

Development of Orthros, an Evaluation System for Free Curved Plate Thickness using a Robot: Acquisition of high density shape data

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00049999

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



ロボットを用いた自由曲面板厚評価システム Orthros の開発 —高密度形状データの取得—

金沢大学大学院 ○奥川裕理恵, 浅川直紀, 岡田将人

Development of Orthros, an Evaluation System for Free Curved Plate Thickness using a Robot
-Acquisition of high density shape data-
Kanazawa Univ. Graduate school Yurie OKUGAWA, Naoki ASAKAWA and Masato OKADA

This study deals with a development of an automatic measurement and evaluation system consisting of the industrial robot and laser sensors for free curved plates thickness, called Orthros. In this system, the triangle-based point laser sensors are used for thickness measurement. Since the system acquires an unknown workpiece shape as a point cloud to generate a thickness measuring path, the density and the accuracy of the point cloud are concerned with the accuracy of the thickness measurement. In this report, a shape measurement method for acquisition of accurate and complete shape data is proposed. In addition, the result of the real thickness measurement on the basis of the acquired shape data is presented and discussed.

1. 緒言

現在, 自由曲面を有する薄板加工品の高密度な板厚測定の方法として適切なものがない。そこで, 本研究室では産業用ロボットとレーザ変位計を用いた板厚測定システム Orthros を提案してきた¹⁾。本システムにおける板厚測定手順はまず形状が未知な工作物に対して形状測定を行い, 点群データとして形状データを取得する。その際, 形状データを基に法線方向を算出してロボットの板厚測定経路を生成するため, 形状データの精度と密度は板厚測定経路の生成に大きな影響を与える。従来, 形状測定は平面上に格子状の測定点群を生成して一方向からのみのレーザ照射としてきたため, 低密度領域, オクルージョンの発生などの問題があった。また, レーザ光と測定面がなす角度が大きい場合, 得られるデータの信頼性は低い。本報では高精度, 高密度な形状データを取得するための形状測定経路生成手法について述べ, 取得した形

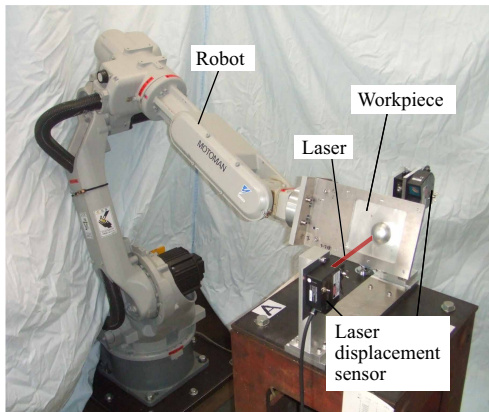
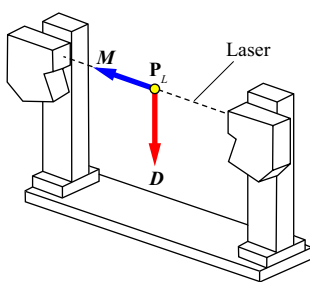
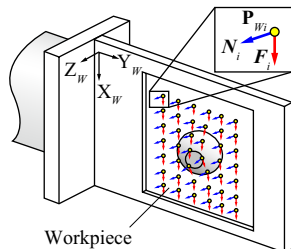


Fig.1 Configuration of the system



P_L : Center point of laser line
 M : Measuring vector
 D : Measuring direction vector

Fig.2 Measuring unit model



P_w : Center point of laser line
 N_i : Normal vector
 F_i : Forwarding vector

Fig.3 Workpiece model

状データを基に板厚測定を行ったので報告する。

2. システム構成

図1に本システムの構成を示す。測定器にはレーザ変位計2基を光軸が一致するように対向させて設置した板厚測定ユニットを用い, ユニット中心に図2に示す中心点 P_L , 測定ベクトル M , 測定方向ベクトル D を定義する。産業用ロボット先端に測定物を固定し, 原理的には次の手順で板厚測定を行う¹⁾。

- 1) 片側の変位計を用いて形状測定を行う。
- 2) 形状測定点群 $P_{wi}(i=1\sim n)$ を基に各測定点に法線ベクトル N_i を生成する。また法線ベクトルに垂直で測定物の平面方向の姿勢を決定するベクトルを測定進行方向ベクトル F_i として生成する(図3)。
- 3) P_w と P_L , N_i と M , F_i と D をそれぞれ一致させるロボットの姿勢群を生成して板厚測定を行う。

