

車椅子操作と乗り心地に関する多変量解析について

澤田知之*・小島洋一郎**・近藤 崇***・岩口 純子****・中村 充美*****

On Multivariate Analysis for Operativity and Comfort of a Wheelchair

Tomoyuki SAWADA, Yohichirou KOJIMA , Takashi KONDO,

Junko IWAGUCHI and Mitsumi NAKAMURA

要旨

本報告は、車椅子乗車走行実験を行い、乗車者および介助者が感じる「乗り心地」や「操作性」の基礎的評価を多変量解析のうち主成分分析を用いて、感性工学的に行った解析結果を報告するものである。

Abstract

In this report, it is described that basic sensual evaluation on sensitivity engineering about comfort and operativity of a wheelchair by using principal component analysis of multivariate analysis for the riding-test.

1. はじめに

近年、車椅子に関する様々な研究が進んできている。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。

そのため本研究では、車椅子を平坦面、スロープ（前向き・後ろ向き）で移送する場合に、乗車者と介助者がどのような感覚を得ているのか、乗車走行試験後官能評価の 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。

前年度の報告では、主成分分析を行った際に算出される相関行列に異符号が混在しており、総合力による検討が不十分であった。そこで本年度は、前年度に修正を加えた上で検討を行い、さらに、実験により得られた加速度および耐圧測定値と乗り心地・操作性の関係を検討した結果を報告する。

- * 教 授 環境都市工学科
- ** 助教授 機械工学科
- *** 助 手 環境都市工学科
- **** 専攻科 環境システム工学専攻
- ***** 専攻科 環境システム工学専攻

2. 実験概要

- 2.1 被験者
 - ・車椅子使用経験のある苫小牧市立総合病院 附属高等看護学院 2 年生 20 名（全員女子学生）
 - ・車椅子使用経験のない苫小牧高専環境都市工学科 4,5 年生 16 名（女子学生 6 名,男子学生 10 名）

- 2.2 実験場所
 - ・苫小牧市立総合病院 1 階廊下：
平坦 20m・傾斜 6.2 度のスロープ 10m
 - ・苫小牧高専環境都市工学科棟 1 階廊下・玄関：
平坦 20m・傾斜 5.7 度のスロープ 3m

- 2.3 実験方法
 - 移送速度を平坦面は 90 歩/分（約 1m/秒）、スロープは介助者の任意速度と指示し、加速度計と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、スロープ後ろ向きで走行させた。さらに、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。
 - 加速度計を写真-1、耐圧シートを写真-2 に、実験風景を写真-3、写真-4 に示す。

3. 分析方法

本研究では、各移送方法での乗車走行実験を終了した直後に乗車者・介助者両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、得られたデータから『乗り心地の良さ』および『操作性の良さ』を分析する手法として主成分分析を用いた。

3.1 アンケート方法

1) 官能評価

官能評価 (sensory evaluation, sensory test) とは、人間を一種の計測機器と考え、人間の五感 (視覚、聴覚、味覚、嗅覚、触覚) を使って、物や人間のさまざまな特性を一定の手法にのっとって評価、測定あるいは検査する方法をいう。

2) SD 法

SD 法 (semantic differential method) とは、もともと心理学における手法であり、刺激の質的变化に対応する「快-不快」などの心理的評価の構造を探るために用いられる。

ある刺激に対する印象を評価する際、反対語になった形容詞を対に位置づけた評価尺度を用いて、尺度上の該当する箇所に評定させる方法であり、得られたデータは因子分析や主成分分析などの多変量解析を行い、変数をできるだけ少数の因子にまとめて、刺激の特徴を代表させる。

本研究では、図-1 に示すような 5 項目 7 段階の官能評価の SD 法に基づくアンケートを実施した。

3.2 主成分分析

主成分分析 (principal component analysis) とは、互いに相関のある多種類の変数の情報を互いに無相関な少数個の総合特性値に要約し、数あるデータの中から特徴を探し出し分析することである。

主成分分析では、求められた相関行列から各変数間の相関関係の強さを、固有ベクトルから各主成分中で最も重要な変数を知ることができる。さらに、主成分得点から各個人がどこに位置しているのかを見ることができる。

