

表3 座位保持装置頭部・頸部支持部品の回転調節機構

| No. | 球ジョイント | 固定機構 | 矢状面内回転 | 固定機構 | 水平面内回転 | 固定機構 | 前額面内回転 | 固定機構 |
|-----|--------|------|--------|-------------------------|--------|----------|--------|------|
| 1 | | | あり | クイックリリース | | | | |
| 2 | | | あり | クイックリリース | あり | クイックリリース | | |
| 3 | | | あり | ボルト | | | あり | ボルト |
| 4 | | | あり | ボルト | | | | |
| 5 | 球ジョイント | ボルト | あり | ボルト | | | | |
| 6 | 球ジョイント | ボルト | あり | ボルト | | | | |
| 7 | 固定 | | あり | 小ネジ+ナット | | | | |
| 8 | | | あり | ボルト | | | | |
| 9 | | | あり | ボルト | | | | |
| 10 | 固定 | | あり | クイックリリース | | | | |
| 11 | 球ジョイント | ボルト | あり | クランプレバー + セブンロブノブ | | | | |

表4 座位保持装置頭部・頸部支持部品の水平移動調節機構

| No. | 上下方向移動 | 固定機構 | 前後方向移動 | 固定機構 | 左右方向移動 | 固定機構 |
|-----|--------|----------|--------|---------------------|--------|------|
| 1 | あり | ノブ | あり | ノブ | | |
| 2 | あり | ノブ | あり | ノブ | | |
| 3 | あり | クランプレバー | あり | ボルト | | |
| 4 | あり | 不明 | あり | クランプレバー | あり | ボルト |
| 5 | あり | クランプレバー | あり | ボルト | | |
| 6 | あり | スリーノブ | あり | ボルト | | |
| 7 | あり | スリーノブ | あり | 15mm 単位、4段階 | | |
| 8 | あり | クランプレバー | あり | クランプレバー | | |
| 9 | あり | クランプレバー | あり | クランプレバー | | |
| 10 | あり | クイックリリース | あり | クイックリリース | | |
| 11 | あり | ウイングノブ | あり | クランプレバー +セブンロブノブ | | |

第3章 背支持

I) 背支持の工学試験

A 概要

1. 目的: 臨床現場では使い勝手や障害への適合として各種機構が主フレームに付加される。この試験の目的は、それらが強度にどのように影響を及ぼすのかを知ることである。

2. 負荷状況: 負荷については規格を参照する。ただし、座位保持装置については座位保持部への負荷が主フレームに負荷されたとする。よって、規格ごとの負荷を整理した結果、3種類(後方静的負荷試験、後方繰り返し負荷試験、前後繰り返し負荷試験)の試験を実施する。

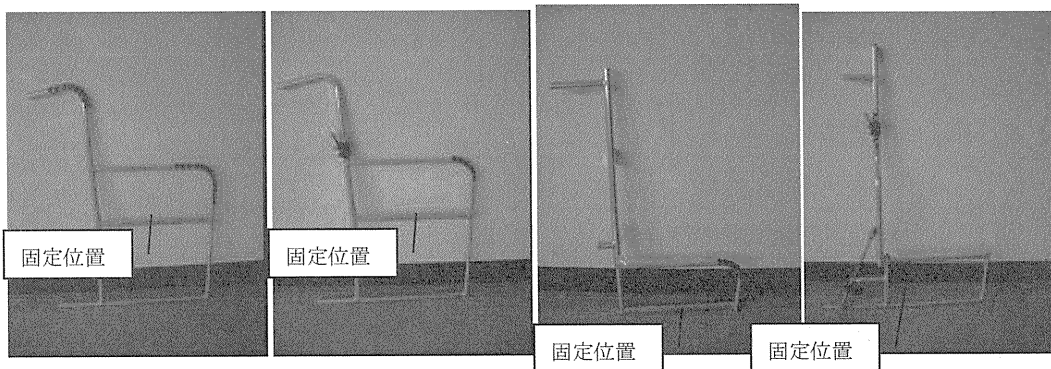
1) 後方静的負荷試験は荷重をかけ、負荷点での変位 10mm での荷重値、そして破損が起きるまでの荷重値とする。

2) 後方繰り返し負荷試験は、後方に 365N(730/2)N を繰り返し負荷させ、破損が起きるまでの回数とする。

3) 前後繰り返し負荷試験は、前後方に 365N を繰り返し負荷させ、破損が起きるまでの回数とする。

負荷位置: 前方負荷時、バックサポートパイプとシートパイプ交点より上方 45cm のバックサポート上。(標準型とリクライニング型が同一で比較できる)。後方負荷時はグリップ。固定位置: シートパイプ

3. 資料: 標準型主フレーム、リクライニング型主フレームの2種に折りたたみ機構やリクライニング機構を付加したものとする。



2. 各種規格

- 1) JIS 車いす衝撃試験
- 2) ISO ハンドグリップ引き抜き試験
- 3) JIS グリップ耐離脱性試験
- 4) ISO16840-3 前部支持試験

Table 5 — Pull off forces to be applied to handgrips

| Maximum user mass kg | Force to be applied to each handgrip F_4 N | |
|-------------------------|--|---------------------|
| | Manual wheelchairs | Powered wheelchairs |
| Up to 25 | 345 ± 10 | 750 ± 23 |
| > 25 to 50 | 535 ± 16 | 750 ± 23 |
| > 50 to 75 | 730 ± 22 | 750 ± 23 |
| > 75 to 100 | 750 ± 23 | 750 ± 23 |

7.6 Anterior trunk support: anterior forces

Table 5 - Anterior trunk support static load parameters

| Parameter | User mass | | | | | | Tolerance |
|----------------------|-----------|-------|-------|--------|--------|---------|-----------|
| | 25 kg | 50 kg | 75 kg | 100 kg | 125 kg | >150 kg | |
| Setup torque (Nm) | 18 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | ± 3% |
| Maximum torque (Nm)* | 63 | 185 | 315 | 460 | 630 | 820 | ± 3% |

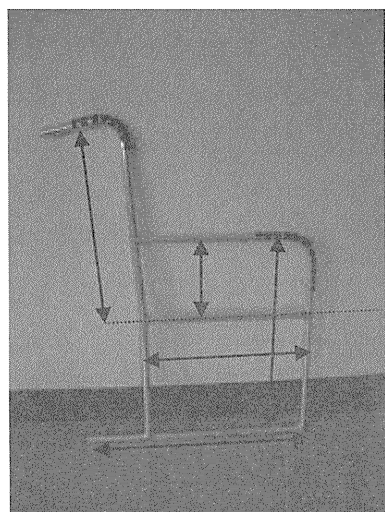
*maximum load is based on $7 \times (\text{mass}) \times (\text{pivot length, } d/1000)$ expressed in Newton-meters