3. データ欠損のない高精度な形状データの取得

本手法では, 一方向から測定を行った初期形状測定結果から有効値のみを抽出してセグメント化し, 有効領域以外の部分に対して測定精度が保証される姿勢を生成して追加形状測定を行う。以下にその手順を詳しく示す。

- 1) 図3に示すように工作物上に定義した X_w - Y_w 平面上に格子状に測定点群を生成し, 一定の姿勢で測定を行う。取得したデータを初期形状データと定義する。
- 2) 初期形状データから各測定点に法線ベクトル N を算出する。 N と M 間の角度が 40° 以上の測定点は測定精度が低いことがこれまでの研究で分かっている¹⁾ため, 初期形状データから除外する。加えて, 対象点の近傍半径内に他の測定点が存在しない点も除外する。残った点群はその測定精度が保証されているものであり, 初期有効形状データと定義する。
- 3) 領域成長法を用いてセグメント化を行うために, 初期有効形状データから任意にシード点を選択し, シード点から一定の距離内にある点を領域に加える。追加点が無くなるまでこの処理を繰り返す。
- 4) 領域に属さない点に対して3)の処理を行う。この処理は全ての点が領域に属するまで繰り返す。
- 5) 各領域の輪郭点群を抽出し, 輪郭点同士を最短で結ぶ線分を算出して追加形状測定経路要素 $PE_i(i=1\sim N)$ とする。
- 6) 図4のように PE_i 上に等間隔に生成した点を追加形状測定点とする。

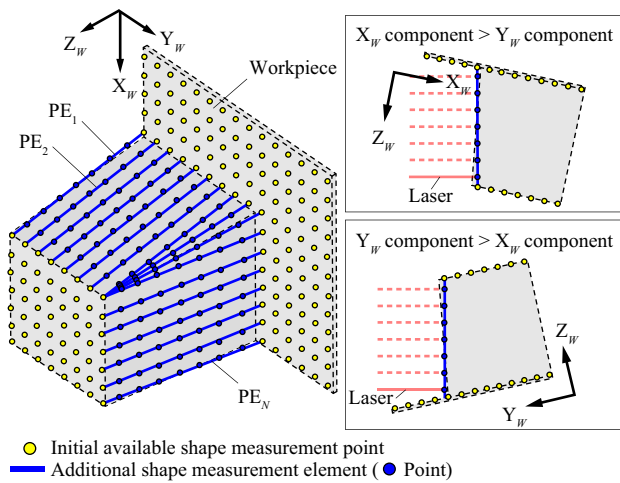


Fig. 4 Additional shape measurement elements

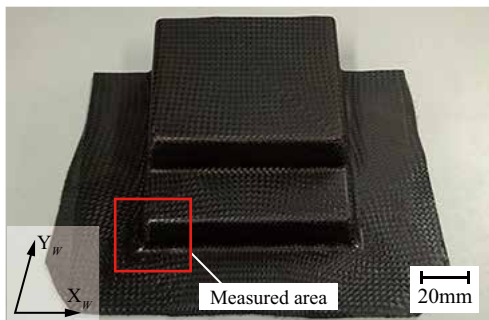


Fig. 5 Workpiece

Tab. 1 Experimental conditions

Workpiece size	140(L)×185(W)×40(H) mm
Thickness (Unprocessed)	1.0 mm
Measurement range	30×30 mm
Initial shape measurement point	900
Measurement interval	
-Initial shape measurement	1 mm
-Additional shape measurement	1 mm
Thickness measurement point (Final shape data)	1554

7) PE_i を 3D ベクトルとして取扱い、 X_w, Y_w 成分の大きさによって測定姿勢を決定する。 X_w 成分が大きい場合には Y_w 軸回りに、その逆では X_w 軸回りに PE_i を回転させて PE_i が M に垂直な平面に一致し、測定位置が測定ユニットの中心 P_d に一致するようなロボットの姿勢を生成する。ただし、板厚測定ユニットと工作物の物理的干渉を考慮して最大回転角度は各軸共に $\pm 50^\circ$ とする。

