

住宅の日常安全性に関する研究 そのII

宇野英隆
直井英雄
遠藤佳宏

目 次

- 1 編 人と建物との力学的接触パターン
の考察
- 2 編 人間の正常歩行時に床に与える水
平力に関する解析
- 3 編 とつてに関する研究

まえがき

本研究は新住宅普及会、昭和49年度研究費によって、千葉工業大学宇野研究室が行なった「住宅の日常安全性に関する研究」の続きとして住宅の中で日常生活をしている際、住宅の建築上の不備によってこりむる一際の際の災害の原因を究明して安全な住宅を設計するための資料を得ることを目的としている。本年は更に、一見安全性とは関係なく、むしろ快適性との深いドアのつてについても実験を行なっている。

全体の構成は次の如くである。

- 1 編 人と建物との力学的接触パターン
の考察
- 2 編 人間の正常歩行時に床に与える水平力に関する
解析
- 3 編 とつてに関する研究

1 編では人の家庭内での災害に一番多い、人と住宅（広くは建物）の“力”関係を明確にするために人と建物との間でどんな接触の仕方をしてるかを明らかにしたものである。打撲、骨折、すりむきなどを始めとする力を媒介として生ずる人間の傷害の究明にはどうしても、これらに介在する諸力の大きさを知る必要がある。この場合、どんな接触状態があるかを明らかにしておくことは、これらの力をもれなくひろい出すために必要な事項であろう。

2 編ではこのうち、特に床と人との接触のうち歩行中のすべりに起因する転倒を防止するために、歩行時における諸力を求めたものである。この実験は昭和49年度における床すべりに関する研究の要求条件の究明とも言うべきものである。昨年度が床仕上材と人の履物との間に生ずる摩擦力を求めたのであるが、本年度は歩行時にど

のくらいの水平力が加わるかを明らかにした。この両者を比較することで、すべらない床仕上材を選ぶことができる。仕上材の選び方は本来“使い方”があつてそれを満たす材料が選ばれるわけである。

この意味では未だ住宅の中における人の動作で床に与える水平力は歩行のほかにもいろいろある。又、歩行の種類にもいろいろある。これらをすべて求めないと、すべり一つを取って見ても十分な床仕上材の選択法とは言えない。本年度は、このうち、人の平常歩行に対する水平力を求めたものである。諸外国でも、この種の実験は行なっているが体格の異なる、又性格習慣の異なる国の資料は日本人には適用できず、又、わが国の研究者のものは家庭内での裸足のものは少ない。

今回の目的は家庭内での履物に対応するものを求めているので再度行なつたものである。

人の歩行形態はまちまちであり、これと語り一つの値にまとめることはできないし、又、まとめても無意味であろう。ある安全側の値が求めれば満足すべき種類のものだと思われる。

2 編の目的は、この歩行中に生ずる水平力を求めることのほか、今後、人の行動中に生ずる一連の水平力を求めるための測定器を開発することにある。このため、まだ十分完全な測定器とは言えず、この点の改良が今後このこされた問題である。

3 編では日常使われるドアのつての回転力を求めている。ドアのつては円筒の場合は人が手で自由な角度から持てるがレバーハンドルの場合にはつかみ方が決められてしまう。この場合、どのくらいの力が出るのか、又、どのくらいのトルクの時が人にとって一番快適なのかを知ることは、長い間には当然疲労する手の筋肉、あるいは、ドアのレバーのはぎれのよさ等からくる日常の気持の良さなどを決めるにはぜひ必要なことである。

この実験は日常災害というよりも住宅の快適性の面からの必要性が強い。安全性といい、快適性といい、基本的には人間の能力に対して住宅が受け入れられる範囲でできているかどうかにかかっている訳だから、つての実験はその1例にすぎないと言えよう。

今後、このような災害にいたらない快適性の問題も実験で明らかにして行くつもりである。

この実験に関しては下記の学生諸君の協力を得た。
千葉工業大学建築学科 桐山恒美 中村進 井戸川竜一
鳴岡孝 松井清隆 田村公一

1編 人と建物との力学的接触パターンの考察

§1 はじめに

前報では、住宅の日常安全性について、まず統計データをもとにした考察を行ない、これを研究の課題としてとらえ直すために、少し視点を広げて、「居住環境の人間工学的課題」のチェックリストを提示した。そして、その課題のなかでも、住宅の日常安全性にかかわる最も重要な課題のひとつといえる、床のすべりに関する実験の結果を報告した。

しかし、このチェックリストは、網羅的であろうとするあまり、やや抽象的に過ぎ、そこから拾い出せる課題は、直接、具体的な研究テーマとはなりにくい性質のものであった。そこで、今回は、このチェックリストから発展して、住宅の日常安全性の問題のなかで特に重要な意味を持つ、人と建物との力学的接触パターンのチェックリストの作成を試みることにした。すなわち、建物の側の要素と人間の側の要素との、力という因子を媒介とした対応関係を洗い出すようなチェックリストをつくらうというわけである。この新たなチェックリストは、前報のチェックリストと同じ考え方で、その一部をもう一段階具体化しようとするものともいえる。

§2 人と建物との力学的接触パターンの洗い出し

チェックリストを作成するためには、建物側の要素の軸と人間側の要素の軸をそれぞれ確定し、次にその2軸によってつくられるマトリックス上で、考えられる力学的接触パターンを洗い出すという作業が必要である。

まず、建物側の要素については、建物を構成する要素を点、線、面ととらえ、その組み合わせを軸とするのが適当と考えた。この考え方によると、材料や物性の問題、細かい形状や寸法の問題、建物内の位置や用途の問題など、力学的接触に影響を与える種々の問題を一旦無視することになるが、これについては、力学的接触パターンが得られ、それが研究のテーマとなった時に改めて考えればよいと判断した。また、点、線、面を組み合わせるとき、順列組み合わせですべてを拾い上げると膨大な数になってしまうが、通常の居住環境では現れない極端な側や、他の組み合わせに含めてもよいような側を除き、で

きるだけ単純化してとらえれば、それほど数にはならないと考えた。

次に、人間側の要素の軸であるが、これについては、力学的接触パターンを拾い出すという目的からいって、人体の節点部に着目するのが最もふさわしいと考えた。これも、当然のことながら、力学的接触に影響を与える年齢、性別、個体差、人数などを無視することになるわけだが、建物側の要素のときと同じく、具体的な研究テーマの段階で再び問題にすればよい。図1は、拾い上げた人体の節点部を示したものである。接触パターンのマトリックスをつくるためには、この節点部の組み合わせを軸にする必要があるが、これについても、極端な組み合わせを除けば、それほど数は多くならない。

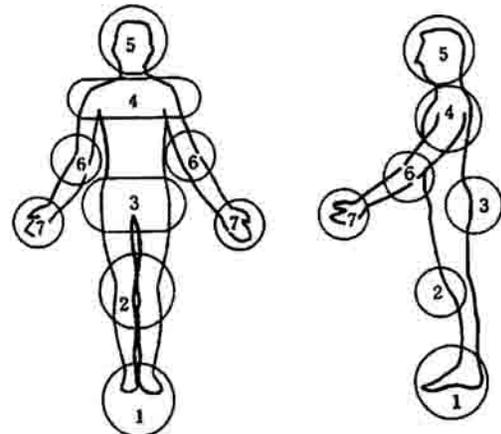


図1 人と建物との力学的接触パターンを考えるための人体の節点

さて、このような考え方で作り出された2つの軸によって、人と建物との接触パターンを洗い出すわけであるが、この洗い出し方にもいくつかのルールを考へておく必要がある。

まず、人の動きをどう考えるかという問題であるが、接触パターンとしては、動きのなかの最も典型的な一瞬をとらえるのがわかりやすい。しかし、そうすると接触パターンとして示される図には、この前後の動きは表現されないことになるので、これについては、やはり具体的な研究テーマのなかで補っていく必要がある。

また、どの程度普遍性のある接触パターンを拾い上げたらいいかという問題については、日常生活のなかでごく普通に現われるもの以外は切り捨ててよいと考えた。特殊な接触パターンを拾い始めるときりがなければならず、このチェックリストの目的からいって、頻度の高い基本的な接触パターンさえきちんと押さえておけば、そういう特殊なものはそのバリエーションとして十分処理できるはずだからである。ただし、このような考え方からすると、同時に事故の際の接触パターン、例えば、転んだときの接触パターンなどが除かれてしまうことに

なるが、これについては、本来別の視点から見なければならぬ問題と考えるべきであろう。したがって、このチェックリストには、日常災害の起因事故に関する接触パターンまでは含まれるが、傷害事故に関する接触パターンは除かれるということになる。

