

地方都市における事前予約制タクシーと相乗りタクシーの導入に関する基礎分析

渡利 友紀¹・王 凱²・佐野 可寸志³・高橋 貴生⁴・加藤 哲平⁵・中山 佳子⁶

¹非会員 長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 (〒940-2188新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail:s185083@stn.nagaokaut.co.jp

²非会員 エヌシーイー株式会社 (〒950-0954 新潟県新潟市中央区美咲町1丁目7番25号)

E-mail:K-Wang@nceinca.co.jp

³正会員 長岡技術科学大学教授 (〒940-2188新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail:sano@nagaokaut.ac.jp

⁴正会員 長岡技術科学大学特任助教授 (〒940-2188新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail:takataka@stn.nagaokaut.ac.jp

⁵正会員 長岡技術科学大学講師 (〒940-2188新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail: tkato@vos.nagaokaut.ac.jp

⁶非会員 長岡技術科学大学技術職員 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

E-mail: ynakayama@vos.nagaokaut.ac.jp

新潟県長岡市を対象とした調査に基づき、事前予約制タクシーと相乗り制タクシーの導入に関する基礎分析を行った。この2つの新しいサービスは事前予約によるルート最適化及び相乗りによるコスト削減により、より割安な運賃を提供できると期待できる。1回目の調査結果を用いて、事前予約制タクシーの需要を推定し、割引率ごとの需要曲線を求め、既存タクシーよりも3割引時が最も効果的であることを示した。また、2回目の調査では、SP調査を実施し、多項ロジットモデルを用いて、交通機関選択モデルを構築し、パラメータの推定を行い、影響する変数を示した。

Key Words: Reserve Taxi, SP Survey, Local Transportation

1. はじめに

近年、地方都市における公共交通は高齢化や人口減少によって厳しい局面を迎えている。一方でドア to ドアサービスのタクシーは高齢化等によって需要が伸びていくと考えられるが、タクシー事業者は長時間労働や低賃金を理由にドライバー人員が集まらず事業を継続できなくなり、タクシー空白地帯も増加している。しかしながら、タクシーの勤務時間のうち約 1/6 しか実車時間はなく、残りの約 5/6 の空車時間を減らすことによりより効率的な運用が可能¹⁾であり、効率化による料金の値下げにより、新たな需要発掘が可能であり、企業の存続が可能になると考えられる。

地方都市におけるタクシーの運行費用構成割合を見ると人件費が 73%²⁾を占めている。拘束時間のうち利益を生む実車状態はわずか 1/6 しか過ぎないため、実車時間を増やすことが企業の生産向上に直結する。近年社会問題になっているタクシードライバーの待遇改善や長時間労働の改善につながると考えられる。

実車状態を増やすためには、継続的に乗客を乗せる必要がある。しかしながら、地方都市では流し営業は皆無であり、駅、病院といった所定の場所から乗車もしくは事前予約による乗車が多く、これらを上手く組み合わせることが重要である。

本研究の先行研究¹⁾³⁾では、同じ地域の GPS データを用いて、長岡市におけるタクシーの運行実態を明らかにし、完全予約制と複数企業による共同配車による費用削減効果について実車率が改善され、輸送効率が向上することを明らかにした。しかしながら、これらを活用した割引運賃の適用した場合の需要を示していない。

鈴木ら⁴⁾は、秋田市においてアンケート調査を実施し、ロジット型価格感度測定法を用いて、利用者が満足する運賃を示した。分析結果によると、現状の 710 円から 660 円まで値下げすると、利用者は割高感が解消されることを示した。加藤ら⁵⁾は愛知県豊田市において、利用者が少ないコミュニティバスを乗合タクシーだけでなく、既存タクシーへの代替の可能性について検討を行い、その結果、輸送密度は低い地域では、代替可能であること

示し、経費シミュレーションでは、運行経費を 2-7 割引減できることを示した。福本ら⁹⁾は愛知県の東三河地域において、1 年間分の日報データを分析し、時間的変動や運行ルート空間的分布を明らかにした。加えて、迎車時は短距離利用が多いことや、縁辺部の地域では平均利用額が高いことを明らかにした。溝上ら⁷⁾は、乗合タクシーが導入されている熊本県荒尾市にて住民向けにアクティビティ・ダイアリー調査を実施し、乗合タクシー導入前後の住民の行動変容の実態を明らかにし、導入後、時空間パス面積が拡大したことや路線バスの利用が増加したことから乗合タクシーの導入後、自家用車を保持しない高齢者等の外出機会や活動範囲が拡大したことを示した。鈴木ら⁸⁾は、秋田市において、意識調査を実施し、タクシー運賃の割引率による外出行動や外出意識の変化について分析を行い、5 割引制度を実施した場合に最も高齢者に「今より多く趣味・娯楽のために外出することが考えられる」などの多くの効果を経験したことを示した。

