

車椅子における構造上の振動特性と操作や乗り心地に関する実験的研究

An Experimental Study for the Vibration-Characteristic on the Structure of a Wheelchair with its Comfort and Operativity

苫小牧高専環境都市工学科	正 員	澤田 知之
苫小牧高専環境都市工学科	正 員	近藤 崇
苫小牧高専機械工学科		小島洋一郎
苫小牧高専環境システム工学専攻	○ 学生員	岩口 純子
苫小牧高専環境システム工学専攻	学生員	中村 充美

1. まえがき

高齢化に伴う高齢者の増加と共に、車椅子の需要も増加している現在、利用者の様々な状態に合わせた車椅子の研究が進んでいる¹⁾。しかし、平坦面やスロープでの走行が、車椅子利用者にどのような感覚を与えているかという報告はほとんど見当たらない。

そこで本研究では、今までの研究²⁾に加え、空車時や乗車時における走行・非走行状態の基礎的実験（加速度測定）を行い、FFT 解析による車椅子の構造上の振動特性を検討した。さらに、官能評価の SD 法に基づくアンケート調査を行い、多変量解析のうち主成分分析を用いて乗り心地と操作性の評価・検討を行った。

2. 空車固定実験

2.1 実験概要

加速度計（IMV 社製 VP-7002）を取り付けた車椅子を台の上に設置し、車輪を回して測定を行った。加速度計を写真-1、実験風景を写真-2 に示す。

2.2 実験結果

図-1 に空車固定実験で得られた加速度測定結果例を示す。本実験においては、設置状態から鉛直方向はほぼ拘束されていたことと、製作時に生じたと考えられる構造上の軸ブレの影響により、鉛直方向よりも水平方向の加速度が大きく発生した結果となっている。

また、図-1 の加速度測定結果を FFT（高速フーリエ変換）解析した結果を図-2 に示す。これより、鉛直方向よりも水平方向の周波数頻度が大きく、水平方向・鉛直方向共に 10Hz 程度の振動が支配的であることがわかる。



写真-2 空車固定実験風景

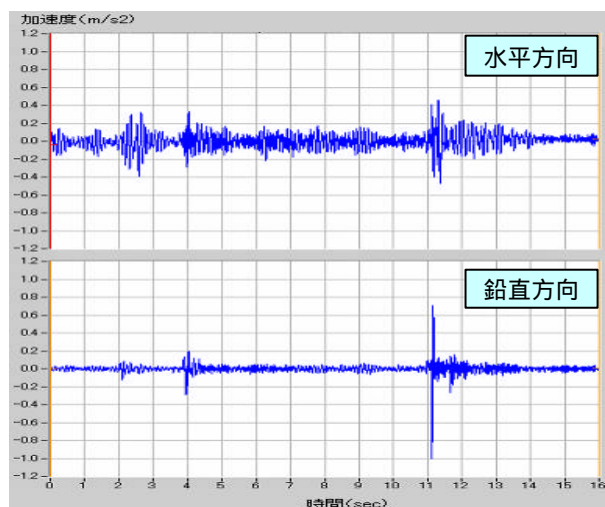


図-1 空車固定加速度測定結果例



写真-1 加速度計

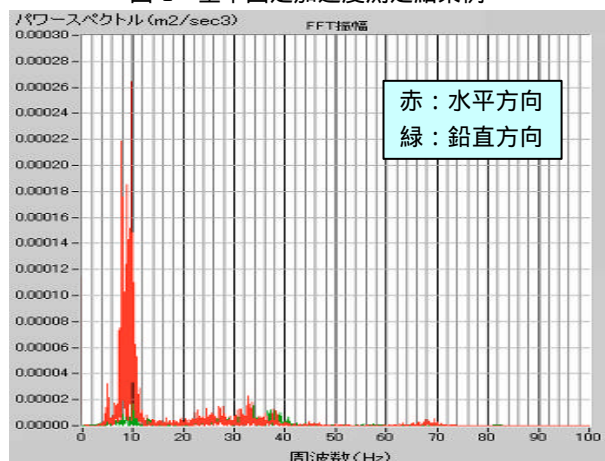


図-2 空車固定 FFT 解析結果

3. 空車走行実験

3.1 実験概要

空車走行実験は、苫小牧高専環境都市工学科棟における1階廊下平坦20mおよび北側玄関に設置されている傾斜5.7度のスロープ3mを利用して行った。

また、実験実施条件としては移送速度を平坦面走行実験は90歩/分(約1m/秒)、スロープ走行実験では介助者の任意速度と指示し、加速度計を取り付けた車椅子を平坦面、スロープ前向き順で走行させた。上記平坦面およびスロープ前向きにおける空車走行実験風景をそれぞれ写真-3、写真-4に示す。

