

Zgoubiによる
PRISM-FFAGの
ビーム光学評価

久野研 栗山 靖敏

目次

- PRISMプロジェクト紹介
- PRISM-FFAGリング開発状況
- 従来までのリング性能評価
- トラッキングコード”Zgoubi”の紹介
- Geant3とZgoubiでのリング性能評価の比較
- まとめ&今後の発展

PRISMとは？

- PRISM : Phase Rotated Intense Slow Muon source
 - 荷電レプトンでのレプトンフレーバー破れ探索実験 : μ - e 転換実験
 - 大強度 : 10^{11-12} muon/sec
 - World Record 10^8 muon/sec @PSI
 - 高輝度 : $\Delta P/P = \pm 2\%$ @ 68 MeV/c
 - 高純度 : パイオン含有 $< 10^{-18}$

PRISMとは？(2)

- 4つのセクション

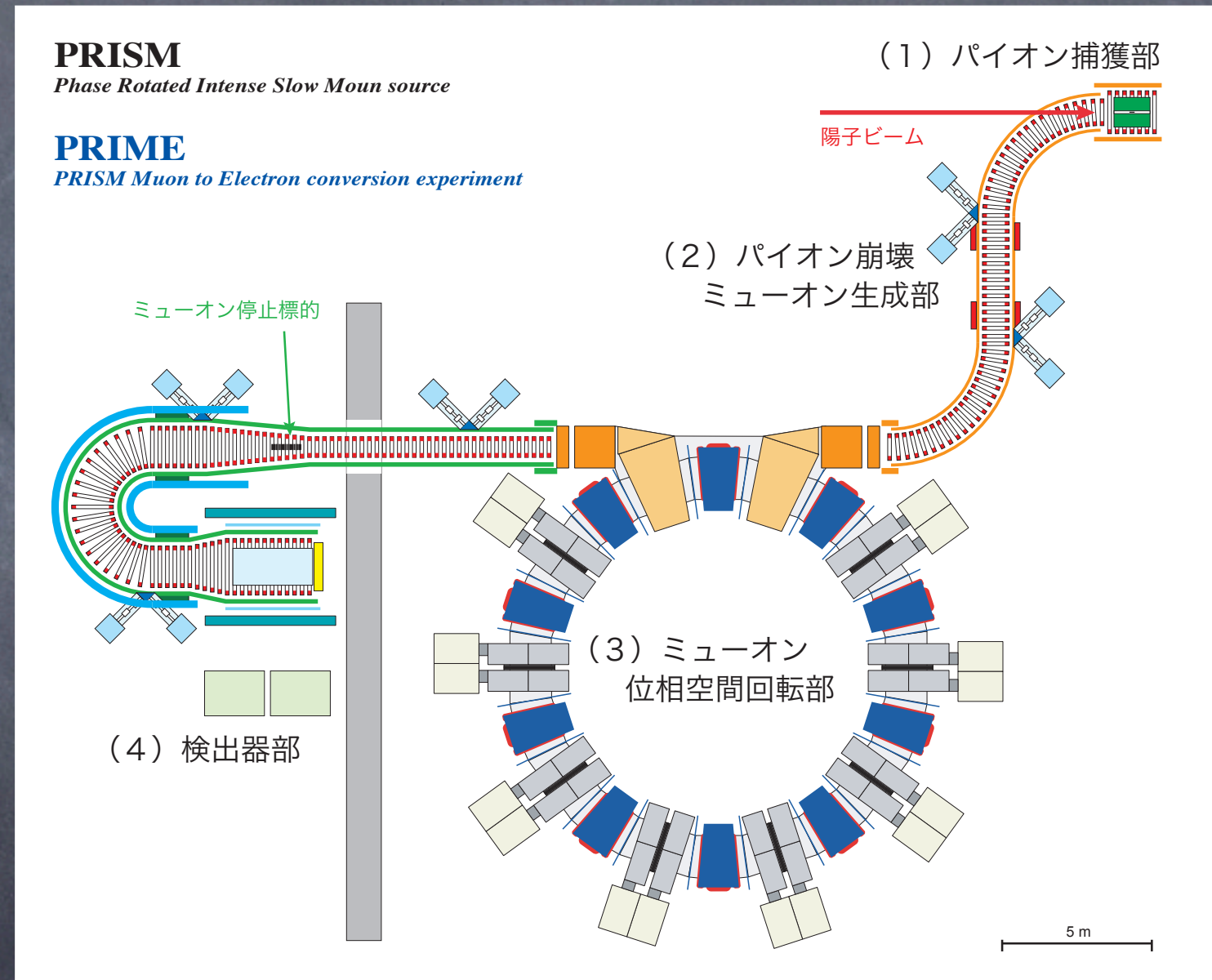
- pion捕獲

- muon生成

- 位相空間回転

- 現在、建設中!!

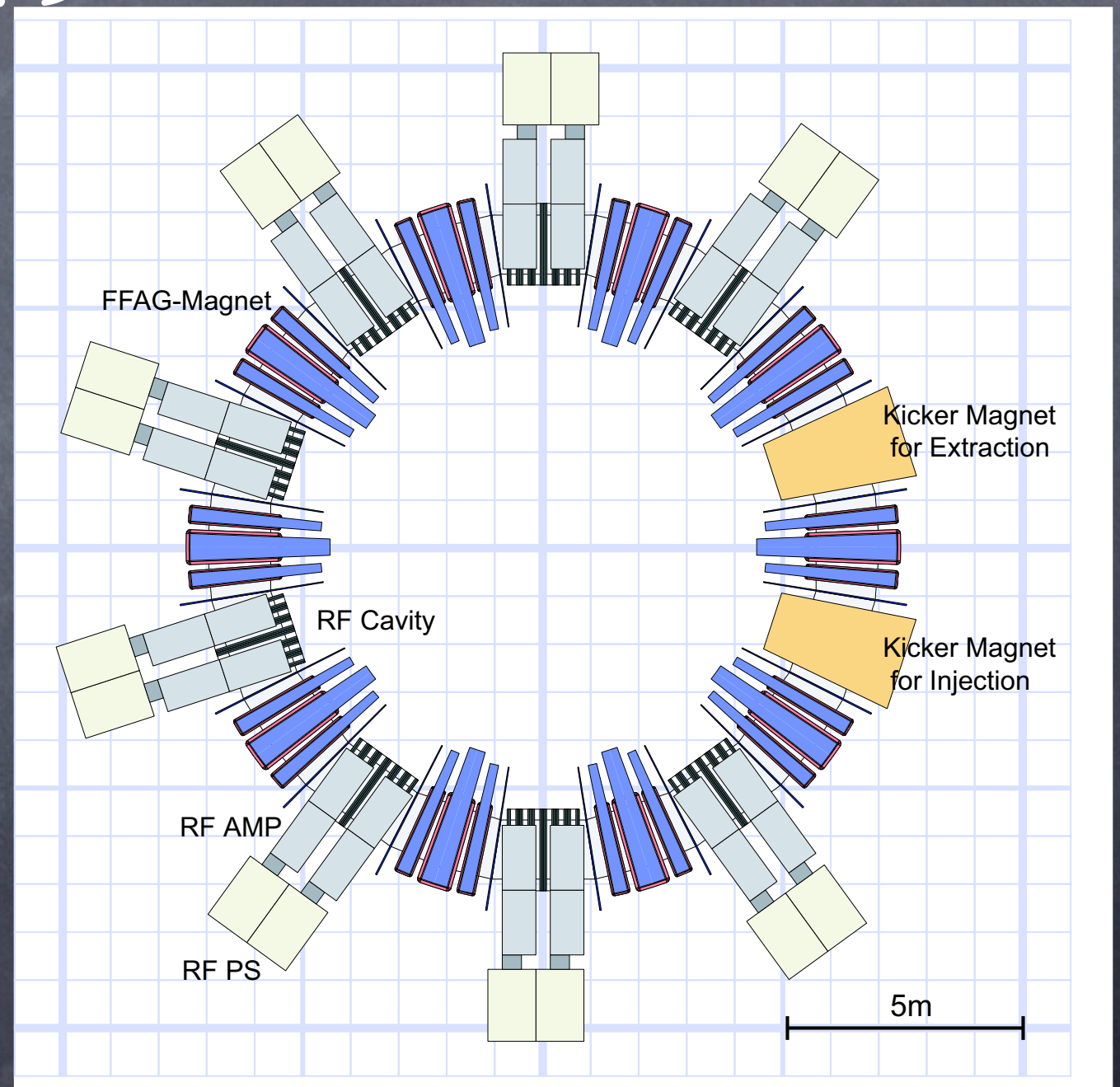
- PRIME検出器



位相空間回転部

PRISM-FFAG ring

- 運動量の広がりを抑えるために、FFAGリング内で加速空洞を用いて位相空間回転を行う
- リングパラメーター
 - 10台のC型DFD電磁石
 - 8台の加速空洞
 - $R_0 = 6.5 \text{ m}$
($p = 68 \text{ MeV}/c$)
 - ビームサイズ
100 cm X 30 cm

