

ドライビングシミュレータを用いた路面の乗り心地評価に要する被験者数の算定

北見工業大学大学院 学生員 ○富山 和也
 北見工業大学工学部 正会員 川村 彰
 (独) 寒地土木研究所 正会員 石田 樹

1. はじめに

路面損傷に起因する振動乗り心地(以下、「乗り心地」)評価試験の解析には、しばしば統計的検定(以下、「検定」)が用いられる。検定において有意な結果が得られる確率は、検定力または検出力と呼ばれ、常にサンプルサイズ(被験者数)に依存し、被験者数増加に伴い検定力も高まるが、実験コストも増加する。また、極端に多い被験者数は、例えば比較実験において、微小な差までも検出してしまい、その有意性ゆえに結果を過大評価しかねない。そのため、実験計画段階で、最低限必要な被験者数を見積もることが効率的かつ重要である。本研究では、検定力を求めるための検定力分析により、主観的な路面の良し悪しを評価するために必要な被験者数について、ドライビングシミュレータ(以下、「DS」)を用いた乗り心地試験を実施し、検討した。

2. 検定力分析について

検定力分析とは、一定の検定力を確保するために必要なサンプルサイズを決める手続きであり、検定力分析において、サンプルサイズは検定力、統計的有意水準、帰無仮説からの隔たりの程度である母集団効果量(以下、「効果量」)の関数となる¹⁾。検出力や有意水準については、それぞれ0.8、0.05といった統計的に妥当とされる値が存在するが、効果量については研究対象や目的に応じて適当な値を定める必要がある²⁾。また、実験段階で効果量は未知であるため、予備調査や既往研究に基づいた推測が必要である。本研究では、効果量を以下に示す乗り心地試験によって推測した。なお、検出力および有意水準は、それぞれ0.8、0.05とした。

3. DSによる乗り心地評価試験

3.1 DSの概要

近年、路面の乗り心地評価試験を実施するにあたり、実道実車試験に比べ被験者の安全性確保や試験条件の設定が容易なことから、DSを用いた方法が注目を集めている³⁾。本学所有のDS(KITDS: Kitami Institute of Technology Driving Simulator)は、路面プロファイルや路面損傷に起因する車両振動を、フロント走行視界とともに再現することが可能な路面評価型DSである(図-1)。



図-1 KITDSの外観

3.2 試験条件

検討対象の路面は、IRI(International Roughness Index)が2, 3, 4, 5mm/mの4路面、各延長300mである。当該路面上を小型乗用車が走行した際の走行挙動を汎用の車両運動シミュレーションソフトウェアCarSim^{®4)}により計算し、KITDSへの入力データとした。なお、走行速度は、IRIの計算に用いられる走行速度を考慮し、80km/hとした。

3.3 被験者および評価尺度

被験者として、北見市在住の20代から60代までの男女18名の協力を得た。被験者は、KITDSに乗車し、運転操作は行わずに、各路面条件における車両挙動を体験した。また、体験終了後直ちに、乗り心地の良し悪しに関して、「5: 良い」、「4: やや良い」、「3: どちらともいえない」、「2: やや悪い」、「1: 悪い」、の中から1つを選択した。

キーワード 路面評価, 乗り心地, 被験者数, 検定力分析, ドライビングシミュレータ

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165 北見工業大学 工学部 交通工学研究室 TEL 0157-26-9429

4. 被験者数の算定

4.1 検定対象と条件

路面評価の主要な問題として、平坦性や速度水準の差によって、主観的な評価がどの程度異なるかが問われる。これにより、例えば、路面の補修による改善効果の事前確認が可能となる。そこで本研究では、ある2路面間の主観評価平均値(MPR: Mean Panel Rating)差を対象とし、効果量を予測するとともに、異なる路面間の乗り心地を比較する際に必要な被験者数について検討した。検定手法としては、対応のある2群平均値差の検定(対応のある t 検定)となる。

