

救出用台車の研究開発について (第2報)

Research and Development for a Rescue Stretcher for a Mass Casualty Disaster(Series 2)

矢ヶ崎 孝*
 石塚 敏久**
 大原 義雄*
 米田 雅一*
 島倉 宏明***
 橋本 剛*

概 要

平成7年3月20日に発生した東京地下鉄サリン事件では、地下鉄駅構内において多数の傷病者が発生し、当庁職員及び地下鉄駅関係者等による懸命な救助・救急活動が行われた。災害現場が地下であったことから、多くの傷病者を地上の救護所へ搬送する事が救助の主な活動内容であり、搬送方法は、隊員が担架等を活用し人力で行っていた。

このような状況を踏まえ、東京消防庁では地下街や駅構内等で同様な災害が発生した場合に、要救助者を迅速かつ安全に救出し、併せて、消防隊員の労力を軽減することを目的として、平成8年度から救出用台車の研究開発を推進している。

平成9年度は、前年度に製作した試作機の検証結果を踏まえ、改良機を製作し各種性能確認実験を行った。

本報は、改良機の仕様及び実験結果の概要について報告するものである。

Sarin gas attacks hit subway station in Tokyo on March 20, 1995. Under the dire circumstances triggered by mass casualty incidents, rescue work and emergency medical services were ardently conducted by the Tokyo Fire Department's members and subway station workers. First priority was then given to the transportation of the injured over to the temporary first-aid station on the ground, and stretchers were in use for the victim extrication.

With the lessons learned from the deadly gas terror, the Tokyo Fire Department has been promoting the research and development for a rescue stretcher for a heavy casualty disaster since 1996. The stretcher is expected to help firefighters achieve efficient rescue operations and work with less labor spent in case of major incident in an underground shopping area or at railway station.

The stretcher's prototype was produced in 1996. Then in 1997, improvements and related tests were given to the trial product with the results of previous tests taken into consideration.

The Series is to report the innovated stretcher's specification and performance.

1 はじめに

近年、都市機能の一極集中や建築技術等の急速な発展に伴い、建築物の高層化及び深層化、地下街や地下鉄の整備、高速道路の地下道化等が着々と進められている。

この様な状況下において、平成7年3月に発生した地下鉄サリン事件は、多くの犠牲者が発生し、日本国民を大きな不安に陥ると同時に消防活動上の数々の教訓を与えた。

地下というある意味で密閉された空間で、一度災害が発生した場合、空間的な規模の大小にかかわらず一時に多数の傷病者が発生することが予想される。我々はその

傷病者を一刻も早く安全な場所まで救出することが使命である。

そこで、第三研究室では、地下等で発生した救助事象において、要救助者を迅速かつ安全に救出し、併せて消防隊員の労力の軽減を図ることを目的とした救出用台車の研究開発をすることとし、平成8年度に試作機を製作・検証実験を行った。

