

# 交通シミュレーションにおけるスキャン間隔の精度への影響

## Influence of Scan Interval to Precision of Traffic Simulation

森津秀夫\*

Hideo Moritsu

交通シミュレーションの普及に伴い、不適切な適用事例が見られるようになった。シミュレーションのスキャン間隔の設定もそのひとつであり、マイクロシミュレーションにマクロシミュレーション並みの大きなスキャン間隔が用いられていることがある。このような問題に対し、スキャン間隔がシミュレーション結果にどのような影響を与えるのかを調べた。その結果、無視し得ない重大な影響を及ぼす場合があることが明らかになった。

キーワード：交通シミュレーション、精度、スキャン間隔

### I. はじめに

交通シミュレーションは交通現象を再現し、交通需要予測を行うための道具として半世紀を超える歴史を有する。シミュレーションは必ずしもコンピュータの利用を必要としないが、交通シミュレーションは事実上、コンピュータを用いて実施することが前提である。したがって、交通シミュレーションはコンピュータとともに発展してきたと言って過言ではない。情報処理技術の向上はコンピュータ処理能力を飛躍的に増大させ、その処理能力を活用する交通シミュレーションモデルが開発されてきたのである。

交通シミュレーションの主たる対象は、解析的手法が容易に適用できない複雑な交通現象であるが、そのニーズは時代とともに変化してきた。道路の局所的な交通現象から始まり、現在では都市圏レベルの広域道路網でのネットワークフローの予測から駐車場に入庫する車両の影響の検討まで、幅広く交通シミュレーションが適用されるようになった。適用対象の拡大や使用する技術者の増加は好ましいことであるが、交通シミュレーションの普及に伴い新たな問題も生じている。すなわち交通シミュレーションの不適切な適用事例が見られるようになったことである。

比較的早い時期に作られたものから、最近になって開発されたものまで多数の交通シミュレータが一般利用者に提供されている。対象として想定するネットワーク規模と交通現象、内在する交通流モデルや交通ネットワークモデルなどは、それぞれの交通シミュレータごとに異なっている。これらの交通シミュレータの特性を理解し、対象とする交通問題に適したシミュレータを選択することが必要である。しかしながら、実際には必ずしも適切な交通シミュレータが使用されていないことがある。それは、保有する交通シミュレータを無理矢理に適用した結果であったり、

---

\*流通科学大学情報学部、〒651-2188 神戸市西区学園西町3-1

使用する技術者が多様な交通シミュレータの特性に無頓着であったりすることが原因であると考えられる。

交通シミュレータの選択を誤った場合、シミュレーション結果にその影響が生じる。すなわち交通現象を適切に再現することができず、シミュレーションの精度が確保されない結果となる。これは容易に理解できることであるが、具体的な影響の大きさが明らかにされているわけではない。そこで、ここでは不適切な適用事例として最も多いと考えられるシミュレーションのスキャン間隔が適正な値に設定されなかったときに生じる問題を取り上げることとする。交通シミュレーションの基礎となる車両発生、追従走行、それに優先通行型交差点の流入容量、信号交差点の遅れに関してスキャン間隔の感度分析を行い、交通シミュレーションにおいてスキャン間隔がその精度に及ぼす影響を考察する。

以下、II. では交通シミュレーションの現況と交通シミュレーションモデルについて述べ、交通シミュレーションの精度に関して概説する。III. では交通シミュレーションを構成する基礎的要素や単純な交通現象において、スキャン間隔がどのように影響するかを具体例によって示す。この結果を基に、IV. において交通シミュレーションにおけるスキャン間隔の精度への影響を考察する。

## II. 交通シミュレーションとその精度

### 1. 交通シミュレーションの現況

交通シミュレーションはコンピュータ上で車両を走行させ、道路交通流を再現することを目的とするものである。その歴史は 1950 年頃まで遡ることができ、我が国で道路交通問題へ盛んに適用されるようになったのは 1960 年代であるとされている<sup>1)</sup>。扱うことができる交通現象はコンピュータの処理能力に左右され、当初は追い越し挙動や登坂車線の検討のように局地的な交通問題が対象とされた。それが徐々に拡大され、現在では交通ネットワークシミュレーションが可能であるシミュレータが一般的になっている。

交通シミュレーションは道路線形の決定や交通制御の検討への適用から始まり、現在では交通需要予測の最終段階である交通量配分にも使用されている。その背景には、従来のように日交通量単位での交通需要予測に基づく道路整備計画ではなく、混雑時間帯への対応策のようにきめ細かく効果的な交通計画の立案が必要になったことが指摘できる。交通需要予測における要件の変化が交通シミュレーションの重要性を増すことになったのである。この顕著な例は大規模商業施設の立地に際する交通影響評価への適用である。

