

超高精度三次元測定機「UA3P」の技術紹介と評価事例

Ultrahigh Accurate 3D Profilometer "UA3P" Technology Introduction and Evaluation

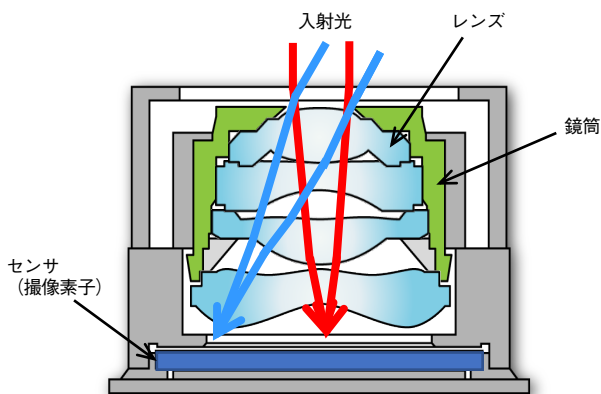
半田 宏 治* 田 中 仁*
Koji Handa Hitoshi Tanaka

測定物の側面において ± 50 nm以下精度での測定を実現した側面測定技術について紹介する。また、側面と上面測定技術を融合し、レンズユニット形状を ± 100 nm以下の精度で評価する三次元測定機を実用化している。本技術はスマートフォンなどに搭載されたカメラの更なる品質向上に寄与すると期待されている。

We introduced measurement technology that realizes accuracy of ± 50 nm or less for the vertical surface of the measured object. In addition, we fused side and top surface measurement technologies to put a coordinate measuring machine that can evaluate the shape of the lens unit with an accuracy of ± 100 nm or less into practical use. These technologies are expected to contribute to further improving the quality of cameras installed in smartphones, etc.

1. スマートフォン用カメラに求められる評価

スマートフォン用カメラでは、小さな鏡筒の中に複数の非球面レンズを圧入、または嵌合させてユニット化する(第1図)。



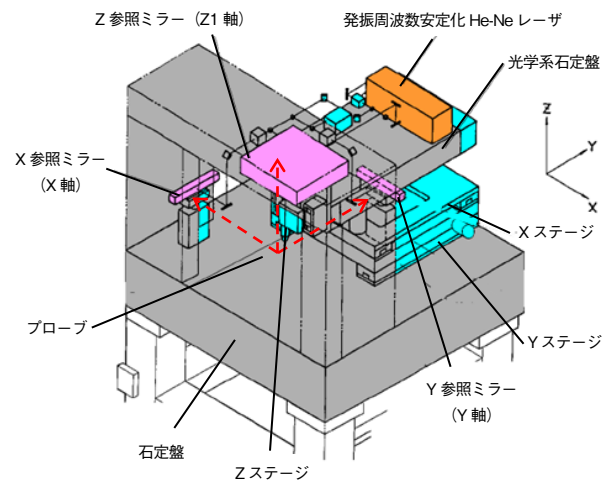
第1図 レンズユニット断面図
Fig. 1 Cross section of lens unit

これらカメラの高画素化とそれに伴うセンサの大型化、多眼化に伴い、年々、カメラモジュールは専有面積を増やしている。また、ハイエンドのスマートフォンに搭載されるカメラは、広角、望遠ともに背面側ではレンズユニット1個あたり5枚以上のレンズが使われており、スマートフォン本体の厚みを増やせない中でこのレンズ枚数を収めるために、レンズ面形状、レンズ面間偏心、各レンズの同軸度など、レンズ単体はもちろん鏡筒を含めたレンズユニット全体に厳しい製造公差が要求されている。各レンズの形状精度を $0.2 \mu\text{m}$ 以下にするとともに、レンズ面間およびレンズ

間での光軸ずれに許容される値は、例えば13 Mのカメラモジュールで $1 \mu\text{m}$ 以下である。このため、レンズ面形状や、鏡筒やレンズの位置関係を高精度に評価できる測定機が必要とされている。

2. 超高精度三次元測定機の概要

当社が実用化した超高精度三次元測定機(以下、UA3Pと記す)の基本的な構造を第2図に示す。UA3Pは、世界長さ標準であるヨウ素安定化He-Neレーザとトレーサビリティのある安定化He-Neレーザをスケールの基準としている。測定物を走査するプローブのXYZ座標は、XYZ各軸に配置された平面ミラーを基準としてレーザ測長される[1]。



