

# 自走式駐車場内の駐車待ち車両特性と再現性に関する研究 大型商用施設駐車場レイアウトにおける評価技術

○赤津 典生\*<sup>1</sup> 石田 智行\*<sup>2</sup>  
 疋田 篤史\*<sup>3</sup>

キーワード：駐車場計画 シミュレーション 駐車待ち車両 大型商用施設

## 1. 背景と目的

大型商用施設では、自家用車での来店を想定し、自走式駐車場を併設しているのが一般的である。とくに郊外型は、2000年6月に施行された大規模小売店舗立地法の第一条にその目的として、小売業の発展や地域社会への寄与、および周辺環境への配慮等が出店条件として明文化されたことから、バブル経済後に企業の撤退が相次いだ地方経済の起爆剤として、各地に多くの大型商用施設の進出を促した。このような商用施設の大部分は集中交通量による周辺道路渋滞を避けるために、需要台数が確保できるレイアウト設計を行っているが、利用者は駐車後の行動を想定して店舗入口に集中しやすく、事業者側が駐車場内の混雑を避けるために満空情報や誘導員などにより最適化を図るもの利用者の判断が優先されるため、未だ効果的な対策は成されていない。

このような状況の中で近年は周辺環境の変化や利用者ニーズの多様化などにより、改装する店舗が増えている。このような店舗では併設する駐車場レイアウトも同時に改良することになるが、利用者サービスの観点から利便性を高めるレイアウト設計が求められる。このため交通は流れであり、その特性把握のためにシミュレーション技術を適用したシステム構築や評価が成されてきた。

既存研究において、村林ら<sup>1)</sup>は、駐車場内や周辺道路交通を組み合わせたシミュレーションシステムを開発し、駐車容量配分の検討と複数の駐車場整備をする際の駐車場案内方式の効果等に適用した事例を挙げて、システムの有効性を検証している。また筆者ら<sup>2)</sup>は、利用者アンケートから利用者が求める利便性を導き出し、追従車両が前方車両との車間距離や相対速度などの変化に対応して加減速を反応させる General Motor 社によって提案された GM モデルに、後進駐車などの駐車挙動特性を取込んだ再現性の高いマイクロシミュレータを開発し、その適用性を評価している。一般に駐車場内マイクロシミュレータは、駐車場レイアウトをコンピュータ上の仮想空間に構築し、交通量や駐車挙動特性などの諸条件を与えることで、複雑に変化する交通現象を分析するツールである。アウトプットとして入出庫時間や滞留時間などの数値データとアニメーションなどの可視化機能を備え、プレゼンテーションにも利用されてきた。

このように駐車場レイアウト設計を評価するシステムの開発は進んでいるが、ツールでの評価は、利用者が設計者の意図するルールに基づいて運用した際の評価はほとんどであり、想定されないケースについての評価は成されていない。これは評価するシステムに想定外に対する機能がモデリングされていないことに起因していると考えられる。

今回、出店後7年を経過した大型商用施設の改装に伴う駐車場レイアウト変更にあたり、駐車場内部の利便性に関して、事前と事後の調査を実施した。その結果、事前のシミュレーションによる流動予測が、事後調査の流動と異なることが分かった。この要因をレイアウト変更有無によりエリアを分類して分析したところ、変更有では流動が円滑であり事前の予測値に近いが、変更無では流動が停滞気味で、事前の予測値と乖離していた。このため変更無のエリアで交通調査を実施し、車両挙動の追跡を行った。この分析により要因の多くが駐車待ち車両により流動が阻害されていることが判明した。

そこで本研究では、今まで明確にされず、シミュレータの車両挙動にも取り入れられてこなかった駐車待ち車両に着目する。具体的には以下である。

- ① 事後に発生した駐車待ち車両のパターンを分類し、その挙動特性を明確にする。
- ② 駐車待ち車両特性を再現するために必要な条件をシミュレータの入力パラメータとし、再現する手順を提案することで汎用的に適用できるものとする。
- ③ 駐車待ち車両特性を数値化してパラメータに設定し、事前予測との偏差が少なくなることを検証する。

