

R&D of SciFi tracker for hyper FGD

東北大学 素粒子加速器実験室
修士1年 若林大貴

イントロダクション

長基線ニュートリノ振動実験

T2K実験



- J-PARCで作ったニュートリノを295km離れたSK(スーパーカミオカンデ)に向けて照射する長基線ニュートリノ振動実験
- 後置検出器であるSKと前置検出器ND280でニュートリノ振動を観測する
- ND280では振動前のニュートリノビームを測定し、フラックスや反応断面積に制限をかける

HK(ハイパーカミオカンデ)実験

- T2K実験を継承
- 後置検出器としてハイパーカミオカンデを使用

SKとHKの比較

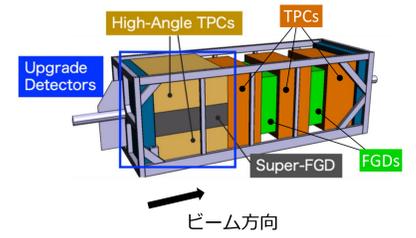
	SK	HK
有効体積[kt]	22.5	190
PMT[個]	11,146	40,000

- 前置検出器ND280のアップグレードも計画中である

ND280++へのアップグレード

前置検出器ND280の課題

- 現在は主に炭素標的(プラスチックシンチレータ)の検出器を使用している
- 水標的のSKと炭素標的のNDの違いが系統誤差となる
- アップグレードによる統計量の増加によって、この系統誤差の影響が大きくなる



解決策

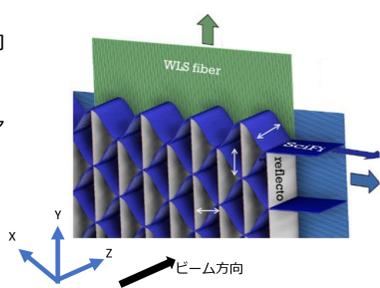
- ND280++ではHKと同じ水標的検出器の導入を計画
- 候補: SciFiトラッカー
- 課題: 水の比率を高く保ちつつ、飛跡の検出効率、粒子識別能がプラスチックシンチレータ検出器と同程度の性能を得たい

*SciFi = Scintillation Fiber

これまでのファイバートラッカー構成の遍歴

wavy config

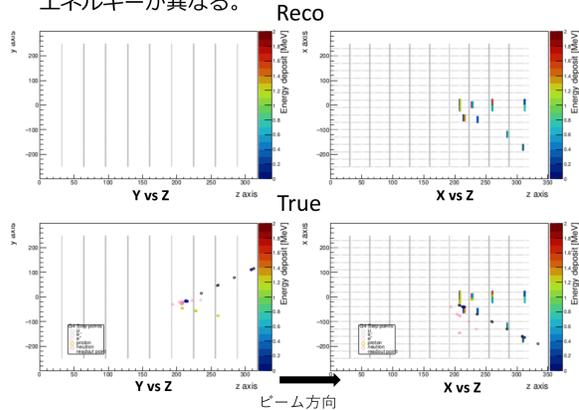
- X方向に並んだシンチレーティングファイバーとY方向に並んだWLSで読み出す



- X水平方向に並んだwavyファイバー
 - 大角度の散乱を捉える
 - ポケットのサイズは縦横5cm

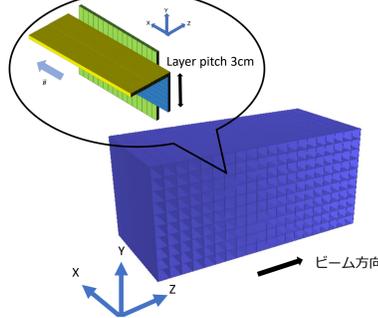
wavy config

- X方向の読み出しで12.5mmの誤差が避けられない。
- エネルギーや位置の再構成に不便
 - 入射位置と角度によって粒子がファイバーに落とすエネルギーが異なる。



grid config

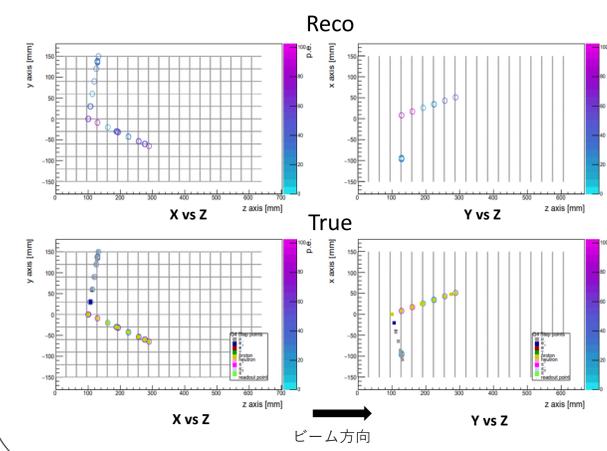
- X水平方向のwavyファイバーをストレートにした
 - どの方向においても、ファイバーにヒットさえすればファイバー(1mm角)の太さ程度の位置分解能が期待できる



