

ニュートリノビームモニター INGRIDを用いたT2K実験 ビームコミッショニング 2

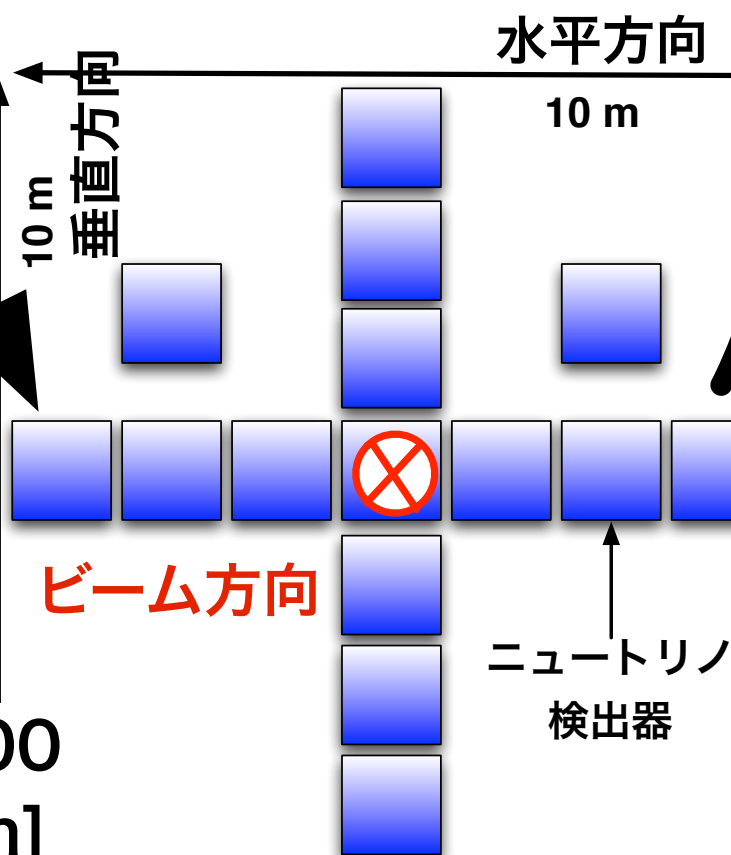
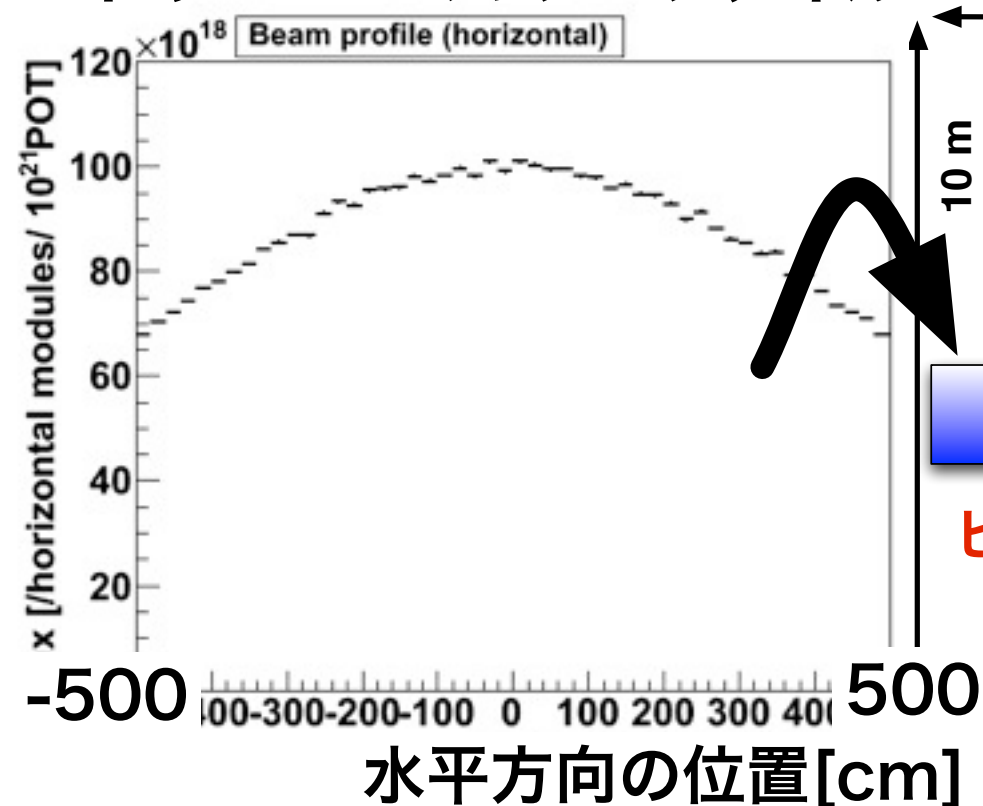
京大理, 阪市大理^A, 東大理^B, 東大宇宙線研^C, KEK^D 村上明, 松村知恵^A,
大谷将士, 南野彰宏, 家城佳, 鈴木研人, 木河達也, 高橋将太, 松岡広大,
尾崎称^A, 田代一晃^A, 清水雄輝^C, 谷本奈穂^C, 梶裕志^C, 中家剛, 市川温子,
山本和弘^A, 横山将志^B, 多田将^D

ビーム方向の測定方法

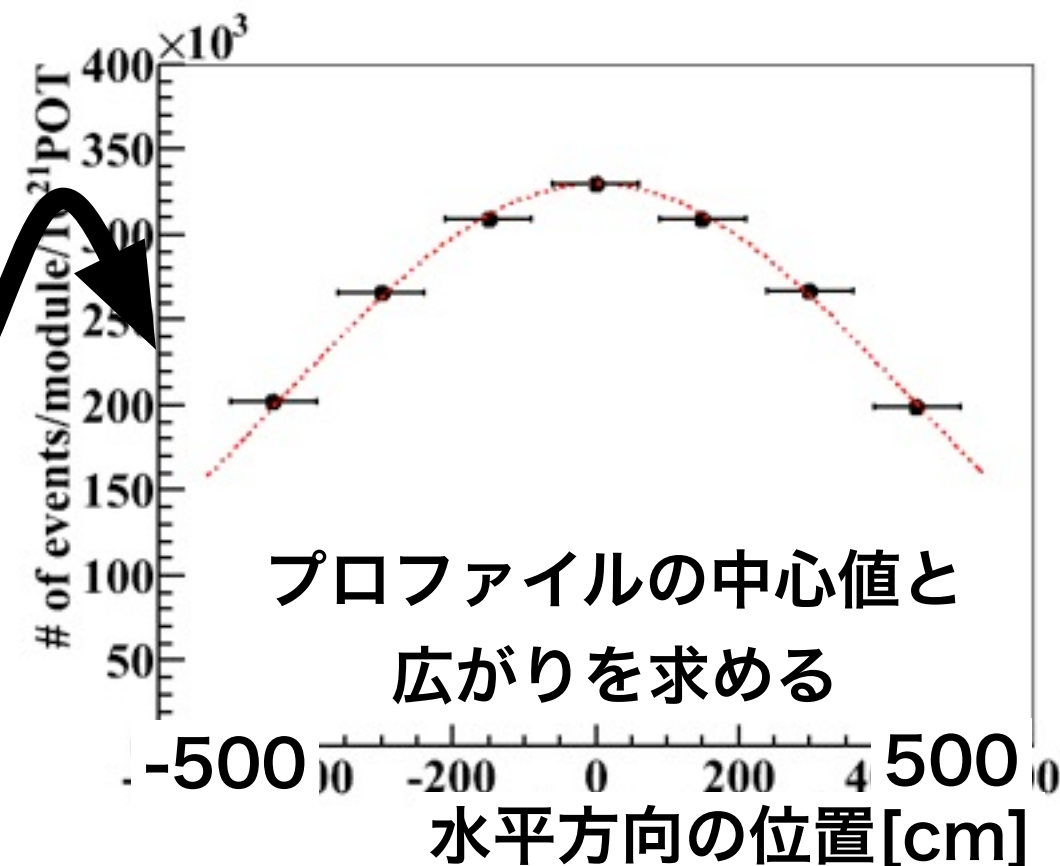
- INGRIDモジュール内で起きたニュートリノ反応数を算出
- 各モジュールでの反応数からビームプロファイルを再構成
- プロファイル中心を求めることで、ビーム方向を測定

