

車いす使用者の駆動力と 住環境整備に関する研究

ー車いす駆動力簡易判定法と
スロープ勾配決定手法ー

20060605 在宅ケア環境小委員会 糟谷佐紀



研究の背景

- 介護保険制度による住宅改修件数の増加
→身体能力との適合を判断できる専門職不在の仕組み
- 建築業者の参入
→**建築教育**において身体能力に関する分野が極少
- 住環境は生活の基盤
→住環境整備が自立度の向上、生活の質の向上に大きな影響を与えることは周知されている

個人の身体能力に適合した住環境整備を
判断できる基準や科学的データが不足



建築教育の現状

- 介護支援専門員現任研修の「福祉用具・住宅改修」
→2.5時間／33時間（7.6%！）
- 大学の建築学科→半期の科目の1～2回程度
→京都大学：「高齢者居住」「ユニバーサルデザイン」
「少子高齢社会から見た住居計画」
→神戸大学：「高齢者・障害者と建築」
「高齢社会と福祉の住宅・まちづくり」
- 一級建築士：4科目内の1科目「建築計画」のテキスト
→15ページ／422ページ（3.6%！）
出入口段差、廊下幅、便所・浴室寸法など



これまでの研究

- 車いすに関する研究
→車いすの仕様や駆動姿勢が与える影響
- 環境に関する研究
→ミニスロープの勾配、歩車道境界部の形状
- 車いすと環境の関係についての研究
→段差高さやスロープ勾配と車いす仕様の関係

環境が固定条件

車いすの仕様が一定
1サイズ、1パターン

使用者の身体能力に
言及していない



スロープと段差の法的基準 ～公共建築物の場合～

法令	スロープ	段差
建築基準法	1／8	—
ハートビル法	屋内 1／12 屋外 1／15	—
福祉のまちづくり条例（兵庫県）	1／12	—
交通バリアフリー法	5％（1／20）	歩車道境界 20mm



スロープと段差の法的基準 ～住宅の場合～

法・条例など	スロープ	段差	
高齢者が居住する住宅の設計に係る指針（高齢者居住法）	1／12	5mm	段差なしとみなす限界値 くつずりと玄関土間の段差
		20mm	くつずりと玄関外側の段差 浴室入り口の段差
福祉のまちづくり条例（兵庫県）	1／12 （望ましい基準 1／15）	3mm	段差なしとみなす限界値
		5mm	くつずりと玄関土間の段差
		20mm	くつずりと玄関外側の段差 浴室入り口の段差



本研究で用いた計測システム

手動車いす走行操作特性計測システム

- センサ付き駆動輪
 - トルク変換器
 - ロータリ・エンコーダ
- 車いすフレーム
 - 駆動輪位置可変
 - キャスト可変
- データ収集システム
 - トルク・データ2ch
⇒ ADコンバータ ⇒ パソコン
 - 駆動輪回転数データ2ch
⇒ カウンタ ⇒ パソコン

トルク変換器

ロータリ・エンコーダ



被験者リスト

被験者	性別	年齢	キャスト径			車輪にかかる荷重 (N)					
			4 in	5 in	6 in	駆動輪前方		標準位置		駆動輪後方	
						キャスト	駆動輪	キャスト	駆動輪	キャスト	駆動輪
A	男	54	○	○	○	385	632	442	559	482	538
B	女	33	○	○	○	262	463	310	444	310	418
C	男	25	○	○	○	—	—	517	524	—	—
D	男	54	○	○	○	—	—	313	443	—	—
E	女	21	—	○	—	—	—	309	432	—	—
F	女	21	—	○	—	—	—	339	402	—	—
G	男	29	○	○	○	—	—	380	413	—	—
H	女	21	○	○	○	461	547	486	497	520	491
I	男	30	○	○	○	—	—	493	466	—	—
J	男	53	—	○	—	—	—	516	557	—	—

計測に用いた段差リスト

形状	① 15度	② 30度	③ 45度	④ 90度	⑤ R加工
高さ					
5.5mm	×	×	×	○	×
9mm	○	○	○	○	○*
15mm	○	○	○	○	○*
21mm	○	○	○	○	○*
24mm	○	○	○	○	○*
30mm	○	○	○	○	○*

