

三次元表面形状解析法の開発

—汎用表面形状測定機による三次元表面形状の表示について—

藤原 和徳・岩間 貴司・大柴 勝彦

Development of 3-Dimensional Surface Analysis

—Establishment of Indicating Method for the 3-Dimensional Shapes Using Conventional Surface Measurement Apparatus—

Kazunori FUJIHARA, Takashi IWAMA and Katsuhiko OHSIBA

要 約

市販の三次元表面形状測定機は、解析能力及び測定精度とも優れているが、非常に高価である。また、現在汎用表面形状測定機を導入済みの企業では、新たに設備を更新することはかなり難しいのが現状である。

そこで、従来から汎用に使用されている表面形状測定機にX-Yステージ及びパーソナルコンピュータを付加することにより、低価格で三次元表面形状の表示が可能となった。

1. はじめに

近年、県内中小企業において、表面形状測定機が数多く設置されているが、最近、注目されている三次元表面形状測定機の設置についてはまだ遅れがちである。

また、すでに設置されている表面形状測定機には機能の追加が不可能な機種が多いため、三次元形状測定に対する要望が強い。そこで、今回これらの表面形状測定機に三次元表面形状の表示機能、及び解析機能を追加するために装置を試作した。試作にあたって、測定機の改造は一切行わず、汎用なX-Yステージ、パソコン、自作ステージコントローラ等を組み合わせることにより三次元形状の表示、解析ができるよう考慮した。

その結果、測定機本来の機能を損なうことなくさらに、三次元表面形状のCRT表示、解析、及び形状データの保存が可能となったので以下に、その概要を報告する。

2. 試作装置の概要

2-1 装置の構成

2-1-1 ハードウェア

試作した装置の構成を図1に示す。破線で囲んだ表面形状測定機(SE3F 小坂研究所)を使用し、測定機本体の改造は行っていない。

1) A/D変換ボード(カノーパス ANALOG-PRO II)

分解能	12ビットバイナリ
サンプリング周波数	1/(0.04*チャンネル数)max
チャンネル数	8チャンネル差動、16" シングルエンド
入力アナログ電圧	-5V~+5V -10V~+10V 0V~10V 0V~5V

2) X-Yステージ TX1010 (THK)

X軸ACモータ	レバーシブル100V 2RK6GN-A(オリエンタルモータ)
Y軸ステッピングモータ	5相 PH569-A(")
ロータリエンコーダ	600P/REV

