

# パワーアシスト形車椅子の利用拡大に向けた 乗り心地に関する研究

浅田 晴香<sup>†</sup>, 大津山 澄明<sup>††</sup>

Ride Comfort for Promoting the Use of Power Assisted Wheelchairs

ASADA Haruka<sup>†</sup>, OHTSUYAMA Sumiaki<sup>††</sup>

## Abstract

In recent years, Japan has become the world's most rapidly aging society. There is urgent need to develop and research welfare equipment to support daily life of the elderly. Especially for short distance travel, it is important to develop vehicles that cover the last-one-mile (about 1.6 km) . Here, we focus on wheelchairs and find the use of electric wheelchairs and power assisted wheelchairs is effective as a means of short distance travel. "Power-assist-wheelchairs" have the advantage of being able to support movement while fully using the user's upper limb functions. However, their recognition is lower than that of electric wheelchairs, and the number of shipments has not been investigated in detail. In this study, we calculated the ride comfort level values for different types of wheelchairs by measuring vibration acceleration when the wheelchair was running, and compared their performance.

Key Words: power assist wheel chair, electric wheelchair, vibration, ride comfort,  
last one mile, QOL, welfare

---

<sup>†</sup> 大阪産業大学 工学部 交通機械工学科 非常勤講師

<sup>††</sup> 大阪産業大学 工学部 交通機械工学科 教授

草稿提出日 10月28日

最終原稿提出日 1月14日

## 1 緒言

### 1.1 超高齢社会における社会的背景

近年の日本では高齢化率の増加が大きく2020年の国勢調査の結果では、高齢化率が28.8%となっており、世界一番の超高齢社会である<sup>1)</sup>。この状況から、福祉分野においては生活のありとあらゆるサポートが必要となり、更なる福祉機器の開発や研究が急務である。その生活のサポートを考えるうえで重要なQOL（Quality of Life：生活の質）が近年の福祉の指標として使われている。QOLとは、その人が幸せであると感じているかどうかということである。QOLが高いほどその生活の満足度が高いため、ニーズに合った福祉サポートが出来ていると言える。また、福祉の目標はその対象となるすべての人の自立である<sup>2)</sup>。生活のサポートにおいては日常生活における移動も含まれる。

日常生活における移動では公共交通の少ない地域においてその手段として、ニーズに合ったサポートが課題として多く残っている。特に近距離移動では、駅やバス停から目的地へ向かうラストワンマイル（約1.6 km）を支援する超小型モビリティの開発が重要視されている。一方で、近年運転免許の自主返納が増加傾向にあり、警察庁の調べでは2013年の自主返納者数は約29万人となりその中の94.6%が65歳以上の高齢者である<sup>3)</sup>。よって、近距離移動には運転免許の不要な乗り物が重要となる。本研究では車椅子に着目し、近距離移動の手段として自操式電動車椅子やパワーアシスト形車椅子の利用が有効であると考ええる。

### 1.2 車椅子の現状

日本における車椅子の種類として大きく手動式と電動式に分類され、それぞれに介助式、自走式及び自操式と分けられる（図1）。なお、本稿では自走式及び自操式のみを想定しているため図1には介助式の記載はしていない。自操式電動車椅子は使用者自らが操作して使用することを主目的としており6種類に分類できる<sup>4)</sup>。その中でも、標準形や簡易形に分類されるジョイスティック形やハンドル形が一般的に日常で見かける場合が多い。ジョイスティック形やハンドル形は手でアクセルを操作するため、手動車椅子で操作するような、ハンドリム操作による上肢機能を使用せず身体的な負荷はかからない利点があるが、特にジョイスティックの場合アクセルの誤操作による事故もあり度々問題視されている部分もある<sup>5) 6)</sup>。また、出荷台数は電動車いす安全普及協会によってデータ化されており、1995年以降ジョイスティック形は年間平均6千台ほど出荷され、ハンドル形は年間平均が約1万9千台とジョイスティック形の約3倍の出荷台数となっている<sup>7)</sup>。

一方、手動車椅子の一種とされているパワーアシスト形車椅子は、車椅子ハンドリム部を自身で操作し、その力に対して電動モータにより補助動力を得ており、上肢機能を十分に使いながら移動をサポートできる車椅子である（図1）。しかし、自操式電動車椅子に比べ認知度も

