

高齢社会対応型住宅のあり方に関する研究(その1)

Research on Housing in Aging Society(1)

- 高齢者等の歩行特性に適した床に関する研究 -

- Study on the Floor Condition Considering the Elderly and Disabled People -

阪東美智子、米田郁夫、田中 大、西岡基夫、杠 典英

BANDO Michiko, YONEDA Ikuo, TANAKA Hiroshi, NISHIOKA Motoo, YUZURIHA Norihide

山崎敏夫、坊岡正之(自立生活訓練課)

YAMAZAKI Toshio, BOUOKA Masayuki

Keywords :

slope, step, wheelchair, floor, aged, disabled, guideline

Abstract :

The purpose of this study is to investigate and criticize if the mentioned standards in the existing guideline are satisfying all the needs of disabled people, especially on the accessibility. Following ways were used in this study: (1) Sensory test by disabled people on the different conditions of slope and step, (2) Experiment on torque of wheelchair running through the different conditions of slope and step. Through the research, it was found that the existing guideline does not cover all disabled people's functional disorder. Even we use the minimum standard for designing slope and steps, that will be still too obstacle for a certain people.

1. はじめに

平成10年度は、高齢者の歩行特性に適した床の条件を探るために、床素材の防滑性に着目し、ふりこ式試験機とDFテスターSタイプを用いた物理試験ならびに高齢者等を対象とした官能試験を行った。今年度は、主として床の勾配や段差に着目し、高齢者や障害者に対応した整備基準について調査研究を行った。

床の勾配や段差については、「長寿社会対応住宅設計指針」(建設省住宅局長通達)や、兵庫県の福祉のまちづくり条例における「住宅整備基準」などにガイドラインが示されている。これらのガイドラインは公営住宅の整備の努力目標や民間住宅のバリアフリー仕様の参考として用いられており、一般にはこの水準を満たすことでバリアフリー住宅の条件を概ねクリアしていると考えられている。しかしながら、多くのガイドラインは「介助用車いす」の利用程度を想定して作成されており、自立用車いすを

想定していない。現行では、「介助用車いす」のガイドラインに準じて、自立用車いす使用者にも適用しているというのが事実である。

従って、本研究では、こうした既存のガイドラインに示されている基準が、普段介助者を必要としない障害者や高齢者に対してどの程度適応しているかを、物理試験および官能試験により定量的に検証し、自立障害者・高齢者にとっての現行基準の効用と課題を整理することを目的としている。同時に、自立用車いす使用者を含む障害者・高齢者のための望ましい段差・スロープの基準について考察を行う。

2. 段差・スロープに関する現行の基準

「長寿社会対応住宅設計指針」は、平成6年に制定された「高齢者、身体障害者等が円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律」に基づき平成7年に策定された。加齢等による身体機能の低下や障害が生じた場合にも基本的にそのまま住み続けることができるような住宅設計を目標として指針を示している。さらにこの指針の具体的指標として、「補足基準」に寸法、仕様等が設定されている。補足基準およびそれに基づく設計マニュアルから抜粋した段差・スロープの記述は表1のとおりである。

表1 「長寿社会対応住宅設計指針」にみる段差・スロープの基準

	基準値	説明
段差	3 mm	段差なしと見られる限界値
	5 mm	くつずりと玄関土間の段差の上限値
	20 mm	くつずりとポーチの段差
		浴室出入口段差の上限値
	90 mm	通過動線上にない居室に設けてよい段差の程度
	120 mm	浴室内外高低差の上限値(やむを得ない場合)
	160 mm	屋外階段の最大蹴上げ高
スロープ	180 mm	バルコニー出入口 上がりかまち等の高さの上限値
	1/15 1/12	自立用車いすによる独力での昇降が可能な勾配の上限値 介助用車いすによる昇降を想定した勾配の上限値

これ以外に、小さな段差については、設計マニュアルの推奨基準に、「高低差 120mm までは 1/5、高低差 80mm までは 1/4、高低差 60mm までは 1/3」とする記載がある。これは、前輪と後輪が同時にスロープ面に乗る場合は急勾配には出来ないが、短い簡易スロープであれば、前後輪のいずれか一方の車輪が平坦部にあり車いすの傾きがなだらかなるので良いとする解釈である。

