

# 交通シミュレーションを用いた 市街地道路の混雑度指標に関する基礎的研究

関 真人<sup>1</sup>・坂本 邦宏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>非会員 会計検査院

<sup>2</sup>正会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 准教授（〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255）  
E-mail:sakamoto@dp.civil.saitama-u.ac.jp

本研究では、市街地道路の混雑度指標として交通シミュレーションを用いることで利用が容易になると考えられる地点平均通過速度を用いた指標の提案とその特性を明らかにすることを目的とする。従来からよく用いられる指標として信号交差点における滞留長（渋滞長）が挙げられるが、交通調査における観測方法やその利用について課題が指摘されていた。本研究では交通シミュレーションを用いることで、計測が容易で確実となる地点平均通過速度を提案した。単純交差点における指標の特性把握を行い、低速度地点と滞留長の相関性を分析した。また、実交通データを用いた分析で提案指標の利用可能性を確認した。

**Key Words :** 交通シミュレーション,混雑指標,滞留長

## 1. はじめに

近年、わが国では少子・高齢化社会の進行に伴う社会保障費の膨張やそれに伴う公共事業費の削減により、都市交通整備においても道路等の既存インフラの効率的な利用やきめ細かい適切な施策評価手法が必要になっている。このような背景の中、都市整備の計画段階で交通シミュレーションによって現況を把握し、交通施策を計画・評価する試みが各地でなされてきた。

交通シミュレーションの利点は、静的な検討手法では示せなかった時々刻々と変化する道路混雑状況が表現でき、任意地点の通過速度など詳細な交通挙動を把握できること、さらに対象道路ネットワークにおける混雑状況を俯瞰することで状況の直感的な理解が可能であることなどが挙げられる。

他方、道路の混雑度調査としてこれまで滞留・渋滞長調査が一般的に行われてきたが、道路で観測員が直接計測する場合には渋滞末尾の判断が困難である<sup>1)</sup>、信号交差点が含まれる区間ではどこが真の滞留末尾であるかの判断にばらつきが発生する、計測回数やどの値を採用するかなどの諸課題が以前から指摘されており、道路の混雑度指標としての信頼性には疑問が存在していた。

以上のことから、本研究では、シミュレーションを用いた市街地道路の混雑度指標として交差点部における低速区間長に着目し、その指標としての有効性を検証することを目的とする。

## 2. シミュレーションを用いた市街地道路の混雑度指標の提案

本研究では、本研究室で開発を行っている交通シミュレーションシステム tiss-NET を用いた<sup>2)</sup>、tiss-NET のアウトプット機能の一つとして、車両の平均通過速度のビジュアル表示を任意地点（コンパートメントと呼ぶ道路を 5m 単位でセル化したもの）毎に出力でき、市街地道路の渋滞状況を直感的に把握することが可能である（図-1）。この機能は他の交通シミュレーションソフトでも標準の出力機能となっている場合や、API や外部 GIS ソフトとの連携で同一機能を持たせることは可能であり、シミュレーションでは特殊な出力ではないと想定される。

これらのデータを実際の交通環境で観測することは非常に困難であることから、本研究では交通シミュレーションによる交通状況を仮装現実として分析を行う。

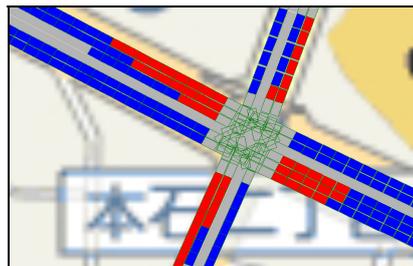


図-1 シミュレーションにおける地点別車両速度の表示例（赤い地点は閾値以下の平均速度を示している）

## (1) 市街地道路の混雑度指標の提案

交通シミュレーションによる地点別の通過速度について、任意の閾値以下の低速となったコンパートメント（地点）を、交差点停止線からの距離として計測したものを、「平均低速コンパートメント長（低速区間長）」と定義する。交差点に滞留が発生した場合、当然その地点速度は低下し、低速区間長と滞留状況が何らかの関係性（一般的には正の相関）を持つことが想定される。なお複数車線が存在するときは、最も車線別の低速区間長の中で最も長い距離とする。

