

路面凹凸及び段差に対する車椅子利用者の振動評価に関する研究*

A Study of Wheelchair user 's Evaluation for Vibration on Road Roughness and Level difference*

山長聖和** 大枝良直*** 角知憲***

By Kiyokazu YAMANAGA**, Yoshinao OEDA*** Tomonori SUMI***

1. はじめに

本研究は、車椅子走行の快適性の見地から路上の交通支障を評価する方法を検討するものである。車椅子で路上を走行する人々の障壁となるものとして、インターロック舗装の凹凸による不快な振動や、歩道縁石の段差、放置自転車・電柱等の支障条件、横断勾配など多数挙げることができる。現在、高齢者や車椅子利用者を含む身体障害者の社会への参加拡大を考慮して、歩道や駅、各種建造物内部の交通支障を取り除くバリアフリー化等、移動性や安全性の確保を促進するための研究が数多く行われてきている。ここで、車椅子による歩道の走行に着目してみると、快適な歩道設計を行うためには、車椅子利用者の多くが不快感を抱いているブロック舗装やインターロッキング舗装などの路面凹凸走行時の振動や、歩道縁石段差乗り上げ時に受ける衝撃の問題を解決することが急務であると考えられる。これまでに、路面平滑度評価の研究¹⁾²⁾や、歩道縁石段差の衝撃緩和に関する研究³⁾などが行われてきた。

本研究では、路面条件と車椅子利用者の走行快適性の定量的関係を把握するために、路面凹凸と歩道縁石段差について実際の車椅子利用者を被験者とした走行実験を行い、走行時に発生する振動とそれに対する利用者の感覚についての評価関数を作成し、過去の研究で得られた健常者による評価関数との比較・考察を行う。

*キーワード：交通弱者対策

**学生会員 九州大学大学院 工学部

(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1

TEL:092-642-3275 FAX:092-642-3306)

***正会員 工博 九州大学大学院工学研究院

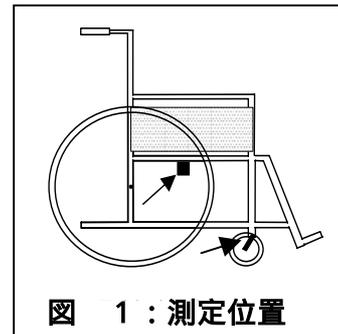


図 1：測定位置

2. 実験方法

2-1. 路面凹凸走行実験

路面凹凸走行実験では、あらかじめ6種類の凹凸を持つ路面を用意して、被験者を乗せた車椅子を実験者が後ろから押し、凹凸走行時に計測された振動とそれに対する被験者の評価を定量的に比較することにした。図1に示すように、車椅子のシート下と前輪部分に、上下・前後両方向に加速度計を設置し、チャージアンプを通して振動を測定した。また、振動に対する感覚を調べるために、走行の際に被験者に対してアンケートを行った。アンケートは表1に示す5段階評価(1.5, 2.5等の回答も有効にしたため実際は9段階評価)で表し、各走行終了後に回答してもらった。被験者は50代と60代の男性計2名であった。両者とも頸椎損傷者で、普段は自ら車椅子で走行できる方々であった。測定に用いた機器を表2に示す。

実験走行路として、図2に示すようなハンプを

評価	不快感
5	非常に不快
4	不快
3	少し不快
2	あまり不快でない
1	全く不快でない

1. 加速度計	
a) 型名	: リオンPV94
b) 測定可能範囲	: 1~1000(G)
2. チャージアンプ	
a) 型名	: リオンUV06
b) 測定可能範囲	: 1~15kHz

表 1 感覚の5段階評価

表 2 測定機器

作成し、規則的に並べることによって路面の凹凸を再現した。ハンプの材質はアクリルであり、上底、下底、高さ、間隔を変えて6種類作成した。それぞれのハンプの諸元を表 3 に示す。

