

# 公益情報の提供による総走行時間減少の可能性

\*東北工業大学 正会員 ○菊池 輝  
大阪ガス株式会社 正会員 山本貴之  
京都大学大学院 正会員 藤井 聡

## 1. はじめに

深刻化している交通渋滞の問題に対し、従来から行われてきた道路の量的拡張による対策は困難になってきているため、既存道路の効率的な利用により渋滞を緩和する施策に期待が寄せられている。

道路が最も効率的に利用されているネットワーク配分状況は、一般に「システム最適状態」と呼ばれている。これは道路ネットワーク全体を走行するドライバーの旅行時間の総和が最小となる状態であり、この値が最小値に近いほど、道路混雑が全体として減少していることを意味し、社会的に望ましい状態と言える。しかしながら、システム最適状態は、取り立てて交通管理者の介入がなければ、その実現は難しい。なぜなら、個々のドライバーが自らの旅行時間を利己的に、かつ、合理的に最小化しようとした結果、実現しうるネットワーク配分状況は「利用者均衡状態」であり、この状態がシステム最適状態と一致するとは限らないことが数理的に明らかにされているからである。

この利用者均衡状態は、個々のドライバーが、自らの旅行時間を利己的に、かつ、合理的に最小化しようとした結果実現する均衡解として導き出されるものである。したがって、この利用者均衡状態がシステム最適状態と乖離するという事実は、一人一人が十分に利己的で、合理的であれば、全体としては非合理的な状態が達成されてしまうという事実を意味している。

利用者均衡状態とシステム最適状態の乖離を埋めるための解決策として、最も効果的とされている代表的解決策が“ロードプライシング”である。これは、「人間は利己的で、かつ、合理的である」という前提に立った上で、システム最適状態から常に過大に交通量が流れている経路、区間等を利用する自動車に課金することを通じて、システム最適状態に近づけようとする施策である。しかし、ロードプライシングは、“課金をする”という点において利用者からの反発が強く、社会的受容性が著しく低い施策として知られている。こうした背景から、こうした乖離の問題に対する現実的かつ効果的な解決策は、見いだせていないものと考えられる。

本研究では、このような問題に対する一つの解決策と

して、「公益情報の提供施策」の可能性を探る。ここに「公益情報」とは、ネットワーク全体の総所要時間やCO<sub>2</sub>排出量に関する情報などのように「社会全体の利益に関わる情報」を意味するものである。「人間は完全に利己的で、かつ完全に合理的な存在なのではなく、公益に配慮する社会的な動機を持つ倫理的な存在でもある」と仮定すれば、公益情報の提供により、ドライバーの公益に資する行動を増加させ、それを通じて生起する交通状態をシステム最適状態に近づけられる可能性があると考えられる。本研究は、室内経路選択実験により、上記可能性を検証することを目的とするものである。

## 2. 仮説

本研究では、前章で述べた問題意識を踏まえ、以下の仮説を措定する。

**仮説：**道路ネットワーク利用者に公益情報を提供することで、総走行時間の減少に寄与する経路が選択される傾向が増進し、それを通じて総走行時間が減少する。

本研究では、一般的な交通情報として提供されている「所要時間情報」と「公益情報」を同時に提供する場合を考える。具体的には以下の情報を経路選択実験内でドライバーに提供する。

### 所要時間情報

ドライバーがその経路を選択したときに、そのドライバーの目的地までの所要時間(分)。

### 公益情報

#### ・全体の遅れ時間情報

ドライバーがその経路を選択したときに、ネットワークを走行する全ての自動車の目的地までの所要時間の総増加時間(分)。

#### ・CO<sub>2</sub>排出量情報

ドライバーがその経路を選択したとき、ネットワークを走行する全ての自動車の目的地までの所要時間の合計が増加することに伴い、ネットワーク全体から排出されるCO<sub>2</sub>排出量の総増加量(kg)。

