

歩車分離制御交差点における錯綜事象と横断者危険横断の時系列分析

Time-series Analysis on Traffic Conflicts and Risky Behaviors at the Intersections with Separated Traffic Signal Control

増山淳**・鈴木弘司***・藤田素弘****・

By Jun Masuyama**・Koji Suzuki***・Motohiro Fujita****

1. はじめに

信号交差点で多発する横断歩行者・自転車（以下、横断者）と右左折車との交通事故の問題への対策として、近年、横断者と自動車交通を分離する歩車分離式信号制御（以下、歩車分離制御）の導入が進められている。

歩車分離制御は、その原理上、横断時間中の横断歩道への車両の進入を実質なくすことによって、横断者と車両との接触事故を減少させ、安全性の確保に大きな効果が期待できる制御と言える。一方で、限られた信号サイクルの中で車両、横断者に通行権を分割するため、非歩車分離制御よりも通行可能時間が短縮される。その結果、新たな信号待ち時間増加が生じてしまい、赤信号による待ち時間を回避しようとする利用者の、信号切替り時の駆け込み、信号無視などのリスク行動を誘発する可能性がある。車両と横断者との交錯危険性を低下させる本制御であるが、逆に危険性を生じさせる恐れがある。

歩車分離制御の研究に関して、齋藤ら¹⁾は、新規に同制御が導入された交差点で事前・事後調査を行い、歩車の錯綜が減少したことで、歩行者に関するフライング抑制効果および、安全性が高まることを明らかにした。鈴木ら²⁾は、小規模交差点における車両の発進時・通過時・停止時の挙動分析を行っており、歩車分離式交差点内が非歩車分離式交差点よりも危険性が高い状況にあることを指摘している。また、導入の際には、歩行者数・黄色時間を考慮することで導入後の危険性を軽減できるとも述べている。山越ら³⁾は、制御導入前後の信号切り替わり時の横断者、右左折車両の挙動を分析し、同制御の横断者のフライング抑制効果と駆け込み左折車両による新たな交錯可能性の発生を明らかにしている。しかしながら、既存研究では大規模交差点での検証事例が少なく、また、錯綜事象や利用者の危険行動要因を明らかにしたものはない。

そこで、本研究では新たに歩車分離制御が導入された大規模交差点に着目し、制御導入前後における横断者と車両との交錯危険性、信号切替り時における横断特性および危険行動に関する分析を時系列的に行うことで、時間経過に伴う制御に対する利用者の慣れの影響や、横断者の通過停止判断における要因を明らかにし、より安全な歩車分離制

