

運行記録を用いた 利用者の行動特性がDRTシステムの 運行効率に及ぼす影響分析 —茨城県阿見町をケーススタディとして—

塩濱 慶之¹・山田 稔²

¹学生会員 茨城大学大学院 理工学研究科都市システム工学専攻
(〒316-8511 茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)

E-mail:12nm812y@hcs.ibaraki.ac.jp

²正会員 茨城大学 工学部都市システム工学科 (316-8511 茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)

E-mail:yamada@mx.ibaraki.ac.jp

近年地方部においてDRTを導入する事例が増えている。DRTは予約により起終点・路線・時刻表などを設定するため、需要の状況により乗車時間や予約の取りやすさなどが変化する。そのため、DRTを運行する際は運行予約の処理能力を評価すること、地域ごとの需要の違いを把握することが必要となる。

本稿は、茨城県阿見町において実際のDRT運行により蓄積された運行記録を用いて、DRTの実際の運行予約の処理状況を評価する指標を示す。また、運行記録から得た運行実態を基に地域の需要特性を把握し、需要特性が運行に与えている影響を示す。これにより、DRT導入後の利用者のニーズ変化を継続的に捉えて運行改善を行うための指標について検討を行う。

Key Words : DRT(Demand Responsive Transport), logging data, operational efficiency, travel behavior

1. はじめに

近年地方部では、人口減少等により路線バスの利用者が減少し、バス事業者は廃止や運行本数の削減を行っている。そのため、日ごろ路線バスを利用する非免許保有者、障害者、高齢者などに対する移動手段の確保が必要とされている。このような状況の地域における公共交通として、全国でDRT(Demand Responsive Transport)を導入する事例が増えている。DRTは、起終点・路線・時刻表などの、一部あるいはすべてを予約により設定できるなどの、様々な運行形態がある乗合型の移動サービスのことである。予約により設定するため需要の状況により、乗車時間や予約の取りやすさなどが変化する。そのため、DRTを運行する際は運行予約の処理能力を評価すること、地域ごとの需要の違いを把握すること、運行実態に適した運行形態を検討することが必要となる。

一方、DRTを運行すると予約を伴うため「誰が・いつ・どこからどこまで移動したのか」といった利用者の利用実態を記録した運行記録が蓄積される。その情報から予約の成立状況や運行地域の需要特性を知ることがで

きると考えられる。既存研究では、仮想の都市や均一の需要を仮定して地理的条件や需要量の変化によるサービスの変化に着目した研究がなされている。DRTの導入計画やDRTの導入によるコストの削減効果や導入事例、運行実態をまとめたものもみられる。竹内ら¹⁾はシミュレーションにより地理的条件や需要の変化による乗車時間やコストの変化を分析している。林ら²⁾はシミュレーションにより運行形態のタイプ別で利用者と事業者の両側から比較検討を行い評価を行っている。長谷川ら³⁾はDRTを導入している地域の特徴を把握し、都市規模や需要密度の違いにより各交通手段の有利領域を明らかにしている。運行記録に関するものとしては、坪内ら⁴⁾は実証運行により得た運行記録を用いて地域の交通分担シミュレータの開発を行っているものなどがある。

しかし、DRTの実際の運行の状況の評価しているもの、また実際の運行状況を基に地域の特徴が運行に与える影響を示したものは少ない。さらに、DRT導入後の利用者のニーズ変化を継続的に捉えて運行改善していくことも重要である。そこで本研究では、実際の運行により得た運行記録を用いて運行予約の処理能力を評価する。また、

運行記録から得た運行実態を基に地域の需要特性を把握し、需要特性が運行に与える影響を示す。

2. 対象地の概要

本研究の対象地である茨城県阿見町は県の南部に位置し、北部は霞ヶ浦に面しその周りを土浦市、牛久市、稲敷市、美浦村に囲まれている。町内には鉄道が通っておらず、隣接する土浦市の荒川沖駅、土浦駅を最寄駅としている。東西 11km、南北 9km、総面積 71.39km²で県内では 32 番目の広さである。人口は約 47,000 人、高齢化率は 21.08% で古くからの住民の高齢化が進んでいる一方、新しい住宅地の入居も続いていて、人口は横ばいになっている⁹⁾。

