

平成21年 6月20日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007-2008
 課題番号：19560547
 研究課題名（和文） 車いすユーザーに着目した歩道の段差・路面の計測と面的バリアフリー評価に関する研究
 研究課題名（英文） A study of accessibility and traveling performance evaluation for wheelchair uses
 研究代表者
 北川 博巳(KITAGAWA HIROSHI)
 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所・研究員
 研究者番号：10257967

研究成果の概要：

近年、「利用者の疲労軽減や快適性への配慮」や「バリアフリーの面的評価方法」などの研究も必要である。本研究は車いすユーザーを中心に、路面のすべりを点的に評価し、路面と疲労との関係を線的に評価した上で、これらのデータを用いた面的なバリアフリー評価の実現を目的とした。その結果、車いす利用者による評価、計測器を用いた路面のすべり評価と振動の評価を実施し、面的評価に至るまでのマップづくりができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、交通工学・国土計画

キーワード：交通バリアフリー、リハビリテーション工学、福祉のまちづくり、道路工学

1. 研究開始当初の背景

高齢者・障害者など、これまでモビリティの制限されていた人たちが移動しやすい都市・地域づくりは、本格的な高齢社会を迎えたわが国の重要施策である。その一環として、2000年に交通バリアフリー法が施行され、様々な自治体で基本構想が多数策定されることとなった。現在は新たなバリアフリー法が施行されるに至っている。これらの法律では、道路空間のバリアフリー化により高齢者・障害者の移動負担を軽減し、移動の利便性および安全性の向上を図ることの必要性が位置づけられている。これに伴うガイドラ

インで、歩車道境界部の段差・路面勾配・歩道幅員など道路の幾何的構造は、従来研究をベースに推奨基準が数値で示され充実している。道路構造で今後更に研究され、充実させねばならないアイテムとして、「すべりなど路面状況による歩行や車いす利用者の走行性への配慮」、「手動車いすユーザーの連続区間を移動するときの疲労の軽減」、「バリアフリーに関する情報提供」、および「地域の面的なデータの蓄積とバリアフリーの評価方法」など、現状を評価した上でよりアメニティを高める方法に役立つ研究が求められている。

2. 研究の目的

本研究では車いすユーザーを中心に面的なバリアフリーを評価することを最終的な目標とする。その手法として、①車いすの駆動力測定や路面のプロファイル的な計測により、点的に段差の衝撃と路面のすべりをベースに歩行評価をし、②路面状況と車いす走行の疲労との関係を路線区間による線的评价をした上で、③これらのデータを積み上げるにより面的にバリアフリー評価をすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究で目的とする、車いすの走行性向上を目指した道路空間づくりの研究はいくつかある一方で、歩行環境に関する路面評価は、一般的に自動車の走行性を向上させることを目的にした研究が多く、研究が始まったのはここ数年である。本研究では、車いす利用者が歩行空間を利用するときに走行に影響を及ぼす要因として、すべりと振動に着目する。よって、路面の種類による違いからすべり抵抗と振動を計測し、その危険性や快適性の評価を行い、地図上で面的な評価を行う。よって、本研究の調査方法として、①車いす利用者による意識調査をベースにした評価、②計測器を用いた路面のすべり評価と振動の評価を実施した。

(1) 車いすユーザーを対象にした意識調査

車いすユーザーを対象とした意識調査によって、日常的な路面走行時の状況、振動やすべりなど各種路面の不快感、およびヒヤリハットの場面について回等してもらった。配布は大阪市内の自立生活センターを通じて61部回収することができた。

(2) 計測器を用いた路面のすべり抵抗調査

計測器を用いたすべり評価については、連続式で静摩擦係数を測定することのできる機材として、OTTO（栄和技研製）を用いた。対象とした路面は研究所内と近辺道路において、アスファルト舗装、透水性舗装、コンクリート舗装、インターロッキング舗装、およびタイル舗装を対象とした。測定方法はOTTOを5m転がし、これを5回測定し、90%領域の中央値を5つ分算出する。その後これららの平均値を取って、その路面の摩擦係数とした（測定される結果は静止摩擦係数 $[\mu]$ ）。

