OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	超精密研磨技術とその光学素子への応用に関する研究
Author(s)	大谷, 和男
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184342
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏　　名　大谷和男（おおたにかずお）

博士の専攻分野の名称　博士（工学）

学位記番号　第15832号

学位授与年月日　平成13年1月29日

学位授与の要件　学位規則第4条第2項該当

学位論文名　超精密研磨技術とその光学素子への応用に関する研究

論文審査委員　（主査）
教授　片岡　俊彦

（副査）
教授　森　勇藏　　助教授　山内　和人　　助教授　遠藤　勝義

論文内容の要旨

本論文は非球面の製作技術を確立し、その応用の拡大を図るために非球面創成に関する問題点を解決することを目的としている。天体望遠鏡に用いられるシュミットカメラの製作、数値制御非球面レンズ研磨機の開発およびEEM（Elastic Emission Machining）法を用いた光学素子表面創成装置の開発についてその成果を論じたものであり、全体を5章で構成している。

第1章では非球面の用途と特徴を述べ、その製作のための方法を通して本研究を位置づけ、目的と意義を述べている。

第2章では京都大学理学部観測所のシュミットカメラ光学系の製作について述べている。光学系は直径400mmの補正板（非球面形状）と直径700mmの主鏡からできている。このBK7ガラスからできた補正板を製作するために、面積法を採用してこれを研磨し、その結果、この補正板が望遠鏡としての光学性能が満足すべきものであることをハルトマンテストにより確かめている。

第3章では非球面の数値制御研磨法の開発を行っている。3軸双子型あるいは2軸偏心量可変型スモール・ツール法を用いた数値制御非球面研磨機を開発し、新しく滞留時間制御方式の研磨法を開発している。その際、研磨過程を数学的モデル化によりシミュレーション解析を行った上で、シュミット補正板の研磨加工に適用し、この方法で非球面の創成が行えることを実証している。また、研磨過程を制御するためのソフト・ウェアの開発についても述べている。

第4章では加工単位を原子単位に近づけ、しかも物性的にも優れた表面の創成を可能にする加工法としてEEM法を用いた光学素子表面創成装置を試作している。本加工システムによって、合成石英ガラスの非球面形状加工を行った結果、形状精度は30nm以内の精度で加工でき、表面粗さは0.26nmで行えることを実証している。また、空間光変調素子として用いられるBSO（酸化ケイ素ビスマス）結晶の極薄板平面加工およびX線光学素子（Auを芯としたAg-C積層型ゾーンプレート、CVD-SiCミラー）の加工およびSi基板の加工を行い、超平滑研磨が可能であることを実証している。

第5章では本研究を総括し、得られた成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

オプトエレクトロニクスの発展に伴い、ビデオカメラ・ＣＤプレーヤなどの家電製品やレーザプリンタ・複写機に代表されるような各種ＯＡ機器などにおいて、多くの光学部品が使用されるようになってきている。しかも、その光学部品の非球面化が急速に進んでいる。光学系に組み込まれた光学部品を従来の球面レンズに換えて非球面化するということは、光学設計からみた場合、レンズ枚数を減少できることを意味する。すなわち、1）光学系が軽量、コンパクトになる。2）光学系の組み付け調整が容易になる。また、像の歪みを小さくするという光学性能面のメリットが生じるため、結果として最終製品の性能を飛躍的に向上させることができる。そこで、本研究は、非球面の製作技術を確立し、その応用の拡大を図るために、非球面創成に関する問題点を解決することを目的として行われている。

本論文は天体望遠鏡に用いられるシュミットカメラの製作、数値制御非球面レンズ研磨機の開発およびEEM（Elastic Emission Machining）法を用いた光学素子表面創成装置の開発についてその成果をまとめている。本研究で得られた主な成果は次の通りである。

(1) 京都大学理学部観測所の直径700mmの主鏡をもつシュミットカメラ光学系の製作を行っている。光学系の1つとして用いられる直径400mmの補正板を製作している。そのため、面積法を採用した非球面研磨を行い、製作した補正板が望遠鏡としての光学性能を満足していることを確かめている。このシュミットカメラ望遠鏡は、現在も各種の観測に利用され、宇宙の成り立ちを探るために貢献している。

(2) 非球面の自動研磨法の開発を目的とし、数値制御非球面研磨機の試作を行っている。これは、研磨過程を数学的モデル化により解析が可能なスモール・ツールと称する加工ヘッドを考案して新しく滞留時間制御方式の研磨法を開発するとともに、この方法で非球面の創成が行えることを実証している。また、この方法のソフト・ウェアの開発についても述べている。滞留時間、加工径路の決定は複雑なデコンボリューション計算を行わなければならないがディジタル手法でこの演算を簡単に行えることを明らかにしている。以上の加工技術は我が国の宇宙開発にも応用され資源探査用観測システムの高性能光学センサの創成技術として貢献している。

(3) 加工単位を原子単位に近づけしかも物性的にも優れた表面の創成を可能にする加工法としてEEM法を用いた光学素子表面創成装置を試作している。本装置の特徴は次の2点である。

1）加工物をインプロセスで形状測定できるように高精度な万能表面形状測定器を加工機本体に取り付けている。

2）光学系に数多く用いられる軸対称の球面、非球面加工に適したX-C軸加工方式が採用されている。

本加工システムによって、非球面形状加工を行った結果、形状精度は30nm以内の精度で加工でき、表面粗さは0.26nmで行えることを実証している。また、空間光変調素子として用いられるBSO（酸化ケイ素ビスマス）結晶の極薄板平面加工、X線の集光に用いられる光学素子の積層型ゾーンプレートやCVD-SiCミラーなどの加工およびSi基板の加工を行い、超平滑研磨が可能であることを実証している。

以上のように、本論文は非球面の加工、測定について新たな手法を提案し、各種の光学素子の非球面形状創成が可能であることを実証している。本研究で得られた成果は非球面の製作技術を確立し、その応用の拡大を図り、更なる加工法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。