

高齡化社会に対応した日常生活機器の設計条件に関する研究(1) (梗概) 徳田 哲男

1. はじめに

近年、多くの日常生活機器が生活環境に登場し、生活の快適性や利便性を高め、生活の質的向上に大きく寄与している。しかし、高齢者の場合には身体機能とこれらの生活機器の性能とが適合し難いために、日常生活に様々な困難や制限がみられる。Stubbs(1985)¹⁾は、押引操作等による作業能力を腹腔内圧を基に評価した結果、50歳以上の者に有意な機能低下を認めており、この種の作業内容からの解放の必要性を指摘している。また、脳性麻痺者を対象とした筋力計測²⁾によると、痙直型中程度障害者の出力は健康者比で70%程度と、筋出力という点では決定的な職業障害とは言えないとしているが、既存製品の蓋開閉に必要なとする力は健康な者にとっても強すぎており、Berns(1981)³⁾は様々な疾患の中でもリウマチ患者による回転操作力は著しく低かったことを明らかにしている。これらの報告例が指摘するように高齢化社会に対応した生活環境整備の充実を進めるにあたっては、日常生活に広く普及している各種生活機器と身体機能との対応関係を解明しておくことが不可欠な条件であると考える。とりわけ、上肢動作は多くの作業形態において必要とされており、その中でも押引操作や回転操作等が要求される作業内容の頻度は極めて高いと思われる。

本研究では押引力操作と回転力操作のモデル機器を実験室内に設置し、当該操作機器の利用により高齢者層と若年者層の様々な操作高に対する操作感や操作力等を計測することで、日常操作機器活用能力の年代的特異性と共通性等について明らかにすることを目的としている。

2. 方法

2-1. 対象者

日常生活機器の操作能力を加齢的側面より捉えるために、計測対象者は70歳前後の女性を実験群に、20歳代前半の女性をその統制群とする群間比較を基本とした。

2-2. 操作機器

多様な日常生活機器を操作性能と高齢者の利用状況との両側面から整理し、押引操作機器と回転操作機器にモ

デル化した。表1に実験で使用した操作機器の寸法を示した。これを写真1に示すような可動式取り付け台へ操作目的に応じて水平、垂直、縦、横方向に取り付けて操作した。

操作方法については、押引力操作機器に関しては縦型及び横型のドア取っ手による押引操作を想定した「握って押すあるいは引く動作」、コンセントの差込みと引き抜き等を想定した「摘んで押すあるいは引く動作」の合計6操作を行なった。また、回転力操作機器に関してはドアノブや水道蛇口ハンドルの回転操作を想定した「握って回す動作(取っ手部分に滑り止め加工)」、鍵やガスの元栓の回転操作を想定した「摘んで回す動作」の合計4操作を行なった。写真2にはこれら10種類の操作方法による作業状況を提示した。

2-3. 計測指標

各操作機器による計測手順を図1に示した。操作は基本的属性に関する身体計測と問診の終了後、各操作機器別に、①各種操作高に対する内観報告、②各自の大変操

表1 アタッチメントの寸法

寸法	押引操作機器		回転操作機器	
	握り	摘み	握り	摘み
長さまたは直径	275	28	47	26
幅または厚さ	30	16	—	3
高さ	* 41	35	37	17

* 握り部分の厚さ

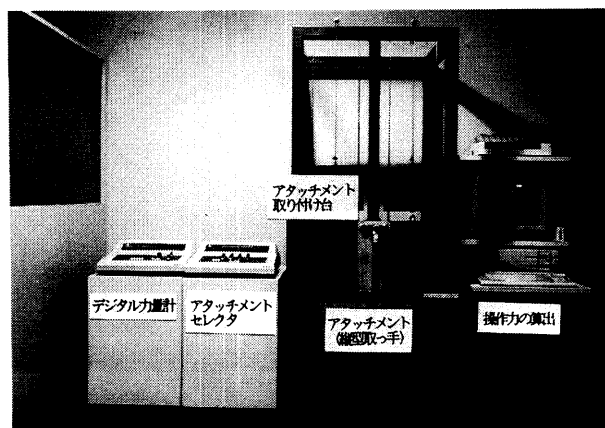


写真1 計測機器の設定風景

作し易い高さにおける教示内容別の操作力、③各自の大変操作し易い高さ、上部で操作し難い高さの下限高、下部で操作し難い高さの上限高の3種類の高さにおける最大筋力（以下、最大操作力と省略）の順に施行した。

(1) 基本的属性

体格・体力の計測と、健康状態・日常的活動状況等についての内観報告を聴取した。

体格・体力は身体寸法（身長、視線高、肩峰点高、肘頭高、大転子高、手部長、及び体重等の12項目）、関節可動域（肩の屈曲・伸展、前腕の回内・回外、手部の背屈・掌屈、同尺屈・橈屈）、握力、及び5指腹面による摘み力、片手操作による最大操作力（筋出力が最も発揮しやすい作業姿勢をとり、肩峰点高の位置での押引力操作や大転子高の位置での垂直牽引力操作等6項目）について計測した。

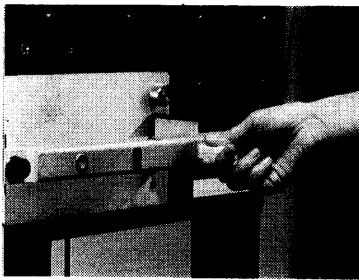
健康状態は自覚的健康感や入院、持病、病氣臥床等の

頻度と期間、また日常的活動状況では移動能力（平地歩行、階段昇降）、家庭内での操作機器活用能力（玄関扉、雨戸等の開閉操作、コンセントの押引操作、ドアノブ、ガス元栓、水道蛇口、扉鍵の回転操作等の11項目）についての申告を聴取した。

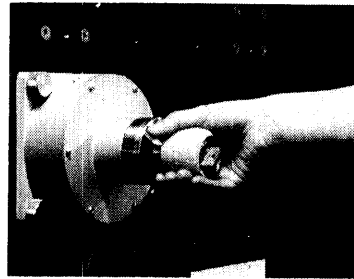
(2) 操作高の内観報告

操作のやり易さについての内観報告は、各々の操作機器別に作業者の大転子高を基点として、操作機器の高さを1~2cm間隔で上方向へ、続いて下方向へと操作し難い高さに至るまで移動させながら、①大変操作し易い高さ、②まあまあ操作し易い高さ、③どちらとも言えない高さ、④操作し難い高さ、のいずれかを申告させた。さらに、大変操作し易い作業域に限定して操作機器を再度移動させることで、①'大変操作し易い高さの代表値（以下、最適操作高と省略）を決定させた（図1を参照）。

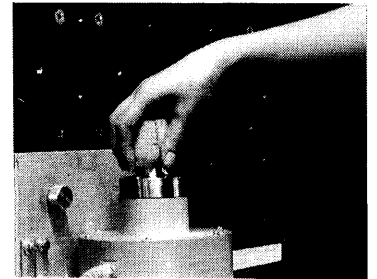
(3) 操作力



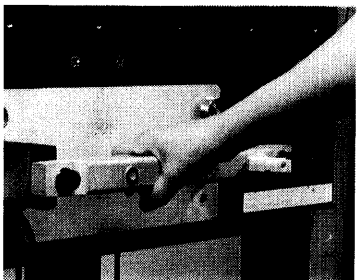
⑤,⑥:コンセント(押す,引く)