3) 自作ステージコントローラ

ステッピングモータドライバー	(SPD5625A)
電源	5V、24V
ACモータ制御基盤	
各種信号入出力基盤	

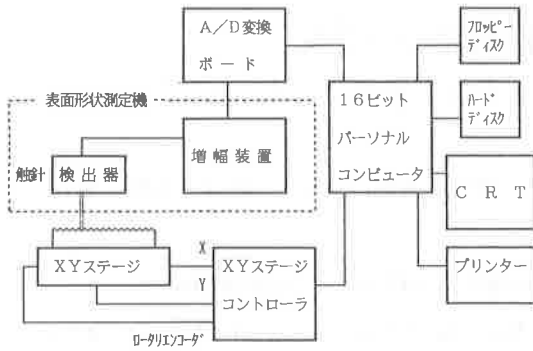


図1 装置の構成

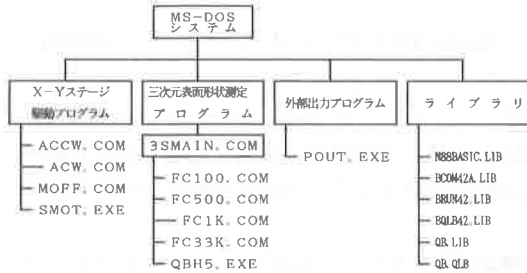


図2 ソフトウェア構成

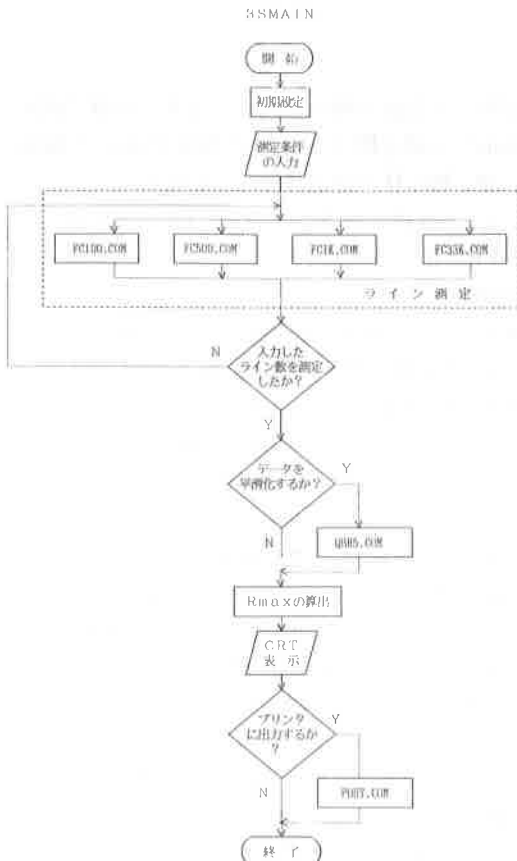


図3 フローチャート

なおサンプリング周波数はソフトウェアで指定でき、今回作成したプログラムは、0.1kHz、0.5 kHz、1 kHz、及び33.3kHzの4種類を指定でき変更も容易である。

2-1-2ソフトウェア

図2にソフトウェア構成を、図3にメインプログラムのフローチャートを示す。

各プログラムは、MS-DOS¹⁾上で開発した。A/D変換、ファイル作成、X-Yステージ駆動など高速な処理を必要とするプログラムは、MASM (マクロアセンブラ)²⁾³⁾で作成した。

また、MASM作成した各プログラムの統括、及び三次元表面形状のCRT表示は、QUICKBASICで行った。CRT以外への出力プログラムはN88 BASICで作成した。

なお、BASICで作成したプログラムはコンパイルし高速化を図った。

2-2 動作原理

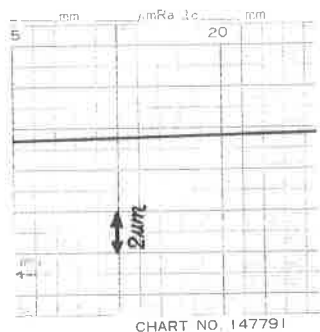
従来の触針式の表面形状測定機では、装置に内蔵された送り装置を用いて検出器を駆動するが、本装置では、検出器を固定し、X-Yステージを移動させる。そのとき生じる触針の上下動は検出器で電圧信号に変換され増幅装置に入力される。増幅された電圧信号はA/D変換され、16ビットパーソナルコンピュータに、12ビットバイナリデータとして取り込まれ、三次元表面形状表示、及び解析のための形状データとして処理される。

3. 結果及び考察

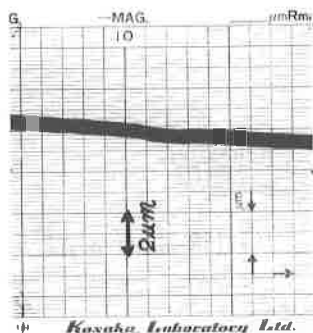
3-1 ステージ駆動による振動の影響

今回の試作装置は、従来機に改造を行うことなく、さらに低価格で機能追加することを目的としたため、汎用なX-Yステージを使用した。従って上下真直度、左右真直度、及び直角度等は、従来機の駆動装置に比較して劣る。また、X軸駆動には、汎用なACモーターを使用し、さらに減速用の中間ギヤヘッドを組込んだためX軸の駆動時に振動が発生した。

