

電動キックボード利用者の 道路交通環境に対する評価要因分析

伊藤 隆也¹・川合 琉介²・鈴木 弘司³・吉岡 慶祐⁴

¹学生会員 名古屋工業大学 社会工学科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: r.ito.564@stn.nitech.ac.jp

²学生会員 名古屋工業大学 大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: r.kawai.719@stn.nitech.ac.jp

³正会員 名古屋工業大学准教授 大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: evh23061@ict.nitech.ac.jp

⁴正会員 日本大学助教 理工学部 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1-7111)
E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

本研究では、名古屋市と東京都新宿区の補助幹線道路を対象とした走行実験を行い、アンケート調査と映像や心拍数データを用いて、電動キックボード利用者の主観的・客観的評価と、道路構造、交通状況等の環境要因との関係や自転車利用者との評価の違いについて分析した。その結果、電動キックボード走行時では、心的負担を感じるとアンケートの総合評価が低くなる傾向が示された。また、共分散構造分析より、快適性評価に最も影響を与えるのは、電動キックボード、自転車ともに路面舗装から生ずる振動による走りづらさであること、また安全性評価については、車道上に存在する車両による走りづらさが共通して大きく影響するほか、電動キックボードではマンホールの数も評価に影響を与えることがわかった。

Key Words : *Electric kickboard, Bicycle, Users Evaluation, Covariance structure analysis*

1. はじめに

近年、高齢社会での移動手段や、ラストワンマイルの移動手段として超小型モビリティが注目されている¹⁾。超小型モビリティの一つである電動キックボードは、海外で普及が進み、国内でも実証実験が数多く行われる^例 えば²⁾など、新たな交通手段として期待が高まっている。しかし海外では電動キックボード運転時の死亡事故の増加などによる規制などの議論が進んでおり³⁾⁴⁾、国内での普及を図る前に、車道走行に対する潜在的危険性の有無など、安全性に関する検討や、利用者の必要性に関する評価が必要であるといえる。

ここで電動キックボードを含む、超小型モビリティに着目した既存研究として、超小型モビリティの交通事故に関する研究⁵⁾、大都市圏郊外部における超小型モビリティの活用可能性に関する研究⁶⁾などがある。ただ、それらは超小型モビリティと道路環境との関連性について分析をしているものではなく、電動キックボードを対



図-1 本研究で使用する電動キックボード

象とする研究ではない。

そこで本研究では、公道上で走行実験を行い、アンケート調査と映像や心拍数データを用いて、電動キックボード利用者の主観的・客観的評価と、道路構造、交通状況等の環境要因との関係について分析する。また、同じ条件下における自転車利用者の調査結果との比較を行うことで、電動キックボード利用者と自転車利用者の道路交通環境に対する評価構造の違いを明らかにする。

2. 調査の概要

本研究では、愛知県名古屋市内3か所と東京都新宿区内2か所の補助幹線道路の計10ルートにおいて、20代の学生11名を被験者として電動キックボードと自転車を用いた車道走行実験を実施した。調査で使用した電動キックボードを図-1に、車体の諸元を表-1に示す。自転車は名古屋では電動アシスト機能のないシティサイクル、東京では電動アシスト機能付きのシティサイクルをそれぞれ使用している。本調査では、各コースにつき電動キックボード、自転車それぞれ1往復ずつ走行させ、新宿区内の調査では電動キックボード、自転車をそれぞれ2往復ずつ走行した。なお、被験者を(A)グループと(B)グループに分け、(A)グループは電動キックボード走行後に自転車を走行し、(B)グループは自転車走行後に電動キックボードを走行するようにした。また、コースごとに往路、復路に分けてルート番号を設定した。事前に各ルートのスタート・ゴール地点の状況を写真で説明し、電動キックボード走行に対しては、電動キックボードが原動機付自転車に該当する乗り物であること、法定速度は30km/hであるが、今回の実験では20km/h程度で走行することなどの注意事項を伝えたくえ、その他周囲の状況をよく確認のうえ、自然体での走行をするように説明している。

新宿での走行調査では、走行中の心拍数を取得するため、被験者の胸部に小型のスポーツ用心拍計(Polar V800)を取り付けている。また、走行中の周辺環境と交通特性を取得するため、前方確認カメラ(GoPro)と全方位カメラ(PIXPRO SP360)を車体のハンドル部に取り付け、走行中の速度を取得するため、GPSロガー(GT-740FL Sport LogBook)を車体部に取り付けた。調査機材の取り付け後の様子を図-2に示す。また、各機材の諸元を表-2に示す。調査対象ルートの道路構造特性を表-3に、アンケート調査の質問内容を表-4に示す。アンケートでは危険度、走りづらさに関して質問1から質問5の設問を、また、快適性、安全性の観点からの総合的な評価を表す質問6を、被験者に対して各ルート走行後に尋ねている。なお、各質問では、安全から危険、走りやすいから走りづらいまでの評価を、それぞれ1~7の7段階の評点で回答させている。ここで、得られる7段階の評点は、各評価間の差が必ずしも一定ではないと考えられる。そこで、本研究では、7段階のアンケート評点を、系列間隔法⁹⁾を用いて定量化することで、100点満点の間隔尺度に変換して分析に用いている。