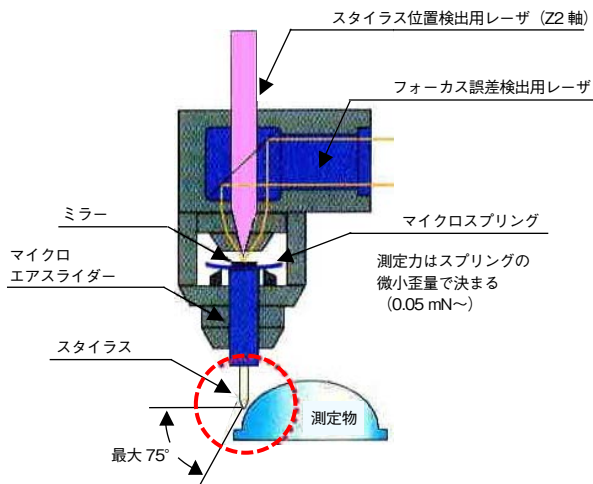
第2図 超高精度三次元測定機 (UA3P) の構成
Fig. 2 Structure of Ultrahigh Accurate 3D Profilometer "UA3P"

2.1 上面測定技術

UA3Pの上面測定で使われるプローブの構成を第3図に示す。微小マイクロスライダが一定測定力 0.05 mN 〜で測定面

* パナソニック プロダクションエンジニアリング株式会社
標準機事業センター
Standardized Machinery Business Center,
Panasonic Production Engineering Co., Ltd.

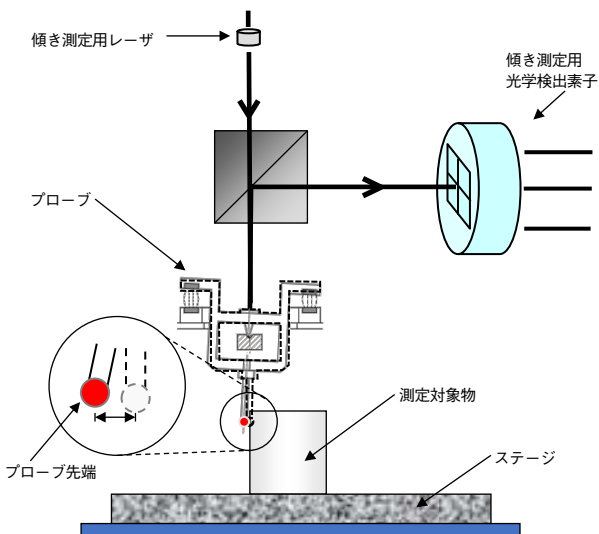
に追従させながら、スタイラスを含めた可動部全体をリニアモータで駆動する制御を行うことで、低測定力と高速応答性を実現し、レンズの上面形状を高精度に測定する。プローブ走査時には、水平方向の抗力によりわずかにプローブ先端のスタイラスが傾き、測定精度を低下させる。このため、プローブ先端のスタイラスの倒れ角度の検出も行い、上面測定の精度を高めた特化モデルも実用化している。これらの技術により、Z軸方向には±10nmの再現性で形状を評価することが可能となる。



第3図 上面測定用プローブの構成
Fig. 3 Structure of probe for top measurement

2.2 側面測定技術

UA3Pには、上述した上面測定用プローブ以外に、側面測定用プローブを備えたモデルが用意されている。UA3Pの側面測定で使われるプローブの構成を第4図に示す。



第4図 側面測定用プローブの構成
Fig. 4 Structure of probe for side measurement

当社の側面測定技術は、0.3 mNという微小な力で側面に接触しながら、最高5 mm/secという走査速度で任意の形状を自動で扱う測定を可能とした。詳細な説明は省略する[2]が、これにより、レンズ鏡筒側面などの段差があり、かつ歪みや樹脂成型品に対しても、内周を10分程度の短時間で測定を行える。また、円筒面形状についても、±50 nm以下の精度で測定できる[3]。

2.3 上面座標と側面座標の合成

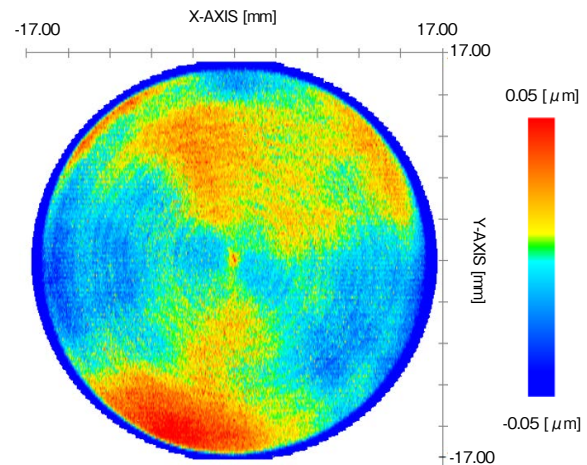
三次元測定機 (CMM) などの測定機は、一つのプローブで上面や側面を測定しているが、今回紹介するUA3Pでは、上面プローブと側面プローブの2つのプローブを1台の装置に備え、単一の基準球を上面プローブと側面プローブで交互に測定し、算出した双方の基準球中心位置を登録して運用することにより、2つのプローブのデータを同じ座標に合成する。これにより、上面プローブで測定したレンズの光軸と、側面プローブで測定したレンズ外径からのずれ (偏心) を±100 nmの精度で評価することができる。

