

2303A 無信号横断歩道における車両の譲り を促すための実証的研究

日本大学理工学部 教授
小早川 悟（プロジェクトリーダー）

日本大学大学院 社会人大学院生
吉村暢洋（特別研究員）

プロジェクトメンバー



IATSS会員：

- 小早川 悟 （日本大学理工学部 教授）
- 関根 太郎 （日本大学理工学部 教授）
- 田久保 宣晃 （（公財）交通事故総合分析センター研究部 次長）
- 平岡 敏洋 （（一財）日本自動車研究所 主席研究員）
- 松橋 啓介 （国立環境研究所社会システム領域 室長）

IATSS会員以外：

- 高田 邦道 （IATSS顧問・日本大学名誉教授）
- 福田 敦 （IATSS 顧問・日本大学理工学部 教授）
- 松村 みち子 （IATSS 顧問・タウンクリエイター）
- 大谷 亮 （（一財）日本自動車研究所 主任研究員）
- 菊池 浩紀 （日本大学理工学部 助教）
- 青山 恵里 （日本大学理工学部 助手）
- 吉村 暢洋 （日本大学大学院理工学研究科 社会人大学院生）

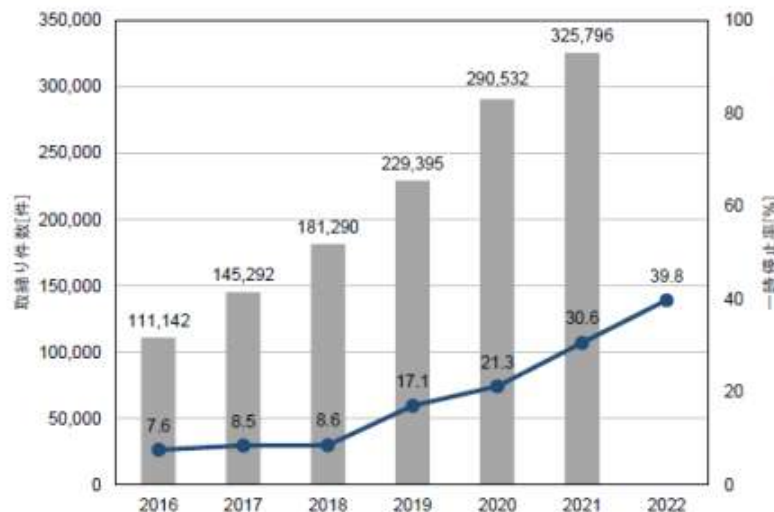
プロジェクトの背景

- ・ 持続可能な交通信号機の運用が求められている
- ・ 交通信号機の老朽化や維持管理への対応が必要
- ・ 信号機によらない歩行者横断歩道の運用が増加してく可能性がある

標準的な
無信号横断歩道
(標識・標示)



横断歩道での一時停止率 **全国平均39.8%**
(令和4年度JAF調査)



交通安全
施設対策



交通規制を高める
交通安全施設
(オーバーハング式標識・
カラー舗装・注意看板等)



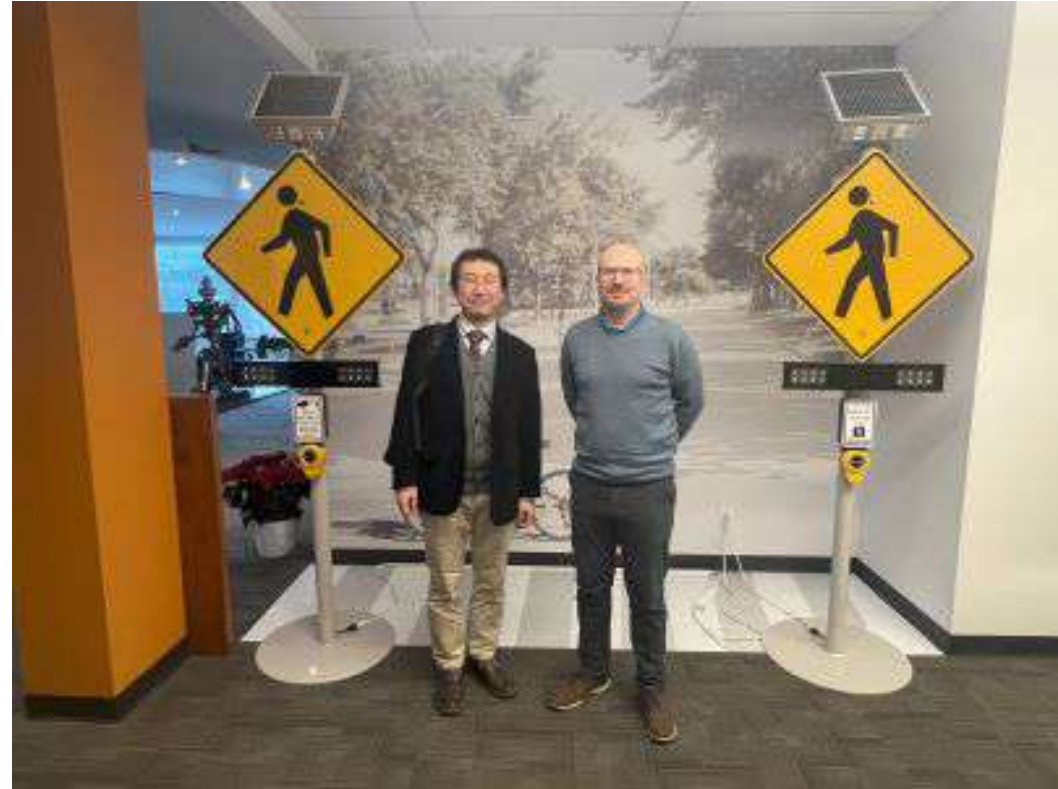
出典：警察庁およびJAFの資料を基に筆者編集
(2022年度の取り締まり件数は未公表)

新たな交通安全対策施設が必要とされている

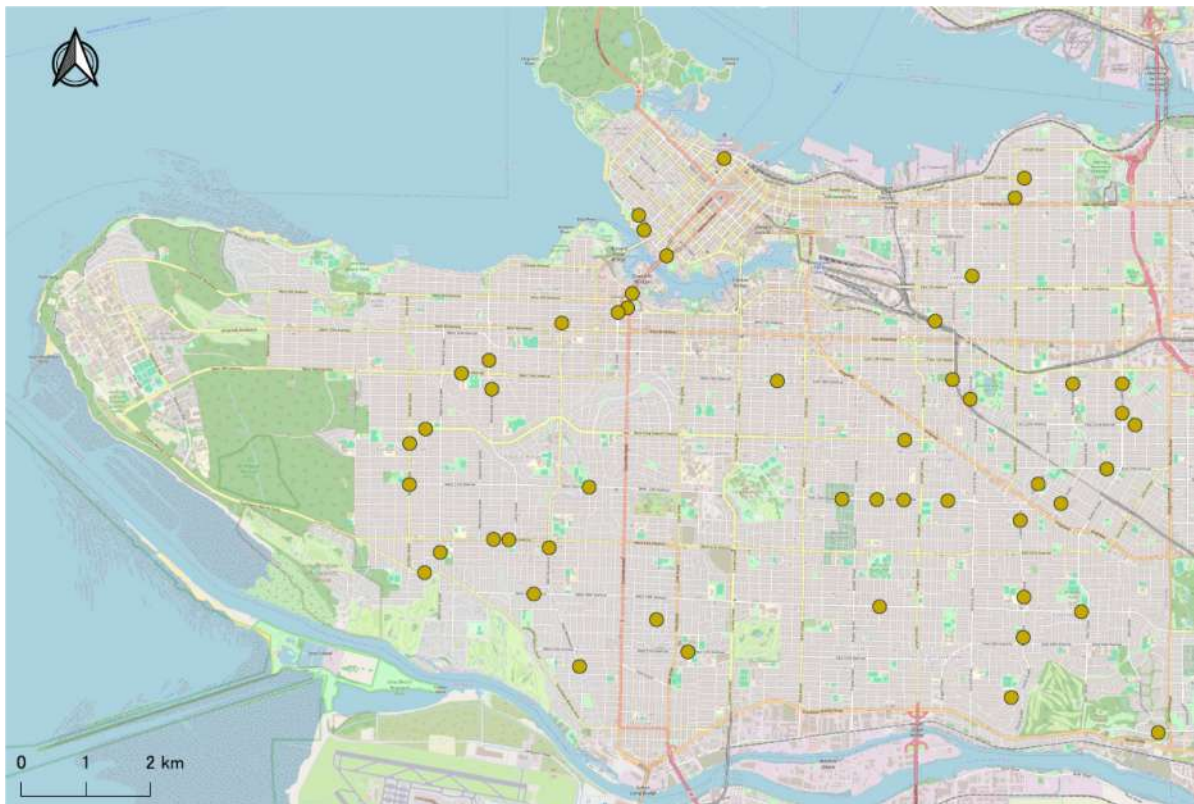
プロジェクトの目的

- 本研究では、海外における無信号横断歩道の安全性向上施設や車両の一時停止を促すための対策の考え方の整理を行う
- 日本における無信号横断歩道における車両挙動や歩行者挙動を分析することで、日本での閃光型の注意喚起施設の可能性や無信号横断歩道における車両の譲りを促すための提案を検討する

