

旋削時自励振動における位相おくれと振動痕について

Phase Lag and Chatter Marks in Self-Excited Vibration of Turning

金子 亨*・佐藤 壽芳*・谷 泰弘*・大堀 真敬*

To-ru KANEKO, Hisayoshi SATO, Yasuhiro TANI and Masanori O-HORI

1. ま え が き

旋削時に生ずる自励振動において、被削面に残される“びびりマーク”，振動痕は、送り方向にむかって時計方向にねじれる特有のパターンを生じることが多く、これが振動波形を1回転ごとにみたときにできる位相おくれから直ちに創成されるものと理解されていたかにも見える。¹⁾本報告では、チャックで片持ちとした旋削で、ねじれ方向が反時計方向にもなり、送り方向に刻々変化するパターンとなる²⁾ことを確認する一方、これを2次元粗さ測定³⁾⁴⁾することにより特徴を把握した。次に1回転ごとの振動波形の位相おくれをマイクロコンピュータを用いた装置で測定し、振動痕パターンとの関連を明らかにすることを試みた。また振動痕のパターンを模擬によって創成し、パターンの変化が振動数の微小な変化によっておこりうることを確認した。

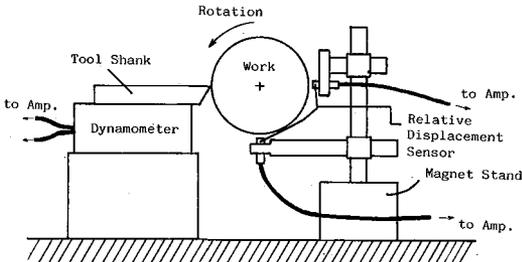


図1 旋削時自励振動測定システムの概念図

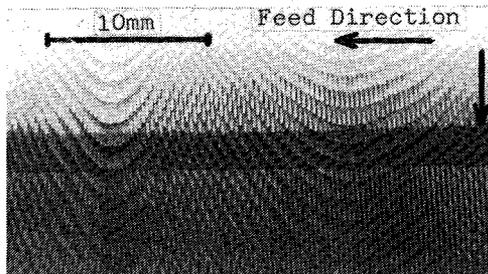


図2 被削面振動痕の例

2. 振動痕の特徴

図1は自励振動測定システムの概念図である。2方向の相対変位によって被削材の運動を求め、動力計から切削力を求めている。図2は被削面振動痕パターンの一例

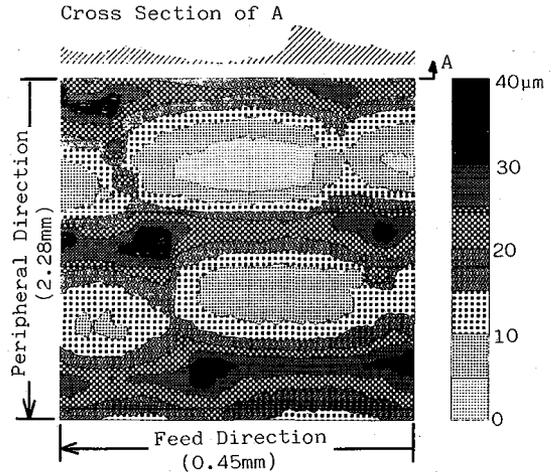


図3 反時計まわりパターンの面形状等高線

