

歩行の安心感・安定感に電動アシスト付き歩行車が及ぼす影響：坂道における検討

栗 延 孟^{*, **}, 大門 貴之^{***}, 原田 悦子^{**}
須藤 智^{****}, 富田 瑛智^{*****}

要 旨

シルバーカーを含めた歩行車はわが国で広く普及しているが、坂道での使用などいくつかの問題点が指摘されている。本研究では、そうした問題の解決を目指した電動アシスト機能の効果を検証することを目的として、健康な高齢者と大学生を参加者とした心理学実験を行った。実験では、従来型の歩行車と電動アシスト機能を付与した歩行車を比較し、坂道を含むコースの歩行の状態、使用者による歩行車の各種主観評価について検討を行った。その結果、電動アシストにより、全体の歩行速度が遅くなること、電動アシスト機能あるいはそれに伴う重量増加が特に安心感、安定感を高める可能性があることが示唆された。また、特に坂道での方向転換などに対して高齢者や女性において電動アシストによる自重キャンセル機能が有効である可能性が示唆された。

Abstract

Although cart or rollator is widely used in Japan by elderlies, there are some stability problems especially using at the slope. In this study, we executed a psychological experiment to verify the effects of an electric power assisted function aimed to solve those slope problems. Twelve healthy older adults and eight undergraduate students participated the experiment, who walked a test course twice including slopes and turning, using a conventional rollator with and without an electric power assistance, and answered questionnaires for each condition as subjective evaluation data. Results showed that the electric power assistance had slowed down the speed of walking both younger and older adults, and also increased the sense of safety and stability on both aging groups. In addition, there was interactions between using the electric assistance and aging or gender, especially at turning (on a slope). Those two kinds of effects by electric assistance, universal and divergent, as long as some general effects of using rollator itself, were discussed.

キーワード：歩行車；電動アシスト；安心感；安定感

Keywords: rollator ; electric power assistance ; sense of safety and stability

1. はじめに

高齢者にとって、外出は自立した生活を保つうえで重要であり、また心身の健康を維持・向上する上でも大きな効果をもたらすことが期待される。しかし、加齢に伴う身体機能の低下を反映して、外出することに困難や不安を感じる高齢者も少なくない。内閣府の調査¹⁾によれば、全国の健康な60歳以上の高齢者のうち、21%が生活

に何らかの不自由を感じており、その内訳をみると「外出するとき」が57.6%と最も高い。また、日常活動については、「掃除や散歩などの適度な活動」を難しいと感じる割合は17.0%、「数百メートルくらい歩く」ことを難しいと感じる割合は13.7%であり、どちらも高齢になるほどその割合は増加する。さらに、現状では外出に不便を感じていない高齢者であっても、「将来、体の機能が低下

1) 東京都健康長寿医療センター研究所
Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

2) 筑波大学 人間系
Faculty of Human Science, University of Tsukuba
3) 筑波大学 人間総合科学研究科心理専攻
Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

4) 静岡大学 大学教育センター
Education Development Center, Shizuoka University
5) 筑波大学 システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

してもできるだけ外出したい」人は6割を超える一方、「将来、自分の体の機能が低下したら外出が不便にならないか不安である」とする人は43.5%であるという²⁾。

実際、高齢者は様々な要因によって歩行に障害をきたしていることが多く、転倒リスクも高いため³⁾、高齢者の外出を促進する上で、安全な移動方法を確保することは最優先の課題の一つである。すなわち、安全な移動方法を確保することで高齢者の不安を減じることができれば、高齢者の外出が促され、さらに社会参加の可能性を高く維持していくことが可能になると考えられる。こうした外出、社会参加といった要因が高齢者の自立した生活の維持、また心身の健康を維持・向上させていく上で重要性が高いと考えられている⁴⁾こともあり、現在では多くの歩行補助具が開発され、利用されている。

実際、国内での歩行車、特にシルバーカーの普及は広がっており、SGマーク（一般財団法人製品安全協会による）の認定を受けたシルバーカーの台数は、1988年度は6万2000台であったが2002年度では28万6000台になっている⁵⁾。安心院ら⁷⁾は歩行車の使用目的について調査したが、使用者の7割が買い物に使用していることから、歩行車は歩行の安全な移動を支援すると共に、手荷物の運搬機能についてもニーズが高いことが伺える。

このように広く普及している歩行車であるが、その使用にあたってはいくつかの問題点がある。安心院ら⁷⁾によれば歩行車使用者のうち転倒経験のある者は調査対象者のうち7%、転倒しそうな経験のある者は18%であり、歩行車使用時の事故は決して少なくない。転倒しそうな状況を見ると、24%が「坂道、特に下り坂で歩行車が前方へ進んでしまった」と答えている⁷⁾。歩行車を坂道で使用する場合、上り坂では使用者に歩行車の重量分の負荷がかかり、また下り坂では使用者は歩行車が転がり落ちないように制御しなければならない。特に買い物などで荷物を歩行車に載せている場合は、歩行車自体の重量だけでなく荷物の重量分の負荷も使用者にかかることになり、さらに転倒につながりやすくなる危険がある。こうした転倒が公道で発生した場合には、車を含む他の通行者との関係から、より重大な事故にもつながりかねない。

これまでこうした歩行車の使用上の安全の問題をとりあげた研究の多くは、郵送の質問紙による調査あるいは事故事例の検討によるものである⁹⁾。こうした研究では、歩行車を使用して転倒した／しそうな事象は明らかにできても、なぜ、どのような過程によって転倒が発生したのかは明らかにすることができない。また実際の転倒までには至らなくても、「転倒の可能性を感じた」ユ

ーザが十分な安心感・安全感を得ることができず、その結果、歩行車利用を十分に活用しない／できないといった状況も考えられる。すなわち、ユーザ側の意図・目的と歩行車の動きとの齟齬など、ユーザの視点からみた「人工物の使いやすさ」の点からも検討すべき問題があると考えられる。

