

車椅子の振動特性に関する実験的研究

澤田 知之*・中村 充美**・近藤 崇***・小島 洋一郎****
村本 充*****・木村 太*****・古崎 毅*****

Experimental Study for Vibration Characteristic on the Structure of a Wheelchair

Tomoyuki SAWADA, Mitsumi NAKAMURA, Takashi KONDO, Yoichiro KOJIMA,
Mitsuru MURAMOTO, Futoshi KIMURA and Tsuyoshi FURUSAKI

要旨

本報告は、様々な走行条件において車椅子の実働実験を行い、車椅子に生じる振動をFFT解析によって検討した結果を報告するものである。

Abstract

In this report, basic sensual evaluation about ride and operation of a wheelchair for the riding-test is described.

1. はじめに

現在、我が国の65歳以上の人口は総人口の約1/5であるが、21世紀半ばにはこれが約1/3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。近年、様々な車椅子が開発され、その研究も日々発展してきている^{1),2)}。

車椅子利用者にとって、傾斜（スロープ）等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³⁾。

そこで本研究では、昨年度に引き続き、車椅子に加速度計を設置して、空車固定実験、空車走行実験を行い、FFT（高速フーリエ変換）解析^{4),5)}によって、車椅子の構造上の振動特性を検討した。また、平坦面およびスロープにおける車椅子の振動が、乗車者・介助者にどのような感覚を与えているのかを検討するため、乗車走行実験（以下、乗車実験と記す）を行い^{6),7)}、FFT解析に加え、乗車者の臀部圧力測定を行い、車椅子の振動特性および乗車者の荷重値変化の検討を行った^{8)~11)}。

さらに新たな検討事項として、乗車者が自ら車椅子を操作する自走実験を加えた。自走実験では、健常者と、高齢期疑似体験システム着用した健常者を高齢者等（車椅子を必要とする人）に見立て、両者の比較検討を行った。

本論文は、乗車者の乗り心地を介助者に知らせるセンサーの開発や、車椅子の構造改良の促進を目標に、実験研究のまとめを報告するものである。

* 教授 環境都市工学科
** 専攻科 環境システム工学専攻
*** 助手 環境都市工学科
**** 助教授 機械工学科
***** 助教授 情報工学科
***** 助手 電気電子工学科
***** 教授 物質工学科

2. 実験概要

本研究の実験概要を図-1 に示す。なお、本研究で用いた車椅子（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。

3. 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。そこで、既発表^{10)・11)}と同様に加速度を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。

4. 空車走行実験

4.1 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。

4.2 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-2、図-3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。尚、実験場所は苦小牧工業高等専門学校 環境都市工学科棟の玄関前スロープ及び平坦廊下(以下学校と記す)と苦小牧市立病院のスロープ及び平坦廊下(以下病院と記す)の2箇所で行った。

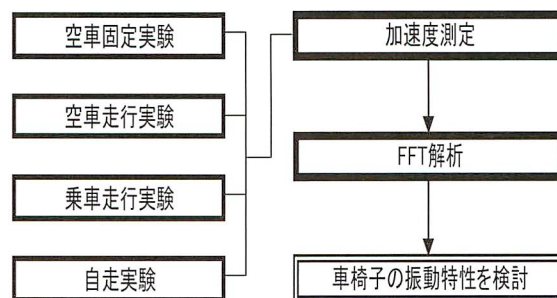


図-1 実験概要



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）

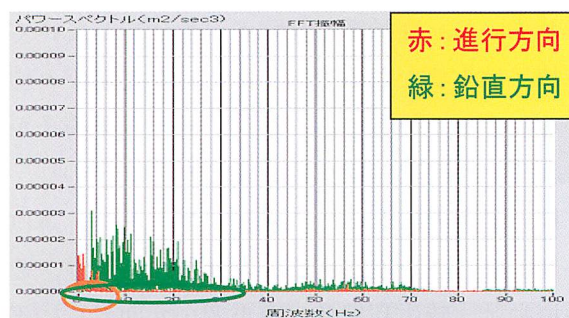


図-2 空車走行 FFT 解析結果（平坦面）

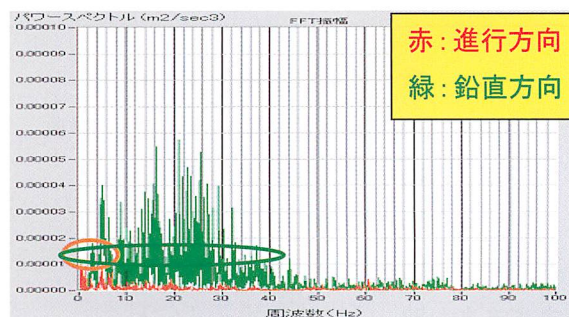


図-3 空車走行 FFT 解析結果（スロープ）

5. 乗車走行実験

5.1 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、空車走行実験同様に、平坦面、スロープ前向きの2パターン行った。移送速度も空車走行実験と同様、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。平坦面およびスロープ前向きにおける病院での実験風景を写真-3、写真-4に、学校での実験風景を写真-5、写真-6に示す。

