

信号交差点における右折交通容量算出方法に関する一考察*

A Study on Methods for Determining Right-Turn Capacity at Signalized Intersections

森 健二**、 斎藤 威***

By Kenji MORI, Takeshi SAITO

The purpose of the study is to discuss the gap-acceptance characteristics of right-turning vehicles, aiming at developing a new method for precisely determining right-turn capacity.

Here the focus is placed on finding out the differences of gap-acceptance characteristics by time references from the beginning of green phase in addition to the value of right-turn saturation flow rate.

The main findings revealed from analyzing the data, on the behaviors of right-turning and opposing straight through vehicles taken at an intersection in Tokyo with video camera, are summarized as follows.

- (1) The lengths of accepted gaps are different by the type of vehicle forming the gaps and the time reference from the beginning of green phase, and whether the opposing left-turning vehicles exist or not.
- (2) The time headways of right-turning vehicles under saturated condition are about 3.0 second in the first half of green phase, and they decrease to about 2.5 second with the green time elapsed. This tendency may occur because the right-turning paths shift to the inside with the number of vehicles discharged.
- (3) As the saturation flow rate of right-turning lane, the value of 1,500 veh./effective green hour may be reasonable for actual purpose.

1. 研究の背景と目的

交差点の右折処理方法は、道路条件や交通需要により異なり、様々な方法が用いられている。一般に、右折と対向直進交通の需要が多い場合には、それらを分離して捌くために右折矢印現示を設けている。その際には、矢印を設ける基準や矢印現示の長さ、さらには青丸表示中の右折の可否や右折感応制御の導入に関する判断が必要になる。それには右折交通容量の算出が必要となる。しかし、現状における算出方法は、きめ細かな右折処理方法の検討には十分な精度とはいえない。そのため、各現場で蓄積された経験に基づいた信号制御が行われているのが現状であり、十分なデータにより裏付けられた運用基準

の確立が望まれている。

そこで本研究では、矢印現示採用に伴う諸判断のきめてとなる青丸表示中の右折車の処理効率に着目する。そして、右折交通容量のよりきめ細かな算出方法を確立することを意図して、右折処理効率に影響する交通状況について整理し、現在用いられている右折交通容量の算定方式の妥当性について検討することを目的とする。

2. 研究の考え方

(1) 青丸表示中の右折車線の交通容量算出方法

a) 算出方式の概要

青丸表示中は右折車は対向直進車の間隙を利用して右折する。そのため、右折車線の交通容量は同じ現示の対向直進交通流率に依存する。したがって、その影響のみを考慮した交通容量は実1時間値として(1)式の様に求めることとしている⁽¹⁾。

$$C_{rs} = \tau \cdot f \cdot S_{rs} \dots (1)$$

*キーワード: 信号交差点、右折交通容量

**正会員 警察庁科学警察研究所交通規制研究室

*** 警察庁科学警察研究所交通規制研究室長

(〒102 千代田区三番町6)

ここで、 C_{rs} ：青丸表示中の右折車線の交通容量
(台/実1時間)

S_{rs} ：右折車線の飽和交通流率の基本値
(台/青1時間)

なお、 τ と f は以下に示す補正值である。

b) 補正係数 τ

τ は右折可能とする時間が実1時間中に占める割合であり、(2)式で示される⁽¹⁾。

$$\tau = \frac{GS - Cq}{C(S - q)} \dots\dots (2)$$

ここで、 C ：信号のサイクル長(秒)

G ：有効青時間長(秒)

S ：対向直進車線の飽和交通流率の
基本値(台/青1時間)

q ：対向直進車の需要交通流率
(台/青1時間)

この考え方は、青丸現示が1時間中に占める割合を基本としている。さらに、待ち行列を形成していた対向直進車の通過中は右折できないとしている。すなわち右折可能な状況とは、青丸表示中で、かつ待ち行列を形成していた対向直進車が捌けた後と解釈されている。

c) 補正係数 f

f は、右折可能な時間においても対向直進車優先のため、飽和量 S_{rs} (台/青1時間) に相当する右折捌け量が期待できないことを示す補正值であり、(3)式で示される⁽²⁾。以下この値を単に f 値と称す。

$$f = \frac{e^{-\alpha \lambda}}{1 - e^{-\beta \lambda}} \cdot \beta \cdot \lambda \dots\dots (3)$$

