

自転車走行速度に着目した歩行者・自転車混合交通の評価基準

Evaluation index for mixed traffic of pedestrians and cyclists considering the bicycles speed

山中英生*,田宮佳代子**,山川 仁***,半田佳孝****,

Hideo Yamanaka ,Kayoko Tamiya ,Hitoshi Yamakawa, Yoshitaka Handa,

1. はじめに

都市交通手段としての自転車の利用が注目を集めている。わが国では歩道上の自転車通行が認められているが、その適正な適用範囲に関する基準がなく、混在が不適切な歩道も多くみられるようになっている。本研究は、歩行者と自転車の混在交通状況の評価指標開発を目的として、スペースオキュパンシーを用いた分析を報告した¹⁾。本稿では、自転車の走行速度に着目して、自転車・歩行者の存在密度、自転車混入率、進行方向が与える影響を分析し自転車の快適性の視点からの混合交通の評価基準について検討し、歩行者・自転車の挙動と意識と上記指標との関連を明らかにすることで自歩道のサービスレベルの一案を提案する。

ビデオで撮影し、自転車・歩行者の走行状態および回避挙動を観測した。



図1 観測画面

2. 調査の内容

(1) 観測路線と交通状況の観測

観測路線は自歩道および自転車通行可指定歩道を対象とし、歩道の有効幅員、自転車混入率を考慮して11路線を選択した(表1)。観測区間は、10~15mで5m間隔の断面を3~4断面設定し、0.5m間隔で通行帯を明示している。図1のように上方より

表1 観測路線表

都市	地区名	有効幅員(m)	調査時間帯	単位幅員当り時交通量		自転車混入率(%)
				自転車	歩行者	
東京	西大島	1.98	7:40~9:20	64	271	19
徳島	二軒屋	2.5	7:30~9:00	144	102	59
高松	番町	2	7:45~9:00	185	212	47
東京	西大島	2.7	7:30~9:00	56	107	34
徳島	一番町	3.1	7:30~8:40	61	109	36
徳島	一番町	3.1	15:55~17:00	78	88	47
徳島	かちどき橋	3.3	7:40~9:20	106	38	73
東京	日本橋	4.2	13:00~14:10	41	236	16
東京	日本橋	3.6	10:15~12:30	66	266	20
徳島	元町	4.5	16:30~18:00	176	164	52
高松	紺屋町	4.7	11:00~13:00	72	76	49

(2) 利用者意識調査

大学生男女計6~9人を被験者として実験区間を徒歩、自転車で行かせ、危険感、不快感の通行後評価と通行中の危険感知を調査した。通行後評価については、被験者が区間を通行するごとに通行時の危険感、不快感を回答させた。各路線とも1名平均、約60回通行している。通行時の危険感知は、被験者が危険を感知した瞬間を観測した。このために被験者にラジコンの送信機を携帯させ、区間を通過しているときに危険と感じた時点で送信機を操作させた。この反応はラジコン受信機からレベルメーターに表示され、これをビデオ撮影して、危険感知の時刻から位置を計測した。

3. 85パーセントイル速度の要因分析

ここでは混合交通のサービスレベルを表す代表指標として自転車の快適性を示すと考えられる速度に着目することにし、以下の指標との関連を分析することにした。

キーワード：自転車交通行動、歩行者交通行動、交通流

*正会員 工専 徳島大学工学部 教授

**正会員 建設省土木研究所道路部道路研究室研究員

***正会員 工修 東京都立大学 助教授

****学生員 徳島大学大学院工学研究科建設工学専攻

(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島2-1

TEL : 088-656-7578, FAX: 088-656-7579)

(1) 歩行者換算存在密度

ここで「存在密度」とは、ある路上に存在している交通主体の面積当たりの主体数をいう。ただし、歩行者と自転車では歩道の空間占有状態が異なり、自由な走行に必要な1人（または1台）あたりの空間（スペースモジュール）は歩行者よりも自転車が大きいと考えられる。そこで本研究では、交通主体による空間占有状態の違いを考慮するために、区間内の自転車1台を歩行者に換算し、区間面積あたりの歩行者数を算出した「歩行者換算密度」を用いることとした。

塚口²⁾はスペースオキュパンシー指標の算定において、歩行者が自由な歩行に必要な占有面積を5.0㎡、自転車は停止距離を想定して、1台あたりの自由走行に必要な空間を12.8㎡（7.5m×1.7m）と設定している（図2）。本研究ではこの値を用いて、自転