平成9年度は、試作機の検証実験を踏まえた改良機を製作し性能確認実験を行ったので、その概要について報告する。

2 試作機の概要

* 第三研究室 ** 荏原消防署 *** 蒲田消防署

今回開発した台車の外観を写真1及び写真2に示す。



写真1 救出用台車の外観

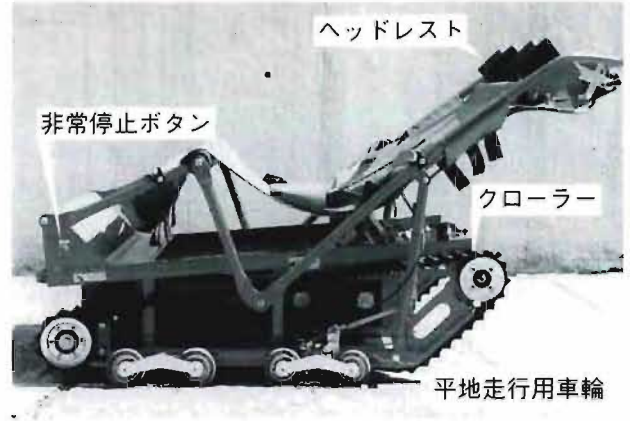


写真2 救出用台車の外観（側面）

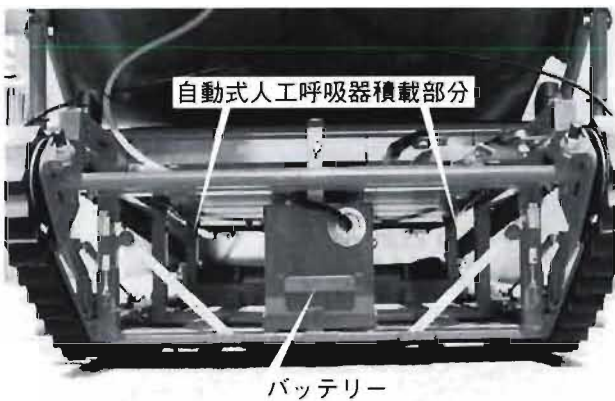


写真3 自動式人工呼吸器積載部分



写真4 操作パネル

救出用台車は、階段昇降用クローラー、平地走行用車輪、電動モーター、減速機、バッテリー、操作パネル、台車フレーム及び傷病者搭乗シート等から構成され、階段昇降非常停止、平地走行用制動装置及び傷病者用の安全ベルト等の安全機能を有している。特長及び諸元・性能等は、次のとおりである。

(1) 特長

(試作機と共通)

- ア 1名の操作者のみで、傷病者を同時に2名救出できる。
- イ 階段は、電動式クローラーで安全に昇降できる。
- ウ 平地は、操作者の押す力のみでスムーズに走行できる。
- エ 普通ポンプ車のホースカー室に積載でき、現場近くまでの搬送が可能である。

(改良点)

- オ 小型化を図り、駅改札口部分などの狭い部分の通過を容易にした。
- カ 階段昇降時の速度を向上させ、救出にかかる時間

の短縮を図った。

- キ スロットルボタンを取付け、階段昇降時の速度を無段階で変化させることができるようにした。
- ク 救急用資器材（自動式人工呼吸器等）を積載するスペースを確保した。
- ケ 背もたれの角度を小さくし、階段昇降時に傷病に与える不安の軽減を図った。
- コ ヘッドレスト、腰部緩衝ゴムを取り付けることにより、傷病者に与える衝撃の軽減を図った。
- サ 緊急停止ボタンの取付け位置を側面に移動することにより、緊急時に操作員以外のものが容易に操作できるようにした。
- シ シートの材質を布製から、ビニール製にした。
- ス 前面にローラーを取付け、台車を起立させドア等の狭い所も通過可能とした。

(2) 諸元・性能

- ア 主要寸法
全長×全幅×全高：1,600 × 926 × 935(mm)
- イ 本体重量

110kgf (バッテリーパック重量を除く。)

ウ 乗車定員 (許容荷重)

2名 (200kgf)

エ 階段昇降速度

上昇: 0~23m/min、下降: 0~25m/min

オ 連続昇降可能時間

約40分 (バッテリーパック1個)

カ バッテリー容量

12V 25Ah × 2個

(3) 走行機構

この台車の走行機構は、階段はクローラーと電動モーターによる動力で昇降し、平地は人力による車輪走行を可能とす複合型である。一対となった2つの車輪は、クローラーの下面より突起しているが、階段昇降する際に振り子状に動作することにより階段を避けて通過する構造である。

3 検証実験

(1) 実験目的

平成9年度に試作した台車の性能確認および、隊員の心拍数を測定し、台車の有効性を確認するための検証実験を実施した。

(2) 実施場所

渋谷区幡ヶ谷一丁目

試験講習場 屋内階段

(3) 検証実験の想定

試験講習場3階踊り場から2階を経て1階踊り場に至る行程を2名の要救助者を救出、搬送する想定で実験を実施した。(図1)

救出方法は、平担架による救出方法と、台車による救出方法の2種類を行った。

今回実験を実施した場所は、地下鉄などの駅の階段角度(27°)に比べ、33°と傾斜がきつく厳しい条件のなかで実験を行うため、安全管理に配慮し、要救助者に訓練用ダミーを使用して行った。

