

コンピュータシミュレーションを用いた 駐車場計画支援システムの開発

Development of Computer Simulation System for Parking Lot Planning

鴻池組 ○ 村林 篤 *

鴻池組 安井英二 *

名古屋工業大学 山本幸司 **

By Atsushi MURABAYASHI, Eiji YASUI, and Kohshi YAMAMOTO

適切な駐車場計画の立案を支援することを目的として、汎用シミュレーション言語をベースに、パソコン上で稼動するシミュレーションシステムを開発した。本システムは、駐車場内や周辺道路を走行する車の動きをディスプレイ上に表示でき、駐車容量、出入口の位置・数、出入場の所要時間、周辺交通流への影響などを評価するための種々の統計データを作成できる。また、駐車場計画評価の観点として、駐車場周辺交通への影響評価、および駐車場内のレイアウト評価のそれぞれの必要性の有無から、これらを組み合わせた4種類の基本モデルを作成し、個々のプロジェクトを対象としたシミュレーションモデル構築の効率化を図った。さらに、このシステムを機械式駐車場に併設する駐車待ちの車両のための待機スペースと自走式駐車場との容量配分の検討、および複数の駐車場整備にあたっての駐車案内方式の効果と周辺交通への影響の評価、という二つの事例に適用し、システムの機能を検証した。

【キーワード】 駐車場計画、コンピュータシミュレーション、アニメーション表示

1. はじめに

モータリゼーションの進展にともなって増大する駐車需要に対応するため、重要な社会基盤施設としての駐車場の整備が求められている。

要求機能を満足する駐車場建設プロジェクトを効率的に推進するためには、適切な駐車場計画を立案する必要がある。このためには、駐車容量、駐車形式、出入口の数・位置、場内の動線などのほか、特に都市部の大規模駐車場では周辺の交通流への影響をも含めて、供用時の状況を予測し、そこでの問題点を事前に把握して、代替案を迅速・的確に評価できるようにしておくことが重要である。

コンピュータシミュレーションは、このための有

効な手段のひとつであり、これまでに多くの利用例がある^{1)・2)・3)}。さらに、得られる各種の指標に加えて、駐車場内外の車の動きを視覚的に確認することができればモデルの検証が容易になり、計画案のよりの確な評価や効果的なプレゼンテーションに有効である。

そこで筆者らは、分析対象である駐車場内外の車の動きをパソコン画面上にアニメーション表示できる汎用シミュレーション言語を利用して、駐車場計画の評価に必要な種々の情報を作成することにより計画業務を支援するためのシミュレーションシステムを開発した⁴⁾。

本論文では、まず駐車場計画におけるシミュレーションシステムの利用対象を整理し、次いで開発したシステムの構成、概要およびシミュレーションの手順を述べる。さらに、本システムを機械式地下駐車場の利用効率向上のために設ける自走式駐車スベ

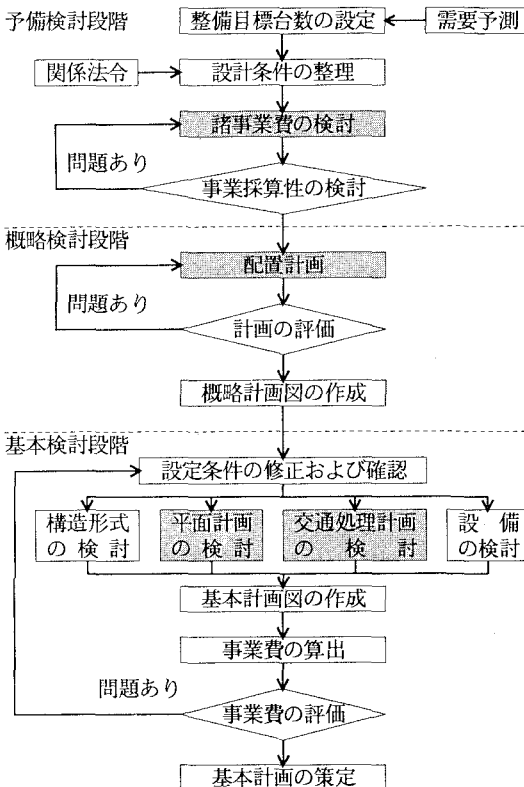
* 技術研究所 06-244-3600

** 社会開発工学科 052-732-2111

ースと入庫待ち車両のための待機スペースの容量の配分（後述、適用例１）、および複数の駐車場配置にともなう駐車場案内の効果と周辺交通への影響の検証（後述、適用例２）の二つの事例に適用し、本システムの有効性を検証した結果についてとりまとめた。

2. 駐車場計画におけるシミュレーションの利用

駐車場計画の基本的な手順は図－１のように、予備検討、概略検討、基本検討の３段階にまとめられる⁵⁾。



図－１ 駐車場計画の手順

まず、予備検討段階では、需要予測をもとに整備目標台数を設定し、設計条件の整理を行う。そして、構造形式を検討した上で、事業採算性、事業化の可能性を検討する。

次いで、概略検討段階では、動線計画とそれに基づいた出入口の設定や必要スペースの面積配分など

の検討を行い、概略計画を作成する。

さらに、基本検討段階では、構造形式・平面計画・交通処理計画・設備の検討を行い、基本計画を作成する。作成された基本計画に基づき、事業費を算出・評価する。

このような駐車場の建設プロジェクトを効率的に推進するためには、構造物として要求される機能を満足させることはもとより、駐車場周辺の交通流といった周辺環境への影響を十分に考慮した計画を立案することが重要である。そして、建設マネジメントの合理化という観点からは、図－１の□の部分において個々の計画要素の条件の良否を迅速に評価することが重要であり、このためにはコンピュータを用いたシミュレーションが有効な手段になると考えられる。例えば、予備検討段階では、諸事業費の検討の際に必要な駐車場容量などの設定を行なうために利用し、概略検討段階では、動線計画や出入口の設定に利用する。さらに基本検討段階では、平面計画の検討のほか交通処理計画の検討での周辺交通への影響分析などに利用する。

