

ネットワーク上での駐車場選択シミュレーションモデル*

～情報提供効果の計測を目的として～

A Simulation Model of Car Park and Route Choice on Network

朝倉康夫^{**}, 柏谷増男^{***}, 坂本志郎^{****}

By Yasuo ASAKURA, Masuo KASHIWADANI and Shiro SAKAMOTO

1. はじめに

最近では、高度化した情報通信技術を交通分野に導入することによって、道路交通安全の改善、道路交通の効率化、道路環境問題の緩和を達成しようとする道路交通情報(Road Transport Informatics, RTI)システムに関する研究開発プロジェクトがわが国をはじめとする多くの先進国で進められている。

経路誘導システムの効果について調べた研究報告のうち、英国のNEDOのレポートによれば、利用者の時間節約は6～7%、非利用者は2～3%であるとされている。シミュレーションによって調べた Mahmassani and Jayakrishnan¹⁾は、走行時間短縮効果は車載器の普及率によってかなり異なり、最大10%であるとしている。同様の結論はネットワークモデルを用いた森津らの研究²⁾でも示されている。このように交通情報システムの評価は、様々な研究で報告されているが、システムの影響を正確に見積もることのできる方法論は未だ確立されておらず、発展途上の段階であるといえる。

本研究の目的は、駐車場案内・誘導(Parking Guidance and Information, PGI)システムを例に、交通情報が利用者およびシステム全体に及ぼす効果、特に、利用可能性情報による効果を具体的に計測できる動的なシミュレーションモデルを開発し、情報提供による駐車需要の分散効果、情報の種類と混雑の程度による効果の差異を調べることにある。以下では、2. において関連する従来の研究と本研究の位置づけを示す。3. ではモデルの構造を説明し、4. では仮想的なネットワークを用いた数値計算の結果について述べる。

2. 従来の研究

PGIシステムの効果計測を目的とするシミュレーションモデルに関する従来の研究は、次の3つに分類できる。すなわち、(i)駐車場を含む道路ネットワークにおける静的な交通配分に関する研究、(ii)駐車場を含んではないがネットワーク上での交通流の動的な挙動を記述できる動的配分シミュレーションモデルに関する研究、(iii)道路ネットワークについては考慮していないが駐車場での動的な挙動を記述した駐車場シミュレーションモデルに関する研究、である。

(i)のうち、Eldin et al.³⁾, Gur and Beimborn⁴⁾は駐車場を含むネットワーク上での静的な均衡配分を扱った研究である。Cascetta et al.⁵⁾は、それらを確率均衡配分の枠組みへと展開し、路上駐車を含む複数のタイプの駐車場をネットワーク上で扱っている。これらの研究は、駐車政策の評価を狙いとしており、駐車情報を扱うことを念頭においたものではない。森ら⁶⁾は、従来の静的配分モデルに駐車場を組み込み、情報提供の効果計測を行っている。しかしながら、本来動的である情報を静的配分の枠組みで扱っているため、正確な情報の価値を計測することは難しい。

(ii)については、車両の挙動を何台かまとめて扱うものと個別に扱うものに分けられる。前者は、メソシミュレーションモデルと呼ばれるものであり、多くのモデルがある。英国のTRLで開発されたCONTRAM⁷⁾はパケットという数台の車両の集合(トリップ途中で分裂あるいは結合することはない)をつくり、それがあたかも1台の車両のように挙動するモデルを考えている。飯田ら⁸⁾, 桑原ら⁹⁾はリンクをいくつかのブロックに分け、スキューニング・タイムインタバルごとにブロックに出入りする交通流を計算するようなモデルを考え、車両を流体として扱っている。これらの研究はいずれも、計算量を少なくし交通流をいかに忠実に再現するかを念頭に置いたものであり、個々のドライバーの経

* Keywords: 駐車場情報システム, 交通シミュレーション

** 正会員 工博 愛媛大学助教授 工学部土木海洋工学科 (〒790, 松山市文京町 TEL 0899-24-7111, FAX 23-0672)

*** 正会員 工博 愛媛大学教授 工学部土木海洋工学科

**** 学生員 愛媛大学大学院工学研究科博士前期課程

路選択行動を区別して扱うことは難しい。

後者は、ミクロシミュレーションと呼ばれるモデルである。森津ら⁹⁾は、経路誘導システムの効果計測を行うためのモデルを考えている。車両を個別に扱い、システム利用車両とそうでない車両に分け、経路選択の違いを考慮している。井上¹⁰⁾は、信号や右左折の難易を緻密に記述し、交通流を忠実に再現しようとしている。これらの研究は、大規模なネットワークでの計算には向いていないが、情報の効果をみるためには個々の車両の記述が必要となることが多いので非常に便利なツールとなりうる。

(iii)については、室町ら¹¹⁾、朝倉ら¹²⁾の研究がある。これらの研究はいずれも、駐車情報の提供を受けたドライバーの行動を記述し、PGIシステムの効果を調べようとしている。動的情報を扱える点に特徴があるが、道路ネットワークを考慮したものにはなっておらず、ネットワーク上の交通混雑による情報の遅れやドライバーの経路選択を考慮することはできない。

以上の研究を分類すると図-1のようになる。先に述べた本研究の目的を達成するには、駐車場を組み込んだネットワークにおける動的な配分シミュレーションモデルを開発することが必要である。そのようなモデルを従来のモデル体系の中に置くと、概ね図中の円内に位置づけることができる。

