

# 需要発生 の 時間・空間的変動と少量乗合輸送サービスの導入可能性との関係分析\*

## Relationship Between Passenger Demand Variations and Small Capacity Bus Service\*

福本雅之\*\*・加藤博和\*\*\*

By Masayuki FUKUMOTO\*\*・Hirokazu KATO\*\*\*

### 1. はじめに

日本の地域公共交通サービスを取り巻く環境は厳しさを増している。中でも、その多くを供給する乗合バス事業は、都市間高速バスや大都市部の路線などを除けば大半が不採算であり、公的補助なくしてサービスの維持は不可能な状況となっている。しかし、国・自治体とも財政難に直面しており、今後も従来通りの公的補助制度を維持できる保証はない。一方、高齢者人口の増加により、公共交通によって生活の足を確保することに対する社会的要請は、今後、強まることはあっても弱まることは考えにくい。

そこで、限られた財源の中で、可能な限り生活交通を持続的に確保するためには、鉄軌道・乗合バス・タクシーといった従来のモードにとらわれず、地域の実情に応じて適材適所の公共交通サービスを供給することが必要となる。

本研究では、タクシーとバスとの中間に位置する「少量乗合輸送サービス」が、今後の地域公共交通の運行方式として重要となると考え、対象として扱う。そして、その導入可能性について、地域の特性によって規定される需要発生 の時間・空間的変動に着目して検討する。その結果を踏まえ、従来、公的補助の要件や運行方式選定の基準として用いられてきた輸送量・平均乗車密度といった指標に加え、少量乗合輸送サービスの導入可能性を判断できる新たな基準の考え方を提案する。さらに、この基準と車両のキャパシティを考慮した上で、少量乗合輸送サービス導入に対してインセンティブを与えるような補助制度のあり方についても言及する。

### 2. 少量乗合輸送サービスの特徴

本研究で想定する少量乗合輸送サービスは以下のようなものである。

\* キーワード：公共交通計画、交通計画評価、少量乗合輸送サービス

\*\* 学生員、修(工)、名古屋大学大学院 環境学研究科  
(名古屋市千種区不老町、TEL 052-789-3828、  
E-mail fukumoto@nagoya-u.jp)

\*\*\* 正員、博(工)、名古屋大学大学院准教授 環境学研究科

- ・利用者を限定しない乗合輸送を行う
- ・定員5～15人程度(運転手含む)の小型車両を使用
- ・定時定路線運行かDRTかを問わない

少量乗合輸送サービスでは小型車両を用いることで、運行経路の自由度が高まるとともに、人件費や燃料費、車両の減価償却費などが少なく済み、運行経費を抑えることが可能となる。このため、小型車両でも運びきれ程度の利用者しか存在しない路線やDRTサービスにおいて、バス車両から小型車両に切り替えることで、その維持をはかっていくことが考えられる。これは公的補助の増大を抑えたり、逆に、運行サービスを充実させたりする観点から有効である。したがって、一定以下の利用者数の路線に対して、少量乗合輸送サービスへの切り替えを促すような補助制度が望まれる。また、乗合型DRTの類型の中にも、同時に乗り合う乗客数が小型車両で運びきれ程度となる場合が多いことがわかっており<sup>1)2)</sup>、DRTにおける小型車両導入検討も必要である。

しかしながら、小型車両は乗車定員が少ないため、積み残しが生じる懸念がある。例えば、通学利用のように特定の時間帯や区間に利用者が集中する場合、ピーク時の利用者はバス車両でなければ運びきれない。このようなとき、路線の総利用者数は少なくとも小型車両の導入は不可能である。すなわち、少量乗合輸送サービスの導入が可能であるのは、ピーク時の利用者数が小型車両の乗車定員の範囲内に収まる場合のみである。

このことから、少量乗合輸送サービスの導入にあたっては、ピーク時の利用者数を把握することが重要となる。ところが、現行の路線バスへの公的補助制度の基準で使用されている利用者数を表す指標では、ピーク時の利用者数は表現されない。このため、現行の指標のみを用いて路線バスを少量乗合輸送サービスに切り替えることが可能かどうかを判断することは不可能である。

