

# 経過報告

田中 隆己

2010年12月10日

## 1 smallINEUT

### 1.1 まとめ

マウントとかが完成したのでまずは 20mm\*40mm で実験をしている。この先、1ch-2ch,3ch-4ch をトリガー用の短い検出器 (T と呼ぶ) とし、5ch-6ch,7ch-8ch を smallINEUT(N と呼ぶ) とする。

やったことは、

- ADC のペDESTAL (run1014(ADC GATE 100ns), run1026(ADC GATE 200ns))
- TDC のキャリブレーション (run1013-1021)
- GAIN 調整 (visual scaler でやった)
- + trigger 1ch\*2ch\*5ch\*6ch(run1007)
- 十真中 trigger 1ch\*2ch\*5ch\*6ch(run1025)
- 十真中 trigger 5ch\*6ch\*7ch\*8ch(run1027)
- 十左 trigger 1ch\*2ch\*5ch\*6ch(run1028,run1029)
- 十右 trigger 1ch\*2ch\*5ch\*6ch(run1030,run1031(現在進行中))
- run1027 より簡易的にアテネーションレンジを出した。
- スルー補正をして、時間分解能を出した。

やらなきゃいけないことは、

- 回路図を書く
- GAIN を正確に合わせる (ソフト)
- 佐古さんにシミュレーションしてもらったので、ch-jenergy 変換
- 十右 trigger 1ch\*2ch\*5ch\*6ch の解析
- 三つとれたのでそこから何か言う
- run のまとめを書く
- いいかげんコロキウムの準備

GAIN は大体あっているが、ソフトで正確に合せていない (単なる怠慢) ので、以下の結果は多少ずれる可能性がある。また、スルー補正はフィットが目で行っている部分があるので、時間分解能の結果は二桁程度の信頼度と言える。

