

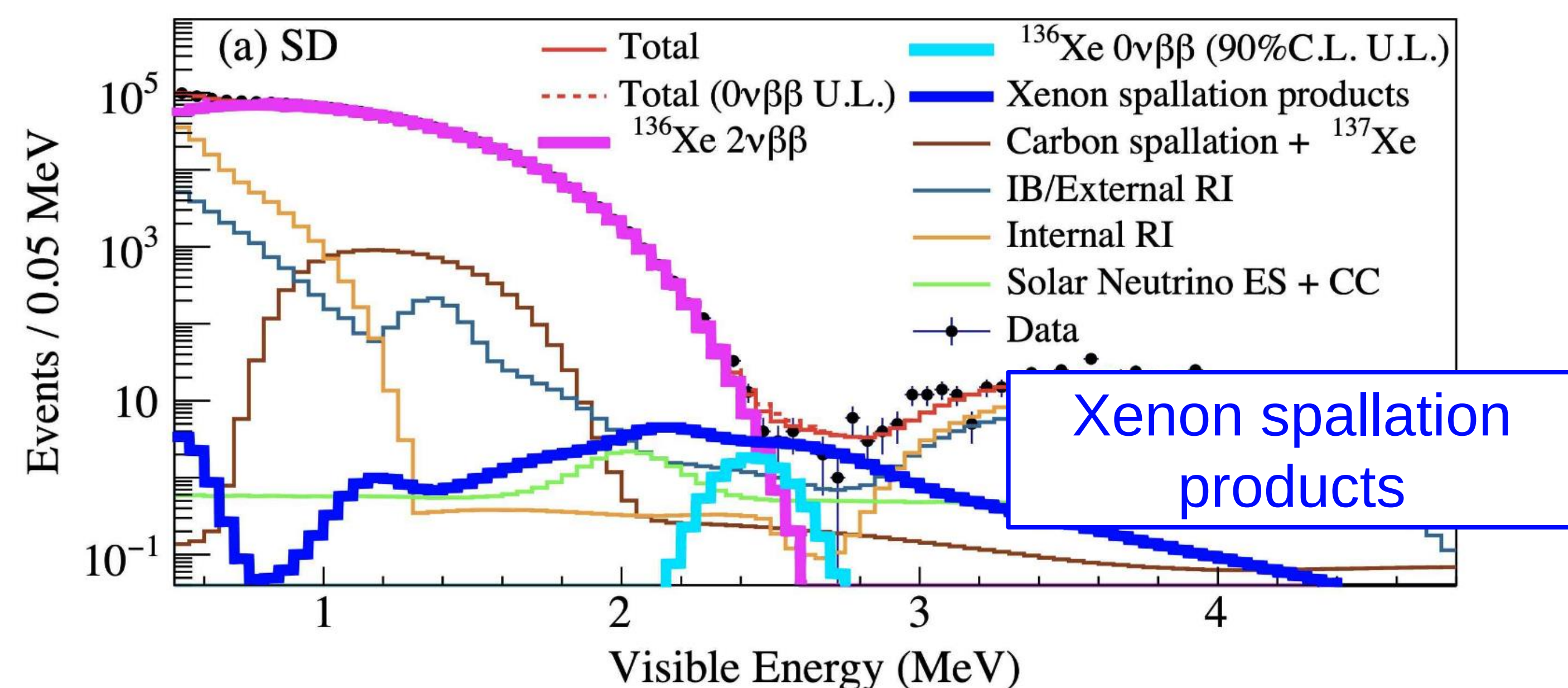
KamLAND2-Zenにおける中性子検出効率の見積

東北大学RCNS 修士1年 遠藤蓮

KamLAND2-Zen実験の課題

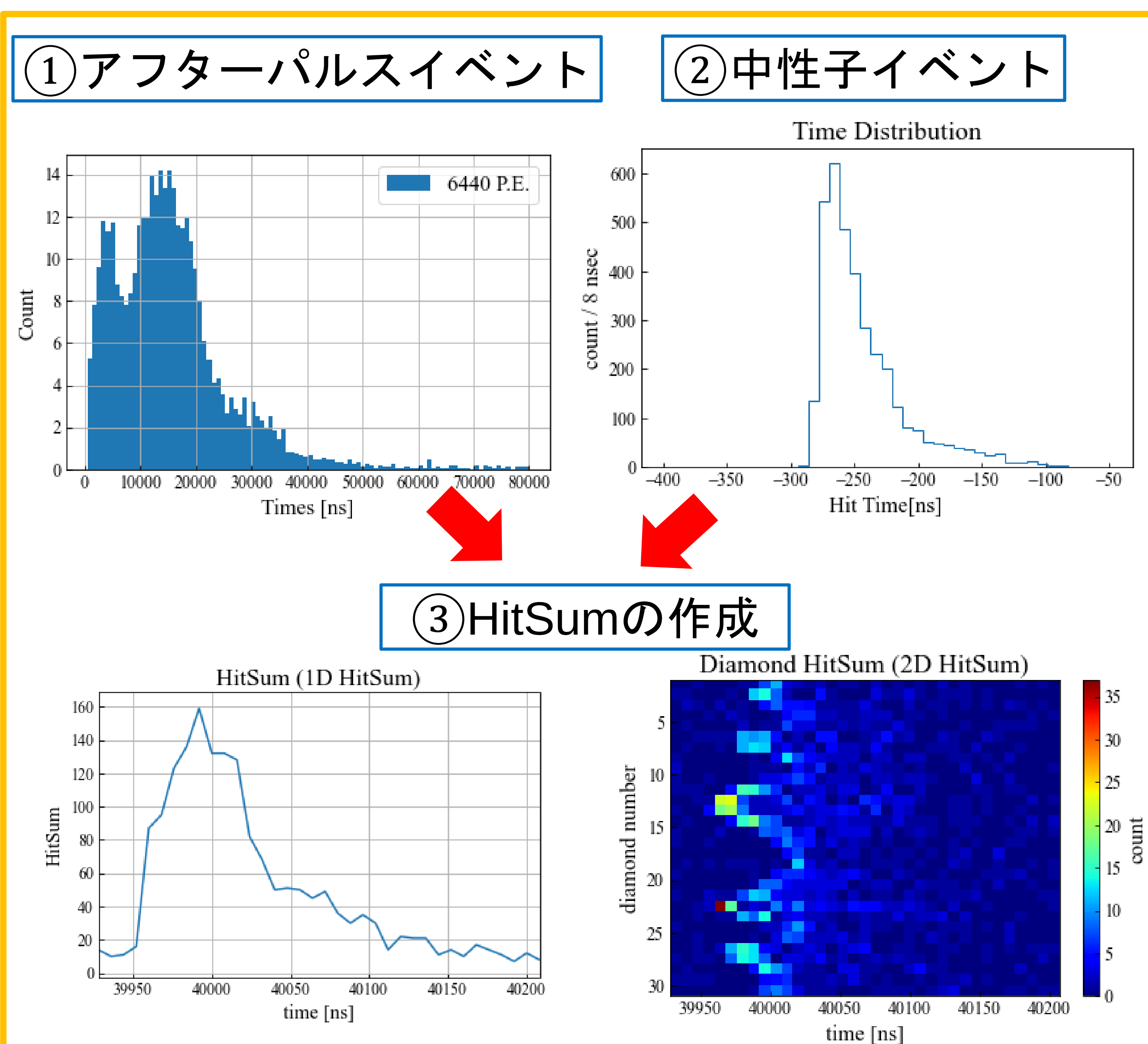
- $0\nu2\beta$ を探索する実験であるKamLAND2-Zen実験では、**宇宙線ミューオンの原子核破碎によって生じる不安定核**が重大なバックグラウンドになっている。
- 不安定核のタグには、核破碎で生じる**中性子の数を数えることが必要になる。**

