

車いすを直接吊り下げた搬出に関する安全性の検証

原 聡*, 渡邊 久夫*, 大原 義雄**, 高井 啓安*, 森 直樹*

概 要

高齢社会が進行する中で、社会環境においても、交通や建築の面でバリアフリー化が提唱される等の変化が見られる。このような社会背景の中で、高齢者の火災による死者の発生率は年々高まっており、消防活動においても、これまで以上に多種多様な事象に対応するための高度な知識・技術が要求されているものである。

本研究室では、このような社会情勢を踏まえ、車いすを直接ロープ等により吊り下げた状態での安全性を検証した実験結果について、ここに報告する。

1 はじめに

本研究は、車いすに要救助者を乗せた状態で、ロープにより吊り下げて搬出を行う場合の、転倒危険性及び車いすの強度的安全性について検証することを目的とする。

2 車いすの諸元・性能

実験に使用した車いすの諸元・性能及び外観・寸法は、それぞれ表1及び図1のとおり。

表1 車いすの諸元・性能

| 項目 | 内容 | 項目 | 内容 |
|--------|---------|------|--------|
| 用途 | 介護用 | 許容荷重 | 70kgf |
| フレーム材質 | スチール | 肘掛け | 脱着式 |
| シート材質 | 合成皮革 | 背もたれ | 折りたたみ式 |
| 本体重量 | 17.5kgf | | |

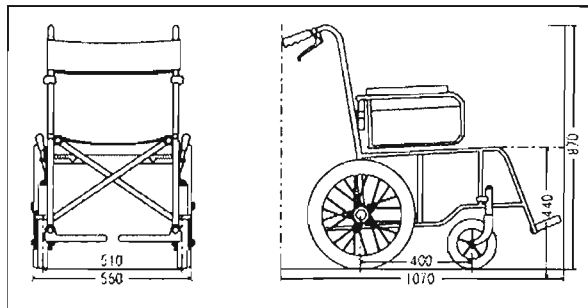


図1 車いすの外観・寸法

3 実験項目及び実験方法

(1) 重心位置及び転倒開始角度の測定（実験1）

図2のように水準器を使用し、水平に置いた状態の車いすの前輪2輪と後輪2輪のそれぞれにかかる重量を測定する。

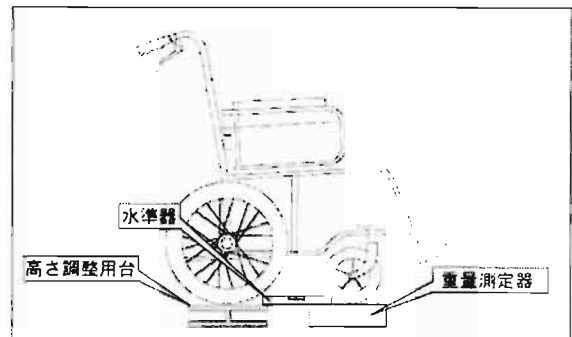


図2 重心測定

続いて、車いすの前後に各1名が付き、車いす（後輪をロックした状態）を後方に傾けて前輪を上げ、バランスがとれた状態をビデオ撮影し、その映像からバランスのとれた角度を測定する。

以上の実験から、無人時及びダミー乗車時について重心位置を測定し、図3に示す下吊りと上吊りの安定性を検証する。（いずれも4点吊り）

なお、今回の検証で使用したダミーは、人体に近似した重量配分が施されている75kgfの人体模型を使用する。

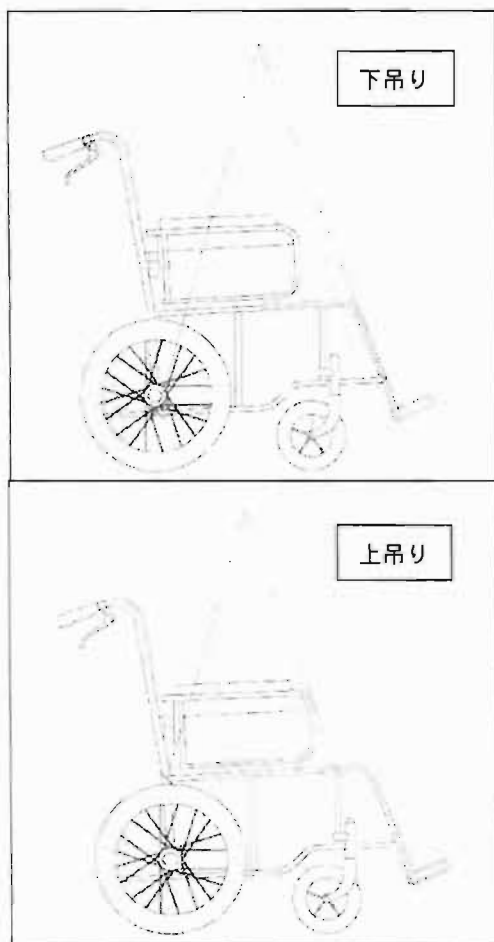


図3 下吊りと上吊り

(2) 静止時のひずみ測定 (実験2)

