

# 駐車場情報がドライバーの駐車場探索行動 に与える影響に関する基礎的研究

室町泰徳<sup>1</sup><sup>1</sup>正会員 博士（工学） 東京大学助教授 工学部附属総合試験所（〒113-8656 文京区弥生 2-11-16）

ITSプロジェクトの利用者サービスの1つには交通関連情報の提供が含まれており、目的地付近の駐車場情報を含むナビゲーションシステムの高度化が企画されている。本研究では、駐車場情報提供下のドライバーの駐車場選択行動と探索行動モデルを推定し、駐車場探索行動の発生メカニズムを検討した。その結果、駐車場情報提供下では、ドライバーは期待入庫待ち時間を推定して駐車場選択行動をしていること、ドライバーによる経路上における期待待ち時間が、初期選択駐車場の直近においては新たな駐車場探索行動を行うか否かの判断材料となり得ること、探索行動の抑制には経路上における駐車場情報の精度が重要であること、が示された。

*Key Words : parking, travel information, searching, travel behavior*

## 1.はじめに

ITS（高度道路交通システム）の発展により、ドライバーに適切な交通情報を提供して道路交通システムの安全性と快適性を飛躍的に向上させられるのではないかという期待が高まっている。ITSプロジェクトの利用者サービスの1つには交通関連情報の提供が含まれており、目的地付近の駐車場情報を含むナビゲーションシステムの高度化が企画されている<sup>1)</sup>。ドライバーにとっては、適切な経路の選択とともに、目的地における利便性の高い駐車場の選択が重要な交通行動の一部となる。目的地付近から駐車場に行き着くまでの行動には、複数の右左折を伴うなどストレスのかかる部分でもあることから、これを軽減するナビゲーションシステムへの期待は大きい。

一方、既にいくつかの都市において「駐車場案内・誘導システム」が導入されており、主に都心部の駐車管理を実現する有力なツールの1つとして定着している。既存のシステムは経路上の可変満空情報案内板が中心であるが、車載ナビゲーションシステムとの統合も図られつつあり、駐車場情報を含むナビゲーションシステムの高度化は今後も進められるであろう。

実際に駐車場情報システムを導入する場合には、その効果を詳細に定量的に分析する必要が生じる。具体的な導入効果には、ドライバーの駐車場利用の利便性向上、道路交通の円滑化、交通安全の向上等が挙げられている<sup>2)</sup>。中でも、ドライバーの駐車場利用の利便性に関しては、駐車場の選択性の向上、入庫待ち時間の減少、駐車場探索行動の軽減といった効果が期待され、これらを検討し得るドライバーの駐車場利用行動のモデル化に関する研究が進められてきた。

また、交通情報をドライバーに提供することによる効果を計測するフレームとして、情報経済学の成果を適用する研究が進められており、これら期待効用をベースとした理論的フレームが駐車場情報システムの導入効果の計測にも有効であることが示されている<sup>3)</sup>。特に、ドライバーの駐車場選択行動と駐車場探索行動は、この理論的フレームを適用することによって検討することが有効である。

そこで、本研究では、既存の研究レビューを行った後、まず、駐車場情報提供下のドライバーの駐車場選択行動をモデル化し、駐車場探索行動を検討する分析フレームを構築する。次に、東京都多摩ニュータウンにおける駐車場観測調査とアンケート調査の結果より、ドライバーによる駐車場探索行動の実

態を概観する。さらに、ドライバーの駐車場選択行動モデルと探索行動モデルを推定し、その発生メカニズムを検討する。最後に結論と今後の課題をまとめる。

## 2. 既存の研究

第1章で触れた通り、駐車場情報システムの導入がドライバーの駐車場利用の利便性に与える効果に関しては、駐車場の選択性の向上、入庫待ち時間の減少、駐車場探索行動の軽減といった内容がある。これら駐車場情報システムの効果計測を目的とした研究のレビューは西井他<sup>4)</sup>により詳細にまとめられており、以下ではこれ以後の研究を中心にレビューする。主要な3種類の効果の内、駐車場の選択性を対象とした研究は非常に少なく、倉内他<sup>5)</sup>の茨木市を対象とした駐車場情報システムの導入前後における駐車場利用パネルデータの結果が貴重な証拠を提供している。

入庫待ち時間を対象とした研究は数多く行われてきている。特に、近年では駐車場情報システム下のドライバーの駐車場選択行動を対象に情報経済学的分析フレームを適用した研究が精力的に行われている。Asakura, Y.<sup>6)</sup>はその最初の研究の1つであり、兵藤他<sup>7)</sup>は相模原市における商業地選択モデルの分析において適用を試みている。本研究においても、駐車場情報システム下のドライバーの駐車場選択行動と駐車場探索行動の関係を同様な分析フレームを適用して検討する。

本研究で主な分析対象とするドライバーの駐車場探索行動に関しては、Polak and Axhausen<sup>8)</sup>が研究展望を与えており、探索行動（Search Behaviour）の発生メカニズムに関する概念的な検討を行っている。欧州では、路上を含む駐車場所を対象とした駐車場所探索行動に対する関心が高く、Axhausen and Polak<sup>9)</sup>は駐車場所選択行動を対象として、Waerden, P.V.D. et. al.<sup>10)</sup>は駐車場所満車時の入庫待ち、探索、違法路上駐車などの適応的行動の選択を対象として、SP調査を用いて駐車場所探索行動を検討している。Khattak and Polak<sup>11)</sup>はドライバーの駐車場所に関する知識と情報獲得行動に関する調査を実施し、これらと駐車場所探索行動との関係を考察している。しかし、いずれの研究もドライバーの駐車場探索行動を直接的にモデル化して、その発生メカニズムを検討しているわけではない。

国内では、堂柿他<sup>12)</sup>が札幌市の都心街区においてドライバーの駐車場探索行動を待ち行列理論を用いてモデル化し、実証的に駐車場探索時間を算定している。また、杉野他<sup>13)</sup>は駐車場情報システムの効果分析モデルシステムの中で、駐車場探索行動をダイナミックな駐車場選択過程として取り扱っている。杉野他による研究は、ドライバーによるダイナミックな駐車場選択行動過程間の独立性を仮定した最も単純な駐車場探索行動モデルと捉えることができる。駐車場探索行動に関する他の仮定やこれに基づく駐車場探索行動の発生メカニズムを検討した既存研究は少なく、研究の余地は残されている。

