

歩車分離制御交差点における歩車交錯可能性の評価

An Evaluation for Possibility of Traffic Conflicts between Pedestrians and Vehicles

at the Intersections with Separated Traffic Signal Control*

山越陽介**・鈴木弘司***・藤田素弘****・増山淳*****

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

1. はじめに

近年、事故多発信号交差点において歩車分離式信号制御（以下、歩車分離制御）が導入されるケースが増えてきている。歩車分離制御はその原理上、車両と横断者の交錯機会を0にできるため、歩車間の事故が多い交差点において非常に有効な対策として用いられることが多い。

しかし、一方で限られたサイクルの中で歩行者・直進車・右左折車両それぞれの方向に通行時間を配分するため、歩車分離制御導入前よりも各通行可能時間が短縮される。それに伴い、待ち時間の増加が生じ、一度赤信号で待たされると大きな遅れを被ることになるため、その遅れによる損失を回避すべく、信号切り替わり時には横断者がフライングを敢行し、右左折車両が駆け込み進入を実施することが予想される。このような危険行動が誘発されることで、信号制御上は歩車分離されているにもかかわらず、交錯機会は消滅していない可能性がある。

歩車分離制御の研究に関して、齋藤ら¹⁾は、新規に歩車分離制御が導入された交差点で事前・事後に調査を行い、車両と歩行者の錯綜が減少したことで、歩行者に関してはフライング抑制の効果があり、安全性が高まることを明らかにした。また、鈴木ら²⁾は、片側2車線以下の比較的小規模な交差点における歩車分離式制御下での車両の発進時・通過時・停止時における挙動の分析を行った。その結果、歩車分離制御の方が、ドライバーに戸惑いを与え、危険性の高い車両挙動が見られたことから、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。

歩車分離式制御は、平成14年1月から運用が実施された新しい手法であり、目に見える形とはなっていないが、まだ顕在化していない危険が潜んでいる可能性がある。また、既存研究では片側2車線以下の小規模交差点を対象と

しており、方向別矢印信号の普及から、今後歩車分離制御の導入が見込まれる片側3車線以上の大規模交差点における研究はされていない。さらに、導入前からの変化を時系列的に評価したものは少ない。

そこで、本研究では歩車分離制御が導入された大規模交差点において調査を行い、右左折車両と横断者双方に着目し、導入前・導入直後・導入後しばらく経過した状態の挙動データを分析する。また、信号切り替わり時の歩車交錯率を定義し、潜在的な歩車交錯可能性を評価する。

2. 現地観測の概要

本研究では、名古屋市にある名駅南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28日に歩車分離制御が導入されている。導入2ヶ月前の2007年7月25日（以下、事前）と導入直後1週間2007年10月5日（以下、事後1週間）と導入1ヶ月後2007年11月8日（以下、事後1ヶ月）についてそれぞれ観測を行った。調査時間帯は8:00-9:00（以下、朝）、16:30-17:30（以下、夕方）であり、調査方法は、ビデオカメラによる横断者・車両挙動及び信号現示の撮影である。また、図-1に本交差点の構造を示し、図-2(a)(b)に現示配分を示す。進行方向の方位は図-1と一致している。本稿では、交差点南側及び東側流入部（図-1、破線四角）に着目して歩車交錯可能性について検証する。

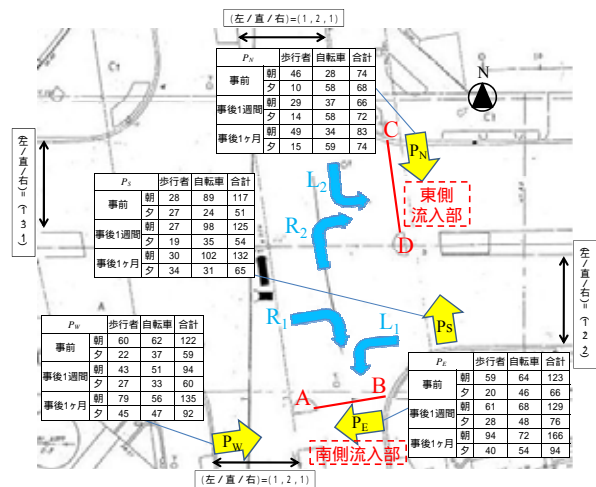


図-1 名駅南3交差点の構造及び横断交通量(人/時間)