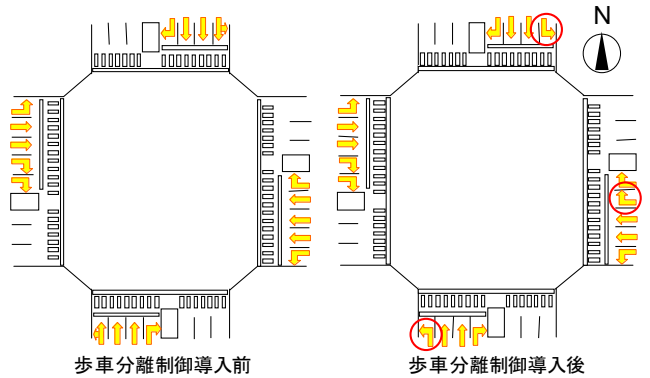


図-1 車線運用図（歩車分離制御導入前後）

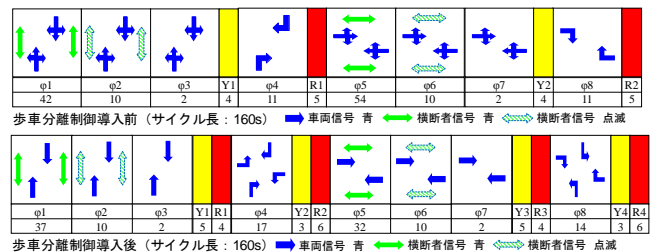


図-2 信号現示階梯図（歩車分離制御導入前後）

御による運用形態を検討する。

2. 分析対象交差点及び調査概要

(1) 分析対象交差点の概要

本研究では名古屋市内にある名駅南 3 丁目交差点を分析対象とする。本交差点は 2006 年度に 27 件の事故が発生した県下ワースト 2 の事故多発交差点であり、2007 年 9 月末に新たに歩車分離制御が導入された。制御導入に伴い、南北方向の青時間が 5[s]、東西方向の青時間が 22[s]短縮されるとともに、各方向の右左折時間後の全赤時間が 1[s]延長され、φ3、φ7 以降に新たに全赤時間が追加された。また、南北方向の第一車線が直進・左折混用車線から左折専用車線に、西進の直進 1 車線（第 4 車線）が右折専用車線に導入された。制御導入前後の車線運用図を図-1 に、制御導入前後の信号現示階梯図を図-2 に示す。

(2) 調査概要

本研究では制御導入前（2007 年 7 月 25 日）、導入後 1 週間（10 月 5 日）、導入後 1 ヶ月（11 月 8 日）の 3 時点において朝（7:30-9:00）、夕（16:00-17:30）それぞれ 1 時間、ビデオカメラによる横断者・車両挙動の撮影を行った。本研究では事故多発地点である南側の横断歩道を対象に調査・分析を行う。

* キーワード：歩車分離制御，交通安全，交通制御

** 学生員，名古屋工業大学大学院工学研究科

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

愛知県名古屋市昭和区御器所町，TEL052-735-7962)

*** 正員，博（工），名古屋工業大学大学院

**** 正員，工博，名古屋工業大学大学院

3. 横断歩道上における歩車交錯可能性に関する分析

制御導入前後において、対象とする南側横断歩道における横断者と右左折車との交錯可能性を分析する。横断歩道上において横断者と車両の軌跡が交わる事象を、a)横断者先行パターン、b)車両先行パターンの2つに分け、それらを交錯事象として抽出し、交錯点（以下、CP）における通過時刻差(以下、PET⁴⁾)を求める。

ここで、各交錯パターンを図-3に示す。a)は、横断者がCPを通過した後、車両がCPを通過する事象であり、車両に近い横断者側面(①)と車両の前部断面(②)に着目してPETを計測する。b)は車両がCPを通過した後、横断者がCPを通過する事象であり、車両に近い横断者側面(③)と車両の後部断面(④)に着目し、PETを計測する。今回、南進左折車が停止線から横断歩道を通るまで約6秒要することを勘案し、6秒以内のPETが観測される事象を交錯事象としてとらえる。また、車両が横断歩道を通る際、車両の前部から後部まで通過する際に2秒程度要するため、2秒以下のPETを更に危険事象PETと定義する。今回は制御導入前後共に計測した1時間中に計測された交錯事象を分析する。



図-3 横断者先行(左)・車両先行(右)

(1)歩車分離制御導入前

制御導入前のPETの頻度分布について交錯パターン別の結果を図-4、現示別の結果を図-5、交通手段別の結果を図-6に示す。

図-4より、制御導入前には交錯事象数の合計が2時間で535ケースと非常に多く、危険事象PETが全体の約18%となり、非歩車分離制御における横断者と車両との交錯危険性が高かったと言える。また、横断者先行パターンの割合が高いが、これは横断者通過後に隙間を縫うように右左折車が通過することが主な要因である。

図-5より、PETは主に歩行者青時間中であるが、歩行者信号点滅以降におけるPETの割合が約20%であることが分かる。これらは、横断者の駆け込み横断、信号無視など危険行動によって引き起こされたPETであり、問題視すべき点であると言える。

図-6より、自転車横断者との交錯の割合が高いことがわかる。これは、本交差点利用者は自転車利用の割合が高いこと、徒歩に比べ横断速度が高い為に同一横断者が複数の車両に対してPETを持つことが要因といえる。本交差点の制御導入前における最多事故発生パターンは南進右折車と南側横断歩道上の自転車横断者との事故である。これは、停止線から横断歩道まで距離がある為に車両速度が上がりやすいこと、対向車線数が多い為に横断者への意識が遅