もう一つの問題は、接触パターンの細かいディテールについてどう考えておくかということである。例えば、片手か両手か、片手の場合右手か左手かというような問題や、特に各種の作業などに現われる手の微妙な使い方、指の微妙な使い方などをどう考えておくかということであるが、これについても、実際の研究テーマとなったときの問題と考え、ここでは一応無視することにする。

以上のような考え方で、人と建物との力学的接触パターンを洗い出したのが図2である。これまで述べてきたことから明らかなように、かなり単純化された接触パターンのリストとなっている。いわば、接触パターンの大項目を落ちのないように洗い出したという性質のものである。このままでも、かなり具体的な研究テーマを拾い出せるのではないかと考えているが、もし必要ならば、このうちのひとつの接触パターンをさらに細かくパターン分けすることなども十分考えられる。

建物の形	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
1.1								
1.2								
1.3								
1.4								
1.5								
1.6								
1.7								

§ 3 行なった実験の位置づけ

前回および今回行なった床の実験は、このリスト上では、A-1に位置づけられる。すなわち、Aという建物の形と、1という人体の節点に対応した力学的接触パターンということになる。

実際に実験したのは、この接触パターンのうち、特に問題となる「すべり」についてである。これを解明するために、最大摩擦抵抗力の測定と実際に生ずる水平力の測定を別々に行なって組み合わせるという方法をとった。前者は前報で報告し、後者を今回以下に報告している。このうち、最大摩擦抵抗力の測定結果は、例えばE-1などにも適用できる。

また、今回報告する把手の実験は、B-1.7として位置づけられる。すなわち、Bという建物の形と1および7という人体の節点に対応した力学的接触パターンである。この実験は、把手を回転させる力を測定したものであるから、7の節点のみに着目している。

その意味で、実験はこの接触パターンのなかのひとつの問題を扱ったものといえる。

建物の形	A	B	C	D	E	F	G	H
1-2.4								
1-2.5								
1-2.7								
1-3.4								
1-3.7								
1-4.7								
1-2.7								
1-3.4.5								
1-3.4.6								
1-2.4.5								
1-3.4.6								
1-2.4.6								
1-3.4.6								

図2 人と建物との力学的接触パターンのチェックリスト

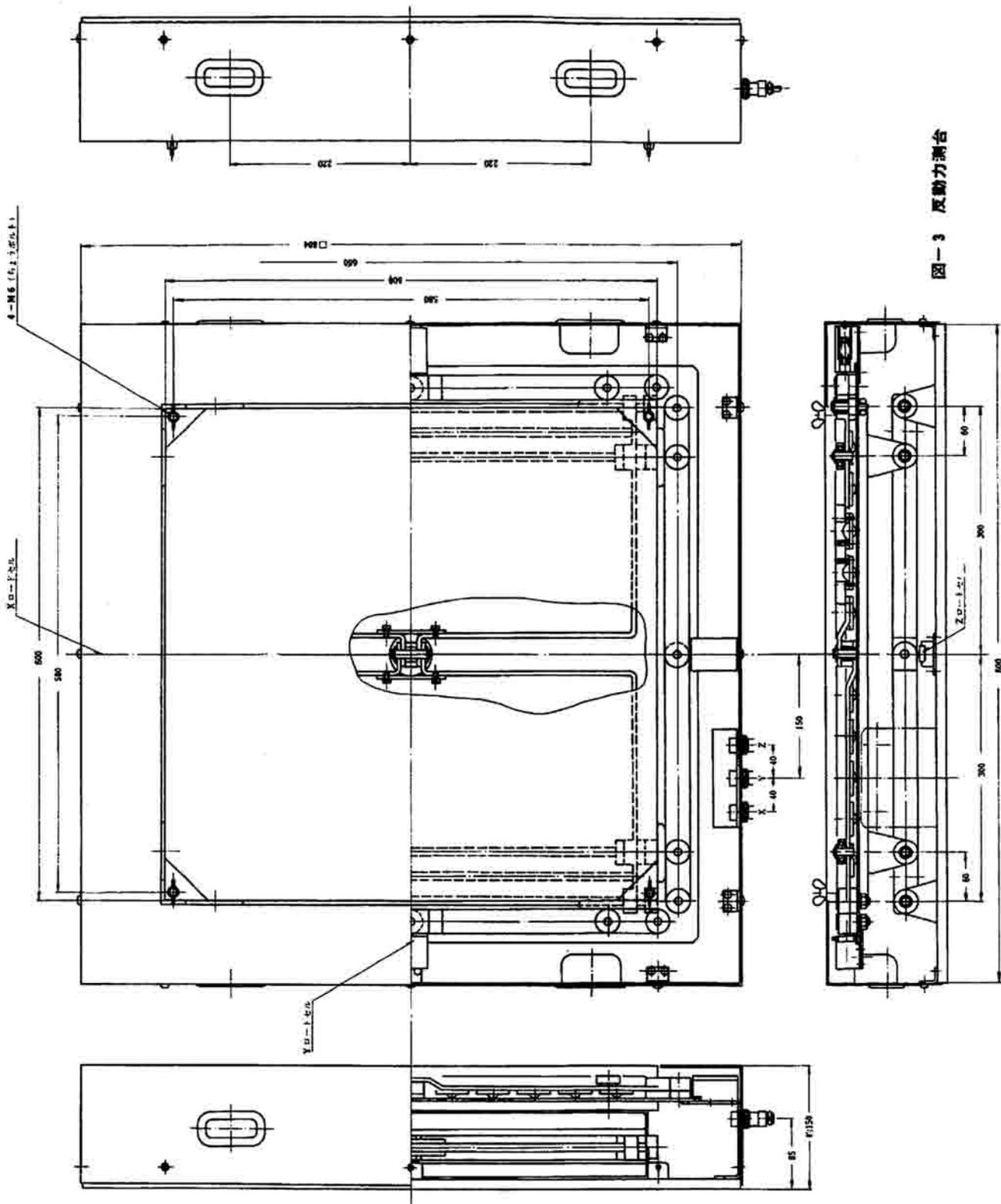


图-3 反動力测台

2編 人間の正常歩行時に床に与える水平力に関する解析

§ 1 目 的

昭和49年度に行なった「住宅の日常安全性に関する研究」により明確になったことは、人の足と床仕上材との間に生ずる摩擦抵抗力の大きさであった。

本年は、この研究の続きで、人の正常歩行時に床に与える水平力を求めようとするものである。歩行時に床に与える水平力が明らかになれば、49年度に行なった足裏と床仕上材との間の摩擦抵抗力とを比較することによって、水なくとも正常歩行時にはすべりによる転倒は防止できよう。

この種の測定は広く諸外国でも行なわれているが、これといって定まった値は得られていない。実際に人の歩行は人によってかなり相異しているため、むしろ定まった値になるのが不思議なので、いろいろの値が求められていのだと思う。

今回の測定の目的は家庭内における歩行を仮定して靴をはいた場合以外に素足による正常歩行時の水平力を測定した。水平力測定には反動力測定装置を使用した。この装置は当研究室が新たに開発したもので、一般的には鉛直力200kg、水平力2方向各々100kgまでを測定できる。この装置は新たな開発途中であったため、装置自体の精度を把握しきれず、この結果実験は2回行なっている。即ち、装置そのものの精度を確認するための実験1とそれによって補正を加えた実験2とである。

§ 2 実験 その1

I 実験装置

測定台は800mm×800mm角で、その上に600mm×600mmの床材が自由にネジで取り付けられるようになっている。人間がこの上を歩くと水平方向荷重(X, Y)と垂直方向荷重(Z)がロードセル(共和電業LM-50KA)により検出される。各ロードセルには「てこ」の原理により、実際の荷重の $\frac{1}{4}$ しか作用しないように作られているので容量50kgのロードセルであるが200kgまでの荷重が測定することができる。しかし、水平方向に関しては足の接地時とつま先のけり出し時があるので正負の荷重が測定できなければならない。そこであらかじめ、ロードセルに荷重を加えておく必要があり正負ともに100kgまでしか測定することができなくなっている。

測定台の高さに合わせるために、手前に5m、測定台の先に2mの合板製の助歩路を作った。

荷重の記録は動歪計(東京測器DT-64) ビジグラフ(三栄測器FR-102)によった。

II 被験者

被験者は表1のごとくである。

表-1 被験者とはきもの

氏名	年齢	性	身長cm	体重kg	はきもの	ヒール高cm
Y.M	22	男	171.0	69.0	皮靴	-
A.Y	22	♂	161.3	62.5	♂	-
H.U	47	♂	176.0	76.0	♂	-
Y.K	22	女	156.2	49.0	ハイヒール	5.0
K.I	22	♂	160.0	54.0	♂	10.0
S.Y	22	♂	158.2	65.0	♂	9.7
K.F	22	♂	157.0	49.0	♂	9.0
F.K	6	♂	108.0	18.0	ゴム靴	-
M.I	6	♂	116.5	19.0	♂	-
T.T	6	♂	111.0	19.0	♂	-

