

平成22年6月14日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19760186

研究課題名（和文） 利用者の意思に基づいた救助支援型担架システムの研究開発

研究課題名（英文） Development of rescue support stretcher system based on the user's intention

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

研究成果の概要（和文）：我々は地下街や駅で迅速安全に救助が行える救助支援型担架システムの研究開発を行う。担架システムは、消防隊員の救助活動時の負担を軽減させるものである。階段昇降の機構を考察し、最後に実験によって担架システムの有効性を検証する。

研究成果の概要（英文）：We research and development the rescue support stretcher system for a heavy casualty disaster in underground areas or at stations can be handled in a quick, effective manner. The stretcher system is expected to help firefighters achieve efficient rescue operations. And, we discuss the mechanism for going up and down the stairs. Finally, we evaluate that stretcher robot can go up and down the stairs by the experiment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	0	1,500,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	540,000	3,840,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学

キーワード：知能機械学・機械システム

1. 研究開始当初の背景

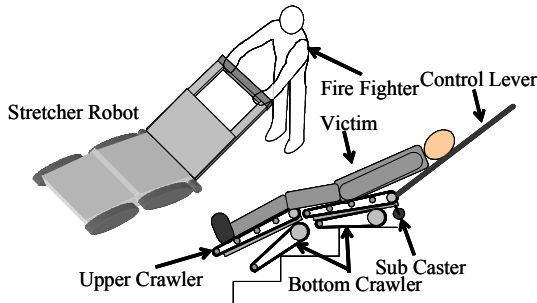
近年、災害の抑制や人命探査などにロボットが用いられてきている。しかし、救助活動に関しては、対象が人であるという取り扱い性の困難さから、消防隊員の力に頼らざるを得ないのが現状である。また、単独で救助活動を行うロボットも含め、被災者の搬送を行う実用的な救助支援機器がないのが現状である。そのため、より多くの被災者を救うため、消防隊員だけでなく力のない一般人や女

性でも救助活動が行えるよう、本研究で提案する救助活動支援システムが必要である。

2. 研究の目的

地下街の災害にかぎらず、一度災害が発生した場合、それが人為的であるか否かにかかわらず、多数の傷病者が発生し、その傷病者を一刻も早く安全な場所まで救出しなければならないということは言うまでもない。しかし、その度に要救助者の搬送を消防隊員が

人力で行っていたのでは、消防隊員にかかる負担ははかりしれない。そこで本研究では、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、Fig.1 に示すような上下両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動的に担



架に乗せることで負担を軽減する。

Fig.1 救助支援型担架システムの概要

3. 研究の方法

救助支援型システムの概要を紹介するに当たり、まず救助活動において消防隊員の負担となっている点について考察する。要救助者が発生した場合、災害現場から安全な場所までの搬送方法を大別すると、以下の2つが挙げられる。

- A. 要救助者を背負う・抱きかかえる等の方法で救助隊員が直接搬送する。
- B. 要救助者を担架に乗せ、数名の隊員で搬送する。

ここで、それぞれの方法におけるメリットデメリットを考える。まず、Aの方法の場合、隊員は要救助者の体重すべてを一人で搬送しなければいけない。そのため、隊員にかかる負担は大きくなる上に隊員より体が大きい・体重が重いといった場合の要救助者の搬送は非常に困難となる。ただし、一人で搬送を行うため、隊員の数が少ない場合においては比較的有効な手段であると考えられる。

一方、Bの場合担架を隊員2名で搬送するため、隊員一人当たりの負担は半分となり、大柄な要救助者であっても搬送は可能となる。しかし、この場合必ず数名の隊員が必要となってくることから、緊急性が高く十分な数の隊員を確保できる保障のない災害現場においては有効であるとは言い切れない。

ただし、これらの考察は救助活動の回数が少ない場合には当てはまるが、地下鉄サリン事件のような、要救助者が多数で地下と地上を何往復もしなければいけない状況下では、Aの方法は通用しないと容易に想像がつく。

