

バス運行方式が利用者数ならびに運行コストに及ぼす影響*

—中山間地域を対象として—

平塚庸太郎*1・轟直希*2・柳沢吉保*3

Analysis of the impact of bus operation system on bus users and operating expenses.
-For Mountainous Areas-

HIRATSUKA Youtarou, TODOROKI Naoki, and YANAGISAWA Yoshiyasu,

In recent years, bus user has been decreasing in the mountainous areas due to population decline and aging population. Because bus operating expenses are increasing. Therefore, many municipalities consider changing the bus operation system. Each municipality should introduce an appropriate bus operation system. This study analyzes the impact of the number of bus users and operating expenses on bus operation system.

キーワード：公共交通，中山間地域，定時定路線型，デマンド型

1. 本研究の背景と目的

近年、中山間地域の人口減少や高齢化が課題となっている。その状況下において、バス等の公共交通機関は高齢者等の交通弱者の外出を支える重要な移動手段とされている。しかし上述した理由により、中山間地域を運行するバスの輸送人員は、2000年から19年間で25%減少し¹⁾、運賃収入の低下に伴い運行経費における自治体の負担額の割合は7割を超えている²⁾。自治体の財源が厳しさを増す中、定時定路線型のバスの運行を継続することが困難になっている。そこで、多くの自治体で運行方式を定時定路線型からデマンド型に変更する検討が行われている。実際にデマンド型を採用した自治体数は、2009年から9年間で4倍に増えている³⁾。デマンド型の導入により利用者が増加する自治体がある一方で、デマンド型を導入したものの定時定路線型に戻す自治体も存在している⁴⁾。埼玉県幸手市では、デマンド型を導入したが、利便性が悪くなってしまい、住民投票の結果、定時定路線型に

令和4年度土木学会中部支部研究発表会
(2023年3月3日)

*1 長野工業高等専門学校専攻科生産環境システム専攻
(令和4年度 環境都市工学科卒業)

*2 工学科・都市デザイン系・准教授

*3 工学科・都市デザイン系・教授

原稿受付 2023年5月19日

再度運行方式を変更するという事例が発生している

⁵⁾。デマンド型の導入によって、利用者の減少や運行コストの増加、定時性の確保が難しくなるという、より深刻な問題が発生する場合もあり、どのような運行方式が最適であるのか、その検証が課題である。

そこで本研究では、運行方法が利用者数と運行コストに及ぼす影響を分析することにより、どのような条件下において、適切な運行方式が変化するのかを明らかにする。そのために、モデル都市を作成し、そのモデル都市において、定時定路線型とデマンド型を用いたバスを運行した場合の利用者数や運行コストを算出する。そして、運行方式が利用者数や運行コストにどのような影響を与えるのかを分析する。また、運行方式ごと運行経費とバスを廃止した場合にかかる代替費用の差からクロスセクター効果を算出し、クロスセクター効果の観点からも適切な運行方式の検討を行う。

2. 本研究の位置づけ

本研究では、想定したモデル都市において、定時定路線型とデマンド型を運行した場合の利用者数や運行コストを算出し、運行方式が与える影響を分析する。運行方式が与える影響を分析した研究として、長谷川ら⁶⁾が行った研究が挙げられ、茨城県常総市において実際に運行されていた定時定路線型のバスと運行シミュレーションを用いたデマンド型のバスを車両定員、利用者所要時間、環境負荷軽減効果の観点からを

比較している。しかし、運行方式が利用者数や運行コストに与える影響の分析が不十分である。

そこで、本研究では運行方式が利用者数や運行コストに与える影響を分析するため、モデル都市を作成した。そのモデル都市において、定時定路線型とデマンド型を用いてバスを運行した場合の利用者数や運行コストを算出する。また、利用者数を変化させた場合とモデル都市のバス停間移動時間を変化させた場合に運行方式が利用者数や運行コストに与える影響を分析する。

本研究では、運行方式ごと運行経費とバスの運行を廃止した場合の代替費用の差からクロスセクター効果を算出し、クロスセクター効果の観点から、適切な運行方式の検討を行う。クロスセクター効果を算出した研究として、西村ら⁷⁾が行った研究が挙げられ、兵庫県福崎市において定時定路線型で運行されているバスを対象に、クロスセクター効果を算出している。しかし、デマンド型のクロスセクター効果を算出しておらず、運行方式ごとのクロスセクター効果の比較を行っていない。

