Japanese Journal of Nursing Art and Science Vol. 9, No. 2, pp 55–66, 2010

研究報告

乗車者および介助者を考慮したスロープ勾配と車いす昇降介助操作方法に関する検討

―車いす走行動態と介助負担および主観的乗り心地について―

Slope Gradients and Wheelchair Pushing Technique that Considers both the Helper and the Person in the Wheelchair
―Investigation of Wheelchair Locomotion Dynamics and Riding Comfort and the Physical Strain on Helpers―

能登裕子 [1)]　村木里志 [2)]
Hiroko Noto　Satoshi Muraki

本研究は介助者および乗車者を考慮したスロープ昇降介助操作方法を提案することを目的とし，勾配の大きさをふまえた昇降操作方法と，介助負担および乗り心地との関係を検討した．被験者は，若年者群 15 組と高齢者群 17 組の２群を設けた．操作条件は①昇り，②降り前向き，③降り後ろ向きの３種類とし，勾配条件は 1/25 から 1/6 の７条件に設定した．測定項目は車いすの走行動態，乗車者の乗り心地および介助者の介助負担についての主観評価とした．介助者が高齢の場合，昇り・降りとも 1/8 および 1/6 勾配は介助者の負担が大きく，操作不可や停止困難な場合があり危険であることが示された．また，両群とも勾配が大きくなると介助者の操作の容易性は低下し，乗車者の恐怖不安感は増大，総合的な乗り心地は低下した．車いすの速度変動は，いずれの操作においても若年者に比べ高齢者のほうが大きい傾向がみられた．一方，高齢介助者の降り操作では，前向きに比べ後ろ向きのほうが速度変動が小さかった．以上のことより，介助者がスロープ勾配を昇降する場合，勾配の大きさと介助者の年齢および操作方法により走行動態や介助負担および主観的乗り心地に違いが生じることが示唆された．
キーワード：車いす，スロープ，移送，乗り心地，介助負担

The present study examined the influences of slope gradients and the direction of wheelchair travel on the user's riding comfort and the helper's physical strain during wheelchair attendant-controlled locomotion on a longitudinal slope. Fifteen pairs of young helpers and users and 17 pairs of elderly helpers and users participated in this study. The helper-subjects pushed the wheelchair during three operations: going up a slope, going down frontward and down backward at seven different slope gradients ranging from 1/25 to 1/6. During wheelchair locomotion, the speed and variations in wheelchair locomotion were monitored. After locomotion, the helpers and users subjectively evaluated their physical strain and riding comfort, respectively. On both uphill and downhill slopes, one eighth and 1/6 slope gradients were considered unsafe for elderly helpers because the helper's subjective evaluation of "physical strain" markedly increased, and

受付日：2010 年 1 月 12 日
受理日：2010 年 7 月 7 日
1) 九州大学大学院芸術工学府　Graduate School of Design, Kyushu University
2) 九州大学大学院芸術工学研究院　Faculty of Design, Kyushu University
連絡先：能登裕子　九州大学大学院芸術工学研究院福祉人間工学研究室　〒 815-8540　福岡県福岡市南区塩原 4 丁目 9 番 1 号
TEL：092-553-4457　E-mail：noto@gsd.design.kyushu-u.ac.jp

some elderly helpers could not control the wheelchair properly. In addition, steeper gradients of the slope increased the user's subjective evaluations of "sense of insecurity" and "scary feeling" and decreased helpers "easiness of technique." Variations in speed also increased especially when elderly helpers were managing locomotion. On steeper downhill gradients, going down the slope backward showed lower variation of the speed, compared with that going down frontward. These findings suggest that steeper gradients enhance the physical strain on the helper, especially elderly helpers, and promote the user's riding discomfort, irrespective of whether the direction of movement is up- or downhill. On a downhill slope with a steep gradient, going down backward would be a useful technique to help steady the speed during wheelchair locomotion.

Key words：wheelchair, slope, transportation, riding comfort, physical strain

Ⅰ．はじめに

１．介助者による車いす推進操作指標の必要性について

車いすは，下肢の機能障害や全身衰弱により自力歩行が困難な人や，治療上，安静が必要な人などの移動に不可欠である．しかし，車いすによる「移送」技術についての検討数は少ない現状にある．そこでわれわれが行った，介助者の操作方法と乗り心地や介助負担に関する実態調査（能登ら 2007）の結果，乗車者の乗り心地について十分考慮されていないことが示唆された．乗車者の快適性とともに，在宅での介助者の高齢化や，医療・福祉施設での職員の介助負担を考慮すると，介助者の負担の軽減および安全性への取り組みも不可欠である．乗車者・介助者双方の安全を維持し，乗車側の乗り心地の向上および介助者の負担の軽減を図るためには，看護・介護に携わる専門職として，乗車者の乗り心地を考慮し操作することはもちろんのこと，乗車者の家族を中心とし一般の方にも安全な操作方法を伝えていく役割を担っている．車いすによる移送技術を一つの技術として一定のレベルを保ち提供していくには，介助者による，走行路の違いに応じた操作方法の確立が必要であると考える．

車いすの走行環境のうち，基本操作となる平地についてはすでに検討を行い，その結果をもとに望ましい発進・停止操作方法の提案を行った（能登ら 2009；能登ら 2010）．平地のほかに操作上問題となる走行路には，スロープや段差があるが，中でもスロープは住環境や歩道の段差の障害を解決する手段として設置されている．しかし，乗車者による操作にて昇降する場合の検討（米田ら 2003；糟谷ら 2004）に比べ，介助者が操作し昇降する場合の操作指標についての検討は少ない．勾配や介助者の年齢をふまえ，介助者・乗車者双方の安全性と快適性を考慮した昇降可能勾配や昇降介助操作（介助者が車いすを押してスロープを昇降する操作．以後，昇降操作とする）方法について検討する必要があると考える．

２．スロープ設置基準と昇降介助操作方法

スロープ設置基準は，交通バリアフリー法や長寿社会対応住宅設置指針など，複数の法令や条例により定められている．勾配の大きさや高低差を条件とした踊り場の設置が示されており，屋内は「1/12 以下」（建設省住宅整備課 1997；福岡市保健福祉局 2008），屋外は「1/20 以下」（国土交通省道路局企画課 2003；福岡市保健福祉局 2008）が目安となっている．しかし，屋外は「やむをえない場合は 1/12 以下」，屋内は「高低差による基準の緩和」が認められており，基準を超えることもある．また，建築基準法（1950）では「1/8 以下」となっており，特に設置スペースに制限が生じやすい住環境においては勾配の大きいスロープが設置される可能性がある．また，いずれの基準においても，介助者による操作の場合と自走の場合との区別はされておらず，操作者別の基準は明確に示されていない．

また，看護および介護の技術書によると，スロープの移送方法について「スロープの移送（降り）は，乗車者が転落しないよう，介助者がブレーキとなるよう後ろ向きに移送する，または広いスロープの場合はジグザグに蛇行してもよい」（村上 2006）や，「急な降り坂を移動する場合は，乗車者が車いすからずり落ちないよう，蛇行しながら速度を調節して降りるか，または，後ろ向きにしてゆっくり降りる」（岡本・村本 2005）などの記載がある．主にスロープを降る場合の方法についての記載である．乗車者の転落防止を視点

