

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

For Evaluating Parking Information Systems

坂本 志郎**, 朝倉 康夫***, 柏谷 増男****

by SAKAMOTO Shiro, ASAKURA Yasuo and KASHIWADANI Masuo

1. はじめに

現在、様々な都市で、駐車場案内・誘導システムが設置あるいは計画されている。このシステムは、駐車場の場所や方向を示す静的情報、利用可能性(満空、空き台数など)を表す動的情報を提供している。これらの情報を提供することにより、利便性の向上(利用者)、道路交通の円滑化(道路管理者)などが期待される。本研究では、利用可能性情報に着目し、この効果を評価するためのシミュレーションモデルの構築を行う。

2. モデル

(1) モデルの必要条件

このモデルでは、動的情報(利用可能性情報)および駐車場と道路ネットワーク上の交通の流れの動的変化を扱うため、次のような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である。

(2) モデルの全体構造

モデルは図1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。

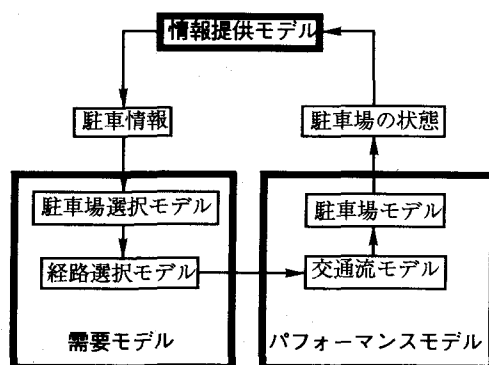


図1 モデルの全体構造

(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しないとする。

(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。また情報提供を受けるドライバーについては、時々刻々変化する駐車状況も考慮して選択行動を行う。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 を選択する確率は、次式で与えられる。

キーワード：駐車場情報システム、交通シミュレーション

**学生員 愛媛大学大学院 土木海洋工学専攻

***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)

****正会員 工博 愛媛大学教授 工学部土木海洋工学科

$$P_n = \exp(V_n) / \sum_j \exp(V_j)$$

ただし効用関数は、

a) 情報を受けない場合

$$V_{jn} = \sum_k \beta_k X_{jnk}$$

b) 情報を受ける場合

$$V_{jn} = \sum_k \beta_k X_{jnk} + \sum_h \gamma_h I_{jh}$$

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

I_{jh} : 提供された情報 (駐車場 j の h 番目の情報値)

以上の方法で、それぞれの駐車場の選択確率が求まれば、区間 $[0, 1]$ の一様乱数を発生させ、 P in の値に基づいて、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、84%が最短距離経路、9%が走行が容易な経路、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、パフォーマンスモデルより算定された値を用いる。

(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。ただし、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、更新時間は大きめに設定しておく。

ネットワーク上での車両の挙動を図2を使って説明する。まず発生ノードから車両が発生する。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。さらに駐車場に到

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しておく。

なお図中には、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。

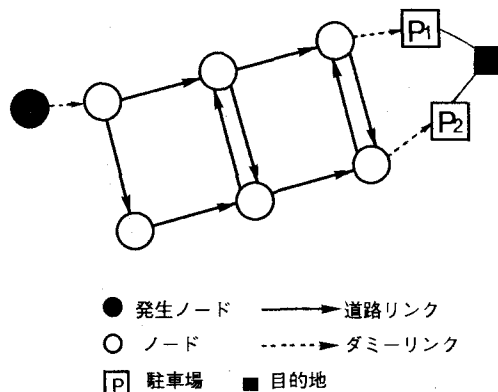


図2 ネットワーク図

(a) 交通流モデルと駐車場モデルの関係

図3に示すように、駐車場の手前のノード（図中の②）に到着するまでは交通流モデル、さらにそれ以後は、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。つまり、駐車待ち行列が交通流に及ぼす影響はないとする。

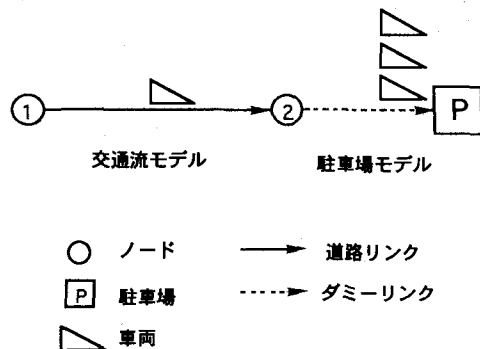


図3 交通流モデルと駐車場モデル

(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。この見込み時間は、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。しかし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) 時刻*t*において駐車中、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。

(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、i)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。

