

I-7 シミュレーションモデルによる自走式駐車場解析支援システムの構築と検証について

SUPPORT SYSTEM FOR ANALYSIS OF A PARKING PLACE WITH A SIMULATION MODEL

松本 幸正* 畔柳 耕一** 高橋 政稔* 栗本 謙*
 Yukimasa Matsumoto* Kouichi Kuroyanagi** Masami Takahashi* Yuzuru Kurimoto*

【抄録】駐車場内を流れる車両の走行挙動は極めて複雑で、解析的な方法で解くことは困難である。そこで本研究では、安全でかつ円滑な交通流の確保を目的として自走式駐車場の規模、駐車場内の滞留スペースの確保、出入口機器の配置等駐車場計画の適切な交通管理手法を評価しうる支援システムについて提案する。

本システムは、個々の車両の挙動を再現可能なようにマイクロシミュレーションモデルを採用した。道路・駐車区画を基本ブロックとして、これらを組み合わせることで任意の自走式駐車場(平面・立体式)を構築し解析可能とした。また実際の駐車場における調査データを用いて本提案システムを検証した結果、その有用性が明らかになった。

【Abstract】 There exists difficulty to analyze the movements of vehicles running within the parking place, because such movements of vehicles are very complex. In this paper, for the purpose of making traffic flows safe and smooth within the parking place, the support system for planning of the parking place is proposed. The system can take account of the scale of the parking place, the area of storage space within the parking place and the locate of the devices at entrances and exits of parking place.

This system consists of a micro traffic simulation model which can track the movements of individual vehicles. By combining the road and the parking space within the parking place as fundamental blocks, it is possible to compose an arbitrary scale and form of parking places. Experimental results with actual measurement data obtained from survey suggest that the proposed system is useful for supporting planning of the parking place.

【キーワード】 駐車場, シミュレーション, ミクロシミュレーション, 支援システム, 追従モデル

【Keywords】 parking place, simulation, micro simulation, support system, car following model

1. はじめに

自動車交通は都市における経済、社会、文化などの活動を支える重要な機能のひとつである。とりわけ現代社会においては、産業・生活構造の変化に伴うモビリティニーズの中で機動性に優れた自動車交通に依存する割合は高くなってきている。

駐車場は都市生活・都市活動を支える交通のための“停まる”機能をもった重要な施設であるにも拘らず、その整備はモータリゼーションの進展に立ち遅れてきた。駐車場の収容台数は、昭和40年代の初めにわず

か10万台程度しかなかったが、15年後の昭和55年には約90万台になり平成5年度には約210万台と約21倍にも達した^{1)・2)}。しかしながら近年の自動車交通の異常な進展を見るかぎり都市内での駐車場設置が必要となりますますます都市内駐車場建設の整備・建設が重要となってくるであろう。

都市内の駐車需要を満足する駐車区画をすべて整備することはきわめて困難なことであり、駐車問題を少しでも緩和し円滑な都市交通流を得るためには多くの施策の中から“駐車場の整備配置”“駐車場の利用適

*名城大学理工学部土木工学科 (〒468 名古屋市天白区塩釜口1-501 052-832-1151)

**八千代エンジニアリング株式会社 (〒153 東京都目黒区中目黒1丁目10番21号 03-3715-7068)

正化”の手法^{3), 4)}を推進することが有効と思われる。

路外駐車場の設計に関する基礎的理論は昭和30年前後より開始され多くの論文^{5), 6)}があり、また待ち合わせ理論を適用した駐車場での均衡状態に関する論文^{7)~9)}も多い。しかしながらこれらの論文から駐車場の複雑な車両の走行挙動を含む駐車場の規模、場内滞留スペース、駐車場の施設の配置等、駐車場計画の基本的条件を評価・比較検討することはきわめて困難なことである。

電算機によるシミュレーション手法が交通流に適用する考えが1949年初期に提案され、1955年にアナログ計算機によるシミュレーション手法が実施されて以来多くの交通流シミュレーション^{10)~16)}が開発されてきた。しかしながらこれらの交通シミュレーションには駐車場支援システムに関する手法がきわめて少なく2、3例が見られる程度である。

室町、兵藤、原田¹³⁾は駐車選択モデルとシミュレーションを組み合わせて駐車場の利用状況を表す試みを行っており、塚口、西海^{12), 16)}は駐車管理のための駐車場所選択モデルを提案し、このモデルを精緻化した選択モデルを用いて駐車行動に関するシミュレーションを行い、駐車場の利用状況を動的に表現し望ましい駐車管理システムの検討を行っている。これらの論文はいずれも駐車行動のモデル化を踏まえた駐車管理システムであり車両の走行挙動を加味した単一の駐車場に関する研究ではない。

本研究は、自走式駐車場解析システムとして駐車場で発生する車両の走行挙動を的確に把握して、安全でかつ円滑な交通流の確保を目的とした駐車場の規模、駐車場の滞留スペースの確保、駐車料金、駐車場案内情報の提供、入出口機器の配置等、駐車場計画の適切な交通管理手法を評価しうる微視的トラフィックシミュレーションモデルによる支援システムについて研究したものである。

