

補助事業番号 2019M-138

補助事業名 2019年度 芯なし研削盤における精密ロッドピン機上計測技術の開発
補助事業

補助事業者名 長崎大学 大学院工学研究科 精密生産技術研究室 大坪樹

1 研究の概要

精密ロッドピンなど微小な凸型球面形状の非接触機上計測システムの開発を目的として、臨界角法を用いたレーザ変位計による形状計測システムを構築した。開発した測定機を用いることで、1mm程度の先端Rをもつ微小な曲面形状を $1\mu\text{m}$ 以下の繰り返し精度で高精度に計測ができることを明らかにした。また臨界角式レーザ変位計を採用することで高速で測定することができ、測定時間の大幅な短縮に成功した。

2 研究の目的と背景

精密位置決めピンなどの先端形状には、ミクロンレベルの輪郭度が求められている。要求精度を満足するためには精密測定室での形状検査と修正加工が何度も繰り返され、検査時間が製造の半分以上を占めることがある。そこで本研究では、加工の高精度化と高能率化を同時に実現する機上計測を可能とする非接触式三次元計測装置開発を目的とした。

3 研究内容

芯なし研削盤における精密ロッドピン機上計測技術の開発

URL: <http://www.mech.nagasaki-u.ac.jp/research.html>

(1) 測定光学系の概要

① 測定原理(臨界角法)

臨界角法の原理を示す。ここでは、測定面からの反射光のみを考え、照明系は省略する。測定面が対物の焦点位置よりも近い場合、対物レンズを通過した光は発散光となり臨界角プリズムに入射する。このとき臨界角よりも小さな角度で入射した光の一部は透過し、光軸を境界にして臨界角より大きな角度で入射した部分は全反射して二分割受光素子の受光面へ向かう。したがって、受光素子の2つの出力の間に差が生じ、 $V_A < V_B$ となる。測定面が焦点位置にある場合、対物レンズを通過した光は平行光となり、臨界角プリズムでの反射光は全て全反射して受光素子へ向かう。このとき受光素子の出力は $V_A = V_B$ となり差がなくなる。この位置を変位検出のための零基準点となる。測定面が焦点位置よりも遠い場合、対物レンズを通過した光は収束光となり臨界角プリズムに入射する。このとき受光素子には、測定面が焦点位置より近い場合の逆の出力差が生じる。

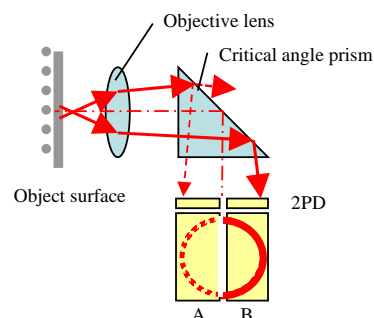


図1 装置光学系

② 測定機の概要

図2に開発した測定機光学系を示す。2組の臨界角プリズムを使用することにより測定面の傾斜による光束移動を補正する。CBSで光を2分割することにより、対称的に光線を2PDに与えることができる。これにより、光源の強度変化や測定面の反射率の変化の影響を除去することができる。

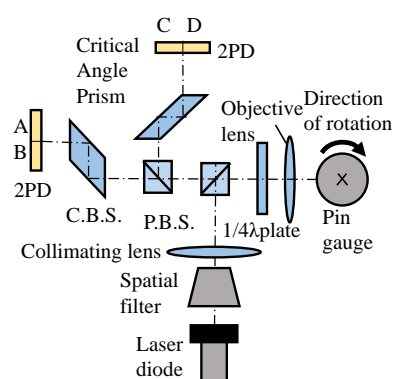


図2 装置光学系

(2) 測定装置の基本性能

① 測定分解能

測定面に平面ミラーを設置し、高分解能ステージを用いて微小変位を与え測定機の分解能を評価した。その結果、 $0.13\mu\text{m}$ の分解能を有していた。すなわち本測定機を用いることで、ミクロンレベルの形状変位は十分に検出可能であり、測定対象である精密ロッドピンの形状検査が可能であることが明らかとなった。

