

課題番号	Q20D-05
課題名 (和文)	異なるリニアガイドを用いた送り駆動系の動的挙動解析
課題名 (英文)	Dynamic Behavior of Feed Drive Systems using Different Linear Guideways
研究代表者	先端科学技術研究科博士課程(後期)機械システム工学専攻 田中一眞
共同研究者	理工学部准教授 山崎敬則
	理工学部理工学科電子・機械工学系 川端蒼人
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名

研究成果の概要 (和文)

本研究では、ガイドレールに用いられているころがり要素である球の素材を変更し、1方向への十分な大変位後、正弦波的送り入力をし、比較実験を行った。用いた球の素材は、通常の鋼球とセラミック球との2つである。まず、線形ばね特性が見られる微小領域では、ばね特性の傾きが一致した。しかしながら、球内に変形として残留すると考えられる推力は異なった。正弦波入力の振幅が大きくなると、全く異なったばね特性ヒステリシスループが見られた。

研究成果の概要 (英文)

In this study, we changed the material of the balls, which is the rolling element used for the guideways, compared and considered. There are two materials for the balls, normal steel balls, and ceramic balls. As an experimental method, a sufficiently large displacement was performed in one direction, and then a sinusoidal feed input was performed. First, in the fine feed region, the slopes of the spring characteristics matched where linear spring characteristics were observed. However, the force value that is thought to remain as deformation in the sphere was different. As the amplitude of the sine wave input increased, a completely different spring characteristic hysteresis loop was observed.

1. 研究開始当初の背景

近年、機械的に非接触な要素で構成される位置決めシステムが増加している。この非接触要素には、リニアモータを用いた駆動要素や、空気、油静圧を用いた案内要素などがある。

しかしながら、コストや使用条件等により、ボールねじやピニオントラックを用いた運動伝達要素、ころがりやすべりを用いた案内要素など、機械的接触を伴う要素を用いた機構が依然として多くを占めている。システムの物理的要素が増えるということは、システムの高精度化という点において、考慮すべき要素が増えることを意味する。要素の機械的接触によって生じる摩擦やばね挙動は非線形な特性を持ち、位置決めシステムの応答は、要素のサイズや変位量によって変化する。

2. 研究の目的

リニアモータところがり案内とを用いた送り駆動系の微小変位時の動的挙動について、先行研究に多く見られる正弦波的送り実験とは異なるステップ入力を用いた実験をおこなう。また、この際には、従来からよく研究されている数学モデルのパラメータとなる物理的性質について明らかにする。そこから得られた送り駆動系の動的挙動を表現する数学モデルのパラメータを用いて、微小なステップ入力時に見られる残留推力を考慮した数学モデルを構築する。

3. 研究の方法

まず、非接触な動力源である円筒形リニアモータを使用した送り駆動装置を用いて、ころがり要素がリニアガイドのみとなる実験装置を製作する。次に、これを用いて微小変位時の挙動を測定する。この測定には、ステージに取り付けられているリニアスケール(通倍後分解能 0.5 nm)で行う。サーボアンプやモーションコントローラ(PMAC)のパラメータ等制御機構は共通のものを用いて、製作した異なる幅・与圧のガイドレールを有した装置に付け替え、微小変位時の挙動との関係を明らかにする。

4. 研究成果

本研究課題では、実験の比較対象とするガイドレールとして、THK製のSR15というシリーズを選定した。本実験では、SR15のガイドレール内のころがりを使用されている球について、鋼球とセラミック球の2つのものを用いて、比較検討した。しかしながら、ガイドレールに用いられている球の素材を変更し比較検討する先行研究は少ない。そのため、他の関連する微小送りの先行研究にならない、上記の研究目的で述べているような正弦波応答を用いた応答実験を行った。その結果、以下のことが示された。

- (1) 微小変位では、両方のガイドレールにおいて、線形なばね特性が見られた。
- (2) 線形なばね特性の領域では、ばね定数に相当する傾きが等しくなった。
- (3) 1方向への大変位を入力すると、両方のガイドレールにおいて、一定な残留推力が見られたがその値は異なった。
- (4) 振幅の大きな正弦波入力を行うと、ばね特性のヒステリシスループは球の素材によって大きく異なった。

本年度は、新型コロナウイルスによる情勢により当初掲げていた研究目標を達成することができなかった。そのため、これらの実験は、送り駆動系の先行研究で多く用いられている正弦波応答によって行われている。よって、ステップ入力を用いた実験という当初の研究目的を満たしていない。また、予定していた学会への雑誌論文投稿なども全て延期や中止となった。今後の展望としては、当初の研究目的であるステップ入力を用いた動的挙動について、比較検討を行う。それらより、数学モデルのパラメータを同定し、正弦波・ステップ入力による実際の動的挙動との比較・検討を行う。また、現在は、上記の実験結果を元に2021年度に開催されるInternational Measurement Confederation (IMEKO)への登録を行っている。

