

地方中核都市における 駐車場整備計画問題のモデル分析

System Analysis on Planning Problem of Construction Project
of Parking Facilities in Regional Central City

春 名 攻**、 河 上 徹***
By Mamoru HARUNA, Toru KAWAKAMI

Parking facilities in regional central city is not generally enough constructed from the view point of urban infrastructure construction. Because of a large portion of urban activities are satisfied by car transportations, it becomes very important to develop and allocate parking facilities in order to satisfy parking demands suitably.

In this study, supposing estimation parking demands implemented by municipal government is obtained, allocation problem of parking facilities is formulated as min-max allocation problem in which multi-objectives is adopted such as minimumization of parking cost and access time from downtown to parking facilities. Applying this model to actual allocation problem in Otsu city, the relation between construction volume plan of parking facilities and planning volume of users of each parking facilities is analyzed utilizing parametric analysis to variance of parking demands.

1. はじめに

現在、地方中核都市においては、公共交通をのぎ自家用車による移動の利用度が高くなっている。自動車は常に移動しているわけではなく利用者は目的を達成するために自動車を駐車場という保管空間から道路（移動空間）を経て目的地帯在空間である施設（駐車場）へと移動させるのである。駐車場整備問題は、保管空間と目的地帯在空間の両者の整備が不十分のため生じるものである。

そして、駐車スペース不足により引き起こされる違法路上駐車や駐車場探しの迷走運転を原因とする

渋滞や交通事故などの自動車交通の問題にとどまらず、社会活動や業務・商業活動等の阻害という都市活動そのものの全般に関わる問題となってきた。

しかし、現在の都市部の土地の高密度利用や地価高騰などにより大量の駐車場を整備することは困難な状況である。また、駐車場が常に満車であるわけではなく、ドライバーの意識や駐車場の立地的な問題があると考えられる。さらに、地方中核都市においては自動車利用の比率が高いにも関わらず、自動車交通量が大都市に比べ少ないため駐車場整備の必要性が低く認識されている。

そこで、本研究では総合交通基盤整備計画の方法論として総合交通体系を考え、その中で駐車場整備を道路網や鉄道網整備計画と同レベルで検討することが重要と考えた。また、総合交通体系の必要性の高まりとともに駐車場整備が重要となり、駐車場を都市基盤として扱う必要性が生じてきている。つまり、駐車施設を都市の社会・経済活動を支える重要な都市基盤施設と捉え、今後の目標とする将来の

* キーワード：総合交通体系，トレードオフ
線形計画法，

** 正員 工博 立命館大学理工学部 教授
(〒603 京都市北区等持院北町56-1)

*** 学生員 立命館大学大学院 理工学研究科
(〒603 京都市北区等持院北町56-1)

都市像の実現に十分貢献できるような駐車場整備を行っていく必要性が、以前に比べより一層重要になってきている。従って、立地の検討、駐車料金にかかわる経営採算性の検討、情報化の進展に伴う道路交通・駐車場情報システムの確立を踏まえた、駐車場整備の計画策定方法を構築していくこととした。

2. 総合交通体系下における駐車場整備計画

総合交通基盤整備計画は、総合交通体系という考えの下で一都市あるいは近隣都市を含めた地域の交通を、道路・鉄道・バスなどの各交通基盤と自動車による目的達成を支援する駐車場を総合的な観点から一体系として取りまとめることを目指している。

本研究では総合交通基盤整備計画の方法論として、大きな枠として総合交通体系を考え、各整備計画をパーツとして組み合わせることが現実的であると考えた。それは共通したデータをもとにして各交通基盤整備計画の代替案をフィードフォワード的に取り扱い、総合評価することが現実的であると考えたからである。共通するデータの基本として、地区分割・計画年次を用いることとした。また、これらの基本事項として、現状調査や将来予測を行うことが重要である。

