

バイブロスキャニング法による細穴内部形状測定 (第2報)

—デジタル式デューティサイクル測定による高速化—

Dimensional measurement of small holes by Vibroscanning Method (2nd report)

—Quick measurement by digital duty cycle measurement—

増 沢 隆 久*・澤 本 嘉 正**・藤 野 正 俊*

Takahisa MASUZAWA, Yoshimasa SAWAMOTO and Masatoshi FUJINO

はじめに

前報では、細穴の内部形状測定法としてバイブロスキャニング法 (VS 法) を提案した¹⁾。本測定法は、図1に示すように、微小振幅 (数 μm) で振動する触針と穴の内壁面の接触を電氣的に検知し、そのデューティサイクル (DF) が一定となるように触針を壁面に追従させて、その座標を記録することによって壁面形状を求めるものである。前報では DF をアナログ的に積分することで平均化したため測定時間がやや長く、 $500\mu\text{m}$ を $1\mu\text{m}$ ステップで測定した場合十数分を必要とした。今回は新たにデジタル的に DF を測定することにより測定時間を大幅に短縮した。

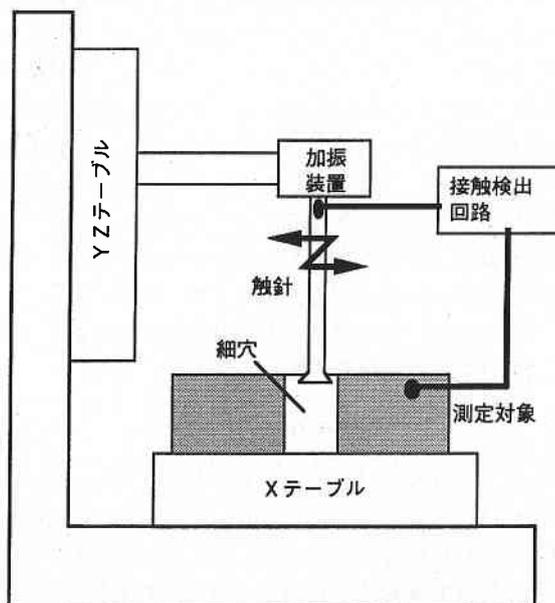


図1 バイブロスキャニング法概念図

デジタル式 DF 測定

DF をデジタル的に求めるため、今回は以下のような方法を用いた。

基準パルス列として 100KHz の矩形波を用いた。触針の振動周波数は 100Hz とした。したがって触針振動の一周期あたりの基準パルス数は 1000 である。接触検知出力をゲート信号として、接触中の基準パルス N をカウントすると、DF は $N/1000$ として求めることができる。

前報でのアナログ式 DF 測定では時定数 1s を採用したため測定値が静定するまでに触針振動回数としては数百サイクルを要した。一方今回のデジタル式では測定値の平均化サイクル数を任意に設定できる。仮に 10 サイクルの触針振動の平均値を DF とすることにすれば、前報に比べ数十分の 1 の DF 測定時間とすることができる。また、理論的には触針振動 1 サイクルごとの DF をデータとして用いることで、前報の数百分の 1 とすることも可能である。

DF 測定実験

デジタル式 DF 測定において、触針振動の平均化回数によって、測定された DF 値のばらつきに違いがあることが予想される。ちなみに、工作機械で工作物の位置を同定するためによく用いられる接触検知法では、測定位置が $\pm 5\mu\text{m}$ 程度の範囲でばらつくので、 5 回ないし 10 回程度繰り返して測定し、その平均値をとることが行われている。

VS 法において、接触位置のばらつきは DF のばらつきとして測定される。そこで同一面に対し、同一位置まで触針を近づけた時の DF を測定し、その平均化サイクル数によってばらつきがどのように異なるかを調べた。

