

都市内高速道路における動的ネットワークシミュレーションモデルの改善検討

中島 寛崇¹・増田 智志²・島崎 雅博³

¹正会員 首都高速道路株式会社 計画・環境部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)
E-mail:h.nakashima1110@shutoko.jp

²非会員 首都高速道路株式会社 東京東局 (〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町43-5)
E-mail:s.masuda713@shutoko.jp

³非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地)
E-mail:masahiro.shimazaki@tk.pacific.co.jp.

首都高速道路株式会社では、渋滞状況を表現するモデルである「TRANDMEX」を用いて新規路線の開通、交通規制による交通状況変化等を分析し、精度向上に向けた検討も進めている。このモデルにはモデルの特性上、交通への影響が著しく大きい事象の分析を行う際、デッドロックを起こしてしまうという課題があった。

この課題に対して、既存モデルで考慮していた首都高速ネットワークに加えて並行一般道路を設定する「一般道路包括モデル」を開発した。この設定により、ドライバーの交通状況に応じた首都高速の利用出入口の選択行動を表現することが可能となり、モデルの精度向上及び一般道路への影響分析が可能となると考える。

本稿では「一般道路包括モデル」について紹介するとともに、本モデルを用いて実際にシミュレーションを行うことで精度検証を行った。

Key Words : 交通行動分析, 経路選択, 交通ネットワーク分析, 交通流

1. TRANDMEX基本モデルの概要

首都高速道路株式会社では、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「TRANDMEX」(TRANsportation Dynamic Model on urban EXpressway : 中長期的推計動的ネットワークシミュレーションモデル)を開発してきた。これは、シミュレーションモデルSOUNDを基本として、首都高速道路の渋滞状況を表現するモデルである。

TRANDMEXは首都高速道路ネットワークに特化した交通シミュレーションであり、主に、新規路線の開通、渋滞対策、交通規制による交通状況変化や特異事象を把握するために用いられ、時間帯別の速度状況、渋滞発生時間、渋滞・混雑量、主要地点間所要時間等を指標として算出可能である。

TRANDMEXのシミュレーション手順を図-1に示す。時間帯別のOD表、ネットワーク、Q-K曲線等をインプットデータとし、インプットデータに基づき車両を発生・移動させ、その実行結果から区間別交通量や図-2のように区間別速度をアウトプットすることが可能である。