2000 年 6 月、それまでの大規模小売店舗法に代わって大規模小売店舗立地法が施行された。これにより大規模小売店舗の新設時に商業調整を行う必要はなくなったが、周辺地域の生活環境への影響を最小限に抑えることが求められることになった。生活環境への影響としては交通渋滞

や騒音の発生が代表的なものである。そのため、大規模小売店舗新設の届け出に際しては駐車場出入口や周辺交差点での交通処理対策案が提出され、問題の有無が審議されている。通常は信号交差点の飽和度や流入部の混雑度が示されるだけであるが、交通シミュレーションの実施も勧められている。

この大規模小売店舗立地法に基づく新設の届け出がなされる時点では、すでに店舗の建設が進められていることが通常である。そのため、駐車場出入口の不具合や不十分な交通処理に意見が述べられても、効果的な対策を講じることが困難なことが多い。このような問題に対しては都道府県等が独自の制度を設けて対応している。たとえば兵庫県では「大規模集客施設の立地に係る都市機能の調和に関する条例」を設け、対象を商業施設以外にも拡大するとともに工事が始まる前の段階で交通計画案を審議することができるようにしている。さらに、極めて規模が大きい施設の新設に対しては、交通シミュレーションを実施することを指導している。

大規模小売店舗立地法に基づく届け出に際しても交通シミュレーションの適用は推奨されているが実施例は少なかった。兵庫県下ではこの条例の施行により、ようやく交通シミュレーションが行われるようになった。交通シミュレーションは道路計画・交通計画のための道具として使用され、ほとんどの場合は道路交通施設を整備・管理する主体が実施していた。これに対し、大規模商業施設を新設する際には、道路交通施設を利用する側が交通シミュレーションを実施することになったのである。これは交通シミュレーションに関しては時代を画する出来事であり、ユーザーの拡大により今後の利用の大幅な増加が見込まれることを意味している。

## 2. 交通シミュレーションモデルの概要

交通シミュレーションモデルの基本的な構造は図1に示すとおりである。ただし、図における $T$ はシミュレーション時刻、 $T_S$ はシミュレーション開始時刻、 $T_E$ はシミュレーション終了時刻、 $\Delta T$ はスキャン間隔である。最初に初期化した後は、スキャン間隔ごとに交通システムの更新を繰り返すことになる。図1はタイムスキャン方式と呼ばれるタイミンコントロールを採用したものである。他にシステムの変更時点を捉えて更新を行うイベントスキャン方式があり、この方が効率的なシミュレーションが可能であると考えられている。しかし、実質的に標準機能となったシミュレーション経過のアニメーション表示に適していることもあり、交通シミュレーションでは一定時間間隔ごとにシステムの更新を行うタイムスキャン方式を採用することがほとんどになっている。

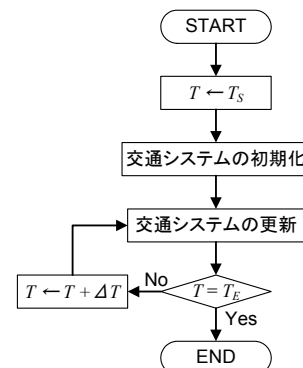


図1 交通シミュレーションモデルの基本構造

図1に示す交通シミュレーションモデルにおいては、交通システムを記述するサブモデルが必要である。最近では関連システムを含めた交通システム全体を対象とすることも多いが、主たる要素は道路ネットワーク上の車両走行をどのように表現するかである。車両移動方法は車両を個別に扱う離散モデルと流体近似モデルに大別される。一般的には広域のネットワークを対象とする交通シミュレーションモデルには流体近似モデルが使用され、比較的狭い範囲で車両挙動を微細に表現する目的には追従理論を適用する離散モデルが使われてきた。

しかし、広域ネットワークを対象とする場合においても経路選択モデルを組み込み、さらにアニメーション表示するために車両を離散的に扱う必要が生じた。その結果、現在では追従理論を適用する場合に限らず、流体近似モデルで車両を移動させる場合でも車両は離散的に扱われている。これらの採用された車両移動に関するモデルに対応したネットワークモデル<sup>2)</sup>が用いられ、交通シミュレーションモデルの枠組みが構成されている。

### 3. 交通シミュレーションの精度

交通シミュレーションは実用性を考慮して開発されたものであり、適用結果は対象とする交通システムの挙動を正しく再現するものであることが求められる。交通シミュレーションの精度という場合、一般に交通現象の再現性の高さを意味している。数多くの交通シミュレータが作られ実用に供されているのであるが、それぞれの交通シミュレータを使用したときにどれだけの精度で交通現象を再現できるのかがあらかじめ明らかにされていることはほとんどない。交通シミュレータを適用できる限界が明確でないことも多く、利用者が交通シミュレータの信頼性に関する情報を得ることも容易ではない状態であった。