**Keywords：** 総走行時間, 交通情報, 室内実験

\* 連絡先: akikuchi@tohtech.ac.jp

(Phone) 022-305-3517

ここで、公益情報として提供する「全体の遅れ時間情報」と「CO<sub>2</sub>排出量情報」は、どちらも、ドライバーが

ある経路を選択したときにネットワーク全体にどのような影響が生じるか、に関する情報である。「CO<sub>2</sub>排出量情報」としてドライバーに提供する情報の値は、「全体の遅れ時間情報」として提供する情報の値を、CO<sub>2</sub>排出量に換算したものであり、同様の内容を表現の仕方を変えて提供したものである。

### 3. 実験概要

本研究では、室内実験により上述の仮説を検証する。実験は、PC上に再現した図1に示す仮想道路ネットワークの分岐点において、分岐点から目的地までの走行経路を20人の被験者に選択させるものである。分岐点においては、各経路に関する交通情報を提供する(図2)。交通状況は、被験者の選択結果に依存し、同時に実験に参加した被験者がどのような選択を行うかによって、生成される交通状況が異なるように設計した。具体的には、20人の中から3人ずつ順番に経路選択を行い、各被験者が経路選択する際、分岐点では、その被験者以前に既に経路選択を行った被験者の経路選択結果を基にした交通情報を提供する。そして、20人全員が経路選択を終えた時点で、各経路の選択者数合計から各経路の所要時間を算出する。ただし、全員が経路選択を終えるまで、どの被験者も目的地に到着せず、経路1, 2上を走行中であると仮定する。このような「3人ずつ順番に経路選択を行い、全員が経路選択を終えた時点で、各経路の所要時間を算出する」という一連の流れを1回の試行とし、被験者の経路選択の順番を変えながら、計20回の試行を繰り返した。なお、本実験プログラムはz-tree<sup>1)</sup>を用いて作成した。

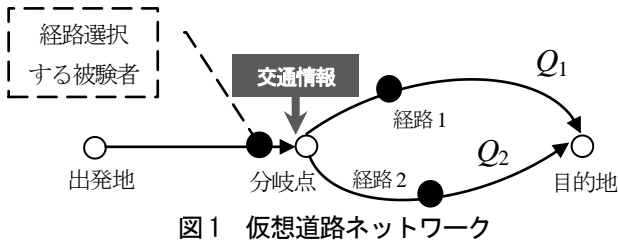


図1 仮想道路ネットワーク

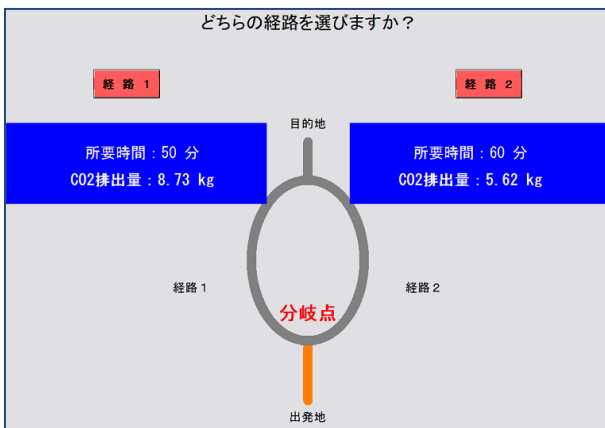


図2 分岐点における交通情報の表示画面

以降、本稿では、ある時点で経路*i*を走行中である被験者の数を、その時点で経路*i*の「累積選択者数  $Q_i$  ( $i=1,2$ )」と定義する。

### 3.1 所要時間の算出方法

20人全員が経路選択を終えた時点で  $Q_i$  の値から、毎回の経路*i*の所要時間を算出する。所要時間の算出には、以下のBPR関数を用いる。

$$t_i = t_{oi} \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{q_i}{C_i} \right)^\beta \right\} \quad (1)$$

- $t_i$  : 経路*i*の所要時間
- $t_{oi}$  : 経路*i*の自由旅行時間
- $C_i$  : 経路*i*の交通容量
- $q_i$  : 経路*i*の経路選択人数
- $\alpha, \beta$  : 道路特性に関するパラメータ

