

接触式輪郭測定機を利用したデジタルシボの形状検査*

和合 健**、浅沼 拓雄**、飯村 崇**

自動車の内装や家電製品の外装に凹凸模様を与えるための金型のシボ加工は、従来有機溶剤を使用したエッチング法で製作されて来たが、それに代わるデジタルシボ加工法が注目されている。デジタルシボは、NC 工作機械により NC プログラムで指示された空間座標に対して加工を行い、偶然性を排除した再現性の高いシボを製造する方法である。ここでは、デジタルシボの形状検査を接触式輪郭測定機を利用して行う方法を提案し、その有用性を示した。

キーワード: デジタルシボ、接触式輪郭測定機、ワーク座標系、Y 軸移動テーブル、急勾配走査

Digital Surface Texture Studied Using Contact Profilometer

TAKESHI Wago, TAKUO Asanuma and TAKASHI Iimura

The SHIBO surface texture may be printed for use in car interiors, home decoration, electronics, etc. It is manufactured by etching in a process that currently requires organic solvents. High reproducibility is required for manufacturing digital SHIBO. Toward this end, the present study uses an NC manufacturing machine to create digital SHIBO with the NC space-coordinate code directly indicated. This study uses a contact profilometer to demonstrate efficient feature inspection of digital SHIBO.

key words : digital surface texture, contact method profilometer, workpiece coordinate system, Y axis traverse table, steep scanning

1 緒 言

自動車の内装や家電製品の外装に凹凸模様を与えた、所謂シボは、従来有機溶剤を使用したエッチング法で製作されて来たが、それに代わるデジタルシボ¹⁾が注目されている。従来のエッチング法によるシボ金型製造方法は、目隠しをする領域と表に出す領域をマスクによるパターン模様で与え、エッチング液の濃度、時間、その他独自方法により溶解深さや溶解広さを制御している。このエッチング法によるシボの個々の凹凸は、偶然性による形状生成が排除できないため厳格な設計値を持ちえなかった。デジタルシボは、CAD による厳格な凹凸形状の指示、CAM ではワーク座標系に基づいた X、Y、Z 軸の空間座標によるツールパス指示、加工では NC 制御工作機械を使用して CAD/CAM で生成した NC プログラムによる偶然性を排除した直接的な形状生成加工によりシボ性状が生成されるため、厳格な設計値を持つ凹凸である。

ここでは、従来のエッチング法とは異なる製造方法となるデジタルシボで生成されたシボ形状に対して適する検査方法を求めるために、光学的な表面特性による測

定誤差の影響が少なく、急勾配時の測定で非接触式での虚像などの間違いの少ない方法である接触式輪郭測定法について取り組んだ。

2 実験装置

2-1 測定戦略

従来のエッチング法によるシボ性状の形状検査方法は、厳格な設計値を持ち得ないため、シボのピットの大きさ・かたち及び単位面積当たりの個数を光学顕微鏡による寸法検査や計数カウント、目視による官能検査により参照ワークと比較する方法で行われていた。デジタルシボは、3D モデルが設計値となるため、測定において設計値照合が適用できる。接触式輪郭形状測定法は、先端 R が非常に小さい鋭利な針状スタイラスでワーク表面を走査して、その軌跡から 2 次元 (ZX 面) の断面曲線を測定する方法であるため、Y 方向の情報を持ち得ない。さらに、X 軸及び Z 軸のゼロ点は測定後にソフトウェアで設定するため、測定開始前にワーク座標系を利用する概念がない。

デジタルシボの 3D モデルは、明確な空間座標にお

* 平成 26~27 年度 技術シーズ形成研究事業 (発展ステージ)

** 素形材技術部

けるワーク座標系を設計値が持ち得ることから、形状測定にワーク座標系の概念をハードウェア上で与えることで2次元の断面曲線を利用してシボ性状の測定評価が行えると考えた。

2-2 実験装置の構成

実験に使用した輪郭形状測定機 (DFS600S、小坂研究所) の検出器分解能は、Z方向 50nm 及び X 方向 100nm、走査速度 0.05~2.0mm/s、傾斜限界昇り 77°/下り 87°であり、急勾配を高速且つ精密に輪郭測定を行える性能を有する。ワーク座標系をハードウェア上で与えるために図1に示す XY 電動ステージ、回転位置決めテーブル(手動 XY ステージ付)、パイスの3種類の治具を組み合わせた WCS 設定ステージを追加した。WCS 設定ステージを構成する XY 電動ステージはストローク X、Y120mm、XY 運動の直角度 0.005mm でステージ位置は脇に設置した光学式スケールにより目量 0.5 μ m で読み取る。回転位置決めテーブルは、直動式ネジ運動を回転に変える機構により高精細な回転位置決めができる。この3個の構成要素を6面フライス仕上げ面板で接合して、底面部の面板にキーを取り付け、輪郭形状測定機の石定盤のキー溝に嵌め合わせて平行を出した。

