

習慣の解凍と交通政策：手続き合理性を前提とする 道路交通シミュレーション分析

藤井 聡¹・中山晶一郎²・北村隆一³

¹正会員 工博 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻助手(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

²学生員 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻博士課程(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

³正会員 Ph.D. 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻教授(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

本研究では、これまでに指摘した「思い込み均衡」をより効率的な状態へと誘導するために必要とされる交通政策を議論するための基礎的な知見を得ることを目的とした、交通システムシミュレーションを行った。分析に用いたシミュレーションモデルは、道路上の混雑現象を再現するだけでなく、手続き合理性(procedural rationality)を前提とした長期的な情報処理プロセスモデルを用いて運転者の行動を再現した上で、道路交通量の日変動をシミュレートするものである。得られたシミュレーション結果と、従来の習慣と思い込みに関する理論的・実証的研究で得られている知見に基づいた考察から、交通量過多となっている選択肢の一時的および継続的容量削減や情報提供方策が、思い込み均衡の効率化に適した交通政策である可能性を指摘した。

Key Words: procedural rationality, deluded equilibrium, simulation analysis, negative belief, unfreezing a habit

1. はじめに

(1) 交通ネットワーク分析の枠組み

道路網上の交通流の分析手法として、均衡分析が盛んに適用されている¹⁾。このネットワーク均衡分析は、個人の意思決定や判断のプロセスをブラックボックスと見なした上でその結果として現れる行動に関して一定の規則性を仮定し、交通システム全体の挙動の記述を目指すものである。当然のことながら、均衡分析によって現出する解、すなわち、モデルによって予想される交通状態は、前提とする行動結果の規則性に直接的に依存している。

一方、交通ネットワーク上の交通現象を日変動に着目して動的に分析する分析手法が、中山らによって提案されている^{2), 3)}。この分析手法は、小林⁴⁾が提案する交通均衡モデルと同様に完全情報仮説を緩和するとともに、意思決定上の情報処理プロセスを出来る限り明示的にモデル化した上で交通現象の記述を目指すものである。言うまでもなく個人の意思決定プロセスを完全にモデル化することは不可能である^{5), 6)}が、このモデルでは運転者の意思決定を経験の蓄積、記憶の忘却、交通環境への適応を意味する意思決定ルールの変化等を

考慮した上でモデル化している点が大きな特徴である。マクロな交通現象の記述にあたっては、各モデルが非線形な方程式群から構成されることから、解析的に解を誘導することを放棄し、確率的要素を導入したシミュレーション手法を用いている。

(2) 思いこみ認知と思いこみ均衡

中山らは、以上の枠組みに基づいたシミュレーションモデルを用いると、個人の意思決定プロセスを簡素化したモデルから数理解析的に誘導される均衡解とは性質の異なる解が現れることを示している。すなわち、

「道路交通システムは、最終的には定常状態に収束するものの、その状態はシステム内の運転者の特質の分布によって分岐⁷⁾するとともに、不可逆な時間構造をもつなど均衡分析ではあまり取り扱われなかった「複雑な」性質がある」

ことを結論としている²⁾。そして、この結論を特徴的に示す均衡解として「思いこみ均衡」を報告している。

ここに言う「思いこみ」とは、習慣的にある選択肢を利用し続ける個人が、それ以外の選択肢のサービス水準が実際の水準以上に低いものと認識している状態であり、経済分析の際にしばしば仮定される合理的な期待⁸⁾からはシステムティックに乖離した認知状況を意味する。

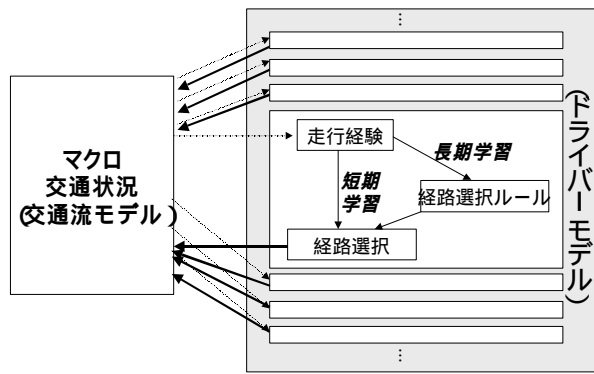


図1 シミュレーションモデルの概要

「合理的主体の長期的な学習行動の結果、彼の主観的な期待は客観的な実現値に一致する」ことを主張する合理的期待形成仮説⁴⁾との対比で思いこみ認知を定義すれば、手続き的に合理的(procedural rational⁹⁾)な主体が、特定の行動を繰り返す間に習慣を形成して学習を停止する^{10), 11)}ために生じる代替選択肢に対する否定的信念(negative belief¹²⁾), と定義できよう。

思いこみ認知は、習慣を持つ個人の一つの心理的傾向としても指摘されている¹²⁾が、交通機関の所要時間に関しても実証的にその存在が示されている^{13), 14)}。この分析では、平常時では習慣的に高速道路を利用する自動車通勤者が、当該高速道路が通行止めのためにやむを得ず公共交通機関を利用した場合の、出発前の所要時間の予想値と実際の旅行時間を比較することで、思いこみ認知の存在を統計的に示している(表1参照)。

思いこみ均衡は、以上に述べた思いこみ認知を前提として、以下のように定義される。

「運転者が、思いこみの状態にロックイン⁴⁵⁾され、経路変更によって旅行時間を短縮することができないと認識している個人がシステム内で多数を占めることでシステムが安定する状態²⁾」

(3) 本研究の目的と構成

道路ネットワークでの思いこみ均衡状態は、システム最適な状態、すなわち、総旅行時間の最小値を与える交通状態に一致する可能性もある²⁾が、当然ながら、それは保証の限りではない。現実の交通ネットワークでシステム最適な状態から乖離した思いこみ均衡状態が成立しているとするならば、交通管理を行う上ではそれを改善すべきであろう。もし、思いこみ均衡を改善することができるとするならば、どのような方法が考えられるであ

表1 習慣的通勤ドライバーの公共交通機関利用時の(認知所要時間^{†1)} 実旅行時間^{†3)}の平均とその平均が0であるという帰無仮説のもとでのt値

	平均(分)	t値	サンプル数
強習慣ドライバー ^{†2)}	5.36	3.69 ^{***}	29
弱習慣ドライバー ^{†2)}	2.15	2.00 ^{**}	68
total	3.11	3.54 ^{***}	97

*, p<0.1; **, p<0.05; ***, p<0.001 (文献13) より引用)

^{†1)} 調査回答者に通勤出発時の到着時刻の見込み幅の回答を要請。その中央値と出発時刻との差を認知所要時間と定義。

^{†2)} 強習慣ドライバーは公共交通機関での通勤頻度が月一回以下(利用経験無しも含む)、弱習慣ドライバーは月一回以上公共交通機関で通勤をするドライバーである。

^{†3)} 分散分析より、強習慣ドライバー・弱習慣ドライバーの区別が、(認知所要時間-実旅行時間)の要因であることも示されている。

るうか? この疑問に回答を提供する手がかりを見いだすことが、本研究の主たる目的である。

本研究では、分析の基本的枠組みとして、中山らによって提案されているシミュレーションアプローチを採用する。ただし、モデルそのものに関しては、個人の判断と意思決定についての知見¹⁶⁾、および、記述力の高さが実証的に確認されている行動戦略の学習モデル⁷⁾を参考として、中山らのモデルをより発展させたものを用いる。

以下、2. ではシミュレーションモデルの概要を、その計算結果を 3. で示した後に、4. にてその結果に考察を加える。そして、5. で本稿の結論を述べる。

2. 道路交通シミュレーションモデルの概要

いくつかの仮定と前提の上になりつつシミュレーション分析のみから非実証的に何らかの知見を引き出すためには、そのシミュレーションがより現実的であることが望ましいことは言うまでもないが、それにも限界がある。このため、中山ら^{2), 3)}と同様、現実の道路交通システムを非常に簡便な形でモデル化するが、その際、少なくともシステムの日変動にとって重要な意味を持つであろう以下の因果関係を、図1の様な形でモデルに反映させる。

- 1) 走行経験の記憶の蓄積(短期学習),
 - 2) 走行経験に基づいた経路選択,
 - 3) 道路交通環境に応じた経路選択ルールの形成(長期学習),
 - 4) 運転者間の相互作用としての混雑現象,
- これらのうち、1)~3)を運転者モデルで、4)をBPR 関

