

駐車場自動精算データに基づく 料金変更の影響分析

金森 亮¹・榎 優一²・伊藤孝行³

¹正会員 名古屋工業大学特任准教授（〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町）

E-mail: kanamori.ryo@nitech.ac.jp

²非会員 名古屋工業大学博士前期課程1年（〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町）

³非会員 名古屋工業大学教授（〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町）

大多数の駐車場に自動車精算機が導入され、各利用車両の精算データの一元管理・蓄積がなされている。また、自動車精算機の導入で料金改定も従来と比較して容易となり、周辺の競合駐車場や施設、経済動向を踏まえ、現在は地域担当者の経験や調査力に基づいて実施されている。一方で、より最適な料金設定を目指したデータオリエンテッドな改定手順への期待も大きい。本研究では名古屋市を中心に駐車場運営する民間企業から1年間、約2250万件の精算データの提供いただき、クラスタ分析やデータ可視化を行った。その結果、駐車場利用特性は地域担当者の管轄で単純区分できないこと、料金変更の影響が利用率に現れたことなどデータ分析にて確認し、料金設定の妥当性を判断するシミュレーションを行った。

Key Words : *automated parking fee adjustment data, massive data sets, cluster analysis, visualization*

1. はじめに

日常生活の移動手段としての自動車利用の適正化に向けて、公共交通など代替交通手段のサービスレベル拡充とともに、今後、道路課金政策や駐車場料金政策が重要になってくる。既に多くの自動車利用者は時間貸し駐車場を利用しており、自動車利用に伴う料金感度分析は行われているが、本研究では一部の駐車場利用者を対象としたアンケート調査データではなく、大量に自動生成される駐車場精算データを利用し、料金変更に伴う駐車場利用の影響分析を行う。

時間貸し駐車場は都市部を中心として高頻度に利用されており、駐車場精算機のオンライン化によって日々大量のデータが蓄積されている。現在の時間貸し駐車場の料金設定は、担当エリアの実地調査と経験則によって把握した各駐車場の利用特徴に応じて行われている。ただし、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。

本研究では時間貸し駐車場の自動精算データを用いたデータ分析に基づく料金設定手順を提案する。自動精算データを用いて各駐車場の利用特徴を統計的手法で分析し、料金設定の変化による駐車時間の変化を生存時間モデルにてシミュレートすることで簡単な収益を算出する。シミュレーションによる収益試算により、料金設定を試

行錯誤することが可能となり、料金設定者の能力差を縮められる可能性がある。またデータに基づいた利用特徴の把握によって、駐車場のエリア調査の負担軽減が期待される。さらには電気自動車の充放電場所としての駐車場運営を想定した場合、電力充放電価格を考慮した料金設定が必要となり、料金設定シミュレーターはより重要となってくる。

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1,050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2,250万件である。具体的なデータの一部を図1に示す。

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 自動精算データの一部

2. 自動駐車場精算データの基礎分析

(1) 駐車場利用クラスタ分析

駐車場の利用特徴を分析するため、駐車場の特徴変数を作成し、各駐車場利用のクラスタ分析を行う。クラスタ分析にはk-means法を用い、クラスタ数は試行錯誤の末、8に設定し実行した。用いた変数は駐車場利用率、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である。

利用率に関する変数は3個の変数を用いた。一日を1時から6時間毎に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。時間帯の分割により28個の変数(4(個/日)×7(日))が算出されたが、このまま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個の変数に集約した。駐車時間に関する変数も利用率と同じ処理を行い3個の変数とした。定期利用可否に関する変数には、駐車場が定期利用可能な場合1、不可能な場合0の値をとる変数を用いた。ポイントカード利用率に関する変数には、料金精算時にポイントカードを利用した利用者の割合を用いた。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ので、定期的な利用者の割合の程度をおおまかに表す変数として作成した。クーポンによる割引率に関する変数には、総支払額のうちクーポン券によって割引された割合を用いた。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作成した。打ち切り料金による割引率に関する変数には、打ち切り料金が無いと仮定した場合に支払う料金と実際の料金を比べた割合を用いた。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作成した。以上の利用率、駐車時間、定期利用可否、ポイントカード利用、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を各駐車場毎に算出し、クラスタ分析を実行した。