3 実験方法

3-1 X、Y ゼロ点の設定方法

座標測定機 (CMM) は球状チップが取り付けられたプローブにより垂直端面に対して X、Y ゼロ点 (起点) が設定できるが、輪郭形状測定機は運動方向が上下方向のみで可動するスタイラスであるため垂直端面に対して起点が設定できない。そこで X、Y 方向の起点は V ブロックの 45°のテーパを利用した。使用した V ブロックは A 級 50mm で上面と V 溝の繋ぎは鋭利な角である。起点の設定方法は、手動 XY ステージの平行移動に伴う Z 軸目盛の挙動を観察し、Z 軸目盛が V 溝に入り下降した位置を起点とする方法とした。起点位置の再現性を評価するために繰り返し 8 回で起点位置を求めた結果を表1に示す。その結果、起点位置の再現性の分布幅は Y 軸方向の場合で最大値 0.030mm (Range) が得られた。また、V ブロック及びスタイラスアームを軸駆動する選択肢は、XY

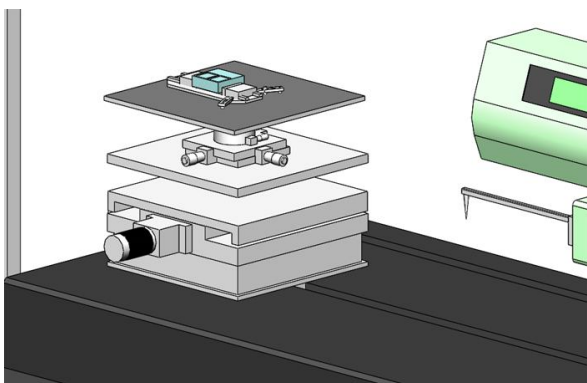


図1 測定物座標系を定義するための駆動装置

表1 X, Y 軸におけるゼロ点設定での誤差

	X direction	Y direction
Repeat (times)	8	8
Maximum (mm)	6.049	5.160
Minimum (mm)	6.030	5.130
Range (mm)	0.019	0.030
Average (mm)	6.042	5.146
σ (mm)	0.008	0.011

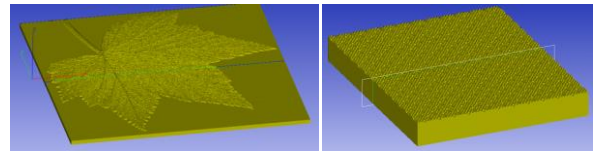


図2 デジタルシボの設計値モデル

電動ステージ、XY 手動ステージ、輪郭形状測定機スタイラスアームの3通りがあったが、手動による方法が振動を生じず、スタイラスアームの Z 方向運動が最も安定稼働した。

3-2 デジタルシボの測定方法

荒加工で R1.5mm ボールエンドミル、仕上げ加工で R0.5mm ボールエンドミルを使用してデジタルシボ製造方法により加工したシボ性状に対して、輪郭形状測定機で Y=0 の位置を走査測定し、設計値と照合した。対象としたシボ性状は図2の自然由来の木の葉となる不規則模様と球と長穴リブを規則的に CAD で配置した幾何学模様である。

輪郭形状測定機に与えるワーク座標系を設定するために以下の作業を実施した。空間軸は輪郭形状測定機の定盤面にワーク上端面が做っていると仮定して設定しない。回転軸は、パイスで V ブロックの V 溝が X 軸と平行になる姿勢で固定し、V ブロックの V 溝の 45°テーパを利用して、スタイラスアームを X 軸上で走査させ輪郭形状測定機のスタイラスアームの Z 軸目盛の差が 1 μ m 以下となるように回転テーブルを調整して設定した。この姿勢が、パイス口当て側面と輪郭形状測定機の X 軸が一致し、回転軸のアライメントが設定された姿勢であると判断した。

X、Y 軸のゼロ点は、V ブロックの V 溝と上端面で成すエッジを利用して、X 軸に做って設置した場合が X 座標、及び Y 軸に做って設置した場合が Y 座標として、手動 XY ステージで求めた。予め、V ブロックの端面から V 溝までの距離を CMM で測定したところ 12.766mm であり、この長さを X、Y 軸にそれぞれオフセットしてワークの X、Y ゼロ点を設定した。Z 軸のゼロ点はソフトウェアで設定できるために設定しなかった。

