

INGRID MC Work

A.Murakami

Motivation

- 陽子ビームのターゲット上での照射位置をずらした際に、INGRIDでそのズレを観測したい。
- Nominal FLux と 陽子ビームをターゲット中心からずらした際の FLux を用いて、最終的にINGRIDで再構成したビームプロファイルがどう変化するかを、大ざっぱに見積もる。
- Jnubeam 10a Flux と、鉄でのニュートリノ反応断面積テーブル(NEUTで使用されているものと同じ)、INGRIDでの検出効率を用いて、INGRIDで検出されるビームプロファイルを再構成。

Used Jnubeam10a Flux

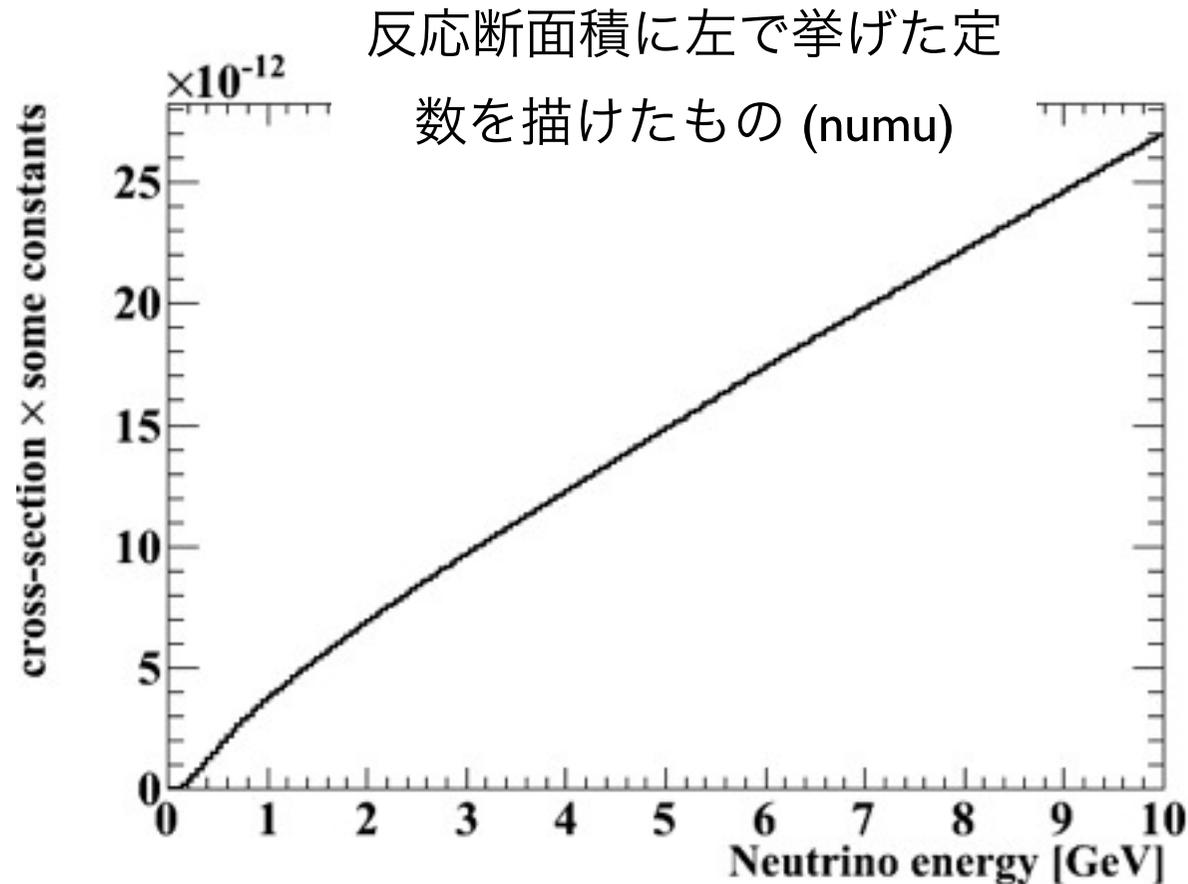
- Jnubeam 10a Flux file (by Matsuoka-san, official flux).
 - Two beam condition.
 - Nominal beam : 100 file
 - y+2mm beam position shifted (other condition is nominal) : 100 file
 - Horn setting : 250kA&250kA.
- Analysis about only numu flux.
- 手元にあった反応断面積のテーブルが 0~10GeVの範囲だったので、今回はこのエネルギー領域内のニュートリノフラックスのみを扱う。

鉄ターゲットでの反応率

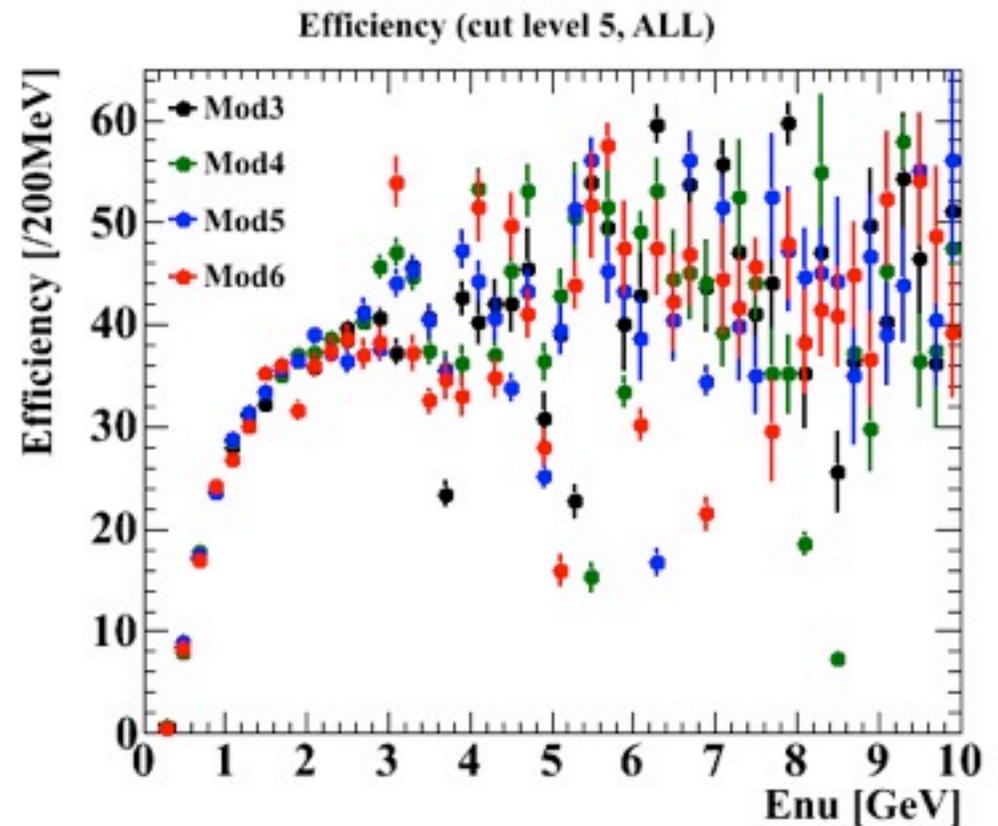
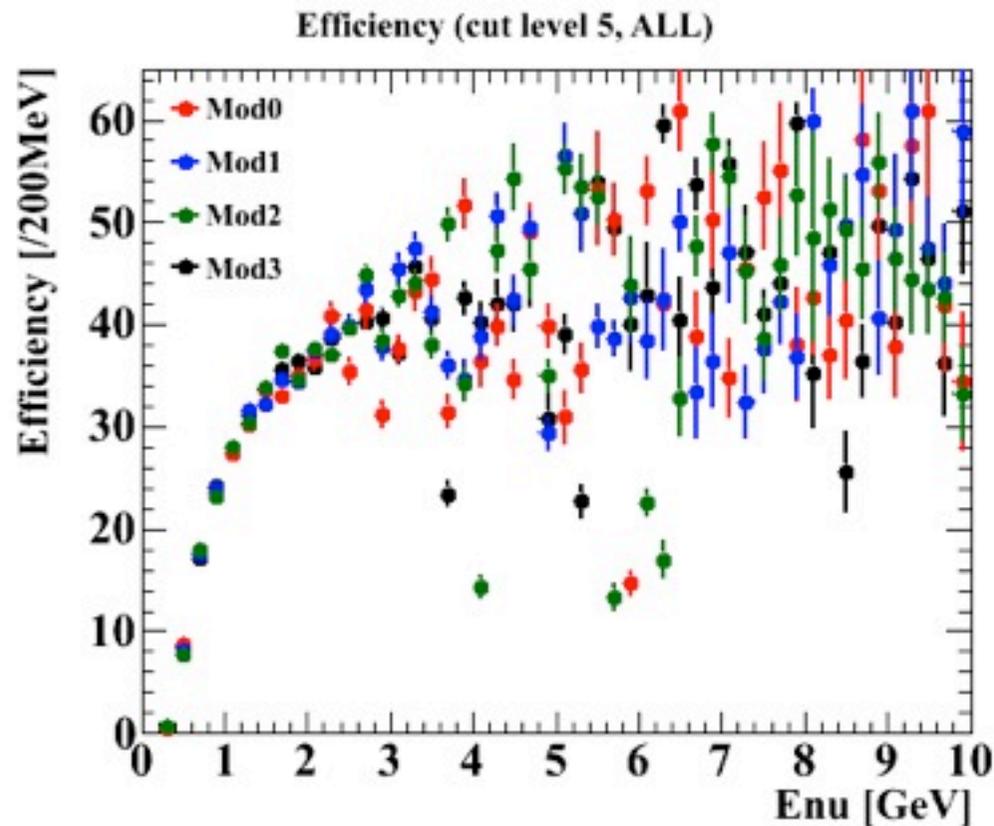
各モジュールでの反応率 = 反応断面積 × 鉄密度 × 鉄のビーム方向の厚さ × アボガドロ数

→ フラックスをかければ、反応数になる。

- 反応断面積：NEUT [cm²]
- 鉄密度：7.84 g/cm³
- 鉄の厚さ：6.5cm × 9枚 / module
- アボガドロ数：6.02 × 10²³



