

# 液体アルゴン3次元飛跡イメージング検出器関連の発表

- LArIAT(米国ビームテスト)の状況、ニュートリノ・Ar相互作用原子核物理の可能性（丸山）  
15分
- 液体アルゴン検出器R&Dの現状とプラン（坂下） 15分
- 液体アルゴン検出器の開発状況と検出器の理解（佐藤/渡邊/岩崎） 30分

# LArIAT (LAr In A Testbeam) 動機

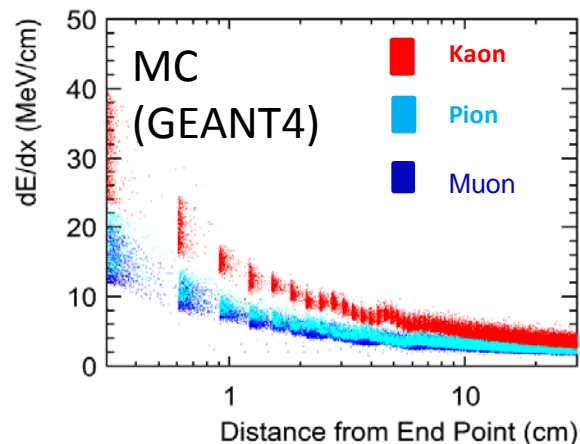
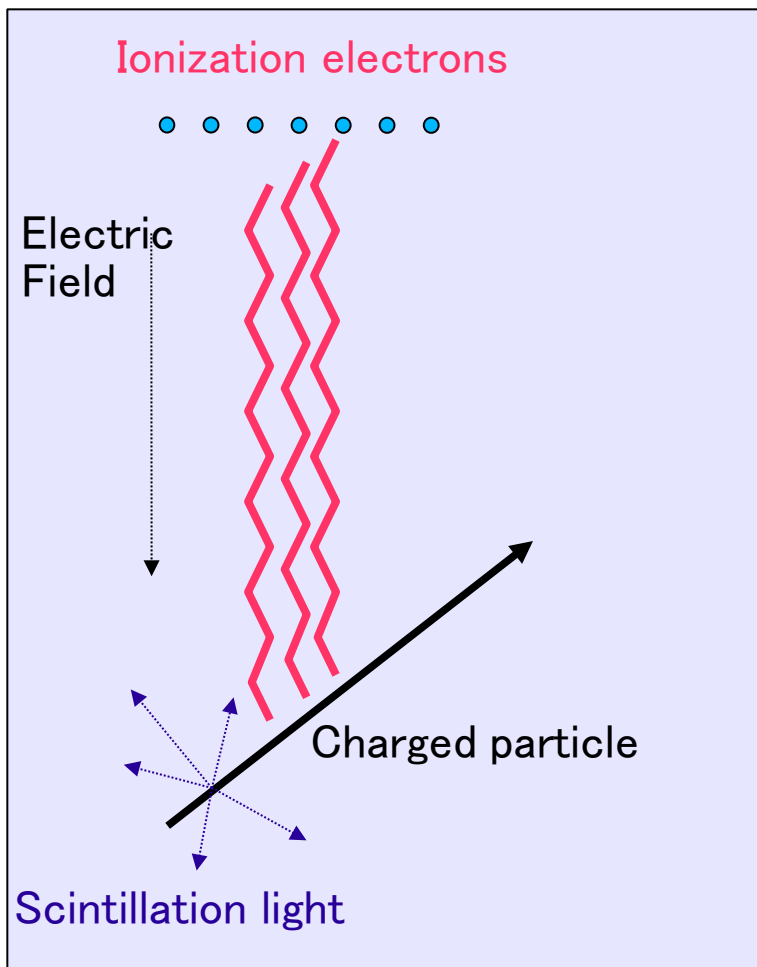
- 非常に残念なことながら、2013年5月6日にJ-PARC K1.1BRビームラインを用いて行われる予定だったビームテストはハドロンホールの事故によって、お流れとなった。
- この後、ハドロンホールの改修がいつ終わるかまだ不透明。また、K1.1BRはCOMET/high-pの実験によって将来の使用状況も不透明。
- 特に陽子崩壊からの運動量レンジのKを見ることは重要かつ興味があるので、新学術の科研費にて、ポスドクとLArIAT(米国)ビームテストに個人参加中。

# Concept of the LAr TPC

- Ionization electron signal
  - $\sim 5 \times 10^4 e/cm$  MIP
  - No amplification inside LAr
  - 3D track reconstruction using 2D readout anode.
  - drift velocity is  $\sim mm/\mu s$  with  $\sim kV/cm$  electric field
  - LAr purity affects the attenuation of the drift electrons.  $\tau \sim 300/(ppb)$  ( $\mu s$ )

## Motivation of test-beam

- To check the capability of the LAr TPC detector for neutrino physics, nucleon decay and other physics.
  - Checking PID performance;
    - $dE/dx$
    - Event topology (MIP like vs shower like)
  - Checking hadron transportation
  - Checking energy resolution (EM, hadron)