図-1に阿見町の全域と主な路線バス路線の経路を示す。町内の商業施設や病院が集まっている中心部とは土浦市の土浦駅または荒川沖駅とが路線バスで結ばれている(図-1中のオレンジと青)。また町の北側は土浦駅と結ばれている(図-1中の紫と緑)。しかし運行されている地域は中心部から北部地域に偏っており、その他の地域の路線バスは1日の運行本数が3本以下と少なく、交通空白地域となっている。

3. 調査対象のDRTの概要と運行記録について

阿見町では、2011年2月1日よりワゴン型の車両2台でDRTの運行を開始した。阿見町のDRTは起終点や時刻表は設定されておらず、事前に予約システムに登録された利用者の自宅や施設などの乗降場所を任意の予約により運行している。予約は予約センターへの電話で行い、予定乗車時刻を設定し成立する。その際、後から入る他の予約により運行に影響がでないように、目的地までの移動に要する時間(以下運行時間と記述)にゆとり時間を加えて設定する。本研究で用いた運行記録の概要を表-1に示す。予約が成立した件数を全ての予約件数で割った予約成立率は90.5%と高い値となっている。実際に運行した予約件数は予約が成立した件数からキャンセルされた予約を除いた件数である。また、今回用いた運行記録に記録されている時刻はそれぞれの予約が成立した時点のものであり、実際に運行する時は予約が成立後に入った他の予約によりズレが生じる。そのため今回は乗車中の人数が0人の状態である乗車場所から乗車中の人数が0人となった降車場所の次の乗車場所の出発時刻で区切りその間の時間を求めることで運行時間、ゆとり時間、遊休時間の合計である予定運行時間を求めた。さらに、運行記録に記録された時刻順に並べた乗降場所で乗降場所間の運行時間を合計して実際の運行時間を求めた。乗車場所間の運行時間は予約システムが運行経路を計算する際

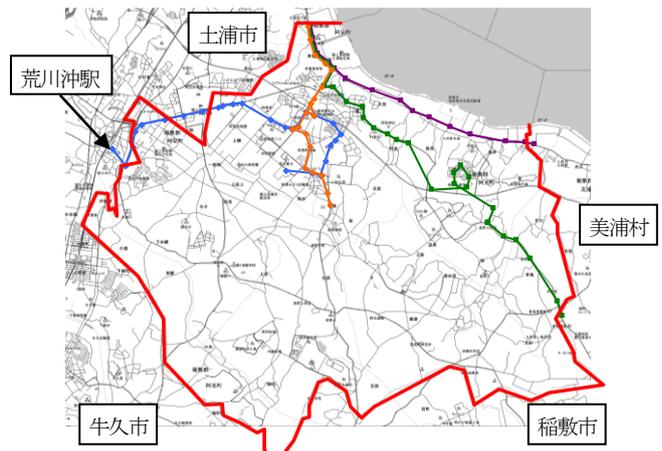


図-1 阿見町の全域とバス路線の経路⁹⁾

表-1 本研究で用いる運行記録の概要

使用データ期間	2011年2月1日～2012年1月31日
営業運行時間	平日(月～金)8:00～17:00
使用データ日数	1号車:241日 2号車:241日
登録者数	1289人(男性:426人 女性:863人)
登録世帯数	810世帯
全ての予約件数	10581件
予約が成立した件数	9573件
予約成立率	90.5%
実際に運行した予約件数	7871件

