

渋滞時の代替経路選択行動に与える交通情報提供効果*

The Providing Effect of Traffic Information on Alternative Route Choice Behavior in Congested Traffic Condition*

大口 敬**・佐藤貴行***・鹿田成則****

By Takashi OGUCHI**・Takayuki SATOH***・Shigenori SHIKATA****

1. はじめに

ドライバの経路選択行動は、人間の認知・判断に深く関わるため、簡単な規範でモデル化することは困難である。また、選択行動の結果生じる道路交通ネットワーク上の交通混雑現象には、選択行動の結果生じる交通状況、交通状況に応じた交通行動の変化、という相互作用が複雑に生じ、通常の道路ネットワーク上におけるデータ取得に大きな困難を伴い、実証的な検討事例は極めて限られている¹⁾。

東名高速道路下り大井松田インターチェンジ(IC)～御殿場IC間には、1対の起終点に対して左右2ルートに分岐合流する約20kmの道路区間がある。図1にその概要を示す。途中に出入口はなく、ドライバは目的地によらず必ずどちらかのルートを選ばなければならない。この区間は、約2km間隔の車両感知器により5分間毎の交通状態を知ることができる。また、図1に示す左右ルート分岐点の上流に設置された可変情報板では、交通渋滞や事故・故障車などの事象に関する交通情報が5分更新で提供される。この区間では、図2に示すように、ゴールデンウィークなど極端に交通需要が高まる時期に、時間的に交互に渋滞が発生する現象（ハンチング(hunting)現象と呼ばれる）がここ数年観測されている。

本研究では、筆者らが過去に行った研究による知見^{2) 3)}にもとづいて、提供情報、交通現象、経路選択行動の3者の相互作用を考慮したシミュレーションモデルを構築し、経路選択行動の予測という困難な技術開発を行わなくても、ハンチング現象を抑制

*キーワード：交通情報，交通流，交通制御，TDM

**正員，博(工)，東京都立大学大学院工学研究科助教授

(〒192-0397・oguchi-takashi@c.metro-u.ac.jp)

***正員，修(工)，(株)オリエンタルコンサルタンツ関西支社

****正員，工修，東京都立大学大学院工学研究科助手

できるような可変情報板による情報提供内容について検討することを目的としている。

2. 対象区間における既存研究の概要

筆者らは、この区間を対象として、交通渋滞情報に起因する利用者の経路選択行動の実態解析結果を報告した²⁾。ここでは、交通渋滞情報に対するドライバの左右ルート利用率は、図3に示すように両ルートの可変情報板に表示された渋滞長差と良い相関が見られることを明らかにした。また、同じ渋滞長差であってもルート利用率にはまだ散らばりがあるが、これは表示渋滞長の絶対値、あるいは表示の変動に伴う推定誤差などで説明できることを示した³⁾。

また、事故や故障車情報に対するドライバの反応特性の解析も行った⁴⁾。たとえば片方のルートが交

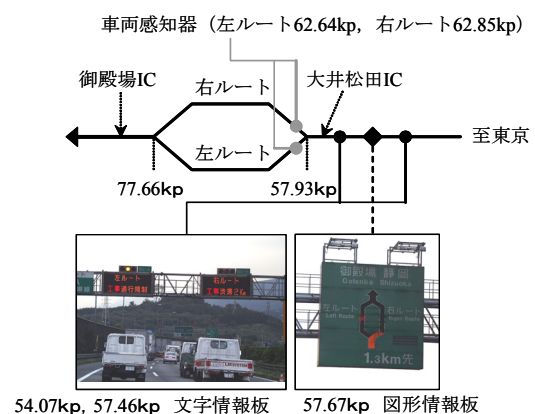
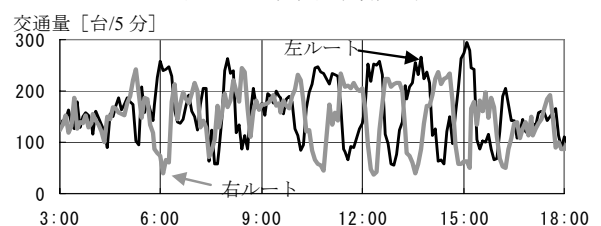
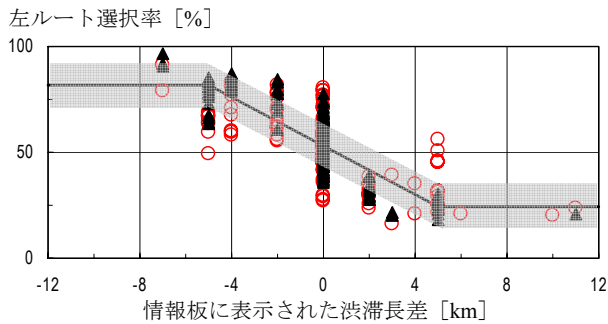