(4) 実験内容ならびに測定項目

ア 台車による救出時間確認実験

3階から進入し、1階の要救助者のいる位置に到着し、要救助者2名を再び3階へ救出するまでの時間を測定した。

訓練用ダミーの重量(35kgf)のみでは現実的な重量ではないので、ダミー1体当たり15kgfの重りを2個使用し、台車のシート部分に載せ、ダミー1体当たり65kgfとして実験を行なった。

なお、実験実施者は4名とした。(表1)

イ 平担架による救出時間確認実験

前アと同様に3階から進入し、1階から要救助者を2名を救出する時間を測定する。

要救助者となるダミーについては台車の実験と同じようにダミー1体当たり65kgfになるように、重りを使用した。

実験実施者は3組6名で実施した。(表1)

ウ 実施者心拍測定実験

当研究所第四研究室の協力を得て前ア、イの実験で実験実施者に心拍測定器を取付け、心拍数の上昇から実施者の体力的負担を計測を行なった。

3分間いすに座り、落ちついた状態にしてから救出活動を行った。

実験実施者には写真5のように電極を取付け、送信機(写真6)からの信号を受信機(写真7)で受信し、データレコーダで心電図(写真8)を記録していく。データレコーダで記録した心電図データを、パーソナルコンピュータで心拍数のデータに変換し、データの解析を行った。

