

首都圏3環状高速道路における 交通マネジメント評価シミュレーションの開発

大口 敬¹・力石 真²・飯島 護久³・岡 英紀⁴・
堀口 良太⁵・田名部 淳⁶・毛利 雄一⁷

¹フェロー会員 東京大学教授 生産技術研究所/工学系研究科社会基盤学専攻
(〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)
E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

²正会員 広島大学大学院特任准教授 国際協力研究科 (〒739-8529 広島市鏡山1-5-1)
E-mail: chikaraishim@hiroshima-u.ac.jp

³正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-10)
E-mail: iijima@i-transportlab.jp

⁴正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: hidekioka@ibs.or.jp

⁵正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-10)
E-mail: rhoriguchi@i-transportlab.jp

⁶正会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003 大阪市北区堂島1-5-17 堂島グランドビル2階)
E-mail: tanabe@refrec.jp

⁷正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: ymohriibs.or.jp

首都圏では、中環・外環・圏央の3環状道路がまもなく概成する。都市高速道路が環状方向も含めてネットワーク化されると交通マネジメントの自由度が飛躍的に増大する。一方で、利用価値の上がる高速道路ネットワークの需要は増大するため、通過交通を迂回させる機能が期待される環状道路に対して、適当なマネジメント策を行わないと都心通過交通を十分に排除できる保証はない。このため、想定される各種マネジメント策を評価するため、物流施設の立地特性分析に基づく3環状整備による大型貨物車の交通需要変化を考慮し、また小型車と異なる大型車の経路選択行動も組み込んだ首都圏3環状エリアの大規模ネットワーク交通流シミュレーションモデルを開発する。さらにこれを用いて、交通マネジメント方策の効果評価を試行した結果を報告する。

Key Words : network traffic simulation, traffic management, route choice behavior, land use change

1. 背景と目的

首都圏3環状道路は、2015年2月に首都高速道路中央環状線(中環)が完成し、2015年10月には東北道と関越道が、中環と東京外かく環状道路(外環)および首都圏中央連絡道(圏央道)の3環状で接続され、2017年3月には、東名高速・中央道・関越道・東北道・常磐道・東関東道の5つの高速道路が圏央道により首都圏の南西側から北回りで東側まで接続され、放射・環状型の高速道路ネットワーク機能が充実してきた(図-1)。

これらの道路の開通により、首都圏の高速道路が、急

速に樹状(トリー)構造から網状(ネットワーク)構造へと変化し、利用者にとっての経路選択の余地を大幅に増やすこととなった。また都心部を通りぬけたり、高速道路を使わずに一般道を利用したりしていた交通が、環状の高速道路を利用するようになる効果が期待される。さらに、こうした交通流動の変化はとくに圏央道など環状道路沿線への物流施設などの立地を誘発し、とくに大型貨物車の交通需要のOD分布も変化することになる。

一方で、こうしたネットワーク構造の変化により交通流動が変化することで、それ以前よりも多くの交通需要が新たなボトルネックに集中し、これまでは顕在化して

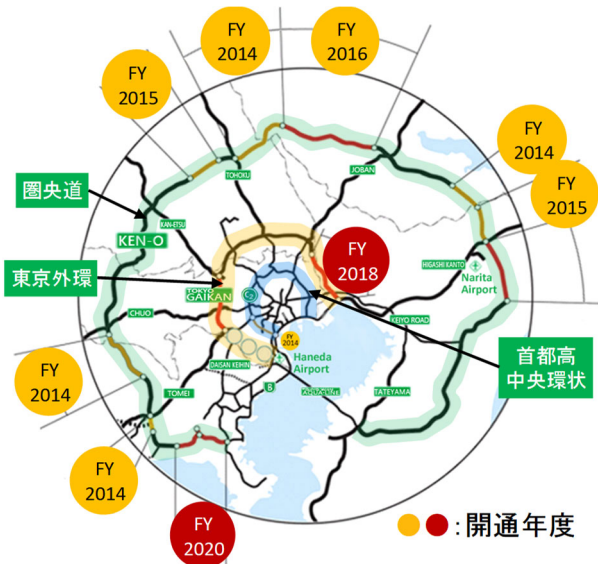


図-1 首都圏3環状道路の整備状況(2017年3月時点)¹⁾

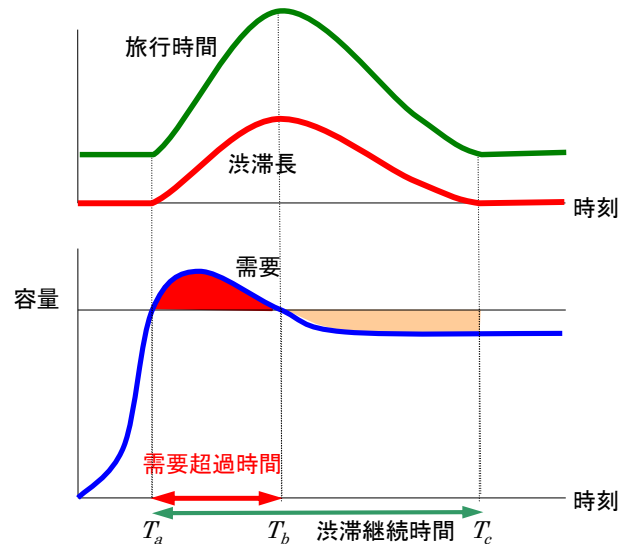


図-2 交通渋滞の動的特徴

いなかった交通混雑が発生してしまうこともある。

一般に、都市部の環状道路の整備は、とくに大型貨物車による通過交通を都市の中心部から排除し、都市の中心部の環境を改善して、都市内交通を内々に限定することで、都市の活力増強や環境改善に資することに意味がある。したがって、首都圏3環状道路が有効に機能するには、大型貨物車を適切に環状道路へ誘導し、大規模物流施設などを外縁側の環状道路沿道へ適切に立地誘導することも重要である。