そこで、総合交通体系下における駐車場整備計画を図-1に示すように位置づけを行うこととした。また、方法論を以下のような考えをもとに図-2のように構成した。

- ① 与件事項として、都市幹線道路網整備計画による地区の集中交通量と内々交通量から駐車需要量を設定する。
- ② 地区の将来像の実現を支えるための目標的検討を行う。
- ③ その目標とする事項や数量に対し、ボトムアップ的な検討を行う。
- ④ 実行性の低い場合は他の整備計画へ情報を提供する。

駐車場整備計画では4つのステージで検討を行うこととした。すなわち、

(1) 整備基本方針の検討

① 駐車場整備地区の検討

- ・整備地区（公的駐車場を整備すべき地区）の設定条件および地区の設定（ゾーン分割等）

② 官民分担の検討

<官民一体による駐車場整備を行う際の条件>

- ・都市機能の再配置など各種計画・構想を考慮し先導的に公共施設を整備する場合
- ・交通処理、交通混雑の解消などの観点から大規模駐車場を計画的に配置した方が都市機能の維持・向上に寄与する場合
- ・投資効率などの面から民間事業では対応が困難である場合

③ ゾーン乗入れに関する検討

- ・乗入れを規制する場合
ゾーン周辺に駐車場を整備するフリンジパーキングの手法
- ・乗入れを抑制する場合
駐停車違反取締りの強化や公共交通機関の整備

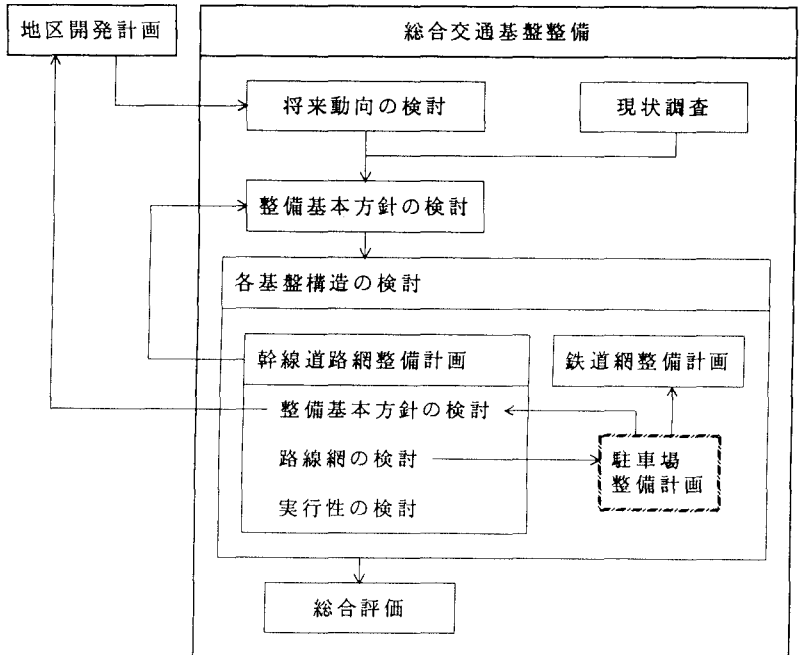


図-1 総合交通基盤整備検討フロー

やパークアンドライドなどの手法

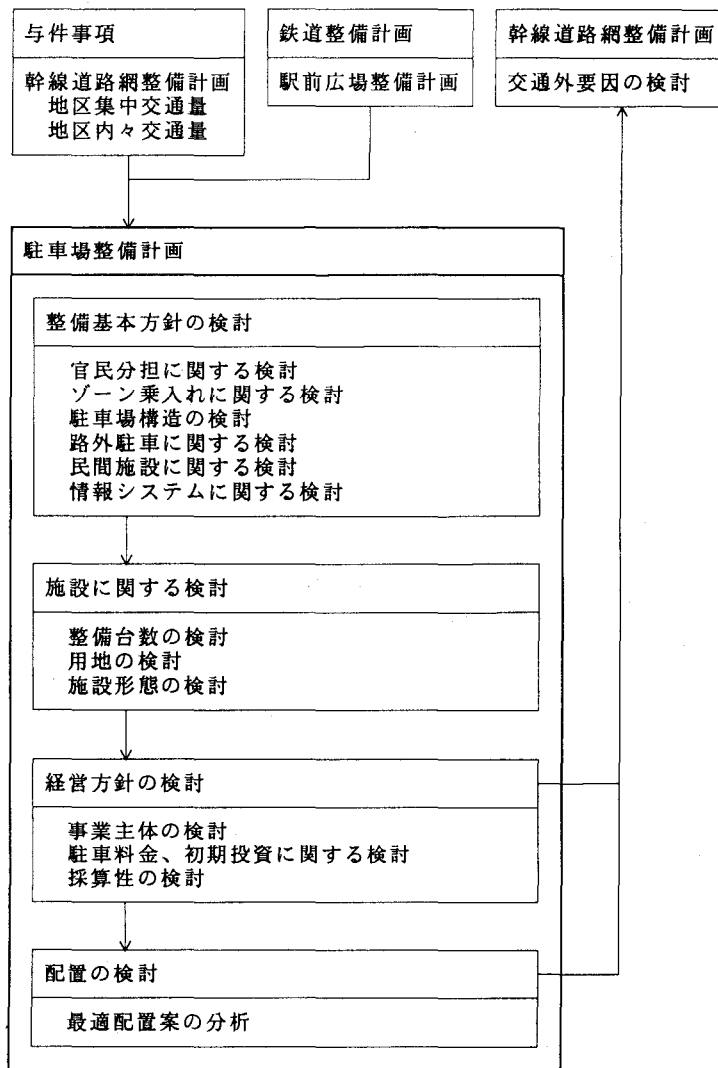
④ 駐車場構造の検討

- ・ 駐車場の規模や設置数量の方針についての検討
- ・ 駐車場ビル形態についての検討

⑤ 路上駐車に関する検討

- ・ パーキングメータやパーキングチケットの設置についての検討
- ・ 路上駐車を認めた際の駐車時間制限や対象区間の検討

⑥ 民間駐車場に関する検討



- ・ 付置義務制度においては、施設と駐車場との規制距離の緩和

- ・ 商店街等での共同付置義務駐車場の設置の認可
- ・ 駐車場整備に対し、容積率の緩和や各種助成・補助の活用に対する検討

⑦ 情報システムに関する検討

- ・ 駐車施設内でのシステム化
- ・ 利用者が移動空間内（自動車に乗っている時）でのシステム化
- ・ 公共交通に対する案内システム