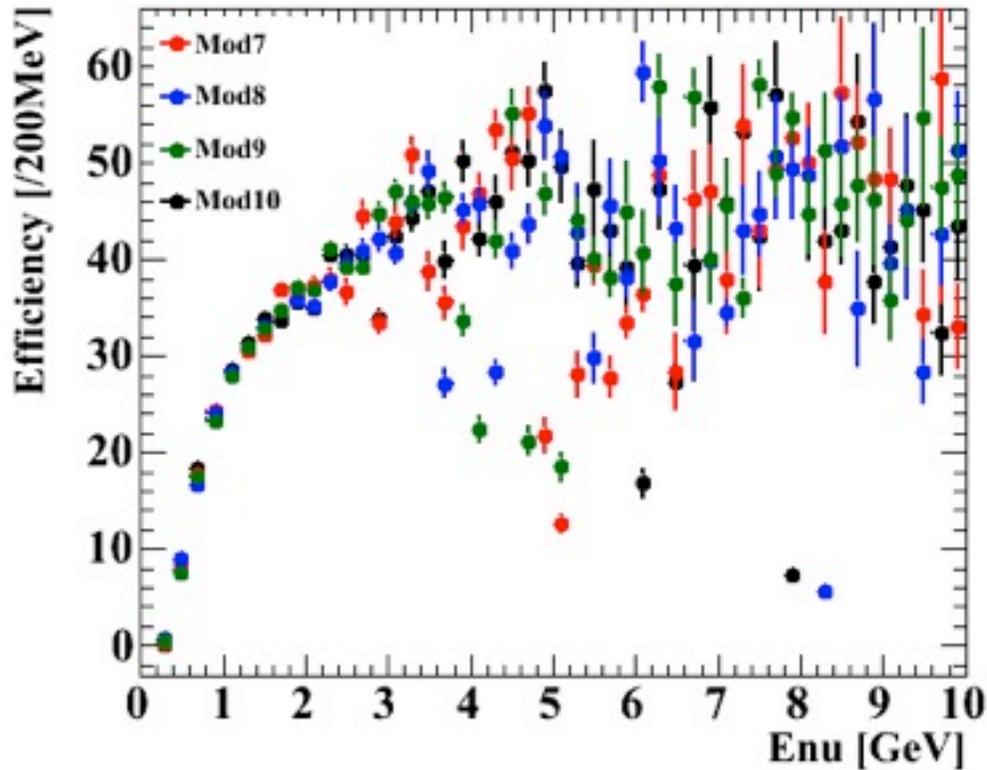
Neutrino select efficiency of INGRID (horizontal modules)



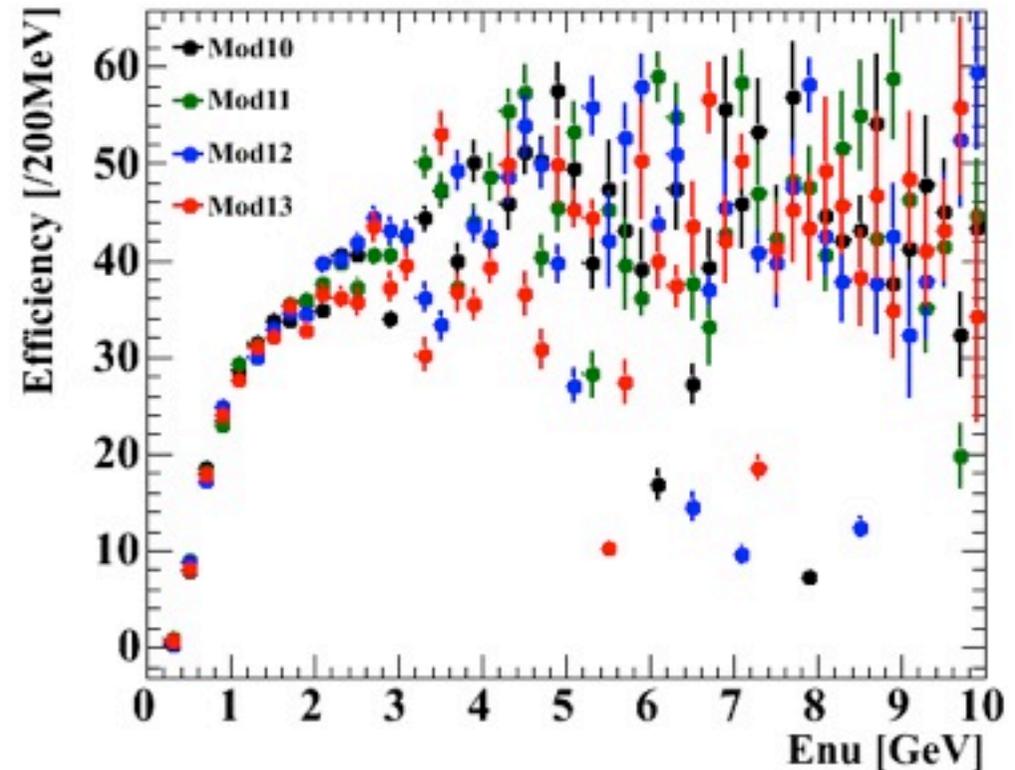
- 3GeV以下は一致しているが、それ以上になるとふらつきが大きい。
- 誤差はMCの統計誤差のみを考慮

Neutrino select efficiency of INGRID (vertical modules)

Efficiency (cut level 5, ALL)



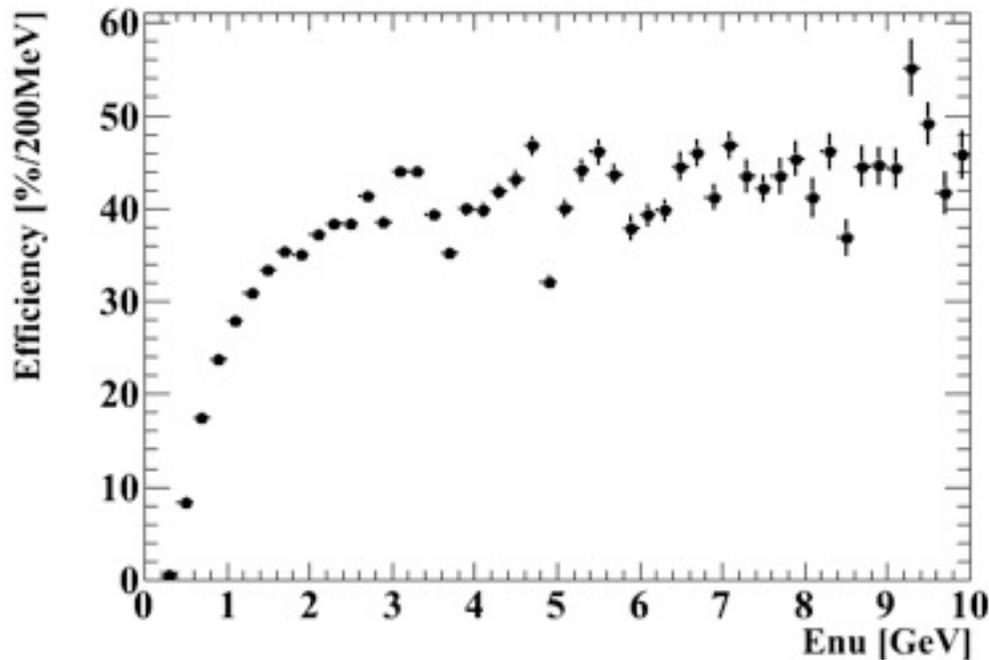
Efficiency (cut level 5, ALL)



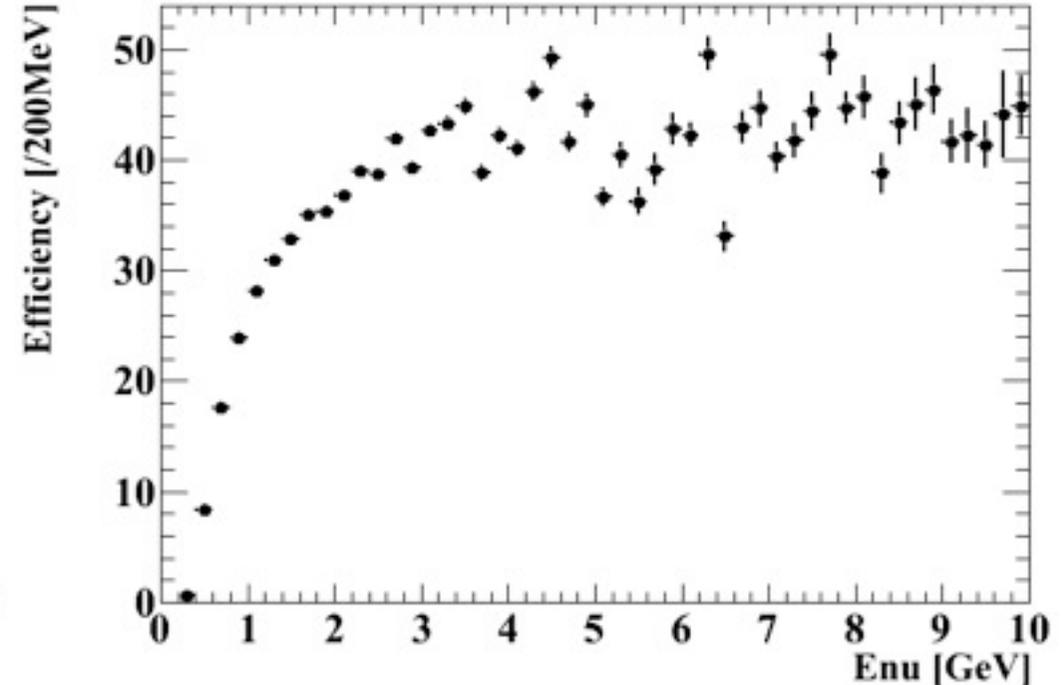
- 3GeV以降のふらつきを抑えるため、今回は horizontal, vertical modules (7modules) の平均検出効率を用いることに。

