



# J-PARC KOTO実験の 2015年度物理ラン解析の現状と展望

上路 市訓（京都大学）

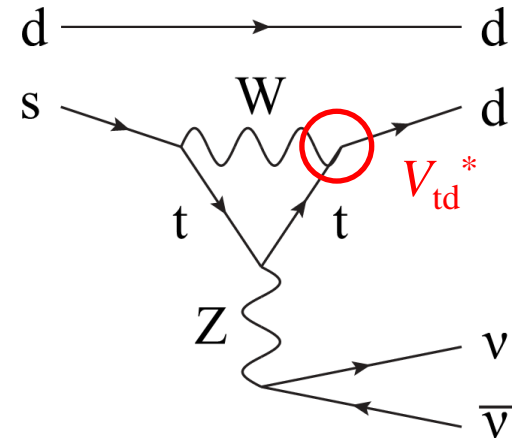
@ 23<sup>rd</sup> ICEPP Symposium

2017年2月19日

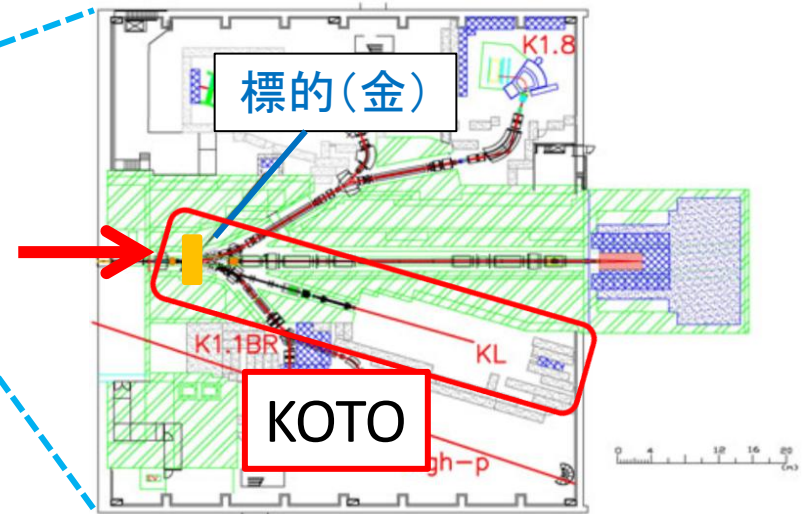


# KOTO実験

- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  探索実験
  - direct CP violation
  - 標準模型 分岐比  $3.0 \times 10^{-11}$
  - 理論による不定性小:  $\sim 2\%$



大強度陽子加速器施設J-PARC(茨城県東海村)



# KOTO実験

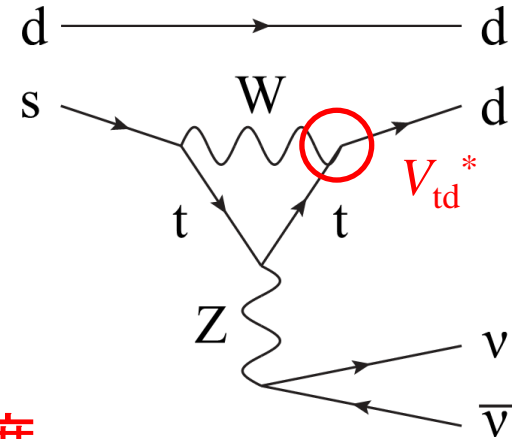
- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  探索実験

- direct CP violation

- 標準模型 分岐比  $3.0 \times 10^{-11}$

- 理論による不定性小:  $\sim 2\%$

-> 標準模型を超える物理に高感度



分岐比

$10^{-8}$

KEK E391a実験 ( $< 2.6 \times 10^{-8}$ )

$10^{-9}$

Grossman-Nir bound ( $< 1.4 \times 10^{-9}$ )

※アイソスピン対称な  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  の分岐比からくる間接的上限值

$10^{-10}$

$10^{-11}$

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  標準模型

# KOTO実験

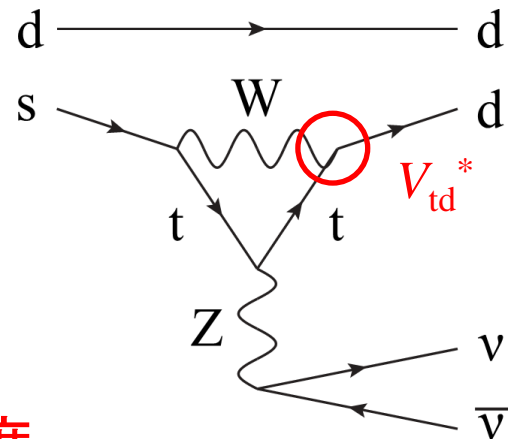
- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  探索実験

- direct CP violation

- 標準模型 分岐比  $3.0 \times 10^{-11}$

- 理論による不定性小:  $\sim 2\%$

-> 標準模型を超える物理に高感度



分岐比

$10^{-8}$

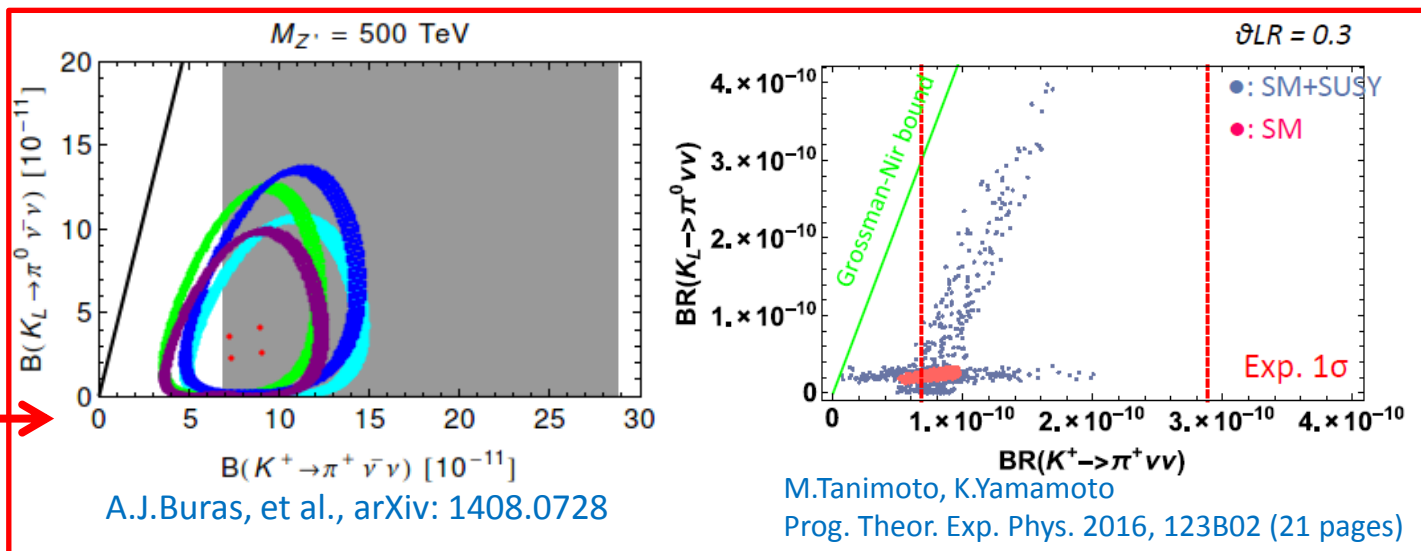
$10^{-9}$

新物理?

$10^{-10}$

標準模型

$10^{-11}$



# KOTO実験

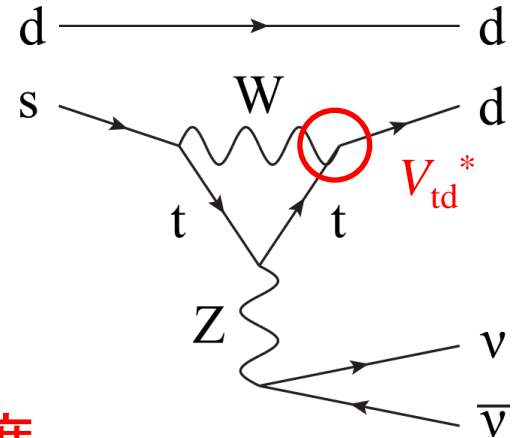
- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  探索実験

- direct CP violation

- 標準模型 分岐比  $3.0 \times 10^{-11}$

理論計算の不安定性小:  $\sim 2\%$

超える物理に高感度



分岐比

$10^{-8}$

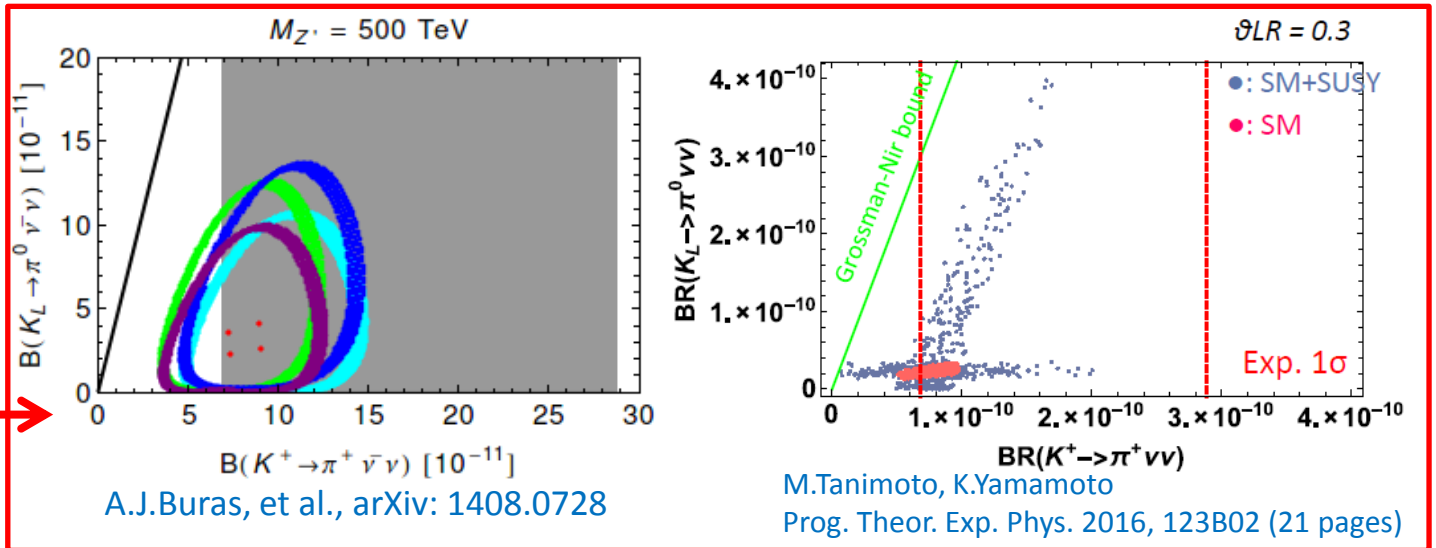
$10^{-9}$

新物理?

