

スーパーカミオカンデにおける 天体ニュートリノ観測についての 研究

萩原 開人 (岡山大学)

他SK-Collaboration

日本物理学会 第74回年次大会

2019年 3月16日

目次

1. 概要

2. ニュートリノ事象選別

3. Detection Probability

4. まとめと今後

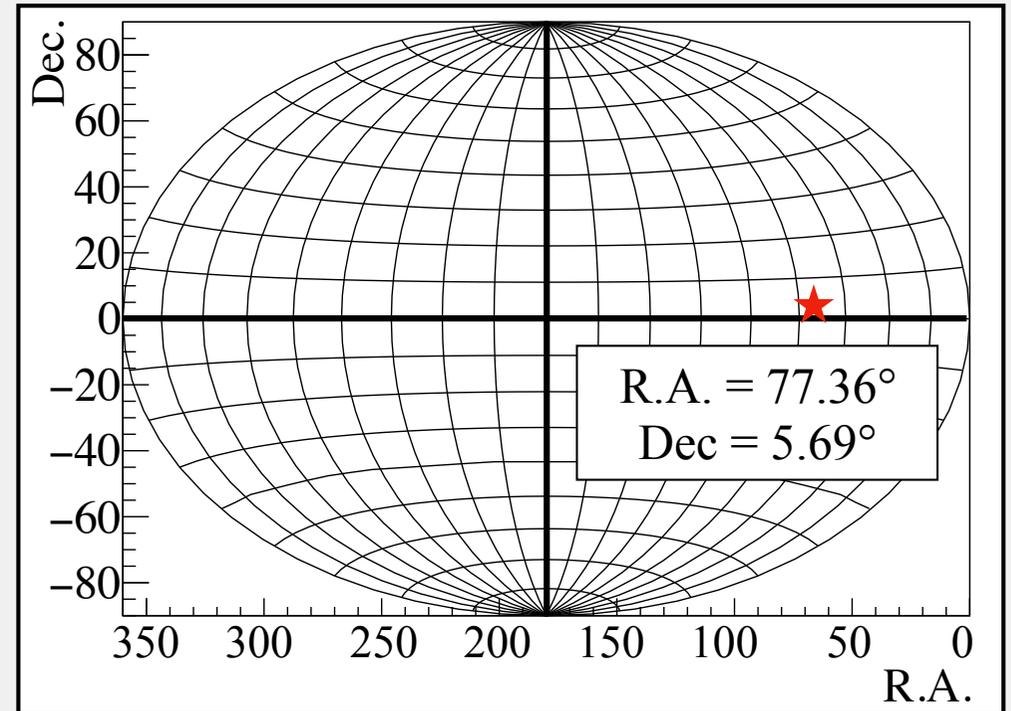
Introduction

2017年9月22日に南極に設置されたニュートリノ検出器 IceCubeは約290 TeVという高エネルギーニュートリノを観測した。望遠鏡による追観測の結果、ブレイザーTXS0506+056からのニュートリノだと思われる。

IceCube Collaboration, Science 361, 147–151 (2018)