また、放射・環状型のネットワークは、特に直径方向に近い通り抜け交通が、外縁部から外縁部へ都心から見て180度に近い角度を持つ場合には、環状道路を利用すると、単円で考えれば都心を抜けるよりも約1.57倍距離が長い。このことは、このような通過交通の排除には、環状道路のサービス水準を1.57倍以上にするか、環状道路の料金を都心部通り抜けよりかなり割安にする必要があることを意味する。

さらにネットワーク効果には、迂回による道路性能の有効活用がある。事故や災害時の通行止めに対して迂回経路を提供するだけでなく、交通渋滞によりサービス水準が大きく低下している路線を避けて、まだ交通容量に余裕のある路線へ誘導することで、交通渋滞の発生を最小化させ、さらには渋滞中に多発する事故も抑制できる。

首都圏3環状道路を対象とした施策評価については、Nemoto and Ootaki²⁾により、高速道路全体に対距離制料金を導入した場合の交通変化と社会的余剰変化を経済学的なアプローチで静的配分手法を用いて分析した例が報告されている。しかしながら、静的配分手法ではネットワーク上で動的に変化する渋滞現象を扱えず、道路利用の効率性や円滑性の評価を適切に行うことが難しい。また、佐津川ら³⁾は動的配分理論で、首都高オンランプでの流

入制御の効果を評価しているが、理論的な枠組みに収めるために様々な前提をおいて単純化しており、現実の施策を直接的に議論することが難しい。

筆者らは、首都圏3環状道路の整備に伴う高速道路利用経路特性とネットワーク交通流への影響、物流施設などの立地と貨物車交通への影響などを分析・モデル化し、首都圏高速道路網の円滑性を確保するために必要な効率的な道路ネットワークの交通マネジメント策の提案に取組んできた。本稿では、大型貨物車交通の発集施設の立地特性分析に基づく3環状道路整備による大型貨物車の交通需要変化を考慮し、また小型車と異なる大型貨物車の経路選択行動も組み込んだ首都圏3環状エリアの大規模ネットワーク交通流シミュレーションモデルを開発し、これを用いて、いくつかの交通マネジメント方策の評価を試行した結果を報告する。

2. ネットワーク交通流シミュレーション

(1) 動的な交通流モデルの重要性

交通容量上のボトルネックで交通渋滞が発生する場合に、時間の経過に伴って変化する交通需要、および交通渋滞長と旅行時間の特徴を図-2に模式的に示す。

図より、時点 T_s で交通需要がボトルネック交通容量を超過して交通渋滞が発生し、最大交通需要が実現する時点を過ぎて交通渋滞長および旅行時間は長くなり続け、交通需要がボトルネック交通容量を下回り始めた時点 T_b で交通渋滞長も旅行時間も最大値を取る。その後、交通渋滞長も旅行時間も減少し始め、時点 T_c で交通渋滞が解消する。時点 T_c は、図中の交通需要超過時間帯 $T_s \sim T_b$ における赤い範囲の面積と、交通需要低下後の時間帯 $T_b \sim T_c$ の両者の間の橙色の面積が等しくなった時点

である。なお一般に、交通渋滞継続時間帯 $T_s \sim T_b$ は交通需要超過時間帯 $T_b \sim T_c$ よりかなり長い。

このような交通渋滞の時間依存性を持つ特徴を考慮せずに、静的枠組みだけで捉えると、 T_a と T_b 間で交通需要が最大になる時点で交通渋滞が最大となり、交通需要が交通容量を下回った時点 T_b で交通渋滞が解消し、交通渋滞は交通需要超過時間帯 $T_s \sim T_b$ でのみ存在するという誤った理解を与えるおそれがある。また、リンクコスト関数としてよく用いられる BPR 関数は、交通需要を横軸にリンク旅行時間を縦軸にとると単調増加で、ある閾値を交通需要が超えると急激に旅行時間が増大する関数型で表されるが、これは静的枠組みが適用できるほど長い時間帯（1日など）、またはボトルネック交通容量を超過しない交通需要下でのみ適用可能である。

交通渋滞の発生・延伸・縮小や、その空間的な影響範囲と時間変動を動的に記述する方法として、上記の動的な交通流モデルを適用した動的ネットワーク交通流シミュレーションモデルを用いることが有効である。

(2) 交通流モデル

本論文で用いるシミュレーションモデルは、離散表現された車両を、交通流の基本図（FD: Fundamental Diagram）と衝撃波理論に基づき、FIFO 条件下で待ち行列を管理してリンクの上下流端で理論と整合する累積交通量を実現するよう、離散表現した車両を1秒毎に移動させる SOUND をベースとしている³⁾。またこのモデルでは、ネットワークノードでは、交差点における交通信号制御とギャップアクセプタンス、および交差点付近の車線構成、交通規制を反映させることができる。

(3) 動的な確率的経路選択モデル

道路ネットワークへ入力される交通需要は、15分程度の時間毎に、ゾーン間 OD 交通として与える。ゾーン内では発生点周辺の道路に確率的に分散させて発生（湧き出し）させ、集中点周辺の道路で確率的に分散させて

集中（染み込み）させる。この機能により、発生・集中点周辺で交通需要が集中することで実現象と関係無い交通渋滞が生じることを避けることができる。

本シミュレータでは、距離、時間、料金、右左折などの旅行コストを考慮したロジック型の確率的経路選択モデルを実装しており、OD 間を移動する各車両は、分岐点を通過するたびに再帰的に進行方向を選択する。

3. 首都圏3環状道路ネットワークシミュレータ

(1) モデル構築に用いるデータとパラメータ

2章で紹介した特徴を持つシミュレータを用いて、首都圏3環状道路を含む道路ネットワークの交通流状態を計算可能なシミュレータを構築するために用いたデータ、および設定したパラメータは以下の通りである。

a) 道路ネットワークと高速道路料金設定

道路ネットワークは、平成22年度版デジタル道路地図（DRM Ver.2203）を用い、首都圏一都七県（東京、神奈川、千葉、埼玉、山梨、群馬、栃木、茨城）の基本道路リンク（5.5m幅員以上の道路）により構成する（図-3）。ノード数とリンク数は、それぞれ約18.6万および約41万である。

