

# 高齢者や障害者等に配慮した歩道用舗装材に関する研究

## - Study on sidewalk pavement materials that are friendly for the elderly and the disabled -

- 歩道勾配の変化及び舗装材の違いによる車いす走行の負担感に関する調査 -  
 - Survey on the difficulty of operating a wheelchair depending on changes in the grade and the differences of paving materials of the sidewalk -

杠 典英 米田 郁夫 阪東 美智子  
 YUZURIHA Norihide, YONEDA Ikuo, BANDO Michiko

### Abstract :

We are currently in need of a walking environment in which all people, including the elderly and the disabled, can access safely and pleasantly. Wheelchair travelers, in particular, have pointed out problems in the present road condition such as bumpiness, steps, ramp grade, sidewalk slope and road width. Such sidewalk structure is regulated by road structure ordinances and welfare-community building ordinances, which have led to the improvement of the road environment. However, some existing sidewalks are still not sufficiently improved.

Such a situation has led us in our study to investigate the accessibility of wheelchairs as affected by the sidewalk ramp grade, crosswalk grade and the firmness of the pavement material. We have measured the wheelchair's traveling load and the pavement's elasticity, as well as implementing sensory evaluations on the wheelchair user's resistance and ease in operating the wheelchair, to consider what the desirable road condition is.

### 1. はじめに

高齢者や障害者を含むすべての人が安全で快適に通行できる歩行環境が求められている。特に車いす使用者から現状の道路環境に対して、「道路の凹凸」「段差」「擦り付け勾配」「歩道の傾斜」「道路幅」などについて問題が指摘されている。これら歩道の構造に関しては、道路構造令、福祉のまちづくり条例などで規定され、道路環境の改善が進められているところであるが、一部の既設歩道においてはまだ十分な状況ではないと思われる。

こうした状況から、本研究では、車いすの走行に着目して、縦断の擦り付け勾配、横断勾配、舗装材の硬さの影響について検証することとした。その

ため、車いす走行の負荷や舗装の弾性などを測定するとともに、車いす使用者の抵抗感や操作性などの官能試験を実施し、望ましい道路環境のあり方について考察を行った。

### 2. 歩道設計時に適用する基準等

歩道設計の要素として、主には幅員、横断勾配、擦り付け勾配、舗装材などが考えられる。これらに関する事項のうち「道路構造令」では、幅員に関して定められており、「兵庫県福祉のまちづくり条例」では幅員の外擦り付け勾配、舗装材に関して規定している。また、「アスファルト舗装要綱」では歩道用舗装材の滑りに関して記載している。その内容は幅員について、一般的に歩道は2m、自転車歩行者道は3m、擦り付け勾配は8%以下、舗装材については、滑りにくい材料の使用を挙げている。さらに、昨年9月の建設省局長通達の「歩道における安全かつ円滑な通行の確保について」のなかで、歩道における段差及び勾配等に関する基準を設定している。

主な内容として、歩道形式に関して、縁石を設ける場合は15cmを標準とし、また沿道状況、雨水の適切な誘導が確保できる場合は5cmにまで低くできることにしている。また、歩道環境の確保の視点から、縦断勾配を5%（やむをえない場合は8%）、横断勾配は2%を標準としている。さらに横断歩道箇所における車道との擦り付け部においては、その擦り付け勾配を5%（やむをえない場合は8%）、歩道と車道との段差は視覚障害者の安全な通行を考慮して2cmとしている。また、1.5mの水平区間を設けることとしている。

一方、兵庫県では、歩道形式をセミフラット（歩道と車道との高低差5cm）を標準とし、また、縦断の擦り付けも出来るだけ2%以下としている。さら

に横断歩道箇所等において歩道と車道との段差を1cmとしている。

### 3. 調査概要

今回の調査では、歩道構造にかかる基準等について検証することとし、特に車いすの走行に着目して歩道の「横断勾配」「縦断勾配」「弾性舗装」に関する調査を実施した。

#### 3.1 横断勾配に関する調査

横断勾配の変化による車いす走行に及ぼす影響について、計測用車いすを用いて定量的な評価をするとともに、車いす使用者の官能試験を通して片流れ状況、操作性について検証する。