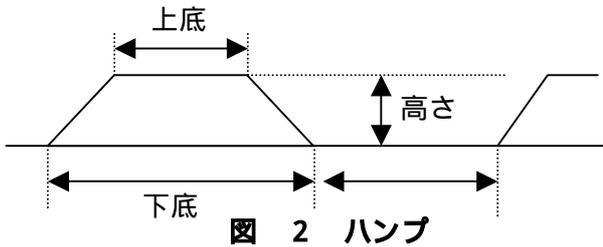


図 2 ハンプ

	上底	下底	高さ	間隔
ハンプ1	6.0	9.0	0.2	20.0
ハンプ2	3.0	5.0	0.2	20.0
ハンプ3	6.0	9.0	0.3	20.0
ハンプ4	6.0	9.0	0.2	6.0
ハンプ5	3.0	5.0	0.2	3.0
ハンプ6	6.0	9.0	0.3	6.0

表 3 ハンプの諸元 (単位: cm)

2 2 . 歩道縁石段差通過実験)

歩道縁石通過実験においては、振動の大きさを変えるために、従来型の縁石と、形状を変え塩化ビニールを貼り付けた縁石(試作1),形状を変え天然ゴムを貼り付けた縁石(試作2)の3種類の縁石について、乗り上げと乗り下りを路面凹凸走行実験時と同様に実験者が後ろから押して行い、振動の測定と

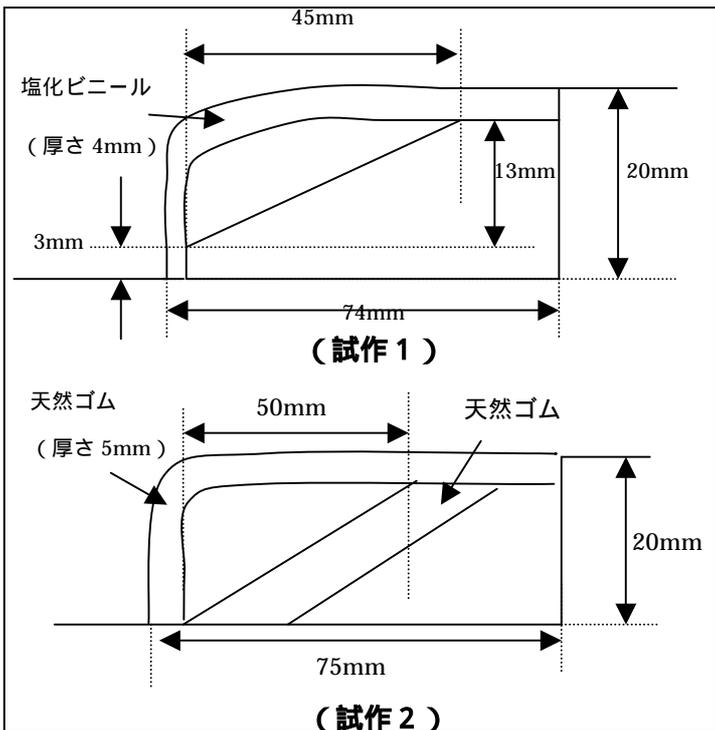


図 3 歩道縁石形状

5段階評価のアンケートを行った。被験者も路面凹凸走行実験と同じ方々であった。実験に用いた試作1, 試作2の縁石形状を図 3 に示す。

3 . 実験データの処理

測定によって得た波形データは一旦データレコーダーに記録し、記録されたデータをFFTアナライザーに入力することによって、内部でフーリエ変換を行い1/3オクターブバンド表示させた(図 4)。1/3オクターブバンドの中心周波数と通過帯域を表 4 に、FFTアナライザーで実際に出力したデータを図 5, 図 6 に示す。