* キーワード：歩車分離制御，歩車交錯率，大規模交差点

** 学生員，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 (E-mail : yamagoshi@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

***** 学生員，名古屋工業大学大学院

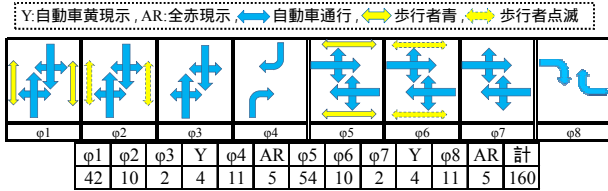


図-2(a) 信号現示配分 - 事前

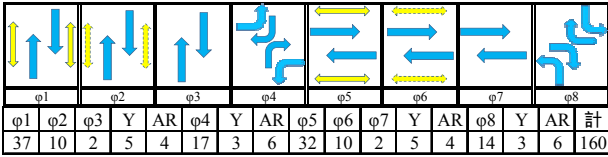


図-2(b) 信号現示配分 - 事後

3. 南側流入部の交差点進入タイミング分析

本章では、信号切り替わり時の右左折車両及び横断者挙動について分析する。尚、本稿では赤信号以降に観測断面に到達することを駆け込み事象として扱うこととし、観測データは全て22サイクルである。

(1) 左折車及び横断者の交差点進入タイミング分析

図-3(a)(b)は南側流入部における1サイクルあたりの左折車両台数を通過タイミングで分類し、事前・事後1週間・事後1ヶ月で比較したものである。図-1のA-B断面を通過する時点の車両信号現示で通過タイミングを分類した。事前では、青(5~7)・黄(Y)・赤(8, AR)・交差方向青(1)で分類し、事後では左折矢(4)・黄(Y)・全赤(AR)・同方向直進(5)で分類した。これより、1サイクルあたりの左折車両処理能力は低下し、事後の駆け込み進入車両が左折車両全体に占める割合が大きく増加していることがわかる。図-2(a)(b)に示すように東西方向の左折車両の待ち時間は49秒増加していることが影響していると考えられる。図-3(a)では、事後時間が経過するにつれて駆け込みの割合が減少してい

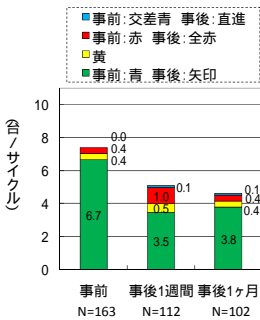


図-3(a) L_1 台数 - 朝

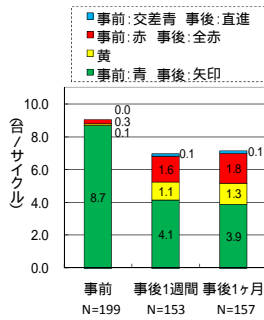


図-3(b) L_1 台数 - 夕方

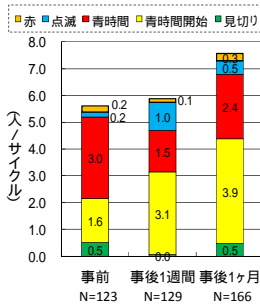


図-4(a) P_E 人数 - 朝

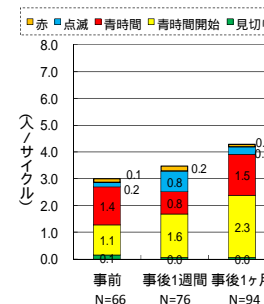


図-4(b) P_E 人数 - 夕方

くに対して、図-3(b)では駆け込みの割合が減少していないことがわかる。朝は全通過台数が減少しているため、減少分が駆け込みの抑制につながったと考えられる。

また、事後φ5では全赤時間終了後の同方向直進(歩行者信号青)時間中に進入する左折車両の存在が確認され、左折車両と横断者との交錯可能性が存在する。これは、改良によって生じた新たな危険性といえる。

