

ITS を活用した自動車共同利用システムの利用行動の分析*

An Analysis on Members' Usage Behavior of Vehicle Sharing System Using Data Derived by ITS Technology*

山本俊行**・山本直輝***・森川高行****・北村隆一*****

By Toshiyuki YAMAMOTO**・Naoteru YAMAMOTO***・Takayuki MORIKAWA****・Ryuichi KITAMURA*****

1. はじめに

近年の自動車共同利用プロジェクトでは、システムの効率的な運用を目的とした ITS 技術の活用が盛んである。本研究で対象とする京都パブリックカーシステム¹⁾でも、インターネットを通じて入会手続きを行うことで入会手続きに関する人的労力を削減しているのを始め、ウェブ上での利用予約システムを用いることにより、オーバーブッキングを防いだり、車両が不足なくなることを予約システムが管理者に通知することにより、当該デポに事前に車両を回送することも可能となる。また、個々の車両には GPS や通信設備が備え付けられており、車両の現在地や充電状態等をセンターで常に把握することが可能であり、不測の事態にも早急に対応することが可能となる。このように、ITS 技術は共同利用システムの運用効率向上に大きく寄与するものであるが、それに加えて、システム挙動の詳細データを自動的かつ継続的に収集し蓄積することが可能であるという特徴を持つ。本研究では、このように自動的に蓄積されたデータを活用することで、今後の自動車共同利用システムの運営に資することを目的とした分析を行う。すなわち、予約システムや車両管理システムによって収集されたデータを日々のシステム運営に用いることをオンライン的活用ととらえると、本研究での分析はオフライン的活用ととらえることが出来る。

本稿では、インターネットを通じた予約受付により収集される予約データと、車両位置把握のために収集される GPS 車両位置データを用いた分析について報告する。予約データの分析では、需要超過のため予約拒否された場合の予約変更行動の分析により、超過需要の時間分散可能性に関する一般的な知見を得ることを目指す。また、車両位置データの分析では、目的地と地域属性との関係を分析するとともに、タクシーブローカーによる同様のデータと比較分析も行うことにより、新規デポの立地場所に関する知見を得ることを試みる。

2. 予約データに基づく分析

(1) 分析目的

共同利用システムの事業化を考えた場合、申し込まれた予約を全て受け付けられれば最も望ましいものの、これまでの実験結果やシミュレーション結果²⁾でも全ての予約を受け付けることは困難である。一方で、車両不足により予約拒否せざるを得ない予約申込を他の時間や目的地に誘導することが出来ればシステム運営の効率性の向上に寄与することになる。ここでは、京都パブリックカーシステムの運営において予約拒否が多く発生した 2000 年度と 2001 年度の無料時期の予約データを用いて、予約拒否された会員が他の時間帯や目的地への再予約を行うか否かに関する分析を行い、再予約の発生に寄与する要因、および再予約時の出発時刻の変更量に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目指す。ただし、出発時刻の変更量に関する分析については紙面の制約から分析結果の掲載を省略する。

共同利用システムの再予約行動は、より一般的なスケジューリング変更行動の一種と考えられる。よって、本分析で得られる結果は、より一般的な超過需要の時間的分散方策に関する基礎的な知見をも提供すること

*キーワード：自動車保有・利用， ITS

**正員，博(工)，名古屋大学工学研究科土木工学専攻
(名古屋市千種区不老町，TEL:052-789-4636，
E-mail:yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp)

***正員，修(工)，無職

****正員，Ph.D.，名古屋大学環境学研究科都市環境学専攻
(名古屋市千種区不老町，TEL:052-789-3564，
E-mail:morikawa@civil.nagoya-u.ac.jp)

*****正員，Ph.D.，京都大学工学研究科都市社会工学専攻
(京都市左京区吉田本町，TEL: 075-753-5134，
E-mail:rkitamura@term.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