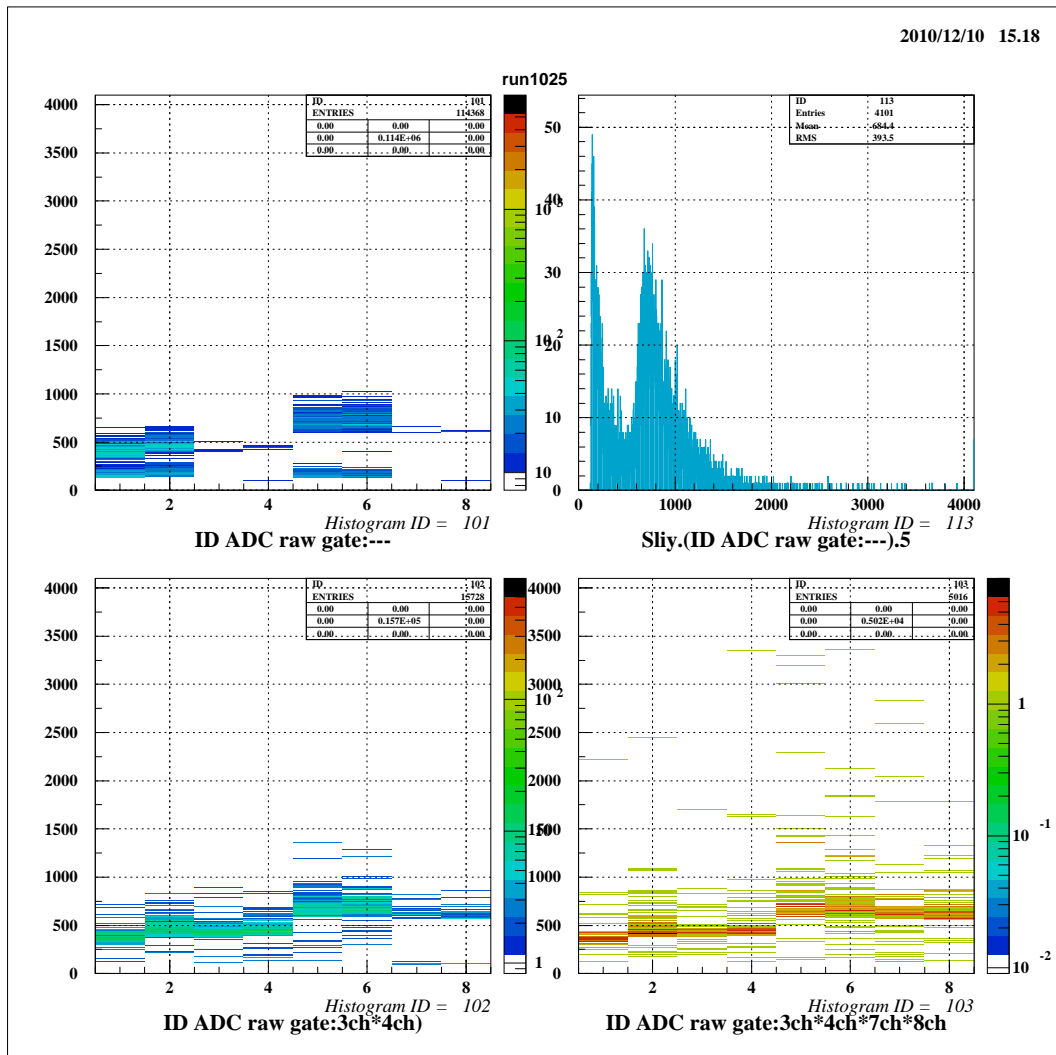


図 1.1 ADC raw(1\*2\*5\*6), ADC raw 5ch, ADC raw(1\*2\*3\*4\*5\*6), ADC raw(1\*2\*3\*4\*5\*6\*7\*8)

## 1.2 count rate

測定時間とトリガーの量からカウントレートを計算した。なお、thr=50mV(for 1,2,5,6),117ch(for 3,4,7,8)である。

- N-N(56-78) のコインシデンスだと 116.3count/min(run1027)。
- T-N(12-56) のコインシデンスだと 19.39count/min(run1025)。
- T-N-T(12-56-34) のコインシデンスだと 2.67count/min(run1025)。
- T-N-T-N(12-56-34-78) のコインシデンスだと 0.85count/min(run1025)。

raw データとそれに gate をかけた様子を図 1.1 に示す。

### 1.3 時間分解能・スルー補正

時間分解能を評価したいのだが、測定の関係上、スタートトリガーによらない物理量を評価しなければならない。また、スルー補正するのに、どの量にどのようなスルーが入っているか知りたい。

田中さんのミーティング資料 (2008.06.13.) に時間分解能の計算の仕方が載っているが、その式によってスタートトリガーの値が打ち消される様子や、位置に依存しない量が出てくる様子を追ってみた。

#### 1.3.1 時間分解能・スルー補正の理屈

測定値を  $T'x$ 、真の時間を  $Tx$  とし、スタートトリガーの時間を  $Ts$  とする。そのとき、 $T'x = Tx - Ts$  となる。スルーは後で含める。あとは測定値を展開して真の値に帰着すればよいので計算していく。記号は  $Tu = T12 = T1 + T2$ ,  $Td = T12 = T3 + T4$ ,  $Ta = T56 = T5 + T6$ ,  $Tb = T78 = T7 + T8$  としている (1-2, 3-4 がトリガー、5-6, 7-8 が NEUT)。

$$T = T'u - T'd \quad (1.1)$$

$$= \frac{T'1 + T'2}{2} - \frac{T'3 + T'4}{2} \quad (1.2)$$

$$= \frac{T1 + T2 - 2 * Ts}{2} - \frac{T3 + T4 - 2 * Ts}{2} \quad (1.3)$$

$$= \frac{T1 + T2}{2} - \frac{T3 + T4}{2} \quad (1.4)$$

$$= Tu - Td \quad (1.5)$$

$$(1.6)$$

$$Tna = \frac{T'u + T'd}{2} - T'a \quad (1.7)$$

$$= \frac{T'1 + T'2 + T'3 + T'4}{4} - \frac{T'5 + T'6}{2} \quad (1.8)$$

$$= \frac{T1 + T2 + T3 + T4 - 4 * Ts}{4} - \frac{T5 + T6 - 2 * Ts}{2} \quad (1.9)$$

$$= \frac{T1 + T2 + T3 + T4}{4} - \frac{T1 + T2}{2} \quad (1.10)$$

$$= \frac{Tu + Td}{2} - Ta \quad (1.11)$$

$$(1.12)$$

こうやって式に書くとスタートトリガーの時刻が消えるのは当たり前であることがわかった。

誤差の伝搬の法則は、

$$\sigma_y^2 = \left( \frac{\partial y}{\partial x_1} \right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \dots \quad (1.13)$$

