

# 自動車運転者及び自転車利用者から見た自転車走行空間の安心度評価

## Evaluation of safety of bicycle running spaces from the perspective of car drivers and cyclists

佐藤徹治研究室 19B2077 田代結生  
19B2100 廣瀬龍太

### 1. 背景と目的

歩行者や自転車、原動機付自転車等が自動車と近接して走行する場合、双方に心理的負担がかかることになる。車の運転手が運転中に感じるストレスには、煽り運転や割り込みといった他車の行動の他、自転車や歩行者に対しての事故不安も含まれる。このため、自転車走行空間の有無や、空間の幅員等は、自動車運転者、自転車利用者双方の安心度に大きく影響を及ぼすと考えられる。

本研究は、多様な自転車走行空間における自転車利用、平行する道路における自動車運転の状況を VR (HMD) により再現し、多数の被験者の心拍変動データを分析することにより、自動車運転者、自転車利用者双方の視点から各自車走行空間の安心度評価を行うことを目的とする。分析に際しては、今村ら<sup>1)</sup>、中村ら<sup>2)</sup>において利用された心拍の変動時系列データ RRI (R-R interval) 分析、重回帰モデルの構築、ローレンツプロット面積を参考にする。

### 2. 評価方法

本研究では、疑似走行実験により得られた被験者の心拍変動データから、生理的指標として RRI の分散を表す LP (ローレンツプロット) 面積を計測する。

横軸に  $n$  番目の RRI、縦軸に  $n+1$  番目の RRI をプロットしたグラフを作成し、 $y = x$  軸、 $y = -x$  軸の原点からの距離の標準偏差をそれぞれ  $\sigma_x$ 、 $\sigma_{-x}$  とし、心拍間隔の分散値から楕円の面積を算出する。LP 面積 ( $S$ ) は次式により求めることができる。

$$S = \pi * \sigma_x * \sigma_{-x} \quad (1)$$

被験者ごとの個人差を考慮するため、被験者の平常時 LP 面積を基準として計測時の LP 面積との比率から逆数を取り安心度を求める。安心度は次式により求めることができる。

$$R_{i,k} = 1 / (S_{i,k} / S_{l,k}) \quad (2)$$

$R_{i,k}$  : 個人  $k$  の自転車走行空間  $i$  の安心度

$S_{i,k}$  : 個人  $k$  の自転車走行空間  $i$  の LP 面積

$S_{l,k}$  : 個人  $k$  の平常値

さらにアンケート調査に基づく運転頻度、道路形態等を説明変数、安心度を目的変数とする重回帰モデルを構

築し、自転車利用、自動車運転の双方の視点から安心度評価を試みる。

### 3. 実験

#### 3.1 自転車、自動車の走行映像の撮影

まず、自転車利用・自動車運転の状況を VR (HMD) により再現するための 3D 動画の撮影を行う。対象とする自転車走行空間は、自転車道、自転車専用通行帯、車道混在 (自転車指導帯)、路側帯が狭い (約 1.0m 未満) 道路、路側帯が広い (約 1.0m 以上) 道路の 5 種類とする。動画撮影は、2022 年 8 月～9 月にかけて、RICOH THETA V を自動車内、自転車に取り付け、千葉市、船橋市の道路を実際に走行しながら行った。

#### 3.2 疑似走行実験の概要

2022 年 11 月から、20 代の学生 22 名 (男性 17 名、女性 5 名) の被験者に自転車と自動車の走行映像を視聴してもらった。実験の際、HMD (ヘッドマウントディスプレイ) を用いて VR 視聴してもらい、その際の心拍変動を、心拍計 (Polar sense 心拍センサー) で記録した。再現性を高め、実際に道路を走行している状況に近づけるために、自転車走行映像の視聴時にはフィットネスバイク (ALINCO 社)、自動車走行映像の視聴時はハンドルコントローラーを、それぞれ用いた。映像視聴後には、「走行空間毎の総合的な安心度、幅員の大きさは十分だったか」等を尋ねるアンケート調査を実施した。疑似走行実験の様子を図-1 に示す。

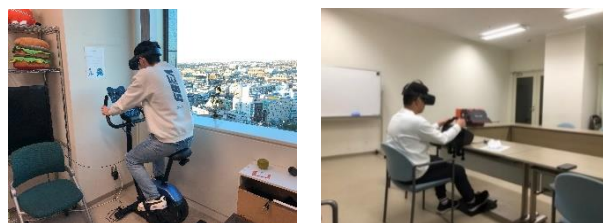


図-1 疑似走行実験の様子

#### 3.3 実験結果

疑似走行実験により得られた 5 つの走行空間それぞれの安心度の平均値を(2)式より求めた結果と、アンケート調査から得られた安心度評価の平均値を比較した結果を表-1 に示す。

表-1 疑似走行実験とアンケートの安心度の比較  
(上:自転車 下:自動車)

自転車走行空間	実測値	アンケート
路肩幅1.0m未満	2.02	1.50
路肩幅1.0m以上	2.04	3.00
自転車道	2.81	3.53
自転車専用通行帯	0.72	2.72
自転車指導帯	2.63	2.14
自転車走行空間	実測値	アンケート
路肩幅1.0m未満	1.93	1.69
路肩幅1.0m以上	1.65	2.75
自転車道	2.78	3.00
自転車専用通行帯	2.07	3.15
自転車指導帯	0.60	2.86

