

車椅子の振動特性と操作性や乗り心地に関する走行実験

Running tests for the vibration-characteristics of the wheelchair and for its operativity and comfort

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 充美 (Mitsumi Nakamura)

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機械工学科

小島洋一郎 (Yoichiro Kojima)

1. はじめに

近年我が国では高齢化が進み、21世紀半ばには総人口の約1/3が65歳以上になると推計されている。高齢者や身障者が生活をしていく上で車椅子は重要なものであり、その需要も年々伸びていくことが予想される。車椅子利用者にとって、傾斜（スロープ）や段差は乗り心地や操作性を左右する大きな問題であり、その時の振動は時に利用者（乗車者・介助者）に不快感や操作性の悪さを感じさせるものと考えられる。そこで本実験では、車椅子の振動特性の計測やSD法によるアンケート調査を実施し¹⁾、どのような振動が起こった際、利用者がどのような感覚を得ているのかを工学的に評価した^{2),3)}。これらの実験結果を振動と感性の両面から検討し、関連性をまとめたので報告する。本実験の概要を振動工学上の流れとして図-1に、感性工学上の流れとして図-2に示す。なお、本実験で用いた車椅子（KAWAMURA スチール製車椅子 KA-202S）は一般的に使用されている車椅子である。

2. 空車固定実験

乗車者無しの車椅子を、車輪が宙に浮くよう台の上に固定し、フットレストに加速度計を進行方向と鉛直方向の2方向に取り付け、車輪を回して加速度を測定した。

加速度をFFT解析した結果、空車固定実験では、10Hz程度の周波数が卓越した。

3. 空車走行実験

3.1 実験方法

空車固定実験と同様にフットレストに加速度計を設置し、平坦面走行（以下、平坦面と記す）とスロープ前向き下り走行（以下、スロープ前向きと記す）の2パターン行った（この際、車椅子には人を乗せていない）。走行速度を、平坦面では約90歩/分、スロープ前向きでは介助者の任意速度とした。平坦面とスロープ前向きにおける実験風景をそれぞれ写真-1、写真-2に示す。

3.2 実験結果

空車走行実験における平坦面、スロープ前向きの加速度のFFT解析結果を図-3、図-4に示す。なお、FFT解析をした範囲は、平坦面では走行開始点から終了点まで、スロープ前向きではスロープの始点から終点までである。

FFT解析結果より、平坦面は進行方向で数Hz以内、鉛直方向では30Hz以内の周波数が多く発生し、スロープ前向きでは進行方向で数Hz以内、鉛直方向では40Hz以内の周波数が多く発生した。また周波数頻度に関しては、平坦面、スロープ前向きともに鉛直方向が高く、振動量に関してはスロープ前向きの方が多い結果となった。

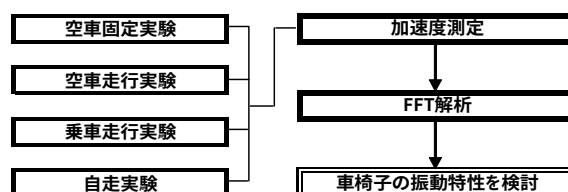


図-1 振動工学上の流れ

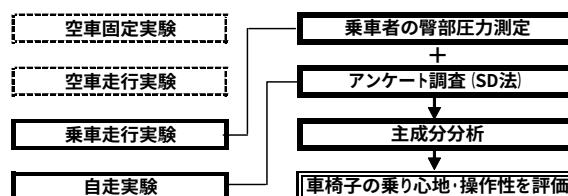


図-2 感性工学上の流れ



写真-1 空車走行実験（平坦面）



写真-2 空車走行実験（スロープ前向き）

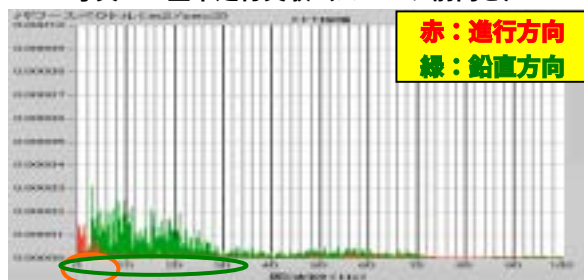


図-3 空車走行 FFT 解析結果（平坦面）

4. 乗車走行実験

4.1 実験方法

乗車者、介助者を付け、車椅子のフットレストに空車走行実験と同様に加速度計を設置し、座席に耐圧シートを敷いて、平坦面、スロープ前向き、スロープ後向き下り走行（以下、スロープ後向きと記す）の3パターン行った。移送速度は空車走行実験と同様に、平坦面では約90歩/分、スロープでは介助者の任意速度とした。

