

駐車場案内システムのための最適誘導に関する 基礎的研究

A Study on the Optimal Guidance Method in the
Parking Information System

辰巳 浩*、樗木 武**、外井哲志***、李 相光****

By Hiroshi TATSUMI, Takeshi CHISHAKI, Satoshi TOI and Sang Kwang LEE

The purpose of this study is to investigate the guidance method when planning the parking information system. In order to find out a selection method of optimal guidance way, have been searched behavior characteristics of drivers when they choosing parking lot. Through the analysis, it is ascertained that choosing behaviors are influenced by a driving distance and a walking distance from parking lot to object place. Furthermore, it is necessary in the parking information system that an entrance of parking lot should be located left side to the running direction. Accordingly, this study proposed the stepwise method for optimal guidance, which are demand allotment to each parking lot based on allotment model, the assignment of guidance volumes, and the selection of optimal guidance ways.

1. はじめに

近年、モータリゼーションの発展に伴い、自動車は我々の生活の中において、なくてはならない存在となっており、そのため、自動車保有台数の増加も著しく、一家に1台の時代から、今や1人1台の時代を迎えようとしている。それに伴い、交通渋滞、排気ガス、騒音などの諸問題もまた深刻化してきており、その中でも最近、特にクローズアップされている問題の一つが駐車問題である。

そもそも、この駐車問題の発生原因は、自動車保有台数の増加に伴って増える都市内の駐車需要に対

し、その受け入れ側である駐車場が不足していることにある。そのため、大量の違法駐車や待ち行列、または駐車場探しのための回遊交通などが発生し、都市内の交通環境を悪化させている。

これらの問題を解決するにあたって、駐車需要と駐車場容量とのバランスをとることが必要であるが、地価の高騰と土地不足により、十分な駐車場を整備することは非常に困難な状況となっている。また、もし仮に十分な駐車場を整備できたとしても、今度は都市内の道路容量を増やさなければ事態の根本的な改善には至らない。そこで、現実的な駐車問題の解決策として、駐車場案内システムによる既存駐車場の有効利用およびスムーズな誘導と適度な違法駐車取締りを併せて行うことが非常に効果的であると考えられる。

以上のことから、本研究では駐車場案内システムにおける最適誘導についての検討を行うものである。ただし、駐車場案内システムを計画する際には、ド

キーワード：駐車場割当、誘導交通量配分、誘導経路

* 正会員 工修 九州大学助手 工学部土木工学科

** 正会員 工博 九州大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 九州大学助教授 工学部土木工学科

****学生員 工修 九州大学大学院 工学研究科土木工学専攻博士課程
(〒812福岡市東区箱崎6-10-1)

ライバーの駐車場選択行動を把握した上で、そのことを十分にシステムに反映させる必要がある。なぜならば、いくら合理的なシステムを設計しても、最終的に案内システムに従うかどうかはドライバーに任されているため、彼らの意志を無視した案内システムは結果的に利用されない恐れがあるからである。そこで本稿では、まずアンケート調査結果から、ドライバーの駐車場選択特性を整理し、このことを十分に考慮した上で、駐車場割当および誘導経路に関する考察を行った。

2. ドライバーの駐車場選択特性

本研究では、福岡市天神地区をアンケート調査対象地区とし、平成3年7月28日（日）、8月4日（日）の両日に調査を実施した。調査対象駐車場は4箇所の大規模地下駐車場であり、駐車場の利用実態および駐車場までの走行経路などに関する質問を行った。調査方法は、駐車場入口にてアンケート票を配布し、出口料金所において回収した。アンケート票配布数は2,776部、回収率は91%である。

図-1は、目的地別にそれぞれ、縦軸に駐車場利用割合を、横軸に徒歩距離を表し、それらを重ね合わせたものである。この図より、目的地までの距離が小さい駐車場ほど利用割合が大きいことから、ドライバーは徒歩距離がなるべく小さくなるように考慮して駐車場を選択する傾向があるといえる。また、図-1において、80%以上の高い割合を示すものがあるが、これはある店舗のレシートを見せると駐車料金が無料または割引になる制度を取り入れている場合であり、利用者はこのような制度を積極的に利用しているということもわかる。

