

## 大規模な駐車場利用データに基づく料金設定手順の提案

## Proposal of Pricing Procedure in Accordance with Large Scale Parking Utilization Data

榎 優一 \*1      金森 亮 \*2      伊藤 孝行 \*1\*3  
 Yuichi Enoki      Ryo Kanamori      Takayuki Ito

\*1名古屋工業大学工学部情報工学科      \*2名古屋工業大学  
 Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology      Nagoya Institute of Technology

\*3名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻  
 Master of Techno-Business Administration, Nagoya Institute of Technology

As parking accounting data is accumulated, pricing in accordance with characteristics of parking utilization is expected. The purpose of this paper is to grasp influence of a charge revision from a history of parking utilization and propose pricing procedure based on data analysis. In concrete terms, we detect change point of utilization characteristics per day by clustering 22.5 million data in the past year about 1,000 parking lots. Further, we consider appropriateness of pricing by estimating parking time with a parking time model.

## 1. はじめに

時間貸し駐車場が都心を中心として盛んに利用されており、駐車場精算のオンライン化によって日々大量の精算データが蓄積されている。時間貸し駐車場の料金設定は駐車場の利用特徴を考慮に入れ行うことが重要であり、利用者の需要に合わせた最適な料金設定が利用者の利便性向上と駐車場の収益増加に結びつく。現状では経験則やエリア調査などを中心に各駐車場の利用特徴を調査し、料金設定を行っているが、料金設定者の経験や能力によって収益がばらつく問題や、全ての駐車場を調査するための負荷が大きいという問題がある。

本論文では時間貸し駐車場の精算データを用い、データ分析に基づく料金設定を行う手順を提案する。精算データを用いて各駐車場の利用特徴を考察し、料金設定の変化による駐車時間の変化を利用特徴に基づきシミュレートすることで収益を算出する。シミュレーションによる収益の把握により、料金設定を試行錯誤することが可能となり料金設定者の能力の差を縮めることが出来る。また、データに基づいた利用特徴の把握によって、駐車場の調査の負担を軽減することが可能である。利用するデータは名鉄協商株式会社から提供された名古屋市周辺駐車場 1050 箇所に関する 2011 年 10 月 1 日から 2012 年 10 月 3 日の約 1 年間分の駐車場精算データ約 2250 万件である。具体的なデータそのものを一例として図 1 に示す。

本論文の構成を以下に示す。まず、2 章で本研究の関連研究について示す。3 章ではクラスタ分析及び生存時間分析を用いて、駐車場データの分析を行う。4 章では 3 章の分析結果からより良い料金設定の提案を行い、シミュレーションにより料金設定の妥当性を検討する。5 章では、本研究のまとめを示す。

## 2. 関連研究

駐車場利用データに基づくオークション型駐車場予約システムのシミュレーション評価 [橋本 13] では、駐車場予約システムとしてオークションによる駐車スペースの割り当て及び駐車料金の決定を提案している。駐車場利用データからクラスタ分

連絡先: 榎 優一, 〒 466-8555 名古屋市昭和区御器所町名古屋工業大学工学部情報工学科, enoki.yuichi@itolab.nitech.ac.jp

レコード番号	精算日時	駐車場コード	総支払料金	駐車時間
1	200710010046	100**	300	28
2	200710010046	100**	300	28
3	200710010103	100**	1700	423
4	200710010103	100**	1700	423
レコード番号	入庫時間	精算連番	支払方法	精算金額
1	200710010018	1	1	300
2	200710010018	1	2	0
3	200709302040	2	1	1700
4	200709302040	2	2	0

図 1: 駐車場精算データの一例

析及び生存時間分析を用いることで駐車時間モデルを作成し、シミュレーションを行うことでシステムの評価を行っている。

日常購買行動に関する大規模データの融合による顧客行動予測システム [石垣 11] では、サービス産業の品質が熟練したサービス提供者の経験と勘に依存していることによる生産性の低さを問題としている。日常購買行動データから顧客と商品の双方について有効なプロモーションが可能なカテゴリを、非熟練者でもシステムティックに生成できるシステムを提供することを目的としている。

