

動作・行為から見た手すりの分類および手すりにかかる人の転倒時荷重の計測

—住居内壁付け手すり取付け強度の定量的評価法に関する実験研究 (1)—

CLASSIFICATION OF HANDRAILS FROM THE VIEWPOINT OF HUMAN ACTION AND MEASUREMENT OF HUMAN FORCE APPLIED TO HANDRAILS DURING ACCIDENTAL TUMBLING

Experimental study on the strength evaluation method of installed handrails on wall in dwellings (1)

加藤正男*, 八藤後 猛**, 野村 歡***, 布田 健****, 直井英雄*****

Masao KATO, Takeshi YATOGO, Kan NOMURA,

Ken NUNOTA and Hideo NAOI

Handrails and grab bars are essential to support life of senior citizens and people with disabilities. However, very little technical information is available as to their retrofitting to existing dwellings. The authors intend to propose an evaluation method to judge the effective strength of installed handrail on various wall structures and materials commonly found in Japanese dwellings. In this paper, as the part 1 of the study, we authors report a classification of various handrails from the viewpoint of human action to them and measured forces loaded by humans during accidental tumbling.

Keywords: Handrail, Strength of installation, Barrier-free designed house, Human load, Accidental tumbling

手すり, 取付け強度, バリアフリー住宅, 人の力, 転倒事故

1. はじめに

我が国の高齢者人口の割合は増加を続けており、2014年には全人口の25%が65歳以上になるといわれている。加齢とともに視覚や筋力などが低下しはじめると、住み慣れているはずの住居内においても動作に支障をきたしたり、また段差や浴室などでの事故が多くなる。国民生活センターの資料¹⁾によると、建築に関わる高齢者の事故のおよそ6割が家庭内で発生していると報告されている。このような状況にあって、2000年の建築基準法施行令第25条の改正で階段に手すりの設置が義務化されるなど、日常生活における動作の補助や転倒の防止の手段として手すりの設置が住宅の新築時・改修時を問わず行われるようになってきた。

手すり(身体支持、動作補助などの目的で壁に取り付けられる手すり。以下同様)を設置するには、壁に下地補強を設けることや強固な壁材を用いることが必要になる。住宅金融公庫の住宅工事共通仕様書²⁾では下地補強の設置例が示されており、またバタリービング「優良住宅部品認定基準(歩行・動作補助手すり)」³⁾では壁に設置した手すりの強度基準が示されるなど、手すり取付け壁の対応を示す基準やマニュアル等が整備されている。新築時では、このような配慮から住宅のバリアフリー化を図る際には、あらかじめ下地補強を設けておくなど、手すりの設置対応はごく一般的

に行われるようになってきた。

しかし改修時の住宅では、とりわけ介護保険を利用した住宅改修¹⁾により手すりの設置が広く行われるようになってはきたが、手すりを設置した後に強度が足りず事故を起こしたケースも報告²⁾されている。その大半は使用時に壁から手すりがはずれたものであり、同様の事故は介護保険を利用する以外でも数には現れないが多く起きていると考えられる。

既存住宅ではほとんどの場合、手すりの設置が前提に建てられていないため壁に下地補強が用意されておらず、壁構法の種類も多様であるにも関わらず、改修時の手すり後付けについて技術的な面で参照する資料は少ない。したがって指針やマニュアル等での対応が早急に必要である。

住居内の壁に手すりを後付けする際に、その壁が手すり取付けに耐える強度があるかどうか判断できれば、強度不足の場合にも壁の補強処置などの対応を行うことが容易になると考えられる。そこで本研究では、人が手すりに加える力を荷重の根拠とし住居内の一般的な壁への手すり取付け構法を対象に荷重試験を行い、手すり取付け強度の定量的評価法を提案して行くことを目標に、本報をはじめとする一連の研究で得られた知見を順次報告しようとするものである。

* ナカ工業(株)技術研究所開発部 部長代理
** 日本大学理工学部建築学科 助手・工博

*** 日本大学理工学部建築学科 教授・工博

**** 御建築研究所建築生産研究グループ
主任研究員・博士(工学)

***** 東京理科大学工学部第二部建築学科 教授・工博

Development Dept., Technical Laboratory, Naka Corporation
Research Assoc., Dept. of Architecture, College of Science & Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, College of Science & Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

Independent Administrative Institutions, Building Research Institute, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

