The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	実時間能動型電子顕微鏡の開発
Author(s)	安藤, 俊行
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40187
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【 13 】

氏　　名	安藤俊行（あんどう　としゆき）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　12738　号
学位授与年月日	平成8年11月29日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科　応用物理学専攻
学位論文名	**実時間能動型電子顕微鏡の開発**
論文審査委員	（主査） 教授　志水　隆一 （副査） 教授　八木　厚志　教授　興地　斐男　教授　石井　博昭 教授　増原　宏　教授　後藤　誠一　教授　河田　聡 教授　岩崎　裕　教授　中島　信一　教授　豊田　順一 教授　樹下　行三　教授　一岡　芳樹　教授　伊東　一良 教授　川上　則雄

論文内容の要旨

本論文は，実時間で無球面収差の高分解能電子顕微鏡観察が可能な，新しい実時間能動型電子顕微鏡を開発するにあたって，必要となる球面収差を含めた結像特性の解析及び加速電圧変調等の要素技術の開発，ならびに補正手法の理論的体系化についての研究成果をまとめたものであり，7章から構成されている。

第1章では，透過型電子顕微鏡の結像光学系が抱える問題として残存球面収差と振幅・位相像の分離観察を取り上げ，本研究の位置づけを行っている。

第2章では，本研究の球面収差補正原理となるデフォーカス変調法に関して，3次元結像特性の観点から説明している。さらに，他の手法と処理手順，フィルタ特性及び，制限因子から比較を行っている。

第3章では，デフォーカス変調法の実時間化の要となる能動型画像処理方式について説明している。また，実時間処理のために導入した滞在時間方式荷重付け法が，信号利用率の面からも最適であるとの解析結果を新たに得ている。

第4章では，高速デフォーカス変調法を中心に実時間能動型電子顕微鏡を構成するための要素技術について述べている。また，採用した加速電圧制御によるデフォーカス変調法の原理検証実験について述べ，球面収差が補正された位相像の実時間再生が可能なことを確認している。さらに，正確な加速電圧変調の実現のため，専用回路を設計している。

第5章では，4章で設計した加速電圧変調回路を試作している。次に電子顕微鏡オペレート状態で加速電圧変調波形を測定する方法を提案し，実際に波形を観測することにより正確な加速電圧変調を確認している。これにより，実時間能動型電子顕微鏡法の実現を確実なものとしている。

第6章では，実時間能動型電子顕微鏡の空間分解能をさらに向上させるため，傾斜照明を用いた2つの方法を提案している。第1の無収差結像法については透過型電子顕微鏡を用いた実験により空間分解能の改善効果を確認している。第2のデフォーカス変調法の拡張については，実現法と処理適用限界について理論的な考察を行っている。第7章では，本研究で得られた研究成果をまとめ，今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

透過型電子顕微鏡は微小領域の構造解析装置として材料科学，医学生物学をはじめとする広範な分野で利用されている。しかし，電子レンズに固有の球面収差によりその空間分解能が制約されるのみならず複雑な計算にもとづく像解釈を余儀なくされる。デフォーカス変調法は複数のデフォーカス画像信号を用いて球面収差補正と振幅像・位相像の分離再生を同時に実現できる手法である。しかしながら，この方法が原理的に有用であることは実験的に確かめられているが，実時間での観察は未だ実現されていない。本研究はこのデフォーカス変調法を実時間処理手法と組み合わせることで無球面収差の高分解能電子顕微鏡観察を実時間で行うことを目的として研究を行ったもので，その結果を要約すると次の通りである。

(1) 本研究の球面収差補正原理となるデフォーカス変調法を3次元結像理論に基づいて説明を試みると同時に，フィルタ作用，処理手順，制限因子等について他の球面収差補正手法との比較を行い，その有用性を論じている。

(2) 本研究の実時間処理原理となる能動型画像処理手法について理論的解析を行い，荷重付けを信号観測時間を変化させて行う滞在時間方式荷重付け法を用いることにより4/30秒の処理時間で実現出来ることを指摘し，その実現に必要となるシステムを具体的に提案している。

(3) 数値係数を乗算して行う数値荷重と滞在時間荷重の荷重付け方式の違いによる処理像の信号対雑音比を考察し，雑音が信号強度に依存しない条件下では符号以外の全てを滞在時間荷重により行うのが最大の信号対雑音比を与えることを解析的に証明している。さらに，計算機実験を行ってこの滞在時間方式荷重付け法が信号利用率から見ても最適であることを検証している。

(4) 加速電圧変調を採用することにより，実時間処理に必要なビデオフレーム内での滞在時間荷重付け高速フォーカス変調が実現出来ることを提案し，実際に加速電圧変調を用いた実時間球面収差補正実験により，その妥当性を実証している。

(5) 3種類の加速電圧変調方式を検討した結果，加速電圧発生回路に直接重畳する方式が変調波形の劣化が最も少ないとの結論を得，実験により確認している。さらに，その結果に基づいて最適な変調回路の設計と試作を行っている。

(6) 試作変調回路の特性を正確に評価する方法として，電子顕微鏡自体をオシロスコープのように用いる手法を提案し，実際に測定した波形をもとに変調駆動波形の最適化が行えることを明らかにしている。

(7) 垂直照明の最大分解能を超えた分解能を実現するための球面収差補正法として新たにデフォーカス変調法の拡張方法を提案し，3次元結像特性に基づく解析結果を示している。さらにその実現のためのシステムについて詳論し，実用化に向けての指針を明らかにしている。

以上のように，本論文は，実時間能動型電子顕微鏡の開発にあたって，球面収差を含めた結像特性の解析及び球面収差補正についての理論的な裏付けを行うとともに加速電圧変調方式をはじめとする各種要素技術を開発し，さらに試作装置を用いた検証実験によりその有用性を実証したもので，その成果は応用物理学，特に電子顕微鏡学の発展に寄与するところが大きい。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。