8) 追加形状測定を実行し、得られた形状データを座標変換して初期有効形状データと合成することで、最終形状データとする。

4. 測定姿勢の決定

3. で取得した形状点群からの法線算出には主成分分析を用いた。以下に主成分分析を用いた法線ベクトル算出の手順を示す。

- 対象点の近傍半径内に存在する点群の重心を算出する。
- 重心と近傍半径内の各点の差分を算出する。
- 分散共分散行列 C を生成する。
- C を固有値解析し、最小固有値に対応する固有ベクトルを法線ベクトルとする。
- 取得した法線ベクトルは正負が不揃いなため、カメラ視点を Z_w 軸方向に生成してカメラ方向と向きが反対の法線を反転させる。

固有値解析にはヤコビ変換を用いた。一方、ロボットを安定し

て動作させるために、測定進行方向ベクトルは一定の方向であることが望ましい。また本システムの配置を考慮して、法線ベクトルに垂直で X_w 成分が正数で最大となるベクトルを測定進行方向ベクトルとする。

5. 実験

図 5 に測定物、表 1 に実験条件を示す。図 6(a) に示す初期形状データは側面部における測定値が不安定な値を示しており、測定点数が極端に少ないことがわかる。最終的に得られた形状データを図 6(b) に示す。初期形状データではデータ密度が低かった側面部分に対して、高密度に形状が取得できていることがわかる。初期形状データ 900 点に対して、最終的に取得した形状データは 1554 点であった。また、図 7 に生成された法線ベクトルと測定進行方向ベクトルを示す。法線ベクトルがすべて外向きに算出されていることがわかる。図 8 に測定された板厚分布図を示す。実際の板厚測定では、レーザー光と測定物の干渉を回避するために、レーザー照射角度を法線方向から傾斜させて測定を行ったため、傾斜させた角度と変位計の取得値から算出した板厚相当値である。

6. 結言

本研究ではデータ欠損がなく高精度、高密度な形状データを取得するための形状測定経路生成手法を提案し、実験結果から以下の結論を得た。

- 初期形状データから低精度な点を除去し、セグメント化した初期有効データから最適な追加形状測定経路を生成することができた。
- 形状データとシステムの配置から測定姿勢を適切に決定した。
- 取得した形状データを基に板厚測定を行い、高密度な板厚分布を取得することができた。

参考文献

1) Y. Okugawa et al., Development of an Evaluation System for Free Curved Plate Thickness with a Robot -Measuring Posture Planning using C-Space-, International Journal of Automation Technology 7(5), pp.593-600, 2013.

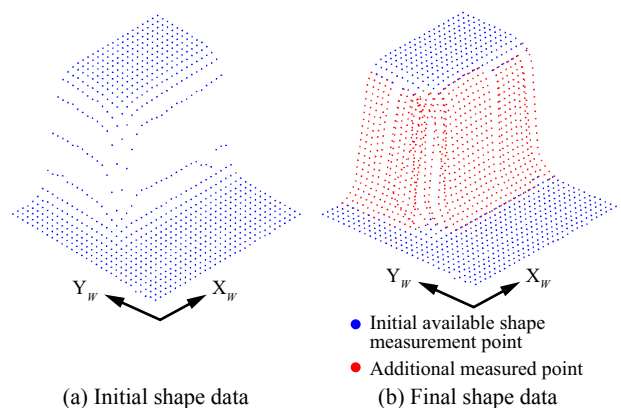


Fig. 6 Shape data

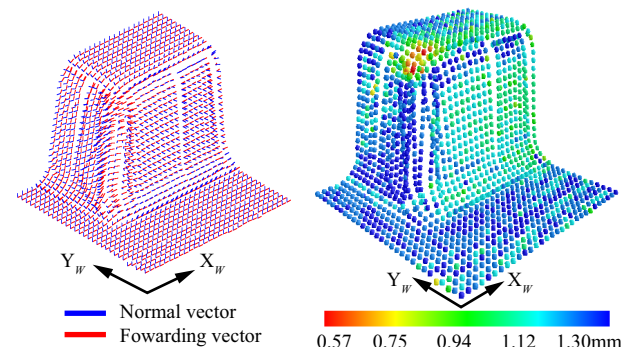


Fig. 7 Measuring posture

Fig. 8 Thickness distribution map