



# ニュートリノグループ 研究紹介

(T2K実験、SciBooNE実験)

ニュートリノグループ  
研究紹介  
(T2K実験、SciBooNE実験)

# メンバー紹介

◎ スタッフ 中家さん、横山さん、市川さん

◎ ポスドク 南野さん

SciBooNE実験

◎ 学生 栗本さん(D3)、中島さん(D3)、

松岡さん(D3)、久保さん(D2)、

大谷さん(D1)

家城(M2)、村上(M2)

T2K実験

# ニュートリノ振動

- ニュートリノ振動とは、ニュートリノが時間変化によりフレーバーを変える現象。

→何故こんなことが起きるのか？

フレーバーの固有状態は、実は質量の固有状態の重ね合わせで表わされる。質量状態の混合比は、下のMNS行列によって決定される。

$$\begin{pmatrix} |\nu_e\rangle \\ |\nu_\mu\rangle \\ |\nu_\tau\rangle \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{-i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{-i\delta} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} |\nu_1\rangle \\ |\nu_2\rangle \\ |\nu_3\rangle \end{pmatrix}$$

フレーバーの  
固有状態

MNS行列

質量の  
固有状態

$$(c_{ab} = \cos \theta_{ab}, s_{ab} = \sin \theta_{ab})$$

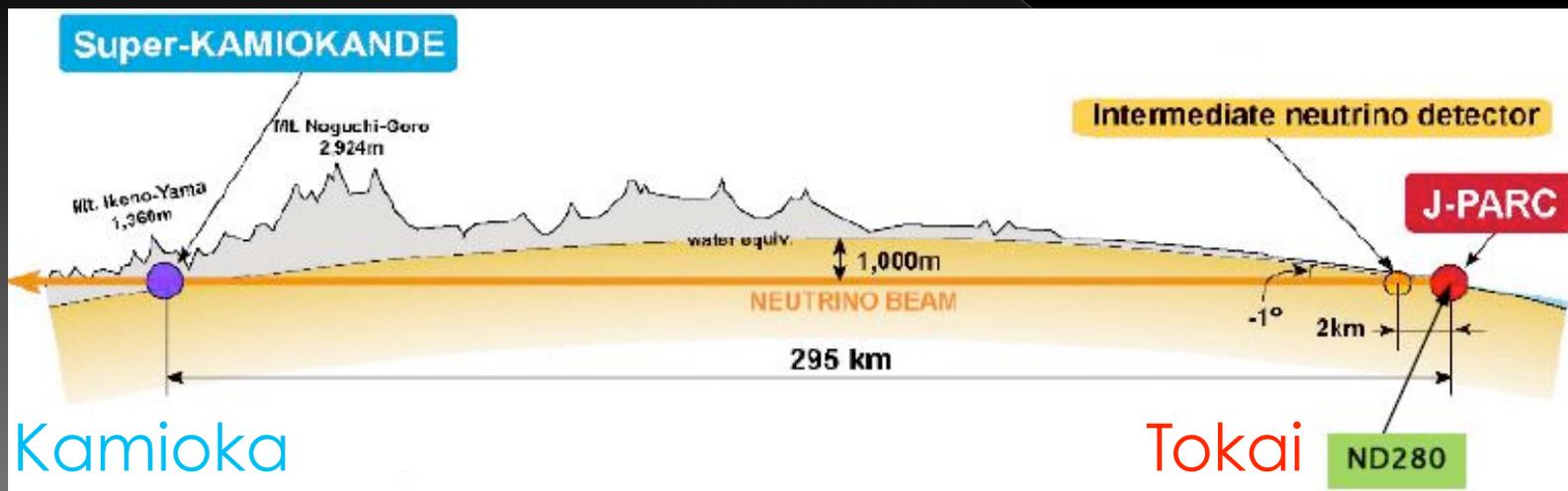
各質量の固有状態は別々の時間発展をする。

→時間発展により、質量状態の混合比が変化→**フレーバーが変化!**

# T2K (Tokai to Kamioka) 実験

- 目的: ①未発見の振動モード、 $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ の発見。  
②振動パラメータ  $\theta_{13}$ ,  $\Delta m^2_{23}$ の精密測定。