III 実験方法

被験者に助歩路上を歩かせ、反動力装置の測定台上を通過して通りすぎるまで動歪計によってオシログラフにそのときの力の状態を記録させる。このグラフを後に分析する。被験者が所定の測定台上に意識的に足を乗せないように、何回か練習させて測定台上に意識せずに足が乗るようにスタートラインを決定した。そして、出来るだけ無意識で測定台上を通過したときのデータだけを採用した。

実験の種類は助歩路上を被験者がいつもはきなれた靴で、まっすぐ歩いて行く場合の普通歩行と、はだしでまっすぐ歩いて行く場合の裸足歩行の二種類を行なった。実験回数は1人に対して5回を原則とした。

IV 実験結果

実験結果は表2, 3のごとくである。結果の数値は歩行状態を観察して適当と思われるものを5つ選び、それらの中の最大値、最小値と5つの平均値である。

かかとの接地時とは人間が歩行する場合に普通はかかとが一番最初に床に接地するので、その瞬間に床に加わる荷重を求めたものである。つま先のけり出し時とは、体を前に進めるために床をけて前に押し出す時に床に加わる荷重を求めたものである。平均値の下段の数値は平均の値を、その人の体重に対する百分率で表わしたものである。

歩行方向に対するX・Y・Zの各方向及び正負は図4のごとくである。

図5, 6は表2, 3をグラフ化したものである。この際の値は、かかとの接地、けり出し時ともに進行即ちY方向の最大値に対応するXおよびZを取っている。

表-2

実験結果 (普通歩行)

氏名	かかとの接地時									つまさきのけり出し時								
	最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg			最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Y.M	20.2	16.8	70.1	8.3	10.1	56.3	14.4 21	15.0 22	61.5 89	12.7	-19.8	84.0	3.8	-23.3	80.0	7.7 11	-21.8 30	82.0 119
A.Y	9.4	18.9	92.7	-3.1	12.0	70.2	6.4 10	14.7 24	81.5 130	9.4	-22.3	85.0	-2.9	-26.1	78.0	5.0 8	-23.1 37	80.6 129
H.U	16.0	12.1	58.1	10.3	6.6	45.5	12.3 16	9.4 12	50.0 66	23.1	-26.2	94.0	-1.7	-29.1	90.0	1.7 2	-27.6 36	91.6 121
Y.K	4.5	10.7	30.6	2.2	4.9	19.1	3.6 7	7.1 14	24.0 49	4.6	-13.8	64.0	-0.4	-15.8	64.0	3.6 7	-15.1 31	64.0 131
K.I	11.3	19.6	48.5	3.8	17.1	43.0	7.7 14	18.8 35	44.2 82	4.9	-17.7	82.0	2.1	-23.8	68.0	3.1 6	-21.8 40	72.8 135
S.Y	16.1	12.1	32.1	12.3	10.1	26.5	14.8 23	11.3 17	29.3 45	9.2	-18.5	87.0	5.8	-21.7	81.0	7.3 11	-20.2 31	84.4 130
K.F	3.7	11.3	54.1	-5.0	8.7	40.0	0.1 0	9.6 20	47.0 96	8.7	-13.5	70.0	-5.1	-17.6	56.0	3.9 8	-14.9 30	61.6 126
F.K	-2.5	5.5	35.0	-4.6	4.7	28.0	-3.6 20	5.0 28	30.6 170	-1.2	-5.1	28.0	-4.2	-7.5	23.0	-3.4 19	-6.1 34	25.2 140
M.I	5.9	0.7	31.0	-4.4	-1.3	26.0	-2.2 12	-0.9 5	28.6 151	6.5	-3.1	26.0	-4.0	-8.1	23.0	-2.2 12	-5.0 26	25.0 132
T.T	-3.7	4.9	29.0	-4.4	0.5	24.0	-4.0 21	3.7 19	26.2 138	-3.7	-7.0	26.0	-4.0	-7.6	24.0	-3.8 20	-7.3 38	24.8 131

表-3

実験結果 (裸足歩行)

氏名	かかとの接地時									つまさきのけり出し時								
	最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg			最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Y.M	5.1	18.1	96.5	-4.8	11.1	75.2	4.0 6	14.1 20	89.5 130	6.8	-16.7	75.2	-2.6	-31.1	72.7	-0.3 0	-19.8 29	74.5 108
A.Y	7.2	21.1	118.2	2.3	15.8	91.1	5.9 9	19.5 31	104.2 167	18.1	-18.8	80.0	9.4	-22.0	73.9	13.0 21	-20.2 32	77.6 124
Y.K	2.2	4.2	42.1	-0.1	2.7	38.3	1.4 3	3.4 7	39.8 81	-0.1	-12.5	67.0	-1.7	-14.5	62.0	-0.5 1	-13.2 27	63.8 130
K.I	4.6	6.6	58.7	-0.5	5.7	45.9	1.7 3	6.2 11	53.6 99	-0.1	-12.0	62.0	-3.6	-13.1	57.0	-2.4 4	-12.7 24	58.9 109
S.Y	5.6	7.7	40.6	1.9	5.2	36.4	2.8 4	6.4 10	38.9 60	2.2	-16.0	89.5	-3.5	-17.7	81.2	-1.3 2	-17.0 26	86.2 133

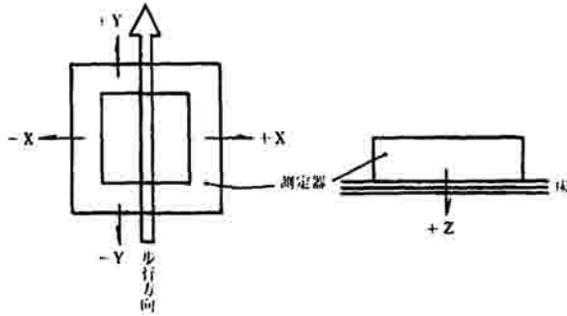


図4 被験者の歩行方向とグラフの正負方向

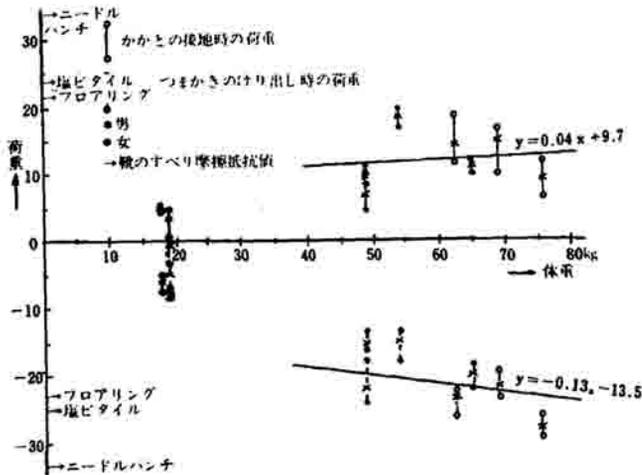


図5 体重とかかとの接地時及びつまさきのけり出し時の荷重 (Y方向) (普通歩行)

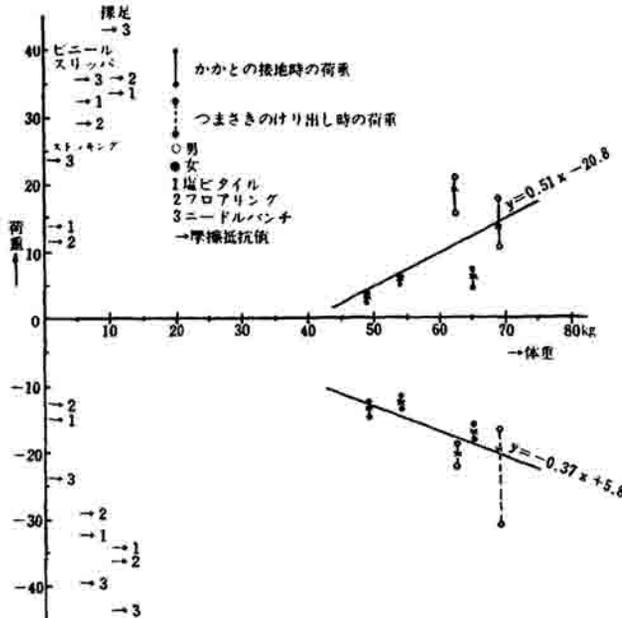


図6 体重とかかとの接地時及びつまさきのけり出し時の荷重 (Y方向) (裸足歩行)

