

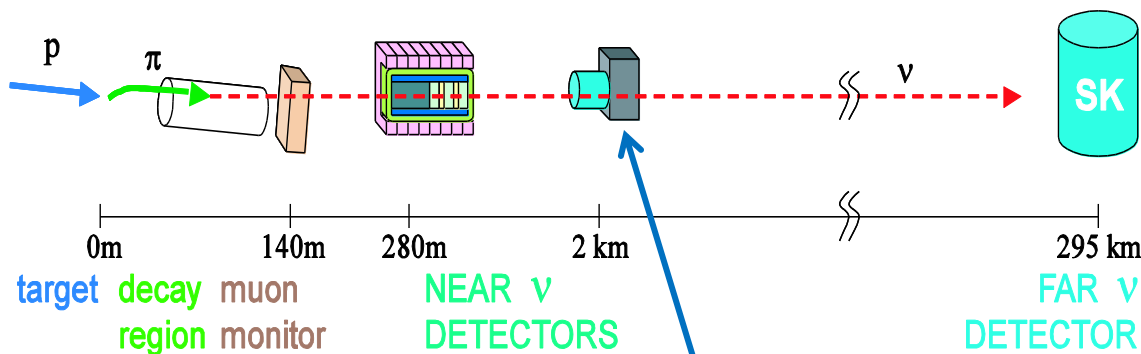
# T2Kレフトライトモニターにおける 背景事象除去方法の研究

東大宇宙線研

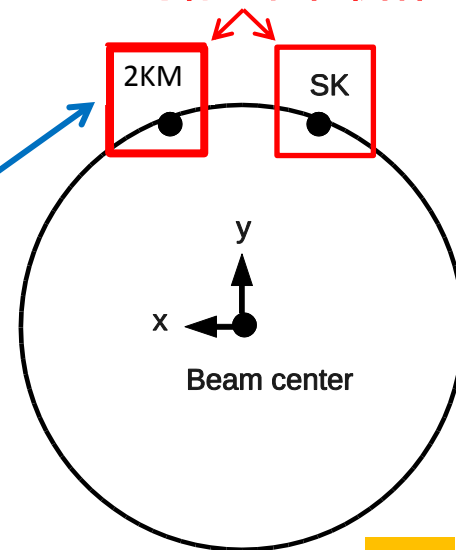
梶裕志, 石原千鶴枝, 奥村公宏, 梶田隆章,  
金行健治, 清水雄輝, 谷本奈穂, 狭間俊介

他2km Left-Right monitor subgroup

# Introduction



左右対称の位置関係



## T2K実験アップグレード

- SKと左右対称な方向に2km検出器を建設
- それに伴い両方向でのbeam asymmetry測定を計画
- ND280 hallへのLeft-Right monitor設置を提案

上流装置でのν-interactionがflux測定の背景事象

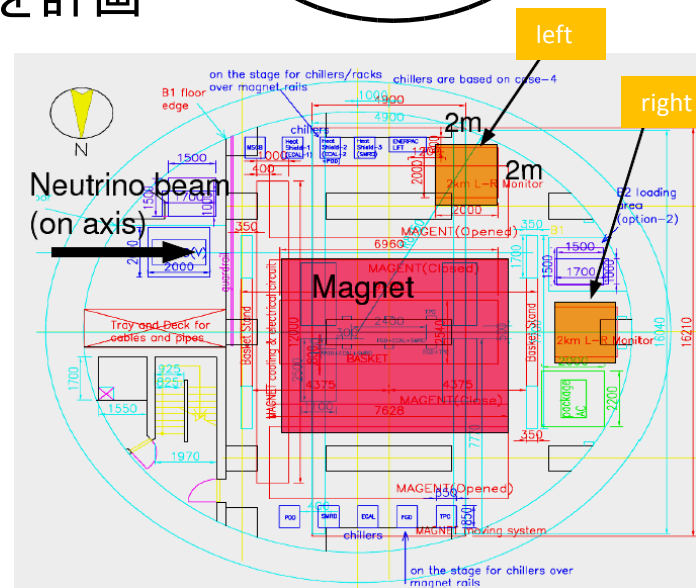
-- 背景事象数とその見積もり精度

⇒ flux, flux asymmetry測定の系統誤差

-- 背景事象のveto planeへのhit

⇒ monitorの不感時間(efficiency loss)