キャスト径と駆動輪位置

- キャスト径：4インチ (106mm)



5インチ (130mm)
6インチ (150mm)

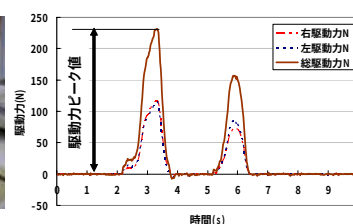
- 駆動輪位置：標準 (バックサポート直下)
前方 (標準より40mm前方)
後方 (標準より40mm後方)



段差計測風景と計測データの一例

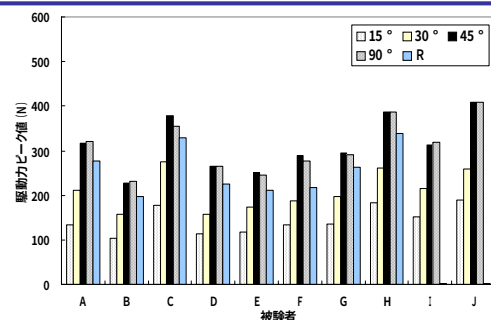


段差計測風景



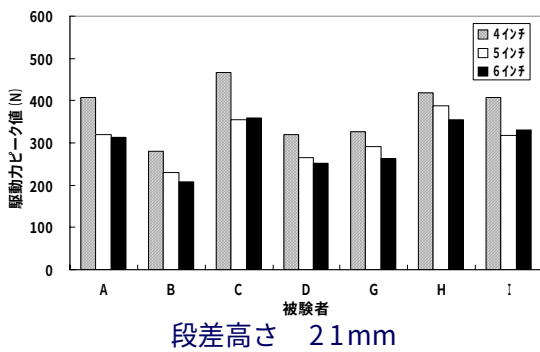
計測データの一例

段差形状の違いによる 駆動力ピーク値

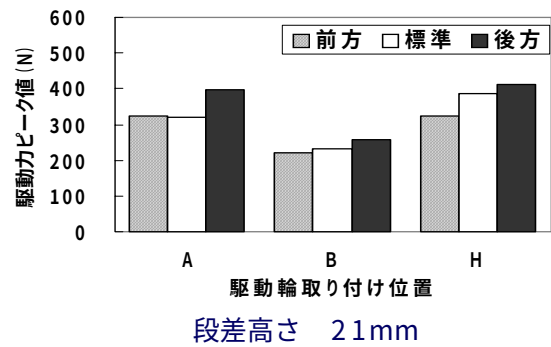


段差高さ 21mm

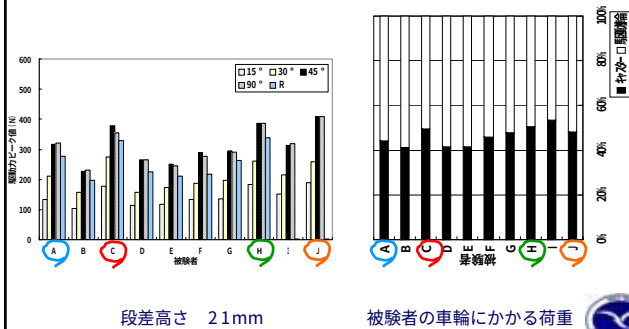
キャスター径の違いによる 駆動力ピーク値



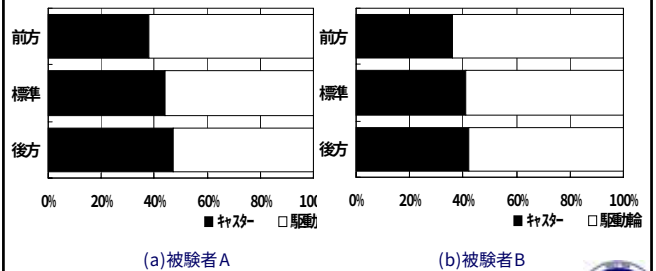
駆動輪取り付け位置の違いによる 駆動力ピーク値



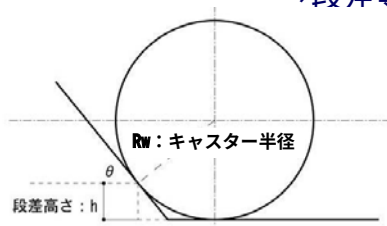
個人差の排除 (その1) 体重→車輪にかかる荷重の違い



個人差の排除 (その2) 駆動輪取り付け位置→荷重バランス 車輪にかかる荷重 駆動輪取り付け位置の違い



個人差の排除 (その3) キャスター径の違い・段差形状 →段差等価勾配

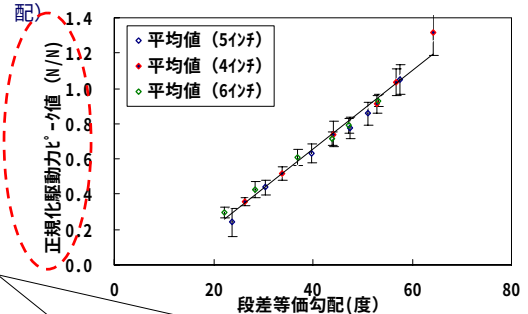


$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{(Rw - h)}{Rw} \right\} \quad \text{式(1)}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{Rw}{(Rw + h)} \right\} \quad \text{式(2)}$$