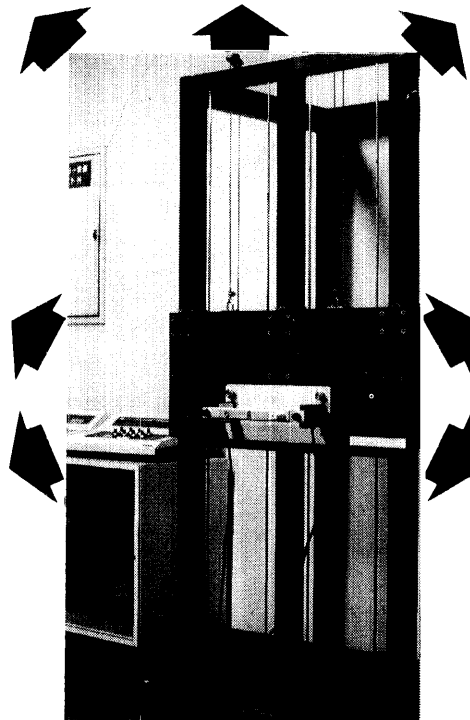
⑦:ドアノブ(回す)



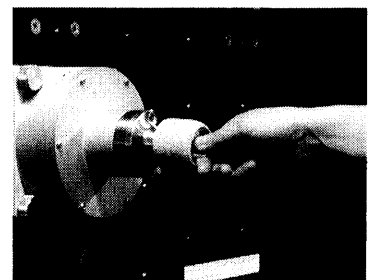
⑧:水道蛇口(回す)



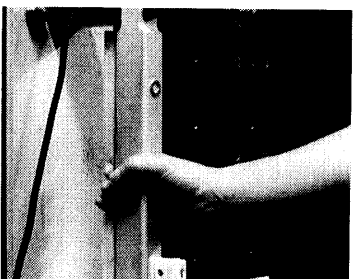
③,④:水平設定ドア(押す,引く)



操作機器取り付け台



⑨:ドア鍵(回す)



①,②:垂直設定ドア(押す,引く)



⑩:ガス元栓(回す)

写真2 押引、及び回転操作機器の操作方法（①~④、⑦、⑧：握る、⑤、⑥、⑨、⑩：摘む）

操作姿勢は足を左右に僅かに開脚し、下肢の屈曲や体幹の前後屈を極力制限することで、操作機器に体重のかけ難い上肢筋力を主体とした操作方法を課した。また操作肢は右手使用、回転力の操作方向は右回しに統一した。操作機器の握り方や摘み方は Smith(1985)⁴⁾の報告等を参考に、最も操作しやすい姿勢により行なわれた。

(i) 教示内容別の操作力

各自の最適操作高において、①普段、操作をする程度の力、②大変楽に操作する力、③まあまあ楽に操作する力、④少し力を入れた操作、⑤かなり力を入れた操作、⑥全力で操作、の6項目の教示に従い、力を順次3秒ずつ持続させた(図1を参照)。

(ii) 最大操作力

続いて、最適操作高と上部で操作し難い高さの下限高、下部で操作し難い高さの上限高の順に、休息期間を挿入させながら最大操作力を3秒ずつ持続させた。

以上の出力信号はアタッチメントセクタ、デジタル力量計を通して、各操作力ごとに最大値と力積値を算出した(写真1を参照)。

3. 結果

3-1. 対象者

計測対象者は、地域居住の高齢女性12名(年齢は68~78歳で、平均年齢71.9歳:以下、高齢者群と省略)と、在学中の若年女性11名(年齢は19~23歳で平均年齢21.5歳:以下、若年者群と省略)の合計23名であった。

3-2. 基本的身体機能

(1) 身体寸法

計測対象とした両群の身体寸法の比較を表2に示した。

高齢者群の寸法は若年者群に比較して全般的に低く、外果高、手部長を除く各寸法には両群間に有意差が検出(t検定で $p < 0.01$)されており、身長差で156mm、肘頭高差で95mm、大転子高差で75mmなどとなった。

写真3に本研究で注目した主要な身体部位の計測位置を示した。また体重には両群間で有意差が検出されなかったことより、身長と体重の結果を基に算出した体型(Quetelet Indices: kg / m^2)では高齢者群の方が高くなるなど、年代差が認められた。

(2) 筋力

筋力の計測結果を操作状況と併記して、図2・a~dに示した。

高齢者群での手部筋力は握力で若年者群の70%、摘み力で76%と年代間に差が検出された(双方の筋力とも $p < 0.01$)。同様に肩峰



写真3 注目した主要な計測点

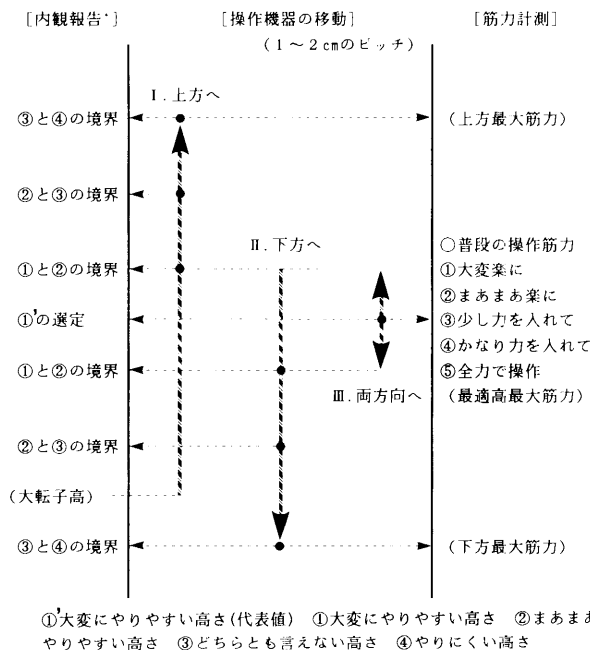


図1 各操作機器での計測手順

表2 身体寸法の群間比較

群	(mm)													
	上肢挙上 爪先	上肢挙上 指先端	身長	視線 高	肩峰 点高	肘頭 高	大転子 高	ヒ骨 小頭	外果 高	手部 指長	手部 掌長	体重 (Kg)	体型 (Kg/m^2)	
高齢者	平均	**1841	**1784	**1446	**1346	**1169	**930	**692	**343	60	74	95	47.6	**23.8
	標準偏差	83	77	47	48	52	43	34	20	8	7	5	7.3	3.7
若年者	平均	2060	1978	1602	1483	1284	1025	767	385	65	75	98	51.3	20.0
	標準偏差	78	73	59	58	51	49	32	18	7	4	3	4.4	1.9

群間比較による検定: ** $p < 0.01$ * $p < 0.05$

- ・上肢挙上爪先: 爪先立ち上肢挙上指先端高(両上肢挙上合掌姿勢)
- ・上肢挙上: 上肢挙上指先端高(同上)
- ・手部指長: 第3指指先端~近位掌側指皮膚線
- ・手部掌長: 近位掌側指皮膚線~遠位掌側手首皮膚線
- ・体 型: Quetelet Indices

点高や大転子高を操作高とした最大押引力や最大牽引力も高齢者群は全般的に低く、若年者群に比較して縦設定の押引操作で75%前後、牽引操作では70%にも満たなかった。但し、高齢者群では手の握力に個人差が大きく、若年者群の平均を上回る者も若干名ではあったが見受けられた。

(3) 関節可動域

筋力の場合と同様に、関節可動域の計測結果をその運動方向と併記して、図3・a~dに示した。

肩関節の伸展と前腕部の回内を除き高齢者群は若年者群に比較して有意に狭い ($p < 0.05$) 特徴を呈し、特に手関節ではすべての関節可動域(背屈、掌屈、橈屈、尺屈)において年代差を認めた。

(4) 日常活動状況に関する問診

家庭内での操作機器活用能力などに関する問診調査では、高齢者群で扉や開き戸の開閉及び引出し操作が“なんとかできるが少し大変”との回答が数名認められたが、他のすべての操作方法については問題なくできると回答していた。一方、高齢者群の日常的健康状態は全員が日ごろからゲートボール競技に参加する等、身体的活動面では大変に活発な傾向が窺うかがえたが、この1年間での通院経験は1名を除く全員が、また病気で一時的に寝込んだ経験を有する者が4名、階段昇降では体の支えに手摺を必要とする者が半数も認められた。

