

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：33907

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23560303

研究課題名(和文) 極細プローブを用いる小径深穴計測装置の開発

研究課題名(英文) Development of Sensing Probe for Deep Hole Measurements

研究代表者

西堀 賢司(Nishibori, Kenji)

大同大学・工学部・名誉教授

研究者番号：50115614

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：自動車のシリンダブロックなど鋳物の小径深穴の直径と垂直度を非接触で簡単に計測するシステムの開発を行った。計測面までの距離を測るためセンサプローブから垂直に3本のレーザー光を照射する。そして測定面にできた散乱光をセンサプローブ内のプリズムとロッドレンズを経て外部のイメージセンサ上に結像させる。実験から、計測面が傾いても高い精度で距離の計測ができることを確かめた。これによりセンサプローブが深孔内で偏心しても直径が計測できる。

研究成果の概要(英文)：We developed a non-contact and simple method for measuring the inclination angle and the diameter of slender deep hole in castings such as cylinder block for automotive products. To measure the distance to the measurement surface, three laser beams are radiated perpendicularly from the sensing probe. Then the scattered lights are led to a prism and an image conduit in the probe and finally focused on an external image sensor. As the result of experiment, we confirmed to be able to measure the distance with high degree of accuracy even if the measurement surface is inclined. Consequently, the diameter of deep hole can be measured even if the sensor probe is eccentrically located.

研究分野：知能機械工学

キーワード：光応用計測 センサ 距離計測 プローブ レーザ光 散乱光 小径深穴

1. 研究開始当初の背景

(1) 自動車のシリンダブロック等の鋳物製品における比較的小径な深穴の直径および傾き角度を非接触で、かつ簡便な方法で高精度に計測することが求められているが、小型で簡便な装置は見あたらない。

(2) 従来の穴測定は接触式プローブを用いた方式が主流であり、測定装置そのものが大掛かりで、製造現場で短時間に効率良く測定することはできない。また小さな穴径では測定が困難であり、非接触で小径用の測定方法が強く求められている。

(3) レーザ光やイメージセンサを用いて光学的に対象物の傾きや距離を非接触で計測する手法は提案されている。しかし、小径用の測定方法は報告されていない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、図1に示すようにセンサプローブから3本のレーザ光を照射し、深穴の壁面の散乱光を外部に置いたイメージセンサで計測することにより深穴の内径および鉛直度を高精度に計測できる簡単な構造の装置を試作し、実験からその有効性を明らかにする。

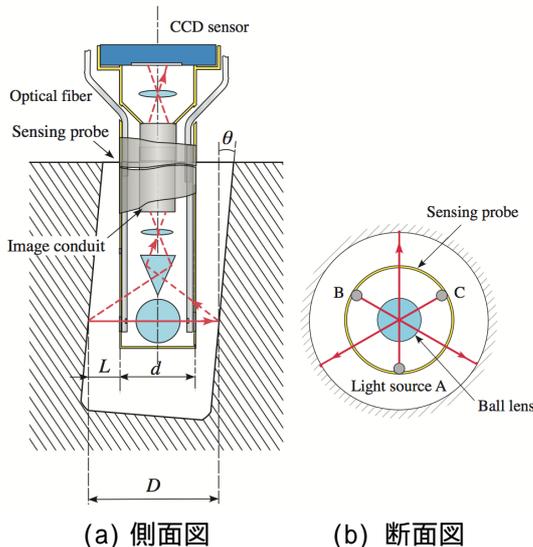


図1 深穴計測の方法

3. 研究の方法

(1) 図2に提案する散乱光プリズム方式のセンサプローブの構成を示す。プローブからレ

ーザを垂直方向に照射し、計測面のスポット散乱光をアクリル製のプリズム(頂角は53 deg)で反射させ、リレーレンズである高解像度イメージコンジット(外径3.18 mm, 長さ152.4 mm)を通り、イメージセンサであるCCDカメラ上で結像させる。

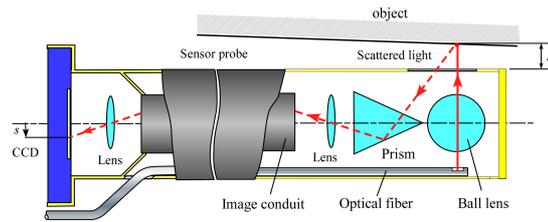


図2 センサプローブの構成

(2) CCDセンサ上のスポット光の変位を計測することによって計測面までの距離を算出する。プローブから壁面までの距離を3ヶ所で計測することにより、深穴の内径を算出できる。またプローブを軸方向に移動させると深穴の傾き角を計測できる。