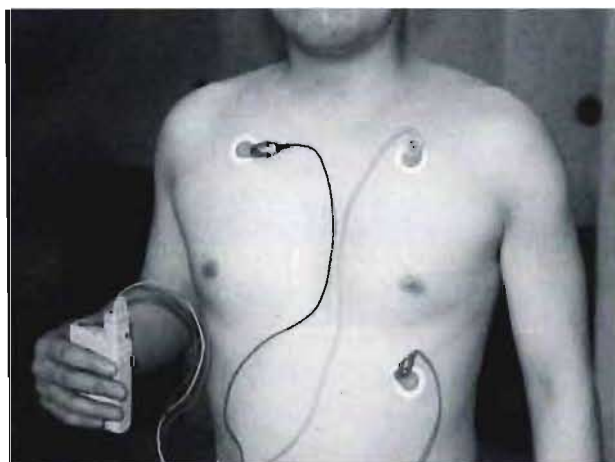


写真5 心拍数測定用電極を取り付けた状況



写真6 データ送信機

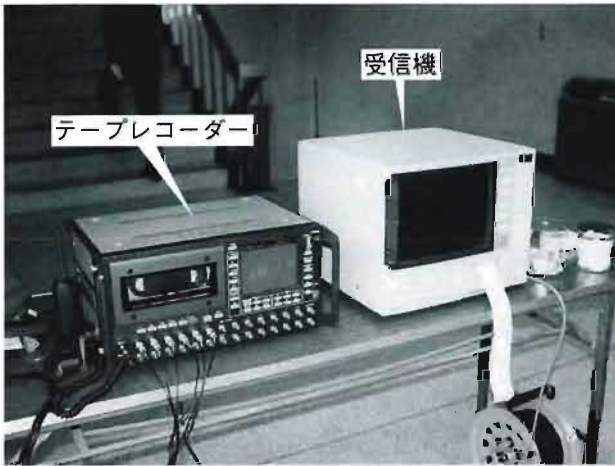


写真7 受信機及びデータレコーダ設置状況



写真8 受信機と心電図表示状況

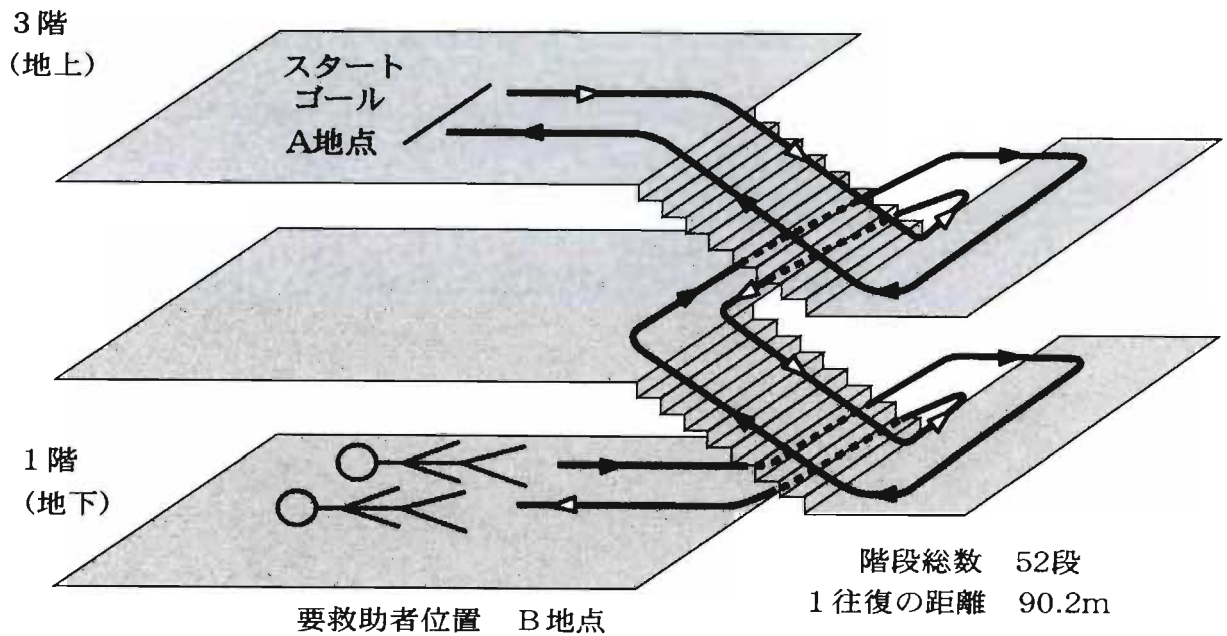


図1 実験実施場所概要図

表1 実験実施者一覧表

項目 実施者	年齢	身長 [cm]	体重 [kgf]	当庁体力測定 基準級	推定最大心拍数 [拍/min]	実験組合せ	
						台車実験	担架実験
隊員 A	39	174.6	58.7	6	181	実施	A組
隊員 B	36	168.9	63.7	5	184	未実施	B組
隊員 C	36	167.1	56.4	4	187	未実施	B組
隊員 D	33	171.7	68.4	6	187	実施	C組
隊員 E	34	167.8	67.1	9	186	実施	A組
隊員 F	29	171.3	69.1	3	191	実施	C組

※推定最大心拍数=220-年齢

(5) 実験結果

ア 台車による救出時間確認実験

要救助者2名を救出するのにかかった時間経過については図2のとおりとなり、それぞれの線は実験を実施した操作員の時間経過を示している。要救助者を台車に乗せるのに要する時間はほぼ一定で、操作員の技量によるばらつきはほとんど生じなかった。(写真9)