3. システムの構成

（１）システムの構成

本システムは、アニメーション機能を有する汎用シミュレーション言語をベースに開発したものであり、ハードウェアとしてはプレゼンテーションにも利用しやすくなるため可搬性の高いラップトップ型パソコンを用いている。

また、シミュレーション実行時の個々の車の入出場時刻、入庫時刻、駐車時間や、駐車場内外での待ち台数など、シミュレーション結果の分析に必要な各種のデータはテキスト型式でファイルに記録する。シミュレーション終了後、記録したデータを汎用表計算ソフトなどで処理して各種の指標、図表を作成する。

さらに、必要に応じてアニメーション画面はスキャンコンバータを用いることによりVTRに記録する。

（２）汎用シミュレーション言語の特徴

汎用シミュレーション言語は、パソコン上で稼動

する必要があるため、米国AT&T社と英国ISTEL社の共同開発による「WITNESS」を採用した。

この言語は、IBMのPC/AT互換機あるいはいくつかのEWS上で稼動し、本来は生産ラインや物流システムのシミュレーションを目的として開発されたものである。このため、駐車場や交通流のシミュレーションへの適用にあたっては、用意されているモデル定義要素のうち必要なものを表-1のように対応させている。

表-1 モデル定義要素の関連

要素名		WITNESS	駐 車 場
物理要素	Machine	加工・組立機	ゲート、車室、信号
	Conveyors	コンベア	走行路、道路
	Buffers	倉庫、資材置場	駐車場
	Parts	部品、材料	車
制御要素	Attributes	Partsの種類	車の行先等の属性
	Variable	演算、カウンタ	入出場・駐車台数等
	Distribution	確率分布	到着間隔、駐車時間
	File	データ入出力	入出庫等統計データ
	Function	関数定義	車の属性等の設定
	Timeseries and Histogram	時系列グラフ ヒストグラム	累計入場台数、駐車 台数等

すなわち、駐車場を対象としたシミュレーションにおいては車の動きをコンベア上を移動する部品の流れで表現することとし、駐車場内の走行路や周辺道路に対応させてコンベアを配置し、車（部品）が設定したルールにしたがって運ばれていくものとする。ルールには車の速度、方向などがあり、これらはコンベアの動作条件として与える。

その他、駐車場の入出場ゲートや周辺道路の信号機などは部品を加工する機械として表現し、部品である車の流れを制御する。

さらに、シミュレーションの実行においてはアニメーション表示を行なう処理（アニメーション処理）と行なわない処理（バッチ処理）を選択することが可能で、シミュレーション実行時の任意の時刻で切り替えることもできる。実行速度はモデルの規模や複雑さによって異なるが、アニメーション処理では

バッチ処理に比較して実行速度が遅くなるため、詳細な検討が必要な部分についてアニメーション表示を行なうことにしている。

また、「WITNESS」には各種の確率分布に従う乱数発生機能があり、精度の良い乱数を発生することができる⁶⁾。

4. システムの概要

(1) システムの特長

本システムの主な特長を以下にまとめる。

- ①駐車場のレイアウトや周辺道路などをモデル化し、車の到着→入場→入庫（駐車）→出庫→出場といった一連の動きをパソコン画面上にアニメーション表示できる。
- ②アニメーション表示により、モデル自体の検証のほか、駐車場の容量、出入口の数・位置、車室のレイアウト、車の動線、周辺交通流への影響など、計画の妥当性を視覚的に確認できる。
- ③ラップトップ型パソコンを用いているため、シミュレーションの実行環境の制約が少ない。
- ④駐車需要や、駐車場内の車室・走行路、出入口の位置・数などの計画の変更に応じたモデルの変更が容易で、種々の代替案を迅速に評価できる。
- ⑤時間帯ごとの入場・出場台数、入庫・出庫台数や駐車台数のほか、出入口での待ち台数・待ち時間、利用率、回転率など、駐車場計画の妥当性や事業性の評価に必要な各種の統計データが作成できる。

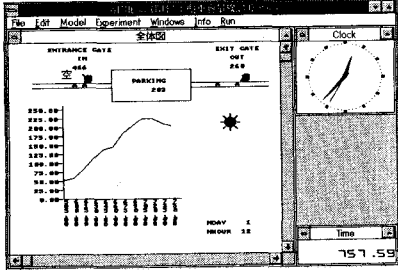
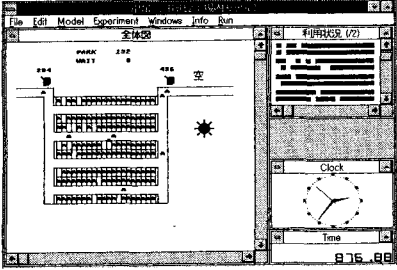
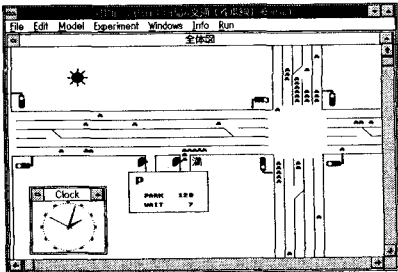
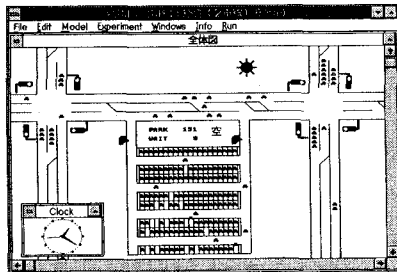
(2) 基本モデルのタイプ