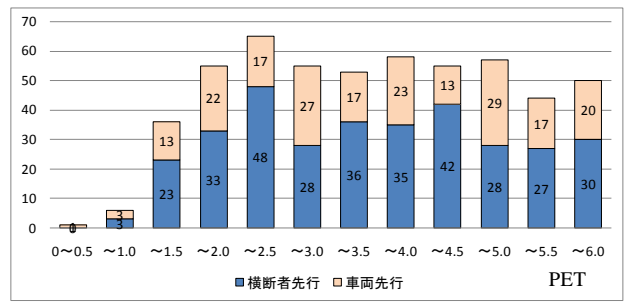


図-4 制御導入前 交錯パターン別 PET 分布

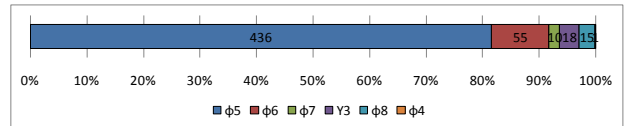


図-5 制御導入前 現示別 PET 分布

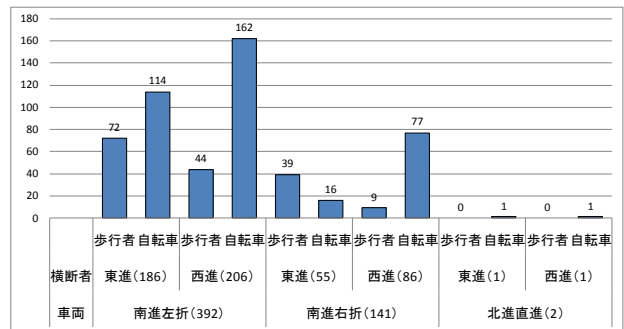


図-6 制御導入前 交通手段別 PET 分布

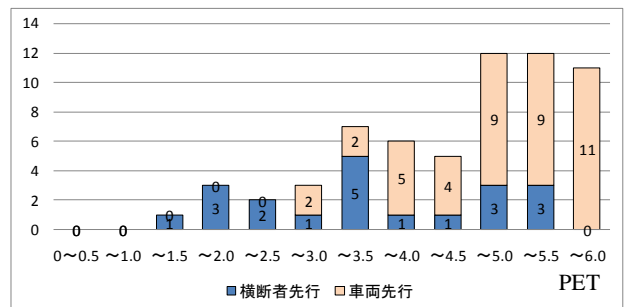


図-7 制御導入後1週経過 交錯パターン別 PET 分布

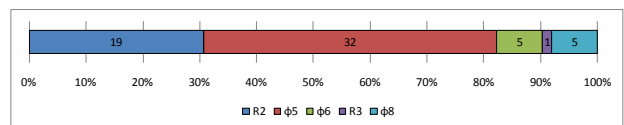


図-8 制御導入後1週経過 現示別 PET 分布

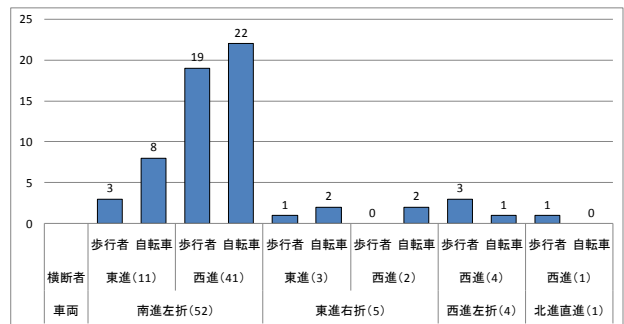


図-9 制御導入後1週経過 交通手段別 PET 分布

れがちになることが主な要因と考えられるが、そのケースと関連する南進右折車との横断者とのPETの割合が約26%と高い結果となっている。これより、

制御導入前におけるこの断面での自転車と車両との交錯危険性が示されたと言える。

(2)制御導入後 1 週経過

前節と同様に、制御導入後 1 週経過後における PET の頻度分布を図-7、図-8、図-9 に示す。

図-7 より、歩車分離制御導入により交錯事象が 62 ケースと導入以前に比べ大幅に減少し、危険事象 PET も全体の約 6%に減少していることが分かる。横断者先行パターンとの割合が制御導入前に比べ減少しているものの、歩車分離制御において同パターンの事象が発生することは横断者による危険行動が要因となる為、問題視すべき点だと言える。

