

# DRTにおける空席状況に応じた料金システムの有効性に関する研究

## Study on Effectiveness of Fare System According to Vacancy Seats in DRT

指導教授 轟 朝幸

M8001 伊藤 聡志

### 1. 研究の背景, 目的

近年, 少子高齢化や人口減少により, 地方の中山間地域を中心にバス路線の減便および廃止が著しい。同時に, 移動制約者の増加や中心市街地との交通利便性の格差が深刻化している。これに伴い, 各地の自治体では, 乗合のデマンド交通システム (Demand Responsive Transport, 以下 DRT) の導入事例が増加している。DRT は, 利用時間帯や OD 経路が利用者同士で類似する場合に乗合が行われ, 比較的安い料金で利用できる。しかし, 乗合を前提としているのにも関わらず, 空席が目立つ状況が見受けられ, 輸送効率が悪くなってしまっている。

この対策には, DRT の空席を削減して, 利用促進をしていくことが重要になる。

空席削減を目的とした料金施策の 1 つとしてイールドマネジメント (以下 YM) がある。YM は, 航空業界やホテル業界で一般的に用いられている。需要量や利用日までの残り日数に応じて料金を変動させることで, 座席や部屋の回転率を向上させる施策である。同時に, 利用者にとっても安価に利用できるメリットもある。DRT においても待機車両や空席は, 繰り越すことができない。すなわち, YM のような利用促進を図る施策の検討が必要になる。

本研究では, 千葉県山武市の DRT を対象に, 時間帯別の空席状況に応じた料金システムを提案して利用促進の有効性を検証する。

### 2. 既存研究の整理

#### 2. 1 DRT の利用実態に関する研究

DRT における利用促進に関する研究は多数ある。一例として南ら<sup>1)</sup>は, 新潟県三条市の乗合タクシーを対象として, 見知らぬ人同士の相乗り行為に対する意識を明らかにするために利用者実態調査を実施した。その結果, 運賃の満足度が低い人や通院目的の利用者は割引料金があれば相乗りに肯定的であることなどを明らかにした。

#### 2. 2 地域公共交通の価格弾力性に関する研究

鈴木ら<sup>2)</sup>は, 秋田県秋田市の一般タクシーを対象として, タクシー運賃が割引されることによる外出回数の変化を調べた。その結果, 70 歳以上の高齢者に対してタクシー運賃を 5 割引にすると今までより行けなかった場所に行くことができるなどの効果を示した。

#### 2. 3 収益管理施策に関する研究

川崎ら<sup>3)</sup>は, 千葉県山武市の乗合タクシーに YM の導入を想定し, 交通手段選択モデルを構築し, 利用者と収益への影響を調べた。その結果, 割引額を大きくすると, 乗合タクシーの利用者数の増加が確認された。また, 通常運賃の 300 円を基準にすると, 運賃が 100 円の場合, 利用者数は約 4% 増加することを明らかにした。この結果, 利用促進につながることを示した。

中川ら<sup>4)</sup>は, 優等列車の割引商品選択に関する実態および要因分析を行うため, 鉄道の架空割引商品の購買行動を想定して非集計の商品選択モデルを構築し, 利用の増加可能性を確認した。

#### 2. 4 既存研究における本研究の位置づけ

本研究の先行研究である川崎らの研究では, 予約期限別にどの程度の運賃価格で提供すれば利用促進できるかを検討していた。しかし, 予約期限別の割引料金による需要弾力性から導入可能性を分析しているに留まっている。実際に, DRT の空席は時間帯や走行地域によって異なる。故に時間帯別に料金設定した際の割引料金については今後の課題であった。

そこで本研究では, 川崎らの研究で行われていない時間帯別の空席状況に応じた料金システムによる DRT の利用促進の有効性を検証する。具体的には, 千葉県山武市の DRT の運行データから現状の利用実態を分析する。続いて, 実際の利用状況に応じた利用促進のための料金システムを提案する。そして, 新たな料金システム導入を想定した利用意向調査から, 非集計行動モデルを構築し, DRT の価格弾力性を検証する。この価格弾力性を把握することで, 利用者の増加が見込まれる。また, 今後の全国の DRT における乗合率向上のための施策提案に繋がると考えられる。

