

# 液体シンチレーターによる反電子ニュートリノの到来方向検出に向けた検出器の研究

前村 直哉

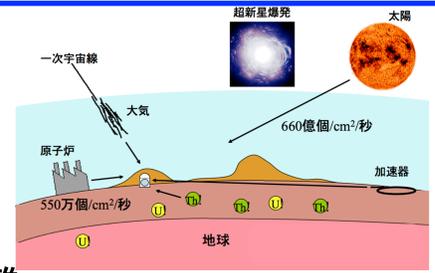
東北大学 ニュートリノ科学研究センター



## 1. 反ニュートリノ到来方向検出の目的

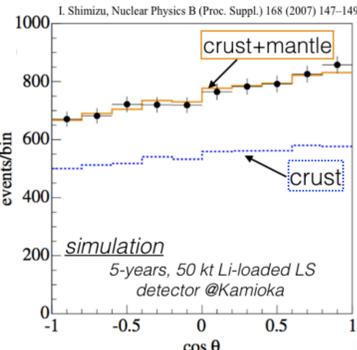
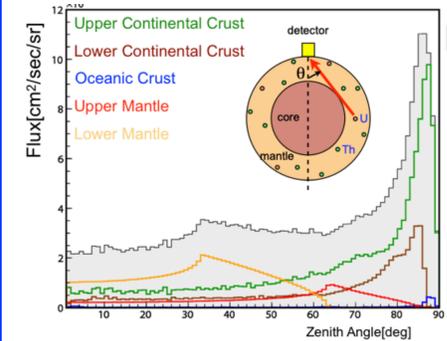
### ▶地球ニュートリノの到来方向観測

- ・地球・原子炉・超新星といった様々な発生源の反ニュートリノを観測可能
- ・到来方向は原理的に観測できない →地球ニュートリノの到来方向がわかることで、地球内部の理解が加速する



### 1.地殻とマントルの寄与の分離

神岡での地球ニュートリノの角度分布

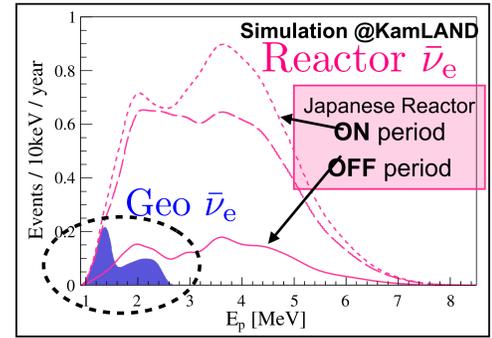


### 2.原子炉ニュートリノとの分離

原子炉ニュートリノ

- ー 地球ニュートリノの最大のバックグラウンド
- ー 原子炉の方向がわかれば判別できる

原子炉の運転状況に依存しない  
低バックグラウンド化



到来方向によって地球深部の理解が更に深まる

## 2. 到来方向検出器の開発

### 2-1 6Li含有液体シンチレーター(6Li LS)

- ・先発信号
  - ー陽電子は等方的に平均4mm進行する
  - 逆β崩壊の位置に非常に近い
- ・後発信号
  - ー6Liが反ニュートリノの到来情報を持つ中性子を捕らえる
  - 6Li 940 barns vs 1H 0.3 barns
  - ー 3Hとα線を出すため位置情報がぼやけにくい

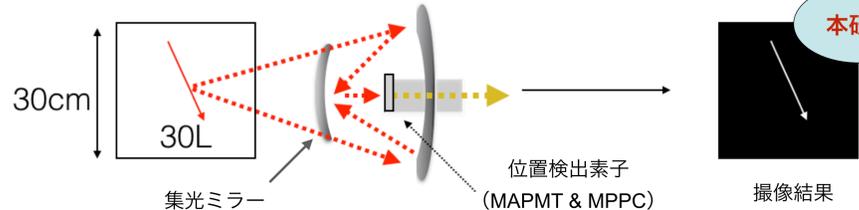
反ニュートリノの到来方向の情報をもつ中性子

反ニュートリノの到来方向情報の保存に成功

### 2-2 イメージング検出器

- ・イメージングにより高位置分解能を実現
- ・集光ミラーの開発
  - ー アクリルにアルミを蒸着
  - ー 収差~1.5cmの要求を実現
  - ー 反射率~90%を実現

小型イメージング検出器



先発信号と後発信号を判別できる集光ミラーの開発に成功

## 3. イメージング検出器の開発状況：3次元再構成

▶本研究の設定



・LSの発光位置を判別したい

- ー 2つの2次元画像データを基に3次元に再構成してLSの発光点を見積もる
- ー 位置検出素子としてMAPMTを用いた

ー Likelihood(LH)によって検出確率を各ピクセル毎に計算

$$LH(x, y, z) = N_{peA} \cdot N_{peB} \cdot P_{DA}(x, y, z) \cdot P_{DB}(x, y, z)$$