このシミュレーションモデルは、プログラムの汎用性を考慮してFORTRAN-77を使用し、最大3次元の配列6個を含めて32個の配列を用いた。配列の内7個は道路・交通条件のデータを入力するために、16個は演算中の車両情報を他の配列は計算結果を入力するために用いた。プログラムはメインプログラムと7個のサブプログラムで構成されており、メインプログラムは約920ステートメントでサブプログラムは10

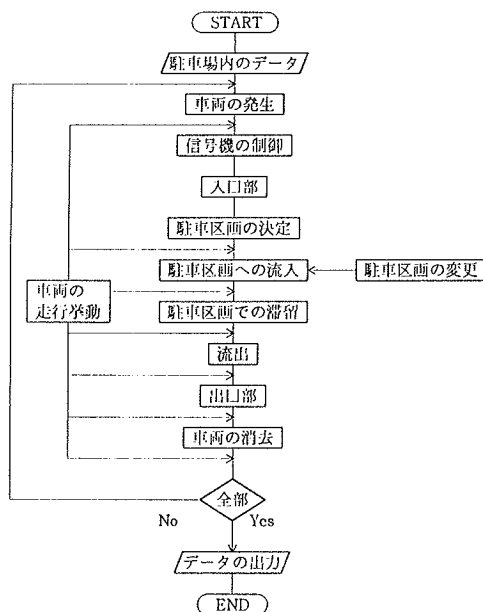


図-1 シミュレーションの流れ図

～40ステートメントの合計169ステートメントである。

シミュレーションのための流れ図を図-1で示す。

駐車場内に流入した車両の挙動は、入口部でまず駐車券を受け取りその場で自分の駐車区画を決定する。ついで駐車区画まで移動し、駐車区画へ流入する。そこで所要時間駐車を行い、駐車時間が終了したら、駐車区画から流出し、料金所まで移動して出口サービスを完了して駐車場から流出する。この間必要な情報を出力するものとした。

2. 自走式駐車場シミュレーションモデル

駐車場内を流れる車両の走行挙動はきわめて複雑で非線形的な要素が多く、しかも確率的な要因と同時に決定的要因をも含んでいるので解析的な方法で解くことは非常に困難である。駐車場現象の挙動やシステムの管理手法を評価するために、シミュレーションによる方法が、複雑な駐車場の現象を比較的容易に再現でき、システムに相似なモデルを作り確率的要因を含む現象解析を評価する方法として、最も有効な手法と思われる。

本研究では、道路と駐車場を一体とするシステムモジュールを考え、これらシステムモジュールを適切に

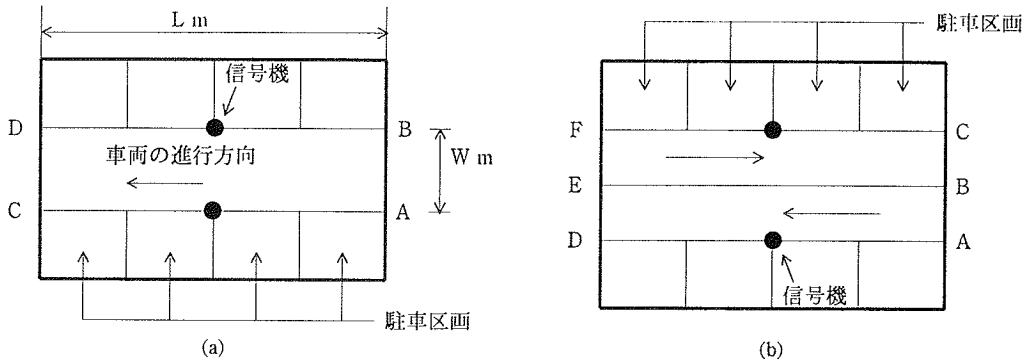
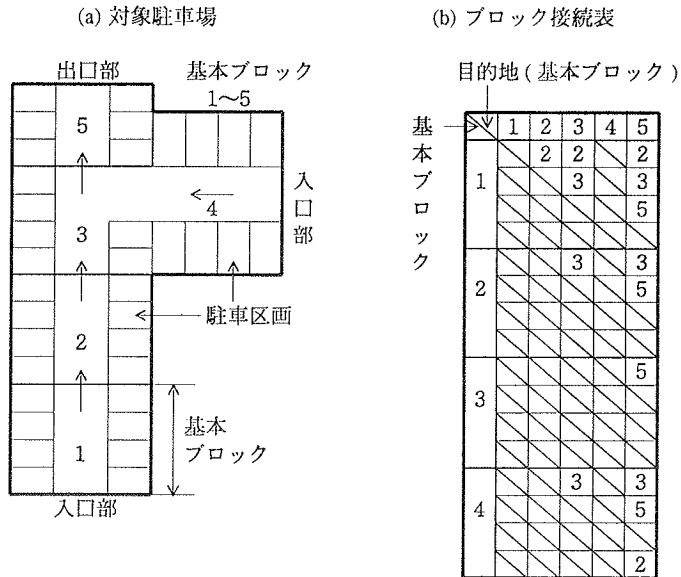


