

三次元測定機による自由曲面の測定方法

機械金属部 岩本竜一、前野一朗 電子部 仮屋一昭

Measuring of Free Surface by a 3 Dimension Testing Machine

Ryuichi IWAMOTO, Ichiro MAENO and Kazuaki KARIYA

本報告は、表面あらさ測定機、コントレーサ、タッチプローブ式三次元測定機等で、従来測定が困難であったような自由曲面の測定方法を提案する。本方法では、測定物座標系上においてレーザ変位センサを用い、表面形状の仮の座標データを得ることにより三次元測定用設計データを作成し、これをもとに三次元測定を行うことにより高精度に自由曲面を測定することを可能とする。

1. 緒言

一般に自由曲面を測定する方法としては、表面あらさ測定機を用いる方法、コントレーサを用いる方法、三次元測定機を用いる方法等が考えられる。この中で表面あらさ測定機は、高さ方向のストロークがほとんど1mm以下であり測定範囲が限定される。コントレーサでは、ストロークは50mm程度確保できるが、上りおよび下りの追従角度に制限がある。また、あらさ測定機および三次元測定機に比べあまり普及していない。三次元測定機は、自由曲面を測定するための汎用性という点で他を凌いでいる。

三次元測定機で自由曲面を測定する場合、市販の輪郭形状測定ソフトを使用して測定するのが一般的であり、触いプローブを用いる方法とタッチシグナルプローブを用いる方法に大別される。前者は、連続して曲面を測定することが可能で適用範囲も広いが、触いプローブシステムと上記ソフトを同時に導入する必要があり、かなり高価である。後者は、CNC三次元測定機であれば、上記ソフトを導入するだけで良い。しかし、この後者の方法は自由曲面の座標データが無く曲率半径が小さい場合、測定精度が著しく低下し、さらには、測定そのものが不可能になることがある。

本報ではこのような問題を低コストで解決する手段として、被測定物の自由曲面をレーザ変位センサを用いて測定することにより仮の設計データを取得し、この設計データをもとにタッチシグナルプローブにより測定する方法を提案する。

2. 測定方法

今回提案する測定方法の手順を以下に示す。

- ① 通常の三次元測定の手法により被測定物上に測定物座標系を設定する。
- ② 三次元測定機のタッチプローブシステムを取り外し、この代わりにレーザ変位センサを取り付ける。

- ③ レーザ変位センサの取り付けられたプローブヘッドを、前述の測定物座標系上をCNCモードで移動させ、三次元測定機から2軸(X、Y軸)の座標データを、レーザ変位センサから1軸(Z軸)の座標データを、パソコンに取り込む。

- ④ この方法により得られた座標データを三次元測定用設計データに変換する。

- ⑤ レーザ変位センサを取り外し、再びタッチプローブシステムを取り付け、設計データをもとにプローブシステムによる測定を行う。

3. 実験装置

2. 測定方法で提案した手法を実現するため、三次元測定機(MITUTOYO CNC FNT1006)およびレーザ変位センサ(omron ZAW-A2)を用い、図1のような実験装置により測定を行った。表1に三次元測定機の器差を、表2にレーザ変位センサの器差を示す。また、写真1に使用したプローブシステム(PH9+TP2-5W+PS23R)、写真2にレーザ変位センサおよび取付治具を示す。

表1 三次元測定機の器差 単位: μm

('96-3-6保守点検結果)

	許容値	X軸	Y軸	Z軸
各軸の指示精度	3-4L/1000	3.6	1.9	1.3
各軸の繰り返し精度	1.0	0.37	0.36	0.23

表2 レーザ変位センサの器差(カタログ値による)