CARMANAH社の訪問



RRFBの導入状況



バンクーバー市内 RRFBsの設置箇所 50箇所※1※2※3

- ※1 主に2022年~2023 年の
Google StreetviewからRRFBが
設置されていることを確認
- ※2 設置箇所のリストはcarmanah社提供
- ※3 旧型のRRFBsを含む。

バンクーバー市のオープンデータでRRFBsが設置されている道路階層別では、
2次幹線道路での設置が多い

Arterial Road	Secondary Road	Collector	Residential Road	合計
14箇所	23箇所	11箇所	2箇所	50箇所

Arterial Road : 幹線道路 (高速道路に接続する道路)
Secondary Road : 2次幹線道路 (幹線道路と接続する道路)
Collector : 補助幹線道路 (2次幹線道路に接続する道路)
Residential Road : 生活道路

RRFBの導入状況

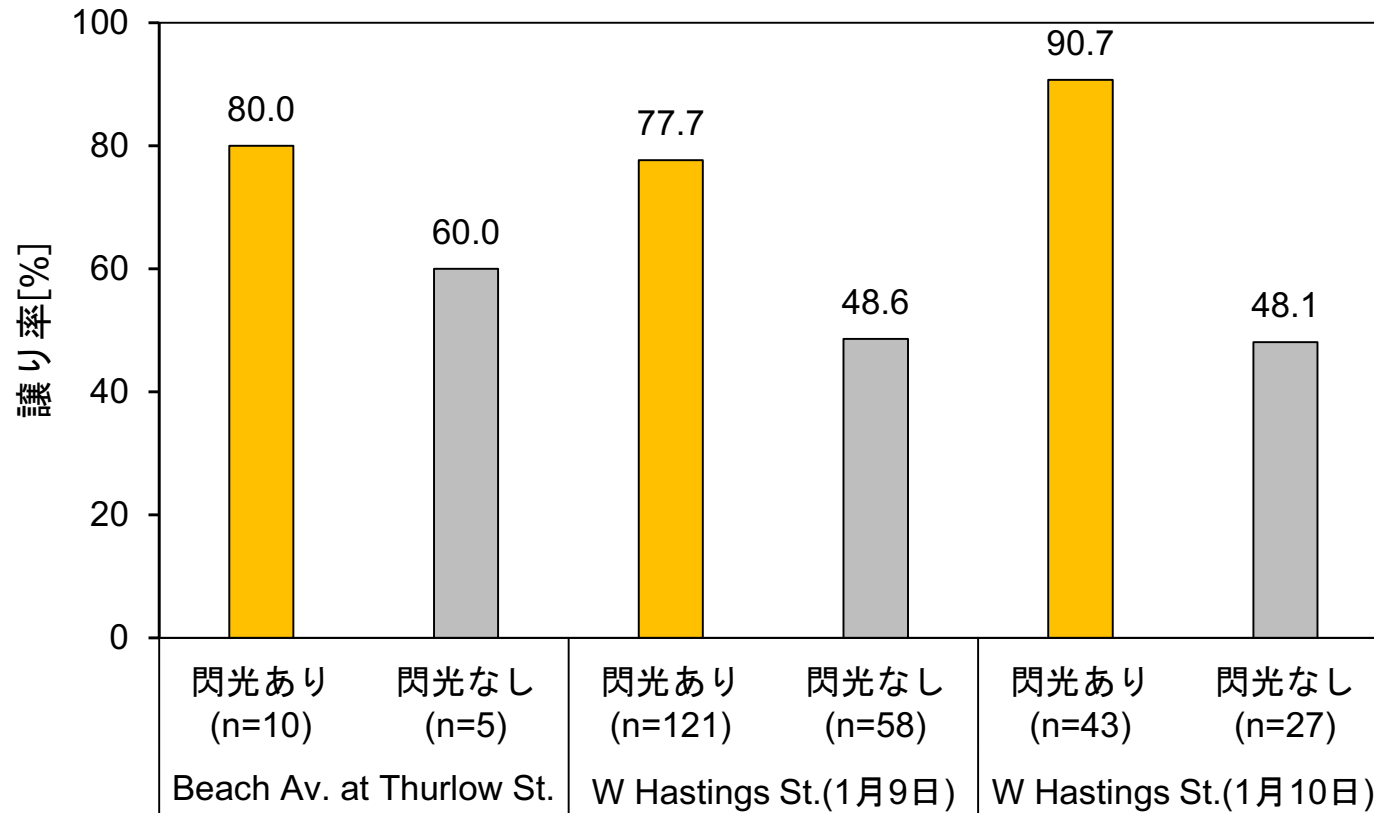


RRFBの導入状況



北米での調査結果

閃光有無別での譲り率



1回あたりの閃光時間

- ・ Beach Av. at Thurlow St. 17秒
(横断長約11m)
- ・ W Hastings St. 15秒
(横断長約8m)

