

歩行者・自転車の挙動分析にもとづくアーケード商店街における通行区分明示の評価*

Evaluation of Lane Markings on Shared Use Shopping Street
Based on Behavior Analysis of Pedestrians and Bicycles*

山中英生**

By Hideo YAMANAKA**

1. はじめに

都市交通手段としての自転車が見直される一方で、高齢者や身障者に対応して歩行空間の質的改善が重要な政策課題となっており、我が国の主たる歩行者空間である自転車と歩行者の混在空間において、両者の錯綜を減少させ、共存させるための施策が肝要となっている。自転車を歩行者から分離する対策が提案され、実施もされているが、導入するための空間に制約があること、また、歩行者・自転車の沿道アクセス性や走行自由度を制限するなどの課題のため幅広く導入される見込みは少ない。現状の共有空間を改善する上では、視覚心理的手法やルール・マナー形成による秩序化をはかる方策がより効果的に受け入れやすい施策となる可能性が大きいと言える。

本研究は、アーケード商店街における自転車・歩行者の分離を計る走行レーン明示化と通行規制の効果を評価するものである。自歩道のレーン区分の評価については、自転車・歩行者の通行帯分布や速度、回避挙動の頻度を分析しており、地点比較した研究¹⁾や、実験的にレーンとマークを変更して比較した研究²⁾がある。本研究は、筆者らが開発した挙動データ作成方法とニアミス指標を用いて、レーン区分を社会実験として導入した松山市大街道商店街を対象として施策導入時と撤去後の錯綜状況の比較分析を行うことで、混在空間における通行区分明示の効果を評価し、アーケード商店街における自転車歩行者混在交通の望ましい整備方法を検討することを目的としている。

2. 対象路線と調査の概要

(1) 対象路線

対象路線は松山市大街道商店街である。実験以前、大街道商店街は自転車の通行を禁止しており、休日は警備員が自転車を押して歩行するよう指導している。しかし、
*キーマンズ：自転車、歩行者、アーケード商店街、レーン区分、コンフリクト分析

**正員、工博、徳島大学工学部建設工学科
(徳島市南常三島町2-1,
TEL:088-656-7350, FAX:088-656-7579
E-mail:yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp)

多くの自転車が通行しているのが実態で、歩行者との錯綜などが課題となっている。

「歩いて暮らせるまちづくり」の構想の中では、大街道は通勤・通学路・観光目的に良好なネットワークを構成しており、自転車によるまちづくりのネットワークとしての有効活用を計ることが提案された。そこで、平成12年9月に自転車利用促進の社会実験の一つとして、幅員12mのアーケード商店街の中央部に3m幅の自転車レーンを設置する試みが実施された。平日は午前10時から午後7時まで、三角コーンを設置し誘導員が自転車利用者に対してレーン通行の指導を行った。休日等の実験時間以外はレーン明示用のカラーラバーシートのみが残されており、誘導・規制は実施していない。

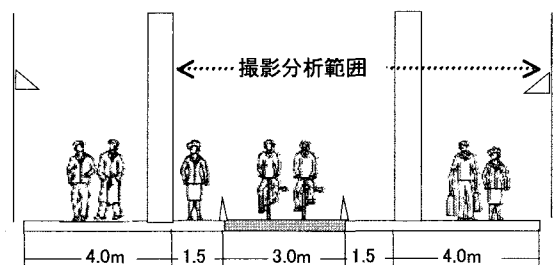
(2) ビデオ調査と挙動データの作成

表一1、図一1に示す平日と休日、実験時と実験後のビデオ調査を実施した。全幅員12mのうち9mの幅員分について、延長15mの区間を約5mの高さからビデオ撮影し、以下のように挙動データを作成した。