表-1 利用目的別再予約率および再予約時の予約変更内容分布

	観光	業務	試乗	送迎	通院	通学	通勤	買物	その他	合計
再予約率	46%	51%	53%	49%	42%	75%	36%	53%	47%	49%
変更なし	12%	8%	11%		18%		14%	21%	7%	11%
出*	8%	10%	9%	14%	20%		17%	10%	3%	10%
終*	16%	23%	18%	20%	60%	29%	25%	28%	21%	23%
目*	8%	5%	3%	20%			7%	7%	18%	7%
出&終*	33%	37%	53%	20%	20%	43%	26%	28%	30%	33%
出&目*	7%	3%	9%	2%			1%	4%		4%
終&目*	8%	4%	3%	4%			1%	8%	9%	5%
出&終&目*	13%	7%	6%	4%		14%	1%	8%	6%	7%
サンプル数	240	456	64	85	12	16	165	206	62	1306

*: 出は出発時刻，終は終了時刻，目は目的地を表す。

表-2 再予約選択行動モデル

説明変数*	推定値	t 値	説明変数	推定値	t 値
定数項(出)	-1.843	-11.19	買物(終&目)	0.857	1.98
定数項(終)	-1.736	-9.71	年齢(目)	-0.047	-2.63
定数項(目)	-0.808	-1.29	女性(出&終)	0.830	1.99
定数項(出&終)	-1.059	-6.55	利用時間(終)	0.0027	3.29
定数項(出&目)	-8.886	-6.06	利用時間(出&終)	0.0023	3.03
定数項(終&目)	-3.222	-7.64	利用時間(終&目)	-0.0046	-2.13
定数項(出&終&目)	-2.173	-14.25	前日予約(出)	-1.189	-2.42
業務(出&終)	0.326	2.06	前日予約(出&終)	-1.416	-5.97
送迎(出)	0.905	2.04	前日予約(終&目)	0.887	1.91
送迎(目)	1.147	2.54	前日予約(出&終&目)	-1.175	-2.46
通勤(否)	1.956	3.25	当日事前予約(終)	0.080	2.31
通勤(出)	1.864	2.42	当日事前予約(出&終)	-0.148	-3.14
通勤(終)	1.696	2.61	当日事前予約(終&目)	0.235	4.59
通勤(目)	1.761	2.29	出発時刻(出&目)	0.388	4.41
通勤(出&終)	1.504	2.34			
サンプル数					1264
初期尤度					-2628
最終尤度					-1659

*: カッコ内は選択肢を表し，出は出発時刻，終は終了時刻，目は目的地，否は再予約せずを表す

が期待される。

(2) 分析結果

はじめに，利用目的別の再予約率および再予約時の予約変更内容の分布を表-1に示す。表より，通勤では再予約率が低いことが分かる。これは，通勤の自由度が低いことが原因と考えられ，通勤利用をシステムに取り込むためには，2000年度の実験で実施したように，毎日の利用をあらかじめ予約しておくといった方法が不可欠であることを示している。一方で，再予約時の予約変更内容の分布を見ると，出発時刻と終了時刻を同時に変更している割合は試乗，通学，業務の順で多く，これらの活動の時間拘束性が低いことが分かる。ただし，通学はサンプル数が少ないことに注意が必要である。これより，業務は，需要の時間的分散の観点

からも共同利用システムに適した利用目的であることが分かる。

次に，再予約選択行動に影響を及ぼす要因を探るため，出発時刻の変更，終了時刻の変更，目的地の変更，そしてそれらの組み合わせ，それに加えて再予約をしないという選択肢を加え，合計8つの選択肢集合を設定し，再予約行動を離散選択行動と捉えたモデル分析を行った。離散選択行動のモデルには一般的な多項ロジット・モデルを適用した。より高度な離散選択モデルの適用は今後の課題である。

推定結果を表-2に示す。表より，集計分析の結果と同様に，利用目的によって再予約行動が大きく異なることが示された。特に，業務目的の場合，出発時刻と終了時刻を同時に変更する形で再予約する確率が高く

なっており、業務目的トリップの自由度の高さが確認された。一方で、通勤目的トリップは再予約しない確率が最も高くなっており、これも集計分析の結果と一致する。その他、個人属性としては、女性の方が出発時刻と終了時刻を同時に変更する確率が高く、時間的自由度が高いことが示された。

