

青丸表示中の右折車線の捌け台数に関する研究

岩澤 和輝¹・下川 澄雄²・吉岡 慶祐³・青山 恵里⁴

¹ 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科交通システム工学専攻(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)

E-mail: cska20002@g.nihon-u.ac.jp

² 正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

³ 正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

⁴ 正会員 元日本大学助手 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: aoyama.eri@nihon-u.ac.jp

右折車線において、青丸表示中に右折車が通行する場合の交通容量のうち対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数は、右折車線の飽和交通流率と右折車の通過確率の積より算出される。しかし、飽和交通流率は近年低下傾向にあることが指摘されるなど、右折車線の交通容量も変化している可能性がある。そこで本研究では、実フィールドでの右折車挙動の観測を通し、信号交差点の構造や運用の違いによる右折車の通過確率と飽和交通流率を算出し、これらが交通容量に与える影響について分析した。

その結果、交差点の構造や運用によって右折車の通過確率は変化するものの、右折車の通過確率が交通容量に及ぼす影響は僅かなことを明らかにした。一方で、飽和交通流率の変化による影響は大きく、右折運用に関わらず、現行値を大きく下回る可能性があることが明らかにした。

Key Words: right-turn vehicle, gap acceptance, saturation flow rate, signalized intersection, traffic capacity

1. はじめに

右折車線において青信号表示中、いわゆる青丸表示中で右折車が通行する場合の交通容量は、対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数と交差点内に待機している右折車両台数または右折専用現示において通行する右折車両台数の和で表される¹⁾。このうち、前者は非飽和の時間帯における右折車線の飽和交通流率と右折車の通過確率の積で表されるが、飽和交通流率は近年低下傾向であることが指摘されている。また、右折車の通過確率は右折車のギャップアクセプタンス挙動に基づくものであるが、この値は1966年のオーストラリアでのシミュレーション結果²⁾を参考に設定されたものであるため、現在のわが国の交通状況と乖離している可能性がある。

さらに、右折車のギャップアクセプタンス挙動は交差点の構造や運用により異なることが考えられる。これらについては、既往研究において実証的に示されているものの、交通容量に与える影響は明らかにされていない。

そこで本研究では、実フィールドでの右折車挙動の観測を通し、信号交差点の構造や運用の違いによる右折車

のギャップアクセプタンス挙動と右折車の通過確率の違いを明らかにする。さらに、そこで実現している右折車線の飽和交通流率の値を算出するとともに、これらが交通容量に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究のレビュー

本研究は右折車のギャップアクセプタンス挙動と飽和交通流率の違いが交通容量に与える影響を明らかにするものである。そこで右折車のギャップアクセプタンス挙動と右折車線飽和交通流率について既往研究を整理した。

(1) ギャップアクセプタンス挙動に関する研究

右折車のギャップアクセプタンス挙動に関しては森らによる研究群^{3)~5)}が詳しい。これによれば、右折車のギャップアクセプタンス挙動は信号交差点の様々な要素により異なることを明らかにしている。具体的には、対向車線数、交差点の大きさ、対向直進車の交通量・車種・速度、右折専用現示の有無などである。しかし、いずれもその違いが右折車の通過確率や右折車線の交通容量に与える影響は明らかにされていない。

(2) 右折車線の飽和交通流率に関する研究

青山ら⁶⁾は一般道の専用現示下における直進車線・右折車線・左折車線において車尾時間の観測を行い基本値相当の飽和交通流率を算出し、交差点の計画・設計において実務上よく用いられる飽和交通流率の基本値(直進車線 2,000 台/青 1 時間, 右左折車線 1,800 台/青 1 時間)¹⁾を 15%~20%程度下回ることを明らかにした。

また、石井ら⁷⁾は右折専用現示のない右折車線で飽和交通流率を実測したところ、1,450 台/青 1 時間という値を得た。そのため、前述の飽和交通流率の基本値は過大であると指摘している。

これらの既往研究を踏まえれば、右折車のギャップアクセプタンス挙動による交通容量への影響は十分に明らかにされておらず、右折車線の飽和交通流率も過大に設定されている可能性が高いため、現在算出されている青丸表示中の右折車両台数は実現している値と大きくかい離している可能性がある。

3. ギャップアクセプタンス挙動の分析

(1) 調査概要

交差点の構造や運用の違いによる右折車のギャップアクセプタンス挙動の違いを明らかにするため、実フィールドにおいて右折車挙動の観測を行った。ここでは、交差点の構造や運用について、右折車挙動を顕著に変化させると考えられる「右折指導線」と「右折専用現示」の有無に着目して、調査地点の選定を行った。

