

# 電動キックボード対面すれ違いの挙動特性及び 走行受容性と不安感評価の要因分析

宮崎 妃奈与<sup>1</sup>・鈴木 弘司<sup>2</sup>・鈴木 一史<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 名古屋工業大学 工学部社会工学科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)  
E-mail: h.miyazaki.465@stn.nitech.ac.jp (Corresponding Author)

<sup>2</sup> 正会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)  
E-mail: suzuki.koji@nitech.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580)  
E-mail: ksuzuki@gunma-ct.ac.jp

本研究では、電動キックボードの対面すれ違い回避挙動に着目した走行実験を通じて、回避挙動特性の分析、および走行の受容性とすれ違い時の不安感評価に影響を及ぼす要因分析を行った。走行実験では 25 名の被験者が、歩行者と電動キックボードとのすれ違い走行、および電動キックボードまたは自転車と電動キックボードとのすれ違い走行を走行位置や速度の組合せを変えながら行い、走行の受容性とすれ違い時の不安感のアンケート調査とビデオ観測調査より分析を行った。その結果、交錯相手の走行位置の条件は回避挙動に及ぼす影響が大きく、回避開始位置については速度による影響も大きいことが分かった。要因分析の結果、回避量が大きいほど、受容性は低くなり、不安感が大きくなることが示された。

**Key Words:** *electric kick scooter, avoidance, acceptability, anxiety*

## 1. はじめに

近年、わが国では都市部を中心に、電動キックボード（以下、電動 KB）のシェアリングサービスが普及しつつあり、ラストワンマイルの移動手段として電動 KB が注目されている。現行の道路交通法では、電動 KB は原動機付自転車に位置付けられており、免許が必要で、車道通行、ヘルメット着用は義務とされている。一方で、2021 年 4 月からは産業競争力強化法に基づいて、電動キックボードの実証実験が実施されており、電動 KB のシェアリングサービスでは、ヘルメットの着用は任意とされ、普通自転車通行帯や自転車道の走行などが認められている。電動 KB の普及に伴い、法整備も進んでおり、2022 年 4 月に改正道路交通法が成立し、2 年以内に施行となる。今回の法改正により、電動 KB は新たに特定小型原動機付自転車に位置付けられ、最高速度 20km/h 以下、運転免許不要、満 16 歳未満運転禁止、ヘルメット着用任意、最高速度 6km/h 以下に制御された電動 KB の場合は歩道走行可能となる。これにより、歩行者との交錯が課題となるが、歩行者や自転車との混在環境下にお

いて、電動 KB が周囲にどのような影響を及ぼすかなど不明な点が多い。同一空間内での他者との交錯回避や不安感について、鈴木<sup>1)</sup>は構内実験データに基づき、すれ違い時の交錯回避特性と利用者不安感の研究を進めているが、被験者が若年層に限られることや電動 KB 同士の実験を行っていない課題がある。

そこで本研究では、電動 KB の主な利用者層と想定される<sup>2)</sup>20代から40代、また電動 KB を日常的に使用する方を被験者として、歩行者と電動 KB、電動 KB または自転車と電動 KB の対面すれ違い回避挙動に着目した実験を行い、すれ違い時の挙動特性と、走行条件の違いが走行の受容性とすれ違い時の不安感評価に及ぼす影響要因を分析する。

## 2. 走行実験概要

走行実験は 2021 年 11 月から 12 月の間の計 5 日間、名古屋工業大学構内にて実施した。被験者は 20 代から 50 代までの男女 25 名であり、表-1 に被験者の内訳を示す。

実験の流れは、まず被験者は実験内容の説明を受け、実験参加に同意したのちに、事前アンケートに回答する。その後、電動 KB の運転方法についての説明を受け、慣らし走行を行う。電動 KB の運転に十分に慣れてきたことを被験者から申告してもらい、基本走行確認（事前走行）としてスラロームと急制動を 3 セットずつ実施する。基本走行確認は電動 KB の乗車経験有無の影響や、慣らし走行での習熟度の差を小さくすることを目的として行う。基本走行が終わり次第、表-2 に示す利用主体の組合せ、走行速度、調査員の走行位置などの条件を変えた全 42 パターンの対面すれ違い走行を各パターン 1 回ずつ実施する。主体の組合せは、被験者が歩行者で調査員が電動 KB に乗車しているパターン A、被験者が電動 KB に乗車して調査員が歩行者であるパターン B、被験者と調査員どちらも電動 KB に乗車しているパターン C、被験者が自転車に乗車し調査員が電動 KB に乗車しているパターン D の計 4 つである。なお、実験パターンの走行順序は、モビリティの組合せ、走行速度、調査員の走行位置の順に階層的にランダム化しており、被験者ごとに異なる順序で実験を行う。