5.2 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-4、図-5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、平坦面の方が多い結果となった。

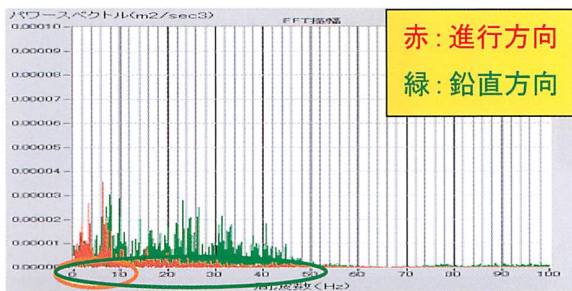


図-4 乗車走行 FFT 解析結果 (平坦面)

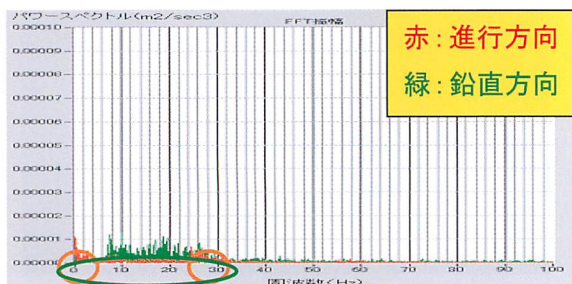


図-5 乗車走行 FFT 解析結果 (スロープ)



写真-3 乗車実験 (平坦面)



写真-4 乗車実験 (スロープ前向き)



写真-5 乗車実験 (平坦面)



写真-6 乗車実験 (スロープ前向き)

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-6 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-7, 図-8 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。

6. 自走実験

6.1 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」と記す）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。3 軸加速度計を写真-7、写真-8 に示す。

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-9、写真-10 に示す。

6.2 実験結果

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-9、図-10 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-9、図-10 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。

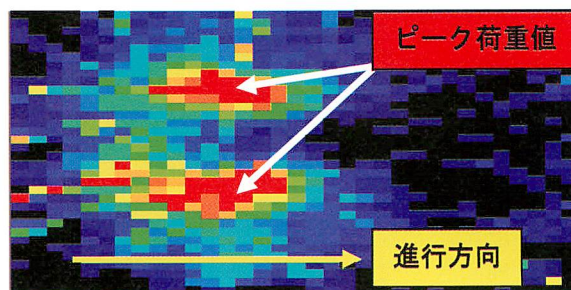


図-6 臀部圧力分布

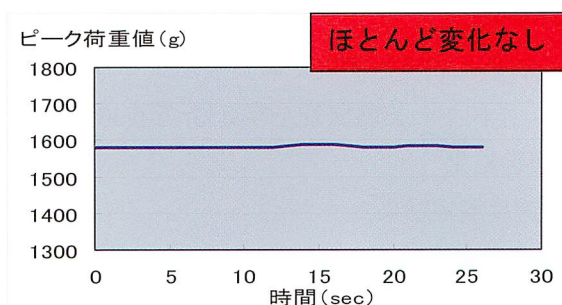


図-7 ピーク荷重値（平坦面）

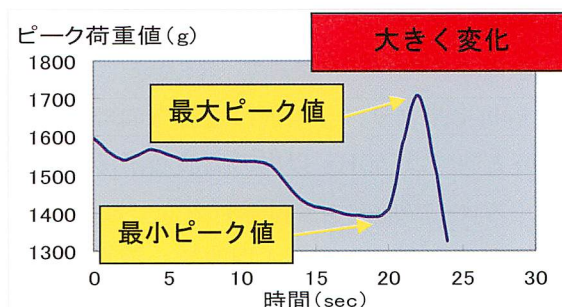


図-8 ピーク荷重値（スロープ）

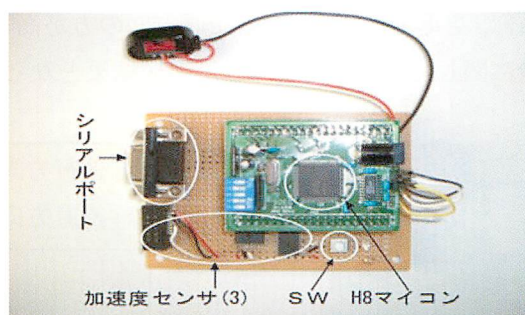


写真-7 加速度計

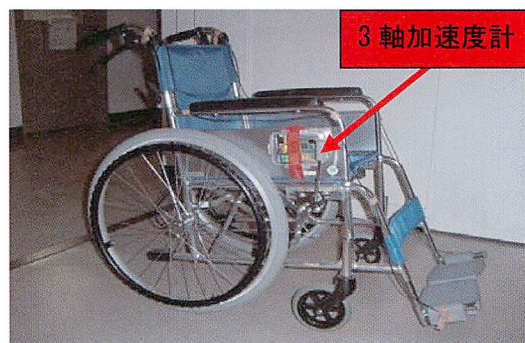


写真-8 加速度計

7. 考察

空車固定実験から、少なくとも使用の車椅子には構造上、10Hz 程度の振動特性があることがわかった。

また、乗車走行実験では、スロープにおいて進行方向で数 Hz および 30Hz 付近にピークを有す複雑な振動が発生していた。これはスロープを下る際、介助者が乗車者を前に落とさないよう慎重に操作するため、低い周波数の振動で、かつ、振動量が少なくなり、さらに傾斜による操作の不安定さが加味され、複雑な振動になったものと考えられる。その際、乗車者の臀部のピーク荷重値は大きく変化していたことから、スロープでは荷重値変化が大きく生じることがわかった。