3. 調査概要

3 - 1 官能試験

(1) 試験概要 (写真1)

実験室内に、「長寿社会対応住宅設計指針」に記載されている基準値を参考にした試験走行路を作成し、車いす使用者や杖使用者などの下肢障害者を対象として歩行（走行）実験を行った。

(2) 試験走行路 (写真2)

段差：車いす使用者用には、3mm、5mm、10mm、15mm、20mm の 5 種類を用意した。立位歩行者には、90mm、120mm、160mm、180mm の 4 種類をこれに加えた。モデルの材質については、基台を木材とし、表面には塩ビシート（エンボス加工なし）を貼った。塩ビシートは、高齢者施設で最もよく利用されているタイプから選んだ。段差の寸法は、20mm までは車いすが乗る広さを想定して幅 900mm 奥行き 1000mm とし、90mm 以上については立位歩行者の立位保持の安定性を考慮して幅 900mm 奥行き 500mm とした。また、15mm と 20mm の段差には、車いす使用者について、勾配 1/3 のミニスロープ（塩ビ製）を取り付けた場合についても検証した。

スロープ：1/20、1/15、1/12、1/8、1/5、1/4、1/3 の 7 種類を用意した。1/20 ~ 1/8 については、高低差を 100mm とし、それ以上の急な勾配については、マニュアルに示されている高低差を利用した。1/5（120mm）、1/4（80mm）、1/3（60mm）である。スロープの材質は、基台を木材とし表面にはすべり止めのエンボス加工を施した塩ビシートを貼った。塩ビシートは、高齢者施設等で最もよく利用されているタイプから選んだ。寸法は幅 900mm を標準とし、踊り場部分については基準値を参考に奥行き 1500mm とした。

(3) 被験者

被験者は重度身体障害者更生援護施設に入所している下肢障害者で、車いす使用者 67 名（17 歳 ~ 63 歳、男性 50 名、女性 17 名）、立位歩行者（杖や補装具を使用しているものを含む）22 名（22 歳 ~ 58 歳、男性 19 名、女性 3 名）である。

(4) 評価項目

評価項目は、歩行（走行）の可否、負担感の 2 点とし、前者については試験官の客観的評価、後者については被験者の主観的評価を調べた。



写真1 官能試験風景



写真2 試験走行路

3 - 2 計測用車いすによる走行実験

(1) 試験概要 (写真3)

実験室内の試験走行路において、計測用車いすを用いて走行実験を行った。

(2) 試験走行路

3 - 1 (2) に同じ。ただし、段差については、車いす使用者が官能試験を行った 20mm までの高さを対象とした。

段差・スロープのほかに、床素材を変えた測定も実施した。使用した素材は、塩ビシート、フローリング、タイルカーペット、畳の 4 種類で、実験は平滑面でのみ行った。

(3) 計測システム (写真4)

実験に用いた計測用車いすは、左右駆動輪にトルク変換器とロータリー・エンコーダがついており、ハンドリムに加えられる駆動トルクと駆動輪の回転数を計測することができる。駆動輪は前後・上下方向に取り付け位置を変えることができるが、本研究では中間位置（背もたれ直下）で測定した。データはAD変換器を介してパソコンに取り込むことができる。

(4) 被験者

被験者は健常者2名（51歳男性と33歳女性）である。実際に車いすを使用している人を対象とすることも考えたが、本研究では、スロープや段差の基準を評価することが主眼であるため、むしろ急な勾配や高い段差でも走行できる健常者の方が好ましいと判断した。

(5) 走行実験データ

データは、左右駆動輪のトルクと回転数の形で得られる。これにより、車いすを走行させるための使用者の負担量（運動量）、走行距離、走行速度などが算出できる。なお、走行試験は各試験路において5回ずつ実施した。



写真3 走行実験風景



写真4 計測用車いす

4 調査結果

4-1 官能試験による現行基準の評価

(1) 段差

車いす使用者の場合（図1）

高低差10mmまでは被験者67名全員が難なく通過できたが、15mmになると通過に困難を感じる者が現れた。20mmでは、通過に困難を感じる者が17名あり、うち8名は通過できなかった。20mmの段差を難なく通過できた者のうち、約半数の24名はキャスター上げを行って通過した。ちなみに、15mmの段差でキャスター上げを行ったのは2名である。また、20mmの段差からは後ろ向きで後輪から段差を乗り越えたものが6名いた。なお、ミニスロープを設置すると、15mm、20mmとも、全員が難なく通過できた。