4. 研究成果

(1) 図3は試作したセンサプローブの先端部の写真を示す。センサの外径は $d = 5.0 \text{ mm}$ であり、有効長さは114mmである。光源として赤外の半導体レーザ(最大出力100 mW, ピーク波長785 nm)を用い、プローブの投光側には直径0.2 mmのピンホールを設け、外部に照射するレーザ光の出力は安全のため0.5 mW未満とした。

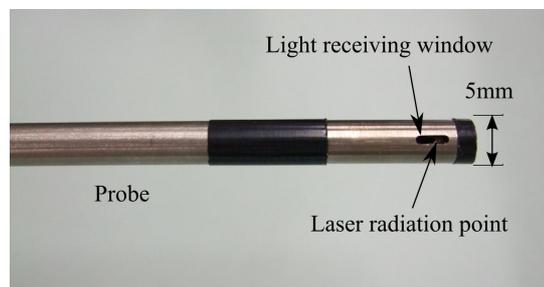


図3 試作したセンサプローブ

(2) 図4はプローブと壁面までの距離 L を0 ~ 6.9 mmの間で変化させてチャンネル1~3のスポット光の重心座標を重ねた結果である。このときのイメージセンサ上の画像サイズは $640 \times 480 \text{ pixel}$ である。スポット光の重心は

中心から3 方向にほぼ直線的に変化していることがわかる．スポット光の重心座標の変化からスポット光の変位 s が求められる．

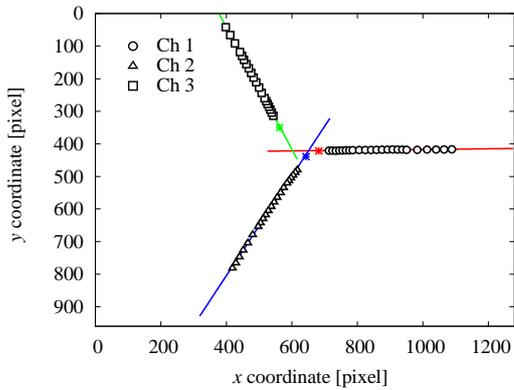


図4 CCDカメラ上のスポット光の重心位置

(3) 図5は計測面までの距離 L に対する CCD センサ上のスポット光の変位 s の結果を示す．3ヶ所のレーザ光の特性はほぼ同じであり，各チャンネルで近似式を用いれば，CCD センサ上のスポット光の変位 s から測定面までの距離 L が算出できる．

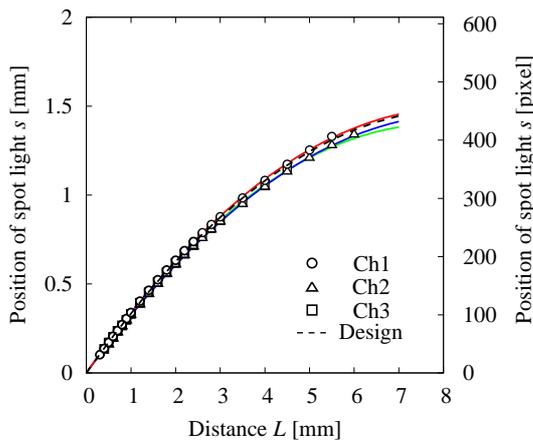


図5 計測面までの距離 L に対する CCD カメラ上のスポット光の変位 s

(4) 図6はチャンネル3 において，物体との距離 $L = 1.9 \text{ mm}$ の位置で平坦な計測面の角度を変化させたときのスポット光の変位 s の変化割合を示す．垂直に当たる $\theta = 0 \text{ deg}$ のときの値を基準とすると，照射光に対する物体の角度 θ が $-5 \text{ deg} \leq \theta \leq 10 \text{ deg}$ の範囲では，変化割合は $\pm 2\%$ 以内で計測誤差にほぼ等しい．この結果から，散乱光を利用する本