これらの研究からの既存タクシーの割引運賃や乗合タクシーが地方都市や郊外地域において、有効な施策であることがわかる。

そこで本研究では、既存タクシーを改良した事前予約制タクシーと相乗り制タクシーに着目し、長岡市におけるアンケート集計の結果から具体的な需要や割引率について明らかにし、事前予約制タクシーと相乗り制タクシーの導入に関する基礎研究とする。

2. 分析に用いたデータとアンケートの概要と特徴

(1) 対象地域の概要

本研究の対象地域は新潟県長岡市である。新潟県の中心に位置し、中越地方の中心的都市である。人口は約 27 万人で 60 歳以上の人口が約 37% を占めている。

対象地域の公共交通は、JR 上越新幹線・信越本線・上越線・越後線が運行されており、路線バスでは越後交通が長岡駅を中心に約 60 路線運行されており。また、小国地域、川口地域、山古志地域では住民（特定非営利活動法人）が主体となり、コミュニティバスの運営が行われているが、77% が自家用車の利用であり、タクシーの利用率は 0.08% しかなく、他の公共交通も 5% 弱しかなく、公共交通の分担率は低く、典型的な地方都市と言える。

(2) アンケートの概要

本アンケート調査では、トリップ特性や予約のインセンティブに応じて予約率を変動させることによる需要を把握するため、利用実績データから得ることのできない長岡住民の目的別外出状況、現在の外出状況におけるタ

表-1 アンケート概要

	第 1 回調査	第 2 回調査
調査実施日	R1 年 12 月 25, 26 日	R4 年 6 月 20 日から 8 月 10 日
配布方法	ポスティング	ポスティング及び タクシー内で配布
配布数	1, 200	1, 624
回収数	146	104
回収率	12%	6%
項目	質問内容	
① 個人属性	年齢・性別・家族構成・免許の保有状況・専用自動車の保有状況・世帯での車の所要台数	
② 外出状況	目的別の外出目的地・目的地の利用頻度・タクシーの利用回数とタクシー以外の交通手段の利用回数	
③ タクシーの利用意向	利用料金などのサービスレベルごとの利用回数	利用料金などのサービスレベルごとに関する SP 調査

クシー利用回数、インセンティブ施策に応じたタクシー利用回数の変動等、詳細な事前予約タクシーの利用の把握を目的とした。第 1 回アンケートの配布方法は配布地域の人口や配布作業にかかる時間や人数等を配慮し、旧長岡市の各エリアの 20 町丁目を対象地域とし、旧長岡市全域に無作為に投函した。アンケート配布時期は予備調査を令和元年 11 月 29 日に行い、本町調査を令和元年 12 月 25 日・26 日に実施した。

アンケートの配布方法は三越タクシー車内での配布とポスティングによる配布を行った。タクシー内の配布では、走行距離に応じて、SP 調査に基づいた配布を行った。ポスティングについては、図-3 のように長岡駅からそれぞれ距離に応じて、対象地域に無作為に投函した。アンケート配布時期はタクシー車内での配布は令和 4 年 6 月 20 日から 7 月 15 日まで実施し、ポスティングについては令和 4 年 8 月 1 日から 10 日まで実施した。なお、回答方法については紙媒体もしくは WEB アンケート形式で実施した。

(3) SP 調査について

第 2 回調査で実施した SP 調査は、長岡市在住者に限定して実施した。本調査の回収サンプルは 104 名である調査時期においては、新型コロナウイルスの流行により、バスといった不特定多数と乗車する交通機関の選択が減少している可能性があることを補足する。仮想状況については、距離別 (3km, 5km, 7km)、目的別 (時間制約あり、時間制約なし)、をそれぞれ設定した。仮想状況の

表-2 仮想状況別の条件

仮想状況:目的地までの距離が 3km の時					
	費用	待ち時間		費用	待ち時間
相乗り制タクシー	¥510, ¥640, ¥760	20分, 40分, 60分	自家用車	¥30	なし
予約制タクシー	¥690, ¥870, ¥1,040	10分, 30分, 50分	送迎	¥160	なし
通常タクシー	¥1,280	なし	バス	¥180	なし
仮想状況:目的地までの距離が 5km の時					
	費用	待ち時間		費用	待ち時間
相乗り制タクシー	¥800, ¥1,000, ¥1,200	20分, 40分, 60分	自家用車	¥40	なし
予約制タクシー	¥1080, ¥1,350, ¥1,620	10分, 30分, 50分	送迎	¥320	なし
通常タクシー	¥2,000	なし	バス	¥230	なし
仮想状況:目的地までの距離が 7km の時					
	費用	待ち時間		費用	待ち時間
相乗り制タクシー	¥1,090, ¥1,360, ¥1,630	20分, 40分, 60分	自家用車	¥60	なし
予約制タクシー	¥1,470, ¥1,830, ¥2,200	10分, 30分, 50分	送迎	¥480	なし
通常タクシー	¥2,720	なし	バス	¥270	なし

