



東邦大学

いのち
生命の科学で未来をつなぐ

J-PARCにおける原子核乾板を用いたテスト実験 (原子核乾板検出器を用いた 低エネルギーニュートリノ反応の研究)

小川、渋谷、福田 東邦大学

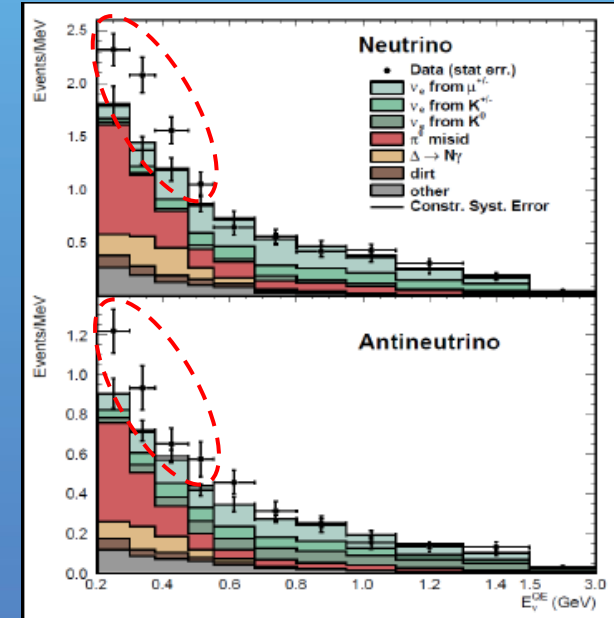
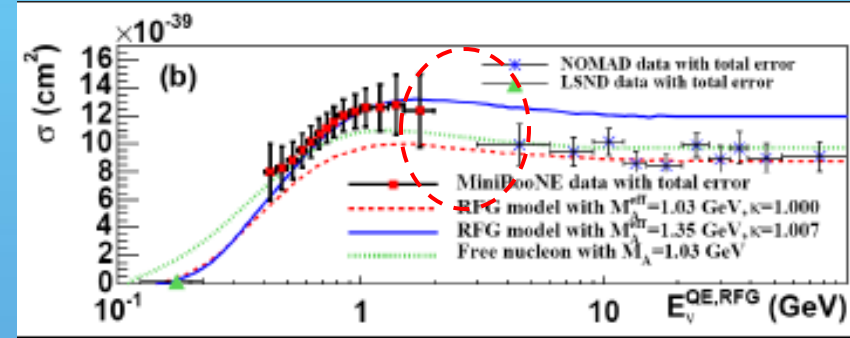
三角 日本大学

佐藤、北川 名古屋大学

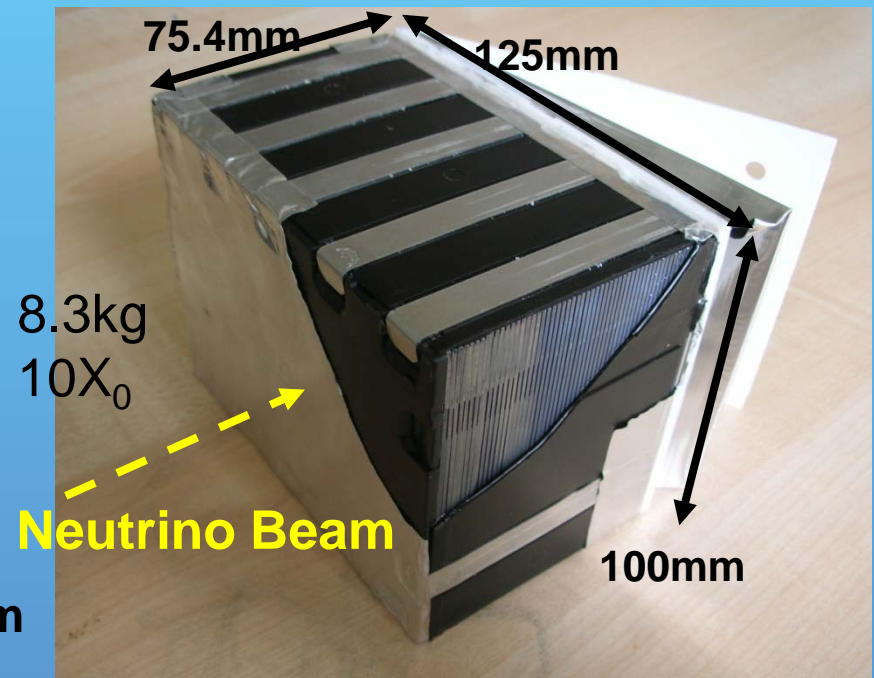
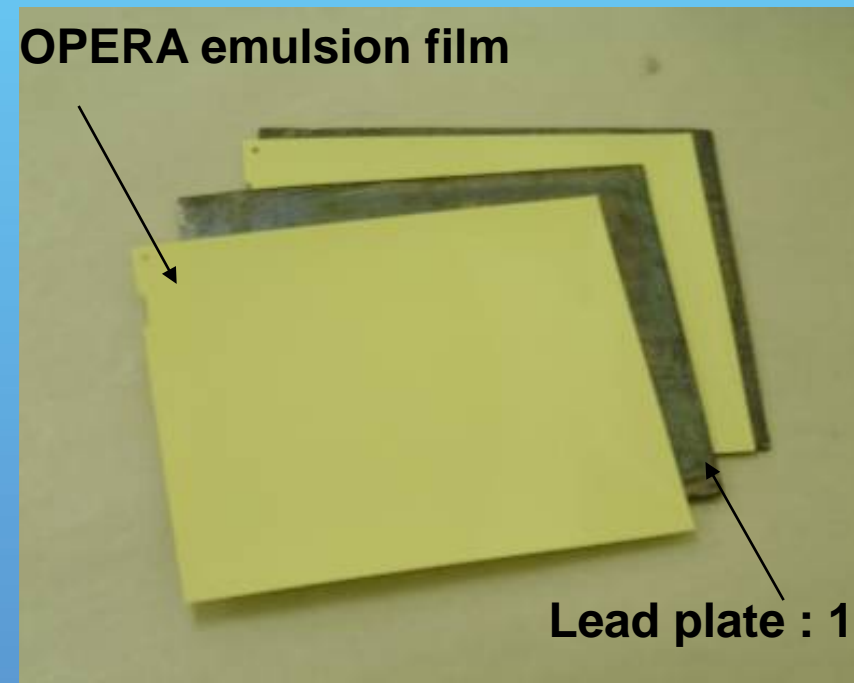
Contents:

低エネルギーニュートリノ検出に適した、**efficiency**が高く、高感度な乳剤を開発し、最適な乾板を手に入れるために、名大の乳剤製作、乾板製作(ベース下処理など)のチームと連携して、最適な乾板を作製して(究極の)ニュートリノ検出器に仕上げたい。

- 先行研究紹介 (OPERA 、 PEANUT)
- 開発研究 (FTS 、 ハドロン反応研究)
- 原子核乾板検出器 ECC による電子検出
- J-PARC におけるニュートリノ実験
- まとめ



原子核乾板検出器 ECC

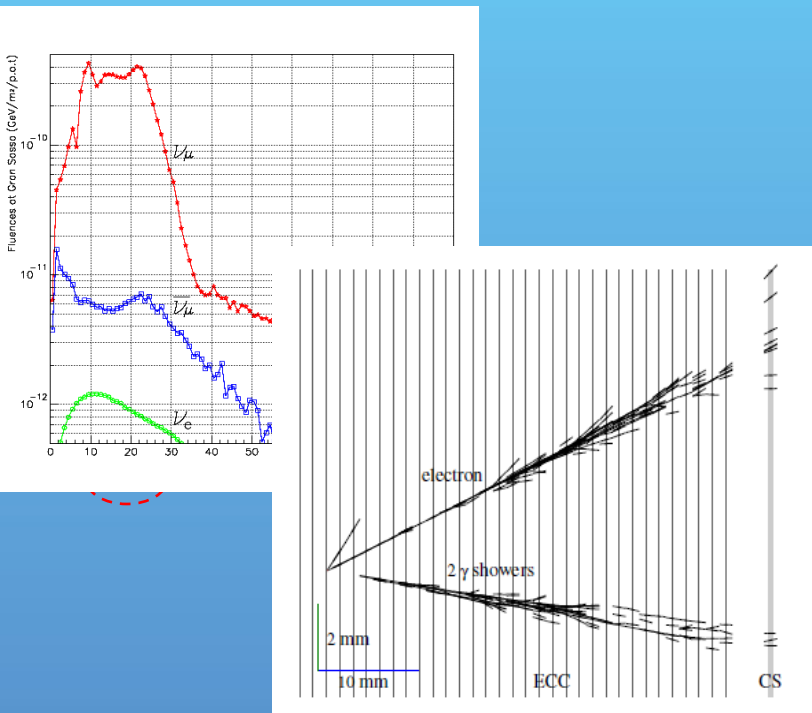


OPERA ECC (57 emulsion layers)

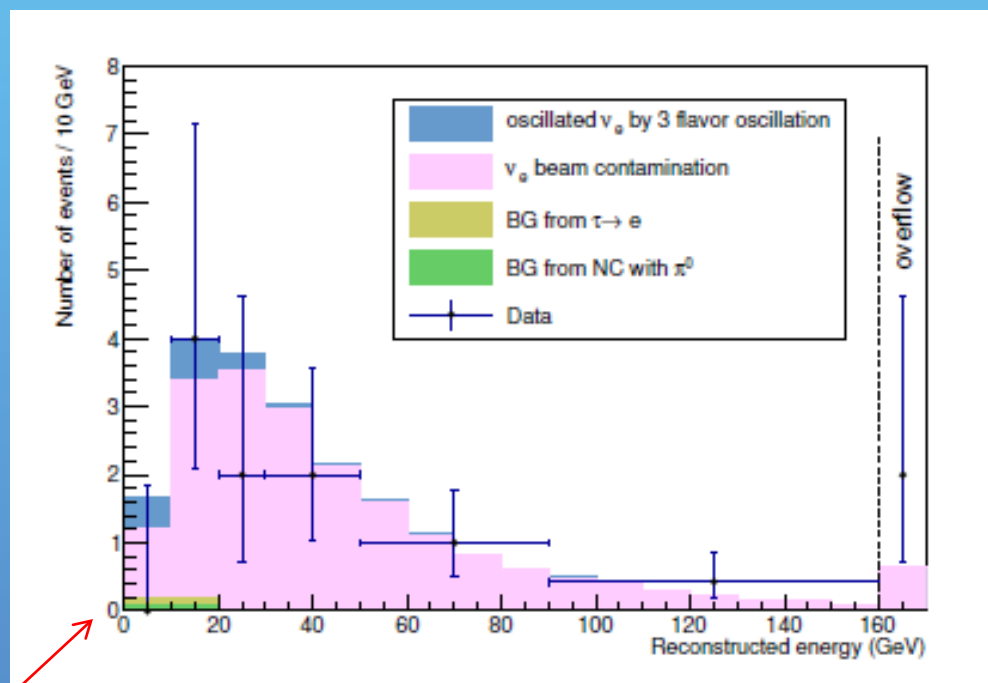
- シャワー粒子を μm で分離可能
- サンプル厚と標的物質を調整可能
- 100-200個で1tonの標的を構成可能