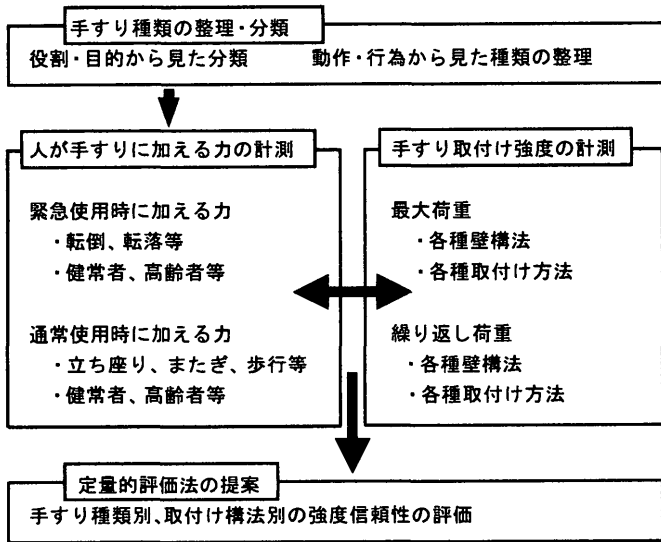


図1 本研究全体の構成

2. 研究全体の構成と本報告の範囲

本研究全体の構成を示したものが図1である。この図を簡単に説明すると、まず現在ある住居内の手すりを、動作・行為の観点から調査整理を行って分類し、これに従って「人が手すりに加える力の計測」を行い、また一方で各種取付け構法別に「手すり取付け強度の計測」を行い、この双方の計測結果を対応させ、手すり取付け強度の定量的評価法の提案を行おうとするものである。

ここで「人が手すりに加える力」²⁾³⁾には、具体的に次の二つの力があると考えられる。一つは「緊急使用時」すなわち転倒・転落時に急激に加えられる強い力と、二つ目は「通常使用時」すなわち日常生活動作・行為を補助するため繰り返し加えられる力である。これらの力は、手すり取付け強度に対する要求荷重値として捉えることができる。すなわち、転倒・転落時に加わる力に対しては、最低限手すりが脱落しない耐「最大荷重」強度を保有していることが必要となり、また通常使用時における繰り返しの力に対しては、ガタツキなどのない耐「繰り返し荷重」強度が必要となることを示している。

本報その1では、この中から「手すりの整理・分類」と人が「緊急使用時に加える力」の2つについて取り上げる。

3. 壁付け手すり種類の整理・分類

3-1 整理・分類の考え方

住居内に設置される手すりには、設置空間や使われ方などにより多数の種類があるため、人が手すりに加える力を実験計測するには、まずそれらを整理・分類しておく必要がある。そこで、手すりの種類、取付け位置、使われ方について文献²⁾³⁾¹¹⁾¹²⁾の調査や、手すりメーカー及び住宅設備メーカー(48社)のカタログ調査を基に以下の整理・分類を行った⁴⁾。

3-2 役割・目的から見た壁付け手すり種類の整理・分類

図2は、手すりに求められる役割や目的といった観点から手すり種類の分類を行ったものである。転倒や転落時ととっさに手す

手すりの分類	使用状態区分		
	転倒時	緊急時	
身体支持手すり	平面歩行時	通常時	
歩行補助手すり	階段歩行時		
	斜面歩行時		
	単純段差昇降時		
動作補助手すり	またぎ段差昇降時		
	立ち座り時		腰掛け時
			長座時
			しゃがみ時
	姿勢保持手すり		立ち姿勢時
座り姿勢時			
しゃがみ姿勢時			

図2 役割・目的から見た壁付け手すり種類の分類

りを使用するような場合大きな荷重が手すりに加わることが多い「緊急時」と、歩行や立ち座りといった日常的な使用による「通常時」とに大きく分類した。また「通常時」については、その使われ方から主に以下の3つに細分類した。

- ・歩行補助：廊下・階段などで手すりを握ったり、手すりに手を滑らせたりしながら歩行する動作・行為
- ・動作補助：トイレの立ち座りや浴槽縁の跨ぎなど様々な場所で、手すりを握って身体の移動を容易にしたり、身体を支えたりする動作・行為
- ・姿勢保持：立ったままの姿勢や座ったままの姿勢を保つため手すりを握ったり、手すりに寄り掛かったりする動作・行為

3-3 動作・行為から見た壁付け手すり種類の整理・分類

図3は、図2の「通常時」について手すりの使用状態区分を縦列に、住居内の各空間を横列とし、この中に手すりを使った動作・行為がなされる主要な部位を記入した一覧である。また、縦列に示す動作・行為は床の段差高さや腰掛けの高さ(図3の右下に示すH, H1, H2)として細分類した。これにより例えば、単純段差昇降時の段差寸法H50mmでは、玄関の「上がり框」と、便所・浴室・洗面脱衣所・寝室居間の「出入口」が該当し、それらは同様の動作・行為として整理したことを示している。今後、この図3は通常使用時に手すりに加える力の計測を行う場合に、同様の動作を一種類の計測項目として集約化でき、今後目標とする定量的評価法を提案する際の整理に有用になると考えている。

