

ILC 衝突点ビームモニタに関する シミュレーション評価

東北大学 伊藤和俊

1. ILC とペアモニタ
2. ビームサイズ (σ_x, σ_y) の測定精度の評価
3. 行列計算を使ったビーム測定
4. まとめ

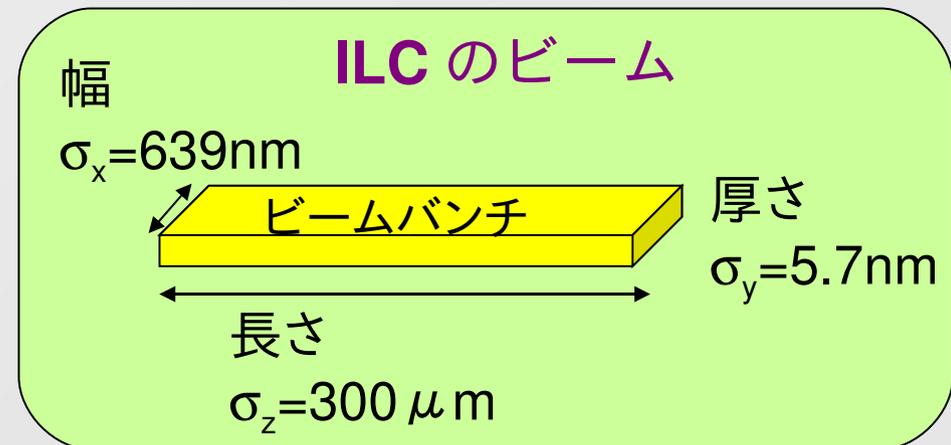
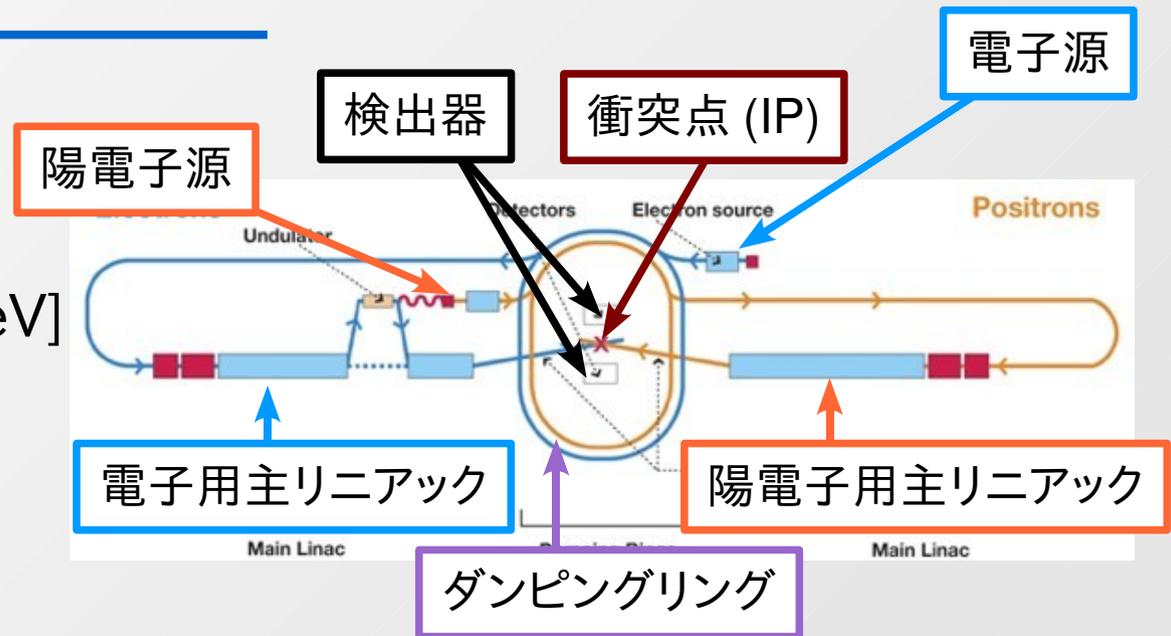
イントロダクション

ILC について

- 重心エネルギー : 500[GeV]
- 全長 : 約 30km
- 衝突角 : 14mrad

ビームプロファイルモニタ

- 1回の衝突で高ルミノシティを得るためには、ビームサイズを非常に小さくする必要がある。
- 要求性能
 - ✓ ビームサイズを 10% 以下の精度で測定
 - ✓ 衝突点でのビーム形状情報を得ること
 - ✓ 他の粒子検出器の障害にならないこと

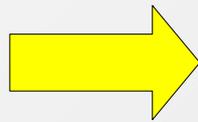
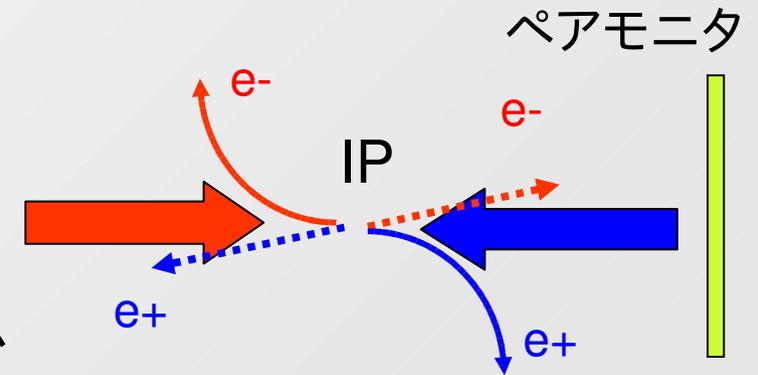


これらの要求を満たすのはペアモニタだけ

ペアモニタ

電子・陽電子ペア

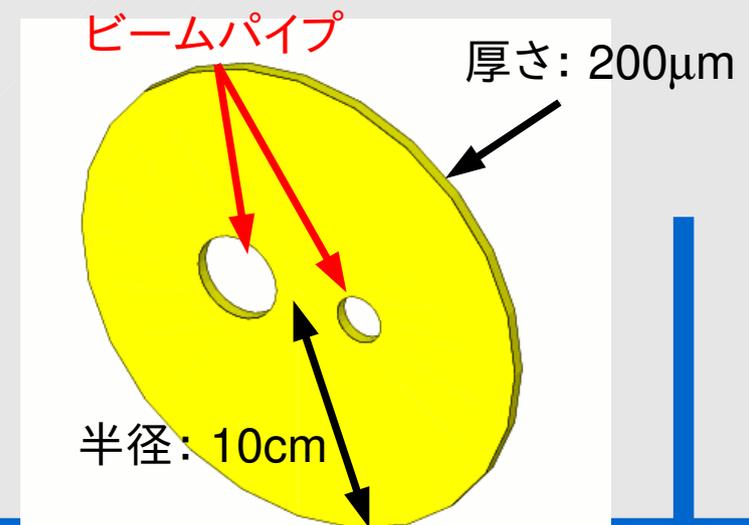
- 衝突点で光子が大量発生
- 光子とビームが反応し, 大量の電子・陽電子ペアが生成
 - ペア・バックグラウンド
- 対向するビームと同電荷の粒子は, ビームの電場により散乱