として後ろ向き走行や蛇行走行が推奨されている．しかし勾配の大きさや降る向きの違いが乗車者の乗り心地に及ぼす影響や，どの程度の勾配になると乗車者の転落などの危険性が生じるのかについてまで言及された記述はない．また，昇降操作に必要である，筋力を中心としたその他の体力は加齢に伴って低下する(高崎 2003)．そのため患者家族などの介助者による操作の場合，年齢により移送能力に違いが生じ，昇降可能な境界勾配が異なると思われるが，介助者の背景をふまえた基準はなく，昇降操作の実際についての報告は数少ない．さらに，昇降中の乗車者の乗り心地を向上するためには，乗り心地に影響を及ぼす要因としてあげられる車いすの速度(村上 2006)や安定性(山田ら 2004)との関係についても検討する必要があると考える．

そこで本研究は，乗車者・介助者双方を考慮したスロープ勾配路および昇降操作方法(降る向き，速度調整，操作姿勢など)について提案することを目的とし，さまざまなスロープ勾配における操作方法と乗り心地，昇降操作中の主観的な身体的負担および操作への不安・恐怖などの精神的負担(以後，介助負担とする)との関係について検討した．本報告では，勾配の大きさ別，介助者の年齢別の昇降操作の実際と乗り心地について把握するため，①年齢別の昇降可能な境界勾配について，②勾配の大きさが車いすの速度変化に及ぼす影響について，③勾配の大きさと操作方法(速度調整，降る向き)が主観的乗り心地，介助負担および昇降操作のしやすさに及ぼす影響について報告する．

Ⅱ．方法

1．被験者

被験者は乗車者・介助者とも 20 歳代男女とする若年者群 15 組と，乗車者・介助者とも 65 歳以上の男女とする高齢者群 17 組の 2 群を設けた．被験者の年齢は，年齢の違いによる体力的な移送能力の違いを検討するため，若年者群と高齢者群とした．また，高齢者群は被介護者・介護者とも高齢化している現在の社会的背景をふまえて，乗車者・介助者とも 65 歳以上とした．被験者の基礎データを**表 1** に示す．乗車者と介助者の体重差は ±10kg 以内とした．高齢者群の被験者には安全のため事前に問診を行い，歩行障害や著しい体力の低下，治療中の疾病などがないことを確認した．被験者には研究の趣旨，研究参加に際して保障される権利等について文書および口頭で説明し，参加の同意を得た．

なお，本研究は九州大学大学院芸術工学研究院実験倫理委員会の承認を得た．

2．実験装置

斜面長さ 3.0 m，踊り場長さ 1.8 m，幅 1.5 m の鉄鋼製の勾配可変式スロープ(**図 1**)を製作し，実験室内の水平なクッション性のない硬い床上に設置した．走行路面には滑り止め防止のため，住宅用の床材(SANGETSU，HM4113-W)を貼付した．また，転落防止のため側面と踊り場奥には高さ 60 cm の手すりを設置した．

車いすはスチール製の自走式標準型車いす(KAWAMURA 社製，KR801N 車輪サイズ 24 インチ，総重量 17.5 kg，座幅 42 ㎝，前座高 47 ㎝，奥行 40 ㎝，バックレスト 40 ㎝)を用いた．

3．実験条件

勾配は 1/25(4.0 %)，1/20(5.0 %)，1/15(6.7 %)，1/12(8.3%)，1/10(10.0%)，1/8/(12.5%)，1/6(16.7%)

表 1　被験者全員の基礎データ

		若年者群		高齢者群	
		乗車者	介助者	乗車者	介助者
N(人)	男	11	7	7	10
	女	4	8	10	7
年齢(歳)	男	22.6±1.7	23.3±1.3	70.3±3.7	66.6±3.0
	女	22.3±1.9	21.4±0.9	67.1±2.0	66.4±2.1
身長(cm)	男	168.6±6.7	171.8±6.6	164.8±2.5	165.7±4.8
	女	155.0±3.6	157.0±4.4	154.2±4.1	152.4±3.8
体重(kg)	男	59.3±5.9	62.7±8.1	63.9±10.5	63.5±9.3
	女	47.1±4.6	50.2±5.9	55.2±7.2	49.5±9.1
握力(kgf)	男	−	41.0±5.4	−	38.0±8.2
	女	−	25.7±7.4	−	24.4±3.7

値は平均 ± 標準偏差　　※ 介助者の握力は左右の平均値とした

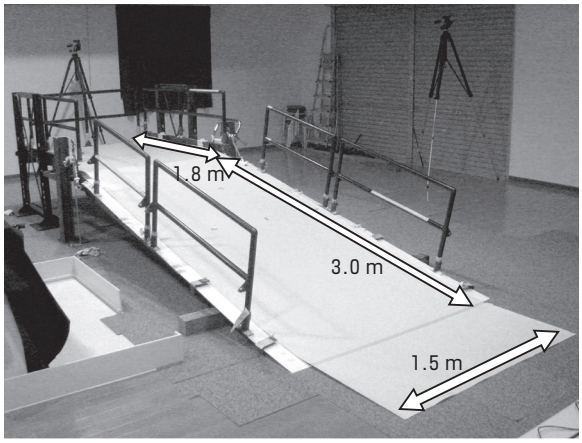

図1　勾配可変式スロープ
製作：池上一級建築事務所　池上鉄工

の7段階に設定した．勾配条件の詳細について**表2**に示した．結果の図表示には，勾配条件を%にて表示している．

介助者は各勾配条件下にて，①昇り，②降り前向き，③降り後ろ向きの3つの操作を行った．①昇りは，スロープ下部水平部分の一定の位置にて静止，助走をつけずに発進し，スロープ斜面を昇り踊り場上の一定の位置にて停止させた．②降り前向きは，踊り場上の一定の位置にて進行方向を向いた状態にて静止，スロープ斜面を降り，スロープ下部水平部分の一定の位置にて停止させた．③降り後ろ向きは，踊り場上の一定の位置にて進行方向の逆を向いた状態にて静止，スロープ斜面を降り，スロープ下部水平部分の一定の位置にて停止させた．また，降りの操作の際は，勾配が大きく一定の位置にて停止できない場合は指定の位置を超え，自然に停止させた．

4．実験手順

昇りおよび降りは別々に操作，測定を行った．介助者には測定前に各操作の練習を行わせた後，①昇り，②降り前向き，③降り後ろ向きの順にて任意の速度で車いすを操作させた．発進位置，停止位置を制限するほかは介助者の任意とし，発車時には必ず介助者が乗車者へ声かけを行わせた．介助者と乗車者が初対面となる場合はその影響を軽減するため，測定前に会話の時間を設けた．実験開始前に介助者には，操作に体力的限界や不安を感じた場合は中止してよいことを説明した．さらに，勾配レベルを上げた段階にてそのつど介助者・乗車者双方に勾配レベルを見て確認してもらい，操作続行が可能か否か確認した．また，勾配条件の順番および試行回数は，最も低い1/25勾配から開始し，操作がより単純な①昇り，②降り前向き，③降り後ろ向きの順にて各1試行ずつ行い，1段階ずつ勾配を高くした．その理由は，被験者に1段階低い勾配およびより単純な操作を基準とすることにより，次の勾配ならびに操作条件の昇降の可否を適切に判断させること，介助者の疲労を避けるとともに安全を確保するためである．介助者・乗車者いずれか一方でも操作続行不可能な場合，または走行中にコントロール困難となった場合は，それ以降の勾配条件は行わず，「操作不可」とした．また，降り操作の際に一定の位置にて停止できなかった場合は「停止困難」とした．なお，走行中にコントロール困難となった場合に備え，スロープ側方に補助者を待機させた．