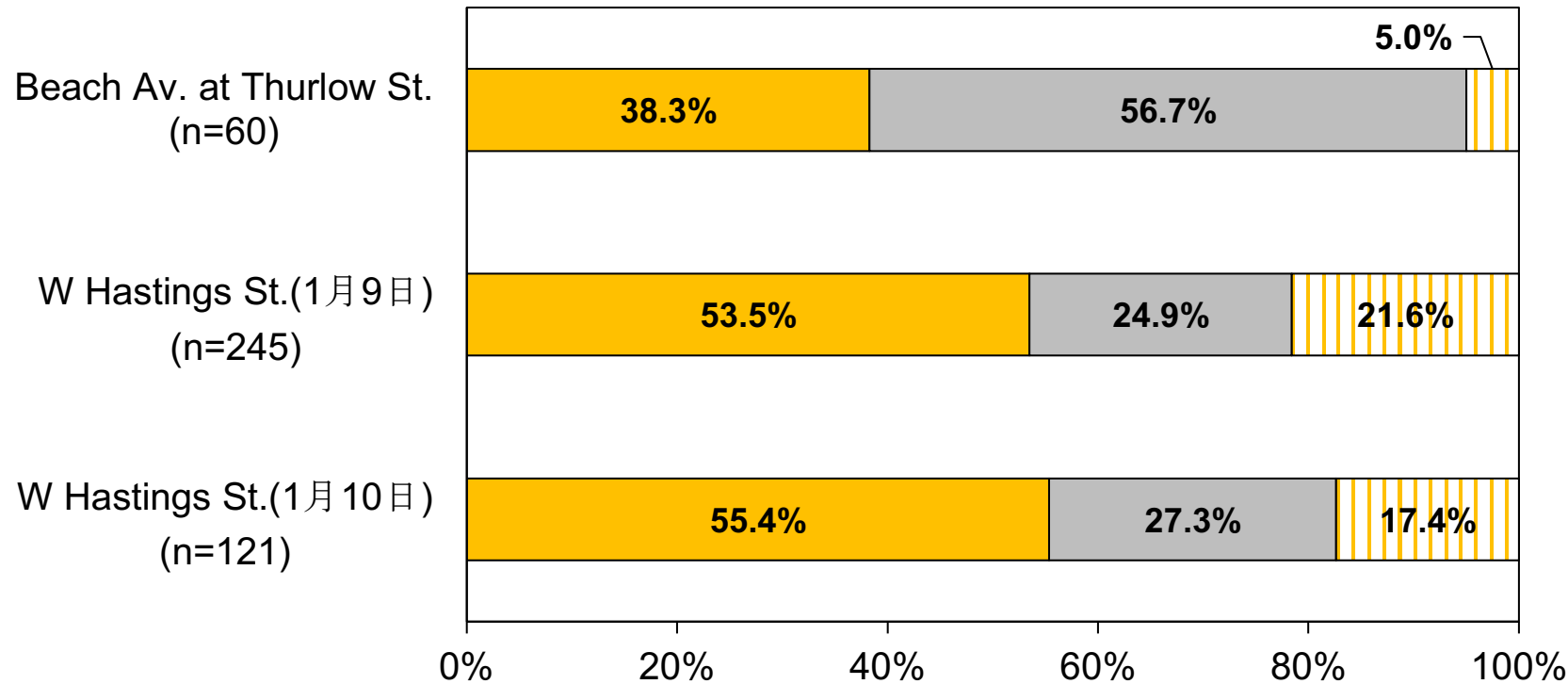
閃光した場合のほうが譲り率は高い

※車両が横断歩道に接近していた状況で調査

北米での調査結果

横断歩行者のRRFB利用率

■ RRFBを使用して横断 ■ 使用せず横断 ■ 閃光中に横断



1回あたりの閃光時間

- ・ Beach Av. at Thurlow St. 17秒
(横断長約11m)
- ・ W Hastings St. 15秒
(横断長約8m)

RRFBの利用率は高い

※車両が横断歩道に接近していない状況もサンプルの数に含む。

RRFBに関するヒヤリング



- 2006年頃にRRFBが開発され、2007年にフロリダで実験をした結果、譲り率が大きく改善したという報告があり、これを機に多くの場所で導入されるようになった。
- 当初はテンポラリーなものであり、MUTCDにオフィシャルに位置付けられたのは2023年からとなっている。
- 導入する際には、Downtown、Suburban、Ruralとあるが、RRFBはSuburbanでの導入が最も適していると考えている。
- 導入の決め手となるのは、車両の交通量と歩行者の交通量で考えている。
- 車両の速度や歩行者の速度も重要なファクターになるが、実際には計測が困難であるので、交通量で考えている。

Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways 11th Edition



U.S. Department of Transportation
Federal Highway Administration

December 2023

Page 736

MUTCD 11th Edition

CHAPTER 4L. RECTANGULAR RAPID FLASHING BEACONS

Section 4L.01 Application of Rectangular Rapid Flashing Beacons

Option:

- 01 A pedestrian-activated and/or bicyclist-activated rectangular rapid flashing beacon (RRFB) may be used to provide supplemental emphasis to pedestrian, school, and trail warning signs at marked crosswalks across uncontrolled approaches.

Standard:

- 02 An RRFB shall only be installed to function as a Warning Beacon (see Section 4S.03). Except as otherwise provided in this Chapter, all other provisions of the MUTCD applicable to Warning Beacons shall apply to RRFBs.
- 03 An RRFB shall only be used to supplement a post-mounted W11-2 (Pedestrian), S1-1 (School), or W11-15 (Trail) crossing warning sign with a diagonal downward arrow (W16-7P) plaque, or an overhead-mounted W11-2, S1-1, or W11-15 crossing warning sign, located at or immediately adjacent to a marked crosswalk.
- 04 Except for crosswalks across the approach to or egress from a roundabout, or crosswalks across free-flow turn lanes separated by a channelizing island, an RRFB shall not be used for crosswalks across approaches controlled by YIELD signs, STOP signs, traffic control signals, or pedestrian hybrid beacons.

Option:

- 05 An additional RRFB may be installed on that approach in advance of the crosswalk, as a Warning Beacon to supplement a W11-2 (Pedestrian), S1-1 (School), or W11-15 (Trail) crossing warning sign with an AHEAD (W16-9P) or distance (W16-2P or W16-2aP) plaque.

Standard:

- 06 If an additional RRFB is installed on the approach in advance of the crosswalk, it shall be supplemental to and not a replacement for the RRFB at the crosswalk itself.

Section 4L.02 Design of Rectangular Rapid Flashing Beacons

Standard:

- 01 Each RRFB unit shall consist of two rapidly-flashed rectangular-shaped yellow indications, each with an LED-array based pulsing light source. The size of each RRFB indication shall be at least 5 inches wide by at least 2 inches high.
- 02 The two RRFB indications for each RRFB unit shall be aligned horizontally, with the longer dimension horizontal and with a minimum space between the two indications of at least 7 inches, measured from nearest edge of one indication to the nearest edge of the other indication. The outside edges of the RRFB indications, including any housings, shall not project beyond the outside edges of the W11-2, S1-1, or W11-15 sign that it supplements.

Rectangular Rapid Flashing Beacons (RRFBs)

APPLICATION GUIDE



©2020 Carmanah Technologies Corp. All rights reserved. Carmanah_GUIDE_rrfb-applications_RevD

RRFB Selection Matrix

Legend



Engineering judgment = RRFBs are not recommended but are an optional enhancement with or following engineering judgment



Consider = RRFBs are a candidate treatment to improving crossing safety on this roadway



Recommended = RRFBs are an ideal treatment for this roadway

Use this chart to determine the roadway conditions where RRFBs are recommended or should be considered to maximize pedestrian safety.

Crossing distance (e.g. number of lanes)	Median presence	Posted Speed Limit (mph) and Annual Average Daily Traffic (AADT)								
		< 9,000 AADT			9,000 – 15,000 AADT			> 15,000 AADT		
2 lanes (1 lane in each direction)	-	Engineering judgment	Consider	Recommended	Engineering judgment	Consider	Recommended	Consider	Consider	✗
3 lanes (1 lane in each direction with two-way left-turn lane)	Yes	Engineering judgment	Consider	Recommended	Consider	Recommended	Recommended	Consider	Recommended	✗
	No	Consider	Consider	✗	Consider	Recommended	✗	Consider	✗	✗
4+ lanes (2 or more in each direction)	Yes	Consider	Consider	✗	Consider	Recommended	✗	Recommended	✗	✗
	No	Consider	Consider	✗	Consider	Recommended	✗	Recommended	✗	✗

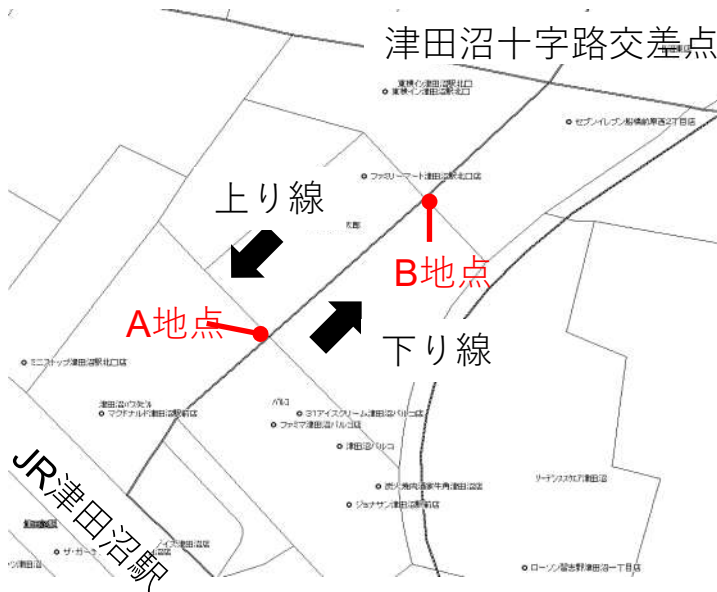
Source: Adapted from Federal Highway Administration, Report No. FHWA-SA-17-072, [Guide for Improving Pedestrian Safety at Uncontrolled Crossing Locations](#)



日本の無信号横断歩道の交通実態調査

調査箇所：JR津田沼駅前先横断歩道(2箇所)

平面図



現地状況



※JR津田沼駅ペデストリアンデッキから撮影

調査概要

調査地点	A地点：千葉県船橋市前原西2丁目18先横断路 B地点：千葉県船橋市前原西2丁目21先横断路
調査日時	調査日：2023年9月11日(月)～9月13日(水) 調査時間：12時から22時(1日あたり連続10時間)
調査方法	高所用ビデオカメラ(ビューポール)による観測調査 カメラの配置台数：A地点2台、B地点1台

