

I-8 観光地における駐車需要配分シミュレーションシステムの開発

Development of Simulation System to Allocate Parking Demand in Scenic Area

本橋 稔*

Minoru MOTOHASHI

永井 護**

Mamoru NAGAI

【抄録】市街地における駐車場選択行動に関する研究が進展するに伴い、駐車需要配分や政策効果分析に関する手法として、シミュレーションを活用することが多くなってきた。これは動的な駐車場の選択要因を考慮に入れた解析が必要になってきたことに起因する。本研究では、観光地における駐車場選択行動モデルに基づいて、駐車需要配分シミュレーションシステムを開発した。本システムは、従来のシステムの改善と新たな機能の追加がなされていると同時に、来訪者の行動特性を考慮したものとなっている。

【Abstract】 As researches on selecting the parking lot progress in the urban district, the simulation technique have been often used to distribute the parking demand and to analyze effects of the parking policy. This originates in the necessity that we should analyze them considering factors which vary in time. In this research, the simulation system to distribute the parking demand is developed including the model on the selection of parking place.

In this system, we consider characteristics of visitor's traffic behavior in scenic area and new function to be added by improvement of existing system.

【キーワード】シミュレーション、駐車需要配分、観光地

【Keywords】simulation, parking demand distribution, scenic area

1. はじめに

休日の都心商業地域においては、買い物目的の車により駐車場が非常に混雑している。これに起因して駐車場入庫待ち行列の発生や駐車場捜しによるうろつき交通の増加、荷捌きのための違法な路上駐車が多く発生している。これらが交通渋滞や交通事故など都心部の交通環境の悪化の主要な要因となっており、現在、駐車問題は緊急に対策を要する都市交通問題として取り上げられている^{1) 2)}。

そのなかで非集計分析に基づく駐車場選択行動モデ

ルを用いた駐車需要配分や政策効果分析の方法として、コンピュータを使用したシミュレーション手法を活用することが多くなってきた。その背景として、駐車場の有効利用や路上駐車取締り、さらに駐車場案内システム導入の効果を定量的に把握するためには、時間的に変化する駐車場の選択要因を考慮にいれた解析が必要となってきたことがあげられる。

ところで、都心商業地域同様、シーズン中の観光地においても車の大量流入による駐車場の混雑が問題となっている。需要が大きく変化し、多様な活動が混在する観光地においても適用可能な、汎用性のあるシミュレーションシステムを目指し、本研究では、豊かな自然環境を有する観光地を対象として、来訪者の駐車場選択モデルに基づいた駐車需要配分シミュレーショ

*正会員 宇都宮大学技術官 工学部建設学科

**正会員 工博 宇都宮大学助教授 工学部建設学科
(〒321 宇都宮市石井町2753 TEL 0286-89-6223)

ンシステムの開発を目的とする。

2. 既往研究のレビューと本システムの特徴

駐車需要配分および駐車政策の効果分析にコンピュータを用いたシミュレーション手法を使った研究は多いが^{3)~11)}、シミュレーションの考え方及びそのアルゴリズムを詳細に記述してある文献は^{4)~7)、10)}、比較的少ない。

交通行動は、社会経済活動に伴う派生需要であるから、駐車場の利用も、この活動に伴う需要と駐車場の位置、駐車料金などの駐車場サービス水準との均衡に依って決定される。

従来を中心商業地域の研究においては、一日の需要量は大きく変化しないこと、買い物行動はすべてほぼ同一の行動形態をとる単一の活動として捉えられることが前提となっている。

これに対し、観光地においては、シーズンとオフシーズンで需要量が大きく異なるため、需要量が観光地への到着分布、駐車場の選択行動、駐車時間に影響を与えることが考えられる。従来の駐車場選択モデルでは、需要量により時間的に変化するサービス水準の要因として駐車場入庫待ち時間を取り込んでいるが、観光地においては、需要量すなわち混雑度自体が選択行動の構造を変化させると考えられる。

また、観光活動は非常に多種多様であり、それごとに交通行動の形態が大きく異なる。駐車場の選択、さらに駐車場の利用時間は活動により大きく異なると考えられる。そこで、それぞれの活動の特性を反映したモデルが必要となる。

