

# 駐車場の利用特性に応じた料金設定手順の提案

榎 優一<sup>1,a)</sup> 金森 亮<sup>1,b)</sup> 伊藤 孝行<sup>2,c)</sup>

概要：駐車場精算データが蓄積され、利用特性に応じた料金設定の期待が高まっている。本研究では駐車場利用の履歴から、駐車場の利用特性の分析とシミュレーションによる料金設定の妥当性の検討を行う。具体的には駐車場 1050 箇所の過去 1 年間 2250 万件の精算データから、クラスタ分析による駐車場の分類と、生存時間分析による料金変更が駐車時間に及ぼす影響把握を行う。その後、駐車時間モデルにより料金変更時の駐車時間を推計し、料金設定の妥当性を検討する。

## 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必要となる。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。

本研究では時間貸し駐車場のデータを用い、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、利用特徴に基づき料金設定の変化による駐車時間の変化を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、データ分析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。

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 章では駐車場データの分析を行う。クラスタ分析による駐車場の特徴分析、生存時間分析によ

る料金変更の駐車時間への影響分析、及びクラスタ分析による利用特徴の変化点の導出を行い、考察する。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

【公共駐車場における料金政策に関する研究 [1]】公共駐車場における回転率の低さによる収益の低さを問題とし、駐車スペースの有効利用と駐車料金の柔軟な変更による問題解決を目的としている。入庫台数が多く利用率が高い時間帯は料金設定を高くし、入庫台数が少なく利用率が低い時間帯は料金設定を安くすることで、総収益の最大化を図る手法を提案している。動的な料金設定手法の評価として、実際の利用台数の情報を基にシミュレーションを行い、総収益を算出し考察している。

【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 [2]】効率的な駐車場の予約システムとして、オークションによる駐車スペースへの割り当てと駐車料金の決定を提案している。利用者の支払意志額により、駐車スペースの割り当てと駐車料金を決定するオークション形式を用い、支払意志額の高い利用者を駐車スペースに割り当てることで利用者便益の増加と駐車場収入の増加を期待している。提案する予約システムの評価として、実際の駐車場利用データからクラスタ分析によってクラスタを作成し、クラスタ毎に生存時間分析を行うことで駐車時間モデルを作成し、料金感度を考慮したシミュレーションを行っている。

【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 [3]】現状の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へ依存していることによる生

<sup>1</sup> 名古屋工業大学

<sup>2</sup> 名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻

a) enoki.yuichi@itolab.nitech.ac.jp

b) kanamori.ryo@nitech.ac.jp

c) ito.takayuki@nitech.ac.jp

産性の低さを問題としている。サービス業の中でも小売業に注目し、クーポン戦略や低価格化競争による利益率の低下の改善を目指している。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、非熟練者でも過去の日常購買行動に関する大規模データからシステムティックに生成できるようなシステム・方法論を提供することを目的としている。具体的にはアンケートデータとID-POSデータから潜在的な顧客カテゴリと商品カテゴリを抽出後、カテゴリに基づきベイジアンネットワークを構築し、顧客カテゴリと商品カテゴリからの顧客行動の理解を可能としている。

【本研究の位置付け】本研究の位置付けを示す。[3]のように、本研究では大規模な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、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。具体的な手法としては[2]のように駐車場の特徴をクラスタ分析によって、いくつかのクラスタに分類し、生存時間分析を用いて各クラスタの駐車時間モデルを作成している。[2]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。クラスタ分析と生存時間分析の結果から、より良い料金設定を提案し、[1]のように合計収益をシミュレートすることによって料金設定の妥当性を検討する。

### 3. 大規模駐車場データの分析

#### 3.1 駐車場データ

本研究では名鉄協商株式会社から提供された時間貸し駐車場のデータを用いて分析を行う。CSVにて提供された約11GBのデータをMySQLに格納し、利用した。データからは駐車場の位置や駐車可能台数、料金設定の情報、精算時の支払い額や駐車時間の情報などを得ることができる。利用するデータは株式会社名鉄協商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。

#### 3.2 駐車場の特徴分析

##### (1) 駐車場利用の特徴変数

駐車場を利用特徴毎に分類するため、k-means法により駐車場を8つのクラスタに分類した。分類の際の変数は利用率、駐車時間、定期利用可否、ポイントカード利用率、クーポン券による割引率、及び打ち切り料金による割引率とした。以下に各変数を選んだ理由と変数の意味についての詳細な説明を示す。

