

信号制御と交差点構造が横断者のリスク行動に与える影響に関する実証的分析

Empirical Studies on the Impacts of Traffic Signal Control and Intersection Geometry
on Risky Behaviors for Pedestrians and Cyclists

小塚 一人**・鈴木 弘司***・藤田 素弘****

By Kazuhito KOZUKA**, Koji SUZUKI***, Motohiro FUJITA****

1. はじめに

信号交差点における横断歩行者・自転車の信号切り替わり時の駆け込み横断は交通安全面へ悪影響を及ぼすのみならず、交差点処理能力の低下に繋がるため、それらを抑制する対策の検討が求められる。その一方で、横断歩行者・自転車は、横断者の優先通行権を無視する右左折車両により危険な状況に晒されることも少なくない。これらを発生させる原因として、サイクル長の設定が影響していることが挙げられる。一般にわが国の交通信号のサイクル長は欧米諸国に比べて長いと言われる。交通流を円滑に捌くために長く設定されている場合には問題ないが、非飽和時においても必要以上にサイクル長が長めに設定されることにより、利用者のリスク行動を誘発することは問題である。

そこで本研究では、歩行者・自転車交通に主眼を置き、非飽和時の信号交差点における横断歩行者および自転車の横断特性を分析する。さらに右・左折車両との交錯に関する分析を行うことで、交差点利用者の安全性に影響を与える信号制御条件ならびに交差点構造について考察を行うことを目的とする。

2. 信号交差点における利用者のリスク行動および交錯発生パターン

歩行者、自転車、自動車の利用主体別にリスク行動の発生タイミングをまとめたものを図-1 に示す。

ここで、リスク行動として、青時間開始前のフライング(Hurry Start: 以降 HS)、青時間中の優先通行無視(Disregard of Right-of-Way, 以降 DRW)、歩行者青点滅以降あるいは黄色現示以降の駆け込み進入(Rushing into Intersection, 以降 RI)、そして赤信号開始以降の赤信号無視(Red Light Running, 以降 RLR)が挙げられる。

リスク挙動が発生するタイミングにおいて、横断歩

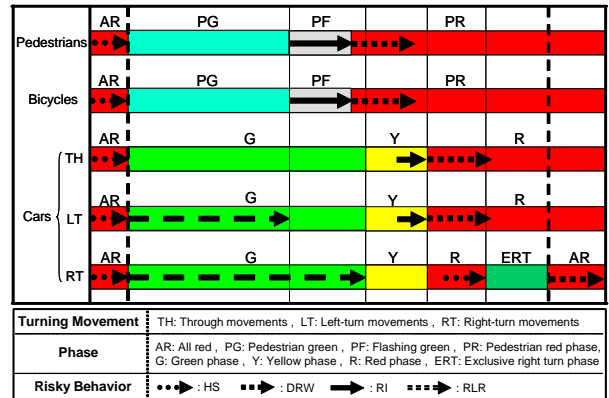


図-1 リスク行動の発生タイミング(1方向)



図-3 四谷



図-5 今池

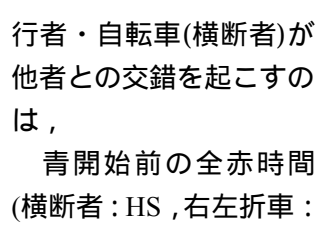


図-6 御器所

図-4 田代
行者・自転車(横断者)が他者との交錯を起こすのは、

青開始前の全赤時間(横断者: HS, 右左折車: HS, 従方向右折車: RI)

歩行者青現示中(横断者: 普通に横断, 右左折車: DRW)

歩行者青点滅(横断者: RI, 左折車: 普通に走行, 右折車: DRW)

歩行者赤現示(横断者: RLR, 左折車: RI あるいは右折車: HS)の4つのケースが考えられる。

*キーワード: 横断者, リスク行動, サイクル長, 交差点構造

**学生会員, 名古屋工業大学大学院工学研究科

都市循環システム工学専攻 修士課程

(名古屋市昭和区御器所町, TEL: 052-735-7962,

E-mail: kozuka@keik1.ace.nitech.ac.jp)

