

ロールイン型ストレッチャーの研究開発

Development of a Roll-in and Roll-out Stretcher

加藤 和利*
島 倉 宏明*
吉 田 義実**

概 要

近年、疾病構造の変化や高齢化社会の到来等により、医療需要がますます増加し、救急出場件数も年々増加の一途をたどっている。

このような救急業務に対する需要の高まる状況のなかで、救急資器材について現場の救急隊員や関係課及び科学化推進委員会から、改良、改善に対しての研究開発が強く要望されている。

特に高規格救急車の整備が進む中、ロールイン型ストレッチャーの走行性能に関する改良の要望が強く、平成5年度から平成6年度にかけて研究開発を行い、試作機を製作したものである。

本報では、現有ロールイン型ストレッチャー並びに試作機の機能検証及び強度の結果を報告する。

As part of providing citizens with an advanced life support system, high-grade ambulances were introduced to the ambulance service.

A roll-in and roll-out stretcher is equipped with a high-grade ambulance.

The stretcher has its own merits : The height of the stretcher is adjusted in six positions.

It is rolled in and rolled out the ambulance at its highest position and its legs are automatically folded on the ambulance.

But when the height of the stretcher is adjusted to lower position, it is difficult for a paramedic to change the direction while drawing it.

To get rid of the inconvenience, the study had been made since 1993 and a trial model was built.

This report shows the results of the performance and strength tests for both of the existing and trial models.

1 はじめに

救急処置範囲の拡大に伴い、高規格救急車と同時に導入されたロールイン型ストレッチャーは、救急隊員が実施する処置動作を容易にするために、地面からの高さを6段階に調節することができ、かつ最高段の高さで救急車に押し込むことにより、脚が機械的に折りたたみ救急車内に積載できる。さらに降車させる際は、引き出すことにより、脚が自動的に立脚し、即走行に移行できる等救急隊員の腰部にかかる負担が大幅に軽減される構造となっている。

反面、最高段から段を下げるに従い、アンダーキャリアリヤレグに取り付けられた自在キャスターの自在性が損なわれ、走行しながらの方向修正が不可能となることから、救急隊員にとっては、新たな負担要因となっている。

2 現有アンダーキャリアーの走行性能の現状

高さが6段階に調整できる。

リヤレグのキャスターの自在性が完全に機能するのは、最高位であり、高さを低くするに伴い、キャスターの軸心が地面に対し傾斜していくため、次第に自在性が損なわれ、4段目以降では完全に自在性を失い、最低位においては、キャスターが地面から浮いてしまうため走行が不可能となる。

3 研究開発の目的

アンダーキャリアーの高さが、どの段においても、キャスターの自在性が損なわれない脚構造を実現し、走行性の向上を図る。

*第三研究室 **新宿消防署

4 リンク機構による基本構造

アンダーキャリーがどの段にあっても、自在キャスターの軸心が常に地面に対して垂直である事を維持するため、下記のリンク機構について検討した。

- (1) スライダークランク機構
- (2) 平行四辺形リンク機構
- (3) 同じ長さのリンクを幾つかのピンで固定するリンク機構
- (4) 同じ長さのリンクを幾つかのピンで固定し、ロールイン機構を持たせたリンク機構
- (5) 伸縮可能なパイプでロールイン機構を持たせた機構
- (6) その他

この結果、図1に示すようにリヤレッグ部に平行四辺形リンク機構を採用することが妥当であるという結論に達した。

さらに、軽量化をも考慮し「3本脚による平行四辺形リンク機構」を考案し、具現化することとした。

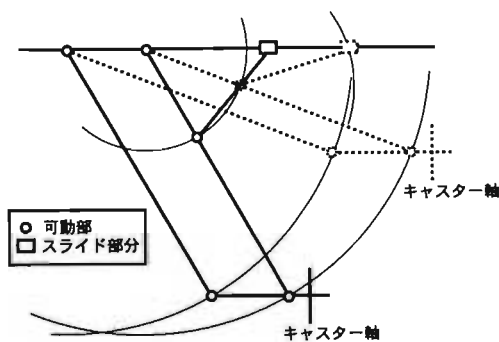


図1 平行四辺形リンク機構

5 設計条件

改良試作するに当たり、次に示す設計条件を設定した。

- (1) 走行性能
アンダーキャリーがどの段階においても、通常の走行操作ができるものであること。
- (2) 転倒防止
トレッドを増長させ、安定性を向上させる。
- (3) 強度
重量増を最小限におさえ、強度は現行維持を目標とする。
- (4) 既存機能維持
ロールイン機能及び高さ調整機能を持たせる。
- (5) 構造の簡素化
操作し易くかつ工場整備のし易いものとする。