SKでもイベントを確認したい
流量(Fluence)は増加しているか？

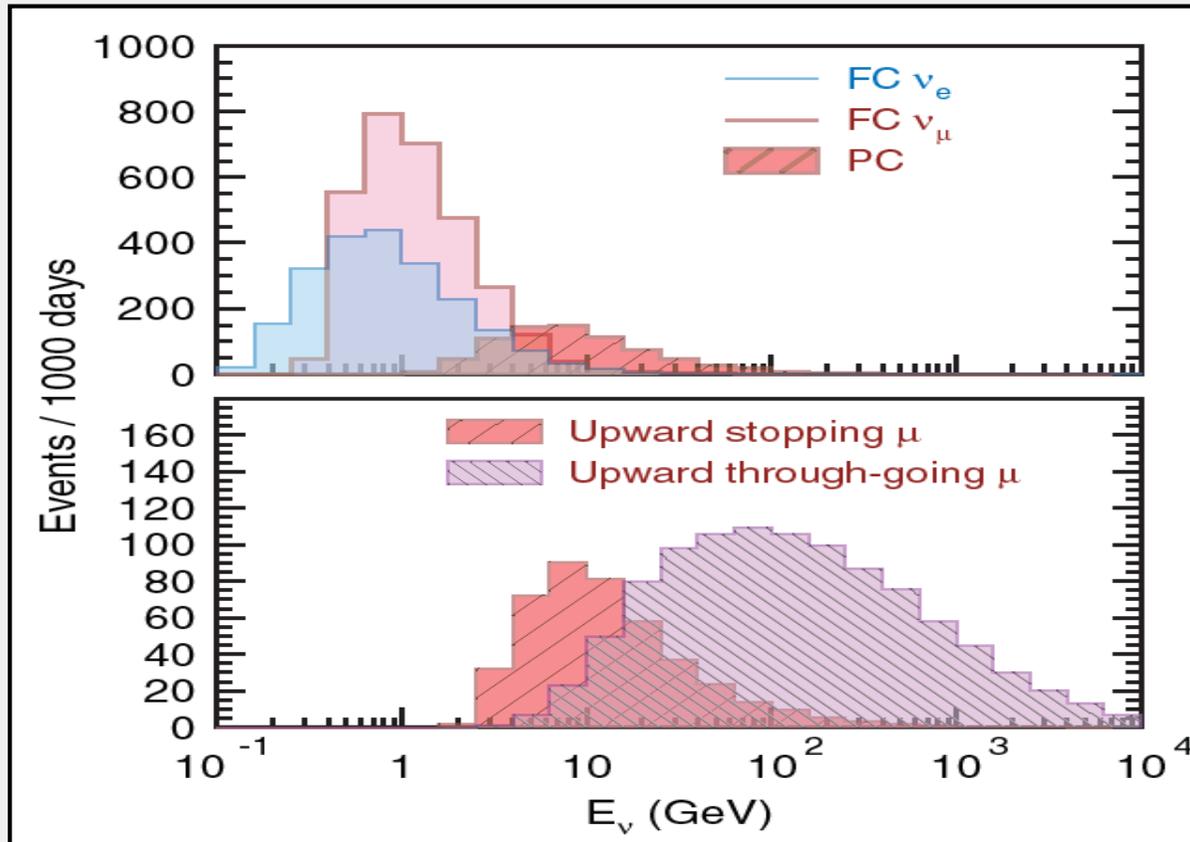


TXS 0506+056	
Right Ascension (R.A.)	77.3582°
Declination (Dec.)	+5.69314°

<http://science.sciencemag.org/content/361/6398/147.long>

SKにおけるニュートリノ事象

SKではニュートリノの種類やエネルギーによって事象を選別する。



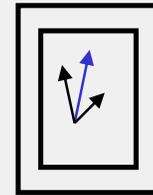
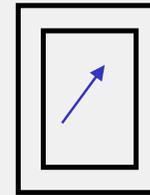
Event categorized

Fully-contained

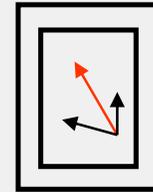
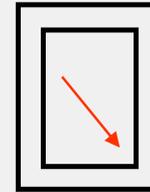
single ring

