

車椅子利用者の体勢による振動特性と体圧分布及び乗り心地の検討

A study for the characteristic of vibration , distribution of body pressure of wheelchair and riding comfort

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	環境システム工学専攻	学生員	伊藤 大輔	(Daisuke Itoh)
苫小牧工業高等専門学校	情報工学科		村本 充	(Mitsuru Muramoto)
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

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、交通事故や災害件数の増加により、怪我などによる一時的な車椅子の使用も増加している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結果となり得る²⁾。本研究では、車椅子乗車及び操作時における工学(振動・体圧分布)と感性(操作性及び乗り心地)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・乗車者の姿勢の変化による振動特性・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と操作性を評価した。

2. 実験方法

本研究では、走行実験を屋内実験・屋外実験に分け、実験を行った。屋内実験は苫小牧高専環境都市工学科棟1階廊下と苫小牧身体障害者福祉センター2階体育館、屋外実験は普通アスファルト舗装路と透水性アスファルト舗装路で行い、走行距離は共に20mとする。

被験者は20代前半の若年者30名(「健常者」と、実際に車椅子を使用している30~50代の身障者の方々5名(「身障者」)である。加速度・体圧の測定は体格による測定の誤差を考慮して、乗車者、介助者ともに同一の被験者で行った。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スチール製車椅子とし、この座席側面に加速度測定器を、座面に耐圧シートを設置する。これらの様子を写真-1、2に示す。屋内実験では平坦路(「段差無し」)と段差路(「段差1.5cm」、平坦路に中間10mの位置に高さ1.5cm、幅15cmの板を設置)で、屋外実験では普通アスファルト舗装と透水性アスファルト舗装において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、フットレストを完全に縮めた状態(「フット縮」と乗車者の脚部が座面につくように伸ばした状態(「フット伸」)の2種類の条件下で試験を行った(写真-3)。実験の流れを図-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。