現在、搬送活動に用いる搬送用資機材は何点か存在する。消防救急自動車に搭載されているものや、防災用途で建物に備え付けてあるもの、研究開発されたものがある。Table 1 にそれぞれの搬送用資機材を比較した表を示す。(a)は担架および緊急用簡易担架レスキューボードであり、(b)はメインストレッチャー・サブストレッチャー、(c)スクープストレッチャーとなっている。最も持ち運びが容易なのが、サイズ・重量から見てコンパクトな緊急用簡易担架レスキューボードだといえる。しかし、搬送する人間が立つ位置はボードの横であるために、狭い通路を通過するのが困難、搬送には複数人が必要であることから、搬送性は決して高いとはいえない。メインストレッチャーは他の担架と比べ、車輪が付いていることから搬送性は高く一人でも要救助者を運べるが、整地であることが必須条件となる。また、スクープストレッチャーは要救助者をすくい上げる機構から、要救助者への負担を軽減すると同時に、救助隊員が担架に乗せる作業も容易となっている。しかし、基本的に通常の担架と同様に、搬送のときには要救助者がかつぎ上げるので、救助隊員への負担は小さいとはいえない。

Table 1 各担架の比較

タイプ	持ち運び	搬送性	負担
(a)	◎	○	△
(b)メイン	△	◎	△
(b)サブ	○	◎	△
(c)	○	○	△

以上から、要救助者の搬送活動における救助隊員への負担を軽減させるには、搬送の際に担ぎ上げる動作を除くことが有効であると考える。さらに担架への積載の容易さと、搬送の負担が小さい作業方法が必要だといえる。

一方、先行研究として消防庁でFig.2に示す要救助者の搬送を行う救出用台車の開発が行われている。



Fig.2 救出用台車

この台車は、駅構内等でゴミの運搬に利用されているクローラ型の階段昇降機に似た形状をしており、クローラの上には、要救

助者を2名乗せることができる構造となっている。この台車を用いた場合と、担架を用いた場合において、地下鉄の地上入口から出発し、ホームの要救助者を救助して地上まで戻ってくるという検証実験を行った結果、担架に比べ台車の所要時間は2倍になった。ただし、担架は2名が1組となり1名の要救助者を搬送、一方台車は1名で台車を操作し2名を搬送した。当然、両者の疲労度も異なり、台車を用いた場合はすぐにでも再進入可能であったのに対し、担架を用いた場合は早急に再進入することは困難であった。このように、台車（搬送支援機器）を用いた場合、消防隊員の負担軽減に一定の効果があることが実験的に得られている。ただし、この台車の欠点として、以下の2つが挙げられる。

- ・人力で要救助者を台車へ乗せる必要がある
- ・台車本体が重く、現場への到達に時間を要する

そこで、本研究では消防隊員が一人で救助活動が行え、かつ負担を軽減することができるという従来の台車のメリットを備えつつ、上記のデメリットを改善した救助支援型の担架ロボットの開発を提案する。このロボットは、上下両面にクローラベルトを取り付けた担架を製作することで、上面のクローラを回転させると要救助者を持ち上げることなく担架を体の下に滑り込ませることができる。要救助者を担架の上に乗せた後は、下面のクローラを用いて搬送のパワーアシストを行う。このロボットにより、一人で担架への移送および要救助者の搬送ができ、消防隊員の負担を軽減できると考える。なお、二つ目のデメリットは、ロボット全体を小型軽量にすることで、消防隊員が背負って現場へ向かい時間短縮を狙うこととする。

4. 研究成果

本章では、実際に製作した担架支援型担架システムについて実験結果も含めて述べる。

(1) 製作した担架システム

前節の要求仕様を元に、製作した担架システムの主要諸元を表2に、外観を図3に示す。

Table 2 担架システムの仕様

Stretcher System	
Size[mm]	W400×H910×L1100
Weight[kg]	17.1 (include battery)
DC Motors	12W×2,44W×4
Battery	Ni-MH battery7.2V