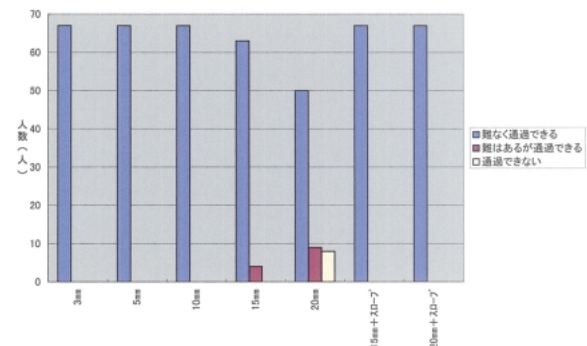


図1 段差(上り)の通過の可否(車いす)

立位歩行者の場合（図2）

20mmの段差から通過に困難を感じる者が現れている。高低差が高くなるほど、通過の困難な人数が増加しており、160mmを超えると通過できない者もいた。180mmの段差を難なく通過できたのは22名中12名である。一方、3mm～20mmという比較的低い段差でも通過に難を感じている者があるが、これはマヒ足を引きずるような歩行のために段差につまずきやすいという理由による。

図2は上りについての結果であるが、下りについてもほとんど同じ傾向を示した。ただし負担感については、90mmと120mmの段差において、上りよりも「負担を感じる」「怖い」という回答が若干多かった。

なお、今回の調査では、段差の横に手すりを設置せず、手すりや壁に頼らないで段差を越えられる人数を調査している。

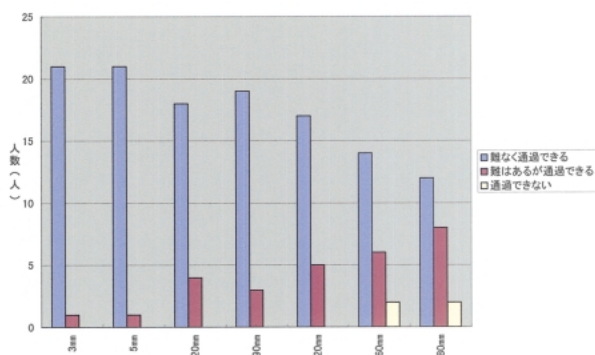


図2 段差(上り)の通過の可否(立位)

(2) スロープ

車いす使用者の場合(図3)

介助用車いすを想定した勾配の上限値である1/12の上りスロープでは、被験者67名のうち16名が走行に際して何らかの問題があった。うち3名は全く走行できなかった。自立用車いすによる独力走行を想定した1/15の上りスロープでも、上れない者が1名いた。1/5～1/3の上りスロープを難なく通過できたものは3人に1人であった。特に1/5の勾配について走行に支障を感じた者が多く、急勾配であるが高低差が低い1/4、1/3の方が、比較的容易に走行できたようである。最も勾配の緩い1/20の上りスロープでは、全員が無理なく走行できた。

一方、下りスロープについては、1/8～1/3の勾配で支障を感じた者が5～11名いた。勾配がきついと下りの際に上体の前傾が強くなり、腹筋のない障害者にとっては、上体を元に戻すのが困難であった。

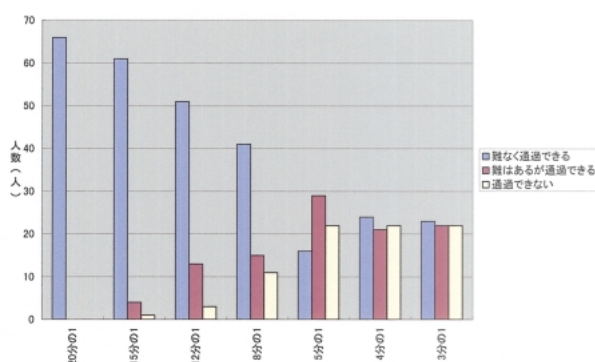


図3 スロープ(上り)の通過の可否(車いす)

立位歩行者の場合(図4)

