

氏 名 (本籍)	ししどこうろう 宍戸 昂 郎 (宮城県)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 第 1 6 号
学位授与年月日	昭和40年12月1日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最 終 学 歴	昭和25年3月 仙台工業専門学校卒業
学位論文題目	光学非球面の製作法に関する研究
論文審査委員	教授 (主査) 佐 藤 健 児 教 授 藤 井 康 治 教 授 酒 井 高 男 教 授 桜 井 武 麿

---

## 論 文 内 容 の 要 旨

### 第 1 章 光学非球面製作の目的と意義

近年光学非球面の重要さが再認識され、古い多くの労力と日時を要する部分修正法に代る製作法を確立することが望まれ、このために新しい種々の方法が試みられた。この中で工具に非球面の輪郭を描かせる方法は機械的に加工できる有効な方法である。例えば、TAYLOR, TAYLOR & HOBSON社の機械はリンク機構によつて楕円のみを作るものであり、C. R. Burchの提案した方法は1個のカムに滑ることなく接して動く棒の先に必要とする非球面の輪郭を描かせる型式のものである。

著者は、光学非球面を作る普遍的な方法として、カムを用いて工具に非球面の輪郭を描かせる方法を研究し、いくつかの考案を実施し、それによつて太陽炉用放物面鏡など従来製作が困難とされた数種類の大型非球面を製作することができた。

## 第2章 カムを用いて光学非球面を製作するための機構論

この機構論における特徴を要約すると

(1) カムにより制御する工具の移動は

(i)基準となる円または直線からの偏位量のみを与えるようにした。

(ii)その偏位量が最も少くなるような基準の定め方を提案した。

(2) 機構に次の諸考案を実施して、十分に満足すべき精度を容易に得ることができるようにした。すなわち

(i) カムの形状を拡大して製作しておき、これを縮小機構を用いて工具を動かすようにした。

(ii) カムの形状の拡大に伴い、腕の振れ角に対してカムの回転を増すようにし、カムの形状がなめらかな変化をもつものとした。

(iii) カムを比較的厚い鉄板の外周に頭の平らな小ねちをジグザク型に植えたものとし、整形と修正に便利なようにした。

以上(1)、(2)はこれまでの方法にみられなかつたもので、これらの改良によつてカムを用いる光学非球面製作法が容易となり、かつ精度も大きく向上させることができた。

個々の場合について詳しく研究の内容を述べれば次のごとくである。

楕円および放物面の場合について、基準円からの法線方向の距離を計算する式を与えた。特に放物面の場合には明るさの違い 12種類について詳細な計算表を作つた。これは将来における設計資料として役立つものと思われる。

大型太陽炉用放物面鏡を製作するための横式の研摩装置を完成した。この装置は工具の取りついている腕がその基準となる円の中心線（光軸）のまわりに振れるようにし、素材を光軸のまわりに回転させることに代えた点に特徴を有している。この装置により放物面鏡を構成する多種類の部分鏡を充分満足し得る精度のもとに製作することができた。

非対称光学非球面を製作するための装置として、特殊の曲線をもつた直動カムと、これを制御する特殊の曲面をもつた斜面カムを用いる機構を考案した。この機構の採用によりこれまで特に困難とされてきた、この種非対称光学非球面を高い精度において製作することが容易となつた。

### 第3章 カムを用いる光学非球面製作機構における誤差論

この章において得られた結果を要約すると次の(1), (2), (3), (4)となる。

(1) 楕円面鏡の面の方向誤差と焦点面における収差の大きさとの関係を考察吟味する目的で、これらの間の関係式を導いた。これをもとにして、

(i) 面に細かいおうとつがある場合、鏡面の周辺部における誤差が結像に大きい影響を及ぼす。

(ii) 光軸上の腕の長さが所定の長さの  $(1 + \delta)$  倍になっている場合、 $\delta$  が 0.01 以下の値ならば結像に及ぼす影響は実用上無視し得る。

(iii) 腕の軸心が、素材の回転中心線上にない場合にはその偏位を半径とする最小錯乱円を生ずる。などの結果が導かれた。

(2) 放物面鏡の面の方向誤差と焦点面における収差の大きさとの関係式を導いた。この式に基づいて、腕の軸心が鏡面に対し正しい位置にない場合におけるこれらの関係を考察吟味し次の結果を得た。

