

救出用台車の研究開発（第4報）

（多目的救出用台車）

原 聡*, 矢ヶ崎 孝**, 下重 美佐男*, 日比 康友*

概 要

地下駅構内等における多数傷病者発生時の災害に際し、要救助者搬送や現場への資器材集結にかかる隊員の労力軽減を目的として、電動クローラ方式による救出用台車の研究開発を行ったものである。

本研究は、昨年度の研究成果¹⁾を踏まえ、水平矯正装置による要救助者の体位管理の向上及び機動性、操作操縦性能の向上を図った多目的救出用台車を製作したので、その概要と有効性について検証した各種性能確認実験結果について報告するものである。

1 はじめに

昨年度の研究成果¹⁾の一つとして、平坦架脱着装置がある。この装置は、資器材を積載するフロア部分に、担架搬送されてきた要救助者を、そのままの状態で積載することを可能とし、これにより要救助者の救命処置や体位管理面を向上させたものである。

本年度は、階段走行時の台車搬送における要救助者に与える影響を軽減し、また安定性の向上を図ることを目的として、水平矯正装置を開発した。

2 多目的救出用台車の概要

多目的救出用台車の概観及び諸元性能を表1、図1に示す。(写真1～3参照)



写真1 要救助者搬送



写真2 担架積載形態



写真3 台車収納形態

表1 諸元性能

台車本体質量	170 [kg] (バッテリー 30kg 含む)
最大積載量	200 [kg]
昇降速度	0～20[m/min] (高速モード: ～30)
昇降傾斜角	0～35[°]
原 動 機	永久磁石式 DC24V400W 二個並列
バ ッ テ リ ー	シール鉛蓄電池 12V40Ah 二個直列

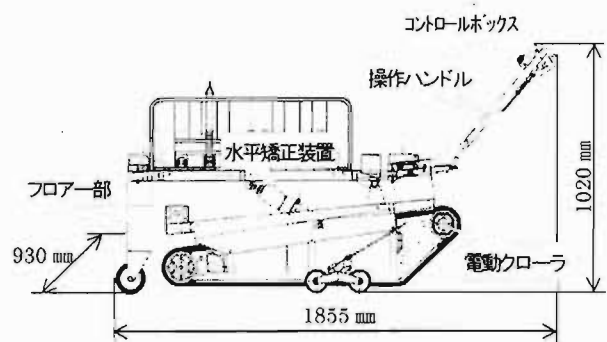
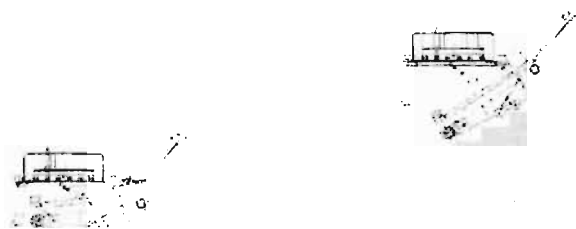


図1 概観寸法と名称

(1) 水平矯正機構

この装置は、階段昇降による積載フロア部の傾きを水平に矯正するもので、油圧式シリンダー装置と制御装置から構成される。水平矯正操作は、操作ハンドル部のコントロールボックスで行う。水平矯正の作動概要を次に示す。(図2参照)



水平走行 ←→ 水平矯正作動 ←→ 階段昇降

図2 水平矯正機構の作動概要

(2) 走行機構

階段昇降時用の電動クローラ式駆動装置と平地走行用の車輪により構成される。

様々な階段上でスムーズな昇降移動を行うためには、階段の段差幅とクローラベルト凸部ピッチ幅との間隔が重要であることから、関係法令と駅構内階段での実地調査結果を照合して設計した。(図3、表2参照)

平地走行時用の車輪は、台車の旋回性能を向上させるため、前輪をキャスター式の三輪構造とした。

表2 クローラベルトの設計

旅客用階段の設計 基準(建築物設計 基準第15条)	蹴上 げ [mm]	165 標準
	踏面 [mm]	330 標準
	階段角度 [°]	26.6 標準
階段角度実地調査	平均階段角度 [°]	26.6
クローラベルト仕様	幅 [mm]	51
	周 長 さ [mm]	2622.6
	ピ ッ チ [mm]	80
	接 地 長 さ [mm]	877.4