### 3. 利用者数を表す指標とその問題点

乗合交通の利用者数を表現する指標として一般的に用いられるものを表-1に示す。

輸送人員・1便あたり利用者数は、実際に乗車した利用者の人数を単純に表すものである。コミュニティバス

表-1 乗合交通の利用者数を表す指標<sup>(B)</sup>

	単位	意味	算出方法	
輸送人員	人/日(往復)	1日あたりの合計利用者数	-	
輸送量	人/日(片道)	乗車距離で重み付けされた1日あたりの合計利用者数	運行回数(回/日)×平均乗車密度(人)	
1便あたり利用者数	人/便	1便あたりの平均利用者数	輸送人員(人/日)÷運行便数(便/日)	
平均乗車密度	人	距離で重み付けされた1便・1kmあたりの平均利用者数	正味	輸送人キロ(人・km/日)÷実車走行キロ(km/日)
			換算	運送収入(円/日)÷実車走行キロ(km/日)÷平均賃率(円/km・人)
断面輸送量(輸送密度)	人/日	特定区間の通過人数	-	

や都市部のバスなど、均一制運賃を採用している場合の利用者数を示す数値として用いられることが多い。なぜなら、均一制運賃では利用者数と運賃収入とが比例関係にあるからである。一方、輸送量・平均乗車密度は、利用者毎のO/Dを把握し、それぞれの利用者がどれだけの距離を利用したかが考慮された指標である。距離制運賃を採用している場合の利用者数を示す数値として用いられることが多い。これも同様に、距離制運賃では平均乗車密度と運賃収入とが比例関係となるからである。断面輸送量は特定の区間を通過する利用者数を示すものである。

(1) 輸送量・平均乗車密度

国庫補助制度をはじめとする公的補助制度においては、補助の基準として輸送量・平均乗車密度を指標として用いている<sup>(A)</sup>。ただし、補助の基準として用いられる輸送量・平均乗車密度は、正味の乗車人員を反映したものではなく、表-1にも示した通り、運送収入から逆算して求められる運賃換算値である。その理由は、公的補助は欠損補填による事業維持の意味を持っており、事業性を評価するためには正味の乗客数よりも収入のほうが重要だからである。しかし、この運賃換算値は、必然的に正味値よりも過小評価される。なぜならば、定期利用者などの割引運賃適用者は、その割引率に応じて割引かれて算定されるためである。例えば、定期券の割引率が4割であった場合、定期利用者の乗車は1人とは算定されず、0.6人の乗車として算定される。

また、距離・運行回数全体で利用者数が平均化して表現されてしまうため、特定の区間や便に利用者が集中していても、そのピークを把握することは不可能である。

(2) 少量乗合輸送サービス導入のために必要な指標

少量乗合輸送サービスに使用する小型車両は、バス車両に比べて乗車定員の制約が厳しい。そのため、利用者数が過小評価され、ピーク利用者数が把握できない運賃換算の輸送量・平均乗車密度では、その導入の可否を判断することはできない。

したがって、少量乗合輸送サービスの導入を検討するためには、ピーク時の断面利用者数とその区間・便、また、区間・便毎の平均断面利用者数を把握し、この区間・便の利用者数が乗車定員の範囲に収まるかどうかを

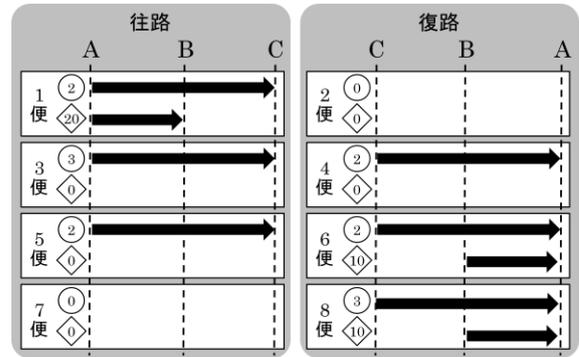


図-1 モデルケースで想定する利用状況

表-2 モデルケースでの利用者数指標算出結果

項目	正味	換算	単位
総輸送人員	54		人/日
1便あたり利用者数	6.75		人/便
輸送量	17	10	人/日
平均乗車密度	4.25	2.5	人
断面利用者数	ピーク	22	人/便
	平均A-B	6.75	人/便
	平均B-C	1.75	人/便
	平均C-B	1.75	人/便
		6.75	人/便