そこで、本研究では運行方式ごとにクロスセクター効果を算出し、クロスセクター効果の観点から適切な運行方式の検討を行う。

3. モデル都市の作成および前提条件の設定

3-1 モデル都市の作成

本研究で、用いたモデル都市についてまとめる。定時定路線型、デマンド型を用いたバスを運行するモデル都市を設定する(図1)。モデル都市は、9つのバス停に分け、利用者はバス停間を移動するものとする。図1に、四角で表したモデル都市のバス停5、7、9を利用者の移動する際の目的地として設定する。

3-2 前提条件の設定

本研究で用いた前提条件の設定方法についてまとめる。

初めに、モデル都市における各年齢層の1時間当たりの最大利用者数を設定する。次に、バス停において1時間当たりの最大利用者数を表1のように設定し、利用者の年齢層を表2のように設定する。その後、1時間当たりの最大利用者数と利用者の年齢層を掛け合わせて、モデル都市における各年齢層の1時間当たりの最大利用者数とし、設定する。

3-3 モデル都市における需要(OD)設定

本研究で用いるモデル都市における需要(OD)の設

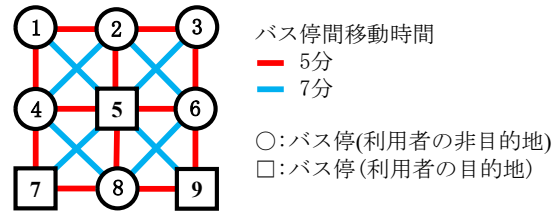


図1 モデル都市

表1 1時間当たりの最大利用者数

バス停番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
最大利用者数(人/h)	1	1	1	1	2	1	2	1	2

表2 利用する年齢層の想定

年齢区分(歳)	0~14	15~64	65~
割合(%)	10	10	80

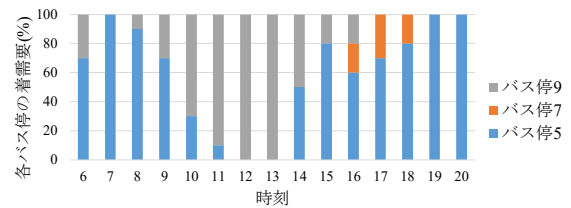


図2 目的地の需要(0~14歳)

定方法についてまとめる。

時間ごとの移動に対するニーズを3-2節で求めた、各年齢層の1時間当たりの最大利用者数から求める。これは、バスの利用目的として買い物や通勤、通学が想定され、時間ごとに移動のニーズが変化すると考えられるため設定する。

本研究では、バス停番号5、7、9を利用者の目的地とする。目的地ごと需要が異なり、年齢層、時間とともに変化すると考えるため、各年齢層の目的地への着需要を図2のように設定する。時間ごとの各年齢層の移動のニーズと目的地への着需要から利用者の出発地と目的地を設定する。これをOD表にまとめ、モデル都市における需要とする。

また、OD表をもとにランダム関数を用いて利用希望者数を算出する。これは、実際の状況では利用希望者数は、日々変化するためランダム関数を用いて算出する。また、利用希望者数を利用者需要とする。

4. バス運行方式別利用者数算出

4-1 定時定路線型

定時定路線型を用いた場合の利用者数の算出方法についてまとめる。

定時定路線型のバスは図3の運行経路で、1日3本往復運行していると想定し、利用者数の算出を行う。定時定路線型の特徴として定時性が確保できていることが挙げられる。そのため、定時性の確保により利用者の集客性があると考えられる。そこで、利用者が利用

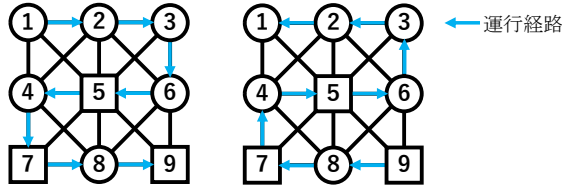


図3 定時定路線型バスの運行経路

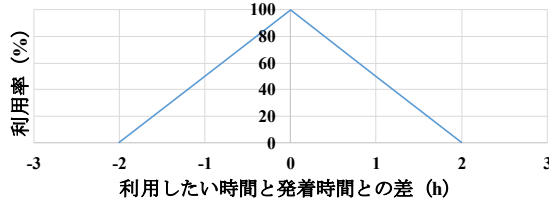


図4 定時定路線型利用率の考え方

したい時間と発着時間の差が大きいほど利用する確率が下がると仮定し、簡易的に利用率を設定することとする。利用率は、図4のように希望する時間であれば100%、1時間の差が生じると50%、2時間の差では利用者はいないと設定する。その利用率をもとに、3-3節で作成したOD表から定時定路線型の利用者数を算出する。また、運行のために費やした時間を運行時間として算出する。