図5に示す車いすの各部位にひずみゲージを設置し、次のケースにおけるダミー乗車時のひずみ測定を行い、ロープ結着位置の違いによる車いすへの影響を検証するとともに、移動時のひずみ測定における、測定点の選定を行う。

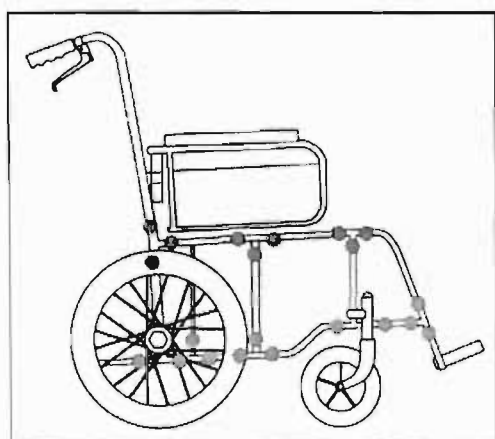


図4 ひずみ測定点

ア 地上時

車いすを地上で静止させる。

イ 下吊り

天井吊りクレーンにより下吊りで車いすを吊り、静止させる。

ウ 上吊り

天井吊りクレーンにより上吊りで車いすを吊り、静止させる。

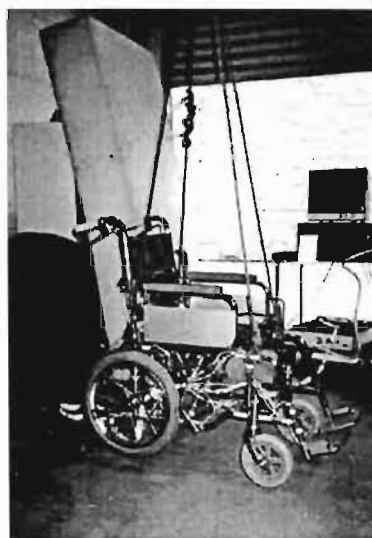


写真1 静的ひずみ測定状況

(3) 移動時のひずみ測定 (実験3)

実験2の結果から、測定部位を最も影響の見られた地点10点に選定し、動的ひずみを次の各ケースについて測定する。

ア 下吊り昇降

実験2の下吊りに準じ設定した車いすを昇降させる。

- ・昇：静止状態からクレーンを1秒間上昇し停止
- ・降：静止状態からクレーンを1秒間下降し停止

イ 下吊り前後移動

アに準じ設定した車いすを前後に移動させる。

- ・前：静止状態からクレーンを1秒間前進し停止
- ・後：静止状態からクレーンを1秒間後退し停止

ウ 下吊り側方移動

アに準じ設定した車いすを側方に移動させる。

- ・静止状態からクレーンを1秒間ダミー左手側へ移動し停止

エ 上吊り昇降

実験2の上吊りに準じ設定した車いすを、アと同様に昇降させる。

オ 上吊り前後移動

エに準じ設定した車いすを、イと同様に前後進させる。

カ 上吊り側方移動

エに準じ設定した車いすを、ウと同様に側方に移動させる。

4 実験結果及び考察

(1) 重心位置及び転倒開始角度の測定（実験1）

ア 重心位置による転倒危険性

ダミー乗車時の重心位置の測定結果は、図5のとおりで、乗車時の重心位置は無人時の重心位置から上方に22cm、後方へ6cm移動する。

従って、ダミー乗車時の車いすは、重心位置がロープ結着部位より高く、かつ、背もたれ部に位置することから、後方への転倒危険が大きくなる。

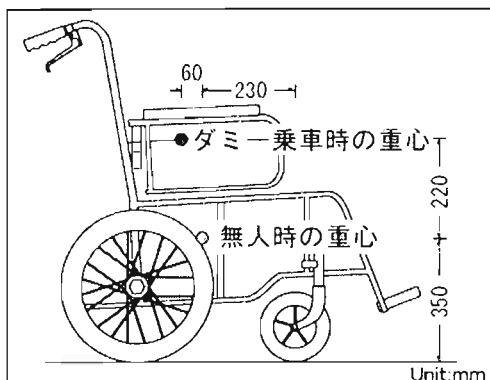


図5 重心位置測定結果

イ 転倒開始角度

測定結果は表2のとおりで、前方及び側方と比較して後方の転倒開始角度が小さく、後方への転倒危険が特に大きいことが分かる。

下吊りと上吊りの比較では、下吊りの転倒開始角度が小さく転倒危険が大きいことが分かる。また、下吊りの場合は後方への転倒危険とともに、側方への転倒危険もかなりある。(図6)