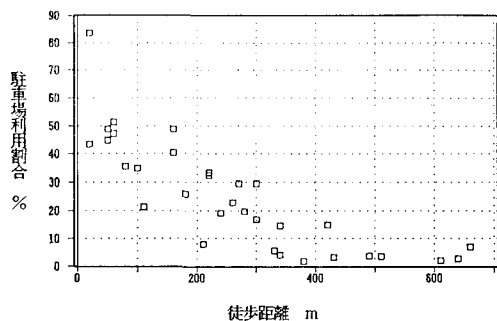


図-1 目的地別駐車場利用割合と徒歩距離の関係

次に、地区内における自動車による行動についての

考察を行うため、まず、分析対象エリアおよびエリア入口を設定した。福岡市天神地区は、地下鉄天神駅を中心に半径500mの円内に中心的な商業・業務地域の大部分が含まれることから、この範囲を対象エリアとして設定した（図-3）。また、エリア入口については、現在、駐車場案内システムの案内板が設置されている9本の道路をエリア入口とした。

そこで、各エリア入口から駐車場までの自動車走行距離と駐車場別のエリア入口利用割合の関係をグラフに表すと図-2に示すとおりである。このグラフより、距離が小さいほど利用割合が大きいことから、ドライバーは自動車走行距離についても小さくなるように考慮して駐車場を選択する傾向があることがわかる。

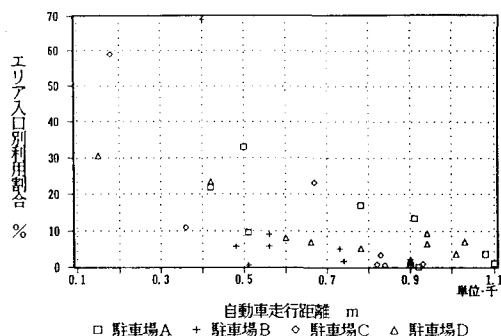
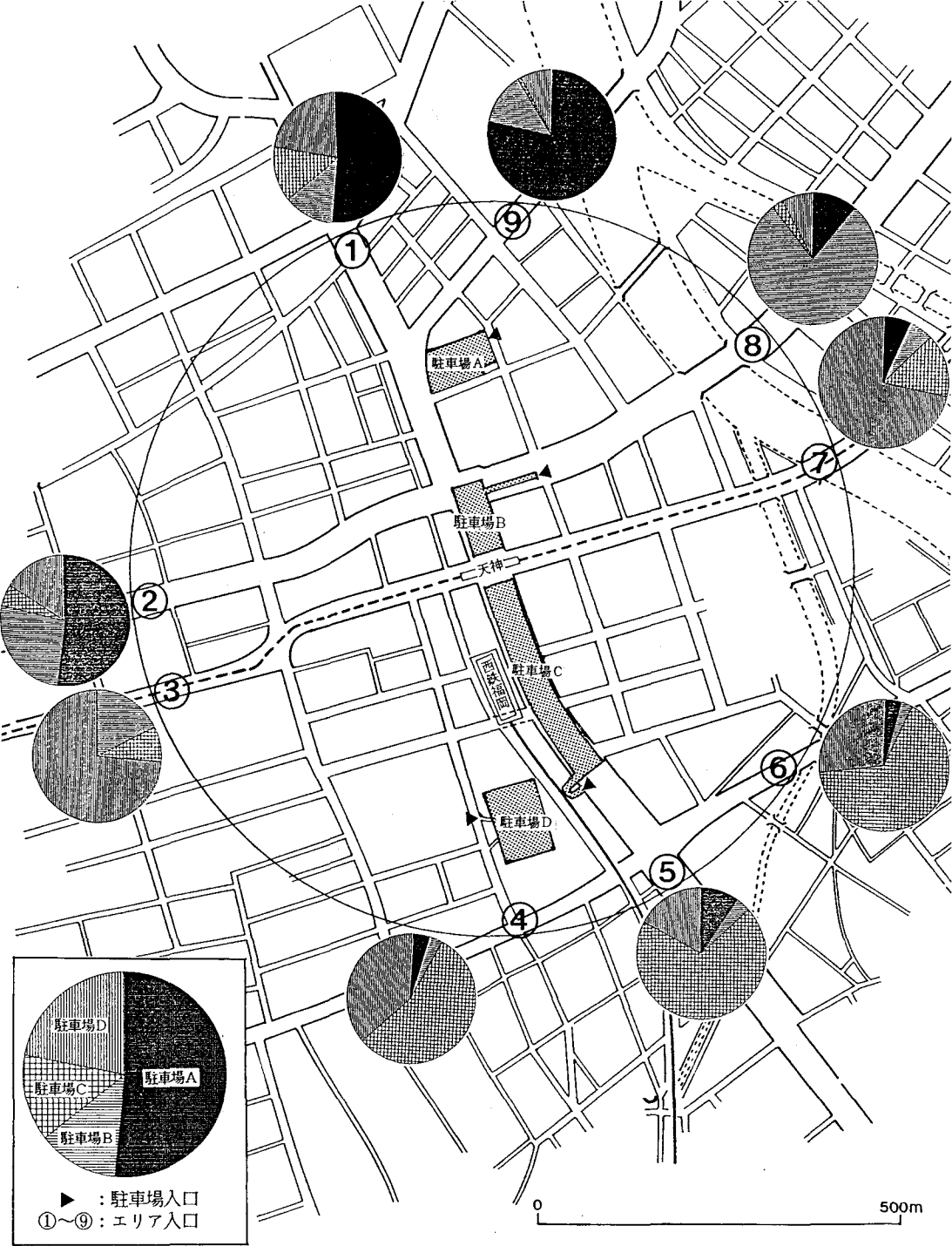


