

車いすを利用する高齢者のための 歩道構造に関する研究

鍋島益弘¹・山田 優²

¹正会員 大成ロテック株式会社 中部支社 技術課長 (〒460-0008 名古屋市中区栄2-11-30)

²正会員 工博 大阪市立大学大学院 工学研究科 教授 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3丁目3-138)

高齢化社会が進行する中で、歩道舗装の設計において、高齢者や障害者が安心して戸外に出かけられる環境を第一に考え、早急に歩道環境の改善を図る必要がある。本研究では、高齢者による車いすの走行において、車いすのハンドリムにかかる推力を測定し、「歩道の横断勾配」「歩道の縦断勾配」および「車道と歩道との段差」が車いすの走行に及ぼす影響を検討するとともに、それらの結果と車いすを利用する高齢者による評価結果とを合わせて、勾配や段差の適正な範囲、および高齢者が通行するために必要な歩道環境に適合した歩道の構造について考察した。

KeyWords: wheelchair, aged, disabled people, walkway, pedestrian area, crossfall, gradient, depth of the step, structure of the walkway

1. はじめに

我が国の福祉をめぐる施策として、急速な高齢化社会に対応した環境整備、また、障害者も積極的に社会参加できる環境の構築が急務となっている。65歳以上の高齢者人口は、2000年10月1日現在2,193万人、総人口の17.3%を占め、増加の一途をたどっている。2015年には3,188万人になり、高齢者が25%以上を占める超高齢化社会が到来する¹⁾。高齢化する地域社会の活力を維持するとともに、高齢者や障害者が社会的活動に参加することのできる自立的社会、また、高齢者や障害者と共に生活する空間とその環境を整備することによって、共に安心して暮らせる福祉社会の実現が望まれている。

歩道環境の整備目的もこの要請に応えるべく、高齢者や障害者が安心して戸外に出かけられる環境を第一に考え、その前提に立って早急に歩道構造の改善を図る必要がある。特に、歩道を通行する者の中で、車いすによる走行は、歩行による移動と比較して歩道の勾配や段差等の歩道構造が原因となる通行上の障害を大きく受けると考えられる。

本研究は、「歩道の横断勾配」「歩道の縦断勾配」

および「車道と歩道の段差」等の歩道の基本構造が車いすに及ぼす影響を検討し、車いすを利用する高齢者に対してそれらの適正な範囲について考察したものである。

2. 高齢者による車いすの利用状況と問題点

平成12年度4月から実施された介護保険制度において、65歳以上で要介護認定を受けた者に対して、日常生活用具として車いすを貸与することになっている。また、筆者らが老人保健施設において調査した結果でも、表-1のように、収容人数100人当たり、約30台~70台程度の車いすが備え付けられており、介護保険制度で貸与される等の持込み車いすと合わせると約65台~90台程度の車いすが使用されることになる。

このように、高齢者に補助用具として車いすを付与することは、歩行による転倒の危険性や疾病等による麻痺症状を考慮すると、当然と考えられる。ところが、表-2の調査結果²⁾のとおり、高齢者になるに従って両手の握力が落ち、かつ体の運動神経も退

表-1 老人保健施設における車いすの整備状況

施設	備付け車いす(台)	持込み車いす(台)	総整備台数(台)
A	54台	17台	71台
B	33台	32台	65台
C	68台	21台	89台
平均	30~70台	20~30台	65~90台

表-2 高齢者の握力²⁾

年齢	握力の平均値(kg)		平均値-2σ(kg)	
	男	女	男	女
40才前半	47.7	30.0	34.9	20.3
40才後半	46.1	29.0	33.3	19.6
50才前半	44.3	27.7	31.5	18.4
50才後半	42.0	26.3	29.2	16.9
60才前半	39.3	24.5	26.3	14.6
60才後半	36.5	22.3	23.0	11.5
70才代	34.8	20.9	21.0	9.1

表-3 現況の歩道の問題点についての介護職員の意見

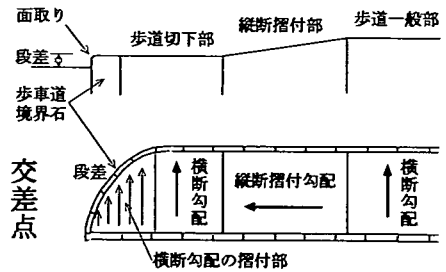
現況の歩道の問題点	重要度
①歩道切下げ部(交差点付近)摺付横断勾配	100%
②駐車違反車および置き自転車等の障害物	97%
③歩車道境界段差	93%
④車輦乗入部の横断勾配	90%
⑤歩道切下げ部へ向かう摺付部の縦断勾配	87%
⑥歩道一般部の横断勾配	83%
⑦歩道一般部の縦断勾配	83%
⑧目地等による車いす走行時の振動	73%
⑨滑りやすい材料および急勾配部のすべり	63%

行する傾向にあるため、高齢者は健常者のように余裕を持って車いすの操作をすることができない。また、老人保健施設では、屋外においても高齢者のために車いすの訓練を行っているが、現況の歩道の傾斜や段差が大きな障害となり、現状のままではとても車いすが通行できる環境ではないとの意見を介護職員の大多数が指摘している。

表-3は、高齢者が現況の歩道において、車いすを走行する上での問題点を、介護職員に調査した結果である。調査した介護職員の総数は3施設の6人であり、問題点の抽出数に制限をつけず、すべての問題点を列挙して、それぞれの重要度について1~5(最重要)の5段階の評価をしてもらった。その評価の合計の30点満点(5点×6人)に対する百分率を各問題点の重要度として表に示した。

この調査結果の中で、全員が最も危険であると指摘したのは、問題点①すなわち図-1のような交差点付近の歩道切下げ箇所において、横断勾配の摺付が急な場合、握力の弱い高齢者が車いすを支えきれず車道に飛び出す危険性のあることであった。また、問題点②~⑨の箇所についても、これを通過できないために、行動範囲を著しく狭めていることが指摘された。

○歩道切下げ部



○車輦乗入部

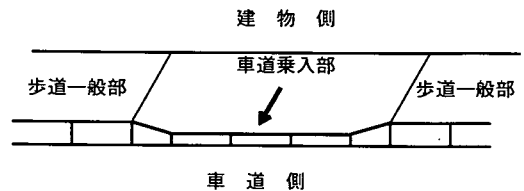


図-1 歩道切下げ部と車輦乗入部および段差

3. 既往の研究

(1) 歩道の横断勾配における既往の研究

歩道の横断勾配の研究として、元田・西岡³⁾は、健常者と車いすを利用する障害者を被験者として車輦乗入部を走行させ、「歩道に横断勾配があると車いすの操作が難しくなる」と判断している。

