

デマンド型乗合タクシーにおけるイールドマネジメント導入による乗合促進の可能性

Possibility of Share-ride Promotion by Introducing Yield Management for Demand Responsive Transport

指導教授 轟 朝 幸

M2016 西 山 翔 太 郎

1. はじめに

近年、人口の減少や少子高齢社会を背景に、地方をはじめ採算が見合わないバス路線が減便・廃止されるなど、日常生活における外出行動には地域格差が生じている。そこで移動需要が少ない地域では、自治体などが運営主体となって、住民の利用予約に応じて運行することが特徴である需要応答（デマンド）型交通（Demand Responsive Transport）の導入事例が増加しつつある。本研究では運行ダイヤおよび運行路線ともに非固定で、予約を受け付けた場合のみ運行する公共交通機関を「デマンド型乗合タクシー」と定義する。

一般的なデマンド型乗合タクシーの乗車方法では、利用者登録と事前予約を行う必要がある。また、運賃は乗用タクシーと比較すると低価格である代わりに、利用者同士の乗合が行われるため移動時間や待ち時間が長くなる場合がある。しかし、実際には複数組が乗合して運行することは少なく、運行中の空席を活用できていないことが問題点として挙げられる。さらに、運行後次の予約時間まで長時間待機する車両があることも問題となっている。

空席を埋める利用促進策としては、航空業界などが先駆けて導入したイールドマネジメント（以下 YM）があり、現在では幅広い業界で利用されている料金施策である。航空業界での YM の導入方法として、空席が見込まれる便では、予約を取り消した際に支払うキャンセル料などの制限が厳しくなる代わりに大幅な割引運賃が適用される。そして、座席が埋まり空席が少なくなった場合、割引幅の小さい運賃や通常運賃（キャンセル料などの制限なし）が適用され、運賃の差別化が図られている。

YM を航空業界以外に適用しようとした研究として、寺部ら¹⁾は、京阪神－福岡間の移動者へのアンケート調査から、新幹線の座席活用のために YM 導入を想定し、交通機関選択モデルを構築した。その後、航空機・新幹線のシェア予測から、割引運賃の導入でシェアが大きく変更することを明らかにした。

しかし、移動需要が比較的少ない地方部におけるデマンド型乗合タクシーでの YM 導入の検討に関する研究は存在しない。

そこで本研究では、デマンド型乗合タクシーの運賃に YM を導入した場合を想定し、交通手段選択モデルを構築する。そして、モデルのパラメータを用いた感度分析から、運賃変動が乗合を促進させるかを見出すことを目的とする。

2. イールドマネジメントの概要

YM は、特に航空、ホテル業界等で普及する収益管理手法である。これらの業界は、設備の供給量に対して需要量が少ない場合、販売されずに余った座席や部屋等は在庫として後日に繰り越すことができないという特徴がある。収益面を考慮しつつ可能な限り販売するために考案された YM は、需要や利用日までの日数に応じて料金を変動させることで、利用者の多様な需要を満足させることが可能である。さらに事業者にとっても座席や部屋の利用率を向上できるため、収益の増大が見込まれる。

デマンド型乗合タクシーにおいても空席や待機車両は、その後に繰り越すことができないことから YM の導入は適していると考えられる。

3. 対象地域の選定と乗合タクシーの現状把握

(1) 対象地域について

本研究では 2013 年 4 月現在において、千葉県内 54 市町村の高齢化率（人口に占める 65 歳以上人口の割合）の平均値と同程度の 27.1%で、デマンド型乗合タクシーを運行する千葉県山武市を対象自治体とする。山武市では交通弱者の日常交通手段を確保するために、基幹バスとともに 2010 年からデマンド型乗合タクシーが運行し始めた。なお、2008 年度のパーソントリップ調査によると、山武市の自宅－市内間の発生集中量の 69%が自動車および二輪車を利用していることがわかっており、移動の大半を私的交通に頼っている地域である。

山武市乗合タクシー（通称：あいのりくん）は、5人乗りのセダン型乗用車（うち運転手1名）で、平日8時（土日祝日は9時）から18時まで運行されており、中学生以上の方は300円で乗車することが可能である。しかし、運行範囲は利用者の居住地域内（山武・成東・松尾の全3地域）の個人が指定した施設、および市役所、さんむ医療センターが地域外の場合はそれら2施設に限定される。