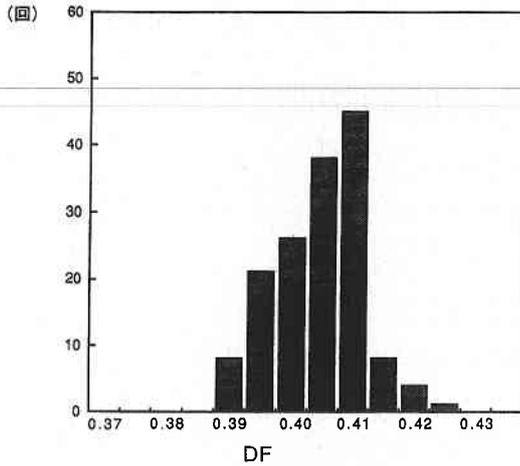
測定条件は以下のとおりである。

触針材質、形状：タングステン、 $\phi 75\mu\text{m}$ (先端部 $\phi 130\mu\text{m}$)、長さ $1500\mu\text{m}$ 。

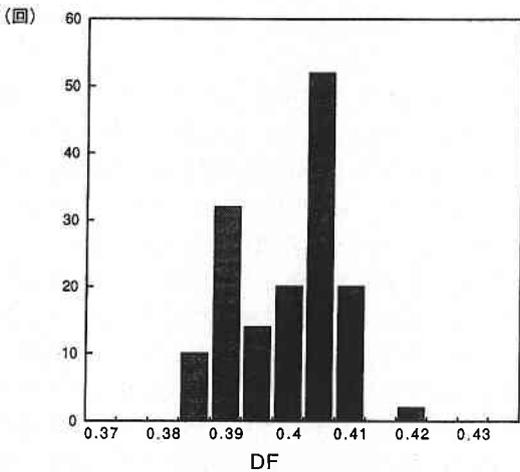
*東京大学生産技術研究所 第2部

**三菱重工業(株), 元大学院学生

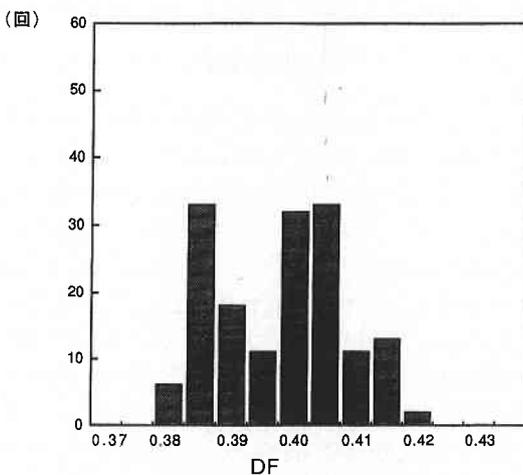
研究速報



a (平均化サイクル数=10)



b (平均化サイクル数=5)



c (平均化サイクル数=1)

図2 繰返し測定におけるDF測定値の分布

表1 DF測定値のばらつき

平均化 サイクル数 D.F.	10	5	1
平均値	0.405	0.400	0.400
分布幅	0.035	0.035	0.040
標準偏差	0.007	0.008	0.011

触針振幅：約2.5 μ m

触針振動周波数：100Hz

被測定面：ブロックゲージ面

平均化サイクル数は10, 5, 1 (平均化なし) とし、それぞれ150回の測定を行ってDFの分布を求めた。なお測定はDFがおよそ0.4となる位置で行っている。

結果を図2a~cに示す。これを数値として整理すると表1のようになり、平均化サイクル数が大きい方が標準偏差が小さくなる傾向が見られる。しかし、DFの分布幅をみると、0.035~0.040であり、変化は小さい。

位置測定実験

形状測定におけるデータのばらつきを測定するために、実測時と同様の方法で同一面の繰返し測定を行い、データのばらつきを調べた。測定手順は以下のとおりである。

- 1) DFを測定しながら触針を面に向かって接近させる。
- 2) DFが設定値になったら触針位置を記録する。
- 3) 触針を4 μ m引戻す。

以下1)~3)を繰返し、50回の位置データを取り込む。DFの設定値は0.5とし、他の測定条件はDF測定実験と同じである。

DFの平均化サイクル数が10, 5, 1の各場合についての測定結果を図3a~cに示す。数値データとして整理した結果を表2に示す。この結果からわかるように、標準偏差は平均化サイクル数が大きいほど小さくなり、平均化の効果が見られるが、ばらつき幅としては5サイクルですでに飽和の傾向が見られる。また、1サイクルでも0.07 μ mのばらつき幅であり、一般的な穴加工製品の形状測定に用いるには十分な精度が期待できることがわかった。