検討する必要がある。

次節でモデルケースを用いて具体的にこのことを説明する。

(3) 地方路線のモデルケースを用いた検討

地方部で多く見られる、路線バスがスクールバスの役割を担い、昼間時の利用は通院や買い物である場合を考える。具体的には図-1に示す利用状況を仮定する。

A地点に住む小学生20人は、定期券(割引率7割)を利用して、B地点の小学校まで1便で通学し、6・8便で帰る。その他の利用者はA地点とC地点を往復する定期外利用者とする。なお、A~B、B~Cの距離・運賃は等しいとする。

表-2に各利用者数の指標を示す。運賃換算値では、定期利用者が実際の3割とされることで、平均乗車密度や輸送量が大幅に過小評価されている。平均乗車密度は、正味値で4.25人、換算値で2.5人となる。また、正味の1便あたり利用者数は6.75人であり、これらの数字からは小型車両でも十分輸送可能な人数に見える。しかし、断面利用者数のピーク値は22人に達しており、小型車両では運びきれない人数であることがわかる。こ

のような状況は、過疎路線ではしばしば生じている。そこで、スクール便と一般便を分け、一般便のみ小型車両を導入することも考えられるが、車両・運転手が2倍必要となるためコストが高くなる。また、スクール便と生活交通を分けることにより、それぞれに適用される補助制度が異なってくる場合や、補助基準を満たさなくなる場合もあり、計画者にとっては留意が必要となる。

#### 4. 路線特性による小型車両導入の可否選定

これまで述べてきたように、一般に利用状況や補助基準として用いられている平均乗車密度や1便あたり利用者数の値だけでは、少量乗合輸送サービスの導入の可否は判断できず、これらの指標と同時に断面利用者数のピーク値が必要となる。しかし、平均乗車密度や1便あたり利用者数に比べて、断面利用者数のピーク値を把握するのは困難である。なぜなら、平均乗車密度や1便あたり利用者数は運送収入から計算可能であるが、断面利用者数のピーク値は、すべての便について乗降者数調査を行わなければ把握不可能であり、そのような調査を全補助路線において実施することは、コスト面から現実的ではないからである。

そこで、あらかじめ路線特性によって少量乗合輸送サービスの導入可能性の高い路線を絞り込み、乗降者数調査を行うことを考える。

路線特性を、生活路線における利用者の実態に合わせて、a)通学路線、b)通院路線、c)買い物路線、d)その他の路線、の4つに分類する。

##### a) 通学路線

通学目的の利用が主体の路線で、学校の始業時間にピークが存在する。ピーク時の利用者の大半は通学生である。利用者の日変動はほとんどなく、ピーク時の利用者数は通学生を数え上げることによってほぼ確実に把握可能である。

##### b) 通院路線

通院目的の利用が主体の路線で、病院の診療開始時間に最大のピークが存在し、診療が終了する時間に第2のピークが存在すると考えられる。通院する診療科によって利用者の日変動が存在すると考えられるため、ピークを把握するためには一定の期間が必要である。ただし、ピーク区間は病院の直前であるので、病院での降車客数を調べることでピークの利用者数が把握可能である。

##### c) 買い物路線

買い物目的の利用が主体の路線で、店舗の開店時間中にピークが存在すると考えられるが、どの時点で最大のピークが存在するかは地域によって異なると考えられる。また、利用者の日変動も大きいと考えられるため、