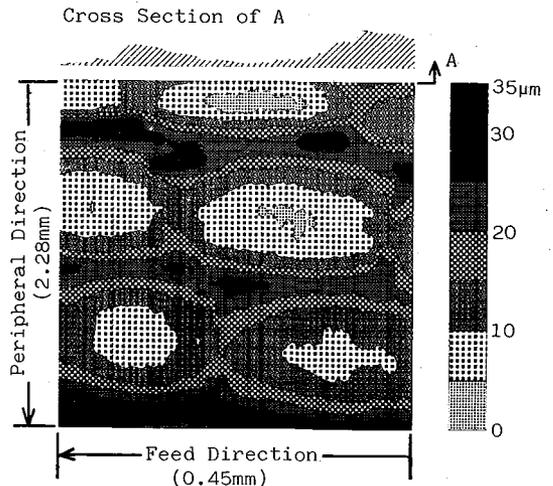


図4 時計まわりパターンの面形状等高線

* 東京大学生産技術研究所 第2部

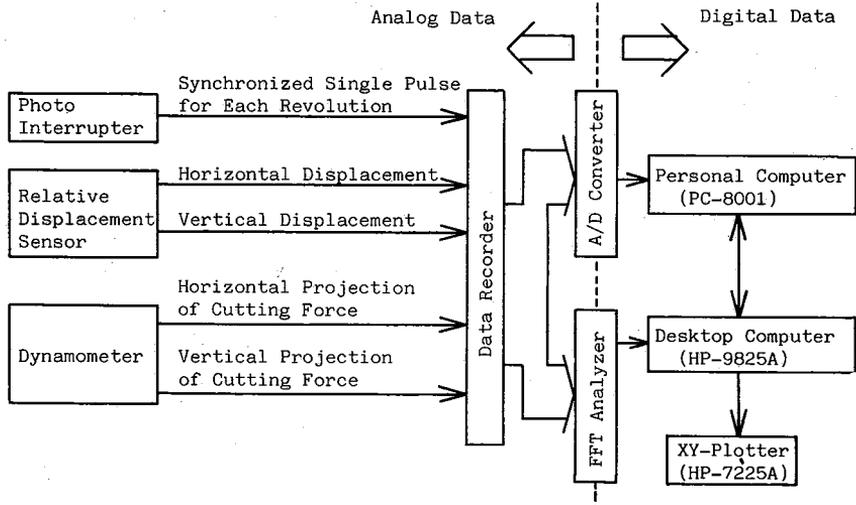


図5 1回転ごとの位相おくれ計測システムブロック図

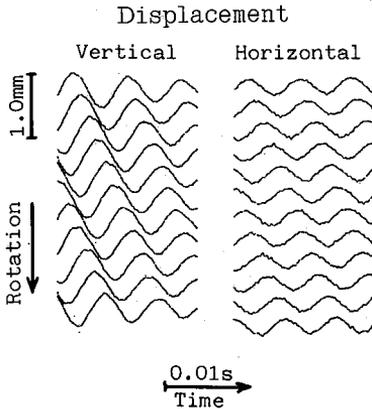


図6 1回転ごとの位相おくれ

である。右端から反時計まわり、時計まわりと順次ねじれ方向が変わるパターンとなっていることが観察される。図3、図4は反時計まわり、時計まわりに対応する部分の2次元粗さ測定の結果から等高線を求めたものであるが、それぞれ送り方向に隣りあう凹部が下方に位置する場合、上方に位置する場合で、反時計方向、時計方向にねじれることと対応している。

3. 位相おくれの測定

図5は位相おくれ計測のブロック線図である。相対変位計、動力計の出力を主軸1回転ごとに一定位置でパルスが発生させるフォトインタラプタの出力とともにデータレコーダに記録した後、各信号をAD変換し、フォトインタラプタの出力パルスを起点として一定長のデータ

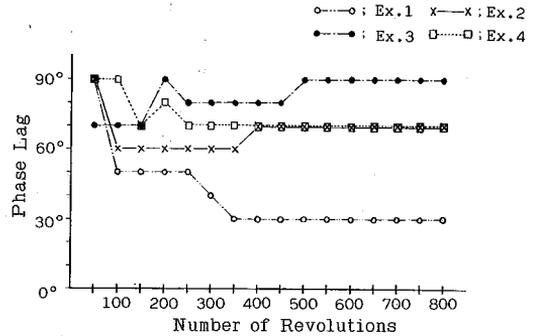


図7 位相おくれ量の時間的变化

使用工具(東芝タングロイ製)

シャンク: PSDNN2525(横切刃角45°、すくい角6°)

チップ: SNMR431C(ノーズ半径0.4mm)

被削材: 黄銅(突き出し300mm)

切削条件: (主軸回転数600rpm)

以上各実験共通

実験	I	II	III	IV
直径(mm)	43.2	53.7	53.3	53.4
切込み(mm)	1.5	1.5	1.5	0.15
送り(mm/rev)	0.05	0.05	0.15	0.05