multi ring

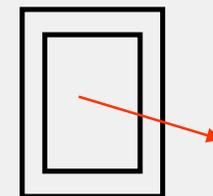
e-like



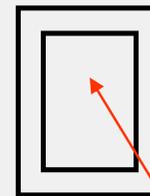
μ -like



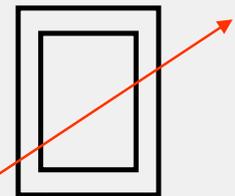
Partially-contained



Upward-going muon



stop



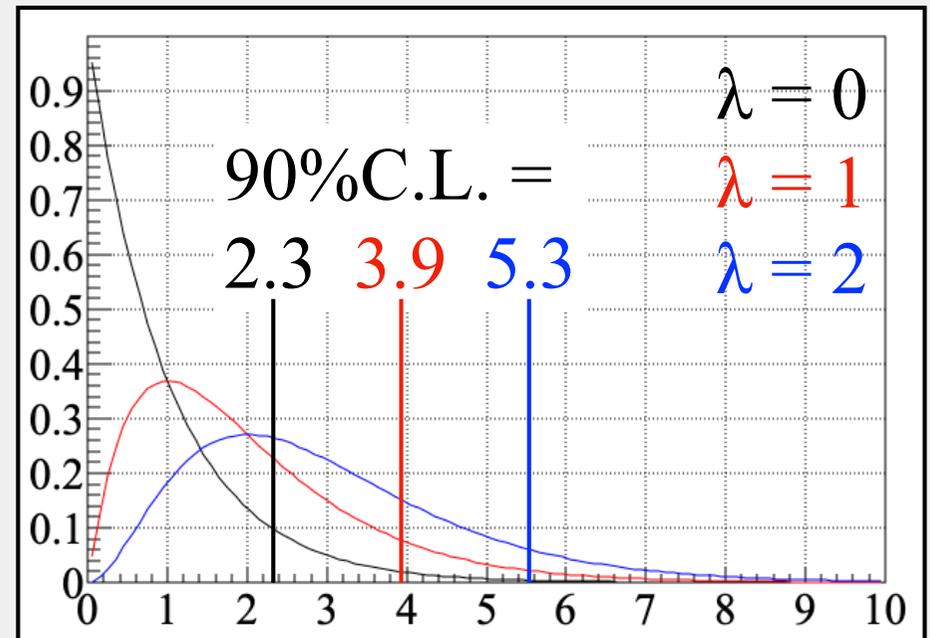
through

Fluence Limit見積もり

$$Fluence_{limit} = \frac{N_{90}}{\text{Detection Probability}}$$

観測されたイベントの90% C.L. (N_{90})と、事象タイプ毎の観測確率を用いることで、天体からの最大ニュートリノ流量を見積もることが可能である。

Poisson Distribution



Detection Probability(FC PC)

エネルギー E_ν のニュートリノが検出器内で相互作用を起こし、
FCもしくはPC事象として観測される確率

$$Prob_{FC,PC} = N_T \int dE_\nu \sigma(E_\nu) \varepsilon(E_\nu) \lambda(E_\nu^{-2})$$

N_T : SK検出器内の標的数 ($\sim 3 \times 10^{34}$)

σ : ニュートリノと原子核との反応断面積 [cm^2]

ε : SK検出器の検出効率 [%]