Background MCを用いて背景事象の影響を検討

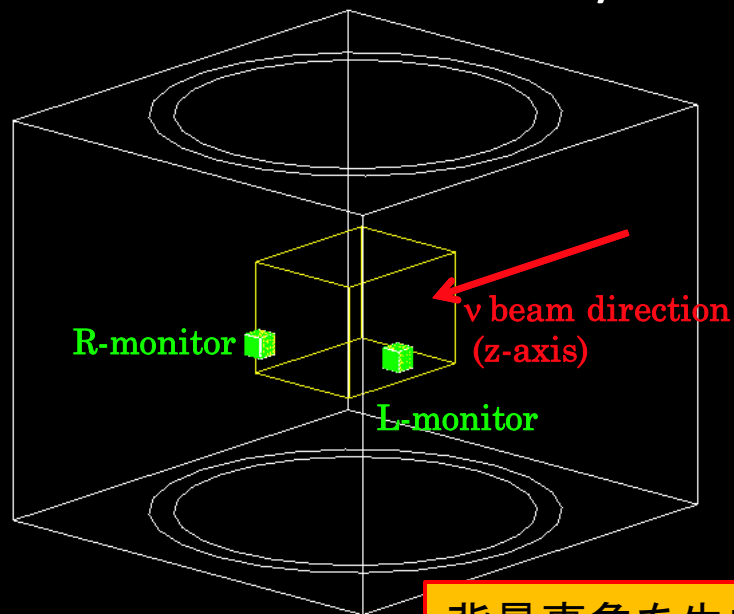


# Background MC simulation

NEUT+GEANT simulation

(neutrino interaction+散乱粒子の振舞い)