をマイクロコンピュータ(NEC製, PC8001)に記憶させるようにした。図6はこの結果のうち振動変位について卓上計算機(HP-9825A)に転送した後XYプロッタにかかせた例である。1回転ごとに一樣に位相おくれの生じていることがよく観察できる。

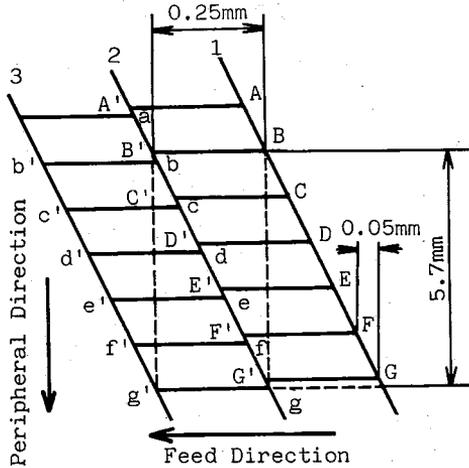


図8 振動痕パターンと位相おくれ関係の説明

図7は発振後の比較的初期の段階の位相おくれについて、図6と同様な図をかかせた後により、図としたものである。実験の条件は表1によっている。現在のところ切削条件と位相おくれの関係を系統的に調べるには至っていないが、発振直後に位相おくれ量の変動があった後、振動が持続する状態となると各場合とも一定量となっていることがみられる。この一定量が図7に示される各値に安定に維持されている理由は当面明らかではないが、測定結果としては少なくとも 30° ないし 90° の間で変化しうることを示した。

4. 振動痕パターンと位相おくれの関係

図3の等高線をもとに特徴となる稜線を抽出して図としたものが図8である。このパターンの創成は工具が静止しているとすれば、被削材の回転に対応してこの面が下方に移動することによってできあがっている。送りはFG間の水平長さにあっており、AGの傾きは1回転後に創成される振動の痕跡と送りによって与えられる。同一回転上で振動の軌跡をたどると、 $ff'g'g$ の痕跡が創成された後には、 gg' に垂線をたてたとき1, 2に交わる BB' に次の痕跡が創成され、 gB は被削材の径、回転数、自励振動の振動数から決まる自励振動の波長に対応することとなる。

$ff'g'g$ が創成された後、被削材が1回転してきて創成される振動痕は $ee'f'f$ である。一方図6にみた位相おくれは、当該回転での振動波形と1回転後の振動波形の間の位相関係を、たとえば gg' の線でみたものであり、反時計まわりのねじれのパターンを与える g が G' より下にあることは無関係であることがわかる。しかし、切削条件が同一であるとして、自励振動の振動数に

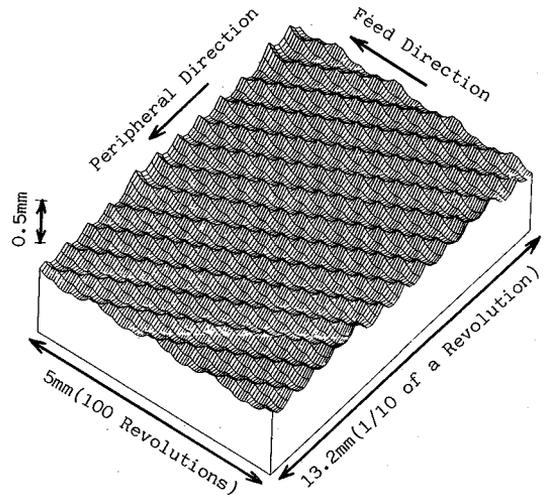


図9 被削面振動痕の創成 ($f_s=198.40$ Hz)

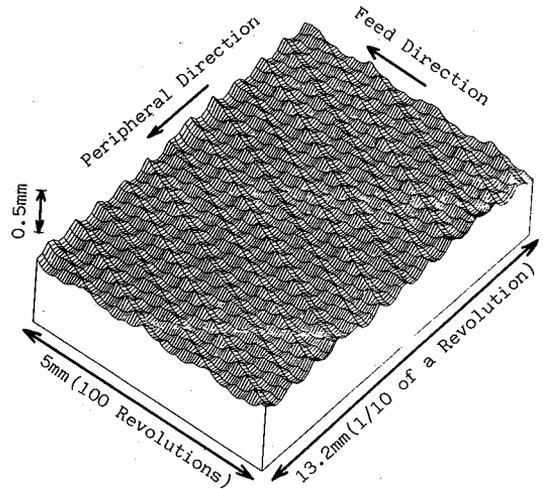


図10 被削面振動痕の創成 ($f_s=198.27$ Hz)

