

# 旋削における工具・被削材間の相対変位と表面粗さの間の伝達特性の推定について

Identification of Transfer Characteristics of the Relative Displacement Between Tool and Work to its Surface Finish in Turning

三井公之\*・佐藤寿芳\*

Kimiyuki MITUI and Hisayoshi SATO

## 1. ま え が き

機械加工時において工作機械の電動機、歯車系の振動あるいは切削力変動により機械構造、被削材等に強制振動が生ずる。機械加工の高精度化への要求が高まるにともない、この強制振動により励起される工具と被削材の間の相対変位が、表面あざさ、真円度、真直度等の加工精度に悪影響を与えることが指摘されている<sup>1)~4)</sup>

この間の関係をさらに詳しく知るため筆者らは表面粗さ、真円度等と密接な関連をもつと考えられる工具・被削材間の相対変位ならびに表面粗さ曲線を解析し、旋盤構造の固有振動数成分、被削材・主軸系固有振動数成分等が表面粗さに影響を及ぼすことを明らかにし報告している<sup>5),6)</sup>。しかし相対変位と表面粗さ曲線を別個に測定しているため、両波形の振幅、位相の対応関係を知るまでにはいたっていない。

相対変位と表面粗さの関連を調べることに、佐田らは旋削加工中において、油圧加振器により一定振幅の振動を工具に加え、その結果形成された表面粗さ曲線と相対変位の振幅を比較することを試みている<sup>3)</sup>。しかしこの試みにおいても相対変位と表面粗さを別個に測定していることから、両波形の振幅を厳密に対応づけるには至っていない。

このため本研究では工具・被削材間相対変位と表面粗さの関連を定量的に評価することを目的とし、旋削加工中に電気油圧加振器によりバイトを不規則に加振しながら、相対変位と円周方向表面粗さを同時に測定し、得られた信号をスペクトル法により解析した結果について述べる。

## 2. 白色雑音による工具加振切削実験

実験装置としては、

旋盤：大隈実用高速旋盤 LS 450×500

データレコーダ：TEAC R-70

変位計：BENTLY NEVADA 微小変位計

使用工具：スローアウェイ工具 TX 20, SNPR 431  
バイトホルダー E 11 R-13

ミニコンピュータ：実時間フーリエ解析装置  
(YHP 5451 A)

表面粗さ計：レーザ光点変位式表面粗さ計

油圧加振器：PLANET ELECTRO-HYDRAULIC  
EXCITER MARK II

白色雑音発生器：NF回路設計ブロック WG 711  
等を用いている。

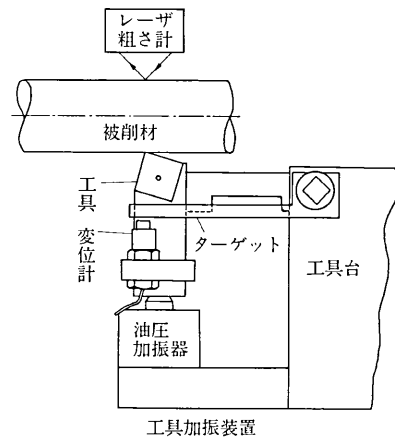


図 1

実験は図 1 に示す装置の構成で行なった。加振バイトの支持系の固有振動数は 980 Hz、白色雑音発生器の帯域は 0 ~ 1 KHz である。この際油圧加振器の加振力が 200 Hz 以上で急激に低下していること、被削材・主軸系の固有振動数が 250 Hz 以上であるため、バイトの運動により刃先を介して励振される被削材の振動振幅はバイトの振動振幅に比較してきわめて微小であることを実験的に確かめた。このことからバイトに固定した微小変位計により測定したバイトの変位を工具・被削材間相対変位と見なし得る。表面粗さはレーザ実時間粗さ計<sup>7)</sup>により被削材の半回転遅れをもって相対変位と同時に測定した。

\* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

研究速報  
測定データである相対変位及び表面粗さ曲線，ならびに  
旋盤主軸に直結したロータリエンコーダの出力パルスを  
データレコーダに記録し，記録されたロータリエンコー