(a) ビデオをデジタル化してPCソフト上で歩行者は0.5秒ごと、自転車は0.2秒ごとの位置を入力した、

表一1 調査実施ケース

平休	状況	自転車レーン	観測日	調査時間 観測
平日	平常		2002.11.5	15:00-18:00
	実験	3mラバーシート +コーン設置	2002.9.17	7:30-18:00
休日	平常		2002.11.4	15:00-18:00
	(実験)	3mシートのみ	2002.9.16	7:30-18:00



図一1 大街道商店街の構成と分析範囲



写真1 平日平常時



写真2 実験実施状況



写真3 実験期間の休日

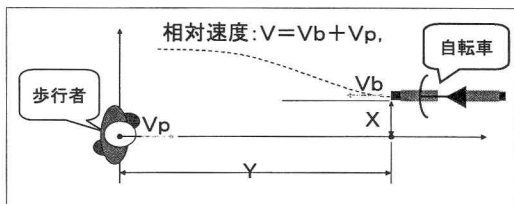


図-2 ニアミスモデルの概念³⁾

(b) 画像座標を路面上の座標変換するパラメータを路面マーカーから推定し、位置座標を変換し、さらに0.1秒ごとの位置、速度を補間推定した。

なお、分析は表-2に示すように観測時間の内、夕方の4:30~6:30を対象としている。この表に示すように通常時と比較対象時の交通量には、やや差異が生じているため、比較は観測時間全体の集計ではなく、幅員あたり交通量の状況別に比較することとした。

写真-1, 2, 3に各ケースにおける状況を示す。休日の平常時は平日と同じである。

3. ニアミスモデルとニアミス強度指標

(1) ニアミスモデル

以下では著者の既存研究で開発したニアミスモデルとニアミス強度による評価方法を説明する。

2つの主体がすれ違い、追い越しする場合、2主体の一方が危険を感知した状態をニアミス状態とし、この生起確率を相対位置と相対速度から推計するニアミスモデルを開発している。

具体的には、両者が離合時までに安全幅で回避できないと感じる時に危険感知が生じると仮定して、図-2のように、歩行者が位置(X, Y), 相対速度V, 離合までの時間と回避時間との差を回避余裕時間Tとして、ニアミス状態の生起確率PがTのロジットモデルと仮定した以下のモデル式を提案し、路外実験を元に表-2のパラメータを同定している。

$$P(X, Y, V) = \frac{1}{1 + \exp\left\{\frac{\theta Y}{V} + \alpha X + \beta\right\}} \quad (1)$$

表-2 分析対象時間と交通特性

平休	状況	分析対象		分析対象交通量		自転車混入率
		時刻	分	歩行者	自転車	
平日	平常	16:30~17:30	60	1009	608	37.6
	実験			848	822	49.2
休日	平常			1918	386	16.8
	(実験)			1707	286	14.4

表-3 ニアミスモデルのパラメータ³⁾

		対向		追越	
感知主体		歩行者 自転車	自転車 自転車	歩行者 自転車	自転車 自転車
係数	θ	-1.226	-1.925	-2.672	-4.561
	α	-1.873	-5.676	-2.641	-5.206
	β	2.940	5.162	4.163	5.017
適合度	ρ_2	0.459	0.716	0.612	0.683
適中率	%	76.7	88.4	82.1	84.9

(2) ニアミス強度指標

ニアミス強度指標は、ニアミスモデルを用いて0.1秒ごとに観測区間を通行する全主体の位置、速度からニアミス生起確率を算出し、全主体の確率とその継続時間を乗じた値を1秒間合計した値である。

ニアミス強度が1.0とは、観測空間内で平均して1人が1秒間ニアミス生起状態にさらされていることになる。

このニアミス強度は観測区間の長さ、集計時間に依存する指標なので、評価指標には区間10mあたり5秒間合計のニアミス強度を用いている。既存の調査結果からニアミス強度によって5段階のサービスレベルを設定しており、図-3に示すようにレベルによって歩行者・自転車の安全意識が変化することを示している。レベルB以上(0.5以上)で歩行者、自転車の安全感が悪化することが分かる。

