

車いす 台上走行試験機の試作 ＜車いす強度耐久性の調査研究（その2）＞

技術第1部 自転車工学課 高橋 義 信

まえがき

昭和46年2月に手動用車いすのJISが制定され、福祉機器としては補聴器について早い方であった。この時点での試験内容は強度試験2項目、機能試験2項目であったが、昭和52年8月の改正でさらに自在輪（キャスト）の強度試験が追加された。

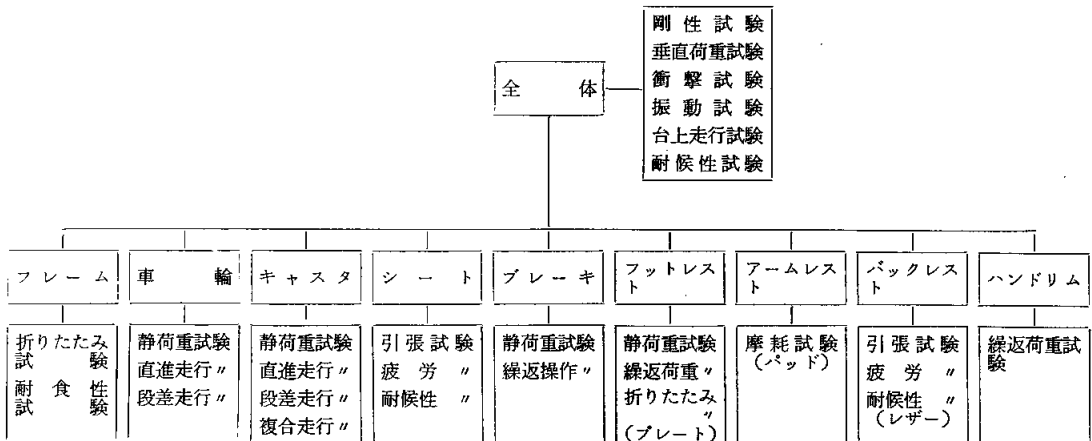
一方、車いすを使用している人たちを対象に調査した結果では、86.2%の人が車いすに対してなんらかの故障経験をもっていると回答している。そこで、JIS試験以外の全体としての耐久試験を実施する必要があるのではないかと推察された。また、手動用車いすに関する評価も国際的な規格化の方向にあり、さらに今後、新型車いすの開発も盛んになるものと予想されるので、総合評価試験法を確立し、整備する必要があると考えられる。

以上のような観点から、車いす総体としての走行耐久性評価の一方法として台上走行試験機を試作し、その試験条件などの検討を行ったので、以下にその概要を述べる。

1 調 査

車いすの強度、耐久性については製作者の経験によるところが多く、新しいタイプが開発されても、モニターなどで一定期間の試用結果、特に問題がなければ販売に移しているのが実状であり、種々の試験が行われているわけではない。これは現在、手動用車いすの総体としての耐久性評価の専用試験機がないことに起因している。車いす自体の使用条件、使用環境なども利用者個々によりかなり異なっているため、一概に強度、耐久基準を設定することが困難であるともいえるが、実際の利用者を対象に我々が行ったアンケート調査結果²⁾では、平均的な耐用年数は約3年間であった。故障部位ではキャスト、車輪、フレームなどの順で故障率が高く、特に回転部分が多い。これらの部品を消耗部品として判断するかは明確ではないが、どこまでの耐久度があるのかは知る必要があり、強度バランスの上からも種々の試験は不可欠なものである。

表1 車いすの強度、耐久性に関する試験（案）



しかし、現在、車いすの試験法について体系づけられたものはなく、また、JISはあっても実際にそれらの製品を試験して認定する機関さえないのが実状である。

表1は、車いすの強度、耐久性に関する試験項目をあげてみたものであるが、この中で、JISにより試験法が確立されているのは5項目のみであり、他は必要な試験項目として考えられるものも含んでいる。この表によれば、車いす総体としての試験と部品単体試験とに大別されるが、我々はこの中から走行耐久性についての試験法として台上走行による耐久試験を取り上げた。他の試験項目についても順次取組みがなされ、確立されていかなければならないものばかりであるが、試験方法の決定、試験機の設計・試作、試験条件の検討、データの蓄積などの手順をふみ、一試験法が確立されるまでには多くの時間と人手を要し、これらの試験が確立されるのは短期間では不可能であるが、決してなおざりにされてよいものではない。

2 試作機の概要

走行耐久性の試験としては一般に、実走行試験による場合と、台上で走行を模擬する台上走行試験とがあるが、人間が乗車しての走行には限界があり、期間も長期を要することから、台上走行による方法を検討した。

