

信号交差点における右折車のギャップアクセプタンス特性のモデル化*

Modeling of Gap Acceptance Characteristics of Right-Turning Vehicles at Signalized Intersections *

森 健二**, 本間正勝**, 齋藤 威***

Kenji MORI **, Masakatsu HONMA ** and Takeshi SAITO ***

1. はじめに

信号交差点における右折行動は、青丸表示中であれば、対向直進車の間隙をすり抜けて右折する機会を選ぶこととなる。このギャップアクセプタンス特性は、交差点の右折交通容量推定の決め手となる。この特性は従来より、臨界ギャップやギャップ利用率により検討されてきている。そのため、対向直進車のギャップサイズ以外の要因を含んだ、右折交通容量の推定方法の検討は未だ不十分といえる。そこで本研究では、ギャップ利用に影響する他の要因の影響メカニズムの一般化を意図して、右折車の行動をギャップの利用・棄却の選択行動として捉え、二項選択モデルを用いてこの特性のモデル化を試みる。

2. 研究の考え方

ギャップアクセプタンス特性は右折挙動の他にも、歩行者の道路横断、無信号交差点での車両の横断や交差側への合流、さらには高速道路流入部での合流といった様々な場面で見られる。これらは、交通の円滑性と安全性に影響する特性として古くから検討されている。

この特性を定量的に説明するための指標として代表的なものに臨界ギャップがある。例えば、MillerとGordon¹⁾は、臨界ギャップを5秒に設定し、右折処理量の推定式を提案している。この様に右折の可否は、主にギャップサイズに依存するが、他にもドライバ属性²⁾や直進車をやり過ごした数³⁾、さら

には信号制御状態⁴⁾にも影響されることが知られている。そこで本研究では、ギャップサイズ以外の要因も含めて、右折挙動をモデル化する。

右折車は、ギャップの利用・棄却という2つの選択肢から1つを選択する。そこで、この現象を二項選択モデルを用いて説明する。モデルには、分析上の簡便性や、過去に高速道路流入部での合流挙動への適用実績⁵⁾のある二項ロジットモデルを用いる。

3. ギャップアクセプタンス特性のモデル化

(1) モデルの概要

二項ロジットモデルによる各選択肢の選択確率は次式で与えられる。

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + \exp\{-(U_{1n} - U_{2n})\}} \quad \dots\dots (1)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

P_{1n} : 個人 n が選択肢 i を選択する確率

U_{1n} : 個人 n が選択肢 i から受ける効用の確定項

i : 選択肢 (1 = 利用、2 = 棄却)

(1)式より、選択確率 P_{1n} は、両選択肢の効用の差によって表される。そこで、

$$U_1 - U_2 = \theta_0 + \sum_{j=1}^J \theta_j X_j \quad \dots\dots\dots (3)$$

とし、説明力のある変数 X と、そのパラメータ θ を見出すことにより、個々の右折車が目前のギャップを利用して右折する確率を求める。

(2) 使用データ⁶⁾

モデル構築のため、信号交差点において右折挙動の調査を行った。調査場所は東京渋谷の清水橋交差点方南通り西行き流入路とした。そこでの右折挙動をビデオカメラで撮影し、その画像から以下の解析を行った。まず、図1の様に交差点内に測定ポイント

*キーワード：交通流

**正員、工修、警察庁科学警察研究所交通部交通規制研究室

(〒102東京都千代田区三番町6番地、TEL 03-3261-9986、FAX 03-3221-1245)

***正員、工博、警察庁科学警察研究所交通部交通規制研究室長

(〒102東京都千代田区三番町6番地、TEL 03-3261-9986、FAX 03-3221-1245)

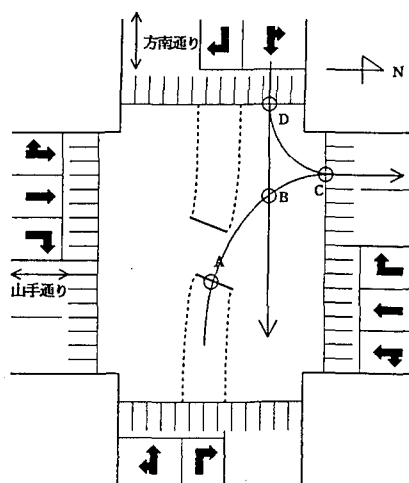


図1 測定ポイント

トを設定した。これらは、右折車と対向車（直進と左折）の流線上に設定しており、各ポイントを各車両が通過する時刻を測定した。時刻の記録にはビデオの1コマに対応するタイムコードを用いた。右折車については、さらに右折待ち開始時刻を測定した。右折待ち開始の定義は、右折車が誘導停止線の上流2 m程度に到達した時点とした。ただし、前を行く右折車が、右折先の横断歩道前端（C点）に達するまでは右折待ち状態ではないとした。なお、対向直進車については流入部への接近速度を得るため、D点とB点での通過位置も測定した。