1mrad=28cm以上の精度でビーム方向を測定

INGRIDに到達する予想ニュートリノビームのプロファイル



INGRIDモで再構成される
ニュートリノビームプロファイル



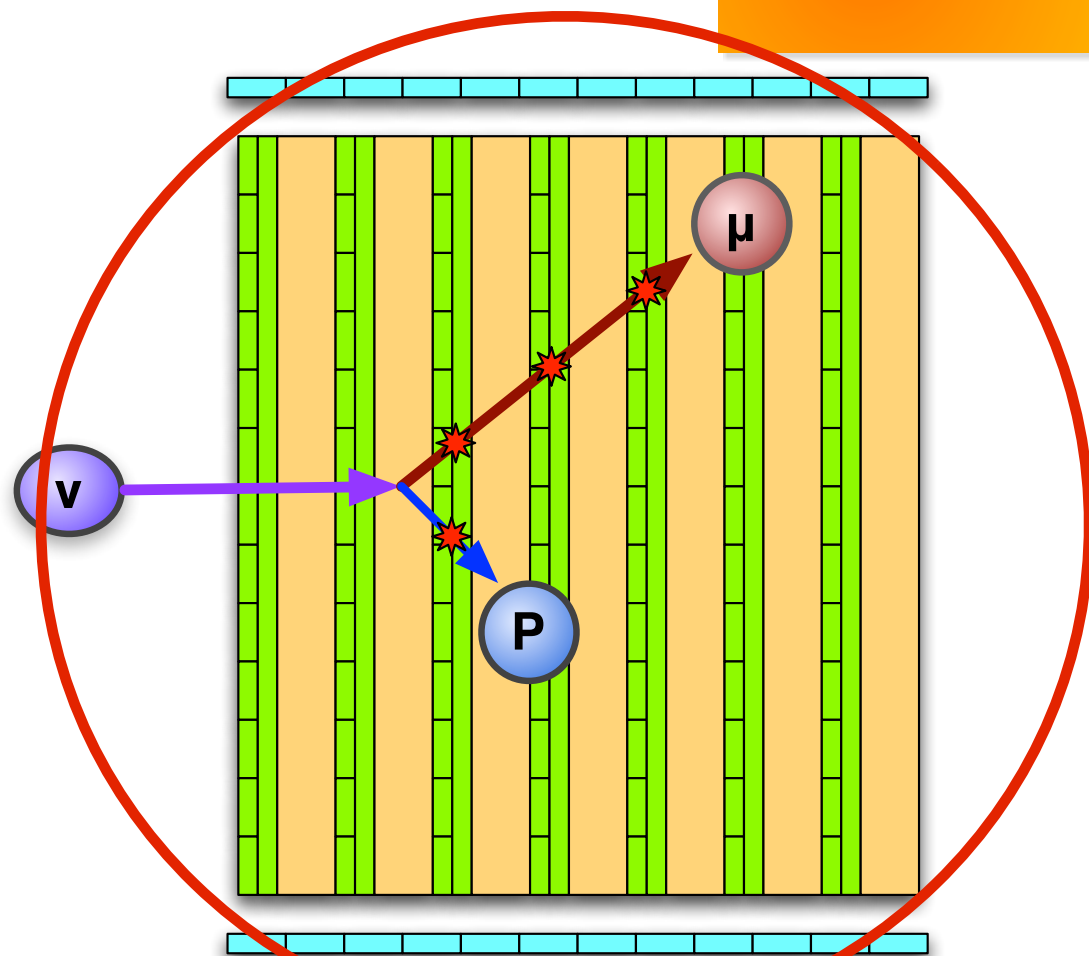
SignalとBackground

タイミングクラスター化

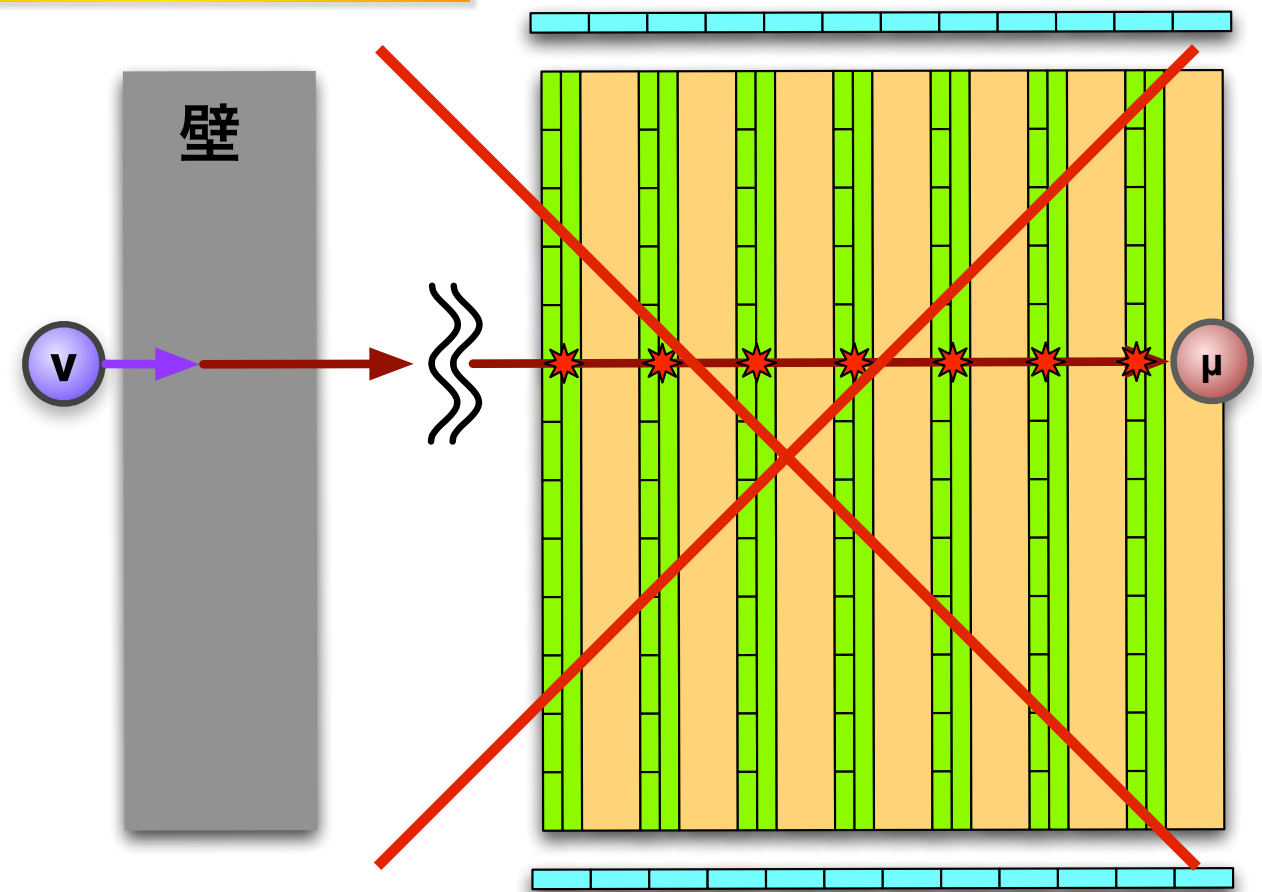
of active planes > 1, p.e./layer > 6.5



ビーム由来のイベント



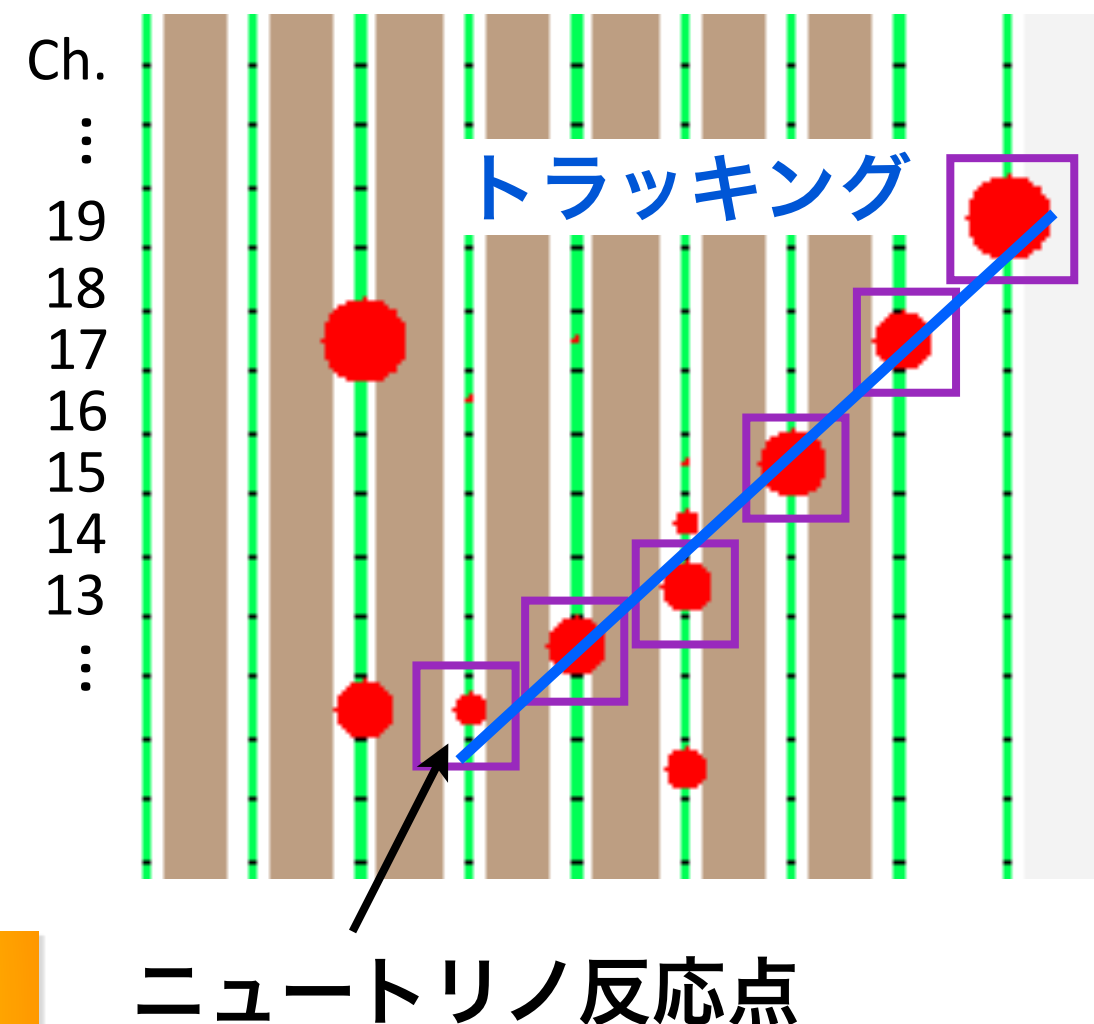
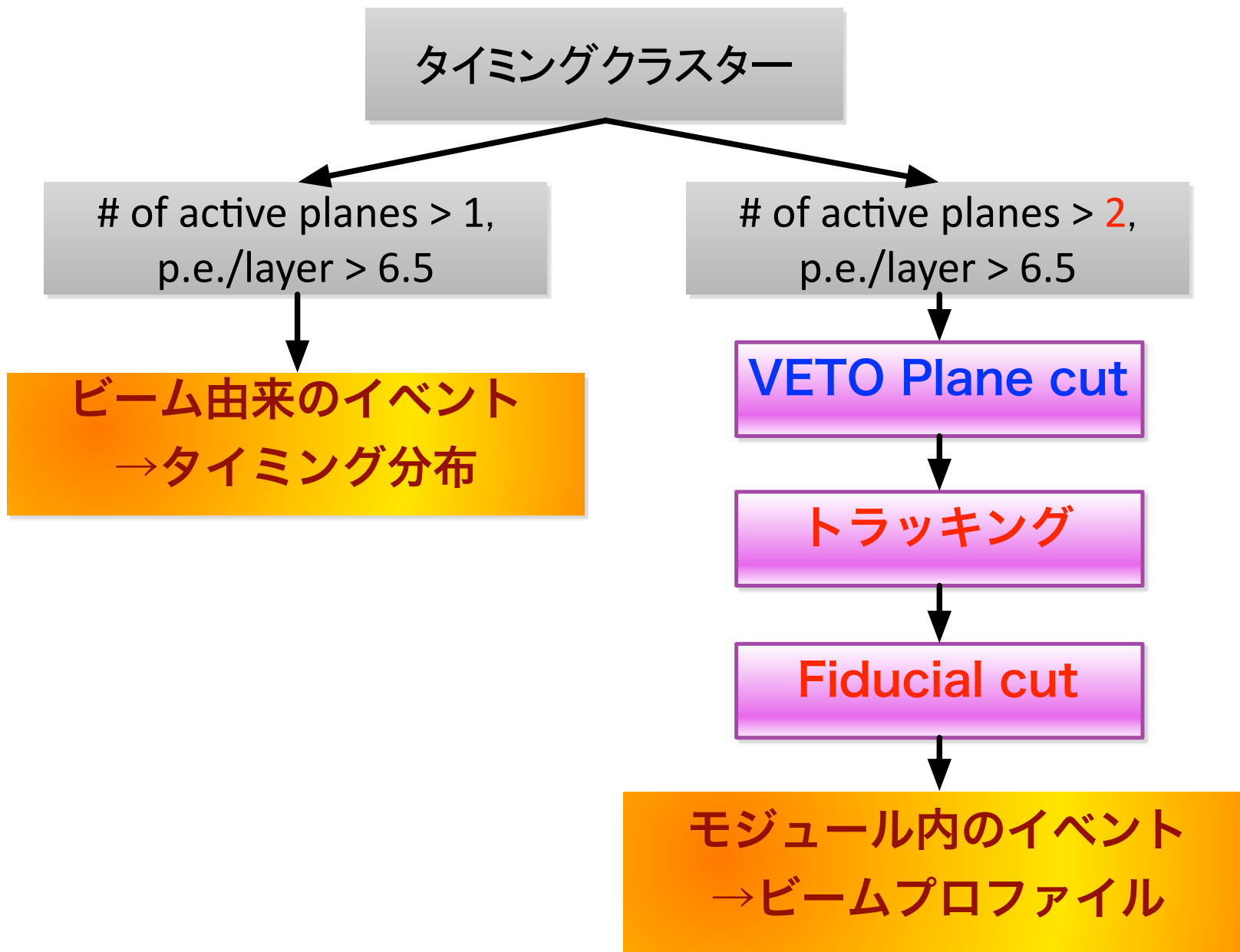
モジュール内でのニュートリノ反応