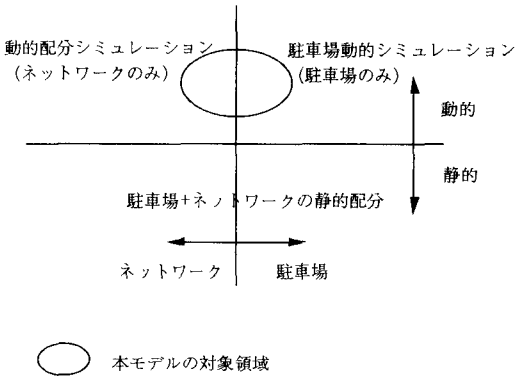


図1 従来研究の分類と本研究の位置づけ

3. モデル

3.1 モデルの必要条件

本研究で開発しようとするモデルは、駐車場を組み込んだ動的ネットワーク配分シミュレーションモデル

であり、それを用いて駐車場の利用可能性情報のような動的情報を提供することの効果を調べることが研究の狙いである。そのためには、次の諸点がモデルに要求される。

- (i)交通状況と駐車状況を時々刻々変化させること、
- (ii)道路ネットワーク上で駐車場を記述すること、
- (iii)情報の有無による駐車場選択の差異、混雑（需要発生率の違い）による差異、情報の種類による差異を表現できること。

3.2 モデルの全体構造

モデルは図-2に示すように、需要モデル、パフォーマンスモデル、情報提供モデルの3つのサブモデルから構成される。需要モデルでは、ドライバーの駐車場選択および経路選択をそれぞれ駐車場選択モデルと経路選択モデルで記述する。パフォーマンスモデルでは、ネットワーク上の交通状況および駐車状況をそれぞれ交通流モデルと駐車場モデルで記述する。情報提供モデルでは、システム側での情報の加工と提供のプロセスを記述する。シミュレーションモデルの全体を需要モデルとパフォーマンスモデルに分けるという考え方は、従来の動的配分シミュレーションモデルの枠組を参考に行っている。情報提供モデルは、駐車場の状態をモニタリングするとともに、それを加工することによりシステムから提供される駐車場の利用可能性情報をドライバーの駐車場選択の際の変数の一つとして組み込むために用意したものである。

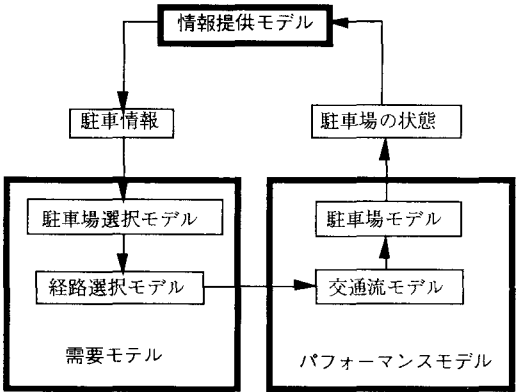


図2 モデルの全体構造

3.3 需要モデル

需要モデルでは、外生的に与えられた発生率（需要

発生率と呼ぶ)に応じて車を1台ずつランダムに発生させる。ドライバーは、まず駐車場を選択し、次にその駐車場までの経路を選択すると仮定する。なお一旦選択された駐車場および経路は、駐車場へ到着するまで変更されないと仮定する。

(a)駐車場選択モデル

すべてのドライバーは、駐車場選択に関する先験的知識(駐車場の位置、料金や目的地までの徒歩距離)を持っており、情報を受けなければ、先験的知識のみによって駐車場を選択すると仮定する。情報提供を受けるドライバーは、時々刻々変化する駐車状況に関する情報を何らかの方法(たとえば表示板を見ること)で入手し、それを利用して駐車場を選択するものとする。

ドライバーの駐車場選択行動は、ロジットモデルで記述できるものとする。すなわち、ドライバー n が駐車場 i を選択する確率 P_{in} は、情報の有無にかかわらず次式で与えられる。

$$P_{in} = \exp(V_{in}) / \sum_j \exp(V_{jn})$$

ただし、ドライバー n の選択対象駐車場に対する効用関数 V_{in} は、情報を持つドライバーと持たないドライバーで次のように異なる。

a)情報を持たないドライバー

$$V_{in} = \sum_k \beta_{in} X_{ink}$$

b)情報を持つドライバー

$$V_{in} = \sum_k \beta_{in} X_{ink} + \sum_h \gamma_{ih} I_{ih}$$

X_{ink} : 先験的知識(個人 n にとっての駐車場の k 番目の属性値)

I_{ih} : 提供された情報(駐車場の h 番目の情報値)

個々のドライバーが情報を持つか否かは、乱数によりランダムに決めるものとする。すべてのドライバーのうち、情報を持つドライバーの割合を情報所有率と呼ぶ。この割合を変化させてシミュレーションを行えば、情報提供を受けたドライバーが多くなることによる効果を調べることができる。

駐車場の選択確率 P_{in} が求まれば、それぞれのドライバーごとに区間[0,1]の一樣乱数を発生させて、 P_{in} の値に応じて特定の駐車場に割り付ける。

(b)経路選択モデル

松山市で行ったアンケート調査によれば、駐車場までの経路は、ドライバーの84%が最短距離経路、9%

が走行が容易な経路を選択し、残りが駐車場変更等による迂回をしているという結果が出ている。実際には、これらを考慮したモデルを構築すべきであるが、ここでは簡単のため、次のような仮定を設ける。

すべてのドライバーは、ネットワーク全体の交通状況を把握しており、車が発生した時点(車がネットワークに入った時点)の時間最短経路を選ぶものと仮定する。経路選択に用いるリンク旅行時間は、その時刻のリンク上の車両台数をもとにして、リンク走行時間関数等で求める。このリンク旅行時間は、リンク下流側のボトルネックによる影響を考慮した交通流モデルのリンク旅行時間とは異なるので注意されたい。交通流モデルのリンク旅行時間の詳細は、以下で述べる。

3.4 パフォーマンスモデル

交通流モデル、駐車場モデルともに、ある時間間隔ごとにネットワーク上の交通状況及び駐車状況を更新させる。駐車状況については、交通流ほど変化が著しくないと考えられるので、更新時間間隔を大きく設定しておく。