4. 手すりにかかる人の転倒時荷重の計測

4-1 実験方法

1) 本実験の基本的な考え方

故意に手すりに加える力を別とすれば、日常時に手すりに掛かる力の中でかなり大きな力であると予想されるのは、突然人が転倒し身体を支えようとする場合であると考えられる。また手すりの向きには、一般に床と水平な横手すりとは垂直な縦手すりとがあるが、この力が加えられた場合、握った手が滑り易い方向にある縦手すりより、重力方向へ移動する体重を受け止める向きにある横手すりのほうが、より大きな荷重になると考えられる。従って横手すりにかかる力を実験項目の代表として測定を行えば、他の

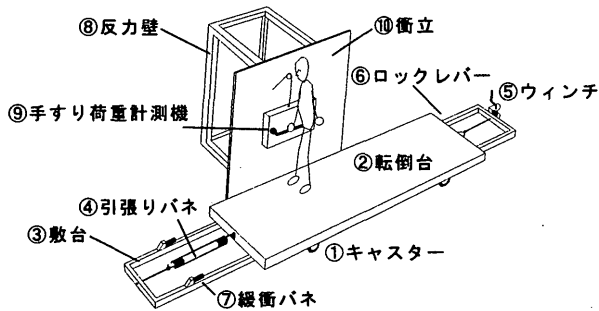


図4 実験装置

敷台の一端中央には引っ張りバネ(4) (バネ定数 13.5kgf/mm) をフック掛けて連結し、もう一端の敷台に固着したウインチ(5) でワイヤーを巻き揚げ転倒台を引き寄せる構造とした。その途中でウインチのハンドルから手を滑らせても転倒台が始動しないよう、ロックレバー(6)が常に働きながら引き寄せできる工夫を施した。所定の位置まで移動した転倒台の始動は、ワイヤー端部のフック掛けを外したあと、ロックレバーを一押しで解除しスタートさせた。これにより、転倒台は急激に動き出すが、敷台にセットした緩衝バネ(7)に当たり衝撃吸収させ装置と側壁の保全本がはかれるようにした。また、予備実験でほとんどの被験者が転倒することをもって、転倒台の平均加速度を2.3G程度、移動距離を約0.7mとした。

反力壁(8)は、計測値に影響のないよう重量のある剛体とし、計測器(9) (kistler社、多分力計測器)を着脱可能なしゃこ万力で固定した。手すりは計測器表面に設けられたネジ穴にボルトで固定し、手すりの高さは計測器ごとウインチを用いて上下に移動させ位置決めした。反力壁の前面には基盤目状の寸法線を記した合板製の衝立(10)を設け、手すりだけが現れるように開口部を開けた。

3) 実験項目

表1に本実験に関する条件を示す。手すりの材質の種類には、主に樹脂と金属の2種があるが、手すりにかかる最大値を推定するという本実験の主なる目的から、樹脂製を使用した。この理由としては、金属製と比較して手が滑りにくいため力が強くかかる傾向にあるためである。手すりの径については、市販のもので特に決まった寸法のものはないが、一般には、27~28mm、32mm、34mmといったものが多い。そこで27mmと34mmの径で予備実験を行い、荷重のより掛かりやすい34mmのものを使用することとした。握り位置は、手すりの端部の場合ブラケットが手に触れるなど危険な状況が予想されるため中央部とした。手すりの設置高さは、一般的に用いられる800mmを中心とし、±50mmの750mm、800mm、850mmの3種類とした。なお、さまざまな身体寸法に応じて手すりの高さを変化させるという考え方もあるが、本研究では、現実に住居内に設置される高さを実験条件とした。

4) 被験者

被験者は、大学生を中心とした男性30名とした。図5、図6は、その身長及び体重の分布を示したものであり、同様に図7、図8は、日本人成人男子の身長体重分布¹³⁾を示したものである。これらと比較すると、本被験者群は全体的に体格が大きいもののその差は小さく、集団としての偏りも見られないため、本実験にお

