

走行条件の違いによる車椅子の振動と乗り心地の検討

A study for the characteristic of vibration with different running condition and riding comfort of wheelchair

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	環境システム工学専攻	学生員	中村 愛子 (Aiko Nakamura)
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)

1. はじめに

高齢化が進み、一方では交通事故等、車椅子の需要が増加している現在、一般的には使用されている車椅子は利用者(ここでは乗車者・介助者をいう)にとって必ずしも快適なものになっていないと限らない。

このため、車椅子の利用者の立場となって車椅子の走行中の振動と乗り心地の関係性をより明確なものにするということは、利用者にとって、快適な車椅子の開発やバリアフリーに対する改良に役立つとともに、QOL(Quality Of Life)の観点からもノーマライゼーションの促進にも役立つものと考えられる。

そこで本研究では車椅子の乗車及び操作性における工学(振動特性及び体圧分布)と感性(乗り心地)の関連について検討することを目的とする。

従来、本研究では学生を被験者としてきたが⁴⁾、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、苫小牧市身体障害者福祉センターの御協力を得て実験を行った。

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。本稿では、平坦路走行実験において、測定基準としての苫小牧市身体障害者福祉センター体育館における滑らかな路面の走行及び常態走行状態での輪立ち横断を想定した多段差走行を行った。また、常時使用者及び一時使用者の各々に於いて駆動条件を変えて行った実験結果と考察を報告するものである。

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3名である。ただし、身障者の方は身体上の都合に合わせた測定を行った。

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(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2段の段差路(平坦路に中間10mの位置に高さ1.5cmの板を1.75m間隔で設置)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



(a)苫小牧身体障害者福祉センター (b)環境棟1F廊下

写真-4 走行実験の様子

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。図 - 2 (a) ~ (d)には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示す。また、図は顕著に表われる Y 方向（鉛直方向）を示し、横軸は振動数の Frequency(Hz)と表示した。波形で囲まれた面積は振動量を示す。

3.2 実験結果

表 - 1, 2 に常時利用者の平坦路・段差路における手動・電動車椅子の卓越周波数を示す。これより、両者ともに Y 方向では 5Hz の付近でピークが発生している。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、電動型では 5 ~ 10Hz 及び 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量が大きめとなった。さらに電動型は 15Hz 付近にピークが現れる。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、常時利用者においては、両者共に発生する振動量は少なく、特に手動型では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 (鉛直) 方向に対する加速度の変化は少なく、発生する振動量も少ない。また、表 - 2 に 2 段差路における各方向の卓越周波数域を示す。ここで、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、2 段差乗り越え時には「段差です」と声をかけ乗車者に注意を促し、フットペダルを踏んで前輪を浮かせ気味にして衝撃を避けるように走行するため、各段差ごとの支配的振動数は 5Hz 付近、12Hz 付近と明瞭にあらわれるが、発生振動量は僅かに小さくなった。これに対し、電動型は搭載されているモーターにより一定の速度で走行し、乗車者が操作するため 2 段差を認識して安心感を持ってかなり衝撃的に段差乗り越えを行うため、発生振動量は大きく出る。今回は輪立ちを想定した 2 段差走行であるため 2 つのピークが表われており、各々、1 段目の段差乗り越え終了のピークと固有振動数の 2 種類の支配的振動数が表われていると考えられる。これは、乗車者の段差認識が大きく影響を与えていると考えられる。

表 - 1 Y 方向の卓越周波数域 平坦路の場合

	手動型	電動型
Y 方向	5 ~ 15Hz	20 ~ 25Hz

表 - 2 Y 方向の卓越周波数域 段差路の場合

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

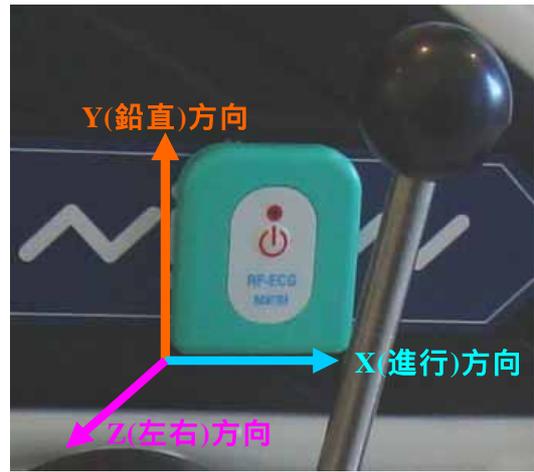
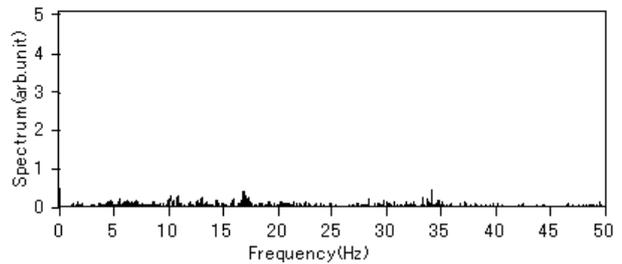
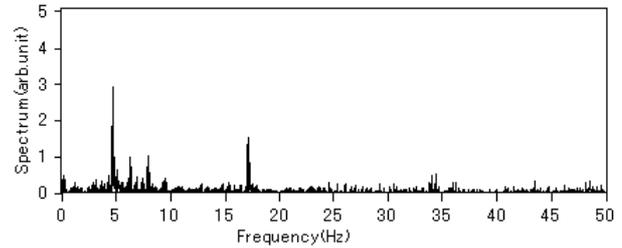