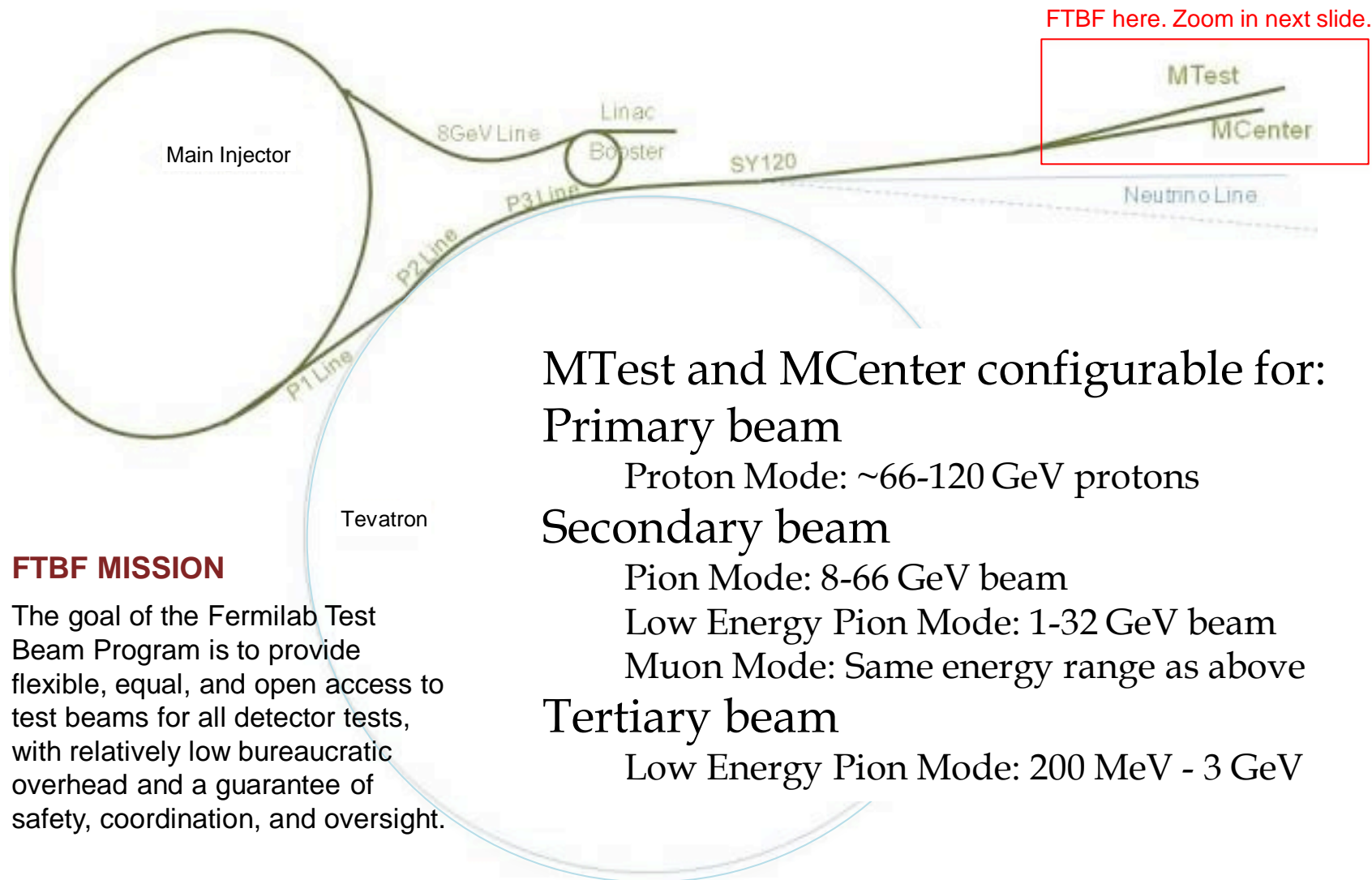


# LArIAT (米国LArビームテスト)

- Phase1; TPCのサイズ(45cm x 47cm x 90cm)等はほとんど日本の250L(40cm x 40cm x 80cm)と同じ。現在米国、英国含む60名くらいのコラボレータがいる。
- 来年の前半(最速で3月)にビーム・検出器のコミッショニング開始くらいのタイミング。その後半年間くらいビームデータを取り続ける。(p,  $\pi$ ,  $\mu$ , K, e; 250-1500MeV)
- こちらからはコミッショニングとソフトウェアについて貢献する予定(更に貢献できるかは議論中) この活動を通じ
  - 液体循環系、気体循環系、エレクトロニクス等のハードウェアについて知見を深める。
  - ワイヤ読み出し、またそれに付随するソフトウェア(特に中間レイヤーはバイポーラ信号)がどのようなメリット・デメリットを持つか考える。ことも可能。
- Phase2; 2m $\phi$ 、3m長有効体積。2016年開始を目途。

# Fermilab Test Beam Facility (FTBF)

<http://www-ppd.fnal.gov/MTBF-w/>



FTBF here. Zoom in next slide.

MTest and MCenter configurable for:

Primary beam

Proton Mode: ~66-120 GeV protons

Secondary beam

Pion Mode: 8-66 GeV beam

Low Energy Pion Mode: 1-32 GeV beam

Muon Mode: Same energy range as above

Tertiary beam

Low Energy Pion Mode: 200 MeV - 3 GeV

## FTBF MISSION

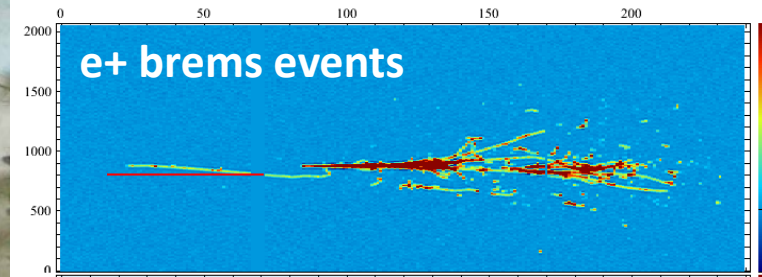
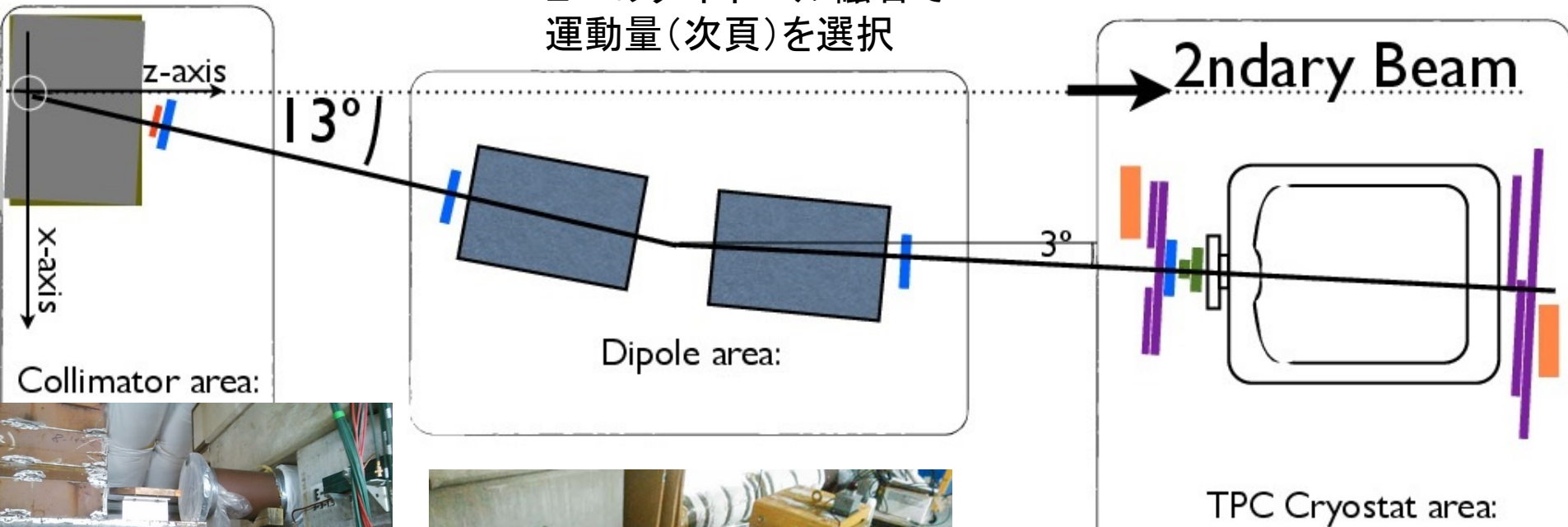
The goal of the Fermilab Test Beam Program is to provide flexible, equal, and open access to test beams for all detector tests, with relatively low bureaucratic overhead and a guarantee of safety, coordination, and oversight.

# セットアップ (ビーム系)

## L Aria T Tertiary Beamline Instruments

- US TOF paddle
- DS TOF crossed paddles
- Wire Chambers 1,2,3,4
- Halo Veto paddles
- Punchthrough paddles
- Cosmic Finders

(0.000", 0.000") at target center



パイプとコリメータの  
間に銅ブロック設置

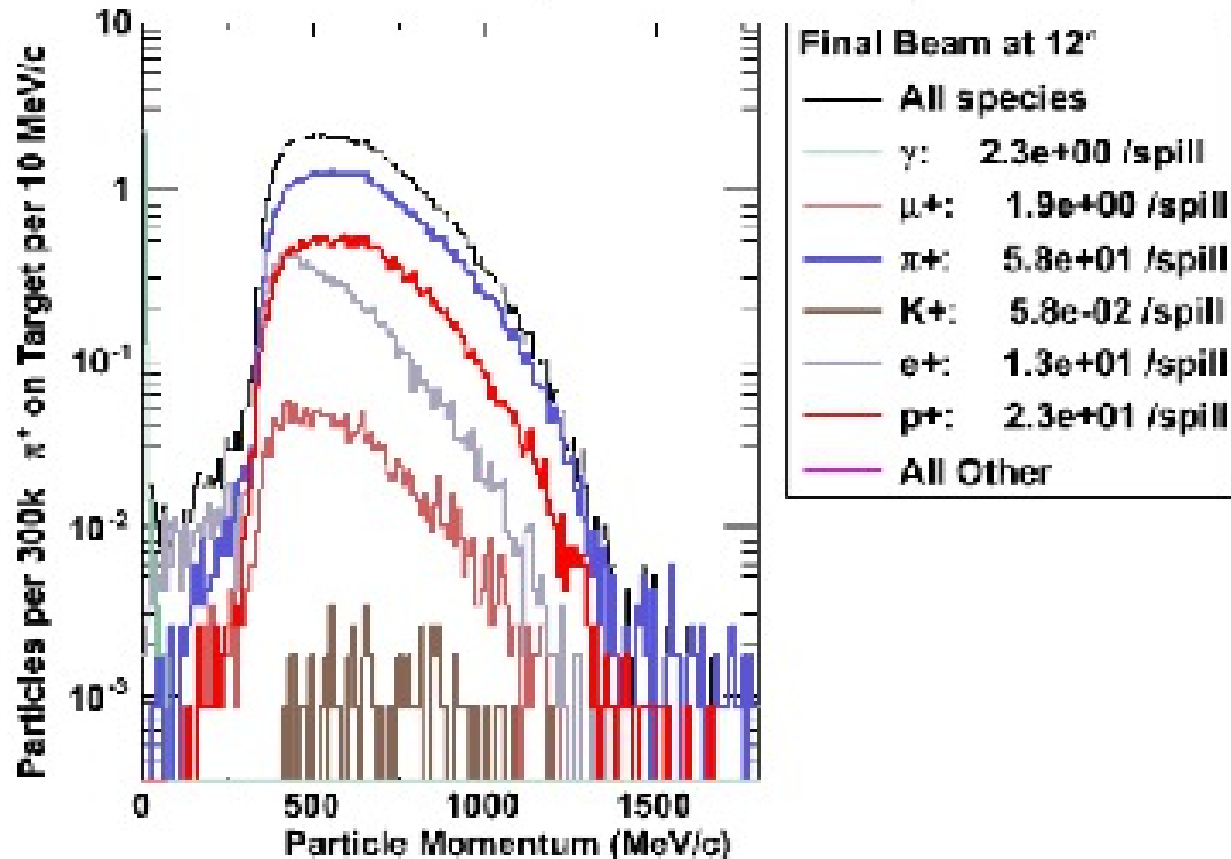
# ビームコンポーネント

- 1次ビーム 120GeVだが、ビームテストに使うのは、3次ビーム。
- 3次標的の後、ベンディング磁石が2つ入っているだけなので、広い運動領域の荷電粒子がやってくる。
- PIDはTOF、チェレンコフ。

