

# 住宅の日常安全性に関する研究

宇野 英隆  
直井 英雄  
遠藤 佳宏

## ① まえがき

本研究の目的は、住宅の中で日常の生活をしている際の、住宅の建築上の不備によってこうむるいっさいの災害を明確にし、この原因を究明して、安全な住宅を設計するための資料を得ることである。

研究は安全対策と云う立場から住宅全体を対象として研究されるべきであるが、研究の都合で、一応、床と壁、天井の2つの部分に分け、昭和49年度は安全な床の条件を研究した。住宅内の災害の多くは床に原因しているものが多いため、更に次年度にもこの研究を続けなければならないのが実状であるが、本年度にまとまった部分は次の如くである。

1. 住宅における日常安全性の分析—特に床について—
2. 住宅の床のすべりに関する研究

2の実験に関しては下記の学生の協力を得た。千葉工业大学建築学科、野崎滋夫・橋瓜 弘・吉田秀雪

## ② 住宅における日常安全性の分析 —特に床について—

### 1. 建物に起因する事故の統計

今日の建物は、新しい材料や構法を駆使しながら、人間の建物に対する要望を逐次解決しつつあるが、一方、新しい建物と人間の間には、過去には見られなかった種々の摩擦が生じている。この摩擦は、大半が単なる不快な状態として見過ごされてしまうものであろうが、傷害や死亡などの重大な被害に結びつく例も少なくない。

図1は、人口動態統計の数値をまとめ直し、各種の災害による死亡率を年次ごとに示したものである。これを見ると、交通事故を別格として、建築災害による死亡率がむしろ労働災害より高いことがわかる。しかも、建築災害の9割程度は家庭で生じたものであり、それだけで労働災害に匹敵する量となっている。これは、様々な条件が関係しているとはいえ、居住の環境と労働の環境と

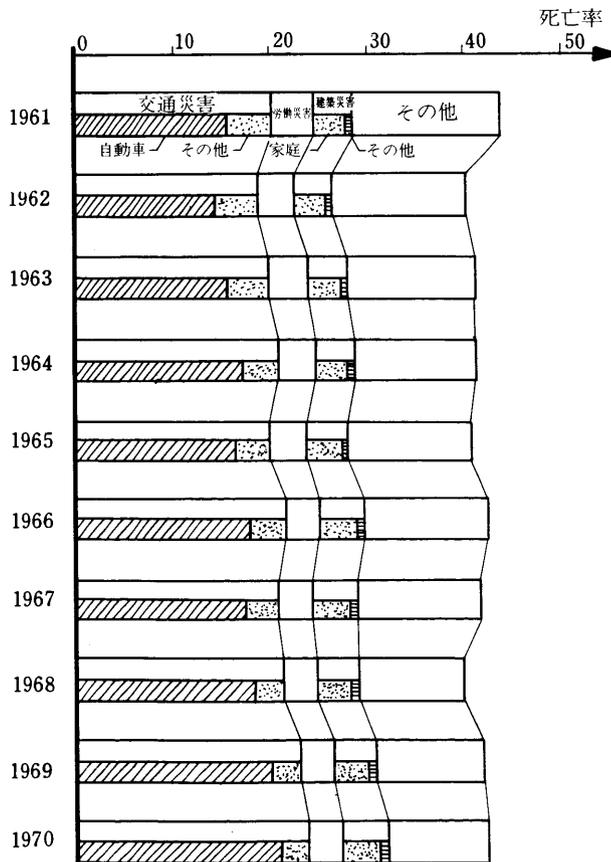


図1. 不慮の事故の年次別、災害別死亡率グラフ  
(厚生省人口動態統計 昭和46年)

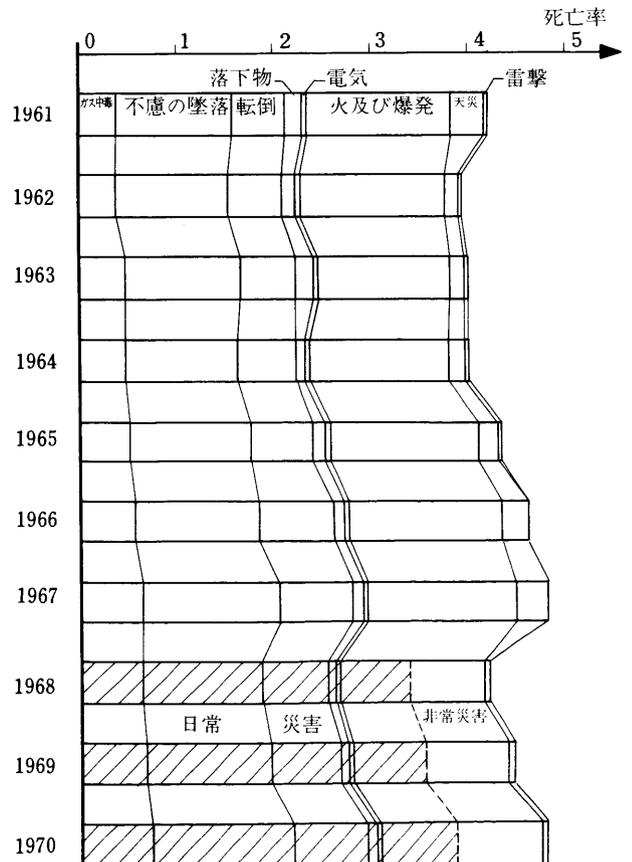


図2. 建築災害の年次別、死因別死亡率グラフ  
(厚生省人口動態統計 昭和46年)

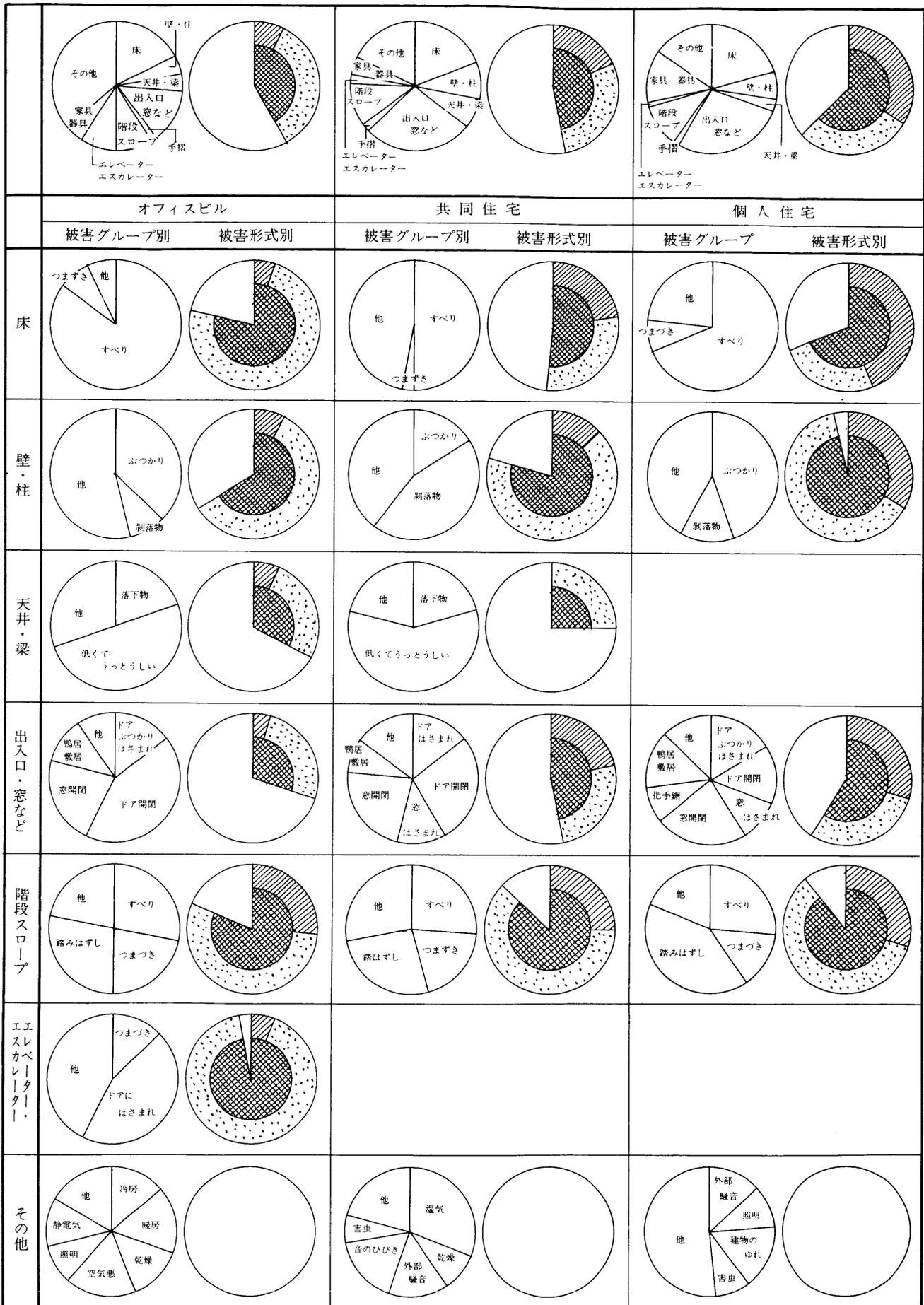


図3. 日常災害の発生状況

物理的被害   
 けがなし  
 けが有り   
 感覚的被害

いう性格の違いを考えると、予想外の数値といえる。

図2は、図1の建築災害の部分拡大して、その内訳を見たものである。これによれば、「火および爆発」による死亡率が最も高く、次いで「不慮の墜落」、「転倒」、「ガス中毒」の順となっている。「天災」、「落下物」、「電気」、「雷撃」などは比較的少ない。次に、これらを日常災害と非常災害とに分類してみると、約4:1の割合で日常災害が圧倒的に多く、建物内の人間の安全にとって、日常災害がいかに重大な問題であるかを如実に示している。