(3) 振動加速度を測定する事による走行調査

路面の振動加速度の計測については、種々の路面を有する利点もあり、国土交通省近畿地方整備局内の交通バリアフリー比較体験コース内の路面を対象に測定した。測定方法は、電動車いすでコース上を6km/hで走行さ

せ、加速度（進行方向 x 、左右方向 y 、垂直方向 z [m/s²])を記録する。そして、縦・横方向に設置したインターロッキング舗装、アスファルト舗装、および滑らか・荒れた仕上げのコンクリート舗装の加速度を計測し、データのRMSを計算処理した。なお、誰が乗るのかによって結果が変更するため、健常の被験者4名（平均体重71.4kg）、およびJISに準拠したダミー（重量：50kg, 75kg）の6試行実施した。

(4) 面的評価としての計測とマップづくり

最後に、面的評価の提案として、ドライブレコーダーを活用したバリア探索マップの作成を行い、評価の一部とした。具体的には、車いすが縁石を通過する時の衝撃を重力加速度(G)として捉え、ドライブレコーダー（KYB社製）を設置した車いすで測定した。

4. 研究成果

歩行空間のバリアフリー整備は、歩車道境界部の段差・路面勾配・歩道幅員など道路の幾何的構造は、従来研究をベースに推奨基準が数値で示され充実している。これは海外でも同様であり、各種の基準やガイドラインをわが国でも参考にして作成してきた経緯がある。

しかしながら、本研究で提案するすべりや振動については、「滑りにくい」「走りやすい」などの性能的な要件を満たす基準であり、研究の蓄積を増やさねばならない分野である。そのため、本研究では車いす利用者のニーズを調査によって明らかにし、機械工学等の分野連携を行うことで、すべりや振動評価を行ったという意味では、あまり類のない研究として位置付けられる。以下にそれぞれの成果について記す。

(1) アンケートによる歩道路面の利用性評価

車いすユーザーが歩道を走行する際、路面状況や車いす使用者の走行時の意識を把握する必要があるため、アンケート調査を実施した。アンケートの調査の配布状況と内容の概要を表1と表2に示す。

アンケート結果の概要として、図1は回答者の車いすの使用年数、1日1回当たりの走行平均時間、介助者の必要性について聞いた結果である。使用年数は21年以上が約半数と長期にわたって車いす使用をしている。走行時間は他の交通手段での移動時間は含まれていない。結果、約半数の回答者が1回の外出あたり2時間車いすで走行している。長時間の走行によって、路面状況が悪いと、身体への影響が大きくなる事が予想され、身体への影響に着目した評価は重要であると言える。さらに、介助の有無では、常に必要な方が約40%であった。

表1 アンケート調査の配布概要

調査時期	2007/12/5～2008/1/7
調査対象	日常的に車いすを利用している方
調査方法	郵送（発送・回収）およびe-mail
回収数	130部配布，61部回収(回収率47%)，e-mail返信5部 計66部
質問項目	「個人属性」「歩道走行時の快適性」「路面の振動・滑りに関する主観的評価」「縁石通過時に関する設問」「悪天候時の走行」「走行時のヒヤリ・ハット」等，他自由意見

表2 アンケートの調査項目

① 個人属性	性別，年齢，障害等級，障害の種類， 脊髄損傷レベル
② 車いす	使用歴，種類，キャスタ，介助の必要性， 外出頻度
③ 路面状況	凹凸による不快感，振動を受けやすい・ 滑りやすい路面の順位，ヒヤリハット
④ 雨の日の走行	外出するかどうか，濡れた路面での 滑り経験の有無
⑤ 歩車道境界の縁石	通過時の衝撃による不快感，ヒヤリハット， 通過時に工夫していること
⑥ 歩道走行時	ヒヤリハット，転倒の経験と状況， 歩道環境の問題点