- $\pi$ ; 58/spill
- $\mu$ ; 1.9/spill
- K; 0.06/spill
- p; 23/spill
- e; 13/spill

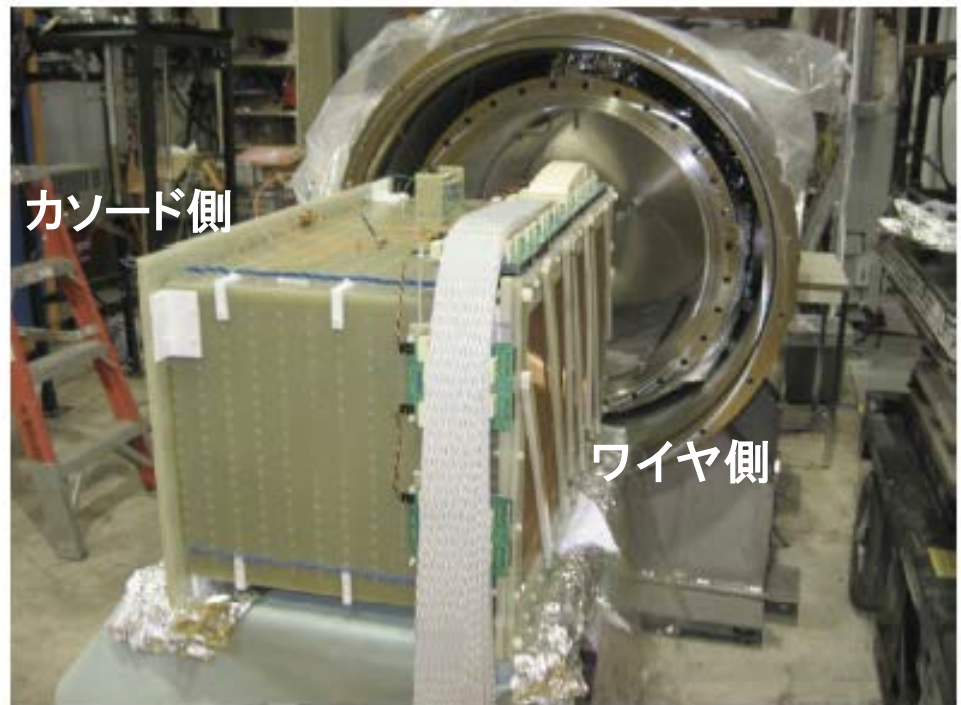
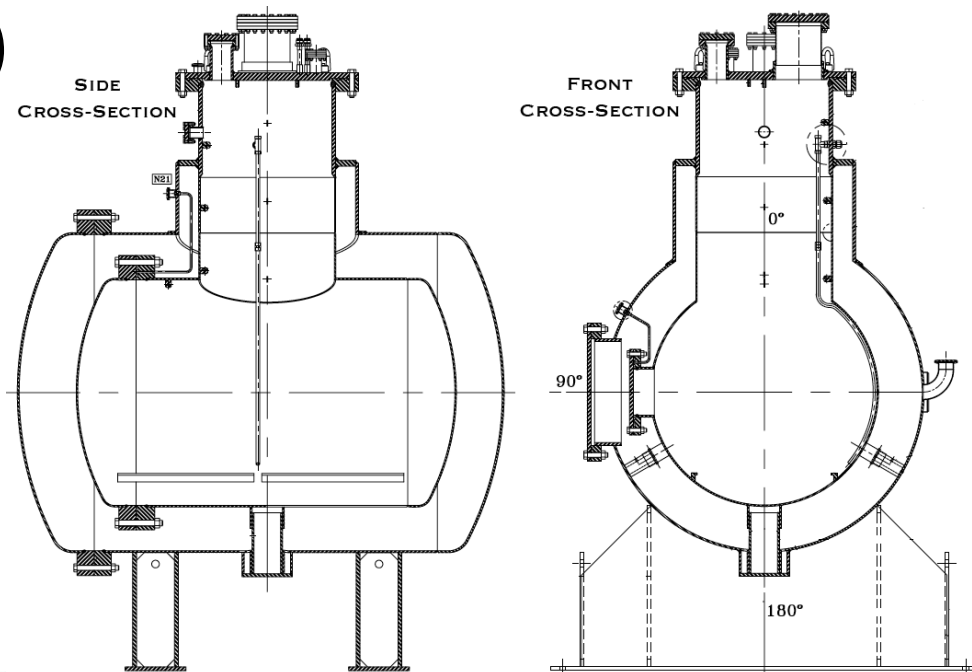
- 4sec FT / spill
- 1 spill / min.

