

BISCOTTEE実験に向けた BGO結晶中の酸素原子核反跳におけるクエンチングファクターの測定

粒子物理学研究室 門田佳吾

共同研究者
伊藤博士 (神戸大学) 伊勢千沙子 (東京理科大)
石塚正基 (東京理科大) 小汐由介 (岡山大)
南野彰宏 (横浜国立大) 矢野孝臣 (東京大) 吉田温哉 (東京理科大)

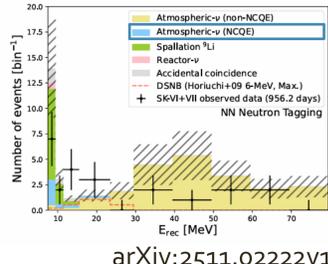
● 実験背景

● DSNB(超新星背景ν)探索

過去に発生した超新星から発生するニュートリノの総和
NCQE反応はDSNB探索におけるバックグラウンド

Table 5. Systematic uncertainties on background predictions for the spectrum-independent electron antineutrino search.

Event category	Relative systematic error	
	SK-VI	SK-VII
Atmospheric-ν (NCQE)	±71%	±71%
Atmospheric-ν (non-NCQE)	±36%	±41%
Spallation ⁶ Li	±55%	±55%
Reactor-ν	±100%	±100%
Accidental coincidence	±5%	±5%



arXiv:2511.02222v1

● BISCOTTEE

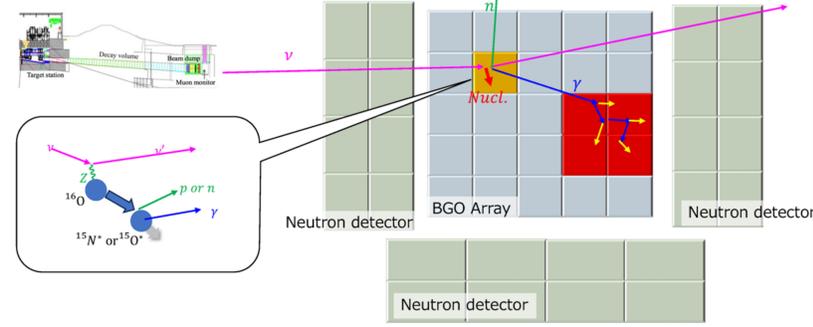
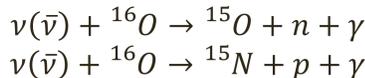
(Bismuth-germanate Crystal base neutrino(neutrOn)-nuclusscaTTERing Experiment)

短基線ニュートリノ実験
NCQE反応の精密測定が目的
原子核反跳に基づく検出原理

クエンチングファクター(QF)が知りたい

クエンチングファクター
…電子がエネルギーを落としたときの発光量との比

BISCOTTEEの構想図

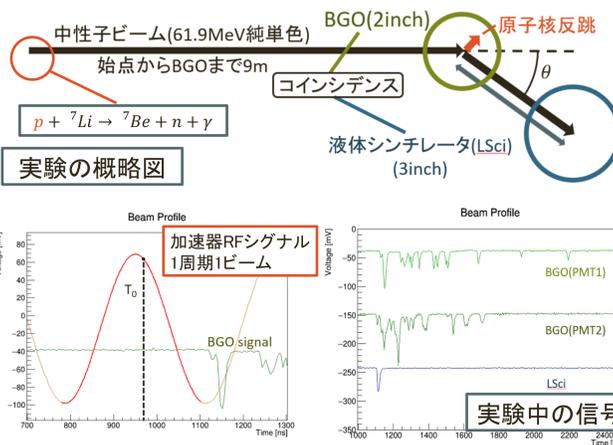


● 中性子ビーム実験



中性子ビーム実験 @大阪大学RCNP,2024/8/4~5

$\theta = 30^\circ, 45^\circ$ の
弾性散乱事象を選択
 $E_R =$
1028.3keV, 2226.4keV
↓
BGOエネルギー分布
からQF決定

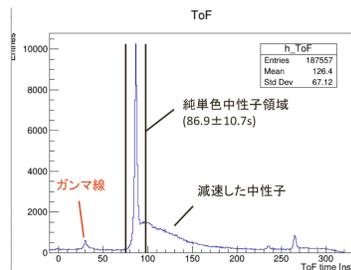


● ToF(Time of Flight)