表1 実験条件

a. 材質	樹脂製
b. 直径	34mm
c. 握り位置	中央部
d. 設置高さ	750, 800, 850mm
e. 床の移動方向	前方、後方

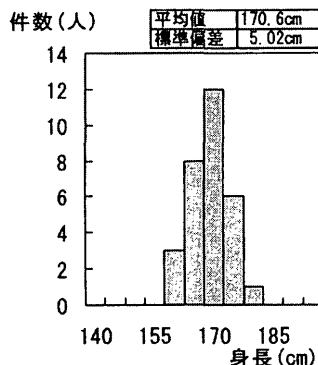


図5 身長分布(被験者)

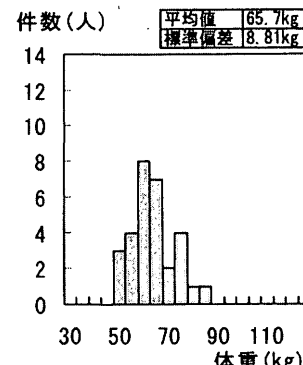


図6 体重分布(被験者)

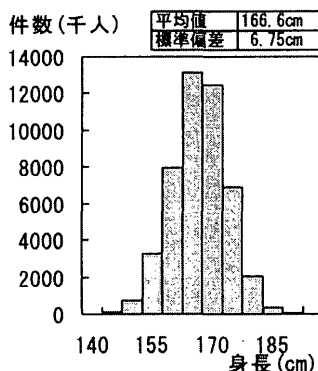


図7 身長分布(成人男子)¹³⁾

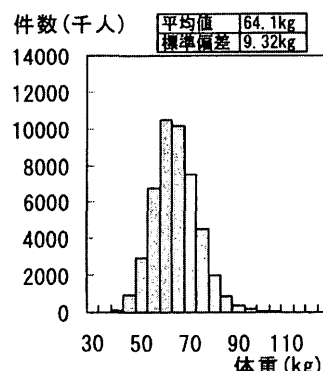


図8 体重分布(成人男子)¹³⁾

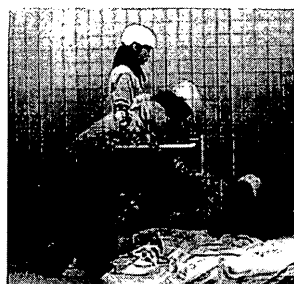


図9 実験風景(前方転倒)

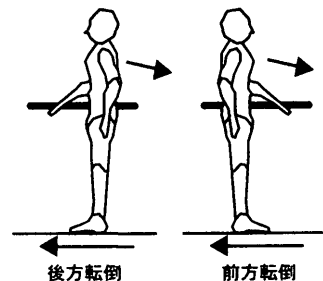


図10 転倒台の移動方向と転倒の向き

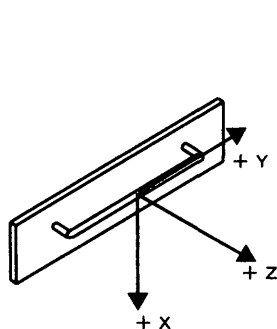


図11 手すりに加わる荷重の成分方向

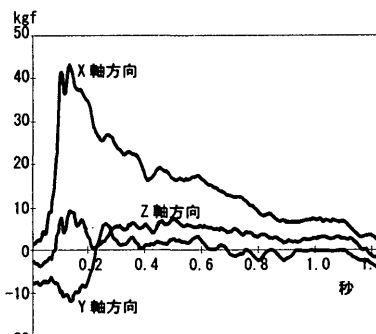


図12 計測結果の一例(前方転倒 手すり高さ850mm)

る被験者としては特に問題がないと判断した。また、男性を被験者とした理由は、女性より体格や握力等が大きく、その結果手すりに加わる力が大きくなる傾向として予想され、得られた結果を手すり取付け強度に反映させる際に安全側に働くと考えた。

5) 具体的な実験方法

図9に実験風景を示す。実験方法としては、先に示した実験装置(図4)に被験者を立位状態から転倒台を前方または後方へ急速に移動させることにより、被験者を前方または後方に転倒させた。ここでいう後方転倒は、図10のように向かって左側に身体の正面を向けて、転倒台が左側へ移動する際の動作をいう。これによって転倒しなかった1~2名を除き、ほとんどが後方に転倒するため「後方転倒」と呼称することにする。また、前方転倒とは、向かって右側に身体の正面を向けて、台が左側へ移動する際の動作をいう。この場合も、同じくほとんどが前方に転倒するため「前方