人々の探索行動に焦点を当てた研究自体は、既に多くの蓄積がある<sup>14)</sup>。Richardson, A.<sup>15)</sup>は、住宅選択、就職先・就学先選択、駐車場所選択など、人々は様々な場面で既存の代替的選択肢の中から選択するか、あるいは新たな選択肢の探索を開始するか、という選択状況に立たされることを指摘している。これは新たな選択肢の探索には費用がかかり、人々は全ての選択肢を比較考量して選択行動を行っているわけではないことを暗黙に仮定しており、一般的な選択行動モデルの仮定である完全情報を緩和するものである。

また、上記例における探索行動の前提条件には差異があり、就職先・就学先選択のように一旦内定すれば最終的な選択を行うまで既存の代替的選択肢が増加する場合（Recall有）から、住宅選択のように時間と共に古い代替的選択肢から順次選択性が失われる場合、目的地付近における駐車場所選択のように眼前の駐車場所を選択するか、探索行動を続けるかという二者択一の場合（Recall無）等が考えられる。探索行動を止める（選択行動をとる）場合でも、その基準（Stopping Rule）、時間・予算などの制約条件、一連の探索・選択行動過程の（非）独立性など、コンテキストにより異なるモデルを検討する必要がある。

Thompson and Richardson<sup>16)</sup>はRichardson, A.を参考として、ドライバーの駐車場所探索行動をダイナミックな駐車場所選択過程としてモデル化している。ドライバーによる駐車場所探索行動と駐車場所選択行動間の選択は、眼前的駐車場所から得られる効用と探索行動から得られる期待効用との比較考量により決定されるという分析フレームを用いている。また、駐車場所探索行動は住宅選択のコンテキストなどと比較して、ドライバーの不確実性に対する態度にバラツキがある、探索費用が一定でない、代替的

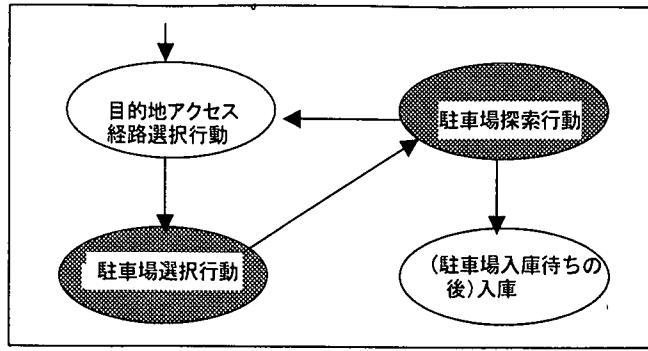


図-1 ドライバーの駐車場利用行動（網掛けは本研究の分析対象）

選択肢が限定されるといった点で、既存の探索行動モデルを直接的に適用するには複雑過ぎるという点を指摘している。しかし、Thompson, R.G. et. al. は都市内におけるドライバーの経路・駐車場所選択を包括的に扱えるシミュレーションモデルの開発を目的としている。一方、本研究ではドライバーの駐車場探索行動のモデル分析とその発生メカニズムの基礎的検討を目的としており、探索行動モデルの適用余地は十分にあるものと考えられる。

本研究では、Thompson, R.G. et. al. と同様な考え方方に沿ってドライバーの駐車場探索行動をダイナミックな駐車場選択過程としてモデル化する。分析フレームの一部は既に発表しているが<sup>17)</sup>、本研究ではこれを修正した上で分析を行う。また、駐車場情報システムがドライバーの駐車場探索行動にどのような影響を与えるかについては、Thompson, R.G. et. al. の研究でも明確に触れられていない。この点に関しても検討を加える。

### 3. 情報提供下のドライバーの駐車場利用行動

本研究では、図-1 のようなドライバーの駐車場利用行動を仮定する。ただし、トリップ目的は買物・レジャーとし、目的地の変更はないものとする。図-1 に示すように、ドライバーはまず、選択肢集合の中から最も期待効用の高い目的地へのアクセス経路と目的地における駐車場を選択する。駐車場情報提供がある場合には、これも考慮に含めた上で選択を行うと考えられる。しかし、駐車場情報システムによる情報提供を受けた場合でも、選択した駐車場に到着した時点における状況は駐車場情報提供から期待していた状況とは異なる場合があろう。このような場合のドライバーの戦術的対応として駐車場探索が発生すると本研究では仮定する。最初に選択した

駐車場において期待していた以上に入庫待ち時間が発生していた場合には、ドライバーはこの駐車場の入庫待ち行列に加わるか、あるいは改めてアクセス経路・駐車場選択行動を開始するか、といった選択状況に立たされることとなる。本研究では、この選択行動を駐車場探索行動と定義する。そして、後者を選択したドライバーは再び目的地へのアクセス経路選択行動からやり直す。

次に、駐車場情報システムとの関係を明確にしながら、ドライバーの駐車場利用行動のモデル化を検討する。まず、ドライバーが駐車場の利用機会に関して完全情報を有している場合、例えば、ドライバーが目的地のすぐそばに専用駐車場を持っている場合、駐車場選択や駐車場探索の必要はなくなる。また、ドライバーが目的地の近くに複数の駐車場があることを知っている場合、それらの駐車場入庫待ち状況を完全に知っている場合、駐車場探索の必要はなくなる。しかし、特定の駐車場が他の駐車場よりも格段に便利であれば、進んで駐車場入庫待ちのある駐車場を選択することはあり得る。現実的には、駐車場入庫待ち状況のダイナミックな特性から、ドライバーがこれを完全に知って駐車場選択行動を行うことはまず考えられない。

さて、ドライバーが目的地の近くに 2 力所の駐車スペースがあることを知っているが、(当日の) 駐車場入庫待ち状況は全く知らない場合の駐車場利用行動を考える。ドライバーは自身の駐車場入庫待ち時間期待値と他の利便性を勘案しながら駐車場を選択すると考えられる。 $EU_i$  を駐車場入庫待ち時間期待値  $qt_i$  と他の要因からなる駐車場  $i$  の期待効用であるとすると、ドライバーの駐車場選択行動によって実現される期待効用  $EU$  は、

$$EU = \text{Max.}(EU_1(qt_1), EU_2(qt_2)) \quad (1)$$

事前に駐車場情報がドライバーに提供される場合も

同様に検討することができる。すなわち、駐車場情報が2種類のメッセージ( $A$ と $B$ )から構成されると、メッセージ $A$ 条件下では、

$$\begin{aligned} EU(M = A) &= \text{Max.}(EU_1(qt_1 | M = A), \\ &\quad EU_2(qt_2 | M = A)) \end{aligned} \quad (2a)$$