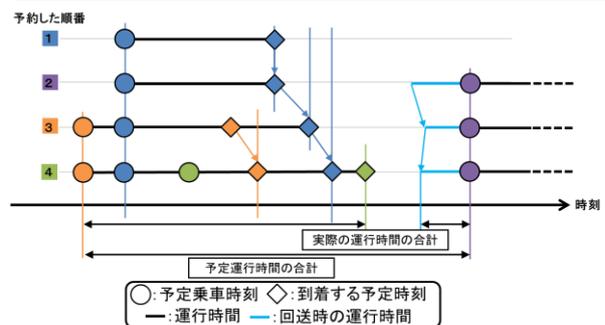


図-2 運行する時刻の決定の流れと求めた値の範囲

に用いるためにすべての乗降場所間を直行した場合のものが既に求められておりこれを用いた。予約システムが時刻を決定する流れと求めた値の範囲を図-2に示す。

4. 運行予約の処理状況について

(1) 運行予約の処理状況を評価する指標について

運行予約の処理状況を評価する指標として運行率と輸送効率を用いた。運行率は予定運行時間のうち実際の運行時間の割合を表したものである(式(a))。

$$\text{運行率(\%)} = \frac{\text{実際の運行時間の合計}}{\text{予定運行時間の合計}} \times 100 \dots \text{式(a)}$$

輸送効率は利用者が希望する乗降場所間の最短経路に関する所要時間の合計を、予約を乗合いを行い運行し乗車人数が0人での運行時間(回送時間)を含んでいる実際の運行時間の合計で除算したものである(式(b))。

$$\text{輸送効率} = \frac{\text{利用者が希望する乗降場所間の最短経路に関する所要時間の合計}}{\text{実際の運行時間の合計}} \dots \text{式(b)}$$

また、輸送効率の概念図を図-3に示す。

利用者が多い場合の運行予約の処理能力をみるため、年間平均で利用者が最も多い9時台(以下ピーク時間と表記する)のみについて分析した。対象日数は表-1のデータから9時台に利用がなかった日を除く1号車217日、2号車214日の延べ431日を対象とした。

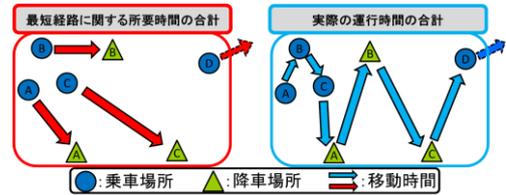


図-3 輸送効率の概念図

(2) 阿見町における運行率の結果

阿見町における運行率の頻度分布を図-4に示す。運行率が81~100%の日も見られるが、運行率は61~80%の間にも多く分布している。この理由として、このシステムは予約成立時に順次、予定乗車時刻を約束してしまうため、ある程度予約が埋まってくると、比較的小さな遊休時間が生まれてしまう可能性がある。ゆとり時間と遊休時間を合わせたものが次に申込みれた運行希望のために必要な時間よりも小さい場合には、これらの時間は活用できないまま残ってしまうことになる。このような予約が納まらないほどの大きさに分かれていることが考えられる。すなわち、予約が取りづらい状態であると言える。

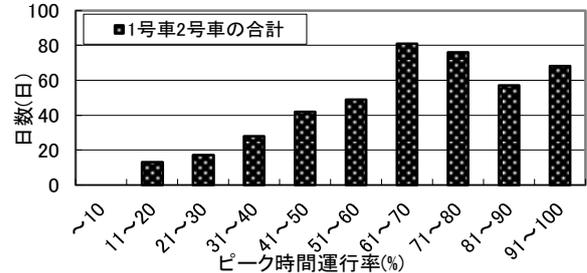


図-4 ピーク時間運行率頻度分布 (N=431)

(3) 阿見町における輸送効率の結果

阿見町における輸送効率の頻度分布を図-5に示す。乗合比が0.5の前後に多く分布した。乗合比が0.5というのは予約ごとに乗降場所間を直接移動するのに要する時間の合計に対して乗合いを行い乗車人数が0人の時の移動に要する時間を含めた時間が2倍になっていることを意味する。これより、現時点では乗合いがあまりできておらず予約ごとに移送していることが言える。