と書けるので、

$$\sigma_T^2 = \sigma_{Tu}^2 + \sigma_{Td}^2 \quad (1.14)$$

$$\sigma_{Tna}^2 = \frac{\sigma_{Tu}^2 + \sigma_{Td}^2}{4} + \sigma_{Ta}^2 \quad (1.15)$$

$$\therefore \sigma_{Ta}^2 = \sigma_{Tna}^2 - \frac{\sigma_{Tu}^2 + \sigma_{Td}^2}{4} \quad (1.16)$$

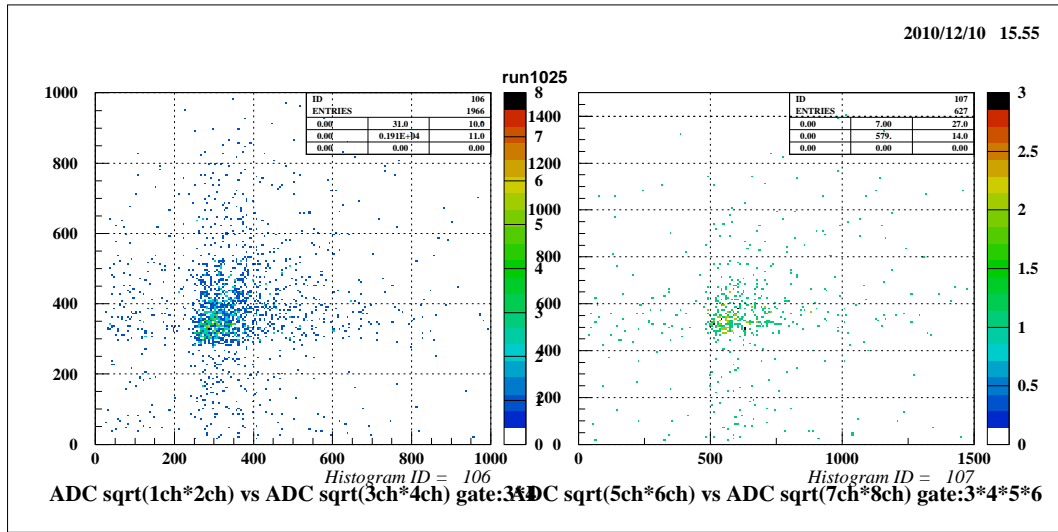


図 1.2 左：Tu と Td の相関 右：T56 と T78 の相関

となり、Tu, Td, Ta もも位置に依存しない量であるので、スタートトリガーと位置に依存しない量から時間分解能が計算できた。

次にスルー補正の評価だが、田中さんの資料にあるように  $T = T'u - T'd$  を評価する。スルーは対応する量の小文字で書くことにする。すると、

$$T = T'u - T'd \quad (1.17)$$

$$= Tu - Td \quad (1.18)$$

$$\rightarrow (Tu + tu) - (Td + td) \quad (1.19)$$

$$= Tu - Td + (tu - td) \quad (1.20)$$

$$= Tu - Td + ((t1 + t2)/2 - (t3 + t4)/2) \quad (1.21)$$

$$(1.22)$$

となり、この T に対するスルー補正は簡単には行えない。t1+t2 や t3+t4 はシンチ内で鳴った位置に対する依存が抑えられる方向に行くのでまとめて扱えるが、t1+t2 と t3+t4 の相関ははっきりしない。この二つの量の間を相関を実際に見てみると (図 1.2)、相関は見られないので、t1+t2, t3+t4 や t5+t6, t7+t8 という量は独立であると仮定し、それぞれを個別にスルー補正していく。