3. UA3Pを使った光学デバイスの評価事例

以下、本技術により評価された光学デバイスの評価事例を紹介する。

3.1 レンズ形状評価事例

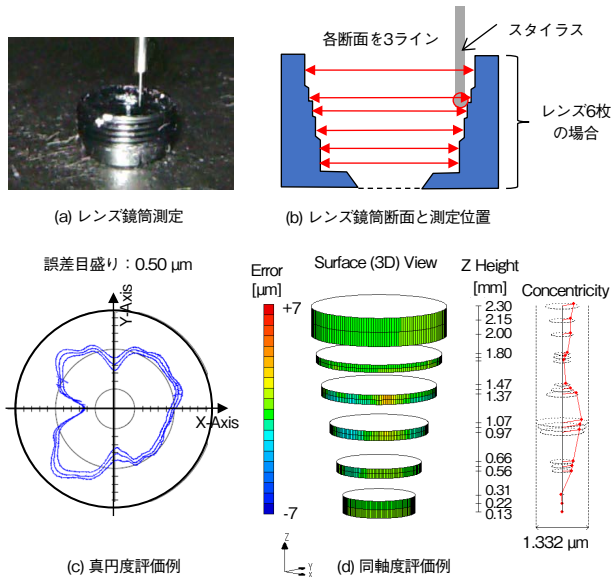
最初に上面測定技術を使った事例について紹介する。第5図は、Φ32 mmのガラスモールド用レンズ金型の形状を評価した事例である。同図は、設計形状からの金型の形状ずれを3次元座標でカラーマップ表示したものである。Z方向に約10 nmの円周状の微小うねりが規則的に観察されているのが分かる。



第5図 レンズ金型形状評価
Fig. 5 3D profile evaluation of lens mold

3.2 レンズ鏡筒の評価事例

次に側面測定技術を使った事例について紹介する。第6図は、モバイルレンズ用鏡筒において、6段の側面を測定し、各段の同軸度を評価した事例である。この事例においては、センサ側に一番近い最下面で定義される円筒面の仮想中心軸を基準として、それより上の各面の測定データから定義される軸との最大同軸度ずれが $1.33\mu\text{m}$ となっている。



第6図 レンズ鏡筒の真円度・同軸度評価

Fig. 6 Geometric evaluation of lens barrel

3.3 レンズユニット全体の評価

UA3Pは、上面プローブでレンズ形状を測定することでレンズの光軸を算出し、側面プローブにより測定されたレンズ側面や鏡筒側面から円筒面の基準(中心)軸を算出する。算出されたレンズ光軸を、円筒面の基準軸と比較することで、基準軸から位置ずれや傾きずれを評価できるため、レンズ単体とレンズ鏡筒を組み合わせた様々な測定をカバーすることができ、レンズユニットを組み立てる前に不良品を特定したり、不良発生時の原因解析を行ったりすることでレンズモジュールの歩留まり向上に貢献している。

4. 動向と展望

今後もスマートフォン用カメラの多画素化や多眼化、小型・高性能化は進むとみられ、3次元形状を正確に評価できる三次元測定機はますます必要になっている。さらに、従来の対向する面の偏心評価のみならず、屈曲光学系や多面ミラーなどの設計値からの面間位置ずれ量評価などが求められており、複雑かつ多面形状を高精度に3次元測定・評価できる測定機の活躍の場が広がっている。

参考文献

- [1] 吉住恵一, “ナノメートルを測る原子間力プローブ搭載超高精度三次元測定機,” 精密工学会誌, vol. 68, no. 3, pp. 361-366, 2002.
- [2] 舟橋隆憲, “接触式プローブによる超高精度形状評価機の開発,” 機械と工具, pp. 26-30, Dec. 2009.
- [3] Y. Kondo, “Calibration and uncertainty evaluation of flick standard using coordinate-measuring machine,” 11th Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry 2013, Tsukuba Japan, September 02-05, 2013.