L_1 の流入部側である南側横断歩道東端における横断者人数(図-1 P_E)の横断開始タイミングの割合を図-4(a)(b)に示す。ここでは、歩行者信号が青になる前の全赤時間帯に渡り始める横断者(見切り横断)、左折車両との交錯可能性がある青開始時点で渡ろうとする横断者(青時間開始)開始直後以外の青時間中に渡りだす横断者(青時間)、歩行者信号点滅中に渡り出す横断者(点滅)、歩行者信号が赤になってから渡り出す横断者(赤)に分類した。これより、青時間開始時点横断者が朝夕共に増加し、横断に待ち時間を要する横断者が増加していることがわかる。しかし、事前には見られていた見切り横断は事後ではほとんど見られなくなっている。これは上述した駆け込み左折車両の存在によって、歩行者がフライングを躊躇したためだと考えられる。このことは、無理な横断を敢行する横断者が減少して、事後に横断者側が安全を意識するようになったことを示す。しかし、朝に関しては、事後1ヶ月で再び増加傾向に転じている。これは、これは横断者の待ち時間が事前に比べ22秒増加したことで、通勤時間帯による遅れへの焦りが誘発されたことと、利用者の制御への慣れが結びついたことが影響していると考えられる。また、点滅以降の進入量が事後に増加している。これは横断者の待ち時間が事前に比べ22秒増加したことに起因して横断者の焦りが誘発されているためと考えられる。

(2) 右折車の交差点流出タイミングの分析

図-5(a)(b)は南側流入部における1サイクルあたりの右折車両台数を通過タイミングで分類し、事前・事後1週間・事後1ヶ月で比較したものである。通過タイミングは図-3同様に、図-1のA-B断面を通過する時点の車両信号現示で分類した。

これより、通行可能時間が短くなったにも関わらず、全体の通過台数が増加傾向にあることがわかる。しかし、その半数近くを駆け込み進入が占めることから、通行時間が短くなったことで、逆にドライバーの焦りを誘発している可能性がある。また、事後の交差方向の直進時間帯に進入する右折車両が増加していることから、交差方向の直進車両の発進を遅らせ、交差点の容量を下げている可能性が

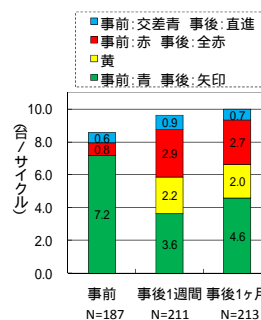


図-5(a) R_1 台数 - 朝

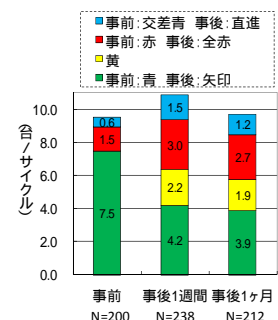


図-5(b) R_1 台数 - 夕方

ある。図-2(a)(b)より、事前は青時間中においても右折可能な時間が存在していたが、事後は右折専用現示にしか通行できなくなったために、図-2(b)φ8の容量を超える車両台数が通行しようとして駆け込みをしていると考えられる。また、図-2(a)φ8後のARが5秒に対して図-2(b)φ8後のARは6秒と全赤時間が延長されていることから、駆け込み可能な時間が長く、本来前サイクルの余剰車両を捌くための全赤時間が、逆に駆け込みを誘発する原因になっていると考えられる。また、横断者とは逆に、夕方の方が駆け込みが多いという結果が得られた。これは、左折に比べ交通量が多い上に、当該方向の右折車両は都心から郊外に向かう車両であるため、業務車両の多い夕方の方が焦りを感じるドライバーが多いためだと考えられる。