3.2 実験結果

平坦面およびスロープ前向きにおける空車走行実験で得られた加速度測定結果例をそれぞれ図-3、図-4に示す。

図-3、図-4より、平坦面・スロープ前向き共に水平方向より鉛直方向の加速度が大きく発生しており、路面の凹凸のある箇所やスロープの始点・終点での段差で加速度が大きく変化していることがわかる。さらに、平坦面、スロープ間での加速度は水平方向・鉛直方向共にほぼ同程度であることがわかる。

また、図-3、図-4の加速度測定結果をFFT解析した結果をそれぞれ図-5、図-6に示す。

図-5、図-6より、平坦面・スロープ前向き共に水平方向よりも鉛直方向の周波数頻度が大きいことがわかる。

また、平坦面走行では、水平方向は数Hz、鉛直方向は30Hz以内の振動が支配的であり、スロープ前向き走行では、水平方向は数Hz、鉛直方向は40Hz以内の振動が支配的であることがわかる。

このことから、スロープ前向き走行のほうが平坦面走行時よりも若干、高周波の振動であることがわかる。

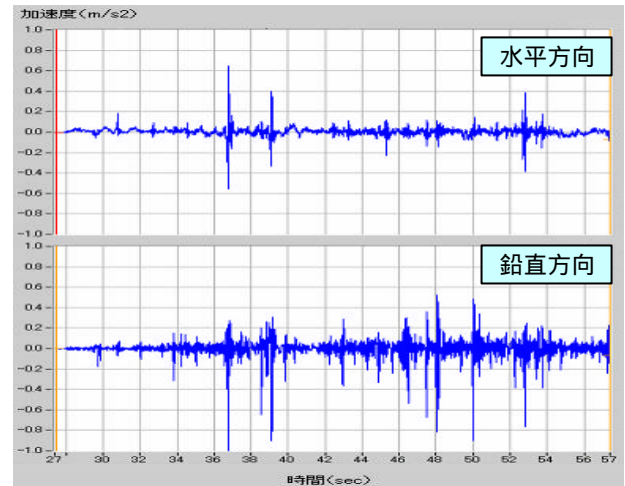


図-3 空車走行加速度測定結果例(平坦面)

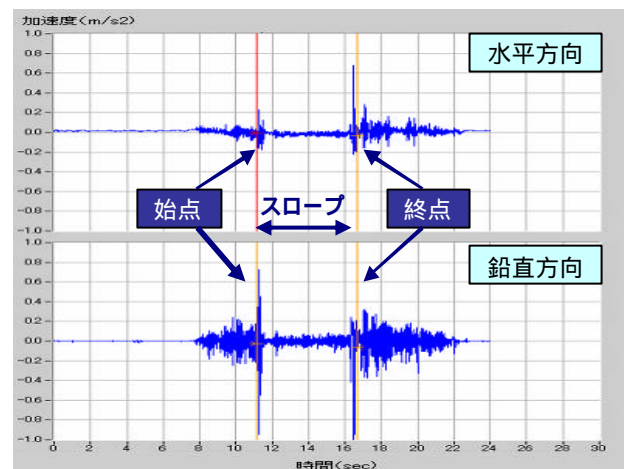


図-4 空車走行加速度測定結果例(スロープ前向き)



写真-3 空車走行実験風景(平坦面)



写真-4 空車走行実験風景(スロープ前向き)

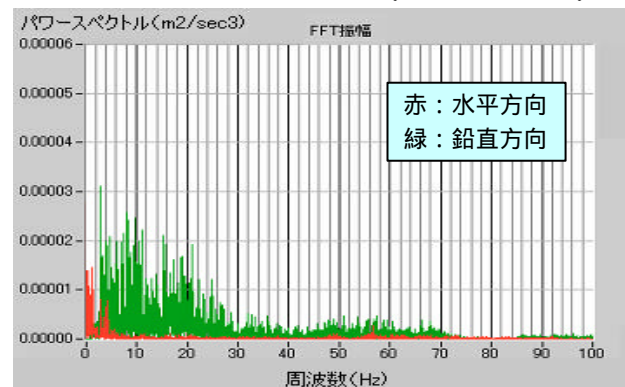


図-5 空車走行 FFT 解析結果(平坦面)