この結果、レイアウト変更無のエリアで乖離した流動値が実測値に近似し、今後の事前評価の精度向上に貢献できることを目的とした。

## 2. 対象店舗と改良エリア

対象となる大型商用施設は、正面が幹線道路沿いに立地して、5フロアのうち店舗前と屋上を含めた4フロアに駐車容量総数約4000台の自走式駐車場を有しており、2012年12月にリニューアルオープンした。そのうち変更エリアは屋外平面駐車場であり、図1に改良前レイアウト、図2に改良後のレイアウトを示す。

改良前は店舗入口 A の利用者の需給バランスを考慮した駐車マス数を図 1 の (a) に確保しているが、列数と列を構成する駐車マス数が多く、また自動車通路から駐車マス全体の状態が確認しにくい、自動車通路に滞留しやすいという問題を抱えていた。

改良後は図 1 の (a) に 3 フロアを増築し、その平面部と屋上に駐車場を確保することで現状以上の駐車容量を確保するとともに、図 2 の (b) に示すように列数と列を構成する駐車マス数を縮小し、かつ自動車通路を環状構造にすることで空きマスの検索を容易にするとともに、早めに屋上駐車場へ誘導させることで、円滑な流動を実現することを意図としていた。

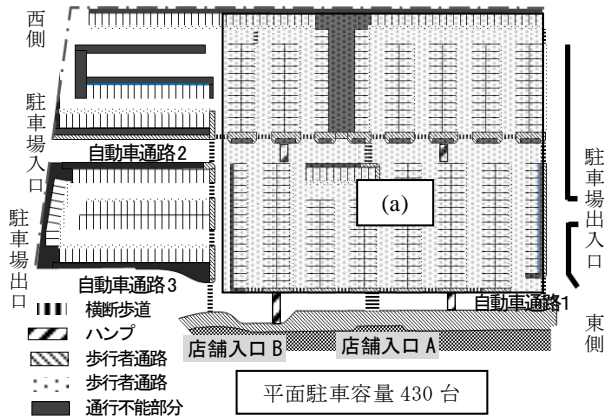


図 1 改良前のレイアウト図

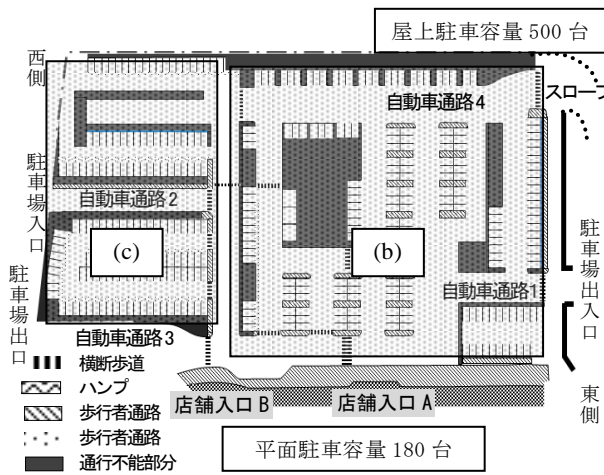


図 2 改良後のレイアウト図

### 3. 入庫時間による考察

改良効果を分析するために、事前に改良前後のレイアウトに対し、同一入力条件および同一時間帯でシミュレーションを実施し、入庫時間の比較を行った。入庫時間の定義は、駐車場入口から駐車マスに停止するまでに要する時間とした。使用したシミュレータは、駐車マス選択には複数ルートが存在し、自動車通路は追従走行であることに鑑みて、交通工学ハンドブックの定める交通シミュレーションモデルの分類から、追従走行で車線変更

挙動を考慮し、かつ経路選択を内包していることを定めている区分Ⅱのモデル<sup>3)</sup>にした。表 1 は主な入力パラメータであり、改良前に商用事業者が調査したデータ値を設定した。表 2 は実行結果の比較である。この表に示すように、平均で 6 秒短縮されており、最少時間と最大時間でも削減効果が出ていることから、改良後のレイアウトは、一定の効果が望めるものと考えられた。

