

# 混雑したストリートにおける歩行者の挙動特性に関する研究

## Analysis on Characteristics of Pedestrian Behavior on Crowding Streets

学 籍 番 号 47-166722

氏 名 井 桁 由 貴 (Igeta Yuki)

指 導 教 員 出 口 敦

### 1. はじめに

#### 1.1 背景

現在我が国では、歩行者・自動車の交通量が多い駅の



図 1. 混雑したストリート (渋谷井の頭通り)

周辺等で見られる混雑したストリートにおいて、主に時間帯による歩行者用道路化やガードレール等による歩車道の分離が行われている。これらは自動車と歩行者の衝突を避けるためのものであり、自動車は道路上の歩行者空間から排除される方向での対策が主流となっている。一方近年、自動運転技術が急速に発展し自動車自体の安全性向上・事故のリスク低下が期待されている。したがって、今後は混雑したストリートでも自動車の性能向上により従来の車両の通行規制や歩車分離ではない新しい対策が可能になると考えられる。

混雑したストリートでは幹線道路や細街路とは異なる歩行者・自動車の挙動が見られる。自動運転車の走行の実現には、こうしたストリートでの歩行者の挙動特性を予め把握し走行中に次の動きを予測できる必要がある。現在は歩行者の動きを予測する手立てが少なく、自動運転車は減速やセンサーの高性能化等の対策が避けられず、単位距離コストの上昇に繋がっている。

榎本らの研究<sup>1)</sup>で歩行者の乱横断が自動車交通量、自動車挙動、道路構造等に影響されることが示されている。しかし歩行者属性やストリートの立地条件等と歩行者挙動との関連に言及した詳細な分析は未だ行われていない。また、現在の自動運転技術開発は多くが専用道路等の限定条件下で行われており、歩行者の存在はほとんど想定されていない。経産省の「ラストワンマイル自動走行の社会実装に向けた実証<sup>2)</sup>」では歩行者の存在するストリートでの走行実験が行われているが、歩行者の挙動については未だ明らかにされていない。

#### 1.2 目的

以上から、本研究では歩行者・自動車交通量が多い混雑したストリートにおいて、自動走行の運用という新しい解決策の提案とその実現に向けた課題を提示することを目的とする。具体的には(1)自動運転技術が普及する将来を見据えその運用が望ましい混雑したストリートについて、東京駅から半径 30km 圏内での現状を把握すること(2)自動車の走行に影響を与える横断に着目し、その特性について詳細な分析を行い、歩行者の行動の予測に必要な情報を明らかにすることの二点を目的とする。

### 2. 対象ストリートの選定

#### 2.1 ストリートの抽出

本章では混雑したストリートを以下の流れで抽出する。まず、国土数値情報「平成28年度 駅別乗降客数データ」を用いて①東京駅から半径30km圏内で乗降客数10万人以上の駅を特定する。次に国土地理院「基盤地図情報」を用いて②該当駅の出口から600m以内のエリア、国税庁の路線価図を用いて③高度商業地区、繁華街地区、普通商業・併用住宅地区に面する道路を特定する。その後、各自治体のHP及び路上標識を確認し④通りの名称を持つ道路、基盤地図情報から⑤片側一車線以下かつ⑥歩道を有する道路を特定し、全てに該当したものを対象ストリートとする。

その結果、該当した鉄道駅は145駅あり、そのうち77の鉄道駅周辺から153本の混雑したストリートが抽出された。

## 2.2 ストリートの整理 表1. 調査項目

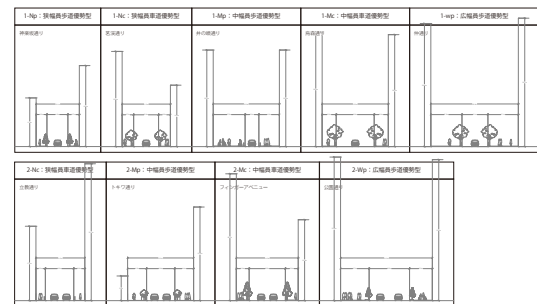
抽出されたストリートについて、形状や性質の類似したストリートには類似した歩行者の横断挙動があるという仮説に基づき、基本調査を実施し類型化を行った。調査項目は現地調査やGISデータ等により取得可能であることを条件とし、表の通り設定した。ストリートの類型化は三浦<sup>3)</sup>や有馬ら<sup>4)</sup>によって既に試みられているが、本章では歩行者の挙動に影響を与える要素として、基本調査結果のうち一方通行規制、道路幅員、車道幅員の割合<sup>1)</sup>を取り上げ分類を行った。

