

情報精度が駐車場選択行動に及ぼす影響に関する実験分析

倉内文孝¹・飯田恭敬²

¹正会員 修(工) 京都大学助手 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

²正会員 工博 京都大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

近年情報通信技術の発達により、情報提供が盛んに行われている。しかし、適切な情報提供方法のあり方、言い換えれば、情報提供戦略については、十分な議論が行われていないのが現状である。本研究は、情報提供を交通管理手法のひとつと位置づけ、適切な情報提供戦略を検討する上で重要となる、情報提供下での交通行動について考察を加えるものである。特に、情報精度に着目し、ドライバーが繰り返し情報を受け取る上でどのように情報に対する信頼度を変化させているかの解明を試みた。そのために、駐車情報を対象とした、駐車場選択繰り返し実験を設計し、情報提供下の行動データを収集した。得られたデータを用いてロジット型の離散選択モデルを構築し、パラメータ推定結果より、ドライバーの情報信頼度の更新過程について考察を加えた。

Key Words: information provision strategy, information reliability, laboratory experiment, car park choice

1. はじめに

近年の情報通信技術の発達により、情報提供は交通集中を緩和するための有効な手段として認識されつつある。その一方で、効果的な情報提供方法についての検討、言い換えれば、効果的な情報提供戦略についての検討は十分に行われていないのが現状である。情報提供による交通管理の大きな特徴として、交通管理者はドライバーに対して強制力を持たないことが挙げられる。情報提供をひとつの交通管理方策と位置づけ、効果的に機能させるためには、ドライバーが提供された情報をどのように受け止め、その結果どのように行動を変化させるかを明らかにする必要がある。交通管理者は、自身が目標とするような交通状況が実現されることを目指して、ドライバーの情報提供下の行動変化を予測しつつ情報提供を行わねばならない。情報提供下の交通行動分析が、情報提供効果の考察においては非常に重要となる。

現在実際に行われている情報提供システムにおいては、交通行動を十分考慮しているとはいえない。例えば、重要な情報提供戦略として位置づけられる情報提供位置については、道路交通センサ等から得られる交通量のデータや情報を受け取ったからの行動の変更可能性を考慮して決定されていると考えられるが、果たして設置し

た位置が最適であったかどうか、といった議論は行われていない。さらに、現在提供されている情報は、主として現在時点情報と呼ばれるものであり、これは、システムのプロセス時間を加味して、提供可能な最新の情報を提供するという考え方に基づくものである。例えば、所要時間情報の場合、各リンクの交通量検知器より得られる交通量もしくは走行速度のデータを元に、提供情報の値を計算する。しかしながら、情報提供によって多くの利用者が行動を変化させれば、所要時間が変化することとなり、結果的に提供された情報と実際の所要時間との間に乖離が危惧される。最悪の場合、実際の最短所要時間と提供情報における最短所要時間が逆転することも起こりうる。

上記のように、提供された情報と実際の所要時間が大きく乖離した場合、ドライバーは、提供された情報を信頼できないものとして認識し、情報を利用しなくなる可能性がある。情報によって提供される所要時間と、実際経験する所要時間との差を情報誤差と呼ぶならば、情報誤差によってドライバーは情報に対する信頼度を変化させながら、交通行動を繰り返しているといえる。最適な情報提供戦略を考える上で、このような情報に対する信頼度を考慮した交通行動のモデル化を行うことが重要である。

以上のような背景の下に、本研究においては、情報誤差によって情報に対する信頼度が変化すると仮定した交通行動モデルの構築を試みる。そのために、情報誤差を明示的にコントロールできる方法として室内選択実験を利用し、繰り返しの選択データを収集した。得られたデータを用いて、選択行動を繰り返していく過程における情報信頼度の変化について考察を加える。なお、本研究で利用したデータは駐車情報提供下における駐車場選択行動を取り扱ったものであるが、情報の誤差が明示的に考慮でき、繰り返しのデータが得られているならば、本研究で提示する考え方は、どのような交通情報下の選択行動のモデル化に対しても適用可能であると考えられる。

本論文の構成は以下の通りである。まず、1.において、本研究の背景と目的を述べた。2.においては、情報提供に対するドライバーの対応行動について、過去の研究との関連を交えながら議論し、本研究の位置づけを明らかにする。さらに3.においては、本研究で利用した室内駐車場選択実験システムの概要を説明する。4.においては、情報精度が異なるサンプルごとにグルーピングして駐車場選択モデルを推定し、推定結果より情報精度の影響について検討を加える。5.においては、情報誤差による情報信頼度の変化について定式化し、推定結果より考察を加える。最後に、6.では本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題を述べる。

2. 本研究の位置づけ

(1) 情報提供下の交通行動分析

駐車場利用の空間的な平滑化を目指して近年精力的に導入が進められているのが駐車場案内システム (Parking Guidance and Information System, 以下 PGI システム) であり、我が国においては 1997 年 9 月現在、およそ 59 都市で供用されている¹⁾。

一般に、情報の提供効果は 2 種類に分類される。ひとつは、即時的対応行動と呼ばれるもので、ドライバーが情報を受け取った時点において、経路の変更、駐車場の変更などの行動変化を起こすものである。もうひとつは、時間遅れ効果と呼ばれるものである。これは、情報を繰り返し受け取ることによって、ドライバーの知識が向上する、というものである。情報提供効果を分析するためには、この 2 つの効果をどのように分析するかが重要となる。

このような観点のもと、駐車場案内情報と駐車行動の関連性に関する研究が多くなされてきている。Polak et al.²⁾や吉田等³⁾は、情報に対する依存度と個人属性の関係を分析している。これらの研究は情報提供により行動を変更したドライバーの割合やその特徴を明らかにするこ

とを主な目的としている。それに対して、料金や目的地までの徒歩時間等の定量的なデータと情報提供の影響を比較し、情報提供効果を定量的に分析する研究も多くみられる。このような試みとしては、Allen⁴⁾や Tsukaguchi⁵⁾、Muromachi⁶⁾、Asakura⁷⁾などが挙げられる。これらの研究は全て SP (Stated Preference) データを用いた研究である。SP データを用いた研究においては、情報の時間遅れ効果を分析することは難しい。それゆえ、これらの研究は全て即時的な効果のみを扱っている。一連の研究においては、離散選択モデルを用いた駐車場選択のモデル化を試みており、その結果、情報提供が駐車場選択に影響を及ぼしていることを示している。