ビーム形状の情報を持っている

ペアモニタ

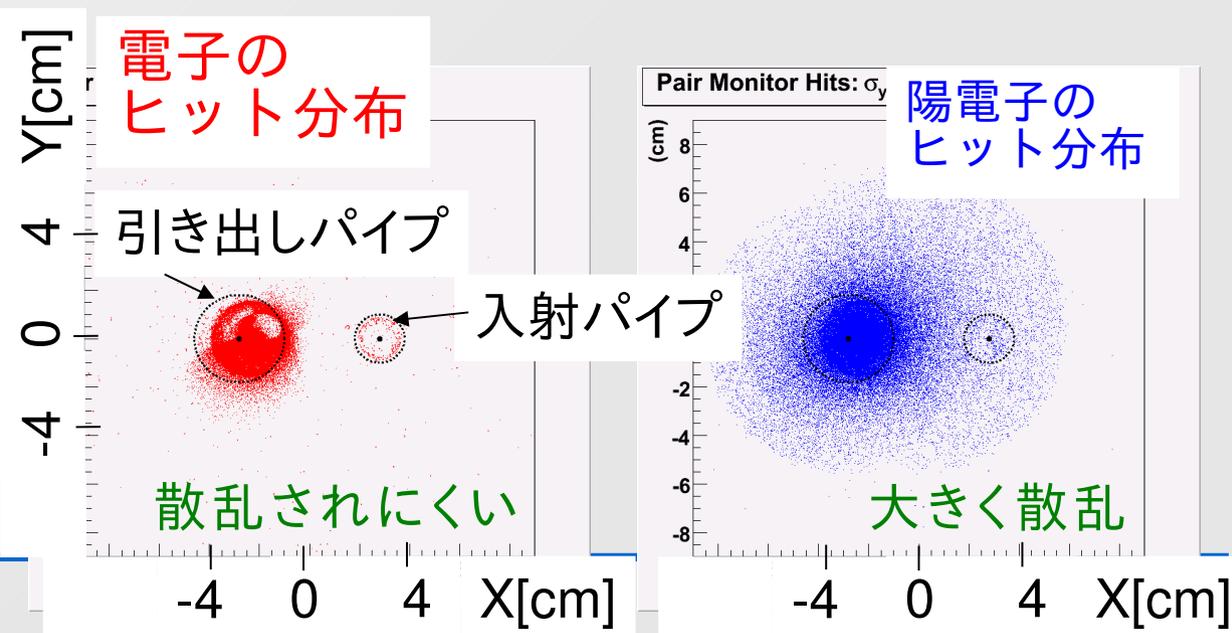
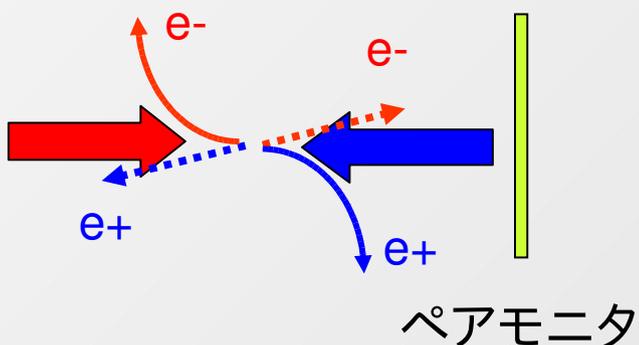
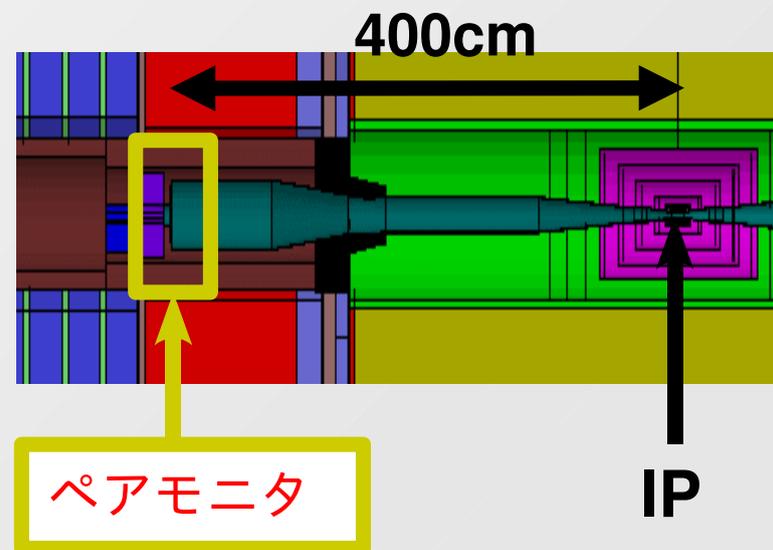
- 電子・陽電子ペアを用いてビーム形状を測定する
- シリコンピクセル検出器
- 前方検出器グループで開発が進んでいる
 - 11カ国, 14研究機関が参加



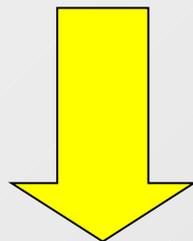
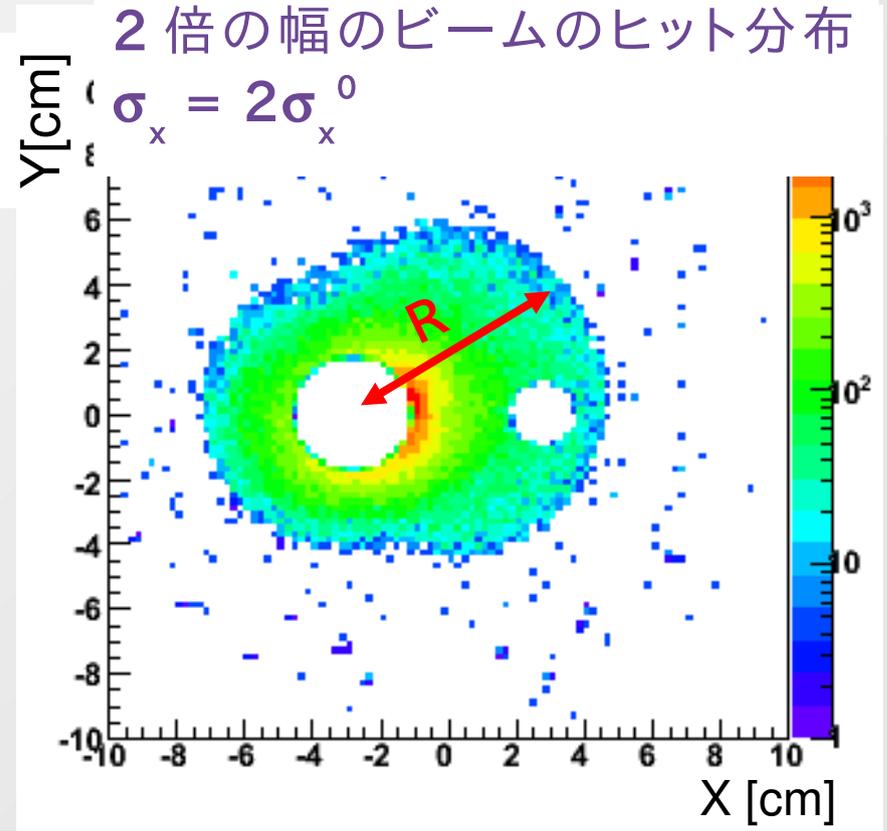
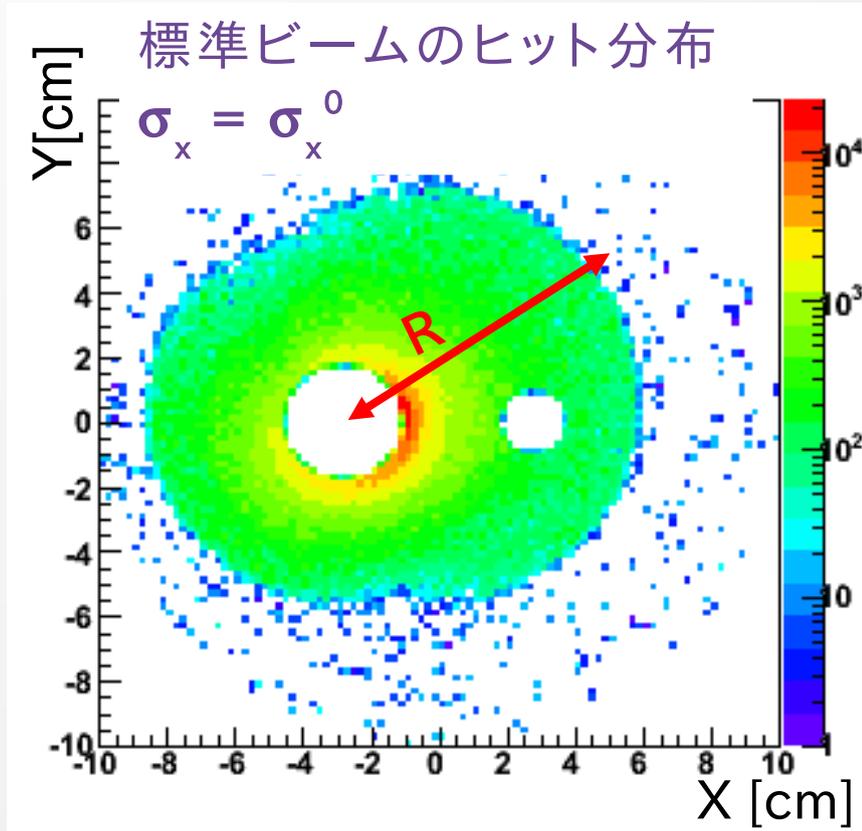
ペアモニタの概念図

