

振動軽減を目指した小型車輪の研究

報告者 大学院総合理工学研究科 東大阪モノづくり専攻 教授 五百井清
共同研究者 (株) ユーエイキャスター 研究員 須田 敦
(株) ユーエイキャスター 顧問 山本昌彦

1. 背景

通常の台車に取り付けられる小型車輪では、走行面からの外乱振動は主にタイヤの粘弾性により吸収されることが多く、積極的に振動を軽減する機構は見当たらない。一方、医療機器、薬品や整列精密部品などを取り扱う現場では、搬送における微小振動を極力抑制したいという要望が強い。このため、内部に衝撃吸収用のダンパを組み込んで外乱振動を軽減する車輪も開発されてきた。しかしながら、受動タイプの衝撃吸収ダンパは、抑制可能な振動の周波数帯域が制限されるため、様々な形状の路面に対する制振は難しい。さらに、台車の荷搬重量が変化すると、制振性能が劣化するという問題もある。

2. 目的

本研究では、受動タイプの衝撃吸収ダンパを組み込んだ車輪に代えて、路面形状や荷搬重量が変化しても広範囲の制振性能を保持することのできる能動タイプの小型制振車輪の開発を目的とする。移動体の制振を目的とする事例として、自動車業界で実用化されているアクティブサスペンションが挙げられるが、自動車の場合、シャーシ部に様々な駆動・伝達系を搭載できる空間的余裕があり、また、アクティブ駆動源に発生力の大きい油圧装置を使用できる環境が備わっている。一方、台車に取り付けられる小型車輪の場合、通常、台車に油圧装置を搭載することは考えられず、また、シャーシがないことから、車輪そのものの内部にアクティブ駆動系を組み込む必要がある。したがって、広範囲の制振機能を有する制御方式の開発に加えて、車輪内部に取り付けられる、小型でかつハイパワーな駆動伝達メカニズムの開発も重要となる。

3. 研究組織

研究組織は、近畿大学理工学部機械工学科ロボティクス研究室と(株)ユーエイキャスター技術部研究開発室が共同で実施する。

近畿大学機械工学科が、主に、制御系の検討を実施し、(株)ユーエイキャスターが、主に、機構系の検討を実施する。機構と制御を統合した総合試験に関しては、両者が共同で実施にあたる。

4. 研究方法

本研究内容は、以下の 3 項目に大別される。

- 1) アクティブ制振手法の開発 (モデリングとシミュレーション)
 - 2) 小型車輪内に組み込める駆動伝達部の設計 (機構の設計と製作)
 - 3) 実時間コントローラ LabView を用いた台車の制振実験 (総合試験)
- 1) に関しては、制振用アクチュエータを搭載した小型車輪の振動モデルを導出し、シミュレーション可能なプログラムを作成する。加えて、小型車輪の物理パラメータを調査し、作成したプログラムに適用して、実物との比較検討を行う。
 - 2) に関しては、代表的な伝達機構を一部試作する。
 - 3) に関しては、仮想計測装置 LabView を導入し、パソコン画面上で、必要とする計測機器が構築できることを確認する。また、実車輪を制御するための実時間制御用 OS と、車輪の運動を直接画像計測するためのモーションキャプチャ (ステレオラベリングカメラ) を導入する。ただし、この 1 年間では、総合試験までは行わない。

5. 研究成果

以下に、本研究でなされた研究内容を図や写真にて説明する。

1) 小型車輪の振動モデルとシミュレーション

図 1 に示す鉛直 1 自由度振動モデルと、図 2 に示す平面 2 自由度振動モデルを導出し、そのシミュレーションモデルを作成した。

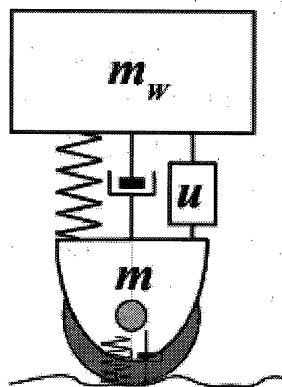


図 1 鉛直 1 自由度振動モデル

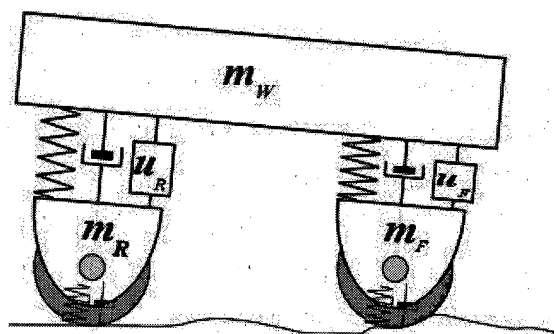


図 2 平面 2 自由度振動モデル

鉛直 1 自由度振動モデルでは、台車と車輪の間に粘弾性デバイスと振動制御用のアクチュエータが組み込まれており、タイヤ車輪の粘弾性効果も考慮されている。路面からの外乱は、路面形状の時間関数として扱われる。平面 2 自由度モデルでは、前後に同様の鉛直 1 自由度モデルを設け、台車は 1 つの剛体として取り扱っている。このため、台車に傾き角と前後車輪の鉛直変位には幾何学的拘束関係が生じる。