単位: mm

測定範囲	50 ± 5
スポット径	0.50 × 0.80
分解能	0.03

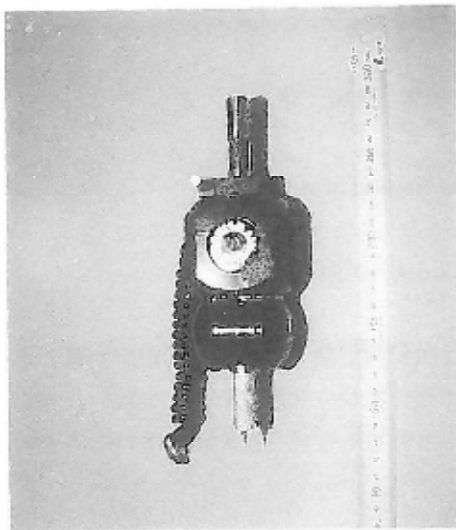


写真1 プローブシステム

段差測定に用いたブロックは、高さ2.5mmの矩形の段差を持つが、図から明らかなように、段差の角の部分はシャープなエッジとはならない。このままでは段差位置を特定できないため、これを微分した。その結果を図3に示す。

さらにメディアンフィルタにより微小な変動成分を除去した。この結果を図4に示す。X軸およびY軸の原点設定は、検討した方法の中で最もバラツキの小さかった図4中のA点とB点の中心位置C点を原点とする方法を採用した。この方法をX、Y軸それぞれについて、測定方向を変え繰り返し行い、その平均値をX、Y軸の原点とした。なお、Z軸は較正ブロック上面について繰り返し測定を行い、その平均値を原点とした。