SP データに基づく分析ではいくつかの問題点が指摘されている。仮想的な条件下での選択であるため、現実の条件下において、SP 調査で回答したような行動をとるとは限らないこと、施策が自分にとって有利に働くような回答を行う可能性があること、施策に対して過敏に反応してしまうことなどの問題である。それに対して、実際の行動データをアンケート調査などを用いて分析する手法も考えられる。倉内らは、PGI システムが導入された都市を対象に、導入前後の交通行動をアンケート調査より観測し、行動変化の把握を試みている⁸⁾⁹⁾。これらの RP (Revealed Preference) データを用いた分析から、個人の選択肢集合の増加、駐車場から目的地までの徒歩距離の増加などが観測されている。

情報提供の効果は、その内容などによって大きく異なることが考えられる。駐車場情報を例にとっているならば、単に駐車場の満空状態を表示する方法、空いている駐車ロットの数を示す方法、満車の場合に空車待ちをしている車両数を示す方法、さらには予測される入庫待ち時間を情報として与える方法などが考えられる。実際に導入されているものは、満空情報、空き台数情報などである。これらの情報提供の方法によって、ドライバーの情報に対する依存度は大きく異なると考えられる。待ち台数情報や予測待ち時間情報は、現在供用されている都市はないため、SP 調査によりデータを収集する必要がある。

情報提供の内容に加えて、提供された情報がどれほど実際の状況と合致しているかによっても、ドライバーの交通行動に及ぼす影響は異なってくると考えられる。つまり、ドライバーは、くり返し情報を受け取り、その行動の結果と提供された情報を検討し、情報が価値あるものであるかどうかを判断していると考えられる。そのため、精度によっては情報が価値のないものにもなりかねない。しかし、個々のドライバーが情報に対してどれほどの信頼度を持っているかを知るためには、まずは知識がまったく無い状態からの情報提供下での選択行動を繰り返し観測することが必要である。

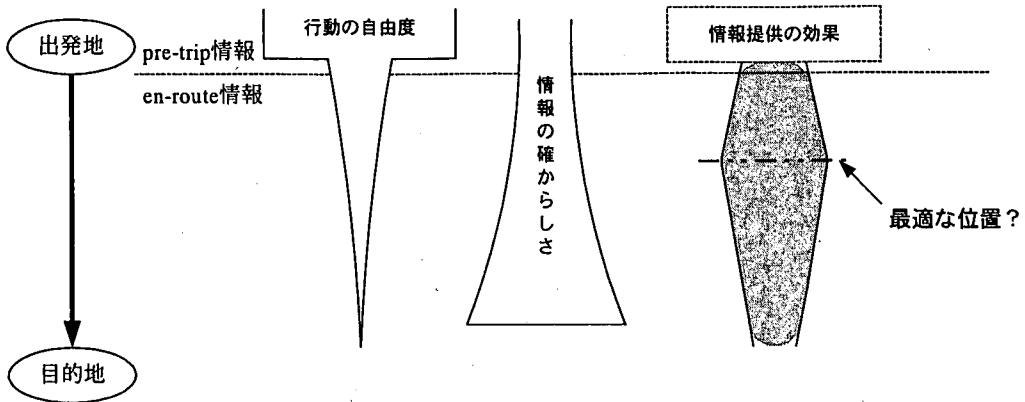


図1 情報提供位置と効果の関係

上述のように、現実に存在しない情報提供方法についての分析を行い、さらには情報の精度に関する考察を行うためには、ある仮想的な都市を設定し、そこでのドライバーの駐車場選択を繰り返し観測する SP 駐車場選択実験を行うことが妥当といえる。近年のコンピュータ技術の向上を考慮すると、このようなシミュレータを用いた実験的アプローチはデータ収集の一手法として確立されていくものと考えられる。このような、実験システムや行動シミュレータを用いた研究は、近年いくつか存在する。Mahmassani and Liu¹³⁾は、pre-trip 情報と en-route 情報がドライバーの経路選択にどのように影響を及ぼすかについて、実験を用いて分析を行っている。さらに、Bonsall and Merrall¹²⁾は経路選択シミュレータを用いて事故情報が与えられた場合のドライバーの対応行動を分析している。実験システムを利用して、情報精度と行動の関連性の分析を試みた研究もいくつか見られる。Bonsall は、相互作用経路選択シミュレータ (IGOR) を用いた分析より、ドライバーが誘導情報を遵守するかどうかは、ネットワークに対するドライバーの知識と情報の精度に依存することを示している¹³⁾。また、宇野らは、室内経路選択実験システムを利用して、情報精度が異なる実験を実施し、情報精度の経路選択に及ぼす影響を分析している¹⁴⁾。その結果、精度が高い情報が継続的に提供されれば、ドライバーは情報に対してより依存すること、はじめに精度の低い情報を受けたドライバーはその後精度が改善されてもあまり情報を参考にしないことなどを知見として得ている。これらの研究においては、情報精度の異なるグループにおける意思決定機構を比較してその違いにより分析を試みているが、情報精度によってどのようにドライバーの情報信頼度が変化するか、についての分析は行われていない。

(2) 情報精度と提供戦略の関連性

情報提供者がとりうる戦略としては、以下の5つが考

えられる。

- ① 現時点/予測情報
- ② 情報の種類
- ③ 情報の閾値、丸め方
- ④ 情報提供の位置
- ⑤ 情報の更新頻度

上記5つの戦略オプションのうち、情報提供効果に大きな影響を及ぼすと考えられる提供位置については、いくつか研究が行われている。杉野らは、PGI システムを例にとって、情報板の位置・数を変化させたときのシステムの効果を比較している¹⁵⁾。ネットワークシミュレーションモデルを用いて情報提供板の位置および数を変化させたときの平均所要時間によって評価した結果、提供板の位置は比較的駐車場に近く、かつ提供地点から容易に駐車場変更が可能であるような地点に設置することが効果的との結果を得ている。また、永田らは、高速道路における通行止め情報の提供位置について考察を加えている¹⁶⁾。情報提供位置の決定を数理計画問題として定式化し、遺伝的アルゴリズムによって最適提供位置を求めている。これら2つの研究においては、提供位置とドライバーの意思決定の自由度とのトレードオフのみに着目して分析を進めているが、情報精度が変化するの考慮は行われていない。

