

常時利用者に対する駆動条件の異なる車椅子の特性及び乗り心地の評価

A study for the characteristic of wheelchair with Different Drive Condition and riding comfort for the handicap Users

苫小牧工業高等専門学校	環境システム工学専攻	学生員	渡辺真由実 (Mayumi Watanabe)
苫小牧工業高等専門学校	環境都市工学科	正員	澤田 知之 (Tomoyuki Sawada)
苫小牧工業高等専門学校	機械工学科		小島洋一郎 (Yohichiro Kojima)
苫小牧工業高等専門学校	環境都市工学科	正員	近藤 崇 (Takashi Kondo)
苫小牧工業高等専門学校	理系総合学科		村本 充 (Mitsuru Muramoto)

1. はじめに

現在、日本は高齢化に伴い、車椅子の需要も増加している。また、事故・災害件数の増加に伴う一時的な車椅子の利用者数も増加している¹⁾。

車椅子に生じる振動の強弱や周波数の差違、体重の移動に応じて、車椅子利用者の感性がどのように変化するかという関係性を見出すことができれば、ノーマライゼーションの促進や QOL(Quality of Life)の観点から今後非常に重要な資料となると考えられる。

従来、本研究では学生を被験者としてきたが²⁾、本年度はその研究結果を踏まえ、日常生活に車椅子を利用している方を被験者として実験を行った。

本研究では、常時利用者において、一般的に使用されている普通車椅子(手動型)・電動車椅子(電動型)により車椅子乗車時における工学(振動・体圧分布)と感性(乗り心地)の関係性について検討することを目的とする。本報告では、平坦路・段差路での乗車走行実験により得られた加速度測定結果・FFT(高速フーリエ変換)解析結果と、体圧測定器を用いて座面にかかる体圧分布の変化を記録し、段差の有無による振動特性・体重移動を検討した。さらに実験後に実施した官能評価の SD 法に基づくアンケート調査結果について、主成分分析を用いて乗り心地を評価した。

2. 実験方法

本研究では、走行実験を苫小牧身体障害者福祉センター2階体育館で行い、走行距離は20mとした。

加速度・体圧測定は体格による測定の誤差を防ぐため、同一の被験者(30代女性)とした。走行終了後のアンケート調査の被験者は、30～50代の男女5名である。ただし、身障者の方は身体上の都合からフットレストを伸ばした状態での乗車が困難であるため、フットレストを縮め、かつ座面に身体がすべり落ちるのを防ぐ目的でクッションを敷いて測定を行った。

使用する車椅子は一般的に使用されている普通車椅子(以下「手動型」、KAWAMURA スチール製車椅子 KA-202、写真-1(a))と電動車椅子(以下「電動型」、日進医療器 軽量電動車椅子 iR-Li、図-1(b))とし、この座席側面に加速度測定器(本校で開発、写真-2)を、座面に圧力測定器(NITTA 圧力分布測定システム、写真-3)を設置する。走行実験では平坦路と段差路(平坦路に中間10mの位置に1.5×15×90cmの板を設置)で

乗車走行実験を行った。これらの走行路を約90歩/分(約0.7m/s)の移送速度で手動型は介助者の介助走行、電動型は乗車者のジョイスティック操作による自走走行により試験を行った(写真-3)。走行実験の様子を写真-4に、実験条件を表-1に示す。走行実験終了後に乗車者と介助者を対象として、官能検査のSD法によるアンケート調査を行った。



(a)普通車椅子 (b)電動車椅子

写真-1 実験に使用した車椅子

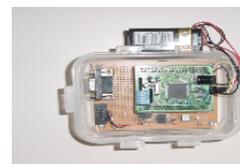


写真-2 加速度測定器

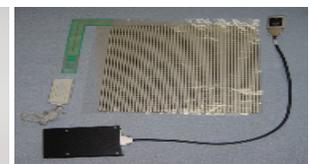


写真-3 圧力測定器



写真-4 走行実験の様子

表-1 実験条件

実験場所	苫小牧身体障害者福祉センター 2階体育館
走行路 (各走行路 共に20m)	・平坦路 ・段差路
被験者	1) 加速度測定 (乗車者)車椅子常時利用者1名 (36歳女性,身長155cm,体重55kg) (介助者)本校女子学生1名 (21歳女性,身長150cm,体重45kg)
	2) 体圧測定 加速度測定の乗車者と同一
	3) アンケート調査 車椅子常時利用者6名 (30～50代男女(男性5名,女性1名))