高速道路の通行料金は、NEXCO 路線ではインターチェンジ流入部リンクに端末料金150円を設定し、本線に対距離料金24.6円/km（大都市近郊29.52円/km）を設定した。また、首都高などの均一料金区間では、流入部リンクにそれぞれの通行料金を設定した。

b) OD表設定のための発生集中ゾーン

図4に示すように発生集中ゾーンは平成22年道路交通センサスでのBゾーンをポリゴン化している。ゾーン数は首都圏の一都七県で1112ゾーンである。首都圏外に関しては、隣接県は県単位のゾーンとし、その他は東日本・西日本のゾーンとして、最寄り的高速道路及び国道の端末ノードに関連付ける。なお、OD表の作成には、平成22年度道路交通センサスにおける車種別

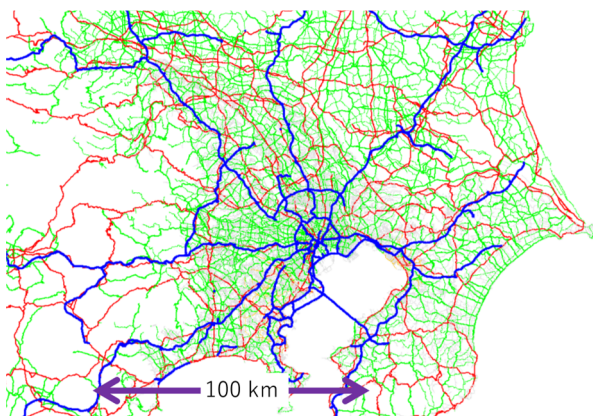


図3 道路ネットワーク(青:高速道路, 赤:国道, 緑:都県道)

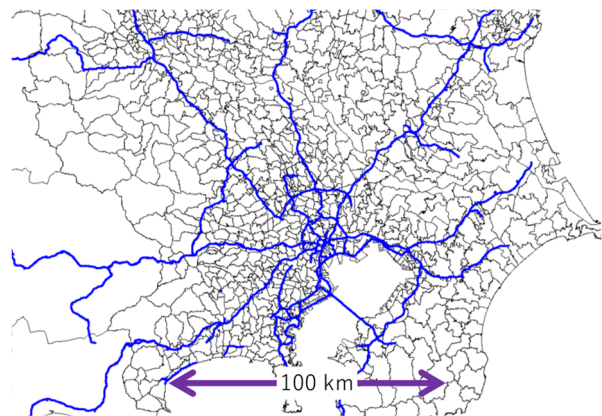


図4 OD表に用いるゾーンポリゴン(青:高速道路)

(乗用車と大型貨物車の2車種) 日交通需要のBゾーン OD表を基礎データとして利用する。

c) 経路選択モデルとパラメータ設定

経路選択モデルは式(1)のロジットモデルを用いる。 V_i は費用関数、 c_j は係数、 x_{ij} は説明変数である。

$$P_i = \exp(V_i) / \sum_k \exp(V_k) \quad (1)$$

$$V_i = - \sum_k c_j x_{ij} \quad (2)$$

経路選択モデルは、車両が経路分岐点に到着する毎に、分岐点から目的地までの経路の選択肢 i 毎に費用関数を求めてロジットモデルに適用し、分岐点での進行方向を確率的に求める。この計算は、分岐点に到着するたびに再帰的に行う。表-1に、小型車、大型貨物車の2車種について、この経路選択モデルにおける費用関数の説明変数の係数の値を示す。表の値は、大型貨物車については力石ら⁹⁾の研究による成果をSOUNDの入力項目に換算したものである。非渋滞時旅行時間とは、経路距離を経路の自由旅行時間で割って求めたものであるが、係数は渋滞考慮旅行時間のそれと同程度であることから、大型貨物車のドライバーは渋滞による遅れ時間を半分程度に過小評価していると解釈できる。なお、小型車についてはモデル化に必要なデータの入手が簡単ではなかったため、ここでは大型車のパラメータで料金感度だけを半分(時間価値が倍)と仮定して適用する。本来はそのまま適用できるものではないため、これらの精査は今後の課題である。

表-1 経路選択モデルにおける費用関数の係数

費用関数の説明変数	乗用車	大型貨物車
非渋滞時旅行時間[秒]	1.057	1.057
渋滞考慮旅行時間[秒]	1.000	1.000
左折回数[回]	3.452	3.452
右折回数[回]	17.148	17.148
時間価値[円/分]	73.88	36.94
ロジットパラメータ θ	0.005	0.005

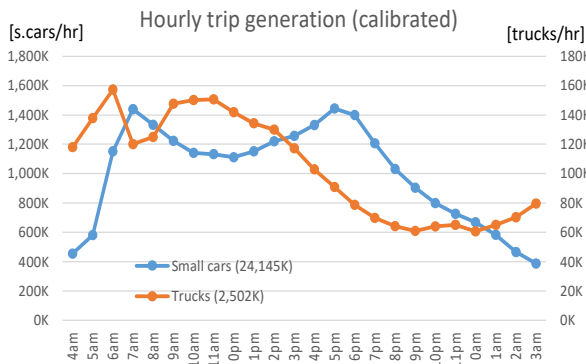


図-5 車種別・時間帯別の総 OD 発生交通量の推定結果

d) 時間帯別 OD 表の推定

本シミュレータは、乗用車と大型貨物車の車種別の1時間ごとのOD表を入力交通需要としている。そこで、日交通需要のセンサスOD表を時間帯別に分割する必要がある。別途、実測の時間帯別・車種別の断面交通量に対し、入力OD交通需要を用いたシミュレータによる計算結果で得られる時間帯別・車種別の断面交通量との誤差が最小になるよう時間帯別・車種別OD交通量を推定する。ただし推定にシミュレータで計算したのでは計算負荷が高すぎるため、シミュレータ計算の数学近似モデルを用いた数値探索により、時間帯別・車種別OD交通量を推定する手法⁹⁾を用いる。

図-5は、この近似推定法によって得られた乗用車と大型貨物車について、各1時間のOD交通量の総和を時間変動図に示したものである。図より、乗用車と大型貨物車では時間変動のピーク特性が違うことが分かる。24時間総ODトリップ数は、小型車が約2,415万トリップ、大型貨物車が約250万トリップである。