メイら⁴⁾は、車いすを利用する障害者に横断勾配0~6%の区間を走行させ、かつ排水勾配を考慮した場合、適切な横断勾配を2%と結論づけている。

また、中川ら⁵⁾は、健常者を被験者にして横断勾配1~4%の区間を車いすで走行させ、その平均評価点より「設計勾配を2%程度とすべき」と提案している。

さらに、中川ら⁶⁾は、健常者を被験者として横断勾配0~4%の区間を車いすにて走行させ、ビデオカメラによる画像解析結果より、蛇行による走行位置のずれと、進行方向に対する走行の振れ角を求め、意識調査の結果とともに「車いす走行における望ましい横断勾配は2%程度以下」と結論づけた。

米田ら⁷⁾は、健常者を被験者として車いすのハンドリムにかかる力を計測用車いすにより測定することにより、5%の横断勾配についてその負担感を考察した。

元田・西岡³⁾および中川ら^{5), 6)}は、いずれも健常者を被験者とした知見である。また、メイら⁴⁾は、障害者を被験者としているが、排水勾配に左右され

た知見であり、歩道透水性舗装の技術が発達している現状では、路面排水のために必ずしも2%前後の排水勾配を必要としなくてもよく、別の知見が生まれる可能性も考えられる。

本研究では、車いすにおける走行能力が健常者や障害者の中央値と比較してかなり低い分布を持つ高齢者を被験者とし、歩道横断勾配に対する適正な範囲を検討した。また、米田ら⁷⁾のように車いすのハンドリムにかかる力を特定の横断勾配だけで測定するのではなく、0~8%の7種類の横断勾配の測定を行い、その結果と高齢者による走行評価とを合わせて検討し、筆者らの前報⁹⁾の研究を進展させた。

(2) 歩道の縦断勾配における既往の研究

歩道の縦断勾配については、佐渡山ら⁹⁾が、車いすを利用する障害者を被験者として15mの傾斜路を走行させ、登坂時間、速度、キャストの浮き、筋電図の変化、心拍数等の分析結果および意識調査の結果とともに、縦断勾配の限界値を7%と判断している。

元田・西岡³⁾は、健常者と車いすを利用する障害者を被験者として3%前後の縦断勾配部を走行させ、自力走行だけでなく介護走行においても「平坦部と比較して速度そのものは低くなる」と観察している。

また、メイら⁴⁾は、車いすを利用する被験者に縦断勾配0~9%の区間を走行させ、80%の被験者が通行可能な縦断勾配として、2%の登坂時に走行可能な距離は160m、6%の降坂時では30mと考察している。

さらに横山ら¹⁰⁾は、健常者を被験者にして車いすを直線走行および回避走行させ、ビデオカメラによる画像解析結果より、登坂時および降坂時の走行位置のずれと縦断方向に対する進行角を求め、「容易な通行を可能とする歩道の縦断勾配は5%が上限」「5%時に走行可能な距離は25m」と結論づけている。

これらの研究では、健常者や障害者を被験者としているが、本研究では、車いすにおける走行能力が健常者や障害者の中央値と比較してかなり低い分布を持つ高齢者を被験者とし、歩道縦断勾配に対する適正な範囲を検討した。

(3) 歩道の段差における既往の研究

米田ら¹¹⁾は、健常者を被験者として車いすのハンドリムにかかる力を計測用車いすにより測定することにより、20mmの段差についてその負担感を考察した。

本研究では、特定の段差を評価するのではなく、10~20mmの3種類の段差について角部の面取りが直角および1:1~1:8の5種類の測定を行い、その結果と高齢者による走行評価とを合わせて検討して、前報^{12), 13)}の研究を進展させた。

4. 本研究の目的と実験方法

(1) 本研究の目的

本研究は、前述した現況の歩道の問題点から、車いすを利用する高齢者が安心して戸外に出かけられる環境を構築する必要があると考え、高齢者を主な被験者とした実験を行い、「歩道の横断勾配」「歩道の縦断勾配」および「車道と歩道の段差」等の歩道の基本構造が車いすに及ぼす影響を検討し、車いすを利用する高齢者に対してそれらの適正な範囲を考察するものである。

(2) 被験者としての車いす利用者の選定

車いすの利用者は、車いすの競技に出場できるような高い走行能力を有する者から、車いすの操作がほとんどできず介助を必要とする者まで、多様である。そのため、被験者の選定により、実験の結論が大きく異なることが予想される。本研究では、車いすを利用する高齢者が安心して戸外に出かけられる環境を構築することを目的としているため、被験者を主に高齢者とした。

被験者の車いすの利用状況別内訳を表-4に示す。被験者は自立走行が可能な者とし、自走用車いすを常用している者および車いすと歩行を併用している者とを合わせて、3施設より65~77才の40人の高齢者を選定した。

この選定した40人の高齢者の車いすの走行能力を検証するため、佐渡山ら⁹⁾の研究における「車いす利用者の50m走」を行い、所要時間の分布状況より高齢者の車いすの走行能力を考察した。

図-2は、佐渡山ら⁹⁾の研究における、国立身体障害者センターの車いすを利用する53人の入所者による所要時間の分布状況である。これらの入所者は、社会復帰のためにセンターにて車いすの操作訓練を受けていると推察される。

この53人における所要時間の分布状況を百分率にし、折れ線グラフで表示したのが図-3である。この図に、横山ら¹⁰⁾の研究における被験者である19人の男子学生と、本研究における40人の高齢者の所要時間の分布状況を百分率にし、合わせて棒グラフで表示した。

表-4 被験者の内訳

施設	自走用を常用 (人)	車いすと歩行 (人)	総被験者数 (人)
A施設	12人	2人	14人
B施設	8人	1人	9人
C施設	14人	3人	17人
合計	34人	6人	40人

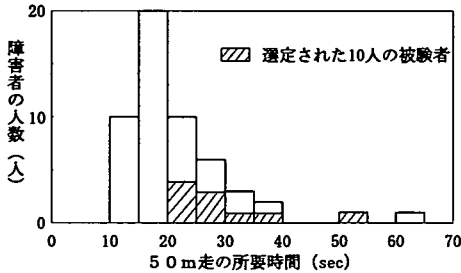


図-2 車いす50m走の所要時間⁹⁾ (障害者)

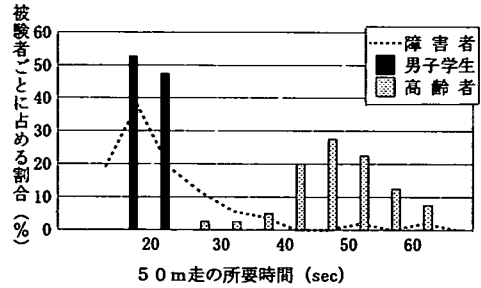


図-3 車いす50m走の所要時間(障害者・高齢者・健常者)

