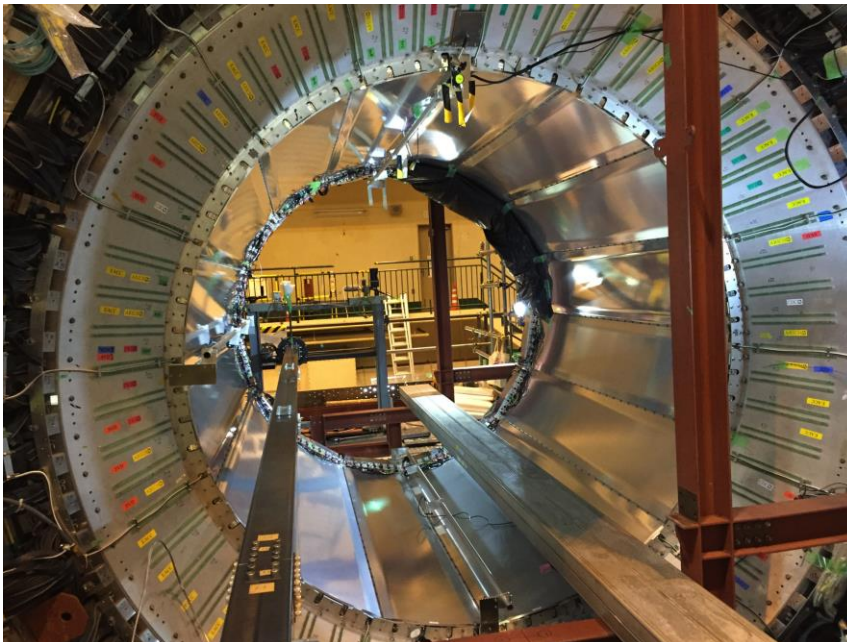


Belle II 実験 Phase 2

TOPカウンターの運転状況と バックグラウンド解析



2016年5月TOPカウンターのインストール後

名古屋大学 D1
都築 識次

Belle II 実験 Phase2

加速器の調整、物理データ取得を目的とした e^+e^- 衝突実験

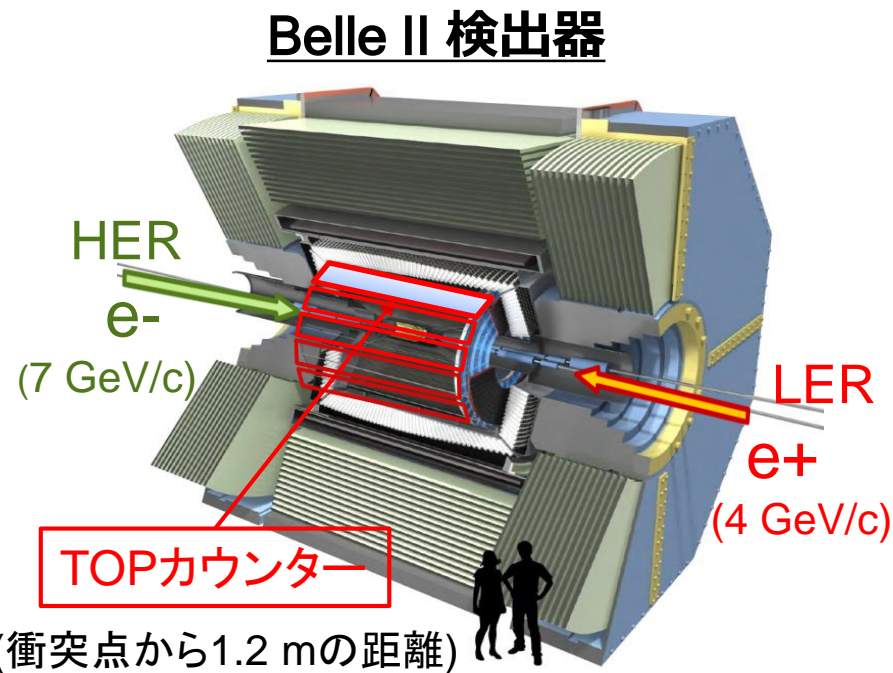
Belle II検出器が受けるバックグラウンド頻度の測定も行う

ビーム状況 (Belle II検出器 HV on 時)

	Phase2 (7月)	Phase3 (設計値)
エネルギー (GeV)	4 & 7	4 & 7
電流値(mA)	~300 & ~300	2600 & 3600
バンチ数	1576	2500
β_x^* (mm)	200 & 100	32 & 25
β_y^* (mm)	3 & 3	0.27 & 0.30
瞬間ルミノシ ティ ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	2×10^{33}	8×10^{35}

β_x^* , β_y^* : 衝突点でのビームの絞り

[(e^+) & (e^-)]

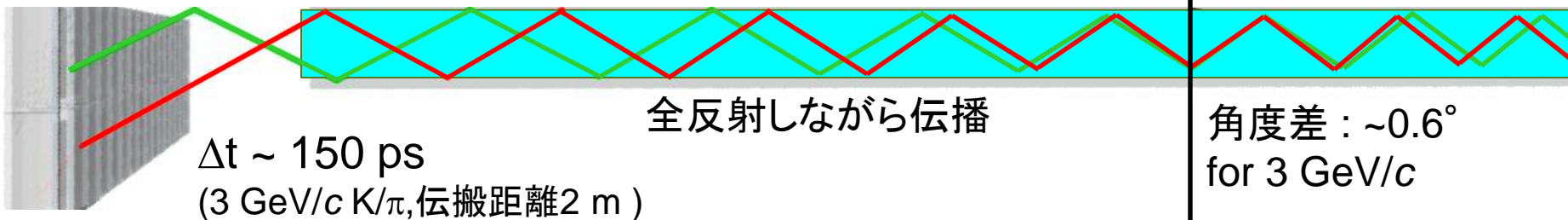
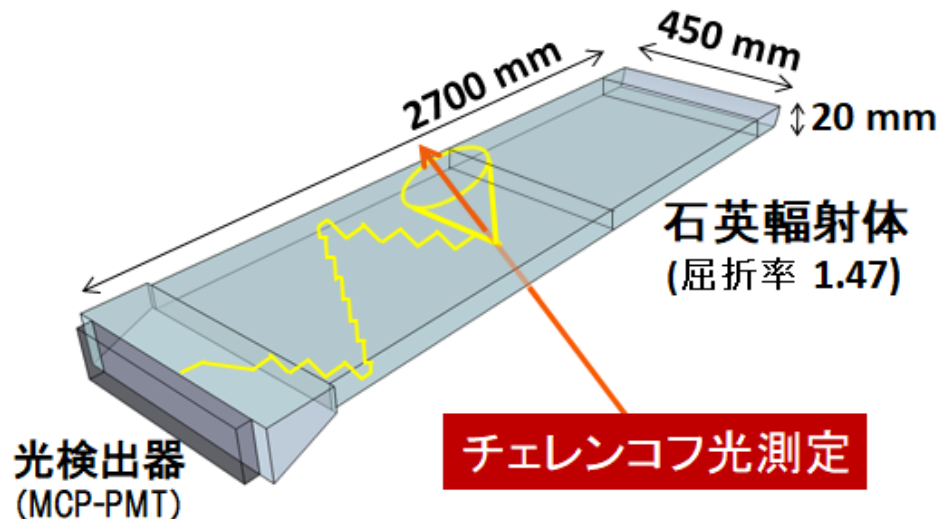


