

時差式信号制御の安全性向上に関する研究*

Study on the Improvement of Safety at Signalized Intersections with a Lagging Green Phase*

本間正勝**・宮田晋***

By Masakatsu HONMA**・Susumu MIYATA***

1. はじめに

時差式信号機は、屈折交通の多い交差点などに、例えば東京都内において約400ヶ所（平成12年度末現在）設置されるなど、多くの交差点で運用されている。これら時差式信号機は、その効果的な運用によって、時差により青信号を延ばす（以下、本稿では「時差延長」と称する）側の右折車を安全に処理すると共に円滑性の向上に大きく貢献している。

しかし、ある特定の時差式信号交差点において、限定された方向からの右折車両にとっては、時差制御についての理解不足に起因してドライバーが慣れや見込みに基づいた行動を起こすと、錯綜事象を引き起こし危険な状況になりかねないなど、分かりにくさの点でしばしば問題となることがある。この分かりにくさが基となり、平成8年には、時差式信号交差点で発生した事故に関連して、訴訟が起きた経緯がある。

このような問題に対して、利用者が時差式信号機をより快適に利用できるよう、改善方法について検討を行い、近年、東京都内において危険性のある時差式信号の全廃を目指し、安全性向上のための改善対策を実施した。本稿では、これら検討・実施した実際の事例に基づき、錯綜事象を引き起こしかねない時差を改善するための対策手法を明示し、その対策効果を評価することを目的とする。

2. 時差式信号機の制御方法と本研究での改善対象

（1）時差式信号機について

特定の方向の右折需要が多い交差点にて、双方向が青となる通常の信号制御がなされている場合、右折車両は、主として対向直進車両のギャップを利用して右折をすることになる。

しかし、図1に示すようなT字路の交差点形状にお

いて通常の信号制御がなされている場合、図1の左方から来る右折車は、対向直進車が途切れないと右折することができず、交差点内で右折待ち状態となる。加えて、右折専用レーンが確保できない交差点や、右折専用レーンが存在していても右折需要に見合ったレーン長が確保できず、右折滞留長が右折レーンを越えてしまう交差点では、右折車と共に後続の直進車も進むことができなくなり、車両が滞留してしまう。また、このような状況下では、右折車は強引に右折しようとする傾向がみられ、安全性においても問題となることがある。

よって、これらの交差点では、反対方向を時差により青信号を短くする（以下、本稿では「時差短縮」と称する）ことによって対向車を止めた上で、滞留した車両を時差延長により合理的に捌く必要性が高くなる。したがって、このような交差点に時差式信号制御は多く用いられている。時差制御においては、図2に示すよう時差時に、時差延長側の右折並びに直進が専用現示となるため円滑性が高まり、特に時差延長側の右折車の安全性に大きく寄与している。

（2）本研究で改善対象とする事象

前節で述べたT字路の交差点形状においては特段問題は発生しないが、図3に示すような十字路の交差点形状において時差制御がなされている場合、時差短縮側に右折車があり、対向直進車が途切れず双方向の信号が青の時に右折できないと、この右折待ち車両に対面する信号灯器は、やがて黄、赤となる。しかし、反対側の対向する信号灯器はしばらく時差延長により青のままであり、この間、さらに時差延長側からの対向直進車が途切れないと、時差短縮側の右折待ち車両はしばらく右折することができない。ここで、本来、思い込みで運転することは絶対に許されることではないのだが、対向直進車が接近しているにも関わらず、「対面信号が赤になったので対向側も赤になっただろうから対向車は止まるだろう」と思い込み右折しようすると、時差短縮側の右折車と時差延長側の対向直進車が錯綜し、危険な状況に陥ってしまう可能性がある。

この事象は、時差式信号交差点の中で、交差点形状が四差路以上、且つ、時差短縮側の右折が許可されて

*キーワード：交通制御、交通管理、交通安全

**正員、工修、科学警察研究所交通部交通規制研究室
（千葉県柏市柏の葉6-3-1）

TEL.04-7135-8001、FAX.04-7133-9187)