Final Beam at 12°, 08 GeV 2<sup>nd</sup> ary, +0.35 Tesla field



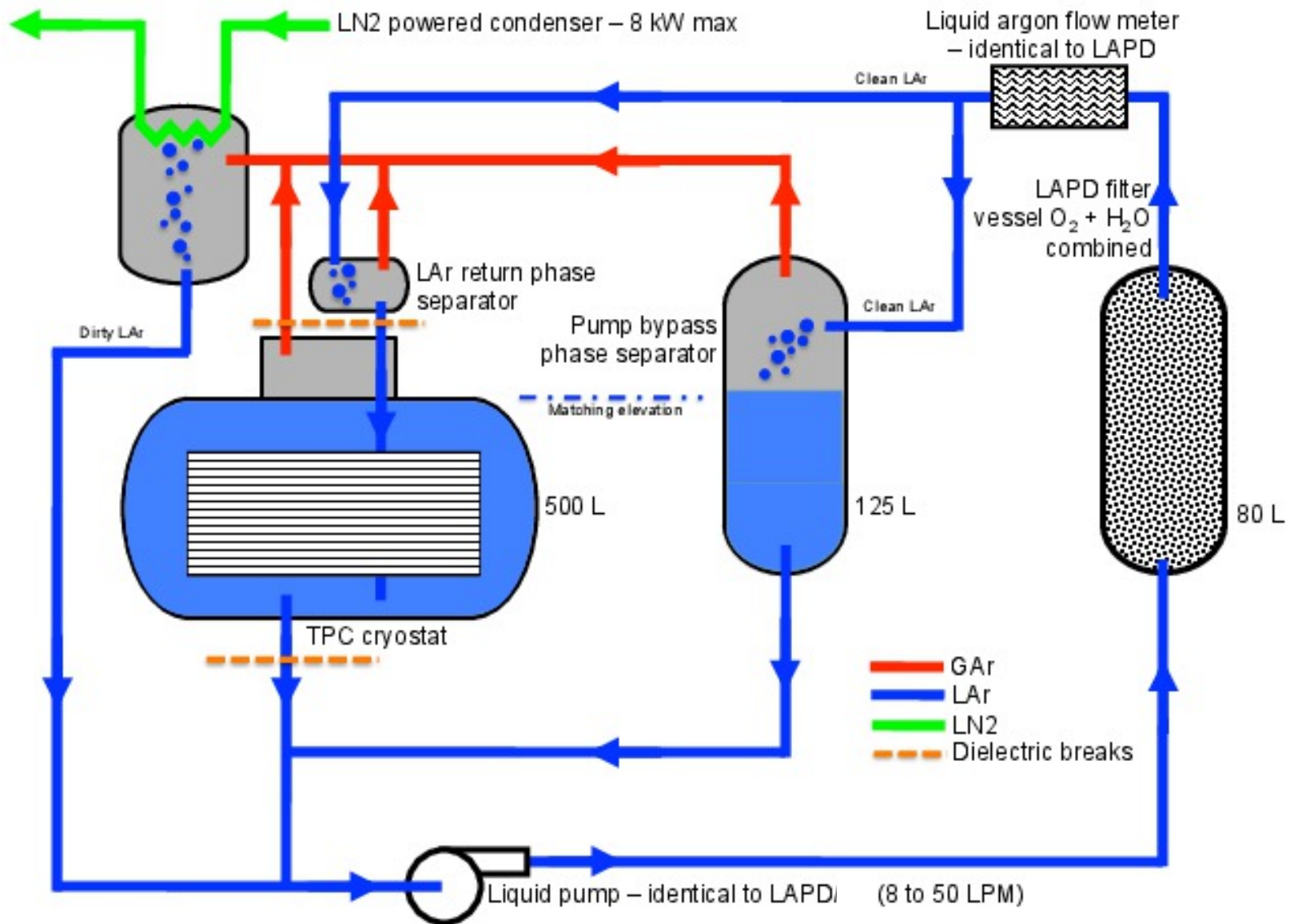
# セットアップ(検出器)

- 45 x 47 x 90 cm<sup>3</sup> のTPC(再利用) 一相式。
- 電場は500V/cm程度を印加。(25kV直流高圧をカソードへ)
- 読み出しは120度ずつ傾けたx yの2方向の480chワイヤ読み出し(150 $\mu$ m $\phi$  Be-Cu, 4mmピッチ)。エレキは低温用エレキ(議論中)。
- 気体循環+液体循環
  - 液体循環はLAPDと呼ばれる実験で使われたものを使う。流量が大きすぎるので、大きなバイパスを使う。
  - 気体循環は、ICARUSと同じサイフォン型。
- PMTは横から2つ付ける





# System Schematic

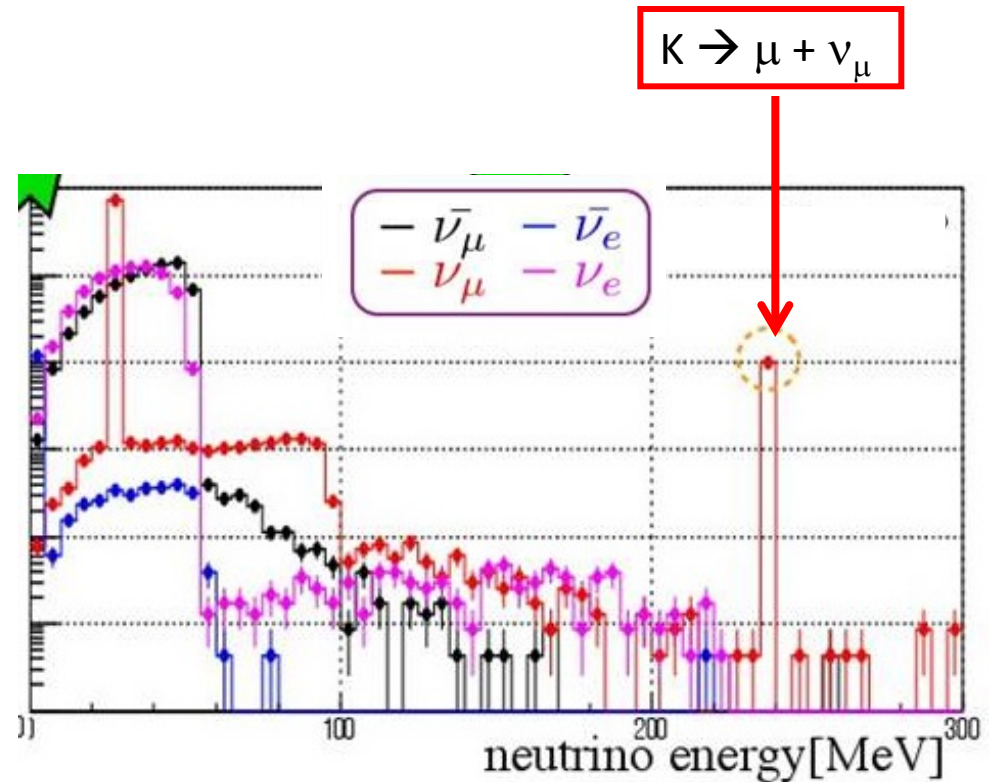
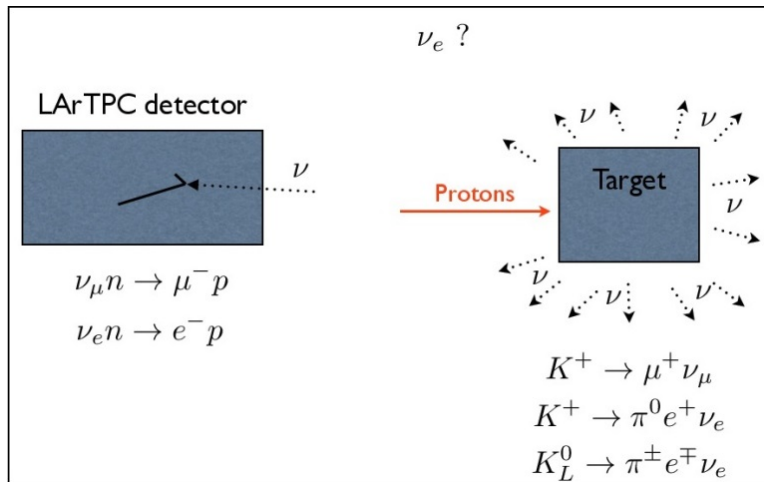


