

逐次経路選択を考慮した動的交通情報提供の影響分析

An Analysis of Effect of Dynamic Travel Time Information on Traffic Condition Considering Drivers En-route Route Switches

飯田恭敬* 宇野伸宏** 長谷川哲郎***

By Yasunori IIDA, Nobuhiro UNO and Tetsuro HASEGAWA

1. はじめに

交通渋滞緩和のための一方策として、情報・通信技術の飛躍的な進歩を背景とした、動的交通情報の提供による利用経路の分散誘導策が着目されている。この方策は、路車間通信システムを介したオンライン・リアルタイムな交通情報の提供を想定している。

ところで、情報提供による道路交通の分散誘導方策の効果については、疑問視する見方も存在している¹⁾²⁾。特に特定経路への交通の集中の問題は、実効性の高い情報提供システムを構築するため、クリアすべき課題である。そのため、①ドライバーの提供情報に対する反応を実証的に分析し、モデル化すること³⁾、②ドライバーの行動モデルを内包したシミュレーションモデルを構築し、情報提供時の交通状態を予測すること、等が必要となる⁴⁾⁵⁾。

本研究は、②のプロセスに相当すると考えられる。走行中の利用経路変更も含む、ドライバーの経路選択機構を内包した動的シミュレーションモデルを構築し、数値計算により情報提供の影響分析を試みる。

2. シミュレーションモデルの構造

(1) モデルの概要

(a) 前提条件

本研究では、情報提供による利用経路の分散誘導効果の把握を目的としており、モデル中で表現するドライバーの選択行動は経路選択のみに限定する。また、目的地および出発時刻は所与とする。

想定する交通としては、交通混雑の著しい都市域

において代表的な通勤・業務目的の交通とする。通勤・業務目的の交通では、ドライバーは旅行時間を経路選択の際に重視して、意志決定する可能性が高い。そこで「各自の走行経験および提供情報に基づき代替利用可能な経路の旅行時間を予測し、予測値最小の経路を選択する」と経路選択原理を仮定する。

提案するモデルは、次の2点に関して動的なものとする。①経路選択の際に情報とともに各自の走行経験も考慮する。そのため、day-to-dayな交通流動の変化を同一のドライバーが経験する状況を想定する。②動的情報提供の影響分析を行うため、交通流動のtime of dayでのdynamicsを考慮する。

(b) シミュレーションモデルの基本構造

図-1にシミュレーションモデルの基本構造を示す。このモデルは、経路選択モデル・動的交通流モデル・情報提供モデルの3サブモデルから構成される。サブモデル間の相互作用を明示し、シミュレーションを実行することで、情報提供時のドライバーの経路選択、および、道路網上の交通状態を予測する。

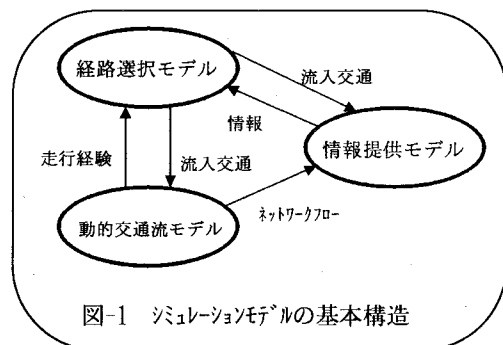


図-1 シミュレーションモデルの基本構造

(2) 経路選択モデル

(a) 経路選択モデルの基本構造

経路選択モデルでは、個々のドライバーの行動を明確にし、走行経験および提供情報と経路選択との

キーワード：交通情報、経路選択、交通制御

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室
(〒606-01 京都市左京区吉田本町、Tel 075-753-5124)

** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室
(〒606-01 京都市左京区吉田本町、Tel 075-753-5126)

*** 正会員 工修 中央復建コンサルタンツ(株)計画設計部
(〒530 大阪市北区梅田1-2 大阪駅前第2ビル404-7)

表-1 経路選択原則に基づくドライバーの分類

ドライバーの分類	各層の存在割合
固定層 (経路変更せず同一の経路を利用)	BASE
経験利用層 (走行経験のみに基づき経路選択)	$(1-BASE) \cdot (1-PERIO)$
情報利用層 (走行経験・提供情報に基づき選択)	$(1-BASE) \cdot PERIO$