4. 東側流入部の交差点進入タイミング分析

(1) 左折車及び横断者の交差点進入タイミング分析

南側流入部同様に、進入タイミング別の左折車両台数を図-6(a)(b)に示す。これより、1サイクルあたりの左折車両処理能力は低下し、事後の駆け込み進入車両が左折車両全体に占める割合が大きく増加していることがわかる。ここでも、事後、同方向横断者の横断時間帯に左折している車両が存在することがわかる。

また、南側同様、事後φ5では全赤時間終了後の同方向直進(歩行者青)時間中に進入する左折車両の存在が確認され、左折車両と横断者との交錯可能性が存在する。これは、南側でも指摘した、改良によって生じた新たな危険性といえる。この進入車両の増減に関しては、朝夕で違いが見受けられる。朝は、事後1週間から事後1ヶ月にかけて増加しているが、これは新しい制御にドライバーが慣れてきて、駆け込みに対する自己抑制が緩くなってきたためと考えられる。一方、夕方は事後1週間で、交差方向直進時

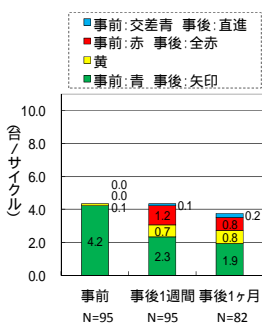


図-6(a) L₂台数 - 朝

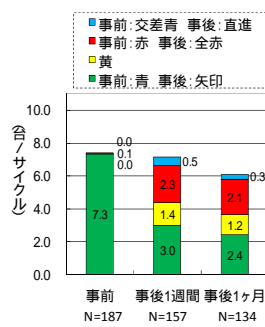


図-6(b) L₂台数 - 夕方

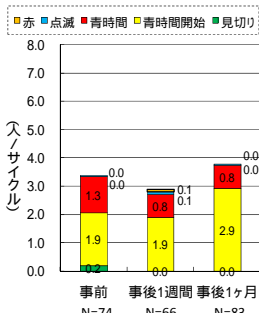


図-7(a) P_N台数 - 朝

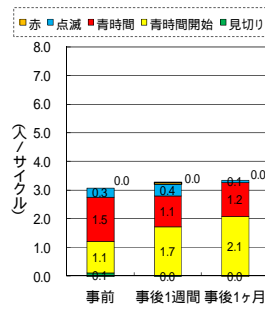


図-7(b) P_N台数 - 夕方

間帯に進入する車両が大幅に増加し、その後、事後1ヶ月にかけて減少している。夕方は交通量が多いために、導入直後は左折車両を捌けきれずに駆け込みが続発したものの、横断歩行者との錯綜が多かったためにドライバーに自己抑制が働き、値が収束していったと考えられる。

南北方向左折車両の流入部側である東側横断歩道南端における横断者人数の横断開始タイミングの割合を図-7(a)(b)に示す。南側同様、見切り横断・青時間開始・青時間・点滅・赤に分類した。これより、青時間開始が朝夕共に増加し、横断に待ち時間を要する横断者が増加していることがわかる。しかし、事前には見られていた見切り横断は事後ではほとんど見られなくなっている。これは上述した駆け込み左折車両の存在によって、歩行者がフライングを躊躇したためだと考えられる。このことは、南側同様、無理な横断を敢行する横断者が減少して、事後に横断者側が安全を意識するようになったことを示す。また、南側と異なり、点滅以降の進入が占める割合が少ない。これは、南側では事前事後で22秒の待ち時間増加になったのに比べて、東側では5秒の待ち時間増加に留まっており、横断者の焦りを誘発するには至らなかったと考えられる。

