

都市高速道路工事規制時における交通 マネジメントのための交通シミュレータの開発

楊 建軍¹・奥嶋 政嗣²

¹学生会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 知的力学システム工学専攻 博士後期課程

²正会員 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 社会基盤デザイン系 准教授
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail: okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp

都市高速道路の通行止め工事規制では、周辺道路を含む自動車利用者の交通行動の変化を把握し、適切な情報提供などにより、その影響を軽減することが重要となる。本研究では、情報提供媒体の多様化を勘案し、都市高速道路の通行止め規制時における道路工事規制の影響を個人の交通行動および交通流動変化の両面から把握することを目的とする。このため、平常時と規制時のネットワーク交通流シミュレーションを構成し、規制時の交通行動変更モデルを構築する。ここで、規制期間における交通行動調査を実施して、規制期間中の情報認知と経路変更について分析した。規制時の想定遅れ時間については、経験における最大遅れ時間に基づいて判断していることが検証された。経路変更行動に関しても、想定遅れ時間および規制路線の利用予定が影響することが示された。

Key Words: simulator, closed regulation, traffic management, travel behavior, urban expressway

1. はじめに

近年、都市高速道路の老朽化が進み、維持管理のための補修・補強工事が必要不可欠となっている。一般的に交通量の多い路線では車線規制を伴う集中工事方式が採用されている。しかしながら、短期間とはいえ交通量の多い幹線道路区間で通行止め規制を実施することは、周辺道路での交通渋滞などに多大な影響を及ぼすことが推測される。このとき、対象路線周辺の道路区間における交通状態の認知は、道路利用者により多様となると考えられる。このため、通行止め規制による交通行動の変化を把握し、適切な情報提供などにより、その影響を軽減することが重要である。

これまでに、都市高速道路の工事規制における対応行動に関するいくつかの知見が得られている。たとえば、都市高速道路への流入規制時における利用者の対応行動として、迂回経路への転換、出発時刻変更などが計測されている¹⁾。また、通行止め規制時の対応行動には、目的地までの距離および旅行時間が関係することが示されている²⁾。一方、工事規制は数日間行われることが多く、個人が経験する交通状況も日々相違することが考えられる。そこで、個人の経日的な対応行動を表現するために生活行動シミュレータ(PCATS)に、認知・学習モデル、出発時刻選択モデル、経路選択モデルを組み込むことにより、個人の経日的変化を再現するといった研究もなされている³⁾。海外での既往研究においても、交通渋滞に対す

る対応行動として出発時刻変更を考慮する重要性が強調されている^{4)~6)}。ここで、交通渋滞緩和策への対応行動として、出発時刻変更を無視すると偏った結果が導出される場合があることが指摘されている。旅行時間の最小化および希望到着時刻への接近によって、交通行動者の効用は最大化される。したがって、交通混雑時において経路と出発時刻の変更を伴う場合、旅行時間と到着時刻がトレードオフの関係となる。つまり、出発時刻の変更とスケジュール遅延を無視すると一般化交通費用を適切に見積もることができない⁷⁾。特に、突発事象発生時に社会的な情報提供が欠如している場合には、交通行動開始前に交通状況について情報の探索が必要となることが指摘されている⁸⁾。

現在、情報通信メディアが多様化するなかで、特に都市高速道路の通行止め工事規制の場合には、都市高速道路利用者の不利益を低減するとともに、一般道路利用者への影響も低減することが求められている。したがって、この両面を実現可能な情報提供戦略および交通誘導戦略を見いだす必要がある。このためには、通行止め規制における情報取得と交通状況の認知および交通行動の関係を分析する必要がある。特に、多様な情報通信メディアからの情報取得が及ぼす影響を把握することが重要と考えられる。

本研究では、情報提供メディアの高度化・多様化を勘案して、都市高速道路の通行止め規制時における道路工事規制の影響を個人の交通行動変化と道路網の交通流動

変化の両面から把握することを目的とする。具体的には、交通需要データと道路ネットワークデータを利用して、都市高速道路の大規模工事実施時の交通流動を推計する。そのために、工事規制時の対応行動モデルを組み込んだネットワーク交通流シミュレーションモデルを構築する。通行止め規制時の情報認知・交通行動調査結果より想定遅れ時間モデルと経路変更モデルを構築する。これにより、工事規制の影響を個人の交通行動変化と道路網の交通流動変化の両面から把握することができる。