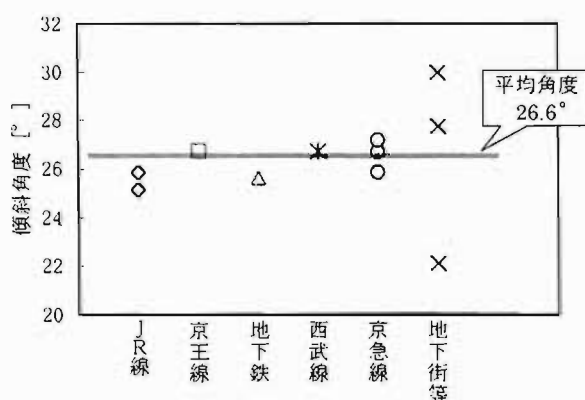


図3 路線別の階段傾斜角度

(3) 安全装置等

ア 緊急停止装置

操作者以外でも緊急停止させることができるスイッチがあり、コントロールボックスと台車フロント部分の左右に配置されている。

イ 水平矯正誤作動防止装置

階段昇降操作時に、水平矯正角度を誤って下げると、台車重心が下方へ移動し不安定となることがある。この誤作動を防止するため、台車本体の重心が移動しても安定する傾斜角度 20° 以下にならないと、矯正角度を下げられないようにする装置である。また必要に応じて、機能スイッチの ON-OFF が可能である。

ウ 前輪保護装置

台車が階段を昇降する際、前輪のキャスター式車輪に負荷が集中する。これを防止するため昇降時には、フロアを水平矯正装置により約 10° 上昇させ、前輪を浮かすことにより、負荷の集中を防ぐものである。

3 実験方法

検証実験は、災害を想定した実験、救出台車の重心移動実験、そして救出台車の速度実験の3項目である。

(1) 災害想定実験

地下駅構内での災害を想定し、平担架(東消71型)救出方法と台車救出方法における比較検証を行うため、活動所要時間と操作・被搬送者への体験アンケート調査を実施した。

実験場所は、試験講習場(渋谷区幡ヶ谷 1-13-20)屋内階段(傾斜角度 36°)部分で行った。

ア 想定概要

講習場3階を「地上1階」、同様に講習場1階を「地下2階」と想定した救出活動を行う。要救助者は地下2階部分に1名とし、活動隊員は現場まで救助資器材を所定の位置まで搬送する。搬送後、担架に乗せた要救助者を地上1階所定の位置まで救出搬送して想定終了とする。

イ 搬送資器材(写真4参照)

- 平担架1基(東消71型を使用)
- 投光器一式(投光器、発動発電機、延長コード)
- 救助資器材(代替品:バッテリーバック2個)

ウ 平担架による活動概要

要救助者搬送は、平担架基本操法「三人操法」とする。

現場までの資器材搬送は、安全管理面から二度に分けてもよいものとする。(写真5参照)



写真4 搬送資器材



写真5 階段昇降時

エ 台車活用による活動概要



写真6 資器材搬送

要救助者搬送は、台車を担架積載形態とし、積載搬送する。

資器材搬送は、台車フロア部へ積載し、固定バンドで落下防止をする。

(写真1, 6 参照)

(2) 台車の重心移動実験

階段昇降時において、積載質量や位置、そして水平矯正機構を作動させた場合に重心移動が生じる。その重心移動が台車バランスへ及ぼす影響を検証するために行う。

ア 台車の重心位置

水平状態で台車前後にかかる荷重測定により、台車本体の水平方向における重心位置を測定する。また垂直方向の重心は、台車を傾斜させて測定し、それらのモーメントの釣り合いから重心位置を求める。同様に、水平矯正作動時の角度変化に伴う台車の重心移動も測定する。(図4 参照)