立位歩行者の場合は、1/8の勾配までは特に支障はなかった。1/5～1/3の勾配では、上り下りともに歩行はできるものの難を感じている者が多

く、特に1/5の上りの歩行に支障を感じた割合が高い。また、1/5のスロープの高低差は120mmであるが、段差120mmの場合と比較して、支障を感じた人数は多かった。これは、歩行中マヒ足を上げる際に、スロープ面につま先が引っかかるなどの問題が発生するためである。1/3や1/4の勾配の場合はスロープ長が短く、スロープ面に足を乗せずに高低差をまたぎ超えることもできるため、支障を感じた人数が減少している。

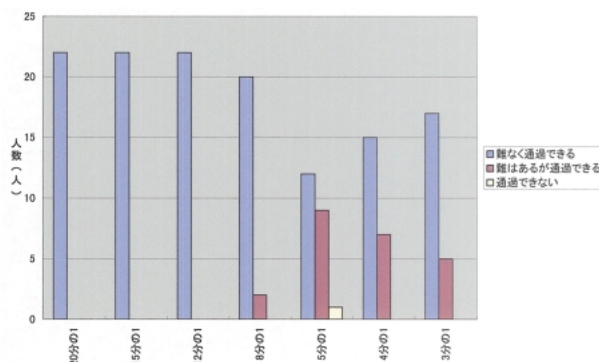


図4 スロープ(上り)の通過の可否(立位)

被験者の負担感については、車いすの場合は下りに負担を感じる者は少なかったが、立位歩行者の場合は上りと下りで同様に負担を感じているケースが多かった。

4-2 計測用車いすによる走行の負担感

(1) 車いす駆動走行パターン

計測用車いすによる走行試験は、2名の被験者で行ったが、ここでは男性被験者のデータについて整理する。

得られたデータの一例を図5に示す。走行距離、速度はロータリ・エンコーダのデータをもとに算出したものである。図5より、車いすを駆動する動作は周期的なストローク運動であることがわかり、その周期や左右トルク値の最大値・最小値などから、車いす使用者の走行パターンが読み取れる。

(2) 段差

段差の走行パターンをみると、前輪キャスターが段差を乗り越える時と後輪が段差を乗り越える時の2度にわたって、駆動輪に力が与えられている。

図6は、段差を越える際の最大推力(最大トルク値を駆動輪半径で除し重力加速度を乗じた値)を示したものである。段差の高低差が大きいほど、最大

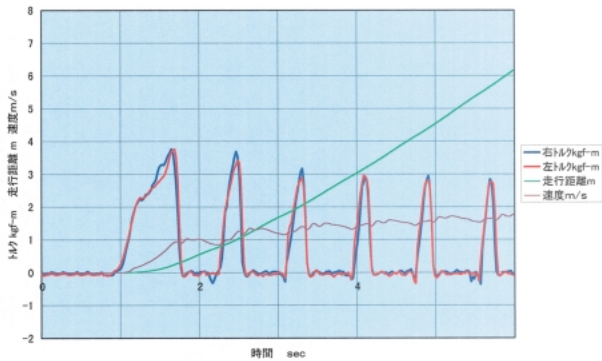


図5 走行実験データの一例

推力の値は大きいですが、これは高い段差を超えるときほど強い力を車いすに加える必要があることを示している。また、前輪通過時と後輪通過時の最大推力を比較すると、前輪の最大推力の方が大きく、特に高低差が10mmを超えると、前輪通過時の最大推力は急激に増大する。ただし、20mmの段差では、後輪が通過するときにも大きな推力を必要としていることがわかる。

図7は、段差を超えるのに必要な運動量（各微小時間ごとのトルク値を駆動輪半径で除して推進力を求め時間で積分した値）を示している。15mmまでは高低差に比例して、必要な運動量は増加しているが、20mmではその運動量は急激に増大しており、400N・sを超える運動量を必要とすることが明らかになった。特に後輪通過時の運動量の増加が著しい。

(3) ミンスロープ付き段差

ミンスロープをつけると、前輪が通過する際の最大推力は小さくなり、スロープのない10mmの段差を超える場合よりもその値は低い。20mmでは、後輪の最大推力も小さく、前輪とほぼ変わらない値となった（図6）。

