

米国製および国産電動車いすの性能試験

技術第1部自転車工学課 高橋 義信, 浜崎 健輔, 井上 重則

まえがき

国産電動車いすの開発は、昭和46～47年ごろから積極的に取り組みが始められ、メーカー、研究機関などの努力によりその性能は著しく向上し、現在では機種も増加している。

電動車いすメーカーも国内で10社程度に及び、生産・供給量も次第に増加の傾向をたどり、昭和50年から厚生省の支給も始まり、ようやく実用段階に入ってきたと思われる。

電動車いすの普及に関しては、朝日新聞厚生文化事業団による試乗会、モニター制度の開始、労働福祉事業団の支給、その他当自転車産業振興協会による病院などへの貸与なども普及の輪を広げてきたといえよう。

一方、使用する立場からの問題点の検討も行われ、昭和50年には東京都電動車椅子検討会¹⁾が、また昭和52年には東海地区電動式車椅子研究会²⁾などが調査結果を報告している。

このような風潮の中で、手動用車いすの JIS 改正と合わせて、昭和52年8月電動車いすについての JIS が制定された。その内容は、特に使用に際しての安全性に重点をおき、機能試験11項目、強度試験1項目を規定している³⁾、この JIS との対応がどの程度なされているかについてはほとんどデータがない。

本報告は、昭和52年秋に開催された「リハビリテーション USA 展」に出品されたものの一部を、VAPC (退役軍人片補装具センター) の好意により、日本に提供されたのを機に各福祉機関からの依頼を受け、米国製および国産電動車いすの性能について試験をした結果の報告である。

1 試験内容

供試車は VAPC 提供の米国製電動車いす3台のほか、に国産を代表して4台(4社)、合計7台を使用した。国産供試車の選定は、試験者の都合のみで行ったものであり他意はない。

表1に供試車一覧を示すが、米国製3台についてはバッテリー、充電器が付属していなかったため、国産バッテ

表1 供試車一覧表

供試番号	メーカー名	形式
A	Veteran's Administration Prosthetics Center	MODEL 11
B	General Teleoperators, INC.	MODEL 1 "SCAT"
C	Everest & Jennings, INC.	MHWC-1
D	株式会社ワムラサイクル	KE3a
E	八重洲リハビリ科	SY-76
F	鈴木自動車工業株式会社	Z 601
G	株式会社仙電機製作所	EMC-52

リ(ユアサ NS-40)を使用した。したがって、容量の点などで規定どおりのバッテリーでないことを考慮して結果を見る必要がある。

試験項目は JIS に規定されている性能試験に準じて一通り全部(11項目)を実施したが、試験路などの都合で JIS 試験条件どおりでない項目も含まれる。その他安全性、性能などに関連すると思われる測定・調査などを合わせて24項目を実施した。

表2は試験項目一覧であり、強度・耐久性試験についてはさらに他機関での試験もあることから実施を見送った。

試験乗員は、JIS に準じて体重 60～65kg の健常者男子を使用した。一部範囲外もある。バッテリー、タイヤ空気圧については十分な管理を行った。また、クッションは使用しなかった。路面は全試験同一で行うことは困難であり、試験に応じてベニヤ板、コンクリート舗装、アスファルト舗装などを使用した。

2 試験方法、結果

2.1 外観調査

2.1.1 写真撮影、特徴部

外観的な特徴を写真撮影などにより調べた。まず、米国製供試車Aは、いす部分にソファ形式のいすをそのまま取り付け付けたタイプであり、重量も重い(写真1)。バックレストは固定であるが、フットレストはエレベーター・スイングアウェイ方式を採用し、いす部分は車

表2 試験項目一覧表

分類	コード	試験項目	試験内容・条件等	試験機器など	JIS	乗員 (あり)
(A) 外観調査	A-1	写真撮影	全体、特徴部	35mmスチールカメラ, 8mmカメラ		
	A-2	組立寸法測定	諸寸法, 15項目	スケール, ノギス, はかりなど		
	A-3	諸元調査	諸形式, 18項目	チェックシート		
	A-4	フィーリングテスト	チェック項目, 20項目	チェックシート		○
(B) 機能試験	B-1	前後輪分担重量測定	単体のみ	荷重計		
	B-2	車輪接地性試験	車輪持ち上げ高さの測定 WM=60kg	ノギス		○
	B-3	最少回転半径測定	回転半径の測定(左右) WM=60kg	スケール		○
	B-4	レバー操作力測定	コントロールレバー操作力の測定 (前後左右)	おもり(または荷重計)		
	B-5	無動力転動試験	無動力時の引張力測定(前後)	荷重計		
	B-6	強制停止試験	過負荷防止装置の確認 WM=60kg	ストップウォッチ	○	○
	B-7	発進・停止衝撃度測定	発進加速度, 停止減速度測定 WM=60kg	特殊けん引車, 電磁オシロ		○
(C) 性能試験	C-1	最高速度試験	S=20m, WM=60kg	テープスイッチカウンタ	○	○
	C-2	持続走行距離測定試験	I, Vを求め計算式より算出 WM=60kg	電流計	○	○
	C-3	段差乗越試験	H=25, 30, 35, 40mm, S=0.5m WM=60kg	段差板(4種類)	○	○
	C-4	平たん路直進走行性試験	S=10m, V=Max, WM=60kg	平たん路コース	○	○
	C-5	静止力試験	限界静止傾斜角測定 WM=60kg	傾斜台	○	○
	C-6	登坂力試験	S=5m, $\alpha=12^\circ$, WM=60kg	坂路コース	○	○
	C-7	降坂制動試験	制動距離測定 S=2m, WM=60kg, $\alpha=12^\circ$	スケール, 坂路コース	○	○
	C-8	平たん路制動試験	制動距離測定 S=5m, WM=60kg	スケール, 平たん路コース	○	○
	C-9	坂道走行性試験	H=3m, h=1.2m, WM=60kg $\alpha=5^\circ$	坂道コース	○	○
	C-10	斜面直進走行性試験	S=10m, WM=60kg, $\alpha=4^\circ$	斜面コース	○	○
	C-11	傾斜安定性試験	限界安定角度測定(前後右) WM=60kg	傾斜台	○	○
	C-12	走行力測定試験	前方引張力の測定 WM=60kg	荷重計		○
	C-13	走行操作性試験	コース走行所要時間測定 WM=60kg	平たん路特別コース		○



