

# 旋削中の被削材の振動と

## 仕上面のうねりについて

門 脇 義 次 後 藤 美 千 男

### 1 緒 言

切削において、被削材と刃物との相対振動は仕上面を劣化する。これは、振動により切込ミが変動し、切残しを生ずるためである(1)。

この様な劣化の程度は仕上面のあらさと、うねりによつて表わされ、仕上面あらさにはびびり振動などの高サイクル振動が影響すると考えられている(2)。一方、旋削における、加工後の軸直角断面での被削材形状は、各種の多角形と見なし得ることが知られており(3)、これは仕上面のうねりに相当し、低サイクル振動によるものであることは明らかである。

この様な切削中の振動は被削材と刃物のいづれにも生ずるが、振巾に注目する場合には、その支持の状態から、前者がより重要であると考えられる。

著者等は旋削中の被削材の振動がどの程度旋削後の断面形状に影響するかについて、低サイクルの振巾に注目して調べ、一応の成果を得たので報告する。

### 2 実験方法

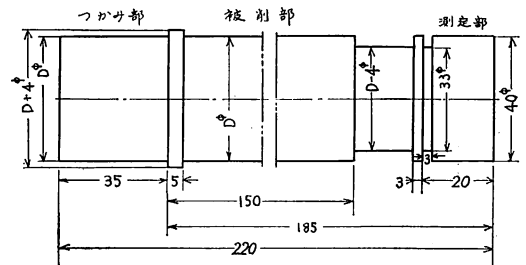
2.1. 切削方法ならびに切削条件 本実験ではチャック作業による外丸削りを行った。この際の設定ならびに切削条件を第1表に示す。

第1表 切削設備と切削条件

旋 盤	ジャパンカズヌーブ	300 HB-X
刃 物	真剣バイト SKH4, シャンク 19°	
	角度 0, 20, 7, 5, 45, 43	
チャック	三ツヅメスクロール	
切削速度	約20m/min	
送 り	0.3mm/rev	
切込ミ	1.0mm, 1.3mm, 17mm	

2.2. 被削材 市販のSS41を用い、端部には旋削中の振動測定のための測定部を設けた。この測定部は慎重な仕上げによって直径法による真円度を $2\mu$ 以内とした。

又、測定部の近くにカラーを設け、これに突起をつけて電極と短絡させ、一回転を正確に記録する様にした。一方、他端のつかみ部は被削材と同一直径とし、送り方向の移動を防止するためにカラーを設けている。なお被削材の形状ならびに諸寸法を第1図に示す。



