

経過報告

田中 隆己

2011年9月27日

1 HIME の PMT

内村さんから連絡があり、10/14に40本出荷できるそう。そのうち、4本はお願いしていた通り、テーパディバイダー(サチりにくい)の物にしてくれた。これは100本注文しているので特に値段の変更はなしでやってくれるそう。ただ、契約上型番を変更はできないので、シリアルナンバーでしか区別が付かないので注意が必要。あとで自分たちでマークを付ける等の対策をする。

これが届いたら時間を見てテストをしていく予定。また、浜フォト側からはタイミングシフトの原因はわからないとのことで、我々のテスト結果を教えてほしいとのこと。

2 Geant4 による中性子検出器シミュレーション

2.1 物理のモデル

Geant4で一番わかりにくい物理のモデルの決定・登録だが、Physics List というキーワードの元に検索しようやく楽をする方法がわかった。

Geant4は汎用的に作られているので、複数あるモデルを適宜適応したりできるのだが、やはり実験ごとに適応すべきモデルをまとめてくれたクラス(G4PhysListFactory)があり、これを叩くことにより簡単に適当な物理モデルを登録できる。この方法はexamples/extended/Hadr00等で使っている(おそらく多くのサンプルソースでこの方法を用いている)。

後は、どんなPhysicsListがあるかだが、

http://geant4.cern.ch/support/proc_mod_catalog/physics_lists/referencePL.shtml
や、

<http://geant4.slac.stanford.edu/TAMU2011/ChoosingPhysicsList.pdf>

を見て、われわれのエネルギーレンジのneutronシミュレーションに対しては、

QGSP_BIC_HP or QGSP_BERT_HP

がいいと思われる。それぞれの頭文字の説明を抜粋すると、

QGSP : QGSP is the basic physics list applying the quark gluon string model for high energy interactions of protons, neutrons, pions, and Kaons and nuclei.

BIC : Binary cascade for primary protons and neutrons with energies below 10GeV.

BERT : Bertini cascade for primary protons, neutrons, pions and Kaons below 10GeV.

HP : Uses the data driven high precision neutron package (NeutronHP) to transport neutrons below 20 MeV down to thermal energies.

と公式が言っている。BERT や BIC を指定しないと我々のエネルギーレンジではかなり断面積がずれるという印象がある。

具体的に、QGSP_BIC_HP を使った場合の断面積を図 2.1 に示す。また、DEMONS で使われてる断面積を図 2.2 に示す。elastic と inelastic で断面積を引っ張り出すことは Geant4 標準の方法で簡単にできるのだ

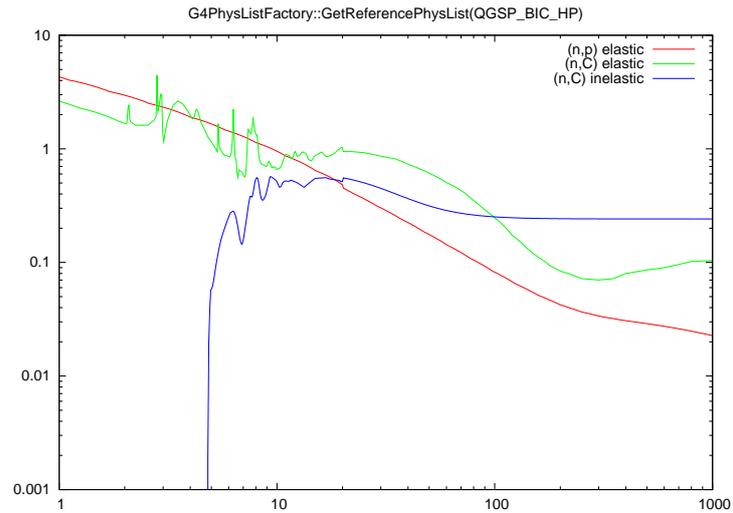


図 2.1 Geant4(QGSP_BIC_HP)