§3 実験 その2

I 実験装置

実験装置は、実験1で使用したものを改良して使用した。改良した点は実験1では、垂直方向 (Z方向) に荷重が加わると水平方向 (X・Y方向) にもその影響が表われ、X・Y方向にも力が加わった如くメーターが作動する。この原因は加力板部分の剛性が不足しているため加力板が歪むため、X・Yの感知部に変形をおこさせ、この結果メーターが作動することが判明した。そこで、この装置を改良したが、それでも完全には除去しきれず、この誤差は、加力板部分を区分して、これにZ方向に加力し、このときに生ずるX・Yに対する影響をあらかじめ調整しておき、この結果求めた補正曲線により加力値を逆算する方法を取った。

装置の調整方向は加力板を9等分し、おのおのの領域に加力した場合のX・Y方向の影響を実測した。このときに使用した荷重は鉄重錘20, 40, 60, 80, 100kgの5種類を使用した。荷重の加え方は各領域に各々の重錘をのせて行くのだが、この方法は歪が重なることを考慮して、おのおのの荷重に対して1回づつともにもどして加力した。即ち、20kgを加え、これを取りのぞき0になったことを確認し、しかるのち、40kgを加力する。このようにして逐次100kgまで加力する。このときのX・Yに生ずる水平力への影響を求めた。実験に際しては被験者が加力板にのった位置を目視により確認し、この位置により補正する。

II 被験者

被験者は表-4のごとくである。

表-4 被験者とはきもの

氏名	年齢	性	身長 cm	体重 kg	はきもの	ヒール高 cm
T. N	24	男	163.5	63.0	皮鞋	4.5
H. U	47	♂	175.5	71.0	♂	3.0
Y. M	24	♂	163.0	63.0	♂	3.0
K. M	23	♂	172.0	56.5	♂	3.5
S. F	27	♂	169.0	75.0	♂	3.0
R. N	20	女	152.0	40.0	ハイヒール	7.5
K. S	20	♂	155.0	42.5	皮鞋	4.5
K. W	20	♂	155.5	49.0	サンダル	4.5

III 実験方法

実験方法は実験1と同じである。実験の種類も実験1と同じ靴をはいた場合と、裸足の二種類である。

実験2では、所定の測定台の真横加力部より2mの距離から16mm 撮影機により、歩行形態を撮影し、これよ

り参考として足の接地角度及び接地速度を求めた。

1と同様図4のごとくである。

IV 実験結果

実験結果は表5・6・7のごとくである。実験の確実な資料が3回得られるまでくりかえし行なった。

表5・6中の数値はその最大値、最小値と3回の平均値である。また、平均値の下段の数値は平均値の体重に対する百分率である。

表7は足の接地を撮影した16mmフィルムを16mm解析機にかけて測定したものである。但し、接地角度、接地速度は本実験の主目的ではないので16mm撮影は24コマ/秒で行なった。このため接地瞬間を必ずしも全部のフィルムがとらえているわけではない。従って中で一番接地瞬間と思えるもの一つを選んで測定を行なった。

図7・8は表5・6をグラフ化したものである。

歩行方向に対するX・Y・Zの各方向及び正負は実験

表-5 実験結果 (普通歩行)

氏名	かかとの接地時									つまさきのけり出し時								
	最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg			最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
T.N	1.9	22.1	91.3	-10.0	19.5	75.8	-2.8 4	20.7 33	85.7 136	10.1	-2.4	69.6	0.4	-2.4	58.0	3.8 6	-2.4 4	65.7 104
H.U	1.8	27.3	101.4	-7.3	26.9	82.0	-2.8 4	27.1 38	90.5 128	-2.1	-4.0	85.1	-8.5	-17.9	75.2	-6.0 8	-9.8 14	80.9 114
Y.M	0.9	26.0	89.8	-5.7	22.7	72.0	-2.7 4	24.2 38	80.5 128	-1.6	-8.2	75.2	-4.6	-12.7	65.7	-3.0 5	-9.9 16	69.1 110
K.M	-2.5	18.4	84.6	-6.1	9.6	48.8	-4.3 8	13.7 24	66.3 117	4.9	-1.6	54.7	2.5	-3.8	47.4	3.9 7	-2.5 4	51.8 92
S.F	2.2	18.3	65.6	0.0	15.3	55.4	1.0 1	17.5 23	62.2 83	8.6	-8.3	64.2	0.7	-13.8	31.3	4.6 6	-11.9 16	46.0 61
R.N	3.8	25.1	65.4	-8.8	22.7	42.1	-2.7 7	23.7 59	55.2 138	2.4	-2.7	52.0	-5.5	-5.0	40.9	-1.4 4	-3.5 9	47.9 120
K.S	2.3	12.8	41.9	-4.0	10.7	40.4	-0.3 1	12.1 28	40.9 96	-0.3	-0.1	45.8	-5.6	-4.8	34.7	-2.2 5	-2.2 5	41.5 98
K.W	7.9	8.3	59.0	-5.0	5.6	26.2	-0.4 1	7.1 14	43.2 88	8.1	-2.4	37.9	0.2	-5.6	24.1	2.9 6	-4.0 8	32.8 67

表-6 実験結果 (裸足歩行)

氏名	かかとの接地時									つまさきのけり出し時								
	最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg			最大値 kg			最小値 kg			平均値 kg		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
T.N	8.3	20.2	66.9	-0.2	13.9	38.6	3.2 5	17.0 27	55.1 87	8.8	-4.7	44.4	1.3	-6.0	35.7	5.5 9	-5.6 9	39.1 62
H.U	2.8	34.0	83.9	-12.3	28.7	78.9	-2.7 4	32.0 45	81.8 115	-2.4	-8.9	74.5	-12.8	-12.8	70.2	-7.6 11	-11.1 16	72.6 102
Y.M	2.0	33.7	80.5	-2.9	30.6	70.4	-1.2 2	32.0 51	75.3 120	2.1	-4.9	75.1	-3.5	-7.0	58.0	-0.5 1	-6.3 10	67.6 107
K.M	2.0	30.4	91.7	-18.4	22.7	61.1	-8.9 14	27.3 48	78.8 111	8.6	-4.3	44.4	-0.9	-6.8	33.5	4.0 7	-5.6 10	37.4 66
S.F	9.4	16.8	44.0	3.6	14.1	16.6	7.0 9	15.4 21	26.0 35	1.5	-8.4	72.8	-8.5	-11.9	61.3	-4.7 6	-9.8 13	66.8 89
R.N	6.9	17.2	41.5	0.8	10.6	25.5	2.8 7	14.3 36	34.7 87	3.3	-5.0	39.3	-1.9	-6.2	29.0	1.4 4	-5.6 14	35.1 88
K.S	-2.0	13.7	26.2	-2.4	10.7	24.7	-2.2 5	12.1 28	25.5 60	1.4	-4.4	40.7	-3.8	-5.9	26.1	-0.8 2	-5.1 12	33.9 80
K.W	2.5	9.4	42.6	-6.0	8.6	31.1	-2.1 4	8.9 18	38.5 79	-0.4	-2.3	43.3	-2.2	-3.0	33.3	-1.1 2	-2.5 5	38.5 79

表-7 足の接地角度及び接地速度

氏名	接地角度		接地速度 cm/sec	
	普通歩行	裸足歩行	普通歩行	裸足歩行
T.N	21°30'	14°00'	191	151
	21°50'	14°50'	128	126
	29°20'	14°10'	149	162
H.U	25°10'	20°20'	180	144
	23°50'	19°00'	213	199
	27°30'	20°10'	102	89
Y.M	28°10'	21°20'	220	172
	28°40'	15°30'	128	190
	28°30'	20°50'	137	108
K.M	27°10'	20°00'	120	100
	30°40'	19°10'	157	109
	28°40'	20°40'	130	107
S.F	19°40'	13°30'	138	197
	18°10'	12°40'	202	181
	21°00'	10°40'	202	184
R.N	21°00'	12°10'	181	239
	20°50'	12°50'	163	129
	18°20'	13°20'	133	167
K.S	21°00'	13°40'	132	132
	21°40'	13°40'	151	129
	24°30'	14°30'	125	115
K.W	19°40'	-4°40'	142	86
	20°30'	2°40'	183	147
	16°20'	4°20'	128	182