# 235.5MeVモノクロニュートリノの 検出

# K中間子静止崩壊からのニュートリノ

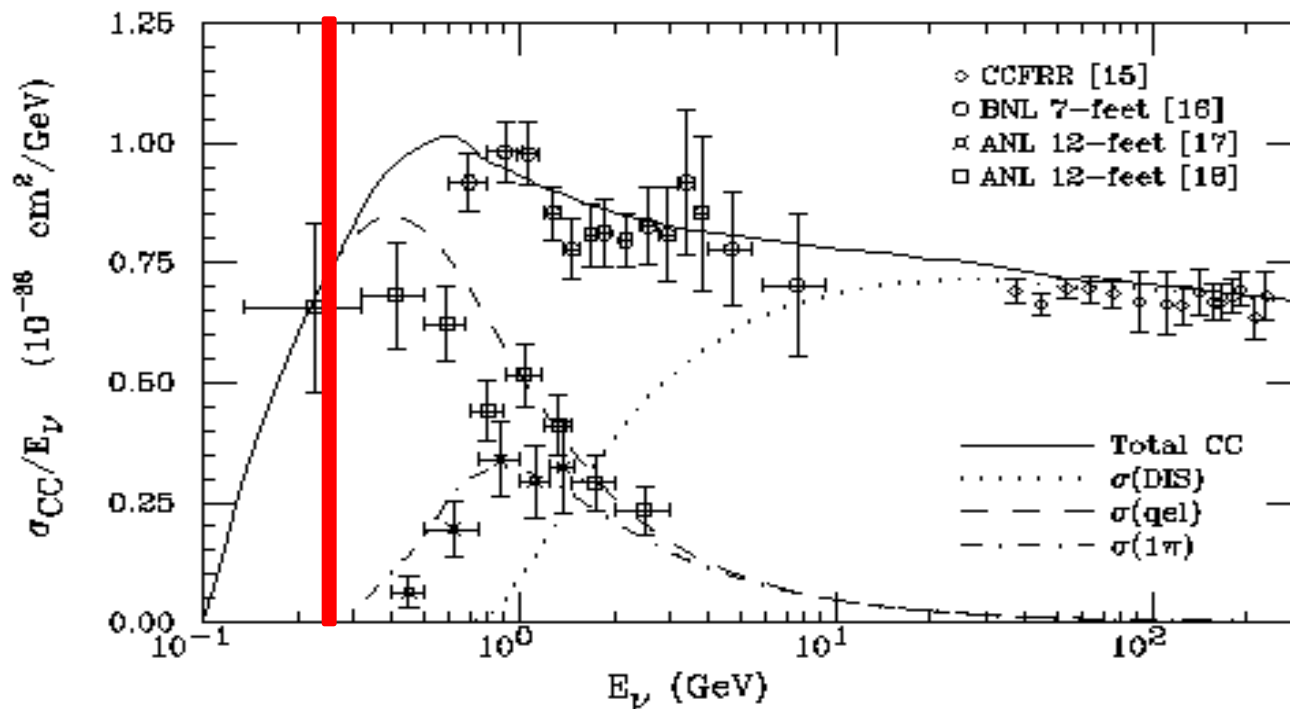
- 陽子ビームが標的に衝突した後、荷電Kが生成され、その荷電Kが静止崩壊するとき生成される**モノクロ**のニュートリノを使って
  - ニュートリノ・原子核相互作用の研究
  - 等できる可能性がある。

右下図は、3GeV陽子が標的に衝突した場合、標的でK静止崩壊からのモノクロニュートリノがどれくらい来るかシミュレーションで見たもの。(超後方に検出器を設置した場合)



