

MBD シミュレーションによるボールキャスターの低摩擦化と高負荷容量化

Low friction and high load capacity of ball caster by MBD simulation

東海大（正）*高槻 康平 東海大（正）山本 建 フリーベア（非）坂根 敦

フリーベア（非）花村 志摩

Kouhei Takatsuki*, Takeshi Yamamoto*, Atsushi Sakane**, Shima Hanamura**

*Tokai University, **Ltd. Freebear corporation

1. はじめに

平面上の物体を移動させるとき床との接触面には滑り摩擦が発生する。ボールキャスターはその滑り摩擦を転がり摩擦に変換することで抵抗を軽減し平面上における物体の移動を容易にした軸受の一種である。Fig.1 に示すように、大きな金属製のボールを多数の小さなボールが支え、その周りを金属製の容器を含む受け部材（カップ）が囲い、ボールが循環する設計となっている。本研究はボールキャスターの性能向上を目的としている。既存のボールキャスターは、受け側部材（カップ）と大ボールを偏心にすることで、周囲部に隙間を設け、小ボールを循環させる構造となっている。このため荷重分担は中央部ほど大きく、過大な面圧になることが懸念される。そこで、カップ曲率半径を小さくすることで小ボールの荷重を分散させ低摩擦高耐久性を発揮することができる。しかしながらカップ曲率半径を小さくするには高い加工精度が求められる。また同心円よりもカップ曲率半径が小さいと、ボールが循環しづらく摩擦の増大が懸念される。そこで、当研究ではどこまでカップ曲率半径を小さくできるかを多体動力学ソフト ADAMS を用いて解析を行った。

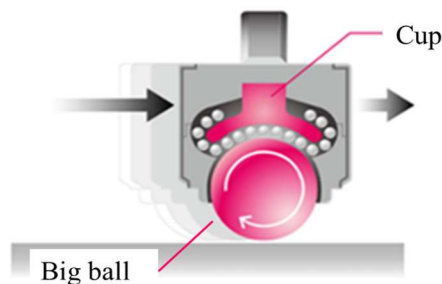


Fig.1 Ball casters for downward

2. カップ曲率半径の検討

既存のボールキャスターの形状と本研究で使った形状を Fig.2 に示す。3 レベルの曲率半径に対する小ボール荷重分布の計算結果を Fig.3 に示す。縦軸は小ボールにかかる荷重である。カップ曲率半径が同心円より大きいと小ボール位置 0° で大半の荷重を受けており、中心付近の小ボールだけ荷重を支えている。またカップ曲率半径同心円では小ボールがより広範囲で荷重を支え荷重分散している。Fig.2,3 からカップ曲率半径を同心円よりも小さくすると、中央部は接触せずカップ周縁部で荷重を支持する。また周縁部は小ボール数が多いため荷重は中央部で支持するときよりも小さいと考えられる。カップ曲率半径に対する最大荷重の計算値を Fig.4 に示す。カップ曲率半径を同心円にすることで小ボール最大荷重は低減する。また荷重に対するカップ曲率半径の感度は高く、十分に荷重を下げるには高い寸法精度を要する。

