

T2K実験紹介 ～ 東海編 ～

T2KのSK側はロジャーが紹介
SK, Hyper-Kも紹介

ニュートリノグループ

- ・ T2K, Super Kamiokande, Hyper-Kamiokande, AXEL およびその周辺領域

市川が予想する、スタッフの心の地図

間違っている可能性あり,正確なことは本人に聞いてください

中家

T2K, Hyper-K

SK

emulsion, NC γ

その他

市川

AXEL, T2K

SK, Hyper-K

その他

ロジャー

T2K,SK, Hyper-K

その他

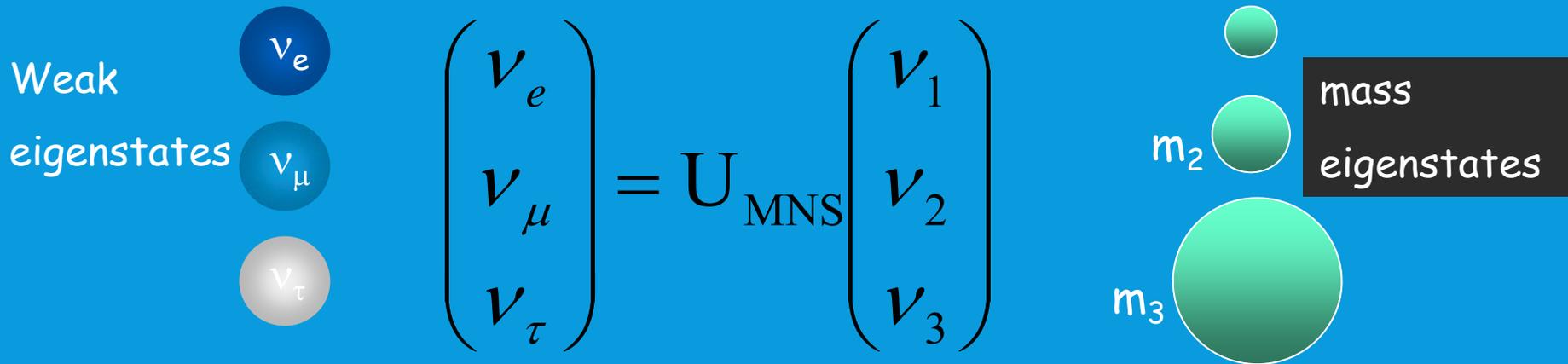
ニュートリノを巡る未解決の問題群

- ・ 混合行列の(クォークと比べて)変な特徴
- ・ (クォークと同じように)CPは破れているのか？
- ・ 本当に3種類だけか？
- ・ 物質優勢宇宙の起源？
- ・ 質量の順番(クォークと同じか？)
- ・ クォークや、荷電レプトンに比べ、なぜこんなに軽いのか？そもそも、物質の質量の起源とは？
- ・ マヨラナ粒子？
- ・ 質量の絶対値
- ・ 宇宙背景ニュートリノ

ニュートリノを巡る未解決の問題群

- ・ 混合行列の(クォークと比べて)変な特徴
- ・ (クォークと同じように)CPは破れているのか？
- ・ 本当に3種類だけか？
- ・ 物質優勢宇宙の起源？
- ・ 質量の順番(クォークと同じか？)
- ・ クォークや、荷電レプトンに比べ、なぜこんなに軽いのか？そもそも、物質の質量の起源とは？
- ・ マヨラナ粒子？
- ・ 質量の絶対値
- ・ 宇宙背景ニュートリノ

混合行列



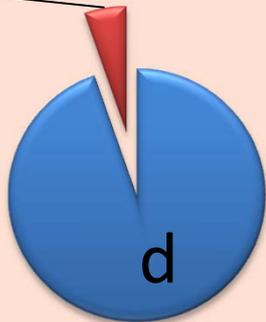
$$U_{\text{PMNS}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & +c_{23} & +s_{23} \\ 0 & -s_{23} & +c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +c_{13} & 0 & +s_{13}e^{-i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{i\delta} & 0 & +c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +c_{12} & +s_{12} & 0 \\ -s_{12} & +c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

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

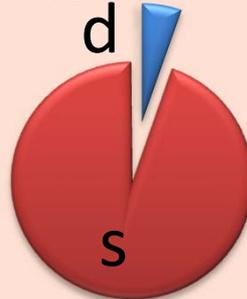
$\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{13}$
 + δ (+2 Majorana phase)
 $\Delta m_{12}, \Delta m_{23}, \Delta m_{13}$