3. 車椅子に発生する振動

3.1 振動の評価

車椅子側面に設置した加速度測定器の測定方向は図-1の通りである。車椅子に生じる加速度測定結果にFFT解析を行った結果を図-2,3に示す。また、図は上から「X方向(前後方向)」「Y方向(左右方向)」「Z方向(鉛直方向)」を示している。また、縦軸はSpectrum(arb.unit)を、横軸はFrequency(Hz)を、波形で囲まれた面積は振動量を示す。

3.2 実験結果

表-2に平坦路における各方向の卓越周波数を示す。これより、両者ともにX方向では2~5Hzの領域で発生している。これは低周波域であることから乗車者自身の身体の動きによるものと考えられる。また、普通車椅子では35~45Hz、電動型では20~25Hzの領域に発生しているのは、走行路面の若干の凹凸によるものと考えられる。電動型の方が手動型に比べ、車椅子の重量が重い(手動型:14.3kg、電動型:23.8kg)、手動型に比べて振動のピークが抑えられる。さらに電動型は24Hz付近にピークが顕著に現れる。これは全方向に見られることから、車椅子に搭載されているモーターにより、一定の振動が車椅子に発生すると考えられる。また、Y方向においては、両者共に発生する振動量は少なく、ピークを持つ周波数も見られない。このことから、平坦路ではY(左右)方向に対する加速度の変化は少なく、発生する振動量が少ない。Z方向については、X方向と同様に、電動型の方が低周波域にピークを持っている。また、表-3に段差路における各方向の卓越周波数域を示す。これより、手動型と電動型の振動量を比較すると電動型の方が発生する振動量が少ない。手動型の場合、介助者は一定速度の走行に努めるが、段差乗り越え時には無意識に若干の勢いをつけるため、段差乗り越え時の加速度に変化が生じる。手動型のX方向の振動量が著しく増えているのもこのためと考えられる。これに対し電動型は、搭載されたモーターにより一定の速度で走行しているため、段差乗り越え時に手動型ほど加速度の変化が生じないと考えられる。さらに、段差路の場合は、平坦路よりも低周波域にピークが移動している。これは段差乗り越えの衝撃により発生した振動が低周波域の振動で構成されており、それが平坦路走行時に発生するゆれよりも大きいため、結果として低周波域にピークが現れたと考えられる。



