

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560114

研究課題名（和文） 拡張現実技術を用いた高密度板厚評価システムの開発

研究課題名（英文） Development of high-density thickness evaluation system using augmented reality

研究代表者

浅川 直紀（ASAKAWA NAOKI）

金沢大学・機械工学系・准教授

研究者番号：50231874

研究成果の概要（和文）：

本研究は、板金プレス加工による自動車車体などの複雑な形状をもつ製品の板厚の、高速高密度の自動測定と評価を行うシステムを提案するものである。

測定装置としては精度が高く非接触式のレーザ変位計と、自由な位置決めを可能とする産業用ロボットを用い、測定データの評価には AR（Augmented Reality: 拡張現実）技術を応用した提示装置を用い、正確かつ直感的な評価を可能にした。

研究成果の概要（英文）：

The study deals with an automatic measurement and evaluation system for thickness of free curved plates. In the study, a workpiece is handled by an industrial robot to measure thickness. A measurement path is automatically generated by the system without external data. Measured data is displayed according to the demand of operator - 2D map display, 3D isometric display, etc. using augmented reality technology. The system found to be effective to get distribution of thickness with high density in a short time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 ・ 生産工学・加工学

キーワード：精密位置決め，加工計測，産業用ロボット，板厚測定，拡張現実

1. 研究開始当初の背景

鋼板のプレス加工は自動車産業を代表とするあらゆる製造業で広く用いられている。

しかし、量産を行う前には試作と的確な評価

が必要である。現在はなるべく少ない試作回数で最適な加工条件を算出すべく、CAD/CAE の技術が応用され、成果を上げているが、それでも試作した製品の詳細な評価が必要であることには変わりはない。

プレス加工品の評価を行う際、形状に関しては高精度な接触式3次元測定機、高速な非接触スキャナなど、多くの計測装置が市場で入手可能であるが、製品の重要なパラメータである板厚の分布に関しては、計測機器、評価方法の双方に関して十分であるとは言えない。

原理として最も簡単なのはポイントマイクロメータに代表される、物理的に製品を挟んで計測をする装置であるが、測定器のサイズが測定可能範囲の制限となるため、非破壊で大型の製品を多点測定することは不可能である。

絞り加工評価などでよく用いられる SCT (スクライブドサークルテスト) は、製品表面に幾何学的パターンを印刷し、加工後のパターンの変化から歪を計算し、理論的な板厚を算出することができ、多点高密度計測が可能であるが、数 mm のパターンを手作業で1つ1つ計測するのは大変時間がかかり、作業者の熟練度にも影響されるため、事実上あるサイズ以上は測定不可能と言ってもよい。

本研究でも用いるレーザを用いた板厚測定手法も存在する (特開平 7-280526) が、自由曲面への適用は例がない。

従って、現状ではある程度以上のサイズを持つ製品については、前述の CAD/CAE 技術では非常に高密度で詳細な予測ができるにもかかわらず、実物の詳細な板厚計測結果が得られないため、その結果との比較評価の手段はなく、製品を切断して代表的な数点について評価するのが一般的となっている。

また、表示/評価方法についても、それらの計測結果は板厚の情報は持っていますが、3次元的位置情報は持っていないため、表示すら2次元的にしか行うことができず、直感的に形状との関連性を考慮した結果の評価を行うことができない。

応募者は平成18、19年度において基盤研究 (C) (一般) にて、「塑性変形型ラピッドプロトタイピングシステムの開発」と題し、コンピュータ上で作成された CAD データに基づきハンマリングを行い、金型を使用することなく、短時間で素板から様々な自由曲面を含む形状を作成することに成功している。しかし、その評価に適切な機器は市場になく、上述の SCT を用いて行っていたため、サイズや精度の点で一般のプレス加工品の評価と同様の問題を抱えており、この研究を開始する大きな動機となった。

## 2. 研究の目的

本研究では、プレス加工で作成されるあらゆる自由曲面を含む製品に対し、適切な角度を計算して測定物の裏表にレーザを照射して、非接触で従来法の 10 倍以上の測定速度と測定密度で計測を行う。

すでに試作システムで単純な形状に対しては計測が可能であることは確認しているので、本研究では実用的な製品形状への対応のために必要な測定手法を明らかにする。

また、評価に関しては、単なるディスプレイ上の3次元表示にとどまらず、AR 技術の応用で、実製品と計測結果を実空間上でオーバーレイ表示し、HMD (ヘッドマウントディスプレイ) などを通して見た製品上に直接板厚情報を投影し、あたかも製品そのものに板厚情報が記入されているかのような表示を行う。