情報提供戦略を変化させることによって変化するのは、提供された情報の確からしさであるといえる。例として情報提供の位置を変更した場合を、図-1を用いて説明する。まず、情報提供の有無にかかわらず、ドライバーの行動の自由度は変化する。特に出発前に情報を提供する場合には、出発時刻や利用交通機関、さらにトリップの取りやめなど、飛躍的に選択の自由度が増加する。一方、駐車場から離れれば離れるほど情報を提供する時点と実際に駐車場を利用する時点との時間差が大きくなるため、情報と実際利用時の状況が乖離する可能性が高くなる。トリップ中 (en-route) 情報についてみれば、情

報がある程度確かで、なおかつある程度選択の自由度が確保されている位置で情報を提供することによって、情報提供の効果を最大にすることができる可能性があると考えられる。

ここで、情報の確からしさが変化することによって変化するのはドライバーの意思決定における情報の影響である。情報が確かでなくなることによって生じる影響は、ドライバーの意思決定に情報精度が及ぼす影響の変化をモデル化することによって表現できる。また同様に、情報の閾値や更新頻度を変更することによって起こりうる変化も、情報精度の変化に帰着することができる。

以上より、本研究では、情報を繰り返し取得することによって、ドライバーがどのように情報に対する信頼度を変化させていくかを分析する。なお、ドライバーの情報への信頼度を過度に上昇させることが必ずしも交通状況に良い影響を及ぼすとは限らない。情報に依存して選択を行うドライバーが増えれば、有利な情報が提供されている駐車場がかって混雑し、結果的に情報精度が悪化することによって、ドライバーの情報精度が低下する可能性もある。このような現象を考察し、最適な情報提供位置を模索するためには、都市内の交通状況及び駐車場利用状況を再現する交通流シミュレーションモデルの構築が必要と考える。本研究で構築する情報精度を考慮した駐車場選択モデルは、このような情報提供位置などの情報提供戦略を考慮可能な交通流シミュレーションモデルの意思決定サブモデルとして位置づけることができる。

3. 駐車場選択実験の概要¹⁷⁾

(1) 駐車行動の仮定

駐車場選択実験および一連の分析においては、情報提供の効果を分析する上で、駐車場利用者は図-2に示すような行動仮定に従うとして分析を進めている¹⁷⁾。まず、出発地においてドライバーは過去の駐車場の利用経験や、それまでに取得した情報によって蓄積した個々の知識と、その時のトリップ目的などにより利用駐車場を決定する。そして、決定した駐車場まで走行するための経路を決定し、移動を開始する。次に、駐車場案内板などの情報取得可能地点において情報を取得し、出発地において利用を予定していた駐車場を利用するかどうかを再考する。このときに、提供された情報が影響を及ぼすが、その影響は個々のドライバーがどれだけ情報を信頼しているかによって異なる。その後、情報提供地点において決定した駐車場に向かって走行を続け、その駐車場に到着する。駐車場に到着して、実際の利用状況がわかり、それをもとに、他の駐車場へ行くのか、それとも待ち行

列に加わるかの選択が行われる。最終的に、入庫までに費やした時間によって利用した駐車場の混雑状況についての知識が更新され、さらに、入庫までに待った時間と提供されていた情報の内容を比較することにより、情報に対する信頼度が更新される。なお、実験システムにより試行しているのは、出発地における駐車場選択と、案内板からの情報を取得した後の選択の2選択であり、経路選択や実際に駐車場が満車であったときの駐車場再選択については現在のところ考慮していない。

(2) 実験システムの概要

駐車場から目的地までの徒歩時間、トリップ目的やトリップを行う日時、駐車時間、天候などは駐車場選択に対して影響を及ぼしていると考えられる。しかし、ここでは情報提供の内容・精度の分析を主たる分析対象とするため、目的地から駐車場までの徒歩時間以外の要因は全ての被験者に対して同一とした。なお、目的地から駐車場までの徒歩時間は、駐車場選択を行う際の最も重要な要因であると考えられ、さらに、情報を定量化することを目的としてあえてドライバーに提示した。設定したトリップ条件を表-1に示す。本研究で用いた仮想的な都市を図-3に示しておく。図のように、ここでは3つの駐車場(図中A, B, C)からひとつを選択してもらった。なお、路上駐車という選択肢は設けていない。実験システムは、Microsoftの簡易プログラミング言語である、Visual Basicを用いて作成した。このようにパーソナルコンピュータを用いた実験を行うことによって、選択行動を行うためのサンプルの負荷が少なくなるため、より多くの繰り返し選択が可能である。以下に、実験を行う際に設定した条件をまとめておく。

a) 目的地の設定

被験者に駐車場から目的地までの距離を考慮してもらうために、3つの目的地を用意した(図-3中のX, Y, Z)。これらの3つの目的地を各被験者に対して1ヶ所ずつ与えた。この際目的地のシェアによって駐車場の利用シェアが変化する可能性があるため、各ステップにおいて同一グループの被験者のなかでの目的地シェアは1:1:1となるように設定した。

b) 選択結果としての入庫待ち時間

現実の状況下においては、駐車場の混雑状況はそれぞれのドライバーの駐車場選択結果の集計値として生成されるものである。しかし、これを実験で再現するとすると、各選択において全ての被験者の選択結果を収集し、それに応じて利用状況を計算しなければならぬ。また、本研究においては情報が実際の待ち時間に対してどれほど信頼がおけるかどうかを分析することが目的であるため、情報の確からしさを分析者がコントロールできることが必要である。そのため、ドライバーが駐車場を選択