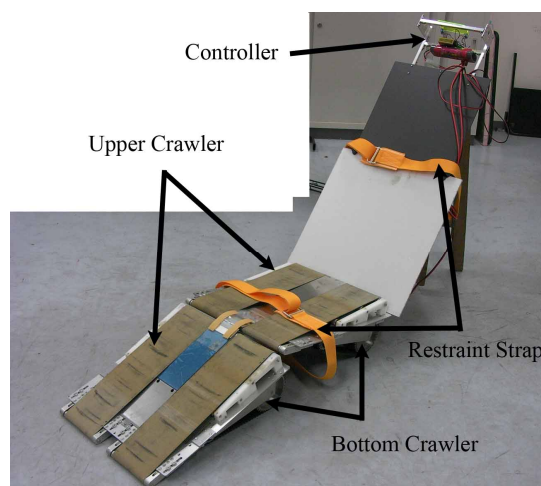


Fig.3 担架システムの外観

担架システムの操縦は有線とし、レバーの手元のスイッチで行う。また、基本コンセプトには記述しなかったが、要救助者を固定するベルトを搭載している（図4参照）。実際の運用としては、災害現場へ隊員が背負って運搬し、現場で展開後、要救助者を担架へ乗せ、安全な場所へと搬送するという流れとなる。



Fig.4 要救助者を乗せた状態

(2) 簡易実験

次に、階段昇降機能を付加した担架システムを用いて、階段昇降および踊り場での旋回実験を行い、その有効性について検証する。

実験概要 実験は、本校の建物内で実施する。建物内は、一般的に狭いという特徴があるが、実験で使用する階段は、図5のようになっている。

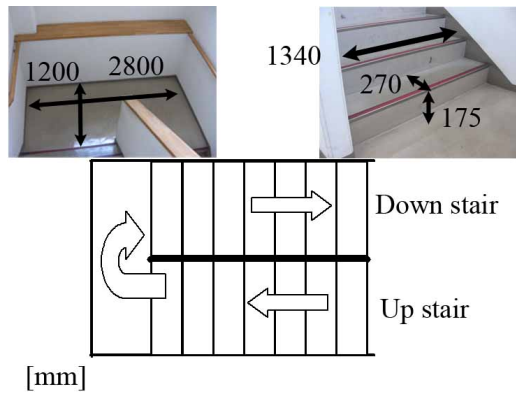


Fig. 5 実験環境となる階段の諸元

- ・階段は高さ 175 [mm]，奥行き 270 [mm]，幅 1340 [mm]，斜角 32.9° 程度
- ・階段の踊り場は幅 2800 [mm]，奥行き 1200 [mm] 程度

担架を使用して隊員が搬送する場合，このような狭い通路・急傾斜といった環境から，搬送活動はスムーズにいかないことが予想される。

階段下降実験 まず始めに，階段の下降実験について述べる。実験は，2 階のフロアから 1 階との間の踊り場へと降りることができるかということを確認する。実験の様子を図 6 に示す。

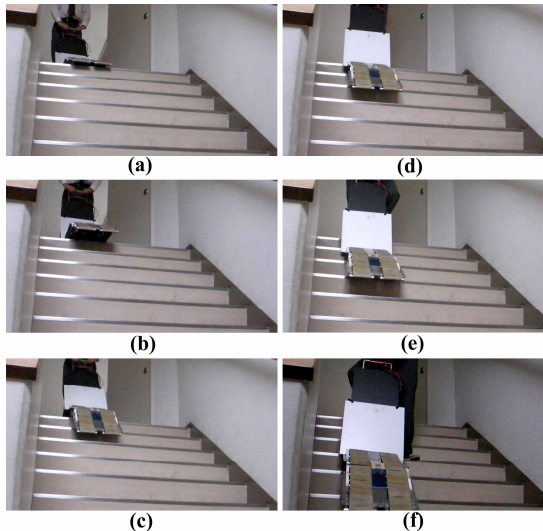


Fig. 6 階段下降実験の様子

実験の結果，モータロックおよび駆動用のクローラと階段との摩擦抵抗により，急加速等することなく，ほぼ一定速度で階段を下りることができるということが確認できた。図では，要救助者を乗せずに実施しているが，乗せた場合もほぼ同等の結果を得られた。また，今回の実験では所要時間については問題とされていないが，参考までに所要時間は 31 [秒]