駐車場計画の評価事項は、計画のレベル、立地条件、運用目的によって異なってくると考えられる。また、個々のプロジェクトに対応したモデル構築を効率的に行えるようにすることが肝要である。

そこで、シミュレーションモデルの構築に影響する条件として、周辺交通への影響の考慮の有無、および駐車場内のレイアウトの考慮の有無を取上げ、これらの条件を組み合わせた計4通りのケースに対応した基本モデル（タイプⅠ～Ⅳ）を作成した。

図-2に4通りの基本モデルの画面の例、表-2に各基本モデルでの主な評価項目を示す。

実際のプロジェクトへ適用する場合は、検討・評

評価項目		駐車場のレイアウト	
		考慮しない	考慮する
周辺交通への影響	考慮しない	タイプⅠ 	タイプⅡ 
	考慮する	タイプⅢ 	タイプⅣ 

図－２ 基本モデルのタイプ

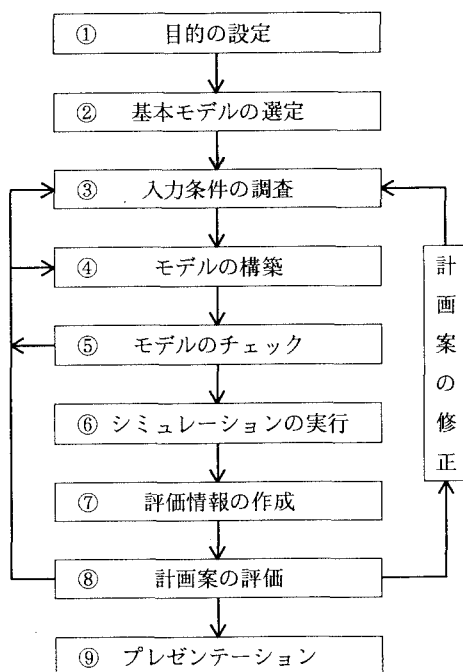
表－２ 基本モデルの評価項目

基本モデルのタイプ	I	II	III	IV
主な評価項目				
駐車容量	○	○	○	○
入出場所要時間	○	○	○	○
待ち台数・時間	○	○	○	○
進入・退出路長さ	○	○	○	○
出入口数	○	○	○	○
出入口位置		○	○	○
場内レイアウト		○		○
車・歩行者動線		○		○
周辺交通への影響			○	○

価の必要性に応じてベースとなる適切な基本モデルを選定し、後述する入力条件を組み入れて具体的なシミュレーションモデルを構築する。

５．シミュレーションの手順

作成された計画案を検討・評価するための本システムでのシミュレーションの手順を図－３に示す。

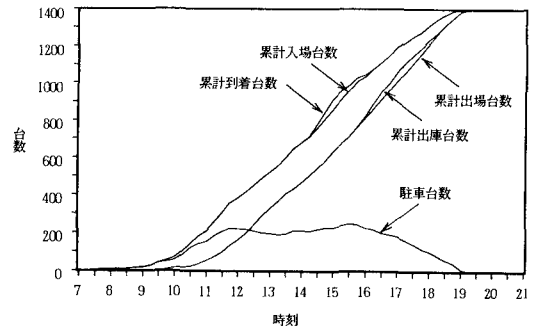


図－３ シミュレーションの手順

- ①目的の設定：対象とする駐車場計画において、シミュレーションによって検討・評価すべき項目を設定する。
- ②基本モデルの選定：シミュレーションの目的に応じて、タイプⅠ～Ⅳのうちの適切な基本モデルを選定する。
- ③入力条件の調査：モデル構築、シミュレーション実行に必要な計画案の諸元、交通量、駐車需要、周辺環境などを調査・整理する。表－３は主な入力条件であり、必要な項目について実地調査結果、既存資料の利用やこれらに基づく予測、および個々のプロジェクトの設計・計画案からそれぞれ求める。
- ④モデルの構築：モデル化する対象範囲、モデルに必要とされる詳細度を決定する。さらに、入力条件調査の結果を用いて、選定した基本モデルをベースに、対話処理によりシミュレーションモデルを構築する。
- ⑤モデルのチェック：テストランを行い、ディスプレイ画面でモデルや入力条件の妥当性を確認し、必要に応じて修正する。
- ⑥シミュレーションの実行：シミュレーションを実行するとともに、車の動線などをアニメーション

表示により視覚的に評価する。

- ⑦評価情報の作成：検討・評価すべき事項に対応した各種の指標、図表を作成する。この一例を図－４に示す



図－４ 出力結果の例

- ⑧計画案の評価：シミュレーション実行画面および作成した指標、図表を分析し、計画案を検討・評価する。この結果により、必要に応じて代替案を作成し入力条件やモデル、さらには計画案自体を変更してシミュレーションを繰り返す。
- ⑨プレゼンテーション：シミュレーション結果を整理し、図表、VTRなどのプレゼンテーション用資料を作成する。