ホールの壁でのニュートリノ反応

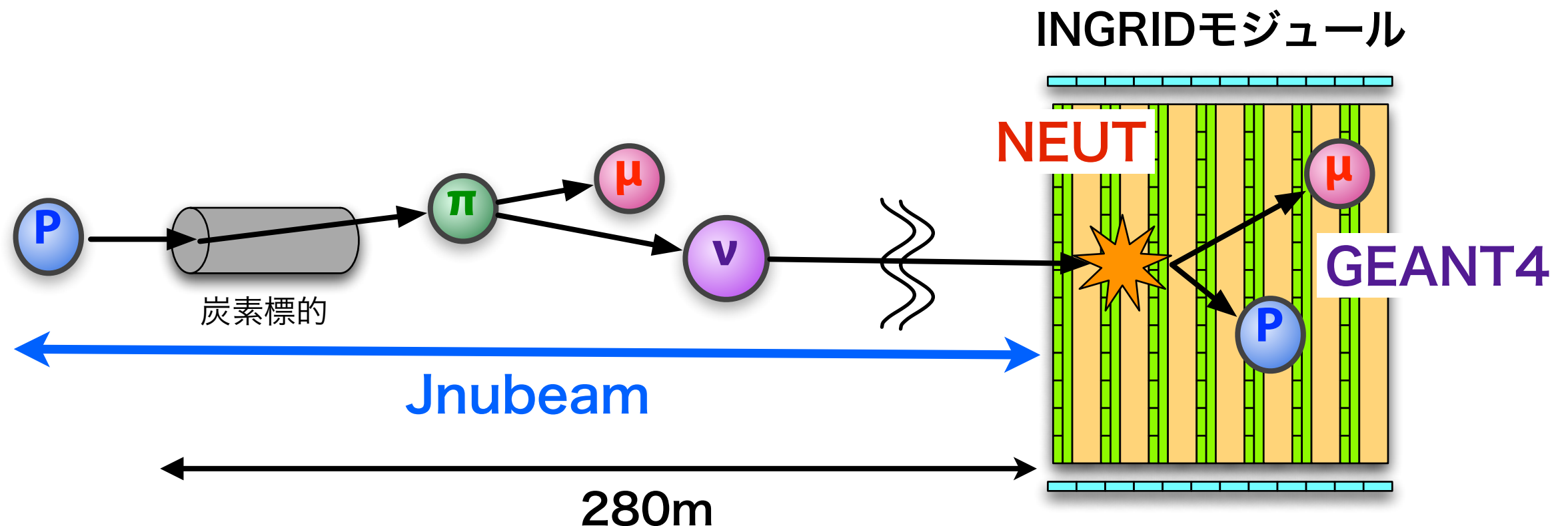
Background cut

- トラッキングを行うことで、ニュートリノの反応点を再構成。
- 再構成した反応点がモジュール内にあるものをモジュール内で起きたニュートリノ反応とする(**Fiducial Cut**)。

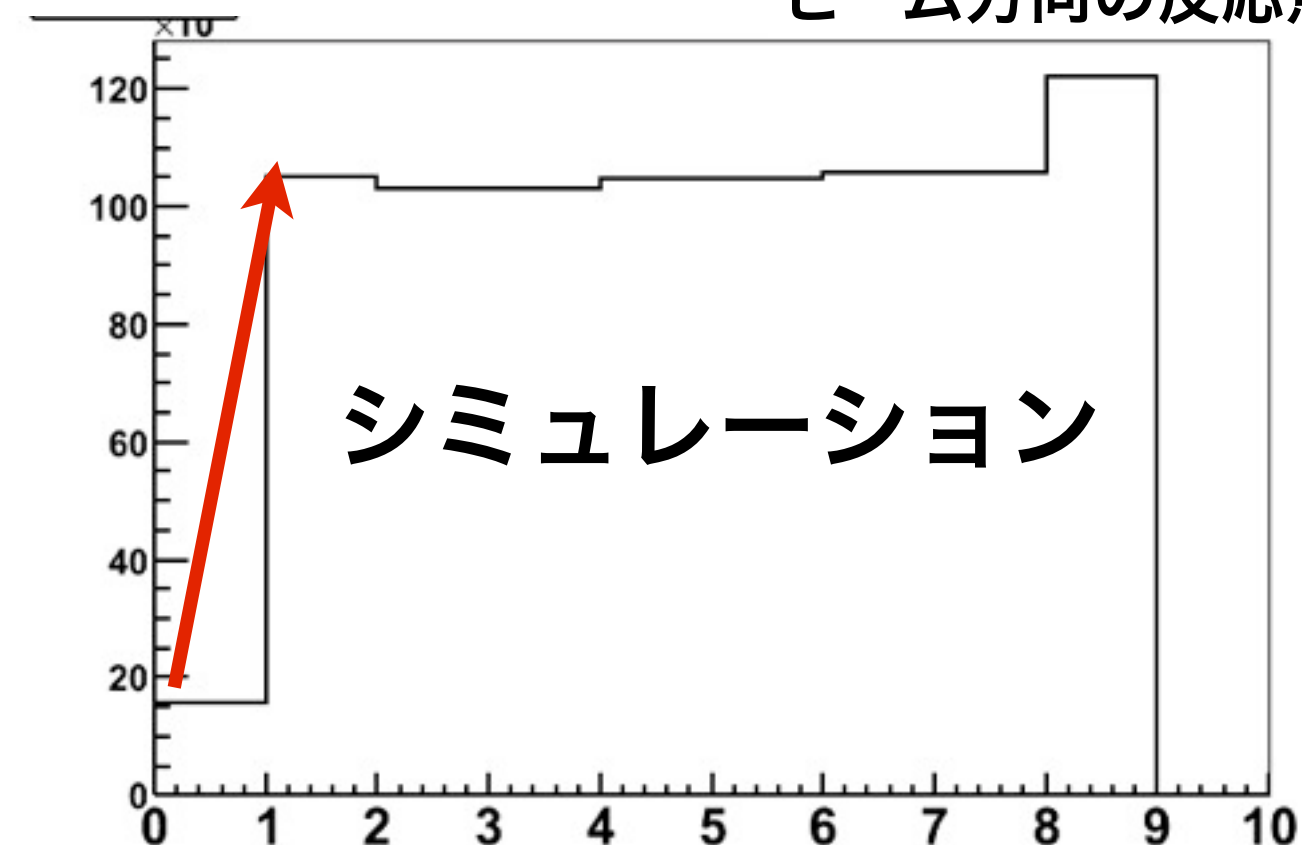
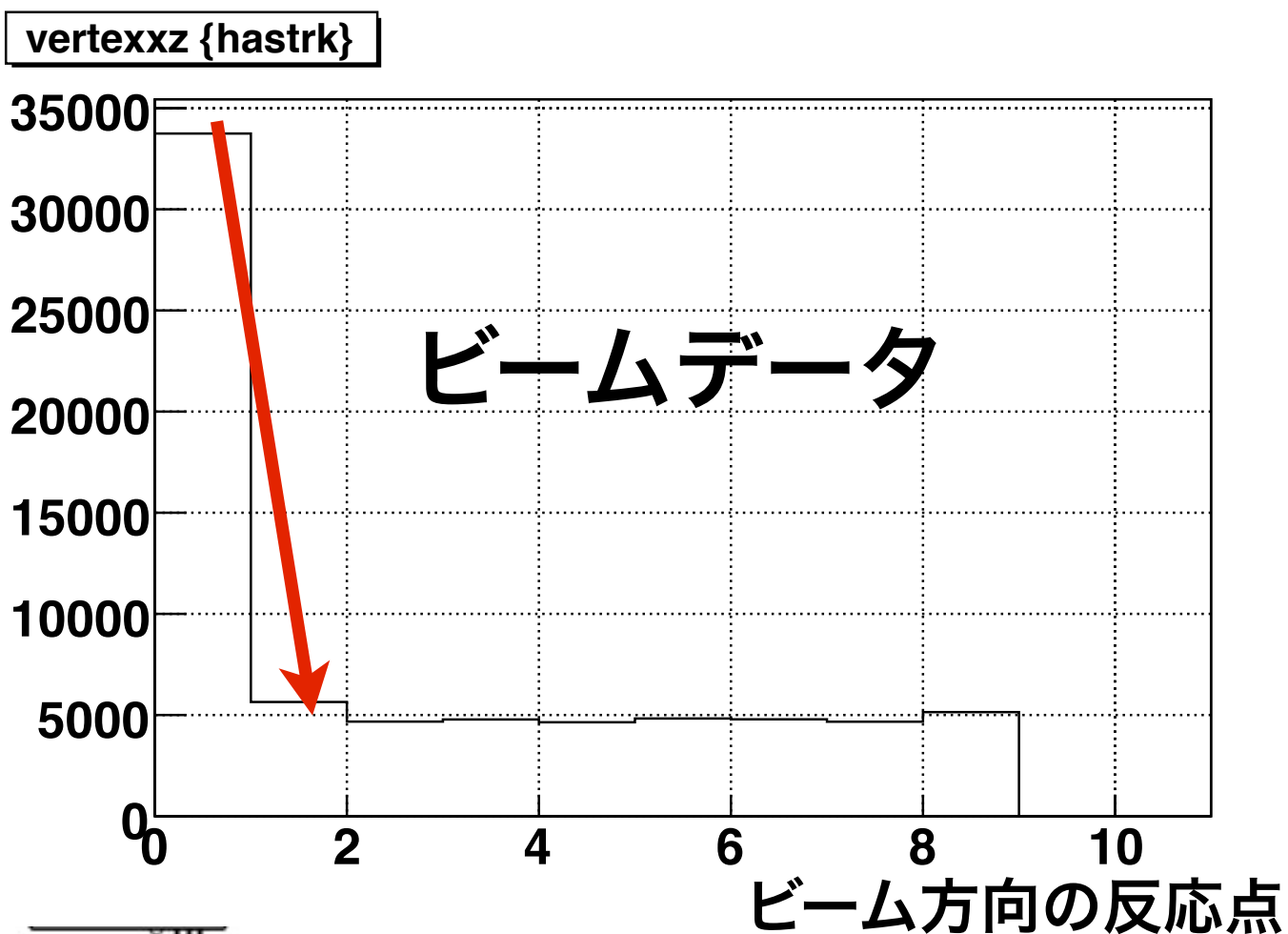


