

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：54501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710194

研究課題名(和文) 重度傷病者の搬送を可能とする空気圧制御を用いた担架システムの開発

研究課題名(英文) Development of rescue support stretcher system for severely victim

研究代表者

岩野 優樹 (Iwano, Yuki)

明石工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：90413799

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、地下街やプラント施設をはじめとする施設内の災害において、現場に取り残された要救助者を迅速・安全に救出しつつ、消防隊員の負担を軽減することを目的とした救助支援型担架システムの開発を行う。具体的には、救助活動の際に力を要する要救助者を担架へ乗せる作業を、上面にクローラベルトを取り付けた担架で要救助者を持ち上げることなく半自律的に担架に乗せることで負担を軽減する。その後、階段等では五星形の車輪機構を用いることで、搬送時のパワーアシストを行う。さらに、搬送時の振動の大きさ・方向周波数を測定し、その振動を低減する非線形構造の担架を開発し、RMS値と加速度PSDによりその性能を評価した。

研究成果の概要(英文)：In this study, to provide for all kinds of disasters in underground malls or plant facilities, we have developed a rescue support stretcher system so that victims can be rescued as quickly and safely as possible while the burden on rescue personnel such as fire fighters is reduced to a minimum. Specifically, the proposed system has a crawler belt on top surfaces, so that the task of getting victims onto stretchers, which requires a lot of human power, can be done semiautonomously to reduce the burden on rescue personnel such as fire fighters and other rescuers. When it comes to stairs, the rescue support stretcher system starts to employ the pentagonal wheel mechanism to assist power. And, this study first details vibration size, direction, and frequency through vibration measurement experiment, resulting in a nonlinear stretcher using a vibration isolator. Stretcher performance was then evaluated and confirmed RMS and acceleration PSD.

研究分野：レスキュー工学

キーワード：救助システム 階段昇降 五星形車輪 非線形構造 振動低減

1. 研究開始当初の背景

平成 23 年 3 月にわが国は東日本大震災という未曾有の大震災に遭遇した。この震災で亡くなった方のうち、65 歳以上の高齢者が 55.4%と過半数を占めていたことが確認されている^①。同様に阪神淡路大震災においても亡くなった方のうち 65 歳以上が占める割合は 49.5%と非常に高い。これは、高齢者は若者に比べ動きが遅く、またその中には動けない傷病者も多数いたことで逃げ遅れたことが原因と推測されている。

しかしながら、少子高齢化時代を迎え、平成 25 年には 4 人に 1 人が高齢者となると予測されているわが国にとっては災害時の避難体制を確立することは早急に行うべき問題である。特に、高齢者や重度傷病者が大半を占める病院、介護施設や老人ホームにおいて、迅速かつ安全な避難が行える体制は必要不可欠である。

現在、施設内からの避難装置として、Evac+Chair[®]や CARRYDUN[®]などが製品化され、実際に災害現場での活用実績も報告されている。しかし、これらの避難装置は降りることのみを目的とし、東日本大震災のような津波の際に屋上へ上るといったことができない。また、避難装置へは傷病者を持ち上げて乗せなければいけないという問題があるのが現状である。一方、病院には重傷の患者が必ず存在する。そのような動かすことのできない重度傷病者であったとしても、火や水などが迫ってくる状況では逃げないわけにはいかない。現状は、看護師や消防隊員といった専門家が、リスクを負いながらも局部圧迫や振動が傷病者に伝わらないよう、細心の注意を払って搬送を行っている。

2. 研究の目的

これまで、看護師や消防隊員の手で行うしかなかった重度傷病者の搬送を自律的な振動抑制機能を付加した担架システムを開発することで、災害時に消防隊員にかかる負担が大幅に軽減されるとともに傷病者を安全に搬送することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、目的とする担架システムを開発するにあたり、以下の二つの目的で研究を行った。

- ・階段の搬送時のパワーアシスト
- ・搬送時の振動軽減

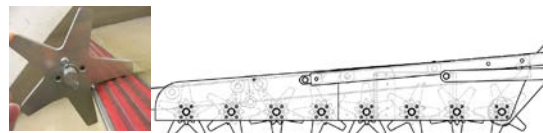
以下では、それぞれの目的に対しての方法について述べる。

(1) 階段の搬送時のパワーアシスト

階段昇降機構の研究開発は数多く行われており、大別するとクローラ型、車輪型(スカラーモービル型、フリーダム型)がある。クローラ型は従来システムに用いられており、複雑な制御や機構を必要とせず、不整地走破能力が高い。しかし、クローラおよび周辺の部品等により重量が大きく、クローラの

形状によっては階段への引っかかりが浅くなり、階段昇降時に滑落の危険性がある。次に、車輪型(スカラーモービル型)は高速な階段昇降が可能であるが、構造上、上下動が大きくなり、要救助者への振動が大きくなってしまふ。車輪型(フリーダム型)は複数の駆動輪と補助輪を用いて、単体で安定した階段昇降が可能である。しかし、車輪が大きいので小回りがきかず、構造も複雑となるため、全体的な重量が増加する。

