

都市内高速道路シミュレーションモデルにおけるパラメータの設定について*

About the settlement of the parameters in urban expressway simulation model *

森内正寿**・森田緯之***・吉井稔雄****・小根山裕之*****・島崎雅博*****

By Masatoshi MORIUCHI**・Hirohisa MORITA***・Toshio YOSHII****

Hiroyuki ONEYAMA*****・Masahiro SHIMAZAKI*****

1. はじめに

首都高速道路公団では、交通渋滞の延伸の表現や時々刻々と変化する交通状況の評価が可能で、かつ柔軟性をあわせもつ「動的シミュレーションモデル」TRANDMEX (TRANsportation Dynamic Model on urban EXpressway) を開発してきた。これは、シミュレーションモデル SOUND¹⁾を基本として、首都高速道路公団の実務へ適用するために、データ作成労力軽減等の改良を加えたモデルである。

ここで、TRANDMEX において、データの簡略化を図り、高い再現性を得るために採用したロジックの考え方、及びパラメータ (Q-K 曲線、交通容量など) の設定方法について述べることにする。

2. TRANDMEXの特徴

TRANDMEXのシミュレーション手順は、図-1に示すようにオンランプから車両が発生し、発生した車両が移動と経路選択を繰り返しながら目的地であるオフランプを目指して

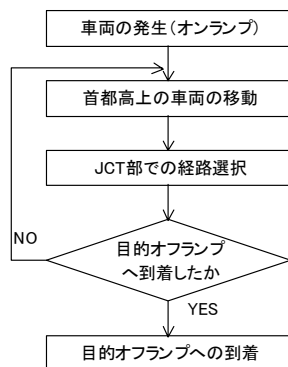


図-1 シミュレーション手順

*キーワード：配分交通、経路選択、ネットワーク交通流

**正員,工修,首都高速道路公団神奈川建設局建設第二部

***フェロー員,工博,日本大学総合科学研究所教授

****正員,工博,高知工科大学社会システム工学科助教授

*****正員,工博,東京大学生産技術研究所

*****正員,工修,パシフィックコンサルタンツ (株)

交通技術本部 道路部

(東京都新宿区西新宿2-7-1, TEL:03-3344-0074,

E-mail:masahiro.shimazaki@tk.pacific.co.jp)

走行するロジックを適用している。

3. TRANDMEXのロジック及び設定パラメータ

(1) 車両の発生

演算時間を短縮するために、同じ属性の車両数台を1つの車群として取り扱う。同じ属性は①ランプ間 OD、②時間帯、③経路選択特性が同じ場合に同一として扱う。なお、現在は、シミュレーション単位時間を3秒、車群の単位を3台とした。これは、精度的には1秒1台が優れているが、実務への適用性を考慮して、演算時間が大幅に短縮できることから採用した。

(2) 車両の移動

(a) Q-K 曲線の適用

車両速度は、自車(B)と前車(A)の車頭距離 S とその走行リンク上の Q-K 曲線から算出する。その速度にシミュレーション単位時間を乗じて移動距離を算出し、車両を移動させる。(図-2)

なお、車両は一本のレールの上を走行すると考える。このため、車線変更については考慮しない。ただし、織り込み現象による交通容量の低下については、入力条件である Q-K 曲線の交通容量で考慮することで対応している。