ビデオ撮影は6日間で22時間実施した。今回はそのうち雨天時を除く12時間、316 サイクルの車両挙動を解析対象とした。得られたサンプルは利用ギャップが347、棄却ギャップが3,587となった。

(3) モデルの構築

観測データには棄却ギャップが多く含まれている。しかしパラメータ推定の際には、サンプルに利用・棄却で偏りが無いことが望ましい。そこで今回は、右折車1台から複数の棄却ギャップを得た際には、最も大きい棄却ギャップをパラメータ推定に用いた。これは、ギャップ利用の判断が微妙となるギャップサイズにおいて、他の要因の影響を効果的に分析できると考えたからである。その結果、パラメータ推定に用いたサンプルは表1の通りとなった。なお、1ギャップで2台以上右折した場合は、1台目の右折車の可否判断のみを分析対象とした。

表1 パラメータ推定に用いたサンプル数

	利用 Gap	棄却 Gap
パラメータ推定に使用したサンプル	347	496
最初のGapで右折したため利用Gapのみ得たケース	79	—
利用・棄却Gapともに1つずつ得たケース	268	268
青丸中に右折できずに棄却Gapのみ得たケース	—	228
パラメータ推定には使用しなかったサンプル	0	3,091

表2 ギャップ利用確率推定モデル

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
パラメータ					
ギャップサイズ (秒)	0.878 (13.54)	0.906 (13.43)	0.936 (13.40)	0.921 (13.38)	0.885 (12.92)
左折混入台数 (台/秒)		-2.04 (-2.26)	-2.63 (-2.78)	-1.75 (-1.91)	-1.75 (-1.91)
ギャップ前車速度 (km/h)		0.0383 (2.76)		0.0309 (2.17)	0.0343 (2.32)
ギャップ後車速度 (km/h)			0.0310 (2.39)		
右折待ち時間 (秒)					0.0304 (3.43)
青開始後の経過時間 (秒)				0.0170 (2.38)	
定数項	-5.29 (-14.67)	-6.21 (-11.51)	-6.10 (-11.25)	-6.60 (-11.39)	-6.47 (-11.35)
精度					
尤度比	0.468	0.480	0.478	0.484	0.485
的中率					
利用	254/ 347 73.2%	252/ 347 72.6%	257/ 347 73.9%	251/ 347 72.3%	231/ 322 71.7%
棄却	447/ 496 90.1%	450/ 496 90.7%	450/ 496 90.7%	449/ 496 90.5%	454/ 496 91.5%
合計	701/ 843 83.2	702/ 843 83.3%	707/ 843 83.7%	700/ 843 83.0%	685/ 818 83.7%

表2にパラメータ推定の結果を示す。これを見ると、ギャップサイズのみを変数としたモデル1でも尤度比が0.4を越えており、この影響が大きいことがわかる。次に、ギャップに左折車が混入する影響を調べるため、左折車混入率（左折車混入台数÷ギャップサイズ）を変数として設定した。その結果、各モデルの符号条件から、対向左折車の混入は右折車が捌けない方へ寄与することがわかる。また、直進車の速度の影響をギャップを構成する前車と後車の速度で検討した。その結果、速度が速くなるとギャップは利用される傾向がみられる。モデル2と3で比較すると、前車速度の方が影響が大きいことがわかる。さらに、モデル4と5をみると、右折待ち時間や青開始からの経過時刻が大きいことは、ギャップを利用する方へ寄与することがわかる。しかしこれらは、利用ギャップが時間的に棄却ギャップの後で観測されるというデータの偏りのためとも考えられる。さらに、青開始からの経過時刻については、

青開始直後は対向車が飽和流を形成し右折しにくい一方で、青終了間際には無理に右折しない傾向にあることも指摘されている⁶⁾。そこで、これらについては両者を区別した変数を取り入れて詳細に分析する必要があると思われる。

(4) モデルの現象再現性の検討

表2のモデル2を用いて、モデルの現象再現性を数え上げ法により検討した。すなわち、モデルから個々のギャップの利用確率を求め、それらを変数値の層別に平均した値を推定値とした。そして、実際の利用率、すなわち実績値との比較を試みた。その際、今回はパラメータ推定に用いなかった 3,091 の棄却ギャップも比較対象として加えた。