表-5 実験に用いた車いすの仕様

自重 (kg)	前輪径 (inch)	後輪径 (inch)	全幅 (cm)	全高 (cm)	全長 (cm)
13.5	6.0	22.0	65.0	85.0	100.0
座幅 (cm)	前座高 (cm)	脚長 (cm)	後座高 (cm)	奥行 (cm)	背凭幅 (cm)
43.0	43.0	34.0	40.0	40.0	40.0

図-2、図-3より、以下の点が考察された。

- ①障害者の走行能力は非常にバラツキが大きく、所要時間で最大5倍の開きがある。これは、車いすを利用する障害者の中で、上半身が健全な者と全身が麻痺状態にある者との差が表れた結果と考えられる。
- ②男子学生の走行能力は、障害者の分布の中では高い部類に属するが、障害者の最も走行能力の高い2割程度のグループと比較すると、60%程度の走行能力しか発揮できていない。これは、上半身が集中的に鍛えられることと、センターにおける操作訓練により車いすの走行能力が著しく向上した結果であることを示している。
- ③高齢者の走行能力は、障害者の中央値と比較するとかかなり低く、障害者の最も走行能力の低いグループと比較しても、高齢者の中央値は120%程度の能力しか有していないことが分かる。

以上の結果より、高齢者の車いすの走行能力は、健常者や訓練を受けた障害者と比べて低いことが分かる。

(3) 実験に用いた車いす

車いすを利用する高齢者や障害者が社会的活動に参加することのできる自立的社会を目指すには、介護者の補助を必要としない自力走行の必要がある。また、自力走行には電動車いすの使用も考えられるが、現時点ではまだ高価で普及に時間を要すと考えられるため、本研究においては、表-5

に示す仕様の自走用車いすを用いた。

実験では、この車いす左右の駆動輪にトルク変換器を装着し、ハンドリムに加わる力(以下、推力と呼ぶ。)を駆動トルクに変換して測定した。計測装置を含めた車いすの自重は、約19.1kgであった。

(4) 実験に用いた走行路

横断勾配が車いすの走行に及ぼす影響を検討する実験においては、縦断勾配がなく、横断勾配のみがある走行路が望ましい。しかし、既存の道路においては、縦断勾配の影響をなくすることが難しいため、細粒度アスコンを用いた歩道アスファルト舗装により、縦断勾配が0%、また、一般的な車輛乗入部を考慮し¹⁴⁾、幅2.5m、長さ6mの走行路を本研究のために構築した。横断勾配は、0%、1.0%、1.5%、2.0%、3.5%、5.0%、8.0%の7種類とした。なお、長時間の走行実験のためには、既存の歩道等において、横断勾配が1.0%、1.5%、2.0%、2.7%の50mの区間を選定した。

次に、縦断勾配の影響を検証する実験においては、横断勾配がほぼ0%の建物内の通路等を中心に、5mの助走距離¹⁰⁾を含めて長さ15m以上で、縦断勾配が0%、2.0%、5.0%、6.8%、8.0%、12.0%の6種類の走行路を選定した。

段差の影響を検討する実験においては、現状の歩道切下げ部の歩車道境界石には、図-1のように角部の面取りがされているが、面取りの方法による影響をなくすため、段差の角部を直角とし、現在、国土交通省の標準タイプとして地方公共団体において使用されている段差の範囲(10~20mm)を中心にして、

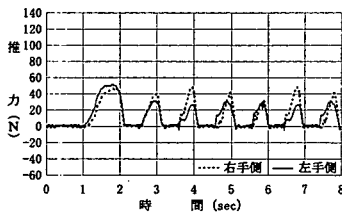


図-4 横断勾配0%の場合の波形例

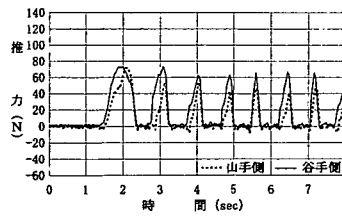


図-5 横断勾配1.0%の場合の波形例

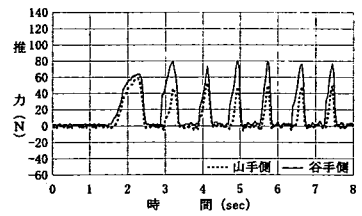


図-6 横断勾配1.5%の場合の波形例

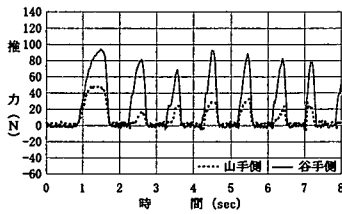


図-7 横断勾配2.0%の場合の波形例

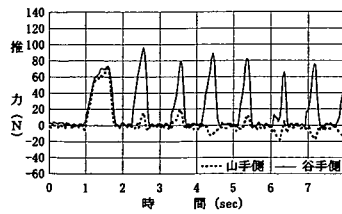


図-8 横断勾配3.5%の場合の波形例

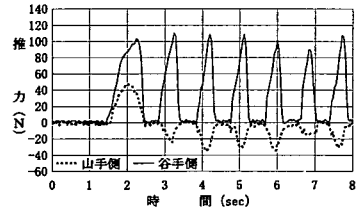


図-9 横断勾配5.0%の場合の波形例

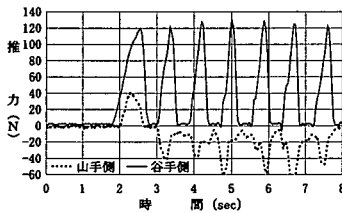


図-10 横断勾配8.0%の場合の波形例

5mm, 10mm, 15mm, 20mmの4段階の直角段差を木製で製作した。また、面取りの影響を検討するため、面取りの勾配が1:1~1:8のものを同様に製作した。

5. 横断勾配について

(1) 推力の測定結果

図-4~図-10は、計測用車いすにより、横断勾配が0~8.0%の各区間を走行したときの推力の測定結果で、体重77kg, 身長164cm, 69才の男性被験者によるものである。

図-4は横断勾配が0%のときの波形である。点線は右手、実線は左手の推力であり、横断勾配が0%のときは、利き手である右手の推力がやや大きくなることが分かる。

図-5は横断勾配が1.0%のときの波形である。同様に点線が右手、実線が左手であるが、横断勾配に対しては、右手が山手側(勾配の上方)、左手が谷手側(勾配の下方)になっている。このため、利き

