

氏 名	さかき 榊 ひろ 泰 なお 直
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 36 号
学位授与の日付	平 成 14 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	大型放射光施設線型加速器のモデリングとその制御

論文調査委員	(主 査) 教 授 足 立 紀 彦	教 授 片 山 徹	教 授 山 寄 鉄 夫
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

1996年8月より運転を開始した大型放射光施設(SPring-8)は第3世代放射光施設とよばれる高輝度な放射光を発生させる目的で建設されたものである。SPring-8線型加速器では、蓄積リングへの電子ビーム供給の空き時間を利用して、第4世代の放射光発生に向けた加速器の性能向上への基礎データ収集が、最重要な研究テーマの一つとして掲げられている。本論文は、次世代の放射光計画に向けて「外乱因子の影響の無い、本質的にピュアなビーム」を実現するための線型加速器のモデリングとその制御に関する研究をまとめたものであり、全体で7章よりなっている。

第1章は放射光施設の開発の歴史の概要を紹介している。

第2章では、線型加速器の原理およびSPring-8線型加速器の概要を示している。

第3章では、線型加速器のエネルギー変動過程のモデリングに際して重要な、ビームエネルギー変動計測系の構築について述べ、その計測系による結果が十分信頼できるものであることを示している。

第4章では、RF(高周波数電磁波)システムによる白色ノイズ成分によるビームエネルギーの揺らぎを定量的に示している。

第5章は、ビームエネルギーの有色ノイズ成分についてモデリングを行い、線型加速器の環境変動によるノイズの影響を評価している。

第6章は統計的モデルによってシステムの全体像を把握する試みである。まず、統計的手法を用いてビームのエネルギー変動に関する数理モデルを作成し、環境要因のビームエネルギーに与える影響の評価を行う。評価の結果、環境因子間に外乱の悪循環が生じ、ビームエネルギーに複雑な影響を与えていることを明らかにしている。さらに作成した統計的モデルのパラメータを適応的に推定し、その結果を制御に利用することにより環境変動によるビームエネルギーの変動を抑えることができることを実験によって示している。

第7章は結論であり本論文で得られた知見を要約し将来の線型加速器の計画への適用の可能性を述べている。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

大型放射光施設(SPring-8)においては、次世代の放射光発生の計画が検討されている。本研究は、SPring-8線型加速器をモデリングし、次世代の放射光源に求められるビーム品質を達成するための課題を検討したものである。

本研究の主要な成果は以下のとおりである。

- (1) 画像処理による線型加速器のビームエネルギー変動計測系を構築し、このモニタによって信頼できるビーム重心エネルギーと、エネルギー分散幅を同時系列で収集できることを示した。
- (2) RF(高周波数電磁波)システムに潜む白色ノイズによるビームエネルギーの揺らぎを解析し、線型加速器内でのその揺らぎによる総エネルギー変動量を定量的に評価した。
- (3) 線型加速器を取り巻く環境因子が、ビームエネルギー変動にどのくらい寄与するか評価した。

(4) 統計的モデルによる加速器の全体像の把握を試み、その結果を利用した適応的制御方法を提案した。

以上の解析の結果、線型加速器のビーム品質の劣化は、非線形な挙動を行う環境因子の影響（特に電力系の変化）と、それと同等レベルの白色性ノイズの影響によって引き起こされるということを明らかにした。また、統計モデルによる線型加速器の全体像解析により、これまで「独立性」が仮定されていた各環境因子は相互干渉し、複雑に振る舞い、線型加速器のビームエネルギーの変動を大きくしていることが明らかとなった。以上の解析結果から、現状の SPring-8 線型加速器を次世代で必要とされるレベルまで性能向上させるには、各因子の相関の主要媒介因子である電力系統を安定化して、各環境因子間の相関を絶たねばならないことを明らかにした。また統計的モデルによる逐次パラメータ推定による適応制御を行う方法を提案し、実験によりその有効性を示している。以上要するに、本研究は線型加速器の性能向上のためにビームエネルギーの変動に影響する要因をモデル化し、またそのモデルを利用した適応的制御手法を提案するものであり、学術上、実際上有意義な結果を含んでいる。よって本研究は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成14年6月6日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。