

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15111

研究課題名（和文）交差点における横断歩行者挙動を考慮した信号現示の設定

研究課題名（英文）A study on traffic signal phasing schemes considering crossing pedestrian maneuvers at signalized intersections

研究代表者

張 馨 (Xin, Zhang)

名古屋大学・環境学研究科・特任助教

研究者番号：60825115

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、信号交差点において二方向の横断歩行者の流動状況を再現し、歩行者と左折車との交錯機会の時空間的な変化や、それに際して左折車両の通行が歩行者に妨げる時間を定量的に評価する方法を開発した。そして、信号現示や横断歩道の幾何構造に応じて歩行者流動状況を考慮した安全性指標や左折車線の交通容量の推定手法を開発した。これらの方法に基づいて、歩行者の安全性と車両の円滑性の両方の観点から、交差点の幾何構造や交通条件に応じた信号現示方式の評価手法を提案した。さらに、ケーススタディを通じて導入する交差点の特性に応じた信号現示の設定を検討することが可能となったことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、二方向の歩行者の横断歩道上における一連の流動状況をマクロに表現可能な歩行者存在確率モデルを構築する点やその確率モデルに応じた車両交通容量を推定する点は、学術上極めて独創的である。この研究により、歩行者の安全性確保と自動車の円滑性確保の両方の観点から、導入する交差点の特性に応じて、信号現示やタイミングを検討することが可能となった。今後交通状況に応じて交差点の信号設計や改良に反映することに際して、科学的な根拠を与えるものとして期待できるため、本研究課題は実務的、社会的にも大きな意義があるものである。

研究成果の概要（英文）：This study proposed an estimation method of pedestrian presence probability by empirical observation of different signalized crosswalks that can appropriately reflect the Japanese situations considering the bi-directional crossing pedestrians, signal phasing scheme and crosswalk geometry. Based on this method, a safety index of pedestrian exposure time and left-turn lane capacity estimation method were developed for quantitatively evaluating pedestrian safety and the efficiency of left-turn lanes. The results of this study can be applied for planning and operational stage analysis of signalized crosswalks and the selection of traffic signal phasing schemes regarding the treatment of pedestrian and left-turn vehicle volumes and crosswalk geometry.

研究分野：交通工学

キーワード：信号現示 歩行者挙動 横断歩道 交通容量 歩車分離 安全性 交錯

1. 研究開始当初の背景

日本において、交通事故件数は年々減少傾向を示しているものの、人対車両の交通事故件数の割合は近年変化していないのが現状である。このため、横断歩道をはじめとした歩行者の安全性を向上することが重要な課題となっている。横断歩行者対車両の事故が発生しやすい理由の一つは、よく同じ信号を利用する左折車と横断歩行者との間には交錯が頻発していると考えられる。また、横断歩行者の影響により左折交通が妨げられ、左折車線の交通容量は低下する。交差点の信号を設定する際には、車両用信号現示やその時間長を優先的に設計してから、同一現示に表示する歩行者現示時間の最小値のみ確認することが多く見られる。その場合、車両用信号が十分に利用されなかったり、歩行者用信号が長すぎて危険が増えたりする問題が生じやすい。そのため、安全性・円滑性を考慮し、車両と横断歩行者の両方を対象とした信号制御の設計方法が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、二方向の横断歩行者流の存在確率の変化を、歩行者青時間の進行に伴って定量的に評価するモデルを構築する。これに基づく歩行者の安全性と左折車線の交通容量の推定方法を開発し、信号交差点の幾何構造や交通条件に応じた合理的な信号現示方式の評価手法の提案することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 信号現示

本研究では、歩車分離しない制御方式 CPP、完全歩車分離制御方式 EPP 及び部分歩車分離制御方式 LPI と EPR を対象とした。

(2) 横断歩行者交通流のモデル化

観測データを基づき、二方向横断歩行者流存在確率の時間的な変化をマクロに表現可能なモデルを構築した。歩行者青時間PG、横断歩道長Lおよび歩行者数など計画段階において交差点の基本的な条件変数を用いて、交通流シミュレータを利用することなく、歩行者交通流を再現することが可能となった。

