

ニュートリノグループ

研究紹介

- スタッフ

- 中家さん、市川さん、南野さん

- PD

- 池田さん、Phillip

- D3

- 久保さん、大谷さん

- D2

- 家城さん、村上さん

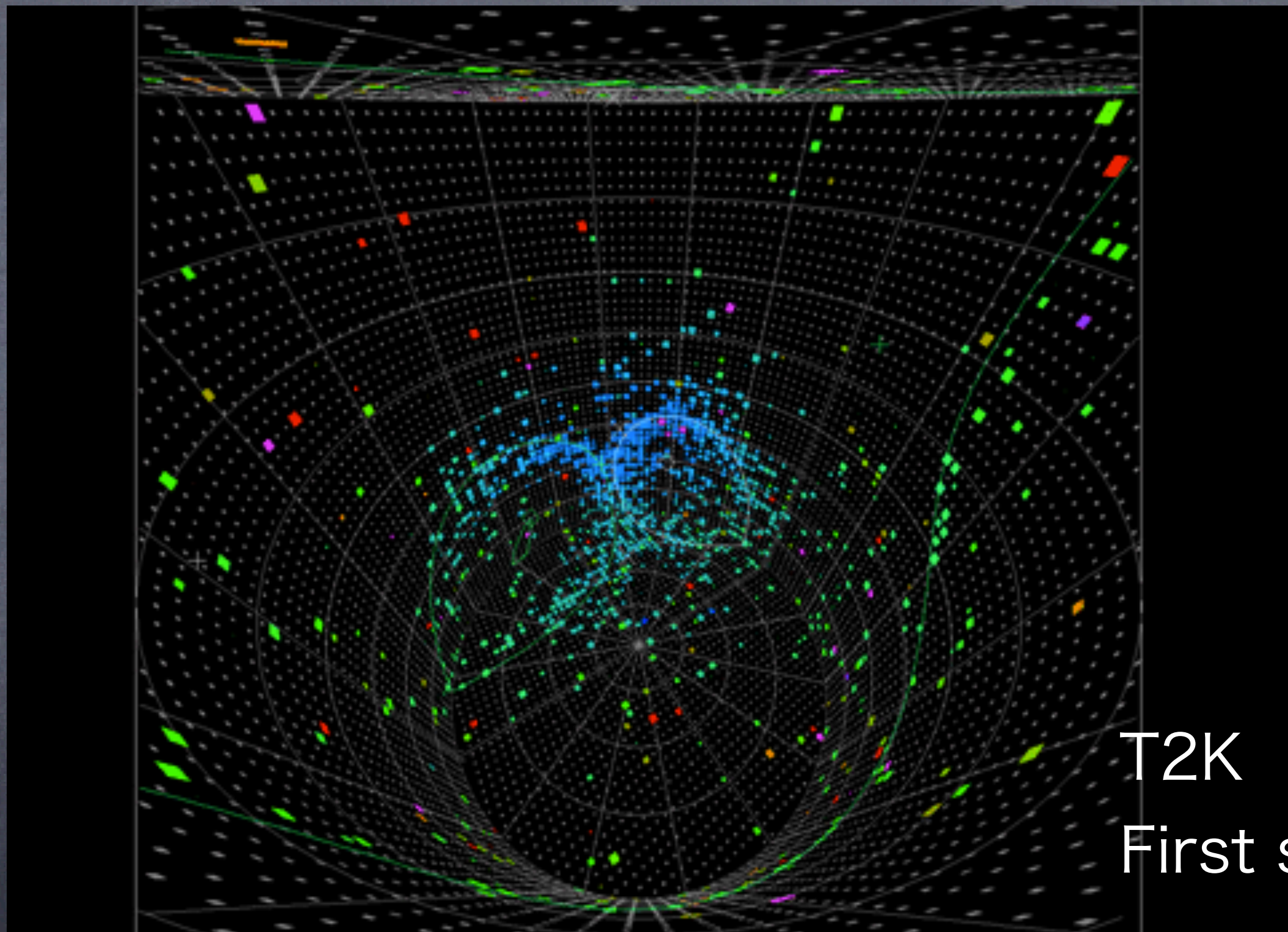
- D1

- 木河くん、黄さん、鈴木、高橋くん、

- M2

- 平木くん、山内くん

Welcome to HE group



ニュートリノの軌跡

History of the Neutrino

- 20世紀初頭の放射性崩壊(α 崩壊、 β 崩壊)の研究
 - β 崩壊：当時は原子核内の中性子が β 線を放出し陽子になると解釈されていた
 - β 線のエネルギー分布：連続スペクトル
 - 原子の世界ではエネルギー保存則は成り立たないのか。。？

History of the Neutrino

- 20世紀初頭の放射性崩壊(α 崩壊、 β 崩壊)の研究
 - β 崩壊：当時は原子核内の中性子が β 線を放出し陽子になるとされていた

のエネルギー分布：連続スペクトル

の世界ではエネルギー保存則は成り立たないのか。。？

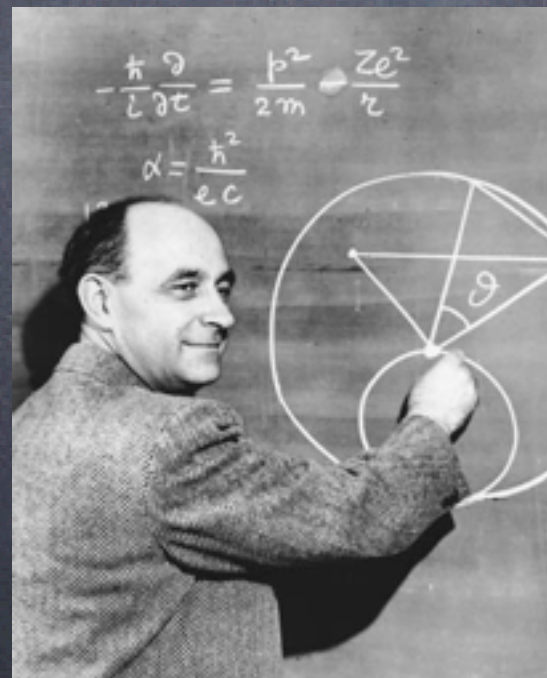
Wolfgang Pauli (1900-1958)

未知の中性微粒子がエネルギーの一部を持ち去り、我々はそれを観測していないのだ
(1930)



History of the Neutrino

- 1933年、Fermiが β 崩壊の理論付けを行う
 - $n \rightarrow p + e^- + ?$
 - 観測されないこの未知の粒子を「ニュートリノ:Neutrino(ν)」と名付ける

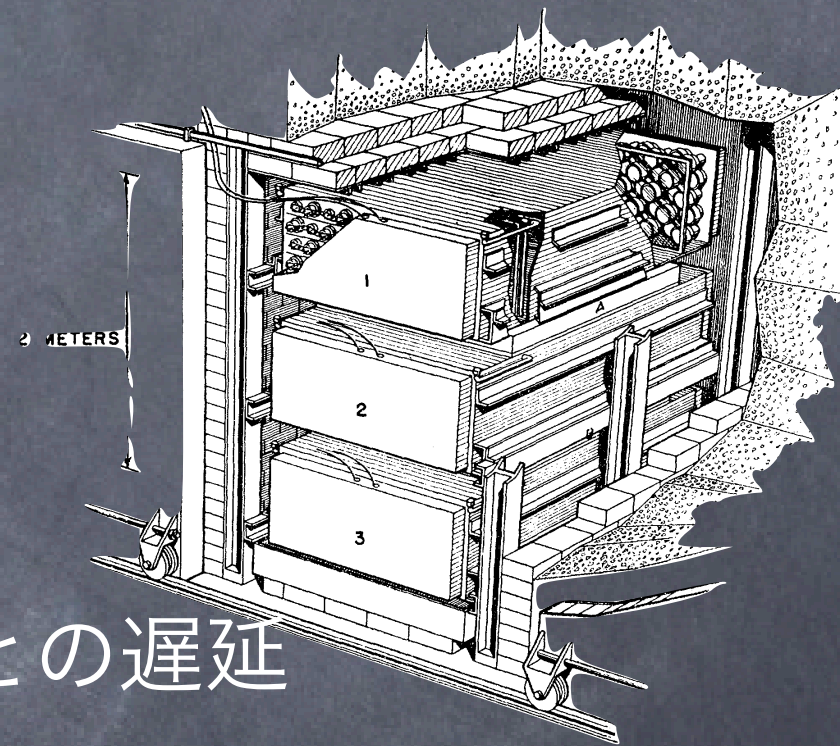


Enrico Fermi (1901-1954)

History of the Neutrino

~First Discovery~

- 1956年、世界で初の(反電子)ニュートリノ観測
 - Savanna River Plantにある原子炉を用いた実験
 - $\bar{\nu} + p \rightarrow n + e^+$
 - 標的：CdCl₂+H₂O
 - e⁺e⁻の対消滅 γ (first)と中性子捕獲からの γ (second)との遅延コインシデンスを利用



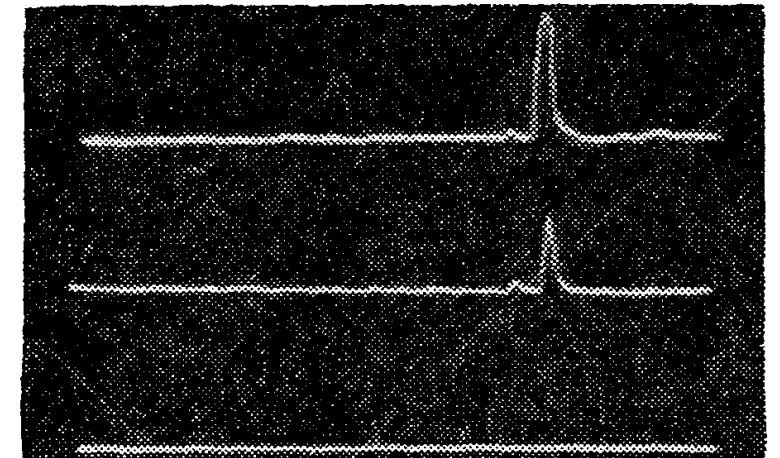
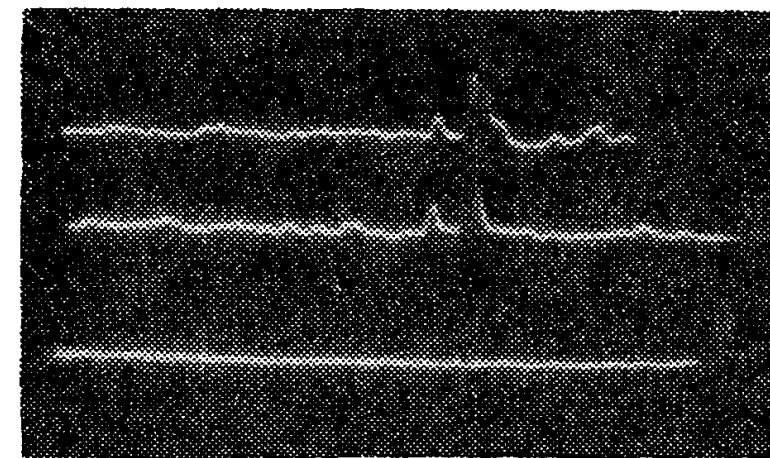
PHYSICAL REVIEW

VOLUME 117, NUMBER 1

JANUARY 1, 1960

Detection of the Free Antineutrino*

F. REINES,† C. L. COWAN, JR.,‡ F. B. HARRISON, A. D. MCGUIRE, AND H. W. KRUSE
Los Alamos Scientific Laboratory, University of California, Los Alamos, New Mexico
(Received July 27, 1959)



History of the Neutrino

~Evidence of the existence of more than one species~

Leon M. Lederman (1922-)

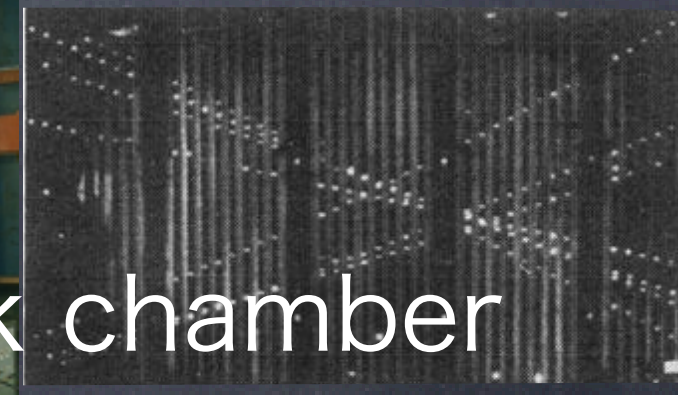
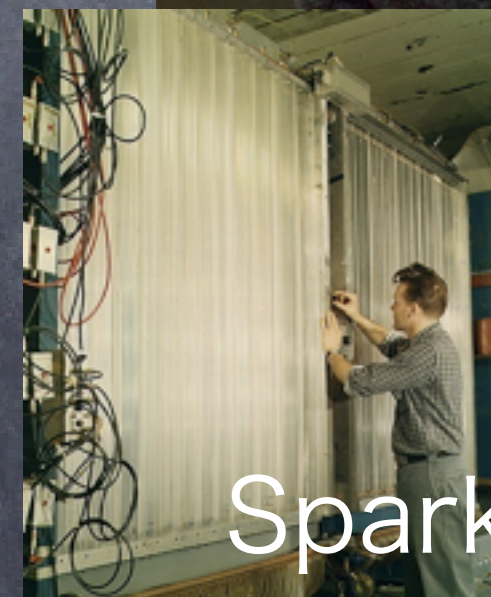
- 宇宙線 π からの崩壊 $\pi \rightarrow \mu + \nu$
 - β 崩壊から出るニュートリノと同種？
- 1962年、AGS (Brookhaven, USA)においてLedermanらによる実験にて
 - π 崩壊から人工的に ν "beam" を生成
 - ν から生じたとされる μ を Spark chamber によって観測
 - ミューオン型ニュートリノ (ν_{μ}) を初検出
 - ニュートリノが複数の型 (ν_e , ν_{μ}) を持つ事を証明



OBSERVATION OF HIGH-ENERGY NEUTRINO REACTIONS AND THE EXISTENCE
OF TWO KINDS OF NEUTRINOS*

G. Danby, J-M. Gaillard, K. Goulianos, L. M. Lederman, N. Mistry,
M. Schwartz,[†] and J. Steinberger[†]

Columbia University, New York, New York and Brookhaven National Laboratory, Upton, New York
(Received June 15, 1962)



Spark chamber

History of the Neutrino

~Discovery of ν_{τ} ~

- 1975年には τ レプトンの発見、これの対となるニュートリノも存在すると考えられてきたがしかし。
 - 発見されず時は流れるばかり
- 1997年、Fermilab (Illinois,USA)で行われたDONUT (Direct Observation of NU Tau)実験にて
 - 高エネルギーの陽子ビームを使って、人工的にニュートリノビームを生成
 - Emulsionが大活躍
 - ついに4つのタウ型ニュートリノイベントを発見 (2000年に発表)



DONUT detector

History of the Neutrino

~ここまでのまとめと主な出来事~

1930 1933

Pauliによる中性微粒子存在の予言
Fermiによる β 崩壊の理論付け

1956

Reines, Cowanによる中性微粒子をNeutrinoと名付ける

1962

Ledermanらによる初のニュートリノ検出

1973

CERNで初の中性カレント(Z)の発見
Kamiokandeによるニュートリノの発見

1987

Kamiokande, IMB (USA)等で超新星爆発からのニュートリノ検出

1989

CERN, LEPにてニュートリノ振動を通してニュートリノに質量がある事を証明

1998

Super-Kamiokandeでニュートリノ振動を通してニュートリノの種類が3種類であることを発見

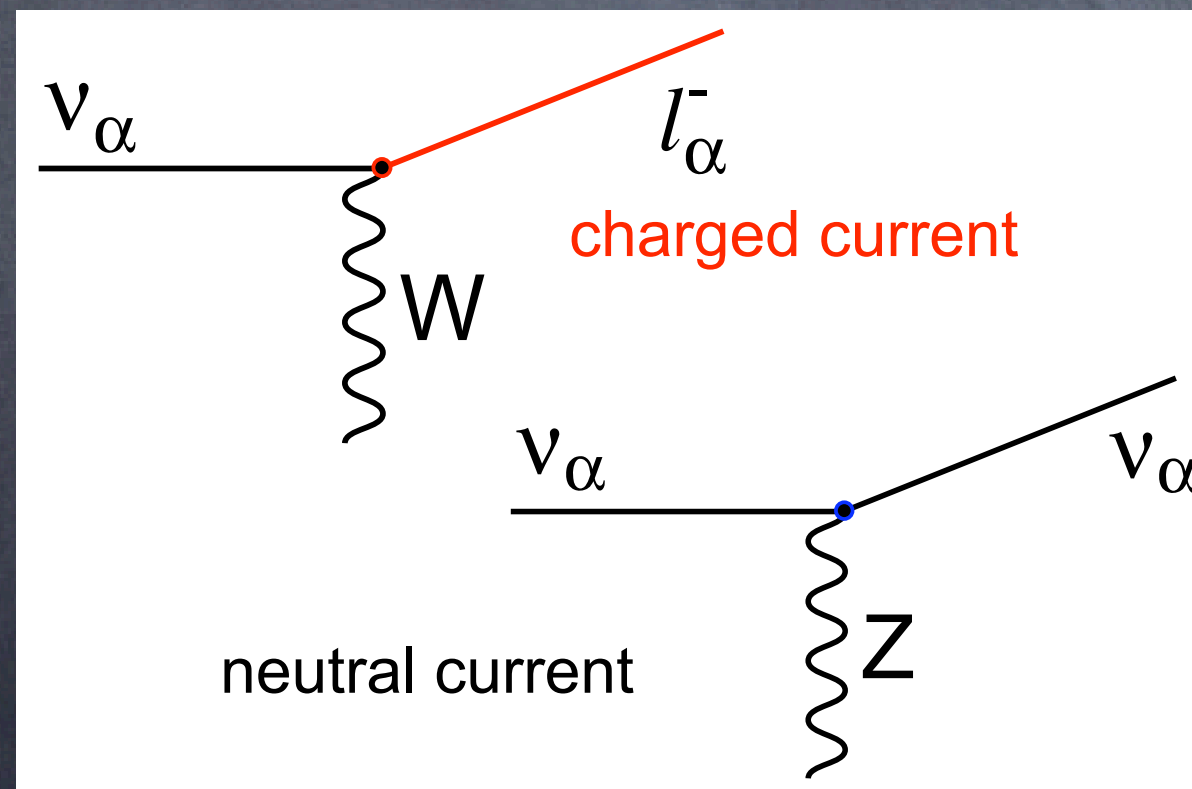
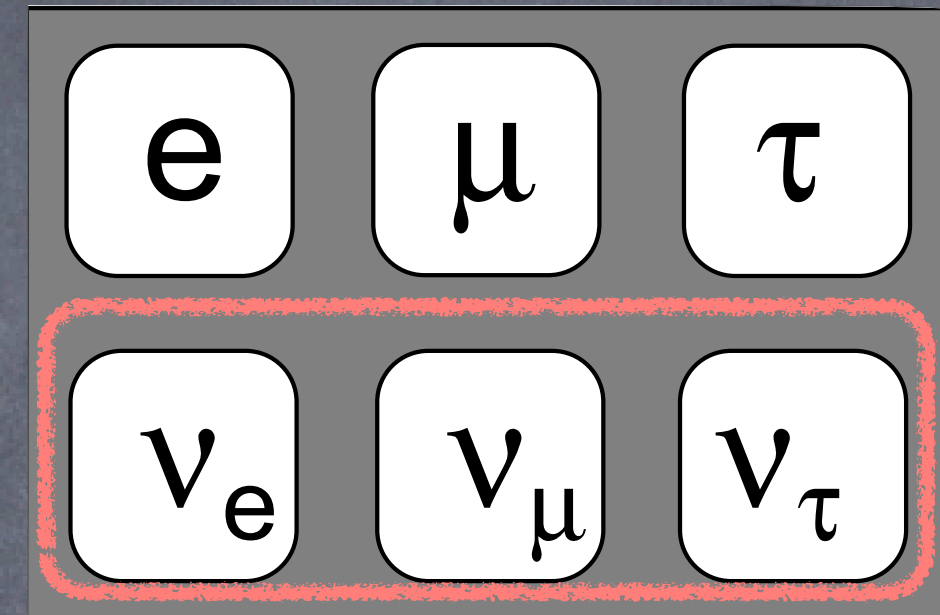
2000