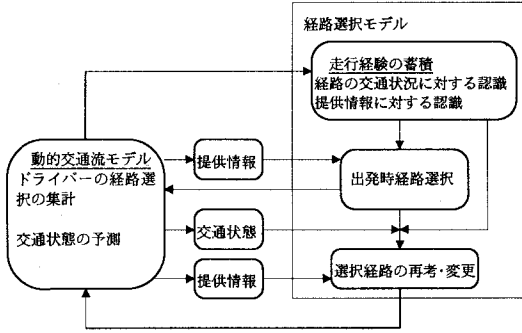


図-2 経路選択モデルの概要

関係を明示的にモデル化する。走行中の情報の獲得および利用経路の再考の過程も併せてモデル化する。

情報の利用可能性および経路選択原則に応じて、ドライバーを3グループに分類する(表-1)。固定層に属するドライバーは、短期的には日々の走行結果とは独立に同一の経路を利用すると仮定する。経験利用層のドライバーは、主として自己の走行経験に基づき経路選択する。彼らは、交通状態の日変動に敏感に反応し意志決定する。情報利用層は、自己の走行経験に加えて、路車間通信システムを介して提供される旅行時間情報を利用して経路選択するドライバーの集合である。本研究では便宜上、経験利用層と情報利用層をあわせて経路選択層と呼ぶ。

上記3層の割合は、全ドライバーに対する固定層の割合を示すBASE($0 \leq BASE \leq 1$)、および、経路選択層に占める情報利用層の割合を示すPERIO($0 \leq PERIO \leq 1$)の2つのパラメータで規定される。

経路選択モデルは、2つのサブモデルから構成される。一つは出発時点での経路選択を予測するモデル(「出発時経路選択モデル」)であり、他方は走行中の利用経路の再考・変更を予測するモデル(「利用経路再考モデル」)である。仮に出発時の選択経路の交通状態が望ましくなく、かつ/または、代替経路の旅行時間の方が小さい旨の情報が提供される

ならば、経路選択層のドライバーは利用経路を再考・変更する可能性が高い。路車間通信システムを介した動的交通情報の影響を分析するためには、走行中の経路変更も考慮する必要があるので、この利用経路再考モデルを導入する(図-2参照のこと)。

(b) 出発時の経路選択機構

情報利用層と経験利用層に関しては、次の旅行時間予測機構を用いた出発時経路選択機構を仮定する。

$$\text{if } \delta_i = 1 \quad T_i^h(w) = \alpha T_i^p(w-1) + (1-\alpha) T_i^h(w-1) \quad (1)$$

$$\text{if } \delta_i = 0 \quad T_i^h(w) = T_i^h(w-1) \quad (2)$$

$T_i^p(w-1)$: $(w-1)$ 日目の経路 i に関する知覚旅行時間(前日の走行経験)

$T_i^h(w)$: 各経路に関する履歴的予測旅行時間

α : 前日の選択経路の走行経験のウェイト

δ_i : 経路 i を前日利用すれば1、非利用ならば0

経験利用層については、(1)、(2)式で求まる予測旅行時間が最小となる経路を選択する。情報利用層は上記の履歴的予測旅行時間と旅行時間情報を線形結合して、修正予測旅行時間を算出する。

$$T_i^r(w) = \beta T_i^s(w) + (1-\beta) T_i^h(w) \quad (3)$$

$T_i^s(w)$: 旅行時間情報の値

$T_i^r(w)$: 情報を考慮した修正予測旅行時間

β : 情報依存度

情報利用層のドライバーは、修正予測旅行時間最小の経路を選択すると仮定する。

(c) 走行中の利用経路の再考

利用経路再考モデルでは、経験利用層と情報利用層は、現在の利用経路の経路変更可能地点から先の予測旅行時間が、代替経路の予測値よりもある閾値 γ 以上大きければ、走行経路を変更すると仮定する。閾値 γ は、利用経路の変更に対するドライバー側の抵抗を表すとも考えられる。走行中の旅行時間予測機構、および、経路選択機構を次の様に仮定する。

<経験利用層>

$$T_i^{\text{predic}} = \frac{T_i^p(w)}{T_i^h(w)} \times T_i^h(w) \quad (4)$$

$$T_j^{\text{predic}} = T_j^h(w) \quad (5)$$

< 情報利用層 >

$$T_i^{predic} = (1.0 - \beta) \times \frac{T_i^p(w)}{T_i^h(w)} \times T_i^h(w) + \beta \times T_i^s(w) \quad (6)$$

$$T_j^{predic} = (1.0 - \beta) \times T_j^h(w) + \beta \times T_j^s(w) \quad (7)$$

