

# 車両挙動からみたインターグリーンタイムの適正化に関する研究

## A Study on Propriety of Intergreen Time on Vehicle Behavior

指導教授 高田 邦道

M5012 木村 純司

### 1. 研究の背景と目的

わが国の車両相互の交通事故発生状況を事故類型別にみると、出会い頭事故と追突事故が約半数以上<sup>1)</sup>を占めている。これらの事故を削減するためにも、各交差点においてインターグリーンタイム（＝黄時間＋全赤時間）の適正化が求められている。そこで、黄時間と全赤時間の既往研究をみると、黄時間は適切な黄時間と車両挙動に関する研究<sup>2)</sup>は行われているが、全赤時間に関しては未だ不十分であるといえる。

さらに、日本では直進車を対象に交差点の停止線間距離を速度で除することで全赤時間を設定するが、右左折車は直進車とは異なる車両挙動を示すため、右左折車も考慮すべきである。ドイツ<sup>3)</sup>では右左折車も含めて対象現示の最後尾車と次現示の先頭車との交錯点における通過時間差を考慮して設定している。

そこで本研究では、車両挙動より日本の方式の問題点を明確にするとともに、ドイツの方式の日本への導入の可能性を検討することでインターグリーンタイムの適正化に迫ることを目的とする。

### 2. 日本と諸外国の設定方式比較

#### (1) 日本の方式

日本における全赤時間の計算式を式(1)に示す。式中の $AR$ は全赤時間(秒)、 $W$ は停止線間距離(m)、 $V$ は接近速度(m/秒)を示す。

$$AR = \frac{W}{V} \quad (1)$$

#### (2) 諸外国の方式

アメリカは日本の方式に“車長”を加えた方式、イギリスは固定秒数を採用し、ドイツとオーストラリアはコンフリクトポイントに着目した方式である。ドイツは、①対象現示と次現示のコンフリクトポイントでの通過時間差より算出する、②全交錯パターンを考慮することが特徴としてあげられる。ドイツの方式の算出式を式(2)に示す。図および式中の $t_r$ (秒)は直進車を10m/秒(36km/時)、右左折車を7m/秒(25.2km/時)として算出する。また、 $t_e$ (秒)は、全車両を40km/時とし、発進遅れはゼロとして算出する。

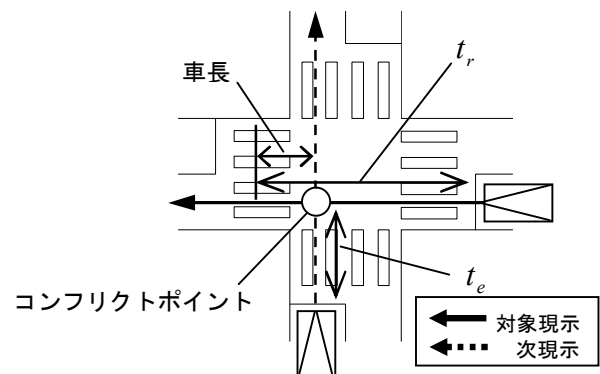


図-1 ドイツの方式の概念図

$$AR = t_r - t_e \quad (2)$$

ここに、

$AR$  : 全赤時間 (秒)

$t_r$  : 対象現示車両の“停止線～コンフリクトポイント+車長”間の通過時間(秒)

$t_e$  : 次現示車両の“停止線～コンフリクトポイント”間の通過時間(秒)

以上より、ドイツの方式は対象現示の最後尾車両と次現示の先頭車両の通過時間差を全赤時間とする方式である。また、一定の速度を用い、発進遅れは考慮しない。さらに全交錯パターンを考慮しているため、適切な全赤時間の設定が可能であると考えられる。