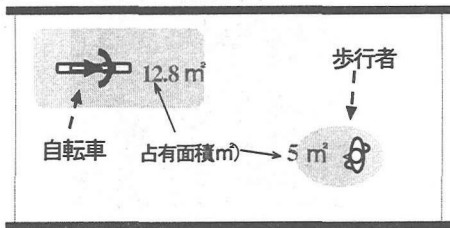


図2 観測区間における占有面積

車の換算係数として両者のスペースモジュールの比2.56を自転車1台の換算歩行者数とした。すなわち、自転車を歩行者に換算した歩行者換算存在密度 M は次式となる。

$$M = \frac{S_c}{S_p} \times M_c + M_p = 2.56 \times M_c + M_p$$

- M : 歩行者換算存在密度
- S_c : 12.8㎡（自転車1台の占有面積）
- S_p : 5.0㎡（歩行者1人の占有面積）
- M_c : 区間内の自転車存在密度（台/㎡）
- M_p : 区間内の歩行者存在密度（人/㎡）

なお、この換算係数を用いた歩行者換算存在密度は塚口のスペースオキュパンシー値と以下の関連となる。

スペースオキュパンシー値(%)
 = 歩行者換算存在密度 (人/100㎡) × 5.0 (㎡/人)
 換算密度はオキュパンシーに比べて指標値が理解しやすく、自転車と歩行者の換算係数のみが設定値

となり、仮定が少ないなどの利点がある。

(2) 自転車混入率

全交通量に対する自転車の交通量を示す値であり、ここでは区間内に存在している“自転車数”の“自転車と歩行者の総数”に対する比率としている。

(3) 方向率

交通の進行方向の偏りを示す指標である。ある区間において、“交通主体の総数（往復合計交通量）”に対する“方向別主体数”の割合のうち、小さい方の値（0～50%となる）を用いた。すなわち、方向率が0%に近づくほど一方向に偏っており、50%に近づくほど双方向に流れていることになる。

(4) 指標の算出時間単位

上記の指標はすべて空間平均値として算出されるため、一定区間内の瞬間値であり刻々と変化する。そこで区間を自転車が通過する時間（3～4秒）を考慮して、指標値を5秒間ごとに時間平均した値を用いることにした。なお、集計時間として10、20秒とした場合についても自転車速度等との関連を分析したが、より説明力の高かった5秒間を採用した。

(5) 自転車速度と存在密度、自転車混入率、方向率の関係分析

歩行者換算存在密度を5人/100㎡間隔、自転車混入率を20%間隔、方向率を10%間隔でそれぞれ5段階にわけて組み合わせることで125の区分に分類した。全区間のデータを用いて区分ごとに85パーセントail自転車速度を算出した。なお、サンプル数が3以下の区分は除外して分析を進めた。

この85パーセントail自転車速度を被説明変数、歩行者換算存在密度・自転車混入率・方向率を説明変数として重回帰分析を行った結果を表2に示す。

表2 回帰分析によるパラメータ推定値

	係数	標準誤差	t値	有意水準
定数	15.9390	0.3459	46.0815	0.0000
歩行者換算存在密度	-0.2570	0.0165	-15.5201	0.0000
絶対値(自転車混入率-70)	0.0077	0.0055	1.4190	0.1586
方向率	-0.0144	0.0080	-1.7897	0.0762
R	0.827			
R ²	0.684			

自転車混入率については、混入率の低い状態と高い状態で速度が高くなる谷上の分布が見られることから、折線関数や二次関数等の導入を試した。この結果、70%を谷として直線的に速度上昇する形の関数が選ばれた。また、85パーセントail自転車速度の実測値と予測値の関係を表す散布図を図3に示す。

85パーセンタイル速度の回帰分析結果

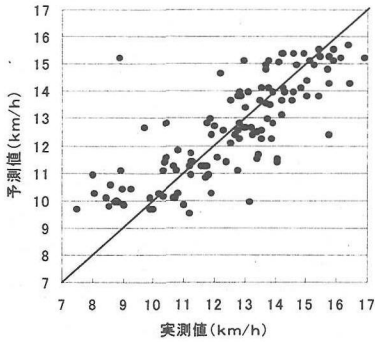


図3 実測値と予測値の関係

これによると、自転車速度（85パーセンタイル速度）の要因として歩行者換算存在密度が有意であることは明らかである。また、方向率、自転車混入率についてはt検定ではそれぞれの危険率が7.6%、15.9%とやや有意性は低くなっている。ただし予測値のグラフで見るとこの2つの要因を除いた場合に比べ、よりよく実測値の分散状況と適合している。以上のことから、自転車歩行者混在交通のサービスレベルの設定には方向率、混入率の考慮は必要と考えられる。

