

量子論における弱い等価原理の検証実験へ向けて

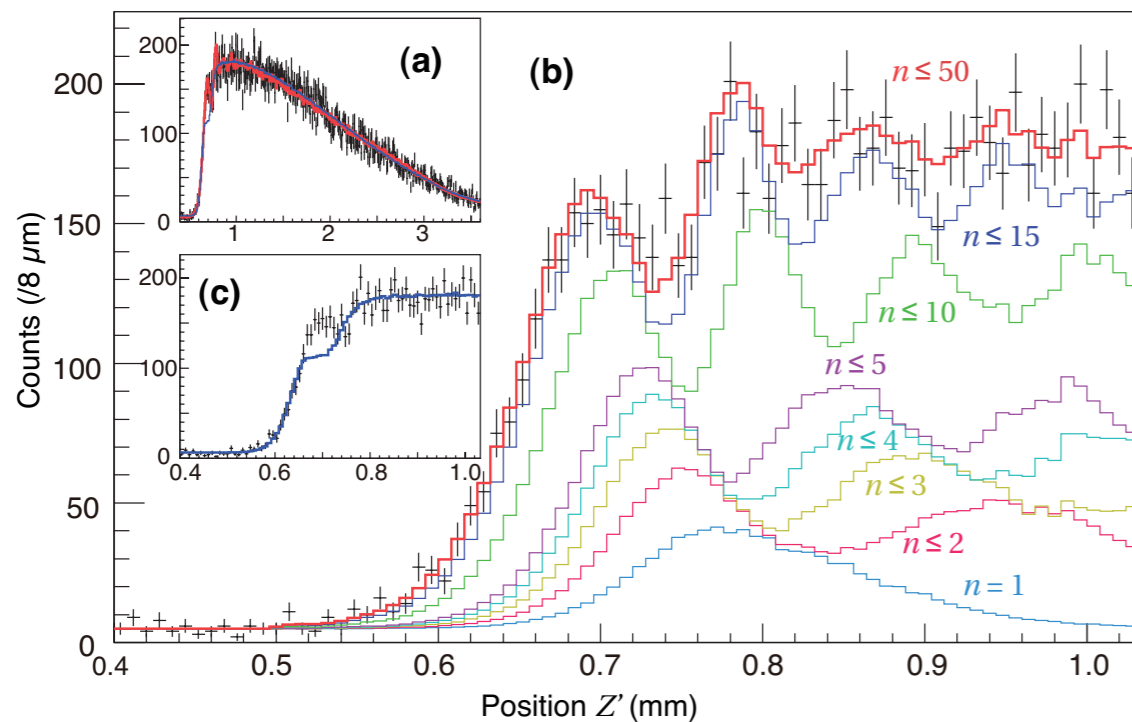
重力の不思議：重力は幾何学である。

どういう訳だか、慣性質量と重力質量は等価(弱い等価原理)

等価原理は広く実験で検証されてきている。

でも、そのほとんどが、古典物理の範囲。量子論の範疇では？

以前、超冷中性子の重力場による束縛状態(量子系)を測定した。



高さ→

この、重力と結合する量子系をプローブとして、この系の距離スケールとエネルギースケールを同時に測定できれば、慣性質量と重力質量の比を求められる。

系のスケール:

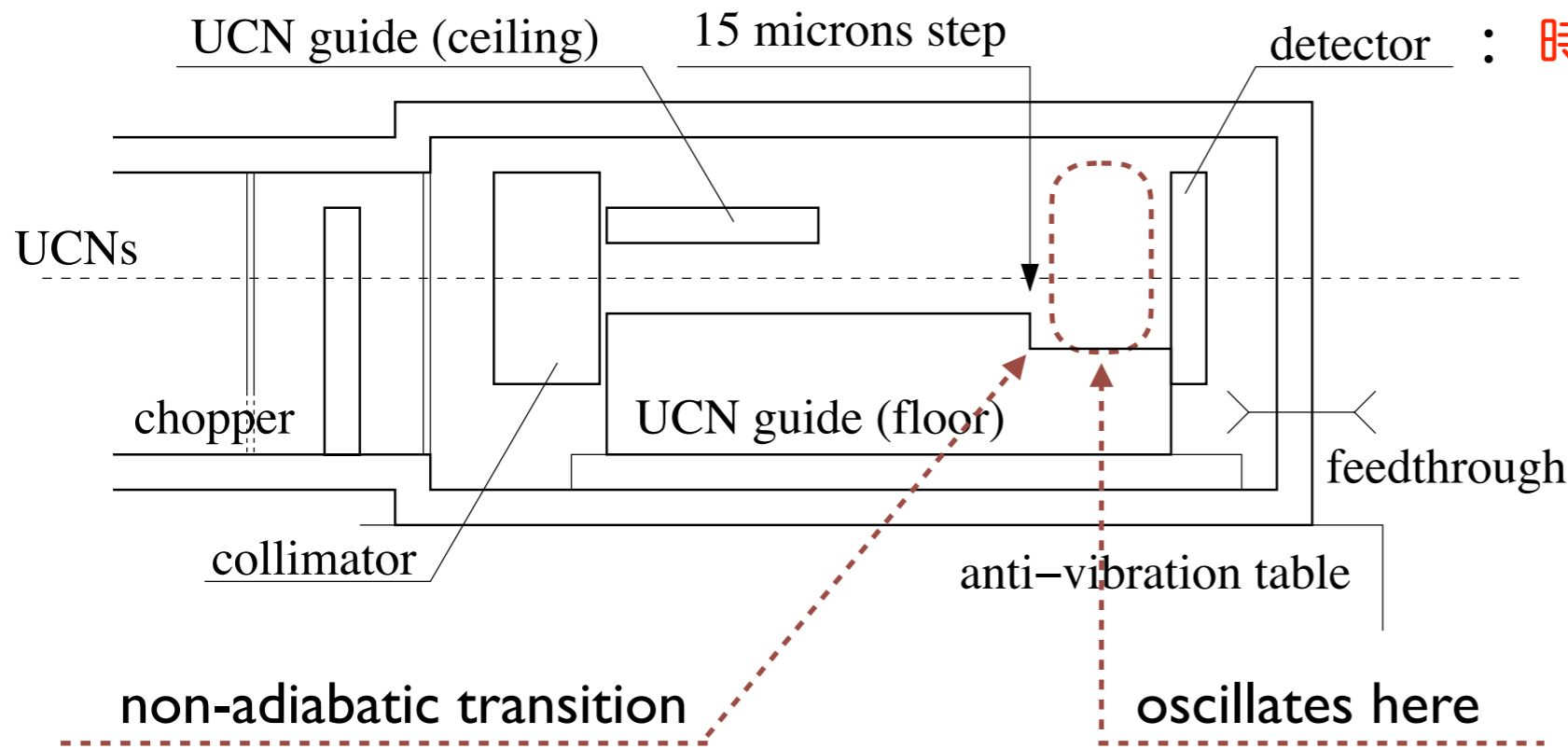
$$z_0 = \left(\frac{\hbar^2}{2m_i m_g g} \right)^{1/3} \sim 6 \mu\text{m}$$

$$E_0 = \left(\frac{m_g^2 g^2 \hbar^2}{2m_i} \right)^{1/3} \sim 0.6 \text{ peV}$$

m_g : gravitational mass

m_i : inertial mass

2つのスケールは、時間感度のある中性子検出器を開発することで求められる



- 中性子イメージングセンサー
- 長さスケールは中性子分布から直接に
 - エネルギースケールは波動関数の時間発展から間接的に

時間発展 : $\psi(z, t=0) = a_1 \phi_1(z) + a_2 \phi_2(z)$

$$|\psi(z, t)|^2 = |\psi(z, t=0)|^2 - 4a_1 a_2 \phi_1(z) \phi_2(z) \sin^2 \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{2} t$$