検出器シミュレーション

- INGRIDでのニュートリノ検出のシミュレーションの構成
 - ニュートリノ生成・INGRIDまでの運動：Jnubeam (GEANT3)
 - INGRIDモジュールとニュートリノの反応モデル：NEUT
 - ニュートリノ反応で生成された粒子の運動：GEANT4
- モジュール内で起きたニュートリノ反応のみを扱う。
- 壁でのニュートリノ反応は考慮していない。

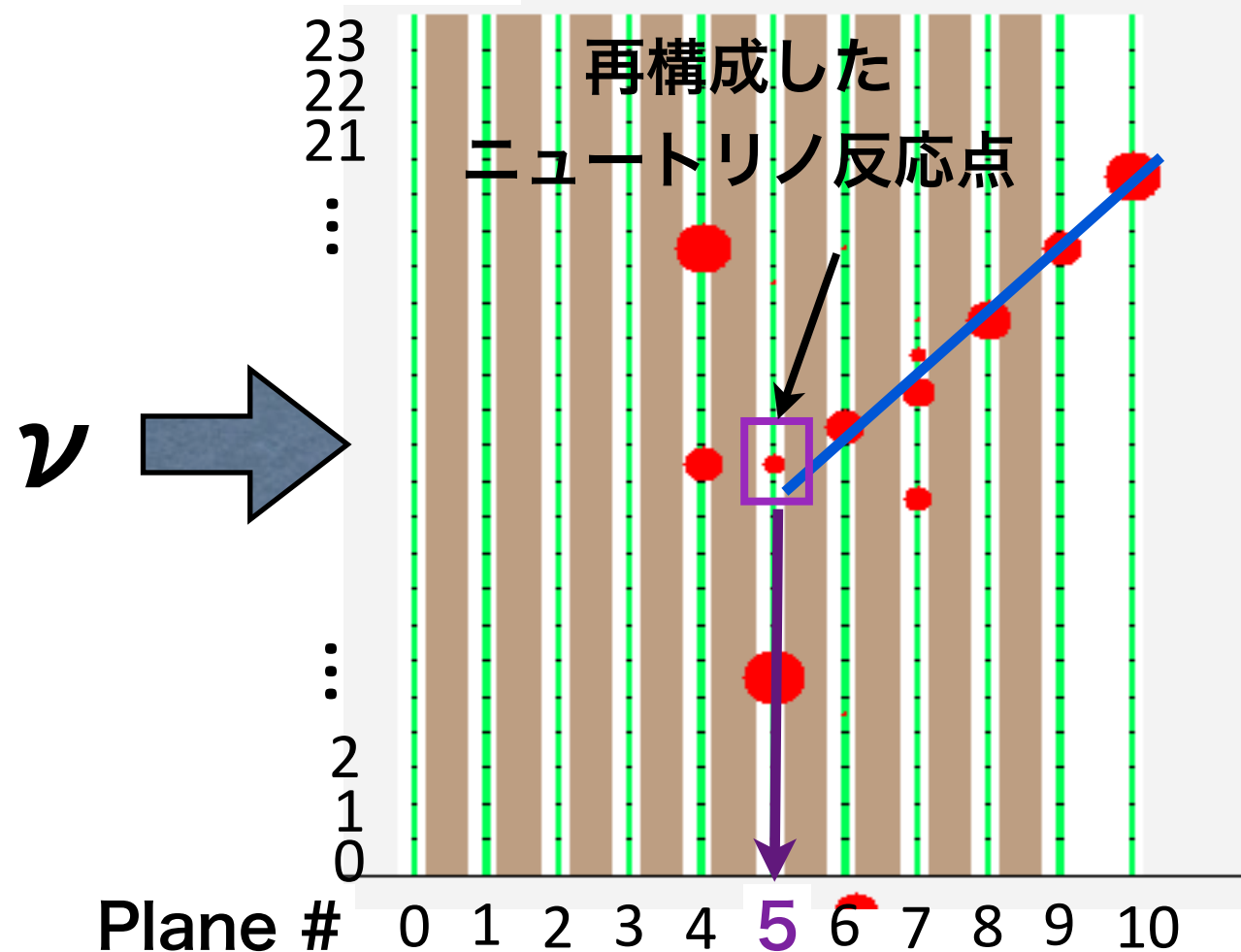


トラッキング後の反応点分布(ビーム方向)



