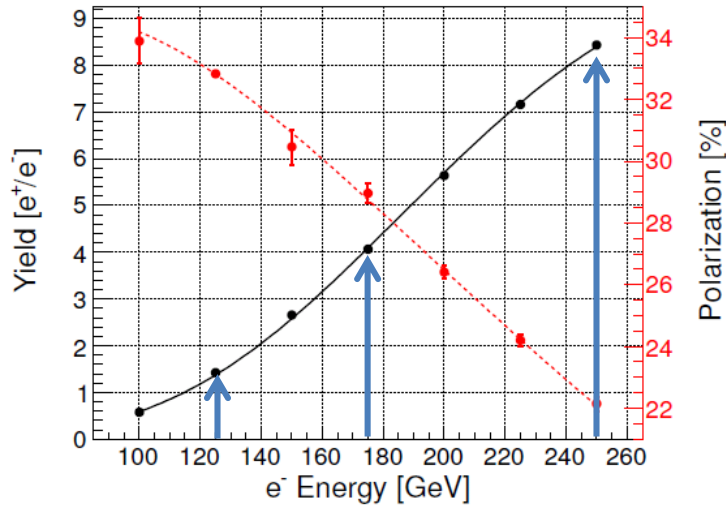


Feedback の基礎試験は ATF2 でおこなわれている(黒田氏の講義を参照のこと)。

# 2つのビームの強さが極端に違う時

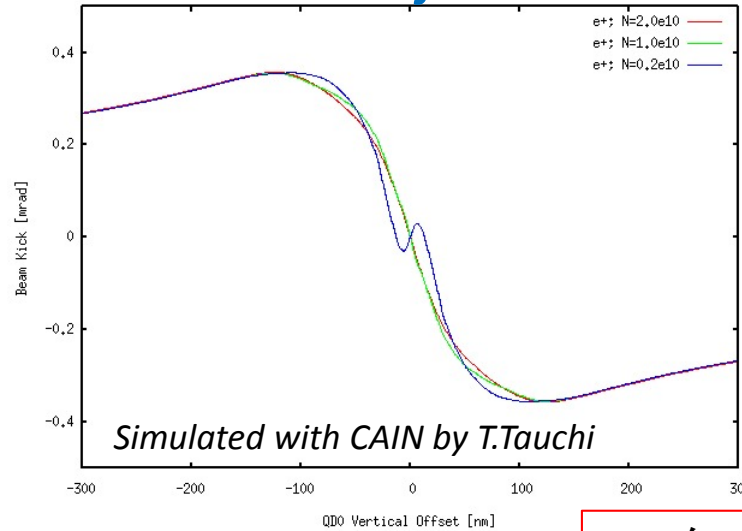
## Positron Yield (Undulator)

