

24. 一般街路網シミュレーションモデルの開発と検証

- (株)熊谷組 エンジニアリング部 会員 岡村寛明
 東京大学生産技術研究所 会員 桑原雅夫
 東京大学生産技術研究所 会員 吉井稔雄
 東京大学生産技術研究所 西川 功

1. はじめに

本研究は、高速道路網を対象としたシミュレーションモデル SOUND¹⁾を、一般街路網に適用できるように改良し、実ネットワークへの適用を行って検証したものである。改良のポイントは、計算時間を短縮しリンク数・ノード数が多い一般街路ネットワークにおいても適用可能とすること、信号交差点のように3枝以上の合分流のあるネットワークにも対応できるようにすることである。

2. モデルの概容

本モデルはSOUND (高速用)と同様に、経路選択と車両移動サブモデルから構成されている。経路選択サブモデルによって求められた経路に従って、各車両をネットワーク上で移動させることによって、リンクの旅行時間が変化する。そして、変化したリンクの旅行時間をもとに、一定時間間隔毎に選択する経路の更新を行うという構造である。

2-1 経路選択サブモデル

ドライバーを経路固定層と経路選択層の2属性に分ける。経路固定層は、リンクコストを自由流における旅行時間とするため、常に一定の経路選択確率で配分される。一方、経路選択層はリンクコストを車両移動サブモデルにより逐次更新されている旅行時間とし、旅行時間の変動に応じて、各経路の経路選択確率があらかじめ定めた経路選択率更新時間間隔 ΔT 毎に更新される。経路固定層、選択層ともに、同じパラメータ θ の値を持つ Dial の経路選択モデルにより、選択率を求める。

2-2 車両移動サブモデル

ネットワーク上での各車両の移動を計算するサブモデルである。従来のSOUND (高速用)同様、車両を数台まとめたバケットを単位として、ネットワーク上のすべてのバケットをスキャンインターバル Δt 毎に離散的に移動させるシミュレーションモデルである。ここでは比較のため、まずSOUND (高速用)の車両移動サブモデルについて説明し、続いて一般街路用の車両移動サブモデルについて説明する。

(1) SOUND (高速用)

SOUND (高速用) はネットワーク上のすべてのバケットについて、スキャンインターバル Δt 毎に簡単な追従モデルに従ってバケットを移動させていく。バケットはリンクに流入した順にリンクから流出する FIFO (First In First Out) を原則としているため、モデル上ではリンク上に1列に並んでいる。各リンクごとに図1のような車頭距離 (S) と速度 (V) の関係を定めておき、この関係を用いて、リンク上のすべてのバケットを下流側より順次移動させる。すなわち時刻 t に、あるリンク上に図2のようにバケット A、B が存在した場合に、スキャンインターバル Δt 後の時刻 $t + \Delta t$ では、まず下流側のバケット A の移動が完了した状況を考える。このとき、バケット B がもし $L (= V \Delta t)$ だけ移動したとすると、時刻 $t + \Delta t$ における A、B 間の車頭距離は S となる。

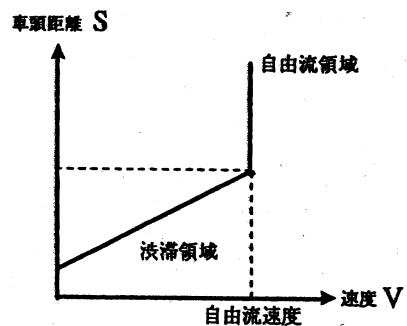


図1 S-V関係

-V関係に従うようにバケットBを移動させるのである。

(2) 一般街路用の車両移動サブモデル

本モデルにおいても、 Δt ごとにリンク上のバケット移動を行うが、SOUND (高速用) のように1台1台を追従移動させるのではなく、FIFOを原則とした待ち行列モデルを採用して、計算時間の短縮を試みた。まず、図3のようにバケットをリンク内走行車両群と流出可能車両群の2つの車両群に分ける。

