

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Beam Monitor Development for the RF Cavity Tuning of High-Intensity Proton Accelerator Facility
著者(和文)	三浦昭彦
Author(English)	Akihiko Miura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10208号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:堀岡 一彦,堀田 栄喜,高山 健,小栗 慶之,長谷川 純
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10208号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名		三浦 昭彦	
論文審査 審 査 員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	堀岡一彦	教授	審査員	長谷川 純	准教授	
	審査員	堀田栄喜	教授				
		高山 健	連携教授				
		小栗慶之	教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「**Beam Monitor Development for the RF Cavity Tuning of High-Intensity Proton Accelerator Facility** (大強度陽子加速器リニアックの加速空洞チューニング用ビームモニタの開発)」と題し、大強度陽子加速器のリニアックを用いて実施した、イオンビームの高出力化に必要な新しい加速器チューニング手法の提案と高感度ビームモニタの開発について述べた研究論文であり、英文で記述され 9 章で構成されている。

第 1 章「**Introduction**」では、高出力の陽子ビームを供給する大強度陽子加速器システムを概観するとともに、リニアックの高出力化におけるビームモニタ開発の重要性を指摘し、本研究の位置づけを行っている。また、本リニアックでは高出力化を行うために加速空洞の動作周波数が 3 倍に増加する加速システムを採用し、ビームエネルギーの増強を行っていると述べ、この新しい加速システムのチューニング手法を確立すること、同時にそのために必要なビームモニタを開発することが重要であることを指摘している。さらには、ビームモニタ類を高出力化に適合させるための性能指標を示し、本研究の背景と目的を明らかにしている。

第 2 章「**Method of RF Cavity Tuning of J-P RC Linac**」では、リニアックのビームエネルギーの増強に合わせて必要になるビームモニタの種類、性能指標、設置方法、さらにはそれらを用いた加速器のチューニング方法について議論している。ビームモニタの仕様は、計測する位置やチューニングの要求精度に依存するため、チューニング手法を設定するとともに、これに使用するビームモニタの種類と設置レイアウトを提示している。また、新しい高周波加速空洞のチューニングのためのビームモニタの設計と開発について議論している。

第 3 章「**Beam Position Monitor (BPM)**」では、ビームの 2 次元的位置を計測するモニタ (BPM) の開発について述べている。ストリップライン型電極を持つ BPM の時間分解能を高めるために、電極が形成する線路と信号の伝送インピーダンスの整合条件を電場解析と実測によって検討し、整合条件を満たす電極形状を設計・製作できたと述べている。また、広いダイナミックレンジを持つ信号処理方式を開発するとともに補正関数を算出することによって、高精度のビーム位置モニタ計測システムを確立している。

第 4 章「**Beam Current and Beam Phase Monitor**」では、変圧器の原理を用いたビーム電流とビーム位相を検出するモニタについて議論している。周波数特性に優れた磁性体と 1 ターンの 2 次巻き線を兼ねた筐体を用いることにより、高周波特性と高感度特性を両立できるモニタの試作に成功している。その結果、加速周波数である 324MHz に対して 1.0° 未満の位相計測精度と、0.1 から数十 mA までのビーム電流の領域において、0.10 V/mA の高感度電流計測能力を持つシステムを構築できたことを説明している。

第 5 章「**Transverse Profile Monitor(Wire Scanner Monitor)**」では、ビームの進行に対して垂直な方向のビームサイズを測定するワイヤスキャナモニタ (WSM) の開発について述べている。ビーム損失の要因となるハローを計測できるプロファイルモニタを開発することが加速器の高出力化に重要であることを指摘し、プロファイルとともにビームハローを測定できる広いダイナミックレンジをもつ WSM の開発に成功したことを述べている。また、開発した高感度 WSM を利用した、RF チョップのチューニング方法やビーム加速中に発生する中性水素原子 (H⁰) の測定方法を提案し、実証実験とともに言及している。

第 6 章「**Longitudinal Pulse Width Monitor(Bunch Shape Monitor)**」では、新しく導入したビーム位相方向のサイズを測定するプロファイルモニタ (BSM) について説明している。従来の 3 倍の加速周波数を持つ加速空洞の導入に伴う、ビーム損失や不安定性を避けるために新しい BSM を導入したと述べている。また、使用する各パラメータと真空度との相関を取ることによって BSM の設置に伴う真空度の低下を避けるための改良を行ったことを述べている。さらには、開発した BSM の使用により、新しい加速空洞へ入射する際の位相方向のビームサイズの調整と不安定性の抑制が可能になったこと、リニアックのエネルギー増強運転を実現したこと、シンクロトロンへの入射時のビーム損失を低減できるチューニング手法を確立できたこと、を述べている。

第 7 章「**Beam Loss Monitor**」では、開発したビームロスモニタ (BLM) について説明している。従来のビームロスモニタは、加速空洞からの X 線をバックグランドとして検出してしまう問題を持つことを指摘し、X 線に感

度の低い BLM を提案し，試作している．また，この BLM を用いた低エネルギー部でのチューニング法について提案し，開発した方法の有効性を実証している．

第 8 章「**Beam Monitors for Advanced Beam Study**」では，開発した電流モニタを使用することによって新しい高周波加速空洞に入射するビームの許容度を測定することが可能であることを述べている．また，このような測定は，イオン加速器の高出力化に伴うビーム物理や加速器の性能を評価する上で重要であることを指摘している．

第 9 章「**Conclusion**」では，本研究で得られた成果を総括し結論としている．

以上を要するに，本論文は大強度陽子加速器をはじめとするイオン加速器の高出力化には，様々な仕様を持つビームモニタの開発が必要とされていることを指摘し，回路解析，数値解析などの手法に基づいて種々のビームモニタを設計・製作するとともに，大強度加速器に設置して性能評価を行った結果について述べている．また，高感度のビームモニタリングと粒子シミュレーションを基にした新しいチューニング手法やビーム安定輸送法を提案するなど，イオン加速器の高出力化と高性能化に必須の技術を開発しており，工学上ならびに工業上貢献することが大きい．よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる．