### 3. 調査概要

車両挙動の実態を分析するため交差点にて調査・解析を行った。さらに、交差点の大小で車両挙動は異なるため、小交差点・大交差点を各1地点ずつ選定した。

#### (1) 小交差点(習志野台3丁目交差点)

表-1は小交差点の信号階梯を、図-2は現況を示したものである。主従道路とも片側1車線で、歩車分離式の交差点である。STEP3は車両と車両、STEP6は車両と歩行者の交錯のみの全赤時間の設定となる。

表-1 信号階梯図(小交差点)

STEP	第1現示			第2現示			第3現示		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
流入部①③	[Green bar]			[Green bar]			[Green bar]		
流入部②④	[Red bar]			[Red bar]			[Red bar]		
歩行者	[Red bar]			[Red bar]			[Green bar]		
時間長(秒)	23	3	2	30	3	2	21	3	3
概略図	[Diagram: Green arrow, Red arrow, Full red]			[Diagram: Green arrow, Red arrow, Full red]			[Diagram: Full red]		

サイクル長 = 90 秒

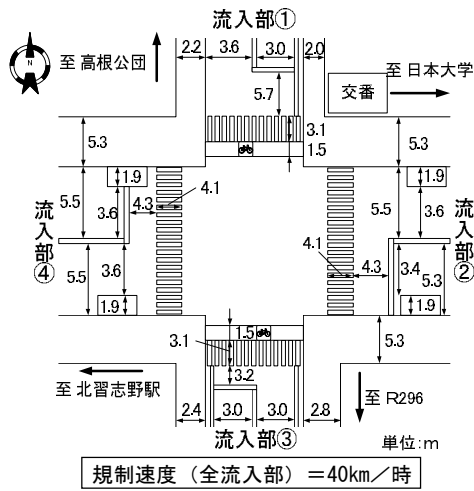


図-2 現況図 (小交差点)

(2) 大交差点 (村上団地入口交差点)

表-2は大交差点の信号階梯を、図-3は現況を示したものである。幹線道路が交差する大規模な交差点で、主従道路に右折専用青矢印が設けられている。

表-2 信号階梯図 (大交差点)

STEP	第1現示			第2現示			第3現示			第4現示		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
流入部②④横断 歩行者	[Green]			[Red]			[Red]			[Red]		
流入部①③車両	[Red]			[Green]			[Red]			[Red]		
流入部①③横断 歩行者	[Red]			[Red]			[Green]			[Red]		
流入部②④車両	[Red]			[Red]			[Red]			[Green]		
設定秒数	80	5	2	3	10	3	3	28	5	2	3	10
概略図	[Diagram]			[Diagram]			[Diagram]			[Diagram]		

サイクル長 = 160 秒

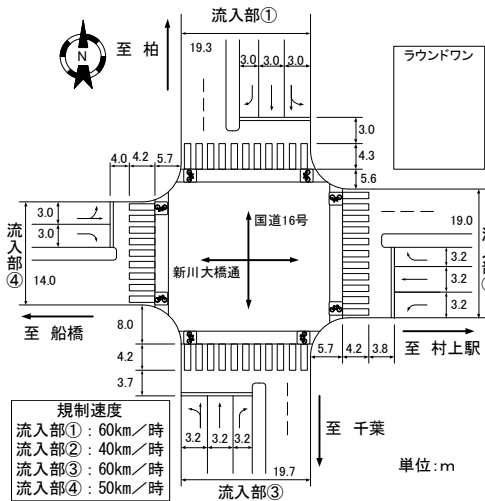


図-3 現況図 (大交差点)

4. 解析結果

(1) 発進遅れ

表-3は両交差点の発進遅れの解析結果である。ドイツでは発進遅れを0としているが、実際の交通流では両交差点の平均値で約2秒、15パーセンタイル値で約0.3~2秒弱となった。右折車の15パーセンタイル値は小交差点で約1秒、大交差点で約1.7秒となり、