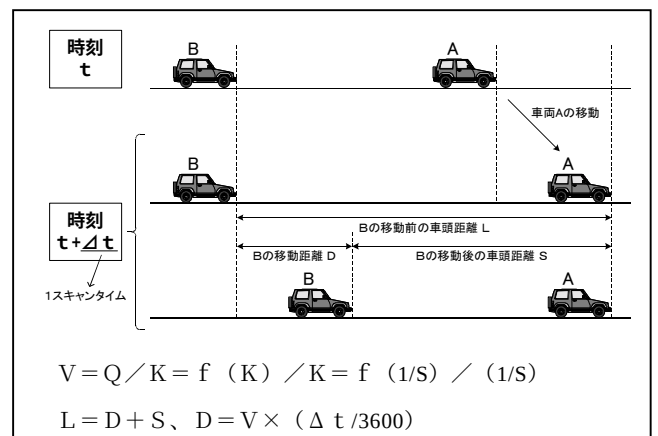


図-2 車両移動の概念

(b) Q-K 曲線の設定

各リンクの Q-K 曲線については、首都高速上の車両感知器の5分間データをシステマティックにアップデートして得られたものを用いており、様々な交通状況を包括した平均的な値と位置づけられる。

この Q-K 曲線は、図-3 に示すように自由流側・渋滞流側いずれも2次曲線で近似されているが、演算時間の短縮を考慮して交通挙動の影響の少ない自由流側を直線式に置き換えた。

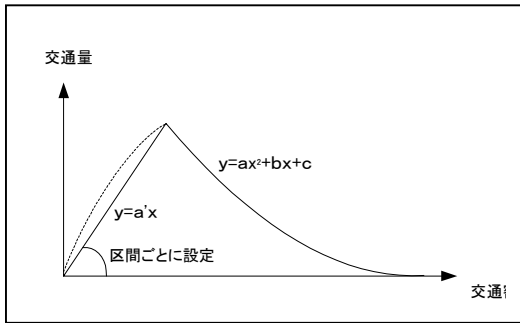


図-3 Q-K 曲線(リンクごとに設定)

(c) 大型車混入率の考慮

図-3 の Q-K 曲線は実台数により構成されているが、交通現況を再現する上で大型車の影響を無視することはできない。この影響をシミュレーションで考慮するため、区間を通過する日平均大型車混入率で Q-K 曲線を相似拡大(図-4 の(1)の補正)し、時間帯別に OD 交通量を補正した。ここでは、大型車換算係数は 2.0 を用いた。

(d) 渋滞時の交通容量の低減

交通容量が発現する付近の Q-K が不連続かつ不安定な状態であり、自由流域における最大通過交通量が渋滞時におけるものより大きいこと、一度渋滞現象が生じた場合に回復しがたいことを表現するために、ボトルネック箇所において、渋滞状態が 20 分以上継続した場合、交通容量を 5 % 減少させ、さらに渋滞状況が 20 分継続した場合はさらに 5 % 減少させるロジックを導入した。(図-4 の(2)の補正)