(1)式で用いた諸設定値、各経路の道路特性を表すパラメータは、利用者均衡状態とシステム最適状態が乖離した状況を想定し、以下の表1のように設定した。この設定のもとで、(20人の被験者のうち)経路1を選択した被験者数と、経路1, 2の所要時間および20人の総走行時間の関係は図3のようになる。

表1 BPR関数における諸設定値

	経路1	経路2
$t_{oi}$	30	60
$C_i$	15	20
$\alpha$	0.5	1.0
$\beta$	4.5	10
距離(km)	40	40

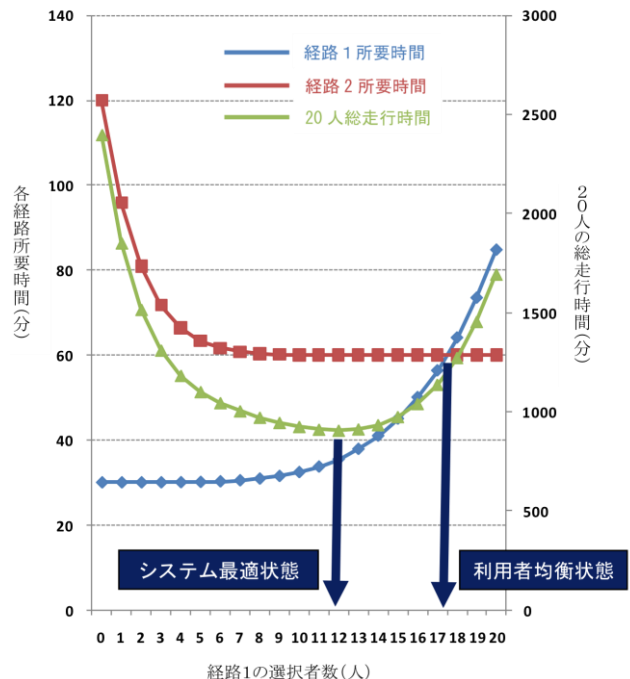


図3 経路1の選択者数と各経路所要時間、総走行時間の関係

### 3.2 交通情報の算出方法

分岐点で各被験者に提供される交通情報は、実験内で内生的に算出される。算出式を以下に示す。

#### 所要時間情報の値

経路*i*の所要時間情報の値は、被験者が経路選択する時点での「累積選択者数+1 ( $Q_i+1$ )」の値を経路*i*のBPR関数 ((1)式) の $q_i$ に代入して算出する。

#### CO<sub>2</sub>排出量情報の値

経路*i*のCO<sub>2</sub>排出量情報の値  $E_i(\text{info})$  (kg)は、以下の(2)~(4)式で算出する<sup>2),3)</sup>。

$$E_i(\text{info}) = e_i(Q_i + 1) \times (Q_i + 1) - e_i \times Q_i \quad (2)$$

$$e_i(Q_i + 1) = 2.786 + 0.0472 \times t_i(Q_i + 1) \quad (3)$$

$$e_i = 2.786 + 0.0472 \times t_i \quad (4)$$

#### 全体の遅れ時間情報の値

経路*i*の全体の遅れ時間情報  $D_i(\text{info})$ (分)は次式で算出する。

$$D_i(\text{info}) = t_i(Q_i + 1) \times (Q_i + 1) - t_i \times Q_i \quad (5)$$

### 3.3 実験群

本研究では、実験群1を統制群とし、表2に示す3つの実験群を設定した。

表2 実験群

	提供する情報
実験群1	所要時間情報
実験群2	所要時間情報+CO <sub>2</sub> 排出量情報
実験群3	所要時間情報+全体の遅れ時間情報

### 4. 実験結果

被験者は、自動車運転免許を保有する京都大学の大学生・大学院生60名であり、20名ずつ無作為に3つの実験群に分類し、2009年11月19日~12月3日に、京大大学内の実験室にて実験群ごとに実験を行った。

#### 4.1 実験の現実妥当性

全被験者に対し、実験後にアンケートを実施し、実験の現実妥当性に関して測定した。具体的には、『実際に、こういう状況にでくわした場合の、実際の選択』は、「今回の実験調査での選択」と、だいたい同じものになると思いますか?』という質問に対して、「1. そう思わない」「2. 少しそう思う」「3. そう思う」の中から回答を要請した。回答結果を以下の表3に示す。なお、縦軸は実験群毎に被験者の回答番号の値を平均した値を示す。

