信号交差点における左折車の通過確率算出方法の提案

日本大学大学院　学生会員　○石井　和成
日本大学　　正会員　　下川　澄雄　　日本大学　正会員　吉岡　慶祐

１．はじめに

信号交差点において左折車が歩行者と交錯する場合は，歩行者と歩行者の隙間（ギャップ）を利用して左折する．「平面交差点の計画と設計」[1]では，これを左折車の通過確率f_L（歩行者の隙間を利用して左折できる確率）とし，式（１）により左折専用車線の交通容量を算出している．

$$c_L = s_L \times \frac{G_P}{c} \times f_L + s_L \times \frac{G-G_P}{c} \quad (1)$$

なお，c_L：左折専用車線交通容量（台/h），s_L：左折車線の飽和交通流率（台/青１時間），f_L：左折車の通過確率，G_P：歩行者用青時間（s），G：有効青時間（s），C：サイクル長（s）

ここで左折車の通過確率は，ギャップアクセプタンス理論を用いた星埜ら（1978 年）[2]の研究に基づき，横断歩道長・サイクル長・歩行者交通量の別に 36 通りの値が示されているが，これまで見直し等は行われていない．

これに対して，近年は運転者の安全・環境志向などを背景として飽和交通流率が低下傾向にあり，ギャップアクセプタンス挙動も変化し左折車の通過確率も低下している可能性がある．また，これに加えて自転車の存在などによる影響も考えられる．しかし，ギャップアクセプタンス理論による左折車の通過確率の算出方法（以降，「現行法」という）では，歩行者と異なる自転車の挙動を含む多くの組合せに対し，ギャップアクセプタンス挙動を適切に評価しパラメータを設定できない可能性がある．

そこで本研究は，現行法に代わる算出方法（以降，「代替法」という）を提案し，その適用性について考察するものである．

２．左折車の通過確率算出方法の提案

ギャップアクセプタンス理論に基づく左折車の通過確率の算出式は式（２）のとおりである．

$$f_L = \frac{t_{fh} \cdot v_o \cdot e^{-v_o t_{cg}/3600}}{3600(1-e^{-v_o t_{fh}/3600})} \quad (2)$$

なお，v_o：サイクル当たりの到着需要（人/h），t_{cg}：臨界ギャップ（s），t_{fh}：追従ギャップ（s）

臨界ギャップは，車両が左折に利用した「利用ギャップ」と左折を断念した「棄却ギャップ」の累加曲線の交点であり，追従ギャップは１つのギャップに対して２台以上通過したときの車頭時間の平均値である．

これら指標はある意味でギャップアクセプタンス挙動というミクロ的な現象に対してその過程を数値として捉えようとするものであるが，歩行者に加えて自転車も扱おうとすると，占有時間や移動速度などの特性が異なるため，ギャップの観測そのものが難しく，これらの組合せの中で左折車の振る舞いが複雑となる．また，これに合わせて歩行者・自転車の Far・Near の組合せなどによって同じギャップでも利用・非利用の割合が異なることが考えられる．さらに，追従ギャップは歩行者等による十分なギャップが必要であり，歩行者等の交通量が多い場合十分なデータの取得が難しい可能性がある．つまり，このような状況の中で「臨界ギャップ」や「追従ギャップ」を観測するハードルはとても高い．

これに対して，本研究では代替法として式（３）を提案するものである．

$$f_L = \frac{q_L}{S_L} \quad (3)$$

なお，q_L：歩行者用信号が青表示中に実現した左折車台数（台/青１時間），S_L：左折専用車線の飽和交通流率（台/青１時間）

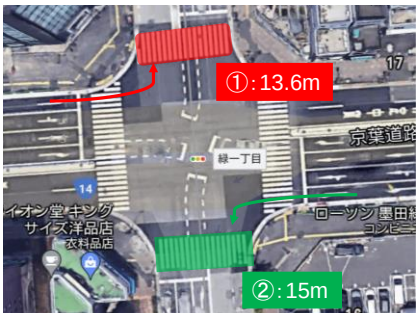
代替法では，道路構造や交通運用，歩行者・自転車交通量の異なる条件の中で，１サイクル中に実現した左折車台数を観測する．これを左折専用車線の飽和交通流率で除すことで左折車の通過確率を求めようとするものである．つまり，異なる種々の条件に対しギャップアクセプタンス挙動によって実現した結果をマクロ的に直接捉えようとするものである．この方法では，歩行者・自転車と左折車の行動を理論的に説明できないが，下流側に先詰まりがなく左折車が十分に滞留している場合，データの取得は比較的容易であると考えられる．

３．現行法・代替法による左折車の通過確率の算出

代替法の適用性を検討するため，一般国道14号と清澄通りが交差する東京都墨田区緑一丁目交差点においてギャップアクセプタンス挙動と各サイクルで実現した左折車台数について平日２日間，延べ10時間にわたりビデオカメラを用いて観測を行った．交差点の形状は図－１の