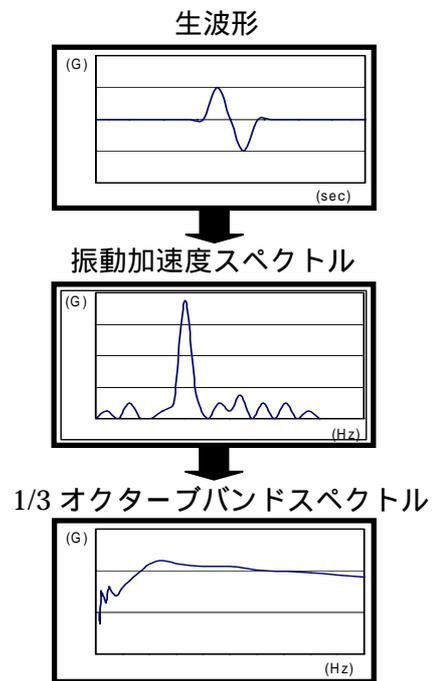


図 4 実験データ処理過程

周波数 (Hz)		
下限	中心	上限
1.8	2.0	2.2
2.2	2.5	2.8
2.8	3.2	3.6
3.6	4.0	4.5
4.5	5.0	5.6
5.6	6.0	7.1
7.1	8.0	9.0
9.0	10.0	11.2
11.2	12.5	14.0
14.0	16.0	18.0
18.0	20.0	22.4
22.4	25.0	28.0
28.0	31.5	35.5
35.5	40.0	45.0

表 4 1/3 オクターブバンドの中心周波数と通過帯域

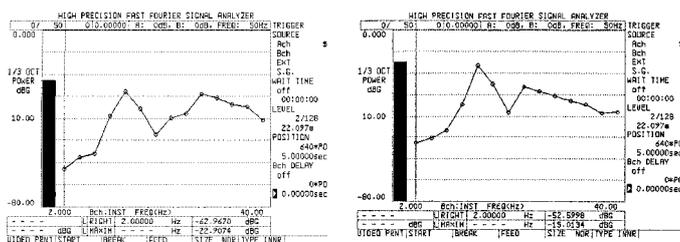


図 5 出力データ例（ハンブ 5）

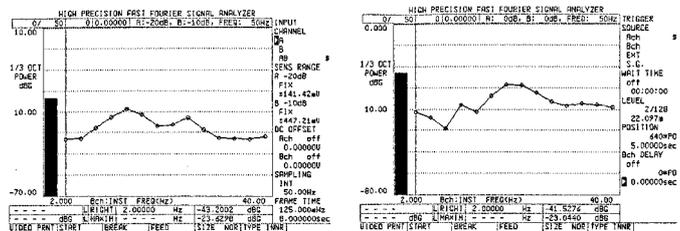


図 6 出力データ例（緑石試作 1）

4. 評価関数

4-1. 評価関数の作成

走行時に生じる振動とそれに対する車椅子利用者の感覚についての評価関数を作成するにあたり、説明変数として考えられるのは、前輪位置での振動の OVERALL 値とシート下での OVERALL 値である。これらは1つの系内のものであるため独立していない。したがってどちらか一方を用いて評価関数を作成するのであるが、被験者の意見によると、前輪から足に伝わってくる振動よりも、シート下から体に伝わってくる振動によってアンケートの回答を決定しているということであったので、評価関数の作成においてはシート下の振動の OVERALL 値を用いることにした。上下方向と前後方向の OVERALL 値の2乗和の平方根を X 軸、較正を施した5段階のアンケート評価を Y 軸にとり、各被験者ごとに評価関数を作成した。得られた評価関数（図 7）を見てみると、路面凹凸と歩道緑石の両方の場合において、相関係数が 0.6 以上となっており、人間の感覚を取り扱ったものとしては高い相関が得られたと考えられる。

次に、個人差を考慮して、評価のうち最も大きいものを5、最も小さいものを1、さらに、評価の基準値となるであろう中間値3は固定することとする較正を施し、2人の被験者を統合した評価関数を作成した（図 8）。統合した場合も相関係数 0.7 以上となり、高い相関を得ることが出来たといえる。