図-2 駐車場別エリア入口利用割合と自動車走行距離の関係

図-3はエリア入口別に駐車場の選択割合を表したものである。この図からもドライバーはエリア入口からの距離が小さい駐車場を選択する傾向があることがうかがえる。ここで、エリア入口④に着目してみると、駐車場Cと駐車場Dでは駐車場Cのほうが距離が大きいにも関わらず、割合は駐車場Dを上回っていることがわかる。これは、エリア入口④からの走行に対して駐車場Cは入口が左側にあるために進入しやすく、また、待ち行列が発生した場合もその列に並びやすいのに対し、駐車場Dでは入口が右側（反対車線側）に位置するため、待ち行列が発生した場合にはUターンもしくは迂回する必要があることがその原因と考えられる。また、エリア入口④と⑩についても駐車場Bに対する割合に大きな差があるが、この場合も駐車場入口が⑩からの進行方向側にあることが原因である。特にここでは道路に中央分離帯があるために④からの進入に対しては大きく迂回する必要がある、このような現象が生じて

いる。このように、駐車場入口には方向性があり、特に中央分離帯がある場合にはその性質が顕著に現

れることから、駐車場割当などの計画を行う際には十分な配慮が必要であるといえる。



図－3 エリア入口別駐車場選択割合

3. 駐車場割当モデルの構築

駐車場案内システムにおける最適誘導を検討する際、まず各目的地に対する需要をどの駐車場にどれだけ割り当てるかを考えなければならない。そこで、対象地区をエリア入口(E*i*)、駐車場(P*m*)、目的地(D*j*)の3要素に分解し、その上で、ドライバーの駐車場選択特性を考慮しながら、需要を各駐車場に割り当てる線形数学モデルとして定式化する。

(1) 2段階駐車場割当モデル

まず第1段階として、ドライバーは徒歩距離が最小となるように駐車場を選択する傾向があることから、エリア内における総徒歩距離を最小化する問題を考える。目的地*j*の需要に対する駐車場*m*への割り当て量を*x_{mj}*とすれば、

目的関数

$$\text{Minimize } Z_1 = \sum_j \sum_m d_{mj} x_{mj} \quad (1)$$

制約条件

$$\sum_m x_{mj} = \sum_i Q_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_j x_{mj} \leq C_m \quad (3)$$

ここで、

d_{mj} : 駐車場*m*から目的地*j*までの徒歩距離(m)

Q_{ij} : エリア入口*i*から目的地*j*への需要(台)

C_m : 駐車場*m*の容量(収容台数×回転率)

ただし、ここでは全駐車需要が全駐車場容量を上回らないことを原則としている。しかし、もし仮に上回る場合には、割り当て対象時間帯後の待ち行列という形で対処すればよい。すなわち、超過した需要の分だけ、各駐車場に仮のスペースを設け、そこへ需要を割り当てることで待ち行列とする。その際、原則として、仮のスペースは各駐車場に均等に設けるべきであるが、待ち行列が発生すると著しく他の交通の妨げとなる駐車場には仮のスペースは設けないなどの配慮も必要である。

次に第2段階として、ドライバーは自動車による走行距離もまた最小となるように駐車場を選択する傾向があることから、エリア内における総走行距離を最小化する。エリア入口*i*から目的地*j*への需要