歩道の横断勾配は2.0%の片勾配を付けるケースが多く、路面排水を考慮して決定されている。また、車両出入りのための通路部では、歩道と車道との擦り付け勾配が数%付くことが多いことから歩道の横断勾配が標準勾配より急になるケースがある。

以上のことから試験舗装での横断勾配については、標準勾配と車両進入部での勾配を検証するという視点で決定した。

##### 3.1.1 試験舗装

総合リハビリテーションセンター内において、横断勾配の異なる試験舗装を施工した。歩道の形態を再現することから舗装材はアスファルトとし、6工区に分けて勾配をそれぞれ0、1.0、1.5、2.0、5.0、7.0%とした。また1工区は歩道幅2.0m、延長4.0m(0%は歩道幅1.2m、延長3.0m)と設定した。(写真-1)



写真-1

##### 3.1.2 調査方法

###### (1) 計測用車いすによる測定

計測用車いすを用いてハンドリムに加えられる駆動トルクと回転数を測定する。計測用車いすの左右駆動輪にはトルク変換器とロータリ・エンコーダが付いている。また、左右駆動輪のトルクと回転数のデータはAD変換器を介してパソコンに取り込むことができる。なお、計測用車いすの重量は25kgfである。(写真-2)

試験舗装においてこの車いすで、スピードを変化させ、それぞれの工区において片道5回ずつ走行した。被験者は健常者ですべての試行を同一の人とした。(年齢:51才、体重:75kg)



写真-2

###### (2) 官能試験

手動車いすを使用する四肢麻痺の方27人を対象にこの試験舗装路を実際に走行してもらって、その時の走行状況、操作性についてヒヤリング調査した。(写真-3)



写真-3

3.1.3 調査結果

(1) 計測用車いすによる測定

横断勾配の変化について、運動量と速度の関係を図 - 1 に示す。また、車いす走行における山側及び谷側の最大推進力と速度の関係を図 - 2、3 に示す。

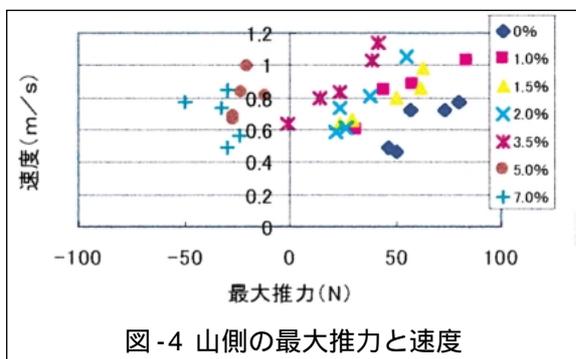
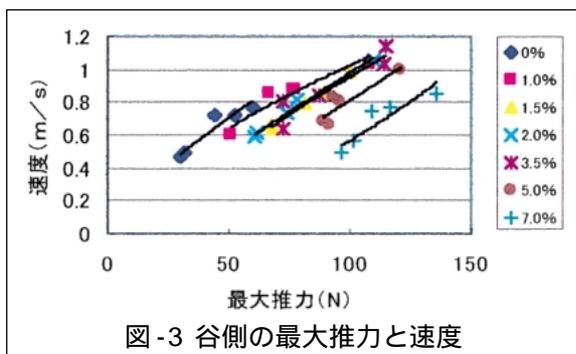
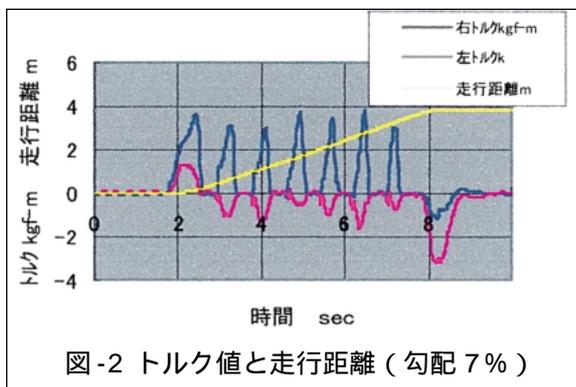
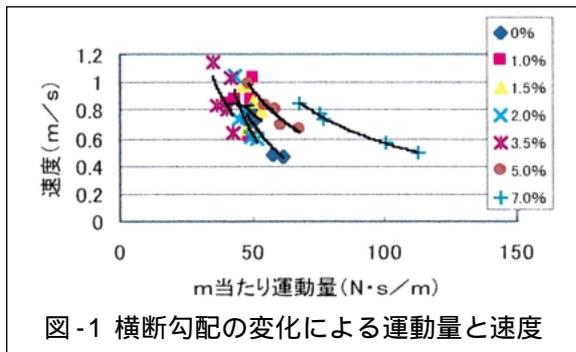