メッセージ $B$ についても同様に、

$$\begin{aligned} EU(M = B) &= \text{Max.}(EU_1(qt_1 | M = B), \\ &\quad EU_2(qt_2 | M = B)) \end{aligned} \quad (2b)$$

情報が提供されない場合(メッセージ0)は、

$$\begin{aligned} EU(M = 0) &= \text{Max.}(EU_1(qt_1 | M = 0), \\ &\quad EU_2(qt_2 | M = 0)) \end{aligned} \quad (2c)$$

以上を比較すれば、

$$EU(M = 0) \leq EU(M = A) + EU(M = B) \quad (3)$$

となり、情報が提供された場合の方が提供されない場合よりも、各メッセージごとに駐車場選択行動を変更できる分だけ期待効用が高くなることが分かる。しかし、駐車場情報そのものがドライバーの駐車場選択行動を変化させ、2つの駐車場に対する駐車需要配分を変化させ、最終的に駐車場入庫待ち時間を変化させることを考えれば、式(3)が常に成立することは限らない。駐車場情報を有しているドライバーが絶対少数であれば、この影響は無視できるが、これは強い仮定である。

ドライバーの駐車場選択行動が各駐車場に対する期待効用に基づく離散選択ロジットモデルに従い、 $TPD$ を総駐車需要、 $PD_i$ を駐車場 $i$ に関する駐車需要とする。メッセージが $A$ の場合、駐車場 $i$ において観測される駐車需要は、

$$\begin{aligned} PD_i &= TPD \times \exp(EU_i(qt_i | M = A)) \\ &\quad /(\exp(EU_1(qt_1 | M = A)) \\ &\quad + \exp(EU_2(qt_2 | M = A))) \end{aligned} \quad (4a)$$

同様にメッセージが $B$ の場合、並びに情報が提供されない場合は、

$$\begin{aligned} PD_i &= TPD \times \exp(EU_i(qt_i | M = B)) \\ &\quad /(\exp(EU_1(qt_1 | M = B)) \\ &\quad + \exp(EU_2(qt_2 | M = B))) \end{aligned} \quad (4b)$$

$$\begin{aligned} PD_i &= TPD \times \exp(EU_i(qt_i | M = 0)) \\ &\quad /(\exp(EU_1(qt_1 | M = 0)) \\ &\quad + \exp(EU_2(qt_2 | M = 0))) \end{aligned} \quad (4c)$$

が各駐車場の駐車需要とドライバーの期待効用に関して成立することとなる。すなわち、本研究では駐車場満空情報が提供されている場合には、ドライバーは満車情報の場合には満車時の期待入庫待ち時間、空車情報の場合には空車時の期待入庫待ち時間(通常0分)を基にした各駐車場に対する期待効用により駐車場選択行動を行うと仮定する。

この分析フレームにおいてドライバーの駐車場探索行動はどの様に考えられるであろうか。駐車場情報が提供されていない場合でも、ドライバーが各々の期待効用に基づいて駐車場選択行動を行った後、戦術的変更を行うことは十分に考えられる。現場において選択した駐車場の期待入庫待ち時間が明らかに最初の期待よりも長いと判断された場合には、他の駐車場を探索始める可能性が高いであろう。

単純化のために、ランダムな駐車場混雑状況を考える。状況 $A$ では駐車場1が混雑しており、状況 $B$ では空いているものとする。さらに、駐車場2は常に空いているが、駐車場1よりも利便性がかなり悪いものとする。各ドライバーは各状況に対する期待効用に従って駐車場を選択すると仮定する。駐車場情報が提供されていない場合、ドライバーの駐車場1に対する期待入庫待ち時間を $qt_1(M = 0)$ とし、 $qt_1(M = 0)$ は具体的に状況 $A$ と状況 $B$ を合わせた入庫待ち時間の平均値をとると仮定する。状況 $A$ の時、最初ドライバーは $qt_1(M = 0)$ に基づき駐車場1を選択したとする。しかし、駐車場1まで来て駐車場期待入庫待ち時間 $qt_1(state A)$

( $> qt_1(M = 0)$ )を得た時、駐車場1の入庫待ち行列に加わるか、あるいは駐車場2への駐車場探索行動を開始するかという新たな選択状況が生じ得る。再びドライバーの行動が離散選択ロジットモデルに従い、かつ $p_s$ を駐車場探索行動の選択確率とする。

$$\begin{aligned} p_s &= \exp(EU_2(qt_2, EUS | qt_1(state A))) \\ &\quad /(\exp(EU_1(qt_1 | qt_1(state A))) \\ &\quad + \exp(EU_2(qt_2, EUS | qt_1(state A)))) \end{aligned} \quad (5)$$

式(4a)と式(5)を比較した場合、後者は新たに期待入庫待ち時間 $qt_1(state A)$ を得ているため、前者の駐車場選択行動の単純な繰り返しにはならず、行動の不確実性が減少する。ロジットモデルの場合、この点は $EU_1$ と $EU_2$ の誤差分散(スケールパラメーター)の違いに反映される。 $EUS$ は駐車場探索の費用であり、ここでは駐車場1から駐車場2への経路時間を表している。道路渋滞等があるような場

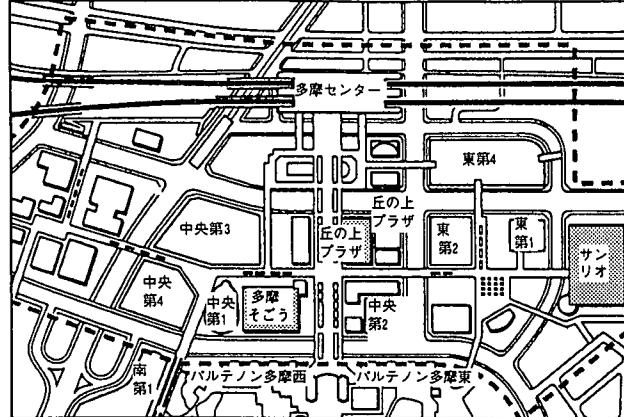


図-2 多摩センター地区内の主要な公共駐車場の位置

合を考慮して、期待効用の中に含める形をとる様にしている。式(5)は駐車場1に対する駐車場期待入庫待ち時間  $qt_1(state\ A)$  を得た後、ドライバーが駐車場探索行動を選択する条件付き確率を示している。

