

自己評価報告書

平成23年 5月13日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2012

課題番号：20340064

研究課題名 (和文) LHCでの新しい物理発見に向けた散乱振幅自動生成プログラムの開発

研究課題名 (英文) Development of automatic amplitude generation program for new physics discovery at the LHC

研究代表者

萩原 薫 (HAGIWARA KAORU)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号：50189461

研究分野：素粒子理論

科研費の分科・細目：物理学 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：テラスケール物理、素粒子模型、LHC、リニアコライダー、高速自動計算、事象シミュレータ、並列計算、GPU

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、高速散乱振幅自動生成プログラム MadGraph を発展させ、LHC や将来のリニアコライダーにおける新しい物理の発見に寄与することであり、以下の4点に要約することができる。

(1) MadGraph/MadEvent をベースとし物理プロセスの高速シミュレーションを行う並列計算システムを構築する。

(2) 多重ジェット生成過程のシミュレーションのためにパートンシャワーとの接続を自動化する。

(3) 新しい物理に対応するために新たな HELAS サブルーチンを作成し、MadGraph / MadEvent によるシミュレーションを可能とする。

(4) 成果を公開し実験および理論家の用に供する。

2. 研究の進捗状況

(1) 物理プロセスのシミュレーションの高速化のため、グラフィック出力用半導体 (GPU) を利用した高速シミュレーション・システムの開発を行った。GPU 上で実行できるソフトウェア (散乱振幅の計算、位相空間の生成、またモンテカルロ積分と積分結果を使った事象生成等) を開発し、シミュレーション・プログラムに用いることで、計算効率を従来の10倍から100倍高めることに成功した。この成果により、1台のGPUで並列度が100の従来の並列計算機システムと同等の計算能力を持つシミュレーション・システムを構築する目処がたった。現在、LHCでの物理現象、特に十分な統計が必要とされるバックグラウンド事象のシミュレーション

に必要な全ての標準模型過程の計算のためのシステムの構築を進めている。

(2) LHCでの新しい物理現象の発見にとって重要な多重ジェット生成を含む事象をシミュレートするためには、散乱振幅とパートンシャワーの接続が不可欠である。その自動化の準備として、重いスピン2粒子が多数のジェットと共に生成される過程のシミュレーションを完成させた。併行して多ジェット生成過程の効率的な計算アルゴリズムの開発と、パートンシャワーの改良作業を進めている。

(3) 新しい物理模型への適用範囲を拡大する課題については、スピン2、および3/2粒子を含む散乱振幅の計算の自動化を達成した。スピン2粒子は、大きな余剰次元を持つ理論の重いグラビトンとしてLHCで生成される可能性があり、スピン3/2粒子は超対称な重力理論に必須のグラビティーノとして、LHCで生成される超対称性粒子の崩壊過程に現れる可能性がある。これらの過程の計算が自動化されたことで、多くの研究が触発されつつある。

(4) 全ての成果は学会発表、および論文として発表されている。また開発されたソフトウェアについては以下のウェブにて公開されている。(http://madgraph.kek.jp/KEK/)

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している

(理由)

各項目で研究目的に挙げた目標の達成に向け研究計画に沿った作業が進められている。特に、(1)シミュレーション・システムの高速化についてはGPUを利用するとい

う新しいアイデアを採用することにより当初想定した目標を大幅に上回る成果を安価なシステムによって達成することが出来た。(3) 新しい物理への対応についても当初の目標をほぼ達成した。(2) パートンシャワーとの接続の自動化については困難を克服しつつある。(4) 成果の公開も順調に進んでいる。

4. 今後の研究の推進方策

(1) シミュレーションの高速化については、今後 GPU を利用したシミュレーション・システムと MadGraph/MadEvent を結合し、ウェブ上のインターフェースを利用して多くの理論家・実験家が利用できる様にする。高速化の成果を実際の研究に生かせる環境を整備する。また次のステップとして、測定器効果のシミュレーション等、膨大な計算時間を必要とするソフトウェアを GPU の利用によって高速化する可能性を検討する。

(2) 多重ジェット生成過程の計算アルゴリズムの効率化を完成させ、GPU の利用による更なる高速化を目指す。開発中の新しいパートンシャワーを使って多ジェット生成振幅との接続の自動化を試る。

(3) 公開された新しい物理過程のシミュレーション・ソフトウェアの保守を続けると共に、それらを利用して新しい物理の解析手法を提案する。

(4) 引き続き GPU を利用した高速シミュレーション用のソフトウェア、および新しい物理現象のシミュレーション・プログラム等の成果をウェブ上で公開する。さらに GPU の利用により高速化された MadGraph/MadEvent システムを独自サーバー上で公開することを目指す。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

① J.Kanzaki, “Monte Carlo integration on GPU”, The European Physical Journal C - Particles and Fields, 71, 1559 (7 頁), 2011, 査読有

② K.Hagiwara, K.Mawatari, Y.Takaesu, “HELAS and MadGraph with spin-3/2 particles”, The European Physical Journal C - Particles and Fields, 71, 1529 (12 頁), 2011, 査読有

③ K.Hagiwara, J.Kanzaki, N.Okamura, D.Rainwater, T.Stelzer, “Fast calculation of HELAS amplitudes using graphics processing unit (GPU)”, The European Physical Journal C - Particles and Fields, 66, 477-492, 2010, 査読有

④ K.Hagiwara, Q.Li, K.Mawatari, “Jet angular correlation in vector-boson fusion processes at hadron colliders” Journal of High Energy Physics, JHEP0907:101, 1-46, 2009, 査読有

⑤ K.Hagiwara, Q.Li, J.Kanzaki, K.Mawatari, “HELAS and MadGraph/MadEvent with spin-2 particles”, European Physical Journal, C56, 435-447, 2008, 査読有

[学会発表] (計 8 件)

① 萩原薫 「Generating QCD amplitudes in the color-flow basis with MadGraph」日本物理学会第 66 回年次大会、2011 年 3 月 28 日、新潟大学

② 神前純一 「GPU の利用による高速事象生成」日本物理学会第 66 回年次大会、2011 年 3 月 25 日、新潟大学

③ 神前純一 「GPU を用いた高エネルギー実験ソフトウェアの高速化」日本物理学会 2010 年秋季大会、2010 年 9 月 14 日、九州工業大学

④ 高江洲義太郎 「散乱振幅自動計算プログラム Madgraph への gravitino の実装およびその現象論」日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 22 日、岡山大学

⑤ 岡村直利 「GPU を用いた散乱振幅計算の高速化 1」日本物理学会 2009 年秋季大会、2009 年 9 月 12 日、甲南大学

[その他]

本研究課題の成果は以下のウェブにて公開されている:

<http://madgraph.kek.jp/KEK/>