TOPカウンター

チェレンコフ角度に感度を持つ
新型粒子識別装置

光検出器MCP-PMTは1光子に対し
約30 psの時間分解能を実現

(読み出し回路の精度も含めると
約50 psの時間分解能)



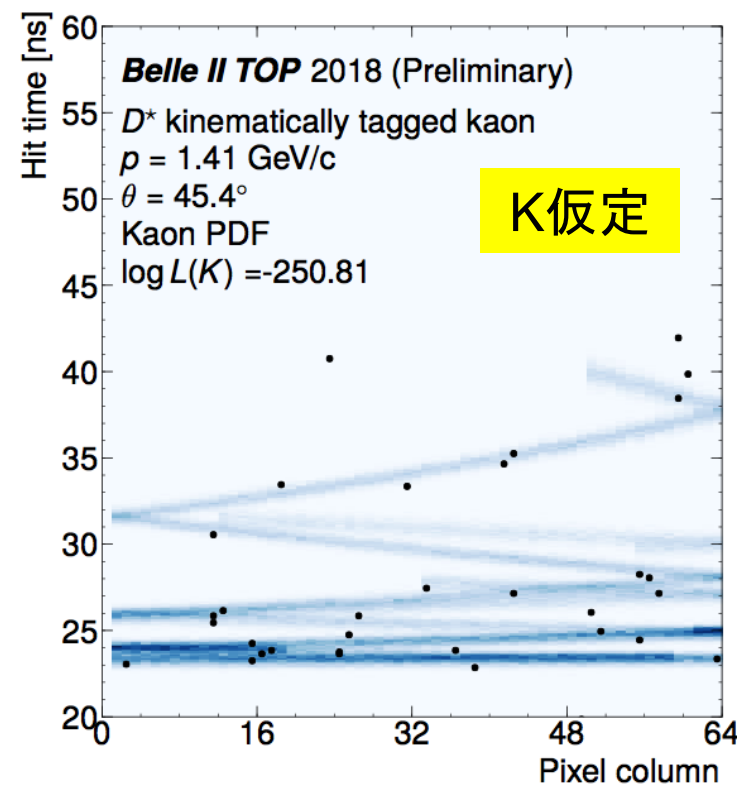
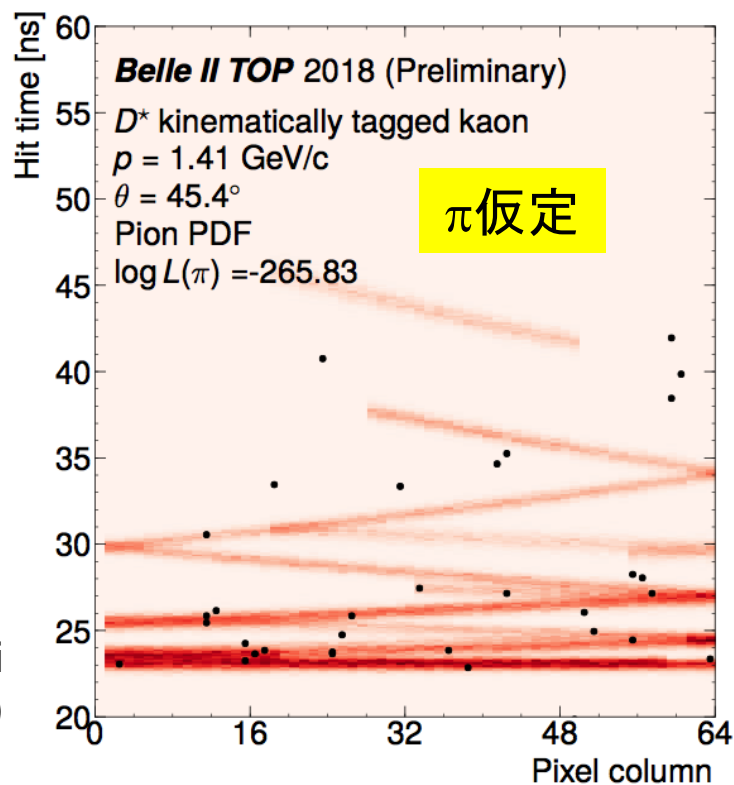
一方で...

- バックグラウンド量に注意した運用が必要
(MCP-PMTは出力した電荷量の蓄積で決まる寿命を持つ)

TOPカウンターによる粒子識別

(Phase 2の測定データ)

光子の検出時刻と位置について π /K仮定の予想値と比較
 → Phase 2で動作することを確認



x軸: 位置
 y軸: 時刻

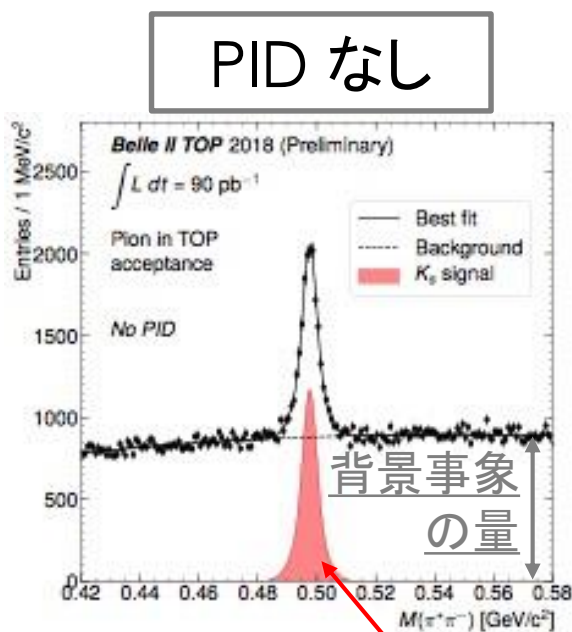
U. Tamponi
 (Torino)

粒子識別性能の検証 (TOPカウンターのみ)

