

車椅子の不整路面走行時の衝撃評価法について

高戸 仁郎 高山 忠雄 田内 雅規
岡山県立大学保健福祉学部保健福祉学科

要旨 車椅子利用者が車椅子を利用しない者と同じ空間を快適に、自在に移動できるための方法を検討することを目的とし、車椅子搭乗者に路面から受ける振動を主観的に評価させた。更に実際の振動を加速度計を用いて測定し主観的评价との関連を検討した。計測対象とした路面は、現在国内で使用されている視覚障害者誘導用の点字タイルを用いて構成した。使用した点字タイルの種類は表面にそれぞれ異なった形状の方向指示用の線突起を有する5種類の線タイルであった。本研究の結果、表面に5本の線状突起を有する線タイル(以下5lines type)の振動が最も不快であると答えた者が多く、振動の特徴を「規則的」、「継続時間が長い」と評価していた。加速度計によって計測した5lines type上を通過する際の車椅子に発生する衝撃は他の種類のタイルよりも有意に大きかったが、振動の「大小」や「強弱」などに対する主観的な評価では必ずしも大きな値をとらなかった。これらの結果から、振動に対する不快感の形成が振動の大きさのみでなく複雑なイメージや知覚により形作られるものである可能性が示唆された。

keyword:車椅子、道路、歩道、点字タイル、視覚障害者

はじめに

21世紀の高齢化社会を目前に控えたわが国では、平成6年に高齢者、身体障害者等がアクセスしやすいような特定建築物の建築の促進に関する法律(ハートビル法)が施行された¹⁾。その中には不特定多数のものが利用する建築物を建設する際には高齢者、身体障害者等が円滑に利用できるように努めなければならないと規定されている。同時期に運輸省では新しい公共交通ターミナルの施設整備ガイドラインを策定し、様々な交通ターミナル内での移動に困難がある者のための施設整備を促進している²⁾。これらの例に見られるように、高齢者、障害者の自立と社会参加を促進するにあたり障壁となっていたものを排除しようとする社会的な動きが急速に高まっている。

しかし、拠点となるような場所では高齢者、障害者への配慮がなされつつあるのに対し、それらの拠点をつなぐ移動経路の整備は未だ十分とは言えない。

例えば、市街地では歩道を車道よりも高くしている所が多く見られるが、駐車場等の車の出入りを考慮した歩道の急な切り下げや、横断歩道などから歩道へ乗り上げる際の段差など、車椅子や自転車等への配慮が必要どころが少なくない。また、歩道の路面には小さなブロックを組み合わせたものが最近多く見られるが、そのために路面は平滑でなく、車椅子や自転車で走行する際に発生するであろう長時間連続する振動が与える身体的・心理的影響が憂慮される。インターロッキングブロックの歩道では経年変化による路面の荒れは少ないものの、その形状及び施工法による凹凸が大きいことが示されている³⁾。そのような凹凸は、スリップ防止や排水の面では有効であっても、車椅子などに与える振動の面では最適とはいえないであろう。しかし、振動を無くするために摩擦、排水等の利点を無視するのではなく、双方の機能が最低限維持できるような工夫が必要である。特に、移動の際の疲労やストレス等の負荷を軽減することは、目的地での活動をより充実したも

のにするという意味でも十分考慮されなければならない。

本研究は、車椅子を利用する障害者、高齢者が車椅子を利用しない者と同じ空間を快適に、自在に移動することを可能にするための方法を検討することを目的とするものである。今回は特に、車椅子利用者の移動に最適な歩道路面形状を検討する基礎的資料を得るために、車椅子が不整路面を走行する際の衝撃の評価について主観的評価と客観的評価を組み合わせ検討した。

方 法

路面から受ける振動の主観的評価実験

実験用走行路の設定 車椅子走行用の不整路面を同一条件に設定するために、最近全国に普及しつつある視覚障害者誘導用タイルを用いた。現在の視覚障害者誘導用の点字タイルには方向指示用の線タイルと注意喚起用の点タイルという二つの目的を持ったものがあり、その表面形状は多様である^{4,5,6)}。本研究では、方向指示用の5種類の線タイルを用いた。実験に用いた線タイルは、方向を指示する突起の断面がドーム状の線突起がそれぞれ3本（以下3lines type）、4本（以下4lines type）、5本（以下5lines type）のもの、方向を指示する突起の断面が台形の線突起が4本（以下plate type）のもの、方向を指示する線突起が小判形で千鳥状に配列（以下short plate type）されているものの5種類であった。タイル形状の詳細を図1に示す。

