

Shared Spaceの概念を踏まえた 商業地区内街路の安全性と快適性に関する研究

種崎 夏帆¹・中村 文彦²・有吉 亮³・田中 伸治⁴・三浦 詩乃⁵

¹学生会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府
(〒240-8501横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

E-mail: tanezaki-natsuho-zd@ynu.jp

²正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院
(〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-1)

E-mail: nakamura-fumihiko-xb@ynu.ac.jp

³正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院
(〒240-8501横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

E-mail: ariyoshi-ryo-gd@ynu.ac.jp

⁴正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院
(〒240-8501横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

E-mail: stanaka@ynu.ac.jp

⁵正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院
(〒240-8501横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

E-mail: miurashino@ynu.ac.jp

日本各地において、「居心地が良く歩きたくなるまちなか」を目指した街路運用の検討が進んでいる。本来は車を締め出し歩行者専用空間にすることが理想だが、反対の声も強く実現しにくいのが現状である。よって、車を締め出さずとも歩きやすい街路空間を形成する必要がある。

そこで、本研究では、現存する商業地区内街路のうち歩車混合空間に着目し、歩車が譲り合うことで安全性が保たれる「shared space」という概念を踏まえ、歩行者と他の道路利用者との錯綜状況に基づいた街路での安全性と快適性を表すウォーカビリティ評価手法を構築することを目的とする。歩車混合空間にてビデオを撮影し、歩車がすれ違う際のベクトル場を観測することで歩行者の危険挙動と交通状況を空間的に捉え街路の評価指標として再構築することを試みる。

Key Words : *shared space, walkability, pedestrian, safety, 歩車混合空間*

1. はじめに

(1) 研究背景

近年、都心再生の方策として「居心地が良く歩きたくなるまちなか」を目指した街路運用の検討が進んでいる¹⁾。これは、都心部の街路におけるウォーカビリティを高めることによって、まちなかに多様な人々が集い街の価値創造に繋がることを目標としている施策である。

歩行者を最大限優先した道路運用は、既往研究からも明らかなように、歩行者天国である。車からの干渉を受けず自由に歩くことのできる道路において、様々なメリットが歩行者に生まれることがすでに示されている²⁾³⁾⁴⁾。しかし、通行止めの影響による周辺道路の混雑や、荷さばき車両の問題、さらには流入規制によって顧客が減少することを懸念し、車を締め出すことに抵抗感を示す商店主の合意が得られないなど、一筋縄では実現

しないのが現状である。また、周辺道路が増加する交通量に対応できるよう、ハード整備を進める必要も出てくると考えられ、周辺住民の反対や予算などが障壁となる恐れもある。その場合、歩車共存道路においても、歩車が譲り合って快適で楽しく過ごせる街路が実現することが望ましい。

都心に位置する歩車共存道路、特に商業地区街路においては、歩行者の乱横断や歩道へのはみだしや、すれ違いのために車が歩道へ入り込むケースなど、お互いを回避する行動が多発している。このような街路では、十分な幅員が取れなかったり、歩車にとって主要な動線となっていたりと、歩車を分離することが困難な状況である。このような状況下であっても、商業街区を通行する歩行者が居心地のよい歩行空間を形成するためには、歩車の回避行動を的確に把握し、道路計画・設計および交通政策等に反映させることが必要である。特に再整備の

場合は、現況のどのような要素を変更すれば歩行者の快適性が向上するか、ウォークビリティを高める施策となるのかを判断するような空間の評価基準が求められる。

(2) 研究目的

本研究では、現存する歩車混合空間のうち特に商業地区内街路に着目し、歩車の回避行動にどのようなメカニズムがあるかを明らかにすることを目的とする。特に、移動者それぞれが持つ要素（速度、属性、大きさなど）と実際の回避行動の関係に着目することで、歩車の安全性・快適性と交通状況を空間的に捉え街路の評価指標を構築することを試みる。客観的指標での街路診断により、街路の運用に直結した評価を行うことを目指す。

なお、本研究では、歩車の回避行動を、歩行者の快適性を損なう負の要素としては捉えていない。主に海外での事例が多くみられる「shared space」という概念での、「歩車が譲り合うことで安全性が保たれる」という考え方の下、歩行者のウォークビリティを構成する一要素として回避行動を捉えることとする。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