図-1 加速度測定方向

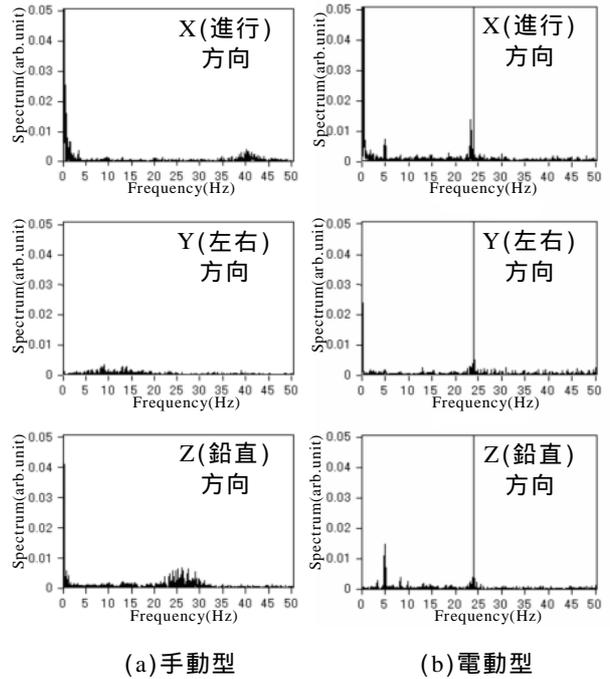


図-2 FFT解析結果 平坦路の場合

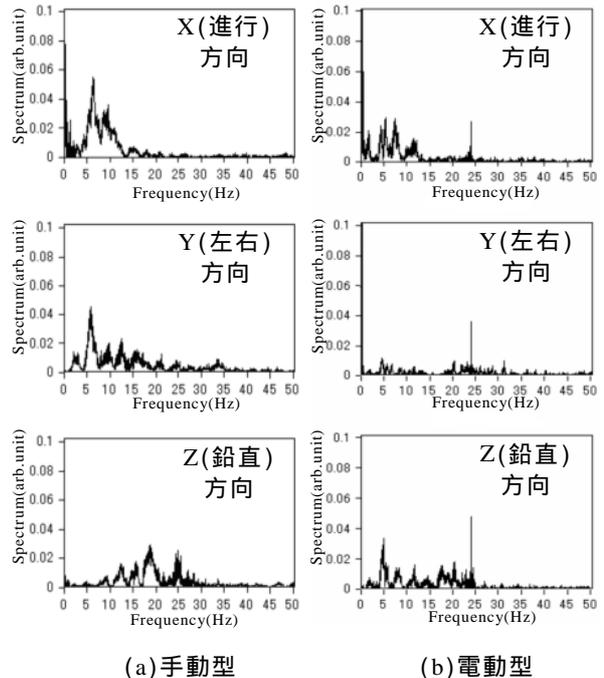


図-3 FFT解析結果 段差路の場合

表-2 各方向の卓越周波数域 平坦路の場合

	手動型	電動型
X方向	2~5, 35~40Hz	2~5, 20~25Hz
Y方向	5~15Hz	20~25Hz
Z方向	20~30Hz	5~10Hz

表-3 各方向の卓越周波数域 段差路の場合

	手動型	電動型
X方向	5~15Hz	5~10Hz
Y方向	5~15Hz	5~10, 20~25Hz
Z方向	15~25Hz	5~10Hz

4. 車椅子乗車者の体重移動の評価

4.1 体圧の評価

ここでは乗車者の体重によって車椅子の座面にかかる圧力を「体圧」と表記する。

耐圧シートで得られるデータは図 - 4 のようである。セルの色はその部位にかかる圧力値の大小によって決まり、黒(圧力値が低い)～赤(圧力値が高い)で表される。本論文では体圧の経時変化を測定・記録し、以下に示す2つの部位に分けて検討を行った。

- (1)「載荷部」: 座面のうち、荷重が集中する部分に着目し、そこにかかる荷重をその面積で除した圧力。
- (2)「後部」: 座面のうち乗車者の臀部～尾てい骨にかけての部分にかかる荷重をその部分の面積で除した圧力。

グラフは、時間に対する体圧の変化を示したものである。その傾きは乗車者が車椅子座面に与えた荷重の移動、つまり体重移動を示している。グラフの傾きが大きいほど、体重移動が顕著であることを示す。比較は載荷部・後部で行う。

4.2 実験結果

平坦路において車椅子座面に生じる体圧 - 時間の測定結果を図 - 5,6 に示す。平坦路において、手動型は体圧の変化がほとんどなく、体重移動が少ないことがわかる(図 - 5)。これに対し、電動型は車椅子座面にかかる体圧の変化が大きいことから、乗車者がバックレストやアームレストに寄りかからない姿勢で乗車していることがわかる。乗車者が同一であるのにも関わらず、手動型と電動型では電動型の方が座面にかかる体圧が大きい結果となっている。

図 - 6 の段差路において、車椅子は段差を乗り越え時、その衝撃により座面にかかっていた荷重が一旦アームレストやバックレストなどに移行するため、臀部の座面に対する力が低下し、座面にかかる荷重が一瞬減少する。そのためグラフは一旦、抜重する形状を取る。この段差乗り越え時に着目すると、手動型では段差乗り越え時の抜重が平坦走行時の体圧の8割程度までしか減少していない。さらに平坦路の場合に比べて座面にかかる体圧が増加している。これは平坦路の場合に乗車者がバックレストやアームレストに体重を預けているためであると考えられる。これに対し、電動型では平坦路走行時の5割程度にまで体圧が減少していることがわかった。このことから、電動型では段差乗り越え時の乗車者の体重移動が大きいことがわかる。

平坦路、段差路共に電動型の方が乗車者の体重移動が大きい。これについて、手動型の場合、車椅子の操作は介助者による。そのため乗車者は身体をしっかりと車椅子に固定するような乗車姿勢をとっており、そのため身体のブレが少なく、体重移動が少なくなると考えられる。これに対し電動型は乗車者自身が車椅子を操作することから安心感が増し、座面にしっかりと体重を預けている。さらに段差路の場合、自分で車椅子を操作することから車椅子の挙動の予想がつくため、手動型に比べて身体を車椅子に固定するような乗車姿勢をとらないのだと考えられる。