台上による走行方式としては、ベルト駆動による走行、ローラ駆動による走行、車いすをけん引しながら走行する方策などが考えられるが、装置の都合上でローラ駆動による方式とした。

試験機の構成ブロック図を図1に示す。2個のローラ

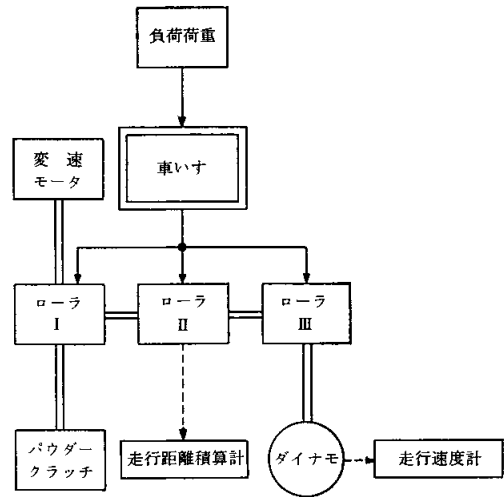


図1 試験機の構成

(ローラ I、II) 上に車輪を、もう1個のローラ (ローラ III) にキャスタを載せている。そして、車いすのシート上に荷重を負荷する。駆動は変速モータによりローラ I を駆動し、チェーンを介してローラ II およびローラ III へ伝達される。このローラの回転により、ローラ上の車輪およびキャスタは負荷のかかった状態で走行する。ローラ III からダイナモを通して、走行速度が速度計に指示され、また、ローラ II からの信号により、走行距離が積算される。なおパウダークラッチはローラ I と連結されているが、これは停止時の制動用および現在付設されていないが、人間の駆動により走行する場合、または電動車いすなどの走行時にはモータ駆動部を切り離し、登坂抵抗などに相当する負荷を与えるためのものである。こ