次に、横軸にとるべき値だが、エネルギーの相乗平均は位置に依存しないので、これでプロットすればスルーが綺麗に見えるはずである。相乗平均は上のトリガーの値と下のトリガーの値があるが、上のトリガーで横軸をプロットすれば、t1+t2 が見えるはずである (他のスルーは独立なので、全体をシフトさせるだけである)。逆に、下のトリガーで横軸をプロットすれば、t3+t4 が見えるはずである。これを見て、それぞれのスルーを同時に補正する。スルーをフィットした関数の無限遠が同じところに行かないのは、お互いがお互いのスルーに引っ張られるからである。つまり、重心は同じ位置にあるはずである。これより、重心を基準に無限遠点のチェックができる。

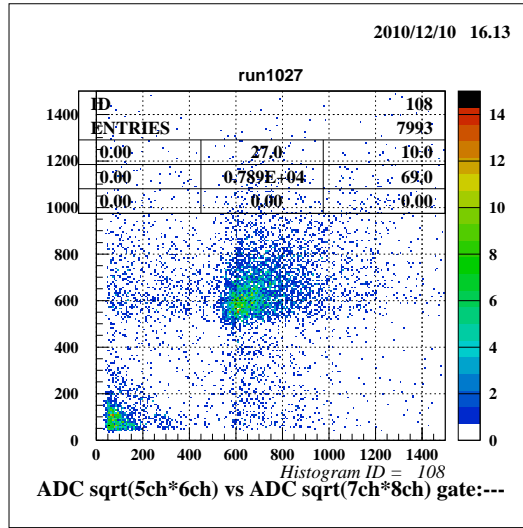


図 1.3 左：Tu と Td の相関 右：T56 と T78 の相関

次に、 $T_n$  のスルーを計算する。

$$Tna = \frac{T'u + T'd}{2} - T'a \quad (1.23)$$

$$= \frac{Tu + Td}{2} - Ta \quad (1.24)$$

$$\rightarrow \frac{Tu + Td}{2} - Ta + \frac{tu + td}{2} - ta \quad (1.25)$$

$$= \frac{Tu + Td}{2} - Ta + \frac{(t1 + t2) + (t3 + t4)}{4} - \frac{(t5 + t6)}{2} \quad (1.26)$$

となる。この場合、スルーは三つの独立な寄与があるので、それぞれを出す。

結局、求める物理量である、T vs トリガーの相乗平均 or  $Tna, Tnb$  vs 各 NEUT の相乗平均をプロットし、関数  $T[ns] = a/\sqrt{ADC[ch] + (c)} + b$  で fit した。(一つだけ  $c$  が入っている ( $c=-0.6$  ぐらい) がそれ以降は  $c=0$  とした)

### 1.3.2 スルーを fit

以上の議論を run1025 に適応した。

T から求まる  $t1+t2, t3+t4$  のスルー補正と  $Tna$  から求まる  $t1+t2, t3+t4$  のスルー補正は二倍すると同じになるはずで、結果は  $a=31.34$ ,  $a$  と  $a=18$  なので二倍してもあまり一致しないが、今は完璧を求めるわけではないので気にしないことにした。

さらに run1027(二つの NEUT のコインシデンス) でもスルーを計算した。ここで求まる  $Tna$  に対するスルー補正は run1025 で求まる  $Tna$  に対するスルー補正と同じになるはずであり、run1027 での値は  $a=-30$  となり、run1025 では  $a=-28.54$  となり、いずれも目分量で値を決定をしているが、かなりよい一致が得られ、こちらは consistent な結果となった。

ただし、run1027 について後からエネルギーの相乗平均の相関を見てみたら、この場合は少し相関があるように見える (図 1.3) また、低エネルギーに強い相関がこれがどのような由来なのかわからない。これらの相

関を取り除かないとスルーが完全に取り除けないので、横軸について他の物理量も考慮する必要がある。

### 1.3.3 実際にスルー補正を適応してみる (run1025(1\*2\*5\*6),run1028(1\*2\*5\*6))

以上のスルー補正を一度したところ、分解能がかなり良くなったので、その結果を表 1.1,1.2 に示す。なお、値はピークを gaussian で fit したときの sigma である。

	before	after		before	after
T	0.3979	0.1492		0.3979	0.1291
Tna	0.3645	0.1353		0.3645	0.1133
Tnb	0.3042	0.1095		0.3042	0.1095
T56	0.3054	0.1129		0.3054	0.0931
T78	—	—		0.2301	0.0885