- (6) 既設部品の活用

できる限り現有の既設部品を活用する。

6 改良試作

- (1) 試作1号機

当研究室が考案した「3本脚による平行四辺形リンク機構」の要素技術を具現化するため、アルミパイプ及び塩化ビニール継手等により試作したプロトタイプを写真1に示す。

なお試作にあっては、製図及び現物合わせの方法により加工、組立てを行った。

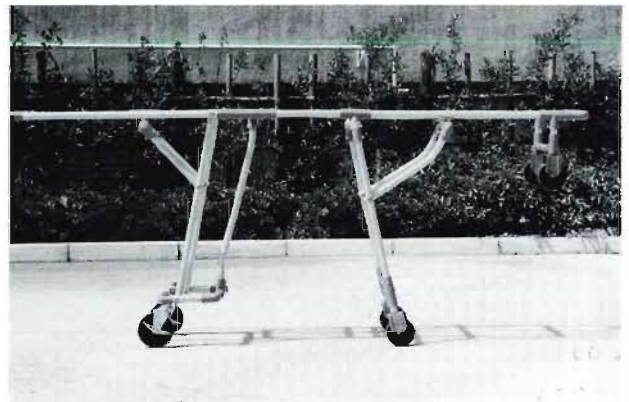


写真1 試作1号機外観

- (2) 試作2号機

試作2号機(写真2参照)は試作1号機の成果を踏まえ、実際に現有アンダーキャリーを改良試作したものである。

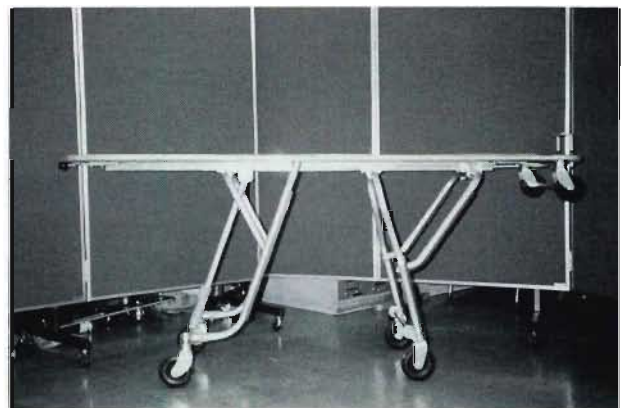


写真2 試作2号機外観

なお機能検証の結果は次のとおりである。

ア 最上位、2、3、4、5段においては、自在キャスターの軸心が常に地面に対し、垂直を保ち、自在

性が確保された。

イ 最低位においては、写真3に示すように自在キャスターの軸心が傾き、自在性が損なわれる不具合現象が認められた。

ウ 救急車からロールイン型ストレッチャーを降ろす動作を行った際、写真4に示すように、平行四辺形リンク機構が反転方向に作用する不具合現象が認められた。



写真3 最低位における自在キャスター

メインリヤレッグ1、メインリヤレッグ2及びキャスター部の軌跡をたどってみると、メインリヤレッグ1とメインリヤレッグ2が重なる部分がある。この部分が反転することが分かった。

本試作2号機の構造について検討した結果、メインリヤレッグ連結パイプがJ形をしているため、救急車からロールイン型ストレッチャーを降ろす際、リヤレッグが機械的に立脚する途中でキャスター部が回転するものであった。

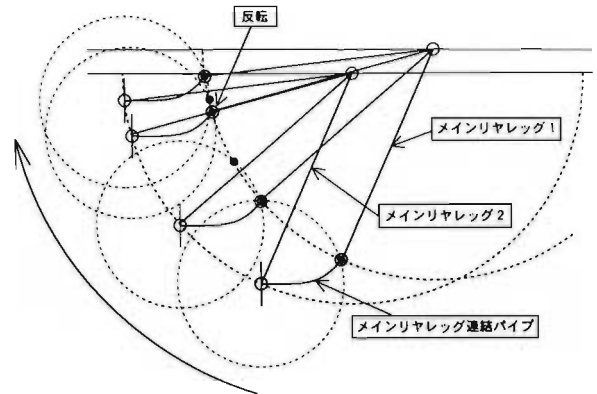


図2 変形平行四辺形リンク機構の軌跡

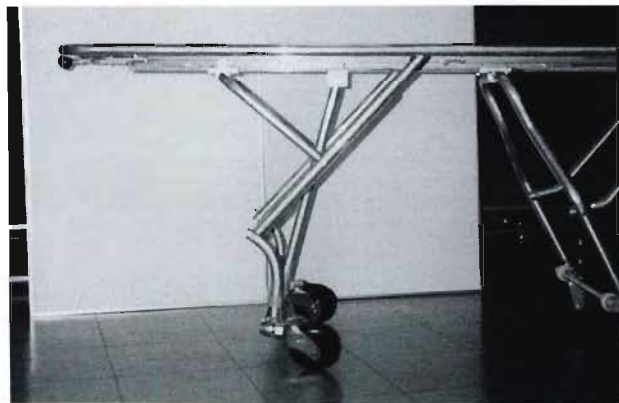


写真4 リンクの反転状況

機能検証の結果、2点の不具合現象があることが確認された。また、このことについて検討した結果、次のような原因が挙げられた。

ア 最低位における自在キャスターの軸心が傾く現象
理論上は、最低位においても平行四辺形リンク機構による機能が確保されるが本試作機は、変形平行四辺形リンク機構とし、メインリヤレッグ連結パイプをJ形にしていることから、最低位においてメインリヤレッグ2（図2参照）がサブリヤレッグと接触するため、メインリヤレッグ1の上に働く力をそこで遮ってしまう事によるものであった。