あるビームイベントを上から見た図

horizontal Ch

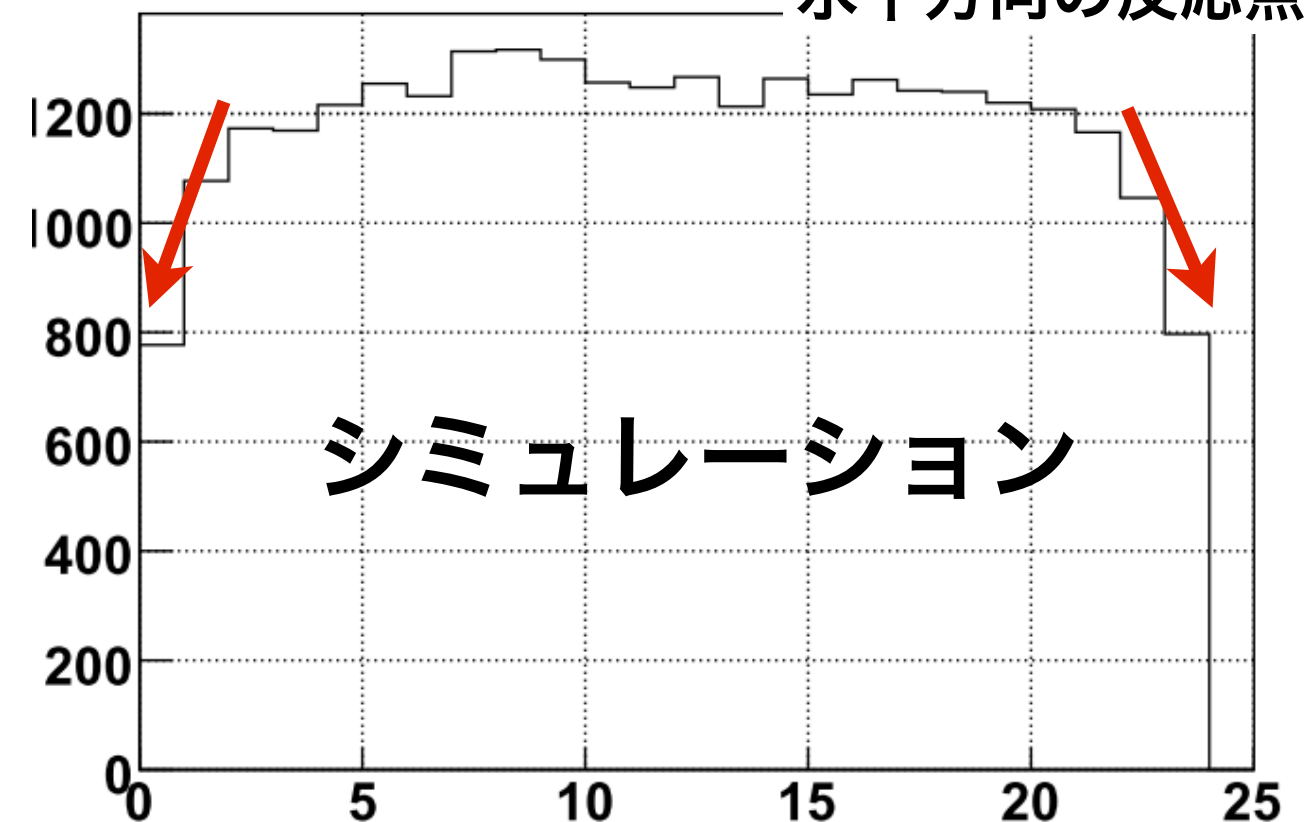
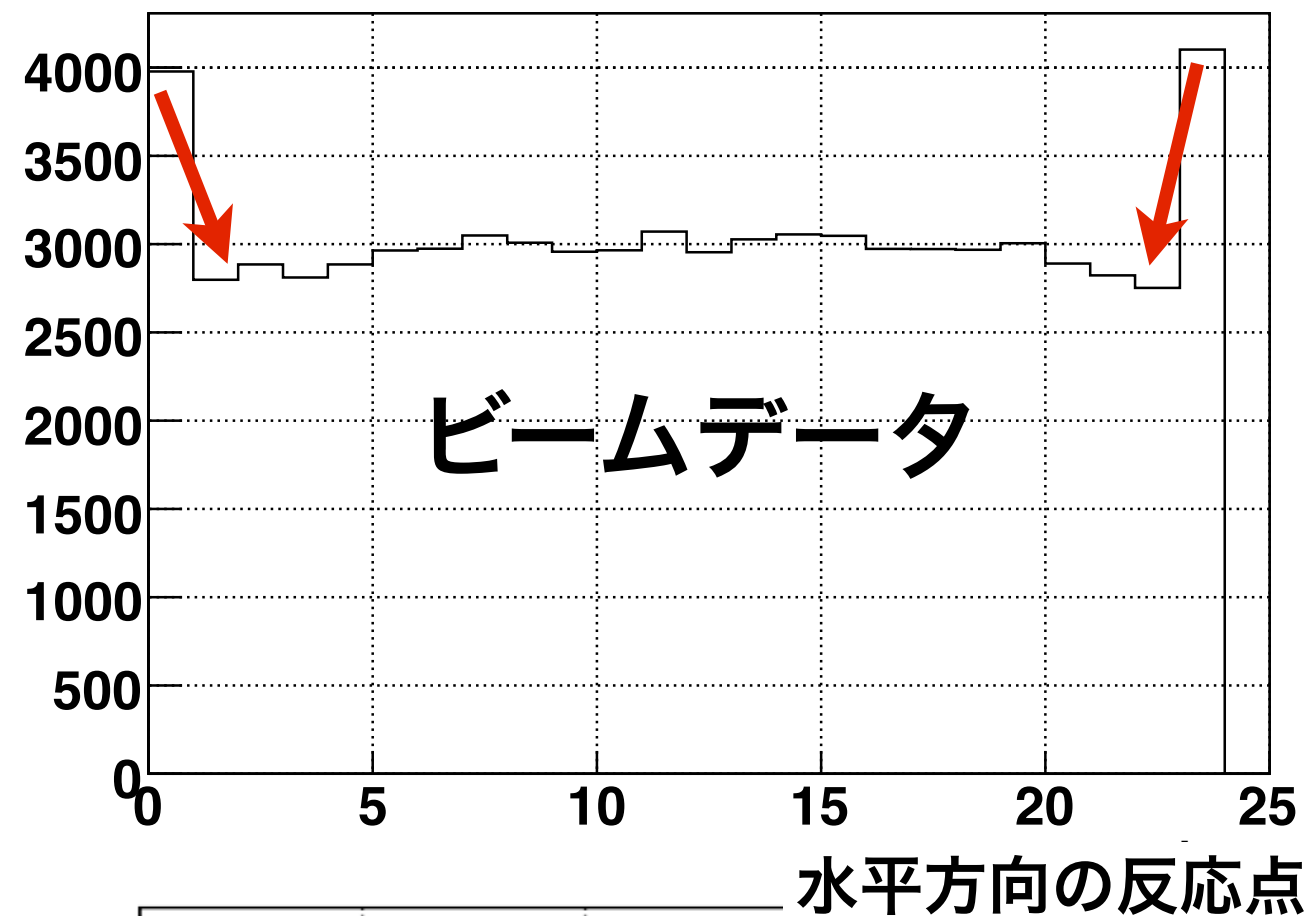


反応点のビーム方向の位置
(プレーン番号)

シミュレーションとの傾向の差
= 壁でのニュートリノ反応の寄与

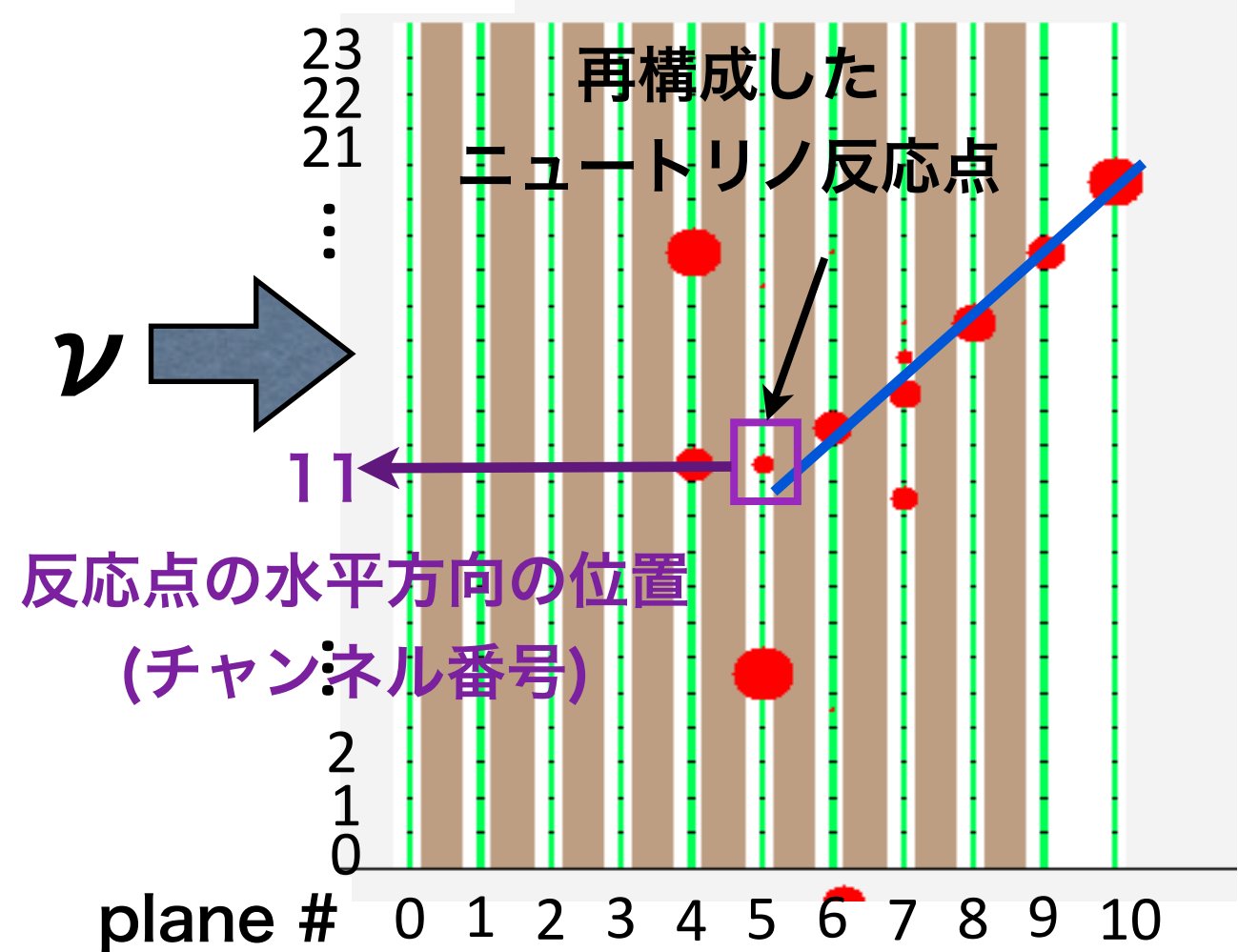
トラッキング後の反応点分布(水平方向)