DONUTでタウ型ニュートリノの発見



これまで分かっているニュートリノの性質

- 3種類のレプトンと対をなした3世代のニュートリノが存在
- 電荷を持たず、 $1/2$ のスピンを持つ
- 弱い相互作用（と重力）のみ
- 非常に小さいが質量がある



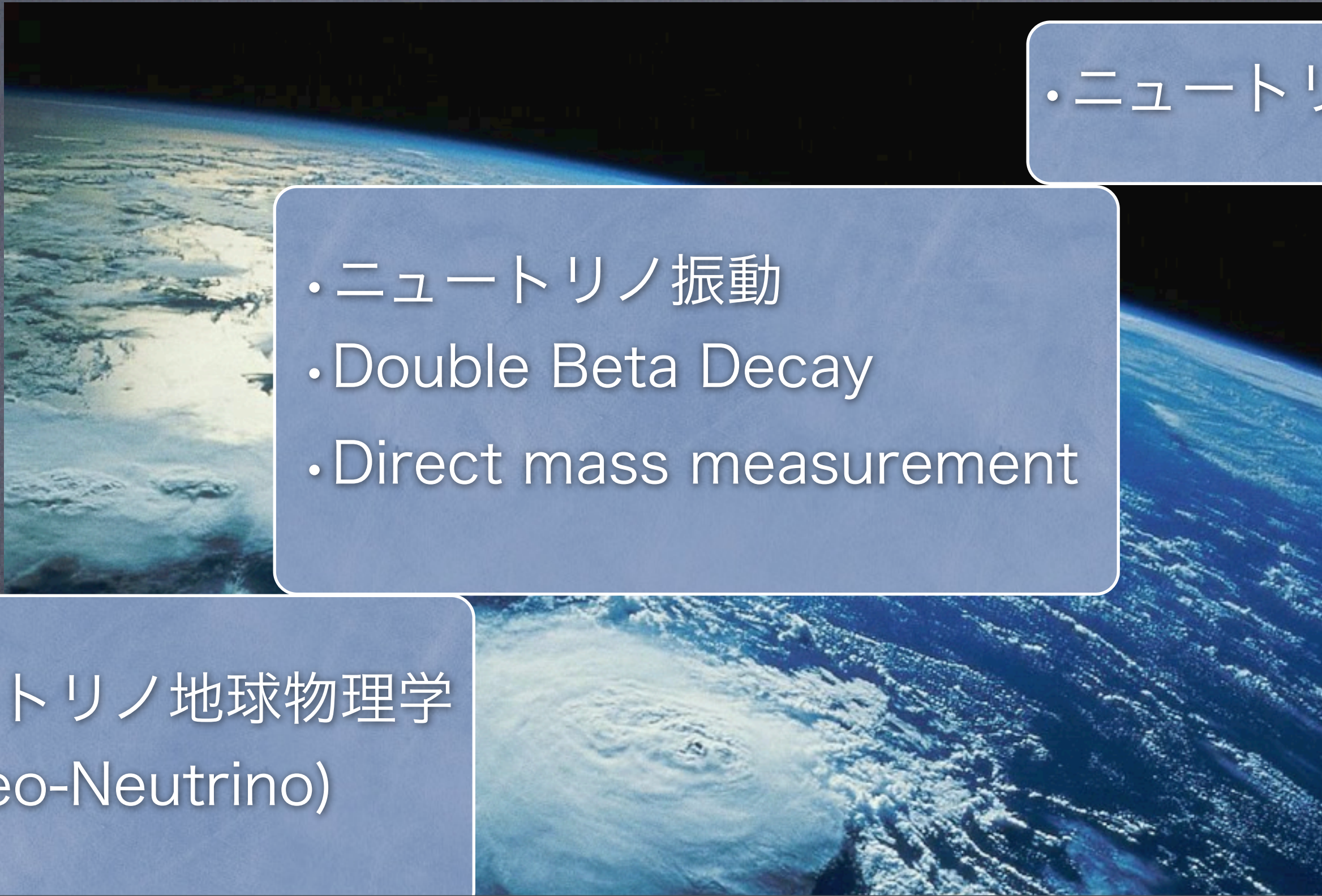
- 2種類の弱い相互作用
- W exchange
- Z exchange

ニュートリノ実験

• ニュートリノ天文学

- ニュートリノ振動
- Double Beta Decay
- Direct mass measurement

• ニュートリノ地球物理学
(Geo-Neutrino)



ニュートリノ実験

• ニュートリノ天文学

- ニュートリノ振動 T2K, SK, HK
- Double Beta Decay
- Direct mass measurement

• ニュートリノ地球物理学
(Geo-Neutrino)

ニュートリノ実験

• ニュートリノ天文学

- ニュートリノ振動 T2K, SK, HK
- Double Beta Decay CdTe
- Direct mass measurement

• ニュートリノ地球物理学
(Geo-Neutrino)

ニュートリノ実験

- ニュートリノ天文学
SK, HK

- ニュートリノ振動 T2K, SK, HK
- Double Beta Decay CdTe
- Direct mass measurement

- ニュートリノ地球物理学
(Geo-Neutrino)

What is the T2K?

What is the neutrino oscillation?

ニュートリノ振動

フレーバー固有状態 $\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = U \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$ 質量固有状態

MSN行列 $U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & e^{i\delta} s_{13} \\ 0 & 1 & 0 \\ -e^{i\delta} s_{13} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ $s_{ij} = \sin \theta_{ij}$
 $c_{ij} = \cos \theta_{ij}$

- フレーバー固有状態は質量固有状態の重ね合わせで表される
- ニュートリノに微小の質量があるならば、自由粒子として飛行中のニュートリノが他の種類のニュートリノに変化する現象

例えば ν_μ から ν_e に変化する確率

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \simeq \sin^2 2\theta_{13} \cdot \sin^2 \theta_{23} \cdot \sin^2 \left(1.27 \frac{\Delta m_{23}^2 L}{E} \right)$$

ニュートリノ振動

フレーバー固有状態 $\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = U \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$ 質量固有状態

MSN行列 $U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & e^{i\delta} s_{13} \\ 0 & 1 & 0 \\ -e^{i\delta} s_{13} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ $s_{ij} = \sin \theta_{ij}$
 $c_{ij} = \cos \theta_{ij}$

- フレーバー固有状態は質量固有状態の重ね合わせで表される
- ニュートリノに微小の質量があるならば、自由粒子として飛行中のニュートリノが他の種類のニュートリノに変化する現象

測定したいパラメータ
 θ 、 Δm^2

例えば ν_μ から ν_e に変化する確率

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \simeq \sin^2 2\theta_{13} \cdot \sin^2 \theta_{23} \cdot \sin^2 \left(1.27 \frac{\Delta m_{23}^2 L}{E} \right)$$

ニュートリノ振動

フレーバー固有状態 $\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = U \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$ 質量固有状態

MSN行列 $U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & e^{i\delta} s_{13} \\ 0 & 1 & 0 \\ -e^{i\delta} s_{13} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ $s_{ij} = \sin \theta_{ij}$
 $c_{ij} = \cos \theta_{ij}$

- フレーバー固有状態は質量固有状態の重ね合わせで表される
- ニュートリノに微小の質量があるならば、自由粒子として飛行中のニュートリノが他の種類のニュートリノに変化する現象

例えば ν_μ から ν_e に変化する確率

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \simeq \sin^2 2\theta_{13} \cdot \sin^2 \theta_{23} \cdot \sin^2 \left(1.27 \frac{\Delta m_{23}^2 L}{E} \right)$$

測定したいパラメータ
 θ 、 Δm^2

実験で定めるパラメータ
 $L(\text{km})$ 、 $E(\text{GeV})$

CP対称性

先ほどのMNS行列

$$U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & e^{i\delta} s_{13} \\ 0 & 1 & 0 \\ -e^{i\delta} s_{13} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- δ : CP violation term
 - $\sin \theta_{13} \neq 0$ なら測れる！
- $32.7^\circ < \theta_{12} < 36.0^\circ$ 、 $36.8^\circ < \theta_{23} < 53.2^\circ$ (90%C.L.)
- $\theta_{13} < 11.4^\circ$ (90%C.L.) ← 上限値しか分かっていない。。

θ_{13} が測れるか、現在の振動実験の注目はここにある

CP対称性

先ほどのMNS行列

$U =$

初のレプトンセクターにおけるCP対称性を
測定できる潜在能力を秘めている

- 何故自然界には反物質がほとんど存在しないのか？
ニュートリノ振動実験はこの問いに答える
ヒントになるかもしれない
-
-

$\left. \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 1 \end{array} \right)$

θ_{13} が測れるか、現在の振動実験の注目はこちらにある

T2K Collaborator



59 institutions in 12 countries

Canada

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

France

CEA Saclay
IPN Lyon
LLR E Poly
LPNHE-Paris

Russia

INR

Korea

Chonnam Nat'l U
Dongshin U
Seoul Nat'l U

Spain

IFIC, Valencia
U.A. Barcelona

Poland

A Soltan, Warsaw
HNiewodniczanski
T U Warsaw
U of Silesia
Warsaw U
Wroclaw U

Switzerland

Bern
ETH Zurich
U of Geneva

UK

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

Japan

ICRR Kamioka
ICRR RCCN
KEK
Kobe U
Kyoto U
Miyagi U of Ed
Osaka City U
U of Tokyo

Italy

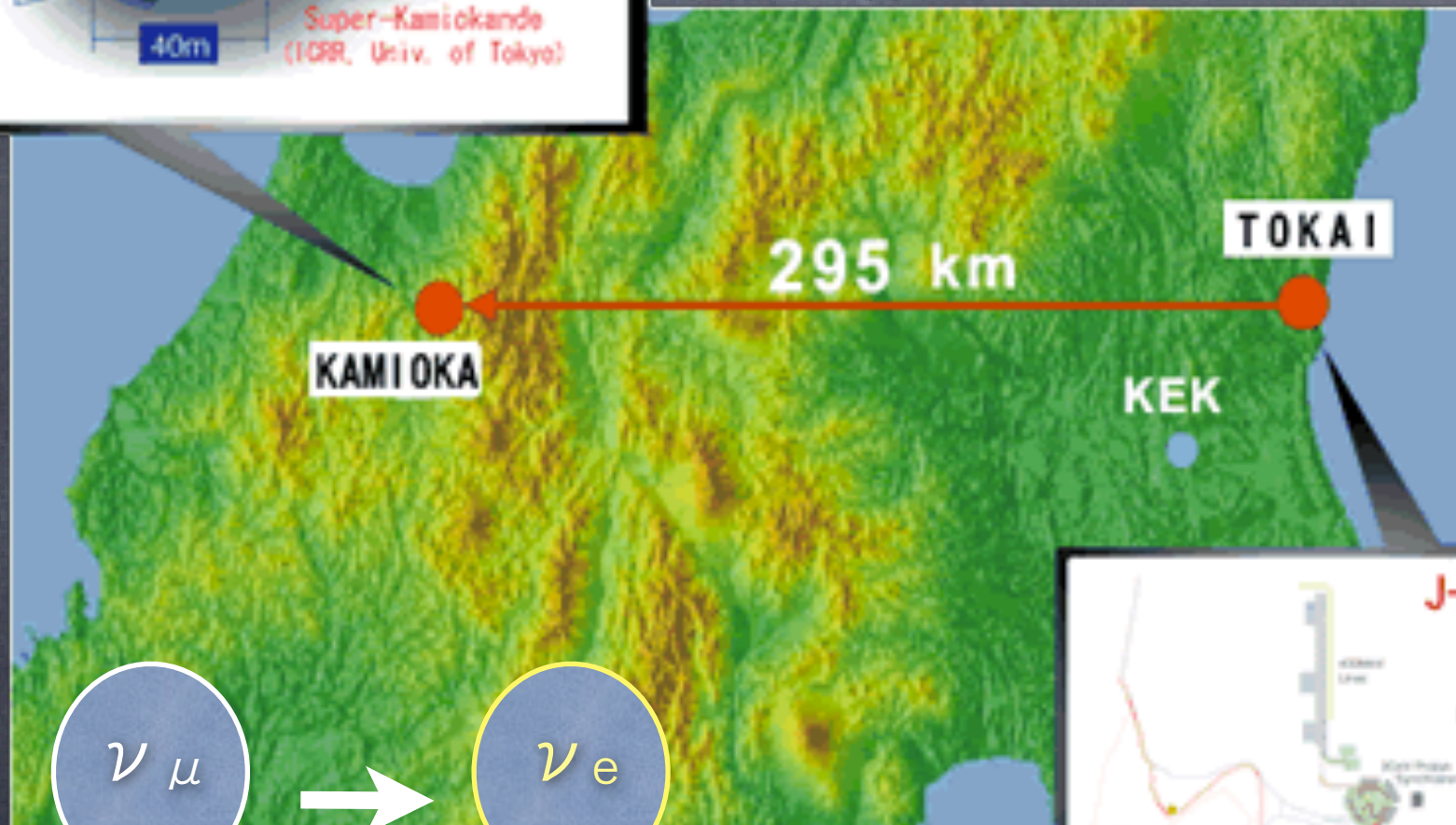
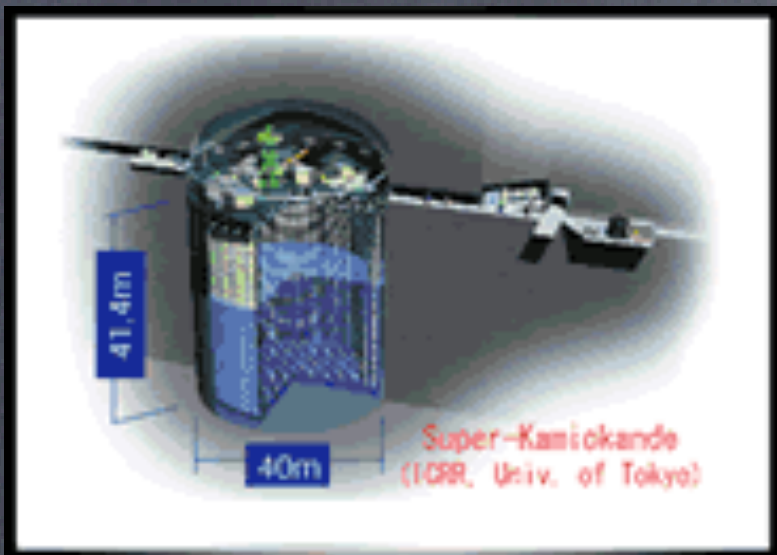
INFN Bari
INFN Roma
Napoli U
Padova U

USA

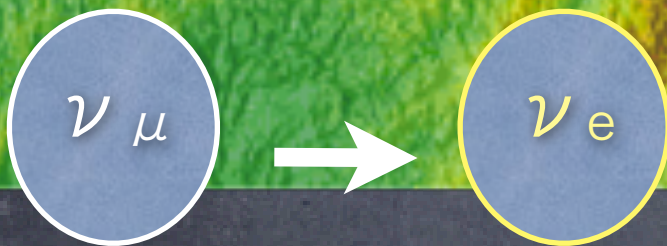
Boston U
BNL
Colorado State U
Duke U
Louisiana State U
Stony Brook U
U of California, Irvine
U of Colorado
U of Pittsburgh
U of Rochester
U of Washington
Germany
RWTH Aachen U



2K (Tokai to Kamioka)



- J-PARCにおいて30GeVの高強度陽子ビームを生成
- 大量のニュートリノビームを295km離れたSuper-Kamiokandeへと打ち込む
- $\sin^2(1.27 \Delta m^2 L/E) \sim 1$
 - ($E \sim 1 \text{ GeV}$, $\Delta m^2 \sim 2.4 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$)
- **2010年1月より物理データ取得開始!**