以上の方法で得られたレーザ変位センサの原点が、三次元測定の測定物座標系と一致するように三次元測定プログラムの中で補正した。

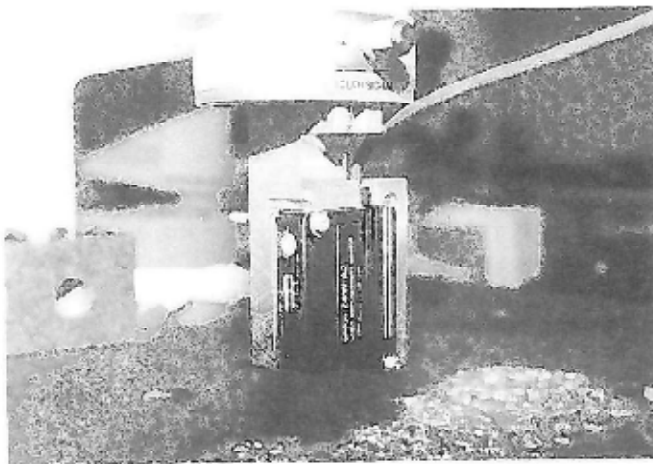


写真2 レーザ変位センサ

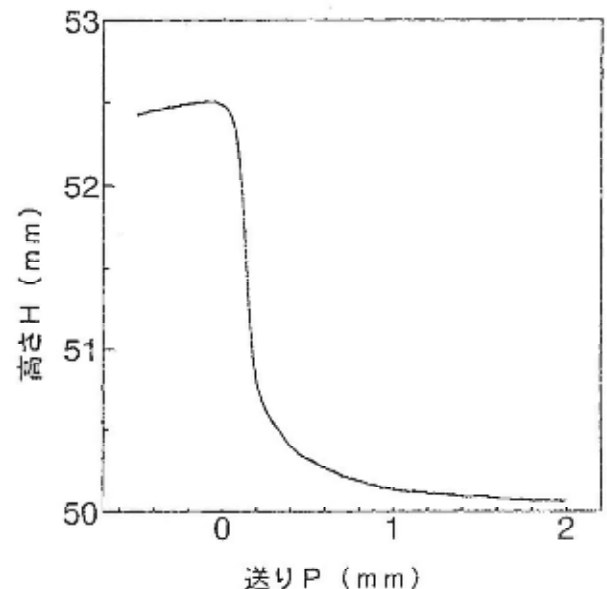


図2 段差測定結果

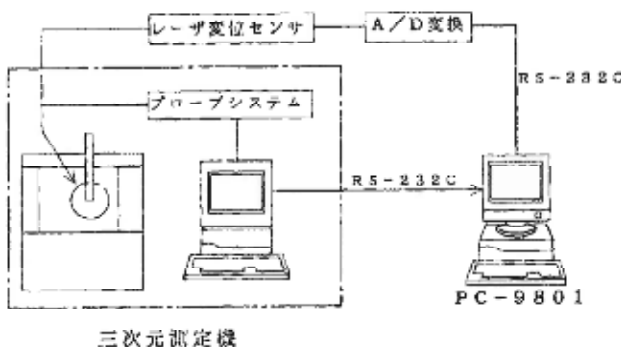


図1 実験装置

4. 実験結果

4.1 原点設定

本報で提案する測定方法は、2. 測定方法の①で述べた測定物座標系の原点にレーザ変位センサの中心を一致させることが前提になる。そこで段差測定を1μmピッチで行い、①の測定物座標系上でのレーザ変位センサのスポット径の中心位置を求めた。一例を図2に示す。

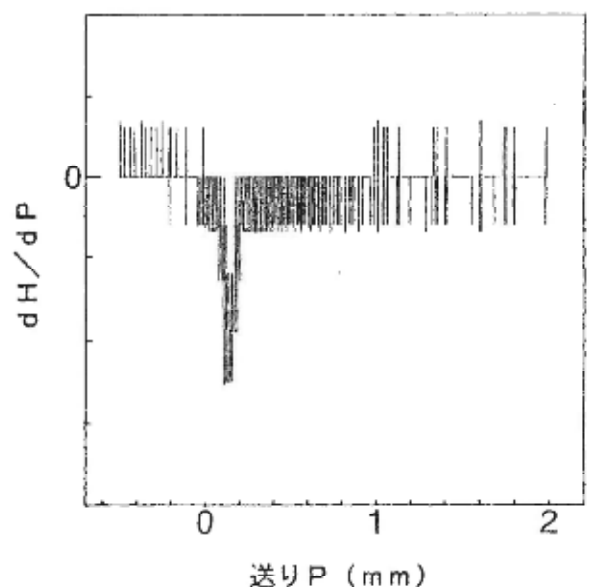


図3 段差測定結果(微分)

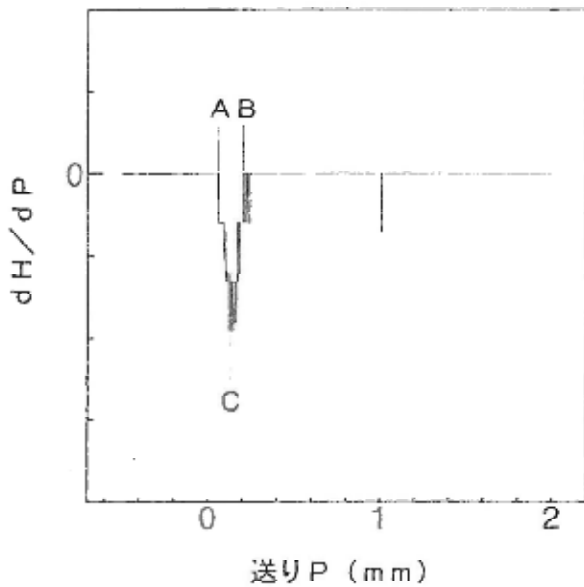


図4 段差測定結果(微分・フィルタ)

4.2 斜面測定

通常、レーザ変位センサは、測定面に対して垂直にセッティングして使用する。しかし、自由曲面を測定する場合斜面を測定する状況が避けられず、これにより測定誤差が生じる可能性がある。このため写真3に示す較正ブロックを用い、レーザ変位センサと三次元測定機(プローブシステム)による斜面測定結果とを比較した。この結果を図5に示す。なお、この較正ブロック上面には、0~50°の斜面が10°毎に形成されている。

図より、レーザ変位センサと三次元測定機による測定結果の誤差は約1%と考えられる。今回のレーザ変位センサによる測定結果は、三次元測定用設計データに変換され、この設計データは1mm以下のピッチで使用する。この場合、斜面測定による誤差はレーザ変位センサの分解能の30μmより小さくレーザ変位センサの測定結果を三次元測定用設計データに変換することは問題ないと判断できる。