図-2 基本ブロック

表-1 ブロック接続表



組み合わせて任意の駐車場を構築し得るように考えた。

2-1 基本ブロック

本シミュレーションのシステムモジュールは基本ブロックで図-2(a)に示すような構造で車線幅員 W_m (1車線) で長さ L_m の単路で、路側両側にそれぞれ4個の駐車区画を設置し、その中央に信号機をおいたものである。基本ブロックは、対象駐車地域域の道路・交通条件と駐車区画に適合するよう適時組み合わせることにより所望の自走式駐車場を構築することができる。基本ブロックは、道路・交通条件がほぼ同一の単路と考えているが30m以下(数個の駐車区画を包含し、この区間内で走行状態判定を考慮しうるもので、

今回の駐車場調査によれば基本ブロック長は24~32mであった)のブロック長が望ましい。

車両の流入は原則として \overline{AB} , \overline{CD} 端からであるが、駐車区画に流入時には \overline{AC} , \overline{BD} 端からも可能である。 \overline{AB} 端は他の基本ブロック完走車あるいは発生車両の流入口となり、 \overline{CD} 端は基本ブロック完走車の流出端となる。路側両側に設置した信号機は、片側駐車区画が全部占有されている時のみ赤色を表示し、それ以外は緑色表示することができ、駐車区画の有無を表すことができる。なお、駐車場にこのような信号機が設置されていない時は常時消しておくものとした。駐車場内の道路幅員が2車線の場合は図-2(b)に示

ような構造を取った。これは、(a)の基本ブロック2個のBD端の駐車区画を取り外し、これらを並列に組み合わせたもので、この区間でのUターンは禁止するが左方向への通行車両のCF端の駐車区画へ流入やその逆は可能とした。

2-2 ブロック接続表

対象駐車場内の道路および駐車区画を所要数の基本ブロックを用いて構築したとき、各基本ブロックの接続順序関係を示すのがブロック接続表である。ブロック接続表は各基本ブロックを完走した車両がそれぞれの駐車区画に到着するためには、どの基本ブロックに流入しなければならないかを示すマトリクスであり、基本ブロックに合流車線の有無をも検定することができる。このようなブロック接続表を用いると自走式平面駐車場はもちろん、自走式立体駐車場も構築が可能である。

ブロック接続表は、最左列に研究対象駐車場に存在する基本ブロックの内、流出基本ブロックを除いた基本ブロック番号を、最上行に着地(駐車区画)を記入し、行列の要素に流入予定基本ブロック番号を記入したものである。表-1(a)に示す対象駐車場のブロック接続表が(b)である。本ブロック接続表は、4個の基本ブロックと5個の目的地(基本ブロック)を持っている。各基本ブロックは各目的地に対して4つの要素を持っているが最上段の基本ブロック番号がまず最初に流入するブロック番号であり、このブロックを完走したとき次に流入するブロック番号が2段目となる、本ブロック接続表では前進方向に3個の基本ブロック番号を記入することができる。最後の要素は合流部分を示すもので、最左列基本ブロックの先端部分で合流する車線が有ればその合流基本ブロック番号を記入するものとした。なお、基本ブロックから移動できない要素には斜線を引いた。

(b)のブロック接続表によれば基本ブロック4で目的地5への移動を見ると、基本ブロック4にある車両は基本ブロック3を通りついで基本ブロック5に移動することがわかる。最下限の要素に基本ブロック2の数が入っているので基本ブロック3に移動するとき基本ブロック2の車両の影響を受けていない時のみ基本ブロック3に進入できることを示している。

2-3 車両情報

システム内を走行する車両の情報を収集するため各

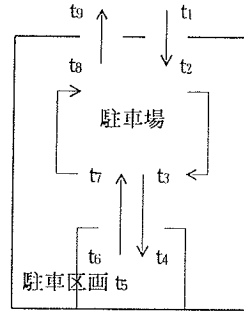


図-3 駐車車両毎に抽出・集計される9つの要素時間

車両ごと下記の16情報を持って走行させた。車両情報はStudy area流入時刻、車種記号、入出口の位置、希望速度、車両速度、車両位置、走行基本ブロック、走行状態記号、駐車区画流入所要時間(t_1)、流入サービス時間(t_2)、駐車区画流入時刻(t_3)、駐車区画滞留時刻(t_4)、駐車区画流出所要時刻(t_5)、駐車区画流出時刻(t_6)、流出サービス時間(t_8)および駐車区画番号である。

このうち初期値として与えられる情報は、Study area流入時刻から希望速度までの4情報であり、それ以外の情報は演算のサイクルタイム毎に計算判定される可変情報である。駐車場内の車両情報のうち各車両が保有している情報は図-3に示すとおりである。図中の記号は上記車両情報に示した通りであるが t_4 は駐車開始時刻、 t_5 は駐車場流出時刻であるが、これらの値はサイクルタイムより計算可能である。

車両位置は基本ブロックの先端からの距離(m)として表現した。従って基本ブロック完走時は、走行位置が零になったときであり、車両位置は走行状態に対応した計算式に従い単位時間(単位時間は任意に選択できる。今回は0.2secとしたため最高速度で走行中の車両は1.2m以下の距離内での走行挙動変化が省略される。なお、駐車場内でこのような走行状態の車両は極めて少ない。)の走行距離を計算して各サイクルタイムごとに位置を決定した。