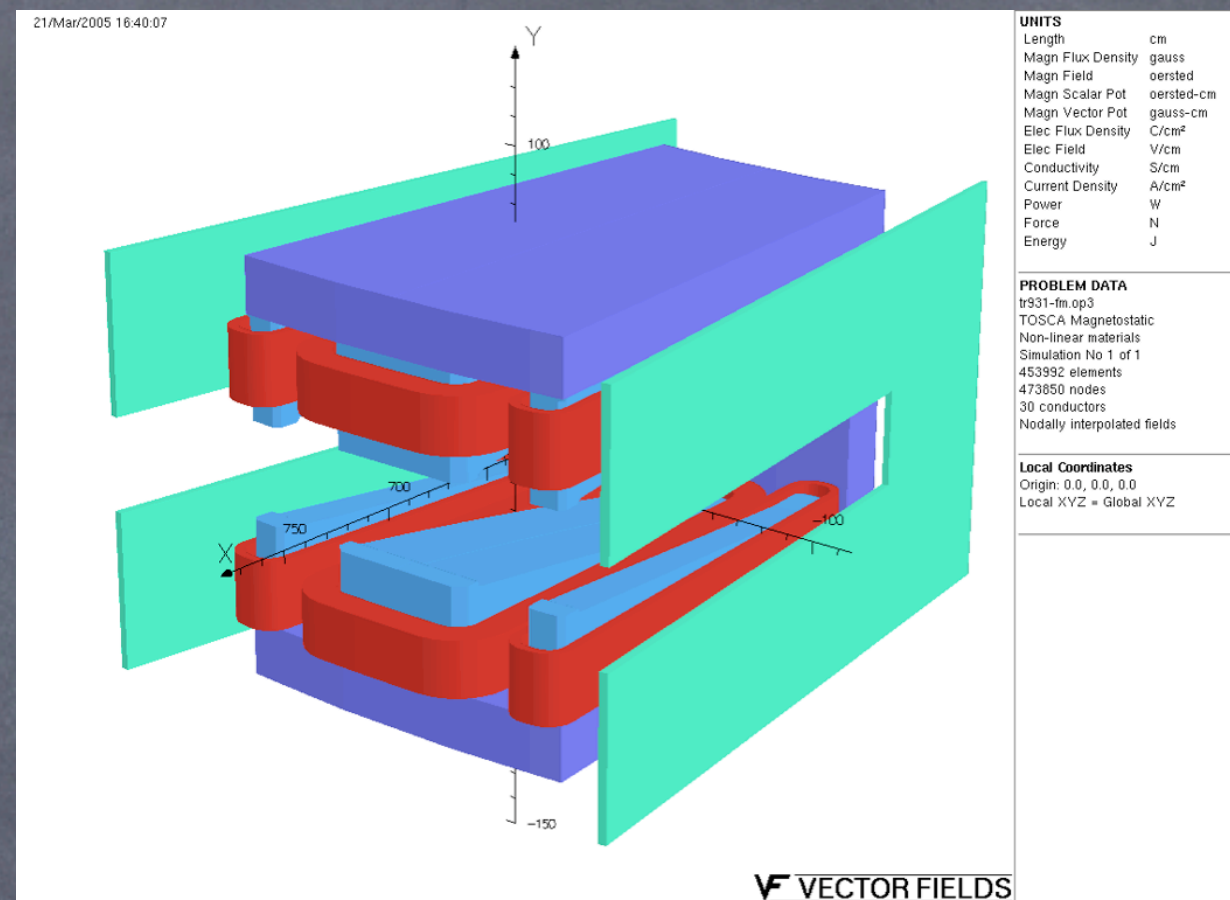


開発状況(1) FFAG電磁石

- デザインスタディ
 - Geant3 + TOSCA
(3D磁場計算コード)
 - 機能結合型 (D-F-D)
トリプレットタイプ

- 製作

- 今年度中に数台が完成予定
 - 2006年春に磁場測定を計画



開発状況(2) 加速空洞

- 電源、駆動アンプ、MAコア（磁性体）を製作
- 試験用空洞と組み合わせた試験実施
 - Gap間電圧43kVを得る事に成功
 - 位相空間回転シミュレーションにて、要求性能を満たしていることを確認
- PRISM用空洞の製作完了



トラッキングコード

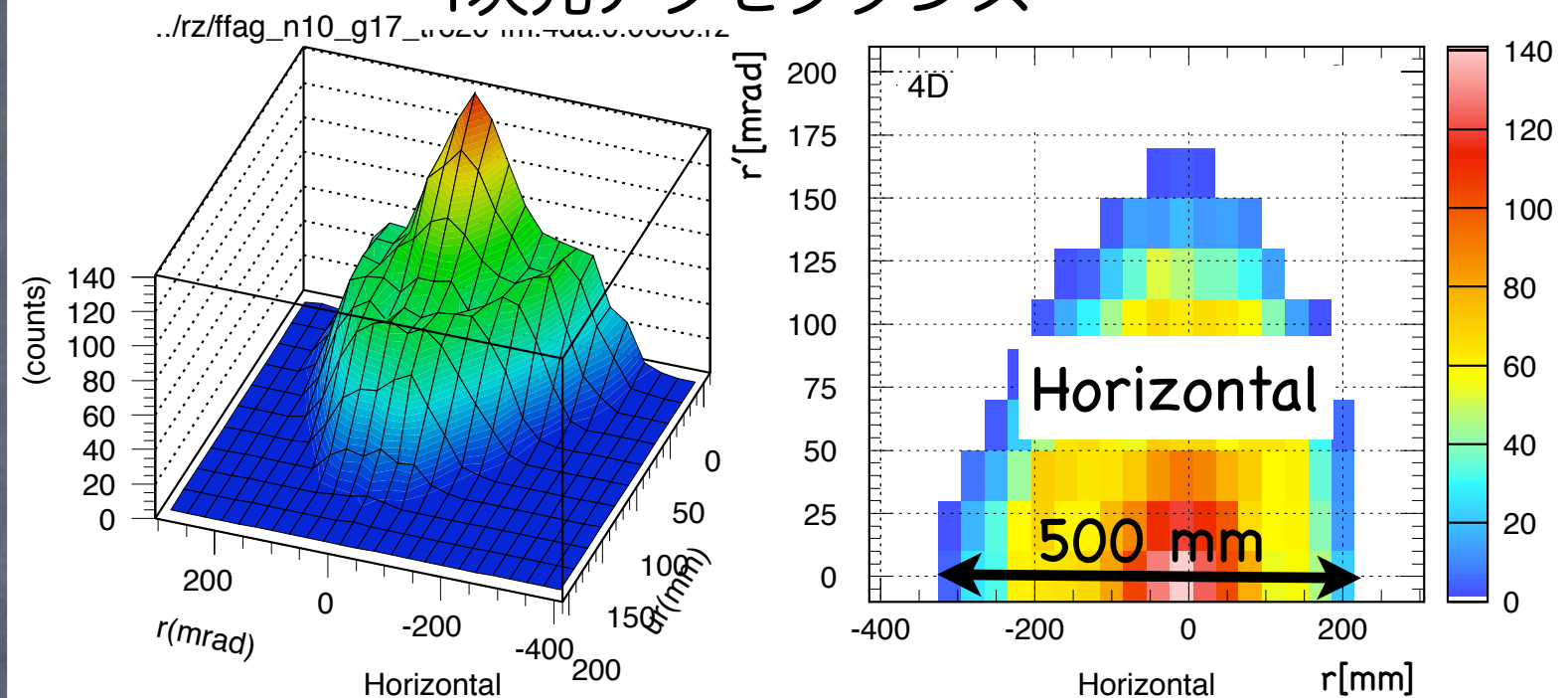
- コードへの要求

- 大アクセプタンスを実現するためのデザイン研究
- 位相空間回転シミュレーション
- バックグラウンドの見積もり
- PRIME検出器シミュレーション
- リング内を粒子は数ターンするのみ
- * これまでの研究では、Geant3を使用