(2) 右折車の交差点流出タイミングの分析

図-8(a)(b)は南側流入部における1サイクルあたりの右折車両台数を通過タイミングで分類し、事前・事後1週間・事後1ヶ月で比較したものである。通過タイミングは図-6同様に、図-1のC-D断面を通過する時点の車両信号現示で分類した。事後、交差方向直進時間帯に進入している車両が増加していることがわかる。特に、事後1週間の朝のデータに関しては、増加が顕著である。この日は朝の交通量が多かったために、導入直後は左折車両を捌けきれずに駆け込みが続発したと考えられる。

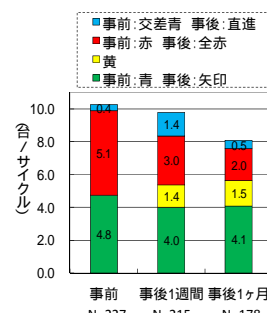


図-8(a) R₂台数 - 朝

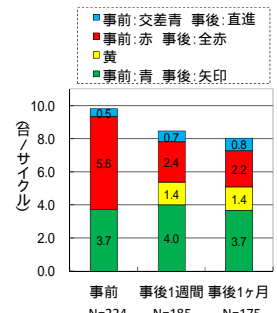


図-8(b) R₂台数 - 夕方

5. 信号切り替わり時の交錯可能性評価

(1) 左折車両と横断者との交錯可能性

ここまで、車両側・歩行者側の通過タイミングの視点から歩車の交錯可能性について述べてきたが、ここからは左折車両と横断者の関係に着目し、信号切り替わり時の歩車交錯率(以下、交錯率)について考えていく。交錯率は次式のように定義する。

$$P_{con} = (P_{pru} + P_{pl})P_{cru} + P_{pac} \cdot P_{cac} \quad (1)$$

ここで、

P_{con} : 交錯率

P_{pu} : 流入部側横断者が車両赤開始後に渡り出す確率 (人/サイクル)

P_{pac} : 横断者が青時間開始と同時に渡り出す確率 (人/サイクル)

P_{pf} : 横断者がフライングして渡り出す確率 (人/サイクル)

P_{cu} : 左折車両が左折時間後 (黄・全赤) に通過する確率 (台/サイクル)

P_{cc} : 左折車両が左折時間後 (直進青) に通過する確率 (台/サイクル)

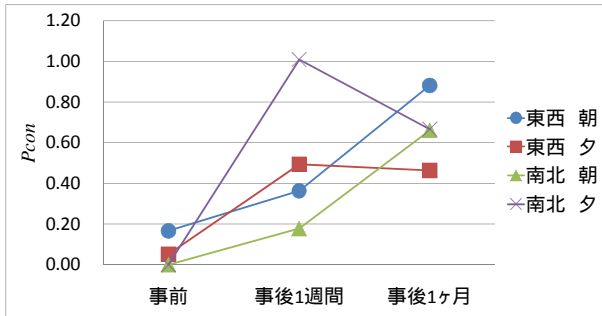


図-9 歩車交錯率

$P_{pu} \cdot P_{pac} \cdot P_{pf} \cdot P_{cu} \cdot P_{cc}$ はそれぞれ、調査データから該当する挙動のサンプル数を全体の数で除して求めた。

図-9は図-3、図-4、図-6、図-7の事前・事後別に上記の各確率を算出し、交錯率を求めた結果である。全パターンで P_{con} が事後増加していることがわかる。 P_{cc} が事前には0だったのが、事後に増加しており、それが P_{con} の上昇に大きな影響を与えていると考えられる。よって、左折車両が左折時間外に通行していることが歩車交錯機会を増加させていることが定量的に示された。

東西方向では、朝の P_{con} が事後1週間から1ヶ月にかけて、夕と比較して大きく増加しているのは、先程指摘した横断者のフライングの再増に原因があると考えられる。