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及びクラスタ7は郊外型である。ここで、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。分布は都市部と郊外部の中間に多くが位置する。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。分布は都市型である。休日駐車場利用率が高い、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。

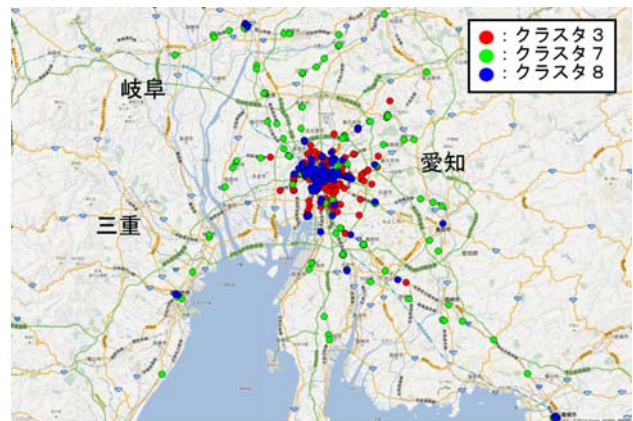


図2 クラスタ別駐車場空間分布

(2) 駐車場時間モデル

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。駐車時間分布はワイブル分布に適合するため、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、打ち切り料金の有無、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。打ち切り料金の有無は入庫時間に打ち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ち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に1時間あたりの料金と打ち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、支払料金に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。

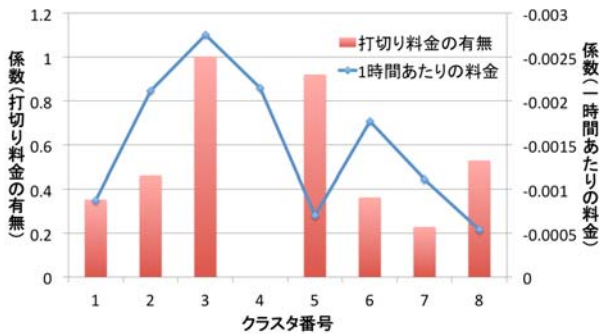


図3 1時間あたりの料金と打切り料金の有無のパラメータ推定結果

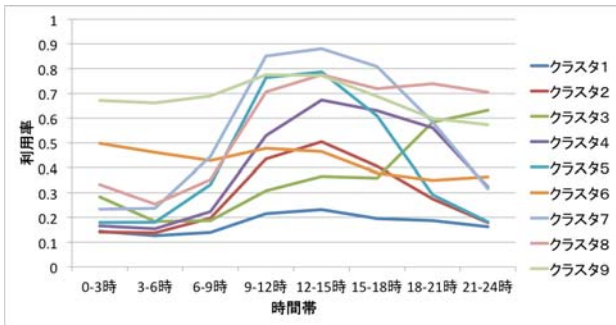


図4 クラスタ別日駐車場利用率分布

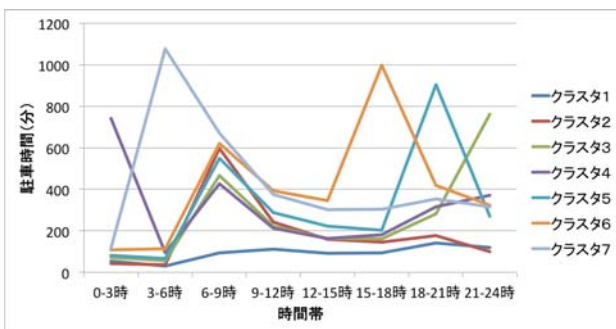


図5 クラスタ別日駐車場時間分布

(3) 駐車場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1,050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、図5に駐車時間の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。

3. 精算データに基づいた料金設定手順

(1) 料金設定手順の概要

はじめに3 (1) のクラスタ分析結果を地図上に示し、料金変更を行う必要のある駐車場を発見する。駐車場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考える。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) 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) で推定した駐車時間モデルによって駐車時間を推計し、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。

