

中山間地域を対象とした貨客混載デマンドバスの乗客スケジュール効用関数の推定

広島大学 学生会員 ○山本 大峻

広島大学 正会員 藤原 章正

広島大学 正会員 力石 真

1. 社会的背景と目的

超高齢化社会に突入し、中山間地域においてはほぼ例外なく、バス事業は慢性的な乗客不足に、物流会社は低密度な住居への低需要の貨物配送に悩まされている。非効率的な経営状態のため、バス会社と物流会社の双方が事業を撤退したいと考えつつも、社会保障の視点から小規模な需要に対応せざるを得ない状況が続いている。この問題の解決策として期待されているのが、バスの空いた空間を利用して貨物を積載し同時に乗客も運ぶ「貨客混載バス」サービスである。このサービスにより人流・物流の両サービスの効率化と維持を図ることが可能となるとして、近年日本各地で行われるようになった¹⁾。

現在導入されている貨客混載バスは、物流拠点間のラインホールのみで運行され、端末の戸別配送は別途物流会社ドライバーが行う場合が多い。最近になって、路線と運行時刻が決められた乗合タクシーを活用した貨物戸別配達サービス（以下 door to door サービス）の導入もみられるようになってきたが²⁾、貨物配送は乗客に影響を与えない運行時間外に行われているのが実態である。効率性を高め限られた資源の再配分が可能とするためにも、多様な公共交通を柔軟に協調させた新しい貨客混載サービスの確立が求められている。

このような社会的背景を受けて、本研究では、経路、時刻表、停留所、運行頻度を柔軟に変更できるフルデマンド型バスを用いた貨客混載の新しいサービスを提案する。この貨客混載サービスでは、運行の効率化と配送可能貨物の種類を増やすために乗客輸送中の貨物の積み下ろしも提供する。このような新サービスの実現可能性を検証するために、第一段階として、本研究では最適経路探索の際に最小化されるべき乗客の遅着と早着に対する効用を表す乗客スケ

ジュール効用関数のパラメータを推定し、乗客のトリップ目的の違いが効用に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究のレビュー

2017年9月に貨客混載に関する法律が緩和され、貨客混載バスの普及が始まった。そのため現在は問題点の抽出や効果検証のために、導入前の住民や事業者に対する意識調査や、導入後の効果と課題に関する聞き取り調査の実施・分析が貨客混載バスの主な研究テーマとなっている。しかし、経路、時刻表、停留所、頻度が柔軟に設定できる分、所要時間の信頼性が損なわれる貨客混載サービスに対する利用者の選択行動を明らかにした研究は多くない。特に移動目的が異なる意思決定主体がもつスケジュール効用を計測した事例は限定的といえる。

そこで、先述したように本研究では貨客混載デマンドバスの実現性を示すための第一段階として到着時刻の不確実性により発生する遅着と早着に対する乗客の不効用を金銭的価値で定量化することを試みる。このように移動者の所要時間変動や早着、遅着に対する価値やペナルティを定量化した研究は以下のようなものがある。

Small(1979)³⁾は、サンフランシスコ港エリアにて調査を行い、自家用車を運転して職場へ行く人を対象として始業時刻に対する早着・遅着に対する効用関数を構築した。また、Weibin Kou(2017)⁴⁾は中国の都市部を対象とし所得の違いによって遅着と早着に対する効用は変化すると仮説を立てて、通勤目的での公共交通機関利用者に関する効用関数の構築を同様に行った。

このように所要時間・到着時刻変動に対する効用の算出は主に通勤者を対象として行われた。これは、経

キーワード 貨客混載バス、輸送の効率化、スケジュール効用関数、中山間地域、時間価値、デマンドバス

連絡先 〒739-8529 広島県東広島市鏡山 1-5-1 広島大学大学院国際協力研究科

T E L 080-5756-2745

済発展の促進のために就業者の移動を円滑に行うための交通インフラの整備が重要な政策の1つという時代背景があったからであった。

しかし我が国の中山間地域では、貨客混載デマンドバスの利用者は、通勤者よりも仕事に従事していない高齢者が主な対象となり、既往の研究で扱ってきた通勤・通学のような時間制約の強い利用者の行動特性とは大きく異なることが推測される。さらに、異なる利用目的を持つ利用者が同時にバスを利用するため配送計画の際に優先順位をつけることが必要となる。