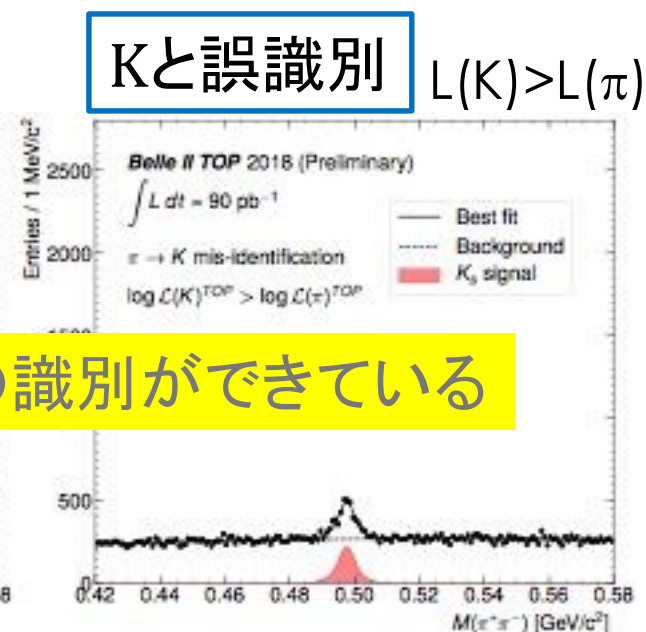
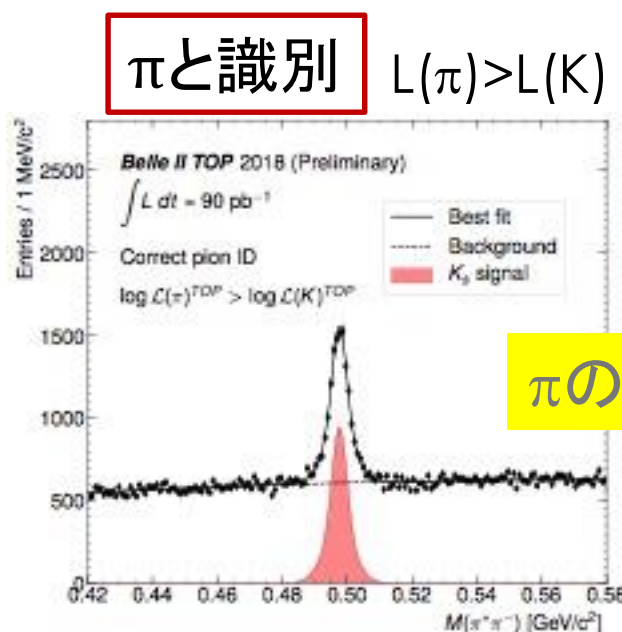
□ $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$ (統計量の比較的多いモード)

π/K のみ仮定した識別、likelihood(仮定の正しさの指標)が他方より大きいイベントをプロット

$L(x)$: x 仮定でのlikelihood



K_S の質量ピーク



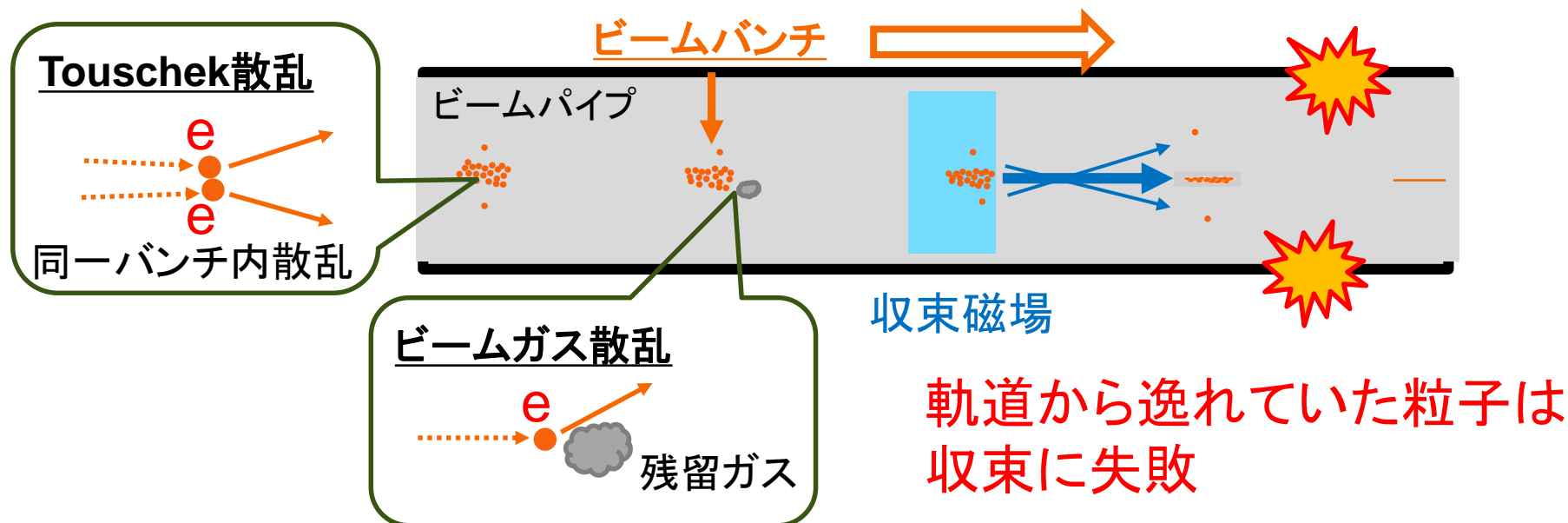
π の識別ができています

Phase 3 までの課題

- ✓ TOPカウンター実機の位置と時間原点の較正
物理イベントを用いてlikelihoodを最大化するイテレーション
- ✓ 読み出し回路ファームウェアの改良
信号レート30 kHzでの安定性など
- ✓ 識別効率や誤識別率の定量的な評価
粒子の運動量・放出角度への依存性の確認

ビームバックグラウンドの解析

ビームバックグラウンド



□ ビームバックグラウンド対策

ビーム光学の調整、軌道を逸れた粒子の除去 (Touschek)

残留ガスの除去 (ビームガス)