事故発生件数

交通事故発生件数(人対車両) 令和3年・4年度累計	
A地点	B地点
2件/2年	5件/2年

※事故データは千葉県警察提供

- 往復4車線道路に設置された無信号横断歩道
- 隣接信号機との距離が近いことため交通信号機の設置は難しい

観測方法



津田沼十字路
交差点



津田沼十字路
交差点



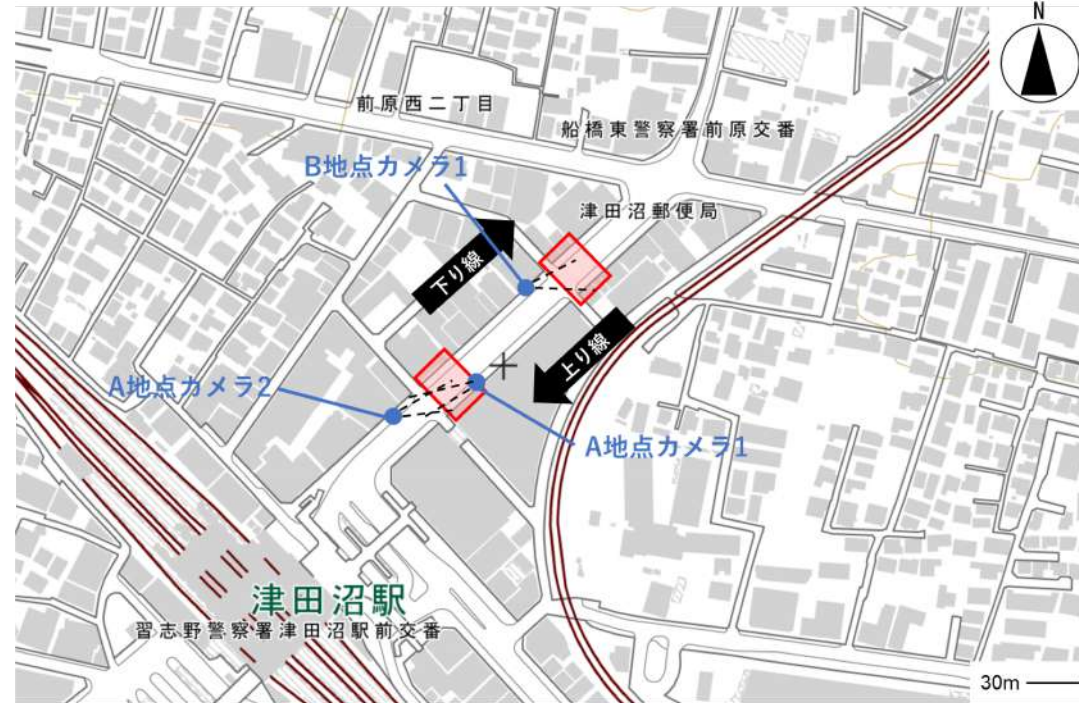
B地点カメラ1



JR津田沼駅



旧パルコ
(現Viit)



※地理院地図を加工して作成

A地点カメラ2



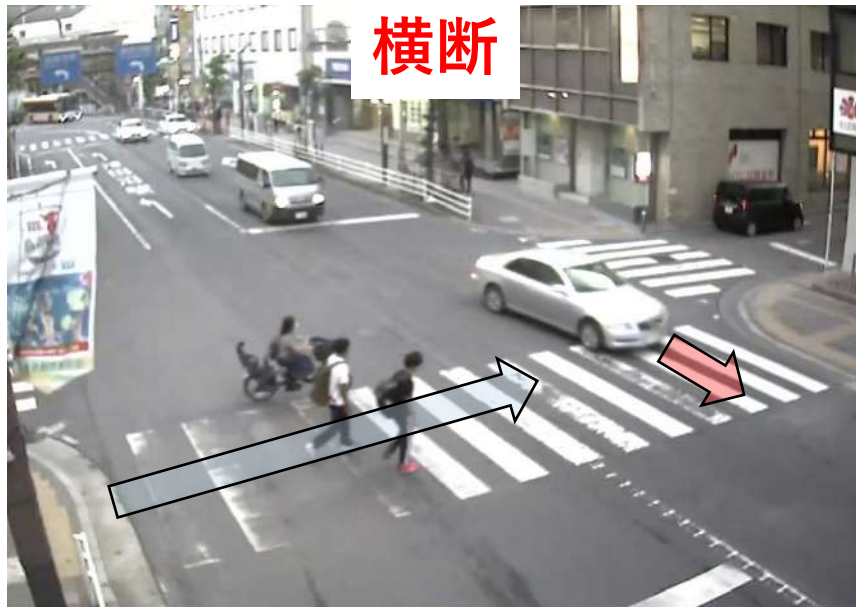
旧パルコ
(現Viit)



JR津田沼駅

A地点カメラ1

歩行者の横断挙動別での譲りの有無に関する判定

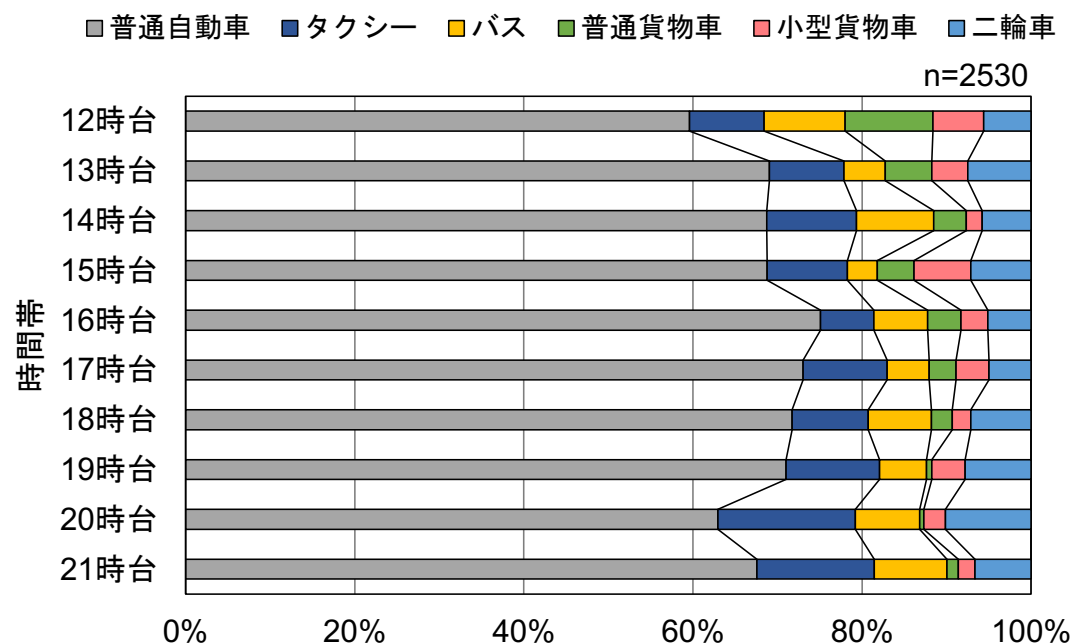


観測結果 車種・歩行者 (A地点)

サンプルサイズ

車種(n)[%]						
普通自動車	タクシー	バス	普通貨物車	小型貨物車	二輪車	全体
1749	255	166	94	95	171	2530
[69.1]	[10.1]	[6.5]	[3.7]	[3.8]	[6.8]	[100]