【利用率】利用率は駐車場がどれほど活発に利用されているかを表すための変数として用いる。利用率に関して

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
5	200710010104	100**	1700	423
6	200710010104	100**	1700	423

レコード番号	入庫日時	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
5	200709302041	3	1	1700
6	200709302041	3	2	0

図1 駐車場精算データの一例

は3個の変数を用いた。最初に一日を1時から6時間毎に1~7時、7~13時、13~19時、及び19時~25時の4つの時間帯に分割し、曜日ごとに利用率の平均値を算出した。利用率の計算は例えば1~4時の間は駐車場の50%が利用されていて、4~7時の間は100%利用されていたとすると、 $(3(\text{時間}) * 0.5 + 3(\text{時間}) * 1.0) / 6(\text{時間}) = 75\%$ より1~7時の間の利用率は75%のようにする。時間帯の分割により28個の変数(4(個/日) \* 7(日))を算出したが、クラスタ分析の変数とするには過度な細分化であるため、28個の変数に対して主成分分析を行い3個の変数へと圧縮した。主成分分析の結果、利用率の高さを表す変数、昼と夜の利用率の違いを表す変数、及び平日と休日の利用率の違いを表す変数の3個の変数に圧縮された。以上の3個の変数を利用率に関する変数とした。

【駐車時間】駐車時間は短期的な利用か、または長期的な利用かを表現する変数として用いる。駐車時間に関しては3個の変数を用いた。駐車時間は利用率と同じように一日を1~7時、7~13時、13~19時、及び19時~25時の4分割した時間帯のうち、入庫した時間が含まれる時間帯へ最終的な駐車時間を割り当てる。例えば1~7時の間に入庫し、10時間利用した場合、1~7時に600(分)を割り当てる。本処理を全ての精算データに対し行い、利用率と同じように時間帯と曜日ごとに平均したものを駐車時間として利用する。駐車時間に関しても、利用率と同じく28個の変数を算出し、主成分分析により3個の変数へと圧縮した。主成分分析の結果、駐車時間の長さを表す変数、早朝と夜の駐車時間の違いを表す変数、及び昼と夜の駐車時間の違いを表す変数の3個の変数に圧縮された。以上の3個の変数を駐車時間に関する変数とした。

【定期利用可否】定期利用可否に関する変数には、駐車場が定期利用が可能な場合1、または不可能な場合0の値をとる変数を用いた。定期利用に関する特徴を表す変数として用いた。

表 1 クラスタ毎のデータの数

クラスタ	1	2	3	4	5	6	7	8
データ数	19	126	152	116	153	150	150	184

【ポイントカード利用率】ポイントカード利用率に関する変数は、駐車場の全精算データ数を分母とし、全精算データのうちポイントカードを利用した精算データ数を分子とした値を用いた。ポイントカード利用者は定期的に時間貸し駐車場を利用する利用者である可能性が高いため、定期的な利用者の割合の程度を表す変数として用いた。

【クーポン割引率】クーポンによる割引率に関する変数は、駐車場の全精算データの総支払額を分母とし、クーポン券による総割引金額を分子とした値である。利用者が能動的に料金の割引をどれほど行っているかを表す変数として用いた。

【打ち切り料金割引率】打ち切り料金による割引率に関する変数は、打ち切り料金が無いと仮定した場合に支払う料金を分母とし、実際に支払った料金を分子とした値を1から引いた値を用いた。駐車場が提供する割引の利用をどれだけ活用しているかを表す変数として用いた。

## (2) クラスタ分析結果

各クラスタに属する駐車場の数は表1のようになった。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とクラスタ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。図2の赤の点、緑の点、及び青の点は、それぞれクラスタ3、クラスタ7、及びクラスタ8に対応している。次に最寄り駅への距離の平均と分散をクラスタ毎に算出した。結果、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。

以上の結果と、主成分分析を行う前の利用率と駐車時間の28個の変数をプロットしたものの(図3と図4)から、クラスタ3、クラスタ7、及びクラスタ8の特徴を述べる。

【クラスタ3】中間一般型である。分布は中間型である。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、駅からの目的地までは電車を用いる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