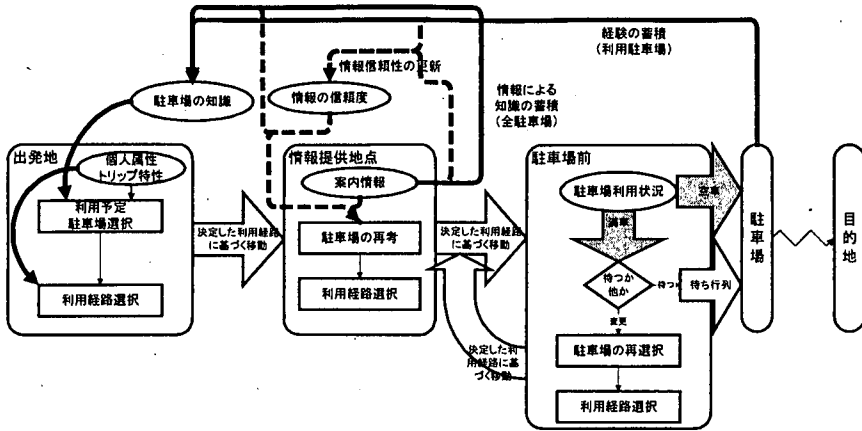


図2 駐車行動の仮定

した結果として経験する入庫までの待ち時間は、個々の被験者の選択とは独立とし、外生的に与えることにする。入庫待ち時間はある平均、分散を持った正規分布に従うと仮定し、乱数を用いて設定した。なお、その際の平均および分散は、駐車場の容量を参考にして決定している(表-1 参照)。この際、生起乱数により負の待ち時間が生じた場合には、待ち時間なしとしている。入庫待ち時間の設定値は、全被験者ごとに、各ステップにおいて同じ値としている。このような設定にした理由は、各ステップにおいて、実験グループごとに集計した実待ち時間の平均値等の結果が比較可能であるためである。

選択結果として与えられる実際の待ち時間は、ドライバーが選択した駐車場のみについて提供し、その他の利用していない駐車場については報告していない。

c) 提供情報の決定法

提供される情報は、案内板の更新間隔や情報を受け取ってから駐車場に到達するまでの所要時間などによって、実際の待ち時間からずれが生じることが考えられる。それゆえ、情報は b) で説明した実際の待ち時間に対して、平均 0 の正規分布に従う誤差を加えることによって生成した。情報精度が異なる場合の駐車行動の差を分析するために、正規分布の標準偏差を 2 種類用意した。比較的精度の高い情報として、実待ち時間から分散 σ^2 分の正規乱数より得られる誤差を足しあわせたものを高精度情報とし、分散 σ^2 分の誤差を足しあわせたものを低精度情報とした。なお、被験者には情報の誤差についての説明は一切行っておらず、それが精度の高い情報なのか、低いものなのかは選択の繰り返しの中で認識している。

情報提供の内容としては、現在供用されている満空情報と、より高度な情報として予測待ち時間情報の 2 つを研究対象とした。

d) サンプルグループピング

情報の提供内容の違いと情報精度の違いに応じて 4

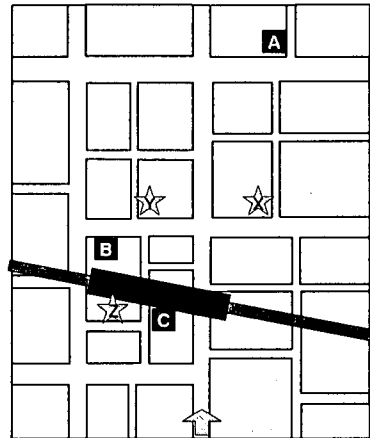


図3 実験に用いた仮想都市

表-1 実験の設定条件

都市の特徴	衛星都市
トリップの生起時刻	休日午後
トリップ目的	買い物
駐車容量	A:200台, B:100台, C:50台
駐車料金	全ての駐車場で200円/時間
選択条件	3つの駐車場のいずれかを利用しなければならない
待ち時間 (選択結果)	正規分布より作成 A: $N(0, \sigma^2)$, B: $N(6, \sigma^2)$, C: $N(10, \sigma^2)$
情報板	地図式案内板

つの情報が提供されるグループを用意した。また、比較のため、情報を与えないグループを 1 つ用意し、合計 5 グループのセグメント分けを行った。全サンプル 150 名を各実験グループに 30 名ずつ割り当てた。これらの 5 グループに対して、図4に示すような 45 回の駐車場選択の繰り返しを行った。実験は、45 ステップを連続して行い、サンプルの全体の実験にかかった所要時間は 30~40 分程度であった。なお、サンプルは京都近辺に

住む運転免許を持っている大学生に依頼した。

ここでは 45 回の繰り返しを連続して行っているが、実世界の状況下ではここで設定している行動を毎日繰り返しているわけではない。実世界の現象について検討を加える際には、トリップの発生頻度に応じた忘却等のメカニズムについても考慮する必要があるといえる。本研究においては知識の獲得過程に関する速度については考察の対象としていないため、上記のように連続して 45 回の繰り返し実験を行った。なお、グループ 3 について実験パターンの設定が異なっているため、以下のモデル化の際にはその影響が少ないであろうサイクル 3 の後半のデータを利用している。

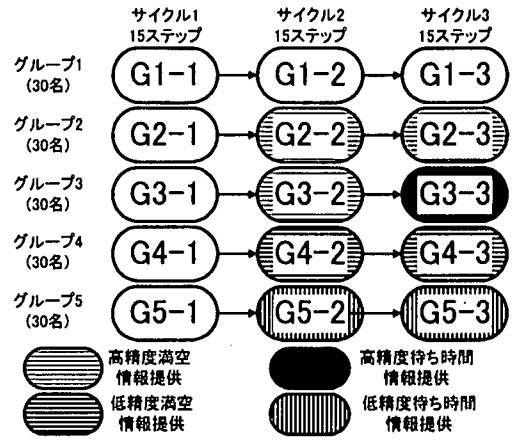


図4 グループの分類

4. 情報精度が駐車行動に及ぼす影響¹⁰⁾

ここでは、情報の精度が異なる場合に、情報が駐車行動に及ぼす影響が異なるかどうかの分析を行う。ここでは、ある程度の経験が蓄積されたと考えられ、なおかつグループの設定パターンによる影響を考慮して、ステップ 36~45 の 10 ステップ分のサンプルをグルーピングし、それぞれロジットモデルを用いて駐車場選択モデルを構築した。結果として、推定時のサンプル数は、全てのモデルについて 300 サンプルとなる。その推定結果を元に、異なる情報精度下における行動の差異を考察する。