低く出荷台数も詳しく調査されておらず世間的な認知度も低いと言える。唯一公表された記事によると、2013年ヤマハ発動機株式会社のパワーアシスト形車椅子ユニットの販売台数は約6000台であり、購入対象となる国内の肢体障がい者が約180万人である中で多い数字とは言えない現状である<sup>8)</sup>。認知度の低さや広く普及していない要因として、手動車椅子と比較すると電動車椅子の普及率は低く、その中間に位置するパワーアシスト形車椅子の認知度普及率も低いと言える。電動車椅子の課題として、第一に日本の福祉用具市場の閉鎖的な面や日本の住宅環境、第二に介護保険や自治体からの給付のハードルが挙げられる<sup>9)</sup>。しかし、電動車椅子は先述の通り増加傾向にあるため使用者の社会参加や自立に繋がるよう多方面より課題解決する必要がある、パワーアシスト形車椅子に対しても同様のことが言える。パワーアシスト形車椅子は、利用者の残された上肢の身体機能を使用するため、機能の衰えへの予防やリハビリ、日々の運動にも役立つ。福祉の目標である自立を考えるうえで重要なことは、その対象者の身体における残った機能を衰えることなく利用し、福祉機器を用いて身体の不自由な機能をサポートすることである。よって、パワーアシスト形車椅子は福祉の目標にも合致している。現在広く利用されている自操式電動車椅子のジョイスティック形やハンドル形と同等に利用拡大することで、利用者の自立に繋がる。

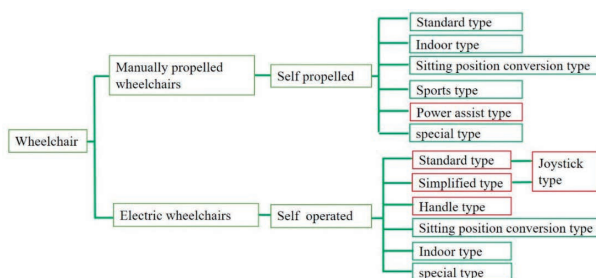


Fig. 1 The types of wheelchairs in Japan are broadly classified into manual type and electric type, which are classified into attendant-propelled, self-propelled type, and self-operated type, respectively. In this paper, since only self-propelled and self-operated types are assumed, the types of attendant-propelled are not described in the figure.

### 1.3 車椅子の乗り心地

現在販売されている車椅子の多くは、操作性や安全性について充実している一方で、乗り心地については十分に配慮されているとは言い難い。車椅子の多くは、スリングシートと呼ばれる1枚の布地に臀部を乗せるため、自動車シートと比較すると著しく乗り心地が悪い<sup>10)</sup>。そのため、手動車椅子や電動車椅子における乗り心地評価をおこなった研究がいくつか発表されている。手動車椅子を使用した研究では、車椅子の乗り心地評価には安定性・安心性・快適性・安全性の4要素が関わっていると明らかにされている<sup>11)</sup>。その4要素に加え電動車椅子を用いた研究では、搭乗者へのアンケートによる主観評価のみでなくセンサデータで物理量を主観評

価と対応付けて乗り心地評価した研究もある<sup>12)</sup>。

しかし、自操式ハンドル形電動車椅子やパワーアシスト形車椅子の乗り心地を評価・比較した研究はほとんど見当たらない。今後利用者が増加すると考えられる自操式ハンドル形電動車椅子に加えて、まだ増加傾向は見られないが、利用者の自立に貢献できるパワーアシスト形車椅子の乗り心地評価・比較をおこなうことは利用者のQOLの向上に貢献できると言える。

## 1.4 研究目的

車椅子は日常生活において主として下肢不自由な高齢者や障がい者の移動には欠かせない福祉機器の一つと言える大きな役目を古くから担っている。高齢者は手足の運動機能の低下により、自宅に引きこもりがちになり、周囲の人とのコミュニケーションが取れなくなる現状があり、心理面での不安定さをもたらすと言われている。より良い生活を過ごしてもらうためには、行動範囲を拡げて、種々の社会活動に参加させることが重要である。行動範囲を拡げる移動支援機器として車椅子が挙げられるが、手動車椅子では運動能力が低下した高齢者または、障がい者にとって移動の負荷となる<sup>13)</sup>。このような状態では気軽に外出したくても外出できない現状があり、肉体負担を軽減できる自操式電動車椅子やパワーアシスト形車椅子は外出意欲の向上に貢献できるため利用拡大が重要である。

