

PGIシステムの効果計測のための交通シミュレーションモデルの改良

Improving the Network and Parking Simulation Model for Estimating the Effects of PGI Systems

玉木敦\*\*, 朝倉康夫\*\*\*, 柏谷増男\*\*\*\*

By Atsushi TAMAKI and Yasuo ASAKURA, Masuo KASHIWADANI

1. はじめに

駐車場案内・誘導 (Parking Guidance and Information, PGI) システムは、ドライバーに駐車場の位置と方向および利用可能性情報を提供し、駐車場探しのためのうろつき交通を削減するとともに、駐車場需要の分散を図ることによって、駐車場の混雑緩和と道路交通の円滑化を狙っている。著者らはこれまでに駐車場の利用可能性情報を提供することの効果を実測できる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等を調べてきた。このモデルは、道路網上での動的な交通量配分シミュレーションモデルに駐車場を組み込んだ構造を持っており、個々のドライバーの駐車場および経路選択行動をシミュレートすることにより、駐車場での待ち時間やネットワーク上の混雑状況を記述できる点を特徴としている。本研究では、この基本モデルの枠組みを変えずに、ドライバーの駐車場選択行動に関する仮説の一部を改良し、数値計算を行った。なお、以下でいう駐車場情報とは「満空情報」など駐車場の利用可能性に関する動的情報を指す。

2. モデル

2.1 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。

本研究で改良を加えた点は、以下の3点である。

- (1)到着した駐車場が満車であったときのドライバーの駐車場（および経路）の再選択行動を記述すること。
- (2)駐車場で待つことのできる台数に制約を加え、駐車場で待ち行列が上流の道路リンクに及ぼす影響を考慮すること。
- (3)情報提供の時間的遅れの影響を考慮すること。

これらはそれぞれ需要モデル、パフォーマンスモデル、情報提供モデルの各サブモデルの一部を改良することで対応でき、モデル全体の枠組みを修正する必要はない。

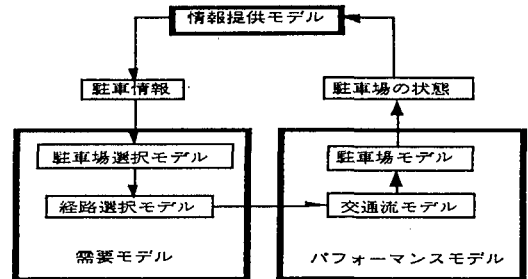


図-1 モデルの全体構造

2.2 需要モデルの改良

情報提供の有無にかかわらず、すべてのドライバーは、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。これまでは、一旦選択した駐車場は入庫するまで変更しないと仮定していたが、実際には、到着した駐車場が満車であったときにドライバーはそれを変更するかもしれない。そこで、本研究では、選択した駐車場へ到着したときそこが満車であれば、ドライバーはある確率で駐車場の選択を変更するものとした。選択を変更するドライバーは、再び駐車場と経路選択を行うことになる。駐車場選択モデルと経路選択モデルは、これまで用いていたモデル構造をそのまま用いる。

(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

\*keywords : 駐車需要, ネットワーク交通流  
 \*\*学生員 愛媛大学大学院 土木海洋工学専攻  
 (〒790松山市文京町, TEL0899-24-7111, FAX0899-23-0672)  
 \*\*\*正会員 工博 愛媛大学助教授 工学部 土木海洋工学科  
 \*\*\*\*正会員 工博 愛媛大学教授 工学部 土木海洋工学科

知識（駐車場の位置、料金や目的地までの徒歩距離など）を持っており、情報提供を受けなければ、先験的知識のみによって駐車場を選択するものと仮定する。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（例えば表示板をみること）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。

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

効用関数 $V_{in}$ のパラメータは、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、別途に推計されたものを用いる。情報を持たないドライバーと情報を持つドライバーの間で、先験的知識に対する効用関数のパラメータを共通の値とするために、得られた1,500のサンプルをすべてプールして効用関数のパラメータを推定した。式全体の推定精度は概ね良好である。（ $\chi^2$ 値=1834.9、 $\rho^2$ 値=0.5597、的中率=79.53%）

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 $i$ に対する効用関数は

$$V_{in} = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i \quad (-18.99) \quad (-21.75)$$

である。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（）内の数値は $t$ 値である。

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。

<満空情報を提供される場合>

$$V_{in} = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i + 5.52917 FS_i \quad (17.93)$$

$FS_i$  : 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>

$$V_{in} = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i + 0.08191 NV_i \quad (5.81)$$

$NV_i$  : 駐車場 $i$ の空き台数

<待ち時間情報を提供される場合>

$$V_{in} = -0.01857 WD_i - 0.02104 PC_i - 0.34511 WT_i \quad (-13.25)$$

$WT_i$  : 駐車場 $i$ の待ち時間

ドライバーに提供する情報は、情報提供モデルのアウトプットでその値は時々刻々変化する。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。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、異なった情報を持ったドライバーが混在することはないとする。

