

研究責任者名 Name	湯浅 富久子 YUASA Fukuko	所属機関 Affiliation	高エネルギー加速器研究機構 KEK
受理番号 Proposal No.	大型 14/15-06	研究課題名 Program title	ファインマン振幅の自動計算

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文)

高エネルギー加速器研究機構を中心とした本研究グループでは、素粒子反応の自動計算システム GRACE を開発してきている。最近の研究では、将来のリニアコライダー実験のために高次補正を含む完全な計算を数値計算のみによって確立するため、マルチループ積分の計算を直接数値計算する方法 (DCM: Direct Computation Method) を開発している。これまでの研究で4ループまでのファインマン・ループ積分に対して DCM を用いて精度のよい結果が得られることを確認している。4ループ積分では、8次元を超える多次元積分計算を実行するため、計算時間が長大になるという課題があり、並列化 DCM のプログラム開発も進めている。

(英文)

For large-scale calculations including higher-order corrections for the current and future colliders experiments we have been developing the automatic system, GRACE, to evaluate the cross sections of elementary particles scattering.

We also have been developing a fully numerical method, *Direct Computation Method* (DCM), to evaluate loop integrals appearing in the calculation of higher-order corrections. In our earlier work, we devised an effective multivariate method for Feynman loop integrals by iterated (repeated) numerical integration with numerical extrapolation. It is applicable to a broad range of loop integrals where standard multivariate integration techniques fail through strong integrand singularities. To reduce the computation time in DCM, we have been developing the parallel program code on the function evaluation level in the iterated integration procedure and performed the timing test in KEK Super Computing system.

研究成果を公開しているホームページアドレス

事務局にて使用	論文 査読有	論文 査読無	講義・発表	招待講演	その他
	4	0	0	0	0

実施報告書

研究責任者 湯浅富久子
所属機関 高エネルギー加速器研究機構
研究課題名 ファインマン振幅の自動計算

研究組織

湯浅 富久子 (代表研究者) KEK・計算科学センター・准教授
石川 正 KEK・計算科学センター・准教授
Elise de Doncker 米国ウェスタンミシガン大学・コンピュータサイエンス学部・教授
濱口 信行 KEK・計算基礎科学連携拠点・研究員

協力研究者

清水 韶光 KEK・名誉教授
加藤 潔 工学院大学・基礎・教養教育部門・教授
栗原 良将 KEK・素粒子原子核研究所・講師

実施報告の詳細

本研究では、場の量子論の摂動法による高次輻射補正に現れるファインマン・ループ積分を、紫外・赤外発散と有限部分を同時に求める数値計算法を開発することを目的としている。我々の方法は、多次元数値積分と外挿法の組み合わせからなる完全に数値的な方法で、任意の質量や運動量をもつループ積分に対応できる。以下では、この方法を直接計算法 (DCM: Direct Computation Method の略) と呼ぶ。

ループ積分は積分領域内に特異性をもつ多次元複素積分であり、次元数が増えると計算時間が長大化する。特に2ループ以上の積分では、並列化により計算時間を大幅に短縮することが必要であり、並列化プログラムの開発を進めてきている。これまでに、多次元積分法に二重指数関数型積分法を用いる手法 (DE-DCM: Double Exponential-DCM と呼ぶ) の並列化を終了し、4ループ2点関数までの積分の計算時間の短縮に成功している。しかし、積分領域の端点以外に特異性が現れる場合には、二重指数関数型積分法では計算結果の精度が十分でないケースもある。これには、特異性が積分領域の端点以外に現れる場合も精度良く取り扱える最適型積分法を (DQ-DCM: DQAGE(S)-DCM と呼ぶ) 用いるようにしている。この積分法についても並列化アルゴリズムの開発を進めてきた。

本研究期間中には、紫外発散を有する幾つかのファインマン・ループ積分に対して、次元正則化パラメータのベキ展開式の展開係数をDCMにより数値的に求めることが可能であることを示した。今後は、積分領域内の特異性と紫外・赤外発散の両方が現れる場合も、統一して取り扱えるようDCMを拡張していく段階に入る。我々が取り扱うマルチループ積分の計算では、倍精度演算では精度が不足する場合があります、そのような状況が発生していないか確認する必要がある。このために、4倍精度あるいはそれ以上の演算精度で計算を実施し数値的に比較して問題がないか確認している。多倍長精度の演算は計算時間が長くなる。計算時間を短縮するために、多倍長精度演算の並列化アルゴリズムの開発も進めている。本研究期間中には、多数のトポロジーのファインマン・ループ積分について、4倍、6倍、8倍などの多倍長精度演算で再計算し、演算精度上の問題が発生していないかを確認している。