4. 挙動分析による評価

(1) 整序性：通行帯利用率

図-4は歩行者と自転車の通行帯別の分布を平日の実験時と通常時で示している。比較指標とした密度とは各通行帯(0.5m幅)に存在する主体数を時間平均し100mあたりの密度とした値である。このように、通常時も道路端部分は歩行者交通が多く、自転車はほとんど通行しておらず、店舗側の歩行空間は確保されている。しかし、道路中央部は歩行者と自転車が混在する状況が見られる。実験時は中央部がほぼ自転車専用となり、分離が実現していることがわかる。また、通常時・実験時の自転車、実験時の歩行者は幅員あたり交通量が変化しても、分布形状に顕著な変化は見られないが、通常時の歩行者では交通量が増すにつれて中央部の通行密度が相対的に高くなる傾向が見られる。

図-5は、自転車と歩行者の中央および側方部の利用率の変化を示したものである。中央部とは実験時の自転車レーン設置位置であり、側方部とはそれ以外の部分を示している。通常時についても実験時と同じ部分を利用する割合を各々求めている。

意識指標＝自転車・歩行者の意識を下記5段階評価した時の評点平均
危険感(-3:非常に危険,-2:危険,-1:やや危険,0:普通,
1:やや安全,2:安全,3:非常に安全)
不快感(-3:非常に不快,-2:不快,-1:やや不快,0:普通,
1:やや快適,2:快適,3:非常に快適)

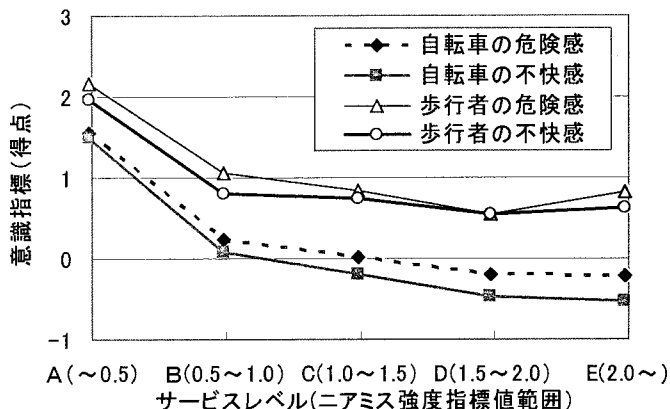


図-3 ニアミス強度と利用者意識

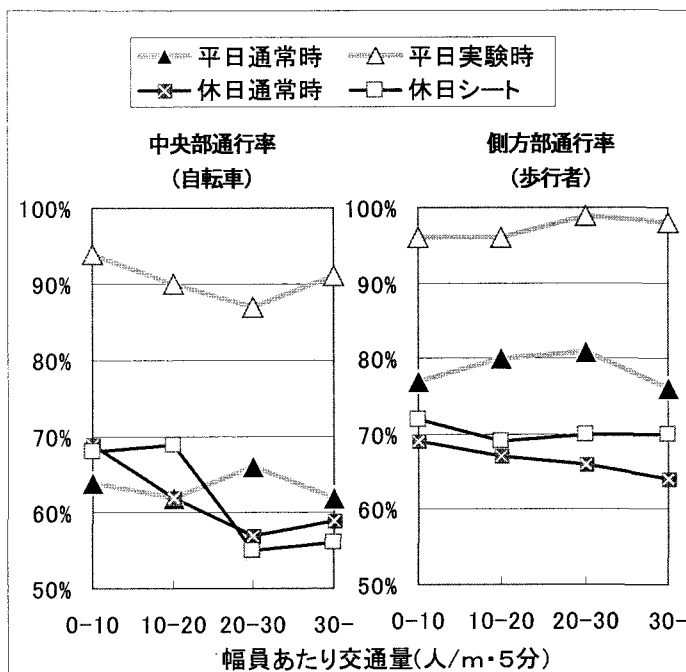


図-5 自転車歩行者の通行帯利用率

歩行者が自転車レーン以外の側方部を通行する率は実験時には、交通量に関係なく97%以上となっている。平日平常時は75~80%がレーン以外を通行している。休日はその割合が低く、通常時で70~65%程度である。また、休日でシートがある状態では、休日通常時よりも2~3%やや改善している。

