

車の地点乗り心地評価のための ドライビングシミュレータ利用法に関する基礎的研究

Basic Study on Driving Simulator Use for Momentary Riding Comfort Evaluation

北見工業大学	○ 正員	白川 龍生 (Tatsuo Shirakawa)
北見工業大学	正員	川村 彰 (Akira Kawamura)
北海道開発土木研究所	正員	石田 樹 (Tateki Ishida)
北見工業大学大学院	学生員	富山和也 (Kazuya Tomiyama)
中央大学	正員	董 勤喜 (Qinxi Dong)

1. はじめに

路面上を走行する車の乗り心地についての考察を行う際、一定時間乗車した際の総合評価（以下、「区間乗り心地」とする）とある地点における瞬時的な振動評価（以下、「地点乗り心地」とする）を区別して論ずる必要がある¹⁾。区間乗り心地は、評価対象セグメント内の平均特性を把握する場合に適しているが、区間内で平均化操作が行われることにより、著しく大きい値が過小評価されるという問題点を有している。また、計算結果が評価対象セグメント長によって異なる可能性があるなど、近年、実用上の問題点が指摘されている。

わが国における高速道路及び主要幹線道路は整備水準が高く、路面上を走行する車両の区間乗り心地については良好な水準にあるが、路面上に局在する構造物付近の段差などにおいて著しく大きい振動が発生しやすく、道路利用者のアンケート評価結果においても当該箇所への関心の高さが現れている。このことから、今後の維持管理においては著しく大きい振動発生原因となる「地点」の評価がターゲットとされるべきであるが、車の地点乗り心地に主眼を置いた道路利用者のための路面プロファイル管理方法は確立されていない²⁾。

そこで本研究では、個々の地点の乗り心地を改善すれば結果的に全区間を通した乗り心地を向上することができるという考え方にに基づき、北見工業大学のドライビングシミュレータ（以下「KIT・DS」とする：写真-1）を利用した被験者評価試験を行った。

研究開発にドライビングシミュレータを用いる利点としては、以下の点が挙げられる³⁾。

- a) 安全性が高い
- b) 現象の再現性が高い
- c) 条件設定が容易で経済性が高い
- d) 効率よく訓練、開発、研究が進められる

特に上記 b)の再現性については、実道における試験の場合これが保証されておらず、試験条件には少なからず相違が生じる。一方、ドライビングシミュレータを使用すると、異なる被験者に対して同一条件を与えることが可能であり、地点乗り心地評価のように現象の再現性が要求される場合には実道試験よりも適しているといえる。そこで本研究では、地点乗り心地評価のためのドライビングシミュレータ利用法に関する基礎的な考察を行うこととした。



写真-1 KIT・DSの外観

ドライビングシミュレータは、一般に運転者の安全教育、車両設計及び道路の線形・標識に対する評価目的に使用されているが、道路利用者の快適性及び安全性と関係の深い路面性状評価を指向したものはこれまで見当たらなかった。KIT・DSは、このような要求に対応できるシミュレータとして注目を集めている⁴⁾。

KIT・DSは前方映像と車両運動データを組み合わせることにより、実車の走行環境を再現する機能を有している⁴⁾。ここで使用するデータは、実際に道路を走行した際に記録したものをはじめ、架空のデータ（例えば、将来の道路交通環境について、CG・シミュレーション結果から構成したデータ）を用いることも可能である。本研究では後者の方法を用いている。

2. 地点乗り心地評価試験の方法

本研究で実施した地点乗り心地評価試験のイメージを図-1に示す。DVテープに記録した前方映像データ（CG）、及び車両振動データ（フルピークルシミュレ



図-1 地点乗り心地評価のイメージ

ーション：上下方向の振動)を同期させ、実道における道路環境を模擬した。

フルビークルシミュレーションは、汎用車両運動解析ソフトウェアである CarSim を使用した⁵⁾。入力となる路面プロファイルデータは、水準測量及びポータブル型プロファイラによって構成されたデータである。

地点乗り心地評価試験は、被験者が上記のようにセッティングされた KIT・DS へ乗車し、日常の運転感覚を基準に「不快と感じる箇所」を手元スイッチでオペレータにリアルタイム報告（データ収録）する方法で行った。