そこで事前予測の精度検証を行うために、改良後 1 年目に事後調査を実施し、入庫時間を計測した。表 3 はその比較である。この表から最小時間については事後調査値と近い値を示しているものの、最大時間で 106 秒、平均時間でも 19 秒と時間差が大きいことが判明した。この原因を特定するため、図 2 の店舗入口 B を起点にレイアウト変更ありの東側エリア (b) と変更なしの西側エリア (c) の 2 つに分類して再整理した。表 4 にその結果をまとめたが、西側エリアに問題があることがわかった。この原因を改良後 1 年目の調査データから入庫車の挙動を追跡したところ、西側エリアに入庫車両が集中し、改良前はほとんど見られなかった駐車待ち車両が発生していることを確認した。そこで、駐車待ち車両の発生状況と挙動の調査を行い、駐車待ち車両を再現するパラメータを決定することでシミュレータの予測精度の向上を図る取り組みを行うこととした。

表 1 駐車場特性入力パラメーター一覧

区分	項目	内容
入庫	入庫比率	来店車が選択するフロアを比率配分する。
	車室選択	ブロックの重み付けにより駐車マスを選択する。
	駐車方法	前進駐車と後進駐車を比率配分する。
	身障者種別	身障者用駐車マスを識別する。
出庫	出口選択	帰店車の出口選択を比率配分する。
	駐車時間	車両ごとに駐車時間を設定する。
その他	合流比率	主通路と側通路の合流割合を比率配分する。
	勾配係数	勾配の影響を受ける通路に係数を与える。
	制限速度	通路毎に走行可能な制限速度を与える。

表 2 入庫時間 (改良前と改良後)

項目	サンプル数	最小時間	最大時間	平均時間
改良前	30 台	91 秒	201 秒	136 秒
改良後	30 台	88 秒	193 秒	130 秒

表 3 入庫時間 (事前予測と事後調査)

項目	サンプル数	最小時間	最大時間	平均時間
事前	30 台	88 秒	193 秒	130 秒
事後	30 台	94 秒	299 秒	149 秒

表 4 入庫時間 (東側エリアと西側エリア)

項目	サンプル数	最小時間	最大時間	平均時間
東側	13 台	94 秒	174 秒	127 秒
西側	17 台	112 秒	299 秒	167 秒

#### 4. 駐車待ち車両調査

##### 4.1 駐車待ち車両の発生状況

本研究における駐車待ち車両とは調査エリアが満車の状態で通路上の先に障害物がないにもかかわらず、通路で待機した車両のことである。そこで駐車待ち車両の発生状況を把握するために、西側エリアに限定し、停まっている待ち台数の発生回数を改良後1年目と改良後2年目に調査した。調査概要を表5に示す。

表5 交通調査概要

項目	改良1年後	改良2年後
調査日	2013年11月23日(土)	2014年11月22日(土)
調査時間	14時から16時30分(2時間30分)	
調査エリア	図2の(c)の範囲	
調査方法	図2の店舗入口B上からビデオ撮影	
調査項目	・入庫車と出庫車の所要時間 ・入庫車の走行軌跡	

2年目も実施したのは、レイアウト変更の不慣れに起因する一過性の事象であるのか、それとも継続性があり状態変化も伴う事象であるのかを確認するためである。なお待ち台数とは、エリアに同時に停まっている台数のことである。発生回数については同時に停まっている最大台数を1回としてカウントした。待ち台数の発生回数の結果を図3に示す。