また、南北方向では、朝夕で、 P_{con} の増減に違いが見受けられる。これは、図-6(a)(b)で示したように、歩行者青時間に進入する左折車両数が朝夕で大きく異なり、 P_{cc} が変化したこと起因する。従って、同方向直進時間での駆け込み車両は収束していくために、横断者のフライング率が増加しなければ、交錯率は収束することが示された。

時間帯別の変化を見ると、朝は増加傾向であり、夕は一旦増加するが、その後は収束していることがわかる。増減傾向は似ているが、その要因は異なるものと考えられる。

以上から、歩車分離制御では左折交通の需要に応じた適切な青時間、赤時間の設定を行わないと、左折車の危険進入や横断者の信号待ち時間に起因するフライングを誘発し、新たな交錯可能性を招く可能性があることが示された。(2)右折車両と横断者との交錯可能性

次に、右折車両と歩行者の係に着目し、全赤以降の横断者の交差点内残存率 P_{pst} (以下、残存率) から交錯可能性を検討する。残存率は、事前は右折矢以降、事後は全赤以降に横断歩道流入部側へ退出した横断者数 (人/サイクル) で定義する。このとき、右折車両群の先頭車両との交錯可能性が考えられるが、全サイクルで、右折車両は存在したため、ここでは、交錯可能性のある右折車両の進入台数を1として、残存率を右折車両と横断者との交錯可能

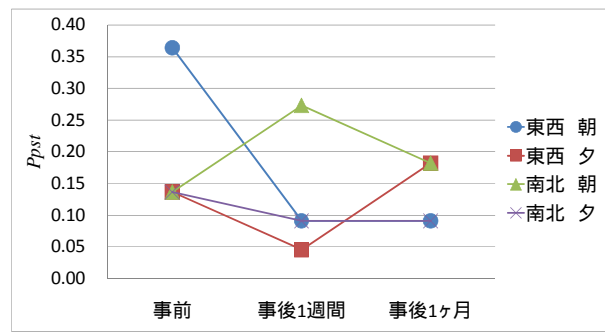


図-10 横断者残存率

性とみなすこととする。

図-10は各時点各方向の残存率を算出した結果である。東西朝以外は、事後残存率が減少していることがわかる。これは、図-4、図-6とは逆方向から進入してきた横断者データであり、右折車両との交差点に到達するまでに時間がかかるため、点滅以降の横断を躊躇することと、歩車分離制御により、通行時間帯以外に横断することの危険への意識が高まった結果と考えられる。東西朝のみ、事後残存率が増加しているが、通勤ラッシュ時に都心部に向かう方向であることと、自転車通行量の多さが危険性低下に寄与しなかったと考えられる。

6. おわりに

本研究では、大規模交差点での歩車分離制御導入前後の信号切り替わり時の横断者、右折車両の挙動を分析して交錯可能性の評価を行った。その結果、歩車分離制御によって横断者のフライング抑制に関しては効果が見られたが、一方で右折時の駆け込み車両の増加が明らかとなり、特に駆け込み左折車両による新たな交錯可能性も発生していることが明らかになった。駆け込み左折車両の量は、時間の経過とともに収束していく可能性もあるが、今後も引き続き調査を行う必要がある。また、待ち時間増加の程度と時間帯によっては横断者のフライングを誘発する可能性も指摘することができた。クリアランス時間、特に全赤時間の設定が駆け込み進入の増加に影響を与えている実態も明らかになった。よって、歩車交錯可能性を抑えた歩車分離制御の運用のためには、時間帯を考慮して、横断者にとっても適切な現示配分を行うことと、適切なクリアランス時間を考えていくことが重要であるといえる。

今後は、横断者に占める割合が高い自転車に着目した分析を行っていく。また、隣接交差点を併せて検討し、歩車分離制御導入が周囲の交差点の安全性・円滑性へ与える影響に関する分析を行う。

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