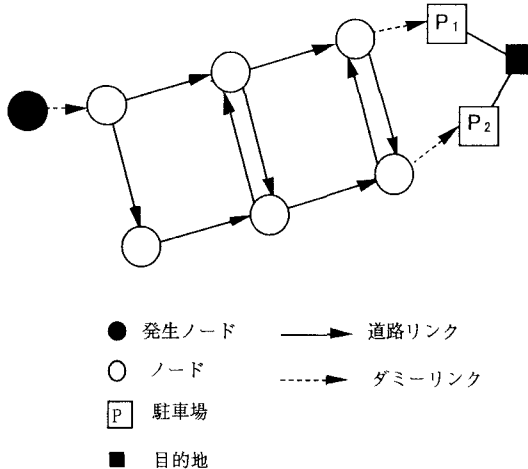


図3 駐車場を含むネットワークの概念図

ネットワーク上での車両の挙動を図-3を使って説明する。まず発生ノードから車両が発生する。需要モデルにより目的とする駐車場とそこまでの経路が与えられる。もし、進むべき道路リンクが容量に達していなければ、道路ネットワークに進入し、そうでなければ、発生ノードとノードをつなぐダミーリンクで待機する。道路ネットワーク上では、需要モデルで決められた経

路に沿って目的の駐車場へ向う。駐車場に到着した後は、駐車場が空車であれば、駐車場に入庫し、満車であれば、ノードと駐車場をつなぐダミーリンク上で待ち行列として並び、駐車場の空きが出るまで待機する。なお図3には、駐車場と目的地の間をリンクでつないでいるが、これは車両の通り道を表すものではなく、徒歩を表している。

(a) 交通流モデルと駐車場モデルの関係

図4に示すように、駐車場の手前のノード（図中のノード2）に到着するまでは交通流モデル、それ以後は、駐車場モデルで扱う。つまり、駐車場の手前のノードに到着すれば、即座に駐車待ち行列に加わるものとする。駐車場を変更しないという需要モデルとの関連から、待ち行列長には制約がないとし、すべてダミーリンクに収容できるとする。すなわち、駐車待ち行列が道路網交通流に及ぼす直接的影響はないとする。

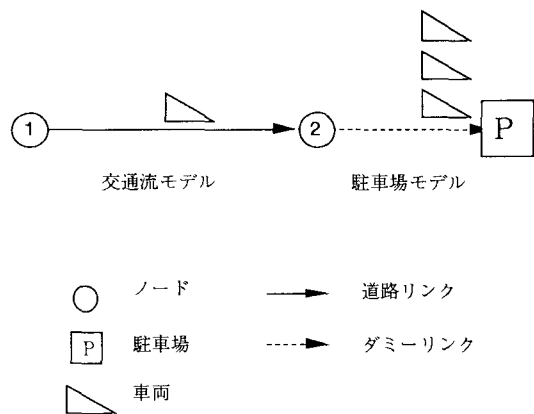


図4 交通流モデルと駐車場モデルの関係

(b) 交通流モデル

リンク旅行時間は、リンク上を走行する走行時間（リンクの始点から終点までに要する時間）と、リンク終点で垂直に並ぶ待ち行列による待ち時間との和で表す。

リンク走行時間は、リンク進入時に決定される見込み時間とする。見込み時間は、リンク長が短い場合には、待ち行列による待ち時間に比べて小さい値となるので、自由走行時間（一定）と考える。リンク長が長い場合には、リンク進入時刻のリンク上の存在台数を変数としたリンク走行時間関数などを利用して求める。

一方、待ち時間は、次に進むべきリンクが容量に達していなければ、そのまま通過できるのでゼロとなる。

しかし、そのリンクが容量に達していれば、次のリンクへの進入時刻は確定しないので、リンク終点の到着時刻には決まらない。つまり待ち時間は、見込み時間ではなく、結果的に求められる時間となる。なお待ち行列中の車両が、次のリンクに進入できる台数は、単位時間間隔（1秒）当たり最大1台とする。

ドライバーは、需要発生時に決定された経路上を走行し、途中で変更したりしないものとする。リンク上の走行車両は、リンクに進入した順に走行し、途中で追い越したりはしないものとする。また右左折の難易および信号などは、考慮しないものとする。

(c) 駐車場モデル

それぞれの駐車場*i*に対し、駐車可能台数(C_i)と駐車時間の確率分布 ($\phi(t)$) を外生的に与える。駐車状況は、駐車待ち台数(NQ_i)と駐車中の台数(NS_i)で表す。

(i) 駐車場に到着車両がある場合の処理：駐車場*i*が満車の場合には、駐車待ち台数(NQ_i)を1台増やす。空車の場合には駐車中の車両(NS_i)を1台増やし、駐車終了時刻を求める。

(ii) 駐車中あるいは駐車待ち行列中の車両の処理：駐車を終了する車両がいる場合には、該当する車両を駐車場*i*から出し、駐車待ち行列(NQ_i)があれば、空き台数の分、行列の先頭順に車両を駐車場に入れ、各車両の駐車終了時刻を求める。さらに入庫分の待ち台数を減らす。駐車を終了する車両がない場合には、時刻*t*の状況を継続させる。

3.5 情報提供モデル

(a) 情報の種類

駐車状況を加工することによって提供できる情報の種類は、満空情報、空き台数情報、待ち時間情報などである。

満空情報は、駐車場の駐車可能台数と駐車サービス中の車両台数の差が正であれば空車、ゼロであれば満車とすればよい。しかし、ドライバーに情報を提供する場合、情報の安定化や信頼性を確保しなければならないので、式(1)に示すように、駐車可能台数に対する駐車場の空きスペースの割合で判定する。

$$\begin{aligned} (C_i - NS_i) / C_i &< \epsilon & (\text{満車}) & \dots (1) \\ &\geq \epsilon & (\text{空車}) & \end{aligned}$$