インプットデータのうちOD表はETCデータを基に作成された車種別OD表を大型車1台を普通車2台とPCU換算した全車のOD表を時間帯別に作成し用いている。

インプットデータのうちOD表はETCデータを基に作成された車種別OD表を大型車1台を普通車2台とPCU換算した全車のOD表を時間帯別に作成し用いている。

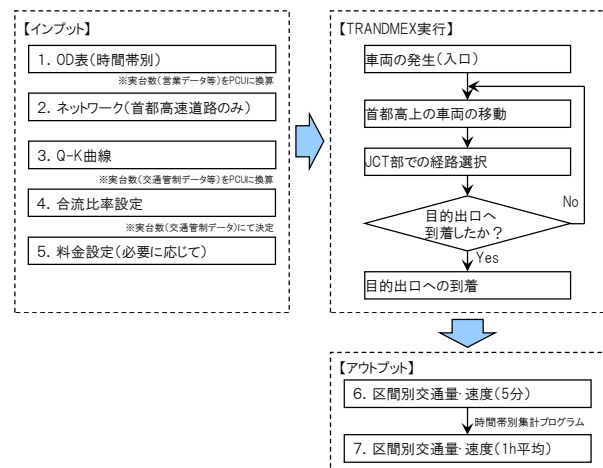


図-1 シミュレーション手順

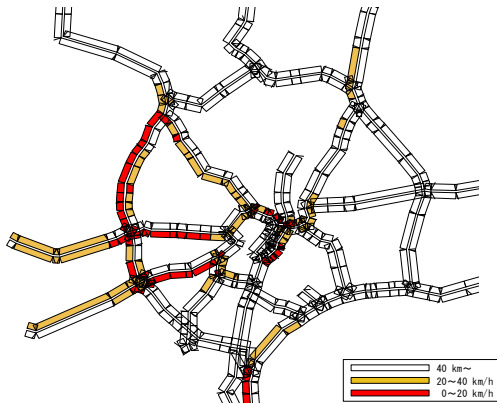


図-2 区間別速度ランク図

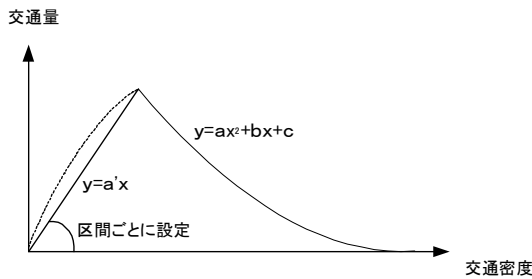


図-3 Q-K曲線イメージ図

また、車両の発生では3秒ごとに3PCUを1つの車群として入口から発生させ、1時間内のOD量は均等に発生させている。車両速度と移動距離は車頭距離と実測データにより設定された走行リンク上のQ-K曲線から算出される。Q-K曲線のイメージ図を図-3に示す。

シミュレーション上の経路選択行動は各経路の旅行時間を用いた二項ロジットモデルにより行われる。ただし、交通状況に関わらず各分岐点で自由流速度により経路選択を行う「経路固定層」と交通状況に応じて各分岐点で経路選択を行う「経路選択層」を設定している。

2. TRANDMEX一般道路包括モデルの概要

(1) 基本モデルにおける課題と対応策

前述した基本モデルは、渋滞状況が悪化しても利用交通量は変化しないため、著しい規制の場合、デッドロックを起こしてしまい、非現実的な交通状況となる。ただし、実際の交通ではドライバーは渋滞状況に応じて利用する出入口の変更、さらには、高速道路利用の取りやめといった選択行動を行う。

そこで、シミュレーション上でこのような選択行動を表現することが可能となるよう首都高ネットワークしか表現されていない基本モデルに図-4のような並行一般道路を設置し、車両が一般道路へ転換できるモデル「一般道路包括モデル」を構築した。

この一般道路包括モデルを用いると、大規模更新・大

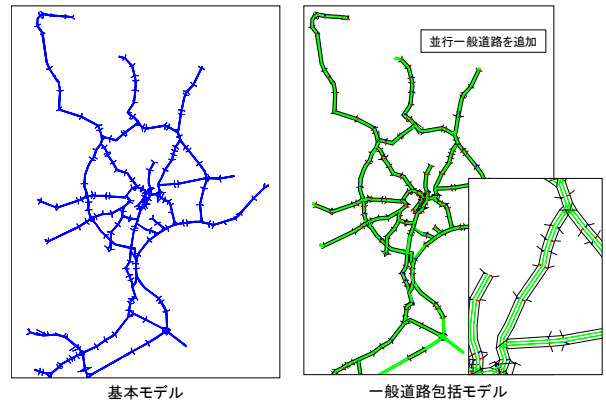


図-4 一般道路包括モデルネットワークイメージ

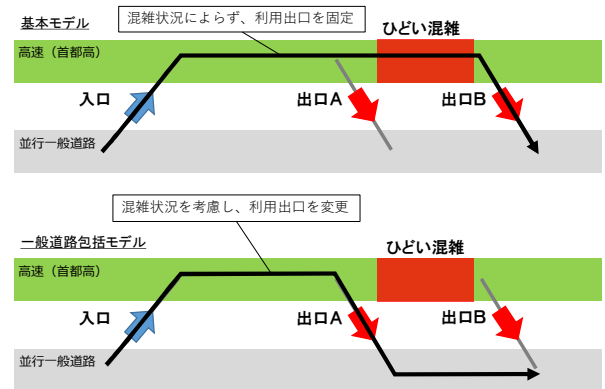


図-5 出入口選択設定

規模修繕事業や集中工事など、交通状況に大きな影響を与えると考えられる規制時の交通状況をより正確に分析できるものとする。

(2) モデルの設定

前述した一般道路包括モデルの設定について概要を以下に記述する。

a) ネットワーク

シミュレーション時間の増大を防止するため密な一般道路ネットワークを設定するのではなく、首都高ネットワークの並行一般道路のみを設定した。

並行一般道路を設定することで、基本モデルでは入力ODに基づき出入口ペアが固定されていたのに対して、シミュレーション上で混雑状況に応じた出入口ペアの変更を可能とした。出入口選択の設定イメージを図-5に示す。