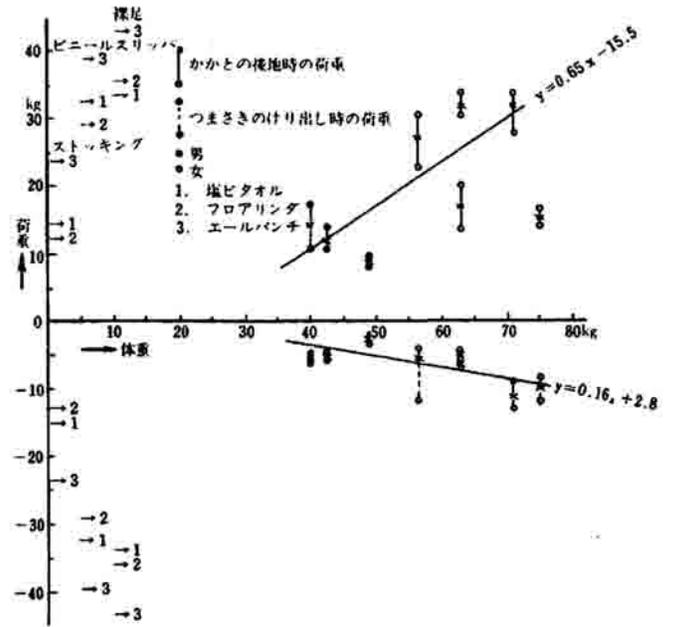


図8 体重とかかとの接地時及びつまさきのけり出し時の荷重(Y方向) (裸足歩行)

§4 実験1の考察

I 普通歩行の場合

i) かかとの接地時の水平荷重

a. 歩行時には接地瞬間にX・Y方向ともに水平力が加わる。このうち進行方向(Y)の力は体重の変化による変化は少なく最大値は15~20kgの範囲にある。このごく少ない実験例で一応平均値の回帰直線を求めると $y = 0.04x + 9.7$ となる。yは水平荷重、xは体重である。図5で示す子供の水平力から考えて、この回帰直線は体重の少ない範囲でかなり異なったものになると考えるべきである。

子供の場合X・Y方向ともに水平力が生ずるがその値はかかとの接地時に体重に対して平均15%程度である。そして進行方向(Y)が大きく直角方向の約2倍の値となっている。

b. 進行方向と直角方向(X)の力は回帰直線が $y = 0.45x - 19.0$ であり、体重にかなり影響を受ける。即ち、歩行形態が外股、内股によって、この力は変わる。本測定では最大15kgを記録した。

X・Y方向の合力として接地瞬間には力が加わるのだからこのときの力の方向はかなり変化に富んでいる。

ii) つまさきのけり出し時の水平荷重

a. つまさきのけり出し時の荷重は進行方向で $y =$

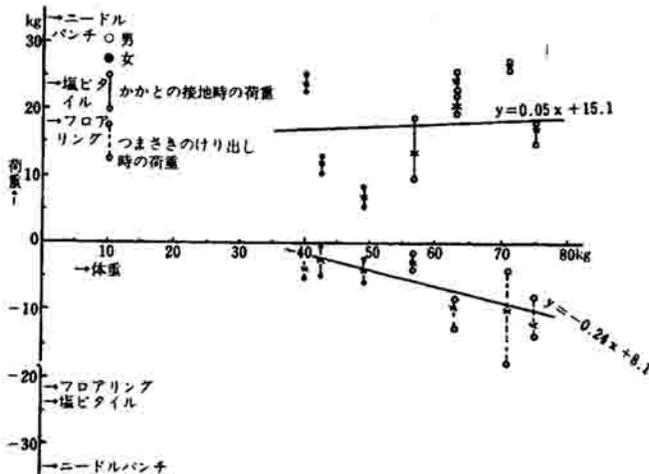


図7 体重とかかとの接地時及びつまさきのけり出し時の荷重(Y方向) (普通歩行)

-0.13x-13.5 最大荷重25kgを測定している。

体を前進させるため、接地時に比べて荷重は大きく、すべり現象は顕著だが、つまさきのけり出しのため体の平衡を失なうことはあるが、転倒した場合、前向きとなり接地時のすべり転倒にくらべて危険性は少ない。但し、実験2においては、接地時の荷重がけり出し時より大きく測定されている。この結果は歩行形態の変化にもよるが測定器の誤差のためと考えられ、実験精度上からは実験2の結果を参考としたい。

b. 実験1で床仕上材とすべり現象との関係を求めると図5の縦軸に記入してある仕上材と比較すれば明確となる。この仕上材の記入位置は昭和49年度に行なった仕上材と種々の履物の組み合わせで行なった床仕上材料と足裏との水平摩擦抵抗値を示しており、この値と今回の実験値とを比較すれば平常歩行時のすべり現象の有無は判断できる。

iii) かかとの接地時の鉛直荷重

かかとの接地時に床面に与える鉛直力は人によってかなり異なり体重との関係も明確ではない。しいて回帰直線を書けば $y = 0.68x + 6.7$ となり、ほぼ体重より10~15kg程小さい。歩行時の鉛直力の最大はこの時点以外に最大荷重があるが、いずれにしても体重の約8割程度の力が接地時に加わり、この鉛直力によって理論上の摩擦抵抗値ならびに、床仕上材の変形による水平抵抗が生ずることになる。

iv) つまさきのけり出し時の鉛直荷重

けり出し時に床面に加える鉛直力は接地時に比べてかなり法則性はある。回帰直線は $y = 1.03x + 14.2$ 荷重のばらつきも少ない。この現象は接地時が実際にはなかなか時期的に判断できず、靴と足との密着の程度なども測定値に影響することから、外見的にはばらつきが大きいように見えるのに対しけり出し時は靴と足との間の密着性、けり出し時点の判断が比較的明確なため、測定結果も近似しているものと思われる。体重50kgの人で65kg、70kgの人で80kg程度の鉛直力が加わっている。

II 裸足歩行の場合

i) かかとの接地時の水平荷重

a. 図6で見ても明らかな如くかかとの接地時の水平荷重の回帰直線は $y = 0.51x - 20.8$ である。測定値はばらつきが小さく、この結果は靴をはいた時に比較して接地時の加力が明らかであること、足裏以外のものが介在していないことがあげられる。体重が重くなると水平力も大きくなり60kgの人で10kg、この値は、ほぼ今までの測定結果と一致する。

b. 住宅内で多く使用される床仕上材と履物との関係で言えることは、ビニールスリッパなどでは、まず問題はないがストッキングを履いたときにはフロアリングや

塩ビタイルの場合には危険である。掃除のよく行きとどいている場合など特に危険なので注意したい。

c. 進行方向と直角方向(X)の水平荷重の回帰直線は $y = 0.15x - 5.9$ である。水平荷重としては最大5kg程度であり、この程度だとすべりによる危険はない。

ii) つまさきのけり出し時の水平荷重

a. 進行方向の水平荷重の回帰直線は $y = -0.37x + 5.8$ で測定値のばらつきは少ない。床仕上材と履物との関係でいえることはストッキング履きの場合、塩ビタイルとフロアリングは危険である。

b. 進行方向と直角方向(X)の水平荷重の回帰直線は $y = 0.03x - 2.8$ であり、この力は歩行形態によって非常に異なり、外側、内側ともに力が増えられる。

iii) 鉛直荷重

鉛直方向荷重の回帰直線は $y = 1.98x - 53.6$ であり、つまさきのけり出し時のそれは $y = 1.03x + 10.7$ である。ともに体重よりも大きな力が床面に加えられている。裸足の場合には、この鉛直力と床仕上材との間におこる摩擦抵抗値が足裏の水平移動を阻止する主な力になるが、足裏はやわらかく変形自在なので床仕上材に凹凸があればこれに従って床仕上材になじむので、このひっかかりですべりをとめることもある。

§ 5 実験2の考察

本実験は実験1で使用した測定器の不備な点を改良して新たな実験計画のもとに再度実験を行なったものである。測定器が不備であったのはこの種のメカニズムで反動力を測定する測定器が今日まで無かったため設計当初では予知できなかったいろいろな点で実際使用上問題が出てきたためである。この一番主な点は前述の如く純粋な鉛直力時に水平荷重が表示されてしまうことで、これに対しては校正表を作って実験値を校正することとした。従って、本実験は、この種の測定器の設計と人の歩行時(更にその他のいろいろな人の動作と建物に加える力を測定することを目的としているが)に床に与える荷重の測定という二つの事を目標に行なっている。

I 普通歩行の場合

i) 進行方向のかかとの接地時

実験結果は人により変化が多い。これは歩行形態が人によって異なることおよび実験1のときと同様、履物と素足との間のなじみの悪さなどから測定値がばらつくものと思われる。一応、回帰直線を求めてみると $y = 0.05x + 15.1$ であるが、実際にはこの直線上にのっている実験値は一つもない。しかし、いえることは接地時の水平力は体重には関係ない。これは実験1と同様である。最大値は25kgであり、この水平力だと塩ビタイル、フロ