被験者は基本的に図-1 にあるような路面上の基準となるマーカー（白破線）に沿って走行し、対向する調査員に対して、危険を感じた時点で左側に避け、再び元の走行位置に戻って走行する。被験者には、この実験は限界を試すものではなく、無理せず自然な走行を心掛けるようにと伝えている。また、被験者が回避できる側方余裕として 2m を設けているが、回避するときの注意点として、回避する際にはできるだけこの 2m の範囲を超えないようにと説明している。なお、調査員は被験者と接触する可能性が高い緊急時のみ回避し、それ以外は決められた通行位置を走行する。

各パターンの走行終了ごとに、走行の受容性に関するアンケートとすれ違い時の不安感に関するアンケートに回答する。走行の受容性に関するアンケートでは「今回のような相手との距離や速度で、あなた自身が実際の道路上を走行することをどう思いますか?」という質問に対し、「よくない」を 1 点、「あまりよくない」を 2 点、「どちらでもない」を 3 点、「まあよい」を 4 点、「よい」を 5 点として評価する。すれ違い時の不安感に関するアンケートでは「相手とすれ違った時の不安感はどうでしたか?」という質問に対し、「全く不安でない」を 1 点、「やや不安でない」を 2 点、「どちらでもない」を 3 点、「やや不安」を 4 点、「とても不安」を 5 点として評価する。

全 42 パターンの走行終了後、事後走行として、再びスラロームと急制動を 3 セットずつ行う。その後、事後アンケートに回答して実験は終了とする。

実験中は走行レーン横の建物高層階に固定したビデオ

表-1 被験者内訳

	男性	女性	計
20代 [人]	6	5	11
30代 [人]	3	3	6
40代 [人]	4	3	7
50代 [人]	1	0	1
計	14	11	25

表-2 実験の走行パターン

組合せ	パターン	被験者	調査員	要因/水準				パターン数
				被験者速度 (km/h)	調査員速度 (km/h)	相対速度 (km/h)	走行位置 (m)	
歩車	A	歩行者	電動KB	5	6/10/15	11/15/20	0/0.75/1.5	9
	B	電動KB	歩行者	6/10/15	5	11/15/20	0/0.75/1.5	9
車車	C	電動KB	電動KB	10/15	6/15	16/21/25/30	0/0.75/1.5	12
	D	自転車	電動KB	10/15	6/15	16/21/25/30	0/0.75/1.5	12
被験者が体験する合計パターン数								42



図-1 実験の様子（手前：被験者，奥：調査員）



図-2 軌跡観測箇所及び軌跡取得イメージ

カメラを用いて、走行の様子を映像として記録する。専用の画像処理ソフト<sup>3)</sup>を用いて、被験者は 0.5 秒おきに、調査員は 1.0 秒おきに映像データから軌跡を取得し、カルマンスムージングにより 1/30 秒単位に補間推定した軌跡データを作成する。軌跡観測箇所は図-2 に示すように、歩行者の場合は頭部からの垂線と地面との交点、自転車と電動 KB の場合は後輪と地面との接地点とする。さらに、電動 KB と自転車については、車両形状を考慮した座標変換を適用し、車両のほぼ重心位置が軌跡の代表点