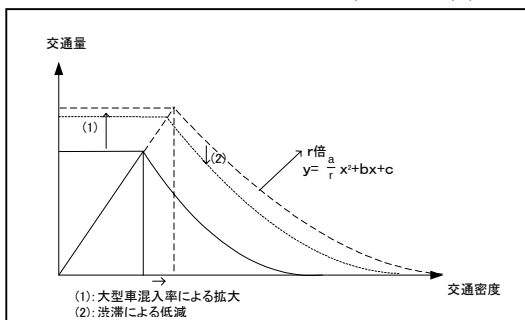


図-4 Q-K 曲線の補正

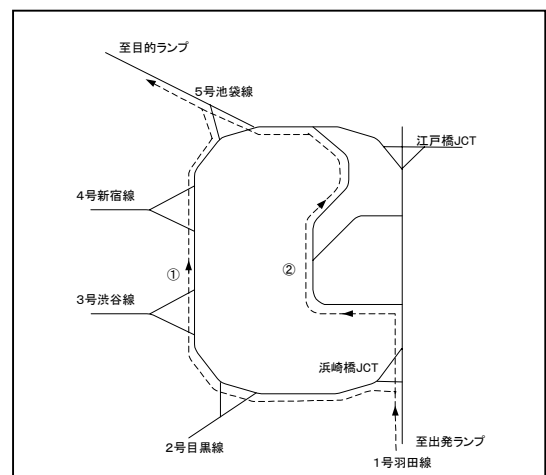
(2) 経路選択

(a) 2 経路選択モデル

経路選択モデルは、一般的に用いられる方法としてロジットモデルをベースとした Dial 配分²⁾がある。しかし、この方法では IIA (重複した経路を独立した経路として経路選択を行う問題) とエフィシエントパス (経路が複数存在しても、その内の一部が経路選択対象から外れる現象) の問題がある。これらの問題に対応するために経路選択用のネットワークを別途準備する方法などもある (SOUND では、走行用ネットワークとは別に、経路選択用のネットワークでロジットモデルを用いて経路比率を算出している) が、作業効率上労力が大きい。そこで、静的配分のネットワークをそのまま用い、作業労力軽減を図ることができる 2 経路選択モデルを採用した。

このモデルは、JCT 等の分流部手前で、目的オフランプまでの右左折した場合のそれぞれの最短経路時間から分流比率を算出している。

たとえば、浜崎橋 JCT から目的オフランプへ向かう経路が複数存在する場合、そのうち左折した場合の最短経路 (①)、右折した場合の最短経路 (②) に着目して、その 2 経路の旅行時間を図-5 の式へ適用することにより分流比率を算出している。



$$P_i = \frac{e^{-\theta t_i}}{\sum_{j=1}^n e^{-\theta t_j}}$$

P_i : 経路 i の選択確率
 n : 経路数 (2 経路)
 θ : トレードオフパラメータ
 t_i : 経路 i の旅行時間
 t_j : 経路 j の旅行時間

図-5 経路選択方法

(b) トレードオフパラメータ

経路選択確率のトレードオフパラメータ θ については、第 22 回首都高速道路交通起終点調査³⁾（以降 22OD と記す）における代表的な JCT 間の時間帯別経路選択比率と車両感知器データから得られる時間帯別経路別旅行時間に基づいて経路選択確率の残差平方和が最小となる 0.00835 (1/秒) を用いた。

ここで、 θ の感度分析では、大きく設定する場合はあまり影響はなかった。しかし、 θ を小さくすると、都心環状線等で周回交通が発生し、現実の交通状況が再現されない場合があった。

また、トレードオフパラメータ θ は運転者が認知する情報の正確さを表すものであり、交通状況情報の提供が高度化する将来において、この値を小さく設定することは考えられないため、適用にあたっては問題ないと判断した。

(c) 経路選択時間間隔

経路選択時間間隔は、首都高速の道路情報提供更新間隔である 1 分を採用した。この間隔を長く設定すると、交通が集中し渋滞が過大に発生し現況再現性が下がる傾向にあった。

(d) 交通状況依存層と非依存層の設定

経路選択行動について、所要時間の情報提供に対する反応の違い等によって、①交通状況依存層（提供情報を受けて経路選択を行う）、②交通状況非依存層（自由流時で選択確率に従って経路選択を行う）に分類した。

首都高速道路公団で実施されたアンケート調査⁴⁾ 結果（約 40%）、および吉井ら¹⁾の推計結果（40%～60%）を参考に 50：50 と設定した。

4. 現況再現におけるパラメータの設定方法

(1) 交通容量の管理

現況再現を行うにあたり、パラメータの設定として最も影響を受けるのが、ボトルネック箇所の Q-K 曲線における交通容量の設定である。

ここで、車両感知器から近似式で定義される交通容量は、実際に車両感知器では観測され難い大きな値を示すことが多く、過大な交通容量を設定してしまうこととなる。そこで、ボトルネック部では、

実態データから速度が低下している時間帯における平均通過交通量を算出し、ボトルネック部の交通容量として適用した。この交通容量管理を行うために、Q-K 曲線の上部をカットした図-6 に示す台形型の Q-K 曲線を採用した。