数で再現することとし、これらを組み合わせて交通状態の日変動を再現する。以下、運転者モデルについて述べる。

(1) 運転者モデルの概要

個人間干渉が存在する繰り返しゲーム(すなわち、複数のプレーヤーから構成され、個々のプレーヤーの行動の結果[payoff]が、他のプレーヤーの行動に依存するような繰り返しゲーム)では、各プレーヤーの行動は、以下のような数理的な単純な学習モデルを用いると、非常に高い適合度で説明できることが実証的に示されている¹⁷⁾; 1) 各々のプレーヤーが、自らの行動を決定するための単純な戦略を一つづつもっており、2) その行動の結果に応じて戦略を変更していく。

日々繰り返される道路網上の交通も、上記のゲームの条件、すなわち、繰り返しであること、個人間干渉が存在すること、プレーヤーは限定的な情報しか持ち得ないこと、という条件を満たしていることから、上記ゲームの一具体例として見なすことができるものと考えられる。本研究で提案する運転者の学習モデルの基本的枠組みは、上記の学習モデルに準拠するものである。

この枠組みのもと、運転者モデルでは、それぞれの運転者は固有の経路選択ルールを1つずつ所有しているものと考えられる。そして、各運転者に対して潜在的な複数の経路選択ルールを想定するとともに、それぞれの経路選択ルールごとにルール評価値を考え、その評価値が最も大きな経路選択ルールを採用している、という形で経路選択ルールの変遷をモデル化する。

(2) 経路選択ルール

本研究では、以下の3種類の経路選択ルールを設定した。

- a) 経路固定ルール: 経路変更せず、常に同一の経路を選択し続ける。
- b) ランダムルール: 全くランダムに経路選択を行う。
- c) 経験利用ルール: 過去の経験に基づいて経路選択を行う。

これらのルールはいずれも、入手不可能な情報を処理する必要のないルールであり、完全情報¹⁸⁾ではなく、情報の不完全性、すなわち、意思決定者の視野の限界¹⁹⁾を前提とするものである。

ここに、経験利用ルールについては、不確実性に対

する態度²⁰⁾によってさらに分類し、それぞれの選択を、以下の式で定式化される主観的な経路評価値 C_{ij}^s の比較でなされるものとしてモデル化する。

$$C_{ij}^s = t_{ij}^{ave} + g_i^s (t_{ij}^{max} - t_{ij}^{min}) \quad (1)$$

s : 経験利用ルールのラベル(=1, 2, ..., K)

l : 旅行時間を記憶している日数

m : 最も大きかった/小さかった旅行時間を記憶している日数($m > l$)

t_{ij}^{ave} : ($i-1$)日から過去 l 回分の経路 j の走行経験の平均旅行時間

t_{ij}^{max} : ($i-1$)日から過去 m 回分の経路 j での走行経験のうち、最も大きな旅行時間。

t_{ij}^{min} : ($i-1$)日から過去 m 回分の経路 j での走行経験のうち、最も小さな旅行時間。

g_i^s : i 日目における経路選択ルール s の不確実性への態度を表わすパラメータ。

この経路評価値の最小化行動という形で選択行動をモデル化することで;

- 1) 選択が過去の経験に依存すること、
- 2) 一定期間以上以前の経験は忘却されること、
- 3) 突出して早かった経験、遅かった経験は、より長い期間記憶されていること、
- 4) 平均的に旅行時間が短い経験が得られている経路ほど選択されやすいこと、

をそれぞれモデルに反映することができる。さらに、パラメータ g_i^s が負の場合は走行経験のばらつきが大きい経路ほど選択されやすく、逆に正の場合はそれが小さい経路ほど選択されやすくなる。すなわち、当該定式化において g_i^s として複数のものを想定することで、

5) 不確実性に対する態度の異質性を表現することができる。

(3) 経路選択ルールの変遷のモデル化

ルールの変遷に関しても、運転者は限定的な情報を頼りにせざると得ない。この前提に加えて、本研究では、ルールの優劣の判断が参照点(reference point)を基準としたものであるものと考えた。これは、人間の種々の価値判断の際、参照点が頻繁に用いられており¹⁶⁾、参照点の水準が意思決定に大きな影響を及ぼすことも実証

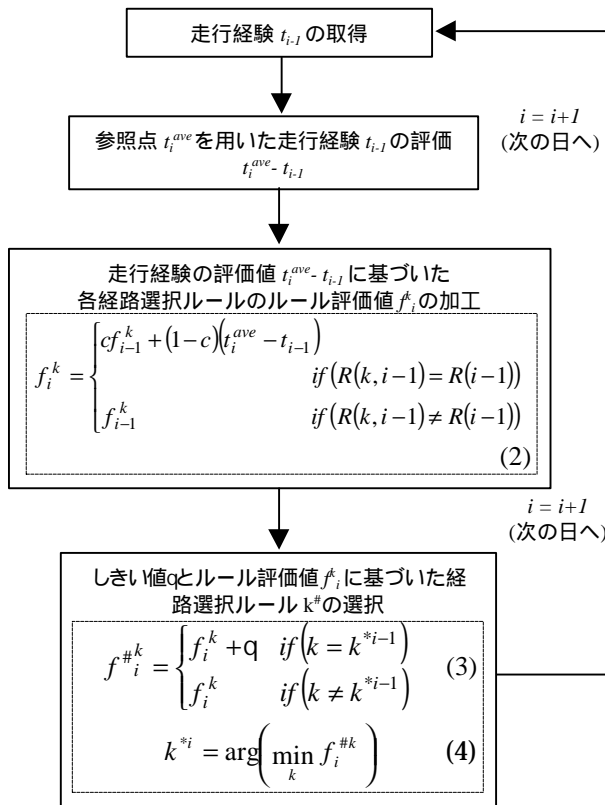


図2 経路選択ルールの変遷についての情報処理プロセス

的に示されているからである³⁴⁾。

これらを最も基本的な前提として、「そのルールを用いていけば、普段よりも早く行けたのだろうか?」という判断が運転者の経路選択のルールを変更する基本的動機として働いているものと仮定した。すなわち、限定的な経験情報から構成される「普段」という参照点に基づいて選択ルールの優劣の判断が行われていると仮定した。本研究ではそれを、過去の経験旅行時間の平均値という形でモデル化した。

以上の仮定のもと、本研究では、図2に示す情報処理プロセスを用いて運転者の経路選択のルールの変遷をモデル化する(付録1参照)。なお、図2に示した式(2)~(4)で用いた各変数の定義は、以下の通りである。

- $R(k, i-1)$: 経路選択ルール k の $(i-1)$ 日目の推奨経路
(運転者が、経路選択ルール k を経路選択ルールとして採用した場合に選択する経路)
- $R(i-1)$: 実際に $(i-1)$ 日目に利用した経路
- f_i^k : i 日目の経路選択ルール k のルール評価値
- t_{i-1} : $(i-1)$ 日目の走行した経路の旅行時間

- t_i^{ave} : $(i-1)$ 日より以前 n 日間の走行した経路の旅行時間の平均(走行経験を評価する際の参照点)
- k^{*i} : i 日目に用いた経路選択ルール
- q : 現在利用中の経路選択ルールへの固執性を意味するパラメータ(0~1)
- c : 情報の保守性を意味するパラメータ(0)

以下、この情報処理プロセスモデルについて述べる。

まず、運転者は走行経験情報 t_{i-1} を入手すると、その走行経験を「普段」を意味する参照点 t_i^{ave} との比較に基づいて評価する。走行経験は普段より早いものなら良い(正の)評価を、遅いものなら悪い(負の)評価を受ける。

ついで、その走行経験の評価値に基づいて、各々のルール評価値が式(2)によって更新される。すなわち、推奨経路 $R(k, i-1)$ と実利用経路 $R(i-1)$ とが一致せず、推奨経路の実所要時間が得られていない経路選択ルールについては、「そのルールを用いていけば、普段よりも早く行けたのだろうか?」という判断が不可能であるため、ルール評価値は更新されない。一方で、この条件を満たすルール評価値は、入手した新たな経験情報に基づいて更新される。この更新は、式(2)に示したように、新しい走行経験の評価値 $t_i^{ave} - t_{i-1}$ と前日のルール評価値との重み付き平均という形で定式化する。その際の重み c は、新しい情報に対する保守性、あるいは、私有する情報に対する依存の強度を表すパラメータである。1 の場合は新しい経験が全く考慮されず、極端に保守的な態度を意味する。一方、0 の場合は常に新しい経験で判断を行う、極めて革新的な態度を意味する。

こうして得られたルール評価値を比較して、最も小さなルール評価値の経路選択ルールが採用される。ただし、式(3)に示したように、現在利用している経路選択ルールが有利となっている。ここに、パラメータ q は、現在の選択ルールへの固執性を意味するものであり、この値が大きいほど、他の選択ルールへの変遷が生じにくい。