2-4 車両の走行状態

車両の走行挙動を考えると、基本ブロック内での動きと基本ブロックを完走したときの動きとに分けて考える必要がある。

駐車場内の車両の自由走行挙動は駐車場内走行車両の実測値¹⁷⁾をもとに最高速度で22km/h(6.0m/sec)で

最低速度は 8km/h(2.2m/sec) とした。

(1) 基本ブロック内の走行挙動

- (a) 自由走行車；希望速度で走行可能な車両。
- (b) 追従走行車；希望速度にまだ達してなく前車の速度で走行している車両。
- (c) 加速走行車；希望速度にまだ達してなく車頭間隔が充分あり加速可能な車両。
- (d) 減速走行車；車頭間隔が短くなり現在速度では走行できず減速中の車両。
- (e) 停止車；車頭間隔が短くなり停止状態になった車両で待ち時間が発生する。
- (f) 強制減速車；駐車区画に流入するため減速走行している車両。

サイクルタイム後の位置を L_{02} 、現在位置を L 、サイクルタイム後の走行速度を V_{02} 、現在速度を V 、前車の走行速度を V_{k+1} 、自車の走行速度を V 、加速度を Acc 、減速度を Dcc 、サイクルタイムを $t(0.2sec)$ とすれば

自由走行状態 (走行状態記号・・・1)

$$L_{02}=L-V \cdot t, \quad V_{02}=V$$

追越走行状態 (走行状態記号・・・2)

$$L_{02}=L-V_{k-1} \cdot t, \quad V_{02}=V_{k-1}$$

加速走行状態 (走行状態記号・・・3)

$$L_{02}=L-V \cdot t+0.5 \cdot Acc \cdot t^2$$

$$V_{02}=V+Acc \cdot t$$

減速走行状態 (走行状態記号・・・4)

$$L_{02}=L-V \cdot t+0.5 \cdot Dcc \cdot t^2$$

$$V_{02}=V-Dcc \cdot t$$

停止状態 (走行状態記号・・・5)

$$L_{02}=0, \quad V_{02}=0.$$

強制減速状態 (走行状態記号・・・6)

$$Dcc=V^2/L$$

L は駐車予定の区画と自車との距離で、これより求めた Dcc の値を減速走行状態の式に代入し L_{02} 、 V_{02} の値を求めた。

これらの式から各車両の走行速度および走行位置が決定する。駐車場に流入する車両の走行状態は自由走行車として流入させるので、それ以外の車両は前車の走行状態と車頭間隔および自車の走行速度により自車の走行状態を求めて(表-2)、上式から現在速度および車両位置を決定した。

この表は左上段に自車の走行状態が記入してあり、

表-2 加減速変動等を求めるための前車の走行状態と車頭間隔との関係

自由走行 = 1

	20	15	10	5 m
1			自	自
2	自		加	追
3				
4	加			
5			減	停

追従走行 = 2

	20	15	10	5 m
1			自	自
2	自		加	追
3				追
4	加			
5			減	停

加速走行 = 3

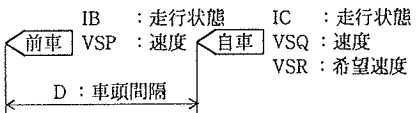
	20	15	10	5 m
1			自	
2	自		加	
3				追
4	加			
5			減	停

減速走行 = 4

	20	15	10	5 m
1			自	
2	自		加	
3				追
4	加			
5			減	停

停止 = 5

	20	15	10	5 m
1				
2				
3			加	停
4				
5				



表の縦方向の数字は前車の走行状態
 表の横方向の数字は前車との車頭間隔(m)
 1: 自由走行(自) 2: 追従走行(追)
 3: 加速走行(加) 4: 減速走行(減)
 5: 停止(停)

最左列は前車の走行状態を最上行は前車との車頭間隔を示す。車頭間隔の値¹⁷⁾は停止車の平均車頭間隔が5m、最高速度で走行中の自由走行車の最小値が約20mであった。なお、車頭間隔が5~10m区間で自車が自由・追従走行状態で前車が自由・追従及び加速走行状態の時、自車が加速走行と成ることがほとんど見られなかった。また、車頭間隔が10~20m区間では自車が自由・追従及び加速走行状態で前車が減速走行中に、自車が減速走行することも比較的少なかったため、5~20m区間を等分した。システムモジュールである基本ブロック長は基本ブロック毎に走行状態を判定しているため車頭間隔の最大値よりやや大きい長さが必要となる。

表-3 入口部でのサービス時間分布

都市名	駐車場名	入口 サービス時間 (sec)														平均 駐車 台数	平均 サービ ス 時間
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26		
豊橋市	豊橋第一駐車場	148	88	25	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	269	2.23	
	豊橋第二駐車場	115	109	28	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	264	2.54	
豊田市	豊田西駐車場	137	90	27	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	261	2.33	
	元城駐車場	168	102	30	10	5	0	0	0	0	0	0	1	0	316	2.41	
岡崎市	岡崎公園北駐車場	120	75	25	7	3	1	0	1	0	0	0	0	0	232	2.47	
	籠田公園駐車場	102	87	19	5	3	0	0	2	0	0	0	0	0	218	2.52	