また、ミンスロープをつけた場合の運動量は、15mm、20mmともにミンスロープをつけない場合の60～70%の運動量に減少した（図7）。

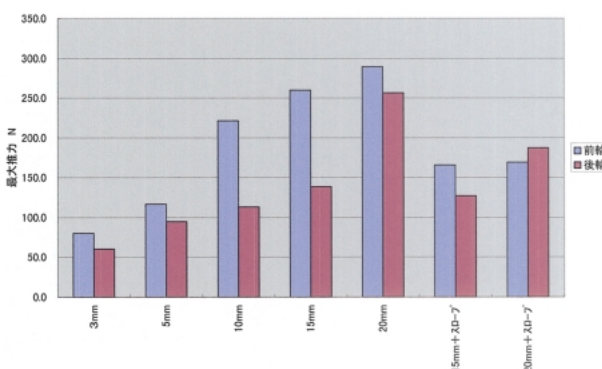


図6 段差走行に伴う最大推力(平均値)

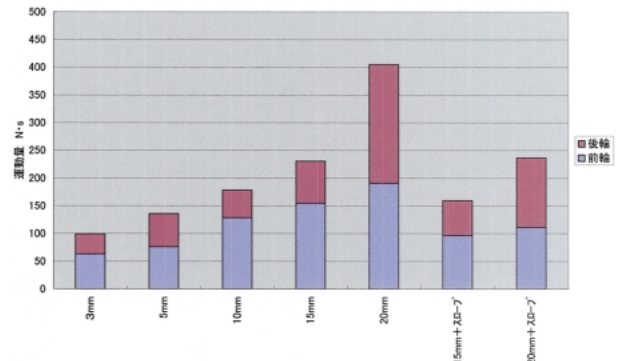


図7 段差走行に伴う総運動量(平均値)

(4) スロープ

高低差が低い場合に緩衝勾配として利用される1/5～1/3の勾配（以下、「短スロープ」と）と、1/8以下の勾配（以下、「長スロープ」）に分けて結果をまとめる。

短スロープの場合

1/3および1/4においては、スロープ長がホイールベースよりも短いため、前後輪の一方が必ず平坦面に設置していた。従って、走行中の駆動輪の操作回数は前輪通過時と後輪通過時の2回であり、走行パターンは段差越えに近い。ただし、1/5においては、ホイールベースが385ミリであるのに対しスロープ長が610mmあり、走行中に前後輪が同時にスロープに乗る瞬間が存在した。このため、上りきるまでに必ず斜面上で1回余分に駆動輪を漕ぐ必要があった。

図8に見るように、前輪がスロープを上がるときおよび後輪がスロープを上りきるときの最大推力は、勾配が強いほど大きい傾向にある。しかし、1/5については、前後輪が斜面上に同時に乗った状態でも強い推力を必要としており、連続して強い潛力を車いすに与えないと斜面を上りきることが出来ない。

次に図9を見ると、前輪が斜面を上る際の運動量は勾配にはほとんど関連がない。一方、後輪が上りきるときの運動量は、勾配が強くなるほど大きい。1/5については、斜面上の走行にさらに運動量を必要とするので、トータルとしては1/4の場合よりも運動量が大きくなった。

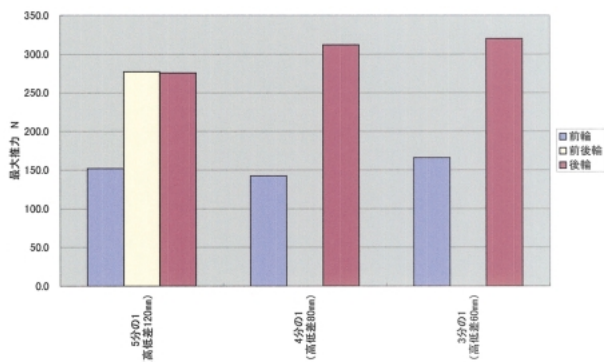


図8 短スロープ走行に伴う最大推力(平均値)