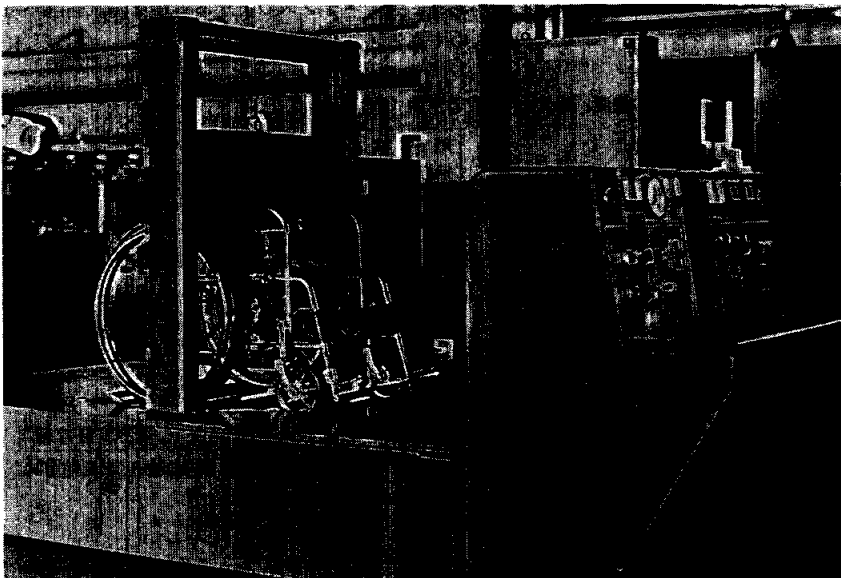


写真1 車いす台上走行試験機の外観

れは、励磁電流を変えることにより伝達トルクが変化し、種々の負荷を得ることができる。

写真1は試作した試験機の全影である。概略仕様は以下のとおりである。

本体大きさ：幅1,300mm, 奥行2,300mm, 高さ1,620mm

制御盤大きさ：幅1,260mm, 奥行740mm, 高さ1,150mm

主モータ：3φ, 1.5kW, 40~240rpm

無段変速機付きインダクションモータ

リモートコントロール付き

制動用パウダークラッチ：DC24V, 10kg-m, 3.6A

速度計用ダイナモ：20~750rpm

走行速度：2~13km/h

負荷荷重：0~120kg

車輪径：20~26インチ

車間：700mm以下

キャスト車間：450mm以下

ホイールベース（後進状態で）450~550mm

3 作 動

図2に車いす走行状態のローラ部構成を示す。回転方向は車いすが後進時の方向をとっているが、これはロー

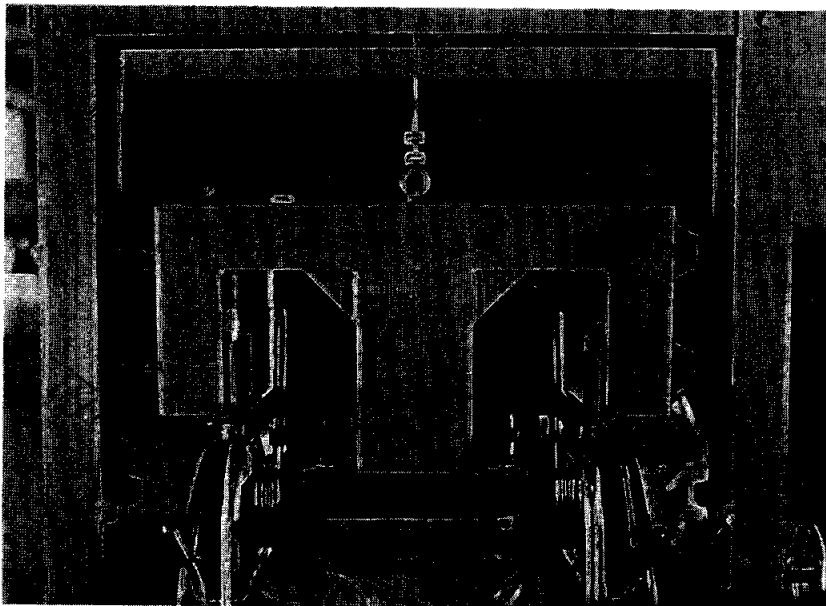


写真2 荷重設定部

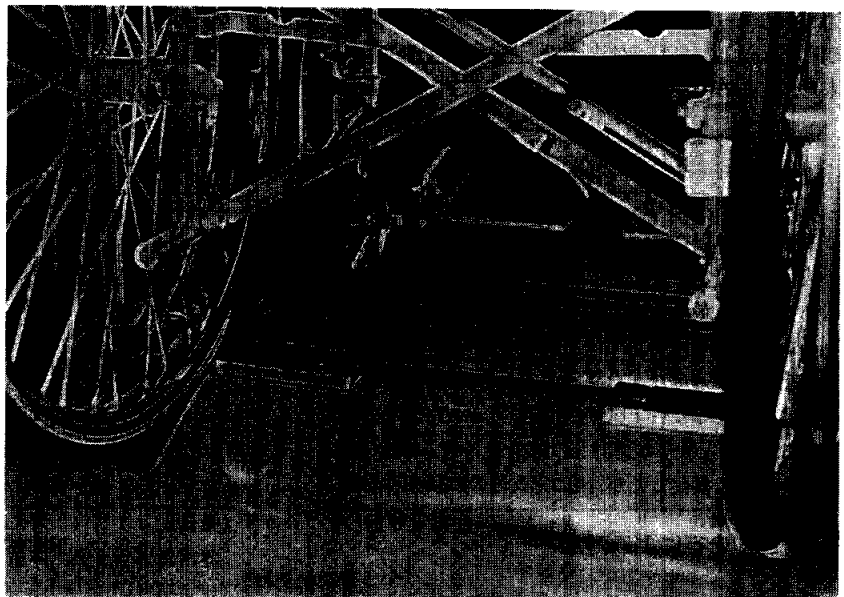


写真3 障害板の取付け状況

ラ方式を採用したため、前進方向に回転した場合、キャストがローラIIとローラIIIの間に落ち込み、安定した走行状態を保つことが不可能であったので、やむをえず後進方向とした。キャスト部はオフセットがついているため、キャストタイヤ中心をローラ中心より前方にずらしてセットする。この位置は供試車のホイールベースが異なるため、ローラIIIを前後方向に移動させて調節できるようにしてある。荷重は20kgの砂袋(350mm×400mm×70mm)をシート上に載せ、その上から試験機に設置してある荷重を負荷する。これは車軸より前方180mmの位置にセットされ、ガイドローラを有し、上下移動が可能である(写真2)。ローラをみの場合は平滑な路面走行(アスファルト、プラスチック路面など)を模擬するが、段差やおうとつのある路面走行のような場合のために、ローラ円周上に障害板を取り付けることにより、これらを模擬することができるようになっている。取付ローラ、障害板厚などを変えることにより、種々の試験条件を設定することが可能である(写真3)。