そうした問題意識の下で、本研究では、こうした歩行車の、特に坂道等での使用時の問題点を解決するために試験開発された電動によるパワーアシスト付の歩行車（以下、アシスト有歩行車）について、実際の歩道・道路をテストコースとしてユーザによる歩行状態を検討するフィールド比較実験を実施した。当該機種の特長は、どのような歩行車であれ「後付けで」電動アシスト機能を装着できることを目指した点にある。そこで、こうした電動アシストの効果を実証するため、同じ歩行車について、アシスト機能がある場合とない場合（以下、アシスト無歩行車）を比較し、実環境での使用者の歩行状態ならびに歩行車使用時の問題点を検討しながら、そうした問題点についてのアシスト機能の有効性を検証することとした。

なお、一般に、異なるユーザ層であっても同じ人工物、同じ使用目的、同じような状況認識の下では、人工物デザインが悪さ、すなわち、使いやすさ・使いにくさ上の問題点は共通に観察され、人工物デザインにはユニバーサルデザイン原理が成立していると考えられている⁸⁾。そこで本研究では、歩行車のユーザの視点からみた使いやすさ研究を進める上の第一歩として、健康な高齢者と若年成人の2群の参加者を対象として、ユニバーサルな、すなわち普遍的に観察されるレベルでのデザインの問題を検討することを目的として心理学実験を行った。

2. 電動アシスト付歩行車の構成

実験に使用したアシスト有歩行車は、おたすけ歩行車（アズビル株式会社、http://robotcare.jp/?page_id=863、平成25年度経済産業省ロボット介護機器開発・導入促進事業・開発補助事業・第2次採択事業）であり、脱装着が可能な電動歩行アシストとして設計されたものであった。歩行車の重量と坂道の傾斜から傾斜方向の重力成分を算出し、それと同じ推力を歩行車に逆向きにかけることにより、車両が使用者が支える負荷をゼロにする設計である。この機器では、電動アシストによって、上り坂で使用者を引っ張ったり、下り坂でブレーキをかけたりするのではなく、あくまで歩行車の重量による負荷をゼロにした点、そのため傾斜がない水平の状態ではアシストが働かない点が特色とされる。これにより、1) 歩行車が自動で移動することはないことから、使用者の意図に反し

て使用者を引っ張ることがなく、安全を確保することができ、2) あくまで使用者は自分の力で歩かなくてはならないため、使用者の残存機能を維持・向上することができると思われる。

この電動アシスト機能を支持基底面の中に身体を入れることができる市販の歩行車（パラマウントベッド社製ハンディウォーク；重量 6.9kg；以下、アシスト無歩行車）に備えつけ、実験に使用した。電動アシスト機能の制御を行う機構としてタブレット端末を接続し、同時に現在の歩行距離、歩行時間、緊急時に家族等にメールなどを送る機能を持つコンソールとして歩行車前方に搭載された（アシスト有歩行車；総重量 19.5kg；図 1）。

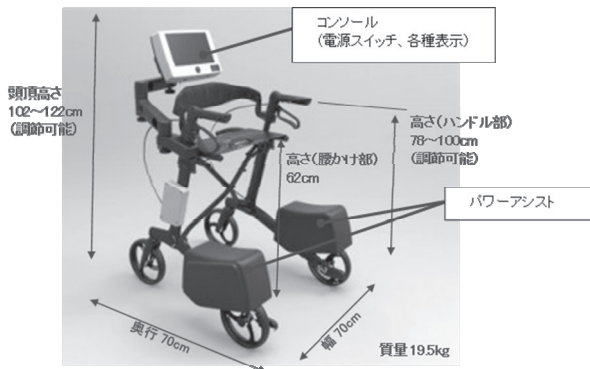


図 1. 実験に使用した歩行車

3. 方法

参加者 筑波大学みんなの使いやすさラボ（みんなラボ）に登録している歩行に困難のない健康な高齢者会員 12 名（男性 6 名、女性 6 名）、大学生 8 名（男性 4 名、女性 4 名）であった。すべての参加者は歩行テストとして、実験開始前に、イスに着席した状態から 3m 先の目標に向かって歩き、目標をまわって元の席に座る、Timed Up & Go test⁹⁾を行った。年齢・性別を要因とした分散分析の結果、歩行テストの結果には、群間に差は認められず一般的な速度であった¹⁰⁾。参加者の基本データを表 1 に示す。

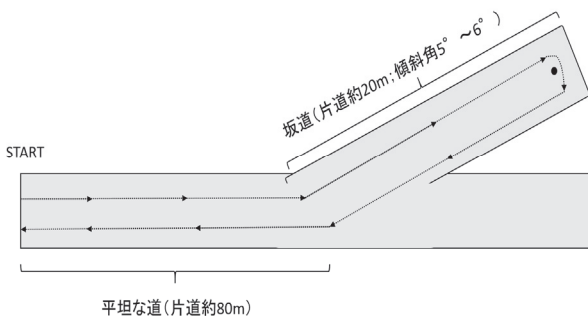


図 2. アシスト有無比較実験に使用したコース

表 1. 参加者の年齢と歩行速度

		n	平均値	SD	最小値	最大値
年齢 (歳)	大学生・男性	4	21.5	2.65	18	24
	大学生・女性	4	21.3	1.71	19	23
	高齢者・男性	6	76.0	2.37	73	80
	高齢者・女性	6	75.7	0.52	75	76
歩行速度 (TUGテスト) (秒)	大学生・男性	4	6.13	0.40	5.53	6.37
	大学生・女性	4	6.89	1.46	5.21	8.72
	高齢者・男性	6	6.92	0.75	6.00	7.97
	高齢者・女性	6	6.94	1.13	5.34	8.71

*TUGテストは、Timed Up & Go Test

評価に利用した歩行コース 本研究では、アシスト有歩行車を使用して歩くユーザビリティテストと、あらかじめ設定したテストコースをアシスト有歩行車とアシスト無歩行車を使用して各 1 回ずつ歩くアシスト有無の比較実験を行った。ユーザビリティテストでは、事前説明を行った面接室から外へ出てエレベーターに乗り、ペDESTリアンに移動した。建物外では、平坦な道、凹凸のある道、上り坂、下り坂を含むおよそ 700m を途中 2 回の休憩を挟みつつ、歩行車を使用して歩いた。