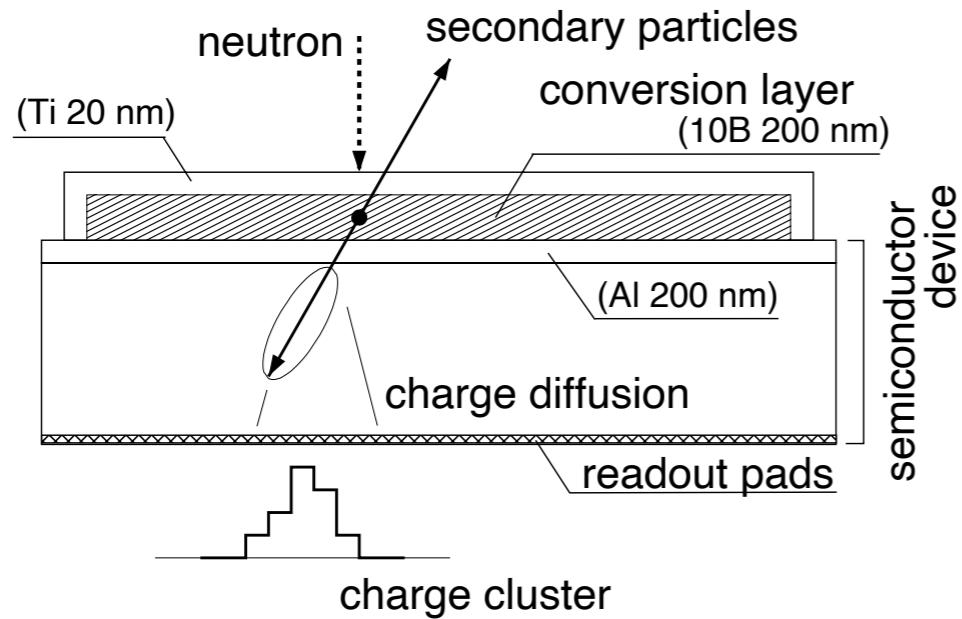
energy scale

oscillating term

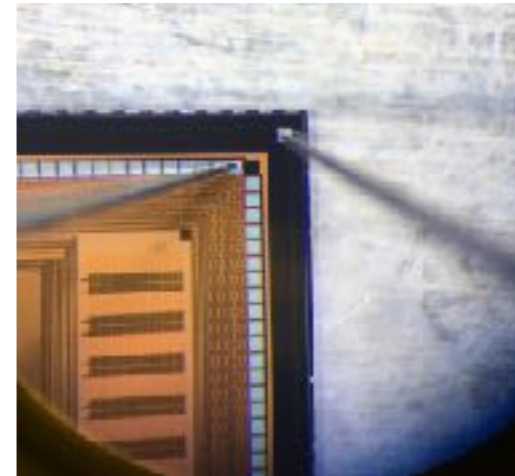
をしっかりと計測することでエネルギースケールを評価する。

CMOS をベースにしたセンサー開発

センサーの構造(断面)



現状の性能



もっと改善したい!

Position resolution : < 4 microns

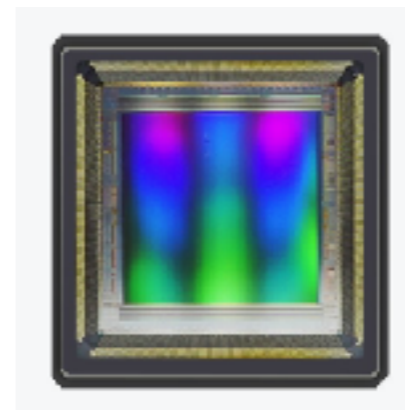
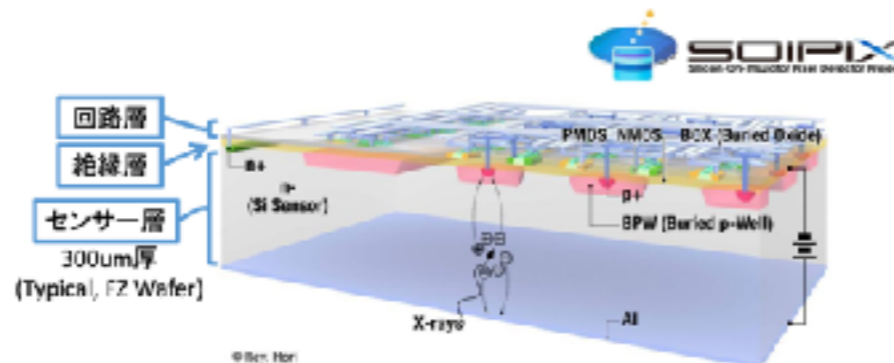
Readout time : ~ msec

OK! :-)

センサーいろいろ

高エネルギー加速器研究機構などで開発

Gpixel Inc.