図3は、主として都内のオフィスビル、共同住宅、個人住宅を対象として、その中で生活している人が、日常、建物のどの部分で、どのような摩擦を経験しているかを、アンケートによって調査した結果である。ここからわかることは、まず、3つの建物種別のいずれについても、「出入口・窓など」での摩擦が最も多く、次いで「床」、「階段・スロープ」が多いことである。これ以外では、オフィスビルで「エレベータ・エスカレータ」が、共同住宅で「壁・柱」、「天井・梁」が、個人住宅で「家具・器具」の多いのが目につく。次に、この摩擦の内容を見ると、建築部位によって様々であるが、「出入口・窓など」については、可動であることに伴う各様の摩擦が万遍なく生じており、「床」については、すべりが圧倒的に多く、つまづきがこれに次いでいる。また、全体を通じて、ここで拾いあげられた摩擦は非常に軽度なものであり、建物の種別や部位によっても違うが、傷害に到る可能性のある物理的な被害はそれほど多くはなく、そのうち実際に傷害に結びついたものはさらに少ないことがわかる。しかし、このような小さい摩擦が数限りなく繰り返されているうちに、そのごく一部が重大な被害に結びつき、図1、2で示したような少なからざる死亡者を毎年出すことになるのも事実である。

このような統計から、床の問題を考えてみると、住宅における日常安全性にとって、極めて重大な意味を持っていると結論できる。すなわち、発生頻度全体から見ても、開口部に次いで多く、また、死亡率という被害の重大さから見ても、「火」や「墜落」に次いで多い。開口部での摩擦は、頻度が高いが比較的軽度であり、「火」や「墜落」による被害は、重度ではあるが発生頻度はそれほど高くないのに対し、床での問題は発生頻度も、重度な被害をもたらす可能性も比較的高いことが特徴である。この原因は、床のすべりが圧倒的に多い。

## 2. 居住環境の人間工学的課題

人と建物との間の摩擦は、人の受ける被害という面から見れば、単なる不快感から、傷害に結びつかない小さい事故、軽傷、重傷、死亡などの重大な被害に到る広がりを持っている。しかし、このような被害の軽重は、偶

然によって左右されたに過ぎず、それらは本来同質の問題としてとらえるべきものである。前述の統計も、たまたま被害として顕在化したものを拾いあげたものであるが、当然のことながら、現在はまだ顕在化していないために拾い落とされた問題もあろう。そこで、人と建物との間に生ずる摩擦の基本的な原因を把握し、改めて人間工学の課題としてとらえ直しておくことは、これからの居住環境を考える際に、極めて重大な意味を持つはずである。

建物と人間とは、もともと複雑多岐にわたる対応関係を持っている。この対応関係は、建物と人間の間の相互作用であることには違いはないが、建物が人間に与える作用を重視するか、人間が建物に与える作用を重視するかによって、とらえられる内容が全く異なってくる。ここでは、もちろん建物が人間に与える作用を重視し、この内容を原理的に、建物の要素が、ある物理的な因子を媒介として、人間の感覚と生理とに働きかけることととらえることにする。この働きかけの結果としては、直接、人間の側に何らかの被害や行動の支障が生ずることもあり、あるいは、人間の側に何らかの反作用を呼んで建物の側に作用が戻ることもあり、さらに、これらが繰り返されて新しい関係に移っていくこともある。なお、心理的な問題は、このような過程に介在して、建物と人間の関係にある影響を与える特殊な問題として、除外して考えた方が明快である。

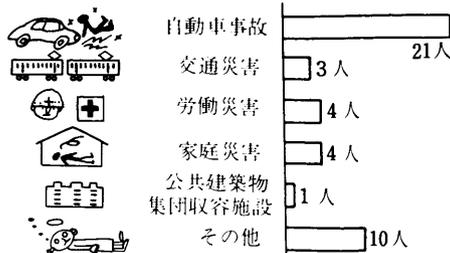
図4は、このようなとらえ方に基づいて、具体的に建物と人間の対応関係を分析したものの1例である。○印は通常問題となるものを示し、△印は特別な場合に問題となることもあるものを示している。この「歩く」という基本的な動作の例を見ても、建物と人間の関係が、いかに多岐にわたっているかがわかる。いずれの関係も、人間工学的な課題となりうるものである。床のすべりの問題は、このなかでは、床という建物側の要素と、歩くときの人間の側の骨格系、筋系、皮膚という生理的要素との、力という因子を媒介とした対応関係としてとらえられている。

歩	く	感 覚										生 理									
		皮膚の感覚					特別な感覚					内臓の感覚	精神系	筋系	皮膚	神経系	内臓	口	鼻	舌	
		圧迫	接触	痛	温	冷	視覚	聴覚	味覚	嗅覚	平衡感覚										
床 所 等	光																				
	熱																				
	音																				
	力																				
	水																				
壁 間 口 等	光																				
	熱																				
	音																				
	力																				
	水																				
天井 等	光																				
	熱																				
	音																				
	力																				
	水																				
家具 器具 等	光																				
	熱																				
	音																				
	力																				
	水																				
空 公 等	光																				
	熱																				
	音																				
	力																				
	水																				

図 4. 居住環境の人間工学的課題

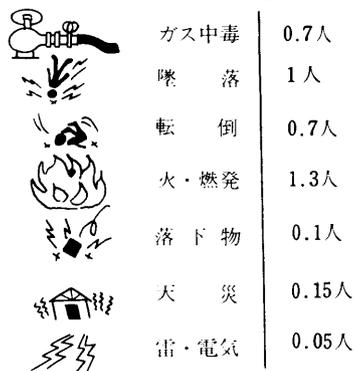
### 災害別年間死者数

(10万人につき)



### 家庭災害原因別年間死者数

(10万人につき)



(住まいの人間工学・鹿島出版)

図 5

## 3 住宅における床のすべりに関する研究

### 1. 床と家庭災害

住宅で人命にかかわる災害が現実におきているということは、人の安住の場所である住宅でゆゆしき問題である。厚生省の人口動態統計(昭和46年)は諸災害による死者数を示しているが、家庭災害による死者数は図5の如く報じている。自動車事故の死者数が最高なのは予想されるが、常識的には危険な環境と目される工場や建築現場での労働災害と家庭内での災害件数が同一であることは驚かざるを得ない。ここで家庭内での災害を更に原因別に分類すると中、高層建築におけるベランダ、窓からの墜落による死亡が1人/10万人、床上での転倒が0.7人/10万人、墜落とは立場が逆の、高所から物が落下して来て被害を受ける、即ち落下物に当たって死亡する人は数が少なく0.1人/10万人である。この他統計上からは、ガス中毒、火、爆発などが家庭災害として数は大きい、今回の研究の目的である、人が住宅そのもの

から直接受ける災害を防止すると云う立場から見れば、この災害は必ずしも設計上に誤謬があったとは云いがたく、原因はむしろ住まい方にあると云えよう。従ってこれらが今回の研究の対象とはならないものとするれば前者の高所からの転落、床上での転倒、落下物による衝撃の三者に着目することになる。この主要災害のうち49年度は床の上での転倒を取りあげ、その原因の究明とその対策を明らかにする。この理由は高所からの転倒は多く手すりのあり方と住まい方に原因するところが大きく、この研究は既になされており、落下物による衝撃災害は、その機構が非常に複雑であるため、今年には取りあつかわれない。

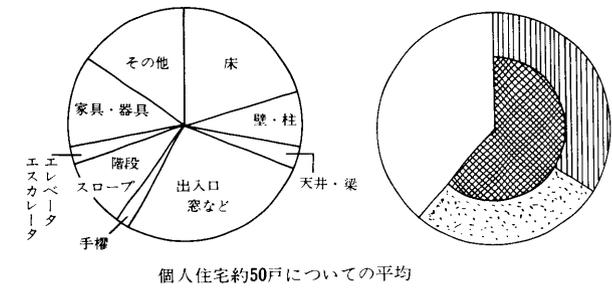
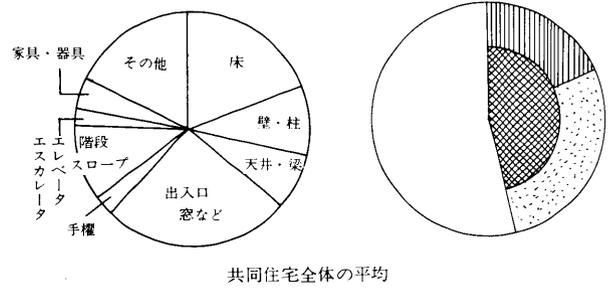
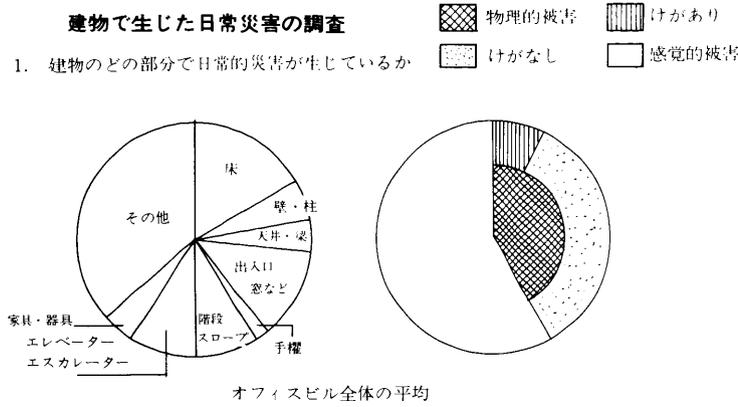
#### i) 床での転倒

日常生活で転倒死亡する人数は厚生省の統計\*からは1人/10万人と云う。日本の人口を約1億とすれば年間の死者は1,000人となる。従ってこの数から考えると転倒に原因する打撲、骨折、擦過症などの重、軽症、さらに怪我はしないがころんだり、すべて歩きづらい、などと云った不満も含めれば、今日の床による被害者は非常に多いと云えよう。そこで床の転倒の原因だが、これは主として次のことが考えられる。

\*厚生省人口動態統計(昭和46年)