3-3. 操作高と操作感

群別、操作機器別による操作高と操作感(上部で操作し難い高さの下限高、両どちらとも言えない高さの下限高、同まあまあ操作し易い高さの下限高、最適操作高、下部でまあまあ操作し易い高さの上限高、両どちらとも言えない高さの上限高、同操作し難い高さの上限高)の関係について検討した(以下、上限高、下限高の表現は省略)。

表3には各々の操作感による高さを平均値と標準偏差値により表示した。この中から特に肘頭高や大転子高に対する最適操作高の位置を図4に示した。また相対値表現として、表4には上部、及び下部で操作し易い幅、まあまあ操作し易い幅、どちらとも言えない幅についての平均値と標準偏差値を、図5には肘頭高を基準として算出した各操作感の上下幅を示した(図中棒グラフの縦線は、上部、及び下部で操作し難い高さによる1標準偏差値を表わす)。

(1) 操作感別の操作高

最適操作高は操作機器の種類により差が窺われ、最も高い縦型取っ手を押す操作(高齢者群: $934 \pm 67\text{mm}$ 、若年者群: $1,077 \pm 85\text{mm}$)と最も低いコンセントを引く操作との間には高齢者群で133mm、若年者群で177mmの差が検出された(両群とも $p < 0.01$)。

最適操作高は身長差に加えて高齢者群では相対的に低

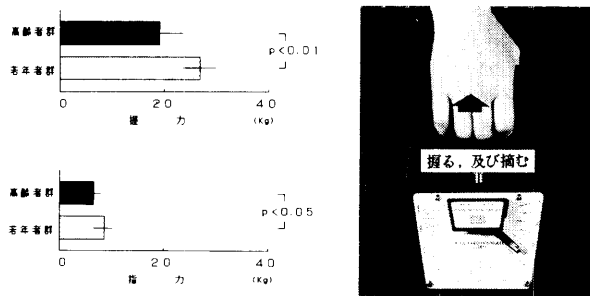


図2・a 握力と指力

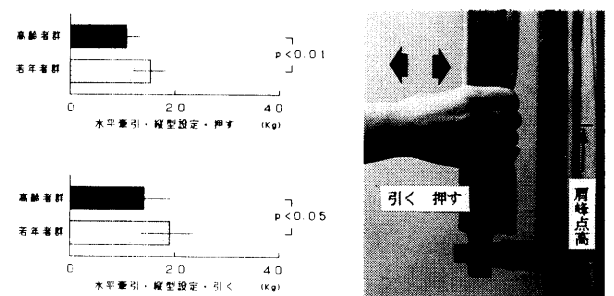


図2・c 縦型設定で水平押引

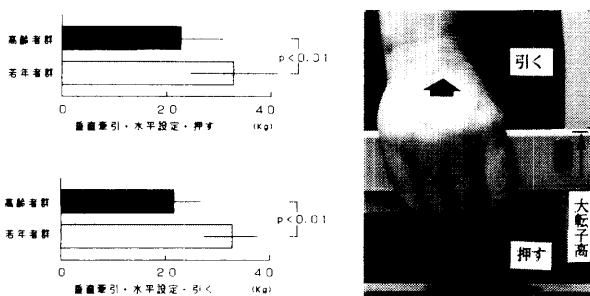


図2・b 水平設定で垂直牽引

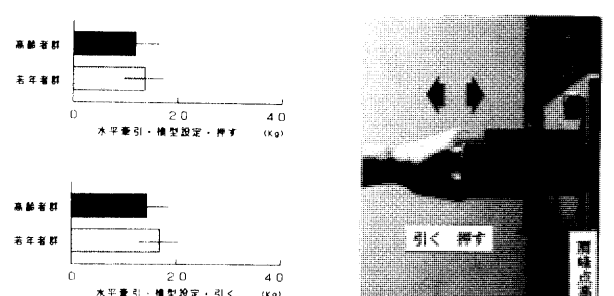


図2・d 横型設定で水平押引

図2 筋力の計測結果と操作状況

めの位置で操作をする傾向がみられ、同群でのこの高さは若年者群の操作し易い作業域の圏外に相当している等、最適操作高には著しい群間差を認めた（すべての操作機器とも $p < 0.01$ ）。

（2）操作感別の操作幅

操作域の群間比較では各操作機器の操作し易い幅、まあまあ操作し易い幅、どちらとも言えない幅のいずれにおいても、高齢者群の作業域は若年者群に比較して狭い傾向にあった（縦型取っ手を押す操作のまあまあ操作し易い幅で $p < 0.01$ 等）。

（3）肘頭高を基準とした操作高

最適操作高は若年者群の縦型取っ手を押す操作を除き、両群ともに肘頭高付近かそれよりも低い高さに位置しており、特に回転操作機器では肘頭高から100mm前後も低い位置を最適操作高とした。また最適操作高についての群間比較では、押引操作で若年者群が（横型取っ手を押す操作で $p < 0.01$ ）、回転操作では高齢者群の方が各々高め傾向を呈する特徴が窺われた。

3-4. 操作高と操作力

操作力の計測には3秒当たりによる最大筋力と力積値を導出したが、両指標間の分析内容は極めて近似した結果が得られており、ここでは最大筋力に限局して報告する。

群別、操作機器別、操作高別、及び教示内容別による操作力の平均値、標準偏差値を表5に示した。また最適操作高における教示内容別の筋出力を最大操作力に対する筋力比として換算し、その結果を図6に示した（図中棒グラフの縦線は、かなり力を入れた教示筋力比の1標準偏差値を表す）。

（1）最大操作力

操作高別の最大操作力の比較では、両群ともに最適操作高で最も強く、次いで操作機器の種類にもよるが、上部で操作し難い高さ、下部で操作し難い高さの順となった。最適操作高における最大操作力についての群間比較では、回転操作ではすべての操作機器ともに若年者群の方が有意に強かったのに対して（ $p < 0.05$ ）、押引操作で有意差が検出された機器は横型取っ手を押す操作のみであった。

操作機器別の最大操作力の比較では、握った状態で押引操作を行なう4種類の機器間の筋出力差はわずかであったのに対して、回転操作ではドアノブのような垂直設定による操作は蛇口のような水平設定に比較して1.8倍も強い筋出力差が検出された（両群とも $p < 0.01$ ）。但し、摘み操作による筋出力では逆に、ドア鍵の方がガス元栓よりも低出力であった（両群とも $p < 0.01$ ）。一方、握り操作力に対する摘み操作力の筋出力比は、押引操作機器（横型取っ手とコンセント操作の比較）の引く操作

