

# 信号交差点における飽和交通流率の実態調査 及び影響要因の基礎的研究

西 公平<sup>1</sup>・根津 佳樹<sup>2</sup>・田中 良寛<sup>2</sup>・横地 和彦<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail:nishi-k927a@mlit.go.jp

<sup>2</sup> 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

信号交差点の計画においては、交通円滑化の観点から交通容量を適切に把握することが重要である。交通容量は本来、観測される飽和交通流率を基礎として算定されるものであるが、実務においては、飽和交通流率は基本値に道路・交通条件の諸要因による補正率を乗じて推定するのが一般的である。基本値は 30 年以上前の飽和交通流率の観測結果を基に設定された定数であるが、近年、飽和交通流率の観測値が減少傾向にあることが報告されている。そこで本研究では、飽和交通流率の実態を調査するとともに、適切に飽和交通流率を推定するための新たな手法の構築等に向けて、影響要因の基礎的研究を行った。実態調査では 15 箇所の交差点で交通状況調査を実施し、既往の観測結果や過去の映像の解析結果との比較により経年変動等を把握した。影響要因の基礎的研究では、飽和速度、車頭間隔等に着目し研究を行った。結果として、飽和交通流率が経年的に減少傾向にあること、及び各影響要因をパラメータとした推定手法により推定精度を改善できる可能性を確認した。

**Key Words:** saturation flow rate, saturation speed, start response time

## 1. 背景・目的

信号交差点の計画においては、交通円滑化の観点から交通容量を適切に把握することが重要である。交通容量は本来、観測される飽和交通流率を基礎として算定されるものであるが、実務においては、飽和交通流率は基本値に道路・交通条件の諸要因による補正率を乗じて推定するのが一般的であると言える。基本値は 30 年以上前の飽和交通流率の観測結果を基に設定された定数であるが、近年、飽和交通流率の観測結果が減少傾向にあることが報告されている<sup>2)</sup>。

そこで、本研究では、飽和交通流率の実態を調査するとともに、適切に飽和交通流率を推定するための新たな手法の構築等に向けて、影響要因の基礎的研究を行った。飽和交通流率の実態調査では、東京都内の 15 箇所の交差点(付録参照)で交通状況調査を実施し、さらに、既往の観測結果<sup>2)</sup>との比較により経年変動を把握した。影響要因の基礎的研究では、飽和状態の待ち行列を前提として、発進した車両が停止線を通過する速度(以下「飽和速度」という)、車両の発進に要するドライバーの反応時間(以下「反応時間」という)、車頭間隔等に着目し研究を行った。

## 2. 飽和交通流率の観測

### (1) 観測条件

交通状況調査は令和元年 11 月から 12 月にかけて実施し、調査時間は交通量のピーク時間を含む 6 時間とした。調査項目は、交通量、基準線(停止線、流入部横断歩道の両端)の車両先端通過時刻、車種、信号現示、待ち行列車両の有無、緊急車両の有無等とし、映像の解析により取得した。これに、表-1 の算定条件を考慮した上で、調査結果より飽和速度、車頭時間及び飽和交通流率の観測値(以下「観測値」という)等を算出した。

表-1 算定条件

①	信号サイクル毎に、先頭車両から 3 台目までの車両は発進遅れの影響を受けるとみなして対象から除外する。また、車頭時間が 5 秒以上の車両についても飽和状態とみなして対象から除外する。
②	先詰まり現象、または右折待ち車両による車線閉塞等の影響が見られた車両及びそれ以降の車両を除外する。また、緊急車両の通行や故障車等が発生した場合については、該当するサイクル全てを除外する。
③	青開始時までの待ち行列(飽和状態)を対象とする。
④	小型車-小型車の車頭時間のみを対象とし、大型車や二輪車を含む車頭時間を対象から除外する。

(2) 観測結果

観測値の経年的な変動傾向を図-1～図-3 に示す。なお、ここで示す観測結果は、いずれも補正を要する道路・交通条件を含んでいない交差点での結果である。本研究における観測値は、直進車線では 1,386～1,782 台/青 1 時間、左折車線では 1,382～1,595 台/青 1 時間、右折車線では 1,553～1,867 台/青 1 時間であり、直進車線及び左折車線では全ての観測箇所の基本値を下回る結果となった。ここで、基本値は直進車線では 2,000 台/青 1 時間、左折車線及び右折車線では 1,800 台/青 1 時間である。次に、経年的な観測値の変動を確認すると、基本値を定めた 1985 年付近の観測値は、基本値付近に多く分布しているものの、それ以降は基本値よりも小さい値が分布しているとともに、経年的に減少傾向にあることが確認された。また、観測実績が少ないものの、特に 2000 年代以降の減少が顕著であることも確認された。