の駐車場*m*に対する割り当て量を*y_{ijm}*とすれば、

目的関数

$$\text{Minimize } Z_2 = \sum_i \sum_j \sum_m \ell_{im} y_{ijm} \quad (4)$$

制約条件

$$\sum_j y_{ijm} = x_{mj} \quad (5)$$

$$\sum_m y_{ijm} = Q_{ij} \quad (6)$$

ここで、

ℓ_{im} : エリア入口*i*から駐車場*m*までの距離(m)

このモデルは、徒歩距離を優先的に最小化しているために、利用者にとっては非常に有用なモデルである反面、エリア内における自動車走行距離最小化という面では多少寛大であるといえる。そこでこのような状況が許される都市構造、つまり地区内の駐車場容量に対して道路容量に余裕がある場合に適したモデルといえる。

*ℓ_{im}*についてはダイクストラ法により求めた最短距離を用いるが、その際、駐車場入口の方向性を考慮して、入口が進行方向左側になる経路の中での最短距離とする。

また、割り当て量の単位については、「台」や「台・時間」等が考えられるが、誘導経路の選定を行う際に通過交通を考慮することを考えて「台」とし、駐車場容量については「収容台数×回転率」とした。

(2) 総移動距離最小化による駐車場割当モデル

都市内における駐車需要の最適誘導を考えると、駐車場の利用状況の偏りをなくすこととともに、交通の円滑化を図るということが重要な課題となる。そこで、後者を重視する場合として、都市内における総移動距離(徒歩距離+走行距離)を最小化することによる駐車場割当モデルの構築を試みた。

目的関数

$$\text{Minimize } Z = \sum_i \sum_j \sum_m (d_{mj} + \ell_{im}) y_{ijm} \quad (7)$$

制約条件

$$\sum_m y_{ijm} = Q_{ij} \quad (8)$$

$$\sum_j \sum_m y_{ijm} \leq C_m \quad (9)$$

このモデルの特徴として、駐車誘導計画を行う上で非常に合理的であり、都市内における総移動量が最小限に押さえられることから交通の円滑化を図るには効果的であるが、対象エリアが広い場合には、ドライバーはエリア内に進入してすぐに駐車場へ車を止め、そこから目的地まで長い距離を歩かなければならない可能性がある。このことは歩行距離を最小限に押さえたい利用者にとっては受け入れられにくく、結果的に利用されない案内システムになる恐れがある。このような理由から、このモデルは対象エリアが狭く、かつ交通の円滑化を重視した計画に適しているといえる。

(3) 重み付けした距離を用いた駐車場割当モデル
対象エリアが広い場合の駐車場割り当てについては、歩行距離と自動車による走行距離を等価に扱うことはできず、何らかの重みを付ける必要がある。そこで、重みを w とし、式(7)にかえて、

$$Z = \sum_i \sum_j \sum_m (w d_{im} + l_{im}) y_{ijm} \quad (10)$$

を導入する。

ここで、重み w の設定について、本稿では2種類の提案を行う。

a) 距離を時間として取り扱うための重み

徒歩と自動車による走行とでは、同じ距離であっても、一般的にその旅行時間には大きな違いが生じる。そこで距離の代わりに時間の概念の導入を考え、地区内における総旅行時間最小化による駐車場割当モデルとなるように w を設定する。つまり、

$$w = v_c / v_w \quad (11)$$

ここで、

v_c : 地区内における平均自動車走行速度(km/h)

v_w : 平均歩行速度(km/h)

ただし、 v_c は厳密には駐車場案内システムの導入により変化すると考えられ、正確な割当モデルの構築のためには、誘導経路の選定により決定された各道路の交通量から速度を割り出し、その平均速度を用いて w を設定し直した上で、再度計算を行う必要がある。

b) ドライバーの駐車場選択特性を考慮した重み

アンケート調査により求められたドライバーのエ

リア内走行距離と徒歩距離の比を重み w として設定する。つまり、

$$w = \frac{1}{n} \sum_k (D_k / d_k) \quad (12)$$

ここで、

D_k : サンプル k の自動車走行距離(m)

d_k : サンプル k の徒歩距離(m)

n : サンプル数

式(12)により設定される重みは、ドライバーの駐車場選択特性が反映されている点において優れており、本研究におけるアンケート調査から計算すると、 $w=10.2$ となる。