大交差点の方が大きくなった。直進車の15パーセンタイル値をみると小交差点は約1秒、大交差点は約0.3~0.5秒となり、小交差点の方が大きくなった。

表-3 発進遅れ

	小交差点			大交差点		
	左折	直進	右折	左折	直進	右折
平均値 (秒)	1.95	2.06	2.37	2.32	1.72	1.63
15パーセンタイル値 (秒)	0.63	1.01	1.02	0.84	0.54	0.35
サンプル数 (台)	258	943	127	189	356	409

(2) 通過速度

1) 小交差点 (習志野台3丁目交差点)

表-4は最後尾車両と先頭車両の通過速度である。最後尾の直進車の平均値は約30~35km/時、右左折車は約20km/時となり、先頭の直進車の平均値は約20km/時、右左折車は約10~15km/時となった。ドイツで用いる速度と比べると、最後尾車では実勢速度の平均値の方が約5km/時、先頭車では約20km/時以上遅い。さらに、右折車が最も遅く、次いで左折車が遅いため、右左折車が直進車より遅く交差点を通過する。全赤時間は右左折車を考慮する必要があると考えられる。

表-4 小交差点における通過速度

	左折車				直進車				右折車			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
流入部	23.3	23.9	22.6	22.6	33.2	35.0	29.7	33.3	21.2	19.9	22.3	19.1
最後尾	33.5	35.5	33.1	33.3	93.9	99.3	65.4	60.8	30.4	31.2	51.2	29.3
先頭	10.2	14.5	13.3	14.3	14.9	15.8	10.4	14.3	11.2	10.7	12.8	11.3
15パーセンタイル値	19.6	19.5	17.8	19.3	23.7	26.2	20.7	25.1	17.0	14.2	16.6	13.1
平均値	15.0	14.6	12.7	12.4	18.4	19.4	16.3	16.0	12.6	10.6	10.9	12.7
最大値	19.3	22.8	18.2	19.3	28.0	32.1	28.9	40.7	24.7	23.1	21.5	21.5
最小値	10.7	8.4	8.3	7.2	6.9	9.6	4.0	0.2	3.1	5.4	2.5	6.6
85パーセンタイル値	16.9	17.3	14.9	14.3	21.7	23.9	20.0	19.4	18.0	14.8	15.7	16.8

単位: km/時

2) 大交差点 (村上団地入口交差点)

表-5は最後尾車両と先頭車両の通過速度を示したものである。最後尾直進車の平均値は約40km/時、右左折車は約20~25km/時となった。また、先頭直進車の平均値は約20km/時、右左折車は約10~15km/時となった。ドイツで用いる速度と比べると、実勢速度の平均値での最後尾直進車は約5km/時速く、右左折車はほぼ同等または若干遅いとわかった。先頭車では、実勢速度の平均値の方が20km/時以上遅い。さらに、最後尾車両の右左折車はほぼ同じ速度であるが、先頭車は右折車より左折車が約2~10km/時遅くなった。

表-5 大交差点における通過速度

	左折車				直進車				右折車			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
流入部	22.0	18.5	27.2	21.5	44.8	43.0	36.1	51.4	29.9	51.2	23.3	25.1
最後尾	29.1	30.0	40.6	29.1	75.6	69.9	60.2	74.3	47.8	67.2	36.4	39.2
先頭	12.5	10.2	17.3	13.7	19.3	27.5	19.5	21.6	19.7	28.8	14.8	17.8
15パーセンタイル値	17.4	12.7	20.8	18.8	36.9	35.1	30.8	44.2	25.6	42.9	18.2	19.8
平均値	9.4	6.5	15.0	8.8	19.8	20.7	8.8	19.8	18.4	21.0	15.8	15.6
最大値	13.2	16.8	28.7	16.5	32.7	33.3	16.5	30.3	35.2	38.7	21.2	32.5
最小値	4.0	2.1	5.0	2.9	6.7	13.5	2.9	7.8	8.8	11.6	9.3	7.9
85パーセンタイル値	13.0	10.0	20.3	13.1	23.4	24.5	13.1	24.2	20.4	24.5	18.6	19.5