接触検知との比較

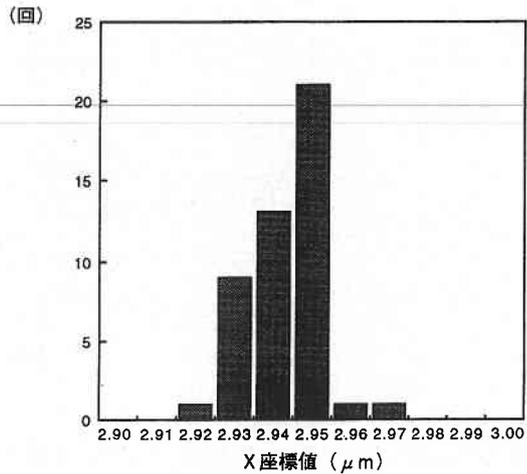
これまでの実験により、DFを平均化しなくても (DF平均化サイクル数=1) 測定結果のばらつきが0.1 μ m以下であることがわかった。そこで、サイクル数が1である点で似ている接触検知法と比較してみた。接触検知法がVS法と大きく異なるのは触針が振動していない点である。

測定手順は以下のとおりである。

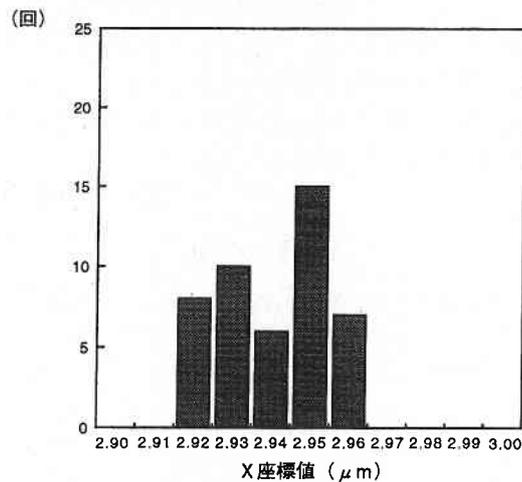
- 1) 触針を面に向かって接近させる。

表 2 座標測定値のばらつき

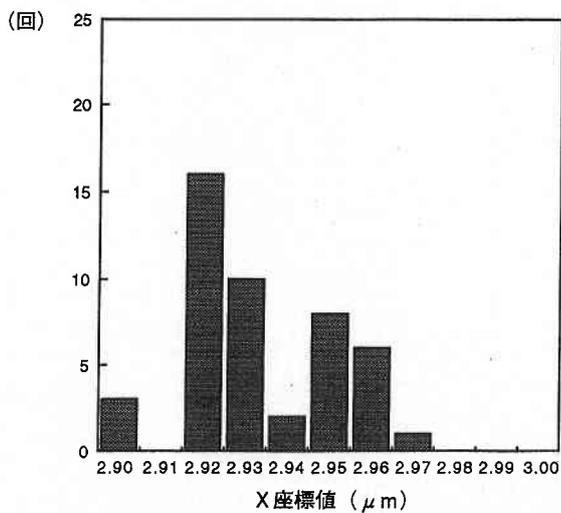
平均化 サイクル数 x 座標 (μm)	10	5	1
平均値	2.943	2.941	2.933
分布幅	0.05	0.04	0.07
標準偏差	0.010	0.014	0.018



a (平均化サイクル数=10)



b (平均化サイクル数=5)



c (平均化サイクル数=1)