本研究は [石垣 11] のように、駐車場精算データからシステムティックに駐車場のカテゴリを抽出し、駐車場の利用特徴に合わせた料金設定を非熟練者でも可能とすることを目的としている。具体的には [橋本 13] のように駐車時間モデルを作成し、収益の推測を行うことで適切な料金設定を可能とする。[橋本 13] との差異としては駐車場精算データに加えて実際の料金設定変更データを用いることでより詳細なデータ分析を行っている。

## 3. 大規模駐車場データの分析

## 3.1 駐車場の特徴分析

駐車場の利用特徴を分析するため、駐車場の特徴を表す変数を作成し、各駐車場を利用特徴毎にクラスタに分類した。クラスタの分類には k-means 法を用い、クラスタ数は 8 に設定し実行した。分類に用いた変数は駐車場利用率、駐車時間、定期

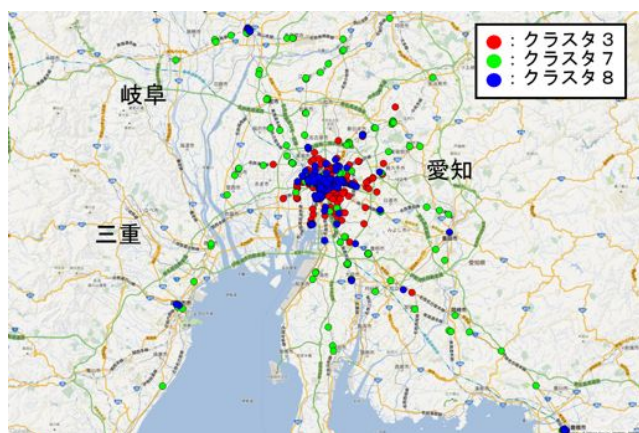


図 2: クラスタの分布

利用可否, ポイントカード利用率, クーポン券による割引率, 及び打切り料金による割引率である。

クラスタの空間的な分布に関しては, 都心部に集中するクラスタ (都市型), 分布に広がりを持つクラスタ (郊外型), 及び都市型と郊外型の中間的な分布特徴を持つクラスタ (中間型) に分かれた。クラスタ 2, クラスタ 6, 及びクラスタ 8 は都市型, クラスタ 1, クラスタ 3, 及びクラスタ 5 は中間型, クラスタ 4 及びクラスタ 7 は郊外型である。図 2 にクラスタ 3, クラスタ 7, 及びクラスタ 8 の分布を示す。次に最寄り駅への平均距離をクラスタ毎に算出すると, 各クラスタ間で最寄り駅への平均距離に差異はほぼ無いが, クラスタ 1, クラスタ 4, 及びクラスタ 7 に関しては分散が低く駅周辺に存在する駐車場が多いことが示された。以下にクラスタ 3, クラスタ 7, 及びクラスタ 8 を取り上げ特徴を述べる。

【クラスタ 3】中間一般型である。分布は中間型である。駐車場利用率と駐車時間共に平均的な特徴であり, 様々な用途に利用される一般的な駐車場が属するクラスタである。

【クラスタ 7】郊外駅利用型である。分布は郊外型である。クラスタ 7 に属する駐車場の多くが駅の周辺に位置しており, 1~7 時の駐車時間が長い。駅近くの駐車場まで車を利用し, 駅から目的地までは電車を用的パークアンドライドに利用されるクラスタである。

【クラスタ 8】都市休日短期利用型である。分布は都市型である。休日駐車場利用率が高い, 駐車時間は短い, 及び打切り料金による割引率は低いという特徴を持っている。よって短期利用で用いられる駐車場が属するクラスタである。