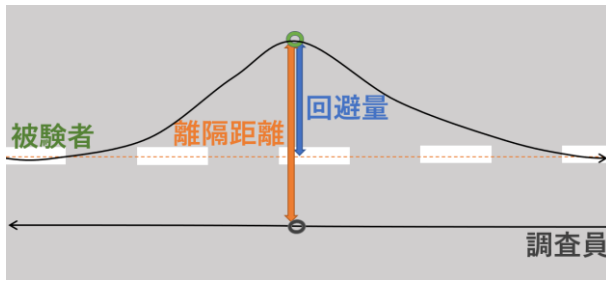


図-3 離隔距離および回避量の定義

表-3 被験者の回避率

		回避率		
		0m	0.75m	1.5m
パターンA	11km/h	100%	92%	28%
	15km/h	100%	80%	28%
	20km/h	100%	88%	20%
パターンB	11km/h	100%	96%	20%
	15km/h	100%	100%注	36%
	20km/h	100%	92%	28%
パターンC	16km/h	100%	96%	36%
	21km/h	100%	92%	40%
	25km/h	100%	92%	40%
	30km/h	100%	96%	32%
パターンD	16km/h	100%	96%	44%
	21km/h	100%	100%	32%
	25km/h	100%	92%	36%
	30km/h	100%	100%	44%

注：実験の誤りにより 1 名分の抜け漏れがある

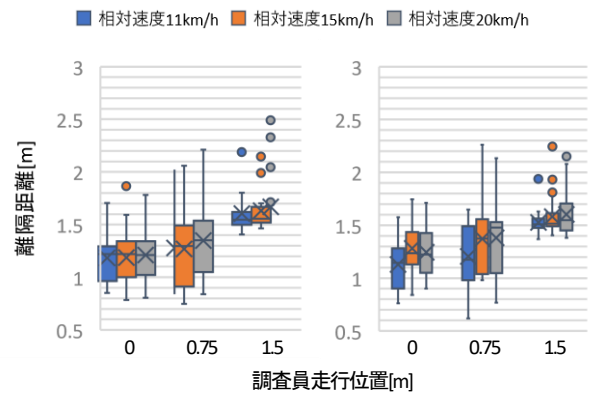
となるように位置座標の取得を行う。

### 3. 実験結果

本章では、軌跡データから取得したすれ違い時の離隔距離、すれ違い時の回避量、回避有無、回避開始位置の結果と、走行受容性とすれ違い時の不安感に関するアンケートの集計結果についてまとめる。ここで、図-3に示すように離隔距離は、被験者と調査員のすれ違い時の横方向の2者間の距離とし、回避量は、すれ違い時に被験者が走行の基準線（白破線）から離れている距離とする。なお、実験の際のミスにより、パターンBの一部の走行パターンに抜けがある。

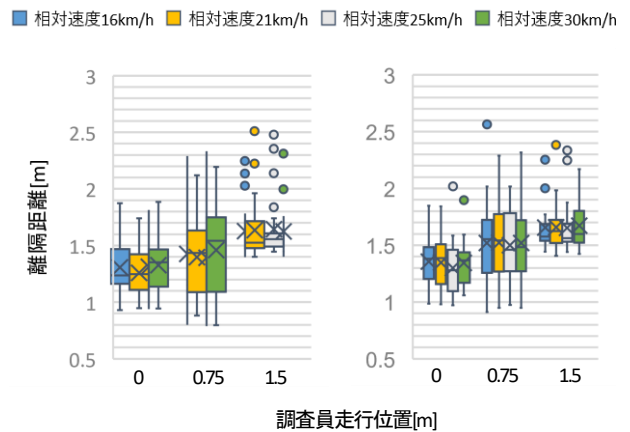
#### (1) 回避有無

回避有無の結果として走行パターンごとの回避率を表-3に示す。ここで回避率とは、被験者 25 名のうち回避挙動をとった被験者の割合を走行パターンごとに示したものである。各パターンの各行の速度は事前に設定した



(a)パターン A (歩行者×電動 KB) (b)パターン B (電動 KB×歩行者)

※下線は被験者



(c)パターン C (電動 KB×電動 KB) (d)パターン D (自転車×電動 KB)

図-4 すれ違い時の離隔距離の結果

被験者と調査員の相対速度を示している。

表-3 より、調査員の走行位置が 0.75m の場合は 80~100% の人が回避したのに対し、1.5m の場合は回避した人が 20~44% と少なくなることから、調査員の走行位置が離れると、回避する人の割合が減る傾向にあると分かる。被験者が歩行者である場合（パターン A）は、回避する人が他のパターンよりもやや少ないことが分かる。

#### (2) すれ違い時の離隔距離

すれ違い時の離隔距離の結果を図-4に示す。これより、被験者が歩行者で調査員走行位置が 0m の場合、離隔距離が他のパターンよりも小さいことが分かる。また、自転車のときはやや離隔が大きくなる傾向がある。調査員の走行位置が 0.75m のときは、どのパターンにおいてもばらつきが大きくなっており、個人差が大きいことが分かる。