b) 経路選択のロジック

前述した基本モデルの経路選択行動を高速道路上もしくは一般道路上の経路選択行動に適用する。さらに、高速道路と一般道路の経路選択行動を下記のように定義した。

経路固定層においては、高速ルートを確認的に選択するものとした。

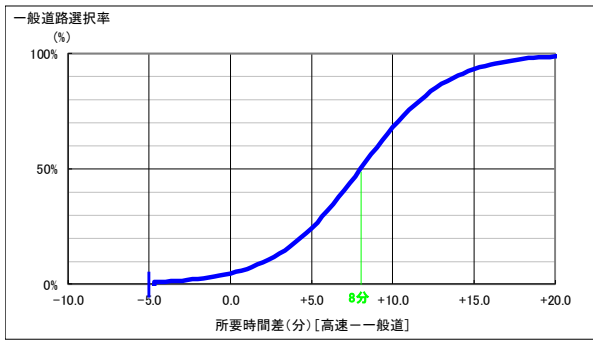


図-6 一般道路選択率設定

経路選択層はETCデータによる一般道選択実績から図-6のように高速ルートが一般道ルートよりも5分早い状況から一般道ルートへの転換行動を開始し、一般道ルートが8分早い状況で一般道選択率が50%となる、高速経由と一般道経由の所要時間差による一般道選択率を設定した。

またシミュレーション上、2度乗りを可能とし、一度高速を利用した車両が再度高速を利用する場合は入口ランプに料金抵抗に相当する時間を与える設定とした。

c) 一般道路のリンク条件

並行一般道路のQ-Kの設定は容量をフリーとし、速度はETC2.0プローブ情報による実績平均速度データを用いて区間ごとに設定した。また、ピーク時を考慮するため、時間帯別の速度を設定した。

3. 一般道路包括モデルを用いたシミュレーション精度の確認

本モデルを用いて首都高における比較的大規模な規制工事による交通影響を分析した。また、規制工事を行った際の実際の交通状況と事前に行った分析結果を比較し、本モデルによるシミュレーション精度の検証を試みた。

(1) シミュレーションの概要

首都高における比較的大規模な規制工事として、H30.1.21(日)に実施した首都高6号向島線(下)における24時間一車線規制による舗装打換え工事の交通影響を事前に分析することとした。

本工事は図-7の通り6号向島線の駒形出口～堤通入口付近の区間を二車線の内、左側一車線を長時間規制し、実施された。この規制に合わせて6号向島線(下)の向島出入口、駒形出口も通行止めとなる。また、ピーク時の規制区間の渋滞末尾が都心環状線へ到達しないように14:00～18:00の間、浜町入口、箱崎入口を通行止めとした。

本工事において6号向島線(下)でどれほど交通混雑



図-7 規制工事概要図

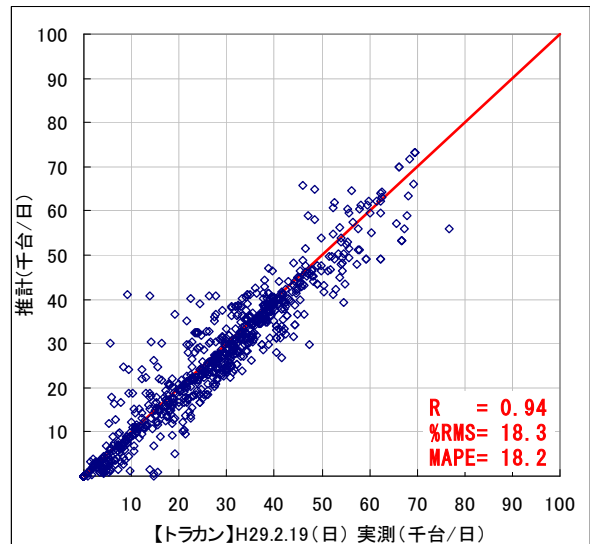


図-8 現況再現 (区間交通量比較)

が発生するのか、またその混雑が都心環状線まで到達するのか等の分析を行った。

(2) 現況再現

現況再現対象日は、工事日(H30.1.21(日))及び予備日(H30.1.28(日)、2.18(日))の前年同日を候補とした。安全側に検討すべく交通量の多い日を選定し、さらに事故等のイベントが工事区間に影響の無い日も考慮した結果、H29.2.19(日)で現況再現を行うこととした。現況再現結果の区間交通量を実測と比較し、再現性の確認を行った。図-8に示す通りトラカン区間交通量との比較では、相関係数・%RMS・MAPE全てにおいて概ね良好で、現況再現性は確保されている。