段差通過時の駆動力の指標

$$F = 0.22 \theta - 0.24 \quad (F: \text{正規化駆動力ピーク値}, \theta: \text{段差等価勾配})$$



個人の身体能力を示す尺度→適合スロープ勾配を決定

正規化駆動力ピーク値の求め方

(I) 次の2つを計測する。

- ①使用する車いすのキャスター径: R_w
- ②通過することができた段差高さ: h

(II) 次にこの①、②を式(1)に代入して段差等価勾配 θ を求め、

式(2)に代入して**正規化駆動力ピーク値 F** を求める。

$$\theta = \cos^{-1} (R_w - h) / R \quad \text{式(1)}$$

$$F = 0.022\theta - 0.24 \quad \text{式(2)}$$



被験者リスト

被験者	性別	年齢	体重(N)
K	女性	30	488
L	男性	21	583
M	女性	25	458
N	男性	40	662
O	男性	31	735
P	女性	34	490
Q	男性	55	624



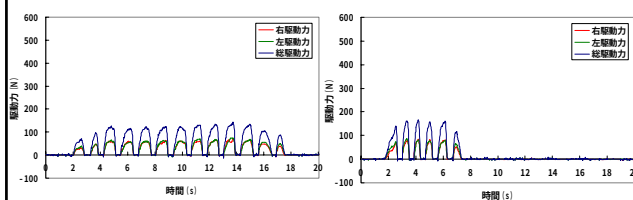
計測に用いたスロープ走行路勾配

法的基準を満たす
スロープ勾配

勾 配			高さ (mm)
高さ/水平比	%	角度(度)	
1/20	5.0	2.9	149.7
1/15	6.7	3.8	199.3
1/12	8.3	4.8	249.0
1/10	10.0	5.7	298.5
1/8	12.5	7.1	372.4
1/6	16.7	9.5	493.1