(1) 既往研究レビュー

a) 歩車共存道路について

歩車共存道路における歩車の関係性については、これまでも様々な研究が行われている。特に商業地区の歩車共存道路においては、自由な動きをする歩行者と通過したい自動車との交錯が問題視されてきた。よって、榎本ら³⁾は人が街路において乱横断するメカニズムと道路デザインの関係性を観察より明らかにし、歩行者の動きを自然に制限する方策について言及した。また、山本ら⁴⁾は歩行者が車とすれ違うことによって受ける負荷の存在を明らかにした。

一方海外においては、歩車が道路空間を共有することで互いの危険認識が向上し、道路の安全性が上がる空間「shared space」が導入されており、その効果を検証した研究が多く書かれている。概念通りに歩車分離より事故が減ったというケースもあれば、目の不自由な人への対策が不十分であるなど、新たな課題も見えてきている⁵⁾。

b) 歩車の関係性について

歩車共存道路における歩車の関係性については、計画・工学の両分野の研究者が積極的に取り組んでいる課題である。都市計画・交通計画的アプローチでは、主に空間デザインと歩行者の行動の関係性について研究した論文が多い。例えば濱名ら⁶⁾は、歩車道の整備状況によって商店街を類型化し、客観的な賑わい指標との関連を明らかにした。交通工学・人間工学的アプローチでは、歩車それぞれの挙動パターンについてメカニズムが明ら

かにされ、交通シミュレーションなどに応用されている。陳ら⁷⁾は「時空間暴露量」という歩行者の危険感に基づいた指標を作成し、歩車が近距離ですれ違った際に歩行者が受ける影響について定量化した。

c) 歩行環境について

歩行環境を評価する上で最も代表的なのは、J.フルーインの歩行者サービス水準⁸⁾であり、交通量から推計した歩行者の密度を評価基準として実務の現場においても広く用いられている。近年の研究においても、回遊性や歩行者が歩きやすさを判断する要素について取り上げたものが多い。谷口ら⁹⁾は、商店街において歩行者とすれ違う車は歩行者に対して負の影響を与えていることを明らかにした。日野ら¹⁰⁾は、狭幅員道路において歩行者と車の錯綜危険度と歩行者の感じる危険感の関係について調べ、狭幅員道路では車の速度やすれ違う幅が歩行者の危険感に強く影響することを明らかにした。また、情報技術やセンシング技術を用いて、よりミクロな歩行者の動きから歩きやすさを評価する動きも見られている。

(2) 本研究の位置付け

既往研究より、商業地区内の歩車共存道路においては、新しい概念の空間を含む様々な検討が行われており、車中心から歩行者中心のまちづくりへの転換が進んでいる。一方、歩車共存道路での歩車の関係性や空間の評価に関しては、各論文で様々な方法が提案されているが、実際の空間評価に用いられているのは最も基礎である *fruin* のサービス水準である。

今後は道路の新設より既存空間の再検討が多く行われると考えられるが、その際評価項目として重要なのは現状の歩車の動きを捉え、安全性や快適性を表した指標であるといえる。これまでは、歩車の細かな動きを捉え数値化する際に莫大な手間が必要であったため、データ数の確保が困難であった。しかし、近年の動体検知技術の進歩によりデータ数の確保が容易になりつつある。この技術を生かし、歩車の回避行動と周辺環境との関係性を探る点は、本研究の新規性であるといえる。また、この指標を用いることで、道路運用の変更に対する空間の再評価が可能になるという点は、本研究の意義であると考えられる。

3. 研究方法

本研究では、日吉浜銀通りにおける歩車の回避行動をビデオ観測し、フレームごとの歩車のベクトル場を観測することによって、回避行動のメカニズムを明らかにする。また、車種や相対速度・車体の大きさなどと回避行動がどう関係しているかを明らかにすることで、今後の道路運用を再検討する際に安全性および快適性を評価す

る際の一助となることを目的とする.