ここで、図-7 は、ボトルネック部における通過交通量と速度の関係を示しており、渋滞発生時より渋滞発生中の通過交通量が 10% 程度減少していることを示している。この状況を Q-K プロット図に示すと図-8 に示すような Q-K 曲線となる。（点線は、渋滞中の Q-K 曲線で、交通容量が低下していることを現している）

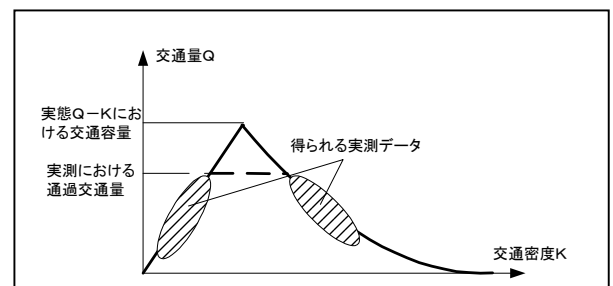


図-6 ボトルネック箇所の Q-K 曲線

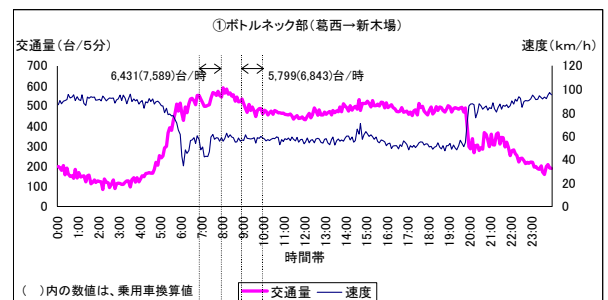


図-7 ボトルネック箇所の交通量と速度

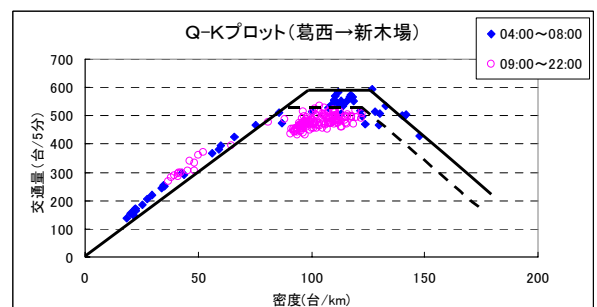


図-8 ボトルネック箇所の Q-K プロット図

(2) 交通容量の設定

上記のように管理されたボトルネック箇所の交通容量を以下の手順で設定した。

- ① 車両感知器で首都高速道路上のボトルネックとなっている箇所を抽出。（27 箇所抽出）
- ② 抽出したボトルネック箇所の最大通過交通量

(1時間)を車両感知器データから算出。

- ③ 各ボトルネック箇所の交通容量を最大通過交通容量に設定。

ここで、設定した交通容量でシミュレーションを実施した場合でも、再現性が不十分であったため、これらの交通容量の微調整を行うこととした。このとき、首都高速道路のネットワークが複雑であるため、各ボトルネックが互いに干渉しあって、1箇所の交通容量をわずかに変化させただけで全線の交通状況が大きく変化することがわかった。

そこで、微調整においては、各ボトルネック別に感度を整理し(表-1)、調整を図った。

表-1 各渋滞箇所の影響

渋滞箇所	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	9号	11号	1号	6号	川口線	中央環状線	湾岸線	1号	2号	3号
荒川ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3号渋谷合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3号のり合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1号羽田合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
新大塚トンネル	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4号新大塚合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5号新大塚合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
長瀬料金所	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
伏木ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
北野料金所	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9号荒川合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9号荒川合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6号三郷合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
新大塚ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6号向島合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
中央環状合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
大井料金所	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
北野料金所	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
羽田ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
三ツ沢料金所	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
花々木ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11号台場合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
新大塚ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
羽田ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
外環合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
新大塚ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
新大塚ランプ合流後	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

