

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01303

研究課題名(和文)IoT技術の活用による救急車の制振性の向上に関する研究

研究課題名(英文)Research on improvement of ambulance damping performance using IoT technolog

研究代表者

小野 貴彦(Ono, Takahiko)

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：20312613

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：救急車が、段差等の路面凹凸部を通過する際に発生する車体振動は、脳動脈瘤破裂や患部からの再出血を引き起こすばかりでなく、激痛や不快感の要因となる。この悪影響を軽減するために、高規格救急車には防振ベッドが搭載されている。本研究では、車体振動による悪影響をより一層軽減することを目的に、事前に特定しておいた路面凹凸部を通過する前に、防振ベッドの硬さを予測的かつ最適に自動調節する実寸大の電子制御式ベッドを試作した。硬さの調節は、磁性粘性流体式の可変ダンパを制御することで実現した。実車実験の結果、予測制御が設計通りに実行され、かつ振動吸収率を改善できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

救急車による搬送で、傷病者の容態悪化の原因となる車体振動を効果的に吸収する電子制御方式の防振ベッドを試作した。振動の発生源となる路面凹凸部を通過する前に、傷病者の体重、路面の位置、通過速度に応じて、可変ダンパでベッドの硬さを予測的かつ最適に調節する点が、これまでにない新しい技術である。体重に応じた硬さの最適化は、共振現象による振動増幅を防止する効果をもたらす。一方、路面の位置と通過速度に応じた予測制御は、振動が発生した瞬間の衝撃を抑制する効果を持つ。この技術が実用化されれば、救命率の向上および早期社会復帰に寄与すると期待される。

研究成果の概要(英文)：Car body vibrations generated when ambulances pass over uneven road surfaces such as steps not only cause cerebral aneurysm rupture and rebleeding from the affected area, but also cause severe pain and discomfort. In order to reduce this adverse effect, a high-standard ambulance in Japan is equipped with an anti-vibration bed. With the aim of further reducing the adverse effects of car body vibrations, I have prototyped the electrically-controlled anti-vibration bed that predictably and optimally adjusted the stiffness of the bed before passing over the uneven road surface specified in advance. The stiffness was adjusted by controlling a magneto-rheological damper. As a result of the car experiment, it was confirmed that the predictive control was performed as designed and the vibration absorption rate could be improved.

研究分野：制御，システム工学

キーワード：振動制御 サスペンション アクティブダンパ 予測制御 救急車

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 脳血管障害で搬送される傷病者は、高血圧の状態にあることが多く、頭部にわずかな外力が作用しただけでも、再出血や脳動脈瘤破裂を起こす危険性がある。頭部に作用する外力としては、減速時の慣性力と路面凹凸に起因する車体振動がある。研究代表者は、慣性力対策として、アクティブ制御方式の姿勢制御ベッドを開発し、その影響を 40%にまで減らせることに成功していた。このベッドには、振動を減らす防振機能も組み込まれていたが、効果は芳しくはなかった。また、救急車に搭載されている防振ベッドの振動吸収性能も決して高くはない。防振性能が上がらないのは、装置自体がパッシブ系として構成されており、振動吸収率を最適化できないことが原因であった。

(2) 改善策として、振動吸収率をアクティブに調節する方法がある。振動中のみならず、振動が発生した瞬間のファーストインパクトを軽減することも重要となることから、予測調節機能を有する防振システムをいかに実現するかが、課題として残っていた。

2. 研究の目的

(1) 車体振動の吸収率を最大化する予測調節機能を持つ防振ベッドの開発を目的とした。より具体的には、振動が発生した瞬間のファーストインパクトの軽減、および共振による振動増幅を回避するために、ベッドの硬さを状況に応じて予測制御する防振ベッドの試作を第 1 の目的とした。

(2) ベッドの硬さ制御が、振動吸収率の改善に寄与するか実車実験で調査し、救急車の制振性向上への効果的な対応策になり得るか明らかにすることを第 2 の目的とした。

3. 研究の方法

(1) ファーストインパクトを軽減するために、路面凹凸部の位置と通過速度に応じて、予測的に防振ベッドの硬さを制御する機能を実現した。また、共振による振動増幅を回避するために、傷病者の体重に応じて、硬さを最適化することとした。