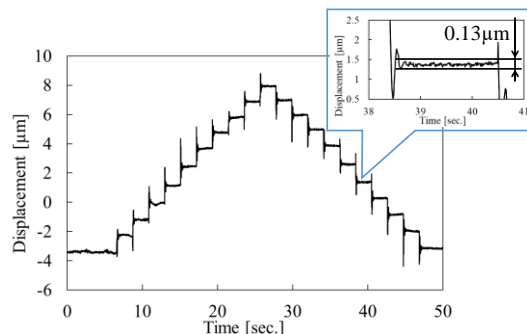


図2 分解能評価結果

② 繰り返し精度

機上計測と修正加工を量産品に適用する場合、繰り返し性が非常に重要なパラメータとなる。そこで、ピンゲージの断面形状測定を50回繰り返し、算出される変位量のばらつきを評価した。実験は直径1mmのピンゲージを回転ステージに取り付け、ピンゲージ凸部が対物レンズの焦点位置にくるように設置し回転させ、一断面を繰り返し測定した。図3にピンゲージの断面測定結果の一例を示す。円周に沿って安定した測定が行われていることがわかる。図4に繰り返し測定結果を示す。繰り返し精度は $0.98\mu\text{m}$ となり、非常に安定して測定できることが分かった。

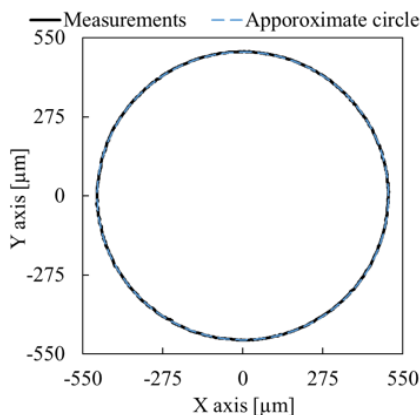


図3 断面測定結果

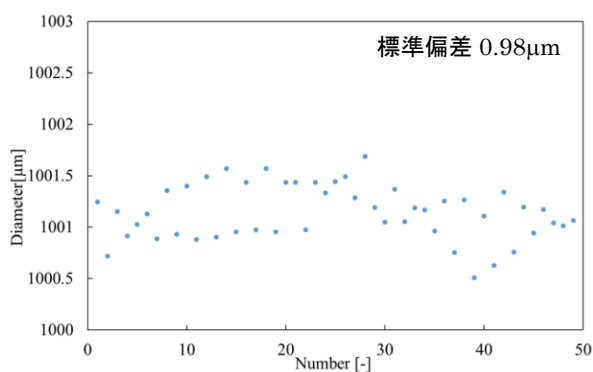


図4 繰り返し測定結果

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

非接触式機上計測の実現より、高速走査による形状測定が可能となるため、従来の接触式機上計測の大きな問題である工作機械を長時間にわたって計測に用いることで、加工機としての稼働率が低下する問題、さらに工作機械は専用の3次元座標測定機に比べて熱変位が大きいために計測精度が劣る問題に対しても有用であり、加工の高能率化と高精度化を同時に実現すると考えられる。さらに機上計測技術の確立は、修正加工の自動化、修正加工方法の標準化・規格化へとつながる。仕上げ加工は、熟練技能者の手作業が行われることが多い。自動修正加工技術の確立は、生産効率の向上だけでなく、ベテラン技能者依存の生産体制からの脱却に繋がる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

三角測量式レーザ変位計を用いた非接触三次元形状計測の研究に従事してきた。これまでの成果として、傾斜や段差等といった被測定物形状が測定に及ぼす影響について検討し、高精度形状計測方法について提案してきた。しなしながら、今回の測定対象のような微小球面形状については、高速走査を実現しながら高精度に計測するシステムは製造現場レベルでは実現していないのが現状である。そこで、三角測量式レーザ変位計での技術・経験をもとに、微小球面を非接触測定可能な臨界角式レーザ変位計を開発した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

2019年度精密工学会九州支部講演:「加工現場に対応した非接触球面形状計測に関する研究」

7 補助事業に係る成果物



微小球面形状計測装置

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 長崎大学大学院工学研究科精密生産技術研究室(ナガサキダイガクダイガクインコウガクケンキュウカセイミツセイサンギジュツケンキュウシツ)

住 所: 〒〒852-8521

長崎県長崎市文教町1-14

担 当 者: 助教 大坪 樹(オオツボ タツキ)

担 当 部 署: 大学院工学研究科(ダイガクインコウガクケンキュウカ)

E - m a i l: t-otsubo@nagasaki-u.ac.jp

U R L: <http://www.mech.nagasaki-u.ac.jp>