

# T2Kニュートリノビームを用いたNCQE反応測定のための 中性子-酸素原子核反応の研究

岡山大学 竹谷 浩鷹

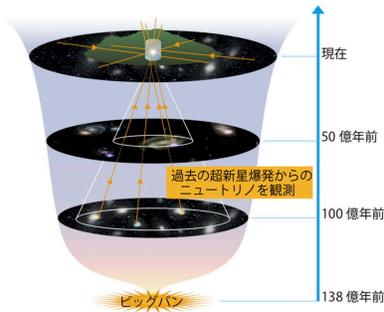


## 1. イントロダクション

### ◆ 超新星背景ニュートリノ (SRN)

過去の超新星爆発で生成された  
ニュートリノの重ね合わせ

- 超新星爆発機構
- 重元素合成過程 → 解明に期待



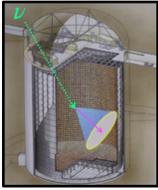
### ◆ スーパーカミオカンデ (SK)

岐阜県飛騨市にある大型水チェレンコフ検出器  
SRN信号として  $\bar{\nu}_e$  を伴う逆ベータ崩壊を探索

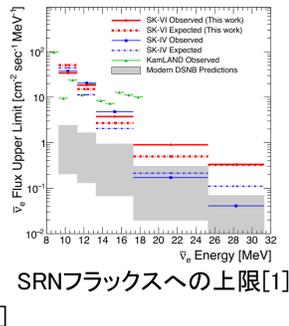
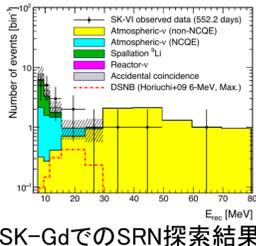
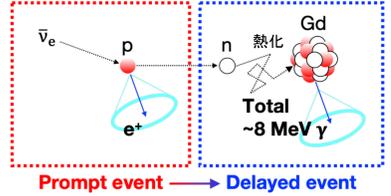
SKにGdを導入したSK-Gd実験が開始

中性子の同定効率の向上

→ SRNに対して世界一の感度



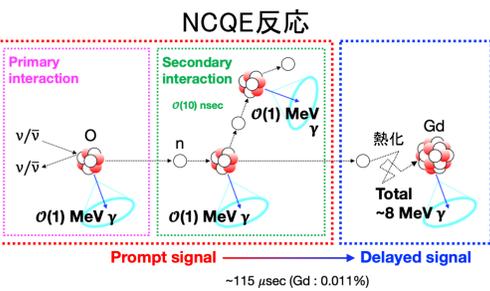
SRN信号(逆ベータ崩壊)



### ◆ 大気ニュートリノの中性カレント準弾性散乱 (NCQE反応)

SRN探索における主要な背景事象の1つ

ニュートリノのフレーバーに依存しない



核子-酸素原子核反応(2次反応)での即発γ線を区別できない  
→ 観測できるエネルギーがSRNと重複

シミュレーションによる  
正確な見積もりが重要!

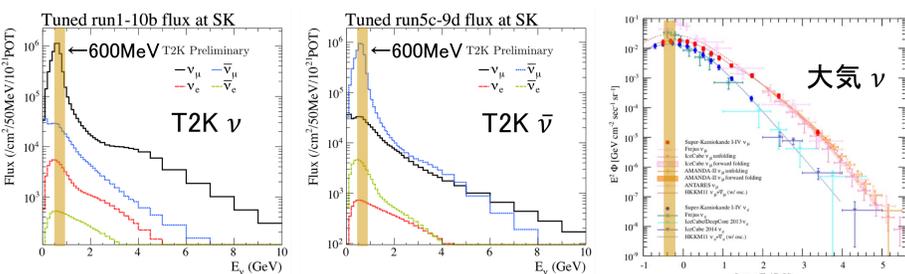
## 2. T2K実験によるNCQE反応の測定

### ◆ T2K (Tokai to Kamioka) 実験



J-PARCで生成した  
ニュートリノ  
SKで観測

エネルギーピークは約600MeV  
→ 大気ニュートリノのエネルギーに近い



ニュートリノのエネルギー分布 (左からT2K(FHC), T2K(RHC), 大気ν)

### ◆ T2K実験でのNCQE反応測定

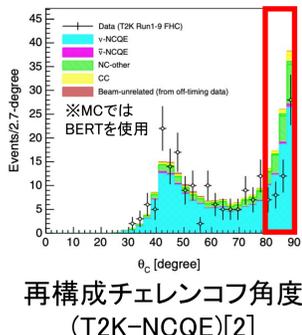
再構成チェレンコフ角度がdataとMCで違う  
2次反応で発生するγ線の不定性が原因

現行の原子核反応モデルは3つ

- ✓ Bertini Cascade (BERT) ... デフォルト
- ✓ Binary Cascade (BIC)
- ✓ Liège Intranuclear Cascade (INCL)