単位: km/時

5. 日本の方式での全赤時間の試算

右左折車も対象に停止線間距離を用いて全赤時間を

算出した。速度は規制速度、平均速度、15パーセント速度、85パーセント速度の4種類で行った。なお、以後大交差点における全赤時間の試算は右折専用青矢現示がない標準2現示と仮定し、検討を行った。

(1) 小交差点 (習志野台3丁目交差点)

図-4に示したように、規制速度では直進車は2.9秒、右左折車は約3.0秒が最大となった。規制速度以外の速度では全流入部で右折車が最大となり、規制速度よりも全赤時間は大幅に上回っている。

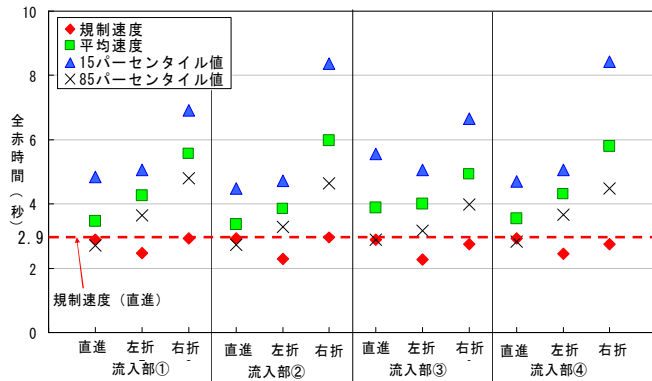


図-4 日本の方式による全赤時間 (小交差点)

(2) 大交差点 (村上団地入口交差点)

図-5に示したように、規制速度では3.8秒となり、平均速度では右左折車で4秒を上回った。全流入部で右折車は約5~6秒ととなり、小交差点と同様に右折車が最大となった。規制速度を用いる際は直進車と右左折車はほぼ同等の値となるが、実勢速度を用いる際は右折車で約6~8秒の全赤時間が必要となる。

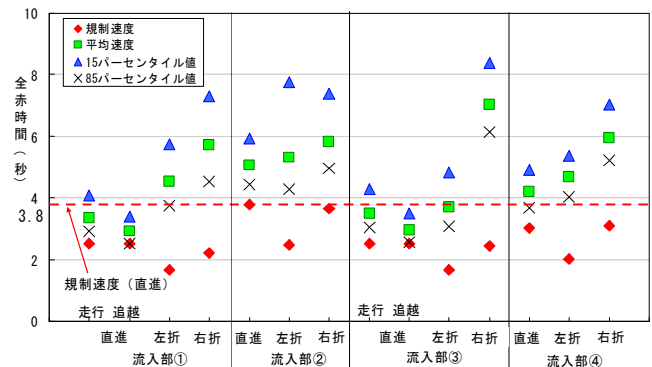


図-5 日本の方式による全赤時間 (大交差点)

6. ドイツの方式での全赤時間の試算 (規定値)

ドイツの方式をマニュアルの規定値通りに各交錯パターンで全赤時間を算出した。図-6は小交差点の算出結果を、図-7は大交差点の算出結果を示したものである。また、図中の値は各流入部で全赤時間を算出した結果の最大値を示した。なお、大交差点は歩車分離式でないため交錯パターン⑫と⑬は存在しない。

図-6より小交差点の第1現示 (車両と車両) の全赤時間は約2秒となり、規制速度による日本の方式の算出結果である約3秒より短くなった。第2現示 (車両と歩行者) の全赤時間は約3秒となり、規制速度による日本の方式と同等の値となった。また、図-7より大交差点は2現示とも約3秒となり、規制速度による日本の方式の算出結果である約4秒より短くなった。