- 5) IS016840-3 背支持後方試験
- 6) IS016840-3 背支持前方試験
- 7) IS016840-3 背支持繰り返し試験
- 8) 負荷試験のまとめ(車いす全体)

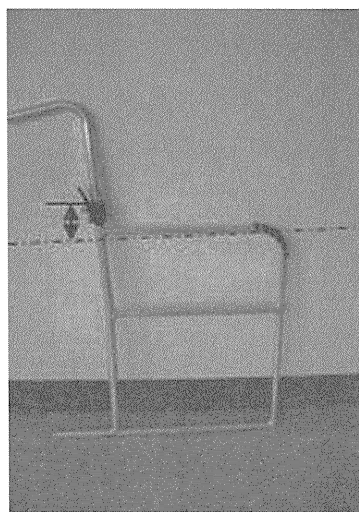
| いす JIS と IS07176-8 グリップ離脱試験 後方 730N | | | |
|-------------------------------------|---------------------|----|----------------|
| IS016840-3 | 背フレーム静的後方斜め下方向 指定なし | | |
| | 背フレーム静的 | 前方 | 指定なし |
| | 背フレーム衝撃 | 後方 | |
| | 背フレーム繰り返し | 後方 | 75N(=75×10/10) |
| | 前方支持 | 前方 | 315Nm |

3. 資料

- 1) 名称
- 2) 標準型主フレーム

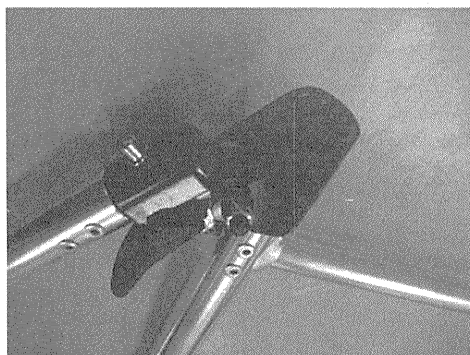


Type 1



Type 2

Type 1 と Type 2 が一般的車いす主フレームが基本で、Type 2 にアームパイプ（点線）上方 3 cm に折りたたみ機構がついている。



おりたたみ機構

断面はシートサイドパイプ:Sのみ、楕円パイプ。他は円柱パイプ

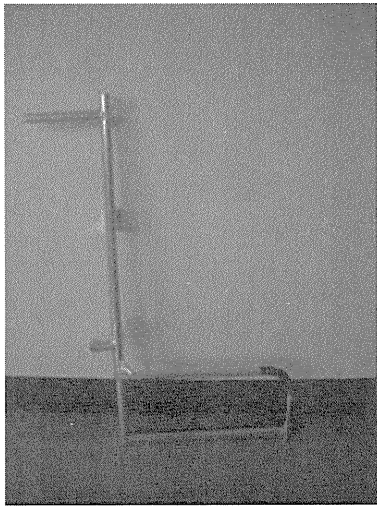


楕円パイプ（最大径 22 mm、横幅長さ 16 mm、肉厚 2 mm）

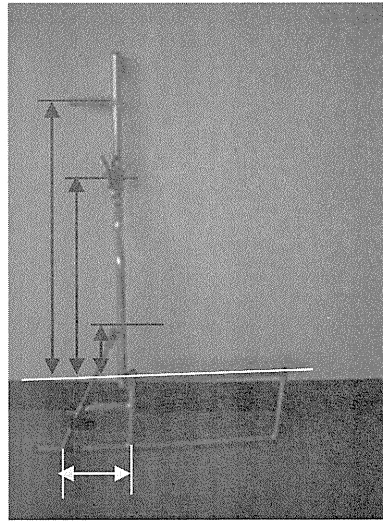
円柱パイプ（外径 22 mm 肉厚 2 mm）

3) リクライニング型主フレーム

Type 3 と Type 4 が座位保持装置の装着を意図した車いす主フレームである。リクライニング機構を意識したため、アームパイプはない。シートサイドパイプが楕円形をしている。

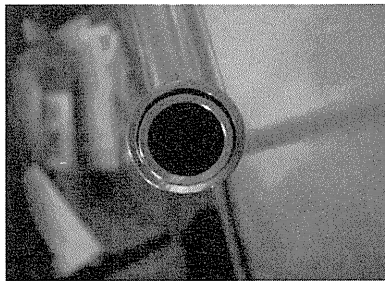


Type 3



Type 4

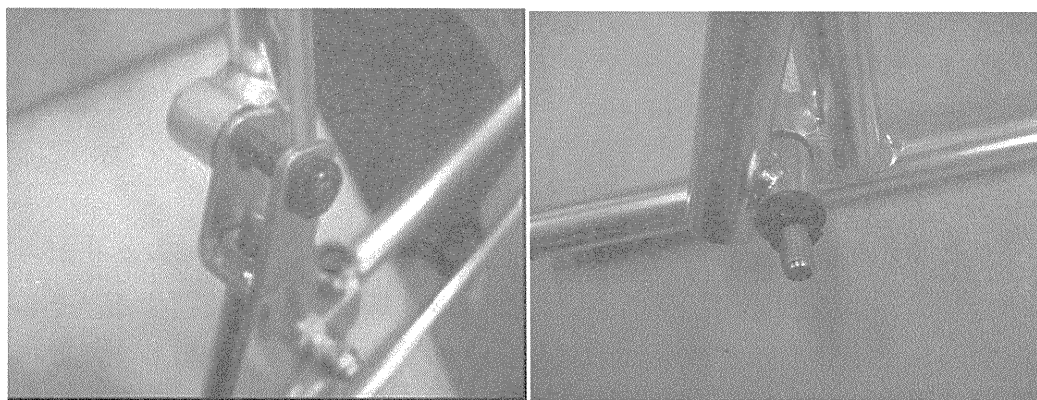
Type3 はバックサポートパイプが二重の構造になり、アームパイプ（点線）上方 14cm にメカロック（リクライニング補助機構）(A)。上方 50cm に折りたたみ機構 (B) がついている。二重パイプ（外径 22 mm 肉厚 2 mm のなかに外径 16 mm 肉厚 2 mm のパイ



プ) リクライニング機構はバックサポートパイプとシートサイドパイプ、そしてその接合・回転中心が J にある。



リクライニング補助機構の上部取り付け部 R(上部取り付け)と R（下部取り付け）がある。



B 強度試験成績

1. 試験項目

- ① 後方静的荷重試験
- ② 後方繰返し荷重試験
- ③ 前後繰返し荷重試験

2. 試験品 車いすの主フレーム（表1に示す）

表 1 試験品

| 番号 | | 背折れ機構 |
|----|----------|-------|
| A | 標準形 | × |
| B | 標準形 | ○ |
| C | リクライニング形 | × |
| D | リクライニング形 | ○ |