本研究では、車椅子走行時の振動加速度計測により乗り心地レベル値を算出し、結果が路面からの振動による影響か、乗員の車椅子操作による振動か、被験者ごとの違いがあるのか、その基本的な解明に限定し、車椅子の違いによる比較もおこなう。乗り心地の計測により得た結果より、パワーアシスト形車椅子の利用拡大に繋がる提案を目的とする。また、自操式電動車椅子やパワーアシスト形車椅子の利用によりQOLの向上や外出意欲の向上に繋がるようその有用性についても検討する。

## 2 実験概要

### 2.1 実験装置

本実験では、自操式電動車椅子ハンドル形（以下、シニアカー）とパワーアシスト形車椅子（以下、電動アシスト）の2種類の車椅子を使用する（図2）。シニアカーはスズキ株式会社製のET4Dを使用し、電動アシストは、ALBER社製のe-motionである（表1）。シニアカーの速度調整は5段階となり2km/hから6km/hまで調節が可能となる。本研究でおこなった2種類の実験では、速度レンジを4km/h一定とした。電動アシストは、ホイール部分にモータとバッテリーが一体型として装着されており、操縦者が操作するハンドリム部分にトルクセンサが装着されている。ハンドリム部分にかかる力に対してアシストするので、左右独立してアシストをおこなっている。電動アシストのタイヤ空気圧は350kPa一定とした。

また、振動計測には、曙ブレーキ工業株式会社製の鉄道模型用振動計測装置（以下、スマート動揺計）を用いた。スマート動揺計は質量が0.14kgと小型なもので、車椅子の座面部分に装着し実験をおこなう。



Fig. 2 In the experiment, we use a handle type electric wheelchair, and a power assist wheelchair. (a) is a Suzuki handle type electric wheelchair "ET 4 D" made by Suzuki. (b) is an power assist wheelchair "e-motion" made by ALBER.

Table 1 Principal specifications

Item	Dimension	
	Handle type electric wheelchair	Power assist wheelchair
Driving wheel (diameter)	256 mm (10 in)	609.6 mm (24 in)
Caster wheel (diameter)		203.2 mm ( 8 in)
Wheelchair (W×H×L)	650 mm×1070 mm×1195 mm	620 mm×930 mm×1000 mm
Mass	100 kg	34.0 kg

## 2.2 実験方法

本実験では近距離移動を想定し、走行距離約480mの区間をシニアカーと電動アシストを用いて2周走行する実験をおこなった。振動計測区間は、平坦路・坂道上り・坂道下り・斜路が混在するコースである（図3）。実験コースより解析区間を5つ選定し、区間ごとの振動加速度を計測し乗り心地レベル解析をおこなう。区間1は縦勾配8°の下り坂、区間2は左に傾いた斜路、区間3は縦勾配5°の上り坂、区間4は平坦路、区間5は縦勾配4°の下り坂となる。走行ではシニアカーと電動アシストの座面下にスマート動揺計を装着し、路面からの振動加速度を計測した。また、シニアカーは速度を4 km/h一定とし、電動アシストは操縦者の力によってアシスト力が異なり速度が変化するため、走行距離と1周にかかった走行時間の平均より速度を算出した。

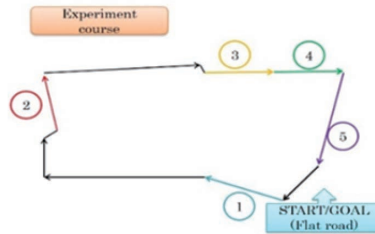


Fig. 3 Experimental course. Assuming movement at a short distance, we will conduct an experiment in which a lap distance of about 480m is used for two laps using a handle type electric wheelchair and power assist wheelchair Section 1 of the experimental course is a downhill with a slope of 8°, section 2 is a sloping slope inclined to the left, section 3 is an uphill with a slope of 5°, section 4 is a flat road, and section 5 is a downhill with a slope of 4°.

### 2. 3 被験者

本研究では、20代から30代5名の健常な被験者の協力により実験をおこなった(表2)。また、被験者には事前に本実験で使用したシニアカーや電動アシスト共に操作に慣れるよう練習を実施した。なお、実験前に被験者よりインフォームドコンセントを得たうえで、大阪産業大学研究倫理審査委員会より承認を得ている(2019-人倫-005)。

Table 2 Subject list. Informed consent was also obtained from subjects before the experiment.