なお、モデル化にあたって、いくつかの問題が懸念される。まず第 1 点目として、誤差分散の変化が考えられる。学習を繰り返していくことによって各サンプルの選択における不確実性が減少し、結果として選択モデルにおける誤差分散が減少していく可能性が考えられる。この点については、筆者らによる研究⁹⁾において、観測されたデータを 4 ステップごとに分割して駐車場選択モデルの推定を行うことによって検討を加えている。その結果、誤差分散の明確な減少傾向は見られなかった。よってここでは最終 10 ステップをプーリングして推定を行うこととした。また、第 2 点目の問題点として、系列相関の問題が挙げられる。データをプーリングして推定を行えば、同一個人がサンプル中に複数存在することになり誤差項間に相関が生じる、系列相関の問題が発生することが指摘されている²⁰⁾。この問題を考慮する方法として、森川・山田が互いに補完的な性質を持つ RP データと SP データを同時に用いた離散選択モデルを提案している²¹⁾。このモデルでは RP モデルと SP モデルの結合を行っている。本研究を行うにあたって上記モデルの適用を検討したが、10 ステップ分のデータを用いる場合スケールパラメータ等未知のパラメータが増加すること、パラメータ推定に際して数値積分を多数行わなければならないこと、の 2 つの問題により、系列相関を考慮せず

表-2 満空情報提供時の情報取得後選択

	低精度情報提供時 (G4-3)		高精度情報提供時 (G2-3)	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
α_1 (徒歩時間, 分)	-0.158	-3.231	-0.144	-3.005
α_2 (平均経験待ち時間, 分)	-0.112	-3.545	-0.138	-4.138
α_3 (情報ゲーム)	-0.040	-0.187	-1.141	-5.314
α_4 (第一希望ゲーム)	1.388	8.674	1.118	6.833
サンプル数	300		300	
L_{max}	-211.266		-225.467	
L_0	-325.529		-329.584	
$-2(L_0 - L_{max})$	228.525		208.234	
的中率	0.831		0.787	
尤度比	0.351		0.316	
修正尤度比	0.348		0.312	

※斜体は有意水準 5% で非有意であることを示す

に分析を進めている。

(1) 情報取得後の駐車場選択モデル

情報取得後の駐車場選択モデルの確定項は、次のように表現することにする。

$$V_{in}^t = \alpha_1 \cdot c_{in}^t + \alpha_2 \cdot w_{in}^t + \alpha_3 \cdot I_{in}^t + \alpha_4 \cdot p_{in}^t \quad (1)$$

ただし、

- V_{in}^t : ステップ t における個人 n の駐車場 i の効用
- c_{in}^t : 個人 n のステップ t における (目的地-駐車場 i) 間の徒歩時間 (分)
- w_{in}^t : 個人 n のステップ t までに経験した駐車場 i の待ち時間平均値 (分)
- I_{in}^t : 個人 n のステップ t における駐車場 i についての情報 (満空情報なら「満」が 1, 「空」が 0, 待ち時間情報なら分単位の情報値)
- p_{in}^t : 個人 n について、ステップ t において駐車場 i が出発地において選択されたものなら 1, そうでなければ 0 をとるダミー変数 (第一希望ダミー変数)

である。

情報精度が異なるサンプルごとに推定を行い、そのパラメータ推定結果より考察を加えることにする。

(2) 情報精度による選択行動の差異

a) 満空情報提供時の駐車場選択

表-2に、満空情報提供時の情報取得後駐車場選択モデル推定結果を示す。なお、情報の影響を示す説明変数は、満車の場合は1、空車の場合は0をとるダミー変数である。表-2をみると、低精度の情報が提供されている場合においては、情報の値を示すダミー変数が有意水準5%でゼロと異なるとはいえず、情報が選択に大きな影響を及ぼしていないことがわかる。さらに、その値を比較するために、仮に徒歩時間の影響は等しいと仮定すると、高精度情報提供時の第一希望ダミー変数に対するパラメータ推定値は、 $1.118 \times (-0.158 / -0.144) = 1.23$ となり、低精度情報提供時の第一希望ダミー変数のパラメータ推定値1.388と比較して小さい。これは、情報精度があまり高くない場合には、出発地において選択した駐車場をそのまま利用する可能性が高いことを示唆するものといえる。

なお、情報を取得することによって個人の選択に関する不確実性が減少することが期待される。このような観点から見れば、駐車場選択モデルの誤差分散、すなわち修正尤度比が減少することが期待される。本研究のように、低精度情報と高精度情報を比較した場合、高精度情報の方が修正尤度比が大きくなることが期待されるが、表-2の結果では低精度情報の修正尤度比の方が大きい。この原因としては、情報が低精度であるために、実際は情報を参照していないサンプルが増加したためと解釈している。今回の実験においては、情報を参照するかどうかについて被験者に質問せず、無条件に情報を提供したため情報を参照したかどうかについて確認ができない。そのため、出発地における駐車場をそのまま利用するという行動を説明する第一希望ダミー変数で駐車場選択を説明可能なサンプルが増加したため、結果的にモデルの修正尤度比が高くなったと考えられる。

b) 待ち時間情報提供時の駐車場選択

次に、待ち時間情報提供時における情報取得後駐車場選択モデルの推定結果を考察する。実験において分単位で情報を提供しているため、情報に関する影響は線形と仮定し、情報の値そのままを説明変数として採用した。表-3に推定結果を示す。推定結果を見ると、有意水準5%で非有意となっているのが高精度情報提供時における平均経験待ち時間である。それと比較して、待ち時間情報に対するパラメータ推定値が大きく、なおかつt値より有意水準5%で有意である。待ち時間情報が提供された場合は、情報と経験がどちらも分単位で定義されるため、下式に基づき情報と経験の重みを表す変数 η を低精度情報、高精度情報それぞれに対して求めた。

$$(1-\eta) \cdot w'_{in} + \eta \cdot I'_n \quad (2)$$

表-3 待ち時間情報提供時の情報取得後選択

	低精度情報提供時 (G5-3)		高精度情報提供時 (G3-3)	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
α_1 (徒歩時間, 分)	-0.197	-4.975	-0.289	-5.739
α_2 (平均経験待ち時間, 分)	-0.109	-3.303	-0.045	-1.428
α_3 (待ち時間情報, 分)	-0.066	-5.362	-0.221	-8.537
α_4 (第一希望ダミー)	0.753	5.328	1.072	6.048
サンプル数	300		300	
L_{max}	-241.459		-172.998	
L_0	-325.529		-313.365	
$-2(L_0 - L_{max})$	168.139		280.733	
的中率	0.757		0.831	
尤度比	0.258		0.448	
修正尤度比	0.254		0.445	