3. 飽和交通流率の影響要因の基礎的研究

(1) 回帰モデルを用いた影響要因の推測

飽和交通流率の推定値は、式(1)のように基本値に道路・交通条件の諸要因による補正率を乗じて算出するものであるが、図-1～図-3 に示すように、補正を要する道路・交通条件を含んでいない観測結果であっても、基本値との乖離が確認された。したがって、これらの実態が反映されるように飽和交通流率を推定しようとする場合には、新たな推定手法を検討する必要がある。

そこで、本研究では、従来の推定手法における補正要因に加え、基本値部分に影響を与えらる飽和速度、反応時間、車頭間隔等に着目し、それぞれの特性等について検討を行った。まず、既往研究<sup>3)</sup>を参考とした飽和交通流率の算出式(2)及び式(3)を基に、式(4)～式(6)に示す車線の進行方向別の飽和交通流率の回帰モデルを導出した。この回帰モデルは、目的変数を本研究における観測値とし、説明変数となる反応時間、車頭間隔を表-2 に示す制約条件付きの回帰分析により推定し導出したものである。飽和速度については本研究における観測結果を用いた。また、制約条件については、既往研究<sup>3,4)</sup>における観測結果等を参考に設定したものである。

$$S_A = S_B \times \alpha_W \times \alpha_G \times \alpha_T \times \alpha_B \times \alpha_{RT} \times \alpha_{LT} \quad (1)$$

ここで、 $S_A$  : 飽和交通流率 (台/青 1 時間) ,  $S_B$  : 飽和交通流率の基本値 (台/青 1 時間) である。さらに、 $\alpha_W, \alpha_G, \alpha_T, \alpha_B, \alpha_{RT}, \alpha_{LT}$  : それぞれ車線幅員、縦断勾配、大型車混入率、バス停留所、右折車混入、左折車混入による補正率である。

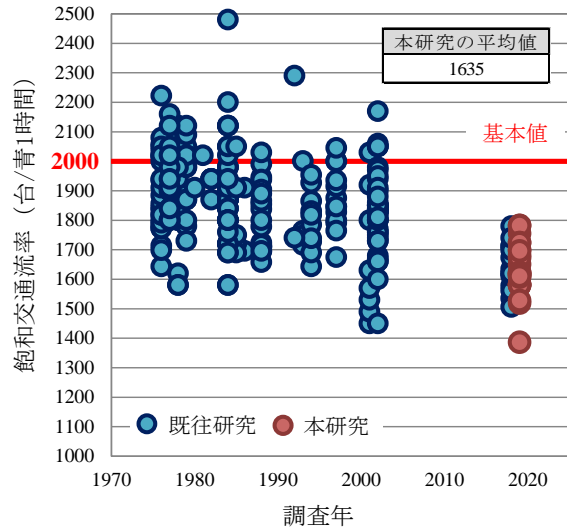


図-1 飽和交通流率の観測値 (直進車線)

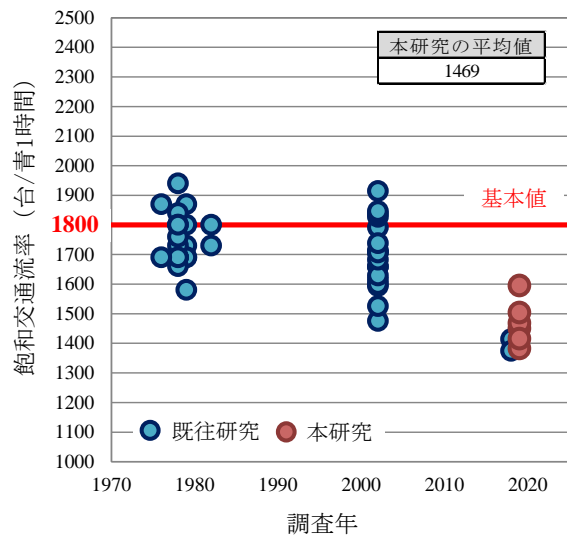


図-2 飽和交通流率の観測値 (左折車線)