ただし、レーザ変位センサの測定値は被測定物の材質、表面性状等に影響を受けるということを考慮に入れなければならない。

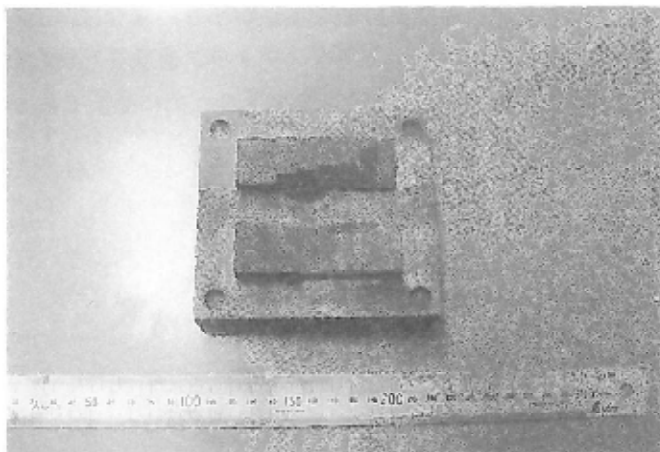


写真3 較正ブロック

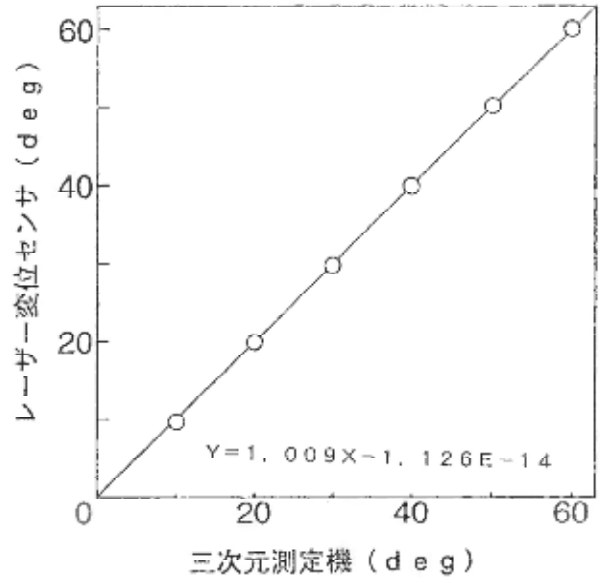


図5 斜面測定結果

4.3 サンプルワークの測定

以上の実験結果にもとづき、写真4のサンプルワークの測定を行った。測定結果の一部を図6に示す。このサンプルワークは仏壇用の装飾金具で電気鋳造法により製作されている。このような複雑な形状のワークは、従来方法では測定することさえも困難であったが、この手法を用いることにより測定が可能となり、本方法の有効性が確認できる。