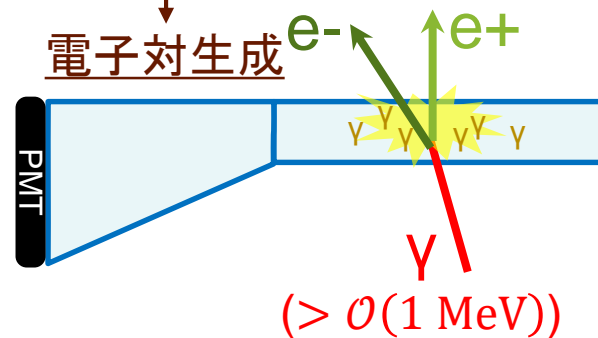
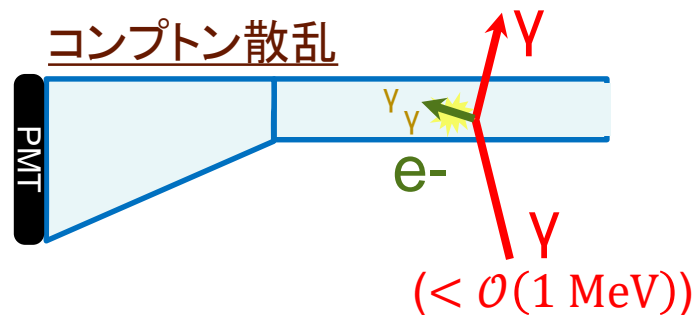
ルミノシティが設計値に達すると e^+e^- 衝突事象による
バックグラウンドが支配的になる (Phase 2ではほとんど無い)

TOPカウンターに影響するバックグラウンド

$e^- (e^+)$ が衝突時、または衝突前後で散乱

物質中で電磁シャワーを起こし光子が発生

TOPカウンターの物質との相互作用で生じた(陽)電子がチェレンコフ光を発生



大量のX線・ γ 線がPMT劣化の要因 (シミュレーション結果)

単位時間当たりにPMTが検出した光子数を調べる

ビームバックグラウンド成分の解析

電子(陽電子)ビームのバックグラウンド(BG)は以下の式で表せる

$$BG = T \frac{I^2}{\sigma_y n_b} + BIP$$

↑
↑

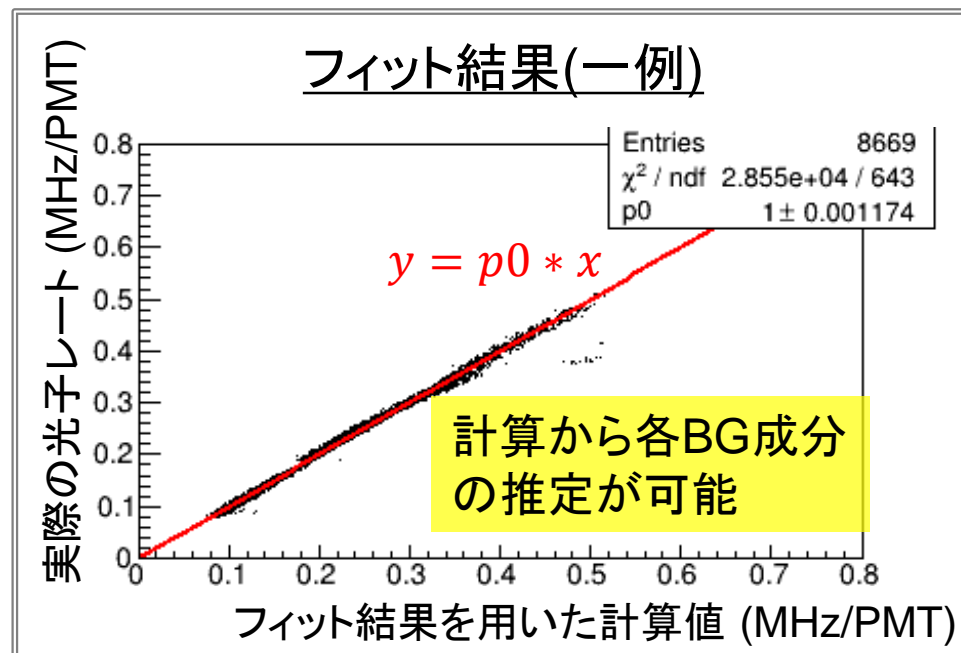
Touschek
ビームガス

BG, I, σ_y , n_b , P : 測定値
 T, B : フィットパラメータ

→ ビームサイズ (σ_y) を変えながら
 BG量を測定すれば**成分比**が分かる

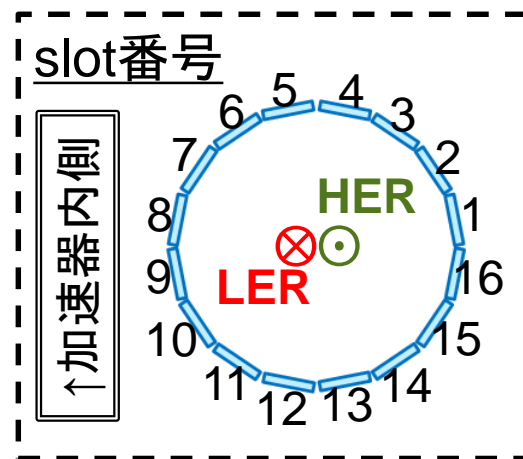
シミュレーションのBG量と
 実際のデータの比較を行う

(次ページ)