## (2) 単一交差点における低速区間長の特性把握

まず簡易的な片側一車線の単一交差点を設定し、提案する低速度区間長の特性を分析した。シミュレーションのアニメーション上で信号現示が青色になった瞬間の滞留状態を目視で計測して、最後尾で停止又は前方車両の影響を受けて明らかに減速している車両までを「滞留長」と定義して計測した。観測車はアニメーションを再生させることで定義通りの滞留長を正確に計測できることから、この滞留長と低速度区間長を比較することで両者の関係を分析した。

### a) 信号サイクル毎の低速区間長と滞留長の比較

シミュレーション計算時間を1時間、信号サイクル長を100秒（スプリット50%）とした単一交差点を設定し、発生交通需要（交通量）を以下の4種類とした計算を実施した。①OD一定（交通量250台/時）、②OD一定（交通量500台/時）、③OD増加（交通量500台/時⇒1000台/時）、④OD増減（交通量500台/時⇒1000台/時⇒500台/時）

まず、信号サイクル毎に滞留長を計測した結果を図-2～5に示す。設定された交通環境では、250台/時の交通需要はスムーズに処理可能であるが、車両の発生タイミングにより、信号サイクル毎の滞留長がときどき変化することがわかる。交通量が500台/時となると、そのばらつきはさらに大きくなり、最大滞留長も延伸した。また、交通量を計算途中に変化させた場合（③、④）では、滞留長が大きく伸びる状況（図-4）やそれが解消される状況（図-5）が確認された。

図-2の①OD一定（250台/時）の滞留長データ（36個）と、同一シミュレーションから観測閾値を14km/hとして計測された低速区間長データ（36個）の散布図を図-6に示す。観測閾値を14km/hにした理由は、1km/h刻みで観測閾値を設定した上で、滞留長と低速区間長の相関性を分析したところ、RMS誤差が最も小さいこと、線形近似式の傾きが1.075と1.0に近いこと、またその決定係数が0.91と最も高かったためである（表-1）。線形近似式の係数1.075は滞留長を過大に推定することを意味するが、その影響は大きくないと判断した。