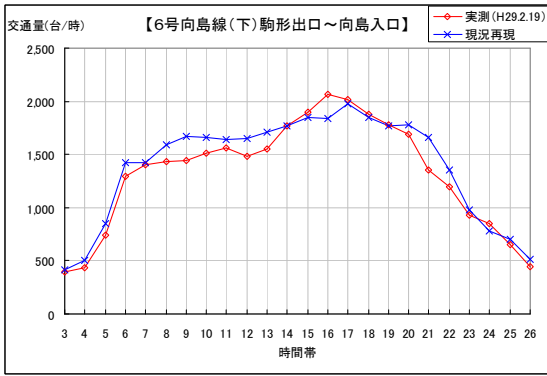


図-9 現況再現 (区間交通量図 (規制箇所))

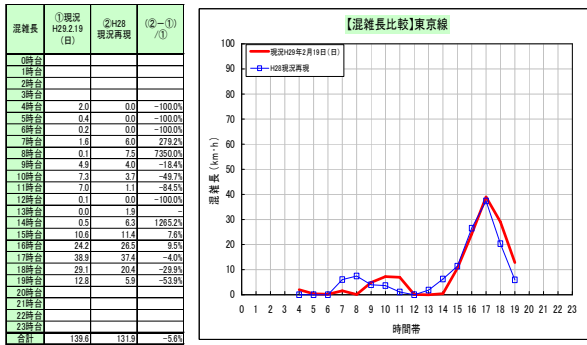


図-10 現況再現 (混雑長比較 (東京線))

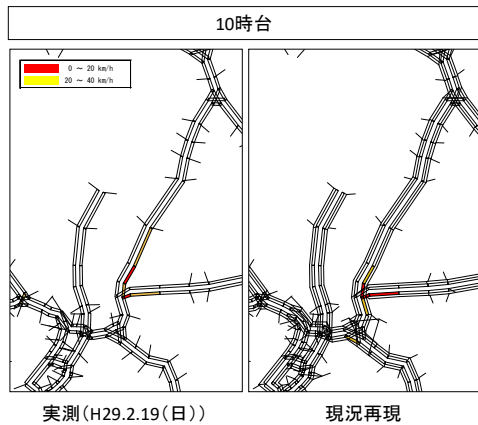


図-11 現況再現 (速度ランク図)

また、6号向島線 (下) の工事規制箇所における区間交通量の比較でも図-9に示す通り実績値と現況再現値の区間交通量は全時間帯において概ね一致している。

現況再現結果の混雑長を現況再現対象日のトラカンデータと比較した結果、図-10の通り混雑長は夜間工事を除いた4~19時台で比較すると5.6%程度の乖離となっており、概ね現況再現性は確保されている。また速度ランク図を現況再現対象日のトラカンデータと比較した結果、全ての時間帯で概ね一致していた。図-11に10時台の速度ランク図を示す。

(3) シミュレーション結果及び精度検証

TRANDMEXの工事検討結果と工事实施日の交通状況

表-1 シミュレーション結果 (混雑長)

混雑長	①実測工事 H30.1.21 (日)	②H29 TRAND (工事時)	③H29 TRAND (工事時) 45km/h	(②-①) /①	(③-①) /①
0時台	0.0	0.0	0.0	-	-
1時台	0.7	0.0	0.0	-100.0%	-100.0%
2時台	0.0	0.0	0.0	-	-
3時台	0.0	0.0	0.0	-	-
4時台	0.0	0.0	0.0	-	-
5時台	0.0	0.0	0.0	-	-
6時台	0.0	0.8	3.8	-	-
7時台	0.0	0.8	3.8	-	-
8時台	3.5	0.8	4.5	-76.9%	27.1%
9時台	5.2	3.8	5.9	-28.0%	13.4%
10時台	5.3	3.8	5.9	-29.3%	11.3%
11時台	5.3	2.9	5.9	-46.2%	11.3%
12時台	6.5	2.9	4.5	-56.3%	-31.8%
13時台	5.9	3.0	6.0	-50.0%	1.7%
14時台	5.3	3.9	6.0	-27.4%	13.2%
15時台	2.9	3.9	6.0	35.4%	111.2%
16時台	5.3	5.0	7.4	-5.8%	38.5%
17時台	7.5	4.7	6.9	-37.5%	-8.7%
18時台	6.0	3.9	6.0	-35.9%	-
19時台	4.3	3.9	5.6	-9.8%	30.8%
20時台	5.2	3.9	5.4	-26.1%	3.3%
21時台	3.5	0.8	5.5	-76.9%	56.7%
22時台	1.0	0.8	0.8	-22.1%	-22.1%
23時台	0.0	0.0	0.0	-	-
合計	73.6	49.3	89.8	-33.1%	22.0%