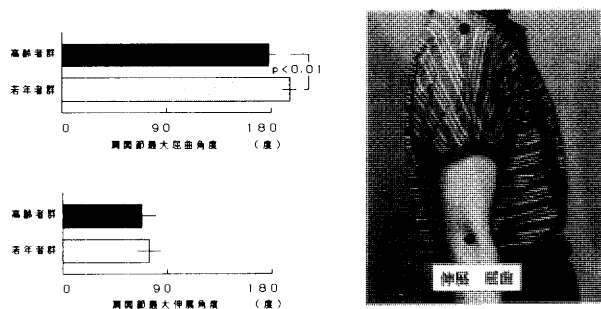


図3・a 肩関節の屈伸可動域

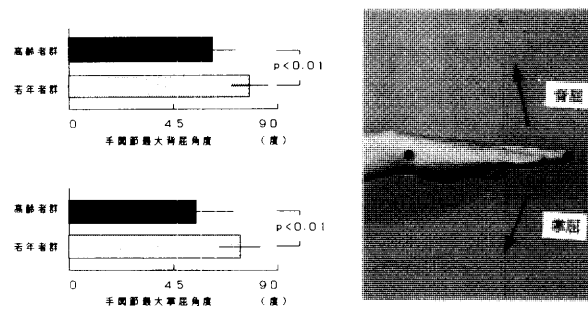


図3・c 手関節の背掌屈可動域

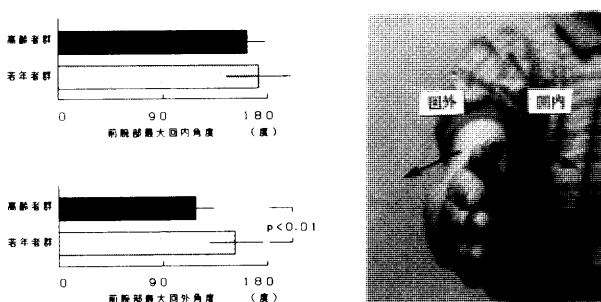


図3・b 前腕部の回内外可動域

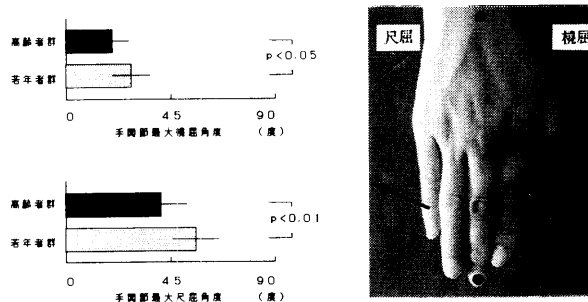


図3・d 手関節の橈尺屈可動域

図3 関節可動域の計測結果と運動方向

で50%、押す操作で80%前後に留まったのに対して、回転操作機器では床面水平設定（水道蛇口とガス元栓操作の比較）で50%、同垂直設定（ドアノブと鍵操作の比較）に至っては20%前後にしか過ぎず、操作方法が押し引きか回転かの違いにより握り動作と握み動作間には著しい筋出力差を認めた（各々 $p < 0.01$ ）。

(2) 教示内容別の操作力

最大操作力に対する大変楽に操作する力、まあまあ楽に操作、少し力を入れた操作、普段操作する程度、かなり力を入れた操作の教示筋力比は、順に5~29%、10~41%、20~58%、24~57%、44~74%と比較的広範囲に分布していた。しかし年代間の比較においては教示筋力比に差が窺われており、特に普段操作する程度の力による教示筋力比ではすべての操作機器を通して高齢者群の比率は若年者群に比較して高い傾向にあった（ドアノブ、ドア鍵で $p < 0.01$ ）。

3-5. 体格と操作高、操作力の関係

身長や握力等の体格差が操作高や操作力にどのような影響を与えているかについて検討した。身長と最適操作高、上部、及び下部でまあまあ操作しやすい高さとの関係を表6に、握力と最適操作高における最大操作力、及びかなり力を入れた操作力との関係を表7に示した。また、スライディングスケールの1例として図7・左にドアノブを回す操作についての操作高と身長との関係を、図7・右に水道の蛇口を回す操作力と握力の対応関係を各々示した。

(1) 身体寸法と操作高

最適操作高、上部で操作し難い高さ、下部で操作し難い高さの各々と身長や肘頭高等の身体寸法の間には対応関係が成立しており（最も相関の弱い身長とガスの元栓操作であっても $r = 0.5325$ と有意 ($n = 20$ での相関係数の限界値は $p < 0.01$ で $r = 0.5356$, $p < 0.02$ で $r = 0.4921$)), とりわけ、ドアノブの回転操作や縦型取っ手の押し引き操作では身体寸法との間に強い相関関係を認めた。

(2) 握力と操作力

表3 群別、操作機器別による操作高の変化と操作感

操作高	群		押し引き操作						回転操作			
			縦型取っ手		横型取っ手		コンセント		ドアノブ	水道蛇口	ドア鍵	ガス元栓
			握る		握む		握る		握る		握む	
			引く	押す	引く	押す	引く	押す	回す			
H3	高齢者	平均	1021	1059	977	995	969	961	914	942	962	938
		標準偏差	93	100	71	94	80	81	77	86	85	89
	若年者	平均	1193	1220	1095	1176	1071	1103	1027	1051	1073	1047
		標準偏差	104	90	74	81	85	113	74	92	84	101
H2	高齢者	平均	975	993	920	926	897	896	869	903	1007	885
		標準偏差	79	74	57	72	53	68	66	76	72	63
	若年者	平均	1117	1166	1043	1126	1002	1033	979	996	915	990
		標準偏差	92	91	66	78	91	104	58	91	69	99
H1	高齢者	平均	924	959	874	877	833	832	833	868	866	845
		標準偏差	57	69	55	68	53	47	49	63	55	55
	若年者	平均	1054	1106	980	1063	934	962	942	949	948	935
		標準偏差	54	82	42	61	74	92	47	65	60	84
HL	高齢者	平均	901	934	844	849	801	809	804	843	839	823
		標準偏差	56	67	52	67	49	42	43	60	46	50
	若年者	平均	1026	1077	946	1029	900	927	905	917	916	895
		標準偏差	58	85	49	65	69	96	55	62	59	69
L1	高齢者	平均	876	904	814	819	762	773	773	822	805	798
		標準偏差	49	65	50	68	50	42	42	56	36	44
	若年者	平均	988	1024	905	987	854	883	873	891	882	870
		標準偏差	55	62	44	56	38	71	54	58	59	65
L2	高齢者	平均	833	869	773	782	714	721	736	789	766	761
		標準偏差	43	58	53	63	49	40	45	51	31	44
	若年者	平均	950	981	866	937	807	825	812	854	841	824
		標準偏差	53	64	45	57	33	54	58	56	54	57
L3	高齢者	平均	799	825	728	743	665	677	697	747	727	715
		標準偏差	42	43	47	55	44	40	45	34	26	45
	若年者	平均	906	941	815	899	767	768	770	807	804	780
		標準偏差	56	60	47	60	34	46	57	52	50	52

群間比較による検定：水道蛇口のH2、ガス元栓のH3は $p < 0.05$ 他は全て $p < 0.01$

- ・H3 (L3)：上部(下部)で操作し難い高さ
- ・H2 (L2)：上部(下部)でどちらとも言えない高さ
- ・H1 (L1)：上部(下部)でまあまあ操作しやすい高さ
- ・HL：最適操作高

