

複数分布形状を考慮した駐車時間モデルの開発

榎 優一† 金森 亮‡ 伊藤 孝行§

†名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻 ‡名古屋大学未来社会創造機構

§名古屋工業大学大学院工学研究科産業戦略工学専攻

1 はじめに

都市部の効率的な駐車場運営の戦略として料金改定がある。近年はオンライン精算機器の導入により各車両の入出時刻や金額、支払方法など精算データが蓄積され、料金改定にこれらの蓄積データを利用することが期待されている。本研究では、駐車場精算データを用い、駐車場時間と料金との関係をモデル化する。料金設定には単位時間当たりの料金と時間による上限料金設定があることが多く、これらの影響を考慮した駐車時間モデルの開発を行う。駐車時間モデルを作成することで各駐車場の利用特徴を明らかにでき、料金改定の指針とすることが出来る。駐車時間の分布には複数のピークが存在しているため、EM アルゴリズムにより確率分布を混合することで詳細なモデル化を目指す。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。

本論文の構成を以下に示す。第 2 章は複数分布形状を考慮した駐車時間モデルの作成方法について述べる。第 3 章は駐車時間に影響を与える共変量の分析について述べる。第 4 章で本論文をまとめる。

2 複数分布形状を考慮した駐車時間モデル

本研究では、まず利用特徴毎に駐車場をクラスタに分類した。クラスタ分類には k-means 法を用い、クラスタ数は 8 とし実行した。分類に用いた変数は利用率、駐車時間、定期利用可否、ポイントカード利用、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。分析結果の一例として図 1 に駅が近い郊外に存在する駐車場が属するクラスタの駐車時間分布を示す。データ数は 507,018 件である。先行研究 [1] では分類したクラスタ毎に 1 つのワイブル分布で駐車時間分布を表現していたが、図から明らかなように駐車時間の分布には複数のピークが存在するため、単一の確率

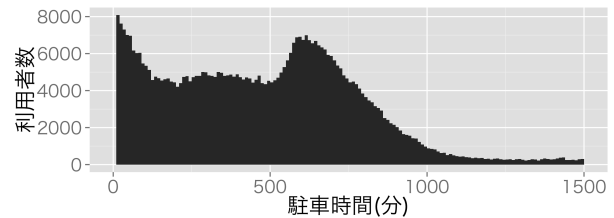


図 1: 複数のピークを持つ駐車時間分布

分布でのモデリングには問題がある。そのため複数のワイブル分布を混合し駐車時間モデルを構築する。桑野らは複数のピークをもつ自動車保有期間をワイブル分布の混合モデルによって表現しており [2]、混合分布によるモデリングは様々な分野で利用される有用な方法である。ワイブル分布 $f(x)$ は式 (1) で表される。

$$f(x) = \frac{\alpha}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^\alpha\right] \quad (1)$$

ここで α と λ はそれぞれ形状パラメータと尺度パラメータである。 K 個の分布を混合するとき、 θ_k をパラメータとする k 番目の確率分布 $f(x|\theta_k)$ の混合比率を π_k と示す。以上より求める混合分布 $g(x)$ は式 (2) と表され、対数尤度 L は式 (3) となる。 N と x_n はデータ数と n 番目のデータを示す。

$$g(x) = \sum_{k=1}^K \pi_k f(x|\theta_k) \quad (2)$$

$$L = \sum_{n=1}^N \ln \left(\sum_{k=1}^K \pi_k f(x_n|\theta_k) \right) \quad (3)$$

式 (3) を最大とする π_k と θ_k を求めるために EM アルゴリズム [3] を用いる。EM アルゴリズムは以下の手順により実行される。

1. E ステップ 負担率 γ_{nk} を式 (4) にて計算する。負担率 γ_{nk} はデータ x_n が混合要素 k により説明される度合いを示す。

$$\gamma_{nk} = \frac{\pi_k f(x_n|\theta_k)}{\sum_{j=1}^K \pi_j f(x_n|\theta_j)} \quad (4)$$

2. M ステップ 現在の負担率を用いて、パラメータを更新する。 θ_k に関しては π_k を式 (5) で更新した状態で対数尤度 L を最大にする θ_k を準ニュートン法により求める。

Development of Parking Time Model incorporating Multiple-peak Distributions Time using Hazard-Based Duration Model

†Yuichi ENOKI ‡Ryo KANAMORI §Takayuki ITO

†Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

‡Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

§School of Techno-Business Administration, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