***警視庁交通部交通管制課

（東京都千代田区霞ヶ関2-1-1）

TEL.03-3581-4321、FAX.03-3591-2080)

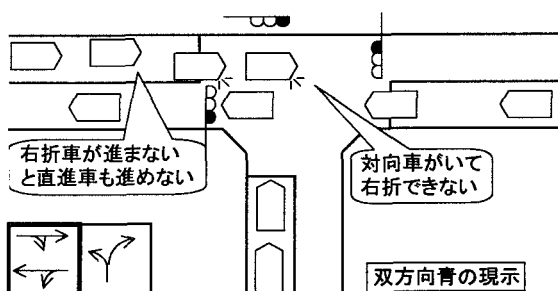


図1 通常の信号制御

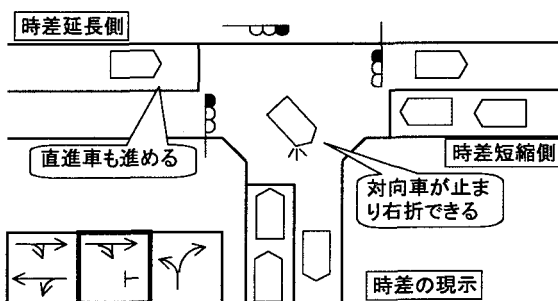


図2 時差式信号制御

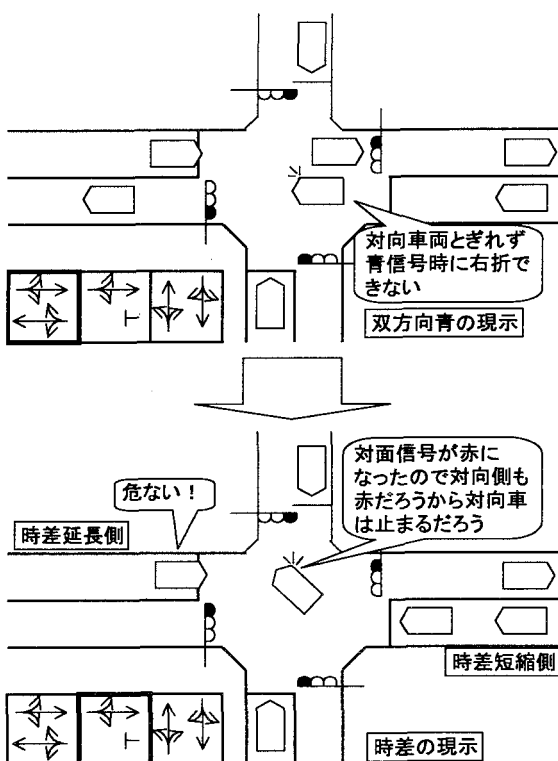


図3 本研究で対象とする事象

いる特定の交差点で発生する可能性がある。本研究では、この事象を改善対象とし、時差式信号機の安全性を向上する改善方策について検討する。

なお、対策の評価に関しては、改善により信号現示の変更を伴う改善対象の反対方向(時差延長側の右折と時差短縮側の直進)についても行う。

3. 安全性を向上するための改善方法

(1) 従来の改善手法

本研究で対象とした事象の改善方策については、昭和49年の警察庁通達により、時差短縮側の右折禁止による交通規制の併用又は、右折専用現示の実施による改善手法が提示されている。

これらの対策は有効であると考えられることから、これまで、対策の主軸となっていた。現に、四差路以上の交差点形状において、時差制御がなされている場合、時差短縮側に右折禁止規制が施されている交差点が多く存在しているのはこのためである。

しかし、現在もなお右折禁止規制が施されていない危険な時差式信号交差点では、利便性悪化の観点から主に右折利用をしている地元居住者との合意が得られず、新たに右折禁止規制を施すことが困難になっている場合が多い。また、右折専用現示は、現示に対応した右折専用レーンが確保できず、実施が困難な場合が多いといった問題がある。