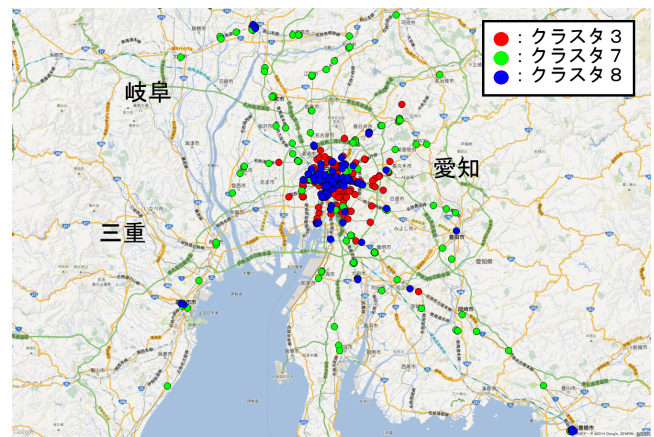


図 2 クラスタの分布

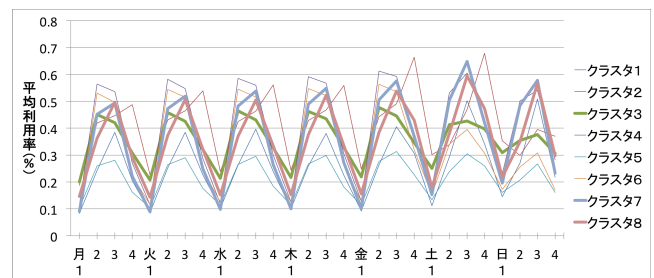


図 3 クラスタ毎の利用率平均

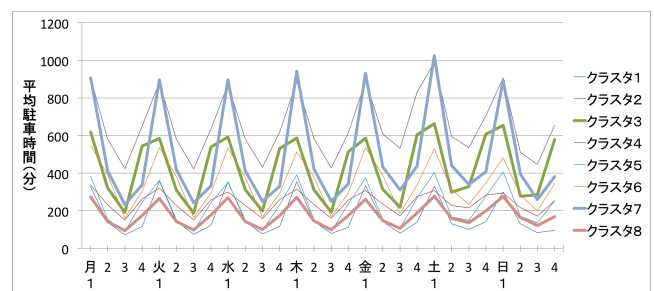


図 4 クラスタ毎の駐車時間平均

である。休日利用率が高い、駐車時間は短い、及び打ち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。

### 3.3 駐車時間モデル

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。生存時間分析は医療、工学などの分野で病気による死亡までの時間や、機械システムの故障までの時間を解析するために用いられている。死亡や故障などのイベントが起きるまでの時間を生存時間と呼び、イベントの発生を死亡と呼ぶ。駐車時間を生存時間、及び駐車場からの出庫を死亡とすることで、各種共変量が駐車時間に与える影響の関係性の分析を行うことが出来る。

生存時間分析により料金設定、入庫時間帯、支払い方法、休日、及び支払い方法が駐車時間に与える影響を各クラス

夕毎に算出し、考察する。各クラス毎に生存時間分析を行うのは駐車場の利用特徴によって駐車時間へ各種共変量が与える影響は異なるためである。以下に用いた共変量を示す。

【一時間あたりの料金】単位時間料金の値を一時間あたりの料金にして用いる。一時間あたりとしたのは駐車場によって30分100円や90分100円のように単位時間が異なるためである。

【打切り料金の有無】入庫した時間に打切り料金が設定されていれば1、または打切り料金が設定されていなければ0の値をとる変数を用いる。

【入庫時間帯】入庫した時間帯を3つの変数を用いて表す。3つの変数は全てが0となるか、3つのうち1つだけが1となる。各変数に割り当てる時間帯は、3.2のクラス分析に用いた変数の利用率と同じように、一日を1時から6時間毎に分割したものをを用いた。

【休日】入庫した日が休日であれば1、又は休日でなければ0の値をとる変数を用いる。休日とは土曜日、日曜日、及び祝日を表す。

【支払い方法】3つの変数を用い、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。使用した場合は1、又は使用しなかった場合は0をとる変数に割り当て表す。

以上、一時間あたりの料金、打切り料金の有無、入庫時間帯、休日、及び支払い方法に関して合計9個の共変量を用いて生存時間分析を行った。生存時間分析により共変量毎に得られる係数の値が正ならば出庫する確率を減少させる作用のある共変量、負ならば出庫する確率を増加させる作用のある共変量となる。係数の絶対値が大きいくほど対応する共変量の影響が大きい。図5、図6、図7、及び図8に係数をプロットしたものを示す。各共変量の係数についてクラス3、クラス7、及びクラス8を取り上げ考察する。