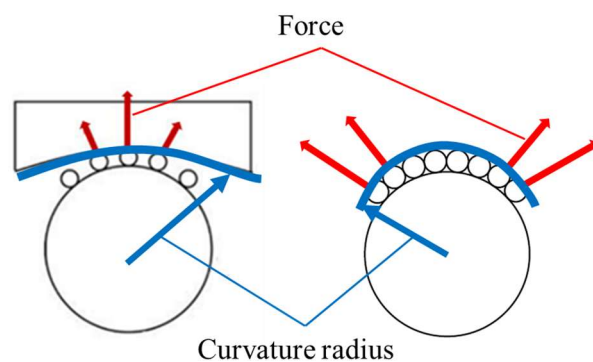


Fig.2 Normal shape and Shape with small cup radius

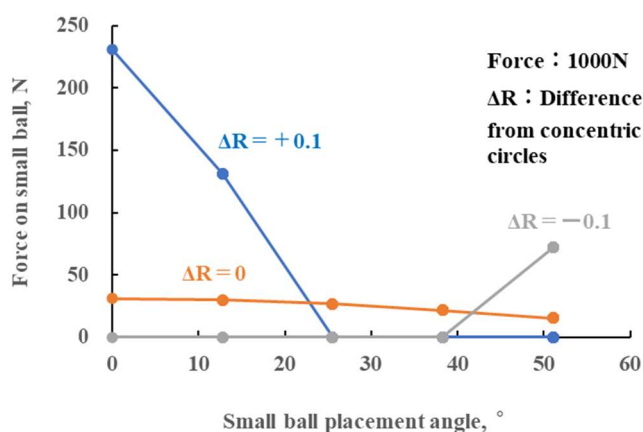


Fig.3 Force distribution for small balls

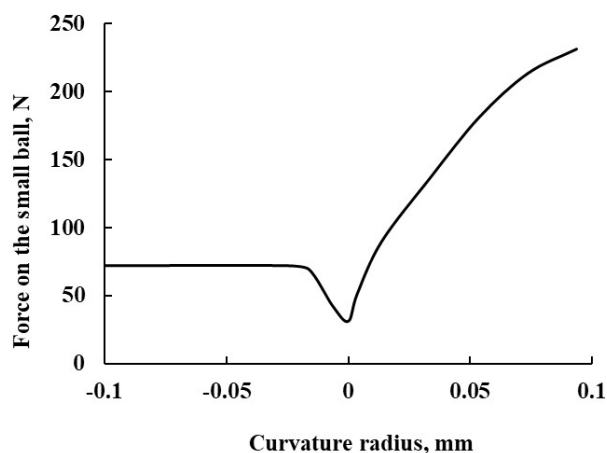


Fig.4 Influence of curvature radius tolerance

3. 高負荷条件下での結果

荷重 1000N でカップ曲率半径同心円-0.2mm と既存製品であるカップ曲率半径同心円+0.1mm の解析結果を Fig.5 に示す。カップ曲率半径同心円-0.2mm は解析経過時間 0.1s 後から大ボールにかかる摩擦係数がカップ曲率半径同心円+0.1mm と比べ大幅に増加する。その後時間が経過するにつれ摩擦係数が大きくなり、摩擦係数 0.1 を超え、小ボールが循環しづらくなりロック（滞留）する。これは荷重の大きい周縁部に小ボールが閉じ込められることで循環できなかったためである。MBD シミュレーションでロックした状態を Fig.6 に示す。矢印が荷重でありロックしたことで、本来は出ない小ボール循環部（上部）からも発生している。しかしながら、カップ曲率半径同心円-0.1mm やカップ曲率半径同心円では既存製品であるカップ曲率半径同心円+0.1mm と同等の摩擦係数 0.001 前後を推移し、ボールの循環性も問題は見られなかった。

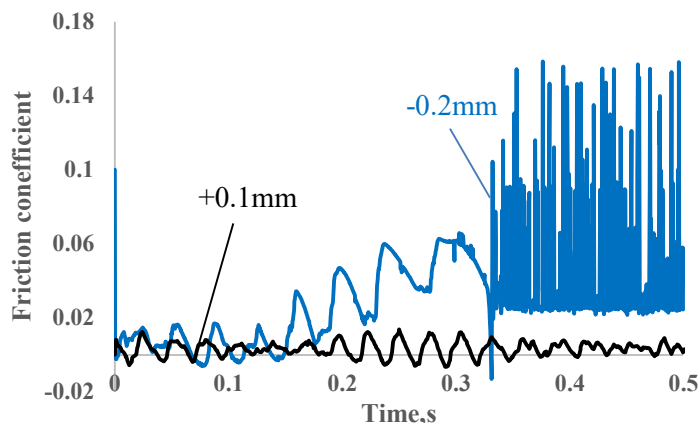


Fig.5 Measured friction coefficient for 1000N

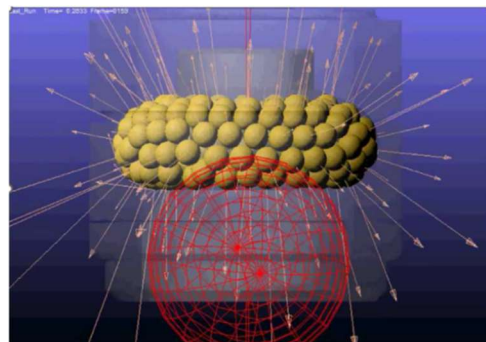


Fig.6 State at lock in MBD simulation

4. カップ曲率半径による小ボール面圧と摩擦係数の影響

荷重 1000N 時のカップ曲率半径と小ボール最大荷重、シミュレーションで得た最大摩擦係数を Fig.7 に示す。黒線が小ボールにかかる荷重、青点が最大摩擦係数、青線は近似線である。カップ曲率半径が小さくなると小ボールにかかる荷重は小さくなるが摩擦係数が大きくなっている。この原因としては荷重により小ボール通路部が狭くなることで小ボールの循環が行われずロック（滞留）するためであると推定している。また、カップ曲率半径同心円-0.1mm は小ボールが通路部に入っていける最小の高さであり、ボールの循環と荷重の受け渡しができロックしないため、カップ曲率半径同心円-0.2mm とは違い摩擦係数も小さくなると考える。

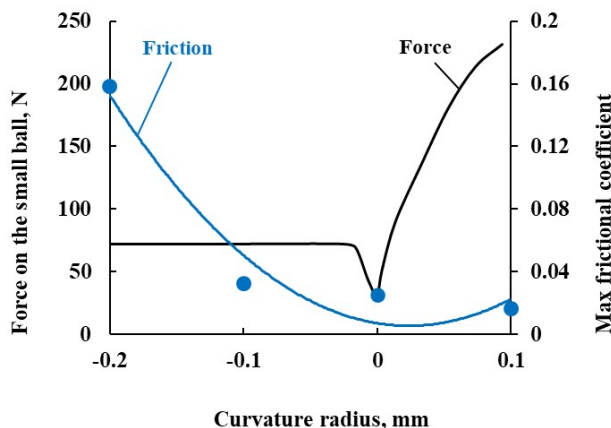


Fig.7 Effect of cup radius on small ball load and coefficient of friction

5. おわりに

ボールキャスターにおけるカップ曲率半径の影響を MBD シミュレーションにより以下の結果を得た。

- ・カップ曲率半径はボールキャスターにかかる摩擦係数に大きく関係する。
- ・カップ曲率半径同心円-0.2mm ではカップ周縁部に小ボールが引っかかることでロック（滞留）が起き摩擦係数が大きくなる。
- ・今回の諸元ではカップ曲率半径同心円+0.1mm、同心円、-0.1mm では、ボールの循環性は悪くなく摩擦係数は低い値を示した。しかしながら、カップ曲率半径同心円-0.2mm ではボールの循環性が悪くなり摩擦係数も高い値を示した。

文献

- 1) 転がり軸受工学編集委員会, “転がり軸受工学”, 養賢堂 (1978), pp. 90-91.