Subject	Height (m)	Weight (kg)
A	1.72	55.0
B	1.85	64.0
C	1.75	75.0
D	1.80	85.0
E	1.65	53.0

## 3 評価方法

### 3. 1 振動を用いた評価

人体における振動を用いた評価基準として1997年に発行されたISO 2631-1がある。この規格では、座っている人が受ける振動として3つの範囲を示している<sup>14)</sup>。本研究においてはシニアカーや電動アシストを使用しているため、座席面に対する上下振動が人体に対して一番大きな乗り心地評価であり振動による身体的負荷も影響する<sup>15)</sup>。また、人体計測において加速度は身体にかかる慣性力あるいは衝撃力の代替として計測する場合が多い<sup>16)</sup>。さらに、本研究では操縦者の操作特性や路面からの影響をスマート動揺計より解析した振動加速度をもとに評価をおこなう。前述した通り、上下振動が人体に対して一番大きな乗り心地評価であると考えられるため、計測・解析した結果の被験者ごとのばらつきがない場合は、路面からの影響が大きく現れるものとする。

### 3.2 乗り心地レベル解析

乗り心地評価の基準として鉄道乗車時における乗り心地として広く使用されている解析手法を用いる。式(1)より算出できる乗り心地レベル $L_T$ (dB)は感覚補正をした振動加速度と基準加速度により人が感じる動揺加速度に近い数値をdB換算したものである<sup>17)</sup>。乗り心地レベル $L_T$ (dB)を5段階評価で示したものが表3となる。本実験においては解析区間で定めた区間すべての振動加速度データを解析することにより、乗り心地レベル $L_T$ 値を使用し、評価をおこなう。

$$L_T = 20 \log_{10} (a_w / a_{rfw}) \quad (1)$$

Table 3 Ride quality level. The ride comfort level value was evaluated in 5 stages.

Classification	Ride quality level (dB)	Evaluation
①	$L_T < 83$	Very good
②	$83 \leq L_T < 88$	Good
③	$88 \leq L_T < 93$	Medium
④	$93 \leq L_T < 98$	Bad
⑤	$98 \leq L_T$	Very bad

## 4 実験結果

### 4.1 シニアカー乗り心地レベル

走行実験では解析区間を5つ設定し計測した振動加速度より、乗り心地レベル解析をおこなった。実験結果より上下乗り心地レベルの区間ごとの平均を比較すると区間1では乗り心地レベルが67dBと低く、区間5では87dBと高い結果となった(表4)。また、上下乗り心地レベルの標準偏差では、5区間を比較すると区間1,区間3,区間4において1以下の数値となり操縦者別での差が見られなかった(表4)。

前後乗り心地レベルでは、上下乗り心地レベル同様に区間1において、平均が66dBと低く、区間2において90dBと高い値となった(表5)。標準偏差においては、区間3が0となり被験者によつての乗り心地レベルに差はなく、区間2で3.38,区間4では5.71と上下乗り心地では見られなかった被験者ごとの差が大きい結果となった(表5)。

左右乗り心地レベルでの結果は、区間2の左に傾斜のある斜路での結果において、平均で92dBとなり、被験者では0.75と差は見られなかった(表6)。また、区間3において乗り心地レベルは87dBと区間2に比べ低い結果となったが、被験者ごとの実験結果のばらつきは、3.66と5区間の中で一番ばらつきがみられた。

シニアカーの上下・前後・左右を比較すると上下乗り心地レベル値における被験者ごとのばらつきが前後・左右と比べ小さく被験者の違いによる乗り心地レベルの違いは見られなかった(表4～表6)。

**Table 4 Handle type electric wheelchair vertical ride quality level results**

	section1	section2	section3	section4	section5
Subject A (dB)	68	86	86	85	89
Subject B (dB)	67	85	85	84	90
Subject C (dB)	67	88	86	85	88
Subject D (dB)	67	87	85	85	87
Subject E (dB)	67	85	85	83	87
average (dB)	67	86	85	84	87
standard deviation	0.40	1.17	0.49	0.80	1.17

**Table 5 Handle type electric wheelchair longitudinal ride quality level results**

	section1	section2	section3	section4	section5
Subject A (dB)	67	86	90	80	90
Subject B (dB)	66	94	90	95	88
Subject C (dB)	66	91	90	81	88
Subject D (dB)	66	94	90	83	91
Subject E (dB)	66	87	90	80	86
average (dB)	66	90	90	84	89
standard deviation	0.40	3.38	0.00	5.71	1.74