シミュレーションのセットアップ

- ビームエネルギー : 重心系 500GeV
- ペア・バックグラウンド生成ツール : CAIN
- トラッキングエミュレータ : Jupiter (Geant 4 ベース)
- ペアモニタ : 衝突点 (IP) から 400cm
- 衝突角 : 14mrad
- 磁場 : ソレノイド磁場 3T + anti-DID



ビームの幅(σ_x)の測定

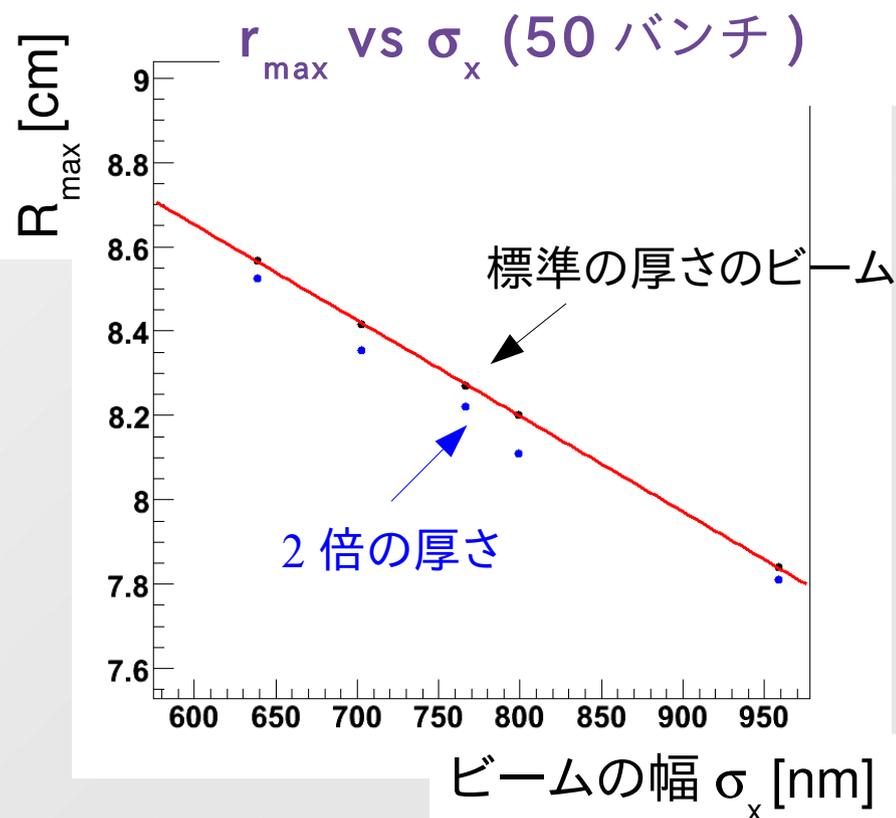
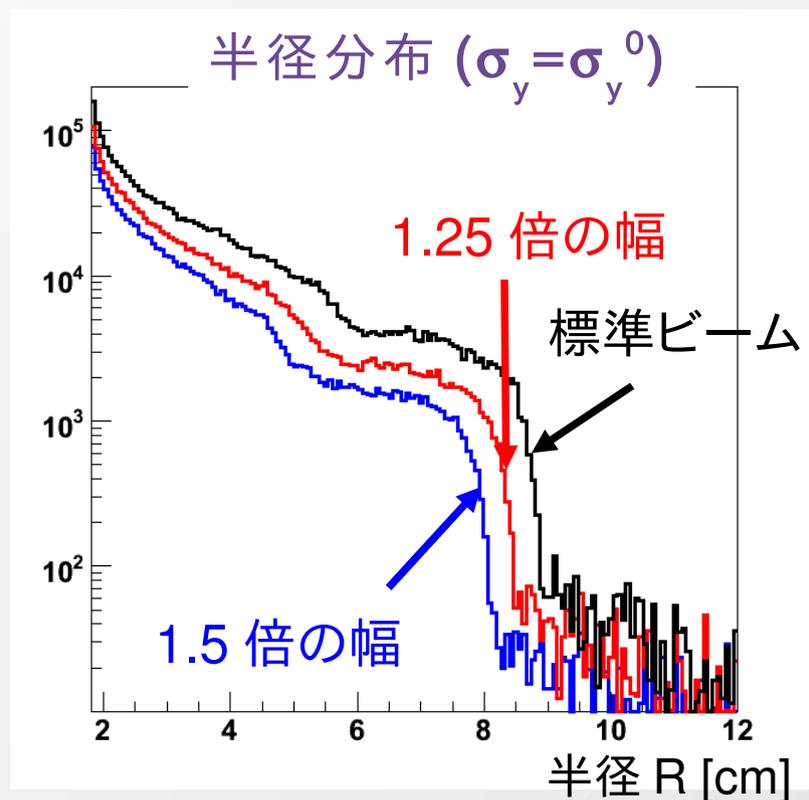


幅が大きくなると、ビーム表面の電磁場が弱くなり、散乱されにくくなる。

最大半径に注目する

ビームの幅 (σ_x) の測定能力

- 最大半径 (R_{\max}) : 99.8% のヒット数を含む領域

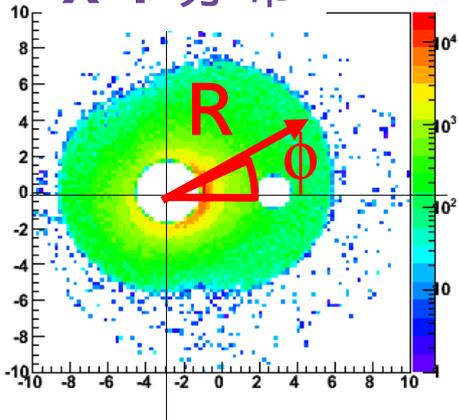


164 バンチに焼き直すと...