表 1.1 run1025,center(50cm),gate:123456,gate:12345678

	before	after		before	after
T	0.4004	0.1649		0.4004	0.1497
Tna	0.3601	0.1394		0.3601	0.1090
Tnb	0.2620	0.1005		0.2620	0.1005
T56	0.2993	0.1124		0.2993	0.0792
T78	—	—		0.1690	0.0671

表 1.2 run1028,left(17cm),gate:123456,gate12345678

T のスルー補正後の sigma は測定によらず一定になるはずだが、これが少しずれているのは気持ち悪い。しかし、T56,T78 のスルー補正後の sigma は近いので、self consistent である。

### 1.3.4 実際にスルー補正を適応してみる (run1027(5\*6\*7\*8))

さらに、NEUT 二本のコインシデンスでとった run1027 から、NEUT 二本の時間分解能の二乗和のルートの値をだした。これも同じようにスルー補正を一回行ったが、低エネルギー側でかなり広がってしまった。結果は

sigma=0.1340

となった。上の run1025,run1028 の結果について二乗和のルートを求めてみると、

run1025- >sigma=0.1285

run1028- >sigma=0.1038

となり、全体として consistent になっていることがわかった。

### 1.3.5 ただし

なお、今はゲイン調整がざっくりなので、今回の結果は二桁程度の信頼度と考えられる。また、一部 paw のフィットがうまく行かなかったところは手で fit した。また、fit はもっと綺麗に行い、多くの結果を集めて

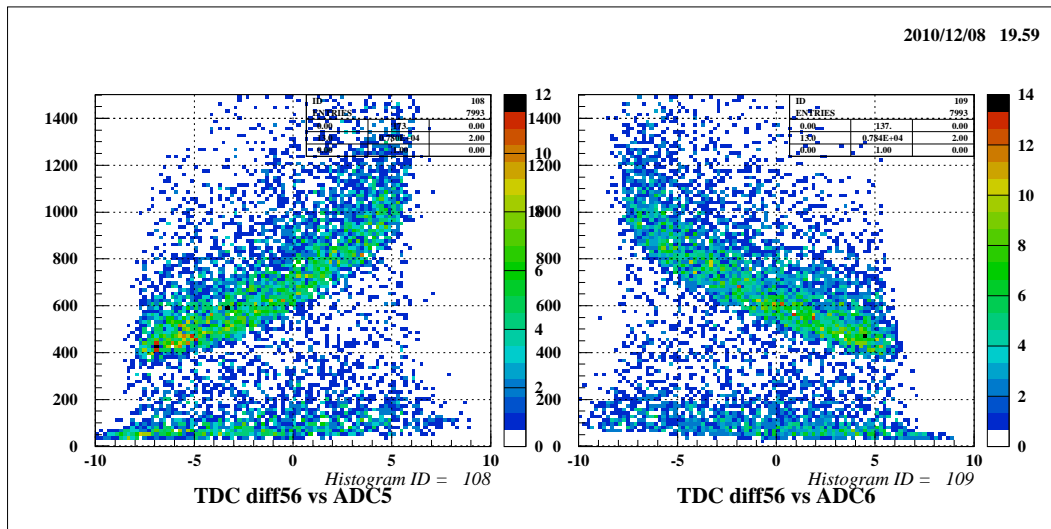


図 2.1 attenuation([cm] vs [a.u.]