自転車がレーン設置部分の中央部を通行する率は、実験時はどの交通量でも90%以上で、平日平常時の60~7

6%から大幅に改善している。休日通常時では交通量10人/m以下の状態を除いて平日通常時より低くなっている。一方、休日のシートあり状態では、交通量が20人/

m以下の少ない時は休日通常時よりもやや改善し、交通量の多い場合は悪化する傾向が見られる。

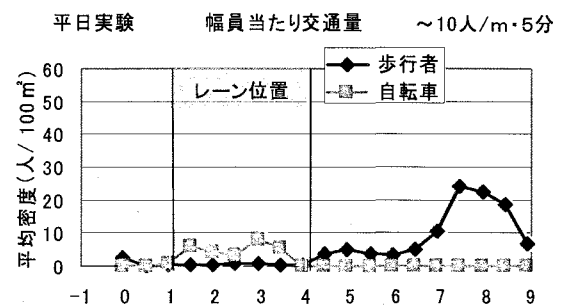
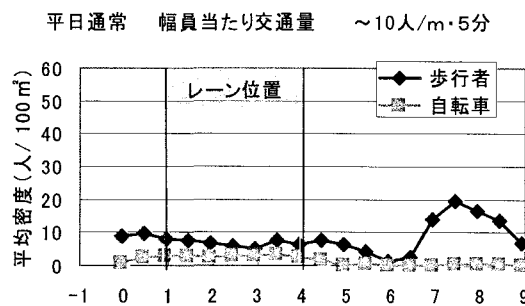
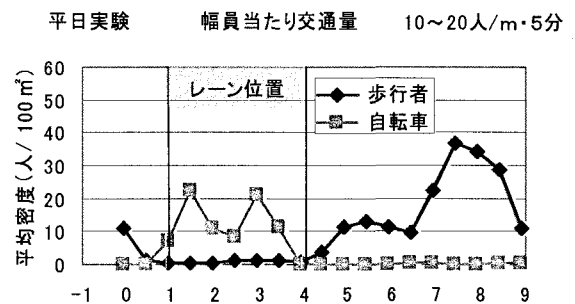
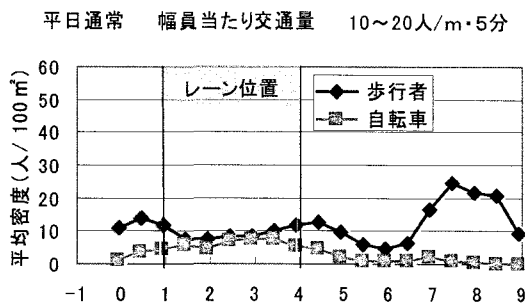
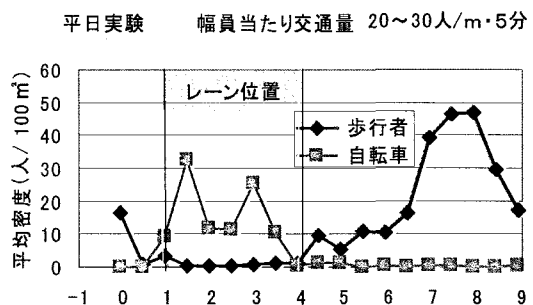
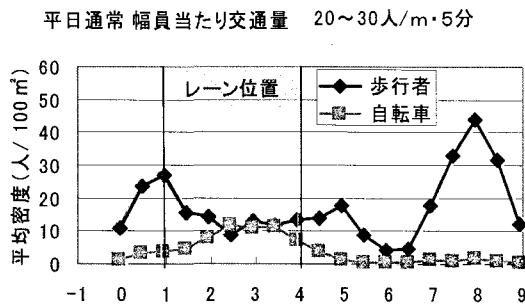
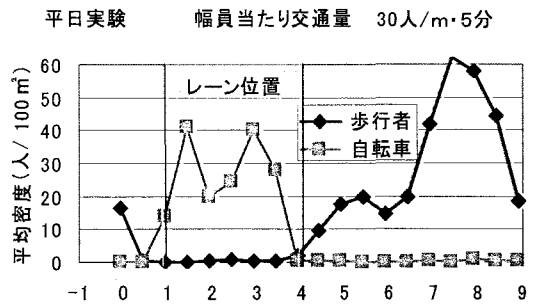
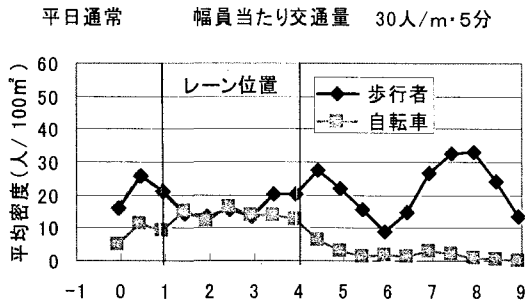
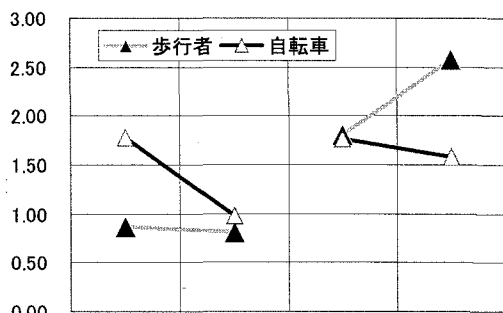


