

高速道路会社間を跨いだ大都市圏高速道路交通シミュレーションの適用検討 Application of a Metropolitan Expressway Traffic Simulation Model Across Different Expressway Operators

村上 雄馬¹, 甲斐 穂高², 邢 健³, 荒川 太郎⁴, 桂 聡⁵, 堀口 良太⁶, 大口 敬⁷
Yuma MURAKAMI¹, Hodaka KAI², Jian XING³, Taro ARAKAWA⁴, Satoshi KATSURA⁵, Ryota HORIGUCHI⁶, and Takashi OGUCHI⁷

首都高速中央環状線, 東京外環自動車道, 首都圏中央連絡自動車道の整備が進んだ首都圏では, 高速道路会社(東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 首都高速道路株式会社)を跨いだネットワーク全体での高度な交通運用の必要性が高まっている. ネットワーク全体での高度な交通運用には, 高速道路会社間を跨いで同一の評価手法や評価指標を扱うことが重要である. そこで本研究では, 高速道路会社間を接続した ETC データを活用し, 高速道路会社間を跨いだ大都市圏全体の交通シミュレーションと, その運用に必要な周辺データ生成などの技術開発を行った. 本論文では, 実際の工事規制を対象としたケーススタディを通じて, 実務への適用可能性を検討した結果を報告する.

Keywords: 高速道路, 交通シミュレーション, 交通管理, 交通運用

1. はじめに

首都高速中央環状線(以下, 中央環状線), 東京外環自動車道(以下, 外環道), 首都圏中央連絡自動車道(以下, 圏央道)の整備により, 首都圏の高速道路ネットワークは複数ルートの選択が可能となった. これにより, 高速道路会社間(東日本高速道路株式会社(以下, NEXCO 東日本), 中日本高速道路株式会社(以下, NEXCO 中日本), 首都高速道路株式会社)を跨いだ首都圏高速道路ネットワーク全体での高度な交通運用・管理の必要性が高まっている.

ネットワーク全体での高度な交通運用・管理には, 車線規制や通行止め等の交通イベントがネットワークに及ぼす影響を評価することが重要であり, これには交通シミュレーションが有効である. そのため, NEXCO 東日本, NEXCO 中日本及び西日本高速道路株式会社(以下, NEXCO3 会社)では, ETC データによる IC 間 OD データを活用し, 都市間高速道路を対象とした交通シミュレーション(Expressway Network Simulation 以下, ENS)を運用している¹⁾. 一方首都高速道路株式会社では, ランプ間 OD データを活用し, オフラインで稼働する動的シミュレーションモデル(TRANsportation Dynamic Model on urban EXpressway)²⁾と, 交通管制システムとオンラインで

接続したリアルタイム交通状況予測シミュレーション(Real time traffic Information by dynamic Simulation on urban Expressway 以下, RISE)³⁾を運用している. しかし, これらは高速道路会社間で独立したシミュレーションであるため, 高速道路会社間を跨いで交通イベントの影響評価をすることはできない. つまり, ネットワーク全体での高度な交通運用・管理は実現できていないのが現状である.

そこで, 2016 年から関係各社で自主的に形成した首都圏三環状勉強会(METropolitan Three Rings Collaborative Study: METRICS)において, 高速道路 6 会社(NEXCO3 会社, 首都高速道路株式会社, 阪神高速道路株式会社, 本州四国連絡高速道路株式会社)間を接続した ETC データ(以下, 接続 ETC データ)を活用し, 高速道路会社間を跨いで同一の評価手法や評価指標を扱うことができる大都市圏高速道路交通シミュレーションモデルとその運用に必要な周辺データ生成などの技術開発を行った. 技術開発の内容については, 別稿⁴⁾にて報告することとし, 本論文では, 実際の交通イベントを参考にしたケーススタディから, 実務への適用可能性を検討する.