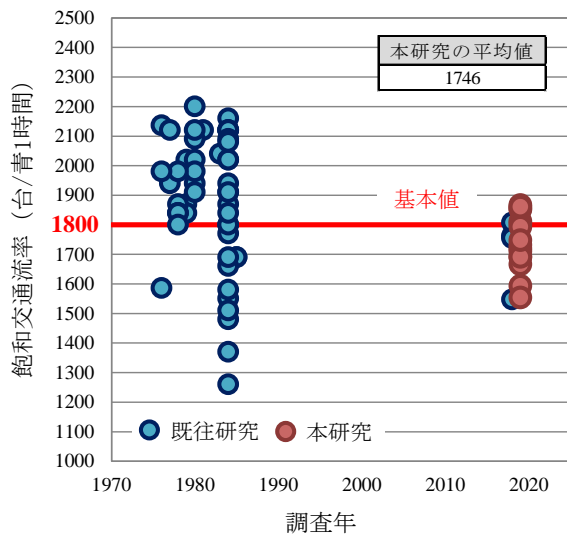


図-3 飽和交通流率の観測値 (右折車線)

$$S = 3600/h_s \quad (2)$$

$$h_s = t_x + 3.6 \times h_j/V_s \quad (3)$$

ここで、 $S$ ：飽和交通流率（台/青1時間）， $h_s$ ：車頭時間（秒）， $t_x$ ：反応時間（秒）， $h_j$ ：車頭間隔（m）， $V_s$ ：飽和速度（km/h）である。

$$S_T = 3600/(1.35 + 3.6 \times 7/V_s) \quad (4)$$

$$S_L = 3600/(1.20 + 3.6 \times 7/V_s) \quad (5)$$

$$S_R = 3600/(1.04 + 3.6 \times 6/V_s) \quad (6)$$

ここで、 $S_T$ ：直進車線の飽和交通流率（台/青1時間）， $S_L$ ：左折車線の飽和交通流率（台/青1時間）， $S_R$ ：右折車線の飽和交通流率（台/青1時間）である。

表-2 反応時間及び車頭間隔の制約条件

車線	制約条件	
	反応時間（秒）	車頭間隔（m）
直進車線	$0.8 \leq t_x \leq 1.5$	$7.0 \leq h_j \leq 12.0$
左折車線	$0.8 \leq t_x \leq 1.5$	$7.0 \leq h_j \leq 12.0$
右折車線	$0.8 \leq t_x \leq 1.5$	$6.0 \leq h_j \leq 12.0$

表-3 飽和速度の観測結果

車線	飽和速度の平均値（km/h）
直進車線	29.2
左折車線	18.8
右折車線	20.9

その結果、式(4)～式(6)の各項に示すように、車線の進行方向により反応時間及び車頭間隔に異なる傾向が確認され、飽和速度についても表-3に示すような差異が確認された。車線の進行方向別の傾向としては、直進車線では、飽和速度が最も高く、反応時間は最も長くなる傾向が見られた。左折車線は、直進車線に比べ飽和速度の平均値が 10km/h 程度低く、その結果、反応時間は直進車線より短いものの、飽和交通流率において直進車線より低くなっていることが推測できる。右折車線では、飽和速度は左折車線と同様に低いが、反応時間及び車頭間隔が最も短いため、それにより飽和交通流率が高くなっていることが推測できる。

## (2) 飽和交通流率の推定手法の評価

図-4～図-6 に、観測値と式(4)～式(6)により算出された飽和交通流率（以下「本稿推定値」という）及び従来の推定手法による飽和交通流率（以下「従来推定値」という）の関係を示す。従来推定値を見ると、直進車線及び左折車線において、観測値との乖離が確認できる。この観測値の中には、車線幅員や縦断勾配等に基づく補正を