なお、調査時間帯の交通量について、名古屋市内のルート(1から6)は350~400台/時、新宿区内のルート(7から10)は220~300台/時程度であった。

表-1 本研究で使用する電動キックボードの諸元

車名	FALCON ZERO9
車種	第二種原動機付自転車
寸法	1.1m×0.2m×1.13m
車両重量	18kg
定格出力	600W
最高速度	40km/h
航続距離	~40km
最大負荷	100kg

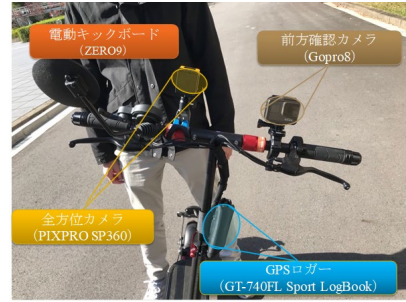


図-2 調査機材の設置状況

表-2 調査機材の諸元

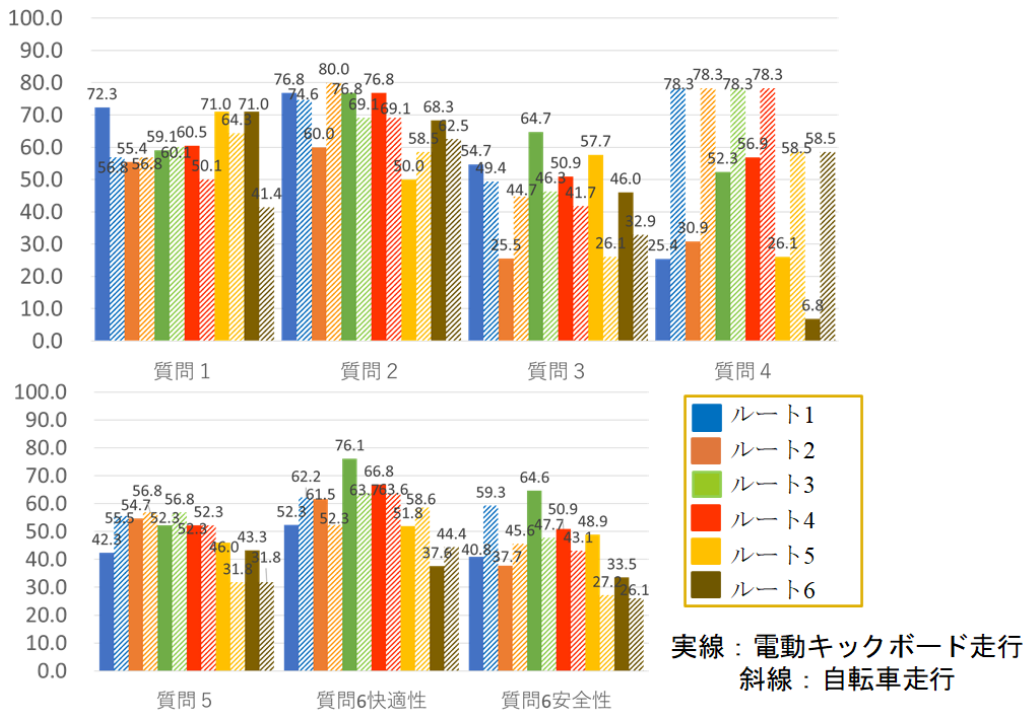
名称	心拍計	前方確認カメラ	全方位カメラ	GPSロガー
V800	HERO8	PIXPRO SP360	GT-740FL	Sport LogBook
製造元	Polar	GoPro	Kodak	Sport LogBook
サイズ (W×H×D) [mm]	39×33×12.7	66.3×48.6×28.4	41.1×50.0×38.0	69.8×29.7×15.6
重量[g]	79	116	103	35
データ送受信方法	専用USBケーブル	USBシリアル通信, microSD, Bluetooth	USBシリアル通信, microSD	USBシリアル通信
出力可能データ形式	CSV他	MP4他	MP4	CSV他