4-2 デマンド型

デマンド型を用いた場合の利用者数の算出方法についてまとめる。

デマンド型は、乗降できる場所をバス停に固定したフルデマンドとする。本条件では、バスの路線選択が必要となる。そのため、本研究では2つの路線選択の手法を考える。1つ目は、デマンド型の特徴である予約順を基準とした路線選択方法である。予約順にルートを決めるようにし、式(1)のように表せられる。2つ目は、実際の乗車時間を基準とした路線選択方法である。利用者の乗車時間が最短になるような路線選択を行い、式(2)のように表される。

$$T_{total} = \sum_{route=1}^m T_{route} \quad (1)$$

$$T_{total} = \sum_{k=1}^m \min(T_k) \quad (2)$$

- T_{total} 運行時間
- T_{route} 1人あたりのバス停間移動時間
- T_k 利用者1人あたりの乗車時間
- m 停車するバス停数
- n バス乗車人数

2つの方法によって求められた路線から移動に要する時間を求める。デマンド型は、課題のひとつである、利用者同士が利用したい時間帯のバスを取り合い、利用者が望んだ時間に利用できない状況が発生する。そこで、式(3)を用い、実際の到着時間と到着目標時間を比較し、実際の到着時間が到着目

表3 分析に用いる条件

運行に関する条件	定時定路線型	1日3往復 運行路線固定 中型バス(乗車定員30人)
	デマンド型	バス停固定のフルデマンド型 乗合タクシー(乗車定員4人)1台
その他の条件	モデル都市の年齢層分布	表2のまま変更せず
	バス停に対する需要	図2のまま変更せず

表4 1時間当たりの最大利用者数(パターン①)

バス停番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
最大利用者数(人/h)	1	1	1	1	2	1	2	1	2

標時間を上回ってしまった場合、利用者は利用しないという判断を行った。3-3節で作成したOD表をもとに路線選択、式(3)を用いた利用の有無の判断を行い、利用者数を算出する。また、運行のために費やした時間を運行時間として算出する。

$$T_{aat} \leq T_{tat} \quad (3)$$

T_{aat} 利用者が実際に到着した時間

T_{tat} 利用者の到着目標時間

5. 地域条件変更に伴う感度分析

5-1 人口条件変動による影響分析

人口条件を変動させた場合に、運行方式が利用者数、運行時間、1便あたりの平均乗車人数に与える影響を分析した結果についてまとめる。また、運行時間は定時定路線型を基準値(1.00)として算出する。

人口条件は、1時間当たりの最大利用者数を変化させた3つのパターンで行う。3つのパターンを行う場合の条件は、表3に示す。変化させる条件である1時間当たりの最大利用者数は、パターン①として表4に示す。パターン②は、パターン①の1時間当たりの最大利用者数を2倍したものとす。パターン③は、パターン①の1時間当たりの最大利用者数を3倍したものとす。

上記の条件から求められた結果を表5(パターン①)、表6(パターン②)、表7(パターン③)に示す。

表5のパターン①においては、デマンド型が適切だといえる。利用者数を比較すると定時定路線型よりデマンド型の方が最大で2人多くなっている。また、運行時間も定時定路線型の最小で0.29倍という結果から、少ない運行時間で多くの利用者数を獲得することができる。そのため、デマンド型が適切だと考える。また、平均乗車人数も最大で2.25(人/便)という結果から、デマンド型の特徴である乗合が発生していることがわかる。デマンド型の路線選択法による違いにつ

表5 パターン①の条件における結果

	利用者 需要 (人/日)	利用者 数 (人/日)	運行 時間	平均乗 車人数 (人/便)
定時定路線型	13	7	1.00	1.17
デマンド型 (予約順)	13	9	0.29	2.25
デマンド型 (利用者最短)	13	7	0.38	1.75

表6 パターン②の条件における結果

	利用者 需要 (人/日)	利用者 数 (人/日)	運行 時間	平均乗 車人数 (人/便)
定時定路線型	45	31	1.00	3.67
デマンド型 (予約順)	45	26	0.98	2.17
デマンド型 (利用者最短)	45	19	1.22	1.94

表7 パターン③の条件における結果

	利用者 需要 (人/日)	利用者 数 (人/日)	運行 時間	平均乗 車人数 (人/便)
定時定路線型	65	32	1.00	5.33
デマンド型 (予約順)	65	34	1.40	1.86
デマンド型 (利用者最短)	65	25	1.28	1.45