電子ニュートリノ反応解析 (OPERA)

ECCは、NC π^0 反応によるバックグラウンドが低い。



OPERA ν_e 事象候補

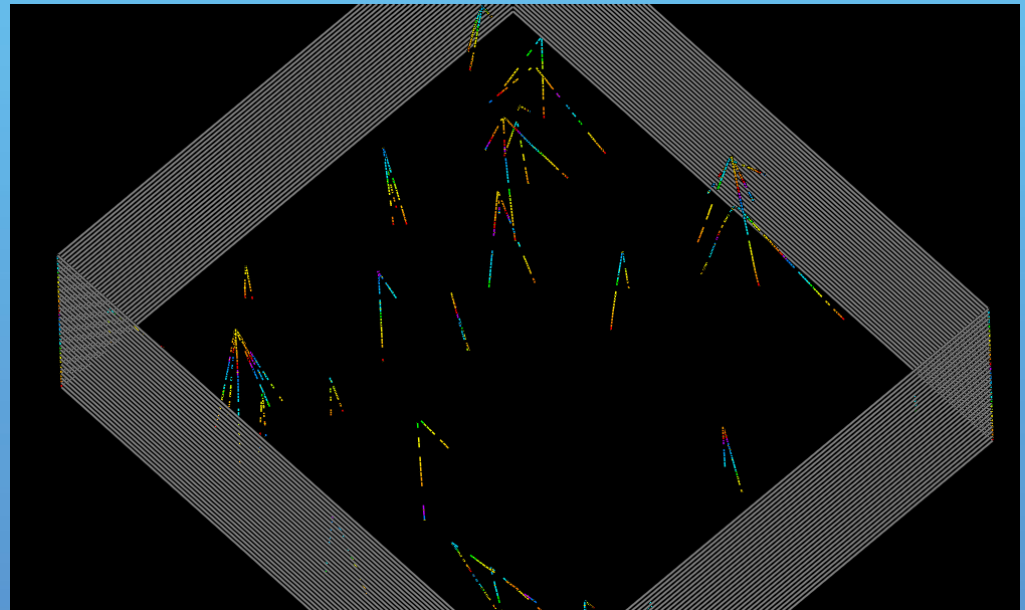
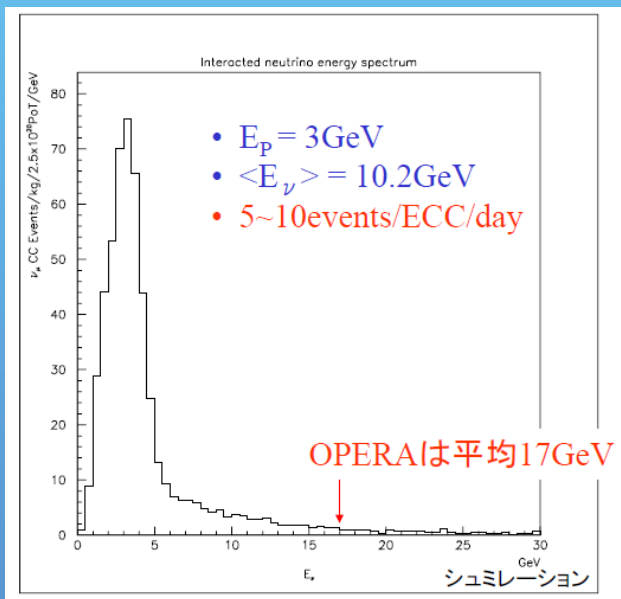


Very low π^0 BG !

N. Kitagawa et.al. (OPERA Collaboration), JHEP07(2013)004.

PEANUT実験@NuMI

- PEANUT(2005~2008)@NuMI
- OPERAのリハーサル実験(PEANUT RUN1)



ECC 中に再構成されたニュートリノ反応

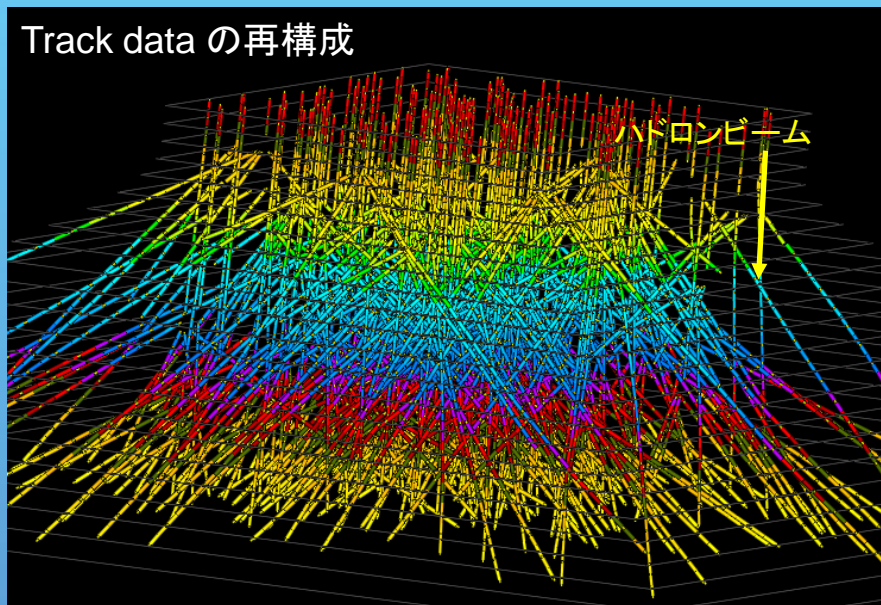
* S. Aoki et al., New Journal of Physics 12(2010)113028