なお、上吊りであっても後方への転倒開始角度は37°であり、前後に振られた場合は転倒危険がある。

表2 転倒開始角度測定結果

| 転倒方向 | 転倒開始角度 | | |
|----------|--------|-------|-------|
| | 後方 | 前方 | 側方 |
| 下吊り(a) | 14° | 55° | 30° |
| 上吊り(b) | 37° | 65° | 61° |
| 差(b-a) | 23° | 10° | 31° |
| 増加率(b/a) | 約2.6倍 | 約1.2倍 | 約2.0倍 |

転倒危険の回避には、誘導ロープを車いすの前後2箇所に設定する等の対策が考えられるが、要救助者が頭部を後ろに反らす等の挙動から、重心位置が移動することに伴う転倒危険とともに、前後の誘導ロープのタイミングが合わない時は、かえって転倒危険が増大することも予測されるため、誘導ロープによる安全確保は難しいと考えられる。

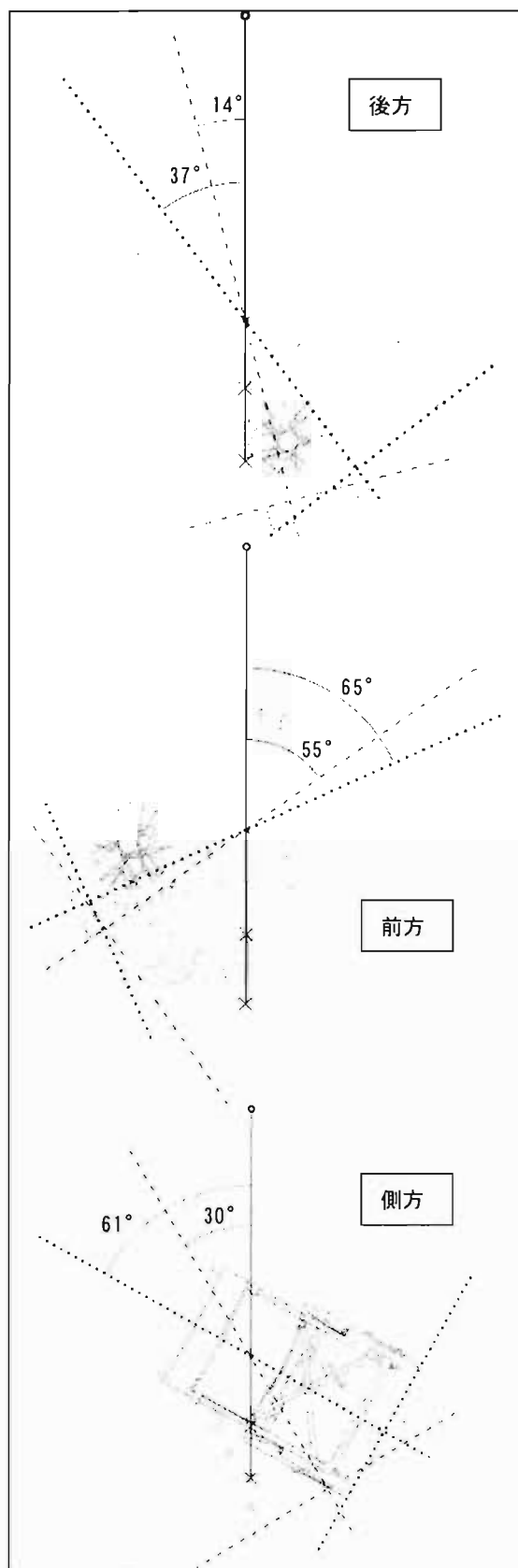


図6 転倒開始角度

----- 下吊り
 上吊り

(2) 静止時のひずみ測定 (実験 2)

地上時及び吊り上げ時のいずれのケースにおいても、ひずみの大きさ、発生分布に大きな差異はない。このことから、本実験における結着部位は、各部材へ地上時とほぼ同様に荷重配分がなされており、車いすの構造上妥当な位置であると考えられる。