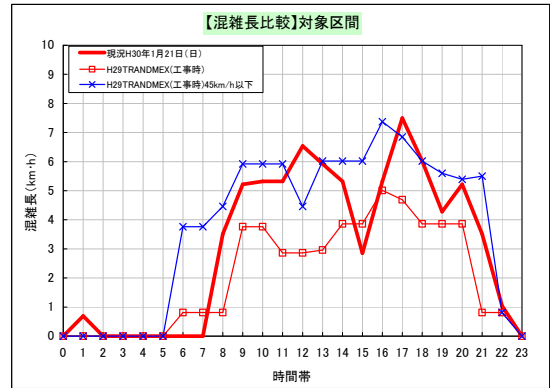


図-12 シミュレーション結果 (混雑長)

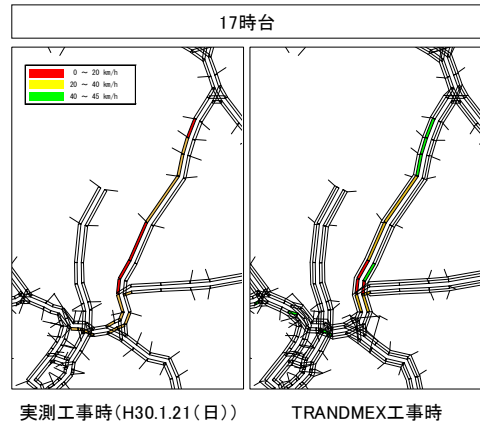


図-13 シミュレーション結果 (速度ランク図) の比較を行い、精度検証を行った。

a) 混雑状況

工事時における規制区間の混雑長を、実測 (トラカンデータ) とTRANDMEX結果で比較し検証を行った。表-1、図-12に示すように全体的に実測と比較してTRANDMEXの混雑長が少なくなっている。

また、図-13に示す両ケースの速度ランク図を見ると、実測では堤通入口合流部が混雑区間の先頭となっており、シミュレーション結果でも同様の地点から速度

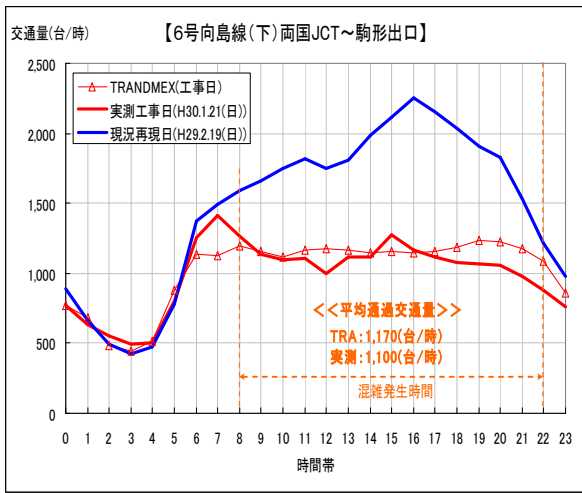


図-14 シミュレーション結果 (工事区間交通量)

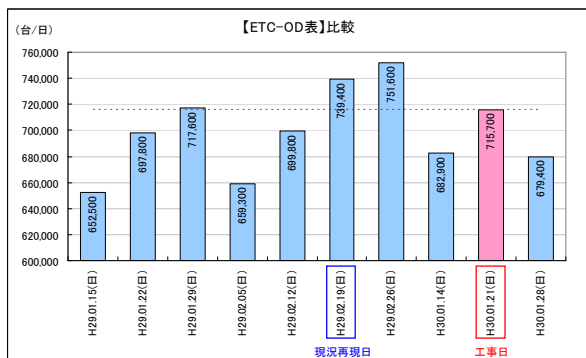


図-15 首都高利用交通量 (ETC車)