3. 試験室内温度と湿度

温度： 25℃～28℃ 湿度 44%～60%

4. 車いすの主フレーム構造の強度試験結果

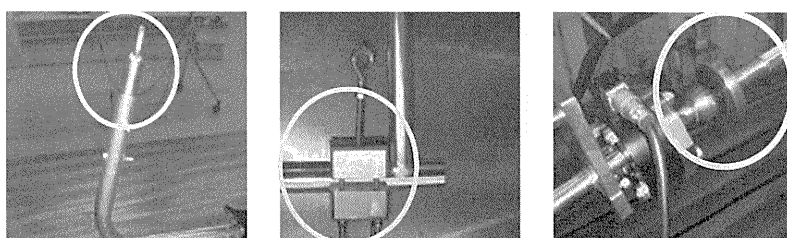


写真3

試験概要

車いすの主フレームの強度試験では、標準形及びリクライニング形主フレームの背折れ機構有無による強度比較を行なう。試験は、後方への静的荷重試験、繰返し荷重試験及び前後方

向への繰返し荷重試験を行う。なお、負荷点には、写真3に示すように、標準形についてはグリップ部、リクライニング形については、シートサイドパイプ部より上方650mmのバックサポートパイプ部に荷重負荷用ジグを取付ける。

1) 後方静的荷重試験

1. 1) 試験内容

標準形、リクライニング形とも写真4及び5に示すように、アームパイプ及びバックサポートパイプ以外の部分で主フレームを固定し、負荷点に対し後方に静的荷重を負荷する。そして、負荷点が10mm変形した時点でのそれぞれの試験品における負荷力を比較し、背折れ有無における相違をみる。次に、主フレームが破損に至るまで負荷荷重を加え、その時の最大負荷力を測定する。

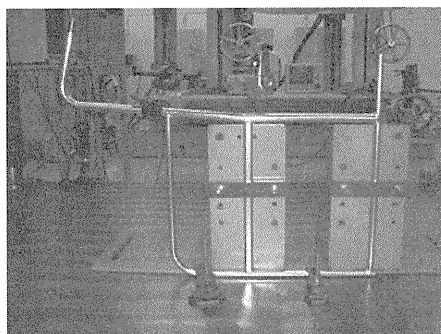


写真4 標準型

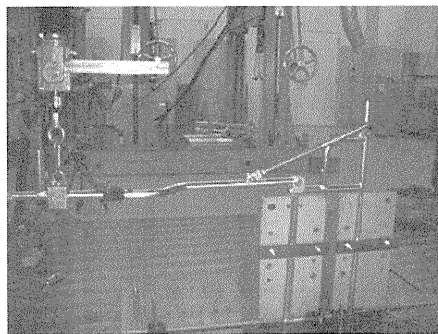


写真5 リクライニング型

1. 2) 試験結果

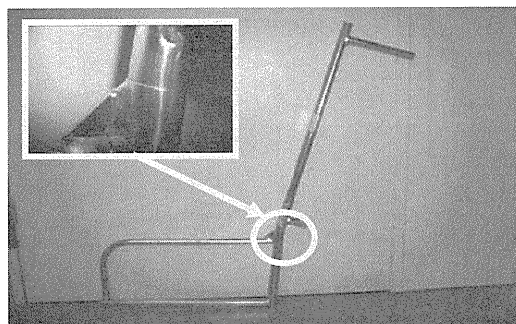


写真7 破損状況：リクライニング形（左より；試験品 C、D）

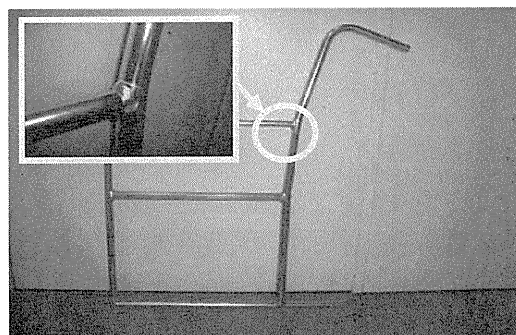
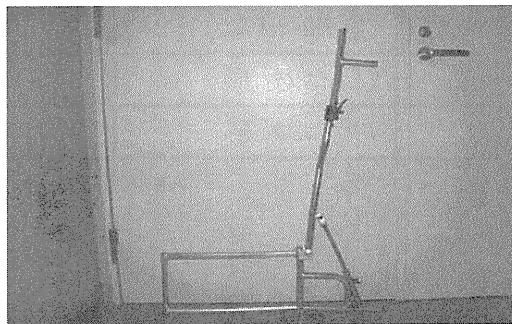
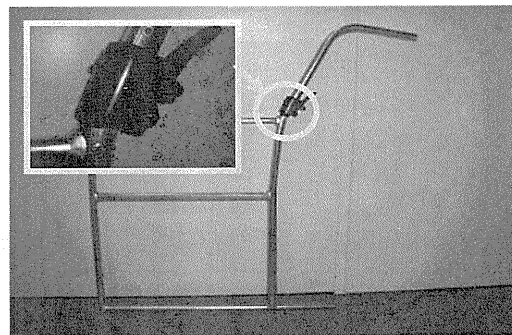


写真6 破損状況：標準形（左より；試験品 A、B）



主フレーム10mm変形時における負荷力は、表2に示すように背折れ機構がある試験品A、Cに対し、背折れ機構がない試験品B、Dの方が小さい。最大荷重試験では、背折れ機構が

ない標準形試験品A（写真6左）が、アームパイプとバックサポートパイプの交点溶接部近くで2310N負荷時にクラックが入り破損した。また、リクライニング形試

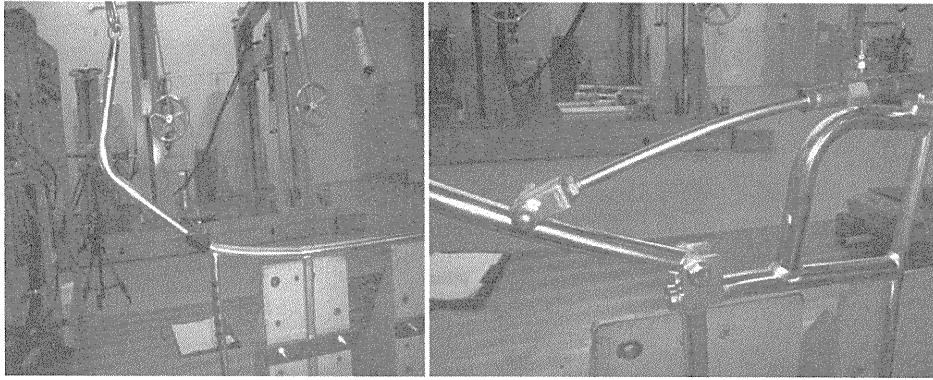


写真8 折りたたみ機構部における変形状況(B) 写真9 メカロック部最大負荷時の変形状況(D)