ν_e 出現事象： θ_{13} の測定

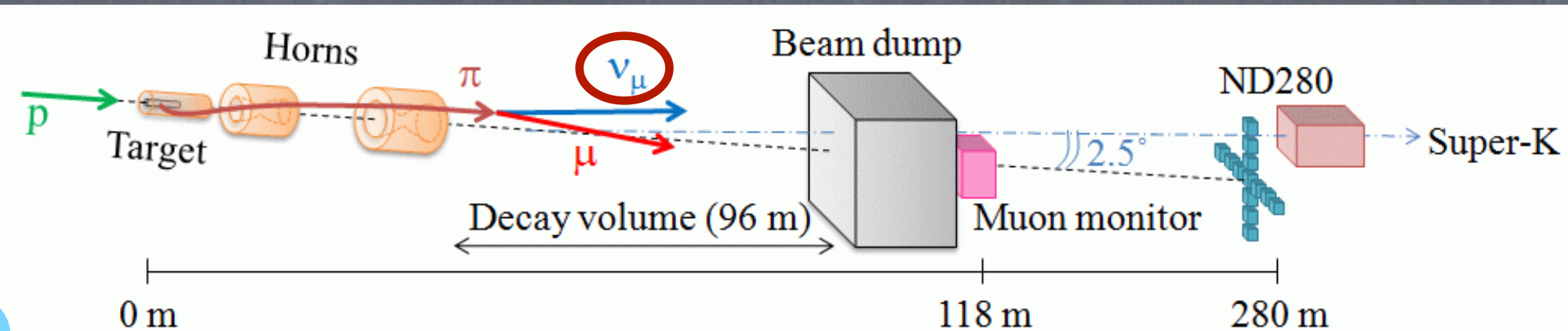


ν_μ 消失事象： θ_{23} 、 Δm^2_{23} の精密測定

How to make the neutrino beam



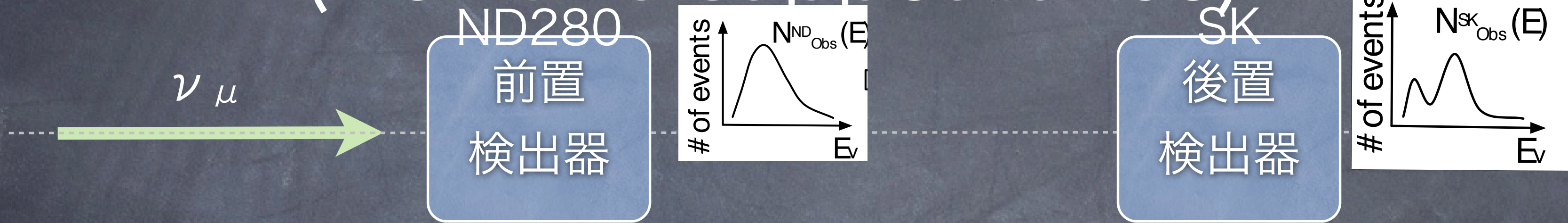
ミュオンニュートリノ



- ~ 10 兆個/s の30GeV陽子ビームを炭素標的に当てる
- 生じた2次粒子 π から崩壊して出来た大量のミュオンニュートリノを用いる
 - 電磁ホーンで π を収束 \rightarrow SKに届くニュートリノを多くする
- 同時に生成されたミュオンはニュートリノビームのモニターのために使われている

Analysis method

(for ν disappearance)



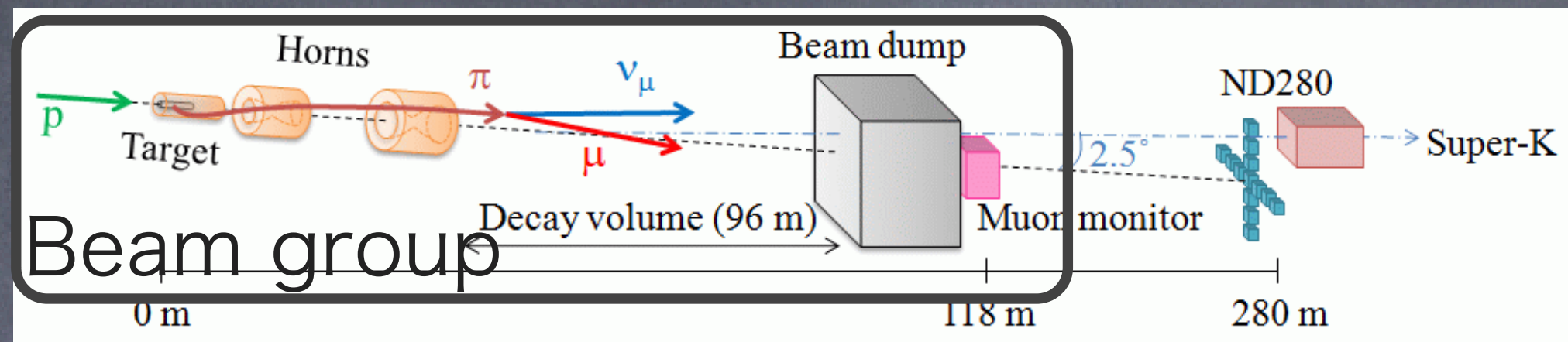
$$\sin^2(1.27 \Delta m^2 L/E) \sim 0$$

$$\sin^2(1.27 \Delta m^2 L/E) \sim 1$$

choosing the appropriate E and L is also important

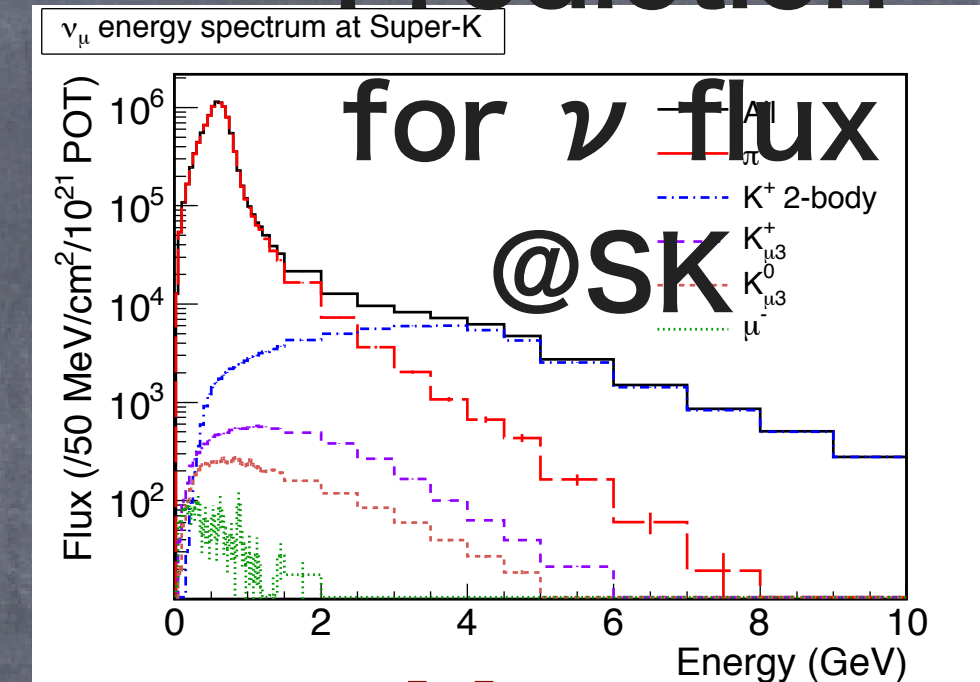
1. 前置検出器で振動前のニュートリノのフラックス・エネルギースペクトルを測定
2. 1.の測定結果から、後置検出器におけるフラックス・エネルギースペクトルを予測
3. 後置検出器で振動後のフラックス・エネルギースペクトルを測定、2.と照らし合わせ
4. 消失事象 (元の ν_μ がどれだけ消失したか) 測定によって振動確率を測る

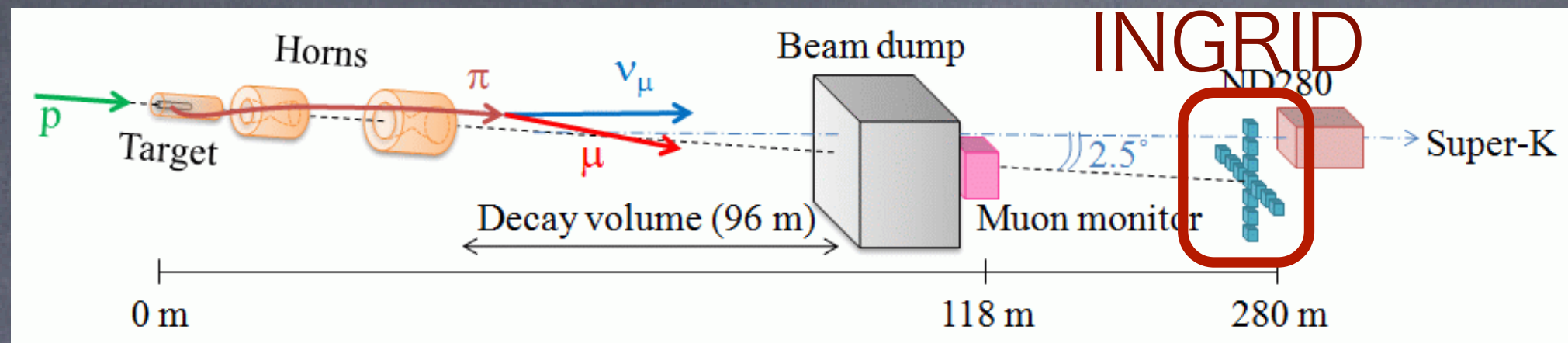
京都ニュートリノブループの活動



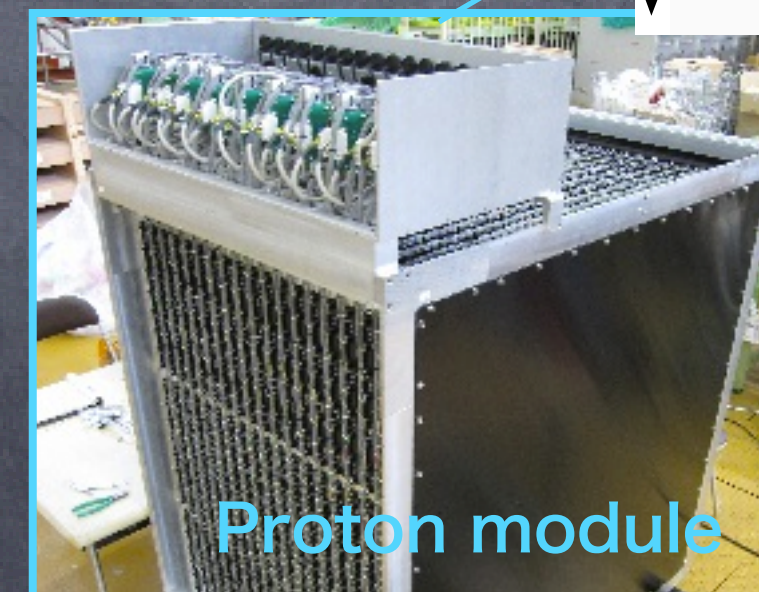
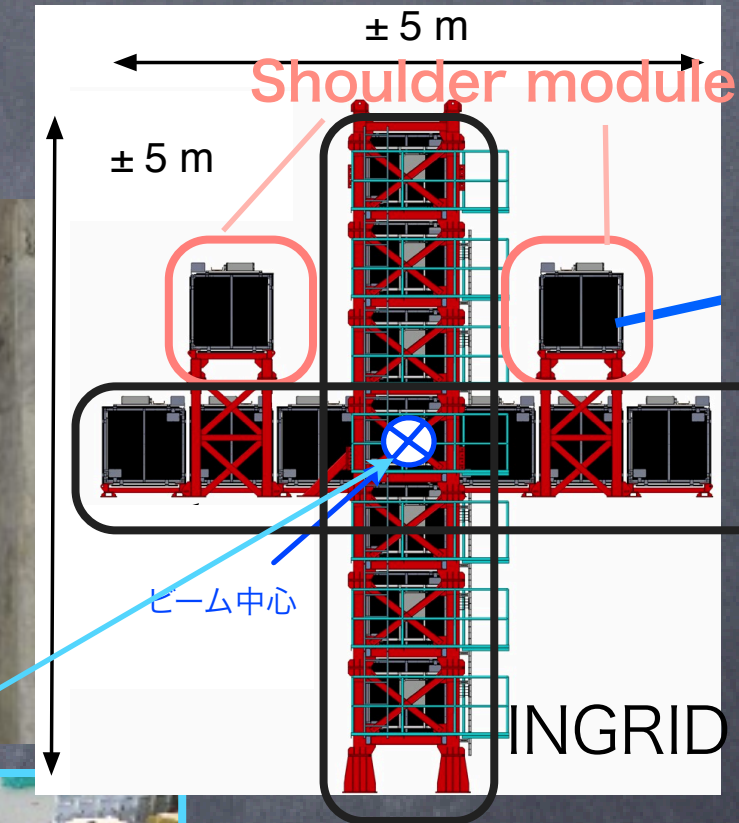
Prediction

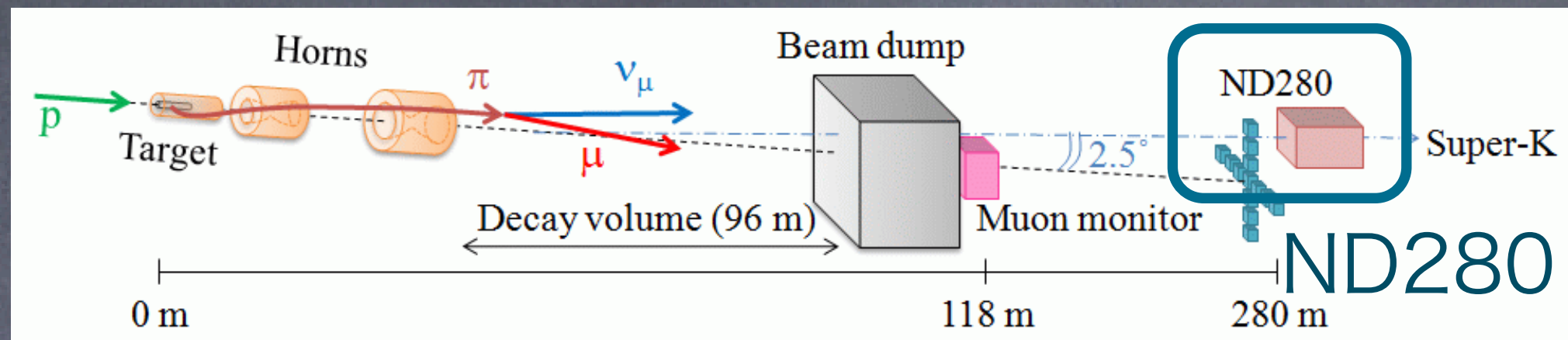
- Beam group: 良質なビーム生成及び振動解析に欠かせないMCの提供
 - (振動前の) ニュートリノフラックスの予測 (市川さん・久保さん)
 - Flux生成・Tuning
 - ミュオンモニター (村上さん・鈴木・久保さん)
 - ニュートリノと共に生成されるミュオンを検出し、間接的にニュートリノビームをモニター





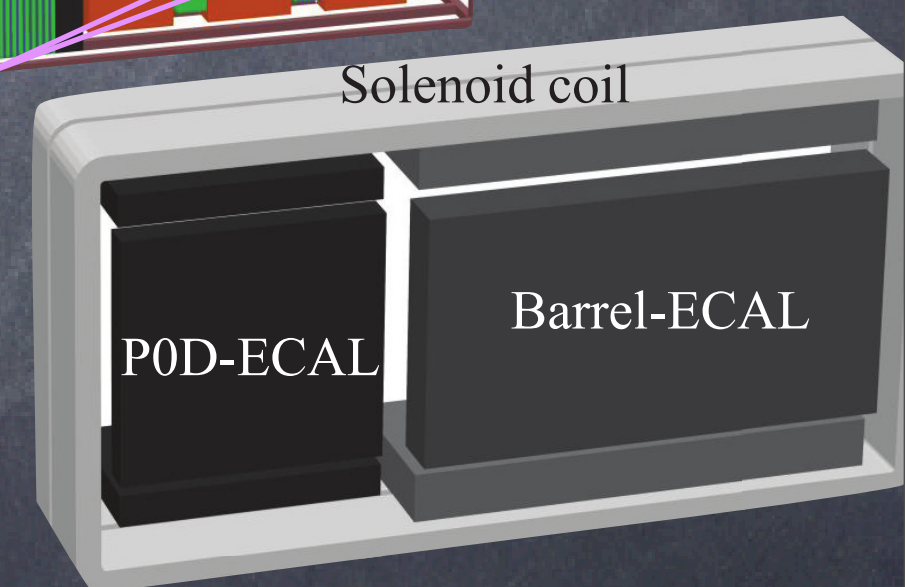
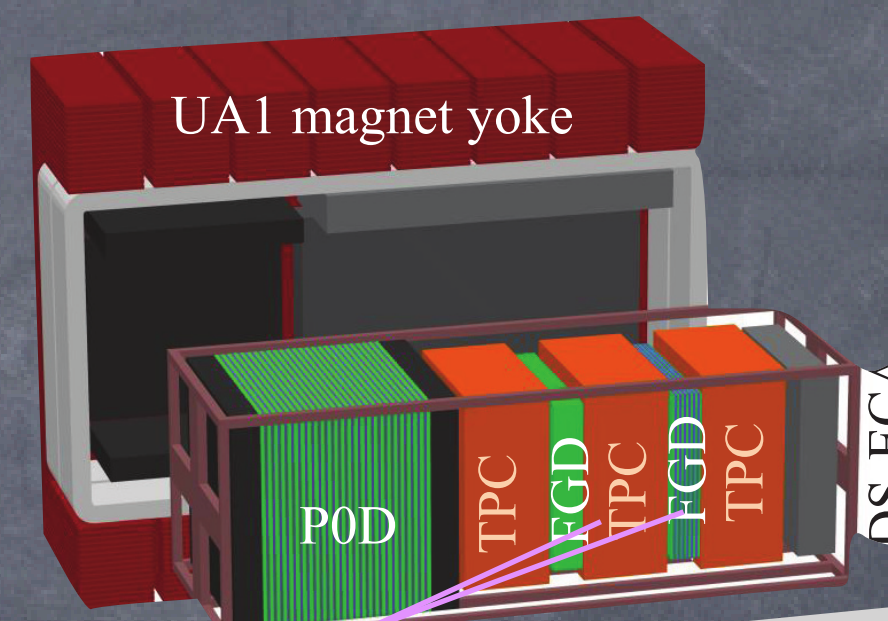
- INGRID (南野さん、大谷さん、村上さん)
 - ニュートリノと鉄との反応数を測定し、ニュートリノビームのモニターをしている
- Proton module (木河君)
 - ニュートリノ反応の同定及び反応断面積の測定
- Shoulder module (鈴木)
 - ビーム形状の非軸対称性の測定