3. 評価試験の条件

本研究で実施した評価試験の条件は以下の通りである。

(1) 路面プロファイル

世界道路協会 (PIARC) 主催の平坦性測定に関する国際共同試験 (EVEN) の路面プロファイル²⁾を使用した。具体的には、Section No.4 における始点からの距離 185 ~ 285m の区間データを使用し、これを連結して 300m のデータを構成した (図-2)。なお、当該区間の国際ラフネス指数 (IRI) は 4mm/m である。

(2) 車両諸元

CarSim に用意されている車両運動モデルのうち、わが国における販売台数の多いセダン型小型 FF 車のモデルを選択した。各モデルの車両諸元は任意に調整することができるが、調整作業には車のトータルバランスを考慮する必要があるため、初期設定のままとした。

(3) 走行条件

速度は 40km/h、60km/h、80km/h 及び 100km/h の 4 段階とし、上記の路面プロファイル上をそれぞれの速度で直線走行した。被験者 1 人あたりの評価回数は各 4 回であり、次の評価において予め結果が推測されにくいよう、評価順序を 80km/h → 100km/h → 60km/h → 40km/h として実施した。なお被験者にはこの情報を与えていない。

(4) 被験者

北海道北見市周辺に居住する 21 ~ 61 歳までの健康な男性 12 名、女性 9 名、計 21 名の協力を得た (表-1)。

4. 評価試験の結果及び考察

評価試験における手元スイッチ操作の累計距離 (時間データを走行速度別に距離へ換算) を表-2 に整理する。

走行速度 40km/h・60km/h に比べ、80km/h・100km/h の場合は被験者の大半が手元スイッチの操作を行っている。また、累計距離も長くなる傾向が見られる。

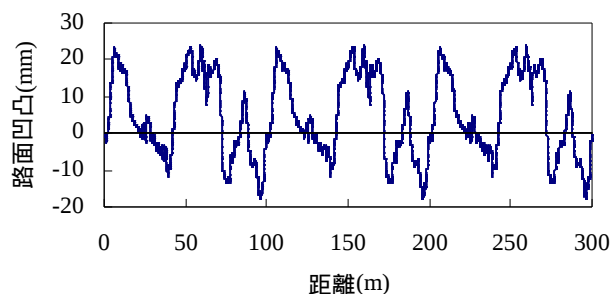


図-2 評価試験に使用した路面プロファイル形状

表-1 評価試験に参加した被験者の主な属性

No.	性別	年齢	運転頻度	年走行距離	運転暦
A	男	61	ほぼ毎日	30,000	43
B	男	51	ほぼ毎日	13,000	35
C	男	45	ほぼ毎日	10,000	25
D	男	37	ほぼ毎日	10,000	15
E	男	47	ほぼ毎日	10,000	27
F	女	40	ほぼ毎日	6,000	21
G	女	43	ほぼ毎日	7,000	20
H	女	43	ほぼ毎日	7,000	24
I	男	46	ほぼ毎日	10,000	23
J	女	24	ほぼ毎日	無回答	1
K	女	23	ほぼ毎日	10,000	3
L	男	36	ほぼ毎日	10,000	3
M	女	35	週数回	3,000	2
N	女	26	ほぼ毎日	20,000	6
O	女	22	少ない	100	3
P	女	54	週数回	1,000	17
Q	男	21	少ない	10	0
R	男	22	ほぼ毎日	11,000	4
S	男	48	ほぼ毎日	8,000	30
T	男	51	ほぼ毎日	30,000	33
U	男	26	週数回	7,000	8

表-2 手元スイッチ操作の累計距離 (単位: m)

印は女性被験者

被験者 No.	40km/h	60km/h	80km/h	100km/h
A	--	--	--	--
B	--	--	--	12
C	--	--	--	--
D	--	--	--	23
E	--	--	--	3
F*	75	24	101	74
G*	--	--	--	--
H*	--	4	13	11
I	--	--	--	--
J*	34	--	26	14
K*	--	--	34	67
L	--	--	--	--
M*	--	--	--	--
N*	--	--	7	--
O*	--	--	--	43
P*	--	--	--	--
Q	--	--	40	47
R	109	--	27	115
S	--	--	--	--
T	15	17	73	91
U	32	--	35	42
操作人数	5 人	3 人	9 人	12 人

評価結果は表-2 のように被験者の個人差が大きく、全体的な傾向を捉えにくい、手元スイッチを一度も操作しなかった 8 名の被験者に見られる傾向としては、その内訳が 30 代 2 名、40 代 4 名、50 代及び 60 代各 1 名であり、若年層には該当者はいなかったことである。

