

Generating QCD amplitudes in the color-flow basis with MadGraph

高江洲義太郎

近年 LHC における TeV スケール物理の解明が活気を帯びてきているが、その実験結果の解析においてはまだまだ克服しなければならない問題も多く、そのひとつに素粒子衝突過程シミュレーションプログラムの性能向上が挙げられる。そのようなシミュレーションパッケージは多数あるが、その中でも MadGraph/MadEvent (MG/ME)[1] は実験理論の両方において広く使われているパッケージの一つである。

しかしながら MadGraph には、高エネルギー反応に関与する粒子の数 (n) が増えると散乱振幅の計算量が $n!$ に比例して増えていきその評価が難しくなるという問題があり、特に終状態に 6 粒子以上が関与する QCD 反応過程 (グルーオン衝突過程の場合は 5 粒子以上) は計算ができない。超対称性模型などの新しい物理模型にはそのような多ジェット生成を预言するものが多くあり、この制限は MG/ME の克服すべき最重要課題のひとつとなっている。この問題の解決には QCD 多ジェット散乱過程の振幅計算や SU(3) カラーの足し上げの効率化が必須であり、私はこの問題に取り組んできた。手法としては、通常の QCD 計算に用いられる Color Order 分解ではなく、より効率的な Color Flow 分解を用いて散乱振幅を有限個の Color Flow 振幅に分割し、且つファインマンダイアグラムの手法よりも効率的に散乱振幅を計算できる Off-shell Recursive Relation[2] の手法を利用して振幅計算の効率化を図るというものである。Color Flow 分解の手法を用いることで、反応に関与する粒子のカラーを固定した際に計算しなければならないダイアグラムの数が Color Order 分解の場合と比べて少なくなり、計算が効率化される [3]。

本研究では、MG/ME の最大の利点である新しい物理模型の自動シミュレーション機能を損なわないように Recursive Relation はグルーオン同士の相互作用部分に対してのみ適用する。

この結果、従来ならば大きすぎてコンパイルできなかった QCD 散乱振幅の計算プログラムを Color Flow 振幅ごとに分割しコンパイルすることで実行可能にした。図 1 に、本研究の手法で MadGraph によって計算された二乗散乱振幅をもとに評価された QCD 過程の全断面積の値を示す。各断面積の計算においては外線粒子のカラー和、ヘリシティ和、Phase space 積分をモンテカルロ手法を用いて実行した。これらの結果は他の研究で得られた値 [4] とモンテカルロの誤差の範囲で一致している。MadGraph における 5 ジェットグルーオン散乱過程の計算を行ったのは本研究が初めてである。

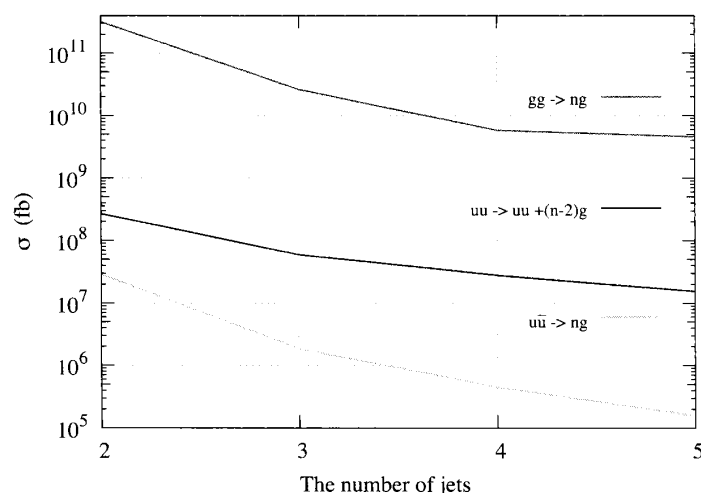


図 1: QCD 過程の全散乱断面積。各断面積は本研究の手法によって計算された値で、先行研究との値とよく一致している。

参考文献

- [1] J.Alwall, P.Demin, S.de Visscher, R.Frederix, M.Herquet, F.Maltoni, T.Plehn, D.L.Rainwaterd and T.Stelzer, JHEP **0709**, (2007) 028.
- [2] F.A.Berends, W.T.Giele, Nucl. Phys. B306, 759 (1988).
- [3] F.Maltoni, K.Paul, T.Stelzer, S.Willenbrock, Phys.Rev. D 67 (2003) 014026.
- [4] K.Hagiwara, J.Kanzaki, N.Okamura, D.Rainwater, T.Stelzer, arXiv:0909.5257.