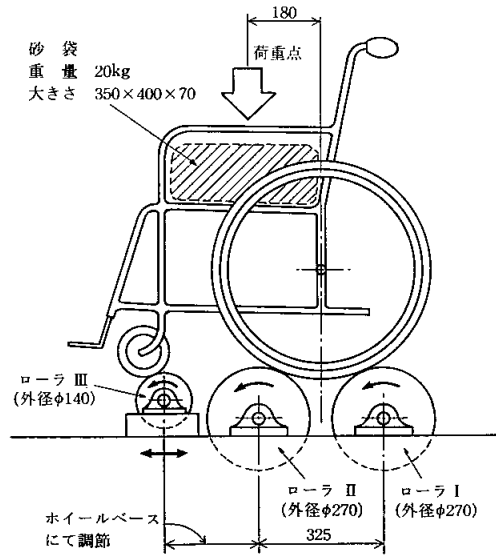
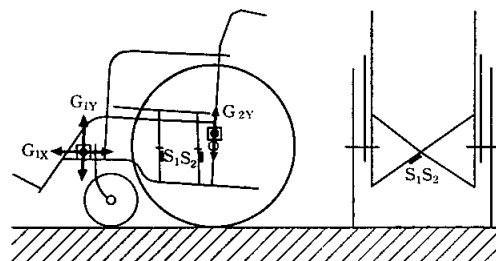


図2 ローラ部の構成

車いすの走行速度は一般的には4～6 km/h程度と考えられることから、約2倍の13 km/hを最大走行速度とし、この範囲内で任意の速度が選定でき、車輪径も20インチから26インチのものまで取付け可能である。

試験機の操作順序は、まず、タイヤを適正な空気圧に設定した供試用車いすをローラ上にセットし、ローラIIIをホイールベースに合わせて前後位置をセットする。次に砂袋、重たい荷重などで一定負荷をかけ、ここで主モータを起動し、試験を開始する。一定走行速度にセットすればあとは無人で試験を継続するが、あらかじめ設定された走行距離に達するか、または停止スイッチを押すことにより、自動的に最低速度まで下がり、最低速度に達するとモータが停止し、パウダークラッチが作動して制動がかかり、走行が停止する。その他走行時間の積算も可能である。



- G_{1X}: キャスタ部加速度 (前後)
- G_{1Y}: " " (上下)
- G_{2Y}: 車軸部加速度 (上下)
- S₁: 前ヨーク中央部応力
- S₂: 後ヨーク "

図3 測定項目、部位

4 試験条件の設定

試験方法と同様に困難なことは、いかなる試験条件を設定するかである。これにより試験後の評価を行うわけであるから、最も重要な項目であり適切な設定が必要である。設定の手段としては、車いすで実際に走行したときの応力、加速度などを測定するとともに、同一の供試車により試作した台上試験機で走行したときの応力、加速度などを測定し、比較する方法をとった。試験条件を種々変化して測定したが、次にそれらの試験条件を記す。

4.1 実走行による測定

(供試車)

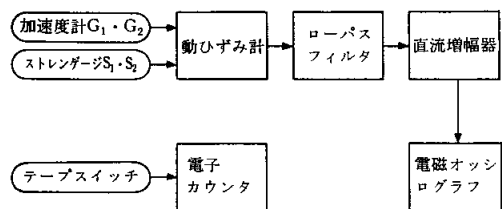


図4 測定ブロック

スタンダードタイプ(キタジマ製)、タイヤ24インチ(空気圧2.5kg/cm²)、総重量21kg、キャスト8インチ、ソリッドタイヤ

(乗員)

健康者男子1名、体重73kg

(測定項目)

加速度3点、応力2点、走行速度で、測定箇所は図3のとおりである。

(走行路面)

敷石の歩道および歩道上においた段差（幅50mm、高さ15mm）の乗り越し

(走行速度)

最低から最高速度（約9 km/h）まで1 km/hおき程度に測定（10m間の平均走行速度）

(測定方法)

測定ブロック図を図4に示す。有線方式

(測定結果)

測定結果の一例を図5に示す。これは応力の測定結果であり、この応力は静応力値を中心に車いすをこぐたびに、上下に発生する繰返波形の最大値5個と最小値5個

の各平均応力値をプロットしたものである。静応力値は前ヨーク部で8.2kg/mm²、後ヨーク部で8.8kg/mm²である。

図6はこれらの応力振幅（最大値-最小値）であり、前ヨーク部と後ヨーク部を比較すると段差ではほぼ同じであるが、敷石の歩道走行では後ヨーク部の振幅が大きい。いずれも速度が増加するにつれて応力振幅も大となっている。