### 3.2 駐車時間に影響する変数の分析

生存時間分析はイベントが起きるまでの時間とイベントとの関係性を分析する手法である。駐車時間分布はワイブル分布に適合するため [川浦 68], 分析に用いる確率分布にはワイブル分布を用いる。1 時間あたりの料金, 打切り料金の有無, 入庫時間帯, 休日, 及び支払い方法を共変量とし, 各クラスタ毎に共変量の係数を算出した。1 時間あたりの料金は単位時間料金の値を 1 時間あたりの料金にしたものを表す。打切り料金の有無は入庫時間に打切り料金が設定されているかを表す。入庫時間帯は 1 日を 1 時から 6 時間毎に 4 分割した時間帯のうち, どの時間帯に入庫したかを表す。休日は入庫した日が休日かどうかを表す。支払い方法は料金支払い時にクーポン券, クレジットカード, 及びポイントカードを使用したかどうかを表す。1 時間あたりの料金と打切り料金の有無は駐車場経営者が任意に決定することが出来るため重要な共変量である。図 3

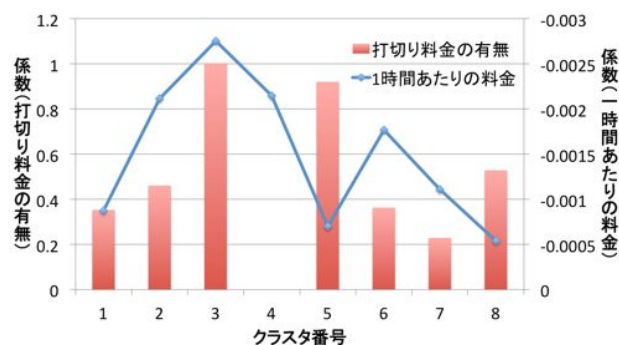


図 3: 1 時間あたりの料金と打切り料金の有無の係数

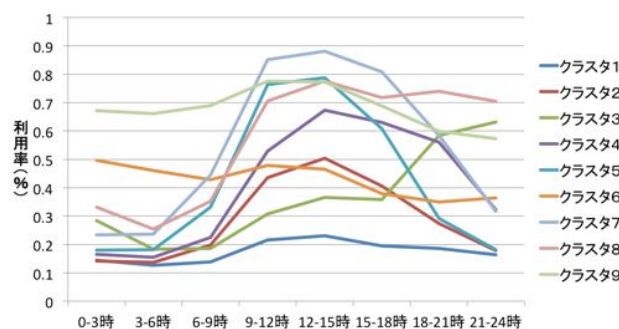


図 4: 1 日毎の利用率クラスタの中心

に 1 時間あたりの料金と打切り料金の有無の係数を示す。以下にクラスタ 3, クラスタ 7, 及びクラスタ 8 について各共変量の駐車時間への影響についてまとめる。

【クラスタ 3】全クラスタ中で 1 時間あたりの料金と打切り料金の有無の影響が最も強く料金変動に敏感である。加えて, クーポン券の利用によって駐車時間が短くなる傾向が最も強いクラスタである。そのため, 支払料金を抑えようという意思が強いクラスタであり, 料金設定は慎重に行う必要がある。

【クラスタ 7】打切り料金の有無の影響が小さい。入庫時間の影響が大きい。1~7 時は料金を高くする, 1~7 時以外は料金を安く設定するなど時間帯によって異なった料金設定を行うことが重要である。

【クラスタ 8】1 時間あたりの料金の影響が小さい。休日の影響が大きい。休日に長く駐車する傾向があるため, 休日に 1 時間あたりの料金を増加させることで収益の増加を見込むことができる。

### 3.3 利用特徴変化点の分析

本研究では 1 日の利用率と駐車時間をそれぞれクラスタ分析によって代表的な利用率と駐車場の変動に割り当て, 1 日の利用率と駐車時間の変動をクラスタの変動と見なすことで変化点の発見を試みる。まず, 1 日を 0 時から 3 時間毎に 8 分割した時間帯毎に利用率と駐車時間を算出し, 利用率と駐車時間をそれぞれ 8 つの変数で表現した。そして, 駐車場 1050 箇所 365 日分の利用率と駐車時間のデータを用い, それぞれクラスタ分析を行った。利用率のクラスタ数と駐車時間のクラスタ数は, それぞれ 9 と 7 とした。図 4 に利用率クラスタ中心を示す。なお, クラスタ番号はクラスタ中心の要素の合計値が小さいものから昇順で番号を振っている。次章ではクラスタ変動の図によって, 料金変更の影響が収益の増加に繋がる変化を発生させたかを考察し, 料金設定を行う。