231 m undulator,  $K = 0.92$



A. Ushakov et al. LCWS2013

## Beam Kick for Positron



Simulated with CAIN by T.Tauchi

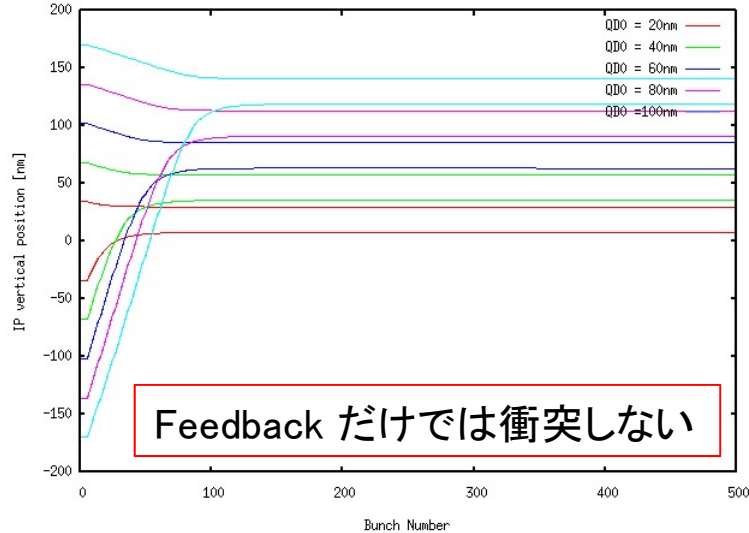
$Ne-=2.0e10,$   
 $Ne+=2.0e10$

$Ne-=2.0e10,$   
 $Ne+=1.0e10$

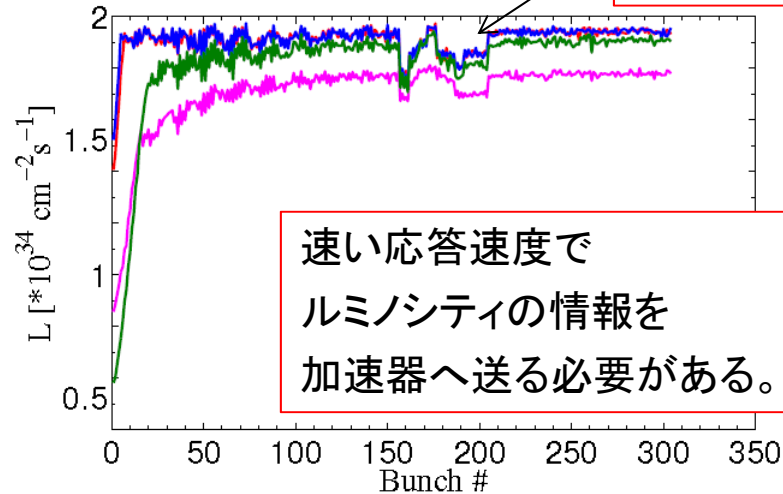
$Ne-=2.0e10,$   
 $Ne+=0.2e10$

モニターをみながら、  
ルミノシティを最大にする

## $Ne-=2.0e10, Ne+=0.2e10$



Feedback だけでは衝突しない

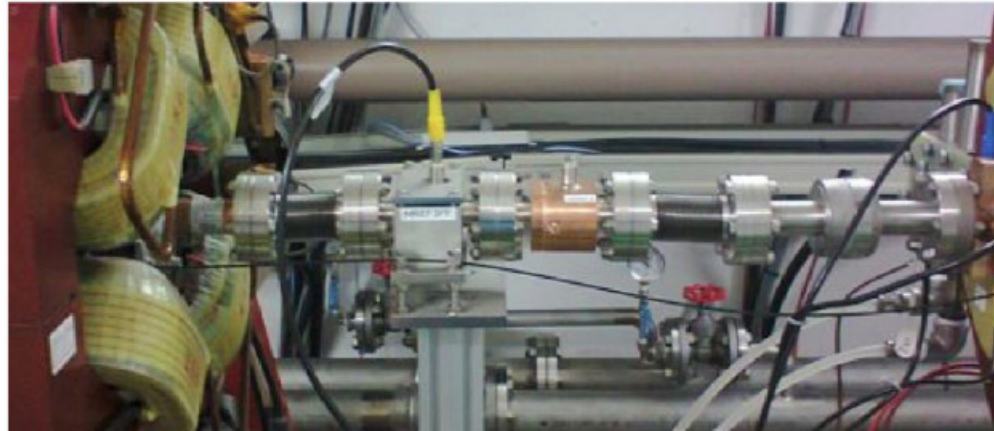


速い応答速度で  
ルミノシティの情報を  
加速器へ送る必要がある。

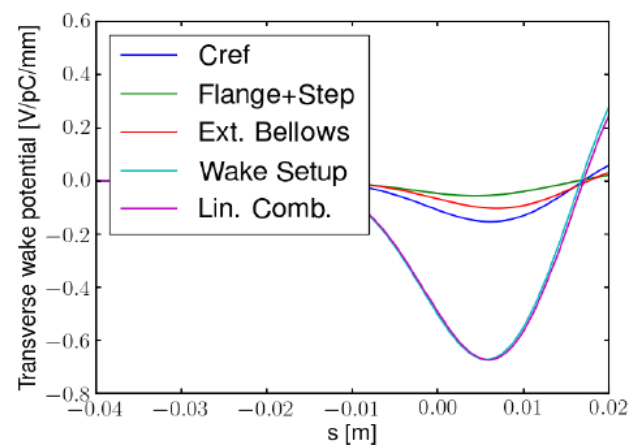
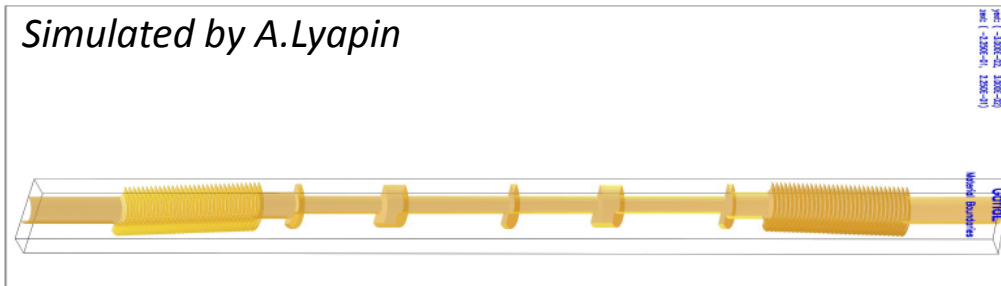
Ground motion model A,B,C:  
International Linear Collider Technical Review Committee,  
Second Report, SLAC-R-606, 2003.