イ 平行四辺形リンク機構が反転方向に作用する現象

7 最終試作機（試作3号機）

(1) 設計変更

試作2号機の機能検証及び検討結果を踏まえ、次の2点について設計変更を行った。

ア 最低位において、メインリヤレッグ2とサブリヤレッグが接触しない内に、メインリヤレッグ1が理論上の軌跡をたどり、最低位においても自在キャスターの軸心が、地面に対して垂直になるような構造とする。

イ メインリヤレッグ1とメインリヤレッグ2が、横から見て重なる位置をできる限りメインフレーム近傍、若しくはメインフレームの上方になるような位置になるようにし、反転を防止できる構造とする。

(2) 概要

以上の解決策を踏まえ製作した試作3号機を写真5に示す。

製作概要については、3本脚による見かけ上の平行四辺形リンク機構をベースとし、次のとおりの構造とした。

ア 直棒のメインリヤレッグは、メインフレーム両サイドに取り付けた取付け金具に取り付けた。

イ メインリヤレッグをメインフレームに施工したことにより、サブリヤレッグの幅を増長した。

- ウ メインリヤレグ連結パイプは直棒とし、一方をメインリヤレグに、他端を既設の自在キャスターチーズに固定した。
- エ メインリヤレグ2及びキャスター間パイプは、試作2号機と同じ構造で施工した。
- オ 増設ステーをメインフレームに取り付けた。
- カ キャスター反転防止バーを両サイドのメインリヤレグ1とメインリヤレグ連結パイプ接合部間に取り付けた。
- キ 自在キャスターチーズは既製のものを活用した。



写真5 試作3号機

(3) 機能検証

試作2号機にみられた最低位における自在キャスターの軸心の傾きが矯正され、アンダーキャリーの各段において自在キャスターの軸心が常に地面に対して垂直を保ち、自在性が確保されたことにより、走行性が向上した。

また、メインリヤレグ連結パイプを直状にしたこと及びキャスター反転防止バーを増設したことにより救急車からロールイン型ストレッチャーを降ろす際のキャスターの反転がなくなった。

8 基礎実験

本実験は、アンダーキャリーリヤレグ部の改造前、改造後における諸元性能を把握し、比較・検討することを目的とする。

(1) 諸元性能の確認

アンダーキャリーの原形を把握するため、基本寸法及び各段における地上からメインフレーム中央上面までの距離（以後「地上からの高さ」と記す）と両キャスター間の距離（以後「トレッド」と記す）の測定、並びにストレッチャー及びアンダーキャリーの重量の測定を改良前と改良後に実施した。この結果を表1、表

2に示す。

改良後のリヤキャスターでは、リヤレグのリンク機構を3本の直状パイプを利用した平行四辺形リンクに変更することにより走行性に関する問題点は解決した。

しかしながら、走行性を向上させるために常にリヤキャスターの軸心が地面に対し垂直になったこと、サブリヤレグが他と干渉をしないように新たに設けたステーによってそれ以上アンダーキャリーの高さが低くならないように制限していることにより「最低位での地上からの高さの増加（約9cm）」及び「2kgの重量増」が確認された。前者の「地上高」については実用上問題はないが、救急車防振架台への固定という点では、従来の固定金具が使用できないため、一部改造が必要である。後者の「重量増」については、今回の実験結果を見る限りでは、ひずみ量の少ない部位の肉厚を薄くする等して軽量化を図ることが可能であると思われる。

表1 アンダーキャリー段数別寸法

条 件		改 良 前	改 良 後
地上からの高さ	最上段	818.0	818.0
	2段目	772.0	772.0
	3段目	702.5	702.5
	4段目	599.5	599.5
	5段目	430.0	430.0
	最低位	211.0	300.0
トレッド		426.0	435.0

単位：mm

表2 重量表

対 象 物	重 量
ストレッチャー	17
アンダーキャリー（改良前）	23
アンダーキャリー（改良後）	25

単位：kg

(2) 救急部及び救急隊員から指摘されている問題点

ア アンダーキャリー・リヤキャスターの自在性

アンダーキャリアは6段階に高さが調整可能であるが、高さを低くするに従い、リヤークラスターの軸心が地面に対して垂直でなくなり次第に自在性を失ってくる構造となっている。そこで当該クラスターの自在性及び、方向性の特性を把握するためストレッチャーを載せたアンダーキャリアにダミーを積載した場合と、しない場合について、アンダーキャリアの各段におけるリヤークラスターの傾斜角と搬送中方向を変換することを想定して、アンダーキャリアを円周方向に引っ張り、クラスターが動きだした時の力を改良前、改良後について測定した。その結果を表3、表4に示す。

なおダミー人形の重量は「積載はしごの構造及び機能等に係わる安全基準（平成3年3月30日消防庁消防課通知）」中で示されている重量90kgfを準用し、重量配分についてはBraun Fisherの人体配分比をもとに32kgfのダミーと錘の組合せにより行った。

表3 リヤークラスターの自在性及び方向性

状 態		改 良 前 引 張 力	改 良 後 引 張 力
ダ ミ ー 無	最 上 位	0.75	0.60
	2 段 目	1.15	0.70
	3 段 目	2.20	0.70
	4 段 目	4.00で横すべり	0.70
	5 段 目	〃	0.70
	最 低 位		0.90
ダ ミ ー 有	最 上 位	2.55	2.80
	2 段 目	3.55	3.20
	3 段 目	7.50	3.60
	4 段 目	11.0で横すべり	3.90
	5 段 目	〃	4.30
	最 低 位		4.40