建物で生じた日常災害の調査

1. 建物のどの部分で日常的災害が生じているか



2. 床で生じた日常的災害の内容

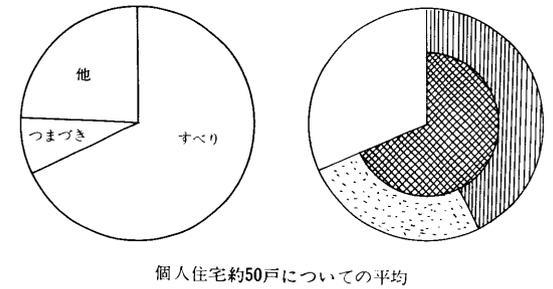
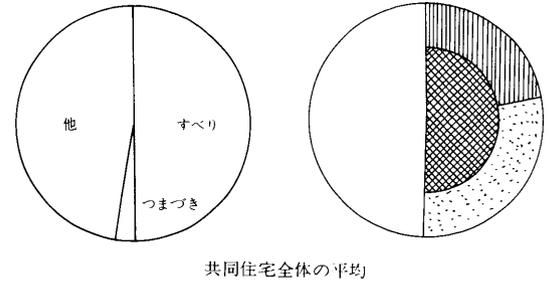
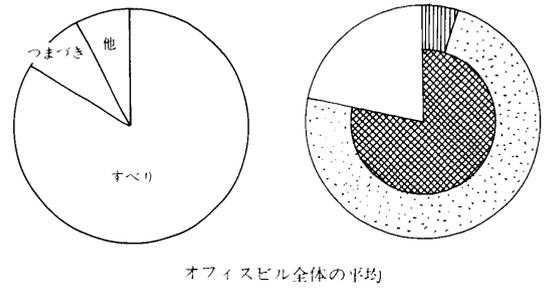


図 6

(1) 床に出ている敷居、戸当りなどの凹凸部分につまづいてころぶ場合。

(2) 床がすべって、歩行中に重心を失いころぶ場合  
この2つの原因のうち(1)は歩行中のつま先の軌跡と床部分の凹凸の高さとの関係で、つまづくかつまづかないかが決まる。従って設計は、床には凹凸のないことが良いのであって、これがどうしても避けられない場合には、照明を明るくして前以って凹凸を意識させるか、又は他の方法で注意をうながすような策を講じる以外に方法がない。洋間と和室の間のような高低差も同様に考えられる。つまづきとは多少異なるが、歩行の調子をくるわすのも転倒の原因になる。例えば前述の敷居の高さの差が生ずる洋間と和室の高低差はつまづかない場合でも和室側からは洋間の床は低くなるので、意識していない場合には足をくじいたり、ころぶ場合がある。又階段の蹴上げの高さの不ぞろいなのもよくない。

一方、床のすべりに原因する転倒は床面の形状の変化によるのと異なり、床自体が持っている性質によるもので、その意味では竣工後ではどうにもならない場合が出てくる。逆に材料の選択如何によっては未然に防げる

ものとも考えられる。床上の転倒例の多くは、すべりのために体の平衡を失いころぶ場合である。筆者らの行った調査結果(図6)のすべりでけがのあったものはほとんどこれである。

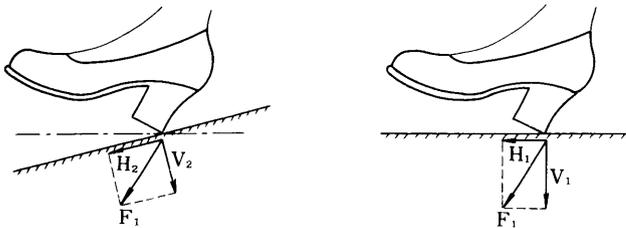
すべり易い床はこのように死亡災害の原因となるばかりでなく前述の如く歩行中の不快感、ひいては人体の疲労の原因ともなり、家庭内における肉体的、精神的疲労の主要な原因となる。床はすべらないものを選ばねばならない。

ii) 人の動作とすべり

住宅での人の動作は複雑である。この諸動作の中でどんなときにすべるところぶのか。これはまず歩行中すべるところぶことが圧倒的に多い。住宅の床仕上材料は畳、木製フローリング、塩ビタイル、シート、リノリウム、モルタル、磁器タイルなどその種類は多様である。一方、人間の足の裏も履物によってその材料の種類は変化する。結局、足の裏と床との2材料間の摩擦力如何でその床がすべるかすべらないかが決まるのだが、そこに水、油などが停滞しているとすべり工合は一層複雑になる。更に、床のすべり程度を左右するものは、そのときの人の動作

である。動作はそのとき足が床にどんな水平力を加えるかを決定するからである。例えばゆっくり歩いているか、走っているか、又方向を変えようとしているかなどによって、そのときの足が床に加える水平力の大きさが変わる。更に床の勾配も又影響する。図7は理論的にも明らか如く、勾配の大きいときには、転倒に関係する水平分力は大きくなる。このことは歩行ばかりではなく、浴室内や台所での諸動作でも全く同様なことが云える。床でのすべりがおこるかどうかは、この床に与える水平分力と、摩擦抵抗の大きさを比較することで可能となる。

### 水平と勾配



床が勾配のある場合、当然なことであるが  $H_2 > H_1$  となる。

図 7

クーロンの法則によれば摩擦抵抗は直圧に比例するから、重い人又は重い物を持って歩いているときは抵抗は大きくなるはずである。しかし抵抗が大きくなることが一概に安全だとは云えない。その増加の仕方が安全域に入ればよいのだが、危険域内の場合には重心を失い易く、むしろ危険な場合の方が多い。子供を抱いたり、おぶった場合に危険なわけである。浴室での転倒例は多い。水を使うのでほとんど裸足である。一方床仕上材料は耐水性が要求されるため堅く、吸水性のない磁器性タイルのような材料が選ばれる。更によれ易い場所なので材料は表面の滑らかなものが選ばれる。この結果、材料表面は堅く、滑らかなものが選ばれ、これは常識的に考えてもすべり易い。もし転倒した場合には表面が堅いために衝撃等による人体の傷害は大きい。更に床には水、油、石礫などが常に存在するので危険を倍加している。

浴室内でのすべりに直結する動作は、浴槽に入り、そして出ることである。このときには体の安定はきわめて悪いし、足の加力方向は床に対してかなり傾いているのが常である。従って、すべり易さは普通の室内の場合に比べて、はるかに多い。浴槽からの出入りで、幼児を抱いて行く場合は水平分力が大きくなっているのも更にすべり易くなる。又人体の安定を失った場合には、復元しにくいので危険である。浴室で注意しなければならないのは、床の上に敷く、スポンジ、又はプラスチックの敷物類である。これが床との間ですべると、その上の上にいる人はすべり転倒する。又床がぬれているために、

防水靴などをはいた場合には、きわめてすべり易くなることに注意すべきである。

階段の昇降の場合の水平分力は、歩行時とはかなり異なったものとなる。床と異なるのは路面の15~30cm程度の云うならば狭い床が高さを異にして多く並んでいることである。従って一寸のすべりも単純な転倒だけではおさまらないで、高所からの転落へつながるためその被害は大きい。転落事故は、人間の体重がある距離を落下する訳だから、位置のエネルギーは意外に大きく、歩行中の衝突のような運動のエネルギーに比べるとその被害は比較にならない。このため諸災害の中で一番危険である。従って階段の仕上材料は、特にすべりにくいものでありたい。

台所の床は、調理、煮炊きのときに飛ぶ食用油や水などのため、すべり易くなっている。又これらを拭き取った後にも、床の表面には油などの薄い被膜がのこり、これが床面をすべり易くしていることも事実である。特に台所は煮炊きした熱い食物を持って歩くため、一たび転倒すればこれをかぶり、やけどはまぬがれない。

洗面所、便所も耐水と云う意味では類似しているのに、堅く、表面の滑らかな材料が好んで使われる。浴室、台所、手洗、便所などは皆、狭い部屋なので、動作も小さく転倒しにくいのであるが、転倒すると頭や体を強打する危険が濃い。

廊下は歩行のための空間だが、ただ歩行する場所だけではない。電話がおいてある場合にそれを急いで取ろうとすると、平常とは異なって駆け足となりこのときの水平分力は当然大きくなる。又曲り角で方向を変える場合なども、平常の歩行時とは異なり一般に大きな水平分力が加わり、通常ではすべりにくい床もすべる場合が出て来る。

各部屋の床仕上材料がそれぞれ異なるのも又すべりが原因の転倒をまねき易い。これはすべる床の場合は転倒をおそれて歩行者は歩幅を狭くするものだが、この調整が床仕上材の異なる部分で急にできないためである。又廊下など、ワックス類を塗布することの出来る部分は、想像以上にすべるので、注意を要する。

戸外の人の活動範囲は、ベランダが主な部分であるが、この部分はコンクリート、木材、プラスチックなどの床仕上げが多い。この場合、雨が降ると雨ざらしになる。戸外での転倒は、床ばかりでなく近くにある堅い仕上げの外壁にも頭を強打する危険があるので注意を要する。ベランダでの主な動作は、布団や洗濯物を干すことだから、重いものを持って歩くことが多い。水に濡れているコンクリート、腐食した木材(特にスノコ)などは、すべり易くなっており、前述の如く重いものを持った場合の転倒は危険である。高層住宅では、手すりから転落防止の条件として、ベランダの床が滑りにくいことは大切

な条件である。

住宅における死亡災害の原因が、住宅における床のすべりに起因することが多いのが明確になった以上、住宅内での人間の諸動作で足が床にどれくらいの水平力を与えているのか。更にこの力が働いたとき床仕上材と足の裏の材料との間に、どれくらいの摩擦抵抗があるのかを明確にし、この両者を比較することによって、すべらない安全な床を適宜選べるような資料を整えることが急務であることを痛感する。

## 2. 床のすべり抵抗の測定

### i) National Bureau of Standard のすべり測定機

床のすべり抵抗値を求める測定機は、現在1948年National Bureau of StandardでSiglar氏らが開発した振り式床すべり試験機がある。N.B.Sの試験機は人の歩行状態を再現して設計されていることが特長である。日本でも、この試験機に原形を求めてJIS-A-1407の試験機が設計された。(図8)しかし、この試験機は、肝腎のすべり片の材料がステンレスを使用することになっていることに問題がある。ステンレスになっている理