(1) ビデオ解析の手法

ビデオ解析から歩車のフレームごとの点を描写する手法としては、物体検知アルゴリズムとその結果を用いたトラッキングアルゴリズムを利用する．物体検知アルゴリズムにはM2detを使用し、フレームごとに各物体を認知することで、検知の精度が向上するとともに車種の判別を容易に行うことができるようにする．トラッキングアルゴリズムにはDeepSORTを利用し、検知された歩車ごとの軌跡を抽出する．

ただし、ビデオデータは道路を斜めから撮影したものであり、そのままでは正確な座標を得ることが困難である。よって、複数の既知な長さデータを入力しながら射影変換を行い、道路上での正確な位置をプロットできるように処理を行う。

(2) 使用するデータ

前述の方法により抽出された歩車の軌跡データは歩車の両端のデータが含まれており，これらの平均した値を歩車の座標とする．この座標データを用いて，フレーム間の瞬間速度やベクトルの変化を取得する．現在取得しているデータは63,721フレーム分であり，車種はperson, bicycle, motorcycle, car, bus, truckの6種類を検知している．

(3) 使用するモデル

前述のように取得したデータから、回避行動と車種や相対速度・車体の大きさの関係性を探ることで、回避行動のメカニズムを明らかにする。本研究では、他の障害物からの斥力を前提とした **social force model** を参考に、街路のビデオデータから得た歩車の軌跡・速度・ベクトル場を用いて、誤差項が最も小さくなるようなパラメータを設定する。1フレームごとに対峙する歩車からの影響を受けることとし、本研究では速度 V と動体の大きさ S と対峙し始めた距離 δ を回避行動に影響するパラメータとして選択する。以下に概念図と式を示す。

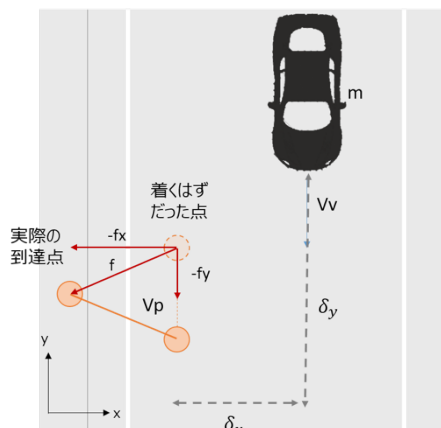


図-1 歩車すれ違い時のイメージ図

$$\hat{f}_x = \alpha_1 V + \beta_1 S + \gamma_1 \delta_x \quad (1a)$$

$$\hat{f}_y = \alpha_2 V + \beta_2 S + \gamma_2 \delta_y \quad (1b)$$

$$f^2 = f_x^2 + f_y^2 \quad (1c)$$

歩行者と車が対峙したときに、車から影響を受けたことによって、歩行者が回避行動を起こしたとする(図-1)。その際、着くはずだった点と実際の到達点に差があるときに上記(1a)(1b)の力がかかっていると、合力により到達点が決まるとする。実際の観測データと比較し、誤差項が最も小さくなるような上記パラメータを設定する。

4. 歩車の回避行動観測のための予備調査

(1) 概要

本研究では、商業地区内街路においてビデオ観測を行い、歩行者と車の軌跡から、歩車の回避行動のメカニズムについて明らかにする。ビデオ観測の結果を画像解析プログラムに入れ、歩行者と車の軌跡を抽出する。特に回避行動の起こった地点についての地点データを集約させ、回避行動と速度や車種の違いとの関連性を明らかにしたモデルを開発する。その前段階として、まずは研究対象地において、どのような要素が歩車のすれ違い行動に影響しているかを観測調査により推測し、仮説を設定する。

(2) 研究对象地

本稿では、歩車混合である商業地区内街路のうち、横浜市日吉駅前の浜銀通り(図-2)を研究対象とし、ビデオでの観測と動画解析による歩車の軌跡の収集を行う。

日吉駅周辺には、東口には慶応義塾大学日吉キャンパス、西口には放射状に延びる商店街と住宅街が位置し、昼夜共に乗降客数の多い駅である。鉄道路線は2本（東急東横線/横浜市営地下鉄グリーンライン）が通っており、両駅合計の乗降客数は約25万人/日である。

浜銀通りは幅員約5.5mの両側通行の道路である。路側帯（歩道）が両脇に0.8mずつあり、対向車両がすれ違う際には、路側帯に大幅に侵入しないと通行が困難な状況である。また、バス通りでもあり、日中は14-5本/時間が通過する。



図-2 目吉浜銀通りの様子（ビデオ撮影時のアングル）

(3) 観測結果と仮説設定

ビデオで撮影したものを、Autocad上で1秒ごとにプロットし、歩車の交錯時の反応を描写した(図-3).