ここで、 λ ：対向直進交通流率(台/秒)

α ：右折車が対向直進車の間隙を利用して右折する際の臨界ギャップ(秒)

β ：右折車の飽和車頭時間(秒)

この式の意味は次の通りである。

- ①右折車は、臨界ギャップより大きいギャップが生じたときは必ず右折する。逆に、臨界ギャップより小さいギャップでは右折できない。
- ②ギャップサイズが、臨界ギャップよりさらに右折車頭時間分だけ大きいとき、そのギャップを利用してもう1台の右折車が捌ける。
- ③ギャップサイズの出現頻度はポアソン分布に従う。

現在用いられている f 値を表-1に示す。これらは $\alpha = 5$ 秒、 $\beta = 3$ 秒として求めたものと近い値となっている。

表-1 現在用いられている補正值 f

q (*) 台/時	0	200	400	600	800	1000
f	1.00	0.81	0.65	0.54	0.45	0.37

(*)対向直進交通流率、1000台/時以上の時は $f = 0$

(2) 研究の位置づけ

a) 算出方法における仮定の整理

青丸表示中の右折車線の交通容量算出における仮定を整理すると以下ようになる。

- ①待ち行列を形成していた対向車両は青開始後飽和流となって通過し、その間は右折できない。
- ②待ち行列を形成していた車両が捌けた後の対向直進車の到着分布は、需要量をパラメータとするポアソン分布に従う。
- ③対向直進交通流率が1000台/時以上の状況では右折できない。
- ④ギャップサイズが「臨界ギャップ+飽和右折車頭時間×(n-1)」より大きい時、そのギャップを利用して n 台の右折車が捌ける。
- ⑤各種パラメータ。表-2の通り

表-2 現在用いられているパラメータ

飽和交通流 率の基本値	対向直進車線	2000台/青1時間
	右折車線	1800台/青1時間
右折車の飽和車頭時間	3秒	
右折時の臨界ギャップ	5秒	

b) 研究の位置づけ

表-2のパラメータについては、様々な値をとり得るといふいくつかの指摘がある。

まず臨界ギャップが各種交通状況によって異なることを指摘した研究例^{(3)~(7)}がある。中でも信号制御状況によって右折処理効率が異なることは交通管理上意義深いことと考えられる。なぜなら、その関係を右折処理量に反映できれば、右折処理効率向上のための信号制御手法の開発に結びつけられると考えるからである。しかし、青丸表示中の右折挙動には複雑な要因が関係している。そのため、信号制御状況と右折処理効率の関係把握はまだまだ不十分である。そこで今回は、信号制御状況として基本的な

要素である青開始からの経過時刻と右折処理効率の関係を把握することを試みる。

さらに、過去の研究では右折車線の飽和交通流率の基本値は1200台/青1時間とされていたため⁽¹⁾、飽和車頭時間が3秒となっていた⁽²⁾。それが、最近では飽和交通流率の基本値には1800台/青1時間が用いられている⁽⁸⁾。しかし、f値は飽和車頭時間を3秒として計算されているという矛盾がある。そこで、この点についての検討を行うこととする。

3. 右折挙動調査

(1) 調査方法

青丸表示中の右折挙動を調べるために、ビデオカメラにより交差点流入路の交通流観測を行う。そして、その画像より右折車と対向直進車の捌けるタイミングを調べる。

(2) 調査対象流入路の抽出

調査対象場所は、以下の点に留意して選定した。

- ①待ち行列車両が捌けた後の対向直進交通流率が、青開始からの経過時間と無関係に変動していること。
- ②青丸表示中に右折車がギャップ利用できるような、適度な対向直進交通需要があり、かつ十分な右折需要があること。