主成分分析は総合力を分析することがメインテーマであり、本研究では、この総合力を『乗り心地の良さ』と『操作性の良さ』として分析を行った。

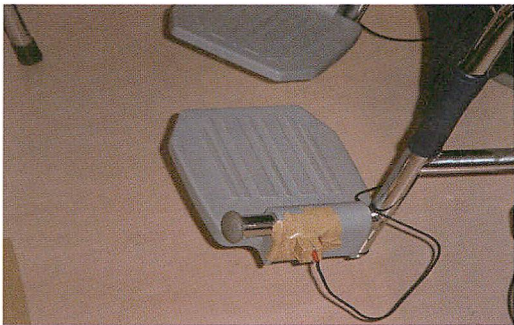


写真-1 加速度計



写真-2 耐圧シート



写真-3 実験風景 (平坦面)



写真-4 実験風景 (スロープ前向き)

	非常に	かなり	やや	い え ち な い と も	やや	かなり	非常に
速い							遅い
危険							安全
不安定							安定
不快(困難)							快(容易)
不安							安心

図-1 アンケート用紙

4. 分析結果

前年度の報告では、アンケートの「速いー遅い」の項目において異符号が混在しており、総合力を導くことができなかった。

そのため、本年度は、「速いー遅い」の項目を外し、得点化したアンケート結果について主成分分析を行った。

4.1 乗車者に対する分析結果

表-1 に乗車者の相関行列を示す。

表-1 より、「安定-安心」「快-安心」で非常に強い相関、「安定-快」でやや強い相関が見られ、「安全」だけが他の項目との相関が非常に弱いことがわかる。

次に固有ベクトルを表-2 に示す。

表-2 より、主成分 1 は 4 項目全てプラスの値となっていることから「総合力」つまり、ここでは『乗り心地の良さ』を表わしていることがわかる。

また、主成分 2 は、プラスとマイナスの絶対値の大きい項目を採用し、マイナスへ行くほど「安全」、プラスへ行くほど「安定、快」と解釈することができる。

次に主成分得点結果を図-2 に示す。

図-2 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とわかる。

4.2 介助者に対する分析結果

表-3 に介助者の相関行列を示す。

表-3 より、「安全-安定」「安全-安心」「安定-安心」で非常に強い相関、「安全-容易」「安定-容易」「容易-安心」でやや強い相関が見られ、4 項目全てにおいて強い相関があることがわかる。

次に固有ベクトルを表-4 に示す。

表-4 より、主成分 1 は 4 項目全てプラスの値となっていることから「総合力」つまり、ここでは『操作性の良さ』を表わしていることがわかる。

また、主成分 2 は、プラスとマイナスの絶対値の大きい項目を採用し、マイナスへ行くほど「安心」、プラスへ行くほど「容易」と解釈することができる。

次に主成分得点結果を図-3 に示す。

図-3 より、介助者は『操作性の良さ』を病院では平坦面、スロープ後ろ向き、スロープ前向きの順、学校では平坦面、スロープ前向きの順で感じていることがわかる。

表-1 相関行列（乗車者）

	安全	安定	快	安心
安全	1.00	0.19	0.20	0.32
安定	0.19	1.00	0.82	0.94
快	0.20	0.82	1.00	0.90
安心	0.32	0.94	0.90	1.00

表-2 固有ベクトル（乗車者）

	主成分 1	主成分 2
安全	0.22	-0.97
安定	0.56	0.17
快	0.55	0.17
安心	0.58	0.04

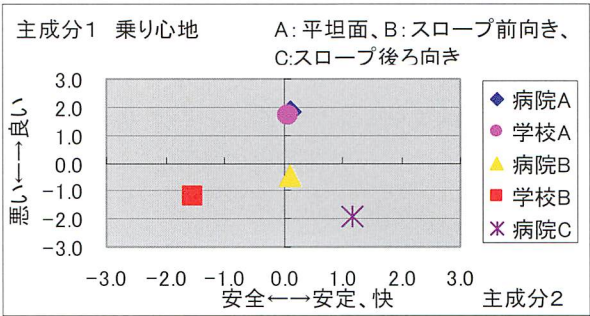


図-2 主成分得点グラフ（乗車者）

表-3 相関行列（介助者）

	安全	安定	容易	安心
安全	1.00	0.95	0.78	0.91
安定	0.95	1.00	0.87	0.95
容易	0.78	0.87	1.00	0.72
安心	0.91	0.95	0.72	1.00