ここに、 ϵ は駐車場の空きスペースの割合である。

空き台数情報 NV_i は、式(2)に示すように、駐車可能

台数と駐車サービス中の車両台数の差である。

$$NV_i = C_i - NS_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

駐車場の待ち時間 WT_i は、待ち台数 $NQ_i=0$ ならば、当然 $WT_i=0$ となる。 $1/\mu$ を平均駐車時間とすれば、 $NQ_i>0$ ならば、待ち行列の先頭の車両の待ち時間の期待値は $0.5/\mu C_i$ 、2台目以降は、1台当たり平均 $1/\mu C_i$ であるから、待ち台数が NQ_i 台のときは、式(3)のように表される。

$$WT_i = (NQ_i - 0.5) / \mu C_i \quad (NQ_i > 0) \quad \dots\dots\dots (3)$$

(b)情報の平滑化

駐車状況は、時々刻々変化するが、情報の安定性を考慮すれば、複数の時間帯にまたがって状況を平均化することも考えられる。

(c)情報の遅れ

駐車状況の集計の遅れ及び伝達の遅れを考慮することも可能である。

3.6 評価指標

本モデルで出力できるのは、旅行時間、駐車待ち時間、リンク交通量、時間帯別のリンク上の車両台数、走行距離、各駐車場の利用台数、各駐車場の利用率、各車両の駐車場利用時間、利用経路の表示などである。PGIシステムを設置し情報提供を行うことによる効果のうち、これらの出力結果を加工することによってさまざまな指標値を調べることができる。本モデルでは、情報の種類（I）、混雑率（需要発生率λ）、情報更新周期（T）、情報を所有するドライバーの割合である情報所有率（θ）をパラメトリックに変化させて上記の出力を求め、情報の種類や混雑度など条件設定の違いによる情報提供効果の差異を比較することができる。

4. 数値計算

4.1 シミュレーションの基本設定

シミュレーションに必要な前提条件について説明する。ネットワークは、図-5に示すように、発生ノード2箇所、目的地2箇所、駐車場5箇所ものものを考える。発生台数は2000台に固定し、それぞれの発生ノードから1000台ずつ発生させることにする。各車両の目的地については、乱数によりそれぞれ50%の確率で選択するようにする。

各駐車場の条件は、表-1に示すとおりである。駐車可能台数は、ネットワークの中心部の駐車場2,3,4は少なめ、料金については、中心部を高め設定している。経路選択で用いるリンク旅行時間は、次式で与えられる。

$$T_a = T_{ao} + 100 (Q_a / C_a) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、

T_a ：リンク旅行時間

T_{ao} ：自由走行時間

Q_a ：リンク上の存在台数

C_a ：リンク上の存在可能台数

である。

表-1 各駐車場の条件

駐車場 番号	駐車容量 (台)	料金 (円)	徒歩距離 (m)	
			目的地1	目的地2
1	100	250	150	50
2	70	300	100	300
3	70	300	100	100
4	70	300	300	100
5	100	250	500	150

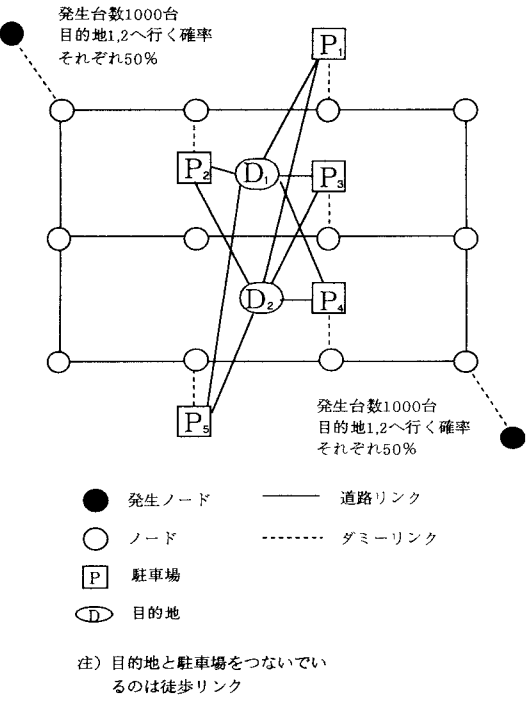


図5 ネットワーク

需要モデルでは、駐車場選択確率の効用関数のパラメータが必要となる。パラメータは、平成5年11月に松山市で行ったSP調査のデータをもとに、森¹²⁾によって推計されたもの(表2)を用いる。

表2 駐車場選択の効用関数のパラメータ()はt値

説明変数	パラメータ
徒歩距離 (m)	-0.01857 (-18.99)
駐車料金 (円/時)	-0.02104 (-21.75)
満空情報 (空き=1)	5.52917 (17.93)
空き台数 (台)	0.08191 (5.81)
待ち時間 (分)	-0.34511 (-13.25)

駐車場の利用可能性情報を持たないドライバーの駐車場*i*に対する効用関数を具体的に式で示すと、

$$V_i = 0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i$$

となる。ここに、

WD_i : 駐車場*i*から目的地への徒歩距離

PC_i : 駐車場*i*の料金

である。

一方、情報提供を受けるドライバーの効用関数は、情報の種類によって以下のように異なる。ただし、1回のシミュレーションの中では、情報の種類はいずれか1種類であって、異なった種類の情報を持ったドライバーが混在することはないとする。

<満空情報を提供される場合>

$$V_i = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i + 5.52917 FS_i$$

FS_i : 駐車場*i*が満車のとき0、空車のとき1

<空き台数情報を提供される場合>

$$V_i = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i + 0.08191 NV_i$$

NV_i : 駐車場*i*の空き台数

<待ち時間情報を提供される場合>

$$V_i = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i - 0.34511 WT_i$$

WT_i : 駐車場*i*の待ち時間

パフォーマンスモデルで用いる駐車利用時間は指数分布に従うものとし、平均駐車利用時間は、すべての駐車場で20分 ($1/\mu=20$) とする。情報提供モデルでは、満空情報での満空の判定で空きスペースの割合を設定する必要があるが、10%の空きがあれば、空車の情報を提供するものとする。

なお、評価指標の中には、発生させた乱数により、シミュレーションごとに値が変動するものがある。そこで、一組の条件設定によって、10回のシミュレーションを行って、その平均値を指標とすることにした。