転倒」と呼称することにする。なお、図11のように鉛直荷重+X方向、向かって右方向の水平荷重を+Y方向、壁面から引っ張る方向を+Z方向として表す。

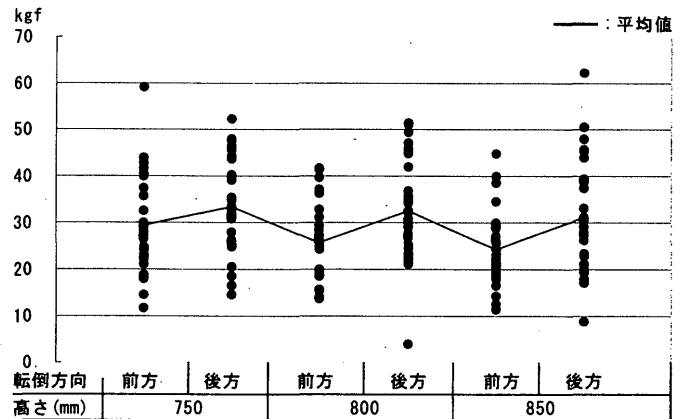


図13 全実験結果

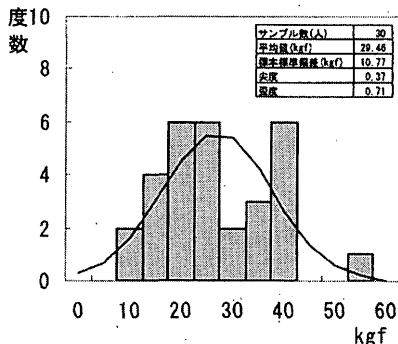


図14 前方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ750mm)

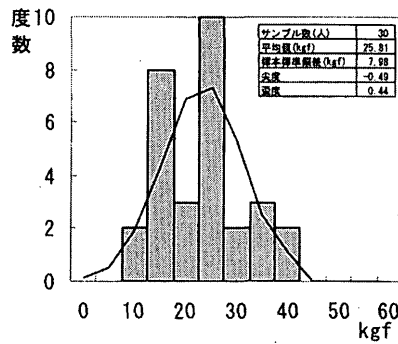


図15 前方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ800mm)

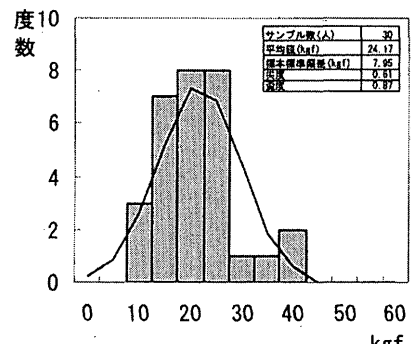


図16 前方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ850mm)

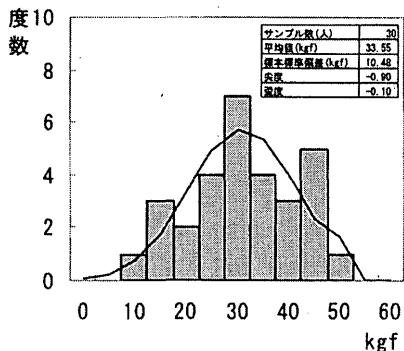


図17 後方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ750mm)

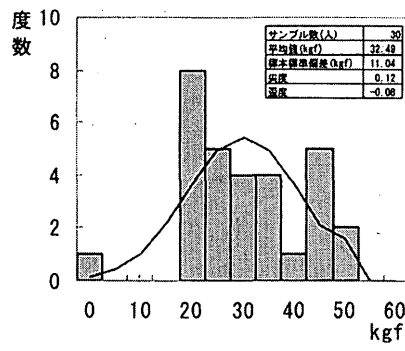


図18 後方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ800mm)

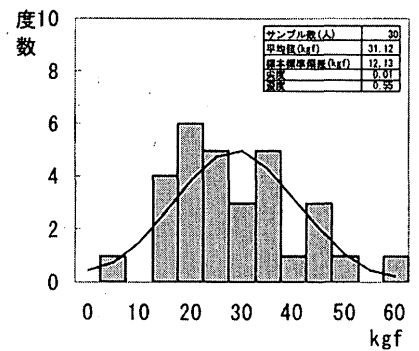


図19 後方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ850mm)

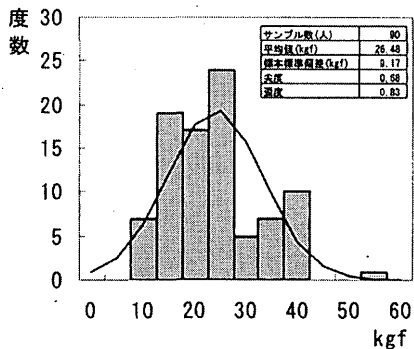


図20 前方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ合計)