No.	1	2	3
D	30	39	50.7

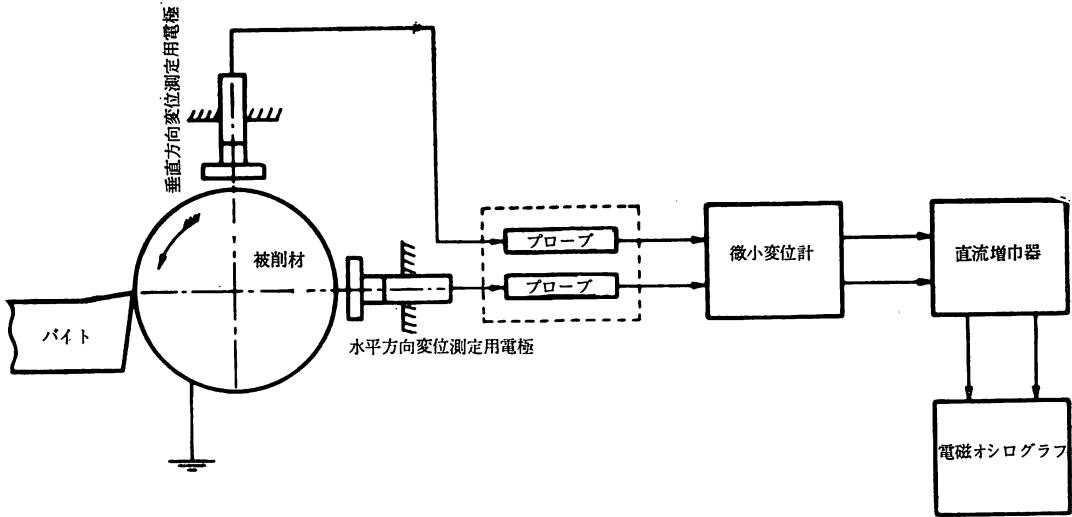
第1図 被 削 材

2.3. 被削材の振動測定 静電容量による振動測定装置(4)を用い、旋削中の、軸直角断面での水平方向ならびに垂直方向の振動を記録した。この際の使用機器を第2表に、又、ブロック線図を第2図に示す。第2図において、電極は心押台に強固に取付けてあり、ベットの振動の影響を受けない。

第2表 振動測定機器

静電容量形微小変位計	岩崎通信機	MD-31
同上用プローブ	〃	MDG-648
直流増巾器	〃	DAP-1
電磁オシログラフ	横河電機	EMO-62
同上用振動子	〃	G-1000A F

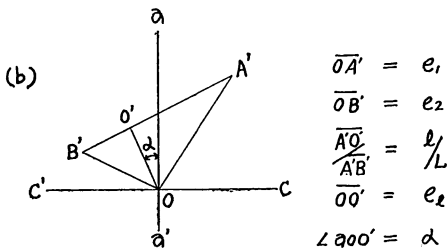
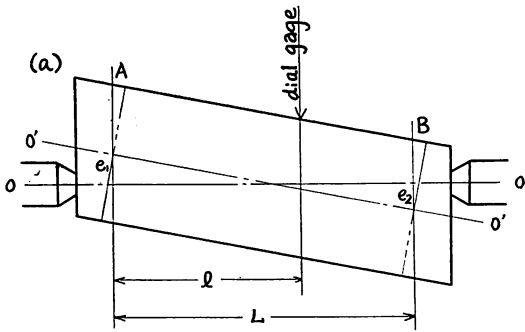
2.4. 旋削後の断面形状測定 偏心検査器によって、旋削後の断面形状を測定した。この方法について、第3図及び、第4図に示す。すなわち、第3図(a)において、直線O Oは偏心検査器の中心線であり、直線O' O'は旋削時



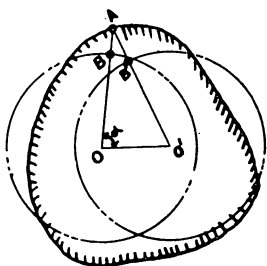
第2図 切削中の振動測定法

の被削材の回転中心線である。ここでA及びBは振動測

定の後高精度に仕上げた部分であって、その中心は切削中の回転中心に一致すると見なしてよい。なおA及びBの被削材上の位置は測定部の一部、ならびに、つかみ部に近い被削部の一部である。次に第3図(b)において、Aにおける偏心  $e_A = \overline{OA}$ 、Bにおける偏心  $e_B = \overline{OB}$ 、とすれば、Aからの距離  $l$  における偏心  $e_l$  は  $\overline{OO'}$  によって与えられる。又基準の直線  $Oa$  からの傾き、 $\alpha$  についても、 $\overline{OA}$ 、 $\overline{BO}$ 、の傾きを知ることによって図的に求められ、 $e_l$  及び、 $\alpha$  により、断面の  $O$  を中心とするダイヤルゲージの読み、 $r$  から、 $O'$  を中心とする読み  $r'$  が近似的に求められる。すなわち第4図によれば、



第3図 旋削後の断面形状の測定法 (I)



第4図 旋削後の断面形状の測定法 (II)

$\triangle AOO'$ 、において、

$$\overline{AB} = r, \overline{AB'} = r', \overline{OO'} = e,$$

$$\overline{OB} = \overline{OB'} = R, \text{ とする。}$$

$$r' + R = \sqrt{(r+R)^2 + e^2 - 2e(r+R)\cos\alpha}$$

$$= (r+R) \sqrt{1 + \left(\frac{e}{r+R}\right)^2 - \frac{e\cos\alpha}{r+R}}$$

$\frac{e}{r+R}$  はきわめて小さいとして、

$$r' + R \approx (r+R) \left\{ 1 + \frac{e^2}{2(r+R)^2} - \frac{e\cos\alpha}{r+R} \right\}$$

