

信号交差点での飽和交通流率の低下傾向と それに関係する交通指標の基礎的分析

西 公平・根津佳樹・田中良寛・横地和彦

1. はじめに

信号交差点の計画においては、交通の円滑性の観点から交通容量（車線別に1時間あたりに通過し得る最大の車両数）を適切に設定することが重要である。この交通容量は飽和交通流率（車線別に青信号1時間あたりに通過し得る最大の車両数）を基に算定されるものである。本来、交通容量は観測される飽和交通流率（以下「観測値」という。）を基礎として算定されるが、新設交差点の計画のように観測が困難な場合においては、飽和交通流率は基本値（理想的な道路・交通条件において想定される飽和交通流率）に車線幅員や縦断勾配といった道路・交通条件の諸要因による補正率を乗じて推定¹⁾した値を用いるのが一般的である。しかし、基本値や補正率は30年以上前の観測値に基づいて定められた値であるため、近年の車両性能の変化やドライバー特性・意識の変化等により実態と乖離している可能性が考えられる。実際に近年の調査結果では、観測値が低下傾向にあることが報告されている²⁾。

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、影響要因の基礎的分析を行った。飽和交通流率の実態調査では、東京都内の交差点で交通状況調査を実施し、さらに、既往研究における過去の観測値²⁾との比較により経年変動を把握した。影響要因の基礎的分析では、飽和状態にある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分析を行った。

2. 飽和交通流率の実態調査

2.1 調査条件

実態調査は2019年11月から12月にかけて東京

都内の15箇所の交差点で実施し、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、ビデオ撮影及び映像の解析により取得した。これに、表-1の条件を考慮した上で、調査結果を基に飽和速度、飽和交通流率の観測値等を算出した。

2.2 調査結果

本研究及び既往研究における過去の観測値を図-1～図-3に示す。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³⁾で推定値（補正なしの場合、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）を下回る結果となった。なお、ここで示す観測値は、いずれも補正を要する条件を含んでいない比較的理想的な道路・交通条件の交差点での結果である。

次に、観測値の変動傾向を確認すると、基本値等を定めた1985年付近の観測値は、推定値付近に多く分布しているものの、それ以降は推定値よりも小さい値が分布しているとともに、低下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年代以降の低下が顕著であることも確認された。

表-1 観測値等算出にあたってのデータの抽出条件

- 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不飽和状態とみなして対象から除外する。
- 先詰まり現象、又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。
- 青開始時までの待ち行列（飽和状態）を対象とする。
- 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。

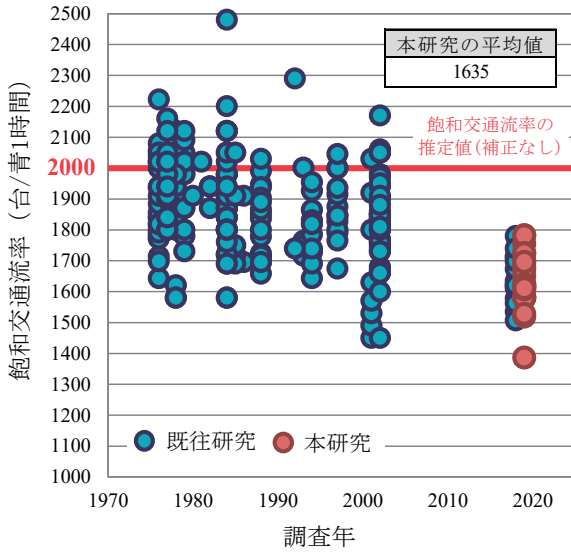


図-1 飽和交通流率の観測値 (直進車線)

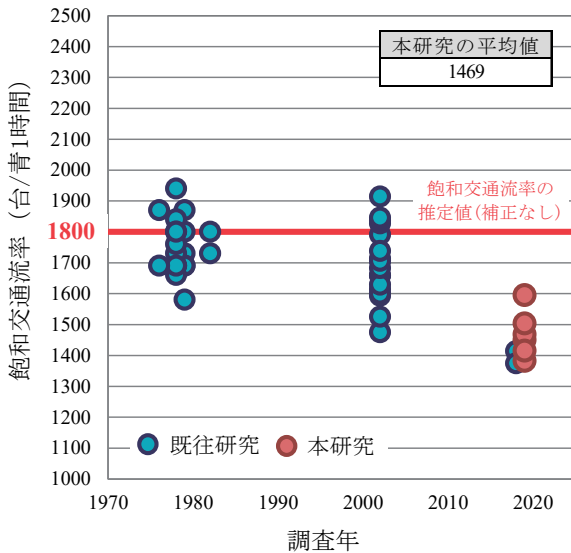


図-2 飽和交通流率の観測値 (左折車線)