図-4 平日通常時と実験時の歩行者・自転車の通行帯利用率

回避挙動の頻度(回/分)



平日通常時 平日実験時 休日通常時 休日シート
図-6 回避挙動頻度の変化

(2) 回避挙動

図-6は各ケースの歩行者・自転車の回避挙動の平均頻度を比較している。回避挙動は、上腕回避、体回転、停止（歩行者）、身体回避、ハンドル操作、停止（自転車）をビデオから判断している。平日のレーン設置は当然、両者の回避を減少させている一方、休日のシート設置は、自転車の回避が減少する一方で、歩行者は増加する傾向が見られる。ビデオを確認したところ、休日シート時の歩行者の回避は中央部で生じる傾向が見られた。中央部が自転車の通行部分であるという認識が歩行者側に生じたため、歩行者側の回避が増加したものと考えられる。

(3) 回避幅の変化

図-7～10は回避幅を横軸にとり、縦軸に回避幅以下の対向が生じた割合（当該条件下での総回数に対する比率）を4ケースごとに示したものである。なお、ここでの回避幅とは、対向してすれ違う直前の両者の横断方向の中心距離である。歩行者対自転車と自転車同士、幅員あたり交通量によって4つの条件に区分して集計している。なお安全感等に影響のある回避幅が150cm未満のすれ違いの分布に着目して図示している。

歩行者自転車の回避幅では、平日平常時、休日平常時、休日シート時、実験時の順に狭い回避幅でのすれちがいが発生する率が低くなっている。実験時は分離の効果が高く現れていると言える。

自転車同士の回避幅は、歩行者との対向に比べて狭い回避幅での発生率が高くなっている。特に実験時はレーン内に自転車が集中する結果、他のケースと比べても回避幅は狭くなっていると言える。休日のシート設置状態は、幅員あたり交通量に関係なく、他のケースより1m未満の回避幅は少ない傾向にある。