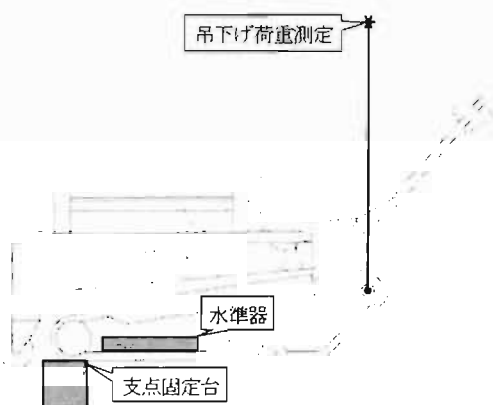


図4 実験による重心測定

イ 要救助者担架の重心位置

台車の重心測定方法と同様に行う。

被験者データは、30～39歳の日本人身長・体重の平均値²⁾(166 [cm]、62 [kg])として測定する。

ウ 台車フロア部へ積載した場合の重心位置

要救助者を台車フロア部へ積載することにより、台車全体の重心位置は移動するので、積載物と台車本体の各重心位置におけるモーメントの釣り合いから計算して求める。

(3) 台車の速度実験

積載質量と台車速度との相関を検証するために行う。

積載質量の各パラメータ(60, 120, 180[kg])に対しての階段昇降速度の変化と、速度切換(通常, 高速モード)による安定性等を検証する。

また電動クローラ、水平矯正機能併用に伴うバッテリー消耗度を測定し、駆動可能時間を検証する。

4 実験結果と考察

(1) 災害想定実験結果

図5に、平担架搬送救出方法(以後「担架搬送」と)と台車搬送救出方法(以後「台車搬送」と)における「距離-時間」系による活動効率の比較を、また図6, 7に、操作・被搬送者への体験アンケート調査結果を示す。

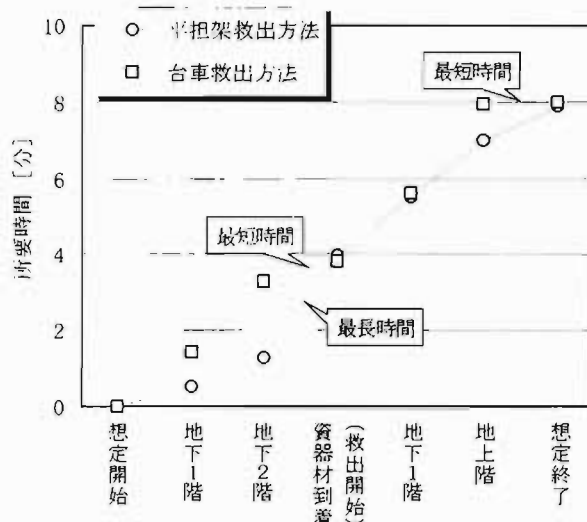


図5 活動効率の比較

ア 担架搬送、台車搬送の両者における、活動総所要時間における大きな差はない。

両者のグラフ勾配を比較すると、明らかな特徴が見られる。担架搬送を示すグラフ勾配は、搬送区間である「想定開始-地下2階」、「地下1階-想定終了」において、台車搬送のグラフ勾配より小さいにも関わらず、「資器材到着」、「想定終了」ポイントでは近差となる。

特に「最長時間」は、最も時間を費やした区間を意味し、ここは資器材搬送完了から要救助者搬送へ移行する区間である。これは担架搬送の進行方向変換要領によるものである。要救助者を乗せた担架を持ち上げる際、隊員同士は向き合っており、搬送するときには、進行方向へ向き直るために担架を持ち替える必要がある。それに対して台車搬送は、担架を持ち替えることなく、そのままの状態で積載できることから、「最短時間」で示すように時間の短縮になることがわかる。

イ 両者の要救助者搬送速度は、ほぼ同じである。

要救助者搬送区間である「救出開始-地上階」において、両者のグラフ勾配の差が小さいことから、階段昇り搬送速度はほぼ同じであると言える。

ウ 人員的に余裕のある分、小隊単位の活動効率が良い。

階段昇降時の操法で、台車搬送は、操作・補助者に各1名従事するのにに対し、担架搬送は常に3名である。

また活動時間が長くなれば、活動隊員の労力も蓄積し、相対的な消防力の減少を招くことを前報¹⁾で検証されており、このことから小隊単位を基準として考えた場合、活動効率が良いことになる。