- ・リンク内走行車両群: リンク内走行車両群は、リンクに流入してからの経過時間が当該リンクの自由走行時間 T_f に達しておらず、リンクから流出する可能性のない車両群である。図3のようにリンクに流入したバケットは、まずこの車両群にFIFOで積み上げられる。

- ・流出可能車両群: 流出可能車両群は、当該リンクに流入してから自由走行時間 T_f 以上経過している車両群で、下記のような流出条件を満たせば、リンクから流出する可能性のある車両群である。

流出可能車両群は、交差点での待ち行列であり、交差点の容量に従ってリンクから流出させる。すなわち、流出可能車両群の先頭バケットがリンクから流出できるためには、その前のバケットが流出してからの時間が、容量値の逆数である車頭間隔以上に経過していることが条件(流出条件)となる。リンクの容量は、図4のように左折・直進・右折の方向別に、その方向の飽和交通流率と信号スプリットの積で与えるので、流出条件も各方向別に判定する。

上記のようにバケットの移動については、2つの車両群のどちらかに属するかの判定と、流出可能車両群のバケットの流出条件の判定を計算するだけなので、従来に比べて大幅に計算時間が短縮される。計算時間を同一条件で比較したところ、計算時間はSOUND (高速用) の約1/10に減少した。

次に、バケットを移動させていく上で必要ないくつかの調整について説明する。

①リンク容量の調整

下流側リンクが渋滞により先詰まりしているとき、上流側リンクから流入可能なバケットをすべて流入させてしまうと、下流側リンクの総バケット数がリンクに存在できるバケット数を超過してしまう。このような現象が起こらないように、上流側リンクの流出容量を下流側リンクの流出量まで下げる調整を行う。すなわち、下流リンクが待ち行列で一杯になった場合には、下流側リンクの流出量をモニターしておいて、次のように上流側の複数のリンクの容量の比で配分する(図4参照)。

$$q_i = (\text{下流側リンクからの単位時間当たりの流出量}) \times \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^3 Q_i}$$

ただし、 Q_i = 調整前の方向*i*の容量、
 q_i = 調整後の方向*i*の容量。

②ブロッキング現象の回避

本モデルでは車線概念を取り入れていないので、流出可能車両群でFIFOを原則にすると、先頭バケットがリンクから流出しない限り、後続バケットは流出できない。しかし、例えば図5のように、対向直進車等の影響でリンクに1、3番目に流入した右折車はリンクから流出できないが、2、4、5番目に流入した直進車、左折車はリンクから流出できるような場合がある。しかし、モデルで完全にFIFOを原則とすると、図6のように、先頭の右

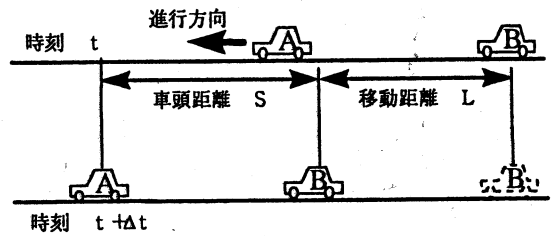


図2 バケットの移動方法

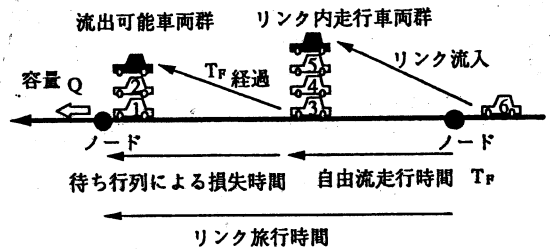


図3 本モデルの車両移動サブモデル

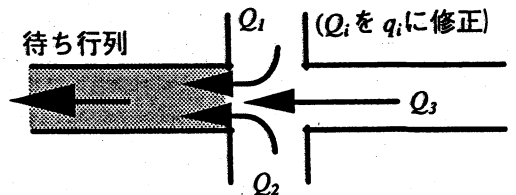


図4 方向別リンク容量の調整

折パッケージが流出できない場合、後続パッケージは流出できなくなってしまう。そこで、流出可能車両群の後続パッケージについても、流出条件を満たすものについては前のパッケージを飛び越して流出させるようにしている。つまり、同一流出リンクに進むパッケージについてはFIFOを原則とするが、他のリンクに進むパッケージについては、随時、順番を入れ換える訳である。