絵にしてみると

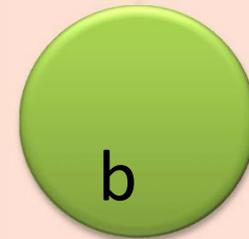
s 第1世代クオーク



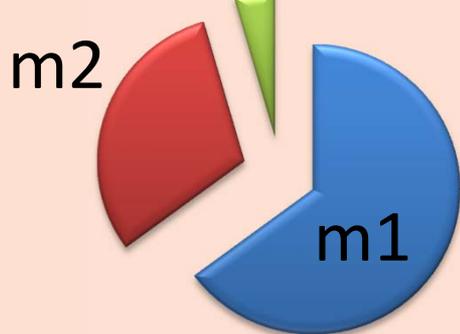
第2世代クオーク



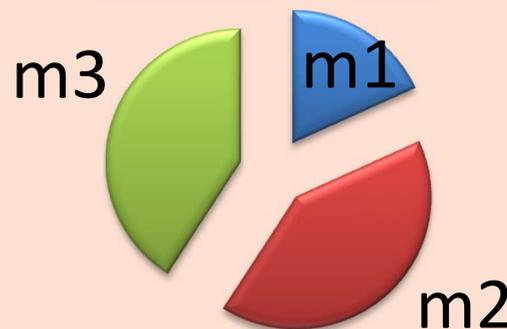
第3世代クオーク



m3 電子ニュートリノ



ミューニュートリノ



タウニュートリノ



- クォークは、ほとんど混合していない(変)
- ニュートリノは大きく混合している(変)
- 質量とフレーバーってどうやって決まったの???



ニュートリノを巡る未解決の問題群

- 混合行列の(クォークと比べて)変な特徴
- (クォークと同じように)CPは破れているのか？
- 本当に3種類だけか？
- 物質優勢宇宙の起源？
- 質量の順番(クォークと同じか？)
- クォークや、荷電レプトンに比べ、なぜこんなに軽いのか？そもそも、物質の質量の起源とは？
- マヨラナ粒子？
- 質量の絶対値
- 宇宙背景ニュートリノ

(クォークと同じように)CPは破れているか？

3x3のユニタリ行列は、複素位相を1個もつことができますね。

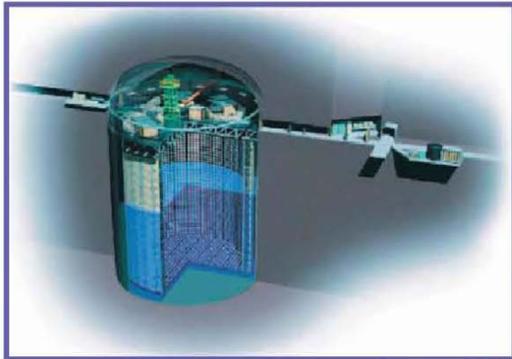
$$U_{\text{PMNS}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & +c_{23} & +s_{23} \\ 0 & -s_{23} & +c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +c_{13} & 0 & +s_{13}e^{-i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{i\delta} & 0 & +c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +c_{12} & +s_{12} & 0 \\ -s_{12} & +c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

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

CKM (quark sector) $\delta \sim 60^\circ$

これ以外のCPの破れは、いまだかつて見つかっていない。が、物質優勢宇宙を理解するためには、CKM以外のCPVが必要。

T2K (TOKAI TO KAMIOKA) 実験



Super-Kamiokande
(ICRR, Univ. Tokyo)



ニュートリノ振動とは、何か？については、例えば
http://www.scphys.kyoto-u.ac.jp/news/public_lecture_data/shimin2016/ichikawa.pdf

J-PARC Main Ring
(KEK-JAEA, Tokai)



J-PARCで(反)ミューオンニュートリノビームを作る。
 前置検出器で性質を測っておく。
 スーパーカミオカンデでニュートリノ振動の効果を見る。

スーパーカミオカンデ

前置検出器

J-PARC



T2K実験の最新結果と今後

- ・ 2010年実験開始。
- ・ 2016年、CPが破れている可能性 90%
 - ・ ここまで長かったか、あともう一息???
- ・ 2026年までに 3σ でCPの破れを見つけることを目標に
 - ・ 統計を増やす (加速器、ビームライン、解析で頑張る)
 - ・ 系統誤差を小さくする
 - ・ 前置検出器でもっとちゃんとニュートリノと原子核の反応を理解する、など。
- ・ 京大東海班はビームラインを支えるとともに、前置検出器アップグレードの主力部隊になっていくのが大事だと思う。