観測の原理:  $\nu_\mu$  ビームを飛ばし、ビーム生成直後と  
295km後方(すなわち、時間発展後)での  
フレーバーの変化を観測する。



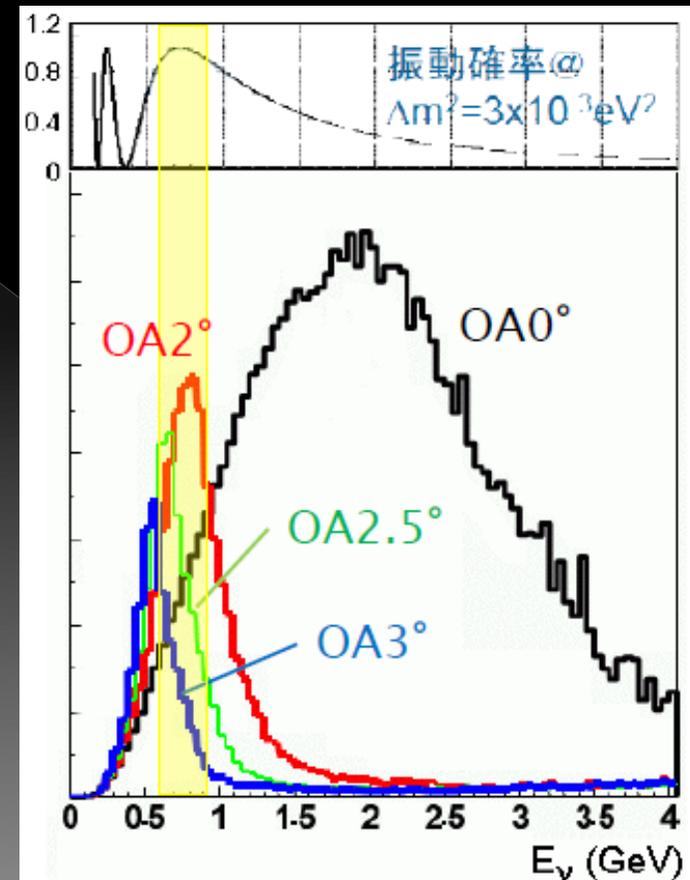
# T2Kの特徴

- J-PARCの世界最大強度のビーム
- 世界最大級の水チェレンコフ検出器、Super-Kamiokande
- Off-Axis法 の利用



ニュートリノのビーム方向をカミオカンデの方向から少しずらす。

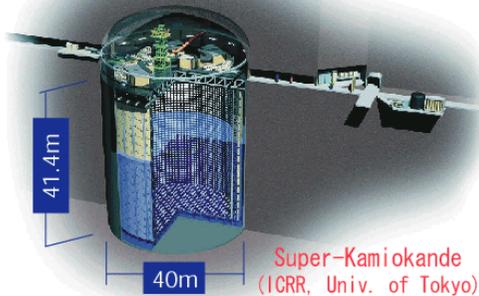
- ニュートリノの数は減るが、幅の狭いエネルギースペクトルが得られる。
- エネルギーのピークを振動確率が最大になる領域に合わせる。



INGRID (Interactive Neutrino GRID)

On-Axis方向に置かれ、 $\nu$  beamの方向を高精度で直接監視する。

Super-Kamiokande

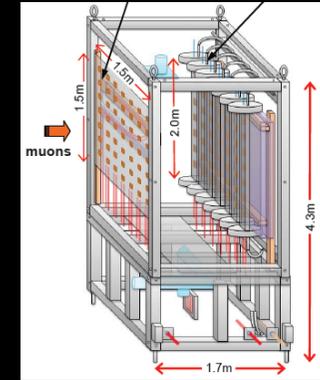
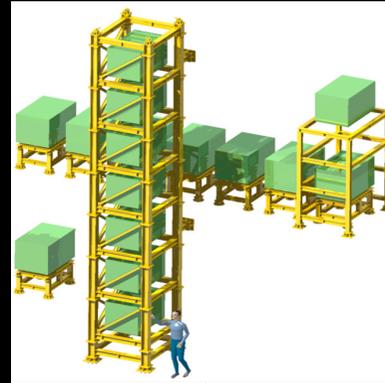
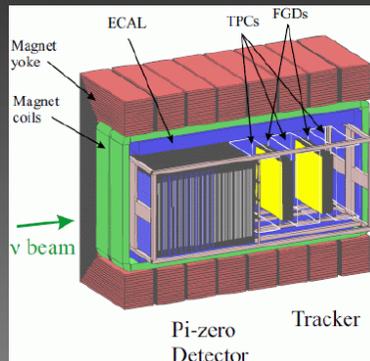


Super-Kamiokande

振動後のニュートリノを観測する。

Off-Axis Detector

振動前のニュートリノのエネルギー、flux, フレーバーを測定する。



ND280

MUMON

MUMON (Muon Monitor)

$p \rightarrow \pi \rightarrow \mu + \nu_{\mu}$  で生成された

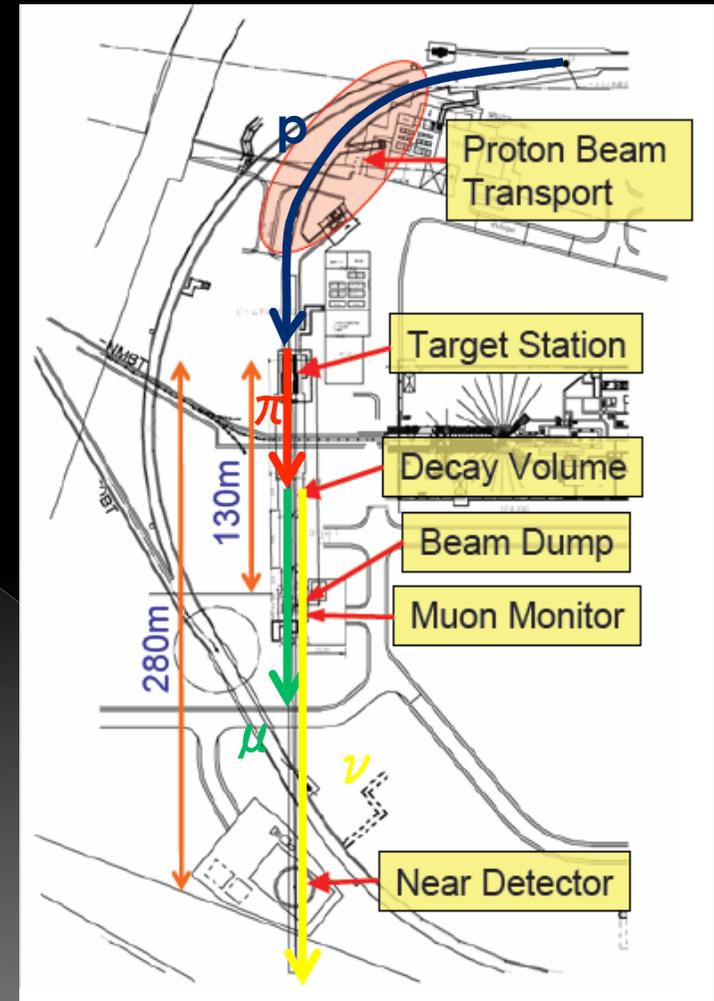
$\mu$ を検出することで、 $\nu$  beamの方向と強度をリアルタイムでモニターする。