そこで、まず①より隣接する交差点との系統がとれていない交差点流入路が望ましいと考えた。そのため、調査対象候補としては東京都内で交通管制エリアの切れ目にあたる流入路28箇所(20交差点)を選んだ。そして、全流入路に対して交通状況を調べるための現地踏査を実施した。そこでは各々10サイクル程度の観測を行い、対向直進車の到着頻度に系統的な偏りがないことを確認した。一方、右折車の需要量についても調べた。その結果、渋谷区の清水橋交差点の方南通り側の東西両方向の流入路を対象場所に選定した。その概要を表-3に示す。2つの流入路を選定したのは、流入路毎に対向直進交通の需要が異なっているため、これに関して幅広いデータが収集できると考えたからである。

(3) ビデオ撮影による調査及び画像の解析

ビデオ撮影は、両流入路同時に行った。今回の解析対象は平成4年11月20日(月)の午前10時から午後2時までのデータである。観測サイクル数は両方向流入路合わせて202サイクルとなった。

表-3 調査対象場所の概要



交差点名：清水橋交差点 流入路：方南通りの東西両方向	
信号階梯()秒数	歩行者青(25~57), 歩行者点滅(7~9), 歩行者赤(7), 黄(3), 青矢(4), 全赤(3)
流入路の車線構成	東行き  西行き 

表-4 解析項目(*1)

対向直進車	・車種(*2) ・交差点内進入時刻 ・右折車との交錯点通過時刻
対向左折車	・車種(*2) ・交差点内進入時刻 ・左折先の横断歩道前端到達時刻
右折車	・車種(*2) ・交差点内進入時刻 ・右折誘導停止線停止時刻 ・右折誘導停止線発進(通過)時刻 ・対向直進車との交錯点通過時刻 ・右折先の横断歩道前端到達時刻
信号制御状況	・信号ステップの変わり目の時刻

(*1) 時刻は1/100秒単位で計測

(*2) 車種は二輪車、普通乗用車、普通貨物車、大型車の4分類とした。

車両挙動の解析項目を表-4に示す。

4. 右折処理効率の分析

(1) 分析の考え方

青開始からの経過時間と右折処理効率との関係を調べると同時に、右折処理効率に特に影響すると考えられる以下の要因についても検討を行う。

- ①対向直進車のギャップに対向左折車が混入するか否か。
- ②ギャップをなす対向直進車の車種構成。
- ③右折車種。

なお、右折処理効率を表す指標としては、主としてギャップ利用率と利用ギャップの中央値を用いる。(2)対向左折車がギャップに混入することの影響
対向左折車がギャップに混入すると、必然的にその分だけギャップサイズが大きくなる。そのためにギャップ利用率が大きくなっていることが考えられる。そこで、ギャップサイズ別に利用率を比較した結果を図-1に示す。これをみると、同じギャップサイズでは左折車が混入しない方が利用率が大きい。

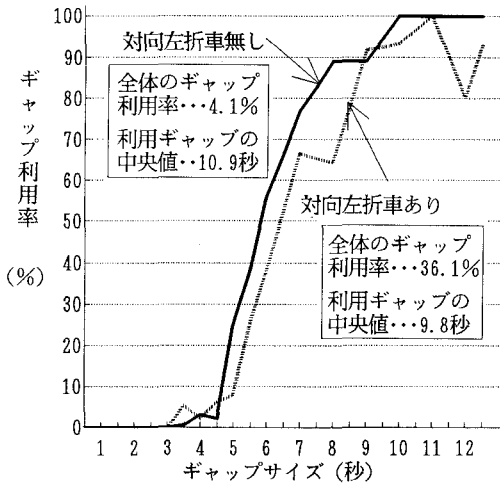


図-1 対向左折車混入の有無別にみたギャップ利用率

しかし、全体的に利用ギャップの中央値でみると混入ありの方が小さくなっている。これは、ギャップサイズが小さい時でも、左折車混入時には積極的に右折を試みるケースがあるためと思われる。

(3) ギャップをなす車種構成の違いと右折処理効率の関係

ギャップの車種構成が異なると、その平均的な車頭時間も異なる。それがギャップ利用率に影響することが考えられる。そこでギャップの車種構成別にギャップ利用率を調べると同時に、各車種構成における平均的な車頭時間の大きさを調べた。その結果を表-5に示す。ここで、平均的な車頭時間の大きさとしては中央値を用いた。なお、ここでは左折車混入のあるギャップは除いている。