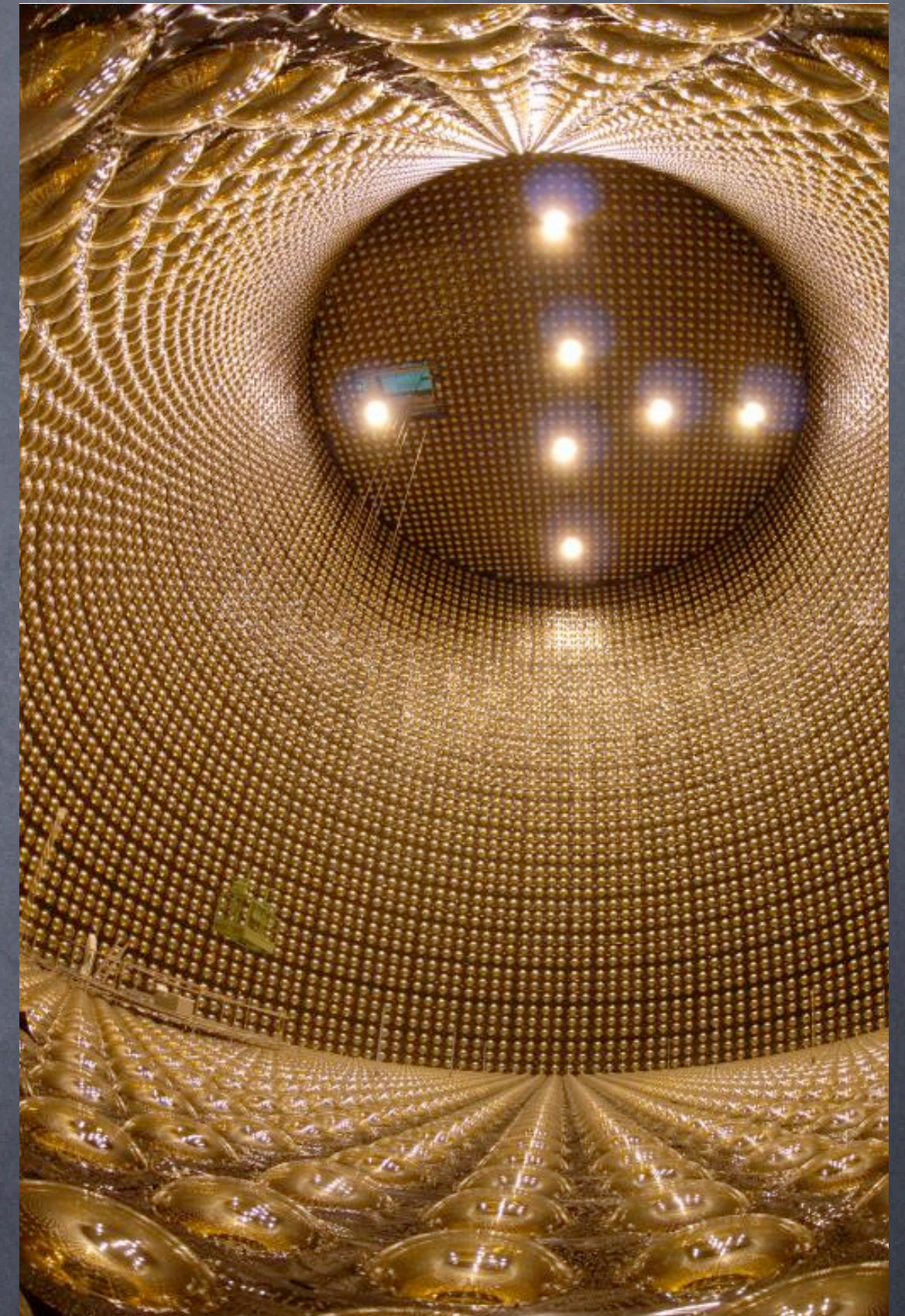
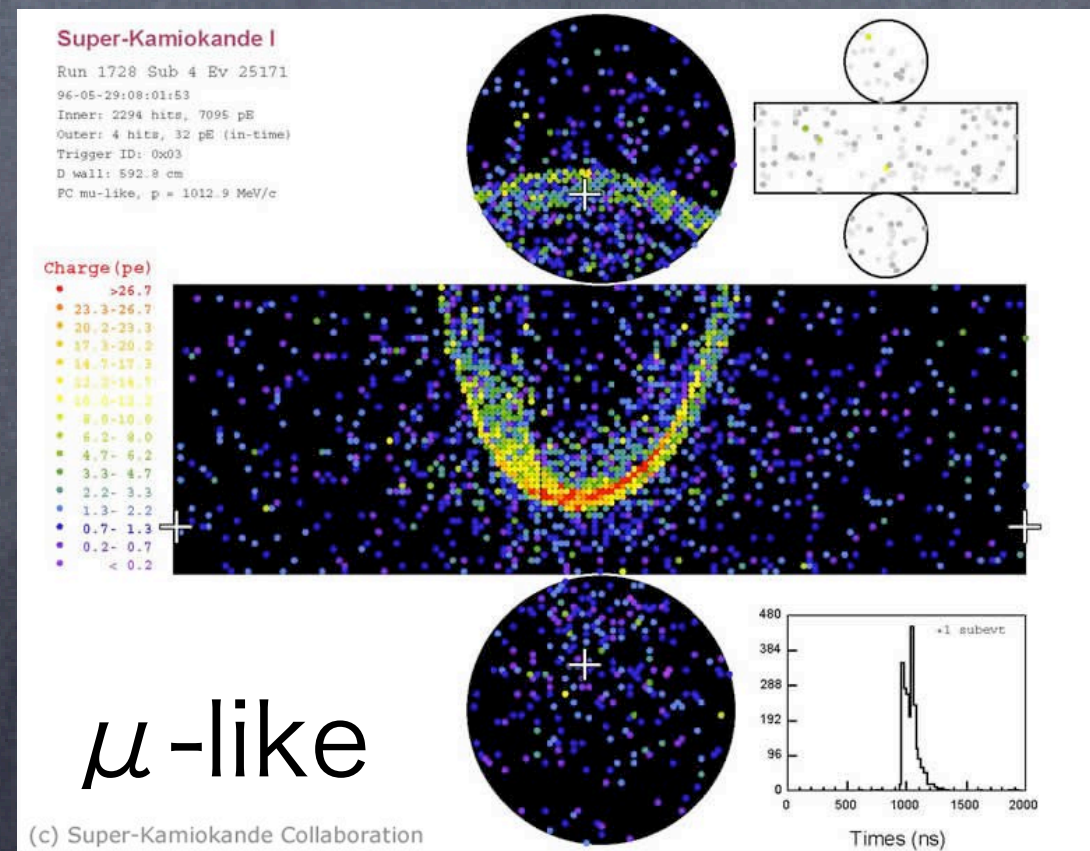
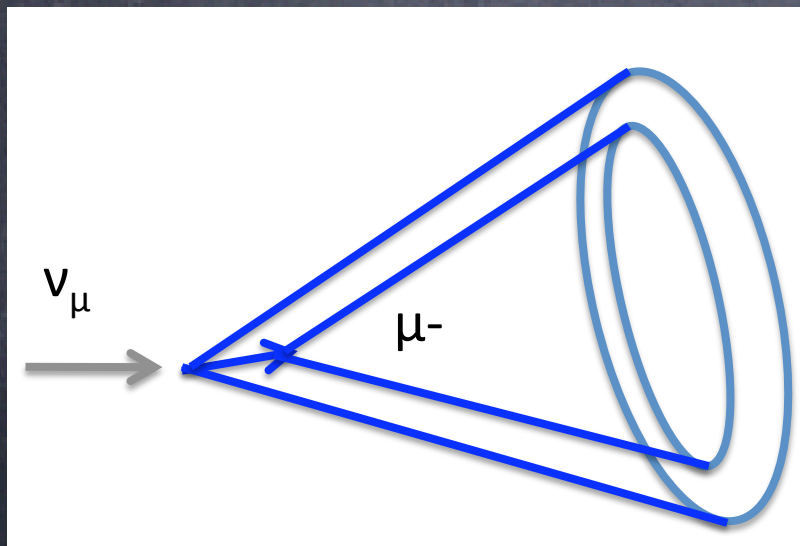


- 前置検出器(ND280):

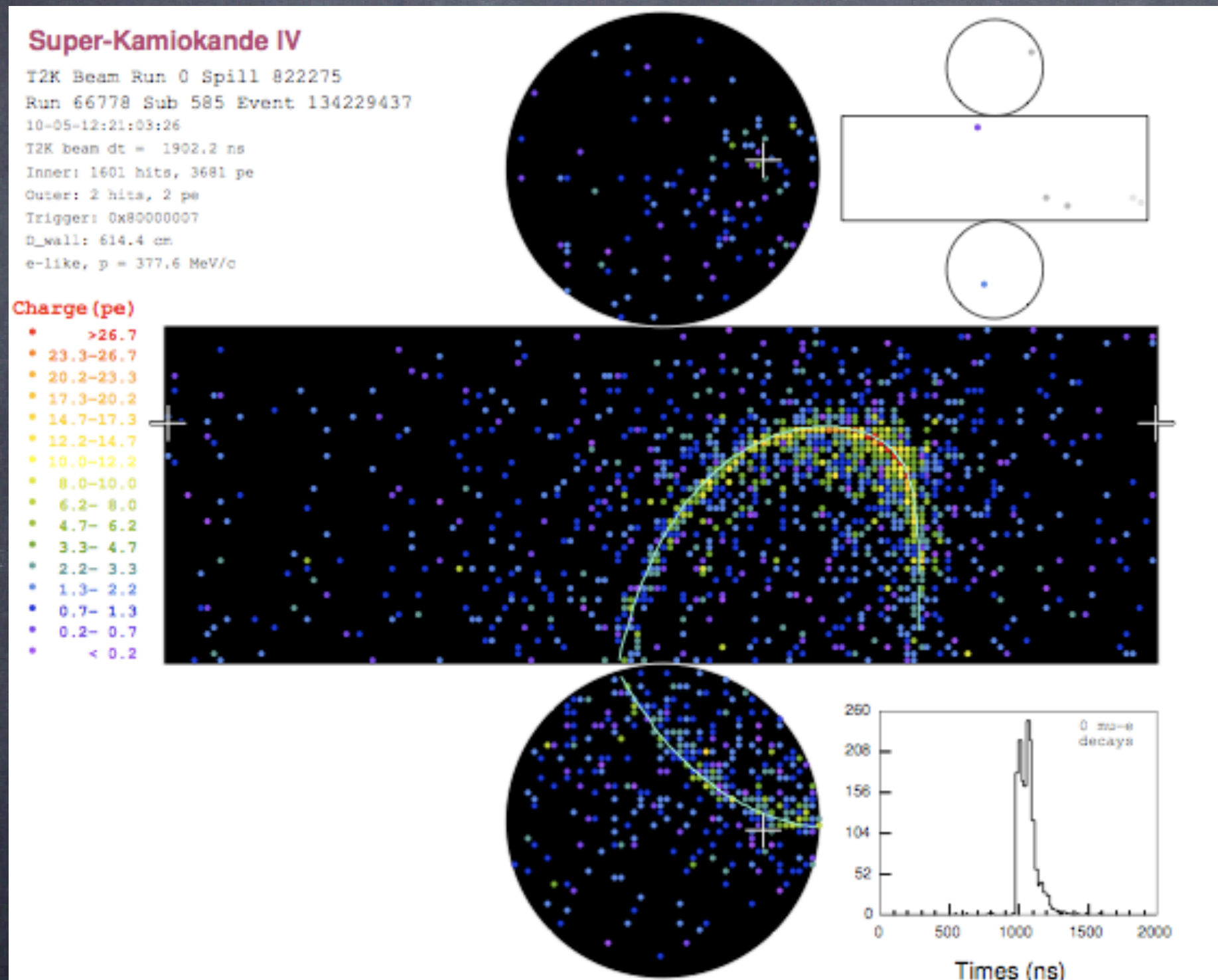
- ここで得られたデータを用いてSKにおける振動前のニュートリノフラックス及びエネルギースペクトルを予測
- SKにおけるバックグラウンド反応を見積もる
- FGD (家城さん)
 - ニュートリノターゲット
 - ニュートリノ反応点の測定
- Run coordinator: 池田さん、Phill



- 後置検出器 Super-Kamiokande (大谷さん)
 - 50kt大型水チェレンコフ検出器
 - PMT: 40% coverage
 - ニュートリノのフラックス及びエネルギースペクトル測定



First ν_e candidate



最初の ν_e 出現事象候補
(世界初の $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ 観測成功か)
 θ_{13} 測定への第一歩!

First ν_e candidate

Super-Kamiokande

T2K Beam Run 0 :
Run 66778 Sub 50
10-05-12:21:03:26
T2K beam dt = 1902.
Inner: 1601 hits, 36
Outer: 2 hits, 2 pe
Trigger: 0x80000007
D_wall: 614.4 cm
e-like, p = 377.6 MeV

Charge (pe)

- >26.7
- 23.3-26.7
- 20.2-23.3
- 17.3-20.2
- 14.7-17.3
- 12.2-14.7
- 10.0-12.2
- 8.0-10.0
- 6.2- 8.0
- 4.7- 6.2
- 3.3- 4.7
- 2.2- 3.3
- 1.3- 2.2
- 0.7- 1.3
- 0.2- 0.7
- < 0.2

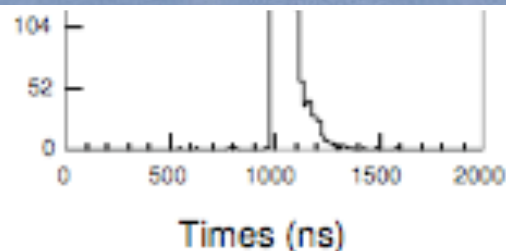
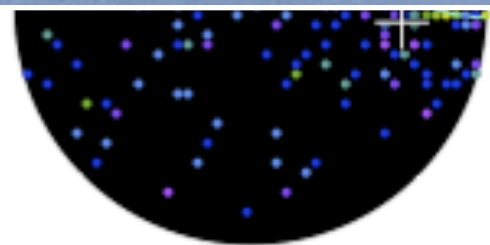