アシスト有無の比較実験で使用したコース(図 2)は、タイルで舗装された凹凸の少ない歩道(幅はおよそ 270cm)であり、スタートから平坦な道を歩き(約 80m)、坂を下り(約 20m、傾斜角 5° ~6°)、坂道の途中で U ターンして坂を上り、スタート地点に戻る、全長約 200m であった。

評価項目 実験全体を通して、参加者の様子や発話はビデオカメラに録画・録音された。具体的には、歩行車に取り付けられたビデオカメラにより、参加者の表情、前方、足元の様子が、またヘルメットに取り付けられたカメラにより、参加者が見ている方向の様子が録音・録画された。また、同行した 1 名の実験者が全体の様子をビデオカメラにより撮影した。ビデオカメラ映像から、アシスト有無比較実験のテストコースを歩くのにかかった時間を算出した。

アシスト有無比較実験では、それぞれの条件でテストコースを歩いた後、表 2 の項目につき、主観評価を尋ねた。まず、歩行直後の現在の自己の状態に関する主観評価を VAS (Visual analog scale) 形式で尋ねた。VAS は 10cm の水平な直線に垂直な線を引いて答える形式であり、各質問に対して左端を「0: まったくあてはまらない」、右端を「100: とてもあてはまる」として回答を求めた。なお、アシスト付歩行車を使用した後のみ「1.4. 歩行車の

画面はわかりやすかった」(タブレット画面に関する評価)の項目も加えた。

歩行車の運転操作性の評価については表2の5項目について、「1:全くスムーズに行えなかった」から「6:とてもスムーズに行えた」の6件法で回答を求めた。さらに歩行車に対する直接的な評価・印象について、表2の9項目について、「1:まったくそう思わない」から「6:とてもそう思う」の6件法で回答を求めた。加えてSD法(6件法)による歩行車に関する印象イメージ調査として10項目を尋ねた。

手続き 実験は個別に行われた。面接室で参加者に実験の説明を行い、文書による同意を得た後に、当該時点での健康状態や外出意欲などについての事前質問紙に回答を求め、次に歩行機能テストとしてTimed Up & Go test⁹⁾を行った。その後、発話思考法の練習を行い、実験中は発話思考をすること、実験者は常に側にいるが参加者は一人で歩いていると考え、ドアの開閉やエレベーターの操作等は参加者自身で行うように教示された。

実験開始前に、参加者は持ち手を持って立ち、約30度程度肘が曲がった状態で持てる高さに歩行車を調整した。実験中は、参加者の安全を確保するために、オレンジ色のビブスを着用し、ヘルメットを装着して歩行し、さらに実験者2名が同行し、周辺の安全の確保を務めた。

調査では、まず参加者がアシスト有歩行車を使用して歩くユーザビリティテストを実施した。テストではあらかじめ設定されたコースを実験者の指示に従って、発話思考を行いながら歩行、またはコンソール画面の操作を行った。いくつかの下位課題の間に、質問紙による主観評価調査ならびにインタビューを行った。

続いて、アシスト有無の歩行車比較実験を行った。まずテストコースに移動した後、参加者はアシスト有/無の2条件で同じコースの歩行を行い、それぞれの後に質問紙に回答した。どちらの歩行車を先に使用するかは、参加者間でカウンターバランスをとった。実験にかかった時間は全体で60分~90分であった。

倫理的配慮 本研究は筑波大学人間系研究倫理審査委員会の承認を得て行われた。個人情報を含むデータについては、ポータブルHDDのみに保管し、鍵のかかるキャビネットに入れ厳重に管理し、また、実験データと個人情報は対応付けられないよう保存した。また、調査では車が進入しないペDESTリアンを使用した。また、調査では車が進入しないペDESTリアンを使用した。また、調査では車が進入しないペDESTリアンを使用した。また、調査では車が進入しないペDESTリアンを使用した。

4. 結果

本稿では、アシスト装着の有無による歩行車比較実験を中心に報告する。

コース歩行時間 それぞれの歩行車条件でテストコースを歩く際にかかった時間を図3-1に示す。なお、歩行車比較実験中も、コンソール画面に歩行距離・歩行時間等が表示されており、画面操作・利用については特に教示していなかったため、男性高齢者2名が、アシスト有条件の実施途中で、自発的に足を止めてディスプレイを操作し、時間を消費してしまった。この2名のデータについては当該分析対象から除外している。コースを歩く際にかかった時間(秒)について、性別(2)×年齢群(2, 高齢者 vs. 大学生)×アシスト有無(2)の3要因混合型分散分析を行った結果、アシスト有無の主効果のみが有意であった($F_{(1,14)} = 25.59, p < .01, \eta^2 = 0.65$)。アシスト無は平均117.2秒($SD 17.4$)、アシスト有は平均126.2秒($SD 16.9$)であり、アシスト有の方が歩く時間が長かった。年齢群の主効果は有意ではなく、その他の交互作用も有意ではなかった。

次に、コースを歩く時間について5つの場面に区切って分析した。下り坂、ターン、上り坂、および坂の前後の平坦な道に分けて、歩行に要した時間を、性別(2)×年齢群(2, 高齢者 vs. 大学生)×アシスト有無(2)×コース場面(5)の4要因混合型分散分析を行った(平均値を図3-2に示す)。その結果、アシスト有無の主効果($F_{(1,14)} = 25.59, p < .01, \eta^2 = 0.65$)、コース場面の主効果($F_{(4,56)} = 747.41, p < .01, \eta^2 = 0.98$)のみが有意であり、いずれの交互作用も認められなかった。