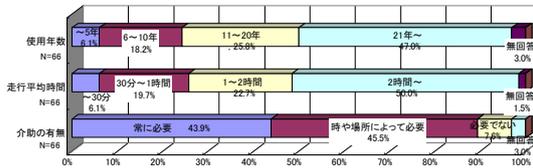


図1 回答者の車いすの利用状況

つぎに、日常使用している車いすについての回答を図2に示す。今回の回答者は手動車いすが自走・介助用あわせて約35%であるのに対し、電動車いすが簡易電動・標準型・電動四（三）輪あわせて約60%であった。今後は電動車いすの観点からの研究の必要性を表したものであるとも言える。車いすのキャスタ部分はソリッドキャスタ（手動車いすに多い）、エアキャスタ（電動車いすに多い）を用いる回答者が多く、弾力性があり、路面からの振動や衝撃を緩和する事ができるウレタンキャスタは、コスト面のこともあり、利用が少ない。ノーパンクタイヤが約30%であった。こちらについては、やや高価ではあるが、徐々に普及しており日常で使用する車いすでも今後用いられる傾向にある。

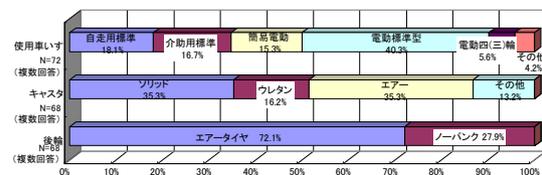


図2 回答者の使用する車いすの前後輪

自分が凹凸だと思う路面に対する不快感について集計したものが図3である。歩道走行時に路面の凹凸に対して「とても不快」と「少し不快」あわせると8割回答者が不快感

を表している。また凹凸によって気分が悪くなる人は「よくある」と「ときどきある」あわせて約3割程度という結果となり、歩道を行きただけで気分が悪化する要因があるという事から無視できない数字と言える。

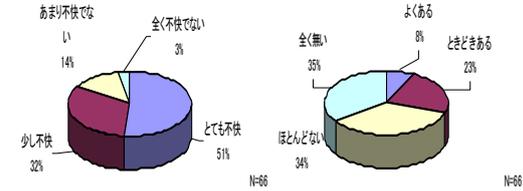


図3 路面の凹凸による不快感評価

ヒヤリハットした路面は、「タイル（大）」が37%、「コンクリート」・「アスファルト」が25%、「タイル（小）」が23%であった。「タイルのはがれやコンクリートのひび割れでキャスタが引っかかる」、「雨で濡れたタイル路面でのスリップ」など自由回答があった。これら路面はイメージしやすいようにアンケート上でカラー印刷して提示している（図4）。

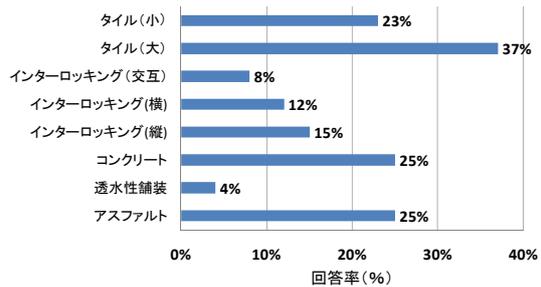


図4 ヒヤリ路面（複数回答可）(N=52)

(2) 歩道路面と滑り抵抗の関係性評価

連続式・静摩擦係数測定器を用いて摩擦係数を5m計測した結果の一例を図5に示す。現状のすべり摩擦測定は点的にテスターを設置しての計測が主流であるが、区間内の摩擦抵抗の最低値と最大値は湿潤時のアスファルト舗装で $\mu=0.15$ の差があり、見た目は同じ路面であっても触れ幅がある。今後高齢者の転倒予防の観点から歩道を評価する場合には、連続的な測定が必要である。一方で、このような計測方法はまだ始まったばかりであり、その妥当性の検討も必要となる。

つぎに、種々の路面を測定した結果を図6に示す。上段は乾燥時の計測結果、下段は湿潤時の結果を示したものである。測定結果から、アスファルト(As)、コンクリート(Co)、インターロッキング(ILB)、透水性の路面であまり差異がなかった。また、湿潤時は乾燥時と比較すると、すべての路面においてすべりやすくなるという結果となった。なお、湿