$$= r+R + \frac{e^2}{2(r+R)} - e\cos\alpha$$

$\frac{e^2}{2(r+R)}$  を無視すれば

$$r' \approx r - e\cos\alpha$$

なお、 $e_A$  及び  $e_B$  の小さいほど誤差が小さくなることは明らかである。

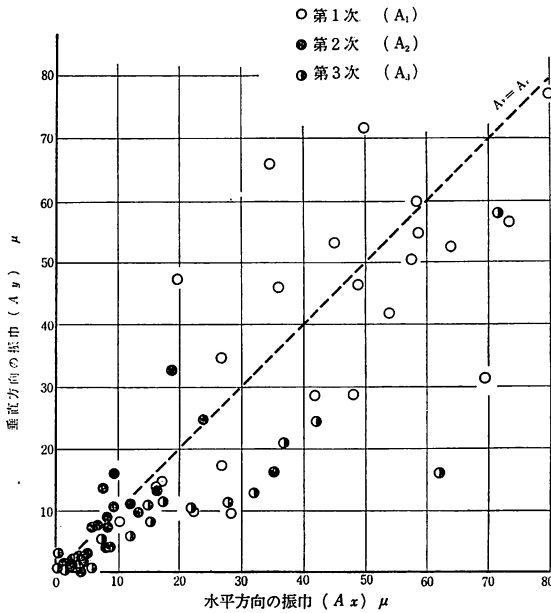
### 3 実験結果

3.1. フーリエ解析 実験によって得られた旋削中の軸直角断面での水平方向ならびに垂直方向の変位はどれも被削材一回転を周期とする周期振動であり、24等分法<sup>(5)</sup>によりフーリエ解析を行った。すなわち、

$$f(\theta) = A_0 + A_1 \cos(\theta + \varphi) + A_2 \cos(\theta + \varphi_2) + \dots + A_{11} \cos(11\theta + \varphi_{11}) + A_{12} \cos 12\theta$$

によって表わされる。一方、旋削後の断面形状についても、一円周を周期とする周期函数と見なし、同様にフーリエ解析を行った。

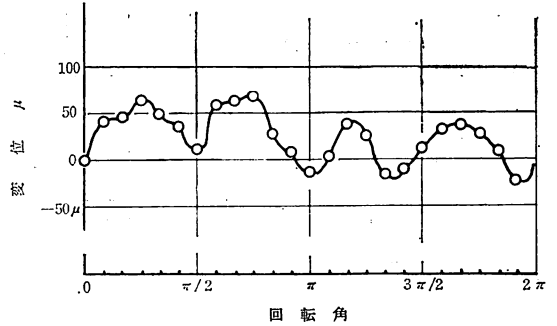
3.2. 実験結果と考察 3.2.1. 旋削中の水平方向の振動、及び垂直方向の振動による振巾の関係 フーリエ解析の結果について振巾を比較したものが第5図である。



破線は両振巾の等しい場合 ( $A_y = A_x$ ) を示す。  
第5図 切削中の振動における水平方向と垂直方向の振巾の関係。

$A_0$ については、断面形状に直接影響しないためにこれを省略するが、 $A_1$ については、被削材を取付ける際の偏心ないし、旋削の初期に生じた偏心によると考えられる。しかしバイトによる拘束ならびに、切削力の変動によって、水平方向の  $A_1$  と垂直方向の  $A_1$  とは一致しない。又、 $A_2$  は比較的小さい。

$A_3$  は水平方向のものが常に大であって、このことは、バイトによる拘束が重大な影響を及ぼし、しかも三ツツメチャックを用いたことを考慮すれば、チャックの爪との位置関係によって定まる剛性の相違が原因であると考えられる。比較のため、四ツツメチャックの場合の水平