標準ビームでは 0.75nm(0.12%) の精度でビームの幅を測定可能。

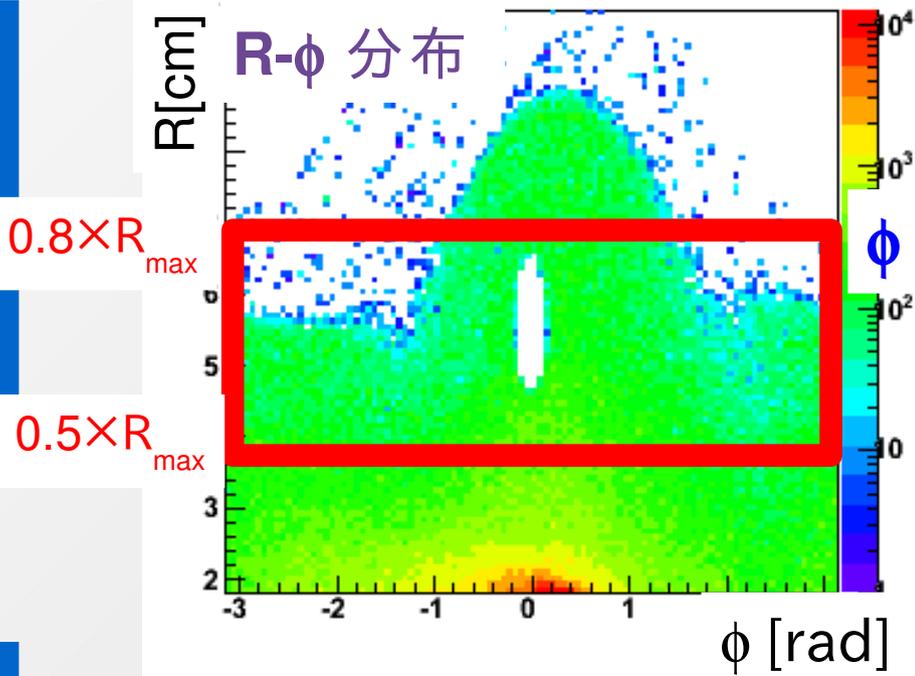
ビームの厚さ(σ_y) の測定

X-Y 分布

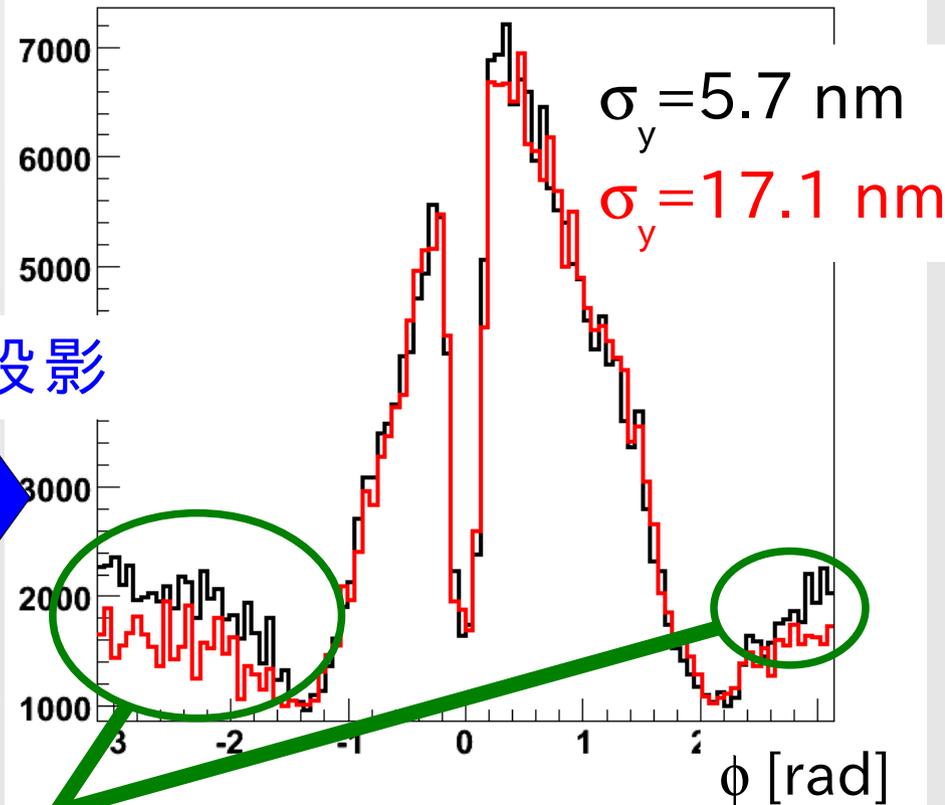


- ビーム情報を引き出すため、 ϕ 軸に投影してみる。

R- ϕ 分布

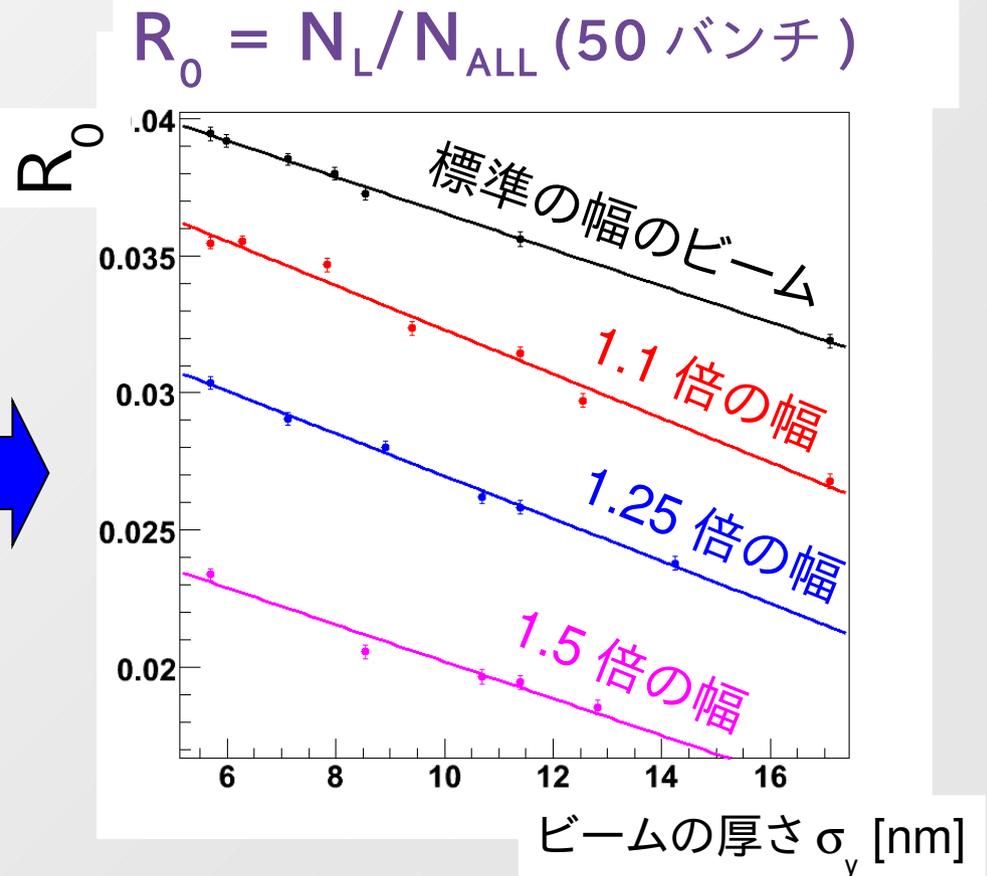
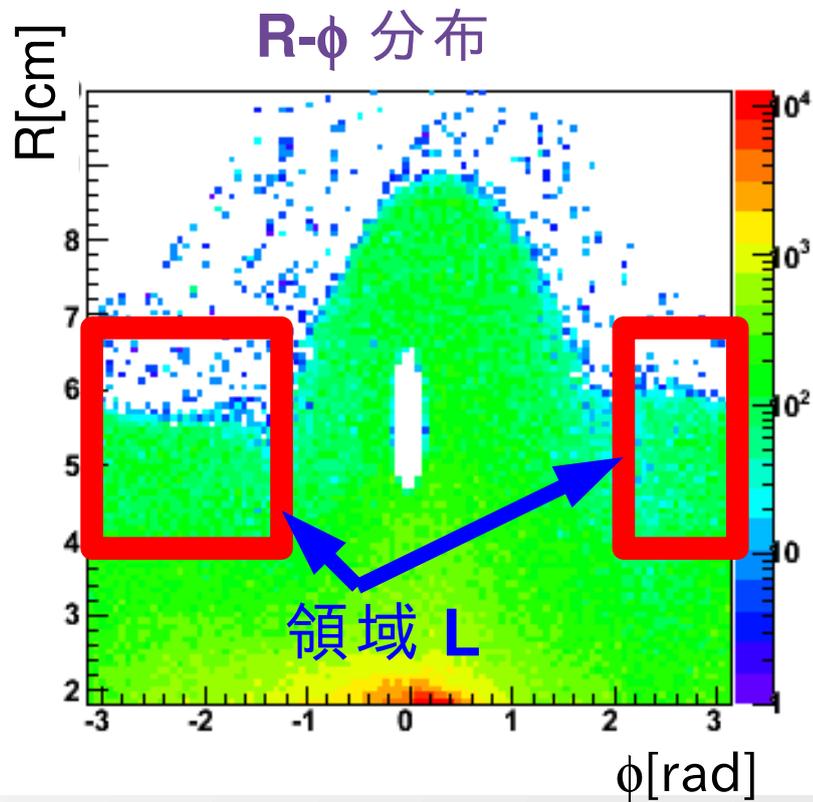


ϕ 分布 ($0.5 \times R_{max} < R < 0.8 \times R_{max}$)



ビームの厚さの情報がある

ビームの厚さ(σ_y) の測定能力



164 バンチに焼き直すと...