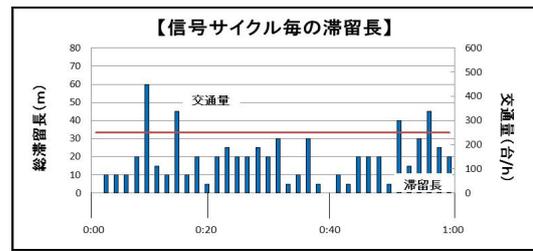


図-2 信号サイクル毎の滞留長（①OD一定（500台/時））

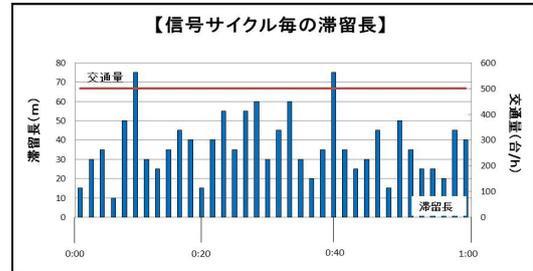


図-3 信号サイクル毎の滞留長（②OD一定（1000台/時））

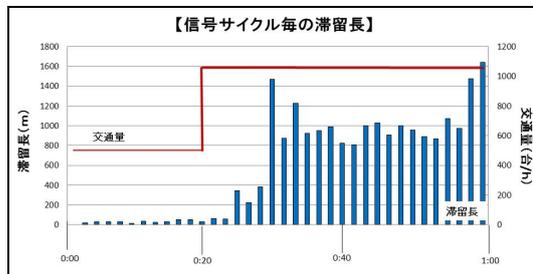


図-4 信号サイクル毎の滞留長（③OD増加パターン）

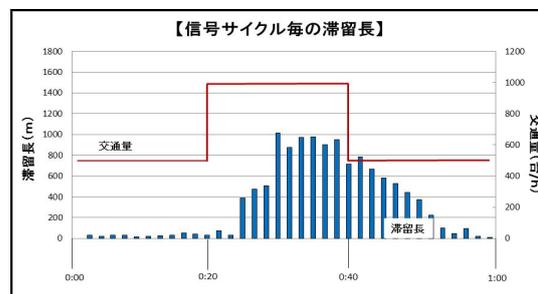


図-5 信号サイクル毎の滞留長（④OD増減パターン）

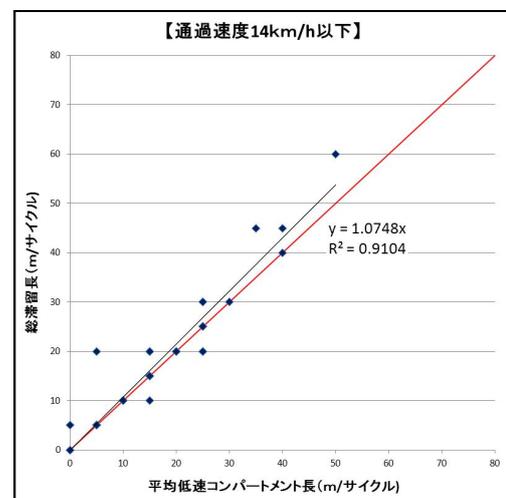


図-6 滞留長と低速区間長の散布図（OD一定[500台/時]，低速区間長の観測閾値：14km/h）

表-1 低速区間長の閾値別にみた滞留長との相関性の分析結果 (①OD 固定 250台/時)

平均通過速度	10km/h以下	11km/h以下	12km/h以下	13km/h以下	14km/h以下	15km/h以下	16km/h以下	17km/h以下	20km/h以下
RMS	5.8m	4.8m	4.9m	4.9m	4.2m	4.3m	4.3m	5.2m	7.5m
線形近似式	$y = 1.107x$	$y = 1.110x$	$y = 1.095x$	$y = 1.095x$	$y = 1.075x$	$y = 1.068x$	$y = 1.068x$	$y = 1.014x$	$y = 0.855x$
決定係数	0.835	0.897	0.882	0.882	0.910	0.904	0.904	0.845	0.719

4 種類設定した発生交通需要で行った結果、②OD 一定 (500 台/時) の最適な閾値は 13km/h、③OD 増加 (500 ⇒1000 台/時) では 15km/h、④OD 増減 (500⇒1000⇒500 台/時) では 15km/h となり、様々な交通条件においても適切な閾値は 13~15km/h 程度となることが確認された。ここでは、指標をシンプルな設定とするため、15km/h を低速区間長の計測閾値とした。

## (2) 集計時間を変更した低速コンパートメント長と滞留長の比較

前節では、単一交差点での分析のため定義に基づく滞留長と低速区間長を長信号サイクル毎に計測できたが、現実の交通状況を考えると、信号サイクル長は一般には統一されていないことから、その低速区間長の時間集計の方法の検討が必要になる。例えば、渋滞が発生したり、その逆に渋滞が解消するなど交通状況が大きく変化する状況において、集計時間を 1 時間の集計とすることは、変動を含めた平均値となってしまふことから、混雑状況を適切に示す指標としては不十分である。また、例えば集計対象地区内にある信号の最小サイクル長を集計単位とすることは、より正確な滞留状況を考察できることには違いないが、観測コストが大きくなることから現実的ではないとも言える。