以上のような考え方にに基づき、本研究においては、次の2点を考慮したシステムを検討する。まず、混雑度すなわち需要量が観光地への到着時間分布、駐車場の選択、さらに駐車時間の決定に与える影響をシステムに取り込む。さらに、活動別に駐車場の選択モデル、ならびに駐車時間の分布モデルを構築することにより、多様な観光活動の影響をシステムに取り込む。

3. システムの考え方

システム構成としては極簡単で、ワークステーション (Unix) 上の Fortran 言語を使用し、ファイルから必要データを読み、出力はシミュレーション時間間隔毎に、画面上に各駐車場の利用状況等が表

示更新され、同時にファイルに書き込まれる。

シミュレーションプログラムのフローを図1に示す。

外生変数は、観光地への総需要 (入込台数) である。推計項目は、1日の時刻別利用台数と待ち台数、さらに日別の年間利用台数等である。推計に必要なデータ項目は、

- ①駐車場の数、容量 (台)、駐車料金 (円)
- ②駐車場選択効用の係数
- ③観光 (活動) 目的の種類とその生起確率
- ④目的地 (観光ポイント) の数とその生起確率
- ⑤各駐車場と目的地までの距離
- ⑥層の種類とその生起確率
- ⑦待ち行列制限台数

である。

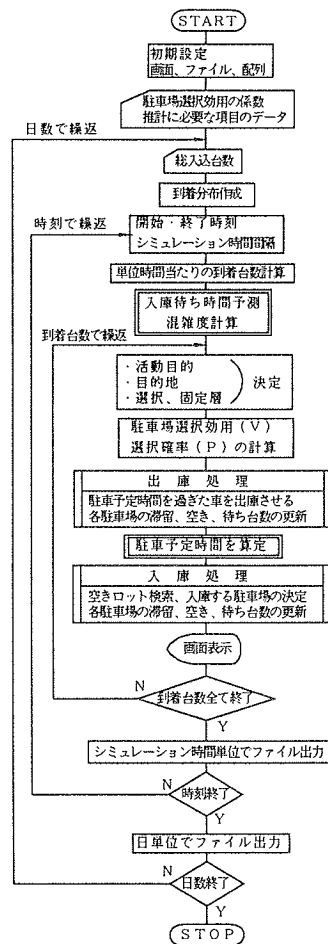


図1 シミュレーションプログラムのフロー

ここで、駐車場選択には、非集計ロジットモデルを適用し、駐車場選択効用の係数は活動別に駐車料金、入庫待ち時間、目的地までの距離、混雑度に関する係数である。層の種類とは駐車場のサービス水準により利用する駐車場を選ぶ選択層、駐車場の有料化に反対であり、かつ、有料駐車場は利用しないとする無料固定層、および、有料化に賛成で、アンケート調査時に設定された駐車料金幅では他の要因に無関係に、最も目的地に近い駐車場を利用するとする有料固定層の3種である。

単位時間あたりの到着台数は、種々の需要量における対象地域への時刻別入込台数を説明する回帰曲線を求め、さらに各係数と需要量との関係を明らかにすることにより、需要レベルごとの到着時間分布モデルを構築する。

入庫待ち時間は、文献4)、6)と同様n台の待ち行列があるとき、待ち時間 $(n+1)$ = 待ち時間 (n) + (最も早い出庫車の出庫時刻 - 現在時刻)として与えられる。混雑度は、待ち台数も含めた平均駐車率を用いた。入庫待ち時間と混雑度は、単位時間毎に再計算することとしているため、この間隔を変えることにより、駐車場案内システムに提供される情報の更新時間を変えることが可能となっている。

最も内側のループでは、1台ずつ到着する車の属性を判断し、駐車場の各ロット毎に空きおよび残り駐車時間状況を判断して、入出庫処理をしている。活動目的、目的地、選択層・固定層の判断は、それぞれの生起確率による離散型乱数によって決