写真1 供試車A

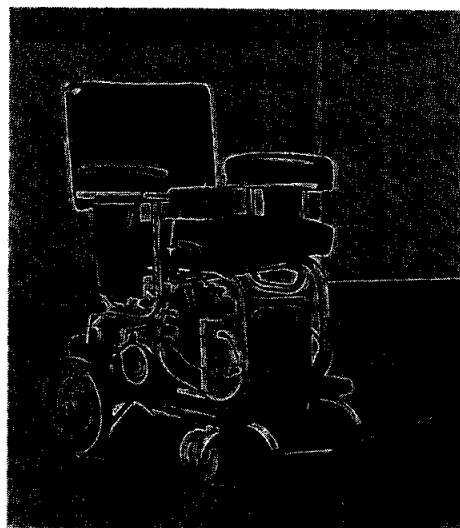


写真2 供試車B

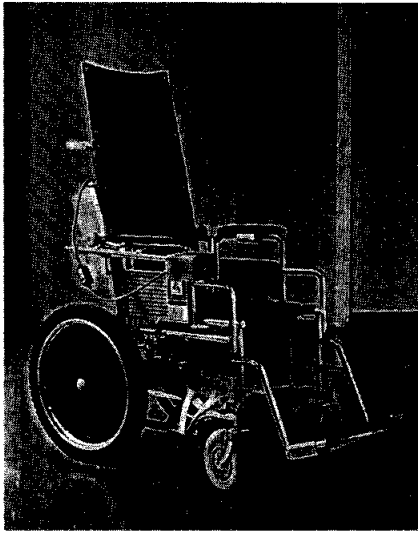


写真3 供試車C

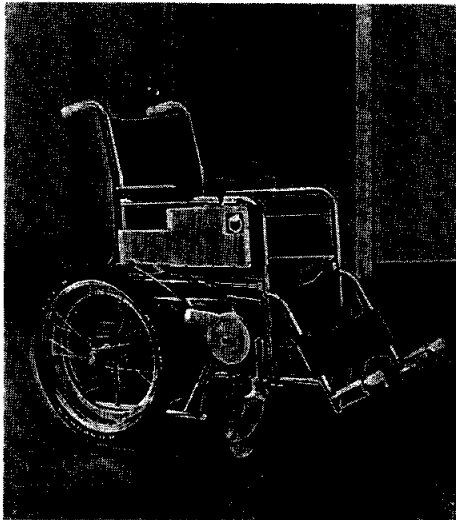


写真4 供試車D

輪に対して前後に移動調節が可能である。制御操作部はジョイスティックレバー方式でありコンパクトであるが、バックレスト後部にこれらの制御箱を備えている。

供試車Bは分解が特徴であり、上下分割方式を採用しパイプを差し込むことによって組み立てられている。シート、バックレストは木製ベースにレザー張りである。室内のみを対象としているのかキャスタは5インチであり、前後輪ともソリッドタイヤを使用している。駆動はベルト駆動である(写真2)。

供試車Cは特に車輪を特徴としており、オートバイまたは自転車用クロス用タイヤと思われるものを使用しスポークレスである(写真3)。駆動はこの車輪をモーターからのギヤにより直接駆動している。本体部分は手動

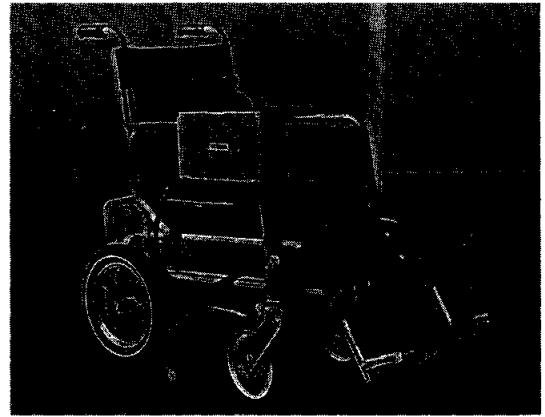


写真5 供試車E

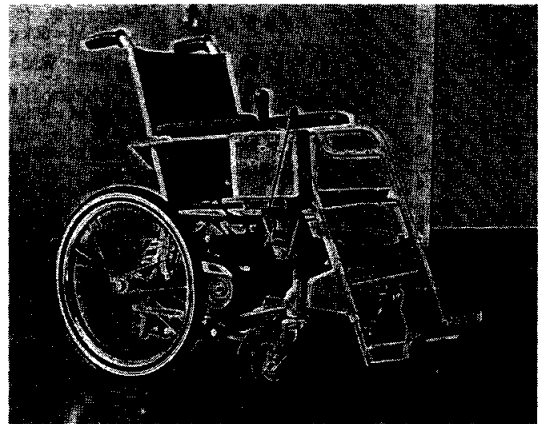


写真6 供試車F

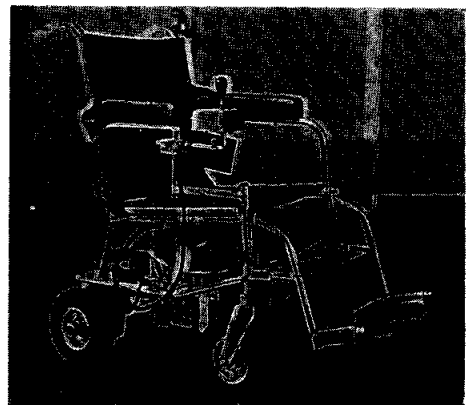


写真7 供試車G

用と同形式であり、セミクライニングのバックレストとスイングアウェイのフットレストを備えている。

なお、米国製3台はいずれも同一メーカーの制御部を使用している。

日本製については特徴部も特に見当たらないので省略し、各供試車の外観写真のみにとどめる(写真4～7)。

表3 組立寸法など測定結果

(mm)

供試車		A	B	C	D	E	F	G
組立時	全幅	650	600	620	895	570	600	565
	全高	1,280	940	1,290	840	940	890	930
	全長	1,380	950	1,130	1,025	1,055	1,075	1,000
分解時(本体)	全幅	650	550	620	550	310	330	330
	全高	420	375	1,040	400	940	890	600
	全長	1,000	640	890	850	1,055	1,075	710
ホイールベース 車輪 キャスト 座高 座幅 車軸〜フットレスト		535	410	530	435	435	450	485
		505	505	545	490	500	530	490
		450	410	435	475	470	500	425
		575	600	510	445	480	465	475
		455	470	420	395	370	410	390
		1,130	810	870	845	805	825	905
車輪	外径	290	250	515	305	495	495	220
	幅	99	44	60	49	42	43	64
キャスト	外径	200	126	190	200	200	200	220
	幅	51	22	52	45	49	50	64
	オフセット	58	35	55	55	60	55	40
フットレスト 外幅		420	420	415	400	430	470	450
制御箱	幅	300	270	300				200
	高さ	120	130	120	なし	なし	なし	135
	奥行	290	200	290				80
	重量(kg)	4.45	3.60	4.45				2.30
コントロールボックス	幅	102	102	102	82	65	63	96
	高さ	70	70	70	150	150	183	50
	奥行	105	105	105	250	245	190	97
	重量(g)	460	460	460	1,750	2,250	2,150	600
充電器	幅				115	130	160	160
	高さ	付属せず	付属せず	付属せず	140	140	170	135
	奥行				200	205	265	210
	重量(kg)				2.90	6.65	5.25	6.75
バッテリー重量(kg)		19.9	20.0	19.8	16.5	21.4	27.1	29.3
総重量(kg)		100.5	67.8	79.0	53.0	62.0	63.0	58.0

注) A, B, Cの3台はバッテリー、充電器は付属していなかった。

試験は、日本製バッテリー(ユフサ NS-40)を用いた。

2.1.2 組立寸法測定

組立寸法測定結果を表3に示す。これを見ると、全体の大きさはA, Cが大型タイプで、あとは中型程度である。重量はバッテリーも含めて国産では50~60kg程度であるのに対し、米国製は70~100kgと重い。キャストはBのみが5インチであり、あとは8インチであるが、後車輪は8インチから20インチまでまちまちである。コントロールレバー部は米国製がコンパクトであるが、このほかに制御箱を付属している。日本製はほとんどが制御回路もコントロールレバー部分に取められており、制御部全体から見れば国産の方がコンパクトといえる。