1 正会員, 学士(社会工学), (株)高速道路総合技術研究所

〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 e-mail: y.murakami.ac@ri-nexco.co.jp Phone: 042-791-1621

2 正会員, 修士(工学)・TOP, (株)高速道路総合技術研究所

3 正会員, 博士(工学)・TOE, (株)高速道路総合技術研究所

4 正会員, 学士(工学), 首都高速道路(株)

5 正会員, 学士(工学), 首都高速道路(株)

6 正会員, 博士(工学)・TOE, (株)アイ・トランスポート・ラボ

7 正会員, 博士(工学), 東京大学 生産技術研究所

2. METRICS におけるシミュレーションの概要

METRICS におけるシミュレーションは、時間変化する OD 交通量を需要として与え、各車両の経路選択モデルと車両移動モデルを繰り返し実行することで、各車両の経路を決定している。OD 交通量は、接続 ETC データを活用して作成しており、2 車種（小型車・大型車）における 15 分ごとのデータである。各種モデルの詳細や、ネットワークデータの作成、実データを用いたキャリブレーション等の詳細は別稿⁴⁾を参照されたい。

本シミュレーションでは、高速道路会社間を跨いだ首都圏の高速道路ネットワークにおいて、渋滞の迂回行動など、時々刻々と変化する交通状況を表現することが可能となり、下記のようなシナリオ評価への活用が想定される。

- ①ネットワーク内の限られた範囲で実施した交通規制がネットワーク全体に及ぼす影響の評価
- ②料金施策がネットワーク全体に及ぼす影響の評価
- ③大規模工事時における交通需要マネジメント（迂回広報等）の効果推定

3. 工事規制を題材としたケーススタディの実施

本論文では、METRICS におけるシミュレーションの活用が想定される高速道路運用施策シナリオとして、中央自動車道（以下、中央道）の集中工事が首都圏ネットワーク全体に及ぼす影響を評価するケーススタディを実施して、実務への適用可能性を検証した（3.2(2)のケース 1）。さらに将来的なリアルタイムシミュレーションへの応用を想定し、一定のシナリオ下において、事故等の突発事象が発生した際の影響評価が可能かを検証するため、中央道集中工事期間中に首都高速道路（以下、首都高）で実際に発生した事故に伴う通行止めイベントを題材としたケーススタディを実施した（3.2(3)のケース 2）。影響評価にあたっては、各ケースの交通状況を、通行止めや工事規制の影響が少ない期間の交通状況（Business As Usual, 以下 BAU）と比較することで行う。なお、高速道路における大規模工事や通行止めでは、一般道への迂回に関する評価も必要であるため、本ケーススタディに向けて、一般道ネットワークについても組み込んだ。一般道ネットワークの組み込みの方法については、別稿⁴⁾を参照されたい。

3.1 中央道集中工事及び首都高通行止めの概要

(1)中央道集中工事

令和 6 年度の中央道集中工事は、高井戸 IC～八王子 IC で 5 月 8 日から 5 月 26 日の平日夜間（18:00～翌 6:00）に実施された。図 1 に 5 月 14 日（火）の工事規制概要を示す。

2024 中央道集中工事 日別工事規制計画図 5月14日（火）18:00～翌6:00

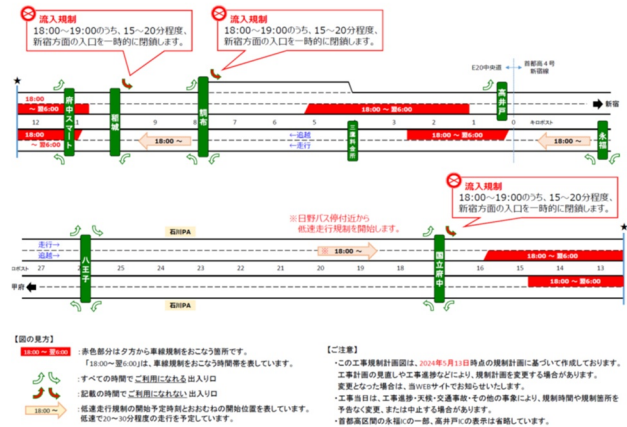


図 1 5 月 14 日の中央道集中工事の概要
(2024 中央道集中工事特設サイトより)

(2)首都高通行止め

上述の中央道集中工事期間中に、首都高では通行止めを伴う交通事故が 2 件相次いで発生した（図 2）。

まず、5 月 14 日（火）の 7:38 から翌 2:00 まで、首都高 5 号池袋線（以下、池袋線）下りの美女木 JCT 付近が事故により通行止めとなった。加えて 14 日の 18:16 から翌 7:15 まで、首都高湾岸線（以下、湾岸線）扇島付近で東西方向共に事故により通行止めとなった。これらの通行止めにより、首都高では中央環状線外回りや首都高 1 号羽田線（以下、羽田線）で激しい渋滞が発生した（図 3）。