図1 対象区間概要



左 62.64km, 右 62.85km の車両感知器の5分間交通量データより作成

図2 2000年5月3日の左右ルート交通量時刻変動



2000/5/3, 8/12, 2001/5/4, 8/10, 8/11 の左 62.64kp, 右 62.85kp の車両感知器
5 分間交通量データより算出

*丸のプロットは情報表示内容が切り替わった直後のルート利用率
*図中の網掛け範囲は、シミュレーションモデルのルート利用率の設定値

図 3 情報板における渋滞長差と左ルート利用率

通集中渋滞時にもう一方のルートで事故が生じて、事故渋滞でなければ交通集中渋滞を避ける傾向があること、事故渋滞情報に対しては極端にこれを避ける傾向があること、などを実証的に明らかにした。

さらに、ハンチング現象による社会的損失量を推定した⁵⁾。すなわち、左右ルートを最も効率的に運用できれば、交通需要が両ルートの交通容量の和を超過する場合にのみ交通渋滞が発生するはずである。しかし実際には片方が非渋滞でも、もう一方に渋滞が発生し、これが交互にハンチングしている。したがってハンチング時の渋滞による総遅れ時間を、交通容量の和を最大限有効利用できる場合と比較してみると、実際に発生している交通渋滞による総遅れ時間の約7割がハンチングによる無駄な時間損失量と推定された。したがって、ハンチングを抑制し、左右ルートの交通容量を有効に使うことによって、交通渋滞を大幅に軽減できる可能性が指摘できる。

3. シミュレーションモデルの構築

各ルートの交通状況とそのルートの可変情報板に渋滞長情報として表示し、情報を見たドライバーの反応をモデル化してハンチング現象を再現し、交通渋滞による時間遅れを算出する。具体的には、経路選択モジュール(M1)、交通流モジュール(M2)、情報作成モジュール(M3)、渋滞遅れ時間算定モジュール(M4)、を作成した。

各モジュールはいずれも5分間をスキャン時間とするタイムスキャン方式で計算される。各モジュールの出力変量は、M1は分岐点における両ルートの

利用率、M2は各ルート上の交通渋滞による累加超過台数、M3は可変情報板に表示される渋滞長、M4は遅れ時間である。各モジュールから出力される変量は、いずれも実測値が存在するか観測値を加工して得ることができる。モデル検証は、最もハンチングが明確に繰り返された2000年5月3日を対象として行う。まず、検証対象モジュール以外の出力値を実測値と置き換えて、個別モジュールを検証する。次にモジュールを複数組合せたシミュレーション計算を行い、モデル全体の実現現象再現性を検証する。

(1) 経路選択モジュール(M1)

図3の折線に示すように、両ルートの可変情報板の渋滞長差を説明変数($x[\text{km}]$)として、左ルート利用率($y[\%]$)を次式により与えるものとする。

$$y = -5.8x + 52.95 \quad [-5 \leq x \leq 5]$$

$$y = 82 \quad [x \leq -5], \quad y = 24 \quad [5 \leq x]$$

… 式(1)

しかし同じ渋滞長差であっても利用率にはかなり変動幅があるので、図3の網掛け範囲($\pm 10\%$)で一樣乱数により利用率を与える確率モデルとした。

このモデルを用いて実現現象再現を試みると、ハンチングは生じるものの、交通量の変動周期が実際よりもかなり短くなった。その原因の一つに、可変情報板に表示される情報内容が変化した直後の利用率の再現性の不足が挙げられる。渋滞長が短いルートの利用率が高くなると、やがて渋滞長の大小関係は逆転する。逆転した直後は新たに渋滞長が長く表示されたルートに利用者が偏っている。この時、ドライバーは情報板だけでなく目前を走る車両の各ルートの利用割合にも影響されて、必ずしも情報内容に従わないものと思われる。こうしたドライバー特性を表現するため、情報内容変化前の利用率(r_{bf})と、式(1)に変化後の渋滞長差を代入して得られる期待利用率(e_{af})の算術平均を取ること、シミュレーションに用いる利用率(r_{af})を算定するものとした。

$$r_{af} = (r_{bf} + e_{af}) / 2 \quad \dots \text{式(2)}$$

(2) 交通流モジュール(M2)