験品C（写真7左）もアームパイプとバックサポートパイプの交点、溶接部近くで1200N負荷時にクラックが入り破損した。背折れ機構がある標準形試験品B（写真6右、写真8）は破損しなかったが、背折れパーツの下方側フレーム差込み部が浮上したため2500Nで負荷を中止した。リクライニング形試験品D（写真7右、写真9）は、負荷点での変形が大きく試験装置の可動部許容範囲を超えたため、最大負荷力2390Nで試験を中止した。なお、記録波形を図1に示す。

表2 変形時における負荷力（単位：N）

| | A | B | C | D |
|----------|------|-------|------|-------|
| 10 mm変形時 | 418 | 150 | 147 | 46 |
| 破損時 | 2310 | *2500 | 1200 | *2390 |

注) *はパイプ破損に至らず、途中試験を中止した。

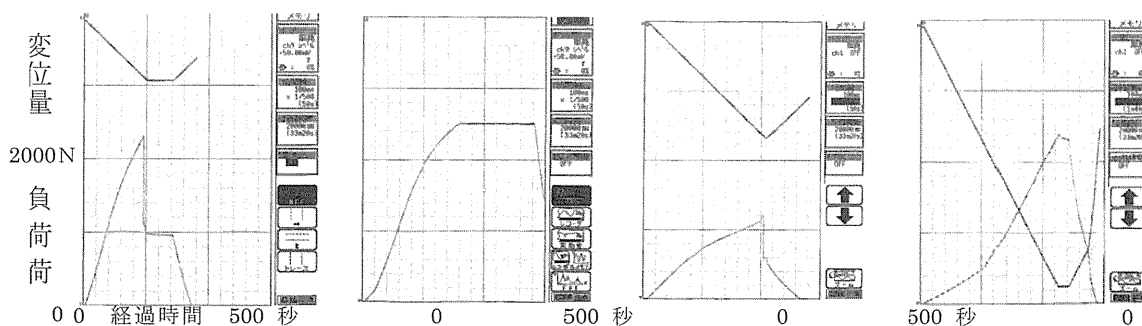


図1 静的荷重記録波形（左から試験品A、B、C、D）

2. 後方繰返し荷重試験

2. 1 試験内容

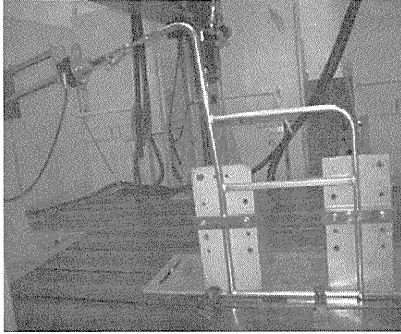


写真10 試験状況：標準形

写真11 試験状況：リクライニング形

標準形、リクライニング形とも写真10及び11に示すように、アームパイプ及びバックサポートパイプ以外の部分でフレームを固定し、負荷点に対し後方に0.5 Hzで365 Nの負荷力を破損又は5万回まで繰り返し負荷する。

2. 2 試験結果

試験品A、Bは、写真12に示すように、バックサポートパイプの下端溶接部近くにおいて破損した。試験品Cは、写真13：左に示すように、メカロック取付け部近くの溶接部において破損した。試験品Dは、リクライニング時にバックサポートパイプ下端の回転支持部が回転する構造となっており、この部分での破損は見られなかったが、写真13：右に示すバックパイプの溶接部分が繰り返し疲労により破損した。なお、破損時の試験回数は表3に示す。

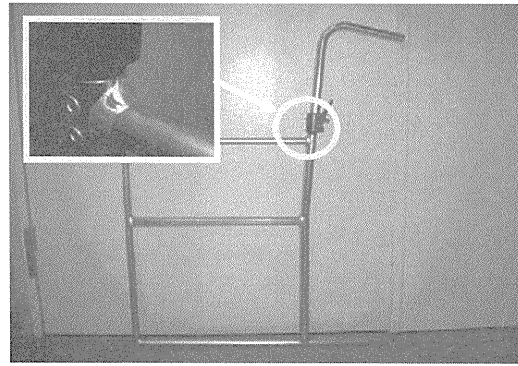
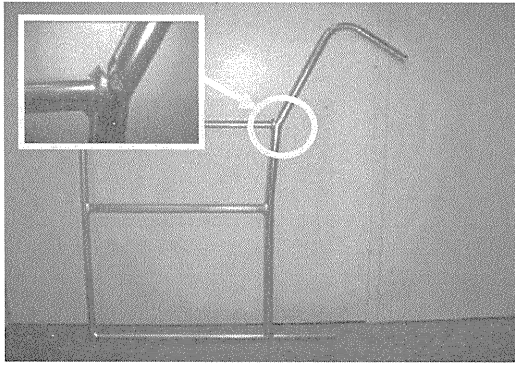


写真12 破損状況：標準形 (左より；試験品A、B)

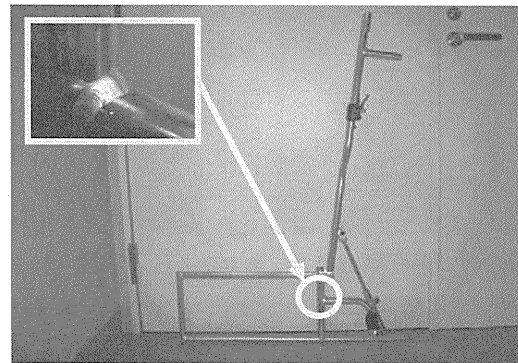
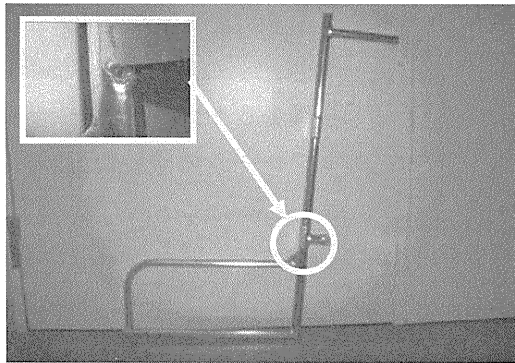


写真13 破損状況：リクライニング形 (左より；試験品C、D)

上図：写真12 破損状況：標準形 (左より、試験品A、B)

下図：写真13 破損状況：リクライニング形 (左より、試験品C、D)

表3 後方負荷時における破損時の繰返し回数 (単位：回)

| | A | B | C | D |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 繰返し回数 | 31380 | 17396 | 26700 | 13963 |