大強度陽子加速器

# 京都グループの活躍

京都グループは主に $\nu$ ビームラインで中心となって活躍。

- Target Station, Horn: 市川さん、久保さん
- Muon monitor: 松岡さん、久保さん、村上くん
- Near Detector  
INGRID: 南野さん、大谷さん  
Off-Axis Detector(FGD): 家城
- Beam-line DAQ: 村上くん

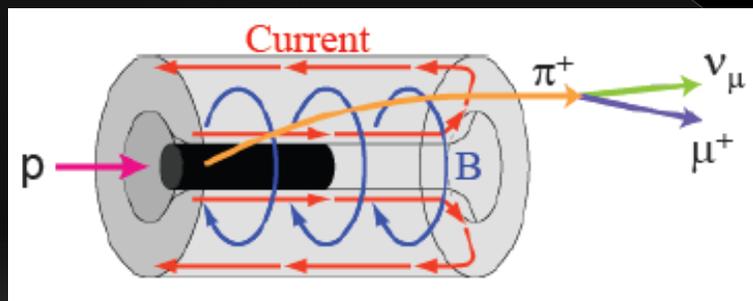


T2Kのビームライン

# Target, Horn(市川・久保)

目的: ニュートリノの生成と方向のfocus

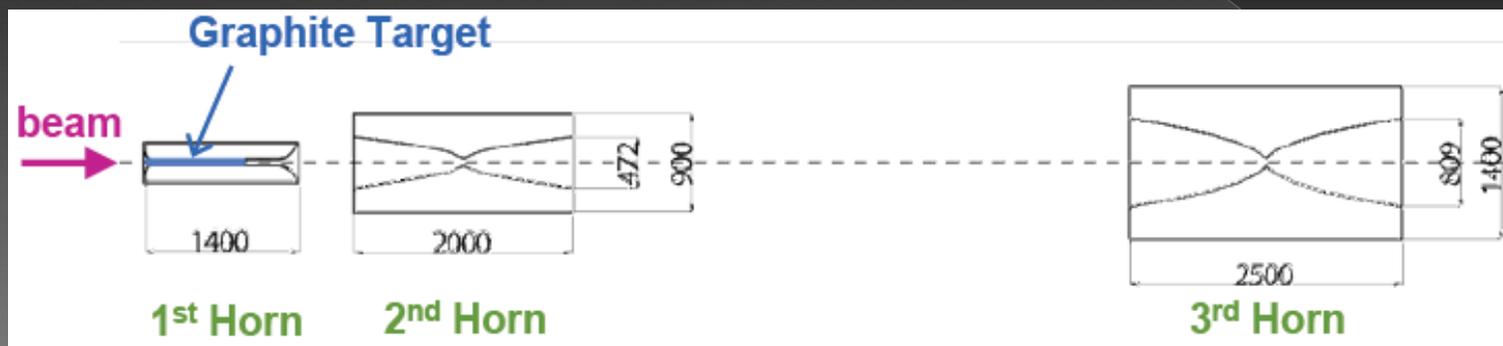
グラファイトターゲット  
3つのホーンで磁場により方向を定める



1<sup>st</sup> Horn のイメージ



1<sup>st</sup> Horn



1<sup>st</sup> Horn

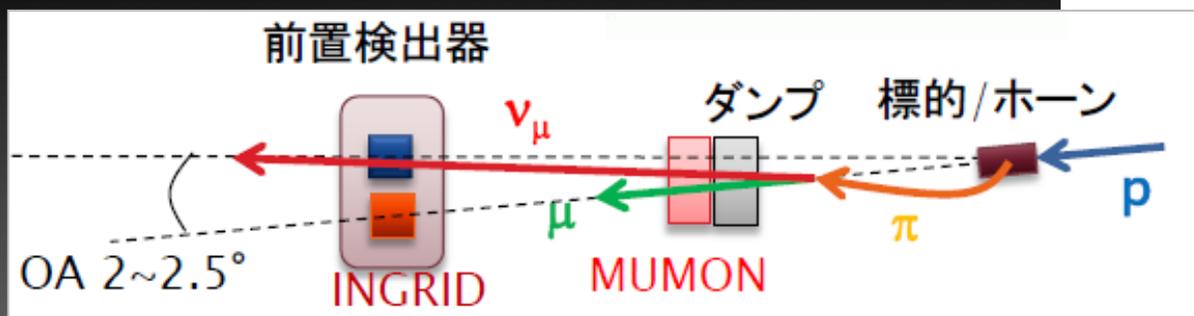
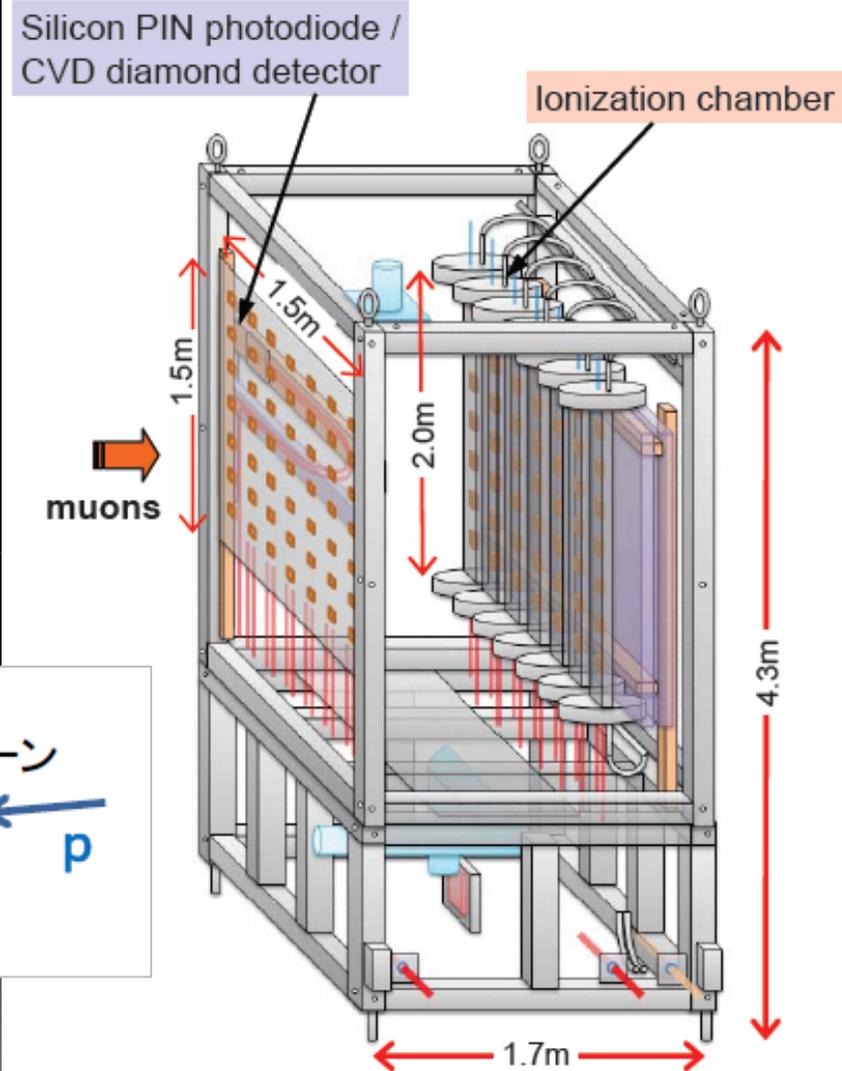
2<sup>nd</sup> Horn