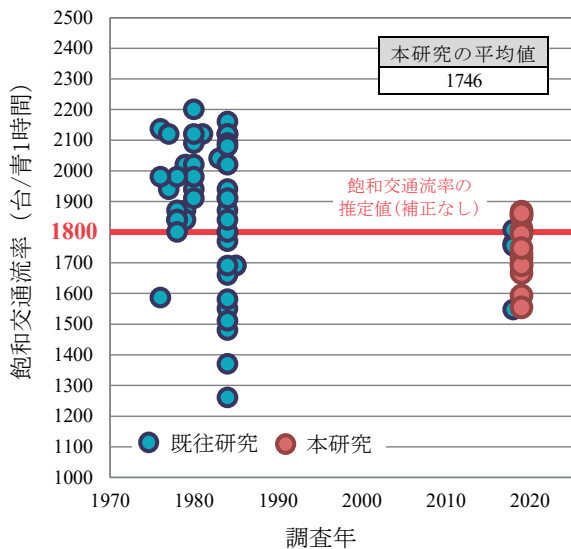


図-3 飽和交通流率の観測値 (右折車線)

3. 飽和交通流率の影響要因の基礎的分析

3.1 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（いずれも1以下の値）を乗じて算出するものである。

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

ここで、 S_A ：飽和交通流率の推定値（台/青1時間）、 S_B ：飽和交通流率の基本値（台/青1時間）、 α_W 、 α_G 、 α_T 、 α_B 、 α_{RT} 、 α_{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。

一方、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、推定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、飽和交通流率に影響を与えると考えられる飽和速度、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分析を行った。まず、既往研究³⁾を参考とした飽和交通流率と飽和速度等の関係式(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、目的変数を本研究の実態調査における観測値、説明変数を同じく本研究で実測した飽和速度とし、反応時間及び車頭間隔に相当する係数を回帰分析により定数化したものである。

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

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

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）。

$$S_T = 3600/(1.35 + 3.6 \times 7.0/V_s) \quad (4)$$

$$S_L = 3600/(1.20 + 3.6 \times 7.0/V_s) \quad (5)$$

$$S_R = 3600/(1.04 + 3.6 \times 6.0/V_s) \quad (6)$$

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）。

表-2 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

結果として、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た。飽和速度については、回帰分析に用いた観測結果の平均値を表-2に示すが、同様に車線方向により差異が確認された。

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は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た。

3.2 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。なお、これらの観測値及び推定値は、図-1～図-3に示す交差点での結果に加え、補正を要する道路・交通条件の交差点での結果を含むものである。

従来推定値を見ると、直進車線及び左折車線において、補正を要する交差点での結果も含め、改めて観測値と乖離が確認できる。一方、本稿推定値では、飽和速度に加え、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、反応時間及び車頭間隔は更なる検証の必要はあるが、飽和交通流率の推定において、これらの車線別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言える。

4. 過去の映像の解析結果との比較

飽和交通流率及び飽和速度の経年変化をより明確に把握するため、本研究における実態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、今回の観測結果との比較を行っ