※斜体は有意水準5%で非有意であることを示す

この結果、低精度情報提供時には $\eta=0.377$ 、高精度情報提供時には $\eta=0.831$ となり、高精度情報提供時には情報に大きく依存していることがわかる。以上より、低精度情報提供時にはより自身の駐車場利用経験を参考に駐車場を選択しており、一方で高精度情報が提供されている場合には、利用経験よりも提供された情報により依存していることがわかる。

ここでは情報の誤差を、実待ち時間と情報の差という形で表現し分析を進めた。その結果、情報精度が異なることによって、ドライバーの駐車行動が異なる可能性が高いことが示唆された。しかしながら、実際駐車行動を行っているドライバーが情報の精度を分散という概念で認識しているとは考えがたい。どちらかといえば、図-2に示したように、逐次、情報への信頼度を更新させながら行動を繰り返していると考えられる。そのため、次章では、過去に経験した情報と実際経験した待ち時間の差異から、情報信頼度がどのように変化するかを定式化することによって、情報に対する信頼度を内生化した駐車場選択モデルの構築を試みる。

5. 情報提供による情報信頼度の変化²⁴⁾

前章の知見を元に、ここでは行動を繰り返すことによって情報への信頼度がどのように変化するかをモデル化することによって分析を試みた。

(1) 情報信頼度を内生化した駐車場選択のモデル化

a) 情報に対する信頼度の考え方

ここでは、情報への信頼度が、提供された情報と実際の状況との差によって変化すると仮定する。つまり、式(1)における情報の影響をあらわすパラメータ α_3 が変動すると仮定する。これを式で表せば、以下ようになる。

$$\alpha'_{3n} = \alpha'_{3n-1} + f(I'_{kn-1}, y'_{kn-1}) \quad (3)$$

α'_{3n} : 個人 n のステップ t における情報信頼度
 $f(\cdot)$: 関数

f_{kn}^i : ステップ $i-1$ において個人 n が利用した駐車場 k の情報

y_{kn}^i : ステップ $i-1$ において個人 n が選択した駐車場 k の実際の待ち時間

式(3)における関数形を情報内容に応じて仮定することによって、信頼度の更新過程を分析することが可能である。

b) 満空情報取得後の選択行動のモデル化

満空情報提供時においては、式(3)を次のように仮定した。

$$\alpha_{3n}^i = \alpha_{3n}^{i-1} + \beta_1 \cdot d_n^{i-1} + \beta_2 \cdot e_n^{i-1} + (\beta_3 + \beta_4 \cdot y_{kn}^{i-1}) \cdot f_n^{i-1} \quad (4)$$

ただし、

$\beta_1 \sim \beta_4$: 未知パラメータ

d_n^i : ステップ $i-1$ において、情報が「満」で、実際入庫するまでの待ち時間が生じていた場合は1をとるダミー変数

e_n^i : ステップ $i-1$ において、情報が「満」で、実際入庫するまでの待ち時間が生じていなかった場合は1をとるダミー変数

f_n^i : ステップ $i-1$ において、情報が「空」のときは1、そうでないときは0をとるダミー変数

($d_n^i + e_n^i + f_n^i = 1$ を満たす)

この考え方を図に表したものが図-5である。情報が「満」の時、実際の待ち時間が生じた場合、情報は選択結果と一致することになり、ある一定量 β_1 だけ信頼度が変化する。逆に、待ち時間がなかった場合は、情報は正確でなかったことになり、ある一定量 β_2 だけ信頼度が変化する、とする。一方、情報が「空」であった場合、実際に入庫待ち時間は分単位で与えられるため、情報(=0)と入庫待ち時間の差が計算できる。例えば、情報が「空」であったのに対して、実際の待ち時間が5分の場合と10分の場合には、情報信頼度の変化量は異なると考えられるため、ここでは図-5右側のように、情報信頼度の変化量は、実際の待ち時間の値と線形関係にあるとし、その切片および傾きをそれぞれ、 β_3 、 β_4 として推定することとした。なお、式(4)は漸化式となっているため、次のように書き換えることができる。

$$\begin{aligned} \alpha_{3n}^i = & \alpha_{3n}^0 + \beta_1 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} d_n^s + \beta_2 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} e_n^s \\ & + \beta_3 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} f_n^s + \beta_4 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} f_n^s \cdot y_{kn}^s \end{aligned} \quad (5)$$

簡単のため、各被験者の信頼度の初期値 α_{3n}^0 は全ての被験者間で同一の値であるとし、 β_0 とした。最終的に、効用関数の確定項は以下ようになる。

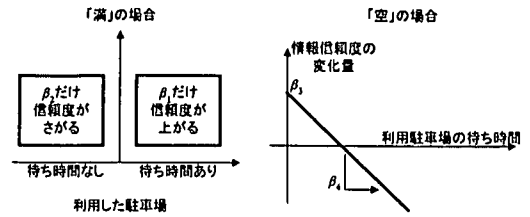


図-5 満空情報提供時の情報信頼度の変化

表4 パラメータの符号条件

α_1	α_2	α_3	α_4	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4
-	-	-	+	-	-	+	-	+

$$\begin{aligned} V_{in}^i = & \alpha_1 \cdot c_{in}^i + \alpha_2 \cdot w_{in}^i \\ & + \left(\beta_0 + \beta_1 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} d_n^s + \beta_2 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} e_n^s \right. \\ & \quad \left. + \beta_3 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} f_n^s + \beta_4 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} f_n^s \cdot y_{kn}^s \right) \cdot I_{in}^i \quad (6) \\ & + \alpha_4 \cdot p_{in}^i \end{aligned}$$