自転車の疑似走行実験では、「自転車道」が、実測値 2.81、アンケート 3.53 で、安心度が最も高い結果となった。「自転車専用通行帯」の実測値の安心度が 0.72 と低くなってしまった要因として、安心度の高い「路肩幅 1.0m 以上」、「自転車道」の後に映像が流れるように設定してしまったため、走行映像視聴時の安心感の差異が大きくなってしまったことが考えられる。

自動車の疑似走行実験では、「自転車道」また「自転車専用通行帯」が、実測値、アンケート結果共に高い安心度を獲得している。「自転車指導帯」のアンケートの安心度が高くなってしまった要因として、アンケート回答時に見せた「自転車指導帯」の写真に、近接して走行する車両が映っていなかったため、安心感を与えてしまったことが考えられる。

男女別にも同様の比較を行ったが、いずれも自転車、自動車の疑似走行実験共に「自転車道」の整備がされている道路の安心度が高い傾向が表れた。

今回の疑似走行実験で使用した「自転車道」は、縁石や植林等で、車道との分断がされているものだったこともあり、他の自転車走行空間に比べて安心度が大きくなったと考えられる。

#### 4. 重回帰モデルの構築

安心度を目的変数に設定し、重回帰分析を行った。(2)式で算出される安心度に影響を及ぼすと考えられる説明変数には、自転車走行空間ダミー、運転頻度や運転の自信といった個人ダミー、車線数や自転車走行空間幅員等の道路特性を用いることとする。重回帰モデルを(3)式に示す。

$$R_{i,k} = a_0 + \sum_l a_l D_{l,k} + \sum_m b_m D_{m,i} + \sum_n c_n x_{n,i} \quad (3)$$

$a_0$ : 定数項  $a_l, b_m, c_n$ : 回帰係数  $D_k$ : 個人ダミー  
 $D_i$ : 自転車通行帯ダミー  $x_n$ : n 番目の道路特性

自転車・自動車の疑似走行実験の結果を用いて(3)式の重回帰分析を行った結果、それぞれパラメータは表-2、表-3 のようになった。符号が正の係数は安心度を上げる要因、符号が負の係数は安心度を下げる要因となっていることを示す。

表-2 重回帰分析の結果 (自転車)

変数	係数	t 値	P 値	判定
路肩幅1.0m以上	0.8471	2.7129	0.0080	**
自転車道	1.1408	3.7970	P < 0.001	**
自転車指導帯	1.0177	3.5044	P < 0.001	**
個人ダミー-1 (平均値1.5未満)	-1.2978	-5.6098	P < 0.001	**
個人ダミー-2 (平均値9以上)	6.6102	10.3308	P < 0.001	**
定数項	1.7237	9.0723	P < 0.001	**

注) 個人ダミー-1・2: 安心度の平均値がそれぞれ1.5未満・9以上の場合1, その他の場合0. \*\*: 1%有意.

表-3 重回帰分析の結果 (自動車)

変数	係数	t 値	P 値	判定
車線数	0.3687	2.7693	0.0068	**
自転車専用通行帯	0.5841	2.3136	0.0230	*
自転車道	1.3286	5.0633	P < 0.001	**
個人ダミー-1 (平均値1.5未満)	-0.7276	-3.0129	0.0034	**
定数項	0.7776	2.9307	0.0043	**

注) 個人ダミー-1: 安心度の平均値が1.5未満の場合1, その他の場合0. \*\*: 1%有意, \*: 5%有意.

自転車利用者の視点からは、「路肩幅 1.0m 以上」、「自転車道」、「自転車指導帯」の存在が、安心度を上げる要因となり、自動車運転者の視点からは、「車線数」、「自転車専用通行帯」、「自転車道」の存在が、安心度を上げる要因となった。

#### 5. まとめ

本研究では、5種類の自転車走行空間における、自転車利用者と自動車運転者から見た安心度を、VR (HMD) と心拍計を用いた疑似走行実験により評価した。また、RRI, LP 面積を用いた分析を行い、安心度を目的変数とした重回帰モデルを構築した。

分析の結果、「自転車道」の存在が、自転車利用者、自動車運転者の安心度を高める効果が大きいことが分かった。物理的に車道との分断がされていることが、安心度を高める要因になっていることが示唆される。

しかし、本研究で確保できたサンプル数が少なかったため、今後はサンプル数を増やし、推計の精度を向上させていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 今村友弥, 坂本将吾, 鹿島茂(2011): 心拍変動による自動車運転時の心理的負担の定量的評価, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol. 44, 169.
- 2) 中村一樹, 大田佳奈, 佐伯友夏里(2018): 体感型評価ツールを用いた歩行ルート評価に関する基礎的分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 74, No. 5, pp. I\_909-I\_917.
- 3) 国際交通安全学会 (2009): ドライバーの感情特性と運転行動への影響 感情コントロールのための教育プログラム開発を目指して, 財団法人 国際交通安全学会, 9-11