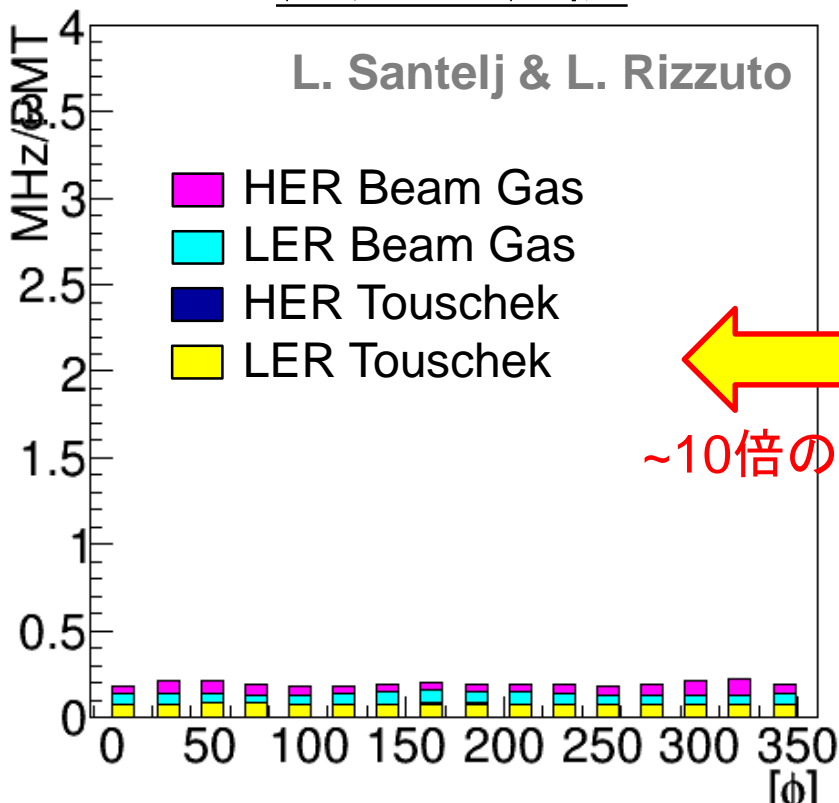


Phase 2 シミュレーション&測定

1. 加速器のシミュレーションからBGを算出
2. 同じ条件に測定値をスケール

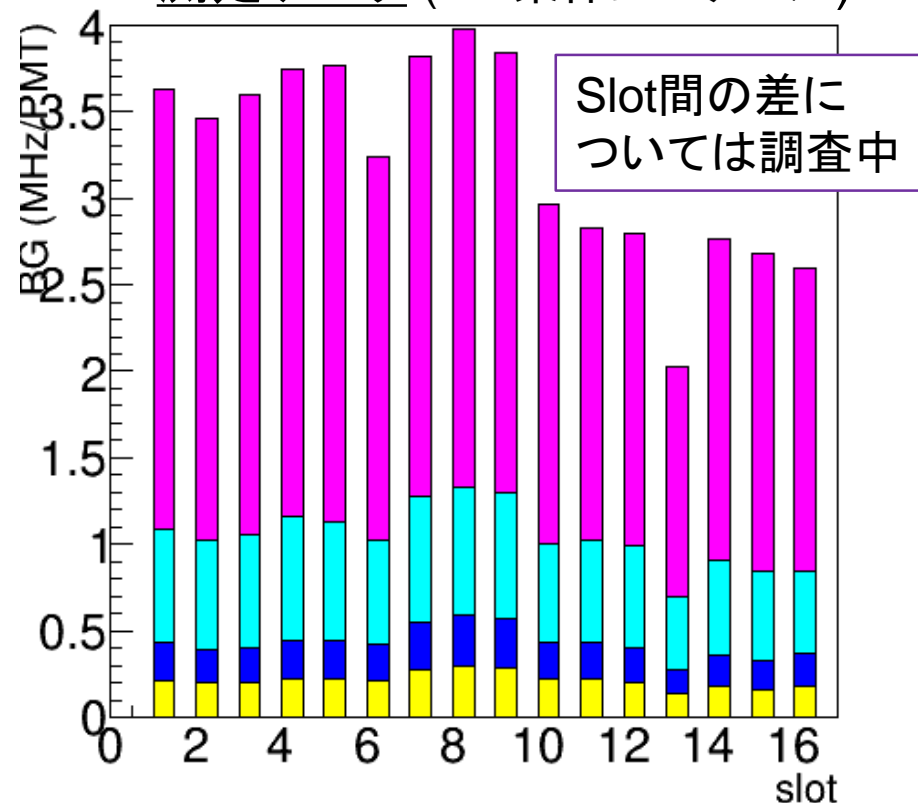


シミュレーション



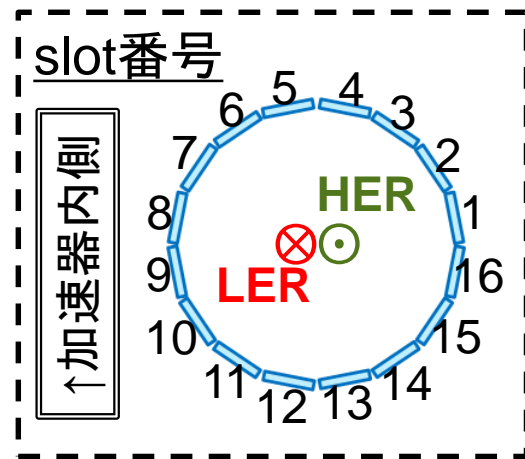
← →
~10倍の違い

測定データ (MC条件にスケール)

