エネルギー分解能

山形大学
クォーク核物性研究グループ 修士 2 年
吉田 祐樹

平成 15 年 1 月 30 日

目 次

第 1 章　エネルギー分解能 **3**
1.1　**エネルギー分解能** 3

第1章　エネルギー分解能

1.1　エネルギー分解能

電磁カロリーメーターのエネルギー分解能は以下の要素に展開できる。

$$(\frac{\Delta E}{E})^2 = (\frac{a_0}{E})^2 + (\frac{a_1}{\sqrt{E}})^2 + b^2 \tag{1.1}$$

ここで a_0 は側面のシャワーの分布を中心とした数モリエール半径内の読み出しチャンネルが足し合わされた、電気的ノイズの寄与である。

そして、a_1 は陽電子の統計量からの寄与である。結晶内の光生成と光子検出器に覆われた結晶の終点の面積により関連づけられる。

体系的に、または一定に、b の項は主に 3 つの要素に展開できる。

$$b^2 = {b_G}^2 + {b_C}^2 + {b_n}^2 \tag{1.2}$$

ここで b_G は幾何学的な効果を表す。後ろ、横、前からのシャワーの漏れ出し、結晶間や結晶の前方にある物質からの一部のシャワーの吸収などである。b_G の最小値は $0.3 \sim 0.4\%$ であり、関心のあるエネルギー範囲の上限と下限において、より大きくなる可能性がある。

b_C は結晶間のキャリブレーションの誤差を表している。キャリブレーションの方法に依存し、この項の下限は 0.3% となる。

b_n は結晶の反応 (固有の減衰長、位置による反射能率の変化、もしくは放射誘導の不均一性のため) の不均一性からくる項である。この項は分解能に寄与する。なぜなら同じ入射エネルギーの粒子でも電磁シャワーの広さと深さの分布に広がりがあるからである。

検出器の同じゲートのタイミングで異なった粒子が飛んでくる時もまたエネルギー分解能に影響を与える。この現象はパイルアップとして知られ重要な問題である。パイルアップノイズの詳しい説明は [?, ?] にある。パイルアップノイズを減らす一つの方法として、大きな検出器の体積を犠牲にしてでも結晶の位置をビームラインから離して設置することより分離することである。[?]

上述の結果と比較するとシャワーの発展 (完全な均一性がある無限の結晶では) での揺らぎによる固有な分解能の結果は高エネルギー物理のエネルギー範囲では無視してよい。

ノイズ項

低エネルギーでエネルギー分解能について支配的な寄与は

(a) 電気的ノイズ項 (a_0/E)
と
(b) 高輝度でのパイルアップノイズ
である。どちらともエネルギーを上げると急激に減る。サンプリング項 $(a_1/\sqrt{E})$ は中間エネルギーから高エネルギーについて支配的である。高エネルギーの上限までくると系統項 (b) が支配的になる。　エネルギーが一定の電磁ノイズもまた低エネルギーでの分解能と光子識別の効率と同じようにカロリーメータに届くエネルギーの下限で決まる 結晶の型のため、光子検出器の選択はこの項により決定される。フォトダイオードが固体の場合はノイズはダイオードの面積と薄さ、光子検出器に覆われた結晶の終点の面積により支配される。
広い収集口はエネルギー当たりの信号の強さに一致する。しかし、またおおきいキャパシタンスと漏洩電流より引き起こされる電気ノイズも大きくする。
ダイオードの薄さもまた粒子がダイオードを通った時の (比較的大きな) エネルギーロスにより決定される。このエネルギーはとても大きな輝度での分解能または電磁シャワーの全てを受け止められない十分でない長さの結晶では重要な効果があるかも知れない。

定数項

高エネルギーでの分解能は体系的に制限を受ける。必要条件と支配の中心項 b_n と b_c はこのセクションとセクション 7 で各々詳しく述べる。いったん十分に正確なキャリブレーションと均一な光の反応が成し遂げられれば、カロリーメータの究極のエネルギー分解能はシャワーの漏洩と吸収項 b_G で決定する。