表2　スロープ勾配条件

勾配			踊り場の高さ
	%	角度(°)	(mm)
1/25	4.0	2.29	120
1/20	5.0	2.86	150
1/15	6.7	3.81	200
1/12	8.3	4.76	249
1/10	10.0	5.71	299
1/8	12.5	7.13	372
1/6	16.7	9.46	493

5．測定項目

1）車いす走行動態

介助者による操作の違いや勾配条件による走行速度の違いを見るため，昇降操作中の車いすの速度を測定した(車いすの速度の変化を以後，走行動態とする)．車いすフットバー部の左右のスポーク，バックシート部の左右のスポークに反射マーカー(Motion Analysis社製，直径25 mm)を貼付し，上方および側方に配置したLEDレンズ(KISSEI COMTEC社製，KC-LNS)つきデジタルビデオカメラ(KISSEI COMTEC社製，KC-HWK)にて各マーカーの座標を計測した．撮影した画像は3次元動作解析システム(Motion Analysis社製，EvaRT 5.0)を用いて60Hzにてパソコンに取り込み，取り込んだ画像は3次元動作解析ソフト(KISSEI COMTEC社製，KineAnalyzer)を用いて3次元の動作解析を行った．分析区間は，昇り操作については，スロープ下部の水平部分とスロープ斜面の始まりとの境界線を車いすフットバーの左右スポーク部に貼付したマーカーが通過した箇所から，介助者が踊

り場部の水平部分に到着し停止するまでとした．降り前向きは，踊り場の水平部分とスロープ斜面の始まりとの境界線を車いすフットバーの左右スポーク部に貼付したマーカーが通過した箇所から，介助者がスロープ下部の水平部分に到着し停止するまでを分析区間とした．降り後ろ向きは，踊り場の水平部分に静止した状態から後ろ向きに発進し，介助者の片足がスロープ斜面に設置した箇所からスロープ斜面の終わりとスロープ下部の水平部分との境界線を車いすフットバーの左右スポーク部に貼付したマーカーが通過し，停止するまでとした．停止位置である，スロープ斜面の終わりとスロープ下部の水平部分との境界線から 1.5 m の範囲内にて停止できなかった場合は，撮影の都合上，スロープ斜面の終わりとスロープ下部の水平部分との境界線から 1.5m の位置までを分析区間とした．以後，それぞれの分析区間を「斜面通過区間」とし，得られた座標の値から，車いすの速度を求め，それぞれの平均値と最大値を比較した．

2）主観評価

主観評価は評価項目の内容および記入方法について十分説明を行った後，乗車者・介助者双方に対し，1 操作終了ごとに 7 段階評価をさせた．主観評価項目と評価尺度を**表 3** に示した．乗車者の評価項目は，乗り心地に関わる乗車時の身体的な感覚，および不安や恐怖を含む心理状態の変化を選定した．また，介助者の評価項目は，勾配の大きさや操作に対する不安や恐怖を含む心理状態の変化，およびスロープ昇降時の身体的負担感，昇降の可否および速度調整のしやすさ（以後，操作の容易性とする），停止のしやすさ（降りのみ）を選定した．

6．統計処理

車いす走行動態（平均速度，最大速度），主観評価を従属変数，勾配と介助者の年齢を説明変数とした 2 元配置の分散分析（勾配 × 年齢，ANOVA）を行った．分散分析において主効果が認められた場合には Dunnett 法により多重比較検定を行った．統計解析には SPSS17.0 for Windows を用い，有意水準は 5％未満とした．

Ⅲ．結果

1．介助者の年齢別走行結果

若年者群はすべての操作，すべての勾配条件において走行可能であった．高齢者群では，1/8 勾配を超えると操作が困難となる介助者がいた．1/8 勾配では，降り前向き操作において 17 名中 2 名（女性），降り後ろ向き操作において 17 名中 3 名（女性）の介助者が停止困難であった．さらに 1/6 勾配では，昇りにおいて 17 名中 2 名（女性）が踊り場まで昇りきることができなかった．降り前向きでは，17 名中 2 名（女性）が停止困難，3 名（女性）は操作不可であった．後ろ向きでは，4 名（男性 2 名，女性 2 名）の介助者が停止困難，4 名（女性）の介助者は操作不可であった．

2．車いす走行動態

1）昇り操作

図 2 に，若年者群・高齢者群それぞれ代表的な昇り操作時の勾配条件別走行動態（各女性被験者 1 名）を示した．操作開始時の水平部分と終了時の踊り場部分を除く斜面通過区間の速度変動は，若年介助者はいずれの勾配においてもほぼ一定であるのに対し，高齢介助者は，斜面途中の速度変動が大きい傾向にあり，1/8

表３　主観評価項目と評価尺度

乗車者

項目＼尺度	1	3	5	7
恐怖不安感	不安はない	やや不安	とても不安	恐怖を感じた
身体の傾き	全く傾かない	やや傾く	傾く	かなり傾く
車いすの操作速度感	とてもゆっくり	ゆっくり	速い	とても速い
総合的な乗り心地	とても悪い	やや悪い	よい	とてもよい

介助者

項目＼尺度	1	3	5	7
恐怖不安感	不安はない	やや不安	とても不安	恐怖を感じた
運動強度	負担はない	やや負担を感じた	かなり負担を感じた	走行不可
停止のしやすさ（降りのみ）	余裕をもって停まれた	なんとか停まれた	停まるときに恐怖を感じた	走行不可 / 停止不可
操作の容易性	とてもしにくい	ややしにくい	ややしやすい	とてもしやすい