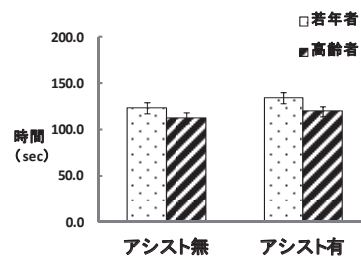


図3-1. コース全体の歩行時間

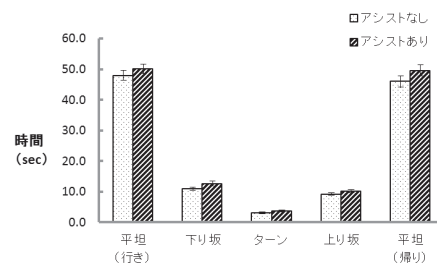


図3-2. コース場面別の所用時間

表2. 各質問項目に対する回答の平均値

質問項目	若年者				高齢者				分散分析結果 ($p < .05$ で有意差が認められた変数)
	男性 (n=4)		女性 (n=4)		男性 (n=6)		女性 (n=6)		
	アシスト有	アシスト無	アシスト有	アシスト無	アシスト有	アシスト無	アシスト有	アシスト無	
1. 自己状態に関する主観的評価 (VAS)									
1-1. いま疲れを感じている	33.50 (29.95)	36.50 (30.18)	37.75 (31.19)	39.25 (27.02)	13.17 (9.95)	14.00 (9.72)	12.50 (11.45)	15.33 (13.98)	高齢者<若年者
1-2. 歩行車を使って歩くと 普段よりも歩きやすかった	33.25 (20.12)	26.50 (17.60)	37.75 (20.17)	29.75 (16.78)	45.17 (27.26)	60.17 (24.91)	48.33 (37.78)	52.50 (38.57)	
1-3. 周りの様子に注意を向けることができた	39.25 (27.85)	34.75 (26.20)	60.25 (17.08)	59.00 (10.98)	69.33 (16.94)	55.50 (26.66)	69.00 (27.74)	55.83 (36.96)	
1-4. 画面は見やすかった	50.50 (34.50)	—	76.25 (17.58)	—	70.17 (20.37)	—	65.33 (31.10)	—	
2. 歩行車の操作性の評価 (6件法)									
2-1. 平坦な道を歩く	3.75 (0.50)	4.25 (0.96)	4.00 (0.82)	5.00 (1.41)	5.00 (0.63)	4.83 (0.75)	5.17 (0.75)	5.00 (1.10)	若年者<高齢者
2-2. 上り坂を歩く	3.50 (1.29)	3.75 (0.96)	4.25 (0.96)	4.75 (0.50)	4.67 (0.52)	5.00 (0.89)	5.17 (0.75)	5.00 (0.63)	男性<女性, 若年者<高齢者
2-3. 下り坂を歩く	3.50 (0.58)	3.25 (0.50)	3.75 (1.26)	4.00 (0.00)	4.33 (0.52)	4.83 (0.75)	4.83 (0.98)	4.83 (0.98)	若年者<高齢者
2-4. 道を曲がる	3.50 (1.29)	4.00 (0.82)	5.00 (1.41)	4.25 (0.50)	4.17 (0.75)	4.83 (0.75)	5.17 (0.75)	5.00 (0.63)	アシスト×性別が有意
2-5. 進む方向を変える	3.25 (1.26)	4.00 (0.00)	5.00 (1.41)	3.75 (0.96)	4.50 (0.84)	5.00 (0.63)	5.17 (0.75)	5.00 (0.63)	アシスト×性別が有意
3. 歩行車に対する直接的評価 (6件法)									
3-1. 安心して歩くことができる	4.25 (0.50)	3.00 (0.82)	4.25 (0.96)	3.75 (0.50)	4.67 (0.52)	4.67 (0.82)	5.83 (0.41)	5.33 (1.21)	アシスト無<アシスト有, 男性<女性, 若年者<高齢者
3-2. 楽しく歩くことができる	3.25 (1.26)	3.75 (0.96)	4.00 (0.82)	4.00 (0.82)	4.17 (0.75)	4.34 (0.82)	5.50 (0.84)	5.00 (1.67)	若年者<高齢者
3-3. 歩いているときに安定感がある	4.75 (0.96)	2.50 (1.00)	3.50 (1.29)	3.25 (1.26)	4.67 (0.82)	3.84 (0.98)	5.84 (0.41)	4.50 (1.52)	アシスト無<アシスト有, 若年者<高齢者
3-4. 安心して座ることができる	4.00 (1.41)	3.50 (1.00)	4.75 (0.50)	4.75 (0.96)	4.17 (0.98)	3.84 (0.75)	5.84 (0.41)	5.34 (0.82)	男性<女性
3-5. 座った時に安定感がある	4.50 (1.29)	3.50 (1.00)	4.75 (0.96)	4.50 (1.00)	3.84 (1.17)	3.50 (0.94)	5.84 (0.41)	5.34 (0.82)	アシスト無<アシスト有, 男性<女性
3-6. 歩行車をしっかりコントロールできる	4.00 (0.82)	4.25 (0.50)	4.00 (1.41)	4.25 (0.96)	4.50 (0.84)	4.67 (1.51)	5.00 (0.63)	5.00 (1.10)	
3-7. ヒトに見られているように恥ずかしい	3.00 (1.15)	3.00 (0.82)	3.50 (1.73)	3.50 (1.00)	3.17 (0.98)	3.67 (1.21)	3.33 (1.75)	3.00 (1.79)	
3-8. 整備することが大変そう	4.25 (0.50)	2.50 (1.00)	4.00 (0.82)	3.25 (0.96)	4.34 (0.52)	3.17 (0.98)	3.67 (1.63)	3.17 (1.72)	アシスト無<アシスト有
3-9. 歩くことが困難になったとき、 この歩行車を使いたい	4.50 (0.58)	3.75 (0.50)	4.25 (0.96)	4.00 (0.82)	4.50 (0.55)	4.50 (0.84)	5.33 (1.03)	4.83 (1.60)	
4. 歩行車に対する印象・イメージ (6件法)									
4-1. 使いにくいー使いやすい	4.50 (1.00)	3.75 (0.96)	4.25 (1.50)	5.00 (0.82)	4.33 (1.03)	4.83 (1.47)	5.17 (0.98)	5.17 (1.17)	
4-2. 軽いー重い	4.50 (1.00)	1.75 (0.96)	4.38 (0.82)	2.75 (0.50)	3.83 (0.41)	1.67 (0.52)	4.33 (0.52)	1.17 (0.41)	アシスト無<アシスト有, 高齢者<若年者, アシスト×性別×年齢が有意
4-3. 小さいー大きい	4.75 (0.50)	3.00 (0.82)	4.75 (0.96)	3.25 (0.50)	4.67 (0.52)	3.17 (0.41)	3.84 (0.75)	2.34 (1.21)	アシスト無<アシスト有
4-4. 単純なー複雑な	3.25 (0.50)	1.75 (0.96)	3.50 (1.73)	2.25 (0.96)	4.17 (1.17)	2.34 (1.03)	3.34 (1.21)	1.67 (1.03)	アシスト無<アシスト有
4-5. 弱々しいー力強い	4.25 (1.50)	2.25 (0.96)	4.00 (0.82)	4.00 (1.41)	4.67 (0.82)	3.00 (0.63)	5.67 (0.52)	4.50 (1.52)	アシスト無<アシスト有, 男性<女性, 若年者<高齢者
4-6. 親しみにくいー親しみやすい	4.25 (1.26)	3.50 (1.29)	4.00 (0.82)	4.75 (0.96)	3.84 (0.98)	4.67 (0.82)	5.00 (1.26)	5.00 (1.26)	
4-7. 嫌いなー好きな	3.75 (0.96)	3.00 (0.82)	3.75 (0.89)	4.00 (0.00)	3.84 (0.98)	4.17 (0.75)	5.17 (0.75)	4.84 (1.60)	男性<女性, 若年者<高齢者
4-8. 遅いー速い	3.00 (0.82)	4.75 (0.50)	3.00 (0.82)	4.75 (0.50)	3.33 (0.52)	4.00 (0.00)	3.67 (1.21)	4.17 (1.94)	アシスト有<アシスト無
4-9. スムーズでないースムーズな	3.75 (1.50)	4.00 (0.82)	3.50 (1.29)	5.00 (0.82)	4.00 (0.89)	4.67 (1.21)	5.50 (0.84)	5.17 (1.17)	男性<女性, 若年者<高齢者
4-10. 冷たいー温かい	4.25 (0.50)	3.00 (0.00)	4.00 (0.82)	3.50 (1.00)	4.17 (0.75)	3.84 (0.41)	5.17 (0.75)	5.00 (1.67)	アシスト無<アシスト有, 若年者<高齢者