(2) 横断歩行者占有時間の推定

図-1 に示すように交錯領域内での二方向横断歩行者流(q_n と q_f)の存在確率の時間変化は特に横断歩道の長さLにより大きく影響を受けることを実証するとともに、横断歩行者占有時間の期待値EPT推定モデルを提案した。

(3) 横断歩行者の安全性指標

歩車分離状況を評価するため、歩行者と左折車の交錯の発生し得る時間($PG + PFG - LPI$)と交錯領域内に存在する歩行者数の積を総暴露時間TEとして提案した。

$$TE = (PG + PFG - LPI) \times (q_n \times (1 - PR_{(con_n)}) + q_f \times (1 - PR_{(con_f)})) \quad (1)$$

(4) 左折流出交通流のモデル化

交差点の幾何構造を基づいて、各方向からの横断歩行者流の到着状況に応じて左折流出交通流のモデル化を行っていた。これより、各方向からの横断歩行者の到着タイミングに応じた流出交通流のブロックの様子を再現できた。

(5) 左折専用車線の交通容量推定式

観測データに基づき、モデル化を行った横断歩行者占有時間の期待値推定モデルと左折車の流出交通流モデルを組み合わせることにより、各方向からの横断歩行者交通需要、横断歩道の長さや位置、信号サイクル長に応じた左折専用車線交通容量を推定した。

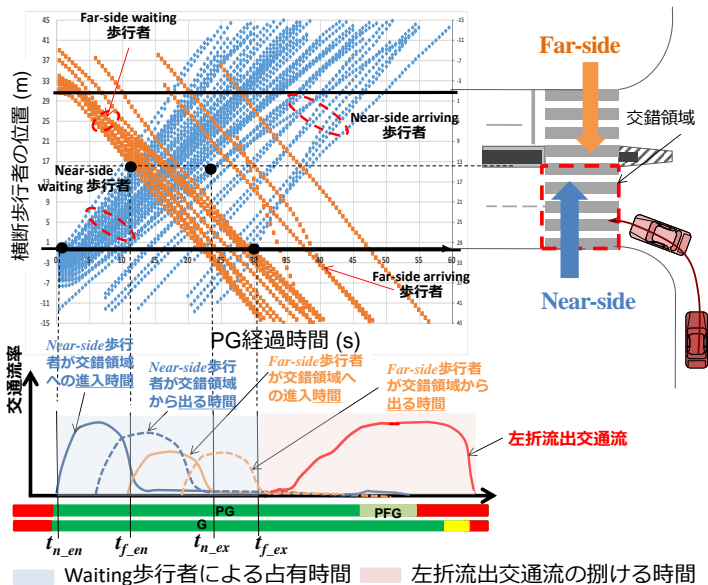


図-1 二方向横断歩行者交通流と左折流出交通流の関係

表-1 二方向横断歩行者交通流のモデル

	変数	係数	t 値	R ²
形状パラメータ α	PG 開始経過時間 t (sec)	0.322	16.3	0.70 (n=148)
	横断歩道 L (m)	-0.206	-3.59	
	対象 Waiting 歩行者到着流率 q_s (ped/cycle)	-0.477	-3.45	
	対向 Waiting 歩行者到着流率 q_o (ped/cycle)	0.679	4.84	
	定数	7.54	4.82	
尺度パラメータ β	PG 開始経過時間 t (sec)	1.30	69.9	0.97 (n=148)
	対象 Waiting 歩行者到着流率 q_s (ped/cycle)	-1.17	-8.17	
	定数	6.73	14.6	

4. 研究成果

表-1 に示すように信号現示長、横断歩道長及び歩行者交通量の標準的な信号交差点において横断歩行者の流動状況を歩行者青時間の進行に伴って再現するモデルを構築した。

また、歩行者存在確率分布に基づいて、横断歩道の二方向から進入する横断歩行者流を考慮した左折車両の通行が歩行者に妨げる時間を計算した。横断歩行者占有時間の期待値EPTと歩行者交通量の関係を図-2 に示した。Waiting 歩行者の交通量は約 300ped/h になるまで EPT が急激に増加していることに対してその以降はあまり変わらないことが分かった。