自走実験においては、擬似有り、擬似無しともに、車椅子には 30Hz 弱の周波数が多く発生した。このことから、凹凸の少ない平坦路面において自走を行った場合、車椅子には 30Hz 弱の振動特性があることが考えられる。また、振動量は擬似無しよりも擬似有りの方が多い結果となった。これは、擬似有りの場合、手足の拘束および目や耳も不自由な状態になっているため操作がし辛く、運動量が増えたため、振動量が多くなったものと考えられる。また、乗車走行時（介助付き）の平坦面と比較すると、自走の方が比較的高い周波数を含んだ振動となった。このことから、高齢乗車者を想定すると、平坦面においては介助を付けた時のほうが、自走よりも低い周波数となることがわかった。

8. まとめ

- 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) 乗車走行時、スロープでは 2 つのピークを有する複雑な振動が発生する。
- 3) スロープでは、乗車者の臀部荷重値は大きく変化する。
- 4) 凹凸の少ない平坦路面において自走では、車椅子には 30Hz 弱の振動特性がある。
- 5) 高齢期を想定すると、平坦面において介助を付けた場合は、自走よりも低い周波数となる。



写真-9 自走実験（擬似有り）



写真-10 自走実験（擬似無し）

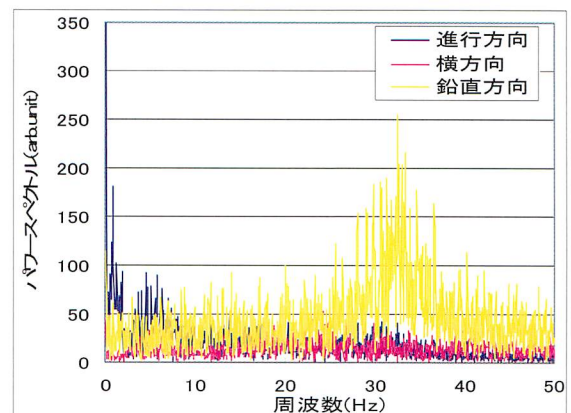


図-9 自走 FFT 解析結果（擬似有り）

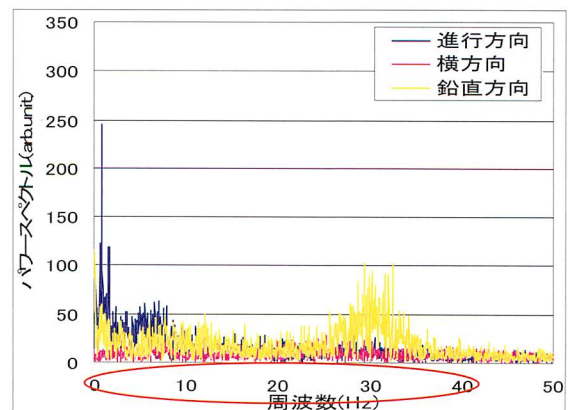


図-10 自走 FFT 解析結果（擬似無し）

参考文献

- 1) 森野陽, 田中敏明他: 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 回リハ工学カンファレンス 2000, pp.281-284,2000.
- 2) 中西義孝, 日垣秀彦他: 車椅子の改良による段差・スロープ・片流れ路面での操作性の変化, ライフサポート学会, ライフサポート Vol.14,No.1, pp.8-13,2002.
- 3) 山田功, 松島伸明他: 車椅子使用時に感じる不安に関する一考察, 日本機械学会論文集 70 巻 693 号, pp.108-115,2004.
- 4) E.ORAN BRIGHAM 著: 高速フーリエ変換, 科学技術出版社, pp.166-182,1978.
- 5) 大崎順彦 著: 地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, pp.43-126,1978.
- 6) 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.
- 6) 澤田知之, 岩口純子, 小島洋一郎, 近藤崇, 中村充美: SD 法と主成分分析による車椅子の乗り心地と操作方法の評価及びその振動特性について, 日本感性工学会, 第 6 回日本感性工学会大会予稿集 2004, p.370,2004.
- 8) 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.
- 9) 中村充美: 車椅子の振動特性および乗り心地や操作性に関する工学的研究, 平成 17 年度道内国立高専専攻科研究発表・交流会, プログラム・要旨集, p.41,2005.
- 10) 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.
- 11) 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.

(平成17年12月15日受理)