

氏 名 与那嶺 亮

学位(専攻分野) 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第 1553 号

学位授与の日付 平成24年9月28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 Measuring the top Yukawa coupling at the ILC at  $\sqrt{s}=500$  GeV  
and R&D for the ILD-TPC

論文審査委員 主 査 准教授 宮本 彰也  
准教授 藤井 恵介  
教授 幅 淳二  
准教授 田内 利明  
教授 杉山 晃 佐賀大学  
准教授 隅野 行成 東北大学  
特任助教 田辺 友彦 東京大学  
Senior Scientist Ronald Dean Settles  
マックス・プランク研究所

The ILC (International Linear Collider) is a high energy  $e+e^-$  linear collider. It has been designed by the global effort and proposed to investigate the physics of the Tera scale and beyond. The clean initial states of the ILC are ideally suited for high precision measurements, and the ILC is expected to extend and complement the results from the Large Hadron Collider (LHC).

This thesis consists of two major parts. The first part deals with the measurement of the top Yukawa coupling in the International Large Detector (ILD), one of the two detector concepts at the ILC. The second part is on the Time Projection Chamber (TPC), which is the central tracker for the ILD and will play a central role in the measurement.

In the first part of the thesis, the feasibility of the direct measurement of the top Yukawa coupling ( $g_t$ ) in the first phase of the ILC operation at  $\sqrt{s}=500$  GeV is investigated firstly using a fast detector simulation and then with a full detector simulation of the ILD detector. Assuming a Higgs mass of 120 GeV, a top quark mass of 175 GeV, polarized electron and positron beams with  $(P_{e^-}, P_{e^+})=(-0.8, +0.3)$ , and an integrated luminosity of  $1\text{ab}^{-1}$ , the combined result from 6-jet + 1-lepton mode and 8-jet mode shows the measurement accuracy of the top Yukawa coupling ( $\Delta g/g$ ) to be about 10%.

In the last half of the thesis, the R&D study of the TPC equipped with a Micro Pattern Gaseous Detector (MPGD) is described. The R&D has been made in two aspects: development of analytic formula to analytically calculate spatial resolution of MPGD TPC, and studies made with various prototypes of the MPGD TPC. Derived, for the first time in this thesis, is an analytic formula which allows us to calculate spatial resolutions of MPGD TPC in various conditions from basic parameters such as primary and secondary ionization probabilities, diffusion constants and the Polya parameter of gas gain fluctuation of TPC gases, and the geometry of readout pad electrode. The results from the prototypes are compared to the calculations by the analytic formula and are extrapolated to the ILD TPC at the ILC.

## 博士論文の審査結果の要旨

与那嶺亮氏の博士論文は、国際リニアコライダー (ILC) における最重要課題の一つである質量生成機構の解明に向けたトップ湯川結合測定のシミュレーション研究と、そのための測定器提案であるILD測定器の中央飛跡検出器として採用予定のTPCの測定器開発研究の二つの部分からなっている。

トップクォークは最も強くヒッグスセクターに結合しているため、トップ湯川結合の精密測定は非常に重要である。リニアコライダーにおけるトップ湯川結合測定の検討は、これまで主としてその断面積が最大となる重心系エネルギー700~800GeVを想定して行われて来たが、この研究では、500GeVにおける $e^+e^- \rightarrow ZHH$ 反応によるヒッグスの自己結合測定との同時測定の可能性を検討した。特に、シグナル、バックグラウンドの両者に含まれる $t\bar{t}$ サブシステムに対するQCD束縛状態効果を振幅レベルで初めて正しく取り入れた所、 $t\bar{t}W$ バックグラウンドの非共鳴領域の寄与、 $t\bar{t}g^*(g^* \rightarrow b\bar{b})$ の寄与を考慮した所が新しい。QCD効果による断面積の増加と、適切な事象選択により、500GeVでも10%を切る精度でトップ湯川結合を測定できるとの結果は、500GeVまでのILC第一期計画で、ヒッグスに関する質量・結合関係プロットを完結することが可能なことを意味し、ILC計画のエネルギー増強計画を考える上でも重要な結果である。

一方、TPC開発研究では、小型プロトタイプおよびDESYにおける国際研究チームとの中型プロトタイプによる研究によりGEM読み出しTPCの基本性能の研究を行った。この研究で彼は高磁場での従来のMWPC読み出しTPCに対する位置分解能の性能限界を示すとともに、まずプロトタイプの位置分解能性能測定結果について詳しい理論的な考察を加えている。その結果、TPCがリニアコライダー実験の中央飛跡検出器としての要求性能を満たすことを示した。さらに、これまでの垂直入射の位置分解能公式の角度を持った飛跡への一般化を行った。論文ではこの公式の詳細な説明が記述されている。この公式は、本研究によって初めて導出されたもので高い独自性を持っているものである。

一つ目の研究による成果のうち簡易シミュレーションによる部分は、すでにPhysical Review D. に出版済みであり、また与那嶺氏自身によって2011年3月のオレゴンで開催されたリニアコライダーに関する国際会議で報告されている。また、フルシミュレーション結果の部分は、ILD詳細設計書に掲載される予定である。一方、TPC開発研究についても、小型プロトタイプに関する部分は、Nuclear Instruments & Methods に2編出版されている。

論文そのものも上記の研究を丁寧にまとめられており、博士の学位論文としてふさわしいものであると認め、合格と評価した。