表-4 固有ベクトル（介助者）

	主成分 1	主成分 2
安全	0.51	-0.26
安定	0.53	-0.04
容易	0.47	0.84
安心	0.50	-0.47

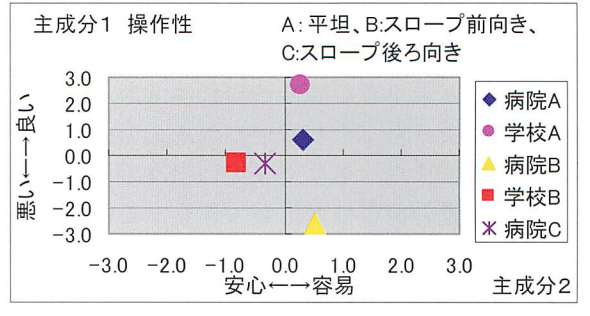


図-3 主成分得点グラフ（介助者）

5. 実験結果

5.1 加速度測定結果

加速度測定結果より、スロープよりも平坦面の加速度が水平・鉛直方向共に大きいことがわかった。

また、スロープ前向き乗車走行実験における加速度測定結果例をFFT解析した結果を図-4に示す。

図-4より、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ることがわかる。平坦面とスロープを比較した結果、スロープのほうが平坦面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った。

5.2 耐圧シート測定結果

図-6に、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。耐圧シート測定結果より、平坦面ではピーク荷重値の変化がほとんどないが、スロープでは大きく変化することがわかった。

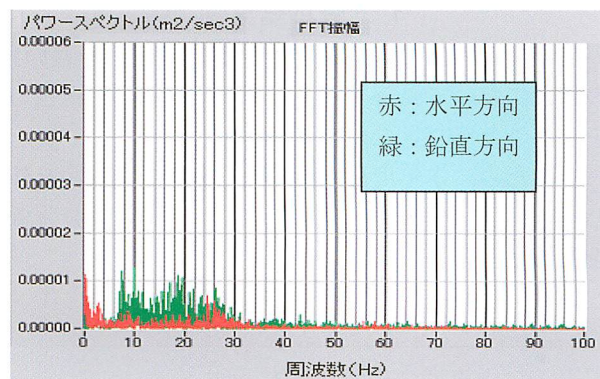


図-4 乗車走行 FFT 解析結果（スロープ前向き）

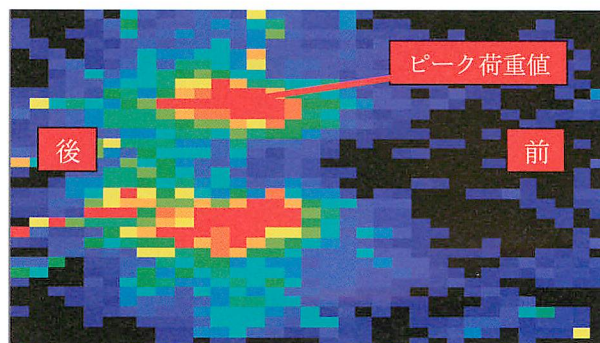


図-5 耐圧シート測定結果例

6. 考察

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、スロープ後ろ向きの場合、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』を感じたと考えられる。

さらに、加速度測定結果より、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。

7. 結論

- 1) 乗車者・介助者共に平坦面走行（90 歩/分程度のスピード）は快適である。
- 2) 乗車者はスロープを前向きで下りるより、後ろ向きで下りるほうが『乗り心地の悪さ』を感じ、介助者はスロープを前向きで下りる場合に『操作性の悪さ』を感じている。
- 3) 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な慎重な操作が必要になるほど、『操作性の悪さ』を感じる。

謝辞：

本実験及び解析データ整理において、梶澤佐祐里氏（室蘭工業大学）及び小松雄二氏（盛興建設）には多大なご協力を頂いた。ここに記して深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 管 民郎 著：Excel で学ぶ多変量解析入門，オーム社，pp.18-26,174-202,2002
- 2) 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

(平成16年12月15日受理)