新M1のT2Kへの取り組み方(東海編) 今走っているプロジェクトを例に紹介

が、時間が足りないと思うので、今日は駆け足で。

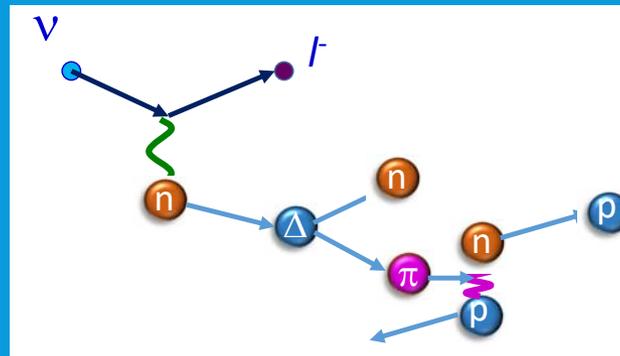
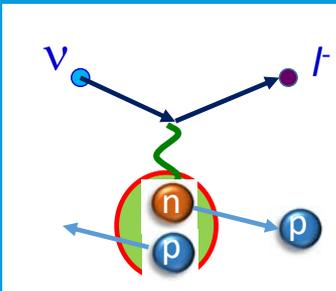
実際に何をやるのかは、別途、スタッフの所(中家、ロジャー、市川)まで話を聞きにきてください。すぐに個別のプロジェクトを選ぶ、というものではない。

博士課程の最後に取り組む振動解析関連の活動は、本日は割愛

(以下、1枚だけ中家さんの作ったスライドが混じっています。先輩は、どれかあてて、楽しもう)

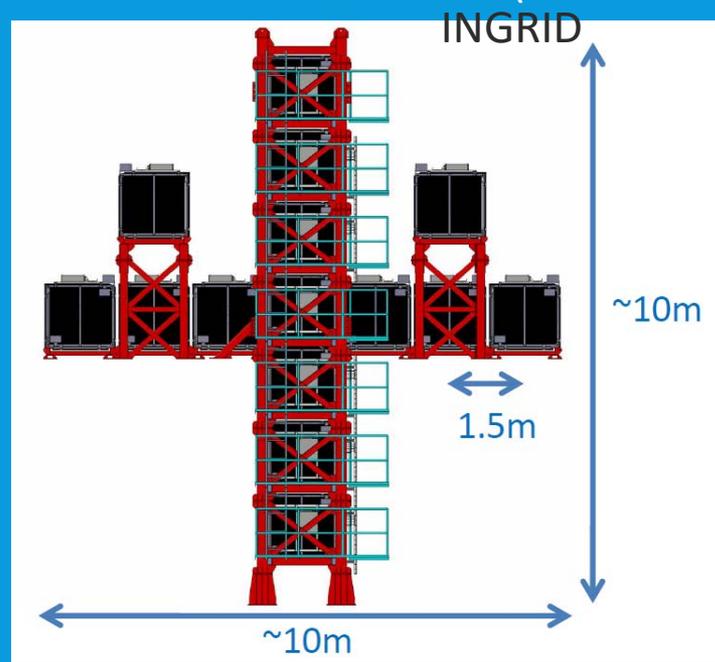
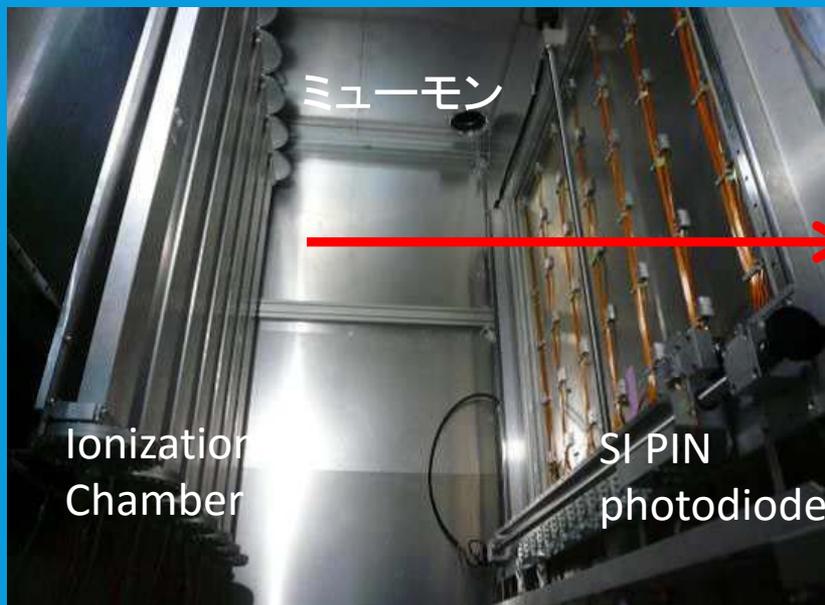
エマルジョン+水標的(+シンチファイバー) 測定器によるニュートリノ反応測定