(i) 腕の軸心と鏡面との距離に誤差を生じているとき、鏡面の半径が焦点距離と同じ程度かそれ以下では焦点面における収差は小さい。特に偏軸鏡を製作する場合にはその誤差の許容量は大となる。

(ii) 腕の軸心が素材の回転中心線上にない場合には、その偏位を半径とする最小錯乱円を生ずる。この場合には特に鏡面の中心部の誤差が焦点面の収差に大きく影響する。

(3) 研削砥石を使用する場合の工具の形状、大きさおよび加工面に対する角度等が加工面と結像精度に及ぼす影響について考察、吟味するためにそれぞれ関係式を導いた。この式をもとに種々の条件について考察した結果、主として次の2つの結論を得た。

(i) 円筒工具の回転中心を腕の振れる面内で傾けた場合、一般には鏡面に大きな誤差を生じ、結像精度に及ぼす影響も大となる。従つてこの場合にはこの影響を吟味し予めカムの形状を補正しておく必要がある。但し工具のエッジ部のみを使用する傾け方の場合には鏡面における誤差の発生を少なくすることができる。

(ii) 工具の回転中心を腕の振れる面に直角の方向に傾けた場合、傾角が直角のとき円盤型工具の使用と同一条件となる。この条件のもとでは鏡面に生ずる誤差が極めて小となり工具の取り扱い方の有利な1つの方法となる。

(4) 素材とカムとの間の関係位置が腕の振れる方向でくい違いを生じているとき、その違いと、鏡面の誤差と結像精度との間の関係を考察吟味する目的でこれらの間の関係式を求めた。考察の結果、この違いは鏡面の周辺部の誤差に大きく影響することが明らかにされた。

## 第4章 光学非球面製作各論

この方法により製作したものの代表例として次の4つをとりあげた。

- (1) 赤外分光光度計の出射スリットの像を検出体に結像させる、 $f_1$ の焦点距離600mm,  $f_2$ の焦点距離60mm, 口径120mmの楕円面鏡。この鏡面では $f_2$ の焦点において許容される最小錯乱円の直径は0.1mmである。
  - (2) 赤外分光光度計のコリメーターに用いる偏軸鏡を取り出す焦点距離275mm, 口径300mmの放物面鏡。この鏡面では光軸上において許容される焦点位置の誤差が $\pm 0.025$ mmである。
  - (3) 直径10m, 焦点距離3.2m, 鏡面に許容される方向誤差 $1/2000$ radの大型太陽炉用放物面鏡。
  - (4) カラーテレビジョンの受像管にカラー素子をプリントするために使用する口径250mmの非対称非球面レンズ。この面の許容おうとつ誤差は $\pm 0.05$ mm, 許容方向誤差は $\pm 5'$ である。
- これらの製作結果は何れもそれぞれの面に要求された精度範囲にあり, 十分に満足すべき性能がえられた。

## 第5章 光学非球面の検査法

この章で述べた中で特に著者または著者と協同研究者が考案し, 実際に使用した検査法の主なるものは次の4つである。

- (1) 荒摺り面の精度を緊張繊維の反射像を用いてしらべる光学的検査法。従来荒摺り面には反射法を用いることができないとされていた。著者の方法は視線を被検査面にすれすれにおくことにより, 従来の観念を破つて測定検査を可能としたものである。
- (2) 荒摺り面, 精摩面の検査を目的とする光学定盤とマイクロメーターを組合せた機械的検査法。これは測定用マイクロメーターをのせた台の案内レールとして, 光学的に平面研磨した硝子定盤を用いた点に特徴があり, これによつて,
  - (i) 滑り面において厚さの極めて均一な油膜が得られた。
  - (ii) マイクロメーター台の運動を極めてスムーズにし, かつ器差を少なくすることができた。
- (3) レンズの前後面によるノギスジョウの反射像を利用し, 2面の角度誤差を測定する精摩レンズの光学的検査法。非球面レンズにおいては特にレンズの前面と後面によつてできる角度の正確さが重要である。本検査法はこの点を考慮して考案した新しい方法である。
- (4) アルミニウムを真空蒸着した半透膜をつくり, Fabry-Pérotのエタロン型の干渉光学系を構成する検査法。これは平面の検査や, 基準となる平面または球面から僅かに異つた面の検