(2) 改善のための対策種別

対策担当者に、より多くの改善手法を示すことは、対象交差点に合致した対策手法が選択できることから対策の柔軟性・実効性を高めることにつながる。このような観点から、対策については実行可能なものできるだけ多く選定した。選定にあたっては利用者に新たな混乱が生じないように、我が国で現在用いられている制御の中から、時差現示の代替となり得る対策種別を選定した。詳細についてはさらに細分化されるが、主要な対策種別は、図4に示す通りである。

右折禁止規制(①)は、規制にて時差短縮側の右折車そのものを排除することにより改善を図る対策である。

双方向右折矢(②)は、時差を双方向右折矢に変更し、時差短縮側の右折車に右折専用現示を与えることにより、安全に右折させる対策である。

片方向右折矢(③)は、時差を片方向右折矢に変更することにより、時差短縮側に右折待ち車両が存在し、その対面信号機が赤灯器に変わったタイミングにて右折しても、時差延長側の対向直進車両を停止させることによって安全に右折させる対策である。

双方向右折矢か片方向右折矢かは、いずれも現示に

対応した右折専用レーンが確保できることが条件となるが、双方向右折矢とする場合には、特に時差短縮側の右折需要や右折先の規制状況から慎重に判断する必要がある。すなわち、右折車が存在しないサイクルが多いなど、右折専用の制御を行う合理性が得られない場合は時差短縮側に右折レーンがあっても時差延長側のみの片方向右折矢の制御とするのが望ましい。また、時差短縮側から右折する方向の道路は細街路である場合が多く、この様な細街路には、時間帯や車種別の通行止め規制が実施されていることがある。その様な場合には、規制により流入車両を抑制しようとする政策と相反することがあるので、時差短縮側に右折レーンがあっても時差延長側のみの片方向右折の制御とするのが望ましい。これは、いわゆる裏通りの静穏化を保ち、事故を誘発しないために非常に重要な事項である。

時差廃止(④)は、時差現示そのものを無くすことによって改善を図ろうとする対策である。しかし、単に時差を廃止するだけでは、時差現示によって捌いていた右折処理の面で十分でない場合もあり、二次的な対策として時差延長にて捌いていた車両を双方向が青の間に捌くために、対向直進車群にギャップができるよう近隣信号交差点との系統調整を加えたり、現示の切り替わり目に、交差点内の右折待ち車両が右折し易いようクリアランス時間の調整を加えることもある。

別出し(⑤)は、それぞれ専用の現示を与えることにより、交差点内に右折待ち車両を発生させることなく処理することによって改善を図る対策である。

先出し時差(⑥)は、時差の部分为先出しに変更し、双方向の青の終わりを合わせることで、時差そのものはなくさず、問題の解決を図る対策である。ただし、我が国においては、先出し時差の交差点は数が少なく一般的ではないため¹⁾、先発・後発の時差板を設置して利用者に周知し、後発側のフライング発進を防止することが必要である。また、後発側が青になるタイミングにおいて、先発側の右折車と後発側の直進車が錯綜しないよう、先発となる先出し側に矢印制御を併用する必要がある。

時差付右直分離(⑦)は、時差現示をある程度残したまま、問題となる時差短縮側の右折を直進や左折等と分離制御することにより、右折専用現示にて安全に右折させる対策である。