- ・ 水とエマルジョン(+シンチレーティングファイバートラッカー+ミュオン検出器)で、ニュートリノ反応から出る全粒子を測る。
 - ・ 2017年秋: J-PARCニュートリノ施設で最初の物理ラン
 - ・ 2018年: 大質量にして、より高統計・高精度の測定へ
 - ・ 2020年頃: (思案中) 前置ニュートリノ測定器の磁石(+電磁カロリメータ中)に入れて、全粒子(荷電粒子+中世粒子)の測定+高精度運動量測定+PIDへ
- ・ 平本+エマルジョン屋さん



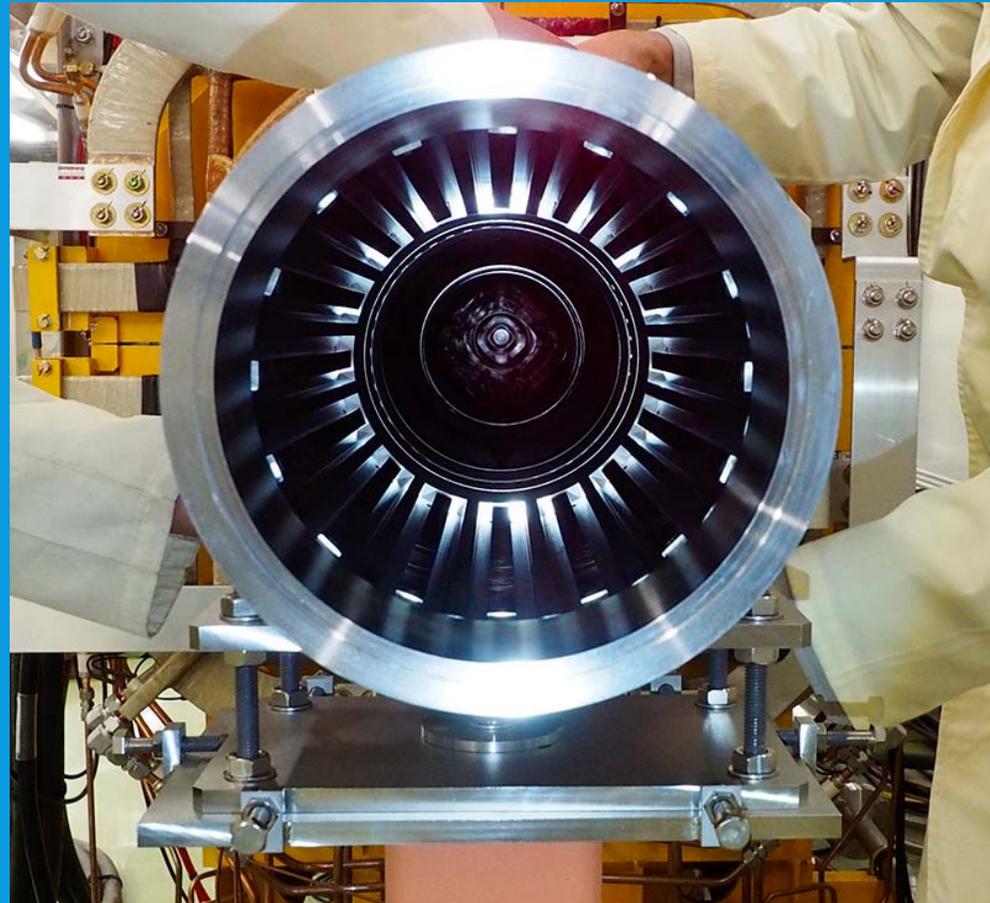
ミューオンモニターまたは ニュートリノビームモニター

- ・ 295km先のスーパーカミオカンデに精度良くあてないといけないので、ビームの方向を測るのは大変重要。
- ・ 京大が責任を持って進めてきた。
- ・ 久保、ベンジャミン、仲村、林野、芦田、平本 他、他大学の学生さんも。
- ・ ミューモンの放射線耐性が問題になってきたので、新しい検出器を開発中 (結構、うまくいきそう)