手の影響はなくなり、荷重がかかりやすい谷手側(左手)の推力がわずかに大きくなっている。

図-6は横断勾配が1.5%のときの波形である。横断勾配が1.0%のときよりも谷手側の推力が大きくなっていることが分かる。

図-7は横断勾配が2.0%のときの波形である。荷重がかかりやすい谷手側の推力が、山手側の推力と比較してはるかに大きくなっていることが分かる。

図-8は横断勾配が3.5%のときの波形である。谷手側の推力は横断勾配が2.0%のときよりも増加しているが、一方、山手側の推力はゼロ付近を小幅に推移している。これは、横断勾配が3.5%になると、ほとんどの荷重を谷手側で受け持つことが分かる。

さらに、図-9は横断勾配が5.0%のときの波形である。谷手側の推力は横断勾配が3.5%のときよりも増加しているが、一方、山手側の推力はマイナス(進行方向とは逆向きの推力)で表示される。車いすが流されるのを防ぐため山手側で制動をかけていることが分かる。

図-10は横断勾配が8.0%のときの波形である。谷手側の推力は横断勾配が5.0%のときよりも増加し、一方、山手側の推力のマイナスの度合いははるかに大きくなっている。これは、5.0%時より車いすが大きく流されるため、より大きな力で山手側の制動をかける結果である。

以上の測定結果より、横断勾配が2.0%以上になると、谷手側の推力が、山手側の推力と比較してはるかに大きく作用し左右のバランスが崩れるため、

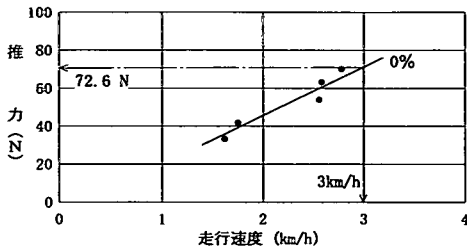


図-11 横断勾配0%の場合の推力と走行速度との関係例

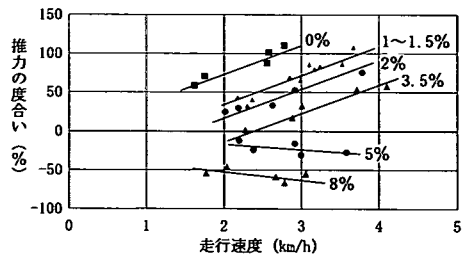


図-13 各横断勾配における山手側の推力の度合い

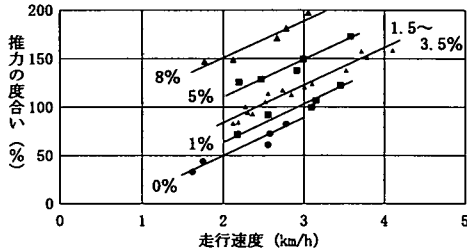


図-12 各横断勾配における谷手側の推力の度合い

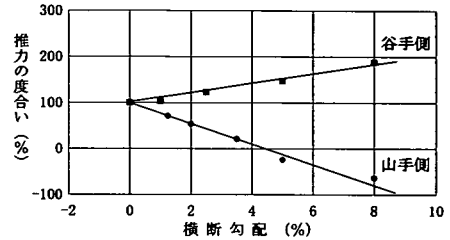


図-14 3.0km/hにおける谷手側と山手側の推力の度合い

高齢者にとっては負担となる可能性があると思予想できる。

(2) 推力の測定結果の考察

車いすを前進させようとする推力は、図-11が示すとおり前進させる速度によって異なる。高速度にするためには大きな推力が必要である。また、体重等、被験者の条件によっても必要な推力が異なる。そこで、今回の実験における高齢者の走行速度の平均値

である時速約3.0km/hのときの左右の最大推力(波の頂点)の平均値を基準にして、各勾配の推力を評価した。図-11の被験者の場合では、基準推力は72.6Nであった。なお、各推力測定値のこの基準推力との百分率を推力の度合いと呼ぶことにする。

図-12、図-13は、横断勾配が0%、1.0%、1.5%、2.0%、3.5%、5.0%、8.0%のときの推力の度合いと走行速度との関係を示す。図-12は、負担の大きい谷手側の推力の度合いである。どの勾配においても走行速度が増すにつれて推力の度合いも増加していることが分かる。また、横断勾配が急になるに従って推力の度合いも増加していくが、横断勾配1.5%、2.0%、3.5%での推力の度合いは、ほぼ同じ程度を示し、次の関係式で表わせることが分かった。

$$y = 38.2x + 7.1 \quad (r^2 = 0.957)$$

ここに、

y : 横断勾配1.5~3.5%での推力の度合い(%)

x : 走行速度 (km/h)

図-13は、山手側の推力の度合いと走行速度との関係である。推力の度合いは、横断勾配が3.5%以下の場合には正の値、横断勾配が5.0%以上の場合には負の値になり、走行速度が増すにつれて推力の度合いの絶対値は増加する。これは、速度が高くなるにつれて、車いすを前進させる場合にも制御する場合にも力を必要とすることを意味している。

図-14は、横断勾配による谷手側と山手側の推力への影響を比較したものである。図-12、図-13より時速3km時点での推力の度合いを求め、横断勾配との関係を示した。ただし、0%時は、谷手側と山手側の平均値、すなわち基準の推力とした。横断勾配が急になるに従って谷手側の推力が増加し、一方、山手側の推力は減少していくことが明らかである。これは、車いすのキャスター(前輪)が走行抵抗をなるべく受けないようにヒンジ構造になっていて水平に回転するため、横断勾配が急になるに従って勾配側に前輪が流されていき、そのため、前輪が流されないように車いすを操作しようとする力が走行させようとする推力に加わり、谷手側の推力が増加するためである。

横断勾配が5.0%となった場合、基準の推力の150%程度の力がないと前に進めないため、高齢者や障

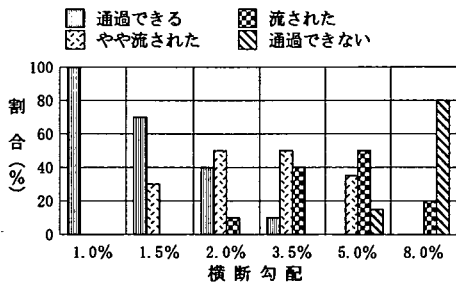


図-15 短路 (L=6m) における横断勾配の評価

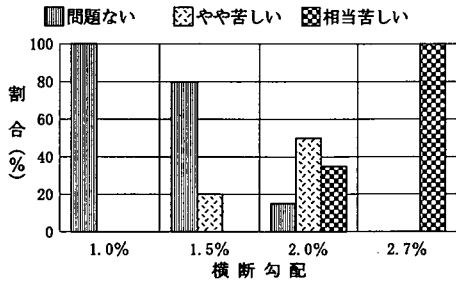


図-16 長路 (L=50m) における横断勾配の評価

害者にとっては問題が多いと考えられる。さらに、横断勾配が8.0%と急になった場合、ほぼ基準の推力の倍程度の力がないと前に進めない状況となる。

また、谷手側が力を受け持つ度合いが増加するに従って、山手側の推力は、谷手側の推力とは逆に減少していき、横断勾配が急になり前輪の流される度合いが大きくなると、それを山手側でも支えようとして制動（進行方向とは逆向き）の推力をかけようになり、山手側にも負担がかかり始める。この時点から山手側の推力は計測装置ではマイナスで表示され、横断勾配が8%と急になった場合、ほぼ基準の推力の80%程度の力で制動をかけなければならない程度の負担がかかることが分かる。