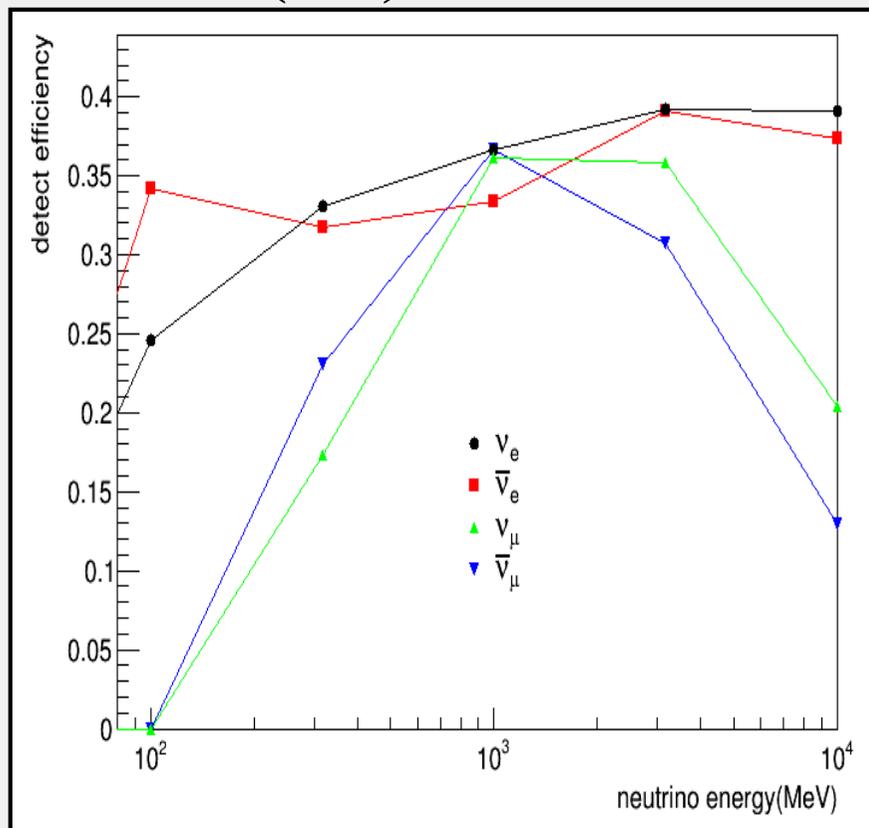
λ : ニュートリノエネルギー [$1/\text{MeV}$]

SKの検出効率 ε

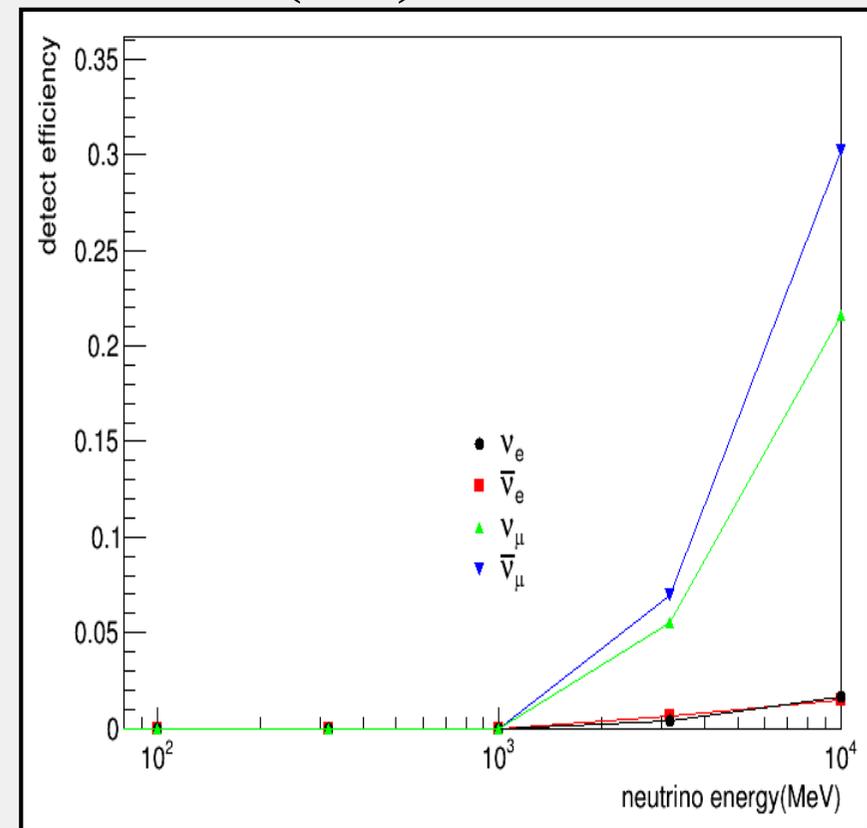
MCシミュレーションを用いて、SKタンク内で生成したニュートリノ反応事象が有効体積内でFCもしくはPCと識別される割合を示す。

$$\varepsilon = \frac{\text{有効体積内 (22.5 kton) で識別されるFCPC事象}}{\text{全領域 (50 kton) 内で発生したニュートリノ事象}}$$