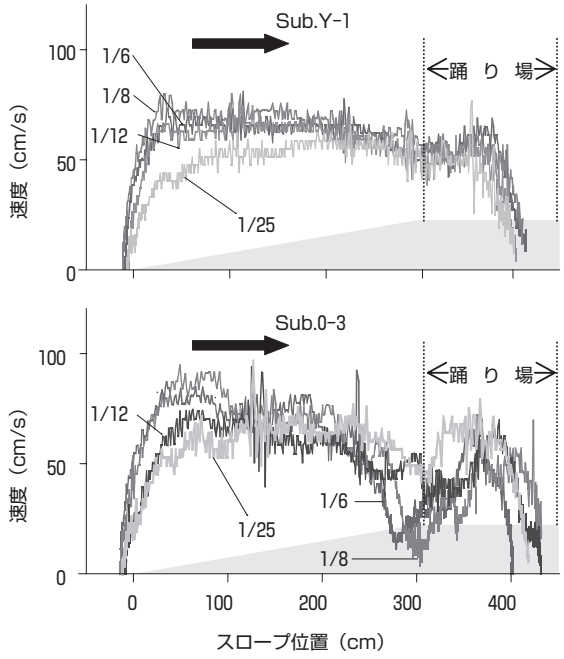

図2　昇り勾配条件別走行動態
上：若年者群女性 N＝1、下：高齢者群女性 N＝1

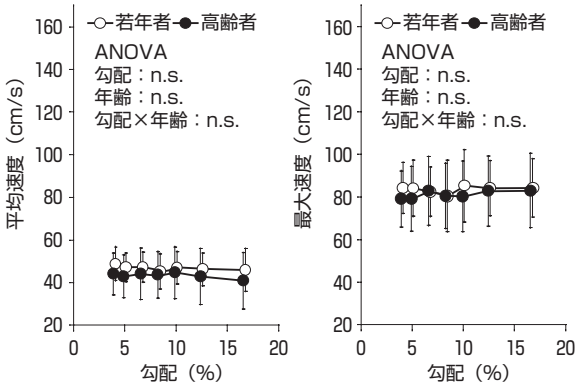

図3　昇り勾配条件別平均・最大速度
若年者群 N＝15，高齢者群 N＝17，高齢者群の1/6勾配は N＝15

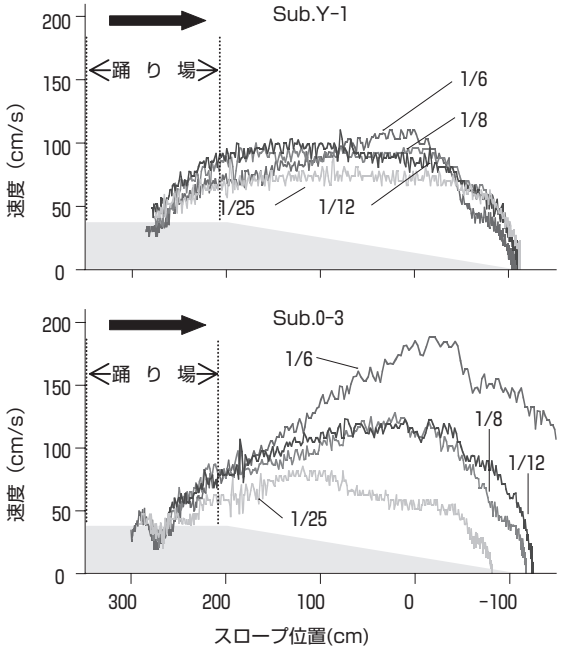

図4　降り前向き勾配条件別走行動態
上：若年者群女性 N＝1，下：高齢者群女性 N＝1

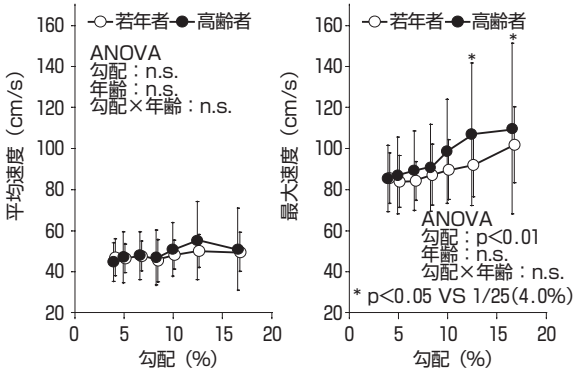

図5　降り前向き勾配条件別平均・最大速度
若年者群 N＝15，高齢者群 N＝17，高齢者群の1/6勾配は N＝14

および 1/6 の大きい勾配においては特に踊り場手前で大きく速度が低下していた．2 元配置分散分析の結果，斜面通過区間の平均速度，最大速度とも，勾配と介助者の年齢との間に交互作用は認められず，勾配や介助者の年齢による主効果も認められなかった（図 3）．

2）降り操作

(1) 前向き：図 4 に若年者群・高齢者群それぞれ代表的な降り前向き操作時の勾配条件別走行動態（各女性被験者 1 名）を示した．若年介助者では勾配が大きい条件においても速度の変動は小さいが，高齢介助者においては勾配条件による速度の変動の大きさが異なり，特に 1/6 勾配においてはスロープ下部に近づくにつれ，速度の変動が大きくなった．斜面通過区間の平均速度には交互作用は認められず，主効果も認められなかった（図 5）．一方，最大速度には勾配条件間に有意な主効果（$p < 0.01$）が認められ，勾配条件が大きくなるにつれ最大速度は上昇した．高齢者群の 1/8，1/6 勾配は特に上昇した（図 5）．高齢者群の 1/6 勾配は，若年者群・高齢者群を含めたすべての操作の中で最も高い最大速度（109.7 cm/s）を示した．

(2) 後ろ向き：図 6 に，若年者群・高齢者群それぞれ代表的な降り後ろ向き操作時の勾配条件別走行動態（各女性被験者 1 名）を示した．若年者群は前向きと同

様，速度の変動は小さかった．高齢者群は前向きと比べ速度変動が小さい傾向にあった．斜面通過区間の平均速度，最大速度とも勾配の有意な主効果（$p < 0.01$）が認められ（図 7），勾配条件が大きくなるにつれ斜面通過区間の平均速度，最大速度は上昇した．一方，高齢者群の最大速度はすべての勾配において前向きより低値を示した（図 5，図 7）．

3．主観評価

1）介助者

図 8 に昇り操作時，図 9 に降り前向き操作時，図 10 に降り後ろ向き操作時における介助者の主観評価結果を示した．

介助者の「恐怖不安感」「運動強度」「操作の容易性」「停止のしやすさ」は，昇り，降りいずれの操作条件においても勾配の有意な主効果が認められたが，交互作用は認められなかった．若年者群，高齢者群とも，いずれの操作においても勾配が大きくなるにつれ「恐怖不安感」「運動強度」は増大し，「操作の容易性」は低下した．また，降り操作時の「停止のしやすさ」は低下した．