3.2 シミュレーションケース

(1)BAU

3.1 に示す首都高通行止めや中央道集中工事があった日の直近で、通行止めや工事規制の影響が少なく、気象条件や曜日が近い期間として、令和 6 年 4 月 10 日（水）～11 日（木）を BAU として選定した。3.1(2)に示す首都高通行止めは 2 日間に及んでいたことから、条件を合わせるために、BAU のシミュレーションは 4 月 10 日 0 時～11 日 24 時の 48 時間で実施する。

(2)ケース 1（中央道集中工事）

ケース 1 では、BAU に対して、中央道集中工事のみを実施した場合のネットワーク全体への影響を評価する。ここでは、図 2 に示す 5 月 14 日の規制パターンを設定した。BAU と条件を合わせるために、ケース 1 のシミュレーションは 0 時～翌 24 時の 48 時間で実施する。工事規制は 1 日目の 0 時～6 時と 18 時～翌 6 時の 2 回で設定した。なお、ここでは工事規制による影響を確認することを目的としているため、ケース 1 に与える OD 交通量は 5 月 14 日ではなく、BAU と同じものを用いる。

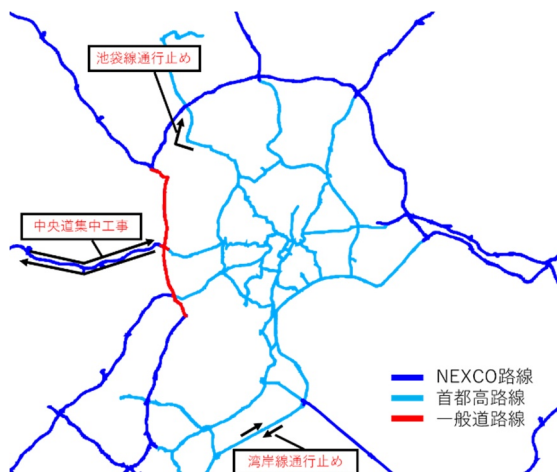


図2 首都高通行止め区間

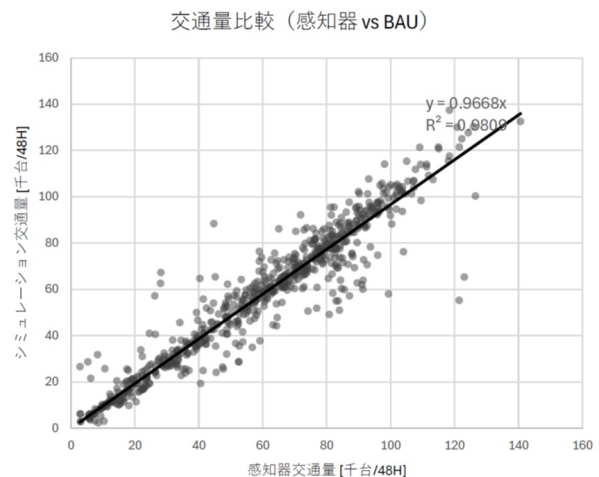


図4 BAUでのシミュレーション交通量と車両感知器交通量の比較

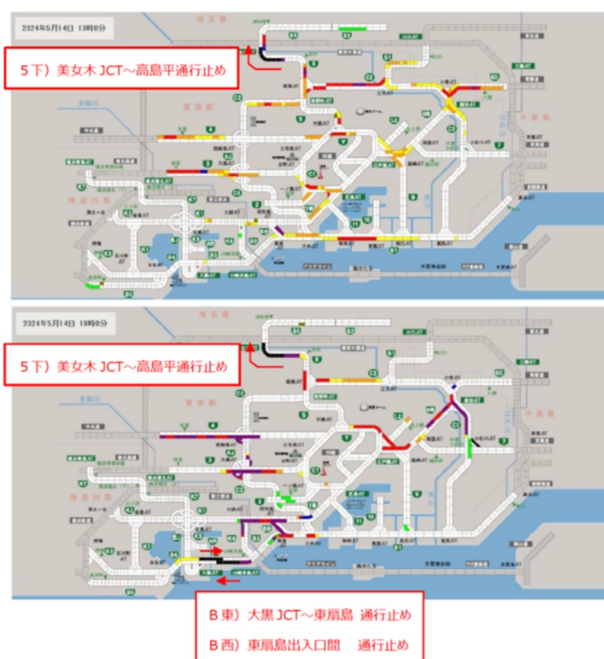


図3 首都高通行止め時の交通状況
(上：池袋線、下：池袋線+湾岸線)