由は、この試験機をJISに規定する際、この重要なすべり片の部分を決定するのに、材質の常に均一なものを選ぶべきであるとする思想から、ゴム、皮はこの条件に合わなかったことによる。従って、ステンレスに決ったわけだが、このステンレスと床材との間の摩擦抵抗は決してゴムや皮のかゝり材の場合を代表してはいない。この点が、この試験機で床のすべりを測定し得る限界である。

### ii) その他の床のすべり測定法

物理実験でよく行い、小さな物体を床仕上材の上ののせ、勾配を加えて、すべり出す角度で、両材の摩擦係数を求める方法とか、小物体をバネばかりで引張って、そのときの動き出す力で摩擦係数を求める方法は、人間の足と床仕上材料との場合は適用出来ない。その理由は、人間は材料のかたさに比べて可なり重いし、この重さのために材料や足、又は靴のヒールが変形するからである。

変形をともなった摩擦は、クーロンの法則通りには摩擦抵抗は求まらず、全く異なった摩擦性状を示す。

実際に人間の体重程度の荷重を加えて、このときの水平力に対する抵抗力を求めるならば、これは実際に近い力を求めることが可能であろう。

### iii) 床の摩擦抵抗を知るための実験

現在ある摩擦抵抗測定機が(N.B.S型)は、ヒール材に相当する材質がステンレスであるために、真の人の歩行のすべり具合を測定していないこと。床表面に凹凸のある場合には測定出来ないこと。防滑性はすべり抵抗値で求まるため、実際にどの程度の抵抗値が出ているのか不明であること。などの理由により、未だ完全なすべりの防止策は立てられないのが現状である。2で述べた如く、実際の歩行でどの程度床に力を加えているかは、いろいろな実験があるので、この結果より、すべり具合を推定することができれば好都合である。又、住宅の中では、戸外と違って、いろいろな履物を履いており、又、一つの住宅の中でも、床の仕上材料は多種類に及んでいる。戸外での床のすべりを究明するよりも更に複雑である。

そこで、本実験では、実際に則して人間が諸履物を履いて、床の上に立ち、このときの摩擦抵抗、ひいては摩擦係数を具体的に求める実験を計画した。この実験の詳細を以下に述べる。

## 3. 足と床との間における摩擦抵抗を求める実験

### i) 目的

人の足と床との間における摩擦抵抗力を求めることを目的としている。この抵抗は小規模なmodel化された実験では、その真実の値を知り得ない。そこで本実験では、人間が直接、諸種の床の上ののって、そのときの静摩擦係数、動摩擦係数を測定することを目的としている。この実験は、クーロンが行った摩擦に関する一連の研究の

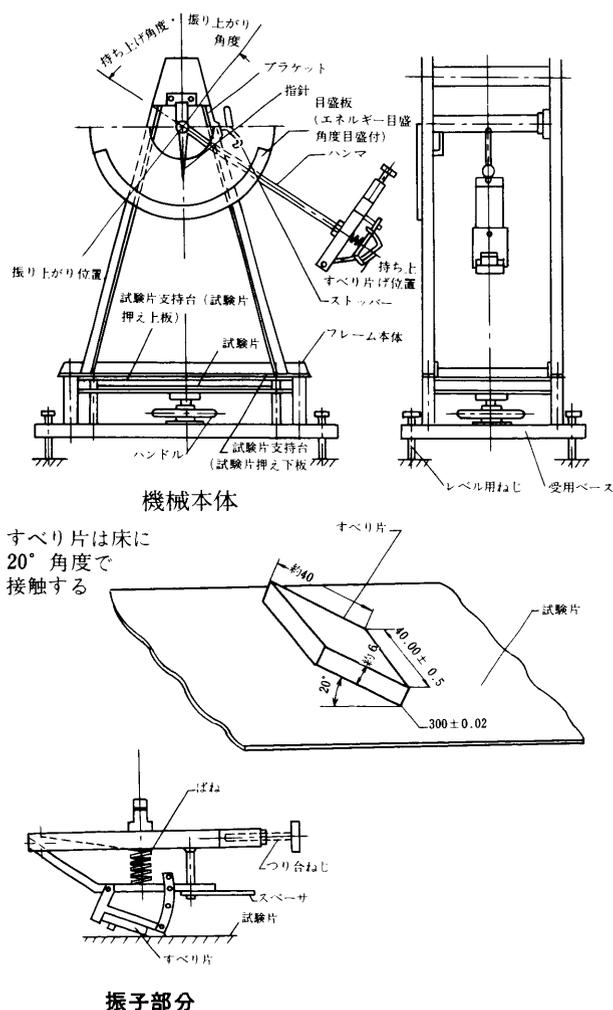


図8 JIS A-1407-1963のすべり試験機

うちに行った方法と着想においては同一であるが、人体は物質と異なり複雑な変形をするし、又、床仕上材料も、歩行と言う立場から見れば軟かいものが多い。従って、人の足と床との間の摩擦係数は、クーロンの法則をそのまま採用することは出来ないであろう。その理由は、クーロンの法則は、多くの実験のまとめとして、形作られたものであり、この一連の研究の中には、おそらく、人の足と床材と言ったような組合せが無かったと思われるからである。人の足が床に与える力は、人間工学的に求め得る。この値と実際の床の摩擦抵抗とを比較して、安全な床を選び出せることが望みである。この立場から、本実験は実際の状態に則して、実験を行っている。

なお、人の実験と平行して、ゴムによる従来の摩擦抵抗値を求めるのと同様な実験を行っている。これは今後、新しい床材が開発される度に人によって摩擦抵抗値を求めていたのでは、性能を表現する値としては好ましくないで、信頼の出来る試験機を作製するため、実際の人と床との実測と比較する意味において行ったものである。

## ii) 実験装置

### (1) 装置

実験装置は人が実際に床材の上の台車部分と台車に荷重を加える荷重部分、人がよろけな様に支える手すり部分に分かれている。(図9、写真1)

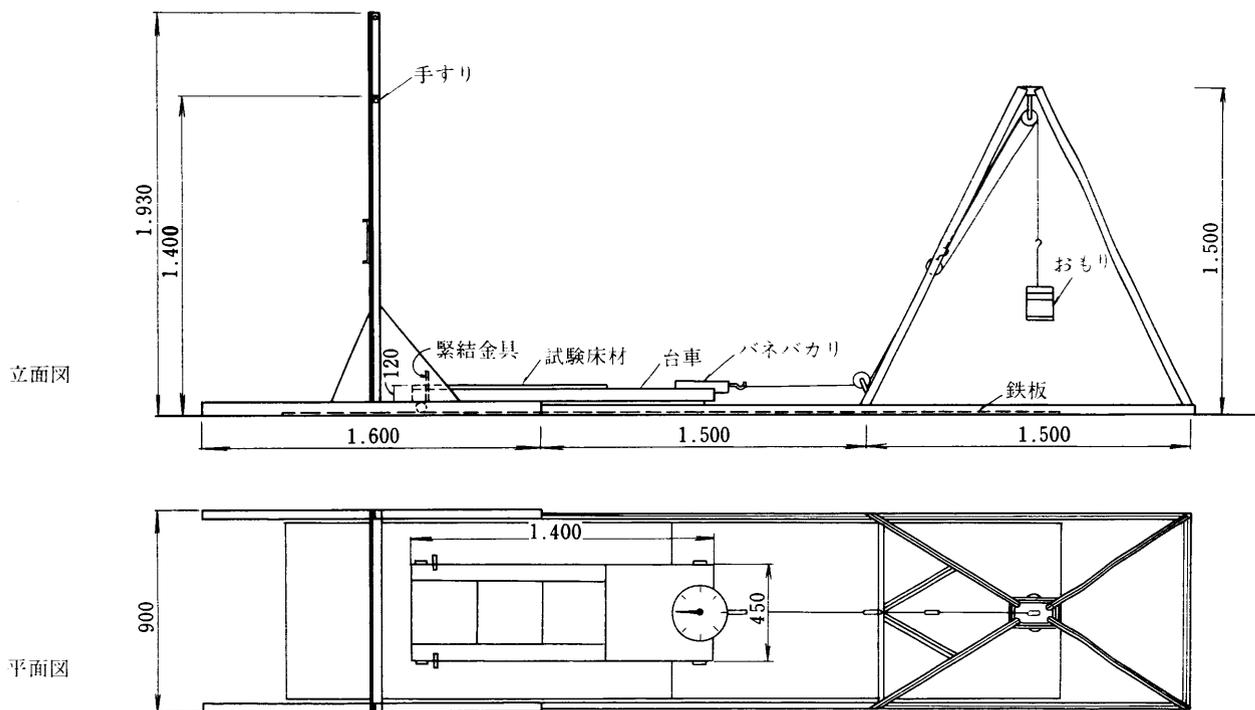


図9. 実験装置

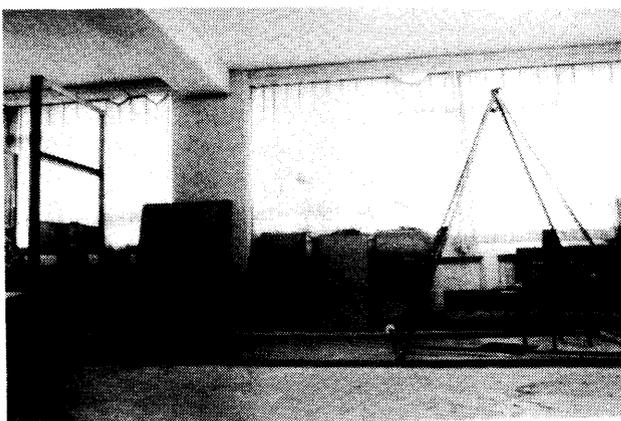


写真 1 実験装置

台車部分は35×45mmの角材で巾450mm、長さ1,400mmの枠を組み、その上に厚さ12mmのベニヤ板をはりつけた。車は人の重さに耐えること、車自身の摩擦抵抗が少ないことを考慮してローラースケート用のローラー部分を使用した。さらに床との摩擦をへらすために1mm厚の鉄板を床に敷き、その上に、台車をのせた。摩擦抵抗力の測定器としては、秤量100kg、感量0.5kgの精度をもつバネばかりを用いた。荷重部分は、L-25×25×2のアンクルにはり図9の如く組立て、ヨット用の定滑車2個と動滑車1個を使用して、おもりの量が半分ですむような装置とした。おもりはシンチュウ製である。台車と荷重部分は直径2mmのワイヤーロープにより繋がれている。荷重を支える枠(図9)は軽量なので、載荷の際に移動するので、不動部分の手すりに緊結した。