*1. 自己状態に関する主観的評価 (VAS) [0:まったくあてはまらない], [100:とてもあてはまる]。2. 歩行車の操作性の評価 [全スムーズに行えなかった], [6:とてもスムーズに行えた]。3. 歩行車に対する直接的評価 [1:全くそう思わない], [6:とてもそう思う]。

4. 歩行車に対する印象・イメージ [左側の語にとてもあてはまる], [6:右側の語にとてもあてはまる]。

・括弧内の数字は標準偏差を表す。

本研究では、徳に坂道での差を検証することを目的としていたため、それぞれのコース場面を歩く時間について、性別(2)×年齢群(2, 高齢者 vs. 大学生)×アシスト有無(2)の3要因混合型分散分析を行った。その結果、行きの平坦な道 ($F_{(1,14)} = 7.50, p < .05, \eta^2 = 0.45$), 下り坂 ($F_{(1,14)} = 11.82, p < .01, \eta^2 = 0.46$), ターン ($F_{(1,14)} = 6.58, p < .05, \eta^2 = 0.32$), 上り坂 ($F_{(1,14)} = 8.32, p < .05, \eta^2 = 0.37$), 帰りの平坦な道 ($F_{(1,14)} = 5.84, p < .05, \eta^2 = 0.29$) のすべての場面において、アシスト有無の効果が有意であり、アシスト有の方が歩行時間が長かった。一方、ターンの場面でのみ、アシストの有無×年齢の交互作用が有意であり ($F_{(1,14)} = 9.48, p < .01, \eta^2 = 0.40$), 大学生では他の場面と同様にアシスト有条件下で有意に遅かった ($p < .01$) が、高齢者群ではこの場面でのみ、アシストの有無での有意な差が見られなかった。その他の要因についての主効果、交互作用は見られなかった。

自己状態のVAS評価 各質問項目に対する回答の群別・条件別の平均値を表2に示す。自己の状態に関する主観評価について、「いま疲れを感じている」のみに年齢群間の有意な差が認められ ($F_{(1,16)} = 6.34, p < .05, \eta^2 = 0.28$), 高齢者の方が「疲れていない」と答えていた。他の三項目および「画面の見やすさ」については、アシストの有無、性別、年齢群のいずれにも有意な差は認められなかった。

歩行車の操作性の評価 歩行車を使用後、歩行車の操作性のスムーズさについて場面ごとに尋ねたところ、「2-1. 平坦な道を歩く」「2-3. 下り坂を歩く」については、いずれも年齢群の主効果が認められ (平坦, $F_{(1,16)} = 4.85, p < .05, \eta^2 = 0.23$; 上り坂, $F_{(1,16)} = 13.03, p < .01, \eta^2 = 0.45$; 下り坂, $F_{(1,16)} = 12.15, p < .01, \eta^2 = 0.43$); 向きを変える, $F_{(1,16)} = 8.11, p < .05, \eta^2 = 0.34$), 高齢者の方が若年群よりもスムーズだったと答えていた。加えて「2-2. 上り坂を歩く」については、性別の主効果 ($F_{(1,16)} = 5.14, p < .05, \eta^2 = 0.24$) も有意であり、女性が男性よりもスムーズだったと答えた。

これに対し、「2-4. 道を曲がる」「2-5. 進む方向を変える」については、アシストの有無×性別の交互作用が認められた (道を曲がる, $F_{(1,16)} = 6.99, p < .05, \eta^2 = 0.30$; 進む方向を変える, $F_{(1,16)} = 8.62, p < .01, \eta^2 = 0.35$; 図4)。いずれもアシスト有無の主効果は得られていない。下位検定の結果、アシスト有の歩行車において、いずれの指標においても男性よりも女性の方がスムーズだったと答えている ($p < .05$) のに対し、アシストなしの場合には性差は有意ではなかった。また性別ごとに分析を行った結果、男性はアシスト無の方がスムーズだったと答えている (道を曲がる, $F_{(1,8)} = 6.03, p < .05, \eta^2 =$