(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、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する。経路選択に用いるリンク旅行時間は、後述の交通流モデルで計算される。

(c) 選択の変更確率

到着した駐車場が満車であったとき、駐車場を変更するか否かの確率 $\mu$  ( $0 \leq \mu \leq 1$ )は、駐車場選択にかかわる要因（料金や徒歩距離など）や駐車場での待ち行列の長さなどにより説明されるであろう。しかし本研究では、できるだけ簡潔な構造により選択を記述することと、入手できるデータの制約を考慮して、 $\mu$ を定数とする。すなわち、到着した駐車場が満車であれば、一定の確率 $\mu$ で駐車場を変更するものとした。ドライバーは駐車場を変更しない場合はそのまま待ち行列に並ぶが、選択を変更する場合は、再度(a)の駐車場選択モデルにより駐車場を選択する。この時、最初に選んだ駐車場（到着した時点で満車となっている）は選択肢集合から除外する。再度選択した駐車場までの経路は(b)の経路選択モデルにより最短経路を選ぶものとする。

このような改良を行うと、駐車場が混雑しているときには次善の駐車場へ向かう車両がネットワーク上を

走行する機会が多くなり、駐車場の混雑による道路網上の混雑が増幅されることになる。しかしこの改良を行ってもなお、「駐車場探しのためのうろつき交通」を記述できたことにはならない。この点は今後の課題としたい。なお、 $\mu$ の値は(a)に述べた駐車場選択モデルの同定に用いたSP調査を実施した際に得られたデータから、 $\mu=0.87$ とした。

### 2.3 パフォーマンスモデルの改良

パフォーマンスモデルでは、トリップの起点から駐車場までの個々の車両を動かしていく。駐車場と経路は需要モデルにより与えられる。交通流モデルは道路ネットワーク上での車両の動きをシミュレートするもので、リンク上に存在する車両台数の多少によりリンク旅行時間と待ち時間が決まるような構造になっている。駐車場モデルでは、駐車場の手前のノード(図-2の2)に車両が到着して後の車両の動きをシミュレートするもので、既に駐車中の車と待ち行列にいる車の状態を記述する。

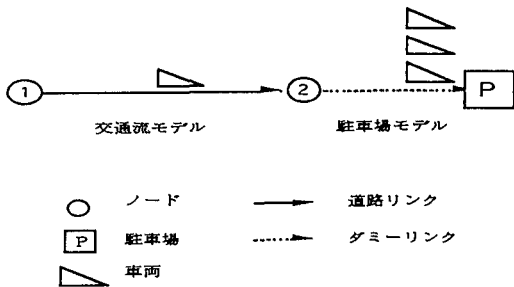


図-2 交通流モデルと駐車場モデルの関係

これまでのモデルでは、待ち行列に並ぶことのできる車の台数、すなわち図-2のダミーリンクの容量に制約を付けていなかったため、一旦駐車場の手前のノードに到着した車はすべて待ち行列に加わってしまい、待ち台数の大小が上流側の道路リンクの混雑に影響を与えることはない構造であった。そこで、本研究では、待ち行列台数の制約を考慮するために、ダミーリンクに容量制約を設けるものとした。その結果、駐車場の混雑は上流の道路網リンクへ波及する。待ち行列台数の制約に達すると、当該駐車場を目的地とする車両は待ち行列に加わることができず、上流リンクに滞留する車両が発生し、単に通過するために上流リンクを走行している車両の遅れ時間が増加するという現象を記述することができる。しかしながら、待ち行列中の車

両が車線を占有することによる容量の減少を考慮するには到っていない。

### 2.4 情報提供モデルの改良

駐車状態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」である。これまでのモデルでは、現況の駐車状況を時間遅れを伴うことなく提供できるものとしていた。本研究では、情報の収集と処理に要する時間の遅れを考慮することができるようモデルを改良した。

### 3. 数値計算

情報の種類、混雑率、情報の時間的遅れ、情報を所有するドライバーの割合である情報所有率をパラメトリックに変化させて数値計算を行い、条件設定の違いによる情報提供効果の差異を比較する。以下では紙幅の制約から、情報の種類は満空情報に限定し、混雑率と情報の時間遅れの影響については省略する。

#### 3.1 基本設定

ネットワークを図-3に示す。駐車場の数は5カ所である。駐車可能台数は、ネットワーク中心部の駐車場2,3,4は少なめ、料金については、中心部を高めを設定している。車両発生台数は2000台に固定し、2カ所の発生ノードからそれぞれ1000台ずつ発生させることにする。いずれの発生ノードから発生する場合でも、目的地選択確率は0.5とする。