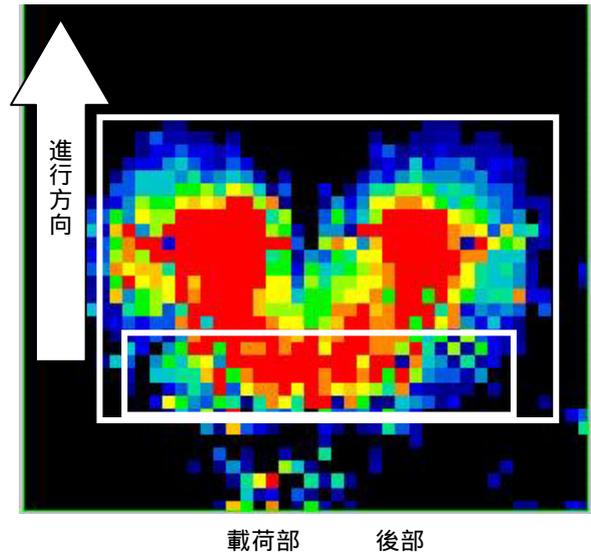


図 - 4 体圧測定結果の一例

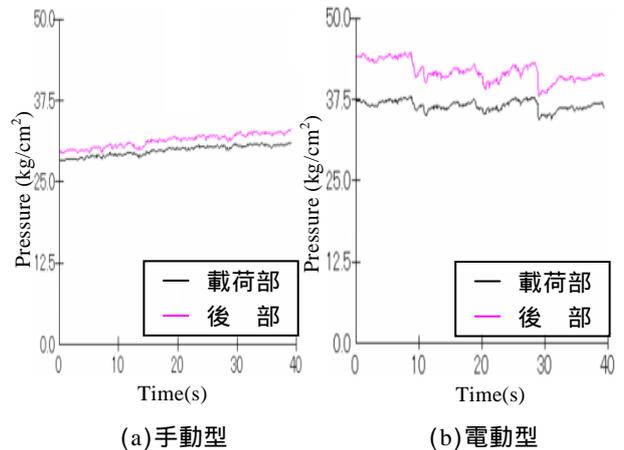


図 - 5 体圧測定結果 平坦路の場合

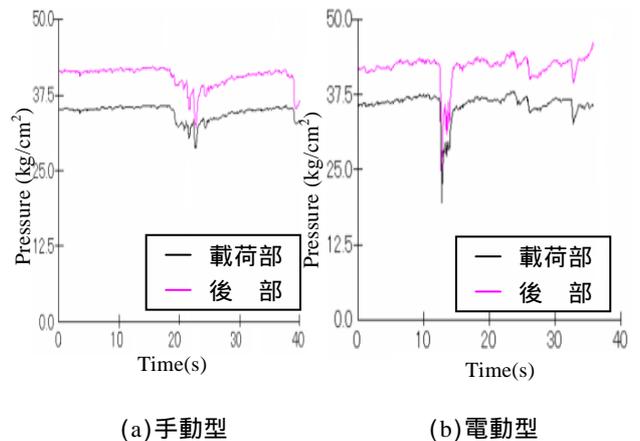


図 - 6 体圧測定結果 段差路の場合

5. 感性の評価

5.1 アンケート

本報告に用いたアンケートは SD 法によるものである。

実際に用いたアンケートの項目は「不安定 - 安定」、「速い - 遅い」、「危険 - 安全」、「不快 - 快適」、「ゆれが強い - ゆれが弱い」、「座り心地が悪い - 座り心地が良い」、「怖い - 安心」であり、各項目において 5 段階で点数を付けたものを集計し、主成分分析を行った。

5.2 実験結果

図 - 7 に平坦路の場合の固有ベクトルを示す。これを見ると、手動型では「座り心地の悪さ」を、電動型では「不安定」が乗り心地の悪さに影響が少ない結果となった。段差路で特に「不安定」の項目が低く現れたのは、障害物のない走行路をモーターによる一定の速度で走行したためだと考える。図 - 8 に段差路の場合の固有ベクトルを示す。これを見ると、手動型・電動型ともに「ゆれが強い」の項目が高く出ており、ゆれの強さが乗り心地の悪さに影響が大きいことがわかった。次に図 - 9 に手動型と電動型を対象とした主成分分析結果を示す。このグラフでの縦軸は総合力、つまり「乗り心地の悪さ」を示している。これを見ると、手動型が中心より下方に、電動型が中心より上方に位置している。これより手動型に比べて電動型の方が乗車者は乗り心地の良さを感じていることがわかる。