## GEANT4 Geometry

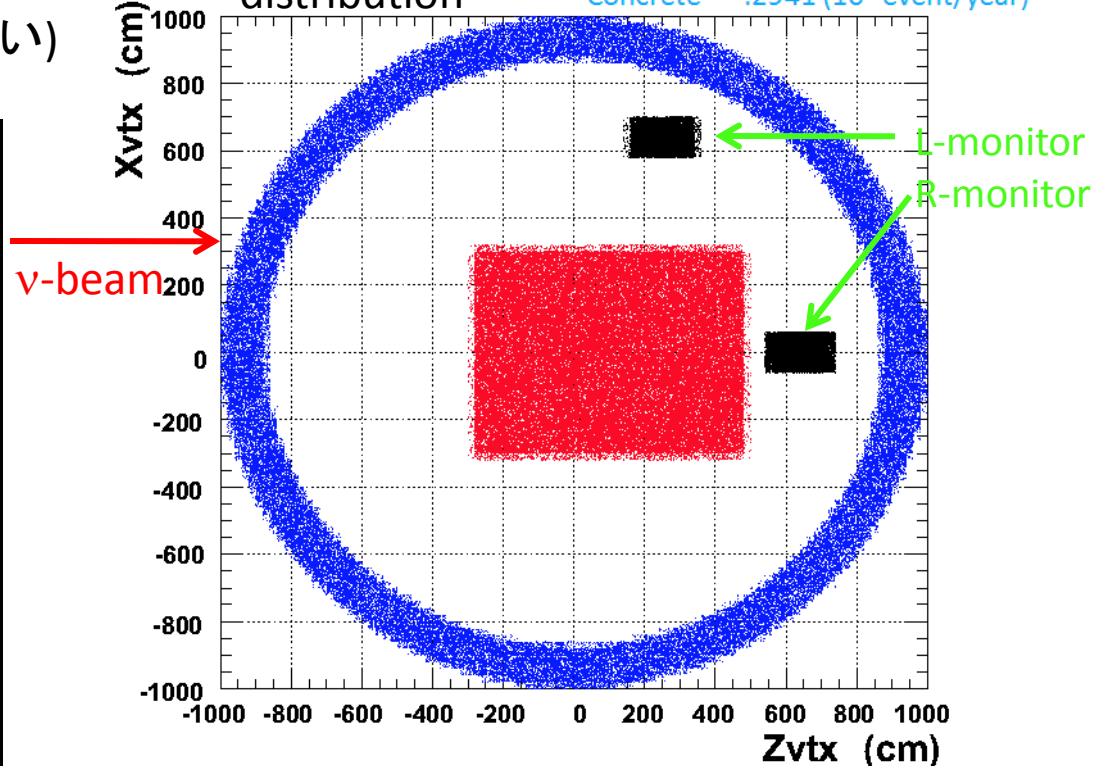


背景事象を生成するものとして  
magnetとconcrete wallを考慮

LR monitor : Iron+Scintillator ( $4.4 \text{ g/cm}^3$ )  
Magnet : Iron ( $7.9 \text{ g/cm}^3$ )  
Concrete wall : Concrete ( $2.2 \text{ g/cm}^3$ )

Interaction point  
distribution

L, R-monitor:  $9.9 (10^5 \text{ event/year})$   
Magnet :  $3893 (10^5 \text{ event/year})$   
Concrete :  $2941 (10^5 \text{ event/year})$



MC種類

No. of generated  
events

L, R-monitor

430000

Magnet

15000000

Concrete wall

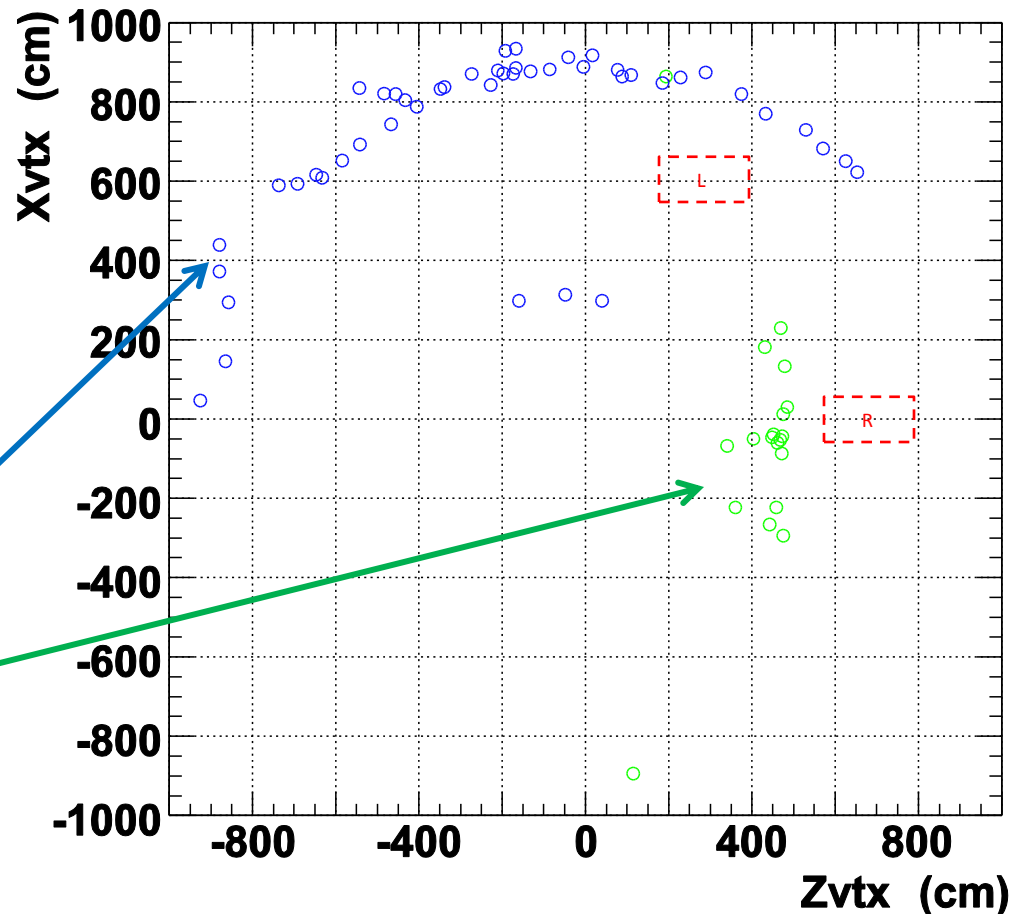
22500000

# Selected samples

- 2種類のsampleを用意
  - Sample A  
Veto planeにhitがあった事象  
(不感時間の見積もり)
  - Sample B  
Fully contained selection  
(flux, flux asymmetry測定  
の系統誤差を見積もり)