$EU_1(qt_1 | qt_1(state\ A))$  は、現場における駐車場1の期待効用を表しており、探索行動の停止基準となっている。第一段階の期待効用を基にしたドライバーの駐車場選択行動モデルを適用して、現場の状況を基にした第二段階の駐車場入庫行動と探索行動との選択行動が説明できれば、両段階における駐車場利用行動は独立した選択過程と捉えることができる。

また、第一段階で選択した駐車場の期待効用（期待入庫待ち時間）を探索行動の停止基準とし、第一段階と第二段階の相互関係を仮定することもできる。この場合には、現場の状況が期待していたよりも低いと判断され、かつ、駐車場探索行動も含めた代替的駐車場選択肢の期待効用が探索行動の停止基準よりも高いと判断された場合、駐車場探索行動を開始することとなる。

ドライバーの駐車場利用行動の場合、段階（時間）が進むにつれて探索行動の停止基準、駐車場選択行動が変化することが一般的に考えられる<sup>18)</sup>。しかし、本研究ではデータの制約等から、第三段階以降の駐車場利用行動は対象としないこととする。次章以下では、本章で検討した駐車場利用行動モデルのフレームを調査データを基に検討する。

#### 4. 多摩センター地区駐車場観測調査と多摩ニュータウン交通問題アンケート調査の概要

ドライバーの駐車場探索行動の検討を目的の1つ

として、以下に述べる2種類の実態調査を実施した。まず、多摩センター地区を研究対象地域として、財団法人多摩都市交通施設公社の協力を得て、駐車場観測調査を実施した。図-2に多摩センター地区内の主要な公共駐車場の位置を示す。公共駐車場は11ヶ所あり、総駐車容量は約3000台である。均一料金制、駐車場情報システムなど多摩センター内の交通施設は財団法人多摩都市交通施設公社によって一元管理されている。

多摩センター地区駐車場観測調査は、1994年4月の休日10:00～18:00にわたって実施し、多摩センター地区的公共駐車場入庫口（入庫待ち行列が生じている場合はその最後尾）に到着する車1台々々をビデオに収録した。また、駐車券より各車の駐車場入出庫時刻を得た。そして、ビデオより与えられた各駐車場に対する各車の到着データを、駐車券の入出庫データとリンクし、10:00～18:00に各駐車場に到着した全車に関して、到着時刻、入庫時刻、出庫時刻（単位：分）を記載したデータセットを作成した。各車の駐車場入庫待ち時間は、部分的にビデオでチェックした上で、入庫時刻～到着時刻より算出した。

ただし、駐車場入庫待ち時間、駐車場入庫待ち行列は、当該駐車場が満車の場合にのみ発生するものとし、空車の場合は0分（0台）とした。実際には、駐車需要の発生レートが駐車場入庫口の容量を越える場合にも待ち行列が発生するが、本研究では考慮しないこととする。また、ビデオ台数の制約から、満車となることが稀な東1駐車場と南1駐車場は観測調査対象外とした。

図-3は、4月2日10:00～18:00における多摩センター内丘の上プラザ駐車場入庫待ち時間の増減を

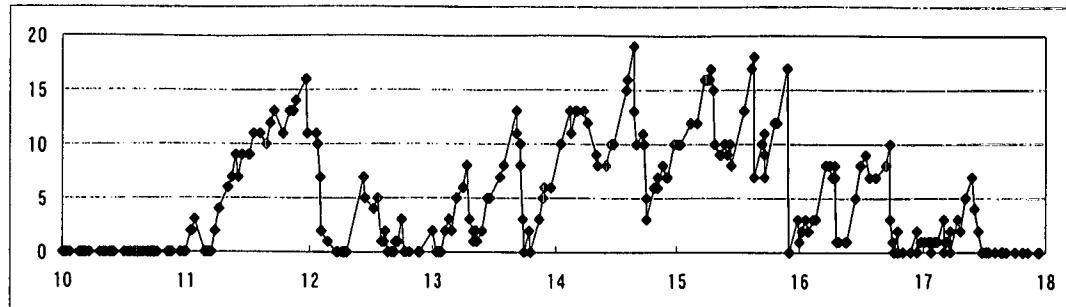


図-3 丘の上プラザ駐車場入庫待ち時間の増減（横軸は時刻（時）, 縦軸は待ち時間（分））

表-1 各駐車場の入庫台数, 入庫待ち時間等

駐車場名	総入庫台数 (台)	総入庫待ち 時間 (分)	総入庫待ち 行列 (台)	入庫待ち台数 (台)	平均入庫待ち 時間 (ネット, 分)	平均入庫待ち 時間 (グロス, 分)	最大値 (分)	総入庫待ち 時間／総入庫 待ち行列	容量 (台)
A. 中央1	2252	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	800
B. 中央2	637	4462	4617	535	7.00	8.34	21	0.97	126
C. 中央3	1026	392	642	70	0.38	5.60	11	0.61	336
D. 中央4	606	569	572	233	0.94	2.44	9	0.99	141
E. 東1	889	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	785
F. 東2	524	1597	1168	383	3.05	4.17	19	1.37	125
G. 東4	661	2821	2660	452	4.27	6.24	22	1.06	220
H. 南1	150	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	280
I. パルテノン多摩東	262	54	21	21	0.21	2.57	8	2.57	100
J. パルテノン多摩西	214	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	100
K. 丘の上プラザ	278	1243	492	176	4.47	7.06	19	2.53	50

表したものである。各駐車場の入庫待ち時間の変動は非常に大きく、空いている時間と混雑している時間が錯綜していることが分かる。また、多摩センター地区全体としては昼間多くの駐車場が満車状態になる時間帯があり、このような状態における駐車場満空情報の限界も明らかである。表-1は各駐車場の入庫台数、入庫待ち時間等をまとめたものである。平均待ち時間（ネット）は総入庫待ち時間／総入庫台数、平均待ち時間（グロス）は総入庫待ち時間／待ち時間のあった総入庫台数を意味している。入庫待ち時間の最大値は平均待ち時間（グロス）の2~4倍に達しており、入庫待ち時間の変動が非常に大きいことが確認できる。また、総待ち時間／総待ち行列は各駐車場で観測される待ち行列1台分が平均的に待ち時間何分に相当するかを示しており、大容量の駐車場ほど回転が速く、小さい値を示す傾向が表れている。