したがって、振動が表面形状測定に与える影響を調べるために、オプティカルフラット (平面度 $0.05 \mu\text{m}$) を従来機と本装置で測定した結果を図4に示す。



(a) 従来機駆動による振動 (縦倍率5000倍)



(b) 本装置駆動による振動 (縦倍率5000倍)

図4 オプチカルフラットの測定

(a)より、従来機では、検出機駆動による振動の影響はほとんど見られないが、(b)に示すように、X-Yステージ駆動時には測定結果より、約 $0.8 \mu\text{m}$ の振幅で振動が発生しているのがわかる。

そこで、従来機の測定結果により近い表面形状をCRT表示するために、A/D変換された形状データを平滑化した。

平滑法としては処理が最も高速な直線的移動平均法¹⁾を用いた。図5に、表面形状測定機の標準片を2種類測定した結果を示す。

(a)が未処理の形状、(b)が平滑化した形状、及び(c)が従来機のチャートである。図5より、直線的移動平均法を用いた平滑化処理を行うことにより、振動の影響をほぼ取り除く事ができ、従来機での測定結果に近い表面形状が再現できることが確認できた。

3-2 校正器の測定

図7に、倍率の校正法²⁾を示す。図6に示すように、 1.000mm と 1.005mm の厚さの異なるブロック

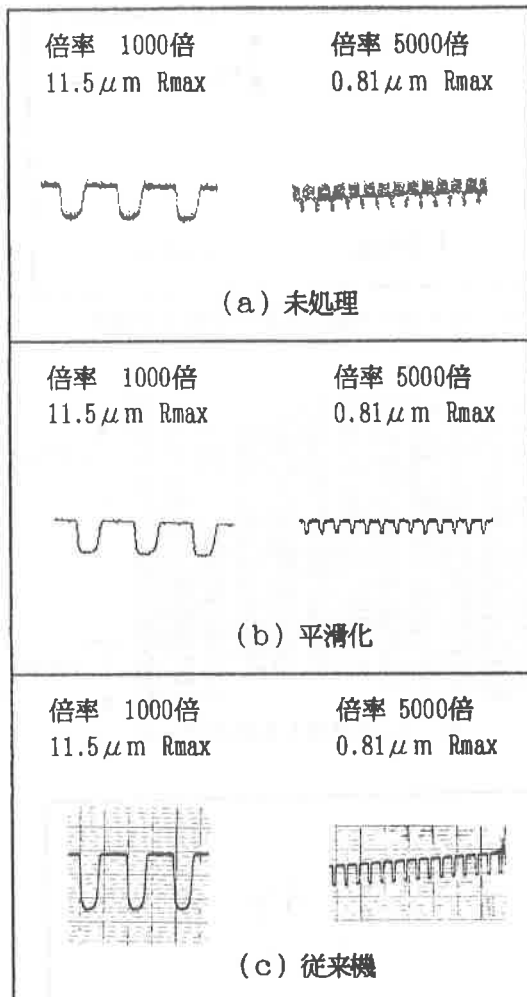


図5 標準片の測定結果

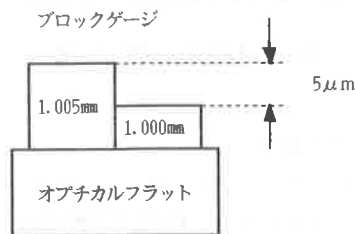
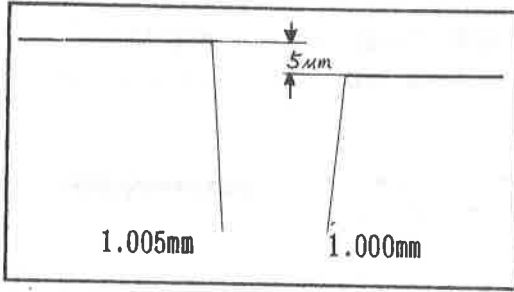
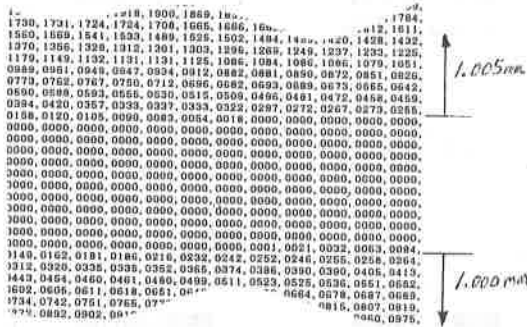