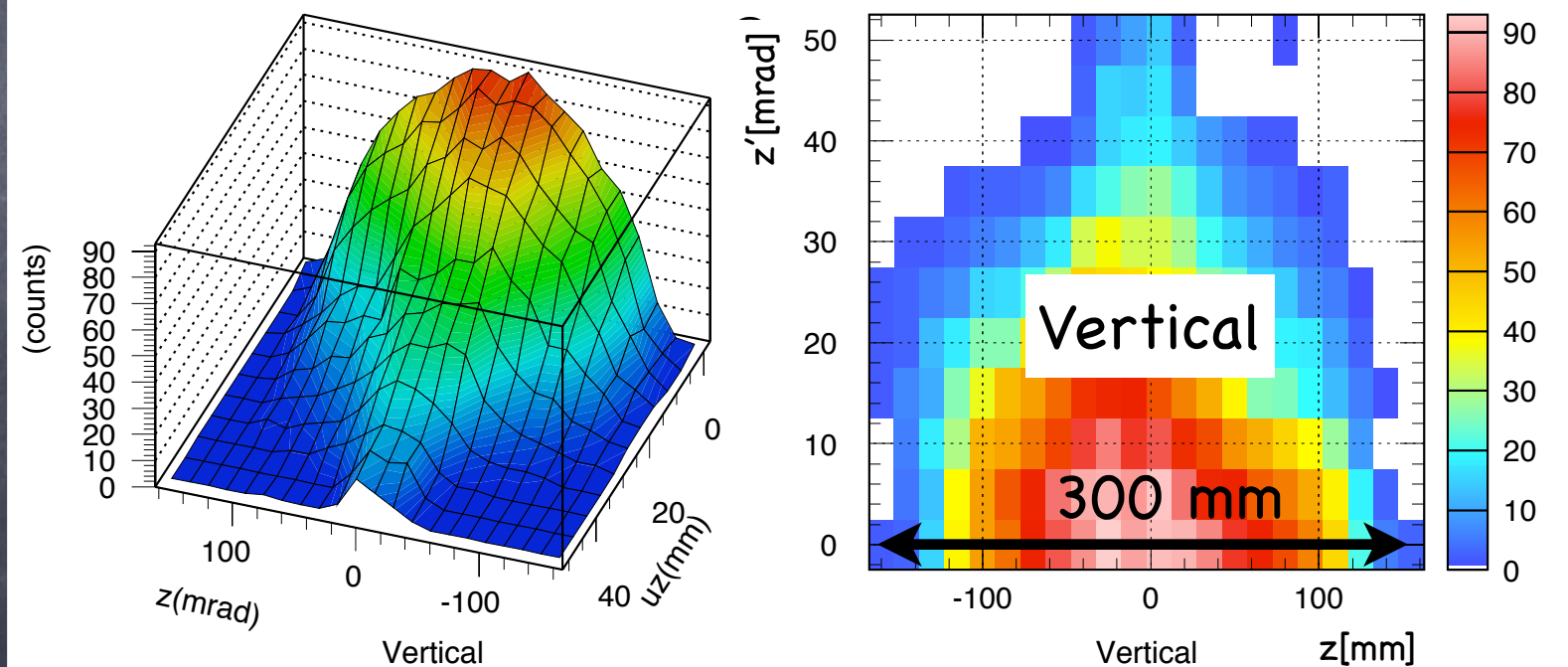
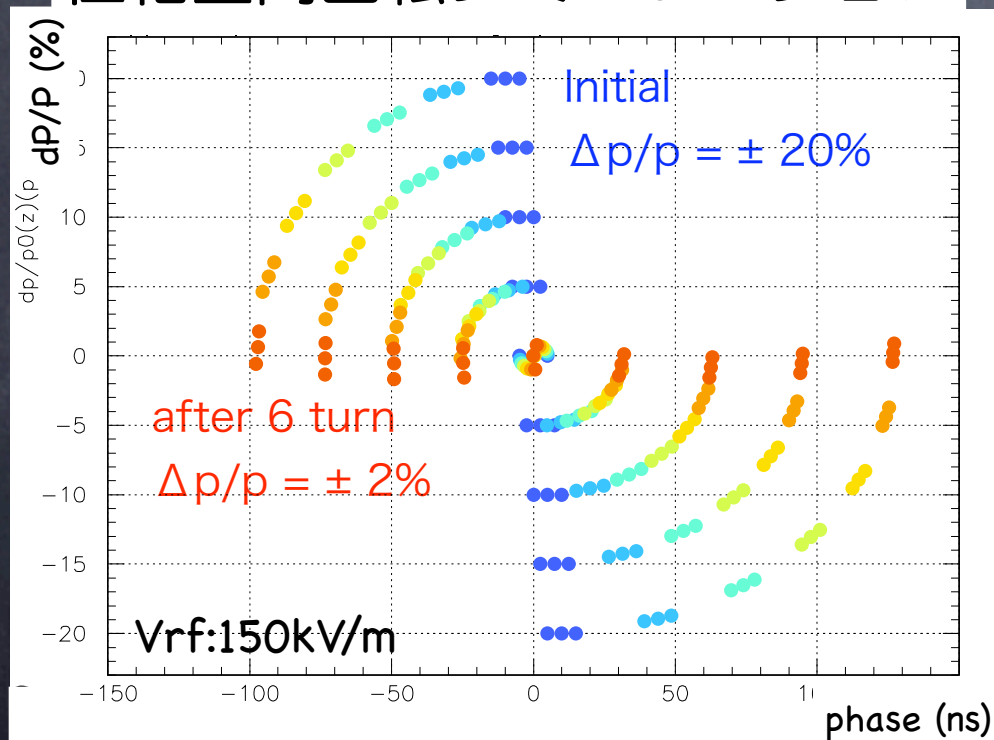
Geant3でのリング性能評価

- 4次元アクセプタンス
: $1\text{G} (\text{mm}\cdot\text{mrad})^2$
- 位相空間回転
: $\Delta P/P < 2\%$ w/ 6周

4次元アクセプタンス



位相空間回転シミュレーション



Geant3での問題点

● 精度の問題

● Geant3は、“単精度”

● リウビルの定理が満たされていない

(粒子が占める位相空間内の体積が不変)

● 軌道距離が長くなるにつれて、計算誤差が蓄積

● 数万ターン粒子が回る加速器用の計算コードでは、リウビルの定理を満たす事が必須条

★ より精度のある加速器用計算コードで再検証

★ 数セルの磁石からリングのアクセプタンスを評価

→ Zgoubiを試してみる

Zgoubiとは？

- シンクロトロンの研究に使用
 - Ex. LHC, FNAL recycler ring, muon storage ring
- FFAGリングの研究に使用
 - Ex. 150MeV FFAG (KEK), Nufact FFAG
- リウビルの定理を満たす

	Geant3	Zgoubi
method	Runge-Kutta	Taylor Expansion
precision	single	double
symplectic	×	◎

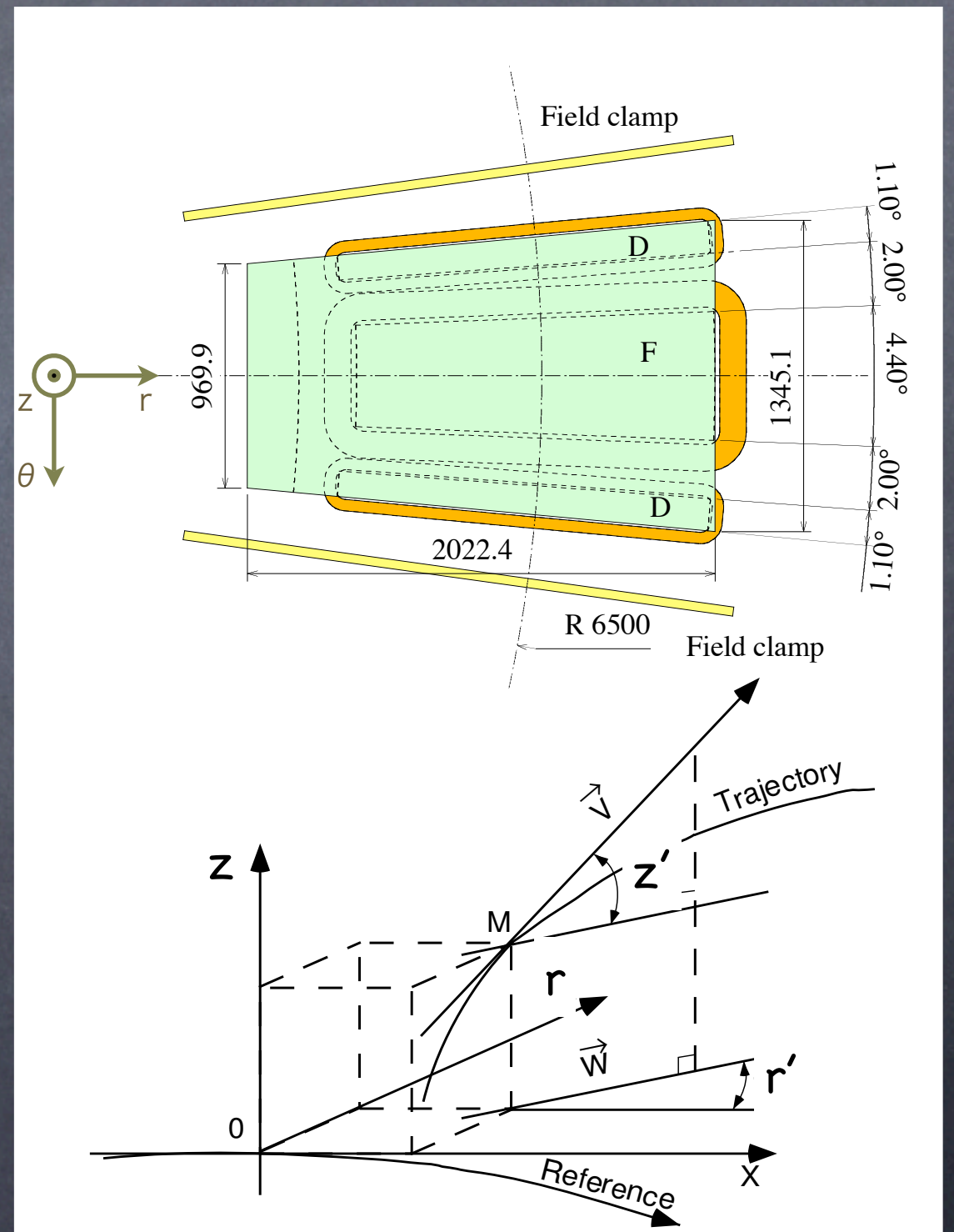
Geant3

V.S.

