

論文審査の結果の要旨

氏名 原田 健太郎

本論文は、第3世代の放射光源用として30m級の長いアンジュレータが挿入可能な加速器の設計研究を記述したものである。その結果は東京大学柏キャンパスに建設される Super SOR Ring に適用される予定になっている。第1章では既存の放射光源のまとめ、本加速器の設計目標の記述を行い、第2章ではノーマルセル構造の設計、第3章では直線部の設計が説明されている。以下、第4章で磁石誤差の効果、第5章で挿入光源による軌道への効果、第6章でその他の問題が議論されている。全体の結論は第7章にまとめられている。

最近の放射光光源は高輝度の要請のために極めて小さなエミッタンスを目標とするようになっている。その際問題になるのは、どのようにして設計上の小さなエミッタンスを得るか、バンチ内散乱によるビーム寿命減少を避けるための大きな力学口径を得られるか、各種の誤差にどう対処するか、というような点である。

設計上の小さなエミッタンスに関しては、本論文はいわゆる TME (Theoretical Minimum Emittance)の構造を採用することで、従来のもより小さいエミッタンスを得ている。既存の放射光用加速器には Chasman-Green 構造が多いが、これは多数の無分散直線部を作れる利点をもつ一方、エミッタンスは TME 構造より大きい。Super SOR Ring では長いアンジュレータの挿入が最も重要な点であり、曲線部の多数の挿入装置は必要ない。これが TME を採用する動機である。TME の概念そのものは以前からあるが、これによって建設された放射光源はまだ存在しない。

大きな力学口径を得るという問題に関しては、本論文は、曲線部に高い対称性をもたせて問題となる共鳴線の数を減らすこと、挿入光源を含む直線部がこれを乱さないように、かつ非線形効果に対して透明になるように設計する、という理念で解決している。具体的には、直線部の位相の進みを360度の整数倍乃至半整数倍にすることにより、6極磁石の非線形効果に対し、直線部を透明にしている。これにより、直線部を含むリング全体が6極磁石の効果も含めて、24回対称性をもつように設計されている。目標とするエミッタンスが微小になるにつれて、バンチ内散乱によるビーム寿命減少は深刻になり、要求される力学口径は非常に大きくなるが、上記の設計方針により十分な値を得ている。放射光源における対称性および透明性の方法は新しいものであり、これが本論文の中心的なテーマである。透明性は厳密には設計エネルギーからずれた粒子に対しては成り立っていないが、この効果が許容範囲内であることを、計算機によるビームトラッキングで確かめている。挿入光源自身による同様な問題も計算機プログラムを開発し既存のプログラムに接続して計算している。挿入光源の正確な磁場を取り入れる点に関してはさらに研究の余地が

ある。

磁石誤差に関しては、同様に、対称性・透明性を回復するという理念による軌道補正アルゴリズムを提案しており、これも本論文の新しい点である。これは、通常行なわれる閉軌道および軌道分散の補正に加えて、ベータ関数を測定しそのゆがみを補正することで対称性・透明性を回復するものであり、これにより誤差のない場合に近い力学口径を得ている。

対称性・透明性の重視は応用範囲が広く、これから建設される各種の加速器に用いられる可能性がある。

なお、本論文の第2・3・5章は、佐藤政則、高木宏之、小関忠、中村典雄、神谷幸秀、小林幸則各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析・検証を行なったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。