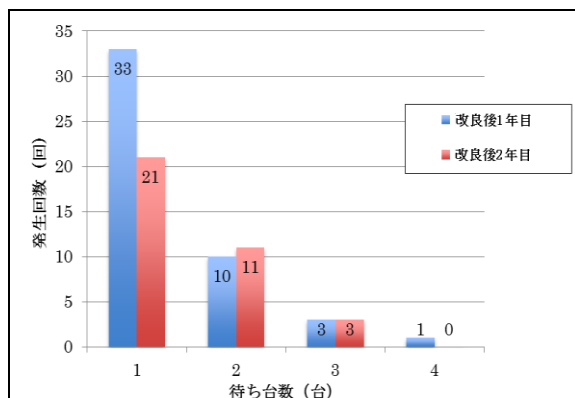


図3 待ち台数の発生回数比較

発生した待ち台数は1台から最大4台であった。そして改良後1年目、改良後2年目とも1台待ちの発生回数が一番多くなっており、待ち台数が増えると発生回数は減少している。また年数の経過に着目すると、1台と4台待ちの場合は、年数を経るとともに発生回数が減少しているが、2台と3台待ちについては、ほぼ発生回数が一定している。このことから年数が過ぎると来店者の駐車待ちに対する意識が二極化していることがわかる。つまり待ち車両が1台でも存在すると入庫を諦めて他のエリアへ移動するケースと、待ち時間よりも店舗入口の近さを優先するケースに分かれることになる。

さらに、全体の発生回数をみると、1台と2台の待ち台数が全体の約9割を占めていることがわかる。よって

2台待ちまでの挙動を再現することが現実的と考えた。

##### 4.2 駐車待ち車両の挙動特性

駐車待ち車両の挙動を再現するために、映像から挙動特性を調査した。待ち台数が1台の挙動に関しては、出庫する車両の前で待機することが確認できた。しかしながら、待ち台数が2台の場合に関しては停止順による車両挙動に着目して、その特性を考察した。

待ち台数が2台の停止順による車両挙動特性を表6に示す。傾向として、1台目は駐車マス全体を見渡しやすい位置に停止する傾向があることが分かる。

表6 停止順による車両挙動の特性

No.	項目	発生率(%)	
		改良後1年目	改良後2年目
(1)	1台目は西側エリアのコの字の長い通路で待つ	100	100
(2)	1台目と2台目は15m(5マス)以上の車間距離を取る	79	87
(3)	1台目は西の方角を向いて待つ	79	70
(4)	1台目は西側エリアのコの字の横断歩道付近で待つ	74	23
(5)	2台が同一通路上で待つ	37	57