ダのパルスの立ち上がりにより実時間フーリエ解析装置  
のA・D変換器を作動させ，主軸1回転当り600点のサン  
プリングを行なった。

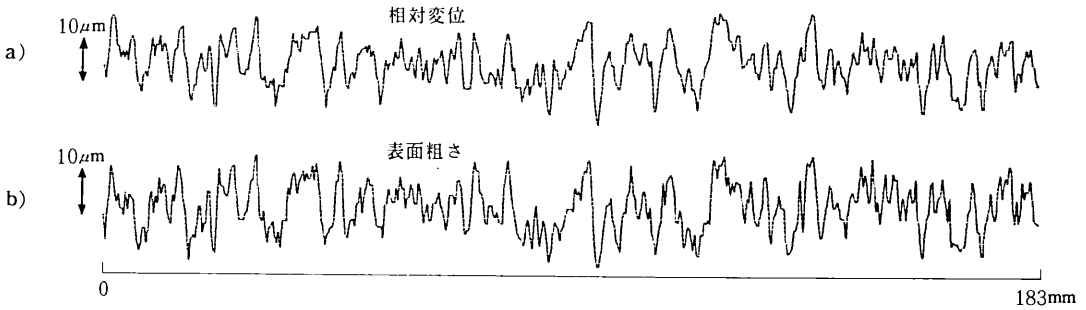


図 2

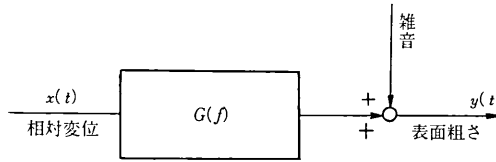


図 3

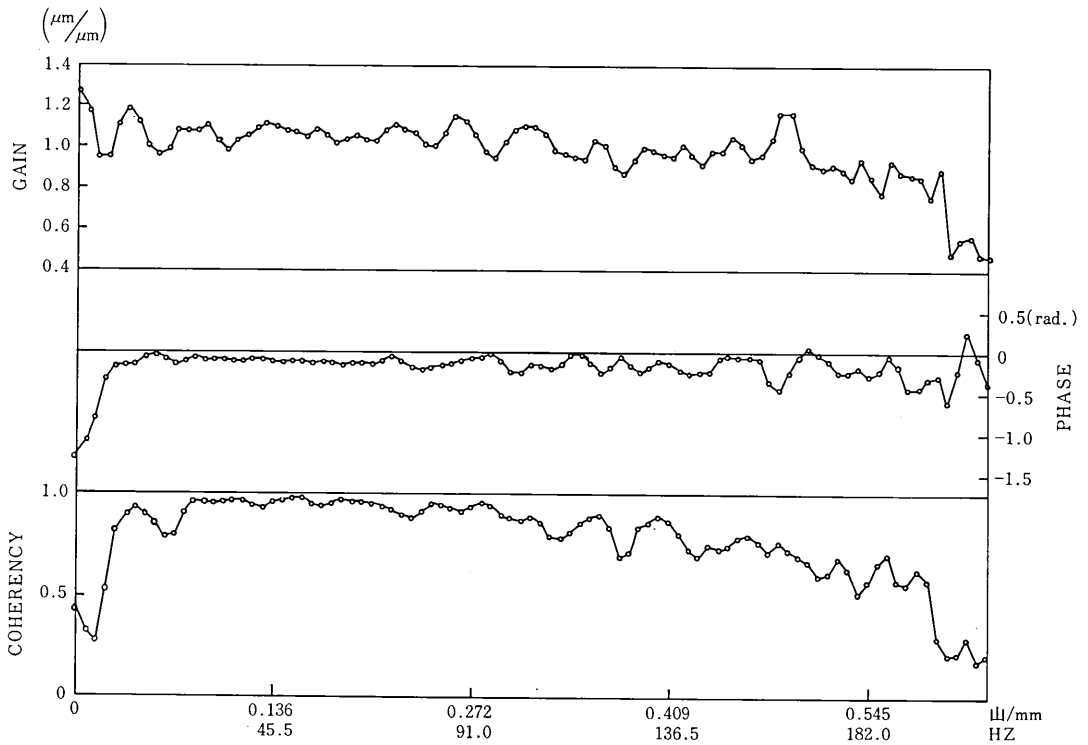


図 4

実験条件の1例は以下に示すものである。

被削材：真鍮 (72 $\phi$ ,  $l = 400$  mm)