加速度の測定結果を見ると、5 km/hの走行速度では、キャスタ部上下の場合、敷石歩道で±1g、段差乗り越しでは約±3.5g、車軸部上下方向の場合、敷石歩道で±0.6g、段差乗り越しで約±2.8gである。これも走行速度が増加するにつれて直線的に大きくなっている。

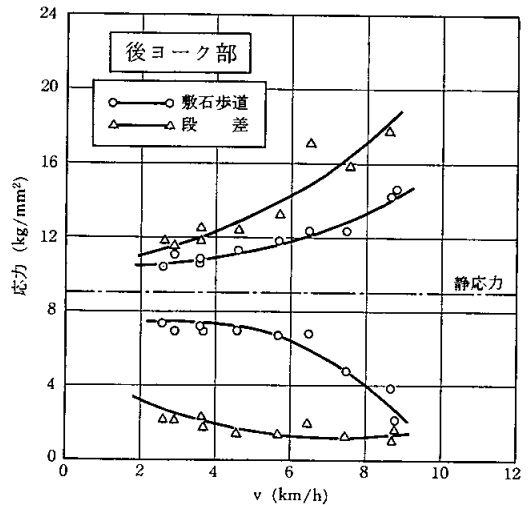
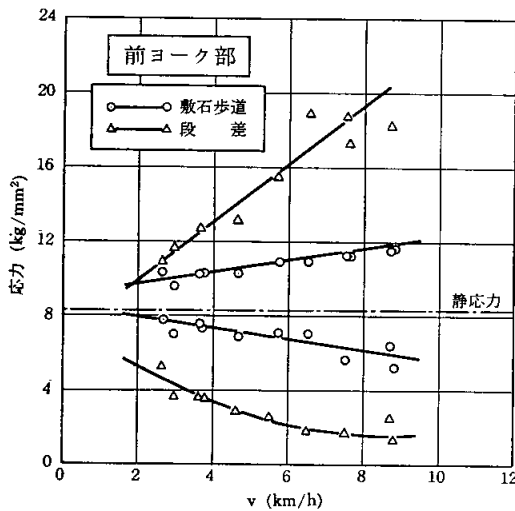


図5 実走応力

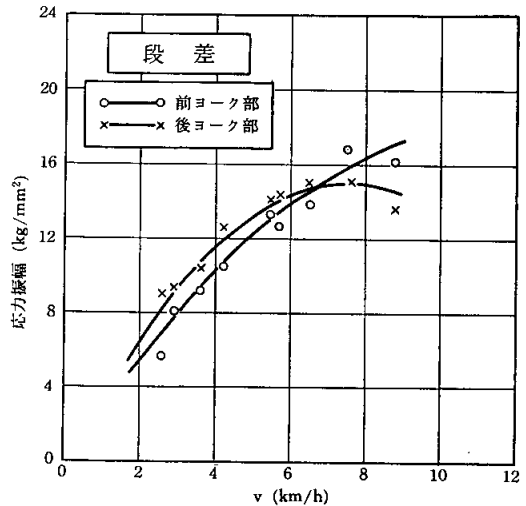
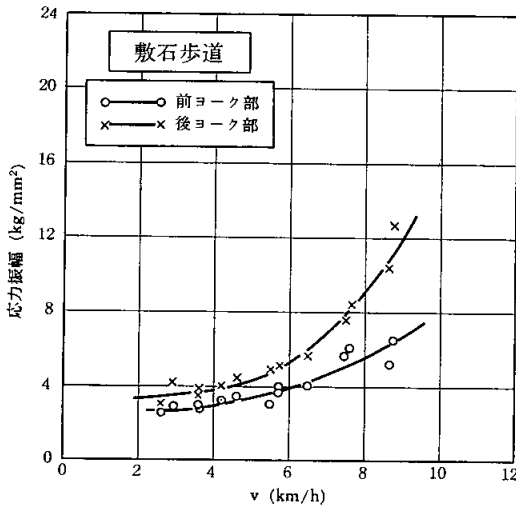


図6 実走応力振幅

表2 台上走行による測定条件

障害板取付部		荷重 (kg)									
		70			90			110			
障害板厚 (mm)	タイヤ内圧 (kg/cm ²)		2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0
	ロー	ラII	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ラIII	ラII					○				
	0	10					○				
0	15					○					
10	0						○				
10	10							○			