一方、多摩ニュータウン交通問題アンケート調査は、多摩ニュータウンにおける買物、通勤、駐車実態などを明らかにすることを主たる目的として、1996年11月、多摩ニュータウンに在住する世帯を対象とし、600世帯に調査票を訪問配布した。その内、有効票は562票である。有効票の内、多摩センター

に車で行く人は全体で247票であった。アンケート調査においては、車利用者に対し、多摩センターの駐車場に関して（買物）利用頻度、利用することのある駐車場、通常利用する駐車場とそこまでの経路を尋ねている。また、駐車場情報システムとの関係では、通常の駐車場利用状況を想定した表-2に挙げる2種類の設問を行っており、以下では、これらの設問に関する分析結果を述べる。

表-2における経路上の駐車場満空情報への対応(A)と通常利用する駐車場直近の駐車場満空情報への対応(B)の双方に関して、調査サンプルの回答分布を表したもののが表-3である。全体247サンプルの内、利用することのある駐車場が1つしかない固定層は30サンプル(12%)あり、既存の研究と比較して選択層の割合が非常に高いと言える。これは、多摩センター地区内の公共駐車場が一元的に運営され、ドライバーに対する広報活動を十分にしている点、及び全般的に非常に混雑する駐車場と空いている駐車場が混在しており、駐車場を選択的に利用するインセンティブが働きやすい状況にある点によるものと考えられる。駐車場情報への対応に関しては、選択層の内、(A)で駐車場情報を見ないと答えたサンプルが28(11%)ほどあった。また、駐車場情報を見て

おり、かつ、(B)の設問ですべて「a. 待ち行列につく」と回答した(B)固定層サンプルは24(10%)あり、(B)の有効票(情報見る)165の15%を占めている。なお、(B)固定層は設問の設定範囲では(B)固定層であったが、範囲外では(B)選択層となる可能性もある。

経路上の駐車場満空情報への対応(A)と通常利用する駐車場直近の駐車場満空情報への対応(B)の双方に関して、アンケート調査に基づく駐車場情報に対する行動不变率((A)の場合は選択層で情報を見るドライバー中の回答a.の割合、(B)の場合は固定層と(B)欠損を除く(B)固定層の割合)と観測調査に基づく平均入庫待ち時間(グロス)との関係を各駐車場別に散布図に表したもののが図-4である。ただし、サンプル数が10に満たない駐車場は除いている。また、財団法人多摩都市交通施設公社の調査<sup>19)</sup>によれば、多摩センター地区の駐車場利用状況は8、12月を除けば安定しており、アンケート調査と観測調査の実施時期の影響は小さいと判断される。

まず、(A)に関しては入庫待ち時間が小さいほど行動不变率が高い傾向がうかがえる。これは駐車場情報システムにより満車表示が出ていても、基本的に入庫待ち時間が小さいということがドライバーに認識されているためであると考えられる。

これに対して(B)では、両者の関係に明確な傾向が見出せない。これは(B)が特定の駐車場選択条件下の駐車場利用行動状況を表しており、必ずしも観測調査に基づく入庫待ち時間が他の駐車場を選択する誘引にならないためであろう。入庫待ち時間の無かった中央1駐車場を除けば、むしろ入庫待ち時間が高いほど行動不变率が高い傾向を見出すことができる。予め期待される入庫待ち時間が高ければ、最初に選択した駐車場において待ち行列につく可能性も高くなることから、これは想定できることである。

## 5. 駐車場情報下の駐車場選択モデルの検討

本章では前章における駐車場入庫待ち時間を中心とした検討を基に、ドライバーの経路上の(表-2の様に想定した)駐車場満空情報への対応(A)行動を離散選択ロジットモデルを適用して検討する。モデル推定用サンプルは、基本的なデータに欠損の無い表-3における選択層、かつ情報を見る層であり、全体で189サンプルである。推定に際し、来街トリップを母集団とするため、多摩センター地区への車での利用頻度回答値(居住地ベース)による重み付き最

表-2 駐車場情報システムに関する設問

- A) 多摩センターに行く途中で、駐車場満空情報案内板から通常利用する駐車場だけが満車で、他の駐車場はすべて空車であると分かったとします。あなたはどうしますか？
- a. そのまま通常利用する駐車場に向かう
  - b. 他の駐車場に向かう
  - c. 駐車場満空情報案内板は見ていない
- B) 多摩センター内で、通常利用する駐車場に待ち行列ができていた場合、あなたはどうしますか？
- (1) 待ち行列が5台で他の駐車場が空車の場合は？
  - (2) 待ち行列が5台で他の駐車場も満車の場合は？
  - (3) 待ち行列が10台で他の駐車場が空車の場合は？
  - (4) 待ち行列が10台で他の駐車場が満車の場合は？
- a. 待ち行列につく b. 他の駐車場に行く

表-3 車利用者票の回答分布

車利用票数	固定層		情報を見る 情報見ない	23
	選択層	(B)選択層	情報を見る 情報見ない	7
		(B)固定層	情報を見る 情報見ない	141
		(B)欠損	情報を見る 情報見ない	14
合計			情報を見る 情報見ない	24
			情報を見る 情報見ない	4
			情報を見る 情報見ない	(24)
			情報を見る 情報見ない	(10)
			情報を見る 情報見ない	247

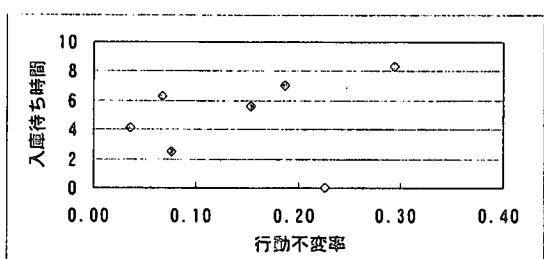
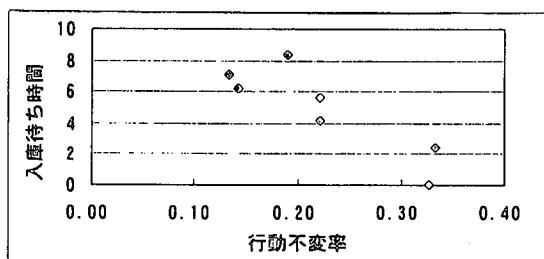