(3)ケース2 (中央道集中工事及び首都高通行止め)

ケース2では、BAU及びケース1に対して、中央道集中工事中に首都高通行止めが発生した際のネットワーク全体への影響を評価する。ケース1で設定した中央道集中工事に加えて、4.1(2)に示す首都高通行止めを設定した。ケース2のシミュレーションは0時～翌24時の48時間で実施する。ケース1と同様に、与えるOD交通量はBAUと同じとした。

3.3 BAUの現況再現性確認

BAUのシミュレーションを実行し、現況再現性の確認を行った。図4にBAUでのシミュレーション交通量と車両感知器交通量を比較した相関図を示す。決定係数(R^2)が0.98と良好な現況再現性が確認された。

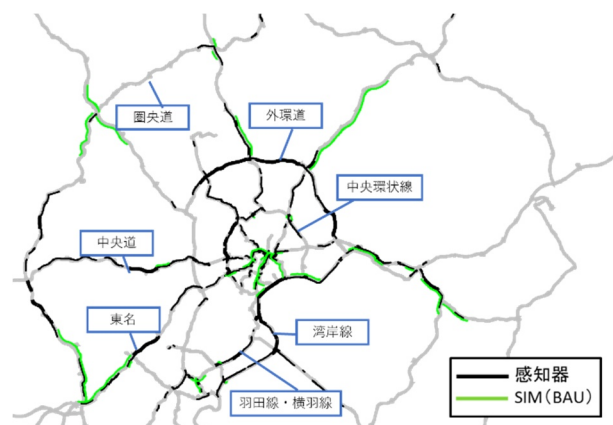


図5 BAUでのシミュレーション結果と車両感知器データによる渋滞状況の比較

また、シミュレーションにおける渋滞状況と車両感知器における渋滞状況の比較を図5に示す。ここでは、以下に示す速度が20分以上継続する場合を渋滞として示した。

- ・NEXCO (外環道除く) : 40km/h 以下
- ・首都高及び外環道 : 20km/h 以下

シミュレーションで渋滞状況を再現するには、ボトルネック容量を正確に与える必要があるが、ボトルネック容量は日々変動するものである。本研究では、2年間の車両感知器データを用いて平均的な値を求めているため、ある特定日(今回はBAU)の渋滞を再現することは困難である。今回もシミュレーションでの渋滞箇所が当日の状況と完全に一致しているわけではないが、首都高都心環状線为先頭とする渋滞や東名高速道路(以下、東名)、圏央道などの渋滞は比較的良好に再現されている。

3.4 中央道集中工事及び首都高通行止めの影響評価

(1)交通量の比較

①BAU とケース 1

BAU に対するケース 1 の交通量増減を図 6 に示す。高速道路では、中央道と首都高 4 号新宿線（以下、新宿線）及びこれらに接続する中央環状線での交通量が減少し、代替路となる圏央道、東名、関越自動車道（以下、関越道）や外環道の交通量が増加していることが分かる。一般道では、中央道に並行する国道 20 号や東八道路の交通量が増加している。このことから、中央道集中工事に伴い、外環道や圏央道を介して、東名や関越道に迂回したり、並行する一般道に迂回したりすることが確認できる。

②BAU とケース 2

BAU に対するケース 2 の交通量増減を図 7 に示す。高速道路では、外環道の美女木 JCT～川口 JCT 間や池袋線下り、湾岸線の辰巳 JCT 以西などで交通量が大幅に減少し、外環道の上記以外の区間や圏央道、羽田線、首都高神奈川 1 号横羽線（以下、横羽線）、第三京浜道路などで交通量が増加している。一般道では、環八や美女木 JCT 付近、羽田線・横羽線沿線で交通量が増加している。このことから、通行止めに伴う迂回行動により、ネットワークの広範囲に影響が出ていることが分かる。

(2)渋滞箇所の比較

それぞれのケースにおける渋滞箇所を図 8 に示す。

ケース 1 では、中央道及び新宿線で渋滞が発生している一方で、他の路線では BAU と同様の渋滞状況である。このことから、中央道集中工事は中央道と新宿線の渋滞を引き起こすものの、他の路線への影響は小さいことが分かる。ケース 2 では、羽田線・横羽線や東名・首都高 3 号渋谷線上り、首都高神奈川 7 号横浜北西線などで渋滞が生じている一方で、外環道や圏央道では BAU と比較して渋滞の変化は見られない。このことから、湾岸線の通行止めが神奈川エリアの広い範囲で渋滞を引き起こしているものの、池袋線の通行止めによるネットワーク全体への影響が小さいことが分かる。また、使用している OD 交通量は異なるものの、図 3 に示す首都高通行止め当日の実際の渋滞状況が概ね再現されている。