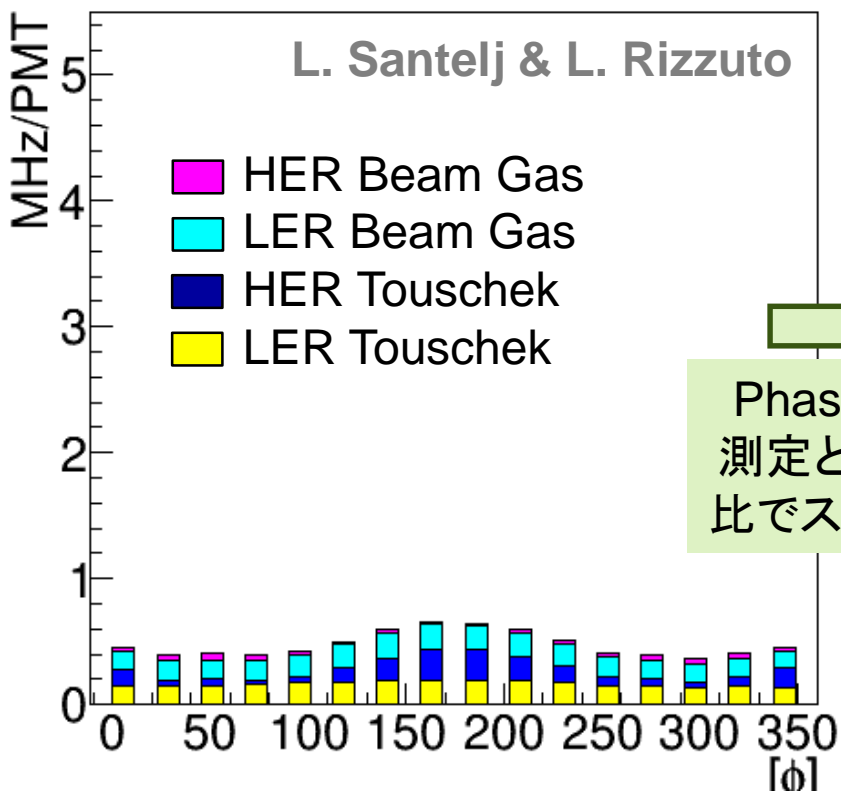


Phase 3 シミュレーション&推定

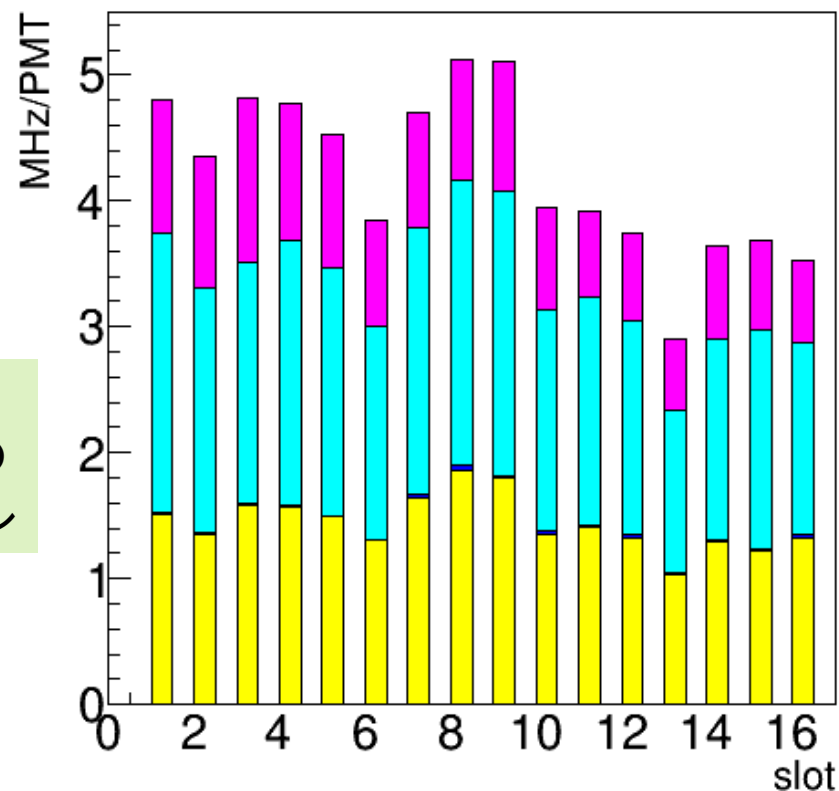
Phase 3 設計ルミノシティでのシミュレーション
Phase 2と同じMC/Data比でスケールすると...



シミュレーション

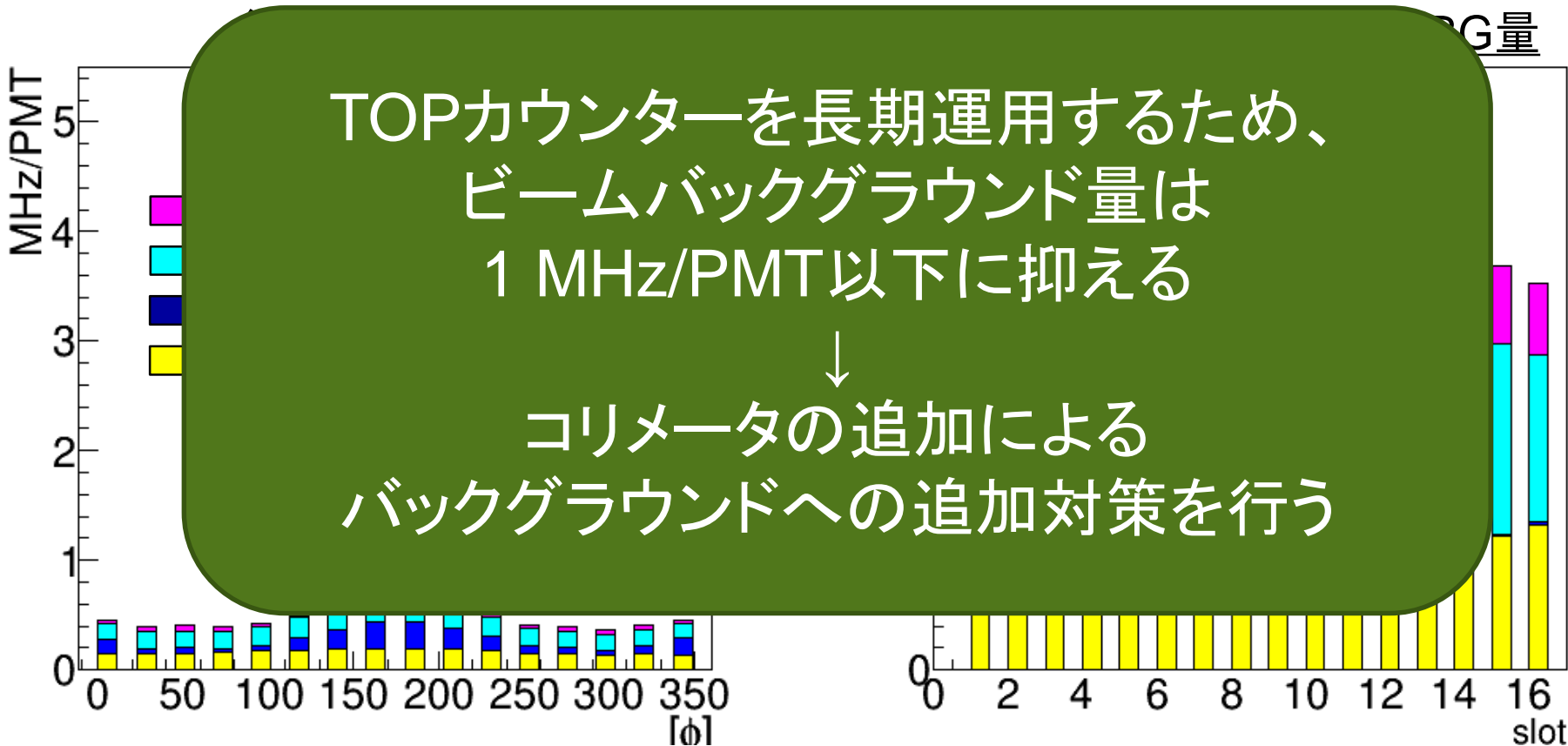
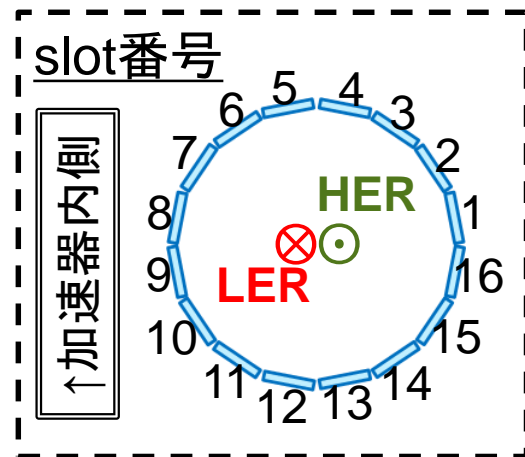


対策なしの場合の推定BG量



Phase 3 シミュレーション&推定

Phase 3 設計ルミノシティでのシミュレーション
Phase 2と同じMC/Data比でスケールすると...