単位：kgf

表3に示すように改良前に比較して、改良後はダミーを積載していない場合で、最も旋回性の悪い最低位においても1kgf以下で、ダミーを積載した場合においても4.4kgfで回頭し始め、各段ともリヤークラスターの自在性は向上している。

表4 リヤークラスター傾斜角

条 件	ダ ミ ー 無	ダ ミ ー 有
最 上 位	90.0°	90.0°
2 段 目	84.0°	84.0°
3 段 目	76.5°	76.0°
4 段 目	66.5°	66.5°
5 段 目	53.0°	52.5°
最 低 位	36.5°	36.5°

イ アンダーキャリアの転倒

患者を搬送中の転倒を想定し、ストレッチャーを載せたアンダーキャリアにダミーを積載した場合としない場合において転倒角を改良前と改良後について測定した。(表5参照)

結果ダミーを積載した場合は、積載しない場合に比較して、安定性が悪くなり、改良前の最上位の位置においては15°傾けただけで転倒することがわかった。

表5 転倒角の測定

アンダー キャ リー の 位 置		転 倒 角	
		改 良 前	改 良 後
ダ ミ ー 無	最 上 位	18.5°	20.0°
	2 段 目	20.0°	21.0°
	3 段 目	21.5°	22.0°
	4 段 目	25.0°	25.0°
	5 段 目	33.5°	33.0°
	最 低 位		41.0
ダ ミ ー 有	最 上 位	15.0°	17.0°
	2 段 目	16.0°	16.0°
	3 段 目	18.0°	20.0°
	4 段 目	20.0°	22.0°
	5 段 目	26.0°	29.0°
	最 低 位		34.0

また、改良後においては、改良前と比較して若干ではあるが転倒しにくくなっていることが確認できた。これは、表1に示したとおりトレッドが約1cm程度増加していることにより、安定性が増したためと思われる。

9 強度実験（静ひずみ）

本実験は、高規格救急車に積載されているロールイン型ストレッチャーのストレッチャー本体及びアンダーキャリーのレッグ部等（測定点は別図1参照）に発生する静ひずみについて、ひずみゲージ（アルミ用1軸）等を用いて測定し、構造強度等の資料を得ることを目的とする。また、改良後のストレッチャーの実験は、主たる改良部位であるリヤレッグを中心とした合計27箇所の部位（別図4参照）にひずみゲージを貼付し、90kgダミーを積載した時に発生するひずみ量をアンダーキャリーの各段について測定した。

(1) 改良前アンダーキャリー

アンダーキャリー上にダミーを積載した時の静ひずみ測定結果を別図2に示す。この中で、最も大きなひずみ量（応力）を発生している状態（5段目）においてもその値は

$$\epsilon = 1.152 \times 10^{-3} \quad (8.06 \text{kgf/mm}^2)$$

であり、使用部材の0.2%耐力値

$$\epsilon = 3.929 \times 10^{-3} \quad (27.5 \text{kgf/mm}^2)$$

の約30%程度であり90kgfの人間を搬送するに際しては、十分な強度を持っていると言える。

(2) ストレッチャー

ストレッチャーは、両端支持の状態、アンダーキャリーに積載した状態、及び地上に置いた状態の三つの状態について、それぞれの静ひずみを測定した。

測定結果、最も大きなひずみ量を発生しているのは両端支持の状態で、その値は

$$\epsilon = -2.722 \times 10^{-3} \quad (-19.05 \text{kgf/mm}^2)$$

ついで地上に置いた状態で、その値は

$$\epsilon = -1.239 \times 10^{-3} \quad (-8.67 \text{kgf/mm}^2)$$

であった。

また、アンダーキャリーに積載した状態は他の二つと比較して極めてひずみ量（応力）が小さく、最大ひずみで

$$\epsilon = 3.48 \times 10^{-4} \quad (2.44 \text{kgf/mm}^2)$$

であった。

両端支持の状態での最大ひずみ（最大応力）の値は今回の実験における荷重条件が90kgfであることを考えれば非常に大きな値であり、メーカーが提示しているストレッチャーの許容荷重159kgf（この値はアン

ダーキャリーに積載した状態）を積載して、ストレッチャー単独での傷病者搬送を実施した場合には、その最大ひずみ量（応力）は部材の0.2%耐力値を超えて、破壊する可能性があると言える。

(3) 改良後アンダーキャリー

アンダーキャリーの静ひずみ測定結果は別図5に示す。これより、各段における最大ひずみ（最大応力）のうち、最も大きなひずみ量（応力）を発生している2段目においてもその値は

$$\epsilon = 6.02 \times 10^{-4} \quad (4.21 \text{kgf/mm}^2)$$

であり、当該部材の0.2%耐力値

$$\epsilon = 3.929 \times 10^{-3} \quad (27.5 \text{kgf/mm}^2)$$

の約15%程度であり、90kgfの人間を搬送するには十分な強度を持っていると言える。

改良後の測定のうち、レッグ部以外の部分とキャスター間パイプでは改良前に比べてひずみ量が増加した測定点が存在する。しかし、メインレッグ1の全測定点とサブリヤレッグの殆どの測定点ではひずみ量が減少している。