(2) 硬さ制御は、電子制御可能な MR ダンパを用いて実現した(図 1)。ダンパの最適値は、事前に測定した救急車の振動データと防振ベッドのモデルを用いて、数値シミュレーションを行い、凹凸路面の位置、通過速度、傷病者の体重ごとに推定し、事前にデータベースに保存する方式とした。データベースは、ネットワーク上の JSON サーバまたは車内のローカルファイルとして、2 通りの形式で構築した。

(3) 硬さ制御では、まず、スマートフォンの内蔵 GPS センサで自車の位置を 1 秒間隔で測位し、データベースに登録されている路面凹凸部から 20m の範囲内に入ると、スマートフォンからマイコンボードに位置等の情報が無線送信される。マイコンボードが受信すると、DA コンバータを経由して、MR ダンパの硬さをデータベース内の登録値に自動変更する仕組みとした。JSON サーバ上のデータベースへのアクセスは、携帯回線を利用してスマートフォンから行った。ローカルファイルとして構築したデータベースは、スマートフォンの専用アプリ内に収めた。

(4) 試作した防振ベッドを、高規格救急車と同等の車両に載せて走行実験を行った。ストレッチャーには、傷病者の代わりに鉛板を載せた(図 2)。車体振動は、直線の実験コース上に人工的に凹凸を設け、そこを通過することで発生させた(図 3)。



図 1: 装着した MR ダンパ



図 2: 防振ベッドの全容



図 3: 振動発生源の設置

4. 研究成果

(1) 図 4~9 に、MR ダンパの硬さを 3 段階 (Hard, Soft, Medium) に変えたときの振動を表す。青線が車内フロアの振動、赤線がベッドの上フレームにおける振動を表す。上段が上下加速度の測定値、下段が ISO2631-1 に従って、振動乗り心地の評価で使用される周波数補正加速度実効値として算出した値を示す。硬さを変えることで、振動吸収率が変化することが確認され、ダンパの最適値が存在することを実験的に示した。

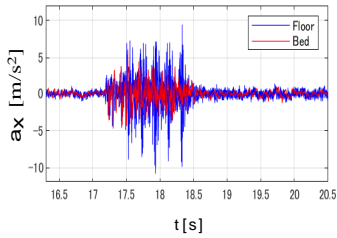


図 4 : 硬さ High

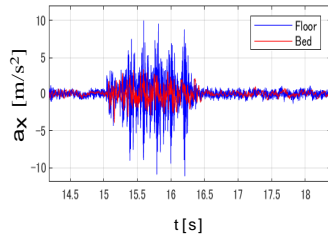


図 5 : 硬さ Soft

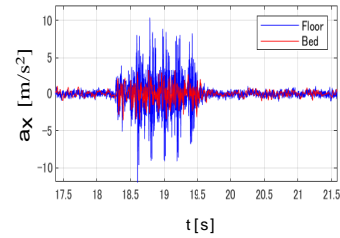


図 6 : 硬さ Medium

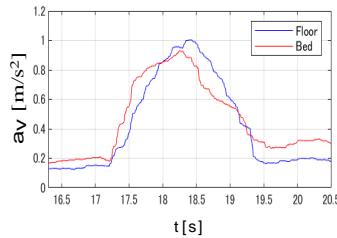


図 7 : 硬さ High

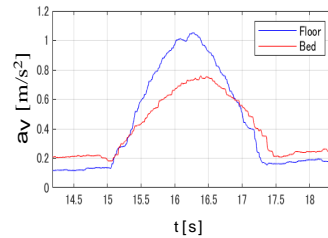


図 8 : 硬さ Soft

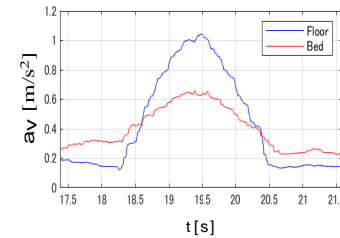


図 9 : 硬さ Medium

(2) 図 10~12 に、予測制御の実験結果を示す．この実験では、ローカルファイルとして保存されたデータベースを用いた．図 10 の青線は、車両の凹凸路面の登録地点までの距離を表し、赤線がスマートフォンからマイコンボードに送信された値を表す．登録地点までの距離が 20m 以下になったときに、送信信号が変化し、予測制御が正しく機能したことが確認できた．図 11 は、上下加速度の測定値である．青線がフロア加速度、赤線が上フレームの加速度を表す．図 12 は、上下加速度から算出したフロアと上フレームの周波数補正加速度実効値 \hat{a}_0 [m/s²]と \hat{a}_1 [m/s²]である．10 回の走行実験から、不快な振動の減衰比