（2）山武市乗合タクシーの現状把握

各利用者、乗降場所などの傾向を把握するために、山武市乗合タクシーの2013年11月の1ヶ月間の運行データを集計する。このデータは予約や乗車を行った日時や車両ごとの動きなどが、それぞれ数値データで記されている。デマンド型乗合タクシーは2013年11月に3820件の利用があり、同乗者も含めた延べ利用者数は4268人に上る。この運行データで、始めの利用者が乗車してから、最後の利用者が降車するまでを「運行数」1回と定義した。この運行数は1ヶ月で2835回行われていた。図-1は、デマンド型乗合タクシーが1回の運行で最高何人乗車したかを示している。これより、乗合タクシーが満員状態である4名の場合は運行数全体の3%である。一方で、1名しか乗車していない割合は65%に上った。

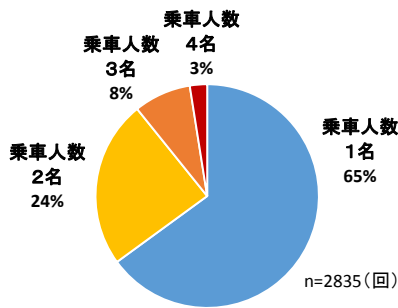


図-1 山武市乗合タクシーの乗車人数割合

次に、デマンド型乗合タクシーの利用者数が増加した場合、乗合が促進されるかを把握するために、2012年5月と2013年11月の運行データを用い、車両ごとの日平均利用者数と、全運行数の中で他の利用者と乗合を行った割合を表す乗合率との関連性を調べた。この算出結果を図-2に示す。乗合タクシーの1台当たりの利用者が増加することにより、乗合率も増加することがわかる。さらに近似曲線の形状より、利用者数が増加するにつれて、乗合率の変化も大きくなる。この結果より、デマンド型乗合タ

クシーの利用者数が増加すれば、乗合率は徐々に高まることが推測される。

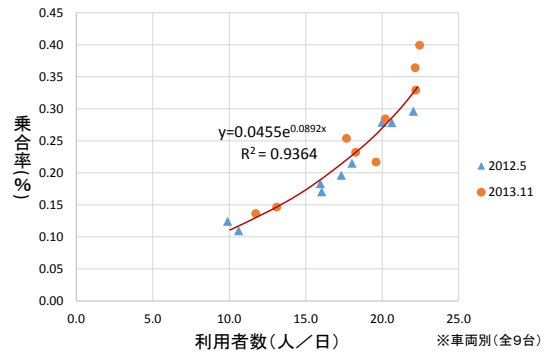


図-2 1台当たりの利用者数と乗合率の推移

4. 対象地域でのアンケート調査

（1）調査概要

本研究では、アンケート調査を対面式インタビュー形式で実施した。その概要を表-1に示す。本アンケート調査の主な目的は、YMの導入によりデマンド型乗合タクシーの運賃が一律制から変動制に移った場合、住民の移動手段に変化が見られるかを把握するためである。調査内容に含む利用意思額とは、YMを導入した場合に予約期限（7日前、3日前、前日までの予約）に応じて、デマンド型乗合タクシーの運賃がいくらまでなら乗車するかという利用意思を、表明選好（SP）法により調査した。また、普段の住民の移動状況も同時に調査し、交通手段選択モデルの説明変数を検討した。

表-1 アンケート調査概要

項目	内容
調査目的	イールドマネジメント導入時の移動手段に変化が見られるかを把握する
調査日時	平成25年12月11日（水）・13日（金）
調査場所	山武市内 JR成東駅 他8箇所
調査対象者	山武市在住の方
配布・回収方法	調査員が用紙に沿ってインタビューする形式
調査内容	①個人属性 ②乗合タクシーの利用実態、運賃感度 ③住民の移動状況（買物、通院、最寄駅、公共施設） ④YM導入時の乗合タクシー利用意思額（7、3、1日前予約）
回収数	172
有効回答数	159（92.4%）

（2）基礎集計

図-3では、乗合タクシー運賃（300円）をどのように考えているのかを「高い」、「適当」、「安い」、「わからない」の4段階で、YM導入時に乗合タクシーを利用、非利用と全体に分けて示している。図-3より、YM導入後に乗合タクシーを利用すると回答したのは34%いた。乗合タクシーの運賃感度は、

300 円を安いと考える方が全体の 36%だった反面、高いと感じる方も 21%に上った。運賃に対する価値観は、回答者により異なることから YM の導入は適していると考えられる。YM 導入時に利用すると回答した方は運賃を高く感じている一方、利用しないと回答した方は、安いと感じていることがわかった。