定する。次に、各駐車場の選択効用(V)を計算して選択確率(P)を求める。出庫処理では、駐車予定時間をすぎた車を出庫させ、各駐車場の滞留、空き、待ち行列台数を更新する。選択層と固定層の駐車場選択行動は異なるので、入庫させる駐車場の決定方法は異なる。選択層の場合は、Pに従う離散型乱数により選択する。選択された駐車場が満車で、待ち行列が制限台数を越えている場合には、この駐車場を除いて駐車場を選択する。どの駐車場にも入庫できなかったときは、入庫溢れとしてカウントする。無料固定層の場合は、無料駐車場を選択する。無料駐車場が複数箇所あるときは、その中で最も目的地に近い駐車場を選択する。無料駐車場がないとき、あるいは無料駐車場に入庫できなかったときは、入庫溢れとしてカウントする。有料固定層の場合は、目的地に最も近い駐車場を選択

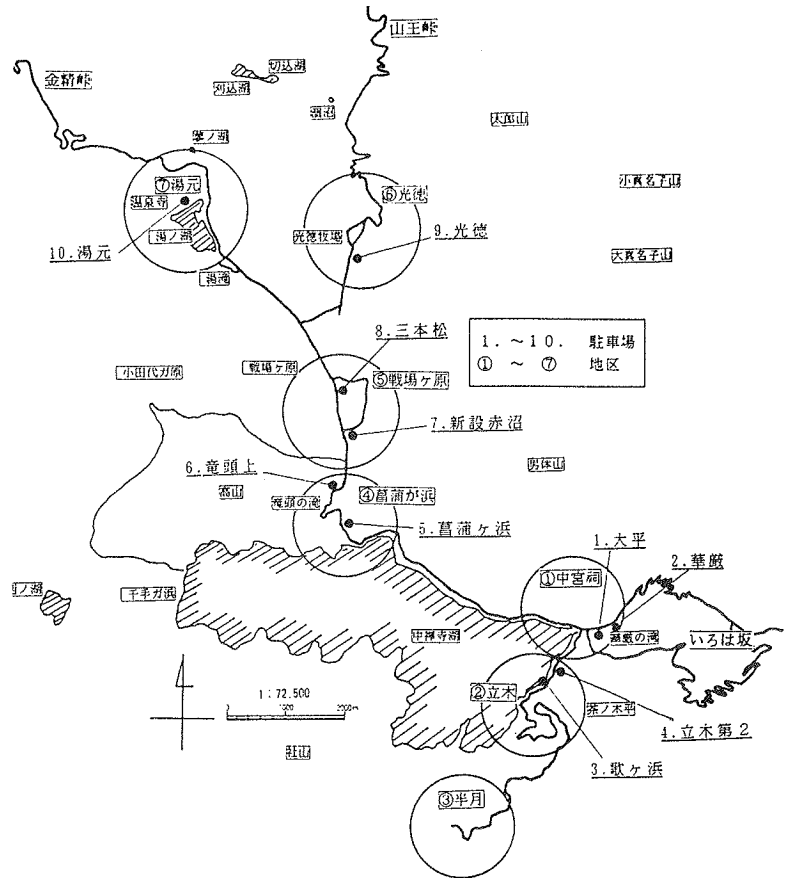


図2 調査場所

する。入庫できなかったときは入庫溢れとしてカウントする。入庫処理では、活動別に予定駐車時間を算定付加して駐車場に入庫させ、各駐車場の滞留、空き、待ち台数を更新する。駐車時間分布は、活動別に正規分布を仮定し、その平均値は混雑度により直線回帰して求める。さらに、入庫時刻による平均駐車時間は、帰宅行動が始まる時刻までは一定と仮定し、それ以降は実績値の直線回帰で推計する。

4. 日光中宮祠地区におけるシステムの構築

奥日光地域において、交通実態調査を行い、それに基づいて、このシミュレーションシステムを奥日光の中宮祠地区で構築した。

(1) 交通実態調査の概要

交通実態調査は、来訪者に対するアンケート調査、交通量の計測そして関連資料の収集に分けられる。これらの概要を表1、2に示す。交通量の計測により奥

日光地域への流入交通量、駐車場利用台数を把握し、アンケート調査により、駐車場利用者の行動、駐車場案内の必要性、有料化に関する意向、有料駐車場の選択志向を明らかにしている。