4.2 情報による効果¹³⁾

図6は、単位時間あたりの車両の発生台数である需要発生率を0.15台/秒とし、満空情報を提供したときの各駐車場の平均利用台数を示している。グラフは、横軸に情報所有率(全ドライバーに対して情報を所有するドライバーの割合)、縦軸に駐車場の平均利用台数をとっている。

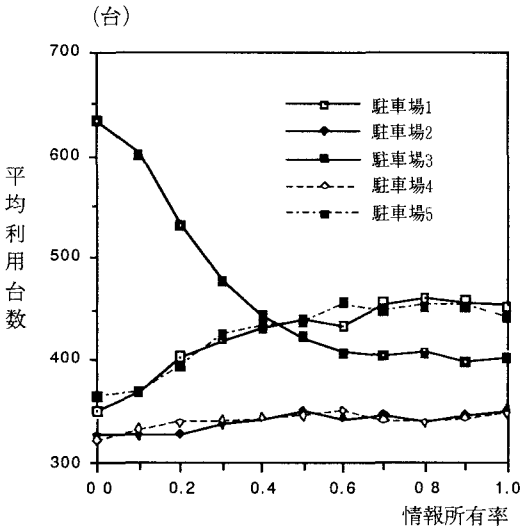


図6 各駐車場の利用台数(満空情報, $\lambda=0.15$)

情報を与えない場合(情報所有率がゼロの場合)には、駐車場3の利用台数が全体の30%を超え、その他の駐車場はそれぞれ15%程度である。これは、駐車場3が目的地1、目的地2のどちらからも近く、情報がない場合には、駐車場3が最も魅力があるように初期設定されていることによるものである。

情報所有率が増加すると、駐車場3の利用台数が大幅に減少し、その分、駐車場1と駐車場5の利用台数が増加している。ドライバーの2分の1が情報を持つとき、駐車場3の利用台数は全体の20%程度となり、駐車場1や5の利用台数を下回る。このことから、情報によって需要が分散することが示される。しかし、情報所有率が60%を超えると、各駐車場の利用台数の分布は情報所有率によってほとんど変らない。

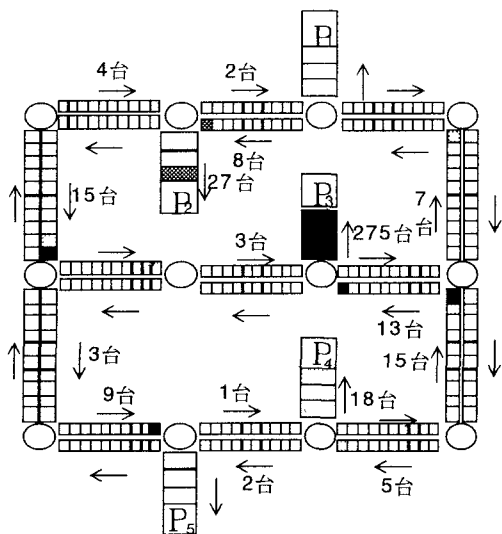


図7 ネットワークの混雑状況（情報所有率=0%）

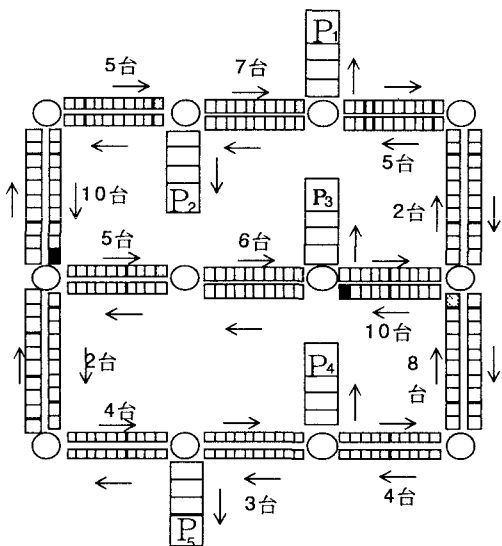


図8 ネットワークの混雑状況（情報所有率=100%）

図7,8は、それぞれ満空情報の情報所有率が0%、100%の場合について、最混雑時のネットワーク上の車両の分布を示したものである。図7より、全く情報が提供されない場合は車両が駐車場3へ集中し、道路網と駐車場をつなぐリンクに駐車待ち台数が滞留していることがわかる。すべてのドライバーが情報を持つ場合（図8）は、需要がそれぞれの駐車場へ分散するので、駐車場での待ちはほとんど発生していない。

なお、ネットワーク上の平均旅行時間は、情報所有

率によって大きく変化することではなく安定していた。これは、ドライバーは一旦選んだ駐車場を変更せず、情報の有無にかかわらず駐車場までは最短経路を利用すると仮定していること、駐車場の待ち台数に制約を設けておらず、待ち車両が道路網交通流に直接影響を及ぼさないと仮定したことなどによるものである。もちろん、ネットワーク上での混雑区間は情報提供による駐車場選択の変更により影響を受けるが、ネットワーク全体で見ると情報の有無により平均旅行時間に顕著な差は見られなかったため、以下では、駐車場情報によるネットワーク交通流への影響については分析の対象から除いて考察を進めるものとする。

次に、需要分散によってドライバーの駐車待ち時間がどのように変化するかをみる。図9は、図6の設定のときの平均駐車待ち時間を示したものである。横軸には情報所有率、縦軸には平均駐車待ち時間（全ドライバーの駐車待ち時間の平均値）をとっている。