これは、単純なPoint Queueの考え方をを用いて、両ルートの合流点において、各ルートの5分間ごとの到着交通量と通過交通量(=交通容量：一定値とし

て左ルート=175[台/5分]、右ルート=165[台/分]とする⁵⁾を用いて累積交通量図を描くことにより、累加超過台数を5分間ごとに求めるものである。

ここで時刻 t における合流点の左右ルート到着交通量($Q_l^{dn}(t)$, $Q_r^{dn}(t)$)は、分岐点から合流点までの自由旅行時間(Δt)だけ遡った時刻の約20km上流の分岐点の両ルートの交通量($Q_l^{up}(t-\Delta t)$, $Q_r^{up}(t-\Delta t)$)、ここに($Q_l^{up}(t)$, $Q_r^{up}(t)$)は分岐点上流交通需要×各ルート利用率)に一致すると考える。実測データによる検証の結果、 $\Delta t=15$ [分]とするとハンチング周期も含めて優れた再現性を示すことが見出された。

(3) 情報作成モジュール(M3)

ここでは、単純に累積交通量曲線を用いたM2から得られる累加超過台数(N_l , N_r)[台]と実測された渋滞長(L_l , L_r [km]：各車両感知器による渋滞判定と感知器勢力範囲から算出)との関係を、回帰分析にもとづいて設定した($N_l=40L_l$, $N_r=49L_r$)。

(4) 渋滞遅れ時間算定モジュール(M4)

これも単純に、M2における累積交通量曲線を用いて各5分間の交通渋滞発生による遅れ時間が得られるので、これとその5分間交通量の積を取り、交通渋滞が発生している時間帯全てについて総和を取れば、交通渋滞による総遅れ時間が計算される。

(5) 実態交通現象の再現

M1からM4までのモジュールを組合せてシミュレーションを行った結果、左右ルートの交通量変動、渋滞長変動の実測結果を良好に再現できることが確認できた。表1は総遅れ時間の計算結果を示したものである。表1のケースReal-0は、実測値にもとづく各ルートと両ルート合計の総遅れ時間を示す。一

方ケースsim-0は、M1～M4を用いてReal-0を再現したものであり、ほぼ同程度の遅れ時間となっている。

またケースOpt-0は、両ルートの交通容量の合計を十分に使い切った仮想的な最適運用状況を示している。ケースReal-0とケースOpt-0の差は、ハンチング現象により生じた総時間損失量となる。

4. 提供情報作成技術の高度化

本研究では、経路選択行動の予測も含めた予測情報を作成し提供することは考えない。そこには「予測」という極めて大きな課題があるためである。

ここでは、既存技術の延長線上で実現できる情報作成技術の高度化を考え、情報提供遅れの改善に着目した検討(ケースsim-1, sim-1d5, sim-0d5)と情報提供の一時中止に着目した検討(ケースsim-20, sim-60, sim-∞)の2種類を行う。これらの方策によって、総遅れ時間をどれだけ削減できるかをケースsim-0との比較により評価する。

(1) 情報提供遅れの改善に着目した検討

現在、実際に情報板に提供されている交通渋滞情報は「現時点情報」である。すなわち、ある5分間に提供されている情報は、直前の5分間に集計された各車両感知器の情報に基づいて作成される。しかし、集計処理や表示機器への表示に伴う手続きなどのため、直前5分間ではなく、さらに5分前の情報となることもある。これが表1のケースsim-0d5で、「現時点情報」に提供遅れ5分を伴う場合である。情報の提供遅れがハンチングを助長し、総遅れ時間が3割も増えてしまうことがわかる。

一方、図1に示す本研究対象の道路ネットワークの場合、一旦各ルートへ流入した交通量は、合流点

表1 各ケースのシミュレーション結果
(2000年5月3日、左右ルート総遅れ時間[台・時間])

ケース	左	右	左右合計	比率	削減率
(Real-0) 現況実測(現時点情報)	1,906	1,864	3,770	-----	-----
(Opt-0) 最適に運用(仮想)	-----	-----	1,029	0.25	▼75%
(sim-0) simulation現況再現(現時点情報)	2,325	1,824	4,149	1.00	-----
(sim-1) simulation確定将来情報	630	555	1,185	0.29	▼71%
(sim-1d5) simulation確定将来情報(提供遅れ5分)	746	733	1,479	0.36	▼64%
(sim-20) simulation10分提供⇒10分表示なし	639	561	1,200	0.29	▼71%
(sim-60) simulation30分提供⇒30分表示なし	1,715	1,340	3,055	0.74	▼26%
(sim-∞) simulation情報表示なし	1,606	221	1,827	0.44	▼56%
(sim-0d5) simulation提供遅れ5分(現時点情報)	2,647	2,729	5,376	1.30	△30%

