

論文審査の結果の要旨

氏名 ジャクリン ヤン

本論文は 3 部構成の 8 章からなる。第 1 部は序章の単章からなり、ナノスケールの電子ビームを生成することの意義と、それを精度よく測定する重要性、つまり、この研究の背景が簡潔に述べられている。第 2 部では、ビームサイズの測定原理を議論する 3 章から構成されている。第 2 章では今回使用する「新竹モニター」の概念説明を行い、第 3 章では、その装置を構成する各部分の詳しい説明を、測定精度の向上の観点から記述している。第 4 章はビームサイズの測定手順を議論する。第 3 部の 4 つの章がこの学位論文の骨子となる部分である。第 5-6 章で測定器の各構成部分からの測定誤差の要因を吟味する。電子ビームとレーザービームの相互のブレが、測定誤差への大きな要因であることを示した。第 7 章で、その定量的な見積もりを実験的に示せることをシミュレーション手法によって示した。第 8 章で、実際のビーム測定結果に応用し、世界最薄のビームが KEK の ATF 加速器で達成できていることを確認した。

近年発見されたヒッグス粒子の精密測定と、標準理論を超える現象の探索は、素粒子物理学における最も重要な研究領域であり、そこでは電子・陽電子衝突で世界最高エネルギーを達成できるリニアコライダーの建設が鍵を握る。高エネルギーの衝突実験でルミノシティを上げるためには、ナノスケールの厚みの電子（および陽電子）ビームを作ることが必須であり、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の ATF 加速器ではその開発を進めている。この研究において、ビームのサイズを信頼度よく測定できることが必要となる。新竹氏が開発したレーザー干渉型ビームモニターは数十ナノメートルのビームの大きさを測れる現在唯一の手法であり、長年使用されてきた。ヤン氏は、その測定におけるさまざまな誤差要因を洗い出した。特に、レーザービームと測定する電子ビームの相互間のタイミングのずれ（ジッター）が、ビームサイズの測定精度を悪化させる主な原因であることを示し、その定量的な見積もりを、個々の測定のばらつきの測定から示せることを、シミュレーションで示した。その上で、実際の測定結果から真のビームのサイズを導きだすことができた。これにより、ATF での 2014 年 6 月の実験で、ビームサイズ $39.7 \pm 0.6^{+2.6}_{-4.0}$ nm が得られ、リニアコライダーのための目標値 37 nm をほぼ達成できていることを示した。これまでは測定の悪化の定量的見積もりができていなかったために、測定したサイズに対して + 方向に大きな誤差をつけざるを得なかったのに対し、ヤン氏の考案した手法により、上記測定で + 方向の誤差を信頼性高く見積もることがで

きたのが最も重要な点である。

本論文は、**KEK-ATF**における国際共同実験の研究の一部であるが、新竹モニターの誤差評価に関してはヤン氏のオリジナルの業績である。また、測定方法の理解、そのベースとなる物理、そして、リニアコライダーで進める物理に関しても、広範で深い理解を示している。

以上により論文提出者の寄与が十分であると判断し、したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。