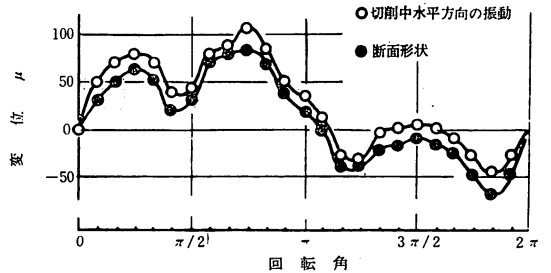


切削速度 20m/min  
切込ミ 1.7mm  
被削物直径 39mm  
送り 0.3mm/rev  
突出シ 150mm

第6図 切削中の水平方向の振動による周期函数の一周期 (四ツツメチャックの場合)

方向の振動測定例を第6図に示す。 $A_4$  以上の振巾は  $A_1 \sim A_3$  に比較して小さいので結果の記載を省略するが、一般に高次となるほど小さく表われている。

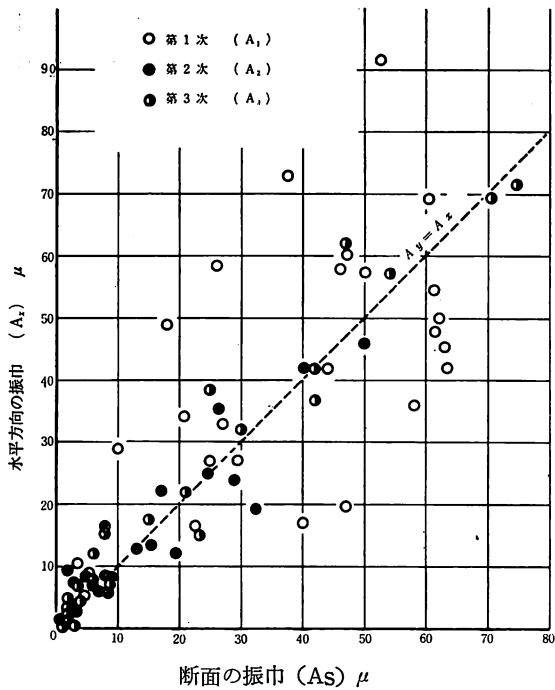
3.2.2. 旋削中の水平方向振動による振巾と旋削後の断面形状による振巾との関係 旋削中の被削材の振動によって、切残しを生ずるが、この切残しの大きさは、ほとんど、水平方向の振動によって定まると考えられる。従って、旋削中の水平方向の変位による波形と切削後の被削材外周上の波形とは類似しているはずである。この関係の明らかな、測定結果の一例を第7図に示す。しかし、一般には第7図ほど類似して居らず、振巾を比較す



切削速度 20m/min  
切込ミ 1.0mm  
被削物直径 50.7mm  
送り 3.0mm/rev  
突出シ 150mm

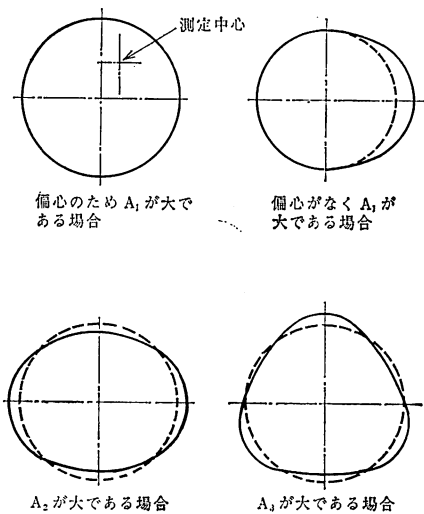
第7図 切削中水平方向の振動と断面形状による周期函数の一例 (一周期)

ると第8図に示す様になる。第8図によれば、 $A_1$  には



破線は両振巾の等しい場合 ( $A_x = A_s$ ) を示す。

第8図 旋削後の断面による振巾と切削中の水平方向振動による振巾との関係



第9図 断面形状による振巾と断面との関係の模型

明らかな相関を認めることはできないが、その値は一般に大きい。しかし、断面測定中の偏心が大きい場合に

は、断面における真円度が小さくとも、この値は大きくなると考えられる。断面形状の測定によって得られる波形において、 $A_1$ の大きい理由として、第9図(a), (b)の二つの場合が考えられる。これらのいずれが主な理由であるかを知るためには、 $A_2$ が小さいことを確かめて後、同一断面での、直径法による真円度を考える必要がある。 $A_2$ が小さいことを確かめる理由は、 $A_3$ に比較して、 $A_2$ の真円度に及ぼす影響が大きいためであり、これは第9図(b), (c)によって明らかである。以上の断面測定の際の偏心による誤差は  $A_2$  以上の振巾には生じない。