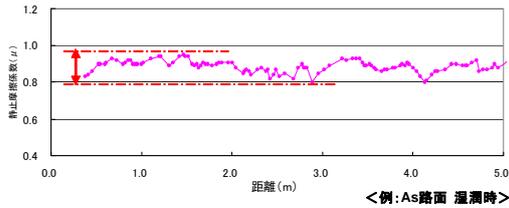


図5 湿潤時のアスファルト舗装における区間的なすべり摩擦抵抗の一例

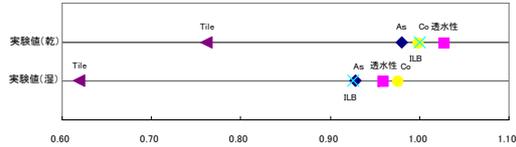


図6 乾燥時・湿潤時の各路面のすべり摩擦抵抗値

潤時のタイル舗装についてはアンケート結果同様かなり滑りやすい結果となっている。測定器を様々な路面で5回測定し、90%領域の最低・最大・中央値5つの平均値を取った結果(湿潤時)を図7に示す。ここでは玉砂利と御影石の結果も併せている。とくに、玉砂利は表面積の少ない路面であるために滑り抵抗の低いこと、御影石は間に水が入ると滑りやすい路材となることなどが分かるが、加えて、インターロッキング舗装についてはその幅が大きく、今回は施工性や材質の不均質性の問題なのか、計測機器そのものの課題なのかについては今回確証的なデータが取れなかった。

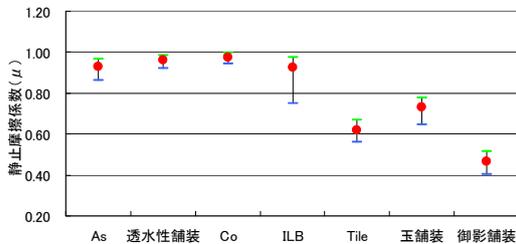


図7 各路材のすべり抵抗値の幅

(3) 歩道路面と振動の関係性評価

今回は50kgの車いす用ダミーで、キャストをソリッドタイヤにした上で時速6km/hで走行させた結果を取りまとめている。図8は1秒ごとの振動波形のRMSを計算し、秒ごとにプロットした結果である。これにより、どの場面の加速度が記録されたのかが明らかになる。区間を走行する時に拾う加速度は縦方向の値がとくに大きく、加速度の大きい方から縁石上り→縁石下り→平板タイルの凹凸の順となった。これにより、路面を走行する時の通常的な振動、および縁石の乗り上げや警告ブロック通過時の衝撃がある場合の加速度に大別でき、一般的な歩道通過時には

多くの振動や大きな衝撃にさらされることになることが分かる。この実験で用いた車いす(REM-2004)は、外形を標準型車いすに準拠させ、フレームをアルミパイプ製としている。また、このデータでは、ソリッドタイプのキャスト、後輪には汎用22インチ径のハンドリム付空気入りタイヤを使用している。この負担の軽減のためには、車いすの構造、たとえばキャストの素材面からの考察も重要な位置を占めており、負担の少ない車いすの開発も重要である。また、今回使用したダミーはJISで規格されたものではあるが、頭部がなく胴体と脚部分も離れている。よって、肉の部分も衝撃を吸収することが考えられ、ヒトよりも振動が受けやすいと考えられることから、様々な人のデータを収集するか、振動のモデル化について課題が残る。