#### (3) すれ違い時の回避量

すれ違い時の回避量の結果を図-5に示す。これより、

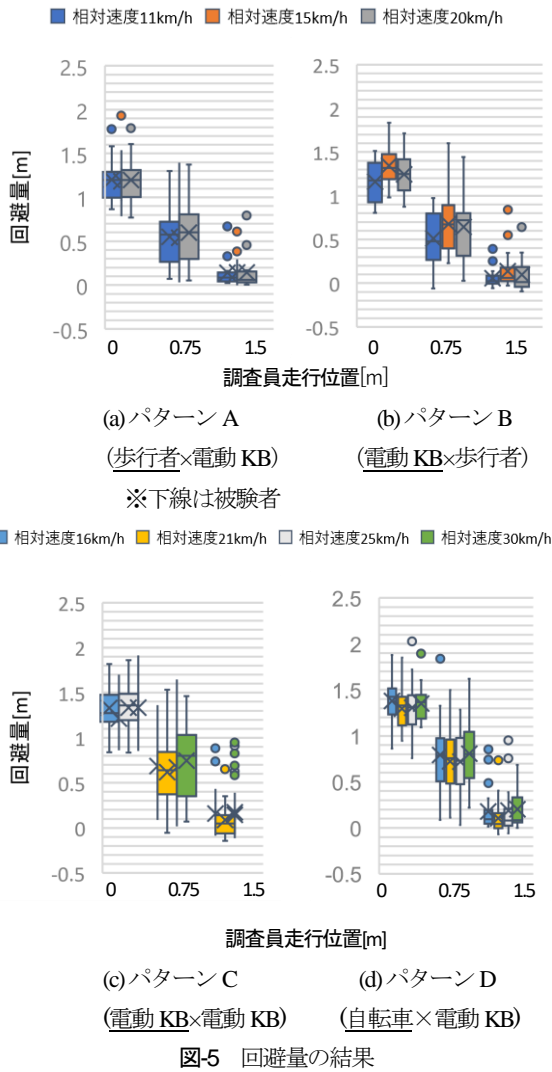


図5 回避量の結果

パターンBの相対速度11km/hのときは回避量が小さく、パターンAの相対速度11km/hの場合と同程度の回避量となっている。また、被験者が歩行者である場合は、回避量が小さいことが分かる。パターンBでは異なる速度間での回避量の違いがややみられるが、他のパターンでは速度条件が違う場合でも回避量は大きく変わらない。どのパターンにおいても調査員の走行位置による影響が大きく、調査員走行位置が0.75mの場合にばらつきが大きくなるが、1.5mの場合には回避しない人が増えるためばらつきが小さくなることが分かる。調査員の走行位置と、各主体の乗り物の組合せ条件ごとで回避量の傾向が出ている。

#### (4) 回避開始位置

回避開始位置の結果を図-6に示す。ここで、回避開始位置は被験者が回避し始めた瞬間の調査員との進行方向の相対距離を表している。

これより、パターンCとDの相対速度30km/hで調査員走行位置が1.5mの場合を除くと、相対速度が大きいほど早く回避し始める傾向がみられる。また、調査員走

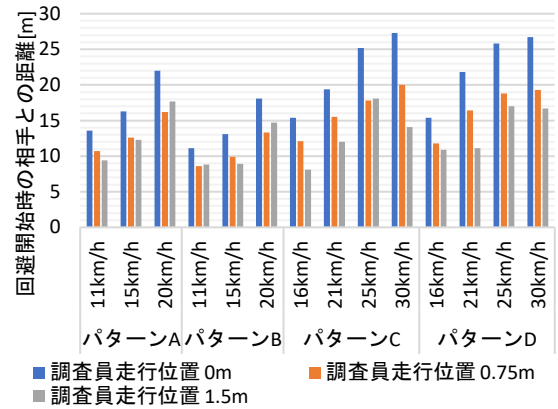


図-6 回避開始位置 (平均値)