【料金設定】一時間あたりの料金と打切り料金有無をまとめて料金設定に関しての係数として考察する。図5に料金設定に関しての係数を示す。一時間あたりの料金の係数の絶対値が、他の係数に比べてとても小さいのは、他の係数は0か1を値として取る変数がかけられるのに対し、一時間あたりの料金の係数には100や200などの一時間あたりの料金の値がかけられるためである。また、一時間あたりの料金の係数は負であるので、軸を反転してプロットしている。打切り料金の有無に関しては、クラス3は影響が大きく、クラス7は影響が小さい。一時間あたりの料金に関しては、クラス3は影響が大きく、クラス7とクラス8は影響が小さい。クラス3は一時間あたりの料金と打切り料金の有無の係数の絶対値が共に最大であり、料金変更による駐車時間の変動が最も激しいクラスであると言える。クラス7は一時間あたりの料金と打切

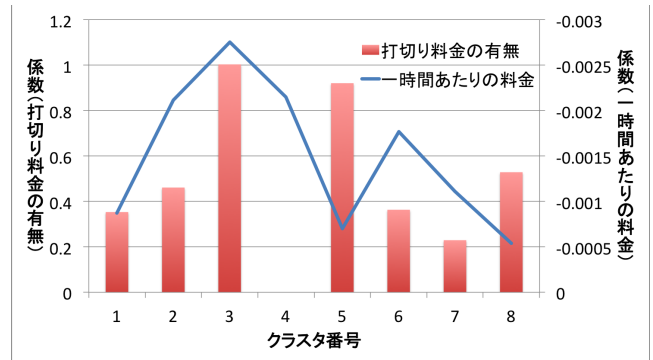


図5 クラス毎の一時間あたりの料金と打切り料金の有無の値

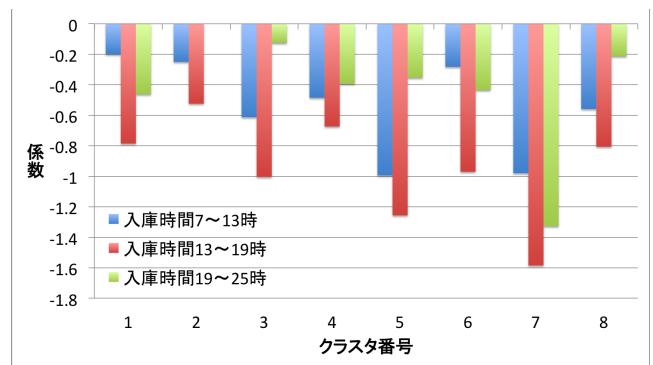


図6 クラス毎の入庫時間の値

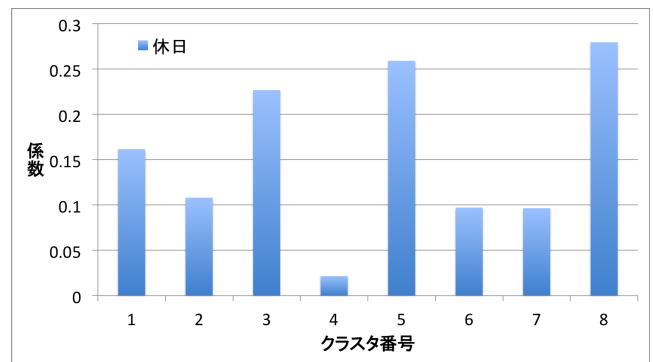


図7 クラス毎の休日の値

り料金の有無の影響が共に小さく、料金設定による駐車時間の変化は小さい。

【入庫時間】図6に入庫時間に関しての係数を示す。全てのクラスにおいて係数が負であることから、1~7時に駐車する利用者がどのクラスにおいても最も長く駐車する可能性が高い。また13~19時の係数の絶対値が最も大きいことから、13~19時に駐車した利用者は駐車時間が最も短くなる可能性が高い。クラス7は係数の絶対値が大きく、入庫した時間によって大きく駐車時間が変化する。