# Wakefield of reference cavity system

presented by J. Snuverink (RHUL) et al., ATF2 project meeting, 2015/02/25



Simulated by A. Lyapin

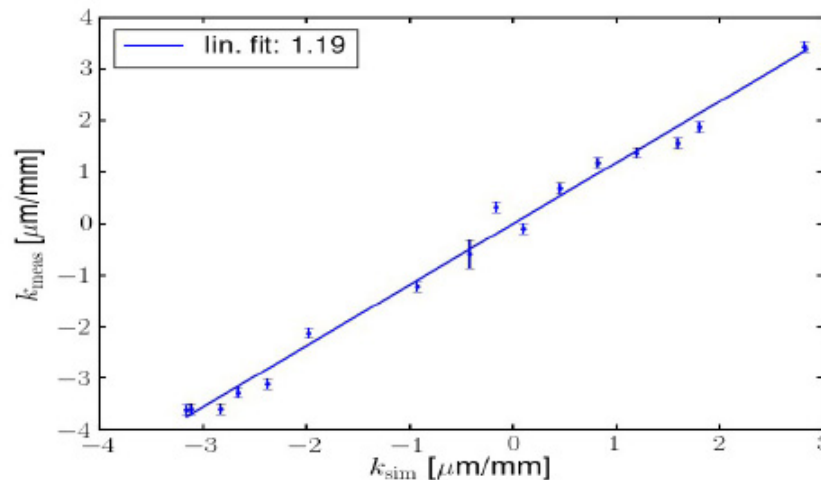
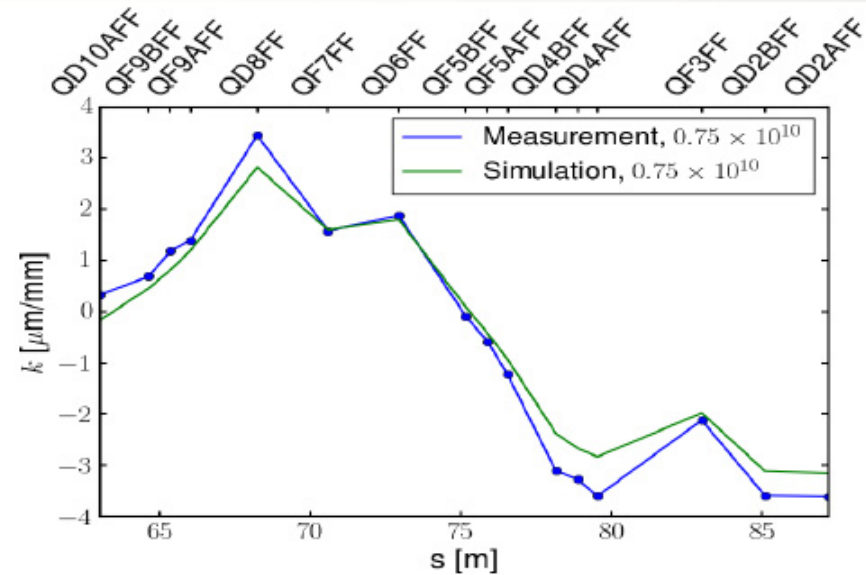