***正会員, 修士(工学), 名古屋工業大学 助手

****正会員, 工博, 名古屋工業大学大学院 助教授

3. 交差点調査の概要

サイクル長,幾何構造の異なる5つの交差点(図-2～図-6)において複数のビデオカメラを用いた現地調査を実施した。調査概要と交差点諸量を表-1に示す。

4. 横断歩行者・自転車の横断特性分析

(1) 横断歩行者・自転車の横断速度分析

横断時間帯別の速度分析の結果を利用主体別に図-7, 図-8に表す。概ね,どの交差点も開始時刻からの時間の経過とともに横断速度が上昇しており,特に青点滅開始以降ではその傾向が顕著である。その中でも御器所,今池において横断速度が高いが,これらの交差点は表-1に示すとおり,横断歩道が長いので,点滅時間内に渡りきるために早足にならざるを得ないことを示している。また,歩行者現示時間設定に用いられる横断歩行速度 $1.0[m/s]$ ¹⁾と図-7の歩行者の横断速度と比較すると,実際の歩行速度は設計値の約1.5倍となっており,安全側に5割増で設計しているといえる。

(2) 横断歩行者・自転車の横断開始タイミング

横断者のリスク行動が実際にどの程度発生しているかを把握するため,まず横断歩行者・自転車の横断開始タイミングについて分析する。横断開始時刻によって,青開始前,青時間(4等分)および青点滅以降の6つに区分し,横断歩行者・自転車別に横断開始タイミングを図-9, 図-10に示す。

これより,両主体ともに青時間開始から青時間1/4の間にほぼ50%が横断開始し,また,青時間1/2までに歩行者は80%程度,自転車は約70%横断開始していることがわかる。前節の横断速度を加味しても,現状の歩行者現示は十分余裕があるものと考えられる。

点滅開始以降のRIについてみると,全体的に歩行者よりも自転車の方が危険を冒しやすいといえる。また,御器所では自転車の割合は高く,歩行者の割合は低い傾向を示しており,その一方で,田代では自転車,歩行者の差があまりないことがわかる。これは表-1に示す通り,御器所は横断歩道長が長く,横断速度の低い歩行者は横断途中で赤信号になることを恐れ,青点滅以降の横断を躊躇し,一方,横断速度の高い自転車は点滅中に渡りきれると判断し,通過を試みた結果を反映していると考えられる。また,HSについては歩行者に比べ,自転車の方がやや多く見られた。

以上の横断開始タイミング及び横断速度の利用実態分析を通じて,横断特性を考慮し,より柔軟に歩行者青時間を設定する余地があるといえる。

表-1 調査概要と交差点諸量

| 調査期間 | 2003年10月14日(火)～17日(金) | | | | |
|-------|---|-----------|----------|---------|----------|
| 調査時間帯 | a)7:30～9:30 通勤・通学時間交通 (交差点:自由が丘,四谷,田代本通) b)13:00～17:30 自由目的,業務交通 (交差点:四谷,今池,御器所) | | | | |
| 交差点名 | 歩行者青時間[s] | 歩行者青点滅[s] | 横断歩道長[m] | 待ち時間[s] | サイクル長[s] |
| 自由 | 26 | 5 | 10.0 | 60 | 91 |
| 四谷 | 22 | 10 | 17.3 | 98 | 130 |
| 田代 | 40 | 7 | 17.7 | 103 | 150 |
| 今池 | 36 | 8 | 22.1 | 96 | 140 |
| 御器所 | 45 | 9 | 25.7 | 86 | 140 |