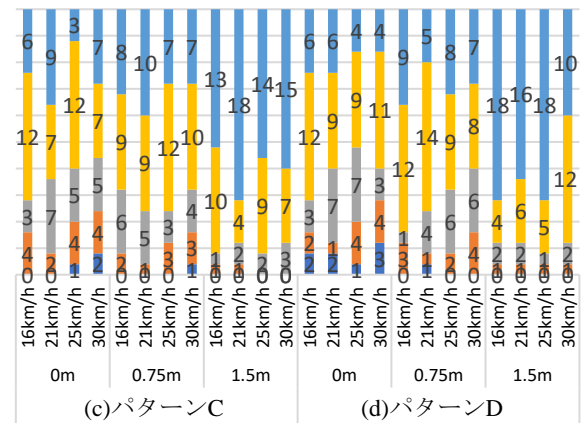
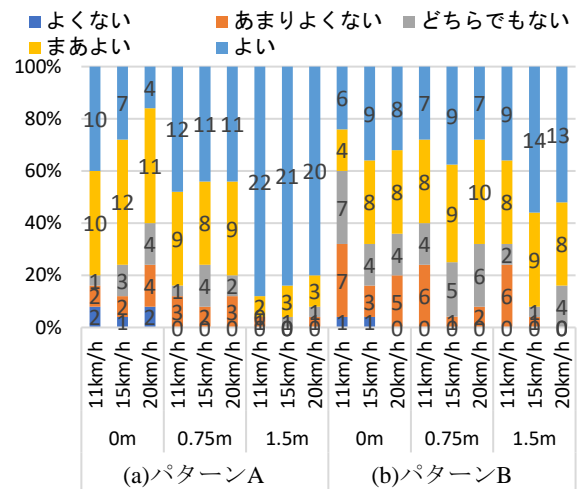


図-7 走行の受容性評価結果

行位置が近くなるほど回避開始が早くなる傾向があり、どのパターンにおいても調査員走行位置が0mの場合に、回避開始が最も早くなっている。さらに、電動KBに乗車して歩行者を回避する場合(パターンB)では、他のパターンと比べて回避開始が遅くなる事が分かる。

#### (5) アンケート集計結果

アンケートによる走行の受容性評価結果を図-7に、不安感評価結果を図-8に示す。

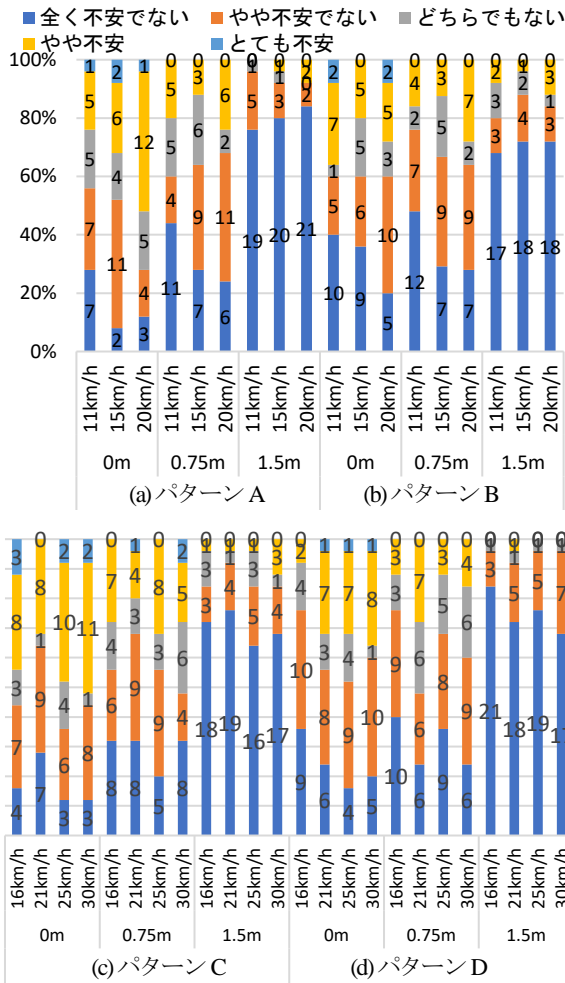


図-8 不安感評価結果

図-7 より、どのパターンにおいても調査員の走行位置が近いほど受容性の評価平均が低くなり、また図-8 より、不安感が大きくなることから分かる。パターン A とパターン B (B の 11km/h を除く) では相対速度が大きいほど受容性評価が低くなり、不安感が大きくなる傾向がある。また、パターン C とパターン D では、相対速度 16km/h (被験者 10km/h : 調査員 6km/h) と 25km/h (10km/h : 15km/h) , 21km/h (15km/h : 6km/h) と 30km/h (15km/h : 15km/h) を比較すると、調査員速度が大きい、すなわち交錯相手の速度が大きいほど受容性は低くなり、不安感が大きくなる傾向がある。