鉛直 1 自由度振動モデルが、矩形上の小突起を乗り越える場合のシミュレーション結果の一例を図 3 に示す。本シミュレーションの物理パラメータには、実物の設計値を使用した。定性的な傾向は一致したが、発生加速度や鉛直変位の最大値に差異が見られた。図 4 に、制振ダンパのみを搭載した実際の小型車輪の変位応答を示す。

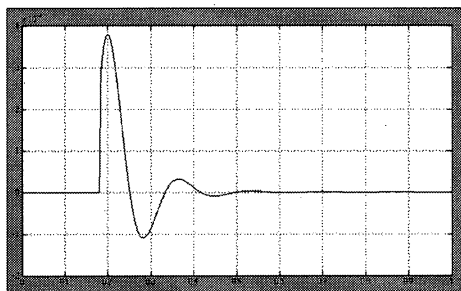


図 3 小突起乗り越え時の変位応答

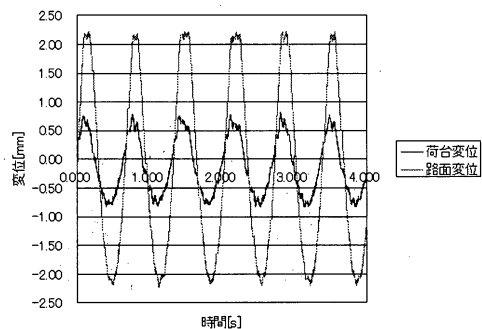


図 4 実物小型車輪の変位応答

2) 伝達機構の試作

アクティブ小型車輪の試作を行い、計測試験機によりその振動吸収性能を計測した。

図 5 にその試作機を示し、図 6 に振動計測試験機を示す。

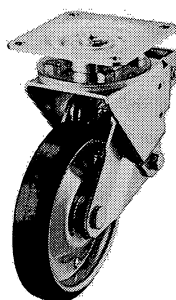


図 5 小型車輪試作機

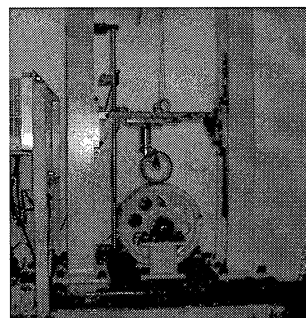


図 6 計測試験機

3) 性能計測と制御のための設備導入

パソコン画面上で仮想計測器を構成することのできる Labview を導入した。その本体を図 7 に示し、その仮想計測器作成画面を図 8 に示す。

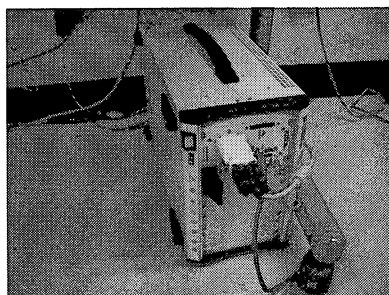


図 7 Labview 本体

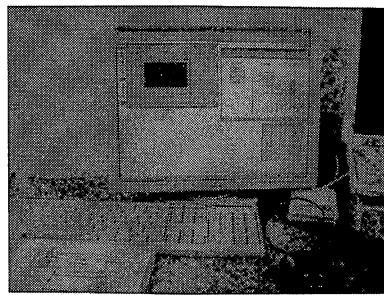


図 8 仮想計測器作成画面

なお、本仮想計測器 Labview には、今後の振動抑制制御を想定して実時間 OS を搭載している。

車輪振動を多面的に計測することを目的として、モーションキャプチャシステム（ステレオラベリングカメラ）を導入した。その装置を図 9 に示す。本装置の画像データはパソコンに取り込まれた後、データ処理が施され、車輪の性能解析に使用される。加えて、小型車輪組込み型アクチュエータの候補として、超小型モータを購入した。そのモータを図 10 に示す。

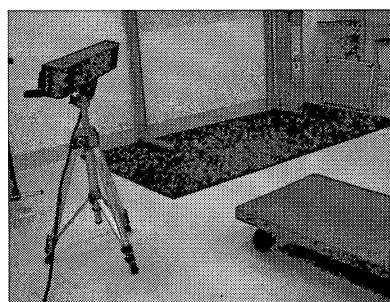


図 9 モーションキャプチャ

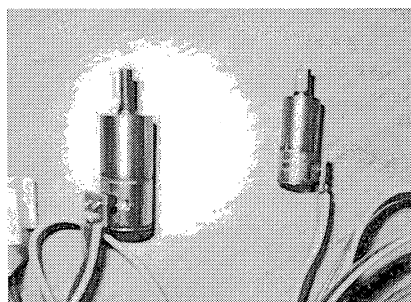


図 10 組込み用小型モータ

6. 今後の展開

今後は、小型車輪モデルの精密化と車輪メカニズムの開発を並行して行い、振動をいっそう軽減する小型車輪の実現を目指す。加えて、車輪内にセンサとアクチュエータを組み込んだ能動的制振デバイスの実現に向けて、本年度の設備を有効活用していく予定である。