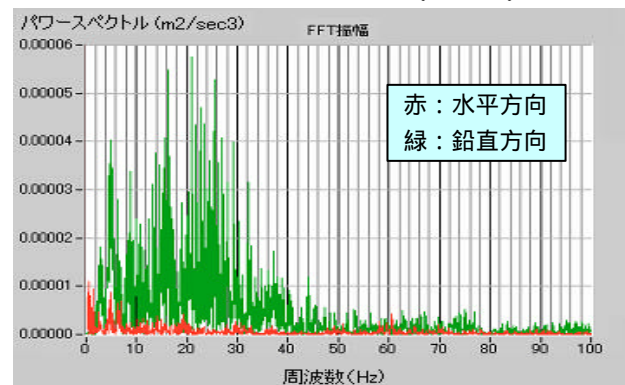


図-6 空車走行 FFT 解析結果(スロープ前向き)

4. 乗車走行実験

4.1 実験概要

乗車走行実験は、被験者として苫小牧市立総合病院付属高等看護学院生 20 名、苫小牧高専環境都市工学科生 16 名の協力を得て実施した。

また、実験場所は苫小牧市立総合病院 1 階廊下における平坦 20m・傾斜 6.2 度のスロープ 10m および苫小牧高専環境都市工学科棟 1 階廊下・北側玄関における平坦 20m・傾斜 5.7 度のスロープ 3m を利用して行った。

さらに、実験実施条件として、移送速度を空車走行時と同様に指示し、加速度計・耐圧シートを取り付けた車椅子を平坦面、スロープ前向き、スロープ後ろ向きの順で走行させた。また、移送直後に乗車者・介助者を対象として官能評価の SD 法に基づくアンケート調査を実施した。耐圧シートを写真-5 に示す。

4.2 実験結果

1) 加速度測定結果

平坦面およびスロープ前向きにおける乗車走行実験で得られた加速度測定結果例をそれぞれ図-7、図-8 に示す。

図-7、図-8 より、空車走行時と同様に、平坦面・スロープ前向き共に水平方向より鉛直方向の加速度が大きく発生していることがわかる。

また、スロープ前向き走行よりも平坦面走行の加速度が水平方向・鉛直方向共に大きいことがわかる。

さらに、空車走行時よりも平坦面・スロープ前向き共に加速度は大きくなったが、路面の凹凸のある箇所やスロープの始点・終点での段差で生じる加速度変化は小さくなっていることがわかる。

また、図-7、図-8 の加速度測定結果を FFT 解析した結果をそれぞれ図-9、図-10 に示す

図-9、図-10 より、空車走行時と同様に、平坦面・スロープ前向き共に水平方向よりも鉛直方向の周波数頻度が大きいことがわかる。

また、平坦面走行では、水平方向は数 Hz、鉛直方向は 50Hz 以内の振動が支配的であることがわかる。これに対し、スロープ前向き走行では、水平方向は数 Hz および 30Hz 付近、鉛直方向は 30Hz 以内の振動が支配的であり、このことから、スロープ前向き走行のほうが平坦面走行時よりも水平方向は複雑な振動、鉛直方向は低周波の振動であることがわかる。