3. 前後繰返し荷重試験

3.1 試験内容



写真14 試験状況：標準形（左：前方繰返し 右：後方繰返し）

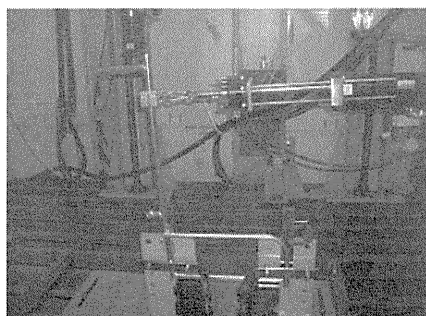


写真15 試験状況：リライニング形（左：前方繰返し 右：後方繰返し）



写真16 メカロックとフレームの接触状況

上図：写真14 試験状況：標準形（左：前方繰返し、右：後方繰返し）

下図：写真15 試験状況：リライニング形（左：前方繰返し、右：後方繰返し）

右中図：写真16 メカロックとフレームの接触状況

標準形、リライニング形とも写真14及び15に示すように、アームパイプ及びバックサポートパイプ以外の部分でフレームを固定し、負荷点に対し前方、後方、前方といった一連の前後繰返し試験を、それぞれ0.5Hz、365Nの負荷力で5000回ずつ、破損又は5万回まで繰返し加える。

3. 2 試験結果

試験品A～Bは、写真17に示すように、バックサポートパイプの下端溶接部近くにおいて破損した。試験品C、Dは、写真18に示すように、メカロック取付け部近くの溶接部において破損した。試験品Dについては、前方の繰返しのみで破損した。また、写真16に示すように前方への繰返し負荷時にメカロックがパイプに接触する状況が確認された。なお、破

損時の試験回数は表4に示す。

| | A | B | C | D |
|-------|-------|-------|-------|------|
| 繰返し回数 | 37671 | 30000 | 22711 | 5000 |

表4 前後方向負荷時における破損時の繰返し回数（単位：回）

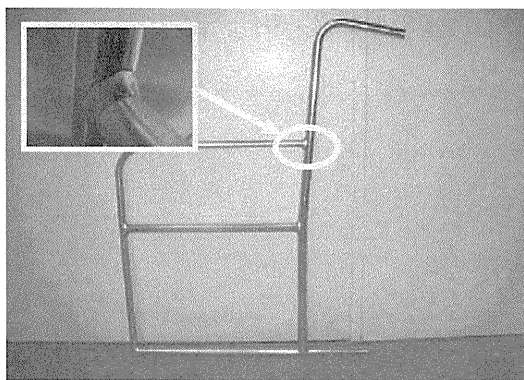
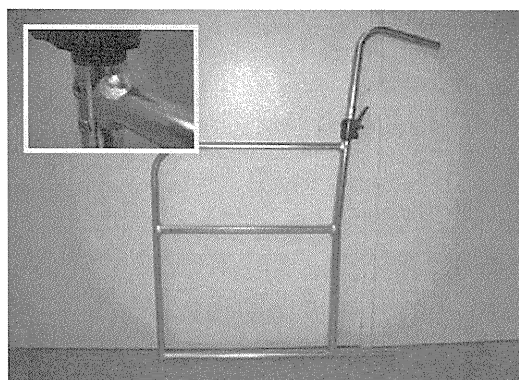


写真17 破損状況：標準形



(左より；試験品A、B)

4. まとめ

① 後方静的荷重試験において、10mm変位時における負荷力は、標準形ではバックサポート折りたたみ機構がないものは、あるものに比較し2.8倍大きい418N、リクライニング形では3.2倍大きい147Nであった。

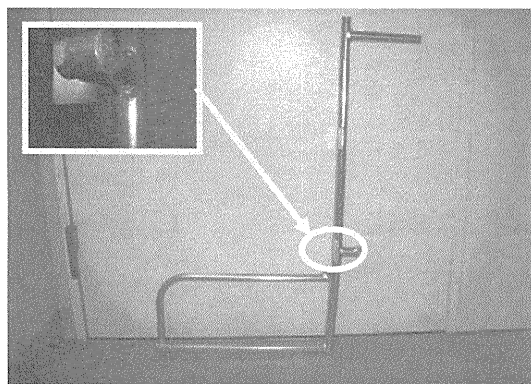
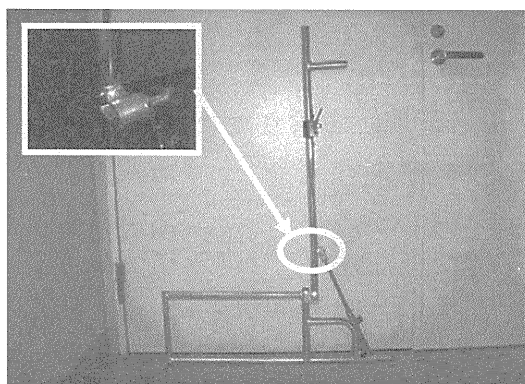


写真18 破損状況：リクライニング形 (左より；試験品C、D)



② 後方静的荷重を破損に至るまで実施したところ、標準形、リクライニングとも背折れなしのものについては最大負荷力点で破損した。折りたたみ機構を備えた標準形では、バックサポートパイプは破損せず、背折れ機構下端がパイプより浮上し抜けかけた。リクライニング形では、折りたたみ機構がグリップ近くにあるため静的負荷力の影響を殆ど受けず、最大負荷時にメカニカルロック部のバーが変形したのみで、フレーム破損は確認されなかった。

③ 後方繰返し荷重試験では、標準形、リクライニング形とも、背折れ機構がないものはあるものに比較し、破損に至るまでの回数は多くなっていた。

④ 前後繰返し荷重試験も、後方繰返し荷重試験同様、標準形、リクライニング形とも、背折れ機構がないものはあるものに比較し、破損に至るまでの回数は多くなっていた。リクライニング形の背折れ機構があるものについては、最初の方へへの繰返しのみで破損に至っており、繰返し荷重を加える方向が試験結果に影響する可能性がある。

⑤ リクライニング形については、標準形と異なりバックサポートパイプ下端での破損では

なく、バックサポートパイプ側のメカニカルロック取付け部及びバックパイプ部での破損が確認された。

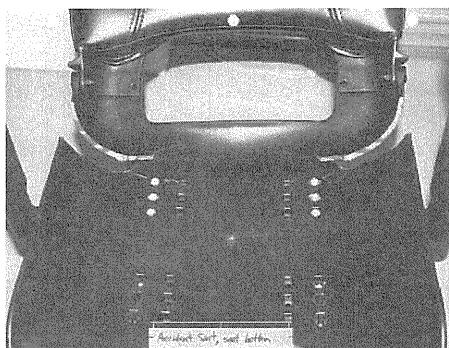
II) 背支持の破損およびその研究

A 破損情報

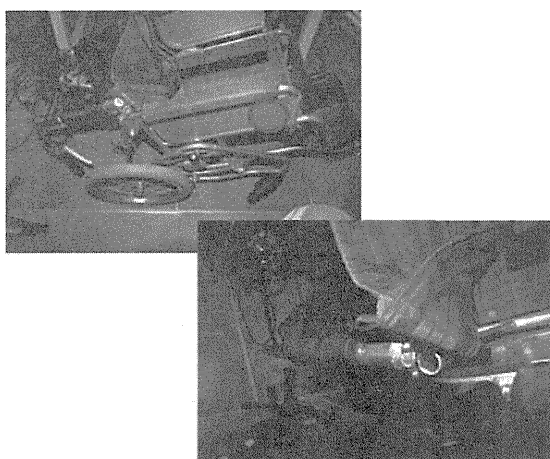
国立障害者リハビリテーションセンター病院シーティング・クリニックで背フレーム損傷を起きている情報を得た。