表内の文字は自車が次のサイクルタイム時間に取りうる走行状態を示すもので、例へば自車が加速走行状態の場合、前車との車頭間隔が15mの時、前車の走行状態が3(加速状態)であれば、自車の走行挙動は自・加・追(自由走行・加速走行・追従走行)となる。これら挙動の内容はこの表から判定できないが、自車の速度が希望速度に等しいときは自由走行状態を、高ければ追従走行状態を、低ければ加速走行状態となる。

(2) 基本ブロック間の走行状態

車両がある基本ブロックを走り終えたとき、その車両が持っている全情報を次のブロックに移し替えないといけない。なお、車両の移動は基本ブロック先端からの距離が零または負になったときに行う。

まず、流出予定車が流入すべき基本ブロックをブロック接続表から求める、ついで流入基本ブロックに存在する車両台数を計算し、その台数が基本ブロックの容量より少ないかどうかを調べ、少ないときは車両の移動を、容量一杯の時は車両を流出基本ブロック内で停止させた。

流入予定車を流入先基本ブロックの最後尾車の後ろに流入させ、全情報を移し替えた。ついで、流入予定車のあった基本ブロックから車両台数を1台減らし、流入先基本ブロック上の車両台数を1台増加させる。そして、流入予定車が流出したので流出基本ブロック内の車両順位を一巡ずつ繰り上げた。

2-5 シミュレーションプログラムの出力情報

計算結果の出力は走行車両に関する任意の情報を出力することができるが、通常は次の3形式で出力できるようにプログラムした。

情報(a)は任意のサイクルタイム毎に各基本ブロックおよび駐車区画上に存在する車両情報の出力。

情報(b)は集計情報である。集計情報は3種類あり

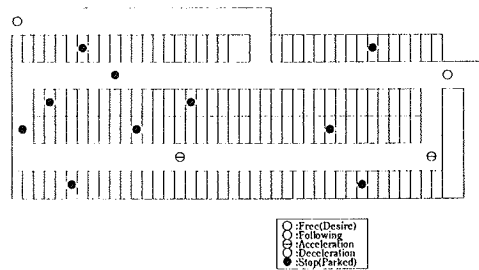


図-4 走行車のグラフィック画面

第1は10分単位ごとの流入交通量、流出交通量、流入・流出サービス時間分布、駐車区画滞留時間分布であり、第2は、5分単位時間毎の駐車区画の占有および駐車区画占有率、第3は5分単位時間毎の駐車場内での駐車車の走行時間(t₁~t₂)の集計情報である。

情報(c)は任意の時刻における駐車場内の走行挙動を示すグラフィック表示である。図-4は駐車場内の走行車両の挙動を示すグラフィック表示である、図中の○印は、自由走行車が赤色、追従走行車がピンク色、加速走行車が⊕印、減速・追従減速走行車が緑色および停止車が黒色で表示した。

3. 自走式駐車場シミュレーションモデルの検証

作成したシミュレーションモデルを用いて駐車場解析支援システムとして利用するためには、車両の駐車場内走行挙動の再現性についての精度を点検しておく必要がある。そこで数駐車場での実態調査を行い、これらのデータを用いて作成したシミュレーションモデルの精度の検証を試みた。

調査駐車場は豊橋市第一駐車場・第二駐車場を平成6年9月11日(日)、豊田市西町駐車場・元城駐車場を平成6年9月4日(日)、岡崎市北公園駐車場・籠

表-4 出口部でのサービス時間分布

都市名	駐車場名	出口 サービス時間 (sec)																				平均 駐車 車台	平均 サー ビス 時間				
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38			40	50	60	70
豊橋市	豊橋第一駐車場	4	25	25	47	30	32	22	17	19	14	9	4	5	4	4	1	3	2	0	1	2	0	0	270台	16.99	
	豊橋第二駐車場	1	10	26	33	22	33	31	17	19	13	12	10	8	4	7	1	1	4	1	3	4	5	0	0	266台	14.98
豊田市	豊田西駐車場	2	23	26	45	35	30	20	20	15	14	8	5	4	3	2	0	3	2	0	2	2	1	0	0	262台	11.57
	元城駐車場	1	20	32	72	35	30	22	18	20	15	10	9	9	4	5	2	4	5	0	2	4	4	0	0	302台	14.21
岡崎市	岡崎公園北駐車場	2	10	24	35	25	19	18	22	13	13	10	13	10	11	2	2	2	0	3	2	0	0	0	0	235台	14.00
	籠田公園駐車場	0	0	1	3	6	8	4	5	7	6	7	16	17	11	14	13	12	9	8	7	26	13	5	6	206台	31.62

表-5 駐車時間分布

平成6年9月11日	預かり駐車場の駐車時間分布 (分)									合計
時間分布	0	30	60	90	120	150	180	210	以	
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	上	
度数	10	25	47	12	25	21	20	8		168件
%	6.0	14.9	28.0	7.1	14.9	12.5	11.9	4.8		100