いて比較すると、全ての観点で、デマンド型(予約順)が優位だといえる。これは、デマンド型(利用者最短)の方が、乗車人数0人で運行する時間が長くなってしまったためだと考えられる。

表6のパターン②においては、定時定路線型が適切だといえる。利用者数を比較するとデマンド型の1.2~1.6倍の利用者を定時定路線型が獲得している。また、運行時間はデマンド型の0.98倍、1.22倍と大きな差がないことから、同じ運行時間で多くの利用者の需要を満たすことができている定時定路線型が適切だといえる。平均乗車人数は、デマンド型は利用者需要が増加してもあまり変化がないが、定時定路線型は利用者需要に応じて増加していることがわかった。デマンド型の路線選択法による結果の差は、パターン①と同様な結果になった。

表7のパターン③については、パターン②と同じく定時定路線型が適切だといえる。利用者数を比較するとパターン②と違い定時定路線型とデマンド型には大きな差がみられなかった。これは、定時定路線型の本数が少なく、バスの走っていない時間の利用者需要をカバーすることができなかつたからだと考える。一方、デマンド型は各時間の利用者需要を細かくカバーできることから、利用者数が増加したと考える。運行時間に関しては、定時定路線型よりもデマンド型の方が、1.28倍、1.40倍と多くなっている。これは、先ほど述べた通り各時間の利用者需要を細かくカバー

することによって、運行時間が増加してしまったと考えられる。このことから、パターン②と同様に少ない運行時間で多くの利用者需要を満たしている定時定路線型が適切だと考える。ただ、定時定路線型の利用者数をこれ以上増やすためには、本数を増加させる必要があると考えられる。デマンド型の路線選択法による結果の差は、パターン①と同様な結果になった。

全てのパターンの結果より、3つのことがわかった。

1つ目は、利用者需要の変化によって、適切な運行方式が変化することがわかった。パターン①ではデマンド型、パターン②、③では定時定路線型と適切な運行方式が変化したことから、運行方式の選択には利用者需要の影響を受けることがわかった。利用者需要が少ない場合は、デマンド型が適切であり、利用者需要が多い場合は、定時定路線が適切だといえる。

2つ目は、デマンド型の路線選択法によって結果に違いが出るということがわかった。今回の場合、全てのパターンにおいてデマンド型(利用者最短)よりもデマンド型(予約順)の方が優位な結果が得られた。このことから、路線選択法を比較した場合、予約順に重点を置いた路線選択法の方が適切だということがわかった。

3つ目は、デマンド型の平均乗車人数について注目したときに、利用需要が増加しても平均乗車人数は増加しないことがわかった。利用者需要が増加してもデマンド型の平均乗車人数は2(人/便)付近であることから、デマンド型の特徴である乗合が起きても、平均乗車人数が2(人/便)以上になる場合は少ないことが考えられ、デマンド型の乗合には人数的限界が存在する可能性があることがわかった。

1つ目の運行方式が需要の影響を受けることから、利用者需要のどの値で、適切な運行方式の変化が起こるのかを調べることにする。運行方式ごとに、利用者需要が10(人/便)から50(人/便)に、変動した際の利用者数、運行時間、平均乗車人数の変化をまとめる。定時定路線型を図5、デマンド型(予約順)を図6、デマンド型(利用者最短)を図7としてそれぞれ結果を示す。

図5の定時定路線型について注目する。利用者需要が増加すると、利用数、平均乗車人数は、増加することが分かる。ただ、利用者需要が40(人/日)を超えると、乗車人数、平均乗車人数は増加の傾向が緩やかになった。今回設定した定時定路線型では、利用者需要を満たしにくくなることから、バスの増便の有無の判断が必要になると考えられる。運行時間については、定時定路線型を用いているため利用者需要の変動による変化はない。

図6のデマンド型(予約順)について注目する。利用

バス運行方式が利用者数ならびに運行コストに及ぼす影響分析-中山間地域を対象として-

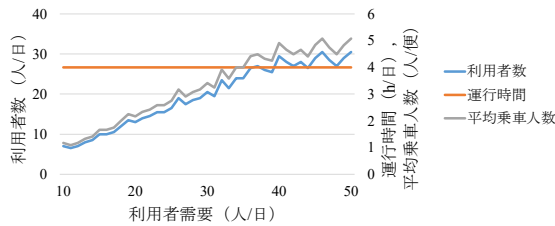


図5 需要変動による指標の変化(定時定路線型)