T2K実験の中でも京都の学生は
最前線に立って研究している

T2K collaborator ~ 500

Contribution from 1 student(Kyoto) >> 1/500

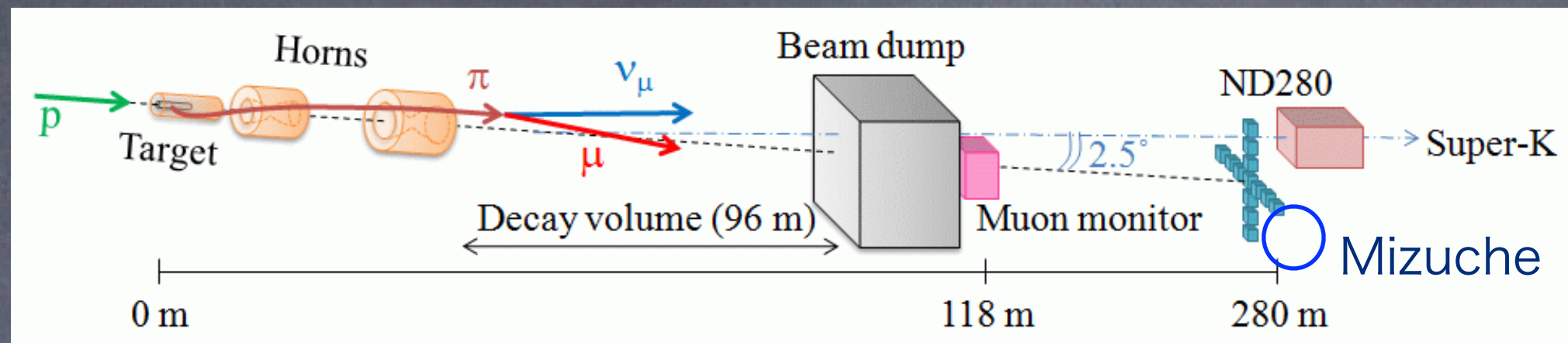
候補
 ν_e 観測



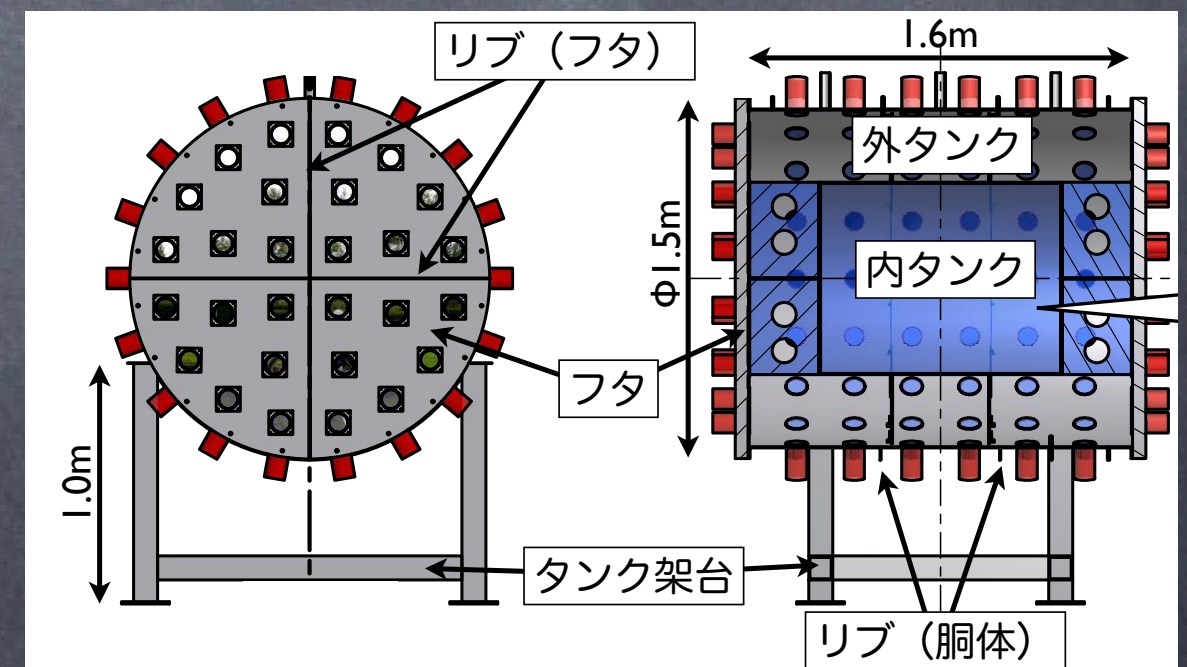
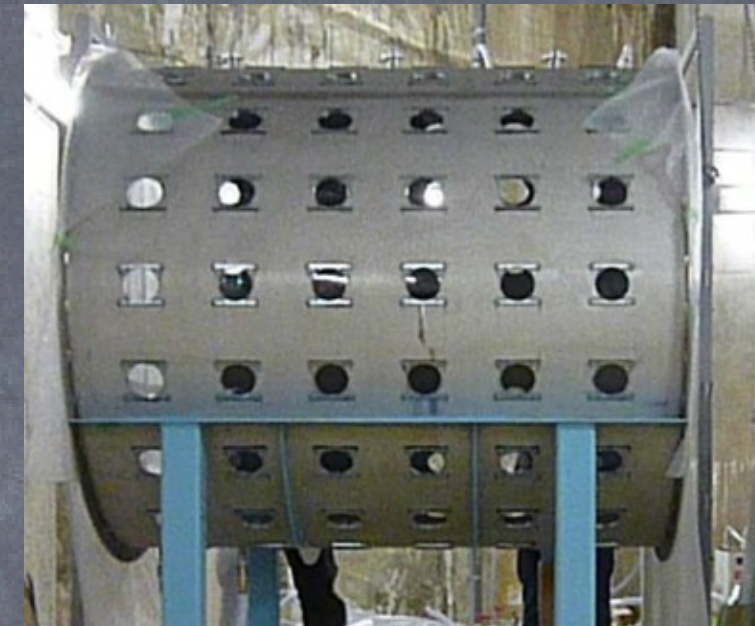
θ_{13} 測定への第一歩！

京都グループその他の活動

Mizuche



- Mizuche (将太くん、村上さん)
 - 2.5tの水チェレンコフ検出器
 - SKと同じν標的
 - SKにおけるν反応予測精度の向上を目指す
 - 試験実験の段階なので、T2Kとは別実験扱い。しかし将来的には前置検出器の一部として活躍する日が



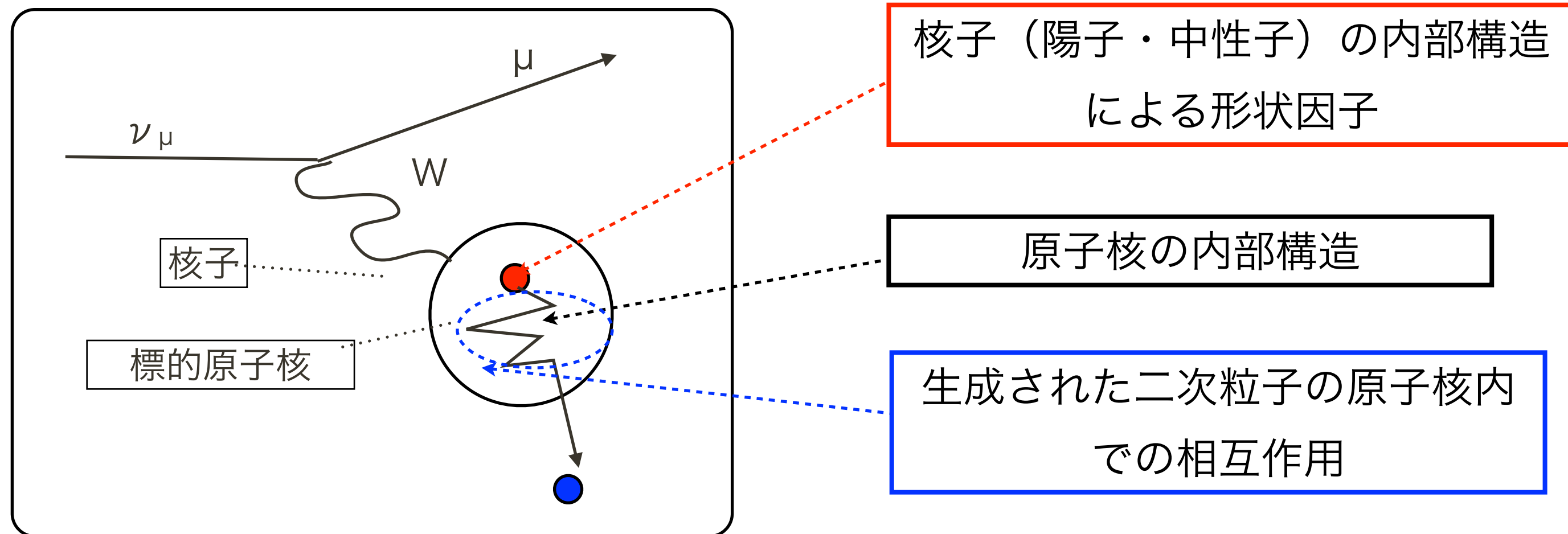
京都グループその他の活動

SciBooNE

ニュートリノ反応って何が面白い？

そもそも弱い相互作用しかしないのでは？

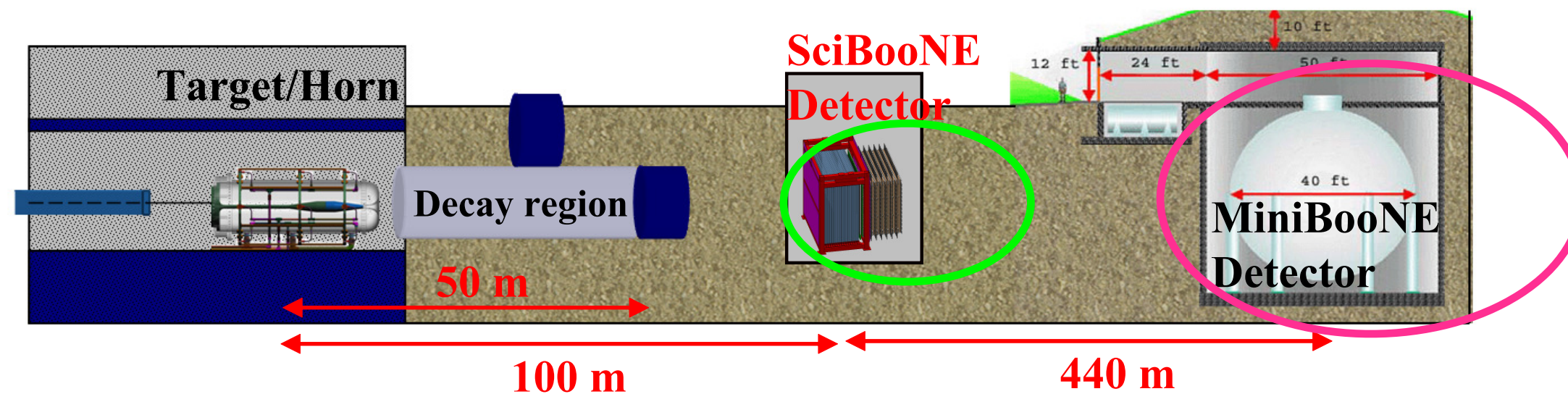
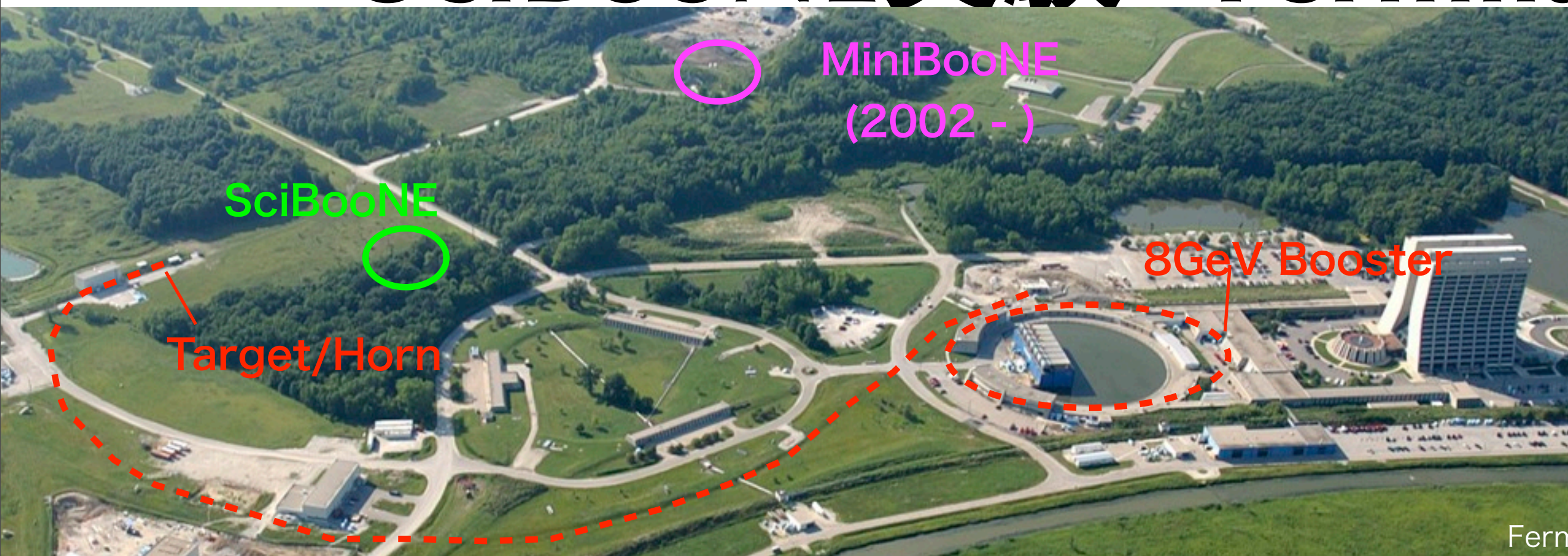
実は、原子核と（数GeV）ニュートリノの反応は奥が深い



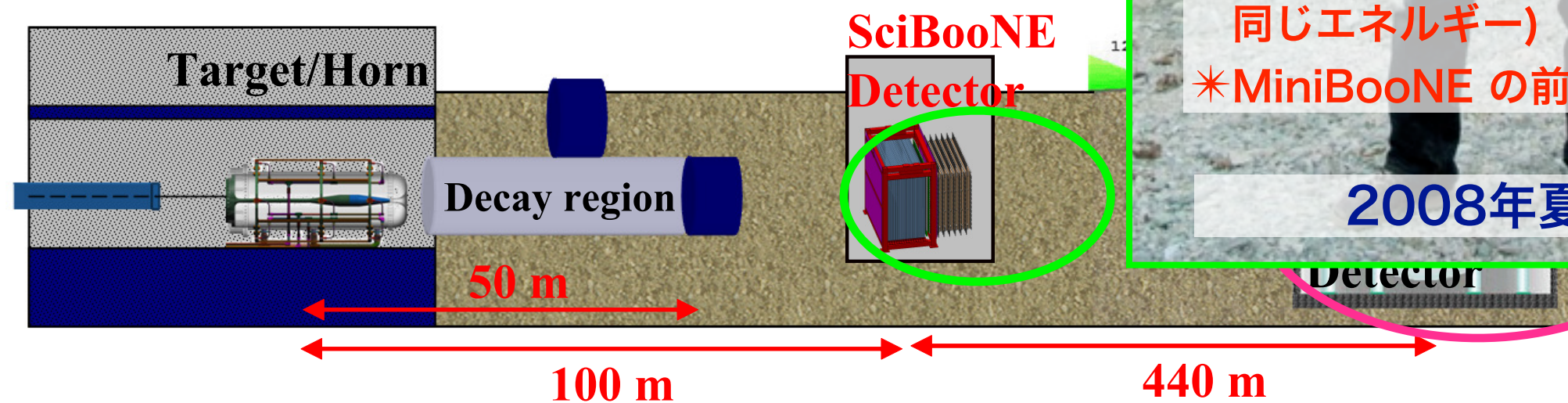
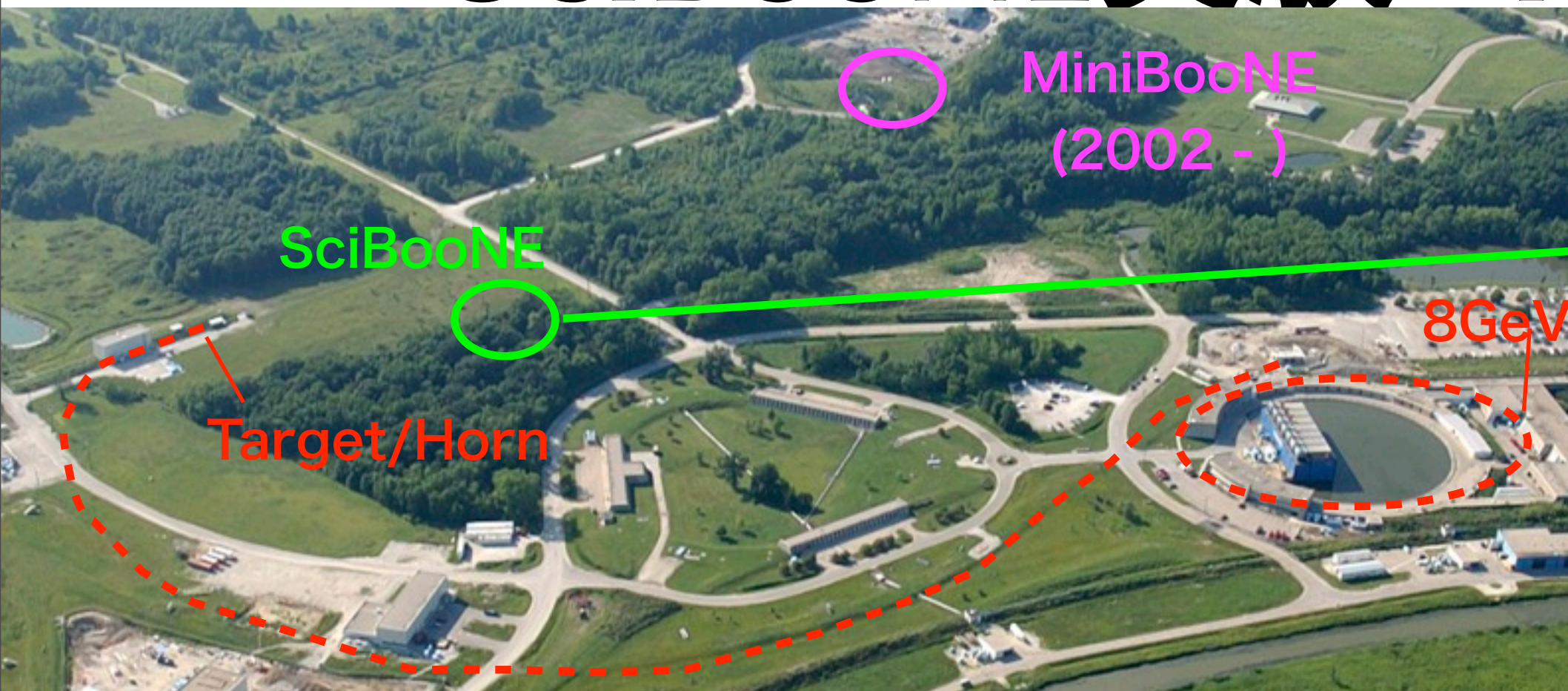
これらの理解が、ニュートリノ振動の精密測定には不可欠！