- ・ 目的地までの最短経路や到達時間等の情報提供

(2) 施設に関する検討

① 整備台数の検討

- ・ 駐車需要の時間分布、駐車時間特性の検討
- ・ 整備すべき駐車場規模を台数として検討

② 用地の検討

- ＜ 駐車場用地としての適性を検討する手法 ＞
- ・ 適性条件を検討した後に該当する用地を探索
- ・ 候補地を挙げた後に適性条件に照らす手法

③ 施設形態の検討

- ・ 駐車場の規模、整備数の決定
- ・ 駐車場の形式（機械式・自走式）、まず配置、出入口の検討

(3) 経営方針の検討

① 整備主体の検討

- ・ 初期投資に対する補助・助成の条件による経営の有利性

② 駐車料金、初期投資に関する検討

- ・ 新設駐車場と既存駐車場の駐車料金のあり方や経営の一元化についての検討

③ 採算性の検討

- ・ 経営の安全性の考慮
- ・ 駐車料金の許容範囲

(4) 配置の検討

図-2 駐車場整備計画検討フロー

- ①駐車場立地の組合せ、駐車料金の代替案を分析
- ②利用者の満足度および整備基本方針の官民分担の整合性を代替案の評価軸として検討

3. 経営採算性の検討

経営採算性の検討を行うのは、経営に関する検討は実数を用いて検討をすることにより、方法論としての確実性が高くなるものと考えたからである。

経営方針の検討ステージでは、駐車料金を評価軸として、代替案の絞り込みを行う。ここで、経営方針の検討を行う際の前提条件となる施設に関する検討の中で、整備台数の検討があり、採算性の検討を行う上で重要なポイントとなる点がある。本研究では、与件事項として交通量配分分析により地区への集中交通量を取り上げている。そこで、経営上の安全側への配慮として、整備台数の検討では変動する地区への集中交通量の最大値を整備駐車台数に、最小値を駐車需要として取り扱った。そして、駐車料金の許容額以下で経営が成り立つ場合は、各代替案に対し、許容料金における融資返済の可能な最低延べ利用台数を分析する。ここで、同検討ステージ内での経営採算性を検討するにあたり、設定しておく項目について述べることにする。

第1に整備主体の検討である。主に駐車場の整備主体として地方公共団体と第3セクターがある。一般に地方公共団体が経営する企業の総称である地方公営企業は、独立採算性を原則としている。よって、駐車場整備に必要な初期投資を整備主体が負担できない場合は融資を受ける必要がある。そこで、駐車場整備に対する公的融資が整備主体により、公的資金の出資比率・返済期間・返済方法等の融資条件が異なるため、経営上有利な整備主体の検討を行う。