$10^{-10}$

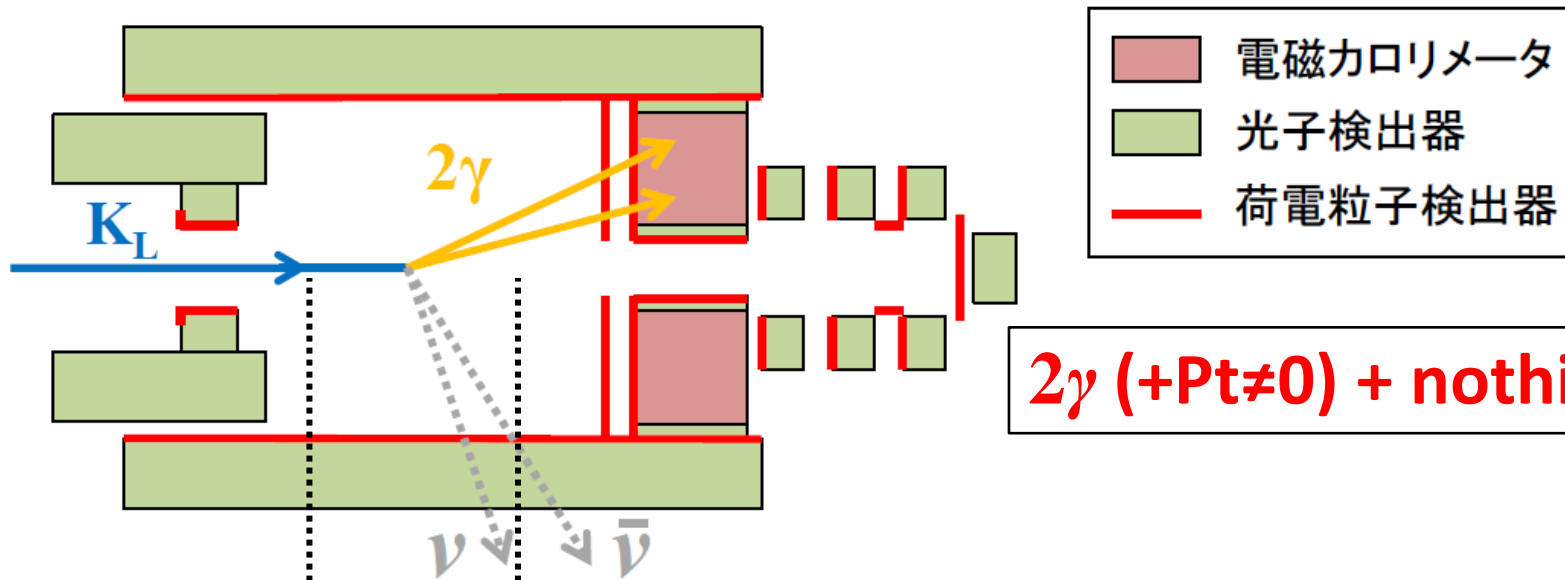
標準模型

$10^{-11}$

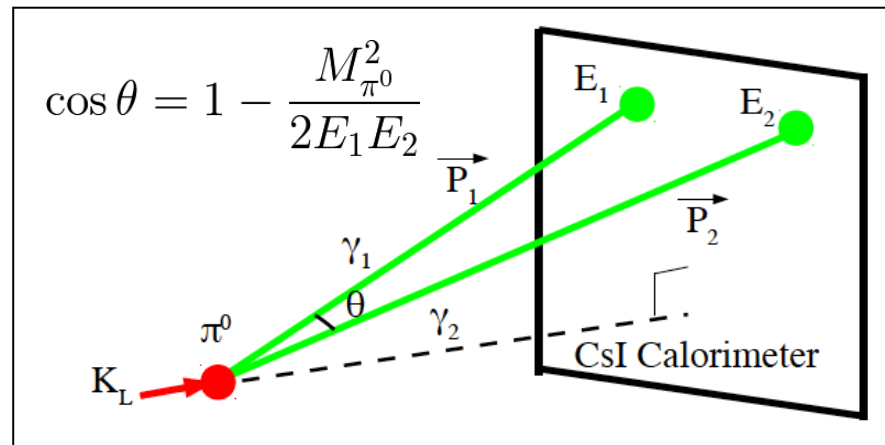
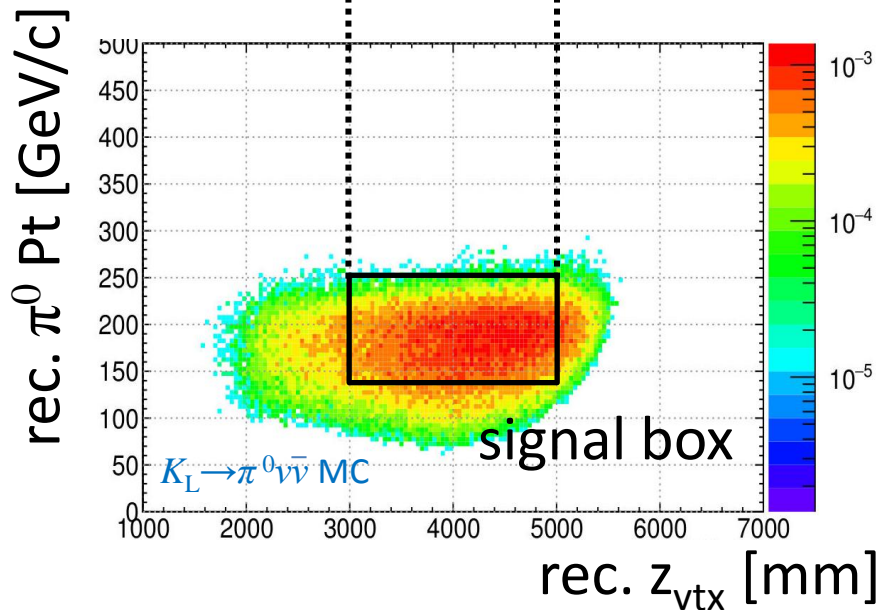