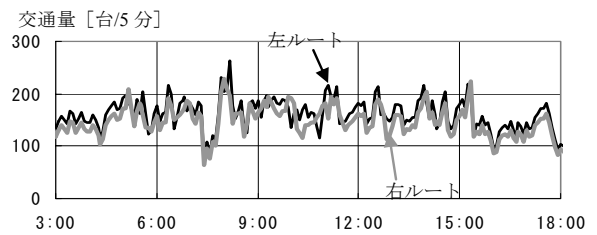
まで逃げ場がない。したがって分岐後に交通渋滞の末尾にいつどこで会うかは、モジュールM2とM3を用いて(または渋滞車列の伸縮速度を用いて)事前に計算可能である。これを「確定将来情報」と名づける。これは、情報板位置に到着したドライバがM1で計算される利用率で左右ルートを利用した場合、実際に経験する予定の渋滞長の情報を提供することを意味する。表1のケースsim-1がこれに当たり、渋滞による総遅れ時間は1,185[台・時]となり、理想条件のケースOpt-0と同程度となる。また図4からは、ほとんどハンチングしていないことが確認できる。さらにケースsim-1d5は、確定将来情報に提供遅れ5分を伴う場合であり、やはり提供遅れが生じると渋滞総遅れ時間が増えることが確認できる。

「確定将来情報」は、渋滞に遭遇する未来の交通状態の情報である。その未来の時点からは、「現時点情報」は過去の情報であり、これを「提供遅れを伴う確定将来情報」と見なすことができる。このことから、情報提供を受けるドライバが、自分が経験する渋滞状況に関する情報を提供遅れ無しに知ることができればハンチング現象は発生せず、無駄な社会的時間損失を生むハンチングは、「現時点情報」も含めて情報に提供遅れがあることに起因するものと解釈することができる。

(2) 情報提供の一時中止に着目した検討

情報板を見たドライバが、交通渋滞情報に反応することが原因でハンチングするのであれば、情報板が故障して情報が何も表示されなければ何がおきるだろうか。表1のケースsim-∞はこの条件を意味し、これでも渋滞総遅れ時間は56%も削減されていることから、渋滞情報が提供されることでかえって時間損失を発生させていることがわかる。またケースsim-20は、情報板に10分間「現時点情報」が提示された後、次の10分間は情報板に何も表示されなくなる、という20分周期の繰り返し表示をした場合であり、ケースsim-1と同程度に損失を大幅に抑制できていることがわかる。一方、情報提供周期を60分とすると、ハンチングはあまり抑制できていない。

これは、「現時点情報」＝「提供遅れ約15分の確定将来情報」(両ルート区間長20kmの自由旅行時間は約15分)と見なせば、「情報提供無し」の時間帯



2000年5月3日の交通需要を用いたシミュレーション試算例
ケース sim-1：確定将来情報

図4 左右ルート交通量の時刻変動(ケース sim-1)

の長さを提供遅れ(15分)よりも短くすると、情報提供の無い時間帯が両ルートの利用率の適正化に対してうまく機能することを意味するものと思われる。

5. まとめ

本研究では、経路選択行動、交通渋滞状況、提供渋滞情報内容を再現するシミュレーションモデルを開発し、高速道路2ルート区間に生じるハンチングを抑制可能な情報提供方法を検討した。なお、本研究に用いたデータは日本道路公団東京管理局よりご提供頂いたものであり、ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 大口敬, 羽藤英二, 谷口正明, 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田緯之: 首都高速道路における経路選択行動に関する実態調査, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.87-95, 1998.
- 2) 大口敬, 佐藤貴行, 片倉正彦, 鹿田成則: 交通情報にもとづく代替経路選択行動と交通渋滞の実態解析, Proc. 1st Sympo. on ITS, pp.585-590, 2002.
- 3) T. Oguchi, T. Satoh, M. Katakura and S. Shikata: Analysis of traffic congestion and route choice behavior influenced by traffic information, Intrn'l J. of ITS Research, Vol.1, No.1, pp.75-82, 2003.
- 4) T. Oguchi, T. Satoh, M. Katakura and S. Shikata: Analysis of route choice behavior affected by traffic information on alternative routes, Proc. 10th WC on ITS, on CD-ROM, 2003.
- 5) 佐藤貴行, 大口敬, 片倉正彦, 鹿田成則: 代替経路渋滞情報に起因するハンチング現象による時間損失, 土木学会年次学術講演会概要集, No.58-IV, CD-ROM, 2003.