表-5をみると、まず前車が大型化するとギャップ利用率は一様に低い。これは前方に大きい車両がいると右折車の視界が遮られ、右折しにくくなるためと推察される。一方、前車が二輪車や普通乗用車の時は後車が大型化すると、車頭時間が大きくなり、ギャップ利用率は大きくなるのがわかる。

(4) 右折車の車種と右折処理効率の関係

右折車の車種別にギャップ利用率を比較した結果を表-6に示す。この検討は普通乗用車によるギャップを対象としている。これをみると、対向左折車の混入がない場合は、利用率にほとんど差異はみられない。一方、左折車が混入する時は、右折車種が小型であるほど利用率が高い。すなわち、二輪車は

表-5 車種構成別にみた車頭時間とギャップ利用率

後車 前車	二輪車	普通 乗用車	普通 貨物車	大型車
	二輪車	0% 0.8秒	5% 1.7秒	(2.2%) 2.3秒
普通 乗用車	3% 1.5秒	3% 2.1秒	2% 2.4秒	2.9% 3.8秒
普通 貨物車	0% 1.6秒	1% 2.2秒	(0%) (2.1秒)	(0%) (2.9秒)
大型車	0% 2.7秒	0% 3.4秒	(0%) (3.4秒)	0% 4.3秒

上段：ギャップ利用率

下段：平均的な車頭時間の大きさ：車頭時間中央値
() はサンプル数10未満で算出

表-6 右折車種別にみた右折処理効率の比較

左折車 混入	車種	ギャップ利用率 () サンプル数	利用ギャップ の中央値
あり	二輪	62% (8/13)	-
	普通乗用	35% (72/204)	7.4秒
	普通貨物	22% (5/23)	-
	大型	40% (2/5)	-
なし	二輪	3.2% (2/63)	-
	普通乗用	3.4% (46/1339)	9.8秒
	普通貨物	3.6% (5/140)	-
	大型	0.0% (0/15)	-

対向左折車がいる機会に積極的に右折を試みる傾向にあることを意味している。

(5) 信号制御状況と右折処理効率の関係

青開始からの経過時間とギャップ利用率の関係を図-2に示す。ここでは、普通乗用車によるギャップ、右折車種も普通乗用車の場合のみに対象を絞っている。図-2をみると、左折車混入の有無に関わらず、以下のことがいえる。

①青開始後しばらくはギャップ利用率の低い状態が続く。これは、青開始後は対向直進車がしばらく飽和流となって通過するためと推察される。

②青時間後半になると利用率が低くなる。これは、左折車混入のある場合に特に顕著な傾向である。青開始20~30秒程度と歩行者青点滅以後(PF、PR~階梯時)とで比較すると、ギャップ利用率は対向左折車混入のある場合で4割程度低下している。これは右折車は待ち続けていれば、やがて青矢印で右折する機会がめぐってくるので、あえて無理をしな

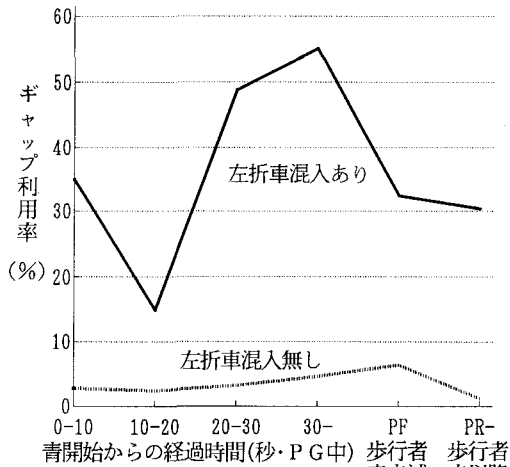


図-2 青開始後の経過時間とギャップ利用率の関係

めと考えられる。

5. 右折車頭時間の検討

(1) 検討のねらい

対向直進車との交錯によって、右折飽和量 S_{rs} (台/青1時間) に相当する捌け量が期待できないことを示す補正値 f を算出する際に、現在のところ、右折車頭時間を3秒としている⁽²⁾。一方、右折車線の飽和交通流率の基本値は、1800台/青1時間となっている⁽⁸⁾。これらの点について実データより検証を試みる。