#### 2. 5 本研究の流れ

本研究の流れを以下の図-1 に示す。本研究では, 最初に実際の DRT の運行データを用いて現状の利用実態を把握する。続いて, DRT に空席状況に応じた料金システムを導入した場合の選択行動の変化をネスティッドロジット (以下 NL) モデルで分析する。分析に用いるデータは, 対面インタビュー方式による利用意向調査の集計結果を用いる。そして, モデル分析結果から, 感度分析

により利用者および収益の変化を試算する。これにより、空席削減による利用促進が期待できるかを検討する。

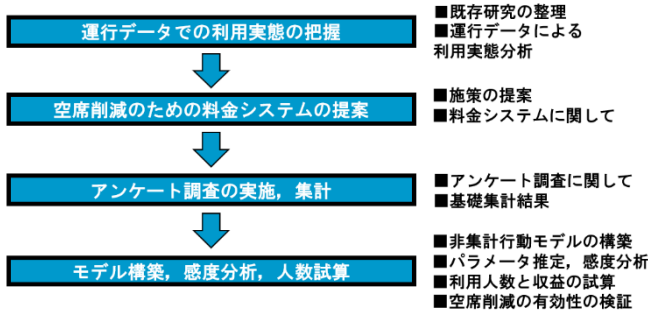


図-1 本研究の流れ

### 3. 山武市 DRT の現状

#### 3.1 研究対象地域

本研究では、DRT を運行している千葉県山武市の DRT を研究対象地域とする。山武市における DRT の運行区域図を図-2 に示す。

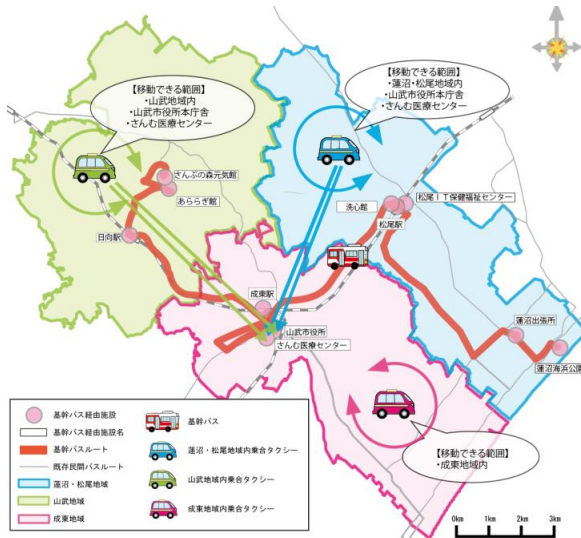


図-2 山武市 DRT の運行区域図 (山武市 HP より)

山武市内を運行する DRT は、5 人乗りのセダン型乗用車 (運転手 1 名) で、9 台体制で運行している。運賃は一律 300 円である。

また、運行時間は、平日 8 時から 18 時まで、土日祝日は 9 時から 18 時までとなっており、毎日運行している。

#### 3.2 山武市における DRT の現状把握

山武市の DRT は、オンデマンド交通システムの「コンビニクル」<sup>5)</sup> を導入している。利用者からの要望を受け、方が一途中で追加の予約が入ってもいいように「ゆとり時間」を設けている。これにより、独自の計算手法で運行時間と経路を自動出力する。本研究では、山武市 DRT の予約および運行実績ログデータを使用し、現在の利用実態の把握を行う。

2018 年 11 月の 1 か月間における DRT の 1 運行における最大乗車人数の割合を以下の図-3 に示す。

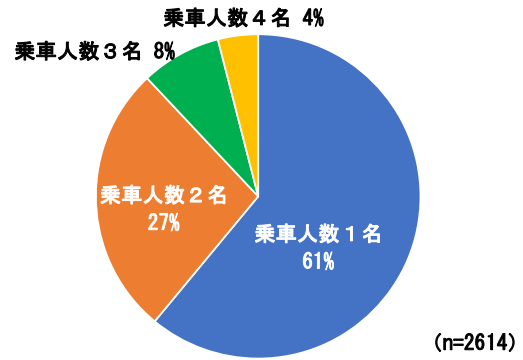


図-3 1 運行での最大乗車人数の割合 (2018.11)

1 ヶ月間における運行回数のうち、最大乗車人数 1 人の割合が約 6 割となっている。この割合は、川崎らが 5 年前に把握した同時期と比較するとほぼ変わらない。つまり、DRT が本来前提としている相乗り運行がなされていない状況が多い。この状況では、空席が多く、本来乗車するはずの利用者を逃してしまっている。