2.1.3 諸元調査

18項目についての諸元調査結果は表4のようである。フレーム形式はAのみが板金溶接構造であり、あとはすべてパイプ構造である。分解形式は上下に分割するタイプ(A, B, D)と折りたたみ方式(E, F, G)などに分かれる。駆動形式としては、ギヤによる直接駆動(C, D, G), Vベルト駆動(B, E), チェーン駆動(A), ローラによる圧接駆動(F)などである。国産車の制動方式はモータによる発電制動またはウォームギヤによる機械制動などを採用している。

車輪の種類はBを除いて他は空気入りタイヤであり、また、キャストタイヤはC, Gのみが空気入りで、他は

表4 諸元調査結果

供試車		A	B	C	D	E	F	G
項目								
フレーム形式		板金溶接組立	板金・ベニヤ板組立	パイプ溶接組立	パイプ溶接組立	パイプ溶接組立	アルミパイプ溶接組立	パイプ溶接組立
構造形式		一部取外し式	分解式	一部取外し式	分解式	折りたたみ式	折りたたみ式	分解 折りたたみ式
駆動方式		チェーン駆動	Vベルト駆動	直結駆動	直結駆動 平歯車減速 1:30	Vベルト駆動 ウォーム減速	ローラ駆動 ウォーム減速 1:13.5	直結駆動 ウォーム減速
制動方式					発電制動 電磁ブレーキ	ウォームによる 機械制動	発電制動 手動ブレーキ	ウォームによる 機械制動
バッテリー (20時間率容量)		12V 35Ah×2	12V 35Ah×2	12V 35Ah×2	12V 26Ah×2	※5時間率容量 12V 25Ah×2	※ 12V 35Ah×2	※ 12V 35Ah×2
車輪	形式	アルミホイール	板金式	板金式	スポーク式 (20本)	スポーク式 (28本)	スポーク式 (28本)	板金式
	タイヤ	空気入	ソリッド	空気入	空気入	空気入	空気入	空気入
	サイズ	4.10/3.50-5	10×1.75	20×1.125	12½×2¼	20×1.75	20×1.75	8×3.00-4
キャスタ	形式	板金式	板金式	プラスチック式	板金式 (ショックアブソーバ付き) ソリッド	板金式	アルミホイール	板金式
	タイヤ	ソリッド	ソリッド	空気入		ソリッド	ソリッド	空気入
	サイズ	8×2	126×22	200×50	200×45	200×50	200×50	8×3.00-4
バックレスト形式	固定式 ヘッドレスト一体	取外し式	セミリクライニング式 ヘッドレスト付き	固定式 分解可能	固定式	固定式	固定式	取外し式
アームレスト形式	はね上げ式	取外し式	取外し式	固定式 分解可能	固定式	固定式	固定式	取外し式
フットレスト形式	エレベーター スイングス クッション式	取外し式	スイングア ウェイ式	固定式	固定式	固定式	固定式	固定式
レッグレスト形式	片側独立式	なし	なし	レザー式	レザー式	なし	レザー式	
充電状態表示器	パイロットランプ	パイロットランプ	パイロットランプ	表示メータ	表示メータ パイロットランプ	表示メータ	表示メータ パイロットランプ	
モーター			24V×150W ×2	24V×50W ×2 電磁ブレーキ 付き	24V×108W ×2	24V×80W ×2	24V×80W ×2	
高速・低速切換え	あり 2段	なし	あり 2段	なし	あり 2段	あり 2段	あり 2段	
コントロールレバー位置の調節	固定	可能 上下	可能 前後	可能 前後	可能 前後	可能 前後	可能 前後	
ブレーカー				あり 手動復帰	あり、二重 自動復帰 手動復帰	あり 自動復帰	あり 自動復帰 プザー	
付属品			工具 説明書	充電器 か、工具 説明書	充電器 説明書	充電器 説明書	充電器 工具セット 安全ベルト 説明書	
その他	シート前後 調節付き	アームレスト 上下調節可 ポケット付き		安全ベルト リフレクタ 段差乗越装置	充電器積載 手押切換式 ポケット付き	手押切換式 (段差乗越装 置取付可能)	手押クラッチ 付き ポケット付き	

ソリッドを使用している。充電状態表示は米国製はパイロットランプのみであるが、国産はすべて表示メータを取り付けている。また、高速、低速用スイッチはB、Dが付属していないが、他は選択が可能である。充電器はEのみが積載型であり、電源コンセントがあればどこでも充電可能である。手押時のための動力切離し装置は米国製には付属されていないが、これは考え方の相違なのであろうか。

2.1.4 フィーリングテスト

測定器具を用いた試験と同時に、人間の感覚による試験もまた評価法の一つとして一般的に行われているが、特に、電動車いすの利用者が直接乗車し、これを制御する点からフィーリングテストも重要と思われる。したがって、利用者の障害の種類、程度、使用環境などにより評価は異なるはずであるが、ここでは健康者7名により、20項目について3段階評価を行った。

図1はそのテスト結果であり、米国製3台の平均と国産4台の平均を表わしている。全体的に見て評価が悪かったのは、片流れ路面走行、制動性、スイッチ類の位置、形状、走行音、メンテナンスなどであり、逆に評価のよかったのは、直進性、乗り心地、旋回性、操縦性、発進・停止などであり、総合的には「ふつう」の評価であった。米国製では特に、制動性と走行音の評価が悪かった。

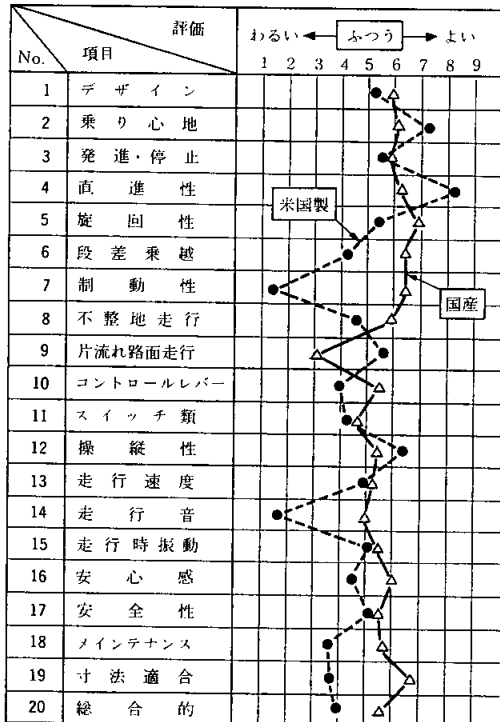


図1 フィーリングテスト結果

2.2 機能試験

2.2.1 前後輪分担重量測定

前後輪分担重量割合は、特に傾斜時の安定性や走行性能に影響もあると考えられることから、荷重計を用いてその値を測定した。測定結果は図2のようであり、後輪分担割合は45~67%であった。また、後車輪からの重心位置は前方に174~268mmの範囲であったが、この結果のみでは重心高さも関連するものと思われ、傾斜時の安定性との関連は見当たらなかった。

2.2.2 車輪接地性試験

手動車いすのJISに規定されている試験であるが、電動車いすのJISにはない。しかし、この機能はある程度、電動、手動にかかわらず必要であろうと思われることから測定を行った。結果は図3のようであるが、この値はフレーム構造と関係があり、上下分割方式を採用している機種は小さく、折りたたみ構造をとっている機種は大きな値となっている。可能なかぎり大きな値が望ましいと思われる。