(4) 経験利用ルール内のパラメータの変化

本モデルでは、前項に述べた様な形で、ルール評価値を用いて選択ルールの離散的な変遷をモデル化するが、それと同時に、個々の経験利用ルール内のパラメータも、ルール評価値に依存して変化する機構をモデル内に組み込んだ。

経験利用ルールは、不確実性に対する態度のパラメータ g_i^s と走行経験の記憶日数を意味するパラメータ l によってその選択傾向が規定される。本モデルでは、毎回、ルールの選択が終了した時点で、評価値の最も高いルールのパラメータをランダムに変化させることとした。この手続きは、遺伝的アルゴリズム²¹⁾で用いられる突然変異の考え方を援用しつつ、運転者の学習をモデル化するため²⁾にモデル内に導入したものである。

言うまでもなく、遺伝的アルゴリズムが模倣する環境内の生物の進化プロセスと交通環境内の運転者の学習プロセスとは同等ではないが、双方とも、ある個体が外的に条件として与えられる環境への適応を目指している、という点においては等価であると言えよう。本モデルで上述のモデル形式としたのは、この共通性に着目したためである。

(5) 本シミュレーションの解釈に向けて

本研究では、道路交通シミュレーションを行うにあたって、以上の様にいくつもの前提、仮定を設けている。例えば、式(2)にルール評価値の関数を定義するが、通勤行動等における遅刻に代表されるような時間に対して非線形のペナルティ関数も当然ながら考えられる²²⁾。しかし、これをモデルに導入するためには、経路のみでなく出発時刻の選択も内生的に取り扱い、かつ、交通状態の時刻変動を再現することも必要となる。選択ルールについても、通常の経路選択行動を、「ある状況 A を知覚した場合には行動 B をとる」といったルールや、認知負荷の小さいヒューリスティクス⁹⁾、あるいはスクリプト²³⁾で表現する方がより現実的な限定合理性⁹⁾を仮定したモデルとなり得るものとも考えられる。しかし、このような形で経路選択ルールを表現するためには、具体的な個々の車両の挙動や渋滞長、あるいは、歩行者や沿道の条件など、様々な条件を設定することが必要となる。

このように考えると、本シミュレーションが極めて単純な形で意思決定をモデル化していることが分かる。ただし、上述のように、本シミュレーションでは、経験の蓄積と日々の判断、選択ルールの変遷といった長期的な情報処理プロセスをモデル化している点で、一般的な均衡分析の枠組みとは本質的に異なる点である。一般的な均衡分析が行動結果そのものについての合理性(本質的合理性: substantive rationality⁹⁾)を前提とする一方で、本シミュレーション分析は長期的情報プロセスという意

思決定上の手続きに関する合理性(手続き合理性: procedural rationality⁹⁾)を前提とするものであると言えよう。運転者の意思決定を記述する際の基本的前提を一歩だけ現実の個人の姿に近づけた上で、道路交通システムの日変動に関する知見の検出を目指すのが本研究の基本的立場である。

3. シミュレーション分析結果

(1) 計算の前提

1OD, 2リンクという単純な道路網を 200 人の運転者が毎日利用しているという状況を想定し、両リンクのリンクコスト関数を以下の BPR 関数で定式化した。

$$t = t_f \cdot \{1 + \alpha \cdot (q/C)^\beta\} \quad (3)$$

ここに q が交通量であり、 t が所要時間である。そして、 t_f として 16, C として 200, α , β をそれぞれ 1, 2 と設定した。

運転者モデルにおける各パラメータについては、経験利用ルールのルール数 k の最大値 K を 5 とした。すなわち、経路固定ルール数が経路数に対応して 2 つ、ランダムルールが 1 つなので、合計で 8 つのルールを想定する。また、式(1)で定義した旅行時間の最大値と最小値を記憶できる範囲 m を 10, 式(2)で定義したルール評価値算定の際に基準とする経験の日数 n を 3 と設定した。

また、シミュレーション結果を分析する際の指標として、以下の指標を用いる事とした。

安定性指標:

$$Stab = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^2 |q_{i,j} - q_{i-1,j}|}{M \cdot N}$$

$q_{i,j}$: 経路 j の i 日目の交通量

M : 日数

総走行時間(効率性指標):

$$Total = \sum_t \sum_i t_i / M$$

t : 運転者のラベル(1~200)

なお、本稿では、後者の総旅行時間をネットワークの効率性の指標として用いる。さらに、ネットワークを与件とし

表3 運転者の異質性の影響について(分析1, 分析2)

(1) 利用経路の旅行時間の経験のみを蓄積する場合

		c = 0.5					c = 0.9				
		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
Stab	=0.0	25.42	26.12	25.02	25.5	25.27	16.82	18.61	16.48	16.53	17.24
	=0.5	13.44	14.35	12.94	13.52	13.81	5.13	2.75	0.45	6.74	3.32
	=1.0	6.99	3.87	0.32	7.53	5.29	4.79	3.15	0.26	6.63	3.55
Total	=0.0	4078	4090	4079	4084	4083	4035	4052	4051	4037	4041
	=0.5	4024	4033	4031	4026	4026	4004	4002	4018	4009	4004
	=1.0	4010	4009	4025	4010	4008	4011	4002	4217	4009	4006

(2) 非利用経路の旅行時間を事後的に与える場合

		c = 0.5					c = 0.9				
		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
Stab	=0.0	81.64	82.72	81.19	80.88	81.2	66.33	68.74	66.00	65.21	59.47
	=0.5	77.89	77.68	78.41	76.45	78.05	6.45	2.67*	3.52	6.69*	3.63
	=1.0	65.45	2.46*	47.28	62.84	67.60	4.72*	2.54*	2.93	7.25	2.80*
Total	=0.0	4402	4425	4408	4405	4408	4284	4304	4288	4279	4239
	=0.5	4373	4380	4392	4373	4352	4012	4002	4006*	4010	4005
	=1.0	4312	4002*	4242	4037	4333	4010*	4002	4007*	4010	4004

*: 情報を事後的に与えて指標が減少したケース

Stab	~ 10	
	10 ~ 20	
	20 ~ 30	
	30 ~	

Total	~ 4010	
	4010 ~ 4020	
	4020 ~ 4030	
	4030 ~	

表2 選択ルールの初期シェア

	経路固定 ルール (経路0)	経路固定 ルール (経路1)	ランダム ルール	経験利用
初期ケース1	0.167	0.167	0.33	0.33
初期ケース2	0.4	0.4	0.1	0.1
初期ケース3	0.1	0.7	0.1	0.1
初期ケース4	0.05	0.05	0.8	0.1
初期ケース5	0.05	0.05	0.1	0.8

- 注1: ケース1は固定, ランダム, 経験利用の各ルールシェアが均等, ケース2以降は, それらのうち, いずれか一つが極端に大きく, 残りは均等, というケースである.
- 注2: 特に, 経路固定ルールが多いケースについては, 一方の経路が多い場合(ケース3)と, 均等である場合(ケース2)の二つを想定した.
- 注3: 経験利用ルールは, 5つのルールにさらに細分されるが, それらの初期シェアはいずれのケースにおいても, 均等となるようにした.

た場合の指標として, 以下の指標も用いる.

最適性指標

$$Deviation = Total - Total^{min}$$

$Total^{min}$: ネットワークと OD 交通量とを条件とした場合の, $Total$ の最小値(最適値)

最適性指標での状態比較は, その定義上 $Total^{min}$ が共通の場合は効率性指標での状態比較と同じである. したがって, $Total^{min}$ に変化がみられるような分析(以下では分析3, 4)の時にのみ, 最適性指標に基づいて結果解釈を行う.

(2) 運転者の異質性とシステムの挙動(分析1)

運転者モデルでは, 運転者の異質性を意味するパラメータとして現状の経路選択ルールへの固執性を意味するパラメータ q , 情報への保守性を意味するパラメータ c がある. それに加えて, 各経路選択ルールのルール評価値の初期値 f_0^k (k) も挙げられる. なお, 初期値 f_0^k は, 選択ルールの選択における初期的な態度と見なすことができる.