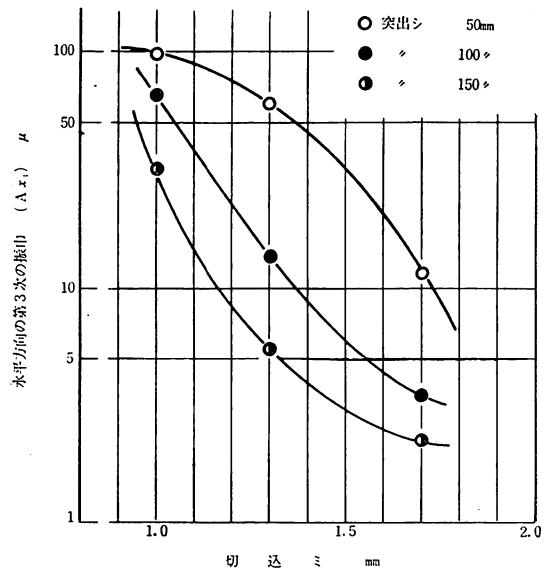
$A_2$ は $A_1$ ならびに $A_3$ に比較して小さく、かつ水平方向の振動におけるものと、断面形状によるものとはほぼ等しい。

$A_3$ は $A_2$ と同様に切削中の水平方向の振動によるものと断面形状によるものとはほぼ等しいが、その値は比較的大きい。従って、断面形状は第9図(d)に近いものとなる。

$A_4$ 以上の振巾はどれも小さく、記載を省略するが、被削材の外周上で、仕上面あらさを形成していると考えられ、従って切削機構の影響が大きいと考えられる。

3.2.3. 切削中の振動による振巾と切削条件との関係

実験によって得られたいづれの周期函数においても  $A_3$ は切削条件によって明らかに差を生ずるが、 $A_3$ 以外はこの様な差を認めがたい。第10図に、水平方向の振動による  $A_3$ と、切削条件との関係を示す。垂直方向の振



第10図 切込ミと切削中の水平方向の振動による第三次の振巾との関係

動，ならびに断面形状における  $A_s$  と切削条件との関係は第5図，第8図，を参照すれば，ほぼ同様の傾向を示すことは明らかである。

### 3 結 言

三ツツメチャックを用いた旋削において，被削材は周期的に変位し，切削点の軸直角断面で，水平方向ならびに垂直方向の一回転を周期とする周期函数によって表わすことができる。一方，旋削後，被削材の同一断面についても，一円周を周期とする周期函数で表わした。これらの周期函数について，フーリエ解析を行い，各振巾を比較することによって次の結果を得た。

1. 第2次の振巾は第1次の振巾ならびに第3次の振巾に比べ小さい。
2. 旋削中の水平方向の第3次の振巾は垂直方向の第2次の振巾より常に大きい。
3. 旋削中の水平方向の振巾と，旋削後の被削材外周上の振巾とにおいて，第2次ならびに第3次の振巾はそれぞれほぼ等しい。

4. 旋削後の断面形状はチャックのつめの数に等しい角を持つ多角形で近似されることが多い。
5. 第3次の振巾は切込ミの増大につれ小さくなる。

最後に，本実験に終始協力を載いた本校実習系の諸氏ならびに，当時学生，八柳博，平田隆太郎，宮野則文，鈴木浩司の諸君に深く感謝致します。

### 文 献

- (1) 杉本隆尚 機械学会論文集 28—190
- (2) 例えば  
土井静雄 新版工作機械の振動 誠文堂新光社
- (3) J. Peklenik & J.R. Cartner Int.  
J. Mach tool Des Res 7—4, 303
- (4) 後藤佳昭 機械学会誌 66—536, 1171  
著者等 秋田高専研究紀要第4号
- (5) 谷口 修 振動工学 コロナ社
- (6) 井上友一 エンジニヤ 1962.6