図-3 より、歩行者総暴露時間は左折車・歩行者交通量の増加に伴い、増加していることを確認した。完全歩車分離制御方式 EPP の総暴露時間が 0 であり、それ以外の総暴露時間は歩車分離の程度別に信号現示長などにより推定可能となった。そして、信号現示や横断歩道の幾何構造に応じて横断歩行者流動状況を考慮した安全性指標を提案した。

さらに、その時間において歩行者数や横断歩道長L、停止線と横断歩道のセットバック距離 l_s, l_c による影響を考慮した左折車の捌け率を推定し、二方向横断歩行者の影響を考慮した左折専用車線の交通容量の推定手法を開発した(図-4)。本研究で提案した推定手法と日本の交通信号の手引き(JSTE, 2018)とアメリカ Highway Capacity Manual(HCM, 2016)と比較することにより、本研究で提案した手法の推定結果はより観測データに近いことが分かった。二方向横断歩行者による影響の感度分析を行い、Far-side 歩行者割合の増加により歩行者交通量に対する左折専用車線の交通容量が顕著に低下していることが確認した。

以上の方法に基づいて、交差点の安全性と円滑性の両方の観点から、信号交差点の幾何構造や交通条件に応じた信号現示方式の評価手法を提案した。この手法を用いたケーススタディを通じて、歩行者の安全性と自動車の円滑性の両方を確保する観点から、導入する交差点の特性に応じて、合理的な信号現示の設定を検討した。

<引用文献>

1. (社)交通工学研究会, 平面交差の計画と設計基本編, 2016.
2. Transportation Research Board (TRB), Highway Capacity Manual(HCM)6th Edition, 2016.

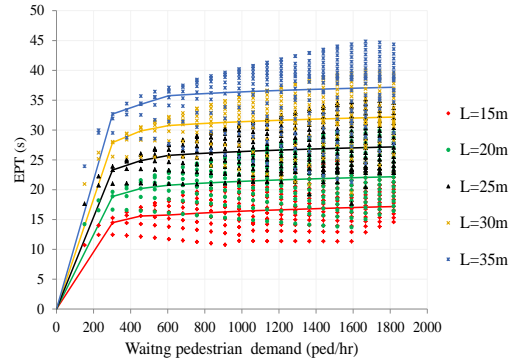
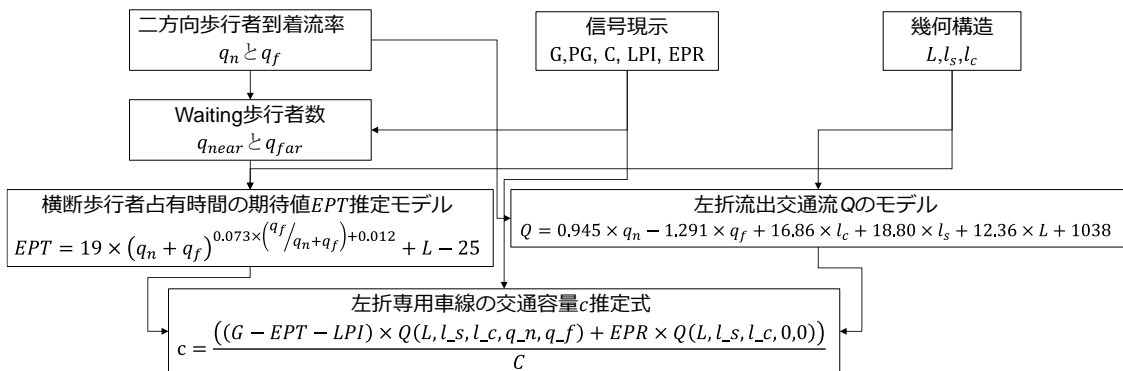