図6 校正器

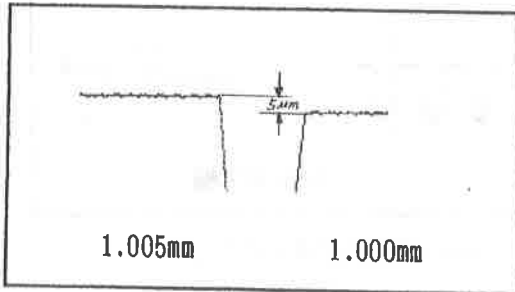
ゲージをオプチカルフラットに隙間なく密着したものを測定することで、形状データと縦方向の変位の相関をとった。(a)に示す $5 \mu\text{m}$ の段差は(b)の形状データでは 97.50 となり、この形状データを使ってCRT表示を行った結果が(c)である。



(a) 従来機での測定結果 (縦倍率1000倍)



(b) A/D変換した形状データ



(c) 本装置でのCRT表示結果

図7 校正器の測定結果

3-3 CRT表示

三次元表面形状をより実体に近い形状で表現するために、全形状データに軸測投影変換⁶⁾を行いCRT表示を行った。図8において、YR、XR、及びZRを回転することで、任意の視点を選択できる。以下図9に表示例を示す。図9より、(a)、(b)などが最適な視点と考えられるが、測定物によっては測定時の固定姿勢が限定される物がある。したがって、CRT表示の際に任意の視点を選択できることは有意義である。