被削材支持方法：チャックと心押台による両端支持

切削速度：20 m / 分

切込み：0.3 mm

送り：26山 / インチネジ切り送り

図2に測定結果を示す。b)に示す表面粗さ曲線はデータレコーダに記録しA・D変換された粗さ曲線を主軸の半回転に相当する分移動したもので、切削点において測定した表面粗さ曲線に相当するものである。

### 3 解析の方法及び結果

相関関数、スペクトル密度関数より周波数  $f = r/2h\Delta t$  での系の周波数応答特性及びコヒーレンシは

$$G(r) = P_{yx}(r)/P_{xx}(r) \quad (1)$$

$$r^2(r) = \frac{|P_{yx}(r)|^2}{P_{yy}(r) \cdot P_{xx}(r)} \quad (2)$$

によって求められる<sup>8)</sup>。ここで、 $\Delta t$ ：データのサンプル間隔、 $h$ ：相関関数の計算点数、 $P_{yx}(r)$ ：ウィンドウにより平滑化されたクロススペクトル密度関数、 $P_{xx}(r)$ 、 $P_{yy}(r)$ ：ウィンドウにより平滑化された入力及び出力のパワースペクトル密度関数である。

図4に図2の相対変位と表面粗さを入力、出力として計算した周波数応答特性並びにコヒーレンシを示す。なお計算に使用したデータ点数は2,048点、データのサンプル間隔は0.366mm、相関関数の計算における $h$ は200、ウィンドウはハニングを用いている。表面粗さ曲線における振動数成分のうち0.025～0.55山/mmのものについては、ゲインがほぼ1.0、位相差零であることがわかる。0.55山/mm以上ではゲイン並びにコヒーレンシが急激に低下している。これは加振装置の特性により約200Hz以上の振動数でのバイトの振動振幅が極端に小さくなり、切削に伴う表面のむしれ、傷などの影響が相対的に大なることによるとみられる。また0.025山/mm以下の振動数でコヒーレンシが低下しているのは、表面粗さ計がバイトの変位により形成される表面粗さと

主軸の軸ぶれ等被削材の回転に同期した低い振動数成分の両者を同時に測定しているため、相対変位と無相関の軸ぶれ成分等が雑音となっていることによると考えられる。このことから低い振動数範囲においては、工具の運動がそのまま表面粗さに移らず、回転精度が大きく影響することがわかる。

### 4. ま と め

本研究では油圧加振器により不規則加振されるバイトにより切削を行ない、その間に測定した相対変位ならびに表面粗さ曲線を時系列信号として取り扱うことによる、両者の間の周波数応答特性推定について述べた。

その結果 i)表面粗さ曲線における振動数成分のうち0.025～0.55山/mm (バイトの振動数に換算して8.3～183Hz)のものについては、ほぼゲイン1.0、位相差零で工具の運動が表面に移ること、ii)0.025山/mm以下の振動数成分に関しては、工具の運動がそのまま表面粗さに移らず、被削材の軸ぶれ等の影響を受けることを確認した。なお、本実験においては被削材として真鍮を用いた。鋼を被削材とした実験では構成刃先等の影響が予想されるが、これについては目下実験中である。

終りに、本研究に関し協力された佐藤研究室西田公至助手、駒崎正洋、大堀真敬両技官に感謝する。

(1976年9月8日受理)

### 参 考 文 献

- (1) PETERS, J., Proc. Int. Res. Rrod. Eng. Conf., ASME, (1963), 486.
- (2) H. Sato and N. H. Cook, Material Proc., Dept. of Mech. Eng., MIT, (1967-7)
- (3) 佐田, ほか2名, 工作機械の剛性および切削性能の向上に関する研究分科会研究成果報告書, 機械学会, (昭49-2), 225.
- (4) 安井, ほか3名, 工作機械の剛性および切削性能の向上に関する研究分科会G-1資料, 機械学会 (昭48-3)
- (5) 佐藤, ほか2名, 生産研究, 27-7 (昭50) 280.
- (6) 三井, 佐藤, 機講論, No 760-17 (昭51) 62.
- (7) 三井, 佐藤, 生産研究, 27-4, (昭50) 17.
- (8) たとえば, 宮川, 佐藤, 茅: 不規則信号と動特性推定, コロナ社 (1969)