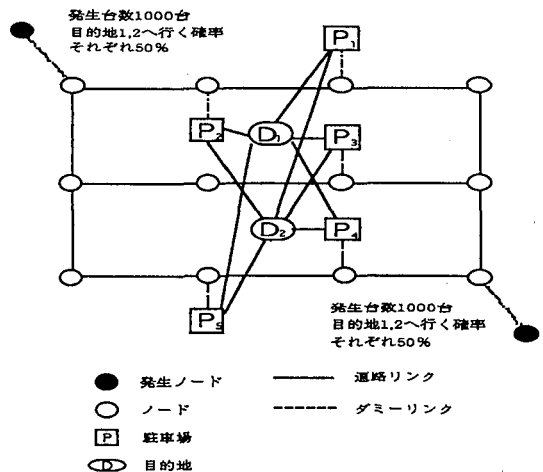


図-3 ネットワーク

### 3.2 情報提供による需要の分散効果

図-4は、情報の種類（満空情報）、単位時間当たりの車両発生台数（0.15台/秒）、情報の遅れ（なし）の条件を固定し、情報所有率（全ドライバーに対する情報を所有するドライバーの割合）を変化させたときの駐車需要の分散をみたものである。横軸には情報所有率、縦軸は各駐車場の平均利用台数である。情報を与えない場合は、駐車場3の利用台数が非常に多くその他の駐車場は少ない、これは駐車場3が目的地1,2のどちらからも近く、徒歩距離の面でも魅力のある駐車場だからである。つまり情報がない場合には最も魅力があるように初期設定されているために利用台数が多い。情報所有率を上げると駐車場3の利用台数が下がり、駐車場1,5の利用が相対的に向上していることがわかる。これは満空情報を得たドライバーが駐車場3から駐車場1,5へ変更したためであると考えられる。このことから情報によって駐車需要が分散することがわかる。

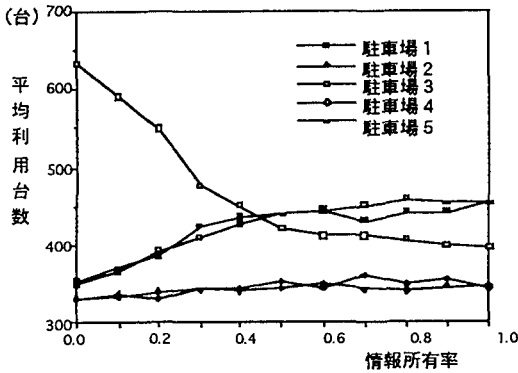


図-4 各駐車場の利用台数  
( $\lambda = 0.15$  満空情報)

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それぞれ図-5、図-6に示す。図-5より全く情報が提供されない場合は、車両が駐車場3に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確認できる。すべてのドライバーが情報を持つ場合（図-6）は、需要が各駐車場に分散しているので駐車場での待ち台数はほとんど発生していないことも確認できる。

### 4. 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

モデル改良し情報提供の効果を調べてきた、その結果

駐車場の利用可能性情報を提供することで駐車場の分散傾向が強くなりネットワークの混雑が緩和されることが分かった。

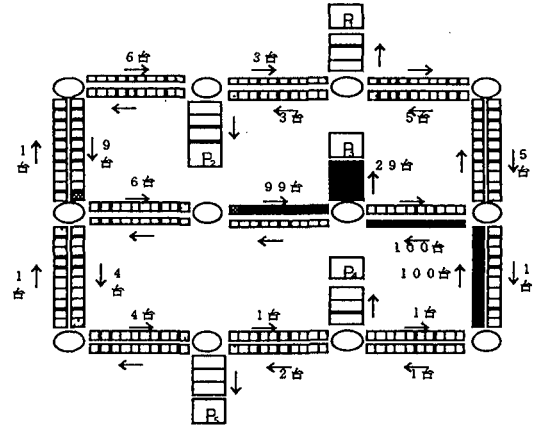


図-5 最混雑時のネットワーク上の車両の分布  
(情報所有率0%)

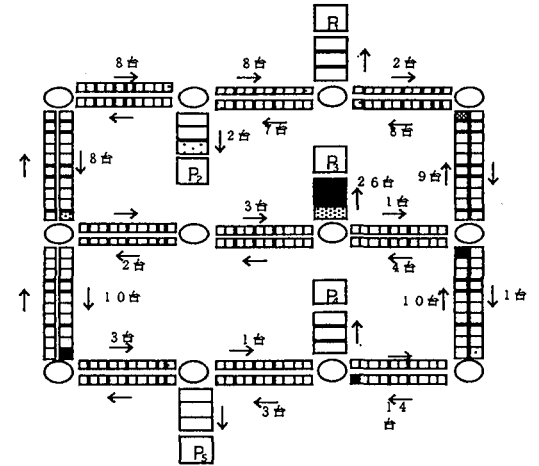


図-6 最混雑時のネットワーク上の車両の分布  
(情報所有率100%)

### <参考文献>

- [1] 坂本志郎, 朝倉康夫, 柏谷増男 (1995) 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土木計画学研究講演集, No.16 (1), pp.41-47.
- [2] 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, 愛媛大学修士論文.