これにより、これまでになかった直感的かつシンプルなインターフェースを開発する。

### 3. 研究の方法

まず、現有の試作システムでは測定が困難な、より深い凹面形状の測定を行う場合の角度補正と形状に応じた測定密度の自動決定についての開発を行う。

次に計測したデータを AR 技術を用いて評価するためのインタフェースを構成する。

最後に実用性を高めるため、対象となる製品のサイズを自動車のドアサイズ程度まで拡大し、その際に生じる問題を検討する。

測定角度に自由度を持たせるため、ロングレンジのレーザ変位計を導入すると共に、角度を持ったレーザ照射でも計測を可能にするような測定経路の生成ならびに、測定結果への適切な補正を行うアルゴリズムを検討する。

面積当たりの測定点数は、深い凹形状をもつ製品においては、測定角度補正が可能になったとしても、凹みの壁部において測定の間隔が大きくなりすぎる可能性が高い。

そこで、各部形状に応じた測定密度を自動計算し、測定経路を補正する仕組みを開発する。板厚測定の際に計測部位の位置座標を板厚と共に記録しているため、それを利用して3次元表示を行うことができ、従来の2次元表示と比較すると、有用性は高くなったと考えられる。

実用化のためにこれを AR 技術を用いて更に拡張する。

例えば、製品を撮影した画像と取得した板厚情報をシステム内で合成し、HMD を通して観察すると、あたかも製品表面に板厚情報が付随しているようなイメージで表示でき、しかも作業者が製品の実物を動かすと、それに連動して表示も動き、評価に必要な任意の角度で観察ができる、などの直感的でシンプルな表示インタフェースを開発する。

### 4. 研究成果

解析用機能の実装と、その評価用に開発したインタフェースの実用化と、それによる測定対象製品サイズ拡大の検討を行ったが、測定に際して測定原理通りに測定点に対して垂直にレーザを照射して測定を行う場合、測定対象物の形状によってはレーザと測定対象物が干渉して測定が行えないことがあることが判明した。

そこで測定用レーザの照射姿勢を変化させて干渉を回避した測定を行うこととし、まずその際の測定精度への影響を明らかにすることとした。

その結果、測定姿勢の変化に対しての測定誤差の特性分析に基づき、その際の姿勢角度を C-Space 上に表現することで誤差特性を考慮した上での用いた干渉回避を行うシステムを開発した。

この改良により、複雑な形状やより大きなサイズの測定対象物に対しても測定が可能となり今年度目標の、測定対象製品サイズ拡大を行なうことができた。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- 1) N. Asakawa and H. Tanaka, Development of a Forging Type Rapid Prototyping System (Tool Path Generation Considering Deformation Process), Int. Jour. of Automation Technology, Fuji Technology press Ltd., Vol. 4 No. 1, 2010, pp. 530-535, 査読有

〔学会発表〕（計 5 件）

- 1) 奥川裕理恵, 浅川直紀, 岡田将人, ロボットを用いた自由曲面板厚評価システム Orthros の開発, 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2011. 9. 20-21, 金沢大学 (石川県)
- 2) K. Takasugi, H. Tanaka, F. Murata, M. Jono and N. Asakawa, Development of a Forging Type Rapid Prototyping System (Improvement of Accuracy of a Product Shape Considering Hammering Direction), 14th Int. Conf. on Mechatronics Technology, 2010. 11, 24, Osaka Univ. (Osaka)
- 3) N. Asakawa, S. Ikejima, F. Murata and M. Hirao, Development of a Free Curved Plate Thickness Evaluation System Using a Robot -Verification of Principal of Measurement-, The 5th Int. Conf. on Leading Edge Manufacturing in 21st Century, 2009. 12. 02, Osaka Univ. (Osaka)
- 4) 吉田修平, 池島紗知子, 浅川直紀, 平尾政利, ロボットを用いた自由曲面板厚評価システムの開発 (拡張現実技術を用いた提示), 2009 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2009. 9. 10, 神戸大学 (兵庫県)
- 5) 池島紗知子, 吉田修平, 浅川直紀, 平尾政利, ロボットを用いた自由曲面板厚評価システムの開発 (測定密度の考慮と測定可能範囲の拡大), 2009 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2009. 9. 10, 神戸大学 (兵庫県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

浅川 直紀 (ASAKAWA NAOKI)  
金沢大学・機械工学系・准教授  
研究者番号 : 50231874

### (2) 研究分担者

平尾 政利 (HIRAO MASATOSHI)  
金沢大学・機械工学系・教授  
研究者番号 : 90231547  
(2009 年度のみ)