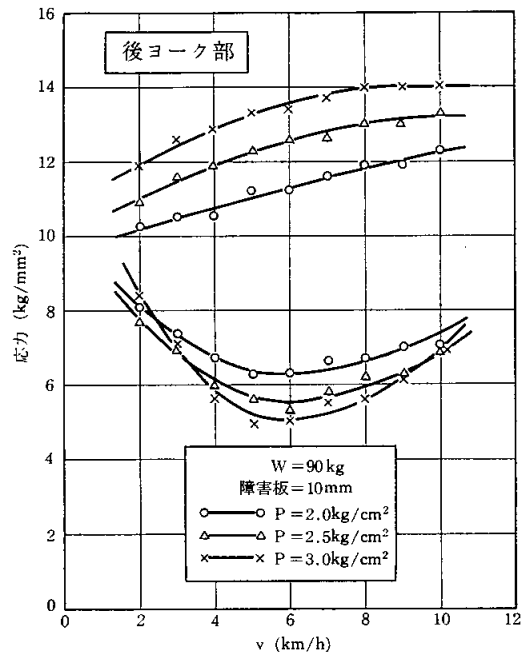
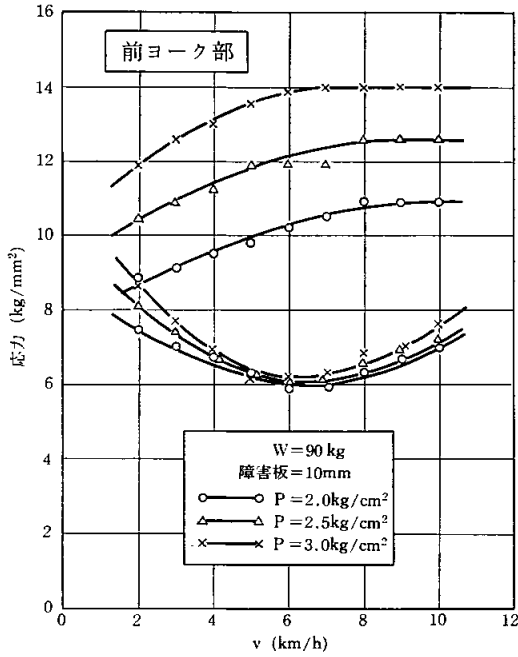


図7 試験機上での発生応力 (空気圧変化)

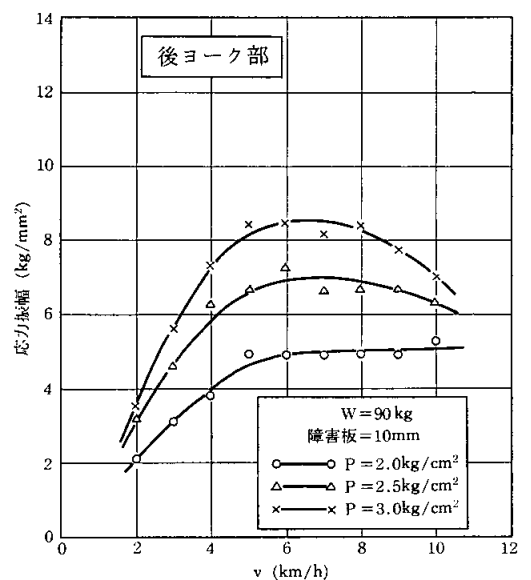
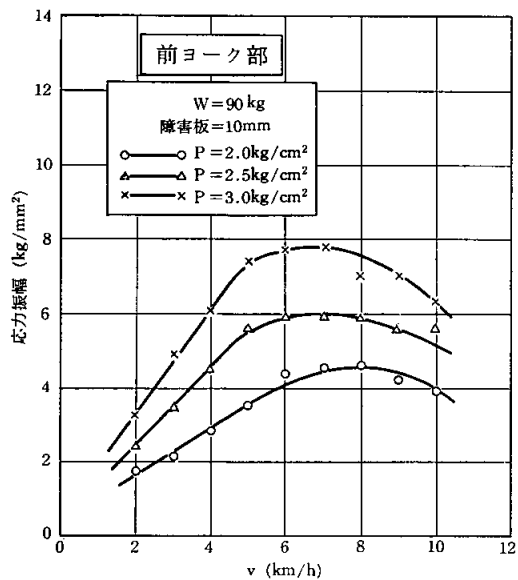


図8 試験機上での応力振幅 (空気圧変化)