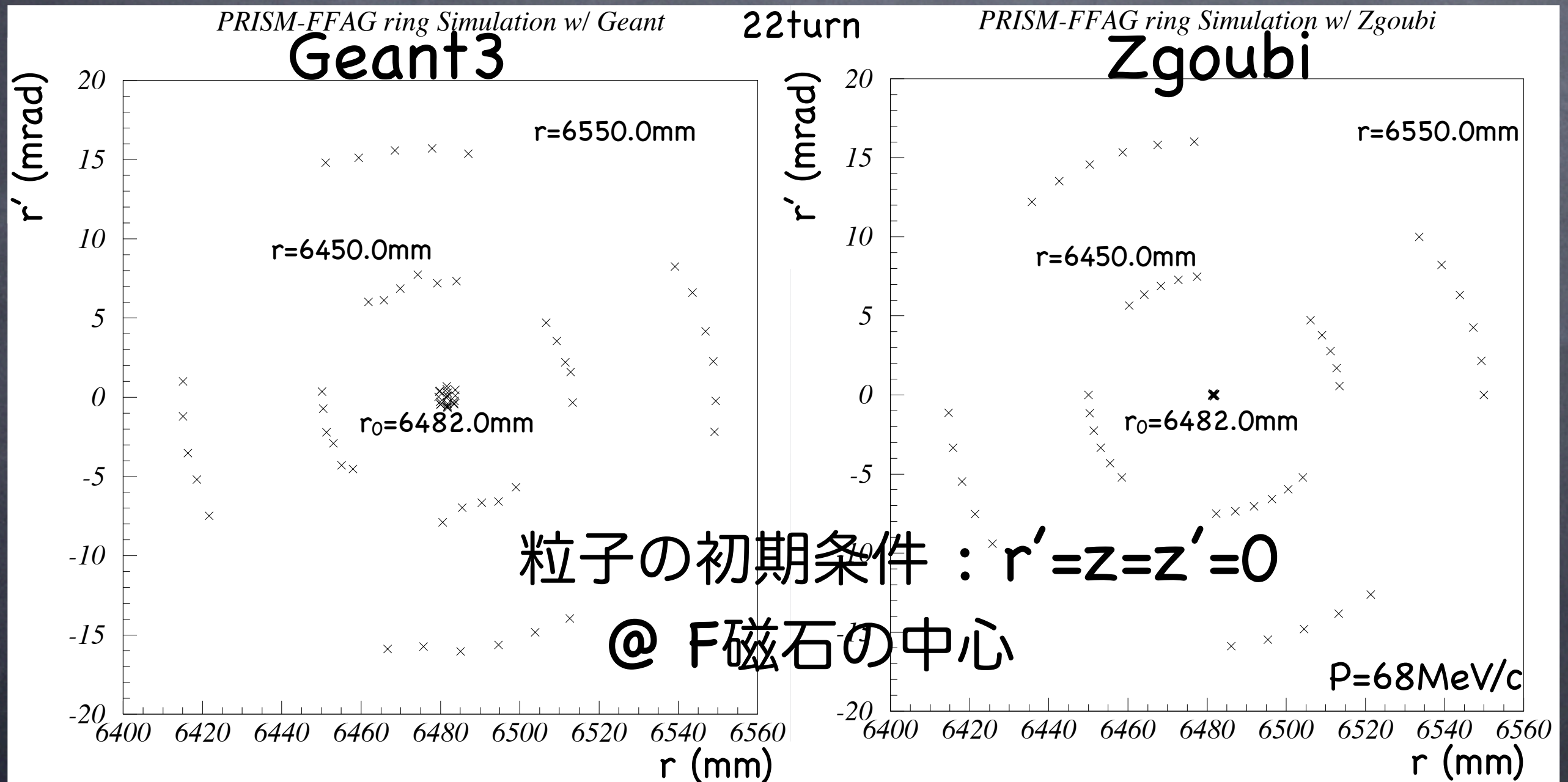
Zgoubi

シミュレーション条件

- $p = 68.0 \text{ MeV}/c$ Muon
- 10 cell ring
 - w/o RF Cavity
- TOSCA 3D map
- Step size (@ $r=650\text{cm}$)
 - Geant3: 0.14 (mrad)
 - Zgoubi : 0.15 (mrad)



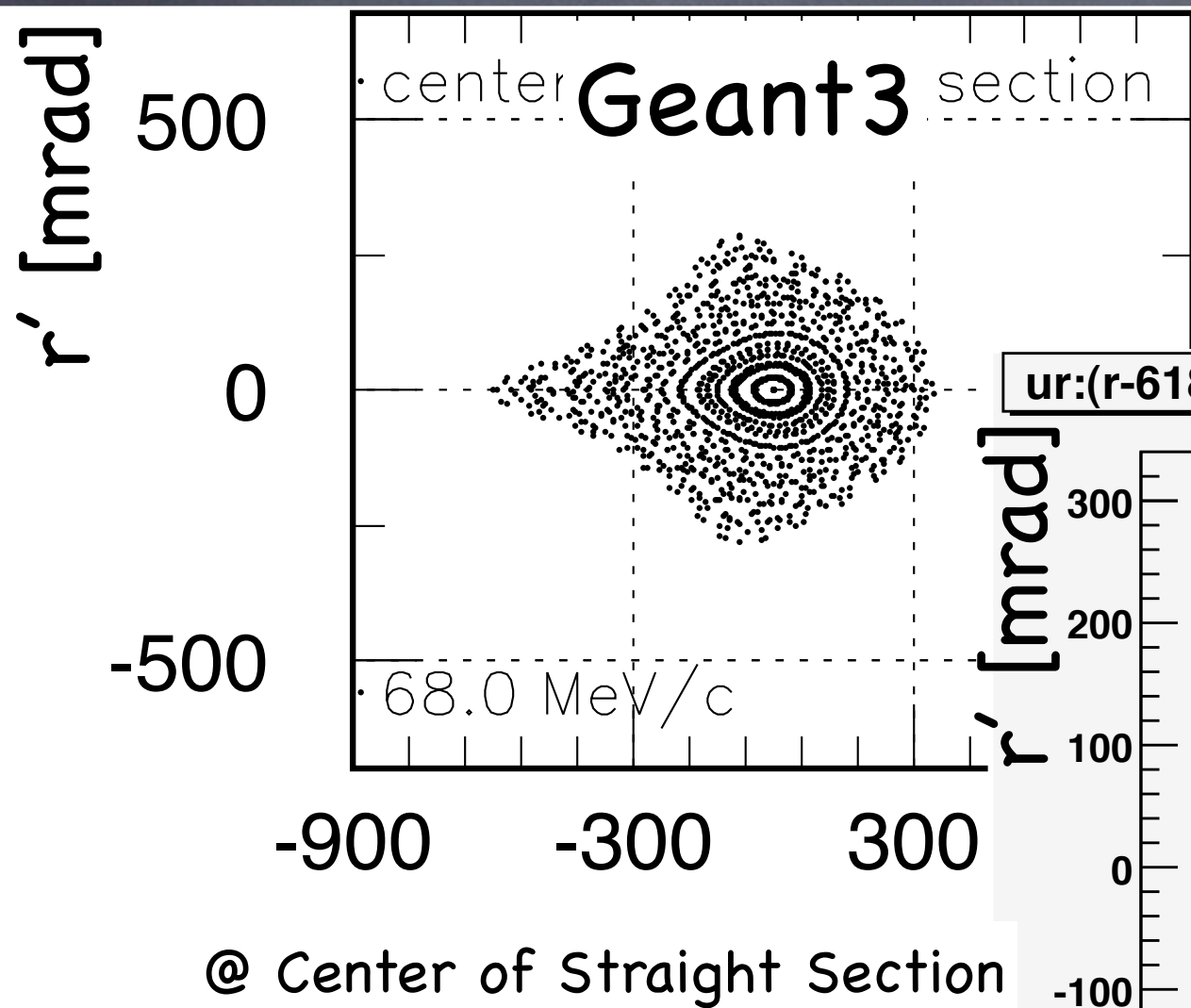
symplecticの確認



Geant3では、 $r^2+r'^2$ の値が一定ではない
(位相平面上で軌道がキレイな円とならない)