3.5 ケーススタディのまとめ

中央道集中工事と首都高通行止めを題材にケーススタディを実施した。BAU の現況再現性が一定程度確認されたことで、工事規制等の施策に対するネットワーク全体への影響評価が、BAU と比較することにより可能となった。また、中央道集中工事期間中の首都高通行止めという突発事象に対しても、比較的良好な再現性が確認され、一般道を含めた広域な道路ネットワークへの影響を明らかにした。

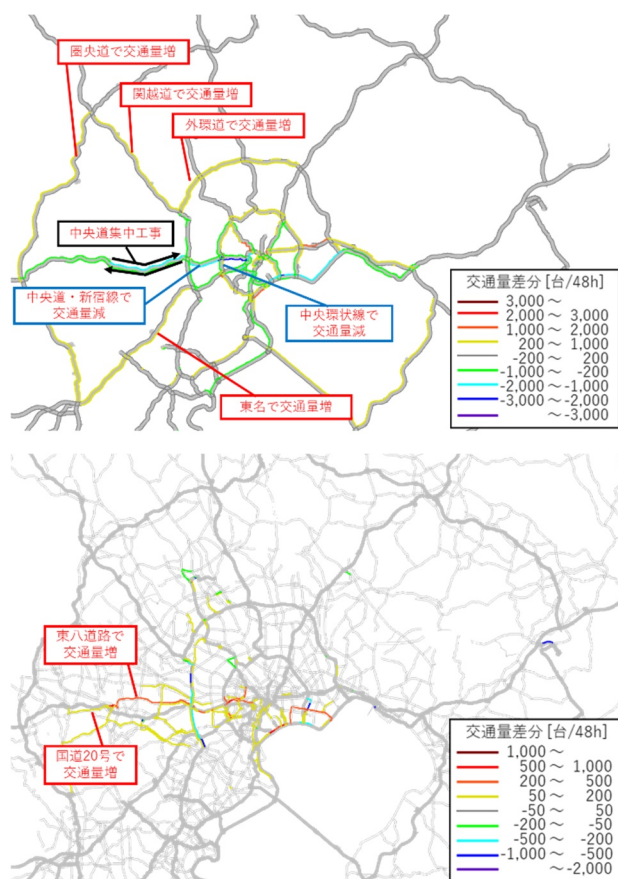


図 6 BAU に対するケース 1 の交通量変化
(上：高速道路，下：一般道)

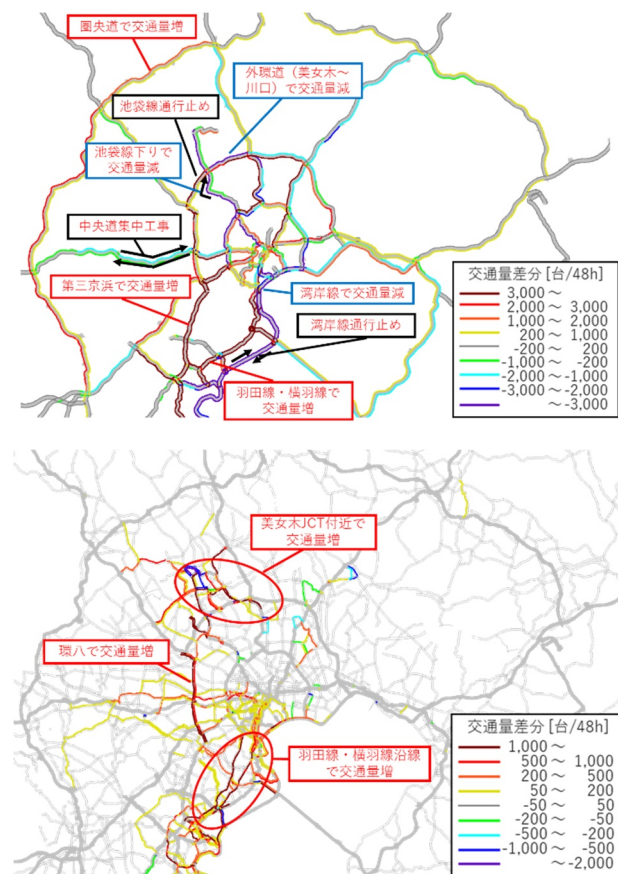


図 7 BAU に対するケース 2 の交通量変化
(上：高速道路，下：一般道)