(3) 右折レーンの設置状況と対策種別

これら対策を施すにあたっては、該当する交差点の右折レーンの設置状況が重要な要素となるため、右折レーンの設置状況と対策種別の関係を図5に示した。

従来、時差短縮側の右折車に対する安全対策手法は、時差短縮側の右折禁止規制を検討し、これが困難な場

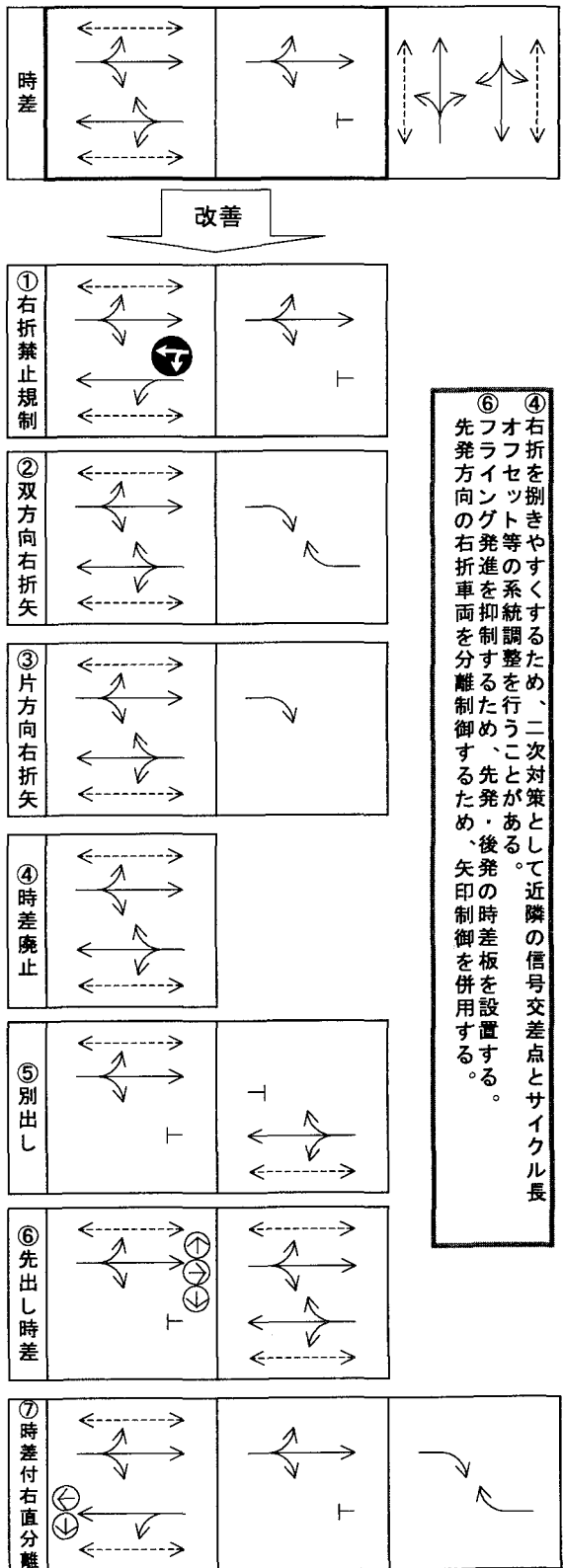


図4 対策種別の流れ図一覧

合には、矢印による右折専用現示を検討するが、ここで右折レーンが設置されていない場合には、対策に行き詰まってしまう感もあった。しかし、図5によれば、決してその様なことはなく、まだ複数の対策種別を選択することが可能であることが分かる。

ただし、一般的に右折レーンが設置されているほど対策の選択範囲が広がることは、図5からも明らかである。従って、対策に行き詰まった場合、対策の実施まで期間を要するが、新たに右折レーンを設置する努力も怠ってはいけないと言える。

		時差延長側の右折レーン	
		有 り	無 し
時差短縮側の右折レーン	有 り	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦	① ④ ⑤ ⑥
	無 し	① ③ ④ ⑤ ⑥	

* 図中の番号は図4の対策種別に対応する

図5 右折レーンの設置状況と対策種別の関係

(4) 対策の実施

東京都内にて、本研究で改善対象とした時差式信号交差点の現示改訂を実際に行い、安全性向上のための改善対策を実施した。対策は平成11年と平成12年度の2ヶ年に渡り実施され、その交差点数は合計61交差点である。

時差現示の代替となる対策種別の選択は、様々な要因を考慮して決められるが、複数の対策が可能な場合には、利用者の行動がスムーズになるよう、現示選択の基本に則り、なるべく単純な現示を選定した。すなわち、⑤別出し、⑥先出し時差、⑦時差付右直分離については、それぞれの必要性が十分認められる場合に実施するようにした。その結果、実際の対策種別毎の対策実施交差点数は表1に示す通りとなった。