図-2 歩行者交通量と EPT の関係

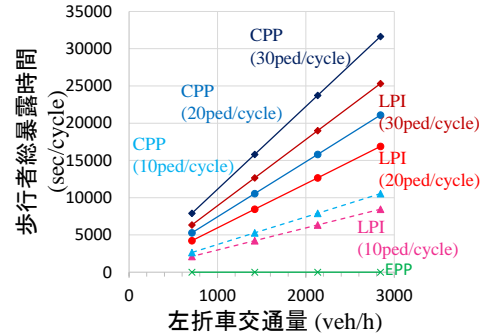


図-3 左折車交通量と総暴露時間の関係

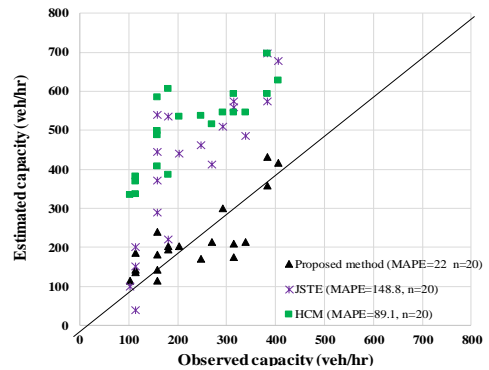


図-5 交通容量の検証

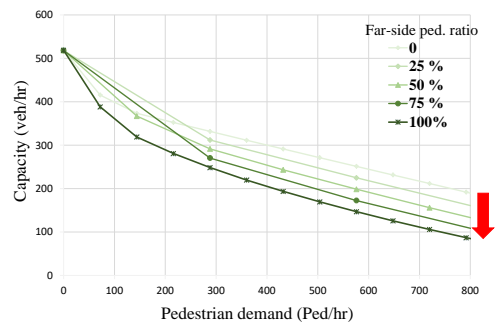


図-5 二方向横断歩行者による影響の感度分析

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 EMAGNU Yonas M., ZHANG Xin, IRYO-ASANO Miho, NAKAMURA Hideki	4. 巻 76
2. 論文標題 ESTIMATION OF EXPECTED PEDESTRIAN PRESENCE-TIME AT THE CONFLICT-AREA OF SIGNALIZED CROSSWALKS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management)	6. 最初と最後の頁 I_1485 ~ I_1495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_I_1485	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Emagnu Yonas Minalu, Zhang Xin, Iryo-Asano Miho, Nakamura Hideki	4. 巻 36
2. 論文標題 ESTIMATION METHOD OF LEFT TURN LANE CAPACITY UNDER THE INFLUENCE OF PEDESTRIANS AND CROSSWALK LAYOUT AT SIGNALIZED CROSSWALKS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Civil Engineering	6. 最初と最後の頁 32 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12962/j20861206.v36i1.9100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Pan Ang, Zhang Xin, Iryo-Asano Miho, Nakamura Hideki	4. 巻 20
2. 論文標題 Efficiency and Safety Evaluation of Left-turn Vehicles and Crossing Pedestrians in Signalized Intersections under the Autonomous Vehicle Mixed Flow Condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Intelligent Transportation Systems Research	6. 最初と最後の頁 103 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13177-021-00276-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zhang Xin, Wang Yifei, Nakamura Hideki, Liu Kaixin	4. 巻 8
2. 論文標題 Analysis of left-turn lane capacity under autonomous vehicle mixed flow considering the influence of pedestrian volume and crosswalk length	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Transport Studies	6. 最初と最後の頁 100070 ~ 100070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eastsj.2022.100070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 EMAGNU Yonas M.
2. 発表標題 A Study on Expected Blockage Time of Left Turning Vehicles under the Influence of Pedestrians at Signalized Intersections
3. 学会等名 Proceedings of Infrastructure Planning and Management
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 EMAGNU Yonas M.
2. 発表標題 Estimation of Waiting Pedestrian Occupancy-time at Signalized Crosswalks for Turning Vehicle Maneuver Analysis
3. 学会等名 100th Annual Meeting of Transportation Research Board (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WANG Yifei
2. 発表標題 Impact of Pedestrians on the Left-turn Lane Capacity of Signalized Intersections under Autonomous Vehicle Mixed Flows
3. 学会等名 Proceedings of Infrastructure Planning and Management
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WANG Yifei
2. 発表標題 An Analysis of the Left-turn Lane Capacity under Autonomous Vehicle Mixed Flow Considering the Influence of Pedestrian Volume and Crosswalk Length
3. 学会等名 Proceedings for the 14th EASTS Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WANG Yifei
2. 発表標題 Analysis on Compliance Rate with the Yielding Rule to Pedestrians by Left-turning Vehicles at Signalized Intersections
3. 学会等名 Proceedings of Infrastructure Planning and Management
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関