表-6 駐車占有率

基本ブロック	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
駐車場占有率 (%)	4.3	13.7	0.5	11.6	0.1	1.4	0.5	0.2	4.7	0.3
基本ブロック	12	13	14	15	16	17	18	19	20	合計
駐車場占有率 (%)	11.2	17.4	9.1	0.5	0.2	10.3	0.4	12.6	1.0	100%

田公園駐車場を平成6年9月18日(日)に調査した。

3-1 駐車場入出口サービス時間分布

駐車場への入出口のためのサービス時間分布は、駐車場の設置位置、入出口の形態および取り付け道路等により大きく変化するが、今回は入出口の形態がほぼ同じタイプの駐車場を選んだ。

調査は入出口に8mmビデオカメラを設置して09:00~17:00の間に入出車両を撮影し、後日ビデオデッキにより解析した。

(1) 入口サービス時間分布

各駐車場とも入口でのサービスは機械式であり、これらの調査結果を表-3で示す。入口サービス時間が6.0sec以下の比率が95%で平均サービス時間も2.23~2.54secで全駐車場の平均サービス時間は2.42secであった。なお、入口サービス時間が比較的大きな値を示したのは左ハンドル車の場合が多かった。

(2) 出口サービス時間分布

籠田公園駐車場の出口は機械式で他の駐車場は人力式であった、調査結果を表-4で示す。出口サービス時間分布が16sec以下の比率が、籠田公園が16.5%以

上であるのに対して、他の駐車場では71%以上を示しており機械式での時間差が大きい。平均出口サービス時間も機械式が31.6secに対し人力式は12~14secと0.39~0.45倍となり大きな値を示している。

3-2 駐車時間分布と駐車区画の決定

豊橋市第一駐車場に駐車している車両の駐車時間分布を求めた(表-5)。調査は平成6年9月11日の入庫から出庫までの所要時間を駐車券から算出したため、駐車時間分布の内には滞留時間の他に駐車場内での走行時間も含んでいる。駐車時間は120分以下が55.1%で最多時間分布が60~90分であった。2時間以上の滞留時間も16.7%とかなり多かった。

また、駐車区画決定のために駐車場内にある”駐車区画モデル型”のライトの点滅(点灯ありは駐車、点灯なしは駐車なし)を15分間隔で8mmビデオテープに取りこれを解析して、駐車区画上の車両の有無を求めた。全駐車区画内の駐車台数に対する各基本ブロック内の駐車台数の比率を駐車場占有率(%)として求めた。これらの値を表-6に示す。図-5は豊橋市第一駐車場の平面図である。

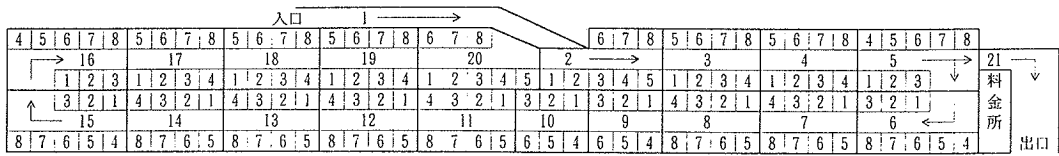


図-5 豊橋市第一駐車場平面図

表-7 豊橋市第一駐車場諸元表

基本ブロック	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	合計
基本ブロック長	80	20	16	16	24	24	16	16	12	12	16	16	16	16	24	24	16	16	16	20	40	456m
駐車容量	16	4	3	3	5	5	3	3	2	2	3	3	3	3	5	5	3	3	3	4	8	89台
駐車区画	流入	8	8	8	8	8	8	8	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	流出 148台

3-3 シミュレーションモデルの検証

豊橋市第一駐車場(図-5)は豊橋市の中心部豊橋駅の近くにあり、地下一階の自走式駐車場で、近隣の商業区域からの来訪者が多い駐車場である。駐車区画は全体で148台、入口部は機械式、出口部は人力式であり、入庫車両は自分の駐車区画を自由に選択して入庫できる。駐車場内が満車になると入口部の信号により入庫制限を行う管理方式を取っている。

第一駐車場は基本ブロック21個、その内駐車区画を持った駐車ブロック19個で、全駐車区画は148台である。基本ブロック21番は流入基本ブロック1からの流入により合流部を持つことになる。これら基本ブロックの諸元表を表-7で示す。この駐車場モデルに、第一駐車場で調査したデータ(流入交通量、入・出口サービス時間分布、駐車時間分布および区画への流入・流出方法)を入力し駐車場の入出庫パターンを求めた。

演算は名城大学工学部計算センターのHITACM-640/20をもちいて計算したが07:00~18:00の計算にCPUタイム10分を要した。シミュレーションの計算結果と実測値との関係を図-6で示す。

駐車場への流入車両は、30sec単位でトランケートした指数分布関数で流入させた。入庫パターンを見ると調査データとシミュレーションデータとの差が最大になったのは、10:00頃で2.8%(入庫台数が約4台)であり、その差は比較的少ないことが解った。これに対して出庫パターンは、入庫車両が前記調査データをそれぞれ消費しながら走行挙動を繰り返し出口部を流出するときのパターンであり、14:30頃までは両デー