前述 3.4 章の結果から、手動型の場合、車椅子の重量が軽いため車椅子が揺れやすく、高周波域に振動が発生する。乗車者は介助者の操作に対して身体を車椅子に固定するような体勢で乗車しているため、体重移動は少ない。身体を車椅子に固定しているということは、車椅子と一体となって振動を受けることになるため、ゆれを感じやすく、乗り心地が悪く感じる。これに対し電動型の場合、モーターによる駆動のため特定の周波数に著しく振動が発生しているが、車椅子自身の重量が重いため全体の振動量は少ない。さらに乗車者自身により車椅子を操作するため、走行に対して車椅子に体重を預けた姿勢をとる。そのため乗車者の体重移動は大きくなるが、安定感が増すため乗り心地の悪さをあまり感じないものと考えられる。

6. まとめと今後の課題

今回は、常時利用者を中心の走行後の結果の考察であるが、次のようにまとめられる。

- (1)手動型の場合、車椅子が軽量のため車椅子がぶれやすく、高周波数域に振動が発生する。また、乗車者の体重移動は少ないが、車椅子と一体となって振動を受けることになるためゆれを感じやすく、乗り心地を悪く感じる。
- (2)電動型の場合、モーターによる駆動のため特定の周波数に著しく振動が発生しているが、車椅子自身の重量が重いため全体の振動量は少なく、手動型に比べて低周波数域に振動が発生する。また、乗車者自身により車椅子を操作するため、乗車者の体重移動は大きくなるが、安心感が増すため乗り心地の悪さをあまり感じない。

今後は常時利用者の方々に協力していただき、より多くのデータを収集することでより深く検討を行っていく予定である。

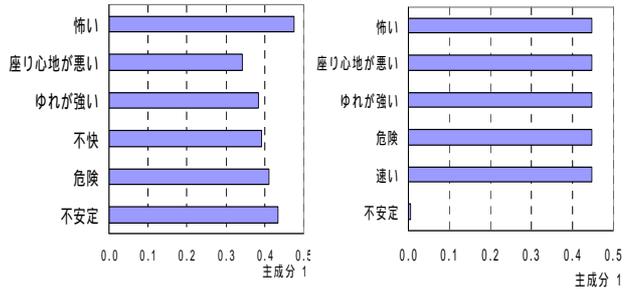


図 - 7 固有ベクトル 平坦路の場合

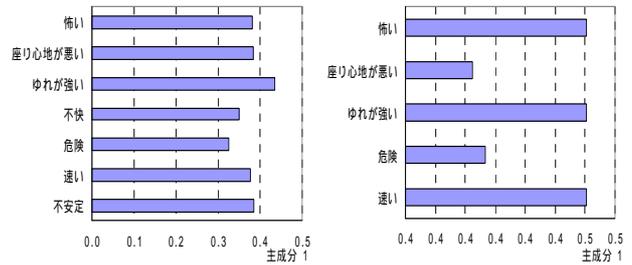


図 - 8 固有ベクトル 段差路の場合

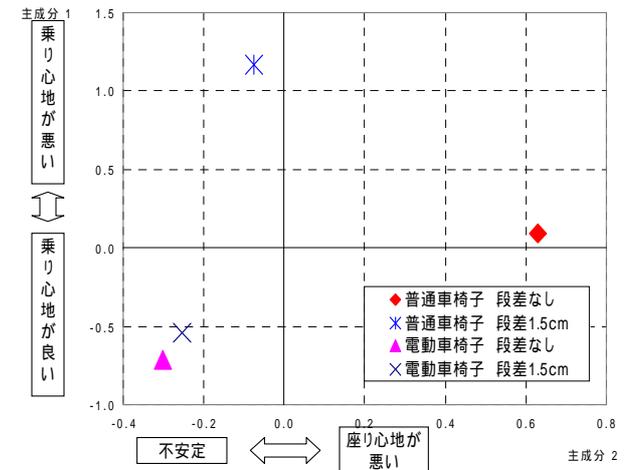


図 - 9 主成分分析結果 手動型と電動型

謝辞

本研究における走行実験の際、苫小牧市福祉協議会の豊島様、岸波様及び苫小牧身体障害者福祉センターの皆様のご協力を得た。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 澤田知之、渡辺真由実、小島洋一郎、伊藤大輔、村本充、近藤崇：走行路面や乗車体勢による車椅子の振動特性と乗り心地の検討,土木学会,第 63 回土木学会全国大会予稿集,1-195,2008.
- 2) 渡辺真由実、澤田知之、小島洋一郎、村本充、中村充美：駆動条件の異なる車椅子の乗り心地に関する評価検討,日本感性工学会,第 10 回日本感性工学会大会予稿集,12D-03,2008.