多重比較検定の結果，1/25 勾配に対して，昇り操作時は「恐怖不安感」「操作の容易性」は 1/12 勾配，

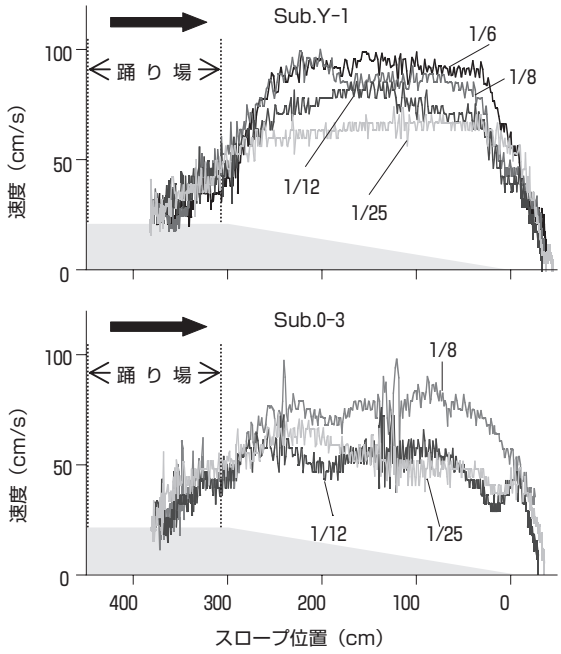

図6　降り後ろ向き勾配条件別走行動態
上：若年者群女性 N =1，下：高齢者群，女性 N =1

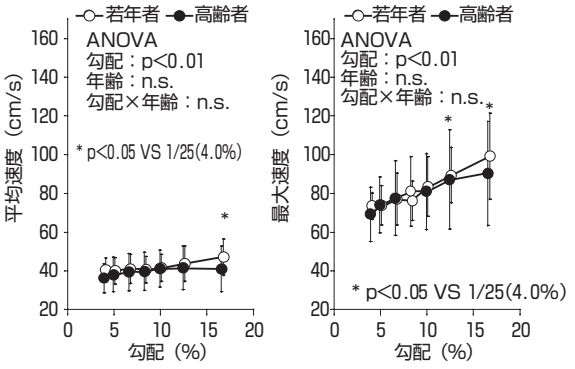

図7　降り後ろ向き勾配条件別平均・最大速度
若年者群 N =15，高齢者群 N =17，高齢者群の1/6勾配は N =13

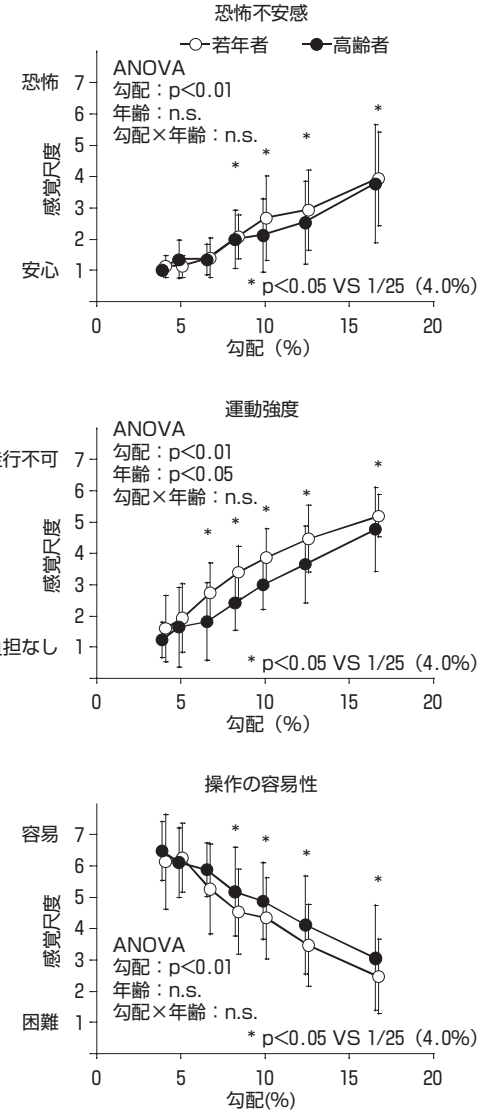

図8　昇り介助者の主観評価
若年者群 N =15，高齢者群 N =17

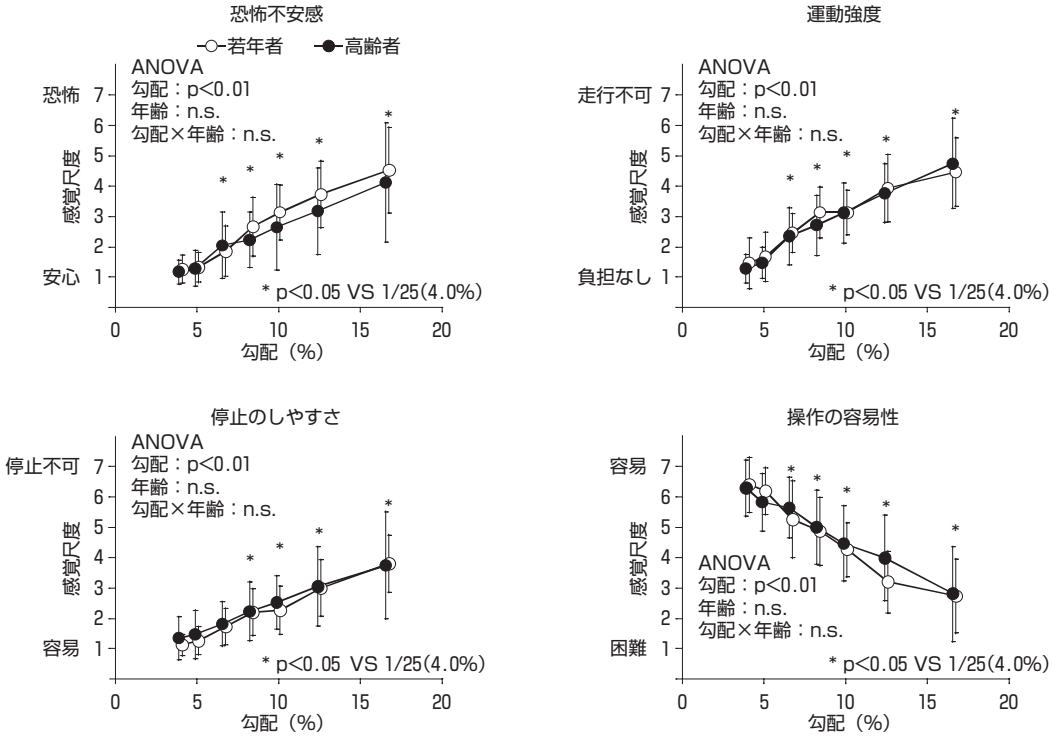

図9 降り前向き介助者の主観評価

若年者群 N＝15，高齢者群 N＝17

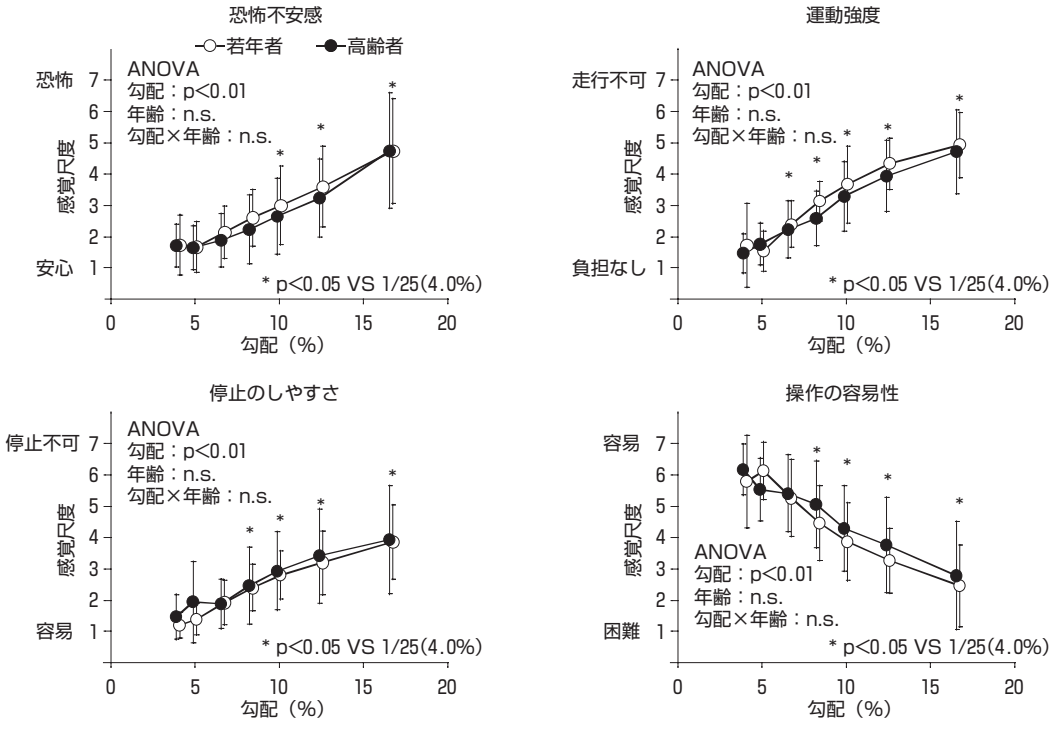

図10 降り後ろ向き介助者の主観評価

若年者群 N＝15，高齢者群 N＝17

「運動強度」は 1/15 勾配を境に有意に高くなった．降り前向き操作時は「恐怖不安感」「運動強度」「操作の容易性」は 1/15 勾配，「停止のしやすさ」は 1/12 勾配を境に有意に高くなった．また，降り後ろ向き操作時は「恐怖不安感」は 1/10 勾配，「停止のしやすさ」「操作の容易性」は 1/12 勾配，「運動強度」は 1/15 勾配を境に有意に高くなった．

2）乗車者

図 11 に昇り操作時，図 12 に降り前向き操作時，図 13 に降り後ろ向き操作時における乗車者の「恐怖不安感」「身体の傾き」「速度感」「総合的な乗り心地」についての主観評価結果を示した．

乗車者の「恐怖不安感」「総合的な乗り心地」には，どの操作条件においても勾配の有意な主効果が認められたが，年齢による主効果および交互作用は認められなかった．若年者群，高齢者群とも，いずれの操作においても勾配が大きくなるにつれ「恐怖不安感」は増大し，「総合的な乗り心地」は低下した．また，「車いすの速度感」には昇りと降り前向きにおいて，「身体の傾き」は昇り，降り前向きおよび後ろ向きに有意な交互作用が認められた．

Ⅳ．考察

1．昇り操作が介助者と乗車者に与える影響

昇り勾配と介助者側との関係においては，介助負担感の程度および速度調整方法があげられる．登坂路での押しつけ力は，路面の傾斜角にほぼ比例して減少する（内山ら 2006）．また，勾配が大きくなると介助者の酸素摂取量や心拍数等の生理的指標が増加し，介助者の負担が増加することが報告されている（Muraki et al. 2007）．本実験においては高齢者群のうち 2 名が 1/6 勾配の斜面途中にて昇りきることができなくなった．この結果から，介助者が高齢者の場合，1/6 勾配は押しつけ操作による介助者の身体的負担が大きく，昇りきることができない場合がある．その場合，操作中にバランスが崩れ，乗車者の転落や介助者の転倒さらには車いすの横転などの危険性が伴うことが示唆された．さらに，走行動態の結果のうち速度変化の 1 例（図 2）をみると，若年者群に比べ高齢者群は勾配条件に対し速度変動が大きく，1/8 勾配および 1/6 勾配ではスロープ斜面の上部で速度が低下した．車いすの

