

氏 名 Phan Hong Khiem

学位(専攻分野) 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第 1715 号

学位授与の日付 平成26年9月29日

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

学位論文題目 Full one-loop electroweak radiative corrections at Future  
Colliders

論文審査委員 主 査 教授 橋本 省二  
講師 栗原 良将  
教授 野尻 美保子  
准教授 藤井 恵介  
講師 尾高 茂  
講師 藤本 順平  
教授 加藤 潔 工学院大学

論文内容の要旨  
Summary of thesis contents

In July 2012, ATLAS and CMS experiments at the Large Hadron Collider (LHC) announced the evidence for new boson whose properties were consistent with the SM Higgs boson. The mass of Higgs boson was reported by two experiments as

- ATLAS :  $126.0 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 0.4(\text{sys.})$  GeV;
- CMS :  $125.3 \pm 0.4(\text{stat.}) \pm 0.4(\text{sys.})$  GeV.

Once the discovery of the Higgs boson is confirmed, it will open a new phase for studying particle physics. The expected program of future colliders, e.g. the high luminosity version of LHC, the International Linear Collider (ILC), not only makes precise measurements on the properties of the Higgs particle, top quarks and vector bosons interactions, but also search for physics Beyond the Standard Theory. The measurements will be performed at high precision. In order to match future precision data, the theoretical calculations to the experimental measurement such as cross section and decay width, with including high order radiative corrections are mandatory. The calculations are great motivation and effort by many groups. Such calculations are also the main target of this thesis. In particular, the aim of thesis is twofold:

1. The first aspect of the thesis is to study how to calculate the experimental quantities in the framework of Quantum Field Theory. This part is mainly focused to upgrade the GRACE-Loop program which is a generic automatic computer program for calculating High Energy Physics processes at one-loop electroweak corrections.
2. The second aspect of the thesis is to apply the above framework to compute the full  $O(\alpha)$  electroweak radiative corrections to the most important processes at future colliders. These processes are
  - $pp \rightarrow W^-W^+$  and  $pp \rightarrow W^-W^+ + 1 \text{ jet}$  at the LHC;
  - $e^-e^+ \rightarrow e^-e^+\gamma$  at the ILC;
  - $e^-e^+ \rightarrow t\bar{t}$  and  $e^-e^+ \rightarrow t\bar{t} + \gamma$  at the ILC.

We observe that electroweak radiative corrections to W-pair production and W-pair production in association with a jet at the LHC are sizeable impact (order 10%) in the high-energy region where the new-physics signatures. The corrections must be included to interpret the new physics signals at the future LHC experiments.

For the processes at the ILC, the electroweak radiative corrections also form significant contributions (order 10%). Such the corrections are very important contributions and it must be taken into consideration in the future.

博士論文の審査結果の要旨  
Summary of the results of the doctoral thesis screening

Khlem 氏の学位論文は、高エネルギー素粒子実験における散乱断面積のループ補正を含む摂動計算と、その自動計算システムの開発に関わるものである。

近年の高エネルギー物理学実験の進展により、素粒子の標準模型は、ヒッグス粒子の存在も含め、高い精度で検証された。今後は、LHC 実験や ILC 実験により、標準理論を越えるより根本的な理論の探索が重要な課題となる。このような標準理論を越える理論の探索の一つの方法として、物理パラメータを高精度で測定し、標準理論の予言からのズレを探す方法がある。この場合、標準理論から期待される測定値を高精度で予測しておく必要がある。本学位論文で報告された計算は、このような実験解析を目指して行われたものである。

学位論文では、

1. 陽子・陽子衝突における、1 ジェットを伴う W ボソン対生成、
  2. 電子・陽電子衝突における、1 光子生成を伴う電子対生成、
  3. 電子・陽電子衝突における、1 光子生成を伴うトップ・クォーク対生成、
- の 3 つの物理過程についての電弱輻射補正（ループ補正）の計算を行った。これらの過程に対する電弱輻射補正は過去に計算されておらず、今回の学位論文の研究で得られた新たな学術的知見に相当する。計算結果の物理的解釈や、実験研究への応用についても十分議論されている。論文の導入部分では、輻射補正計算の基礎となる、摂動的場の量子論とその繰り込み手法についても詳細に説明しており、計算に至る理論的背景についても、よく理解していると認められる。

実際の計算にあたっては、GRACE と呼ばれる自動計算システムを用いているが、既存のシステムを単に利用するにとどまらず、それまでシステムが不十分であった部分を改良し、①新しい繰り込み処方の実装、②計算の数値的安定性の向上、③ループ積分の改善、④計算時間の改善、等を加え、以前は困難であった計算を遂行したことを報告している。

以上のことから、本学位論文は、理論的にも計算技術の面でも学位を授与するに値する内容を含んでいると判断し、論文審査は合格と判定した。