図 3 繰返し測定における x 座標測定値の分布

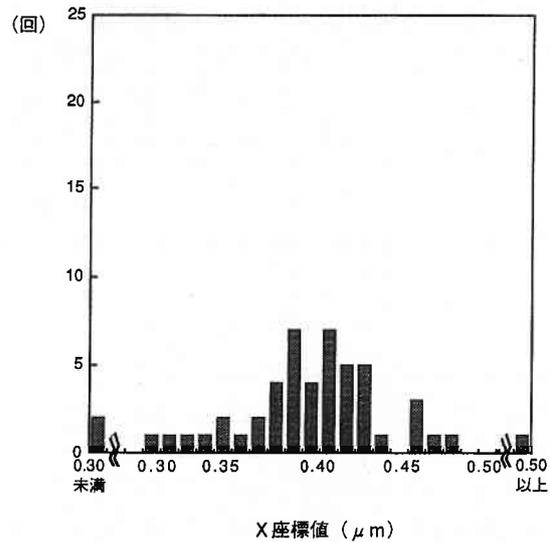


図 4 接触検知法による測定座標値のばらつき

- 2) 触針が面に接触した瞬間の触針位置を記録する。
- 3) 触針を 4 μm 引戻す。

以下 1) ~ 3) を繰り返し 50 回の位置データを取り込む。触針、被測定面は、前記各実験と同じものを用いた。

測定された座標値の分布を図 4 に示す。最大値および最小値はそれぞれ 0.58 および 0.18 であり、ばらつき幅は 0.4 μm となった。

この結果から、VS 法においては、平均化を別にしても、触針の振動によるばらつきの抑制効果が大きいことが明らかとなった。

表面形状測定試験

位置測定試験と同じ方法で表面あらさ標準片の表面形状測定を行った。DF の平均化サイクル数は 1 とし、面に沿って 2.5 μm ごとに 1 回の位置測定を行い、500 μm にわたって表面形状を求めた。標準片の表示あらさ値は 1.6 μm である。測定結果を図 5 に示す。測定点間隔があらさのピッチ 15 μm の 1/6 とやや大きいので、あらさの凹凸形状はやや崩れているが、図 6 に示す表面あらさ測定器による測定結果に近いものが得られている。本手法の当面の目的は細穴形状測定であるから、細かい凹凸に対してこの程度

研 究 速 報

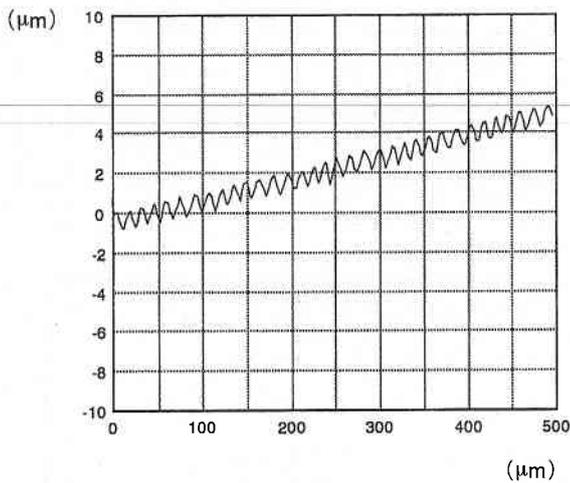


図5 表面あらさ標準片 (1.6 μm Rmax) の表面形状測定例 (VS 法, 平均化サイクル数=1)

の測定ができれば実用上十分である。

本測定に要した時間は47.1sである。DFの測定回数は合計約2000であり、20s強が測定時間、残りがxテーブルおよびzテーブルの移動時間である。同様の測定をアナログ方式(時定数1s)で行った場合の測定時間は約10分であり、デジタル化および平均化サイクル数1の採用により1/10以下に短縮できたことになる。

む す び

VS法におけるデューティサイクル測定をデジタル的に

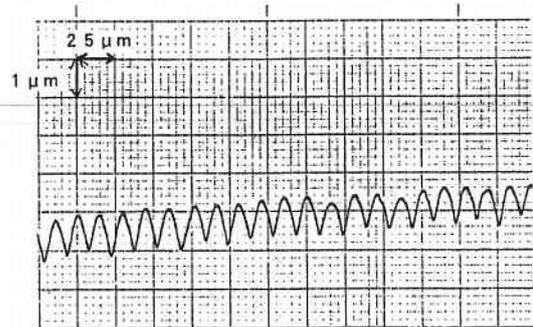


図6 表面あらさ標準片 (1.6 μm Rmax) の表面形状 (表面あらさ測定器による)

行う方法を開発した。デジタル化により、触針振動1周期でも良好なDF測定が可能であることが明らかとなり、アナログ式に比べ1/10程度の時間で形状測定を行えることが実験により確認された。今後さらに測定アルゴリズム改善による測定時間短縮を試みる予定である。

なお、装置作成に多大なご協力を頂いた日本トムソン(株)に紙面を借りて御礼申し上げます。

(1994年5月11日受理)

参 考 文 献

- 1) 増沢隆久, 濱崎幸夫, 藤野正俊; バイプロスキヤニング法による細穴内部形状測定, 生産研究, 45, 6 (1993) 374-378