キーワード　信号交差点，左折車の通過確率，歩行者，ギャップアクセプタンス，交通容量
連絡先　〒274-0063　千葉県船橋市習志野台 8-35-1　T EL.047-469-5503　E-mail：cska21001@g.nihon-u.ac.jp

とおりであり，本研究では①，②の２流入部を対象とした．また，各方向の諸元は表－１のとおりであり，信号サイクル長は145s，スプリットは0.5，歩行者青時間（点滅を含む）は50sであった．



図－１　観測地点の概況

表－１　観測地点道路交通状況

	横断歩道長	歩行者交通量（観測時間平均）	自転車交通量（観測時間平均）
流入部①	13.6m	364 人/h	258 台/h
流入部②	15.0m	348 人/h	210 台/h

３－１　観測結果の概況

（１）ギャップアクセプタンス挙動の観測

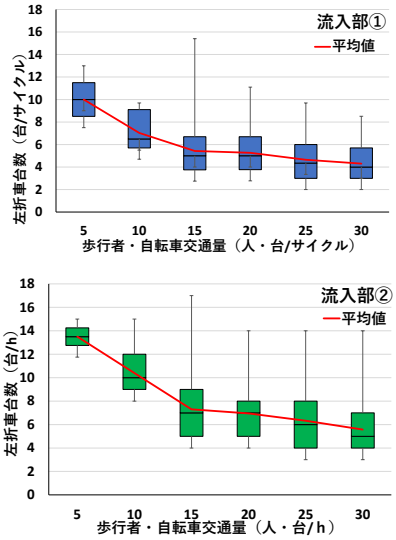
流入部①・②方向において算出した臨界ギャップと追従ギャップを表－２に示す．算出にあたっては，左折車は滞留が十分にある場面とし，対象としたギャップは自転車を除き歩行者のみのものとした．また，ギャップの最大値は 15s とした．①・②方向は，表－１から歩行者交通量や歩行者の密度はほぼ同じ条件である．しかし算出された結果は，追従ギャップは同程度であるものの，臨界ギャップは②方向の方が 0.6 秒（1.1 倍）長い．

表－２　ギャップアクセプタンス挙動

	臨界ギャップ		追従ギャップ	
	サンプル数	ギャップ	サンプル数	ギャップ
流入部①	利用：136 棄却：864	5.9s	42	3.1s
流入部②	利用：91 棄却：413	6.5s	28	3.2s

（２）左折車台数の観測

図－２はサイクルごとの歩行者・自転車交通量と歩行者青時間中に左折車が通行できた台数を示したグラフであり，歩行者・自転車交通量は５人・台ごとのレンジとした箱ひげ図で表している．これによれば，①・②方向とも歩行者・自転車交通量が増えるにつれ左折車台数が少なくなる右肩下がりの傾向にあり，15 人・台/サイクルを超えると収束傾向にあることがわかる．また，①・②方向を比較すると，左折車台数は①方向が全体的に少ない．これは①方向の占有時間の長い自転車交通量が多くこれが反映されているものと推察される．



図－２　歩行者・自転車交通量とサイクル別の左折車数

（３）左折車の通過確率の算出と代替法の適用性

表－３は表－２の値を式（２）に代入した現行法による左折車の通過確率，式（３）に基づき図－２の左折車台数の平均値を青１時間に換算し表－２に示す追従ギャップの逆数から算出した飽和交通流率で除した代替法による左折車の通過確率を示している．現行法は歩行者交通量のみを扱ったものであり，代替法は自転車を加えたものであるため，両者を比較すると左折車の通過確率は代替法の方が低く，自転車交通量が多い①方向の値が低い結果となった．

表－３　左折車の通過確率の算出結果

方法	方向	歩行者・自転車交通量（人・台/サイクル）				
		0	5	10	20	30
現行法	①方向	1.0	0.86	0.74	0.54	0.40
	②方向	1.0	0.84	0.71	0.50	0.36
代替法	①方向	1.0	0.51	0.36	0.27	0.22
	②方向	1.0	0.71	0.55	0.37	0.29

※現行法は歩行者交通量のみを対象

５．まとめ

代替法はサイクルごとの観測のため実現する左折台数にバラツキはみられるが，現行法では難しい自転車を含めた多くの組合せの中で，左折車の通過確率を比較的容易に算出できそうである．今後は自転車交通量が存在しない交通環境での現行法と代替法の比較による代替法の妥当性や今回は行っていない自転車混入率や各種道路交通諸元とを組合せた左折車の通過確率の算出を試みたい．

参考文献

1) (一社) 交通工学研究会：平面交差の計画と設計 基礎編－計画・設計・交通信号制御の手引－，2018.

2) 星埜和：交差点及び織り込み区間の交通容量の研究，昭和 52 年度トヨタ財団法人研究助成研究報告書，1978.