vertexx {hastrk}



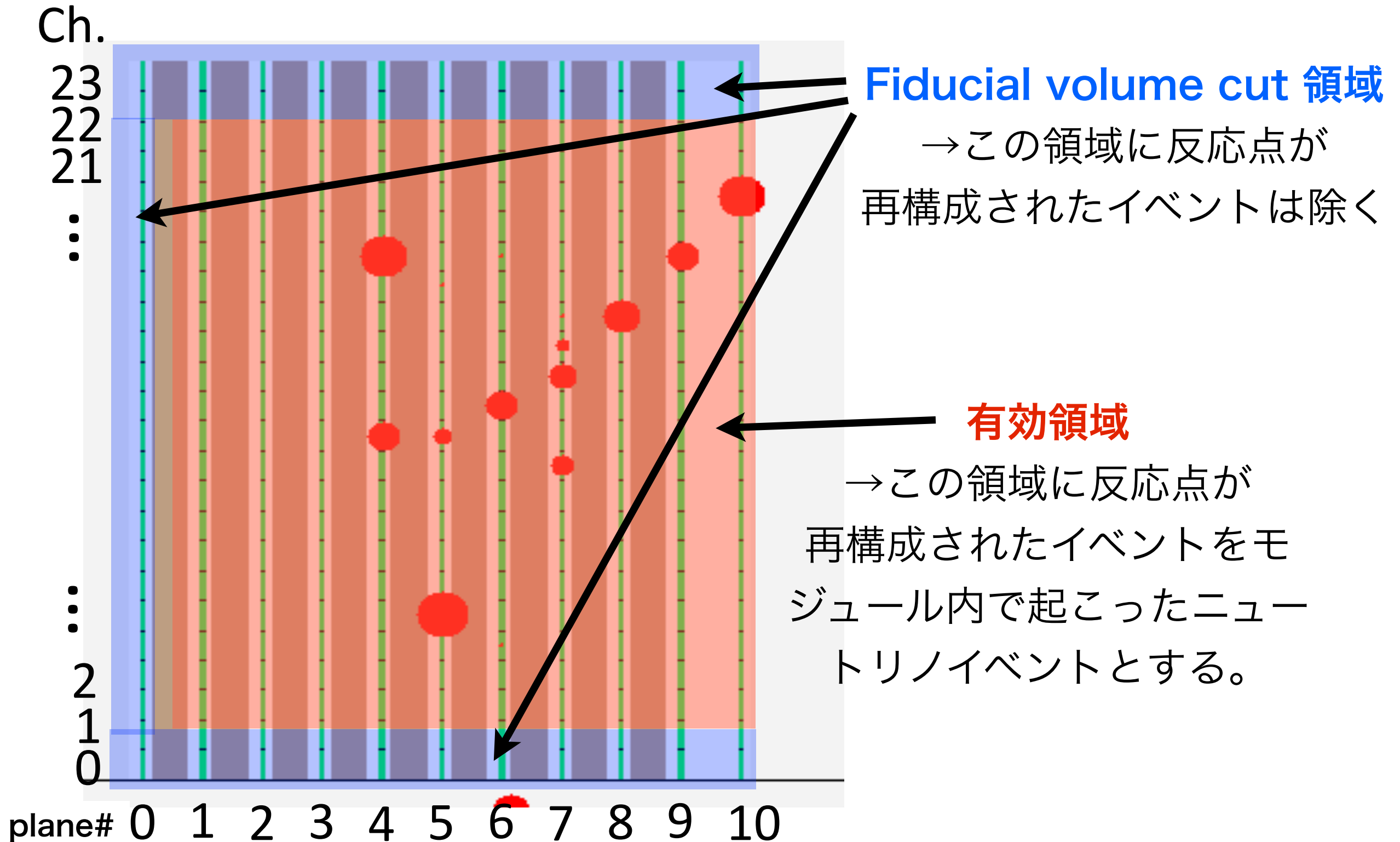
あるビームイベントを上から見た図

horizontal Ch



シミュレーションとの傾向の差
= 壁でのニュートリノ反応の寄与

Fiducial volume cut



カット後のイベント数の変化

イベントカット条件	残ったイベント数 (ビームデータ・全モジュール分)	割合
Active plane # >1 & p.e. / layer > 6.5. → ビーム由来のイベント	108463	100%
Active plane # >2 & p.e. / layer > 6.5. → トラッキングできる	84891	78%
Active plane # >2 & p.e. / layer > 6.5. & Fiducial volume cut → モジュール内の反応	21142	19%

ビームデータ : # of delivered proton = 1.47×10^{18}

最終的に残ったイベント数を用いてビームプロファイルを再構成

検出効率の見積もり

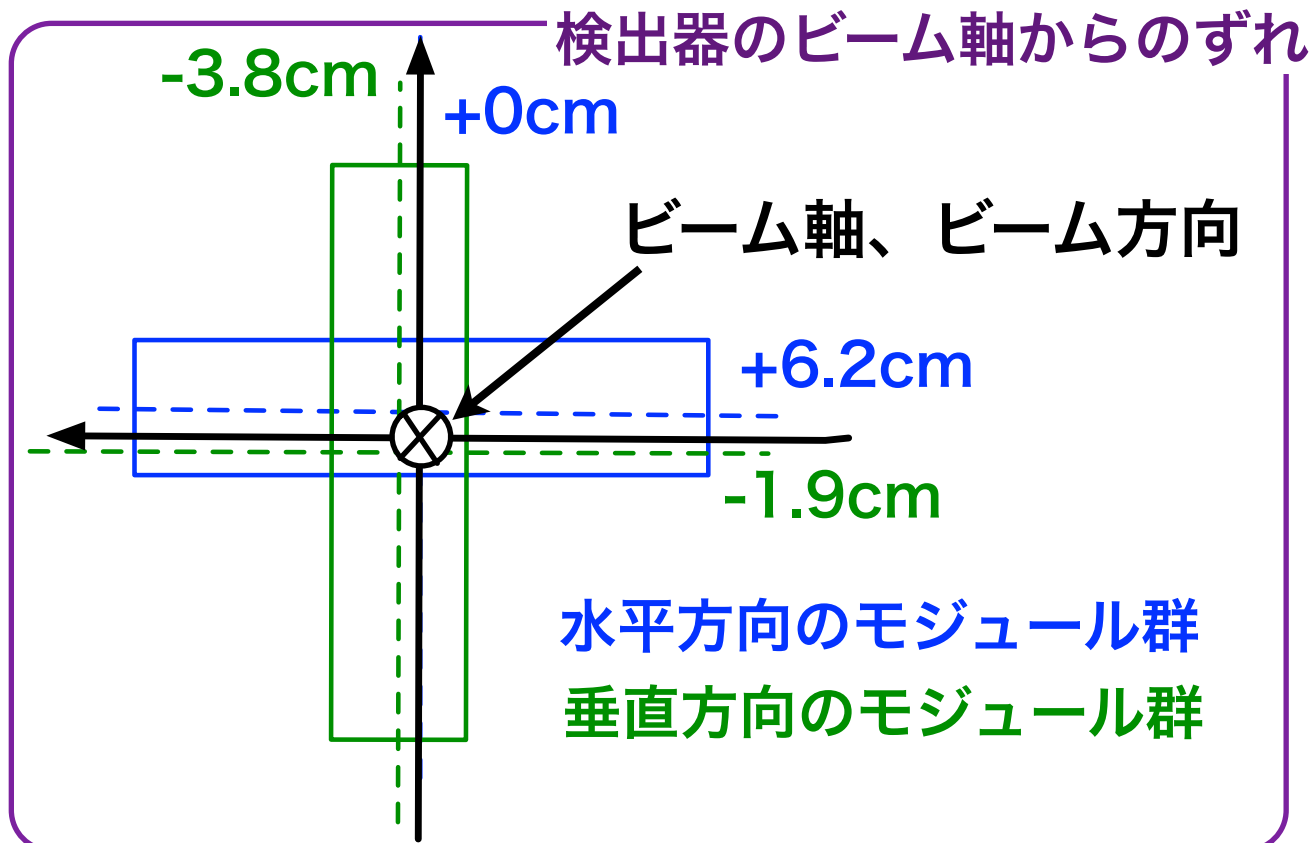
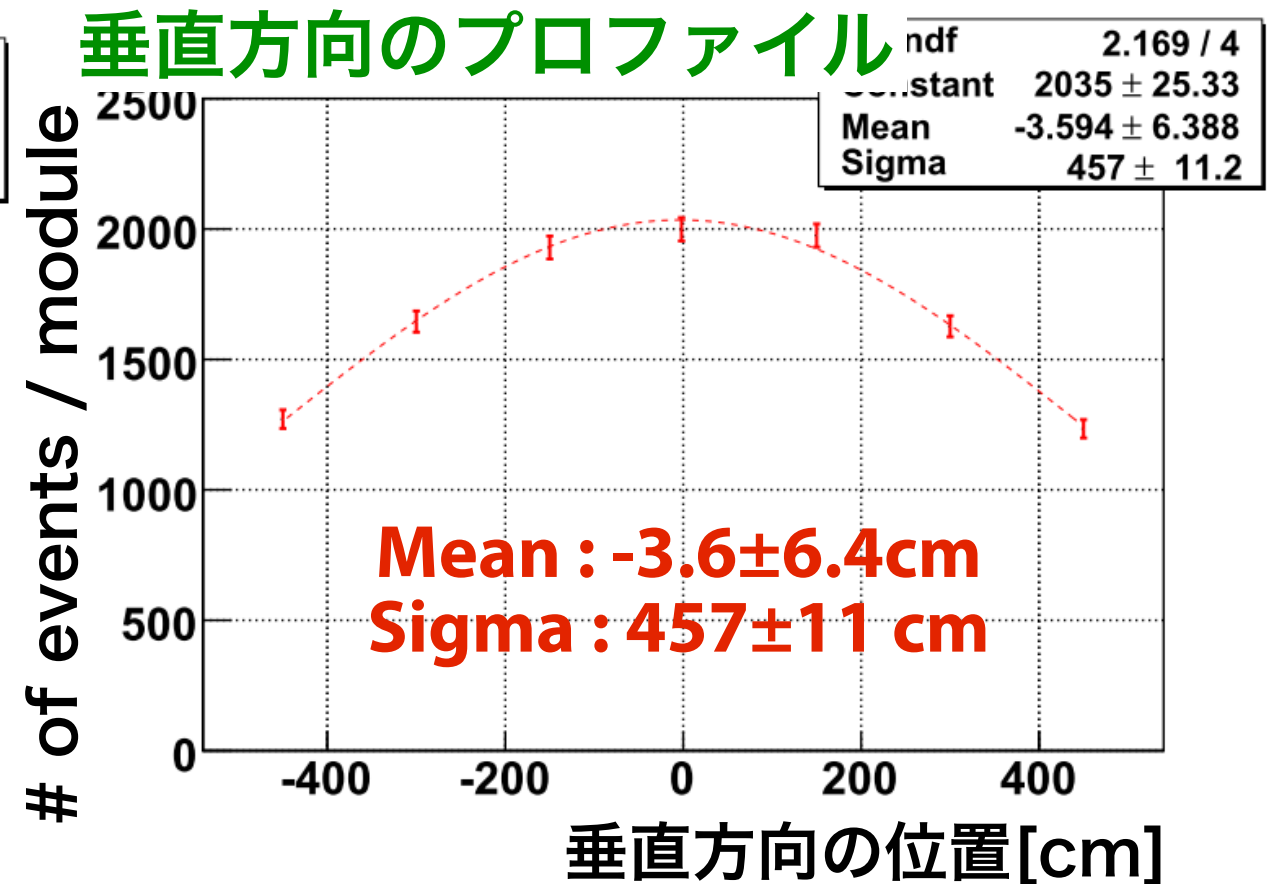
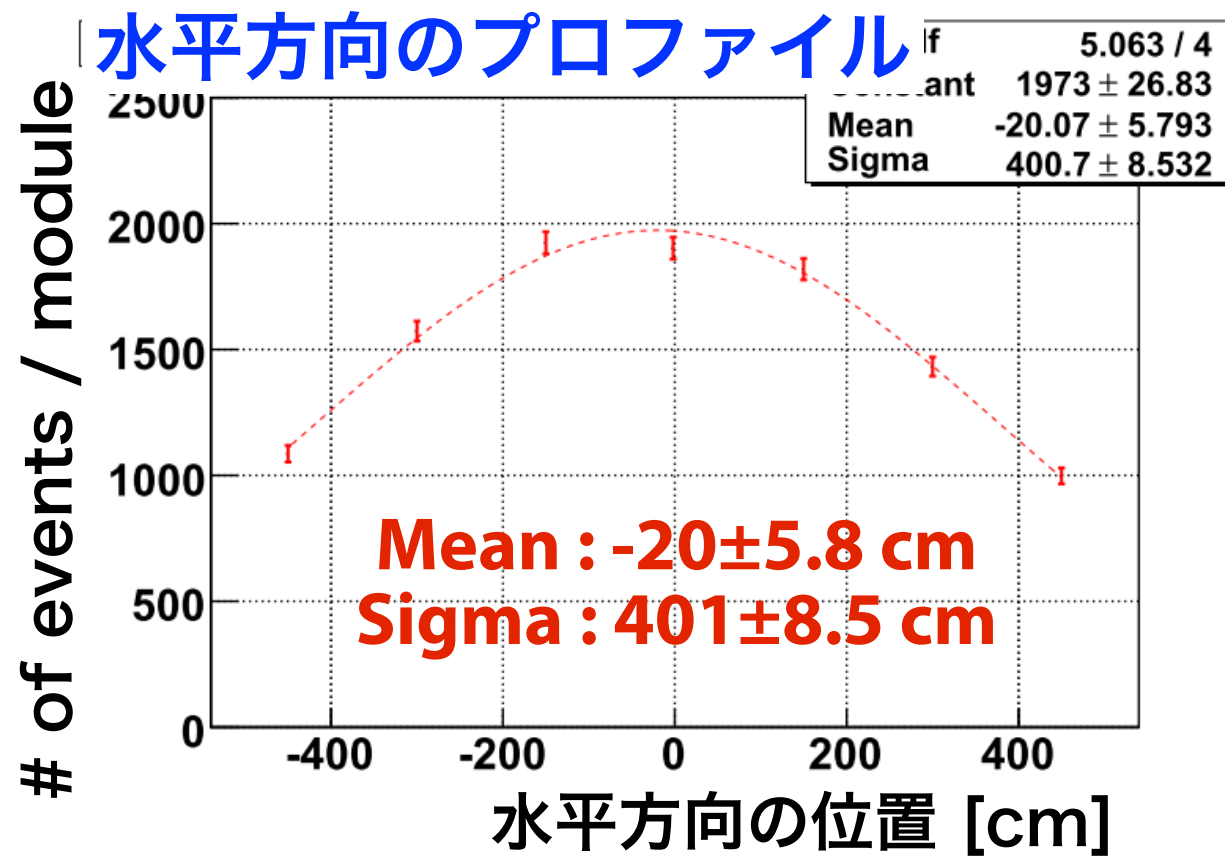
検出器内部で起きたニュートリノ反応に対して、シミュレーションを用いて検出効率を見積もった。

