

滑らかな送りを実現する直動転がり案内の設計のための摩擦力変動のモデル

Rolling resistance model for designing smooth linear ball guides

工作機械の案内方式として直動転がり案内が広く使用されている。工作機械の運動精度向上のためには直動転がり案内の運動精度を向上することが必要である。直動転がり案内運動精度向上には直動転がり案内の転がり摩擦力変動を抑えることが求められている。しかし、転がり摩擦力変動の小さい転動面性状を設計する指針が存在しない。

本研究では、摩擦力変動の観点から転動面性状を設計する指針を提案するため、1つの球が2転動面間を転がる場合の摩擦力変動を算出するモデル式を提案した。そのモデルにより摩擦力変動の波形、波長を再現でき、振幅を実験値の30%以下の差で推定できた。モデル式を用いて摩擦力変動を計算するには球と転動面の接触角、予圧が必要であり、転動面性状から接触角、予圧変動を算出するシミュレーションを構築した。以上により、転動面性状から球の転がり摩擦力変動を推定するシミュレーション手法を提案した。本シミュレーションは球と転動面の接触幅以下の波長の摩擦力変動は推定できなかった。一方で、摩擦力変動が位置偏差変動に大きな影響を与える0.15~0.2 mm以上の波長の摩擦力変動を実験値の40%以下の差で推定できることが分かった。

本シミュレーションを実際の直動転がり案内に適用するために、案内の全体の摩擦力と、案内に含まれる1つの球の摩擦力との関係を調査した。結果、案内の全体の摩擦力は球1個1個の摩擦力の和によってあらわされることが分かった。

Linear motion rolling guide is widely used for machine tools. In order to improve the motion accuracy of machine tools, it is necessary to improve the motion accuracy of linear motion rolling guides, and in order to improve the accuracy of the linear motion rolling guide motion, it is required to suppress the fluctuation of the rolling friction force of the linear motion rolling guide. However, there is no guideline for designing rolling surface properties with small fluctuations in rolling frictional force.

In this study, a model formula for calculating the frictional force variation when one ball rolls between two rolling surfaces was proposed in order to propose a guideline for designing the rolling surface properties from the viewpoint of frictional force variation. To calculate the frictional force fluctuations using the model formula, the contact angle between the ball and the rolling surface and the preload are required, and a simulation to calculate the contact angle and the preload fluctuation from the properties of the rolling surface was constructed. Based on the above, we proposed a simulation method to estimate the rolling frictional force fluctuation of the ball from the rolling surface properties. In this simulation, it was not possible to estimate the fluctuation of frictional force at a wavelength less than the contact width between the ball and the rolling surface. On the other hand, it was found that the fluctuation of the frictional force at a wavelength of 0.15 to 0.2 mm or more, which greatly affects the fluctuation of the position deviation, can be estimated with a difference of less than 40% of the experimental value.

that the total frictional force of the guidance was represented by the sum of the frictional forces of each ball.

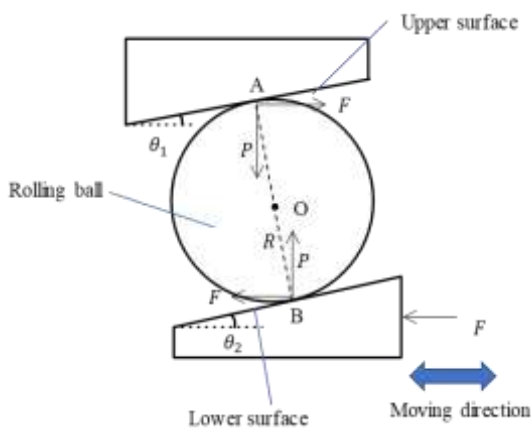


Fig. 1. Schematics of rolling resistance force.

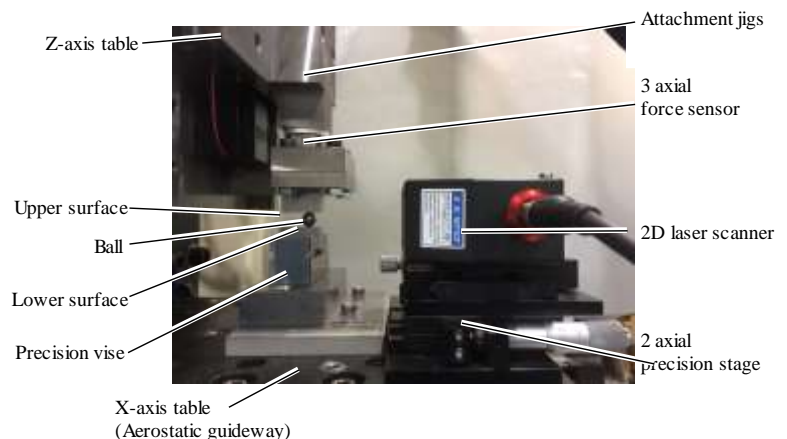


Fig. 2. Experimental setup for verifying rolling resistance model