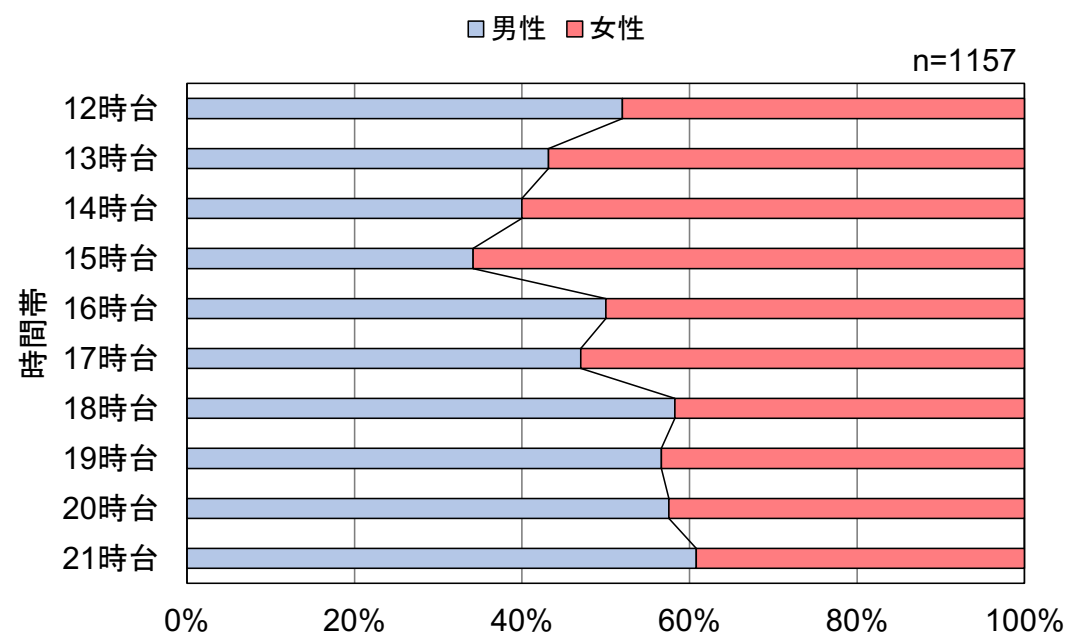
時間帯別構成比



サンプルサイズ

性別(n)[%]			
男性	女性	不明	全体
571	583	3	1157
[49.4]	[50.3]	[0.3]	[100]

時間帯別構成比



※1人の歩行者に対して複数台の車両が通過した場合、全ての通過車両をサンプルとして計上

※1人の歩行者に対して複数台の車両が横断歩道を通過した場合でも1事象あたりの歩行者の数では1件のサンプルとして扱う 18

観測結果 譲り率（歩行者優先の実態）

JR津田沼駅前横断歩道2箇所の譲り率（3日間合計）

A地点(n=2530) **40.9%**

B地点(n=1829) **40.9%**

※「一時停止」と「減速(徐行)」
を合わせて本調査では「譲り」と定義

昼間:12:00～17:00



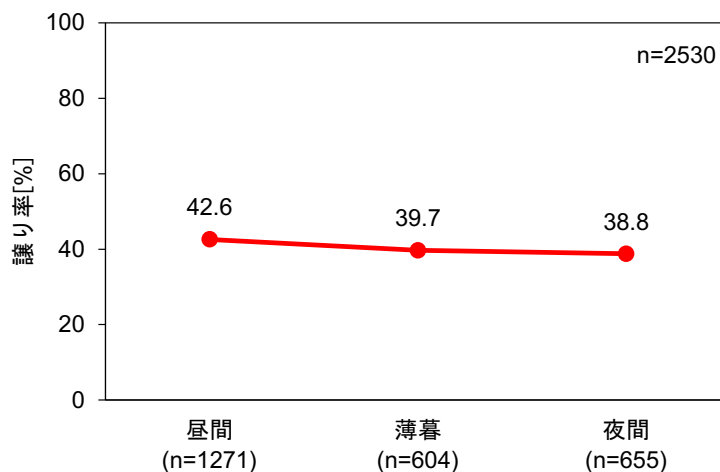
薄暮:17:00～19:00



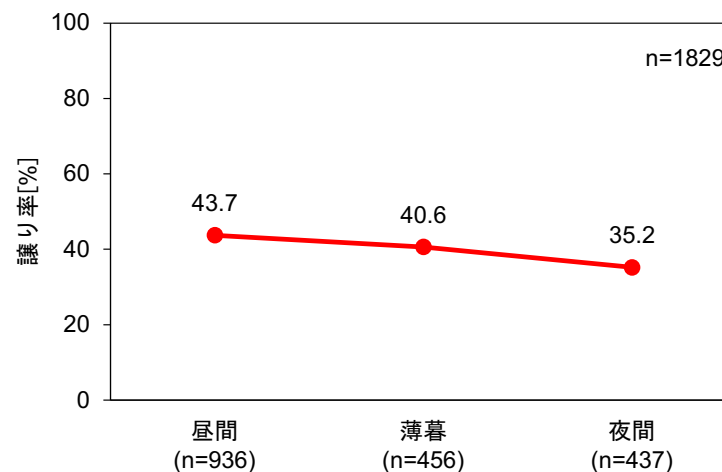
夜間:19:00～22:00



A地点の時間帯別での譲り率



B地点の時間帯別での譲り率



■ 時間帯別にわけた場合
譲り率に
大きな違いはみられない

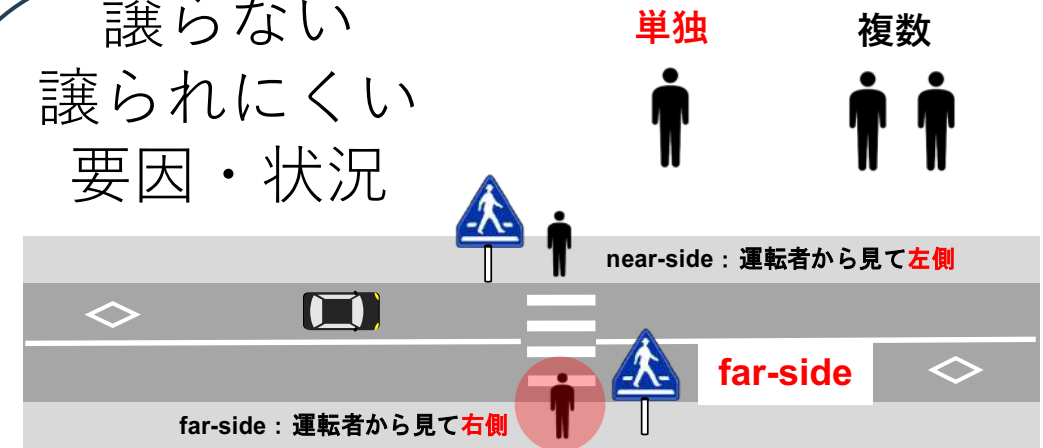
譲りに影響を与える要因

■ 調査項目を細分化した場合に譲り率に違いがみられるのか(A地点で分析)

		車両台数(N=2530)		P値
		譲った (n=1036)	譲らない (n=1494)	
歩行者の数 (n)[%]	単独	681[37.6]	1131[62.4]	<0.001**
	複数	355[49.4]	363[50.6]	
歩行者の 横断位置 (n)[%]	near-side	467[45.4]	561[54.6]	<0.001**
	far-side	459[35.5]	835[64.5]	
	both sides	110[52.9]	98[47.1]	
車種 (n)[%]	普通自動車	674[38.5]	1075[61.5]	<0.001**
	タクシー	130[51.0]	125[49.0]	
	バス	127[76.5]	39[23.5]	
	普通貨物車	45[47.9]	49[52.1]	
	小型貨物車	26[27.4]	69[72.6]	
	二輪車	34[19.9]	137[80.1]	
歩行者の挙動 (n)[%]	歩道内佇立	130[29.7]	308[70.3]	<0.001**
	車道内佇立	61[51.3]	58[48.7]	
	横断	82[26.9]	223[73.1]	
	歩道内移動中	125[42.4]	170[57.6]	
時間帯 (n)[%]	昼間	542[42.6]	729[57.4]	0.21
	薄暮	240[39.7]	364[60.3]	
	夜間	254[38.8]	401[61.2]	