$N_{peX}$ : イメージング検出器Xで得た各ピクセルの光子数

$P_{DX}$ : イメージング検出器Xでの光子の検出確率

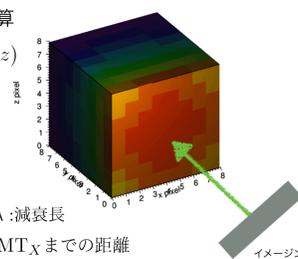
$$P_{DX}(x, y, z) = \frac{R^2 \cdot QE \cdot P \cdot \Omega(x, y, z)}{4\pi} \exp\left(-\frac{L_X}{\lambda}\right)$$

$R$ : イメージング検出器の反射率  $QE$ : MAPMTの量子効果  $\lambda$ : 減衰長

$\Omega$ : 立体角  $P$ : MAPMTのdead area  $L_X$ : 発光点からMAPMT<sub>X</sub>までの距離

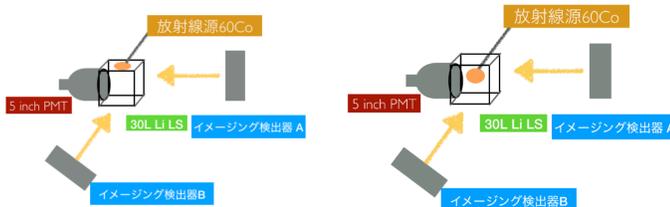
60Coを用いた  
発光点イメージング

光子@ (x, y, z) の検出確率(PD<sub>X</sub>)



▶ケース1

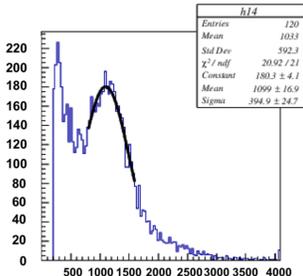
▶ケース2



60Coの位置を変えて2つのイメージング検出器で撮像

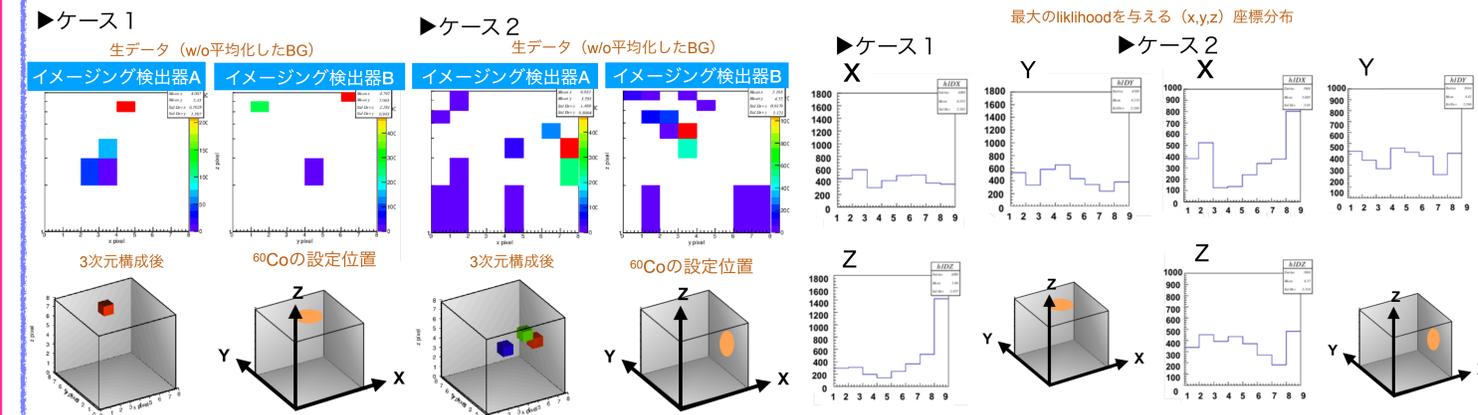
▶5inch PMT  
:MAPMTのトリガーに使用

adc分布を用いて  
60Coイベントを選択



▶撮像結果

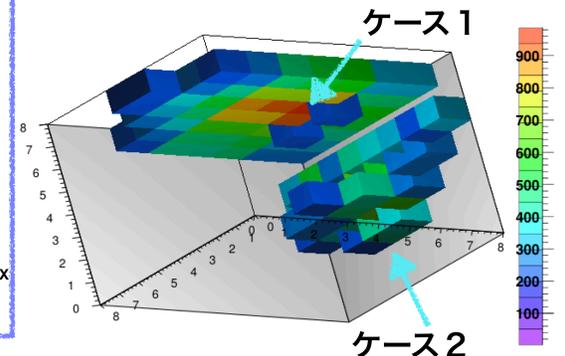
各イベントのMAPMTのデータ例



全イベントを積算した各座標依存

最大のlikelihoodを与える (x,y,z) 座標分布

各ケースの平均した図



▶今後の展望

- ・反ニュートリノ信号を想定した2相関信号の測定
- ・KamLAND2-ZenやOBDへの導入に向けた拡張

2つの線源60Coの位置を判別することに成功