手すり部分はL-50×50×5のアンクルにより図9の様に組立てられている。人が台車の上に乗っているときや、その台車を引張ったときよろけしない様、床から1400mmの高さに手をのせるためのアンクルをわたしてある。

(2) 試験体

実験用の床材は厚さ12mm、幅450mm、長さ900mmのベニヤ板の上に取り付けた。床材のうち塩ビシート、ニードルパンチは幅300mm、長さ900mm、塩ビタイル300×300のものを3枚並べ、フロアリングは長手方向に4枚並べ、床用合板は幅300mmのものを長さ900mmに切ったもの、磁器タイルは短手方向に3枚、長手方向に9枚を並べ、それぞれプラスチック系の接着剤によりはりつけた。うすべりは幅300mm、長さ900mmに切り、そのまわりを細い木によって押え、釘うちとした。床材をはりつけたベニヤ板は台車の上に緊結金具により固定させて実験を行なった。詳細は写真2を参照されたい。

写真 2 実験材料



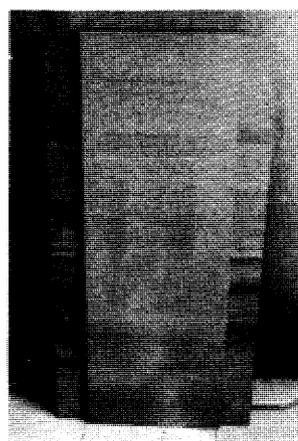
a 塩ビタイル



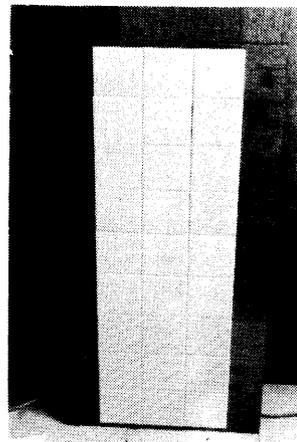
b 塩ビシート



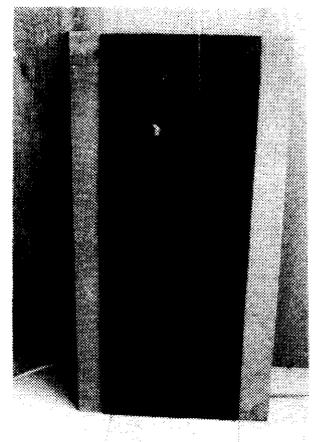
c フロアリング



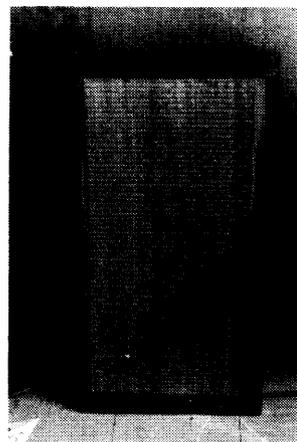
d 床用合板



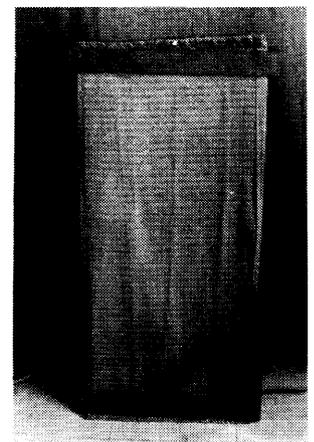
e 磁器タイル



f ニードルパンチ



g うすべり



h うすべり(ビニール)

(3) ゴムによる模擬試験体の実験

ゴムによる足の模擬試験体の実験はベニヤ板に50×50mm角、ゴム硬度50及び70のゴムを接着剤ではりつけたものと、実際の足の実験の時に使用したスポンジスリッパ、フェルトスリッパ、ビニールスリッパ、男子用の靴、女子用の2種類の靴のそれぞれの踵の部分を取り取り、それをベニヤ板にはりつけたものにより実験を行なった。(図10)、(写真3)

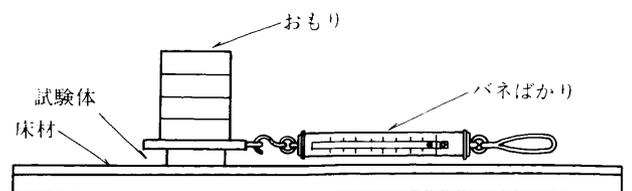
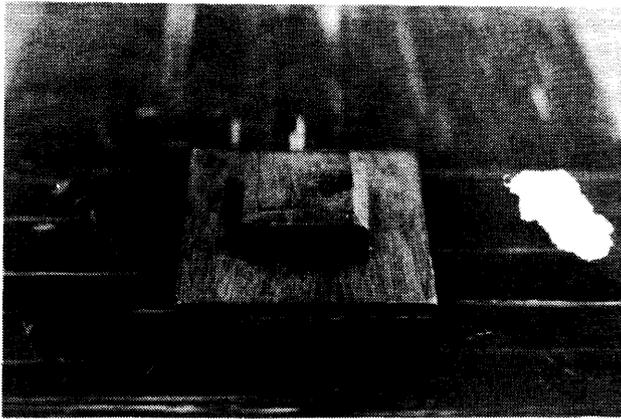
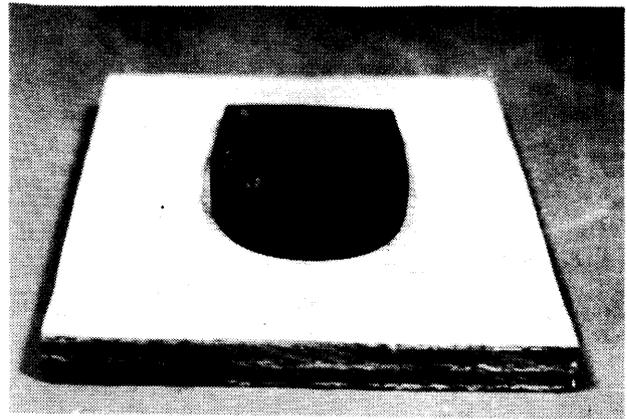