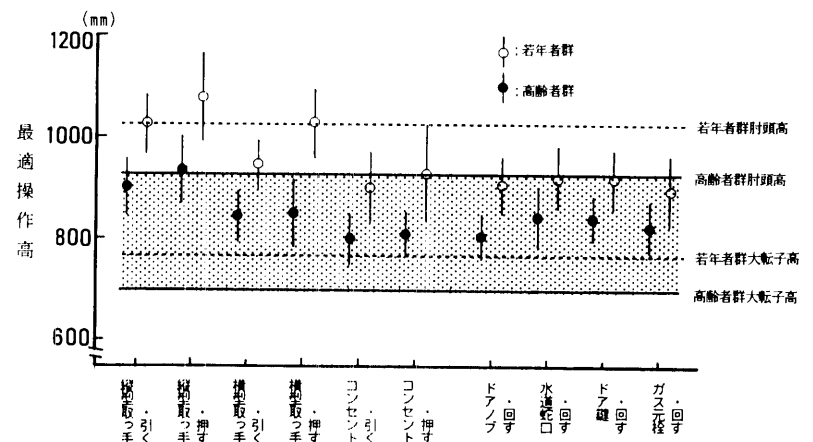


図4 最適操作高と身体寸法との関係

最適操作高における最大操作力と握力の対応関係については、操作方法が押し引き操作か回転操作かの違いにより著しい差が認められた。

押し引き操作では握力との相関が最も強い横型取っ手を押す操作であっても $r = 0.5121$ ($p < 0.05$) 程度に留まり、

表4 群別、操作機器別による操作幅

操作幅	群	押引操作 (mm)										回転操作			
		縦型取っ手		構型取っ手		コンセント		ドアノブ	水道蛇口	ドア鍵	ガス元栓	握る		握む	
		引く	押す	引く	押す	引く	押す	握る	握る	握む	握む	回す		回す	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
上部で どちらとも いえない ¹⁾	高齢者	平均	47	66	57	69	72	65	45	39	48	53			
		標準偏差	27	41	21	34	42	27	15	19	30	35			
	若年者	平均	75	54	52	50	69	70	48	54	66	58			
		標準偏差	53	21	21	18	32	40	25	31	28	30			
上部で まあまあ 操作しやすい ²⁾	高齢者	平均	50	34	46	49	64	65	36	35	49	41			
		標準偏差	27	16	16	23	31	41	23	22	20	29			
	若年者	平均	63	60	63	63	68	71	36	47	59	55			
		標準偏差	58	30	37	30	36	26	19	38	37	25			
操作しやすい ³⁾	高齢者	平均	49	55	60	58	71	59	60	46	61	46			
		標準偏差	19	18	17	10	47	26	25	18	23	19			
	若年者	平均	66	83	76	77	80	79	69	58	66	65			
		標準偏差	31	46	50	37	71	58	28	21	15	46			
下部で まあまあ 操作しやすい ⁴⁾	高齢者	平均	43	35	40	37	47	52	36	33	39	38			
		標準偏差	15	15	16	21	22	23	14	9	13	17			
	若年者	平均	38	42	39	50	48	59	61	37	41	46			
		標準偏差	19	16	12	26	22	24	42	15	21	19			
下部で どちらとも いえない ⁵⁾	高齢者	平均	34	44	45	39	50	44	40	42	39	46			
		標準偏差	14	24	15	20	26	15	14	29	13	21			
	若年者	平均	44	41	51	38	40	57	42	46	37	44			
		標準偏差	13	13	21	11	8	36	14	14	16	12			
まあまあ 操作しやすい	高齢者	平均	142	124	146	144	183	175	132	114	149	125			
		標準偏差	46	28	33	39	63	65	51	33	44	40			
	若年者	平均	167	185	177	189	195	208	167	143	166	166			
		標準偏差	88	59	78	66	100	78	54	53	54	72			
どちらとも いえない	高齢者	平均	222	234	249	252	305	285	217	195	235	223			
		標準偏差	60	67	51	77	95	85	70	64	76	85			
	若年者	平均	287	279	280	277	305	335	257	243	269	268			
		標準偏差	97	61	85	78	101	119	76	61	80	82			

- 群間比較による検定: ** p<0.01 * p<0.05
- 1) 上部(下部)でどちらとも言えない幅: 上部(下部)で操作し難い高さ - 上部(下部)でどちらとも言えない高さ
 - 2) 上部(下部)でまあまあ操作しやすい幅: 上部(下部)でどちらとも言えない高さ - 上部(下部)でまあまあ操作しやすい高さ
 - 3) 上部(下部)で操作しやすい幅: 上部でまあまあ操作しやすい高さ - 下部でまあまあ操作しやすい高さ
 - 4) まあまあ操作しやすい幅: 2)+3)+4)
 - 5) どちらとも言えない幅: 1)+2)+3)+4)+5)

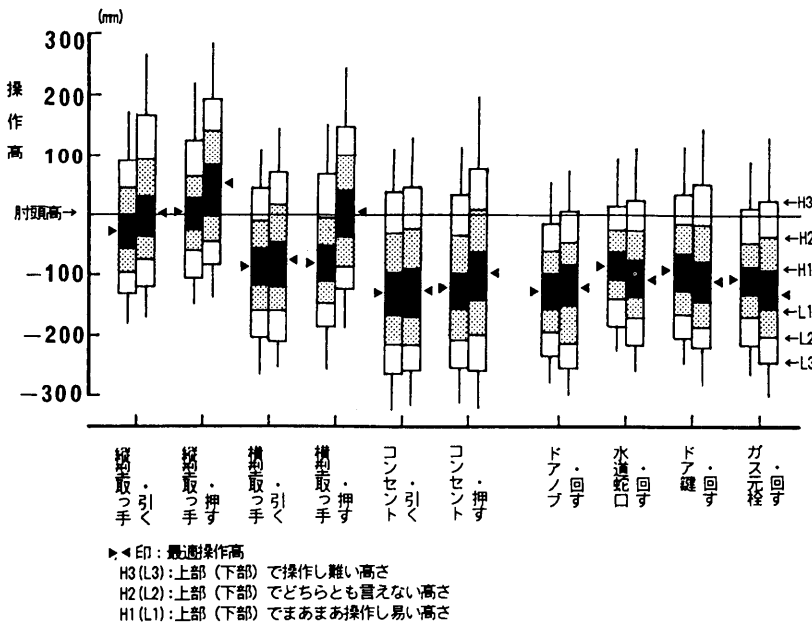


図5 肘頭高を基準とした群別、操作機器別による操作高と操作感 (各操作機器とも左棒: 高齢者群, 右棒: 若年者群)

最大押引力と握力との相関関係は全般的に弱い傾向にあった。この背景には作業姿勢の拘束等が若年者群の最大押引力を低い水準に抑制していたことが原因の1つとして推察される。すなわち、作業姿勢の拘束を少なくして行なわれた同一被験者による肩峰点高での最大押引力は、図2のc, dにも示したように若年者群の方が有意に高く、これらの操作力と握力との間には強い相関関係が成立していた。表8には自由姿勢による最大押引力と握力との対応関係の結果をまとめた。これに対して回転操作機器での最大回転力と握力との相関は比較的強い関係が成立しており、特に水道の蛇口やドアノブの操作等の手部全体を使用した回転操作力と握力間の相関係数は $r=0.7$ 以上 ($p<0.01$)にも達していた。また相関関係は若干弱まるものの、同様な傾向はかなり力を入れた操作力と握力の間にも窺えた。

4. 考察

4-1. 基本的身体機能

老化に伴い身体寸法は全般的に短縮傾向を呈することは知られているが、本研究対象とした高齢者群の身長は、先行研究である徳田ら(1988)⁵⁾による地域居住高齢女性を対象として行なわれている縦断面的調査(69~71歳時の383名の 149.3 ± 5.9 cm)や、平手ら(1988)⁶⁾による老人大学参加者(70~74歳の160名の 147.7 ± 4.9 cm)の結果と比較して数cm程度低めの傾向にあった。逆に、若年者群の平均身長は160cmをわずかに越えており、国民衛生の動向(1989)⁷⁾などで報告されている20歳代前半の女性と比較して若干高めに位置しており、このために両群間の身長差は15cm程度にも及んだ。

岡部ら(1980)⁸⁾の新生児から80歳未満までの健康男女を対象として行なわれた他動的関節可動域の計測によると、60歳を境に肩関節の屈曲及び内旋、手関節の掌屈等の可動域に制限を観察している。また Anianssonら(1980)⁹⁾による70歳男女を対象とした徒手筋力検査では、プラ

