

## 1.はじめに

本研究では、よりフレキシブルな運行でかつ低コストなDRT（Demand Responsive Transport, 需要応答型公共交通）の、運行形態と地域条件の相関を明らかにするため、DRT導入事例の地域・運行形態の整理と評価、成立可能性に関する考察と、DRTの計画導入に資する運行計画モデルの構築を行う。

## 2.導入事例からみたDRTの成立可能性に関する分析

日本における導入事例の整理を通してDRTの運行内容、地域特性およびその評価の関係について論じる。

### 2.1.DRTに関する情報収集

現在日本に導入されているDRTを論文およびインターネット検索により探した結果70の導入事例があり、それらについて、導入地域、導入内容、運行、現状の運行に対する結果の情報を収集した。

### 2.2.DRT運行形態の分類

運行形態を表す要素を路線・ダイヤ・バス停の3つとし、それらの自由度によりDRTの運行形態を表現した。

### 2.3.DRT運行特性

現在DRTが導入されている地域を図2.1に表す。過疎地域および人口密度の高い都市域にも導入事例はいくつかあるものの、その中間に当たる地域において比較的多く導入されている様子が見てとれる。これは過疎地域においては自家用車による生活が主流となるであろうこと、都市域においては路線バスの採算が取れやすいため、DRTの導入には至らないことなどが理由として考えられる。また、車両台数としては概ね3、4台で1台平均15便ほどの運行がなされている。運行形態としてはタクシーに近い性質を持つDRTが多く、締切時間はほとんどの例が30分、料金も200円ないしは300円であった。

### 2.4.DRT評価

利用者、DRT運行事業者、DRT運営主体の3つの視点から評価指標を提案し、DRTの評価を行う。利用者の視点からの評価として路線、ダイヤ、バス停、料金、運行回数の5項目について5段階評価を

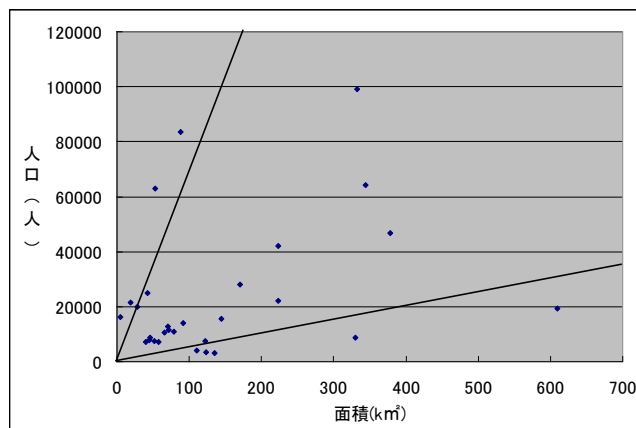


図 2-1 DRT導入事例地域の面積と人口

行い、サービスレベル評価として5つの要素からなる総合評価を行った。運行事業者の評価（利用数と運行コスト）としては、かけた総費用とサービスレベル、サービスレベルに対する利用者という視点から5段階評価を行った。運営主体の評価（DRT利用率と補助金）としては経営の健全さとしてコストに対する補助金の割合、地域に対する便益としてDRT利用率についてそれぞれ5段階評価を行った。

### 2.5.DRT総合評価

DRT総合評価として、先にあげた5つの評価をひとまとめにしてレーダーチャートにして表したものの一つを図2.2に表す。この図では、コストはかかっているが他の水準は全て高く、この地域に対しては十分な成果を出しているといえるだろう。

### 2.6.地域条件と運行形態について

人口、人口密度、高齢化率の3要素で地域を表し、

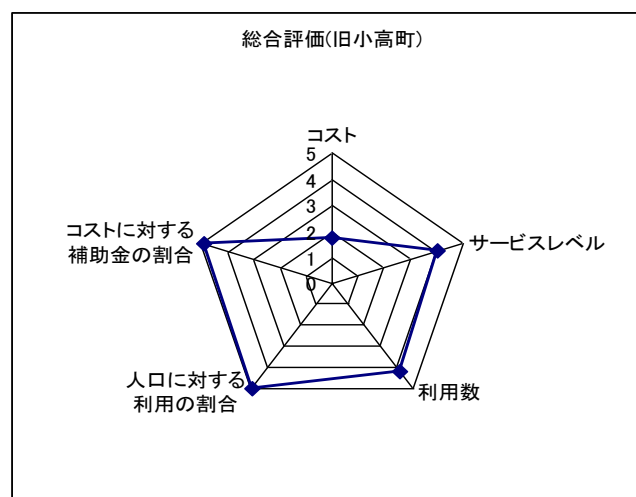


図 2-2 総合評価の例（旧小高町）

地域と導入事例の評価を比較し、DRT が向いている地域の傾向を探った。その結果、過疎地よりは大きな人口を有し、かつ高齢者比率が高い地域で DRT 成立可能性が高いことが知見として得られた。