譲らない
譲られにくい
要因・状況



普通自動車



小型貨物車



二輪車

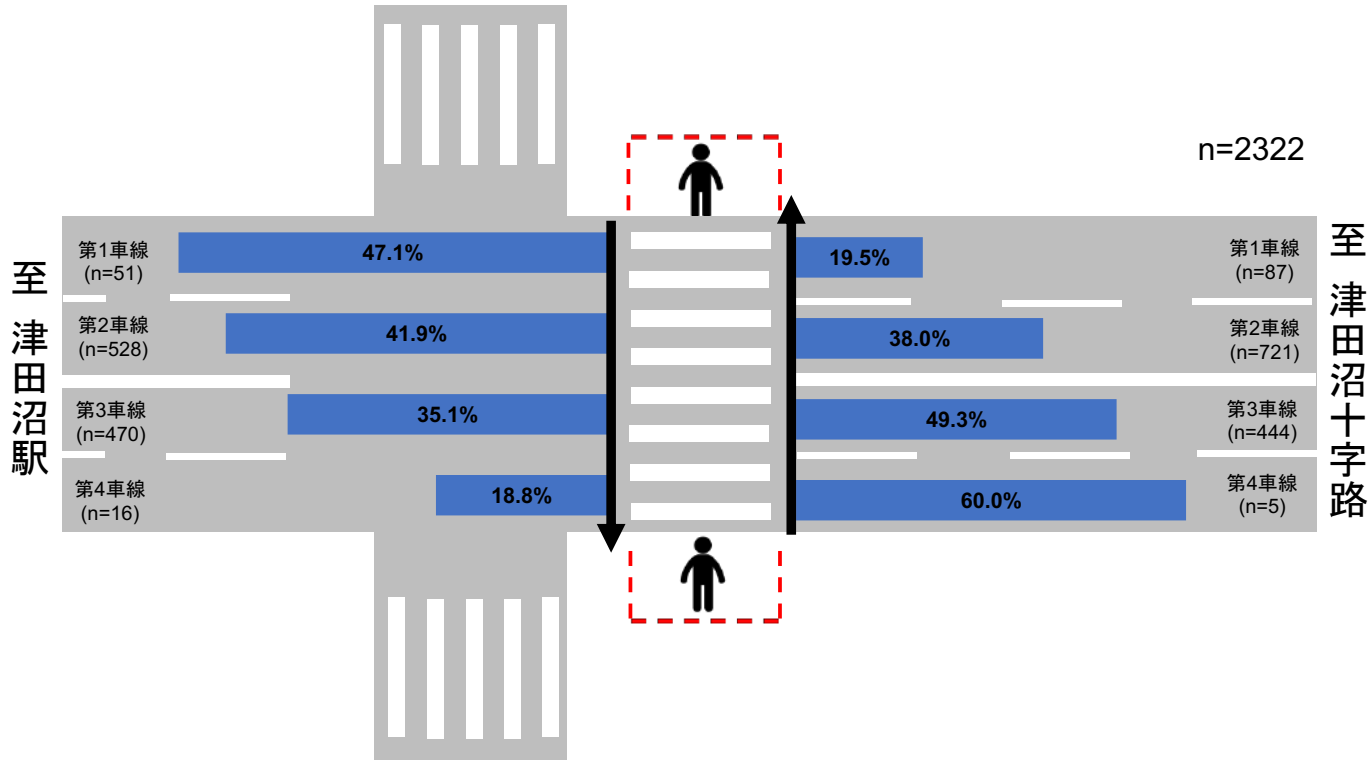


※下位分析として残差分析により群間比較を行ったが
分析結果は割愛

車線別での譲り率の結果 (A地点)

車線別譲り率 (A地点)

現地状況

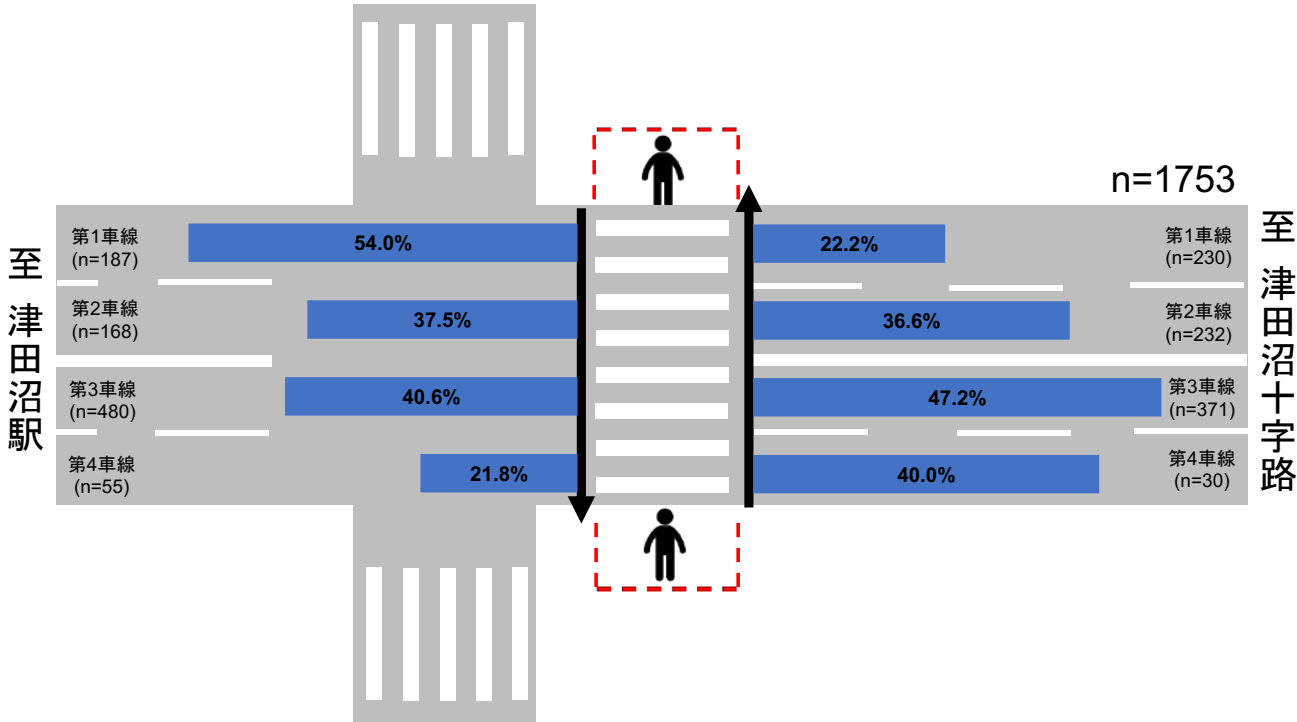


※歩行者の数が単独・複数かつboth sidesを除いたnear-sideとfar-sideのデータにより分析

■ 歩行者の横断位置に近い車線を走行する車両ほど譲り率が高い

車線別での譲り率の結果 (B地点)

車線別譲り率 (B地点)



信号灯色別での譲り率の比較



検定結果

		車両台数(N=851)		P値
		譲った (n=325)	譲らない (n=526)	
信号灯色	赤	232[41.4] 【2.6】	329[58.6] 【-2.6】	<0.001**
【調整済み残差】		72[29.4] 【-3.4】	173[70.6] 【3.4】	
	黄	21[46.7] 【1.2】	24[53.3] 【-1.2】	

■ 車線別での譲り率は
A地点と同じ傾向

■ 信号灯色が**青**のときのほうが
赤と比べて有意に譲らない傾向

歩行者優先に関する実態調査のまとめ

- A・B地点の平均譲り率(3日間/10時間観測)はそれぞれ**40.9%**
- 時間帯にわけて調査した結果、譲り率が大きく変化する傾向はみられなかった
- 横断挙動別では**歩道内佇立**と**横断**の譲り率は下がる傾向
- 車両運転者に対して法令遵守や歩行者に対する注意力を高めていく対策は必要

本調査から得られた研究課題

車線数（横断長）の違いなどにより、往復4車線道路の横断歩道では往復2車線道路の横断歩道であまり観測されない横断行動が選択されている可能性がある

→本調査の**横断**に分類した行動

歩道の縁や道路の端に立ち止まって、右左をよく見て、車が近づいて来ないかどうか確かめましょう。
(交通の方法に関する教則 第2章 歩行者の心得 第3節 横断の仕方 第3条2項 一部抜粋)