Mean Efficiency of INGRID

Mean Efficiency of horizontals



Mean Efficiency of verticals

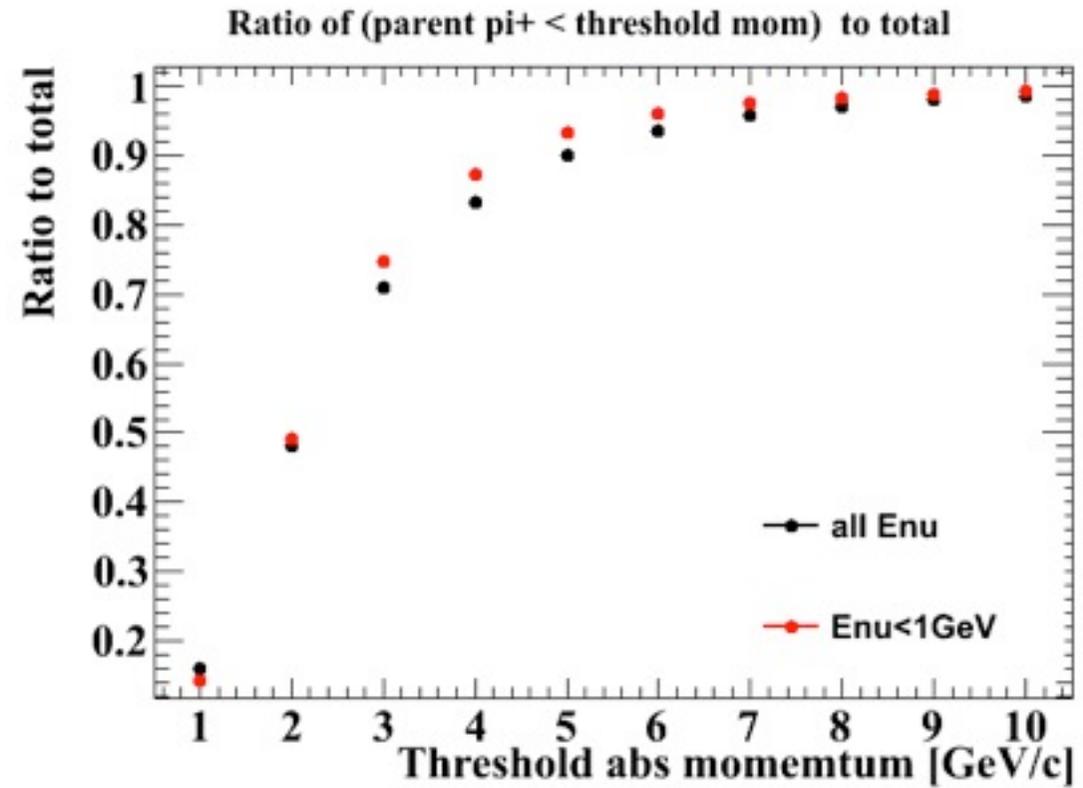
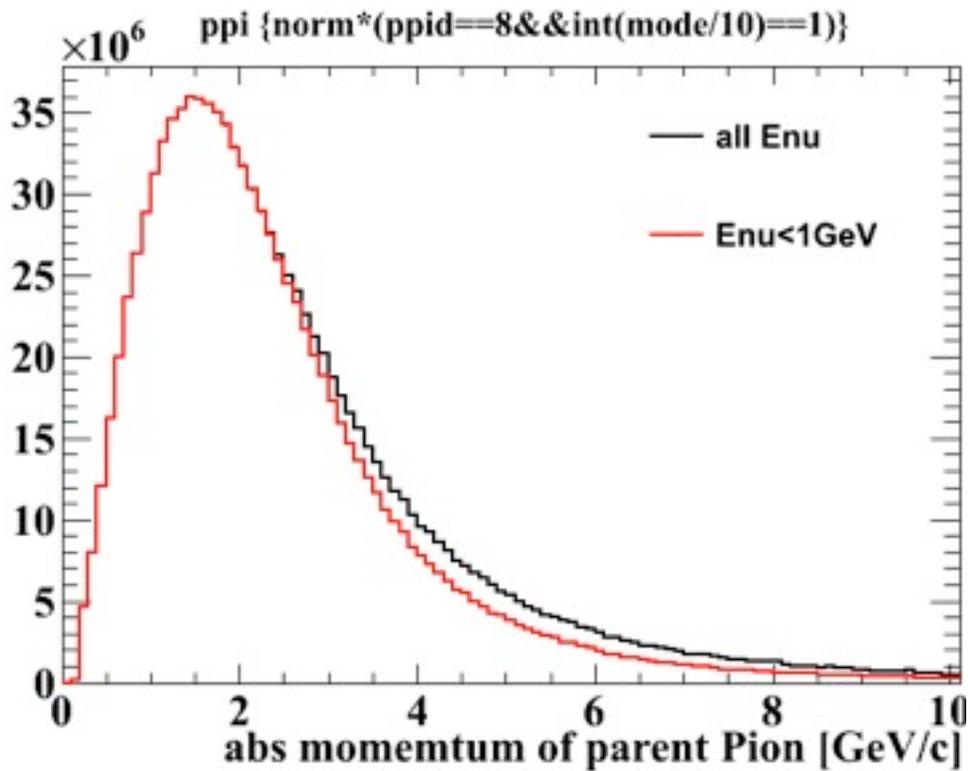


- horizontal modules の各モジュールでのニュートリノ検出数を見積もる際は、horizontal modules での平均検出効率を用いる。
- vertical modules についても同様。
- 高エネルギー領域でふらついている。ビンをもっと荒くするべき (今のビンサイズに明確な理由なし)。が、今回はこれを使用。

見積もり方法

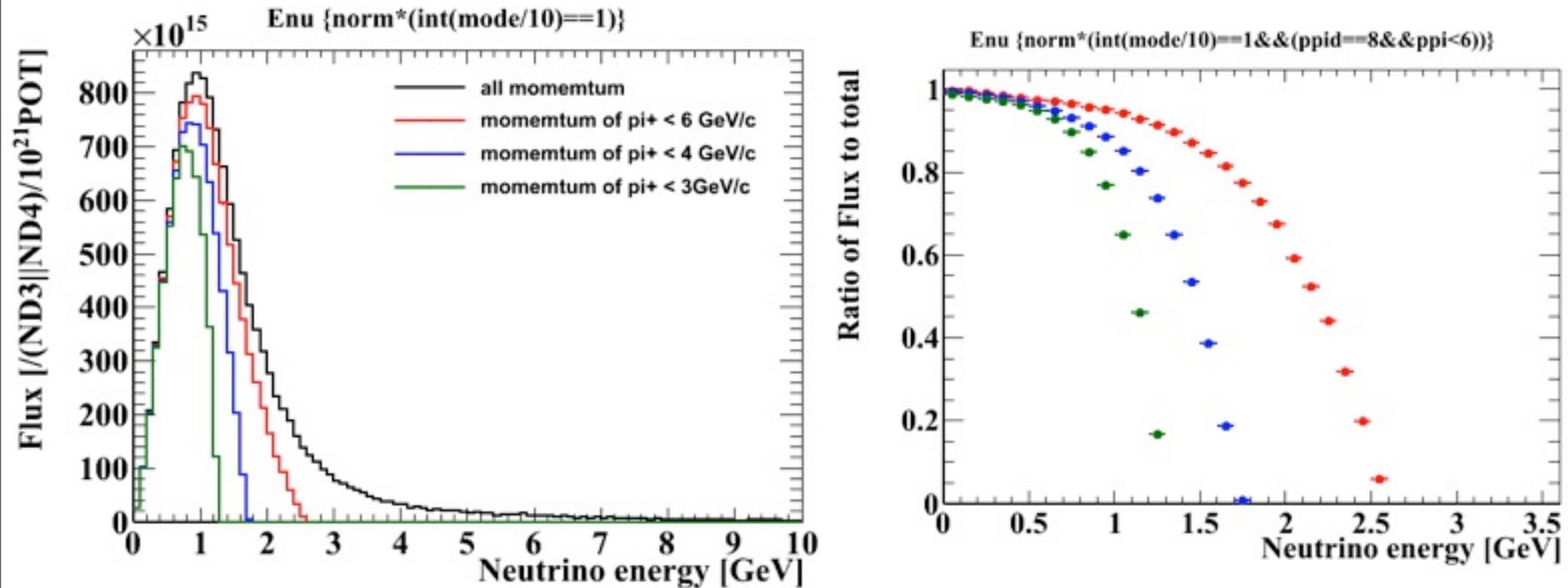
- Jnubeam Flux のニュートリノフラックスに対して、Jnubeam のWeighting factor (norm) とそのニュートリノエネルギーでの反応率 (R)、INGRIDの検出効率(eff)で重み付けすることで、各モジュールでの反応数、検出数を見積もる。
- 検出数の誤差として付けたのは $\sqrt{\Sigma(\text{norm} * R * \text{eff})^2}$.
- 今回、反応断面積の誤差・INGRIDの検出効率の誤差は考慮していない（中央値のみを使用）。
- 反応断面積(NEUT)の誤差：調べる(早戸さんに尋ねる?)
- INGRIDの検出効率：考慮する必要あり (モジュール毎のばらつきを誤差としてしまう、など)

Parent π of neutrino to SK



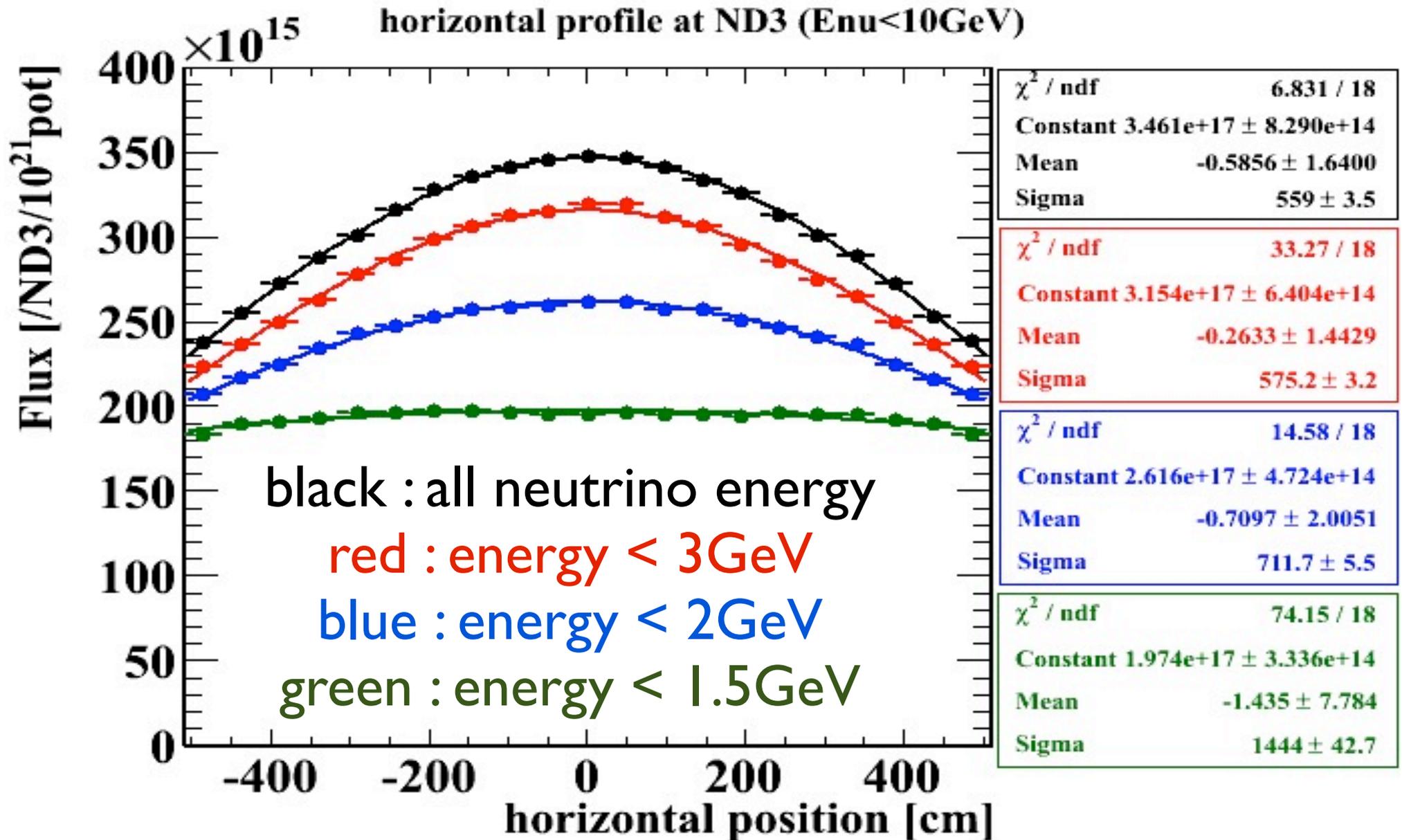
- SKへ向かうニュートリノの親パイオンの運動量分布
- 全体に対して、6GeV/c以下 : 94%、4GeV/c以下 : 84%、3GeV/c以下 : 72% の割合。