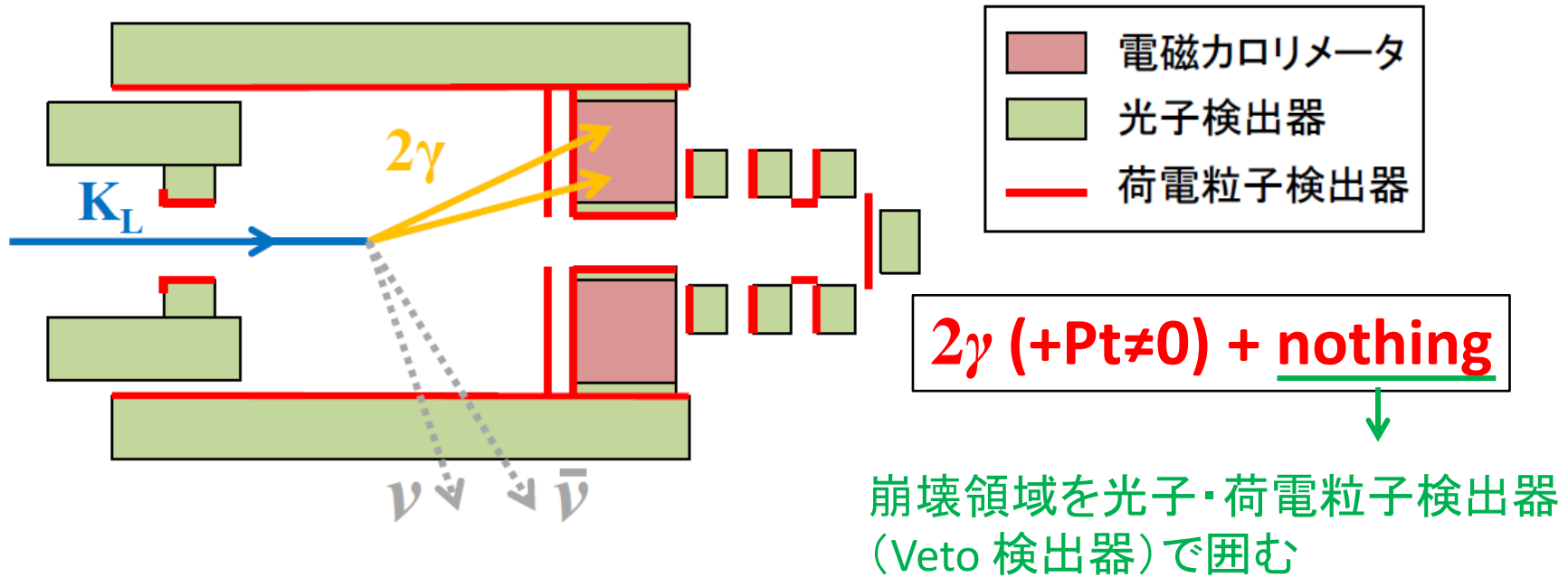
# 実験原理



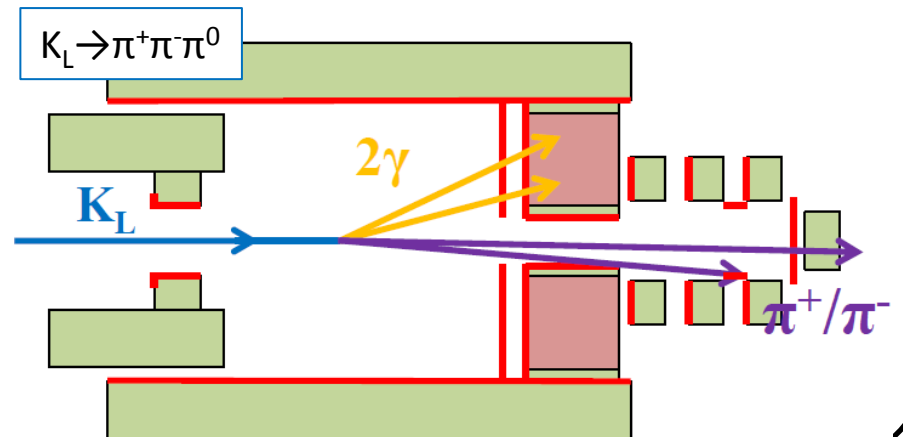
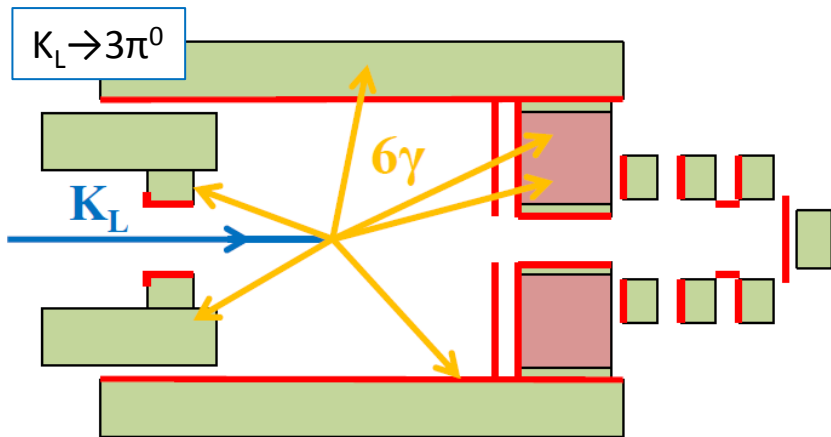
**2γ (+Pt≠0) + nothing**



# 実験原理



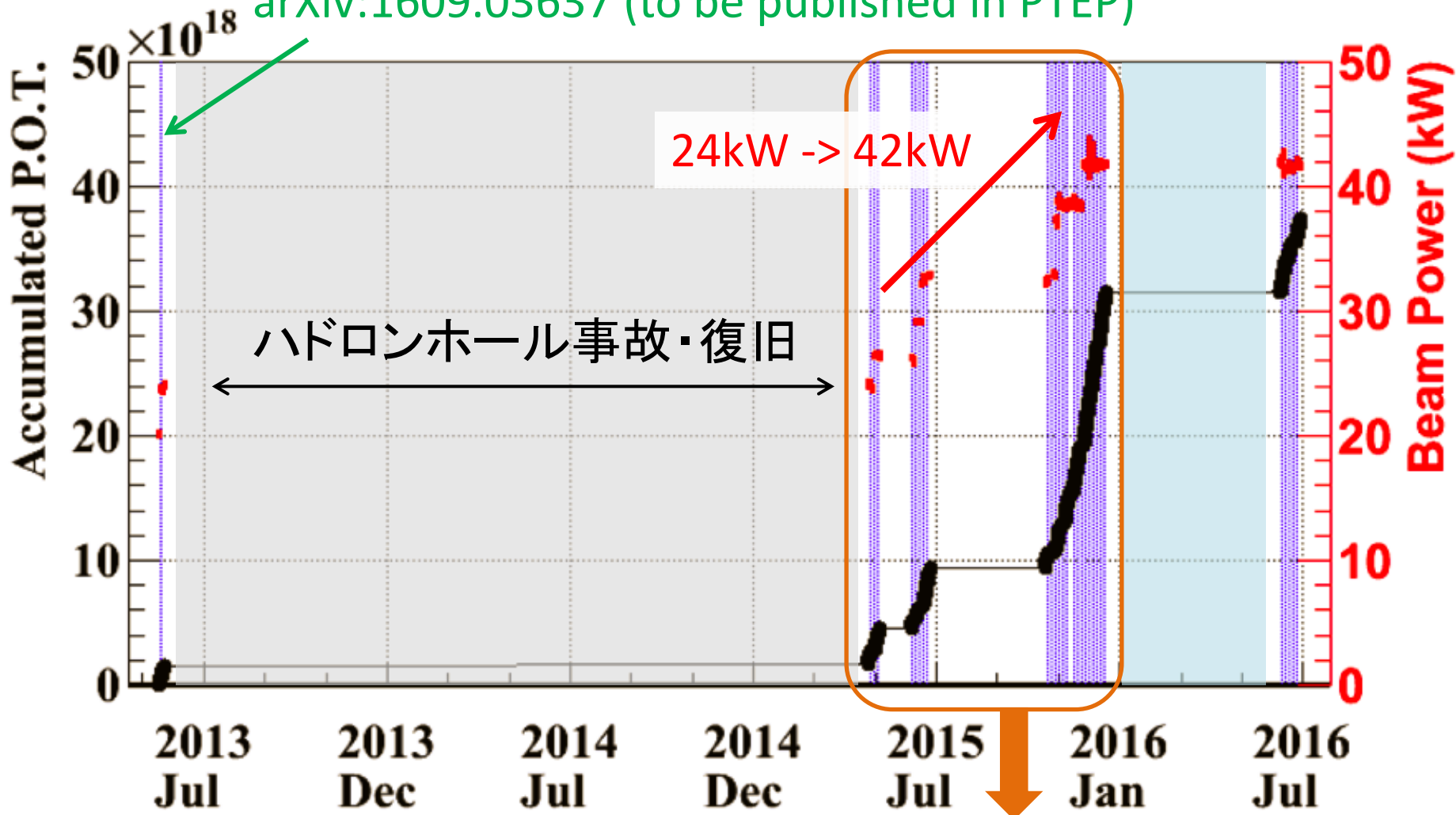
Backgroundの例:



# KOTO 実験の軌跡

初の物理ラン

arXiv:1609.03637 (to be published in PTEP)

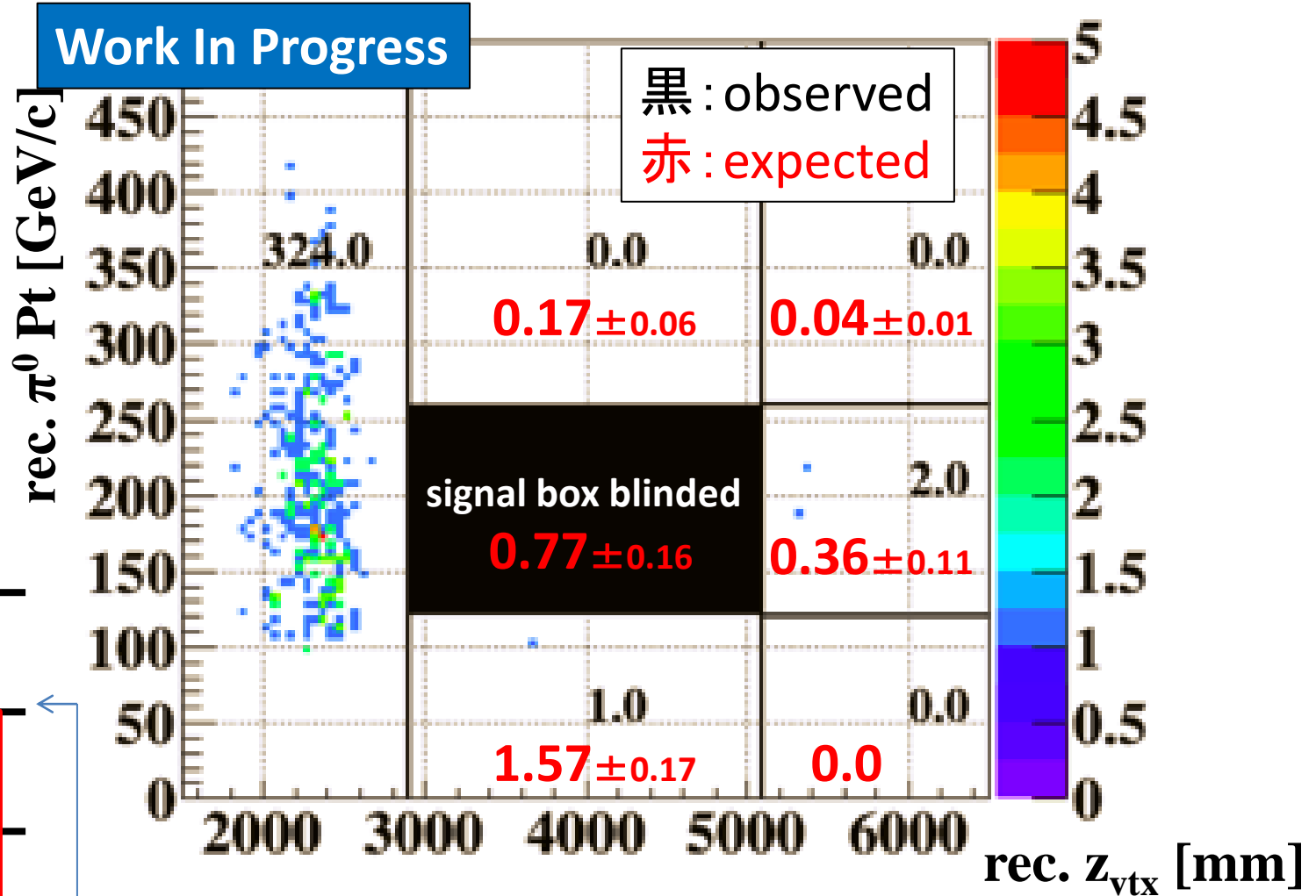


2015年物理ラン: 2013年の20倍のビーム統計量



# 2015年ランの解析状況

Work In Progress



分岐比

$10^{-8}$

$10^{-9}$

新物理?