車いすのフレームに生じたひずみの最大値は、約 $500 \mu\epsilon$ であり、静荷重での許容ひずみである $1409 \mu\epsilon$ の $1/3$ 程度にとどまっており、安全率は 2.8 であった。

上吊りと下吊りととの間に大きな差異は認められなかったことから、各部材への影響に関して、両者に優位性はないと考えられる。

なお、許容ひずみは、フレームに使用されているスチールパイプ (JIS G3445 STKM11A) の引張強さである 290MPa から、次式により算出した。

$$\text{許容ひずみ} = 290 / (0.021 \times 9.8) \approx 1409 (\mu\epsilon)$$

(3) 移動時のひずみ測定 (実験 3)

下吊り及び上吊りの場合において、それぞれ三方向に移動させた際のひずみを測定した結果、全てのケースにおいて、 $\pm 200 \mu\epsilon$ 以内にひずみかとどまっている。このことから、クレーンの移動で生じる揺れや衝撃では、車いすに安全許容を超えるひずみは生じないことが確認できる。

車いすに生じるひずみが少ない理由は、クレーンの移動により生じる揺れや衝撃がロープにより緩衝されるためと考えられる。

以上の結果から、追加実験として実際の救助方法と同様に人がロープを保持し、車いすを降下させた時の車いすのひずみ状況を測定した。

実験は、図 7 に示すように車いすを地上から高さ 1.5 m の位置に停止させ、その位置から 2 名でロープを保持し降下させる。着地は、地上から高さ約 5 cm の位置で一旦停止させ、その後保持を解き、ほぼ落下状態とした。

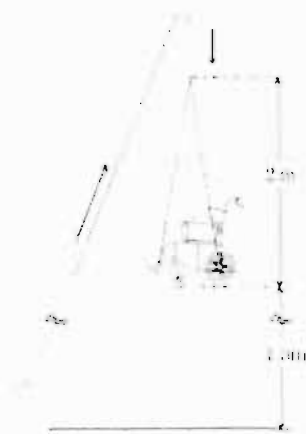


図 7 降下実験の設定状況

その結果、次のことを確認した。

ア ロープ「緩め」「確保」の繰り返し操作で生じるひずみは、約 $100 \mu\epsilon$ 以内にとどまっており、車いすの構造上問題ないことが分かる。

イ 高さ 5 cm からの落下で生じるひずみは、最大でも $400 \mu\epsilon$ 未満であり、地上時の最大ひずみ $500 \mu\epsilon$ と合算しても $300 \mu\epsilon$ となり、許容ひずみの約 $2/3$ 程度にとどまっている。

ウ 着地後、各部位に $\pm 100 \mu\epsilon$ 程度のひずみが残っている。これは、落下時の衝撃によりダミーの位置がずれたために生じたひずみで、フレームの変形ではないことを、測定後に行った無人時のひずみ測定により確認した。

(4) 同タイプの自走用車いすとの比較

写真 2 に示す自走用車いすについて、重心位置の測定のみ実施したが、結果は介護用とほぼ同様であった。

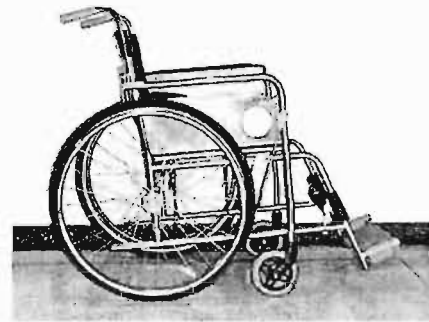


写真 2 自走用車いす

また、日本工業規格では自走時に関する事項を除き同基準を適用しており、かつ、メーカーより、後輪部分を除いた構造は同様で、強度的に差異がないとの回答を得たことから、本実験の結果は、同タイプの自走用車いすにも適用できるものと思料する。

5 まとめ

要救助者を車いすに乗せた状態で吊り下げて搬出を行った場合の安全性を検証することを目的に実験を行い、次のことを確認した。

(1) 後方への転倒危険について

人が乗った車いすの重心は上部背もたれ側に位置し、後方への転倒危険が大きい。

(2) 誘導ロープによる転倒危険の回避について

車いすをロープで吊る場合、結着部位を高くとることにより、転倒危険を緩和できる。しかし、車いすの「肘掛けが離脱する」、「背もたれが折り畳み可能で強度が弱い」等の構造上の問題から、重心より高い位置にロープを結着することは不可能であり、転倒危険を完全に解消することはできない。