LR-MC simulation

Fully contained event selection後の事象  
(sample B)のinteraction point分布

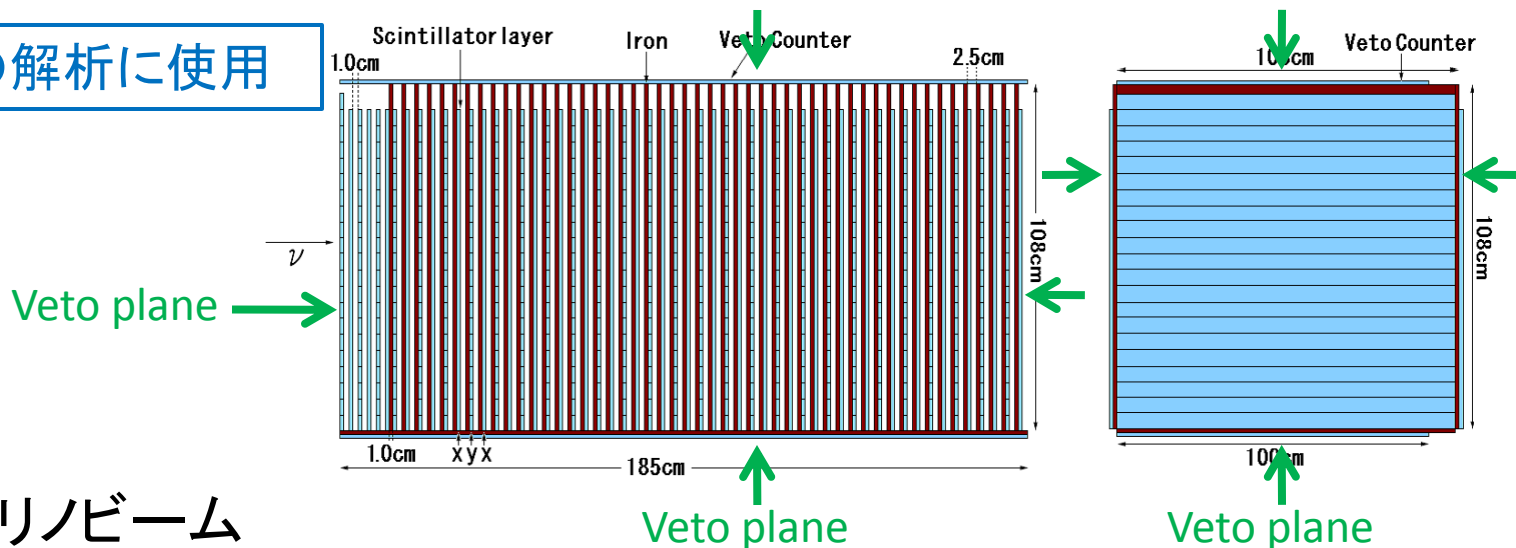


背景事象を生成する場所は  
2つのmoduleで異なる

- L-module <= concrete wall
- R-module <= magnet

# 背景事象によるLR-monitorの不感時間

Sample Aをこの解析に使用



- T2Kニュートリノビーム  
1spill(8 bunch)あたりのveto planeへのhit事象数

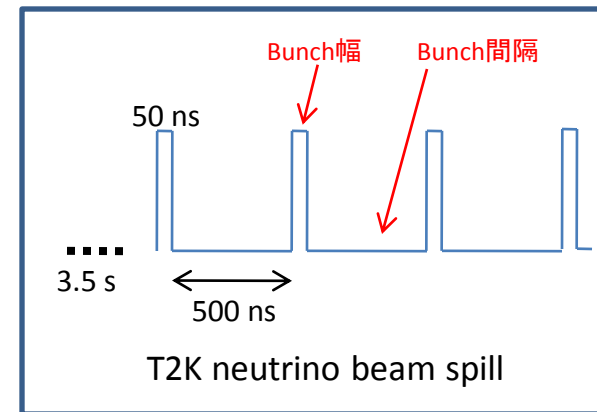
- 0.053 event/spill (R-monitor)
- 0.029 event/spill (L-monitor)