< 経験利用層・情報利用層の経路選択機構 >

if $T_j^{predic} \leq T_i^{predic} - \gamma$ then 経路変更

T^{predic} : 走行途中での各経路の予測旅行時間

i : 現在利用経路の経路変更可能地点から終点までの区間

I : 現在利用経路の始点から経路変更可能地点までの区間

j : 代替経路の経路変更可能地点から終点までの区間

γ : 閾値パラメータ

(3) 動的交通流モデル

動的交通流モデルは、ブロック密度法の考え方をを用いてモデル化される。このモデルは、1つのリンクを物理的な長さを持つ複数のブロックに分割し、ブロック内の密度の経時的变化を記述することで、時々刻々変動する交通状態を記述する。モデルの詳細については、参考文献5)を参照のこと。

(4) 情報提供モデル

ドライバーが望む情報は、交通状態の記述情報ではなく、自身が走行する近未来の状態を反映した予測情報と考えられる。本研究で使用する情報提供モデルは、予測情報を提供可能なものとする。出発時刻 t のドライバーに対する旅行時間情報の提供方法を説明する。時刻 $(t-3)$ での各経路の密度を用い交通流シミュレーションを行い、出発時刻 $(t-3)$ のドライバーの被る実旅行時間の予測値を求め情報提供する。

4. ケーススタディ

(1) 計算条件の設定

ドライバーは、既知かつ一定で、ピークが存在する出発時刻分布に従い出発すると仮定する。非ピーク時の発生交通量は毎分60台、発生交通量が最大となる期間では毎分120台とする。発生交通量は20分から50分の間、一定の変化率で増加し、80分から110分の30分間で一様に減少する。1日分の計算時間は240分とし、これを30日分繰り返して結果を求め、情報提供の影響を分析する。

対象道路網は10D2ルートの簡単な道路網とし、中間点に分岐点を設け利用経路変更時の乗換リンク

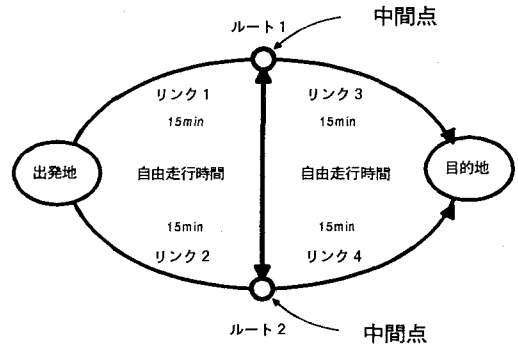


図-3 対象道路網の条件

表-2 各ブロックの臨界密度・飽和密度

	臨界密度	飽和密度
ブロック1 (最下流ブロック)	50	150
ブロック2~30 (その他の全ブロック)	90	270

(単位は、台/km)

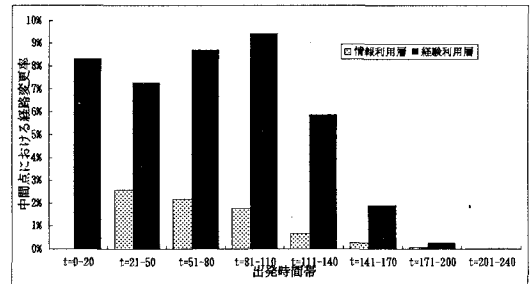


図-4 中間点における経路変更率

を付加する（図-3参照）。各ルートは距離1kmの30個のブロックから構成される。各ブロックの密度－速度関係式を規定する臨界密度・飽和密度については、表-2に示す数値を用いる。固定層の存在割合を示すパラメータBASEは、0.5とする。固定層の経路1と経路2の流入比率は1:1としている。また、走行経験に対するウェイト α は0.5、情報依存度 β は0.8として、数値計算を実行する。

(2) 走行中の利用経路の変更

本研究での動的シミュレーションモデルに導入した、走行中の利用経路の再考・変更機構が機能しているか否かを確認するため数値計算を行う。なお、情報利用層の割合を示すPERIOは、0.2とする。