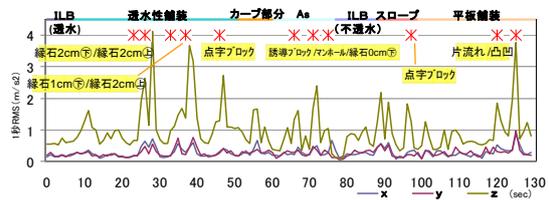


図8 コース周回時の振動加速度記録

加えて、同条件の各路面の平均値を位置づけたものを図9に、最低・最大・平均のRMS値を計算した結果を図10に示す。結果として、アスファルト舗装、縦方向に設置した時のインターロッキング舗装、および滑らかな仕上げのコンクリート舗装の順で振動の値は少ないものとなった。区間中の差の大きかったものとして、滑らかなコンクリート仕上げと横方向に設置したインターロッキングが挙げられる。コンクリートについては施工時期の違いによる振動の違いやコンクリートのつなぎ目が理由で差の大きい結果となった。また、横方向のインターロッキングはつなぎ目のスパンが短い分振動も大きいし、その差も大きくなり、振動についても区間的な評価をする必要があることが分かった。とくに、インターロッキングの施工は、横方向に設置したものが多く、その方向性にも配慮する必要があることが分かった。しかしながら、アンケート上では縦方向の方がヒヤリとする場面が多いと回答しており、このあたりについては、日常的に慣れた路面ではないことも考えられ、もう少し精査する必要がある。

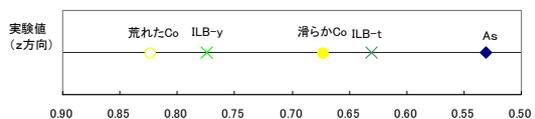


図9 各路面の平均的な震動計測結果

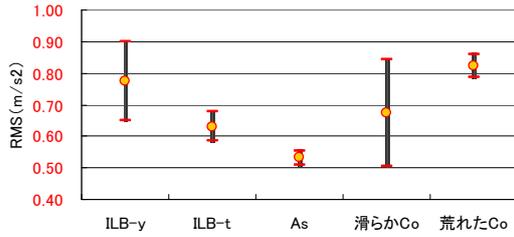


図 10 各路面の震動の幅

(4) 面的評価のための計測評価とマップ

本研究で計測されたこれらのデータを用いた経路評価が必要であるが、一般的に簡便的な手法で求めなければならない。本研究では、段差の大きい縁石や凹凸等のバリア通過時の衝撃およびすべり抵抗に着目した評価を行う。そのため、段差通過時の衝撃計測については、ドライブレコーダー (KYB 社製) を設置した車いすで測定した。ドライブレコーダーは、あらかじめ設定した数値より高い衝撃 (G) を受けると、2 方向の重力加速度、衝撃を受けた前後の動画、年月、時刻、速度、衝撃箇所の緯度経度を記録することができる。ここでは、車いすを 3 パターンに分けて、測定した。

<パターン 1>

車いす：ハンドル型電動車いす
設定値：(前後 0.2G, 左右 0.2G)