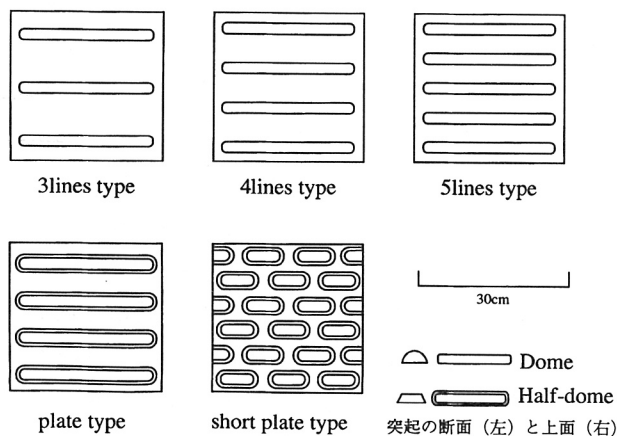


図1 実験用路面に使用した5種類の線タイルの形状

3lines type、4lines type、5lines typeの線突起の基底部の幅は17.5mm、高さは5mmで突起間の距離はそれぞれ86、63、42mmであった。また、plate type、short plate typeの線突起の幅は頂上部で25mm、基底部で34mm突起間の距離はそれぞれ42mm、15mmであった。

これら5種類のタイルを、方向指示用の線突起が進行方向と直角になるように4枚並べたものを2m間隔で配置し実験用車椅子走行路とした。実験用走行路の概要を図2に示す。

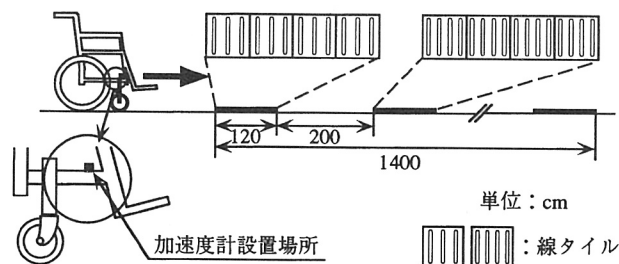


図2 振動評価実験用走行路の概要

平滑な路面に30×30cmの線タイルを4枚連結したものを5種類それぞれ200cm間隔に並べ、その上を車椅子の右車輪（キャスター、後輪）を通過させる。通過するタイルの順はランダムにした。振動は同様の走行路で1種類毎に計測した。加速度計は図中に示す位置に取り付けた。

被験者 被験者は、実験に先立ち実験内容について十分な説明を行い、協力が得られた健常者6名（男性2名、女性4名）で、平均年齢22.8歳（SD±2.56）、平均体重63.8kg（SD±2.36）であった。

実験の手順 この実験は被験者が5種類の点字タイルの上を車椅子（酒井医療株式会社製、普及型SPR-3900）に乗って通過した時の振動が最も不快と感じたタイルを抽出させるものである。被験者が最も不快と思うタイルを決定する際に、点字タイルの外観が判断に影響を及ぼさないように、被験者には実験を通してアイマスクを装着させ、点字タイルから受ける振動にのみ集中できるような考慮をした。被験者の乗った車椅子は実験を通して同一の実験者が後ろから押し、右側のキャスターと後輪が線タイルの上を方向指示用の線突起に対し直角に通過するように走行させた。試行間での速度のばらつきを無くすため、車椅子の走行速度が70cm/sec.になるように120count/minの電子メトロノームの音を実験者がイヤホンで聴きながら歩調を一定に保つようにした。1回の試行で、5種類全てのタイルを乗り越え、その都度最も不快と感じるタイルは何番目であったかを被験者に報告させた。5種類のタイルの配列を変えずに5試行を繰り返して1セッションとした。1人の被験者につき4セッションを行い、全てのセッションが終わったところで、この実験を通して最も不快と思うタイルを最後のセッションの配列から一