(2) モデルパラメータの調整

シミュレータの主なモデルパラメータには、交通容量を含むリンクのFDを規定するパラメータと経路選択モデルパラメータがある。経路選択モデルパラメータは表-1の値で固定した上で、リンク交通容量を調整する。具体的には、よく知られた主なボトルネック交通容量を変化させ、全リンクの時間交通量のシミュレータ計算値

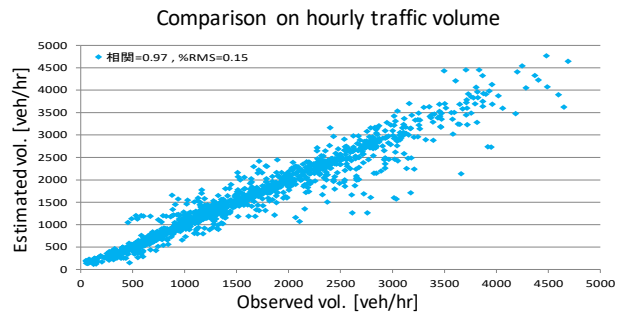


図-6 リンク時間交通量の実測値とシミュレーション推定値

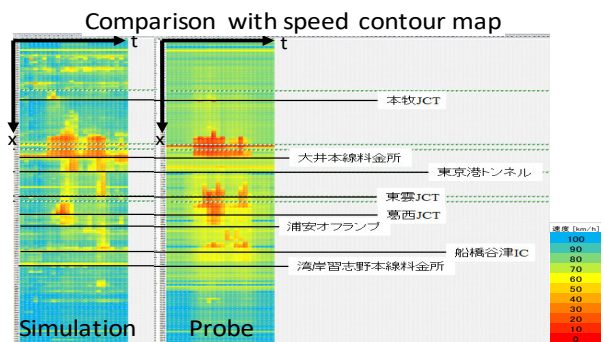


図-7 首都高速・湾岸線を対象にした速度コンター

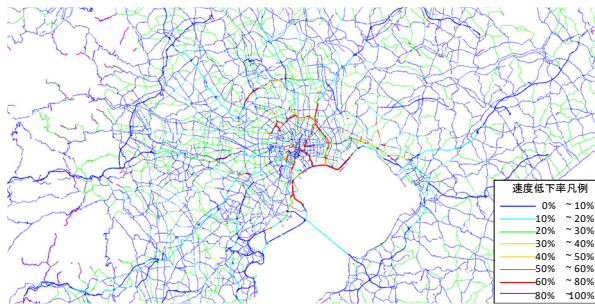


図-8 現状道路における朝8時台のリンク別速度低下率

と実測値との誤差が小さくなるように調整する。図-6に調整後の時間帯交通量の実測値と推定値の関係、図-7にボトルネックを含む首都高速・湾岸線の色コンター図の例を示す。いずれも、良い精度で推定できていることが分かる。

(3) 現状再現シミュレーション (Base ケース)

図-8 に、平成 22 年時点のネットワークと OD 交通需要を設定したケース（これを、Base ケースとする）での交通状況再現性の例として、朝 8 時台の道路ネットワーク上の速度分布を示す。道路種別により本来自由流時に期待される速度が異なるため、図は速度そのものではなく、各リンクの自由速度からの低下率で色分けして表示している。ここで自由速度は、都市間高速道路では 100km/h、都市高速道路では 70km/h、交通信号による遅れ時間を含む一般街路では 40km/h、の 3 段階に設定したものである。その他、別の時間帯のリンク速度分布、および時間帯別の車種別のリンク交通量分布などを調べ、概ね実態を再現できていることを確認した。

4. シミュレータによるケーススタディ

(1) シナリオの設定

まず、3 章で開発したネットワーク交通流シミュレータを用いて、3 環状道路が概成した時点の道路ネットワーク状況における交通流状態を推定する。これは、3 環状道路という道路整備による効果・影響を検討することを目的としており、道路整備以外の特段の新しい施策の実施を想定していないので、3 環状道路概成時点の BAU (Business as Usual) とみなし、現状を再現した Base ケースと比較して評価する。

なお、ここでは将来の交通需要予測のもつ不確実性の影響を排除するため、あくまでも交通需要は平成 22 年度センサスをベースとして交通需要の総量は変化させない。ただし、道路整備の重要な効果として施設立地の誘発効果は考慮し、とくに大規模物流施設立地が誘発される効果を推定するモデルを用いて、大型貨物車の OD 交通需要を再配分してシミュレーション分析を行う。

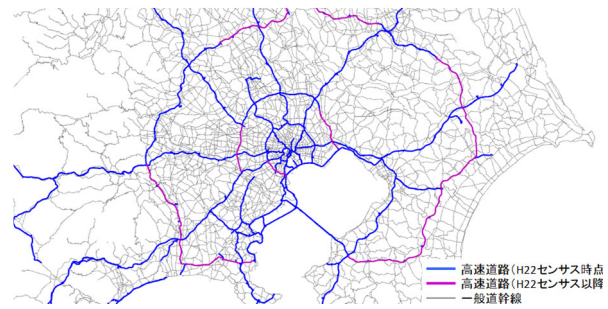


図-9 3環状道路概成時の高速道路ネットワーク

次に、BAU に対し、3 環状道路の有効活用を意図した交通マネジメント方策として、3 環状道路へ交通を誘導する施策を導入した場合 (Incentive ケース)、渋滞状況を踏まえて 5 分毎に更新される所要時間情報をもとに最短時間経路を選択する利用者層が増えた場合 (DUO ケース) の効果をそれぞれ BAU と比較する。

(2) 3環状道路概成時の交通状況推定 (BAU)

本論文で設定した 3 環状道路概成時の道路ネットワーク状況 (現状は青、追加を紫) を図-9 に示す。2017 年度当初に比べて、さらに圏央道の神奈川県南部で首都高速・神奈川区間に接続する区間と、千葉県のアクアライン側から東関東道まで接続する区間が開通し、圏央道は計画区間を全通させる。外環は、西側は東名高速より以北、東側は首都高速・湾岸線までが開通した状態とする。中環は 2017 年時点で既に全通している。またこれらの開通の予定時点で改良や新規建設が完了予定 (例えば、首都高速・13 号豊洲線の延伸や中環と首都高速・7 号線との接続など) の道路も追加している。