- しかし、X方向にオープンな構造になっており、X方向の検出効率の悪化が懸念される

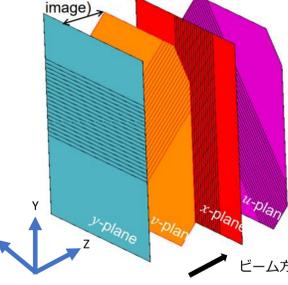
grid config

- ファイバーの太さ1mm程度の精度で位置を決定できる
- 大角度の散乱でX方向に飛ぶ粒子に対する検出効率が悪い



uv config

Layer pitch 10mm (magnified by 50 in image)



- レイヤーの種類はxyuvの4種類
- トラック再構成のアイデア
 - トラックをXZ平面とYZ平面に射影し一次関数で表わす

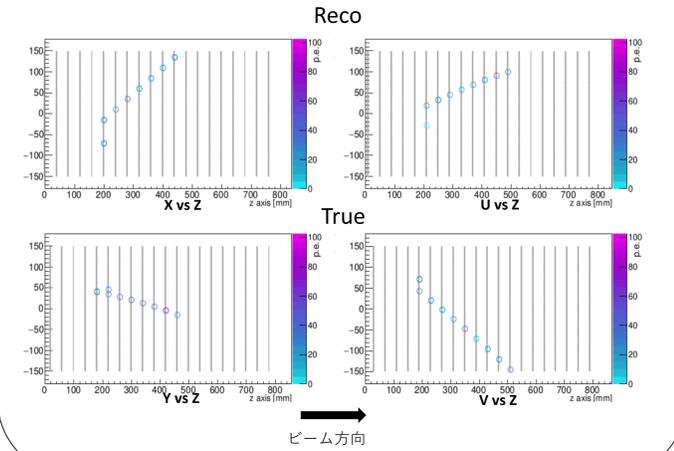
$$y = az + b$$

$$x = cz + d$$

- 4つのパラメータを決める条件は、トラックが
 - 4つのlayerを通る
 - 3つのlayerを通る & あるZで他のトラックと交わる(vertexの存在)

UV config

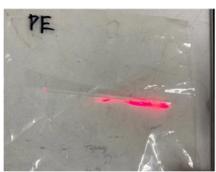
- 2方向よりも散乱の様子が見やすいが再構成に好影響かは不明
- より飛程の短い陽子(2p2hなど)は検出できるか?



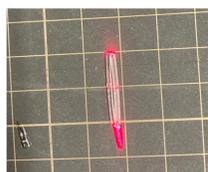
ファイバートラッカー開発に向けた熱溶着試験

なぜ熱溶着か

- 固定具、接着剤などの水以外の物を可能な限り排除したい。そこで、ファイバーの表面(クラッド)を熱で溶かす溶着方法を検討中である。
- 過去には超音波溶着機やハンダごてなどを試した。

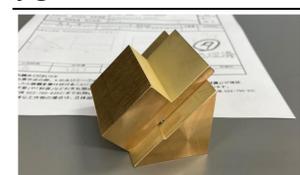


超音波溶着機による溶着



ハンダごてによる溶着

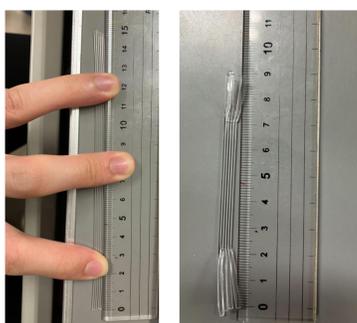
jigのコンセプト



- 採用案
 - 上下のjigでファイバーを挟み、一定の力を四方からかける
 - 必要に応じて上のjigにおもりを載せて圧力を調整する
 - (上下のjigの間に挟んだカプトンヒーターでファイバーを部分的に加熱する)
 - ヒーターのパワーが足りなかったため、jigごと恒温槽に入れてファイバー全体を加熱した

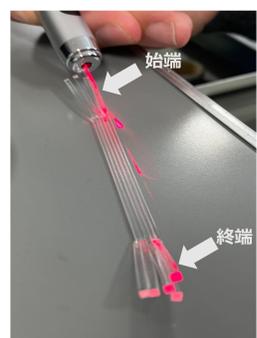
- 他に提案
 - ネジで留める、おもりをつけて張力をかける、パネで抑えるetc

120°C/15 min



- jigが無い部分のファイバーが縮んでいる?
 - jigがない部分のファイバーがわずかに太った。
 - ファイバー全体の長さが縮んでいた。

- 軽く引っ張るとファイバー同士は剥がれてしまった。(割り箸と同程度かそれ以下)



- 手持ちのレーザーポインターでクロストークの様子を調べた。右から2番目のファイバーにレーザー光を照射すると、どのファイバーも赤く光って見えた。

今後の展望

- jigのコンセプトを考え直す必要がある
 - 今のjigはファイバーを置く部分を0.05~0.1mmの精度で作って(もらって)いる。もう少し簡単なパーツに分解できるようなjigにならないか?
 - jigで抑えていない部分のファイバーが過熱によって太ってしまう。恒温槽でファイバー全体を溶着しなければ問題にならないかもしれないが、加熱しない部分も念のため加圧すべきかもしれない。
- より詳細な光漏れチェック
 - 光漏れがファイバーの太さが変わる所で起こるならば、ファイバーの加熱部分周辺を加圧することで改善が期待できる
 - そうでなければ加熱以外の方法も視野に入れなければならない