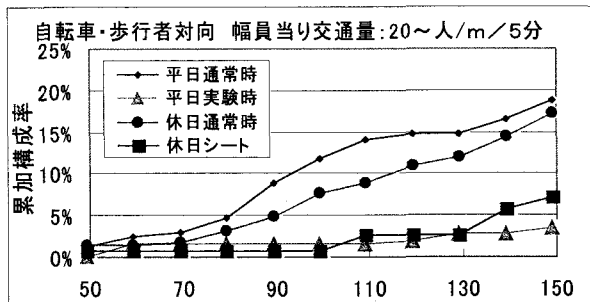


図-7 自転車歩行者対向時の回避幅分布 20人/m以上

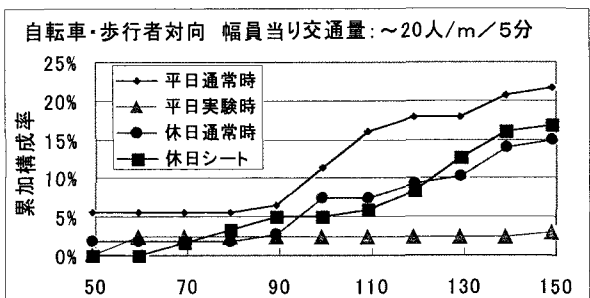


図-8 自転車歩行者対向時の回避幅分布 20人/m未満

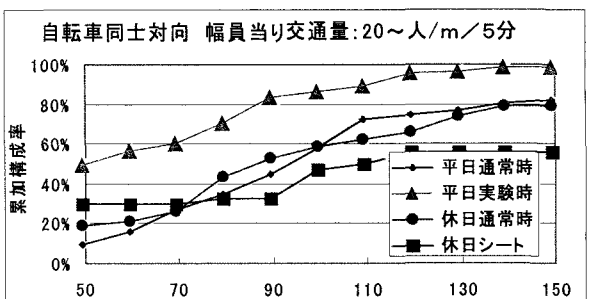


図-9 自転車同士対向時の回避幅分布 20人/m以上

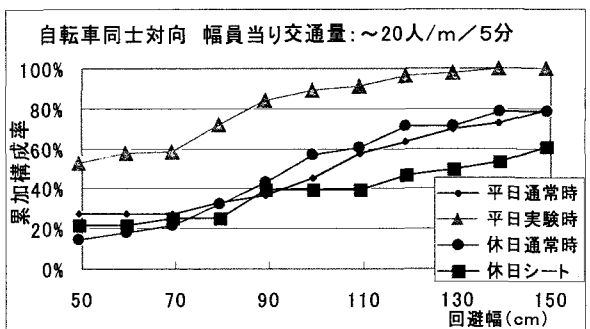


図-10 自転車同士対向時の回避幅分布 20人/m未満

なお、図には示していないが、追い抜き時の回避幅についてのほぼ同様の結果を示していた。

(4) ニアミス強度とサービスレベルの変化

図-11は、歩行者と自転車によって生じる時間あたりのニアミス強度を交通量状態別に該当する時間で平均した値を用いて、ケース間の比較をしたものである。図-12は自転車同士で生じるニアミス強度を示している。なお、図-3は分離的な施策を行わない自歩道で歩行者自転車、自転車同士のニアミス強度の和と利用者意識の関係を示しているが、今回のように自転車・歩行者を分離した場合、歩行者自転車、自転車同士のニアミス状況に与える影響が異なるため、別々に分析することとした。

歩行者と自転車のニアミス強度でみると、幅員あたり交通量が増加するにつれてニアミスが増加するが、増加傾向は平日平常、休日平常が顕著である。実験時はこれらに比べて交通量が増加してもニアミス強度はさほど増加しない。休日のシート設置状態は、休日通常時と比べて交通量増加に伴うニアミス強度の上昇程度が低い。分離や速度に顕著な傾向が生じていないにもかかわらず、こうした傾向が生じるのは、シートの存在がすれ違いや追い抜き時の回避方向を歩行者や自転車に認識されており、より手前でのスムーズな回避が生まれていることが考えられる。