表-3 調査対象ルートの道路構造特性

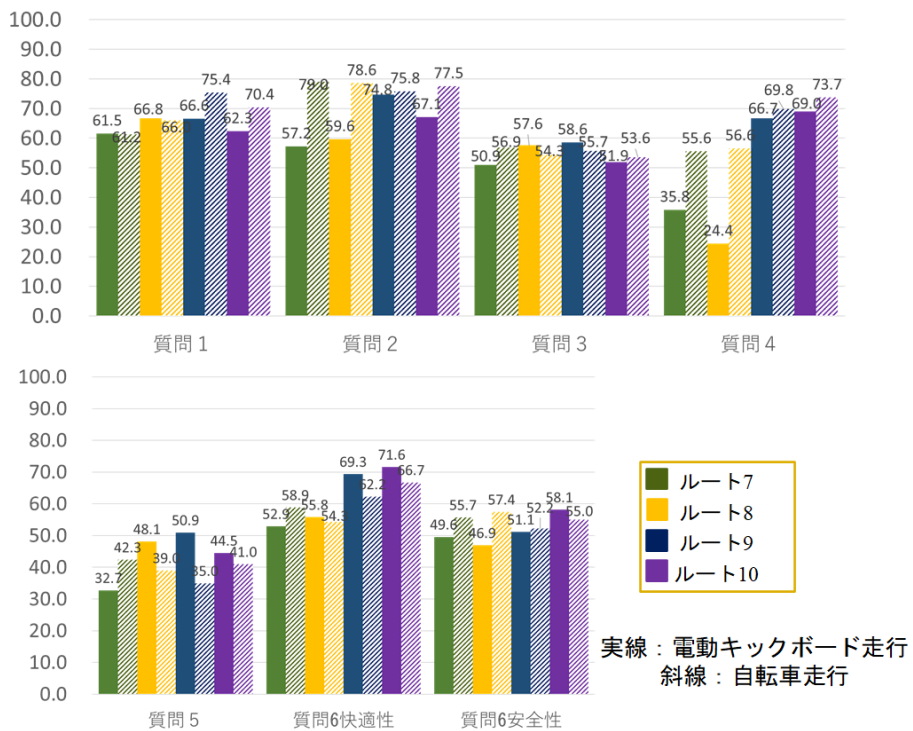
ルート番号	交差点数 [箇所]*	コース長[m]	コース勾配 [%]**	片側車線数	路肩幅員 [m]	第一車線幅員 [m]
1	2(1)	350	0	1	0.75	3.5
2	2(1)	350	0	1	0.75	3.5
3	10(1)	600	-1.7	1	0.9	3.25
4	10(1)	600	1.7	1	0.9	3.25
5	9(3)	400	-8.3	2	0.45	2.75
6	9(3)	600	8.3	2	0.45	2.75
7	0(0)	400	-12.5	2	1.75	2.75
8	0(0)	400	12.5	2	1.75	2.75
9	1(1)	300	0	2	0.5	2.75
10	1(1)	300	0	2	0.5	2.75

表-4 アンケート調査の質問内容

項目	質問内容
質問1	車両交錯 沿道施設・交差点を出入りする自動車に対する危険度
質問2	対自転車・二輪 路肩上で走行する他の自転車、原付に対する危険度
質問3	対自動車 車道第1車線で走行する自動車、2輪車に対する危険度
質問4	振動 路面舗装から生ずる振動による走りづらさ
質問5	路上障害物 路上障害物の存在による走りづらさ
質問6	総合評価(快適性) リンクの総合評価(快適性)
質問6	総合評価(安全性) リンクの総合評価(安全性)



(a) 名古屋市内調査 (ルート1~ルート6)



(b) 新宿区内調査 (ルート7~ルート10)

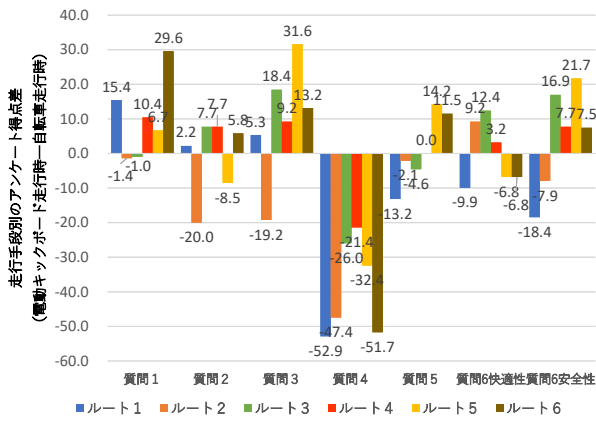
図-3 手段別、被験者別の各質問に対する平均評価

3. 走行手段別のアンケート評価分析

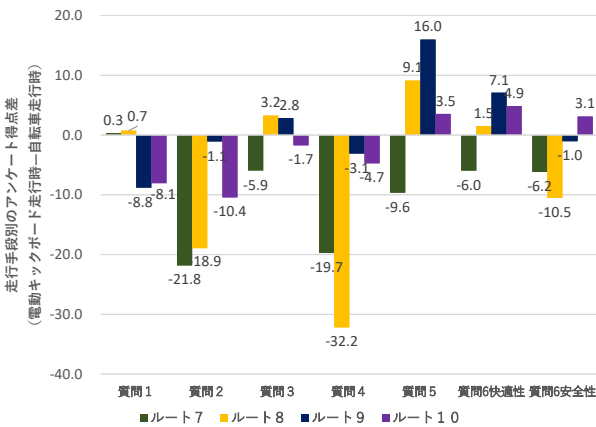
アンケート調査にて得られたルート別、走行手段別、被験者別の各質問項目に関する平均得点を図-3に示す。

これより、総合評価を表す質問6の快適性の項目では電動キックボードはルート3、自転車はルート9が最も評価が高く、電動キックボード、自転車ともルート6の評

価が最も低いことがわかる。質問6の安全性の項目では電動キックボードはルート3、自転車はルート1が最も評価が高く、電動キックボード、自転車ともルート6の評価が最も低いことがわかった。よって、電動キックボード利用者の総合評価が高いのはルート3であり、電動キックボード利用者、自転車利用者ともにルート6の評価が最も低いといえる。



(a) 名古屋市内調査 (ルート1~ルート6)



(b) 新宿区内調査 (ルート7~ルート10)