図-4 に乗降地の施設別割合を示す。

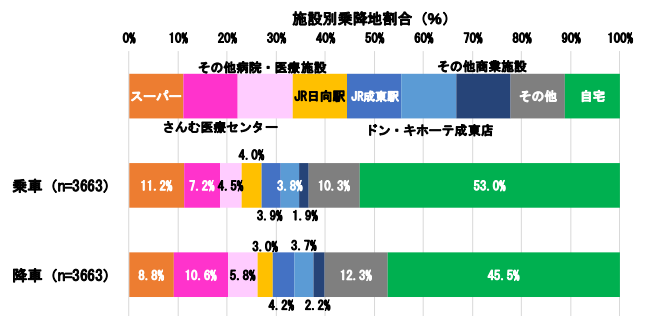


図-4 乗降地の施設別割合 (2018.11)

図-4 より、乗車・降車ともに約 5 割が利用者の自宅で占められている。すなわち、自宅と目的地間でのトリップが多い。

平日の時間帯別運行回数の推移を図-5 に示す。

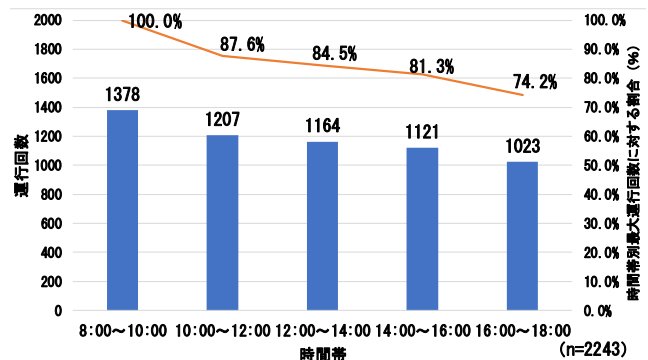


図-5 平日の時間帯別運行回数の分布 (2018.11)

2 時間あたりの運行回数をみると、8:00 から 10:00 の時間帯における運行回数が最大となり、10:00 以降になると運行回数が減少していく。

以上の結果より、実際の利用状況を勘案して、空席に応じた時間帯別料金システムを本研究では提案する。

#### 4. 対面インタビュー式アンケート調査

##### 4.1 アンケート調査のための料金システムの設定

本研究では、アンケート調査を行うに際し、表-1に示した実際の空席状況を勘案した時間帯別に分けた料金システムを提案する。

表-1 アンケート調査のための料金システムの設定

8:00~10:00	通常料金 300円	
10:00~18:00	通常料金 300円	割引料金 (250円~100円)
	キャンセル料 (有り, 無し) 予約変更 (可能, 不可)	

ここでは、比較的利用が多い8時~10時は通常料金で提供し、10時以降は50円刻みで割引料金も複数提示している。また、航空業界の運賃におけるキャンセルと予約変更の条件を盛り込んでいる。

##### 4.2 アンケート調査概要

本研究では、アンケート対象者に表-1の料金システムを提示して対面インタビュー式のアンケート調査を成東地域で実施した。調査の概要を表-2に示す。

表-2 対面アンケート調査の概要

項目	内容
回答者	山武市成東地域における主要施設を利用する方
実施期間	2019年12月11日, 12月12日, 12月18日
調査場所	山武市成東地域における主要施設5カ所で実施
調査内容	・個人属性 ・普段の外出行動の把握 ・料金システムによる運賃提供時の利用意向の把握
回収部数	198
有効回答数	181 (91.4%)

##### 4.3 基礎集計結果

一例として図-6、および図-7に買い物目的における時間帯の選択と料金番号の選択割合を示した基礎集計結果を掲載する。

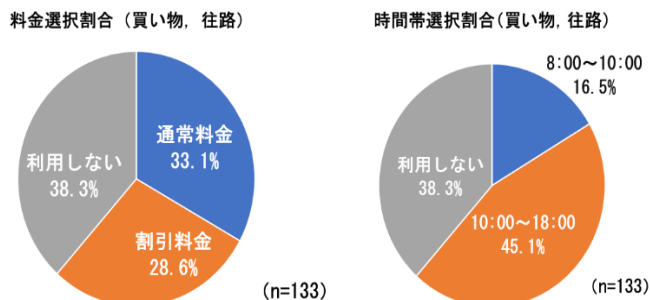


図-6 基礎集計結果 (買い物, 往路)