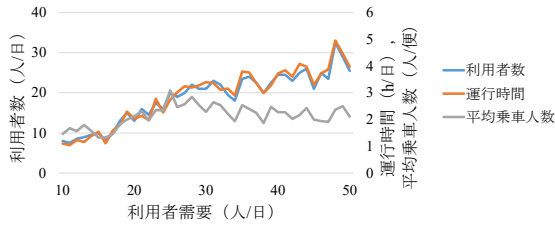


図6 需要変動による指標の変化(予約順)

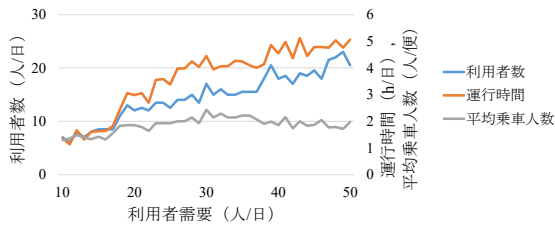


図7 需要変動による指標の変化(利用者最短)

者需要が増加すると、乗車人数、運行時間は、増加することが分かる。ただ、利用者需要が25(人/日)を超えると乗車人数、運行時間の増加の傾向が緩やかになった。平均乗車人数は、利用者需要が増加しても大きな変化がみられず、横ばい状態になっている。最大で平均乗車人数が3(人/便)を超える時もあるが、多くの場合は平均乗車人数が2(人/便)程度になっている。平均乗車人数は利用者需要の変動をあまり受けないことが考えられる。

図7のデマンド型(利用者最短)について注目する。デマンド型(予約順)と同様に、利用者需要が増加すると、乗車人数、運行時間は、増加することが分かる。ただ、利用者需要が25(人/日)を超えると乗車人数、運行時間の増加の傾向が緩やかになった。平均乗車人数は、デマンド型(予約順)と同様に、利用者需要が増加しても大きな変化がみられず、横ばい状態になっている。このことから、デマンド型における平均乗車人数は、利用者需要の変動をあまり受けないと考えられる。また、デマンド型の平均乗車人数は今回のモデル都市においては2(人/便)を大きく超えることは難しいと考えられる。

利用者数、運行時間、平均乗車人数ごとの運行方式の結果をまとめたものは図8、図9、図10にまとめ

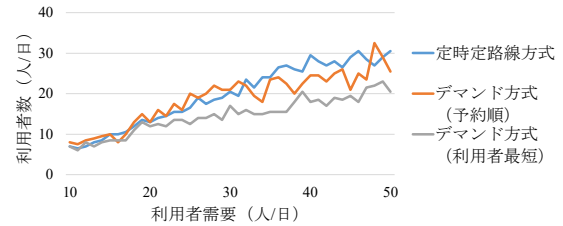


図8 利用者需要と利用者数の関係

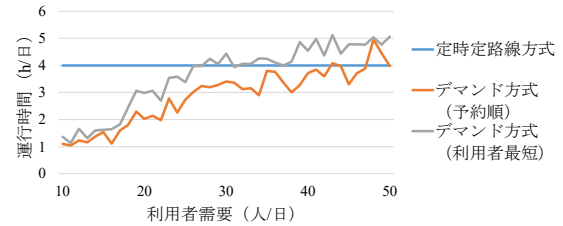


図9 利用者需要と運行時間の関係

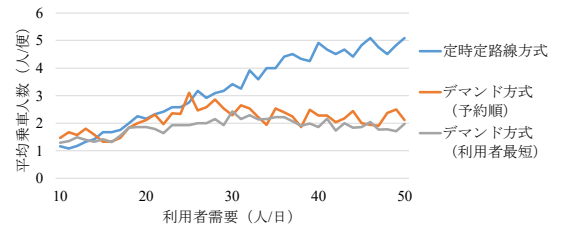


図10 利用者需要と平均乗車人数の関係

る。

利用者需要と利用者数との関係について注目する。利用者数の観点からは、利用者需要が33(人/日)より小さい場合はデマンド型が優位であるが、それを越えた場合は定時定路線型が優位になることが分かる。ただ、前述したように利用者需要が45(人/日)を超えたあたりで利用者数は増加しにくくなっている。

利用者需要と運行時間の関係に注目する。運行時間の観点からは、利用者需要が25(人/日)より小さい場合はデマンド型が優位であるが、それを越えた場合は定時定路線型が優位になる場合が多くなっていることが分かる。定時定路線型は運行時間が一定であるが、デマンド型は利用者需要が増えると運行時間も多くなっていく特徴がある。

利用者需要と平均乗車人数の関係に注目する。平均乗車人数の観点からは、定時定路線型は利用者需要とともに平均乗車人数は増加しているが、デマンド型は利用者需要が増加しても平均乗車人数は増加しないことがわかる。