1) 米国で発生した背支持破損による死亡事故

米国でハンドル型電動車いすの背支持部が破損し、後方に搭乗者が倒れ、窒息して亡くなった情報が届いた。原因はプラスチックで出来ていた背支持の原材料に再生材料が混入し、強度が低下したためと結論した。



2) ティルト型車いす折りたたみ部での背支持破損



6年を経過しているが背支持部、アームサポート上部、背支持折りたたみ機構部での破損が起こった。金属疲労と同時に介助での使用は外出時プッシュハンドル部分の負荷の頻度の増加およびティルト機構による重心位置の前方移動などによりモーメント増加が起こり、最終的に背支持での破損が起きている。

3) 介助車いすでの背支持破損



脳性まひ者で上記写真より、大輪主軸の前方に重心位置があり、外出時のキャスターアップの頻度が高く、その結果背部の破損が起こったと考えられた。

4) まとめ

このように1)を除いてキャスターアップによる破損が考えられたので、さらなる計測を行った。

B 車いす背支持部長時間計測

1) 目的

背部破損を起こした車いすを対象に、日常生活時にどのような負荷がかかるかを長時間測定を行い、負荷の大きさと頻度を測定し、破損原因を探ることが目的である。

2) 方法

36歳男性（体重58.5kg、身長165cm）の脳性まひ者が介助者による車いすを使用していたとき背支持の破損を経験した。その原因として、外出時の段差乗り越えのためのキャスターアップが考えられた。そこで背支持部に歪ゲージを装着し、そして生活の中でどのような動作が最大の負荷となるのか長時間の歪計測と同時にビデオで撮影することで確認する方法をとった。

(1) 対象者

対象者は全介助であり、自宅から日常的にデイケアの参加およびそこから介助者と外出するなどが主たる生活であり、朝9時に車いす乗車、バスでデイケアへ行きそこでの生活、そして帰宅という生活とデイケア15時終了後、介助者とともに21時まで外出する生活が主であった。座位姿勢は腕の不随意のためテーブルに横棒を設置し、そこに前傾位でいることが多かった。しかし、座位保持装置製作後、若干の後方に倒れた姿勢をとることが主であった。

なお、本実験について国リハ倫理委員会および本人の承諾を得た。

(2) 車いす

車いすは介助用車いすでアルミ製であり、破損場所はアームサポートとシートパイプのほぼ中間であった。最後に確認したところ、入れ子構造になっていた。確認はとれていないが、初めは一重の構造であり、破損後入れ子構造になったと思われた。

(3) 計測システム

計測は生活全体を把握するため6時間の連続計測を目標とした。その結果、測定システムの

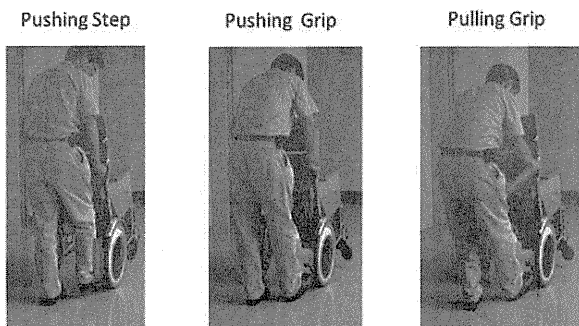
軽量化が求められ、共和電業のデータ処理・記憶が可能な機器（コンパクトレコーダ EDS-400A）を選択した。これはひずみ・電圧の動的現象を高速デジタル記録する小型の 4 チャンネル集録装置で、シグナルコンデイショナと分解能 16 ビットの高速 A-D 変換器を内蔵している。しかし、このレコーダは最大 4 チャンネルであり、これを維持するのに合計 8 本の単三電池が必要で、このバッテリーで 2 時間が限度であった。そこで 2 時間おきにバッテリー交換を行った。

レコーダの大きさは 10 cm×5 cm×11 cm、重さ 500g で、バッテリーも同様な大きさでバッテリーとしてニッケル水素電池 28g を 10 本使うので、合計 880g であった。しかし、このバッテリーで約 2 時間しか持たないので、替えを用意し、2 時間ごとにいったん停止し、バッテリー交換を行った。それは 30 秒程度で終了したので、計測への影響は少ないと考えられた。その結果、介護には影響せず車いすのポケットに入れられた。

(4) 歪ゲージの位置決定

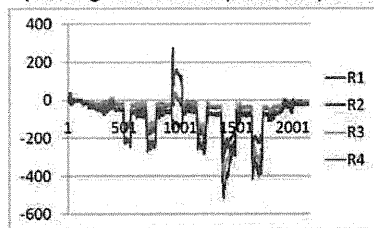
共和電業製歪ゲージを使用した。破損した部位はわかるが、負荷がどのようにかかっているのか、それを 4 つのゲージで長時間計測するため、まず実験的に 24 の歪ゲージを取り付け、キャスターアップを含み動作を行い、その中で最大の負荷となる部位を選択する手法をとった。1 か所 3 方向で片側 4 か所（アームレスト上 R1、アームレスト下 R2、中央 R3、シートパイプ近傍 R4 の背フレームとした（図 3）。負荷はシート中央に 40 kg のおもりを載せた。

Method-2 Caster up methods



Pre-Test-1

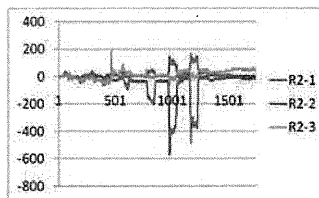
(Deciding measurement positions by caster-up methods)



Down Grip>Down Step> Pull Grip
R2 and R4 data show bigger. → R2, R4, L2, L4

Pre-Test-2

(Comparing with strain gage directions by caster-up methods)



R2-1 shows bigger than R2-2,3.