であった。今後の課題としては，段を下りるたびに衝撃が大きいということと，担架の座面が水平よりも傾く場合があり，要救助者に対して恐怖心を感じさせることから，それぞれサスペンションと，担架の姿勢を固定することで対応しようとする。

階段の踊り場での旋回実験 次に，階段の踊り場での旋回実験を行う。このような狭い踊り場では，要救助者を担架に乗せた状態での旋回は困難となる。しかし，図 4 に示したように，背もたれを傾け，要救助者を座った状態にし，さらに担架システムの先端をわずかにあげることで，後部のクローラの一部のみの設置となり，狭い場所での旋回をスムーズに行えることが確認できた。なお，旋回に要した時間は 10 秒であった。

階段上昇実験 最後に階段の上昇実験について述べる。実験は，1 階のフロアから 2 階との間の踊り場へと上ることができるとことを確認する。実験の様子を図 7 に示す。

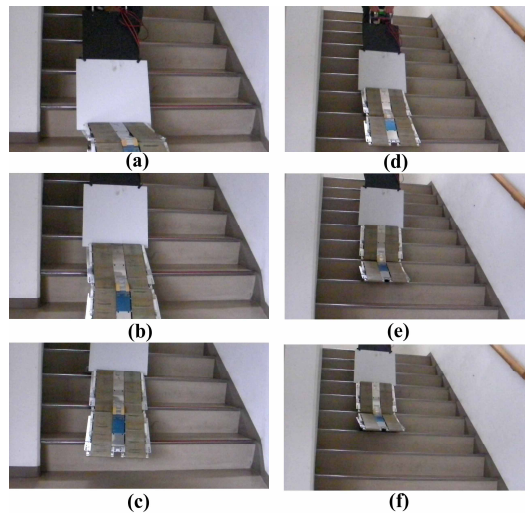


Fig. 7 階段上昇実験の様子

まず，図 7 をみてもわかるように，要救助者を乗せない状態および 30 [kg] 程度の重量で行った場合，問題なく階段を上ることができた。しかし，要救助者の重量がそれ以上になると，1 段目の段差を乗越える際に，非常に負担を感じた。その原因として，1 段目の段差を乗越える際に，クローラの高さに比べ本実験で用いた階段の段差が高かったため，クローラが段差をグリップできない。そこで，レバーを介してクローラを持ち上げることで，クローラが段差にグリップしやすい位置まで上げている。レバーを介してクローラを持ち上げる行為は，重量がそれほど重くない場合は，ほとんど苦にはならないが，重量が

増してくると、負担となるのは当然である。さらに、クローラと段差との設置面が少ないため、段差を上際にクローラによるアシストができず、持ち上げる負担が全て操縦者に伝わる。今後の課題としては、クローラの高さを段差の高さ以上に変更することで、クローラが段差とグリップしやすいようにする。

(3) 感覚的な操作システムの構築

本研究では、操作者の意思を推定し、それに基づいてパワーアシストする担架システムを構築することで感覚的な操作を実現する。そのため、レバー操作による担架ロボットの操縦システムを構築する。レバーによる操作を採用した理由は、コントローラとは違い感覚的に操作が可能という特徴から、操作に慣れていない人でも容易に操縦できると考えたからである。操縦システムを構築するにあたり、操作者が進みたい方向・速さを推定することにより、操作者の意思を推定したパワーアシストを実現する。図8に簡易的な移動機構を用いた担架システムを示す。

