

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 別部 寛生
 学位 博士 (理学)
 学位記番号 新大院博 (理) 第 394 号
 学位授与の日付 平成 27 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
 博士論文名 シングルスピン非対称に対するグルーオン間多体相関の寄与の研究

論文審査委員 主査 教授・小池 裕司
 副査 教授・松尾 正之
 副査 教授・大原 謙一
 副査 助教・吉田 賢市

博士論文の要旨

本博士論文では、近年、高エネルギースピンの物理分野で大きな話題となっているシングルスピン非対称 (SSA) について、強い相互作用の基礎理論である量子色力学 (QCD) を基に理論的解析を行っている。ここで、SSA とは、スピンが横偏極した核子と無偏極粒子 (電子や核子) の衝突から生成される粒子 (中間子やジェットなど) の生成割合が、衝突する核子のスピンの向きに依存する現象をいう。高エネルギー電子核子、核子核子衝突過程で観測されてきた大きな SSA は、高エネルギー過程の記述に成功を収めてきた伝統的な枠組みであるパートン模型 (パートン=クォークとグルーオン) と摂動論的 QCD では全く不可解な現象であり、その起源の解明はこの分野の大問題であった。近年の研究で、SSA を引き起こす機構が次第に明らかにされ、それらは、終状態に生成される粒子の運動学領域により 2 種の機構として分類され研究が進められていた。1 つは、終状態に生成される粒子の横運動量が 1 GeV 程度以上の大きな領域で有効なもので、「ツイスト 3 機構」と呼ばれている。もうひとつは、横運動量の小さい領域で有効な機構で「TMD 因子化」と呼ばれている。本博士論文では、前者に基づいた SSA 研究を展開している。この機構では、SSA はハドロン中におけるパートン間の量子的多体相関の効果として現れる。SSA の起源となる核子中のパートン間相関は、さらに「クォーク・グルーオン相関」と「グルーオン間相関」に分けられる。前者に関しては、既に核子核子散乱や電子核子散乱の多くの過程について研究がなされている。他方、グルーオン間相関についての研究はまだ日が浅いという状況である。SSA の理解のためには、このグルーオン間相関の SSA に対する役割を明らかにする必要がある、それが本博士論文の研究テーマである。

論文は以下の構成をとっている。

第 1 章では、上述したような SSA 研究の歴史と現状についてまとめられ、SSA の解明のため横偏極核子中のグルーオン間多体相関の研究の必要性和意義を述べている。

第 2 章では、高エネルギー包含過程を記述する際に現れる、核子中のパートン分布関数と終状態ハドロン of 破砕関数についてまとめた後、本論文の主要テーマである核子中の

グルーオン間相関を表す「3グルーオン相関関数」の完全系を定義している。

第3章では、電子核子セミインクルーシブ深非弾性散乱 (SIDIS) における D 中間子生成過程の SSA に対する 3グルーオン相関の寄与を研究している。この過程の SSA はグルーオン相関に非常に敏感であるため、その関数形に対する情報を得るのに有用である。米国で計画されている Electron-Ion-Collider 実験の運動学領域の SSA に対し、先行研究で得られた 3グルーオン相関関数に対する模型を用いた数値評価を実行し、この過程の SSA の特徴を明らかにしている。

第4章では、核子核子衝突過程における π 中間子などの軽いハドロン生成の SSA に対する 3グルーオン相関の研究を行っている。まず、スピン依存断面積に対する 3グルーオン相関の寄与を表す解析公式を QCD の結合定数に対する最低次の近似で導出している。そのため、多くのファインマン図形の解析計算を行っている。次に、3章で用いたものと同様な模型により、BNL の RHIC 加速器におけるパイオン及びジェット生成の SSA に対する 3グルーオン相関の寄与の数値評価をし、実験データと比較している。この研究により、3グルーオン相関はこの過程の SSA の主な起源にはなり得ないことや、既存のデータが 3グルーオン相関に対する大きな拘束を加えることなどが明らかにされている。

5章では、全体のまとめと展望が述べられている。また、補遺では4章の計算に必要な関係式の導出が与えられている。

審査結果の要旨

本論文は、現在、高エネルギースピンの物理分野で国際的に大きな関心を集めている SSA の起源の解明と定量的記述に資するものである。特に、SSA の重要な起源の 1 つとなり得る核子内の「3グルーオン相関」の寄与を、SIDIS 過程における D 中間子生成過程と核子核子衝突における軽い中間子生成過程について詳細に調べており、得られた結果は現在進行中の実験、ならびに計画中の実験にとって決定的に重要なものである。また、SSA はパートン描像を超えた核子中でのパートン間多体相関を反映したものであるため、本論文は、核子構造研究に新たな側面を切り開いている点でも重要な意義を持つ。

申請者は、査読付き学術雑誌に3編の論文を発表しており、本博士論文は、主としてそのうち2編の内容をまとめたものである。

よって、本論文は博士(理学)の博士論文として十分であると認定した。