4. 自転車歩行者混合交通の評価レベルの設定

算出された85パーセンタイル自転車速度の回帰式をもとに、混合交通の状態を示す評価レベルを85パーセンタイル速度別に表3のように設定した。

評価レベル	自転車の85パーセンタイル速度
レベルA	14km/h～
レベルB	13～14km/h
レベルC	12～13km/h
レベルD	11～12km/h
レベルE	～11km/h

表3 85パーセンタイル速度と評価レベル

また、各レベルと歩行者換算存在密度、自転車混入率、方向率の関係を表4に表す。

5. 設定レベルにおける交通環境状況の分析

次に各評価レベルの交通環境の状態を評価するため、歩行者・自転車の回避挙動、危険感知、意識をレベルごとに集計した。この結果を図4～9に示す。

表4 自転車の走行速度推計値に着目した評価レベルの分類

歩行者換算存在密度 (人/100m ²)	方向率(%)	混入率(%)				
		0～20	20～40	40～60	60～80	80～100
0～5	0～10	15.69	15.54	15.38	15.22	15.38
	10～20	15.55	15.39	15.24	15.08	15.24
	20～30	15.40	15.25	15.09	14.94	15.09
	30～40	15.26	15.10	14.95	14.79	14.95
	40～50	15.12	14.96	14.80	14.65	14.80
5～10	0～10	14.41	14.25	14.10	13.94	14.10
	10～20	14.26	14.11	13.95	13.80	13.95
	20～30	14.12	13.96	13.81	13.65	13.81
	30～40	13.97	13.82	13.66	13.51	13.66
	40～50	13.83	13.68	13.52	13.36	13.52
10～15	0～10	13.12	12.97	12.81	12.66	12.81
	10～20	12.98	12.82	12.67	12.51	12.67
	20～30	12.83	12.68	12.52	12.37	12.52
	30～40	12.69	12.54	12.38	12.22	12.38
	40～50	12.55	12.39	12.24	12.08	12.24
15～20	0～10	11.44	11.28	11.13	10.97	11.13
	10～20	11.29	11.14	10.98	10.83	10.98
	20～30	11.14	10.99	10.83	10.68	10.83
	30～40	10.99	10.84	10.68	10.53	10.68
	40～50	10.84	10.69	10.53	10.38	10.53
20～	0～10	10.55	10.40	10.24	10.09	10.24
	10～20	10.41	10.25	10.10	9.94	10.10
	20～30	10.27	10.11	9.96	9.80	9.96
	30～40	10.12	9.97	9.81	9.66	9.81
	40～50	9.98	9.82	9.67	9.51	9.67

A □ B ▨ C □ D ▨ E □

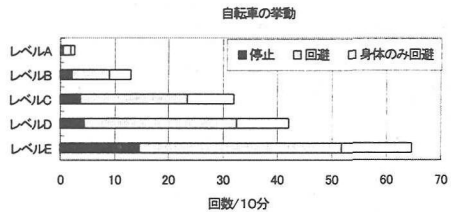
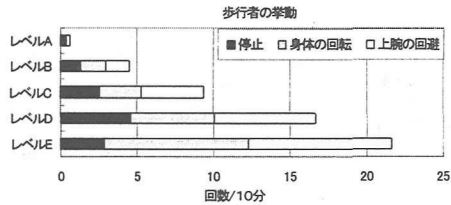