空き台数情報は、ii)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。

駐車場*j*の待ち時間 W_j は、 $NQ_j=0$ ならば、当然 $W_j=0$ となる。 $NQ_j>0$ ならば、待ち行列の先頭の車両の待ち時間の期待値は $0.5/\mu C$ 、2台目以降は、1台当たり平均 $1/\mu C$ であるから、待ち台数が NQ_j 台のときは、iii)のように表される。

i) 満空情報

$$\begin{aligned}(C_j - NS_j) / C_j &< \epsilon && (\text{満車}) \\ &\geq \epsilon && (\text{空車})\end{aligned}$$

ii) 空き台数情報

$$C_j - NS_j$$

iii) 待ち時間情報

$$W_j = (NQ_j - 0.5) / \mu C_j \quad (NQ_j > 0)$$

ただし、

ϵ : 駐車場の空きスペースの割合

$1/\mu$: 平均駐車時間

(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. 評価指標

駐車場案内・誘導システムを設置、すなわち、情報提供を行うことによる効果のうち、本モデルで計測できるのは、以下の指標である。

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、各車両の駐車場利用時間、利用経路の表示などである。

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）、ドライバーが情報を所有する割合（ θ ）を変動させることにより、これらの指標を計算することができる。

4. 数値計算

(1) 前提条件

駐車場選択モデルのパラメータは、松山市で行ったアンケート調査にもとづいて推計した。

ネットワークは、図2に示すように、発生ノード1、目的地1、駐車場（集中ノード）2、道路リンク9の単純なネットワークを用いる。また駐車時間の確率分布は、指数分布で与える。

総発生台数300台、需要発生率0.1台/秒、リンク走行時間150秒（一定）、平均駐車時間20分、P1、P2の駐車場に対し、駐車可能台数80台、70台、料金300円、250円、徒歩距離100m、200mとした。

(2) シミュレーション結果

図4は、満空情報を用いた場合の情報を持つドライバーが全ドライバーに占める割合（情報所有率）の変化による交通流モデルでの平均旅行時間と駐車場モデルでの平均駐車待ち時間を示したグラフである。それぞれのグラフの概形をみると、平均旅行時間は右上がり、平均駐車待ち時間は最初下降し、途中から少し上昇している。交通流については情報により遠方の駐車場が選択される傾向にあるため、旅行時間が増加している。平均駐車待ち時間については、情報により減少しているが、情報所有率が高くなると必ずしも減少しないことがわかる。

図5は、情報のタイプによる差異を示したグラフである。平均所要時間とは、平均旅行時間と平均駐車待ち時間の和である。いずれの情報も情報所有率が小さい場合において、所要時間は大幅に減少している。このことから、情報所有率が小さくても、情報を提供することの有用性がいえる。また情報所有率が大きくなりすぎると逆に、所要時間は増加している。

情報所有率がゼロの場合、満空情報と待ち時間情報の間で平均所要時間に差があるのは、両者の情報

の徒歩距離と駐車料金のパラメータ比が異なっていることと、徒歩距離と駐車料金の値が1通りであることで、駐車場選択に偏りが出たためであると考えられる。この点については、現在、検討中である。

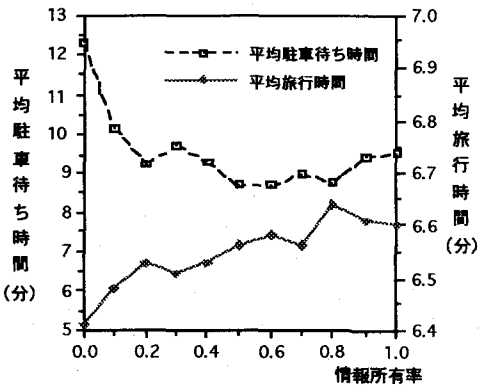


図4 情報所有率による差（その1）

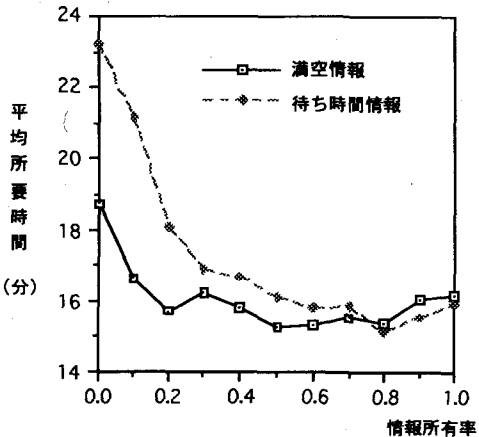


図5 情報所有率による差（その2）

5. おわりに

今回は、個々のサブモデルの細かい点にはこだわらず、全体的な構造を示し、簡単なシミュレーションを行った。

今後は、モデルの改良あるいは大きいネットワーク上でのシミュレーションを行うつもりである。