

## 平成22年度学融合推進センター学融合研究事業 成果報告書

研究テーマ名称	計算機の進展による数理的手法の分析
応募事業区分	事業枠③-1「女性研究者研究支援事業」
申請代表者氏名	湯浅 富久子

## ○ 研究状況報告

本研究では、数理的手法の代表例として、自然科学／工学／医学など計算機を利用する幅広い研究分野で多用される多次元数値積分法に焦点をあてた。まず数値積分法を「(ア) 確率論的な方法」と「(イ) 決定論的な方法」に分類した。それぞれに対しよく良く利用されている積分コードとして BASES パッケージと Quadpack パッケージを分析の対象として選択した。応用例としては、素粒子物理学における散乱断面積の高次補正計算に現れる多次元数値積分 (Feynman ループ積分) を選択した。素粒子物理学の分野では (ア) の方法であるモンテカルロ積分が主流であるが、本研究では、(イ) の方法であるガウス積分法を繰り返し用いるという手法と比較した。その結果、(ア) の方法では2ループまでの高次補正計算では、はうまく収束しない場合があることがわかった。一方、(イ) の方法では、数値的加速という別の数理的な方法と組みあわせることで、(ア) では結果を得ることが困難であった Feynman ループ積分の計算で良い結果を得ることがわかった。今後は、準モンテカルロ法を Feynman ループ積分に適用させ評価を行う。

## ○ 当該事業年度において達成された研究成果

本年度中に、数値積分計算法に用いられている数理的手法を比較・分析し、これまで計算がされていなかった、内線の粒子が質量をもつ場合の2重ループ Feynman 積分で特異性のある場合の計算を終了した。国際ワークショップ、国内学会、国際的ジャーナルで成果を発表し論文を作成した (投稿中)。また2月には、高次ループ積分研究会 (2月19日、つくば市) を主催し、高次ループ積分の解析性について議論した (参加者は10名)。

## ○ 本研究を基に発表した論文と掲載された雑誌名等のリスト (論文があれば添付)

- (1) 湯浅富久子他6名、“高エネルギー素粒子反応に対する高次補正を含む自動計算プログラム (1) ”、日本物理学会 2010 年秋季大会で口頭発表。
- (2) E. deDoncker, F.Yuasa et al.” Extrapolation Algorithms for Infrared Divergent Integrals”を Computational Particle Physics (CPP 2010)のワークショップ proceedings 論文として PoS (Proceedings of Science、電子ジャーナル) に投稿中。
- (3) 湯浅富久子他5名“高エネルギー素粒子反応に対する高次補正を含む自動計算プログラム (2) ”、日本物理学会第66回年次大会 (口頭発表として準備していたが、震災の影響で開催中止となったため学会の Web 上に発表資料を公開予定、5月6日から8月31日迄)。
- (4) E. deDoncker, F.Yuasa et al. “Quadpack Computation of Feynman Loop Integrals”を Journal of Computational Science (電子ジャーナル) に投稿中。

## 平成23年度学融合推進センター学融合研究事業 成果報告書

研究テーマ名称	計算機の進展による数理的手法の分析
応募事業区分	女性研究者研究支援事業
申請代表者氏名	湯浅富久子

## ○ 研究状況報告

本研究では、数理的手法の代表例として、自然科学／工学／医学など計算機を利用する幅広い研究分野で多用される数値積分法に焦点をあてている。平成23年度は22年度での分析結果をふまえ、Quadpack 数値積分パッケージと二重指数関数型積分法の二つを選択して評価した。両者ともに繰り返して用いることで多次元数値積分にも有効であることがわかった。さらに別の数理的な手法である数値的加速法と組みあわせ、積分のもつ特異性を回避できることを確認した。素粒子反応の高次補正計算に現れる特異性をもつ多次元数値積分（ファインマンループ積分という）を応用例として用い、解析的な手法では困難であった様々な質量をもつ2ループファインマン積分に対し本研究で分析した手法が有効であることを示した。平成24年2月には第2回高次ループ積分研究会（2月18日、つくば市）を主催し、高次ループ積分の解析性と数理的手法について議論した（参加者は6名）。

## ○ 当該事業年度において達成された研究成果

素粒子反応の電弱相互作用での高次補正計算に現れる内線の粒子が様々な質量をもつ場合については、一般的かつ解析的な方法は確立されておらず、これまでも数値的な取り組みが求められてきた。本研究では、数理的な手法にもとづく完全に数値的方法が特異性をもつ場合にも有効であることを示した。数値的な方法は柔軟性をもち、今後も発展させていくことができるため有利である。国際ワークショップ ACAT2011（9月ロンドンのブルネル大学で開催）、日本物理学会（9月弘前大学、3月関西学院大学）でこれまでに得た成果を発表した。また国際的なジャーナルなどに論文を投稿し掲載された。

## ○ 本研究を基に発表した論文と掲載された雑誌名等のリスト（論文があれば添付）

- 1) "Quadpack Computation of Feynman Loop Integrals", E. de Doncker, J.Fujimoto, N.Hamaguchi, T.Ishikawa, Y.Kurihara, Y.Shimizu, F.Yuasa, Journal of Computational Science (JoCS) doi:10.1016/j.jocs.2011.06.003 (2011).
- 2) "Numerical Approach to Calculation of Feynman Loop Integrals", F.Yuasa, T.Ishikawa, Y.Kurihara, J.Fujimoto, Y.Shimizu, N.Hamaguchi, E. de Doncker, K.Kato, Proceedings of Science, PoS (CPP2010)017.
- 3) "GRAPE-MP: An SIMD Accelerator Board for Multi-precision Arithmetic", H.Daisaka, N.Nakasato, J. Makino, F. Yuasa, T.Ishikawa, Procedia CS 4: 878-887 (2011).
- 4) "Numerical Approach to Multi-loop Integrals", K.Kato, E.de Doncker, N.Hamaguchi, T.Ishikawa, T.Koike, Y.Kurihara, Y.Shimizu, F.Yuasa, Proceedings of Science, PoS (QFTHEP2011)029.
- 5) "Toward Automatic Regularization for Feynman Loop Integrals in Perturbative Quantum Field Theory", E.de Doncker and F.Yuasa, in "Measurements in Quantum Mechanics", Ed. M. R. Pahlavani, 2012, ISBN 978-953-51-0058-4.