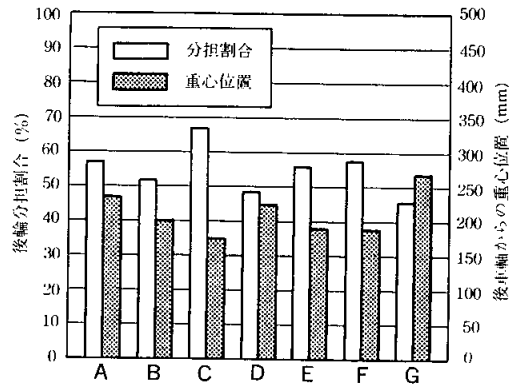


図2 前後輪分担重量測定結果

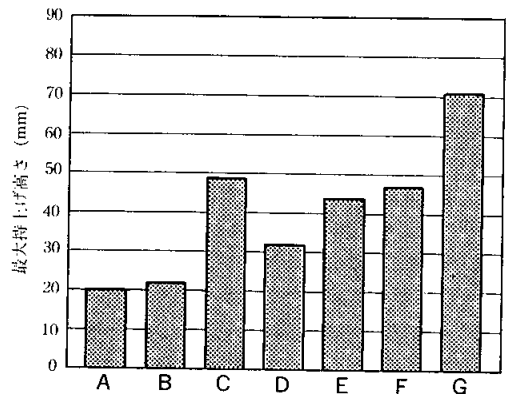


図3 車輪接地性試験結果

2.2.3 最小回転半径測定

旋回については、JISには0.9mの直角路を容易に曲がれることと規定されているが、ここでは右および左旋回時の車輪軌跡半径を測定した。図4はその結果であり、高速時、低速時それぞれの右および左旋回時の平均値を示しているが、この値はホイールベースと関連している。

値は大型タイプのA、Cが60cm以上、他のタイプでは45cm前後であるが、廊下などでの旋回には、この値にフットレスト先端までの寸法を考慮しなければならない。

駆動は旋回の際、ほとんどが左右車輪逆転を行っているが、その場でスピニングすることは困難であり、片側の車輪を中心として一方の車輪が回転するような状態であった。このことから、その場で360度回転するとすれば、一方の後車軸からその反対側のフットレスト先端までの寸法以上の半径円スペースが必要であり、手動用車いすとは異なった基準が必要であろう。

2.2.4 レバー操作力測定

コントロールレバー操作力は一概に規定できるものではなく、利用者個々により最適値は異なるものと思われるが、現状の操作力はどの程度であるかと同時に、技術的に軽くすることが可能であれば、それを重くすることは容易であると判断して測定したものである。測定方法は、コントロールレバーのノブ中心に前後左右直角方向に荷重を加え、レバーが各終端まで動くのに要する力を測定した。このときの操作量はそれぞれ異なっているが、これは無視した。結果は図5であり、前後左右の平均値で表わしている。最大と最小のものとは約3倍の差があるが、この操作力は操作量、制御方式などとも関連し、単にレバー操作力のみでは判定しがたい部分でもある。

2.2.5 無動力転動試験

この試験は、介助者などが動力を用いずに押したりするときに対応する力を測定したものであり、その方法は、空車の供試車を電動ウインチを用いて一定速度(4m/min)で前方および後方に引っ張ったときの荷重を測定した。路面はベニヤ板を用いた。図6はその結果であり、JISではこの値は2kgf以下が望ましいとしている。動力切離し装置のあるタイプ(E、F、G)では2kgf以下、切離し装置のないタイプ(A、B、C、D)では3kgf以上であり、特にA、Bはこれを押して歩くのは困難であり、なんらかの切離し装置が必要と思われる。

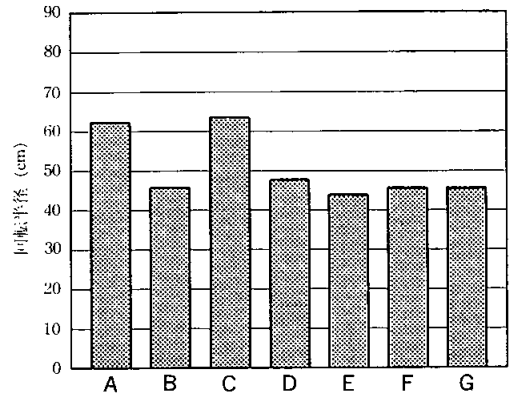


図4 最小回転半径測定結果

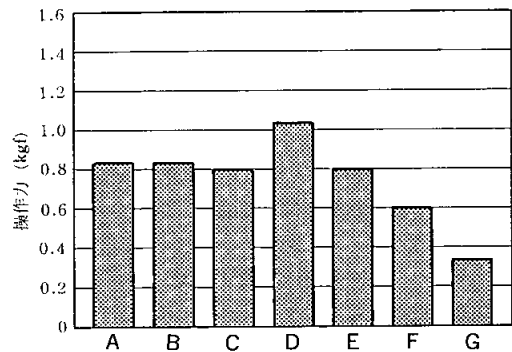


図5 レバー操作力測定結果

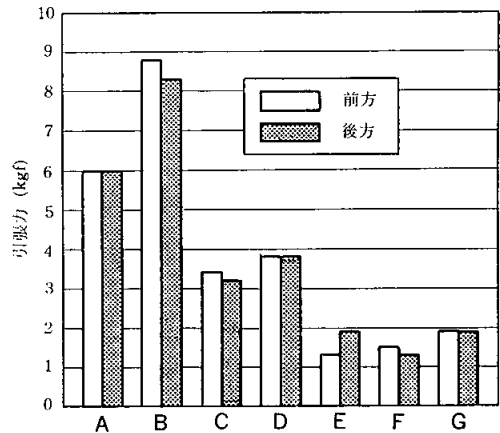


図6 無動力転動試験結果

2.2.6 強制停止試験

過負荷が加わったときの保護対策をするようにJISで規定されている。試験結果は米国製3台とも日本製バッテリーを使用し、その回路に30Aヒューズを入れたが、A、Cにおいてはこのヒューズが切れた。BはVベルトの張りが弱くベルトがスリップしたため、電気回路での異状は生じなかった。日本製はJISとの関連もあり、ブレー

カが設置され、それらが作動している。これもできれば
 時限自動復帰が望ましい。

2.2.7 発進・停止衝撃度測定

急発進・急停止時にどのような衝撃が加わるかを加速度を測定することにより調べた。人体頭部（ヘルメット上）とコントロールレバー部に加速度計を取り付け、約5mの走路を急発進・急停止したときの前後方向の加速度を測定したものであり、写真8はそのときの測定状況である。後部にけん引しているのは速度検出装置である。

人体頭部の加速度測定波形の一例を図7に示す。この波形を見ると、たとえば供試車Aは発進時に大きく出ているが、停止時は比較的小さい。逆に供試車Bでは発進時は小さく、停止時は大きく出る傾向が見られる。この値はコントロールレバー部も人体頭部も最大で1g程度であるが、実際に乗車してみるとかなりショックを感じる値である。また、各供試車の速度曲線は図8であり、国産と米国製では最高速度が異なるが、国産の場合は0.5m程度で立ち上がり、立ち下がりが完了している。