正確なスルーを求める必要がある。

## 2 アテネーションの簡易測定 (run1027(5\*6\*7\*8) より)

二本の NEUT を平行に置いて coincidence をとるとアテネーションレングスが測定できる。結果は図 2.1 のようになった。この図から、幅いっぱいでは信号がおよそ半分になっているので、これをアテネーションレングスに押し込めると  $\lambda \approx 150\text{cm}$  になる。

## 3 シンチレータ内での光の減衰と時間分布 3

考えてみるといろいろ気にする必要がある。まず、今は臨界角はないとして、全ての角度の光が反射するとした。実際はある角度以上だとシンチレータから光が出てしまうが、この仮定はミラーで完全に反射することに対応している。しかし実際にはミラーでかなり減衰するはずなので、ある角度以上に対する処理が困る。

また、カタログスペックの  $\lambda$  はバルクライト?で 380cm だが、これはある点から等方的にでた光に対するアテネーションレングスで、まっすぐ進む光に対してではないと考えられる。まっすぐ進む光に対するアテネーションレングスが必要なので、光が等方的に出たときに減衰がちょうど  $\exp(-z/380\text{cm})$  と同じになるようにすると、まっすぐ進む光に対するアテネーションレングスはおよそ 1350cm となる。

今、全ての角度の光が反射するとし、まっすぐ進む光のアテネーションレングスは 1350cm とする。実験 (run1027) で得られた減衰は 100cm で半分になる (図 2.1) という結果だったので、これを再現させるように計算すると、反射率は 0.995 となる。図 3.1 に計算の結果を示す。

意外とうまくいきそうなので、同じ仮定で時間分布も計算してみる。実験では信号は少し汚かったが、FWHM が 8ns、全長は 35ns、立ち上がり (0-100%) が 4ns、であった。計算結果を図 3.2 にしめす。これより、時間的な広がりには明らかにおかしい。時間的な広がりには少なくとも実測値より狭くなければならないの

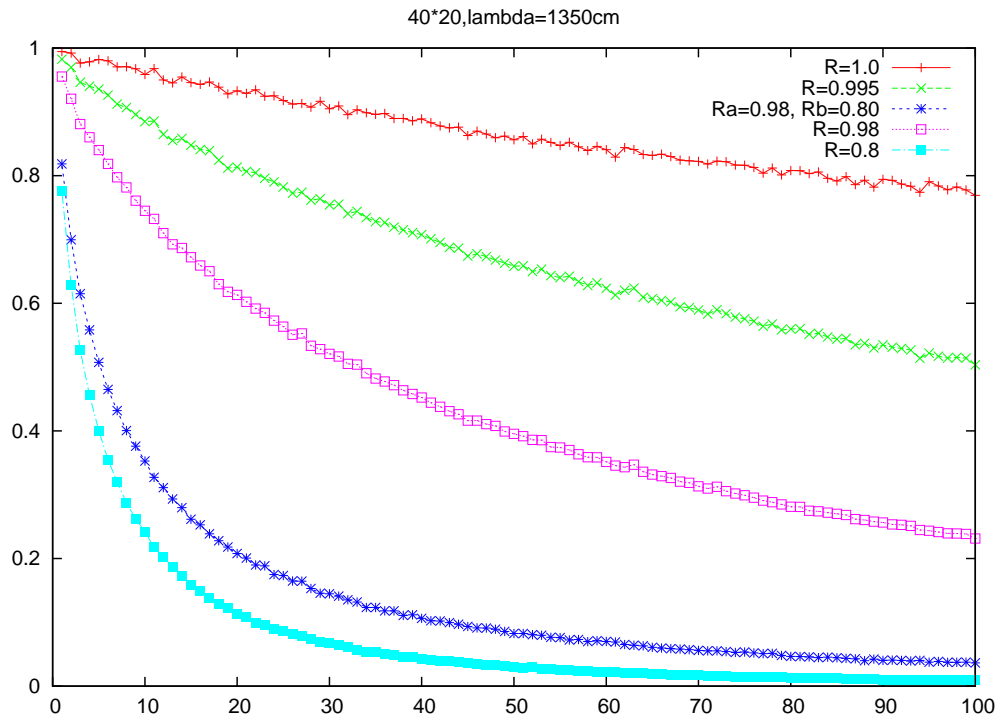


图 3.1 attenuation([cm] vs [a.u.])

