

北海道大学工学部 ○竹内英明 近藤司 五十嵐悟 斉藤勝政

要 旨

本研究では非接触ディジタイジングシステムに以下に示す機能を追加した。①4軸制御による測定、②指定公差によるデータ処理、③エッジ処理。これらの機能の効果について検討した結果、shadow領域の測定が可能となり、また従来法に比べ形状測定に対する精度向上が確認された。

1. 緒言

CAD/CAMシステムの実用化が進み、幾何曲面形状の設計・加工も比較的容易に行われる近年、形状を数値データとして扱うことが必要であるが、自由曲面を有する形状の数式表現による定義は困難であり、模型など物理形状を直接ディジタイジングする方法が重要となる。

このディジタイジング手法として、高速性・簡便性などの理由から積極的に非接触式のディジタイジングシステムが用いられるようになりつつあるが、従来のシステムでは入力できる形状の制約が多いほか、画一的な測定データしか得られず、必ずしも十分な機能を備えていない。

そこで本研究では、これらの問題を解決するために従来のディジタイジングシステムに新たな機能を追加し、その効果を確認した。

2. 従来のディジタイジングシステム

本研究において採用する従来のディジタイジングシステムは、XYZ方向に移動機構を持つマシニングセンタの主軸に対して一方向の距離(Z軸)を測定するレーザセンサを取り付けたものである。このシステムは、測定可能最大傾斜角が $\pm 75^\circ$ 、測定精度が $\pm 50\mu\text{m}$ 、平均測定速度が $4\text{m}/\text{min}$ であり、プローブ形状/プローブ径を持たないため、測定情報は形状面そのものを表しており、プローブ径の補正の必要がなく、また正確な断面形状を得ることができるなどの特徴を持つ。

このシステムから出力される距離情報はZ軸方向に対し、一価に限定され、従ってshadow領域を持つ物体は測定不可能である。

また測定データはXY平面上的格子点における高さ情報しか持たず、面上におけるサンプリング間隔が形状変化に対して相対的に粗くなる場合は、必要とされる形状データが得られないなどの問題がある。

3. 本システムにおける追加機能

3.1 4軸制御による測定

shadow領域の測定を可能とするために、本システムではマシニングセンタのXYZ3軸に加えてX軸を回転軸とするA軸を付加し、同時4軸制御を可能とする。測定原理を

図1に示す。

被測定物の回転移動はステッピングモータにより行うため、システムのA軸回りの精度はこのモータの分解能と回転軸から測定物表面までの距離(半径) r により決定される。使用したモータの最小分解能は 0.36

degであり、半径 30mm の対象物の場合、測定最小分解能は 0.19mm 程度となる。

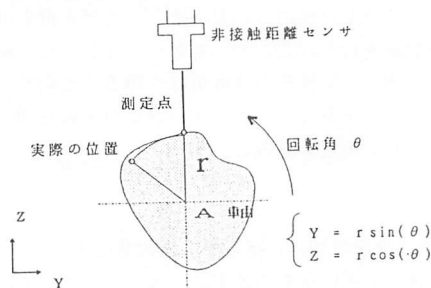
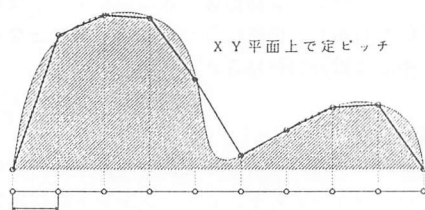


図1 4軸測定の測定原理

従来法



本手法

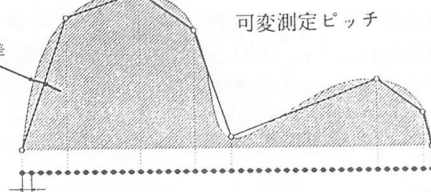


図2 公差指定によるデータ処理

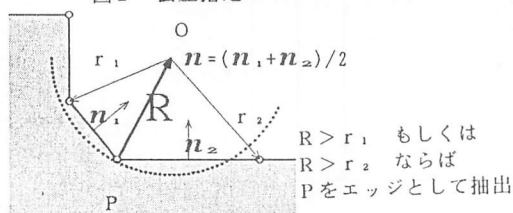


図3 点Pにおけるエッジ判定

3.2 公差指定によるデータ処理

従来の方法では、物体モデルを厳密に入力するためには極めて小さな測定ピッチが必要とされることになるが、必要以上の点データを保持することにもなる。

従来のシステムにおいて測定ピッチは、被測定形状の凹凸とは無関係に定ピッチで測定していたが、本システムでは測定物の形状に応じた可変ピッチを採用する。

測定に必要な精度を、公差指定により定めることにより、必要精度内で形状測定が可能になる。(図2)。

3.3 エッジ部のデータ処理

3.2で提案した手法を用いることにより、公差指定で形状測定を行うことができるが、形状が複数の面で構成されていると考えると、面の境界であるエッジは形状間の相対的な関係で決定されるため、この方法ではエッジは必ずしも抽出されない。しかしながら、面の境界はエッジで表現されるため、形状を的確に捉えるためにはエッジデータの保持が必要不可欠である。

