

クリアランス時間の適正化に伴う車両挙動の変化に関する研究

A Study on Vehicle Behavior relating to the Optimization of Clearance Time

指導教授 高田 邦道

M4014 小貝 真史

1. はじめに

警察庁の交通統計¹⁾によると、平成16年度のがわ国における交通事故件数のうち、交差点およびその付近での交通事故は約6割を占めている。さらにその交差点での交通事故のうち、追突事故、出会い頭事故、および右直事故が約8割を占めている。これらの事故に対する対策として、クリアランス時間（黄時間+全赤時間）の適切な設定が挙げられる。通常クリアランス時間の設定は「黄時間は車両の接近速度に応じて設定し、全赤時間は車両の接近速度と停止線間距離（交差点の大きさ）に応じて設定する²⁾」のが理想とされている。しかしながら、クリアランス時間の適正化に伴う車両挙動についての知見は少なく、大半の都道府県³⁾は黄時間を独自に一律の値で設定している場合が多いことが問題となっている。

また、過去に行われてきたクリアランス時間に関する研究は、全赤時間を対象としたものがほとんどである。黄時間については、黄時間を変化した場合の車両挙動について、定量的に分析を行った研究はほとんどないため、実務上黄時間を適正化することが敬遠されているのが現状である。

そこで本研究では、同一交差点および同一路線上で黄時間の異なる場合、車両挙動にどのような違いがあるのかについて比較を行い、適切な黄時間を与えた時、車両挙動にどのような効果をもたらすのかについて分析を行う。その結果を用いて、車両挙動から見た最適な黄時間の設定による安全性の検討を行い、適正な黄時間を設定することの重要性を明らかにすることを目的とする。

2. 調査概要

(1) 同一交差点で黄時間変更による車両挙動調査

調査は図1に示すように、首都圏の幹線国道A交差点の1流入部を対象に実施した。事前での黄時間は3秒で設定されていたが、調査結果では車両の接近速度が平均60km/h以上で、停止線間距離は35.0mであったため、表1に示すように、黄時間は4秒が望ましいと考えられる。そこで、事後のクリアランス時間は事前の黄時間を1秒延長させ4秒に設定し、全赤時

間は現行通り3秒として調査を行った。なお、調査対象流入部には黄信号と全赤信号の間に対向右折矢が6秒設けられている。

調査時間は早朝4時~6時、朝ピーク6時10分~8時10分、昼10時~12時の各2時間、合計6時間とした。調査では、対象交差点にVTRカメラを停止線付近および、停止線上流0~150mの各地点に複数設置し、車両挙動および信号現示を撮影した。

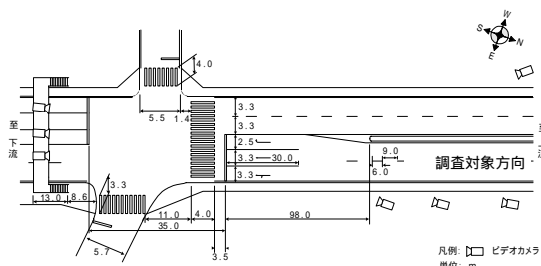


図1 交差点現況図

表1 クリアランス時間の標準値²⁾

停止線間距離 (m)	20			30			40			
	速度 (km/h)	黄	全赤	合計	黄	全赤	合計	黄	全赤	合計
30	30	3	2	5	3	3	6	3	4	7
40	40	3	2	5	3	3	6	3	3	6
50	50	3	2	5	3	3	6	3	3	6
60	60	4	1	5	4	2	6	4	2	6
70	70	4	1	5	4	2	6	4	2	6

単位: m

(2) 同一路線上で黄時間の異なる交差点における車両挙動調査

調査は図2、表2に示すように、国道14号のJR亀戸駅前に設置されている黄時間3秒の交差点を2地点、黄時間4秒の交差点を1地点の合計3交差点を対象に実施した。調査時間は朝7~9時、昼9時10分~11時10分の各2時間、合計4時間とした。調査方法は対象交差点の停止線付近にVTRカメラを設置し、車両挙動および信号現示を撮影する。



図2 交差点配置図

表2 クリアランス時間と停止線間距離

	接近速度 (km/h)	停止線間距離 (m)	黄時間 (秒)	
			現行	最適値
亀戸6	48.1	20.1	3	3
亀戸7東	50.7	41.1	4	3
亀戸9	50.2	35.1	3	3