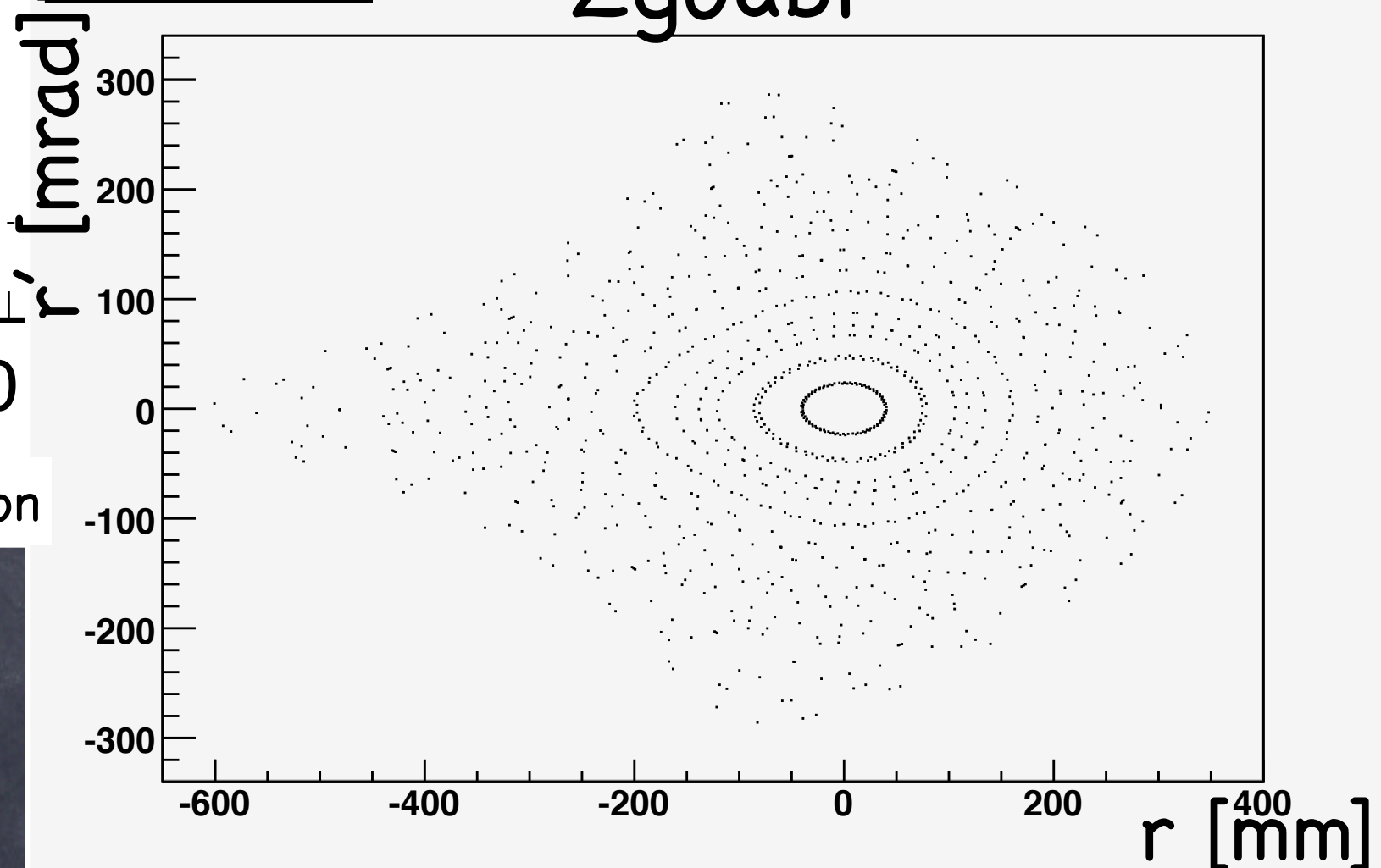
phase space plot (1)

(水平方向)



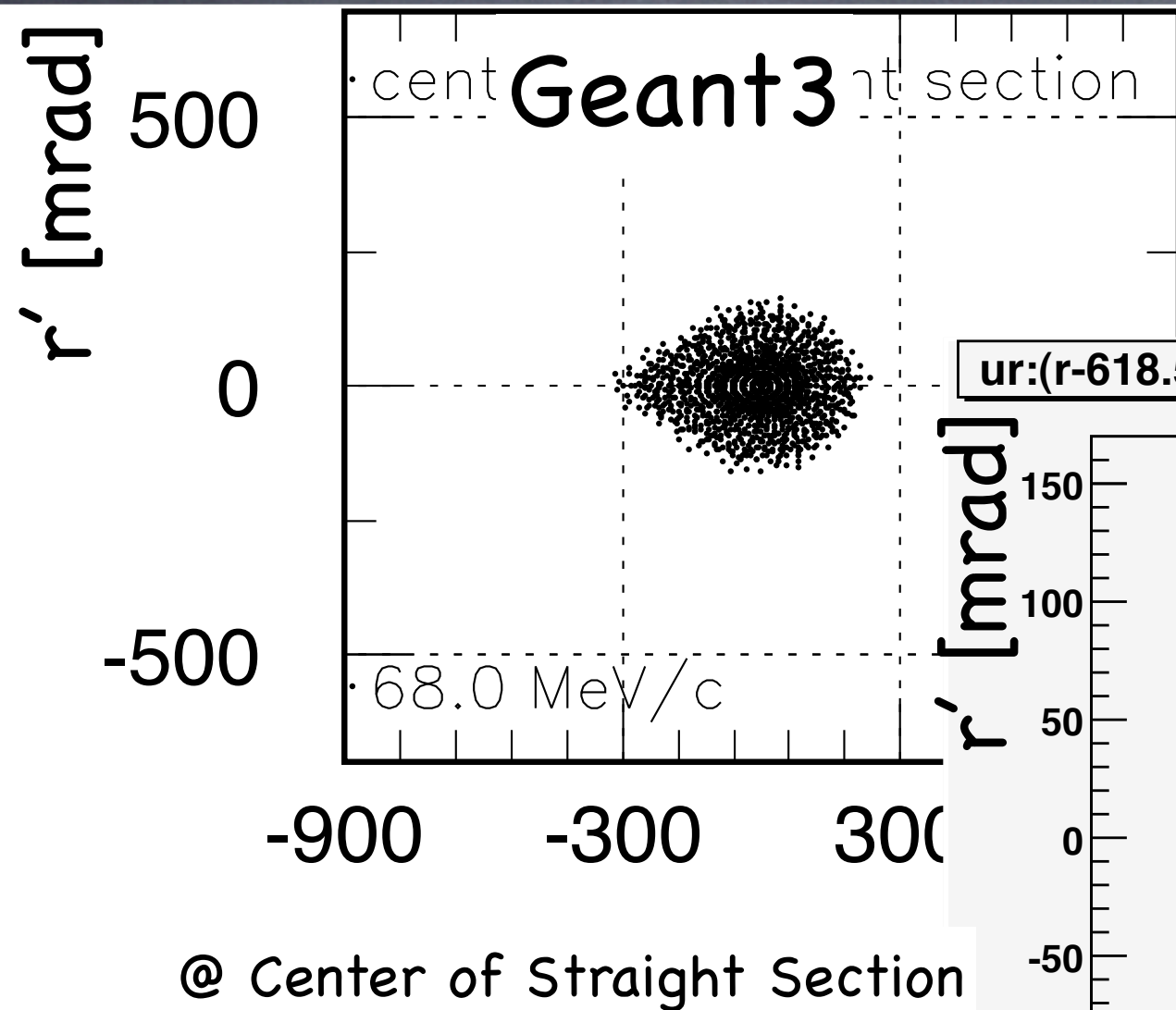
初期条件 : $r' = z = z' = 0$
(鉛直方向のエミッタンス = 0)