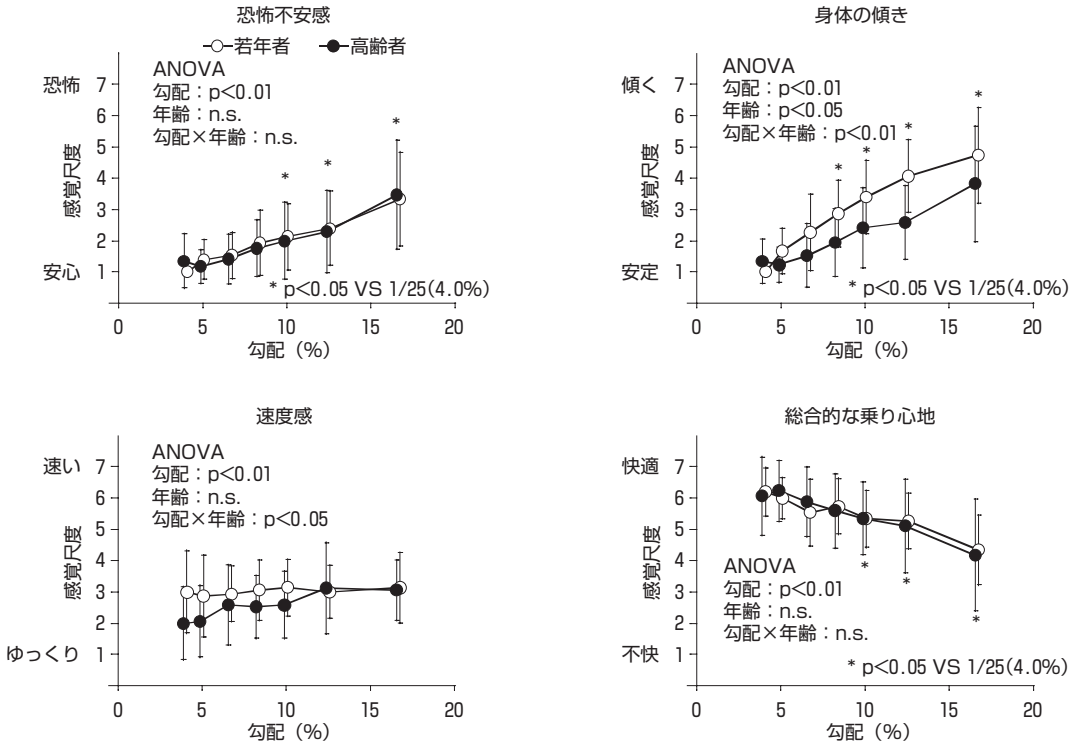

図 11　昇り乗車者の主観評価

若年者群 N ＝15，高齢者群 N ＝17，高齢者群の1/6勾配は N ＝15

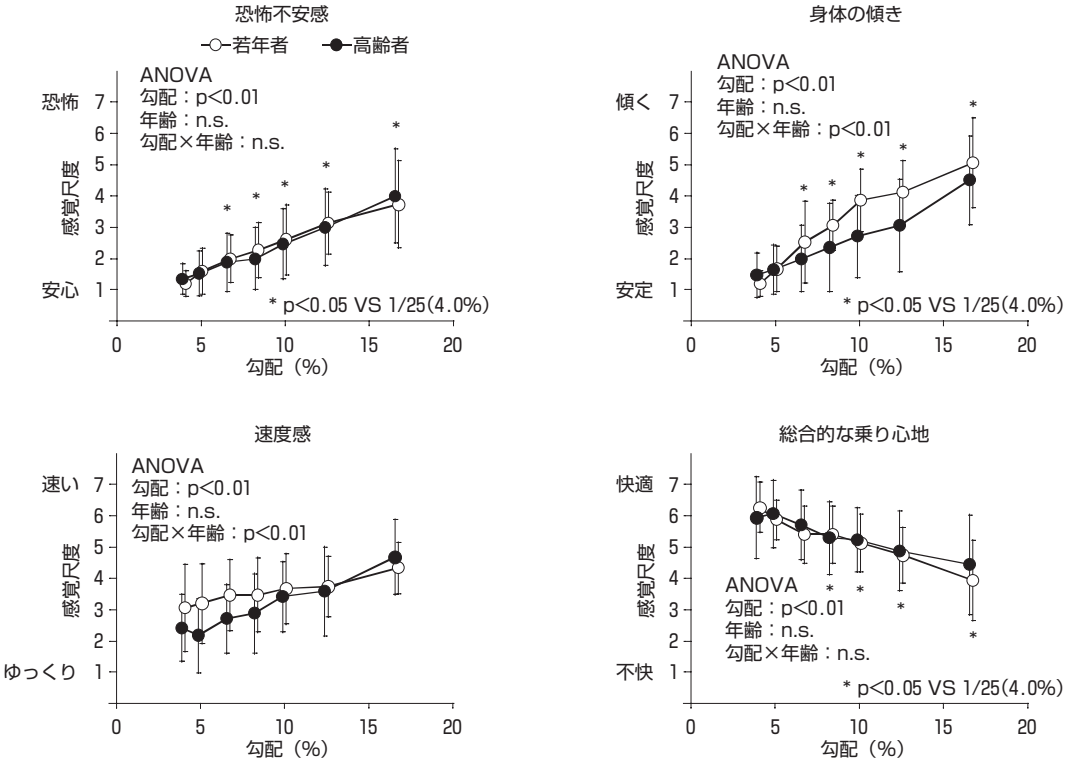

図 12　降り前向き乗車者の主観評価

若年者群 N ＝15，高齢者群 N ＝17，高齢者群の1/6勾配は N ＝14

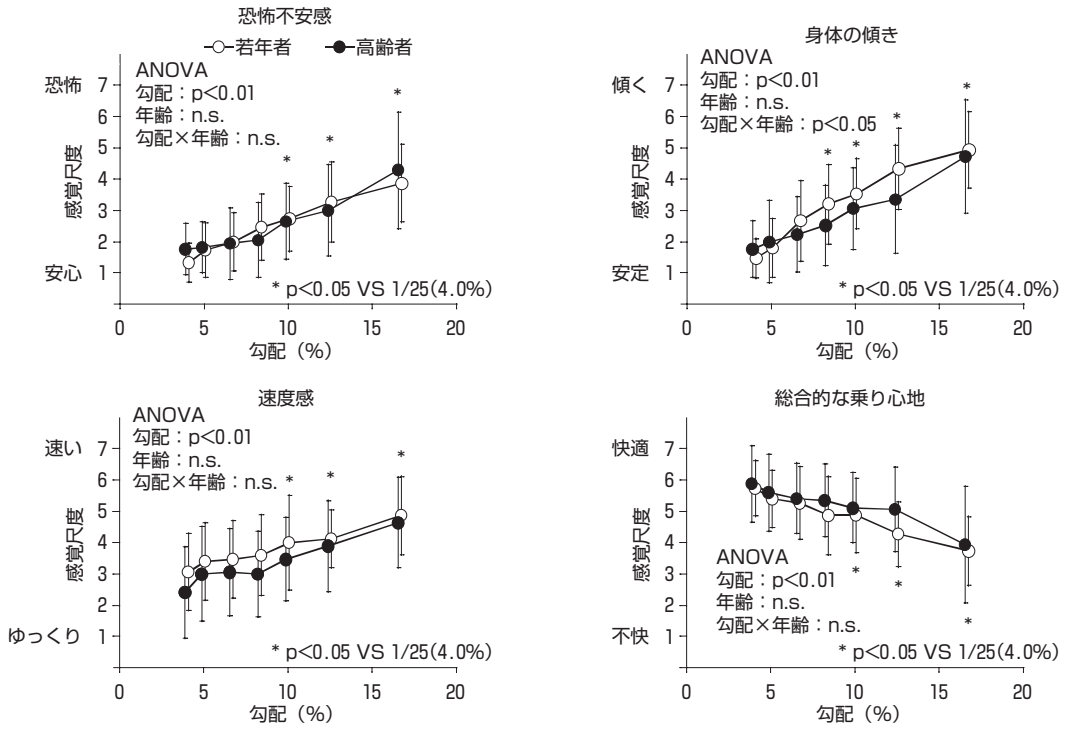

図 13　降り後ろ向き乗車者の主観評価

若年者群 N ＝15，高齢者群 N ＝17，高齢者群の1/6勾配は N ＝13

介助操作は駆動動作と歩行動作との複合動作であり，介助者は負荷力を感受して，操作力と歩行速度の両者を自立的に発揮し調整するといわれている（鈴木ら 2006；内山ら 2006）．勾配の大きさに対して車いすを押す力の大きさや歩行速度は，介助者が勾配の大きさを感じ，調整される．いずれの勾配においてもほぼ一定の速度を保つことのできる若年介助者と比べ，高齢介助者は勾配が大きくなると操作時の速度変動が大きくなる可能性が示された．

介助者の主観評価結果をみると，1/25 勾配に対し，運動強度は 1/15 から有意に高くなり，操作の容易性は 1/12 勾配を境に有意に低下した（図 8）．これはスロープ設置基準の目安である屋内「1/12 以下」，屋外「1/20 以下」の範囲ともほぼ一致する．また，介助負担感を感じず昇れる勾配は 6～8°（10.5～14.1%）（吉原 1997）との報告もあり，1/15 勾配あたりから勾配の抵抗を感じ，1/12 勾配あたりから操作において勾配に対して押す力の大きさや歩行速度にコントロールが必要となるのではないかと考える．さらに 1/8 および 1/6 勾配は，勾配に対してより大きな推進力が必要となるため，操作速度をコントロールすることが困難となる．そのため 1/6 勾配は，介助者の年齢によっては体力的な問題により，昇ることが不可能な場合がある．いずれの環境においてもできる限り 1/8 勾配以上の設置は避けるべきであると考える．