このような問題に対し、交通シミュレーションの研究者などにより交通シミュレーションモデルの検証プロセスが提唱された。交通シミュレータの開発者は基本検証、複合検証、実用検証に分類されるモデルの検証を行い、その結果を提示すべきであるとされている<sup>3)</sup>。しかしながら、実際に交通シミュレーションを適用する状況は千差万別であり、あらかじめ検証されているネットワークや諸条件がそのまま当てはまることはない。使用者それぞれが対象とする問題に対して現況再現性を確認しなければならない。

十分な現況再現性が得られることを確認した上で、計画案に対する予測シミュレーションが行われる。この場合には現況再現時と状況が異なるため、シミュレーション結果の精度を確認することはできない。交通シミュレータの信頼性ととともに、適用の妥当性が結果を左右する。適用の妥当性に関しては、対象とする交通問題を取り扱うことができる交通シミュレータを選択しているか、交通シミュレータの使用条件を守っているか、そして必要な入力データを正しく準備したかというような点が重要である。

交通シミュレータの選択、使用条件、入力データの整備のいずれもが適切でなければ、信頼で

きるシミュレーション結果が得られない。交通シミュレータと使用条件は密接に関係しており、交通シミュレータの選択方法を解説したものもある。だが、そこでは触れられていないがシミュレーションの精度に大きな影響を及ぼす要因がある。それはスキャン間隔であり、シミュレーションの時間分解能を決定するものでもある。そこで、Ⅲ. ではこのスキャン間隔を取り上げ、これが交通シミュレーションの結果にどのような影響を与えるかを調べることにする。

### Ⅲ. スキャン間隔の感度分析

#### 1. 交通シミュレーションにおけるスキャン間隔

図1に示したように、タイムスキヤニング方式を用いる交通シミュレーションでは一定のスキャン間隔ごとに交通システムの状態を更新する。これには、スキャン間隔が経過するまでの間に生じる新たな事象は考慮しないという暗黙の仮定が含まれている。たとえば加速度を決定変数として車両を移動させている場合は定加速度で走行を続け、速度が決定変数であれば定速走行を続けることになる。実際の交通システムは離散的な時間間隔ごとに変化しているのではなく、連続的に変化している。スキャン間隔の間に生じる変化を無視することになるのであり、スキャン間隔が大きくなればシステムの重要な変化を捉えることができない可能性が大きくなる。

交通シミュレーションで用いられるスキャン間隔は、一般にマクロシミュレーションでは大きく、ミクロシミュレーションでは小さい。広域ネットワークを対象とするような場合には1~5秒が使われ、個別車両の挙動を把握しようとする場合には0.1~0.3秒程度の値が用いられている。しかし、再現性に与える影響を検討した上でスキャン間隔が設定されているわけではない。交通シミュレータの開発意図や想定する適用対象にあわせて開発者が定め、検証に使用した値が推奨されているに過ぎない。

作成された交通シミュレータが開発者から使用者に渡ったとき、つねに想定された範囲内の交通シミュレーションに適用される保証はない。場合によっては明示された適用限界を逸脱して使われることもある。それは交通シミュレータが比較的高価なソフトウェアであり、手持ちのシミュレータであらゆる課題をすべて処理しようとすることや、不慣れなシミュレータの使用を敬遠する傾向が強いことが原因であると考えられる。その結果、最近では多くなった大規模商業施設の影響評価のための交通シミュレーションにおいて、マクロシミュレーションなみのスキャン間隔が使われるという事例も生じている。

ここでは、スキャン間隔を変えることによってどのような影響が生じるのかをシミュレーションにより検討する。最初に交通シミュレーションに不可欠な車両の発生処理、離散的モデルで車両移動に使われる追従走行を取り上げる。次に、具体的な事例として優先通行型交差点の流入容量、信号交差点での遅れに関してケーススタディを行う。

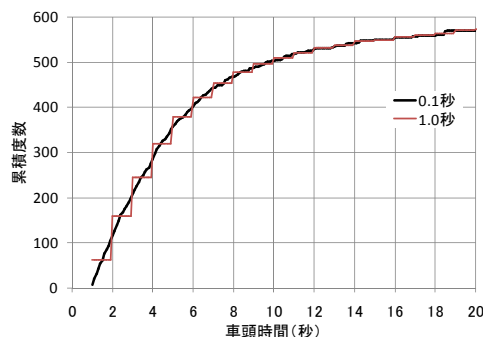


図2 車頭時間分布 (600 台/時)