基本調査の結果、データを得られた97本のストリートについてまず、一方通行規制の有無により(1)一方通行型と(2)双方向通行型に分類した。次に、各分類を道路全

道路構造	道路全体の幅員(m)	
	車道幅員(m)	
	歩道幅員(m)	
境界形状 (該当するものを チェックする)	車線数	
	緑石	
	ポラード	
	街路樹	
	ガードレール	
	植え込み	
周辺環境	沿道建物の高さ(m)	
	歩行者交通量	財産評価基準

体の幅員により(N)狭幅員型(M)中幅員型(W)広幅員型に分類した<sup>2)</sup>。その後、車道幅員の割合に応じて(c)車道優勢型(p)歩道優勢型としてさらに細分化した。分類の結果、一方通行の広幅員車道優勢型、双方向通行の狭幅員歩道優勢型・広幅員歩道優勢型には該当するストリートはなかったため、計9つの類型が得られた(表)。

表2. 各類型の断面図



## 3. 歩行者の横断挙動調査

### 3.1 調査概要

本章では、異なる道路構造や交通特性を持つストリートでの横断挙動を調査するため、対象の類型が偏らないように配慮し、全体を俯瞰できる高所があるまたは見通しの良い沿道を持つストリートを10本選定した。各地点のデータは高所、または沿道から三脚等でビデオカメラを固定し撮影を行って取得した。撮影時間は晴または曇の、歩行者用道路化が行われていない時間帯の15分間とした。ただし神楽坂通りと茗溪通りでは二度調査を実施し、合計で30分間のデータとなっている。

表3. 調査概要

タイプ	ストリート名	最寄駅	調査日	撮影時刻		天気	気温(°C)	データID
				開始	終了			
1-Np	エスプラナード通り	赤坂見附駅	2017/12/21(木)	16:44	16:59	晴	10	S1190012
	神楽坂通り	飯田橋駅	2017/12/19(火)	13:01	13:16	晴	13	S1170002
	神楽坂通り	飯田橋駅	2017/12/21(木)	10:32	10:54	晴	7	S1190003
1-Nc	茗溪通り	御茶ノ水駅	2017/12/24(日)	11:04	11:19	曇	8	S1210001
	茗溪通り	御茶ノ水駅	2017/12/24(日)	11:23	11:38	曇	7	S1210002
	神田すずらん通り	神保町駅	2017/12/19(火)	14:43	14:58	晴	13	S1170005
1-Mp	井の頭通り	渋谷駅	2017/12/13(水)	13:52	14:08	晴	9	S1160003
	一ツ木通り	赤坂見附駅	2017/12/21(木)	15:56	16:11	晴	10	S1190009
	サンシャイン通り	池袋駅	2017/12/23(土)	10:05	10:20	晴	7	S1200003
1-Wp	新宿中央通り	新宿駅	2017/12/19(火)	16:30	16:45	晴	12	S1170006
	仲通り	東横駅	2017/12/25(月)	10:46	11:01	晴	9	S1220002
2-Mc	フィンガーパベニュー	渋谷駅	2017/12/23(土)	15:53	16:08	晴	14	S1200008

### 3.2 分析方法

分析では動画を確認して横断が起点から

終点まで確認できた歩行者をサンプルとした。取得した各サンプルに関しては歩行者属性と横断挙動、横断位置を記録した。

表 4. 分析項目

項目	詳細	
属性	性別	男・女で区分
	年齢	未就学児・小学生・中高大学生・成人・高齢者の五段階で区分
	グループの人数	本人を含めた人数(人)
挙動	歩行方向	34パターンに分類(後述)
	二次行為	会話・通話・端末操作・イヤホン・飲食の五段階で区分
	横断時間	横断にかかった時間(s)
	確認行動	自動車の有無を見るため左右を向く行為の発生
	歩行挙動	横断開始5秒前から1秒ごとに、立ち止まる・歩く・走るの行為の変化
	通過自動車台数	横断の前後5秒以内に前面を通過した自動車の台数

