

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18560120

研究課題名（和文） 異常値抑制効果と斜面对応機能を有す光触針式輪郭形状センサの開発

研究課題名（英文） Development of an optical profiling sensor suppressing outliers and able to deal with inclinations

研究代表者

深津, 拓也 (FUKATSU HIROYA)

東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・教授

研究者番号：80228866

研究成果の概要：

①照射スポット形状を円形から楕円形に変換した共焦点式光触針式センサの光学系を構築し、楕円照射スポットがスペckルノイズ低減－異常値の抑制に大きな効果を持つことを実証した。

②楕円形スポット－共焦点式光触針式センサの実用化を目指し、センサの小型化を行った（外形寸法は95mm×75mm×52mm）。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	570,000	4,070,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：非接触表面性状測定

## 1. 研究開始当初の背景

近年、精密機器の構成部品に要求される加工精度は格段に高くなり、超精密領域における加工方法の進展には著しいものがある。たとえば、光ディスクのピックアップレンズの形状精度はコンパクトディスクのときは $1\mu\text{m}$ であったが、現在では高密度記録のために青色レーザが使用されるようになり、 $100\text{nm}$ 以下の形状精度が要求されている。すなわち、このような精密加工部品は、その形状精度が機能特性を左右することが多く、高精度測定が不可欠となる。現在輪郭形状測定機として最も信頼性が高い

のが、 $\mu\text{m}$ オーダの微少な触針と、触針の上下運動を変位に変換する電気マイクロメータから構成される触針式表面粗さ測定機である。その精度は高精度な機種で $0.1\text{nm}$ 以下である。しかしながら、触針にはダイヤモンドなどの硬質材が使われており、触針を測定面に当てるために測定物の表面が柔らかかったり脆いものでは触針の触圧によって表面を変形させたり傷をつけてしまう。特に、現在の精密加工対象面の殆どがガラス材やアルミニウムおよび銅のような軟質材なので、傷を付けることなく測定することは不可能である。また触針式はそ

の検出器の動特性による制約および構造的弱さによって、オンマシン計測を困難にしている場合が多い。したがって輪郭形状測定において非接触測定の要求は大きく、これまでに数多くの非接触測定法が提案されてきた。非接触測定法に期待される特性は、

- 1) 測定物に傷を付けない
- 2) 測定の高速度化
- 3) 高精度化
- 4) 小型化
- 5) 触針式粗さ測定法との対応

以上の5項目である。現時点でこれらの要求に応える可能性が最も高い方式は、光学的手法を用いた光触針式測定法である。しかしながら、5)については測定面によってはその出力特性は触針式表面粗さ測定機とかけ離れた結果になることも多く、その原因解明と、対策が課題として残されている。

## 2. 研究の目的

(1) 測定面の微小凹凸や傾斜角などの面性状の影響を、デジタルフィルタなどを使用せず、光学的に補正し、測定値が接触式測定機と相関性のある光触針式測定法の開発。

(2) 触針式表面粗さ測定機などの駆動部に取り付けが可能となるような、小型センサの開発。

## 3. 研究の方法

(1) 楕円形スポット光触針式輪郭形状測定システムを、光学定盤上で構築する。このシステムでは、測定面に照射するスポット形状をこれまでの円形から楕円形に変更した。スペックルノイズが低減されているかどうかの判定には、各種機械加工方法で作った、スペックルの影響が大きい試料を用いて測定実験を行った。

(2) 小型化のための最適光学部品配置の計算およびセンサ内の光学部品の調整ジグの設計を行った。またアンプ回路設計およびオートフォーカス用制御回路の設計・製作を行った。

## 4. 研究成果

(1) 図1に同一試料（放電加工面）を従来の非接触式測定機と触針式粗さ測定機で測定した結果を示す。図に示すように、従来の非接触式測定機は触針式粗さ測定機の測定値にはない異常値が発生し、測定機によっては触針式の10倍近くの振幅となるものもある。この

異常値が非接触測定機、特にレーザを使用する光触針式センサの大きな問題である。

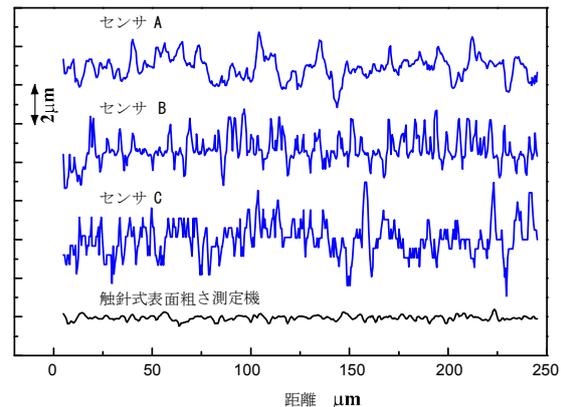


図1 市販のセンサによる放電加工面の測定結果

図2に開発した輪郭形状測定システムの構成を示す。対物レンズL1を光軸方向に振動させて測定を高速化するために作動距離200 $\mu$ mのPZTを用いた。PZTはD/Aコンバータを用いて垂直運動制御を行った。光学系から出力される信号はA/Dコンバータで離散化し、コンピュータで演算を行って変位信号を求めた。測定物の移動には分解能10nmのリニアエンコーダ内蔵型の高精度ステージを使用し、制御にはRS-232Cを用いた。