$\varepsilon(E_\nu)$ of FC



$\varepsilon(E_\nu)$ of PC



Detection Probability(UPMU)

エネルギー E_ν のニュートリノが検出器内で相互作用を起こし、
UPMU事象として観測される確率

$$Prob_{UPMU} = A_{eff}(z) \int dE_\nu P(E_\nu) S(z, E_\nu) \lambda(E_\nu^{-2})$$

A_{eff} : ニュートリノ飛来方向に対する有効面積 [cm^2]

P : ニュートリノがミューオンを生成する確率 [%]

S : 地球によるニュートリノ遮蔽効果 [%]

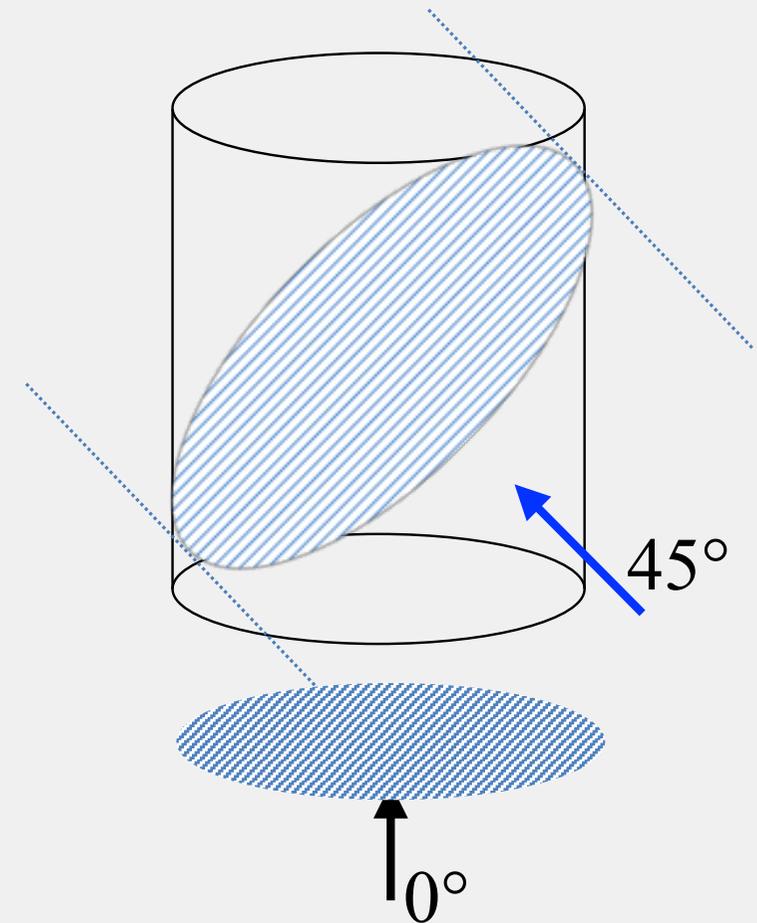
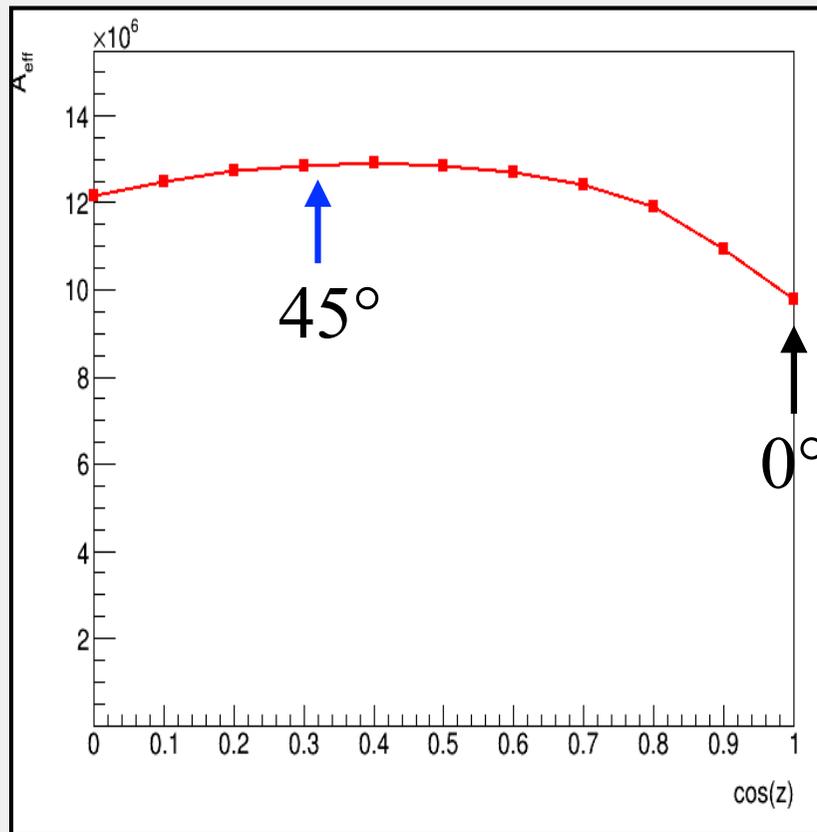
λ : ニュートリノエネルギー [$1/\text{MeV}$]