$$\text{ToF} = T_{\text{BGO}} - T_0$$

T_{BGO} はBGOの信号の立ち上がり時間

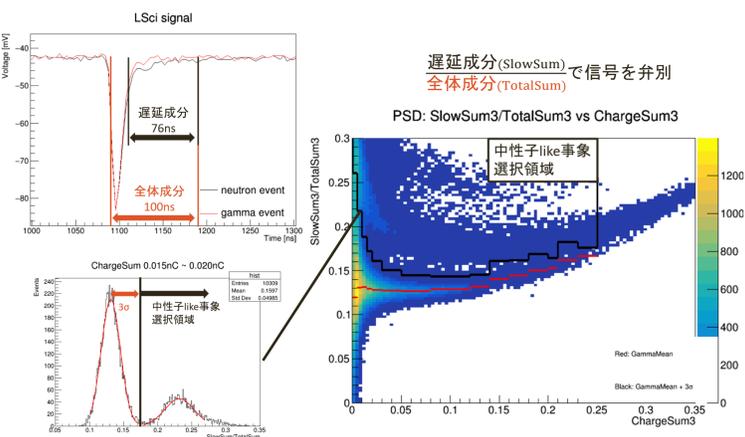
ToF分布から
ビームタイミングを決定



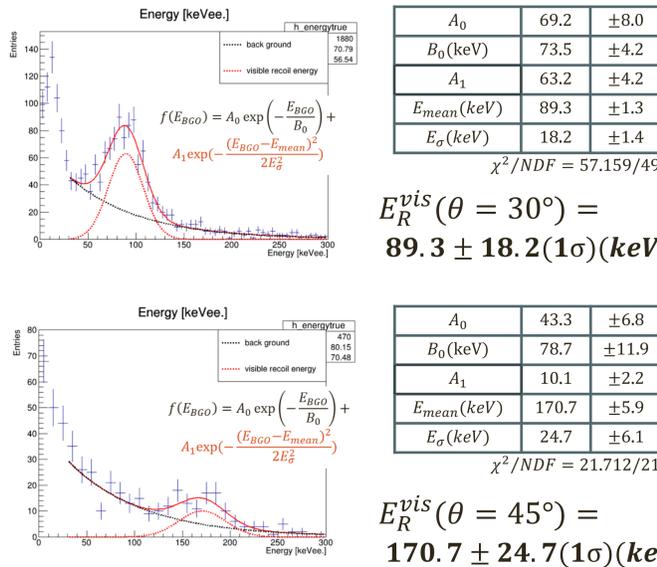
● データ解析

● PSD(Pulse Shape Discrimination)

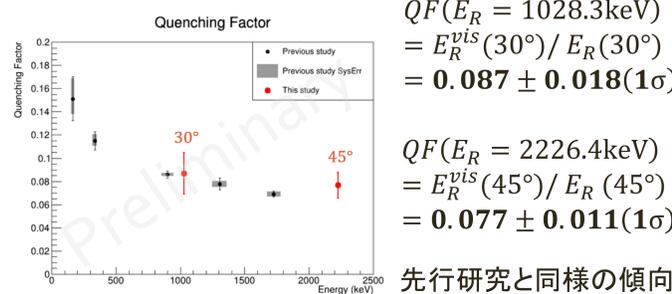
液体シンチレータでは信号の形で粒子識別が可能



● BGOのエネルギー分布

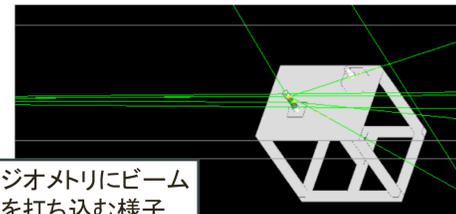


● クエンチングファクター



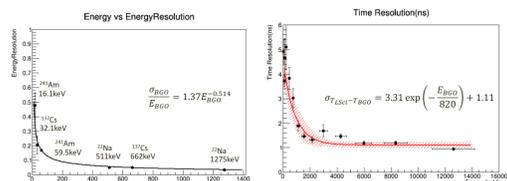
● シミュレーション

Geant4で実験環境(30°)を再現しシミュレーション



ジオメトリにビーム
を打ち込む様子

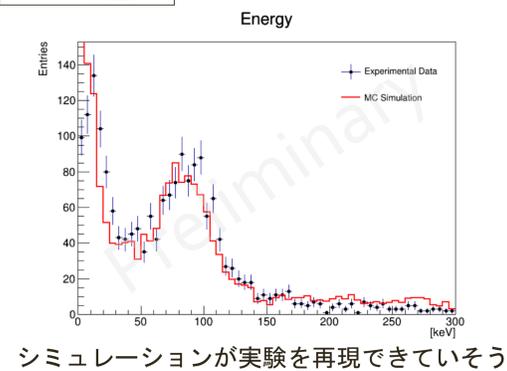
検出器応答を実装



MC選択条件

LSciで中性子が
エネルギーを落とす
BGO-LSci時間差

酸素原子核のクエンチングファクター
 $QF_O = 0.087$
その他のクエンチングファクター(仮の値)
 $QF_\alpha = 0.1, QF_{Ge} = 0.005, QF_{Bi} = 0.005$



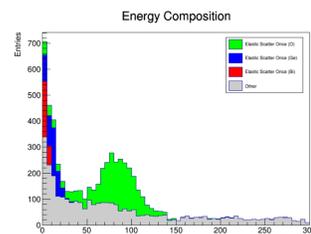
シミュレーションが実験を再現できている

● まとめと今後の展望

● 今後の展望

● 系統誤差や背景事象の評価が不十分
→Geant4との比較で解決を目指す

O原子核反跳だけでなく、Ge原子核、
Bi原子核反跳も見られる
→Geant4を用いてそれぞれのクエンチ
ングファクターをフリーパラメータとした
解析が必要



● まとめ

- 2025/08に大阪大学RCNPIにて中性子ビーム実験を実施
- ピュアな中性子弾性散乱like事象を選択して解析
 - ToFによる純単色中性子の選択
 - PSDによる中性子事象の選択
 - BGOとLSciの時間差による中性子弾性散乱事象の選択

● BGO酸素原子核反跳消光因子を測定

$$QF(30^\circ) = E_{\text{recVis}}/E_{\text{rec}} = 0.087 \pm 0.018(1\sigma)$$

$$QF(45^\circ) = E_{\text{recVis}}/E_{\text{rec}} = 0.077 \pm 0.011(1\sigma)$$