Simulated wakefield of whole setup increased by 30% wrt earlier simulations

Combined setup and linear combination by adding individual components agree

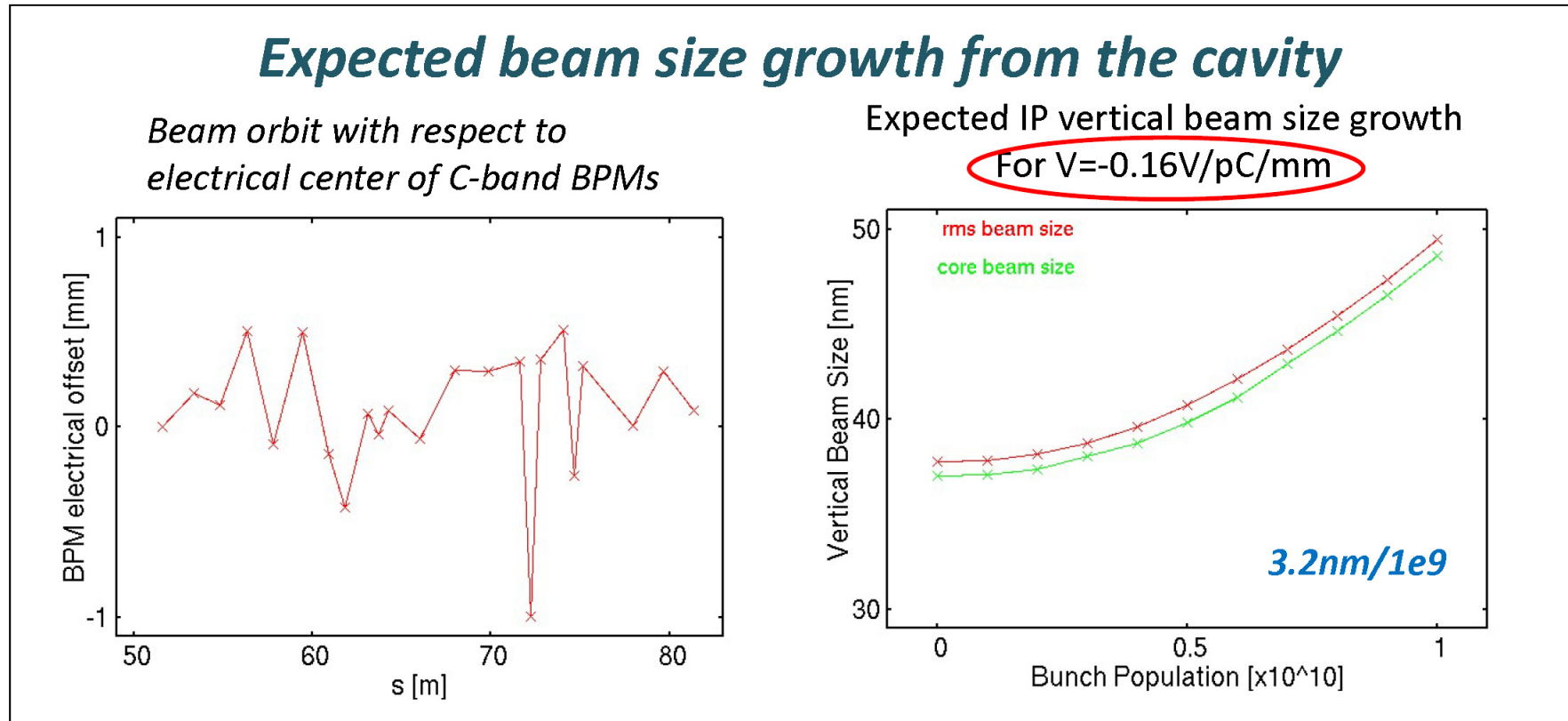
# Comparison with simulation

- Measured orbit shape agrees well
- Now about a factor 1.2 larger than simulation  
*1.8 for LCWS14*  
(numerical calculation + tracking)
- Possible remaining discrepancy might be due to bunch length, charge or (still) underestimation by simulation
- Now within experimental uncertainty:
  - bunch length (about half a mm in DR, effect on wakefield 5-10%)
    - Not measured in extraction line
  - charge (ICT calibration error 5-10%)





# ビーム電流依存性の原因



Wakefield というビームがチェンバーを通過するとき生じる電磁場の影響だと考えている。

しかし、主要因と思われる Cavity BPM の Wakefield よりも、  
更に3-4倍強い影響が観測されている。