図-4 行動不变率と平均入庫待ち時間(グロス)

(上: 状況(A), 下: 状況(B))

表-4 経路上の駐車場満空情報下の駐車場選択行動モデルのパラメーター (t 値)

変数	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
徒歩時間 (分) (40m/分)	-0.29 (-4.32)	-0.31 (-4.43)	-0.40 (-4.81)	-0.32 (-4.64)	-0.47 (-5.16)
経路時間 (分) (1000m/分)	-0.26 (-1.84)	-0.31 (-2.09)	-0.30 (-2.00)	-0.37 (-2.46)	-0.21 (-1.38)
(駐車場満空情報に対する認識の想定)					
入庫待ち時間 (分) (ネット)	-0.055 (-0.82)				
入庫待ち時間 (分) (グロス)		-0.10 (-2.10)			
入庫待ち時間 (分) (ダミー)			-0.54 (-2.58)		
入庫待ち時間 (分) (グロス、待ち有り駐車場)				-0.087 (-1.79)	
入庫待ち時間 (分) (ダミー、待ち無し駐車場)				-0.74 (-1.80)	
入庫待ち時間 (分) (ダミー、待ち有り駐車場、来街頻度高)					-0.97 (-2.64)
入庫待ち時間 (分) (ダミー、待ち有り駐車場、来街頻度低)					-0.44 (-0.99)
入庫待ち時間 (分) (ダミー、待ち無し駐車場、来街頻度高)					0.89 (1.39)
入庫待ち時間 (分) (ダミー、待ち無し駐車場、来街頻度低)					-1.40 (-2.69)
選択肢固有定数 (中央2)	-1.03 (-2.90)	-0.96 (-2.73)	-1.32 (-3.77)	-1.26 (-3.25)	-1.59 (-3.97)
選択肢固有定数 (中央3)	0.98 (3.47)	1.08 (3.73)	0.99 (3.33)	0.80 (2.45)	1.16 (3.21)
選択肢固有定数 (中央4)	2.34 (3.42)	2.51 (3.60)	3.28 (3.97)	2.41 (3.47)	4.09 (3.91)
選択肢固有定数 (東1)	3.76 (4.82)	3.85 (4.91)	4.46 (5.08)	3.75 (4.80)	5.11 (5.29)
選択肢固有定数 (東2)	-0.041 (-0.11)	0.046 (0.12)	0.048 (0.13)	-0.26 (-0.63)	0.25 (0.56)
選択肢固有定数 (東4)	0.40 (0.75)	0.51 (0.94)	0.82 (1.34)	0.19 (0.34)	1.29 (1.81)
選択肢固有定数 (南1)	3.48 (4.13)	3.55 (4.16)	4.36 (4.46)	3.60 (4.22)	4.64 (4.39)
選択肢固有定数 (バルテノン多摩東)	0.38 (2.38)	0.24 (2.33)	1.32 (2.38)	0.21 (1.97)	1.53 (2.49)
選択肢固有定数 (バルテノン多摩西)	-0.58 (-0.40)	-0.63 (-0.43)	0.059 (0.039)	-0.66 (-0.45)	0.43 (0.28)
選択肢固有定数 (丘の上バラザ)	-1.98 (-3.97)	-1.99 (-3.97)	-2.60 (-4.76)	-2.38 (-4.32)	-2.92 (-4.99)
サンプル数	189	189	189	189	189
ケース数	189	189	189	189	189
平均選択肢数	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49
L(0)	235.48	235.48	235.48	235.48	235.48
L(β)	193.86	192.04	190.23	190.39	181.27
尤度比 (1-L(β)/L(0))	0.1768	0.1845	0.1922	0.1915	0.2302

尤推定法を用いた。各ドライバーの駐車場選択肢集合はアンケート調査の回答値から与えた。選択駐車場は、表-2 の(A)の設問で「a. そのまま通常利用する駐車場に向かう」が選択された場合は通常利用する駐車場、「b. 他の駐車場に向かう」が選択された場合は「他の駐車場」として回答された駐車場を設定した。また、徒歩時間は各駐車場から回答による目的施設までの距離を歩行速度 40m/分を仮定して時間換算した。経路時間はほぼ図-2 の外周にコードンラインを設定し、回答による流入点から各駐車場までの最短経路距離を車両速度 1000m/分を仮定して時間換算した。入庫待ち時間は駐車場満空情報の有無別の認識を表現しやすい表-1 の平均入庫待ち時間 (一定値) を用いた。データの制約からドライバー間の認識の変動は一般的に考慮せず、誤差分散に含めることとした。

表-4 にパラメーター推定の結果を示す。まず、最初にドライバーの駐車場満空情報に対する認識を想定して、観測調査に基づく入庫待ち時間 (ネット、空車情報時 0), 同 (グロス、空車情報時 0), 同 (ダミー: 満車情報時 1, 空車情報時 0) を通常利用する駐車場が満車であることを表す変数としてモデル 1 ~3 を推定した。待ち時間 (グロス) のパラメーターが有意となっていることから、待ち時間 (ネット) よりも相対的にドライバーの駐車場満空情報に対する

認識に近い指標となっていると考えられる一方、待ち時間 (ダミー) モデルの方が説明力が高いことから各駐車場間の平均入庫待ち時間の大小までは認識できていないという解釈も成立する。中央 1 駐車場のようにそもそも入庫待ち時間がめったに観測されない駐車場に対するドライバーの期待入庫待ち時間は異なるであろうことを想定し、待ち (時間) 有り駐車場と無し駐車場の待ち時間パラメーターをグロスとダミーに分離して推定した結果がモデル 4 である。モデル 4 では、入庫待ち時間の有意性が下がるもの、モデル 3 とほぼ同等の説明力が得られている。

さらに、多摩センター地区への来街頻度がドライバー個人間で駐車場満空情報下における期待入庫待ち時間を変動させるという想定から、来街頻度高 (週 2 回以上) と来街頻度低 (その他) のドライバーでパラメーターを分離した結果がモデル 5 である。モデル 5 では、経路時間の有意性が失われているものの、説明力は改善されている。また、来街頻度高ドライバーは待ち有り駐車場の満車情報を評価し、待ち無し駐車場の満車情報をあまり評価せず、来街頻度低ドライバーとは異なる期待入庫待ち時間をとることがパラメーター推定値より読み取れるが、これらは十分に考えられることである。