(2) 分析の考え方

右折車の飽和車頭時間を、ギャップ利用中と右折青矢印中(全赤を含む)で比較する。さらに、連続する右折車両の順番別に値を求める。これは、右折先頭車の発進遅れがあることや、右折車は連続して捌けるにつれて軌跡が内側へとシフトするために、次第に車頭時間が短くなる傾向にあることが推察されるからである。そして、右折車種は普通乗用車を対象とする。

(3) 結果と考察

右折車頭時間を求めた結果を図-4に示す。これを見ると、まずギャップ利用中では最初3秒程度であった値が、次第に短くなり2.5秒程度となる。これは、発進遅れと右折流線の内側へのシフトによるものと思われる。この影響を考慮した f 値の算出方法も考えられる。しかし、右折車線の交通容量算出

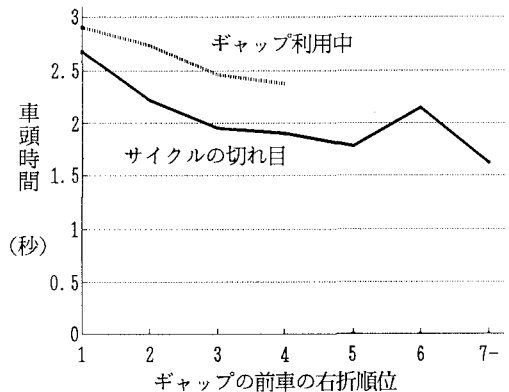


図-3 右折中における右折車頭時間の推移

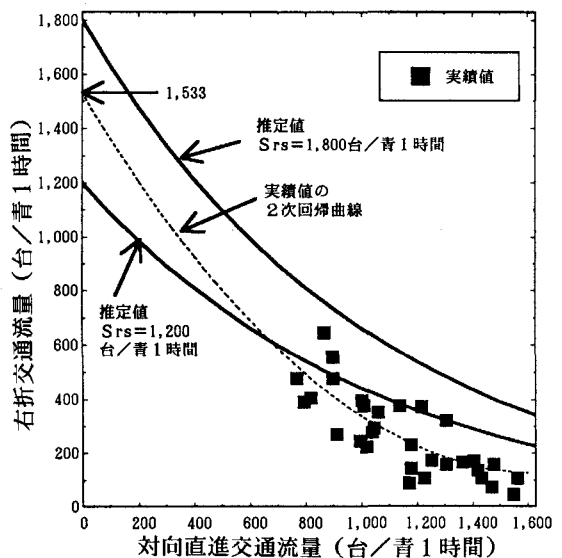


図-4 右折交通流量の実績値と推定値の比較

における他の仮定との精度的整合性を考えると、現状ではその必要は少ないと思われる。したがって、ギャップ利用中の右折車頭時間としては、一般的な右折処理量の算出方法を考えるならば現状の3秒が妥当といえる。

一方、青矢印中では、2.5秒程度から次第に短くなって2秒程度になる。すなわち、ギャップ利用中よりも1秒程度短い値となっている。これは、右折車が対向直進車に対して注意する必要がない分だけ右折し易くなっているためと推察される。

さらに、右折交通流量の実績値と(1)式による推定値とを比較した結果を図-4に示す。推定値には $S_{rs}=1800$ 台/青1時間と、1200台/青1時間の2種類を示した。実績値はサイクル毎に対向直進流量

と右折流量を求めてプロットした。交通流量算出の元となる時間は、普通乗用車によるギャップが生じている時で、左折車混入がなく、かつ右折需要があった時としている。そして二輪車は普通乗用車 0.5 台分、大型車は 2 台分として換算し、右折流量を求めている。図-4 をみると、右折車のほとんどが右折不可能と仮定されていた対向直進交通流率1000台/青1時間以上の状況で観測されている。この領域の右折交通量を、対向直進車の到着分布をポアソン分布で仮定した(1)式で推定することは困難と思われる。そこで図-4には、実績値の2次回帰曲線を合わせて示した。この曲線で評価すると対向直進流量0台/青1時間における推定右折流量は1500台/青1時間程度となることがわかる。