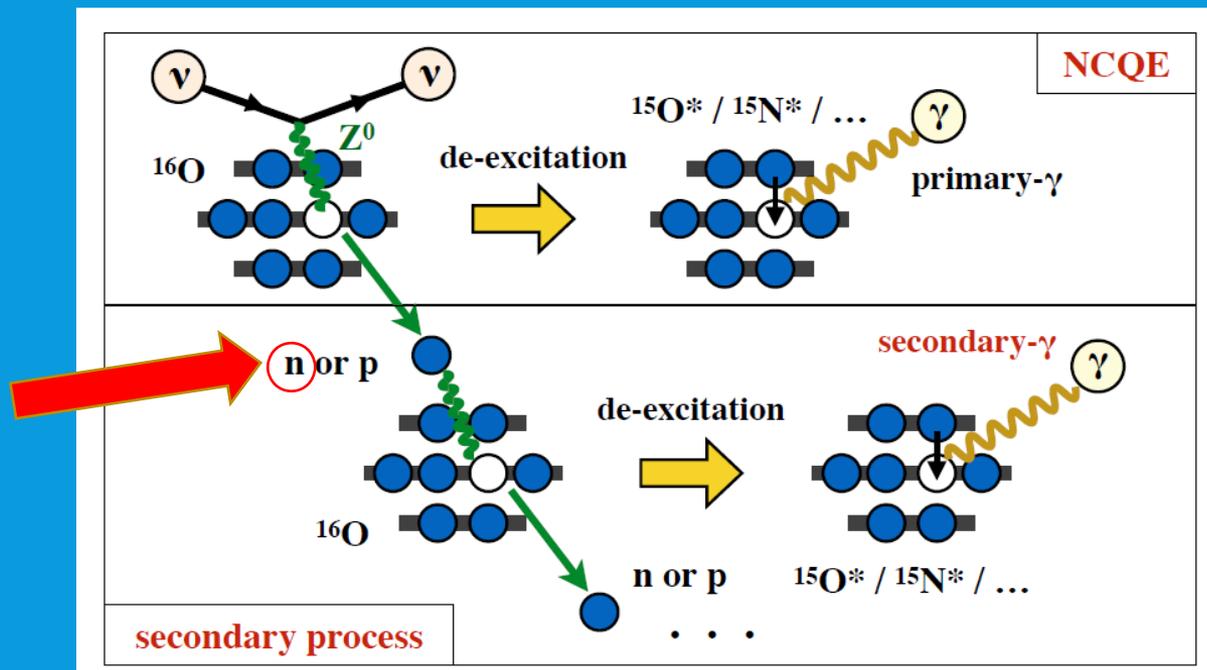
加速器モニター

- ・ ビーム強度を上げるには、加速器を回っているビームの挙動を理解しないといけない。
- ・ モニターを設計、製作、解析、フィードバックシステムの構築など。
- ・ ビーム強度増強に大きく寄与
- ・ 仲村、中西、宇野



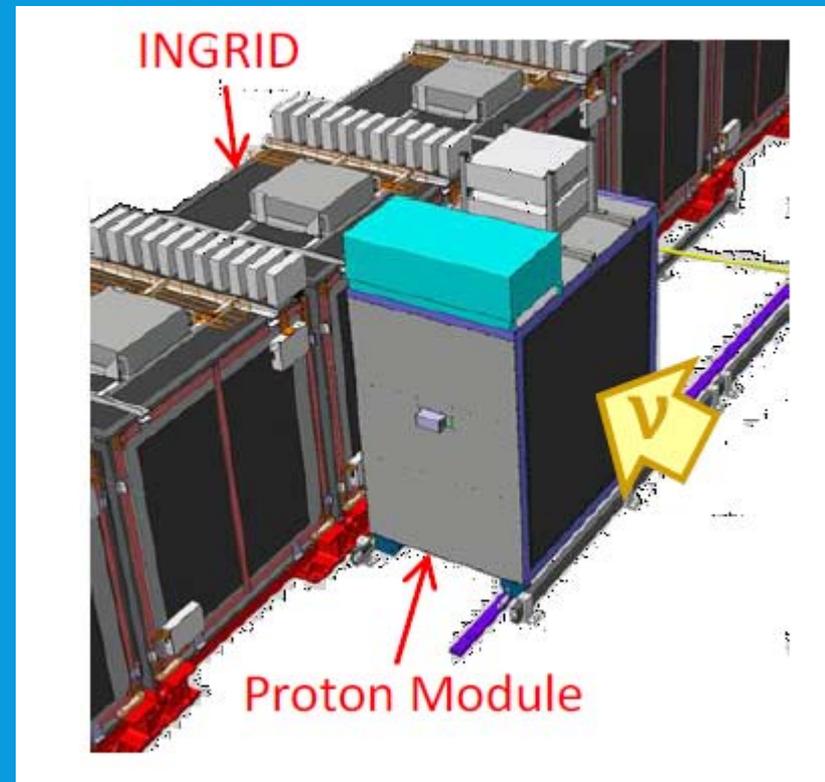
中性子と原子核の反応 ???