イ 平担架による救出時間確認実験

前アと同様に、要救助者2名を救出するのにかかった時間経過を図3に示す。平担架の場合は、2名救出するために2往復しているため、台車と比較し2倍の距離を移動している。この実験についても多少の差は見られるものの、ほぼ一定の時間で救出を完了した。(写真11)

ウ 実施者心拍測定実験

平常時の心拍数測定の開始から、救出活動終了までの同一人物の心拍数の時系列変化を図4、5に示す。台車による方法、平担架による方法どちらの場合も、活動を開始した時点で心拍数の上昇がみられる。

台車の場合、空で階段を降りている場合と、要救助者2名を載せて、階段を上昇している場合の心拍数を比較してみると、空で階段を降りているときに心拍数の変動が見られるが、心拍数はいずれの場合も約110 [拍/min] ~125 [拍/min] で落ちついている。この傾向は、他の隊員についてもほぼ同様であった。

一方平担架の場合は、担架を持って進入するときと、要救助者を搬送し階段を上昇しているときとは、後者のほうが大きく上昇し、その時の心拍数は台車で階段を上昇しているときよりも、高い数値になっている。

図6に救出活動中全体の平均心拍数を台車及び、担架両方の実験を行った者についての、違いを示している。どの実施者においても、台車による救出の方が、担架による救出よりも低い心拍数になっている。