表 1: 構築した駐車時間モデルのパラメータ

説明変数	短期利用者		中間利用者		長期利用者	
	推定値	t 値	推定値	t 値	推定値	t 値
< 分布のパラメータ >						
形状パラメータ	1.790	226.5	5.420	316.8	0.974	404.6
尺度パラメータ定数項	4.925	233.8	5.863	972.5	7.091	334.1
< 料金設定 >						
1 時間あたりの料金	-0.00191	-35.7	0.00007	4.0	-0.00406	-81.4
(交差項) クレジットカード利用	-0.00174	-23.7	-0.00040	-10.7	-0.00375	-50.1
(交差項) ポイントカード利用	0.00087	18.9	0.00012	8.0	0.00142	28.5
(交差項) クーポン券利用	0.00131	28.8	0.00004	2.9	0.00031	6.4
打切料金倍率	-0.017	-7.1	0.016	31.7	-0.028	-11.8
< 入庫時間 >						
1-7 時入庫	1.703	152.2	0.781	268.0	0.551	49.0
7-13 時入庫	1.227	160.1	0.576	232.4	-0.185	-28.7
19-25 時入庫	0.224	24.4	0.603	197.4	0.206	21.2
休日かどうか	-0.055	-10.1	-0.012	-7.6	0.052	9.1
log(駐車可能台数)	0.081	24.6	-0.004	-5.1	0.102	32.3
混合比率	0.349		0.280		0.371	

$$\pi_k = \frac{\sum_{n=1}^N \gamma_{nk}}{N} \quad (5)$$

3. 対数尤度計算 対数尤度の減少量が収束基準値を満たしていなければステップ 1 に戻る。

以上の手順によって混合比率とパラメータを求める。

3 駐車時間に影響を与える共変量の分析

分析対象とする駐車時間分布 (図 1) には大きなピークが 2 つ、なだらかなピークが 1 つ存在しているため、短期利用者、中間利用者、および長期利用者が存在しているとし、3 つのワイブル分布を混合した。駐車時間に影響を与える共変量の大きさを分析するため、ワイブル分布の尺度パラメータ λ を式 (6) のように定義し共変量を取り込んだ。

$$\lambda = \exp\left(c + \sum_{k=1}^M \beta_k z_k\right) \quad (6)$$

M , c , β_k , および z_k はパラメータ数、定数項パラメータ、 k 番目のパラメータ、および k 番目のパラメータに対応するデータの値である。表 1 にパラメータの推定結果と t 値を示した。パラメータの推定値が正であれば、駐車時間を長くする作用があるパラメータである。クレジットカード利用、ポイントカード利用、及びクーポン券利用は一時間あたりの料金との交差項を用いた。一時間あたりの料金に関するパラメータの絶対値が小さいのは、200 や 400 といった料金がかけられるためである。全てのパラメータが 1% 有意となっている。最終対数尤度は -3623404 となった。

一時間あたりの料金を見ると長期利用者が最も感度が高く、一時間あたりの料金を高くするほど駐車時間

が他の利用者に比べて大きく減少することが予想される。そのため、もし駐車場が満車になりやすく回転率が悪いならば料金を高くし、打切料金のために利益率の低い長期利用者の駐車時間を減少させるという案が料金改定案の一つとして挙げられる。以上のようにパラメータ推定によって料金改定の指針とすることができる。

4 まとめ

本研究では複数のピークが存在する駐車時間分布を、ワイブル分布を混合することでモデリングした。異なる駐車場利用形態を一つのモデルで表現可能となり、柔軟なモデリングを可能とした。今後の課題としては、ワイブル分布以外の混合や他クラスターでの分析を行い、より詳細な分析を行うことが挙げられる。

謝辞

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

参考文献

- [1] Enoki Yuchi, Kanamori Ryo, and Takayuki Ito. Managing Parking Fees Based on Massive Parking Accounting Data, Vol. 8862 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 1050–1062. Springer International Publishing, December 2014.
- [2] 桑野将司, 藤原章正, 張峻屹, 岡英紀. 複数ピークをもつ分布形状を取り入れた世帯自動車保有期間モデルの開発と政策分析への応用. 都市計画論文集, Vol. 42, pp. 96–96, 2007.
- [3] C.M. ビショップ. パターン認識と機械学習 下 (ベイジアン理論による統計的予測). 丸善出版, 2012.