γ Detectorの分解能による物理量の揺らぎに関する報告

松村 徹

平成 10 年 9 月 4 日

1 目的

これまでの作業により、Kinema のシミュレーションで次の反応により発生する 4γ の 4-momentum vector を計算することが可能になった。

$$\begin{aligned} \gamma p &\rightarrow \sigma p \\ \sigma &\rightarrow 2\pi^0 \\ \pi^0 &\rightarrow 2\gamma \end{aligned}$$

今回はこの 4-momentum vector に、detector のエネルギー分解能、位置分解能のそれぞれでランダムに揺らぎを持たせ、その結果で momentum transfer、σ の放出角 (LAB system)、2γ invariant mass、4γ invariant mass 等を組み直し、分解能による影響がこれらの量にどのように反映するかを考察した。

2 プログラムの流れなど

$\gamma p \rightarrow \sigma p$ 反応において、Primakov(?) effect に対する微分断面積は前方散乱 (σ の θ_{LAB}で１度程度) でピークを持つ。これを考慮して、今までのように散乱角を CM 系で等方に振るのではなくて、$t_{\gamma\sigma}$=-0.01GeV^{2}で固定した。

プログラムは 4γ の 4-momentum vector を読み込み、与えられたエネルギー分解能、および位置分解能

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_E}{\sqrt{E}} &= a(\%) \\ \sigma_p &= b(\mathrm{cm}) \end{aligned}$$

を使って、ガウス乱数で揺らぎを持たせた。

detector は 10^oから 30^oまでを forward 側、30^oから 100^oまでを backward 側として分け、forward 側を高めの分解能を与えた。

$t=-0.01\mathrm{GeV}^2$の場合、この detector の 4γ に対する acceptance は

$$\begin{array}{ccc} \gamma p \to \sigma p & について & 5.96\% \\ \gamma \mathrm{Pb} \to \sigma \mathrm{Pb} & について & 6.74\% \end{array}$$

である。

以下に計算させたパラメータを示す。これらは上の 2 つの反応それぞれについて行なった。

- detector 半径 20cm
  - forward 側の分解能を固定 ($\sigma_E = 3.0\%, \sigma_p = 0.5\mathrm{cm}$)
    - backward 側の位置分解能を固定 ($\sigma_p = 1.0\mathrm{cm}$)
      $\sigma_E = 1.0\%, 5.0\%, 10.0\%, 15.0\%$
    - backward 側のエネルギー分解能を固定 ($\sigma_E = 5.0\%$)
      $\sigma_p = 0.1\mathrm{cm}, 0.5\mathrm{cm}, 1.0\mathrm{cm}, 2.0\mathrm{cm}$
  - backward 側の分解能を固定 ($\sigma_E = 5.0\%, \sigma_p = 1.0\mathrm{cm}$)
    - forward 側の位置分解能を固定 ($\sigma_p = 0.5\mathrm{cm}$)
      $\sigma_E = 0.5\%, 1.0\%, 3.0\%, 5.0\%$
    - forward 側のエネルギー分解能を固定 ($\sigma_E = 3.0\%$)
      $\sigma_p = 0.1\mathrm{cm}, 0.3\mathrm{cm}, 0.5\mathrm{cm}, 1.0\mathrm{cm}$
    - forward 側のエネルギー分解能を固定 ($\sigma_E = 1.0\%$)
      $\sigma_p = 0.1\mathrm{cm}, 0.3\mathrm{cm}, 0.5\mathrm{cm}, 1.0\mathrm{cm}$
- detector 半径 30cm
  - backward 側の分解能を固定 ($\sigma_E = 5.0\%, \sigma_p = 1.0\mathrm{cm}$)
    - forward 側の位置分解能を固定 ($\sigma_p = 0.5\mathrm{cm}$)
      $\sigma_E = 0.5\%, 1.0\%, 3.0\%, 5.0\%$
    - forward 側のエネルギー分解能を固定 ($\sigma_E = 3.0\%$)
      $\sigma_p = 0.1\mathrm{cm}, 0.3\mathrm{cm}, 0.5\mathrm{cm}, 1.0\mathrm{cm}$
    - forward 側のエネルギー分解能を固定 ($\sigma_E = 1.0\%$)
      $\sigma_p = 0.1\mathrm{cm}, 0.3\mathrm{cm}, 0.5\mathrm{cm}, 1.0\mathrm{cm}$

3 考察

3.1 backward 側の detector について

forward 側の分解能を固定して、backward 側の分解能を悪くしていった場合、若干のピークの広がりがガウスフィットにより確認できるが、momentum transfer および σ 放出角の分布に目立った変化は特に見られない。これは $t = -0.08\mathrm{GeV}^2$に設定しているため、大半の γ ($\approx$ 46%) が forward 側に入射し、backward 側には 14% 程度しか検出されないからである。

3.2 forward 側の detector について

backward 側の領域に対して、forward 側は分解能の変化に伴い、かなり異なった分布を示してくる。

σ の放出角に関して、角度分布がエネルギー分解能ではなく、位置分解能の変化に依存していることが分かった。

また、momentum transfer もエネルギー分解能の変化と位置分解能の変化とで違った傾向を示す。即ち、位置分解能の劣化に従い momentum transfer は、負の方にテールを引いていくのに対し、エネルギー分解能の劣化では Gaussian の形で広がる。

4 今後の進め方

今回のシミュレーションでは、t を一定にして反応を起こさせたが、Primakov effect を考慮した乱数で σ を振れば、より現実に近いシミュレートができ、detector を設計する上でより有用な情報が得られると思う。

従って、今後は Primakov effect のシミュレーションへの組み込みをしていくつもりである。