つ抽出させた。各セッション毎のタイルの配置はランダムになるよう入れ替え、被験者の予測が成立しないようにした。全てのセッションを通して最も自分が不快と思う振動について、所定の質問紙を用いて振動の特徴や印象を評価させた。特徴についての質問項目は振動の(1)継続時間、(2)強弱、(3)周期、(4)大小、(5)身体への伝わり方、(6)振動の方向の6項目であり、(1)から(4)を3段階、(5)を足から頭までの7段階で最も近いと思うものを選択させ、(6)については上下、左右、前後のいずれかを選択させた。なお、振動の継続時間とは線タイルの上を通過している時間であり、振動の周期とは単位時間当たりの振動の頻度である。更に振動から受けるイメージをSD法により5つの形容詞対から評価させた。形容詞対は(1)心地よいー不快な、(2)堅いー柔らかい、(3)不規則ー規則的、(4)優しいーごつごつしたの4種類であり、7段階で評価させた。それぞれの評価項目を得点化し、相関分析を行った。その際、得点が高いのは「長い」、「強い」、「短い」、「小さい」、「不快な」、「堅い」、「ごつごつした」であった。

路面から受ける振動の測定実験

走行路の設定 車椅子が異なる不整路面を走行する際に受ける振動の比較と、車椅子搭乗者の振動に対する評価と実測した振動の関連を見るために車椅子が不整路面を走行する際の振動を定量的に測定した。振動測定の対象とした不整路面には、路面から受ける振動の主観的評価実験と同様の点字タイルを用い各タイルについて測定を行った。

測定方法 振動の強さを表すには一般に加速度を用いる^{7,8,9)}ので、本研究でも点字タイルを乗り越える際の振動を加速度で表すこととした。振動を測定する際には、車いすに男性(体重77.0kg)または女性(体重48.0kg)を乗せた状態で、実験者が120count/minの電子メトロノームの音をイヤホンで聴きながら歩調が一定になるよう車いすを押した。測定した加速度波形データを元に算出された車椅子の平均走行速度は65.3cm/sec.であった。車椅子は点字タイルの上を右側キャスターと後輪が方向指示用の線突起上を直角に通るように走行させた。加速度計(単軸、TOYODA製ATS14S)は、車椅子(酒井医療株式会社製、普及型SPR-3900)の右側キャスター付近のシャーシーに上方向の加速度が+出力となるように取り付けした(図2)。加速度計から得

られた信号は加速度テレメータアンプ(日本電気三栄株式会社製1823形)により増幅し、A/D変換器(MacLab4)を通してパーソナルコンピュータに収録した。収録した振動データはデジタル信号処理ソフト(MacLabScope3.4/s)により分析を行った。

結 果

路面から受ける振動の主観的評価実験

実験の各セッション毎の被験者の解答と全試行を通して不快と答えたタイルの種類を表1に示す。

表1 各セッションで不快と解答のあった線タイルの種類

セッション		線タイルの種類				
被験者	No.	3lines	4lines	5lines	plate	short plate
A	1			○※	○※	
	2			○		
	3			○		
	4	○				
B	1				○	
	2		○			
	3			○		
	4			○		
C	1			○		
	2			○		
	3	○				
	4			○		
D	1			○		
	2			○		
	3			○		
	4			○		
E	1	○※	○※			
	2	○				
	3			○		
	4			○		
F	1	○				
	2		○			
	3		○			
	4				○	

○ 各セッション中に不快と答えた回数が最も多かったもの
 ■ 被験者が全試行を通して不快と解答したタイル
 ※ 各セッションで不快と答えた回数が同数のもの

6名のうち5名(内男性1名)が全試行を通して5lines typeのタイルを通過する際の振動が最も不快であると答え、1名(男性、体重70kg)はplate typeのタイルが最も不快であると解答した。その他に各セッションの中で不快と解答したのは、数が多い順に3lines type、4lines typeと続き、最も少なかったのはshort plate typeであった。しかし、short plate typeでも他の4種類ではみられない横方向への揺れが非常に不快であるという評価もあった。5名が共通して最も不快と述べた5lines typeのタイルについて、振動の特徴の評価についての報告は、「振動の継続時間」が長いとした者は5名の内4名で他の1名はどちらでもないであった。また、「振動の周期」が短いとした者は4名で他の1名は長いとしており、「振動の強弱」については強いと

した者が3名で他の2名はどちらでもないとしていた。「振動の大小」については小さいとした者が3名でどちらでもないとした者が2名であった。「振動の方向」は上下とした者が4名で他の1名は前後と解答した。「振動の伝わる場所」については、「頭まで伝わる」、「肩まで伝わる」が2名ずつで「腹まで伝わる」が1名であった。

一方、振動のイメージについては、全員が非常に規則的であるとしていた。その他の形容詞の対については全員の評価得点の平均をとると、非常に不快な(評価平均値6.8)、やや堅い(5.0)、ややゴツゴツした(5.0)となった(図3)。