2.3 性能試験

2.3.1 最高速度試験

10m区間の平均走行所要時間を電子カウンタにて計測し計算により算出した。結果は表5のようであり、国産の場合はJISで4.5km/h以下と規定されていることか



写真8 発進・停止衝撃度測定状況

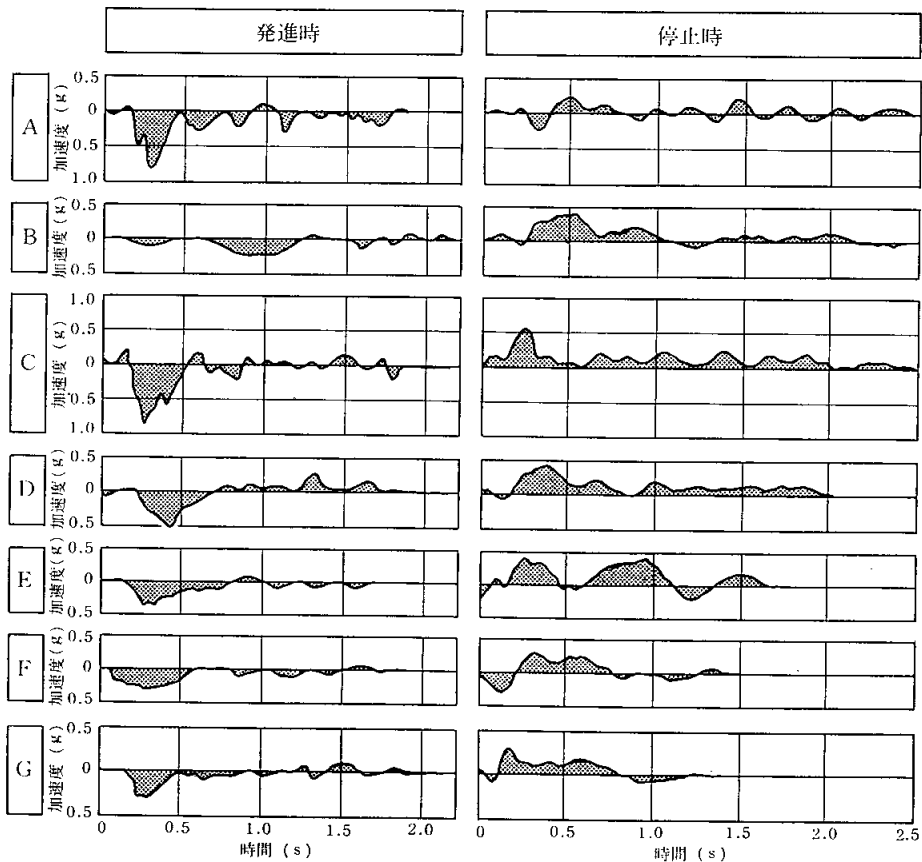


図7 人体頭部の加速度波形例（高速時）

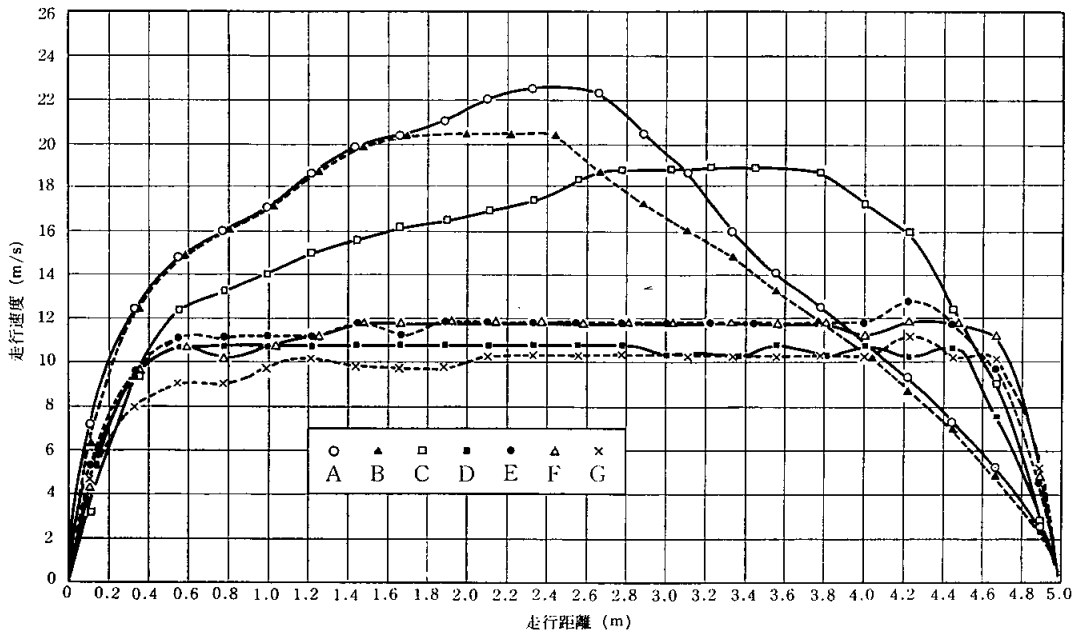


図8 加速・減速曲線（高速時）

表5 最高速度試験結果 (km/h)

供試車		A	B	C	D	E	F	G	
L	東行	1	5.1	—	4.2	—	2.6	3.3	2.8
		2	5.3	—	4.3	—	2.6	3.2	2.9
	西行	1	5.5	—	4.4	—	2.6	3.2	2.8
		2	5.6	—	4.2	—	2.2	3.2	2.9
平均値		5.4	—	4.3	—	2.5	3.2	2.9	
H	東行	1	8.6	7.5	7.9	4.1	4.3	4.5	3.9
		2	8.6	7.6	7.8	4.1	4.3	4.3	3.9
	西行	1	8.5	7.5	7.9	4.2	4.3	4.5	3.9
		2	8.5	7.5	7.9	4.2	4.3	4.5	3.9
平均値		8.6	7.5	7.9	4.2	4.3	4.5	3.9	

表6 持続走行距離試験結果

供試車		A	B	C	D	E	F	G	
項目		C (Ah)	28	28	28	20.8	25	35	35
I (A)	L	10.5	—	4.5	—	5.0	8.0	7.5	
	H	13.0	17.2	6.5	2.5	7.0	10.0	7.5	
V (km/h)	L	5.4	—	4.3	—	2.5	3.2	2.9	
	H	8.6	7.5	7.9	4.2	4.3	4.5	3.9	
T (h)	L	1.9	—	4.4	—	3.5	3.1	3.3	
	H	1.5	1.1	3.0	5.8	2.5	2.5	3.3	
S(km)	L	10.1	—	18.7	—	8.8	9.8	9.5	
	H	13.0	8.5	23.8	24.5	10.8	11.0	12.7	

ら3.9~4.5km/hであるが、米国製では7.5~8.6km/hと約2倍近い速度である。これは日本との交通規制の相違あるいは使用目的の違いであろう。日本製も屋外を走行する場合にはもう少し速度を上げた方が実用的になると考えられる。