表5 群別, 操作機器別, 操作高別による操作力

操作高	教示力	群	押引操作 (kgf)						回転操作 (kgf·cm)						
			縦型取っ手		横型取っ手		コンセント		ドアノブ	水道蛇口	ドア鍵	ガス元栓			
			握る		握る		握る		握る		握る				
			引く	押す	引く	押す	引く	押す	引く	押す	引く	押す			
H3	全力で操作	高齢者	平均	9.2	8.5	9.8	7.9	5.6	6.1	40.1	24.9	9.2	11.2		
			標準偏差	2.1	2.3	2.6	2.1	1.2	1.1	10.9	6.4	1.5	2.5		
		若年者	平均	9.6	9.6	11.3	8.9	5.8	6.2	48.5	28.0	11.7	11.6		
			標準偏差	3.5	2.0	2.4	1.6	0.5	1.4	8.1	4.7	1.7	3.0		
		HL	普段の力で操作	高齢者	平均	5.4	5.0	6.0	4.6	2.6	2.7	18.7	8.1	4.3	5.1
					標準偏差	2.0	1.8	2.7	1.5	0.8	0.8	8.4	3.2	1.6	2.2
若年者	平均			4.8	4.7	5.7	5.5	2.6	2.7	13.4	9.0	3.3	5.2		
	標準偏差			1.7	1.1	1.5	1.3	0.7	0.8	5.5	2.2	1.5	2.0		
HL	大変な操作			高齢者	平均	1.6	2.6	2.3	2.2	1.1	1.2	4.2	3.1	1.6	1.6
					標準偏差	0.7	0.9	0.5	0.7	0.4	0.4	1.9	1.2	0.7	0.7
		若年者	平均	1.8	1.7	2.0	2.1	0.9	1.1	2.5	2.3	1.0	1.3		
			標準偏差	0.8	0.6	0.8	0.5	0.4	0.3	1.5	1.3	0.6	0.7		
		HL	まあまあ楽に操作	高齢者	平均	2.5	3.7	3.2	3.3	1.8	2.0	8.0	5.0	2.8	3.2
					標準偏差	0.9	0.9	0.9	1.0	0.6	0.6	3.3	1.4	0.9	1.5
若年者	平均			2.6	2.8	3.1	3.2	1.5	1.6	5.6	4.6	1.9	2.5		
	標準偏差			1.0	0.7	1.0	0.7	0.4	0.4	3.6	2.0	1.0	1.2		
HL	少し力を入れて操作			高齢者	平均	3.8	4.8	4.5	4.9	2.5	2.7	12.7	8.2	4.8	5.2
					標準偏差	1.0	1.1	0.8	1.4	0.6	0.7	3.8	2.1	1.7	2.8
		若年者	平均	3.7	3.9	4.7	4.8	2.3	2.8	11.4	9.7	3.4	4.1		
			標準偏差	1.3	0.9	1.8	1.1	0.6	1.0	6.9	4.5	1.8	1.2		
		HL	かなり力を入れて操作	高齢者	平均	5.1	6.4	6.1	6.2	3.3	4.2	22.1	11.6	5.8	7.6
					標準偏差	1.0	1.7	1.2	1.7	0.8	1.0	8.4	3.0	1.3	2.1
若年者	平均			5.8	5.6	7.1	6.7	4.1	4.3	24.1	16.4	6.3	7.8		
	標準偏差			1.9	1.1	1.9	1.3	1.1	1.0	9.1	6.8	2.2	2.2		
L3	全力で操作			高齢者	平均	11.0	9.4	11.3	8.5	5.7	7.3	44.0	24.6	8.7	12.1
					標準偏差	3.6	2.4	3.2	1.9	1.1	1.6	9.3	5.5	1.9	2.8
		若年者	平均	11.2	11.5	12.8	10.2	6.0	7.1	56.0	30.4	13.0	14.2		
			標準偏差	3.5	2.7	2.6	1.3	0.7	1.0	7.2	4.8	1.9	1.6		

・ H3 : 上部で操作し難い高さ
 ・ HL : 最適操作高
 ・ L3 : 下部で操作し難い高さ

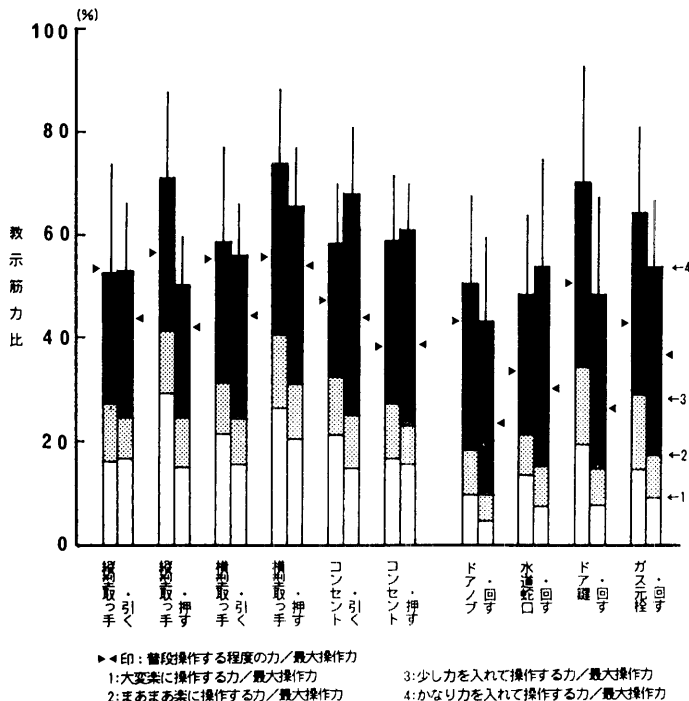


図6 最適操作高における操作機器別の教示筋力比 (各操作機器とも左棒: 高齢者群, 右棒: 若年者群)

グ操作における困難程度と鍵の操作力間に強い対応関係が成立していたことが報告されている。本研究対象者であった高齢者群の基本的身体機能は、普段の操作機器活用状況に関する申告からは問題とされる項目は僅かであったが、関節可動域の計測ではほとんどの関節に運動制限が認められており、暦年齢に相当した身体機能の低下も窺われた。

筋力の年代的变化については、Kallmanら(1990)¹⁰⁾の横断面的及び縦断面的計測結果(対象者は約1,000名)によると、30歳代までの握力は増加を続け、40歳以降で加速度的に低下するという。高齢に到達してからの変化についてClement(1974)¹¹⁾は、身体的及び知的活動が握力の維持に有効であったことを報告しており、一方、Asmussen(1962)¹²⁾は学生時代に体育学を専攻し、その後の職業は教師従事者が多かった女性の25年経過後の握力低下率は30%にも達しており、他の職種従事者に比較しても高かったという。当該研究による高齢者群の握力は、前述した徳田ら⁹⁾の調査による69~71歳時の女性の握力水準の近くに、若年者群は小林ら(1985)¹³⁾の体力水準評価表での“20~24歳代のやや弱い”水準に相当していた。また摘み力ではMathiowetzら(1985)¹⁴⁾の20歳から94歳までの健康成人628名を対象に行なわれた計測結果(20歳代から50歳代までは8kg弱と比較的安定しており、60歳以降で次第に低下し70歳代では6kgに至る)に、両群ともよく近似しており、当該実験での対象者の握力は暦年齢に比較して高齢者群では若干高め、若年者群は逆に低めの傾向にあったことが読み取れる。

4-2. 操作方法と操作高, 操作力

操作力と操作高に関する先行研究では、Chaffinら(1983)¹⁵⁾は操作高、足部の位置、体幹姿勢等が押引操作力に影響を与えていたことを指摘しているのに対して、Mitalら(1986)¹⁶⁾は回転操作においては操作高、操作姿勢、上肢操作角度等の違いによる影響は弱かったことを、またAdamsら(1988)¹⁷⁾は操作機器に対する作業者の立位位置や手袋の有無により回転力は変動を示すが、操作機器の高さや回転方向の違いによる力の差はわずかであったことを報告している。本研究では従来の研究に比較して高さ条件を操作者に合わせてきめ細かく設定した結果、最適操作高と上部、及び下部で操作し難い高さでの最大操作力は押引操作、回転操作のいずれ

においても最適操作高で最も高い筋出力の発現をみた。一方、Lindquistら(1983)¹⁸⁾は79歳の男女を対象にした様々な操作能力に関する計測の中で、コンセントへのプラグの差込み引き抜き操作(必要とする力は約1.5kgf)で女性の46%、男性であっても16%が不可能あるいは可能だが困難を伴っていたことを指摘している。一般的なコンセントの設置高は下部で操作し難い高さよりもさらに低い位置にあることが多く、プラグ操作に困難を伴う背景には体幹の前屈や下肢の屈曲等が強いられる不安定な操作姿勢への移行が操作力の低下を招来させていたものと推察される。すなわち、最適操作高を含めた3操作高による押引、及び回転操作力の分析結果やコンセントの設置状況に関する報告例等に考慮して検討を加えるならば、操作機器の設置高は最大操作力に影響を与え得る主要因の1つであると解釈されよう。