図 - 1 をみると勾配が急になると運動量が多くかかることがわかる。特に 5.0%、7.0% が顕著となっている。

図 - 2 は車いすの左右のトルク値と移動距離を示しているが、7.0%の横断勾配の場合、右トルクと左トルクを比較すると一方は推進力にもう一方は制御する方向に働いている。これらの推進力について、谷側と山側に分けて勾配別に表すと図 - 3、4 のとおりである。

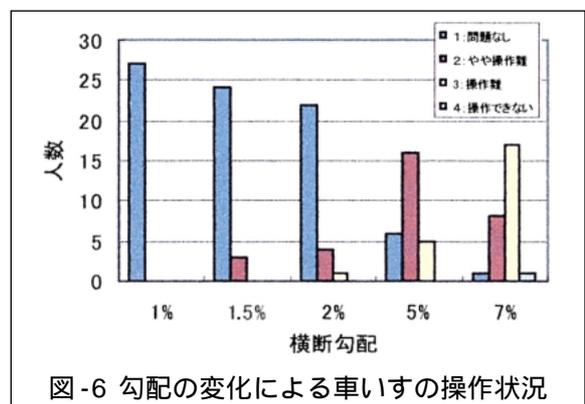
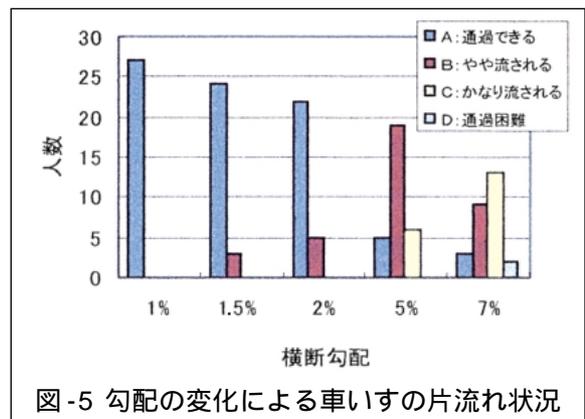
図 - 3 の谷側最大推力の推移をみると、どの勾配においても推力が大きいくほど速度が早くなっている。さらに、勾配が急になるほどそのかかる力が大きくなり、運動量と同様 5.0%、7.0% ではかなり大きくなっている。これを同一速度で比べると (0.8m/s) 0%の時の推力のそれぞれ約 1.5 倍、2.0 倍となっている。

一方山側の最大推力をみると、3.5%までは推力が大きければ速度が大きくなっているが、5.0%、7.0%では反対の力、すなわち後ろ向きの力が作用している。

図 - 3、図 - 4 の力の大きさを比較すると勾配が大きくなるにつれて、谷側の力が大きくなる一方、山側の力が小さくなっているのがわかる。

(2) 官能試験

横断勾配の変化による片流れの状況及び操作状況について、図 - 5、図 - 6 に示す。



1.0%においては特に問題はないが、1.5%から少し蛇行がみられ、2.0%においては約2割程度の方が少し流されている。ヒヤリング調査においても同様に操作性について1.5%からやや問題視している。

一方5.0%においては、ほとんどの方が蛇行しており、数人の方がかなり流されている状況である。また7.0%においては問題なく通過できる方は少なく、一部通過できない人もいた。ヒヤリング調査でもその傾向が顕著に現れている。