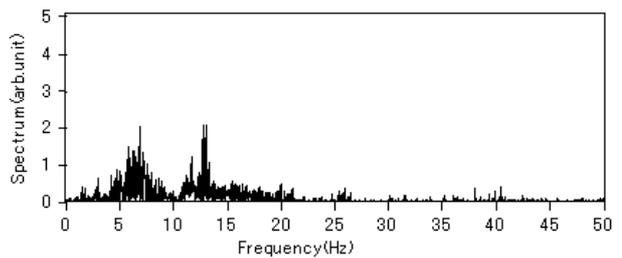
図 - 1 加速度測定方向



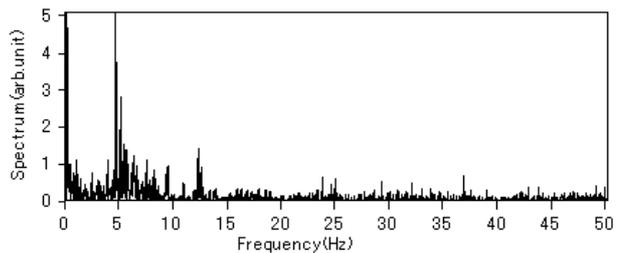
(a) 常時利用者 手動型



(b) 常時利用者 電動型



(c) 一時利用者 手動型



(d) 一時利用者 電動型

図 - 2 FFT 解析結果 平坦路

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。

体圧シートで得られるデータは図-3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・記録した。座面のうち、測定されるのは荷重が載った部分の面積で除した圧力が示される。また、グラフは時間に対する体圧の変化を示したものであり、その傾きは乗車者が車椅子座面に与えた荷重移動、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。

4.2 実験結果

図-3は、2段差走行路において車椅子座面に生じる体圧 時間の測定結果である。

いずれも、段差越えの抜重状態が、2つのピークとして明瞭に示されたが、これは、車椅子が段差乗り越え時、その衝撃により座面にかかる体重が一旦アームレス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圧力が低下し、座面にかかる加重が一瞬減少するためである。この際、手動型は介助者が段差の存在を乗車者に告げ、フットペダルを踏み込んで、段差越えを行うため、電動型より大きな抜重状態を呈している。

一方、電動型は、乗車者操作の自走であり、乗車者が段差の存在を認識して越える為に自身は車椅子に密着状態の段差走行となり、抜重状態は、手動型に比べて 1/2 程の小さな状態となる。

このことから、常時使用者では、介助者が付く手動型は体重移動が大きく、押し慣れない介助者、乗り慣れない車椅子では、特に段差走行では、体重移動が大きいことが明らかになった。一方、電動型での走行は乗車者が段差を認識・意識して自走する為、安心感が増し、車椅子の挙動の予想がつくため、手動型に比べて、身体が車椅子と一体化する乗車姿勢を取ることができ、抜重が 5 割程度も減少する状態を示したと考えられる。

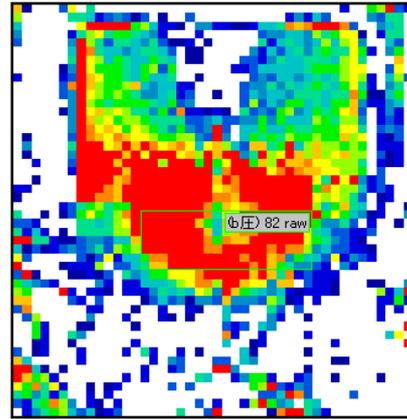
図-3は、体圧シートにおける「後部」圧力分布に注目して示した。ここに、測定した体圧の経時変化を含めた分布は以下に示す2つの部位に分けて検討を行ったものの1例である。

(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。

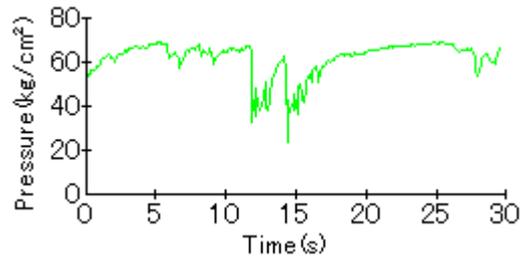
(2)「後部」:座面のうち乗車者の臀部～尾てい骨にかけての部分にかかる荷重をその部分の面積で除した圧力。