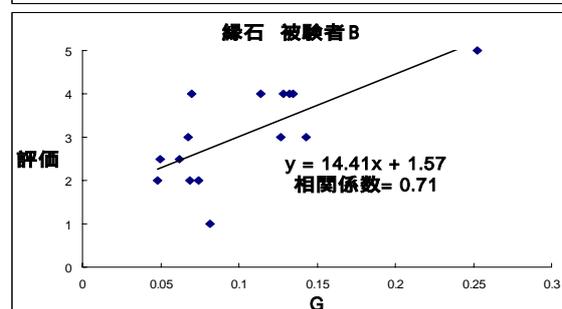
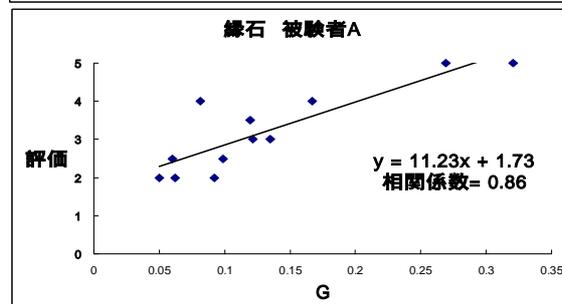
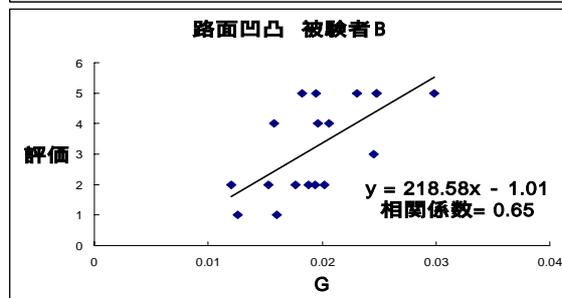
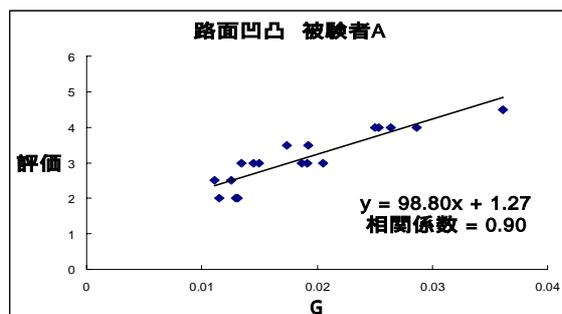


図 7 評価関数（個人）

4-2. 健常者による評価関数との比較

図 9 に、過去の研究で得られた健常者による評価関数を示す。路面凹凸走行実験については4人の被験者に対して今回使用したものと類似した3種類のハンブを用いて行った。歩道緑石段差通過実験は、10人の被験者に対して今回使用したものと同一形状の歩道緑石段差を用いて行った。相関係数もそれぞれ 0.78, 0.85 と良い値が得られている。

まず路面凹凸走行実験について比較してみる。健常者の評価と車椅子利用者の評価を同じグラフに統合したものが図 10 である。健常者と車椅子利用者で評価関数に違いが現れた理由として、実験の際

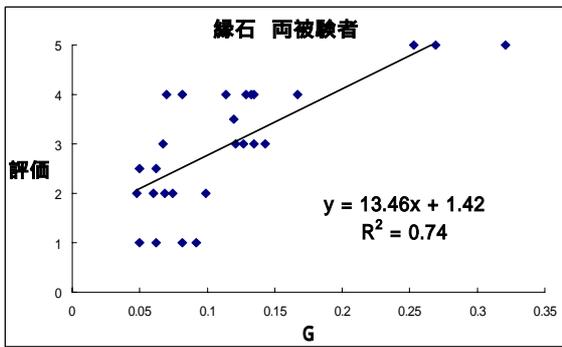
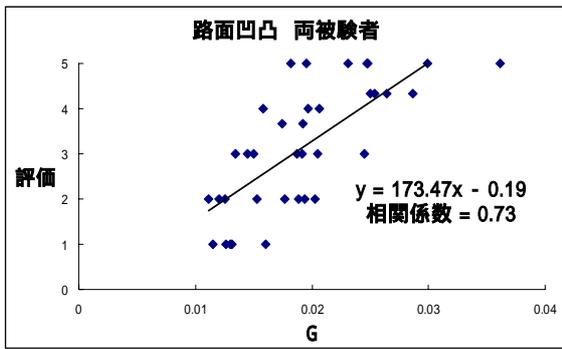


図 8 評価関数 (両被験者)