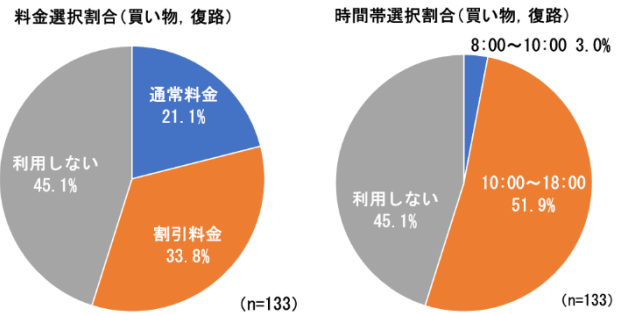


図-7 基礎集計結果 (買い物, 復路)

基礎集計結果より、往路に関しては、通常料金の選択率のうち、約半数が8:00から10:00の時間帯を選択することが分かる。また、復路に関しては、10:00以降に提供される割引料金の選択率が増加した。以上より、時間帯と割引料金の選択結果が運賃弾力に影響する可能性があるとし、モデル構築によって選択行動を定量化する。

##### 4.4 モデルの概要

DRTに空席状況に応じた料金システムを導入した場合の選択行動の変化をNLモデルで分析する。

回答者はDRTの利用をいつの時間帯に希望し、その時にどの料金を選択するかを考えることから、NLモデルを適用する。

NLモデルのツリー図を図-8に示す。

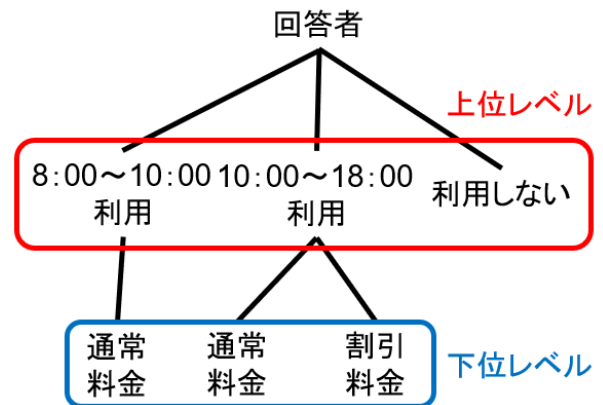


図-8 NLモデルのツリー図

また、NLモデルの式を(1)、(2)に示す。

$$P(m|p) = \frac{\exp(V_p + V_m)}{\sum_m \exp(V_p + V_m)} \quad (1)$$

$$V_m = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki} \quad (2)$$

$P_{(m|p)}$ :  $p$ を与件とする場合の $m$ の条件付き確率

$V_m$ : 選択肢 $m$ の選択による効用(上位レベル)

$V_p$ : 選択肢 $p$ の選択による効用(下位レベル)

$\beta_k$ :  $k$ 番目の変数パラメータ

$Z_{ki}$ : 説明変数

##### 4.5 パラメータ推定結果

NLモデルによるパラメータ推定結果を全利用目的のサンプルを対象とした場合の結果を表-3に示す。

表-3 パラメータ推定結果 (全サンプル)

説明変数	推定結果	
	パラメータ	t値
料金	-0.00387	-4.63
予約変更ダミー	0.897	1.99
キャンセルダミー	16.1	0.13
休日利用ダミー	-1.08	-5.62
免許保有ダミー	0.972	4.99
成東地域ダミー	-0.504	-2.08
買い物利用ダミー	0.468	3.76
通院ダミー	0.309	1.41
初期対数尤度	-867.820	
最終対数尤度	-536.544	
AIC	1089.09	
尤度比	0.382	
自由度調整済み尤度比	0.370	
的中率	62.9%	
サンプルサイズ	626	

推定結果より、尤度比が 0.382 となり、モデルの適合度としては良好な結果となった。変数に関しては、料金に関する変数の符号が負に作用しており、安い料金ほど選択される傾向を示した。その他の符号結果からは、成東地域以外に在住しており、予約変更が可能で、買い物でよく利用する人が選択されやすい傾向を示した。

### 5. 感度分析

料金システム導入時における価格弾力を検証するため、パラメータ推定結果から感度分析を行う。ここでは、空席が多いと想定して割引料金を設定し、割引料金を選択した場合の確率を 100 円から 300 円の範囲で料金変動させる。その場合の分析結果を示す。