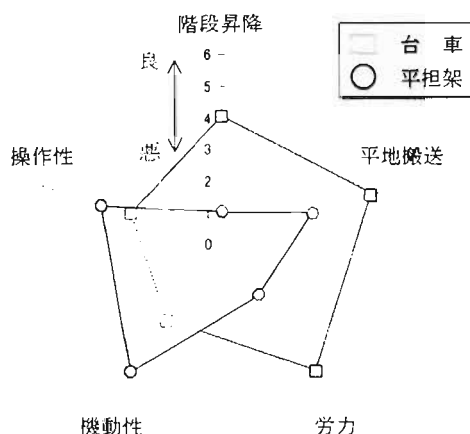


図6 性能比較（操作者体験結果）

エ 搬送性は、台車搬送の方が良い。

図6より、階段昇降時、平地搬送時、そして労力面では、台車による搬送の方が効率は良いという意見が全体の7割になった。これに反し、担架搬送での指摘点として、次の意見が多かった。

- 階段昇降時、担架後部の隊員は足元が見づらい。
- 階段昇り時、隊員間の歩調が合わず、担架前部の隊員は後ろから押されることがあり、危険を感じた。

オ 活動操法の利便性では、平担架搬送の方が良いが、踊り場等の旋回性は台車搬送の方が良い。

操作性と機動性において、平担架は容易で手軽、また障害等には臨機応変に対応できるという意見が多い。

これに対し台車搬送は、踊り場等での旋回性は、平担架より高い評価を受けたが、誰でも操作できるものではなく、相応の訓練修了者であることが必要となる点で、利便性の評価は平担架の方が高い評価結果となった。

旋回性評価で台車の方が高い評価を得た理由として、平担架搬送時の全長（隊員を含む）が、台車のそれより160mm 長く、踊り場等での旋回は、まだ昇りきらない状態で担架旋回を強いられ、バランスを崩す不安があるとの回答結果が8割になった。

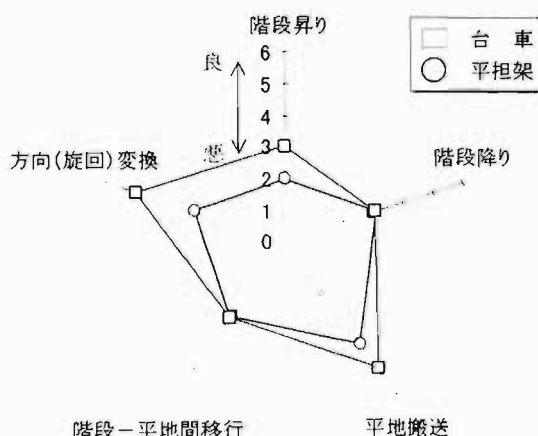


図7 要救助者へ与える影響（被験者体験）

カ 台車搬送の方が、要救助者へ与える影響は小さい。

図7より、搬送全般において、台車搬送による方が平担架搬送より上回っていることから、被験者へ与える影響は少ないと言える。

また平担架の場合、次の意見が9割を占めた。

- 階段踊り場で旋回するため、方向変換を行う際、担架が横に傾き不安を感じた。
- 一人でもバランスを崩せば、転倒するのではないかという不安があった。

これは搬送（操作）者体験結果にも述べたように、平担架搬送時の全長が台車のそれより長いこと、また隊員の身長差によるものと考えられる。

台車の場合、次の意見が同様に9割を占めた。

- 一定間隔で「ガタン」と振動する。

これは想定実験で使用した階段傾斜角度が 36° であり、台車の諸元性能である最大階段昇降角度 35° より 1° 大きいためと考えられる。このピッチング現象については、次の重心実験で述べることにする。

(2) 台車の重心移動実験結果

図8に、台車の最大昇降角度 35° における要救助者搬送時の重心位置の移動軌跡、図9には、標準階段角度 26.6° における最大積載時の重心位置の移動軌跡を示す。