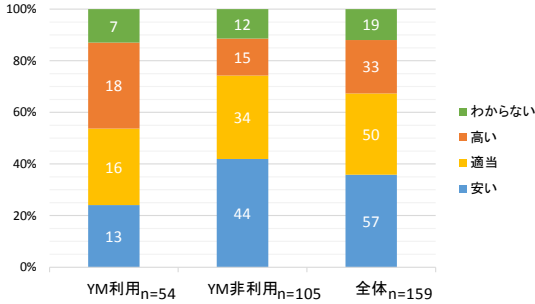


図-3 アンケート回答者の乗合タクシー運賃感度

5. YM 導入時の交通手段選択モデルの構築

(1) 分析手法

乗合タクシーの運賃に YM を導入した場合のアンケート回答者の交通手段の選択要因を把握するために、二項ロジットモデルを用いた交通手段選択モデルを構築した。モデルの基本式を式(1)、(2)に示し、最尤推定法によるパラメータ推定を行った。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\exp(V_i) + \exp(V_j)} \quad (1)$$

$$V_{in} = \theta_1 X_{in1} + \theta_2 X_{in2} + \dots + \theta_k X_{ink} \quad (2)$$

P_{in} : 個人 n が交通手段 i を選択する確率

V_{in} : 交通手段 i から受ける効用確定項

θ_k : k 番目の未知パラメータ

X_{ink} : 交通手段 i の k 番目の説明変数

(2) キャンセル料の想定とパラメータ推定

YM が導入されている業界では、予約を取り消す場合や変更する場合にはキャンセル料・変更料などが発生するが多い。しかし、山武市乗合タクシーは、キャンセル料などは導入していない。そこで本研究ではキャンセル料が「あり」、「なし」の場合を想定し、それぞれモデルを構築した。さらに乗合タクシーの予約期限ごとに構築したモデルのパラメータ推計結果を、キャンセル料が有りの場合を表-2に、なしの場合を表-3に示す。構築したモデルの被説明変数には YM を導入した場合の「乗合タク

シー利用有無」を、説明変数には「7日前、3日前、前日までに予約を行う場合の利用意思額(円)」、「自動車移動時間(分/片道)」、現在の乗合タクシーの運賃を高いと感じている「エクスペンシブダミー」の3種類を用いた。

表-2 パラメータ推計結果 キャンセル料「あり」

	予約期限					
	7日前予約		3日前予約		前日予約	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
自動車移動時間(分/片道)	-0.0596	-2.53	-0.0487	-2.14	-0.0307	-1.40
1日前利用意思額(円)	-	-	-	-	-0.00804	-6.16
3日前利用意思額(円)	-	-	-0.01	-6.42	-	-
7日前利用意思額(円)	-0.0117	-6.48	-	-	-	-
エクスペンシブダミー	1.38	2.43	1.15	2.17	0.852	1.71
サンプル数	159		159		159	
自由度調整済み尤度比的中率	0.539		0.479		0.406	
	0.843		0.843		0.843	

表-3 パラメータ推計結果 キャンセル料「なし」

	予約期限					
	7日前予約		3日前予約		前日予約	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
自動車移動時間(分/片道)	-0.052	-2.33	-0.0425	-2.04	-0.0191	-1.02
1日前利用意思額(円)	-	-	-	-	-0.00493	-5.07
3日前利用意思額(円)	-	-	-0.00711	-5.98	-	-
7日前利用意思額(円)	-0.00824	-6.25	-	-	-	-
エクスペンシブダミー	1.63	3.74	1.52	3.57	1.26	3.08
サンプル数	159		159		159	
自由度調整済み尤度比的中率	0.320		0.269		0.178	
	0.786		0.767		0.742	

表-2、3の前日までに予約を行う場合の自動車移動時間の t 値が-1.40、-1.02 としても有意とは言えないが、7日前、3日前までに予約を行う場合には有意であるため採用した。モデルの適合度を示す自由度調整済み尤度比は 0.2 以上が良好とされており、キャンセル料ありの場合は、いずれも良好だが、キャンセル料なし・前日までの予約の場合に 0.178 であった。的中率は 74~85%で推移している。

キャンセル料ありとなしの場合に共通することは、7日前までや3日前まで、つまり早い時期に予約を行うほど、全パラメータの絶対値が大きい。このことから、割引額が大きくなる早い時期の予約は、乗合タクシー利用に大きく影響することがわかる。

次に、各変数の推定結果について考察する。利用意思額のパラメータは負の値を示している。このため、利用意思額が安くなるほど乗合タクシーを利用する効用が高くなるため、運賃設定が重要であると言える。自動車移動時間は負の値を示しており、移動時間がかかるほど乗合タクシーを利用する傾向にあると言える。これは、目的地までの移動が短時