写真9 台車による救出状況



写真10 安静状態測定時



写真11 平担架による救出

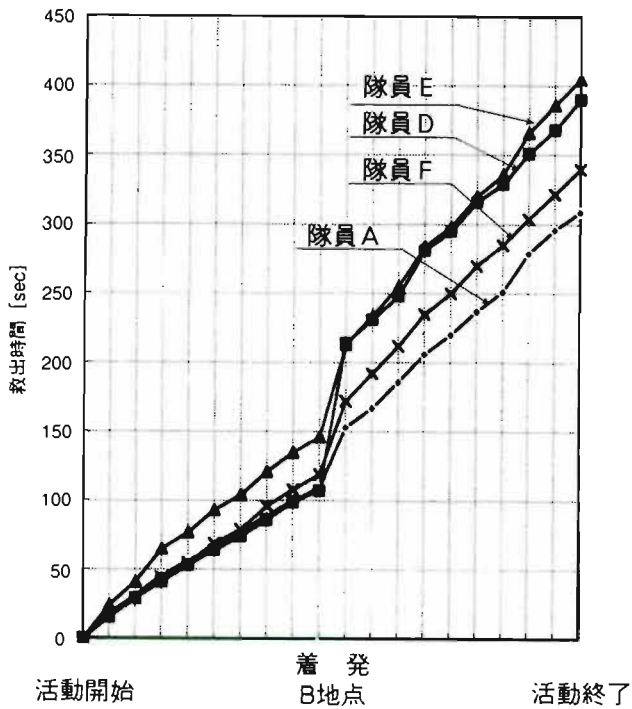


図2 台車による救出時間

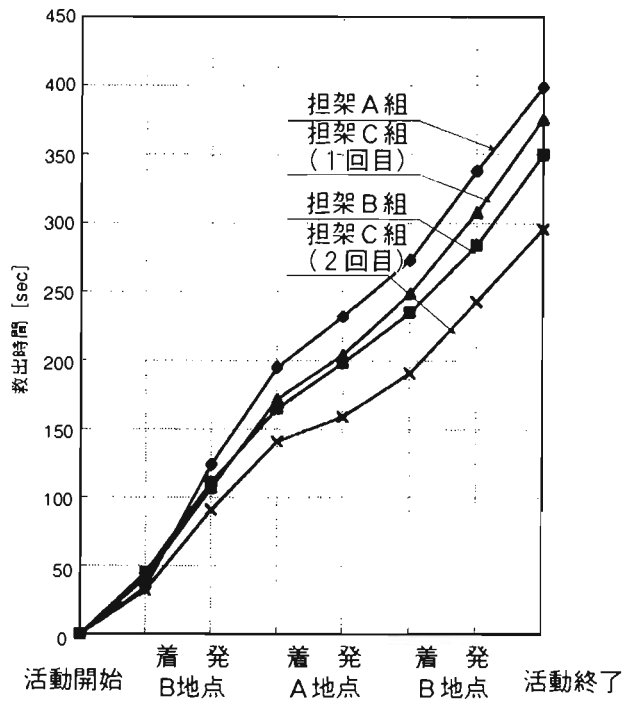


図3 平担架による救出時間

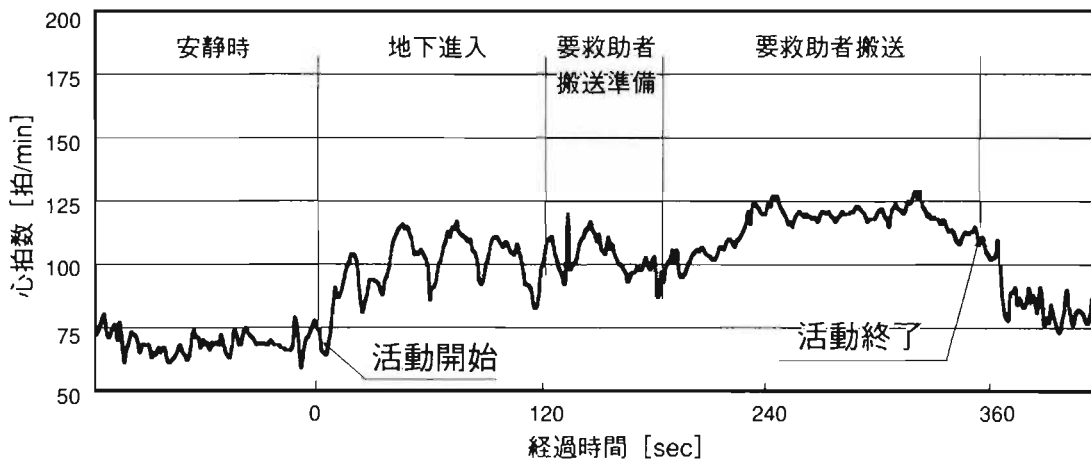


図4 心拍数の時系列変化 (台車による救出時) (隊員 F)

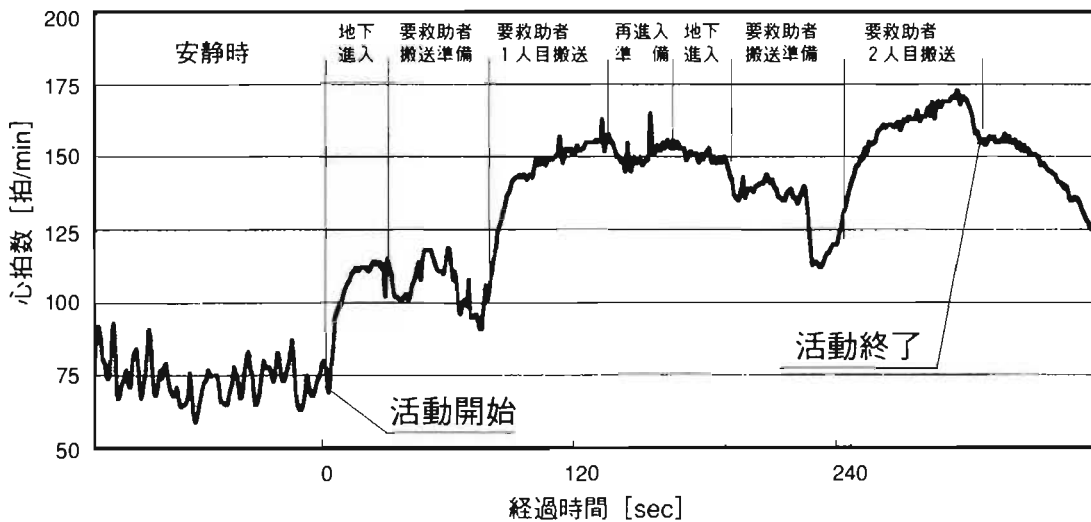


図5 心拍数の時系列変化 (平担架による救出時) (隊員 F)