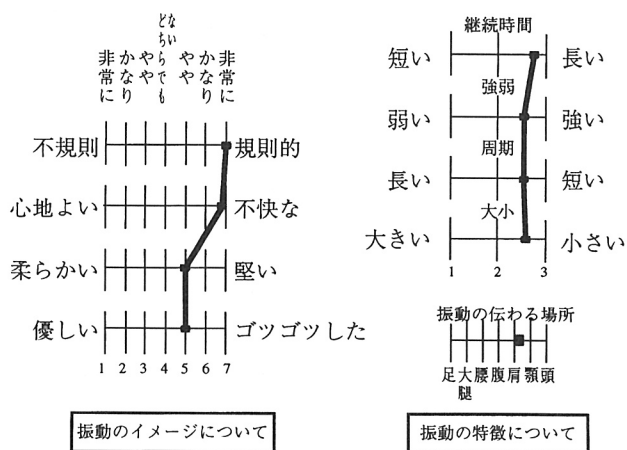


図3 5lines typeのタイルに対する主観的評価

被験者6人中5lines typeのタイルを選んだ5人について、振動のイメージ評価を7段階、振動の特徴評価を3段階でそれぞれ評定したものの平均得点をプロットした。

車椅子搭乗者の振動の特徴に対する知覚と振動に対するイメージとの間にどのような関連があるかをみるために相関分析を行った。分析対象とした項目の内、振動の特徴に対する項目は「振動の強弱」、「振動の大小」、振動のイメージに対する項目は「振動が柔らかいー堅い」、「振動が優しいーゴツゴツした」であった。分析の結果「振動の強弱」と「振動が優しいーゴツゴツした」の組み合わせに強い相関がみられ、その他の項目には相関はみられなかった。従って「振動の強弱」と「振動が優しいーゴツゴツした」とは相互に関連する項目であり、その他の「振動の大小」、「振動が柔らかいー堅い」は独立した項目であることが示された。

振動が伝わる身体のと場所と振動の特徴知覚、振動のイメージ等との関連をみるために相関分析を行った。分析対象とした項目は「振動の伝わる場所」と

「振動の強弱」、「振動の大小」、「振動が柔らかいー堅い」及び「振動が優しいーゴツゴツした」の4項目であった。分析の結果「振動の伝わる場所」と「振動の大小」に強い相関がみられ、「振動が優しいーゴツゴツした」に中程度の相関がみられた。

路面から受ける振動の測定実験

車椅子搭乗者が不快と感じる振動がどのような特性をもつものであるかをみるために、車椅子に加速度計を取り付けて定量的な振動測定法として車椅子に生じる加速度を計測した。異なる体重の男性(77.0 kg)女性(48.0 kg)を車椅子に乗せて記録した加速度波形から、一つの突起を乗り越える際の上方向の最大加速度と下方向の最大加速度の差を衝撃の大きさとして算出した。線タイルの種類毎に平均の衝撃の大きさを求めたものを図4に示す。5lines type

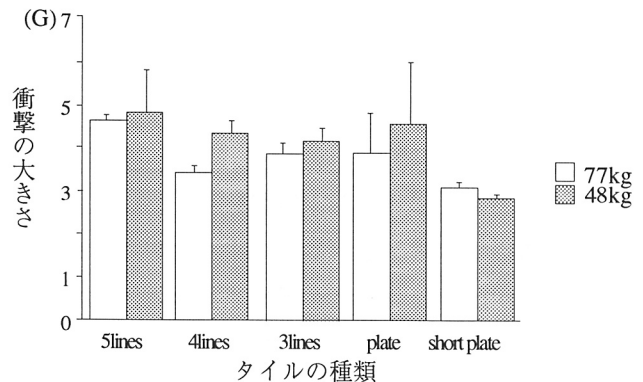


図4 異なる体重の者が搭乗した際の車椅子に伝わる衝撃の平均値と標準偏差 (error bar: $\pm 1SD$)

各タイルを乗り越える際に生じる衝撃の大きさの平均値を比較した。分散分析の結果タイルの種類による衝撃の大きさの差は有意であった。多重比較の結果、5lines typeと4lines type、5lines typeと3lines type、5lines typeとshort plate type、4lines typeとshort plate type、3lines typeとshort plate type、plate typeとshort plate typeの組み合わせの間にそれぞれ平均値の有意な差がみられた(5%水準)。