【休日】図7に休日に関しての係数を示す。全てのクラスにおいて係数が正であるため、休日は駐車時間が長くなる。クラス3とクラス8は影響が大きい。

【支払い方法】図8に支払い方法に関しての係数を示す。クレジットカードとポイントカードの係数に関しては全て

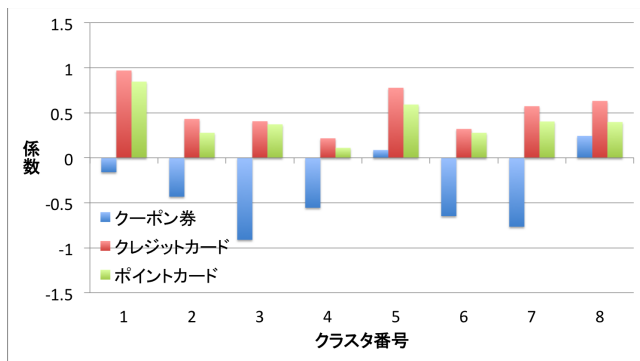


図 8 クラスタ毎の支払い方法の値

正であり、クラスタ毎に絶対値はほぼ同じ値となっている。クレジットカードとポイントカード利用者は非利用者に比べて、同じくらい長い時間駐車する可能性が高くなる。一方、クーポン利用者の駐車時間は短くなる傾向にあるが、クラスタ 8 は係数が正であるため駐車時間が長くなる傾向にある。クラスタ 8 は駐車時間が短い特徴があるため、打ち切り料金による割引をあまり受けることが出来ない。そのため、クーポン券を利用することで支払料金を抑えて、普段より長く駐車する意思が働いている。駐車時間が長い特徴のある駐車場ほどクーポン券の影響が大きく、クーポン券利用者は駐車時間が短くなる傾向となっている。理由は、駐車時間が長いと打ち切り料金による割引を受けやすく、クーポン券を使って支払料金を抑える意思が少なくなるためである。クラスタ 3 はクーポン券の利用によって駐車時間が短くなる影響が最も大きなクラスタである。クラスタ 3 の駐車時間は普通であるが一時間あたりの料金、及び打ち切り料金の有無の影響が最も大きなクラスタである。そのため支払料金を抑えようとする意識が最も強く、クーポン券の利用者は駐車時間がより短くなる。

以上の考察からクラスタ 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】料金設定、休日、及びクーポンの影響が大きい。支払料金を抑えようという意思が最も強いクラスタであるため料金設定は慎重に行う必要がある。

【クラスタ 7】料金設定の影響が小さい。入庫時間の影響が大きい。1~7 時以外の時間帯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で利用状況を変化させることが可能である。

【クラスタ 8】一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、休日の一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可能である。

### 3.4 利用特徴変化点の分析

駐車場の利用特徴は時期や周辺環境の変化によって様々なに変化すると考えられる。そのため、利用特徴の変化点を

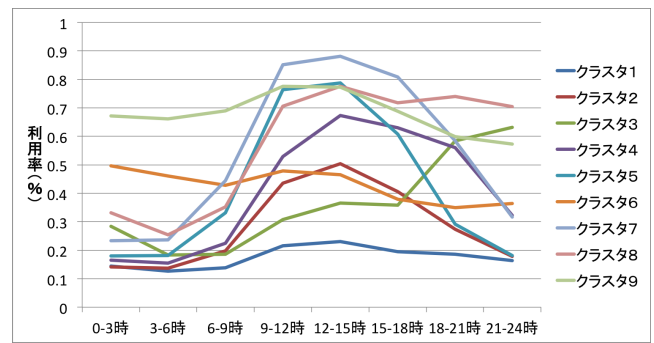


図 9 一日毎の利用率クラスタの中心

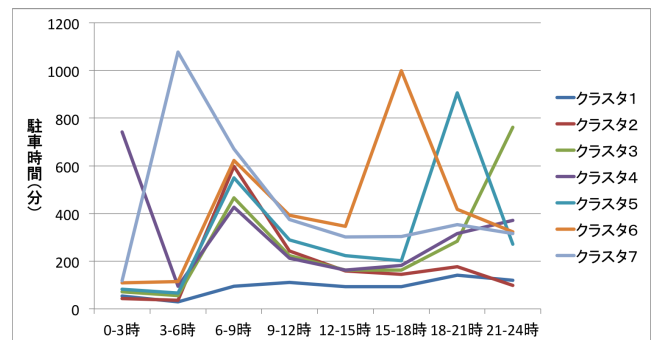


図 10 一日毎の駐車時間クラスタの中心

発見することは、料金設定において重要となる。本研究では一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時間に割り当て、一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。そのままのデータを見るだけではわかりづらい一日の利用率と駐車時間の特徴を、クラスタに分類することで一つの値として表現することができるため、利用特徴の変化点を見つけやすく出来る。駐車場 1050 箇所の 365 日分のデータを用い、一日を 0 時から 3 時間毎に 8 つに分けた時間帯毎に利用率と駐車時間を算出し、一日の利用率と駐車時間の変化をそれぞれ 8 つの変数として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 9 と図 10 に、それぞれ利用率クラスタ中心と駐車時間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ある。次章で、クラスタの変動を見ることで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、料金設定に利用する。