- LR-monitorの読み出しシステム

- 時間分解能:  $\sim 10$  ns  
⇒ hitのあった1 bunchのみをveto可能

- Vetoによる不感時間は全体の0.7%(R-monitor)、0.4%(L-monitor)

- Efficiency lossは実験にとって問題なし



# Fully contained event summary

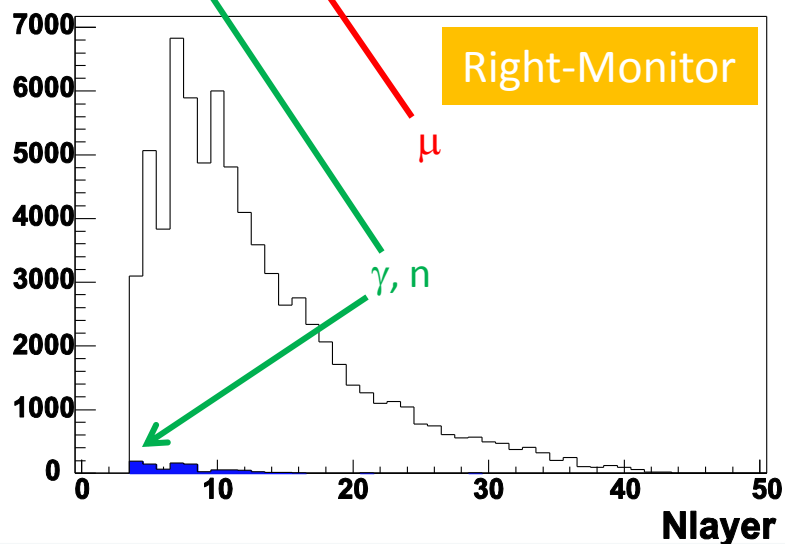
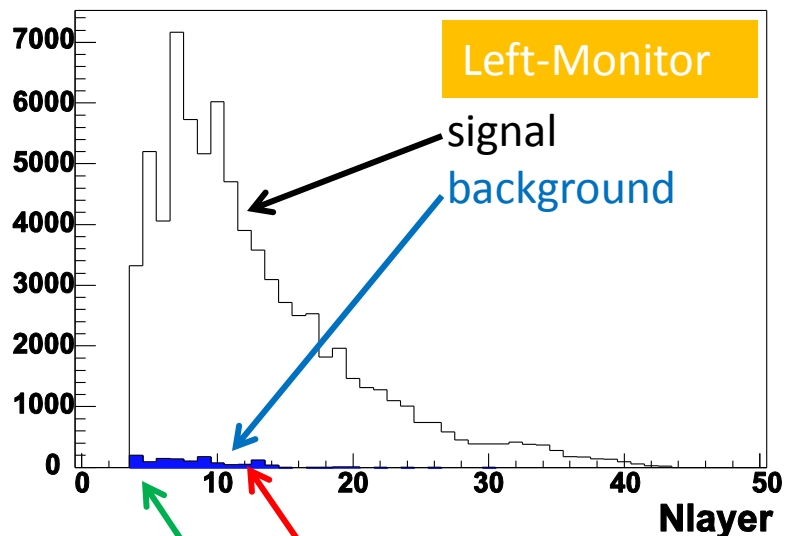
Hall内で発生する事象数 (120 days)

	Signal数( $N_{sig}$ )	BG数( $N_{BG}$ )	$N_{BG}/N_{sig}$
L-module	$9.9 \times 10^5$	$6834 \times 10^5$	690
R-module	$9.9 \times 10^5$	$6834 \times 10^5$	690