走行実験終了直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。平坦面での実験風景を写真-3、スロープ前向きでの実験風景を写真-4に示す。

また、乗車者と、5章に述べる自走者に対して用いたSD法によるアンケート用紙をそれぞれ図-5、図-6に示す。

アンケートの得点は、乗車者は、非常に「危険」・「不安定」・「不快」・「不安」を①点とし、非常に「安全」・「安定」・「快」・「安心」を⑦点とする7段階で行った（介助者も同様の7段階）。対して自走者は、得点は5段階とし、非常に「不安」・「危険」・「不快」・「揺れが強い」を①点とし、非常に「安心」・「安全」・「快」・「揺れが弱い」を⑤点としてアンケートを実施した。これらのアンケート結果を主成分分析し、乗り心地および操作性の評価を行った。

4.2 実験結果

1) 加速度測定結果

乗車走行実験における平坦面、スロープ前向きの加速度のFFT解析結果をそれぞれ図-7、図-8に示す。なお、FFT解析をした範囲は、空車走行実験と同様に、平坦面では走行開始点から終了点まで、スロープ前向きではスロープの始点から終点までである。

FFT解析結果より、平坦面は進行方向で10Hz以内、鉛直方向では50Hz以内の周波数が多く発生しており、スロープ前向きでは進行方向で数Hzおよび30Hz付近にピークを有す周波数、鉛直方向では30Hz以内の周波数が多く発生したことがわかる。また、周波数頻度に関しては、平坦面、スロープ前向きともに、空車走行時と同様、鉛直方向の方が高く、振動量に関しては、平坦面の方が高い結果となった。

	非常に ①	かなり ②	やや ③	どちら もない ④	やや ⑤	かなり ⑥	非常に ⑦	
危険								安全
不安定								安定
不快								快
不安								安心

図-5 SD法によるアンケート（乗車者）

	非常に ①	やや ②	どちら もない ③	やや ④	非常に ⑤	
不安						安心
危険						安全
不快						快
揺れが強い						揺れが弱い