アリングおよびこれに類する床仕上材の場合には水平力によって足の移動があり、結果的にはすべることとなる。

ii) 進行方向のつまさきのけり出し時

けり出し時の水平力は体重による影響が顕著である。即ち体重の重い方が水平力は大きい。70kgの人で約15kgである。このことはごく自然なことであり体重の重い場合、それを前進させるためには大きな力が必要となるのである。転倒に直接つながるすべりではないので接地時程気にしなくてもよい。しかし、実際には歩き心地がきわめて悪いので床の快適さから見ると10kg以下のすべり抵抗値のものはさけたい。

実験1と異なるところは接地のときの力がけり出し時よりも大きいこと。測定器の補正からいえば実験2が正しいと考えるべきであるが、この点、更に実験を行なって結論を出したい。

iii) 進行と直角方向の接地時

Y方向の最大荷重時を標準として、X方向もその時点で荷重を求めているのでおのおのの被験者の測定値の変動幅はY方向に比べると大きい。しかし、実際にY方向とX方向とはほぼ一致していると考えてよい。

実験1の場合と同様、内股、外股の差は当然現われる。回帰直線は $y = -0.1x + 3.7$ である。測定値の最大値は10kgである。歩行時には、進行方向ばかりでなく横すべりもあることを注意すべきである。この力はおよそ±10kgと考えてよい。実験1では顕著に体重に影響を受け水平力の大きさも20kgにも達していたが進行方向の水平力との比較から考えてほぼ同じ大きさを示しており、合力としては進行方向に対して45°の方向を向いていることになる。実際にこのようなことはごく稀れであって、X方向の分力としては実験2の値が正しいと考えるのが妥当であろう。この点、更に実験を行なう予定である。少なくとも、この値が正しいとすれば横すべりの危険性は住宅内での仕上材ではまずないものと判断した。

iv) 進行と直角方向のけり出し時

この値もiiiの場合と同様、代表する荷重の求める時点が多少最大値からはずれているために被験者の各人の測定値の変動は多少ある。

内股、外股はその被験者のくせによるものだが体重には関係ない。回帰直線は $y = -0.01x + 1.5$ である。このときの値は±10kg程度を考えておけばよい。

v) 鉛直方向の接地時

Yの最大値に対応するZの位置は最大値からかなりはずれている。人によっては、この部分の曲線が最大値へと向う途中の状態で安定しないため、おのおの被験者についてかなり変動している。一応、回帰直線を求めると $y = 2.01x - 47.9$ となる。最大力は非常に大きく70kgの体重で100kgにも達する場合がある。

vi) 鉛直方向のけり出し時

この値も接地時の荷重と同じことがいえる。回帰直線は $y = 1.27x - 13.9$ であり、最大値は80kgである。

II 裸足歩行の場合

i) 進行方向の接地時

実験1の場合に比べて荷重は大きい。体重による影響は重い程水平力が大きくなる傾向がある。実験1で30kg以下であったものが本実験では最大値34kgを測定している。この水平力だと、ビニールスリッパ、ストッキング及びこれに類する室内履を履いている場合でも、塩ビタイル、フロアリング、ニードルパンチカーペットなどすべる場合がでてくる。

素足でも塩ビタイル、フロアリングはすべりにより足の移動があり、すべり転倒の危険があると考えられる。

裸足は実験的には一番水平力として大きな値が求められるから行なったものであり、実際に、ビニールスリッパ、ストッキングなどを履いた場合にはこれと異なった水平力がでるであろう。しかし、いずれの場合も裸足の場合よりも小さい値となることが予想される。というのが裸足が人間として一番歩き易いし、又、実験台も合板なので、すべりによる転倒の恐怖は被験者には全然与えないからである。これになにかを履けば歩行形態は制約を受け歩幅は小さくなることが予想されるからである。歩幅が小さくなれば自然に接地時の水平力は小さくなる。従って、この値をおのおの履物を履いたときに適用しておけば少なくともすべり転倒を予測するためには安全側となる。実験1との関係は補正方法にもよるが本実験の値を採用するのが妥当と考えられる。

ii) 進行方向のけりだし時

接地時と異なり、実験1との比較では小さくなっていく。その値は約半分である。最大測定値は10kgである。回帰直線は $y = -0.16x + 2.8$ である。測定値はかなり近似しておりX方向の力と比較して考えると妥当な値であり信頼のできる値である。10kg程度だと家庭内での歩行感の良いはずであり、けりだし時にすべりはおこらないということである。

iii) 進行と直角方向の接地時

この場合、内股、外股の影響があらわれ被験者のくせが測定値に反映している。1人の被験者でも場合によっては力の加わり方が異なることがあるが、±10kgのうちにおさまっている。いずれにしても横すべりはまずないと考えてよい。実験1の場合も10kg内におさまっており裸足の横への水平力は、ほぼこの程度であろう。

iv) 進行と直角方向のけり出し時

この場合もiiiと同様と考えてよい。

v) 鉛直方向の接地時

i~ivと同様だが傾向を知るのみだが、やはり体重が増すごとに鉛直力は増す傾向がある。

VI) 鉛直方向のけり出し時

Vと同じである。

§ 6 今回の実験についての問題点と今後の対策

I 測定器

測定器に荷重を加えた場合、最初0点に合わせたものが1回荷重を加え、これを取り去っても完全に0点にもどらない。従って実験は1回ごとに0点に合わせ行なったのであるが接地時の力は正確に取っていても、けり出しの時の荷重はすべて信頼できるとは限らない。この見かけの残留荷重はX、Y方向で荷重60kgで6%程度ではあるがやはり、このような誤差のないように測定器の改良をする必要があろう。

測定器の加力板の位置によって測定値が異なること。これは前述の如く、9象限に分けて、おのおの象限における補正値を求めたのであるが、測定器設計の時点では加力板のどの位置にのっても皆等しい値を得るようにしたのであり、又、実験でもそうなければならない。この点、加力板の剛性をかなり増す必要があり、今後の問題である。

II 被験者

測定器の加力板は600×600mm角なため被験者がこの上にのるのにかなり意識し、このため平常歩行が変ってしまうことがある。従って測定値が普段の平常歩行時のものと異なることがある。このことに関しては、被験者に意識させないよう、何回も繰り返して練習し、実際にも外見上意識して加力板上に乗った場合には、測定値の中には入れなかった。一般の被験者を実験で平常となら変らないように歩かせることは至難のわざではあるが欲を言えば加力板をもう少し大きくすることでこの点も解消するだろう。

歩行速度は特にメトロノームなどによって規制しなかったが普段の歩き方で歩かせた。

III 今後の問題

家庭内では老人、子供など歩行形態の異なった人がいる。又、床に与える水平力も、平常歩行ばかりでなく、走る、階段をおりる、重いものを持つなどいろいろな状態が予想される。

家庭内ですべり転倒による災害はこれらの諸行動のうちには内在しているので本研究もただ歩行だけにとどまらず、これら人間が床に与える一連の水平力をすべて測定しこれで安全な材料を選び出すことができるように資料をととのえたい。

反動力測定装置はこの意味で更に改良を加え広く人間の力を測定する予定である。そして、現在これらの研究は続行中である。

3編 とつ手に関する研究

§ 1 目 的

ドアのとつ手に加わる人間の手の回転力を求めとつ手のドアへの取り付け位置や耐力に対する設計資料とすることを目的としている。

既往の研究としてはダルカスによる手くびの回転力に関するもの(1951)、筆者らによる「ドア錠のノブ取り付け高さに関する試験研究」(建築学会大会昭和48年)「ドア錠のハンドル、ノブの回転力試験」(建築学会大会昭和49年)などがあるが、今回はこのドア錠のハンドル、ノブの回転力試験と同じ装置を使って、レバーハンドルの場合の人間力の測定を行なったものである。この人間力を測定することにより、レバーハンドルの場合のトルクの大きさ、レバー長さ、取り付け位置などを決める資料とすることを目的としている。

§ 2 実験装置

実験装置は図9のごとくである。フレームは山形鋼(L50×50×5)を使用した。レバーハンドルは一種類で図10のごとき鋼鉄製の物で床より1525mmの高さにとりつけた。レバーハンドルは直径230mmの定滑車にとりつけられており、レバーハンドルを回転することにより図9のように分銅を持ち上げる構造となっている。分銅は黄銅製で0.5kg単位で計ることができるものとした。