- PEANUT RUN2における電子ニュートリノ解析 → 北川さん
- 低エネルギー ν 解析を行い、解析フレームワークを確立する。

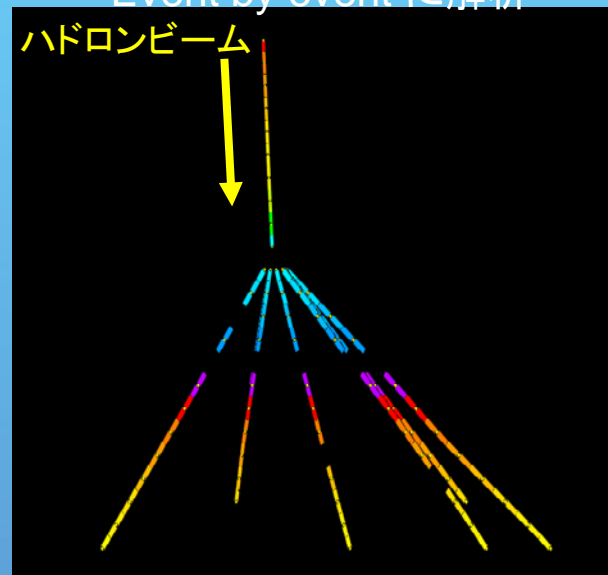
システマティックなECC解析

ハドロン反応詳細解析 @ Toho

Track data の再構成



Event by event に解析



	10GeV	4GeV	2GeV
Reconstructed tracks	2215 tracks	907 tracks	584 tracks
Total track length	38.5 m	12.6 m	8.5 m
Interactions	173 events	68 events	77 events

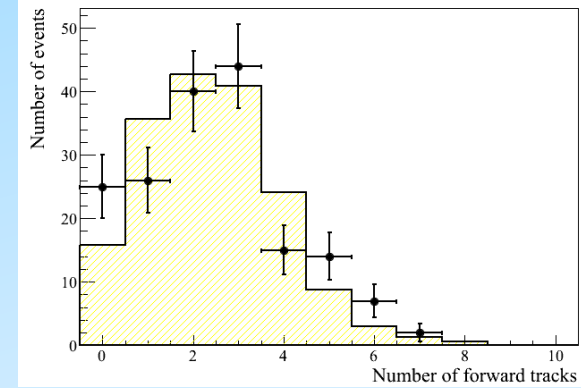
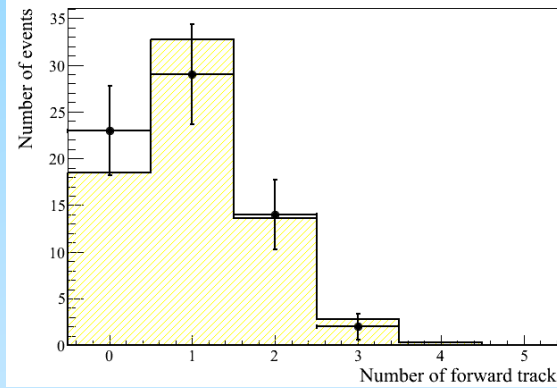
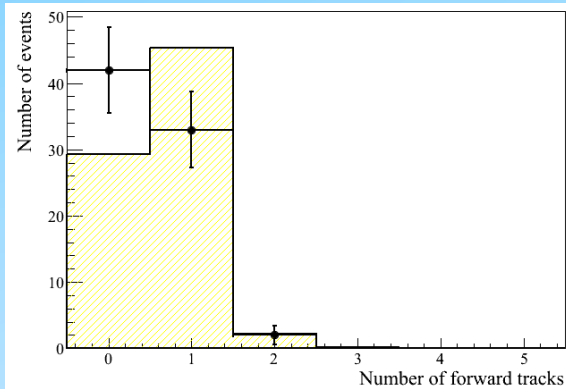
Topological analysis of hadron interactions in ECC

2GeV/c

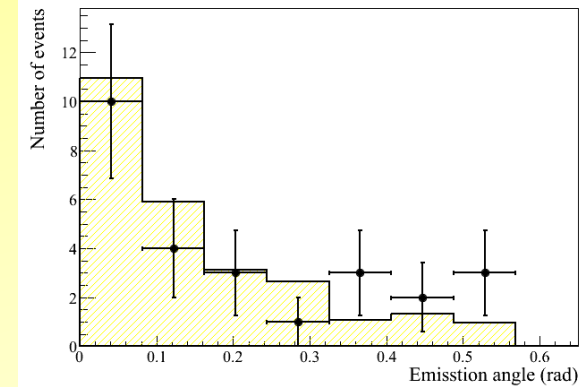
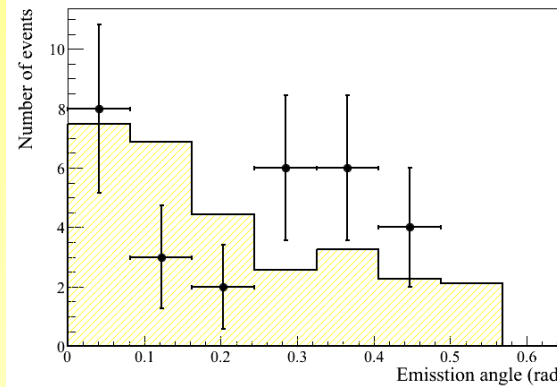
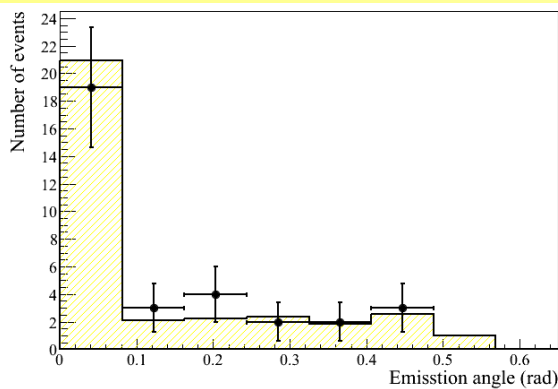
4GeV/c