図4 手段別、被験者別の各質問に対する平均評価

電動キックボード走行時のアンケート得点と自転車走行時のアンケート得点の差を縦軸に取り、質問ごとに集計した結果を図-4に、両者の平均値の差の検定結果を表-5に示す。なお、図-4では縦軸の値が正で大きくなるほど電動キックボード走行時の評価が高いことを表す。

図-4(a)より、名古屋コースは質問4以外の質問の評価が全体的に電動キックボード走行時の評価がやや高く、質問4の評価は自転車走行時の評価が高い傾向が読み取れる。図-4(b)より、新宿コースは全体的に自転車走行時の評価が高く、特に質問2と質問4の評価が高いことがわかる。質問5においては、電動キックボード走行時の評価が高い傾向が読み取れる。

表-5の走行手段別の得点差の検定より、沿道施設や交差点を出入りする自動車に対する評価を表す質問1では、ルート6における電動キックボード走行時は自転車走行時と比べて評価が高い傾向にある ($p<0.10$)。よって、ルート6における自転車走行時に自動車の流出入に対して評価を下げる要因が存在することが推測できる。

路肩上を走行する他の二輪車に対する評価を表す質問2では、ルート7、ルート8の電動キックボード走行時の評価が低いことがわかる ($p<0.05$)。よって、これらのルート上に二輪車に対して評価を下げる要因があると推

表-5 手段別、被験者別の各質問に対する平均評価

(*: $p<0.1$, **: $p<0.05$, ***: $p<0.01$)

ルート	統計指標	質問1	質問2	質問3	質問4	質問5	質問6 快適性	質問6 安全性
1 (n=5)	t 値	0.69	0.14	0.30	-3.80	-0.62	-0.56	-2.31
	有意確率(片側)	0.26	0.45	0.39	0.00***	0.28	0.29	0.03**
2 (n=5)	t 値	-0.05	-0.89	-0.99	-3.82	-0.11	0.59	-0.44
	有意確率(片側)	0.48	0.20	0.18	0.00***	0.46	0.29	0.34
3 (n=5)	t 値	-0.06	0.44	0.98	-1.82	-0.18	0.90	1.18
	有意確率(片側)	0.48	0.34	0.18	0.06*	0.43	0.20	0.14
4 (n=5)	t 値	0.58	0.44	0.44	-1.65	0.00	0.23	0.45
	有意確率(片側)	0.29	0.34	0.34	0.07*	0.50	0.41	0.33
5 (n=4)	t 値	0.44	-0.39	1.44	-2.43	0.68	-0.30	1.03
	有意確率(片側)	0.34	0.36	0.11	0.03**	0.26	0.39	0.19
6 (n=4)	t 値	1.56	0.34	0.72	-4.74	0.59	-0.35	0.32
	有意確率(片側)	0.09*	0.37	0.26	0.00***	0.29	0.37	0.38
7 (n=16)	t 値	0.03	-2.06	-0.55	-1.94	-1.00	-0.65	-0.56
	有意確率(片側)	0.49	0.03**	0.29	0.03**	0.16	0.26	0.29
8 (n=16)	t 値	0.08	-1.75	0.32	-3.47	1.09	0.18	-1.07
	有意確率(片側)	0.47	0.05**	0.38	0.00***	0.14	0.43	0.15
9 (n=6)	t 値	-1.13	-0.14	0.31	-0.41	1.69	1.03	-0.11
	有意確率(片側)	0.13	0.44	0.38	0.34	0.05*	0.16	0.46
10 (n=16)	t 値	-0.96	-1.15	-0.20	-0.68	0.43	0.64	0.40
	有意確率(片側)	0.17	0.13	0.42	0.25	0.34	0.26	0.35

測できる。

車道上に存在する車両に対する評価を表す質問3では、電動キックボード走行時と自転車走行時の評価に有意な差はみられなかった。

振動による走りづらさを表す質問4では、10ルート中8ルートで、電動キックボード走行時は自転車走行時と比べて有意に評価が低いことがわかった。これより、電動キックボードは自転車と比べて振動が大きく評価に影響するといえる。

路上障害物による走りづらさを表す質問5では、ルート9の電動キックボード走行時の評価が高い傾向にある ($p<0.10$)。よって、ルート9上に自転車走行時に路上障害物に対して評価を下げる要因があると推測できる。

総合評価を表す質問6では、快適性の項目では有意な差がみられないが、安全性の項目ではルート1の電動キックボード走行時の評価が低いことがわかる ($p<0.05$)。よって、ルート1上に電動キックボード走行時に安全性に対して評価を下げる要因があると推測できる。

4. 走行調査被験者の心拍負担とアンケート評価の関係

本章では、走行調査の際に心拍計 (POLAR V800) により取得した被験者の心拍数データを用いて、電動キックボード走行時と自転車走行時の心的負担の特性、および心的負担とアンケート評価との関係性について分析する。

(1) 心拍数取得の概要

本節では、心拍数データ取得の概要を述べる。新宿・都庁コースの走行調査中に、各被験者、各ルート走行において心拍数を計測している。本研究では、走行時の心的負担を評価するために平均心拍数と心拍相対値を用いる。ここで心拍相対値とは、走行時に取得した平均心拍数を、走行調査前の1分間に取得した平均心拍数で除すことで算出する指標である。なお、走行調査前の平均心拍数は、走行開始前の1分間に心拍数を1秒単位で計測して、60で除すことで算出している。また、ルート7と8、ルート9とルート10はそれぞれ連続して走行調査を行うため、ルート8走行前の平均心拍数は、ルート7の値を、ルート10走行前の平均心拍数はルート9の値を用いる。走行時は、走行開始時から走行終了時までの心拍数を1秒単位で計測し、開始時から終了時までの走行時間で除すことで、1走行時ごとの平均心拍数を算出する。本研究では、心拍数相対値が1を超えている場合、平常時よりも心的負担を感じている状態であると考えられる。

