

# ロボットを用いた自由曲面板厚評価システムの開発 - 測定原理の確認 -

金沢大学大学院 浅川 直紀, 池島 紗知子, 平尾 政利

Development of an Evaluation System for Free Curved Plate Thickness with a Robot  
-Verification of Principal of Measurement-

Kanazawa Univ. Naoki ASAKAWA, Sachiko IKEJIMA and Masatoshi HIRAO

This study is aimed to develop an automatic measurement and evaluation system for thickness of free curved plates. In general, thickness of plates are measured by contacts to the upper side and lower side of the objects therefore a nondestructive measurement of large and deep concave was limited. However, in the system, we apply laser displacement gauge instead of such device in appropriate angle by industrial robot to measure thickness of plates. From the experimental result, the system found to be effective to get distribution of thickness with high density in a short time.

## 1. はじめに

従来鍛金加工やプレス加工の分野において板金加工品などの板厚測定は、図1に示すようにポイントマイクロメータを用いた測定物の上下面への接触原理による測定や、測定物の片面に図3に示すようなテストパターンを印刷してから加工を行い、加工後に図2のように目盛りを一目ずつ読み取って $d_0$ からの変形量 $d_1, d_2$ から計算により板厚を算出するSCT(スクライブドサークルテスト)が一般的である。しかしこれら従来の測定方法には、測定者の主観や熟練度による影響が大きく測定値が安定しない、測定に膨大な時間を必要とするため多くのデータを取得するには適しておらず、高密度測定が行えないなどの問題点がある。特にポイントマイクロメータは幾何学的制限から、大きな深い凹面の非破壊測定は不可能である。そこで本研究では、測定物の上下面へのレーザ照射による測定原理に基づく、高速かつ高密度な測定装置と立体評価を行うソフトウェアを開発することによって、これまで非破壊では不可能であった詳細な板厚分布評価を短時間でを行うことを目的としている。

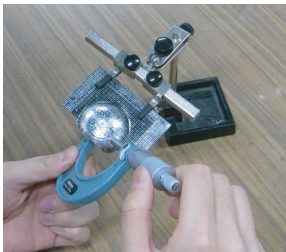
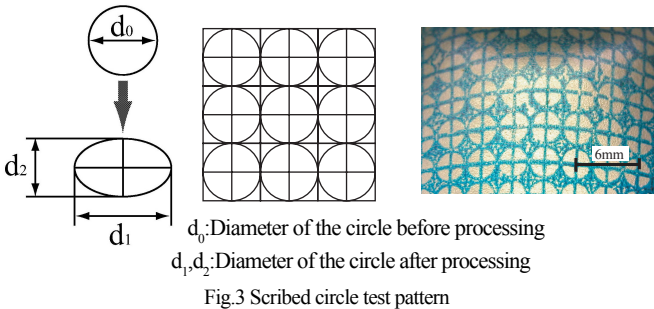


Fig.1 Point micro meter



Fig.2 Scribed circle test



## 2. システム構成

図4に本システムの構成を示す。板厚測定には、レーザ変位計2基を対向させて設置することにより構成される対向型板厚測定ユニットを用いる。レーザ変位計は(株)キーエンスのLKG-150(測定基準距離150mm, スポット径 $\phi 120\mu\text{m}$ , 繰り返し精度 $0.5\mu\text{m}$ )を使用する。ロボットは(株)安川電機の垂直多関節型6軸ロボットHP6(可搬質量6kg, 繰り返し位置決め精度 $\pm 0.08\text{mm}$ )を用いる。ロボット先端に測定対象物を取り付け固定された対向型板厚測定ユニットに対して測定を行う。このレイアウトには、センサをロボット先端に取り付けた場合よりも測定対象物形状に対する制限が少ない、ロボットの振動や動きの影響をセンサが受けにくいなどの利点がある。

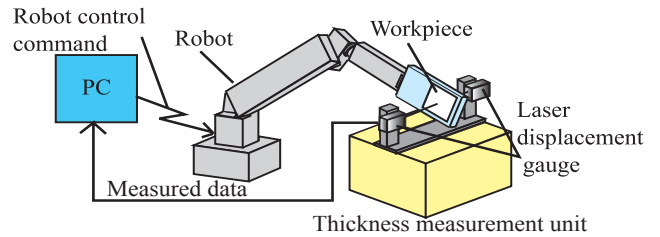


Fig.4 Configuration of the system

## 3. 測定の対象と要求精度

本研究ではプレス加工用に用いられている約 $130 \times 130\text{mm}$ 四方のアルミ板を、自由曲面を含む三次元形状に加工したものを測定対象とする。表1に測定対象物の条件を記す。また目標精度は一般的なSCTの精度である $0.1\text{mm}$ 程度とした。