$10^{-10}$

標準模型

$10^{-11}$

Single Event Sensitivity:  $1.1 \times 10^{-9}$

(平均信号事象数が1になる分岐比)

# 2015年ランの解析状況

Work In Progress

実験感度 (S/N) を決める要因

Point1

バックグラウンド数  
← 十分な削減が必要

Point2

Signal (KL → π<sup>0</sup>νν) 事象の Acceptance  
← 最適化したい

**Single Event Sensitivity:  $1.1 \times 10^{-9}$**

(平均信号事象数が1になる分岐比)

分岐比

$10^{-8}$

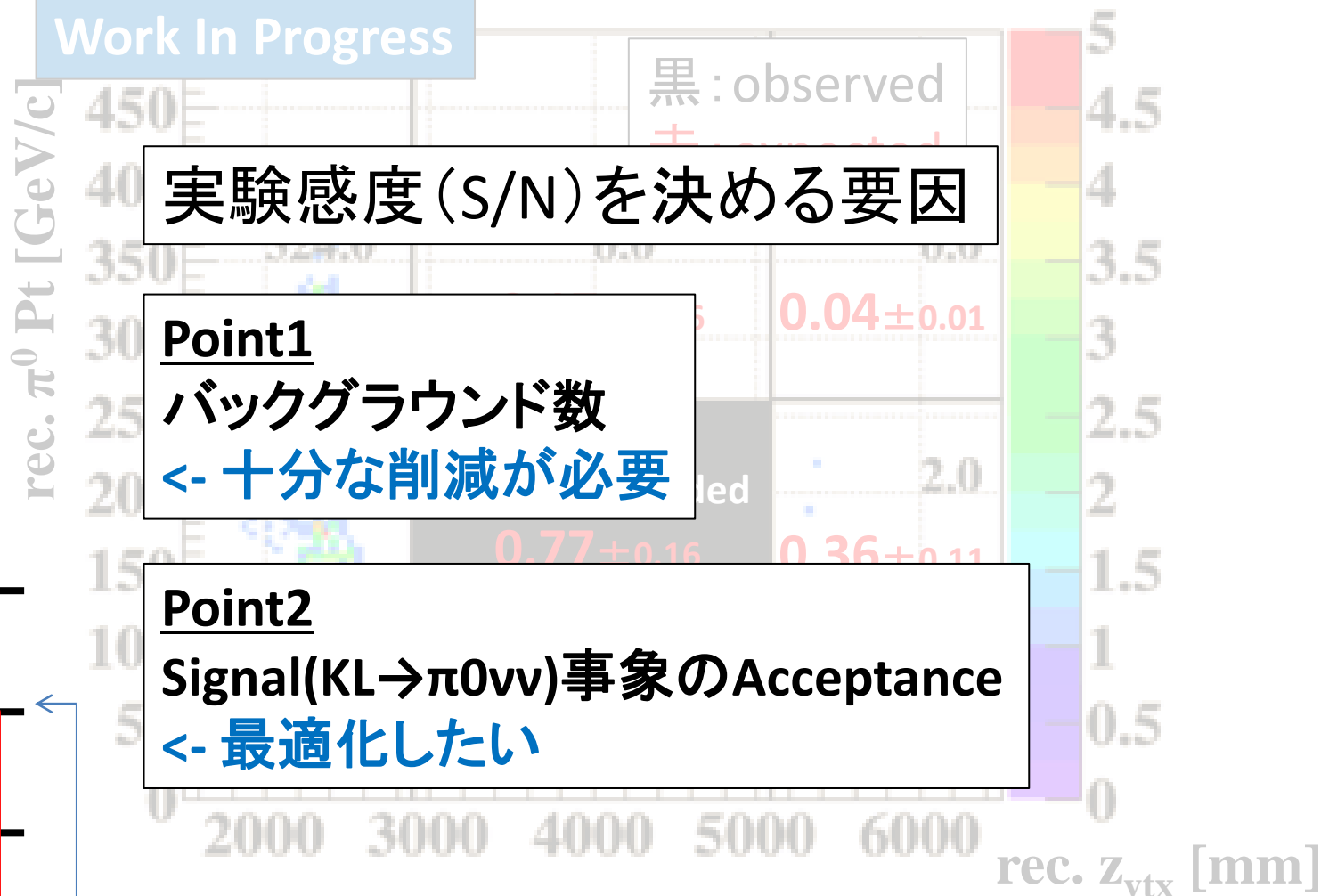
$10^{-9}$

$10^{-10}$

$10^{-11}$

新物理?

標準模型



# 2015年ランの解析状況

Work In Progress

実験感度 (S/N) を決める要因

Point1

バックグラウンド数  
← 十分な削減が必要

Point2

Signal (KL →  $\pi^0 \nu \nu$ ) 事象の Acceptance  
← 最適化したい

分岐比

$10^{-8}$

$10^{-9}$

新物理?

$10^{-10}$

標準模型

$10^{-11}$

従来の解析: バックグラウンドの削減が中心  
→ Signal Acceptance の最適化も考える

黒: observed

+

$0.04 \pm 0.01$

led

2.0

$0.77 \pm 0.16$

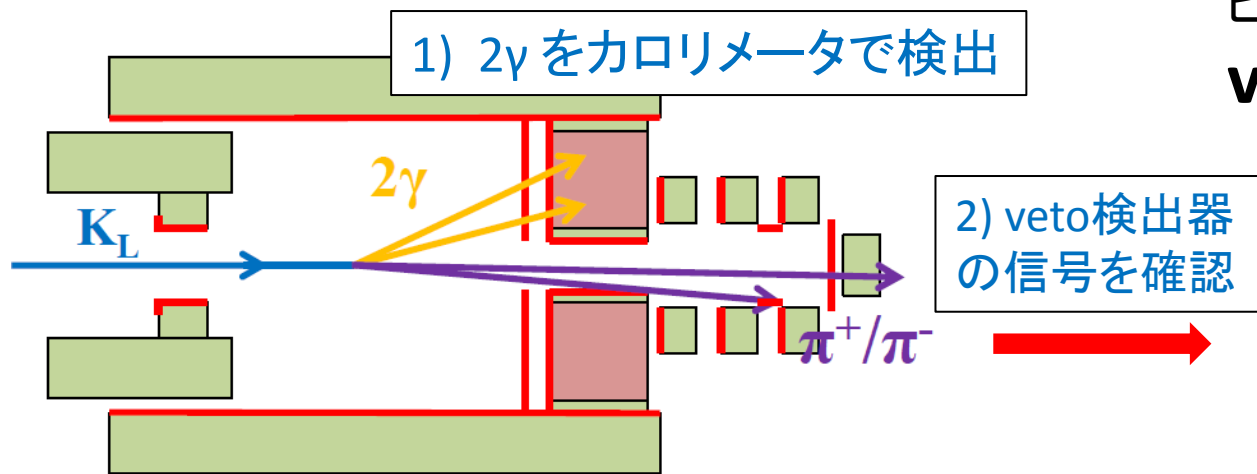
$0.36 \pm 0.11$



rec.  $\pi^0$  Pt [GeV/c]