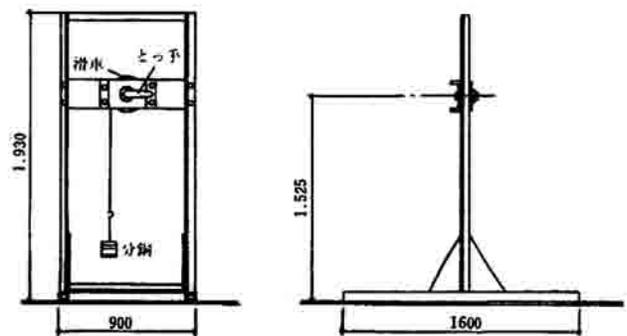


図9 実験装置

§ 3 実験方法

I 実験方法

被験者を実験装置の前に足をそろえて立たせ、腕を真すぐに前にのばして肩の高さとして、レバーハンドルをにぎらせた。腕の高さと、レバーハンドルの高さは合板を足の下に敷き重さねて調節した。決められた角度のレバーハンドルを決められたにぎり方によってにぎらせ、

どれだけの重さの分銅まで持ち上げることが出来るか、分銅をしだいに重くすることによって回転力を測定した。

レバーハンドルのにぎり方は、第1指又は第5指の外側が図10の察印の線の位置にくるように、にぎらせた。

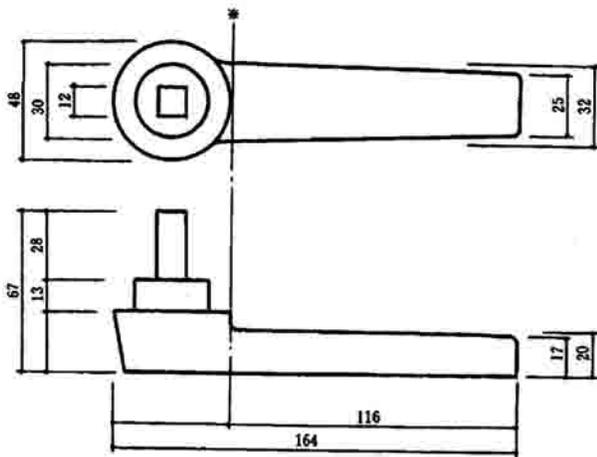


図10 レバーハンドル

II 被験者

被験者とその身体の測定値は表8のごとくである。

III 実験の種類

実験を行なった種類は表9のごとくである。表中の○印が実験を行なった種類であり、これは手くびをまわしてみ、回転可能と思われるレバーハンドルの角度を決定したものである。レバーハンドルの角度の名称と持ち方は図11のごとく決めた。

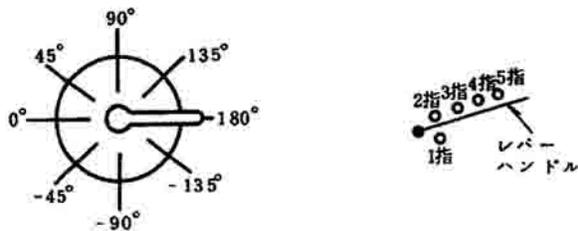


図11 角度の名称と持ち方

§ 4 実験結果

実験結果は表10のごとくである。表中の上段の数値は被験者が持ち上げることのできた分銅の重さ (kg)、中段は分銅を乗せる台とそれをつるオワイヤーロープの重さ、0.2 kgを分銅の重さに加え合わせた荷重、つまり実際に被験者の手に加わった荷重 (kg) である。

下段は中段の荷重を1 m当りの回転力 (kg・m) に換算した値である。

図12は表10をグラフ化したものである。図中の三本のグラフは上からその角度における最大値、平均値、最小値

である。

§ 5 考 察

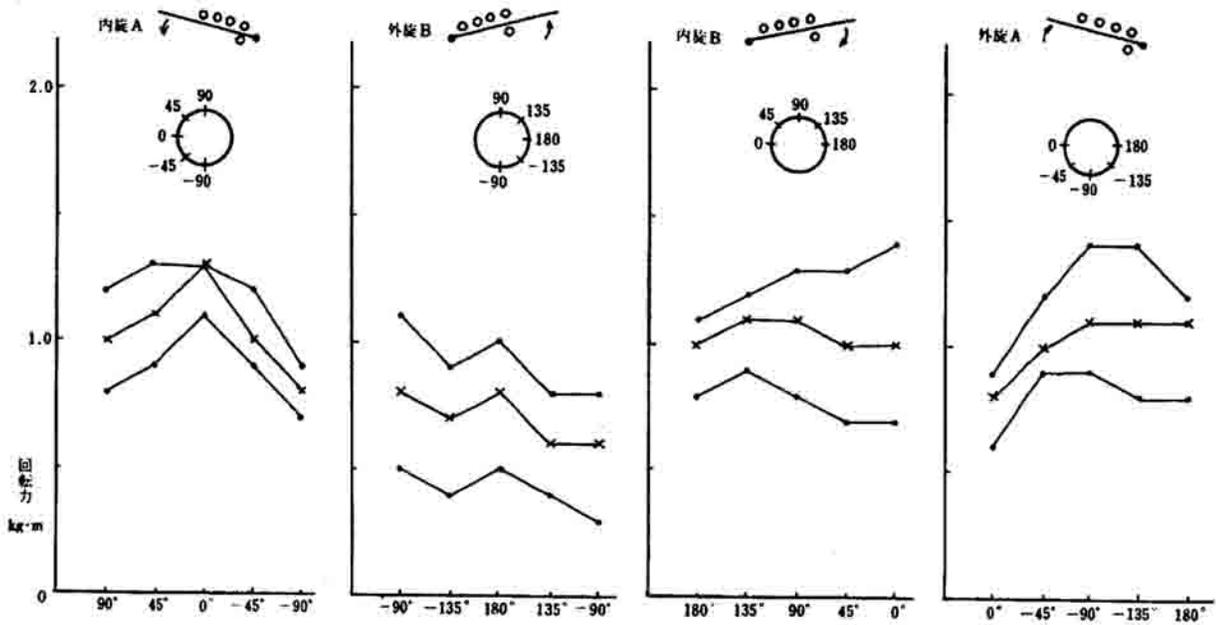
今回の実験は通常家庭で使用されているデザイン化されているレバーハンドルではなく、既製品ではあるが手でしっかりとにぎることのできる物を選んで行なった。

図12のグラフからわかるように、左右の手の旋回方法が対称的な動きをした場合は、グラフの形が相似な形となっている。そして、右手の方が常に0.1～0.2 kg・m力が強い、これは被験者全員が右ききのためであろう。このことは、左右どちらの手でレバーハンドルを回しても、回わすこと自体には何の影響もないが、ただ、きき腕の方が少し力が強く、回わしやすいということである。

今実験でもっとも力が出るのは右手の内旋Aの時でレバーハンドルの角度が180度の場合である。これは、通常ドアにレバーハンドルが取り付けられている状態と一致している。

腕を真すぐに伸ばして、レバーハンドルをつかむということは不自然であり通常では行なわれなないことである。たいていはドアの1.1 m内外のところに取り付けられたレバーハンドルを回すのであり、腕をまげた自然の体勢であれば、今実験によって得た回転力よりも数倍の力がでることが予想される。