図-8 より、青時間前の全赤時間における交錯が新たに生じていることが分かる。これは制御導入に伴い、右左折時間、横断時間が減少したことにより、φ4 中に進入できなかった南進左折車両による駆け込み通行と横断者の見切り横断における交錯である。また、青時間中における PET の割合が最も高いことがわかる。制御導入からの時間経過が短い為、認知していない南進左折車両が現示に関わらず横断歩道を通じたためである。

図-9 に示すように交錯事象の大半が南進左折車との交錯であること、事故ケースと関連する東進右折との交錯が減少していることがわかる。

(3)制御導入後 1 月経過

同様に制御導入後 1 月経過後における PET の頻度分布を図-10、図-11、図-12 に示す。

図-10 より、導入後の時間経過に伴い交錯事象数が減少していることがわかる。横断者先行パターンの割合も減少し、危険事象 PET も観測できなかったことから制御導入による交錯危険性の低下の効果がより表れていると言える。

図-11 より、青時間前の全赤時間における交錯が 1 週経過に比べ減少していることがわかる。これより、利用者に対し制御が認知されてきていると考えられる。しかし、φ5 中の交錯事象の割合が依然として高い。これは、利用者の中では未だに認知していない南進左折車両が赤現示に関わらず横断歩道へ進入していることを表している。

図-12 より、変わらず錯綜事象の大半が南進左折車との交錯であることが分かる。また、数は減少したものの φ8 における駆け込み・信号無視横断者と西進左折車との交錯が見受けられる。

4. 交錯強度に関する分析

本研究では前述した PET を用いて、PET の階級別に逆数にサンプル数を乗じたものを新たに「交錯強度 I_{coni} 」と定義し評価分析を行う。また、その合計を I_{total} とする。ここで n は同 PET のサンプル数、 i は階級 (0 秒～6 秒を 0.5 秒刻みで分類) を表す。以