第2に駐車料金、初期投資に関する検討である。ここでは、地区内の公共駐車場の駐車料金を統一するのか、また初期投資を含めて経営を一元化するのかについて検討を行う。また、地区内の公共駐車場だけではなく、市内の全公共駐車場についても検討を行う可能性があるが、市内全域で駐車料金の統一を図る場合、既に整備されている駐車場の経営の採算性により低料金での統一は困難な場合が有り得る。また、駐車料金を統一しない場合は各駐車場の利用

状況を検討した上で、再度経営採算性の検討を行う必要がある。

これらを踏まえた上で、先述した都市幹線道路網整備計画による集中交通量の最小値から算出した延べ利用台数に対し採算性の検討を行う。ここでは、短期時点で同じ整備台数となる駐車場の組合せにおいても、中期・長期における整備駐車場が異なるため、最低延べ利用台数および最低駐車料金が異なる。よって、長期まで見越した経営採算性の検討を必要とする。また、代替案において経営が成り立つならば、その方針による経営で成り立つ最低の延べ利用台数を計画情報としてフィードバックする。つまり、代替案の絞り込みおよび地区開発計画、都市幹線道路網整備計画への計画情報として地区への集中交通量の最低限度を駐車場側からまとめる。

4. 駐車場配置問題へのMin-Max計画法の適用

配置の検討において、官民分担との整合性と利用者の満足度を評価軸として、代替案の評価を行う。これらの評価軸の優劣については、官民分担量をもとに経営採算性の検討を行っているので、経営の成り立たない場合は官民分担量を重視して評価し、成り立つ場合は利用者の満足度を重視して評価を行う。

ここでは、経営の採算性が成り立つことを条件とした代替案の評価手法を述べるものである。

本研究では、駐車場配置問題を多目標計画問題と捉え、さらにMin-Max計画法を利用することとした。つまり、都市開発状況に沿いつつ利用者の要求を満足させられるような最適配置案を決定する。そのためには、複数の目標間のトレードオフの関係のメカニズムを想定しなければならない。つまり、駐車場整備計画を多目的システムとして認識することが重要である。また、多目標の計画的駐車場利用者配分モデルを定式化するとともに、可能な最大限度の望ましい目標達成水準を求めることにより、効果的な計画情報を求めていくことが可能である。