ここではエッジをある曲率半径以下のR部として定義し、3.2の方法とは別の処理を以下の通り行う。

対象とする測定点の前後の区間における法線ベクトルの平均値をその点の法線ベクトルとして考え、前後の点との曲率半径をそれぞれ算出し、ある決められた距離以下であればエッジとして抽出する(図3)。

なお凸部の場合、法線ベクトルを反転させることにより、凹部と同様な処理を行う。

4. データ構造

本手法による形状測定データは、フィード方向とクロスフィード方向の二方向スキャンングデータから構成されており、それぞれの測定データは、指定公差データと、エッジデータの二種類に分類されている(図4)。

これにより、測定点は位置情報に対して、面内部または境界部を識別することが可能な付加情報を持つことになる。

5. 実験結果・評価

図5は4軸制御によるモデルの測定風景であり、図6は測定結果の出力例である。このように従来ならshadow領域となって測定できなくなる面を持つ形状でも測定が行える。

評価は、データの直線補間によって生成される測定形状と、詳細測定データで表現される実形状との形状誤差の標準偏差を従来法と比較することにより行い、図7に示すようなモデルに対して、従来のシステムと本システムで形状モデリングした例を図8に示す。ピッチを可変とすることにより、形状測定に対する精度が向上していることが確認できた。

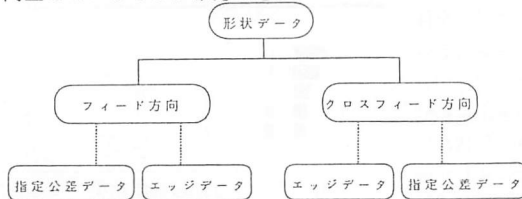


図4 本システムにおけるデータ構造

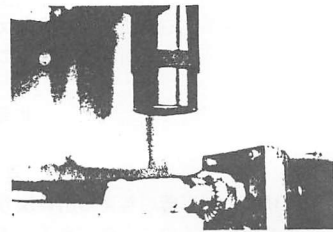


図5 測定風景

- ・ X軸方向60mm
直径約30mm
- ・ X軸方向
最小ピッチ
1mm
- ・ A軸方向
最小ピッチ
3.6deg
- ・ 測定点数
約5000

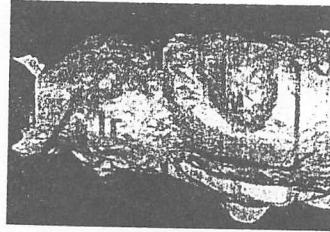
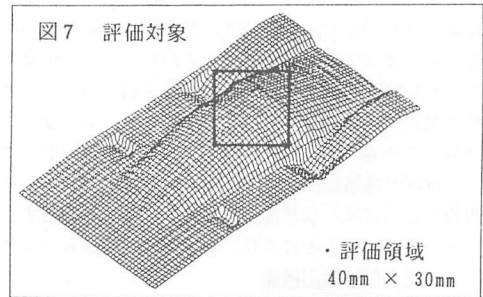


図6 測定結果の出力例



- ・ 評価領域
40mm × 30mm

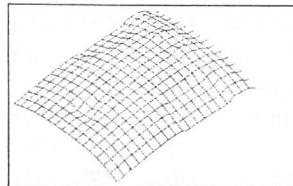
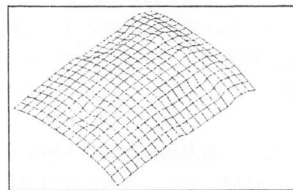


図8 評価結果

- (a) 従来法
測定点数
2432
標準偏差
0.109mm



- (b) 本手法
測定点数
2408
標準偏差
0.090mm

6. 結論

- ① 回転軸を追加して測定対象物の姿勢制御を行うことにより、shadow領域の測定も可能になった。
- ② 測定サンプリング間隔を可変とすることにより、従来法に比べ形状測定に対する精度が向上していることが確認できた。

参考文献

- [1] 三好隆志ほか:非接触3-Dディジタル化システムの開発研究, 精密工学会誌, 56, 6 (1990) 1021.