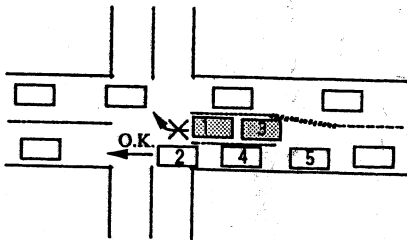


図5 車線概念のある実際の状況

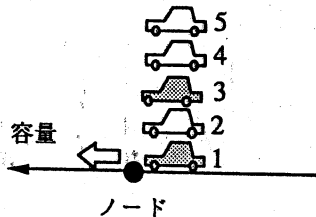


図6 FIFOを原則としたモデル状況

3. モデルの検証

3-1 適用条件

ここでは、図7の東京都南西部の地域を対象として、本モデルを実ネットワークへ適用した。ネットワークはノード数249個、リンク数623本であり、ODノードは首都高速道路のオン・オフランプ、周辺地域からの接続ノード、および域内のゾーン中心とし、Oノード72個、Dノード69個から構成される。シミュレーションは、午前6時から正午までの6時間を対象とし、OD交通量は交差点の分岐交通量から1時間単位で推定したものをを用いた³⁾。

シミュレーション条件は、計算時間や精度を考慮して、パッケージサイズ:3台、スキャンインターバル Δt :3秒、経路選択率更新時間間隔 ΔT :5分、経路選択層の割合:50%、Dialパラメーター θ :0.01[1/sec]とした。

3-2 適用結果

実旅行時間は、フローティングカーによって図7の太線で描かれている10路線(両方向)について、起点

を6:30と9:00発の2つの時刻について観測されている。図8と9には9:00における、環状8号線(外廻り)と第二京浜(上り)の時間距離図を示す。また、図10は全10路線の実旅行時間とシミュレーション値を比較したものである。環状8号線(外廻り)については、路線全体を通してかなり旅行時間の再現性はよいが、第二京浜(上り)の松原橋から中原口間のように渋滞が始まると再現性が悪くなる区間もあった。全体的には、図10にあるように10路線の旅行時間の実測とシミュレーション値の相関係数は0.886で、まずまずの一致を見ている。

断面交通量については、図11に感知器により得られた9時台のリンク断面交通量の実測値とシミュレーション値の比較を示す。相関係数は0.873、RMS誤差は343[台/時]であるが、交通量が小さいリンクの誤差の割合が大きいため、パーセントRMSは46%と大きかった。