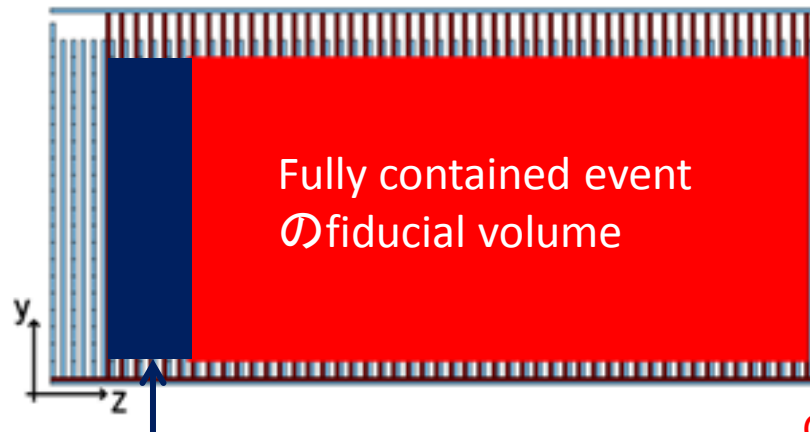
Sample B (120 days)

	Signal数( $N_{sig}$ )	BG数( $N_{BG}$ )	$N_{BG}/N_{sig}$
L-module	$7.8 \times 10^4$	$0.16 \times 10^4$	0.020
R-module	$7.8 \times 10^4$	$0.12 \times 10^4$	0.015

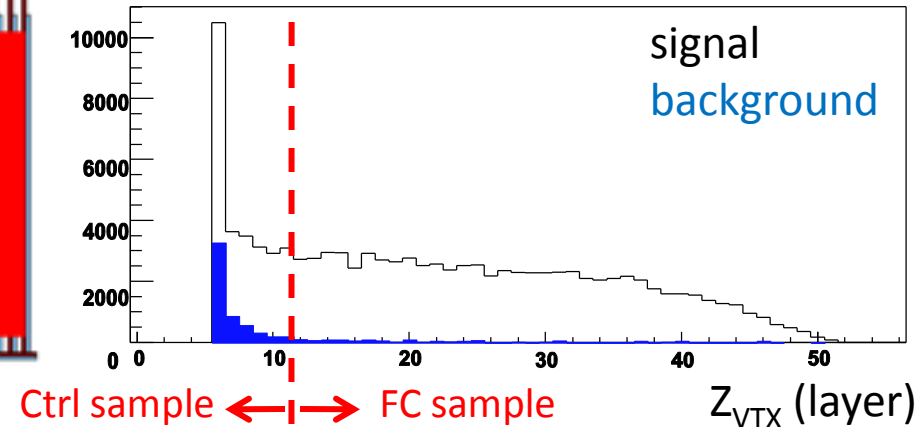
- 背景事象はよく抑制されている  
BG混入率 :  $N_{BG}/N_{sig} = 2.0\%$  (Left),  
 $1.5\%$  (Right)
- これらの混入率とBG normalization精度の積がflux測定の系統誤差



# BG MCのnormalizationの決定



Control sampleの  
fiducial volume



- 背景事象を多く含むcontrol sampleを用いる
  - $N_{BG}/N_{sig} = 25.7\%$  (L-module),  $11.6\%$  (R-module)
- Signal, BG MCのnormalization factor :  $x, y$ を以下の式から導く

$$N_{regular} = x \cdot N_{sig}^{reg} + y \cdot N_{BG}^{reg}$$

$$N_{control} = x \cdot N_{sig}^{con} + y \cdot N_{BG}^{con}$$

( $N_{regular}, N_{control}$  は実際の測定値)

- $x, y$ の誤差、120日運転後の $N_{regular}, N_{control}$ の統計誤差から
  - $\Delta y/y = 4.0\%$  (L-module),  $9.1\%$  (R-module)