調査地点を表-1に示す。調査地点はいずれも車線幅員 3m 以上の対向 1 車線、右折専用車線 1 車線からなる正十字形状の交差点であり、右折指導線と右折専用現示の有無により 4 パターンに分類した。そして、それぞれについて各 3 地点で調査を実施した。調査はビデオカメラを用い、対向直進車と右折車の挙動を記録した。

表-1 調査地点一覧

		右折専用現示	
		あり	なし
右折指導線	あり	①旭町(東西方向) ②八方橋 ③坪井近隣公園(東西方向)	⑦旭町(南北方向) ⑧中央図書館前 ⑨坪井近隣公園(南北方向)
	なし	④境川団地中央 ⑤京成津田沼駅(東西方向) ⑥中山競馬場前(東西方向)	⑩中町一丁目 ⑪京成津田沼駅(南北方向) ⑫中山競馬場前(南北方向)

(2) ギャップアクセプタンス挙動の定量化

取得した調査映像から対向直進車のギャップと右折車のギャップを計測する。対向直進車のギャップは右折に利用された利用ギャップと右折を断念した棄却ギャップに分類し、累加頻度曲線の交点を求める。この交点を臨界ギャップとよび、右折判断の境目と捉えることができる。右折車のギャップは 1 つの対向直進車のギャップ内で 2 台以上続けて右折したときに計測し平均を求める。これを追従ギャップとよぶ。これらを図-1 に概念的に示しているが、本研究では右折車のギャップアクセプタンス挙動を臨界ギャップと追従ギャップの 2 つの指標によって定量化し評価する。

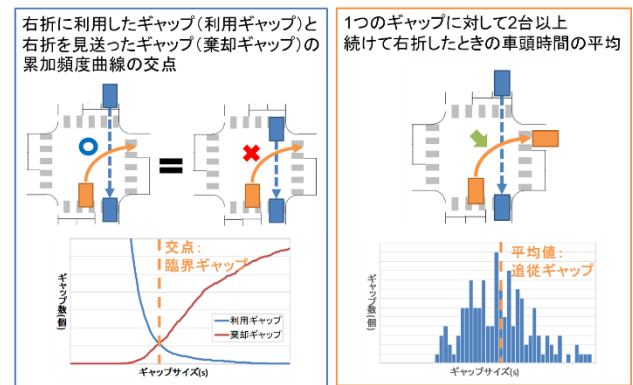


図-1 臨界ギャップ・追従ギャップの図解

1) 臨界ギャップの算出

各交差点における臨界ギャップを表-2に示す。

右折指導線の有無で臨界ギャップを比較すると、右折指導線「あり」が「なし」に比べて小さいことがわかる。これは右折指導線によって右折待ちの待機位置が前出しされ、右折に必要な距離が短くなるためであり、右折車がより短いギャップで右折できるためだと考えられる。

次に、右折専用現示の有無で臨界ギャップを比較すると、右折専用現示「あり」が「なし」に比べて幾分か大きいことがわかる。これは右折専用現示があることによって青丸表示中に無理に右折する意欲が薄れ、短いギャップの利用率が相対的に低くなるためであると考えられる。

表-2 臨界ギャップの算出結果

		右折専用現示	
		あり	なし
右折指導線	あり	①5.4 (167/762)	⑦5.3 (89/836)
		②5.3 (224/1,093)	⑧5.0 (269/1,041)
		③5.4 (138/653)	⑨5.2 (94/623)
	なし	④6.2 (645/6,505)	⑩6.0 (333/14,229)
		⑤6.1 (582/7,302)	⑪5.9 (308/8,607)
		⑥6.0 (672/7,119)	⑫5.7 (457/16,993)

※表中の丸数字は表-1の調査地点に対応している
※括弧内はサンプル数(利用/棄却)である

以上のことから、臨界ギャップは右折指導線「なし」・右折専用現示「あり」の交差点が一番大きく、右折指導線「あり」・右折専用現示「なし」の交差点が一番小さくなるという結果となった。

2) 追従ギャップの算出

各交差点における平均追従ギャップを表-3に示す。

右折指導線の有無で追従ギャップを比較すると、値に若干のばらつきがあるものの、これらによる違いを見出すことはできない。このため、右折指導線の有無は追従ギャップに影響しないものと考えられる。