なお、BAU ケースで追加された高速道路区間の通行料金は、全て Base ケースと同じ対距離料金制度とし、首都高速も含め均一料金区間は残している。したがって BAU ケースは、2017 年現在とは料金制度が乖離しているが、ネットワークと OD データと検証用データの設定時点でパラメータを調整して検証したものを基礎としていることによるやむを得ない措置とする。

3 環状道路などの開通によって、新ジャンクションが建設される場所もある。新ジャンクションを構成する各ランプ路のリンク交通容量の詳細は不明であるが、既存のランプ交通容量を参照に交通容量を設定する。ただし、計算の過程で交通集中によりランプ路を先頭に渋滞が発生した箇所については、十分な車線数が確保されるとして容量を増やしている。

3 環状道路の概成によりゾーン間の交通サービス水準が改善されれば、これまで不便で立地しなかったゾーンに、新たに大型物流施設などが立地することで、大型貨物車の OD 交通需要が変化することが想定される。ここでは、平成 25 年東京都市圏物流流動調査⁷⁾に基づく物

流施設の立地データを活用し、物流施設が立地しやすい場所（立地ポテンシャルが高い場所）を推計する物流施設立地場所選択モデルを開発し⁸⁾、平成 22 年度の道路交通センサス時点の大型貨物車のゾーン間 OD 交通需要を総量は変えずに再配分している⁹⁾。この結果、3 環状道路の概成に伴う OD 交通需要の変化は図-10 のとおりとなった。

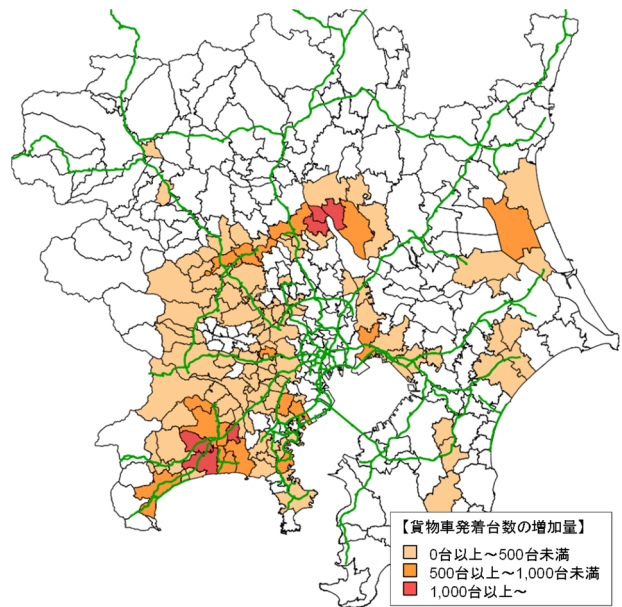
以上の道路ネットワーク条件に OD 交通需要を入力した交通シミュレータによる推定を BAU ケースとする。BAU では、3 環状高速道路ネットワークが概成する効果で、Base ケースと比較して、とくに外環と圏央道、およびこれに接続する放射方向の高速道路の交通量が顕著に増える。また、一般道の交通量、とくに外環より内側の一般道が概ね減ることが確認された。

図-11 は、Base ケースの図-8 と同様に、朝 8 時のラッシュ時における BAU ケースの速度低下率を示している。図より、BAU ケースでは、中環や首都高速・湾岸線など、さらには外環の一部でも大きく速度低下しており、3 環状道路が概成してもまだ交通需要に偏りが生じ、一部に交通混雑・交通渋滞が残ることが分かる。

(3) 3 環状道路概成時・環状道路誘導策の実施

BAU ではまだ速度低下、交通渋滞発生する時間が生じており、環状部の概成によるネットワーク効果を十分に発揮できていない。そこで、3 つの環状道路の経路コストを政策的に低く設定(旅行時間以外の圏央道のリンクコストを 1/3、外環道のリンクコストを 1/2、中環のリンクコストを 2/3 に変化させる)することで、都心を通り抜けるほうが距離・時間が短くても、経路全体では環状道路利用経路、特に外側の環状道路を利用する経路ほどコストが低くなるため、環状道路の利用促進策を模擬した Incentive ケースを設定する。このコストの変化は、直接的な高速道路料金低減を意味するだけではなく、放射道路経由で行ける目的地への経路を敢えて環状道路経由へ変えてもらう啓発活動のような各種経路分散促進施策も包括して表現したものと解釈できる。

図-12 は、Incentive ケースと BAU ケースとで各リンクの乗用車の日交通量の変化を例示したものである。また図-13 は、朝 8 時台における Incentive ケースと BAU ケースの旅行速度の差[km/h]を、とくに都心部をズームインして例示したものである。図-12 からは、とくに圏央道の西側や外環の西側を中心に、圏央道・外環・中環の 3 環状に明らかに交通需要が誘導され、併せて、とくに外環より内側の一般道の交通量が大きく減少していることがわかる。一方、図-13 からは、朝 8 時台の都心部のネットワークにおいて、都心から放射状に伸びる首都高速やその先の都市高速道路、中環の東側区間や神奈川線などで速度が増大しており、朝ラッシュ時間帯における交



