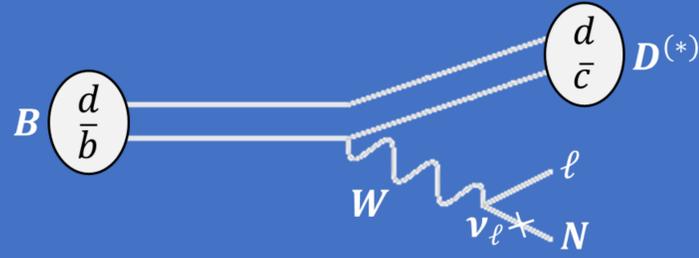


# Belle II実験におけるB中間子崩壊から生成される重い中性レプトンの探索

東京大学大学院理学系研究科 島崎 奉文

Flavor Physics Workshop 2024  
2024/12/3



## モチベーションと研究目的

### 重い中性レプトン(HNL)

- HNLとは、ニュートリノの4番目以降の質量固有状態を指す仮定の粒子
- 標準模型(SM)のニュートリノとのMixingを介して弱い相互作用によって生成・崩壊する

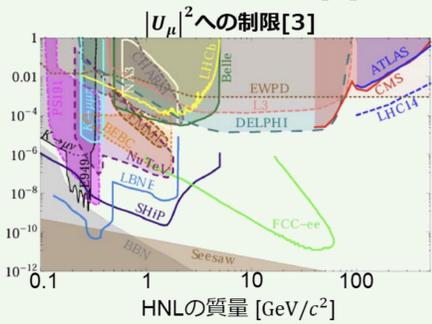
$$\nu_{L\alpha} = \sum_{i=1}^3 V_{\alpha i} \nu_i + U_{\alpha} N \quad \alpha = e, \mu, \tau$$

- シーソー機構によるニュートリノ質量の説明[1]
- レプトジェネシスを通じたバリオン数非対称性の説明[2]

### 研究目的

- Belle II実験にて、信号事象  $B \rightarrow D^{(*)} \ell N (\ell = e, \mu)$  から生成される質量  $2 \text{ GeV}/c^2$  以上のHNLを探索する

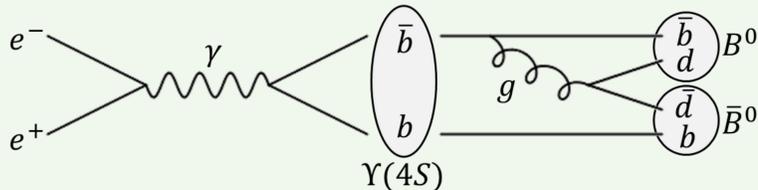
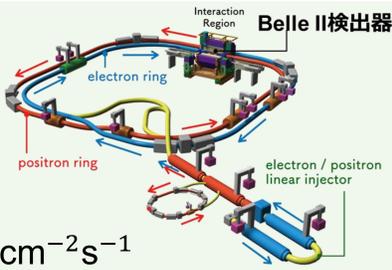
[1] P. Minkowski, Phys. Lett. B **67**, 421 (1977)  
[2] T. Asaka, et al., Phys. Lett. B, **620**, 1, 17-26 (2005)  
[3] F. Deppisch, et al., arXiv:1502.06541v3



## Belle II実験

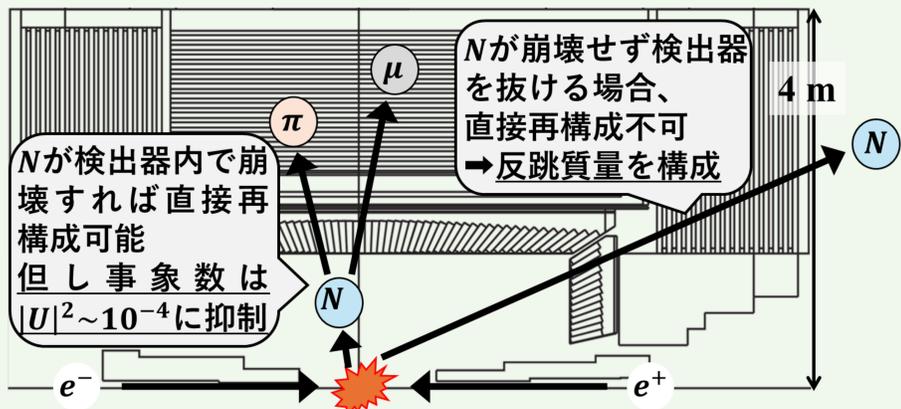
### SuperKEKB加速器

- 電子陽電子衝突型円形加速器
- 世界最高のルミノシティ  $\mathcal{L} = 6 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- 重心系エネルギー  $\sqrt{s} = 10.58 \text{ GeV}$  ( $\Upsilon(4S)$ の共鳴エネルギー)
- クリーンな環境**: B中間子が生成されるとき、必ず  $B\bar{B}$  対で生成され、その他の粒子は生成されない



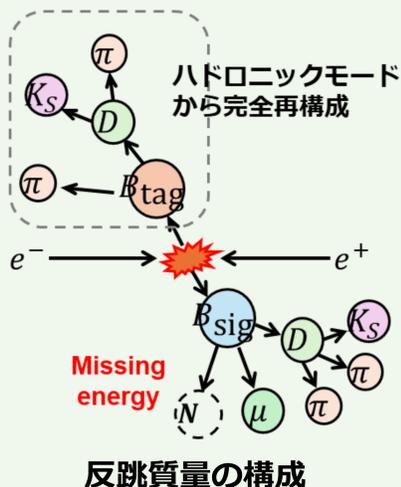
## 探索戦略

- HNLの寿命によって、検出器内での崩壊確率が決まる



### HNLが長寿命の場合

- 逆側のBの運動量を再構成することによって信号側の  $B \rightarrow D^{(*)} \ell$  から反跳質量を構成
- Belle II(クリーンな環境)でしかできない探索手法
- バックグラウンド(BG)が多い