有効面積 A_{eff}

ニュートリノの飛来方向によってSKの有効面積が異なる。

MCシミュレーションを使って、ニュートリノの発生させた面積に検出効率を掛け合わせた値。

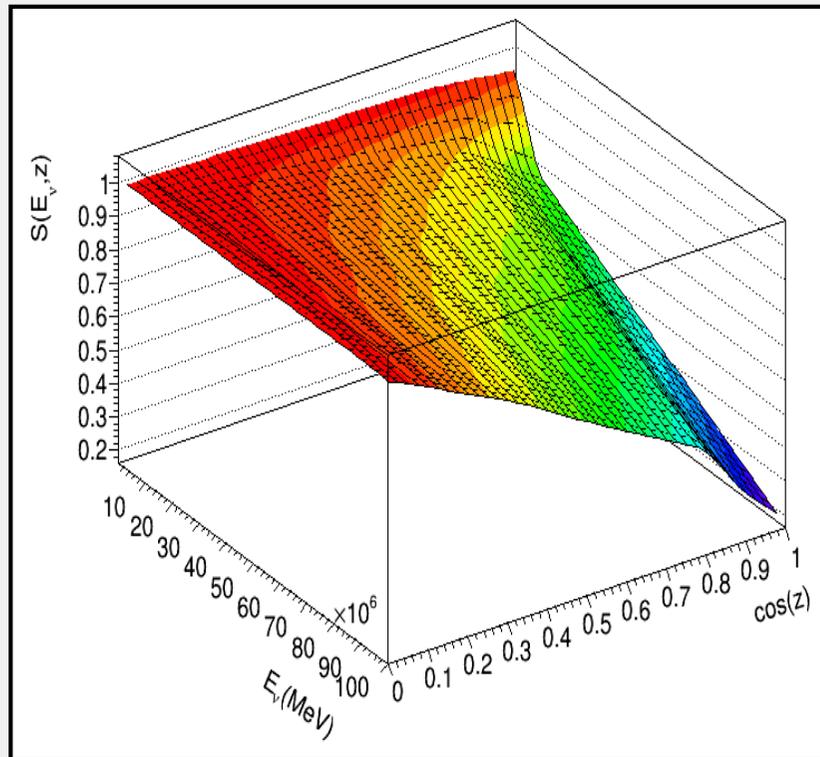
$A_{\text{eff}}(z)$



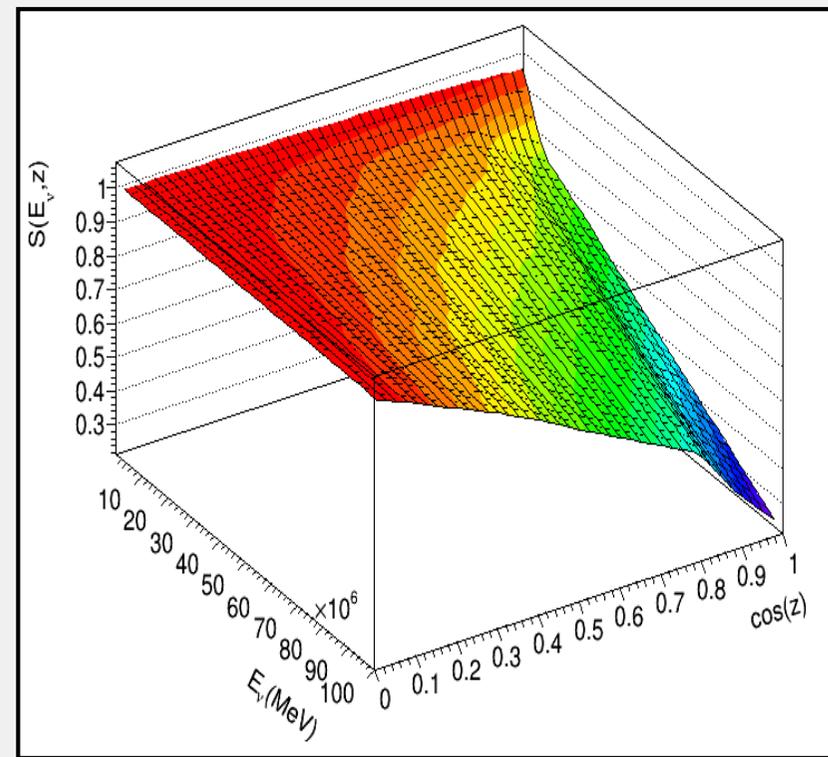
ニュートリノノ遮蔽効果 S

ニュートリノが地球をすり抜ける際、地球内部の物質と相互作用を起こしニュートリノが消滅する確率を表す。

$S(z, E_\nu)$ of ν_μ



$S(z, E_\nu)$ of $\bar{\nu}_\mu$



A. Vincent et.al., arXiv:1706.09895v2

Detection Probability

以下のニュートリノエネルギーで積分したDetection Probabilityの値を表に示す。

FC, PC = 100 MeV - 10 GeV

UPMU = 1.6 GeV - 100 PeV

UPMUは角度によって値が異なるので、45°を例にして示す。

$$Prob_{FC,PC} = N_T \int dE_\nu \sigma(E_\nu) \varepsilon(E_\nu) \lambda(E_\nu^{-2}) \quad Prob_{UPMU} = A_{eff}(z) \int dE_\nu P(E_\nu) S(z, E_\nu) \lambda(E_\nu^{-2})$$

	FC & PC [cm ²]	UPMU (45°) [cm ²]
ν_μ	4.1×10^{-5}	1.1×10^{-1}
$\bar{\nu}_\mu$	1.7×10^{-5}	8.3×10^{-2}
ν_e	4.8×10^{-5}	-
$\bar{\nu}_e$	2.0×10^{-5}	-

まとめと今後

- ☑ IceCubeでブレーザーからの高エネルギーニュートリノが観測された。SKにおいてもニュートリノFluenceが増えている可能性がある。
- ☑ ニュートリノ事象タイプ毎にFluence計算の手法が異なる。

-
- ☐ 実際のデータからブレーザー方向から飛来したニュートリノ事象数を見積もる。
 - ☐ 事象数からFluence limitを決定する。