標準ビームでは 0.20nm(3.5%) の精度でビームの厚さを測定可能。

Next

幅 (σ_x) と厚さ (σ_y) の同時測定

ビームの幅(σ_x)と厚さ(σ_y)の同時測定

テーラー展開

$$R_{max}(\sigma_x, \sigma_y) = R_{max}(\sigma_x^0, \sigma_y^0) + \frac{\partial R_{max}}{\partial \sigma_x} (\sigma_x - \sigma_x^0) + \frac{\partial R_{max}}{\partial \sigma_y} (\sigma_y - \sigma_y^0) + \dots$$

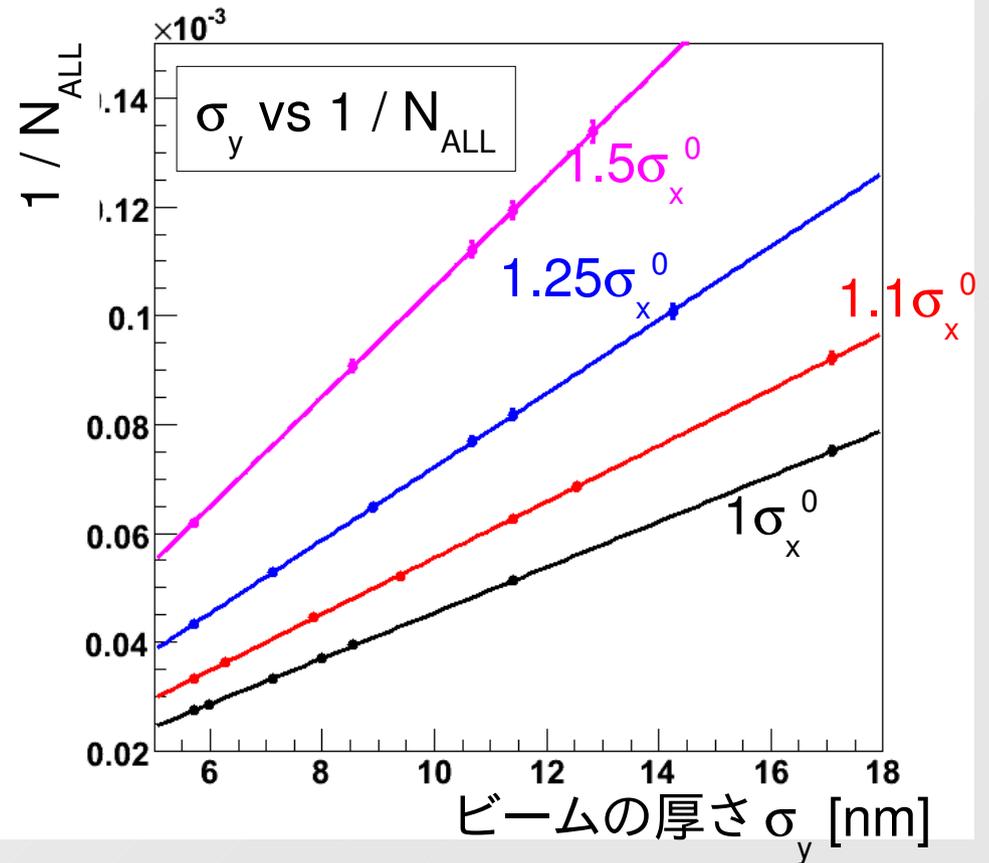
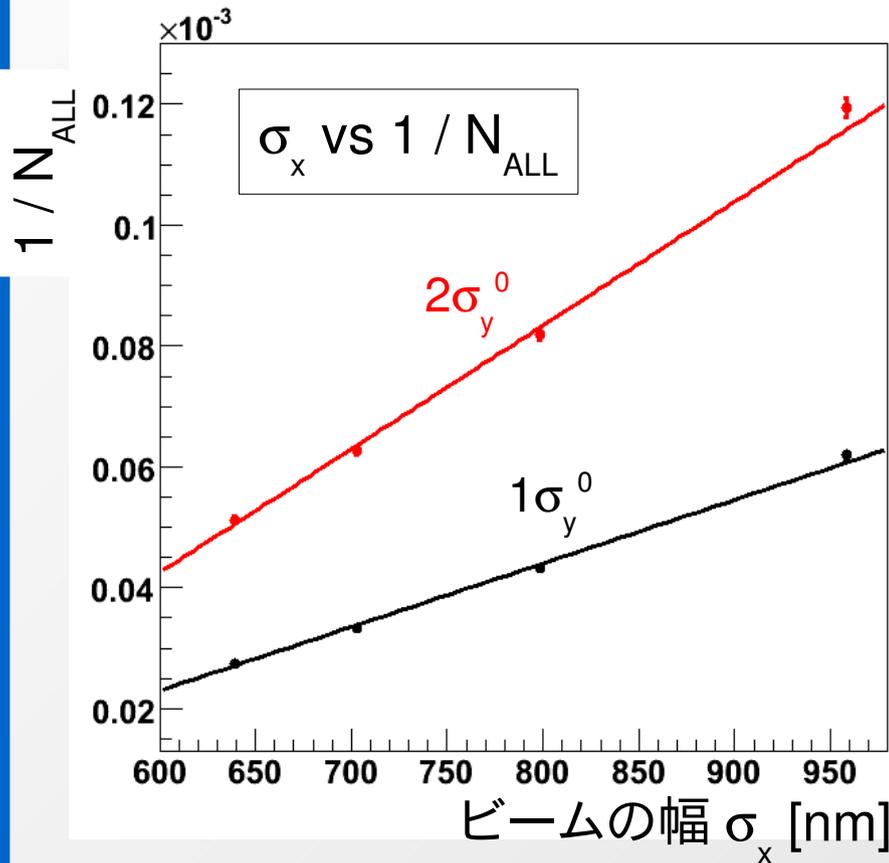
⋮

$$\begin{pmatrix} \text{測定値} \\ (R_{max}, R_0 \text{ など}) \\ (m) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{テーラー} \\ \text{行列} \\ (A) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \end{pmatrix}$$

$$m = Ax$$

$$(A^T A)^{-1} A^T m = x = \begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \end{pmatrix}$$

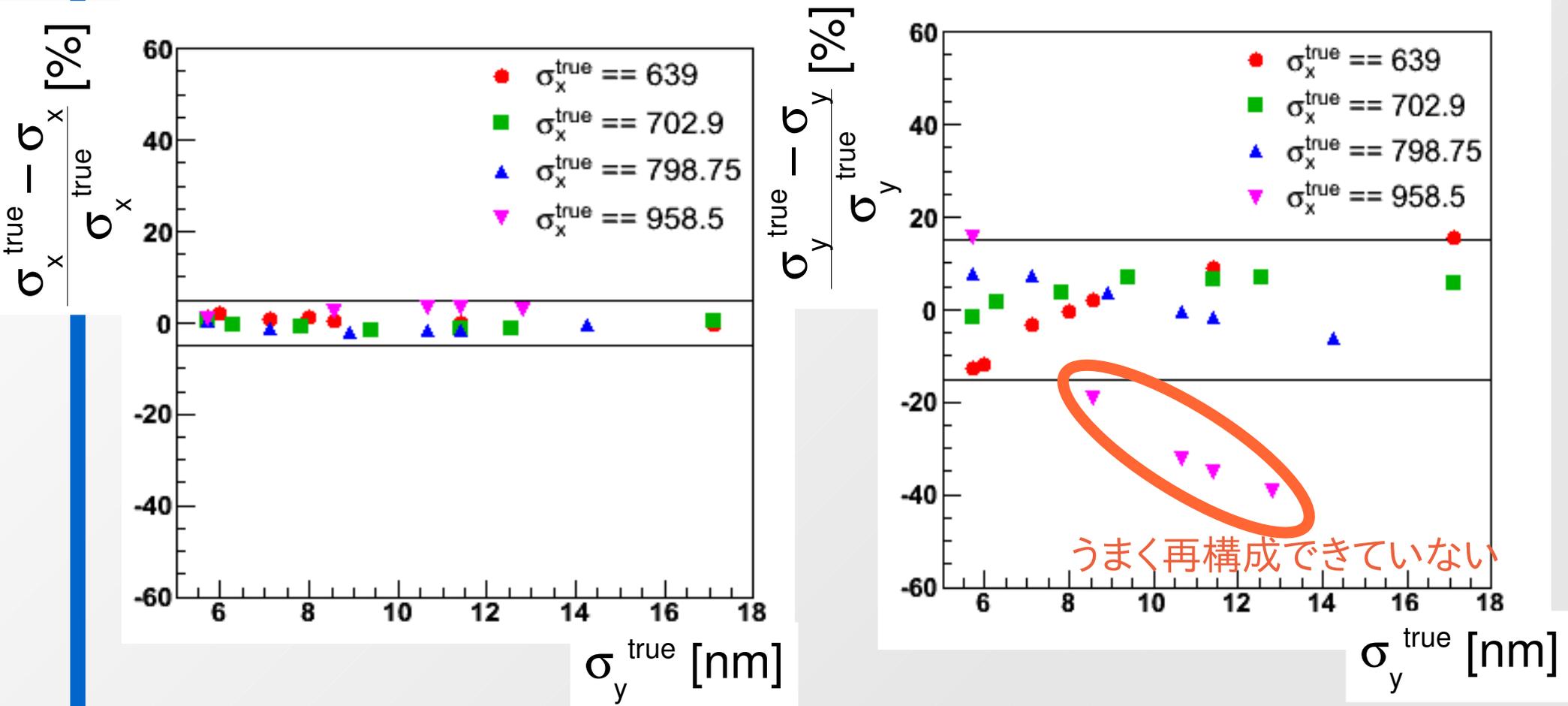
1バンチあたりのヒット数 (N_{ALL})