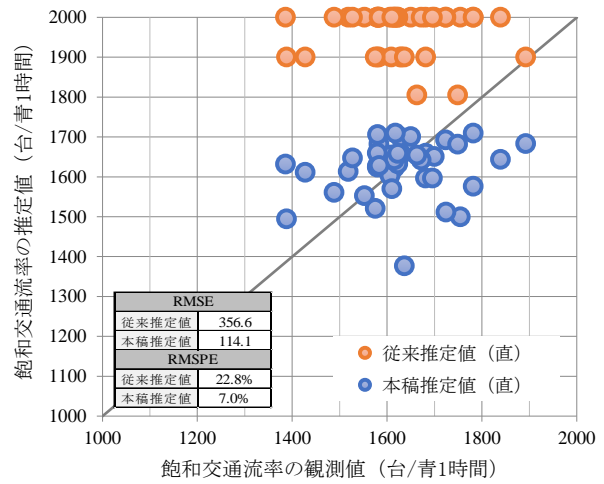


図-4 飽和交通流率の観測値及び推定値（直進車線）

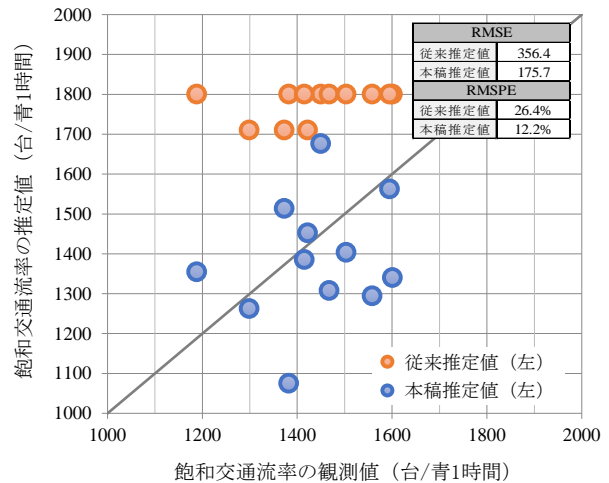


図-5 飽和交通流率の観測値及び推定値（左折車線）

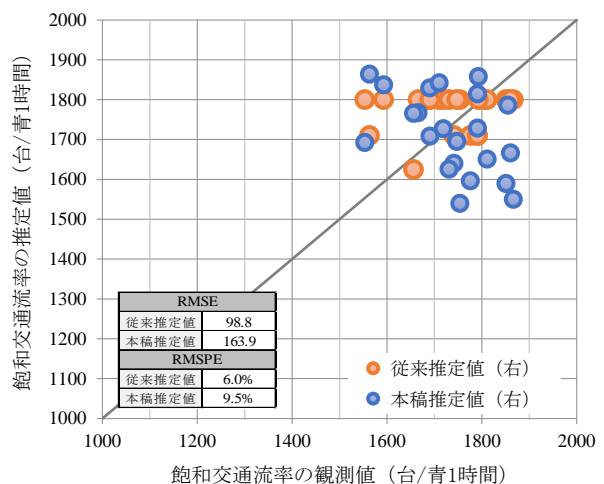


図-6 飽和交通流率の観測値及び推定値（右折車線）

行ったものも含まれているが、これも十分に補正できているとは言えない結果である。本稿推定値では、飽和速度に加え、推定値ではあるものの制約条件下で求められた反応時間及び車頭間隔を用いることにより比較的精度良く推定できている。したがって、飽和交通流率を推定する場合には、車線毎及び車線の進行方向別に異なる特性を捉えることが重要であると推測できる。ただし、本研究における推定手法の妥当性については、反応時間及び車頭間隔の検証、さらにサンプルの追加等を行った上で評価する必要があると考えている。

#### 4. 過去の映像の解析結果との比較

本研究の調査箇所と同一箇所において過去に撮影された映像を同様の方法で解析し、今回の調査結果との比較を行った。図-7に1988年における交差点⑮、図-8に2000年における交差点⑨の解析結果との比較を示す。その結果、同一交差点かつ同一方法による解析であっても、飽和交通流率が減少していることが確認された。ただし、飽和速度については、飽和交通流率の変動に影響するほどの経年的な変化は確認されなかった。したがって、飽和交通流率の経年変動は、反応時間及び車頭間隔の経年的な変化による影響が大きいことが推測される。

#### 5. 結論

本研究では、飽和交通流率の実態調査を実施し、経年的に減少傾向にあることを確認した。また、観測された多くの結果は基本値を下回り、それにより従来の推定手法では推定精度に課題がある可能性が示唆された。