式(6)は通常のロジットモデルにより推定可能である。次に、各パラメータが満たすべき符号条件を整理する。満空情報に関する変数 f_n^i は、「満」なら1、「空」なら0をとる。情報が「満」のときに実際に入庫待ち時間が生じた場合、情報は間違っていなかったとして、情報の信頼度は上昇する。つまり、情報によって駐車場の効用が減少する割合が増加することが期待されるため、情報に関するパラメータ β_1 の符号は負である必要がある。同様に、その他の未知パラメータについて符号条件を表4にまとめておく。

c) 待ち時間情報取得時の選択行動のモデル化

待ち時間情報については分単位で提供されるため、情報の誤差がより厳密に定義される。ここでは、図-6のように仮定した。情報信頼度の変化量は情報と実際に入庫待ち時間の差に対して線形に推移するものとし、さらに、情報が実際に入庫待ち時間より大きい場合と小さい場合で、その変化量は異なるとした。満空情報提供時のモデル化と同様に変形すると、最終的に効用関数の確定項は式(7)ようになる。

$$\begin{aligned} V_{in}^i = & \alpha_1 \cdot c_{in}^i + \alpha_2 \cdot w_{in}^i \\ & + \left(\beta_0 + \beta_1 \cdot (t-1) + \beta_2 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} g_n^s \cdot z_{kn}^s \right. \\ & \quad \left. + \beta_4 \cdot \sum_{s=1}^{i-1} (1-g_n^s) \cdot z_{kn}^s \right) \cdot I_{in}^i \quad (7) \\ & + \alpha_4 \cdot p_{in}^i \end{aligned}$$

z_{kn}^i : 個人 n のステップ s における (待ち時間情報 - 実際

の待ち時間)の絶対値
 g_n : 個人 n がステップ s の選択において, (待ち時間情報-実際の待ち時間) ≤ 0 なら 1, そうでなければ 0 をとる変数

この場合においても, 推定は通常のロジットモデルを用いることが可能である. また, 未知パラメータの符号条件は, 表4に示したものと同様になる.

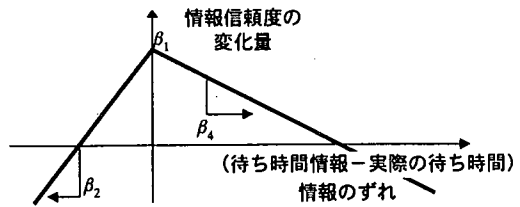


図6 待ち時間情報提供時の情報信頼度の変化

(2) 推定結果の考察

a) 満空情報提供時の情報取得後選択行動

パラメータ推定時には, 満空情報が提供されたグループにおけるサンプルを全てプーリングしたため, サンプルサイズは 2,250 となった. 情報信頼度の変動を考慮しない場合と考慮した場合の推定結果を表5に示す. なお, 信頼度を考慮した場合の推定において, β_1 は負であることが期待されたが, 正となったため, このパラメータを除去して再度推定を行った結果を示している. 表5を見ると, 的中率, 修正尤度比ともに上昇している. 信頼度を考慮した場合には, 情報信頼度を表現する β_2 - β_4 の t 値はいずれも高く, 5%で有意である. β_1 の符号条件が満たされなかったことは, 「満」という情報を受けて, 実際駐車場を利用する際に待ち時間があつたとしても, 情報信頼度の値は増加しないことを意味する. また, この推定結果より, 「空」の情報が提供されている場合に, 情報信頼度の変化量が 0 となる実待ち時間を計算すると 1.60 分 (0.118/0.074) となる. 空車情報に対して 1.60 分以上の待ち時間が生じれば情報信頼度が低下するという結果となっており, 被験者は, 提供情報に対して非常に厳しい精度を要求しているといえる.

b) 待ち時間情報提供時の選択行動

満空情報提供時の推定時と同様のプーリングを行った結果, サンプルサイズは 1,350 となった. 情報信頼度の変動を考慮しない場合と考慮した場合の推定結果を表6に示す. 表6より, 的中率, 修正尤度比ともに情報信頼度を考慮した場合の方が上昇している. また, 信頼度を考慮した推定結果の β_1 - β_4 のパラメータに対する t 値は, いずれも 5%の水準で有意であり, 符号条件も一致している. よって, 本研究で提案したモデルは, 情報と実際の待ち時間との差異と情報信頼度の変化量の関係を矛盾なく表しているといえる. 満空情報の時と同様に, 情報信頼度の変化量が 0 になる情報の誤差を, 情報が実際の待ち時間より大きいとき, 小さいときに分けて求めると, 情報の方が大きいとき, 小さいとき, ともに 2.00 分 (0.004/0.002) となり, 情報が実際の待ち時間よりも長い場合も短い場合もほぼ同等に評価していることがわかる.

表5 満空情報提供時の情報取得後駐車場選択モデル推定結果

	情報信頼度を考慮せず		情報信頼度を考慮	
	パラメータ値	t 値	パラメータ値	t 値
α_1	-0.149	-9.334	-0.154	-9.583
α_2	-0.096	-10.053	-0.097	-10.018
α_3	-0.911	-12.326	-	-
α_4	1.277	23.219	1.296	23.368
β_0	-	-	-0.943	-7.756
β_2	-	-	0.108	2.545
β_3	-	-	-0.118	-4.724
β_4	-	-	0.074	5.695
サンプル数	2,250		2,250	
的中率	0.797		0.805	
修正尤度比	0.319		0.328	

表6 待ち時間情報提供時の情報取得後駐車場選択モデル推定結果

	情報信頼度を考慮せず		情報信頼度を考慮	
	パラメータ値	t 値	パラメータ値	t 値
α_1	-0.236	-9.334	-0.240	-12.181
α_2	-0.095	-10.053	-0.093	-6.733
α_3	-0.098	-12.326	-	-
α_4	0.738	23.219	0.768	11.210
β_0	-	-	-0.126	-9.730
β_1	-	-	-0.004	-2.309
β_2	-	-	0.002	2.849
β_4	-	-	0.002	4.133
サンプル数	1,350		1,350	
的中率	0.770		0.776	
修正尤度比	0.291		0.303	

6. おわりに

本研究においては, 効果的な情報提供のあり方を考究することを目指し, その基礎的な検討となる, 情報に対する信頼度の形成過程についての分析を試みた.