$$r = \max_t \hat{a}_1(t) / \max_t \hat{a}_0(t)$$

を求めた結果、平均 0.85 となり防振効果も確認できた．

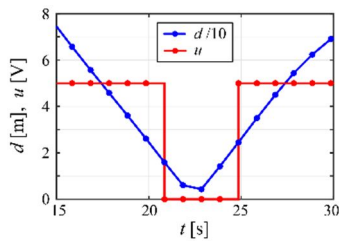


図 10 : 距離と送信値

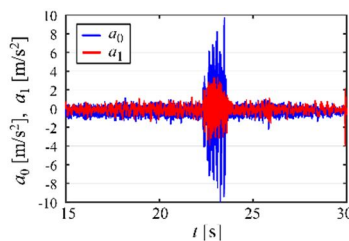


図 11 : 上下加速度

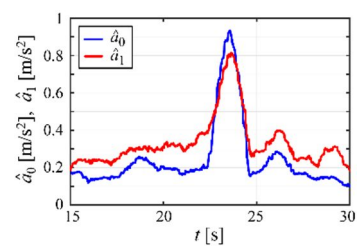


図 12 : 上下加速度実効値

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小野貴彦	4. 巻 88
2. 論文標題 救急車の走行データを利用した道路修繕箇所の優先順位決定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本機械学会	6. 最初と最後の頁 22-00194
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/transjsme.22-00194	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小野貴彦, 竹内将人, 井上博喜
2. 発表標題 可変ダンパによる救急車防振ベッドの硬さ制御
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第61期総会・講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Misaki Kanatani, Takahiko Ono
2. 発表標題 Modeling of the heart rate variation caused by acceleration and deceleration of an ambulance
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野貴彦, 竹内将人, 井上博喜
2. 発表標題 救急車の快適性向上に向けた可変ダンパによる防振架台の硬さ調節
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第60期総会・講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金谷美咲, 小野貴彦
2. 発表標題 救急車の加速減速運動によって起こる心拍変動と血圧変動のモデリング
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第60期総会・講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金谷 美咲, 小野 貴彦
2. 発表標題 救急車の加速減速運動で起こる心拍変動のモデリング
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第59期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢野史花, 小野貴彦
2. 発表標題 救急車の実搬送経路とGoogle マップのナビ機能による経路との比較
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第59期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤井信吾, 小野貴彦
2. 発表標題 予測調節機能を有する救急車用防振装置の防振性能(3種類のサスペンション間の性能比較)
3. 学会等名 本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金谷美咲, 小野貴彦
2. 発表標題 救急車の加減速による下肢末梢の血圧変動の推定
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野貴彦, 藤井信吾
2. 発表標題 段差通過時の衝撃を軽減するための救急車防振架台の予測調節
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第57期総会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野貴彦
2. 発表標題 救急車の走行データを利用した道路修繕箇所の優先順位決定
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第56期総会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井信吾, 小野貴彦
2. 発表標題 救急車用防振架台の振動吸収性能の向上に関する検討
3. 学会等名 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
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 予測調整型サスペンション制御システム	発明者 小野貴彦	権利者 公立大学法人広島市立大学
産業財産権の種類、番号 特許、第6989127号	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 道路修繕順位決定システム	発明者 小野貴彦	権利者 公立大学法人広島市立大学
産業財産権の種類、番号 特許、第7127839号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔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
研究協力者	井上 博喜 (Inoue Hiroki)		株式会社トヨタカスタマイジング&ディベロップメント
研究協力者	竹内 将人 (Takauchi Masato)		株式会社トヨタカスタマイジング&ディベロップメント
研究協力者	金谷 美咲 (Kanatani Misaki)		広島市立大学大学院情報科学研究科
研究協力者	藤井 信吾 (Fujii Shingo)		広島市立大学大学院情報科学研究科
研究協力者	矢野 史花 (Yano Fumika)		広島市立大学情報科学部

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
---------	---------