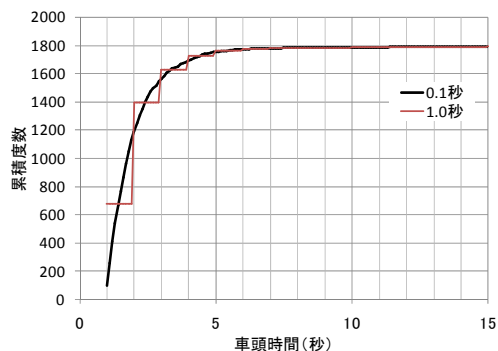


図3 車頭時間分布 (1800 台/時)

## 2. 車両の発生処理

交通シミュレーションでは道路上を走行する車両を発生させる。発生量は観測された交通量、あるいは計画交通量に従うが、ランダムな発生が用いられる。すなわち乱数を用いて車頭時間が指数分布に従うように車両を発生させることが一般的である。ただし、車両を発生させるタイミングはスキャン間隔ごとのシステム更新時に限られる。前回の更新時からスキャン間隔の間に発生時刻を迎えていれば、次の更新時刻に車両が発生・出発処理されることになる。

この車頭時間が指数分布に従う車両発生がスキャン間隔を変えたときにどうなるのかをシミュレーションを行って確かめることにする。車頭時間は最小車頭時間 (1.0 秒とする) を設けた、式(1)に示す分布に従うものとする<sup>4)</sup>。発生交通量は 600 台/時および 1800 台/時として 2 時間のシミュレーションを行い、その間の車頭時間の分布を集計する。

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-t_0)}, \quad (t \geq t_0) \quad (1)$$

ここで、 $\lambda = 1/(\bar{t} - t_0)$

$\bar{t}$ : 平均車頭時間

$t_0$ : 最小車頭時間

シミュレーションの結果は図2および図3に示すとおりである。これらの図にはスキャン間隔を 0.1秒と1.0秒にした場合だけを記載した。0.2秒と0.5秒のシミュレーションも行ったが、それらは0.1秒と1.0秒のグラフから類推できるとおりの結果であり、図が煩雑になるのを避けるために省略した。なおこれらの図では、車頭時間ごとの度数を1時間あたりの累積値で表している。

図を見れば、平均車頭時間はスキャン間隔を大きくしても維持され、与えられた交通量が正しく発生していることがわかる。発生時刻を管理する手続きを間違わなければ、スキャン間隔によって発生交通量が不正確になることはない。その一方で、スキャン間隔が大きい場合、車頭時間の多様性は低下する。その傾向は交通量が大きいほど顕著であり、1800 台/時の場合には 80%弱が 1 秒あるいは 2 秒の車頭時間で発生している。微妙な車頭時間の違いが交通現象において重要であるならば、スキャン間隔を大きくすることは許容できない結果を生じる可能性がある。

### 3. 追従走行

車両移動を個別に行う離散モデルを適用する場合、追従モデルが使われる。これは先行車との距離、速度差によって加速度を決めるものである。車両加速度の決定はシステム更新時に行われるため、スキャン間隔が直接に車両挙動に影響することになる。ここでは、式(2)に示す追従モデル式を用いる場合のシミュレーションを行う。

$$\alpha_{n+1}(t+T) = \lambda \frac{\{v_{n+1}(t)\}^m}{\{x_n(t) - L_n - x_n(t)\}^l} \{v_n(t) - v_{n+1}(t)\} \quad (2)$$

ここで、 $x_n(t)$ : 時間  $t$  における  $n$  番目の車両の基準点からの位置

$v_n(t)$ : 時間  $t$  における  $n$  番目の車両の速度

$\alpha_{n+1}(t+T)$ : 時間  $t+T$  における  $n+1$  番目の車両の加速度

$T$ : 反応遅れ時間

$L_n$ :  $n$  番目の車両の車長

$\lambda, m, l$ : 定数

式(2)は Gazis らによって提案された一般的な追従モデル式<sup>4)</sup>において、車頭距離に反応する箇所を車間距離に反応するように修正したものである。ただし、ここでは  $m=1$ 、 $l=2$ 、 $\lambda=6.1$  とする。この定数値は式(2)を用いる交通シミュレータ VISITOK で標準値として使われているものである。反応遅れは  $T=1.0$  秒とする。VISITOK では 0.4 秒が標準値であるが、ここでは 1.0 秒のスキャン間隔も用いるため、敢えて大きな値である 1.0 秒とする。さらに比較対象とするために  $\lambda=24.4$  とした場合のシミュレーションも行う。