Neutrino energy at ND3&4

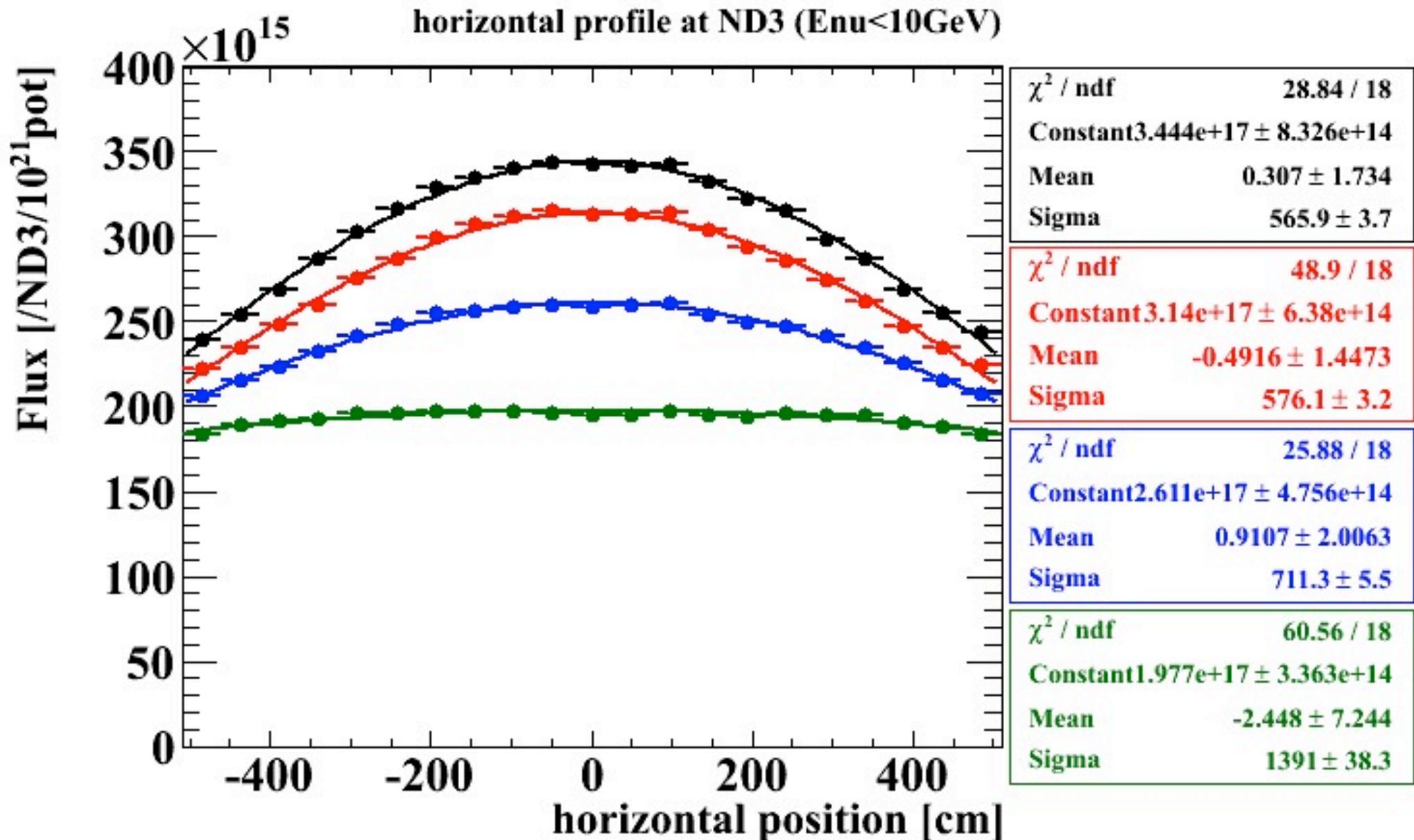


- INGRIDの設置位置に到達するニュートリノのエネルギー分布。
- 親パイオンとニュートリノの関係を見るために、パイオンの運動量がある閾値以下のニュートリノエネルギー分布を重ね書き。
- ニュートリノエネルギーが 3GeV, 2GeV, 1.5GeV 以下で場合分けしてプロファイルを見る。

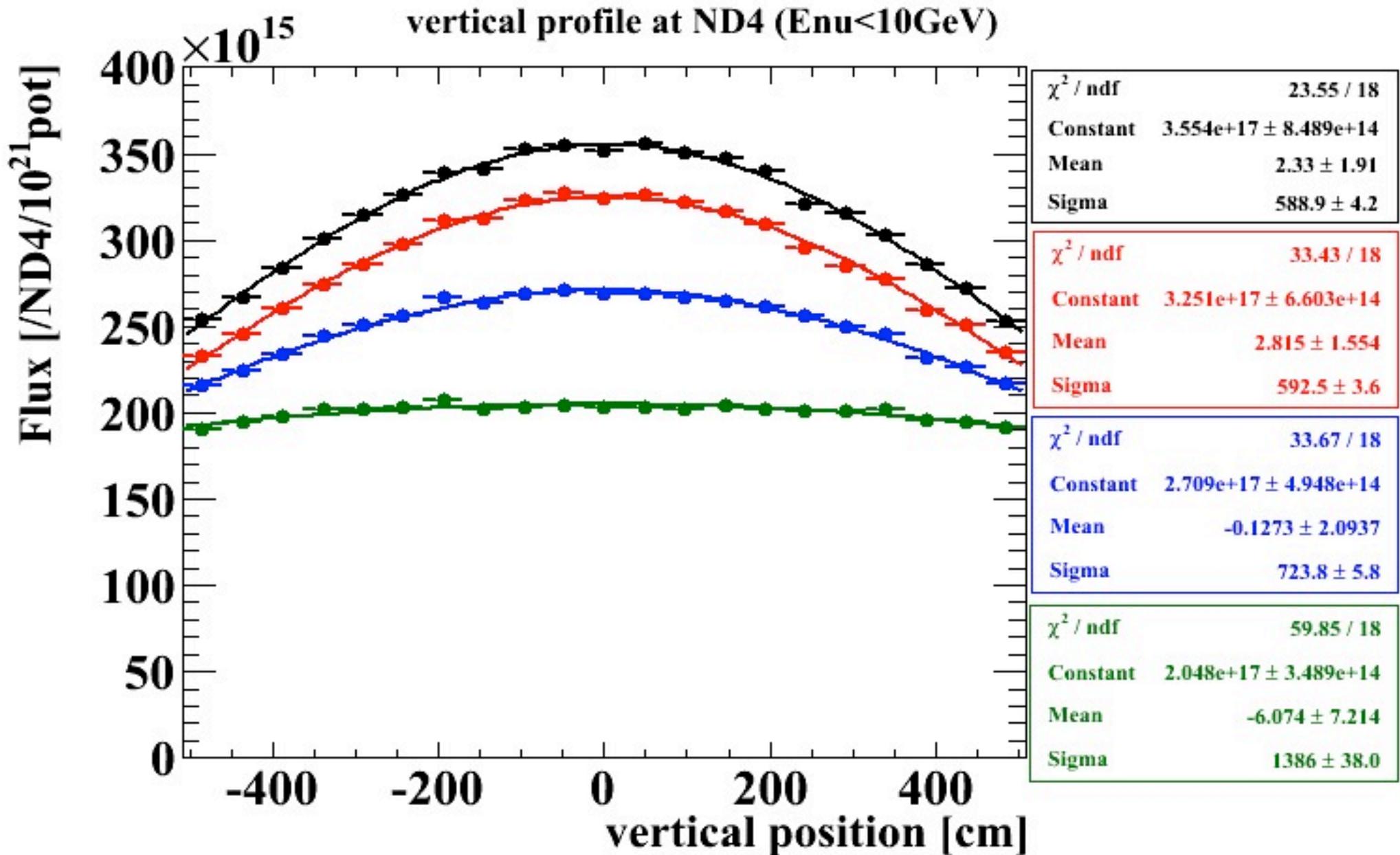
Horizontal Beam Profile (Nominal beam, Flux to ND3)



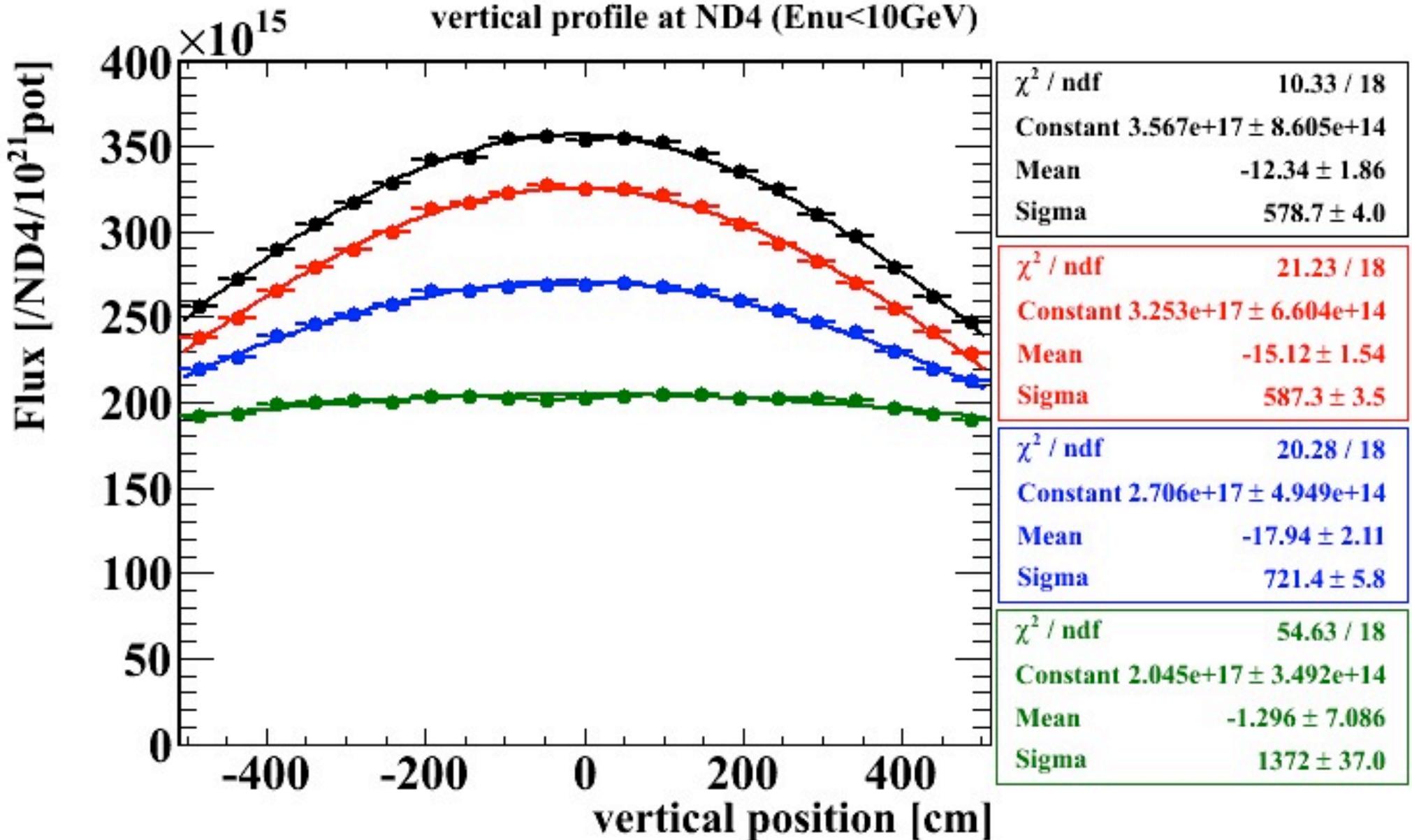
Horizontal Beam Profile (Shifted beam, Flux to ND3)