0.43; 進む方向を変える, $F_{(1,16)} = 3.64, p < .10, \eta^2 = 0.31$) のに対し、女性は「2-4. 道を曲がる」については有意差は認められなかった ($F_{(1,8)} = 2.13, p = .18, \eta^2 = 0.21$) が、「2-5. 進む方向を変える」についてはアシスト有の方がスムーズだったと答えた ($F_{(1,8)} = 5.08, p = .054, \eta^2 = 0.39$)。相対的に筋力が劣る女性において、電動アシストによる方向転換が支援として効果的であると感じられているのに対し、男性はアシストによる反応の変化が、方向転換の場面では干渉的に知覚された可能性が考えられる。

歩行車に対する直接的評価 歩行車を使用後、使用した際に感じた主観評価について、直接的に尋ねた結果を以下に示す。「3-1. 安心して歩くことができる」「3-3. 歩いている時に安定感がある」「3-5. 座った時に安定感がある」については、アシストの有無の主効果 (4-1, $F_{(1,16)} = 5.64, p < .05, \eta^2 = 0.26$; 4-2, $F_{(1,16)} = 14.09, p < .01, \eta^2 = 0.47$; 4-3, $F_{(1,16)} = 7.19, p < .05, \eta^2 = 0.31$) が得られた。アシスト有の方が安心、安定して歩行し、また座ることができるという評価が年齢、性別を問わず得られていたといえる。この内、歩行に関する2項目(3-1,3-3)については、独立に年齢群の主効果 (3-1, $F_{(1,16)} = 25.30, p < .01, \eta^2 = 0.61$; 3-3, $F_{(1,16)} = 10.60, p < .01, \eta^2 = 0.40$) が認められたが、「3-2. 楽しく歩くことができる」 ($F_{(1,16)} = 7.88, p < .05, \eta^2 = 0.33$) については年齢群の効果のみが見られた。すなわち、高齢者の方が安心、安定して、楽しく歩くことができたとポジティブに答えている。また3-1, 3-5については性別の主効果を示し (3-1, $F_{(1,16)} = 6.13, p < .05, \eta^2 = 0.28$; 3-5, $F_{(1,16)} = 11.05, p < .01, \eta^2 = 0.41$), 女性の方が男性よりも高い評価を示した。同様に「3-4. 安心して座ることが出来る」についても女性が高い評価をつけている ($F_{(1,16)} = 13.20, p < .01, \eta^2 = 0.45$)。一方、「3-8. 整備することが大変そう」については、アシストの主効果 ($F_{(1,16)} = 16.81, p < .01, \eta^2 = 0.51$) が認められ、アシスト有の整備について懸念されていた。

いずれの項目においても交互作用は得られなかった。

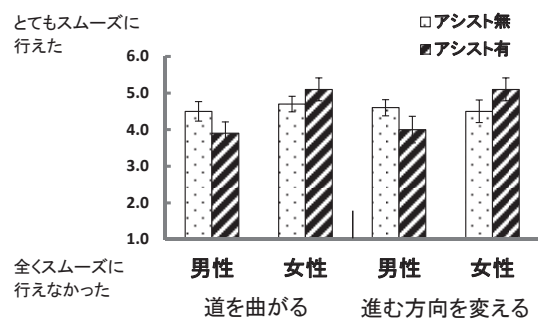
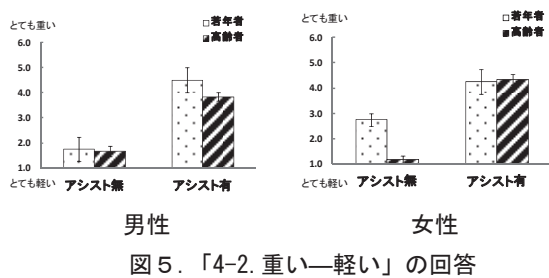


図4. 「2-4. 道を曲がる」「2-5. 進む方向を変える」スムーズさ

歩行車に対する印象・イメージ 各条件での歩行後に歩行車の印象について SD 法で尋ねた結果について形容詞対ごとに 3 要因の分散分析を行った。結果の大部分は主効果であり、特にアシストの有無による主効果がみられたのは、「4-3. 大きい—小さい」($F(1,16) = 40.00, p < .01, \eta^2 = 0.71$)、「4-4. 複雑な—単純な」($F(1,16) = 17.08, p < .01, \eta^2 = 0.52$)、「4-5. 弱々しい—力強い」($F(1,16) = 9.31, p < .01, \eta^2 = 0.37$)、「4-8. 遅い—速い」($F(1,16) = 8.31, p < .05, \eta^2 = 0.34$)、「4-10. 温かい—冷たい」($F(1,16) = 5.43, p < .05, \eta^2 = 0.25$)であった。すなわち、全体として、アシストの負荷により、大きく、複雑に、力強く、温かくという印象をもたらしているが、同時に「遅い」イメージも共通して得られていた。

「4-2. 重い—軽い」についても、アシスト有無の主効果 ($F(1,16) = 131.43, p < .01, \eta^2 = 0.89$) が有意であり、全体としてはアシスト有のほうが重いという効果が得られているが、同時に年齢群の主効果 ($F(1,16) = 7.07, p < .05, \eta^2 = 0.31$)、さらにアシスト×性別×年齢群の 2 次の交互作用が認められた ($F(1,16) = 7.25, p < .05, \eta^2 = 0.31$; 図 5)。単純・単純主効果の検定の結果、大学生ではアシスト無について、男性よりも女性の方が重いと答えており ($F(1,32) = 5.65, p < .05$)、またアシスト無の歩行車について女性は、高齢者よりも大学生の方が重いと答えた ($F(1,32) = 14.17, p < .01$)。若年群女性が、相対的にアシスト無を重く感じていることが示された。



その他には性別の主効果として「4-5. 弱々しい—力強い」($F(1,16) = 13.26, p < .01, \eta^2 = 0.45$)、「4-7. 好きな—嫌いな」($F(1,16) = 5.49, p < .05, \eta^2 = 0.26$)、「4-9. スムーズな—スムーズでない」($F(1,16) = 4.77, p < .05, \eta^2 = 0.23$) が有意であり、女性の方が「力強く、好きで、スムーズ」と判断しているということが示され、また年齢群の主効果としては、「4-7. 好きな—嫌いな」($F(1,16) = 7.47, p < .05, \eta^2 = 0.32$)、「4-9. スムーズな—スムーズでない」($F(1,16) = 6.00, p < .05, \eta^2 = 0.27$)、温かい—冷たい」($F(1,16) = 7.00, p < .05, \eta^2 = 0.29$) が有意であり、高齢者の方が「好きで、スムーズ、温かい」と答えていた。