図4 回避挙動回数

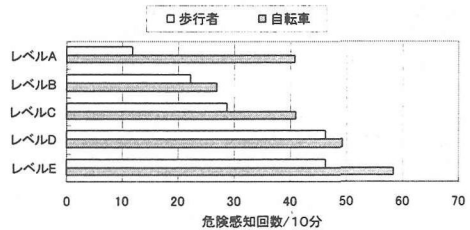


図5 危険感知回数

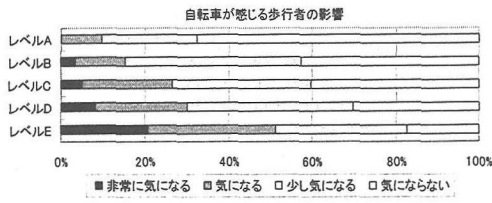


図6 歩行者の影響度

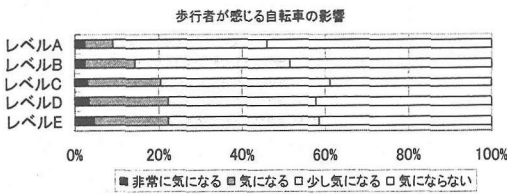


図7 自転車の影響度

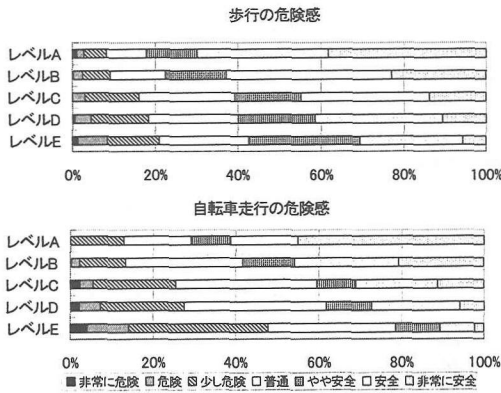


図8 通行時の危険感

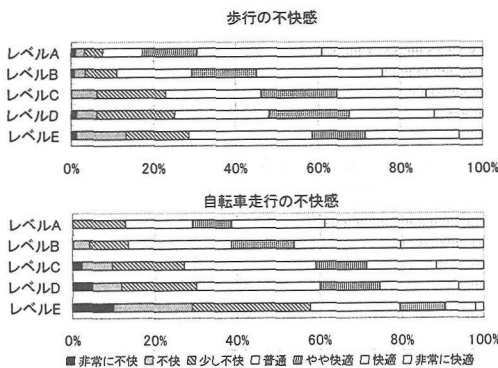


図9 通行時の不快感

これらより、レベル A は、85 パーセンタイル自転車速度が 14 km/時以上、通行の危険を感じるのは歩行者で 8%、自転車で 13% が危険を感じる。不快感は歩行者で 8%、自転車で 13% 以下となっており、問題のない快適なレベルとなっている。

サービス E は、85 パーセンタイル自転車速度が 11 km/時未満、危険感知回数が歩行者で 46.3 回/10 分、自転車で 58.2 回/10 分であり、回避行動回数が歩行者で 21.6 回/10 分、自転車で 64.5 回/10 分である。また、通行の危険感歩行者で 21%、自転車で 48% が危険を感じる。通行の不快感は歩行者で 29%、自転車で 58% であり、改善が必要なレベルといえることができる。

表5 混合交通の評価レベルにおける交通状況

評価レベル	交通状況	A	B	C	D	E
85パーセンタイル自転車速度(km/h)	歩行者	14~	13~14	12~13	11~12	~11
	自転車	14~	13~14	12~13	11~12	~11
危険感知回数(10分)	歩行者	11.9	22.3	28.7	46.2	46.3
	自転車	40.8	26.9	41.0	48.3	58.2
回避行動回数(10分)	歩行者	0.6	4.5	9.4	16.7	21.6
	自転車	2.5	13.0	32.0	42.0	64.5
歩行者危険度%	歩行者	31	50	62	63	74
	自転車	32	57	60	70	83
自転車危険度%	歩行者	46	32	61	58	58
	自転車	16	24	49	43	60
通行時の危険感%	歩行者	8	9	16	18	21
	自転車	13	13	25	27	48
通行時の不快感%	歩行者	8	11	23	25	29
	自転車	13	13	27	30	58

6. おわりに

本研究では、自転車と歩行者が混在する自歩道等を対象として、自転車速度の 85 パーセンタイル値に着目して評価レベルを提案し、このレベルによって自転車・歩行者の快適性や安全感などの交通環境の違いを表現できることを確認できた。これによって自転車歩行者混合交通のサービスレベルとしての利用の可能性を示せたといえる。今後の課題としては幅員の考慮、特に自転車・歩行者の通行位置と幅員の関係を考慮するとともに、ミクロな錯綜状況の発生確率を用いた評価が必要と考えている。

なお、本稿は徳島大学・東京都立大学及び建設省土木研究所による「混合交通下における自転車及び自動車・歩行者の適正空間配分に関する共同研究」(平成 10 年度~11 年度)の成果の一部をとりまとめたものである。

参考文献

- 1) 田宮、山中、山川、濱田 (1999) : 自転車歩行者通行空間としての自歩道等のサービス水準に関する分析、土木計画学研究・講演集、No22 (2)、p287-290
- 2) 塚口、黒田、矢島、田中 (1989) : 歩車のオキュパンス指標を用いた住区内街路の評価に関する研究、土木計画学研究・論文集、No7、219-226