#### 4. 被験者評価に影響を及ぼす要因分析

被験者評価に影響を及ぼす要因分析として、被説明変数を 2 区分した名義ロジスティック回帰分析を行う。

走行の受容性に関する被説明変数は、「よくない」「あまりよくない」を「よくない (=0)」に、「どちらでもない」「まあよい」「よい」を「よい (=1)」に分

表-4 分析に使用する説明変数

説明変数	定義
年齢	被験者の年齢
性別ダミー	男性：0 女性：1
離隔距離	すれ違い時の被験者と調査員間の距離[m]
回避量	すれ違い時の被験者の基準線からのずれ[m]
被験者速度 (すれ違い時)	すれ違い時の被験者速度 [m/s]
調査員速度 (すれ違い時)	すれ違い時の調査員速度 [m/s]
相対速度 (すれ違い時)	すれ違い時の被験者と調査員の相対速度 [m/s]

表-5 名義ロジスティック回帰分析の結果 (受容性)

走行の受容性	パターンA		パターンB		パターンC		パターンD	
	歩行者×電動KB		電動KB×歩行者		電動KB×電動KB		自転車×電動KB	
項	推定値	p値	推定値	p値	推定値	p値	推定値	p値
切片	4.697	<.0001	-0.844	0.404	5.285	<.0001	3.828	<.0001
年齢	-	-	0.046	0.030	-	-	-	-
性別ダミー	-2.094	0.000	-0.905	0.027	-1.744	0.000	-1.329	0.001
回避量	-1.547	0.002	-0.720	0.061	-2.120	<.0001	-1.168	0.002
被験者速度 (すれ違い時)	-	-	0.776	0.003	-	-	-	-
R2乗(U)	0.183		0.112		0.199		0.100	
サンプル数	225		224		300		300	

表-6 名義ロジスティック回帰分析の結果 (不安感)

すれ違い時の不安感	パターンA		パターンB		パターンC		パターンD	
	歩行者×電動KB		電動KB×歩行者		電動KB×電動KB		自転車×電動KB	
項	推定値	p値	推定値	p値	推定値	p値	推定値	p値
切片	-4.908	0.021	-5.041	0.005	-1.361	0.013	-1.654	0.090
年齢	-	-	-0.034	0.073	-0.046	0.002	-	-
性別ダミー	0.885	0.020	1.036	0.007	0.766	0.010	0.619	0.070
離隔距離	-2.287	0.000	-	-	-	-	-1.239	0.046
回避量	1.615	<.0001	1.392	0.000	1.722	<.0001	1.587	<.0001
被験者速度 (すれ違い時)	2.141	0.062	-	-	-	-	-	-
調査員速度 (すれ違い時)	0.533	0.011	1.964	0.067	-	-	-	-
R2乗(U)	0.186		0.140		0.152		0.115	
サンプル数	225		224		300		300	

類する。一方、すれ違い時の不安感に関する被説明変数は、「全く不安ではない」「やや不安でない」「どちらでもない」を「不安でない (=0)」に、「やや不安」「とても不安」を「不安 (=1)」に分類する。

説明変数には表-4 に示すように、年齢、ダミー変数化した性別 (男性 0、女性 1)、離隔距離、回避量、すれ違い時の被験者速度、すれ違い時の調査員速度、すれ違い時の相対速度を用いる。なお、各種速度、離隔距離および回避量には軌跡データから取得した値を用いる。