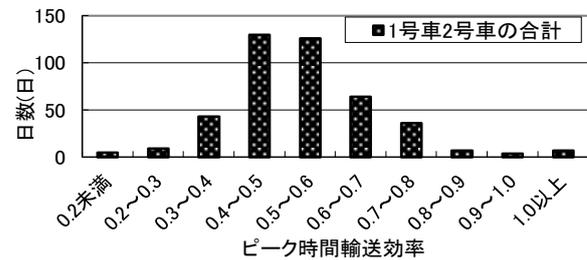


図-5 ピーク時間輸送効率の頻度分布 (N=431)

5. 阿見町の需要特性の影響について

町内には地区によって需要に偏りがあり、それが運行にどのように影響しているかを明らかにする。ここでは既存の地域コミュニティに基づいて4つの地区に分け、地区間のODトリップを求めた。4つの地区の位置を図-6、それぞれの地区の特徴を表-2、地区別のODトリップを表-3に示す。

中央地区と西部地区は地区内の移動やこの2地区間での移動が多くみられる。また東部地区と南部地区は中央地区と西部地区との移動が多くみられる。これは中央地区や西部地区に目的地となる病院や商業施設が多いことや人口が密集しているためと考えられる。逆に、東部地区や南部地区への移動は目的地となる施設が少ないためあまり見られない。

次に地区の需要の偏りが運行に与える影響を分析するため、ピーク時間における乗降場所立寄回数(トリップエンド数)を地区別に分け、それが移動に要する時間に与える影響を重回帰分析により求めた。今回は目的変数



図-6 阿見町の4つの地区の位置⁷⁾

表-2 阿見町の地区

	地区の特徴	人口(人)
中央地区	町の中心で病院・商業施設など外出の目的となる施設が集まっている。	24492
西部地区	田畑も見られるが居住地も立地し、外出の目的地となる商業施設や町外にある最寄り駅に近い地区である。	13997
東部地区	一部に住宅団地があるが残りは工業団地や田畑が広がる。	6468
南部地区	工業団地があり数ヶ所集落もあるがほとんど田畑の地区である。	1824

表-3 地区別ODトリップ

		降車地区				合計
		中央地区	西部地区	東部地区	南部地区	
乗車地区	中央地区	2643	1015	527	379	4564
	西部地区	1106	793	20	26	1945
	東部地区	763	21	12	3	799
	南部地区	413	148	0	2	563
合計		4925	1977	559	410	7871

を輸送効率を求める際に用いた2つの値をそれぞれ用いた。重回帰分析の検討した結果を表-4、表-5、検討したモデル式を以下に示す。

モデル式： $Y_k = \beta_{0k} + \beta_{1k} X_1 + \beta_{2k} X_2 + \beta_{3k} X_3 + \beta_{4k} X_4$
 X_1 ：中央地区乗降場所立寄数 X_2 ：西部地区乗降場所立寄数
 X_3 ：東部地区乗降場所立寄数 X_4 ：南部地区乗降場所立寄数
 Y_1 ：利用者の希望する乗車場所間の最短経路に関する所要時間の合計(s)
 Y_2 ：実際の運行時間の合計(s) $\beta_{1k} \sim \beta_{4k}$ ：係数 β_{0k} ：定数

表-4の利用者の希望する乗降場所間の最短経路に関する所要時間の合計(Y_1)を目的変数にした場合は南部地区の係数 β_{41} の値が最も大きくなった。これは南部地区の居住者は目的地まで時間のかかる利用が多いことを示している。南部地区は地区内に目的地となる施設がなく他の地区へ向かう移動が多いため、値が大きくなったと言える。逆に中央地区の係数 β_{11} の値が小さくなったのは地区内に目的地が多く地区内移動が多いことを示しているものと考えられる。

