

## 心拍変動および皮膚電気活動に着目した人間中心の走行路面評価

北見工業大学大学院	学生員	○稲木万玲
北見工業大学工学部	正会員	富山和也
東日本高速道路株式会社	非会員	小濱 諒
東日本高速道路株式会社	正会員	江口利幸
東日本高速道路株式会社	正会員	佐藤正和

## 1. はじめに

現在、日本の高速自動車国道（以下、高速道路）では、道路利用者の快適性を重視し、車両の振動乗り心地の観点から、国際ラフネス指数（以下、IRI）による路面管理が行われている。しかし、IRIは路面の平均的な性状の評価を想定しており、局所的な変状を含む路面性状が過小評価されるため、現在の管理基準では、利用者評価との間に乖離が生じている。例えば、東日本高速道路（株）関東支社管内の高速道路では、道路利用者からの路面性状に関する入電が、2020年4月から2021年3月の1年間で100件を超えている。本研究の目的は、現行の管理基準では評価が困難な、利用者の潜在的な精神的ストレス要因となる路面変状を明らかにすることである。そこで本文では、客観性のある生理情報である心拍変動および皮膚電気活動に基づく、人間中心の走行路面評価についてドライビングシミュレータ（以下、DS）による走行試験（以下、DS試験）を実施し、検討を行った。



図-1 ドライビングシミュレータ

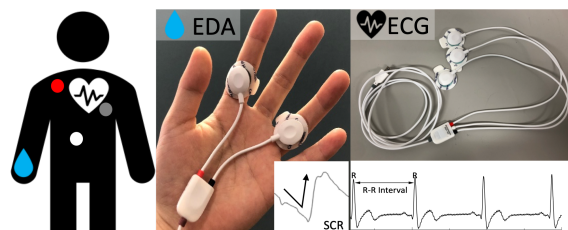


図-2 生体情報の概要

## 2. DS試験

## 2.1 試験対象路面

本研究では、入電箇所の路面損傷を把握し、本学が所有する図-1に示すDSによる被験者評価試験に資する区間を選定するため、入電発生路線において実道調査実施した。

生理情報に基づく路面評価は、路面変状に起因する車両振動以外の環境要因を排除し、潜在的な利用者意識を把握するため、実道調査で取得した損傷形態の異なる路面データA, B, Cを用いて検討した。

## 2.2 走行試験概要

DS試験は、北見工業大学の人を対象とする研究倫理

審査委員会承認（承認番号1039）のもと、17名（男性17名、平均年齢30.8歳）の協力を得て実施した。DS試験において協力者は、図-2に示す生体情報取得のためのセンサを装着した。

## 2.3 生理情報の解釈

本研究では、生体情報の指標として、車両乗員のストレスと相関が高く、走行時に安全に計測が可能な心電図（以下、ECG）に基づく心拍変動（以下、HRV）と皮膚電気活動（以下、EDA）に着目した<sup>1)2)</sup>。EDAおよびECGで得られる波形は、図-2に示す通りである。ここでHRVは、ECG上のR波とR波の間隔であり、周波数領域において、0.15~0.40Hzの高周波成分（以下、HF）が副交感神経の活動を表し、HFは、ストレスを受けた

キーワード 路面評価, 局部変状, 心拍変動, 皮膚電気活動, 国際ラフネス指数, 高速道路

連絡先〒090-8507 北海道北見市公園町165 北見工業大学 工学部 社会環境系 交通工学研究室 TEL0157-26-9496

状態で減少し、ストレスのない状態で増加する性質を持つ。そこで本研究では、協力者間の振動感受性を考慮し、対数変換した HF (以下,  $\ln HF$ ) についてパーセンタイル値を求め、下位 5 パーセンタイルの変動 (以下,  $\ln HF_{5th}$ ) に着目した。また, EDA では局部変状に起因するストレス反応を確認するため、一過性の刺激により現れる Skin Conductance Response (以下, SCR) の発生頻度 (以下, SCRpp) に着目した。ストレス反応の指標として使用した生理情報の概要を図-3 に示す。