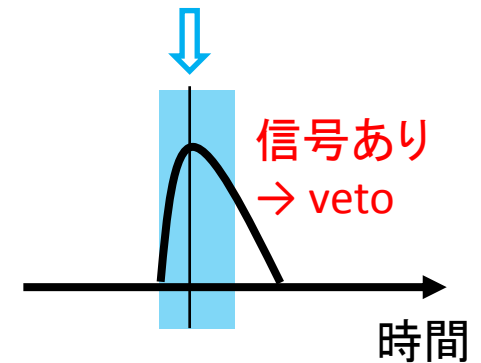


# Acceptance 向上における課題: Accidental Loss

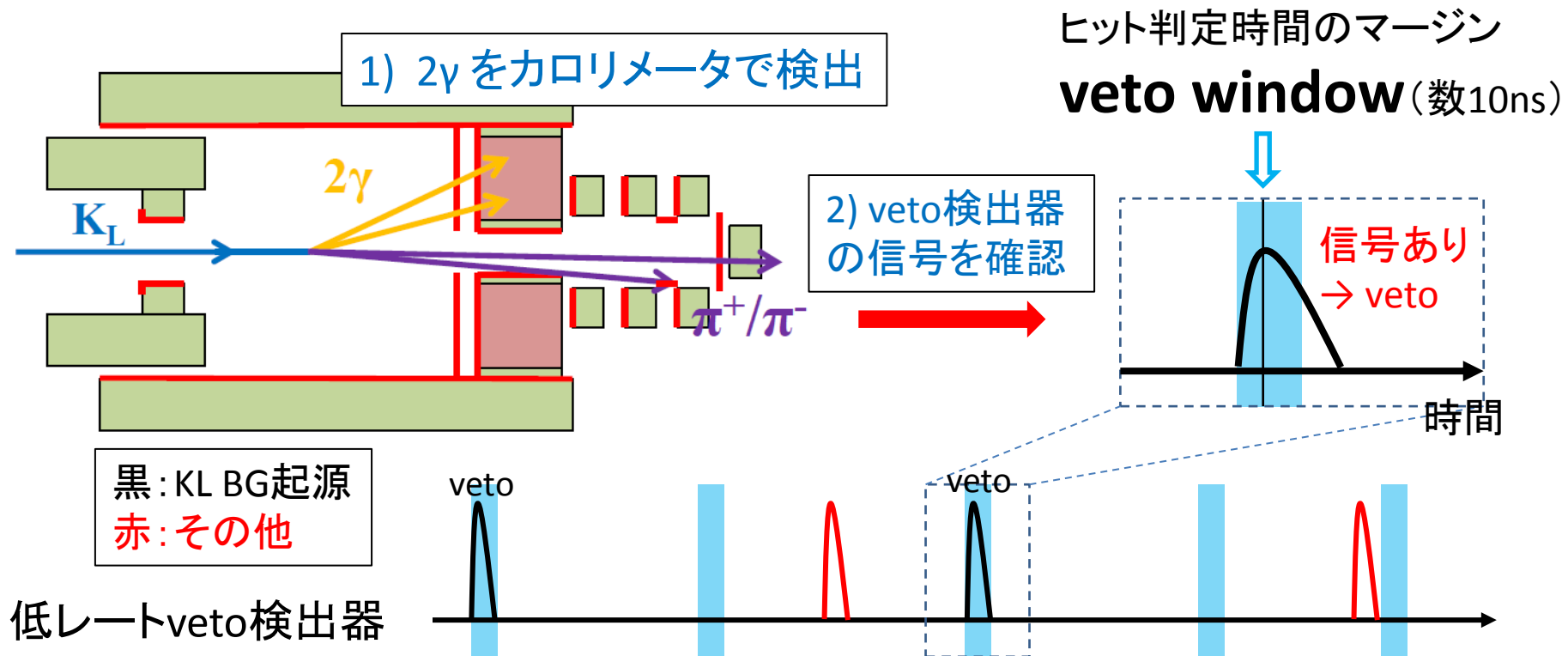


ヒット判定時間のマージン

**veto window** (数10ns)

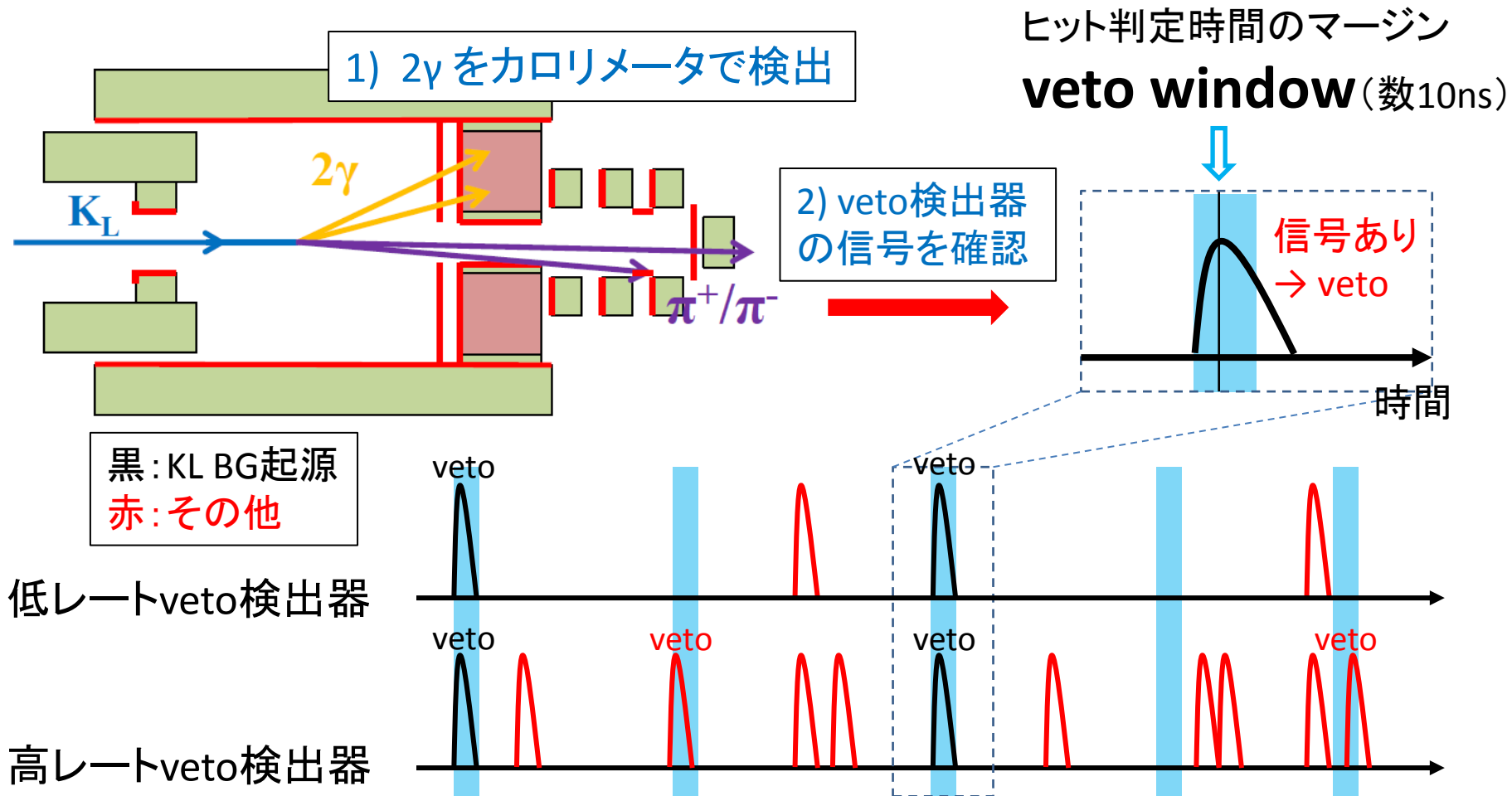


# Acceptance 向上における課題: Accidental Loss

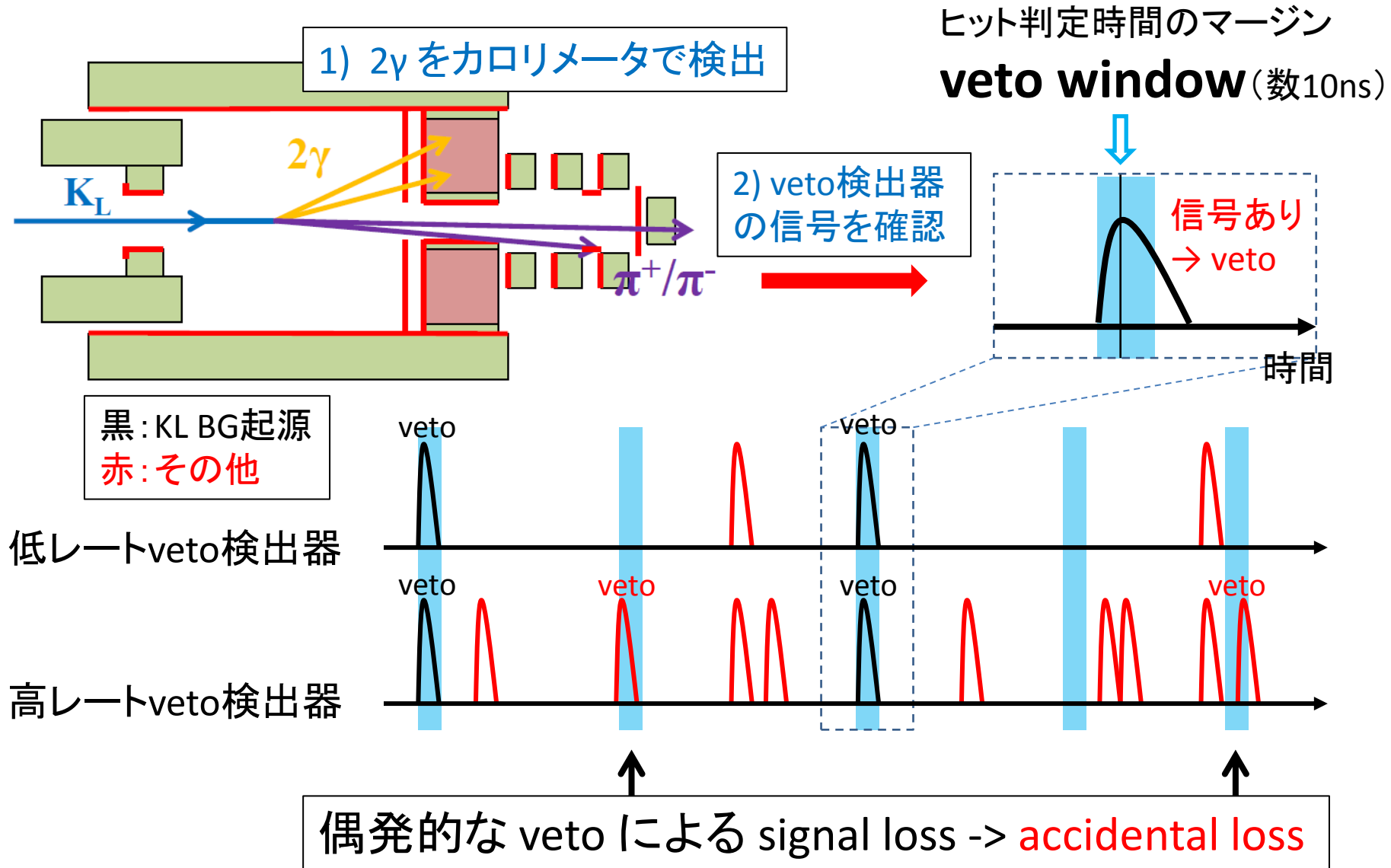




# Acceptance 向上における課題: Accidental Loss

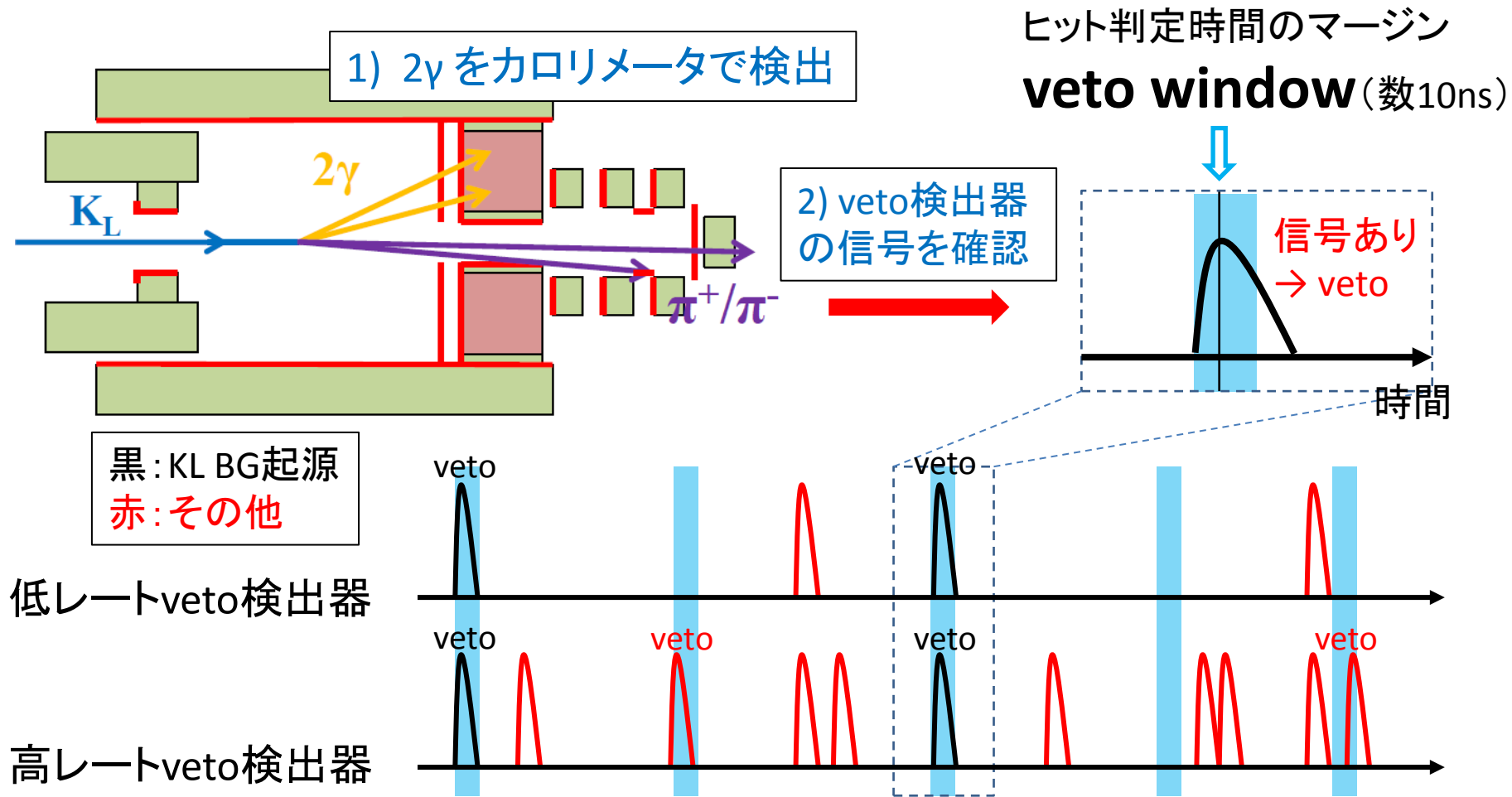