「4.1 使いやすい—使いにくい」、「4-6 親しみやすい—親しみにくい」については、いずれの要因も有意な効果を示さなかった。

ユーザビリティテスト時の発話、ならびにインタビューで得られた内省報告

歩行中の発話思考において、「思ったほど重くないわ (女性高齢者)」、「素直な子だな、これ (男性高齢者)」など、アシスト付き条件において、思ったほど歩行車は重くなく、スムーズに操作できるという内容の発話をした高齢者が 3 名いた。また、さらに歩行中の発話としては、「重い方が安定している」、「重い方が頼りになるね。あっち (アシスト無) はちょっと心配 (アシスト無は) カラカラカラカラ音がするから (笑)」など、アシスト有歩行車の重さを評価する発言が、高齢女性の 2 名からあった点が興味深い。

一方で、「くぼんでいるところはダメだ。気をつけなきゃ (男性大学生)」、「大丈夫かよ。画面が狂っちゃわないか、ガタガタいって (男性高齢者)」など、高齢者・大学生を問わず、歩行時の振動について不安感や不快感を訴えた。同様にインタビュー時にも歩行車が揺れることにより「腕が疲れる」と発言した女性高齢者が 3 名いた。

5. 考察

本研究では、特に坂道などでの歩行車の使用安全の問題点を解決するために試験開発された、電動によるパワーアシスト付の歩行車について、実際の歩道・道路をテストコースとして、フィールドでのユーザによる歩行を検討する比較実験を実施した。多様な指標による探索的検討を行ったところ、効果の表れ方に 3 つのパターンが見られる結果となった。

まず、電動アシスト機能の付加による効果が、年齢、性別を問わず、主効果として観察された指標の一つが、コース歩行時間であった。すなわち、平地、坂道など場面状況に関わらず、アシスト無しの歩行車と比較して、アシスト有の歩行車の方が長く時間がかかり、歩行スピードが遅いという結果が得られた。坂道ばかりでなく、平地でも同様に遅くなっていることから、これはアシスト機能そのものによるものではなく、歩行車の重量 (あるいは見た目の大きさ) 増大が影響した可能性が高いと考えられる。電動アシストは、坂道での重力成分がキャンセルされるが、水平面を移動するときに車両を動かす力は、アシストとコンソール画面の重量分だけ大きくなっている。また、パワーアシストおよびコンソールの見た目の大きさから、参加者は歩行車を重く感じている可能性がある。この際、「遅くなる」ことが必ずしも負の

結果ではないことに注意をしておきたい。たとえば、もし、通常の歩行に比べて、歩行車を利用する際には歩行車の存在そのものにより「何らかの急ぎ足が求められる」感覚があるとするならば、アシスト機能付加により、そうした「せかされる感覚」が薄れてきたとも考えられる。本研究では、歩行車がない場合の歩行は実験条件に含められておらず、この「アシスト付加による歩行時間の伸展」が何を意味しているのかについては直接的な検証をすることが難しいが、少なくとも、その効果が年齢・性別を問わず、同一の影響を及ぼしている点は興味深いものといえよう。

一方で、歩行速度についても、坂道でのターンについてのみは、大学生でのみアシスト有の歩行車で遅くなっており、高齢者はアシストの有無で時間に差はみられなかった。これについては、大学生は坂道でのターンも他の状況と同様の影響（重量増加に対する反応）が見られているのに対し、高齢者は、坂道でのターンが、アシストなしの歩行車では（他の場面で示されたような）早いペースでの移動が難しく、結果的にアシスト有りの「遅いペース」と同様になったものと考えられる。坂道でのターンについては、他の移動場面と異なる要因が影響を与え、加齢による身体運動特性などの影響が現れたものと考えられよう。

次に、その他に電動アシストの主効果が得られた指標として、電動アシストシステムへの直接的評価が上げられる。全体としてアシスト有の方が「安心、安定して歩行」でき、また座ることができるという評価が得られ、同時に「整備は大変そう」というイメージも持たれていた。同様に、システムの印象イメージ評価(SD法)でも、アシスト機能の付加により「大きく、複雑に、力強く、温かく」という印象をもたらしているが、同時に「遅い」イメージも共通して得られていた。これらに呼応する形で、内省報告として、「重い方が安定する、頼りになる」という発言もある。以上より、電動アシストを備えた歩行車が「安心感・安定感」を高めた要因として、本実験で使用した電動アシスト機能そのものと歩行車が「重い、大きい」と捉えられたという二つの要因が考えられる。歩行車が「重い、大きい」という属性が必ずしも負の評価ではなく、むしろ安心感、安定感を与えるという正の評価であることが年齢、性別を越えて示された点は興味深い。

ただし、本研究は、参加者は公的な空間において与えられた歩行車を用いて、その場で決められたコースを歩くという実験的状況での結果であり、その場合の「大きさ、重さ」に関する評価と、実際に個人が歩行車を所有し、自宅で使う場合の、「重い、大きい」評価は変化する

可能性は否めない。「整備が大変そう」といった評価と同じく、実用化において残された問題として重要であることは注意をしておきたい。

アシスト機能の有無が他の要因と交互作用を示した指標は、上述の「坂道でのターンに要する歩行時間」のほかに、歩行車の操作（スムーズさ）に関する評価における「2-4. 道を曲がる」、「2-5. 進む方向を変える」でも観察された。この場合は、年齢群の要因ではなく、性別の要因との交互作用が有意となっている。すなわち、女性はアシスト有の歩行車の方がスムーズだったと回答したのに対し、男性はアシスト無しの歩行車のほうをよりスムーズだったと回答した。本実験のコースでは、坂道でUターン、あるいは道を左折・右折するコースを設定したが、こうした場合、歩行車を腕の力で支えながらコントロールする必要がある。アシスト有歩行車は、自重を制御し、坂道で手を離しても静止する設計となっているため、（男性と比べて）力の弱い女性から「制御が容易である」として正の評価を得られたと考えられる。逆に、腕の力があるためにそこでの自重キャンセルの効果を「ありがたい」とは知覚しない男性にとっては、アシスト機能による反力が抵抗の力として感じられ、操作がスムーズでなくなったという感触を得た可能性が示された。この効果は、本実験で使用した、傾斜での自重をキャンセルするというアシストの機能特有の効果と考えられる。本研究では健康な高齢者・大学生が参加者であったが、歩行に支障をきたしている高齢者の場合には筋力がさらに衰えていると考えられるため、こうした電動アシストが、特に坂道での方向転換やターンにおいて、大きな効果を発揮できると可能性が示されたといえよう。