対策としては、誘導ロープを前後 2 箇所以上に設定す

る等の方法も考えられるが、要救助者が頭部を後ろに反らす等の挙動により、重心位置が移動することに伴う転倒危険とともに、前後の誘導ロープのタイミングが合わない時は、かえって転倒危険が増大することも予測されるため、誘導ロープによる安全確保は困難と考えられる。

(3) 市場調査の結果について

今回実験に使用した車いすは、病院等で使用されている汎用型スチール製車いすである。市場調査によると、現在は軽量化のため、フレームにアルミニウムやカーボン素材を使用した衝撃に対し弱いタイプや、収納性向上のため、コンパクトに折り畳みが可能なタイプなど、多種多様な車いすが販売されており、結着部位によってはロープが外れてしまう等の危険性があることから、全ての車いすに共通した吊り下げ部位を見出すことは困難な状況であった。

6 補足実験結果

「車いすを直接吊り下げた搬出に関する安全性の検証」の結果、転倒の危険性等から、車いすを直接吊り下げて搬出することは懸念される点が多いとの結論を得た。

しかし、現場では緊急にやむを得ない事情により、実施しなければならない状況も予想されることから、最も懸念される転倒危険の回避策を見出すため、以下に示す各種転落防止措置について、有効性の検証実験を行うとともに、これまでの実験結果から得られたデータより実施時の留意点について検討した。

(1) 簡易式救助用縛帯について (写真3)

ア 前後左右いずれの方向の揺れに対しても効果が認められた。

イ 使用資器材

- ・簡易式救助用縛帯(胸バンド)×1
- ・小綱(車いす吊り下げ用)4.5m×2
- ・小綱(救助用縛帯結着用)4m×2
- ・カラビナ(車いす吊り下げ小綱結束用)×2
- ・カラビナ(救助用縛帯結束用)×2

(2) サバイバースリングについて (写真4)

ア 前後左右いずれの方向の揺れに対しても効果があり、車いすが傾いた時は緩衝材で要救助者への負担が最も少なく有効であった。

イ 使用資器材

- ・サバイバースリング×1
- ・小綱(車いす吊り下げ用)4.5m×2
- ・小綱(サバイバースリング結着用)4m×1
- ・カラビナ(車いす吊り下げ小綱結束用)×2
- ・カラビナ(サバイバースリング結束用)×2

(3) ロープでの縛着について (写真5)

ア 前後左右いずれの方向の揺れに対しても効果があるが、車いすが傾いた時に要救助者の苦痛が大きい。

イ 使用資器材

- ・小綱(身体縛着用)4.5m×2

- ・小綱(車いす吊り下げ用)4.5m×2
 - ・カラビナ(車いす吊り下げ小綱結束用)×2
- (4) 変則4点支持による一カ所吊りについて(写真6)
- ア 後方の吊りロープを手押しハンドルに固定、資器材が少なく設定が容易であり、早期対応が可能だが、側方への転倒の危険性があり注意が必要である。

イ 使用資器材

- ・小綱(車いす吊り下げ用)4.5m×1
- ・小綱(車いす吊り下げ用)5m×1
- ・カラビナ(車いす吊り下げ小綱結束用)×2
- ・カラビナ(握り手誘導用)×2



写真3 救助用縛帯



写真4 S. スリング



写真5 ロープ



写真6 変則4点支持

7 おわりに

本実験により確認した事項は、病院等で使用されている汎用型スチール製車いすに対し得られた内容であり、全ての車いすに対し共通するデータではない。現段階において、車いすを直接吊り下げて搬出することは、

- ・転倒危険がある。
- ・迅速性に欠ける。
- ・車いすを利用する対象者には身障者等も含まれ、活動中に予測できない行動をとることが考えられる。

等の、安全面等から懸念される事項が多いことから、実施する場合には、前6で実施したような簡易式救助用縛帯やサバイバースリングによる二重の確保による等、細心の注意が必要であると思料する。

VERIFICATION OF SAFETY IN CONNECTION WITH CARRYING OUT UNDER THE STATE OF SUSPENDING THE WHEELCHAIR DIRECTLY

Satoshi HARA*, Hisao WATANABE*, Yoshio OHARA**,

Hiroyuki TAKAI*, Naoki MORI*

Abstract

Barrier-free facilities are proposed in traffic facilities and buildings as the number of the elderly is increasing, while fire fatality rate of the elderly is increasing every year.

Firefighters are required to have advanced knowledge and technique to cope with emergency calls of great diversity. Under such circumstance, we made experiments to verify safety under the state of suspending the wheelchair with rope directly, whose results are described in this report.

* Third Laboratory * * Hongo Fire Station