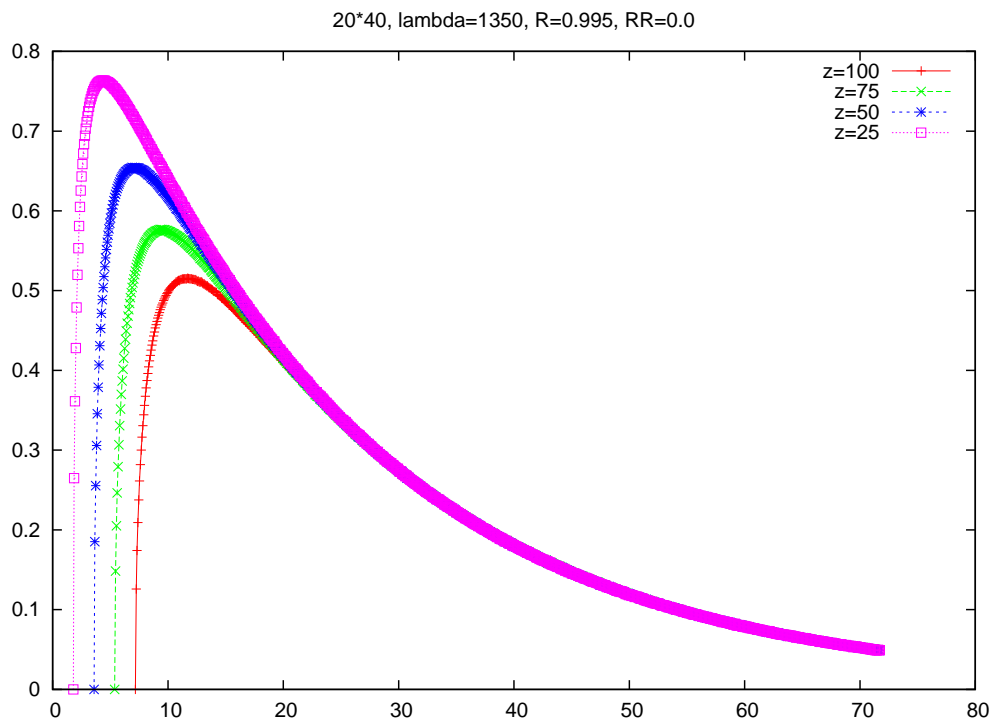


图 3.2 time distribution([ns] vs [a.u.])



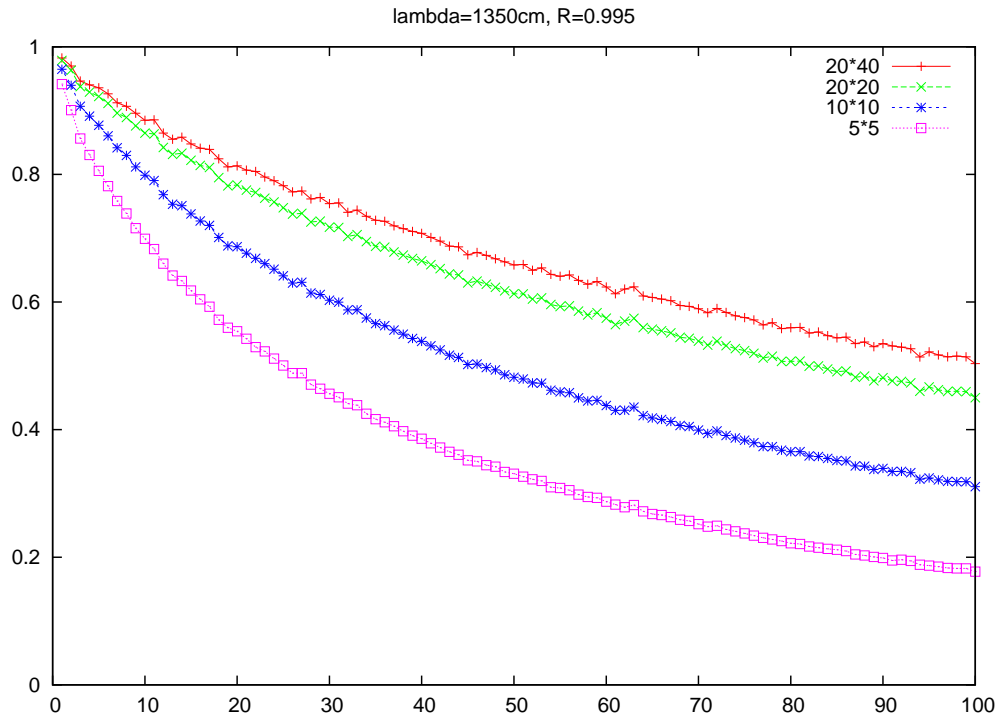


図 3.3 attenuation([cm] vs [a.u.]), シンチの形状依存性

で、時間分布に関しては単純な描像だけではうまくいかないことが分かった。

ひとまず反射率がでたので、これをもとに他の NEUT のアテネーションを計算してみる。上の結果から  $R=0.995, \lambda=1350\text{cm}$  とすると図 3.3 の様になる。