奥日光地域は、自然豊かな我国を代表する観光地であり、観光シーズンである5月の新緑、夏休み期間の休日、10月の紅葉時期は、道路、駐車場とも非常に混雑している。調査日は、季節による観光形態の変化を考慮して夏期と秋期に実施する。平成5年度のいろは坂交通量のデータを基に、夏期の入込のピークの1つとなることが予想される平成6年8月15日(月)と中程度に混雑すると予想される8月16日(火)、および秋期の観光シーズンとしては比較的交通量が少ないと予想される10月20日(木)に行った。

奥日光地域の交通量は、いろは坂、金精峠、山王峠の3つの出入口における流入・流出量で示される。調査日の昼間12時間(午前7時~午後7時)の交

表1 アンケート調査の概要

調査期日	平成6年8月15日(月) // 8月16日(火) // 10月20日(木)	サンプル数	426票 293票 333票	計	1052票
調査場所	図2に示す駐車場10カ所		調査方法	駐車場にて面接聞き取り	
調査対象	奥日光地域への来訪者				
調 査 項 目					
来訪者属性：性別、年齢、出発地、観光目的、奥日光認知度、訪問回数等					
観光ルート：入込・退出口、立寄場所、移動手段、当日宿泊場所等					
駐車場案内システムに対する反応、駐車場・道路の混雑情報による計画の変更とその内容、次に立寄る場所の混雑情報による計画の変更とその内容					
駐車場の利用形態：駐車後の活動、観光目的地、駐車時間					
駐車場有料化に対する反応：有料化の賛否、駐車場選択に関する仮想実験					
調査現在時刻、観光者が観光をする前の調査か観光を終えた後の調査か					

表2 カウント調査と関連資料収集の概要

調査日時	アンケート調査と同日。時間は8時~16時、10分ピッチ
駐車場入庫台数	湯元駐車場を除く9カ所(図2参照)
交通量	金精峠、湯元温泉街入口
収集資料	国道120号線馬返し地点におけるいろは坂交通量 半月有料道路交通量、奥日光地域の宿泊者数

表3 調査日の奥日光の交通量 (台)

項目	8月15日(月)		8月16日(火)		10月20日(木)	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出
道路						
いろは坂	9,143	8,988	7,819	8,175	6,161	5,720
金精峠	2,388	2,241	1,797	1,801	1,371	1,594
山王峠	335	448	275	64	82	403
合計	11,866	11,677	9,891	10,040	7,614	7,717

- いろは坂：馬返し自動計測による
- 金精峠：8時間カウント調査を基に12時間交通量を推計
- 山王峠：アンケート調査結果より推計

表4 いろは坂入込交通量の回帰係数と相関係数

入込交通量	回帰係数			相関係数
	a	b	c	
9143	-8664	-0.4638	994	0.995
8634	-8560	-0.4867	922	0.988
8097	-12558	-0.4982	958	0.975
7819	-11171	-0.4990	903	0.990
7562	-11766	-0.4993	895	0.954
7456	-11501	-0.5118	870	0.992
7315	-9882	-0.4868	844	0.980
6987	-6613	-0.4851	740	0.972
6588	-9329	-0.4897	767	0.981
6383	-10782	-0.4992	774	0.946
6234	-7541	-0.4906	695	0.973
6161	-9801	-0.4656	773	0.916
6084	-7672	-0.4854	690	0.973
5942	-9021	-0.4883	707	0.957
5911	-8548	-0.5039	682	0.984
5776	-8113	-0.4822	678	0.943
5672	-7587	-0.4850	654	0.953
5633	-8164	-0.4932	657	0.985
5587	-8913	-0.4999	666	0.954
5262	-8338	-0.4936	630	0.945
5120	-8041	-0.4913	613	0.952
5059	-5654	-0.4605	576	0.974
4951	-7169	-0.4903	580	0.957
4909	-8168	-0.5166	583	0.977
4794	-7408	-0.5060	562	0.968
4720	-5867	-0.4718	543	0.939
4688	-6594	-0.4854	548	0.958
4591	-6472	-0.4871	536	0.960
4539	-6277	-0.4839	529	0.957
4520	-5685	-0.4805	516	0.946
4384	-6356	-0.4812	520	0.942
3238	-3745	-0.4644	370	0.922