写真-1 車椅子と耐圧シート 写真-2 加速度測定器



(a)フット縮 (b)フット伸

写真-3 フットレストの状態

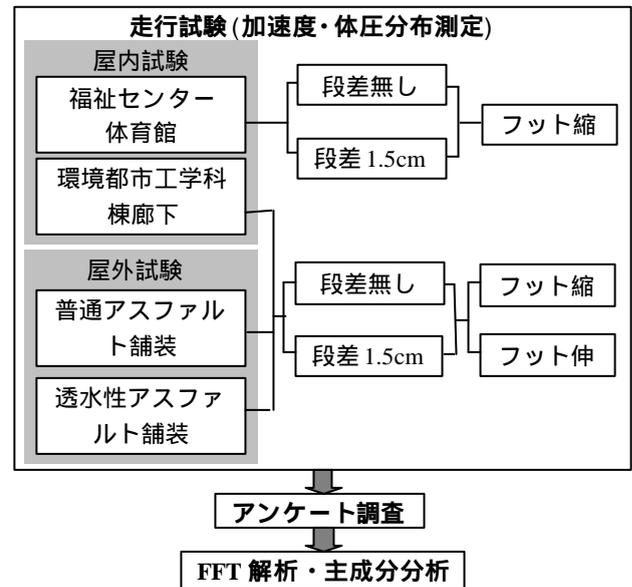


図-1 実験の流れ

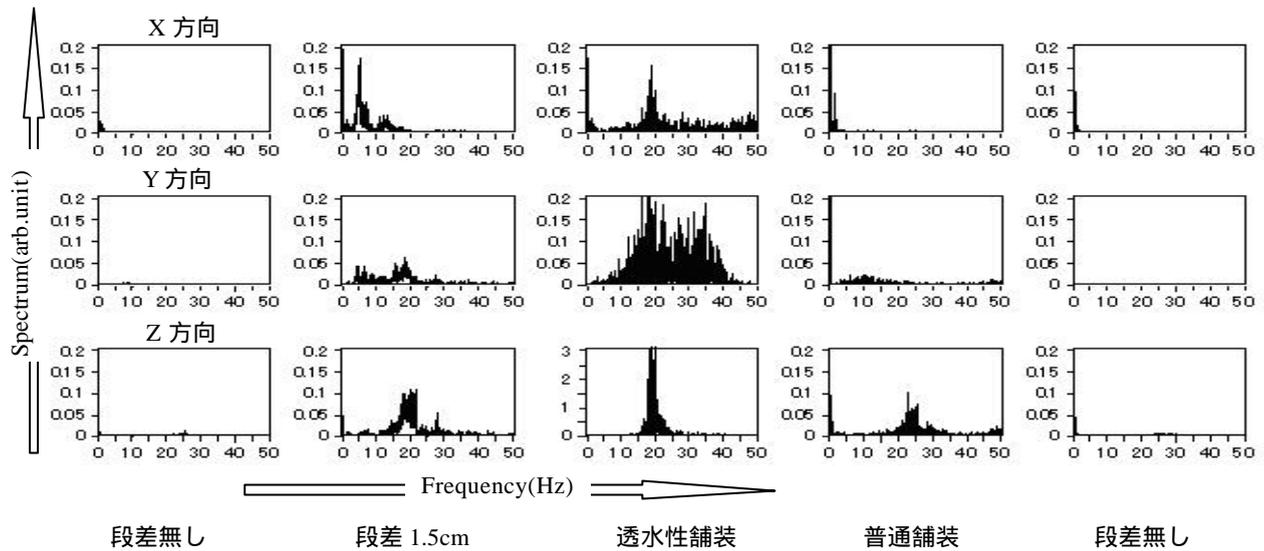


図 - 2 FFT 解析結果 フット縮(健)

図 - 4 FFT 解析結果(身)

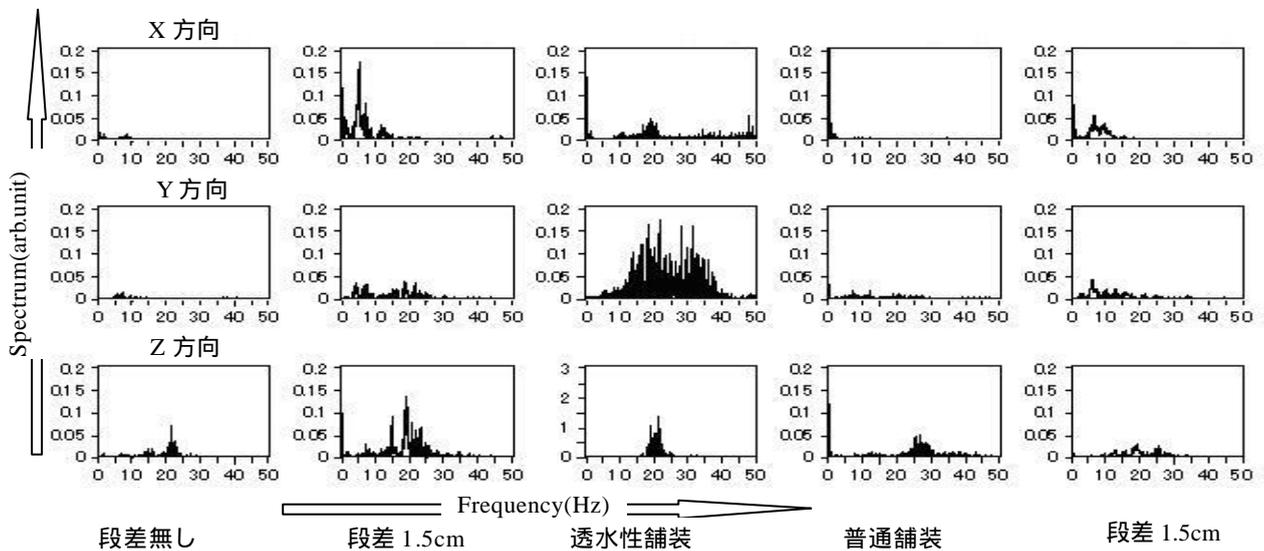


図 - 3 FFT 解析結果 フット伸(健)

図 - 5 FFT 解析結果(身)

3. 車椅子に発生する振動

3.1 振動の評価

車椅子に生じる加速度測定結果をFFT解析を行った結果を図-2~5に示す。ここで、(健)は健常者、(身)は身障者を示し、縦軸は Spectrum(arb.unit)を、横軸は Frequency(Hz)を示す。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。