サンプル数の少なさもあり、これらの分析からド

表-5 通常利用する駐車場直近の駐車場満空情報下の駐車場選択行動モデルのパラメーター (I 値)

変数	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4
代替的駐車場LOGSUM	0.34(5.84)	0.27(4.06)	0.34(5.90)	0.28(4.13)
初期選択駐車場の期待効用	0.37(4.92)	0.49(5.68)	0.32(4.22)	0.44(4.96)
(直近における入庫待ち時間)-(経路上における期待入庫待ち時間)			-0.091(-2.99)	-0.12(-3.47)
初期選択駐車場ダミー	2.89(4.49)	2.99(4.14)	2.47(3.83)	2.47(3.41)
代替的駐車場満車ダミー (初期選択駐車場側)		2.41(11.46)		2.47(11.46)
選択肢固有定数 (中央2)	-2.10(-4.75)	-2.77(-5.41)	-1.98(-4.52)	-2.65(-5.21)
選択肢固有定数 (中央3)	-1.92(-3.35)	-2.73(-4.13)	-1.70(-2.99)	-2.49(-3.78)
選択肢固有定数 (中央4)	-1.52(-3.43)	-2.07(-4.11)	-0.81(-1.65)	-1.16(-2.09)
選択肢固有定数 (東1)	-0.63(-0.56)	-0.53(-0.41)	-0.63(-0.56)	-0.53(-0.41)
選択肢固有定数 (東2)	-1.89(-4.62)	-2.45(-5.25)	-1.13(-2.38)	-1.48(-2.75)
選択肢固有定数 (東4)	-1.03(-2.67)	-1.33(-3.06)	-0.70(-1.77)	-0.92(-2.05)
選択肢固有定数 (南1)	0.042(0.054)	0.22(0.25)	0.053(0.069)	0.25(0.28)
選択肢固有定数 (パルテノン多摩座)	-2.09(-2.06)	-2.90(-2.47)	-0.52(-0.45)	-0.77(-0.56)
選択肢固有定数 (パルテノン多摩西)	0.95(0.39)	0.97(0.35)	0.83(0.35)	0.83(0.29)
選択肢固有定数 (丘の上プラザ)	-2.80(-4.75)	-3.52(-5.21)	-1.33(-1.74)	-1.64(-1.91)
サンプル数	165	165	165	165
ケース数	660	660	660	660
選択肢数	2	2	2	2
L(0)	457.49	457.49	457.49	457.49
L(β)	404.06	322.49	399.46	316.24
尤度比(I-L(β))/L(0)	0.1168	0.2951	0.1268	0.3087

ライバーの駐車場満空情報に対する認識は観測調査と合致した入庫待ち時間（グロス）に基づくと明確に結論付けることは出来ない。しかし、来街頻度の高いドライバーを中心に、駐車場満空情報から各駐車場の期待入庫待ち時間を推定し、それによる期待効用を基に駐車場選択行動をしているという想定は支持できると考えられる。

## 6. 駐車場情報下の駐車場探索行動モデルの検討

最後に、通常利用する駐車場直近の駐車場満空情報への対応(B)、つまり、駐車場満空情報下の駐車場探索行動離散選択ロジットモデルを推定する。モデル推定用サンプルは前章において用いたサンプルから欠損値を含むものを除いた 165 サンプルである。推定方法は前章とほぼ同様であるが、表-2 の(B)に示したように各サンプルに水準の異なる設問を 4 回繰り返しており、これらをプールしてパラメーター推定を行った点が異なっている。選択肢は表-2 の(B)の「a. 待ち行列につく」（つく先を初期選択駐車場と定義する）と「b. 他の駐車場に行く」（駐車場探索行動を意味し、代替的駐車場と定義する）である。

初期選択駐車場の期待効用は表-4 のモデル 4 のパラメーターセットを用いて計算している。ただし、入庫待ち時間は表-1 の総入庫待ち時間／総入庫待ち行列を参考に表-2 の(B)に設定した待ち行列を変換（これを直近における入庫待ち時間と定義する）して与え、経路時間は 0 とした。代替的駐車場 LOGSUM は表-4 のモデル 4 を用いて初期選択駐車場以外に利

用することのある駐車場の期待効用を合成した。入庫待ち時間は表-2 の(B)の「他の駐車場」に関する満空情報設定に従って与え、経路時間は初期選択駐車場を起点とし代替的駐車場までを与えた。初期選択駐車場と代替的駐車場の期待効用の計算に多摩センター地区への経路上における駐車場選択行動モデル（表-4 のモデル 4）を用いており、この第一段階モデルによる第二段階の駐車場入庫行動と探索行動の説明可能性、その際の不確実性を反映したスケールパラメーターが問題となる。

推定結果を表-5 に示す。基礎変数のみのモデル 1 に対し、モデル 2 では、さらに、代替的駐車場が満車の場合に想定される不確実性の不効用をダミー変数（「a. 待ち行列につく」側）として考慮したモデルである。ダミー変数は有意であり、モデル 1 と比較してモデル 2 の説明力は大幅に改善されている。このことから、代替的駐車場が満車の場合に想定される不確実性の不効用が非常に大きいことがわかる。また、初期選択駐車場と代替的駐車場の合成功用のスケールパラメーターでは前者の方がやや大きくなっている、この点も現実に目の当たりにしている初期選択駐車場の直近における入庫待ち時間と情報が与えられているものの不確実性の伴う代替的駐車場の入庫待ち時間に対する評価が異なることを表しているものと考えられる。

モデル 3~4 は、第 3 章で検討したドライバーの経路上における初期選択駐車場の期待効用（期待入庫待ち時間）を探索行動の停止基準として仮定し、二段階の選択行動間の相互関係を検討したものである。具体的には、駐車場入庫待ち時間有り駐車場に関し

て、初期選択駐車場に対する(直近における入庫待ち時間)-(経路上における期待入庫待ち時間)を変数として加えている。ここでは後者は平均入庫待ち時間(グロス)を用いている。推定されたパラメーターは有意であり、符号条件も満足している。また、モデルの説明力も改善していることから、経路上における初期選択駐車場の期待効用(期待入庫待ち時間)が、その後のドライバーの駐車場選択行動、あるいは駐車場探索行動に影響を与えていていることが考えられる。

モデル4は、モデル2と同様、代替的駐車場が満車の場合に想定される不確実性の不効用ダミー変数を含むモデルである。その有意性から代替的駐車場満車時の不効用が大きいことが確認できる。