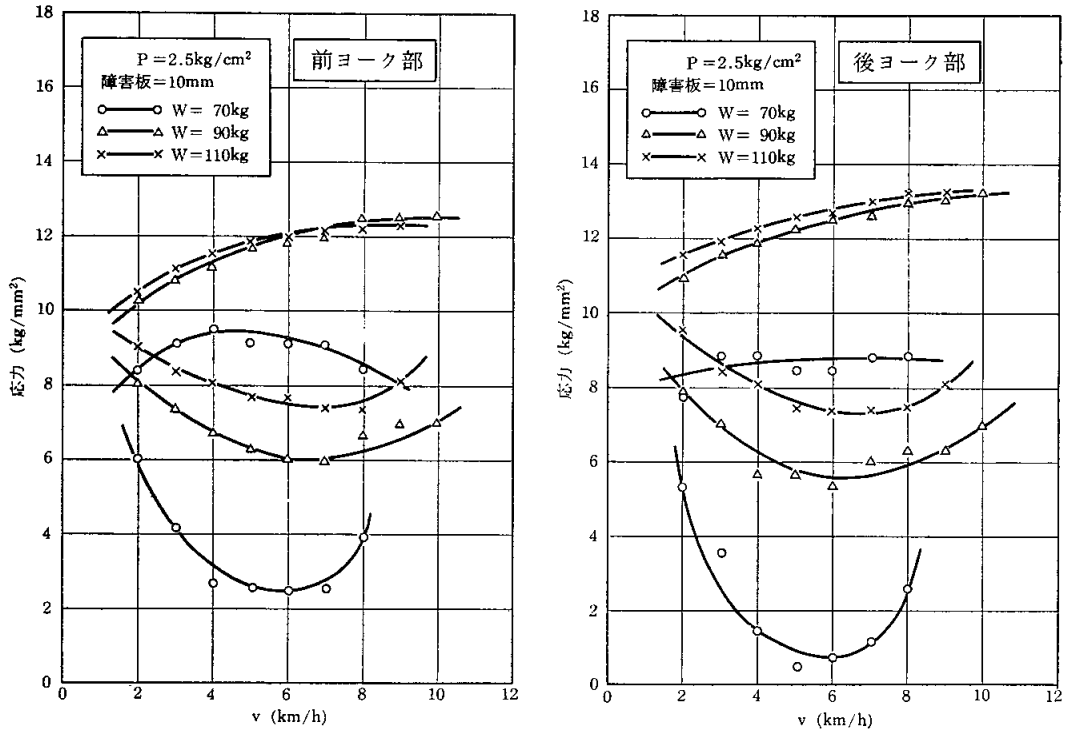


図9 試験機上での発生応力（荷重変化）

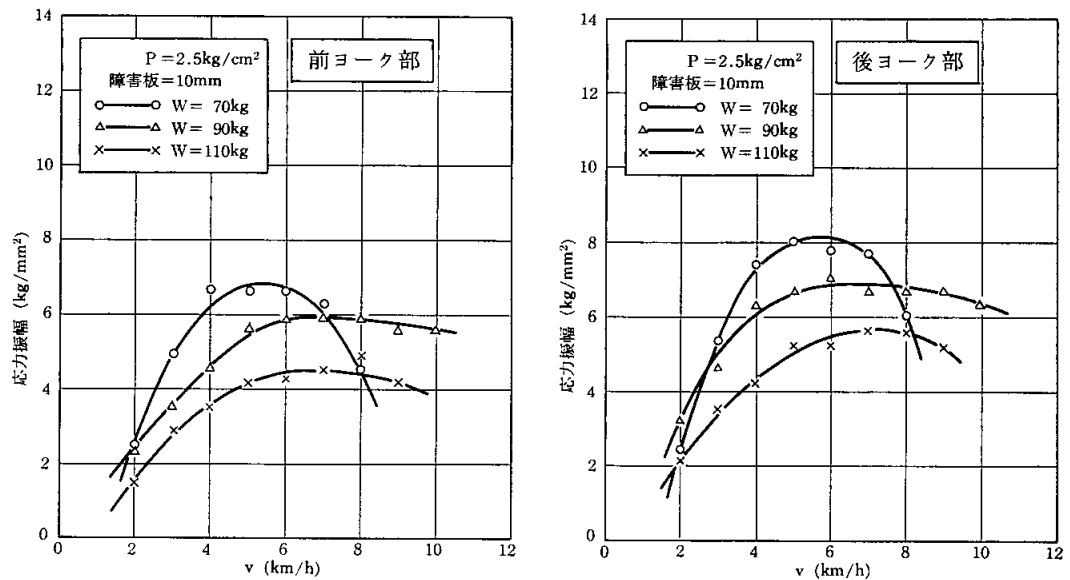


図10 試験機上での応力振幅（荷重変化）

4.2 台上走行試験機による測定

(1) 測定条件

供試車、測定項目、測定方法などは前項、実走行時の測定と同様であるが、パラメータとして荷重、タイヤ内

圧、障害板、走行速度を変化させた。これらの測定組合せを表2に示した。走行速度は2～約10km/hまで変化し、1km/hごとに測定を行った。シート荷重はシート上に砂袋(20kg)を載せ、その上から鉛のうおよび試験機に設置してある荷重を負荷した。