男女別比較では、女性被験者の方がスイッチ操作距離及び回数が若干多いようである。

各速度における具体的な手元スイッチの記録について図-3～6 に整理した。

(1) 40km/h の場合 (図-3)

この速度で走行した場合、上下加速度は全振幅で 1m/s^2 程度と小さいため、スイッチ操作を行った被験者は 5 人と少なかった。

路面プロファイルは図-2 のように同じ形状を $100\text{m} \times 3$ 区間連続で与えているため、上下加速度についても基本的には同様の値が 100m 間隔で繰り返されている。しかし手元スイッチ操作は必ずしもこれと連動しておらず、F 氏・J 氏は終盤に、R 氏・T 氏及び U 氏は前半に操作が集中している。このうち U 氏は試験後のアンケート調査にて「始めの方はスイッチを押していた振動でも最後の方は押さなくなった」と回答しており、他の被験者からも「慣れ」がスイッチ操作に影響を及ぼしたとの回答があった。これについては今後の課題としたい。

複数の被験者がスイッチ操作を行った地点は始点からの距離 250m 付近である (図-2 参照)。この地点の約 10m 手前 (240m 付近) に凹凸形状の変化点があり、これが起因となる振動が 3 名の被験者に不快感を与えていることが窺える。

(2) 60km/h の場合 (図-4)

上下加速度は全振幅で約 2m/s^2 となったが、スイッチ操作人数は 3 名に減少した。この原因としては前述の走行パターンが考えられ、直前の 100km/h 走行における感覚の影響が現れていると思われる。被験者のうち T 氏の結果は一定間隔で 3 回現れており、同じ振動に対して不快感を抱いた傾向が窺える。

(3) 80km/h の場合 (図-5)

上下加速度は全振幅で約 3m/s^2 となり、 40km/h の場合と比較すると振動波形の形状が大きく変化するため、スイッチ操作人数は 9 人に増加した。操作履歴は個人差が大きいが、複数の被験者が約 100m 間隔で現れる同一の振動に対してスイッチを押しており、分析を深めると地点乗り心地に影響を与える波形を抽出できるとと思われる。

(4) 100km/h の場合 (図-6)

約半数の 12 名の被験者がスイッチ操作を行った。この速度では、複数の被験者において振動が伝わってから操作に至るまでのタイムラグによる影響と思われる位置ずれが見られる。特に女性被験者にこの傾向が見られた。

5. まとめ及び今後の課題

本報では誌面の都合でその一部のみを紹介したが、「人-車-道路系」の相互作用に関する研究における KIT・DS の有用性の一部を示すことができたと考えている。ただし本研究は基礎的な研究段階にあり、今後、今回の試験結果及びアンケート調査票に寄せられた被験

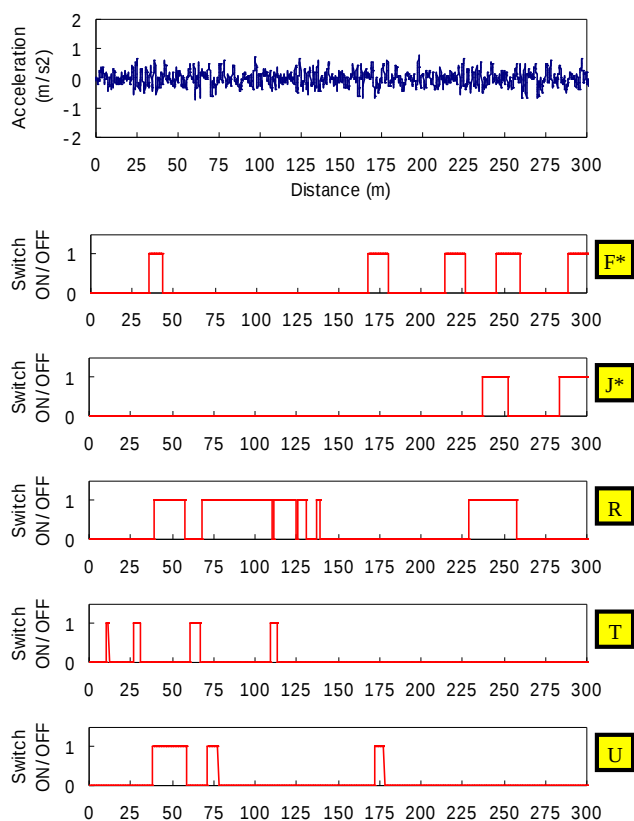


図-3 地点乗り心地評価結果 (速度 40km/h)