(3) 車いすでの評価結果

表-4に示した40人の高齢者により、まず最初に、推力の測定に用いたものと同じ短路 (L=6m, 横断勾配=0%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 3.5%, 5.0%, 8.0%) を評価してもらった。その結果を、図-15に示す。

横断勾配が2.0%を超すと、車いすが「流される」と感じる人が表れ始め、「やや流される」および「流される」と感じる人の合計が過半数を超えた。さらに、横断勾配が5.0%を超えると走行路を完走できない人も表れ、横断勾配が8.0%では80%の人が完走できない結果となった。

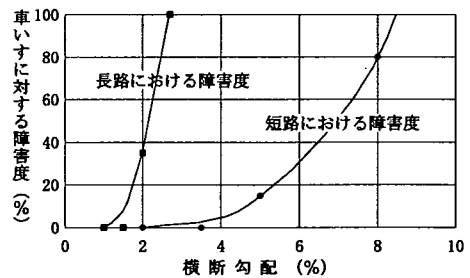


図-17 短路と長路における車いすの障害度

次に、既存の歩道等において、横断勾配が1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.7%の50mの長路を車いすで走行して評価してもらった。その結果を、図-16に示す。

横断勾配が1.0%の場合は、100%の高齢者が「問題ない」と回答した。1.5%になると、「問題ない」と回答した人は80%であったが、逆に2.0%の場合は、「やや苦しい」「相当苦しい」と回答した人が80%以上に達し、横断勾配が1.5%の場合と2.0%の場合では、負担感に大きな差が表れた。

図-17は、図-15において短路を完走できなかった割合を、また、図-16において長路を完走することに「相当苦しい」と評価した割合を障害度とし、それらと横断勾配との関係を示した。

この結果より、短路を通行する場合と長路を通行する場合では、同じ横断勾配に対しても大きく負担感が異なることが分かる。つまり、歩道全体の横断勾配の適正な範囲と、歩道切下げ部や車道乗入部のように局部的な短い区間における横断勾配の適正な範囲を区別して考察すべきである。前者では1.5%以下、後者では3.5%以下が望ましいと言える。なお前述の推力の測定実験から、1.5%以下は谷手側と山手側の推力のバランスが大きく崩れない範囲、3.5%以下は山手側の推力が負にならない範囲である。

ところで、横断勾配を正確に施工することは難しい。例えば、中川ら⁹⁾は、歩道の横断勾配の実測結果より、設計値に対しての施工誤差および経年変化を含む最大の誤差は、0.39%であると報告している。

そこで、誤差を0.5%と考え、設計横断勾配を歩道全体で1%以下、局部的には3%以下にすることを提案したい。

6. 縦断勾配について

(1) 推力の測定結果

図-18~23は、図-4~10の測定と同じ被験者が計測用車いすにより、縦断勾配が0~12.0%の各区間

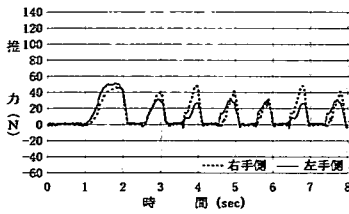


図-18 縦断勾配0%の場合の波形例

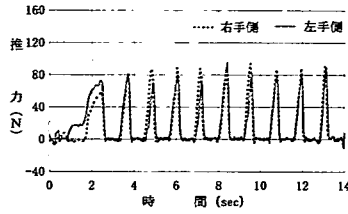


図-19 縦断勾配2.0%の場合の波形例

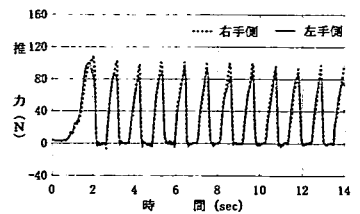


図-20 縦断勾配5.0%の場合の波形例

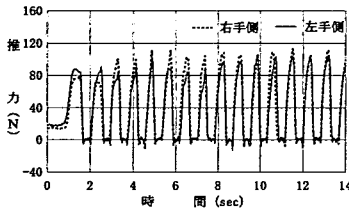


図-21 縦断勾配6.8%の場合の波形例

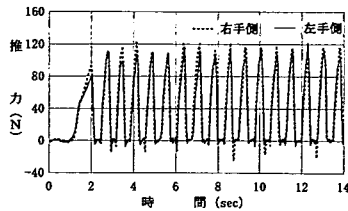


図-22 縦断勾配8.0%の場合の波形例

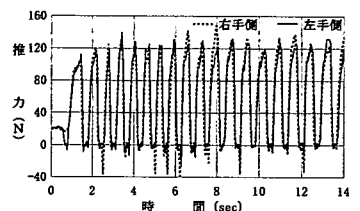


図-23 縦断勾配12.0%の場合の波形例

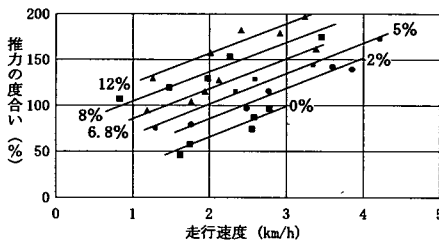


図-24 各縦断勾配における推力の度合い

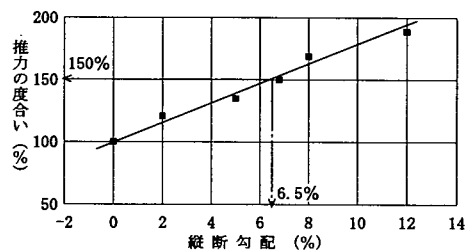


図-25 3.0km/hにおける縦断勾配と推力の度合いの関係

を登坂したときの測定結果である。各図中の点線は右手、実線は左手であり、横断勾配が0%のときと同様に、利き手である右手の推力がやや大きくなる傾向にある。また、図-19から図-23へと、縦断勾配が急になるに従って、推力が増加していることが分かる。

縦断勾配が8.0%と12.0%の場合では、波形の一部が20~40N程度、負の方向に作用していることが分かる。これは、勾配が急になると車いすを制御し難くなり、制動をかけるなど、操作に乱れが生じていて、高齢者にとっては相当負担がかかっていることを意味している。