自転車同士のニアミスについては、交通量が増せばニアミス強度は増加する傾向にあるが、増加傾向は実験時が顕著である。実験時はレーン内に自転車が集中し、回避幅が減少しており、ニアミス発生となっている。シート設置は休日通常時と比べると、低交通量では低いが、交通量が多いとレーン部分での集中で悪化している。

次に、歩行者と自転車によって生じるニアミス強度と自転車同士で生じるニアミス強度を合計して図-3に示したサービスレベルを5秒ごとに判定した上で、レベルごとの合計生起時間を算出し生起率を比較した(図-13)。これは自転車にとっての危険感や不快度を表すサービスレベルである。平日実験時は問題のないレベルAの生起率は平日通常時と変化ないが、自転車同士のニアミスが増加したためレベルEの生起率が通常より高くなっている。逆に休日シート時は休日通常時と比べてレベルEの生起率が少なくなっている。

一方、図-14は自転車と歩行者同士のニアミス強度のみについて、0.5きざみでレベルを設定し、その生起率を比較した結果である。この場合のレベルは図-3には相当していないが、歩行者の不快感・危険感に関連していると言えるため便宜的に歩行者にとってのサービスレベルとした。実験時にはレベルBのみが生じ、歩行者の安全性は確保されている。休日シート時については、休日平常時よりもレベルEの状態の生起率が減少する効果が見られる。