歩行方向はまず、横断動線の形により A: Uターン、B: 斜め横断、C: 交差点から侵入、D: 交差点からの退場、E: はみ出しの五パターンに分けた。次に自動車の流れに沿う場合  $a^{*3}$ 、沿わない場合  $r^{*4}$ 、直交する場合  $o^{*5}$  をそれぞれ末尾につけた。さらに一方通行路では、横断前にストリーットの左右のどちらを歩いているかによって  $r^{*6}$ 、 $l^{*7}$  を加えた。その結果、33 種類に F: その他<sup>8</sup> を加えた合計 34 パターンの歩行方向に分類された。

横断位置の記録は、サンプルの歩行者が歩道から車道へとはみ出した箇所を起点、車道から再び歩道に戻った箇所を終点とし GIS を用いて地図上にプロットした。次に

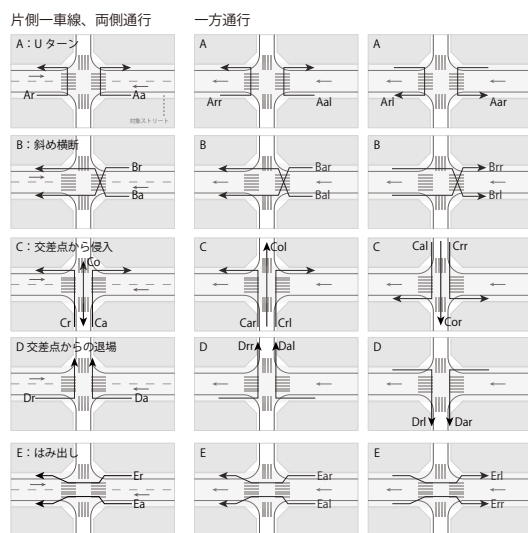


図 2. 歩行方向の分類

横断の起終点を繋ぎ線の長さを計測した。この線を便宜的に横断軌道として使用し、線の長さを横断距離として分析を行った。

#### 4. 調査結果と考察

歩行者調査では一回 15 分間の調査を 10 本のストリートで計 12 回行い、3 時間分の動画を取得した。動画データからは計 1598 人横断歩行者が抽出された。また、調査を行った各ストリートには歩行者数や歩行者の属性に違いが見られた。本章では取得したデータから複数の分析を行い歩行者の横断挙動を明らかにした。

##### 4.1 横断位置からみた歩行者挙動の傾向

歩行者の横断位置のプロット図からいずれのストリートでも横断歩道上での横断が最も多いことが明らかになった<sup>9</sup>。榎本ら<sup>1)</sup>は乱横断可能延長が長いほど乱横断が発生しやすくなることを示していたが、本章でも歩車分離でない箇所からの横断が多く確認された。また、横断歩道上に軌道が集まりやすくなっているのに対し、横断歩道がない場合は斜め横断が多くなっていた。駅の出口の近くにストリートが位置していると駅出口を中心に横断軌道が広がっている様子がみられた。このように横断位置と横断軌道は歩車道境界、横断歩道の有無、周辺施設との関わりによって変化する可能性が示された。

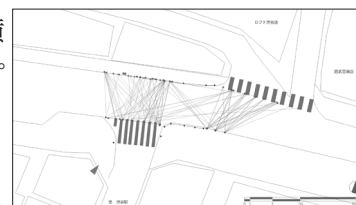


図 3. 横断軌道のプロット図(井の頭通り)

4.3 集計データからみた歩行者挙動の傾向

撮影動画から取得した集計データを用いて、歩行方向・横断開始時間の分布・左右確認行為・歩行速度の関連を分析した。歩行方向はストリートタイプによって傾向が異

なり、狭幅員型でははみ出しが起りやすいことが示された。また、横断開始時間に周期性が見られる場合、周辺の信号制御の影響している可能性も示された。グラフに示すように、左右確認行為の発生割合は横断開始の1秒前と横断開始の瞬間にピークとなっているが、最大でも50%に留まる。左右確認と性別・年齢による関連はみられず、人数と二次行為の有無が影響していた。今回の分析では横断速度に影響を与える要素を特定することはできなかった。