### モチベーション

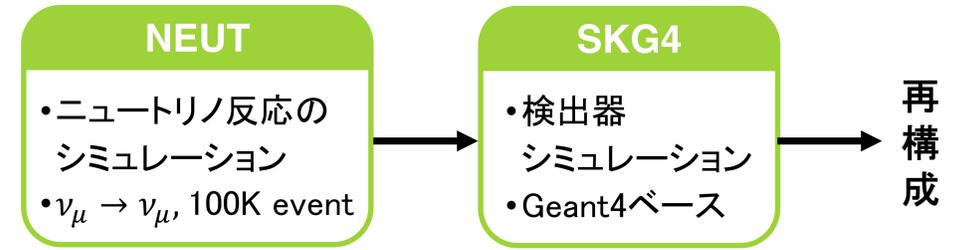
- 2次反応モデルを変えることで現行のMCの結果はどうか
- SK-Gdでの大気ニュートリノのNCQE反応測定の結果と比較



再構成チェレンコフ角度 (T2K-NCQE)[2]

## 3. 解析方法と結果

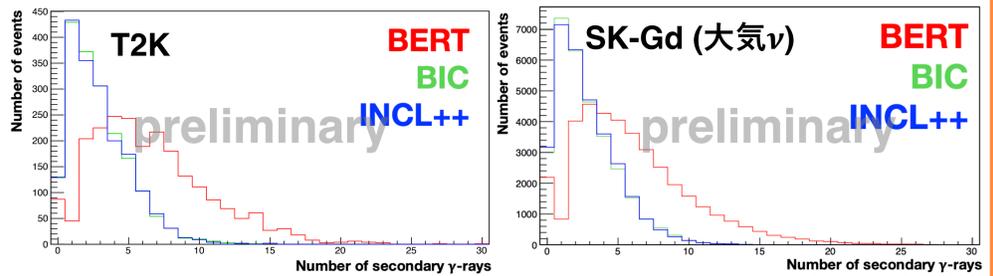
### ◆ 解析の流れ



- 2次反応で生成されるγ線と再構成チェレンコフ角度を確認
- SK-Gdでの大気ニュートリノのNCQE測定結果(data, MC)と比較 (SK-GdのMCではニュートリノに大気νを模したものを使用)

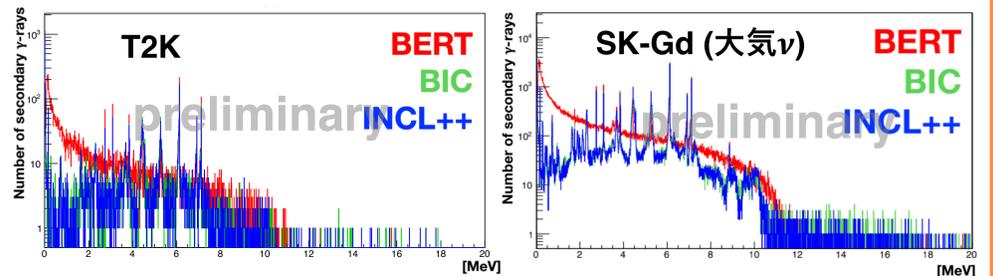
### ◆ 結果

✓ ガンマ線の本数 (再構成前)



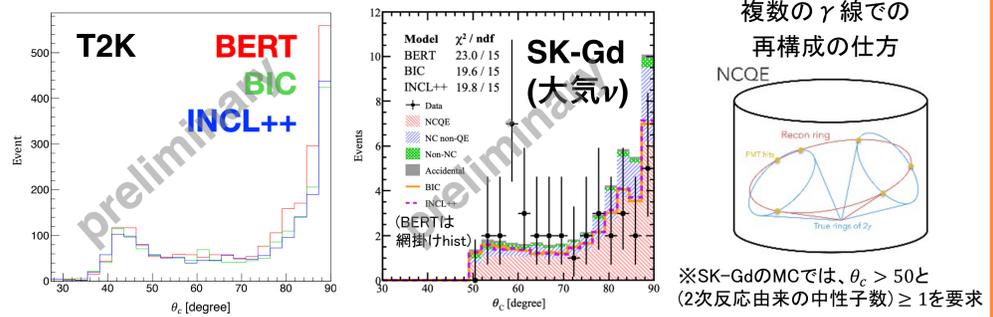
BERTはmulti gamma、BIC, INCLはsingle gammaを放出する傾向  
→ BERTはBIC, INCLに比べてγ線の本数が多い

✓ ガンマ線エネルギー (再構成前)



BERTは連続成分が目立ち、BIC, INCLはピークが顕著  
→ それぞれのモデルのエネルギー保存則の満たし方の違い

✓ 再構成チェレンコフ角度分布 (SK-Gdの結果は[3]より)



BERTはBIC, INCLに比べて大角度成分が多い  
→ γ線の本数の差に起因

- 各原子核反応モデルの特徴を再現
- BERTとBIC, INCLのグループに分けられる傾向が得られた  
→ SK-Gdでの大気νのNCQE反応測定の結果と同様の傾向

## 4. まとめと今後の展望

- SRN探索において、NCQE反応の正確な理解が重要である
- T2KのNCQE測定では、2次反応由来のγ線の不定性が大きい
- 原子核反応モデルを変えてNCQE反応をシミュレーションすると、BERTとBIC, INCLのグループに分けられる傾向が得られた  
→ SK-Gdでの大気νのNCQE反応測定の結果と傾向が一致した
- 今後は、SKにGdが導入される前の純水期間で行われたT2Kのデータを用いて、原子核モデルを変えることでSRN探索にどの程度影響を与えるかを見積もる