Table.1 Measurement condition

Material	Aluminum(A1050)
Size	$125 \times 135\text{mm}$
Thickness	$0.3\text{mm}$
Range of measurement	$60 \times 60\text{mm}$
Shape	Hemisphere

## 4. 測定原理

本システムでは、測定対象点における法線方向とレーザ光軸を一致させることによって測定対象点に上下方向から垂直にレーザ光を当てて板厚の測定を行う。まず図5に示すように工作物上に測定対象点 $P_w$ 、方向ベクトル $F$ 、法線ベクトル $N$ を設定する。また本システムでは板厚測定ユニットを工具と見なし、図6に示すように測定用レーザ光軸上に工具中心位置 $P_T$ 、工具方向ベクトル $D$ 、工具ベクトル $T$ を設定する。各測定対象点から $N$ を生成し、 $N$ と $T$ を一致させる事によって板厚の測定を行う。本システムでは測定対象物をロボットが把持しており、上述の原理を満たすような工作物の姿勢の変化をロボットによって実現している。

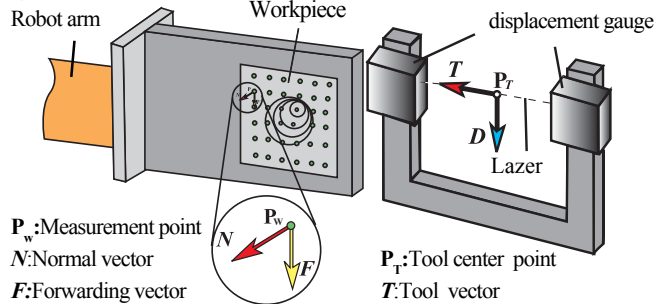


Fig.5 Workpiece model

Fig.6 Tool model

5. 測定手順

まず、測定対象物姿勢を固定して形状測定を行い、次に測定対象物の姿勢を変化させて板厚測定を行う。

図7に測定手順を示す。1)形状測定経路を生成する。2)その測定経路より片方のレーザ変位計を用いて形状測定を行う。

3)形状データから各測定対象点における $N$ を生成し、図4の $N$ と図5の $T$ が一致するようなロボットの姿勢の生成を行い板厚測定経路とする。4)板厚の測定を行う。

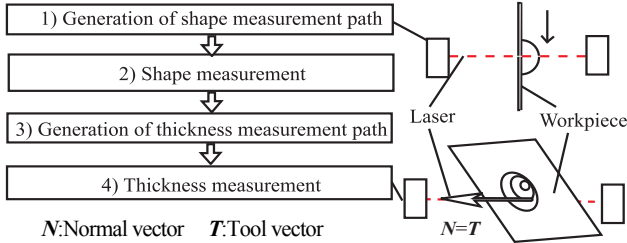


Fig.7 Procedure to measure

6. 実験

図8に示す形状測定経路のデータに沿って測定対象物を動かして形状測定を行う。その様子を図9(a)に示す。図10に示す測定対象物に対して、形状データ図11を得た。それに基づいて取得した板厚測定経路が図12であるが、各測定対象点において法線ベクトルが算出されていることが分かる。図9(b)に板厚測定中の様子を示す。本システムによる板厚分布図を図13に、SCTによる分布図を図14に示す。これらの結果を見ると本システムではSCTよりも詳細な板厚の分布を得ることが出来たのが分かる。さらにこの結果を3次元表示したものが図15である。球の大きさがその座標における板厚を表している。本システムは測定対象点の位置座標と板厚を3次元的に持っているため、このような表示が可能である。また、これらの測定結果をポイントマイクロメータでの測定値を基準として比較したものを表2に示す。任意に抽出した10点の誤差を比較すると、本システムはSCTの約58%の誤差に収める事が出来た。さらに測定に要する時間をSCTよりも短くすることが可能となった。