イベントカット条件	検出効率
Active plane # >1 & p.e. / layer > 6.5.	69%
Active plane # >2 & p.e. / layer > 6.5.	53%
Active plane # >2 & p.e. / layer > 6.5. & Fiducial volume cut	40%

検出器内部で起きたニュートリノ反応に対して**40%**の
検出効率が期待される。

ビームプロファイル

of delivered proton = 1.47×10^{18}



- ビームプロファイルの再構成に成功
- 統計誤差のみ考慮
- 検出器がビーム軸からずれている
- ➡ 系統誤差を考慮
- ➡ 1 mradでのビーム方向の測定

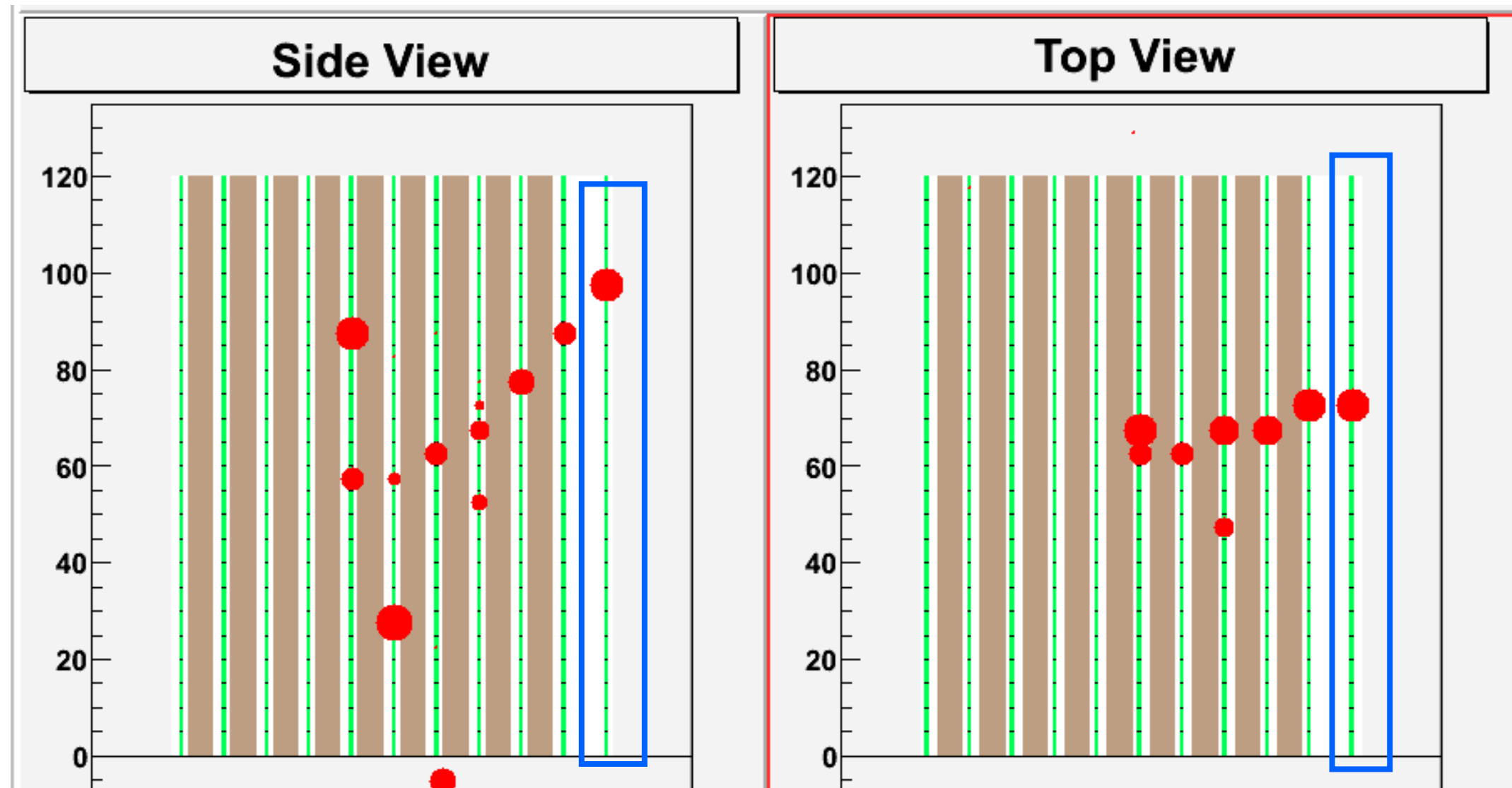
まとめ

- INGRIDは各ニュートリノ検出器モジュール内で起きたニュートリノ反応数からビームプロファイルを再構成し、その方向を求める。
- Backgroundとしてホールの壁でのニュートリノ反応で生成された粒子(壁ミューオン)がINGRIDで反応するイベントがある。
- トラッキングで求めたニュートリノ反応点から、モジュール内で起きたニュートリノ反応のみを選び、ビームプロファイルの再構成を行った。
- 今後、検出器の系統誤差を理解し、ビーム方向を1mrad以上の精度で測定することを目指す。