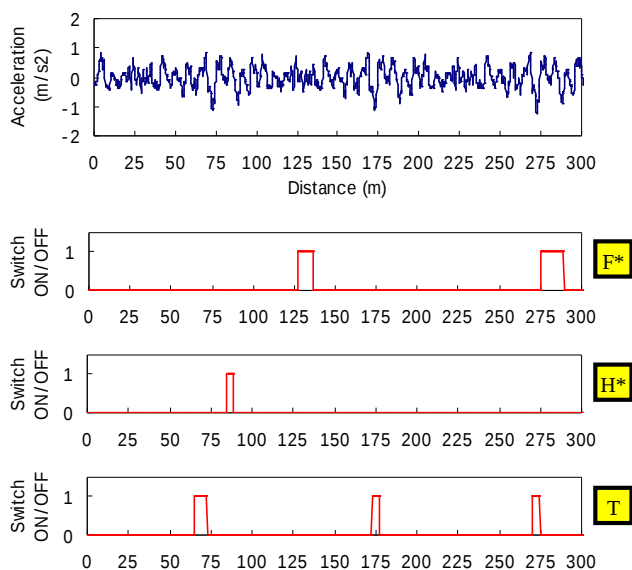


図-4 地点乗り心地評価結果 (速度 60km/h)

者の意見を参考に、KIT・DS の分析に適した試験条件などについて提案したい。

謝辞

本研究における評価試験に被験者としてご参加いただいた皆様に御礼申し上げます。また、データ整理作業に協力してくれた、北見工業大学工学部土木開発工学科交通工学研究室の結城充君、竹中嘉一君に感謝致します。

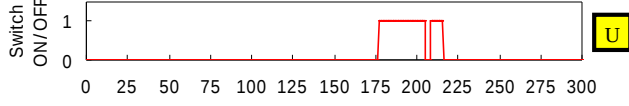
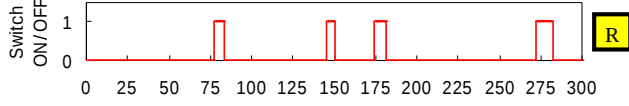
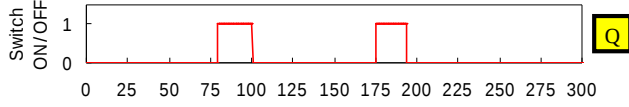
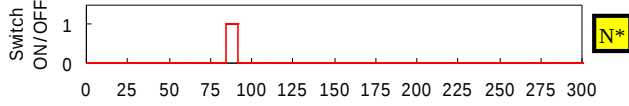
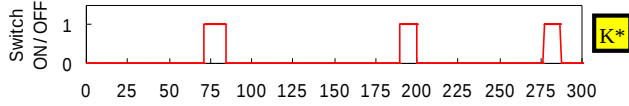
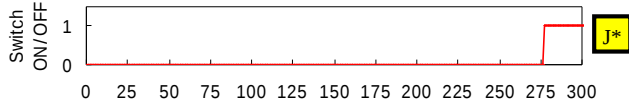
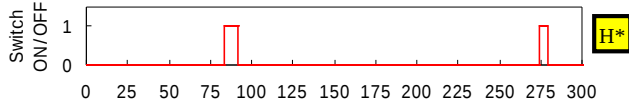
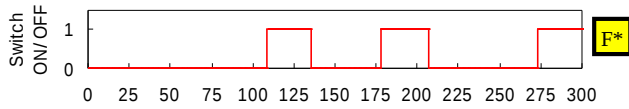
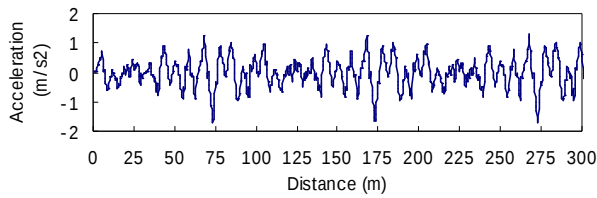


図-5 地点乗り心地評価結果 (速度 80km/h)