(2) 試験結果

測定結果の一例を図7～10に示す。図7は、荷重90kgでタイヤ空気圧を変化したときの応力値であるが、これを見ると、最小値はほとんど変化しないが、最大値は、タイヤ空気圧が高くなると大きくなっている。図8は、同様にこのときの応力振幅(最大値-最小値)であるが、空気圧の高いものほど応力振幅は大きく、走行速度が7～8 km/hで最大となっている。図9は、空気圧を2.5 kg/cm²のときの荷重の変化を調べたものであり、このときの応力振幅は図10であり、応力振幅は荷重が大きくなるほど小さくなっている。

4.3 試験条件の検討

加速度、応力とも測定したが、加速度の場合の発生回数が不確定であることと、測定結果のばらつきも多いことから、ここでは応力値を基準に条件を設定した。まず、先に述べた二つの測定結果から、実走行時に比べて台上走行ではどのような値となっているかを調べてみる。表3のような条件のもとでは、実走行に対して台上走行での応力振幅の比率は1.8倍となる。これを負荷倍数と呼ぶことにする。

次に実際の車いすの使用条件を以下のように仮定する。

走行速度 4 km/h
 1日の移動距離 1 km
 年間使用日数 360日
 耐用年数 4年間

1回のハンドリム操作で進む距離 1.5m
 したがって、1日のハンドリム操作回数は、

$1,000\text{m}/1.5\text{m} \approx 667$ 回

4年間では、

$667 \times 360 \text{日} \times 4 \text{年間} = 960,480$ 回

1回ハンドリムを操作するごとに1回ずつ応力振幅が発生することから、上記の条件では約96万回の繰返応力を受けることになる。

一方、台上試験機ではローラ円周上に、厚さ10mmの障害板を取り付けてあり、これは0.85m走行するごとに1回の衝撃を与える。走行速度が6 km/hでは、1時間に7,059回の衝撃を与えることになり、4年間分の応力振幅を与えるには、

$960,480 \text{回}/7,059 \text{回} = 136 \text{時間}$

となる。

ここで、台上走行での負荷倍数が1.8であったので、

$136 \text{時間}/1.8 = 75.5 \text{時間}$

となる。

75時間の走行試験に耐え得れば、約4年間の耐用年数があるものと見なすことができる。このとき走行距離で

表3 台上走行と実走行の負荷倍数

項目		実走行	台上走行	
測定条件	乗員体重・荷重 (kg)	73	90	
	タイヤ空気圧 (kg/cm ²)	2.5	2.5	
	走行速度 (km/h)	4.0	6.0	
	走行路、障害板	敷石歩道	10mm障害板	台上/実走
応力振幅	前ヨーク部(kg/mm ²)	3.4	6.0	1.76
	後ヨーク部(kg/mm ²)	3.8	7.0	1.84
			平均	1.80

は456kmを走行したことになる。

以上のように応力振幅を基準に算定して条件を検討してみたが、さらに適切な基準のとり方があるかもしれないので、現在、上記の試験条件で試験データを採集中である。

5 ま と め

車いすの走行耐久性を評価する方法として、ローラ駆動による台上走行方式を採用し、その試験機の設計・試作を行った。試作後の駆動状況、予備実験、試験条件の検討にとどまり、十分な試験データを得るところまで至っていないが、試験機上での若干の問題点をあげてみると、まず、供試車が破壊したときの安全装置(例えば、破壊を検出して自動的に試験機を止める。)が設置されていないことがあげられる。これは現在のところデータが不足であり、破壊箇所がどこであるのかが不明のためである。試験を積み重ねて安全装置を設置する必要がある。

また、現在はフットレスト部分に荷重を負荷していないけれども、これも検討しなければならない。その他、駆動方向の問題、駆動方式が実際の走行と異なる点などがあげられるが、種々の点で実走行と全く同じような形式を採ることは不可能であり、ある程度の模擬にとどめることはやむを得ないと考える。

調査の項で述べたように、これはほんの一試験方法であり、まだまだ多くの試験方法が検討されるべきである。国際的な動向から見ても、国家的な事業としてこれらを推進されることも大事であろうし、それらの試験機関の整備も重要であろう。

参考文献

- 1) 安藤徳彦ほか、車椅子作製後追跡調査による問題点の検討、総合リハビリテーション、11、832～838、1977。
- 2) 高橋、浜崎、車いす利用に関する実態調査、自転車技術情報No. 2、71-79。