図10 模擬試験体実験装置

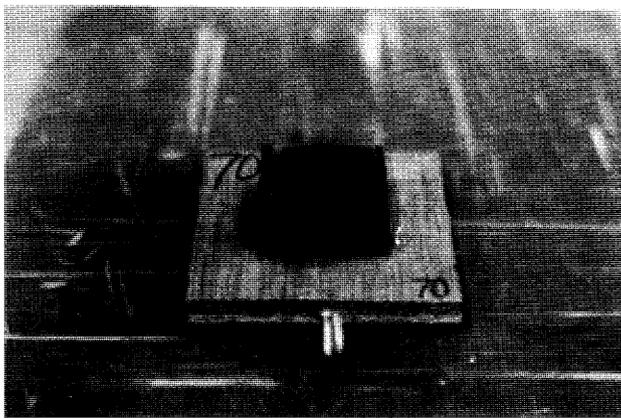
写真 3 模擬試験体



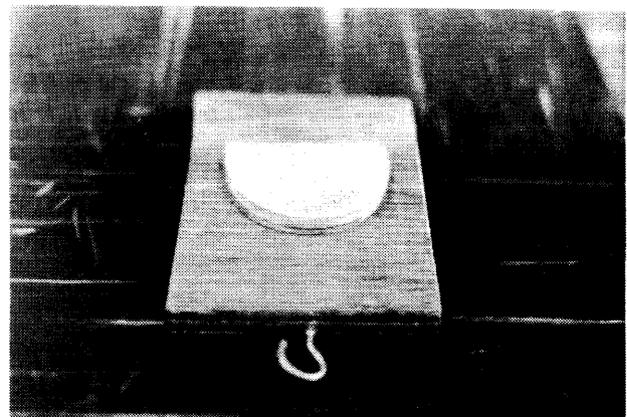
a ゴム硬度 50



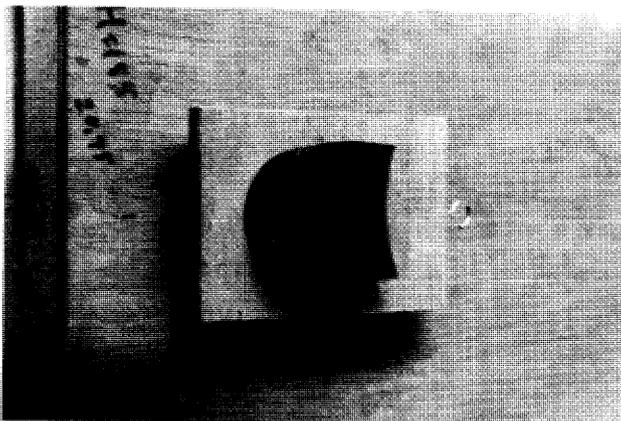
e 女子用合成皮靴



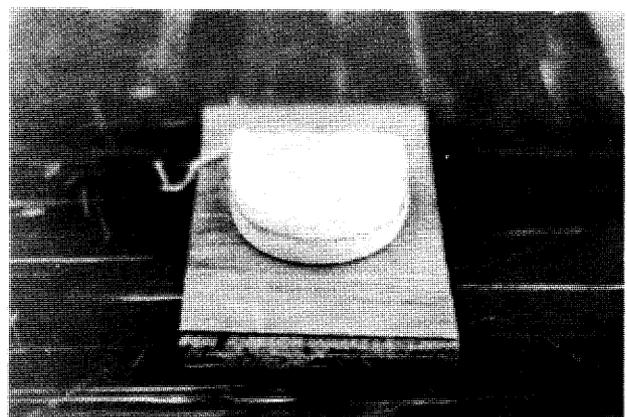
b ゴム硬度 70



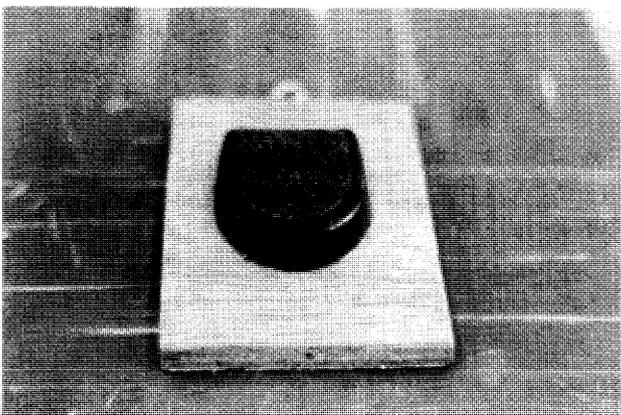
f スポンジスリッパ



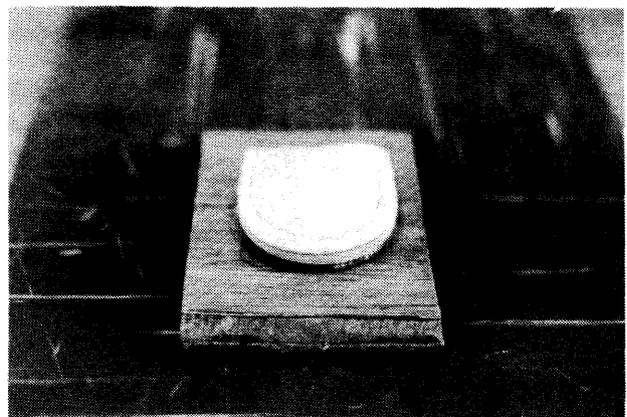
c 男子用合成皮靴



g フェルトスリッパ



d 女子ウレタン靴



h ビニールスリッパ

(4) 被験者及び実験材料

この実験に参加した被験者は女性7名，男子5名，計12名である。(表1)

実験に使用した床材とはきもの及び実験を行なった組合せは表2,3,4 写真4のごとくである。

表1 被験者

氏名	年齢	性別	体重	氏名	年齢	性別	体重
Y.K.	23	女	39.5kg	Y.M.	23	女	59.5kg
N.T.	23	女	43.5	H.Y.	24	男	48.5
T.K.	19	女	45.5	S.N.	23	男	49.5
M.K.	19	女	46.0	T.A.	22	男	51.0
K.O.	23	女	47.5	T.H.	23	男	51.5
T.K.	23	女	52.0	H.H.	23	男	59.0

表2 実験材料

床材	商品名	大きさ
塩ビタイル	M社	300×300-3枚
塩ビシート	K社	300(幅)×900(長さ)
フロアリング	ぶな	長手方向に4枚
床用合板	A社	300(幅)×900(長さ)
磁器タイル	浴室用タイル10×10	3枚(幅)×9枚(長さ)
ニードルパンチ	M社	300(幅)×900(長さ)
ウスベリ	イ草	300(幅)×900(長さ)
ウスベリ(ビニール)	ビニール	300(幅)×900(長さ)

表3 はきものの詳細

はきもの	材質
ソックス	毛とアクリルの混紡
ソックスカバー	アクリル製
ストッキング	ナイロン製
靴	ゴム製踵
靴(合成皮)	ゴム製踵
靴(ウレタン)	ポリウレタン製踵
スポンジスリッパ	スポンジ製底
フェルトスリッパ	フェルト製底
ビニールスリッパ	ビニール製底

表4 床材とはきものの形状の実験組合せ

性別	足の状態	床材							
		塩ビタイル	塩ビシート	フロアリング	床用合板	磁器タイル	ニードルパンチ	ウスベリ	ウスベリ(ビニール)
男	裸足	○△×	○△×	○×	○△×	○×	○		
	ソックス	○△×	○△×	○×	○△×	○×	○		
	スポンジスリッパ	○△×	○△×	○×	○△×	○×	○		
	フェルトスリッパ	○△×	○△×	○×	○△×	○×	○		
	ビニールスリッパ	○△×	○△×	○×	△×	×	○		
女	靴	○△×	○△×	○×	○△×		○		
	裸足								
	ソックスカバー	○△	○△	○	○△	○	○	○	○
	ストッキング	○△	○△	○	○△	○	○	○	○
	スポンジスリッパ	○△	○△	○	○△	○	○		
	フェルトスリッパ								
	ビニールスリッパ	○△	○△	○	○△	○	○		
靴(合成皮)	○△	○△	○	○△		○			
靴(ウレタン)	○△	○△	○	○△		○			

○: Dry △: Oil ×: Wet

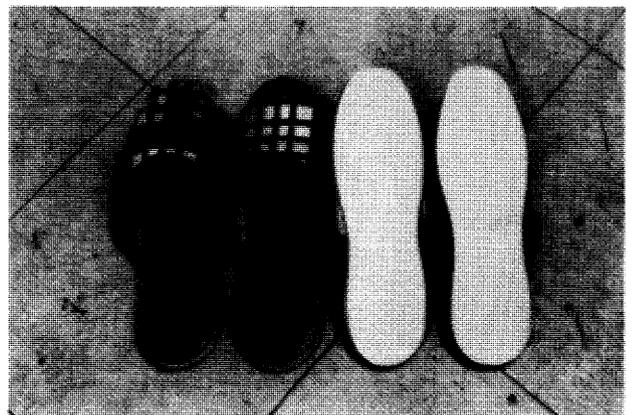
写真4 はきもの



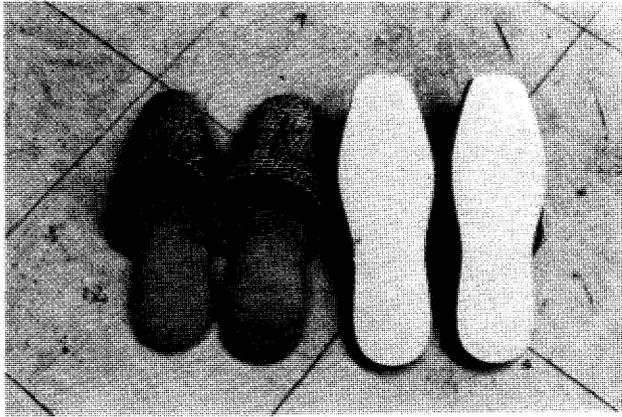
a ソックスカバー



b ストッキング



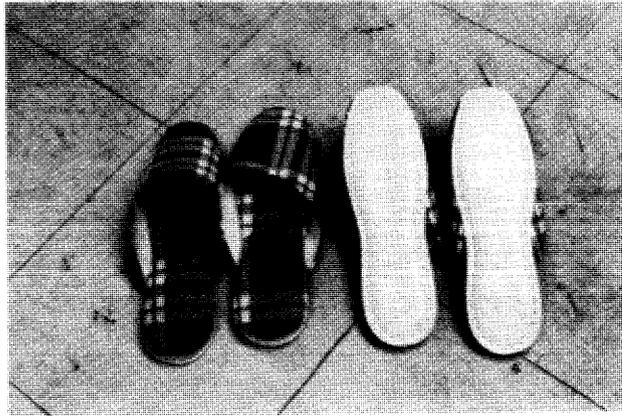
c スポンジスリッパ



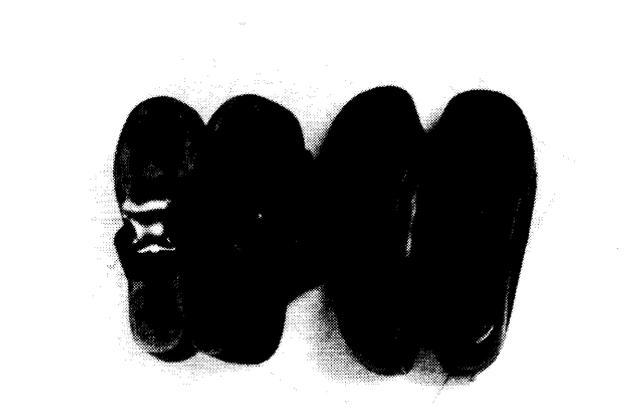
d フェルトスリッパ



h 女子用 ウレタン靴



e ビニールスリッパ



i 女子用靴底



f 男子用 合成皮靴



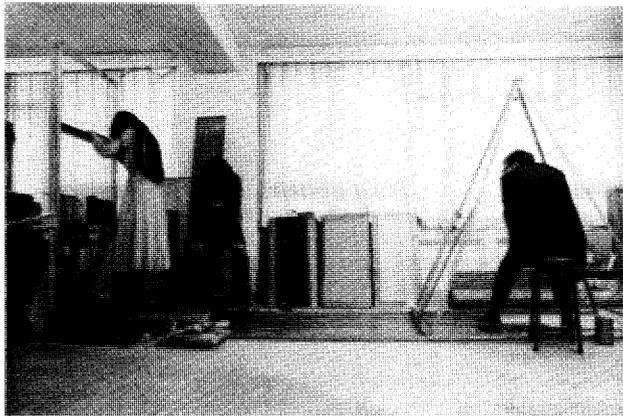
g 女子用 靴

### iii) 実験方法

被験者は床材の上に片足で立たせる。その際、足の先を上げて踵で立つようにさせる。

台車を後へ引いた時足がいっしょに動かない様に皮ベルトを踵のうしろにまわし、ベルトを手すり部分に固定した。又、人がよろけない様に手すりに軽く手をおいて体をささえた。(写真5)

写真 5 実験風景



おもりにより徐々に荷重を加え、足の動き出す瞬間の抵抗値を測定器より読みとりあわせて、すべる状態を観察した。実験は、1種の床材とはきものにつき数回実験し、その内からばらつきの少ない3回を選び実験データとした。

床材は床材そのままの状態(Dry)、水を床材の表面に薄く塗布した状態(Wet)、油脂系のワックスを塗布しそのあと布でよく拭き取った状態(Oil)の3種について行なった。(表4参照)