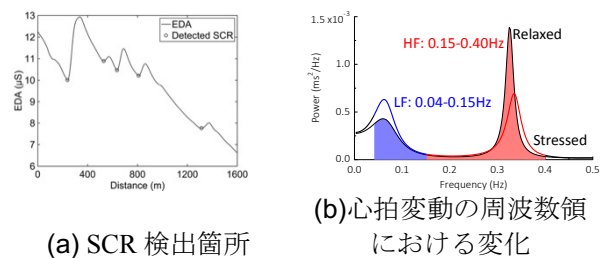
### 3. 結果と考察

DS 試験で得られた  $\ln HF_{5th}$  および SCRpp と連続 10mIRI (以下,  $IRI_{cont.10}$ ) の一例として路面 B の結果を図-4 に示す。図より距離 200m 付近では、補修推奨値以下で高いストレス反応を示している一方で、距離 500m 付近では同程度の IRI 値であるにもかかわらず、ストレス反応が確認されなかった。そのため、路面波長と生体情報の関係を確認した結果、図-5 に示すように補修推奨値以下であっても路面波長 4~8m 付近が卓越する箇所ではストレス反応が増加する傾向が明らかとなった。そこで、路面波長 4~8m 付近において波長応答感度が高い指標で、0~5 の無次元尺度で表される Ride Number (以下, RN) と IRI および SCRpp の関係を線形内挿し可視化した。その結果、図-6 に示す通り IRI が補修推奨値を下回る 4~6mm/m かつ、RN が 2.4~2.6 となる箇所において高いストレスの発生が確認された。ここで、IRI は波長 4~6m に対して感度が低いことから、路面管理基準と利用者評価の間に乖離が生じているものと考えられる。以上より、路面指標の波長応答感度とストレスの要因となる路面の波長特性から、入電につながる路面変状が現行の管理基準で評価困難となる原因が明らかとなった。

### 4. おわりに

高速道路における路面管理基準と利用者評価との間に乖離が生じていることを背景に、本研究では、生理情報に基づく人間中心の走行路面評価について検討を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 生体情報と路面波長の関係から、IRI による補修目標値以下でストレスの要因となる路面変状が生じている。
- (2) 高速道路において高いストレス反応の原因となる



(a) SCR 検出箇所  
図-3 ストレス反応指標として使用した生理情報の概要

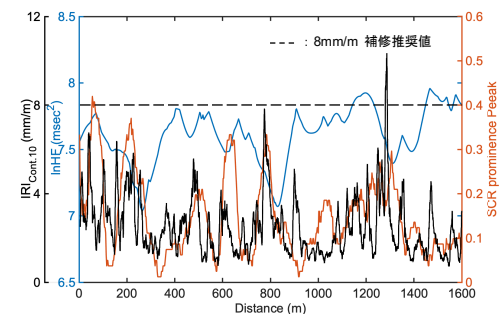


図-4 対象路面 B における生体反応と IRI

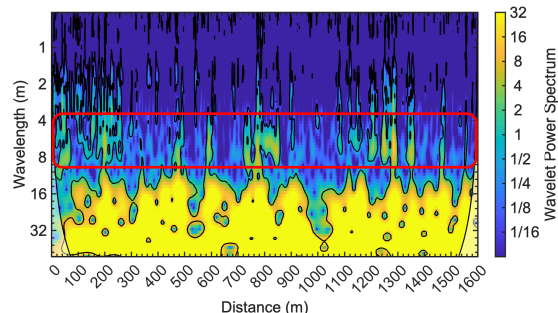


図-5 対象路面 B におけるプロファイルの連続ウェーブレット変換結果

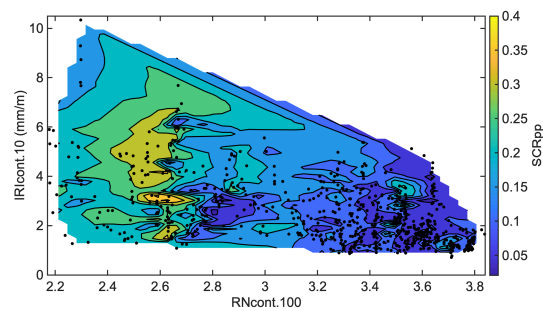


図-6 SCRpp と RN および IRI の関係

路面波長は、IRI 低感度領域の 4~8m 付近である。

今後本研究成果をもとに、利用者評価との整合が取れた路面指標を開発することで、人間中心の新たな路面管理につながるものと期待できる。

#### 参考文献

- 1) J. A. Healey, et al. : Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors, in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 6, no. 2, pp. 156-166, June 2005
- 2) 江口利幸, 田中裕士, 川村彰, 富山和也 : 国際ラフネス指数を用いた局部変状評価手法, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol. 71, No. 3 (舗装工学論文集第 20 巻), I\_17-I\_23, 2015.