10GeV/c

Multiplicity



Kink angle (1-prong)



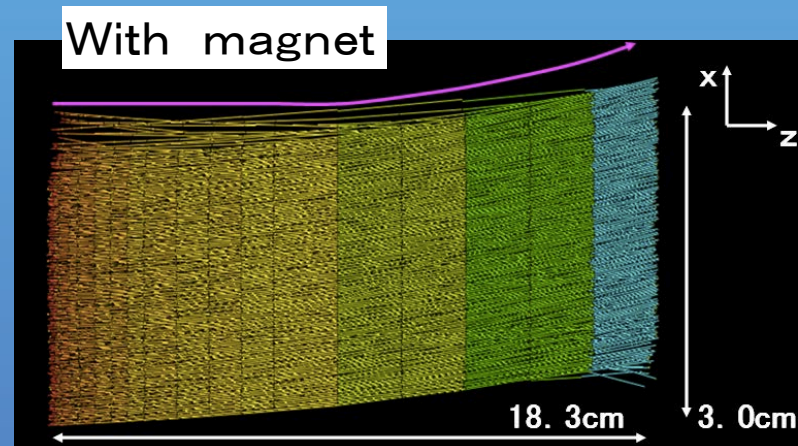
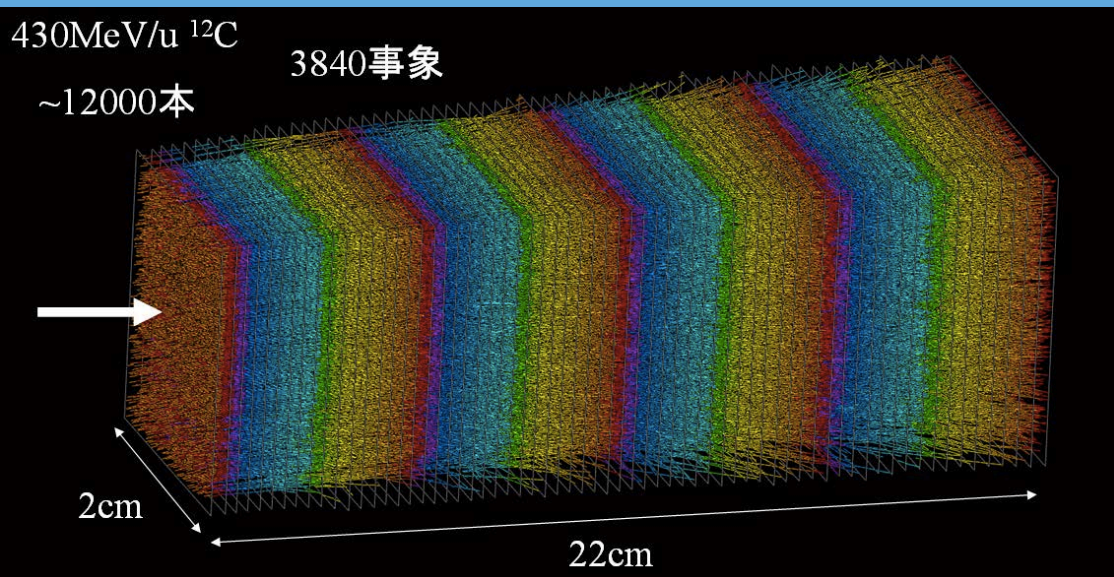
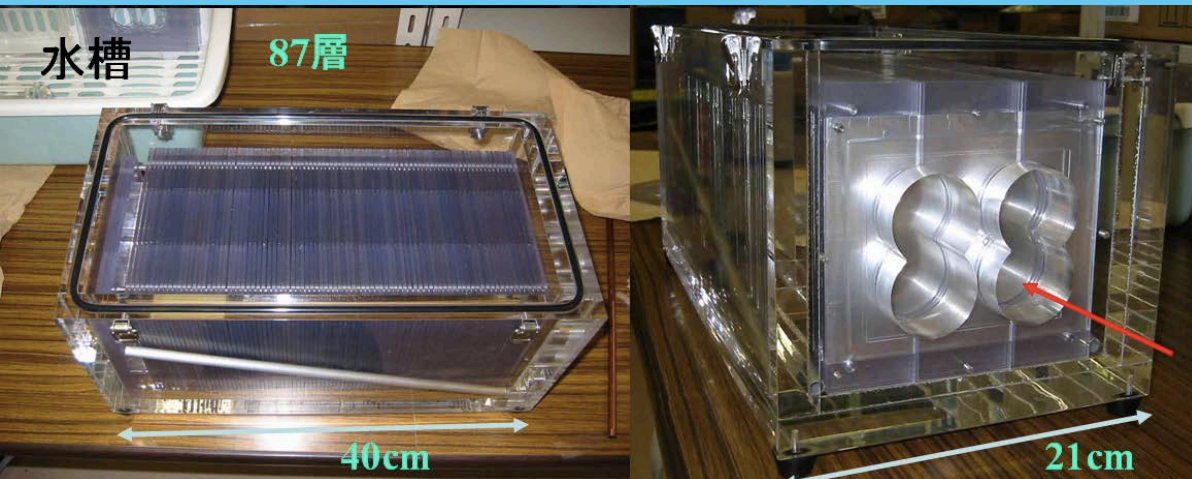
Error bars : Experimental data
Histogram : Simulated data