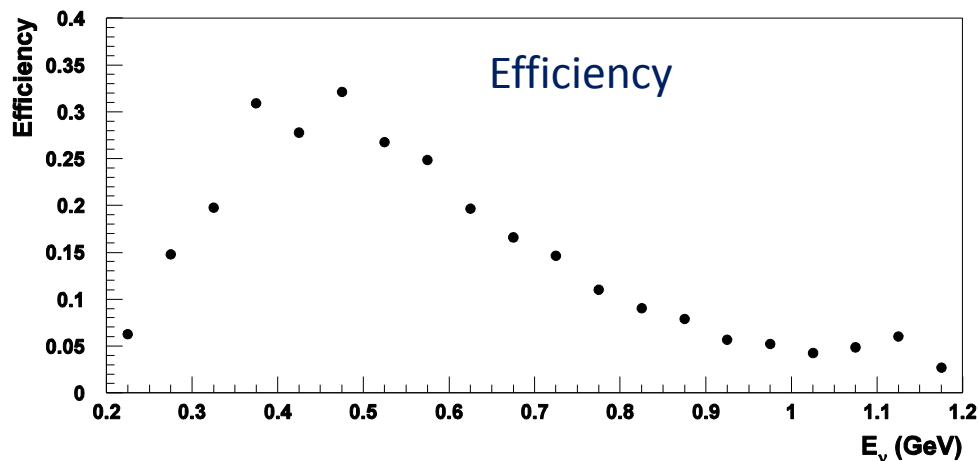
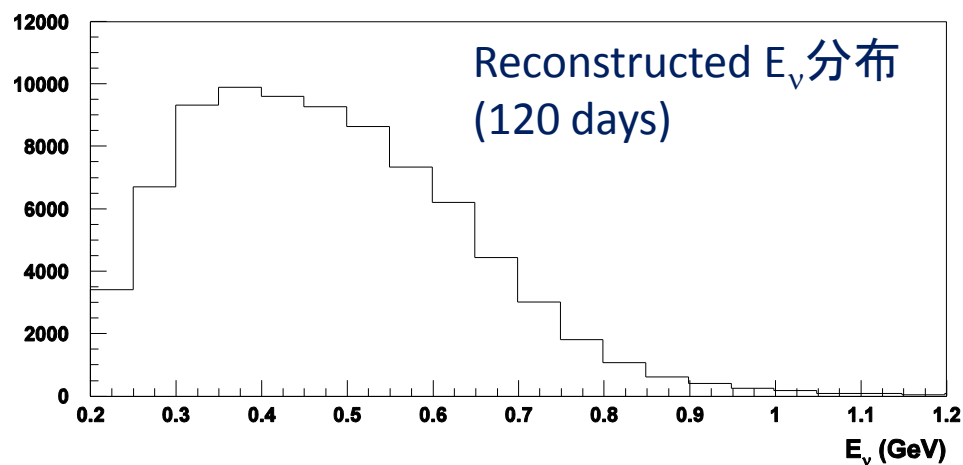
# $E_\nu$ reconstruction & result distribution

- エネルギー領域ごとにflux比を測定するため $E_\nu$  reconstruction

- Fully ContainedのCCQE eventを用いる
- Muonの情報energy  $E_\mu$  と散乱角  $\theta_\mu$  + 右上の式

( $M_p, M_\mu$ は散乱proton, muonの質量)