3<sup>rd</sup> Horn

# Muon Monitor(松岡・久保・村上)

目的： $\mu$ を検出することで、 $\nu$ ビームの方向と強度をリアルタイムにモニターする。

Silicon PIN photodiodeとIonization chamberを用いて、 $\mu$ の位置と量から $\nu$ の方向と強度を計算する。



Mumon 模式図

# Muon Monitor

09年2月にインストール完了。  
4月からビームのモニターを開始中。



インストール完了！

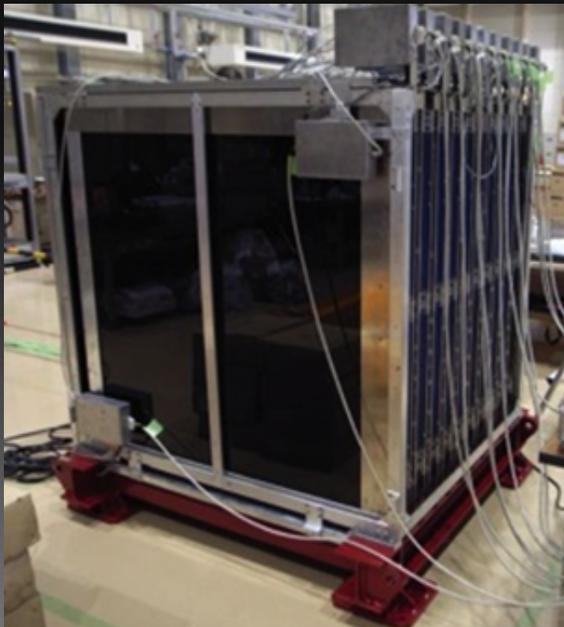


ガスチェンバーと久保さん

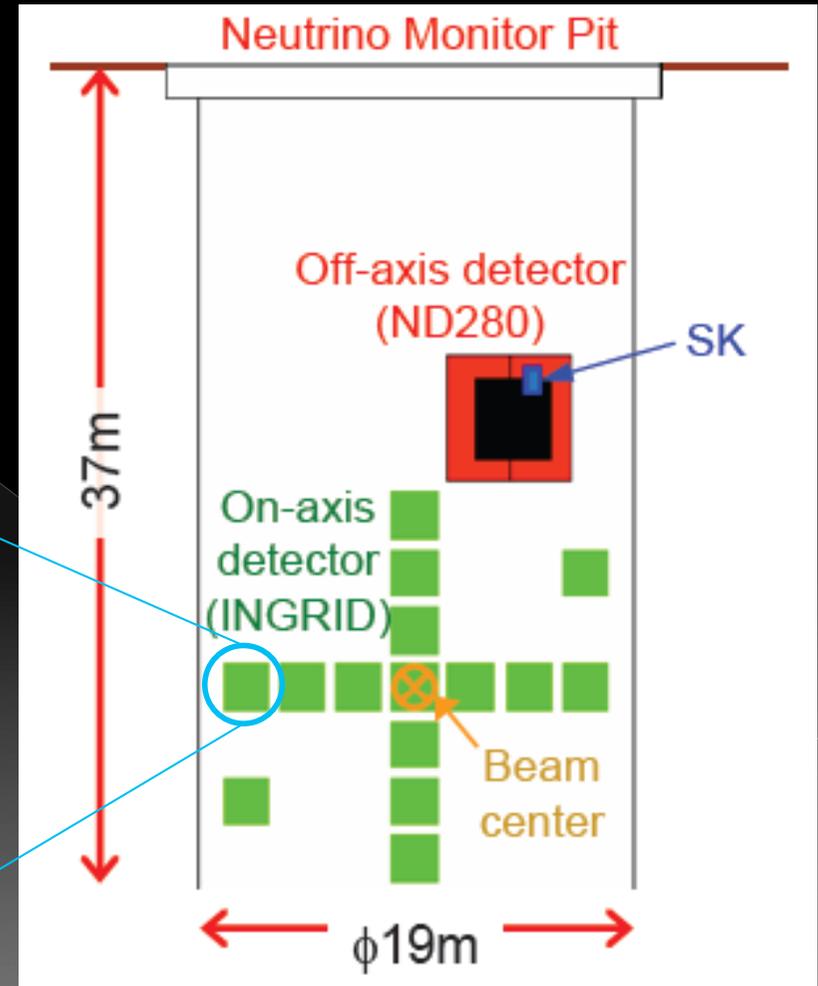
# INGRID(南野・大谷)

目的：On-Axis方向に置かれ、  
 $\nu$  ビーム方向を精密測定する。

シンチレータがX,Y方向に並んだ層と鉄の層のサンドイッチ構造になっており、荷電カレント反応  $\nu + n \rightarrow \mu + p$  の軌跡を捉えることによって  $\nu$  を観測する。