2.3.2 持続走行距離試験

表6は結果であるが、JISでは実走行によらず、以下の式を用いて計算で求めることとしているのでJISに従った。

$$S=0.7VC/I, \quad T=0.7C/I$$

ここで、

S：持続走行距離 (km)

T：持続走行時間 (h)

V：最高速度 (km/h)

I：平坦路最高走行時消費電流 (A)

C：5時間率電池容量 (Ah)

(20時間率の場合は80%として計算)

JISでは最高速度で10km/h以上と規定されているが、10km/h程度のもとの、約2倍程度のものに分かれるが、米国製については日本製バッテリーを使用していることから参考値である。持続走行時間は1時間から5時間以上と異なっている。

2.3.3 段差乗越試験

実際の使用では段差を乗り越えられるかどうかはかなりの重要な要素であると考えられる。0.5mの助走を設けて種々の高さの乗越し結果は図9である。JIS規定の25mm以上の乗越しが不可能であったのは供試車Bのみであるが、原因は他の供試車のキャストがすべて8インチであるのに対し、Bは5インチと小さなためである。なるべく大きな値をとることが望ましいが、乗越装置を付属しない場合、国産車では35~40mm程度の乗越しが可能である。また、供試車Dは段差乗越装置が付属されているが、43mm近くで、乗越しができず、段差乗越装置もさらに大きな段差でないとは作用しないという不感帯があった。

2.3.4 平たん路直進走行性試験

JISに規定されているがあまり明確でないことから、試験方法を変えて実施した。その方法は、絶対平面試験路を用いて直線走行ライン上を10m間走行し、その地点での走行ラインからの偏位を測定したもので、レバーは前進方向いっぱいまで倒し、途中で操作はしないものとした。

高速、低速3回ずつの平均値を図10に示したが、一般に低速時の方が直進性が悪い。A、B、Fなどは直進性は優れているが、この値は同一メーカーのものであっても、生産時点での個々のばらつきが大きなものと考えられる。同様の方法で後進時についても実施しようとしたが、旋回してしまうものもあり、操縦者の安全と評価も困難であることから省略したが、前進直進性能より後進直進性能が劣っている。

2.3.5 静止力試験

傾斜台上に供試車を載せ、乗員が乗車して制動をかけた状態で徐々に傾斜を増加し、供試車が動き始めたときの角度を限界静止角として測定した。傾斜に対して上向きおよび下向きの場合の測定結果は図11である。

なんらかの制動装置（手動ブレーキ、電磁ブレーキ、ウォームギヤによる制動など）を有している供試車は、JISに定めてある10°以上であったが、制動機構の付属していないA、Bでは2.5~4°程度の傾斜で動き出す。このような車種が坂道走行時になんらかの原因で動力が切れたとしたらいったいどうなるのであろうか。なんらかの制動機構を備える必要がある。

2.3.6 登坂力試験

JISで規定している10°の坂が見当たらず、12°の坂を使用して実施した。結果は登坂不可能であったのは

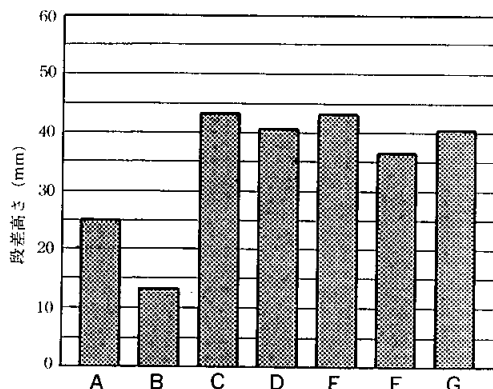


図9 段差乗越試験結果

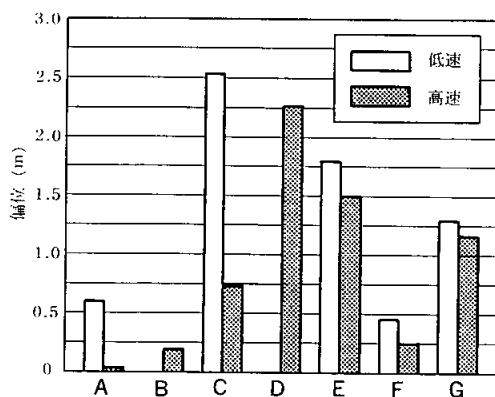


図10 平たん路直進走行性試験結果

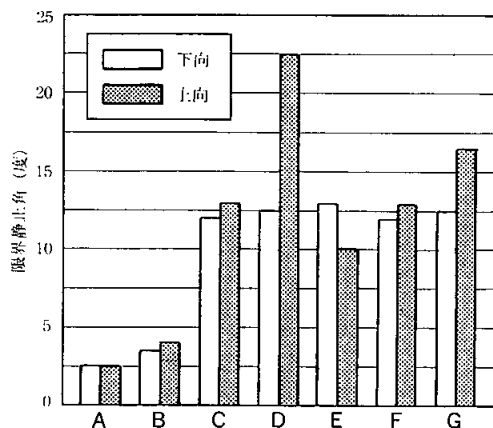


図11 静止力試験結果

B、Eであり、いずれもVベルト駆動のためVベルトがスリップを起こした。他の供試車はなんとか登坂が可能であったが、12°は登坂の限界に近い傾斜であると思われる、実際には恐怖感もあり、一人で走行するのは困難であろう。写真9は登坂力試験の状況である。



写真9 登坂力試験状況

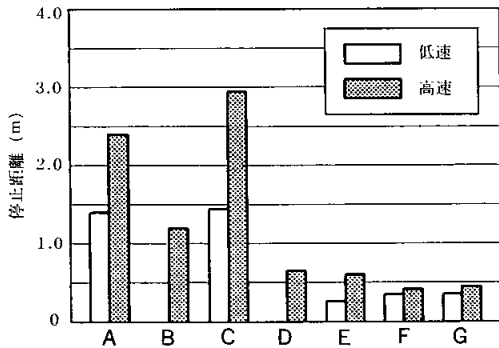


図12 平たん路制動試験結果

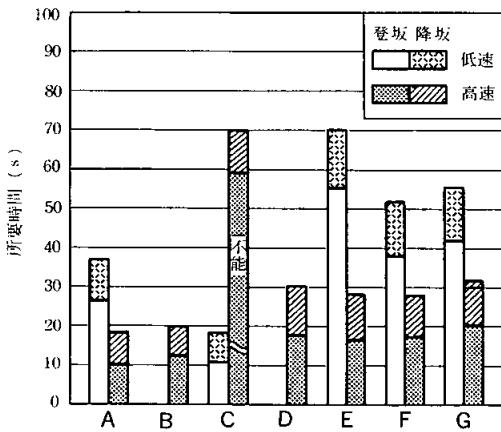


図13 坂道走行性試験結果

2.3.7 降坂制動試験

この試験も、前項の登坂力試験と同じ坂を用いて実施したが、制動が可能であったのはEのみであり、他の供試車は制動後ゆっくり下降あるいは加速しながら下降する状態であり、停止しなかった。Eについてはウォームギヤによる制動機構を採用しているため、これが効力を発揮している。この試験で、手動ブレーキを使用するかどうかはJISも明確にしていらないが、実際にコントロールレバーを離して両手でブレーキをかけることは困難であり、使用しなかった。また、特にA、Bのように手動ブレーキなどが付属していないものについては、試験においても非常に恐怖感を伴い、加速しながら下降すると一人ではどうすることもできない。実用面での安全対策が必要である。