表－３ シミュレーションのための入力条件

入 力 条 件			基本モデルのタイプ				調査手段		備 考
			周辺交通の考慮				実地調査	既存資料	
			なし		あり				
			場内レイアウトの考慮						
			なし		あり		設計・計画		
			I	II	III	IV			
1. 周辺交通	信号	数、位置、サイクル			○	○			○
	交通量	交差点通過台数			○	○			○
	通行条件	直進、右左折割合			○	○	○		
		車線数				○	○	○	
2. 駐車需要	到着台数	一方通行、対面通行			○	○	○		
		走行速度			○	○	○		
	到着方向			○	○	○	○		
	到着時間間隔	○	○	○	○	○	○		
3. 駐車場諸元	駐車時間	駐車時間分布	○	○	○	○	○		
	車種構成				○	○	○		
	駐車容量		○	○	○	○	○		
	出入口	位置			○	○	○		
4. 車両動特性	ゲート所要時間	数	○	○	○	○	○		
		入場ゲート	○	○	○	○	○		
	出場ゲート	○	○	○	○	○			
	進入・退出路長さ	一般道路までの距離	○	○	○	○	○		
5. 駐車装置特性	車室レイアウト	車室の位置			○	○	○		
	場内動線	一方通行、対面通行			○	○	○		
	場内走行速度	直線部			○	○	○		
	曲線部			○	○	○			
	駐車位置優先度	スロープ部			○	○	○		
				○	○	○	○		
	入庫、出庫所要時間	直角後退駐車等		○	○	○	○		
	格納所要時間			○	○	○	○		
	出庫所要時間			○	○	○	○		
				○	○	○	○		

6. 適用例1：自走式駐車スペースと待機スペースの容量配分

(1) 検討の内容

ある商業施設に付属する機械式（エレベータ式）地下駐車場計画において、駐車需要がピークとなる時間帯では入庫エレベータの取込み能力の不足から入庫待ちが発生する可能性があり、入庫待ちのための待機スペースの容量を検証した。

さらに、待機スペースの一部を自走式駐車スペースとして有効利用する案について、図-5に示すように待機スペースと自走式駐車スペースの容量配分を検討した。

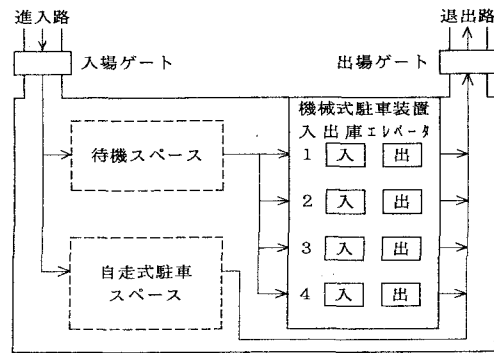


図-5 対象とする駐車場の模式図

(2) 入庫待ち台数の検討

a) シミュレーションの条件

図-1のタイプIをベースとしたモデルを作成し、以下の条件で駐車台数、待機台数、入場待ち台数を求めた。

- ①計画案より、機械式駐車装置は4基で、1基当たりの容量は90台、計360基とする。
- ②待機スペースの容量を30台とする。
- ③車はランダムに到着するものとし、到着時間間隔は付近にある同規模の商業施設での時間帯別の到着台数の実績（表-4）から求めた平均到着時間間隔をパラメータとする指数分布で与える。
- ④入場ゲートの所要時間は7秒、出場ゲートの所要時間は7～15秒の一様分布とする。
- ⑤ゲート通過後は空きの入庫エレベータ前で乗員が降車し、その後車は入庫エレベータに収納される。

表-4 時間帯別到着台数

時間帯	9:00 10:00	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 13:00	13:00 14:00	14:00 15:00	15:00 16:00	16:00 17:00
到着台数	145	187	148	145	225	130	145	118

⑥入庫所要時間は、降車所要時間に装置のスペックから得られる入庫エレベータの取り込み時間を加え、50～80秒の一様分布とする。

⑦待機スペースの容量を越えた場合、後続の車は入場ゲート前で無制限に待つ。

⑧駐車時間は、③で参考にした商業施設での実績をもとに平均値：120分、位相：3のアーラン分布で与える。

b) 結果

図-6は、乱数系列を変えて3回行なったシミュレーションのうち、入場待ち台数が最大となるケースにおける9:00～20:00での30分ごとの駐車台数、待機台数、入場待ち台数である。

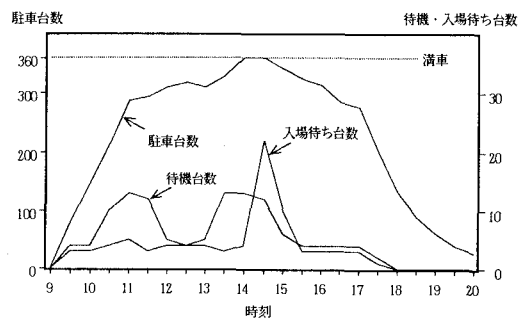


図-6 駐車、入庫待ち台数の推移

この結果、10:30～11:30および13:30～14:00では駐車台数が容量（360台）未満であるにもかかわらず入庫エレベータの能力不足から待機スペース内に入庫待ちが発生し、入場待ち台数は進入路長（35m、5台分）ではほぼカバーできる範囲内であった。

しかし、14:00～14:30では満車となり、入場待ちが進入路長を越えていることがわかった。

そこで、最大30台分の待機スペースの一部を支障のない範囲で自走式駐車スペースとして利用できれば効率的であるため、以下の検討を行った。

(3) 自走式と待機スペースの容量検討

a) シミュレーションの条件

シミュレーションの条件は、(2) a) の条件に以下の条件を加えた。

- ① 自走式スペースと待機スペースは合わせて30台とする。
- ② 駐車は機械式を優先させ、待機スペースの容量を越えた場合にのみ自走式に駐車する。
- ③ 場内の台数が駐車可能台数に達した場合、後続の車は入場ゲート前で無制限に待つ。