2. 交通流動推計モデルのフレームワーク

ここでは、大規模工事実施時の交通流動モデルのフレームワークを提案する。

(1) フレームワークの全体構成

ネットワーク交通流シミュレーションおよび交通行動変更モデルを基本として、図-1のように7種類のサブシステムで推計システムを構成する。まず、平常時の交通状況を把握するために、平常時のネットワーク交通流シミュレーションを構成する。その上で、工事規制によって、影響を受ける可能性がある利用予定者および非利用予定者を含めて関連トリップを抽出する。また、工事規制に関する情報認知モデルを構築する。さらに、情報認知を考慮して、交通行動変更モデルを構築する。工事規制時におけるネットワーク交通流動が把握できる。それにより、大規模工事規制実施時の交通流動推計モデルのフレームワークを構成した。

(2) 平常時のネットワーク交通流シミュレーション

日交通量配分による道路区間交通量推計と同程度の推計精度を確保して、時間推移を表現できるネットワーク交通流シミュレーションを開発することを目指す。

ネットワーク交通流シミュレーションは図-2示す、a) 車両出発モデル、b) 高速道路利用選択モデル、c) 確率的経路探索モデル、d) 一般道路車両移動モデル、e) 高速道路車両移動モデル、f) 区間所要時間更新モデル、g) 車両到着処理のサブモデルにより構成される。

a) 車両出発モデル

シミュレーションの実行には、車両の出発分布にしたがって、流入ノードにおいて交通を発生させることが必要である。車両発生パターンは、対象とする道路種別や交通量の大小に応じて選定される。一般には、車頭間隔がランダムに分布するパターンが想定される。交通量が小さく、各車両が互いに影響を及ぼさず独立に走行している状況では、ランダム到着の車頭間隔は指数分布にし

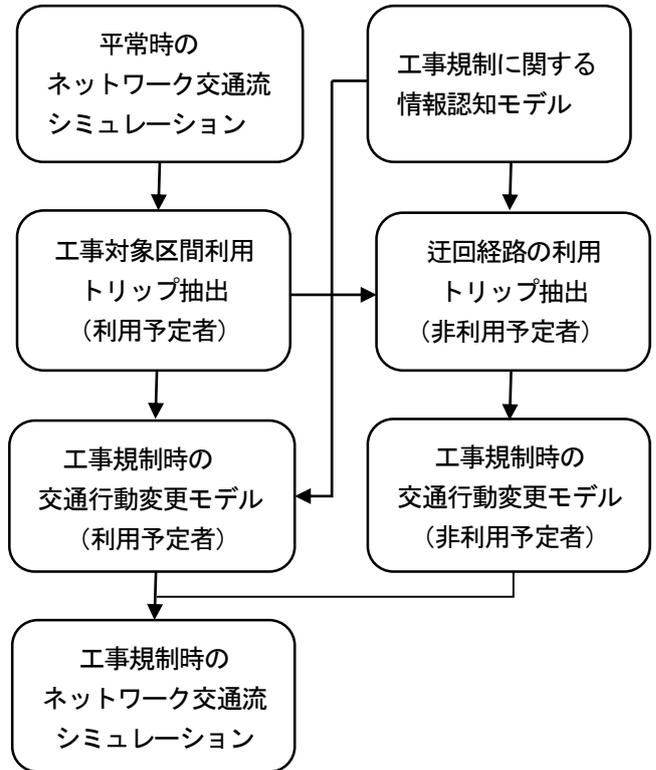


図-1 推計フローの全体構成

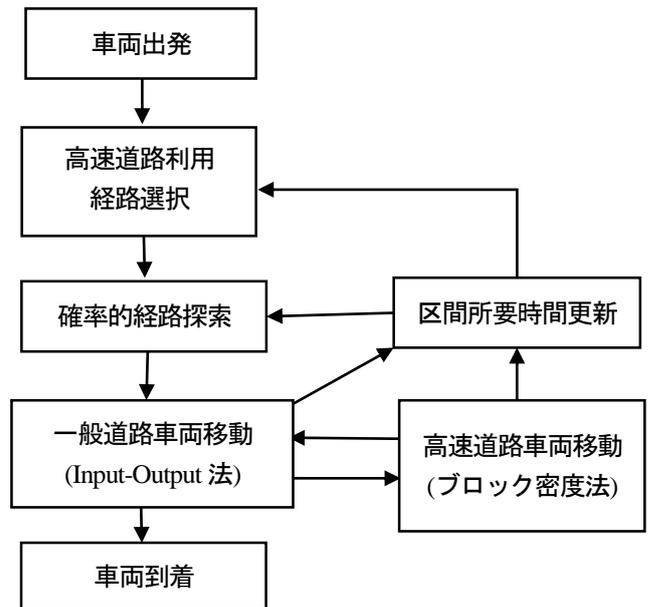


図-2 ネットワーク交通流シミュレーションの構成

たがう。

また、交通量が大きくなり、飽和状態に近づくと、アーラン分布にしたがう。

b) 高速道路利用選択モデル

車両出発時点における高速道路の利用有無の選択を表現するモデルである。5分単位でODペアごとに二項ロ

ジットモデルにより高速道路利用確率が更新される。各車両は高速道路利用確率にしたがって、高速道路利用有無を決定する。

c) 確率的経路探索モデル

道路網での走行中における各分岐部（ノード）での進行方向（リンク）の選択を表現するモデルである。5分単位で目標（目的地）ごとに各ノードにおいて、二項ロジットモデルにより進行先リンクの選択確率が更新される。Dial法を用いることで、ネットワーク上でロジット型確率配分と同様な経路選択を表現することが可能となる。