### 3.2 縦断勾配に関する調査

前述したように擦り付け勾配について基準が設定されている。これらの勾配における車いすの走行状況について、計測用車いすを用いて定量的な評価を行うとともに、車いす使用者の官能試験を通して検証する。

勾配については福祉のまちづくり条例等から決定した。

#### 3.2.1 調査方法

##### (1) 計測用車いすによる測定

計測用車いすを用いて各縦断勾配の違う斜路をスピードの変化をさせて5回ずつ走行する。勾配はそれぞれ2.0、5.0、6.5、8.0、12.0%とした。また被験者は同一の健常者である。

##### (2) 官能試験

勾配の異なったスロープを屋内の実験室に設置した。勾配は5%、6.5%、8%、12%で、いずれの高さも10cmとした。

被験者は、手動車いすを使用する四肢麻痺の方66人で、これらのスロープを走行して走行状況を観察するとともに負担感についてヒヤリング調査した。

#### 3.2.2 調査結果

##### (1) 計測用車いすによる測定

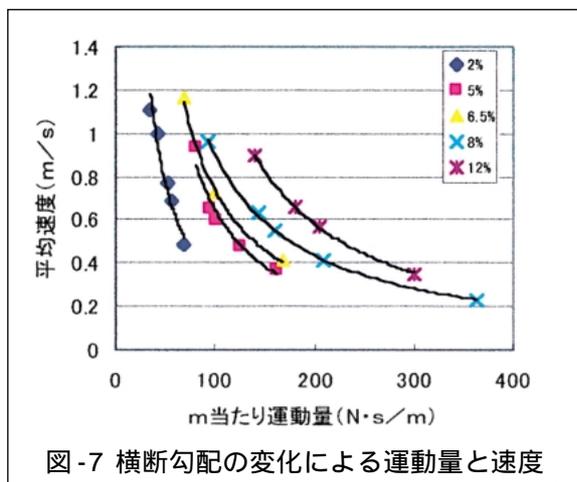


図-7 横断勾配の変化による運動量と速度

この図からどの勾配においても速度が遅いほど1m進むのに多くの運動量がかかることがわかる。また、勾配が急なほどその影響は顕著である。さらに勾配の変化に伴う運動量についてみると、おおむね0.8m/sの速度で2%に比べて5%では約1.8倍の運動量が必要となり、8%では約2.4倍、12%では3.3倍程度の運動量となることがわかる。

##### (2) 官能試験

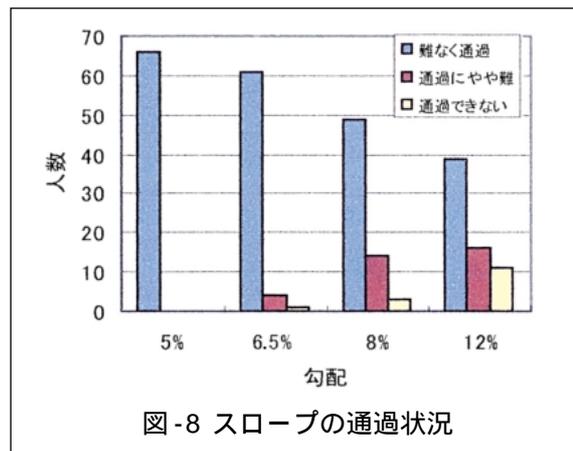


図-8 スロープの通過状況

スロープの通過状況を見ると5%であれば今回の被験者は全員難なく通過できる。6.5%では一部で通過できない人がいる。8%では「通過にやや難」「通過できない」人を合わせると約4分の1となり、12%ではその数が4割にも及ぶ。今回の官能試験は屋内の広いスペースで比較的環境のよい所であったが、通常の擦り付け勾配8%においても通過がやや困難な人が4人に1人いることになる。