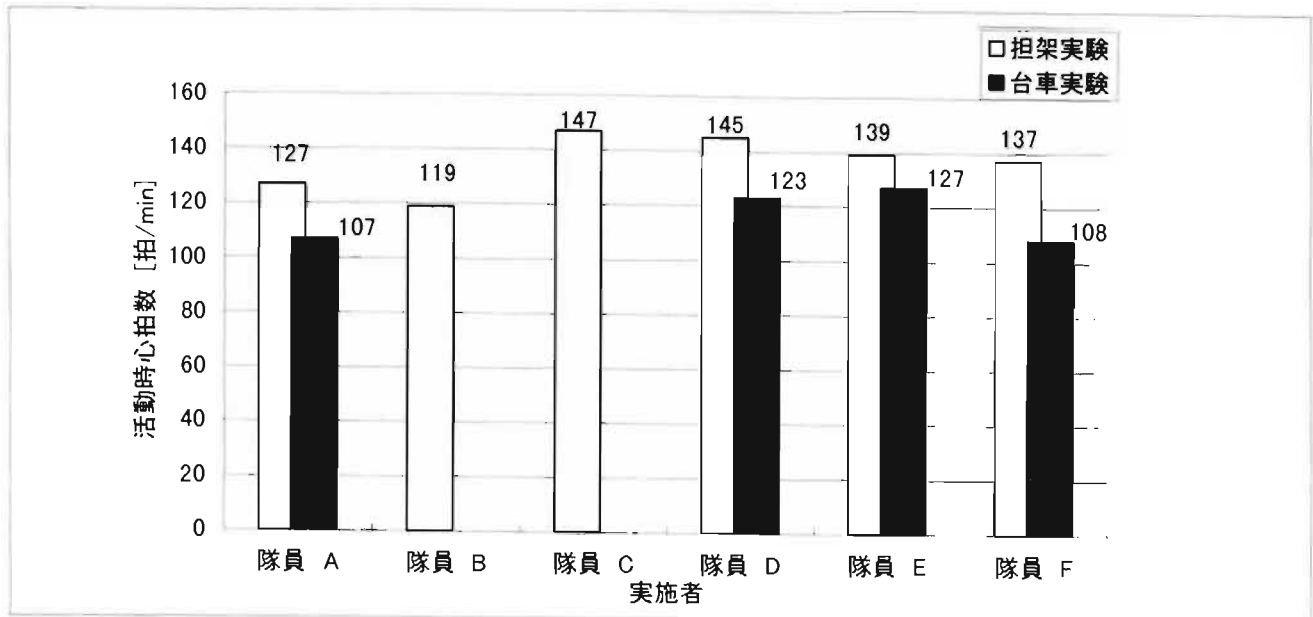


図6 隊員別活動時の平均心拍数の違い

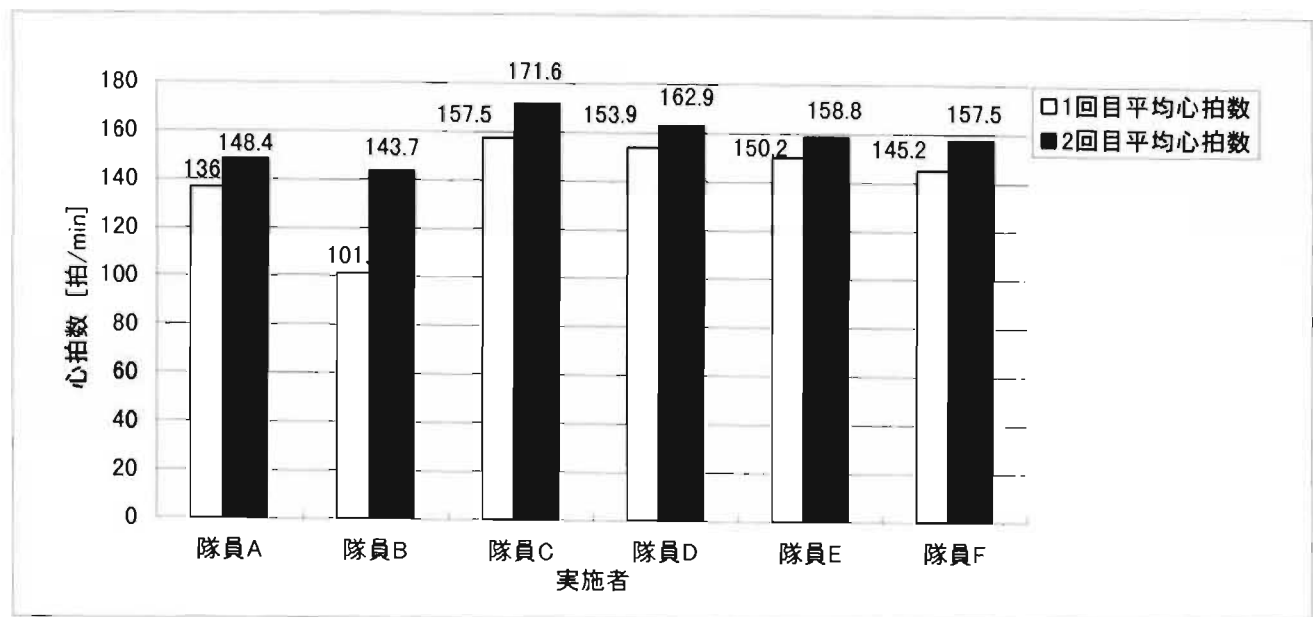


図7 搬送回数別心拍数の変化 (平担架)