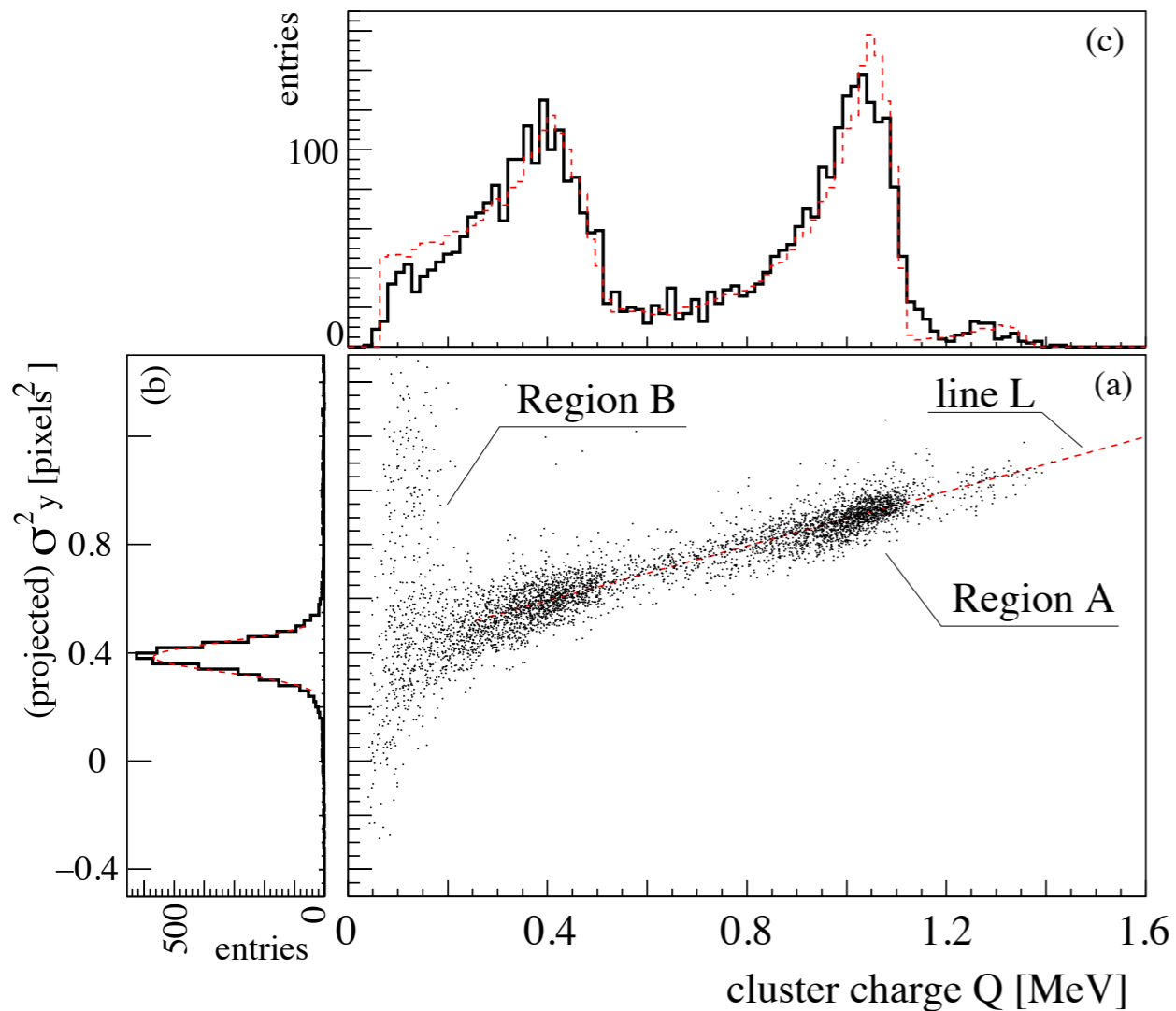
中性子イベントは特徴的なシグナルクラスタを作る

現状のクラスタリング方法

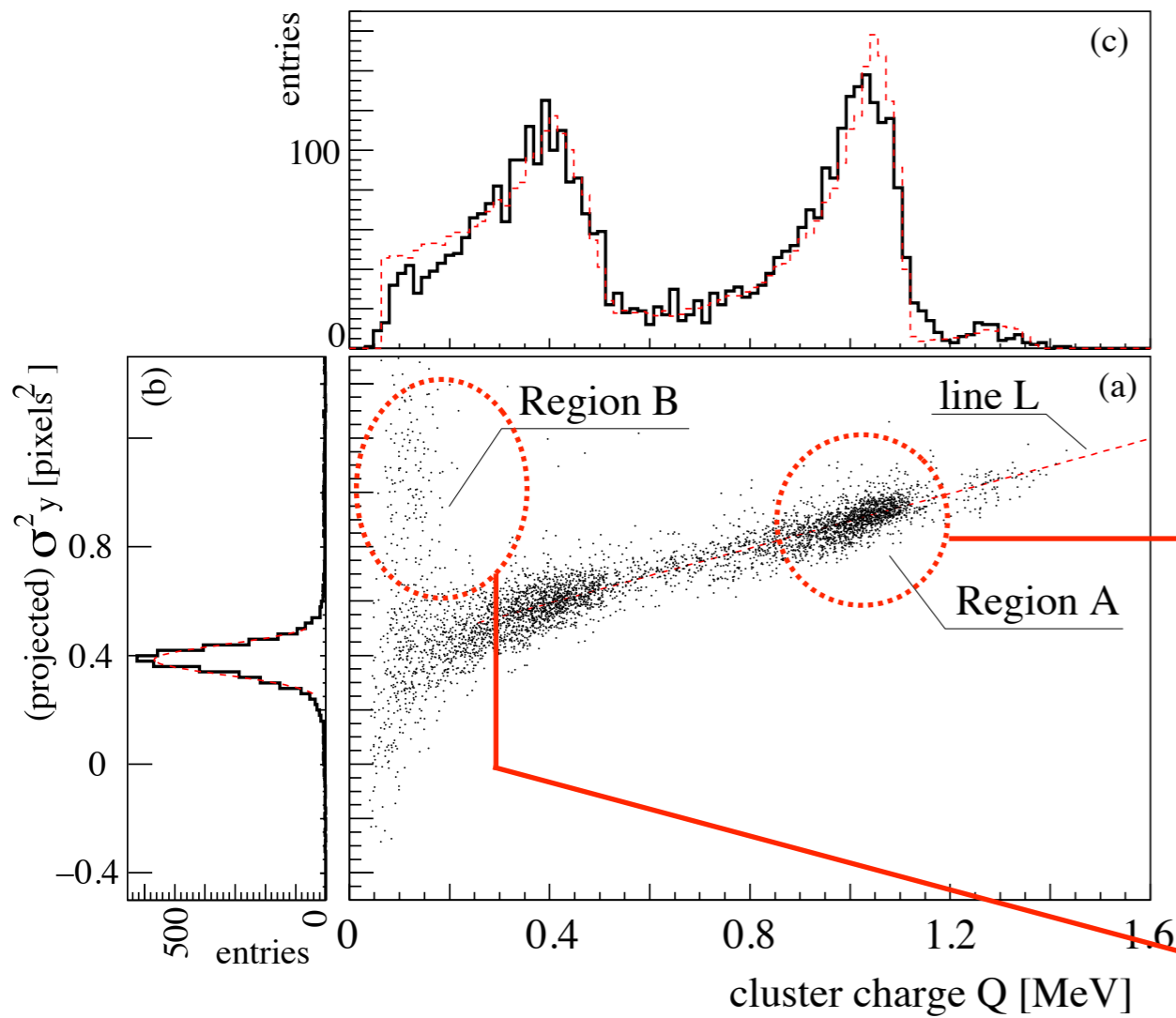
- + 34 keV 以上の電荷を示すピクセルを探す
- + その回り、7x7 pixels の範囲で最大のピクセルを探す
→ これをクラスタの種とする
- + 種を中心とした 7x7 pixels をクラスタとする

クラスタサイズの評価として

- 中性子から変換される α 粒子、Li粒子は、イメージングセンサー内で丸いクラスタを作る
- 一方、 γ 線によるコンプトン電子のイベントは、細長いトラック状のクラスタを作る傾向がある