以上を踏まえ、高速な昇降を行え、かつ安定した階段昇降を行うという点ではフリーダム型が適していると考え、フリーダム型をもとに、図 1(a)のような五角形の車輪を図 1(b)のように複数個連結する機構とする。五角形の各辺の角度を 90° ・高さを 30[mm]とすることで、階段の角にフィットし、エッジの高さも高く取れるようにする。また、複数個連結することでクローラのように階段の角に複数箇所接地でき、昇降時の振動を最小限に抑えるという特徴を有した階段昇降機構とする。



(a)形状 (b)複数個連結した状態
図 1 検討した階段昇降機構

(2) 搬送時の振動軽減

事前の実験により手持ち式担架の搬送時の振動の周波数が $2\sim 3.5$ [Hz] であることがわかったため、それを考慮した防振設計を考える。ここで、手持ち式担架における防振方法の一例として、図 2 に示す担架を傷病者が乗る側と搬送者が持つ側に分け、その間を金属ばねや防振ゴムで支持する装置により、振動低減を行う方法を考える。

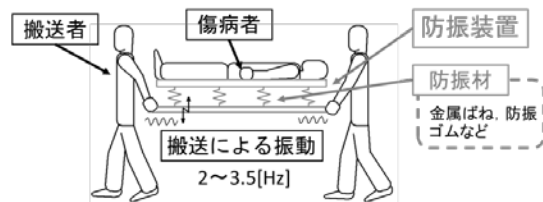


図 2 手持ち式担架における防振のイメージ

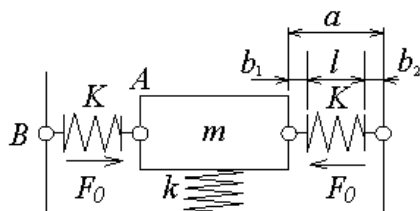
担架と傷病者の合計質量 m 、ばね定数 k 、重力加速度 g 、振動伝達率 λ より、ばねの静的たわみ x_{st} は(1)式で表される。

$$x_{st} = \frac{g}{\omega^2} \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) \quad (1)$$

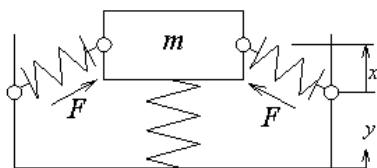
ここで、担架搬送時の振動周波数を 2[Hz] ($\omega = 4\pi$ [rad/sec]) とし、振動を 50[%]低減

させる ($\lambda=0.5$) 場合、 x_{st} を(1)式より計算すると、 x_{st} は $0.186[m]$ ($186[mm]$) になる。つまり、どのような荷重に対しても、防振材は $186[mm]$ 以上の静的たわみ量が必要になり、装置に用いる場合、ばね定数が非常に小さく (柔らかい)、自然長の長いばねで支えられることとなり、装置自身の構造が非常に不安定になると考えられる。このことから、対象とする $2[Hz]$ の低い周波数に対する防振を、金属ばねや防振ゴムを用いて単純に支持する方法では振動低減の実現は困難であると考える。

そこで本研究では、振動低減の方法として、低い周波数に対する振動低減に有効である、非線形構造の原理^④を用いることを考える。図3に非線形構造による防振の原理を示す。



(a) 非線形構造の基本形



(b) 上下変位に対する圧縮量

図3 非線形構造による防振の原理

4. 研究成果

本研究では、クローラと五角形車輪を複数個連結した階段昇降機構を採用した担架システムを開発し、傷病者をわずかな力で担架へ乗せ、そのまま階段昇降も行うことを目的としている。最終的には、担架システムに振動抑制の機能を付加することで、重度傷病者を安全かつ迅速に救助可能なシステムの開発を目的とする。期間内に以下の2点の項目を実施し、成果を得た。

①担架システムの階段昇降機構の改良:五角形の車輪を複数個連結する階段昇降機構を試作した。その結果、従来のシステムに対して階段上昇速度が約3倍以上、階段降下速度も約1.5倍に向上したが、可搬重量の増加に伴い、滑りが発生した。そこで、車輪の素材・形状を検討し、アルミ材の表面にゴムを貼り付けた車輪に変更し、車輪の形状も引っかかりを良くするよう改善した。その結果、ゴムを貼り付けたアルミ車輪は、従来システムより滑りを低減することができ、担架を3人で運ぶ際の速度 $9.3[m/min]$ を上回る $10.9[m/min]$ の上昇速度を実現できた。