5-2 路線条件変動による影響分析

路線条件を変動させた場合に、運行方式が利用者数、運行時間、1便あたりの平均乗車人数に与える影響を分析した結果についてまとめる。また、運行時間は定

時定路線型を1として算出する。

路線条件は、利用者需要を固定し、モデル都市の設定条件であるバス停間移動時間を変化させた3つのパターンで行い、結果を示す。3つのパターンを行う場合の固定条件は5-1節と同じである。変化させる条件であるバス停間移動時間は、パターン①として図11に示す。パターン②は、パターン①のバス停間移動時間を2倍したものとする。パターン③は、パターン①のバス停間移動時間を0.5倍したものとする。上記の条件から求められた結果を表8(パターン①)、表9(パターン②)、表10(パターン③)に示す。

パターン①においては、デマンド型が適切だといえる。5-1節のパターン①と同じ結果になったため、考察は省略する。

パターン②においては、デマンド型が適切だといえる。利用者数を比較するとデマンド型の方が、最大で2人多い。また、運行時間は定時定路線型と比べて、デマンド型は0.25倍、0.27倍となっていることから、少ない運行時間で多くの利用者需要を満たすことができているデマンド型の方が適切だといえる。平均乗車人数は、デマンド型(予約順)は1.8(人/便)であるが、デマンド型(利用者最短)は1.00(人/便)であった。このことから、デマンド型(利用者最短)では乗合が起きていないことがわかる。乗合が起きにくくなった原因として、バス停間移動時間がパターン①よりも長くなったことによって、デマンドの特徴である巡回できる回数が減ったためと考えられる。

パターン③については、パターン②と同じくデマンド型が適切だといえる。利用者数を比較すると、デマンド型はパターン①よりも増加している。これは、バス停間移動時間が短くなったことにより、デマンド型の特徴である巡回できる回数が増えたこととともに、4-2節の式(3)の利用する条件を満たしやすくなったためだと考えられる。運行時間に関しては、定時定路線型よりもデマンド型の方が、0.33倍、0.56倍と少なくなっている。これも、バス停間移動時間が短くなったため、利用者需要をカバーしやすくなったからだと考えられる。また、平均乗車人数もパターン①よりも多くなった。これは、バス停間移動時間が短くなったため、4-2節の式(3)の利用する条件を満たしやすくなったためだと考えられる。

全てのパターンの結果より、2つのことがわかった。

1つ目は、バス停間移動時間の変化によって得られる結果の値が変化することが分かった。特に、バス停間移動時間が短いほど、デマンド型は有利な性質を持つことが分かった。ただし、バス停間移動時間を変化させても適切な運行方式には大きく影響を与えない

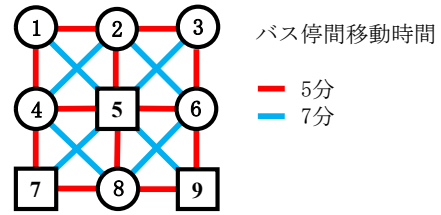


図11 バス停間移動時間(パターン①)

表8 パターン①の条件における結果

	利用者 需要 (人/日)	利用者 数 (人/日)	運行 時間	平均乗 車人数 (人/便)
定時定路線型	13	7	1.00	1.17
デマンド型 (予約順)	13	9	0.29	2.25
デマンド型 (利用者最短)	13	7	0.38	1.75

表9 パターン②の条件における結果

	利用者 需要 (人/日)	利用者 数 (人/日)	運行 時間	平均乗 車人数 (人/便)
定時定路線型	13	7	1.00	1.17
デマンド型 (予約順)	13	9	0.27	1.8
デマンド型 (利用者最短)	13	5	0.25	1.00

表10 パターン③の条件における結果

	利用者 需要 (人/日)	利用者 数 (人/日)	運行 時間	平均乗 車人数 (人/便)
定時定路線型	13	7	1.00	1.17
デマンド型 (予約順)	13	10	0.33	2.00
デマンド型 (利用者最短)	13	10	0.56	2.00

可能性があることが分かり、5-1節で求めた結果から路線条件よりも人口条件の方が、適切な運行方式に大きく影響を与えると考えられる。

2つ目は、デマンド型の路線選択法によって結果に違いが出ることがわかった。今回の場合も5-2節の人口条件の変化を与えた時と同様に、全てのパターンにおいてデマンド型(利用者最短)よりもデマンド型(予約順)の方が優位な結果が得られた。このことから、路線選択法を比較した場合、予約順に重点を置いた路線選択法の方が適切だということがわかった。