歩行者も安全を確保するために横断歩道手前で停まることが望ましい

安全性を向上させる対策を進めていくうえでも



多車線道路に設置された横断歩道における歩行者の横断行動を分析する必要

横断行動に関する先行研究

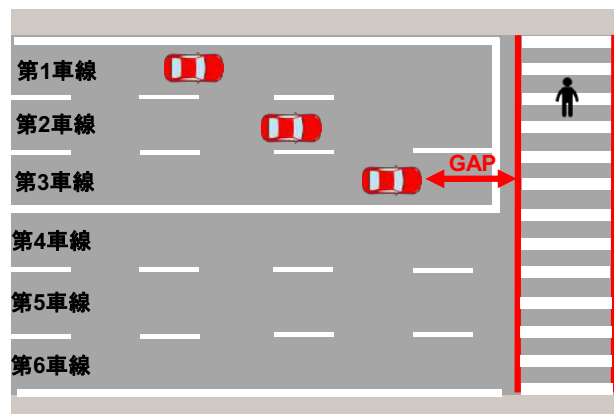
歩行者の判断 (Human Factors)

車両との距離ではなく車両の到達時間により横断判断する傾向 Petzoldt(2014)

ギャップアクセプタンスモデル (PGA Model)

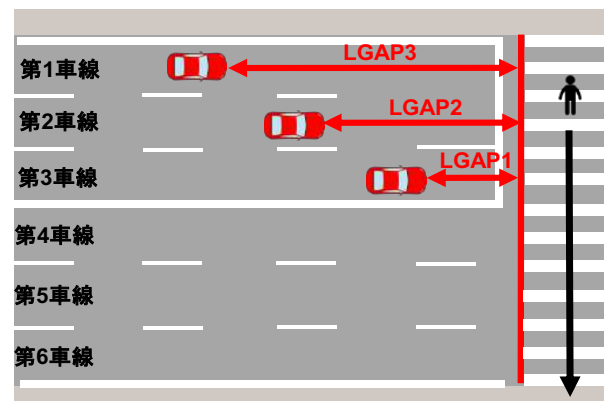
- ・横断判断として車両の到達時間を組み込んだモデル
 - ・ギャップの代表値・分散・分布などから分析
- Kadali & Perumal(2012), Yannis et al. (2010), 石山ら(2018)

多車線道路に適用する場合には課題がある (図 通常のギャップ)
LGAP(Lane-Based Gap)に基づいた3つの横断方法から分析 Zhang(2018)



通常のギャップ

横断面を基準とした最も短いギャップにより横断判断を決定すると想定
課題：本来なら棄却されるギャップ



LGAP

第1・第2車線のLGAPが長い
ため車両が通過する第3車線
は横断可能と判断
特長：後続ギャップ（第1・
第2）を考慮した分析が可能

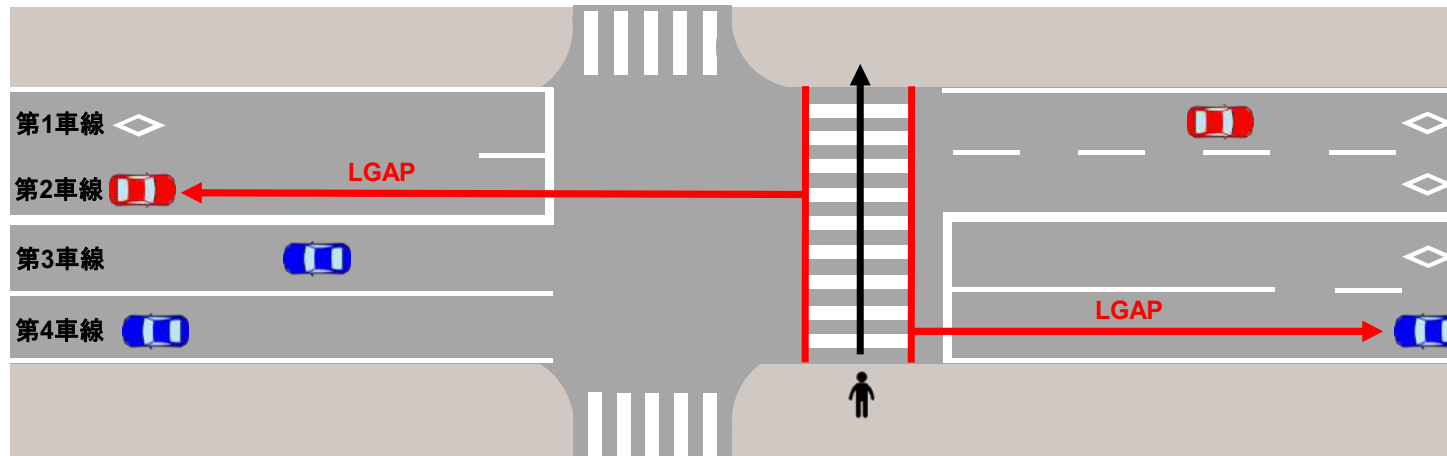
歩行者が選択する横断方法

1.Single Crossing, 2.Two-Stage Crossing, 3.Rolling Gap Crossing

LGAPと横断方法 1

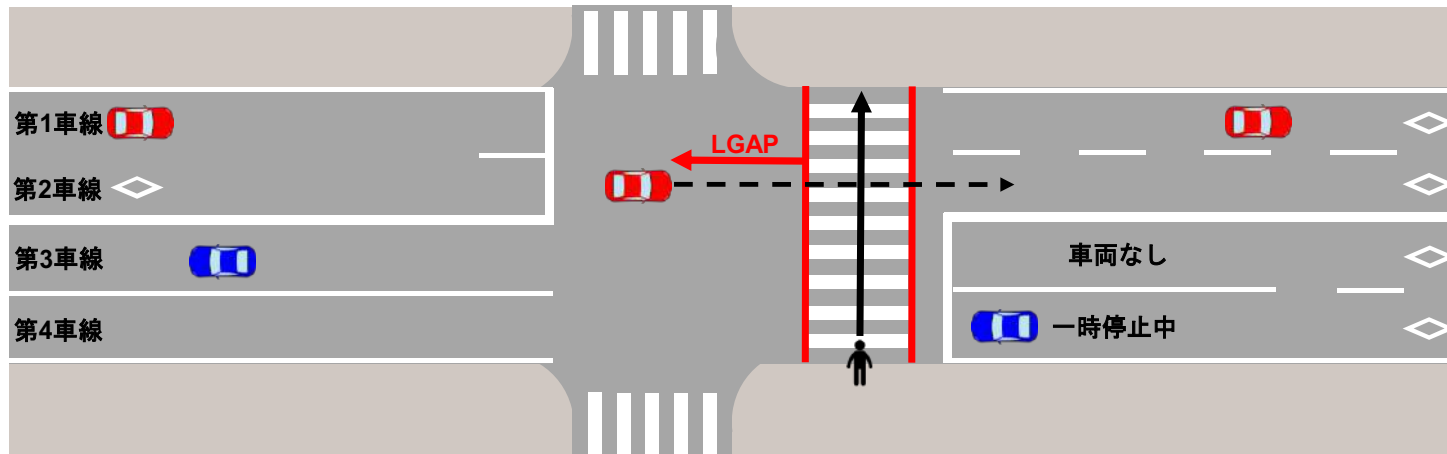
一般的なギャップの値 = 時間[s] (距離 / 速度)
 本調査のギャップの値 = 車両との距離[m] (5m区間ごとに調査)

Single Crossing (一段階横断)



- 1 横断終了まで車両が横断歩道を通過しないギャップが維持された状況での横断

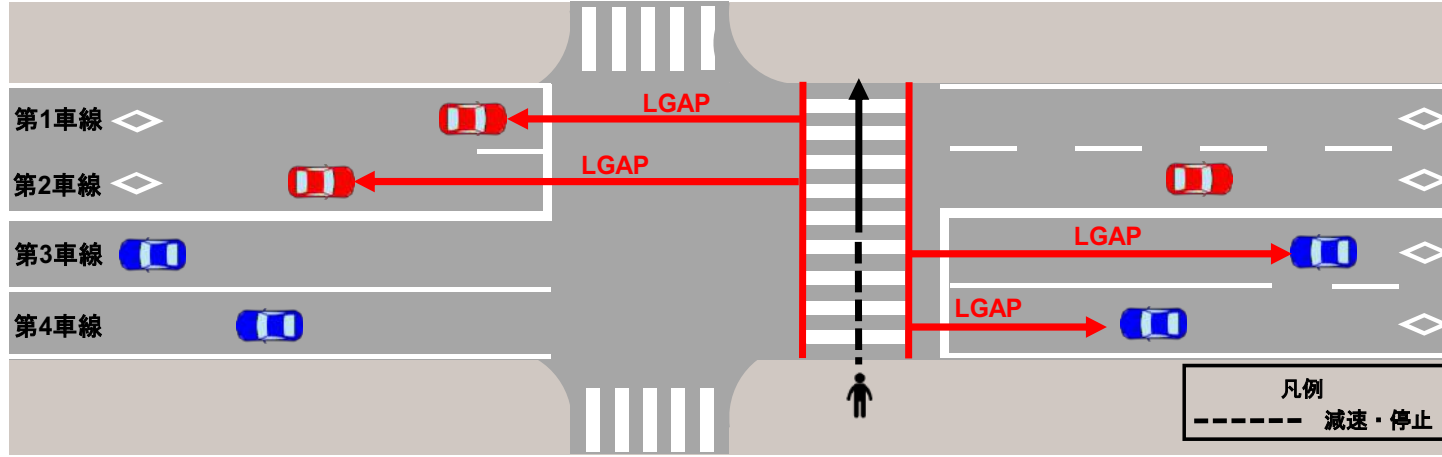
Two-Stage Crossing (二段階横断)