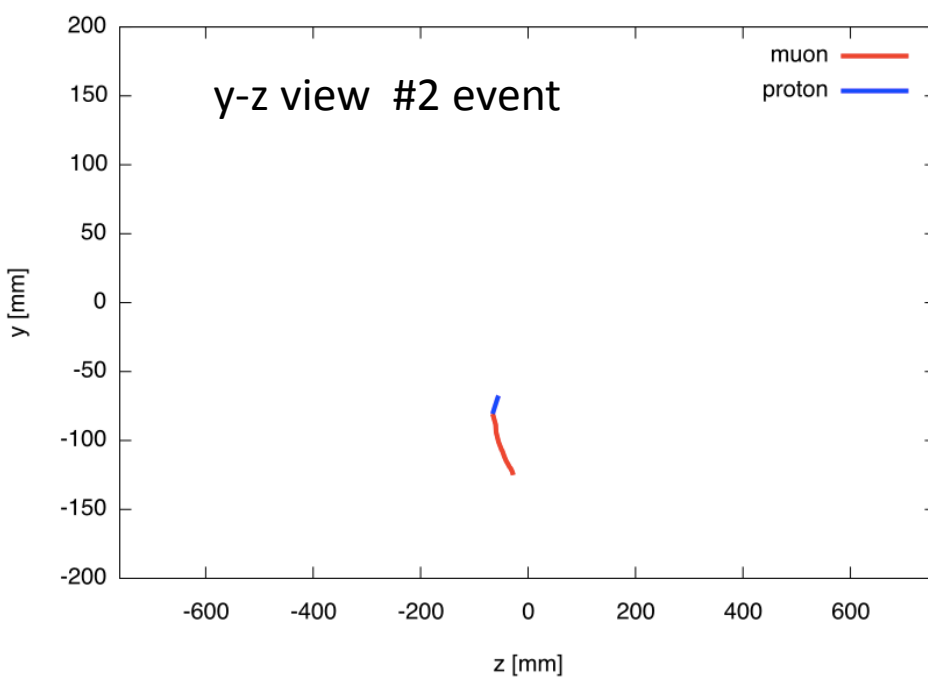
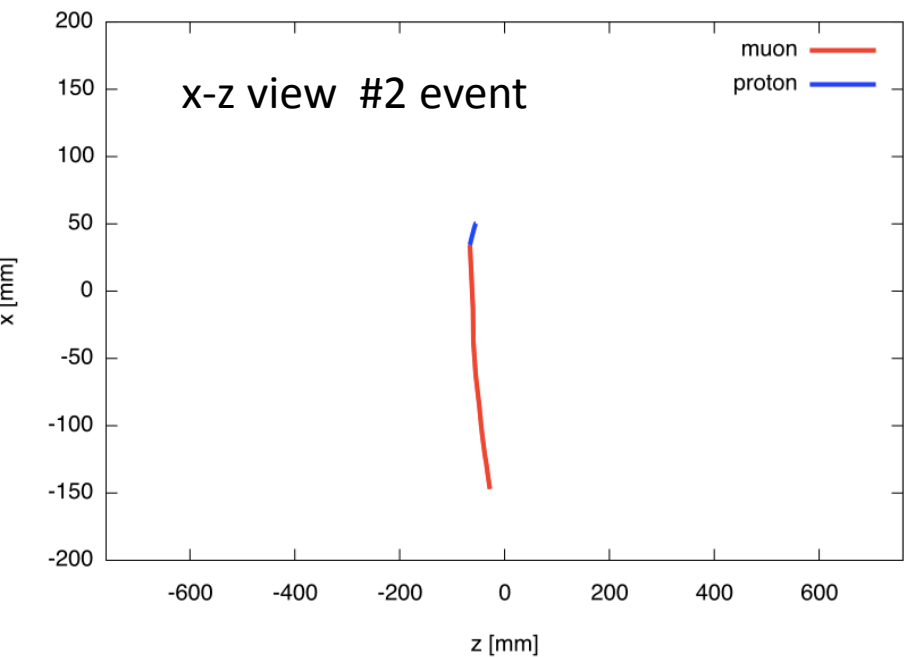
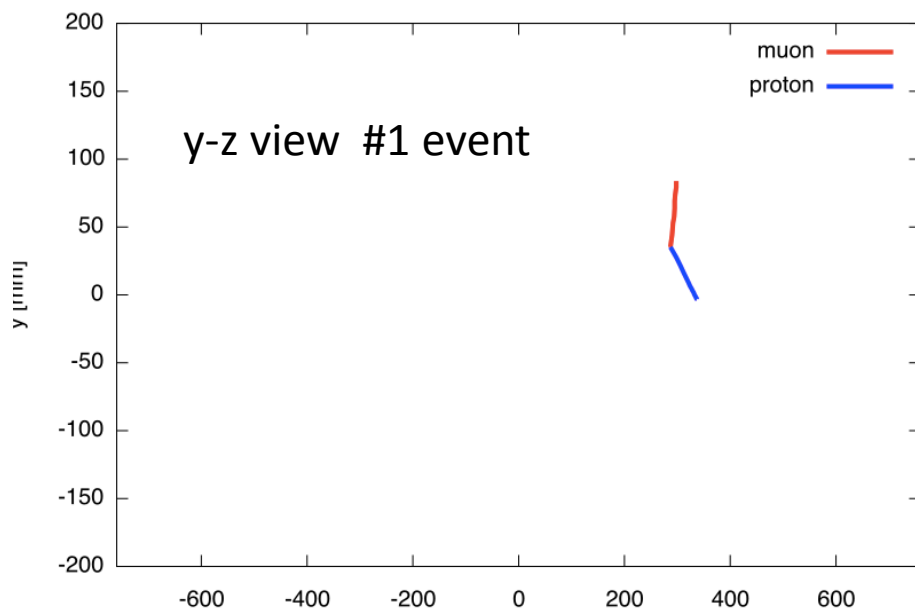
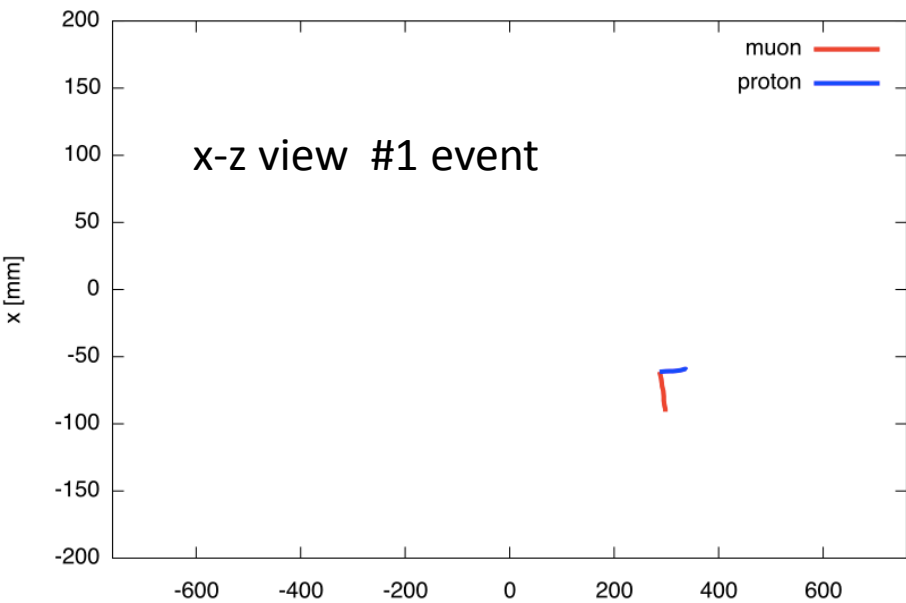
# 低エネルギーニュートリノ反応