4. 最適誘導に関する考察

次に、駐車場割当モデルによって割り当てられた需要の誘導経路について検討する。駐車誘導を行う際、特定の道路に交通量が集中することなく、エリア内の交通ができるだけ円滑になることを考慮しなければならない。そこで本研究では、交通量配分の理論を導入し、まず、駐車誘導を行う上でのエリア入口から駐車場までの各需要の理想的な配分状態を把握することを試みた。その手法として、分割配分法を用いるものとし、また、次の2点を考慮した。

- ・通過交通量
- ・駐車場入口の方向性

一般の分割配分法による交通量配分では、ネットワーク上の各リンク交通量の初期値を0とし、そこに分割した需要を流していく。一方、誘導交通量の配分の場合には誘導交通量の他に通過交通量をも考慮する必要がある。そこで本研究では、通過交通量は誘導交通量の配分によって変化することはないものとし各リンクの初期値として与えた。

駐車場入口の方向性の考慮については、誘導は駐車場入口が進行方向に対して左側とならなければならないものとした。その際、本稿ではUターンを許す場合と許さない場合の2通りを検討した。

(1) Uターンを許す場合

ドライバーを駐車場へ誘導する経路の途中において、Uターンをさせることは円滑な交通の妨げになるばかりか安全性の面でも望ましいことではない。しかし、図-4のような中央分離帯のある広規格道

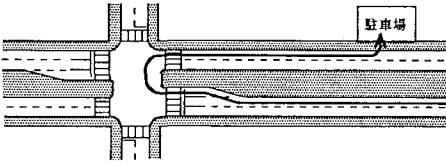


図-4 Uターンを許すことのできる交差点
路では、交差点において他の交通を妨げることなく
Uターンできる場合がある。このように交差点にお
いてUターンが許される場合には、図-5のように、
通過する交通のためのリンクと駐車場へ入るための
リンクを分けることで、進行方向に対して駐車場が
左側にある場合のみ、その駐車場へ進入できるよう
になる。ただし、ここで注意しなければならないことは、

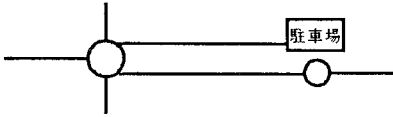


図-5 Uターンを許す場合のリンクの追加
もともと1本であったリンクを通過目的別に2本に
分けているわけであるから、リンク交通量からQ-V
図を用いてリンク通過所要時間を求める際には、
2本のリンクの交通量の合計から求めなければなら
ないということである。また、Uターンを許す場合
には駐車場割当モデルにおいて自動車走行距離を求
める際にもそのことを考慮しなければならない。

(2) Uターンを許さない場合

図-4のようなUターンを許さない場合、駐車場
入口が進行方向に対して左側となるように誘導交通
量を配分するためには、次のような手法を用いば
よい。

まずネットワークを図-6のように駐車場ごと
に別々の層に分解し、各層ごとに進行方向に対して駐
車場入口が右側となるリンクを除いたネットワーク
を与える。エリア入口-駐車場間の最短経路を求め
る際はそれぞれの層のネットワークを用い、また、
その最短経路上のリンクに分割した交通量を流す際
には、すべての層のリンクに流す。以上のような手
法を用いた分割配分法により、進行方向に対して駐
車場入口が左側となる経路に各需要を配分するこ
とができる。

ここで図-7のようなネットワークを想定し、需
要、駐車場容量をそれぞれ表-1、表-2と仮定す

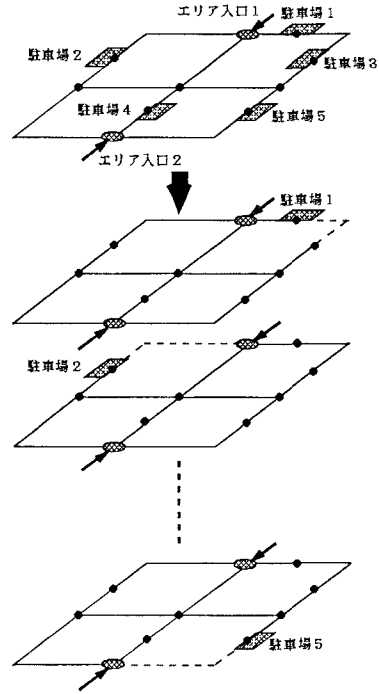


図-6 ネットワークの分解

る。また、★印のついた交差点においてはUターン
が許されるものとする。ただし、簡略化のため、目
的地は個々の施設を扱うのではなく、ブロック単位
で考え、各駐車場からの徒歩距離は各ブロックの中
心までとした。表-1の需要を駐車場割当モデルに
よって割り当てた結果が表-3である。ここでは、
ドライバーの駐車場選択特性を考慮した重みを用い