(4) 最低位における特異性

別図5で示したように、アンダーキャリー最低位におけるひずみの測定結果では、メインフレーム後側部分、メインリヤレッグ1裏面、キャスター間パイプとメインリヤレッグ2との結合部近傍において、他の段とは異なる値が得られた。

これは、最低位の状態では今回の改良で増設したステーが、キャスターに乗る等構造自体の変更によるものが大きいと考えられる。



写真6 強度実験（静ひずみ）

10 強度実験（動ひずみ）

本実験は改良前強度実験（静ひずみ）の結果に基づき特に大きなひずみ量が発生している箇所等10点について

(別図1 中黒丸数字の箇所)、及び改良後については6点(別図4 中黒丸数字の箇所)の箇所について、ロールイン型ストレッチャー上でCPRを実施した場合の動的構造強度の把握及び安全性の確認を目的とした。

(1) 改良前

今回の実験で最も大きなひずみ量を発生したのは、メインフロントレグとサブフロントレグとの結合部裏側でアンダーキャリア4段目及び5段目における測定点での値で

$$\epsilon = 2.591 \times 10^{-3} \quad (18.1 \text{ kgf/mm}^2)$$

であった。(別図3 参照) 今回の実験では停止状態でのCPRで、実際には搬送しながらのCPRとなり振動等により若干ひずみ量が増加することが考えられるが、それでも部材の引張強度

$$\epsilon = 4.214 \times 10^{-3} \quad (29.5 \text{ kgf/mm}^2)$$

あるいは0.2%耐力値に比較しても十分小さいことから、ロールイン型ストレッチャーで搬送しながらのCPRに対しては十分な強度をもっているといえる。

(2) 改良後

CPR時の最大ひずみ量は各段とも第5横さんのH鋼結合金具近傍(ゲージNo.1)で発生しており、その中でも4段目のひずみ量は

$$\epsilon = 1.025 \times 10^{-3} \quad (7.2 \text{ kgf/mm}^2)$$

で、最高値であった。これは部材の引張強さ、あるいは0.2%耐力値と比べても十分小さな値であり、各段とも傷病者搬送時のCPRに対して十分な強度を持っているといえる。

改良前後でのリヤ側での発生した最大ひずみ量を比較すると、改良後における値の方が極わずか(0.3kgf/mm²)に大きなひずみ量を発生しているが、改良前のフロント側で発生しているひずみ量(改良後も同程度のひずみ量が発生していると推測される)を考慮すれば、リヤ側における最大ひずみ量の増加は殆ど無視できる値だと判断できる。



写真7 強度実験 (静ひずみ)

ロールイン型ストレッチャー上で傷病者にCPRを実施した場合、その圧迫圧力により当該ストレッチャーには目視で確認できるほどの撓みが生じる。したがって、救急隊員が傷病者に加えた圧迫圧力の一部はストレッチャーの撓みにより吸収されていることが予想される。

本実験は、「平均的な成人」に対し適切なCPRを行うために必要な圧迫圧力とストレッチャーの撓みにより吸収される圧迫圧力について数値化し、改良後のものとの比較検討及び救急隊員がロールイン型ストレッチャー上で実施するCPRをより適切なものとするを目的とする。

(1) 実験方法

固い床面(作業台)上に置いたレコーディングレサシアンに対して、通常の方法により心肺蘇生装置を設定して心臓マッサージを実施し、レコーディングレサシアンにシグナルボックスの黄色のランプが点灯するように圧迫圧力を調整する。この時、圧迫圧力が常に正確に保たれるよう、レコーディングレサシアンの胸部カバーは開口した状態とする。

次に、この圧迫圧力を用いてストレッチャー上に置いたレコーディングレサシアンに対して、心臓マッサージを実施し適正な圧迫圧力を測定する。

この時黄色のランプが点灯した場合には測定をやめ点灯しない(最小圧力に達していない)場合には、点灯するまで圧迫圧力を上昇させ、そのときの圧力を記録した。



写真8 剛性実験

(2) 改良前実験結果

「固い床面上」及び「アンダーキャリア各段」において、「平均的な成人」に対して効果的な心臓マッサージを行うために必要な最小圧力とストレッチャーの撓

みにより吸収される圧迫圧力を表6に示す。

この実験結果より「平均的な成人」に対し適切なCPRを行うため必要な最小圧迫圧力は50kgfであることが判明した。

また、アンダーキャリア最上位から3段目までにおいては、ストレッチャーの撓みによる圧迫圧力の吸収はほとんどみられず、4段目で約1割、5段目で約2割の圧迫圧力が吸収されることが判明した。

一方救急部では本ストレッチャー上でのCPRはアンダーキャリアの最上位から3段目の高さにおいて実施するよう指導しており、この段でCPRを実施する分にはストレッチャーの撓みによる圧迫圧力の吸収を考慮する必要はないといえる。

仮に、CPR実施者が身長等の理由により、やむなく4段目で実施しなければならない場合においては、通常より約1割程度圧迫圧力を増してやれば、より適切なCPRが可能になるといえる。