スキャン間隔を 0.1 秒、0.2 秒、0.5 秒、1.0 秒とし、 $\lambda=6.1$  とした場合の結果が図 4~7 である。また  $\lambda=24.4$  とした場合の結果が図 8~11 である。図 4~7 は局所的安定と呼ばれる状態であるが、この場合にはスキャン間隔による差はほとんど見られない。これに対して図 8~11 に示す局所的不安定に近い状態ではスキャン間隔ごとに異なる結果である。速度の振幅や収束状況がそれぞれに違うが、0.1 秒の場合と 0.2 秒の場合は比較的似通っている。

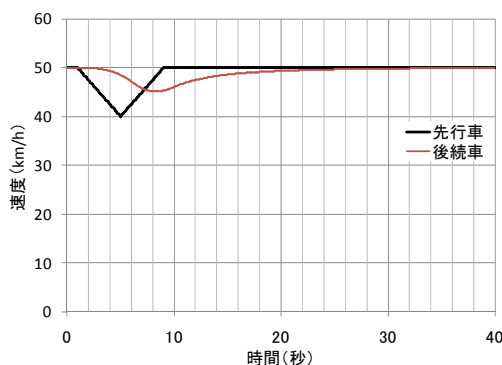


図 4 追従走行 ( $\lambda=6.1$ 、0.1 秒)

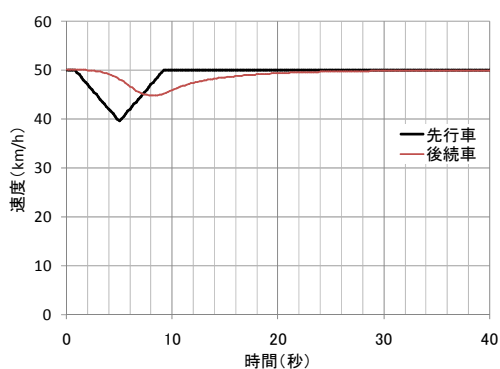
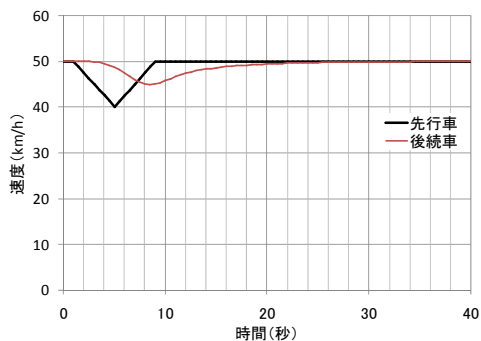
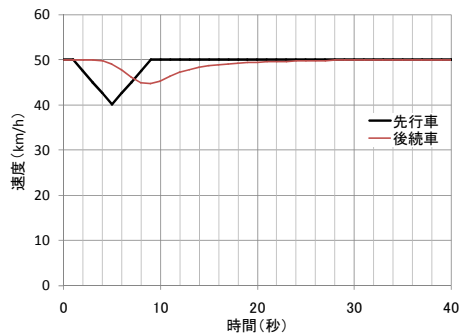
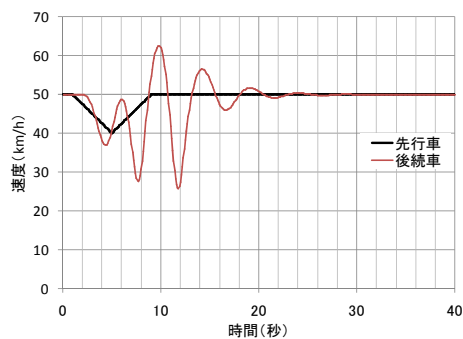
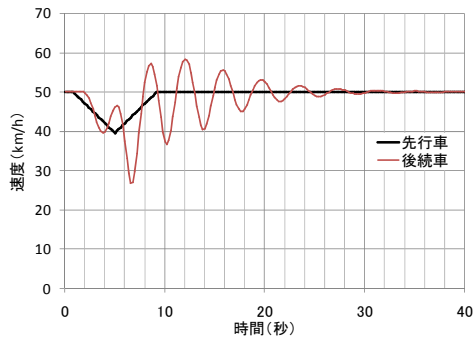
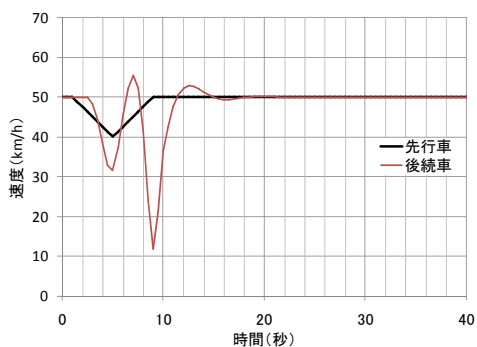
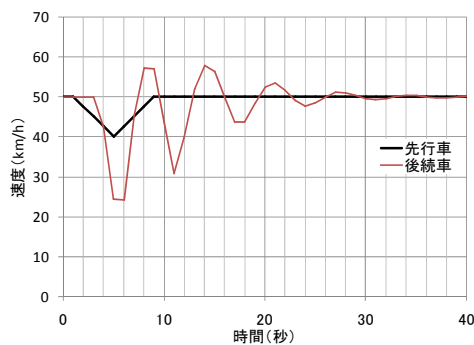