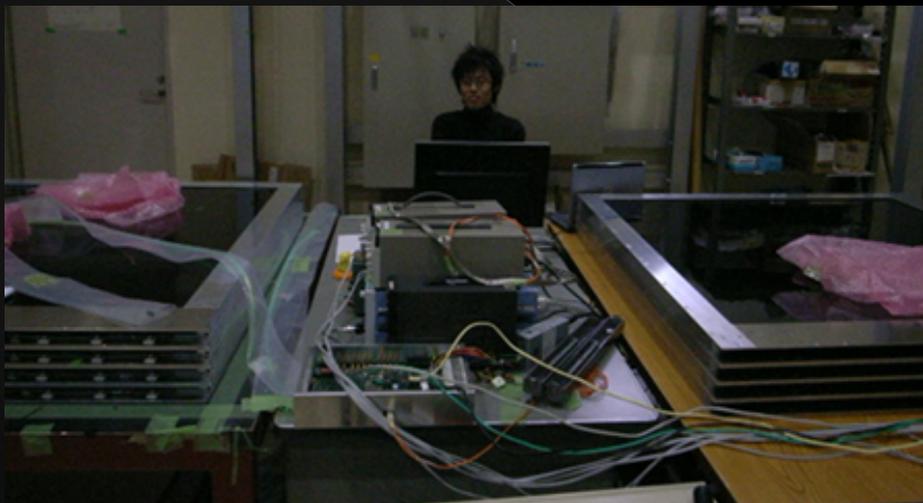
16個あるモジュールの1つ



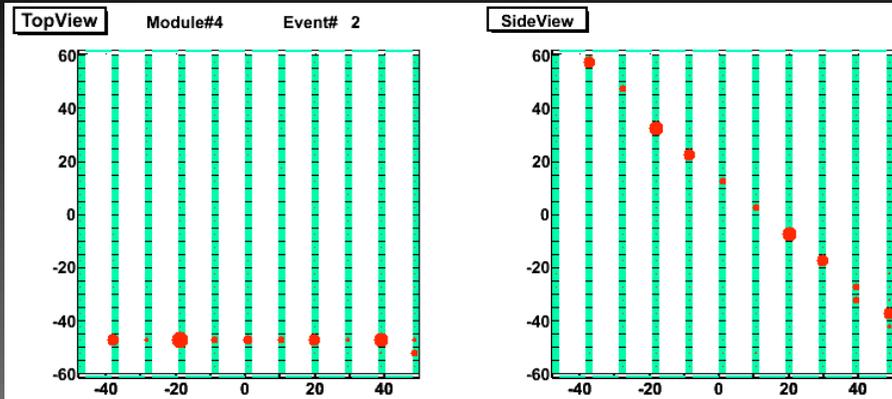
ビーム上流から見たDetectorの配置

# INGRID(Interactive Neutrino GRID)

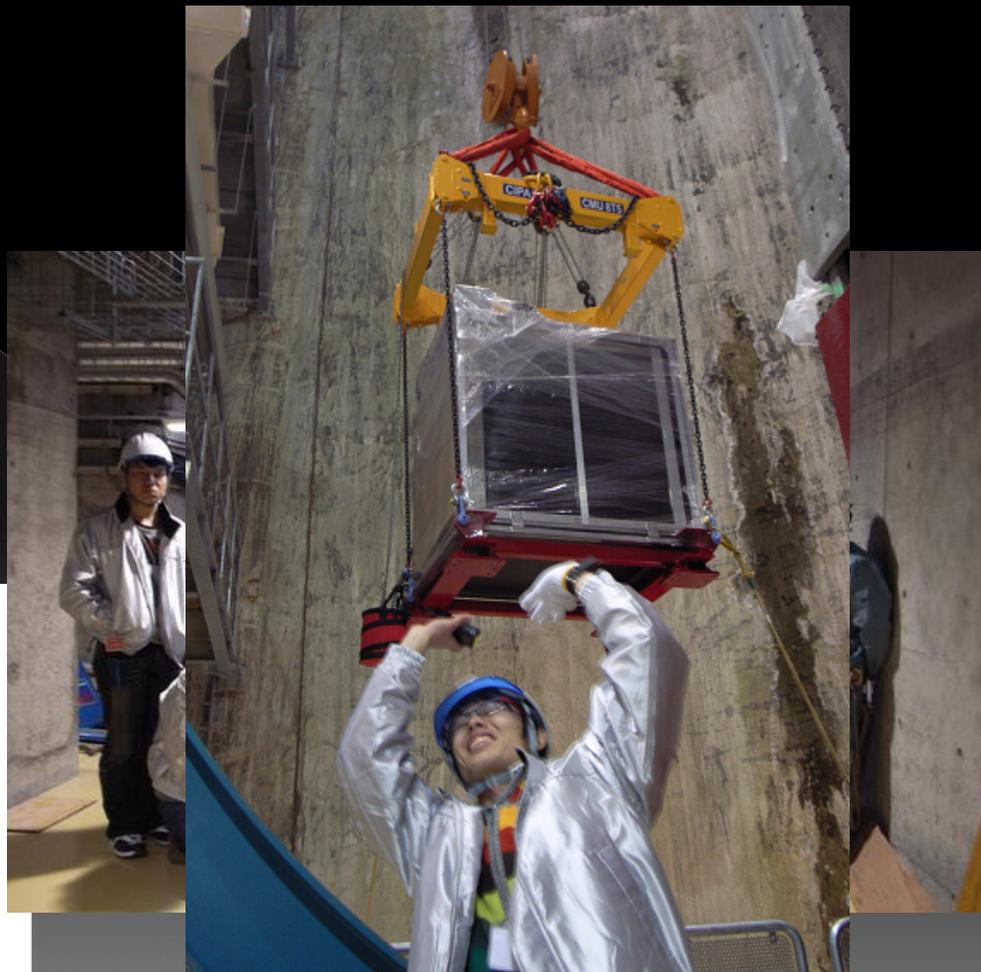
3月17日 1<sup>st</sup>モジュールインストール完了！  
8月までに14モジュールインストール予定。