シミュレーションは、自走式スペースの容量を0台から4台ずつ増加させた8ケースについて、各ケースとも乱数系列を変えて3回行ない、そのうち入場待ち台数が最大となる場合に注目して評価することにした。

b) 結果

図-7は、図-5をモデル化したシミュレーション中のパソコン画面の一例である。

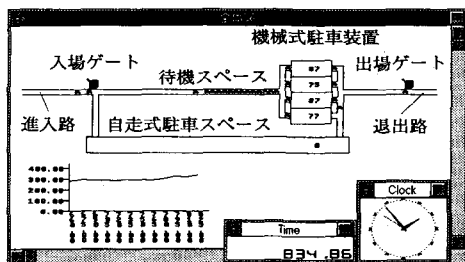


図-7 シミュレーション中の画面

表-5は、自走式および待機スペースの各容量を変化させた8ケースについてそれぞれ3種類の乱数系列でシミュレーションを行なったうち、各ケースにおいて入場待ち台数が最大となる場合の9:00~20:00での30分ごとの機械式、自走式、待機スペース中の台数と入場待ち台数のうちの最大値を示したものである。()内は、それぞれの台数の容量に対する比率を示す。

この結果、自走式スペースが12台以上(ケース4~8)で、満車による入場待ちは進入路長でほぼカバーできることがわかった。一方、待機スペースが10台以下(ケース6~8)では自走式スペース、待機スペースともに容量一杯になることがあり、機械式への緩衝スペースとして十分に機能していないこ

とがわかった。

表-5 シミュレーション結果

ケースNo.	自走式駐車スペース	待機スペース	自走式駐車台数	機械式駐車台数	待機中台数	入場待ち台数
1	0	30	0 (-)	360 (100)	22 (73)	22
2	4	26	4 (100)	360 (100)	22 (85)	21
3	8	22	7 (88)	360 (100)	21 (95)	11
4	12	18	10 (83)	357 (99)	18 (100)	7
5	16	14	14 (88)	353 (98)	14 (100)	7
6	20	10	20 (100)	357 (99)	10 (100)	7
7	24	6	24 (100)	352 (98)	6 (100)	7
8	28	2	28 (100)	344 (96)	2 (100)	8

したがって、ケース4または5、すなわち自走式スペースとして12~16台の範囲に設定することが適切と考えられる。

c) システムの評価

この事例では、バッチ処理での1回の平均実行時間は約8分であった。このように、複数の代替案を迅速かつ的確に比較することができ、本システムの有効性を確認することができた。

7. 適用例2：複数駐車場のための駐車案内誘導方式の効果と周辺交通への影響の検討

(1) 検討の内容

図-8に示すように、あるイベント会場周辺のA、B、C (C_1 、 C_2) の平面自走式駐車場のうち、B、C (C_1 、 C_2) の駐車場の容量が削減されることに対応して、Dの平面自走式地下駐車場の新設が計画された。各駐車場の現状と計画の駐車容量、およびその増減を表-6に示す。

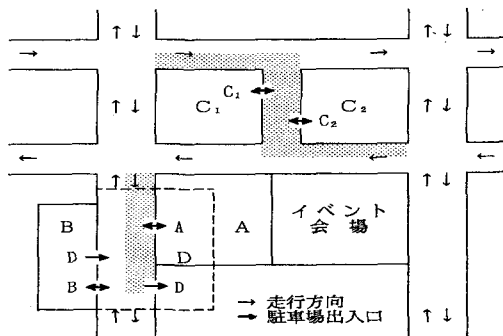


図-8 駐車場配置の概要

表-6 駐車場容量の現状と計画

駐車場	駐車容量	現状	計画	増減
A		186	187	+ 1
B		160	115	- 45
C ($C_1 + C_2$)		561	183	-378
D		—	400	+400
計		907	885	- 22

この計画においては、A、B、Dの駐車場は会場へのアクセスの利便性が高いため、これらへの駐車需要が大きいと考えられる。さらにC (C_1 、 C_2)の駐車容量の大幅な減少によってA、B、Dへの駐車需要の増大が予想された。

したがって、出入口が近接するA、B、Dの駐車場の前面道路と C_1 、 C_2 への進入路(図-8 部分)での待ち行列発生の可能性があり、この対策として各駐車場への何らかの案内誘導が必要と考えられた。このため、案内誘導を行なう場合と行なわない場合を想定し、それぞれにおける周辺交通への影響を検討した。