3.2 屋内実験

図-2,3から段差の無い走行路ではフットレストの状態に関わらずX方向で5~10Hz、Y方向で5~10Hz、Z方向で20~25Hzの周波数が卓越する結果となった。また、両者ともにZ方向の振動量が一番多い結果であった。また、図-4,5から身障者の方が乗車した場合は、振動の発生がほとんど見られなかった。段差1.5cmの走行路では両者ともにX方向で3~10Hz、Y方向で5~20Hz、Z方向で18~25Hzの周波数が卓越した。段差路の場合、Y方向では5~20Hzにかけて広く少量の振動が発生しているのに対し、振動量に差はあるが、

X方向では5Hz、Z方向では18Hz付近の周波数にピークを持つ傾向が見られた。図-5の身障者の方が乗車した場合、X方向は5~13Hz、Y方向は5~20Hz、Z方向は10~30Hzの周波数域に広く振動が発生したが、いずれもはっきりとしたピーク値を持たなかった。

3.3 屋外実験

透水性アスファルトにおいて、X方向は18~23Hz、Y方向は10~40Hz、Z方向は15~30Hzの領域が支配的で、Y方向の振動量が非常に多い結果となった。

さらにフットレストを伸ばした状態の方が全体の振動量が少なく、フットレストを縮めた状態の方がはっきりとしたピーク値を示すことがわかった。

普通アスファルト舗装においては、X方向は0~5Hzで卓越した周波数を持ち、Y方向は5~25Hzにかけて広く少量の振動が発生し、Z方向では23~33Hzにかけて振動が発生した。これも上と同様に、フットレストを伸ばした状態の方の振動量が少ない結果となった。

フットレストの状態で比べると、どの条件下でもフット伸の方が発生する振動量は少ない結果となった。

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 - 6 のようになり、セルの色によって荷重の大小が表されている。

本論文では体圧の経時変化で記録し、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。

なお、比較は載荷部・後部で行う。

4.2 屋内実験

屋内試験において車椅子座面に生じる体圧 - 時間の測定結果を図 - 7, 8 に示す。

図 - 7 の段差の無い走行路において、フット縮では載荷部と後部の体圧値がほぼ同じことから、載荷部における後部の体圧の割合が大きいことがわかった。また、フット伸ではフット縮に比べて載荷部の値が小さく、載荷部に比べて後部の体圧が小さいことがわかった。同じ荷重でもフット伸は座面にかかる荷重の接地面積が大きいいため、載荷部の圧力が小さくなると思われる。さらにフット伸の後部は、体圧の変化に傾きを持っているため、その部分の圧力値が変化する。つまり体重移動が大きいことを示す。

図 - 8 の段差のある走行路においては、車椅子が段差を乗り越えるとき、車椅子と共に乗車者が下がることから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。この段差を乗り越える部分に着目すると、フット縮では段差を乗り越えた後、乗り越える前の体圧にすぐ戻るのに対し、フット伸では段差を乗り越えてからも、段差乗り越え前の圧力に戻るために一定の時間を要することがわかった。これは載荷部よりも後部の方が顕著であることから、座面に対する接地面積が小さいほど、この傾向が顕著であると考えられる。

福祉センターでの実験結果を図 - 9 に示す。

身障者は段差無しの走行路では体圧の変化がほとんど見られず、段差 1.5cm の走行路では健常者の段差路体圧測定結果(図 - 8)に比べて段差乗り越え時の抜重が少ない結果となった。これは座面に敷いたクッションのため、もしくは抜重してから座面に荷重が戻るまでの時間が短いことから、健常者に比べて体の浮き上がりが少ないということが考えられる。