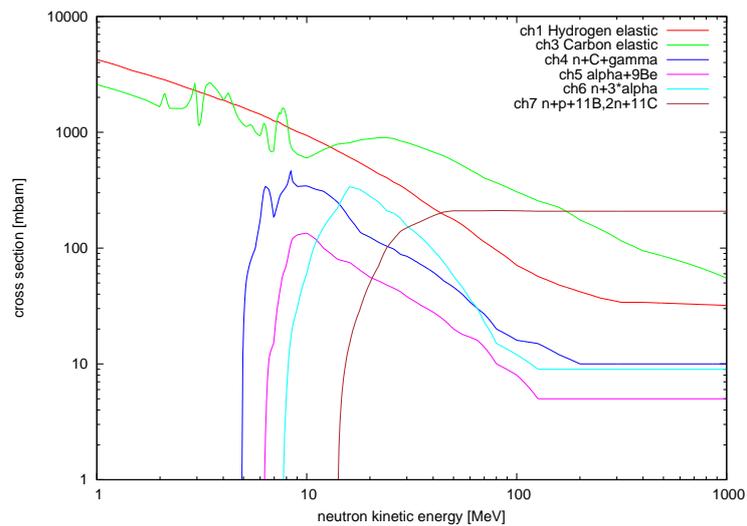


図 2.2 DEMONS

が、反応チャンネルごとだとわからなかったなので、今はそこは放置した。PhysList として QGSP_BIC_HP を選択した場合と QGSP_BERT_HP の場合はほとんど同じに見えたのでどちらでもいいという印象を受ける。

図に示す通り、低エネルギーに見られる resonance も含めてかなりよく一致していることがわかった。これより、DEMONS と同じ (もしくは DEMONS 以上) の結果が得られることが期待される。

2.2 シミュレーション

Geant4 を用いたシミュレーションでは、Monte Carlo truth(?) までに留めておき、実験で得られるデータに焼き直したりそれを解析するのは ROOT で行う。これの利点は、計算の大変な Geant4 を回す回数を減らすことになり、またシミュレーション結果の使いまわしや解析コードの共通化などが図れる。

具体的には粒子が何かアクションを起こしたところで情報が落ちてくる (Step) ので、この Step から必要な情報 (x,k,de,name 等) を ROOT の Tree に保存しておく。あとは ROOT 上でこれを解析していく。この際、解析を簡易化・共通化するために HIME クラスという HIME 特有の Data を保持・操作するクラスを定義し、これを利用する。

とりあえず HIME(2x4x100, 9 本 x5 層) を仮定して、中心に neutron を 250MeV で 10^6 個打ち込んだ。これを通常の方法 (先頭の一層によって解析する) とトラッキングを用いた方法により解析した際の運動量分布を図 2.3, 2.4 に示す。現在は時間分解能はフォtonsの追跡などではなく DEMONS と同様にガウシアンで適

