

氏 名 桐原 陽一

学位（専攻分野） 博士（工学）

学位記番号 総研大甲第 1327 号

学位授与の日付 平成 22 年 3 月 24 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 加速器科学専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 電子・光子輸送計算コード EGS5 の高エネルギーと  
低エネルギーへの拡張に関する研究

論文審査委員 主 査 教授 伴 秀一

教授 佐々木 慎一

教授 平山 英夫

教授 佐々木 節

准教授 宇野 彰二

リーダー 坂本 幸夫

(日本原子力研究開発機構)

## 論文内容の要旨

論文題目 電子・光子輸送計算コード EGS5 の高エネルギーと低エネルギーへの  
拡張に関する研究

電子・光子の物質内での輸送を、多彩な体系、広いエネルギー範囲でシミュレーションできる汎用のモンテカルロ計算コードは、世界中で使用されているものが主に4種あり、さらにそれらを組み込んだシステムがいくつか開発されている。EGS5 は医療分野をはじめ国際的に最も広く使用されているが、数 100 GeV 以上の高エネルギー領域や 10 keV 以下の低エネルギーでは、計算精度を上げるための改良が必要であり、またその精度の確認が必要であった。このため、以下の3つの研究を行った。

1つ目は、制動放射光子と電子陽電子対生成が高エネルギー領域で抑制される効果を組み込んだ。これを両方組み込むのは、汎用電子・光子輸送コードでは、初めての試みであり、140 - 300 GeV の入射電子による制動放射強度の実験値を 10 % の精度で再現している。

2つ目は、低エネルギー領域での光子散乱の精度向上である。8keV までは EGS5 の光子輸送の精度は確認されていたが、氏は 2-8 keV 領域での精度確認のため、放射光科学研究施設で単色化された放射光を用いて光子散乱を測定する系統的な実験を行い、11%の精度で再現していることを初めて検証した。

3つ目は電子の多重散乱の取扱の改善である。通常のエネルギー範囲であっても電子の後方散乱のシミュレーションは、電子の多重散乱の近似的な取り扱いの欠点が出やすい。EGS5 で用いられている Moliere 多重散乱モデルにスピン相対論効果を初めて組み込み、この精度検証の系統的な計算を 5 keV - 14 MeV の電子について行った。この結果、計算精度が悪いと思われた低 Z 物質からの後方散乱でも精度良く計算出来ることを確認した。

これら3つの研究により、100 GeV 以上の高エネルギーに使用範囲が広がり、2-8 keV の光子輸送に対しても精度が検証された。ILC の放射線安全や宇宙線の検出器などの高エネルギー応用、X線検出器開発・放射線治療などの低エネルギー応用のためにも、使用可能なエネルギー範囲を格調した意義は大きい。

## 博士論文の審査結果の要旨

汎用の電子・光子輸送コードの利用範囲を高エネルギーと低エネルギーに拡大する本研究の意義、結果、考察について要領よくまとめられている。計算手法だけでなく放射線検出器に関する知識、測定技術にも優れている。審査委員会でも関連する分野の学識に充分答え、学位申請論文に関する分野の基礎的な学力があると認められる。

電子後方散乱のシミュレーションの論文は Nucl. Instrum. Meth. B にアクセプトされており、高エネルギーでの抑制を組み込んだ論文は査読中であるが、基本的にはアクセプトとの評価を得ている。国際会議での英語での発表も2件あり、要旨はレフリー付きの雑誌で査読中であり、英語の能力についても充分である。

予備審査の時に課題として残っていた、低エネルギー光子を用いた実験での精度検証のため、X線検出器の微細な特性を調べることも行われた。多彩な物質と体系内での輸送を扱える汎用輸送シミュレーションは世界に4種と、それらを組み込んだシステムがある。他のシステムと比べても、汎用のコードでありながら、300 GeV 以上の高エネルギーと 2 keV の低エネルギーまで、同時に利用範囲を拡大した意義は大きい。これらのことより、審査委員全員において本審査合格との判断を下した。