2.3.8 平たん路制動試験

コンクリート舗装路面上5m区間を走行し、制動をかけたときの試験結果は図12である。この値は、走行速度や重量にも関連するが、国産は0.4~0.7mで停止するのに対し、米国製は低速時でも1.4m程度であり、国産の2倍以上の制動距離であることから、制動についてはあまり考慮されていないものと思われる。

2.3.9 坂道走行性試験

JISでは6°の傾斜としているが、コースの都合で5°の傾斜で行い、走行所要時間も測定した。結果は図13のとおりであり、供試車Cの低速登坂時に走行不能があったほかは、コース外れ、走行不能はなかった。

登坂の場合の走行所要時間は長く、登坂/降坂の時間比率は低速時で約3.0、高速時で約1.5である。また、斜面を斜めに登るような場合は、電動車いすの構造上かなり無理があり走行しにくい、この辺から現在のキャスタ形式のほかの構造も検討すべきであろう。

2.3.10 斜面直進走行性試験

JISでは3°の傾斜で幅1.2m、距離5mの走路を規定しているが、ここでは4°の傾斜で幅0.9mとし、10m区間を走行したが、いずれもコース外れ、走行不能はなかった。しかし、平たん路走行と比較すると所要時間は1.1~1.5倍となっており、それだけ余分にレバーを操作していると思われる、特に低速でこの比率が大きい。走行している間にコントロールレバーをほとんど操作しなくてもよいものと、操作回数が非常に多いものがあったが、それらをうまくピックアップできなかったため、走行所要時間のみの測定にとどまった。写真10は斜面直進走行性試験の状況である。

2.3.11 傾斜安定性試験

静止力試験と同様の傾斜台を使用して、限界安定傾斜角を測定した。荷重は JIS で砂袋を使用することになっているが、その大きさ、重心位置、積載位置などの規定が不明確であるため乗員とした。傾斜に対して下向きの車輪をストッパガイドにより滑らないように支え、徐々に傾斜を増加し、いずれかの車輪が浮き始めた状態のときを限界安定傾斜角として、前傾、後傾、右傾について測定した結果は図14である。一部を除いて JIS 規定である 20° を越えているが、特に値の小さかったのは、供試車 B の右傾時であった。実際にどの程度まで傾けるかは問題であるが、なるべく大きい方がよいであろう。

2.3.12 走行力測定試験

走行力を調べるため、荷重計を用いて乗員乗車時の前方最大引張力を測定した結果が図15である。Vベルトがスリップしたため値の小さかった B を除くと、34~54 kgf 程度であった。この値は登坂力などに関係するが、5° 程度の坂でも走行速度が急激に低下するものがあるが、この点からもある程度大きな値をとることが望ましい。国産車の場合もう少しパワーアップした方がよいと



写真10 斜面直進走行性試験状況

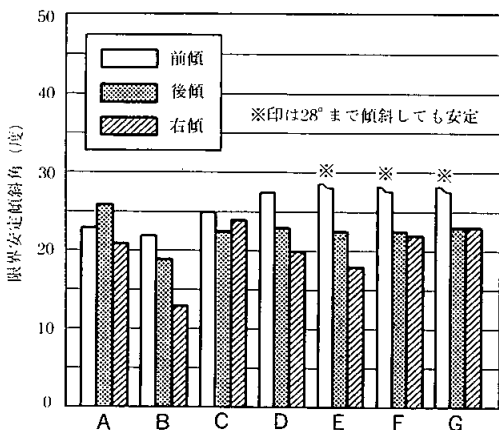


図14 傾斜安定性試験結果

思われる。

2.3.13 走行操作性試験

この試験法はベルリン工科大での試験法を採用したものであり、図16のようなコースを用いて走行所要時間を測定した。この試験はある程度乗員の慣れに関係することから3回の試走後、本試験とした。所要時間は走行速度との関連もあるため、3回の所要時間の平均と最高走行速度試験時の走行時間との割合を調べたのが図17である。国産車で2.3~2.7倍、米国製では3.6~5.0倍とな

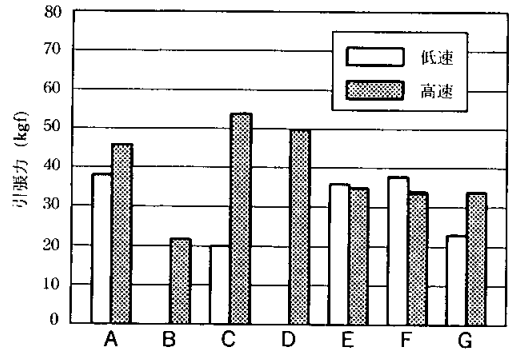
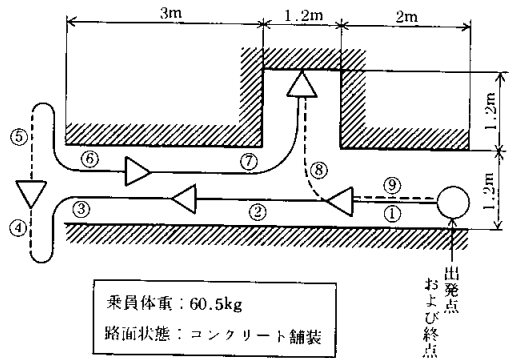


図15 走行力測定試験結果



(—▶ は前進 - -▶ は後退走行である。)

数字は走行順路を示す。(ベルリン工科大学試験法)