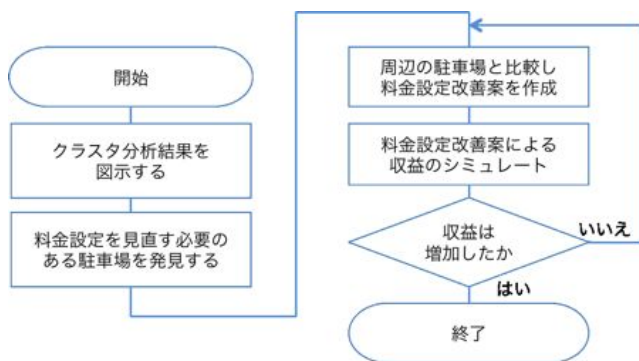


図 5: 料金設定手順のフローチャート



図 6: 久屋大通駅周辺駐車場

#### 4. データに基づいた料金設定の実行と 妥当性の検証

##### 4.1 料金設定手順の概要

まず、3.1 節のクラスタリングの結果を図示し、料金変更を行う必要のある駐車場を発見する。距離が近い駐車場は利用者の需要が似ているため、多く存在する駐車場クラスタは利用者の需要に合っている。しかし、多く存在する駐車場クラスタとは異なる駐車場クラスタに属する駐車場は利用者の需要から外れている可能性がある。そのため、ある地域において多く存在する駐車場クラスタと異なった駐車場クラスタに属する駐車場が存在した場合、料金設定を見直す必要のある駐車場候補となる。料金設定を見直す必要のある駐車場と周辺の駐車場との料金設定を比較することでより良い料金設定を考察する。また、料金を見直す必要のある駐車場が属する駐車場クラスタにおいて、料金設定変更によって収益を増加させた駐車場を 3.3 節で作成した利用率クラスタ変動図と駐車時間クラスタ変動図によって発見し、料金を見直す駐車場の料金設定に利用する。その後、料金設定による駐車時間の変化を 3.2 節で求めた生存関数によってシミュレートし、収益への影響を考察することで料金設定改善案が妥当であったかを検証する。以上の料金設定手順を図 5 にフローチャートで示す。

##### 4.2 データに基づいた料金設定の検討

図 6 に久屋大通駅周辺の駐車場を示す。各ピンが駐車場を示している。図 6 では駐車場クラスタ 8 の駐車場は駐車場 1 のみである。そのため、駐車場 1 は料金設定を見直した方がよい駐車場候補となる。同じ道路沿いに存在する最も近い駐車場