査，平行平板の平行度の測定などに利用し得る方法である。

## 第 6 章 光学非球面の工作上の諸問題

この章における主な結論は次のようである。

(1) カムを用いて非球面の輪郭を描かせる方法において最も重要なものはカムの精度で，その検査法として 2 つの有効な方法を考案実施した。

(2) エメリーで硝子を荒摺りする場合の工具材料として，加工能率を上げる目的に対しては銅が，また工具の摩耗を避ける必要のある場合には軟鉄が，それぞれ適していることを実験により明らかにした。

(3) エメリーで荒摺りした硝子に対する精摩作業では，その初期には酸化セリウムを用い，後期には紅柄を用いれば早くかつ仕上面の形をくずさないで作業のできることを明らかにした。

(4) 本研究の光学非球面の荒摺りにはダイヤモンド砥石を用いて研削加工を行い，充分の加工能率と加工精度とを上げることができた。

(5) 光学面にアルミニウムを真空蒸着する際の剝離現象を避ける方法として，硝子面に一酸化硅素を真空蒸着し，その上にアルミニウムを真空蒸着することを試み好結果を得た。また蒸着アルミニウム膜面を外気から保護する目的で蒸着アルミニウム膜面上にさらに一酸化硅素を真空蒸着し好結果を得た。

## 第 7 章 結 論

この章では結論として第 1 章から第 6 章までの各章の内容を要約した。

以上本論文は精度の高い光学非球面を製作する方法について，理論的にまた実際面から研究考察して改良した結果と得られた成果について述べたものである。

## 審 査 結 果 の 要 旨

光学非球面は、光学機器の性能を画期的に向上させるものとして、近年その重要さが強く認識されているが、これを十分の精度で能率良く製作することはなかなか困難である。著者は、光学非球面を製作する普遍的な方法として、カムを用いて工具に非球面の輪郭を描かせる方法を研究し、多くの考案を実施して幾多の大型非球面を製作することに成功した。本論文はこの研究の成果をまとめたもので、7章よりなる。

※1章は緒論であつて、光学非球面製作の目的と意義について述べている。

※2章は、カムを用いて光学非球面を製作するための機構論である。著者は、光学非球面の製作にカム機構を積極的に採用し、これに多くの創意工夫を加え、これによつて軸対称の楕円面鏡や放物面鏡のほか、非対称光学非球面をも高い精度で製作できる装置を完成した。

※3章は、カムを用いる光学非球面製作機構における誤差論であつて、本論文の主眼点である。まず、楕円面鏡および放物面鏡において、面の方向誤差と焦点面における収差の大きさを表わす関係式を導き、所要の精度に非球面を製作するためのカムその他装置各部の製作誤差を定めた。さらに、工具として研削砥石を使用する場合の、工具の形状、大きさ、および加工面に対する角度などが、加工面と結像精度に及ぼす影響について考察、吟味した。

※4章は、光学非球面製作各論である。著者の方法によつて製作された大型太陽炉用放物面鏡、カラーテレビジョン受像管の製作に使用される口径250mmの非対称非球面レンズなどが十分に満足すべき性能を持つことが示されている。

※5章は、光学非球面の検査法である。製作された光学非球面の精度を検査するために、著者の考案した各種の検査法が述べられている。

※6章は、光学非球面工作上の諸問題について述べている。カムの精度検査法、ダイヤモンド砥石によるガラスの研削加工法、光学面を保護するための真空蒸着法などに関する著者の研究である。

※7章は結論である。

以上要するに、本論文は、従来困難であるとされてきた光学非球面の高精度、高能率の製作法につき、カム機構による新しい製作法を提案し、この製作法による場合の誤差の理論的検討を行ない、かつその具体的成果を記したものであつて、精密工学ならびに光学機械工業上寄与するところが少なくない。

よつて、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。