# Acceptance 向上における課題: Accidental Loss



現在の解析: 76% @ 42kW

# Acceptance 向上における課題: Accidental Loss

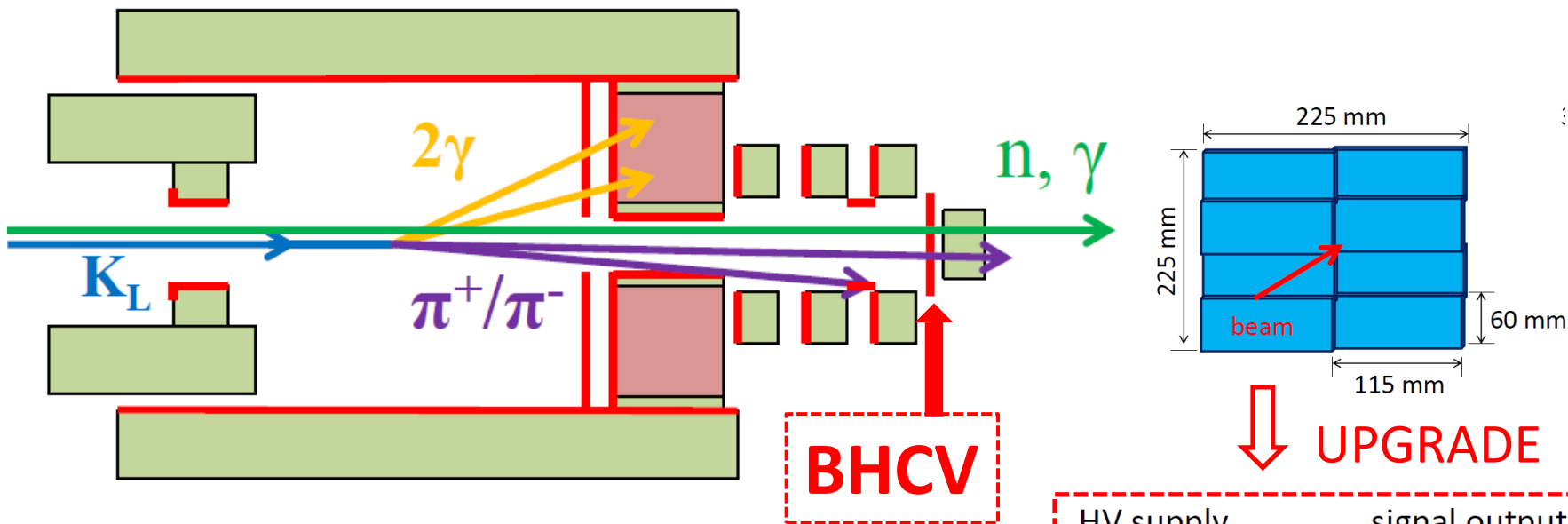


Accidental Loss の削減

- ☆ veto 検出器の低レート化
- ☆ veto window 幅の削減

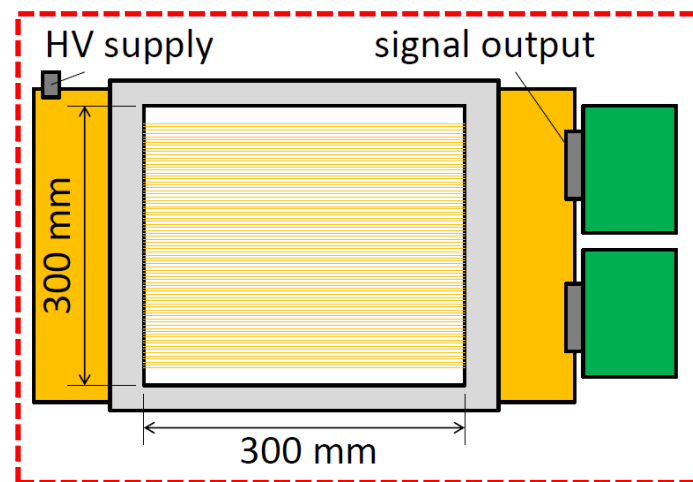
## 検出器の低レート化の取り組み

# ビーム中荷電粒子検出器のアップグレード



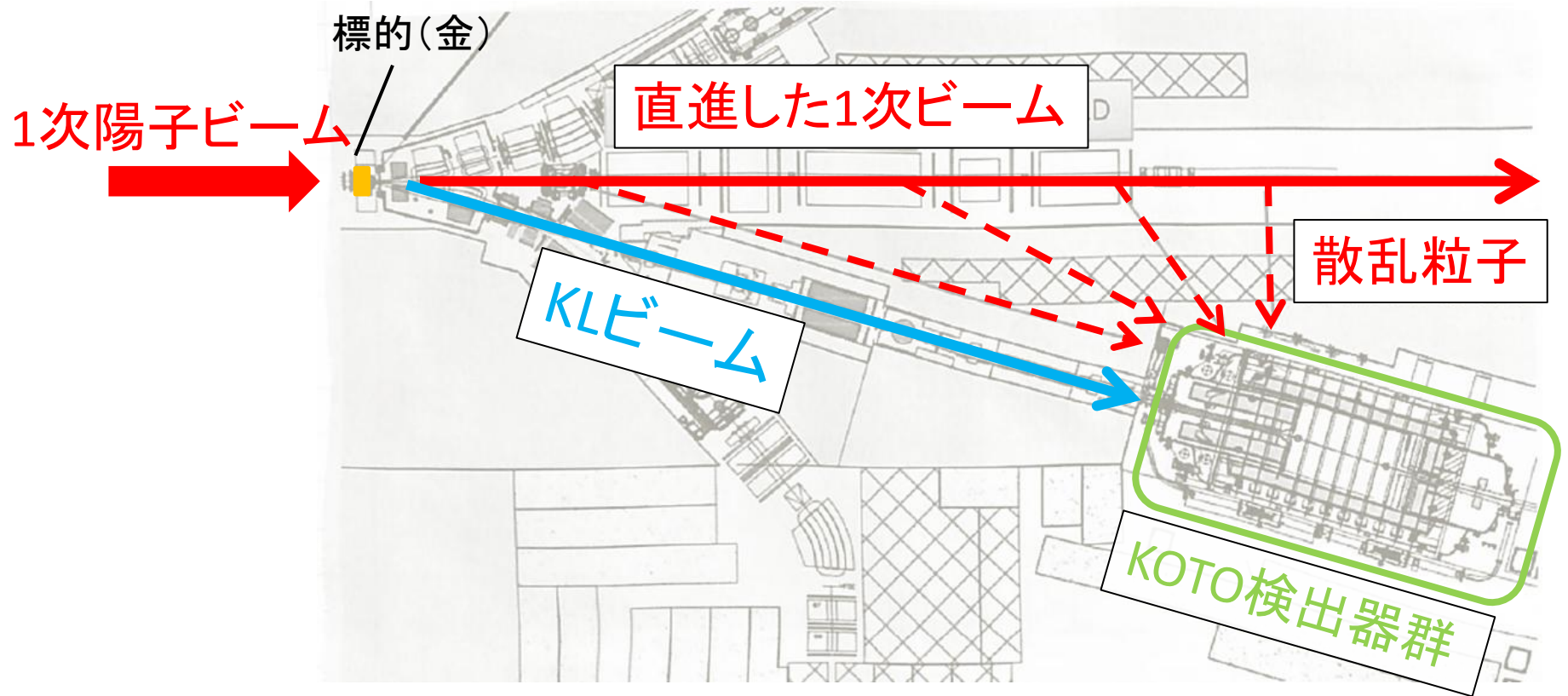
ビーム中の中性子・ $\gamma$ による高レート環境  
⇒ ガス検出器に(低物質量化)