そのため本研究ではより詳細な配送計画をたてるために乗客のトリップ目的を通院、通勤、私用の3つに分けてスケジュール効用関数を構築し各目的別の効用の変化を考察する。

3. 研究方法

島根県邑智郡邑南町にて2018年9月4日～10月2日の期間に2000世帯を対象に1世帯に2枚ずつアンケート票を配布し552人から有効回答を得た(表1)。アンケート票では、図1に示すような貨客混載デマンドバスを想定した2つのバスAとバスBを提示し、利用目的別に回答者の嗜好を尋ねるSP問題を1回答者につき各々4問回答させた。

表 1 旅行時間信頼性の経済価値に関する SP 調査

対象者	邑南町在住者から無作為に抽出(2,000 世帯)し、各世帯2枚 ※ただし、公共交通を必要としている高齢者を中心に回答を依頼
配布・回収	郵送配布・郵送回収
回収数	899 世帯(回収率 44.95%)、1,265 サンプル(うち有効票 552 サンプル)

問 11 以下の(1)～(4)の設問では、仮想的なバス(A～H)を示します。これらは運行に関して、それぞれ点線の枠内で囲った特徴を持っています。

(1) 以下の①～③の移動目的に対して、次のバス A とバス B の特徴がある場合、どちらのバスを利用したいと思いますか。

① 移動の目的が通院で、9時00分から診療の予約をしている場合	1.バス A が望ましい 2.バス B が望ましい
② 移動の目的が私用で、9時00分から友人と待ち合わせをしている場合	1.バス A が望ましい 2.バス B が望ましい
③ 移動の目的が通勤で、9時00分から始業の場合	1.バス A が望ましい 2.バス B が望ましい

<バス A とバス B の特徴> ・バス A、バス B はタクシーのようにあなたの希望する出発地から目的地まで直接運行します。 ・バス A、バス B の運行における到着時刻と所要時間は、利用状況により変動する可能性があります。 以下のカードに示す 5 つの到着時刻と所要時間の特徴が等しい確率で起こります。			
バス A 出発時刻: 8時20分		バス B 出発時刻: 8時15分	
到着時刻	所要時間	到着時刻	所要時間
5回:1回は約束の時間よりも2分早く到着	38分	5回:1回は約束の時間よりも12分早く到着	33分
5回:1回は約束の時間よりも1分早く到着	39分	5回:1回は約束の時間よりも11分早く到着	34分
5回:1回は約束の時間 ぴったりに到着	40分	5回:1回は約束の時間よりも10分早く到着	35分
5回:1回は約束の時間よりも1分遅く到着	41分	5回:1回は約束の時間よりも9分早く到着	36分
5回:1回は約束の時間よりも2分遅く到着	42分	5回:1回は約束の時間よりも8分早く到着	37分
運賃: 300円		運賃: 200円	
所要時間の平均: 40分		所要時間の平均: 35分	

図 1 貨客混載サービスの SP 選択実験

各乗客は診療、友人との待ち合せ、通勤という異なる移動目的の文脈において、所要時間と早着・遅着時刻の条件のもとにサービスの選好を表明する。異質な嗜好をもつ個人の交通手段選択行動を記述するために、ために変量効果を考慮可能な mixed logit model を適用し、推定する個人のスケジュール効用関数は以下の通りと定義する。

$$U_{in} = Intercept + (Random\ effects)_{in} + \alpha FARE_{int} + \beta ESDL_{int} + \gamma ETT_{int} + \delta ESDE_{int} \tag{1}$$

ここで、Intercept は定数項となる切片、Random effects は変量効果、FARE は運賃、ESDL は遅着の期待値、ETT は所要時間の期待値、ESDE は早着の期待値を表す。添え字の i は選択肢 ($i=1\sim2$)、 n は個人 ($n=1\sim552$)、 t はひとりの被験者に対して複数回質問した際の質問回 ($t=1\sim4$) を表す。各係数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は推定される未知パラメータである。本モデルでは、変量効果は平均 0、標準偏差 s の正規分布に従うものと仮定し、嗜好など観測不可能な個人差を表現する。これを考慮することで推定結果と真値が大きく乖離する過分散を防ぐことが可能となる。

4. データ特性

調査票は899世帯(回収率45%)1265枚回収をした。このうちパラメータ推定のための SP 問題に完答した人数は552人であったためこれらを対象に分析をした。回答者のうち男性は54%、女性は46%(回答者数551人)であり、50%以上が65歳以上(回答者数534人)であり高齢者からのデータを多く得ることができた。また、約40%の回答者は仕事に従事していなかった(回答者数540人)。