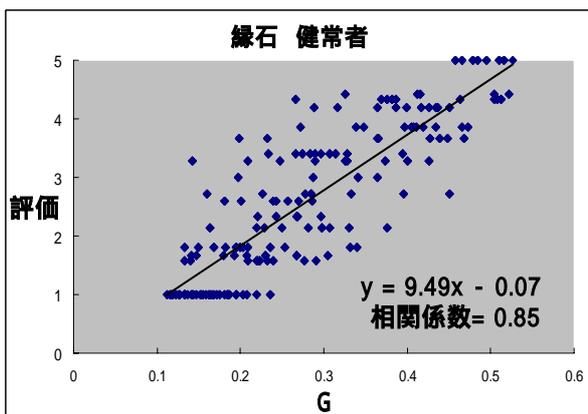
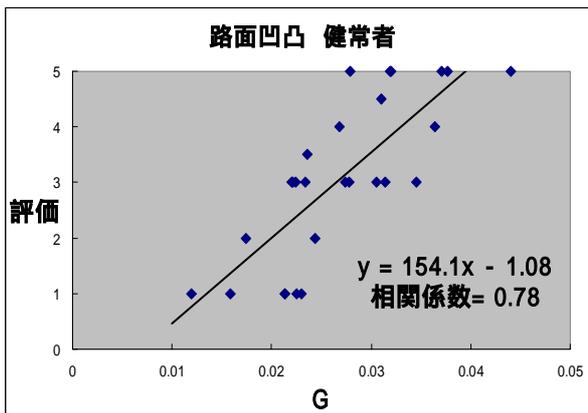


図 9 評価関数 (健常者)

に与えた振動の範囲に多少差があるということも考えられるが、車椅子利用者の場合は比較的小さな振動でも「非常に不快」と感じる事が多く、健常者

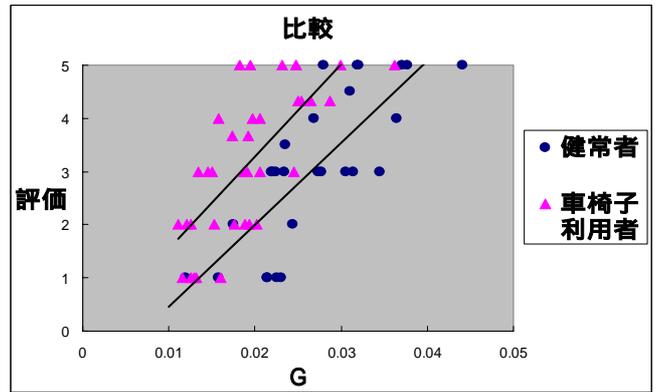


図 10 健常者と車椅子利用者の比較

よりも振動に対して敏感であるということも考えられる。歩道縁石段差については、今回の実験では与えた振動の範囲の差が激しすぎたため、グラフを統合して比較することができなかったが、やはり路面凹凸の場合と同じで、車椅子利用者は比較的小さな振動にも不快感を示す傾向にあるようだ。

5. 考察と結論

本研究では、車椅子の走行の快適性と路面凹凸・段差の定量的関係を把握するため、車椅子利用者の振動に対する評価関数の推定を試みた。今回の実験においては、被験者が頸椎損傷者の男性2名であったためサンプル不足が否めない。しかし、振動のOVERALL値を用いて評価関数を求めた結果、路面凹凸、歩道縁石ともに相関係数0.7以上が得られ、車椅子利用者の振動感覚特性を概ね表現できたと考えられる。また、健常者による評価関数との比較を行うことによって、車椅子利用者と健常者の感覚特性の違いを知る手がかりを得ることもできた。今後、より多くの被験者の協力を得て実験を行い路面と走行快適性の関係を把握することで、街路設計の1つの目安を与えることができるであろう。

参考文献

- 1) 寺町賢一・角知憲 他：路面平滑度に対する車椅子利用者の振動評価・九州大学工学集報,第72巻,第3号,1999
- 2) 藤原優：歩道路面の凹凸による車椅子の振動評価に関する研究,土木計画学研究・講演集21(1),pp.523-526,1998
- 3) 田中正和・角知憲：歩道縁石による車椅子の衝撃緩和及び評価に関する研究,土木計画学研究・講演集23(2),pp.883-886,2000