低下は起こっているものの、40km/h以下までは速度低下していない。このことが混雑長の違いの原因となっているが混雑状況のシミュレーション精度は概ね確保されていると考える。なお、この速度の違いは、実測では施工箇所における廃材・合材の出し入れや規制帯の走行車線へのはみ出しに伴う走行車両の速度低下が影響していることも考えられる。

b) 工事時の容量設定

6号向島線(下)の工事実施時における交通容量の検証として、混雑が発生している時間帯の通過交通量の比較を行った。シミュレーションでは、当該箇所における昼間工事実績が無い事から、同じ二車線道路における夜間規制時の容量を参考に設定したが、図-14の通り工事区間上流側(両国JCT~駒形出口)で平均通過交通量の差は70台/時となっており、工事区間の容量設定は妥当であったといえる。

c) 転換交通量の検証

工事実施時と通常時における交通の変化を、実測(トラカンデータ)とシミュレーション結果で比較し検証を行った。工事日の首都高利用交通量は現況再現日と比較すると少ないため、転換により交通量が増加しているはずの路線でも、交通量が減少している結果となってしまう。

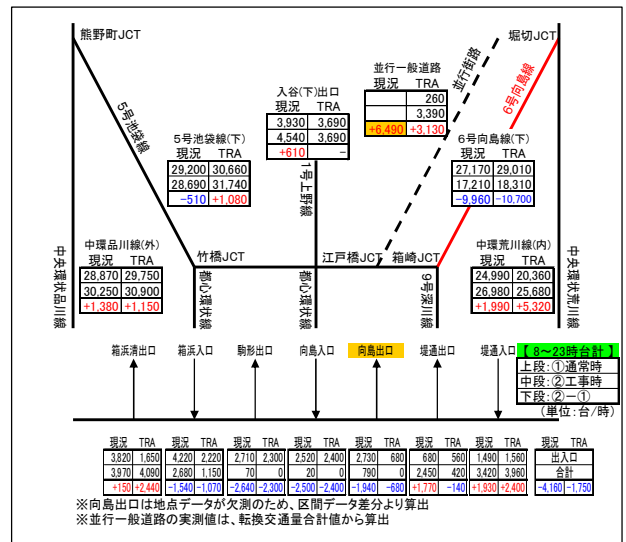


図-16 シミュレーション結果 (転換交通量)

表-2 乗継交通量

前回利用出口	乗継入口	工事前	工事時	差	TRA
入谷(下)出口	堤通(下)入口	16	38	+22	×
上野(下)出口	堤通(下)入口	2	12	+10	×
錦糸町(上)出口	堤通(下)入口	1	12	+11	×
錦糸町(下)出口	堤通(下)入口	0	9	+9	×
浜町出口	堤通(下)入口	0	7	+7	0
福住(上)出口	堤通(下)入口	0	6	+6	0
入谷(下)出口	千住新橋(内)入口	22	27	+5	×
上野(下)出口	千住新橋(内)入口	2	5	+3	×
入谷(下)出口	千住新橋(外)入口	8	13	+5	×
入谷(下)出口	弱大橋(内)入口	14	22	+8	×
上野(下)出口	弱大橋(内)入口	4	6	+2	×

う。そのため、図-15に示す通り、首都高利用交通量が工事日と同等な日(H29.1.29(日))で比較を行った。

工事区間と並行する路線の断面(下り方向)合計交通量を工事実施前後で比較して減少した分が、一般道路への転換交通量と考えられる。

図-16に試算結果を示す。実測値による断面交通量差分から一般道路への転換交通量は6,490(台/16h)となり、シミュレーション結果の一般道路への転換量の2倍程度となった。また、シミュレーションでは、実測と比較して中央環状線(内回り)への転換が大きい傾向となった。この要因として、シミュレーションでは全ての車両が交通状況を把握している状態となるが、実交通では情報板の見逃し等により規制区間を迂回しないという状況が生じている可能性がある。また、シミュレーションでは1号上野線からの転換を考慮しなかったこと、経路固定層が設定より多かったことが推察される。

d) 乗継交通について

ETCデータを用いて工事中と工事前(現況再現日H29.2.19(日))の乗継交通量の比較を行った。工事による転換で交通量が増えたと考えられる入口に対して、主な乗継交通を表-2に示す。TRANDMEXでは「入谷(下)出口」「上野(下)出口」「錦糸町(上下)出口」からの転換は考慮されていない。浜町出口→堤通(下)入口や福住(上)出口→堤通(下)入口の乗継交通は、シミュレーション結果では0台となっている。