検出器のテスト中



宇宙線イベントの観測



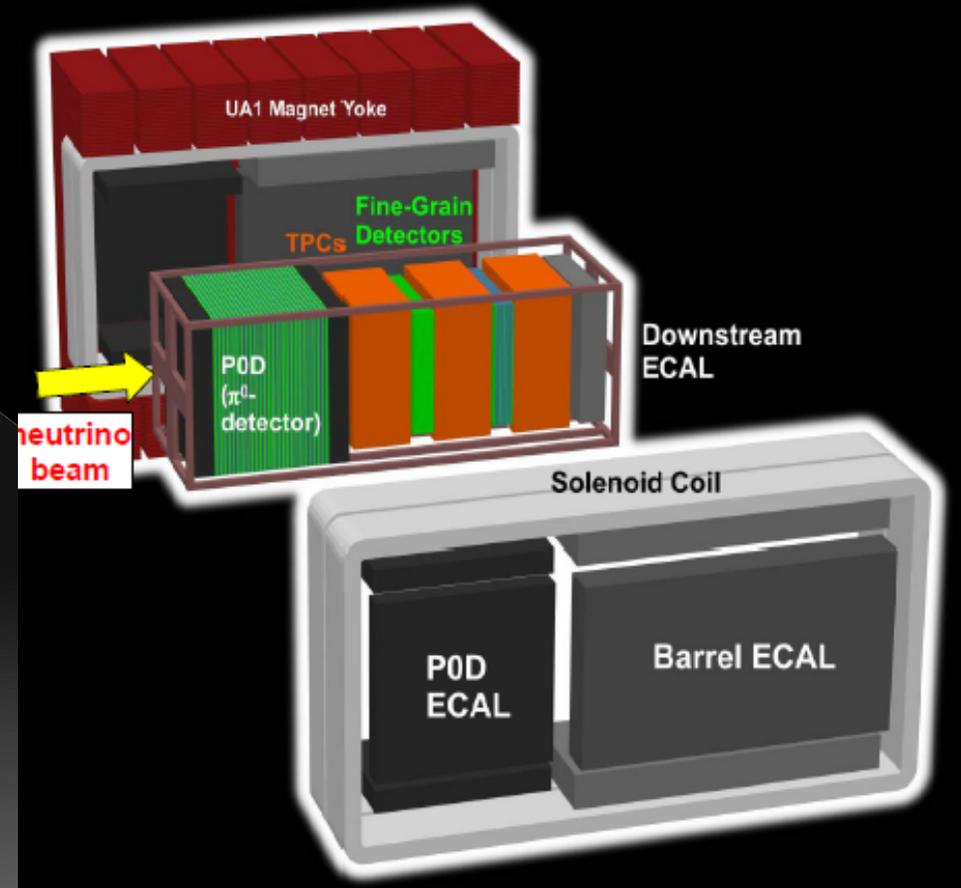
1<sup>st</sup> モジュールインストール

# Off-Axis Detector

目的：Off-Axis方向に置かれ、  
振動前のニュートリノの  
エネルギー、フラックス、  
フレーバーを測定する。

ニュートリノ反応で発生する様々な粒子を検出するためのいくつかの検出器から成る。

UA1Magnet：0.2Tの磁石  
FGD,TPC： $\nu$ 反応の軌跡を検出  
P0D：Backgroundのイベントで発生する $\pi^0$ を検出  
ECAL： $\pi^0$ のreconstruction  
SMRD：外に逃げる $\mu$ の検出



Of-Axis Detector全容

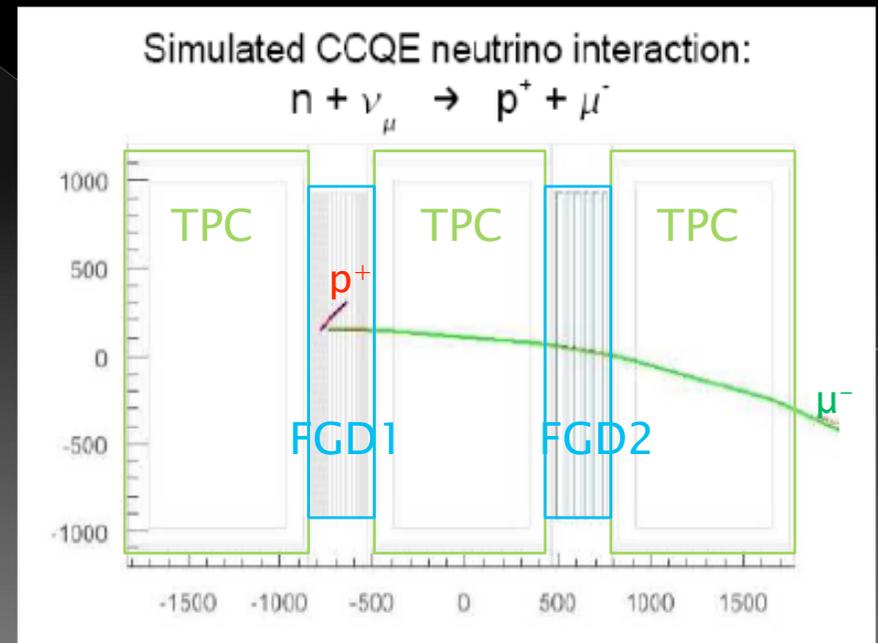
# FGD(家城)

目的：Off-Axis Detectorの一部で、  
TPCと一緒に $\nu + n \rightarrow \mu + p$ の  
軌跡を検出する。

Fine-Grained Detectorの略で、INGRID  
と同様にシンチレータがX,Y方向に細かく  
並んだ層から成る。  
シンチレータ層のみからなるFGD1と、間  
に水のパネルを挟んだFGD2の2つがある。