そこで、まず表-1のようなモデル式によって駐車場利用者配分を行うこととした。この定式化における前提条件は以下のように示すこととする。

- ①本研究では、公共駐車場の整備による公共、民間駐車場の利用状況および利用状況への影響を分析

表-1 駐車場配置計画モデルの定式化

(a) 物理的な制約条件

① 駐車場の容量

$$\sum_j x_{ij} \leq Q_i$$

② 目的施設群の利用者数

$$\sum_i x_{ij} = a_j$$

(b) 目標の制約化

① 総駐車費用の最小化

$$\sum_{(i,j)} C_i (2T_{ij} + T_j) x_{ij} - y_c + z_c = U_c$$

$$\sum_{(i,j)} C_i (2T_{ij} + T_j) x_{ij} \leq L_c$$

② 総徒歩時間の最小化

$$\sum_{(i,j)} 2T_{ij} x_{ij} - y_\tau + z_\tau = U_\tau$$

$$\sum_{(i,j)} 2T_{ij} x_{ij} \leq L_\tau$$

(c) 目標の均衡のとれた向上を満たすための制約条件

$$y_c / \lambda_c = y_\tau / \lambda_\tau \quad (\lambda = L - U)$$

モデルに使用する制約条件

i : 駐車場 (1, 2, ..., m)

j : 目的施設群 (1, 2, ..., n)

x_{ij} : 駐車場 i を利用し目的施設群 j へ行く利用者数

a_j : 目的施設群 j の利用者数

Q_i : 駐車場 i の収容台数の上限

C_i : 駐車場 i の単位時間当りの料金

T_{ij} : i j 間を移動するのに必要な徒歩時間

T_j : 目的施設群 j に滞在する時間

U : 満足水準

L : 許容水準

y, z : 満足水準からのかい離を示す補助変数

討を行う必要がある。駐車場利用者の誘導の手法として、料金格差と立地による誘導を行った。この手法は、目的地と駐車場および近い駐車場と遠い駐車場の距離差と料金格差の設定を行う必要がある。そのため、利用者が距離差と料金格差により、駐車場の選択において受ける影響度を把握する必要がある。また、多目標計画法の計画要素に対する代替案の目的の不達成度を Min-Max 計画法としてバランスよく小さくして行くためには、各目標の達成水準と満足水準とのかい離、本研究では表-1の y_c , y_τ に相当するが、これらのいずれか1つの最小化をはかればよい。

さらにL字型効用関数によって、一般の効用関数の概念を近似的に反映させ、Min-Max 計画法だけで到達しうる解状態からさらに水準を上昇させることも可能である。

5. 実証的検討

およびモデル分析の考察

本研究では、大津市の「におの浜駐車場整備地区」を対象地とし、実証的検討を行った。共通データとについては、大津市では市域を17分割としているため、それを地区分割として用いた。また、「大津市総合計画」の中での計画目標年次とする短期整備1995年・中期整備2000年・長期整備2010年を計画年次として用いた。対象地における駐車場設置場所は図-3のように計6ヶ所とした。代替案の検討では、公共整備の駐車場の組合せ案に大規模民間駐車場として⑦の西武Pを組み込み、目標関数を徒歩時間最小化・費用最小化としてモデル分析を行った。

そこで、まず図-3に示す各駐車場の整備台数により、短期・中期・長期の各整備時期に必要とされる整備台数を満たす組合せを考える。これらが表-2に示す代替案である。そして、各代替案に対し経

する。よって、分析対象としては公共駐車場と民間駐車場および目的施設群である。

②自動車利用者は地区内の駐車場に駐車し、駐車場と目的施設群との間は、最短距離を徒歩のみによって移動するものとする。また、路上駐車や駐車場の待行列を行わない。

③目的施設群は単一施設だけでなく商店街等の集合体も取り入れ、移動距離の端点として中心を設定した。

つぎに、駐車場利用者の満足度の変化と利用状況の変化の関係を関数関係として捉えて、検討を加えることにより、両者のバランスのとれた最適駐車場配置案の決定を行った。これについては、集中交通量の公共分担量は公共駐車場を利用するような状況にするため、駐車場利用者の誘導の手法について検