このように、本実験において、アシスト機能はその挙動の発現によってユーザに影響をもつ側面のいくつかにおいては、その効果は必ずしも「全員に等しく表れる」のではなく、ユーザの個別の属性に依存して、影響が現れるものがあることが示された。すなわち、歩行車における電動アシスト機能は、誰にでも同様に表れるユニバーサルな効果（主効果）の側面と、筋力や歩く機能レベル自体が異なるユーザによって歩行車の使われ方が異なってくるために、異なる評価が得られるダイバーシティ（多様性）が現れる効果の側面（交互作用）の両方があることが示されたといえよう^{8), 11)}。

一方、本研究の結果において、こうした電動アシスト機能の評価とは独立に、年齢あるいは性別が主効果を示した指標も少なからず存在した。たとえば、「疲労感」での高齢者が疲労の少なさの表明、操作性（スムーズさ）や歩行車に関する直接評価における年齢群、性別の「正」の効果は、アシスト機能の有無とは独立に、全体とし

での歩行車への「主観的評価の高さ」を示したものと考えられる。先に述べたように、本研究では、「歩行車そのものがない場合の効果の測定」は含まれておらず、「歩行車をもたらすユニバーサルな効果」をデータとして示すことは不可能であった*。これに対し、本来、歩行に何らかの困難さを感じやすいという「ユーザの特性」の存在によって、歩行車自体のもつ影響力が交互作用を示す場合は、高齢者、女性において、歩行車を使ってみでの評価として「より疲れにくい」「操作がよりスムーズ」などの形で結果が表されたものと考えられる。この結果の妥当性については、今後さらに、歩行車の有無自体を比較要因として検討していく必要がある。

以上、本研究の結果により、歩行車に電動アシスト機能が加わる効果として、「歩行速度が遅くなる」、「安心感を与える」というユニバーサルな影響と（男性と比べて）力の弱い女性から「制御が容易である」というユーザのダイバーシティによって左右される要因の効果とがデータとして示された。特に電動アシスト機能の効果について、(仮説的に、ではあるが)重量という属性に関連してユニバーサルな効果が、またアシストシステムの挙動による効果としてダイバーシティのある効果とが示された点は興味深い^{8), 11)}。人と人工物との間で生じてくる各種の効果について、どのようにユニバーサルな効果とダイバーシティのある効果に分かれて現れるのか、それらはいかにデザインにより制御・変化していくのか、今後さらに検討を進めていく必要があろう。

本研究では健康な高齢者・大学生の参加を得て実験を行った。その中でも、高齢者や女性といった「歩くこと、大きな歩行車を操作すること」の負荷が大きいと感じられる人は、そうではない人とは異なる影響（ダイバーシティ）を示した。その結果、さらに筋力が衰えている、あるいは歩行に支障をきたす状態になっているユーザが歩行車、特に電動アシスト機能を使う場合には、さらに異なる影響が示される可能性も考えられる。実際に歩行が困難であったり、歩行に不安を抱えたりする高齢者にとっての安全な歩行を支える歩行車を具現化していくためには、今後さらに要介護状態の高齢者を対象として同様の研究を行ない、歩行車を使用する上での問題点の抽出と、安心・安全な歩行を実現する上で電動アシストなどの機能付加での解決可能性について検討を進めていくことが重要であろう。また同時に、研究基盤として、こうした人工物、機能の効果をとどのようにとらえ、分類していくか、理論枠についての検討を進めることにより、

より効率的組織的に「人工物の価値、使いやすさ」を考察できるようになっていくものと考えられる。今後のさらなる展開を期待したい。

6. 引用文献

- 1) 内閣府 (2009). 平成 21 年度 高齢者の日常生活に関する意識調査.
- 2) 水野映子 (2011). 高齢期の外出に対する不安と意向 -60・70 代生活者アンケートにみる外出の現状と将来-. ライフデザイン白書. 40-47.
- 3) Nelson, R.C., & Amin, M.A. (1990). Falls in the elderly. *Emergency Medicine of North America*, 8, 309-324.
- 4) 千代丸信一 (2004). 歩行補助具の機能と分類-療育場面で使用されるものを中心に-. 近畿福祉大学紀要, 5, 46-53.
- 5) 北島栄治 (2013). 高齢者のための歩行補助具の現状とリスクマネジメント. *保険学研究*, 25 (1), 11-17.
- 6) 水野映子 (2004). ベビーカーからシルバーカーへ. 第一生命経済研究所 ライフデザインレポート, 2004 年 5 月, 32-34.
- 7) 安心院朗子, 徳田克己, 水野智美 (2010). 歩行補助車を使用している高齢者の外出状況と交通上の課題. *国際交通安全学会誌*, 35 (2), 71-84.
- 8) 原田悦子 (2012). 「みんラボ, 発進」: 高齢者のための使いやすさ検証実践センターについて. *人間生活工学*, 13(1), 71-74.
- 9) Podsiadlo D., Richard S. (1991). The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39, 142-148.
- 10) Oberg T., Karsznia A., Oberg K. (1993). Basic gait parameters: Reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 30(2), 210-223.
- 11) Rogers, Timothy T. (2016). Understanding the diversity and consistency of neural codes for human semantic representations. Presentation at the Symposium "Diversity in environment reveals universal cognitive mechanisms" at the International Congress of Psychology 2016.

(平成28年 8 月 5 日受付) (平成28年 9 月30日受理)

*本研究の実験計画では、歩行車を導入すること自体の効果は全員に等しく表れているために、それをデータとして示すことができない、の意味である。