利用時間に関しては、予約して利用を予定していた時間が長いほど終了時刻を変更したり、終了時刻とその他の変更を組み合わせたりする確率が高くなっており、利用時間の短縮によって予約拒否に対応しようとする傾向が伺える。最後に、予約を申し込む時点から実際の利用までの時間では、前日以前に予約拒否された場合の方が当日に予約拒否されるより出発時刻を変更する確率は低いことが示された。当日でも、より事前に予約拒否された場合は終了時刻を変更する確率が高く、出発までの時間が迫っていないほど出発時刻を変更しないという結果となった。反対に、出発間際に予約が拒否されると出発時刻を後ろにずらさざるを得ないということを反映しているものと考えられる。

3. 車両位置データを用いた新規デポ候補地の検討

(1) 分析目的

自動車共同利用システムの効率化に重要な要因として、どこにデポを立地するかという問題がある。会員に対するアンケート調査でも、利用し易い場所にデポを希望する、すなわち、現状のデポ位置に不満のある層は利用頻度が低いという結果が得られている。デポの立地は周辺会員の利用頻度を規定するのみならず、他のデポからの片道トリップの目的地として利用されるという側面もあるため、周辺土地利用が潜在的な優良会員を含むかどうかに加えて、デポ周辺にトリップ目的地となる施設が存在するかという要素も考慮する必要がある。ここでは、2000年度、2001年度の実験で車両管理のためにGPSにより時々刻々と把握していた車両位置データを用いて、トリップ目的地がどのような土地利用属性を持つ地域であるかに関する分析を行う。さらに、事業化時に共同利用へ転換することが期待されるタクシートリップのトリップ目的地についても、名古屋で実施中のプロジェクトで得られたデータに基づいて同様の分析を行い、本実験データとの比較を行う。

表-3 集中トリップ数モデル

説明変数	推定値	t 値
定数項	0.128	0.21
人口総数	0.002	2.35
全産業事業所数	0.003	2.17
サンプル数		500
決定係数		0.237

(2) 共同利用車両位置データの分析結果

本実験で収集された車両位置データは、共同利用車両のうち20台に搭載されていた携帯電話端末の位置情報通信機能によってセンターに収集されたものであり、車両位置が約5分間隔で記録されている。ただし、本実験では、片道利用トリップ等で目的デポに車両を返却してから本来の目的地に赴くケースがあるが、そのような場合には車両位置から目的地を特定することは不可能である。本分析では、5分毎の車両位置データをGIS上にプロットし、各車両の軌跡を線でつなぎ、線をつないだ位置データの前後の2点がそれ以上の連続した点で、前の点の座標と次の点の座標位置が同じである場合に、その座標位置を目的地とした。

共同利用車両トリップの目的地分布図より、京都駅付近やASTEMなど、デポが目的地として多く示されたが、上述のようにこれらは真の目的地とは言えないので注意が必要である。デポ以外の目的地では、京都府庁や市役所などの政府機関や西京極付近、二条城、京都御所などの観光地に集中している様子が伺えた。このような地域は目的地としてのデポの利用が見込まれるため、新規デポの立地候補として検討の余地があると考えられる。

次に、各町丁目への単位面積あたりの集中トリップ数を被説明変数として、地域の人口や世帯数、商業統計、事業所統計との関連を分析するために重回帰モデルを構築した。推定に際しては、町丁目は非常に多いためサンプル数が膨大になり推定の計算負荷が大きいため、乱数により500の町丁目を抽出し、抽出された町丁目を対象としてモデルの推定を行った。推定結果を表-3に示す。観測されたトリップ目的地数が少なかったためか、ほとんど有意な変数が得られなかったものの、人口総数と全産業事業所数が正に有意な値となっており、それらが共同車両のトリップの目的地となることが確認された。より詳細な分析を行うためには、個々のトリップを用いた非集計離散選択モデルを適用した目的地選択モデルの構築が考えられる。