以上から、集計単位を 5 分、10 分、15 分、20 分、30 分、60 分の 6 パターンとした分析を実施した。その結果、5 分と 10 分としたケースでは、RMS 誤差がそれぞれ 82.5m、75.1m となり、15 分以上とした場合に 100m を超過してしまう結果からも 10 分以下が適切と判断した。また、5 分と 10 分の相関性の分析からは、10 分のほうが滞留長を過小に推定する結果になったが、その差は 0.03 程度と低い結果となった (図-7,8)。また 10 分のほうが決定係数が高く RMS 誤差が少ないこと、実務における集計単位は長いほうがコストがかからないことなどを総合的に判断して、適切な集計単位として 10 分とすることにした。なお、参考文献 1) の渋滞長調査の調査方法における「渋滞長は、車列長を 10 分ごとに 10m 単位で観測する。」と一致する。

## 3. 実データを用いた指標の検証

### (1) 熊谷地区周辺シミュレーション

実データを用いた低速区間長による混雑状況指標としての検証は、国道 17 号の埼玉県熊谷市周辺地区をケース

スタディとした。対象地区では自転車道に関する交通社会実験が検討・実施されており、その際に収集した交通データを用いた。交通データとしては、2009 年 7 月 6 日 7:00~19:00 (12 時間) に、地区内の 28 交差点に渡る範囲でナンバープレート調査、信号現示調査、渋滞長調査、交差点の断面交通量調査が実施されており、OD 交通量を推定して朝・夕のピーク時間 (7:00~10:00, 16:00~19:00) の 3 時間分の交通シミュレーション分析が実施されている。シミュレーションの現況再現性については、交通量と主要区間の旅行速度で確認されている。

### (2) 低速区間長の道路ネットワークへの適用と検証

現況再現性が確認されている熊谷データを用いて、今回提案する低速区間長 (計測閾値 15 km/h, 集計単位 10 分間) の検証をおこなった。検証作業にあたり、シミュレーション時間を朝のピーク時間帯 (8:00~9:00) として、渋滞発生ポイントに指摘されている主要交差点の主要 2 方向 (東西断面) を計測対象とした。

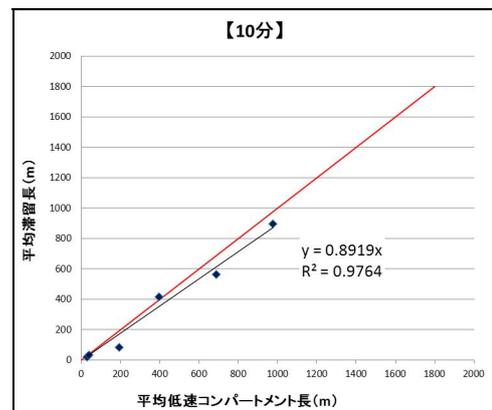


図-7 滞留長と低速区間長の散布図 (集計 10 分)

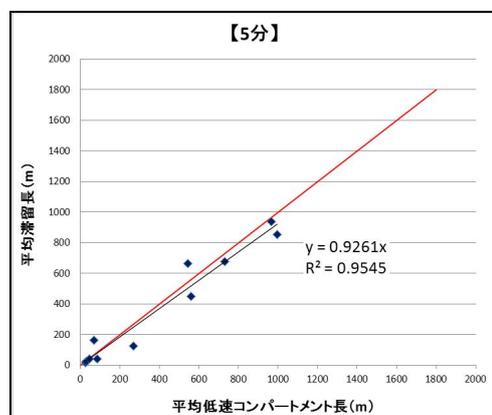


図-8 滞留長と低速区間長の散布図 (集計 5 分)

まず、正確な滞留長を計測するために信号サイクル毎に滞留中を計測した結果を図-9、図-10 に示す。特に西側断面で長い滞留が発生していることがわかる。この交通状況を低速区間長（計測閾値 15 km/h、集計単位 10 分間）によって計測して、滞留長との散布図を作成したものを図-11 に示す。線形近似直線の係数は 0.92、決定係数も 0.82 と高く、一定の説明力をもっていると判断することができた。

#### 4. おわりに

本研究では、市街地道路の混雑度指標としての交差点部における低速区間長（低速コンパートメント長）に着目し、交通シミュレーションの環境内においてその指標の有効性を検討した。