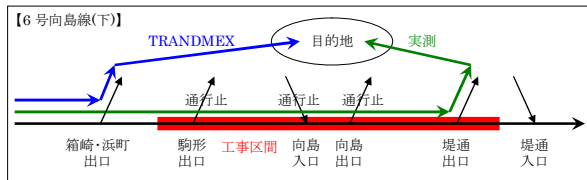


図-17 シミュレーションと実測の相違

4. 課題と今後の検討方針

シミュレーションの精度検証の結果、概ね規制工事時の交通状況が表現できたが以下に示すような課題も明らかとなった。また、今後の検討方針についても下記に記す。

(1) シミュレーションでは表現できていない交通現象

実測において、堤通（下）出口の交通量が増加していることから、通行止めとなった駒形（下）出口及び向島（下）出口周辺に目的地がある交通は、工事区間を避けて上流側の箱崎出口等で先に首都高を下りるのではなく、図-17のように工事区間を通過してから下流側の堤通（下）出口を利用し一般道路で目的地へ戻るような交通が存在することが分かった。

TRANDMEXではこのような一般道路を戻るといった交通は表現できておらず、この区間の渋滞は過少評価になる可能性がある。

また、前述したとおり、TRANDMEXでは表現できていない乗継交通が存在した。今後、渋滞に大きな影響を及ぼすような乗継交通が想定される場合は、図-18のようなネットワーク特性を考慮した乗継リンクを設定する必要がある。

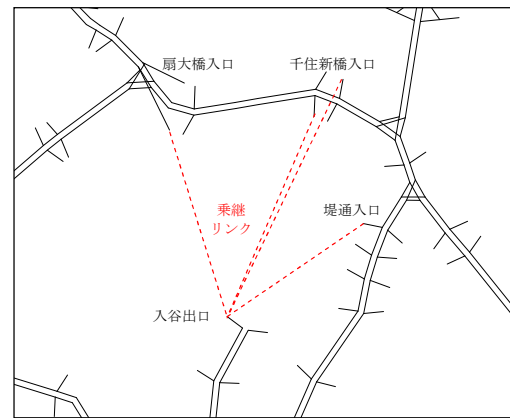


図-18 乗継リンクイメージ図

(2) 転換交通の分析

本検討では高速上のトラカデータを用いて想定される転換交通量を算出し、転換交通量の分析を行った。

しかし、高速道路・一般道路への転換ともにさらなる分析が必要であると考えられる。高速道路への転換についてはETCデータを用いた分析を実施し、一般道路への転換は一般道路のトラカデータをもとに分析を実施することとしたい。また、一般道路への転換交通が、一般道路の交通状況に与える影響について試算することも検討していく。

また、休日交通を対象としたことで通常分析をしている平日とは異なる転換行動が想定されるため、休日交通を対象とした転換行動についてさらなる検証が必要である。

A STUDY OF DYNAMIC SIMULATION FOR CONGESTION ANALYSIS OF URBAN EXPRESSWAY

Hiroataka NAKASHIMA, Satoshi MASUDA and Masahiro SHIMAZAKI

TRANDMEX is simulation model of dynamic network for mid-and-long-term estimation, and is utilized in Shutoko to simulate traffic condition with ever-changing congestion as an urban expressway, and to evaluate measures against traffic congestion. However, it doesn't allow accurate simulations for tremendous traffic regulations. In this simulation model, those serious regulations tend to cause traffic deadlock since drivers in this simulation don't change their entrance and exit based on the traffic situation. On the other hand, most drivers in real world usually make a choice of entrance and exit by real time traffic situation. The problem above which is caused by the condition gap between simulation and actual traffic behavior should be solved in view of advanced practical utility.

We have developed the integrated model including general roads. This model enables drivers in simulation to make a choice of entrance and exit as actual drivers do. In this paper, we introduce the outline of TRANDMEX and its new model. We also describe the result of the simulation of long-term lane regulation by using new model. In addition, we try to verify the accuracy of this simulation by comparing the simulation result and actual traffic data.