本研究では, まずこれらの運転者の異質性の設定条件とシステムの日変動との関係を見ることを目的として, c として 0.5, 0.9, q として 0.0, 0.5, 1.0, 選択ルール評価値の初期値分布として表2の5ケースを考え, それらの全ての30の組み合わせについてシミュレーションを行った. 各ケースの安定性指標 $Stab$ と総走行時間平均 $Total$ とを表3(1)に示す. なお, f_0^k については, 分散(ス

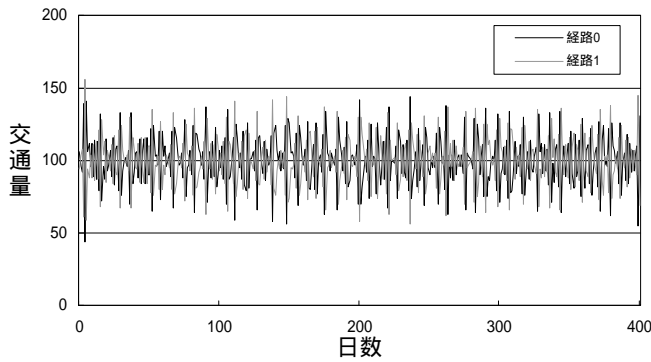


図 3(1) $q = 0, c = 0.5$, 初期ケース 1

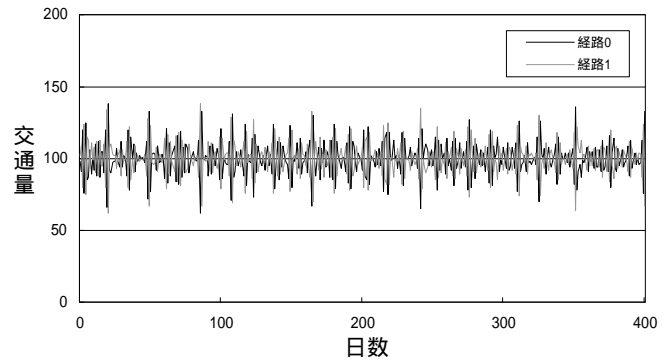


図 3(3) $q = 0, c = 0.9$, 初期ケース 1

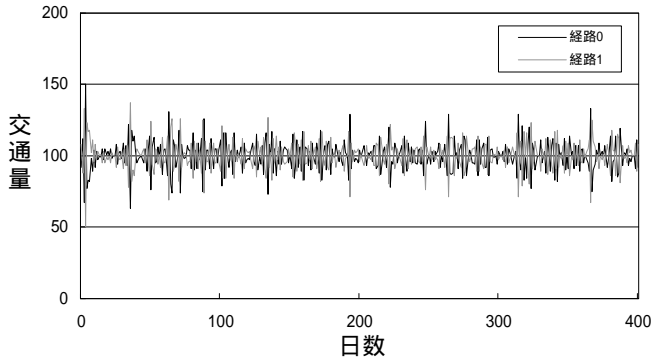


図 3(2) $q = 0.5, c = 0.5$, 初期ケース 1

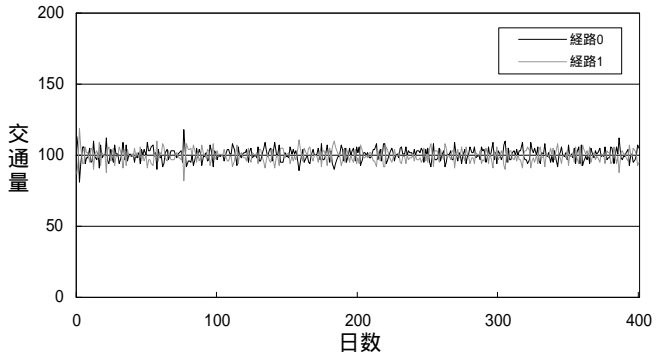


図 3(4) $q = 0.5, c = 0.9$, 初期ケース 1

(スケールパラメータを 1 と設定) は等しいが期待値の異なるガンベル分布をそれぞれの選択ルールについて設定し、その分布に基づいてランダムに生成して、各ドライバーが初期的に用いる選択ルールのシェアが表 2 に示した値となるようにした。

計算結果より、選択ルールについての新しい情報に関する保守性を意味する c が大きい程、全ての条件において高い安定性が得られる結果となった。同様に、現状の経路選択ルールへの固執性を意味するパラメータ q についても、その値が大きい程安定性が増加する結果が示された。これらの傾向を表す一例を、図 3 に示す。これらの結果は、運転者の選択行動と過去の経験との関係を如何に記述するか、という点にシステムの挙動が依存していることを示すものである。非集計行動モデルの立場からこの結果を解釈すれば、環境変化への適応行動についての情報を含むパネルデータ²⁴⁾を用いることが、マクロな政策評価のためには不可欠であることを意味しているものとも言えよう。

また、極めて安定性の高い状態 ($Stab < 1.0$) が、初期ケース 3 の場合にいくつか計算された。初期ケース 3 は、一方の経路への固定ルールが極端に多いケースであり、ランダムルールを採用する運転者がいなくなると

同時に、ネットワーク自体が安定化してしまい、選択ルール変更の動機をもつ運転者がいなくなってしまったものである。これらのケースの総旅行時間 $Total$ に着目すると、他のケースに比べて必ずしも効率的な状態とはなっていないことが分かる。これは、図 4 に示すように、システム最適状態¹¹⁾から乖離した状態での均衡を迎えていることが原因である。この場合、全ての運転者が自らが利用する経路が他方の経路よりも所要時間が早い、あるいは、自らが利用する経路を固定的に利用し続ける経路選択ルールが最も良い経路選択ルールであると思いつくことでシステムが安定する状態、すなわち、思いつき均衡となっている。

(3) 事後的な走行経験情報の効果(分析 2)

先の分析は、利用した経路の旅行時間情報のみを入手できるものとした分析であった。この運転者の限定性の仮定の緩和がシステムの挙動とどのような関係にあるのかを見るために、1 日の走行が終了する度に代替経路の旅行時間も運転者に伝達するという前提でシミュレーションを行った。このケースでは、両経路の旅行時間の記憶が蓄積されるだけでなく、いずれのルール評価値も毎日更新されることとなる。計算結果を表 3(2) に示