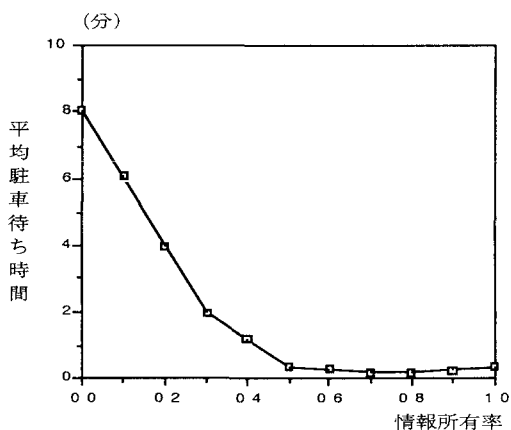


図9 情報所有率による平均待ち時間の変化
($\lambda=0.15$, 満空情報)

これをみると、情報所有率が0%の場合は平均8分の待ち時間が発生しているが、情報を持つドライバーの割合が増加すると平均駐車待ち時間は減少していることがわかる。特に、情報所有率が0.5になるまでの減少率が大きく、0.5以上になるとほぼ一定（ゼロに近い値）になり、0.8以上になると少しだけ上昇している。情報所有率が0.5以上になると待ち時間がほぼ一定値となるのは、図6に示したように、所有率が0.5を越えると各駐車場の利用状態があまり変化しないからであると考えられる。情報所有率が0.8以上になると待ち時間が少

しだけ上昇するのは、図6に示したように駐車容量の大きい駐車場1.5の需要が駐車容量の小さい駐車場2.4に移ったためであると考えられる。

図10は、情報を持つドライバーと、持たないドライバーにグループ分けして平均駐車待ち時間を示したものである。これをみると、情報を持つドライバーの割合が少ない間は、情報を持つドライバーのほうが持たないドライバーよりも駐車待ち時間が少なく、情報の効果があることが確認できる。しかし、情報所有率が60%を越えると、情報を持つドライバーも持たないドライバーも駐車待ち時間にはほとんど差がなくなることがわかる。先に示した図6と合わせて見ると、情報を持つドライバーが混雑していない駐車場へ分散するために、情報を持たないドライバーがその恩恵を受ける構造になっていることも示されている。なお紙幅の都合上、他の種類の情報や需要発生率を変えた場合を示すことはできないが、同様の結果が得られている。

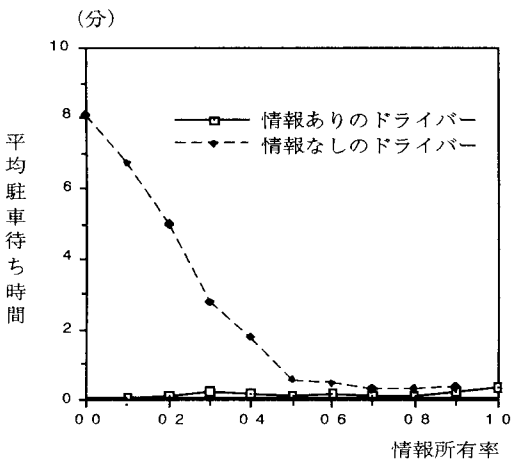


図10 情報の有無によるグループの差異
($\lambda = 0.15$, 満空情報)

以上のことから、次の3つのことがいえる。①情報を与えると需要の分散が促され、ドライバーの駐車待ち時間を減少させるという効果がある。②需要の分散が大きいときには、駐車待ち時間の減少に大きな影響を与え、需要の分布が安定してくると駐車待ち時間への影響は小さい。③少しの割合のドライバーが情報を持っても、全体的としての駐車待ち時間が減少するという効果がある。情報を持つドライバーの割合が0.5以上になると、情報を持つか持たないかによる待ち時間の差はほとんどなくなる。

4.3 情報の種類による効果の差異

(a) 混雑しているときの効果

図11は、混雑状況による満空情報、空き台数情報、待ち時間情報の平均駐車待ち時間の差をみたものである。情報所有率を50%に固定し、混雑状況を変化させるために単位時間あたりの車両発生台数である需要発生率を変化させている。

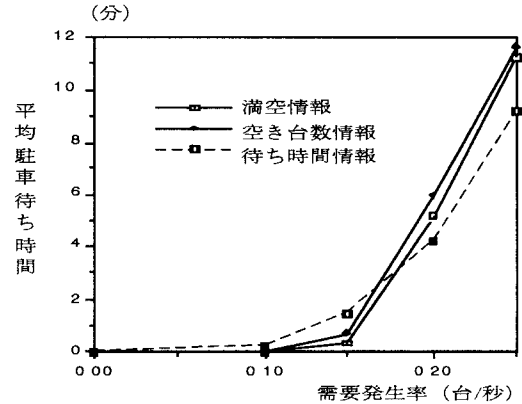


図11 混雑による差異 (情報所有率=0.5)

いずれの種類の情報についても、需要発生率が増加して混雑が厳しくなると待ち時間が増加している。特に、需要発生率が0.15台/秒を境に急激に増加している。これは、駐車スペースと平均駐車時間によって決まる駐車場の処理能力以上の需要が発生しているからであると考えられる。情報の種類による平均待ち時間を比較すると、需要発生率が0.15台/秒より小さく駐車場の混雑が比較的穏やかな場合には、満空情報や空き台数が有効であるが、発生率が0.20台/秒を越えて混雑が厳しくなると、待ち時間情報が最も効果的であることが示されている。すべての駐車場が満車になるほど混雑が厳しくなれば、満空情報や空き台数情報は駐車場選択に対して全く影響を与えなくなるので、混雑が厳しいときには待ち時間情報を与えることが平均待ち時間を減少させる上で効果を発揮すると考えられる。ここで設定した前提条件の範囲では、最も混雑している状況で情報の種類による平均待ち時間の差は最大20%程度と推定される。