### HNLが短寿命の場合

- $N \rightarrow \ell \pi$  から直接再構成
- ビーム衝突点から離れた崩壊点を要求することでBGを抑制

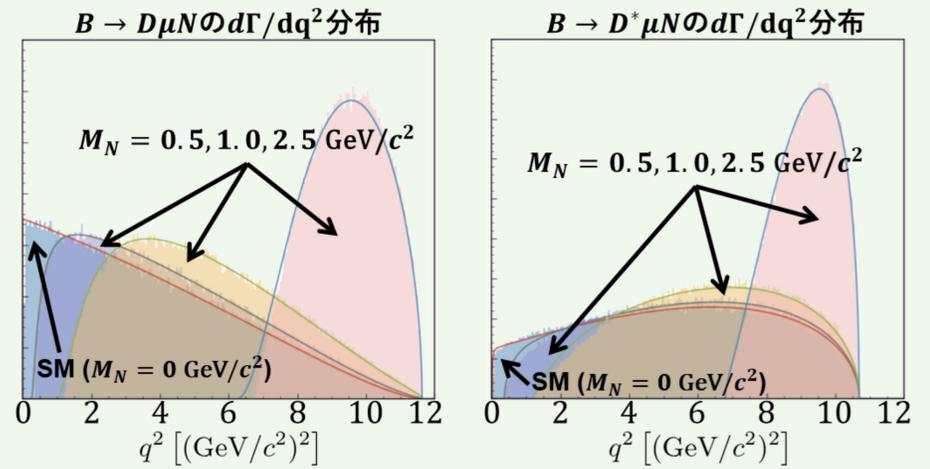
## Generator開発

### HNLの生成モデル: $B \rightarrow D^{(*)} \ell N$

- SMのBのセミレプトニック崩壊モデル(BGLモデル)のレプトニックカレントをmassive neutrino用に修正

$$d\Gamma \propto G_F^2 |V_{cb}|^2 \left| L_\mu \langle D^{(*)} | \bar{c} \Gamma^\mu b | B \rangle \right|^2$$

レプトニックカレントは Massive neutral lepton で計算  
ハドロニックカレントのフォームファクターはBGLモデルを適用



### HNLの崩壊モデル: $N \rightarrow \ell \pi$

- $\tau$ のハドロニック崩壊と同じモデルを適用して開発中

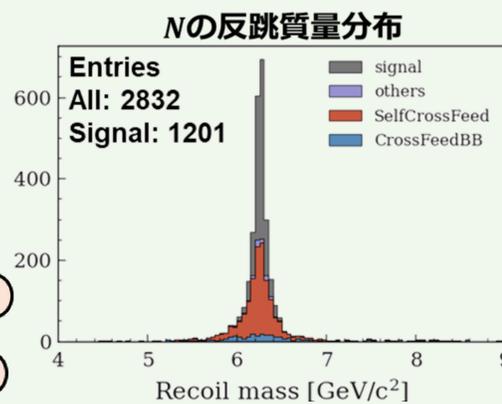
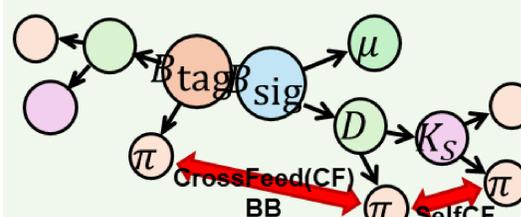


## Signal MC Study: 反跳質量の構成

- 開発したGeneratorを用いて粒子の崩壊過程と検出器との相互作用をシミュレートしたモンテカルロ(MC) サンプルを生成
- HNLは  $2.5 \text{ GeV}/c^2$  の安定粒子として  $10^7$  イベントを生成

粒子	再構成条件
$B_{\text{tag}}$	30以上のハドロニックモードから再構成。効率率は0.48%
$\mu^\pm, \pi^\pm, K^\pm, \gamma$	PID cut + track cut + ECL cluster cut etc.
$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$	$0.120 < M < 0.145 \text{ GeV}/c^2$
$K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$	vertex fit + $0.45 < M < 0.55 \text{ GeV}/c^2$ + KS Selector。効率率は0.46%
$B_{\text{sig}}$	
$D^-$	19%のBFをカバーする4つのモードから再構成。効率率は0.054%
$\rightarrow K^+\pi^-\pi^-$	$1.844 < M < 1.894 \text{ GeV}/c^2$
$\rightarrow K_S^0\pi^-$	$1.848 < M < 1.892 \text{ GeV}/c^2$
$\rightarrow K_S^0\pi^-\pi^0$	$1.821 < M < 1.899 \text{ GeV}/c^2$
$\rightarrow K^+K^-\pi^-$	$1.844 < M < 1.894 \text{ GeV}/c^2$

- 反跳質量構成率は0.028%
- $B_{\text{sig}}(B_{\text{tag}})$  内や  $B_{\text{tag}}B_{\text{sig}}$  間でのSlow pionなどのCross feedが多数含まれる



## まとめと今後

- Signal MCにおいて反跳質量分布のピークを観測した
- (今後) 再構成条件をさらに改善(特に  $\pi^0$ )
- (今後) 直接再構成の効率を評価  $\rightarrow$  BG MC Study