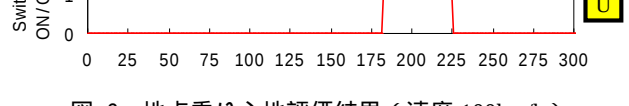
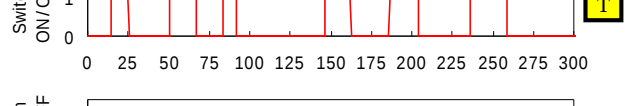
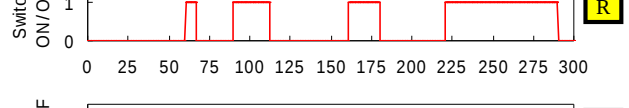
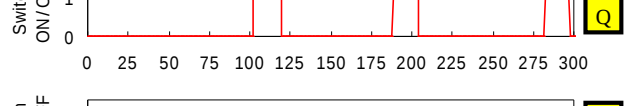
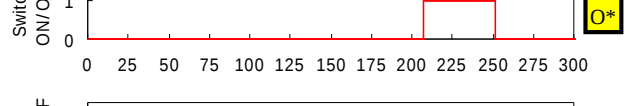
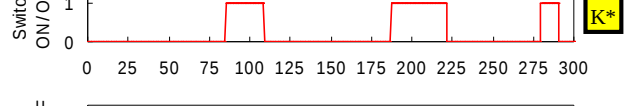
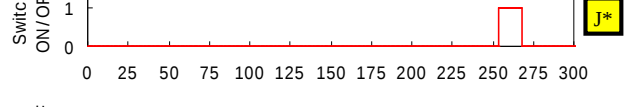
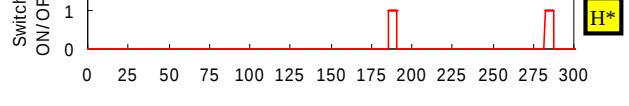
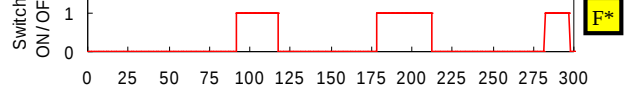
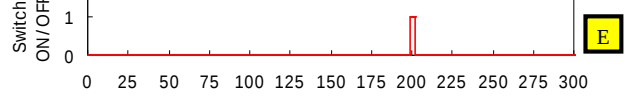
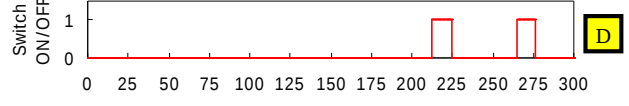
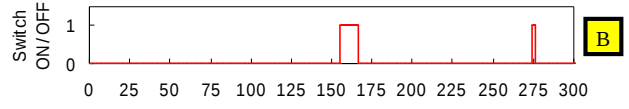
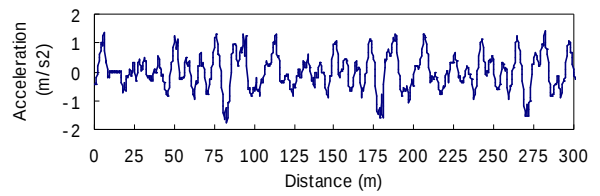


図-6 地点乗り心地評価結果 (速度 100km/h)

参考文献

- 1) 鈴木浩明：快適さを測る - その心理・行動・生理的影響の評価 - , 日本出版サービス, 1999.
- 2) 白川龍生, 川村彰, 富山和也：車の地点乗り心地を考慮した道路利用者のための平坦性管理方法, 舗装工学論文集, Vol.10, pp.83-89, 2005.
- 3) 須田義大, 椎葉太一, 荒木厚, 大貫正明：ドライビングシミュレータにおけるバーチャルリアリティ技術, 自動車技術, Vol.56, No.6, pp.36-41, 2002.
- 4) Kawamura,A., Shirakawa,T. and Maeda,C. : KIT Driving Simulator for Road Surface Evaluation , *Proceedings of 5th Symposium on Pavement Surface Characteristics* , pp.1-10(CD-ROM) , 2004 .

- 5) Sayers,M.W., Mousseau,C.W. and Gillespie,T.D. : Using simulation to learn about vehicle dynamics, *International Journal of Vehicle Design*, Vol.29, Nos.1/2, pp.112-127, 2002.