バックグラウンド解析

その他の課題

- ✓ e^+e^- 衝突由来のバックグラウンドを測定
ルミノシティに比例する。設計値では~8 MHz/PMT (MC予想)
- ✓ ビーム入射時のバックグラウンドを測定
Phase 3では常時ビームを入射してビーム強度を維持する
この時ビーム軌道に乗らなかった電子/陽電子がBG
- ✓ MCP-PMTの積算出力電荷(寿命の目安)の管理
積算出力電荷に依存して光電面の量子効率が低下する。
オンラインモニターを用意

まとめ

- Phase 2運転にて、TOPカウンターの原理が働くことを実証
--- 目標の粒子識別性能に達するには較正などが必要
- ビームバックグラウンドはシミュレーション予想より
およそ10倍多い
--- Phase 3までにコリメータを追加、Phase 3でも調査を継続
- 衝突由来、ビーム入射由来のバックグラウンドはPhase 3で
早期に検証が必要

Back up slides

Tushek 解析データ

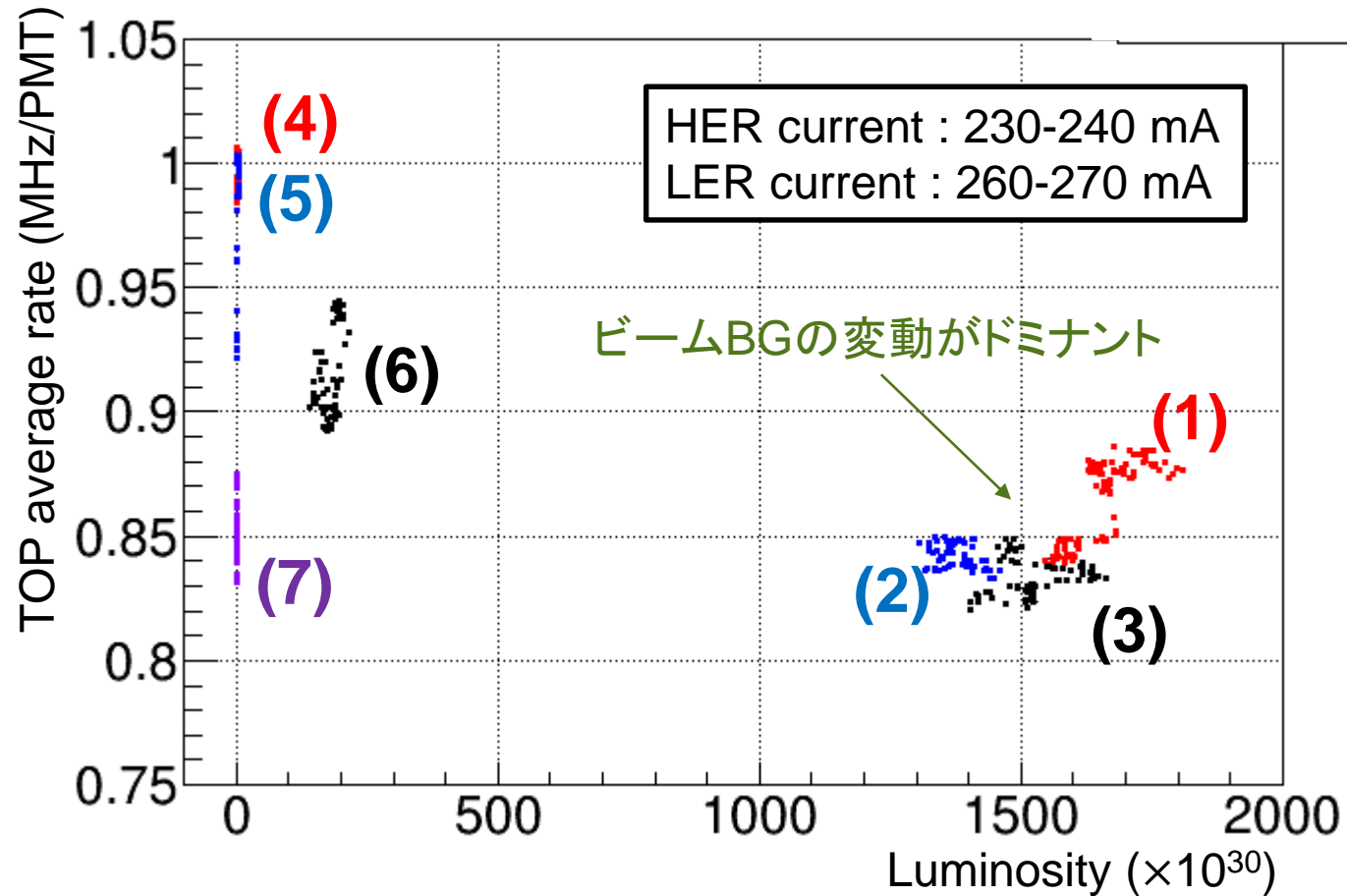
LER toushek study on June 12th .

$I < 320$ mA, $\sigma_y = [35, 85, 165]$ um, $P < 5.5 \times 10^{-8}$ Pa, # of bunch = 789