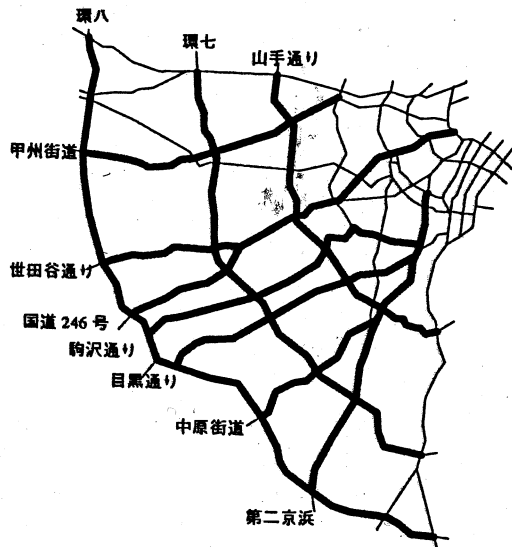


図7 東京都南西部地域ネットワーク

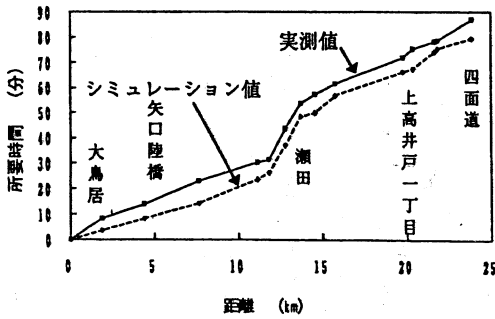


図8 環状八号(外廻り) 9時出発

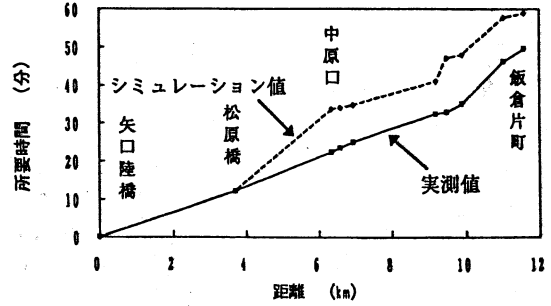


図9 第二京浜(上り) 9時出発

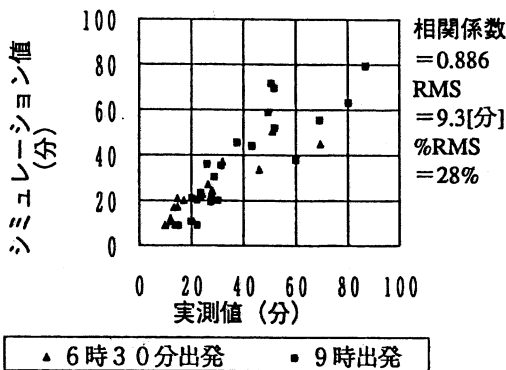


図10 10路線における旅行時間の実測値とシミュレーション値

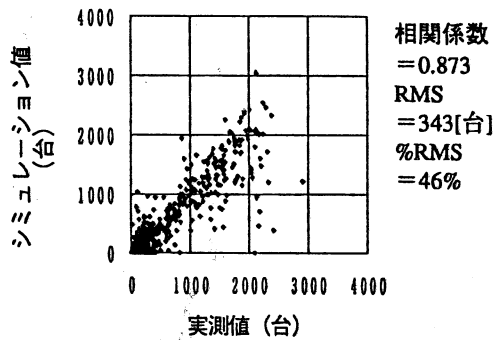


図11 リンク交通量の実測値とシミュレーション値 (9時台)

4. 今後の課題

- ①交差点の方向別の容量値などのパラメーターの微調整が必要であるが、これに相当の労力を要するので、それらを簡易に調整できるアルゴリズムの開発が必要である。
- ②経路選択サブモデルではDial配分によって経路選択率を決定したが、短いリンクが密集しているような所では、現実の経路の選択とは異なると思われる経路選択が生じており、選択行動の見直しが必要である。
- ③モデルの入力となるかなり細かな街区レベルのゾーンにおける各時間のOD交通量について、簡便な推定方法を調査方法とペアで確立する必要がある。

謝辞：貴重なデータを提供して下さいました首都高速道路公団東京保全部調査課の皆様へ感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 吉井稔雄、桑原雅夫、森田稔之：都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションモデルの開発、交通工学Vol. 30、No. 1、1995
- 2) 岡村寛明、吉井稔雄、桑原雅夫：過飽和ネットワークシミュレーションモデルの一般街路への拡張、第50回年次学術講演会講演概要、1995. 9
- 3) 小根山裕之、桑原 雅夫：路側観測交通量からの時間変化するOD交通量の推定、交通工学(投稿中)、1996