そこで、基本値部分に影響を与えると考えられる要因に着目し、結果として飽和速度、反応時間、車頭間隔について車線の進行方向別に異なる特性があるとともに、それらを用いた推定式により従来の推定手法に比べ精度良く推定できる可能性を確認した。さらに、過去の映像の解析結果との比較では、飽和速度の経年変化が小さいこと、反応時間及び車頭間隔の経年変化により飽和交通流率が変動していることが推測された。したがって、今後は交通情勢の変化に合わせて反応時間や車頭間隔を設定することで、飽和交通流率の変化を捉えることができると考えられる。そのためには、それらの推定方法あるいは観測方法を確立していく必要がある。

また、本研究において飽和速度は観測により求めたが、経年変化が小さいことや、車線の進行方向別にある程度収束していることから、基準値として整理できれば新設交差点の計画への適用も可能となり、より汎用性の高い

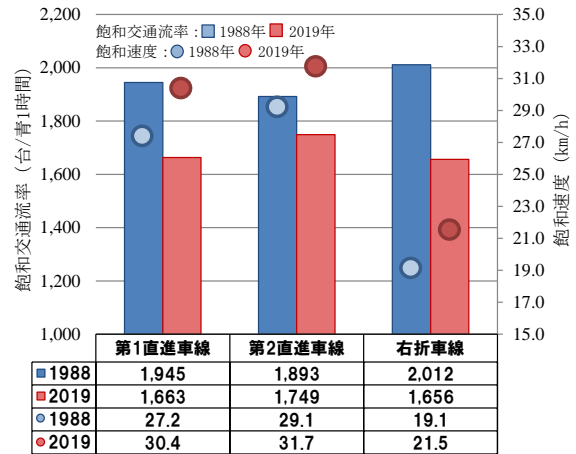


図-7 解析結果の比較 (交差点⑮)

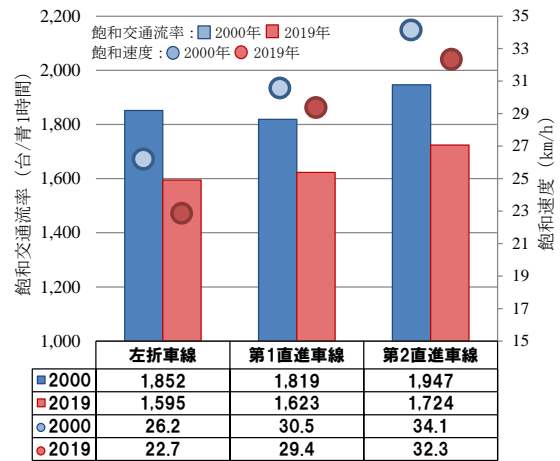


図-8 解析結果の比較 (交差点⑨)

推定手法となることも期待できる。

一方で、本研究では反応時間や車頭間隔の変動理由については究明できていない。既往研究<sup>45)</sup>で報告されているアイドリングストップ機能による影響や、高齢者ドライバーの増加による影響等を参考に検証を行うとともに、推定手法への反映について検討していきたい。それらを踏まえた上で、実務における作業性等も考慮しつつ、多角的な観点で研究を行っていく必要があると考えている。

**謝辞:** 本研究の遂行にあたって、終始ご協力頂きました株式会社オリエンタルコンサルタンツ様、過去の映像を提供して頂きました東京都立大学の小根山教授に感謝の意を表します。





参考文献

- 1) 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-, pp.262-268, 2018.
- 2) 西公平・横地和彦・田中良寛：信号交差点の飽和交通流率の変動要因に関する分析,第 33 回日本道路会議論文集,2019.
- 3) Rahmi Akçelik and Mark Besley : Queue Discharge Flow and Speed Models for Signalised Intersections.,the 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory,2002.
- 4) 森健二・矢野伸裕・横関俊也・牧下寛：エコドライブ実施時の車両挙動, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, pp.I\_1149-I\_1154, 2012.
- 5) Jian JohnLUPh.D., P.E. and Juan C.PERNÍA : The difference of driving behavior among different driver age groups at signalized intersections, IATSS Research Vol.24 No.2, 2000.

(? 受付)

INVESTIGATION ON SATURATION FLOW RATE AT SIGNALIZED INTERSECTIONS AND BASIC STUDY ON INFLUENCE FACTORS

Kohei NISHI, Yoshiki NEZU, Yoshihiro TANAKA and Kazuhiko YOKOCHI