Zgoubi

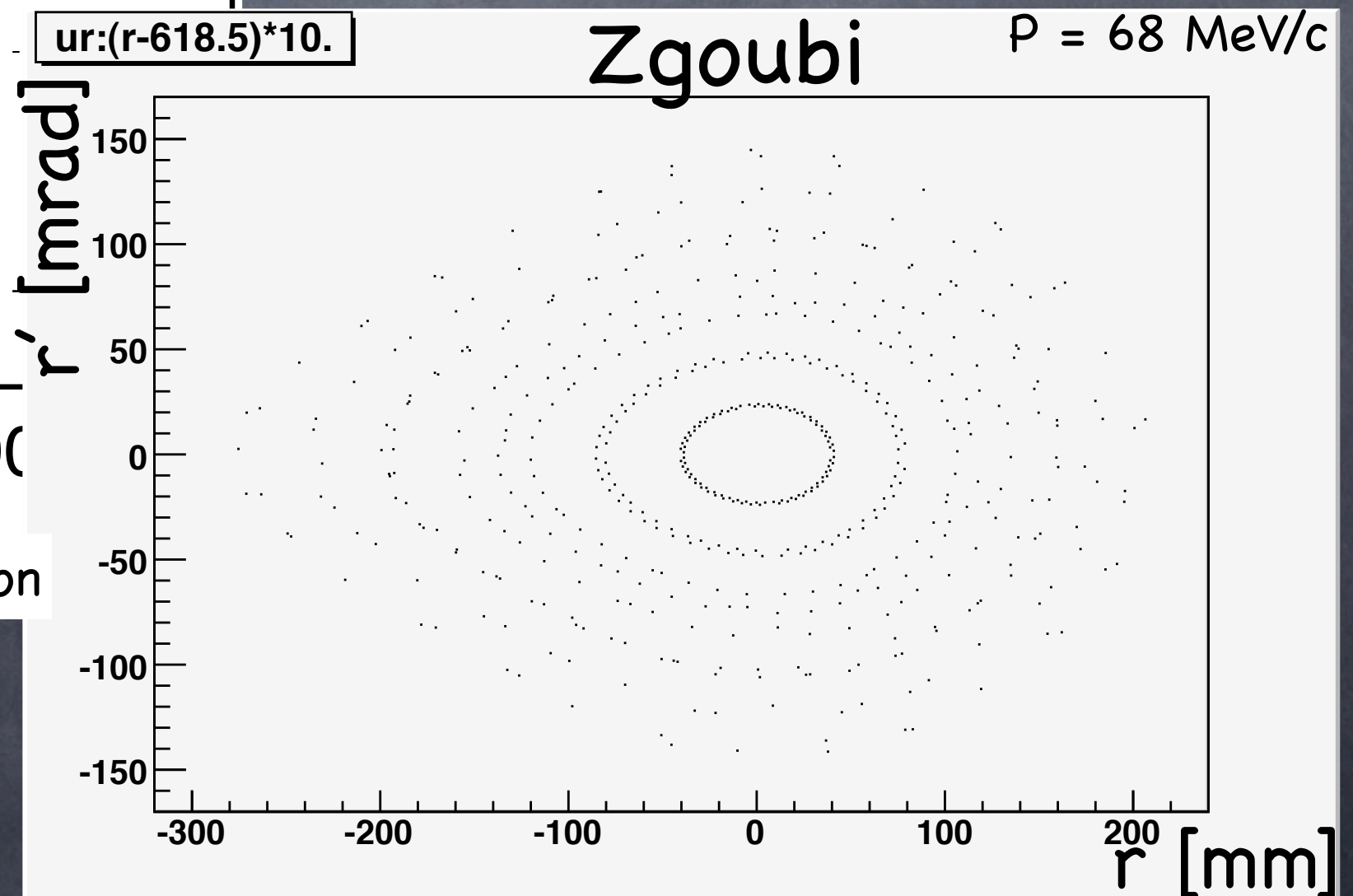


phase space plot (2)

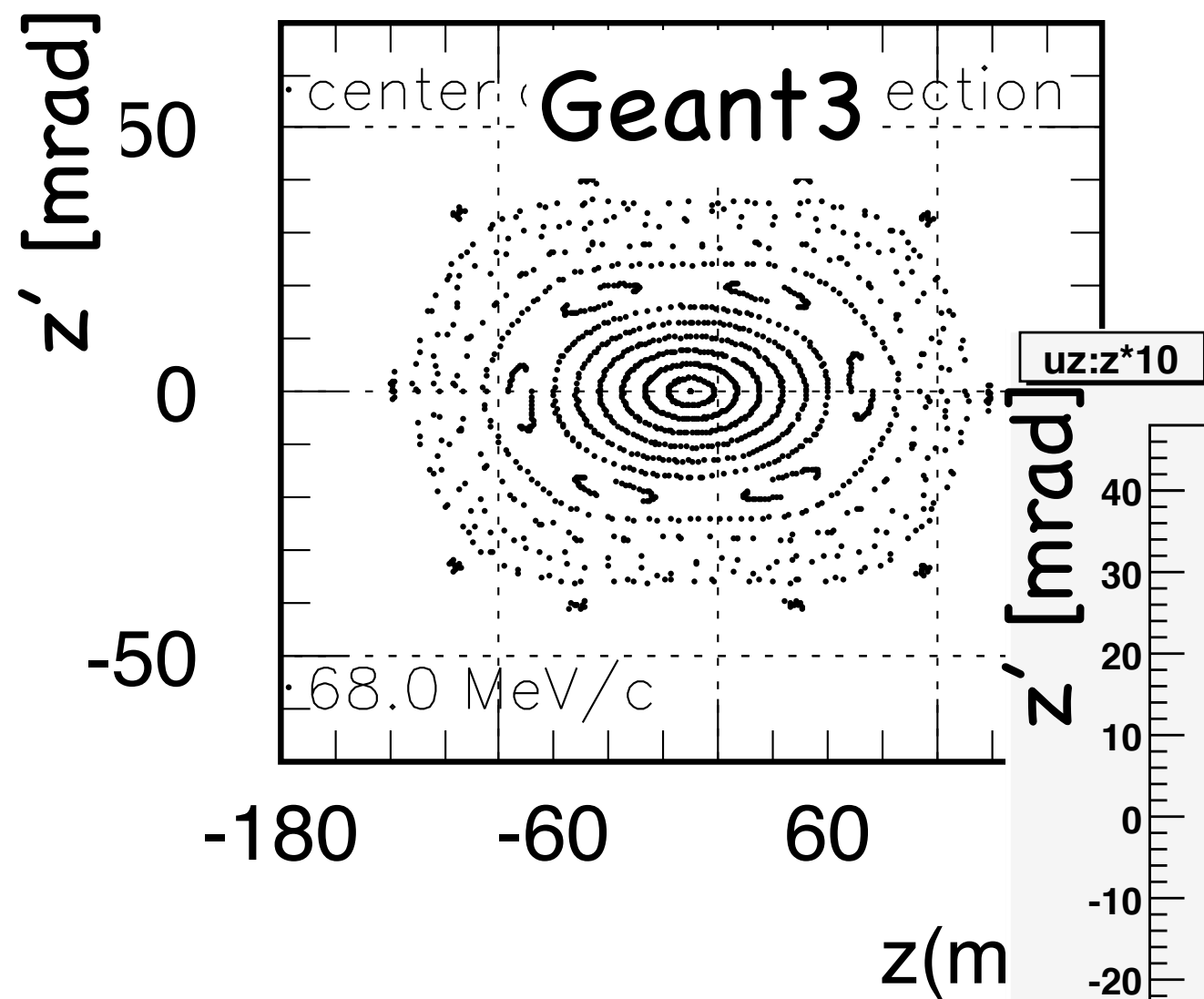
(水平方向)



初期条件 : $z = 0.5\text{cm}$, $r' = z' = 0$
(鉛直方向のエミッタンス $\neq 0$)