**Table 6 Handle type electric wheelchair lateral ride quality level results**

	section1	section2	section3	section4	section5
Subject A (dB)	67	91	86	86	93
Subject B (dB)	68	92	85	84	89
Subject C (dB)	65	92	94	84	90
Subject D (dB)	65	93	85	84	89
Subject E (dB)	66	91	84	84	87
average (dB)	66	92	87	84	90
standard deviation	1.17	0.75	3.66	0.80	1.96

## 4.2 電動アシスト乗り心地レベル

電動アシストにおいてもシニアカー同様に解析区間を5つ設定し計測した振動加速度より、乗り心地レベル解析をおこなった。



上下乗り心地レベルの区間ごとの平均では、区間1の乗り心地レベルが73dBと低く、区間3、区間4では93dBと高い結果となった（表7）。また、上下乗り心地レベルの標準偏差では、5区間を比較すると区間2において、10.4と被験者による乗り心地レベル値のばらつきが見られた（表7）。

前後乗り心地レベルでは、区間3において、乗り心地レベルの平均が98dBと高く、上下乗り心地結果と同様に区間1において80 dBと低い値となった（表8）。標準偏差は区間1の9.89、区間2の9.24と被験者ごとのばらつきが大きく見られた。

左右乗り心地レベルでの結果は、区間4、区間5において平均で90dBとなり、被験者では区間4において2.32と区間5の1.74に比べばらつきが見られた（表9）。また、区間2では乗り心地レベルが85 dBと区間3から区間5に比べ低い結果となったが、被験者ごとの実験結果のばらつきは、8.75と5区間の中で一番ばらつきがみられた。

電動アシストの上下・前後・左右における乗り心地レベル値では、区間2において標準偏差の値が一番大きく、前後・左右の結果では被験者ごとの操縦のばらつきが見られた（表7～表9）。

**Table 7 Power assist wheelchair vertical ride quality level results**

	section1	section2	section3	section4	section5
Subject A (dB)	76	98	98	92	96
Subject B (dB)	72	73	93	97	96
Subject C (dB)	73	72	92	93	93
Subject D (dB)	70	88	90	89	88
Subject E (dB)	73	92	90	92	88
average (dB)	73	85	93	93	92
standard deviation	1.94	10.4	2.94	2.58	3.60

**Table 8 Power assist wheelchair longitudinal ride quality level results**

	section1	section2	section3	section4	section5
Subject A (dB)	75	78	99	99	90
Subject B (dB)	100	98	98	96	96
Subject C (dB)	74	79	98	95	93
Subject D (dB)	75	97	95	95	91
Subject E (dB)	78	97	98	92	97
average (dB)	80	90	98	95	93
standard deviation	9.89	9.24	1.36	2.24	2.73

**Table 9 Power assist wheelchair lateral ride quality level results**

	section1	section2	section3	section4	section5
Subject A (dB)	82	91	90	89	92
Subject B (dB)	72	74	88	93	89
Subject C (dB)	70	74	90	90	91
Subject D (dB)	69	90	86	86	87
Subject E (dB)	74	94	88	91	89
average (dB)	73	85	88	90	90
standard deviation	4.63	8.75	1.50	2.32	1.74

### 4.3 電動アシスト走行速度

電動アシストは操縦者によって速度が異なるため、【2.2】節で示した1周約480mのテストコースでの2周分の走行時間より被験者ごとの平均速度を算出した(表10)。被験者5名中4名はシニアカーの4 km/hよりも速い結果となった。被験者Dのみ3.29 km/hと他の被験者やシニアカーよりも約1 km/hほど走行速度が遅くなった。

**Table10 The average speed of each subject was calculated from the lap time of 2 laps of the test course. Five of the subjects resulted in a speed faster than the speed of the handle type electric wheelchair of 4 km/h. Subject D alone was 3.29 km/h, and the running speed was about 1 km/h slower than the other subjects and the handle type electric wheelchair.**

Subject	First lap (s)	Second lap (s)	average (s)	Speed (km/h)
A	359	392	376	4.60
B	363	369	366	4.72
C	388	400	394	4.39
D	483	568	526	3.29
E	370	390	380	4.55