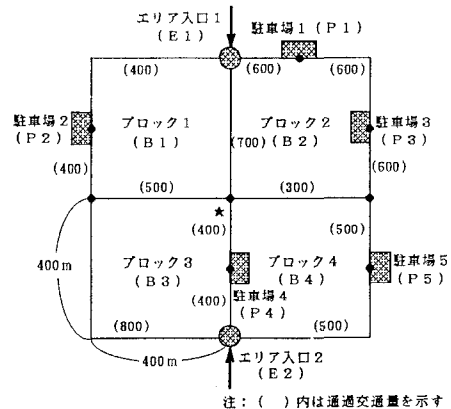


図-7 想定したネットワーク

表-1 需要 Q_{ij} の仮定

	B 1	B 2	B 3	B 4	合計
E 1	450	300	300	150	1200
E 2	450	750	350	250	1800
合計	900	1050	650	400	3000

表-2 駐車場容量 C_m の仮定

	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	合計
容量	600	900	700	600	400	3200

表-3 駐車場割当モデルの計算結果

		B 1	B 2	B 3	B 4	合計
E 1	P 1	50	300	0	0	350
	P 2	400	0	0	0	400
	P 3	0	0	0	0	0
	P 4	0	0	300	0	300
	P 5	0	0	0	150	150
	合計	450	300	300	150	1200
E 2	P 1	0	50	0	0	50
	P 2	450	0	50	0	500
	P 3	0	700	0	0	700
	P 4	0	0	300	0	300
	P 5	0	0	0	250	250
	合計	450	750	350	250	1800
合 計		900	1050	650	400	3000

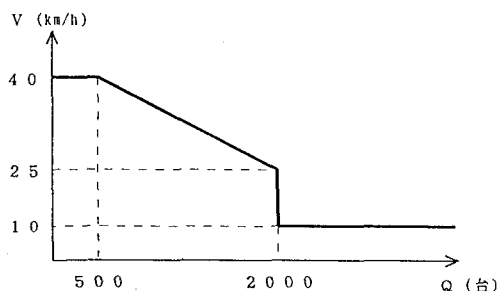
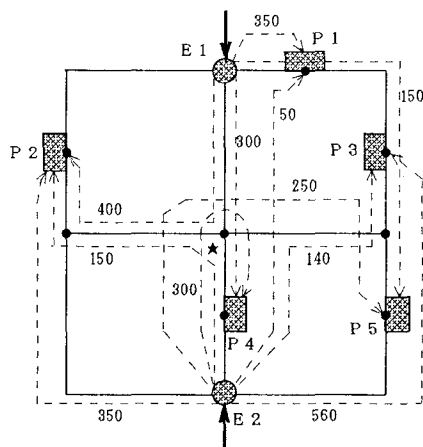


図-8 仮定した $Q-V$ 図

た駐車場割当モデルにより計算を行った。そこで、図-8に示すような $Q-V$ 図を仮定し、誘導交通量配分を行った結果が図-9である。

さて、以上の方法により、駐車誘導を行う上でのエリア入口から駐車場までの各需要の理想的な配分状態を把握することができたが、この場合、1つのトリップに対して複数の経路が存在する場合がある。案内板による駐車誘導を行う場合、ドライバーを混乱させないためにも、また、1ヶ所における案内板の情報量を低減するためにも、交差点直前における



注：数字は配分された誘導交通量配分を示す

図-9 誘導交通量配分の結果

案内は1つの駐車場に対し、1方向のみとすることが望ましい。そこで各トリップごとに複数の経路の中から1本の誘導経路を選定することを考え、次に示す手順により行った。

- ①各トリップの誘導経路の候補は、誘導交通量配分において需要の流された経路とする。
- ②それらの経路の中から各トリップに対し1本ずつの経路を選び出す組み合わせを考える。
- ③組み合わせごとに、選び出された経路に需要を流した場合の各リンク交通量から、ネットワーク全体の総旅行時間 T

$$T = \sum_r V_r L_r Q_r \quad (13)$$

ここで、

V_r : リンク番号 r の通過速度(km/h)