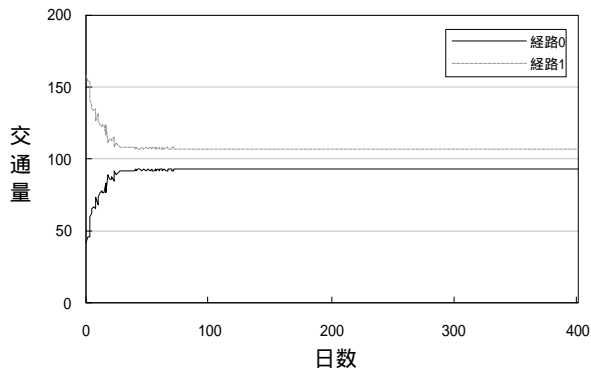


図 4(1) $q = 1.0, c = 0.5$, 初期ケース 3

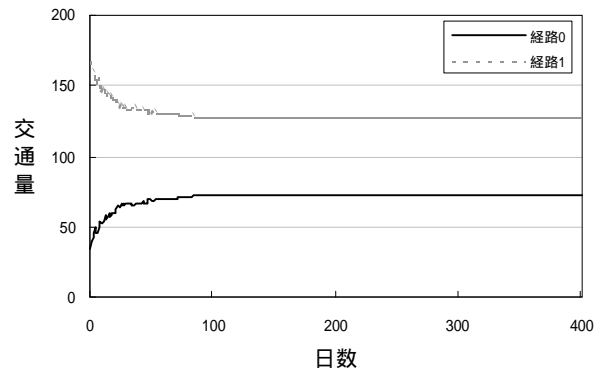


図 4(3) $q = 1.0, c = 0.9$, 初期ケース 3

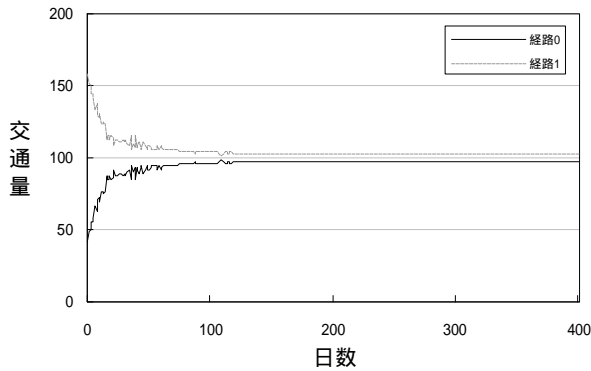


図 4(2) $q = 0.5, c = 0.9$, 初期ケース 3

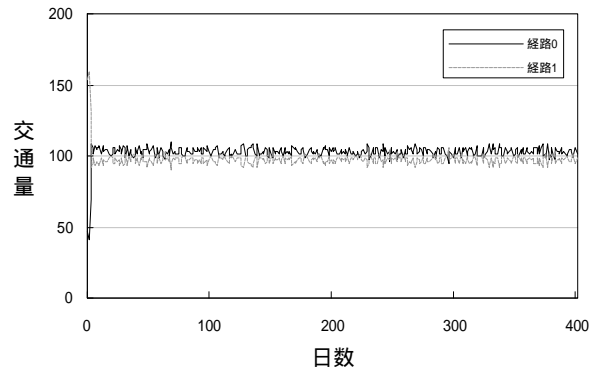


図 5 事後情報, $q = 1.0, c = 0.9$, 初期ケース 3

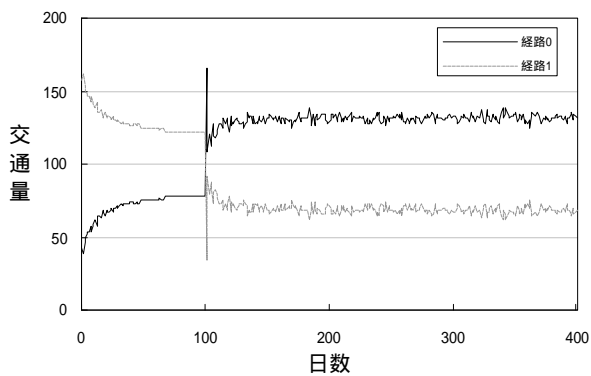


図 6(1) 経路 1 の交通容量を 100 日以降半減

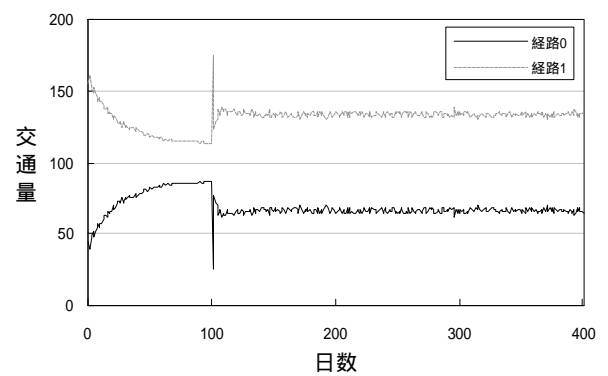


図 6(1) 経路 0 の交通容量を 100 日以降半減

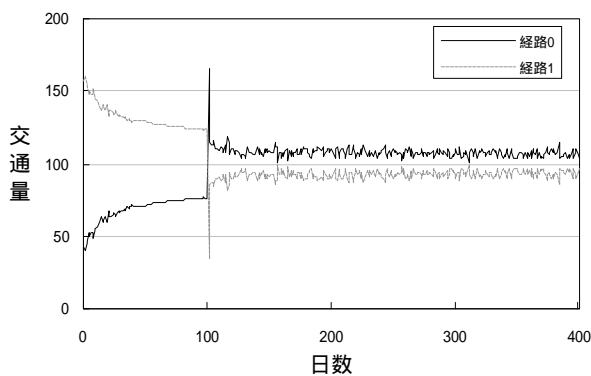


図 6(2) 経路 1 の交通容量を 100 日目だけ半減

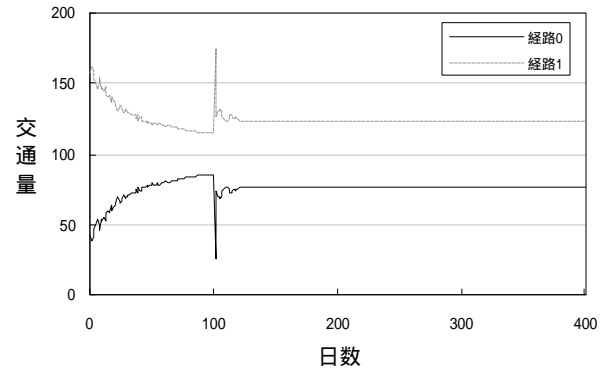


図 6(4) 経路 0 の交通容量を 100 日目だけ半減

す。

得られた結果と表 3(1)との比較より, 安定性指標 *Stab*, 総旅行時間 *Total* ともに増加したケースが, 全 30 ケース 22 ケースとなった。従来の研究においても, 時間変

動に着目した動的分析から情報の提供によって安定性と効率が低下するケースが存在することが指摘されてきた²⁵⁾。それに対してこの結果は, 交通状態の日変動に着目した場合にも情報提供が必ずしもシステムの安定

性と効率性を導く訳ではないことを意味するものと考えられる。

ただし、 $c = 0.9$ 、かつ、 $\theta = 0.5$ or 1.0 の場合では、事後情報の入手によっていずれか一方の指標が減少したケースが 10 ケース中 7 ケース(7 割)にも上る一方で、それ以外の 20 ケースのうち安定性が効率性のいずれかの指標が減少したケースは 1 ケースしかない(0.5 割)。すなわち、情報の提供が動的交通に日変動及ぼす影響は、パラメータ c と q が意味する運転者の過去への状態依存性に大きく左右される。

先ほどの「思い込み均衡」が得られたケースのうち、最も非効率性が強かったケース($q = 1.0$, $c = 0.9$, 初期ケース 3)に着目すると、その非効率性が大きく改善されていることが図 5 より分かる。これは、事後的な情報を提供することによって、思い込みが是正され、効率的な交通状態が得られたことを意味している。

(4) 容量削減と思い込み均衡(分析 3)

ここでは、上述の情報の提供以外の何らかの外的刺激を思い込み均衡状態に与えた場合に、どのような状態が現れるのかを計算した結果を示す。対象とした思い込み均衡解は、上述の $q = 1.0$, $c = 0.9$, 初期ケース 3 で得られたものである。

まず、交通量過多となっている経路 1 の交通量を 100 日目以降半減させた場合、100 日目一日のみを半減させた場合のそれぞれを計算した。図 6(1)に示すように、容量を 100 日目以降半減させると、多くの交通量が経路 1 から経路 0 へとシフトして、交通量の逆転が生じ、その結果、容量変化に伴って変化したシステム最適解の近傍で確率変動する、という結果が得られた。また、100 日目のわずか一日だけを交通容量を半減させるだけでも、大幅に思い込み均衡の非効率性が改善され、ほぼシステム最適均衡に近い水準で安定する結果が得られた。

これら 2 つの結果は、習慣的に利用する経路 1 のサービス水準が悪化することで、利用経路以外を選択する動機が生じ、一部の運転者が経路 0 へシフトしたために得られたものである。シフトした運転者は、実際に経路 0 を利用することで、自らの経路 0 の認知が過剰に否定的であったことを悟り(すなわち、それが単なる思い込みであったことを悟り)、経路 0 をそれ以後利用するようになったのである。

逆に、交通量が過小となっている経路 0 の交通容量を 100 日目以降を半減させた場合においても、図 6(3)に示すように、経路 0 の利用者の一部が経路 1 にシフトして、その結果、システム最適均衡状態近傍で確率変動する結果が得られた。ところが、100 日目の一日のみ半減させた場合(図 6(4)参照)には、先ほどと同様に経路 0 の容量が減少することで経路 0 の利用者の一部が経路 1 にシフトするのではあるが、経路 0 の容量が元通りに復帰した後でも、経路 1 にシフトした交通量が経路 0 に再びシフトすることはないという結果になった。すなわち、思い込み均衡の非効率性がさらに助長される結果となったのである。これは、経路 0 のサービス水準が一時的に悪化するだけで、経路 0 に対する否定的な思い込みを持つ運転者が増加してしまったことが原因である。

(5) 容量増強と思い込み均衡(分析 4)

先節の分析は、容量削減が思い込み均衡に及ぼす影響分析であったが、ここでは、容量増強が思い込み均衡に及ぼす影響を調べるために行った分析結果を示す。図 7(1)~(4)に、それぞれ経路 0, 1 の容量を 100 日以降ずっと、あるいは 100 日目の 1 日だけ倍にした結果を示す。図 7 より、容量削減による効果が様々な形で現れていた一方で、容量増強による効果は全くといって良いほど見られなかった。これは、自らの経路がより良い経路であると思い込み、学習を停止している運転者には、他方の経路のサービス水準が向上したという情報は伝わらず、逆に自らが利用する経路のサービス水準が向上した折には、まずまず自分の利用する経路が良い経路なのだ、という形で思い込みが増強されてしまうことが原因である。

4. 議論

ここでは、前章で述べたシミュレーション結果が示唆する内容、ならびに、それに基づいた考察を加える。

(1) 思い込み均衡の存在

過去の研究²⁾で示したように、手続き合理性⁹⁾を前提とした上で交通システム分析を行うと、1) 必ずしも利用者均衡が生じないこと、および、2) 効率性指標 *Total* の基準から望ましくない(すなわち、非効率的な)思い込み均