Vertical Beam Profile (Nominal beam, Flux to ND4)



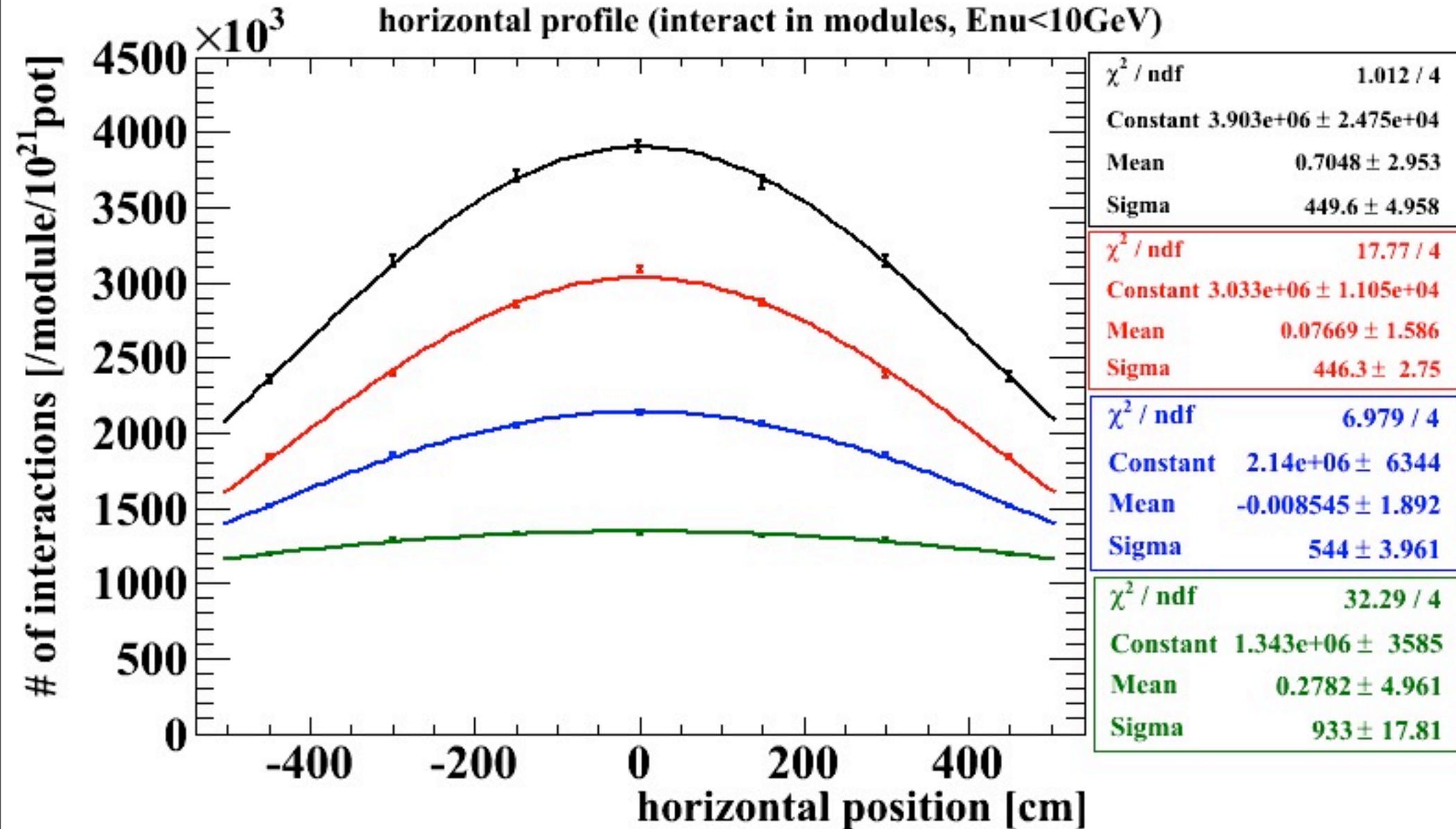
Vertical Beam Profile (Shifted beam, Flux to ND4)



- 陽子ビームがターゲット中心からy方向に+2mmシフトした場合、ND4でのビームプロファイルの中心が-y方向にシフトする。
- エネルギーによるカットをかけなくても、フィット誤差に対して有意にシフトするのがわかる。
- 次に、各モジュールでの予想ニュートリノ反応数からビームプロファイルを再構成

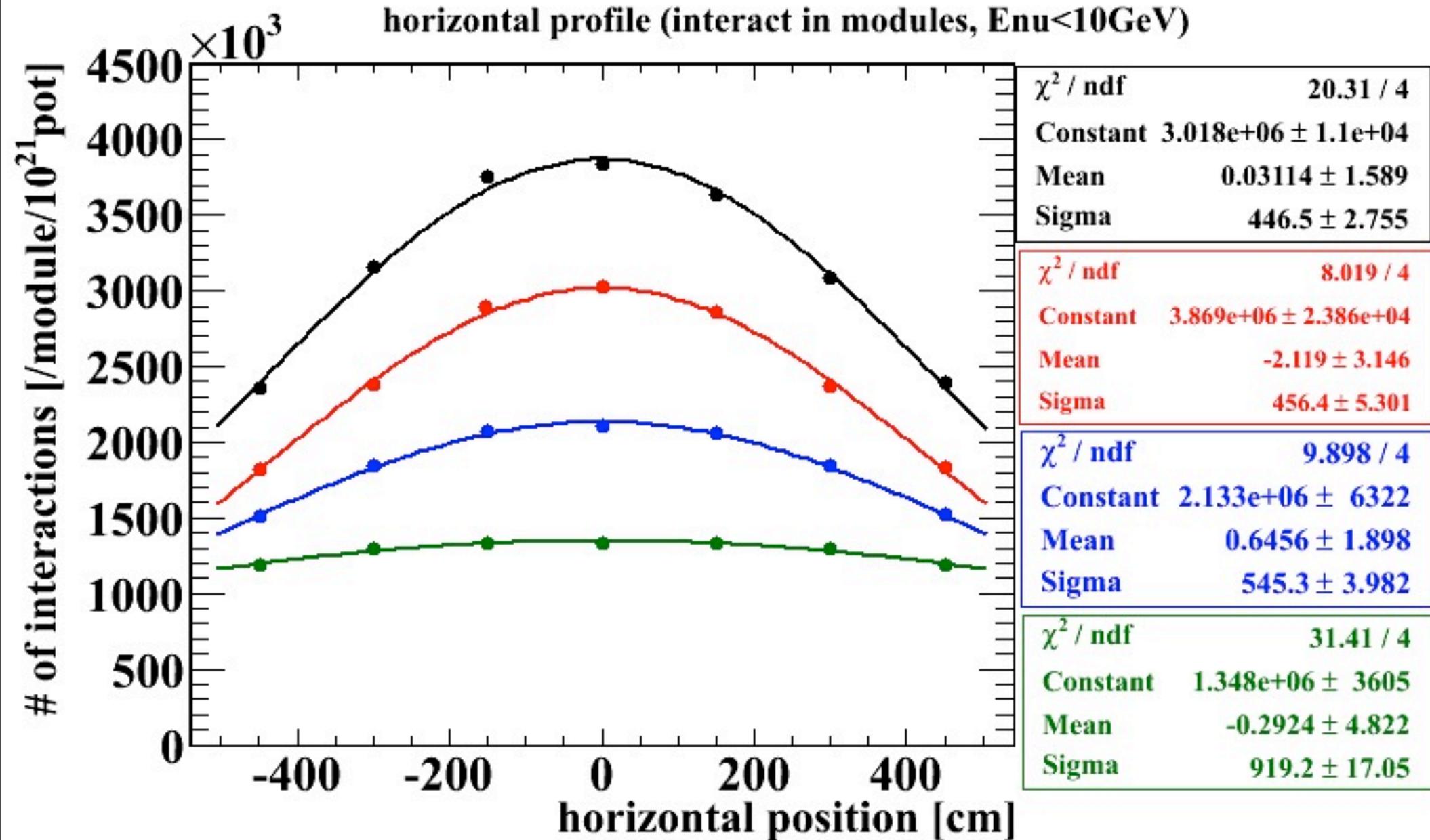
Horizontal Beam Profile

(Nominal beam, Interacted in horizontals)