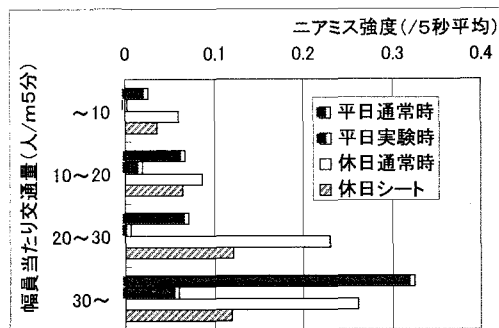


図-11 歩行者と自転車のニアミス強度

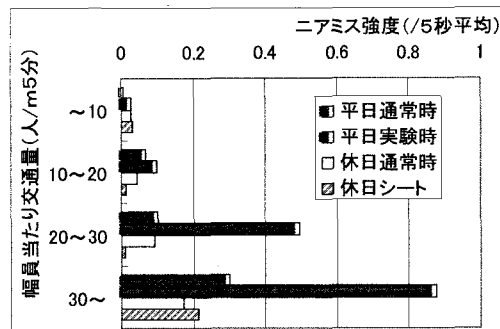


図-12 自転車同士のニアミス強度

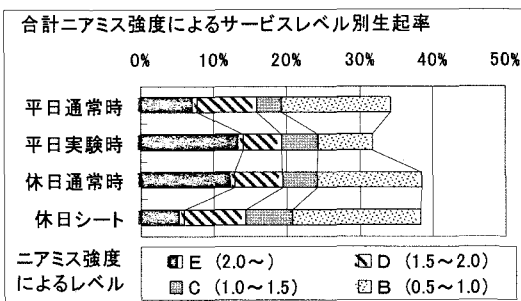


図-13 サービスレベル別生起率の比較

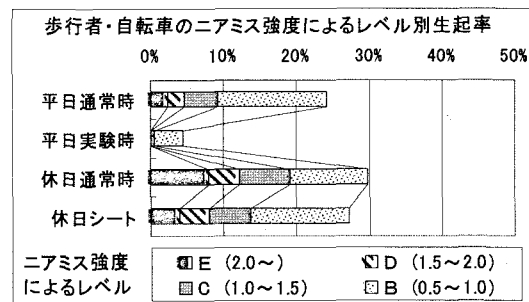


図-14 歩行者にとってのサービスレベル別生起確率

5. おわりに

アーケード商店街での通行区分によって歩行者と自転車の分離による両者のニアミス削減には大きな効果が見られた。ただし、自転車レーン設置には自転車の円滑な走行が期待されていたが、3m幅の空間に自転車通行を集中させたことで、自転車同士で危険感をもつようなニアミスがむしろ増加し、自転車にとってのサービスレベルは悪化することが明らかになった。自転車の錯綜が増加した原因の一つとして、レーン幅が3mと3列走行が可能な幅であり、通行方向も指定されていなかった点も推察され、この点の改善も検討の余地がある。

さらに、厳密な通行区分を規制する方式に対しては、商店街の滞留空間が自転車通行帯で遮断されて自由な通行の障害となることや、商店街での自転車通行自体へ反対する商店主が多いことなど、現実の導入には議論が生じている。歩行者の安全性向上を図る目的からは、レーン区分による規制を行うことは効果があるものの、それによって生じる課題も多いと言える。

混在交通の適用を前提とした場合、現実的な可能性を検討する上では、実験期間中の休日状況の評価が参考になると考えられる。これは、たまたま実験を行わない休日の処置で生じたものであるが、自転車通行帯のシートは取り付けただけで、コーンによる分離や監視員による交通誘導は行わないといった状況でも利用者内での暗黙の了解によって、ニアミス状態が減

少するといった効果が生じていることがわかった。ただし、中央のレーン上は自転車に対しての歩行者の回避挙動が増加するなど、歩行者の快適性への影響が生じうることに留意しなければならない。

レーン設置のみならず、明確な路面表示などの誘導的施策や、自転車通行に関するルールづくり、さらにはこうしたルールのPRといった一連の対策が現実的施策と考えられる。

謝辞：本研究は、社会実験の実施時調査に松山市、国土交通省松山工事事務所の承諾、協力を得て、松山大街商店街振興組合にも調査時に協力を得た。また、徳島大学院生（当時）肌野氏、河津氏、兼本氏の協力を得た。期して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 田中俊輔, 小柳純也, 木戸伴雄, 高田邦道: 自転車歩行者道の形態の違いが自転車の走行挙動に及ぼす影響, 土木計画学研究・講演集, Vol. 26, Paper No. 146
- 2) 山中英生, 肌野一則, 半田佳孝: 利用者の挙動と安全感からみた自転車歩行者道におけるレーン表示の効果, 土木計画学研究・論文集, Vol. 19, No. 4, 2002, pp. 613~618
- 3) 山中英生, 半田佳孝, 宮城祐貴: ニアミス指標による自転車歩行者混合交通の評価法とサービスレベルの提案, 土木学会論文集, No. 730, 2003, pp. 27~3

歩行者・自転車の挙動分析にもとづくアーケード商店街における通行区分明示の評価

山中英生

我が国の自転車と歩行者の混在空間においては、両者の錯綜を減少させるための施策が肝要となっている。本研究はアーケード商店街における走行レーン区分化の効果を評価したものである。松山市で実施された実験の実施時と通常時の歩行者・自転車の行動を詳しく分析した結果、分離によるニアミス削減が生じたことを明らかにし、現実的な方策としてレーン明示とルール形成が望ましいことを提案した。

Evaluation of Lane Markings on Shared Use Shopping Street Based on Behavior Analysis of Pedestrians and Bicycles
By Hideo YAMANAKA

It has been important to develop measurements for reducing conflicts between pedestrians and bicycles at shared use space in Japan. This study aims at getting information for the evaluation of cycle lane in the shopping mall street. According to detailed analysis of cyclists and pedestrians behaviors with and without equipment of cycle lane in a shopping mall street in Matsuyama City., cycle lane brought effects on their separation and reduction of near-miss. The authors propose cycle lane marking and promotion of local rules as a practical solution.