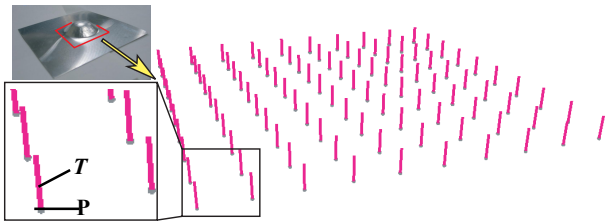
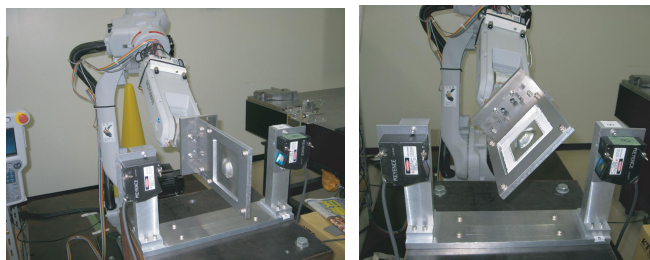


Fig.8 Path for shape measurement



(a) Shape measurement (b) Thickness measurement

Fig.9 Robot under measurement

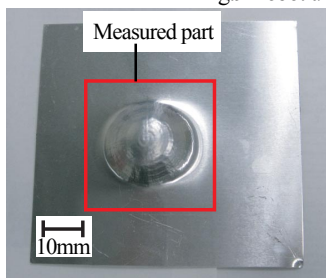


Fig.10 Workpiece

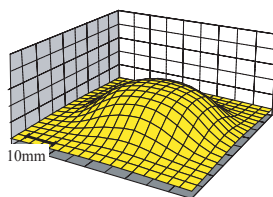


Fig.11 Measured shape

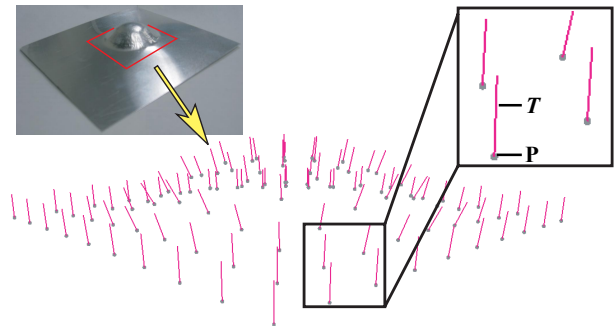


Fig.12 Path for thickness measurement

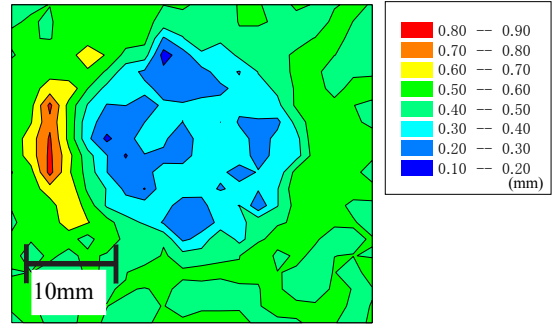


Fig.13 Thickness distribution chart by developed system

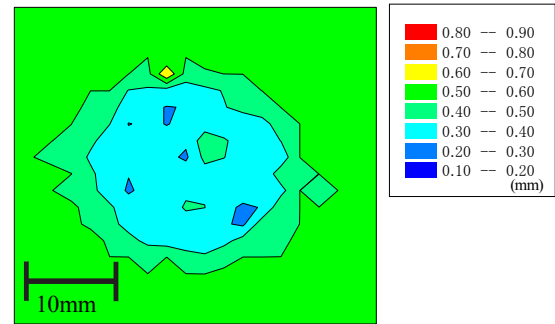


Fig.14 Thickness distribution chart by SCT

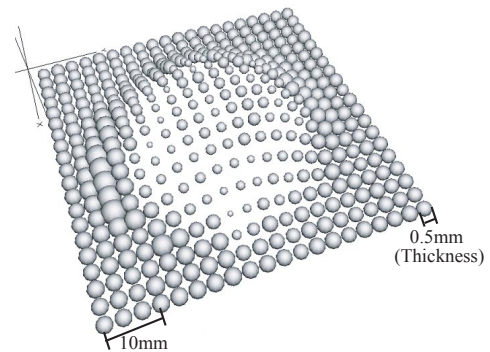


Fig.15 Three dimensional evaluation

Table.2 Comparison on time and error

	Point micrometer	SCT	This system
Time	3.0h	4.0h	0.5h
Error		0.031mm	0.018mm

7. おわりに

産業用ロボットを用いた自動板厚測定システムの開発を行い、実用的な自動高速板厚測定システムの構築を行い、自由曲面の板厚を測定することが出来た。また、目標としていたSCTの精度よりも高い精度の測定結果を得ることが出来、測定時間も短縮することが出来た。また、3次元的评价を行うことが出来た。