表3 実験の現実妥当性

	実験群1	実験群2	実験群3
平均	2.90	2.60	2.60
標準偏差	0.31	0.60	0.68

いずれの実験群も回答結果の平均が中央値である2.5を超えており、平均すると被験者は今回の実験で行った

経路選択と、実際に現実の状況で行う経路選択はだいたい同じであると回答としていたことがわかる。

#### 4.2 仮説の検証

本稿では、ネットワークの総走行時間の増加量が小さい方の経路を「公益経路」と呼称する。実験群2と実験群3では所要時間情報と公益情報を同時に提供しているが、全体の遅れ時間情報・CO<sub>2</sub>排出量情報の値が小さい経路は、本研究における公益情報の定義から、「公益経路」に一致する。すなわち本実験内において、公益情報が推奨する経路は公益経路である。

また所要時間の小さい経路と公益経路が異なる経路である状況を「trade-off」と呼称する。所要時間情報と公益情報が推奨する経路が同一の場合、ほぼ全ての被験者は推奨された経路を選択することが予想される。そのため、本研究では、trade-offの状況で各被験者が所要時間の小さい経路と公益経路のどちらの経路を選択するかという点に着目して分析を行う。

図4および表4は、trade-off時に各被験者が公益経路を選択した割合の平均値を表している。図から「所要時間情報のみ」を提供した実験群1に比べて、「所要時間情報+公益情報」を提供した実験群2および実験群3の方が、公益経路選択割合が大きくなっていることがわかる。また、統計的検定を行ったところ、実験群1とその他の実験群の間で、公益経路選択割合の平均に有意差(p < 0.05)が示された。

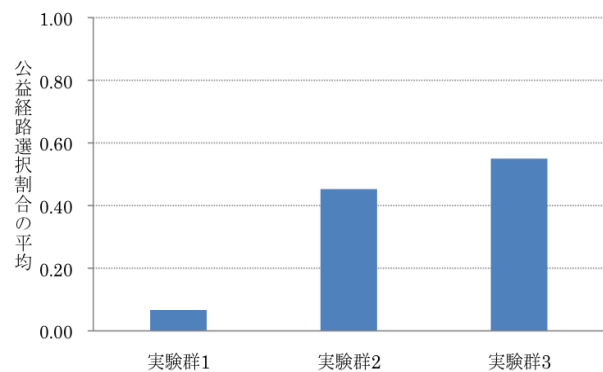


図4 公益経路選択割合の比較

表4 公益経路選択割合の平均値

	実験群1	実験群2	実験群3
平均	0.07	0.45	0.55
標準偏差	0.16	0.21	0.22

次に、実験群毎に「総走行時間の平均」を算出した結果を図5および表5に示す。ここで、総走行時間とは、20人の経路選択の結果生じた交通状況において、そのときの各被験者の所要時間を合計した値である。各実験群とも20人の被験者が経路選択を行う試行を1回として、20回の試行を行っているため、ここでは試行1回あたり

の平均を算出した。図から「所要時間情報のみ」を提供した実験群1に対して、「所要時間情報+公益情報」を提供した実験群2および実験群3の方が、総走行時間の平均が低くなっている傾向が読み取れる。ここで、「総走行時間の平均」を従属変数とし、「実験群」を因子とした分散分析（多重比較）を行った結果、実験群1はその他の実験群に比べて、総走行時間の平均が、有意（ $p < 0.05$ ）に低いことが示された。すなわち、所要時間情報に加え、同時に公益情報を提供することで、総走行時間が有意に減少する可能性が示唆された。