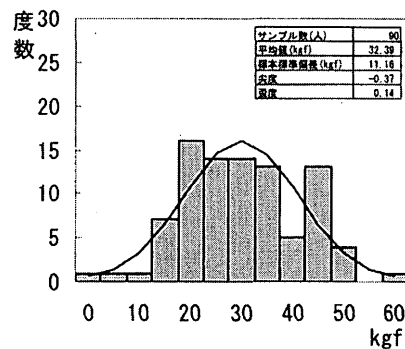


図21 後方転倒時最大荷重分布 (手すり高さ合計)

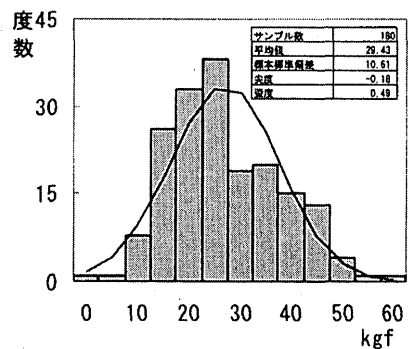


図22 転倒時最大荷重分布 (全結果合計)

被験者全員に、先に示した手すり高さ3種類と転倒方向2種類の合計6種類の実験項目を各1回行わせ、手すりに加えられた荷重のデータn=180を得た。なお実験の際には、掴みそこないによる手の危険を避け確実に手すりに荷重が伝わることに配慮し、手すりを軽く掴んだ状態から始めた。また、データの取りこぼしを避けるためトリガー(0.5kgf)を設定し自動計測した。

4-2 実験結果

図12に実験結果の一例を示す。横軸に計測時間、縦軸に荷重値を取り、荷重線図として記録した。転倒時に手すりに加えられた力は、X・Y・Zの3軸方向の荷重値(Kgf)として、2ms(毎秒500回)ごとに計測機に取り込んだ。なお、最大荷重の捉え方として、ある同一時間における3軸方向の合力が最も大きい値を最大荷重(P1)とする考え方と、異なった時間における3軸方向それぞれの最大値を抽出しこの合力を最大荷重(P2)とする2つの考え方があり得るが、ここでは実際に掛かる最大荷重(P1)を採用し、合力 $\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}$ をもって手すりに加える力の「最大合力」とした。

図13は、最大荷重の全データを各実験項目別にプロットし、転倒方向と手すり高さの要因別にデータの範囲と平均値を示したものである。図14~19に、各実験項目ごとの最大荷重の分布を見るため、横軸に各被験者が出した最大荷重を、縦軸にその度数を示す。図20~21は、手すりの高さを集約し2方向の転倒別に整理したものである。図22は、全ての実験データをグラフにしたものである。

4-3 考察

1) データ全体の考察

図13, 図14~19を見ると、全体的な傾向として、平均24.2~33.6kgf、標準偏差は、8.0~12.1kgfとなっている。荷重のレンジは最小値4.0~14.7kgf、最大値41.9~62.2kgfの分布となっており、かなりバラツキが大きい。これは、瞬時に起きる転倒であるためしっかり掴める場合もあれば、掴みきれずに転倒する場合もあり、かなりの偶然が入り込むためと思われる。最大荷重は手すりが850mmの時の後方転倒時である。これらデータを用いて、最大荷重を目的変数とし、手すり高さ及び転倒方向の種類を説明変数として、数量化I類により分析を行ったものが図23である。これによると転倒方向による影響が大きく、前方より後方へ転倒する場合の方が、力が大きくかかることが読みとれる。また、手すり高さの影響程度はさほど強くはないが、手すりが低くなるに従って荷重が大きくなるのが読みとれる。

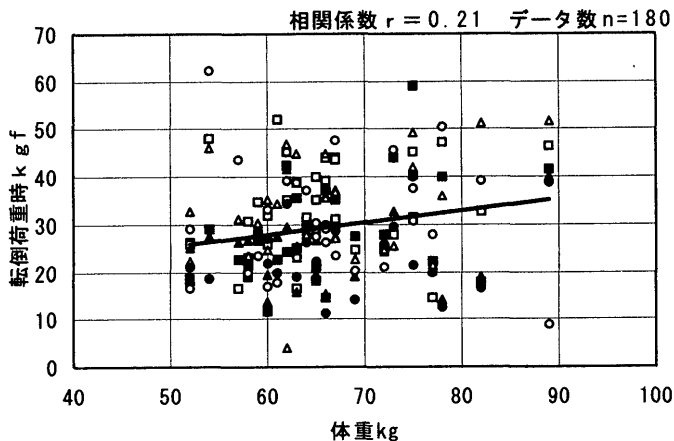
2) 各実験データの正規性の検定

本報で取り上げた転倒時に人が出すような力に関しては、通常かなりのバラツキが生じるため、手すりに加わる荷重も幅をもって捉える必要がある。このような場合、建築人間工学の分野では正規分布で捉えることが多い。そこで、図14~19のヒストグラムの分布について正規分布への適合度を見るため歪みと尖りの検定を行った。その結果、6つの実験データのうち5つまでは正規分布であることが認められた。残り1つ(手すり高さ800mm・後方転倒)については、必ずしも正規分布とはいえないという結果