次に、右折専用現示の有無で追従ギャップを比較すると、右折専用現示「あり」が「なし」に比べて幾分か大きいことがわかる。これは臨界ギャップと同様に、右折専用現示があることによって青丸表示中に右折する意欲が薄れるためであると考えられる。すなわち、十分なギャップであっても、先行車に続いて右折しようとする積極性が薄れ、その結果として追従ギャップが大きくなっているためであると考えられる。

以上のことから、追従ギャップは右折指導線による影響は認められず、右折専用現示ありの場合のみ若干の違いが確認された。なお、追従ギャップについて母平均の差の検定を行ったところ、5%有意水準において、すべての組み合わせで統計的に有意な差は認められなかった。

表-3 追従ギャップの算出結果

		右折専用現示	
		あり	なし
右折 指導線	あり	①3.0 (33)	⑦2.7 (23)
		②2.9 (46)	⑧2.9 (27)
		③2.9 (25)	⑨2.8 (24)
	なし	④3.1 (51)	⑩2.8 (148)
		⑤2.7 (93)	⑪2.9 (110)
		⑥2.9 (64)	⑫2.8 (72)

※表中の丸数字は表-1の調査地点に対応している

※括弧内はサンプル数である

4. 右折車の通過確率の算出

右折車の通過確率とは対向直進交通流量が0台/時の時に対する右折可能台数を確率で表したもので、対向直進交通流量に応じて設定されている。この値は式(1)に示すギャップアクセプタンスの理論式より臨界ギャップと追従ギャップを用いて算出することができる。

$$f_R = \frac{S_R(v_0)}{S_R(0)} = \frac{t_{fh} \cdot v_0 \cdot e^{-v_0 \cdot t_{cg}/3600}}{3600(1 - e^{-v_0 \cdot t_{fh}/3600})} \quad \dots(1)$$

ここで、 f_R ：右折車の通過確率、 S_R ：括弧内の対向

直進交通量に応じた飽和交通流率(台/青1時間)、 v_0 ：対向直進交通量(台/時)、 t_{cg} ：臨界ギャップ(秒)、 t_{fh} ：追従ギャップ(秒)

図-2は3.で求めた4つのパターンの臨界ギャップと追従ギャップを式(1)に代入して右折車の通過確率を算出した結果を示している。また、合わせて規定値として実務上用いられている値についても示している。規定値は1966年のオーストラリアでのシミュレーション結果を参考にしており、臨界ギャップ5.1秒、追従ギャップ3.0秒として算出したものである。また、本研究で得られた各パターンの値は3地点の値を平均したものを使用した。

これによれば、本研究のデータより算出した右折車の通過確率は全て規定値を下回っており、対向直進交通量を1,000台/時とした場合、最大で30%程度低下していることが明らかになった。また、各パターンについて比較すると、右折指導線の有無による差が顕著であり、最大で0.1程度の差がみられた。右折指導線の有無は臨界ギャップを変化させることから、右折車の通過確率にこのような差が生じるのは臨界ギャップによるものであると判断される。

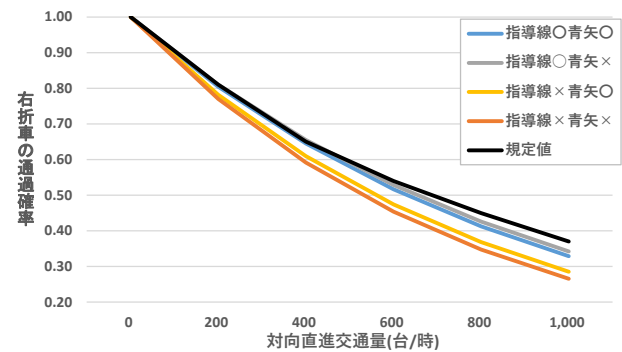


図-2 右折車の通過確率の比較

5. 飽和交通流率の算出

(1) 算出手法

飽和交通流率は、青時間において十分な需要がある場合に、交差点流入部を通過し得る最大流量として定義され、右折車線においては1,800台/青1時間¹⁾が基本値として実務上よく用いられている(以下、この値を「現行値」という)。この値は1980年代に右折専用車線において実測された結果に基づくものである。

一方、青丸表示中のみで右折車が通行する場合は、右折専用現示がないため、十分な待ち行列が存在する条件のもと、飽和交通流率相当の値として追従ギャップの逆数により算出する方法が考えられる。また、青丸+青矢表示の交差点の飽和交通流率は、青丸表示中は追従ギャ