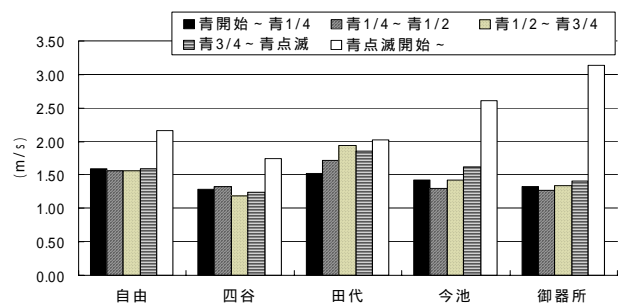


図-7 横断時間帯別の歩行者横断速度

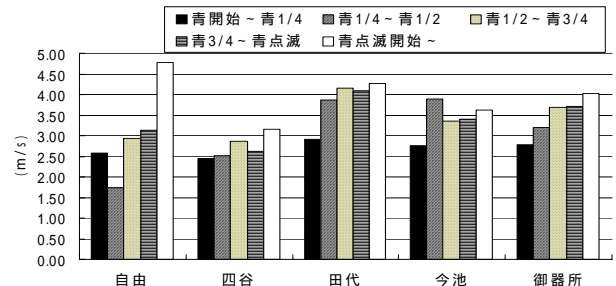


図-8 横断時間帯別の自転車横断速度

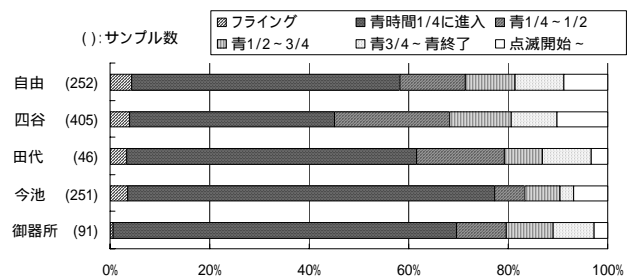


図-9 歩行者の横断開始タイミング

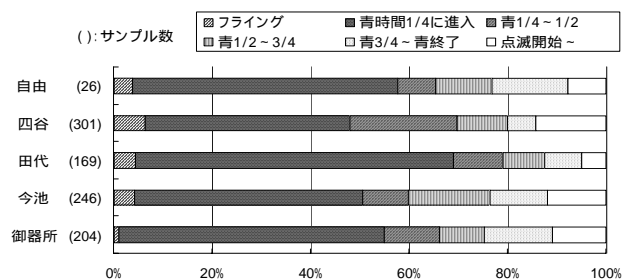


図-10 自転車の横断開始タイミング

5. 利用者のリスク行動と交差点諸量との関連分析

本章では、利用者のリスク行動と交差点諸量の関係について、歩行者青現示開始前、青現示中、青点滅以降の3つの段階に分けて分析することで横断者の交錯危険性についての考察を行う。

(1) 他者との交錯危険性を表す評価指標

本稿では、他者との交錯を表す指標として、交錯を起こす2者が交錯地点に到達する時刻の差で示されるPET(Post Encroachment Time)を用いる。PETの概念を図-11に示す²⁾。

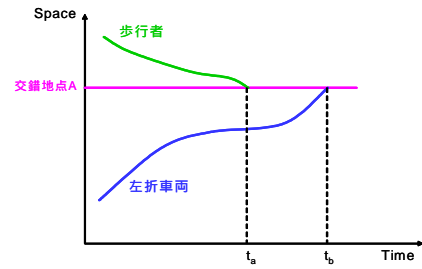


図-11 PETの概念

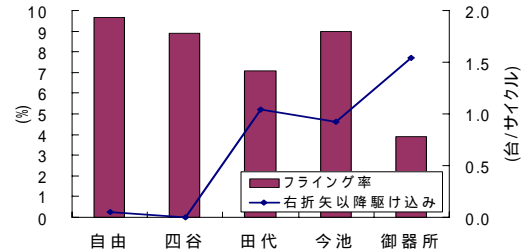


図-12 フライニング率と右折矢終了以降の交差方向右折車の駆け込みとの関係

(2) 歩行者青開始前のリスク行動特性(HS)

図-12にフライニング率(歩行者青開始を待機していた人の中からHSした人の割合: Rate of Hurry Start, 以降RHS)と、調査対象横断歩道における交差方向右折車の右折矢終了以降の駆け込み(台/サイクル)との関係を示す。これより、右折矢終了以降の駆け込み台数が多いとRHSが低下する傾向が見られ、横断者が右折車との交錯リスクを意識していることが示された。

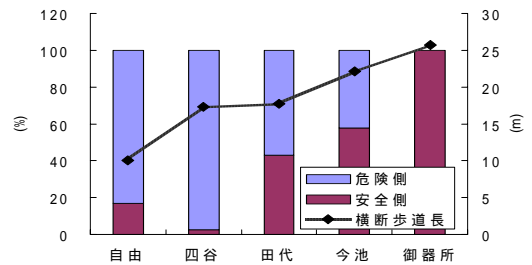


図-13 進行方向別フライニング比率

図-13は、危険側(中央分離帯通過前に左折車と交錯危険性がある進行方向)と安全側(中央分離帯通過後に左折車と交錯危険性がある進行方向)の進行方向別にHSの比率を示したものである。これより、自由、四谷、田代は危険側であってもHSするのに対し、今池、御器所では安全側でのHSが高くなっていることがわかる。これは、通勤・通学の時間帯では時間的な制約が厳しく、横断者は少しでも早く横断しようとする結果を表しているといえる。