図-6 SD法による改訂版アンケート（自走者）

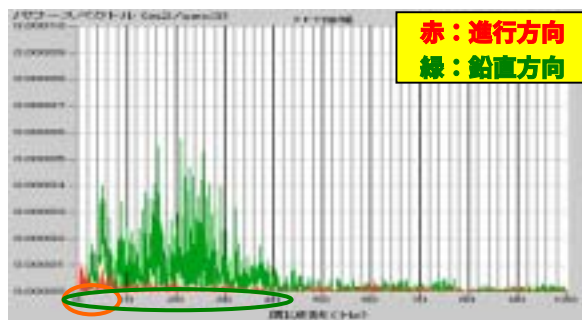


図-4 空車走行 FFT 解析結果（スロープ）



写真-3 乗車走行実験（平坦面）



写真-4 乗車走行実験（スロープ前向き）

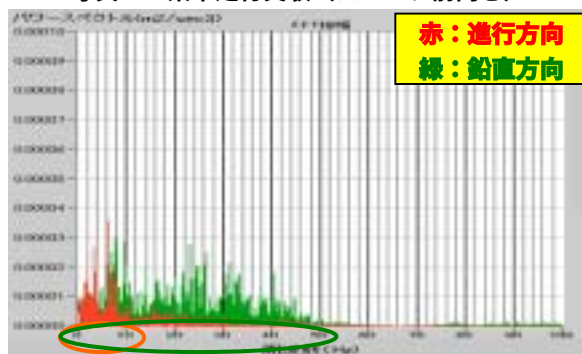


図-7 乗車走行 FFT 解析結果（平坦面）

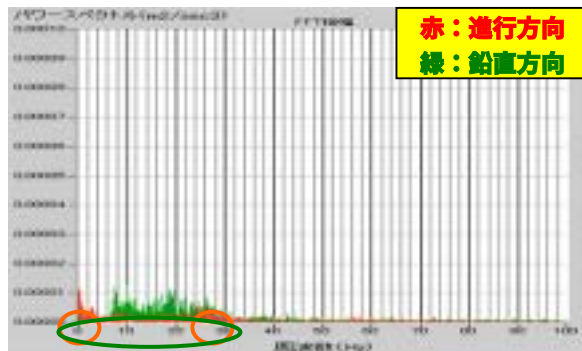


図-8 乗車走行 FFT 解析結果（スロープ）

2) 臀部圧力測定結果

乗車走行実験における乗車者の臀部圧力分布の一例を図-9に示す。図中の矢印で示した赤色の部分がピーク荷重値である。

また、平坦面、スロープ前向きにおいて測定された臀部圧力ピーク荷重値の変化（最大ピーク荷重値と最小ピーク荷重値との差の静止荷重値に占める割合）を表したグラフをそれぞれ図-10、図-11に示す。平坦面の測定結果では、このピーク荷重値の変化が5%であったのに対し、スロープ前向きでは、15~20%と大きな変化を示した。

3) アンケート分析結果

乗車者、介助者の主成分得点図をそれぞれ図-12、図-13に示す。図-12より、乗車者においては「乗り心地の良さ」を、平坦面、スロープ前向き、スロープ後向きの順で感じている。対して介助者は、図-13より、「操作性の良さ」を、平坦面、スロープ後向き、スロープ前向きの順で感じている。

5. 自走実験

5.1 実験方法

加速度計（進行方向・鉛直方向・横方向の加速度を同時測定可能：本校教員開発、以下、3軸加速度計と記す）を車椅子の座席の側面に設置し、平坦面において、高齢期疑似体験システムを用いた場合（以下、疑似有り）と用いなかった場合（以下、疑似無しと記す）の自走実験を行った。高齢期疑似体験システムとは、手足の拘束および視覚・聴覚も制限可能であり、高齢期の状態を作り出すことのできる専用器具である。

走行速度は空車、乗車走行実験と同様に約90歩/分とし、走行実験終了直後、SD法によるアンケート調査を行った。自走実験における疑似有り、疑似無しの実験風景をそれぞれ写真-5、写真-6に示す。