(b) 混雑していないときの効果

図11から、混雑が少ない(需要発生率が小さい)と、満空情報と空き台数情報が有効であることがいえた。しかし、この両者は平均駐車待ち時間をみても、ほと

んど差がない（ゼロに近い）。そこで、需要分散の効果に差があるかどうかを調べる。

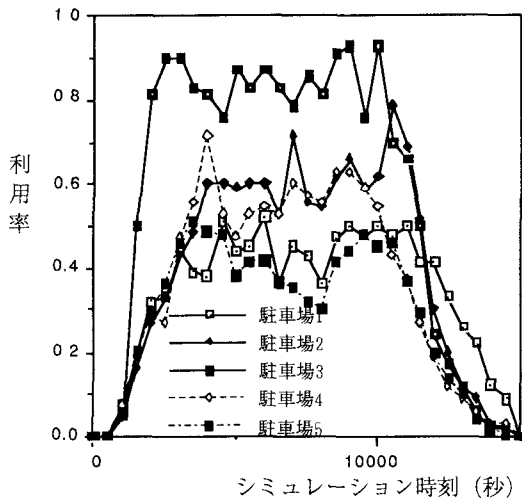


図12 各駐車場の利用率($\lambda=0.10$, $\theta=0.5$, 満空情報)

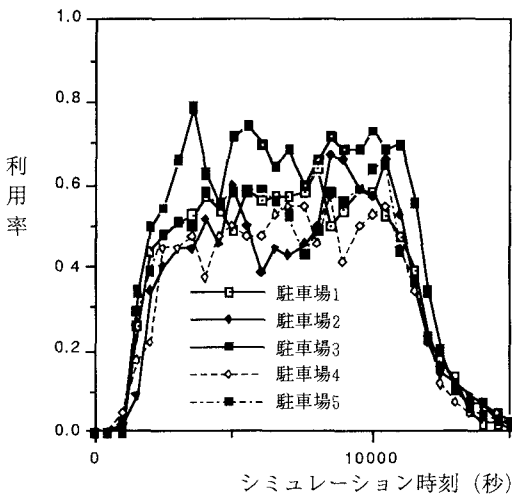


図13 各駐車場の利用率
($\lambda=0.10$, $\theta=0.5$, 空き台数情報)

図-12、図-13は満空情報と空き台数情報のそれぞれを提供した場合において、需要発生率を0.10台/秒、情報所有率を0.5に固定し、各駐車場の利用率の時間的変化をみたものである。横軸にシミュレーション開始からの累積時間、縦軸に各駐車場の利用率をとっている。なお、満空情報、空き台数情報のいずれを提供した場合でも平均駐車待ち時間はゼロである。2枚の図を比

較すると、空き台数情報のほうが需要を各駐車場へ一様に分布させており、空き台数情報のほうが需要分散に影響を与えることがわかる。

図-14、15は、同じ需要発生率(0.10台/秒)のときの情報所有率の違いによる各駐車場の平均利用台数の差異をみたものである。

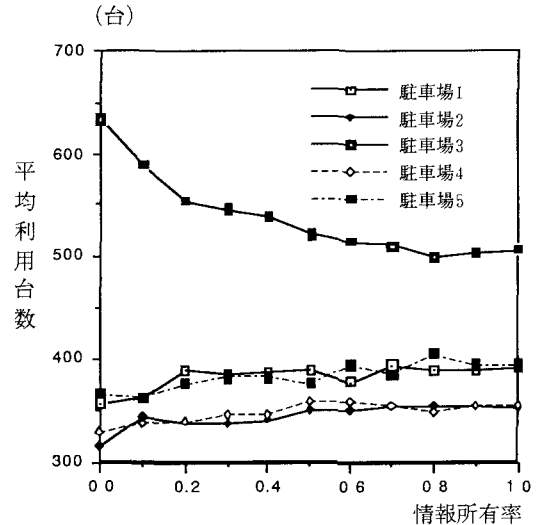


図14 各駐車場の利用台数 ($\lambda=0.10$, 満空情報)

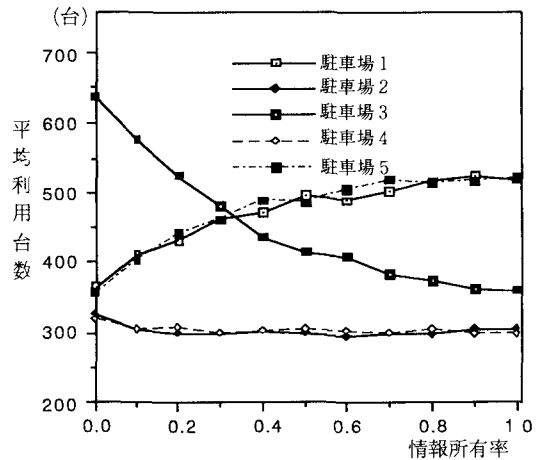


図15 各駐車場の利用台数 ($\lambda=0.10$, 空き台数情報)

これらを見ると、いずれの情報を与えた場合でも情報を持つドライバーの割合が増加すると、需要が分散していることがわかるが、情報所有率が同じであれば空き台数情報のほうが分散効果が大きいことがいえる。たとえば、50%のドライバーが情報を持つとき、満空

情報の場合はドライバーの25%が駐車場3を利用し他の駐車場はそれぞれ17~20%のドライバーに利用されているが、空き台数情報の場合は駐車場1,3,5の利用にほとんど差がない。

詳細に見ると、満空情報と空き台数情報では、需要分散のパターンが異なっている。満空情報の場合は、情報所有率が高くなるにつれて、駐車場3の需要がその他の駐車場に少しずつ移っているが、空き台数情報では、駐車場2,3,4の需要が駐車場1,5に移っており、全く異なる。両者の分散のパターンの傾向を述べると、満空情報はできる限り目的地から近い駐車場(駐車場2,4)へ分散させる傾向があり、空き台数情報は、できる限り駐車容量の大きい駐車場(駐車場1,5)へ分散させる傾向があるといえる。図-12、13の結果を合わせてみるとわかるように、全体的な分散には空き台数情報のほうが有効であると思われる。

これらの結果は、次の2点にまとめられる。①混雑が少ないときには、空き台数情報が全体的な需要分散に効果がある。②満空情報は目的地に近い駐車場へ需要を分散させ、空き台数情報は駐車容量の大きい駐車場へ分散させる傾向にある。