写真-5 耐圧シート

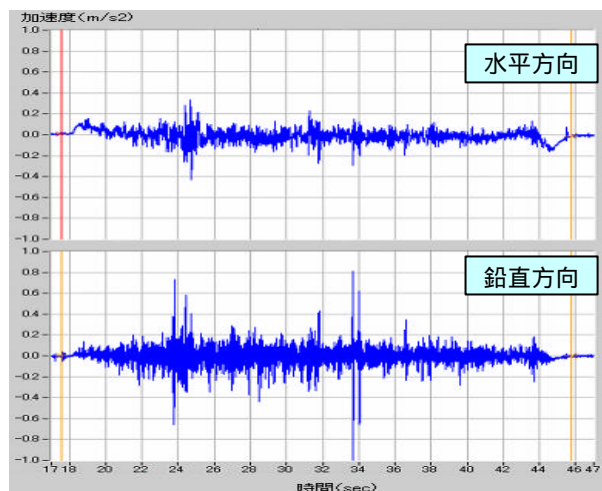


図-7 乗車走行加速度測定結果例（平坦面）

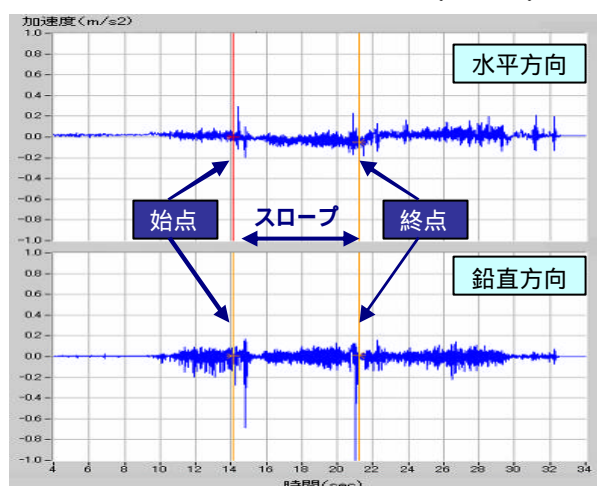


図-8 乗車走行加速度測定結果例（スロープ前向き）

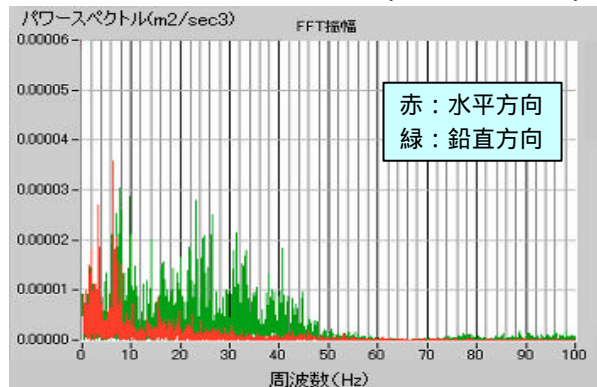


図-9 乗車走行 FFT 解析結果（平坦面）

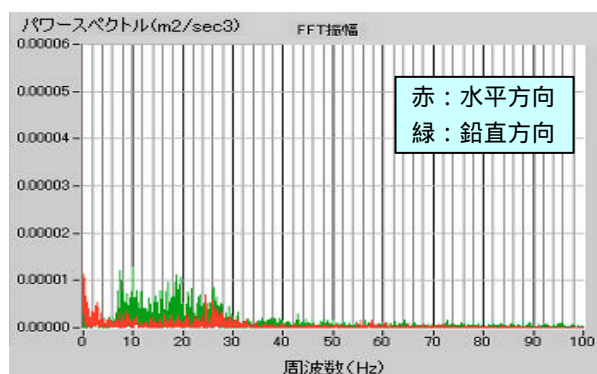


図-10 乗車走行 FFT 解析結果（スロープ前向き）

2) 耐圧シート測定結果

図-11 に、乗車走行実験における耐圧シートを用いた乗車者の臀部圧力分布の測定結果例を示す。

走行時におけるピーク荷重値の変化について、平坦面走行およびスロープ前向き走行を比較した結果、平坦面走行ではピーク荷重値の変化がほとんどないのに対して、スロープ前向き走行では大きく変化することがわかった。

3) 主成分分析結果

図-12に官能評価のSD法に基づくアンケート用紙を示す。また、アンケート結果について主成分分析を行い、得られた乗車者の主成分得点結果を図-13に示す。

図-13より、乗車者は『乗り心地の良さ』を平坦面、スロープ前向き、スロープ後ろ向きの順で感じていることがわかる。これに対し、介助者は『操作性の良さ』を平坦面、スロープ後ろ向き、スロープ前向きの順で感じており、乗車者と介助者で感じ方の違いが見られた。

5. 考察

空車固定実験結果より、車椅子には軸ブレによる10Hz程度の構造上の振動特性があると考えられる。

また、空車走行実験結果および乗車走行実験結果より、水平方向よりも鉛直方向の加速度・周波数頻度が大きく発生することがわかった。このことから、車椅子走行では、縦軸ブレの影響も加わり、鉛直方向の加速度・周波数頻度が水平方向より大きく発生するものと考えられる。

さらに、乗車走行では平坦面・スロープ共に空車走行時よりも加速度は大きく発生したが、路面の凹凸や段差による加速度変化は小さくなり、載荷状態では加速度は大きく発生するが加速度変化は抑制されると考えられる。

次に、主成分分析結果より、平坦面での走行(90歩/分程度のスピード)は乗車者・介助者共に快適であるということがわかった。また、スロープを後ろ向きで下りる場合、乗車者は後ろが見えないことの不安から、前向きよりも『乗り心地の悪さ』を感じ、介助者は乗車者を支え易く、スピードを調整し易いため、前向きよりも『操作性の良さ』を感じたものと考えられる。