$1/N_{ALL}$ はビームサイズ (σ_x, σ_y) に対して線形性がある。

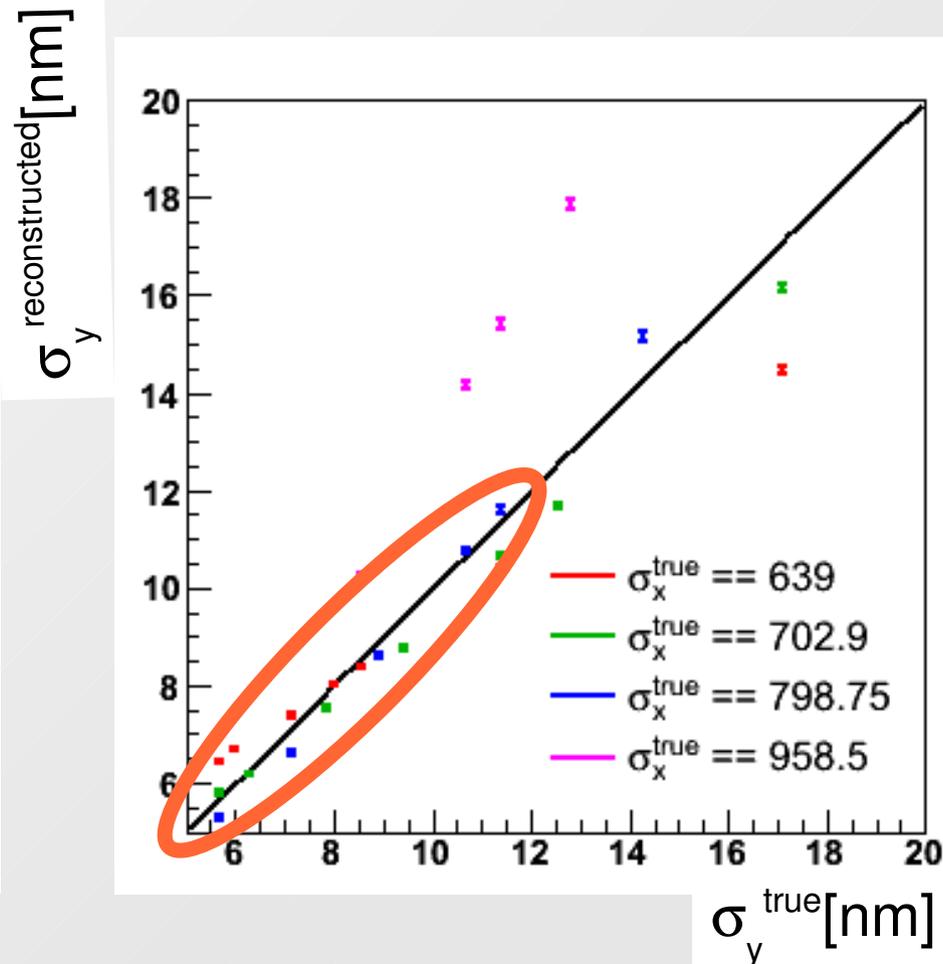
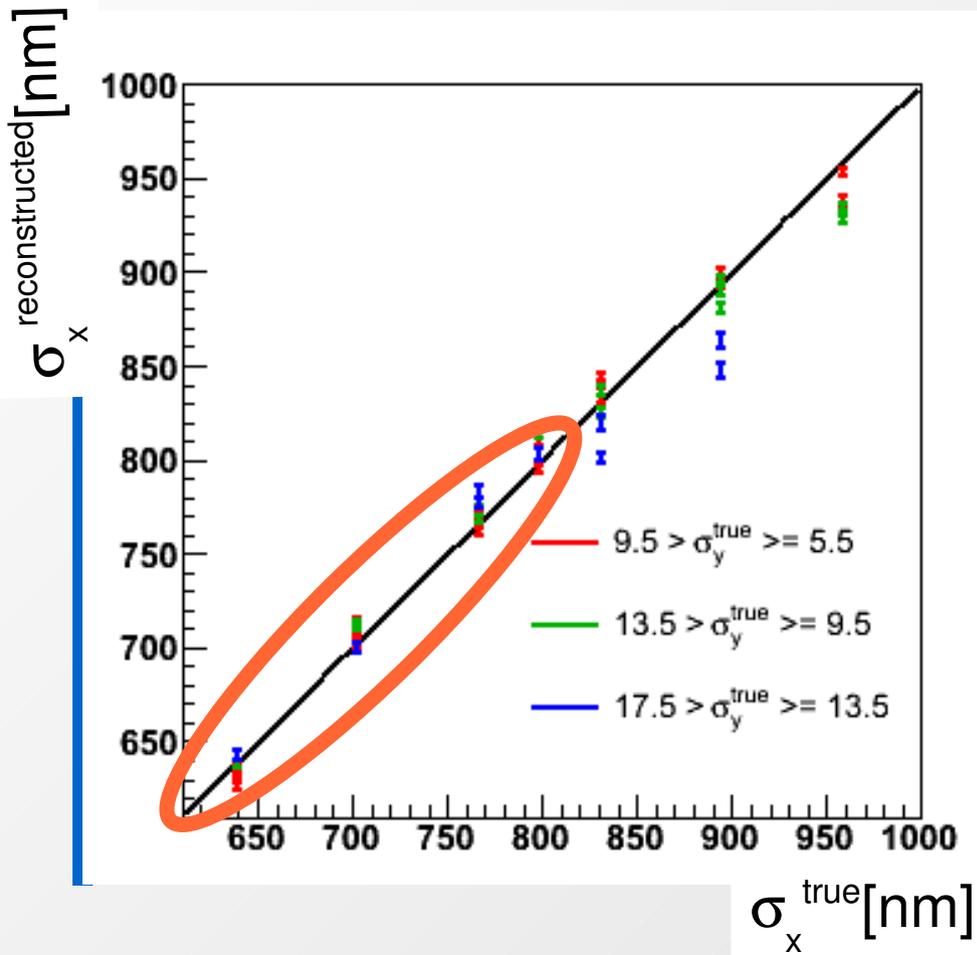
R_{max} 、 R_0 、 $1/N_{ALL}$ を用いて、幅 (σ_x) と厚さ (σ_y) の同時測定