(2) 推力の測定結果の考察

横断勾配の場合と同様に、走行速度3.0km/h、縦断勾配が0%時の左右の最大推力の平均値(72.6N)を基準にして、それとの百分率である推力の度合いと走行速度との関係から測定結果を考察した。

図-24は、縦断勾配が0%、2.0%、5.0%、6.8%、

8.0%、12.0%の区間を登坂したときの推力の度合いと走行速度との関係である。どの勾配においても走行速度が増すにつれて、また、縦断勾配が急になるに従って推力の度合いも増加していることが分かる。

図-25は、縦断勾配による推力の特性を検討するため、図-24より走行速度3km時点での推力の度合いを求め、縦断勾配との関係を示したものである。縦断勾配が6.5%になると、推力の度合いが0%時の150%程度に大きくなることが分かる。この値は、横断勾配が5.0%時の谷手側の推力の度合いとほぼ同じであり、高齢者や障害者にとっては負担が大きいと予想される。

(3) 車いすでの評価結果

道路の同一測点における車道の縦断勾配と歩道の縦断勾配は、地形等の影響に左右される。坂路等において歩道の縦断勾配全体を改善することは困難とである。そこで、表-3における現況の歩道の問題点

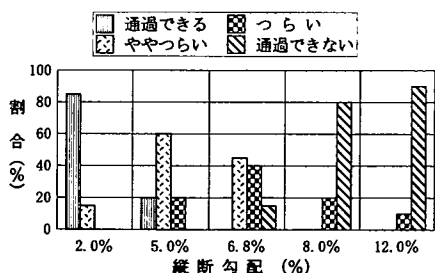


図-26 縦断勾配の評価

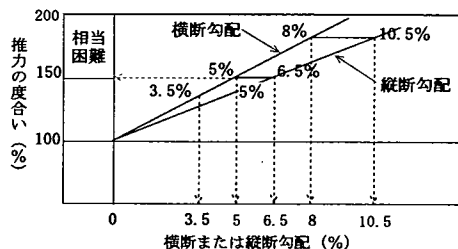


図-27 横断勾配における谷手側の推力と縦断勾配における推力との比較

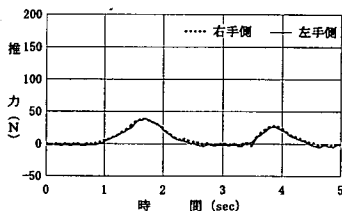


図-28 5mmの直角段差の場合の波形例

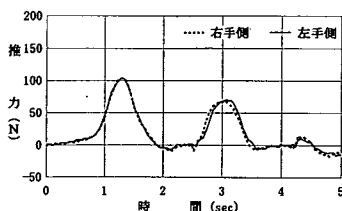


図-29 10mmの直角段差の場合の波形例

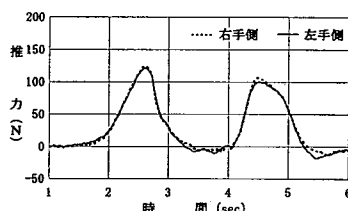


図-30 15mmの直角段差の場合の波形例

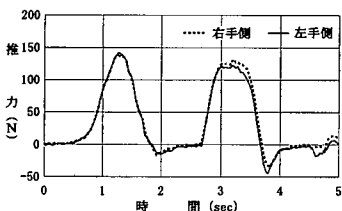


図-31 20mmの直角段差の場合の波形例

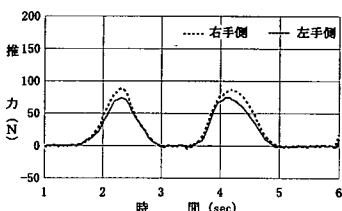


図-32 15mmの面取段差の場合の波形例

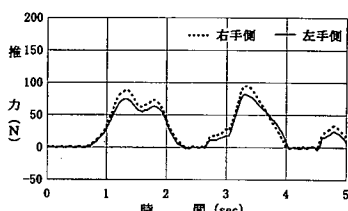


図-33 20mmの面取段差の場合の波形例

の中から、「歩道切下げ部へ向かう摺り付け部」等の短路について高齢者における適正な範囲を検討した。

被験者は、表-4に示した40人の高齢者で、推力の測定に用いたものと同じ走行路 (L=15m, 縦断勾配は2.0%, 5.0%, 6.8%, 8.0%, 12.0%) のうち、横断勾配の場合と同様に、L=6mの距離を登坂してもらった。その結果を、図-26に示す。

縦断勾配が5.0%を超すと、通過することがつらいと感じている人が表れ始め、縦断勾配がおよそ6.5%を超えると、「つらい」「通過できない」とする人の合計が半数を超えることが分かる。さらに、縦断勾配が8.0%, 12.0%ではほとんどの人が通過できないという評価になった。

以上より、短路における縦断勾配は、走行路を完走できない高齢者がいない5.0%以下が望ましい。また、沿道の状況によりやむを得ない場合でも、80

%以上の高齢者が何とか通過できる6.5%以下の縦断勾配が望ましいといえる。

前述の推力の測定実験結果から、推力の度合いは、縦断勾配5.0%の場合で約140%, 6.5%の場合で約150%であった。

7. 谷手側の推力と縦断勾配における推力の関係

図-27は、「横断勾配における谷手側の推力」と「縦断勾配における推力」を比較した結果である。勾配が同じ場合、車いすの負担は、横断勾配における谷手側の推力のほうが縦断勾配における推力よりも大きいことが分かる。

また、図-15、図-26の走行試験の評価より、各勾配を通過できない被験者が初めて現れるのは、横断勾配で5.0%, 縦断勾配で6.8%のときである。この時点の推力の度合いは、基準の推力の150%程度であるため、高齢者にとっての限界は、推力の度合い