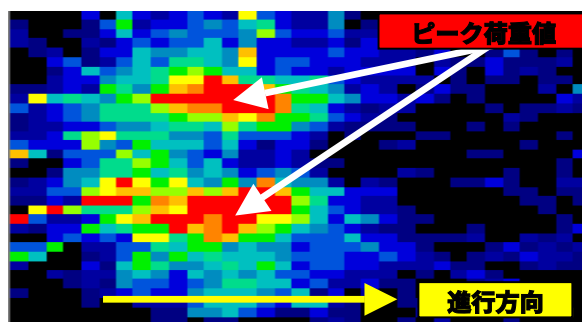


図-9 臀部圧力分布

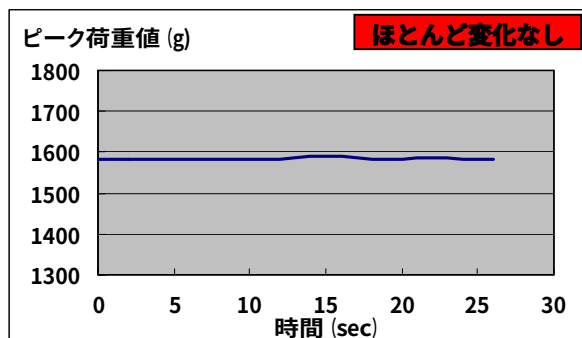


図-10 ピーク荷重値（平坦面）

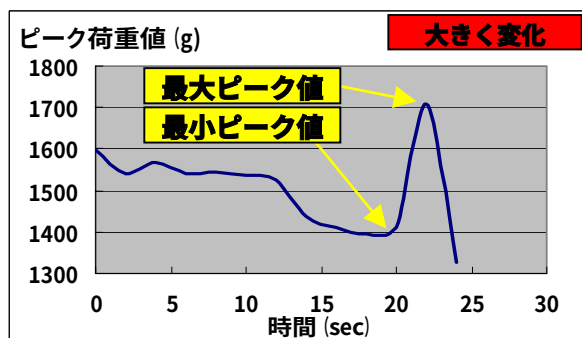


図-11 ピーク荷重値（スロープ）



写真-5 自走実験（疑似有り）



写真-6 自走実験（疑似無し）

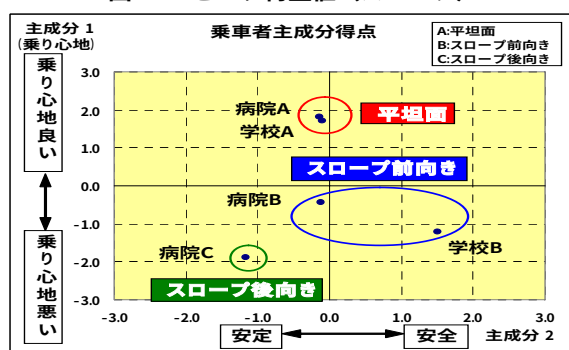


図-12 主成分得点図（乗車者）

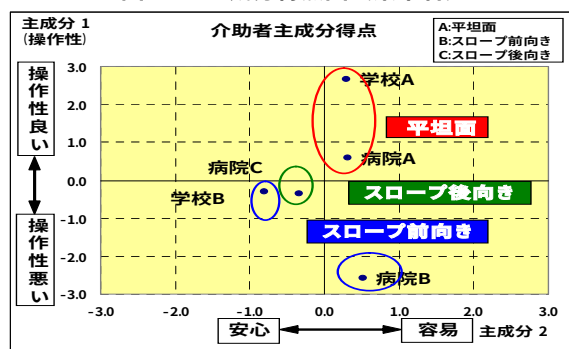


図-13 主成分得点図（介助者）

5.2 実験結果

1) 加速度測定結果

疑似有り、疑似無しの自走実験における3軸方向測定加速度のFFT解析結果をそれぞれ図-14、図-15に示す。なお、FFT解析範囲は空車、乗車走行実験と同様に走行開始点から終了点までの範囲である。

図-14、図-15より、疑似有り、疑似無しともに30Hz弱の鉛直方向の周波数が最も多く発生し、疑似有りでは鉛直方向で50Hz以上の周波数を含み、疑似無しでは40Hz以内の周波数となった。また、疑似無しよりも疑似有りの方が進行、横、鉛直方向ともに周波数頻度は高く表われ、パワースペクトル図からも振動量が多いという結果となった。

2) アンケート分析結果

自走者の主成分得点図を図-16に示す。自走者は「乗り心地・操作性の良さ」を、疑似無し、疑似有りの順で感じていた。

6. 考察

乗車走行実験より、スロープでは進行方向で複雑な振動が生じており、平坦面に比べ、振動量が少なく、比較的低い周波数の振動となった。この際、乗車者の臀部のピーク荷重値は大きく変化し、乗車者、介助者ともに「乗り心地の悪さ」、「操作性の悪さ」を感じていた。このことから、乗車者は臀部のピーク荷重値が大きく変化し、振動量が少なくても、複雑で低い周波数であった場合、「乗り心地の悪さ」を感じるものと考えられる。その際、介助者は乗車者が前に落ちないように、加速度を小さく保ち、慎重な操作するため、「操作性の悪さ」を感じる。

また、自走実験より、疑似有り、疑似無しともに周波数は同じ30Hzで卓越していたが、疑似有りでは振動量が多く、比較的高い周波数を持っていた。その際、自走者は「乗り心地・操作性の悪さ」を感じており、このことから、高齢期等、車椅子使用者を想定すると、自走者は振動量が多く、車椅子に生ずる振動としては比較的高い50Hz以上の周波数であった場合、「乗り心地・操作性の悪さ」を感じるものと考えられる。