(2) データに基づいた料金設定の検討

図6に名古屋市都心部の駐車場のクラスタ結果を示す。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良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2と、利用率クラスタ変



図6 都心部の駐車場クラスタ結果

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が多いのに対して、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より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。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時に打切り料金1500円を適用した料金設定を提案する。

(3) シミュレーションによる駐車時間の推定

料金設定の妥当性確認のために、駐車時間モデル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。具体的な方法は以下の通りである。

- ・対象となる駐車場の精算データを1件取り出す
- ・取り出したデータの1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する
- ・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切り料金の有無の値を決定し、生存関数 $S(x)$ を構築する
- ・0～1の値をランダムに生成し、 p とする。

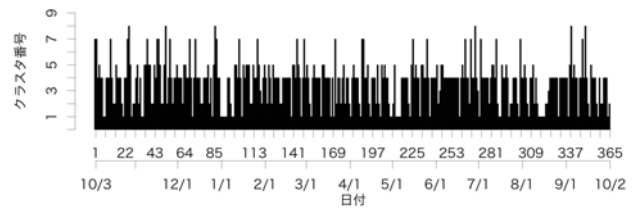


図7 駐車場1の利用率クラスタの変動

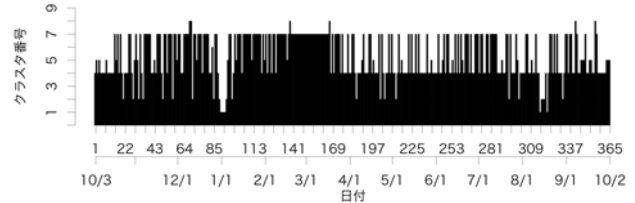


図8 駐車場2の利用率クラスタの変動

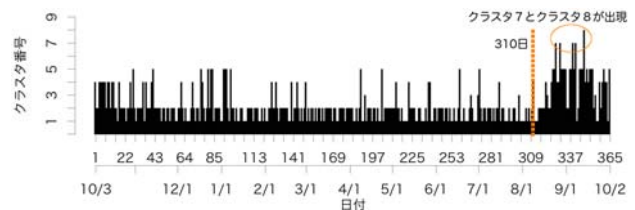


図9 駐車クラスタ8属する利用率クラスタの変動

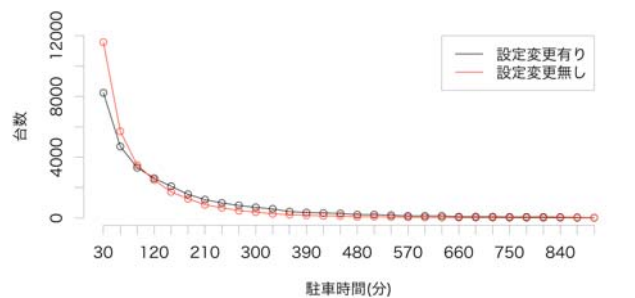


図10 料金変更前後の駐車時間推計結果

・ $S(x)p$ となるまで x を10分から始め10分ずつ増やし、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

・これら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分から始め10分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4,320分とした。

(4) 料金設定の妥当性

(3)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定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算出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

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

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計した駐車時間及び料金設定を変更して推計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との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可能性が高い。

4. 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1,050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と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。

今後は地域特性変数と組み合わせ、実際の料金変更前後の分析により重点を置き、駐車場利用パターンの変化からより適切な変更タイミングを示唆できるような、いわゆるビックデータの解析を行う予定である。

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）、科研費25870320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

- 1) 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年。
- 2) 長縄達博，荻原正敏，渋井理郎，稲葉勝三：駐車場予約実験システムの評価と考察，電子情報通信学会総合大会講演論文集 基礎・境界393, 2001年。
- 3) 倉内文孝：駐車場管理システム高度化による駐車行動の変化と道路網交通流への影響効果に関する研究，京都大学，2002年。
- 4) 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 Vol.2013, No.23, pp.1-7, 2013年。

(2014. 4. 24 受付)