握り操作の押引動作では、操作機器に体重のかかり難い上肢筋力を主体とした操作方法を指示しており、これによる若年者群の最大押引力は操作姿勢に特別な拘束を加えずに行なわれた基本的身体機能による押引力の計測に比較して、高齢者群では71~87%、若年者群にあっては58~77%に留まっており、同様に自由な姿勢のもとで行われたChaffinら(1983)¹⁵⁾による若年女性の最大押引力に比較しても30%前後も低い水準に相当していたことから、操作姿勢の違いは操作力の多寡に強い影響を及ぼすことが唆される。一方、回転操作力についてImrhanら(1988)¹⁹⁾は、握り面の形状の違いにより蓋の直径と回転操作力の直線性の成立範囲は異なったことを、またBordettら(1988)²⁰⁾は様々な蛇口ハンドル形状による回転操作力の結果を基に操作し難い形状等(円形型水道蛇口形状は $37 \pm 9 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ と7種類の形状中で最も低出力に留まり、強い力を必要とする操作には不向き)について指摘している。本研究においてはこれらの特徴に加えて、握り面の形状が同一であっ

表6 身長と操作高との対応関係

	上部でまあまあ操作しやすい高さ		最適操作高		下部でまあまあ操作しやすい高さ	
	回帰直線	相関係数	回帰直線	相関係数	回帰直線	相関係数
縦型取っ手を引く	$y=0.750x-98$	$r=0.6452$	$y=0.675x-65$	$r=0.7578$	$y=0.632x-73$	$r=0.7912$
縦型取っ手を押す	$y=0.831x-188$	$r=0.6608$	$y=0.734x-114$	$r=0.6718$	$y=0.590x+25$	$r=0.6790$
横型取っ手を引く	$y=0.643x+1$	$r=0.7035$	$y=0.523x+99$	$r=0.6930$	$y=0.439x+149$	$r=0.6222$
横型取っ手を押す	$y=0.893x-336$	$r=0.6769$	$y=0.864x-378$	$r=0.7322$	$y=0.718x-236$	$r=0.6946$
コンセントを引く	$y=0.561x+94$	$r=0.5946$	$y=0.518x+61$	$r=0.6437$	$y=0.456x+66$	$r=0.6960$
コンセントを押す	$y=0.699x-102$	$r=0.6050$	$y=0.685x-176$	$r=0.6981$	$y=0.547x-62$	$r=0.7447$
ドアのノブを回す	$y=0.634x-43$	$r=0.7278$	$y=0.580x-30$	$r=0.7883$	$y=0.500x+13$	$r=0.7519$
水道の蛇口を回す	$y=0.583x+62$	$r=0.5868$	$y=0.491x+132$	$r=0.6667$	$y=0.423x+176$	$r=0.6489$
ドアの鍵を回す	$y=0.495x+206$	$r=0.5662$	$y=0.407x+257$	$r=0.5977$	$y=0.416x+169$	$r=0.6929$
ガスの元栓を回す	$y=0.596x+29$	$r=0.5888$	$y=0.417x+224$	$r=0.5796$	$y=0.386x+203$	$r=0.6263$

x:身長, y:操作高, (n=23)

表7 握力と操作力との対応関係

	最適操作高 (Kgf or kgf·cm)			
	最大操作力		かなり力を入れた操作力	
	回帰直線	相関係数	回帰直線	相関係数
縦型取っ手を引く	—	$r=0.1781$	—	$r=0.3748$
縦型取っ手を押す	$y=0.249x+4.6$	$r=0.5027$	—	$r=0.0212$
横型取っ手を引く	—	$r=0.3798$	$y=0.160x+2.9$	$r=0.5488$
横型取っ手を押す	$y=0.168x+5.5$	$r=0.5121$	—	$r=0.3369$
コンセントを引く	$y=0.073x+4.2$	$r=0.4308$	$y=0.081x+1.8$	$r=0.4421$
コンセントを押す	—	$r=0.0625$	—	$r=0.2189$
ドアのノブを回す	$y=1.443x+16.4$	$r=0.7811$	—	$r=0.2963$
水道の蛇口を回す	$y=0.770x+9.6$	$r=0.7284$	$y=0.467x+3.1$	$r=0.4609$
ドアの鍵を回す	$y=0.333x+3.1$	$r=0.6365$	—	$r=0.2027$
ガスの元栓を回す	$y=0.237x+7.6$	$r=0.5176$	—	$r=0.1805$

x:握力, y:最大操作力, (n=23)
回帰直線で—印:相関係数の限界値が $p>0.05$

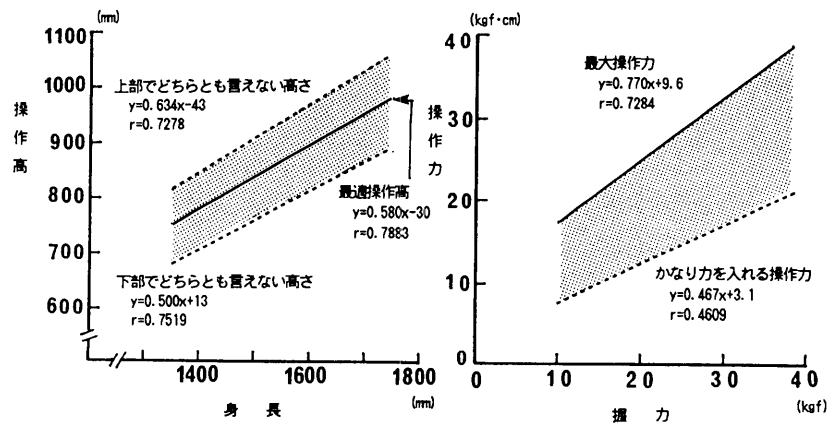


図7 体格と操作高、操作力との対応関係 (n=23)
(左: ドアノブ操作による操作高と身長, 右: 水道の蛇口操作による操作力と握力)

表8 手握力と指握力、及び最も力の入りやすい操作姿勢による最大操作力との対応関係

	最大操作力 (Kgf)	
	回帰直線	相関係数
指握力	$y=0.229x+19.6$	$r=0.6807$
水平牽引	縦設定 引く	$y=0.588x+32.0$ $r=0.5896$
	縦設定 押す	$y=0.519x+8.2$ $r=0.7578$
垂直牽引	横設定 引く	$y=0.415x+59.7$ $r=0.5287$
	横設定 押す	$y=0.456x+22.5$ $r=0.5974$
垂直牽引	水平設定 引く	$y=1.030x+30.4$ $r=0.7512$
	水平設定 押す	$y=1.155x+9.1$ $r=0.7118$

x:握力, y:最大操作力, (n=23)

でも垂直設定（ドアノブ）による回転操作力は水平設定（水道蛇口）に比較して倍近い出力差が検出されることを明らかにした。

摘み操作で押引力が最も導出させやすい摘み方について、Imrhanら(1989)²¹⁾は親指と人差指側腹面での操作で最高値が記録されることを、回転力についてはCatovicら(1989)²²⁾は全指操作は親指と人差指、あるいは中指操作に比較して倍程度の回転力が得られたことを報告している。また年代的比較については、Berns(1981)³⁾が瓶蓋（直径28mm）の回転操作力は20歳代から70歳代までの健康女性において2~8kgf・cmと大変に出力差の大きかったことを指摘している。

本研究より得られたガスの元栓や鍵の摘み操作による回転操作力はBernsの成績ほどではなかったものの、若年者群と高齢者群の間には有意差が認められていた。また、握って回す操作と摘んで回す操作間の出力差ではCatovicらの報告以上の広がりを見せていた。以上の諸知見を基に回転操作機器についての特徴を考察すると、操作形状の違い等に加えて、年齢差や操作機器の設定方向、持ち方等の変化により最大操作力は著しい変動を呈するものと考えられる。