### 3.DRT 設計計画のための最適運行計画決定モデル

#### 3.1.モデル化に際しての前提条件

DRT では路線バスと比べて路線、ダイヤについて短期的な運行設計が可能であること、また利用数が少ないため確率的な議論が不可能なことから需要一人一人に着目した議論が必要である。そこで利用者の機関選択を考慮した運行決定モデルを構築する。利用者は最小一般化費用経路を選択し、乗客集中による混雑によって費用は増加しないとし、利用者行動としては総走行時間最小化問題とした。本研究では短期的な視点から最もコスト効率性の高い運行計画を策定するとして、以下のように定式化する。

$$Z_1 = \min_{\mathbf{v}} (\mathbf{r}^t \cdot \mathbf{v} - \mathbf{f}^t \cdot \mathbf{y}^*(\mathbf{v}))$$

subject to

$$\Theta \cdot \mathbf{v} = \mathbf{1}_{|I|}$$

$$\mathbf{v} = \{0,1\}$$

$$\mathbf{y}^*(\mathbf{v}) = \arg \min_{\mathbf{y}} ((\mathbf{t} + \mathbf{f})^t \cdot \mathbf{y})$$

subject to

$$\Gamma \cdot \mathbf{y} - \text{diag}(\Pi \cdot \mathbf{s}) \cdot \Delta \cdot \mathbf{v} \leq \mathbf{0}$$

$$\Phi^t \cdot \mathbf{y} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{y} = \{0,1,\dots,\Phi \cdot \mathbf{0}\}$$

下位問題として利用者の総走行時間最小化を考え、上位問題で車両の保存則を制約条件としてコスト効率性を最大化する。下位問題のキューンタッカー条件を考えることでこの問題は混合整数線形計画問題として定式化可能となる。

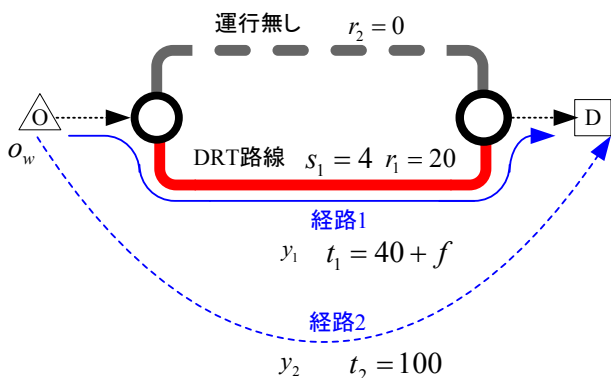


図 3-1 モデルネットワーク

DRT利用者数 (人)	料金 (分相当)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0
4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
5	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
6	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
7	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
8	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
9	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
10	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0

DRT車両容量=4(人)

DRT運行コスト=20(相当分)      DRT非利用経路のコスト=60(相当分)

図 3-2 動作検証の計算結果

#### 3.2.DRT 最適運行計画モデルの動作検証

図 3-1 に示すようなネットワークで、需要と料金を変化させて最適解の変化を検証する。

まず、運賃収入が運行コストを上回らない状況においては、利用者は利用したいとしても運行が行われない状況となる。もしそれでも運行を行う必要があるというのであれば、定式化における  $\mathbf{r}$  を減らす必要があり、それが補助金にあたるのではという議論が可能である。

次に料金が 70 (分相当) 以上のケースにおいては、DRT は運行されず利用者は DRT を使わない。これは DRT を用いた場合コストは  $40+f$ 、用いない場合のコストは 100 であるため、設定された料金  $f$  が 70 (分相当) 以上であれば DRT がもはや魅力的でないためである。利用需要が見込めないため、当然 DRT は運行されない。

また、DRT 車両定員である 4 人以上は乗車できない。需要が 5 以上の場合は、定員が 4 であるため DRT に乗る人数は変わらず、DRT に乗れなかった利用者はやむを得ずコストの高い選択肢を選んでいくことになる。このような状況は、事業者にとっては乗りうる乗客を失っており車両台数の増加を考慮すべき状況といえる。

#### 4.まとめ

本研究の成果として、導入事例からみた DRT の成立可能性に関する分析により、過疎地よりは大きな人口を有し、かつ高齢者比率が高い地域で DRT 成立可能性が高いことが知見として得られた。また、事業者の採算性や補助金、あるいは自動車の代替交通といった DRT についての議論を可能とする最適運行計画モデルを構築し、その動作検証を行った。