## 5 考察

### 5.1 シニアカー乗り心地

前章【4.1】における上下の結果において、区間1の乗り心地レベル平均が一番低くなった要因として、走行区間の縦勾配角度が8°の急な下り坂となり、シニアカーに設定されている減速機能が働き走行速度が一時的に2 km/hまで下がったことが挙げられる。速度低下により、路面の細かな凹凸に対しても衝撃とはならず、振動加速度も低下し、乗り心地レベルや被験者ごとの標準偏差のばらつきにも影響したと考えられる。一方、区間5は区間1同様に下り坂の走行条件であるが縦勾配角度5°と急勾配ではないため、シニアカーの減速機能が働くこ

とはなかった。そのことにより、実験で設定した通常の走行速度 4 km/hのまま走行したため、路面の凹凸が振動としてあらわれ、87dBと高い結果となったと推察する。上下乗り心地レベルの標準偏差は、5区間共にばらつきとして1前後であり、路面からの振動をシニアカーのサスペンションが吸収し、被験者ごとのばらつきが小さかったと言える。

前後では、区間1において上下の結果と同様に、縦勾配角度が8°であったため減速機能が働き走行速度が低下したため、前後の乗り心地レベルも低くなったと推察する（表5）。区間2や区間4において被験者ごとに乗り心地のばらつきがあった要因として、被験者が走行中にシニアカーのアクセルレバーを操作し、加減速を自身で調整したことにより前後の乗り心地レベル値にばらつきが生じたと考えられる。

左右においては、区間2左に傾斜のある斜路において、他の区間の平均よりも乗り心地レベル値が高く平地走行となる区間4と比較した場合、路面の傾きによる乗り心地への影響が顕著にあらわれたと言える（表6）。

シニアカー全体では、上下乗り心地レベル値の被験者ごとにばらつきが小さく、路面状態に対する乗り心地を計測・検討するうえでは、前後や左右と比較して上下における結果が有効であると考察する。

## 5.2 電動アシスト乗り心地

前章【4.2】より、上下乗り心地では、区間3、区間4において乗り心地レベル値が高くなった要因として、電動アシストのハンドリムの操作回数による影響だと考えられる（表7）。区間3、区間4においては坂道上り、平坦路であるため下り坂または斜路の他の区間と異なり、ハンドリムの操作によって前進することが主となるため乗り心地に影響したと言える。また、区間2においては被験者ごとの乗り心地結果にばらつきが大きかった。その要因として、斜路を走行する際に左へ車輪が横流れすることを防止するために、被験者によっては左車輪のハンドリム操作回数を増やしバランスをとることや、一旦停止し方向を修正する被験者など運転方法が様々であったことが顕著にあらわれた。この要因は上下だけでなく、前後左右にも同様に被験者ごとのばらつきがあらわれており、上下の要因と同じことが言える。

前後乗り心地レベルでは、区間3において電動アシストで縦勾配の坂道を上る場合、平坦路走行と比べハンドリムを操作する回数が多くなり、その操作する際の振動が乗り心地レベル値に影響したと言える（表8）。その反対に区間1の縦勾配下りの場合は、ハンドリムを操作するのではなく、ハンドリムを手のひらで押さえブレーキをかけたような状態で下るために操作による振動があらわれなかったと言える。

左右乗り心地レベルでは、区間2において平均の乗り心地レベルは低く良い結果となったが被験者ごとのばらつきが他の4区間と比較しても大きくなった（表9）。区間2は左に傾いた

斜路であり、電動アシストの前輪キャストが横流れすることを防止するために左右のハンドリムの操作回数が通常より多い被験者と同等の被験者と差が出たためと考えられる。

区間2においては、上下・前後・左右共に被験者ごとのばらつきが大きく、前述の通り斜路の影響で電動アシストの前輪キャストの横流れを防止するためにハンドリムを操作した操作量が顕著にあらわれた。また、電動アシストにおいても区間2の例外を除いて、上下乗り心地レベル値は被験者によるばらつきが小さく、路面状況の違いによる乗り心地を計測・検討する上で有効だと言える。

