

# Optics Deterministic Finishing

OptiWorks 株式会社

大阪市中央区安土町 1-2-4

土肥 寿秀

(TEL)

06-6264-7310

(e-mail)

dohi@optiworks.jp

## 1. 要約

近年多方面の光学系で非球面または自由曲面を用いた光学素子が使用されている。このような複雑な光学面を効率よく高精度に研磨する手法として、「Deterministic Finishing」技術があげられる。これは精研削後の面形状加工誤差を、NC 制御された安定な研磨ツールを用いて設計形状に修正研磨する手法である。この技術のカギとなるのが研磨ツールの加工関数の測定技術である。今回弊社では独自の測定方法を確立し、実際の研磨に応用させることができたのでその技術を紹介する。

## 2. 背景

現在たとえばガラスモールド用の非球面金型加工に於いて多く使われている手法は、超高精度な研削加工機を用いて非球面を所望の精度まで削りこみ、そのあと面に残存するツールマークや表面粗さを均等研磨で除去するものである。この手法では高価な研削加工機とその精度を維持するための設置環境が必要であり、加えて加工後の面形状精度を維持したまま均一に研磨をおこなうための研磨機や研磨ノウハウが必要となる。

最近では直接非球面レンズ加工の市場が増え且つ大口径化してきている。そこで多軸の研削機で初期曲面加工後、形状修正を加えながらツールマークやダメージ層の除去、表面粗さを研磨で仕上げる手法が考えられる。この場合は小さな研磨面積（例：数 mm x 数 mm 程度）の研磨ツールを用いた部分研磨になり、その滞留時間分布を制御することで面形状誤差を修正していく。この手法では高価な加工装置や環境維持設備は不要である。なぜなら前者は装置の位置決め誤差がそのまま加工誤差に反映されるが、後者は研磨ツールの滞留時間分布で加工し、しかもミクロンレベルの位置の変化でも加工関数が一定であるため超精密な位置決めは不要なのである。この方式の研磨は一般に次の数式で表現される。

$$\text{研磨形状}(x, y) = \iint D(p, q) * S(x-p, y-q) dpdq \quad \text{①}$$

ここで、 $D(p, q)$  は研磨面上の座標  $(p, q)$  点における研磨ツールの滞留時間、 $S(x, y)$  は単位時間当たりの研磨形状、すなわち加工関数

である。研磨形状  $(x, y)$  は目標形状までの差分で既知量であるので  $S(x, y)$  が測定できれば上式から滞留時間分布が計算できる。したがってその加工関数を正確に測定することが、この加工方法の大切な要素となる。

## 3. 加工関数の測定

加工関数は面の一ヶ所を研磨ツールを移動せずに一定時間研磨し、その研磨痕の形状を測定することで求めることができる。（単位時間当たりの研磨形状）。よってある程度長い時間研磨した研磨痕を使うほうが S/N 比を上げられることは想像がつく。さて研磨痕の測定として干渉計での測定が考えられるが、研磨痕の周辺部分は深く急激な傾斜である場合が多いため干渉縞が追従できないことが多く、効率の高い研磨ツールや S/N 比を上げた深さのある研磨痕の測定には適さない場合がある。

そこで今回我々は測定ヘッドとして STIL 社の Optical Pen を用いて研磨痕を 2 次元的にスキャンする方式での測定装置を完成した。同装置は縦方向の測定レンジが約  $300 \mu\text{m}$  と長く、深い研磨痕の測定に適している。またサンプリング周波数などの変更で横分解能を調整して研磨関数の精度を上げることも可能である。加えて粗面上の研磨痕でも測定できるのも便利である。また干渉計に比べて使用環境にも適し、かつ安価である。

図 1、2 はそれぞれ OptiPro 社の UFF 研磨装置、QED 社の MRF 研磨装置を使いこの装置で測定した Si 上の加工関数の例である。MRF は粘弾性流体を用いた研磨で研磨痕は浅めで、UFF は弾性体で押しこんで研磨するため深くはなっている。ちなみに水平方向の寸法は任意に変化させることができる。

## 4. Deterministic Finishing

この加工関数を研磨装置に入力し①式より求めた滞留時間分布に従って研磨ツールの軌跡を NC 制御することによって所望の形状に面を磨き上げることが可能となる。

弊社では所有の MRF 研磨装置を用いてこれまで数多くの非球面光学素子を生産してきた。また今春より OptiPro 社の UFF 研磨装置の国内販売と技術サポートを開始した。後者の装置はベルト状の研磨シートを弾性体のホイール上で回転させ、そのホイール先端で部分研磨をするものである。これによって面形状誤差の修正をおこなうことは当然であるが、MRF では取りきれなかった研削時のツールマークが除去できるのが特徴である。さらに MRF 比約 10 倍の研磨レートであるため、研削によって生じた表面のダメージ層の除去、表面粗さの改善を同時に短時間で達成させることができる。

加工関数の高精度測定技術とこれらの研磨装置の組み合わせによって、高精度な非球面・自由曲面の効率的な deterministic な研磨が可能となった。

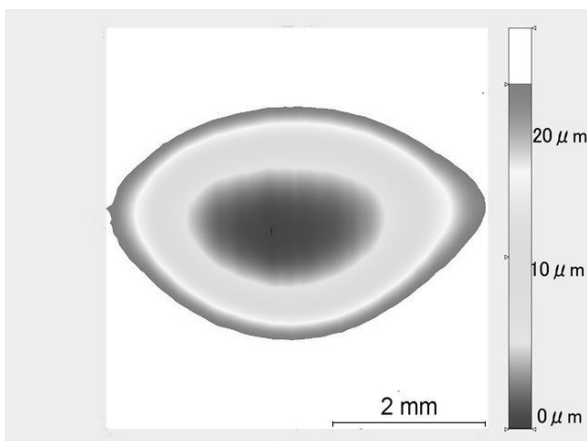


図 1 UFF 研磨装置による加工関数

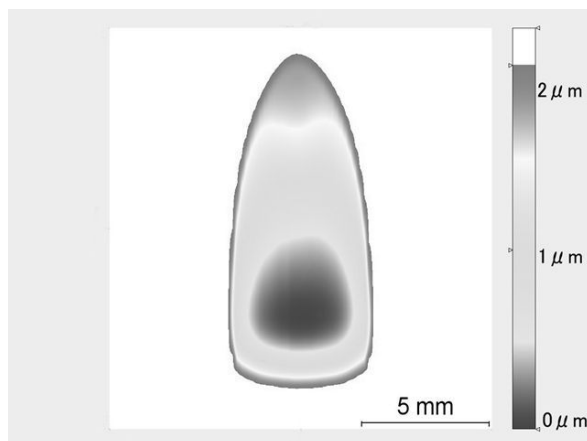


図 2 MRF 研磨装置による加工関数