(3) 改良後実験結果

改良後の実験結果を表6に示す。アンダーキャリア最上位から3段目までにおいては、撓みによる圧迫圧力の吸収はほとんどみられず、4段目で約1割、5段目で約2割の圧迫圧力が吸収されることが判明した。これは改良前の実験結果と全く同一であり、改良によるCPRに対しての剛性の変化はないといえる。

表6 剛性実験結果

条 件		最小圧迫圧力	吸収圧迫圧力
固い床面		50kgf	
改良前 アンダー キャリア	最上段	50kgf	0 kgf
	2 段 目	50kgf	0 kgf
	3 段 目	50kgf	0 kgf
	4 段 目	55kgf	5 kgf
	5 段 目	60kgf	10kgf
改良後 アンダー キャリア	最上段	50kgf	0 kgf
	2 段 目	50kgf	0 kgf
	3 段 目	50kgf	0 kgf
	4 段 目	55kgf	5 kgf
	5 段 目	60kgf	10kgf

12 結 果

改良型ストレッチャーについて今回行った全ての実験結果より得られた成果を下記に示す。

(1) 走行性の向上

どの段においても、アンダーキャリアのキャスターの自在性が確保された。

(2) 安定性の向上

トレッドの増長により、若干ではあるが転倒に対する安定性が確保された。

(3) 既存機能の確保

ロールイン機能、高さ調整機能等、既存の機能を失することなく改良が行われた。

(4) 強度の確保

強度（静ひずみ、動ひずみ）実験及び剛性実験により現行ストレッチャーと同じ、或いはそれ以上の強度を有することが確認された。

(5) 構造の簡素化

改良部品点数を少なくしたことにより、整備等のし易いものとなった。



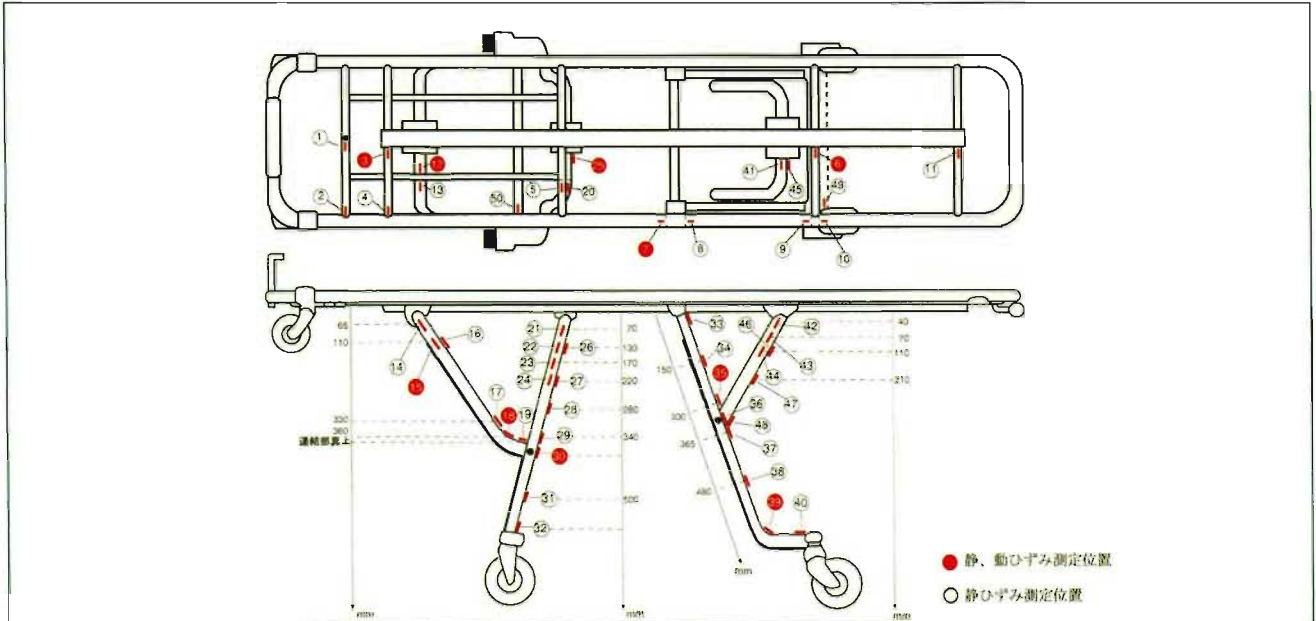
写真9 ロールインの状況

13 ま と め

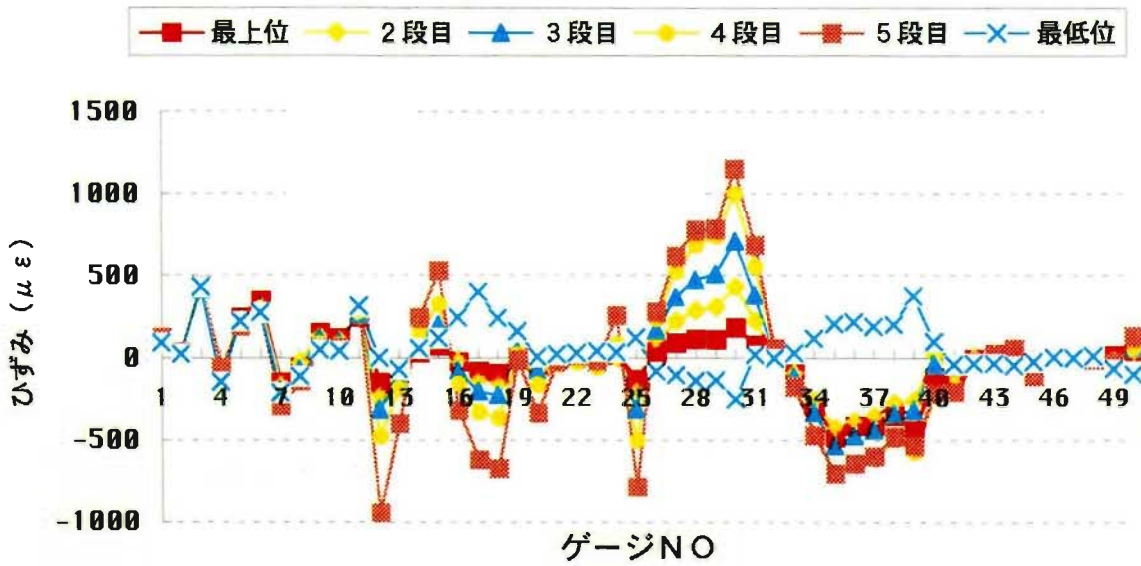
本改良試作機は関係課等から強い要望により、走行性の向上等を実現したものであり、軽量及び整備の効率化を図るためシンプルな構造にする等総合的に検討して設計、製作したものである。

したがって完成度の高い成果物であると言える。

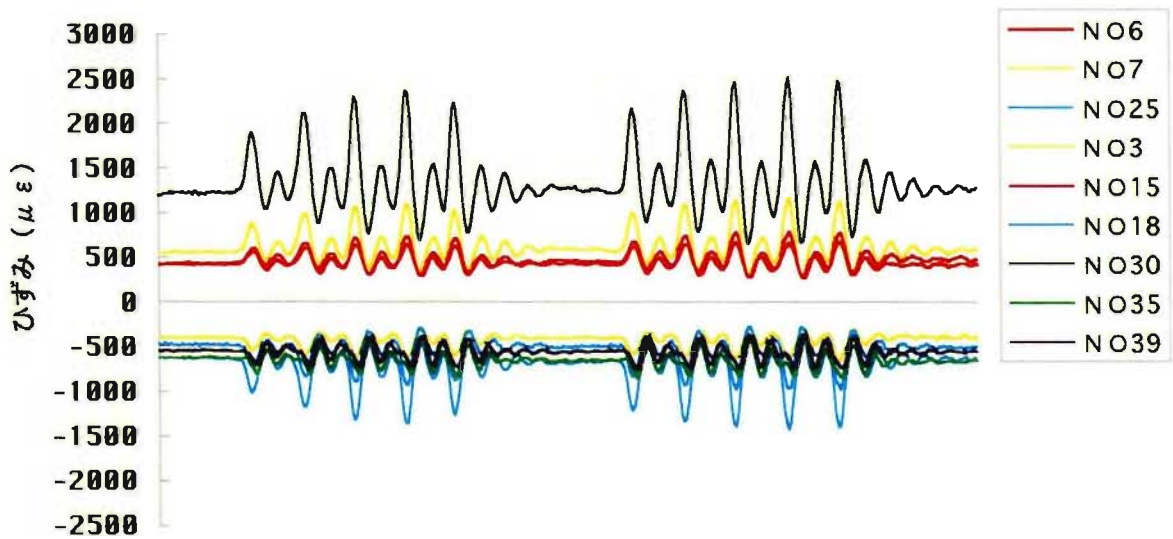
近い将来この成果が現場に反映され、救急隊員や一人でも多くの患者の救急救命の一助となることができれば幸いであると考えている。