結果



幅 σ_x は 5%、厚さ σ_y は 15% の精度で測定可能。
厚さ σ_y を 10% の精度で測定できるように研究中。

真値 vs 測定値



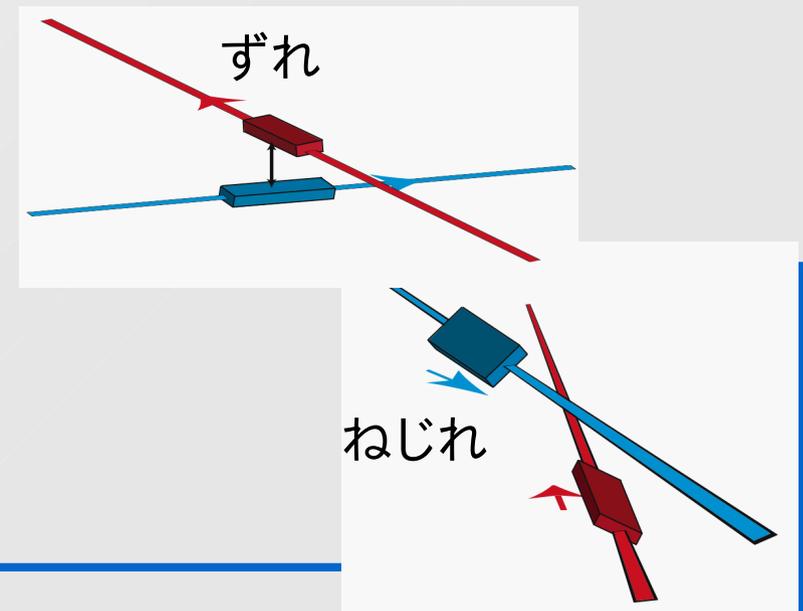
行列を用いた方法は標準ビーム付近ではうまくいっている。

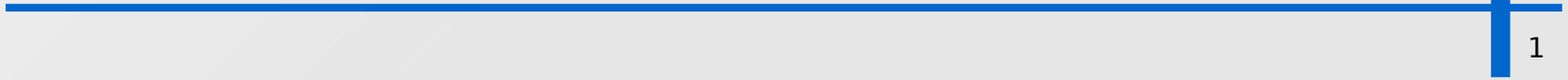
まとめ

- ペアモニタは IP でのビーム情報を測定できる。
- ビームの厚さ (σ_y) は 0.20nm、ビームの幅 (σ_x) は 0.75nm の精度で測定可能。
- ビームの厚さ (σ_y) と幅 (σ_x) は、行列を用いて同時測定できる。
 - ビームの厚さ (σ_y) は 15%
 - ビームの幅 (σ_x) は 5%

プラン

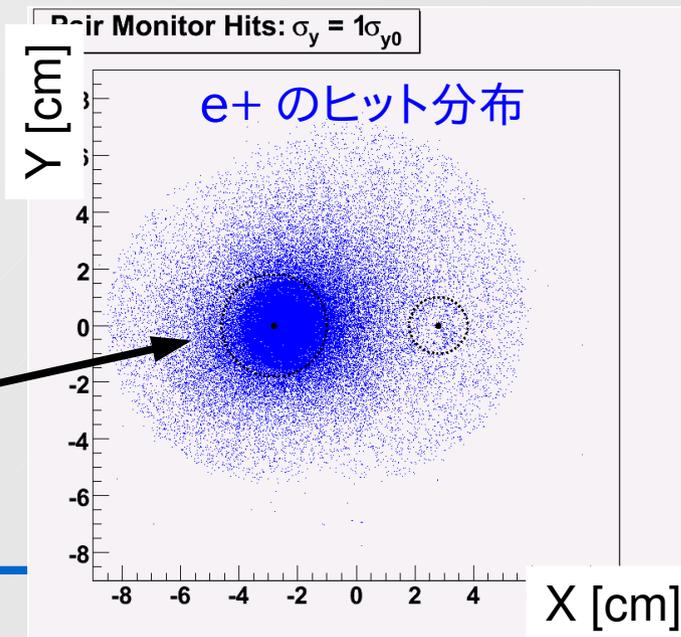
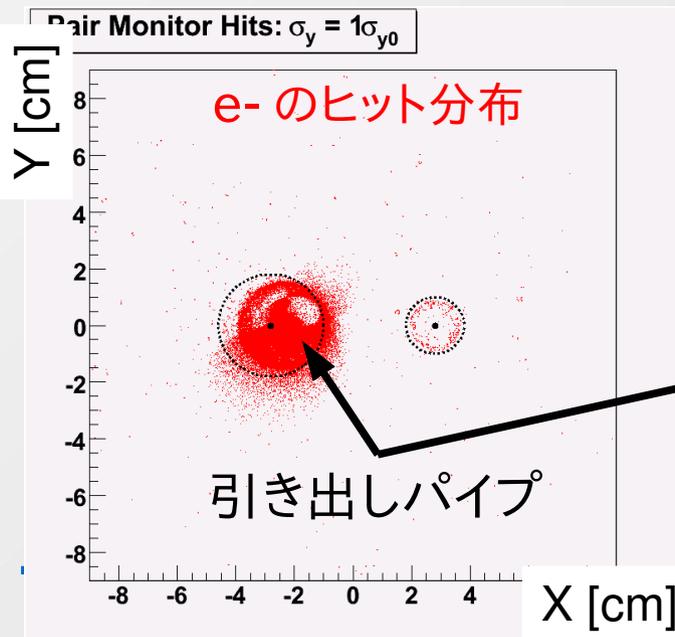
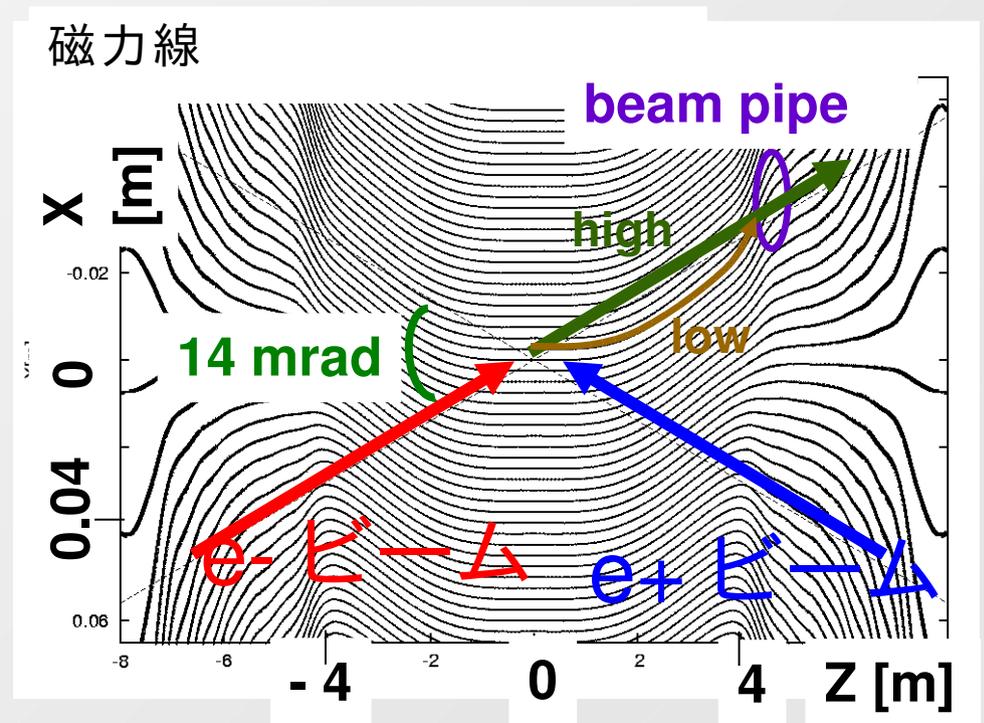
- ビームの厚さの測定精度を 10% 以下にする。
- 他のビーム情報の測定。
 - 例: ずれ, ねじれ