通量は表3に示すとおりであり、想定した交通量を示している。

(2) いろは坂入込交通量と中宮祠地区への到着分布

中宮祠地区への入込量とその時間分布はいろは坂の交通量の関数として求められる。

奥日光地域は観光施設、宿泊・みやげ物店のまとまりと、徒歩圏等を考慮し、7つの地区に分けられる(図2参照)。各地区の立ち寄り率を調査した結果、菖蒲が浜と光徳地区は季節による変動があったが、その他の地区ではほぼ一定で、中宮祠立ち寄り率は約85%であった。また、表3から奥日光への入込台数は約80%がいろは坂からの入込で、その割合は1年を通してほぼ一定である。従って、中宮祠地区への立ち寄り台数は、いろは坂入込交通量から算定できる。

次に中宮祠地区への入込量の時間分布はいろは坂の交通量の時間分布であらわしている。種々の日交通量に対する入込分布を二次の回帰曲線「 $y = a(x + b)^2 + c$ 」ただし、 y は、時間交通量、 x は時刻(am7:00~pm7:00)」で表す。図3に示すいろは坂の日交通量の実績を参考にし、任意に32サンプルを選び、回帰係数 a 、 b 、 c および相関係数 R を算出した。結果を表4に示す。 R は全て0.9以上あり良く一致している。入込交通量が減少するに伴い a は増加し、 b はほぼ一定で、 c は減少している。そこで a 、 c について直線回帰を行った。結果を図4に示す。相関係数は a が0.748、 c が0.985である。以上のことからシミュレーションにおいては、いろは坂入込交通量から回帰係数 a 、 c を求め b を一定として日別入込分布を作成し、中宮祠立ち寄り率を乗じて中宮祠地区の入込分布とした。

(3) 混雑度を考慮した活動別駐車場選択行動モデル

来訪者の活動目的は、一般観光・ドライブの割合が最も多く3日間平均で約8割を占め、夏より秋の方が割合が若干高くなる。その他の活動目的は、ハイキング・登山が約1割を占め、夏に比べて秋は減少する。バードウォッチング・写真撮影は3%で、夏より秋に増加する。キャンプは4%で、秋はなく夏のみであった。表5に調査日別の駐車場有料化への賛否についての来

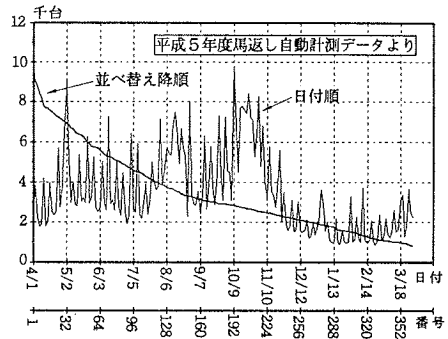


図3 いろは坂からの入込交通量

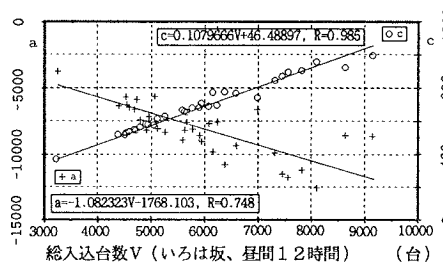


図4 総入込台数と回帰係数

訪者の意識を示す。混雑している日ほど賛成する割合が大きくなる。すなわち混雑度が大きくなると有料化への抵抗が小さくなる傾向が読みとれる。

そこで、駐車場選択行動モデルは、活動目的別に作成することとし、選択要因としては、従来から用いられている、駐車料金(ここでは1日1回当たりの料金)、目的地までの距離、入庫待ち時間に加え、調査時点での混雑度を含めた4変数とした。混雑度の指標としては地区全体の平均駐車率を用いた。奥日光地域には25カ所の公共駐車場があり、1カ所が有料で、その他は全て無料である。無料駐車場に管理人はいないため、混雑時には駐車容量以上に駐車される駐車場があり、駐車率が1を越える場合がある。非集計分析を用いた駐車場選択行動モデルのパラメータ推定結果を表6に示す。パラメータの符号は常識的であり、野外レクリエーションの混雑度を除いても値は大きく95%で有意と言える。尤度比は、市街地における買物交通を対象としたモデルと比較して少し低いが、観光行動が目的地や滞在時間等の点で自由度が大きいことを考慮すると、比較的良好な結果であると思われる。