### 5.3 シニアカー電動アシスト比較

シニアカーと電動アシストの上下乗り心地レベルに絞り、比較すると区間1区間2では、両車椅子ともに乗り心地レベルの5段階評価において、88dB以下となり乗り心地評価として“良い”から“非常に良い”の評価となった(表11)。しかし、区間2の電動アシストではハンドリム操作回数の違いによるばらつきは大きく、ハンドリムなどの操作なく運転できるシニアカーにおいてはばらつきがなく車椅子の操作が乗り心地に影響することが顕著にあらわれた。上下乗り心地レベルにおいて、シニアカーと電動アシスト共に被験者ごとのばらつきが少なく路面からの影響を一番捉えた乗り心地結果と言える。そのことより、シニアカーの乗り心地レベル値の平均と電動アシストの平均を見ると、共に乗り心地レベル5段階評価の中では、93dB未満の“普通”以上の評価である。シニアカーには自動車のようなサスペンションが搭載されているため、上下乗り心地レベルが低く良い値となることは想像できるが、電動アシストにおいてもタイヤがバネの役割となり振動を吸収し乗り心地に悪影響がなかったと言える。また、電動アシストにおいてはハンドリムにかかる力をモータでアシストしているため、通常の子椅子に比べハンドリムの操作回数は少ないことにより被験者ごとのばらつきも大きくなかったとも捉えられる。

本研究による乗り心地レベル値の解析により、本節ではシニアカーと電動アシスト双方の結果において、被験者ごとのばらつきが少ない上下振動において比較をおこなった。その結果より、シニアカーの方がサスペンションの効果が発揮され電動アシストと比較し良い乗り心地であった。しかし、サスペンションの搭載されていない電動アシストにおいてもハンドリムの操作回数が乗り心地に影響しているものの、乗り心地評価の5段階評価では、“普通”以上の評価を得たため良い評価であったと言える。

また、前章【4.3】節より、走行速度は被験者Dを除きシニアカーと同等の速度となった。被験者Dの走行速度が他の被験者に比べ遅くなった原因として乗員体重に対するアシスト量不足により4km/hを下回ったと考えられる。しかし、他の被験者はシニアカー同等の速度で走行出来たため、上肢機能を使いながらアシストによりスムーズに走行出来たとと言える。

Table 11 Comparison of vertical ride quality level and standard deviation.

		section1	section2	section3	section4	section5
Handle type electric wheelchair	average (dB)	67	86	85	84	87
	standard deviation	0.40	1.17	0.49	0.80	1.17
Power assist wheelchair	average (dB)	73	85	93	93	92
	standard deviation	1.94	10.4	2.94	2.58	3.60

## 6 結言

本研究では、走行による振動加速度より乗り心地レベル解析をもとにシニアカーと電動アシストの乗り心地評価をおこない比較した。その結果、シニアカーと電動アシスト共に上下乗り心地レベル値において被験者ごとのばらつきが小さく路面からの影響を捉えていると推察した。その上下乗り心地レベルの結果よりシニアカーと電動アシストの乗り心地を比較した。実験で使用したサスペンションが搭載されたシニアカーとサスペンションのない電動アシストにおいて、上下乗り心地レベルでは双方に大きな差は見られず、電動アシストは良い結果であったと言える。また、電動アシストのハンドリム操縦による乗り心地への悪影響は見られなかった。よって、乗り心地の基本的な解明として本研究結果より、操作による振動ではなく路面からの振動が影響したと言える。

電動アシストは、複雑な操作はなく通常の手椅子と同様にハンドリムを回転させることで推進力を得られる。シニアカーに比べ上肢機能を使った操作になるが、上肢機能を利用することで、利用者の自立に繋がる。また、【5.3】節の考察でも述べた通り、上肢機能を使ったハンドリム操作が乗り心地評価として大きな悪影響を及ぼさなかった。移動支援をおこなううえで、使用者が容易に操作できることも重要であるが、福祉の指標となるQOLを獲得するには使用感以外にも客観的に評価できるものが必要と言える。よって、本研究で得た電動アシストの乗り心地レベル5段階評価では“普通”以上の評価であったため、乗り心地は良いと言え、さらには移動支援に関する使用者のQOL向上にも繋がる一指標であると提案する。

以上のことより、電動アシストは、シニアカーに比べ認知度や利用者数が少ないという現状はあるが、福祉の目標である自立に大きく貢献できると言える。自立とは第1章でも述べた通り、身体に残った機能を衰えることなく利用することであるため、電動アシストを日常生活の移動手段に使用することは、その利用者の自立や外出意欲の向上に繋がり最終的にはQOL向上にも貢献できる。さらに、乗り心地のうえではシートにクッションを取り付けることでより良い乗り心地に改良することが可能となるため、利用者の使い心地の良ようにカスタマイズすることが容易である。また、ハンドリム操作により走行速度やブレーキと直感的に自分自身の操作により調節でき、万一バッテリー切れなどがあった場合にも手動で走行できるため、有用