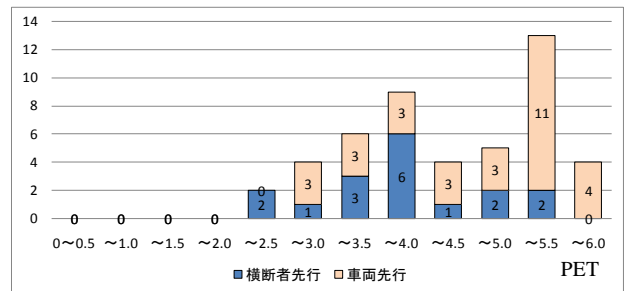


図-10 制御導入後 1 月経過 交錯パターン別 PET 分布

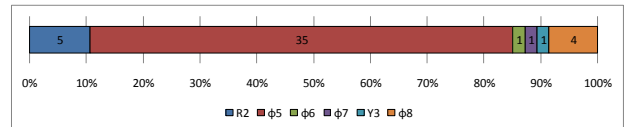


図-11 制御導入後 1 月経過 現示別 PET 分布

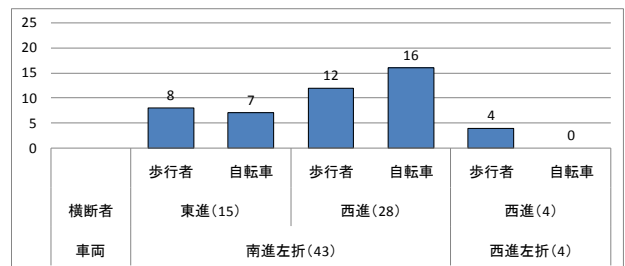


図-12 制御導入後 1 月経過 交通手段別 PET 分布

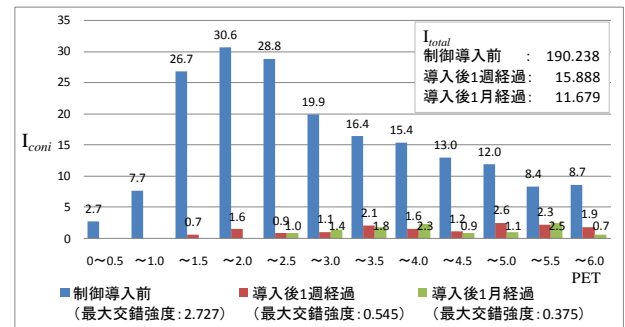


図-13 交錯強度の時系列比較図

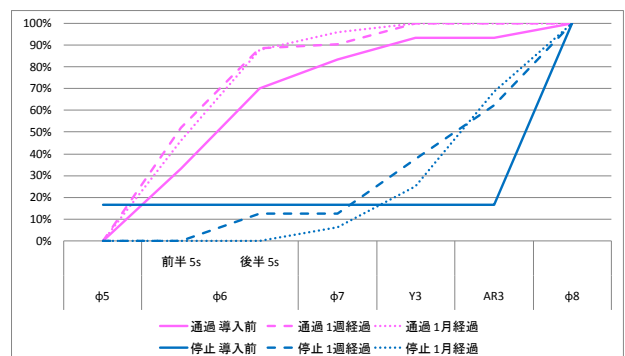


図-14 横断者通過停止行動の累積分布

下のように定義する。分析結果を図-13 に示す。

$$[1]: I_{coni} = \frac{1}{PET} \times n \quad [2]: I_{total} = \sum I_{coni}$$

これより、導入後の時間の経過と共に事象数、危険事象が減少していることがわかる。また、時点における最大交錯強度、強度合計が共に時間経過に伴い減少していることが分かる。ゆえに、時間経過により制御導入が交差点利用者へ認知され、浸透するこ

とで交錯危険性が低下していることが分かる。

5. 横断者の危険行動要因に関するモデル分析

調査対象横断歩道にて駆け込み横断、信号無視などの危険行動が制御導入前後において、どの程度発生しているかを把握するため、歩行者青信号点滅以降の横断者の横断特性について分析する。南側横断歩道上における横断者と右左折車との交錯可能性を考慮し、φ6 から φ8 開始5秒までを分析対象とする。対象範囲において、横断者の通過、停止判断について分析を行う。3 時点における結果を図-14 に示す。図-14 より、導入後に通過判断を行う横断者の割合、また待機行動を行う横断者の割合も制御導入前に比べ、タイミングが早まっていることがわかる。

6. 横断者通過停止行動選択モデル

ここでは、横断者の通過停止判断に対する2項選択ロジットモデル {1:通過, 0:停止} を構築する。説明変数として、前述した1/PET (横断者先行・車両先行)、交通手段 (徒歩・自転車)、進行方向 (東進・西進)、待機時間 (通過横断者: 交差点進入時から次青開始までの時間・待機横断者: 到着から次青開始までの待機時間)、φ6 からの経過時間 (φ6 開始から横断者到着までの時間)、到着現時 (横断者が到着した際の現示) を用いる。今回は時系列的に比較するため各時点において同一説明変数を用いたモデル及び、3 時点をまとめて考慮したモデルを構築する。前者を表-1 に、後者を表-2 に示す。

表-1 より、各モデル的的中率、尤度比ともに高く、これらは説明力が高いと言える。待機時間に関して比較すると、3 時点ともに待機時間が長い程、通過判断を誘発するということが分かる。また、制御変更後 1 週経過のパラメータが最も低い値を示している。これは制御が利用者にあまり認知されておらず、待ち時間の増加が理解されておらず、制御の変更への戸惑いなどが意識されていることによると思われる。横断者先行の交錯強度に関しては、制御導入後のパラメータの値が大きくなっている。横断時における交錯事象が日常的だった制御導入前に比べ、導入後は交錯機会が大幅に減少したことにより、1 度の交錯事象に対して重みが増していると考えられる。