##### (1) 走行の受容性

走行の受容性評価に関する名義ロジスティック回帰分析の結果を表-5 に示す。なお、負の係数は受容性評価を

低下させる要因となる。

表-5より、どのパターンにおいても、回避量が大きいほど走行の受容性が低く、女性のほうが受容性が低いことが分かる。電動 KB に乗車し歩行者とすれ違う場合には、年齢が上がるほど受容性が高く、また、電動 KB の速度が大きいほど受容性が高くなる。被験者が電動 KB に乗車するパターン B とパターン C を比較すると、パターン C では速度に関する説明変数が有意な結果にはならなかった。これは、被験者が 6km/h の低速な電動 KB に乗車した走行パターンはパターン B のみであり、低速であると電動 KB のふらつきが大きくなり走行性が低下することから、パターン B のみに速度に関する係数が有意になったと考えられる。被験者自身が 6km/h の電動 KB に乗車の場合は受容性が低下するが、交錯相手が 6km/h の電動 KB に乗車していても受容性に影響しないことが分かる。

## (2) すれ違い時の不安感

すれ違い時の不安感評価に関する名義ロジスティック回帰分析の結果を表-6に示す。なお、正の係数は不安感を大きくする要因となる。

表-6より、どのパターンにおいても、回避量が大きいほど不安感は大きく、女性のほうが不安感が大きくなることが分かる。被験者が電動 KB に乗車するパターンのみ、年齢が上がるほど不安感が小さくなることが分かる。また、被験者が歩行者または自転車に乗車の場合は、離隔距離が大きくなると不安感が小さくなるが、電動 KB に乗車の場合は離隔距離の不安感評価への影響は有意でない結果となった。

速度に関して、パターン A では被験者速度および調査員速度が大きいほど不安感が大きくなるが、パターン B では調査員速度が大きいほど不安感は大きくなり、被験者速度は不安感に有意に影響しないことが分かる。先の受容性の要因分析の結果と合わせてみると、電動 KB と歩行者の組み合わせの場合、電動 KB 側は自身の速度が大きいほど走行の受容性が高くなるため速度を上げる可能性が高いのに対し、歩行者側は電動 KB の速度が上がると不安に感じるものが想定される。しかし、道路交通法改正後は、歩道走行時には 6km/h 以下に規制されるため、電動 KB 側はふらつきにより速度に不満を感じるものの、歩行者側の不安感は抑えられると考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、電動 KB の対面すれ違い走行実験を行い、すれ違い時の挙動分析および走行の受容性とすれ違い時の不安感評価に影響を及ぼす要因分析を行った。

その結果、回避有無、離隔距離、回避量、回避開始位置は、交錯相手の走行位置の条件による影響が大きく、回避開始位置については速度条件の影響も大きいことが確認できた。相手との走行位置が離れているほど回避する確率は下がり、回避量が小さくなることが分かった。また、相手の走行位置が近く、相対速度が大きいほど、回避開始は早くなる傾向がみられた。被験者評価に影響を及ぼす要因分析では、どのパターンでも回避量が大きいほど受容性は低くなり、不安感は大きくなることが示された。また、全体的にみると女性の方が受容性、不安感評価が低下しやすい傾向にあり、利用主体の組み合わせによって、速度の変数が受容性や不安感へ与える影響が異なることが示された。

今後は、年代別、運転特性、主要交通手段別、バイク乗車経験有無等で分類し、異なる属性間で受容性や不安感評価の違いがみられるか分析する。さらに、実験の走行回数を重ねたことによって、回避挙動や走行評価へ及ぼす影響についても検討する。

謝辞：本研究は、（公財）国際交通安全学会の研究調査プロジェクト「2108B 電動モビリティ混在下の安全快適な道路環境整備に関する研究」と科研費・基盤研究（C）（20K04737）の一環として実施したものです。

## 参考文献

- 1) 鈴木一史：電動キックボードすれ違い時の交錯回避特性と利用者不安感の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.64，2021.
- 2) 井料美帆，日比野秀俊，鈴木弘司：電動一人乗りモビリティの車種選択規範と利用意向に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.64，2021.
- 3) 鈴木一史，中村英樹：交通流解析のためのビデオ画像処理システム Traffic Analyzer の開発と性能検証，土木学会論文集 D，Vol62，No.3，pp.276-287，2006.

(?)  
(?)

## ANALYSIS OF THE BEHAVIOR WHEN PASSING BY AN ONCOMING ELECTRIC KICKSCOOTER AND FACTOR ANALYSIS OF DRIVING ACCEPTABILITY AND ANXIETY

Hinayo MIYAZAKI, Koji SUZUKI and Kazufumi SUZUKI