

# 平成27年度 学内研究助成金 研究報告書

研究種目	■奨励研究助成金	□研究成果刊行助成金
	□21世紀研究開発奨励金 (共同研究助成金)	□21世紀教育開発奨励金 (教育推進研究助成金)
研究課題名	低衝撃アクティブキャスターを用いた台車の力学モデル導出と その実験検証	
研究者所属・氏名	研究代表者：工学部 ロボティクス学科 講師 田上 将治 共同研究者：－	

## 1. 研究目的・内容

台車は手軽な搬送手段として広く産業の現場で用いられているが、段差や路面凹凸によって搬送物が損傷を受ける場合もあり、特に精密機器や創薬、バイオ製品の分野ではこの点が問題となって台車の利用範囲が制限されている。この制限を取り払うべく、研究代表者らは撃心原理を利用した“伝わる衝撃自体”を低減するキャスターの開発に取り組んできた。これまでは1輪のみで実験実施していたが、本研究ではより実地的な低衝撃キャスターを4輪用いたモデルの導出とシミュレーションを行い、試作機を製作した。

## 2. 研究経過及び成果

本研究では以下の(1)～(3)について研究を進め、4.に示す成果発表を行った。

### (1) 低衝撃キャスターを4輪用いた台車のシミュレーションモデル導出

図1に低衝撃キャスターを4輪用いた台車の3D-CADモデルを示す。このCADモデルを基にして台車車体は3次元6自由度の運動自由度を与え、台車車体に軸受を介して取り付けられるスイングアームには1自由度の運動自由度を与えて運動方程式を導出した。スイングアームは4本あるため、運動方程式は計10自由度となる。スイングアームと台車車体間の拘束力は陽に解いているため後述のシミュレーションでも利用できる。外力は重力、台車を押す力、タイヤが路面から受ける力である。タイヤが路面から受ける力は、接触の問題となる。この力はタイヤを円盤と見なし、この円盤の路面への最大埋没量にタイヤの粘弾性を乗じて得ている。タイヤが空中にあり埋没状態でない場合は、路面からの反力の計算は行わず、ゼロとしている。これにより台車が路面上を跳ねるような挙動も扱うことができる。この運動方程式により台車車体の重心並進速度、角速度、スイングアーム加速度が得られ、更に運動学関係式をから台車車体の重心位置、オイラーパラメータを用いた台車車体の姿勢、スイングアーム角度が得られる。

### (2) 衝撃低減効果のシミュレーション

(1)のモデルをMatlab/Simulinkに実装し、シミュレーションを行った。このシミュレーションでは衝撃的な入力を与えるために台車を空中から路面に向けて落下させ、そのときのスイングアームの拘束力を評価している。図2に自由落下時の台車の重心位置の変化を示す。この結果より台車が路面とぶつかり跳ねていることが分かる。また、台車の3次元的な挙動を把握するためにCADデータと連係して3次元アニメーションを表示するプログラムも開発した(図2左)。

上述の拘束力はスイングアームと車体を連結する軸受にて発生するもので、台車車体へと伝搬する。本研究では衝撃の瞬間のごく短い時間に注目して、その衝撃力の車体への伝達が撃心の効果によって如何に抑えられるかを主題としている。シミュレーションではスイングアーム支持点を、撃心条件を満たす最適点とそうではないいくつかの点に定め、それぞれの場合で落下衝撃時に発生する拘束力を比較した。拘束力シミュレーションの結果を図3に示す。この結果より、撃心条件を満たす最適点(図2中の赤線)でスイングアームを支持すれば、車体への衝撃伝達を最も抑制できることが分かった。

### (3) 実験用台車の試作

(1)、(2)の結果に基づいて、実験用の台車を設計、製作した。製作した台車の写真を図4に示す。台車車体は強度と実際のサイズを考え、厚さ10mm、大きさ400mm×600mmのアルミ板で構成し、スイングアーム支持用の支柱を四隅に設置した。スイングアームは、台車車体と軸