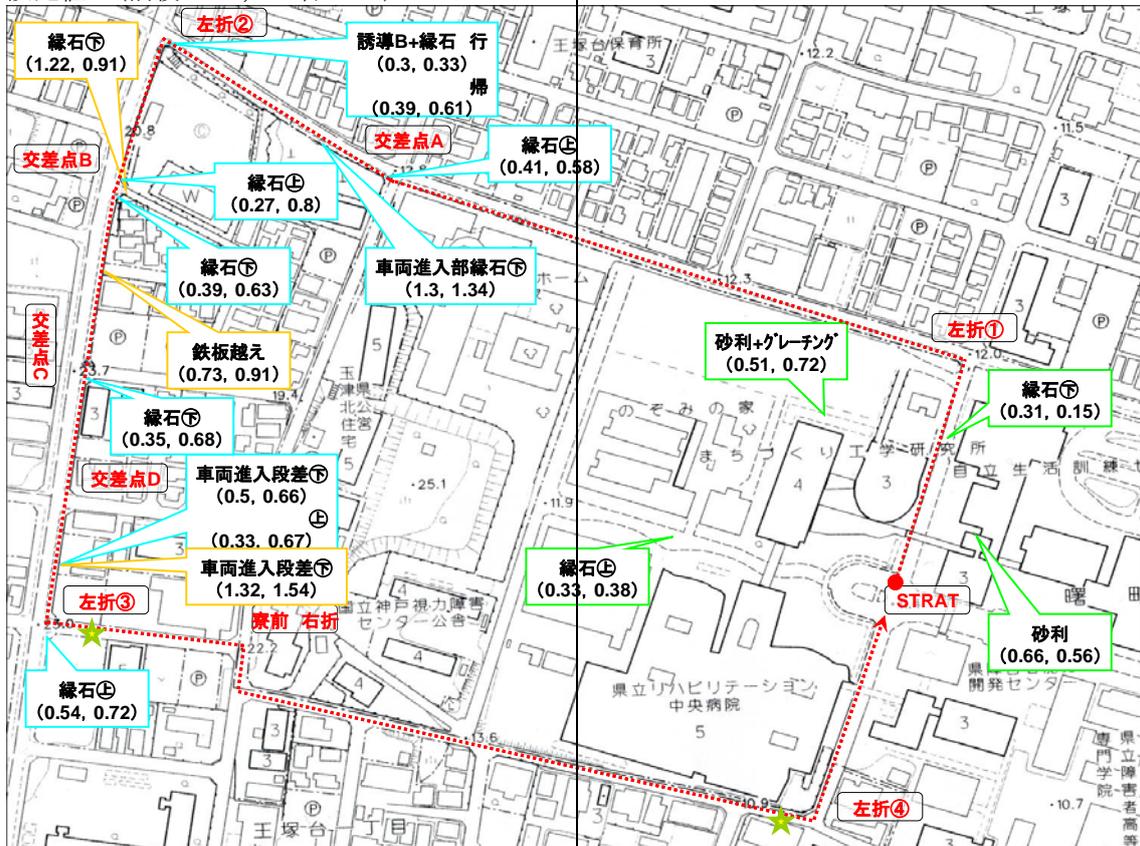


図 11 対象区間の段差計測マップの作成

<パターン 2>

車いす：ハンドル型電動車いす
設定値：(前後 0.2G, 左右 0.4G)

<パターン 3>

車いす：簡易電動車いす
設定値：(前後 0.6G, 垂直 0.6G)

さらに、本研究で用いたすべり抵抗測定器を用いて、連続したすべり抵抗の計測も同時を試みている。ここでは、対象地域 (福祉のまちづくり工学研究所) 周辺ルートの中で段差のない As 路面 300m 区間 (図 11 の★-★間) を対象とした。

それぞれの車いす 3 パターンを計測した結果、パターン 1 では 4 箇所 (図 11 の緑枠)、パターン 2 では 10 箇所 (図 11 の青枠)、パターン 3 では 3 箇所 (図 11 の黄枠) 探索できた (表 3)。ただし、誤動作により車いすに加速度が加わったために記録されたデータもあったため、それらは省いている。P-P 値とは計測された重力加速度と定義した。

それらをマップ上にプロットする (図 11)。図内のマップ上の数値 (例 (0.33, 0.38)) は、設定値を超え記録された前後・上下方向の P-P 値として算出した結果である。これにより、任意の路を走行したときに車いす使用者に影響のあるバリアを発見できる。つまり、車いすで走行するだけで容易に経路全体の

バリア探索 (=評価) が可能になる。

パターン1				
データ名	実験場	路面状況	P-P値 (G)	
			前後 (X) (Thr. 0.2G)	左右 (Y) (Thr. 0.2G)
001	ウェルフェアハウス周辺	緑石(下り)	0.31	0.15
002		砂利+グレーチング	0.51	0.72
003	中央病院前	緑石(上り)	0.33	0.38
004	ウェルフェアハウス周辺	砂利	0.66	0.56

パターン2				
データ名	実験場	路面	P-P値 (G)	
			前後 (X) (Thr. 0.2G)	左右 (Y) (Thr. 0.4G)
005	交差点A	緑石(上り)	0.41	0.58
006	第二左折	誘導&緑石	0.30	0.33
007	車両進入部	段差(4cm程度)	0.50	0.66
008	車両進入部	段差(4cm程度)	0.33	0.67
013	第三左折	緑石(上り)	0.54	0.72
014	交差点C	緑石(下り)	0.35	0.68
	折り返し			
015	交差点B	緑石(下り)	0.39	0.63
016	交差点B	緑石(上り)	0.27	0.80
018	第一左折	誘導&緑石	0.39	0.61
020	蒸前緑石	緑石(下り)	1.30	1.34