(3) タクシープローブデータの分析

上記の分析では、観測されたトリップ目的地数が少なかったためか、集中トリップ数に影響を及ぼす要因の特定が十分に行えなかった。そこで、事業化時に共同利用へ転換することが期待されるタクシートリップを対象として、同様にトリップ目的地の分析を行うことによって、新規デポの立地場所に関する知見を補足することを試みる。

本分析で用いるタクシーの位置データは、2001年度に名古屋において実施された InternetITS プロジェクトで収集されたデータである。プロジェクトでは、約1,500台のタクシーにGPS車載機を取り付けており、データ項目には、日時・速度・進行方向・加速度・SS、STフラグ・実車、空車フラグなど様々なものがある。データの送信は主に発進・停止時、直前のデータ送信から300m走行時、または550秒経過後などに行われる。このような車両位置データのことをプローブデータと呼ぶ。本プロジェクトの詳細については三輪ら³⁾を参照されたい。

共同車両トリップデータと同様に、タクシートリップの目的地を集計した分布図より、共同利用車両トリップデータと異なり、タクシートリップデータの場合には、全ての目的地が観測されており、また、車両台数も格段に多いため、分布図に示されている目的地数も格段に多くなった。また、名古屋駅、栄地区といった名古屋市の中心的な位置で到着数が多く、郊外へいくほど少なくなっていることが分かった。さらに、幹線道路沿いでトリップ目的地数の多い町丁目も見受けられた。

次に、共同利用車両集中トリップ数モデルと同様に、乱数により抽出した町丁目を対象としてタクシー集中トリップ数を被説明変数とした重回帰モデルを構築した。推定結果を表-4に示す。表より、共同利用車両集中トリップ数モデルと同様に、人口総数、および全産業事業所数が正の値をとっており、タクシートリップにおいてもそれらが目的地となることを示している。さらに、買回り品業種売場面積も有意に正の値をとっており、これらの施設もトリップ目的地となることを示している。反対に、駅から500m以上の地域では、集中トリップが少なく、駅から鉄道に乗るためにタクシーが利用されていることが分かる。これより、今後の共同利用のデポ立地を考える上で、鉄道駅へのデポ

表-4 タクシー集中トリップ数モデル

説明変数	推定値	t値
定数項	-172.4	-15.55
人口総数	0.06	9.82
全産業事業所数	1.102	17.54
買回り品業種売場面積	0.083	20.90
駅から500m以上	-48.8	-3.28
第2次産業男性従業者数	0.122	4.85
サンプル数		1000
決定係数		0.239

立地による鉄道との連携を重視することが重要であることが示唆される。最後に、第2次産業男性従業員数がタクシー集中トリップ数に正の影響を与えていることが示されているが、第2次産業では第3次産業に比べて女性の進出が遅れており、どちらかということ男性が外部との打ち合わせに出席することが多いことがこのような結果をもたらしているのではないかと推測される。

4. おわりに

本稿では、車両共同利用システムの効率化を念頭に、インターネットを通じた予約受付により収集される予約データと、車両位置把握のために収集されるGPS車両位置データを用いた分析を行った。ITS技術によって収集されたデータを用いることで、従来では観測することが困難であった、行動のスケジュール過程に関する分析や地理平面上の詳細な位置データを用いた分析が可能になったが、再予約データには、共同利用システムを利用しない形でスケジュールを変更した場合にどのような変更を行ったかが含まれていない。また、車両位置データには、片道利用でデポに車両を返却した後で本来の目的地に赴く場合の本来の目的地が含まれていない。このように、ITS技術によってデータの詳細度やデータ量は格段に増えたものの、データの不完全性という問題が浮き彫りになった。今後は、SP/RPモデルのように、複数ソースからのデータを統合した分析の必要性が高まることが予想される。

参考文献

- 1) <http://www.ev-kyoto.com/>
- 2) 中山晶一郎、山本俊行、北村隆一：再配車によらない電気自動車の共同利用システムの効率化に関する研究、土木計画学研究・論文集、Vol. 19, pp. 481-487, 2002.
- 3) 三輪富生・森川高行・岡田良之：プローブデータによるOD表の作成と経路選択行動の分析、第1回ITSシンポジウム、pp.591-596, 2002.