## 4. データに基づいた料金設定の実行と妥当性の検討

4.1 データに基づいた料金設定とシミュレーションの概要  
料金設定手順について述べる。まず、3.2 のクラスタリングの結果を GoogleEarth 上にプロットし、料金変更を行う必要のある駐車場を発見する。GoogleEarth 上にプロットするのは周辺の状況を簡易であるが把握できるためであ

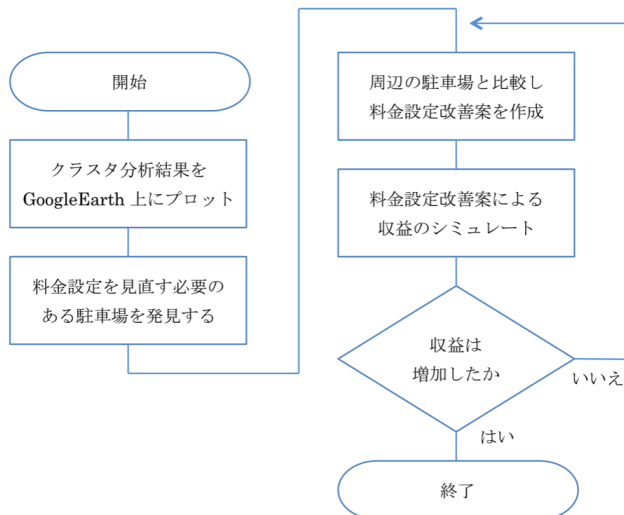


図 11 料金設定手順のフローチャート

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。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であるとする。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の差異を見ることで、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 3.4 で作成した利用率クラスタと駐車時間クラスタの変動を見ることで発見し、料金を見直す駐車場の料金設定に利用する。その後、料金設定によってどの程度駐車時間が変化するか 3.3 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討する。以上の料金設定手順を図 11 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実行

図 12 に久屋大通駅周辺の駐車場を示す。ピンクのピンは駐車場クラスタ 2 の駐車場である。オレンジのピンは駐車場クラスタ 6 の駐車場である。白のピンは駐車場クラスタ 8 の駐車場である。図 12 では駐車場クラスタ 8 の駐車場は、赤の矢印で示した駐車場 1 のみである。そのため、駐車場 1 は料金設定を見直す必要のある駐車場である。同じ道路沿いに存在する最も近い駐車場 2 と、料金設定や利用率クラスタの変動を比較し、料金設定の改善案を考察する。

図 13 に駐車場 1 の利用率クラスタ変動を示す。図 14 に駐車場 2 の利用率クラスタ変動を示す。図 13 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 が多いの