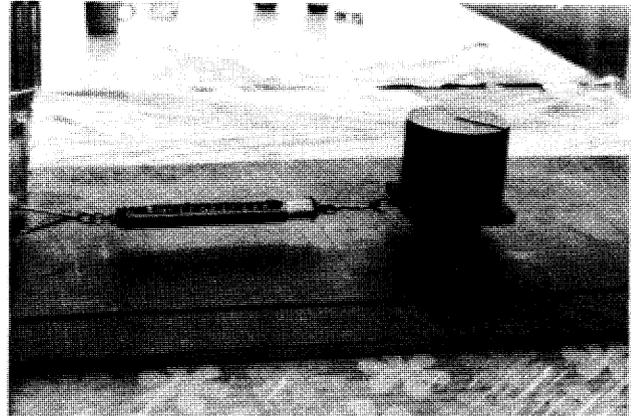
模擬試験体による実験は、実際に人の足で行なった実験の時使用した床材を用い図20の様に模擬試験体の上におもりをのせバネばかりで引張りすべり抵抗値を測定した。(写真6)

この実験に使用した荷重は5kg、10kgであり模擬試験体自身の重量とあわせると5.2kg、10.2kgとなる。

#### iv) 実験結果

実験結果は表5のごとくである。表の実測値は実験データの内の最大値と最小値及びそれらの平均値である。ころがり摩擦とは被験者を台車にのせのまま皮ベルトで

写真 6 模擬試験体の実験



手すり部分と固定せずに台車を引張り、ローラースケートの摩擦だけで求めた摩擦抵抗値(人がのるとその人に対して台車個有の値となる)である。したがって、実際の摩擦抵抗値を出すために平均値からころがり摩擦を引いた値を補正值とし表示してある。図11は表5をグラフ化したものである。図は横軸に体重、縦軸に摩擦抵抗値をとり、図中の点は各人の摩擦抵抗値の最大値、最小値及び短い横棒は平均値である。このグラフはデータ数の多い女子のものを中心としてまとめたものであるが、更に男子の実験の中に女子と同じきものがある場合はその実験値も参考のため追加記入してある。図中の直線は最小自乗法により求めた回帰直線である。(氏名の欄の空白の部分の実測値は記録してあるが、氏名不明となってしまったものである。)

模擬試験体による摩擦抵抗値は表6のごとくである。図12は表6をグラフ化したものである。この値は、荷重5.2kg、10.2kgの点を床材、床の状態とはきもの別にグラフ上にとり、2点間を結び、その線を荷重40kg~60kgまで延長したものを図11の中にゴム硬度50のものを点線で、ゴム硬度70のものは一点鎖線で記入してある。

#### v) 考 察

##### (1) 実験中における考察

##### a) 測定値の変動

裸足の場合及びビストッキングをはいて塩ビ系タイルやシート摩擦抵抗値の測定実験中に同一被験者でありながら回数をかさねる度にしだいに摩擦抵抗値が小さくなる場合があった。この原因は足の裏の発汗によるものと考えられる。これを防止するために、1回の実験ごとに足の裏を扇風機で乾かし、更に試験用床材を乾布で十分拭いて、しかるのち実験を行なった。

フロアリングや床用合板の場合には、発汗による湿り気のためにむしろ摩擦抵抗値がしだいに大きくなる傾向があった。これも上記の如く扱った。

##### b) 試験体の表面状態による影響

表5 実測値の1例

塩ビタイル・Dry・ソックス

氏名	性別	体重	実測値 (kg)			ころがり 摩擦 b (kg)	補正值 a - b (kg)
			最大値	最小値	平均値 a		
S.N.	男	49.5	24.5	22.9	23.9	2.8	21.1
T.A.	男	51.0	23.8	23.6	23.7	2.9	20.8
H.H.	男	59.0	28.4	26.0	26.9	3.2	23.7
H.Y.	男	48.5	21.0	20.5	20.7	2.8	17.9
T.H.	男	51.5	22.6	22.0	22.3	2.9	19.4
H.Y.	男	48.5	24.6	24.0	24.3	2.8	21.5
S.N.	男	49.5	24.8	21.2	23.2	2.8	20.4
	男	58.5	25.8	24.8	25.3	3.2	22.1

塩ビタイル・Dry・ソックスカバー

Y.K.	女	39.5	22.2	21.2	21.7	2.4	19.3
M.K.	女	46.0	17.4	16.6	16.9	2.7	14.2
T.K.	女	45.5	16.8	15.8	16.3	2.7	13.6
N.T.	女	43.5	21.7	16.2	19.2	2.6	16.6
K.O.	女	47.5	19.0	15.6	17.7	2.7	15.0
T.K.	女	52.0	23.0	22.2	22.6	2.9	19.7
Y.M.	女	59.5	28.2	27.0	27.5	3.3	24.2

塩ビタイル・Dry・ストッキング

T.K.	女	43.0	15.2	13.8	14.7	2.6	12.1
M.K.	女	44.5	18.4	16.8	17.6	2.6	15.0
N.T.	女	43.5	18.2	17.8	18.0	2.6	15.4
K.O.	女	47.5	15.2	13.0	14.0	2.7	11.3
T.K.	女	52.0	19.8	18.2	19.2	2.9	16.3
Y.M.	女	59.5	22.8	19.8	21.6	3.3	18.3
Y.K.	女	39.5	18.2	17.6	18.0	2.4	15.6

表6 模擬試験体実験実測値

ゴム硬度50・荷重5kg

棒線は測定値なし  
斜線は実験なし

塩ビタイル・Dry

試験体	実測値 (kg)		
	最大値	最小値	平均値
ゴム・50	—	—	2.8
ソックス	—	—	2.0
ソックスカバー	2.3	2.1	2.2
ストッキング	1.6	1.4	1.5
靴	—	—	—
靴(合成皮)	—	—	—
靴(ウレタン)	—	—	—
スポンジスリッパ	—	—	—
フェルトスリッパ	—	—	—
ビニールスリッパ	—	—	—

塩ビタイル・Oil

試験体	実測値 (kg)		
	最大値	最小値	平均値
ゴム・50	3.2	2.7	2.9
ソックス	1.3	1.1	1.2
ソックスカバー	1.4	1.3	1.4
ストッキング	0.8	0.6	0.7
靴	—	—	—
靴(合成皮)	—	—	—
靴(ウレタン)	—	—	—
スポンジスリッパ	—	—	—
フェルトスリッパ	—	—	—
ビニールスリッパ	—	—	—

塩ビタイル・Wet

試 験 体	実 測 値 (kg)		
	最 大 値	最 小 値	平 均 値
ゴ ム ・ 50	4.6	4.0	4.3
ソ ッ ク ス	2.1	1.8	2.1
ソックスカバー			
ストッキング			
靴	—	—	—
靴 (合 成 皮)			
靴 (ウレタン)			
スポンジスリッパ	—	—	—
フェルトスリッパ	—	—	—
ビニールスリッパ	—	—	—

磁器タイルの目地に足がひっかかった場合には測定値にばらつきがあるので、目地のない部分を選んで実験を行なった。磁器タイルは発汗がある場合は摩擦抵抗値が小さくなる傾向がある。

フロアリングの場合も足が目地に引っかからない様にして実験を行なった。

うすべりは目の流れにそってすべらせる様にして実験を行なったが、下地の接着が不良だったため実験不能となった。しかし、女子のソックスカバーとストッキングの場合は摩擦抵抗が比較的小さかったので実験可能であった。

c) はきものの影響

スリッパの実験では摩擦のため底がすり切れることがあるのでそのつど新しいスリッパにとりかえた。また、スリッパの底に塵埃が付着すると実験値が異なってくるので1回毎に乾布で塵埃を除去し実験を行った。

d) すべり始めの判定

摩擦抵抗を測定する場合、最初は足が床とすべり始めたかどうかを被験者自身に感覚で合図させ、このときの抵抗値を測定者が測定器から読みとっていた。しかし、被験者の感覚は実際に足が床の上をすべっていないともすべったと感ずる場合があり、結局、実験者が被験者の足を目視によって観察し、実際にすべりはじめた時、合図する方法を取った。

e) そ の 他

実験値より回帰直線を求めて見ると右下り、つまり荷重がふえるにしたがって摩擦抵抗が減少するという不合理な場合が出て来た。これは男子の場合でありこの原因は男子の被験者が5人でありこの数では実験値をまとめて回帰直線を描くには人数が少ないことである。又、被験者の体重が皆似かよっていることにより、測定点が集中しこれが原因で回帰直線の勾配が逆となっている。そこで今回の実験のまとめとしては被験者数も多く、又、体重の分散している女子の実験値によるものだけについて考察を加えることにした。