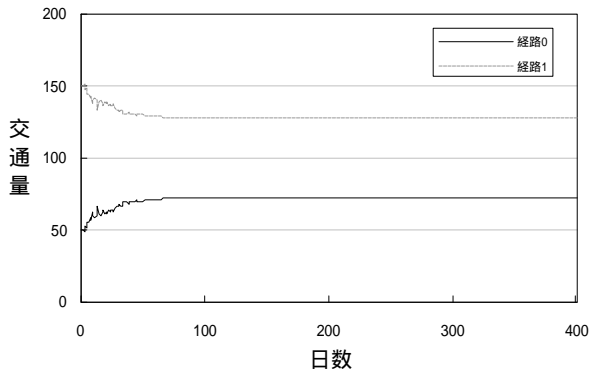


図 7(1) 経路 1 の交通容量を 100 日以降倍増

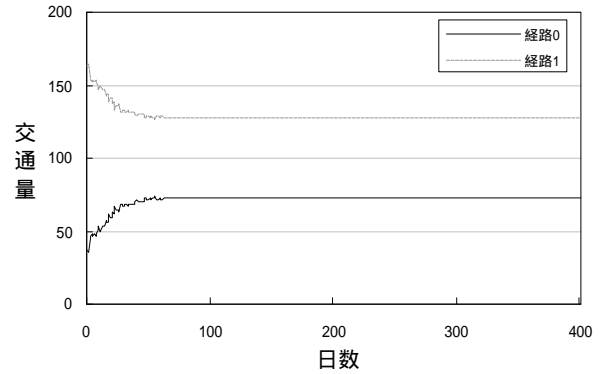


図 7(2) 経路 0 の交通容量を 100 日以降倍増

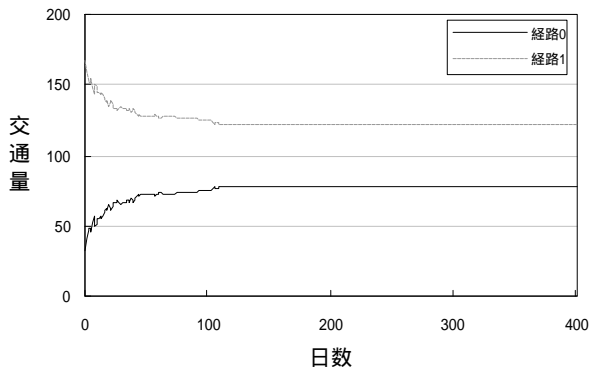


図 7(2) 経路 1 の交通容量を 100 日目のみ倍増

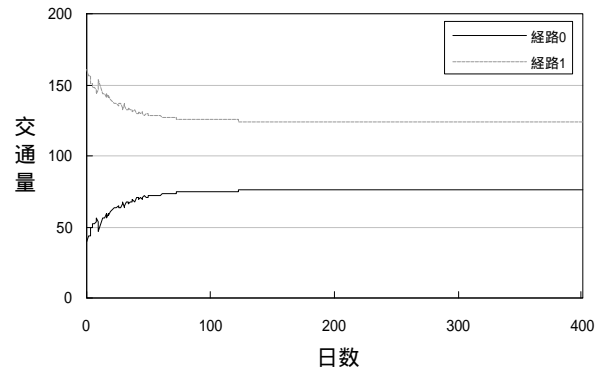


図 7(4) 経路 0 の交通容量を 100 日目のみ倍増

均衡が得られる可能性があること、が本研究からも示された。

分析 1 に示した結果から、思い込み均衡が生じた条件を考えると、個人の過去への状態依存性が強いこと、初期状態において一方の選択肢を固定的に利用する運転者が極端に多いこと、という 2 つの条件が重なった場合、思い込み均衡が生じやすくなる、ということが言えるかも知れない。もちろん、現実の各パラメータがどの程度の水準であるかが不明であるため、この結果から思い込み均衡の現実世界での存在の有無、あるいはその偏在性等を直接議論することは出来ない。ただし、先述のように、習慣を形成する個人の一般的な心理的傾向として negative belief が知られていること¹²⁾、ならびに表 1 に示したように、少なくとも交通機関選択においてはその存在が実証的に示されていること^{13), 14)}を考え合わせると、現実の経路選択においても思い込みが存在し、それに基づいた思い込み均衡が成立している可能性は十分に考えられるものと思われる。

(2) 思い込み均衡と情報

分析 2 からは、的確な情報を運転者が入手することで、思い込み均衡の非効率性が解消されることが示された。この結果は、思い込み認知の定義からして、至極当然

のことと言えよう。ところが交通計画上の問題は、的確な情報を、思い込み認知を持つ運転者にいかにして伝達するか、という点にある。

考えられる一つの方策は、VICS に代表される情報提供方策である。これで、何割かの運転者に適切な情報が伝わり、思い込みを是正することができるものと期待されるが、二つの問題点が考えられる。一つには、既に前章で指摘したように、また、従来の研究からも指摘されてきたように²⁵⁾、情報提供によってシステムの非効率性と不安定性が増加してしまう可能性が存在する点である。そしてもう一つが、交通管理の立場からは最も情報を伝えたい思い込み形成者ほど、その情報が伝わりにくい、というジレンマである。

言うまでもなく、情報提供方策は運転者の脳に情報を直接注入するものではなく、最終的には運転者側からの情報取得活動を必要とするものである。ところが、思い込みの形成する程に強い習慣を持つ運転者は、現状に満足してしまっているために、情報収集活動を十分に行わない^{10), 11)}。したがって、残念ながら、思い込みの程度が強くなればなるほど、交通管理者が提供する情報に接触する可能性が低下していく。もちろんこの問題は、表 1 に示した公共交通機関に対する思い込みに

表 4 思い込み均衡状態下での容量削減・増強効果

	方策の種類	容量削減方策(分析3)		容量増強方策(分析4)	
		継続的削減	一時的削減	継続的増強	一時的増強
シェア過多選択肢 (本分析: 経路1) (例 ² : 自動車)	結果の図番号 交通量のシフト 最適性指標 <i>Deviation</i> の変化 効率性指標 <i>Total</i> の変化	図6(1) 経路1 経路0 改善() 悪化(x)	図6(2) 経路1 経路0 改善() 改善()	図7(1) シフト無し 改善() 改善()	図7(2) シフト無し 変化無し() 変化無し()
シェア過小選択肢 (本分析: 経路0) (例 ² : 公共交通機関)	結果の図番号 交通量のシフト 最適性指標 <i>Deviation</i> の変化 効率性指標 <i>Total</i> の変化	図6(3) 経路0 経路1 改善() 悪化(x)	図6(4) 経路0 経路1 悪化(x) 悪化(x)	図7(3) シフト無し 悪化(x) 改善()	図7(4) シフト無し 変化無し() 変化無し()

¹² = 交通機関分担上の一例

についてもあてはまる。公共交通機関の宣伝をいくら行っても、非常に強い習慣を持ち、強い思い込みを抱く運転者には、その宣伝は届く可能性は低い。

これらのことを考えると、情報提供方策が有効である可能性は十分に存在する一方で、その効果は期待されるほど大きくないことも想定される。そして、その効果の程を知るためにも、情報収集活動を明示的に考慮した情報提供効果分析の枠組みが必要とされるものと考えられる。

(3) 思い込み均衡と一時的容量変化

運転者にとって最も信頼性の高い情報は、走行経験である。分析3では、サービス水準が現実以上に低いと信じられている選択肢を利用し、実経験の情報を入手することで、各運転者の思い込みが解消し、思い込み均衡が崩れ、その結果、システム最適な状態に近づく結果が得られた。

ここで、表4に、分析3,4の結果をまとめる。表4より、今回の数値計算では、効率性指標 *Total* (総旅行時間の絶対的な水準) とシステムの最適性 *Deviation* (すなわち、最小となる総旅行時間 $Total^{min}$ と *Total* との差) との観点の双方ともが改善されるのは、交通量過多選択肢の継続的容量増強方策と、その選択肢の一時的交通量削減方策だけという結果になった。言うまでもなく、継続的容量増強方策は莫大なコストが必要である一方で、一時的な交通容量削減に必要なコストは比較にならない程に低い。

さらに、このシミュレーションで得られた一時的容量削減と思い込み解消を裏付ける実証知見が、本稿1.で述べた通勤ドライバーを対象とした認知・行動データから得られている^{13), 14)}。この分析では、ある高速道路行止め期間中に、当該高速道路を習慣的に通勤に利用する運転者が、公共交通機関を利用することで、公共交