間であれば、乗合タクシーを利用する必要がないことが一因である。エクスペンシブダミーは、キャンセル料なしの場合の方がパラメータは大きくなり、利用する傾向にある。これは、乗合タクシーの運賃が高いと感じる方は、予約の取り消し時にキャンセル料がかかると、金銭の負担が増えるためだと推察される。また、キャンセル料ありの場合に自動車移動時間と利用意思額の絶対値が大きいことから、キャンセル料がかかるという要因は、交通手段選択に大きな影響を与えることが考えられる。

6. 乗合タクシー運賃及びキャンセル料の感度分析

(1) 事前予約時のみを考慮したシェア予測

YMにより運賃やキャンセル料の有無を変化させた場合、住民は乗合タクシーをどの割合で選択するのかを算出するために感度分析を行う。乗合タクシー運賃は100円から500円まで50円刻みで、その他の変数は、自動車移動時間を15(分/片道)、乗合タクシーが高いと感じている方を設定した。

キャンセル料の有無、予約期限別に見た乗合タクシーの選択確率の散布図を図-4に示す。黒の点線はアンケート調査の回答者のうち、乗合タクシーを月1回以上利用し、かつYMによる事前予約を行うと回答した方の割合(6.9%)である。

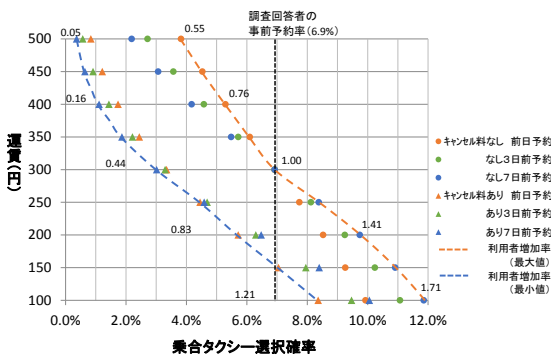


図-4 運賃変動による感度分析(事前予約時のみ)

キャンセル料なしの場合では、乗合タクシーの設定運賃が300円未満の場合、予約期限に関係なく選択確率が7%以上であるため、利用者は増加することがわかる。キャンセル料ありの場合は、選択確率が7%以上となる200円未満の場合、利用者は増加することがわかった。設定運賃を300円以上にした場合は予約期限が早いと選択確率は低く、利用日に近づくにつれ高くなる。これは、山武市では運賃が

300円のため、運賃を高く設定すると、乗車が確実にする時期に予約を行うためだと考えられる。

(2) 事前予約と当日予約を考慮した収益試算

キャンセル料が発生するYMの、乗合タクシー導入を仮定した場合、千人当たりの収益と現状からの人数増加率を、予約期限別に試算したものを表-4に示す。この試算では、予約全体に対する事前予約の割合は感度分析から、当日予約の割合はアンケート調査の回答を基に算出している。また、予約期限に関係なく当日予約の運賃は500円に、事前予約の運賃は表-4の左側の金額とする。

表-4 キャンセル料発生時の千人当たり収益

	運賃	予約期限		
		7日前予約	3日前予約	前日予約
事前予約	500円	50.0 (0.73)	50.0 (0.75)	50.0 (0.76)
	400円	49.2 (0.78)	49.0 (0.80)	48.8 (0.81)
	300円	46.1 (0.89)	45.9 (0.90)	45.8 (0.90)
	200円	39.8 (1.08)	40.0 (1.07)	40.6 (1.04)
	100円	32.2 (1.29)	32.8 (1.25)	34.0 (1.19)

単位: 万円(現状と比較した人数増加率), 当日運賃500円の場合

当日予約の運賃を500円に設定した場合、事前予約が100円と低額であっても千人当たりの収益は増加することがわかった。また、7日前までや3日前までのように、予約期限を早い時期に設定すると、多くの人が事前予約を行うことから、現状の人数よりも増加するが、逆に収益が悪化する。このため、YMの導入の際は、事前・当日予約の運賃と予約期限とのバランスを考えていく必要がある。

7. 研究の成果と今後の課題

本研究では、デマンド型乗合タクシーの空席や待機車両を活用させるため、YMを導入した時の運賃変動から乗合促進の可能性を見出した。運行データと感度分析より、YM導入により利用者が増加するため、乗合促進が可能であると言える。本研究では予約期限に応じたYMを検討したが、今後は需要の多少に応じて運賃を変動させるYMの検討を行うことや、乗合タクシー未導入地域を対象とし、導入可否とともにYMの導入可能性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 寺部慎太郎他：幹線旅客鉄道における収益管理方策の効果試算、土木計画学研究・講演集、2005。