さらに、乗車走行の場合、スロープよりも平坦面の加速度が大きくなることがわかった。スロープ走行では、介助者は加速しないよう慎重に操作するため、平坦面走行よりも加速度は小さくなり、このことから介助者は平坦面よりも『操作性の悪さ』を感じたものと考えられる。

一方、乗り心地についてはスロープ走行の場合、平坦面走行よりも水平方向は複雑な振動、鉛直方向は低周波の振動となり、複雑で振幅の大きい低周波の振動であるほど乗車者が感じる揺れは大きく、このため平坦面よりも『乗り心地の悪さ』を感じたものと考えられる。また、スロープ走行では平坦面走行よりも乗車者の荷重値変化が大きく、このことから荷重値変化が大きいほど『乗り心地の悪さ』を感じるものと考えられる。

尚、本スロープ走行実験において利用したスロープの傾斜角度は、バリアフリー法規定外の5.7度および6.2度であり、今後は規定内の傾斜角度(屋内:4度75分以内)を有するスロープで実験を行う必要がある。また、詳細な考察は当日発表予定である。

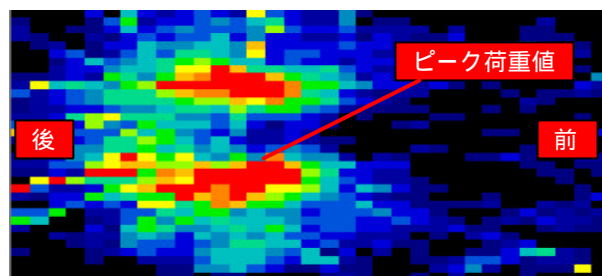


図-11 耐圧シート測定結果例

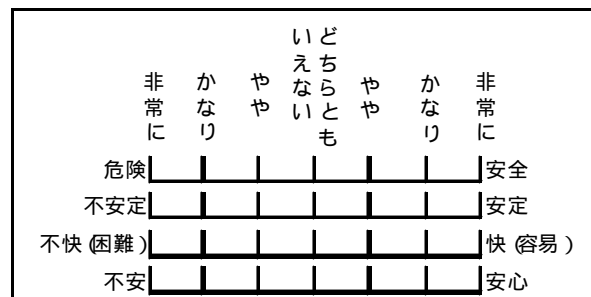


図-12 アンケート用紙

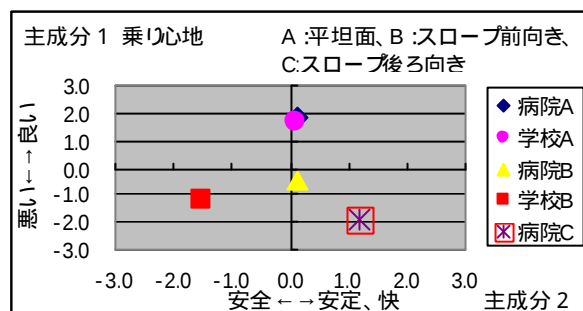


図-13 主成分得点結果(乗車者)

6. 結論

- 1) 車椅子には軸ブレによる10Hz程度の構造上の振動特性がある。
- 2) 走行時は、軸ブレの影響も加わり鉛直方向の加速度・周波数頻度が水平方向よりも大きく発生する。
- 3) 載荷状態では、加速度は大きくなるが加速度変化は抑制される。
- 4) 乗車走行の場合、平坦面では水平方向・鉛直方向共に高周波領域の振動となり、スロープでは水平方向は複雑な振動、鉛直方向は低周波領域の振動となる。
- 5) 振動が複雑で振幅の大きい低周波であるほど、また、荷重値変化が大きいほど、乗車者は『乗り心地の悪さ』を感じ、一方、介助者は加速度を小さく保つよう慎重に操作するほど『操作性の悪さ』を感じる。

参考文献

- 1) 森野陽 他：車椅子操作に関する人間工学的分析-異なる床面による影響について-、第15回八工学会カンファレンス2000, pp.281-284, 2000.
- 2) 澤田知之, 近藤崇, 小島洋一郎, 岩口純子：車椅子に関する構造上の振動特性及び操作と乗り心地の感性工学的評価, 土木学会, 第59回年次学術講演会講演概要集, pp.59-60, 2004.