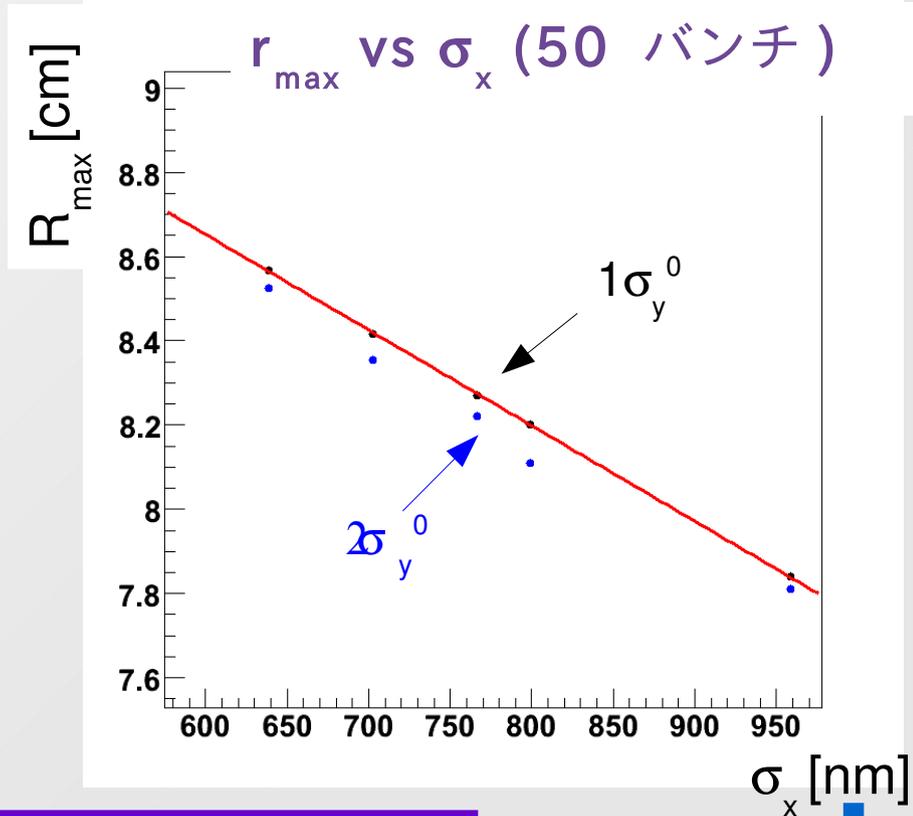
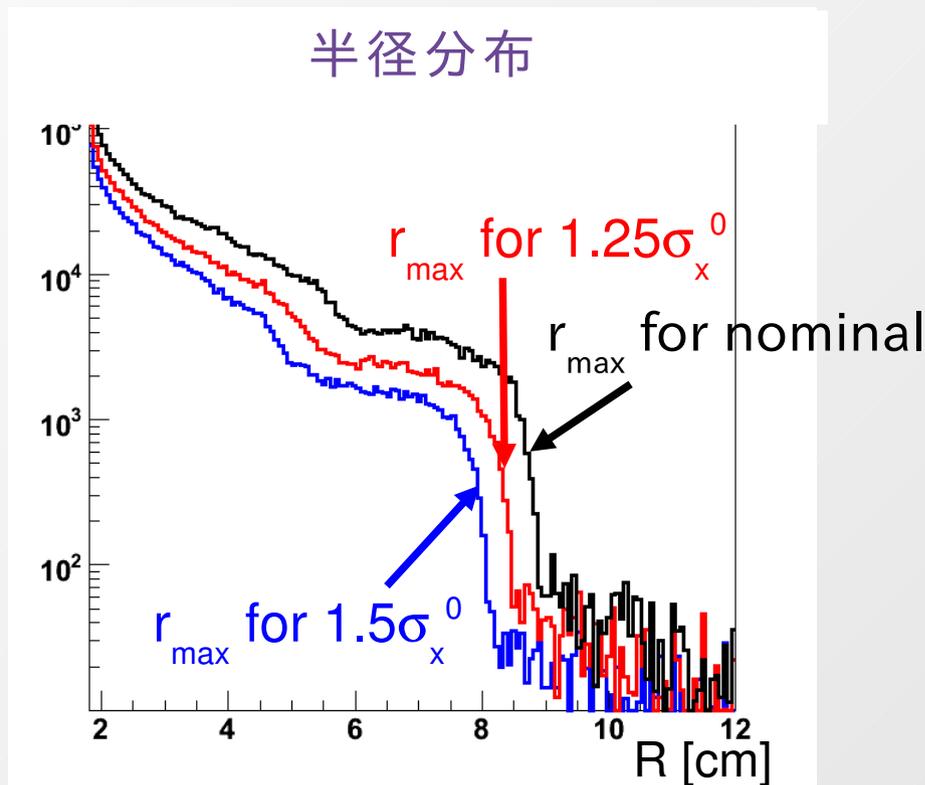


anti-DID field

- anti-DID とはペアバックグラウンドをビームパイプに導くために加える磁場。
- 1次近似の anti-DID 磁場を用いた。



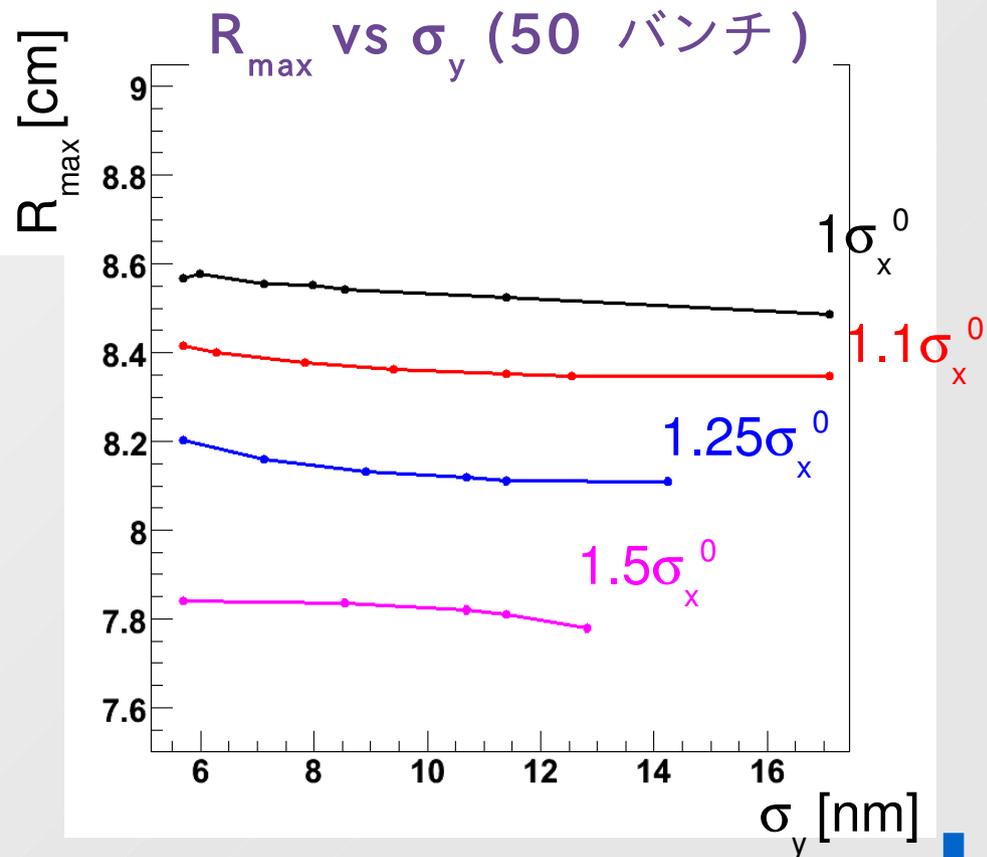
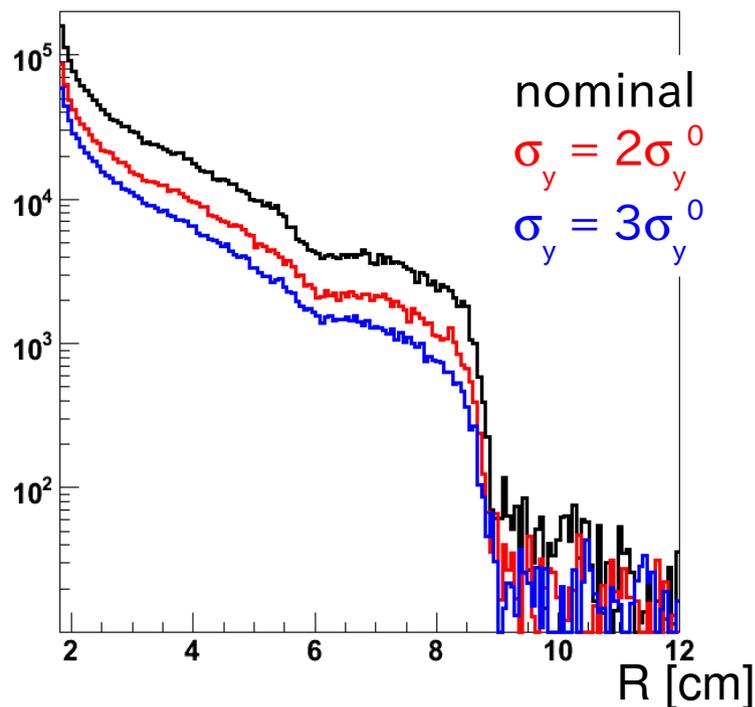
半径分布(幅)



R_{max} にはビームの幅 (σ_x) の情報がある。

半径分布(厚さ)

半径分布



R_{\max} はビームの厚さ (σ_y) の情報が無い。

ビームの厚さの変化によるヒット分布の変化