4 実験結果及び考察

走査測定で得られた生データに対して、輪郭形状測定機の解析ソフトウェアで ZX 面の回転補正を上端面で行

った。Z 軸ゼロ点は上端面とし、X 軸ゼロ点は走査開始位置から既定値をオフセットして設定した。形状データを CSV 形式でエクスポートし、Excel VBA により様式を整えて設計値照合を行う解析ソフトウェア（Focus Inspection V8.3、Nikon Metrology）に渡した。

設計値照合方法は、設計値に STL 形式モデル、測定値に CSV 形式の点群モデルを配置した。ワーク座標系が両者一致していることから両者をマージ読み込みした時点でアライメントが完了するはずであった。実際は木の葉の測定値が X 方向に-0.180mm、幾何学模様様の測定値が X 方向に-0.305mm ずれていた。そこで、そのズレ量をソフトウェアで移動により補正したが、このズレ量の原因追究が今後の課題である。誤差算出は、総合比較コマンド（X、Y、Z 方向ベクトルの利用）と輪郭比較コマンド（X、Z 方向ベクトルのみを利用）により行った。得られた結果を表 2、図 3 及び図 4 に示す。実際は測定値の性質上、Y 方向成分を持っていないことから輪郭比較コマンドがこの場合に適する誤差算出方法であると考えられる。

表 2 輪郭誤差

Parameter	leaf		Geometric	
	Section Cp	Grobal Cp	Section Cp	Grobal Cp
Average Deviation	0.020	0.009	0.015	0.018
Minimum Deviation	-0.090	-0.048	-0.077	-0.087
Maximum Deviation	0.128	0.107	0.179	0.188
Deviation Range	0.218	0.156	0.256	0.274
Deviation Sigma	0.027	0.032	0.040	0.047
Deviation Root mean square	0.027	0.032	0.040	0.047

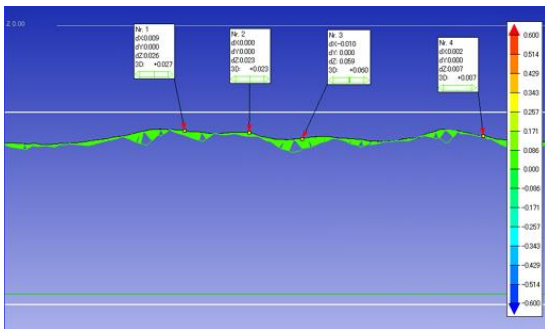


図 3 木の葉模様で Section Compare コマンドにより算出した輪郭誤差

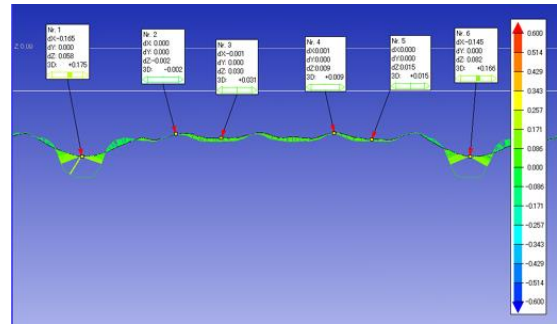


図 4 幾何学模様で Section Compare コマンドにより算出した輪郭誤差

5 結 言

デジタルシボは厳格な設計値を持つシボ性状であることから、輪郭形状測定機に WCS を与え、二次元輪郭の設計値照合により誤差算出した結果、以下の結論を得た。

- (1) Z 方向運動のみの制限がある輪郭形状測定機のプローブに対して、V ブロックの V 溝を利用した X、Y 軸の位置決め方法を試したところ、位置決めの際のばらつき幅は 0.030mm (Range) となった。
- (2) 二次元輪郭の場合の誤差算出では測定値は Y 方向の情報を持たないことから、Y 方向ベクトルを無視した誤差算出方法を検討した。その結果、輪郭比較コマンドを使用することで 2 軸 (X 軸と Z 軸) ベクトル情報のみを利用した誤差算出が行えた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、測定装置の操作方法についてご教示頂いた(株)小坂研究所の高田尚恒課長、及び解析ソフトウェアの解析方法についてご教示頂いた(株)ミットヨの石川雅弘課長に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 株式会社ケイズデザインラボ:D3 テクスチャー運用教育(2014).