3. 解析結果

解析対象車両は、車両挙動に大きな違いが表れる通過最後尾車両（信号切り替わりの際、最後に停止線を通過する車両）と、停止先頭車両（信号切り替わりの際、先頭で停止線に停止する車両）とする。なお、本稿で扱う解析時間は各調査時間を合計した時間とする。

(1) 同一交差点で黄時間変更による車両挙動調査

1) 通過最後尾車両が停止線を通過した時刻

流入側停止線の停止線通過時刻は図 3、流入側停止線の停止線通過時刻は図 4 に示すとおりである。

通過最後尾車両が停止線を通過した時刻は、黄信号開始時を基点として、赤 + 右折矢以降に流入側停止線を通過した車両（信号無視車両）は、事前では全体の約 35% であるのに対して、事後では約 23% と約 12% 減少している。また、図 4 に示す赤 + 右折矢以降に流出側停止線を通過（交差点をクリア）する車両は、事前が約 78% に対して事後は約 68% と、約 10% 減少した。以上の結果、接近速度に見合った適切な黄時間を設定することにより、出会い頭事故および右直事故への危険性が軽減されると考えられる。

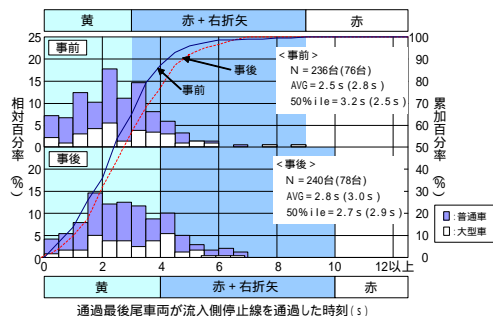


図 3 停止線通過時刻（流入側停止線）

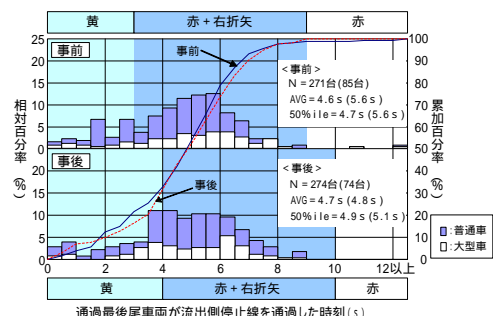


図 4 停止線通過時刻（流出側停止線）

2) 必要減速度

本研究における必要減速度とは、黄信号開始時の

接近速度と走行位置の関係から、通過最後尾車両が停止線で停止する場合に必要な減速度を指す。必要減速度の分布は図 - 5 に示すとおりである。

一般的に追突事故の原因であるとされている減速度 3.0 m/s^2 以上の車両は、事前の約 49% から事後の約 33% と、約 16% 低下している。平均値と 50 パーセンタイル値を見ると、両者共に約 0.5 m/s^2 低下している。以上の結果、適切な黄時間を設定することにより、より緩やかな減速度で安全に停止できる状況となるため、通過最後尾車両は通過するか停止するかを判断することが容易となる。

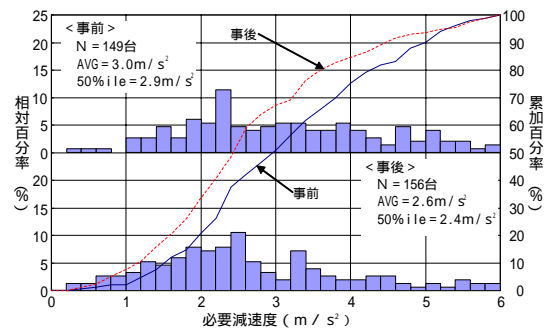


図 5 必要減速度

3) 停止時減速度

停止先頭車両の平均減速度の分布は図 - 6 に示すとおりである。事前事後での比較をすると、平均値と 50 パーセンタイル値は共に事後の方が若干低下している。また、追突事故の原因であるとされている減速度 3.0 m/s^2 以上の車両は、事前の約 17% から事後の約 4% へと大幅に減少している。以上の結果、接近速度に見合った適切な黄時間を設定することにより、無理なく減速できることを示しており、追突事故の危険性が軽減すると考えられる。