その結果、まずギャップサイズ別に推定値と実績値を比較したものを図2に示す。これをみると、推定値と実績値とで大きな相違はないが、ギャップサイズの小さな領域で利用率が過大推定されている。これは、パラメータ推定時のデータとして大きい棄却ギャップを多く用いたためと考えられる。

次に、図3に左折車混入率別に推定値と実績値を比較した結果を示す。これをみると、概ね傾向が再現されている。

さらに、対向直進車の速度別に推定値と実績値を比較した。左折車混入のない場合を図4に、ある場合を図5に示す。これをみると、まず図4では、速度の違いによるギャップ利用率の違いが再現されている。しかし、図5では、傾向に相違がみられる。

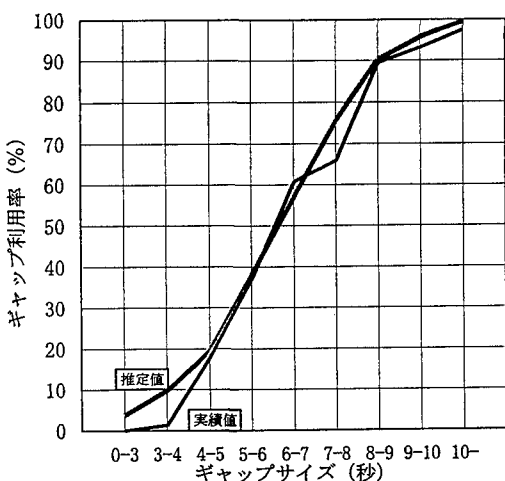


図2 推定値と実績値の比較

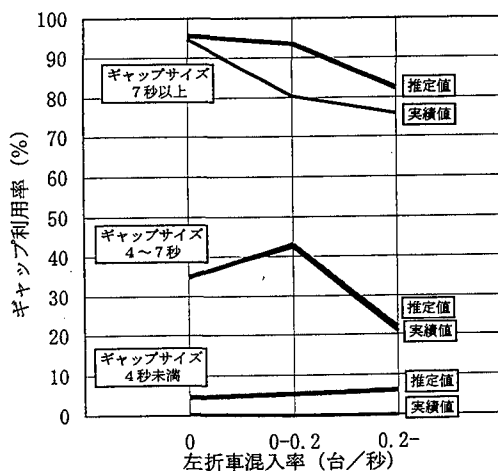


図3 左折車混入率別の推定値と実績値の比較

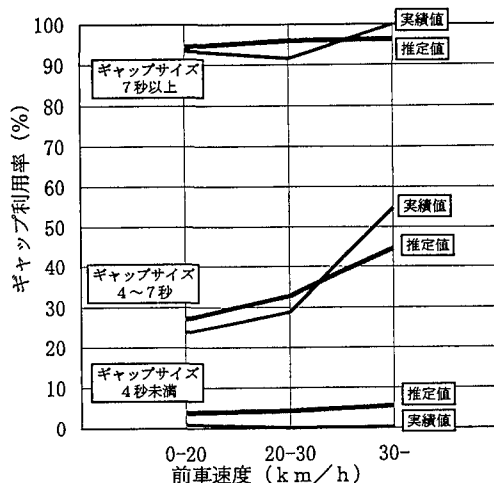


図4 前車速度別に見た推定値と実績値の比較 (左折混入なし)

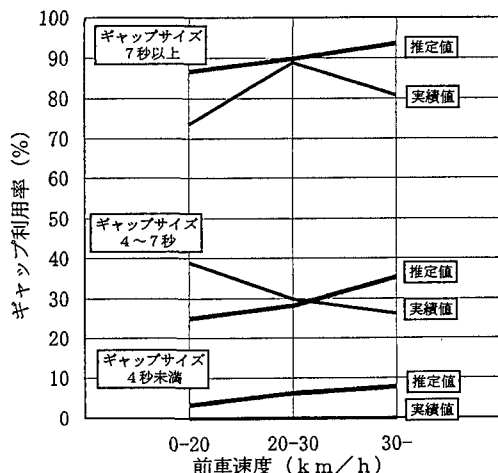


図5 前車速度別に見た推定値と実績値の比較 (左折混入あり)

これについては、左折車混入時の右折挙動が複雑であることから、その実態について詳細な分析を行った上でモデル化することが必要と考える。ただしギャップサイズの影響が支配的であるので、現状のモデルでも、ギャップ利用率そのものに大きな乖離はないといえる。