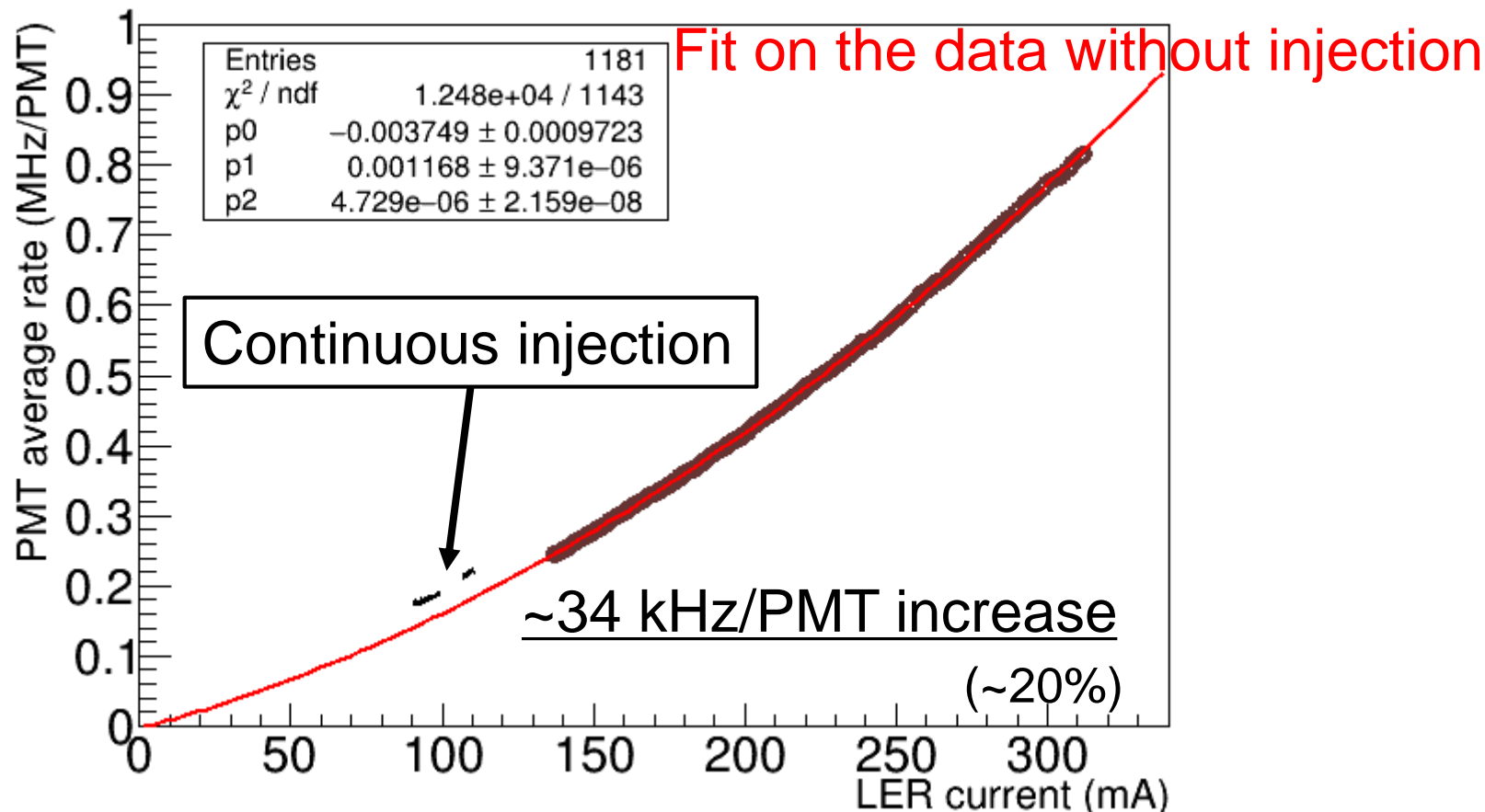
HER toushek study on June 11th .

$I < 290$ mA, $\sigma_y = [30, 50]$ um, $P < 1.8 \times 10^{-8}$ Pa, # of bunch = 789, 1576

Luminosity Background study on 12th July



Continuous injection check (LER only)

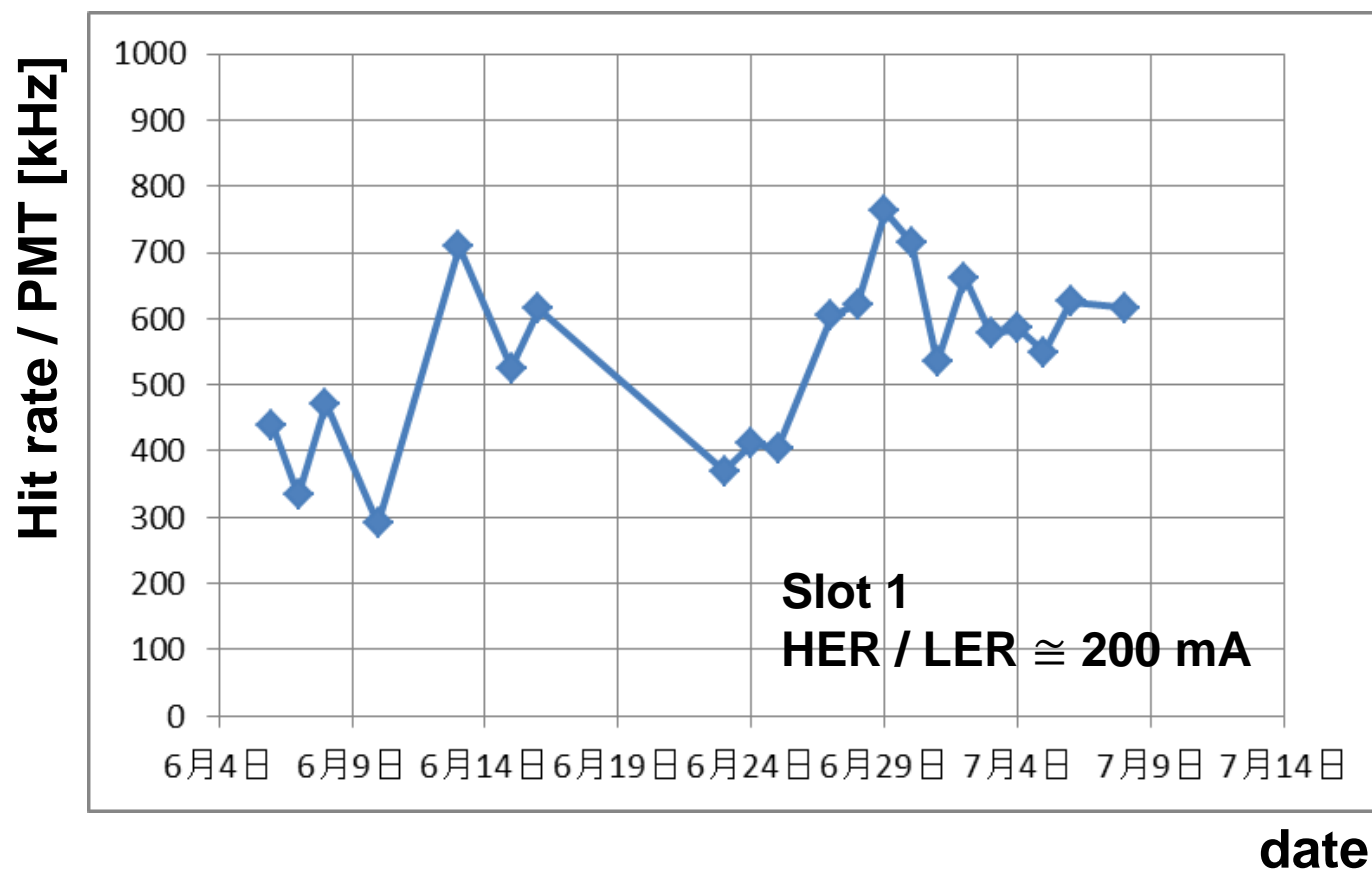


LER injection repetition rate : 0.5 Hz
LER injection rate : 0.008-0.02 mA/s

Scaler rate during Phase 2

G.Muroyama

Day by day TOP BG rate during Luminosity run in Phase 2.



Total output charge (Phase 2)

Matsuoka & Muroyama

Calculated from scaler count (Gain = 5×10^5).

Enough low compared with Conventional PMT life (0.3 – 1.7 C/cm²).