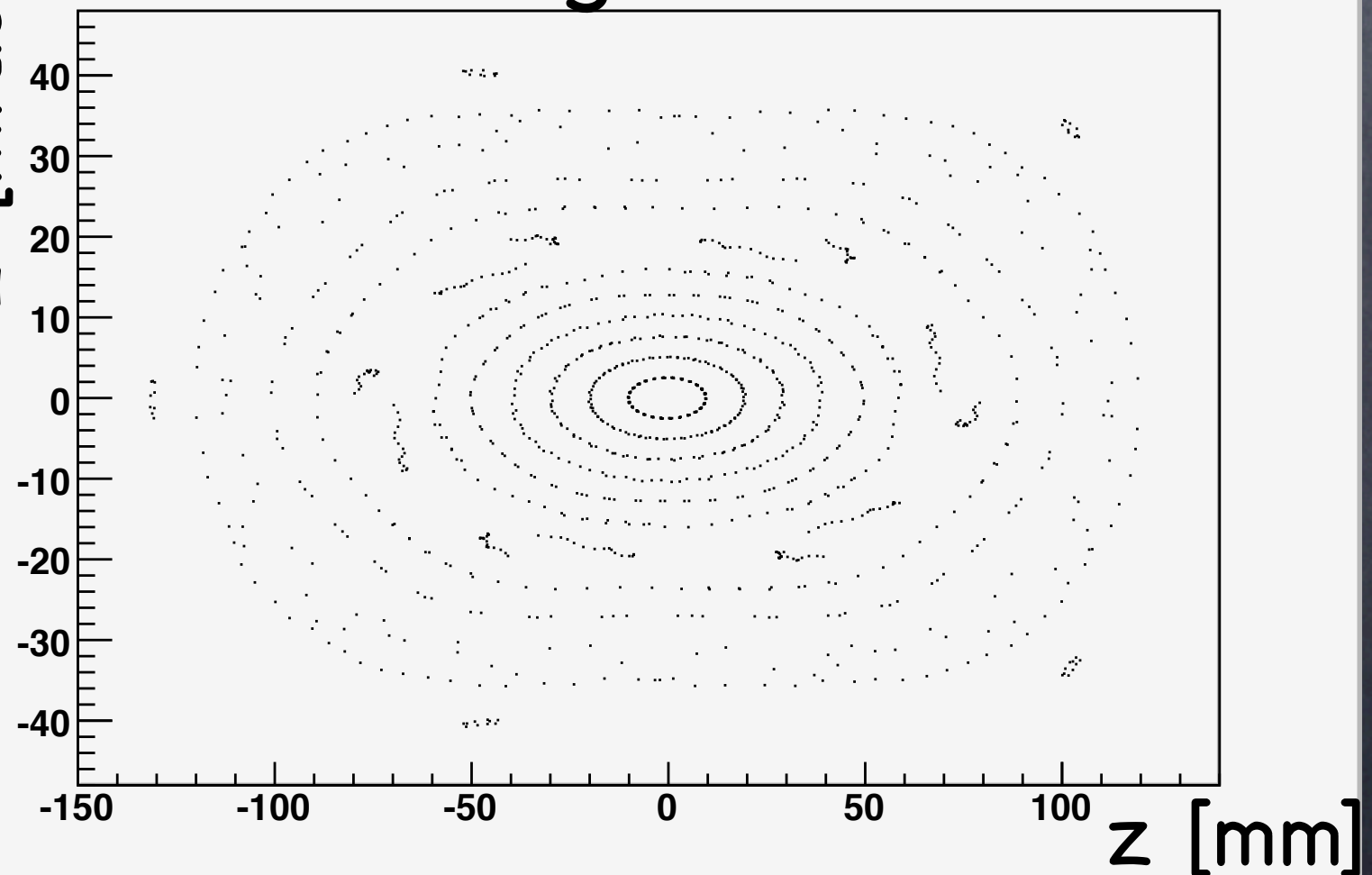


Phase space plot (3) (垂直方向)



初期条件 : $r = r' = z' = 0$
(水平方向エミッタンス = 0)

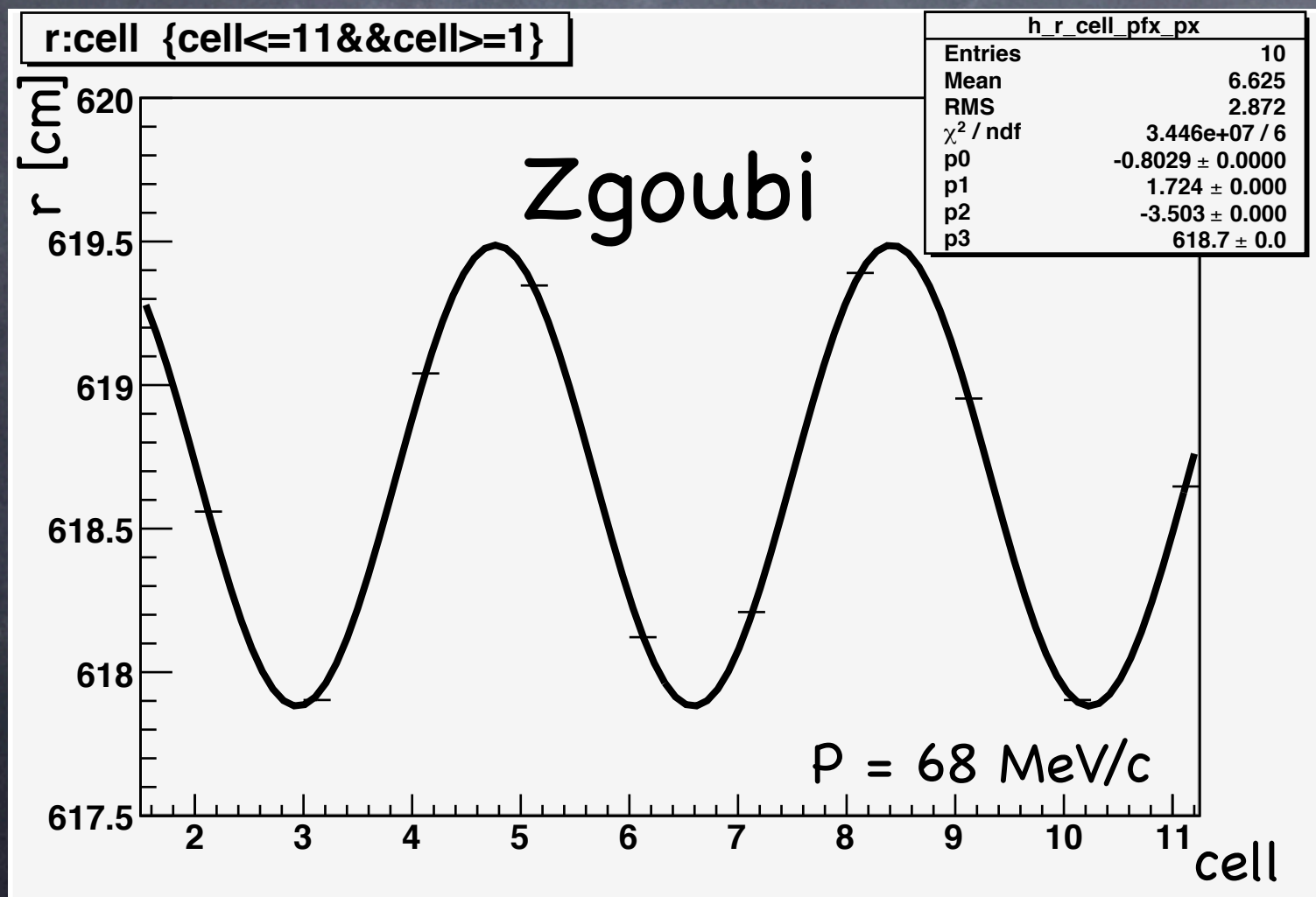
Zgoubi



@ Center of Straight Section

Tune (Horizontal)

- 水平方向のチューン N_{Hori} .
- 初期条件 : $dr = 1\text{cm}$, $z = 0.5\text{cm}$, $r' = z' = 0$



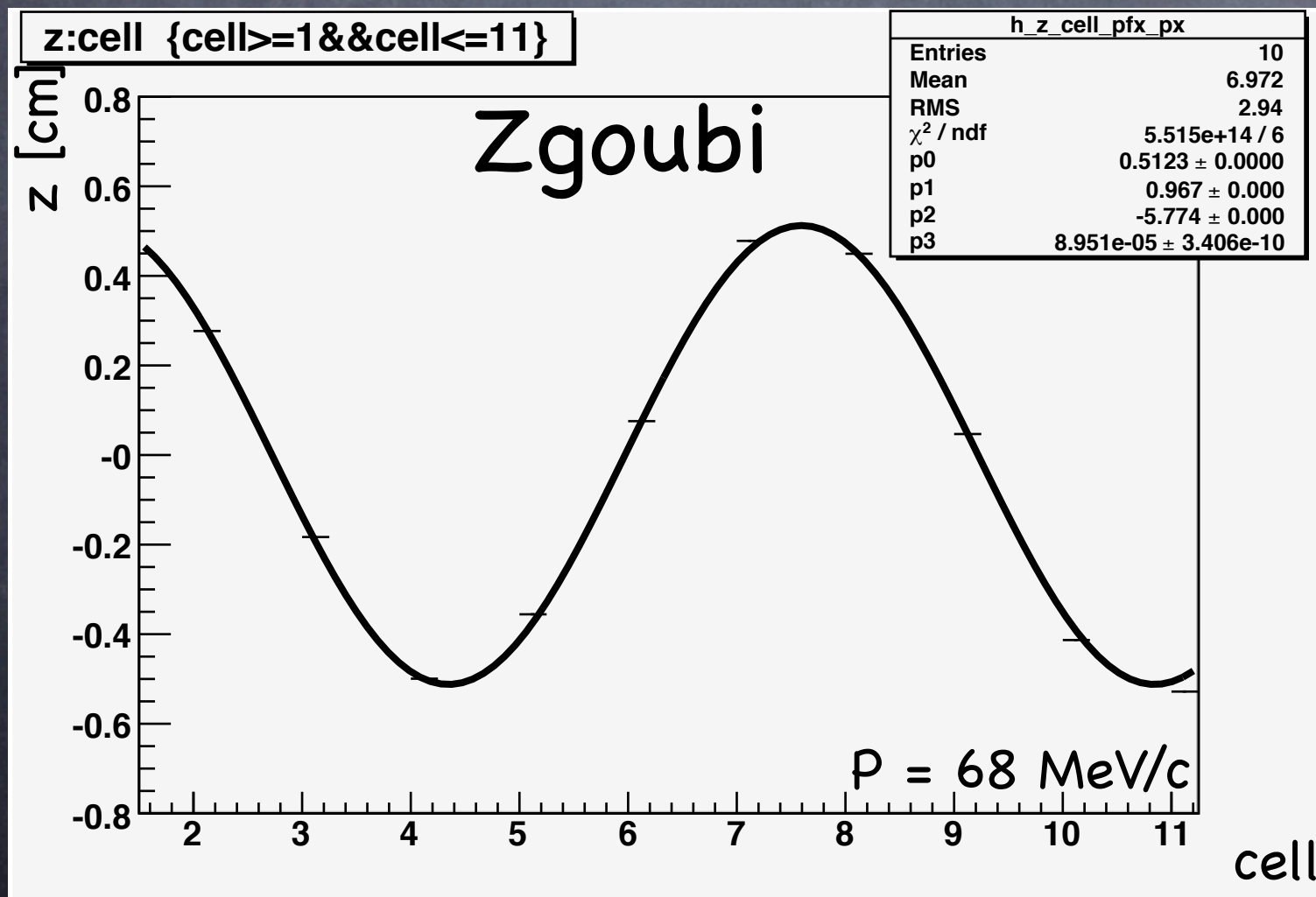
N_{Hori} :