僅かの変化があれば、位相おくれには変化が生じないまま、 g, G' の相互の関係は容易に変化し、 g が G' より上になる時計まわりのねじれのパターンにも変化することがわかる。

$bb'c'c$ の創成過程では、 gg' から dd' までを通過する工具の影響を受けることになり、実際にどれまでの工具経路の影響が残っているかは詳細な検討を要するとしても、多重再生効果⁵⁾のおこる状況にあることが理解される。

図3, 図4の部分に正確に対応した振動数は測定できていないが、これらの部分を含んで振動が持続している中で、デジタル発振器、シンクロスコープを用いて振動数を測定した結果、送りにしたが、210.2 Hz ないし

研 究 速 報

209.5 Hz の間の微小な変化をしていることを確かめ得た。この変化は、被削材がチャックのみで保持され、工具が被削材に接しながら移動していることに対応しているとみられる。

5. 被削面形状の創成

被削面振動痕が振動数の変化によってどのように変わるかを検討するため、

- 1) 背分力方向の振動成分に限って考える。
- 2) 振動波形は正弦波とする。
- 3) 被削材の中心に最も近い点を連ねて被削面形状とする。

と簡単化して被削面形状を求めることを試みた。切削条件としては、回転数 600 rpm, 送り 0.05 mm/rev, 切りこみ 1.5 mm, 被削材直径 42 mm, 工具ノーズ半径 0.4 mm 横きれ刃角 45°, 振動数 198 Hz 等をすでにおこなった実験をもとに想定した。

図 9, 図 10 は振動痕パターンを求めた結果であるが振動数を 198.40, 198.27 Hz と 0.13 Hz 変化させた結果、反時計まわりから時計まわりのねじれのパターンに変化することを示している。1 回転ごとの位相おくれは、それぞれ 57.6°, 62.3° であり、図 6 のような観点の測定精度としては一定とみなしうるものである。

6. ま と め

旋削時に発生する自励振動によって被削材に残される振動痕について、そのパターンの特徴を 2 次元表面粗さ測定にもとづいて記述できることを示し、被削材 1 回転にたいして生ずる振動の位相おくれ、振動数との関係を

明らかにした。結論は以下のように要約される。

- 1) 被削材 1 回転ごとに対応する自励振動の位相おくれを実測し、これが切削条件によって 30° ないし 90° に広がること、振動持続状態では一定となることを明らかにした。
- 2) 心押台側からみて送り方向に時計まわり、反時計まわりにねじれるパターンの特徴を 2 次元表面粗さ測定による等高線表示から把握できることを示した。
- 3) 2) に示したパターンの変化は、振動数の微小な変化によって生ずるものであり、みかけの変化に対応するような大きな位相おくれ量の変化によるものではないことを明らかにした。
- 4) 振動痕の創成を模擬し、この面からもパターンの変化が振動数の微小な変化によって生ずることを明らかにした。

研究の遂行、とりまとめに、本所 尾高広昭技官、鈴木英佐子事務官の助力をえたことを記し感謝する。

(1982 年 11 月 30 日受理)

7. 参 考 文 献

- 1) 星：びびり現象，工業調査会，昭 52，34
- 2) T.P. Tai ほか 3 名：A New Concept of Cutting Mark Formation in Metal Cutting Vibration, Proc. 20th MTDR, 1980, 449~456
- 3) 内田ほか 2 名：光切断法による 2 次元表面粗さ計測に関する研究，機論 46-407, 昭 55-7, 771-779
- 4) 佐藤，大堀：2 次元表面あらさの特性表示法に関する研究，機論 C 48-426, 昭 57-2, 188-195
- 5) 近藤，ほか 2 名：多重再生効果を考えた自励振動の挙動について，機論 46-409, 昭 55-9, 1024-1032