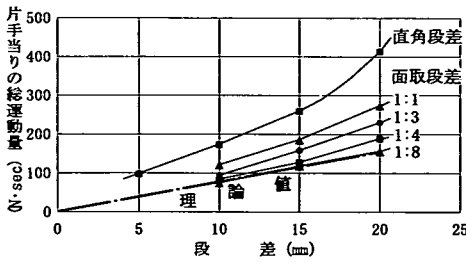


図-34 段差による片手当りの総運動量

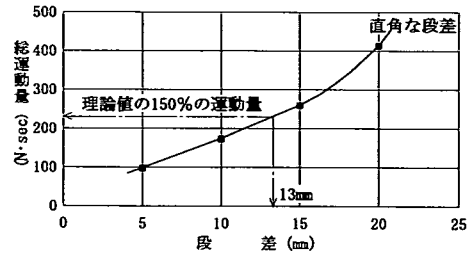


図-36 理論値の150%の総運動量に相当する段差

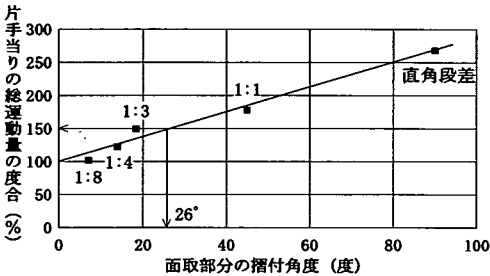


図-35 面取り部分の摺付角度と総運動量の度合い

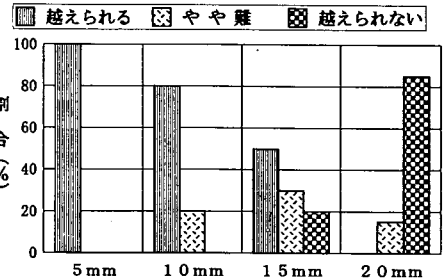


図-37 直角段差を乗り越える際の評価 (高齢者)

が約150%以上になったときであると考えられる。

8. 歩行道境界段差について

(1) 推力の測定結果

図-28～33は、計測用車いすにより、5～20mmの段差を乗り越えたときの測定結果である。これらにおいて、最初の波は前輪が段差を乗り越えたときのものであり、後の波は後輪が段差を乗り越えたときのものである。被験者は、図-4～10および図-18～23の場合と同じである。ここで、直角段差とは面取りのない場合で、面取段差とは面取りがあり、その部分の高さも含めた段差である。段差が大きくなるに従って推力も大きくなるのが分かる。

図-32、図-33は、それぞれ15mm、20mmの段差で、縦：横が1:3の面取りを施した場合である。このときも段差が大きくなるに従って推力は増加しているが、直角段差と比較すると推力の大きさは70～80%と小さい。

(2) 推力の測定結果の考察

横断勾配および縦断勾配の場合とは異なり、段差を乗り越えるときの速度は、時速0.4～0.6km程度であり、通常走行の速度とは大きくかい離しているため、推力を時間で積分し、前輪と後輪が段差を乗り越

越るときの片手当たりの総運動量(Σ推力×時間)で比較した。

図-34は、直角段差および1:1、1:3、1:4、1:8の4種類の各勾配の面取段差における総運動量と段差の関係である。図中における理論値の直線は、各段差の位置エネルギーと仕事量の関係から算出した。例えば、1:3で面取りした場合、直角段差の50～60%程度の運動量で段差を乗り越えられることが分かる。

面取りの勾配が、1:1→1:3→1:4→1:8とゆるくなるに従って総運動量が漸減していき、1:8では、ほぼ理論値の直線に重なる程度にまで軽減される。

藤井ら¹³⁾が、視覚障害者が認知できる段差量として20mm以上が必要であるとしていることより、この理論値における20mm時での総運動量154N・secを基準の総運動量とし、20mm時の各段差の総運動量をそれぞれ除して百分率で表した総運動量の度合いと面取り角度との関係が図-35である。理論値の運動量の150%に相当する面取りの勾配を求めると、約26度となり、縦横比で表すと1:2程度の勾配となった。

また、図-36は、直角段差において総運動量の基準の150%の総運動量と対応する段差を求めたもので、約13mmとなった。

(3) 車いすでの評価結果

図-37は、表-4に示した40人の高齢者が、推力の

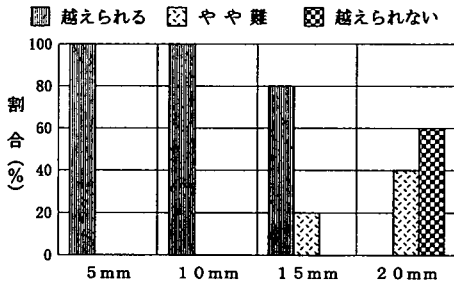


図-38 直角段差を乗越える際の評価 (健康者)

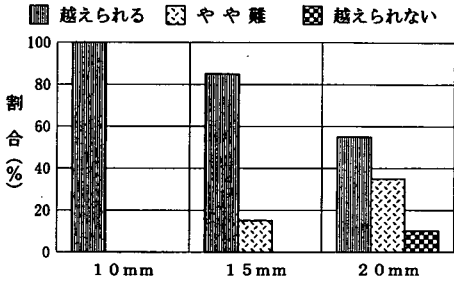


図-39 1:1の面取段差を乗越える際の評価 (高齢者)

測定に用いたものと同じ直角段差 (5mm, 10mm, 15mm, 20mm) を車いすで乗り越えたときの評価結果である。段差が15mmになると、段差を越えられない人が現れ始め、段差が20mmになると、ほとんどの人が段差を越えられない結果となった。

図-38は、30~50才の車いす経験のない健康者20名が、これと同じ直角段差を車いすで乗り越えたときの評価結果である。高齢者の場合より容易に段差を乗り越えることができたが、段差が20mmになると半数以上が乗り越えられなくなることが分かる。

図-39は、高齢者が1:1の面取段差 (10mm, 15mm, 20mm) を車いすで乗り越えたときの評価結果である。段差が15mmの場合、面取りをしたことにより全員が段差を越えることができ、また、段差が20mmであっても、90%の高齢者が何とか段差を乗り越えることができるという結果となった。

これらの結果から、高齢者全員が乗り越えられる直角段差の限界は、10~15mm、また、1:1の面取段差では、高齢者全員が乗り越えられる段差の限界は、15~20mmと考えられる。なお、そのときの総運動量は、図-40に示すとおり約175~275 N·secである。

次に、この総運動量範囲の中央値 (225N·sec) を基準の総運動量 (154N·sec) で除して求めた総運動量の度合い146%のときの面取りの勾配を求めると、図-41のとおり約24度となり、縦横比で表すと1:2程度の勾配となった。

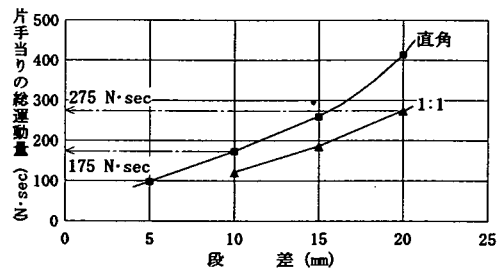


図-40 高齢者全員が乗越えることのできる総運動量

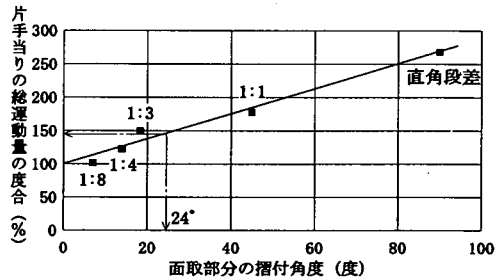


図-41 高齢者が乗り越えることのできる面取勾配

以上より、高齢者や障害者が安心して戸外に出かけられる歩道環境を考えた場合、歩車道境界段差は、現行規定¹⁵⁾の20mmで問題はないが、高齢者が乗り越えることのできる運動量から考察して、角部の面取りを1:2よりゆるくするのが望ましいといえる。