※発着台数：発生台数（台/日）+集中台数（台/日）

図-10 3環状道路概成時のOD交通需要の変化

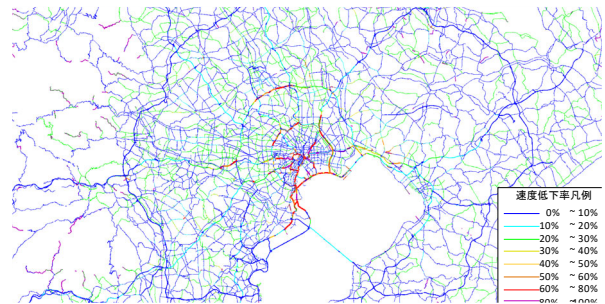


図-11 BAUにおける朝8時台のリンク別速度低下率

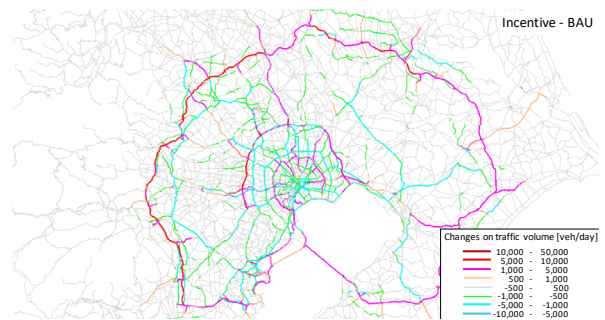


図-12 Incentive と BAU のリンク別交通量の変化（乗用車）



図-13 Incentive と BAU の 8 時台リンク別速度の変化（都心）

通混雑が緩和されていることが分かる。一方、中環の西側や、追加した外環の東側区間では速度低下が見られ、ピーク時における渋滞が発生しているものの、全体では後述する通り、Incentive ケースに示されている交通需要の3環状道路への誘導施策によりさらに道路ネットワーク全体の性能は向上している結果になった。

図-14 に、シミュレーション対象領域全体で、平成22年 (FY2010, Base ケース), BAU, Incentive の3ケースにおける総旅行距離の24時間総和を比較する。ここに、それぞれ3環状道路 (3 rings, 緑), 他の高速道路 (other expressways, 赤), その他一般道 (Arterial Roads, 青) の3つの道路区分で積上げ表示している。図からは、BAU, Incentive でも Base ケースと総走行距離はほとんど変わらないが、その内訳はBAU, Incentive と順番に3環状の総走行距離が増え、その分一般道の総走行距離が減る傾向を見て取ることができる。したがって、3環状道路の開

通により、また3環状道路をより積極的に利用するように誘導することにより、一般道への交通負荷が軽減されていることがわかる。

図-15 に、図-14 と同様な比較で総走行時間を示す。図から、3環状道路の開通とその誘導策を適用するほど、3環状道路の総走行時間が増え、一般道の総走行時間が減る傾向は、図-14 の総走行距離の場合と似ているが、全体の総和で見ると、Base ケースに対する3環状道路の開通状態のBAU ケースの総走行時間は-1.2%の減少、またBAU ケースに対する3環状誘導策を適用したIncentive ケースの総走行時間はさらに-1.6%の減少が実現されていることがわかる。一般道は、高速道路よりも速度が低く、同じ距離の移動には走行時間は長くなるが、同じ交通がより高速で移動できる3環状道路を含む高速道路を利用するようになったこと、また同じ高速道路を利用していたとしても3環状道路の開通やその利用誘導策によ

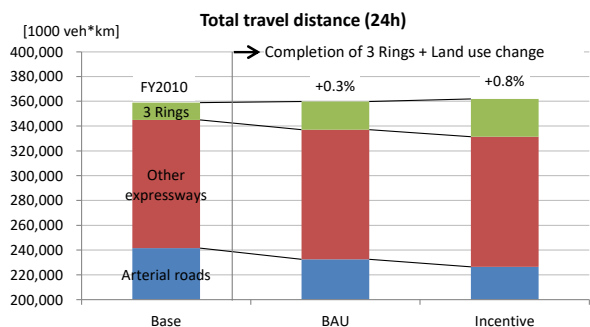


図-14 総走行距離 (Base, BAU, Incentive の比較)

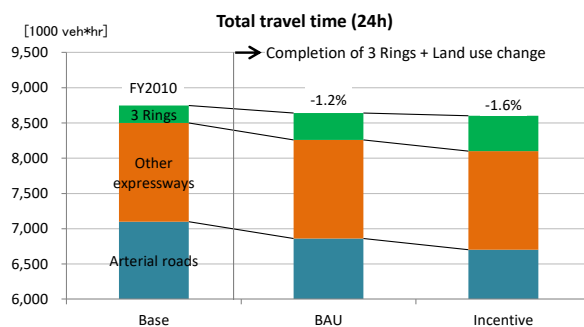


図-15 総走行時間 (Base, BAU, Incentive の比較)