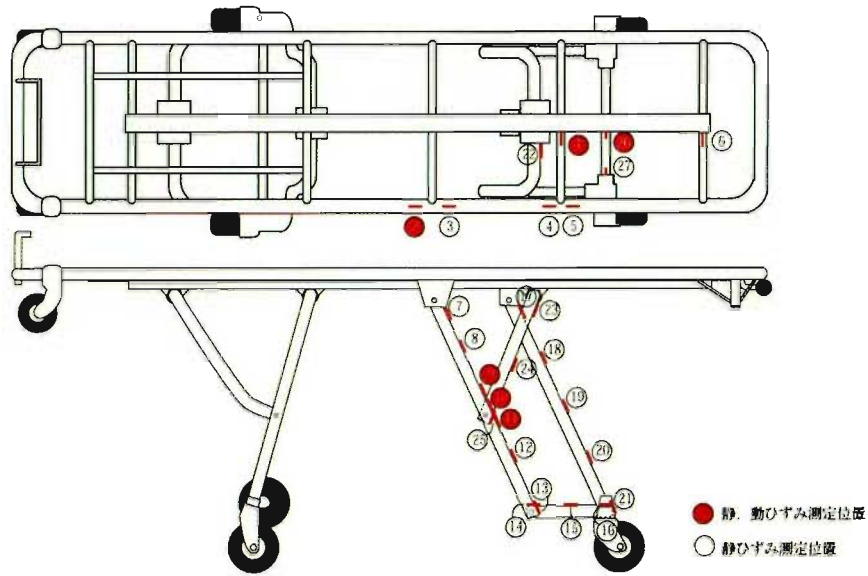
別図1 改良前アンダーキャリー静ひずみと動ひずみ測定箇所



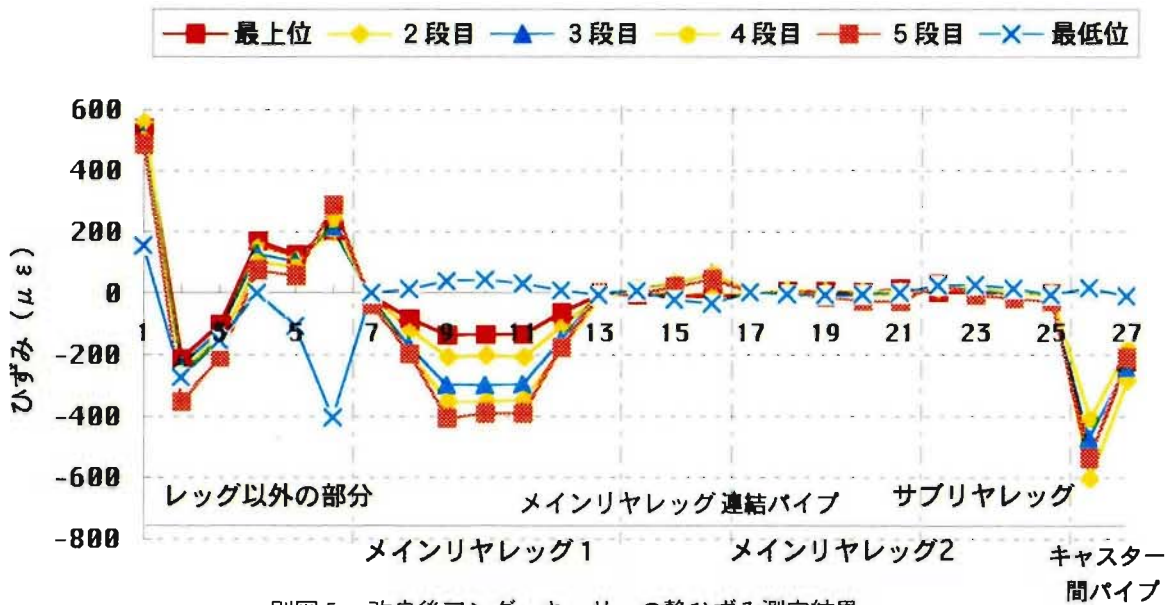
別図2 改良前アンダーキャリーの静ひずみ測定結果



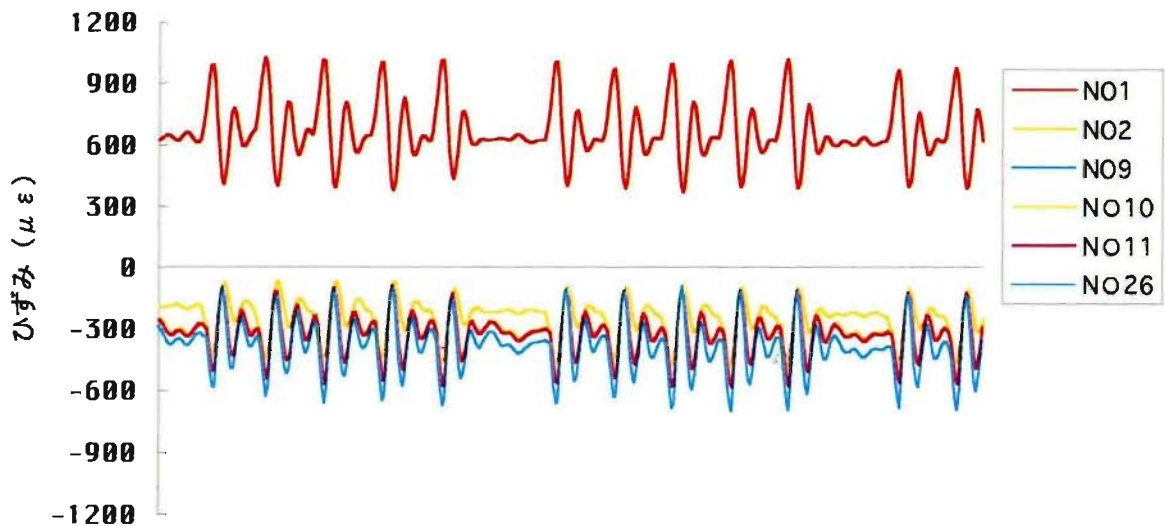
別図3 改良前アンダーキャリーの動ひずみ測定結果



別図4 改良後アンダーキャリー静ひずみと動ひずみ測定箇所



別図5 改良後アンダーキャリーの静ひずみ測定結果



別図6 改良後アンダーキャリーの動ひずみ測定結果