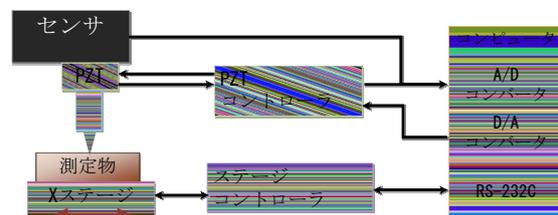


図2 輪郭形状測定システムの構成

(2) 光学定盤上で輪郭形状測定システムを構築し、異常値が出現しやすい工業加工面—放電加工面の表面性状測定を行った。図3に0.43 $\mu$ mRaの放電加工面の測定結果を、触針式粗さ測定機の結果と共に示す。本センサによる測定結果には、触針式表面粗さ測定機と比べると幾らか高周波成分が見られるが、輪郭形状やRa値はよく一致している。ただし触針式表面粗さ測定機には触針の歪を排除するためにローパスフィルタを用いているので、実際には波形はほぼ一致すると思われる。すなわち従来のセンサと比較して、異常値は明らかに抑制されていることが分かる。図4に

同じく放電加工面の  $0.08 \mu\text{m}Ra$  の測定結果を示す。 $Ra$  値が小さな加工面においても触針式表面粗さ測定機と輪郭形状や  $Ra$  値はよく一致していることがわかる。そこで異なる  $Ra$  値の加工面を製作し、本光触針式センサで測定を行った。その結果を図5に示す。図中、縦軸は触針式表面粗さ測定機と光触針式センサの  $Ra$  値の比であり、横軸は触針式表面粗さ測定機による  $Ra$  値である。この結果から、開発した光触針式センサは、使用した全ての測定面において、触針式表面粗さ測定機の測定値とよく一致することがわかる。

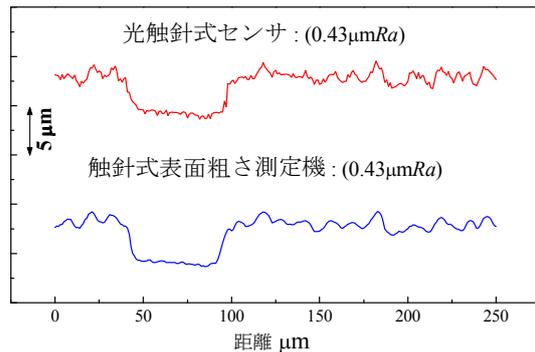


図3 放電加工面の測定結果 ( $0.43 \mu\text{m}Ra$ )

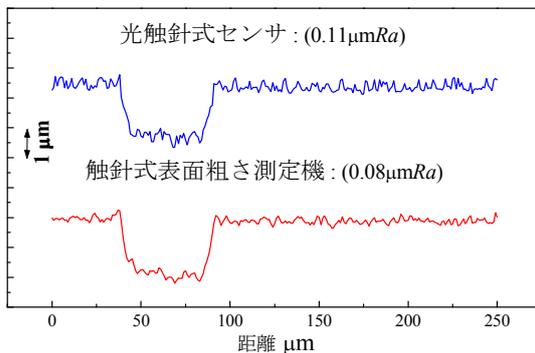


図4 放電加工面の測定結果 ( $0.08 \mu\text{m}Ra$ )

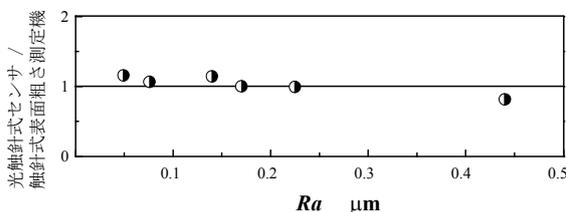


図5 本センサと粗さ測定機との  $Ra$  値の比

(3) 電気ノイズを低減するために、各電子回路も本体に内蔵しながら可能な限りの小型化を行った。光学部品の加工精度による個体差を

考慮すると、測定機本体の組み立ての際に微調整が必要になるので調整が容易できる機構にした。その機構にはマイクロステージを用いた。対物レンズなどの先端のプロブを用途に合わせて換装することによって、表面形状測定や内径測定などの多様な測定に対応できる汎用性と拡張性を持たせた。