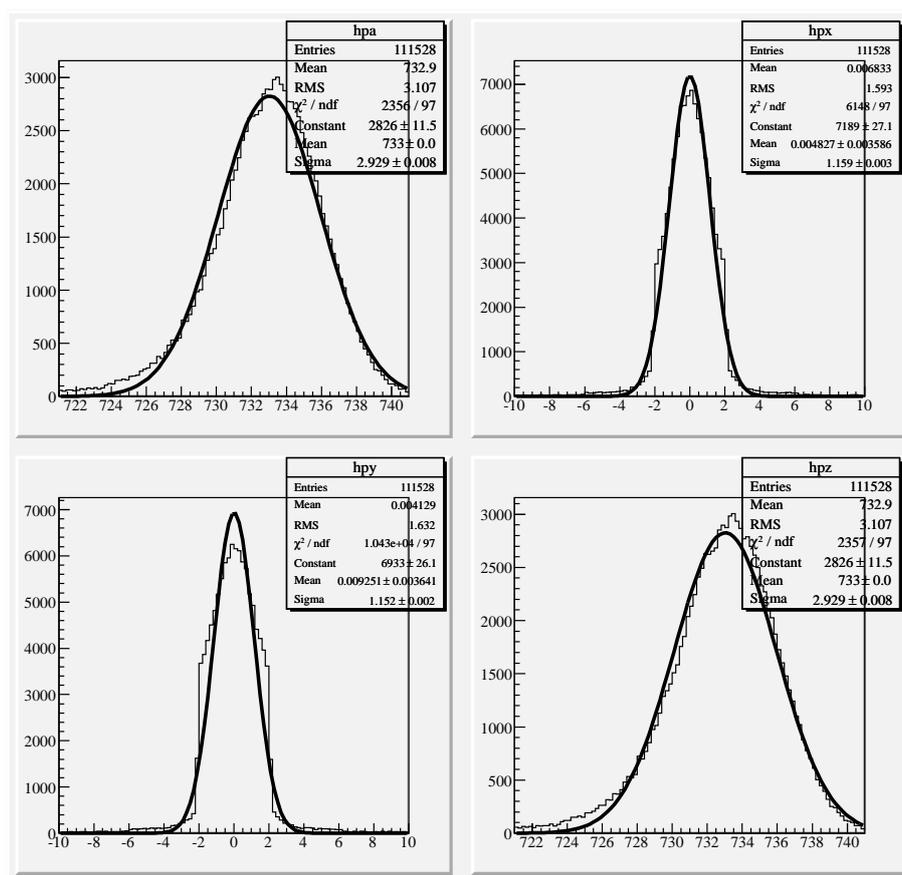


図 2.3 通常の方法による解析。右上のカウン数がそのままイベント数であり、efficiency は 11% となる

当 (sigma=130ps) になませている。エネルギーロス ~ フォトン ~ としており、MeVee への変換は行って

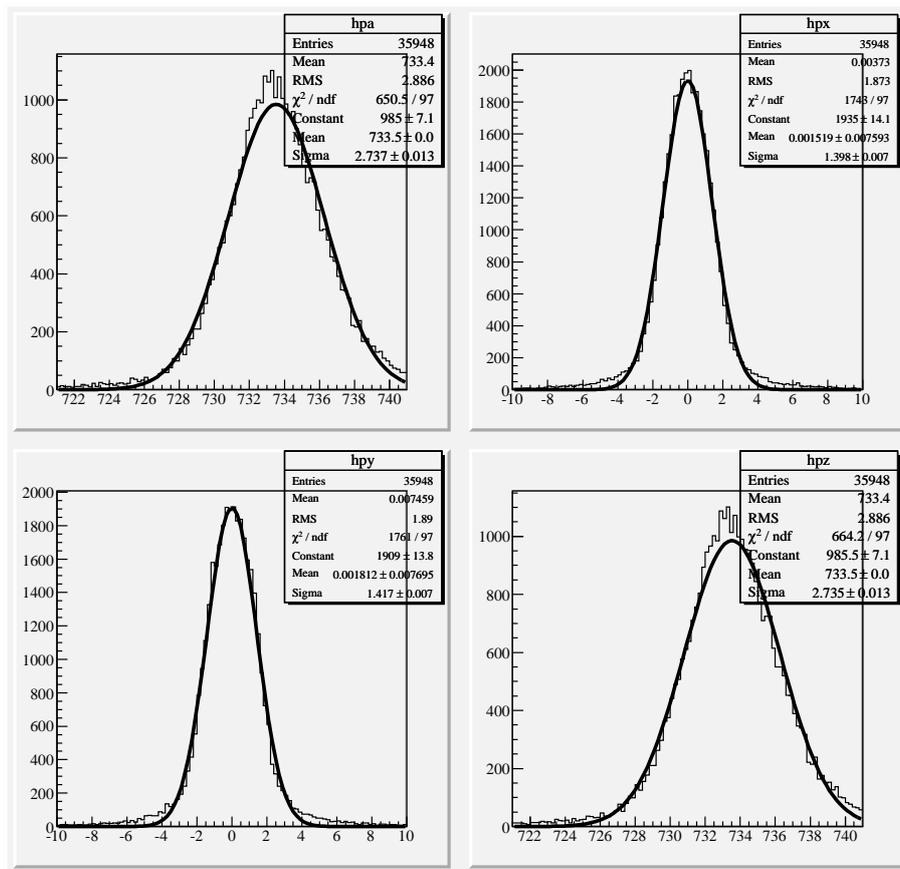


図 2.4 トラッキングを用いた解析。3 層以上よりで検出された場合。右上のカウン数がそのままイベント数であり、efficiency は 3.6% となる

いない。入射位置によって $\exp(-x/\text{減衰長})$ により減衰はさせている。threshold は相乗平均に対して 3MeV としており、プロトンが突きぬけた場合のシグナルは 5MeV 強であるので 4~6MeV 相当の threshold としていることになる。

トラッキングを用いた解析では proton の反張角から proton のエネルギーを求め、検出器に到達するべき時間を差引くことにより複数回測定による時間分解能の改善を図った。また、x,y の位置決定においてはトラッキングを行い、その fit 結果より x,y を求めた。

まず検出効率だが、通常の解析を用いた場合 10cm 厚で 11% となり、少し高い気がする。これについては単純なセットアップで追求する必要がある。トラッキングを用いた場合、DEMONS の解析では 3 層以上突き抜けは 53% 程度であるとしている (thr は定かでない)。これより $11\% \times 0.53 = 5.8\%$ となってほしいが、実際には 3.6% となり、ある程度ずれがあることが分かる。

運動量分解能の絶対値については、DEMONS の結果と比較してある程度妥当なもの、トラッキングを行ったときに px,py の分解能が通常の方法の場合より悪くなっている。これに関しては中心に打ち込んだこと等の影響が大きいと思っているが、確認しなければならない多い。

2.3 コメント

MeVee への変換を除いて DEMONS と同等のことを行っており、解析結果はほぼ同じになることが期待されるが、バッチリという感じではない。しかし、2 倍ずれたりしているわけではないので、一回目のトライとしてはいい感じかと思う。

今後、各プロセスごとに見つめ直し、ちきちきと DEMONS との比較を行っていく。