平均値:29.43kgf 決定係数:0.85

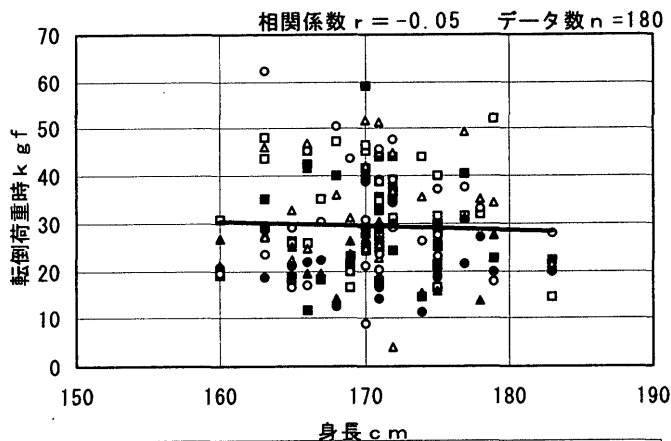
アイテム	カテゴリー	カテゴリースコア	-3	-2	-1	0	1	2	3	レンジ
手すり高さ(mm)	750	1.54								2.51
	800	-0.57								
	850	-0.97								
転倒方向	前方	-2.95								5.91
	後方	2.95								

図23 数量化I類による分析



■ 手すり高さ750mm・前方転倒 □ 手すり高さ750mm・後方転倒
 ▲ 手すり高さ800mm・前方転倒 △ 手すり高さ800mm・後方転倒
 ● 手すり高さ850mm・前方転倒 ○ 手すり高さ850mm・後方転倒

図24 体重と転倒時荷重の散布図



■ 手すり高さ750mm・前方転倒 □ 手すり高さ750mm・後方転倒
 ▲ 手すり高さ800mm・前方転倒 △ 手すり高さ800mm・後方転倒
 ● 手すり高さ850mm・前方転倒 ○ 手すり高さ850mm・後方転倒

図25 身長と転倒時荷重の散布図

であったが、サンプル数等の要因も考えられるため、全体としては正規分布と捉えることに問題はないと考えられる。

3) 実験データと体重・身長との相関性

人の出す力を定量的に扱う上で、人の属性を端的に表す体重や身長との間に相関があるか、またある場合には相関の強弱について調べておくことが必要と考える。

図24, 図25は、全被験者から得た計測数180を散布図に示したものである。転倒荷重と体重の場合、相関係数は0.21でP値が0.006であり、正の相関が認められたものの、図24の散らばり状態から見ても明らかなように相関の強さは極めて弱いものであつ

た。すでに述べたごとく、被験者は特に偏りがあるわけではなく、加力も現実に近い状態を再現するように行った結果であるため、これはこの加力現象の持つ特性であると考えられる。一方、転倒荷重と身長の場合は、相関係数が -0.05 でP値が 0.59 であり相関は見られなかった。

5. まとめと今後の課題

本研究から、大きく2つの研究結果を得た。1つは、住居内手すりの調査から、手すり種類の整理・分類結果を提示したことである。この結果は、最終的な評価法において有用であるばかりでなく、今後行うべきいくつかの実験研究に対して、有効な基礎資料になるものと考えられる。2つ目は、転倒時を再現した被験者実験を行い、その時に手すりにかかる荷重を測定したことである。転倒時の荷重は平均 29.4kgf 、最大荷重の推定値 ($+3\sigma$) は 61.2kgf であり、被験者および日本人の平均体重を越えることはなかった。今後の課題としては、手すりの日常的な使用状態の中で、どの程度の力がかかるのかを被験者実験により明らかにすること、および手すりの日常使用時における繰り返し荷重耐久強度を計測することであり、さらにそれらの知見を集めて評価法の提案を行うことを考えている。