中性子イベントは特徴的なシグナルクラスターを作る

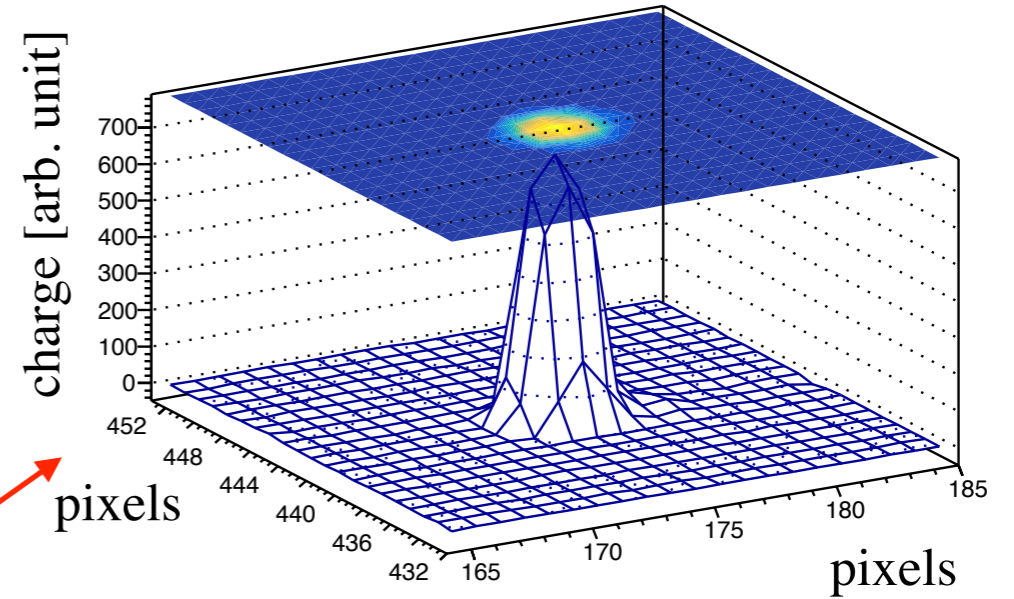


現状の

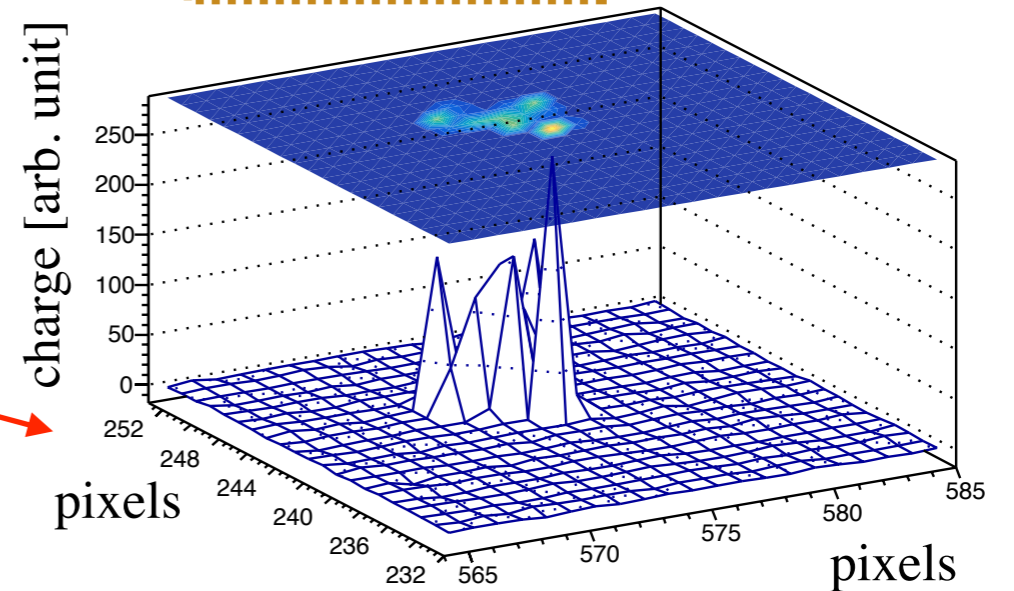
+
+
+

ク

(a) 中性子イベント

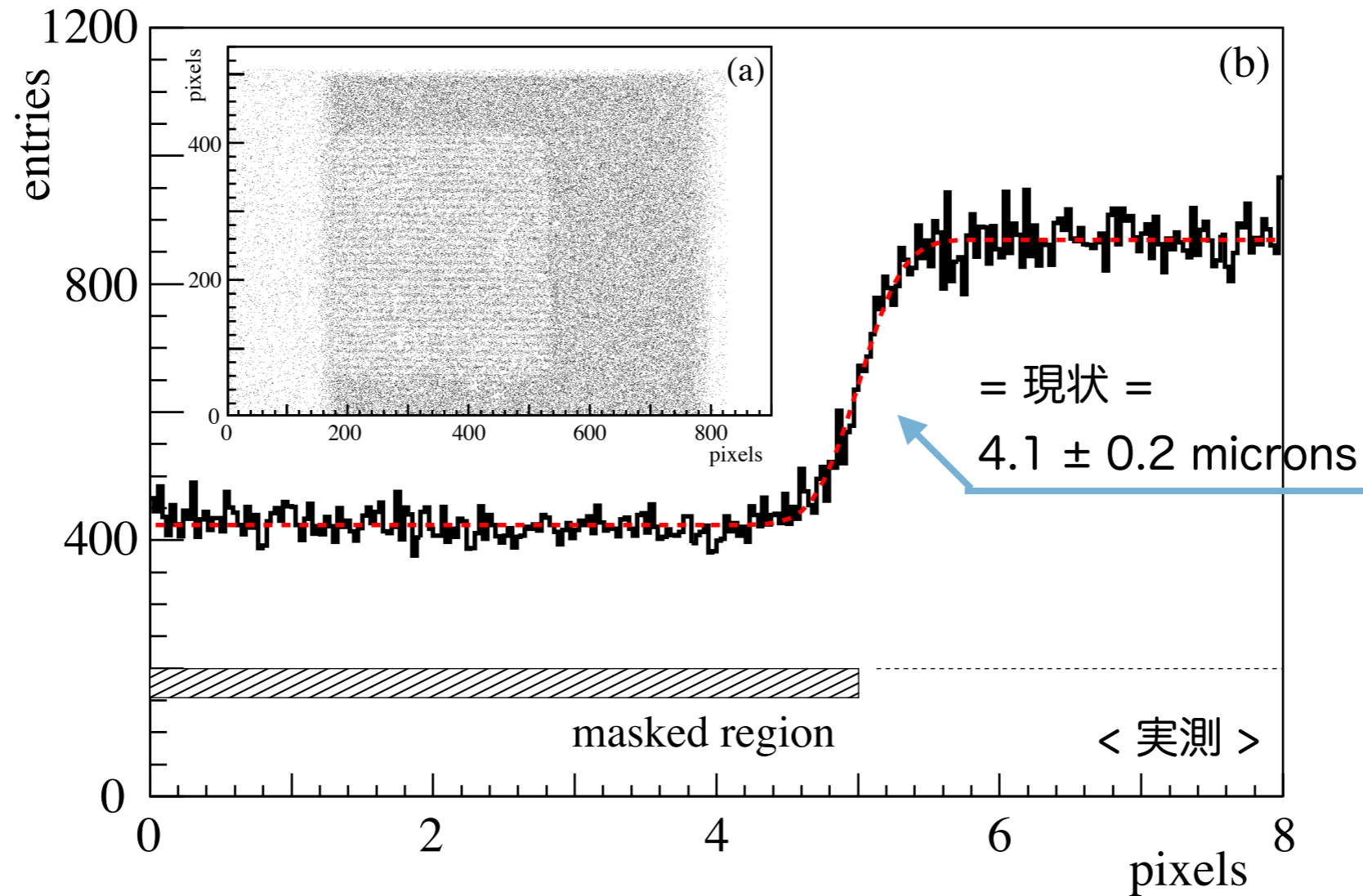


(b) γ 線イベント



イベントクラスターの形状の特長を使って、
中性子入射位置の再構築方法を改善する!

位置分解能評価



イベントクラスタの形状の特長を使って、中性子入射位置の再構築方法を改善する!

< ToDo >

- (1) Geant4 を使ってクラスタ形状のカatalog作り
- (2) クラスタ形状のフィッティング手法開発 (Machine Learning)
- (3) 実測データ取得とモデルの評価