まず, 情報の確からしさの違いによるドライバーの対応行動の異なりが情報提供効果に大きな影響を及ぼす可能性を提示した. このような情報精度と駐車場選択行動の関連性を考察するために, 屋内駐車場実験システムにより得られたデータを用いて分析を行った. あらかじめ設定した情報の精度が異なるグループをプーリングして駐車場選択モデルを推定した結果, 情報の精度が異なる

と、ドライバーの対応行動が異なってくる可能性が高いことが示唆された。この知見をふまえ、情報に対するドライバーの信頼度は選択を繰り返していく間に逐次更新されていくもの考え、情報の信頼度を内生化した駐車場選択モデルの推定を試みた。その結果、信頼度の更新を表現するパラメータに対する推定値が有意な値となり、情報の精度が悪くなればドライバーが情報を参照しなくなる、というアルゴリズムのモデル化に成功した。

今後、この駐車場選択モデルをサブモデルとした都市内交通流再現シミュレーションモデルを構築し、情報提供位置が変化することによる情報提供効果の差異について分析を行うとともに、このように情報に対する信頼度を考慮した場合としない場合において都市内交通状況の推定値がどのように変化するかを検証することを行う必要があるといえる。

また、今回の分析においては複数のサンプルをプーリングして駐車場選択モデルを推定したため、系列相関の問題が生じる。本研究においては系列相関を考慮していないが、系列相関の推定結果に及ぼす影響が大きい可能性もあり、その影響を考慮したモデル化を行う必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたって、吉矢康人氏（現大阪市建設局）、田宮佳代子氏（現建設省土木研究所）、黒木利一氏（現京都大学工学研究科土木工学専攻修士課程学生）に実験の実施等に際し協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 都市駐車問題研究会編：“駐車場建設の手引き '98”，(財)都市駐車問題調査会，pp.60-61，1998.3.
- 2) Polak, J., Vythoulkas, P. and Chatfield, I.: "Broadcast Parking Information: Behavioral Impacts and Design Requirements", *Transportation Research Record*, 1403, pp. 36-44, 1993.
- 3) 吉田孝介, 飯田恭敬, 宇野伸宏：“駐車場案内システム有効利用のための基礎的検討”，土木学会第 49 回年次学術講演会概要集第 4 部，pp. 380-381，1994.
- 4) Allen, P. A.: "Driver response to parking guidance and information systems", *Traffic Engineering & Control*, June, pp.302-307, 1993.
- 5) Tsukaguchi, H.: "Parking Management System Based on an Analysis of Parking Location Choice Behaviors", *Paper presented at 7th World Congress on Transport Research*, Sydney, 1995.
- 6) Muromachi, Y., Harata, N. and Ohta, K.: "A Dynamic Analysis on Driver's Response to the Parking Guidance and Information System", *Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems '95 Yokohama*, Volume IV, pp.1825-1830, 1995.
- 7) Asakura, Y.: "Parking Simulation Model for Evaluating Availability Information Service", *Advanced Methods in Transportation Analysis*, Springer, pp. 457-480, 1996.
- 8) Kurauchi, F., Iida, Y., Tsukaguchi, H., Uno, N. and Kato, M.: "The Empirical Analysis on the Evaluation of Parking Guidance and Information System", *the Proceedings of Third Annual World Congress on Intelligent Transport Systems*, (CD-ROM), 1996.
- 9) 飯田恭敬, 塚口博司, 宇野伸宏, 倉内文孝, 加藤誠:

- “パネルデータを用いた総合的駐車方策の効果分析”，土木計画学研究・講演集，18(2)，pp.789-792, 1995.
- 10) 倉内文孝, 飯田恭敬, 塚口博司, 宇野伸宏：“駐車場案内システム導入によるドライバーの駐車行動変化の実証的分析”，都市計画論文集，31, pp.457-462, 1996.
 - 11) Mahmassani, H. S. and Liu, Y.: "Commuter Pre-Trip Decisions Route Choices and En-Route Path Selection under Real-Time Information: Experimental Results", *Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems*, pp. 1860-1864, 1995.
 - 12) Bonsall, P. and Merrall, A. C.: "Analysing and Modelling the Influence of Roadside Variable Message Displays on Drivers' Route Choice", *Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research*, Volume 1, pp. 11-25, 1995.
 - 13) Bonsall, P.: "The Influence of Route Guidance Advice on Route Choice in Urban Networks", *Transportation*, 19, pp. 1-23, 1992.
 - 14) 宇野伸宏, 飯田恭敬, 久保篤史：“旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析”，土木計画学研究・論文集，14，pp.923-934，1997.
 - 15) 杉野勝俊, 朝倉康夫, 柏谷増男：“PGI システムにおける情報板の配置による効果の差異～ネットワークシミュレーションモデルを用いた数値計算を通して～”，土木計画学研究・講演集，20(1)，pp.415-419，1997.
 - 16) 永田泰裕, 川上光彦, 高山純一：“高速道路における通行止情報の提供位置に関する研究”，土木計画学研究・論文集，14，pp.935-942，1997.
 - 17) Kurauchi, F., Iida, Y., Yoshiya, Y. and Kato, M.: "Experimental Analysis on Driver Response to Parking Guidance and Information System", *Conference Proceedings of the First Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies*, pp. 88-102, 1996.
 - 18) Kurauchi, F., Iida, Y. and Yoshiya, Y.: "Experimental Analysis on Drivers Parking Behaviour under Information Provided", *paper presented at 8th World Conference on Transport Research*, 1998.
 - 19) 吉矢康人, 飯田恭敬, 倉内文孝：“案内情報提供時の駐車場選択行動に関する実験分析”，土木学会関西支部平成 8 年年次学術講演会講演概要，IV-39，1996.
 - 20) Amemiya, T.: *Advanced Econometrics*, Harvard University Press, 1985.
 - 21) 森川高行, 山田菊子：“系列相関を持つ RP データと SP データを同時に用いた離散選択モデルの推定法”，土木学会論文集，476/IV, pp.11-18，1993.
 - 22) 黒木利一, 飯田恭敬, 倉内文孝：“ドライバーの提供情報への信頼度を考慮した駐車行動に関する研究”，土木計画学研究発表会講演集，22(1)，pp.323-326，1999.

(1999.11.8 受付)

EXPERIMENTAL ANALYSIS ON THE EFFECT OF INFORMATION ACCURACY ON DRIVERS' PARKING CHOICE BEHAVIOUR

Fumitaka KURAUCHI and Yasunori IIDA

Information provision has been widely deployed at many places, but the efficient ways of information provision, in other words, information provision strategies, have not been discussed well. This paper explores the drivers' choice behaviour under information provided because it is indispensable to discuss the information provision strategy. Especially, this paper tries to make clear how drivers update their reliability on information while they receive information repeatedly. For this purpose, parking choice in-laboratory experiment system is constructed, and the parking choice behavioural data are collected repeatedly. Using these data, the logit-type discrete choice model is constructed and estimated. Through the parameters estimated, the drivers' updating processes of information reliability are studied.