まず簡易な単一交差点においてその基本特性を分析し、低速の観測閾値としては車両平均速度を 15km/h とすること、またその集計単位として 10 分間程度が適切であることを確認した。次に、実データを用いたシミュレーションに指標を適用し、滞留長遷移との関係性を考察することで道路混雑度指標としての有効性を検証した。低速区間長は、これまでの滞留長と同等の意味を持ちながら、交通シミュレーションによるアウトプットとしての利用が非常に容易であることから、交通計画検討の場における代替指標としての利用などに効果的であると思われる。

今後の課題としては、適用するシミュレーションの交通状況を変化させ様々な交通状況において指標の特性や課題を検討する必要があると考えられる。また、実測は非常に困難ではあるが、滞留長と低速区間長の関係について、実データを用いた分析を行うことで、指標としての信頼性を向上できると期待できる。

#### 参考文献：

- 1) 交通工学研究会：交通調査実務の手引き，2008 年
- 2) 坂本邦宏，久保田尚，門司隆明：地区交通計画評価のための交通シミュレーションシステムtiss-NETの開発，土木計画学研究論文集，No.16，pp.845-854，1999

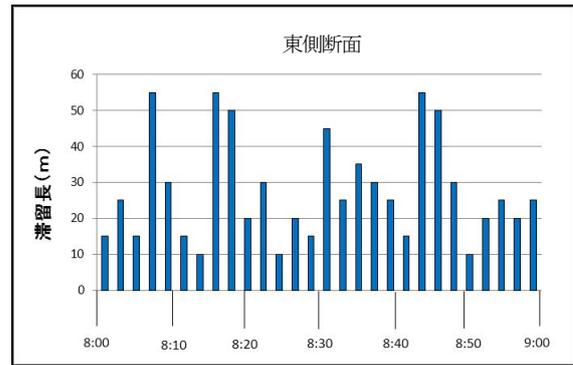


図-9 実データシミュレーションにおける信号サイクル毎の滞留長（東側断面）

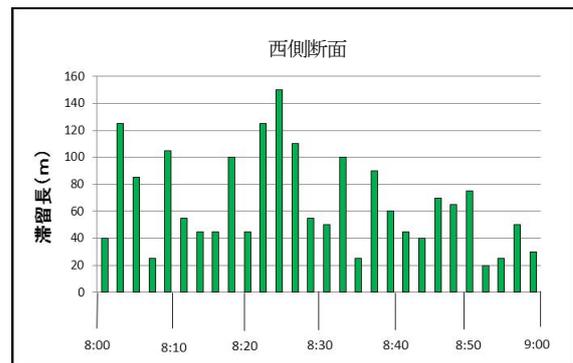


図-10 実データシミュレーションにおける信号サイクル毎の滞留長（西側断面）

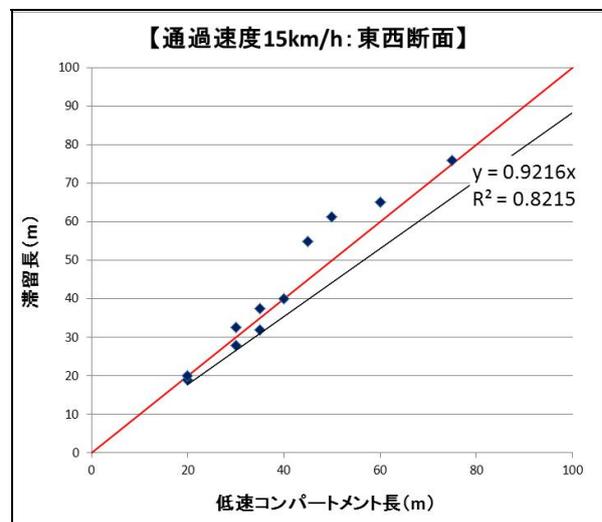


図-11 滞留長と低速区間長の散布図（東西断面合計）

(201? ?? 受付)