d) 一般道路車両移動モデル

一般道路および都市間高速道路のリンクにおける車両移動を表現するモデルである。リンク下流端ノードに車両列を集約するポイントキュー型のフローモデルとする。リンク内に存在する車両台数に応じて所要時間を算出し、リンク下流端への到着時刻を求める。したがって、交通渋滞の延伸は表現できていない。

e) 高速道路車両移動モデル

各リンクをブロックに分割し、ブロックごとに車両移動を表現するモデルである。交通密度—速度関係に基づいて流入交通量を算出する。

f) 区間所要時間更新モデル

各リンクにおける車両の走行時間により区間所要時間が更新される。各区間所要時間は逐次更新されることになる。経路選択指標は5分単位で更新されることになる。

(3) 工事規制時のネットワーク交通流シミュレーション

ここでは、当該区間の利用予定者および影響範囲内の非利用予定者の交通行動変更を考慮して個別のトリップを与える。モデル構造は、平常時のネットワーク交通流シミュレーションを基本とする。工事規制区間の認知による想定遅れ時間を経路変更へ反映させる。

a) 工事規制区間の情報認知モデル

各運転者について、当該道路区間において工事規制についての情報認知の有無を表現するモデルである。二項ロジットモデルを用いて記述する。

b) 工事対象区間利用トリップ抽出（利用予定者）

平常時のネットワーク交通流シミュレーションにおいて工事対象区間を利用するトリップを抽出して、利用予定者のトリップとして交通行動変更モデルによる推計対象とする。

c) 迂回経路の利用トリップ抽出（非利用予定者）

[1] 工事対象区間のリンク条件更新

工事条件に合わせてリンク条件を設定し、対象ネットワークを更新する。

[2] ネットワーク交通流シミュレーション

交通行動の変更を考慮せず、完全情報を仮定してネットワーク交通流シミュレーションを実行する。

[3] 利用予定者の通過リンク抽出（＝迂回区間抽出）

工事対象区間の利用予定者のトリップが通過した区間をすべて抽出する。このように抽出された区間（リンク）を迂回区間とする。

[4] 迂回区間の利用トリップの抽出

迂回交通の影響を受ける可能性がある非利用予定者のトリップとして、迂回区間を利用するトリップを抽出する。

(4) 交通行動変更モデル

交通行動変更モデルは、交通手段変更モデル、出発時刻変更モデル、経路変更モデルの3種類のサブモデルで構成されている。通行止め規制時のアンケート調査結果に基づいて、それぞれのモデルを構築できる。ここでは、経路変更モデルの構成のみを記述する。

a) 交通手段変更モデルの構築

交通手段変更の有無について、二項ロジットモデルを適用する。交通手段のサービス水準を表す指標としては、自動車利用通勤での移動時間（最早移動時間、平均移動時間、最遅移動時間）、認知想定移動時間差（想定移動時間と認知代替手段移動時間の差）とする。

b) 出発時刻変更モデルの構築

出発時刻変更行動については、「変更有無」と「早発時間分布」の二段階に区分する。

出発時刻変更行動と関連する主な要因としては、自動車利用通勤での移動時間（最早移動時間、平均移動時間、最遅移動時間、想定移動時間）が想定される。ここで、出発時刻変更行動では、通行止め規制に伴う遅れ時間の想定が意思決定に影響すると考えられる。このため、通行止め規制時の想定移動時間と日常の平均移動時間の差を、想定遅れ時間として、出発時刻変更行動との関係を表す。出発時刻変更行動の有無については、二項ロジットモデルを適用する。