のタイルを通過する際の衝撃が男女とも最も大きく、short plate typeのタイル上を通過する際の衝撃が最も小さかった。また、体重別にはshort plate type以外のタイプで48kgの搭乗者の方が衝撃が大きかった。搭乗者の体重別(77kg、48kg)、タイルの種類別(3lines type、4lines types、5lines type、plate type、short plate type)の衝撃の大きさを比較するために分散分析を行った。その結果タイルの種類別の平均値の差が有意で($F(4,154)=11.704$)、搭乗者の体重による平均値の差は有意傾向であった

($F(1,154)=3.593$)。FisherのLSD法による多重比較の結果、5lines typeと4lines type、5lines typeと3lines type、5lines typeとshort plate type、4lines typeとshort plate type、3lines typeとshort plate type、plate typeとshort plate typeの組み合わせの間にそれぞれ5%水準で平均値の有意な差が見られた(図4)。このことから、5lines typeが他のタイプのタイルよりも衝撃が有意に大きく、short plate typeが他のタイプのタイルよりも衝撃が有意に小さい事が示された。4lines type、3lines type、plate typeの3タイプは相互に有意差が見られず、この3種類の間では衝撃の大きさに違いが認められなかった。これらのことは、主観的評価実験の結果最も不快と解答したタイプが5lines typeであったこと、不快と解答した回数が最も少なかったタイプがshort plate typeであったことと一致した。

考 察

車椅子搭乗者が走行中に路面から受ける振動をどの様に知覚—認知しており、その感じ方と実際の振動にはどのような関係があるのかを明らかにするために、車椅子によって視覚障害者用誘導路に用いる点字タイルで構成された不整路面走行を行い、振動に対する主観的評価実験及び、振動実測データとの関連等を検討した。

車椅子搭乗者による路面から受ける振動の主観的評価実験では、6名の被験者中5名が5lines typeのタイルから受ける振動が他に比べて不快であると解答した。このことは特定の表面形状を有する点字タイルが車椅子搭乗者に不快な振動を発生することを示している。更にこのタイプのタイルから受ける振動の特徴について評価させたところ、「周期」は短い、「継続時間」は長い等の特徴が挙げられた。更に個々の振動については「小さい」、「強い」と捉えている者が多かった。またどのようなイメージを持っているかをみると、全員が「非常に規則的」であると感じている他は「ゴツゴツした」、「堅い」というイメージで受けとめられているが、その評価の平均値は「やや」であり弱いものであった。被験者の回答にばらつきのある項目で相関分析をした結果、「振動の強弱」と振動のイメージが「優しい—ゴツゴツした」の間には強い相関がみられ、この二つの

項目は被験者の振動に対する知覚—認知構造において等しいものを表しているものと思われる。それに対し、「振動の強弱」と「柔らかい—堅い」、「振動の大小」と「優しい—ゴツゴツした」及び「柔らかい—堅い」の組み合わせには相関がみられなかったため、「振動の大小」「柔らかい—堅い」はそれぞれ異なる振動の特徴を代表するものと推定される。しかし「大小」、「強弱」、「堅い—柔らかい」などはいずれも評価の平均値は大きくなく中程度の強さしか与えていないように示されているので、それらは単一で捉えているのではなく相互に作用して不快感を引き起こす要因の一つになっている可能性が考えられる。また、「小さい、強い、堅い」という言葉から連想される形容詞の一つに「鋭い」が考えられ、今回の5lines typeから受ける振動を鋭い振動であると受けとめているのではないかと推察される。これらのことを総合すると、5lines typeのタイル上を通過する際、比較的強く鋭く感じる振動を受けた印象を持ったものと考えられる。上記の個々の振動に対する感覚(比較的強く鋭い)に加えて、非常に規則的であり、比較的短い周期と感じられる振動が今回最も不快感を与えることの多かったタイルの振動の特徴になっていると考えられる。これらのことから、振動に対する不快感が振動の大きさのみでなく様々な知覚要素によって構成される複雑なイメージによって形成される可能性が示唆された。今後は更に、振動の特徴とイメージの連関性を考慮した評価法を適用し、車椅子が不整路面走行時に発生する振動がどの様に捉えられるのか、その知覚—認知構造について検討を進めたい。

車椅子搭乗者の振動に対する評価と、実際の振動との関係をみるために車椅子に発生する加速度を測定し衝撃の大きさを求めた結果、5lines typeのタイル上を通過する際の衝撃が他の4タイプに比べ有意に大きかった。3lines type、4lines type、5lines typeとも同様の突起形状であるにも関わらず、5lines typeのタイルによる衝撃が有意に大きかった要因としては、タイル上の線突起の間隔と車椅子のキャスター径のサイズの関係が考えられる。このタイルの線突起の間隔は42mmで、車椅子のキャスターの径は7インチ(10.7cm)であるので、キャスターがタイル上の線突起を乗り越えてタイル基底面に着地する際に次の線突起がキャスターに接触して