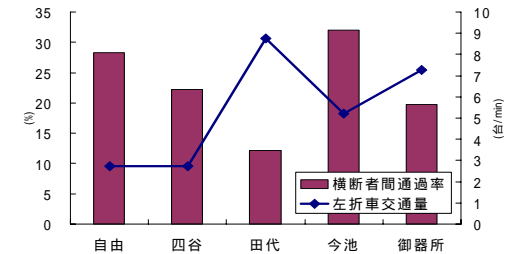


図-14 横断者間通過率と左折車交通量との関係

また、右折矢終了以降の駆け込み台数が多く、RHSが高く、さらには危険側の横断が多い田代のような交差点では、交錯発生を抑制するため、例えば、サイクル長を短縮することによる待ち時間の減少、さらには適切な全赤時間の設定を行い、横断者のHS、右折車の駆け込みを減少させるといった、利用者のリスク行動と交錯発生可能性を考慮した制御の見直しを行う必要があるといえよう。

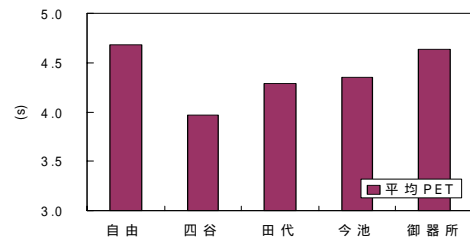


図-15 横断者間通過時の平均PET

(3) 歩行者青現示中の横断者の交錯危険性

歩行者青現示中の横断者の交錯危険性を表現するために、横断者間通過率(以後、通過率)と左折車交通量の関係を図-14に示し、各交差点における左折車両が横断者間を通り抜ける際の平均PETを図-15に示す。

田代は左折車交通量が多いが通り抜けは少ないことがわかる。図-9, 10に示されるように、この交差点は歩行者よりも自転車利用者が多く、左折車は横断速

度の高い自転車の不意の飛び出しを恐れて慎重に運転した結果であると考えられる。一方、四谷に着目すると、左折交通量が少なく、平均PETも他の交差点と比較しても小さいにもかかわらず、通過率は比較的高い結果を示している。この交差点では青現示全体にわたり横断者が横断していることから、左折車は遅れを回避するために、多少小さめの横断者間ギャップでも通過を試みた結果を表したものと考えられる。このリス

ク行動による交錯危険性を低下させるために、サイクル長を短くする制御も有効であろう。すなわち、信号の切替回数を増加することで、横断者を短時間で一度に横断させることが可能となり、それに伴い、左折車の待ち時間が減少し、ドライバーの苛立ちが低減され、リスク行動が抑制できると考えられる。

(4) 青点滅以降のリスク行動(RI, RLR)

歩行者青点滅開始以降のリスク行動の発生要因について、遅れと交錯に着目し、分析を行う。

ここで、遅れとは横断者が赤信号により横断を断念し、停止した時刻から次の青信号開始時刻までの時間差で表す。図-16、図-17 に歩行者と自転車の遅れ・PET・駆け込み率の関係を示す。ここで駆け込み率は、横断開始タイミング別に以下の2式で定義する。

駆け込み率(軽度)

$$= \frac{\text{歩行者信号青点滅内に横断開始した人数}}{\text{点滅内に横断開始した人数} + \text{点滅内に停止した人数}} \times 100$$

駆け込み率(重度)

$$= \frac{\text{歩行者信号赤開始以降横断開始した人数}}{\text{赤開始以降に横断開始した人数} + \text{赤開始以降に停止した人数}} \times 100$$

図-16より、御器所では歩行者の駆け込み率が低くなり、一方、自由では駆け込み率が高くなるが、これは横断歩道長の影響を受けていると考えられる。また、横断歩道長に違いのない四谷と田代において、駆け込み率に差異が生じているのは、PETの大きさ、すなわち交錯危険性の違いによるものと考えられる。