つぎに、早発時間分布に影響する要因を特定するために、ワイブル回帰モデルを適用する。このとき、早発時間 t の確率密度分布 $f(t)$ にワイブル分布を仮定して、式(1)のように表現する。

$$f(t) = \lambda p (\lambda t)^{p-1} \exp\{-\lambda t\}^p \quad (1)$$

ここで各種要因 k の説明変数 x_k により、早発時間 t の期待値 λ は、式(2)のように記述できるものとする。

$$\lambda = \exp\{\sum \beta_k x_k\} \quad (2)$$

最尤推定法により係数パラメータ β_k および形状パラメータ p を推定する。

3. 通行止め規制時の情報認知・交通行動調査

ここでは、都市高速道路の工事規制時における交通行動調査の内容について整理する。

(1) 交通行動調査の概要

本研究では、阪神高速道路11号池田線で平成25年11月6日～14日に実施されたフレッシュアップ工事における終日通行止め規制時を対象に、情報認知・交通行動調査を実施した。対象路線周辺の主要幹線を図-3に示す。調査対象は阪神高速道路のOD調査被験者およびメールマガジン会員とし、電子メール一斉依頼によるWebアンケート形式により実施している。調査期間は平成25年12月6日～13日とし、配布数16,343に対して、回収数は1,151サンプルであった。

アンケート調査の質問項目を表-1に示す。質問項目は個人属性、普段の交通行動、規制情報の認知、規制期間中の対応行動

アンケート調査の質問項目を表-1に示す。質問項目は個人属性、普段の交通行動、規制情報の認知、規制期間中の対応行動および自由意見で構成されている。

本研究では、全1,151サンプルから通行止め規制の影響を受ける可能性があると思われる通勤・通学者のサンプルを抽出して分析を行う。事象に直接的影響を受ける交通行動者に加えて、迂回交通の影響を受ける交通行動者も対象とする必要がある⁹⁾。このため、分析対象は、日常時の自動車通勤・通学者で、自動車運転頻度が月1回以上のサンプルに限定する。さらに、月1回以上の自動車通勤・通学者から、通行止め規制対象路線（11号池田線）周辺の幹線道路の利用者、11号池田線付近の居住者・勤務者、対象路線周辺地域を通過する可能性のあるODペアに該当する居住地・勤務地の組み合わせをもつ被験者のいずれかに該当するサンプルを抽出した。その結果、通行止め規制の影響を受ける可能性がある514サンプルが分析対象として抽出された。

(2) 日常時の交通行動

普段の交通行動についての回答結果から、日常における交通行動について整理する。自動車運転頻度と通行止め工事規制の対象路線である11号池田線の利用頻度について図-4に示す。日常時の自動車通勤・通学者を抽出しているため、週に5回以上自動車を運転している割合が88.7%となっている。

一方、通勤時の対象路線の利用頻度については、週1回以上の割合が合わせて15.8%となっており、全く利用しないサンプルが72.3%と多数を占めている。ここで、通行止め工事規制期間は9日間であったことから、対象路線（11号池田線）について通勤時の利用頻度が週1回以上である80サンプルを利用予定者、週1回未満である434サンプルを非利用予定者と区分して分析することとした。

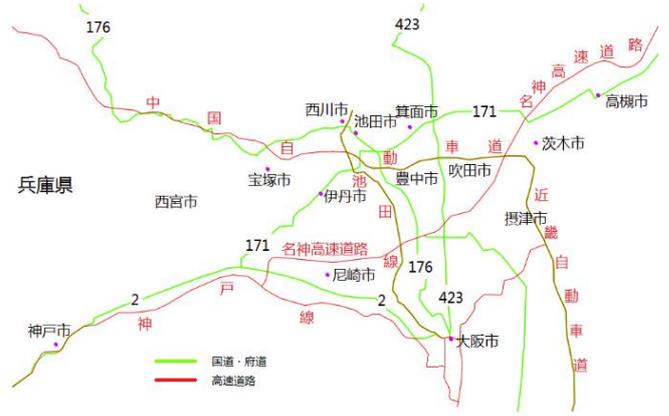


図-3 対象路線周辺の主要幹線

表-1 規制時の情報認知・交通行動調査の質問項目

個人属性	性別, 年齢, 職業, 居住地 (所在地, 最寄りの高速道路, 最寄りの 11 号線入口), 勤務地 (所在地, 最寄りの高速道路, 最寄りの 11 号線入口)
普段の交通行動	自動車運転頻度, 業務での運転頻度, 自動車通勤有無, 通勤での利用路線, 通勤旅行時間 (最早, 平均, 最遅), 認知代替手段移動時間, 始業時刻, 始業までの余裕時間, 11 号線利用頻度 (通勤, 業務, 私用), 最も利用する 11 号線入口
規制情報の認知	規制情報認知時期, 規制情報入手手段
規制期間中の対応行動	自動車通勤回数, 通勤での経路決定要因, 通勤での利用路線, 出発時刻変更, 想定移動時間, 実際の移動時間, 業務での自動車利用頻度, 業務での経路決定要因, 私用での交通行動の変更