⇒ **中性子の検出効率は重要**



- ただし、ミューオンが飛来すると大光量の光が生じるため、**アフターパルスと呼ばれる大量のノイズが発生する。**
- そのため、このノイズ中であっても、中性子を検出するトリガーが求められている。
- 本研究では、KamLAND2-Zenにおける中性子捕獲イベントをシミュレーションにより再現し、CNNを用いた2種類のトリガー(1D CNN, 2D CNN)に対して中性子検出効率の見積もりを行った。

シミュレーションデータの作成



①アフターパルスイベントの作成

- **20inch HQE-PMTにLEDを当てた**ときのアフターパルスを測定し、その結果を母関数とする乱数を各PMT(1879本)で生成し、それをアフターパルスイベントとした。
(ミューオンの光量：1 PMT当たり6440 P.E.)

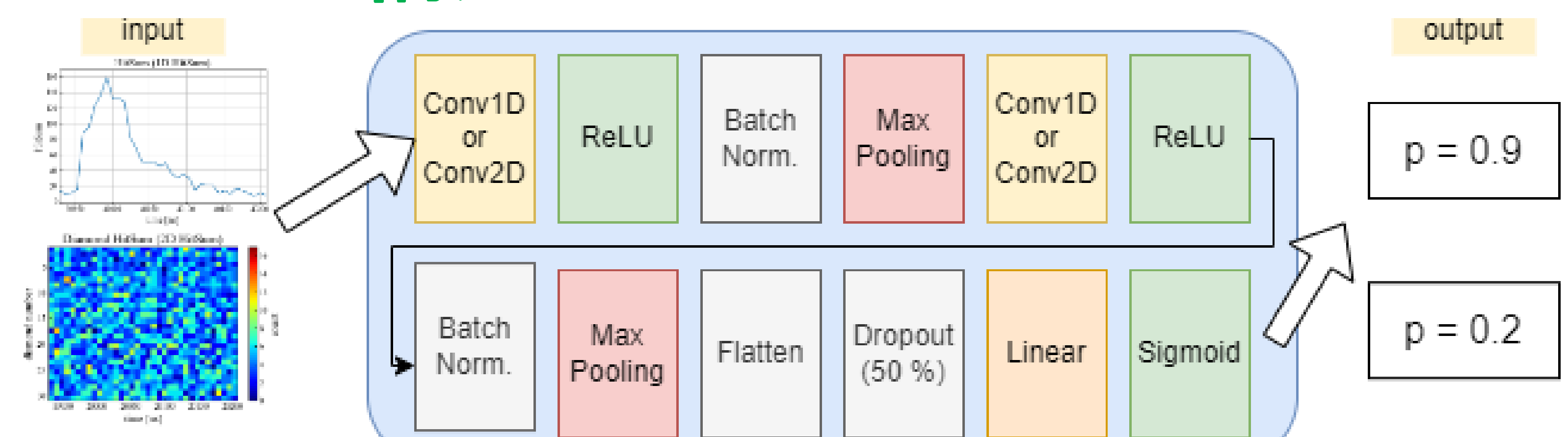
②中性子イベントの作成

- **klg4simを用いて**、KamLAND内で2.2 MeVの γ 線が発生したときの時間分布を作成した。
- KamLAND2-Zenを再現するため、KamLAND-Zenに比べて、液体シンチレータの光量を**5倍**にした。

③HitSumの作成

- ①と②を組み合わせるHitSum (1D CNN用) と Diamond HitSum (2D CNN用) を作成した。
- **HitSum**とは、各PMTに対して、1 CLK(= 8 ns)毎に信号が来たかを調べ、信号が来たPMTの本数を足し合わせたものである。
- **Diamond HitSum**とは、全PMTを30のブロックに分け、それぞれのブロックでHitSumを計算したものである。
- これらHitSumを
中性子イベントがあるとき：24,998 event
中性子イベントがないとき：24,998 event
の計**49,996 event**作成し、これをCNNの入力とした。
(訓練データ：20000, 検証データ：10000, テストデータ：19996)