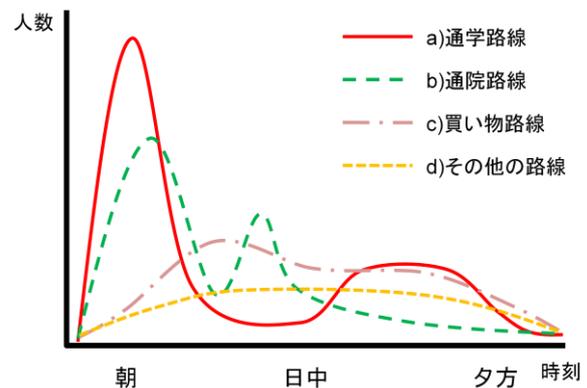


図-2 路線特性と日需要変動との関係の模式

利用を把握するにはある程度長期の期間が必要となる。通院路線同様、ピーク区間は店舗直前であり、店舗の降車客数でピーク利用者数は概ね把握可能である。

##### d) その他の路線

主な利用目的が特に定まっていない路線であり、すべての区間において長期的に調査を行わなければピークは把握できない。

各路線類型のピークと時間の関係を模式的に示したのが図-2である。一般に、a)→b)→c)→d)の順にピークは把握しにくくなる一方、ピーク値そのものは小さくなる。このことから、平均乗車密度や1便あたり利用者数が低い路線のうち、少量乗合輸送サービスへの切り替え可能性が高いのは、d)→c)→b)→a)の順であると考えられる。

同じ運行回数(10便)・運行距離(10区間)・平均乗車密度(3人)であっても、ピーク値が大きく異なる2つの路線の需要発生状況を図-3・4に示す。図-3のケースは、a)通学路線・b)通院路線を想定しており、第2便の中程の区間にピークが存在し、ピーク値を21人としてある。一方、図-4のケースは、c)買い物路線・d)その他の路線を想定したもので、全ての便・区間を通じて複数のピークが存在し、ピーク値は5人である。この2者の場合、前者はピーク時の利用者を捌ききれないため、少量乗合輸送サービスへの切り替えは不可能であるが、後者はピークでも小型車両で十分捌ききれぬ利用者数であり、少量乗合輸送サービスへの切り替えが望ましい。

このように、時間・空間的に利用が集中しない場合には、少量乗合輸送サービスの導入が可能であり、通学・通院など、利用にピークが存在する場合には、少量乗合輸送サービスの導入は難しいと考えられる。

#### 5. 少量乗合輸送サービス導入を喚起する補助制度

従来、小型車両はバス車両に比べて1回あたりの運行費用を抑制できることから、運行回数や運行距離を従来通り維持しつつ、経費削減を行う手段として導入され

た例が多い。したがって、大半は自治体運営路線での導入である。事業者が自主的に小型車両を導入した路線の多くは、運賃収入で採算を確保しなければならない路線である。バス車両での運行を前提とした公的補助路線であれば、あえて小型車両を導入するメリットはない。その結果、利用者数からすれば本来、少量乗合輸送サービスに切り替えることが適当な公的補助路線も、バス車両による運行のまま維持されることとなる。公的補助は増大し続け、それに耐えきれなくなった時、路線は短縮・減便され、最終的には廃止となる。

この縮小均衡メカニズムを転換するためには、少量乗合輸送サービスを経費削減の手段としてだけでなく、利便性向上による新たな利用者の開拓手段として用いるべきである。少量乗合輸送サービスへの切り替えによって公的補助を削減しないとした場合、1回あたりの運行費用の抑制は、運行回数や運行距離の拡大、デマンド運行といった利便性の向上を可能にする。利便性の向上によって利用者が増加すれば、公的補助の増大を抑制できる。その一方で、利便性が高まった結果、想定よりも利用者が増加し、小型車両では捌ききれなくなる可能性について注意が必要である。

以上をまとめると、少量乗合輸送サービスの導入を促進する補助制度の設計にあたっては、1)ピーク時の利用者数を把握する方法の確立、2)路線特性の把握、3)経費削減ではなく利便性向上の視点、が必要である。

図-5はこのメカニズムを図-3・4と同じ図面に模式的に表したもので、これを Capacity-Service level Prism(CSP)と名付ける。CSPによって、運行費用が車両の容量とサービスレベルにどのように展開されるかを表すことができる。運行費用(体積)を一定とした場合、路線バスを少量乗合輸送サービスに切り替えることによって、サービスレベル(面積)は拡大する。その一方、車両の容量制約(高さ)は厳しくなる。実際の運行においては、図-3・4に示したような需要発生状況が、このプリズムの中に収まる必要があることになる。