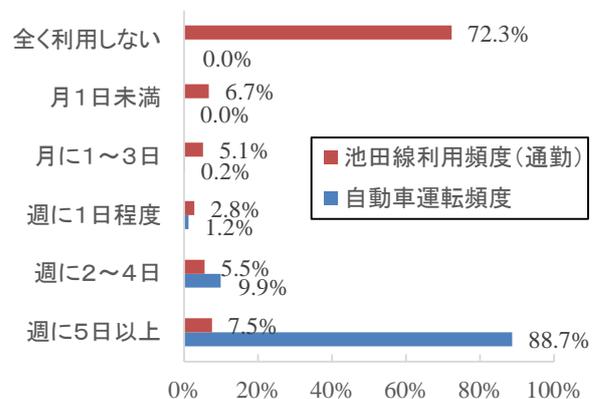


図-4 自動車運転頻度・通勤時の対象路線利用頻度

4. 通行止め規制時の想定遅れ時間と経路変更の分析

交通行動調査に基づいて、日常時の自動車通勤・通学者を対象に、通行止め規制時の想定遅れ時間と経路変更について整理するとともに、規制情報の認知状況との関係を分析する。

(1) 通行止め規制時の想定遅れ時間に関する分析

通行止め規制時において、自動車利用通勤・通学者は出発前に目的地までの移動について、遅れ時間を想定して交通行動を決定すると考えられる。

交通行動調査結果から、通勤・通学時の移動時間の平均値はそれぞれ、最早移動時間31分、平均移動時間41分、最遅移動時間62分であった。したがって、最遅移動時間の平均値は、最早移動時間のほぼ2倍となっている。また、規制時の移動時間の平均値についてはそれぞれ、出発前の想定移動時間48分、実際の経験移動時間47分となった。ここで、通行止め規制時の想定移動時間と日常の平均移動時間の差を、想定遅れ時間と定義する。想定移動時間および平均移動時間ともに回答のあった255サンプルを対象に、想定遅れ時間分布を図-5に示す。想定遅れ時間10分未満がほぼ半数を占め、遅れ時間に対応して割合が減少している。このような分布形状から判断して、ワイブル分布で表現できると仮定する。

そこで、通行止め規制時の想定遅れ時間に関わる要因を特定するために、一般化線形モデルであるワイブル回帰モデルを適用する。このとき、想定遅れ時間 t の確率密度分布 $f(t)$ にワイブル分布を仮定する。

通行止め規制時の想定遅れ時間に関わる要因としては、自動車利用通勤での最大遅れ時間（最遅移動時間と平均移動時間の差）および日常平均遅れ時間（平均移動時間と最早移動時間の差）が想定される。これらの要因を考慮することで、異なるODペア間での遅れ時間に関わる影響を表現できると仮定する。

ここでは、最尤推定法により係数パラメータ β および形状パラメータ p を推定する。AICを基準として説明変数を取捨選択した結果、最終的に得られたモデルについてのパラメータ推定結果を表-2に示す。

最大遅れ時間の係数推定値は正で有意となっており、過去の経験における最大遅れ時間に基づいて、規制時の想定遅れ時間を判断していると考えられる。想定遅れ時間に対して、日常平均遅れ時間は負の関係となる。日常的に平均遅れ時間が長いほど規制時の遅れ時間が短く想定される傾向がみられる。規制対象路線を利用する予定の有無は、想定遅れ時間と統計的に有意な関係がみられた。規制時に対象路線を利用する予定がある場合には、想定遅れ時間は大きくなると考えられる。また、

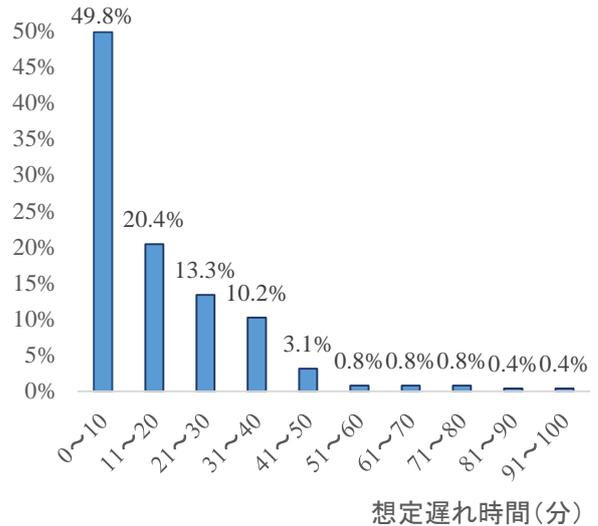


図-5 通行止め規制時の想定遅れ時間分布

表-2 通行止め規制時の想定遅れ時間モデルの推定結果

要因	係数	t値
定数項 β_0	-0.767	-1.870*
最大遅れ時間 (分) β_1	0.033	2.520*
日常平均遅れ時間 (分) β_2	-0.041	-1.710•
利用予定あり β_3	1.529	3.240*
経路変更あり β_4	0.893	2.060*
府道2号線(中央環状線) β_5	1.050	2.160*
池田線以外の阪神高速 β_6	0.676	1.750•
形状パラメータ p	1.079	21.620