小型センサの3次元モデルを図6に示す。本体部の寸法は  $95\text{mm} \times 75\text{mm} \times 52\text{mm}$  とした。製作した小型光触針式センサの性能を評価するために、(1) で使用した2種類の放電加工面 ( $0.39 \mu\text{m}Ra$ ,  $0.08 \mu\text{m}Ra$ ) で同様な測定を行った。測定結果を図7および図8に示す。光触針式センサと、触針式表面粗さ測定機で測定した場所と同じではないので波形の凹凸の位置は一致していないが、光触針式センサの測定結果はともに触針式表面粗さ測定機による  $Ra$  値や凹凸の形状がよく一致し、光学定盤上実験機と同等の性能を得ることができた。

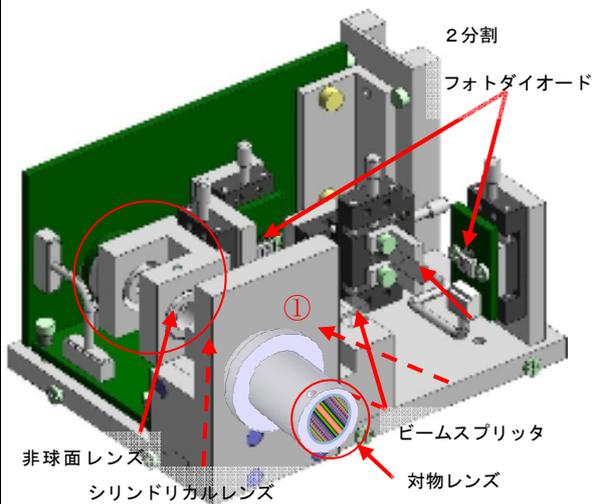


図6 小型測定機の3次元モデル

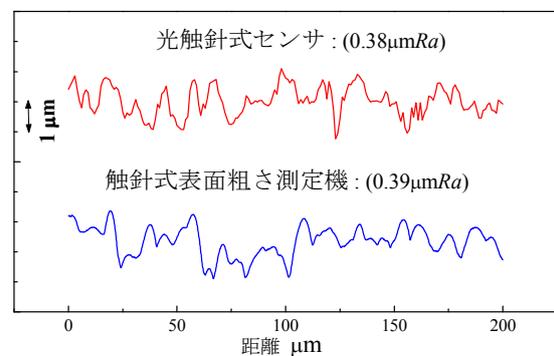


図7 小型光触針式センサでの放電加工面 ( $0.39 \mu\text{m}Ra$ ) の測定結果

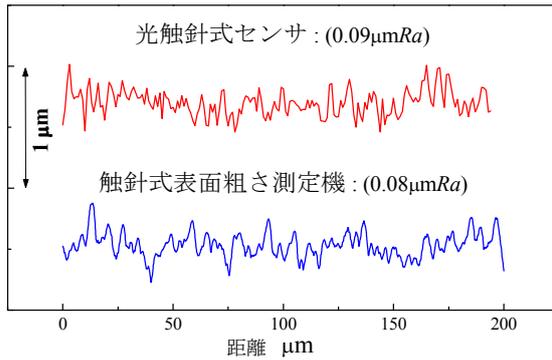


図8 小型光触針式センサでの放電加工面  
( $0.08 \mu m Ra$ ) の測定結果

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計5件)

- ① Hiroya Fukatsu, Kazuhiya Yanagi:  
Development of a confocal probe with elliptical spot, Pro. 7th Conference and general Meeting of euspen, (2007) 282-285.
- ② 深津拓也, 柳 和久, 楢田スポットを用いた共焦点式輪郭形状センサの開発, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2006, P161-162
- ③ 深津拓也, 柳 和久, 非接触式微いプローブの開発, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2007, P321-322
- ④ Hiroya Fukatsu, Kazuhiya Yanagi:  
Development of a Internal Profile Measurement Sensor for Small-diameter holes, Pro. 10th Conference and general Meeting of euspen, (2008) 321-324.
- ⑤ 石川貴之, 深津拓也: 小径穴内面形状測定センサの開発, 日本設計工学会平成20年度春季研究発表講演会 97-98

[図書] (計2件)

- ① 深津拓也, 日刊工業新聞社、機械技術、初心者のための表面測定技術、2006年(20ページ)
- ② 深津拓也, 日刊工業新聞社、現場で役立つモノづくりのための精密測定、2007年(157ページ)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 距離測定装置および距離測定法  
発明者: 深津拓也  
権利者: 株式会社ナノテックス  
種類: 特許

番号: 312261

出願年月日: 平成18年11月17日

国内外の別: 国内

[その他]

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

深津 拓也 (FUKATSU HIROYA)

東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり

工学科・教授

研究者番号: 80228866

(2) 研究分担者

柳 和久 (YANAGI KAZUHISA)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号: 80108216

(3) 連携研究者

なし