

# 論文審査の結果の要旨

氏名 末 原 大 幹

本論文は 9 章からなる。第 1 章はイントロダクションであり、本論文の背景となるリニアコライダー計画の概要、その試験施設としての高エネルギー加速器研究機構に建設中の ATF2 を説明し、本研究の必要性について述べる。第 2 章は新竹モニターと呼ばれる装置の概要を述べ、その改良が必須であることを説明する。第 3 章 4 章は本研究で製作したレーザー装置および光学テーブルの詳細を記述する。第 5 章はレーザー光の位相の制御、第 6 章は干渉縞のコントラストの測定と悪化の原因、第 7 章は逆コンプトン散乱によって発生するガンマ線の検出装置、について説明する。第 8 章は製作したモニターのパフォーマンスのまとめ、第 9 章は結論である。

新竹モニターは約 15 年以前に発明されたもので、2 つのレーザー光の干渉縞中を電子（陽電子）が通過する際のコンプトン散乱によってビームサイズを測定するものである。これは SLAC の FFTB (Final Focus Test Beam)において、約 70nm のビームサイズの測定に既に成功している。これを将来のリニアコライダー収束系のひな形である ATF2（ビームサイズ最小目標 35nm）に応用するには多くの点で改良が必要である。主な改良点は

- 2 つのレーザー光の位相制御を加えたこと。（交差後のレーザー光を拡大して再び合成し、イメージセンサーで位相差を測定する。位相制御はピエゾを使って光路長を変える。）
- 最小目標サイズが小さいため、レーザーの波長を半分にしたこと。
- 広いダイナミックレンジに対応させるために、レーザー光の交差角を 4 種類選べるようにしたこと。
- ミクロン以上のサイズ（ビームラインの調整中に必要）の測定のためレーザーワイヤーモードを取り入れたこと（干渉を使わず、レーザー光をワイヤーとして用いる）。以上により鉛直方向ビームサイズ最小 25nm から最大 6 $\mu$ m、水平方向最小 2.8  $\mu$ m、最大 100  $\mu$ m のダイナミックレンジがとれるようになった。

等である。特に位相制御はもっとも重要な改良であり、これによって 1 分程度の時間内での位相の揺れは約 0.3 ラジアン以内に抑えられることが実証された。これは ATF2 での実用に十分な値である。装置全体の総合的な誤差評価により、最小サイズ付近において統計誤差約 2.6%、系統誤差約 3.5%以内で鉛直方向ビームサイズが測定できることを示している。ダイナミックレンジ全体についても 1

分間の測定による誤差は 10%以内に抑えられる。

最終試験はビームを使った実際の運転に俟たねばならないが、多くの項目についてはすでに実証されている。

この他に、実際の ATF ビームのビームハローの測定を行って、ビームライン上の磁石・位置モニター等の必要口径を算出して、ATF2 設計に寄与した。焦点での位置モニターおよびガンマ線の検出装置以外はすべて論文提出者自身の設計・製作研究によるものである。根本原理そのものは既知のものであるが、それに加えられた各種の改良は ATF2 にとって極めて重要なものであり、これによって本年秋以降に予定されている ATF2 の運転に十分適用可能であると考ええる。これらの成果により、論文提出者は博士（理学）の学位を授与するにふさわしいものと判断する。