4-3. 体格と操作高, 操作力

体格と操作特性との関係については、最適操作高や操作し難い高さは身体寸法との間に、また最大操作力は握力との間に対応関係の成立をみていた。これらの特徴は身長や握力等の簡単に計測可能な個人情報からであっても、これを基にスライディングスケールを作成し、物的要求条件としての設計仕様等へ活用することで、作業にとって心身の負担が軽減され得る操作しやすい作業環境の提供を可能にすることを意味している。

操作高や操作力と年齢との関係を包括的に捉えた報告例は極めて少ないが、Covington(1982)²³⁾は5歳から75歳までの男女464名を対象に1名につき3種類ないしは4種類の固定された操作高（床面より66cm, 83cm, 100cm, 130cm, 160cm）での押引力、横引力、牽引力、回転力等を計測しており、使用者側の特性や操作内容の変化に応じて適切な物的要求条件の決定がなされるべきであることを指摘している。本研究より得られた操作機器活用能力に関する年代的特徴を総括すると、高齢者群では最大操作力の低下に加えて、普段行なわれている操作力等での教示筋力比の増加に伴う機器操作力に対する余裕力の低下、操作し易い範囲の狭化傾向等が認められており、また最適操作高が操作機器の種類や身体寸法、暦年齢に支配され易い特徴や、操作高の差が最大操作力の発現に影響を及ぼしている等の知見を明らかにした。

5. まとめ

日常生活で必要とされる様々な操作機器を、押引操作と回転操作機器にモデル化し、各々の機器操作による操作高や操作力等についての年代的特徴を検討することで以下の知見を得た。

(1) 計測対象は、68歳から78歳までの健康な女性12名を実験群に、19歳から23歳の女子学生11名をその対照群とする群間比較を基本とした。身体機能計測による評価からは日常生活の遂行に支障をもたらすような特別な障害を有する者は認められなかった。

年代的特徴については、

(2) 各操作機器ともに高齢者群の操作し易い高さとその範囲は若年者群に比較して低く、また狭い特徴を認めた。

(3) 肘頭高を基準とした最適操作高は、押引操作では若年者群が、回転操作では高齢者群の方が各々高めの傾向を呈した。

(4) 若年者群の最大操作力は高齢者群に比較して全般的に強い傾向を示し、特に回転操作は押引操作に比較して年代差が顕著であった。

(5) 最大操作力に対する普段操作する程度の力、まあまあ楽に操作する力、かなり力を入れて操作する力の各々の教示筋力比は、高齢者群の方が若年者群よりも高い比率を示す操作機器が多数を占めた。

操作高や操作力の特徴としては、

(6) 操作機器の種類により最適操作高には差が窺え、縦型取っ手を押す操作を除く他の操作機器の最適操作高は肘頭高よりも低めに位置しており、特に回転操作機器では肘頭高と大転子高のほぼ中央を最適操作高とした。

(7) 操作高の違いにより操作力には差が認められ、両群とも最適操作高で最も強く、次いで操作機器の種類にもよるが上部で操作し難い高さ、下部で操作し難い高さの順となった。

体格と操作高、操作力の関係では、

(8) 身体寸法（身長、肘頭高）と最適操作高、及び上部、下部で操作し難い高さの間には対応関係が成立しており、とりわけ、縦型取っ手やドアノブの操作は身体寸法と強い相関関係を認めた。

(9) 握力と最大操作力の間には対応関係の成立を見たが、押引操作での相関は回転操作に比較して弱い傾向にあった。

以上のように本研究では、日常生活機器の押引操作あるいは回転操作で要求される使用性能や設置位置等の選定にあたっては、操作機器の種類、操作対象者の年齢や体格等を条件とした設計仕様を決定してゆくことが重要であることを明らかにした。

〈参考文献〉

- 1) Stubbs D. A. : Human constraints on manual working capacity : effects of age on intratruncal pressure, *Ergonomics*, 28(1), pp. 107~114, 1985.
- 2) 丸谷隆明, 西村重男, 品田聖哉: ひずみゲージを利用した力の検出, *理・作・療法*, 14(8), pp. 547~551, 1980
- 3) Berns T., : The handling of consumer packaging, *Applied Ergonomics*, 12(3), pp. 153~161, 1981.
- 4) Smith R. O. : Pinch and grasp strength : standardization of terminology and protocol, *American J. Occupational Therapy*, 39(8), pp. 531~535, 1985.
- 5) 徳田哲男, 林玉子: 体格よりみた高齢者の経年変化に関する研究—10年間の縦断面的研究, *人間工学*, 24(1), pp. 61~69, 1988.
- 6) 平手早苗, 川崎砂代子, 梁瀬度子: 高齢者の日常生活における動作計測 (第2報), *人間工学*, 24(6), pp. 409~416, 1988.
- 7) 厚生統計協会: 国民衛生の動向, 36(9), p. 447, 1989.
- 8) 岡部とし子, 渡辺英夫, 天野敏夫: 各年代における健康人の関節可動域について—性別による変化, *総合リハ*, 8(1), pp. 41~56, 1980.
- 9) Aniansson A., Rundgren A., Sperling L., : Evaluation of functional capacity in activities of daily living in 70-year-old men and women, *Scand. J. Rehab. Med.*, 12, pp. 145~154, 1980.
- 10) Kallman D. A., Plato C. C., Tobin J. D. : The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength : cross-sectional and longitudinal perspectives, *J. Gerontology*, 45(3), pp. 82~88, 1990.
- 11) Clement F., : Longitudinal and cross-sectional assessments of age changes in physical strength as related to sex, social class, and mental ability, *J. Gerontology*, 29(4), pp. 423~429, 1974.
- 12) Asmussen E., Mathiasen P., : Some physiologic functions in physical education students re-investigated after twenty-five years, *J. American Geriatrics Society*, 10(5), pp. 379~387, 1962.
- 13) 小林寛道, 近藤孝晴: 高齢者の運動と体力, 64, 朝倉書店, 東京, 1985.
- 14) Mathiowetz V., Kashman N., Volland G., Weber K., Dowe M., Rogers S., : Grip and pinch strength : normative data for adults, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 66(Feb), pp. 69~74, 1985.
- 15) Chaffin D. B., Andres R. O., Garg A., : Volitional postures during maximal push/pull exertions in the sagittal plane, *Human Factors*, 25(5), pp. 541~550, 1983.
- 16) Mital A., Sanghavi N., : Comparison of maximum volitional torque exertion capabilities of males and females using common hand tools, *Human Factors*, 28(3), pp. 283~294, 1986.
- 17) Adams S. K., Peterson P.J., : Maximum voluntary hand grip torque for circular electrical connectors, *Human Factors*, 30(6), pp. 733~745, 1988.
- 18) Lindquist B. L., Sperling L. : Functional studies in 79-year-olds 2. Upper extremity function, *Scand. J. Rehab. Med.*, 15, pp. 117~123, 1983.
- 19) Imrhan S. N., Loo C. H., : Modelling wrist-twisting strength of the elderly, *Ergonomics*, 31(12), pp. 1807~1819, 1988.
- 20) Bordett H. M., Koppa R. J., Congelton J. J., : Torque required from elderly females to operate faucet handles of various shapes, *Human Factors*, 30(3), pp. 339~346, 1988.
- 21) Imrhan S. N., Loo C. H., : Trends in finger pinch strength in children, adults, and the elderly, *Human Factors*, 31(6), pp. 689~701, 1989.
- 22) Catovic A., Kosovel Z., Catovic E., Muftic O., : A comparative investigation of the influence of certain arm positions on hand pinch grips in the standing and sitting positions of dentists, *Applied Ergonomics*, 20(2), pp. 109~114, 1989.
- 23) Covington S. A., : Ergonomics requirements for building components and associated operating devices, *Building Research Establishment Current Paper*, CP1/82, pp. 1~22, 1982.

〈研究組織〉

主査	徳田哲男	東京都老人総合研究所研究員
委員	児玉桂子	東京都老人総合研究所研究員