さらに、ニュートリノを用いて、原子核の内部構造を調べられる！？

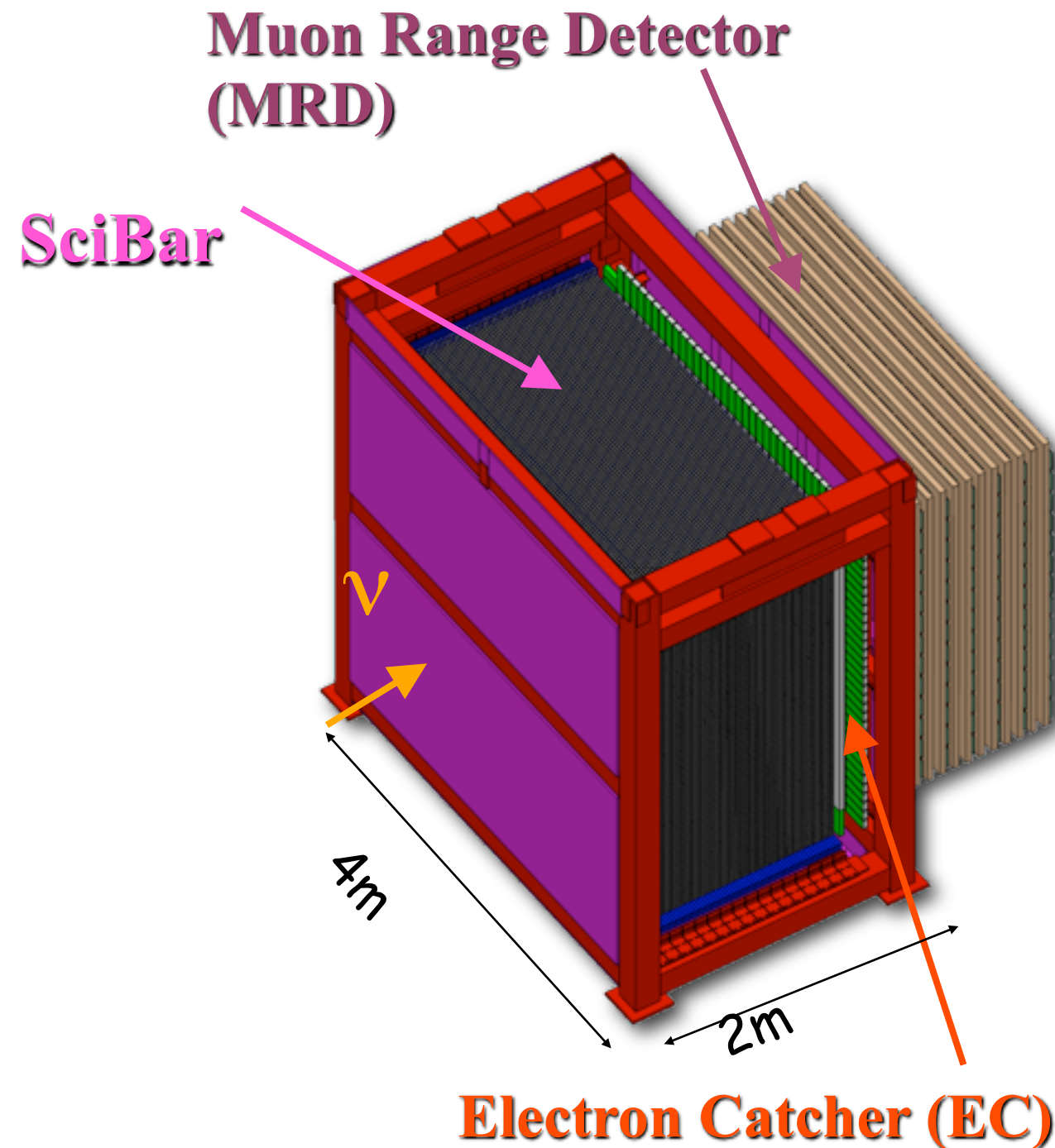
SciBooNE実験@Fermilab



SciBooNE実験@Fermilab



SciBooNE 検出器



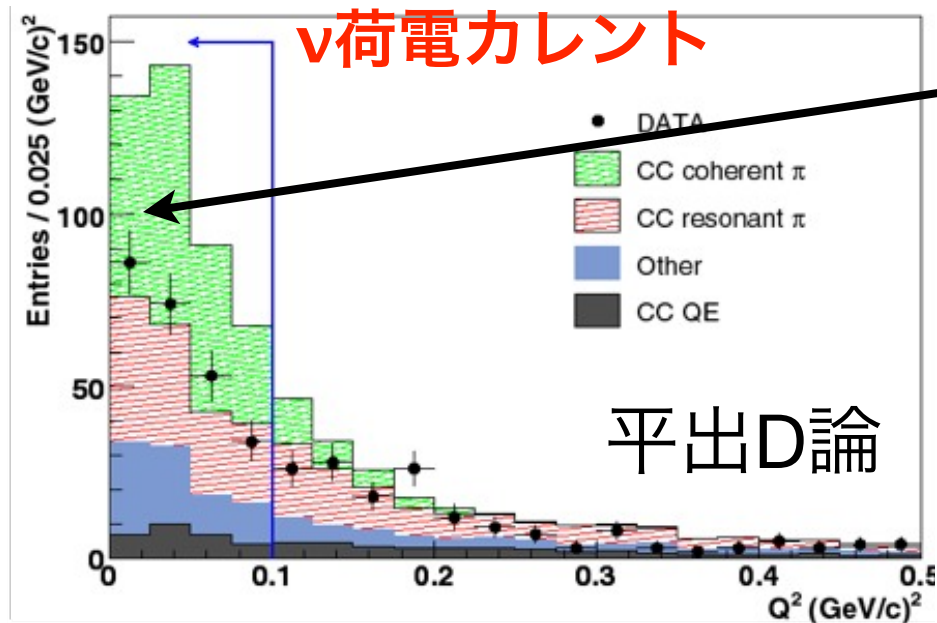
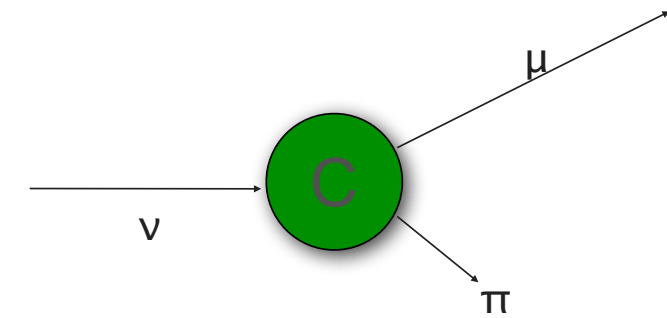
- SciBar検出器
 - ~14000本の棒状シンチレーターからなる飛跡検出器
 - K2K実験(T2Kの前身)の前置検出器を移設
 - 次はメキシコで太陽中性子の測定に使われる予定
- EC: 電磁カロリメーター
 - これもリサイクル
 - CHRUS→K2K→SciBooNE
- MRD: 鉄+シンチのサンドイッチ
 - フェルミラボの古い実験装置を再利用して制作

比較的短時間（実験提案から実験開始まで約1年半）、少人数（実働約10人）で行った実験
です。

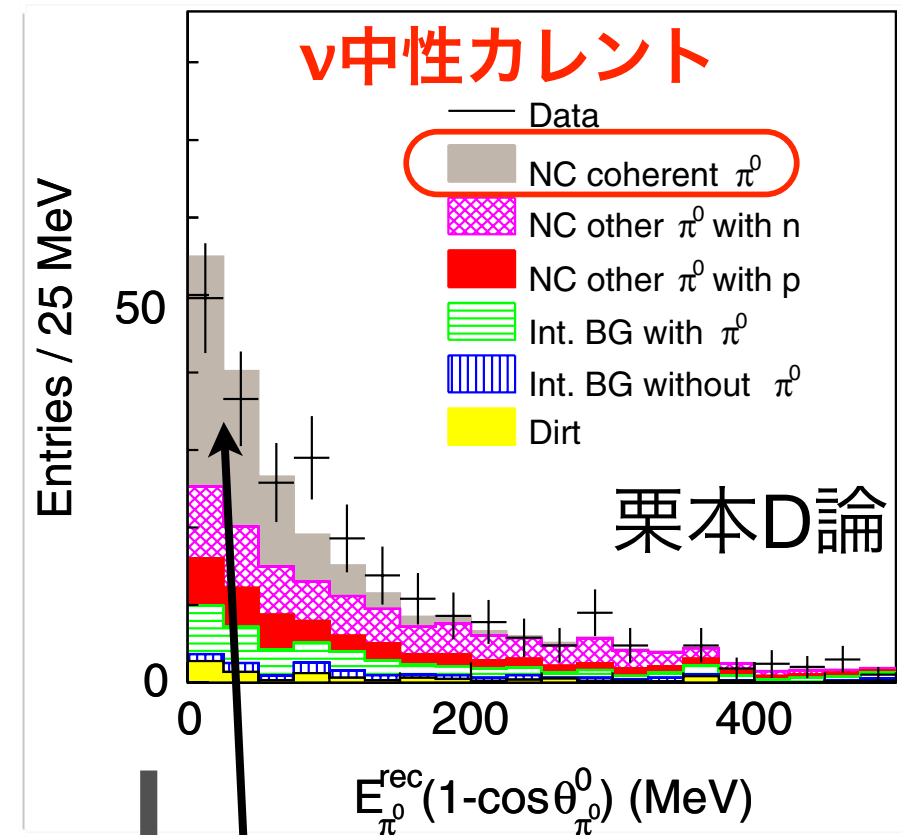
SciBooNEでの発見

荷電/中性カレントコヒーレント π 生成反応
(炭素原子核全体と反応して π を生成する反応)

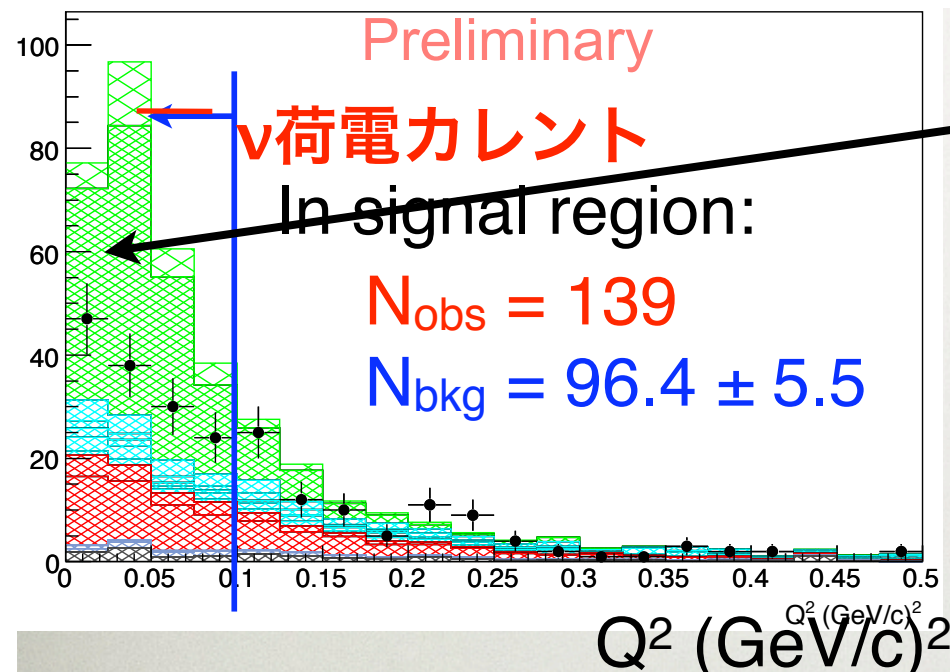
CC-coherent π
($\nu+A \rightarrow \mu+A+\pi$)



理論の予想に反して信号は見
つからず。



中性カレントでははっきり見えた!



反ニュートリノでは少し
ある?

今のところ、これらのデータを同時に説明する理論モ
デルは存在しない。

ニュートリノグループから新M1へのプレゼント
皆さんにしてもらいたい事



Pian detector
for
analysis of
V-oscillation

←池田さん作

Pia vo

(T2K実験を支える重要な実験です)

vじゃなくてv(ニュー)

PIA ν O (ピアノと読みます)実験の概要

- (主に、)T2K実験のための実験です
 - θ_{13} が、ものすごく小さいかもしれない
 - CP位相を世界で初めて測定する
- 精度のよい測定が必要。
(数10%の系統誤差を数%にする)
簡単そうに見えてなかなか難しい

自分にできること、

やりたいことはなにか？ と考える

荷電 π 中間子反応断面積の精密測定

Pion detector for **A**nalysis of **ν** (neutrino) **O**scillation

実動メンバー: 池田、家城、山内、カナダのみなさん、先生方

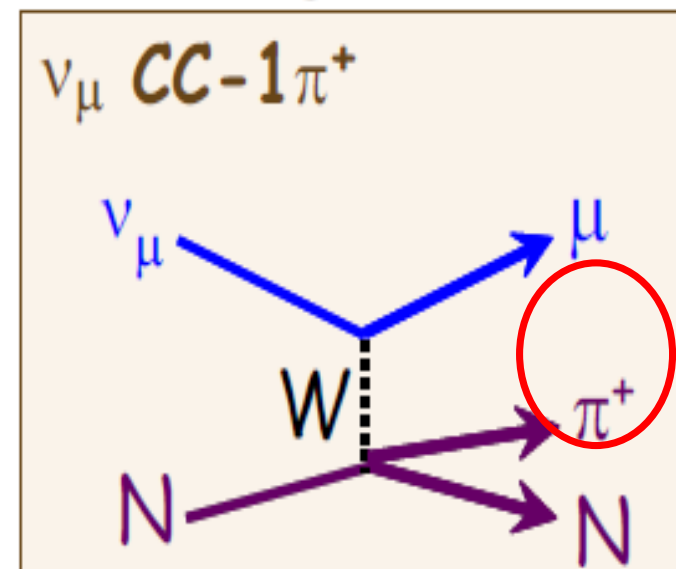
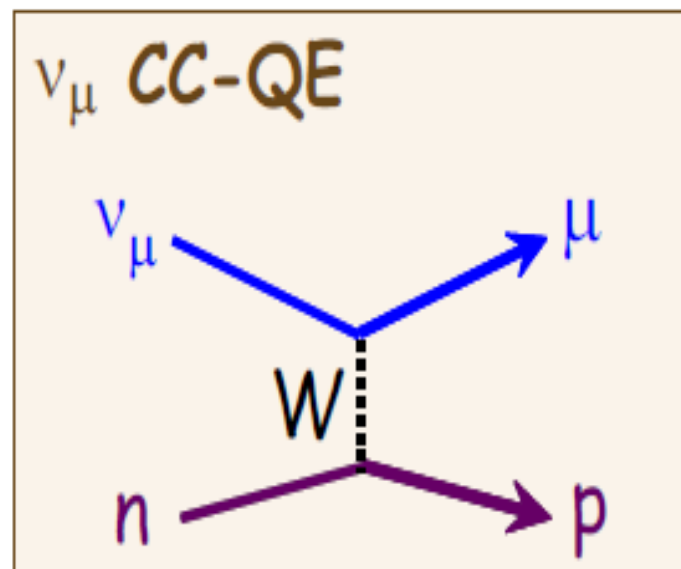
目的:

1. 荷電 π の反応断面積を精密に測定 @カナダ
(今T2Kで使われているのは80年代のデータ結果)

2. ニュートリノエネルギースペクトル精密測定

ニュートリノ反応毎のフラックス又は断面積を精密測定 @東海、SK

いろいろなニュートリノ反応の例



終状態に出る
荷電 π がこの後
どう反応するかを
知っておくことが必要
→荷電 π ビームを
シンチや水に照射し
直接反応を測定する

PIAvOの現在地とこれから

↓現在地



←PIAvO立ち上げ

R&D

←PIAvO検出器完成

PIAvO-I

@ TRIUMF

データ解析

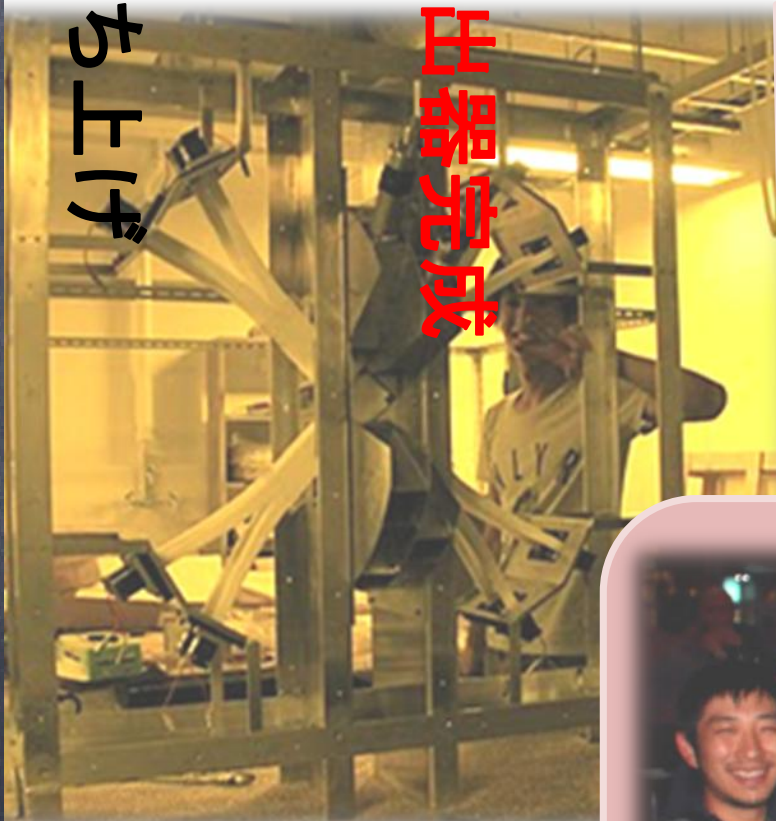
PIAvO-II

@ TRIUMF

PIAvO-III?