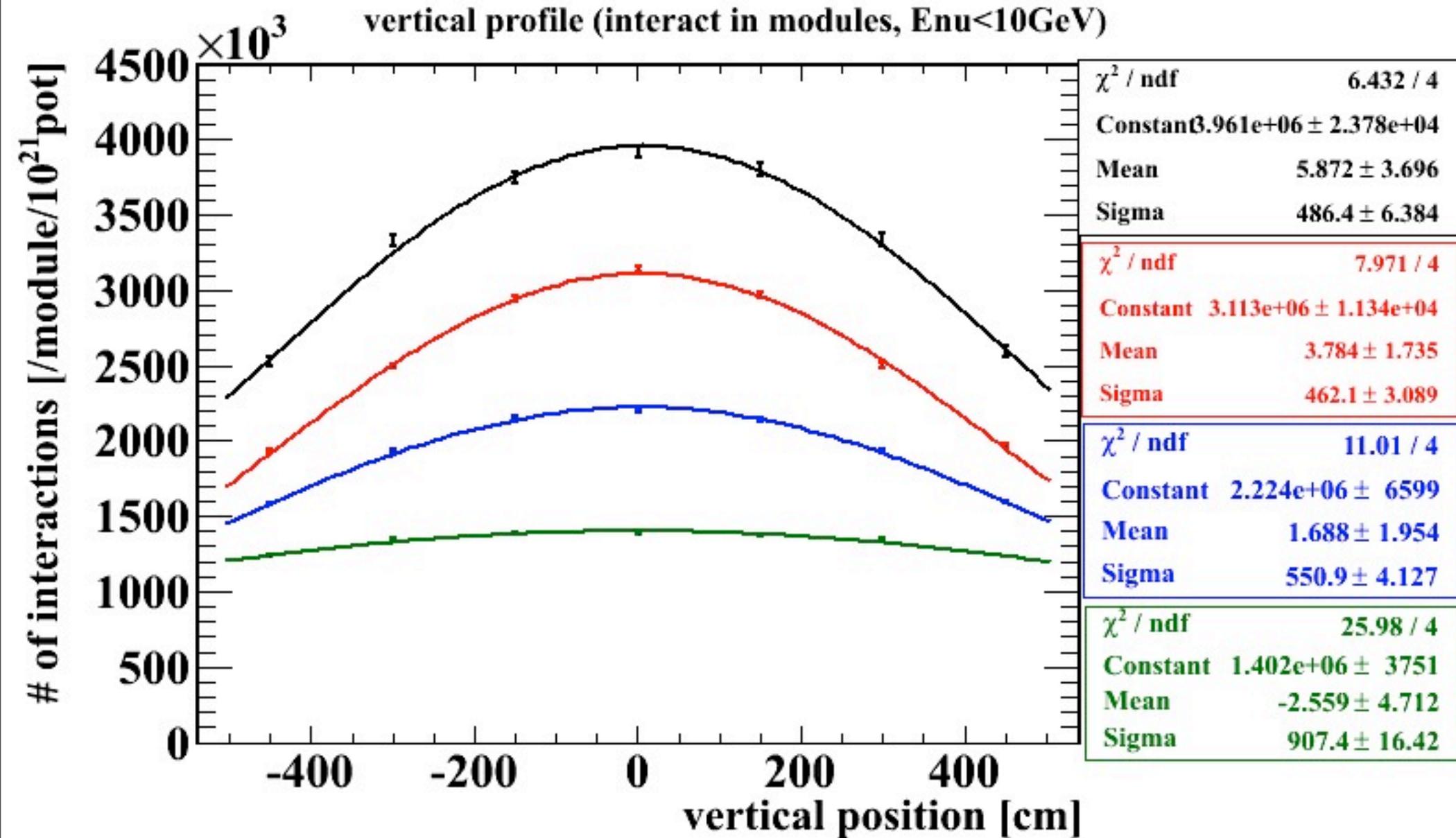
Horizontal Beam Profile

(Shifted beam, interacted in horizontals)



Vertical Beam Profile

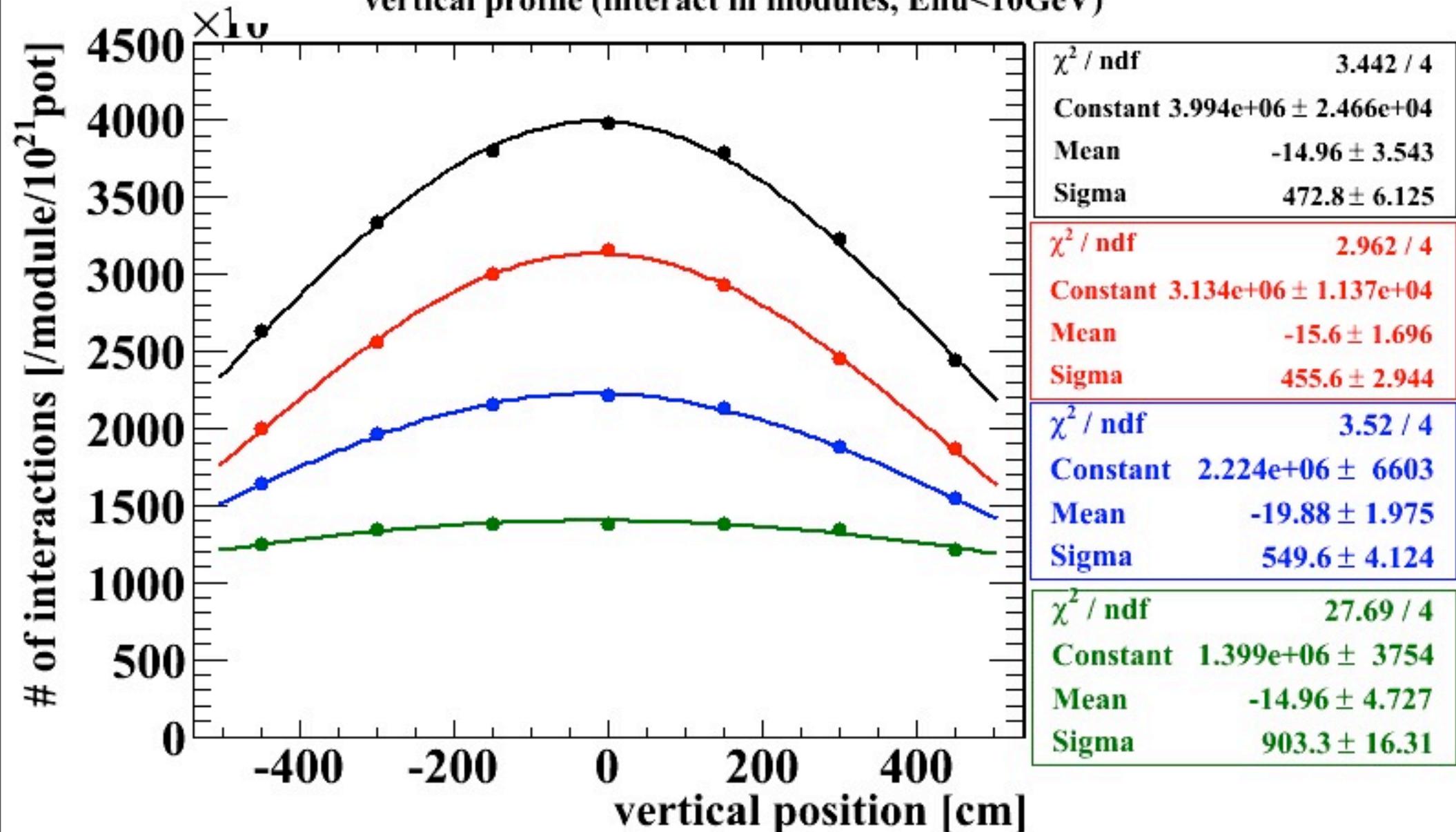
(Nominal beam, interacted in verticals)



Vertical Beam Profile

(Shifted beam, interacted in verticals)

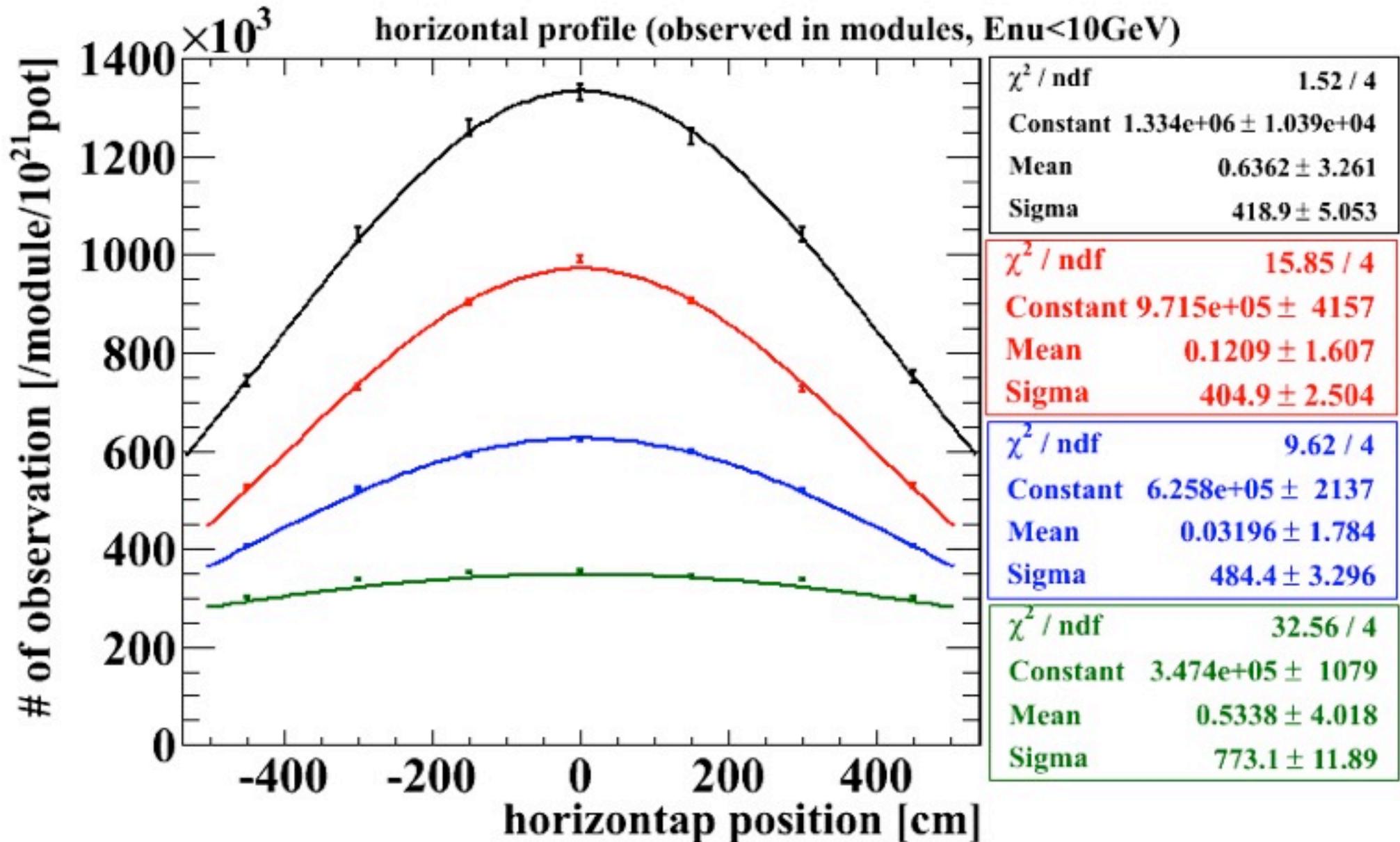
vertical profile (interact in modules, $E_{nu} < 10\text{GeV}$)



- 反応数からビームプロファイルを再構成した場合も、エネルギーカットを行わなくても陽子ビームのターゲット中心からのズレに対して感度がある。
- エネルギーカットを行うことで、その感度は増す
(INGRIDでのビームプロファイルの中心のビーム軸からのズレが大きくなる)
- が、energy < 3GeV のカットではあまり変化しない (元のニュートリノの3GeV以下の割合が多い)
- 最後に、各モジュールでの予想検出数からビームプロファイルを再構成