表5 駐車場有料化に対する来訪者の意識 (%)

調査日	賛成	仕方がない	反対	分からない
8月15日	23.9	28.2	42.7	5.2
8月16日	17.0	36.3	40.8	5.8
10月20日	12.9	30.1	53.0	3.9
計	18.6	31.5	44.8	5.1

表7 活動目的別平均駐車時間

調査日	いろは坂 入込交通	一般観光 ドライブ	野外レク レーション
8月15日	9143台	108分	694分
8月16日	7819台	103分	560分
10月20日	6161台	54分	149分

表6 駐車場選択行動モデルのパラメータ推定結果

説明変数 (t) 値	一般観光 ドライブ	野外レク レーション
駐車料金(円)	-0.004403818 (-13.1184)	-0.005036613 (-7.7573)
待ち時間(分)	-0.144118300 (-8.7294)	-0.168061600 (-5.2717)
徒歩距離(m)	-0.003246542 (-9.8786)	-0.003590292 (-5.6777)
駐車率	0.412349500 (3.2885)	0.295526100 (1.6715)
サンプル数	1396	400
尤度比 的中率	0.1466 68.05	0.1795 70.25

(4) 混雑度を考慮した活動別駐車時間分布

表7に活動目的別平均駐車時間を、図5に一般観光・ドライブの入庫時刻別平均駐車時間を示す。図6には、平成5年10月30日に調査した大平駐車場における駐車時間分布を示す。活動別に平均駐車時間は大きく異なり、いろは入込交通量の減少に従って駐車時間も減少している。そこで、活動別平均駐車時間をいろは入込交通量で直線回帰した。但し、この平均駐車時間には、活動別に調査データから得られたデータを基に下限を設けている。入庫時刻別の平均駐車時間については、簡単のため7:00~14:00までは一定とし、14:00以降は直線回帰した。駐車時間分布は、正規分布と仮定し標準偏差 α は32分で一定とした。従って、各車に付加する駐車時間は、活動別にいろは入込交通量から平均駐車時間を求め、入庫時刻を判断してから、この平均駐車時間を平均とし標準偏差を一定とした正規分布により変動させた値を用いた。

シミュレーションの実行時における駐車台数は、前日の宿泊者数と7時以前におけるいろは坂からの入込台数を基に推計した。

5. シミュレーション分析

このシステムを適用し、以下の分析を行う。まず、駐車場利用状況の現状再現性を確認する。次に、駐車場のサービス水準および来訪者の属性を変化させたと

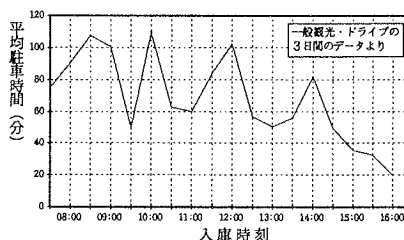


図5 入庫時刻別平均駐車時間

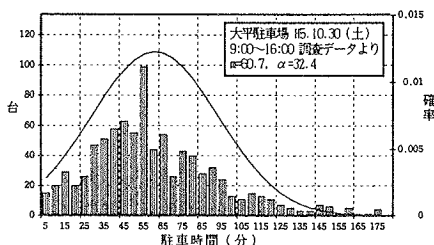


図6 駐車時間分布

きの駐車場の利用状況を分析し、駐車料金の変更が地区内の駐車場有効利用に効果があることを示す。また、駐車場案内システムを前提とする駐車場有効利用政策が効果的に作用する入込台数には、上下に幅があることを確認する。

中宮祠地区は、観光ポイントとして華厳の滝、中禅寺湖等があり、また多くの土産物店、ホテルが建ち並び、奥日光を訪れる観光客の約85%の人が立寄る7つの地区の中で最も混雑する場所である。この地区には、現在、供用されている駐車場が5カ所あり、全て無料である(図7参照)。推計に必要なデータは調査で得られた現状のものを用い、シミュレーション時間間隔を1分として、中宮祠地区でシミュレーションを行った。

現状再現性についての結果を図8に示す。華厳、大平の順に満車となり、満車となる時間帯もカウント調査結果とほとんど乖離なく良く一致した。また、仮湖畔においてはカウント調査は実施していないが、黙視