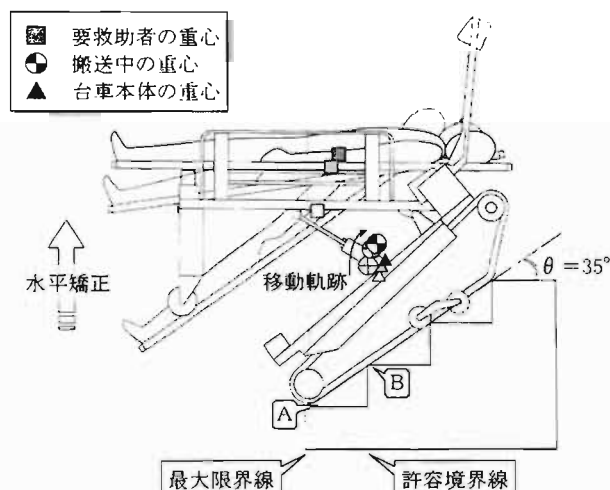


図8 要救助者搬送時の重心移動

積載質量、階段昇降角度の各最大値における台車の安定性を考察することで、安全限界値を検証する。

図8中の搬送重心は、積載物と台車本体の総質量に対する重心を表す。最大限界線は、台車クローラ前輪軸の垂直線で、この線上より搬送重心が左側へ移動すると、台車が前へ転倒することを意味する。また許容境界線は、クローラ前輪が次の階段踏面に接地していない状態（図中「A」）での踏面端（図中「B」）の垂直線で、搬送重心が、この線上にある時、搬送台車は釣合い状態となり、搬送重心が境界線の右側に位置すれば、台車の進行方向における上下のピッチング運動を最小限に抑えることができる境界を意味する。

すなわち、搬送重心位置が最大限界線以内（図中の右

側)であれば、台車搬送は可能である。ただし、ピッチング現象等の不安定要因も潜在することとなる。そこでこの不安定要因を最小限に抑えることができる境界を設定したのが許容境界線である。したがって、搬送重心位置が許容境界線のどちら側にあるのが重要となる。

ア 要救助者搬送 (図8参照)

(7) 最大昇降傾斜角度は、 35° である。

図8より、水平矯正機能を作動させることで、搬送重心は図中の右側へ約10 cm移動している。

最大昇降傾斜角度において、搬送重心が許容境界線の右側にあることから、昇降傾斜角度 $0 \sim 35^{\circ}$ の範囲内で台車の転倒危険はなく、またピッチング現象を最小限に抑えることができる。

イ 資器材搬送 (図9参照)

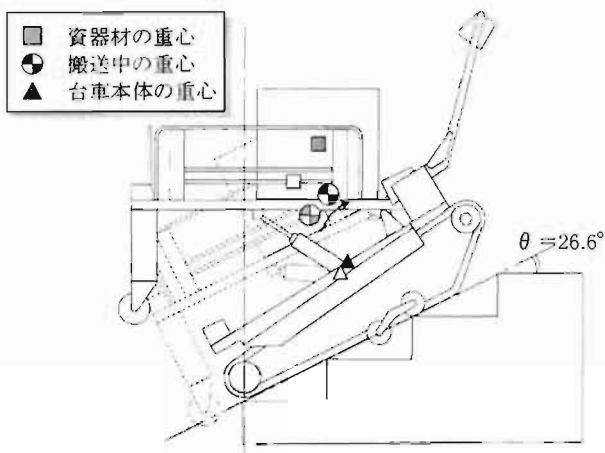


図9 最大積載 (200kg) 時の重心移動

(7) 積載質量が増すほど、水平矯正効果は大きい。

搬送重心位置は積載質量の増加に伴い資器材重心方向へ推移していく。これは搬送重心が資器材と台車本体重心位置の内分する位置であることに起因する。

このことから、水平矯正することで、搬送重心は右側へ移動し、その移動幅も積載質量が増すほど大きくなるので、水平矯正しない場合より、した場合の方が、搬送時における台車の安定性は向上することが言える。