#### 4.4 横断歩行者のパターン

撮影動画の観察から横断をパターン化しそれぞれの特徴の説明を行った。今回の観察では29のパターンが得られたが、今後さらに調査を行うことで拡充させることができる。

表5. 挙動パターンの一覧

No.	パターン名称	説明
1	停止横断型	横断直前まで立ち止まり続ける
2	直進歩行(進行)開始型	歩道から横断直前まで歩行(走り)始める
3	直進歩行(進行)開始型	横断直前2秒の間に立ち止まる
4	直進歩行(進行)開始型	横断直前に立ち止まる
5	歩行横断型	歩き続ける(立ち止まらない)
6	歩行横断型	歩いている段階から横断直前に走り始める
7	走り横断型	走り続ける
8	直進歩行型	横断しない
9	歩行横断型	歩道に横断する
10	歩行横断型	横断直前2秒の間に横断する
11	直進・直進横断型	横断直前2秒の間に横断前に横断する
12	直進歩行型	横断し続ける
13	歩行成人男性型	単独の成人男性
14	歩行成人女性型	単独の成人女性
15	歩行高齢男性型	単独の高齢男性
16	歩行高齢女性型	単独の高齢女性
17	歩行学生型	単独の学生(性別は問わず)
18	親子型	成人以上と小学生以下の二人組
19	男性二人組型	男性の二人組
20	女性二人組型	女性の二人組
21	カップル型	男女のペア
22	グループ型	3人以上で構成されたグループ
23	乗車型	成人以上の学生以下を構成されたグループ
24	荷物型	荷物を抱いて歩物を運ぶ
25	ベビーカー型	ベビーカーを押す
26	車・自転車・タクシー型	歩道または歩道から下りして横断を開始する
27	過渡型	店を出た後に横断を開始する
28	外国人・観光客型	外国人は立ち止り、観光客はカメラケースの有無で判断
29	水の搬送型	水を運んでいる



図4. 「家族型」<sup>10)</sup> イメージ

### 5. おわりに

#### 5.1 ストリートでの自動運転の運用

今後混雑したストリートでの自動運転の運用を実用レベルで考えた時、各ストリートでの歩行者の横断を高い精度で予測する必要がある。そのためにはまず、対象ストリート特有の条件と、該当の類型に共通する特性から横断が起りやすい箇所を地図情報として入力しておき、走行中は車載カメラから歩行者の情報を取得し、横断を開始する可能性の高い歩行者を特定する必要がある。このように、地図情報と路上で取

得した情報を組み合わせることでより高い精度での予測が可能になると考えられる。

#### 5.2 自動走行の運用実現に向けた課題

本研究から明らかになったことは数ある歩行者の挙動特性の一部で、歩行者の横断の予測精度を上げるには多くの歩行者データの蓄積が必要である。したがって横断歩行者のみではなく路上の全歩行者を対象に分析を行う、歩行者の横断の予兆として左右確認以外の行動がないかを調べる、時間別(季節・曜日・時刻・天気)の挙動の変化を調べる、自転車の存在も考慮するという調査項目を追加する必要がある。

少なくとも、今回構築したデータベースで歩行者の挙動特性を把握できる可能性を示したことには意義があると言える。今後も調査を続行し、データを増やしていくことでさらに精度の高い歩行者の横断の予測が可能になり、混雑したストリートにおける自動運転の運用という新しいストリートが現実味を帯びてくることになるだろう。

#### 〈参考文献〉

- 1) 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、vol. 26 no.2, 2009
- 2) 経済産業省、国土交通省：自動走行に関する取り組みについて、2016.12 (2018年1月21日閲覧)
- 3) 三浦詩乃：多様な地域主体によるストリートデザイン・マネジメントに関する研究、2015
- 4) 有馬隆文、大木健人、出口敦、坂井猛：商業地街路における行動誘発要素と歩行者アクティビティに関する基礎的研究—五感を刺激する商業地デザインと来訪者のアクティビティ(その1)—、日本建築学会計画系論文集、vol.73, No. 623, pp177-182, 2008

#### 〈脚注〉

- \*1 全幅員に対する車道幅員の占める割合
- \*2 (文献3)で三浦氏がメインストリート进行分类した際の0の基準を参照し、 $N \leq 12m, 12m < M \leq 20m, 20m < W$ とした。
- \*3-7 それぞれ antegrade: 順行、retrograde: 逆行、orthogonal: 直交、right: 右、left: 左を表す
- \*8 路上駐車している車や沿道店舗から直接横断を開始した等。
- \*9 調査場所での交差点の有無や見えている範囲によって得られる結果が変化することには注意が必要である。
- \*10 3人以上の親子で構成される。二人組の親子のペアよりも注意が行き届きにくく、危険度が高い。

〈図版出典〉写真はすべて筆者撮影