通機関に対する否定的思い込みが改善されることを、統計的に示している。

これらのことを考え合わせると、一時的な容量削減方策は、現有の交通システムの効率的な利用のために有効な方法であると言えるのかもしれない。ところが、本シミュレーションではわずか1日だけ容量を削減することで思い込みが解消されたが、先述の通勤ドライバーの例¹³⁾では習慣的に通勤に利用する高速道路が9日間全面的に通行止めになるという厳しい環境においても、期間中に少なくとも一度だけでも公共交通機関を利用した運転者は、わずか2割にしか過ぎなかった。残りの8割の通勤者は、他の経路を利用して毎日、自動車通勤を続けたのである。これらの8割の通勤者は、他の経路を利用することで道路交通システム内での思い込み認知を改善させたのかも知れないが、少なくとも、公共交通機関に対する否定的な思い込みは抱き続けたままであろう。

こう考えると、一時的交通容量低減策は思い込み均衡を崩す可能性を秘めてはいるものの、交通量過多選択肢の利用者にとってかなり厳しいもので無ければ、あまり大きな効果は期待できないのかも知れない。

(4) 思いこみ均衡と継続的容量変化: 需要追従型インフラ整備方策の心理学的問題点

分析3,4で示された特徴的な結果は、思い込み均衡下では、継続的容量削減は交通量シフトを誘発するが、継続的容量増強は誘発しない、ということである(表4参照)。これは、先述のように、思い込み認知にある個人は利用していない選択肢のサービス水準が変化しても変更の動機となり得ない一方で、利用する選択肢のサービス水準の悪化は変更の動機となり得るからである。ここでは、これらの結果の交通計画上の意味について考察を加える。

まず、表4に示すように、交通量過多の選択枝の容量を増加させた場合(図7(1)参照)、交通量シフトは生じないものの、交通容量が変わることによってシステム最適解そのものが変化するので、見かけ上はシステムの最適性指標 *Deviation* が改善されることになる。さらに、サービスレベルが向上した選択枝を利用する利用者の旅行時間が短縮されるため、効率性指標 *total* そのものも向上する。一方、交通量過小の選択枝のサービスレベルを引き下げた場合(図6(3))でも、交通量過小の選択枝(経路0)から過多の選択枝(経路1)へと交通量の一部がシフトし、結果、システム最適な状態が得られる。

以上の結果は、思い込み均衡下であっても、需要追従型のインフラ整備方策(すなわち、交通過多の選択枝の容量を増加させ、交通過小の選択枝の容量を減少させる方策)によって、交通量の大幅なシフトを生じないままに、最適性指標と効率性指標の双方を向上することができることを意味する。もちろん、交通量過小選択枝の容量削減は効率性の若干の悪化を招くが、その悪化は、交通量過大選択枝の容量増強で十分に埋め合わせできるものである。このようなシステムの最適性、効率性と容量変化の関係が、需要追従型方策を正当化するための一つの根拠として働いていたものとも考えられる。

一方、本分析では、需要追従側の政策とは全く逆の交通容量過多の選択枝の容量を削減する政策を行った場合(図6(1))にも、システムの最適性が向上することが示されている。同様の可能性はいわゆる均衡分析の枠組みの中でも示されている^{26), 27)}が、本研究の結果は、大量の需要シフトが生じ、かつ、そのシフトした交通量の思い込み認知が適正な認知に是正されるために得られた。もちろん、この政策によれば、ネットワーク全体の容量の合計が削減されるため、効率性指標 *Total* そのものは減少する。しかし、交通量過小選択枝の容量を増強する政策を同時に行えば、その減少を防ぐことが可能であろう。

需要追従型インフラ整備政策と、逆のインフラ整備政策はともに最適性指標を改善させるものであり、マクロな交通量の観点からは本質的な差はない。ところが、個々の個人の認知を考えた場合、前者は個人の思い込みそのものを強化(reinforce²⁸⁾)する一方で、後者は思い込み認知が消失している、という本質的な相違がある。こ

の相違は、個人の認知を明示的にモデル化した上でシステムの挙動を再現しない限りは分からないものであるとともに、もしそれが現実的なものであるならば、交通計画に大きな意味を持つとも考えられる。なぜなら、思い込み認知の強い個人は環境からの影響を受けにくい状態に陥っている^{10), 11)}ため、何らかの行政的意図のもとで政策を行っても、その影響を与えることが難しいからである。すなわち、需要追従型のインフラ整備を続けられ続けるほど、思い込みを強化し、需要追従型政策以外の政策の有効性がますます低下していくのである。

従来からも、非需要追従型のインフラ整備の必要性が主張されてきたが^{26), 27)}、思い込み認知を前提としても、需要追従とは逆のインフラ整備政策によって利用者一人一人に、自らの認識が思い込みであることを理解させ、上記の思い込み認知の強化と政策効果低減という悪循環を断ち切ることが必要であることが示されたものと言えよう。特に、本章(2)、(3)で指摘したように、情報提供や一時的な容量削減で思い込みの解消を図ることが難しいのならば、その必要性はさらに大きなものと言えるのかも知れない。

5. おわりに

本研究では、本研究では、完全情報、および、本質的合理性(substantive rationality⁹⁾)を前提とせず、手続き合理性(procedural rationality⁹⁾)を前提とした上で、交通システムの日変動を再現するシミュレーション分析を行った。当然ながら、本シミュレーションは交通現象を極めて簡素化して表現するものであり、各サブコンポーネントに関してもさらなる吟味が必要であるとともに、結果そのものの取り扱いにも慎重な態度が必要とされるものと思われる。しかし、そこで現出する思い込み均衡の背後に存在する思い込み認知は、人間の習慣と深く関わる問題である。本稿では、その点に焦点を当て、シミュレーションの結果と既往の研究で示されている実証的知見^{10), 11), 12), 13), 23)}を重ねながら、交通政策に関する考察を述べた。

交通計画において、需要追従型の交通政策からTDM型の交通政策へと転換を図るのならば、すなわち、利用者の気ままな行動に合わせた交通政策から、利用者の行動の変化を望む交通政策へと転換を図るのならば、利用者の習慣という問題を避けて通ることは難しい。

我々の日常的な行動に習慣が果たす役割は極めて大きい^{29), 30)}。そうである以上、いかに習慣を解凍 (unfreeze^{31), 12)}するかが、交通計画上の中心的課題の一つと捉えられるべきである。習慣の解凍のためには、公共心の活性化、社会規範、あるいは、モラルの向上が不可欠であることが強く主張されている^{12), 32)}。しかし、それだけでは不十分である可能性も同時に指摘されている^{12), 32)}。そう考えた場合、少なくとも習慣を固定化させている否定的な思い込みを解消するためにも、本稿で検討したような強制的な手法を含めた交通政策を検討していかざるを得ないのかも知れない¹⁴⁾。

謝辞: 本論文は、1998年京大土木ワークショップ「均衡を超えて」での発表原稿に基づいて作成したものである。当該ワークショップにて活発なご議論を頂いた参加者全員に、深謝の意を表します。

付録 1: 意思決定と判断の記述について

当然ながら、式(2)、(3)にて定式化されるルール評価値を運転者が紙と鉛筆、あるいは、計算機を使って計算しているとは考えられない。同様に、式(1)に関しても、運転者が走行経験を毎日メモに残しているとも到底考えられない。しかし、それらの評価値や参照点が無意識下に存在すると考えることは意思決定の記述にとって意義のあることだと考えられる。

例えば、不確実性状況下の意思決定の理論の一つである Prospect 理論³³⁾においても、参照点は無意識下の現象であり³⁴⁾、かつ、それを、意思決定者を含むいかなる立場からも観測することも非常に困難であることが指摘されている³⁵⁾。この点においては、Prospect 理論も、無意識的な効用概念を用いて意思決定を記述する効用理論と、同一の立場をとるものである。Kühberger の定義³⁶⁾に従えば、これらの意思決定記述モデルは意思決定モデルの種類としては、何らかの価値関数を用いる formal model に分類される。

しかし、何らかの無意識的な価値関数を想定することと、効用理論を援用することとは明確に区別する必要がある。効用理論は、formal model の特殊な一つの理論体系と言えるものであり、実際、効用理論が主張する原則通りに意思決定者が選択を行わない実証的知見は数多く報告されている^{37), 38)}一方で、それらが formal model の枠組みで構築されている記述モデルで理論的に説明されている^{33), 39)}。