図8 各ケースの渋滞箇所の比較

今回のケーススタディのように、中長期の工事規制が高速道路ネットワーク全体に与える影響を事前に評価することにより、その影響が最も少ない最適な工事規制区間や時期、時間帯の設定ができる。また、例えば中央道と首都高で同じ時期に工事規制を行ったほうがよいか、それとも別々に行ったほうがよいかなど、異なる高速道路会社の工事規制の在り方についての検討を実施することも可能である。さらに、ケース2のように工事規制中に発生した突発事象による影響を把握することも可能である。

このように本シミュレーションを活用することで、交通渋滞などの影響を最小限に抑える工事規制の在り方を検討することができる。また、その影響を事前に把握することで、利用者の行動変容を促すような事前広報の検討(対象とする交通やエリアの特定など)にもつながる。

4. おわりに

本研究では、接続ETCデータを活用した大都市圏高速道路交通シミュレーションの実務への適用可能性について検討した。実際の工事規制と通行止めを題材としたケーススタディでは、工事規制等の影響が少ない期間の交通状況を大都市圏高速道路交通シミュレーションで再現し、これと工事規制等を行った場合の交通状況を比較することで、工事規制等の影響評価が可能となることを示した。

本シミュレーションにより、異なる高速道路会社が同じ評価手法や評価指標を扱うことができるようになることで、たとえば首都高で実施する施策がNEXCO 東日本やNEXCO 中日本の管轄区間に与える影響を関係者間で共有できるようになる。これにより、各高速道路会社が同一の認識のもと、適切な工事規制区間や時期、時間帯の設定を行うことができ、社会に対する説明責任を果たすための根拠を得ることが可能となる。また、本研究では、大規模な工事規制がある中、突発事象として通行止めが発生したケースをシミュレーションしたが、これら

は実際に発生した事象を基にしており、良好な再現性が確認された。現時点ではオフラインのシステムとしているが、将来的には交通管制システムとオンラインで接続し、事故等の突発事象が発生した際、即座にシミュレーションすることで、各高速道路会社が一体となって迂回誘導を促すことや適切な交通制御を行うことが可能となり、社会的影響を少なく抑える高度な交通マネジメントを実現することが期待される。

一方で、実際には工事規制等の事前広報による影響や、当日の渋滞状況をみてトリップを取りやめる、といった行動変容による需要の変化が想定されるが、本研究では工事規制等の影響が少ない期間のOD交通量をそのまま用いてシミュレーションを実行しているため、行動変容による需要の変化は考慮していない。今後は、事前広報などの行動変容効果に関する知見の蓄積も重要である。

大規模工事や通行止めを伴う大事故など大きな社会的影響が想定される際には、高速道路会社の管轄範囲を超えた地域全体の高速道路ネットワークを最大限活用することが極めて重要である。高速道路会社間を跨いでシミュレーションが実行できる環境を整えることは、こうした対応の実現に大きく寄与することが期待される。本研究では首都圏を対象としたが、近畿圏や中京圏など、複数の高速道路会社や公社が高速道路ネットワークを管轄している地域は他にもある。シミュレーションネットワークの接続や、道路公社のETCデータの接続などの技術的な課題はあるものの、本研究で得られた知見を活用すれば、他都市圏への展開も可能と考えている。

参考文献

- 1) 平井章一, Jian XING, 高橋亮介, 堀口良太, 白石智良, 小林正人: 都市間高速道路ネットワークを対象とした交通流シミュレーションの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol. 50, 2014.
- 2) 中村毅一郎, 森田綽之, 吉井稔雄, 小根山裕之, 島崎雅博: 都市内高速道路シミュレーションモデル(TRANDMEX)の適用について, 交通工学, Vol. 3, No. 2, pp.9-12, 2004.
- 3) 宗像恵子, 割田博, 田村勇二, 白石智良: 首都高速道路におけるリアルタイム予測シミュレーションの開発, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 29, pp.293-296, 2009.
- 4) 堀口良太, 村上雄馬, 甲斐穂高, 邢健, 荒川太郎, 桂聡, 大口敬: 高速道路会社間を跨いだ大都市圏高速道路交通シミュレーションの構築, 交通工学研究発表会論文集(投稿中), Vol. 45, 2025.