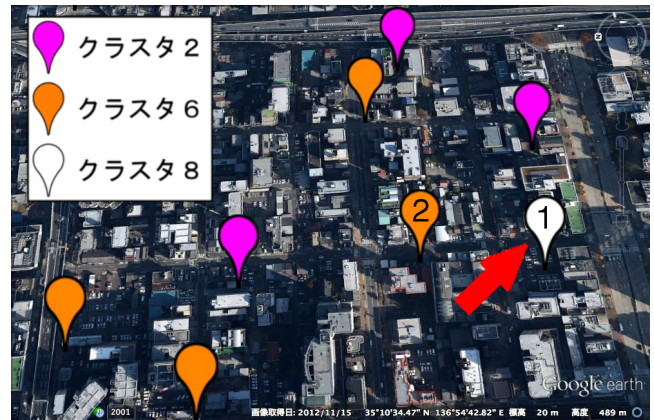


図 12 久屋大通駅周辺駐車場

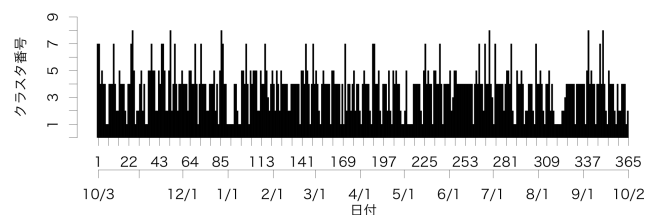


図 13 駐車場 1 の利用率クラスタの変動

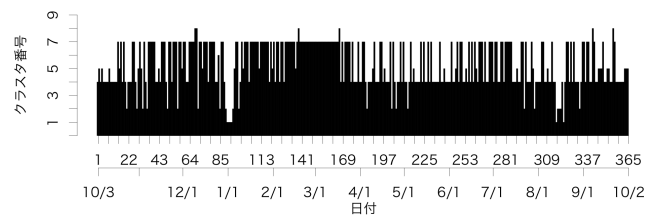


図 14 駐車場 2 の利用率クラスタの変動

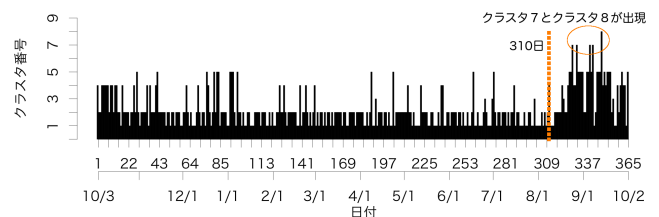


図 15 駐車場クラスタ 8 に属する駐車場の利用率クラスタの変動

対して、図 14 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。表 2 に駐車場 1 の料金設定を示す。表 3 に駐車場 2 の料金設定を示す。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がほぼ同じであるが、打ち切り料金の設定が大きく違っている。そのため駐車場 1 の 8~24 時は打ち切り料金が適用されないことが利用率を大きく下げている原因となっていることがわかる。また、駐車場 1 と同じ駐車場クラスタ 8 である駐車場の利用率クラスタ変動を図 15 に示した。図 15 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

表 2 駐車場 1 の料金設定

料金種別	日付区分	時間帯	単位時間	単位料金
単位時間	全日	0~8 時	60 分	100 円
単位時間	全日	8~24 時	30 分	200 円
打切り	全日	0~8 時	-	500 円

表 3 駐車場 2 の料金設定

料金種別	日付区分	時間帯	単位時間	単位料金
単位時間	全日	0~24 時	30 分	200 円
打切り	全日	22~8 時	-	500 円
打切り	平日	8~22 時	-	1500 円
打切り	土日祝	8~22 時	-	1000 円

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。駐車場クラス 8 は一時間あたりの料金の影響が小さいため、一意時間あたりの料金に比較して影響の大きい打切り料金を適用することが駐車時間を増加させるには有効である。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 時に打切り料金 1500 円を適用した料金設定を提案する。今後、本料金設定を料金設定改善案と呼ぶ。次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料金設定の妥当性評価

#### 4.3.1 シミュレーションの方法

生存関数を用いて駐車時間を推定し、収益を計算することで料金設定の妥当性を評価する。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一件取り出す。
- (2) 取り出したデータから一時間あたりの料金と打切り料金の有無以外の共変量を決定。
- (3) 検討したい料金設定に基づいて、一時間あたりの料金と打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 分であることからである。ただし、余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。

#### 4.3.2 シミュレーション結果

図 16 に実際の駐車時間の分布と料金設定変更無しで推測した駐車時間の分布を示す。図 17 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。シミュレーション上では 10 分間隔で駐車時間を推測しているが、シミュ

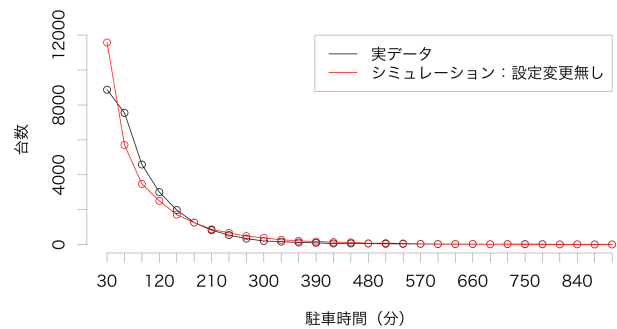


図 16 実際の駐車時間の分布と料金設定変更無しで推測した駐車時間の分布

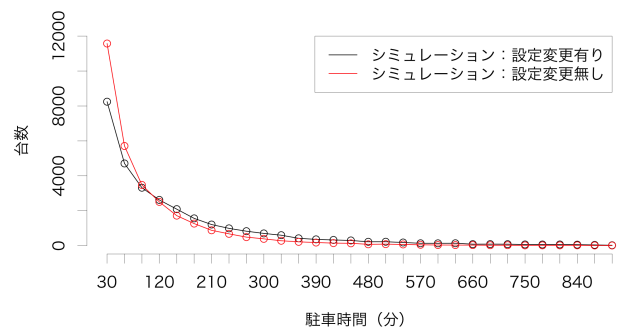


図 17 料金変更有りとしで求めた駐車時間の分布

レーションに用いた単位時間料金の単位時間の最小値は 30 分であるため、図 16 と図 17 は 0 分から始まり 30 分間隔で台数をカウントしている。横軸は駐車時間であり、台数が一桁に近くなる 900 分まで表示した。また、表 4 と表 5 に実際の駐車時間、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、及び一人あたりの支払額を示している。一人あたりの支払い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ので考慮する必要がある。そのため、表 5 の合計収益と一人あたりの支払い額に関しては、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二つを表示している。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。