5. おわりに

本研究では、PGIシステムの効果計測を行うために、駐車場を含む動的なネットワークシミュレーションモデルを構築し、情報提供による駐車需要の分散効果、情報の種類と混雑の状況による効果の差異を調べてきた。ここで行なったシミュレーションの前提条件の範囲では、情報提供の効果は以下のようにまとめることができる。

(1)駐車場の利用可能性情報を提供することで、平均駐車待ち時間の減少が期待できる。その程度は混雑状況や情報の種類によって異なるが、満空情報の場合は情報を持つドライバーの割合が50%程度までは平均待ち時間の減少効果が大きい。

(2)情報を持つドライバーが駐車場選択を変更するために、情報を持たないドライバーの平均待ち時間も間接的に減少する。両者の差は情報を持つドライバーの割合が多くなるにつれて縮小し、50%以上のドライバーが情報を持てばその差はほとんどなくなる。

(3)駐車場の混雑状況に依って、情報の種類による効果の差異が発生する。平均駐車待ち時間で評価すると、

混雑が激しいときには、満空情報や空き台数情報に比較して待ち時間情報が最も効果的であるが、混雑の程度が低ければ、待ち時間情報の効果は相対的に低下する。

(4)満空情報と空き台数情報を比較すると、需要の空間的分散パターンが異なる。満空情報はなるべく目的地から遠ざからないように需要を分散させるが、空き台数情報は利用者の目的地からの距離にかかわらず利用を平準化するように分散させる。

今後の課題は、以下の通りである。

- (1)駐車場選択モデルの効用関数について検討すること、
- (2)駐車待ち行列による交通流への影響を考慮したモデルへ拡張すること。

これらの点を含め、モデルの構造の妥当性やその精度についても別途に検討を進めており、稿を改めて発表する予定である。

【参考文献】

- 1)Mahmassani H. and Jayakrishnan R. (1991) Urban Traffic Networks under Information: A Dynamic Simulation Assignment Model. Proc of 24th ISATA, pp.451-458.
- 2)森津秀夫, 大原竜也, 多田典史, 井上琢弥(1991) 経路誘導による交通ネットワークフローの変化に関する分析 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.37-44
- 3)Eldin M.S.N., El-Reedy T.Y., and Ismail H.K. (1981) A Combined Parking and Traffic Assignment Model Traffic Eng and Control, Vol 22, No.10, pp.524-530.
- 4)Gur Y.J. and Beimbom E.A. (1984) Analysis of Parking in Urban Centers: Equilibrium Assignment Approach Transpn Research Record 957, pp.55-62
- 5)Cascetta E., Nuzzolo A. and Bifulco G.N. (1991) Some Application of a Stochastic Assignment Model for the Evaluation of Parking Policy. Proc of the 19th PTRC Summer Annual Meeting Seminar G pp.17-29
- 6)森智志, 朝倉康夫, 柏谷増男(1993) 駐車場を含む道路網を対象とした交通量配分モデル 第45回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp.566-567
- 7)Leonard, D.R., Gower, P., and Taylor, N.B. (1989) CONTRAM: Structure of the Model. TRRL Research Report 178
- 8)飯田恭敬, 内田敬, 藤井聡, 鷹尾和享(1991) 渋滞の延伸を考慮した動的交通流シミュレーション 土木計画学研

究・講演集, No.14(1), pp.301-308.

9) 桑原雅夫, 上田功, 赤羽弘和, 森田緯之(1993) 都市内高速道路を対象とした経路選択機能を持つネットワークシミュレーションモデルの開発 交通工学, Vol.28, No.4, pp.11-20

10) 井上博司(1993) 道路網における交通流動の動的シミュレーション手法 土木学会論文集, No.470/VI-20, pp.87-95.

11) 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏(1991) 情報案内を考慮した駐車場選択モデルに関する研究 土木計画学研究・講演集, No.14(1), pp.139-146.

演集, No.14(1), pp.139-146.

12) 朝倉康夫, 柏谷増男, 森智志, 坂本志郎(1993) 交通情報提供の効果計測のためのモデル分析 駐車場情報を例に 土木計画学研究・講演集, No.16(1), pp.41-47.

13) 森智志(1995) 駐車情報に対する利用者の意識と行動に関する実証分析 愛媛大学工学研究科修士論文

14) 坂本志郎(1995) 駐車場を含む道路網における動的配分シミュレーションモデル 愛媛大学工学研究科修士論文

ネットワーク上での駐車場選択シミュレーションモデル～情報提供効果の計測を目的として～

朝倉康夫, 柏谷増男, 坂本志郎

本研究の目的は、駐車場案内・誘導 (Parking Guidance and Information, PGI) システムを例に、交通情報が利用者およびシステム全体に及ぼす効果、特に、利用可能性情報による効果を具体的に計測できる動的なシミュレーションモデルを開発し、情報提供による駐車需要の分散効果、情報の種類と混雑の程度による効果の差異を調べることにある。このモデルはネットワーク上での動的配分シミュレーションに駐車場を組み込んだものである。情報の有無によるドライバーの駐車場選択と経路選択は需要モデルで記述され、ネットワークと駐車場における時々刻々の状態変化はパフォーマンスモデルで記述される。情報提供モデルは、満空情報、待ち時間情報、空き台数情報を提供する。仮想的なネットワークを用いた数値計算の結果、混雑状態により効果的な情報の種類が異なることがわかった。

A Simulation Model of Car Park and Route Choice on Network

Yasuo ASAKURA, Masuo KASHIWADANI and Shiro SAKAMOTO

This paper aims to develop a dynamic network assignment simulation model for estimating the effects of availability information provided by Parking Guidance and Information Systems. The model includes car parks in the network and describes drivers' behaviour of car park choice and route choice. The interaction between drivers' behaviour and system performance is also considered. The differences of the effects of three types of availability information are compared through numerical examples. The number of vacant spaces information is found more effective than Full/Spaces information under less congested situation, while the waiting time information becomes the most effective under higher congestion.