その結果、R2 と R4 が、また他より Rn-1 が大きいことが判明した。最終的に R2, R4, L2, L4 をとることになった。

.計測環境はデイケア中心の場合と外出の2条件とした。外出は6時間（14:50-20:40）と

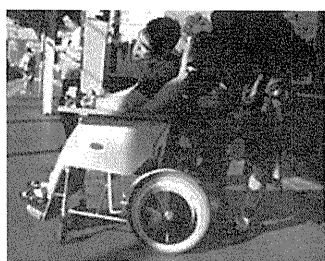


Fig 1

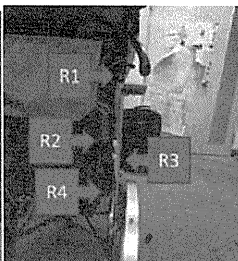


Fig 2

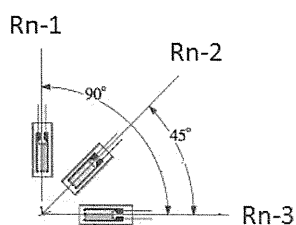


Fig 3

した。

3) 結果

デイケアでの生活では最初の車いすに搭乗するときに最大負荷 - 800 から 400 の力が最初に車いすのリフターから乗るとき、そして降りるときも 1000 の歪負荷が大きかった。しかし、その頻度は大きくなかった。当然施設内ではキャスターアップする必要はなく、観察されなかった。相対で過重負荷は少なかった。

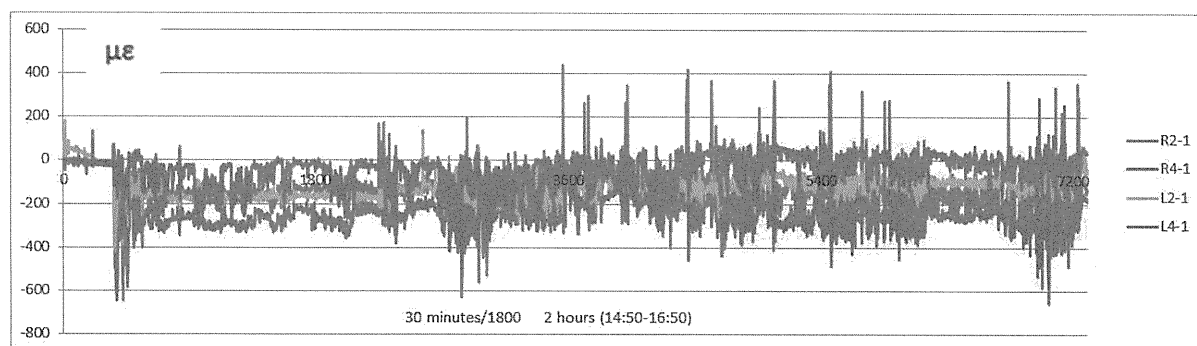


Fig. 4 Strain data from 14:50-16:50

一方、外出は 300 $\mu\epsilon$ を越えるものマイナスデータで 400 $\mu\epsilon$ を越えるものはキャスターアップで出現しており、これはビデオで観察された。プラスの大きなデータは介助者が足で転倒防止バーを踏んだ時、背支持に伸張の歪がかかることがわかった。一方、マイナスデータはハンドグリップを下げたキャスターアップをして、その時は圧縮がかかっていた。5時間45分の計測で、600 $\mu\epsilon$ が8回起こった(Fig. 6)。その時の応力はフレーム材質のヤング率を掛けることで計算できる。70のジュラルミンのヤング率は70GPa、であるから最大引張応力は42MPaで、この降伏点は350MPaであり、最大に対して約10%であり、金属疲労は検討する必要がない。