(2) 各ルートにおける心拍数の特性

本節では、各ルートの心拍数の特性について、走行手段の違いに着目して分析する。表-6に走行調査前、走行調査時に取得した各被験者の1走行ごとの平均心拍数と心拍相対値を示す。

これより、ルート10走行時は、電動キックボード走行時の心拍相対値が1を下回っている場合が多く、電動キックボード走行時に平常時よりも心的負担を感じているとはいえないと推察できる。一方、自転車走行時の心拍相対値が1を上回っている場合が多いことがわかる。運動を伴うため自転車走行時の心拍数は平常時よりも高くなると考えられるが、同一被験者で比較するとルートによる差異がみられるため、走行ルートにより心的負担を感じていることが推測できる。また、ルート9の標準偏差や変動係数の値から、ルート9走行時は電動キックボード走行時よりも自転車走行時のほうが、心拍数のばらつきが大きいことがわかる。

(3) 心拍負担とアンケート評価の関係

本節では、各走行時の心拍負担が被験者の主観評価に与える影響について調べるため、独立変数をアンケート調査の質問1から質問6の各評点、従属変数を心拍相対値とした単回帰分析を行う。手段別の分析結果を表-7に示す。なお、本節で扱うアンケートデータはすべて、3章にて示した系列間隔法により間隔尺度に変換し、100点満点化したものを用いる。

電動キックボード走行時の心拍相対値と各質問の回帰式について、表-7より、決定係数は低いものの質問1、2および質問6は、分散分析の結果から、これらの回帰式

表-6 手段別被験者別ルート別の心拍数特性

(a) ルート7, 8

	ルート7				ルート8				
	キック1	自転車1	キック2	自転車2	キック1	自転車1	キック2	自転車2	
被験者2	走行前心拍数	84.48	84.97	89.18	82.87	84.48	84.97	82.88	82.87
	走行時心拍数	89.88	93.88	86.34	88.49	87.67	105.09	87.32	101.40
	心拍相対値	1.06	1.10	0.97	1.07	1.04	1.24	0.98	1.22
	標準偏差	3.78	4.74	2.86	4.92	4.19	7.33	3.26	7.63
	変動係数	0.04	0.05	0.03	0.06	0.05	0.07	0.04	0.08
被験者5	走行前心拍数	116.22	102.13	113.52	106.18	116.22	102.13	113.52	106.18
	走行時心拍数	101.10	88.95	100.10	101.19	97.63	100.00	106.34	92.71
	心拍相対値	1.10	0.97	1.09	1.10	1.06	1.09	1.16	1.01
	標準偏差	8.81	5.13	4.02	2.84	2.54	2.24	4.28	6.61
	変動係数	0.09	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.07
被験者6	走行前心拍数	84.58	83.28	84.22	92.35	84.58	83.28	84.22	92.35
	走行時心拍数	120.04	118.72	118.70	110.20	121.89	118.09	128.15	116.37
	心拍相対値	1.03	1.02	1.02	0.94	1.04	1.01	1.10	1.00
	標準偏差	5.25	4.75	5.07	4.94	4.13	4.18	6.12	10.41
	変動係数	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.09
被験者8	走行前心拍数	120.78	127.62	114.48	117.48	120.78	127.62	114.48	117.48
	走行時心拍数	126.44	113.81	115.95	112.49	126.18	110.72	112.18	112.44
	心拍相対値	1.19	1.07	1.09	1.06	1.18	1.04	1.05	1.06
	標準偏差	3.20	4.85	2.25	3.71	4.81	3.21	3.60	5.84
	変動係数	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05
被験者9	走行前心拍数	119.03	98.75	108.20	121.77	119.03	98.75	108.20	121.77
	走行時心拍数	130.14	111.22	99.12	132.94	139.49	98.13	107.29	126.79
	心拍相対値	1.17	1.00	0.89	1.19	1.06	0.88	0.96	1.14
	標準偏差	5.93	2.22	10.49	7.26	3.95	4.62	3.58	11.48
	変動係数	0.05	0.02	0.11	0.05	0.03	0.05	0.03	0.09
被験者11	走行前心拍数	118.77	107.10	119.85	117.15	118.77	107.10	119.85	117.15
	走行時心拍数	124.26	117.99	127.20	113.23	139.00	116.37	125.40	114.82
	心拍相対値	1.10	1.04	1.12	1.00	1.23	1.03	1.11	1.01
	標準偏差	12.07	4.01	3.32	6.26	9.00	5.23	5.55	3.42
	変動係数	0.10	0.03	0.03	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03