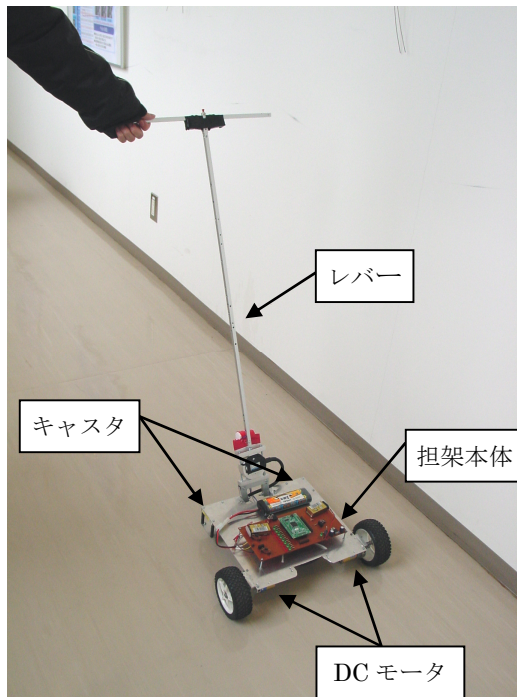


Fig. 8 担架機構の操縦システム

進む速さは、ロードセルによって推定を行う。ロードセルとは、力（質量，トルク）を電気信号に変換して出力するセンサのことであり、これにより操作者がレバーを引っ張る荷重に合わせてロボットが進む速さを調整することが可能となる。進む方向は、ポテンショメータによって推定を行う。ポテンショメータとは、機械的変位または検出部の回転を入力とし、その変位に応じた電気的信号を出力するセンサのことである。これをレバ

一の回転中心である根元に取り付けることにより、レバーの左右方向の変位を測定する。これにより、操作者が進みたい方向を推定してロボットの進む向きを調整することが可能となる。また、安全装置として、プッシュスイッチが押されている間だけ担架システムが動作するようにする。

この操縦システムを用いて、10人のユーザーに簡単なコースを走行してもらい、「操作者の意思推定に基づいたパワーアシスト」が実現できているか5段階で評価してもらった。表3に、アンケート結果の平均を示す。

Table 3 アンケート結果平均

速度の制御	2.8
右折・左折	3.4
折り返し	2.7
動かしやすさ	3.1
安全面	4.2
進みたい方向に ロボットが動いたか	3.7
意思通りに パワーアシストしたか	3.3
1:悪~5:良	

アンケート結果より、進みたい方向に担架ロボットは追従したが、方向の折り返しに関しては低い評価となった。それ以外は、全体的に標準的な評価となっていることから、ある程度の水準のシステムは構築できていると考える。今後は、折り返しも含めさらに、感覚的な操縦システムとなるよう研究を進めるとともに、担架システムへの実装を行う。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計10件)

【査読あり国内会議】

- ①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検討。第14回ロボティクス・シンポジウム予稿集，pp. 534-539, 2009
- ②岩野優樹，大須賀公一，天野久徳：救助支援型担架ロボットの機能評価。第13回ロボティクス・シンポジウム予稿集，pp. 395-400, 2008

【査読なし国内会議】

- ③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”. ロボティクス・メカトロニクス講演会'09 講演論文集, 1A2-H05, 2009
- ④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検証”. 第9回システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 51-52, 2008
- ⑤岩野優樹: “明石高専 岩野研究室の RT - 救助支援型担架ロボット技術と半自律型機材搬送技術”. 第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 3M3-05, 2008
- ⑥岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳: “救助支援型担架ロボットの開発 - 担架ロボットの走行実験”. ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集, 2P2-A10, 2008
- ⑦岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳: “救助支援型担架ロボットの機能評価”. 第8回システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 591-592, 2007
- ⑧岩野優樹, 大須賀公一, 天野久徳: “救助支援型担架ロボットの開発 - 担架機構の基礎実験”. ロボティクス・メカトロニクス講演会'07 講演論文集, 2P1-L06, 2007

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

()

研究者番号:

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者