※渋滞箇所の交通容量を低下させると渋滞が広がる方向「+」
※渋滞箇所の交通容量を低下させると渋滞が狭まる方向「-」

5. 現況再現性の検証

モデルの検証は、22ODのランプ間交通量データを入力交通量として24時間連続したシミュレーションを行い、当日の車両感知器データと比較を行った。交通容量の微調整を図った結果、各時間帯の混雑量(図-9)、渋滞箇所(図-10)は概ね一致し、1日の交通状況を再現することができたと考える。よって、TRANDMEXにおける基本的なロジック及びパラメータの設定については確立できたと考える。

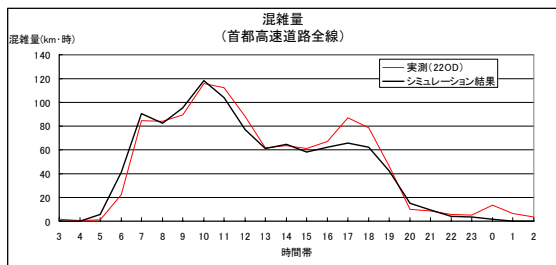


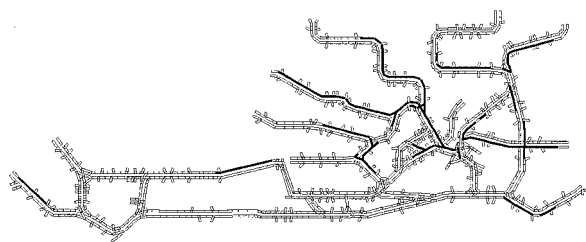
図-9 時間帯別混雑量の変化

6. おわりに

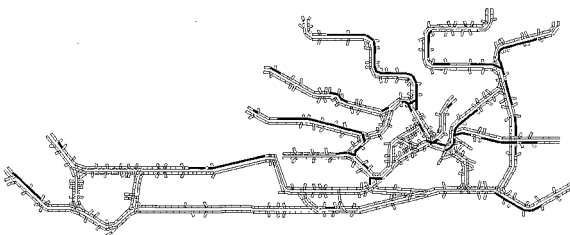
実務を行うにあたっての今後の課題として、①時間帯別将来ランプ間OD表の作成方法、②将来路線のQ-K曲線の設定方法、③車線運用変化に対応したQ-K曲線の設定方法が挙げられ、これらについ

て今後検討していく必要があると考えている。

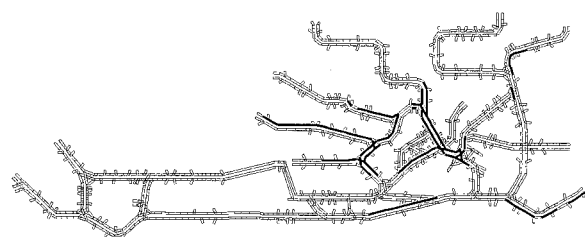
- ① 7時台
(シミュレーション結果)



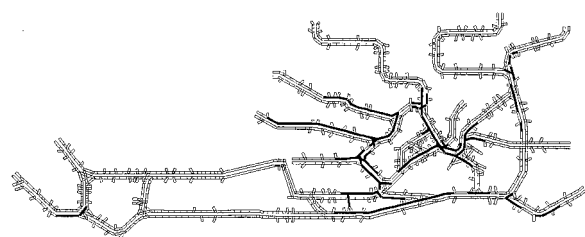
(22OD 当日の車両感知器データ)



- ② 17時台
(シミュレーション結果)



(22OD 当日の車両感知器データ)



0km/h~40km/h
40km/h~

図-10 現況再現結果(速度ランク図)

参考文献

- 1) 吉井稔雄、桑原雅夫、森田緯之；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 Vol30, No1, 1995
- 2) 土木学会；交通ネットワークの均衡分析，第4章，1997
- 3) 首都高速道路公団；第22回首都高速道路交通起終点調査報告書，平成7年9月実施
- 4) 首都高速道路公団；首都高速道路の利用行動の特性に関する調査，pp.139~158，平成5年3月