(5) 改善による円滑性の変化

制御方式の変更により交差点飽和度が高まる場合には、円滑性の面で問題が生じてしまうこともある。

渋滞するか否かは、交差点飽和度の検討¹⁾を行うことによって、予め判断することができる。交差点の飽和度は、交差点の処理能力と交通の需要によっても変化するため、単に信号制御のみの問題ではない。そもそも、時差式信号機が運用されていた交差点は、交通

表1 対策種別毎の対策実施交差点数

	対策実施交差点数
①右折禁止規制	0
②双方向右折矢	5
③片方向右折矢	22
④時差廃止	29
⑤別出し	3
⑥先出し時差	2
⑦時差付右直分離	0
合 計	61

流が変則になる変形交差点や、十字路であっても主流交通が屈折している交差点であることが多く、そのような道路構造や偏った交通需要上の問題を時差式制御で対処しており、それがドライバーの分かりにくさや危険性を内包させていた感も否めない。

本研究においては、円滑性が悪化すると判断されても、ドライバーの分かりにくさを改善し、安全性を向上するとの目標から対策の実施を遂行した。従って、そのような状況下で発生した渋滞に関しては、ごく一部ではあるが、信号制御上の最大限の調整は試みたものの、十分に渋滞が緩和できない交差点²⁾もあり、道路改良等による交差点処理能力の向上のための長期的な対策も引き続き行っていく必要があつと考える。

4 事故分析と考察

(1) 事故分析の概要

対策を実施した東京都内の61交差点において、対策前後の人身事故発生件数を調査した。

調査期間は、対策前が対策実施年度の前年度1年間、対策後が対策実施年度の次年度1年間である。

調査内容は、時差短縮側の右折車と時差延長側の直進車との右折直進事故件数及び、その反対方向の時差延長側の右折車と時差短縮側の直進車の右折直進事故件数である。前者は、本研究で改善対象とした事象であり対策の直接的な効果を評価するものである。後者は、対策実施後、対策前に時差延長により右折していた車両の安全性に変化がないかとの観点から、対策の副次的な影響を評価するものである。

なお、対策前後において交差点改良や車線構成の変更などの管制対策以外の改善は行われていない。

(2) 調査結果と考察

これら事故分析の結果を表2に示す。

表2より、本研究で改善対象とした時差短縮側の右折車と時差延長側の直進車との右折直進事故をみると、対策前の事故件数は合計11件であった。これが、危険な時差をなくした対策後は合計2件となった。これについて、カイ自乗検定を行ったところ、有意水

準5%で帰無仮説を棄却できるとの結果を得たことから、5%の有意水準で対策の実施が時差短縮側の右折車と時差延長側の直進車との右折直進事故の減少に寄与していると言える。

なお、対策後の2件の事故は、いずれも、把握している事故発生状況から、双方向青丸信号表示中の事故であると判断され、右折禁止

規制・別出し・時差付右直分離を除き、右折車が対向車のギャップ判断を誤まることによって、一般に起こり得る右折直進事故であったと考えられる。

表2より、改善対象の反対方向となる時差延長側の右折車と時差短縮側の直進車との右折直進事故をみると、一般的に右折需要が多いこの方向は、事故件数も多く、対策前は合計23件であった。これが、対策後は合計19件に若干減少傾向を示した。

これを詳細にみると、時差延長側に右折矢印信号灯が設置された「双方向右折矢」と「片方向右折矢」の対策では、対策前計18件から対策後計11件に減少している。これは、青丸灯器のみで時差制御されていた対策前は、時差延長側の右折車には対向する時差短縮側の信号灯器が青か赤かの判断がつきにくく、対向直進車が減速行為をとると、時差現示になり対向する信号灯器が赤になったと誤解して右折してしまい、対向する直進車と事故を起こす危険性があった。しかし、対策後は青丸灯器による時差延長が右折矢印灯器に代わったため、現示の切りかわりが明確になり、その様な誤解が軽減された可能性があると考えられる。

一方、「時差廃止」の対策では、対策前5件から、対策後8件に増加している。これは、対策前に時差延長により安全に右折できていた車両が、時差廃止により無理に右折をせざるを得ない状況になっている可能性があると考えられる。従って、隣接信号交差点との系統調整やクリアランス時間の調整などの2次的な対策、さらには対策手法の変更見直しなどにより、改善を図っていく必要があると考えられる。

5. まとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究は、時差式信号機の安全性向上のために、ドライバーが分かりやすく、危険性のある信号制御を改善するための対策手法を明示し、その対策効果を評価することを目的として行ったものである。

表2 対策前後の人身事故件数

	旧現示で時差短縮側の右折車 と時差延長側の直進車の事故		旧現示で時差延長側の右折車 と時差短縮側の直進車の事故	
	対策前	対策後	対策前	対策後
②双方向右折矢	2	0	1	1
③片方向右折矢	2	2	17	10
④時差廃止	6	0	5	8
⑤別出し	0	0	0	0
⑥先出し時差	1	0	0	0
合 計	11	2	23	19

その結果、実際の運用面での検討を行い、信号制御の実効性のある具体的な対策種別を明示した。また、東京都内において実際にこれらの対策を実施することにより、事故の発生を減少することができることを示した。

(2) 今後の課題

様々な交通流に対応した信号制御が求められる中で、時差式信号機の果たす役割が大きいことは事実であるが、以上の結果をふまえ、今後は、本研究で取りあげた事象の安全性の問題を認識し、特定の場合において、時差式信号の運用には十分注意を払う必要があることをあらためて喚起していく必要があると考えている。そして、まだ多くの県で残存している、本研究で対象とした危険性が含まれている時差式信号交差点について改善を進めていく必要があると考えている。

また、現在、我が国の代表的な信号マニュアル³⁾には、本研究で取りあげた錯綜事象を引き起こしかねない時差現示の組合せが一部において記載されてしまっているが、今後は、多くの対策担当者が安全性の問題点を見逃すことの無いよう、記載を改める必要があると考えている。

補注

- *1 我が国では、過去、一部の交差点において矢印信号を併用しない青信号のみによる先出し時差が行われていたため、後発側の信号が青になった時に、先発方向からの右折車と後発方向からの直進車の事故が発生していたことから、基本的に先出し時差をやめた経緯がある。このような経緯もあり、我が国において、先出し時差は一般的な時差制御となっていない。海外では、上記のような事故を避けるため交通流線を分離した上で、先出し時差を行っている国もあり⁴⁾、海外の例を含めると先出し時差は必ずしも特殊な制御とはなっていない。

参考文献

- 1) 交通工学研究会編：平面交差の計画と設計－基礎編一，1993.
- 2) 宮田晋，本間正勝，加藤優子：交通の安全と円滑性を考慮した時差式信号機の対策について，第20回交通工学研究発表会論文報告集，pp.9～12，2000.
- 3) 例えば、交通工学研究会編：交通信号の手引き，pp.22，1994.
- 4) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2000.

時差式信号制御の安全性向上に関する研究*

本間正勝**・宮田晋***

本研究は、時差式信号機の安全性向上のために、分かりにくく、危険性のある特定の時差式信号制御を改善するための対策手法を明示し、その対策効果を評価することを目的とした。

実際の運用面での検討を行った結果、危険性のある時差式信号制御の代替となる信号制御について、実効性のある具体的な対策種別を明示した。東京都内において、危険性のある時差式信号の全廃を目指し、実際にこれらの対策を2ヶ年に渡り計61交差点で実施した。これらの交差点について対策前後の人身事故発生件数について分析を行った結果、対策が事故の減少に寄与することを明らかにした。

Study on the Improvement of Safety at Signalized Intersections with a Lagging Green Phase*

By Masakatsu HONMA**・Susumu MIYATA***

The purpose of this study is to specify countermeasures in order to improve safety at signalized intersections with a lagging green phase and to evaluate the effectiveness of these countermeasures.

From the viewpoint of practical use, concrete countermeasures as an alternative to lagging signal control were indicated clearly. During the last two fiscal years, these countermeasures were actually implemented at 61 intersections in the Tokyo Metropolitan area. Before and after countermeasures, we analyzed the annual number of injury accidents at intersections where measures were carried out. As a result, it was shown that these countermeasures contributed to the decrease in the number of accident.