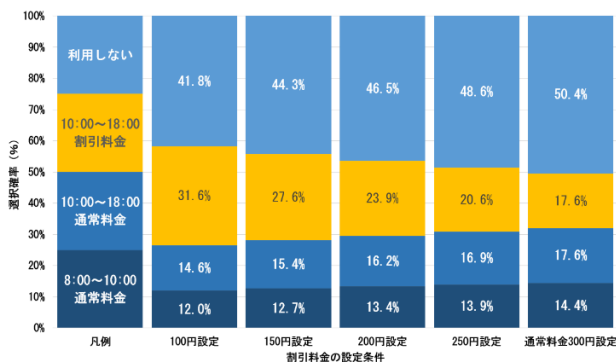


図-9 感度分析結果 (全サンプル)

感度分析結果より、割引料金を 100 円まで引き下げると、割引料金の選択率が增加することが分かった。同時に、通常料金を選択する確率が約 5.4%減少し、DRT を利用しない確率についても 8.6%減少することが分かった。さらに、朝 8:00 から 10:00 における通常料金の選択率が約 2.4%減少し、割引料金が提供される 10 時以降に時間帯を移行する可能性が見られた。以上の結果より、料金システム適用である一定の潜在需要の掘り起こしと空席削減が期待できると考えられる。

### 6. 利用人数と収益の試算

感度分析結果より、利用人数と収益の試算を行う。ここでの割引料金というのは、表-2 に示した 10:00~18:00 の割引料金の部分に相当する。一律に料金を変動させ、運行データの利用人数の結果に感度分析から算出した確率を乗じて試算を行う。図-10 に試算結果を示す。

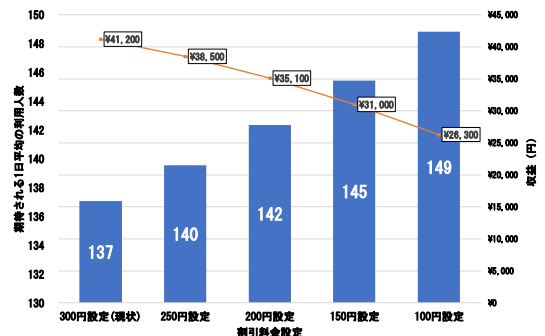


図-10 試算結果 (2018.11)

図-10 より、収益に関しては割引料金を一律 100 円まで設定すると、現状の 300 円の時より減少する結果になった。しかし、期待される 1 日の利用人数が 300 円に設定した時より約 12 人増える。すなわち、1 日最大で約 12 席の空席削減に繋がる。ただし、一律に設定すると収益が悪化する懸念があるので、料金システム適用には時間帯と料金のバランスが重要になると考えられる。

以上より、本研究の料金システムによって、DRT の空席削減の可能性を見出すことができた。

### 7. 結論と今後の課題

本研究では、千葉県山武市の DRT を対象として、空席状況に応じた料金システムの有効性を検証した。その結果、提案した料金システムによって、適合度が良い選択行動モデルの構築ができた。また、割引提供の時間帯への移行可能性や、空席削減のための利用促進の可能性を示すことができた。

今後の課題としては、地域外運行を考慮した料金システムを検討することが挙げられる。

#### 参考文献

- 1) 南亮太郎, 佐野可寸志, 西内裕品: 三条市乗合タクシーの相乗り意識に着目した利用者実態, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, No.5, pp.1\_743-1\_750, 2016.
- 2) 鈴木雄, 日野智, 前田悠抄: タクシー運賃の割引率が高齢者の外出行動へ与える影響に関する研究: 都市計画論文集, Vol.52, No.3, pp.795-801, 2017.
- 3) 川崎智也, 轟朝幸, 西山翔太郎: デマンド型乗合タクシーのイールドマネジメント導入の影響, 交通工学論文集・特集号 A, Vol.1, pp.149-157, 2015.2.
- 4) 中川吾吾, 鈴木崇正, 尾崎尚也, 深澤紀子: 優等電車の割引商品選択に関する実態および要因分析, 鉄道総研報告, Vol.32, No.12, pp.41-46, 2018.
- 5) 順風路株式会社: オンデマンド交通「コンビニクル」のご紹介, <http://www.jpz.co.jp/act.html> (2020.2.1 参照)