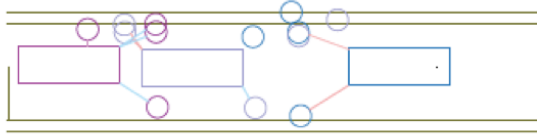


図-3 歩車交錯時のプロット図

そこから歩車の位置(座標)を取得し、各自の瞬間速度ならびに瞬間の距離を計測した。その結果、複数の傾向を得たため、以下のように仮説を設定した。

- ・仮説1: 歩車間のすれ違い距離に、歩車のすれ違う際の立ち位置が関係している

…歩行者と車がすれ違った際に、最も接近した点では二者の距離がどの程度かを観測した。その結果、前後の関係であるときと横でのすれ違いの際とで大きく距離に差が出た(図4)。これは、歩車の認知として、左右の関係である時の方が危険を感じづらいということが示唆される。

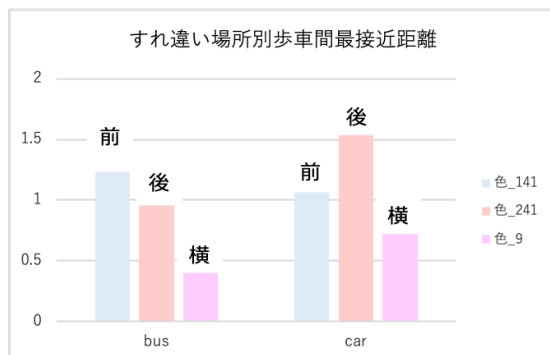


図-4 すれ違い場所別歩車間最接近距離

- ・仮説2: 歩車間のすれ違い距離に、車種が関係している
…歩行者と車がすれ違った際に、自動車よりバスとのすれ違いで距離が小さい傾向が得られた(図4)。このことから、車の大きさだけでなく車種によって歩行者の車認知に違いがあることが示唆される。

5. おわりに

本研究では、歩車の回避行動には速度に加え車種や車の大きさが影響するのではないかという仮説を立て、これを明らかにすることによって歩車回避行動のメカニズムを明らかにすることを目的としている。前章より、歩車のすれ違い行動は車の種類や大きさに影響を受けることが示唆された。よって今後は、フレーム間のベクトル場・速度・車種の影響を考慮した歩車回避行動メカニズムの式に得られた座標データを投入し、最も誤差項の少なくなるようなパラメータを決定する。その後、この式

の当てはまりと実際の歩車の動きに対する再現性の検討を行ったのち、歩車混合空間の快適性や安全性を評価する指標として用いることができるかの検討を行う。

謝辞: 本研究の一部は文部科学省・科学技術振興機構による「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援を受けて行われたものです。また研究の遂行にあたり、九州大学イメージ・メディア理解研究室の皆様には、歩車の軌跡抽出のための動画解析において多大なるご協力をさせていただいており、その謝意をここに表明いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省：「都市の多様性とイノベーションの創出に関する懇親会」中間とりまとめ 概要①, <http://www.mlit.go.jp/common/001301649.pdf>, 2019
- 2) 谷口綾子, 香川太郎, 藤井聡：商店街における自動車交通が歩行者に及ぼす心的影響分析, 土木学会論文集 D, 65 巻 3 号, pp.329-335, 2009
- 3) 濱名智, 中川大, 松中亮治, 大庭哲治：歩行者空間の整備状況と商店街の賑わいについての関連分析, 土木計画学研究・論文集, 27 巻, pp.313-321, 2010
- 4) 山本俊行, 北村清州, 吉井稔雄, 北村隆一：自動車通過交通が歩行者・自転車交通に及ぼす影響と自動車通過交通の観測法に関する分析, 土木計画学研究・講演集, 27 巻, p.80, 2003
- 5) 榎本拓真, 中村文彦, 岡村敏之：商業集積地内街路における歩行者の挙動特性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, 264 巻, pp.347-355, 2009
- 6) 名古屋都市センター：シェアード・スペース 生成発展と変遷, 2018
- 7) 陳章元：歩車混合空間における交通環境評価指標に関する研究—時空間占有量によるアプローチ—, 東京大学大学院博士論文, 1998
- 8) ジョン・J・フルーイン：歩行者の空間—理論とデザイン, 鹿島出版会, 1974
- 9) 日野泰雄, 山中英生：住区内狭幅員道路における錯綜危険度と交通安全意識に関する研究, 都市計画論文集, No.31, pp.391-396, 1996