



Title	金属加工曲面の光学式三次元形状計測法に関する研究
Author(s)	聶, 朝胤
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42128
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	轟 朝 胤
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 4 3 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成12年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科産業機械工学専攻
学 位 論 文 名	金属加工曲面の光学式三次元形状計測法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三好 隆志 (副査) 教 授 花崎 伸作 教 授 伊東 一良 助教授 高谷 裕浩

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、金属加工曲面三次元形状の高精度で高速な計測を可能にする光リング式変位センサの開発を目的とし、以下の成果を得ている。

第1章では、本研究の背景、従来の研究についてまとめ、本論文の目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、提案した金型3次元自由曲面形状計測用光リング式変位センサの原理と特徴について述べている。

第3章では、本センサの特性、特に金型自由曲面形状計測への適用可能性を理論的に調べるために、構築した金属粗面の光散乱シミュレーションの基本理論である電磁波散乱理論、また数値解析方法である境界要素法について述べ、そして、CCDラインセンサで検出される光リング像強度分布を説明するために導入した Kirchhoff 回折理論について述べている。

第4章では、第3章に述べた基本理論に基づき、提案した光リング式変位センサをモデル化した金属粗面の粗さや傾斜角などの影響を考慮できる光散乱シミュレータの構築方法を論じている。

第5章では、金属鏡面と金属粗面の光散乱特性について、また、ランダム粗さを有する金属粗面を中心に測定面の粗さの大きさ、傾斜角など測定に与える影響について、構築したシミュレータを用いて解析している。さらに、その解析結果から本センサの金型自由曲面形状計測への適用可能性を理論的に論じている。

第6章では、シミュレーション解析結果の妥当性および提案したセンサの有効性を検証するための実験装置を構築し、また、実験方法について述べている。

第7章では、まず実験装置の基本特性について調べ、金属加工曲面粗さの特徴を考察し、次にシミュレーションの結果を実験的に検証し、さらに様々な特性をもつ金属粗面特に金属加工曲面に対して、粗さの大きさ、方向性などの表面性状や表面の傾き角などによる影響を調べている。

第8章では、光リング式変位センサの基本原理に基づき、新しい2重リング光センサを提案し、そのセンサが急斜面をもつ金型加工曲面形状計測において優れた特徴をもつことについて述べている。

第9章は本論文の結論であり、本研究で得られた結果を総括して述べている。

論文審査の結果の要旨

三次元物体の認識や三次元形状計測には、光を利用した様々な計測手法がこれまでに開発されているが、これらの計測手法では、金属面の鏡面反射特性の影響や金属加工面粗さの方向性の影響を受けるため、また、急斜面に対して測定が難しいことから、高い意匠性が要求されます複雑になってきた金型加工自由曲面の形状計測への適用が困難であるのが現状である。

本論文は、金型加工曲面の三次元形状を高精度で迅速に計測可能な作動距離が長く、測定範囲が広い光リング式変位センサの開発を目的とし、以下の研究成果を得ている。

- (1) これまで開発してきた光リング式変位センサの利点を生かした新しい光リング式変位センサを提案し、そのセンサは以下の特徴を持っている。
 - (イ) 被測定面の変位を拡散板上のリング像の直径に変換し、これをラインセンサで読みとり、リング像の直径から、容易に変位を求めることができる。
 - (ロ) レーザのスペックルの影響を高速回転する拡散板によって、軽減することができる。
 - (ハ) CCD エリアセンサの代わりに、測定範囲の広い CCD ラインセンサを用いることで、広い測定範囲と長い作動距離を持たせることができる。
 - (ニ) 0 mW から最大30mW までパワー可変な半導体レーザ光源を制御することで、光強度が減少する急斜面の計測が可能である。
 - (ホ) ラインセンサを回転制御させることによって、全方向で光検出が可能となり、傾きと粗さの方向性の影響を軽減することができる。
- (2) 電磁波散乱理論と Kirchhoff 回折理論に基づく、金属粗面の粗さ、傾斜角、変位を考慮できる光散乱および光リング像強度分布シミュレータを構築し、シミュレーションを行い、以下のことを明らかにしている。
 - (イ) 表面粗さや微細な傷などの表面性状による形状測定精度への影響を軽減するために、レーザビームスポット径を粗さより10倍程度大きくすると良い。本研究は R_q が $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ の粗さを有する金型加工曲面を対象にしているため、センサのスポット径を $30 \mu\text{m}$ にするのが適切である。
 - (ロ) 本センサの測定可能な傾斜角は金属粗面の粗さに依存しており、粗さの増加により、拡散成分が大きくなり、広い範囲内に拡散するため、リング像の検出が容易になる。計算結果によると、粗さ R_q が $0.1 \mu\text{m}$ 、 $0.15 \mu\text{m}$ 、 $0.3 \mu\text{m}$ のランダム金属粗面に対して、測定可能な傾斜角はそれぞれ 0.1° 、 36° 、 55° である。
- (3) センサの実験装置を製作し、検証実験を行うことによって、シミュレーション解析結果の妥当性および提案したセンサの有効性を確認している。本センサは粗さ $R_a = 0.26 \mu\text{m}$ で粗さの方向性を有する金属粗面 (S55C) に対して、CCD ラインセンサを粗さの方向に応じて回転させ、また急斜面に対して、レーザの出力を制御することによって、作動距離73mm以上において、7 mmの測定範囲で $\pm 45^\circ$ の傾斜角まで高精度（標準偏差約 $15 \mu\text{m}$ ）な計測が可能である。また、粗さ $R_a = 0.24 \mu\text{m}$ で粗さの方向性を有する反射率の高いアルミ金属加工球面に対して、最大約 $\pm 60^\circ$ の傾斜角まで約 $\pm 60 \mu\text{m}$ の精度で測定可能である。
- (4) 急斜面を持つ金型加工曲面を高精度、高速度で測ることを目的とし、光リング式変位センサの基本原則に基づく、新しい2重リング光学式変位センサを提案し、シミュレーション解析および実験から以下の特性を確認している。
 - (イ) 2重リング光学式センサはCCDラインセンサで検出された片側の情報を用いることで被測定面の変位を推定できるため、これまで不可能であった急傾斜角の測定が可能になる。
 - (ロ) 2重リング像の相対的な位置から変位を推定するため、中心ずれによる測定精度への影響を受けにくい。

以上のように、新しく提案した光リング式センサは、意匠性の高い複雑な金型加工形状を高精度で迅速に測定評価することができ、さらにNC工作機械で加工された金型加工形状を加工直後に機上で直接測定を可能にするオンマシン計測センサとして利用できるため、生産システム工学ならびに機械工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。