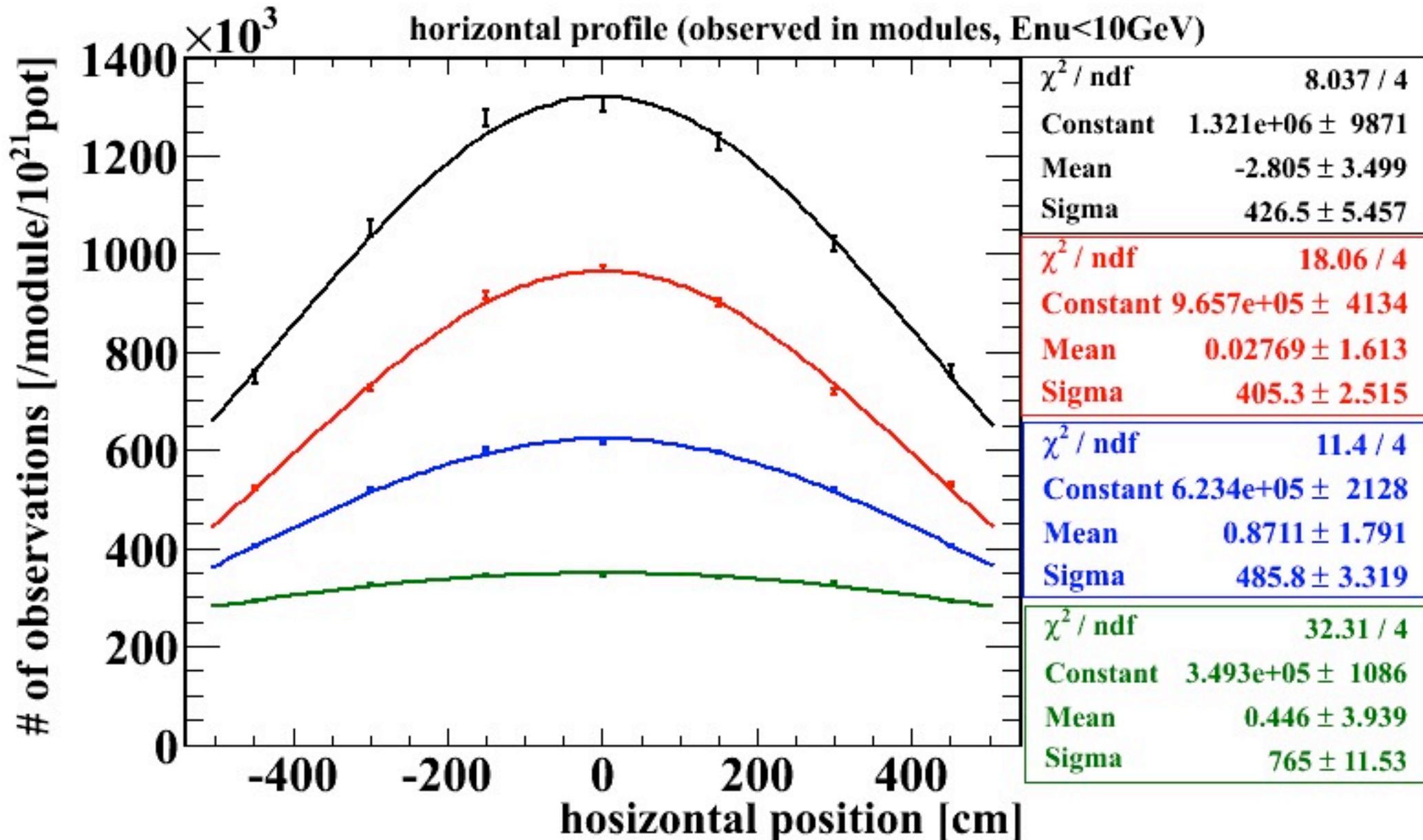
Horizontal Beam Profile

(Nominal beam, observed in horizontals)



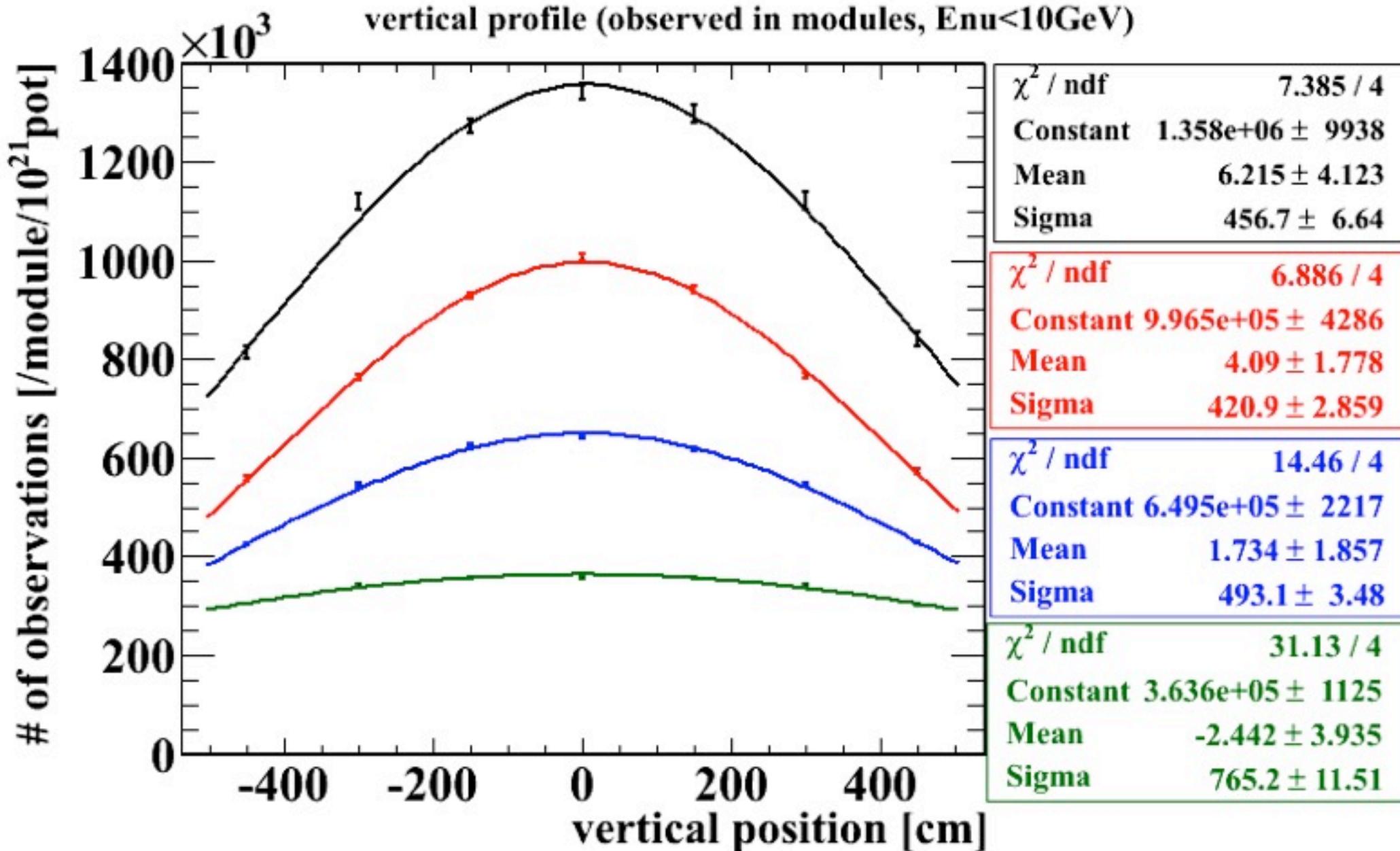
Horizontal Beam Profile

(Shifted beam, observed in horizontals)



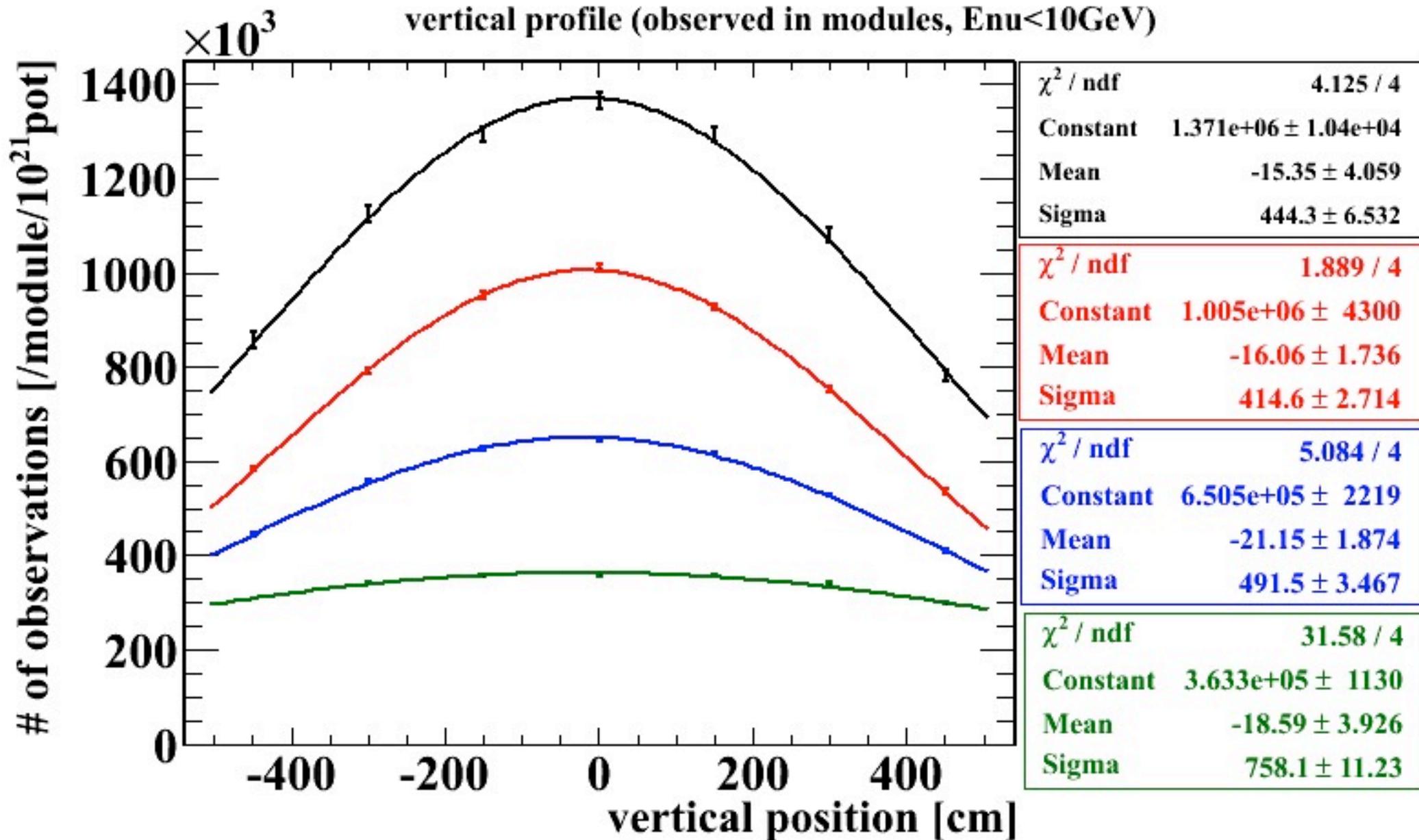
Vertical Beam Profile

(Nominal beam, observed in verticals)