(2) 現状分析

ある大規模イベントの開催日での駐車場利用状況、交通量を調査した結果を以下に示す。

a) 駐車場の利用状況

A、B、Cの各駐車場についての、時間帯ごとの入場・出場台数と駐車台数はそれぞれ図-9～11であり、以下の特徴が見られた。

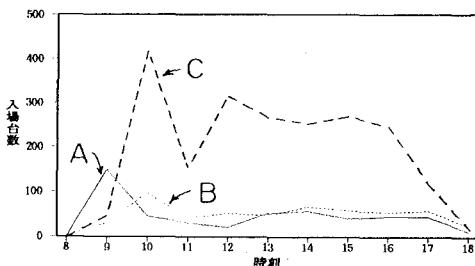


図-9 各駐車場の時間帯別入場台数

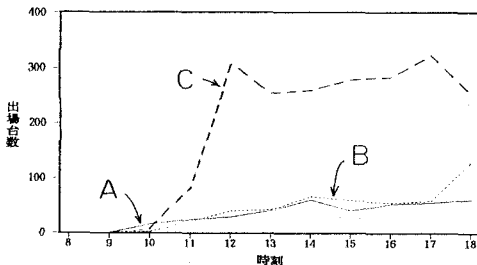


図-10 各駐車場の時間帯別出場台数

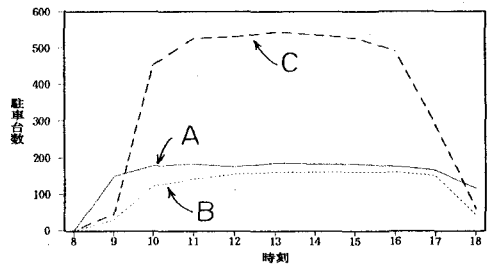


図-11 各駐車場の時間帯別駐車台数

①駐車場Aは、8時台にすでに149台が入場している。これはイベント開催時間帯が10:00～17:00であることから、主に出席関係者(以下出席者と記す)の駐車と考えられる。

②駐車場B、Cは、入場・出場・駐車台数とも類似した傾向を示し、イベント来場者(以下来場者と記す)の利用が主体と考えられる。

b) 駐車時間

本事例の駐車場では駐車券を発行していないことから正確な駐車時間の把握が困難であったため、来場者の一部から駐車時間を調査した。この結果が図-12であり、駐車時間は1～2時間が最も多く全体の56%を占め、平均駐車時間は100分であった。

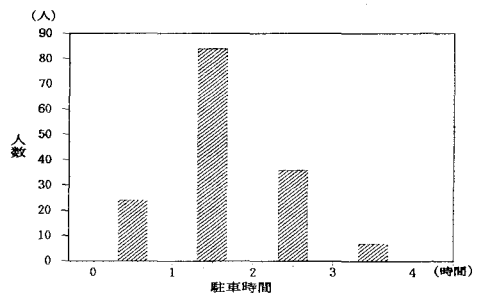


図-12 来場者の駐車時間分布

c) 交通量

図-8の周辺道路について、8:00～18:00の交通量を調査し、これと駐車場A、B、Cの入場、出場台数から駐車需要を持たない時間帯別の一般交通量を求めた。

(3) 時間帯別駐車時間、到着台数の設定

a) 時間帯別駐車時間

駐車時間は到着時刻と関連することが容易に想像できるが、本事例では到着時間帯ごとの駐車時間デ

ータが得られないため、以下のように設定した。

まず、来場者に関しては図－１２をもとに適合度をチェックして、平均：100分、位相：6のアーラン分布で与えることを基本とし、図－２のタイプⅠを用いたシミュレーションにより以下のように求めた。

9:30～17:00での到着はすべて来場者と仮定し、駐車場C（C₁、C₂）について、図－９をもとに駐車車両を発生させ、上記のアーラン分布を用いた場合の出場台数を図－１０と比較して、両者が適合するように9:00～10:00での到着台数のうちの来場者と出展者の比率を設定した。さらに、イベント終了時刻（17:00）を考慮して16:00～17:00に到着する来場者の駐車時間分布を別途設定した。

次に、出展者に関しては8:00～9:30および17:00～18:00に到着するものと仮定し、A、B、Cの各駐車場について上で設定した駐車時間を持つ来場者分の出場台数と図－１０との差の部分を対象として、これを再現できるように駐車時間分布を設定した。

この結果、表－７に示すように来場者は２タイプ、出展者は３タイプ、計５タイプの駐車時間分布を設定することとした。

表－７ 駐車時間タイプ別の分布型

タイプ	到着時間帯	分布パラメータ	備 考
来場者	i 9:30 16:00	アーラン分布 平均:100分、位相:6	到着時刻+アーラン分布の駐車時間が17:30を超える場合は出展時刻を17:00～17:30の一端分布で定め、これに合うように駐車時間を設定する
	ii 16:00 17:00	一様分布	出展時刻を（到着時刻+10分）～17:30までの一端分布で定め、これに合うように駐車時間を設定する
出展者	iii 8:00 9:30	正規分布 平均:600分、σ:15分	駐車場Aへの到着分の80%
	iv "	正規分布 平均:540分、σ:15分	駐車場B、Cへの到着分
	v "	正規分布 平均:60分、σ:15分	駐車場Aへの到着分の20% ただし、17:00～18:00は全て上記の分布型、パラメータを用いる

駐車場A、B、C、それぞれについて、表－７の駐車時間分布を用いてシミュレーションを行なって得られた入場・出場台数を図－９、１０の実績値と比較すると、両者には統計的な有意差はなく、現状の駐車場利用状況を再現できることがわかった。

b) 時間帯別到着台数

駐車場A、B、Cの時間帯別到着台数を合計したものが表－８であり、後述のシミュレーションではこれをもとに駐車車両の到着時間間隔を指数分布で与える。

表－８ 駐車時間タイプ別の発生台数

時間帯	来 場 者		出 展 者			計
	i	ii	iii	iv	v	
8:00～ 9:00			119	76	30	225
9:00～ 9:30			5	74		79
9:30～10:00	479					479
10:00～11:00	223					223
11:00～12:00	388					388
12:00～13:00	366					366
13:00～14:00	376					376
14:00～15:00	369					369
15:00～16:00	345					345
16:00～17:00		223				223
17:00～18:00					59	59
計	2546	223	124	150	89	3132