#### 5. 駐車待ち車両評価

##### 5.1 駐車待ち車両の入力パラメータとモデル

表7に設定した入力パラメータを示す。

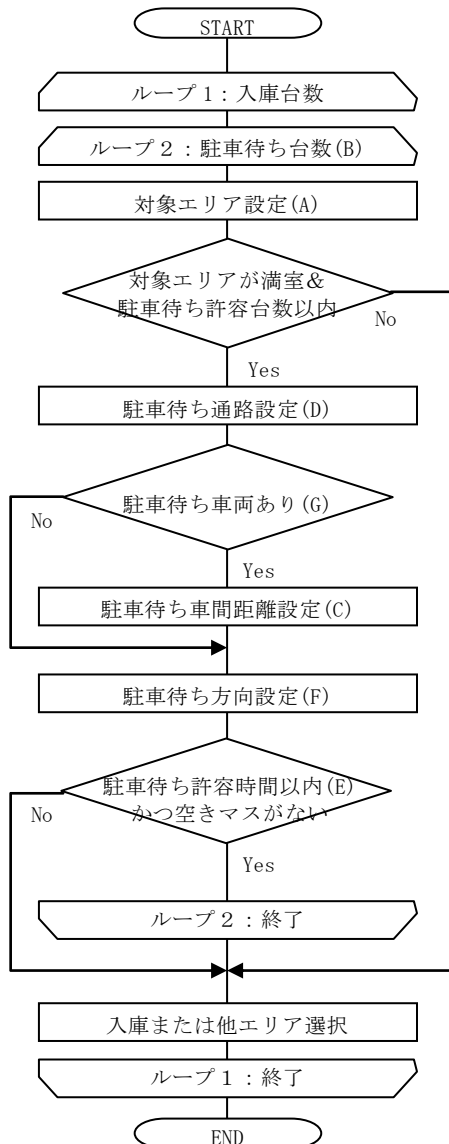
表7 駐車待ち車両用入力パラメータ

パラメータ項目	内容	表6該当番号
A	対象エリア選択 駐車待ち車両が待機できる通路と入庫できる駐車マスを選択する (単位:リンク番号)	-
B	駐車待ち台数 駐車待ち台数を指定する (単位:台)	-
C	駐車待ち許容時間 駐車待ち車両が通路で待機する最大許容時間 (単位:秒)	-
D	駐車待ち通路選択 停止順毎に駐車待ちさせたい通路を選択する (単位:リンク番号)	(1) (4)
E	駐車待ち車間距離 駐車待ち車両同士の車間距離の最小値を指定する (単位:メートル)	(2)
F	駐車待ち方向 駐車したいマスに対して右側もしくは左側で待機するかを指定する (0:左側, 1:右側)	(3)
G	同一通路に駐車可否判断 2台の駐車待ち車両が同一通路に停まるかを可否判断する (0:可, 1:否)	(5)

駐車待ち車両を再現するため、表6の特性から入力パラメータの項目を選定した。またパラメータにするには数値化する必要があり、調査データから想定される数値を適用する試みを行った。

また表7を用いて駐車待ち車両の発生から入庫までの一連の挙動を図4に示す。

最初に再現する時間の入庫台数と予想される駐車待ち台数を設定する。次に駐車待ちが予想されるエリアを選定し、そのエリアが満室で、かつ駐車待ち台数が許容台数以内であれば駐車待ち可能なる通路を選定する。もし選定された通路内に、既に駐車待ち車両が停まっているのであれば、最少車間以上の距離を取る。駐車待ち位置が決まったら停める方向を調整し、もし駐車待ちを許容できる時間内に空きマスが見つければ入庫し、許容時間を過ぎてても空きマスが見つからない場合は他エリアへ移動する。



※()は表7の該当パラメータ番号

図4 駐車待ち車両の作成手順

改良1年後と2年後で異なる点は、表6より1台目が西側エリアのコの字の横断歩道付近で待つかどうかである。また2台目についても、車間距離を優先して通路を決定する。

今回の駐車待ち車両の再現では、入力パラメータの値について、駐車待ち台数を2台、駐車待ち許容時間を表4の最大時間より300秒、駐車待ち車間距離を表6の(2)より15メートル、駐車待ち方向を表6の(3)より西の方角に車両が向くように指定した。

## 5.2 シミュレーションおよび評価

改良後1年目と改良後2年目について、駐車待ち車両の入力パラメータを設定して、事前予測のシミュレーションをやり直した。なお、その他の条件は、事前予測と同一の入力条件、および同一の時間帯とした。またシミュレーション結果を西側エリアに限定し、サンプル数を増やして比較を行った。表8は、改良後1年目の入庫時間、表9は改良後2年目の入庫時間である。

表8 改良後1年目の入庫時間

項目	サンプル数	最小時間	最大時間	平均時間
事後予測 (駐車待ち対応)	50台	20秒	291秒	78秒
実測値	50台	21秒 (1秒)	291秒 (0秒)	94秒 (16秒)

表9 改良後2年目の入庫時間

項目	サンプル数	最小時間	最大時間	平均時間
事後予測 (駐車待ち対応)	50台	26秒	298秒	77秒
実測値	50台	26秒 (0秒)	249秒 (-49秒)	89秒 (12秒)

※()は事前予測と実測値との差

改良後1年目については、表8に示す通り、入庫時間の最小時間と最大時間は実測データとほぼ同じ値を示しており、平均時間も16秒と差が小さくなっている。

改良後2年目については、最小時間は実測値と同じ値を示し、平均時間は12秒と差が小さい結果となった。しかし、最大時間は-49秒と差が大きく、これは車群構成の違いによる加減速の変化や、横断歩道や交差点における停止時間の違いなど、駐車待ち車両の挙動以外の要因が入庫時間に影響を与えていると考えられる。ただし最大時間であることを考えると、一時的な事象である可能性が高いと思われる。