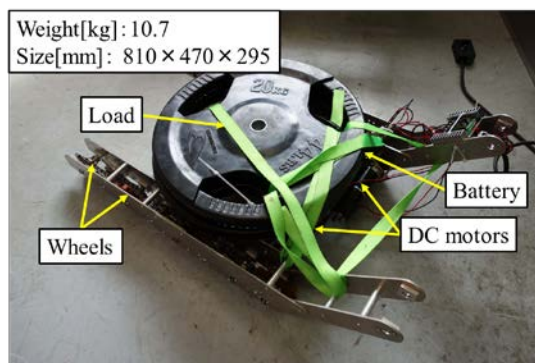


図4 開発した階段昇降機構

②非線形構造による振動低減装置の開発: 手持ち式担架に人を乗せて搬送作業を行い、そのときの振動を計測し、発生する振動の大きさ・方向・周波数などの特性を把握した。その計測結果より振動低減の方法を検討し、振動低減装置を製作した。具体的には、手持ち式担架や、本研究で目指す担架システムの搬送速度は、消防車の搬送速度とは異なり、 $2\sim 3.5Hz$ 程度の低周波領域で振動が発生する。そのような低周波領域では、通常の縦バネや、エアマット等による振動低減ではなく、非線形構造による振動低減が効果的とわかった。そこで、非線形構造を有した振動低減装置を設計・製作し、その装置を用いて搬送時の振動計測を行った。その結果、各搬送速度における加速度の値が防振なしに比べ、飛躍的に小さくなり、RMS 値を用いて装置により搬送時に発生する振動を約60%低減させることができることを確認した。

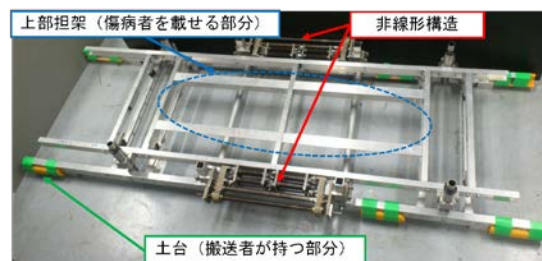


図5 非線形構造による振動低減機構

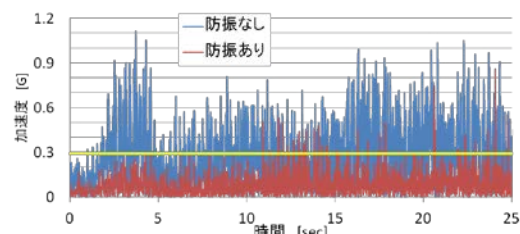


図6 振動低減機構による防振効果

<引用文献>

①朝日新聞 2011年4月9日

②<http://www.evac-chair.com/>

③

<http://www.funayama.co.jp/product/4kizai/4-13carrydun.html>

④高野政晴、“低周波防振装置の試作研究”、東京大学工学部、精密機械学会、1978

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

①Yuki Iwano, Satoru Horai, Koichi Osuka, and Hisanori Amano : Development of the Stretcher with the Vibration Isolator Using Nonlinear-Structure、 Journal of Robotics and Mechatronics、 Vol.26 No.4、 pp.496-504、2014.8

②Yuki IWANO、 Koichi OSUKA、 Hisanori AMANO : Development of Rescue Support Stretcher System with Stair-climbing. Journal of Robotics and Mechatronics、 Vol.25 No.3、 pp.567-574、2013.6

〔学会発表〕(計 7件)

①岩野優樹、平嶋洋大、大須賀公一、天野久徳：五角形車輪型階段昇降機構の再評価、第15回システムインテグレーション部門講演会論文集、pp.1246-1247、2014.12

②岩野優樹、平嶋洋大、大須賀公一、天野久徳：五角形車輪型階段昇降機構の特性評価. ロボティクス・メカトロニクス講演会'14 講演論文集、1P2-H08、2014.5

③岩野優樹、平嶋洋大、大須賀公一、天野久徳：車輪型階段昇降機構の改良、第14回システムインテグレーション部門講演会論文集、pp.1200-1201、2013.12

④岩野優樹、大須賀公一、天野久徳：車輪型階段昇降機構の試作と実験. ロボティクス・メカトロニクス講演会'13 講演論文集、1P1-P23、2013.5

⑤岩野優樹、大須賀公一、天野久徳：救助支援型担架システムの現状と今後の展望、第13回システムインテグレーション部門講演会論文集、pp.1617-1618、2012.12

⑥Y. Iwano, K. Osuka, H. Amano: Evaluation of Rescue Support Stretcher System . Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication、 pp.245-250、2012.9

⑦岩野優樹、大須賀公一、天野久徳：“階段昇降機構を付加した救助支援型担架システムの開発 第8報 階段昇降における定量的評価”. ロボティクス・メカトロニクス講演会'12 講演論文集、2A1-P06、2012.5

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩野 優樹 (IWANO Yuki)

明石工業高等専門学校・機械工学科・准教授

研究者番号：90413799