(５) ケース１：案内誘導のない場合

図－２のタイプⅢをベースに図－８をモデル化し、表－７、８をもとに以下の条件でシミュレーションを行なった。

a) シミュレーションの条件

- ①駐車場A～Dの容量は、表－６の計画容量とする。
- ②一般車両については、(２) c) で求めた時間帯別の交通量を各個所ごとの発生交通量に応じた比率で発生させる。
- ③駐車車両については、表－８の台数を一般車両と同様の比率で発生させる。
- ④駐車場の優先度は、出展者、来場者とも利用の利便性からA→Bの順とし、これらが満車の場合はC₁、C₂、Dにそれぞれの駐車容量の比率に応じてランダムに配分する。
- ⑤与えられた駐車先は途中で変更しないものとする。
- ⑥到着時に駐車先が満車の場合は、無制限に待つものとする。
- ⑦信号現示は、実際と同サイクルのものとする。
- ⑧走行速度は、40km/hとする。

b) 結果

図－１３、１４は、１時間ごとの入場台数、駐車台数の推移を駐車場A～Dについて示したものである。

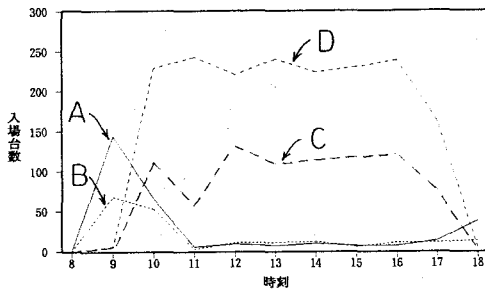


図-13 入場台数の推移

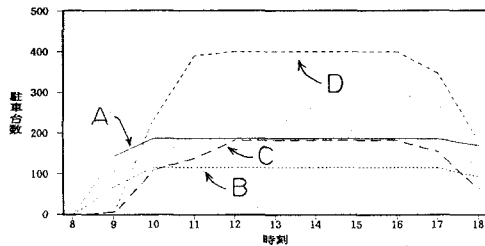


図-14 駐車台数の推移

これを見ると、駐車場A、B、D、Cの順に満車となり、優先度の高い駐車場A、Bは、現状の図-10とほぼ同様の傾向を示している。

また、駐車場C、Dは9:00以降に入場車が急増し、12:00には満車となるが、その後の出入場もある程度行なわれていることがわかった。

一方、図-15は駐車場D、C₁、C₂の入口と直近の交差点までの道路（それぞれ24台、31台、31台分に相当する長さ）上の駐車待ち台数である。

駐車場Dの前面道路での待ち行列は9:50～10:00、13:20～15:45のほとんどで交差点まで達している。このうち、午前での待ち行列は満車になっていないことから入場ゲート能力の不足によるものである。

図-16は、14:00でのシミュレーション画面であり、待ち行列が交差点を越えていることがわかる。

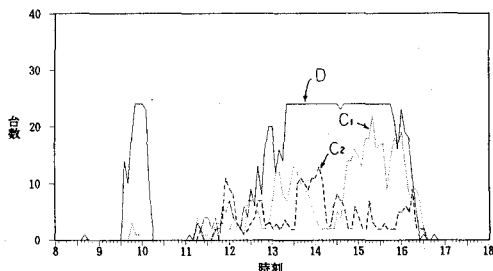


図-15 道路上の待ち台数の推移

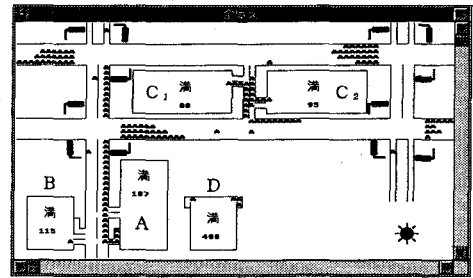


図-16 シミュレーション中の画面

(6) ケース2：案内誘導のある場合

上述の問題に対応するために、以下の条件でA～Dの駐車場への案内誘導をした場合を想定したシミュレーションを行なった。

a) シミュレーションの条件

- ①案内誘導の方式として、駐車場A→B→D→Cの順に満車でない駐車場に駐車することとする。
- ②ただし、駐車場A、B、Dの前面道路の待ち台数が交差点から3台分（約20m）に達している場合は、駐車場A、B、Dに空きがあってもC₁またはC₂を駐車先とする。
- ③すべての駐車場が満車の場合は、それぞれの駐車容量に応じた比率で駐車先を与える。

b) 結果

図-17、18は、上記の案内誘導をした場合での1時間ごとの入場台数、駐車台数を駐車場A～Dについて示したものである。

各駐車場とも、入場台数、駐車台数は案内誘導をしない場合と類似した傾向であるが、駐車場Cでは9:00～10:00の入場台数が増加している。これは、上記②の駐車場Dの前面道路の待ち台数の条件により、Cに誘導された結果と考えられる。