まずは、実際の駐車時間と料金変更無しの駐車時間を比較し、シミュレーションの精度について考察する。表 4 から実データと料金変更無し推測データの平均駐車時間を比べると約 8 分程度のずれであり、表 5 から合計収益と一人あたりの支払い額に関してもかなり近似できていること

表 4 実際の駐車時間と推測駐車時間の比較 1

	平均駐車時間 (分)	入庫不能台数
実データ	93.35	-
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 5 実際の駐車時間と推測駐車時間の比較 2

	合計収益 (円)		一人あたりの 支払い額 (円)	
	a	b	a	b
実データ	17,246,400	-	570.96	-
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

を確認できる。図 16 の駐車時間の分布をみると、実際のデータと料金変更無しのシミュレーションによって得られたデータ共に 0~30 分が最も多く時間が経つに減少していく形となりおおそ近似できている。ただし、0~30 分と 30~60 分の台数の差異が大きく、改善の必要があり今後の課題とする。

料金設定改善案の妥当性を検討する。図 17 の駐車時間の分布を比較すると、料金改善案として打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って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してしまうと駐車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 4 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。駐車時間の増加によって、料金変更無し推測データに比べて料金変更有り推測データでは、入庫不能台数を考慮しない一人あたりの支払い額 (一人あたりの支払い額 a) と入庫不能台数を考慮した一人あたりの支払い額 (一人あたりの支払い額 b) はそれぞれ約 230 円と約 220 円増加していることがわかる。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。

表 2 の 8~24 時に打切り料金 1000 円を適用した料金設定を用いた場合のシミュレーション結果を表 6 に示した。本研究で作成した駐車時間モデルでは、打切り料金の有無のみを共変量としたため打切り料金の値自体の変化では駐車時間は変わらず、平均駐車時間と入庫不能台数は増加しない。そのため、平均駐車時間と入庫不能台数は、表 4 の料金変更有り推測データと同じ値となる。表 6 を見ると入庫不能台数を考慮しない合計収益 (合計収益 a)、入庫不

表 6 打切り料金を過度に安くした場合のシミュレーション結果

合計収益 (円)		一人あたりの 支払い額 (円)	
a	b	a	b
20,031,600	15,661,900	663.17	673.66

能台数を考慮しない一人あたりの支払い額 (一人あたりの支払い額 a)、及び入庫不能台数を考慮した一人あたりの支払い額 (一人あたりの支払い額 b) は表 5 の料金変更無し推測データに比べて増加しているが、入庫不能台数を考慮した合計収益 (合計収益 b) は約 20 万円減少している。さらに表 5 の料金変更有り推測データと比べると合計収益 a、合計収益 b、一人あたりの支払い額 a、及び一人あたりの支払い額 b の全てが減少している。そのため、打切り料金 1000 円は安すぎる料金設定である。従って、打切り料金 1500 円の料金設定改善案は収益を増加させる妥当な料金設定である。

## 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 箇所の過去一年間のデータを用いて行った。最初に、駐車場の利用特徴の分析を行うため、クラスタ分析によって利用特徴毎に駐車場を分類した。各クラスタの特徴を考察した後、生存時間分析によって料金設定や入庫時間などの共変量の違いによる駐車時間への影響を駐車場クラスタ毎に分析した。クラスタ分析による利用特徴の分析と生存時間分析による駐車時間に影響する共変量の分析によって一年間を通した駐車場の利用特徴を得たが、利用特徴は時間とともに変化するため、一日毎の利用率と駐車時間のクラスタリングを行い、一日毎の利用率と駐車時間をクラスタに分類した。クラスタの変化を見ることで利用特徴の変化点を発見することが可能となった。また、シミュレーションによって料金設定の妥当性を検討が可能となった。提案した料金設定の手順によって、駐車場の利用特徴に合わせた料金設定を熟練者でなくとも行うことが可能である。

謝辞 本研究で利用した駐車場データは名鉄協商株式会社に提供して頂いた。ここに感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] 浅野善裕. 公共駐車場における料金政策に関する研究. Master's thesis, 南山大学大学院 数理情報研究科, 2007.
- [2] 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, mar 2013.
- [3] 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.