4.3 屋外実験

舗装路面の差違による体圧の著しい変化の差異はほとんど見られず、屋内試験と同様に、フット伸はフット縮に比べて載荷部の体圧が小さい傾向が見られた。

乗車者一定の条件下において、フット伸の方が載荷部の圧力が少ない結果が見られた。これはフット伸の状態ではバックレストや肘掛に体重が拡散しているためと考えられる。

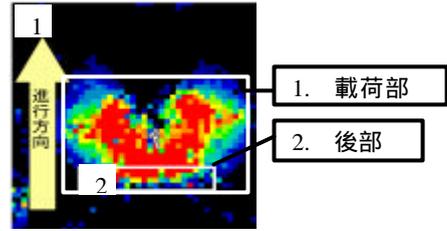


図 - 6 体圧測定結果の一例

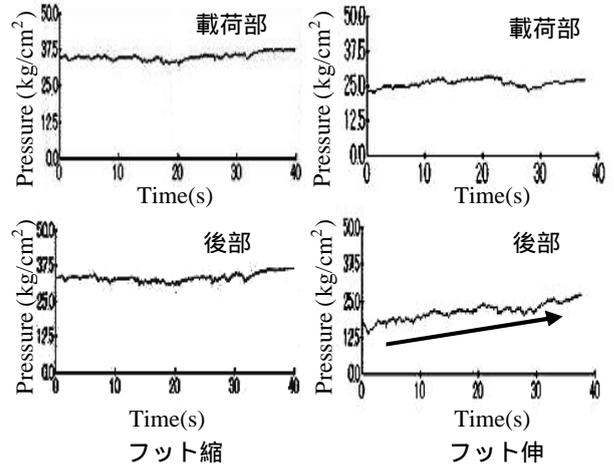


図 - 7 体圧測定結果 健常者 段差無し

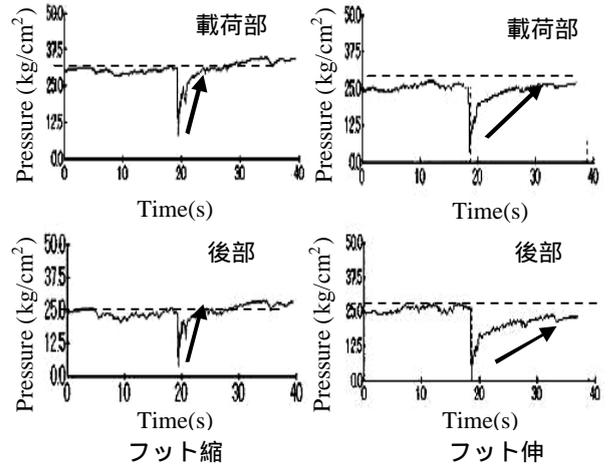


図 - 8 体圧測定結果 健常者 段差 1.5cm

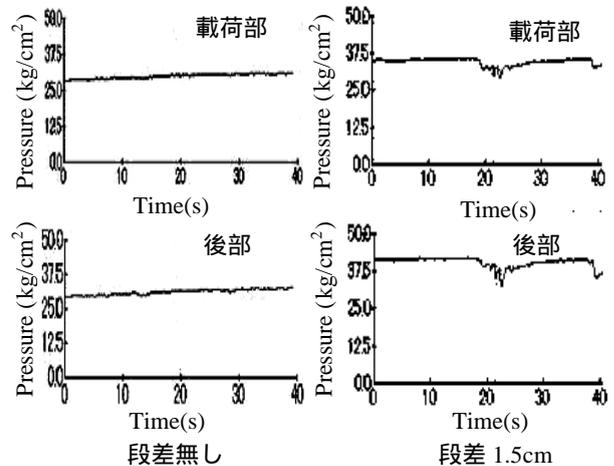


図 - 9 体圧測定結果 身障者

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。

5.1 フットレストの伸縮

フットレストの状態による固有ベクトルを比較した(図 - 10)。段差が無い場合、フット縮では「速い」の項目が、フット伸では「座り心地の悪さ」、「速い」の項目が乗り心地の悪さに影響が小さかった。また、段差路では両者共に「速い」の項目が乗り心地の悪さに大きな影響を与える結果となった。これより、段差の無い走行路では「速い」の項目は乗り心地の悪さに影響が小さいが、段差路では影響が大きいことがわかった。

5.2 健常者と身障者

図 - 10 を見ると、5.1 節と同様に「速い」の項目だけが乗り心地の悪さに対する影響が極めて小さい結果となった。さらに、他の項目に着目すると両者共に「怖い」「不安定」「危険」が上方に、「座り心地の悪さ」「ゆれの強さ」が下方に集まるといった傾向が見られた。

次に図 - 11 に健常者(フット縮)と身障者を対象とした主成分分析結果を示す。このグラフでの Y 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、段差の無い走行路では健常者・身障者共に中央部に広く分布し、段差路では中央部より上方に集まる傾向が見られた。段差路では健常者・身障者共に上方に集まるといった同様の分布を見せたが、身障者の方が狭い範囲に分布した。身障者は身体上の都合から、段差の衝撃に対して体を自由に動かすことができない。これに対し、健常者では乗車者の体は自由である。よって身障者は身体の運動能力に制約がかかるが、座面に敷いたクッションにより振動を間接的に受けることなどから健常者に比べ乗り心地に影響しにくい傾向があると考えられる。