ECCの標的を変えて、ニュートリノと様々な物質の相互作用を調べる。

P152実験(水標的ECC)

がん治療用炭素ビーム

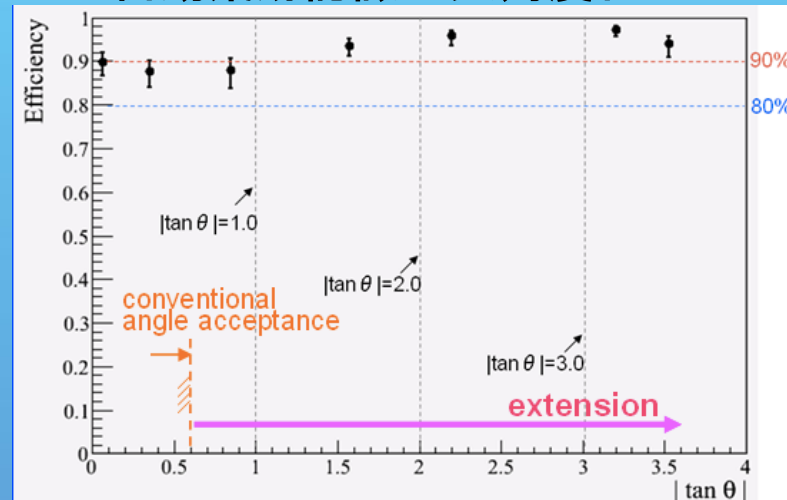
放射線医学総合研究所、GEANT4日本グループ(KEK, SLAC)、
宇宙科学研究所、東邦大学、名古屋大学 の共同プロジェクト



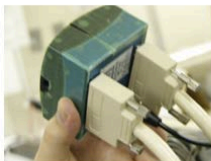
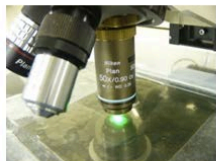
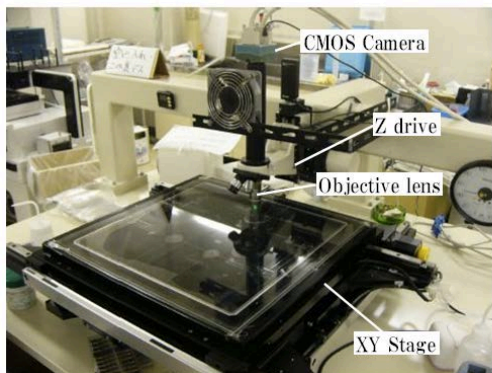
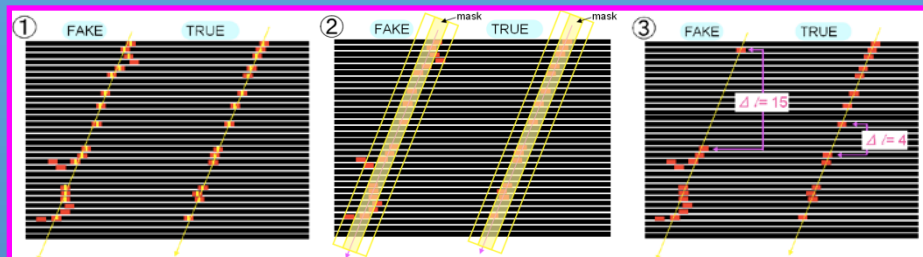
T.Toshito et.al. Phys.Rev.C 78:067602,(2008)

→同位体分離  東邦大学

自動飛跡認識の大角度化



自動飛跡認識の高精度化



Objective lens
Nikon CFI Plan x50
oil immersion lens

CMOS Camera
Mikrotron
Eosens MC 1362

Graphics Processing Unit (GPU)
NVIDIA Tesla C2050

T. Fukuda et al., JINST 8 (2013) P01023

→ 福田さん

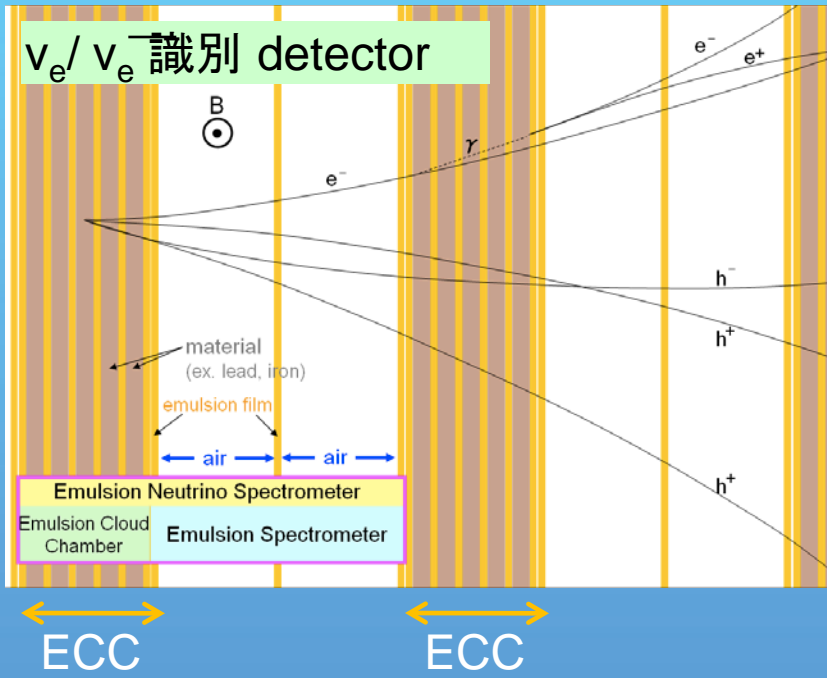
“原子核乾板における新しい自動飛跡認識技術”



