

論文審査結果の要旨

氏名 吾郷智紀

本論文は6章よりなる。第1章は、イントロダクションであり、干渉性シンクロトロン輻射の物理の概要、短バンチ加速器でのその重要性、過去に如何なる研究がなされたかが記されている。第2章は、干渉性シンクロトロン輻射の理論であり、現存の理論と本論文で用いている近軸光線近似の説明である。第3章は計算アルゴリズムに関する記述で、シミュレーションの手順とその正当性が示されている。第4章は、数値的な結果に関する記述で、解析的に解ける場合とシミュレーション結果が一致すること、複雑な境界条件の場合もシミュレーションが可能であることが記されている。第5章は、実際の電子貯蔵リングにおけるシミュレーション結果であり、KEKBの可能なアップグレード貯蔵リングとCERNのリニアコライダー将来計画CLICのダンピングリングを仮定したシミュレーションを行い、KEKBのアップグレード加速器では干渉性シンクロトロン輻射によりインスタビリティが生ずることを指摘した。第6章は結論である。

従来、干渉性シンクロトロン輻射に関して、境界がない場合及び平行板境界条件の場合のみ解析的計算またはシミュレーションが行われていたが、本論文は実際の加速管に近い境界条件の下で信頼できるシミュレーションにより結果をだすというという画期的な成果をあげた。近軸近似によって計算の能率を上げたことにより、一般のPCでもシミュレーションが可能となった。近軸光線近似のみは横谷馨教授との共同研究であるが、実際の複雑きわまる計算、シミュレーション方法の考案、結果の考察は全て論文提出者の研究である。全体の方法論も整備されており、解析的に解ける自由粒子の場合と2枚の平行板境界条件の場合の計算結果と、本研究のシミュレーション結果との完全なる一致を確認してから複雑な矩形の加速管の場合に進んでいる。矩形の加速管の境界条件で壁の金属の抵抗を考慮した場合には、粒子のエネルギー分布とバンチ幅について、解析的に解ける単純な場合とは輻射の効果が全く異なることが記されている。特に、可能な計画であるKEKBのアップグレードの場合と、CLICのダンピングリングの場合についてシミュレーションを行い、干渉性シンクロトロンの効果はバンチ長が短いだけでなくバンチ当たりの粒子数多いときに、エネルギー分布とバンチ長に対して極めて重大な影響を与えることを示した。加速管壁での輻射の反射は固定端での反射なので位相が逆転することによって干渉がある程度少なくなる。したがって、境界条件を実際に近くして複数回の反射の効果などをシミュレートできたことは極めて重要であり、貯蔵リング加速器の老舗であるSLACやDESYでもこのような現実的なシミュレーションは成されていない。申請者がまさにそれを行ったことは特筆に価する。加速器理論分野での世界の最先端に行く論文である。

審査員全員十分納得する研究結果であり、論文提出者の物理学の知識も博士（理学）をうけるに十分である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。