

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：25301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04923

研究課題名（和文）幼児の動的挙動を再現するための理論モデルに関する研究

研究課題名（英文）Theoretical model for reproducing dynamic behavior in infants

研究代表者

大田 慎一郎 (Ota, Shinichiro)

岡山県立大学・情報工学部・准教授

研究者番号：90550393

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：ベビーカー乗車時の路面から幼児への振動は、幼児頭部への悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、幼児が着座するシートにおいて、幼児へ過大な振動が伝達しないように考慮する必要がある。振動低減可能なシートを実現するためには、幼児-ベビーカー系の理論モデル等の理論解析に基づく最適設計が重要と考えられる。そこで、本研究では、幼児-ベビーカー系における前後・上下方向、上下・左右方向の運動を再現する二種類の理論モデルを構築した。ルンゲクッタ・ギル法を用いた数値解析結果と測定結果を比較した結果、過渡領域と周波数領域で一致していることから、理論解析結果の妥当性が検証された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

乗り物のシート着座時において、幼児の動的挙動を再現するために必要な自由度を模索し、上下・前後・左右方向の運動を解析可能な理論モデルを提案し、妥当性を示した。これにより、成人の理論モデルで用いられる剛体リンクを組み合わせ、幼児モデルを構成することで、幼児頭部の振動を再現可能であることが明らかとなった。以上の点について、学術的意義が有すると考えられる。さらに、提案した幼児の理論モデルを用いることで、ベビーカー、チャイルドシートや幼児同乗用自転車などの幼児が着座する乗り物に幅広く適用可能である。したがって、製品の最適設計に利用可能と考えられ、社会的意義を有すると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Vibrations from the road surface to infants when riding a stroller affect the infant's head. Therefore, it is necessary to consider that excessive vibration is not transmitted to the infant in the seat where the infant is seated. In order to realize a seat that can reduce vibration, it is important to design it optimally based on theoretical analysis such as theoretical models of infant-stroller systems. In this study, we constructed two types of theoretical models that reproduce the forward-to-back and vertical and up-and-down movements of infant-stroller systems. As a result of comparing the numerical analysis results using the Runge-Kutta-Gill method with the measurement results, the transient and frequency domains coincide, and the validity of the theoretical analysis results was verified.

研究分野：機械力学

キーワード：幼児 ベビーカー 振動 理論モデル 数値解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

幼児が乗車する乗り物において、路面から幼児へ振動が伝達される。筆者らの幼児ダミーを用いた幼児同乗用自転車の走行実験において、突起乗り越し時に過大な振動が幼児ダミーに生じることがわかっている(篠原大樹他, 人間工学, 2015)。また、幼児のベビーカー乗車時において、上下・前後・左右方向の並進運動とピッチ・ヨー方向の回転運動が生じる。さらに、ランダムな凹凸路面における測定実験(平山望他, 日本機械学会中国四国学生会第48回学生員卒業研究発表講演会, 2018)において、8 Hz以下の周波数帯域において座面からの振動入力に対する幼児頭部の振幅倍率が大きくなることがわかっており、路面からの振動は幼児頭部への悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、幼児が着座するシートにおいて、幼児へ過大な振動が伝達しないように考慮する必要があると考えられる。振動低減可能なシートを行う実現するためには幼児-ベビーカー系の理論モデルが重要となり、この理論モデルを用いることでシートの最適設計へ応用できることが考えられる。

2. 研究の目的

幼児-ベビーカー系の動的挙動を再現可能な小自由度の理論モデルを構築する。

3. 研究の方法

(1) 測定実験による幼児の動的挙動の把握

走行時の幼児の動的挙動を把握するためには、シート着座時における振動負荷時における振動測定実験を実施する必要がある。振動測定実験では、単一突起とランダム凹凸路面をベビーカーによる走行を実施し、時間領域の幼児の動きと周波数応答から共振現象を把握した。