### 3.3 弾性舗装に関する調査

平成10年度に実施した弾性舗装の調査に引き続き、特に車いすの走行に着目した「走行のしやすい」舗装材について検討するものである。

今回の調査では、硬さの異なった試験舗装路において、車いす使用者による抵抗感についてヒヤリングを実施した。

#### 3.3.1 試験舗装

硬さの違った舗装について、3工区に分けて施工した。その際1工区を幅員1.2m、延長3.0mを1工区と設定し、舗装材料を天然石、天然石+ゴム、ヒジキゴムとした。

3.3.2 調査方法

(1) 物理試験

すべり抵抗試験

振り子式スキッドレジスタンステスターを用いてBPN値を測定する。路面に十分な水をかけた上で試験を行った。

床の硬さ試験 (JISA6519)

人間の頭部をモデルにしたおもり (3.85kgf) を規定の高さ (20cm) から床面に落下させ、加速度計に発生する加速度 (G) から衝撃吸収力を判断するもので、最小加速度の数値が大きいほど衝撃力は大きくなり、床材の衝撃吸収力は小さくなる。この衝撃吸収力の大小は、人体が落下等によって床に衝突した際に受ける衝撃の強さの大小であり、転倒時に床面から受ける衝撃の強さを床材によってどれだけ緩和することができるかの目安となる。

(2) 官能試験

横断勾配の調査時と同様の車いす使用者 27 人を対象に、試験舗装路を走行の後、その時の抵抗感について、アスファルト舗装との違いをヒヤリングした。アスファルト舗装は普段から通りなれていることからこれとの相对比较を行った。

3.3.3 調査結果

(1) 物理試験

すべり抵抗試験

表-1 すべり抵抗値

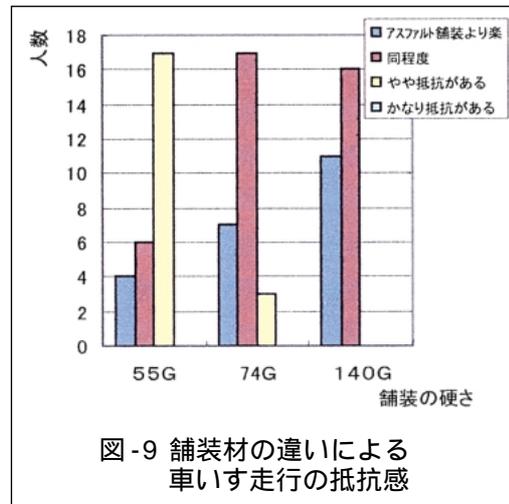
種類	規格等	BPN値
細粒度アスコン		77
景観透水性樹脂舗装	天然石	58
弾性舗装	ゴムチップ + バンパーチップ	57
	ゴムチップ + ビジキゴム	59

床の硬さ試験

表-2 弾性係数

種類	規格等	GMAX値
細粒度アスコン		135
景観透水性樹脂舗装	天然石	140
弾性舗装	ゴムチップ + バンパーチップ	74
	ゴムチップ + ビジキゴム	55

(2) 官能試験



GMAXが高いほど走行しやすいことがわかる。また、GMAX80程度では抵抗感を感じている人は少ないが、55では半数の人が抵抗を感じている。

今回は直進走行が中心であったが、一部の方が方向転換をした際、弾性係数の小さいゴム系の舗装ではかなり抵抗感を感じていたようだ。

4. まとめと考察

4.1 横断勾配

まず歩道の標準勾配に着目すると、今回の計測用車いすの測定結果から運動量の点においては1.0%、1.5%、2.0%の間であまり大きな差はなかった。ただ、多少山側の手と谷側の手とのバランスが、勾配が大きくなるにつれて悪くなっている。

一方官能試験からみると、1.0%では操作性に問題はなかったが、1.5%、2.0%になるにつれてやや問題視している。また片麻痺の方からは、麻痺している手や足が谷側になると1.5%や2.0%でも走行がたいことや同様に利き手が山側になると走行が不安定になる状況が確認できた。

こうした状況と合わせて今回の被験者が訓練を受けて車いす操作が比較的出来る人であることを考慮すると、現在の標準勾配である2.0%を少し検討する必要があるのではないかとと思われる。ただ、勾配が緩くなると路面排水についての検討とともに、施工誤差に関しても考える必要がある。例えば3.0mの歩道であると2.0%と1.5%では高低差が1.5cmしか変わらない。こうしたことから、周辺の路面排水の状況や透水性舗装などの材料の選択について検討しながら、標準勾配を少しでも緩やかにしていく必要があるのではないかとと思われる。