- ・ SKで中性カレント反応を見ることで、新しい現象を探そう。
- ・ そのためには、中性子が酸素原子核を励起してガンマ線を放出する反応を精度良くしりたい！ by 芦田君、森君+岡山大の学生さん
- ・ 幾多の失敗にめげずに、ついに測定成功？

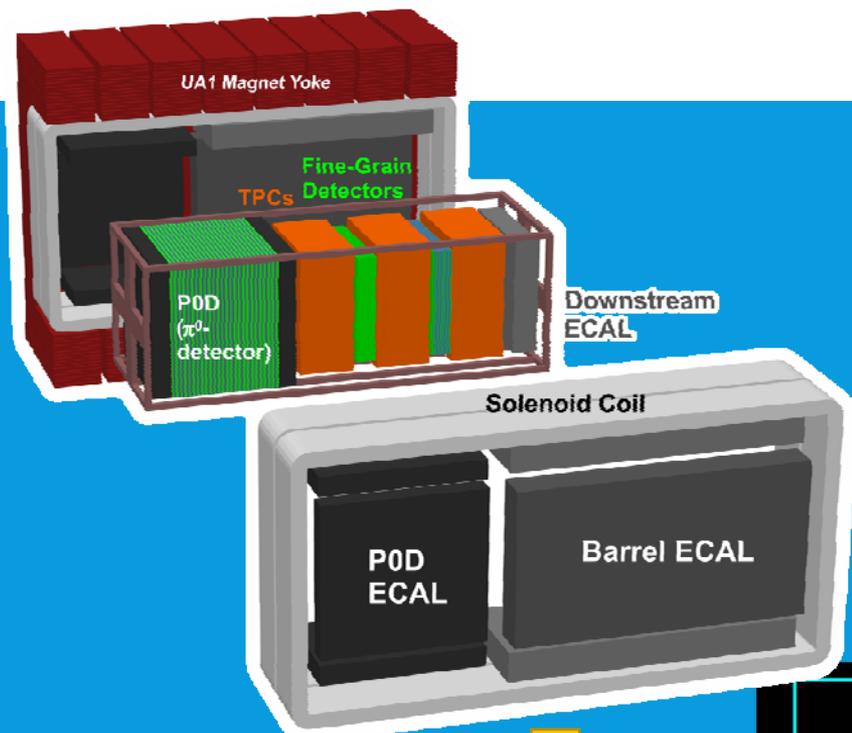


前置検出器で独自の検出器を使ってニュートリノ反応の測定

- ・ INGRIDモジュール、プロトンモジュール、Wagasciなど。
- ・ 外国主体のND280(後述)に比べて小さな検出器でたくさんの結果。
 - ・ 一人の学生が、解析のほぼ最初から最後まで
- ・ 林野、ベンジャミン、それから東大、大阪市大の学生など。



今年のイチオシ！？ 前置検出器のアップグレード



・今の前置検出器

- ・ニュートリノ反応点をFine grain plastic trackerで測り、そこから出てきた粒子はTPCで検出して運動量測定とPID。ECALで全体を囲う。

・欠点

- ・アクセプタンスが小さい(前方のみ)
- ・ ν_e 反応を測定する際に、 γ backgroundを落とすきれない。

Target TrackerとTPCを新しく作って大角度を測れる配置に。

Target : install in 2020

ここにまったく新しいコンセプトの検出器 (Thin gap gas TPC) を入れたい、という野望

ただし、これからいろんなアイデアを出し合いながら、設計をつめていく。