6. 結論と今後の課題

(1) 結論

a) 右折処理効率に関する検討

①ギャップに対向左折車が混入するかどうかでギャップ利用率が異なる。同じギャップサイズならば、左折車混入のない方がギャップ利用率は高い。しかし、その場合でも二輪車等は積極的にギャップを利用するケースがある。

②ギャップの前車が大型車の時は、当該右折車の視界を妨げるため右折処理効率が低くなる。

③青信号現示開始後しばらくは、飽和流を形成する対向直進車のために右折の機会が少ない。一方、青信号現示終了まぎわになると、右折車のギャップ利用率は通常時よりも4割程度低下する。

b) 右折車頭時間と右折飽和交通流率の基本値に関する検討

①ギャップ利用中の右折車頭時間は、捌けるにつれて3.0秒から2.5秒程度に変化する。しかし、確実に期待できる右折処理量の算出という観点からみると車頭時間は現状の3秒が妥当といえる。

②右折車線の飽和交通流率の基本値は、①の結果との整合性を考えるならば、1200台/青1時間とすることが望ましい。しかし、ギャップ利用中と青矢印中の右折挙動が異なることから、より大きな値が実現している。今回のデータを見る限りでは1500台/青1時間程度と推定される。

(2) 今後の課題

現在の右折車線の交通容量算出においては、対向直進車が飽和流となっている時間と、非飽和流をなす時間とを区別している。しかし、サイクル毎にその比率が変動するため、青開始後10秒程度でも右折車が観測される。このことから、右折交通容量の算出は、全有効青時間に共通にした考え方を確立することが望ましいと思われる。その際、青開始からの経過時間によって右折処理効率が異なるために、対向直進交通流率と信号状況とを考慮した算出方法の確立が必要になると考えられる。それによって、信号オフセットの調整等による対向直進車の到着分布の制御が、右折処理効率の向上への程度つながるかについての検討が可能になると考えられる。

また、f 値は現状では対向直進交通流率1000台/青1時間以上では0と仮定されている。しかし、そのような流率の高い状況でも右折車のギャップ利用が実現する。そのため、きめ細かな右折交通容量を算出するという観点から、これらのギャップ利用を反映した算出方法について検討することは意義深いと考えられる。

さらに、ここでは検討しなかった対向直進車の到着分布については、現状のようなポアソン分布による仮定が、どの程度の交通流率までに適用できるかについての検討が必要と思われる。

参考文献

- (1) A. J. Miller: The Capacity of Signalized Intersections in Australia, Australian Road Research Board, BULLETIN No. 3, P17, 1968.
- (2) R. Akcelik: Traffic Signals Capacity and Timing Analysis, Australian Road Research Board, Research Report ARR No. 123, p77, 1981.
- (3) K. Fitzpatrick : Gaps Accepted at Stop-Controlled Inter-sections, Transportation Research Record 1303, pp103-112, 1991.
- (4) D. E. Blumenfeld and G. H. Weiss : The Effect of Gap Acceptance Criteria on Merging Delay and Capacity at an Uncontrolled Junction, Traffic Engineering and Control, Vol. 20, No. 1, pp16-20, 1979.
- (5) J. Wennell and D. F. Cooper : Vehicle and Driver Effects on Junction Gap Acceptance, Traffic Engineering and Control, Vol. 22, No. 12, pp628-632, 1981.
- (6) H. Mahmassani and Y. Sheffi : Using Gap Sequences to Estimate Gap Acceptance Functions, Transportation Research, Vol. 15-B, pp143-148, 1981.
- (7) 森健二, 斎藤威: 信号交差点における右折車のギャップ利用特性に関する研究, 科学警察研究所報告(交通編) 33巻2号, 1992.
- (8) (社)交通工学研究会: 平面交差の計画と設計-基礎編-, 1984.