これらの結果より、駐車待ち車両を再現することは、事前予測の精度を向上させるにすることが確認できた。

しかしながら課題点として、改良後2年目の最大時間での差分の原因の追究や、平均時間をさらに実測値に近づけることが挙げられる。

たとえば、すべてが駐車待ちしているわけではなく、徘徊しながら空きマスを探す車両や、横断歩行者との遭遇による干渉事象なども、入庫時間の算出には影響があると考えられるが、交通調査からそれらの事象を正確に捉えることはできなかった。

しかし、表8と表9からも分かるように、他に要因があるとしても待ち車両による影響の方がはるかに大きく、これを入力パラメータとして整理し、シミュレータへ反映できたことは、これから増床計画をしている駐車場に対しての流動評価の精度を大きく改善させることになると思われる。

また、今回は、待ち台数が3台以上の再現は行っていないが、これは来店者の心理状態や駐車場内のレイアウト構造、出庫車とのバランスや店舗入口とテナントの配置、車群などさまざまな要因が複合的にかみ合い、複数台の待ちが合っても不快感を伴わないと起きない現象と考えられ、交通調査の結果でも頻度が極端に低いことから、再現しても効果はあまり期待できないと思われる。

なお、今回は入庫時間に着目した取り組みでは合ったが、レイアウトの改善効果を検証する場合は、出庫時間に関しても評価する必要がある。ただし対象となった店舗は、駐車場出口が多数存在しており、駐車マスから駐車場出口までの自動車通路は、入庫車両と分離する運用となっているため、駐車待ち車両による影響は交通調査でも見当たらなかった。このために出庫時間は評価対象とはしなかった。

## 6. まとめ

本研究では、大型商用施設の改装に伴い、併設されている駐車場で発生した駐車待ち車両の実態を把握し、その車両を再現することで、事前予測でのシミュレーションの精度を向上させることを目的とした取り組みである。成果としては以下が挙げられる。

- ①改良後1年目と改良後2年目の交通調査を行い、それぞれの駐車待ち車両のパターンと発生率を整理して、挙動特性を明らかにした。
- ②駐車待ち車両を表現できる項目を絞り込み、入力パラメータとして数値化を実現した。
- ③実際の交通調査データを入力パラメータに設定し、入庫時間に絞り込んで駐車待ち車両の精度検証を行い、事前予測精度を大きく向上させる結果を得た。同時に駐車待ち挙動を作成する手順も確立させた。

今後の課題として、徘徊しながら駐車マスを探し続ける車両や横断歩行者との干渉など、入庫時間に影響を及ぼす他の要因の分析や、駐車場の改良計画をしている他の大型商用施設で適用して汎用性を確認する必要がある。

なお、改良後1年目、改良後2年目と、年度ごとに変化する駐車場内の流動状況から検証を実施したが、このよ

うな調査を定量的に実施し、その結果を積み重ねることが駐車場レイアウトの利便性を高めることになるため、今後も調査を継続して研究を進めたいと考えている。そのためにも多くの関係者からのデータ提供のご協力と、ご意見をお願いしたい。