図16 走行操作性試験法

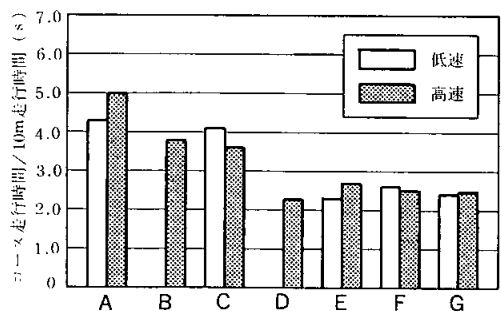


図17 走行操作性試験結果

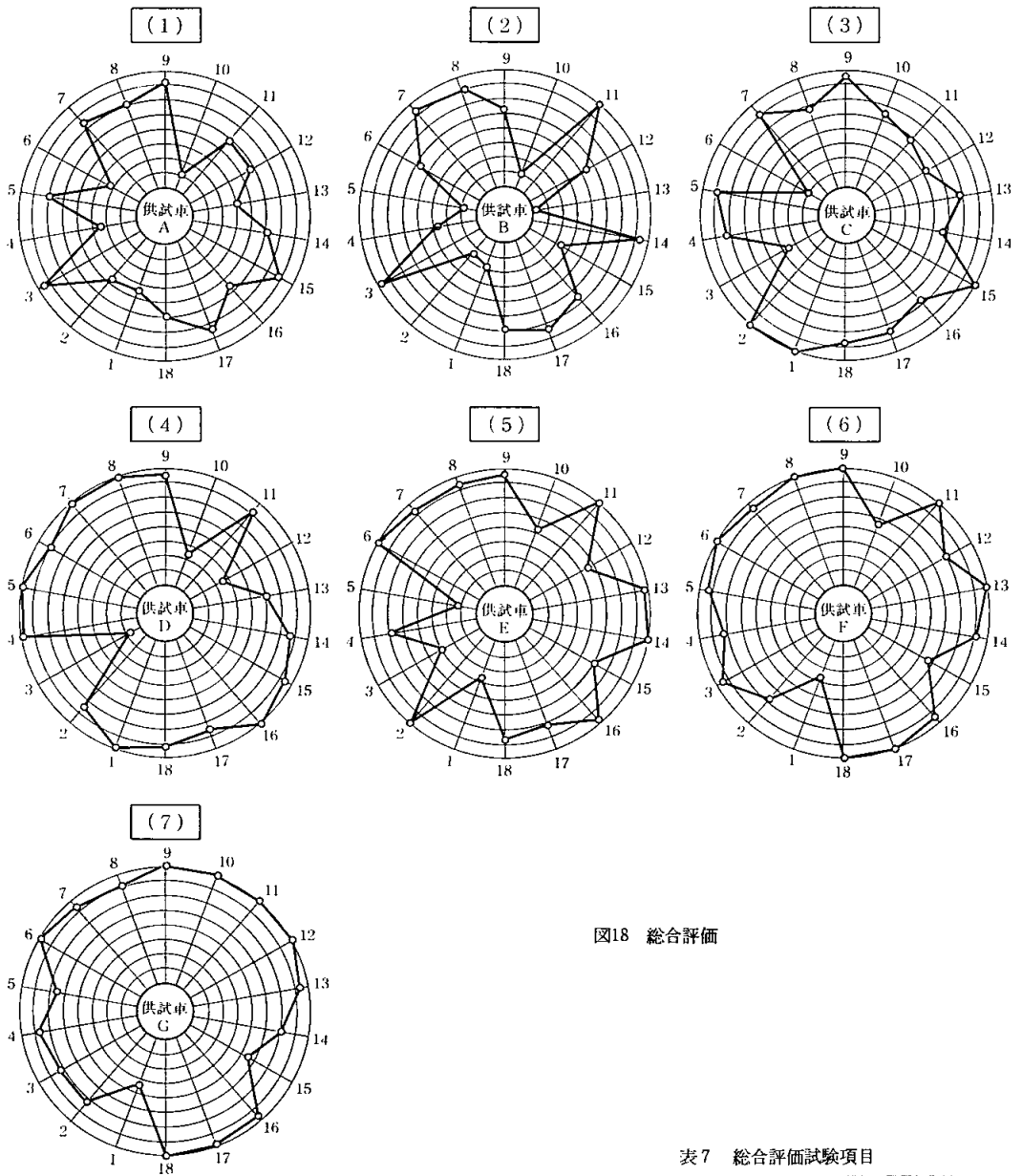


図18 総合評価

表7 総合評価試験項目

No.	試験項目	No.	試験項目
1	持続走行距離試験	10	車輪接地性試験
2	段差乗越試験	11	最小回転半径測定
3	平坦ん路直進走行性試験	12	コントロールレバー操作力測定
4	静止力試験	13	無動力転動試験
5	登坂力試験	14	発進・停止衝撃度測定
6	平坦ん路制動試験	15	走行力測定
7	坂道走行性試験	16	走行操作性試験
8	斜面直進走行性試験	17	フィーリングテスト
9	傾斜安定性試験	18	総合評価

っており、小回りの点では国産が優れているといえるが、これは全体的な大きさとも関連する。

3 総 括

各試験項目別に試験結果を述べたが、これを数量化できる項目について、供試車別にグラフ化したのが図18(1)～(7)である。この評価法は各試験項目ごとに最高得点の供試車を100とし、それぞれの供試車の得点を算出して円グラフにしたもので、一番外側の円が100であり、順次10きざみで内側の値が小さくなっている。円周上の番号は表7の試験項目の番号と対応している。

今回の試験の範囲では米国製も日本製も大差なく、むしろ、車種によっては国産の方が優れているものもある。日本製についていえば、供試車の4車種については、ほとんどJISを満足する性能を有している。このことはJISが施行されてまだ日が浅いにもかかわらず、それらの対応がなされていることは喜ばしいことといえる。米国製では、今回、バッテリーが正規の使用品ではなかったことと、あくまで日本的な使用、JIS準用で試験をしたため若干不利であったのかもしれない。

試験中に感じたいくつかの問題点を述べると、まず、コントロールボックスの回路に故障の起きたものが3件あった。最近の制御回路は電子部品が多く使用されているが、これらに対しては、たとえば振動、温度、ちり、水など悪条件での使用が多い。しかし、この程度の使用で故障が発生するのは問題であり、今後、回路の安定性、耐久性を考慮する必要がある。

安全性についていえば、たとえば、坂道を登坂中になんらかの原因で停止した場合、その場に静止せずに動き出す供試車も何台もあり、乗員はどのような処置をすればいいのかかわからず、非常に危険である。また、夜間の走行も皆無ではないと思われるので、この場合の安全対策も考慮の要があらう。

走行音は、屋外使用時においてはほとんど問題にならないような音でも、室内の使用、特に病院内での使用時にはかなり気になる大きさであり、さらに小さくする努力が必要と思われる。このためには、電動車いす専用モータの開発とともに伝導部分の検討がなされなければならないであらう。

駆動機構は各社各様の形式を採用し、それぞれの特徴を有しているが、試験中にVベルトがスリップを起こす場面もあり、ベルト駆動、ローラ圧接駆動などは常に点検し、調整しておくことが必要となる。

メンテナンスについては、バッテリーの保守、点検をいかにやりやすくするかであり、毎日使用する人たちは比較的管理しやすいと思われるが、時々しか使用しない場合などには特に問題となるところであらう。残量表示器の精度向上、バッテリーの性能向上と合わせて、管理のしやすいものにしなければならない。

コントロールレバー操作力、諸寸法については、使用者の障害の種類や程度などにより異なる部分であると思われるが、障害別、あるいは残存機能別の基準値があれば、個々に対応するためのモジュール化などに役立つことから、この辺の人間工学的研究が進むことを期待したい。

いくつかの問題点を述べたが、今回の供試車はいずれもあるレベルまで達しており、あとは乗り心地、安全性、メンテナンスなど細部にどれだけ配慮がなされているかということにならう。

あとがき

ひととおりの試験を実施し、試験結果、問題点を述べたが、何分、試験データも少なく、試験法、試験条件にも問題があるものと思われる。また、強度に関しては試験を行っていないが、いずれ実施する必要があると考えられる。文中での区分、用語も統一されたものではなく、かりのものであることをお断りし、今後、JIS用語が作成されることを期待したい。

本試験は個々のメーカーがどうのというのではなく、米国製と日本製との比較の目的で実施したものであり、今後の製品向上の参考となれば幸いである。

最後に本試験に協力いただいたメーカー各位に感謝の意を表します。

なお、本報告は「VAPC提供リハビリテーション機器評価報告書」として、日本義肢装具研究会報に掲載したものをまとめたものである。

参考文献

- 1) 「重度身体障害者用電動車椅子の実用普及化に関する問題点と考察」
東京都電動車椅子検討会調査報告書
東京都補装具研究所、昭和50年
- 2) 「重度障害者と電動式車いす」
東海地区電動式車いす研究会
朝日新聞名古屋厚生文化事業団、1977
- 3) 「電動車いす JIS T 9203-1977」
日本規格協会（昭和52年）