本研究で提案する意思決定記述モデルも、記述アプローチとしては基本的には formal model の立場をとるものであるが(ただし、より、厳密に定義すれば、本モデルが認知過程を考慮していることから、cognitive model との hybrid 型の formal model に定義される)、効用理論との共通性は、その立場以上

のものではない。本モデルが式(1)、(2)、(3)に定義される指標に基づいて行動をモデル化してはいるものの、当然ながら、それらの指標は効用理論における効用概念とは異なるものであり、価値や便益を計算することはできない。

注

[1] ネットワークを所与とした場合に総旅行時間が最小となる規範的な交通状態。計算対象ネットワークでは、両リンクの特性を同じものと設定しているため、リンク交通量が両リンクで等しい状態が最適状態である。

参考文献

- 1) 土木学会: 交通ネットワークの均衡配分-最新の理論と解法-, 1998.
- 2) 中山晶一郎, 藤井 聡, 北村隆一: ドライバーの学習過程を考慮した道路交通の動的解析-複雑系としての道路交通システム解析に向けて-, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp. 753-761, 1999.
- 3) Nakayama, S., R. Kitamura and S. Fujii: Drivers' Learning and Network Behavior: A Dynamic Analysis of the Driver-Network System as a Complex System, *Transportation Research Record*, No. 1676, pp. 30-36, 1999.
- 4) 小林潔司: 不完全情報下における交通均衡に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No. 8, pp. 81-88, 1990.
- 5) Daly, A.: Behavioral Travel Modelling: Some European experience, in *Transport and Public Policy Planning*, D. Banister and P. Hall (eds.), Mansell: London, 1981.
- 6) 藤井 聡: 交通計画におけるシミュレーション手法の適用可能性について, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp. 19-34, 1999.
- 7) 長倉三郎他: 理化学辞典, pp.661-662, 岩波書店, 1998.
- 8) Lucas, R. E.: Asset prices in an exchange economy, *Econometrica*, **46**, pp. 1429-1445, 1978.
- 9) Simon, H.A: Invariants of human behavior, *Annual Review of Psychology*, **41** (1), pp. 1-19, 1990.
- 10) Verplanken, B., H. Aarts and van Knippenberg, Habit, information acquisition, and the process of making travel mode choices, *European Journal of Social Psychology*, **27**, pp. 539-560, 1997.
- 11) Gärling, T. Boe, O. and Fujii. S.: The development of Script-Based Travel Choice, Submitted to *Experimental Social Psychology, Applied*, 1999.
- 12) Dahlstrand, U. and A. Biel: Pro-environmental habit: Propensity levels in behavioral change, *Journal of Applied Social Psychology*, **27** (7), pp. 588-601, 1997.
- 13) 藤井 聡, 中野雅也, 北村隆一, 杉山守久: 自動車通勤ドライバーの公共交通機関の思いこみ認知とその改善についての実証研究, 土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集第4部, pp. 636-637, 1999.
- 14) Fujii, S., Gärling, T. and Kitamura, R. (1999) Changing

- Habitual Drivers' Attitudes Toward Public Transport: Triggering Cooperation in a Real-World Social Dilemma, submitted to *Environment and Behavior*.
- 15) Arthur, B.W.: Self-reinforcing mechanisms in economics, *The economy as an evolving complex system*, In Anderson, P.W. et al. (eds.), Addison Wesley, pp. 9-31, 1988.
 - 16) Hogarth, R.M: *Judgement and Choice: the Psychology of Decision*, John Wiley & Sons, Ltd., 1987.
 - 17) Erev, I. and Roth, A.E.: Predicting how people play games: Reinforcement learning in experimental games with unique, mixed strategy equilibria. *The American Economic Review*, **88** (4), pp. 848-881, 1998.
 - 18) 飯田恭敬:交通モデルの課題と展望 土木計画学研究・論文集, No.10, pp.1-13, 1992.
 - 19) 塩沢由典: 複雑系経済学入門, 生産性出版, pp. 205-207, 1997.
 - 20) 藤井 聡, 守田武史, 北村隆一, 杉山守久: 不確実性に対する態度の差異を考慮した交通需要予測のための経路選択モデル, 土木計画学研究・論文集, No. 16, pp. 569-575, 1999.
 - 21) Goldberg, D. G.: Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, Addison-Wesley Pub. Co., 1989.
 - 22) 山下智志, 黒田勝彦: 交通機関の定時性と遅刻回避型効用関数, 土木学会論文集, No. 536 /IV-31, pp. 59-68, 1996.
 - 23) Abelson, R: Psychological status of the script concept, *American psychologist*, **36** (7), pp. 715-729, 1981.
 - 24) 北村隆一, 飯田恭敬, 杉恵頼寧, 石田東生, 西井和夫, 屋井鉄雄, 兵藤哲朗, 内田 敬, 張 峻屹, 宇野伸宏, 佐々木邦明, 伊藤雅, 古屋秀樹, 藤井 聡, 清水哲夫, 倉内文孝, 山本俊行: 交通計画におけるパネル調査の方法論およびパネルデータ解析手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No. 19, pp. 617-624, 1996.
 - 25) 飯田恭敬, 藤井 聡, 内田敬: 動的交通流シミュレーションを用いた道路網における情報提供効果に関する分析, 交通工学, No. 6, Vol. 31, pp. 19-29, 1996.
 - 26) Cairns, S, Hass-Klau C and Goodwin P: *Traffic impact of highway capacity reductions: Assessment of the evidence*, Landor Publishing, London, 1998.
 - 27) Goodwin, P. B.: The urban transport problem: not enough road space? Or too much traffic?, 京大土木 100 周年記念シンポジウム「21 世紀の都市と交通」テキスト, pp. 75-85, 1997.
 - 28) Schwarz, B. and Robbins, S.J.: *Psychology of Learning and Behavior* (4th edition), W. W. Norton & Company, New York, 1995.
 - 29) Gärling, T., & Garvill, J.: Psychological explanations of participation in everyday activities. In T. Gärling & R. G. Golledge (Eds.), *Behavior and environment: Psychological and geographical approaches*. Elsevier/North-Holland, Amsterdam, pp. 270-297, 1993.
 - 30) Ronis, D. L., Yates, J. F., & Kirscht, J. P.: Attitudes, decisions, and habits as determinants of repeated behavior. In A. R. Pratkanis, S. J. Breckler & A. G. Greenwald (eds.) *Attitude structure and function*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 213-239, 1989.
 - 31) Lewin, K: Group decision and social change: In E.E. Maccoby, T.M. Newcomb, & E.L. Hartley (eds.) *Readings in social psychology*, Holt, Rinehart and Winston, New York, pp. 459-473, 1958.
 - 32) 藤井 聡: TDM と社会的ジレンマ-交通問題における公共心の役割-, 土木学会論文集, 投稿中.
 - 33) Kahneman, D. and Tversky, A.: Prospect theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica*, **47**, pp. 263-291, 1979.
 - 34) Tversky, A., & Kahneman, D.: The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, **211**, pp. 453-458, 1981.
 - 35) Fischhoff, B.: Predicting frames. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **9**, pp. 103-116, 1983.
 - 36) Kühberger, A.: Theoretical conceptions of framing effects in risky decisions, in Ranyard, R., Crozier W. R. and Svenson, O. (eds), *Decision making: cognitive models and explanations*, Routledge, London, pp. 129-144, 1997.
 - 37) Kühberger, A: The influence of framing on risky decisions: a meta-analysis, *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **75**(1), pp. 23-55, 1998.
 - 38) Tversky, A., Slovic, P., and Kahneman, D.: The causes of preference reversal, *American Economic Review*, **80**, pp. 204-217, 1990.
 - 39) Takemura, K. and S. Fujii: Contingent focus model of decision framing under risk, presented at 17th biennial conference on Subjective Probability, Utility and Decision Making, Mannheim, Germany, 1999.

UNFREEZING HABITUAL BEHAVIOR:
A TRAFFIC NETWORK SIMULATION ANALYSIS
OF PROCEDURALLY RATIONAL DRIVERS

Satoshi FUJII, Syoichiro NAKAYAMA and Ryuichi KITAMURA

The objective of this paper is to find clues for improving inefficient traffic condition caused by *deluded equilibrium* (Nakayama. et. al, 1999). With this aim, a day-to-day dynamic traffic simulation model was developed. The simulation model comprises a traffic simulator and a simulator of driver behaviors. The latter simulates the driver's learning of route choice strategies, while presuming *procedural rationality* in drivers' decision (Simon, 1990). The results of simulation analysis indicate that providing traffic information and the reducing road capacity in roadways of which traffic volume is excessive, are efficient means for breaking drivers' negative beliefs and improving the inefficiency in deluded equilibrium.