方式の有効性が実証された．

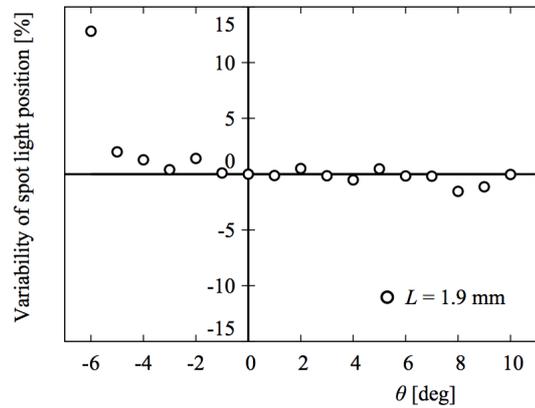


図6 計測面の傾き に対する CCD カメラ上のスポット光の変位 s

(5) 図7は深穴の内径計測を示す．3 個の光源 A, B, C は，同一円周上に角度 120 deg で配置されている．小径深穴に対してプローブが偏心した場合においても深穴の内径が計測可能か確認した．図8はセンサプローブが計測対象の穴に対して x 方向に偏心させた場合の内径の計測誤差を示す．実験結果からプローブの偏心による影響は小さいことがわかる．計測誤差の平均は -2.6% であり，絶対距離の校正が必要である．

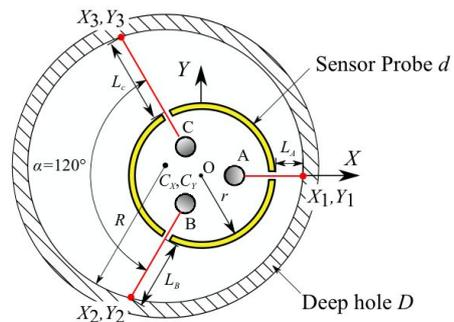


図7 プローブによる深穴の内径の計測

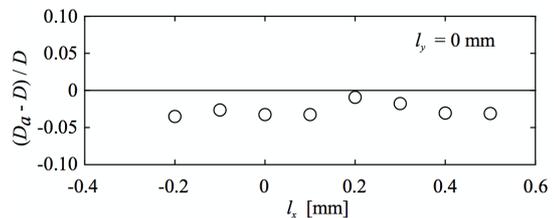


図8 プローブの偏心による内径の計測誤差

<参考文献>

A. Khiat, F. Lamarque, C. Prella, N. Bencheikh, and E. Dupont, High-resolution fibre-optic sensor for angular displacement measurements, Measurement Science and Technology, vol. 21-2, pp. 25306, 2010.

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 4件)

Kento Nishibori and Kenji Nishibori, Measurements of Inclination Angle and Distance of Curved Mirror Using LED Light Sources, 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), 2012-10, Montreal (Canada).

西堀研人, 前迫大器, 西堀賢司, 散乱光を用いた極細センサプローブによる小径深穴の計測, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2012年5月27日 - 29日, 浜松市.

Kento Nishibori and Kenji Nishibori, Measurement of Mirror Inclination Angle and Distance Using LED Light Sources and PSD, 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2011), 2011-11, Melbourne (Australia).

西堀研人, 前迫大器, 西堀賢司, 散乱光を用いた小径深穴計測用センサプローブの開発, 計測自動制御学会 第54回自動制御連合講演会, 2011年11月19日 - 20日, 豊橋技術科学大学.

[産業財産権]

取得状況(計2件)

名称: 孔形状測定方法

発明者: 西堀賢司, 服部政光, 前迫大器

権利者: 学校法人大同学園, リョーエイ株式会社

種類: 特許

番号: 特許第 5252641 号

出願年月日: 平成 21 年 3 月 30 日

取得年月日: 平成 25 年 4 月 26 日

国内外の別: 国内

名称: 光学式測定装置

発明者: 西堀賢司, 前迫大器, 岸 友三

権利者: 学校法人大同学園, 菱栄株式会社

種類: 特許

番号: 特許第 4791338 号

出願年月日: 平成 18 年 12 月 20 日

取得年月日: 平成 23 年 7 月 29 日

国内外の別: 国内

[その他]

西堀賢司, メカトロニクスのための電子回路

(基礎編), e ラーニング, 名古屋産業科学研究所, 2014.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西堀 賢司 (NISHIBORI, Kenji)

大同大学・工学部・名誉教授

研究者番号: 50115614

(2) 連携研究者

西堀 研人 (NISHIBORI, Kento)

名古屋大学大学院・情報科学研究科・研究員

研究者番号: 50397452

(3) 研究協力者

前迫 大器 (MAESAKO, Daiki)