FGD1の作成@カナダ



ニュートリノ反応例

# FGD (Fine-Grained Detector)

カナダのバンクーバーにあるTRIUMFという研究所で製作・試験された。

## ●今後の予定

5月 TRIUMFでビームテスト

6月 FGD1がJ-PARC到着、テスト

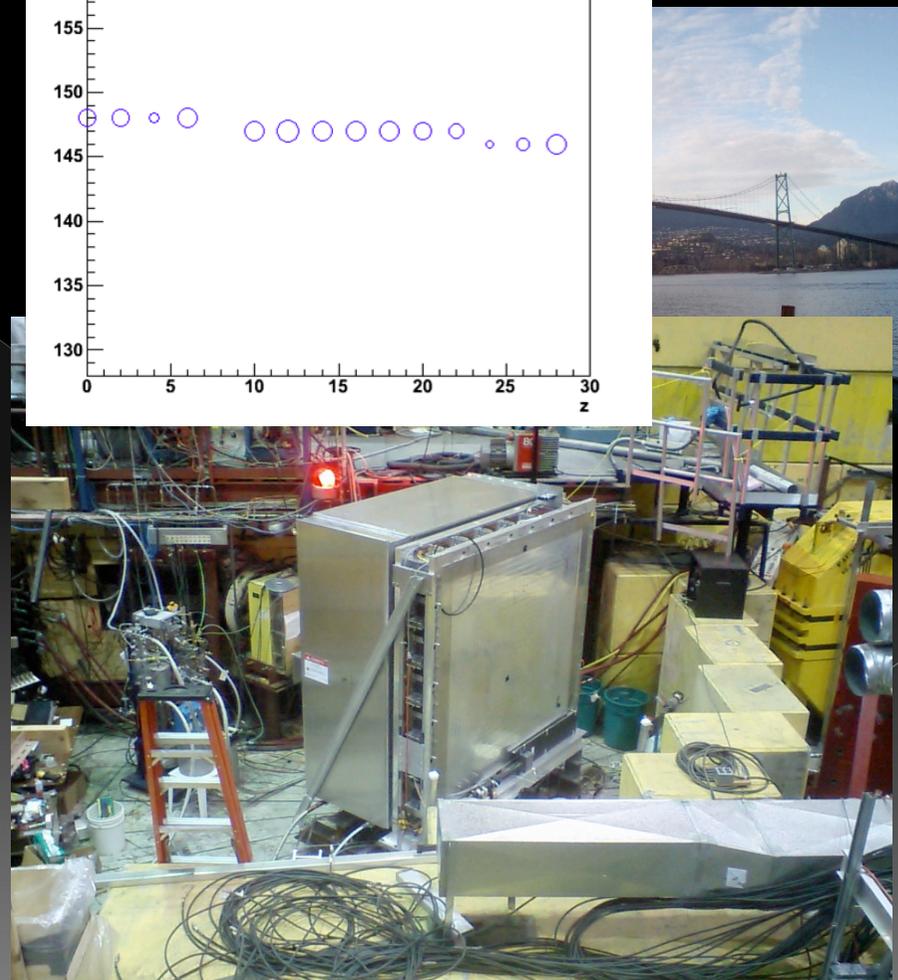
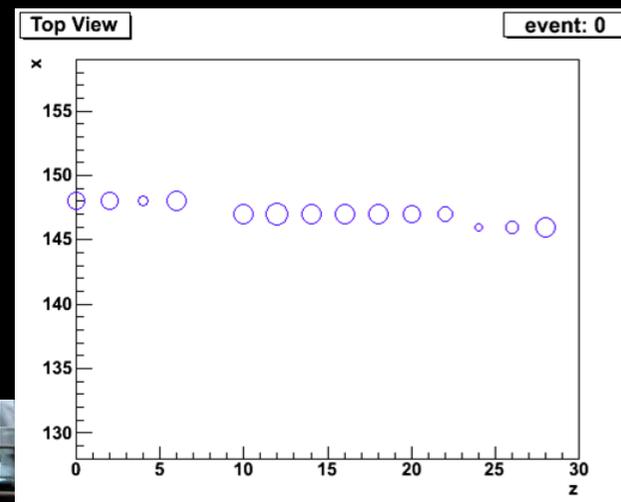
7月 FGD2がJ-PARC到着、テスト

8月 インストール

9~11月 DAQ, エレキの  
コミッショニング

12月~ データ取得開始

ニュートリノ振動の観測に  
最も重要な検出器の一つです



昨年のビームテストへの参加と解析

# T2Kのこれまでとこれから

2008年冬 FGD, TPCのビームテスト@TRIUMF

2008年9月~2009年3月 INGRIDのconstruction

2008年12月 Main Ringにてproton beamの30GeV  
までの加速に成功。

2009年2月 Muon Monitorのインストール

2009年4月23日 最初のニュートリノビーム ←NOW!

~2009年秋 INGRID, Off-Axis Detectorのインストール

2009年冬 full running スタート

2010年 first result

# ミーティングとか

- ◎ ND280-J meeting(毎週火曜17:00~)

Near Detectorに関わる日本人のミーティング。  
京大、神戸大、大阪市大、J-PARCを繋いだビデオ会議。  
各グループの進行状況を報告します。

- ◎ Collaboration meeting(年2,3回)

T2K全体のミーティング。  
KEKに全グループが集まります。次回は5月14~16日。

他にも、検出器のグループによってミーティングがあります。興味がある人は、火曜のミーティングに是非見学に来て下さい。

# M1の皆さんへ

T2K実験は日本の素粒子実験の花形で、世界の最先端を行く実験です。

今年はずいに実験がスタートし、色々なことが動き出す非常に面白い時期。

是非一緒に研究しましょう！

**Backup**

The image features a dark gray background with a diagonal line running from the bottom-left corner to the top-right corner. In the top-right corner, there is a light gray triangle. The word "Backup" is written in a bold, white, sans-serif font in the top-left area.