実験は今後、腕を曲げた状態や、市販されている種々のレバーハンドルの場合も行き予定である。



a 左手

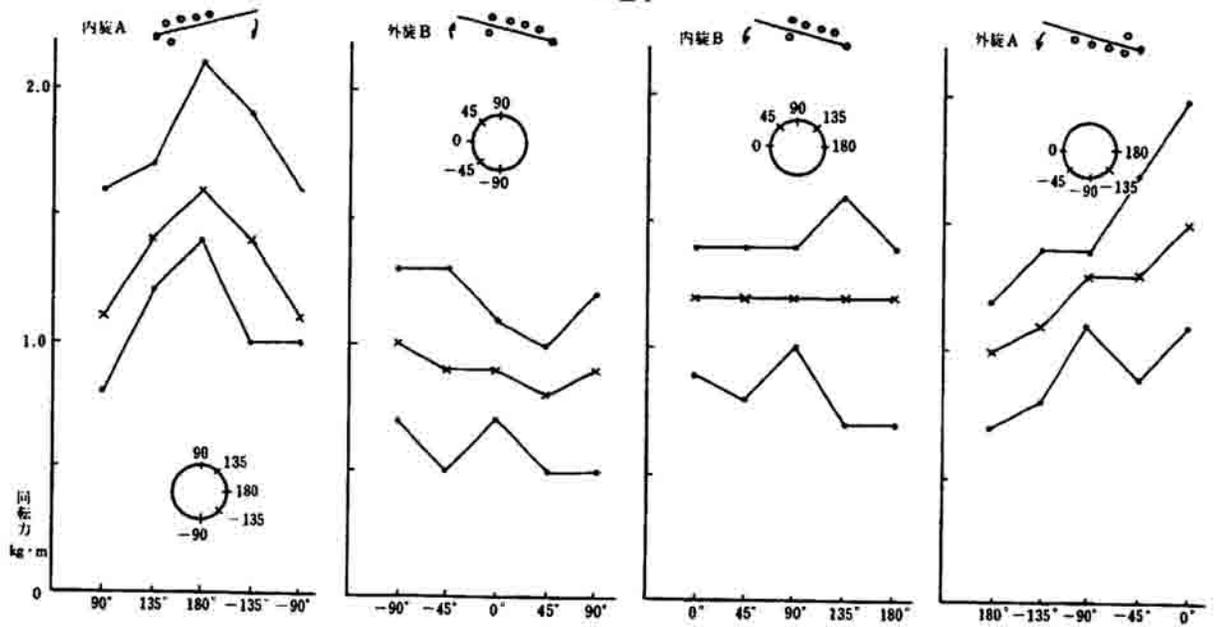


図12 回転力 b 右手

表-8 被験者と身体測定値

氏名	年齢	性別	身長 cm	体重 kg	握力 kg		掌の幅 cm		掌の長さ cm		手のたて長		指 長 cm					肩 高						
					左	右	左	右	左	右	左	右	左			右		左	右					
											1指	2指	3指	4指	5指	1指	2指	3指	4指	5指				
K.M	23	男	172.0	56.5	40.0	49.0	8.4	8.4	10.7	10.6	18.9	19.0	6.4	7.4	8.0	7.6	6.4	6.5	7.2	8.1	7.7	6.7	129.9	130.8
K.T	22	男	170.5	54.5	44.5	44.5	8.0	8.3	10.4	10.4	19.0	18.8	6.4	7.2	8.4	7.6	6.3	6.6	7.2	8.4	7.9	6.3	134.0	132.0
T.N	23	男	163.5	63.0	48.0	50.0	8.7	8.8	10.4	10.5	18.8	18.7	6.3	7.2	8.3	8.2	6.2	6.3	7.3	8.3	7.8	6.4	128.3	128.5
R.I	24	男	167.0	62.0	-	53.0	-	8.5	-	10.1	-	17.2	-	-	-	-	-	5.9	7.0	7.5	7.1	5.5	-	133.9

表-9

実験の種類

手	左 手				右 手			
	内旋 A	外旋 B	内旋 B	外旋 A	内旋 A	外旋 B	内旋 B	外旋 A
回転方向								
ハンドルの持ち方								
0°	○	-	○	○	-	○	○	○
45°	○	-	○	-	-	○	○	-
90°	○	○	○	-	○	○	○	-
135°	-	○	○	-	○	-	○	-
180°	-	○	○	○	○	-	○	○
-135°	-	○	-	○	○	-	-	○
-90°	○	○	-	○	○	○	-	○
-45°	○	-	-	○	-	○	-	○

表-10 回転力

a 左手

手の位置	内 旋 A					外 旋 B					内 旋 B					外 旋 A				
角 度	90°	45°	0°	-45°	-90°	-90°	-135°	180°	135°	90°	180°	135°	90°	45°	0°	0°	-45°	-90°	-135°	180°
K.M	8.5	11.0	13.0	11.5	9.0	10.5	9.0	10.0	7.0	7.5	8.0	10.5	10.5	9.5	7.0	9.0	8.5	8.5	11.0	10.5
	8.7	11.2	13.2	11.7	9.2	10.7	9.2	10.2	7.2	7.7	8.2	10.7	10.7	9.7	7.2	9.2	8.7	8.7	11.2	10.7
	0.9	1.1	1.3	1.2	0.9	1.1	0.9	1.0	0.7	0.8	0.8	1.1	1.1	1.0	0.7	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1
K.T	7.5	8.5	11.0	8.5	7.0	5.0	3.5	4.5	3.5	2.5	9.5	8.5	7.5	6.5	7.0	5.5	9.5	10.0	7.5	8.0
	7.7	8.7	11.2	8.7	7.2	5.2	3.7	4.7	3.7	2.7	9.7	8.7	7.7	6.7	7.2	5.7	9.7	10.2	7.7	8.2
	0.8	0.9	1.1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.9	1.0	0.8	0.8
T.N	11.5	13.0	13.0	9.0	7.5	8.5	8.0	9.5	7.5	6.0	11.0	12.0	13.0	12.5	14.0	9.0	11.5	14.0	13.5	12.0
	11.7	13.2	13.2	9.2	7.7	8.7	8.2	9.7	7.7	6.2	11.2	12.2	13.2	12.7	14.2	9.2	11.7	14.2	13.7	12.2
	1.2	1.3	1.3	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0	0.8	0.6	6.1	1.2	1.3	1.3	1.4	0.9	1.2	1.4	1.4	1.2
平均	9.2	10.8	12.3	9.7	7.8	8.0	6.8	8.0	6.0	5.3	9.5	10.3	10.3	9.5	9.3	7.8	9.8	10.8	10.7	10.2
	9.4	11.0	12.5	9.9	8.0	8.2	7.0	8.2	6.2	5.5	9.7	10.5	10.5	9.7	9.5	8.0	10.0	11.0	10.9	10.4
	1.0	1.1	1.3	1.0	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.6	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1

b 右手

手の位置	内 旋 A					外 旋 B					内 旋 B					外 旋 A				
角 度	90°	135°	180°	-135°	-90°	-90°	-45°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	135°	180°	180°	-135°	-90°	-45°	0°
K.M	10.0	13.5	14.5	12.5	10.5	10.5	7.5	8.0	9.5	9.0	11.5	13.5	13.0	13.5	13.0	11.0	11.5	12.5	12.0	15.0
	10.2	13.7	14.7	12.7	10.7	10.7	7.7	8.2	9.7	9.2	11.7	13.7	13.2	13.7	13.2	11.2	11.7	12.7	12.2	15.2
	1.0	1.4	1.5	1.3	1.1	1.1	0.8	0.8	1.0	0.9	1.2	1.4	1.3	1.4	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.6
K.T	11.0	11.5	15.0	9.5	6.5	6.5	5.0	6.5	4.5	5.0	9.0	8.0	10.5	7.0	7.0	7.0	7.5	11.0	9.0	11.0
	11.2	11.7	15.2	9.7	6.7	6.7	5.2	6.7	4.7	5.2	9.2	8.2	10.7	7.2	7.2	7.2	7.7	11.2	9.2	11.2
	1.1	1.2	1.6	1.0	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.9	0.8	1.1	0.7	0.7	0.7	0.8	1.1	0.9	1.1
T.N	8.0	12.5	13.5	13.5	9.5	8.0	10.5	9.5	7.5	12.0	11.0	13.5	10.0	13.0	11.0	7.5	9.0	11.0	12.0	13.0
	8.2	12.7	13.7	13.7	9.7	8.2	10.7	9.7	7.7	12.2	11.2	13.7	10.2	13.2	11.2	7.7	9.2	11.2	12.2	13.2
	0.8	1.3	1.4	1.4	1.0	0.8	1.1	1.0	0.8	1.2	1.1	1.4	1.0	1.3	1.1	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3
R.I	15.0	16.5	20.0	18.0	15.0	13.0	12.5	11.0	9.5	9.5	13.5	12.5	13.5	15.0	14.0	12.0	14.0	14.0	16.0	19.0
	15.2	16.7	20.2	18.2	15.2	13.2	12.7	11.2	9.7	9.7	13.7	12.7	13.7	15.2	14.2	12.2	14.2	14.2	16.2	19.2
	1.6	1.7	2.1	1.9	1.6	1.3	1.3	1.1	1.0	1.0	1.4	1.3	1.4	1.6	1.4	1.2	1.4	1.4	1.7	2.0
平均	11.0	13.5	15.8	13.4	10.4	9.5	8.9	8.8	7.8	8.9	11.3	11.9	11.8	12.1	11.3	9.4	10.5	12.1	12.3	14.5
	11.2	13.7	16.0	13.6	10.6	9.7	9.1	9.0	8.0	9.1	11.5	12.1	12.0	12.3	11.5	9.6	10.7	12.3	12.5	14.7
	1.1	1.4	1.6	1.4	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	1.1	1.3	1.3	1.5

<研究者担当>

宇野 英 隆 千葉工業大学教授 工博
 直井 英 雄 綜建業研究所副所長 工博
 遠藤 佳 宏 千葉工業大学 助手