L_r : リンク番号 r の距離(m)

Q_r : リンク番号 r の交通量(台)

を求める。

- ④総旅行時間 T が最小となる組み合わせの経路を誘導経路とする。

図-9より誘導経路の選定を行った結果を図-10に示す。

本稿における誘導経路の選定手法では、誘導交通量配分の結果から候補を選び出し、その候補の中から誘導経路を決定するため、考えられるすべての経路を候補とする場合に比べて、計算時間の短縮という面でも非常に優れている。

以上、駐車場割当および誘導経路の選定に関する

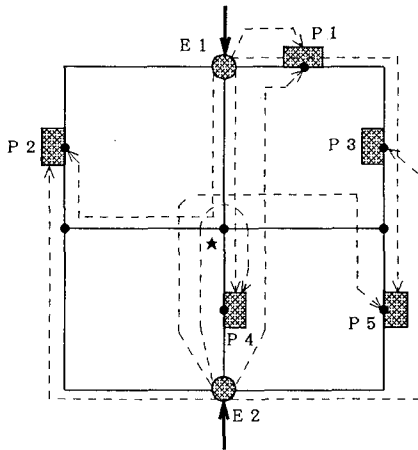


図-10 誘導経路の選定結果

考察を行ってきたが、本稿では、駐車場割当を行う際、エリア内の自動車走行距離としてエリア入口から駐車場までの最短経路の距離をダイクストラ法より求めて用いた。ところが、駐車場割当によって求められた結果に従って選定された誘導経路が必ずしもその最短経路と一致するとは限らない。その場合には、求められた誘導経路からエリア入口―駐車場の距離を求め、その距離を駐車場割当モデルに適用し、再び誘導経路選定の作業を行う。この作業を繰り返し、駐車場割当モデルにおいて自動車走行距離を求める際に用いた経路と誘導経路の選定によ

て求められた経路が一致した場合、その経路を最適誘導経路とする。これらの作業をフローに表すと図-11のとおりである。

5. おわりに

本研究では、駐車場案内システムを計画する際の、ドライバーの最適誘導についての考察を行った。そこでまず、ドライバーの駐車場選択特性を分析した結果、徒歩距離最小化および自動車走行距離最小化が大きな選択要因として挙げられることがわかった。また、駐車場入口には方向性があり、誘導の際には入口が進行方向に対して左側となるよう考慮しなければならないことを把握した。これらのことを踏まえた上で、駐車場割当モデルによる需要の駐車場への割り当て、誘導交通量配分、そして誘導経路の選定という一連の最適誘導に関する手法の提案を行った。その際、様々なシチュエーションを想定し、駐車場割り当てモデルでは3つのモデルを、また誘導交通量配分では交差点におけるUターンを許す場合と許さない場合の2通りについて検討したところである。

最後に、アンケート調査を行う際にご便宜を図って下さった関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 塚口博司, 鄭憲永: 駐車場選択現象に基づいた駐車場の有効利用に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集 No. 6 pp. 257-264, 1988年11月
- 2) 塚口博司: 都心部におけるドライバーの駐車行動と駐車管理, 土木計画学研究・講演集 No. 13 pp. 823-828, 1990年11月
- 3) 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏: 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 pp. 139-146, 1991年11月
- 4) 福岡市: 福岡市天神地区駐車場整備計画調査報告書, 1990年3月
- 5) 駐車場案内システム計画研究会編: 駐車場案内システム～計画と整備の考え方～, 大成出版社, 1991年3月
- 6) 高田邦道: 駐車場の整備と活用, 地域科学研究会, 1990年12月

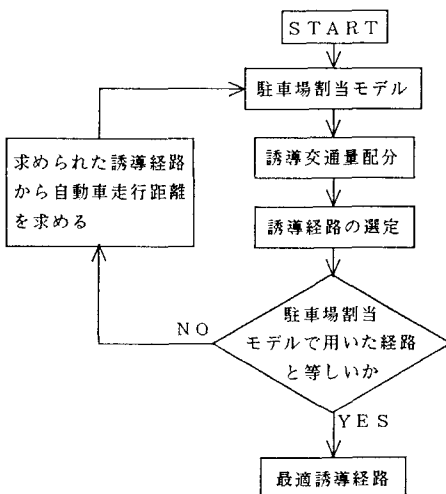


図-11 最適誘導経路選定のフロー