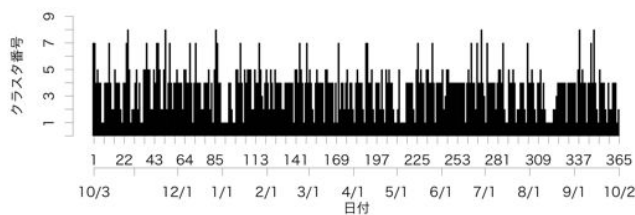


図 7: 駐車場 1 の利用率クラスタの変動

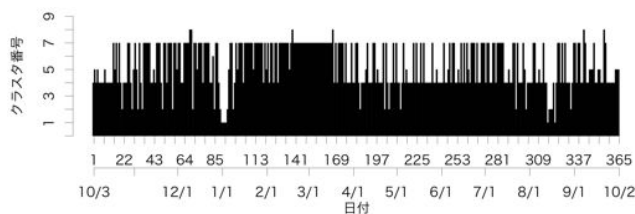


図 8: 駐車場 2 の利用率クラスタの変動

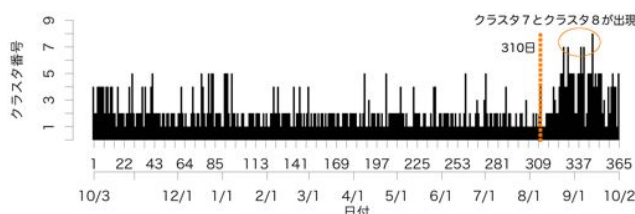


図 9: 駐車場クラスタ 8 に属する駐車場の利用率クラスタの変動

2 と、利用率クラスタ変動図と駐車時間クラスタ変動図を比較し、料金設定の改善案を考察する。

図 7 に駐車場 1 の利用率クラスタ変動を示す。図 8 に駐車場 2 の利用率クラスタ変動を示す。図 7 を見ると駐車場 1 は利用率クラスタ 2 と利用率クラスタ 4 が多く、図 8 を見ると駐車場 2 では利用率クラスタ 4 と利用率クラスタ 7 が多く利用率が高いことがわかる。駐車場 1 と駐車場 2 の料金設定を比べると単位時間料金はほぼ同じである。しかし、打ち切り料金に関しては、駐車場 2 はどの時間にも設定されているのに対して、駐車場 1 の 8~24 時には設定されていない。そのため駐車場 1 の 8~24 時に打ち切り料金が設定されていないことが利用率を下げる要因となっている。また、駐車場 1 と同じ駐車場クラスタ 8 に属する近隣駐車場の利用率クラスタ変動を図 9 に示した。図 9 を見ると、310 日以前は利用率クラスタ 1 と利用率クラスタ 2 が多く利用率が低いが、310 日付近で行われた打ち切り料金の設定によって利用率クラスタ 7 と利用率クラスタ 8 に割り当てられる日が発生しており利用率が増加している。3.2 節で考察したように駐車場クラスタ 8 は 1 時間あたりの料金の影響が小さいため、駐車時間を増加させるにはより影響の大きい打ち切り料金を適用することが有効である。以上より駐車場 1 のより良い料金設定の一例として 8~24 時に打ち切り料金 1500 円を適用した料金設定を提案する。4.4 節で本料金設定の妥当性を検討する。

##### 4.3 シミュレーションによる駐車時間の推定方法

料金設定の妥当性確認のために、生存関数を用いて駐車時間を推定し、推定駐車時間によって収益を計算する。具体的な方法を以下に示す。

1. 対象となる駐車場の精算データを1件取り出す。
2. 取り出したデータの1時間あたりの料金と打ち切り料金の有無以外の共変量を決定する。
3. 検討したい料金設定に基づいて、1時間あたりの料金と打ち切り料金の有無の値を決定し、生存関数  $S(x)$  を構築する。
4. 0~1の値をランダムに生成し、 $p$  とする。
5.  $S(x) < p$  となるまで  $x$  を10から始め10ずつ増やし、条件を満たした  $x$  を駐車時間として、駐車料金を計算し記憶する。
6. 1~5を対象期間全ての精算データを取り出すまで続ける。

駐車時間  $x$  の値を10から始め10ずつ増やすのは単位時間料金の単位時間の最小値が10分であるためである。ただし、あまりに長い駐車時間が発生しないように最大の駐車時間を3日分である4320分とした。

#### 4.4 料金設定の妥当性検討

4.3節で示したシミュレーションによって収益を計算し、料金設定の妥当性を検討する。図10に料金設定変更無しで推測した駐車時間の分布と料金設定を料金変更改善案に変更して推測した駐車時間の分布を示す。横軸は駐車時間であり、台数が1桁に近くなる900分までの表示とした。また、表1と表2に料金設定を変更せずに推測した駐車時間及び料金設定を変更して推測した駐車時間に関して、それぞれの平均駐車時間、入庫不能台数、合計収益、及び1人あたりの支払額を示している。1人あたりの支払額は合計収益を駐車場を利用した人数で割ったものである。入庫不能台数は駐車場が満車で駐車できなかった利用者の数を表す。入庫不能台数は駐車時間が長くなるほど多くなり、打ち切り料金が設定されている駐車場においては収益を下げる要因となる。そのため、表2の合計収益と1人あたりの支払額に関しては、入庫不能台数を考慮しないものと入庫不能台数を考慮したものの2つを表示している。aが入庫不能台数を考慮しないものを表し、bが入庫不能台数を考慮したものを表している。入庫不能台数を考慮しない場合は駐車場が満車であったとしても駐車可能として合計収益を計算する。入庫不能台数を考慮する場合は駐車場が満車であるなら駐車不可能として合計収益の計算に含めない。