パターン3				
データ名	実験場	路面	P-P値 (G)	
			前後 (X) (Thr. 0.6G)	左右 (Z) (Thr. 0.6G)
imasen1	交差点B	緑石(下り)	1.22	0.91
imasen2	B-C間コース上	鉄板	0.73	0.91
imasen3	車両進入部	段差(4cm程度)	1.32	1.54

表3 バリア探索の結果

(5) 今後の課題

本研究では、これからのバリアフリー道路の新しい取り組みとして、すべりや振動などの新しいデータを用いて評価する事ができた。今後の課題としては、実際の動六感情における適用や利用者が求める情報の提示方法などが考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 北川博巳、梶井敦、橋詰努、高見正利、
振動とすべり抵抗に着目した車いす走行の快適性に関する研究、第28回交通工学研究発表会論文報告集、pp. 317-320、2008、査読有
- ② HASHIZUME、YONEDA、KITAGAWA、FUJISAWA、SUEDA、
Accessibilities of Wheelchair Users to Cross the Gaps and Steps between Platforms and Trains、SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration、搭載決定、2009、査読有
- ③ 橋詰努、北川博巳、米田郁夫、高見正利、藤沢正一郎、末田統、鎌田実、
歩車道境界縁石のユニバーサルデザインの研究 - 縁石通過時の車いす使用者身体振動の研究 -、日本機械学会第16回交通・物流部門講演会論文集、pp. 353-356、2007、査読無

[学会発表] (計7件)

- ① Hashizume、Kitagawa、Yoneda、Takami、Fujisawa、Sueda、Kamata、
Study on the wheelchair user's body vibration and wheelchair driving torque when wheelchair is ascending / descending the boundary curb between pavement and roadway、SICE Annual Conference 2008、

2008年8月、東京都

- ② 橋詰努、北川博巳、米田郁夫、高見正利、藤沢正一郎、末田統、鎌田実、
歩車道縁石デザインと車いす使用者の身体的負担の評価、第23回リハ工学カンファレンス、2008年8月、新潟県
- ③ 橋詰努、北川博巳、高見正利、米田郁夫、藤沢正一郎、末田統、鎌田実、
車いす使用者が安全で快適に走行できる道路環境の研究 - 車いす使用者の身体振動の計測と評価 -、第11回福祉のまちづくり学会全国大会、2008年8月、新潟県
- ④ 橋詰努、北川博巳、高見正利、米田郁夫、藤沢正一郎、末田統、鎌田実、
車いす使用者の身体振動特性と道路環境の研究、日本機械学会福祉工学シンポジウム2008、2008年9月、山口県
- ⑤ 橋詰努、北川博巳、上田喜敏、宮本忠吉、高見正利、米田郁夫、鎌田実、松下征司、藤沢正一郎、末田統、
車いす走行中のエネルギー代謝と身体的負担の研究、日本機械学会第17回交通・物流部門講演会、2008年12月、神奈川県
- ⑥ 北川博巳、山田稔、沼尻恵子、
面的バリアフリーの評価手法とその応用に関する研究、第35回土木計画学研究発表会<春大会>、2007年6月、福岡市
- ⑦ 橋詰努、北川博巳、米田郁夫、高見正利、藤沢正一郎、末田統、鎌田実、
車いすが歩車道境界縁石を通過するときの身体振動の評価、第9回日本リハビリテーション連携科学学会、2008年3月、新潟市

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ

<http://www.assistech.hwc.or.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北川 博巳 (KITAGAWA HIROSHI)

兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所・研究員

研究者番号：10257967

(2) 研究分担者

橋詰 努 (HASHIZUME TSUTOMU)

兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所・研究員

研究者番号：00435900

(3) 連携研究者