(2) 幼児の動的挙動を再現するための理論モデルの構築

進行方向に対して、上下・前後運動だけでなく、左右方向の運動を再現するための理論モデルを構築した。当初は三次元の理論モデルを検討していたが、自由度が大きくなり、数値解析が複雑化することから、上下・前後運動の二次元モデルと、上下・左右運動の二次元モデルの二種類を構築した。この二種類の理論モデルは剛体リンクモデルで構成し、幼児三自由度、ベビーカー二自由度の計五自由度である。この理論モデルはラグランジュ方程式に基づき定式化され、ルンゲクッタ・ジル法を用いて数値解析を実施された。

4. 研究成果

(1) 時間領域における幼児挙動

過渡現象における測定実験と数値解析は、走行速度 0.8 m/s の一波長余弦波状の突起(高さ 12 mm, 幅 30 mm)乗り越しを想定し、両輪突起乗り越しと片輪突起乗り越しの走行実験を実施した。

両輪突起乗り越しにおいて過渡応答の数値解析と測定実験において、シートの振動が生じた時刻に頭部と胴体部において上下・前後の振動が生じていることが確認できた。幼児の上下方向において、数値解析では最大加速度 13.0 m/s², 最小加速度 -14.9 m/s², 測定実験では最大加速度 8.6 m/s², 最小加速度 -10.0 m/s² で胴体の上下方向が最も振動が生じていることがわかった。胴体の振動が大きくなった要因として、胴体部がシート直上であるため、振動が伝達し易いことが考えられる。

片輪突起乗り越しにおいて、過渡応答の数値解析と測定実験において、シートの振動が生じた時刻に頭部と胴体部に上下・左右の振動が生じていることが確認できた。幼児頭部の左右方向において、数値解析では最大加速度 1.8 m/s², 最小加速度 -1.8 m/s², 測定実験では最大加速度 1.9 m/s², 最小加速度 -2.3 m/s² で最も振動が生じていることがわかった。これらの結果より、上下方向と前後方向の加速度において、突起乗り越し時の振動現象の測定実験と数値解析結果の傾向が一致しており、妥当性が検証できた。

(2) 周波数領域における幼児挙動

ランダム凹凸路面の走行実験を実施し、周波数応答特性を調査した。その結果、突起乗り越しの測定実験と数値解析における幼児各部の振動波形がほぼ一致していた。さらに、周波数応答特性に関しても一次と二次の共振周波数がそれぞれ 2Hz 周辺と 5Hz 周辺であり、測定実験と数値解析がほぼ一致した。これらの結果より、上下方向の周波数応答において、数値解析の妥当性が示された。

以上の結果より、前後・上下方向の幼児振動モデルと左右・上下方向の幼児振動モデルを構築することで、測定実験に振動現象が一致する理論モデルが提案できた。この理論モデルは幼児の

振動を現象させるためのシートやベビーカーの最適設計へ利用可能と考えられる。

今後、理論モデルを用いて振動低減を実現するための最適なパラメータ推定可能な解析システムを構築し、最適化パラメータを適用させたプロトタイプシートの試作や有効性の検証を実施していく予定である。

5. まとめ

幼児 - ベビーカー系における走行時の振動現象を再現するため、前後・上下方向、上下・左右方向の運動を再現する二種類の理論モデルを構築した。ルンゲクッタ・ジル法を用いた数値解析結果と測定結果を比較した結果、過渡領域と周波数領域で一致していることから、理論解析結果の妥当性が検証された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 大田 慎一郎
2. 発表標題 路面走行時のベビーカー 幼児系の振動モデル
3. 学会等名 第31回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Okajima and S. Ota
2. 発表標題 Dynamic Characteristics of Infants Riding on Stroller
3. 学会等名 ASME 2020 IMECE (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinichiro Ota, Ryo Ota
2. 発表標題 Vibration model for an infant -carriage system
3. 学会等名 The 18th Asia-Pacific Vibration Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田 涼, 大田 慎一郎
2. 発表標題 ベビーカー乗車時における幼児の動的挙動に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会福祉工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Sebastian Oberst, Benjamin Halkon, Jinchen Ji, Terry Brown, Editors(研究代表者はP227-234を担当)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 402
3. 書名 Vibration Engineering for a Sustainable Future	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------