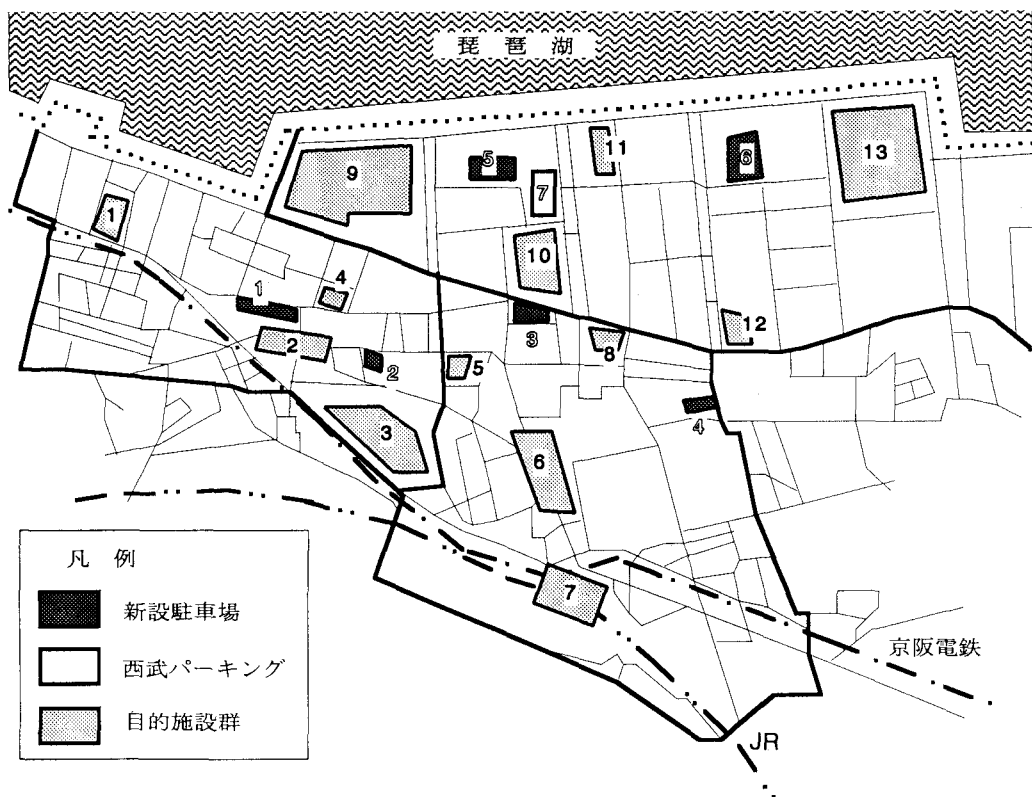


図 - 3 対象地区における駐車場および目的施設群の分布

表 - 2 代替案

No	短期整備 (4 6 2)	中期整備 (4 8 2)	長期整備 (5 7 2)
1	1, 2, 5, 6	3	4
2	1, 2, 5, 6	4	3
3	1, 4, 5, 6	2	3
4	2, 3, 5, 6	1	4
5	2, 3, 5, 6	4	1

営の採算性を行った。

ここでは、駐車料金を統一し、経営に関しても地方公共団体を整備主体とする地区内一元化とした。駐車料金の統一については、統一料金により利用者の分かりやすさを重視するとともに、地区の開発にともなう駐車場の利用状況の変化に対しても経営上有効であるためである。また、地区内の駐車場の経営の一元化については、複数の駐車場全体で一定台数以上の利用があれば良いため、利用状況の変化に強い利点があること。さらには本研究の場合のように、既存の公共駐車場の不足に対して、短期におい