料金設定改善案の妥当性を検討する。図10の駐車時間分布を比較すると、料金改善案として打ち切り料金を設定したことにより、全体的に駐車時間が長く変化していることが確認できる。駐車時間が長くなることにより利用率の向上が期待出来る。しかし、利用率を増やすために料金設定を過度に安くすると駐車

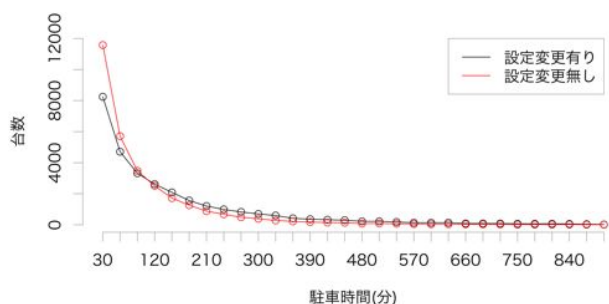


図10: 料金変更有りと無しで求めた駐車時間の分布

表1: 推測データの比較1

	平均駐車時間 (分)	入庫不能台数
料金変更無し 推測データ	85.33	2,437
料金変更有り 推測データ	150.20	6,957

表2: 推測データの比較2

	合計収益 (円)		1人あたりの 支払い額 (円)	
	a	b	a	b
料金変更無し 推測データ	17,224,500	15,886,500	570.23	572.09
料金変更有り 推測データ	23,938,400	18,705,300	804.56	792.50

時間が長くなることによって、駐車スペースが無い状態になりやすく、入庫不能台数は増えるため収益が下がってしまう。そのため、回転率が下がり過ぎない料金を設定する必要がある。表1から料金変更無し推測データと料金変更有り推測データを比較すると、料金変更有り推測データでは平均駐車時間が約65分長くなっている。また、入庫不能台数は考慮しない合計収益(合計収益a)は約670万円増加と大幅に増加し、入庫不能台数を考慮した合計収益(合計収益b)も約280万円増加している。料金変更によって入庫不能台数は約4,500台増加したが、収益は増加しており妥当な料金設定であるといえる。

## 5. おわりに

本研究では、データ分析に基づく料金設定手順の提案を名古屋周辺駐車場1050箇所の過去1年間のデータを用いて行った。データ分析に基づく料金設定によって駐車場調査の負担軽減を可能とした。また、シミュレーションによって料金設定の妥当性を検証できるようにしたことによって料金設定を試行錯誤出来るようになり、より良い料金設定が設定可能となった。

## 謝辞

本研究で利用したデータは名鉄協商株式会社より提供頂いたものです。また、本研究の一部は、内閣府の先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発プログラム)により助成を受けています。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- [橋本 13] 橋本創, 金森亮, 伊藤孝行: 駐車場利用データに基づくオークション型駐車場予約システムのシミュレーション評価, 情報処理学会研究報告. ICS, [知能と複雑系], Vol. 2013, No. 23, pp. 1-7 (2013)
- [石垣 11] 石垣司, 竹中毅, 本村陽一: 日常購買行動に関する大規模データの融合による顧客行動予測システム 実サービス支援のためのカテゴリマイニング技術: 実サービス支援のためのカテゴリマイニング技術, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 6, pp. 670-681 (2011)
- [川浦 68] 川浦潔: 高速道路のサービスエリアにおける駐車実態調査とその解析-2-駐車時間分布, 生産研究, Vol. 20, No. 7, pp. 362-364 (1968)