以上の分析より、ドライバーの駐車場探索行動に関しても、駐車場情報の影響を受けたドライバーの期待入庫待ち時間が重要な意思決定要因となっていることが示された。また、経路上における期待待ち時間が、初期選択駐車場の直近においては新たな駐車場探索行動を行うか否かの判断材料となっている。このことは、経路上の駐車場情報が完全情報に近く、初期選択駐車場の直近において観測される入庫待ち時間が期待と大きく相違無ければ、不要な駐車場探索行動は生じないこと、不要な駐車場探索行動を抑制する上では、経路上における駐車場情報の精度が重要であることを示唆している。

## 7. 結論と今後の課題

本研究では、駐車場情報提供下のドライバーの駐車場選択行動をモデル化し、駐車場探索行動を検討する分析フレームを構築した。次に、東京都多摩ニュータウンにおける駐車場観測調査とアンケート調査の結果より、ドライバーによる駐車場探索行動を概観した。さらに、ドライバーの駐車場選択行動モデルと探索行動モデルを推定し、駐車場探索行動の発生メカニズムを検証した。本研究の主な結論としては、

- (1) 駐車場満空情報提供下では、来街頻度の高いドライバーを中心に、駐車場満空情報から各駐車場の期待入庫待ち時間を推定し、それによる期待効用を基に駐車場選択行動をしていること。
- (2) 直近の選択駐車場の入庫待ち時間と比較して、情報が与えられているものの不確実性の伴う代替的駐車場の入庫待ち時間に対する評価が異なること。

(3) ドライバーによる経路上における期待待ち時間が、初期選択駐車場の直近においては新たな駐車場探索行動を行うか否かの判断材料となっていること。

(4) その場合、ドライバーの不要な駐車場探索行動を抑制する上では、経路上における駐車場情報の精度が重要であること。

が示された。今後の課題としては、

- (1) 本研究におけるドライバーの駐車場選択行動モデルと探索行動モデルを推定は小数サンプルに基づいており、ドライバーの駐車場探索行動に関する仮定も限定的である。引き続き理論的研究と実証的研究を蓄積する必要がある。
- (2) 本研究で検討したドライバーの駐車場選択行動モデルと駐車場探索行動モデルのフレームは、経路上における駐車場情報の精度向上の重要性を意味しているが、さらなる実証的検討が必要である。

をあげができる。

**謝辞:** 本研究は日本交通政策研究会「交通情報システムの活用方策に関する研究」、建設省土木研究所「ITSに関する基礎的先端的研究」の一部として行われた。東京大学原田昇教授を始め、有益なコメントを頂いた関係各位に深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) <http://www.nihon.net/ITS/>
- 2) 駐車場案内システム計画研究会: 駐車場案内システム－計画と整備の考え方－、大成出版社、1991。
- 3) 土木学会土木計画学研究委員会: 交通情報システムをとりまく諸問題、土木計画学ワンディセミナーシリーズ第7回、1995。
- 4) 西井和夫、朝倉康夫、古屋秀樹、土屋高亮: PGISシステムによる満空情報が駐車行動に及ぼす影響分析、土木計画学研究・論文集、No.12, pp.787-796, 1995.
- 5) 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、都市計画学会学術研究論文集、No.31, pp.457-462, 1996.
- 6) Asakura, Y.: Evaluation of parking information service by parking choice simulation model, 7th ARSC, 1993.
- 7) 兵藤哲朗、高橋洋二、中里亮: 駐車場情報提供システムを考慮した交通行動モデルの検討、土木計画学研究・論文集、No.13, pp.855-860, 1996.

- 8) Polak, J. and Axhausen, K.: Parking search behaviour : a review of current research and future prospects, *TSU Working Paper 540*, Oxford University, 1990.
- 9) Axhausen, K.W. and Polak, J.: Choice of parking : stated preference approach, *Transportation 18*, pp. 59-81, 1991.
- 10) Waerden, P.V.D., Oppewal, H. and Timmermans, H.: Adaptive choice behaviour of motorists in congested shopping centre parking lots, *Transportation 20*, pp. 395-408, 1993.
- 11) Khattak, A. and Polak, J.: Effect of parking information on travelers' knowledge and behaviour, *Transportation 20*, pp. 373-393, 1993.
- 12) 堂柿栄輔, Mitsuru SAITO, 五十嵐日出夫 : 都心部街路における駐停車待ち交通量の推定と駐車規制及び指導の効果に関する研究, 土木学会論文集, No.500/IV-25, pp. 21-30, 1994.
- 13) 杉野勝敏, 朝倉康夫, 柏谷増男 : PGIシステムの実態調査に基づくシミュレーションモデルの改良, 土木計画学研究・講演集, No. 21(1), pp. 559-562, 1998.
- 14) 高橋伸夫 : 組織の中の決定理論, 朝倉書店, 1993.
- 15) Richardson, A.: Search models and choice set generation, *Transportation Research A*, Vol. 16, No. 5-6, pp. 403-419, 1982.
- 16) Thompson, R.G. and Richardson, A.J.: A parking search model, *Transportation Research A*, Vol. 32, No. 3, pp. 159-170, 1998.
- 17) 室町泰徳 : ドライバーの駐車場探しろつき行動に関する基礎的考察, 第 51 回土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp. 262-263, 1996.
- 18) Lerman, S.R. and Mahmassani, H.S.: The econometrics of search, *Environment and Planning A*, Vol. 17, pp. 1009-1024, 1985.
- 19) 多摩都市交通施設公社 : 多摩センターの交通'94, 1994.

(1999.11.8 受付)

## A STUDY ON THE DRIVER'S PARKING SEARCHING BEHAVIOR UNDER PARKING GUIDANCE AND INFORMATION SYSTEM

Yasunori MUROMACHI

One of the various Intelligent Transport System (ITS) projects is Parking Guidance and Information (PGI) system development. It assists a driver to park his/her car in the city center where available parking spaces are limited. In this study, the driver's parking searching behavior under PGI system was modeled first theoretically. Then the model was applied to the driver's parking behavior in Tama Center area. The results supported that the driver would choose a certain parking by weighting relative expected utility for each alternative parking facility under uncertainty. The model analysis also indicated that parking searching behavior was induced if the en-route parking choice proved worse than expected in city center, which implied en-route information is more important than one near the final destination.