東邦大学

Emulsion spectrometer (ENS)@ Toho

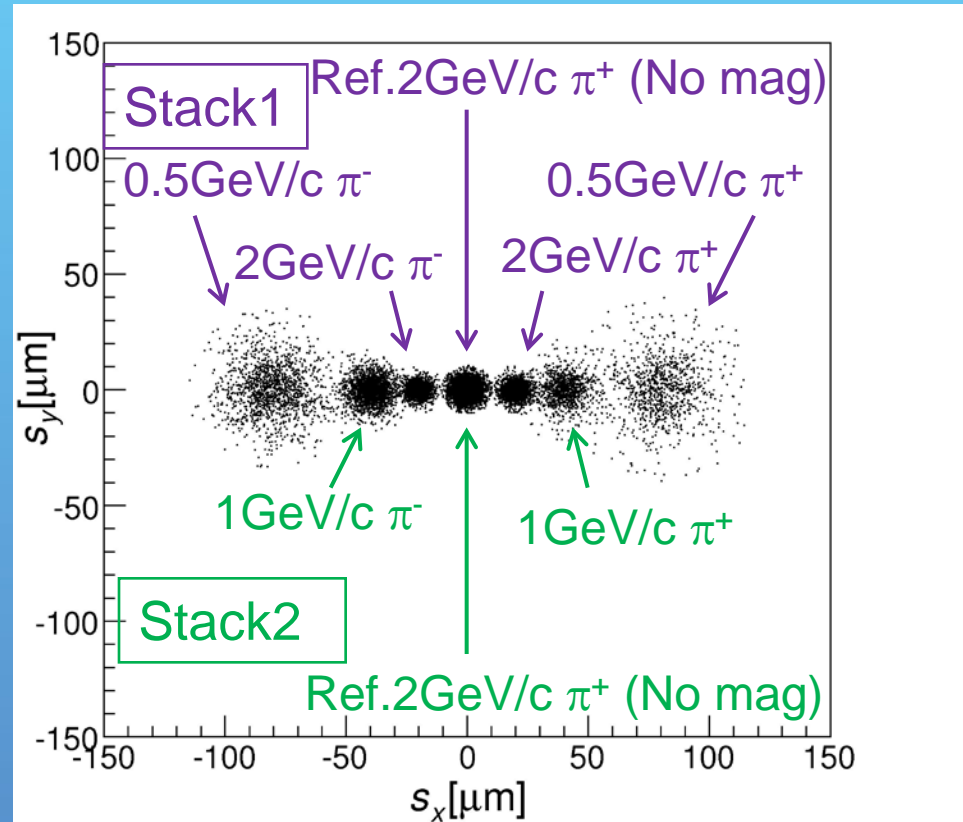
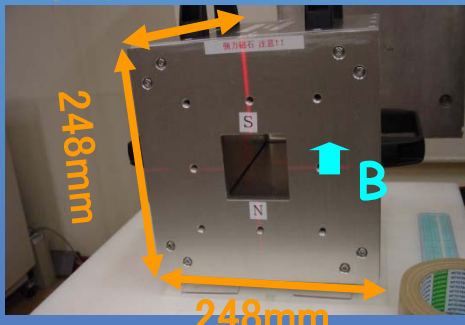
原子核乾板検出器技術の高度化研究



Conceptual Design of ENS

Electron charge could be measured!