しまう関係にあるため、線突起の頂上部から下に降りてきたキャストが次の突起にあたって跳ね上がり、その繰り返しで上下方向への加速度を増大させ、結果的に衝撃が大きくなっているものと考えられる。今後、高速度ビデオカメラ等でキャストの動きを記録して加速度発生との時間的關係を分析することによって原因を明らかにできると思われる。また、実際の振動と搭乗者のイメージとの関係についてみると、5lines typeのタイル上を走行した際の振動は小さく、また強さもそれほど強いとは捉えていない者が多かったにもかかわらず、実際の振動記録から得られた衝撃の大きさは他のタイプのタイルよりも有意に大きく、搭乗者による振動の知覚的把握と実測された振動とは必ずしも一致しないことが示された。搭乗者の不快感は振動の大小よりもむしろ振動の規則性や短い周期とよい一致をみており、規則的で比較的短い周期で到来する振動による不快な感覚が個々の振動に対して注意を向かわせないマスキング的効果を顕している可能性も推測された。

今回の実験の被験者には健常者を用いたが、搭乗者の体重によって車椅子に発生する衝撃の大きさに差がみられる傾向にあったため、今後実際に車椅子を使用する身体機能の低下したものが振動をどの様に受容するかについても検討したい。

文 献

1) 建設省 (1994). 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際の促進に関する法律(ハートビル法)

2) 運輸省 (1983). 公共交通ターミナルにおける身体障害者用施設整備ガイドライン

3) 寺本 博明・牧 恒雄・村井 哲夫・今村美喜男 (1994). 歩行者系道路舗装材の快適性に関する検討(その1) 凹凸の評価方法について、土木学会第49回年次学術講演会: 98-99

4) 大倉 元宏・村上 琢磨・田内 雅規 (1993). 足底による線状点字ブロックの方向指示性の評価、感覚代行シンポジウム論文集、19:111-114

5) 澤井 元・高戸 仁郎・田内 雅規 (1995). 点字タイルの有効性と認知成立要件の解析、第21回感覚代行シンポジウム発表論文集: 125-128

6) 田内 雅規・澤井 元 (1994). 視覚障害者用誘導タイルの現状と課題、岡山県立大学保健福祉学部紀要、第1巻1号: 11-21

7) 勝浦 哲夫・安河 内朗 (1992). 7-5振動(佐藤 方彦監修、人間工学基準数値数式便覧、374-387: 技報堂出版)

8) 富永 洋志夫 (1993). 42振動(関 邦博・坂本 和義・山崎 昌広編集、人間の許容限界ハンドブック、426-441: 朝倉書店)

9) 富永 洋志夫 (1993). 43加速度(関 邦博・坂本 和義・山崎 昌広編集、人間の許容限界ハンドブック、442-449: 朝倉書店)

Evaluation of Wheelchair Vibration and Passenger Shock on Uneven Ground Surface

JINRO TAKATO, TADAO TAKAYAMA, MASAKI TAUCHI

Department of Welfare System and Health Science, Faculty of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University, 111Kuboki, Soja-shi, Okayama 719-11, Japan

ABSTRACT In the present experiment, we have evaluated the vibration of wheelchairs, and the shock felt by wheelchair-users who pass over ground paved by tactile tiles("bar tile")made for visually disabled persons. Five different bar tiles that displays different surface projection patterns were used. The direction of wheelchair travel was perpendicular to

the major axis of these surface projections. Various subjective and objective evaluations were made, such as comfort, kinds of sensation and vibration measurement by an acceleration transducer, when wheelchair loaded by a person passes over tiles at a constant speed. Our results included the following: first, the tile having thin projections and the projections placed rather densely appeared to cause discomfort most. Second, when the space between adjacent projections on each tile is narrower than a certain distance, the interaction between the wheelchair casters and tile projections seemed to cause more increase of the wheelchair vibration. Thirdly, and interestingly, the reason of discomfort felt by subjects was not the size of vibration, but rather its regularity or frequency of vibration. Moreover, the size of shock felt by subjects did not well agree with the measured magnitude of actual vibrations.

Keywords: wheelchair, sidewalk, tactile tiles, visually disabled, vibration, shock