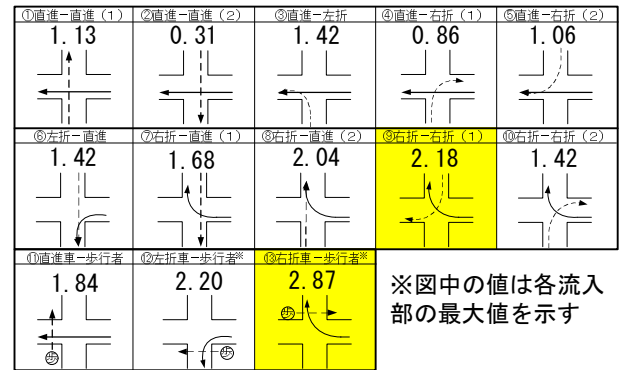


図-6 規定値でのドイツの方式の結果 (小交差点)

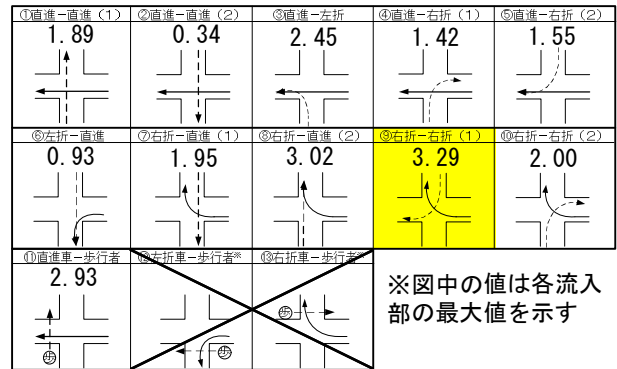


図-7 規定値でのドイツの方式の結果 (大交差点)

7. ドイツの方式での全赤時間の試算 (実測値)

ドイツの方式の導入にあたり、より安全性を確保するため、①最後尾車両の通過時間を85パーセント値、②先頭車両の通過時間を15パーセント値、③発進遅れを0秒とした。図-8は小交差点の算出結果を、図-9は大交差点の算出結果を示したものである。図-8より、小交差点の第1現示 (車両と車両) の全赤時間は約3秒となり、ドイツの方式 (規定値) より約1秒長くなった。また、第2現示 (車両と歩行者) の全赤時間は約8秒となり、ドイツの方式 (規定値) より約5秒長くなった。さらに、図-9より、大交差点の全赤時間は2現示とも約5秒となり、ドイツの方式 (規定値) より約2秒長くなった。しかし、歩車分離式のように歩行者を考慮しないとすると3.29秒となり、ドイツの方式 (規定値) と同じ値となった。さらに、右折禁止などで対象現示最後尾車の右折車が存在しない場合、2秒未満に収まることわかった。

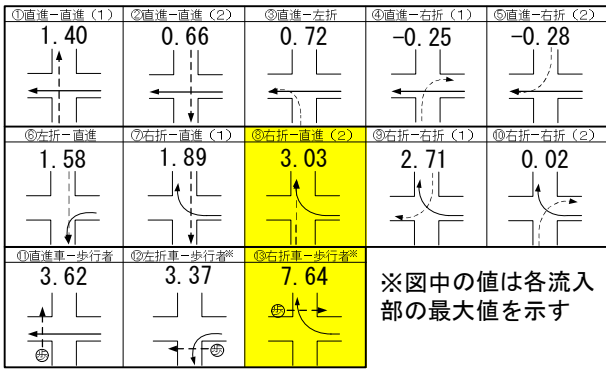


図-8 実測値でのドイツの方式の結果(小交差点)

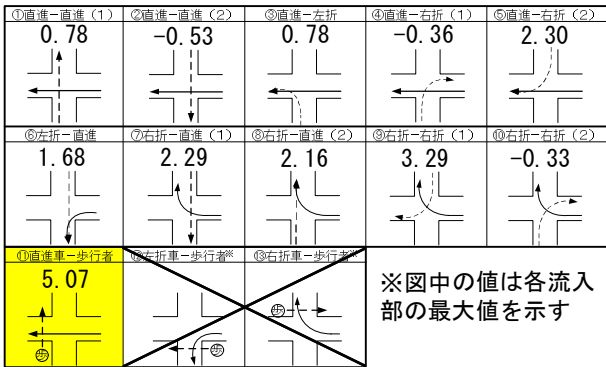


図-9 実測値でのドイツの方式の結果(大交差点)