AIC:881.6 *5%有意 •10%有意

「経路変更あり」についても有意となり、規制時に経路変更がある場合には、想定遅れ時間に正に影響している。日常的に利用のない経路に変更した場合には、交通状況が把握できていないため、遅れ時間が大きく想定されると考えられる。

日常的に利用する主要幹線道路と想定遅れ時間との関係に着目する。池田線以外の阪神高速道路と府道2号線（中央環状線）の利用者についても、遅れ時間は大きく想定される傾向にあることがわかる。府道2号線（中央環状線）は中国自動車道の一部と近畿自動車道の直下であり、対象路線とは交差方向の路線である。したがって、迂回交通により府道2号線（中央環状線）の混雑が想定されていると考えられる。また、池田線以外の阪神高速道路は大阪都心部の環状線から対象路線へと連結している。規制時においては大阪都心部の環状線においても交通渋滞が発生する可能性が想定され、池田線以外の阪神高速道路はその影響を受ける可能性がある。そのため、池田線以外の阪神高速道路の利用者は想定遅れ時間が大きくなる傾向にあると考えられる。

(2) 通行止め規制時の経路変更に関する分析

通行止め工事規制時の経路変更に関しては、交通手段を変更していない自動車通勤・通学者338サンプルから、無回答を除いた258サンプルを対象として分析する。利用予定者64サンプルおよび非利用予定者194サンプルを対象として分析を行う。ここでは、利用予定有無別の経路変更者数を表-3に示す。利用路線は「路線同一」（普段と同じ路線利用）、「路線限定」（普段利用路線中から一部路線を限定して利用）、「路線変更」の3種類に分類した。「路線変更」の割合は36.4%(=94/258)となっている。ここで、普段の池田線利用者は、通行止め規制時には規制対象の池田線を利用できなくなる。また、池田線以外の普段の利用路線から一部の路線を選択可能である場合には、路線を限定して、利用するサンプルがみられた。以下では、「路線同一」と「路線限定」を「変更なし」として分析する。

通行止め規制路線の利用予定の有無が経路変更に与える影響を分析する。利用予定者の路線変更割合は56%(=36/64)であり、非利用予定者の30%(=(6+52)/(22+172))より高い。通行止め規制路線の利用予定がある場合には、直接的に影響があり、変更割合が高くなると考えられる。利用予定者で「変更なし」に含まれているのは、普段より複数経路を選択的に利用している利用者であり、路線を限定することで池田線以外の普段の利用路線が選択できるものと考えられる。一方、規制路線の利用予定がない場合にも、迂回交通による交通混雑を想定して、経路変更行動をとる自動車通勤者が3割存在する。

つぎに、規制対象路線周辺の主要路線への経路変更(路線変更)について分析する。利用予定有無別に区分して、主要路線別に経路変更による路線選択割合(増加率)を図-6に示す。いずれの路線に関しても、利用予定者の経路変更割合は、非利用予定者より高い。規制時に経路変更により選択される路線として、利用予定者では国道176号線、国道423号線など規制対象路線と並行する方向の路線の割合が比較的高い。一方、非利用予定者では、全般的に経路変更割合は1割以下となっている。

通行止め前日までに通行止め規制情報を認知していた対象サンプルは85%であった。特に、規制路線の利用予定者で通行止め規制の情報を事前に認知していない割合は3%であった。このように、通行止め規制の影響を受ける可能性のある自動車通勤・通学者では、事前に規制情報を認知している場合が多い。

通行止め規制情報の取得媒体と経路変更行動の関係について分析する。そこで利用予定有無別に、通行止め規制情報の取得媒体別の経路変更割合について表-4に示す。いずれの情報媒体に関しても、利用予定者は非利用予定

表-3 利用予定有無別の経路変更者数

利用路線	普段池田線利用あり		普段池田線 利用なし	計
	利用 予定者	非利用 予定者	非利用 予定者	
路線同一	0	0	92	92
路線限定	28	16	28	72
路線変更	36	6	52	94
計	64	22	172	258
	86			