4. モデルの感度分析によるギャップアクセプタンスメカニズムの検討

同じモデルを用いて、各変数の感度分析を行った結果を図6に示す。縦軸のギャップ利用率は、前章の推定値と同様に、個々のデータからギャップ利用率を求め、ギャップサイズ別に平均した値である。

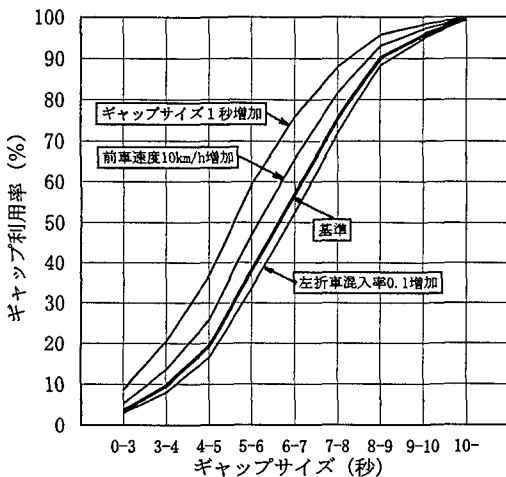


図6 各変数の感度

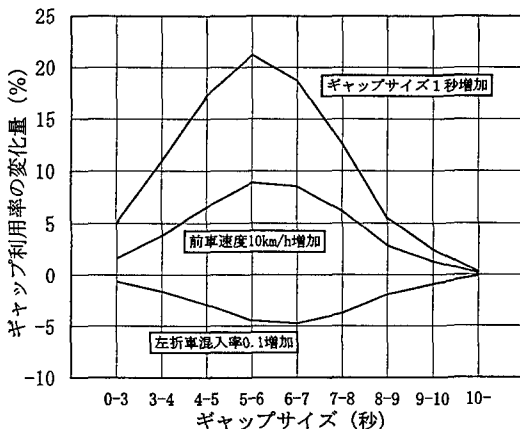


図7 ギャップ利用率の変化量でみた各変数の感度

図中、基準値は変数の変化がない場合である。さらに、ギャップサイズが1秒、直進車の速度が10km/h、左折車混入率が0.1台/秒、増加した時のそれぞれのギャップ利用率を示している。

そして、各変数の感度をギャップ利用率の変化量で表した結果を図7に示す。これを見ると、利用率の変化量はギャップ利用の判断が微妙となるギャップサイズで大きくなっている。この領域では、右折挙動はギャップサイズ以外の要因にも大きな影響を受けるといえる。各要因の影響を比較すると、対向直進車の速度10km/hの増加がギャップサイズ0.4秒の増加に、左折車混入率0.1の増加がギャップサイズ0.3秒の減少に匹敵している。

5. おわりに

本研究では、右折車が対向直進車の間隙を利用して右折する行動を、ギャップの利用・棄却の選択行動と見なし、二項ロジットモデルによりモデル化した。そして、ギャップ利用の判断が微妙となる領域では、ギャップサイズ以外の要因も右折の判断に大きく影響することを示した。

今後は、モデルの変数として信号制御状態や、流入部の車線数、さらには他の交通状態を取り入れ、より実態を反映したモデルへと改良することが必要である。さらに、1ギャップで2台以上の右折が生じる現象を説明するモデルを構築し、信号交差点の右折交通容量算出方法の確立へと結びつける必要があると考える。

参考文献

- (1) Gordon I.D. and Miller A.J. : Right turn movements at signalized intersections, Proc. 3rd Conf.A.R.R.B.,3: 1,446, 1966.
- (2) Wennell J. and Cooper D.F. : Vehicle and Driver Effects on junction Gap Acceptance, Traffic Engineering and Control Vol.22 No.12, pp628-632, 1981.
- (3) Mahmassani H. and Sheffi Y. : Using Gap Sequences to Estimate Gap Acceptance Functions, Transportation Research, Vol.15-B, pp143-148, 1981.
- (4) 森健二, 齋藤威 : 信号交差点における右折挙動に基づいた右折処理能力に関する研究, 土木計画学研究講演集15(1), pp279-286, 1992.
- (5) 喜多秀行, 畠中康行 : 高速道路流入部におけるギャップアクセプタンス挙動の解析, 第11回交通工学研究発表会論文集, pp. 9-12, 1991.
- (6) 森健二, 齋藤威 : 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16(1)2, pp987-992, 1993.