## <謝辞>

本取り組みの交通調査実施にあたり、茨城大学大学院理工学研究科の学生（当時）清水麻衣子氏、江刺宏紀氏に多大なご協力を得た。記して感謝する。

## [参考文献]

- 1) 村林 篤, 安井 英二, 山本 幸司: Development of Computer Simulation System for Parking Lot Planning, 建設マネジメント研究論文集1, pp. 29-40, 1993
- 2) 赤津典生, 金利明, 山田稔, 野口大輔: 「駐車挙動を反映した駐車場内マイクロシミュレータの開発と適用性評価」、第27回交通工学研究発表会論文報告集, No. 59, pp. 233-236, 2007
- 3) 交通工学研究会: 交通工学ハンドブック 2005, 5・5・4 交通シミュレーションモデルの分類と適用範囲, pp. 5-5-5から5-5-8, 2005
- 4) 赤津典生, 「大型商用施設改装に伴う駐車場内部レイアウト変更でのシミュレーション技術適用への取り組み」, 第49回都市計画学会論文集, No. 49, pp. 387-392, 2014
- 5) 緒方ゆり, 長田哲平, 森本章倫, 松村明子, 「大店立地法における交通影響評価の事後評価に関する研究」, 第24回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 205-208, 2004
- 6) 国土交通省(1994), 「駐車場設計・施工方針について」, <http://www.mlit.go.jp/road/sign/kijyun/pdf/19920610tyuusya.jou.pdf>
- 7) 交通工学研究会, 交通シミュレーション活用のススメ, pp. 147-156, 2012.
- 8) 森本 章倫, 古池 弘隆: 大規模小売店舗立地法における交通にかかわる独自基準の作成, 都市計画, vol. 56, No. 5, pp. 88-92, 2007.
- 9) 山田 稔, 赤津 典生: 大規模店舗駐車場における利用者の経路選択挙動と安全意識に関する研究, 都市計画論文集, vol. 47, No. 3, pp. 805-810, 2012.
- 10) 山田稔, 赤津典生, 「大規模店舗駐車場における横断歩道の安全性と利用に関する意識構造に関する研究」, 第48回都市計画論文集, No. 48, pp. 405-410, 2013.

- 
- \*1 茨城大学工学部情報工学科 研究員 博士(工学)  
(現 株式会社ベクトル総研 技術顧問)
  - \*2 茨城大学工学部情報工学科 助教 ソフトウェア情報学博士
  - \*3 株式会社ベクトル総研 研究員

# A Study on the waiting vehicles characteristic and reproducibility in a self-run type parking lot

## Evaluation technology in the parking lot of the large-scaled retail store

○Norio AKATSU\*<sup>1</sup> Tomoyuki ISHIDA\*<sup>2</sup>  
Atsushi HIKITA\*<sup>3</sup>

Keywords: Parking lot plan, Simulation, Waiting vehicles, Large-scaled retail store

It is common for large-scaled retail stores to have a self-run type parking lot built for customers who are expected to come for shopping by their own cars. After enforcement of the Large-scale Retail Store Law in June 2000, such large-scaled retail stores have been opened in nation-wide. The parking lots of the stores, especially in suburban areas, are designed to have enough capacity to avoid traffic jam around the store. However, since the customers want to park at convenient location, they are dense at near the entrance of the store. The store indicates vacant parking spots or places a guide to smoothen the flow but some customers tend to ignore that and thus effective measure to avoid the confusion in parking lots has not yet accomplished. Under these circumstances, the number of remodeling stores has been increased in recent years due to environmental changes and diversification of user needs. At the same time, those stores will be required to improve their parking lot layout which design should be more convenient from the customer's perspective. Since the traffic has been considered as a flow, simulation technologies to analyze the characteristics of the traffic have been utilized for system constructions or evaluations.

For the parking lot layout improvement as a part of remodeling the large-scaled retail store, we have investigated how convenience has changed inside the parking lot by obtaining surveys before and after the improvement of the layout. From the result of the surveys, the calculation result of the simulation before the improvement and the actual traffic flow after the improvement were different. We have confirmed that the waiting vehicles for parking had occurred which distracted the traffic flow. Therefore, we have focused to the waiting vehicles for parking which were not explicitly defined and not been taken in to the simulator. First, we have classified the pattern of the waiting vehicles for parking. Then we have digitized the characteristics of the waiting vehicles for parking. Finally, the items required in order to reproduce the characteristics of the waiting vehicles for parking have been parameterized as input data for the simulator for generic use.

Thereby, the traffic flow calculated by the simulation after the parking lot layout change resembled to an actual measurement, and this result is considered to contribute the improvement in accuracy of future initial evaluation

---

\*1 Research Student, Department of Computer and Information Sciences, Ibaraki University, Dr.Eng.  
(Present Address: Technical advisor, Vector Research Institute Inc.)

\*2 Assistant Professor, Department of Computer and Information Sciences, Ibaraki University, Dr. Software and Information Science.

\*3 Researcher, Vector Research Institute Inc.