図 5 追従走行 ( $\lambda=6.1$ 、0.2 秒)

図6 追従走行 ( $\lambda=6.1$ 、0.5秒)図7 追従走行 ( $\lambda=6.1$ 、1.0秒)図8 追従走行 ( $\lambda=24.4$ 、0.1秒)図9 追従走行 ( $\lambda=24.4$ 、0.2秒)図10 追従走行 ( $\lambda=24.4$ 、0.5秒)図11 追従走行 ( $\lambda=24.4$ 、1.0秒)

これらの結果から、安定な状態ではスキャン間隔が大きくなっても、追従車両の走行挙動にそれほど差はないと考えられる。不安定な状態では、スキャン間隔が大きくなると追従車両の動きはより不安定になる。連続的に加速度を制御する状態が正しいとすれば、スキャン間隔が大きすぎれば現象を正確に再現できない可能性が大きいことが示されている。



#### 4. 優先通行型交差点での流入

優先通行型交差点とは、図 12 に示すように通行の優先権を持つ主道路に従道路が交差するものである。従道路から主道路に流入する場合、主道路の交通流に十分な空き時間（ラグ）を見いださなければならない。したがって、従道路から流入できる最大交通量すなわち流入容量は、

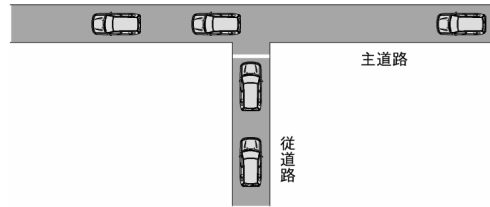


図 12 優先通行型交差点

主道路の交通量に依存する。この関係は、駐車場から出庫する車両の流入現象にも当てはまるものであり、近年の大規模小売店舗の立地に際する交通影響評価に適用できる。

優先通行型交差点のシミュレーションを実施するとき、スキャン間隔ごとに従道路の先頭車両が流入可能であるかを調べることになる。したがって、スキャン間隔が小さいほど流入判断の機会が多くなり、極端にスキャン間隔を大きくすれば流入が困難になることが考えられる。

主道路の交通流に 4.0 秒以上のラグがあれば流入可能であり、同一のラグに複数の車両が流入する場合の流入車両の車頭時間は 2.0 秒であるとしてシミュレーションで流入容量を求めるものとする。このとき、主道路の交通流は 2. の場合と同様にランダムに発生させる。

スキャン間隔を 0.1 秒、0.2 秒、0.5 秒、1.0 秒としたシミュレーション結果を図 13 に示す。図を見れば、主道路の交通量の増加により流入容量が低下することが確認できる。スキャン間隔が大きいほど流入容量が低いこともわかるが、違いが明確ではない。そこで、スキャン間隔が 0.1 秒の流入容量に対する比率を求めたのが図 14 である。これを見れば、主道路の交通量が少ないときにはスキャン間隔による差は小さいが、交通量が増加するとその差が拡大することがわかる。主道路の交通量が 1800 台/時のときには 1.0 秒のスキャン間隔で求めた流入容量は 0.1 秒で求めた値の約 70%に過ぎない。

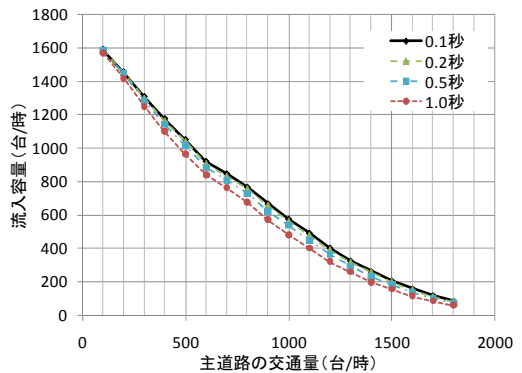


図 13 優先通行型交差点の流入容量

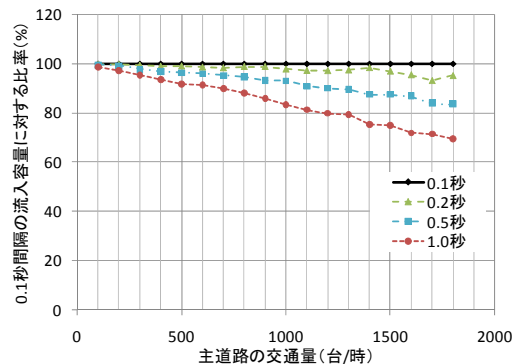


図 14 優先通行型交差点の流入容量比率

交通シミュレーションを適用する場合、現況再現性が高くなるようにパラメータの調整を行い、そのパラメータ値を用いて変化した状況の予測を行う手順を用いる。ある交通量でパラメ