なお本研究は、(社)日本リハビリテーション医学会手すり小委員会(委員長:野村歎)による研究¹⁴⁾及び豊嶋純氏(東京理科大学直井研究室)の修士論文を基に再整理し直したものである。ご協力頂いた方々に深く感謝の意を表するものである。

注1) 2000年からスタートした介護保険制度では、要支援・要介護の認定者に、手すりの取り付けなど6項目が対象となる住宅改修を行った場合に20万円を限度に費用の1割負担で済む給付がされている。また、住宅改修の件数は「介護保険事業状況報告」(厚生労働省)より2002年度155,648件、2003年度298,720件であり、前年比191.9%に増加している。

注2) 国民生活センター2002年5月29日付発表資料:「介護が必要な高齢者のための住宅改修」(P.5~6)ではトラブル相談事項217件のうち事故・破損が10件あり、特に「手すりの取り付け」によるものは8件を占め、その多くが手すり取付け部のはずれ・折れ・破損であった(P.13)。これらの事故は住宅改修に従事する関係者の住宅改修に対する専門的知識や技術・経験の不足によることも記されている(P.15)。

注3) 「手すりとの力に関する研究」に限定すれば、墜落防止用手すりについて松下・宇野・遠藤らの報告^{4) 5)}など多くの既往研究がある。しかし、これらは本研究で対象としている壁付け手すりの研究でない。一方、本研究の対象とする身体支持の手すりに関しては後藤らの報告^{6) 7)}などがあるが、便所など限定された空間での手すりであり、住居内の全体を捉えた研究については既往研究は見あたらない。

注4) 壁付け手すりの取付け位置に関する既往研究は、廊下について佐藤らの報告⁸⁾や浴室・玄関について後藤らの報告^{9) 10)}など幾つかの研究がなされているが、個別の空間ごとに使いやすい位置を求めたものであり、手すりに掛かる人の力を計測する上で住居内の全体について手すり位置を整理したものはない。

注5) 東京都生活文化局、平成13年度高齢者危害危険情報分析調査による高齢者事故防止マニュアルの「転倒転落の原因」によれば、つまずいた・すべったがそれぞれ1位と3位にあげられている。

参考文献

- 1) 国民生活センター報道発表資料: 危害情報からみた高齢者の家庭内事故 2003年5月9日公表, p. 1
- 2) (財)住宅金融普及協会: 木造住宅工事共通仕様書 p. 229~230, 平成15年度版
- 3) (財)ベターリビング: 優良住宅部品認定基準(歩行・動作補助手すり) BLSRW:2003② p. 2
- 4) 松下清夫、和泉正哲: 建築物に加わる外力及び荷重に関する資料その6 日本建築学会論文報告集第56号, p. 22~29, 昭和32年6月
- 5) 遠藤佳宏、直井英雄、宇野英隆: 建築物に作用するヒトの力に関する研究その1, 日本建築学会論文報告集第289号, p. 99~105, 昭和55年12月
- 6) 田中真二、木村岳史、布田健、庄野隆、後藤義明、古瀬敏: L型手摺の使われ方に関する実験 立ち座りの補助として使われるL型手摺に関する研究その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, p. 749, 1998年
- 7) 中島康生; 後藤義明, 家田知明, 田中真二, 庄野隆, 布田健, 古瀬敏: 斜め手摺の有効性に関する研究 立ち座りを補助する斜め手摺に関する研究その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, p. 745, 1999年
- 8) 佐藤平, 松井壽則 高齢者の為の手すりの高さに関する研究 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, p. 941, 1992年
- 9) 矢田肇, 後藤義明, 田中真二, 浮谷典誠, 古瀬敏: 高齢者に適した浴室手摺のあり方に関する研究 その1. 手摺を使った浴槽出入り動作の基礎的実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, p. 941, 1992年
- 10) 木村岳史, 中村孝之, 谷俊男, 後藤義明, 古瀬敏: 高齢者に適した住宅内での段差越え時に有効な手摺に関する研究 その1. 玄関上がり框部での手摺のあり方に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, p. 649, 1997年
- 11) (財)高齢者住宅財団: 長寿社会対応住宅設計マニュアル 戸建住宅編 p. 47, p68~106
- 12) (社)全国年金住宅融資法人協会: 年金バリアフリー住宅 融資制度及び基準の解説-新築・戸建て、集合住宅編, 平成13年4月改正版
- 13) (社)人間生活工学研究センター編: 日本人の人体計測データ p5, 14
- 14) (社)日本リハビリテーション医学会: 通商産業省工業技術院委託歩行補助具及び介護機器標準化調査研究報告書 p146~179, 平成8年度

(2004年2月10日原稿受理, 2004年7月7日採用決定)