図-4は、出発時刻分布に対応させた中間点での経

路変更率の集計結果である。中間点での経路変更は、情報利用層・経験利用層ともに僅かであるが観測されている。ただし、全時間帯で経験利用層の経路変更率が、情報利用層のそれより高い。この数値計算例では、中間点以降の交通状態は比較的安定しており、出発地での提供情報との差異が大きくないため、情報利用層は経路変更を積極的に行わないと考えられる。中間点以降の交通状態が大きく変動する場合、情報利用層の経路変更率は増加すると考えられる。

(3) 情報利用層の存在割合の影響

情報利用層の割合が、交通状態に及ぼす影響を旅行時間の点から評価する（図-5参照）。情報利用層の割合が0.4未満では、情報利用の直接的メリット、即ち他の二層との比較に基づく旅行時間削減効果は存在するが、情報利用層の増加に伴い、そのメリットは減少する。一方、ドライバー全体の平均旅行時間は減少し、情報利用層の増加に伴うシステム全体での交通状態の改善の可能性が示唆されている。

情報利用層の割合が0.4以上では、各層の平均旅行時間はほぼ一定であり、情報利用の直接的メリットはないと考えられる。その一方、情報利用層の割合が0.4未満の場合よりも僅かではあるが、全体の平均旅行時間は改善されている。この数値計算例からは、情報利用層の増加に伴う、特定経路への集中等の悪影響の発現などは観測されていない。しかしながら、この結果は1つの計算例に基づくものに過ぎず、今後道路網の特性や発生交通量パターン等を体系的に変化させて数値計算を行い、動的交通情報の提供が及ぼす影響の把握に努める必要がある。

4. おわりに

本研究では、動的交通情報の提供が交通状態に及ぼす影響を検討するため、動的シミュレーションモデルを構築した。このモデルは、ドライバーの経路選択機構を明示的に取り扱い、走行中の利用経路の再考・変更も考慮している。数例の数値計算を行い、構築したモデルの挙動を検証するとともに、情報利用層の存在割合の変化が、交通状態に及ぼす影響を分析した。情報利用層の増加に伴い、情報利用の直接的メリットは減少するが、システム全体としては交通状態が改善される可能性が示唆されている。

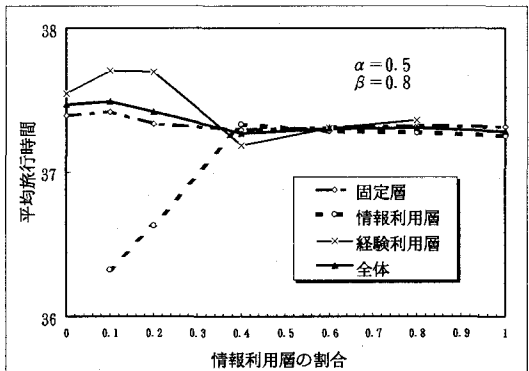


図-5 情報利用層の割合が交通状態に及ぼす影響

本研究の成果を踏まえ、以下の課題に取り組む。

- 1) 発生交通量パターン、道路網特性、情報の精度および経路選択モデルのパラメータを体系的に変化させ数値計算し、情報提供の影響の把握に努める。
- 2) ドライバーの意志決定メカニズムを反映した経路選択モデルの構築を試みる。

【参考文献】

- 1) Ben-Akiva, M., de Palma, A. and Kaysi, I.: Dynamic Network Models and Drivers Information Systems, Transpn. Res.-A, Vol.25A, No.5, pp251-266, 1991.
- 2) Arnott, R., de Palma, A. and Lindsey R.: Does Providing Information to Drivers Reduce Traffic Congestion?, Transpn. Res.-A, Vol.25A, No.5, pp309-318, 1991.
- 3) Iida, Y., Uno, N. and Yamada, T.: Experimental Analysis Approach to Analyze Dynamic Route Choice Behavior of Driver with Travel Time Information, 1994 VNIS Conference Proceedings, pp. 377-382, 1994.
- 4) Mahmassani, H. S. and Jayakrishnan R.: System Performance Under Real-time Information in a Congested Traffic Corridor, Transpn. Res.-A, Vol.25A, No.5, pp251-266, 1991.
- 5) 飯田恭敬, 宇野伸宏, 松井恵太: 動的シミュレーションによる交通情報提供の影響評価, 土木計画学研究・講演集, No.16(1), pp.13-20, 1993.