乗車者に与える影響としては，若年者群の乗車者，高齢者群の乗車者とも，勾配の大きさにより恐怖不安感は増大し，総合的な乗り心地は低下した（図 11）．身体の傾きおよび速度感の交互作用については，若年者群と高齢者群では走行速度に違いがあるため一概にいえない．昇り勾配と身体の傾きおよび不安の関係については，年齢が高くなるにつれ不安を感じはじめる傾斜角度は大きくなるといわれているが（山田ら 2004），姿勢変化などの客観的指標を含めて今後検討する必要があると考える．

2．降り操作が介助者と乗車者に与える影響

高齢介助者において，1/8 および 1/6 勾配は停止困難または操作不可能な介助者がいた．そのため，高齢介助者にとって 1/8 および 1/6 勾配を降ることは，前向き・後ろ向きとも介助者への負担が大きいと考える．停止できず衝突する危険性や，昇りと同様に乗車者の転落や介助者の転倒，車いすの横転などの危険性も伴うため，乗車者の安全が保持できない恐れがある．さらに，前向き操作と後ろ向き操作を比較すると，特に高齢者群において走行動態に違いがみられた．前向きに降った場合の走行動態の 1 例（図 4）を見ると，若年介助者は速度変化が小さいのに対し，高齢介助者では斜面通過区間の速度変化が大きくなった．特に 1/8 および 1/6 勾配を降る場合，スロープ下部において速度が上昇した（図 4）．一方，後ろ向きに降った場合，前向きに降る場合に比べ，高齢介助者では速度の変動は低下した（図 6）．また，高齢者群の最大速度はすべての勾配において後ろ向きのほうが低値を示したことから（図 5，図 7），操作可能な場合は後ろ向きのほうが速度変動は小さく，乗車者への影響は少ないと思われる．しかし後ろ向きは，高齢者群において 1/8 および 1/6 勾配が停止困難または操作不可な介助者の数が多く，介助者が高齢かつ勾配が大きい場合は，前向きより操作がしにくい可能性がある．そのため介助者の年齢や操作技術により降り方を選択する必要があると考える．