奥行244mm



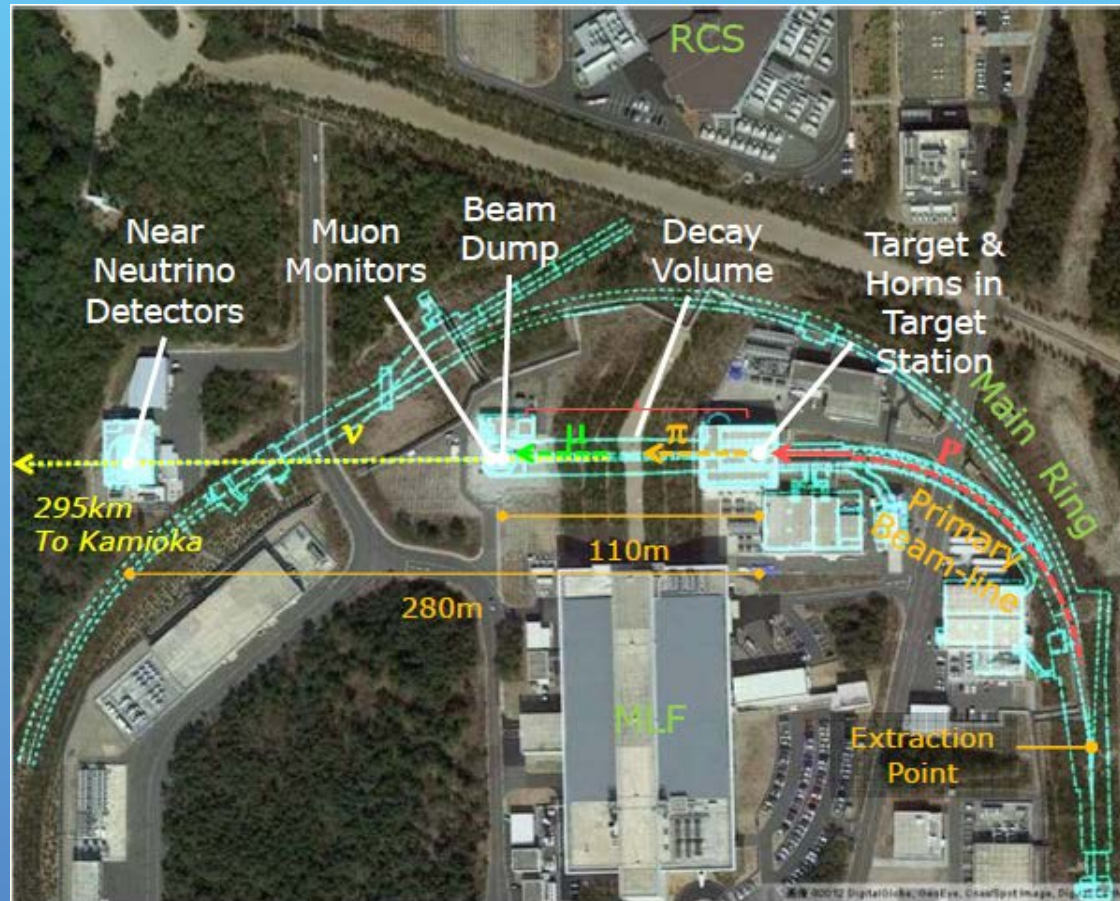
Test beam : 15mm gap, B = 1T

C. Fukushima et al., Nucl. Instr. and Meth. A 592 (2008)



東邦大学

ニュートリノ実験施設@J-PARC



On axis or off axis



東邦大学

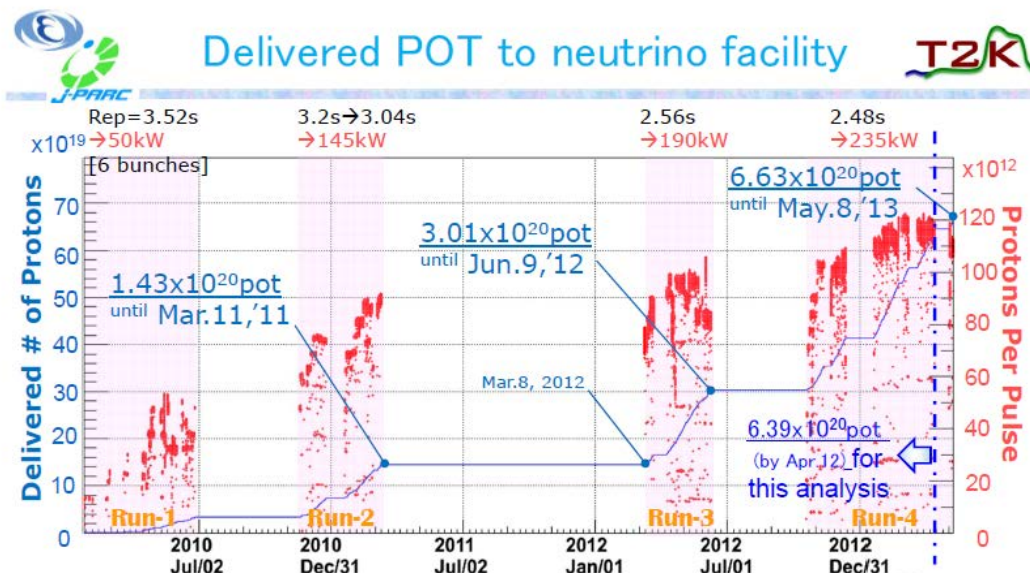
Neutrino beam @J-PARC

Beam power : 235kW
 (2012Oct~) -> 1MW
 ~ 3×10^{20} pot delivered
 in 6 months

Expected event rate:
 170 k events / 10^{21} pot / ton

このレベルでのニュートリノ反応
 詳細解析は早い段階で可能。

- ν_{μ} 反応断面積測定
- ν_e 反応断面積測定
 (ν_e 混入率測定)



- Stable operation at ~220kW achieved.
 - ◆ $>1.2 \times 10^{14}$ ppp ($1.5 \times 10^{13} \times 8b$) is the *world record* of extracted protons per pulse for synchrotrons.
- Data for today's talk: 6.39×10^{20} pot (by Apr.12). 6.63×10^{20} by May.8.
 - ◆ Statistics has been **doubled** successfully compared to the previous analysis (3.01×10^{20} pot)

9

*「T2Kの最新結果」山田善一、日本物理学会2013年秋季大会 東邦大学

ニュートリノビームラインにおけるテスト実験

	Mode	E	L	L/E
LSND	$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$	30MeV	30m	1
MiniBooNE	$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$	500MeV	500m	1
	$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$	(<300MeV)		(1.5)
NuMI (PEANUT)	$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$	3GeV	1km	0.3
	$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$			
T2K	$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$	500MeV	280m	0.5
		1.2GeV	280m	0.23
OPERA		17GeV	735km	43
CHORUS		27GeV	0.8km	0.03

まとめ

- ニュートリノ反応は、 10^{21} pot の照射で170 k events / ton 程度期待される。
- HTS(速度)により、十分なスキヤニング能力は得られる。
- 低エネルギー電子の高い検出能力は必要。
 - 新乳剤
 - FTSの開発
 - GRAINE実験でも開発
 - PEANUT Run2の解析
- まずは、J-PARCでテスト実験
展開：
 - エマルションスペクトロメータによる ν_e 、 $\bar{\nu}_e$ の分離。
 - 標的物質依存性の研究。