て大部分を整備する場合に、短期・中期・長期の新設駐車場の経営を一元化することは有効であるためである。そして、それは融資条件に償還の据置期間が

あり、その間のキャッシュフローの蓄積によって償還の継続が可能となるためである。

本研究の検証を例にとれば、短期整備の初期投資に対する償還は4年度からでありキャッシュフローの蓄積により償還を行っていく。一方、低額の駐車料金では償還を行うに連れ、キャッシュフローの蓄積が目減りしていく。しかし、その間に中期整備が行われるため、据置期間のキャッシュフローを利用して償還を継続することが可能となる。また、長期整備の6年後には短期整備の償還が終了するため、中期・長期整備の償還を継続することが可能となる

という結果となっている。

そして、経営の採算性から得られた駐車料金と目的施設までの距離を条件として、表-1のモデル式を用いて駐車場利用者配分を行った結果が表-3である。表においてTIMEは徒歩時間最小化を目標関数とした配分であり、COSTは費用最小化を目標関数とした配分である。また、波線は駐車場の容量を限界まで駐車していることを示す。各代替案のTIMEの結果によると、多数の利用者が西武パーキングを利用することになる。これは西武パーキングが駐車場整備地区の中央付近に存在するため、各目的施設群への徒歩時間が短いためである。本分析に利用している駐車場利用者数は、地区の駐車需要の公共分担量の最小値であり、経営の成り立つ最低延べ利用台数に近い数値である。このため、各代替案のTIMEの結果のように、西武パーキングへ利用者が集まる場合、公共整備駐車場の経営が成り立たない。よって、各代替案のCOSTの結果のように、集中交通量の公共分担量を利用するような状況にするため、先述した駐車場利用者の誘導を行う必要がある。

最適代替案の検討に対しては、多目標計画法の計画要素として、総駐車料金と総徒歩時間を尺度とした。各代替案における各目標の達成水準の結果は、表-4示すとおりである。代替案の評価では、L字型効用関数により満足水準からのかい離が最小となるものを最適代替案とする。各代替案には4つの評価基準があるが、それぞれ最大値によって比較することとした。つまり、本研究では代替案No1が最適代替案と考えられる。

6. おわりに

本研究では、公的融資制度の助成を受けることによる駐車場配置案を策定

し、実行可能性を高める方策を検討した。

経営の採算性においては、都市幹線道路網整備計画によるデータを基にした整備台数や延べ利用台数によって、安全性の検討を行った。また、長期的には同様の駐車場が整備される場合においても、整備の順序を変化させることにより駐車料金の低減を図ることができた。

また、駐車料金の設定および駐車場の配置を取り

表-3 駐車場利用者配分結果

短期

	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7
T I M E 1	43	22	—	—	0	25	137
2	43	22	—	—	0	25	137
3	65	—	—	25	0	7	130
4	—	<u>39</u>	<u>54</u>	—	14	25	95
5	—	<u>39</u>	<u>54</u>	—	14	25	95
C O S T 1	<u>82</u>	<u>39</u>	—	—	74	32	0
2	<u>82</u>	<u>39</u>	—	—	74	32	0
3	<u>82</u>	—	—	<u>49</u>	89	7	0
4	—	<u>39</u>	<u>54</u>	—	103	31	0
5	—	<u>39</u>	<u>54</u>	—	103	31	0

中期

T I M E 1	45	24	<u>54</u>	—	0	26	87
2	45	24	—	26	0	7	134
3	45	24	—	26	0	7	134
4	45	24	<u>54</u>	—	0	26	87
5	—	<u>39</u>	<u>54</u>	26	14	7	96
C O S T 1	69	<u>39</u>	<u>54</u>	—	48	26	0
2	<u>82</u>	<u>39</u>	—	47	61	7	0
3	<u>82</u>	<u>39</u>	—	47	61	7	0
4	69	<u>39</u>	<u>54</u>	—	48	26	0
5	—	<u>39</u>	<u>54</u>	26	110	7	0