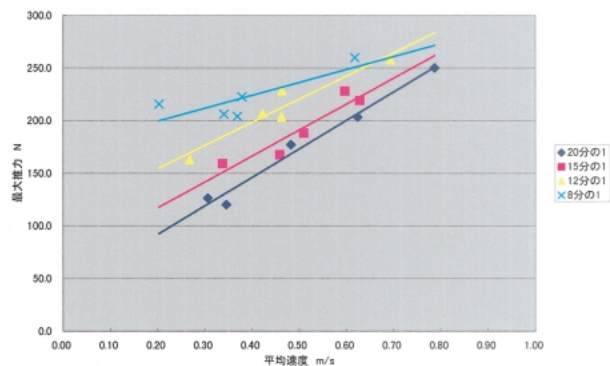


図10 長スロープ走行に伴う最大推力(最大値)

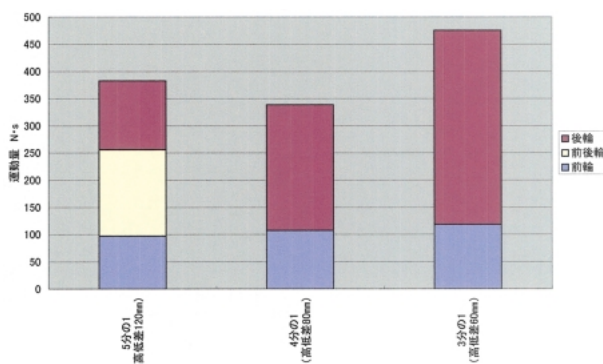


図9 短スロープ走行に伴う総運動量(平均値)

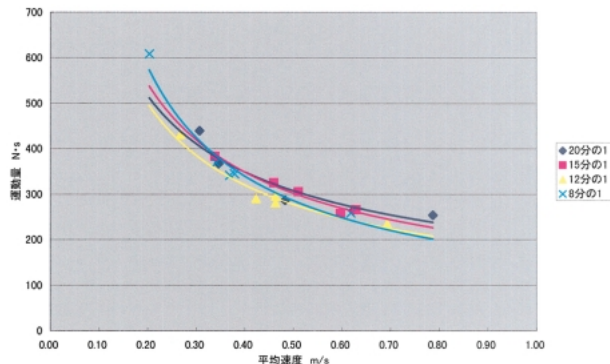


図11 長スロープ走行に伴う総運動量

長スロープの場合

長スロープの走行については、スロープの長さや速度に応じて、1試行あたり3～7回の駆動輪操作を必要とした。各試行において斜面上のストローク運動はほぼ同じ形を示した。斜面上を走行するときの最大推力(最大値)に着目すると、その値は勾配が大きくなるほど大きい。また、最大推力は速度と線形関係にあり、最大推力が大きいほど、平均速度が速くなっている。平均速度0.50m/sにおける各勾配の走行の最大推力をグラフから読み取ると、1/20では1/8の約7割の強さで斜面を走行することができるといえる(図10)。

一方、運動量については、図11に示すように、各勾配ともほとんど同じ数字を示した。つまり、実験で設定した100mmの高低差を上るのに必要な運動量は、どの勾配でもほとんど変わらないと言ってよい。ただし、勾配の緩いスロープは走行距離が長くなるので、単位距離当たりの負担量は軽減されることになる。

(5) 床素材

図12は、与えた運動量(入力)に対する走行距離(出力)を示したものである。図から、床素材の違いによる車いす走行者の負担感の違いを読み取ることができる。例えば、100N・sの運動量では、フローリングや塩ビシート上では4.00m前後の距離を走行することができるが、じゅうたんや畳の上では2.00m前後しか走行出来ない。言い換えれば、単位距離当たりの走行負担量は、床素材によって大いに影響を受けていることが明らかである。

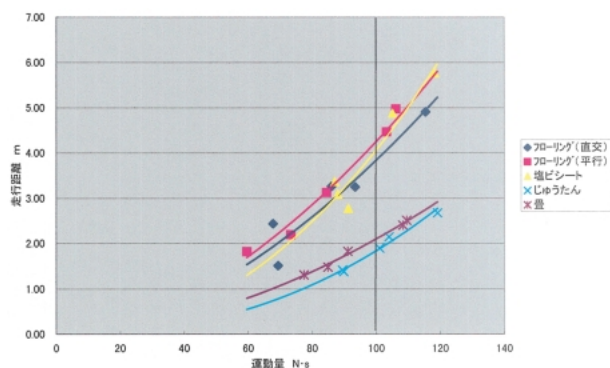


図12 床素材の違いによる運動量と走行距離

5. 考察

現行段差の基準について

車いす使用者にとっては、高低差が 20mm を超えると走行の妨げになる可能性がある。特に、自力でキャスター上げが出来ない者にとって問題となる場合が多い。

20mm の段差を超えるにあたっては、前輪が段差を超える時と同様に、後輪が段差を超える時にも大きな推力を必要とし、車いす走行者の負担量が大きいことが明らかになった。