女子の内、フロアリングのDryの合成皮革靴の場合は

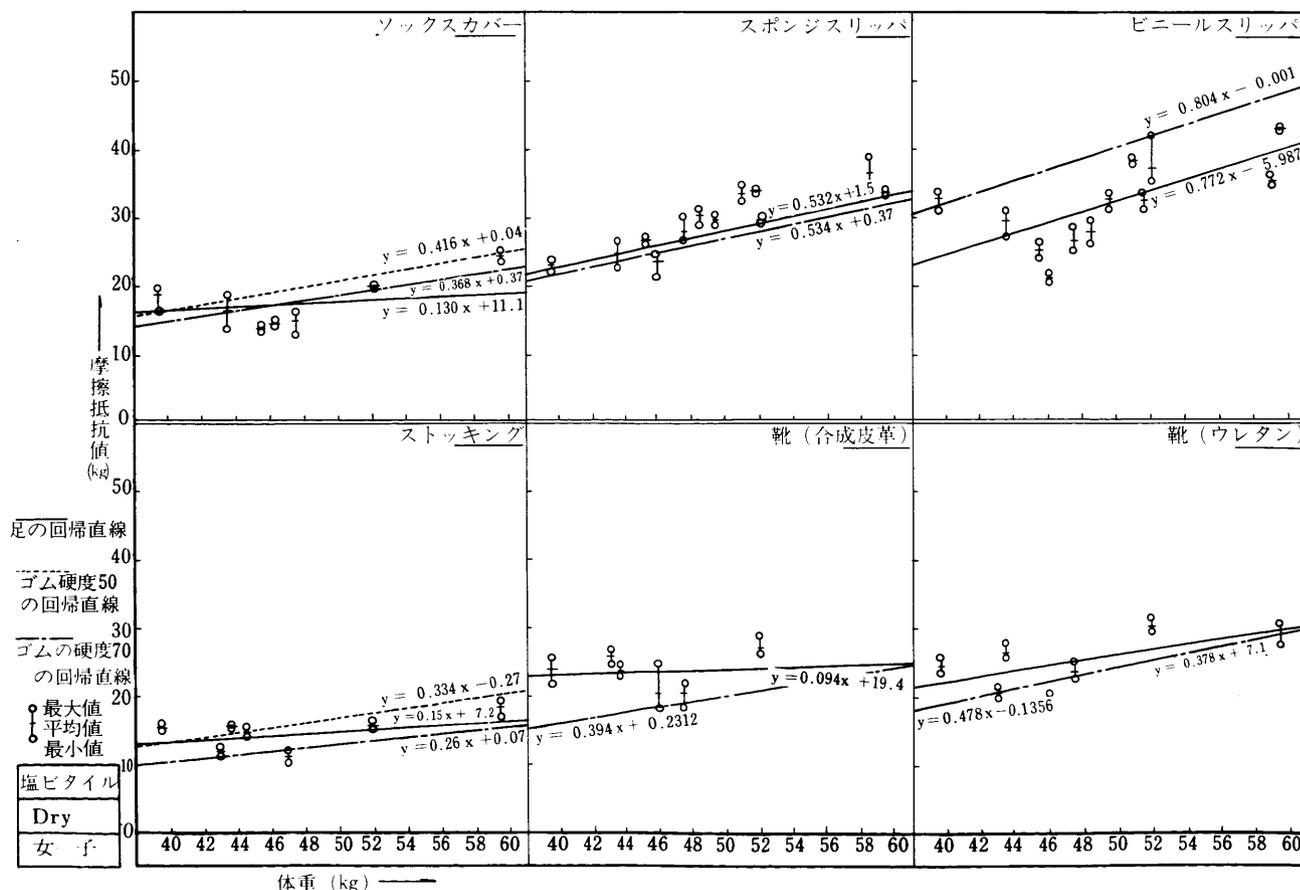


図11 床材・床の状態。はきものの各種組み合わせによる摩擦抵抗値および回帰直線の図の1例

(塩ビタイル・Dry・女子)



表7 摩擦抵抗値の回帰直線のパターン

	Dry						Oil				
	塩ビ タイル	塩ビ シート	フロア リング	床用合板	磁器 タイル	ニードル パンチ	ウスベリ	ウスベリ (ビニール)	塩ビ タイル	塩ビ シート	床用合板
ソックスカバー	a	b	b	b	c	c	b	c	a	b	b
ストッキング	a	b	b	c	c	a	b	a	b	b	c
スポンジスリッパ	a	b	b	c	b	b	/	/	c	c	b
ビニールスリッパ	c	b	b	a	/	c	/	/	c	b	a
靴(合成皮)	a	a	c	b	/	a	/	/	c	c	b
靴(ウレタン)	c	a	a	c	/	a	/	/	b	a	c

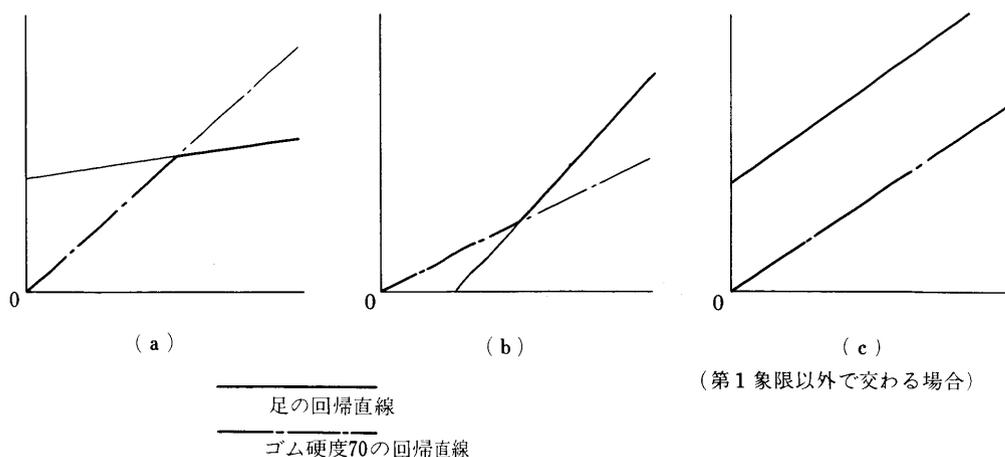


表8 床のすべり性状

a …付着度(ひっかかり)  
b …きしみ音  
c …測定器の指針のふれ

dry		裸足	ソックス	ソックスカバー	ストッキング	スポンジスリッパ	フェルトスリッパ	ビニールスリッパ	合成皮革靴	ウレタン靴
塩ビタイル	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
塩ビシート	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
フロアリング	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
床用合板	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
磁器タイル	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ニードルパンチ	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ウスベリ	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ウスベリ(ビニール)	a	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	b	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	c	/	/	/	/	/	/	/	/	/

うことはすべり出す際になめらかにすべらず急激にすべり出すことを意味している。bは、すべる際のはきものと床との間で出る音の大きさを表わしている。Cは測定器の指針のふれぐあいを表わしており、これが大きいことは針が激しくふれたことを示している。

aが大きいということは、摩擦抵抗が大きいことを意味するのではなく足が急激にすべり出すことを意味している。つまり、そのはきものと床の摩擦抵抗値以上に水平力が加わると急に抵抗力が低下してすべり出すので歩行にとっては非常に危険な状態である。

aが小さいということは、足が床の上をずるずるとすべって行く状態であり常に摩擦抵抗値以上の水平力を加えていなければならない状態、つまり静摩擦より動摩擦の方が大きいことを示している。従ってすべりにとっては、すべり出すまでの摩擦抵抗値が大きく、かつ、すべり始めても更に摩擦抵抗を増す材料が安全であることは間違いない。床の安全性をただ静摩擦係数だけで見るのはあまりである。今回の実験からこの様な床材とはきものとの組合せを読み取ることが出来る。(表9)

c 裸足の場合は摩擦抵抗が大きい、測定値の変動が

大きい。

図中裸足の状態での実験は男子だけが行っている。この実験は数が5人であり体重が集中しているこのために実験結果だけは信頼出来るが、一般的に回帰直線を求めることは無理である。

#### d 安全な床を選ぶ

床と人の足との間の摩擦抵抗値は求まったので、この力と比較する人間の諸動作中に床に与える力を知ればよい。

この力は平常歩行のときの値だけは今日でも求められている。しかし、このときの値、特に水平分力はどの程度を設計用として考えておけばよいかは、なかなか決定しにくいのであるが、筆者等の行った実験から言えば、ほとんどの人間が床に与える力(標準偏差の3倍を平均値に加えたもの、即ち99.7%の人がその値の中にある)は40kgと言うことになる。但しこの値は今回の実験値を見たとき、きわめて大きいと云える。又、歩行実験の値の変動が大きいために、40kgと言う値が出ているので、平均値は13kg~16kg程度と判断出来る。従って、一応今回、この値を20kg見做せば、この値ですべり現

表9 体重50kgにおけるすべり摩擦抵抗値及び摩擦係数

Dry

上段…摩擦抵抗値(kg), 下段…摩擦係数

はき物	塩ビタイル	塩ビシート	フロアリング	床用合板	磁器タイル	ニードルパンチ	ウスベリ	ウスベリ (ビニール)
ソックスカバー	17.6 2.8	22.1 2.3	12.7 4.0	12.7 3.9	13.4 3.7	23.5 2.1	13.7 3.7	13.0 3.9
ストッキング	14.7 3.4	20.5 2.4	12.9 3.9	15.7 3.2	15.7 3.2	23.9 2.1	13.3 3.8	13.3 3.8
スポンジスリッパ	28.1 1.8	25.1 2.0	21.6 2.3	22.6 2.2	30.9 1.6	37.0 1.4		
ビニールスリッパ	32.6 1.5	30.7 1.6	29.2 1.7	35.7 1.4		39.4 1.3		
靴(合成皮)	24.1 2.1	27.0 1.9	23.3 2.1	21.2 2.4		33.4 1.5		
靴(ウレタン)	26.0 1.9	25.9 1.9	21.5 2.3	22.1 2.3		40.6 1.2		
裸足	※34.3 1.5	※39.2 1.3	※35.4 1.4	※43.7 1.1	※44.0 1.1	※43.4 1.2		

Oil

Wet

はき物	塩ビタイル	塩ビシート	床用合板	塩ビタイル	塩ビシート	フロアリング	床用合板	磁器タイル
ソックスカバー	19.3 2.6	16.7 3.0	18.6 2.7					
ストッキング	19.6 2.6	17.0 2.9	22.9 2.2					
スポンジスリッパ	27.1 1.8	26.2 1.9	29.9 1.7					
ビニールスリッパ	32.1 1.6	36.0 1.4	35.9 1.4					
靴(合成皮)	26.1 1.9	28.8 1.7	29.1 1.7					
靴(ウレタン)	22.0 2.3	26.4 1.9	24.6 2.0					
裸足								



象をおこさせない床材とはきものとの組合せは表10の如くである。又この許容水平力を30 kgと見做せば表11のごとくである。

実験は実際におこる床と人との間の組合せをすべて満たしてはいない。これは試験体が不備で実験不能であったり、実験そのものに問題があったりするためである。従って表10、表11では空白の部分があるが、この部分を今回の実験結果から推定して一応の設計資料としたものが表12、表13である。

設計に必要な諸動作の水平分力は今回の実験では十分求まっていない。従って諸動作に対応する水平分力を求めることがぜひ必要なことである。このために本研究では、このような諸力を求めるための2分力測定機を現在

設計・作製中であることを付記しておく。

昭和50年度は、この2分力測定機を用いて、単に歩行ばかりでなく、その他の動作中の諸力を明確にし、これと今回の実験結果とを比較し、安全な床の選択を可能にする予定である。従って昭和49年度の実験では、この設計用の要求値は従来値を使用しており、床材の選択もその意味で1つの例として見ていただきたい。

<研究担当者>

宇野英隆	千葉工業大学教授 工博
直井英雄	綜建築研究所副所長 工博
速藤佳宏	千葉工業大学助手