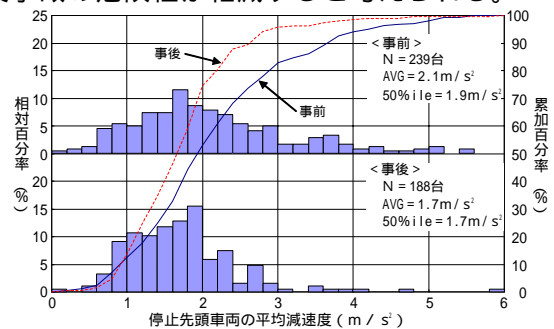


図 6 停止時減速度

4) 黄信号開始時の接近速度と走行位置の関係

黄信号開始時の接近速度と走行位置の関係は図 7 に示すように、停止線で安全に停止できるかどうかを表した曲線 X_1 と、安全に停止線を通過できるかどうかを表した直線 X_2 により危険領域が構成される。その領域はジレンマゾーン、オプションゾーンに分類される。黄信号開始時の接近速度と走行位置の関係は図 8、

危険車両の構成を表 3 に示すとおりである。

危険領域内の車両は事前の約 16.3% から事後の約 7.6% と、大幅に減少する結果となった。またゾーン別の構成を見ると、ジレンマゾーン内に存在している車両は完全に存在しなくなったが、一方でオプションゾーン内に存在する車両が増加する結果となった。その原因の1つとして、黄時間を1秒延長したことにより、直線 X_2 の傾きが緩やかになり、ジレンマゾーン内に存在していた車両がオプションゾーンへと移行したことが挙げられる。これにより、出会い頭事故および右直事故への危険性が低下する一方で、追突事故への危険性が增大するという問題が残された。

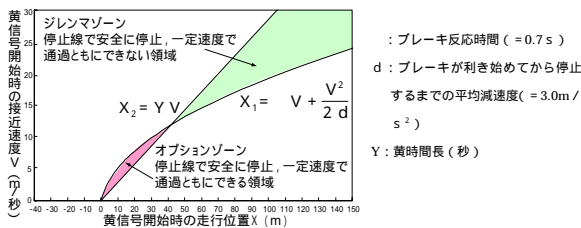


図 7 ジレンマゾーンとオプションゾーン

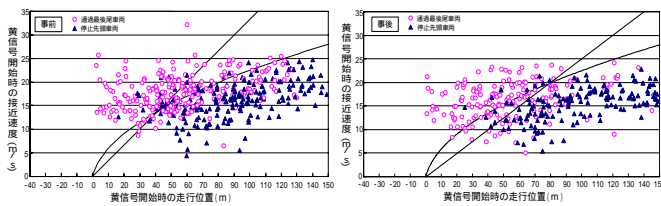


図 8 黄信号開始時の接近速度と走行位置の関係

表 3 危険車両の構成

	有効車両		危険領域		ジレンマゾーン		オプションゾーン	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後
通過最後尾車両	173	175	46 (26.6)	20 (11.4)	40 (23.1)	0 (0.0)	6 (3.5)	20 (11.4)
停止先頭車両	201	154	15 (7.5)	5 (3.2)	14 (7.0)	0 (0.0)	1 (0.5)	5 (3.2)
合計	374	329	61 (16.3)	25 (7.6)	54 (14.4)	0 (0.0)	7 (1.9)	25 (7.6)

単位: 台、カッコ内は構成率(%)

(2) 同一路線上で黄時間の異なる交差点における車両挙動調査

1) 通過最後尾車両が停止線を通過した時刻

表 1 と表 4 を照合して、最適黄時間の検討を行うと、黄時間の設定値は3交差点共に3秒が最適値となった。これにより、亀戸6丁目および亀戸9丁目交差点では現行の3秒が最適値となったが、亀戸7丁目東交差点では現行の4秒は最適値よりも1秒長い結果となった。

交差点別の通過最後尾車両の停止線通過時刻は図 9 ~ 図 11 に、現示別の割合は表 5 に示すとおりである。全赤信号以降に流入側停止線を通過した車両(信号無視車両)において、最適な黄時間が設定されている黄時間3秒の亀戸6丁目交差点は約 19.3%、亀戸9丁目交差点は約 16.9% となっている。一方、最適な黄