勾配の大きさと介助者の主観との関係を見ると，勾配の大きさにより運動強度は大きく，停止や操作の容易性は低下した．前向き・後ろ向きとも運動強度は 1/15 勾配から有意に増加，停止のしやすさは 1/12 勾配を境に有意に低下した（図 9，図 10）．また，操作の容易性は前向きでは 1/15 勾配，後ろ向きでは 1/12 勾配を境に有意に低下した（図 9，図 10）．このことから，押す力の大きさや歩行速度などによる速度コントロールに熟練が必要となる境界勾配は，1/15 勾配または 1/12 勾配であると推察する．また操作への不安については，前向きは境界が 1/15 勾配であったのに対し，後ろ向きは 1/10 勾配であったことから（図 9，図 10），前向きのほうがより低い勾配から生じると思われる．勾配に抵抗する力を加える際，引っ張り力が必要となる前向き操作に比べ，介助者が全身で車いすと乗車者の重みを支えながら操作する後ろ向きは，速度コントロールが行いやすいのではないかと考えられる．運動能力のある若年介助者や熟練介助者の場合は，速度コントロールが容易であることと，乗車者の前方への転落防止の面から，特に 1/8 および 1/6 の大きい勾配を降る際は後ろ向きが望ましいのではないかと推察する．一方で進行方向の進路を後ろ向きに確認しなければならないことは，ある程度の技術を必要とするため，介助者の年齢や技術を考慮する必要があると考える．

降り操作が乗車者に与える影響としては，昇りと同

様に，前向き操作・後ろ向き操作とも，勾配の大きさにより恐怖不安感は増大し，総合的な乗り心地は低下した(図 12，図 13)．また，速度感においては前向きにのみ，身体の傾きは前向き・後ろ向きとも勾配条件と年齢との間に交互作用が認められた(図 12，図 13)．高齢介助者の操作は，後ろ向きに比べ前向きのほうが速度の変動が大きいため(図 4，図 6)，主観的な速度感の変化は若年者群と異なったものと思われる．身体の傾きについては，昇りと同様に若年者と高齢者では傾きの感じ方に違いがある可能性がある．しかし，車いすの速度の変化の大きさによっても違いが生じるものと推測される．そのため年齢のほか，走行動態も考慮し姿勢変化を検討する必要がある．

本研究により，昇り・降りとも主観結果による乗車者の乗り心地の変化は，勾配による影響が大きいことが示唆された．しかし，走行動態の結果をみると，介助者の年齢によって推進速度に違いが生じた．今後，乗車者の姿勢の変化および生理的指標から乗車者への影響をさらに検討するとともに，介助者の操作姿勢から適切な降り方や速度コントロール方法について，乗車者・介助者の背景もふまえ検討が必要である．

Ⅴ．結論

本研究の結果，昇り・降りとも介助者が高齢者の場合，1/8 および 1/6 勾配は，操作が容易ではなく，事故につながる危険性があることが示された．またスロープ勾配を昇降する場合，勾配の大きさと介助者の年齢により走行動態に違いが生じるとともに，乗車者の乗り心地が変化することが示唆され，操作可能な場合も乗車者の乗り心地への影響をふまえる必要があると考える．さらに降りでは，いずれの勾配においても前向きに比べ後ろ向き操作のほうが最大速度は小さく，速度コントロールが容易であると考える．しかし介助者が高齢の場合，大きな勾配において後ろ向きは操作できない場合も多く，操作方法の選択に注意が必要である．以上のことから，スロープを設置する際の勾配の選択，介助者が操作可能であるかの判断および降る向きの選択においては勾配の大きさと介助者の年齢により配慮が必要であることが示唆された．

謝辞：本研究の一部は財団法人フランスベッド・メディカルホームケア研究・助成財団の助成を受け行った．

文献

福岡市保健福祉局(2008)：福祉のまちづくり条例施設整備マニュアル改訂版，224-232.
糟谷佐紀，米田郁夫，阪東美智子，他(2004)：車いす操作能力に適応したスロープ勾配の判定システムの開発，福祉工学シンポジウム 2004 講演論文集，57-60.
建築基準法施行令第三百三十八号(1950)：第二十六条.
建設省住宅局住宅整備課(1997)：長寿社会対応住宅設計マニュアル，財団法人高齢者住宅財団，戸建住宅編，71，集合住宅編，118.
国土交通省道路局企画課(2003)：財団法人国土技術研究センター編，道路の移動円滑化整備ガイドライン，36-40，大成出版社，東京.
村上生美(2006)：移送技術のエビデンス，ケア技術のエビデンス―実践へのフィードバックで活かす，139-147，へるす出版，東京.
Muraki, S., Saito, S. & Mihoshi, A.(2007): Physiological approach to a desirable gradient of longitudinal slope for all users, The Proceeding of the 2nd International Conference for Universal Design in Kyoto 2006, 993-1001.
能登裕子，齋藤誠二，村木里志(2007)：乗り心地に関連した看護師の車いす推進操作特性の実態調査，第 38 回日本看護学会論文集(看護管理)，148-150.
能登裕子，齋藤誠二，村木里志(2009)：介助による車いす推進速度が乗り心地および介助負担に及ぼす影響，日本看護技術学会誌，8(2)，37-45.
能登裕子，塩満春彦，齋藤誠二，他(2010)：乗車者の乗り心地を考慮した車いす発進・停止操作方法の検討，日本看護技術学会誌，9(1)，83-93.
岡本恵里，村本淳子(2005)：体位と移動，考える基礎看護技術Ⅱ看護技術の実際，296-327，ヌーヴェルヒロカワ，東京.
鈴木立人，内山寛信，倉田純一，他(2006)：自立的な車いす介助操作の定常特性推定と評価，人間工学，42(6)，357-363.
高崎裕治(2003)：日本人の体力～日本人の筋力，佐藤方彦編，日本人の事典，196-205，朝倉書店，東京.
内山寛信，鈴木立人，倉田純一，他(2006)：車いすに対する自立的介助操作力の推定と主観的運動評価，日本機械学会論文集，72(715)，160-167.
山田功，松島伸明，坂下裕矢，他(2004)：車いす使用時に感じる不安に関する一考察，日本機械学会論文集，70(693)，108-116.
米田郁夫，糟谷佐紀，他(2003)：縦断勾配が手動車いすの走行操作に及ぼす影響の定量的評価，福祉工学シンポジウム 2003 講演論文集，47-50.
吉原裕美子(1997)：介助者が車いすを押して昇る場合のスロープ勾配に関する検討，茨城県立医療大学紀要，2(2)，53-59.