杖や補装具を必要とする下肢障害者にとっては、3mm や 5mm といった低い段差にもつまづく可能性がある。また、160mm 以上の段差になると、足が持ちあがらないために、段差を超えることが出来ない者も現れている。ただし今回の実験は手すりのない状態で実施しているので、手すりの設置によって、許容される段差の範囲が広がる可能性がある。

ミニスロープの効果について

ミニスロープ設置の効果は、官能試験でも物理試験でも明確に確認できた。ミニスロープをつけた場合は、キャスターの通過にかかる負担（最大推力と運動量）が大きく緩和された。住宅改修における効果的な段差解消の手法として、設計者・施行業者等に周知していくことが重要であると考ええる。

現行スロープの基準について

自立用車いす使用者の中には、現行基準では適応できない者がいる。スロープ勾配の標準となっている 1/12 でも上れない障害者がいることは、避難用スロープ勾配のあり方などを含め、今後検討していくべき課題であると言える。物理試験では、同じ高さ（100mm）を上げるのに必要な運動量は、1/20 ～ 1/8 のどの勾配でもほとんど変わらなかったが、単位距離あたりの運動量や最大推力は勾配が緩いほど小さくなる。この点で、車いすの漕力が弱い障害者・高齢者には、勾配の小さなスロープが推奨できる。

小さな高低差の緩和勾配として挙げられている 1/5 ～ 1/3 の勾配については、既存ガイドラインが注釈をつけているように、自立用車いす使用者には不向きな勾配であることが立証できた。特に、段差が低くてもスロープ長がホイールベースより長くなる場合は、車いす使用者の負担が大きくなる。

立位歩行者にとってのスロープは、やはり勾配がきついと障害となっている。特に上りよりも下りに恐怖感を覚えるケースが多い。小さな段差であれば、スロープを付けずにまたいで超える方が安全な場合

が多いようである。

車いす走行に適した床素材について

フローリング・塩ビシートなどが、じゅうたんや畳に比べて、車いすの走行負担が低いことが定量的に実証できた。

劇場・映画館など、じゅうたん敷きの施設については、車いす使用者への一層の配慮が求められる。

6. 研究成果と今後の課題

官能試験と計測用車いすによる物理試験によって、既存ガイドラインの段差・スロープに関する基準を定量的に評価することができた。従来は、床の適性については、キャスター走行性や滑り摩擦係数による評価が指標とされていたが、今回用いた運動量という指標は、車いす使用者の負担感を直接的に表現でき、車いす使用者の個々の運動能力（車いすの操作性や漕力など）に配慮した床（段差・スロープを含む）を検討する上で、有用な指針になると思われる。今後は複数の被験者を対象に物理試験を実施し、データの信憑性を高める必要がある。また、障害者の運動能力との関連から適正な勾配・段差について考察を深めたい。

実験に際して、東京都福祉機器総合センターより、貴重な計測機器を借用しました。また、兵庫県立総合リハビリテーションセンター自立生活訓練課に所属する訓練生の皆さんには、訓練の合間をぬって、官能試験にご協力いただきました。記して謝意を表します。

<参考文献>

- ・米田郁夫・橋本努・藤記拓也・鎌田実：「横断勾配が車いすの走行に及ぼす影響」、自転車技術情報、No.77、2000
- ・小野英哲・和田茂明・高橋宏樹：「車いすの直進走行性からみた建築物床および屋外舗装路の相対的評価方法に関する研究～かたさの観点から～」、日本建築学会構造系論文集、第 459 号、1994 年 5 月
- ・建設省住宅局住宅整備課監修：「長寿社会対応住宅設計マニュアル」、(財)高齢者住宅財団、平成 7 年
- ・兵庫県福祉のまちづくり条例、および施設整備マニュアル