

立教大学学術推進特別重点資金（立教SFR）
個人研究費
2007年度研究成果報告書

研究代表者	所属・職名	氏名
	理学部・教授	田中秀和 印
研究課題	非包含ハドロン散乱過程に対する QCD 高次効果	
研究期間	2007年度	
研究経費	489千円円	

研究の概要（200～300字で記入、図・グラフは使用しないこと）

強い相互作用の関与するハドロン散乱現象を定量的に評価するためには、ハドロン中にあるパートン（クォーク・グルーオン）に対する量子色力学（QCD）の輻射補正を考慮する必要がある。パートンに対する輻射補正については、collinear 領域からの寄与が大きく、これを全摂動次数にわたって足し上げる必要がある。この足し上げの効果によりパートンの分布関数・崩壊関数のスケーリング則の破れや生成されるパートンの横運動量分布が求められる。高エネルギーハドロン散乱においてこの様な現象を含めて評価するためには、解析的な方法だけでは不十分であり、モンテカルロ・シミュレーションを行う必要がある。

本研究では、モンテカルロ・シミュレーションに適合した高次補正項の足し上げにおいて、パートン生成に対する運動学的制限を考慮した新しい因子化処方を考案し、この処方により得られた散乱断面積と従来の処方との比較を行った。新しい処方では、軟グルーオン領域における断面積の急激な増加は無く、摂動展開の精度が改善され、通常の処方における赤外領域に対する再加算が不要であることが分かった。

キーワード（研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。）

[量子色力学] [高エネルギーハドロン散乱] [パートンシャワー]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

高エネルギーハドロン衝突実験における非包含的粒子生成過程の反応断面積に対する QCD 補正を求める際には、散乱素過程と始状態パートン放射の間に理論的な任意性が存在する。この計算処方依存性は、ハドロン散乱に対する散乱断面積の評価に無視しがたい理論的な任意性を与える。この任意性は始状態パートンの分布関数に対する高次補正の任意性と相殺するが、この相殺が不完全であると理論的予測の精度が落ち、データ解析の精度向上そのものの障害ともなる。これは、素粒子の標準理論で要請されているヒッグス粒子や、超対称性理論などの標準理論を超えた統一理論から予言されている新粒子探索の検出精度を上げるためにも改善されるべき問題である。具体的には、QCD の高次効果を含めた理論的に矛盾の無いイベント・ジェネレータを構築し、始状態パートンに対するパートンカスケードと素過程に対する散乱断面積の間で、この相殺がどの程度有効に働いているかを検証する必要がある。

本研究では、先に開発した NLL(next to leading logarithmic)項まで含めて始状態パートンに対するパートン・カスケード生成を行うアルゴリズム⁽¹⁾に対応する非包含ハドロン散乱過程の素過程についての計算処方を検討した。

まず、高次摂動計算で問題となる collinear 効果を因子化する際に現れる理論的任意性を非包含過程においてどの様に処理し、計算処方に依存しない反応断面積が求められるかを検討した。ここで挙げた問題点は、複雑な反応過程を具体的に評価していく際には重要な問題である。

今年度は、これまでによく調べられており実験データも存在する陽子-陽子散乱過程におけるレプトン対生成(Drell-Yan 過程)を計算例として採り上げ、この過程に対する散乱振幅の2乗から collinear 発散を生じる部分を差し引いた後の微分断面積の性質を調べ、非包含過程における断面積の性質を明らかにした。

モンテカルロ法による非包含過程の生成に際して、必ずしも collinear に生成されるパートン分布関数部分に含まれるとは限らず、有限の横運動量を持つものも含まれる。このような効果も含めて因子化を行うためには、パートン生成における運動学的制限を考慮する必要がある。

本研究では、散乱断面積の collinear 領域における発散項の因子化の際に、通常用いられている \overline{MS} 処方に運動学的制限を考慮して定式化を行った。更に、これを用いて得られた結果と、運動学的制限を考慮しない従来の方法との比較を行った。

研究成果の概要 (つづき)

このとき、軟グルーオン生成領域における赤外発散の規格化の扱いを注意する必要があることが分かった。この点に工夫をして得られた結果は、軟グルーオンの生成領域において、運動学的制限により大きな違いが出るということが分かった。定量的には、従来の方法では軟グルーオン領域において断面積の高次効果が急激に増大し、摂動展開が著しく悪くなるのに対して、運動学的制限を考慮した因子化法では、軟グルーオン生成領域における断面積の高次効果の増加が緩やかであり、摂動展開として意味を持つ結果が得られた。

この結果は、パートン生成に対する運動学的な制限を課した因子化処方により、軟グルーオン領域における大きな寄与が、分布関数側に効率よく加えられたことによると考えられる。これは、これまでの処方で行われてきた軟グルーオン領域における大きな寄与を再加算化する必要のないことを示しており、摂動計算一般における計算処方においても重要な知見を与えたものと思われる。

一方、 \overline{MS} 処方を用いると、運動学的制限の有無に関わらず、collinear 効果を差し引いた後の断面積が負の値となる位相空間の領域があり、数値的シミュレーションに用いるには不適當であることが分かった。この問題についての解決法は現在研究中であるが、 \overline{MS} 処方ではない因子化法を用いることを検討している。ただし、その場合には分布関数もその因子化法に対応するモンテカルロ・アルゴリズムを用いる必要がある。

この結果を基にして、非包含 Drell-Yan 過程に対する散乱断面積の評価法を確立すると共に、非包含過程に対する断面積の一般的な計算手法の検討を行っていく。

参考文献

- (1) H. Tanaka, Prog. Theor. Phys. 110 (2003), 963.

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

① 雑誌論文

Kinematical Constraints on QCD Factorization in the Drell-Yan Process
H. Tanaka, Y. Matsuda and H. Kobayashi
Prog. Theor. Phys.118(2007) pp.749-758

④ 学会発表

「Kinematics の制限を入れたQCD因子化法」
田中秀和、小林裕和、松田悠
第63回日本物理学会年会 (近畿大学 本部キャンパス)