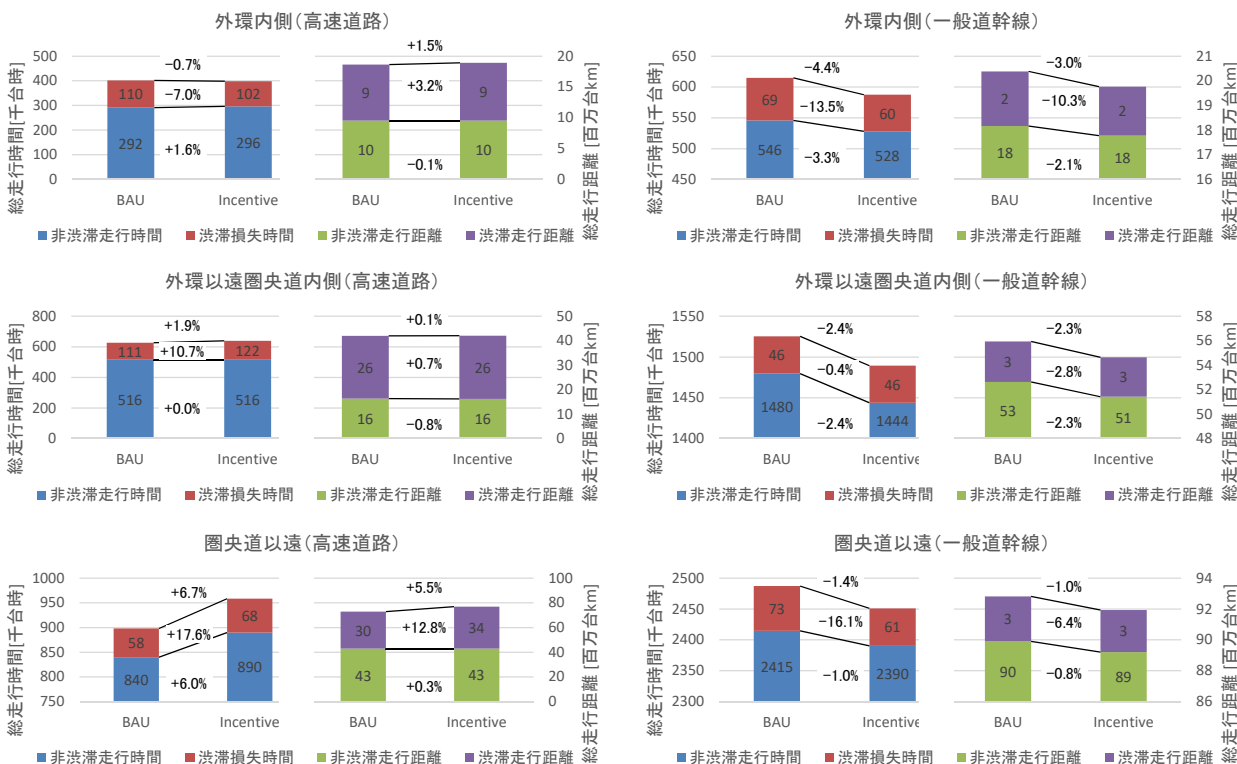


図-16 エリア別総走行時間・総走行距離 (BAU, Incentive の比較)

って交通渋滞が減ったことが、総走行時間が減少した理由であると解釈することができる。

図-16にBAUとIncentiveケースのエリア別・高速道路と一般道幹線別の総走行時間と総走行距離を比較した。総走行時間は自由流速度（規制速度に設定）で走行に要する時間（自由旅行時間）の総和と、渋滞により生じた自由旅行時間に対する損失時間の総和で示し、総走行距離は自由流区間と渋滞区間をそれぞれ走行した距離の総和で示した。これらより、外環内側（外環は含まない）では高速道路と一般道幹線の両方で渋滞損失が削減されるが、外環以遠では高速道路での渋滞損失が増加し、特に圏央道以遠(含む圏央道)では台キロが大きく増えたことから、今回想定したインセンティブでは、外環と圏央道に過度な交通集中を引き起こしたと考えられる。なお、ここでの渋滞損失時間の定義は、いわゆる費用便益分析でのそれとは異なり、交通工学的な解釈で、需要が容量を超えて生じた渋滞に起因する遅れ時間を意味している。

(4) 3環状道路概成時・動的最適経路推奨

動的最適経路推奨(DUO)ケースでは、料金がかかってカーナビ等で示された時間優先経路を選択する利用者が、仮に一定割合に増えたとした場合の影響を評価するため、渋滞状況を踏まえて5分毎に更新される最短時間経路を選択する利用者層割合を10, 20, 30, 50, 70, 100%と変えながらシミュレーションを行う。この利用者層に対しては、常に最短時間経路を選択するよう、渋

滞考慮旅行時間項の係数のみを1.0とし、時間価値パラメータは無限大（設定なし）とする。

図-17にBAUケースと動的最適経路推奨ケースのエリア全体での総損失時間を比較した。この場合、30%で渋滞損失が最も削減され、100%ではかえって悪化する結果となった。図-18でBAUとDUO30%ケースをエリア別に比較したところ、いずれのエリアにおいても高速道路では走行時間、走行距離がともに減少することから、渋滞を避けて高速道路上でより長い経路に変更するだけでなく、一般道を利用する経路にも変更していることが読み取れる。一方、一般道幹線では、いずれのエリアでも渋滞損失は削減されるが、外環内側エリアを除いては、総走行時間と総走行距離がいずれも増えており、高速道路からの迂回の影響が見られる。

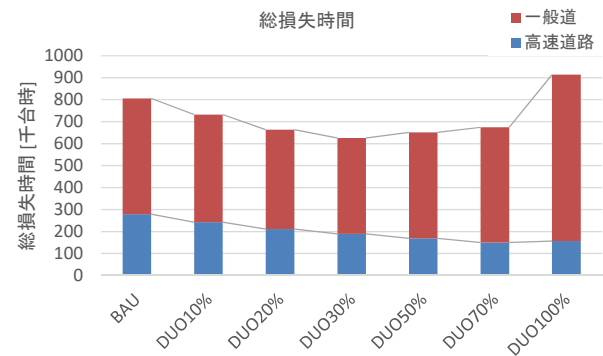


図-17 総損失時間(BAU,DUO10%~100%の比較)