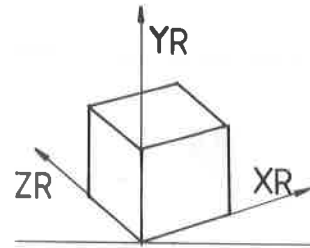


図8 軸の回転

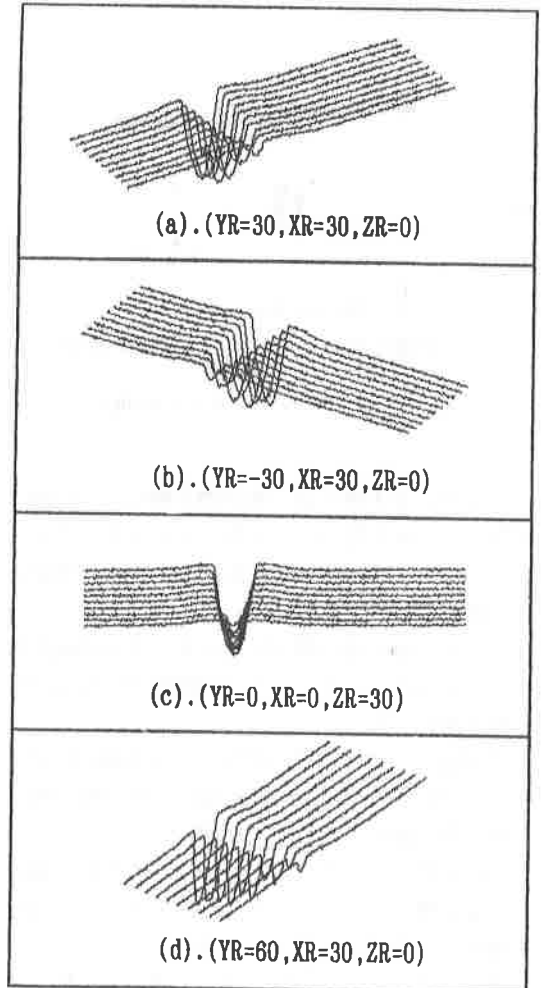


図9 CRT表示例

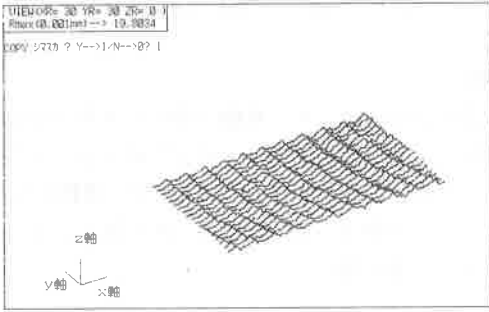
3-4 測定例

本装置で測定した三次元表面形状測定結果を図10に示す。(a)は、旋盤による端面加工の測定結果、(b)は微細な溝の測定結果、(c)は、著しく磨耗した

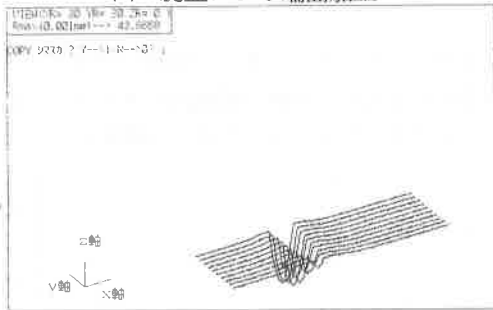
金属表面の測定結果である。

(a)は、旋盤加工における施削面の状態が明確に表現され、送りによる表面性状が観察できる。また、解析結果として三次元的なRmaxも求めることができる。

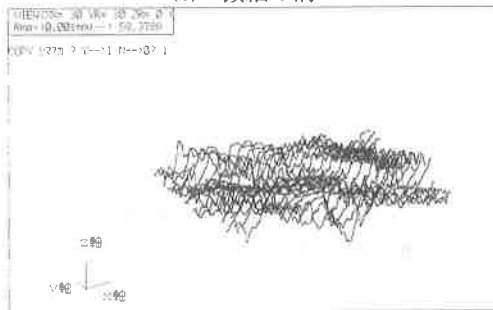
(b)は幅が約350 μ mの溝であり、溝の深さがX軸に沿って変化している事がわかる。



(a) 旋盤による端面加工



(b) 微細な溝



(c) 磨耗した金属表面

図10 測定例

(c)の様な表面形状を測定する場合は、従来の一断面による測定では表面形状あるいはRmaxがY軸の場所によってそれぞれ著しく変化するため、特に三次元的に測定することが有効であると思われる。

4. おわりに

今回、16ビットパーソナルコンピュータ、A/D変換ボード、X-Yステージ、及び自作コントローラを使い試作した装置により、従来の表面形状測定機に、三次元表面形状表示機能を追加することができた。試作装置の特徴は以下のようにまとめられる。

- 1) 従来の表面形状測定機を改良することなく三次元表示が可能である。
- 2) 形状データをASCIIデータ（10進4桁）として保存する。
- 3) 三次元表面形状を最適な視点でCRT表示、及びプリンターに出力できる。
- 4) 三次元的な解析機能としてRmaxが求められる。
- 5) 今回使用した表面形状測定機以外の測定機、あるいは実験機器などでも、規定の信号電圧出力を満たすものであれば、本装置の組み込みは可能である。

参考文献

- 1) 酒井雄二郎他：MS-DOS Ver3.3 ハンドブック、ナツメ社
- 2) 河西朝雄：MS-DOS実用マクロアセンブラ、技術評論社
- 3) 塚越一雄：MS-DOS入門実践システムコール、電波新聞社
- 4) 電気学会編：測定値の取扱法、電気学会、P109
- 5) 奈良治朗：表面粗さの測定・評価法、総合技術センター、P75
- 6) 永山嘉昭：3次元グラフィックス入門、日刊工業新聞社、P17