時間よりも1秒長く与えている黄時間4秒の亀戸7丁目東交差点は約 10.3% となっており、最適な黄時間が設定される交差点よりも、見かけ上信号無視が少ないことが分かる。したがって、必要以上の黄時間を与えた場合、信号無視は低下する結果となった。危険車両の詳細な分析については次節で述べる。

表 4 最適黄時間の検討

	接近速度 (km/h)	停止線間距離 (m)	黄時間(秒)	
			現行	最適値
亀戸6	48.1	20.1	3	3
亀戸7東	50.7	41.1	4	3
亀戸9	50.2	35.1	3	3

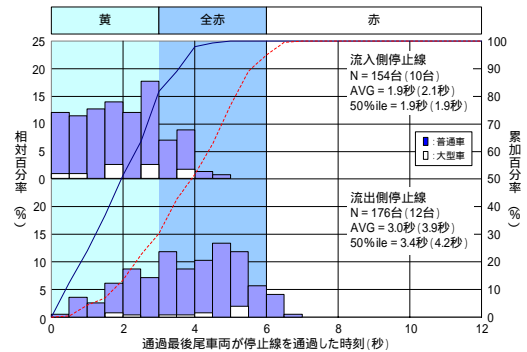


図 9 停止線通過時刻(亀戸6丁目)

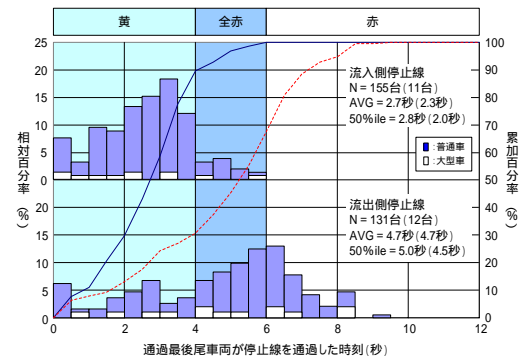


図 10 停止線通過時刻(亀戸7丁目東)

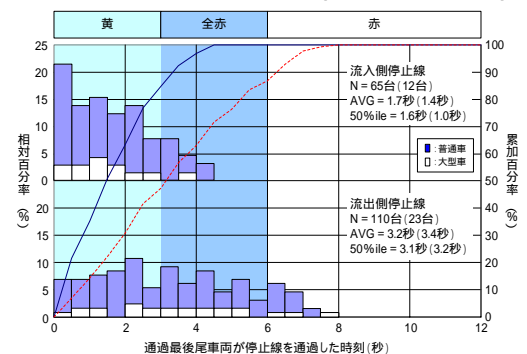


図 11 停止線通過時刻(亀戸9丁目)

表 5 停止線通過時刻の現示別割合

サンプル数 (台)	流入側	黄	全赤	赤	
		亀戸6	118	28	146
亀戸7東	139	16	155		
亀戸9	49	10	59		
流出側	亀戸6	56	120	176	
	亀戸7東	59	72	131	
	亀戸9	60	50	110	
相対百分率 (%)	流入側	亀戸6	80.7	19.3	0
		亀戸7東	89.7	10.3	0
		亀戸9	83.1	16.9	0
	流出側	亀戸6	30.3	64.9	4.9
		亀戸7東	30.6	37.3	32.1
		亀戸9	47.2	39.4	13.4

2)黄信号開始時の接近速度と走行位置

図 8、表 3 と同様に、黄信号開始時の接近速度と走行位置の関係は図 12～図 14、危険車両の構成は表 6 に示すとおりである。

各交差点の危険領域内車両を比較すると、適切な黄時間が設定されている亀戸 6 丁目および亀戸 9 丁目交差点では、危険車両が約 3 % と低い値となっている。一方、適切な黄時間よりも 1 秒長く与えている亀戸 7 丁目東交差点では危険車両が約 14 % と、適切な黄時間が設定されている交差点よりも、危険車両が約 10 % 多いことが分かる。また、ゾーン別の構成を見ると、適切な黄時間よりも 1 秒長く与えている亀戸 7 丁目東交差点は、適切な黄時間が設定されている亀戸 6 丁目および亀戸 9 丁目交差点よりも黄時間が 1 秒長いため、直線 X₂ の傾きが緩やかになり、ジレンマゾーンでの危険車両は全く存在しないが、一方でオプションゾーン内での危険車両が多く発生している結果となった。