6. まとめと今後の課題

- (1)フットレストの伸縮に関係なく、車椅子に発生する振動の周波数はほぼ同じ帯域に発生する。
- (2)フットレストを伸ばした状態の方が車椅子に発生する振動量が少なく、段差乗り越え時に座面に対しての抜重が大きい傾向が見られた。
- (3)透水性アスファルト舗装の方が普通アスファルト舗装に対して広域に多くの振動が発生した。
- (4)段差の無い走行路ではフットレストの伸縮に関わらず「速い」の項目は乗り心地の悪さに影響が小さく、段差路では乗り心地に大きい影響を与えることがわかった。
- (5)身障者は健常者に比べ、クッションを敷くことにより乗り心地への影響が抑制されることがわかった。

今後は身障者の方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。

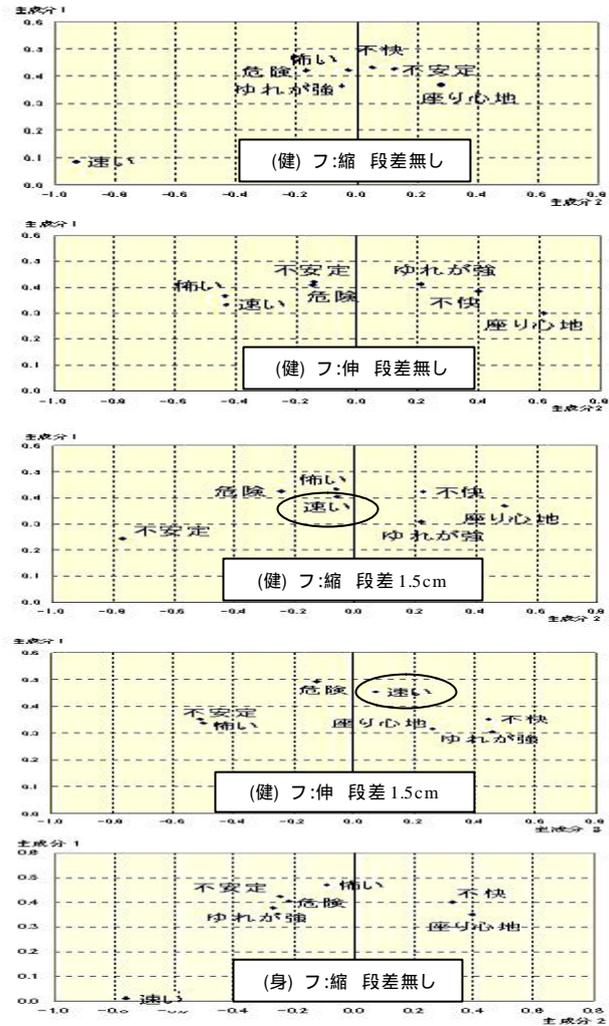


図 - 10 固有ベクトル

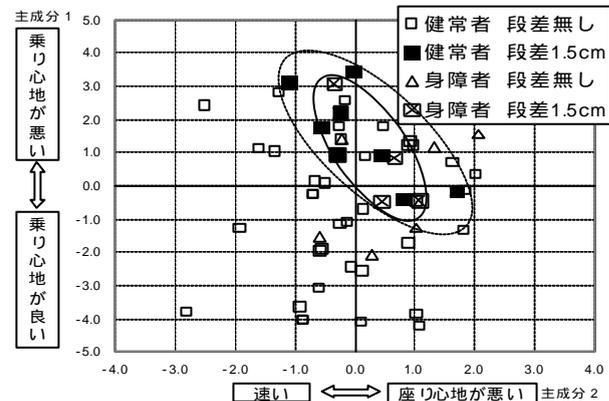


図 - 11 主成分分析結果 健常者と身障者

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,小島洋一郎,近藤崇,岩口純子,中村充美: 車椅子操作と乗り心地に関する多変量解析について, 苫小牧工業高等専門学校紀要第40号, 2005.
- 2)澤田知之,小島洋一郎,渡辺真由実,伊藤大輔,村本充,近藤崇: 第9回日本感性工学会大会予稿集 2007.