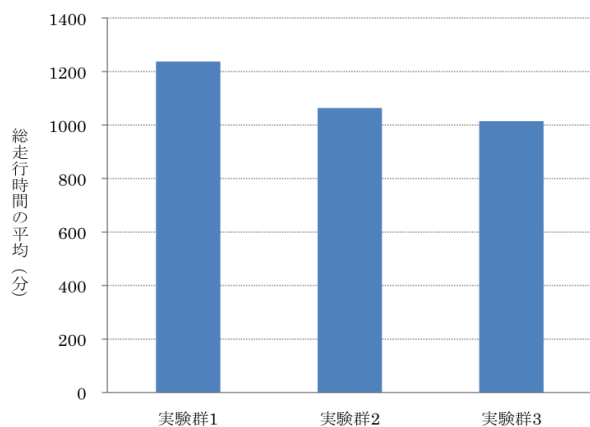


図5 総走行時間の比較

表5 総走行時間の平均値

	実験群1	実験群2	実験群3
平均 (分)	1237	1064	1015
標準偏差 (分)	99	75	33

以上の実験結果は、仮説を支持する結果と言える。

## 5. 考察

室内実験による仮説検証結果から、公益情報を提供することで、総走行時間の減少に寄与する経路が選択される割合が向上し、それを通じてネットワーク全体の道路混雑が減少し、交通状況が社会的に望ましい状態に近づく可能性が示唆された。

道路混雑の解消施策として、道路の量的拡張等ハード施策が物理的にも財政的にも困難となってきた現状では、既存道路の効率的な利用を促すことで道路混雑を緩和するソフト施策に期待が寄せられている。そのようなソフト施策では、現実に生起している交通状態をシステム最適状態に近づけることを目標としており、その中でも従来から「ロードプライシング」が効果的な施策として注目を集めてきた。ロードプライシングは、ドライバーが利己的で合理的な判断基準により経路を選択することを前提とした上で、混雑している特定の道路の使用に対して課金をすることを通じてその道路の混雑を緩和することを目標とする、ミクロ経済学的な解決策

である。しかしながら、社会的な受容性が著しく低い施策であることも知られており、事実、実際に本格的なロードプライシング導入に踏み切った都市は世界でも数カ所に留まっており、日本国内においては未だかつて例がないというのが実情である。

それに対して本研究の実験結果が示しているのは、ドライバーは完全に利己的で合理的な判断基準によって経路を選択するわけではなく、公益にも配慮して経路を選択する可能性である。すなわち、社会的受容性の低いロードプライシングに頼らなくても、ただ単に公益に関する情報をドライバーに提供するだけで、一部のドライバーの公益に配慮した行動を促し、それを通じて道路混雑を減少させられる可能性が示されたことを意味する。

交通情報提供施策は、ドライバーの「自主的」な判断に影響を及ぼすことで、自動車交通を時間的・空間的に分散し道路混雑を解消する、ということを目指している。ドライバーが自主的に利用するか否かを決定できることから、交通情報施策の社会的受容性は低くない。本研究の仮説検証結果は、道路混雑を解消するための新たな処方箋として「公益情報の提供」を行うことが有効である可能性を示唆しているであろう。

## 6. おわりに

本研究では、道路混雑を解消し、交通状況を社会的に望ましい状態、すなわちシステム最適配分に近づけるために、公益情報の提供効果についての仮説検証を行った。その結果、公益情報を提供した場合に交通状況がシステム最適配分状態に近づく可能性が示唆された。しかし、交通情報提供に関する既往研究において知見として得られているように、ドライバーは経路選択を行う際、交通情報だけでなく、自身の走行経験も判断材料として考慮していることが考えられる。本研究では、交通情報の表示内容以外の要因を制御するため、ドライバーが走行経験を蓄積せず、交通情報のみを判断材料として経路選択を行うことを仮定し、実験を行った。そのため、ドライバーが走行経験と交通情報の両方を考慮して経路選択を行う状況で、公益情報の提供効果を把握することが今後の課題の一つであると考えられる。

## 参考文献

- 1) Urs Fischbacher (2007): z-Tree: Zurich Toolbox for Ready-made Economic Experiments, *Experimental Economics* 10(2), 171-178
- 2) 大口敬, 片倉正彦, 谷口正明: 都市部道路交通における自動車の二酸化炭素排出量推定モデル, *土木学会論文集*695, pp.125-136, 2002.
- 3) 環境省:事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン(試案ver1.6)