6. クロスセクター効果の推計

5章にて求めた各条件にて運行を行った際にかかる運行経費を求める。また、各条件の運行を行わなかった場合の代替費用の算出を行う。その後、クロスセクター効果を推計する。

6-1 人口条件における運行経費の推計

運行経費の算出では、国土交通省が示している実車1キロ当たりの運送原価⁸⁾を用いて計算を行い、

477.15 円/km とする。それをもとに、式(4)を用いて運行経費を算出する。

$$E = 477.15 \times d \quad (4)$$

E 運行経費(円/年)
 d 走行距離(km/年)

6-2 人口条件における代替費用の推計

人口条件の運行を行わなかった場合の代替費用の推計は、北陸信越運輸局が作成した「公共交通への支出に伴うクロスセクター効果の簡易算出ツール」⁹⁾を用いて行う。簡易算出ツールで用いた条件は、表 11 にまとめる。

6-3 クロスセクター効果の推計

6-1 節で求めた運行経費と 6-2 節で求めた代替費用からクロスセクター効果を算出する。

ここで、クロスセクター効果について説明する。クロスセクター効果とは、行政から補助金などの支援を受けている地域公共交通が廃止された場合に、必要となる多様な行政部門での施策の費用と公共交通が廃止されたことによる、社会的な損失増加額を算出することで把握できる、地域公共交通が有する多面的な効果のことである。もし、地域公共交通が廃止された場合に、運転免許、自家用車を持たない高齢者等の交通弱者に対して、医療や商業などの様々な分野で地域公共交通に代わる住民の生活を支える施策を実施する必要がある。その際に必要となる費用を代替費用という。この代替費用と運行経費を比較した際の差額が、クロスセクター効果となる。つまり、地域公共交通を運行することによって、自治体の支出が抑えられているということがいえる。これによって、運行経費は「交通分野における単なる赤字補填」ではなく、「地域を支える効果的な支出」と考えることができる。このことからクロスセクター効果は、地域公共交通が持つ多目的な効果を定量的に把握することが可能となる指標である。

6-1 節で求めた運行経費と 6-3 節で求めた代替費用の差が、クロスセクター効果となる。人口条件におけるクロスセクター効果の推計を行ったものを表 12 にまとめる。

推計結果から 3 つのことが考えられる。

1 つ目は、クロスセクター効果がプラスとマイナスになる場合があることが分かった。クロスセクター効果がプラスになるということは、その地域公共交通を運行することによって、その値だけ費用を減少させている効果があるということがいえる。ただ、クロスセクター効果がマイナスになってしまった場合が存在した。これについては、廃止したほうが費用の面では安くなるということを示しているが、一概に廃止する

表 11 簡易算出ツールにおける条件

自治体	長野県長野市	
運行方式	表 3 と同様.	
移動目的ごとの 移動者割合	通勤	10%
	通学	10%
	病院	20%
	買い物	40%
	その他	20%

べきではないと考える。あくまでクロスセクター効果は、今回の通学、病院、買い物、その他の項目のみでしか算出してない。そのため、それ以外の観点の部分にて費用を減少している可能性がある。クロスセクター効果がマイナスになった場合のとらえ方については、今後検討が必要である。

2 つ目は、人口条件を変化させた場合のクロスセクター効果に、差が生じることが分かった。人口条件を変化させた場合、利用者需要が大きいほどクロスセクター効果が大きくなるという傾向にあることが分かる。そこで、クロスセクター効果と利用者需要の関係性を図 12 に示す。図 12 より、表 12 で得られた結果と同様に、利用者需要を 10(人/日)から 50(人/日)に、大きくしていくと、クロスセクター効果も大きくなっていることが分かった。また、クロスセクター効果と利用者需要の関係は、一次関数的な比例関係にあることを図 12 により読み取ることができる。クロスセクター効果の算出では、運行経費と代替費用との差から算出される。代替費用は、利用者数が大きく影響し、利用者数が多いほど増加する。そのため、利用者需要が大きいほどクロスセクター効果が大きくなったと考えられる。

3 つ目は、運行方式により、クロスセクター効果に差が生じることが分かった。利用者需要が少ない場合は、デマンド型の方がクロスセクター効果は大きい。反対に、利用者需要が大きい場合は、定時定路線の方がクロスセクター効果は大きい。図 12 より、クロスセクター効果は、利用者需要が 35(人/日)よりも小さい場合はデマンド型の方が大きくであり、それを超えた場合は定時定路線型の方が大きくなった。このことから、クロスセクター効果の観点からも利用者需要が少ない場合は、デマンド型が適切だといえ、利用者需要が大きい場合は、定時定路線型が適切だといえる。また、デマンド型の路線選択法による結果の差については、デマンド型(予約順)が、全ての地点でデマンド型(利用者最短)よりもクロスセクター効果が大きくなった。これは、5-1 節の結果から分かるように、デマンド型(予約順)の方が、より多くの利用者需要を少ない運行時間で満たすことができたため、運行経費が少なくなったと考えられる。