2.74 w/ Zgoubi

2.75 w/ Geant3

Tune (Vertical)

- 鉛直方向のチューン $N_{\text{Vert.}}$
- 初期条件: $dr = 1\text{cm}$, $z = 0.5\text{cm}$, $r' = z' = 0$



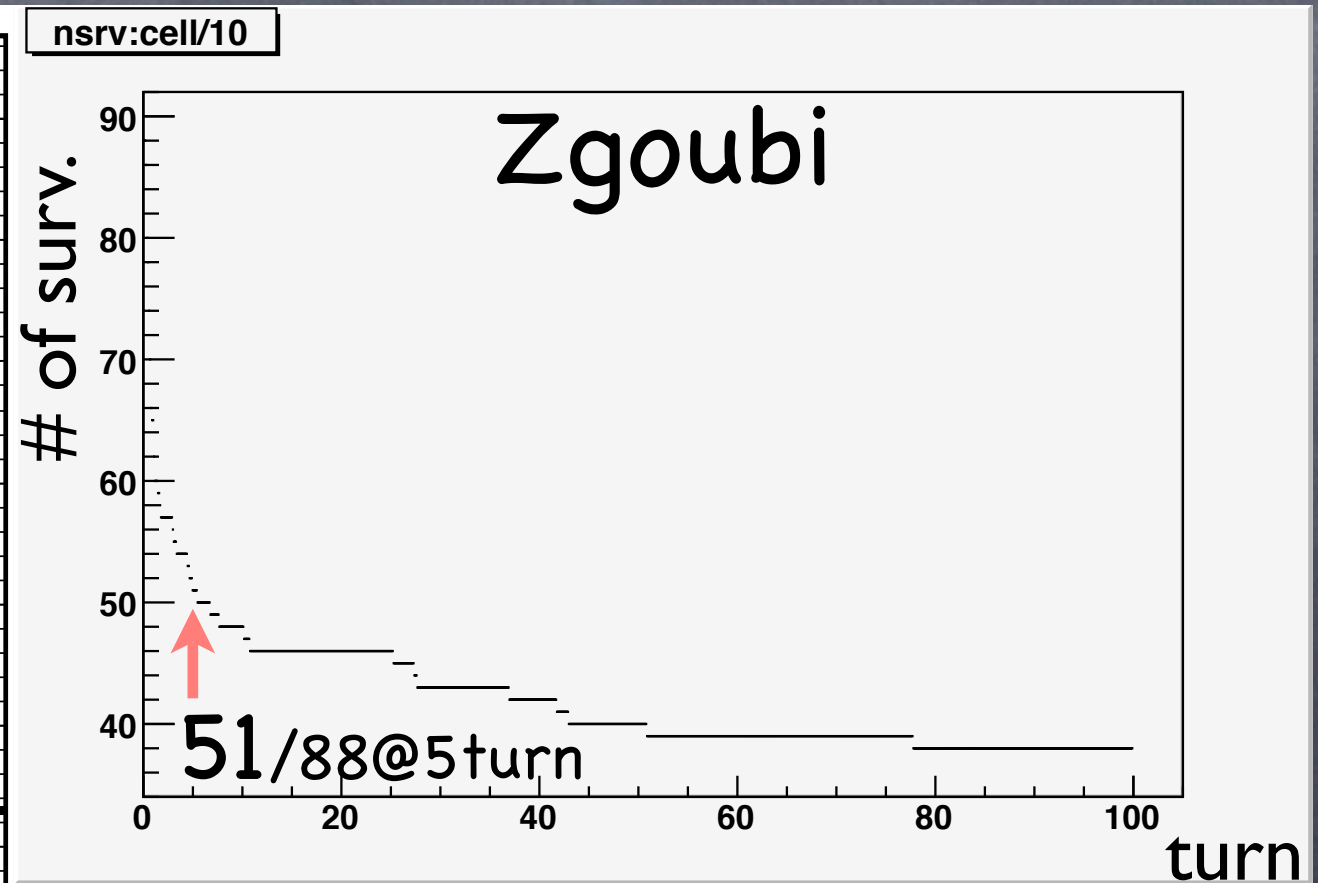
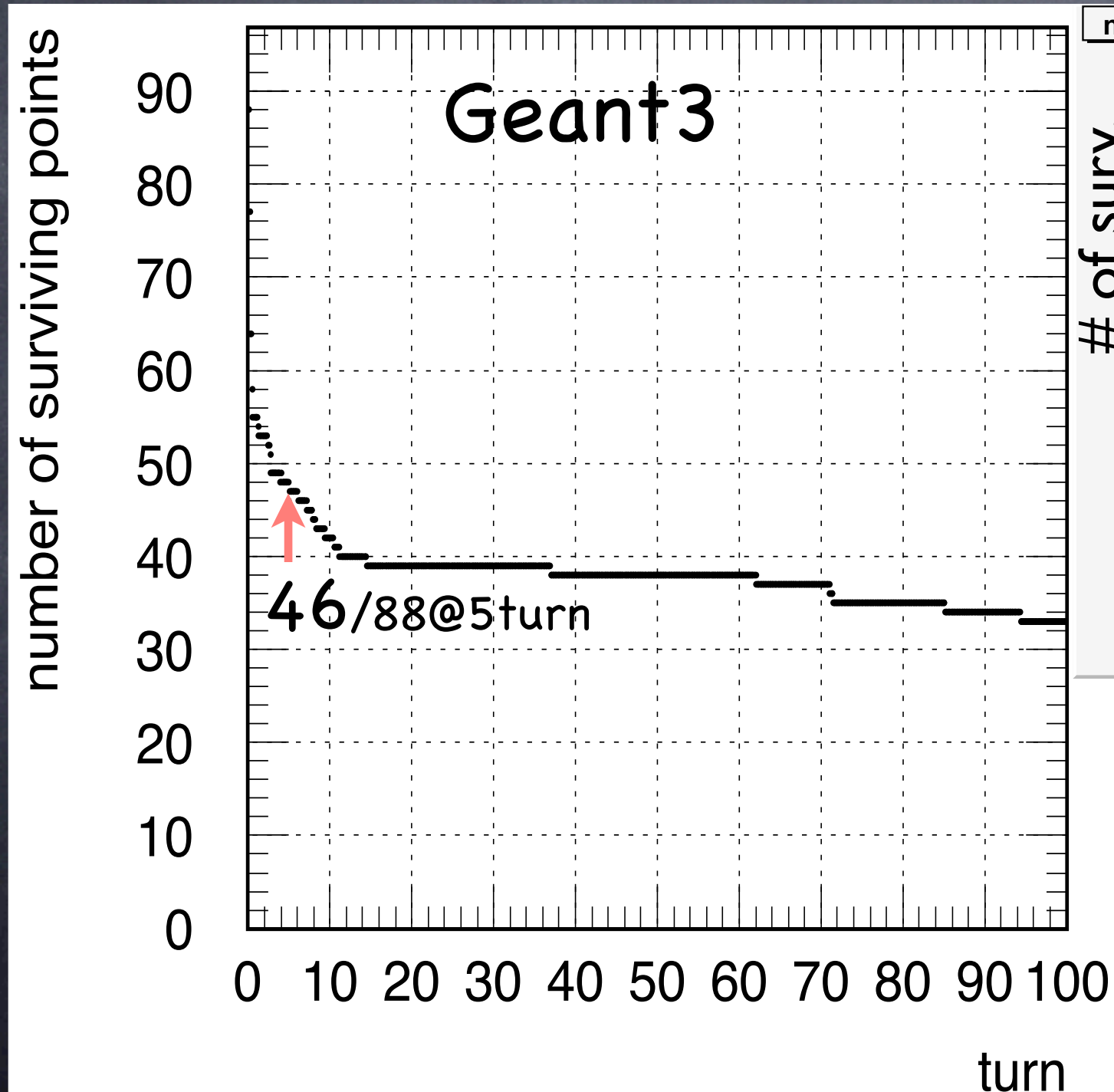
$N_{\text{Vert.}}$:

1.5 w/ Zgoubi

1.5 w/ Geant3

ターン数 v.s 回る粒子数

初期条件 : $6241.4 \text{ mm} \leq r \leq 6441.4 \text{ mm}$, $0 \text{ mm} \leq z \leq 140 \text{ mm}$, $u_r = u_z = 0$



まとめ&今後の発展

- 加速器用コード“Zgoubi”にて、PRISM-FFAGリングの性能評価を行った
- Geant3による結果の正当性を再確認
- 数セルの電磁石の性能試験をもとに、リングにした際のアクセプタンスの正確な見積りを目指す
 - 精度の高い計算コードが必要