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。

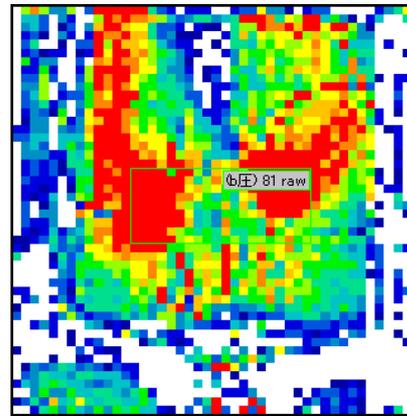
以上、常時利用者に着目した実験結果の考察であるが、車椅子に乗り慣れた常時利用者であるが、乗り慣れていない電動型や自分の車椅子ではなく、初めて接する見知らぬ介助者による走行実験であり、一時利用者よりはるかに早く乗り慣れたとは言え、体の揺れなどに特長が表われた結果となった。



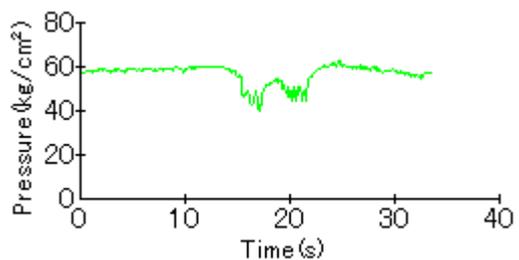
(a)-1 手動型 体圧分布例



(a)-2 手動型 体圧移動の経時変化



(b)-1 電動型 体圧分布例



(b)-2 電動型 体圧移動の時系列グラフ

図 3 体圧分布の一例と体圧移動の経時変化 (常時利用者の場合)

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

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場合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、揺れを感じやすく、発生振動量も大きくなっている (図 2)。そのため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の振動が明瞭に発生しているが、車椅子自身の重量が重いため全体の振動量は少ない (図 2)。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。

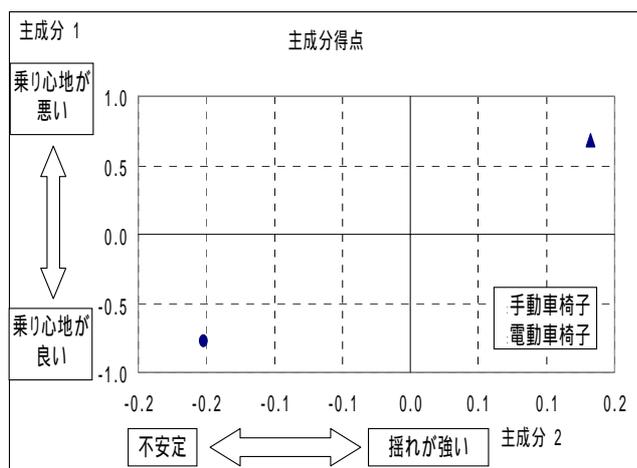


図 - 4 主成分分析結果 手動型と電動型の比較 (常時利用者, 平坦路の場合)

6. まとめと今後の課題

今回は、常時利用者と一時利用者の比較を含めての結果の考察であるが、次のようにまとめられる。

- (1) 電動型の場合、モーターによる駆動のための固有振動数が示された。加えて、車椅子自身の重量が重い場合振動が励起されると、手動型に比べて大きめの振動量が発生している。一方、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小さく、乗り慣れない感が表われ体は堅くなって乗り心地の悪さを感じている。
- (2) 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 2 段差走行では特に大きくなる。しかし、介助者が段差の存在を事前通告し、注意喚起を行って乗り越えを行ったため、安心感が増し乗り心地は良くなっていると考えられる。

- (3) 前回報告³⁾は、常時利用者に対する駆動条件を変えた、比較検討を行ったが、今回の実験結果より、常時利用者・一時利用者の違い、手動型・電動型の駆動条件の違い、平坦路・段差路の走行条件の違いなどでも比較を行ったが、総合的には、発生振動数の違いも含めた上で、発生振動量の大小が操作性、乗り心地を左右することが明らかとなった。

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パターン認識が可能となることを目標に検討を行っていく予定である。

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岸波さとこ氏、豊島和宏氏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、中村愛子、小島洋一郎、渡辺真由実、村本充、近藤崇：駆動条件の異なる車椅子の振動特性と乗車者の体圧分布, 土木学会, 第 64 回土木学会全国大会予稿集, 1-414, 2009
- 2) 小島洋一郎、澤田知之、中村愛子：3 軸加速度計による車椅子の振動評価と乗り心地, 日本感性工学会, 11 回日本感性工学会大会予稿集, P49, 2009
- 3) 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.
- 4) 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.