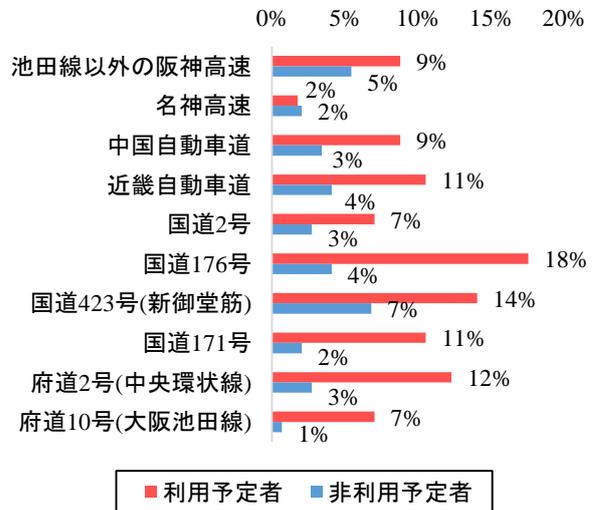


図-6 経路変更による路線選択割合 (増加率)

表-4 規制情報取得媒体別の経路変更割合

媒体	普段利用有		普段 利用無
	利用 予定者	非利用 予定者	非利用 予定者
インターネット	60%	29%	30%
新聞			29%
テレビ	35%		29%
ラジオ	48%	17%	28%
入口の情報板	49%	20%	28%
本線上の情報板	49%	38%	25%
一般道路上の情報板	40%		38%
道路上の垂幕・横断幕	57%	22%	31%

者より経路変更割合が高い。利用予定者がインターネットから情報取得した場合には、経路変更割合が最も高い

ことが分かる。対象路線を利用する予定がある場合には、規制時に対象路線が通行止めになるため、事前に自動車通勤者が自発的にインターネットを利用して、迂回経路に関する情報を入手する可能性が高いと考えられる。一方、普段池田線利用のある非利用予定者については、本線上の情報板から情報取得した場合に、経路変更割合が比較的に高いことが分かった。

5. 通行止め規制時の経路変更モデルの構築

ここでは、これまでの分析結果に基づいて、通行止め規制時の対応行動に関して、経路変更モデルを構築する。

経路変更行動について、規制対象路線周辺の主要路線への経路変更に関わる要因を分析する。経路変更に関しては、平常時も含めた経路選択行動を記述した上で、規制時における経路変更に関わる要因を特定する必要があると考えられる。そのため、規制時だけでなく平常時についても、経路選択の主要な要因である旅行時間、旅行費用（高速道路料金）などのサービス水準のみを考慮して、各路線の路線利用確率を求める。この路線利用確率と規制時の経路変更に影響を与える要因を併せて、規制時の経路変更を記述可能な経路選択行動をモデル化することとした。

対象路線周辺の主要路線としては、前述した図-6に示した10路線を取り上げる。ここで、京阪神都市圏を対象とした道路ネットワークデータを用いて、一般化旅行費用を基準として、ダイアル法により確率的に経路を探索する。経路探索のための対象道路ネットワークにおける規制対象路線付近を図-7に示す。一般化旅行費用については、旅行時間、高速道路料金および時間価値により区間（リンク）別に算定した。

ここで、規制時だけでなく平常時についても、ODペア別に区間ごとの利用確率を算定する。ODペア別に、各路線に含まれる区間の利用確率の最大値を、路線利用確率とした。各サンプルについては、居住地～勤務地ペアをODペアとして、路線別に路線利用確率の対数値をとり、路線利用可能性指標とした。

つぎに、それぞれの路線利用の有無について、二項ロジットモデルを適用し、平常時および規制時における路線利用可能性指標を主要な経路選択要因とし、規制時の経路変更に影響を与える要因を分析する。このため、規制時における平常時に利用のない路線についてのみ、路線利用可能性指標以外の経路変更要因を考慮する。経路変更要因としては、想定遅れ時間、利用予定、個人属性、時間制約および各路線の固有ダミーについて検討する。

ここでは、規制時に交通手段変更のない自動車通勤・



図-7 経路探索用道路ネットワーク

表-5 経路変更を考慮した経路選択モデルの推定結果

要因	係数	t 値
定数項	-0.631	-6.734*
路線利用可能性指標	0.043	8.506*
想定遅れ時間（分）	0.017	3.160*
利用予定あり	0.931	4.025*
始業時刻 8 : 30	1.008	4.366*
年齢50代	-0.369	-1.608
平常時の非選択路線	1.577	13.892*
池田線以外の阪神高速道路	-2.583	-6.973*
名神高速道路	-4.781	-8.683*
中国自動車道路	-3.838	-9.866*
近畿自動車道	-3.445	-9.345*
国道2号線	-4.398	-10.203*
国道176号線	-3.468	-10.238*
国道423号線(新御堂筋)	-3.445	-10.753*
国道171号	-4.123	-10.013*
府道2号線(中央環状線)	-3.752	-9.780*
府道10号線(大阪池田線)	-4.792	-9.427*