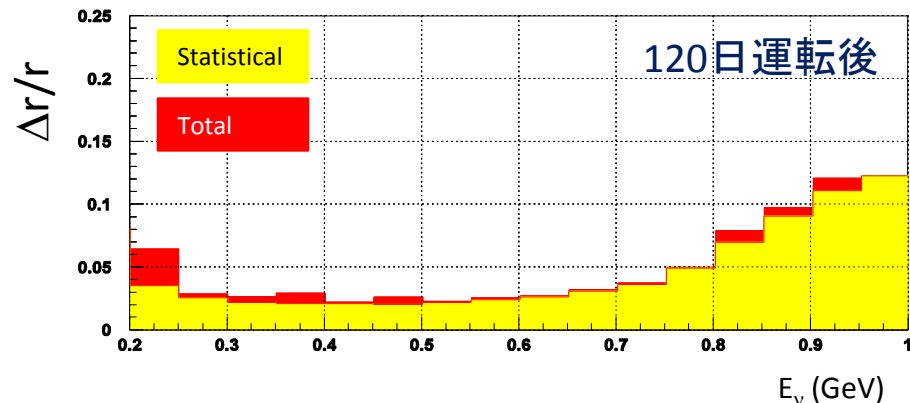
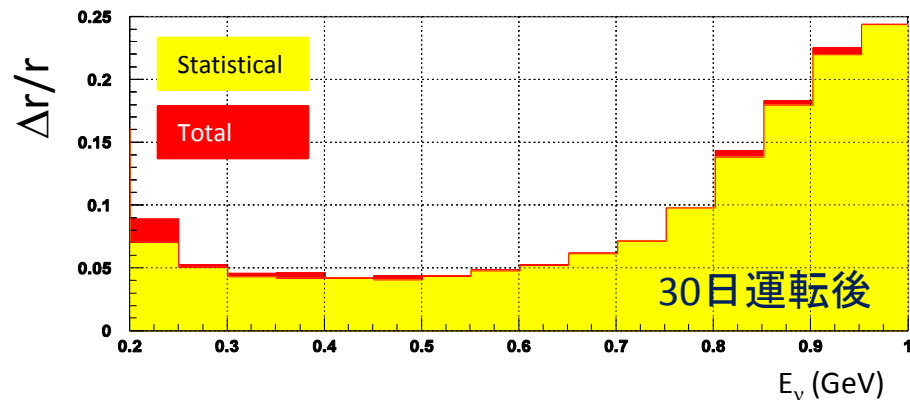
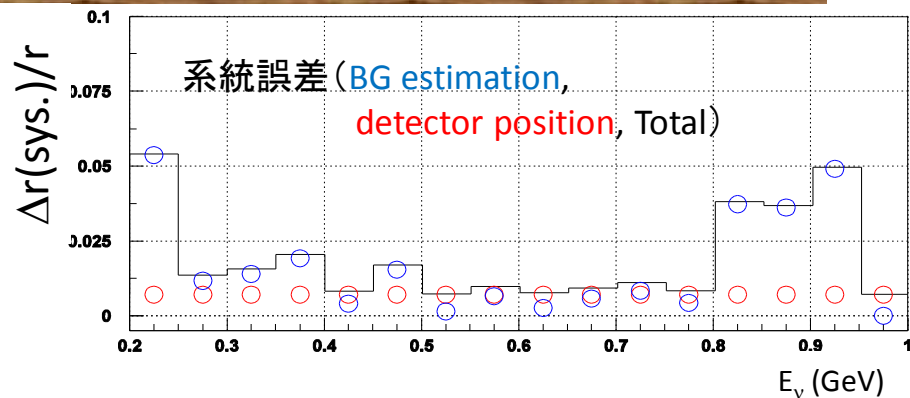
$$E_\nu = \frac{1}{2} \cdot \frac{2M_p E_\mu - M_\mu^2}{M_p - E_\mu + \sqrt{E_\mu^2 - M_\mu^2} \cdot \cos \theta_\mu}$$



- Efficiency curve
  - 0.3-0.6 GeV付近で20%以上のefficiency
- $E_\nu$  distribution (120 days, 0.05GeV幅)
  - <1GeV領域でflux測定可能
  - 0.3-0.6 GeV付近で10000 event/bin程度

# $\Delta r/r$ vs energy

- $r = N(\text{R-module})/N(\text{L-module})$   
でflux asymmetryを測定
- 系統誤差として以下を考慮
  - BG estimation  $\Rightarrow$   
0.05GeV幅ごとの $N_{\text{BG}}/N_{\text{sig}} \times \Delta y/y$
  - Detector position  $\Rightarrow$   
設置位置をx, y, z方向に $\pm 5$  cm間違えたときの測定されるfluxの違い
- Sensitivity,  $\Delta r/r$ ,
  - 統計誤差が優勢
  - $\Delta r/r \sim 5\%$ (30日運転後)
  - $\Delta r/r < 5\%$ @ $E_\nu = 0.3\text{-}0.8$  GeV  
(120日運転後)



# Summary

- T2K実験アップグレード計画「2km検出器建設」に関して
  - ニュートリノビームの左右対称性測定を計画
  - Left-Right monitorのND280 hallへの設置を提案
- 上流装置でのニュートリノ散乱による背景事象のLeft-Right monitorに及ぼす影響を検討
  - 背景事象のVeto planeへのhitによる不感時間は問題ない
  - Fully contained sampleへのBG混入率も十分小さい  
 $N_{\text{BG}}/N_{\text{sig}} = 2.0 \% \text{ (L-module)}, 1.5 \% \text{ (R-module)}$
- 120日間運転後の左右対称性測定
  - ⇒ エネルギー0.3-0.8 GeV領域で $\Delta r/r < 5 \%$ の精度