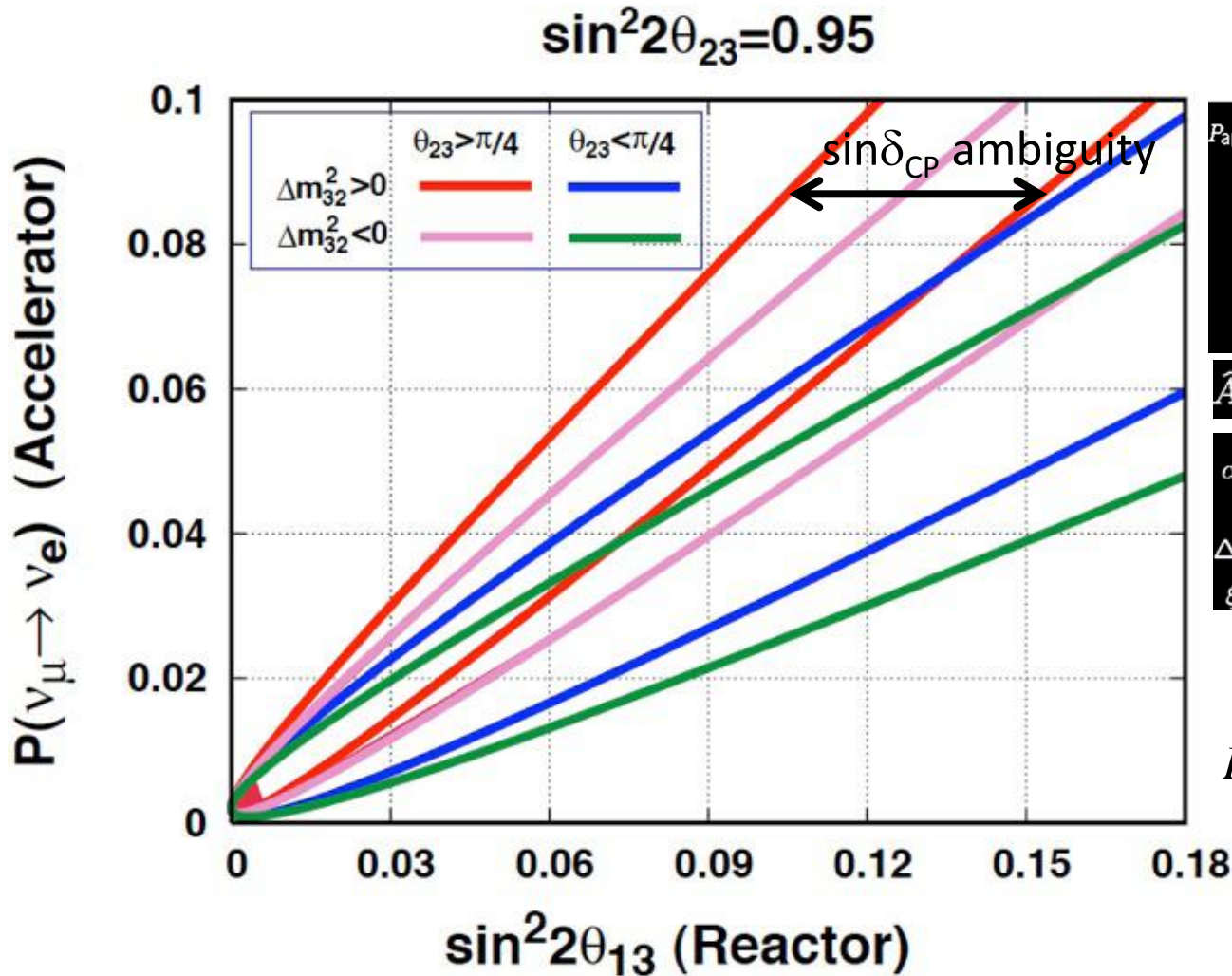
PIAvO-IIの目玉
>水標的の導入
>PIAvO-Iの
補足データ
一緒にカナダへいこう！

PIAvO-IIIに向けて
>新MPPCで読み出す(南野さん)
>水標的のアップグレード
- 水シンチの開発など、
アイデア募集中



T2K前置検出器グレードアップ

ν_e appearance (加速器 ν 実験とReactor ν 実験)



加速器 ν 実験

$$P_{app} \simeq \sin^2 2\theta_{13} \sin^2 \theta_{23} \frac{\sin^2[(1-\hat{A})\Delta]}{(1-\hat{A})^2} \\ \pm \alpha \sin 2\theta_{13} \xi \sin \delta_{CP} \sin(\Delta) \frac{\sin(\hat{A}\Delta) \sin[(1-\hat{A})\Delta]}{\hat{A} (1-\hat{A})} \\ + \alpha \sin 2\theta_{13} \xi \cos \delta_{CP} \cos(\Delta) \frac{\sin(\hat{A}\Delta) \sin[(1-\hat{A})\Delta]}{\hat{A} (1-\hat{A})} \\ + \alpha^2 \cos^2 \theta_{23} \sin^2 2\theta_{12} \frac{\sin^2(\hat{A}\Delta)}{\hat{A}^2},$$

$$\hat{A}\Delta = \frac{\sqrt{2}}{2} G_F n_e L$$

$$\alpha = \frac{\Delta m_{21}^2}{\Delta m_{31}^2} \simeq 0.03, \\ \Delta \equiv \frac{\Delta m_{31}^2 L}{4E}, \\ \xi \equiv \sin 2\theta_{12} \sin 2\theta_{23}.$$

Reactor ν 実験

$$P_{app} \sim 1 - \sin^2 2\theta_{13} \sin^2 \frac{\Delta m_{31}^2 L}{4E}$$

T2Kの今後

2010-2015

T2Kで ν_e appearance!

YES

YES

δ_{CP} 測定

Δm_{32}^2 の符号

Anti- ν_μ disappearance

T2K

anti- ν beam (201?-)

前置検出器の改良 (2016-)

J-PARC(1.66MW運転)+

Hyper-Kamiokande

ν とanti- ν beam (2020-)

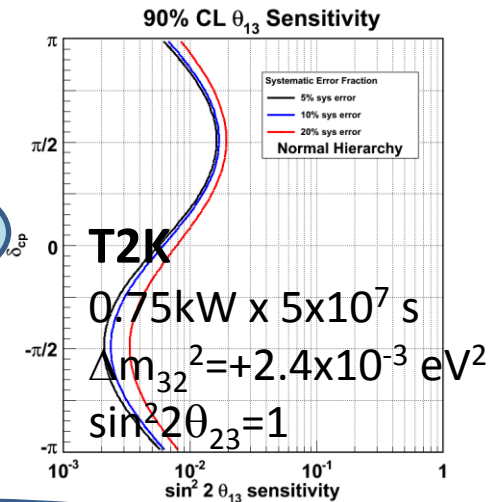
NO

Reactor ν 実験で ν_e app.
(T2K \rightarrow δ_{CP} suppresses)

NO

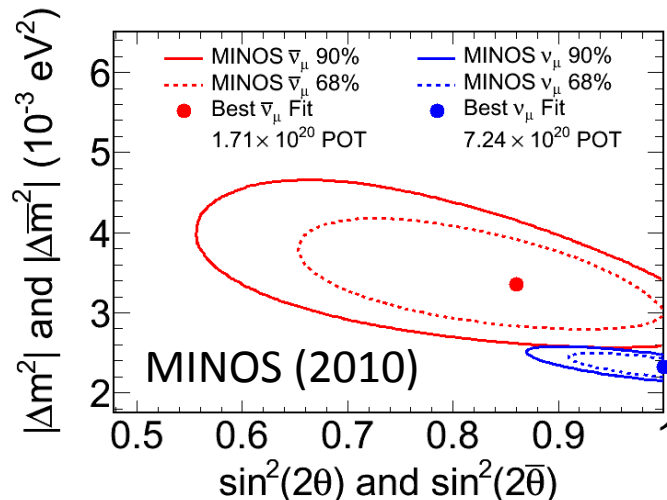
Tiny θ_{13}

新しいアイデアが必要



T2Kでのanti- ν beamに向けたMC study

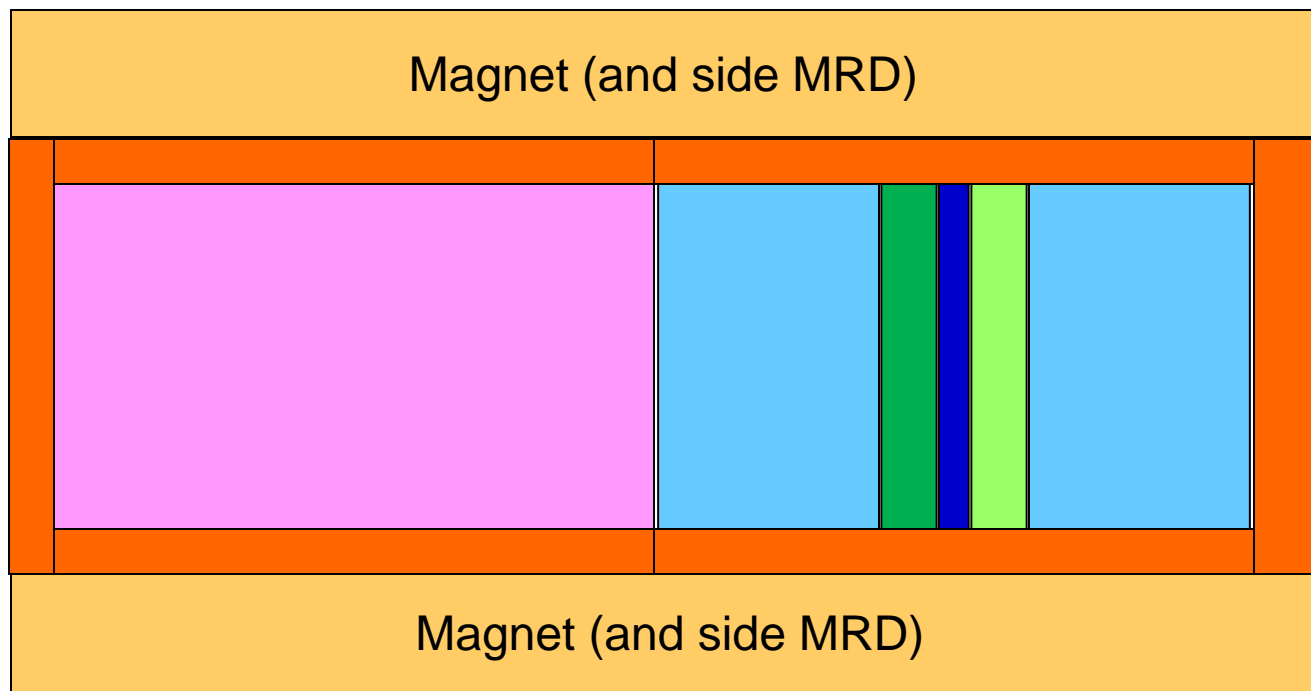
- 前置検出器およびSKで期待されるシグナルを確認し、T2Kにanti- ν beamのスケジュールを提案
- Anti- ν_{μ} disappearanceの感度曲線
 - どの程度POTをためればMINOSの結果を確認できるか
- Anti- ν のcross section測定
- 現在の前置検出器でのanti- ν beamの信号を確認し、必要な改良を見つけ、新型検出器を提案する



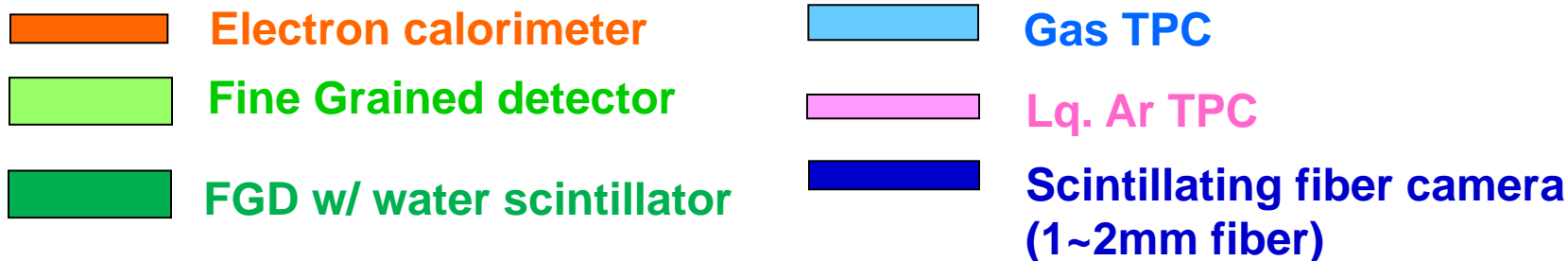
前置検出器の改良

(no relation to the T2K collaboration)

T. Nakaya @ GLA2010
March 28-31, 2010,
Tsukuba.



One vague
idea of TN



Idea (2011?) → Realization/Operation 2016?~

前置検出器の改良

(no relation to the T2K collaboration)



Scintillating fiber camera

1~2mm scintillation fiberがactive target

1 cm程度のtrackを再構成可能 (CCQE反応のproton tracking eff.)

70000~300000 chをMagnet中の狭い空間に入れる必要がある

このsub detectorの実現に向けたR&Dを京都で行う

-> Monolithic array MPPCとその読み出しエレキの開発 (2011-2012)

-> プロトタイプ検出器を用いたビームテスト (2012-2013)

この他、新型pi0検出器など様々な新型前置検出器に向けたR&Dを京都で進めいく

 Fine Grained detector

 FGD w/ water scintillator

 Lq. Ar TPC

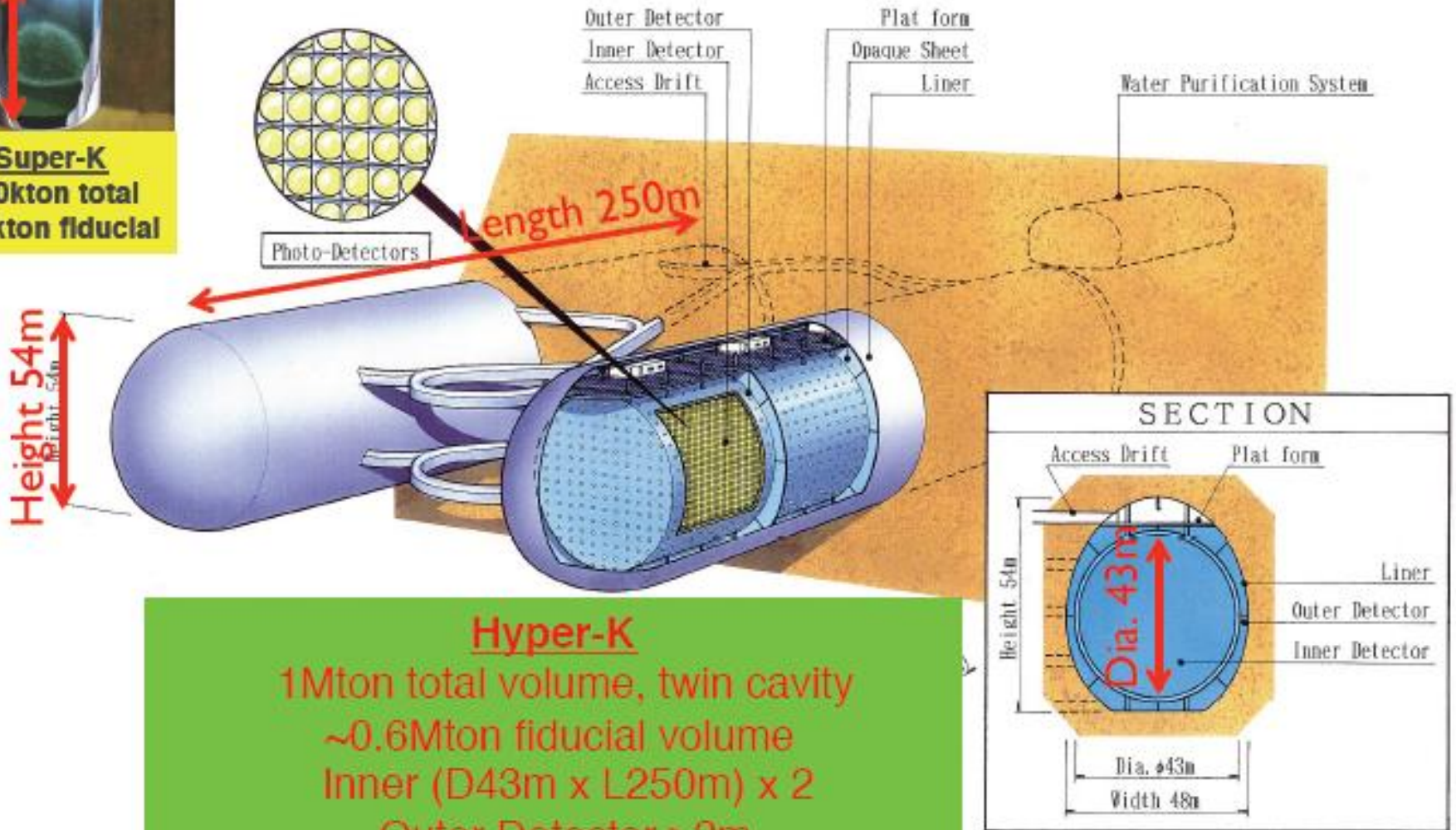
 Scintillating fiber camera
(1~2mm fiber)

Idea (2011?) → Realization/Operation 2016?~

Schematic View of the Hyper-Kamiokande



Super-K
50kton total
22kton fiducial



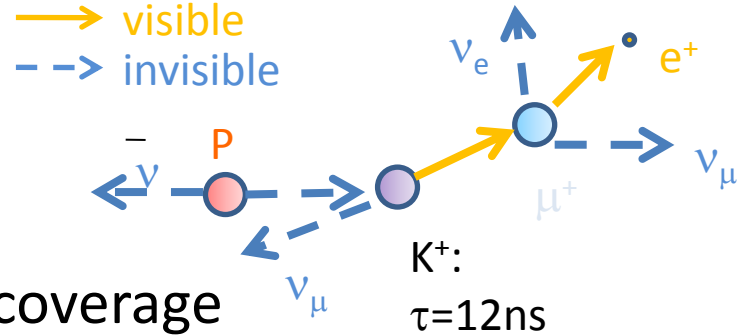
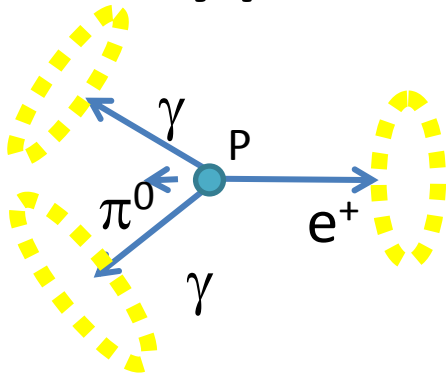
Hyper-K
1Mton total volume, twin cavity
~0.6Mton fiducial volume
Inner (D43m x L250m) x 2
Outer Detector >2m
Photo coverage 20% (1/2 x SK) or less?