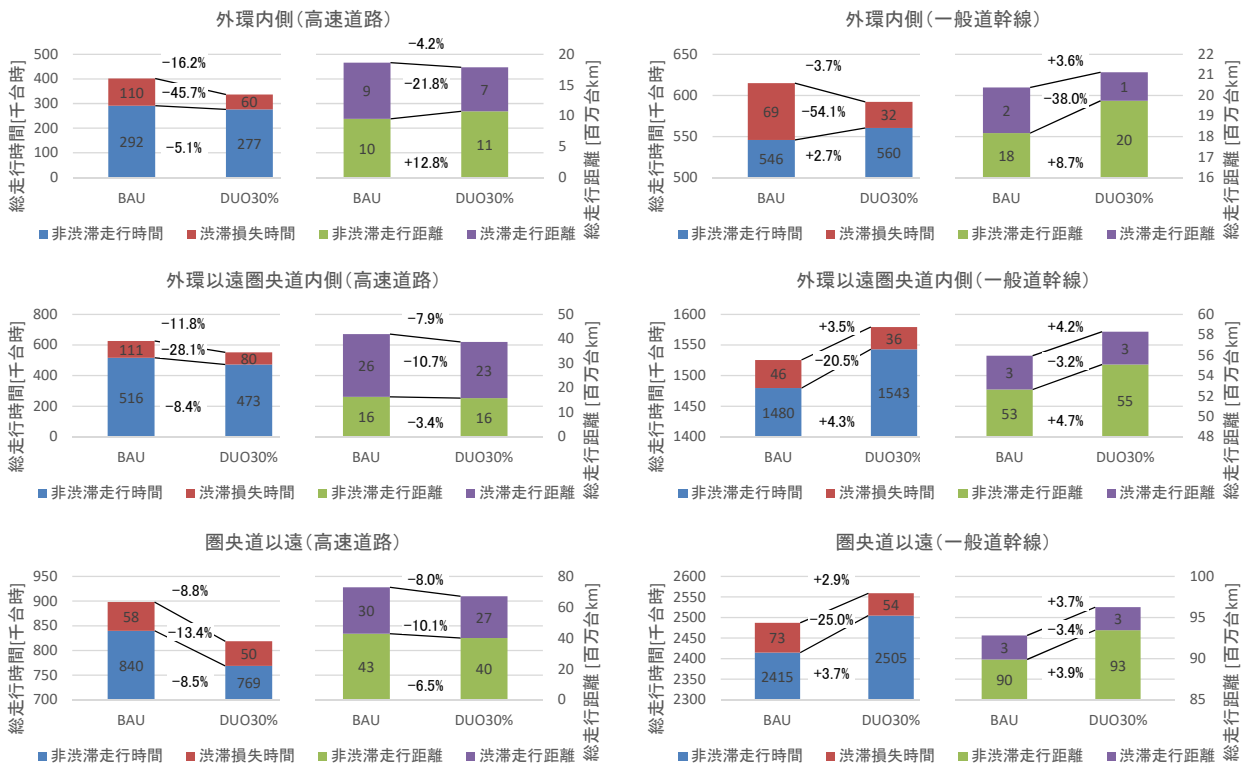


図-18 エリア別総走行時間・総走行距離(BAU,DUO30%の比較)

5. おわりに

首都圏 3 環状道路の整備に伴い、首都圏全体の高速道路を含む道路全体への影響を定量的に評価できる大規模な動的ネットワーク交通流シミュレータを開発した。大規模な業務集積地である首都圏では、大型貨物車の適切な管理は重要である。そこで大型貨物車の経路選択挙動モデルをシミュレータへ実装し、大規模物流施設の周辺環状道路周辺への立地促進効果による大型貨物車の OD 交通分布の変化を推定して反映した。

3 環状道路の整備は、Base ケース (H22 現況) と BAU ケース (3 環状概成後) の比較から、一般道から高速道路や 3 環状道路へ交通量 (総旅行距離) を吸い上げる効果があることが確認され、また相対的に速度の遅い一般道よりも速度の高い高速道路や 3 環状道路へ交通量が移動し、全体の速度の向上や交通渋滞改善により、総走行時間の減少が期待できる。

また、BAU ケースと Incentive ケース (環状道路誘導策) の比較から、この傾向は、通行料金の優遇や利用促進キャンペーン等の広報・啓発等の 3 環状道路への誘導策が実施されれば、さらに強化され、高速道路ネットワークの有効活用に繋がるとともに、総走行時間の減少に伴い、自動車交通によるエネルギー消費・二酸化排出量削減にも寄与するはずである。

一方、BAU ケースと DUO ケース (動的最適経路推奨) の比較では、カーナビ等の情報機器と連携した渋滞情報提供施策による経路分散、渋滞緩和効果は認められるものの、DUO 利用者層が一定割合を超えると、高速道路の渋滞を避けて一般道に迂回する交通により、その効果は減少する。言い換えれば、DUO 利用者層が増えるほど、高速道路が高いサービス水準を安定して提供することがますます重要になるといえる。

開発したシミュレータは、今後、ランプメータリングや動的料金制度など、高度な交通マネジメント方策の詳細な検討に極めて有効なツールとなる。経路選択行動モ

デルやボトルネック容量モデルパラメータのさらなるキャリブレーション、各種交通マネジメント方策の実装などが今後の課題である。

謝辞: 本研究は、新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発：首都圏 3 環状道路の効率的な運用に関する研究開発 (代表：大口敬)」の一環として実施したものである。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局ホームページ：<http://www.ktr.mlit.go.jp/honkyoku/road/3kanjo/>
- 2) Nemoto, T. and Ootaki, I.: Evaluating pricing policy of Tokyo metropolitan expressway, *ITS World Congress 2017*, Nov. 2017.
- 3) 佐津川功季, 森部伸一, 和田健太郎, 大口敬: 首都圏高速道路ネットワークの効率的利用のためのランプ制御, 土木計画学研究・講演集, No.55, 2017.
- 4) 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田紳之: 都市内高速道路における過飽和と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, pp.33-41, 1995.
- 5) 力石真, 田名部淳, 大口敬: プローブデータを用いた貨物車経路選択行動のモデル分析, 第 54 回土木計画学研究・講演集, 2016.
- 6) 小林正人, 堀口良太, 花房比佐友, 小出勝亮: ネットワーク交通シミュレーションのための時間帯別 OD 交通量と確率経路選択モデルのロジット感度パラメータ一括推定プログラムの開発, 第 32 回交通工学研究発表会講演論文集, 2012.
- 7) 東京都市圏交通計画協議会: 東京都市圏の望ましい物流の実現に向けて, <https://www.tokyo-pt.jp/publicity/>
- 8) Oguchi, T., Chikaraishi, M., Iijima, M., Oka, H., Horiguchi, R., Tanabe, J. and Mohri, Y.: Advanced simulation model in the region of Tokyo metropolitan urban expressway rings, *Proc. of 23rd World Congress on ITS*, Melbourne, 2016.

(2018.2.23 受付)

TRAFFIC MANAGEMENT MEASURES ON TOKYO METROPOLITAN URBAN EXPRESSWAY RINGS

Takashi OGUCHI, Makoto CHIKARAISHI, Morihisa IIJIMA, Hideki OKA, Ryota HORIGUCHI, Jun TANABE and Yuichi MOHRI

A development of large-scale traffic simulation for the Tokyo Metropolitan road network to estimate the road network traffic flow dynamically, especially after the mostly completion of three expressway rings, named “Chuo ring”, “Outer ring” and “Ken-o ring”, is outlined. The development is aimed at the evaluation of various policies; including traffic management measures, such as reexamination of expressway toll pricing scheme, route guidance, inflow metering, and so forth, road planning and road design.