ータを調整して再現性を確認しても、それとは異なる交通量ではスキャン間隔によって予測結果が左右されることを、ここでのシミュレーション結果は意味している。

## 5. 信号交差点の遅れ

交通シミュレーションによる検討が必要な街路には交通信号が設置されているのが普通であり、高速道路網だけを対象とする場合を除けば、信号交差点がネットワークに含まれることがほとんどである。そこで、ここでは信号交差点のシミュレーションにおいて、スキャン間隔による影響を調べることにする。すなわち、代表的な交通シミュレーションの適用例である信号サイクル長と遅れ時間の関係を求める問題を取り上げ、スキャン間隔を変えたときの影響を調べる。

シミュレーションには SimSig2A を用いる。その実行画面を図 15 に示す SimSig2A は教育用交通シミュレータとして作られたものであり、VISITOK の基礎となったものである。シンプルなモデル構造であり、車両移動には式(2)で示した追従モデルが使われており、定数は 3. の場合と同じ値を用いる。SimSig2A は 0.1 秒のスキャン間隔を使用するように作られているが、ここではスキャン間隔を 0.2 秒、0.5 秒にした場合のシミュレーションも行う。

700m の走行区間に対して起点から 500m の位置に交差点を設け、そのサイクル長を変化させたときの遅れ時間を求めるものとする。なお信号 1 サイクル中の損失時間は 10 秒とし、残りの 1/2 を青時間とする。1 方向の交通流だけを対象とし、交通量は 500 台/時とする。1 時間のシミュレーションを行い、交差点がない場合との走行時間の差から平均遅れ時間を算出する。

その結果は図 16 に示すとおりである。スキャン間隔が 0.1 秒と 0.2 秒の場合は大差なく、サイクル長と遅れ時間の一般的な関係と変わらない結果が得られている。スキャン間隔が 0.5 秒のときにはこれらとは違い、遅れ時間が小さく信号交差点による影響が弱い結果になっている。また 1.0 秒の場合には正常にシミュレーションを実行することができなかった。

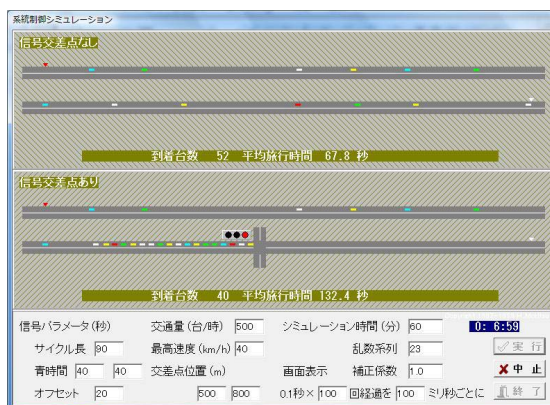


図 15 SimSig2A の実行画面

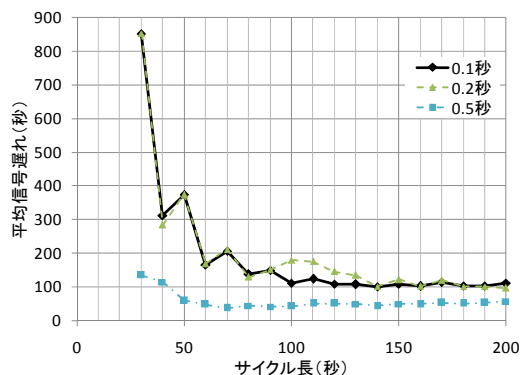


図 16 サイクル長と信号遅れ

0.5 秒のときによく流れている状態を詳しく見ると、信号が赤に変わっても止まることができず、信号を無視する形で交差点に進入する車両が見られた。これは設定した 1 秒という反応遅れとスキャン間隔の大きさの関係で、信号現示の変化に車両が追従できなかったことを示している。1.0 秒の場合にはさらに状況は悪く、シミュレーションモデルに採用されている論理構成では対応できない状態になったと考えられる。このケーススタディではシミュレーションモデルの適用限界の存在があらためて明らかにされたと言えよう。