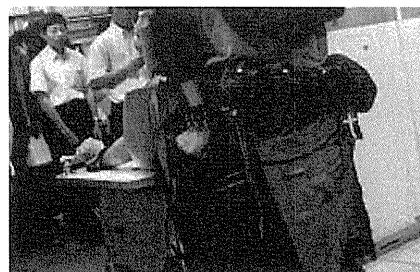


図5 ハンドルを下方に押す

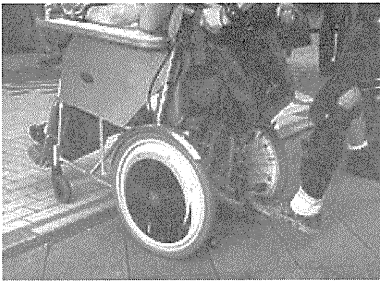


図6 転倒防止バーを足で押す

4) おわりに

これらより、キャスターアップにより背支持の破損の可能性が高いことが分かった。

Ⅲ) CAD/CAM/CAE 統合 3次元システムによる解析

1. 車いすのモデリング

車いすの諸寸法を図2に示す。

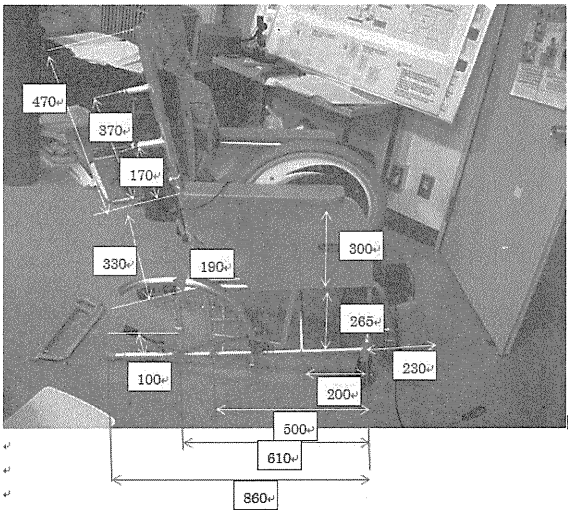


図2 車いすの寸法

(ア) フレームのモデリング

図2の諸寸法を参考に車いすのフレーム構造を図のように作成した。

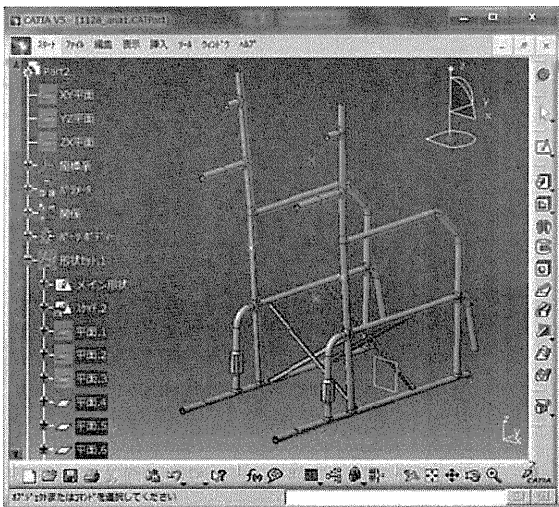


図3 車いすフレーム構造

(イ) 固定条件の設定

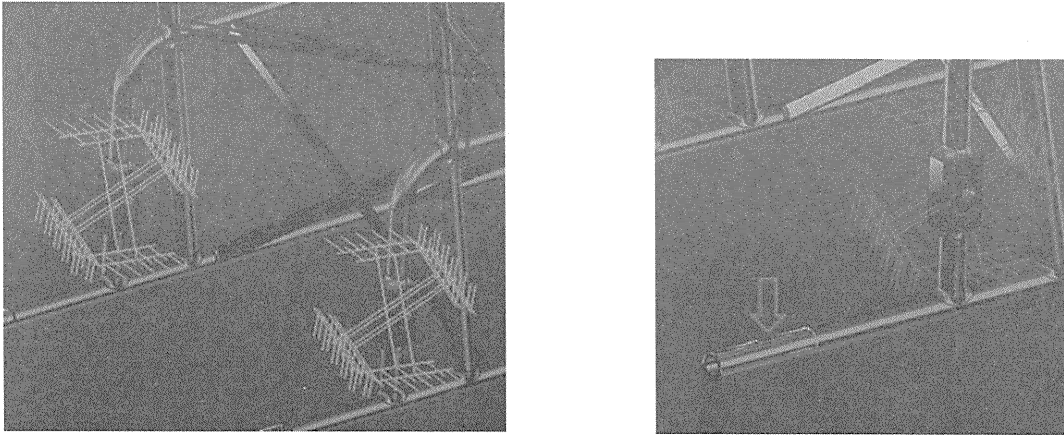


図4 固定条件の設定

後輪車軸が通る穴表面を固定と設定し解析を実施する。

C) 荷重条件の設定

介助者による荷重は、グリップの上面に負荷されると定義した。

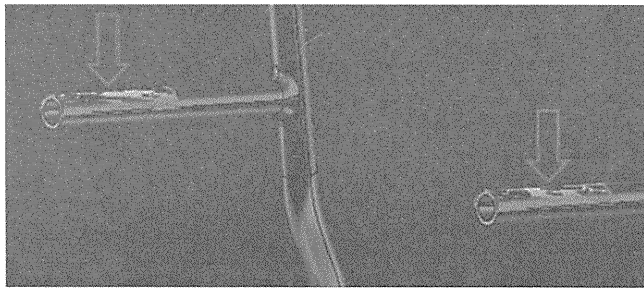


図5 負荷荷重の設定

下部水平フレーム後方への荷重

下部水平フレーム後方の上面（パイプの半分から上）の部分に負荷条件を定義した。

着座時のシートフレームへの荷重は、座面の布部分の解析が複雑になるため、左右のシートフレーム上面（パイプの半分から上）を剛体で結合した状態と仮定した。

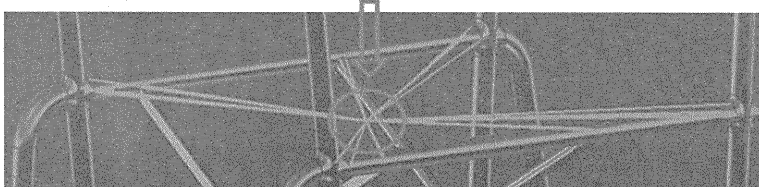


図6 着座時の負荷荷重



着座時の背フレームへの荷重

フレーム上部の前面（パイプの半分から前）の部分に後方への負荷として定義した。

3. 解析結果



背フレームの部分に大きな応力の発生が確認できた。



図7 応力発生状況

4. 市販車いすによるキャスターアップ実験の解析

破損事例のコンピュータ解析により車いすのモデリング解析が可能になったので、市販車いすにより、キャスターアップ時の構造解析を実施した。

キャスターアップによる負荷計測の実験の詳細は前述している。背フレームのひずみ計測実験で得られた情報から、車いすのモデリング解析を行った。



負荷計測時の直角滑り及び滑り座りの荷重の設置状況である。負荷計測実験では、座り方による主軸部及びキャスター部の荷重を実測しているので、コンピュータ解析では、座り方の荷重設定を主軸部及びキャスター部への負荷として、置き換えシート部の荷重を解析には取り入れなかった。前述のように、背フレームのシングルパイプ及びダブルパイプについて計測しているので、コンピュータ解析においても両者について実施した。

キャスターアップについては、①左右グリップを両手で押す場合し、②さらに足で踏む場合について解析した。

解析結果の外観を図に示している。①の場合において、シングルパイプのフレームに滑り座りした結果の解析結果である。

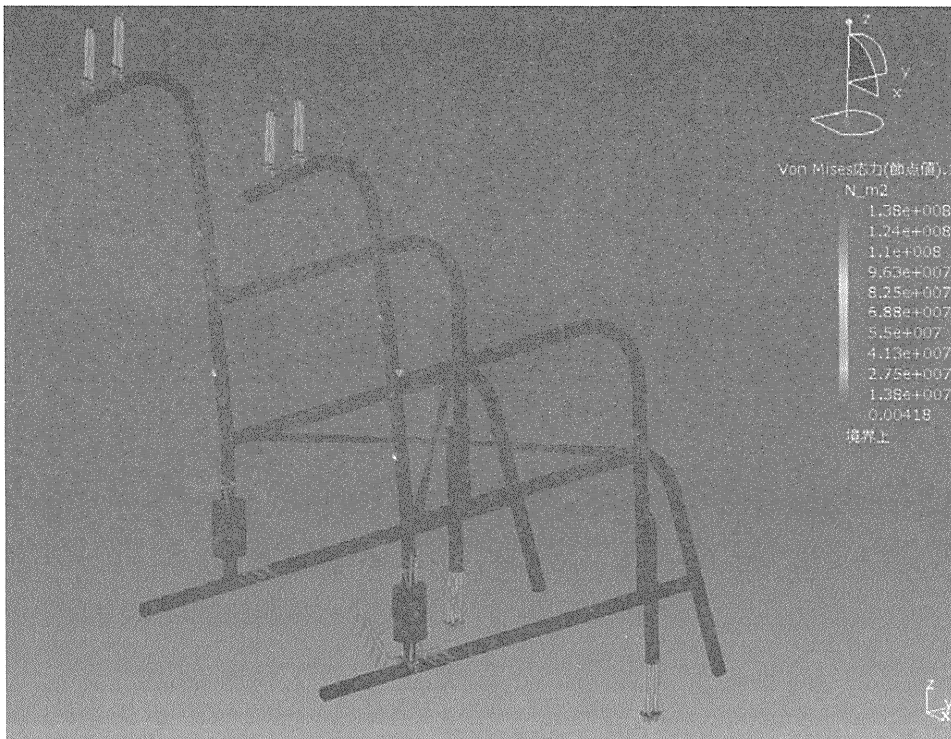


図8 解析結果の外観（手押しの場合）



図8-2 グリップ部から背フレームの拡大
高い応力部分を拡大して示したものである。