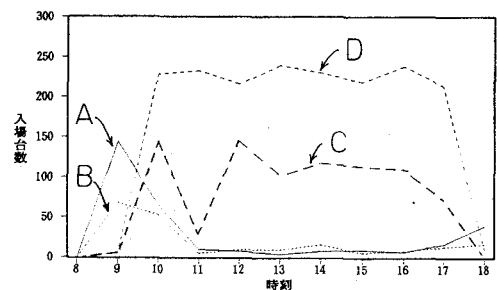


図-17 入場台数の推移

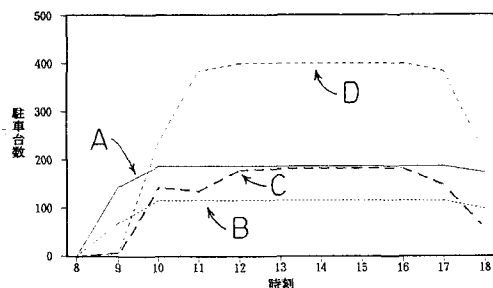


図-18 駐車台数の推移

さらに、図-19に道路上の待ち台数、図-20は14:00でのシミュレーション画面を示す。

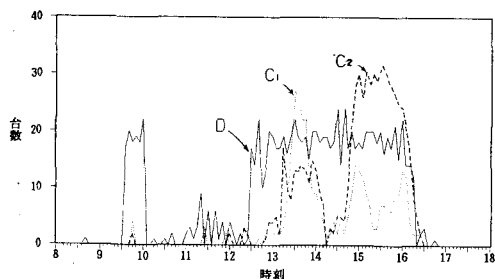


図-19 道路上の待ち台数の推移

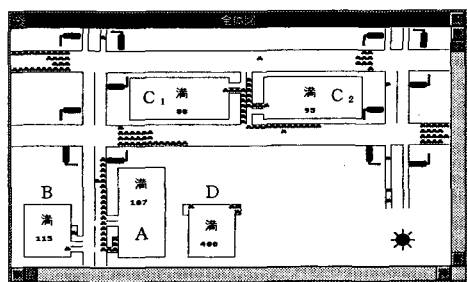


図-20 シミュレーション中の画面

これらを案内誘導をしない場合の図-15、16と比較すると、各道路上の待ち台数が減少し交差点までには達していないことがわかり、ここでの案内誘導方式がある程度の効果をあげていることがわかった。

しかしながら、待ち行列自体の解消には至っておらず、このためには出展者による長時間駐車などの駐車場運用上の対策が必要であると考えられる。

(7) システムの評価

本事例では、実際の交通流をある程度まで表現可

能なモデルを作成することができた。また、評価の必要な箇所待ち行列などの数値を把握することができた。一方、実行時間については、モデルが複雑・大規模になったために、今回使用したハードウェアの性能では、10時間分のシミュレーションの実行において、バッチ処理では約2時間を要した。また、アニメーション処理ではバッチ処理の約7倍の時間を要することともわかった。

7. おわりに

本システムは、駐車場の容量、出入口の数・位置、出入口での待ち行列や駐車場周辺道路への影響などについて、各種の統計データやパソコン画面上でのアニメーション表示によって予測・検証し、駐車場計画業務の効率化、高精度化を図ることを目的として開発したものである。

本論文で述べた二つの事例のそれぞれにおいては、本システムによって所期の目的に応じた評価ができたと考えられる。また、両事例ともプロジェクトがまだ具体化していないので、供用時の状況を適切にシミュレートできているか否かの検証は困難であるが、アニメーション表示では想定した車の動きが適切に表現できていると考えられるので、シミュレーションシステムとしての機能は満足できるものであるといえよう。

各事例において、本システムを適用した場合の課題をあげると、まず適用例1ではシミュレーションの試行回数が十分ではない点がある。このようなシンプルなモデルでは、多くの乱数系列についてシミュレーションを繰り返し行い、求めた評価指標の分布型により計画の評価を行うことが必要になろう。

また、適用例2では駐車車両と一般車両それぞれの走行レーンをできるだけ分離しているため、相互の干渉による問題の把握が十分とはいえない部分がある。さらに、今回述べた案内誘導方式の検討のほか、入出場ゲートの数・位置・所要時間や地下駐車場の形式についての代替案の検討も必要があろう。

本システムは2章で述べたように、駐車場の基本計画段階で利用することを目的として開発したものであるが、その中の予備検討や概略検討の段階では、

あらかじめ用意した基本モデルに多少の手を加えるだけでよく、汎用性の高いシステムとして利用できることがわかった。しかし、基本検討段階で周辺交通などの属地性の強い条件について詳細な検討を行うためには、モデルの大幅な手直しが必要になることもあり、モデル構成要素のモジュール化などの改良が必要になることもわかった。

さらに、本システムを今後活用していくためには、車の加減速、大型車の考慮、一般道路の走行車両間および走行車両と駐車車両との干渉・車線変更といった実際現象のモデルでの表現方法のほか、アニメーション画面の表示範囲やシミュレーション実行速度など、汎用シミュレーション言語やハードウェアの機能の制約に関わる問題もあり、他のシミュレーション言語やEWSの利用についても検討の余地がある。

今後は、駐車場計画の基本となる駐車需要の予測方法の確立、設計業務を支援するためのCAD・CG機能の拡張、建設費の積算見積り、事業収支シミュレーション機能などを充実させ、総合的に駐車場計画を支援できるツールの整備を図っていきたいと考える。

【参考文献】

- 1) 宮城ほか：路外駐車場の容量解析モデル、岐阜大学工学部研究報告第41号、PP.19～26、1991年
- 2) 鈴木ほか：駐車場レイアウトのためのシミュレーションモデルの構築、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第4部、PP.666～667、1992年
- 3) 建設省：駐車場対策に関する研究、第46回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集、PP.30～40、1992年
- 4) 村林ほか：コンピュータシミュレーションによる駐車場計画支援システム、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第IV部、PP.694～695、1993年
- 5) (社)日本道路協会：駐車場設計・施工指針 同解説、PP.28～30、1992年
- 6) 安井ほか：シミュレーションによるホテル駐車場計画の検討、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第IV部、PP.696～697、1993年