一方、図-17より、自転車については、遅れが大きい交差点では駆け込み率も高くなる傾向が見られる。

6. 横断者のリスク行動選択モデルの構築

青点滅開始以降における横断歩行者・自転車のリスク行動の判断、すなわち、横断歩道を通過、停止するかかの判断を非集計2項選択ロジットモデルで表現する。通過確率 P_{passi} は

$$P_{passi} = \frac{\exp(V_{passi})}{\exp(V_{passi}) + \exp(V_{stopi})} = \frac{1}{1 + \exp(V_{stopi} - V_{passi})}$$

$$ui = V_{stopi} - V_{passi} = \alpha X_{PETi} + \beta X_{deli} + \gamma X_{geoi} + \delta$$

と示される。

ここに、 i : 利用主体(歩行者・自転車)、 V_{passi} : 横断の効用、 V_{stopi} : 停止の効用、 X_{PETi} : PETの逆数(対・左折車両)、 X_{deli} : 遅れ、 X_{geoi} : 横断歩道長、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: パラメータ、である。

利用主体別リスク行動選択モデルのパラメータ推定結果を表-2に示す。パラメータの符号条件を検討すると、遅れが大きくなるほど、通過を選択する傾向が強くなり、これは妥当な結果である。また、PETの逆数のパラメータが負となっている。この値が大きくな

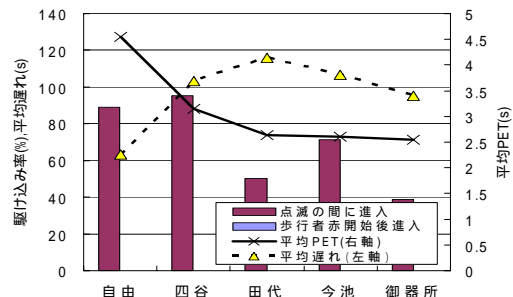


図-16 歩行者の遅れ・PET・駆け込み率の関係

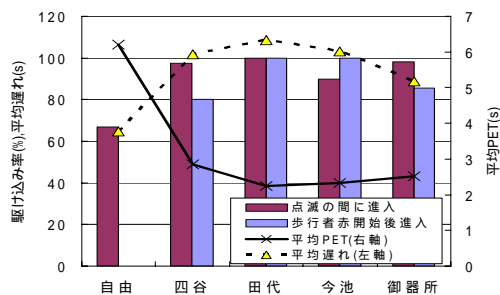


図-17 自転車の遅れ・PET・駆け込み率の関係

表-2 利用主体別リスク行動選択モデルのパラメータ推定結果

| 説明変数 | パラメータ (t 値) | |
|----------------------------|------------------------------|---------------|
| | 歩行者 | 自転車 |
| PETの逆数[sec ⁻¹] | -4.63 (-2.10) | -3.90 (-2.61) |
| 遅れ[sec] | 9.04*10 ⁻² (2.04) | 0.146 (3.84) |
| 横断歩道長[m] | -0.273 (-2.69) | - |
| 定数項 | 1.56 (0.47) | 9.54 (3.28) |
| 尤度比 | 0.595 | 0.541 |
| 的中率[%] | 88.3 | 88.5 |
| サンプル数 | 77 | 96 |

ると、横断者はより激しい交錯を被るため、リスク行動を選択しにくくなると解釈できる。さらに、歩行者モデルでは横断歩道長のパラメータが負となっているが、これは横断歩道が長くなるほど横断することに対する抵抗が高くなることを示す。

7. まとめ

本研究では、横断者に着目し、交差点実態調査データにもとづき、信号切り替わり時の横断歩行者・自転車のリスク行動特性および歩行者青現示中の右・左折車両との交錯に関する分析を行うことで、交差点利用者の安全性に影響を与える信号制御と交差点構造条件について考察を行った。今後は、対象交差点数を増やし、一般化する方向で分析を進めていく。

本研究は、(財)三井住友海上福祉財団・2003(平成15)年度交通安全に関する研究助成を受けて実施したものである。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 社団法人 交通工学研究会：交通信号の手引き，1994.7.
- 2) Allen, B.L., Shin, B.T. and Cooper, D.J.: Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 677, 67-74, 1978.