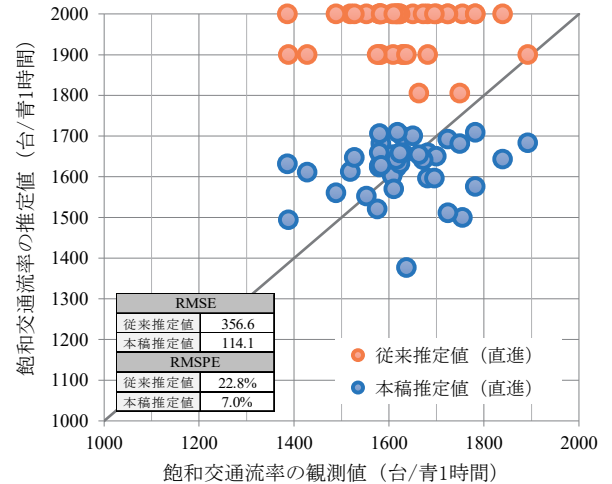


図-4 飽和交通流率の観測値及び推定値（直進車線）

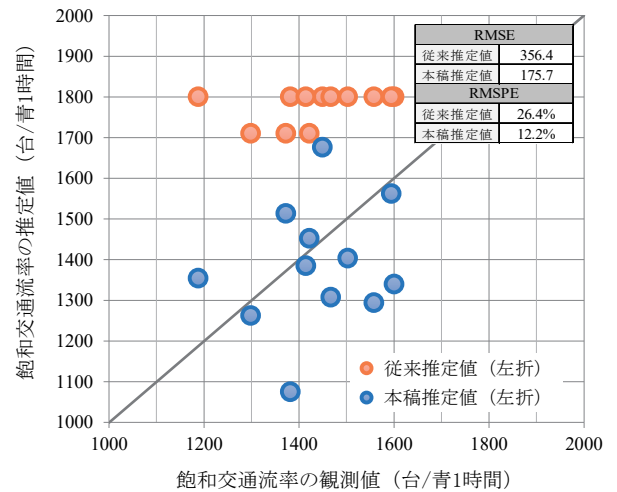


図-5 飽和交通流率の観測値及び推定値（左折車線）

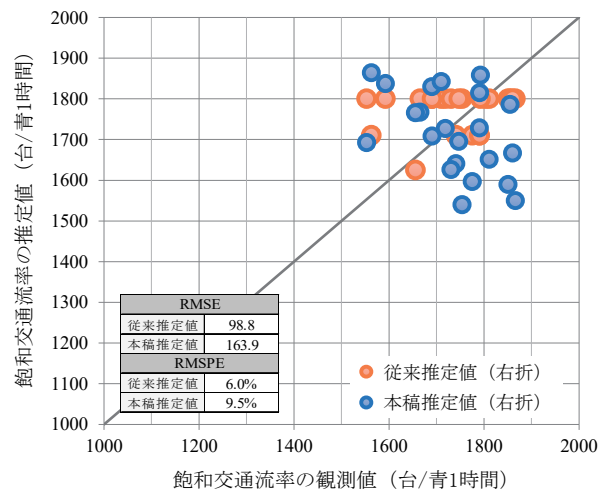


図-6 飽和交通流率の観測値及び推定値（右折車線）

た。図-7に1988年における交差点A、図-8に2000年における交差点Bの解析結果との比較を示す。

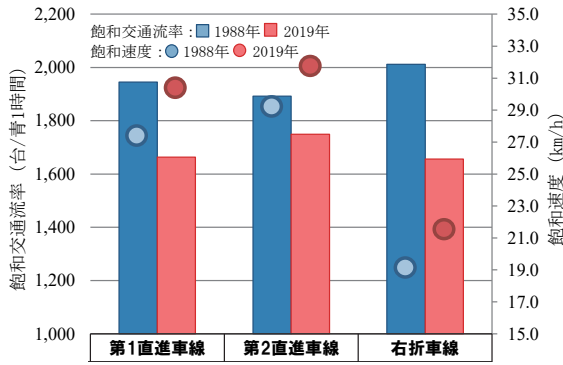


図-7 解析結果の比較 (交差点A)

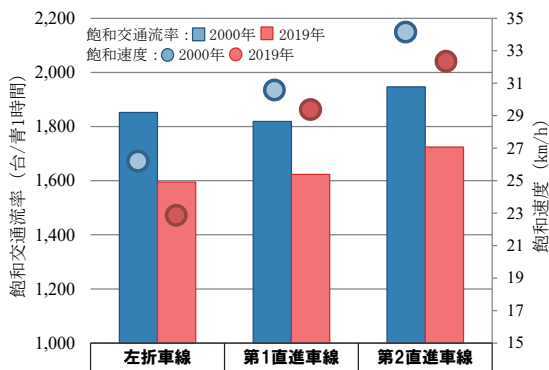


図-8 解析結果の比較 (交差点B)

その結果、飽和交通流率の低下は確認されたが、飽和速度については、飽和交通流率の変動に大きく影響すると思われる経年変化は確認されなかった。したがって、十分なデータ量による検証には至っていないが、飽和交通流率の低下は、反応時間又は車頭間隔の経年変化による影響が大きいことが推測された。同時に、今後の飽和交通流率の変化を把握する上で、反応時間及び車頭間隔が重要な要因であることが推測された。

5. おわりに

本研究では、飽和交通流率の実態調査を実施し、低下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推定値を下回り、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。

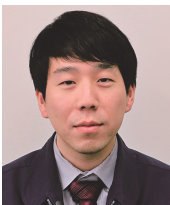
そこで、飽和交通流率に影響を与えると考えられる要因に着目し、結果として飽和速度、反応時間、車頭間隔について車線の進行方向別に異なる特性があるとともに、それらを用いた推定式により精度良く推定できる可能性を確認した。さらに、過去の映像の解析結果との比較により反応時間又は車頭間隔の経年変化により飽和交通流率が変動していることが推測された。したがって、交通情勢の変化に合わせて反応時間や車頭間隔を把握し、それらを飽和交通流率の算定に反映することが重要であると考えられる。

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^{4) 5)}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、高齢ドライバーの増加による影響等を検証するとともに、推定手法への反映について検討していきたい。また、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。

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

西 公平



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 交流研究員
NISHI Kohei

根津佳樹



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 研究員
NEZU Yoshiki

田中良寛



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室 主任研究員
TANAKA Yoshihiro

横地和彦



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部道路研究室長
YOKOCHI Kazuhiko