7. まとめ

本実験による、振動と感性の関連性を以下にまとめる。

- 1) 本実験で用いた車椅子は、周波数が10Hz程度で卓越する振動特性を有する。
- 2) 乗車者は、介助者を付けた乗車走行において、臀部のピーク荷重値が大きく変化し、振動が複雑な低い周波数であった場合、「乗り心地の悪さ」を感じる。
- 3) 介助者は、加速度を小さく保つような操作をするほど、走行が不安定で複雑な振動となり、「操作性の悪さ」を感じる。
- 4) 高齢者等の自走では、振動量が多く、50Hz以上の高い周波数の振動が生じた場合、車椅子の操作が困難となり、「乗り心地・操作性の悪さ」を感じる。

今後の予定

今後は、さらに年代別の走行実験や、突起障害物（衝撃力作用時）などの実験データを積み重ね、定量的な検討を行いたい。

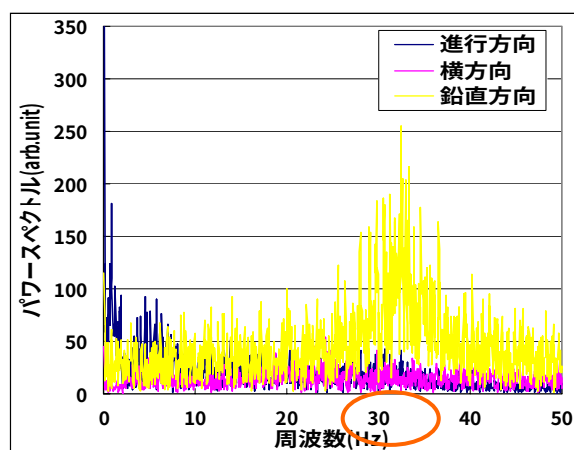


図-14 自走 FFT 解析結果（疑似有り）

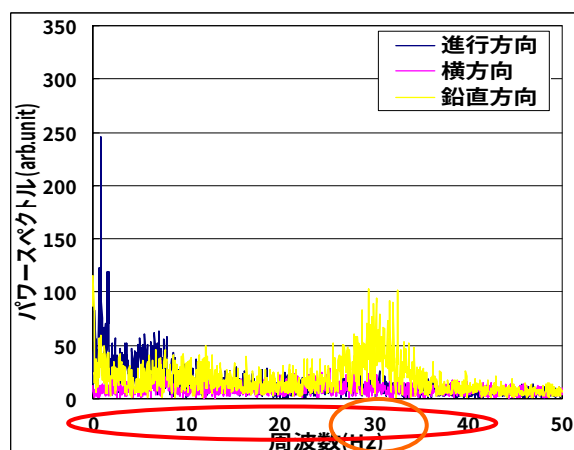


図-15 自走 FFT 解析結果（疑似無し）

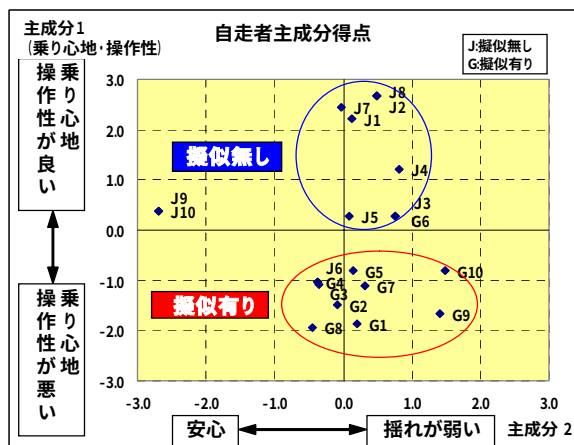


図-16 主成分得点図（自走者）

参考文献

- 1) 澤田知之, 近藤崇, 小島洋一郎, 岩口純子, 中村充美: 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, 土木学会北海道支部, 平成16年度論文報告集第61号, I-2, 2005.
- 2) 澤田知之, 近藤崇, 中村充美, 小島洋一郎: 車椅子の振動特性と乗り心地・操作性に関する研究, 土木学会, 第60回年次学術講演会講演概要集, I-577, 2005.
- 3) 中村充美, 澤田知之, 近藤崇, 小島洋一郎, 岩口純子: 車椅子の乗り心地と操作性及びその振動特性の工学的評価, 第7回日本感性工学会大会予稿集 2005, S-12-3A-1, 2005.