Hyper-Kamiokandeで何ができるの？

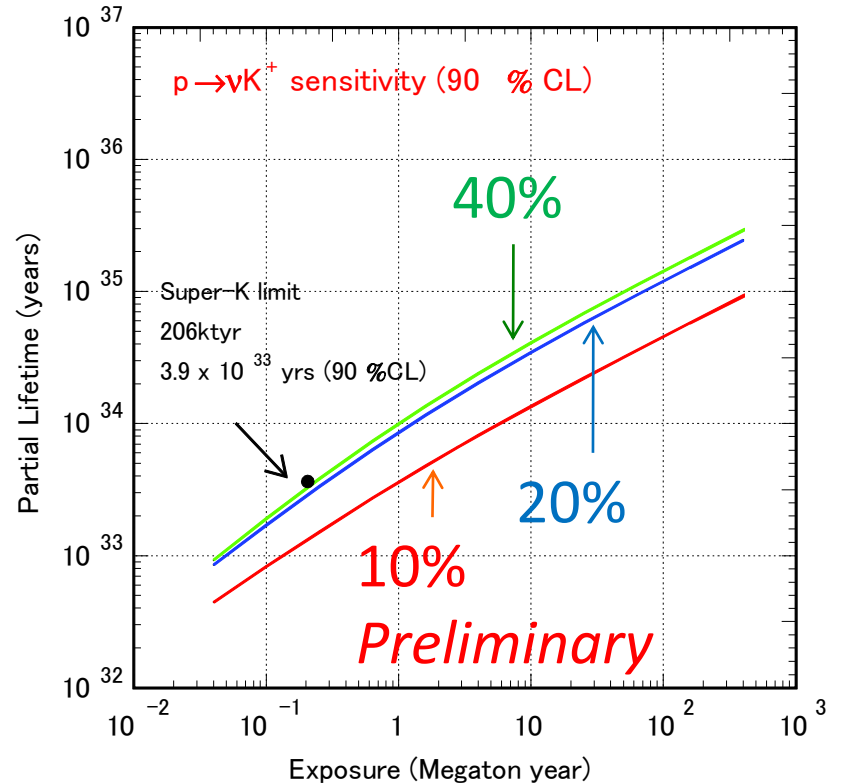
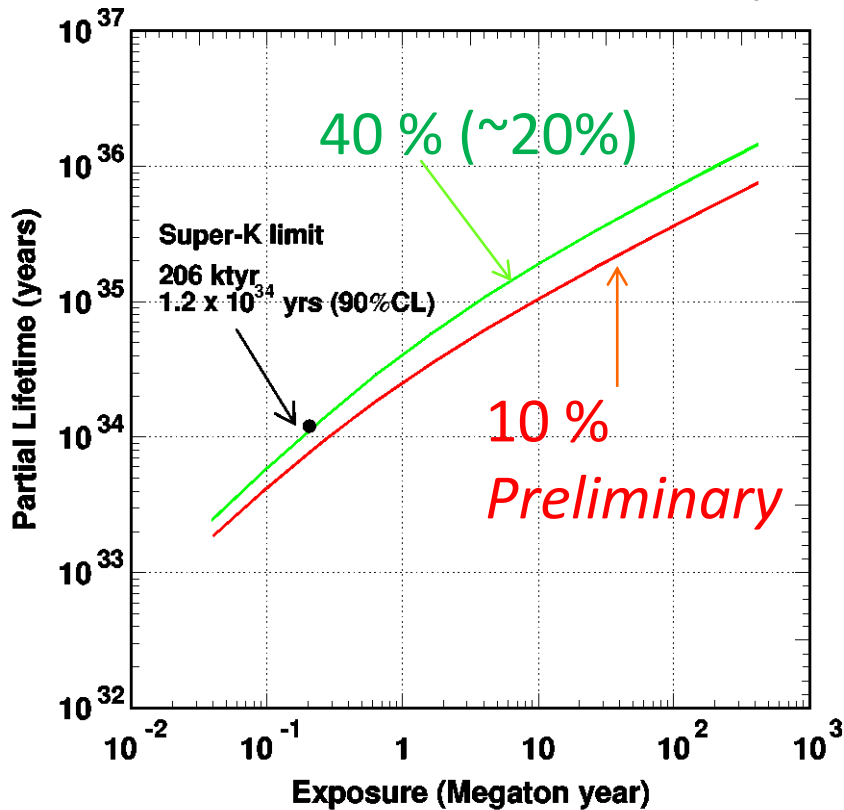
- 陽子崩壊の探索
- **加速器 ν 実験**
- 大気 ν 測定
- 太陽 ν 測定
- **Supernova ν 測定**
 - Supernova burst ν , supernova relic ν
- Astrophysics (池田君がまとめ中)
 - Solar flare, Gamma ray burst, Indirect dark matter search, Inner galaxy diffuse ν

-> 現在LOIを準備中

Hyper-K: 陽子崩壊探索



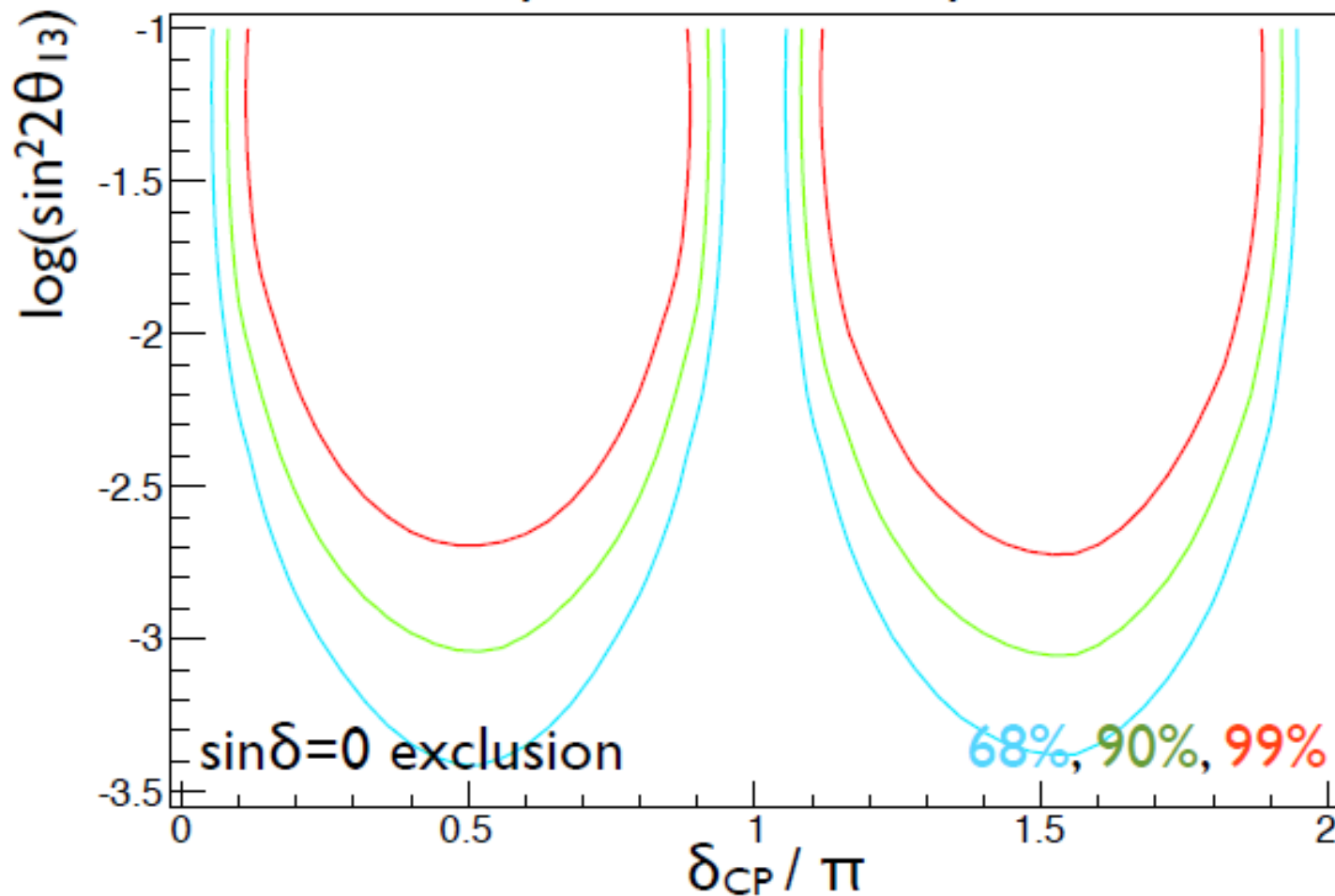
% \neq photo coverage



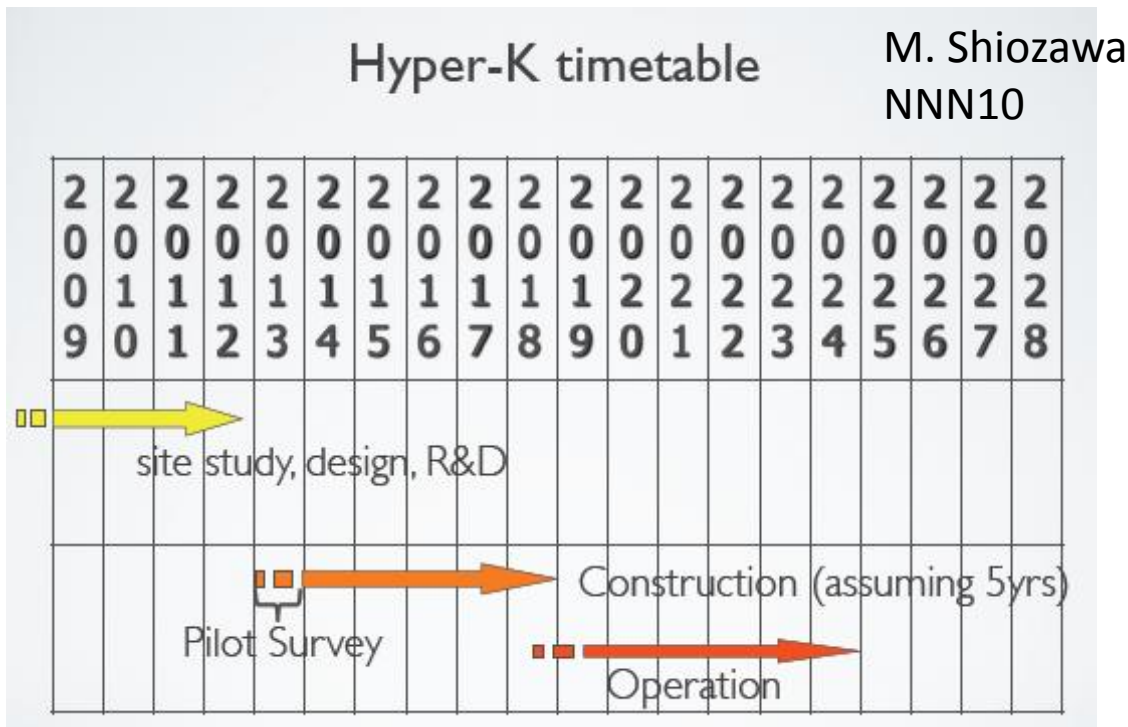
J-PARC(1.66MW) + Hyper-K

Discovery potential of CP asymmetry

ν run 1.5 year + $\bar{\nu}$ run 3.5 year Normal Hierarchy



Hyper-Kのスケジュール案



- Design, R&Dを早急に進める必要がある
- 京都はPhoto sensorとFront-end electronicsのR&Dを進める

Hyper-Kのphoto sensorの候補

研究・開発の必要な項目(の主なもの)のまとめ

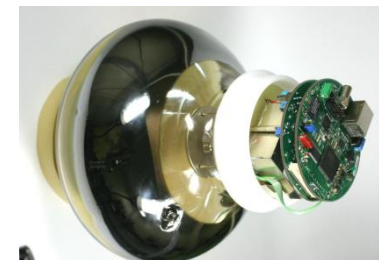
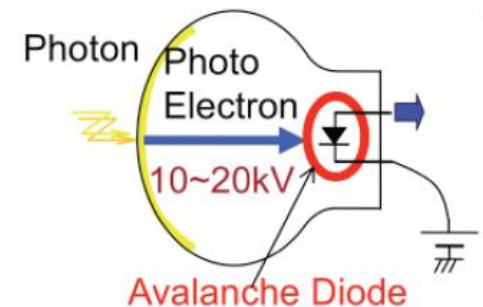
早戸さんのトラペ
HK WG meeting

1) Traditional (ふつうの) PMT

- 10 ~ 13 inch. High QE (~40%) の PMT の開発
(Dark noise をあまり高くしないこと)
- 防爆ケースの必要性確認
必要ならケースの設計・製作

2) Hybrid PMT

- 10 ~ 13 inch. Hybrid PMT の開発
- 内蔵する高圧回路の寿命確認
- AD変換部の設計、寿命確認
- 防爆ケースの必要性確認
必要ならケースの設計・製作
- 水中でのテスト

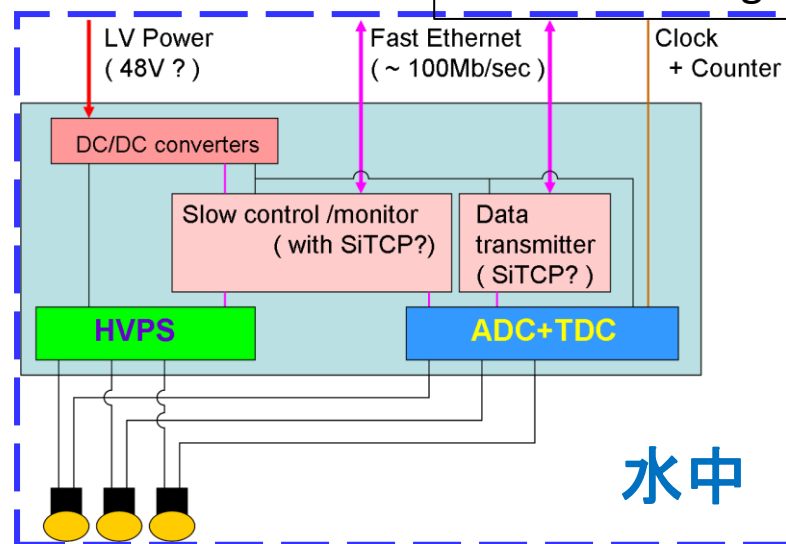


Hyper-KのFront-end electronics

早戸さんのトラペ
HK WG meeting

水中用 Front end module の 開発事項

- ケーブルの導入方法
水中用コネクタ
- 耐圧防水ケース
防爆対策も必要か？
- 熱設計
ケースを通して水中に
放熱するしかない



- データおよびタイミング信号を光ファイバーで集約するか?
耐(水)圧のネットワークケーブルは高いらしい
 - こわれにくい HVモジュールの選定(開発?)
 - HV制御、電圧モニターの開発
 - HVPS と ADC部のノイズシールド
 - ADC/TDC の開発
- などなど

☆ Hybrid PMT で HV や ADC/TDC を PMT に内蔵する場合、
LV供給とデータ集約を行うモジュールになるか？

ニュートリノグループの今とこれから

T2K



~750kW



50kt

If we find a finite θ_{13} ..

ニュートリノグループの今とこれから

T2K Power up!!!



~750kW



50kt

If we find a finite θ_{13} ..

ニュートリノグループの今とこれから

T2K

Power up!!!



~750kW

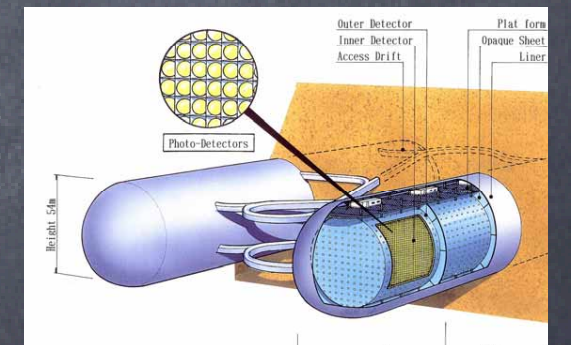


50kt

T2K



~1.7MW



1 Mt

If we find a finite θ_{13} ..

Powerful ν μ sources and detectors
for CPV search

ニュートリノグループの今とこれから

T2K

新しい世界が君たち
を待っている!!!

本グループを卒業された中島さん

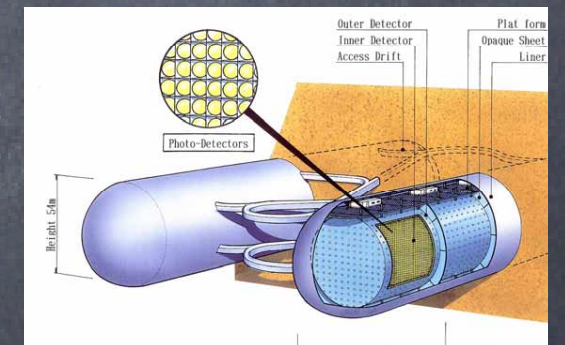


50kt

te θ 13..



~1.7MW



1Mt

Powerful ν μ sources and detectors
for CPV search

新M1の皆さんへ

- 京都ニュートリノの学生・スタッフはT2K実験の中でも超重要な役割を担っています
- 大変だけど見返りも大きい、そんなやりがいのある仕事がたくさん出来ます。
 - 現在は地震被害からの復旧作業に向けて頑張っています。
- 最先端の実験で最前線で一緒に研究しよう！

ニュートリノGの今後のスケジュール

- ND280-J meeting
 - 毎週火曜（14:00-）、302号室にて
 - 日本人ら（京大、東大、神戸大、大阪市立大、KEK）によるビデオ会議
- T2K collaboration meeting
 - 5/16-5/21、KEKにて
 - 世界各国からT2Kのコラボレータが日本に集まり、全体会議を行う

Backup

AN EXPECTED BEAM POWER CURVES FOR RCS AND MR

★1.7MW

