

## 工作物支持力が工作物の振れ回りと真円度に及ぼす影響について Influence of Supporting Force of the Workpiece on Roundness by means of Turning

○金徳宇<sup>1</sup>, 内田元<sup>2</sup>, 李和樹<sup>2</sup>, 山田高三<sup>2</sup>, 三浦浩一<sup>3</sup>\*Tokuu Kin<sup>1</sup>, Gen Uchida<sup>2</sup>, Hwa-Soo Lee<sup>2</sup>, Takazo Yamada<sup>2</sup>, Kohichi Miura<sup>3</sup>

In turning operation, supporting force of the tailstock may affect the workpiece. In this study, in order to obtain a workpiece shape depending on the supporting force of the tailstock in on-machine condition, three points method is used. From this method, the workpiece shape can be measured separate to a radial runout of the main spindle. From results, it is known that the influence of the supporting force of the tailstock varies depending on the processing position of the workpiece.

### 1. 緒言

旋盤や研削盤で円筒状の工作物を加工するとき、主軸のチャックなどに工作物を取り付けて加工する。この際、工作物が主軸方向に長く、自重などでたわむ場合は、心押台で工作物を支えることで、工作物の長手方向の加工を安定させることができる<sup>1)</sup>。しかし、工作物を支える支持力の違いが、加工精度に影響を及ぼすことが考えられる。心押台の支持力の影響で工作物の形状がどのような変化をするかがわかれば、適切な工作物の加工方法を提案することができる。

本研究では、汎用旋盤を用いた旋削加工において、心押台の支持力を変えて加工した。そして、三点法<sup>2)</sup>を用いて工作物形状を測定することで、心押台の支持力が工作物形状に与える影響を定量的に評価した。

### 2. 三点法

三点法とは、3つのセンサから工作物形状および主軸ラジアル振れを求める方法である。図1に三点法の概略図を示す。3つのセンサA、B、Cを用い、それぞれの中心線の交点を点Oとする。また、センサAとB、センサAとCがなす角をそれぞれ $\phi$ 、 $\tau$ とする。点Oを通る直行座標系X-Yを設定し、X軸からの任意の角を $\theta$ とする。このときのセンサA、B、Cから得たデータから方程式を導き、それを解くことで、工作物形状やX、Y方向の主軸ラジアル振れを算出することができる<sup>2)</sup>。

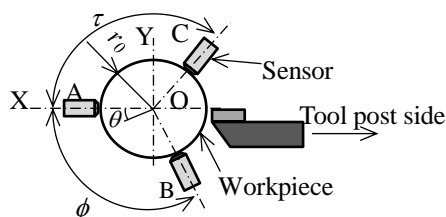


Figure 1. Schematic drawing of three points

工作物形状  $r(\theta)$  は次式により表される。

$$r(\theta) = r_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k\theta + B_k \sin k\theta) \quad (1)$$

なお、 $r_0$  は工作物平均半径、 $A_k$ 、 $B_k$  は工作物形状  $r(\theta)$  のフーリエ級数を示す。また、各変位計のセンサ A、B、C と工作物間の距離  $S_A$ 、 $S_B$ 、 $S_C$  は次式のようになる。

$$S_A(\theta) = R_A - r(\theta) - x(\theta) \quad (2)$$

$$S_B(\theta) = R_B - r(\theta - \phi) - x(\theta)\cos\phi + y(\theta)\sin\phi \quad (3)$$

$$S_C(\theta) = R_C - r(\theta + \tau) - x(\theta)\cos\tau - y(\theta)\sin\tau \quad (4)$$

なお、 $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$  は点 O とセンサ A、B、C の距離、 $x(\theta)$ 、 $y(\theta)$  はそれぞれ各軸方向のラジアル振れを示す。そして、式(2)~(4)を連立することで、X軸およびY軸のラジアル振れ  $x(\theta)$ 、 $y(\theta)$  を算出することができる。

$$x(\theta) = -r(\theta) - S_A(\theta) \quad (5)$$

$$y(\theta) = \left[ \{S_B(\theta) + r(\theta - \phi)\} \cos\tau - \{S_C(\theta) + r(\theta + \phi)\} \cos\phi \right] / \sin(\phi + \tau) \quad (6)$$

### 3. 実験方法

心押台の支持力と工作物形状の関係を明らかにするため、心押台の支持力を変化させ、旋盤で工作物を旋削した。図2に実験の概略図を示す。心押台の支持力は、工作物に取り付けた力センサを用いて設定した。旋削後、三点法測定装置を用いて測定した。実験は主軸方向の支持力が 1kN、5.5kN、7.0kN の3通りについて行った。工作物には S45C ( $\phi 48-269$ mm)、切削領域長さ 155mm の丸棒を用いた。切込量 0.05mm、主軸回転数 1030rev/min、送り速度 0.13mm/rev、切削速度 158m/min、ノーズ半径 0.8mm、アプローチ角 -1deg とした。三点法測定装置のセンサには静電容量型変位センサを用いた。測定位置は、図中の①~④の計4か所とした。三点法による測定は1か所につき10周分測定し、その平均値を用いた。また、三点法の測定結果を確認するために、同位置の工作物形状を真円度測定機