(b) ルート9, 10

	ルート9				ルート10				
	キック1	自転車1	キック2	自転車2	キック1	自転車1	キック2	自転車2	
被験者2	走行前心拍数	88.21	81.85	87.00	78.25	88.21	81.85	87.00	78.25
	走行時心拍数	86.49	96.02	85.56	98.32	83.43	88.64	82.88	88.52
	心拍相対値	0.98	1.17	0.98	1.26	0.95	1.08	0.95	1.13
	標準偏差	3.33	7.12	4.47	6.90	2.09	5.99	2.32	4.41
	変動係数	0.04	0.07	0.05	0.07	0.03	0.07	0.03	0.05
被験者5	走行前心拍数	104.29	105.36	105.84	104.00	104.29	105.36	105.84	104.00
	走行時心拍数	103.42	105.79	100.95	100.74	97.92	95.57	94.59	81.51
	心拍相対値	1.12	1.15	1.10	1.09	1.06	1.04	1.03	0.89
	標準偏差	3.30	5.78	4.24	3.21	6.51	11.02	3.51	11.92
	変動係数	0.03	0.05	0.04	0.03	0.07	0.12	0.04	0.15
被験者6	走行前心拍数	105.52	103.72	92.90	90.48	105.52	103.72	92.90	90.48
	走行時心拍数	123.31	113.79	120.95	107.77	123.34	115.37	134.19	113.97
	心拍相対値	1.06	0.97	1.04	0.92	1.06	0.99	1.15	0.98
	標準偏差	4.07	6.13	7.31	7.60	3.06	5.01	4.06	6.20
	変動係数	0.03	0.05	0.06	0.07	0.02	0.04	0.03	0.05
被験者8	走行前心拍数	117.42	118.15	111.08	118.70	117.42	118.15	111.08	118.70
	走行時心拍数	112.33	108.77	109.30	110.67	106.65	117.76	105.95	126.38
	心拍相対値	1.05	1.02	1.03	1.04	1.00	1.11	1.00	1.19
	標準偏差	4.05	8.23	3.64	5.05	4.67	5.44	3.45	7.02
	変動係数	0.04	0.08	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03	0.06
被験者9	走行前心拍数	115.85	73.40	109.33	125.67	115.85	73.40	109.33	125.67
	走行時心拍数	119.71	87.31	103.68	127.13	99.54	113.80	95.02	95.65
	心拍相対値	1.07	0.78	0.93	1.14	0.89	1.02	0.85	0.86
	標準偏差	4.49	12.96	3.26	6.58	4.24	10.23	2.62	5.54
	変動係数	0.04	0.15	0.03	0.05	0.04	0.09	0.03	0.06
被験者11	走行前心拍数	117.47	112.13	119.20	110.30	117.47	112.13	119.20	110.30
	走行時心拍数	117.02	115.15	119.23	118.10	115.14	115.11	120.94	116.20
	心拍相対値	1.03	1.02	1.05	1.04	1.02	1.02	1.07	1.03
	標準偏差	2.96	5.01	2.89	4.65	5.21	4.26	2.71	3.91
	変動係数	0.03	0.04	0.02	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03

注) キックは電動キックボードの略。キック、自転車の右の数字は、そのルートの何回目かの走行であることを表す。

表-7 心拍相対値と各質問との単回帰分析結果

(*:p<0.1, **:p<0.05, ***: p<0.01)

	電動キックボード				自転車			
	F値	決定係数	切片	回帰係数	F値	決定係数	切片	回帰係数
質問1	7.16**	0.135	181.33	-114.65**	3.16	0.070	-5.17	69.02
質問2	16.44***	0.263	288.84	-217.4***	1.07	0.025	45.67	32.22
質問3	0.28	0.006	82.18	-28.79	0.75	0.018	17.35	35.29
質問4	3.76	0.076	162.24	-108.49*	0.06	0.002	52.07	12.07
質問5	1.27	0.027	106.61	-62.82	0.39	0.009	58.44	-21.70
質問6(快適性)	5.13**	0.100	142.46	-75.99**	2.22	0.050	123.62	-58.73
質問6(安全性)	6.58**	0.125	168.96	-115.42**	0.26	0.006	31.25	23.24

は有意であると解釈できる ($p<0.05$)。質問1、質問2の回帰係数が負であり、走行時の平均心拍数の上昇が沿道施設や交差点に出入りする自動車に対する評価を表す質問1と二輪車に対する評価を表す質問2の評価を下げる事がわかる。また、総合評価を表す質問6の回帰係数を見ると、快適性、安全性ともに有意な結果が得られ、質問6の回帰係数より、心拍相対値が10%上昇した場合、快適性の評点は7.6点低下し、安全性の評点は11.5点低下することがわかる。したがって、心拍相対値の変動による総合評価への影響は、安全性の評価への影響の方が大きいことがわかる。

一方、自転車走行時の心拍相対値と各質問の評価では有意な結果が得られなかった。そのため、自転車走行時は心拍数の平常時からの変動がアンケート評価に影響しないことが推測できる。

5. 電動キックボード運転者の評価構造に関する分析

本章では、電動キックボード利用者のアンケート評価に影響を及ぼす要因を明らかにするため、共分散構造分析を行う。今回、潜在変数として「交通環境」を設定し、車両交錯による危険性（質問1）と、二輪車による危険性（質問2）、他車両による危険性（質問3）、路上障害物などによる走りづらさ（質問5）の評価を「交通環境」に対応させている。