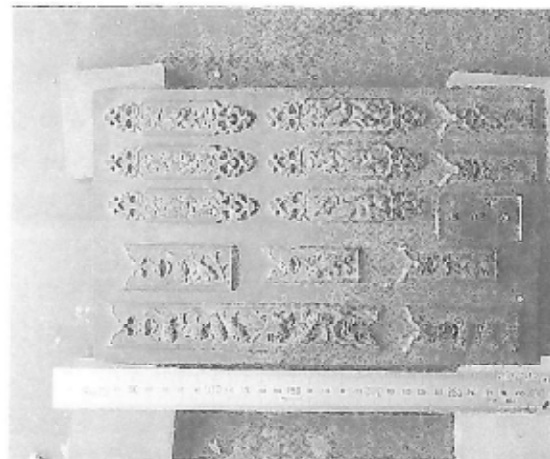


写真4 サンプルワーク

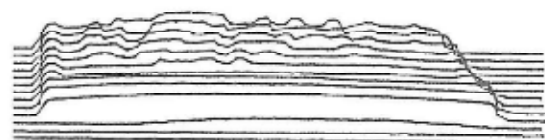


図6 サンプルワーク測定結果

測定結果の一断面を図7に示す。

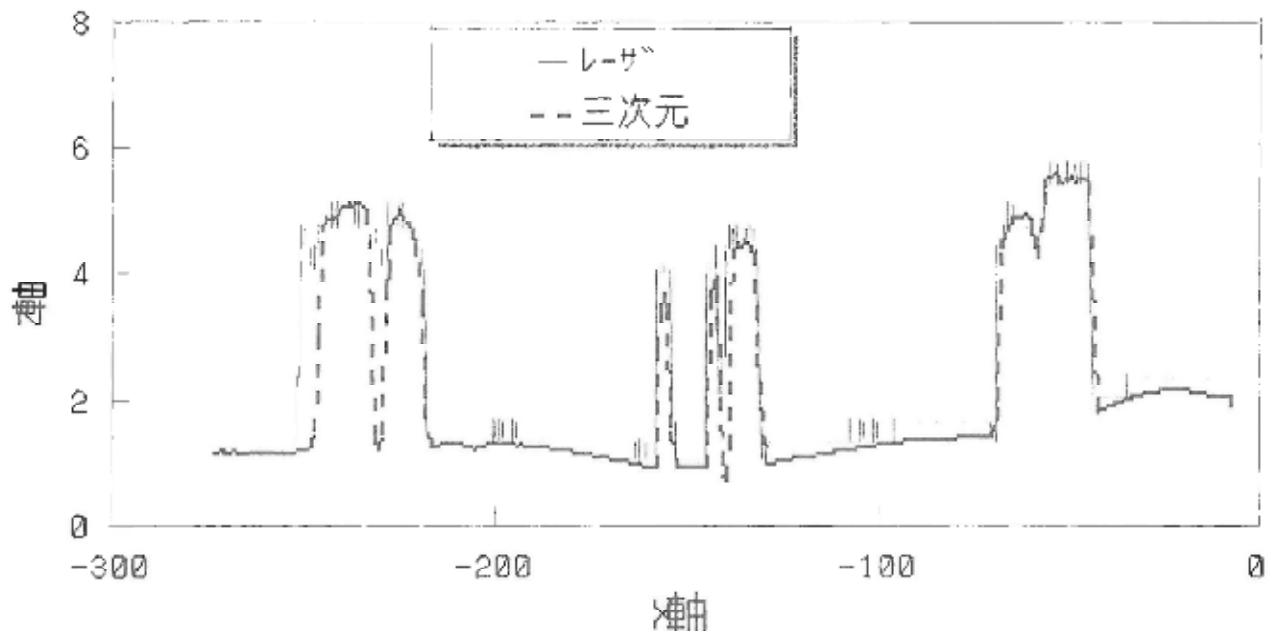


図7 測定結果（断面形状）

図より明らかなように、急激な凹凸部ではレーザー変位センサを用いた場合と三次元測定との間に違いが生じている。これは使用したレーザー変位センサのスポット径（表2）と、三次元測定に用いたスタイラス直径 0.5mmとの関係が原因と考えられる。レーザー変位センサではスポット径の面積の平均値が高さのデータとして得られるが、三次元測定ではスタイラス先端の座標値が得られるという違いがある。このため急激な凹部では三次元測定の方が小さいデータが得られる傾向が生じるはずであり、このことは実験結果からも裏付けられている。

このような状態を避けるためには、レーザー変位センサとスタイラス直径を可能な限り小さくすることが必要になる。

5. 結 言

実験の結果から、以下のことが明らかとなった。

(1) 今回提案した方法により、従来測定が非常に困難であ

ったサンプルワークのような複雑な形状の被測定物を三次元測定機により低コストで測定することが可能となった。

- (2) 測定点数が増えると測定時間がかなり長くなった。これは、レーザー変位センサの位置決め完了信号をパソコン側に送信できなかったため、プログラム内での待ち時間が長くなったことが主因である。
- (3) レーザー変位センサでは、被測定物が鏡面に近くなると測定できない場合があった。この場合、レーザー変位センサの取付角度等の調整や再較正によりある程度まで対応出来る。さらにレーザー変位センサのPSD素子が同心円上に配置されたタイプを使用すれば、上記調整等の工数を低減できると考えられる。
- (4) 測定対象の自由曲面の曲率半径が小さい場合は、レーザー変位センサのスポット径とスタイラス直径を可能な限り小さくすることが、測定精度向上のために必要である。