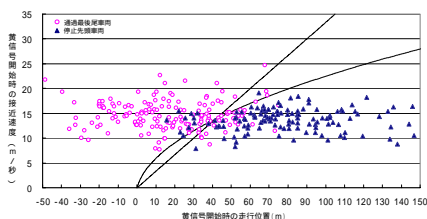


図 12 接近速度と走行位置の関係（亀戸 6）

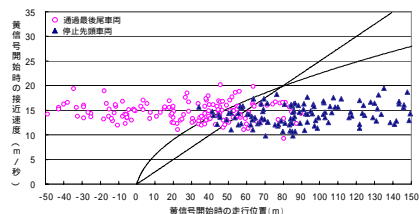


図 13 接近速度と走行位置の関係（亀戸 7 東）

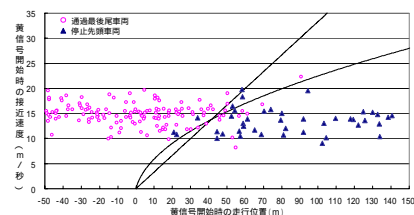


図 14 接近速度と走行位置の関係（亀戸 9）

表 6 危険車両の構成

		有効車両	危険領域	ジレンマゾーン	オプションゾーン
亀戸 6	通過最後尾車両	167	9 (5.4)	5 (3.0)	4 (2.4)
	停止先頭車両	129	2 (1.6)	1 (0.8)	1 (0.8)
	合計	296	11 (3.7)	6 (2.0)	5 (1.7)
亀戸 7 東	通過最後尾車両	155	27 (17.4)	0 (0.0)	27 (17.4)
	停止先頭車両	122	13 (10.7)	0 (0.0)	13 (10.7)
	合計	277	40 (14.4)	0 (0.0)	40 (14.4)
亀戸 9	通過最後尾車両	139	4 (2.9)	2 (1.4)	2 (1.4)
	停止先頭車両	42	2 (4.8)	2 (4.8)	0 (0.0)
	合計	181	6 (3.3)	4 (2.2)	2 (1.1)

単位：台、カッコ内は構成率（%）

4. 結論

(1) 同一交差点で黄時間変更による車両挙動調査

黄時間を 1 秒延長させ、接近速度に見合った適正な値にすることにより、通過最後尾車両の信号無視が減少し、停止先頭車両の急減速が減少し、さらに危険領域(ジレンマゾーン)内の車両が大幅に減少するため、交差点で発生する追突事故および出会い頭事故、右直事故を大幅に減少する可能性が示された。その一方で、オプションゾーン内での危険車両が増加するという問題を解消する必要がある。

(2) 同一路線上で黄時間の異なる交差点における車両挙動調査

適切な黄時間が設定されている交差点と、適切な黄時間より 1 秒多く与えている交差点を比較すると、1 秒多く与えている交差点は適切な黄時間が設定されている交差点よりも、信号無視車両が見かけ上少ないが、危険領域(オプションゾーン)内の車両が多く発生する結果となった。したがって、適切な黄時間の設定が交差点内での交通事故の軽減に繋がると言える。

(3) まとめと今後の課題

以上の黄時間に関わる 2 つの車両挙動調査より、交差点での危険車両を軽減することが可能となり、適切な黄時間の設定が交通事故抑制に効果的であることが示された。実務上で交差点での追突事故、出会い頭事故、および右直事故を効果的に減少させる際は、比較的安価にできる黄時間の見直しを実施し、さらに、オプションゾーン内の危険車両を減少させる施策として「ジレンマ抑止制御」の導入という 2 段階の対策がより効果的である。

今後の課題として、交通量レベルや接近速度、交差点の形状等、本調査地点の道路条件・交通条件と異なる場合での信号交差点の車両挙動について調査・分析を行う必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、細部に渡りご指導いただきました安井一彦専任講師、日本大学総合科学研究所森田緯之教授には深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 財団法人 交通事故総合分析センター：交通統計 平成 16 年度版、2005 年 4 月。
- 2) 社団法人 交通工学研究会：改訂 平面交差の計画と設計 基礎編、2002 年 7 月。
- 3) 財団法人 日本交通管理技術協会：信号交差点における全赤時間等に関する調査研究報告書、1992 年。