5. スケジュール効用関数の推定

表1に mixed logit model の推定結果を示す。全てのトリップ目的の中で、早着パラメータのみ正值であった。これは早く着くバスほど乗客は効用を得てその選択確率が増加することを意味する。次に、各パラメータをFAREのパラメータで除して1分当たりの時間増加の効用を金銭価値で評価する時間価値を算出した(表2)。

Table. 1 パラメータ推定結果

目的	私用		通院		通勤	
説明変数	パラメータ	Z 値	パラメータ	Z 値	パラメータ	Z 値
定数項(Intercept)	-0.110*	-1.76	0.0484	0.706	-0.0624	-0.871
α (FARE)	-0.00353***	-9.12	0.00271***	-6.1	0.00165***	-3.59
β (ESDL)	-0.153***	-6.30	-0.198***	-5.42	-0.244***	-5.95
γ (ETT)	-0.0484***	-49.9	-0.0550***	-4.9	-0.0722***	-6.27
δ (ESDE)	0.0201***	20.8	0.0841***	6.75	0.102***	7.68
初期/最終対数尤度	-1530/-1365		-1530/-1242		-1530/-1175	
対数尤度比	0.108		0.189		0.232	
的中率	75%		81%		82%	

* : $p < 0.1$, *** : $p < 0.001$

表 2 各時間価値

	私用	通院	通勤
ESDL	43.2	72.8	146.8
ETT	13.7	20.3	43.5
ESDE	-5.69	-31.0	-61.2

※単位は全て(円/分)

遅れ (ESDL) の時間価値はすべての目的の中でも絶対値が最も大きく正值であった。正の時間価値は金銭的な損失を表す。つまり 1 分当たりの遅着時間の増加は乗客に最も不効用 (不満足) を与える。また、所要時間 (ETT) は所要時間短縮の価値を意味しており、通勤、通院、私用の順に時間価値が高くなった。一方、早着 (SDE) の時間価値は負値を示した。これは早着のパラメータ値が正值であることに起因する。つまり乗客が早着の 1 分当たりに対して持つ金銭的な価値は ESDE の時間価値の絶対値であるが、1 分早く着く毎に時間価値分の金額を受け取った時と同様の効用(満足)を得ることを表す。

以上より、移動目的の違いが時間価値に与える影響が大きいことが明らかとなった。

6. 結論

どのトリップ目的に関しても共通して見られた特徴は、乗客は遅着に対し最も大きな不満を感じ早着に対して満足を得ることである。

トリップ目的の違いによる時間価値の変化は、早着で最も大きくみられた。1 分当たりの早着は、通院

は私用の約 5 倍、通勤は私用の約 10 倍以上もの金銭を受け取った時と同等の満足を得ることが示された。遅着に関しても通勤は私用の 3 倍以上の値を示し、不効用の変化が考察できた。

本研究で推定したスケジュール効用関数は早く着けばつくほど良いという結果を示したが、実際は 20 分～30 分ほど目的地に早く着くと逆に不効用を感じる可能性がある。また、遅着に対する不効用も遅着時間によって変化率が変化することも考えられる。こうした心理面を反映した時間変動に対する許容範囲等を条件に加え、より精度の高い乗客スケジュール効用関数を構築する必要がある。

参考文献

- 1) 株式会社日本政策投資銀行:地域公共交通における新たな動き～貨客混載を中心に～, 2018
- 2) 佐川急便株式会社:乗合タクシーを活用した貨客混載事業を開始, 佐川急便株式会社ホームページ, 2017 年 10 月 31 日, 2019 年 4 月 4 日アクセス
- 3) Kenneth A. Small: The scheduling of consumer activities: work trips, Econometric Research Program, Research Memorandum, No243, 1979.
- 4) Weibin Kou, Xumei Chen, Lei Yu, Yi Qi, Ying Wang: Urban commuter's valuation of travel time reliability based on stated preference survey: a case study of Beijing, Transportation Research Part A, 95, 372-380.
- 5) 橋本恵一郎・市川智秀・大庭靖貴: 過疎地域における物流サービスの現状と課題(資料 2-3), 国土交通省自動車局貨物課・旅客課, 総合政策局物流政策課, 2017
- 6) 吉武哲信・上永啓太・白石悦二・出口近士: 過疎地域での自家有償旅客運送での貨客混載と地域組織による末端集配を組み合わせた共同輸送システム構築に向けた課題整理-宮崎県西米良村小川地区を対象

として-, 交通工学論文集, 3 巻第 2 号(特集号 A),
A_28-A.36, 2017.