表-5の実際の運行時間(Y_2)を目的変数にした場合も、南部地区の係数 β_{42} の値が大きくなった。これは南部地区の乗降場所に立ち寄ると実際の運行時間が他の地区より長くなることを示している。これは先と同様に南部地区居住者は目的地が遠いということに加えて、居住地は分散し、利用者も少ないため乗合が生じる可能性が低い状況が考えられる。一方、中央地区の係数 β_{12} の値が最も小さくなった。

さらに地区ごとの偏回帰係数で除算(つまり β_{j1}/β_{j2})をすることで式(b)(つまり Y_1/Y_2)の輸送効率を地区別で求めた。その結果を表-6に示す。その結果、東部地区の値が最も大きく、西部地区や南部地区の値も大きい。逆に中央地区の値が小さい。これは、中央地区の乗降場所に1回立寄るのにかかる時間が小さいので、乗合いをせずに降車し次の乗降場所に移動する傾向が強いのに対して、その他の地区はこれに比較して乗合いが生じやすいためと考えられる。あるいは、中央地区以外の地区は1回立寄るのに時間を要するため、予約申込みが遅くなると、すでに同じ地区の予約が入っているところに乗合いをする形以外の予約が取りづらくなっているのではないかと考えられる。

表-4 $Y_1 \times$ 地区別乗降場所立寄数 回帰統計

	偏回帰係数 β_{j1}	標準誤差	t	p
(定数)	-283.4	47.97	-5.908**	0.000
中央地区	200.1	6.447	31.03**	0.000
西部地区	377.6	14.01	26.95**	0.000
東部地区	382.5	20.87	18.33**	0.000
南部地区	449.4	21.62	20.79**	0.000

**：5%有意

表-5 $Y_2 \times$ 地区別乗降場所立寄数 回帰統計

	偏回帰係数 β_{j2}	標準誤差	t	P
(定数)	-293.5	87.35	-3.360**	0.001
中央地区	405.4	11.74	34.53**	0.000
西部地区	606.8	25.51	23.79**	0.000
東部地区	596.4	38.00	15.70**	0.000
南部地区	727.0	39.37	18.47**	0.000

**：5%有意

表-6 地区別の係数で除算した結果

	β_{j1}/β_{j2}
中央地区	0.49
西部地区	0.62
東部地区	0.64
南部地区	0.62

6. まとめ

本研究では、運行記録を用いて運行率と輸送効率により運行予約の処理能力を評価を行った。それにより、予約が取りづらい時間帯が生じていることや、ピーク時間でも乗合いの比率がさほど高くないことを明らかにした。また、地域の需要特性を把握することが可能であること、また地域ごとに運行効率に及ぼす影響の分析に活用できることを示した。

参考文献

- 1) 竹内龍介, 大蔵泉, 中村文彦「運行特性を踏まえたDRTシステムのコスト分析に関する研究」土木計画学研究論文集, Vol.20, No.3, pp.637-645,2003
- 2) 林光伸, 湯沢昭「デマンドバス導入のための需要予測と運行形態の評価に関する一考察」都市計画論文集, No.41-3, pp.55-60,2006
- 3) 長谷川大輔, 鈴木勉「都市規模・密度に着目したデマンド型交通成立条件に関する理論的考察」都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.817-822,2011
- 4) 坪内孝太, 大和裕幸, 稗方和夫「オンデマンドバスのログデータを用いた交通分担シミュレータの開発」土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.1, pp.84-94,2011
- 5) 阿見町役場 <http://www.town.ami.ibaraki.jp/> (最終確認日:2012年5月4日)
- 6) 阿見町地域公共交通総合連携計画(2010)より路線バス経路を修正
- 7) 阿見町資料より

(2012.5.7受付)

Analysis of Effect on Operational Efficiency of Demand Responsive Transport Systems by Behavior Characteristics of Passengers with Log Data -Case Study on Ami Town, Ibaraki-

Yoshiyuki SHIOHAMA, Minoru YAMADA