走行速度の違いによる 駆動力と駆動パターン



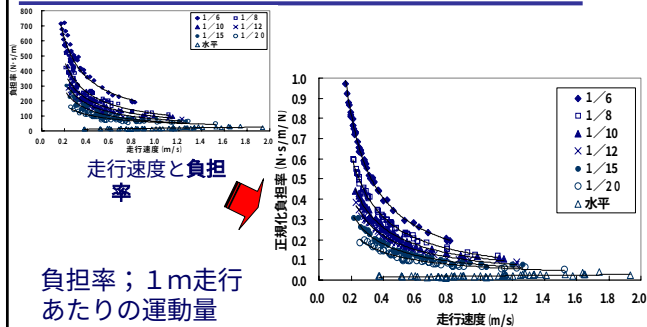
走行速度 0.23m/s

走行速度 0.71m/s

段差と異なり、継続的な駆動が必要→駆動力×
運動量○



個人差の排除 (乗車者+車いす)の荷重による正規化



走行速度と負担率

負担率; 1m走行
あたりの運動量

走行速度と正規化負担率



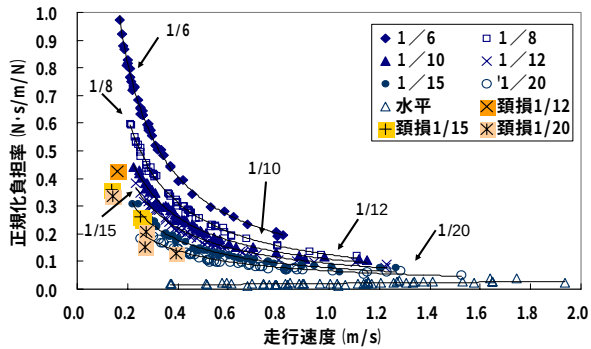
頸髄損傷者の計測データ

被験者	残存機能レベル	性別	年齢	体重(N)
r	C 6 b	男性	21	462
s	C 6 b	男性	20	405
t	C 6 b	男性	18	495
u	C 6 b	男性	28	539
v	C 5 b	男性	34	429

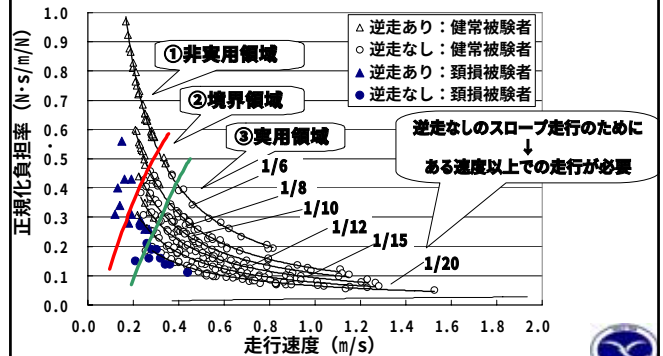
※ 残存機能レベルは、Zancolliの分類による。



走行速度と正規化負担率 (健常被験者+頸損被験者)

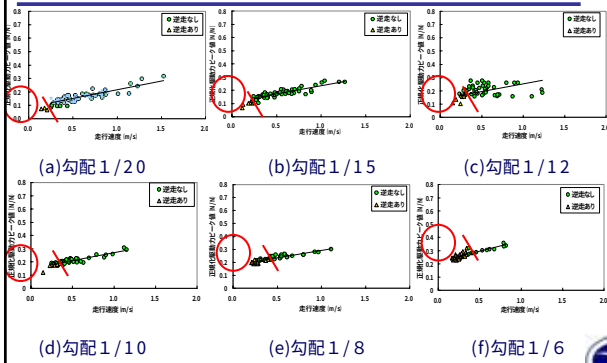


逆走の有無による実用領域の決定

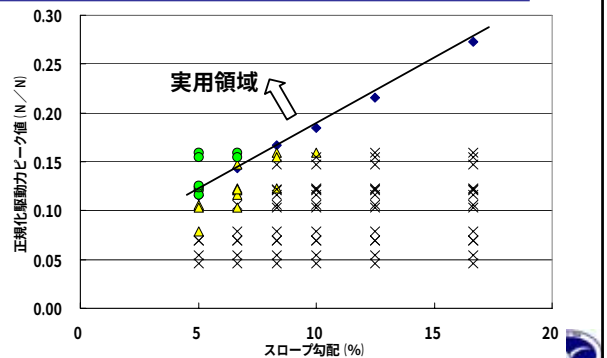


各勾配における逆走の有無

逆走ありの最大の正規化駆動力ピーク値を限界値とする



スロープ走行の実用領域を示す指標



車いす使用者による検証実験

障害レベル	人	車いす経験年数	人
頸椎損傷(4~8)	23	6ヶ月~1年未満	8
胸椎損傷(6~12)	5	1~2年未満	11
腰椎損傷(1~3)	4	2~3年未満	12
その他	8	3年以上	9