### 8. 適正な全赤時間およびその効果の検討

図-10 に日本の方式とドイツの方式の算出結果をまとめ、安全性を確保した上での最小の全赤時間となるよう、全赤時間適正化の検討を行った。標準2現示の小交差点で、直進車対象の日本の方式(実測値)は約5.5秒、右左折車も考慮すると8.4秒となった。ドイツの方式(実測値)は約3.6秒となり、実測値の日本の方式より短くなった。標準2現示の大交差点で、直進車対象の日本の方式(実測値)は約5.9秒、右左折車を考慮すると約8.4秒となった。ドイツの方式(実測値)は約5秒となり、日本の方式より短くなった。

歩車分離式の大交差点でドイツの方式(実測値)は日本の方式(規制速度)より約0.5秒下回った。ドイツの方式(実測値)は歩車分離式の大交差点で、現在の日本の方式より短い全赤時間となることがわかった。

発進遅れを考慮すると、歩行者との交錯を除くことができる歩車分離式で全赤時間を約1秒短縮できる。

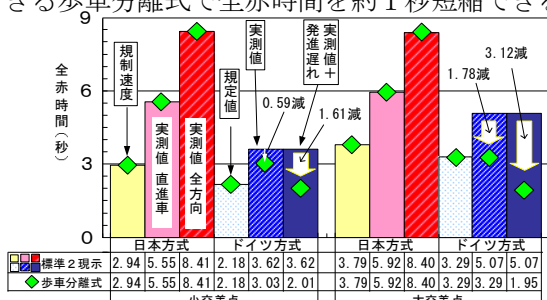


図-10 日本の方式とドイツの方式の比較

### 9. 結論

本研究における結論を以下にあげる。

- ① 日本の方式で実勢速度を用いると大きな全赤時間となり、さらに右左折車も考慮すると非常に大きな全赤時間となる。これは損失時間の増大となり、円滑性の大幅な低下につながるため実用的ではない。
- ② ドイツの方式は車両と歩行者の全交錯で全赤時間を設定するため合理的である。しかし、設定に用いる速度や発進遅れはわが国に即した値を用いるべきである。その結果、標準2現示交差点で実測値によるドイツの方式は日本の方式(規制速度)より若干長い全赤時間となった。しかし、車両と歩行者が最もクリティカルな交錯となるため、車両と歩行者の交錯がない歩車分離式では全赤時間をさらに短くできる。1秒でも短縮することで最適サイクル長は数十秒もの短縮が可能であり、歩車分離式交差点の問題点として指摘されているサイクル長の増大を抑えられる可能性が高い。
- ③ 黄時間と全赤時間はともに車両の速度に影響されるため、各サイクルの最後尾車両に見合った黄時間および全赤時間が必要である。

日本の方式は右左折車を考慮した場合にはさらに長い全赤時間となり現実的ではない。それに対し、実測値を用いたドイツの方式は全赤時間を短く抑えられ、信号を遵守していれば出会い頭事故は発生しないため、安全性と円滑性の両面で現実的であることから、導入の可能性が高い。

近年では、車両速度の自動計測技術が発達してきているため、毎サイクルの最後尾車両に見合った全赤時間の提供の可能性が高い。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、細部に渡りご指導頂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 綽之教授に深く感謝致します。また様々なご助言を賜りました東京大学生産技術研究所桑原雅夫教授並びに同研究室の皆様にも厚く御礼申し上げます。

### 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、2005年4月
- 2) 社団法人 交通工学研究会：交通工学 vol.41 No.2, PP.10-17
- 3) ROAD AND TRANSPORTATION RESEARCH ASSOCIATION: Guide-lines for Traffic Signals-RiLSA, Edition 1992 translation 2003