# T2K Collaboration

**Canada** 

TRIUMF  
U. Alberta  
U. B. Columbia  
U. Regina  
U. Toronto  
U. Victoria  
York U.

**France** 

CEA Saclay  
IPN Lyon  
LLR. E. Poly.  
LPNHE Paris

**Germany**   
U. Aachen

**Italy** 

INFN, U. Roma  
INFN, U. Napoli  
INFN, U. Padova  
INFN, U. Bari

**Japan** 

Hiroshima U.  
ICRR  
ICRR Kamioka  
ICRR RCCN  
KEK  
Kyoto U.  
Kobe U.  
Miyagi U.E.  
Osaka City U.  
U. Tokyo

**Korea** 

Chonnam N.U.  
Dongshin U.  
Gyeongsang N.U.  
Kyungpook N.U.  
Sejong U.  
Seoul N.U.  
Sungkyumkwan U.

**Poland** 

A.Soltan, Warsaw  
IFJ PAN, Krakow  
T. U. Warsaw  
U. Silesia, Katowice  
U. Warsaw  
U. Wroclaw

**Russia** 

INR

**Spain** 

IFIC, Valencia  
U.A. Barcelona

**UK** 

Imperial C. London  
Queen Mary U.L.  
Lancaster U.  
Liverpool U.  
Oxford U.  
Sheffield U.  
Warwick U.  
STFC/RAL  
STFC/Daresbury

**Switzerland** 

U. Bern  
U. Geneva  
ETH Zurich

**USA** 

Boston U.  
BNL  
Colorado S.U.  
Duke U.  
Louisiana S.U.  
Stony Brook U.  
U.C. Irvine  
U. Colorado  
U. Pittsburgh  
U. Rochester  
U. Washington

~400 members, 65 institutes, 12 countries