今後は、事例やシミュレーションを用いて少量乗合輸送サービスの導入の可否を実証的に検討していくことを予定している。

【補注】

- (A) 国庫補助の基準は、2001年以前は平均乗車密度、2002年以降は輸送量。平均乗車密度では、乗客の減少に合わせて運行回数を減回しなければ補助対象から外れる。輸送量ならば、基準の範囲内で運行回数を維持することが可能(ただし、補助は一定回数分までしか行われない)。都道府県の補助制度では、輸送量・平均乗車密度のどちらを用いるかはまちまちであるが、現在も平均乗車密度を用いている場合が多い。
- (B) 運行回数：往復路線は1往復が1回、循環路線は1循環が1回  
 運行便数：往復路線は片道が1便、循環路線は1循環が1便

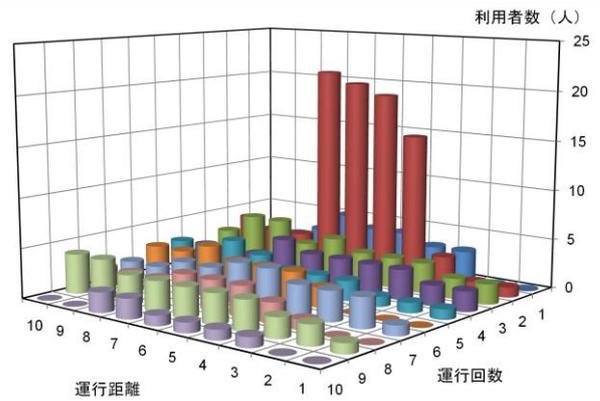


図-3 平均乗車密度が低い路線の需要発生状況 (ピーク値が突出している場合)

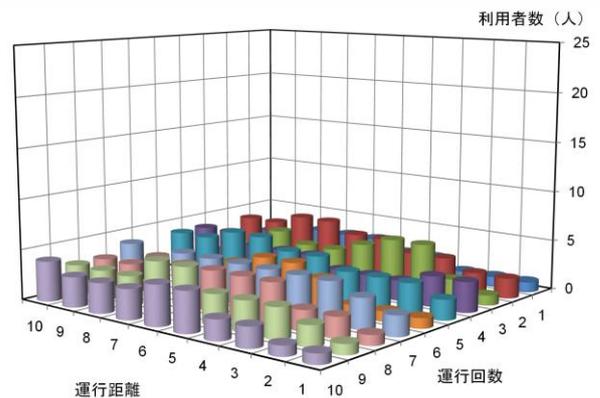


図-4 平均乗車密度が低い路線の需要発生状況 (ピーク値が見られない場合)

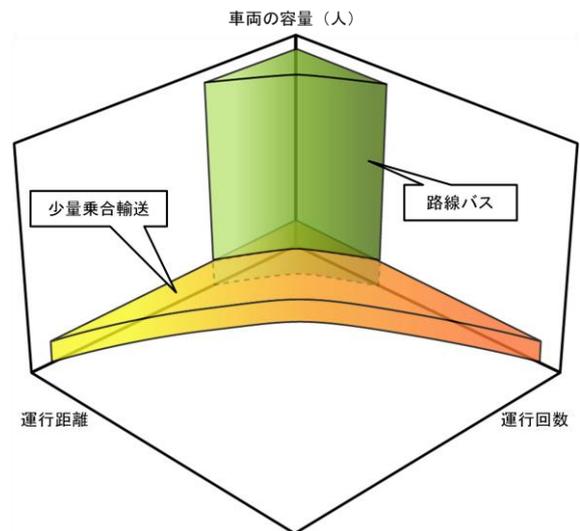


図-5 車両の容量とサービスレベルの関係 (CSP)

【参考文献】

- 1) 倉内文孝・上島清孝・飯田恭敬：車両割り当てアルゴリズムを用いた DRT のサービス特性に関する考察，土木計画学研究・講演集 vol.29, CD-ROM, 2004.
- 2) 吉田樹・秋山哲男・金載昊：人口高密度地区における DRT システムとその適用可能性，土木計画学研究・論文集, No.23 no.2, pp.551-558, 2006.