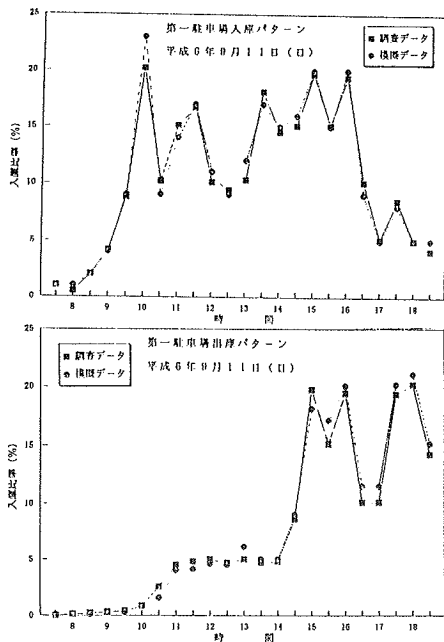


図-6 入出車両パターン

タ間にあまり差もなく15時以降の部分で比較的大きな差が現れているが、それでも0.5~2.0%と比較的少ないことが明らかになった。

4. 自走式駐車場解析シミュレーションの応用

本研究で作成した駐車場解析シミュレーションモデルを用いて駐車場内の走行車両の交通現象を解析してみる。豊橋市第一駐車場(図-5)を対象駐車場として、駐車場の構築は前章の検証で使用したモデルを用いた。

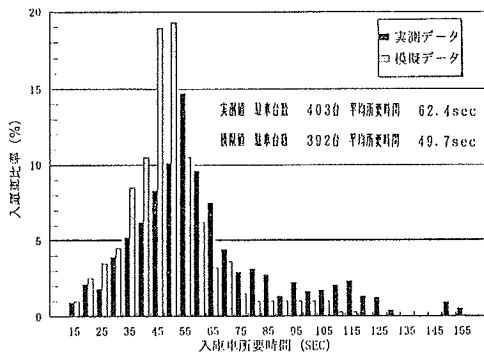


図-7 車両区画の表示による車両挙動

なお、流入交通量 403 台で入・出口部サービス時間分布、駐車時間分布、駐車区画の占有率および区画流入方法は調査データをそれぞれ使用した。

4-1 駐車区画の表示による車両の挙動

基本ブロックの駐車区画の中央にある信号機を稼働させ、駐車区画（最小で 3 区画、最大で 5 区画）が 1 つでも空いている時は青色を表示させ、全区画が満車の時は赤色とした。本シミュレーションで、流入車はまず入口部でサービスを受けながら自車の駐車区画を調査駐車区画から乱数を用いて選択し、決定した。ついで流入車は自分の駐車区画に向い移動するが、信号機の燈火により駐車区画の有無がかなり前方から見えるため（本計算では約 50 m 前方から発見できるものと考えた）、自分の駐車区画が満車の時は近くの区画を”駐車区画の変更”サブルーチンをもちいて選択し、なるべく近くの区画に入庫できるようにした。

流入車が入口部サービス (ts) を終了してから駐車区画への流入時間 (tb) が始まる直前までの所要時間（入庫車所要時間）を図-7で示す。

調査データによれば、入庫に必要な所要時間は最小値 15sec、最大値 155sec で、最頻値は 55sec となりその比率は 14.7% で、所要時間 45～60sec 間の比率は 42.2% であった。これに対して、シミュレーション交通量は 392 台であったが、所要時間は最小値 15sec、最大値 115sec で、最頻値は 50sec となりその比率は 19.3% で、所要時間 40～55sec 間の比率は 59.7% となった。

調査データの平均所要時間は 62.4sec であるのに対し、シミュレーションデータでは 49.7sec で両者の差が 12.7sec となり、駐車区画の表示による所要時間短

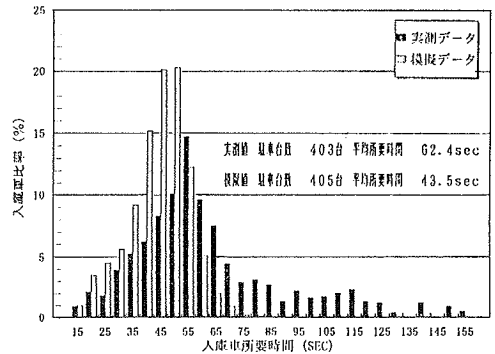


図-8 車両区画決定車両の挙動

縮が顕著である。なお、駐車区画を表示した時比較的大きな値を持った車両は、前方の駐車車両の影響を受けて、一時減速・停止することにより所要時間が増加したものである。

4-2 駐車区画決定車両の挙動

前節で、流入車両は入口部で自車の駐車区画を乱数を用いて決定していたが、本シミュレーションでは、まず駐車区画の満空率を常時監視しておき、入口部に到着した車両の運転者の意向に関わらず、一方的に駐車区画の空いている場所を指定するサブルーチンを準備した。従って運転者は、指定された駐車区画に直接移動することができ所要時間の短縮が期待できる。前節と同様に入庫車の所要時間分布を求めたが、その結果を図-8で示す。