#### IV. スキャン間隔の影響に関する考察

III. で得られた結果をまとめると、次のとおりである。

- ・ 車両の発生時刻を管理する手続きを間違わなければ、スキャン間隔によって発生交通量が不正確になることはない。ただしスキャン間隔を大きくすると、交通量が大きいときには同一の車頭時間で発生することが多くなり、車頭間隔の多様性が低くなる。
- ・ 安定な状態ではスキャン間隔を大きくしても、追従車両の走行挙動にそれほどの差はない。しかし、不安定な状態ではスキャン間隔が大きくなると追従車両の動きはより不安定になり、現象を正確に再現できない可能性が高い。
- ・ 優先通行型交差点の流入容量を求めたとき、主道路の交通量が少ないときにはスキャン間隔による差は小さいが、交通量が増加するとその差が無視できない程度にまで拡大する。
- ・ 信号交差点のシミュレーションにおいては、スキャン間隔が 0.1 秒と 0.2 秒の場合にはほぼ同じ結果が得られた。しかし、0.5 秒のときには赤信号で停止できない車両が生じ、1.0 秒では正常に動作させることができなかった。

シミュレーションモデルの構築時には、シミュレーションの実行とモデルの修正が繰り返される。したがって、そのときに使っているスキャン間隔を使用する限り、適用時に問題は生じないはずである。だが上記の信号交差点の場合のように、モデル作成時と異なるスキャン間隔では正常にシミュレーションを実行することができないことも起きる。それぞれの交通シミュレータで確認され、推奨されるスキャン間隔を勝手に変更して適用してはならないことがわかる。

明らかにシミュレーション結果が異常であるとわかる場合はよいが、スキャン間隔により差のある結果となる場合に注意が必要である。優先通行型交差点の流入容量はスキャン間隔によって異なるが、これは比較シミュレーションを行わなければわからない。たとえば、交通量が多い場合に 1.0 秒のようなスキャン間隔を用いれば、流入容量を過小評価することになる。実際の交通現象は連続的に変化することを考慮すれば、小さなスキャン間隔を用いる方が精度の高いシミュレーション結果を得られる可能性が高いと言えるであろう。

信号交差点のシミュレーションで用いた SimSig2A は教育に用いることを目的として開発されたため、交通流理論に忠実にモデル化されている。0.1 秒のスキャン間隔を前提として作られた

ものであるが、0.5 秒あるいは 1.0 秒のスキャン間隔では期待されるようには動かなかつた。これに対し、1.0 秒のスキャン間隔で信号交差点のシミュレーションを行う交通シミュレータも存在する。おそらくは問題なく動作させる工夫が施されていると考えられる。しかし、たとえば瞬間的に停止するなど、実際の交通現象、交通流理論とかけ離れた車両の挙動を許容する「工夫」がなされていないかが疑問として浮かび上がった。

## V. おわりに

交通シミュレーションの普及は好ましいが、その副作用として不適切な適用事例が見られるようになった。その中でも気になるのが、一般街路を対象としたマイクロシミュレーションでありながら、スキャン間隔は 1 秒というような粗いシミュレーションが行われていることである。スキャン間隔 1 秒の間に 50km/h で走行する車両は 13.9m も移動することになる。このようなスキャン間隔では信号交差点や駐車場出入り口の状況を精度よく再現することは困難ではないかと思われた。そこで、このような問題意識を持って、スキャン間隔が交通シミュレーションの精度に与える影響を考察した。

車両の発生処理、追従走行、優先通行型交差点の流入容量、信号交差点での遅れ時間のそれぞれにおいて、スキャン間隔を変えたシミュレーションを実施した。その結果、適切なモデル化を行っていればスキャン間隔を大きくしても影響がほとんどない場合もあった。その一方で、スキャン間隔によってシミュレーション結果が異なるケースや、そのシミュレーションモデルでは対応できないと考えられるケースもあった。

ここでは単純な問題を対象とした検討であったが、スキャン間隔がシミュレーション結果に与える影響が大きいことが確認された。できるならば実際問題においてスキャン間隔による影響を調べることが必要であると考えられる。さらに、数多く存在する交通シミュレータのモデル構築における妥当性に関する疑問も生じてきた。これらについては残された課題とし、今後も検討を重ねたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 交通工学研究会 編：『やさしい交通シミュレーション』（交通工学研究会，2000）。
- 2) 森津秀夫：「交通シミュレーションのためのネットワークモデル」、『流通科学大学論集－経済・経営情報編－』14, No.3 (2006), 43-56.
- 3) 交通工学研究会：『交通シミュレーション適用のススメ』（交通工学研究会，2004）。
- 4) 佐佐木綱 監修 飯田恭敬 編著：『交通工学』（国民科学社，1992）。