長期

T I M E	53	28	<u>54</u>	30	0	8	102
C O S T 1	81	<u>39</u>	<u>54</u>	30	63	8	0
2	81	<u>39</u>	<u>54</u>	30	63	8	0
3	81	<u>39</u>	<u>54</u>	30	63	8	0
4	81	<u>39</u>	<u>54</u>	30	63	8	0
5	81	<u>39</u>	<u>54</u>	30	63	8	0

表-4 各目標の達成水準

	満足水準	許容水準
T I M E	1393.2	2142.8
C O S T	176298	389226

短期	総徒歩時間	総駐車費用	y_{τ}/λ_{τ}	y_c/λ_c	順位
S-TIME-1	1486.2	216547	0.1240662	0.1890263	1
S-COST-1	2017.0	185268	0.8321772	0.0421269	
S-TIME-2	1486.2	216547	0.1240662	0.1890263	1
S-COST-2	2017.0	185268	0.8321772	0.0421269	
S-TIME-3	1393.2	218249	0	0.1970196	3
S-COST-3	2096.2	195542	0.9378335	0.0903780	
S-TIME-4	1729.4	207413	0.4485059	0.1461292	5
S-COST-4	2142.8	186077	1	0.0459263	
S-TIME-5	1729.4	201758	0.4485059	0.1195709	4
S-COST-5	2142.8	176298	1	0	

中期	総徒歩時間	総駐車費用	y_{τ}/λ_{τ}	y_c/λ_c	順位
M-TIME-1	1485.8	235612	0.1235326	0.2785636	1
M-COST-1	1725.2	210310	0.4429029	0.1597347	
M-TIME-2	1416.0	250498	0.0304162	0.3484746	2
M-COST-2	1903.2	211540	0.6803629	0.1655113	
M-TIME-3	1416.0	254770	0.0304162	0.3685377	3
M-COST-3	1903.2	221591	0.6803629	0.2127151	
M-TIME-4	1485.8	235612	0.1235326	0.1785636	1
M-COST-4	1725.2	210310	0.4429029	0.1597347	
M-TIME-5	1687.6	234602	0.3927428	0.2738203	4
M-COST-5	2076.4	202864	0.9114194	0.1247652	

長期	総徒歩時間	総駐車費用	y_{τ}/λ_{τ}	y_c/λ_c	順位
L-TIME-1	1602.0	381966	0.2785486	0.9659040	2
L-COST-1	1894.0	372227	0.6680896	0.9201655	
L-TIME-2	1602.0	381966	0.2785486	0.9659040	2
L-COST-2	1894.0	372227	0.6680896	0.9201655	
L-TIME-3	1602.0	389226	0.2785486	1	3
L-COST-3	1894.0	384057	0.6680896	0.9757242	
L-TIME-4	1602.0	381966	0.2785486	0.9659040	2
L-COST-4	1894.0	372227	0.6680896	0.9201655	
L-TIME-5	1602.0	367445	0.2785486	0.8977072	1
L-COST-5	1894.0	348940	0.6680896	0.8107999	

入れたモデル分析を行うことにより駐車場利用者の満足度と利用駐車場の変化をシミュレートすることができた。そのことにより、一意的に最適配置案を決定することができる一方、他の整備計画や地区開発計画へ計画情報として要望できる。

今後の課題としては、まず短時間駐車を主とする荷捌き等の業務目的に対する駐車施設のあり方の検討がある。次に、各交通基盤の整備計画と地区計画とを関連づけるならば、計画間において生じた変動

に対し、循環を早く収束させる指標の検討。また、駐車場整備計画の最適代替案の評価に対し、有効な指標を設定する点が挙げられる。

【参考文献】

- 1) Min-Max計画モデルによる2,3の地域計画問題の実証的分析：吉川和宏、春名攻：1980.1：土木学会土木計画学発表会講演集
- 2) 大津市総合交通体系調査：大津市：1992.3
- 3) 大津市駐車場整備基本計画書：大津市：1991.3