- $\sigma(E)$  poorly known at low-medium energy
  - Nuclear physics at GeV region
  - Pauli blocking
  - Nucleon Form factor



K静止崩壊からの  
モノクロニュートリノ  
は、準弾性散乱が  
ほぼ100%の確率  
で起こり、ニュートリ  
ノ・原子核反応に  
新しい知見をもた  
らす可能性がある。

# イベントディスプレイ

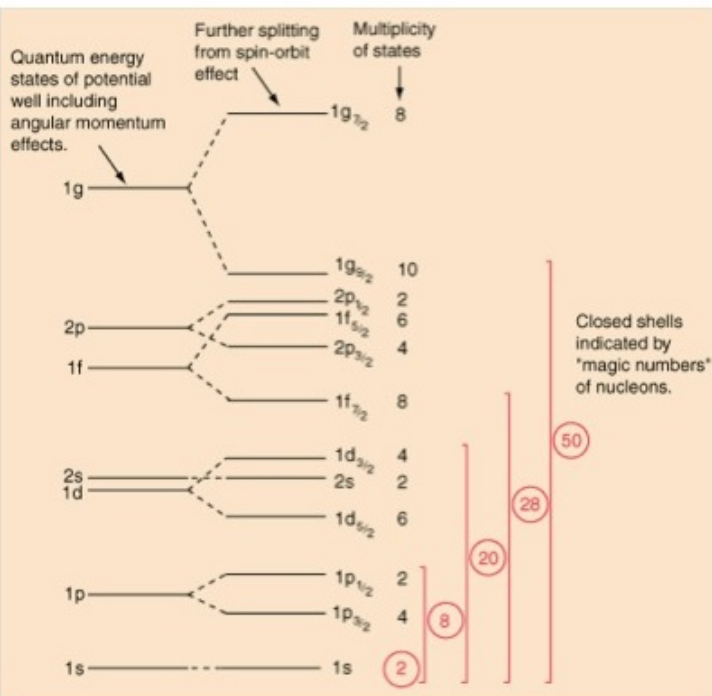


# 可能性の1例

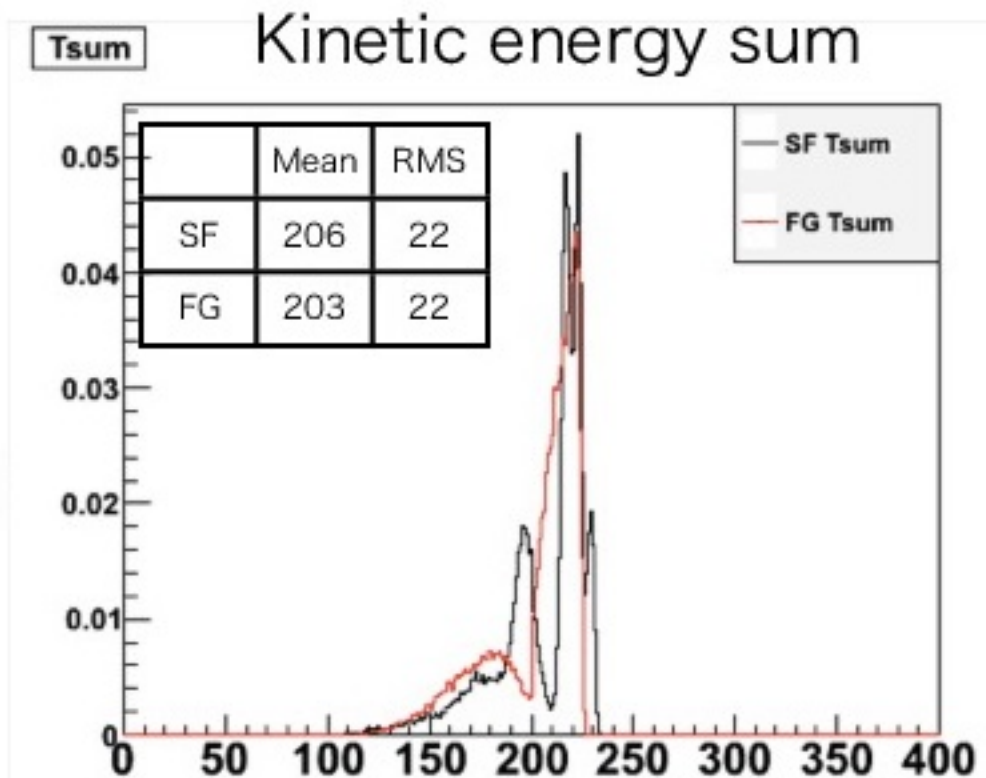
- 例として、原子核モデルの識別可能性がある。
  - 右下の図は再構成されたニュートリノエネルギー
  - スペクトラルファンクションとフェルミガスモデルで大きく違って見える。

- $^{40}\text{Ar}$ : 1s-2, 1p-6, 1d<sub>5/2</sub>-6, 2s-2, 1d<sub>3/2</sub>-4, 1f<sub>7/2</sub>-2  
-> several peaks

$$E_{\text{rec}} = T_{\text{lepton}} + m_{\text{lepton}} + \sum T_{\text{proton}}$$



$\nu$   $\mu$



# まとめ、展望

- 米国での液体アルゴンTPCを使った荷電粒子ビームテストに参加し、 $\pi, p, K, e, \mu$ 等の検出器応答を見る。
  - Phase1 のデータ取得は来年前半くらいから。
- K中間子静止崩壊からのモノクロマティックなニュートリノを用いてニュートリノ・原子核相互作用等の物理などの可能性の検討も(CO2班等と話し合っ)中長期スパンで行いたい。

バックアップ