9. まとめ

①高齢者における50m走の結果より、高齢者の車いすの走行能力は、健康者や訓練を受けた障害者と比べると低い。

②高齢者における歩道横断勾配の適正な範囲としては、1.5%以下が望ましく、施工誤差等を考慮した場合、設計横断勾配は、1.0%が望ましい。

そのため、現状¹⁵⁾の歩道の設計横断勾配である2.0%を、交通バリアフリー法^{16), 17)}における設計横断勾配である1.0%まで減じるべきであると考えられる。

③歩道切下げ部や車道乗入部のように短路における横断勾配の適正な範囲は、3.5%以下にすることが望ましく、施工誤差等を考慮した場合、設計横断勾配は、3.0%が望ましい。

④高齢者において、縦断摺付勾配等における適正な範囲としては、5.0%以下が望ましく、現状¹⁵⁾の歩道の縦断摺付勾配である5.0%以下の規定はおおむ

ね問題がない。

⑤現行における縦断勾配の例外規定¹⁵⁾、すなわち沿道の状況によりやむを得ない場合を8.0%以下にすることについては、縦断勾配が8.0%の場合に、ほとんどの高齢者が車いすで通過できなかったことから考えて、6.5%程度までに止めるべきであると考えられる。

⑥勾配が同じ場合、車いすの負担は、横断勾配における谷手側の推力のほうが縦断勾配における推力よりも大きい。

⑦走行速度3.0km/h、縦横断勾配が0%時の左右の最大推力の平均値(72.6N)を基準の推力とし、それとの百分率を推力の度合いとしたとき、高齢者にとっての限界は、推力の度合いが基準の推力の約150%以上になったときである。

⑧高齢者において、歩車道境界段差の適正な値は、現行規定^{15)・16)・17)}の20mmで問題はないが、高齢者が乗り越えることのできる総運動量から考察して、角部の面取りを1:2よりゆるくするのが望ましい。

おわりに

歩行による通行と比較して歩道の勾配や段差等により障害を受けやすい車いすによる通行のために、歩道の構造を改善することはすべての人にとっての責務である。

さらに、歩道構造の改善だけではなく、放置自転車や違法駐車防止等、共に生活する空間として健常者が車いす利用者を思いやり、高齢者や障害者と共に安心して暮らせる福祉社会を実現することが大切である。

最後に、本研究における車いすの走行官能試験に御協力をいただいた高齢者の方々および介護職員の方々に、深く感謝します。また、本研究の実施にあたり、(財)三井住友海上福祉財団の助成を受けたことを付し、感謝いたします。

参考文献

- 1)内閣府編：平成13年度版 高齢社会白書 第1章第1節「高齢者人口の状況」、2002。
- 2)東京都立大学編：日本人の体力標準値—第四版—、不昧堂出版、1989.9。
- 3)元田良孝、西岡南海男：車椅子の走行特性と道路構造について、交通工学、Vol-24、No.6、pp.21-30、

1989.6。

- 4)May.A.D, Leake.G.R and Berrett.B: Provision for Disabled People in Pedestrian Areas, Highways And Transportation, pp.12-18, 1991.1.
- 5)中川伸一、川村和幸、阿部篤：北海道における歩道横断勾配についての検討、土木学会第49回年次学術講演会、V-15、pp.30-31、1994.9。
- 6)中川伸一、栗山清、小笠原章、横山哲：「人にやさしい道路」を目指して—歩道横断勾配が車椅子の挙動に及ぼす影響—、土木計画学研究・論文集、No.12、pp.775-786、1995.8。
- 7)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、日本機械化学会No99-3、第11回バイオエンジニアリング講演会講演論文集、pp.344-345、1999.3。
- 8)鍋島益弘、山田優：歩道舗装における車椅子のための縦横断勾配の適正な範囲、土木学会第55回年次学術講演会、IV-88、pp.176-177、2000.9。
- 9)佐渡山亜兵、佐野吉雅、谷井克則、荒居宏、荒川徹夫、斉藤一朗：車椅子登坂にたいする勾配の影響について人間工学、Vol-10、No4、pp.131-137、1974.9。
- 10)横山哲、清水浩志郎、木村一裕：縦断勾配が車いす走行に与える影響に関する研究、土木学会論文集、No.611、IV-42、pp.21-32、1999.1。
- 11)米田郁夫、橋詰努、木原寿紀、鎌田実、平川雅子：車いす走行特性に関する研究、機械学会講演論文集、No.97-1、pp.344-345、1997.9。
- 12)中丸貢、鍋島益弘、山田優：歩道舗装における車椅子のための段差深さの適正な範囲、土木学会第55回年次学術講演会、IV-89、pp.178-179、2000.9。
- 13)藤井嘉彦、米田郁夫、阪東美智子、鍋島益弘：横断歩道等における歩車道境界段差構造に関する調査研究、土木学会第56回年次学術講演会、IV-135、pp.270-271、2001.10。
- 14)道路法第24条に係わる事務の取り扱いについて(建部達第3号 平成12年3月1日)、2000.3。
- 15)歩道における安全かつ円滑な通行の確保について及び別添「歩道における段差及び勾配等に関する基準」、建設省都街発第57号、建設省道企発第78号、平成11年9月10日、1999.9。
- 16)交通バリアフリー法(高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律)、平成12年5月17日公布、平成12年11月15日施行、平成12年法律第68号、2000.5。
- 17)重点整備地区における移動円滑化のために必要な道路の構造に関する基準、平成12年度建設省令40号、2000.5。

(2002.5.27 受付)

STRUCTURE OF WALKWAY FOR AGED USING WHEELCHAIR

Masuhiko NABESHIMA and Masaru YAMADA

In aging society's progressing, in addition to thinking of the environment which can go out to outdoors with the aged people and the disabled person firstly, the improvement of the walkway environment must be attempted without delay. In this research, we measure the driving force which acts on the hand limb of the wheelchair when it runs by the aged people, and we examine the influence which "Cross fall of the walkway", "Gradient of the walkway" and "Depth of the step between the roadway and the walkway" exert on the running by the wheelchair. And adding up those results and the evaluation result by the aged people who use a wheelchair, we considered about the structure of the walkway which fitted in with the walkway environment which is necessary for the aged people.