次に、その他の勾配について検討してみると計測用車いすの測定結果から、3.5%までと5.0%、7.0%とでは状況が変わっている。それは、山側の力と谷側の力が違った動きになっていることである。谷側は前進する力であり、山側は車いすをコントロールする力になっている。また、谷側の力は水平区間に比べそれぞれ約1.5、2.0倍必要である。また官能試験では、5.0%の勾配で約7割の方が流されてまっすぐ走行できなかった。また操作性においても同様問題視している。7.0%においてはよりその状況が厳しくなり、一部の人は通過できなかった。

車両進入路部の歩道の状況を考えると、歩道幅員が2m（別途路上施設帯が50cmある場合）で15cmのマウンドアップ形式の場合、その箇所の歩道勾配は6.0%となり、今回の調査から車いす使用者にとっては走行がやや厳しい状況になると言わざるを得ない。建設省の通達ではマウンドアップ形式やセミフラット形式（歩道と車道の段差を5cmの場合）が記載されているが、今回の調査を通して考えると、安全に負担なく通行できるのはこのセミフラット形式の歩道であると言えるのではないかと思う。

#### 4.2 縦断勾配

計測用車いすの結果から、縦断勾配が急になるに連れてその運動量が増加しており、速度が遅いと運動量が増し、勾配が急になるほどその程度は大きくなっている。このことは力が弱くて早い速度が出せない人は急なスロープを越えることができないことを表わしている。

一方官能試験からは、5%であれば全員の方が越えることができたが、8%になると4分の1の方がやや通過が困難であり、そのなかには通過できない人もいた。

今回の調査では段差を10cmとしたがそれ以上であればもっと厳しかったのではないかと考えられる。また、実験箇所が屋内の広いスペースで行ったことから現状の道路では一層難しかったのではないかと思われる。

縦断勾配のすりつけは、通達で5%が原則となり、今回の調査からみるとほとんどの人が無理なく通過できており、この通達の趣旨が今後、設計者に浸透していくことが重要となってくる。

#### 4.3 弾性舗装

昨年度行った官能試験に引き続き、舗装材料を変えて検証したわけであるが、天然石など弾性係数の

大きいほど車いすの走行にとって容易であることがわかる。また、GMAXが80程度であっても「アスファルト舗装よりも楽である」人が「少し抵抗がある」人を上回っており、弾性舗装の材料として使用される昨年度のバンパーチップと今年度の天然石+ゴムはほぼ同じ評価を受けたことになる。一方GMAX55のヒジキゴムについては、半数以上の方がやや抵抗を感じている。

このことからGMAX80程度までの硬さの弾性舗装であれば、歩行者にとっても車いす使用者にとっても安全で負担なく通行できるのではないかと思う。

### 5. 今後の課題

今回の調査において、横断勾配、縦断勾配に関して、計測用車いすを用いることで定量的な運動量について明らかにすることができた。また、官能試験から歩道構造にかかる基準についても検証することができた。

この調査より現在の歩道構造に関する基準については、一部検討の必要あるもののある程度妥当であったことがわかった。したがって、新設される歩道については、こうした基準および設計の考え方をともに設計することでより走行しやすい環境をつくりだすことができる。その一方で、現在基準にあっていない改修や車両の進入部など基準にない箇所の対応が課題となる。今後既設歩道の改修について、様々な制約条件を考慮しながら改修方法の検討をする必要がある。

最後に今回の調査や官能試験にあたって、多大なご支援とご協力をいただいた総合リハビリテーションセンターの訓練生並びに指導員の方々、東京都福祉機器総合センターに対して心から謝意を表します。

#### (参考文献)

- 1) 米田郁夫、橋詰努、木原寿紀、鎌田実、平川雅子：片流れ路面が車いす走行に及ぼす影響（日本機械学会 No99-3）
- 2) 道路構造令
- 3) 建設省局長通達「歩道における安全かつ円滑な通行の確保について」（平成11年9月）
- 4) アスファルト舗装要綱
- 5) 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