- 1 手前側車線に車両がない場合または手前側車線の車両が一時停止中の場合
- 2 横断中に奥側車線の車両が横断歩道を通過

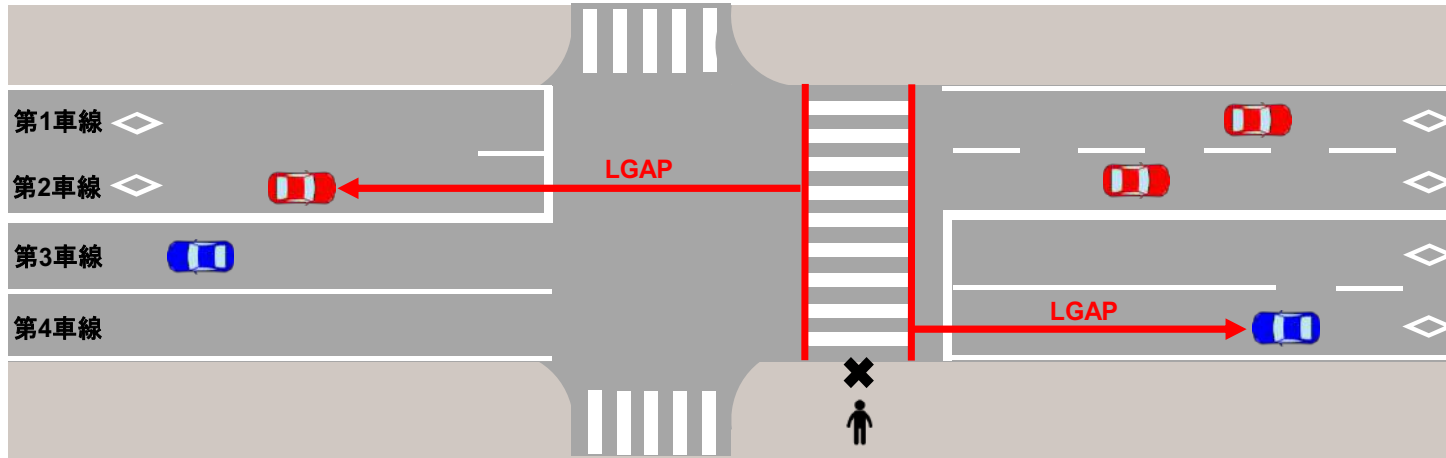
LGAPと横断方法 2

Rolling Gap Crossing (ローリング ギャップ横断)



- 1 歩行者が手前側車線の車両との交錯を避けるために減速・停止した場合
かつ
奥側車線で車両が走行中の状況

Standing on the Sidewalk (歩道佇立)

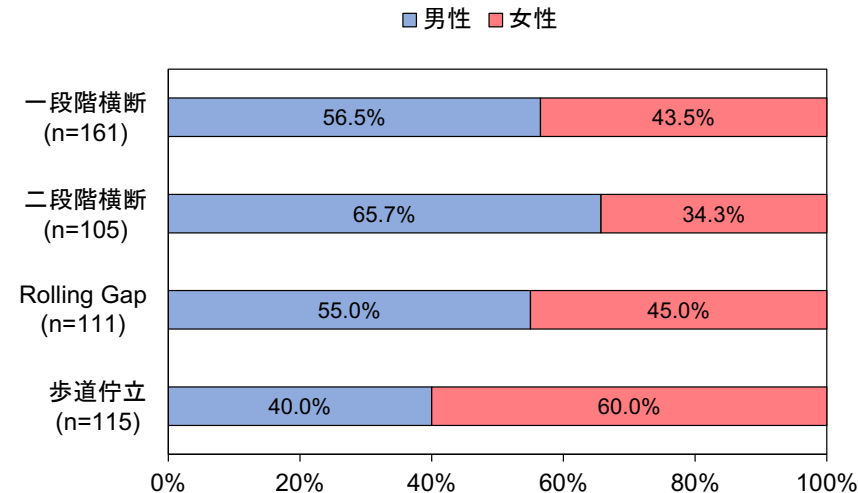
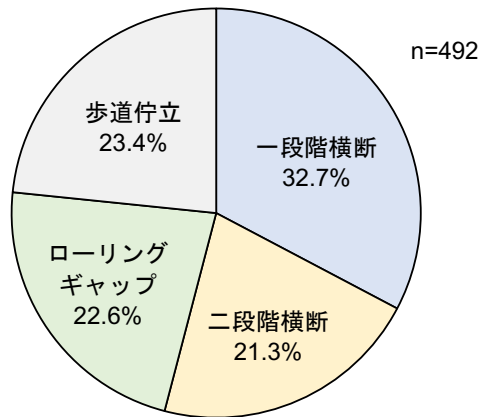


- 1 車両が接近中で歩行者が歩道で立ち止まった状況
- 2 車両が一時停止または横断歩道通過後に横断を開始した状況

※単独歩行者のみで分析

※LGAPは歩行者が横断を開始した時点での横断歩道断面から車両までの距離

調査結果（一部）と考察



■ 4つの横断方法の割合はほぼ同じ

■ 男性は二段階横断
女性は歩道佇立の割合が比較的高い

考察

- 約40% (二段階・ローリングギャップ) の歩行者は教則とは異なった横断方法を選択
- 先に横断意思を示すよりもギャップ判断により横断を試みる歩行者が多いと予想
→ 夜間ではその判断を誤る可能性もある
- ギャップが小さい場合、横断歩道手前で一度立ち止まり横断意思を車両運転者に伝える方法（挙手も含めて）を改めて周知・検討することは必要と考える

研究プロジェクト会議での議論



- 譲り率（Yield）と一時停止率(Stop)の関係についての議論
- 横断の意思表示が重要性
- 他のデバイスとの関係

道路交通法 第38条第1項

車両は、(中略)、横断歩道によりその進路の前方を横断し、又は横断しようとする歩行者があるときは、**横断歩道の直前で一時停止**し、かつ、その通行を妨げないようにしなければならない

※歩行者のみに該当する項目を抜粋

バンクーバー市交通規則(Street and Traffic By-Law No.2849)第11条第1項

*“The driver of a vehicle shall yield the right-of-way, **slowing down** or **stopping** if need be to so yield, to a pedestrian crossing the roadway within a crosswalk when the pedestrian:”*

カナダの交通ルールは「**一時停止**」と「**減速**」の2つの車両挙動により歩行者優先の有無を判定

- 北米では、（ボタンを押すという）**横断の意思表示**が重要と考えられている
 - 意思表示をする→車がゆずる→押せば車がゆずると学習する→多くの人がボタンを押すようになる
 - 正の学習効果が表れている可能性がある
 - 渡るかわからない歩行者を減らす
 - センサーよりも押しボタンの方がよい

- 他のデバイスとの関係
 - 歩行者と自動車の交通量との関係が重要
 - 交通の円滑性（車側の円滑性と歩行者側の円滑性）と安全性の関係
 - 幹線道路と生活道路をつなぐ2次幹線道路（準幹線道路）で効果的では
- 意思表示をすることで一時停止率が向上するのであれば、RRFBは非常に効果的ではないか



公益財団法人 国際交通安全学会

International Association of Traffic and Safety Sciences