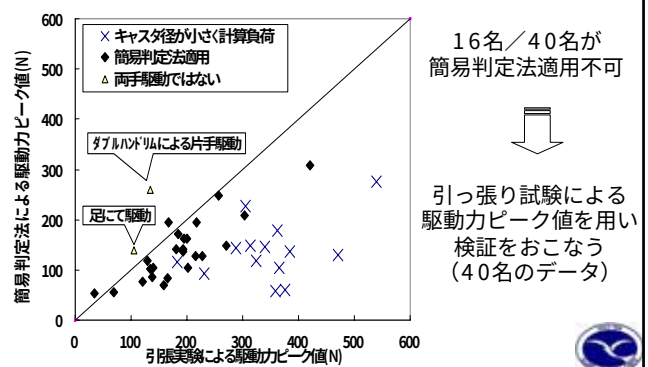


スロープ走行

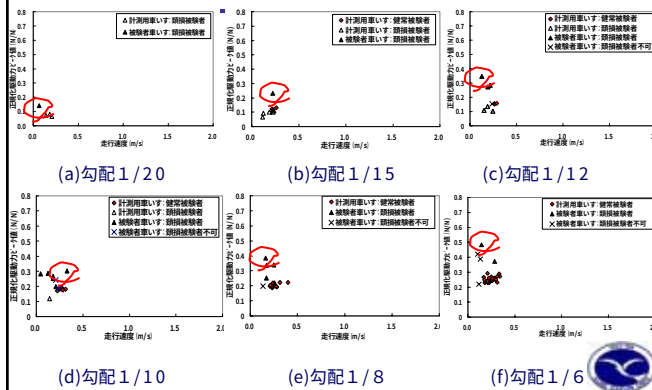
引っ張り試験

簡易判定法: キャスター計測+段差実験

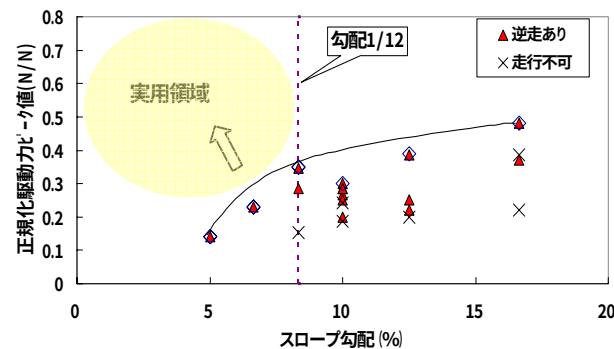
引張試験と簡易判定法の比較



逆走ありのデータの 最大の正規化駆動力ピーク値を限界値とする



スロープ勾配決定指標



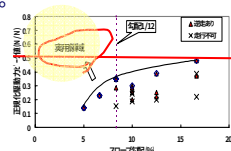
適合スロープ勾配の求め方

最初に「キャスターにかかる荷重： M_c 」と「全重量： M_g 」を計測する。

- (I) 簡易駆動力判定法で求めた正規化駆動力ピーク値 F に、キャスターにかかる荷重 M_c を乗じて、駆動力ピーク値 F_{max} を求める。
 $F_{max} = F \times M_c$ 式(3)

- (II) F_{max} を（車いす+乗車者）の荷重で正規化した正規化駆動力ピーク値 F_{peak} を求める。
 $F_{max} / M_a = F_{peak}$ 式(4)

- (III) この正規化駆動力ピーク値 F_{peak} を右図にプロットし、実用領域内となるスロープ勾配を決定する。



まとめ（その1）

- 車いす使用者の個別の条件を考慮した、駆動力の指標を構築した。
～段差高さ、段差形状、キャスター径、駆動輪取り付け位置、使用者の体重、車いすの荷重～
- 簡易判定手法は、特別な実験設備や専門知識がなくても、ベニヤ板などを用いて計測が可能な、実用性の高い手法である。

まとめ（その2）

- スロープ走行の可否は走行中の「逆走の有無」にあり、逆走のない走行には、ある速度以上の走行が必要であることがわかった。
- 速度と駆動力ピーク値は相関関係があり、逆走のない走行に必要な駆動力ピーク値を求めることができた。
→これを用いて身体能力に適合した実用勾配を決定することができる。
→この駆動力ピーク値は段差による駆動力簡易判定法より求めることができる。

まとめ（その3）

- これまで、個人の身体能力によって住環境整備の寸法を簡易に算出する手法はなかった。
- この手法は、現時点での身体能力に適合するスロープ勾配の判定に有効である。
→今後、高齢化や病気の進行など医学データとの連携により、時間的変化を考慮した住環境整備のための指標の構築は、課題として残されている。