で測定した。

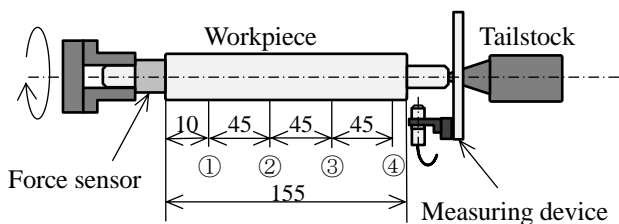


Figure 2.Measuring points of three points method

4. 三点法と真円度測定機による測定結果比較

三点法と真円度測定機による測定結果を比較し、三点法の測定結果が信頼できるものか確認した。2つの測定方法による工作物形状の比較を図3に示す。図3より、三点法によって得られた工作物形状は、真円度測定機によって得られた工作物形状とほぼ一致していることがわかる。このことから、本実験における三点法の測定結果は信頼できるといえる。

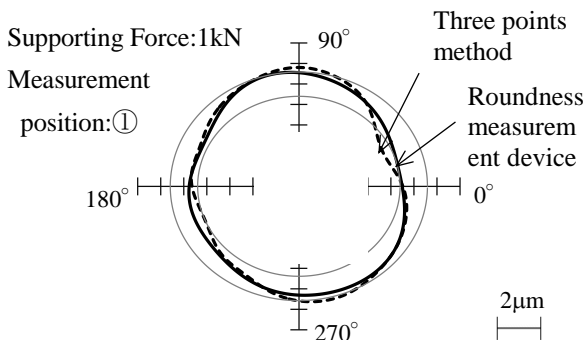


Figure 3.Comparison between measured results of three points method and roundness measurement device

5. 心押台支持力と真円度の関係

心押台支持力と三点法の測定結果から算出した真円度との関係を図4に示す。位置①と②をチャック側、位置③と④を心押台側とする。図4より、どの支持力の結果も心押台側の真円度はチャック側の真円度より悪いとわかる。これは、工作物両端の支持方法の違いが影響していると考えられる。工作物は、片側を三爪チャック、もう片側を心押台によって支持されている。この場合、三点で支持しているチャック側に比べ、一点で支持している心押台側のほうが支持剛性は低いと考えられる。また、支持力が減少すると真円度は悪くなっているとわかる。これは、加工時に生じた加工力により、工作物が偏心したためと考えられる。支持力が弱いと背分力の影響で工作物が最初に保持したセンタ位置から移動してしまい、偏心してしまうと考えら

れる。いっぽう、支持力が強い場合は背分力の影響が小さくなり、偏心しにくくなると考えられる。工作物は支持力が強いほど加工力の影響を受けにくく、加工が安定されると考えられる。

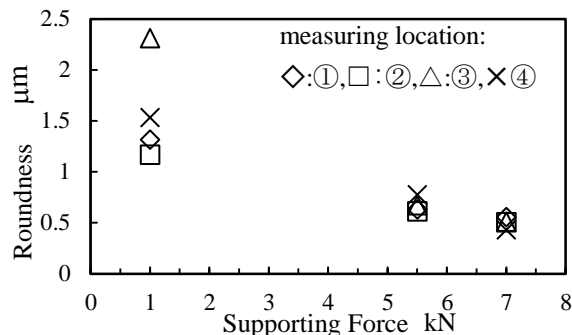


Figure 4.Relationship between roundness and supporting Force

6. 心押台支持力とラジアル振れの関係

心押台支持力と X 軸方向のラジアル振れとの関係を図5に示す。図5においても同様に支持力が増加するとラジアル振れが小さくなる。これは、図4で得られた結果と即している。すなわち、ラジアル振れが大きいと工作物の真円度の形状が悪くなり、ラジアル振れが小さいと工作物の真円度がよくなる。

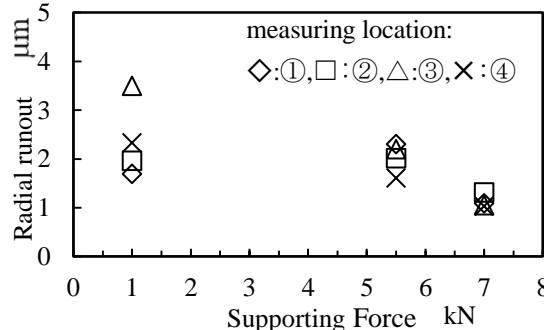


Figure 5.Relationship between radial runout and Supporting Force

7. 結 言

チャック側から心押台側に向かうにつれて、真円度が改善していくことがわかった。支持力と真円度,ラジアル振れの関係から、適切な支持力の推定ができるようになった。

8. 参考文献

[1] 清水伸二：「初歩から学ぶ工作機械」, 大河出版, (2011), 28.  
 [2] 三井公之：「精度診断技術の研究」, 日本機械学会論文誌(C編), 48, 425(1982)115.  
 [3] 中島利勝, 鳴瀧則彦：「機械加工学」, コロナ社, (1983), 5