快適性についてのモデルを図-5に、安全性についてのモデルを図-6に、分析に用いた変数の定義を表-8に示す。この図中の矢印上の値は標準化されたパス係数を示す。

GFI, AGFIの値より分析の精度はやや高く、各変数間の有意性は示されているため、両モデルの結果を考察する。図-5より、快適性については、車道空間と沿道施設や交差点における流入出や、信号待ちの有無が評価に影響することがわかる。路面舗装から生ずる振動の評価を表す「質問4」に関しては、「初回走行ダミー」が有意であり、パラメータが負であることから、初めて電動キックボードを走行した際に振動が走りづらさに影響を与えていることが推測できる。

図-6より、安全性については、大型車台数や二輪車台数、路上駐車台数といった他の交通の特性によって影響を受ける事がわかる。また、「質問4」に関しては、「マンホール数」が有意であり、パラメータが負であることから、走行中に通過したマンホールの数が多いほど、危険を感じて評価を下げる事がわかる。

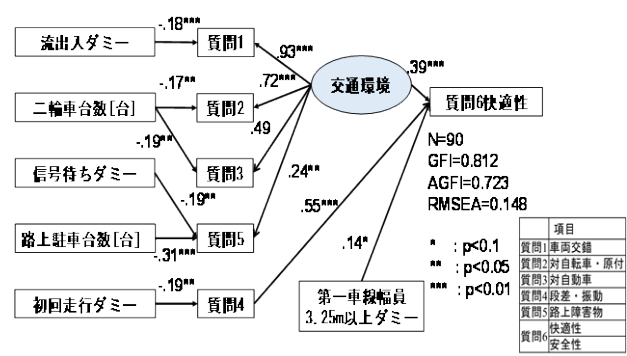


図-5 電動キックボード利用者の快適性評価に関する共分散構造分析

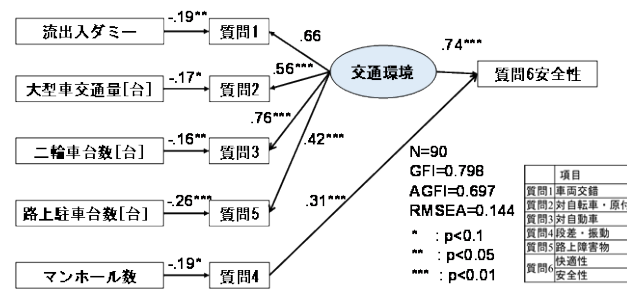


図-6 電動キックボード利用者の安全性評価に関する共分散構造分析

表-8 共分散構造分析に用いる変数の定義

変数名	定義・説明
大型車両数[台/分]	被験者の存在する断面を通過した、走行中の大型自動車の台数
二輪車台数[台/分]	被験者の存在する断面を通過した自転車台数と自動二輪車台数の合計台数
路上駐車台数[台/分]	車道走行空間上で路上駐車車両の存在する断面を通過した回数
大型車交通量(交通流率)[台/時]	交通量調査により得られた車道部の大型自動車の1時間交通量または交通流率
大型車混入率[%]	交通量調査にて得られた車道部の大型車混入率
第一車線幅員[m]	車道の第一車線の幅員(白線の幅は除く)
マンホール数[箇所]	走行中に通過したマンホールの箇所数
第一車線幅員X(m)以上ダミー	第一車線幅員がX(m)以上=1, それ以外=0
キックボード先走行ダミー	走行順が電動キックボード→自転車の被験者の場合=1, それ以外=0
流出入ダミー	沿道施設及び接続道路に流入した自動車に遭遇した場合=1, それ以外=0
信号待ちダミー	走行中に信号停止に伴う減速挙動をとった場合=1, それ以外=0
路上駐車ダミー	路上駐車車両の存在する断面を通過した場合=1, それ以外=0
初回走行ダミー	電動キックボードでの走行調査が初回の場合=1, それ以外=0

6. 自転車運転者の評価構造に関する分析

本章では、自転車利用者のアンケート評価に影響を及ぼす要因を明らかにするため、共分散構造分析を行う。

評価構造モデルは5章と同様とし、分析に用いた変数を表-8に示す。快適性についてのモデルを図-7に、安全性についてのモデルを図-8に、この図中の矢印上の値は標準化されたパス係数を示す。

図-7, 図-8より、快適性、安全性の両モデルとも周囲の大型車や路上駐車車両といった交通状況と、第一車線幅員が組み合わさって評価に影響していることがわかった。また、路面舗装による振動の評価については、両モ

デルとも電動キックボードを先に運転し、その後自転車を運転した場合に評価が高くなる傾向がみられた。

7. おわりに

本研究では、電動キックボード利用者の視点から道路交通環境に対する評価要因を明らかにすることと、自転車走行時との評価の違いについて比較することを狙いとして、複数の道路区間において走行調査を実施した。まず、走行調査時の被験者アンケートの結果から、電動キックボード走行時と自転車走行時の評価の違いについて考察した。次に、心拍数データを用いて補助幹線道路における電動キックボード走行時と自転車走行時に受ける心的負担の違いについて分析した。さらに、アンケート調査と各取得データから、道路交通環境に対する主観評価について、共分散構造分析を用いることで、各評価項目の評点に影響を与える外部要因を分析した。

