

陽子-原子核衝突シミュレーション ハイペロン偏極について

総合情報学部コンピュータシミュレーション学科 田代勤、山城賢太郎(学生)

Keywords : ハイペロン偏極、クォーク、ダイクォーク、粒子生成

1. 研究の背景と目的

偏極していない陽子-原子核衝突において、陽子の入射方向に大きなエネルギーあるいは大きな横運動量で生成されるハイペロンが、その生成面の法線方向 $\vec{n} = \vec{p}_{inc} \times \vec{p}_{out} / |\vec{p}_{inc} \times \vec{p}_{out}|$ に対し大きく偏極している。ここで \vec{p}_{inc} と \vec{p}_{out} はそれぞれ入射陽子と生成ハイペロンの3次元運動量である。たとえば陽子-原子核衝突で生成される Λ 粒子は負に偏極している。ハイペロンとは陽子や中性子の仲間で s クォークを含むスピン 1/2 の粒子である。ハイペロンの偏極はその種類により符号が異なり複雑な様相を示している。ここでは、陽子-原子核衝突におけるハイペロン生成を陽子-核子衝突の重ねあわせで扱い、ハイペロン偏極と入射陽子のダイクォーク状態を調べる。

2. 計算方法

入射陽子の運動量 p_L が数 GeV/c から 1000GeV/c 位までの衝突を扱うが、入射陽子は標的原子核の陽子や中性子(核子)と1回ないし数回衝突し、比較的大きなエネルギーを持った核子や重粒子、 Λ 粒子などをたたき出す。励起された残留核は核子や Λ 粒子等を放出して最終状態に近づく。ここでは入射陽子方向に作られる粒子を扱うので残留核のシミュレーションは行わない。考えているエネルギー領域では入射陽子はほとんど方向を変えないので、陽子-原子核衝突は直進する陽子と核内核子との衝突の重ね合わせであるとするグラウバー近似を用いる。まず核子の密度関数に従って標的核の核子の位置を決定する。次に入射陽子の衝突パラメータを決め、各核子の断面積内に入っているか判定し衝突する核子を決める。最後の衝突は通常陽子-核子衝突を使い、途中は入射陽子から放出されたクォーク-反クォーク対のメソン-核子衝突として扱う。スピンに関しては $p \uparrow p \rightarrow \pi^- X$ 反応の単一スピン非対称から、入射陽子のダイクォークはスピン下向きのクォークと結びつきやすいと仮定し、共鳴粒子の影響も考慮する。

3. 結果および応用の可能性

偏極に関するパラメータを図1の $p_L = 400\text{GeV}/c$ の p-Be 衝突の Λ と Σ^\pm から決める。その他のシミュレーション結果を図2と図3に示す。入射バリオン中のダイクォークは90%程度がスピン0、10%程度はスピン1の状態にあること、また反ハイペロンの偏極から、入射陽子に3~4%程度の反ダイクォーク状態が存在する可能性があることが分かった。今後メソン-核子衝突、原子核-原子核衝突での偏極およびダイクォーク状態と共鳴粒子の関係を調べる予定である。

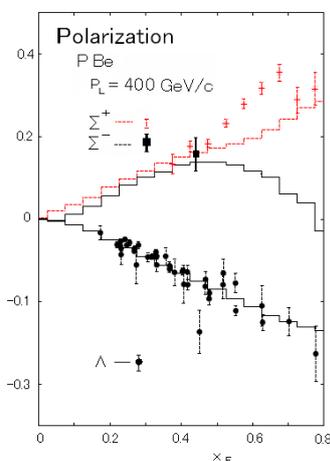


図1. $p_L = 400\text{GeV}/c$ の p-Be 衝突の Λ と Σ^\pm 偏極

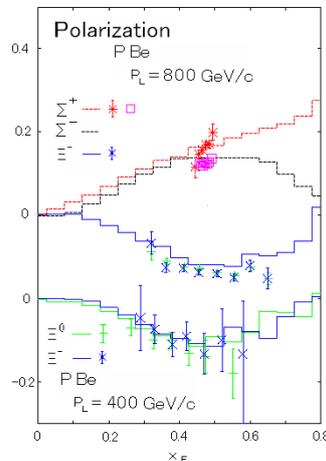


図2. $p_L = 400, 800\text{GeV}/c$ の p-Be 衝突の Σ^\pm と Ξ^{0-} 偏極

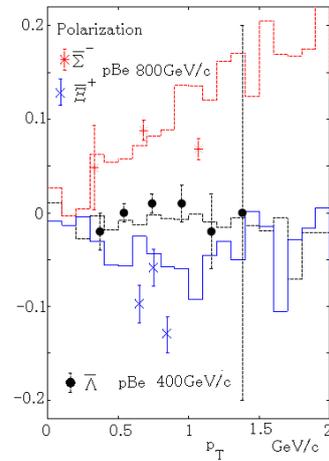


図3. $p_L = 400, 800\text{GeV}/c$ の p-Be 衝突の Λ , Σ^- と Ξ^+ 偏極