これが当たっていると嬉しい。

### 3.1 全反射の角度とマイラーの反射を考えたとき

全反射する角度は屈折率から求めた。また、マイラーの反射率はアルミの反射率をネットでみて、 $R_{\text{mylar}}=0.9$  とした。このときの結果を図 3.4 に示す。この図を見る限り、実際の実験とはかなり形が違っているので、何とも言えない。

## 4 細かい memo

- ため run 中に camac マシンが落ちた。エラーはメモするのを忘れたが、X が落ちて、camac クレートも死んでた。原因不明。その後、案の定途中までたまっていた run を消してしまった。
- 中村 winPC を購入したが、その振込の締切り (月末締め) を事務に言わなかったら、月末までに振り込んでくれなくて、先方から振込の催促がきた。幸いにも、学校の振込日が月末のすぐあとだったのですぐに振り込まれたが、一般のショップで掛売りするときは事務に締切りを言わないと学校側で勝手に締められるということだった。

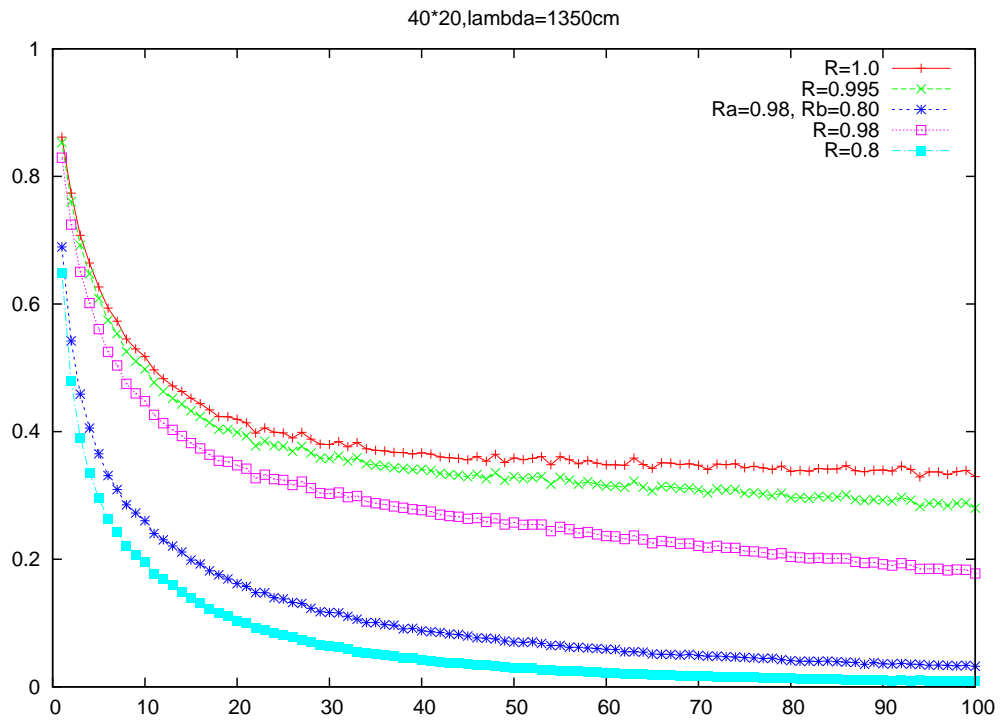


図 3.4 attenuation([cm] vs [a.u.])、臨界角とマイラーを考慮した場合の反射率依存性

- rips@camac に入っている anapaw は `val(1,naok)=naok` じゃないと正しく動かないようである。