Vertical Beam Profile

(Shifted beam, observed in verticals)



- 検出数から再構成したビームプロファイルも、陽子ビームの中心からのズレに対して感度がある。
- エネルギーカットを行わなくても、フィット誤差に対して有意にビーム中心がズレて観測される。カットを行うことで、感度が上がっている。
- が、 $\text{energy} < 3\text{GeV}$ のカットはあまり効果がない。
- 今回の結果はニュートリノ反応断面積の不定性、INGRIDの検出効率の不定性を入れていない。
- low energy の反応断面積の不定性がどれだけ結果に効いてくるかを考慮する必要あり。

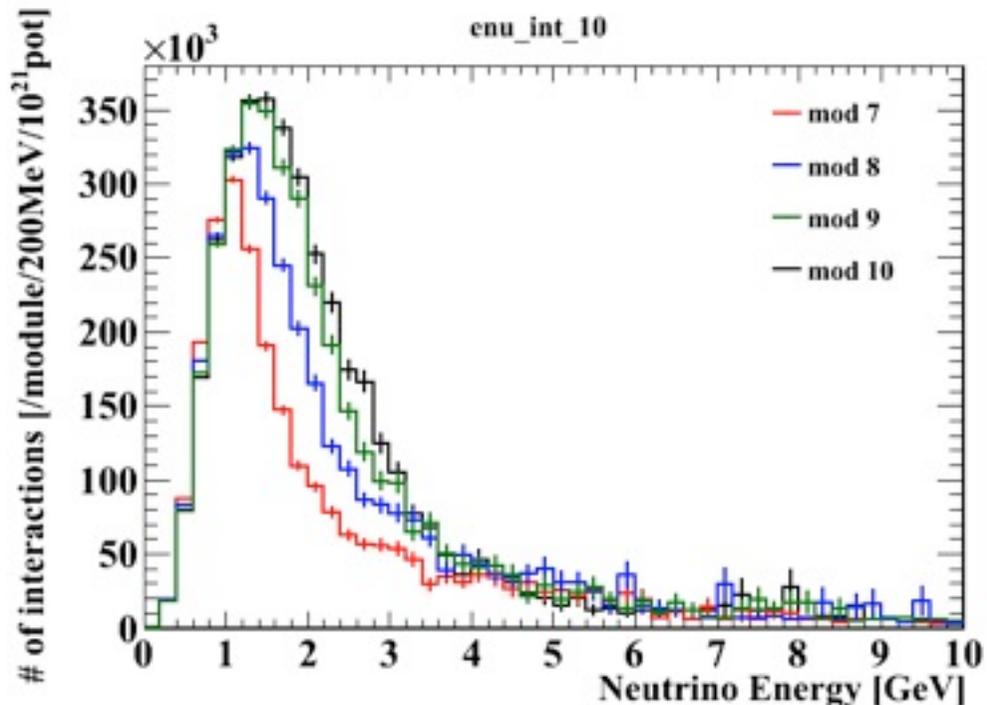
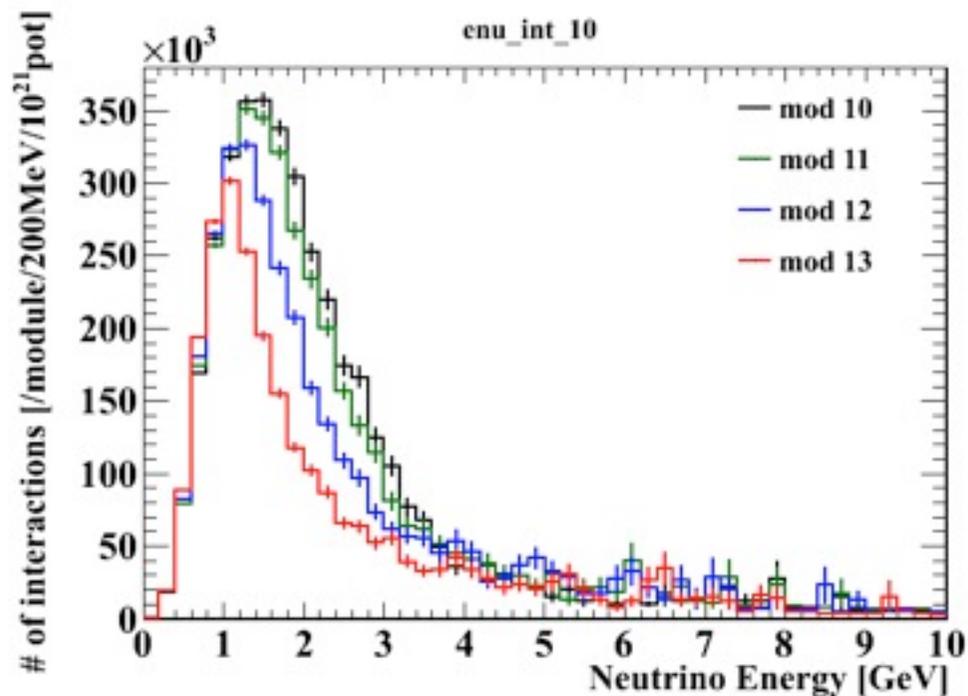
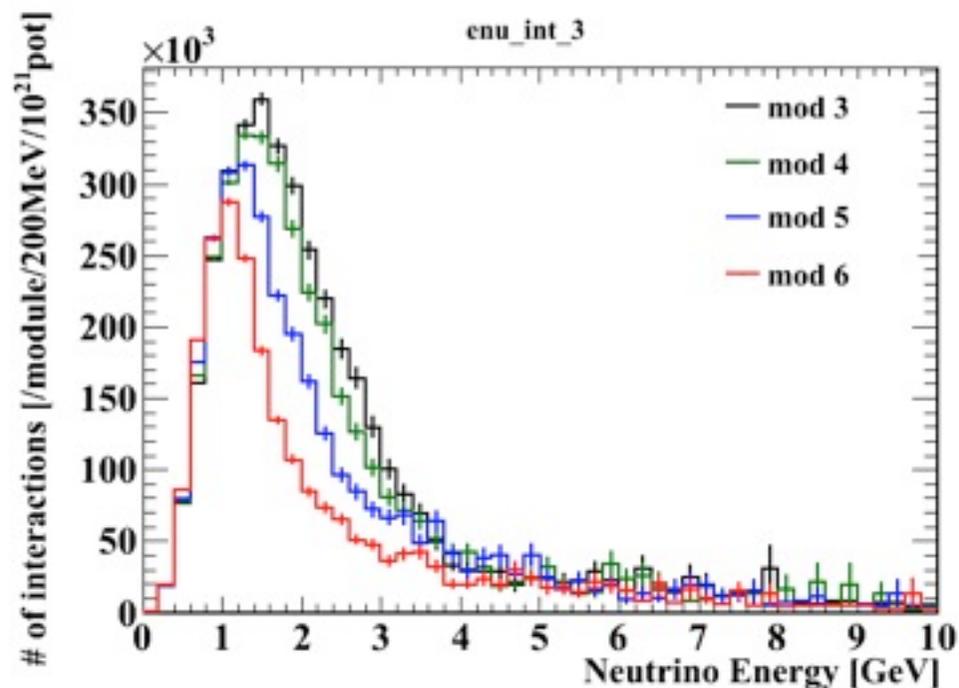
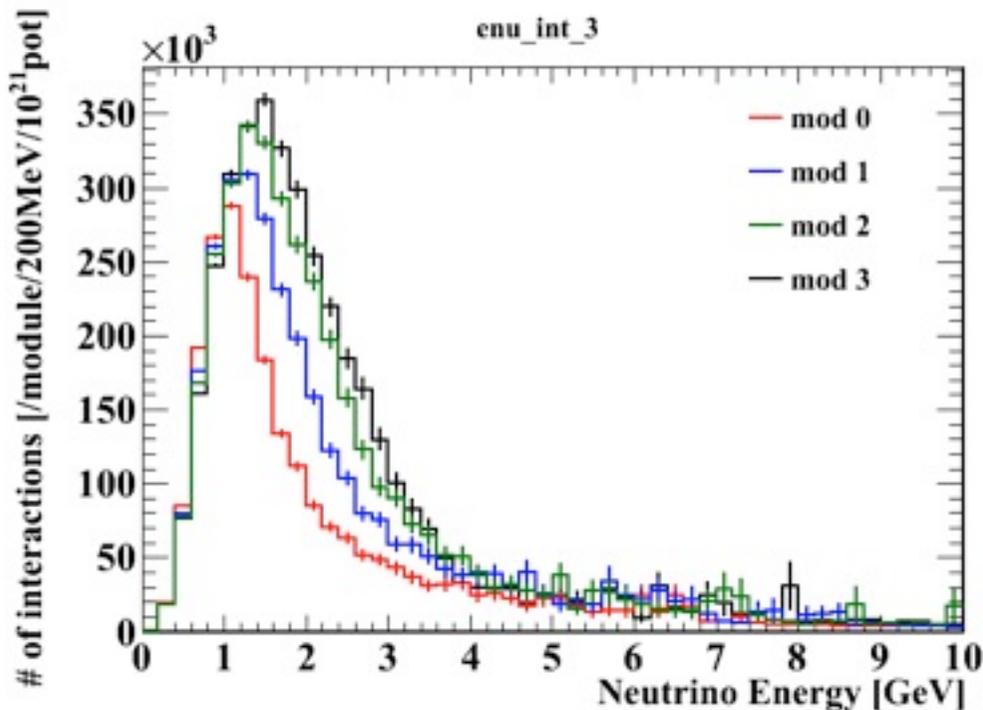
次

- 3GeV程度のエネルギーカットはあまり意味がない。
- エネルギーカットをしなくても、陽子ビームのズレに対してINGRIDは測定感度をもつ。ただし、ニュートリノ反応断面積などの不定性を考慮しないとはっきりとは言えない。
- そうこうしていると、南野さんから新しいJnubeam10abを元にしたNEUTファイル作成完了のお知らせを受ける。
- とりあえず、この新しいNEUTファイル(nominal beam)でINGRID MC を振り、ビームプロファイルがどうなるか。よければ、陽子ビームがズレた場合のNEUTファイルを作成していただく。

Back up

- 反応断面積をかけた後、INGRIDの検出効率をかけた後のエネルギースペクトル
- Nominal beam flux を使用

× Cross-Section



× Neutrino select Efficiency