カウンティングレート: 65%減  
→ accidental loss が 2%削減

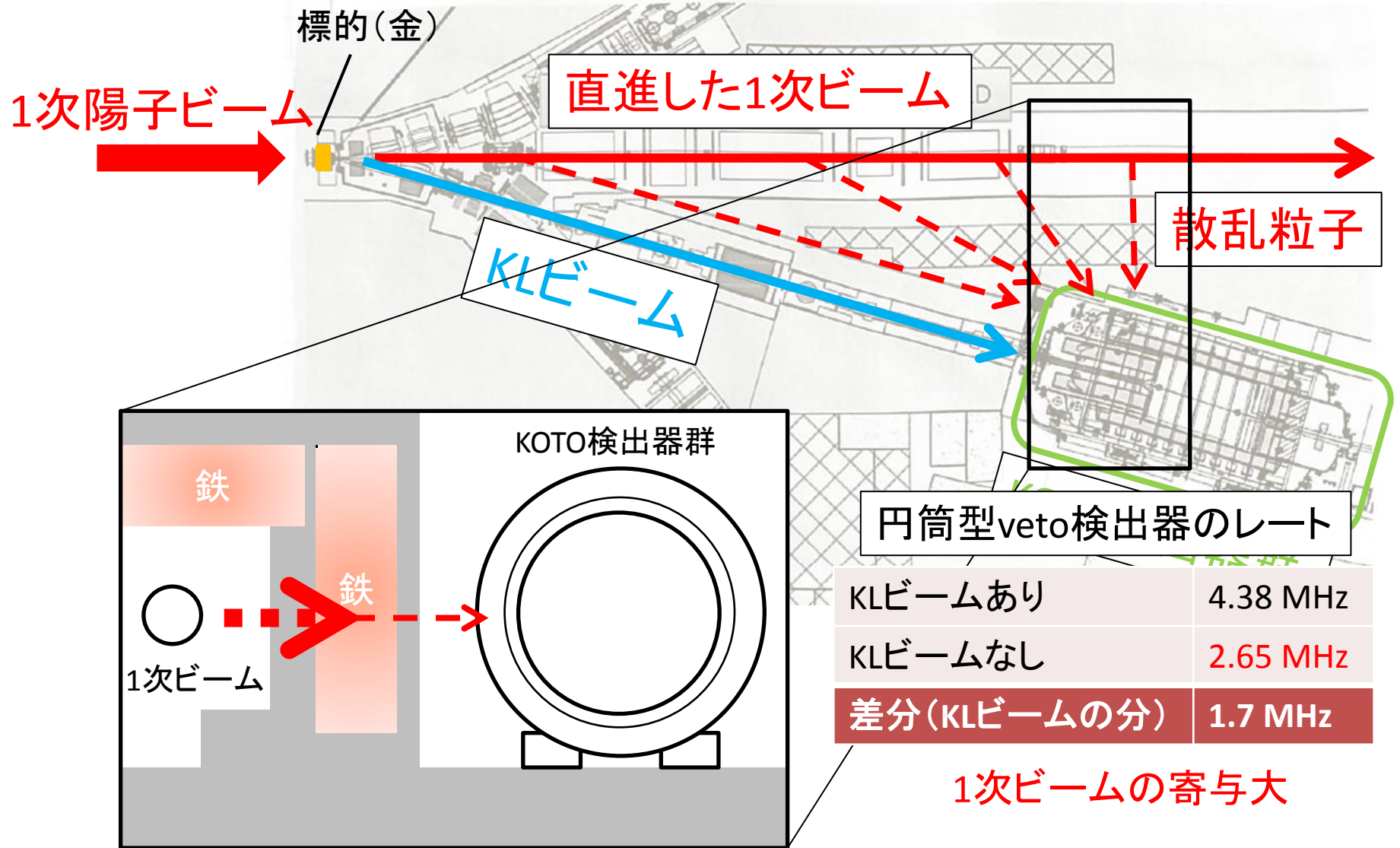




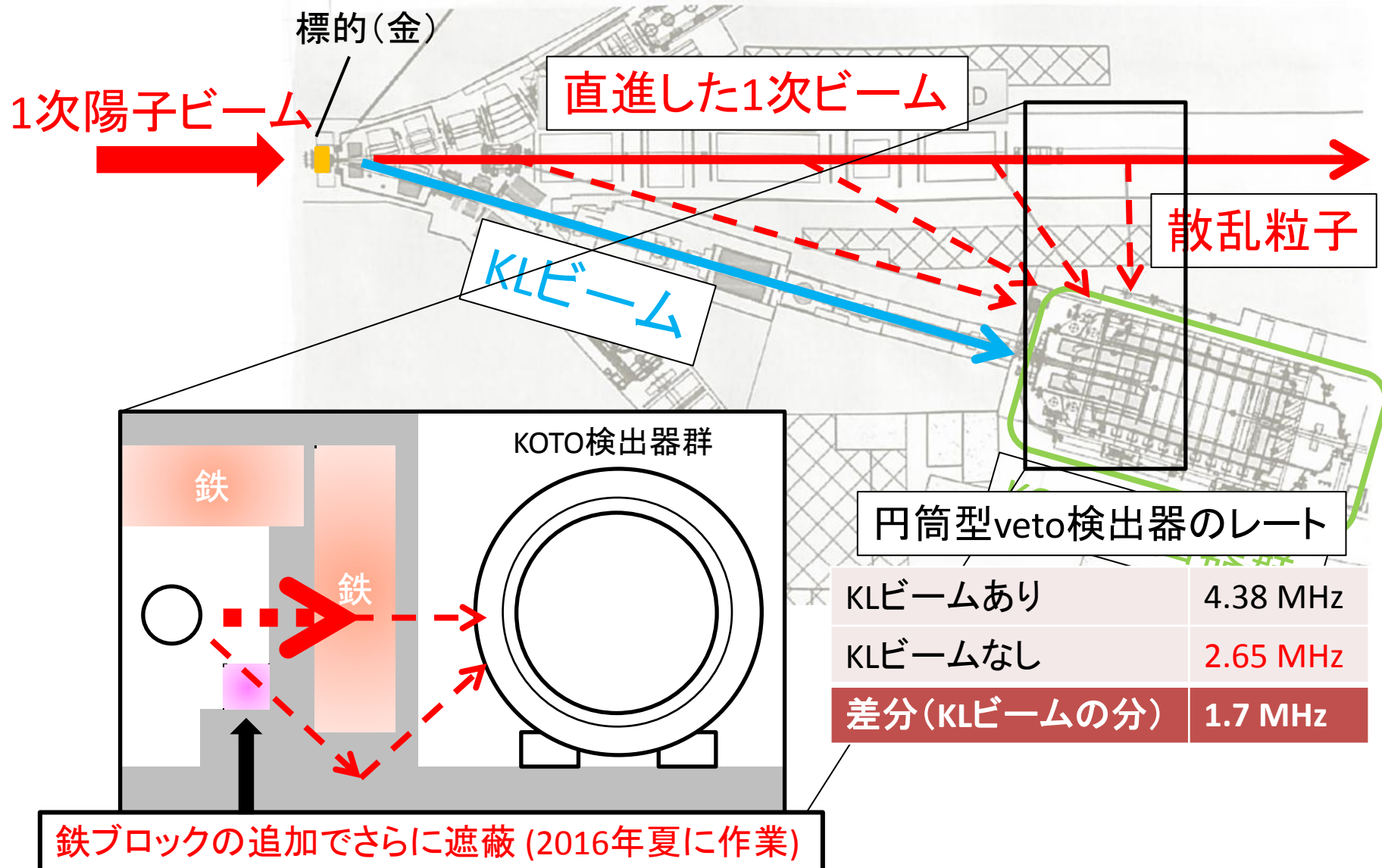
# 1次ビームの寄与の削減



# 1次ビームの寄与の削減

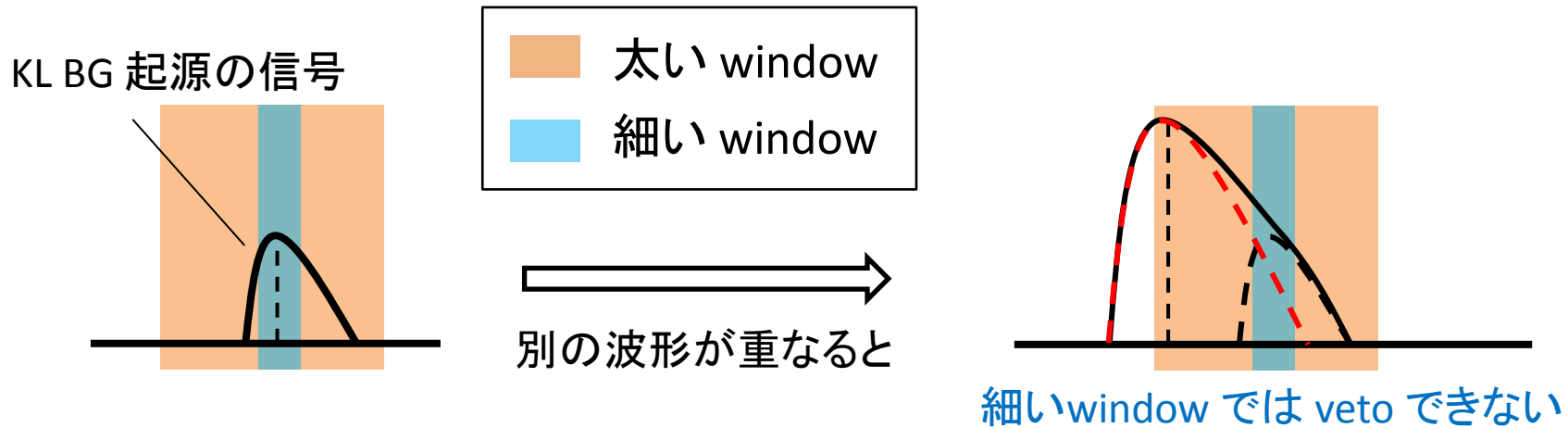


# 1次ビームの寄与の削減



# Veto Window 幅の削減に向けて

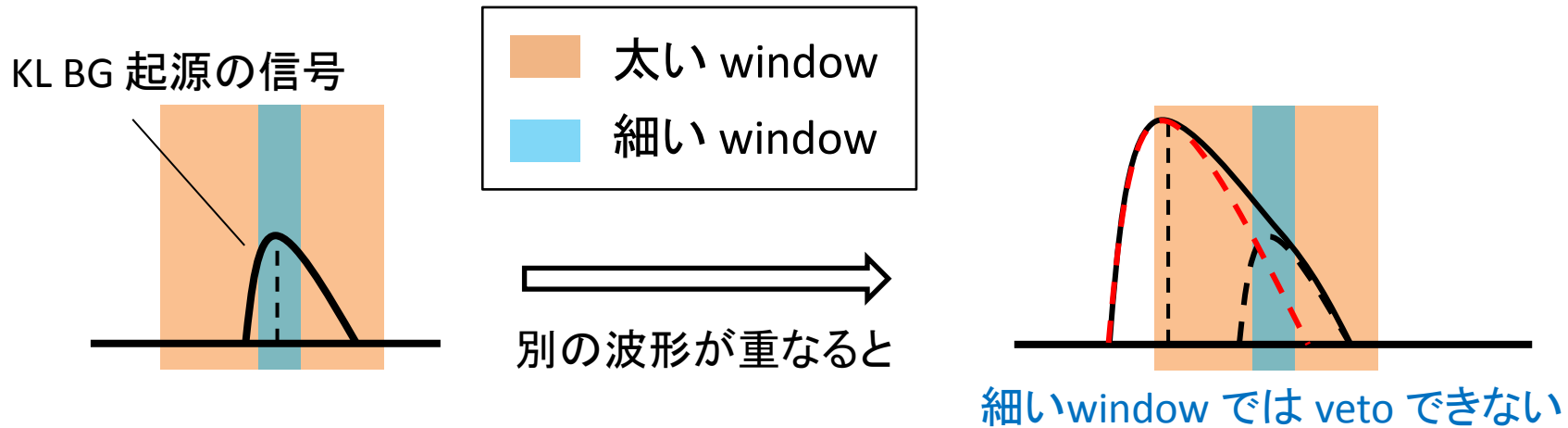
# 課題1: 重複波形による不感率の増大



重複波形をうまく分離する波形解析手法が必要



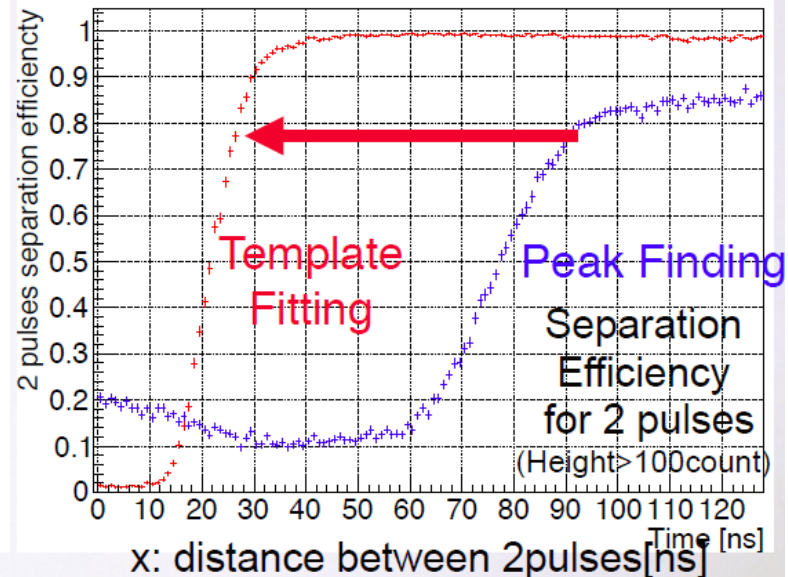
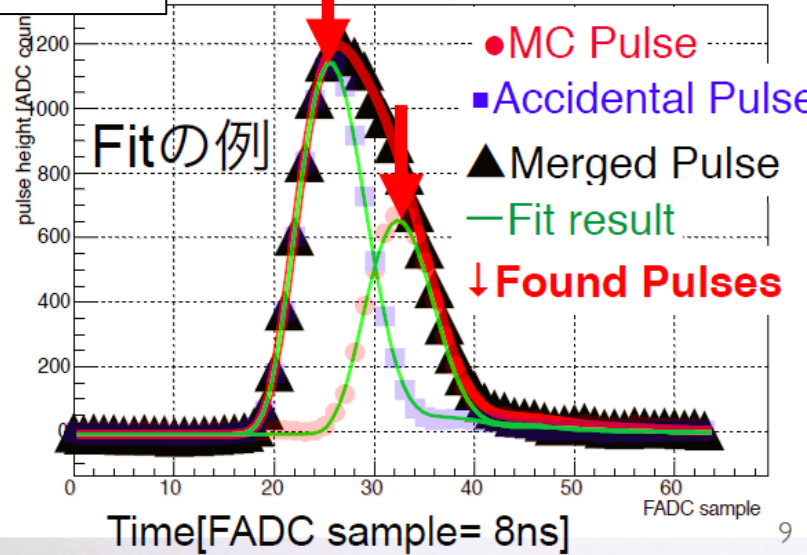
# 課題1: 重複波形による不感率の増大



## 重複波形をうまく分離する波形解析手法が必要

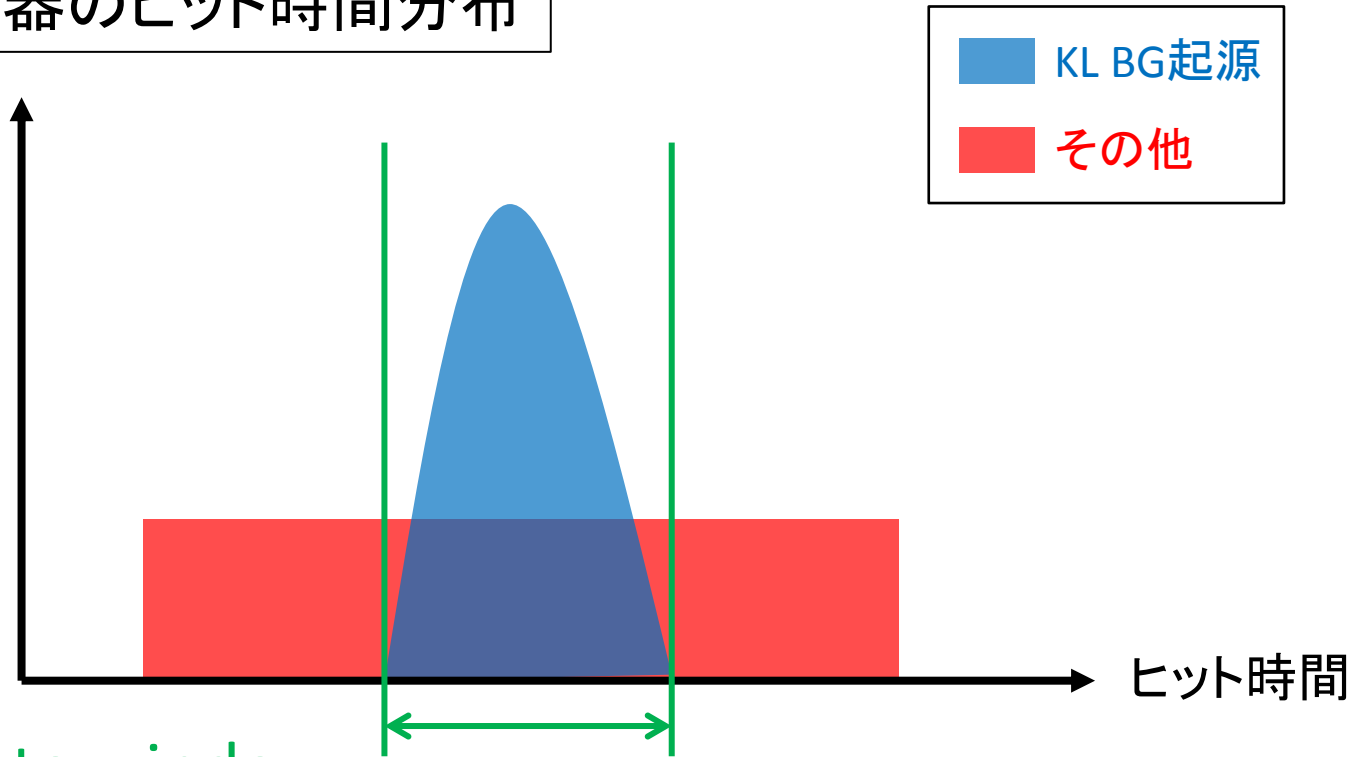
先行研究

杉山泰之氏のスライドより(日本物理学会2014年9月)



# 課題2: 時間分布の理解

veto 検出器のヒット時間分布



最適な veto window

「その他」を減らしつつ「BG起源」はVetoできるように設定  
-> ヒット時間分布を「正しく」理解することが必要

- ☆ BG のkinematics
- ☆ 検出器の時間応答

# まとめ・今後の展望

- KOTO実験は 2015年に最初の物理ランの20倍のデータを取得し解析が進行中
- 新物理が期待される感度の入口に到達する見込み
- **新たな挑戦として信号 acceptance を積極的に改善する study を開始**
  - ⇒ **検出器低レート化・Veto Window 最小化で低ロス・高感度化の実現を目指す！！**

## KOTO実験の今後の展望

- ☆ より詳細な BG study → open box に向けて鋭意解析中！
  - ☆ より強力な波形解析手法を用いた物理解析が本格始動！
  - ☆ acceptance 改善 & ビーム強度増強でさらなる高統計を実現し新物理発見が期待される感度の探索を継続！
- [KOTO実験のさらなる展望については次の講演(塩見)で]



Thank You