

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 計算科学センター
受理番号 Proposal No.	大型 13/14-13	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、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 1 ループ、2 ループおよび 3 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がわかってきている。3 ループ積分では、6 次元以上の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 the 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

研究成果の 公表	口頭研究発表 件数	査読つきの 学術論文数	プロシーディング 論文数	その他 (投稿中を含む)
	2	0	1	0

成果の公表リスト（それぞれの枠に番号をつけて記入願います。）

口頭研究発表 Presentations at scientific meetings concerning the program		
1. E. de Docnker, “Automatic numerical integration methods for Feynman integrals through 3-loop”. A talk in 16 th International workshop on Advanced Computing and Analysis Techniques in physics research (ACAT2014), 1-5 September 2014, Czech Technical University in Prague.		
2. 湯浅富久子、完全数値的手法によるループ積分法の並列計算(II) 日本物理学会 2014 年秋季大会 佐賀大、2014 年 9 月 18 - 21 日		
査読つきの学術論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (*) 不足する場合には追加願います。		
Refereed Journal Articles (name of journal, volume, page, year)		
1	著者名 Author	
	タイトル title	
	雑誌名 name of journal	
	URL	
2	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
3	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
プロシーディング論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (*) 不足する場合には追加願います。		
International Conference Proceedings (name of journal, volume, page, year)		
1.	著者名 Author	E. de Doncker and F. Yuasa
	タイトル title	Distributed and multi-core computation of 2-loop integrals
	雑誌名等 name of journal	Journal of Physics: Conference Series (JPCS), 523, 012052, (2014).
	URL	doi:10.1088/1742-6596/523/1/012052
2.	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
3.	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
その他 (学位論文、紀要、投稿中の論文を含む) (著者、タイトル、論文種別、URL を記載)		
Others (thesis for a degree, bulletin, papers to be published, etc.)		
1.		
2.		
特記 (本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など) (過去に遡っても構いません。)		
Special Notes (newspaper article, literary works, awards, etc.)		
1.		
2.		

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

我々のグループは、素粒子反応の散乱断面積の計算に現われるファインマン・ループ積分について、数値積分法と外挿法を組み合わせた直接計算法 (DCM: Direct Computation Method の略) を用いて、内線に粒子が質量をもつような場合でも 3 ループ積分まで数値的に計算可能であることを示した。

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繰り返して用いる手法 (DE-DCM: Double Exponential-DCM の略) については並列化を終了し、1 ループ、2 ループおよび 3 ループ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繰り返して用いる手法 (DQ-DCM: DQAGE-DCM の略) を適用している。この手法についても並列化アルゴリズムの開発を進めてきた。

ループ積分の計算においては、倍精度計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。一般的に、多倍長精度の計算は時間が長くなる。計算時間を短縮するために、我々は多倍長精度計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、複数のトポロジーをもつ 3 ループ 2 点関数積分を 4 倍精度計算で実行し、並行して我々が開発する多倍長精度専用計算システム GRAPE9-MPX と性能比較を行った。