表 12 クロスセクター効果の推計結果

パターン(人口条件)	運行方式	運行経費 (円/年)	代替費用 (円/年)	クロスセクター効果 (円/年)
パターン① (1時間当たりの最大利用者数基準)	定時定路線型	7,364,100	5,501,170	-1,862,930
	デマンド型 (予約順)	2,136,300	5,501,170	3,364,870
	デマンド型 (利用者最短)	2,798,000	5,501,170	2,703,170
パターン② (1時間当たりの最大利用者数2倍)	定時定路線型	7,364,100	19,042,510	11,678,410
	デマンド型 (予約順)	7,216,500	19,042,510	11,826,010
	デマンド型 (利用者最短)	8,984,600	19,042,510	10,057,910
パターン③ (1時間当たりの最大利用者数3倍)	定時定路線型	7,364,100	27,505,848	20,141,748
	デマンド型 (予約順)	10,309,800	27,505,848	17,196,048
	デマンド型 (利用者最短)	9,425,800	27,505,848	18,080,048

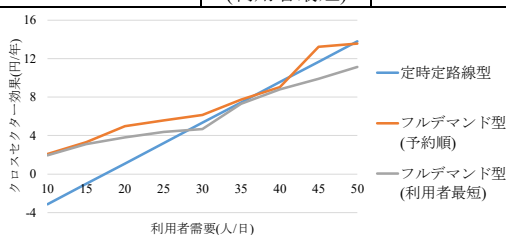


図 12 クロスセクター効果と利用者需要の関係

7. あとがき

本研究にて得られた知見を以下に示す。

(1) 地域条件変更に伴う感度分析

人口条件や路線条件によって適切な運行方式が変化することが分かった。人口条件変動の影響分析より、需要が一定以上多い地域においては、定時定路線型が適切だという結果を得られ、反対に需要が小さい地域においては、デマンド型が適切だという結果が得られた。路線条件変動の影響分析より、適切な運行方式は変化しないという結果が得られた。ただ、利用者数や運行時間は変化したことから、適切な運行方式に影響を与えるものとはいえる。ただし、人口条件の方が運行方式に与える影響の方が大きいと考える。

(2) クロスセクター効果の推計

運行経費、代替費用の推計からクロスセクター効果を算出した結果より、以下のことがわかった。運行経費の観点に関しては、利用者需要が大きい地域では、定時定路線型が優位な結果が得られ、利用者需要が小さい地域では、デマンド型が優位な結果を得られた。クロスセクター効果の観点からは、利用者需要が大きい場合は、定時定路線型の方がクロスセクター効果は、大きくなった。反対に利用者需要が小さい場合は、デマンド型の方がクロスセクター効果は、大きくなった。

利用者数、運行時間、クロスセクター効果の全ての観点から、利用者需要が大きい場合は、定時定路線型

が適切な運行方式であり、利用者需要が小さい場合は、デマンド型が適切な運行方式だということがわかった。

(3) 今後の課題

今後の課題として、利用者の移動のアルゴリズムの改善、デマンド型の運行形態の適切かの検討、都市の形状が運行方式に与える影響の分析していく必要がある。

参考文献

- 国土交通省：地域公共交通の現状について p1, 2020
- 国土交通省：中山間地域等における地域公共交通の状況について p8, 2019
- 国土交通省：令和2年度版交通政策白書 p72, 2019
- 坂本, 森本: デマンド交通が適さない地域の分析 p127~130, 経済情報学会全国研究発表大会要旨集 2013 年秋季全国研究発表大会
- 幸手市：市内公共交通利用者アンケート 結果報告
- 長谷川, 鈴木: 運行シミュレーションによる地域公共交通の運行方式の比較-茨城県常総市を対象としたケーススタディ-, GIS-理論と応用 21(1), 9-18, 2013-6-30
- 西村和記, 東徹, 土井勉, 喜多秀行: クロスセクター効果で測る地域公共交通の定量的な価値, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 75, NO. 5 (土木計画学研究・論文集第 36 巻), I_820-I_820, 2019
- 国土交通省: 実査走行キロ当り収入・原価の推移
- 北陸信越運輸局: 公共交通の支出に伴うクロスセクター効果の簡易算出ツール