得られた知見は以下の通りである。

- ・電動キックボード走行時は、路面からの振動に対する評価が大幅に低くなることがわかった。
- ・心拍数データより、電動キックボード走行時よりも自転車走行時の心的負担が大きい傾向がみられた。
- ・心的負担とアンケートの主観評価との関係より、電動キックボード走行時においては、心的負担を感じるとアンケートの総合評価が低くなる傾向がみられた。また、心的負担が最も影響を与える質問項目は、他の二輪車に対する評価を表す項目であることがわかった。
- ・電動キックボード利用者の快適性についての共分散構造分析より、車道空間と沿道施設や交差点における流入や、信号待ちの有無が評価に影響することがわかった。また、電動キックボード利用者の安全性については、大型車台数や二輪車台数、路上駐車車両といった他の交通の特性に対して影響を受けやすいことがわかった。また、路面舗装による振動の評価に対しては、快適性については電動キックボード運転に対する慣れに関する変数、安全性についてはマンホール数が影響することがわかった。
- ・自転車利用者に関する快適性評価、安全性評価の共分散構造モデルを比較すると、どちらも周囲の大型車と路上駐車車両といった交通状況と、第一車線幅員が組み合わさって影響していることがわかった。また、路面舗装の振動の評価に対しては、両モデルとも、電動キックボードを先に運転し、その後自転車を運転した場合に評価が高くなる傾向がみられた。
- ・総合評価に関して、快適性については、電動キックボード走行時、自転車走行時ともに、路面舗装から生ずる振動による走りづらさを表す評価項目が総合評価に最も影響を与えることがわかった。安全性については、車道

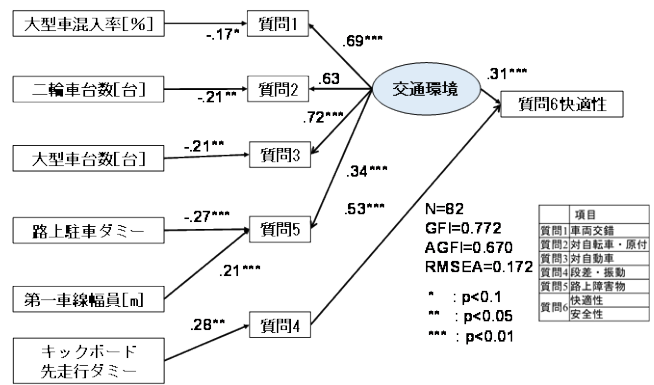


図-7 自転車利用者の快適性評価に関する共分散構造分析

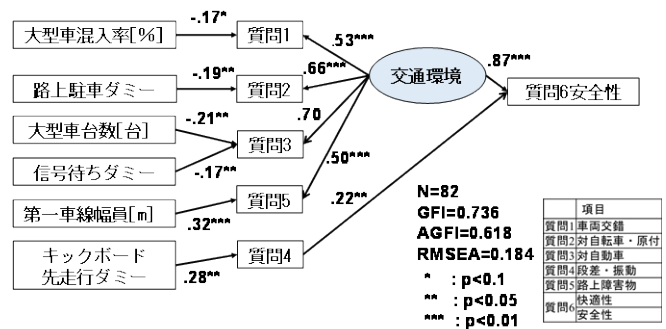


図-8 自転車利用者の安全性評価に関する共分散構造分析

上に存在する車両による走りづらさを評価する項目が総合評価に最も影響を与えることがわかった。

今後の課題として、被験者数を増やし、また、道路交通環境を変更した条件で実験を行い、分析を深めることが挙げられる。

謝辞: 本研究は、IATSS2008A研究調査プロジェクトおよび科研費(基盤研究(C)20K04737)の一環として実施したものです。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 国土交通省「超小型モビリティ導入に向けたガイドライン」: <https://www.mlit.go.jp/common/000212867.pdf>
- 2) 株式会社 Luup「電動キックボード実証結果等について」: https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mobility/pdf/003_10_00.pdf
- 3) ドイツ自動車連盟ウェブサイト: <https://www.adac.de/>
- 4) サンフランシスコ市交通局ウェブサイト: <https://www.sfmta.com/>
- 5) シンガポール陸上交通庁: <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en.html>
- 6) 経済産業省会議資料: https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mobility/pdf/003_10_00.pdf

- 7)大賀 涼, 田久保 宣晃, 寺島 孝明, 野口 祐輔, 木戸 浩太郎, 加藤 憲史郎: 超小型モビリティ・ミニカーに関する研究, 自動車技術会論文集, 2013 年 44 卷 5 号 p. 1269-1274, 2013.
- 8)須永 大介, 青野 貞康, 松本 浩和, 寺村 泰昭, 久保田 尚: 大都市圏郊外部における超小型モビリティの活用可能性に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, pp. I_641-I_651, 2016.
- 9)増山英太郎, 小林茂雄: センソリー・エバリュエーション—官能検査へのいざない—, pp182-190, 1989.
- (2021. 3. 7 受付)

ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN ELECTRIC KICKBOARD USERS
EVALUATION AND ROAD TRAFFIC ENVIRONMENT

Ryuya ITO, Ryusuke KAWAI, Koji SUZUKI and Keisuke YOSHIOKA