ップの逆数であるが、交差点における最大流量として捉えるならば、青矢表示における車尾（又は車間）時間の逆数を飽和交通流率として表すこともできる。ちなみに、青丸表示のみで右折車が通行する場合にあっても、対向直進車が存在しない時間が一定以上ある場合には、対向直進車を気にせず右折が可能となることから、潜在的には青矢表示において算出される値を飽和交通流率とすることも考えられる。

以上を踏まえ、表3に示した追従ギャップに加えて、右折専用現示（青矢表示）ありの6地点については、右折専用現示中の車尾時間（発進遅れを考慮して4台目以降）を観測し、それぞれによる飽和交通流率を算出する。

(2) 飽和交通流率の比較

表4は表3に示した平均追従ギャップに右折専用現示表示中（青矢表示中）の平均車尾時間を加えて表したものである。青矢表示中の車尾時間は、2.3~2.6秒であり、青丸表示中の追従ギャップと比べて随分小さな値である。これは対向直進車を気にせず先行車に追従して右折が行われるためであると考えられる。

次に、表4の値を用いて飽和交通流率を算出した結果を表5に示す。なお、これは各パターン3地点の平均値を用いて計算した値である。本研究で対象とした調査地点は、基本値相当の飽和交通流率が期待されるが、現行値の1,800台/青1時間を大きく下回り、青丸表示中は約30%、右折専用現示表示中は約18%低い値となった。

表4 右折運用別の追従ギャップ

		青丸のみ		青丸+青矢	
		青丸	青丸	青丸	青矢
右折 指 導 線	あり	⑦ 2.7 (23)	① 3.0 (33)	① 2.3 (334)	
		⑧ 2.9 (27)	② 2.9 (46)	② 2.4 (267)	
		⑨ 2.8 (24)	③ 2.9 (25)	③ 2.5 (398)	
	なし	⑩ 2.8 (148)	④ 3.1 (51)	④ 2.5 (266)	
		⑪ 2.9 (110)	⑤ 2.7 (93)	⑤ 2.3 (354)	
		⑫ 2.8 (72)	⑥ 2.9 (64)	⑥ 2.6 (163)	

※表中の丸数字は表-1の調査地点に対応している
 ※括弧内はサンプル数である

表5 右折運用別の飽和交通流率

		青丸のみ		青丸+青矢	
		青丸	青丸	青丸	青矢
右折 指 導 線	あり	1,285 (Ave=2.80)	1,285 (Ave=2.93)	1,500 (Ave=2.40)	
	なし	1,272 (Ave=2.83)	1,241 (Ave=2.90)	1,457 (Ave=2.47)	

※括弧内は追従ギャップ（3地点の平均値）である

6. 右折車の通過確率と飽和交通流率が右折車線の交通容量に与える影響

(1) 右折車の通過確率と右折車両台数の感度分析

青丸表示のみで右折車が通行する場合の交通容量は、対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数と交差点内に待機している右折車両台数または右折専用現示において通行する右折車両台数の和で表される。このうち、後者は交差点によって一定なので、交通容量は前者に影響する。ここで、対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数は、式(2)により算出される。

$$C_{R1} = S_R \cdot \frac{sG - qC}{C(s - q)} \cdot f_R \quad \dots(2)$$

ここで、 C_{R1} ：対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数(台/時)、 S_R ：右折車線の飽和交通流率(台/青1時間)、 s ：対向直進交通の飽和交通流率(台/青1時間)、 q ：対向直進交通量(台/時)、 C ：サイクル長(秒)、 G ：有効青時間(秒)、 f_R ：右折車の通過確率

図3は図2で算出された4つのパターンと規定値の右折車の通過確率を用いて、右折できる車両台数を対向直進交通量別に計算し比較したものである。なお、ここでは右折車線の飽和交通流率を1,800台/青1時間、対向直進交通の飽和交通流率を2,000台/青1時間、サイクル長を120秒、有効青時間を60秒として計算している。

右折車の通過確率は、図2のとおり大きな差が認められるが、右折車両台数は全体としてみればその差は僅かであり、右折車のギャップアクセプタンス挙動の違いによる右折車の通過確率の変化に対する感度は小さい。すなわち、右折車の通過確率の変化が交通容量に与える影響は僅かであると言える。