(イ) 標準階段での台車最大積載質量は、200kg である。

建築物設計基準 (表2参照) での階段傾斜角度は、 26.6° であり、台車取り扱い基準を設定すると、最大積載時の搬送重心が許容境界線より右側にあることが必要条件となることから、最大積載質量は200kg である。

(ウ) 最大積載時の最大昇降傾斜角度は、 26.6° である。

図9に示すように、最大積載量200 kg のとき、重心位置が許容境界線上にあり、これ以上積載量が増え、重心位置が左側へ移動し、台車本体のバランスが不安定となる。この許容境界線上に重心位置がくる階段傾斜角度は、実験結果では 26.6° であり、この結果と、表2の調査結果と設計基準値が共に一致した。

このことから、台車搬送時の重心位置が許容境界線

の左側にくる時、即ち、階段傾斜角度 $\theta > 26.6^{\circ}$ ではピッチング運動が起こり、荷崩れや転倒危険要素が生じる。

以上より、実際の現場下では悪条件が重なることから、最大積載質量を180 kg以下とし、また資器材積載位置は、操作ハンドル側にすることで、より安定する。

(3) 台車の速度実験結果

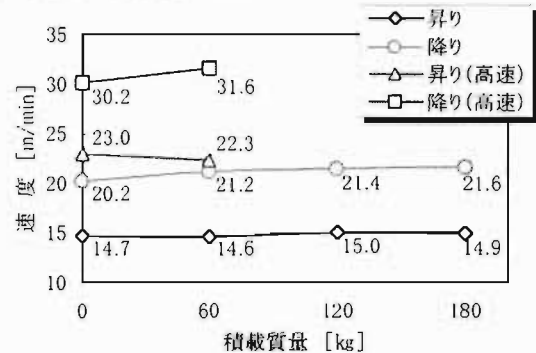


図10 (速度-質量) 系相関グラフ

ア 積載質量に因らず、速度は一定している。

図10より、積載した質量 (60, 120, 180[kg]) 変化における速度変化は、ほとんどない。

これは原動機の回生制動によるもので、モータの起電力を電源ラインに逆送電したり、負荷に流したりして、回転を制動しているからである。

なお、平均昇り速度は15 m/min、降り速度は21 m/minで、階段降り速度は昇り速度の約1.4倍となっている。

イ 高速モードは、通常速度の1.5倍である。

昇り、降りの通常速度に対して、高速モードを使用した場合、共に1.5倍となっている。

ウ 駆動可能時間は、50分以上である。

電動クローラと水平矯正機能を連続使用した結果、最低で50分間駆動可能であった。

5 まとめ

救出用台車の有効性について次のことを確認した。

- (1) 平担架と台車活用による搬送手段において、台車による搬送の方が、小隊単位の活動効率が良い。
- (2) 手軽さでは平担架搬送が有利であるが、階段等での旋回性や要救助者へ与える影響では、小さい台車搬送の方が秀でている。
- (3) 要救助者搬送における最大階段角度は 35° である。
- (4) 旅客用標準階段 (階段角度 26.6°) において、最大積載質量は180 kgまで安全に搬送できる。また積載位置は、フローア右側にすることが望ましい。
- (5) 積載質量が増すほど、水平矯正する効果は大きい。

[参考文献]

- 1) 矢ヶ崎孝、ほか4名：救出用台車の研究開発 (第3報)、消防科学研究所報第36号、P.70～73、1999年9月
- 2) 公衆衛生局：国民栄養の現状、1977年

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A RESCUE STRETCHER (SERIES4)

(STUDY OF A MULTIPURPOSE RESCUE STRETCHER)

Satoshi HARA*, Takashi YAGASAKI**, Misao SIMOJU*, Yasutomo HIBI*

Abstract

We have been engaged in the research and development of an electric crawler-driven rescue stretcher. This appliance will help firefighters achieve a smooth, safe rescue with less labor at a mass-casualty disaster scene of a subway station and similar facilities.

On the basis of the 1999 study, we developed a rescue stretcher prototype, which was improved in such functions as controlling the patients body positioning, mobility and operability.

This report describes the results of our experiments which verified effectiveness of this stretcher.

* Third laboratory * * Akigawa Fire Station