AIC : 3348.1 *5%有意

通学者338サンプルから、無回答を除いた204サンプルを対象に、最尤推定法により係数パラメータ値を推定した。AICを基準として説明変数を取捨選択した結果として、最終的に得られたパラメータ推定結果を表-5に示す。

路線利用可能性指標の係数推定値が正で有意になり、妥当な結果となっている。したがって、平常時も含む経路選択行動を路線利用可能性指標で概ね表せている。

規制時における経路変更の要因として、想定遅れ時間の係数推定値が正で有意となっている。したがって、規制時の想定遅れ時間が大きい場合には、経路を変更する

可能性が高まるという妥当な結果となっている。同様に、規制時に対象路線を利用する予定がある場合および始業時刻8時30分の自動車通勤者については、経路変更の傾向が有意に高いことが分かる。一方、年齢50代の通勤者は経路変更の可能性が低くなる傾向がみられる。また、規制時に利用する対象路線周辺の主要幹線道路に関しては、すべての主要路線について推定値が負で有意になっている。路線間でのみ比較すると、池田線以外の阪神高速道路が高く、続いて国道423号線（新御堂筋）、近畿自動車道、国道176号線が相対的に高い推定値となっている。

6. おわりに

本研究では、大規模工事規制実施時の交通流動推計モデルのフレームワークを提案した。工事規制時の経路変更モデルに関しては、都市高速道路の通行止め工事規制期間における交通行動調査を実施して、通行止め規制の影響を受ける可能性のある自動車通勤・通学者を対象とし、規制期間中の経路変更の変化について分析し、その意思決定に関わる要因を特定した。本研究の成果は、以下のように整理である。

- 1) 平常時のネットワーク交通流シミュレーションを基本として、工事規制のネットワーク交通流シミュレーションを構築した。工事規制によって、影響を受ける可能性がある利用予定者および非利用予定者を含めて関連トリップの交通行動変更モデルの構成を示した。
- 2) 通行止め規制の影響を受ける可能性のある自動車通勤・通学者に関しては、通行止め規制情報の事前認知割合が高い。特に利用予定者で顕著できる。また、通勤・通学者は過去の経験における最大遅れ時間に基づいて、規制時の想定遅れ時間を判断することが分かった。
- 3) 通勤・通学時の経路変更行動に関しては、一般化旅行費用を基準とした路線利用可能性指標を定義して経路選択を表現した。これにより、平常時を含む経路選択を

表現できるとともに、規制時の経路変更に関わる要因を特定可能とした。この結果として、想定遅れ時間および規制路線の利用予定が経路変更行動の意思決定に関わることを示した。

参考文献

- 1) 中村司, 内海和仁, 割田博, 稲富貴久: 首都高速道路における大規模交通規制時の影響分析, 第 31 回交通工学研究発表会論文集, pp. 21-24, 2011.
- 2) 藤井聡, 林成卓, 北村隆一, 杉山守久: 交通網異常時における交通状態認知を考慮した交通行動分析—阪神高速道路池田線通行止め規制時において, 土木計画学研究・論文集, No.14, pp. 851-860, 1997.
- 3) 菊池輝, 森大祐, 北村隆一, 藤井聡: 動的発生・分布・分担・配分統合型マイクロシミュレータの開発とその適用, 土木計画学研究・講演集, 40, 2009.
- 4) Jou, R.C., Hu, T.Y., Lin, C.W., 1997. Empirical results from Taiwan and their implications for advanced traveler pretrip information systems. *Transportation Research Record* 1607, 126–133.
- 5) Mahmassani, H.S., Liu, Y.-H., 1999. Dynamics of commuting decisions under advanced traveller information systems. *Transportation Research C* 7, 91–107.
- 6) Kroes, E., Daly, A., Gunn, H., van der Hoorn, T., 1996. The opening of the Amsterdam Ring Road. A case study on short-term effects of removing a bottleneck. *Transportation* 23 (1), 71–82.
- 7) de Palma, A., Marchal, F., 2002. Real cases applications of the fully dynamic METROPOLIS tool-box: an advocacy for large-scale mesoscopic transportation systems. *Networks and Spatial Economics* 2 (4), 347–369.
- 8) Lindell, M.K., Perry, R.W., 2012. The protective action decision model: theoretical modifications and additional evidence. *Risk Analysis* 32 (4), 616–632.
- 9) Zheng, H., Chiu, Y.-C., Mirchandani, P.B., Hickman, M., 2010. Modeling of evacuation and background traffic for optimal zone-based vehicle evacuation strategy. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2196, 65–74.

(2017.7.27受付)

Development of Traffic Simulator for Traffic Management at Construction Regulating of Urban Expressway

Jianjun YANG and Masashi OKUSHIMA