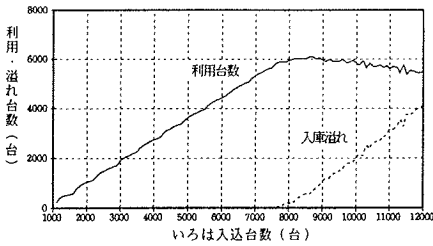


図 10 駐車場利用台数と入庫溢れ台数

図 11 は、入込台数を 5500 台とし、情報案内システムに表示する情報の更新時間間隔（シミュレーション時間間隔）を変えたときの、平均うろつき回数をシミュレーションした結果である。情報更新間隔が 10 分を越え、情報無しの場合より平均うろつき回数が増加し、案内システムが有効に作用しなくなることが判る。

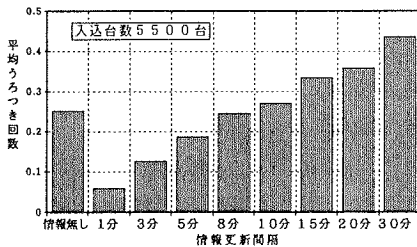


図 11 情報更新間隔と平均うろつき回数

6. 結論

本研究では、駐車場選択行動モデルを基に、観光地とその来訪者の特性を取り込んだ駐車需要配分シミュレーションシステムを開発した。次に、奥日光の中宮祠地区を対象とし、このシステムを適用して、現状再現性を確認し、料金が駐車場選択行動に及ぼす影響、駐車場案内システムが有効に作用する入込台数の範囲、駐車場案内システムの情報更新時間間隔の許容範囲を検討し、本システムの有用性を確認した。

本システムでは、徒歩圏を考慮した地区内のシミュレーションを対象としている。駐車場案内システムは、地区の入口に設置し駐車場に関する情報、観光ポイントの位置等を表示する。観光地域全域のシミュレーションを行うためには、今後の課題として、駐車場政策が、観光地の選択行動および駐車時間に与える影響を

明らかにする必要がある。来訪者の中には、混雑情報により立ち寄り地区を変更、中止したり、あるいは現在の地区に留まり時間調整をする者がいることが、調査により明らかとなっている。これらの行動を調査、分析し、システムに取り込んで観光地域全域のシミュレーションが可能なシステムとしたい。

【謝辞】

(株)野倉計画事務所の野倉淳氏、(財)とちぎ総合研究機構の入野好市氏、重田恭一氏には、奥日光の調査設計・実施にあたり御便宜、御教授を戴きました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 太田勝敏、都市の駐車問題と駐車対策、都市計画、No.171, 1992
- 2) 新谷洋二、駐車問題について、日本交通政策研究会、B-41, 1993.1
- 3) 吉田朗・原田昇、休日の買い回り品買物交通を対象とした買物頻度選択モデルの研究、土木学会論文集、第413号/IV-12, pp.107~116, 1990
- 4) 室町泰徳・原田昇・吉田朗、駐車需要の時間変動を考慮した駐車場選択モデルに関する研究、第26回都市計画論文集、pp.289~294, 1991
- 5) 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(1), pp.139~146, 1991
- 6) 室町泰徳・兵藤哲朗・原田昇、情報提供による駐車場選択行動変化のモデル分析、土木学会論文集、No.470/IV-20, pp.145~154, 1993.7
- 7) 高橋勝美・原田昇・太田勝敏、選考意識データを用いた路上駐車取締りの分析、第28回都市計画論文集、pp.67~72, 1993
- 8) 室町泰徳・原田昇・太田勝敏、都心商業地域における駐車料金システム改善に関する研究、第28回都市計画論文集、pp.109~114, 1993
- 9) 内山久雄・毛利雄一・川除隆広、路上駐車者の駐車場選択特性に関する実験的考察、交通工学、Vol.28, No.3, pp.23~31, 1993
- 10) 本橋稔・永井護、地方都市の中心市街地における月極駐車場の有効利用に関する研究、第29回都市計画論文集、No.29, pp.295~300, 1994
- 11) 川崎康、観光地における駐車場選択行動に関する研究、平成6年度宇都宮大学工学部建設学科卒業論文、1995.3