CNNの構造



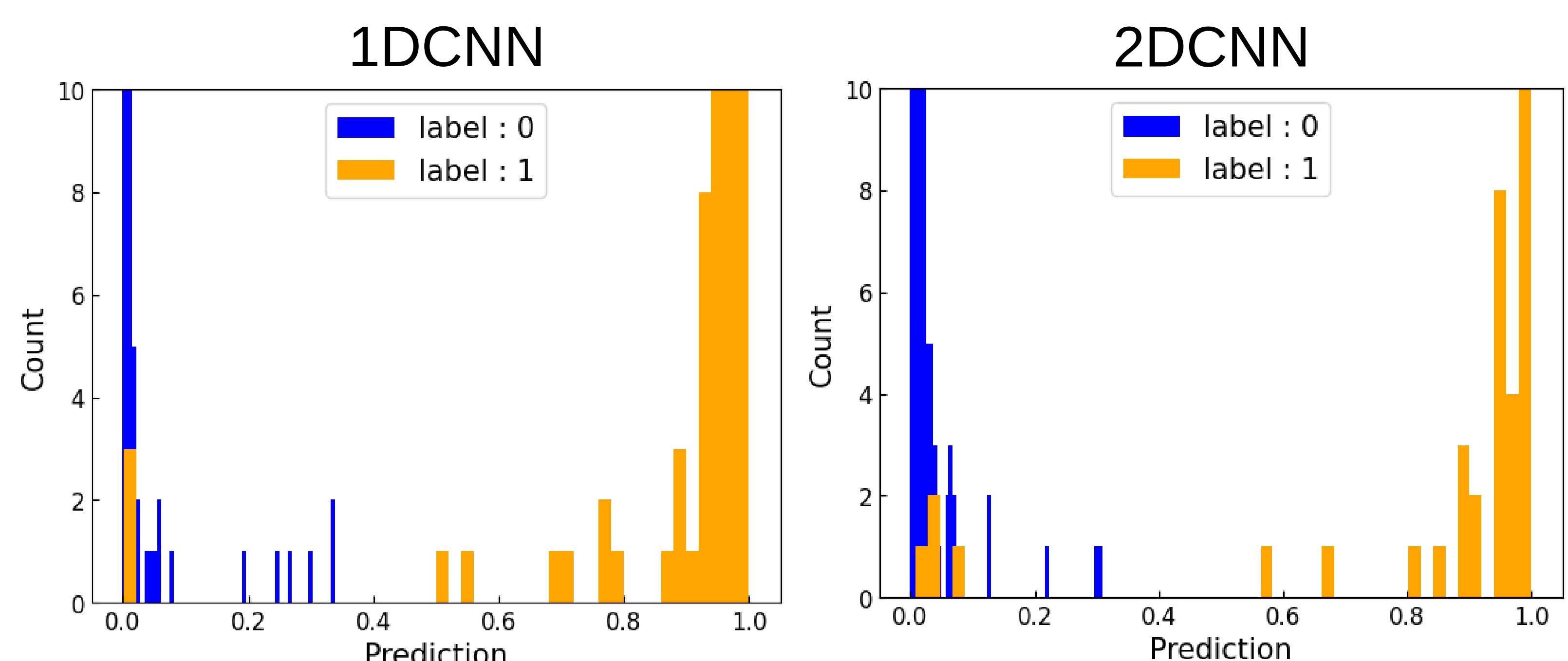
- 各Conv層のkernel size：
1Dの場合 kernel size = 3
2Dの場合 kernel size = (3, 3)
- 損失関数：Binary Cross Entropy
- Optimizer：Adam

結果

テストデータにおける正解率(*accuracy*)

1D CNN : *accuracy* = 0.99985 (誤分類 : 3 event)

2D CNN : *accuracy* = 0.99980 (誤分類 : 4 event)



まとめと展望

- 本研究において、1次元/2次元CNNを用いたトリガーは共に**高い中性子検出効率を持つ**ことが分かった。
- 今後の展望として
 - より現実的に即したミューオンイベントの作成を行う。
 - NNの層の深さやたたみ込み層のkernel size等を変更したトリガーで中性子検出効率の見積を行う。