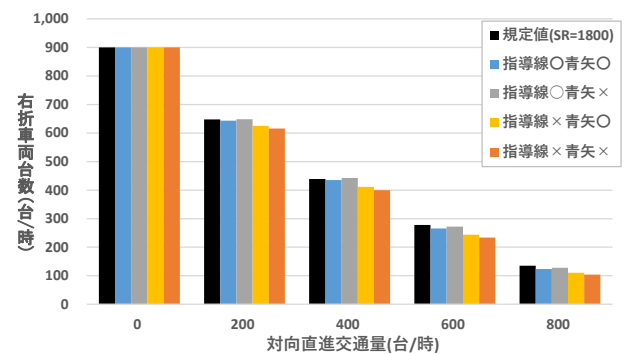


図3 右折車線の交通容量の比較 ($S_R = 1800$)

(2) 飽和交通流率と右折車両台数の感度分析

図4は右折車線の飽和交通流率を現行値の1,800台/青1時間と青丸表示中の値、右折専用現示表示中の値を用いて対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数を式(2)より算出した結果を表している。ここで、青丸表示中の飽和交通流率は1,250台/青1時間、右折専用現示表示中(青矢表示中)の飽和交通流率は1,500台/青1時間に設定した。臨界ギャップと追従ギャップは表-2、表-3で算出された平均値(それぞれ5.63秒、2.87秒)を用いた。さらに、これら以外のパラメータは(1)と同じ条件である。

式(2)からもわかるように、右折車線の飽和交通流率は、対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数に直接影響する。そのため、青丸表示中および青矢表示中の右折車両台数は現行値の1,800台/青1時間に対して、それぞれ約30%、約17%低下することとなり感度が高い。特に、対向直進交通量が0台/時の場合は、それぞれ300台/時、150台/時程度捌け台数が少なく見積られる。以上のことから、飽和交通流率が交通容量に与える影響は極めて高いと言える。

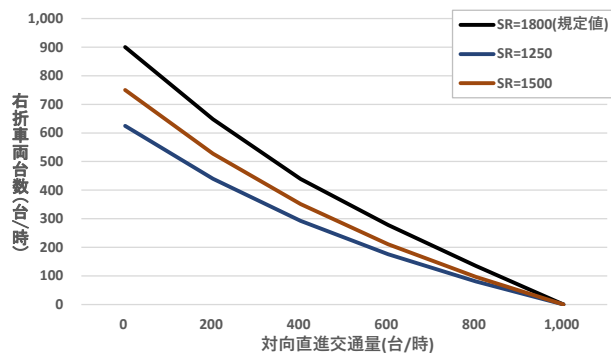


図4 対向直進車の間隙を利用して通行できる右折車両台数
(t_{cg} : 5.63 秒, t_{fh} : 2.87 秒)

7. まとめ

本研究では、右折車のギャップアクセプタンス挙動が交通容量に与える影響について分析した。その結果、交差点の構造や運用によって右折車のギャップアクセプタンス挙動は異なり、右折車の通過確率が変化することを明らかにした。しかし、右折車の通過確率が交通容量に及ぼす影響は僅かであった。一方で、感度分析の結果、飽和交通流率が交通容量に及ぼす影響は大きく、右折運用別に飽和交通流率を比較したところ、青丸中、青矢中ともに現行値を下回ることが明らかとなった。また、右折可能時間の算出には対向直進車の飽和交通流率が用いられているが、同様に値の減少が考えられる。ゆえに右折車線の交通容量を適切に評価するためには飽和交通流率を含めたパラメータの見直しが必要である。

参考文献

- 1) 一般社団法人 交通工学研究会：平面交差の計画と設計 基礎編 一計画・設計・交通信号制御の手引一，pp.139-140，2018
- 2) Gordon, I D and Miller, A J : Right turn movements at signalized intersections, Australian Road Research Board Vol.3 Part.1, pp.446-459, 1966
- 3) 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考察，科学警察研究所報告交通編，Vol.33 No.2，1992.
- 4) 森健二，斎藤威：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，土木計画学研究・講演集，No.16(1)，1993.
- 5) 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と対向直進車の速度との関係分析，科学警察研究所報告交通編，Vol.35 No.2，1994.
- 6) 青山恵里，下川澄雄，吉岡慶祐，森田綽之：信号交差点における飽和交通流率算出にあたっての課題—日米独比較をふまえた考察—，第58回土木計画学研究発表会・講演集，2018.
- 7) 石井憲一，斉藤和夫：信号交差点の右折交通現象および交通容量解析に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.10，1992.

(2021. 10. 1 受付)

A STUDY ON TRAFFIC FLOW OF THE RIGHT TURN LANE IN THE GREEN SIGNAL

Kazuki IWASAWA, Sumio SHIMOKAWA, Keisuke YOSHIOKA, and Eri AOYAMA