(6) 考察

ア 救出時間測定実験について

今回の実験では、要救助者を台車並びに担架に載せる時間を含め、全体の時間で評価をしている。この時間を除いて、搬送のみの時間で評価をすると、担架による方法が約60秒（1分）程度早いことが分かる。（表2参照）

しかし、実験結果で述べたように担架による救出方法と、台車によるものとで救出時間にあまり大きな差を見ることができない。

イ 心拍数測定実験について

実験結果で担架による搬送では、1人目を搬送しているときの心拍数と、2人目を搬送しているときとは、1人目よりも2人目のほうが心拍数が高く

表2 救出時間の比較

	救出用台車	平担架
要救助者を載せる時間を含めない場合の平均時間	293.3 [sec]	198.8 [sec]
要救助者を載せる時間を含めた場合の平均時間	361.5 [sec]	355.3 [sec]

なることを述べた。図7に各個人の心拍数の変化を示す。すべてに共通して言えることは、明らかに1人目を救出するときよりも、2人目を救出するときの方が高い心拍数であることが分かる。このことから、休憩を取ることなくさらに3人目を救出することとなれば、さらなる心拍数の上昇が予想でき、表1に示す推定心拍数に達してしまうことが考えられる。よって、再々進入を試みるのであれば、休憩を取る必要がある。

一方、台車の場合は搬送時の心拍数が担架よりも低いことが実験結果より明らかになっている。進入するときの心拍数と、要救助者を搬送するときの心拍数を比較してもあまり変化していないことから、再進入をしても推定最大心拍数に達する危険性が低いことが予想される。よって、台車の場合は担架による救出作業に比べて、台車による救出作業の方が長い時間作業に従事できることが言え、同じ時間で活動した場合については台車による救出は担架による救出に比べ、肉体的負担は少なく済むことが言える。台車の動力源としてバッテリーを使用しているが、4回の搬送実験を行ってバッテリーインジケータの目盛りは10目盛り中、1目盛りしか降下しなかった。よってバッテリーの面からみても、さらなる連続使用は可能で十分再度救出活動を行うことができる。

3 都営地下鉄小川町駅の実験について

東京都交通局の協力を得て、試作機との性能比較を行うことを目的として昨年と同じ小川町駅にて実験を実施した。

(1) 実験場所

千代田区小川町一丁目4番先
都営地下鉄新宿線 小川町駅構内

(2) 実験項目と内容

ア 台車（改良機）による救出時間確認実験

昨年行った実験と同一想定で救出作業を行い、地上からホームに到着するまでの時間と、ホームから地上に到着するまでの時間を測定した。

要救助者は2名、台車操作員は1名で実験を実施した。

イ 階段昇降速度確認実験

前アの実験において階段（傾斜角27°）昇降時の時間を測定し、階段の走行距離と時間から昇降速度を算出した。

(3) 実験結果

ア 台車による救出時間確認実験

駅入口から要救助者位置に到着するまでの時間と、要救助者位置から駅入口に到着するまでの時間は表3の通りとなった。試作機と比較して短時間で救出でき、性能の向上が図られていることが確認できた。

表3 救出時間比較表

	試作機	改良機
スタート地点から要救助者位置まで	6分15秒	5分05秒
要救助者位置からスタート地点まで	7分35秒	6分52秒

※試作機の数値にあつては昨年測定したもの。

イ 階段昇降速度確認実験

階段を10段昇降する距離と時間から算出した結果を表4に示す。この結果からも、試作機と比較して大幅な性能向上が図られていることが確認できた。

表4 階段昇降速度確認結果

	試作機	改良機
上昇時 （2名乗車時）	13 [m/min]	23 [m/min]
下降時 （空車状態）	16 [m/min]	25 [m/min]

※試作機の数値にあつては昨年測定したもの。

4 おわりに

今回の実験は2名を救出するという条件下において、台車による救出と担架による救出と比較すると、時間的にはほぼ同じレベルであったが、心拍数の測定実験から担架による救出と比較して心拍数が低いことを考慮すると、台車の有効性の確認ができた。

ハード面の改良も進み、今回行った実験で良好な結果を得ることができた。より実用的な装置とするために、台車による救出の有効性について検討を進めていく。