受を介して連結されるが、軸受のみでは台車車体の自重を保持できないため並行してねじりばねを配置して、スイングアームと台車車体が平行に保たれるようにしている。スイングアームには支持点となる穴を複数空けており、(2)のシミュレーションに対応した実験が可能である。実験に際して、市販の台車と実験条件面での差異が生じないようにタイヤは市販の台車のものを利用した。今後、この台車を用いて(2)に対応する実験や突起乗り越え試験を行い、衝撃伝達の低減特性は台車車体の加速度などで評価していく予定である。

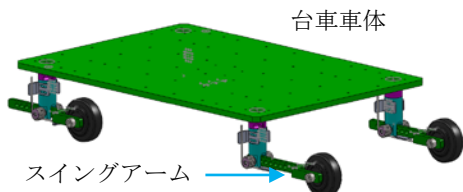


図1 台車の3DCADモデル

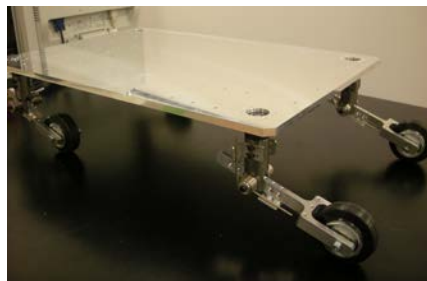


図4 試作台車の写真

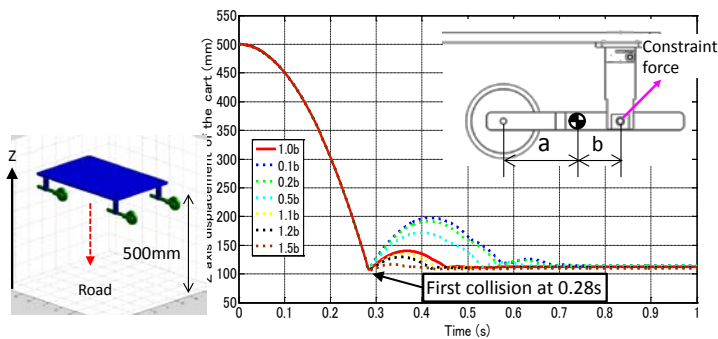


図2 路面へ自由落下する車体重心位置のシミュレーション結果

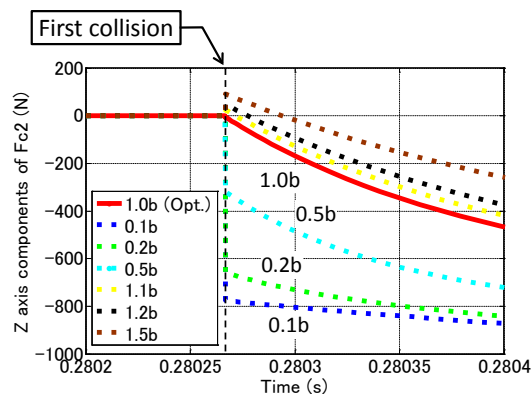


図3 路面衝突時の拘束力のz軸成分(赤色線が最適条件で、衝撃力の伝達が抑制されている)。

### 3. 本研究と関連した今後の研究計画

本研究成果に基づいて、低衝撃キャスターを4輪用いた台車の試作機を製作した。今後はこの台車の衝撃低減特性がシミュレーションと一致するかを実験にて確認していく。また、次のステップとしてアクチュエータを用いたアクティブ振動制御手法についても研究を進める。このアクティブ制御手法には直接慣性力制御と呼ばれる方法が有効と考えられる。この方法は、加速度制御を利用して制御入力となる力を直接制御対象に加える方法で、適用を検討したい。

また、撃心原理のキャスター以外への応用を考えた基礎実験を外部機関と共同で進めている。このテーマではキャスターで用いた姿勢保持用のばねが衝撃低減にどのような影響を与えるかなどを明らかにし、最適な設計条件を明らかにするべく取り組んでいる(4.の2項目にて成果発表)。

### 4. 成果の発表等

発表機関名	種類(著書・雑誌・口頭)	発表年月日(予定を含む)
International Conference on Control, Mechatronics and Automation 2015	口頭	2015年12月21日
近畿大学次世代基盤技術研究所	雑誌	2016年6月(予定)