表-2 では、前述したように制御導入により通過停止判断が早まっていることから、φ6 以降の経過時間を説明変数に取り入れたモデル 1、表-1 と同様に待機時間を用いたモデル 2 の 2 つの結果を示す。両モデルは的中率や尤度比が比較的高く説明力が高いと言える。両モデル共に、横断者先行の交錯強度が高いほど停止判断を行うことがわかる。制御導入前には東進の徒歩横断者が停止傾向にあったが、導入後には東進の自転車横断者、西進の徒歩横断者も停止傾向にある。これは青時間後の西進左折車の発進が抑止力となっていると考えられる。導入後では Y3 以降の到着横断者は停止傾向にある。これは制御導

表-1 通過停止行動選択モデル (3 時点比較)

選択肢	説明変数	導入前	1週経過	1月経過
		パラメータ (t値)	パラメータ (t値)	パラメータ (t値)
通過	待機時間	0.19 (1.82)	0.08 (1.91)	0.52 (2.69)
	定数	15.37 (1.54)	4.56 (1.09)	59.71 (1.63)
停止	1/PET 横断者先行	2.83 (1.66)	8.79 (3.03)	5.58 (1.63)
	的中率(%)	94.44	95	92.424
	尤度比	0.581	0.771	0.744
	サンプル数	36	60	66

表-2 通過停止判断選択モデル

選択肢	説明変数	モデル1	モデル2
		パラメータ (t値)	パラメータ (t値)
通過	定数	9.84 (4.55)	6.55 (1.57)
	待機時間	-	0.12 (2.71)
停止	1/PET 横断者先行	4.61 (2.10)	5.01 (3.22)
	φ 6以降 経過時間	0.41 (2.95)	-
	制御変更前 東進 徒歩横断者	4.25 (2.30)	2.31 (1.90)
	制御変更後 東進 徒歩横断者	5.02 (2.79)	5.80 (3.09)
	制御変更後 東進 自転車横断者	2.68 (1.72)	3.31 (2.11)
	制御変更後 西進 徒歩横断者	2.44 (1.78)	3.02 (1.88)
	制御変更後 Y3 以降到着	1.75 (1.43)	4.99 (4.34)
	的中率(%)	96.914	95.062
	尤度比	0.844	0.794
	サンプル数	162	162

入前になかった φ8 における、西進左折車の発進と南進右折車の進入が要因と考えられる。また、待機時間が長い程、通過判断を誘発すること、φ6 からの経過時間が長いほど、停止判断を行うことが分かる。

7. まとめ

本研究では、新たに歩車分離制御が導入された交差点において、制御導入前、導入後 1 週経過、1 月経過の 3 時点において実態調査データに基づき、横断者と車両との交錯危険性の分析を行った。また、制御導入前後の横断者の危険行動要因に関する分析を行うため、歩行者信号点滅以降の通過停止判断モデルを構築した。今後は継続的に調査を行い、利用者の制御に対する慣れが危険行動に与える要因を時系列的に分析する。また今回は一横断歩道のみで分析を行っているため、今後は構造などの異なる他横断歩道においても同様に分析を行い、比較を行うことで危険行動と制御、構造との関係を明らかにしていく。

参考文献

- 1) 齋藤豊, 安井一彦: 歩車分離式信号導入による効果と課題に関する研究, 第 23 回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 61-64, 2003
- 2) 鈴木理, 浜岡秀勝: 車両挙動から見る歩車分離式信号交差点の安全性に関する研究, 土木計画学研究・論文集 vol. 24, No.4, pp. 781-789, 2007
- 3) 山越陽介, 鈴木弘司, 藤田素弘: 歩車分離制御交差点における歩車交錯可能性の評価, 土木計画学研究・講演集 Vol.37, 4 ページ, 2008
- 4) Allen, B.L. Shin, B.T. and Cooper, D.J.: Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 677, 67-74., 1978