シミュレーション交通量は 405 台で、所要時間の最小値 15sec(1.0%)、最大値 115sec(1.0%) で、最頻値は 50sec でその比率は 20.3% であった。また所要時間 40～55sec 間の比率は 67.9% とかなり高い値を示した。調査値と比較すると所要時間は 43.5sec となり、その差が 18.9sec と大きく減少し調査値の約 0.70 倍となった。また、前節のシミュレーションの平均値との比較でも約 6.2sec となり駐車区画決定ルーチンにより所要時間が大幅に減少することが明らかとなった。

なお、駐車場占有率が 1/2 までは駐車区画決定ルーチンを使用せず、1/2 を超えたところで決定ルーチンを使用する方法も試みたが、その内容は図-8 とほぼ同様であった。

5. おわりに

本研究で作成した自走式駐車場解析支援システムは、

駐車場内の自動車走行挙動をかなり忠実に再現でき駐車場計画の適切な交通管理支援システムと考えられる。なお、本解析支援システムには、下記のような特徴がある。

- ① 駐車場構築の際、道路と駐車場区画を一体とするシステムモジュールを考え、これらシステムモジュールを適切に組み合わせて任意の自走式駐車場(平面・立体)を構築し得る。
- ② 研究対象駐車場の構築にあたっては、ブロック接続表を使用しているため、面倒な手続きが省ける。
- ③ 走行車両の挙動は、車頭間隔と速度により表現され、さらに表-2により比較的簡単に自車の走行挙動が表現できる。
- ④ 駐車場内での走行車両の必要時間($t_1 \sim t_2$)が確保されているため挙動の再現が容易であり、これに応じた出力情報が豊富となり解析に便利である。
- ⑤ また、必要とする出力情報のグラフィック表示が可能のため、交通工学に未経験な情報評価者に対して説明が容易となる。
- ⑥ 基本ブロック内に番号を持っているため、駐車区画の満空情報を運転手に早めに表示し、入庫の為の情報を早めに表示することができる。
- ⑦ 多数の駐車場群をまとめてシミュレートするときには本駐車場解析モデルを複数個繋ぎ合わせて計算させることができる。
- ⑧ 本シミュレーションシステムは、今までの多くの汎用シミュレーションモデルに比べて取扱いが容易であり、交通工学や電子計算機についての深い専門知識が無くとも使用が容易である。
- ⑨ 作成した駐車場解析支援システムは駐車場出入車庫の周辺に与える影響を求めるために、周辺の交通流(単路部、信号交差点部)と一体として解析するには著者らが作成した”都市内高規格道路の車線占用工事における交通流解析支援システムに関する研究”¹⁴⁾を併用することにより、周辺への交通影響評価が一環して実施できる特長を持っている。

なお、本研究で作成した駐車場解析支援システムは駐車場内の走行挙動を再現するために多くのデータを

使用したが、さらに再現性の高いシステムにするためには多数の駐車場における実測結果が必要になるものと思われる。

参考文献

- 1) 自動車駐車場年報：全日本駐車協会，1990
- 2) 徳永良雄：機械式駐車場装置の実績と開発動向，第400号，パーキングプレス，1995
- 3) 都市と公営駐車場，トヨタ自動車販売株式会社，pp.72，1980
- 4) 栗本譲：都市内駐車場問題の実態と課題，駐車問題を考える講習会，日本都市計画学会中部支部，pp.1-21，1991
- 5) 毛利正光：駐車場，技術書院，1971
- 6) 毛利正光：最近の都市交通問題と駐車場，駐車場工学研究会学術講演論文集，1975
- 7) 毛利正光：駐車場計画に関する基礎的研究，土木学会論文集，第38号，1956
- 8) 米谷英二，加藤晃：路外駐車場の容量に関する理論的解法，土木学会論文集，第36号，1956
- 9) 毛利正光：駐車場計画における車両の出入量強度の算定方法と運営に関する基礎的研究，土木学会論文集，第46号，1957
- 10) Lieberman. E. B. et al : Logical Design and Demonstration of UTCS-1 Network Simulation Model, 51'st Annual Meeting, H.R.B., 1972
- 11) 栗本譲：道路交通流解析のデジタル・シミュレーション・モデル，土木学会論文報告集，第320号，pp.137-148，1982
- 12) 塚口博司，小林雅文：駐車管理のための駐車場所選択行動のモデル化，土木学会論文報告集Ⅳ，No.485，1993
- 13) 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化，土木学会論文報告集Ⅳ，No.470，pp.145-154，1993
- 14) 松本幸正，高橋政稔，栗本譲：都市内高規格道路の車線占用工事における交通流解析支援システムに関する研究，土木情報システム論文集，土木学会，Vol.2，pp.65-72，1993
- 15) 塚口博司，飯田克弘，中谷武彦：商業地域における荷さばき駐車管理システムに関する研究，土木学会論文報告集Ⅳ，No.494，pp.107-115，1994
- 16) 塚口博司，西海茂洋：駐車行動分析に基づいた駐車管理システムに関する研究，土木学会論文報告集Ⅳ，No.500，pp.31-39，1994
- 17) 侍俊：シミュレーションモデルによる駐車場管理支援システムに関する研究，名城大学大学院理工学研究科修士論文，pp.1-85，1995