Back up

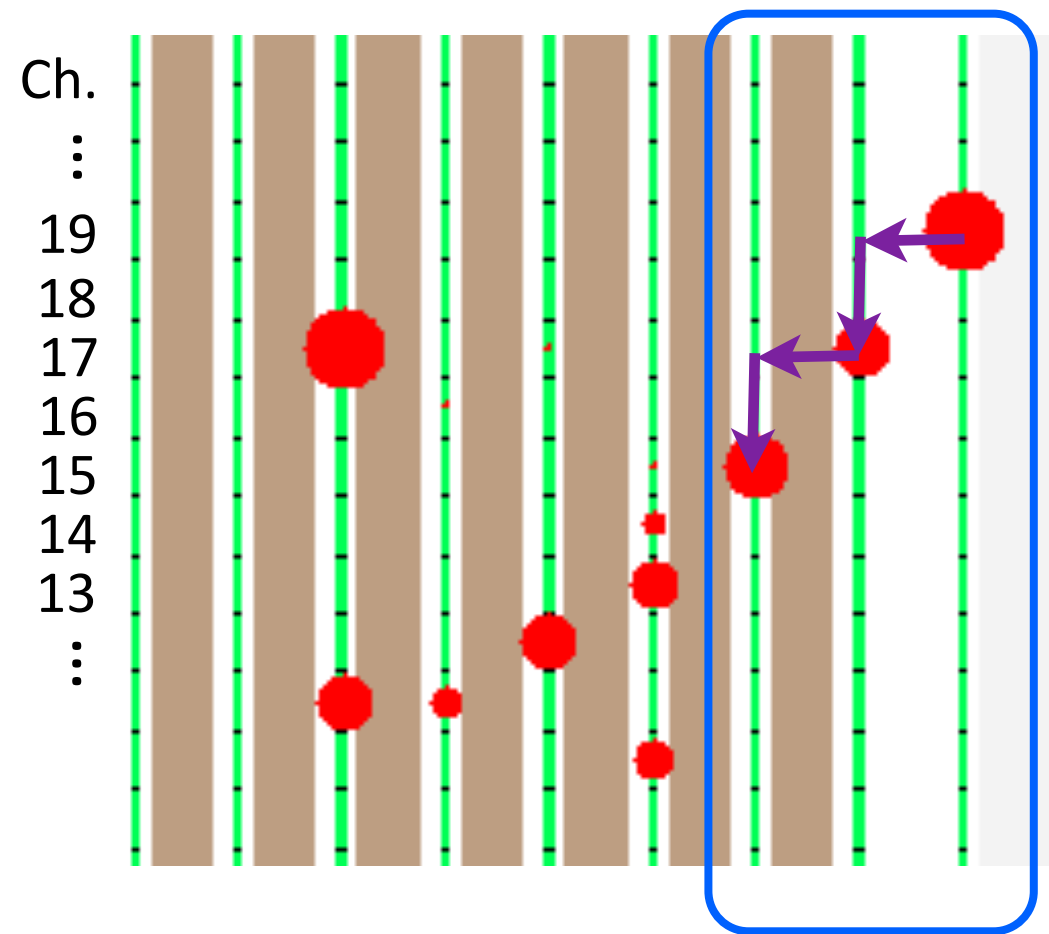
トラッキング方法

ビームデータ

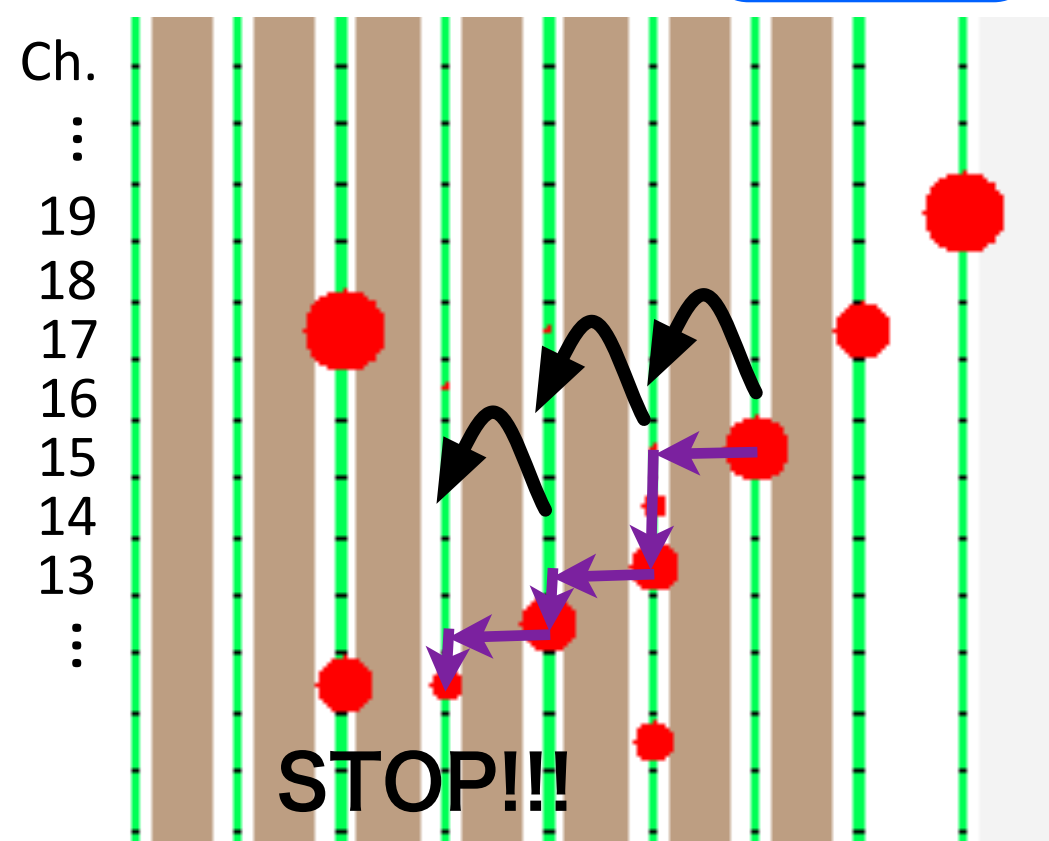


ビーム最下流の Active Plane のヒットを一つ選択。

トラッキング方法

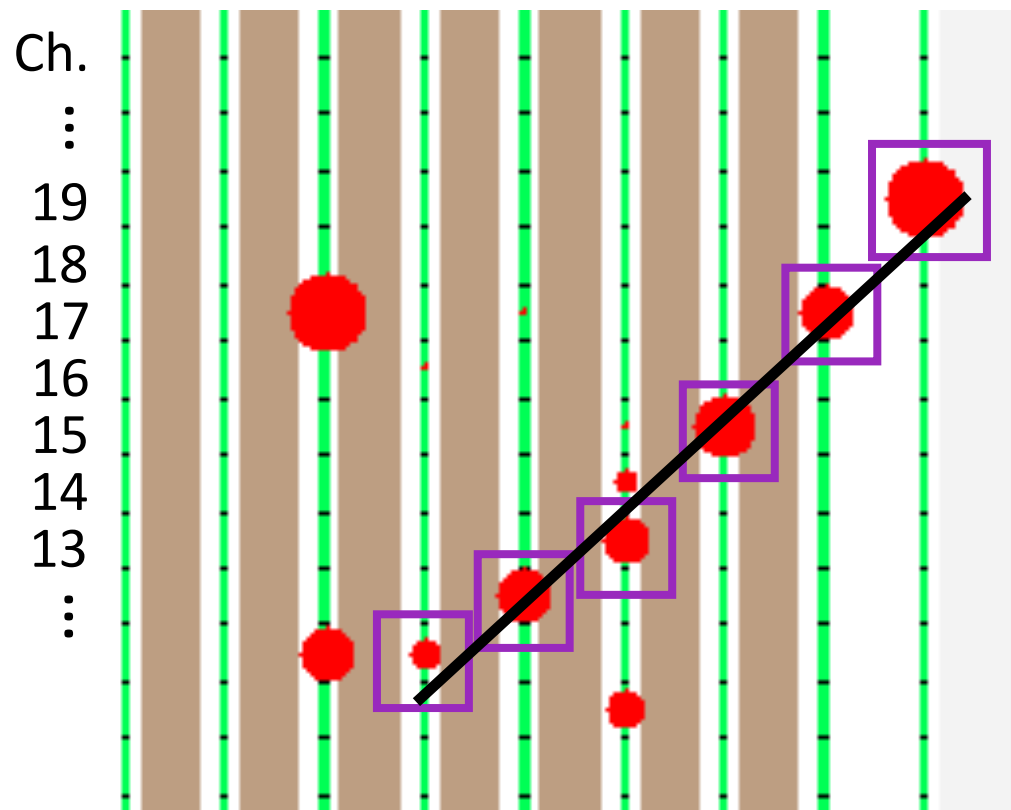


- 最下流から3つ目までの Active Plane 中のヒットのチャンネル番号の差から、ヒット間の傾きが一定になるヒットを選ぶ。

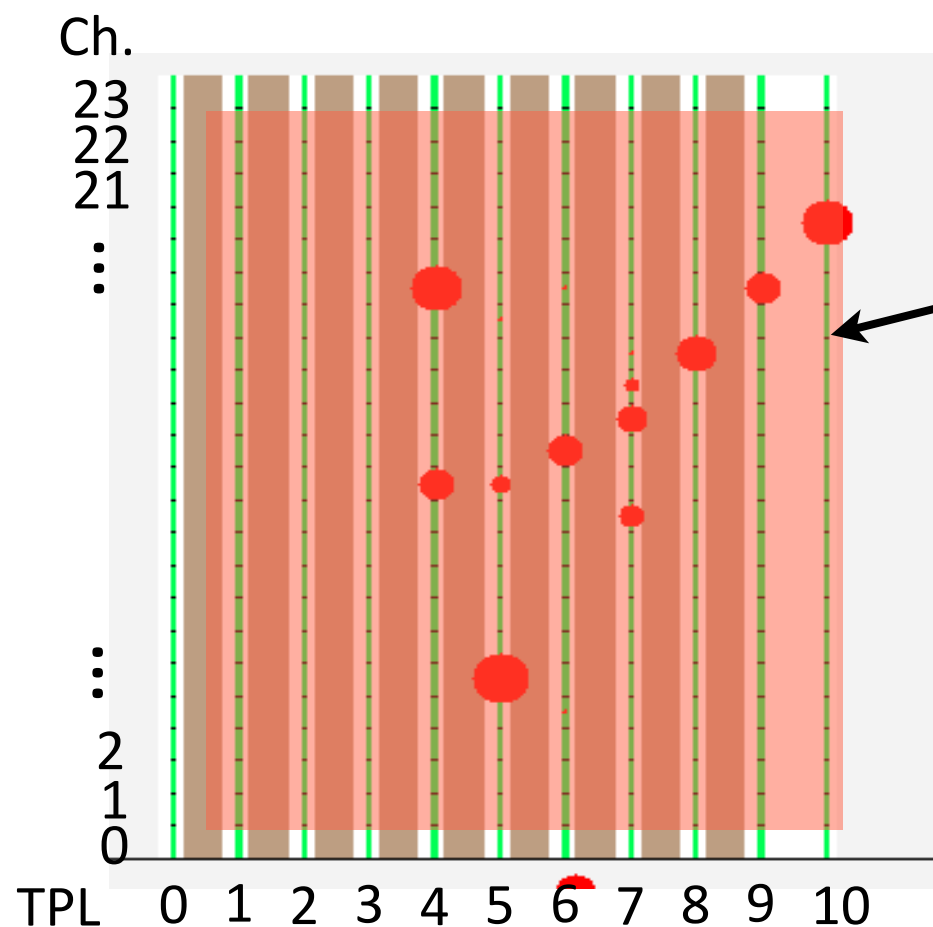


- 一つ上流の Active Plane のヒットのうち、ヒット間の傾きがなるべく同じになるものを選択。
- 傾きが違う場合は、その違いがチャンネル番号で1以下になるものを選ぶ。
- これを傾きが同じになるヒットが選べなくなるまで上流に上がっていく。

トラッキング



- 選択したヒットを一次関数でフィット
- 反応点はフィッティングに用いたヒットのうち最もビーム上流のヒットの位置とする。



- 赤色の領域(ch1~22, plane#1~10)内に反応点が再構成されるイベントをモジュール内で起きたニュートリノイベントとする。