である。

今後、乗り心地計測位置の条件追加や、使用する車椅子の種類や被験者人数を増やすことで、より定量的な結果と乗り心地改善が可能となるシートの提案によって、電動アシストの利用拡大に繋げる。

## 謝辞

なお、この研究は公益財団法人JR西日本あんしん社会財団からの助成を受けています(17R036)。

## 参考文献

- 1) 内閣府, 令和3年版高齢者白書, <[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2021/zenbun/03pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2021/zenbun/03pdf_index.html)>, 参照日 2021年10月22日.
- 2) 手島教之, 米本清, 相川孝訓, 相良二郎, 糟谷佐紀, 基礎福祉工学, コロナ社 (2016), pp 3-4.
- 3) 警察庁, 運転免許証の自主返納に関するアンケート調査結果, <<https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/koureiuntan/kaigi/3/siryoh/shiryoh4.pdf>>, 参照日2021年10月22日.
- 4) JISハンドブック2013高齢者・障害者等, 一般社団法人日本規格協会 (2013), p.947, p.1005.
- 5) 樹野淳也, 土屋賢太, 米原牧子, 中村一美, 竹原伸, 前田節雄, ハンドル形電動車いすにおける全身振動ばく露量の測定と評価, 近畿大学次世代基盤技術研究所報告, Vol.4 (2013) pp.63-69.
- 6) 中島佐智子, 柏原士郎, 横田隆司, 吉村英祐, 飯田匡, ハンドル形電動車いすによる施設利用上の問題点とその改善方策について - 電動車いすユーザーに対応する生活環境のあり方に関する研究 その2 -, 日本建築学会計画系論文集, 598 (2005), pp.21-28.
- 7) 電動車いす安全普及協会, 出荷台数の推移, <<https://www.den-ankyo.org/society/transition.html>>, 参照日2021年10月22日.
- 8) 丸山尚文, ヤマハが本格参入、電動アシスト「車いす」, 東洋経済ONLINE, 2014年4月18日掲載, <<https://toyokeizai.net/articles/-/35626>>, 参照日2021年12月1日.
- 9) 増澤高志, 電動車いすの現状とその課題, 人間環境学研究, Vol.8, No.1 (2010), pp.45-51.
- 10) 松岡由幸, 庄司賢, 佐藤陵, 松野史幸, 車椅子車載システム搭載車両における乗り心地改善のためのサスペンション装着車椅子 - 車椅子利用者のための車両乗り心地設計支援方法 (6), デザイン学研究, Vol.49, No.1 (2002), p.73.
- 11) 澤田知之, 小島洋一郎, 近藤崇, 古崎毅, 車椅子操作と乗車者の乗り心地に関する感性評価への基礎的研究, 苫小牧工業高等専門学校紀要, Vol.39 (2004), pp.81-85.
- 12) 伊勢崎隆司, 宮田章裕, 新島有信, 渡部智樹, 水野理, 慣性情報と生体情報に基づく車いす利用者の乗り心地推定, 情報処理学会研究報告, Vol.97, No.25 (2016), pp.1-8.
- 13) 竹澤善則, 車椅子のアシスト技術, 日本生体医工学会BME, Vol.13, No.2 (1999), pp.47-51
- 14) 伊藤謙治, 桑野園子, 小松原明哲, 人間工学ハンドブック (普及版), 朝倉書 (2012), pp.661-664.
- 15) 独立行政法人 産業技術総合研究所 人間福祉工学研究部門, 人間計測ハンドブック (普及版), 朝倉書店 (2013), p.28.
- 16) 浅田晴香, 大津山澄明: 自然災害を想定した車椅子利用者の移動負荷軽減に関する提

案（基礎研究及び実験評価），日本機械学会論文集, Vol.84, No.866（2018），DOI：10.1299/transjsme.18-00053, pp.1-13.

- 17) 佐々木浩一：鉄道車両の上下振動に関する台車支持系の改善手法（空気ばね支持系の新たな設計指標），日本機械学会論文集C編, Vol.74, No.745（2008），pp.141-142.