4.2 効果量の推定および被験者数の算定

ある2路面A, Bにおける母集団のMPRを μ_A , μ_B , 母集団標準偏差を σ_A , σ_B , 2路面間の母集団評価値の相関係数を r とすると, MPR差の検定における効果量 d は次式により求められる¹⁾。

$$d = \frac{|\mu_A - \mu_B|}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2r\sigma_A\sigma_B}}$$

ここで、母集団における各値は未知であるため、それぞれ標本から求めた値を用い、効果量の推定値(以下、「標本効果量」とした。乗り心地試験から得られた標本効果量を表-1に示す。また、MPRの差および車両挙動のうち、乗り心地と関連の深いバネ上上下下加速度の実効値(以下、「加速度実効値」)も合わせて示した。なお、表中、便宜上一方の路面

を対象路面、他方を比較路面とした。表-1より、対象路面のIRIが大きい場合(IRI=3mm/m以上)、対象路面のIRIが小さい場合(IRI=2mm/m)と比べ、加速度実効値の差が同様の値であっても、効果量が大きい傾向にある。そこで、被験者数算定のための効果量推定の際には、対象路面のIRI別に、加速度実効値の差を基準とし、図-2に示す回帰式から得られた標本効果量を基に被験者数を算定¹⁾した(図-3)。ここで、Cohenの効果量の基準値¹⁾で中程度の効果量0.5を得るために要する被験者数は、図-3中点線で示す34人である。この時に検出可能な加速度差は、対象路面のIRIが3mm/m以上で 0.12m/s^2 、3mm/m未満で 0.34m/s^2 である。これらの加速度差以下では効果量が小さくなり、仮に路面補修を行ったとしても大きな改善効果は得られないものと考えられる。そこで、実用上、上述の加速度差以上を吟味する必要がある、乗り心地評価試験における被験者数は34名以上とすべきである。

5. まとめ

本研究は、従来根拠が不明であった路面の乗り心地評価に要する被験者数について、DSを用いた評価試験結果を基に算定した。その結果、実用上、主観的な乗り心地評価試験には34名以上の被験者が必要であることがわかった。ただし、被験者属性や実験条件により必要な被験者数も変化するものと考えられるので、可能な限り予備試験を行い、試験目的に合わせ予め被験者数を見積もるべきである。

参考文献

- 1) Cohen, J.: Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, Lawrence Erlbaum Assoc Inc, 1988.
- 2) 吉田寿夫: 心理学研究法の新しいかたち, 誠信書房, 2006.
- 3) 川村 彰: ドライビングシミュレータを用いた道路研究の可能性, 道路建設, No. 687, pp.62-63, 2005.
- 4) Mechanical Simulation Corporation: CarSim Reference Manual, 2006.

表-1 標本効果量の推定

対象路面 IRI (mm/m)	比較路面 IRI (mm/m)	MPR の差	加速度実効値 の差 (m/s^2)	標本 効果量
2	3	0.72	0.37	0.53
2	4	0.83	0.48	0.72
2	5	1.44	0.65	1.39
3	4	0.11	0.11	0.11
3	5	0.72	0.29	0.75
4	5	0.61	0.18	0.72

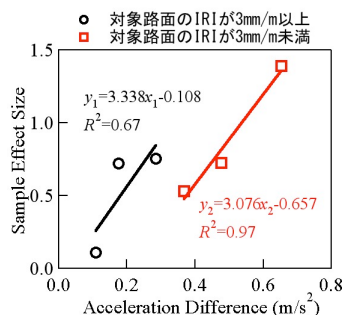


図-2 加速度実効値の差と標本効果量の関係

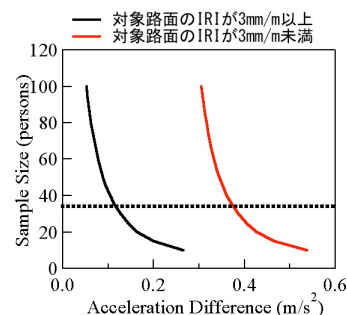


図-3 加速度実効値の差と被験者数の関係