表-3 割引別の予約タクシーの利用回数(回・月)

旅行目的	買い物					出張				
	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引
既存タクシー	6	14	196			26	29	77		
予約制タクシー		6	90	281			15	17	77	
相乗り制タクシー			72	100	412			9	16	72
旅行目的	通院					飲食				
	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引
既存タクシー	41	43	104			85.1	97.1	141.8		
予約制タクシー		29	59	116			26.5	49	93	
相乗り制タクシー			33	41	81			33.5	46	101

提示については、距離別に行っており、タクシー配布では、走行距離に応じ、ポスティングでは、長岡駅から自宅までの距離に応じてそれぞれ配布した。相乗り制タクシーと予約制タクシーの運賃については、第3章で行った分析を基に提示した。また、待ち時間については10分から60分をそれぞれ提示した。仮想状況別の提示条件について表-2に示す。

自家用車についてはガソリン代のみを考慮し、送迎については、ガソリン代と送迎車に必要なドライバーの往復のコストについて時間価値を用いて算出した。また、バスのコストについて時間価値を用いて算出した。また、バスについては長岡市を走行する越後交通の運賃を基に提示した。調査で対象とした交通機関は、相乗り制タクシー、事前予約制タクシー、通常タクシー、自家用車(自らの運転)、送迎、バスの6種とした。

本調査における事前予約制タクシーと相乗り制タクシーは予約締め切り時間を乗車時間の2時間前に設定した。

3. 分析結果

(1) 事前予約制タクシーの利用意向

第1回アンケート調査を行った際に、4つの目的別の現

在行動状況について、既存タクシーの場合、前日予約タクシーの場合、相乗り+前日予約タクシーの3つの場合に、それぞれの割引時の利用回数についての回答を得た。それぞれの割引時のタクシー利用の難易度を考慮した上で仮定した割引率は、既存タクシーは、2割引と4割引。前日予約タクシーは、2割引、4割引、6割引とした。相乗り+前日予約タクシーは、4割引、6割引、8割引とした。本調査で相乗りを含めたアンケート調査を行う目的は、相乗りにより運行コストが下がり、提供する運賃がさらに下がると考えられるからである。

予約タクシーの利用回数について、各目的別のデータを集計し、表-3に示す。買物では、全ての手段ともに割引によって利用回数は増えることが確認できた。

(2) 予約タクシー需要の推定

前章より、割引による潜在需要があることが確認できた。本章では、アンケート結果を用いて長岡市全域での需要の推定を行う。

本稿では、一般的な方法を用いて、サンプル全体から長岡地区の需要を推定する。アンケート調査で回収し350人の有効回答数を年齢別男女別地域別に分け、年齢別男女別地域別ごとの有効回答数の逆数(母集団/有効

表-4 拡大後の割引別の予約タクシーの利用回数 (回・日)

旅行目的	買い物					出張				
	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引
既存タクシー	98	201	3,375			352	396	1,203		
予約制タクシー		124	1,451	4,706			253	288	1,305	
相乗り制タクシー			1,148	1,532	6,511			179	351	1,285
旅行目的	通院					飲食				
	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引	0割引	2割引	4割引	6割引	8割引
既存タクシー	610	523	1,604			1,285	1,511	2,309		
予約制タクシー		446	960	2,048			423	828	1,572	
相乗り制タクシー			537	726	1,217			577	843	1,796

を拡大係数として設定する。母集団では、抽出台帳として使用したこと及び地域別性別年齢階層別人口について最新の情報が得られることなどにより、母集団人口把握の基礎となる人口統計資料として、長岡市の住民基本台帳の地区別・年齢別人口(平成31年4月1日)⁹⁾を用いた。母集団地域区分について、各町丁目から長岡駅への距離を考えた上で、3つのゾーンに分けて3区分と設定した。年齢階層については、0歳以上を対象とする10歳階級による8区分と設定した。有効サンプルと母集団人口から、次式により拡大係数を算定した

$$K_{ijk} = \frac{N_{ijk}}{S_{ijk}} \quad (1)$$

- K_{ijk} : ゾーン i, 性別 j, 年齢階層 k の拡大係数
- N_{ijk} : ゾーン i, 性別 j, 年齢階層 k の母集団人口
- S_{ijk} : ゾーン i, 性別 j, 年齢階層 k の有効サンプル数

拡大した後の目的別の需要の結果は表-4に示す。この結果は、小数点以下の数値を整数化して扱うことにした。表-4の予約タクシーの利用回数と既存タクシーの利用回数を比べると、最も多いのは6割引時の予約タクシーであり、最も少ないのは2割引時の予約タクシーである。また、表-4により予約タクシーの需要曲線を求めた。

$$y = 47771x^2 - 17253x + 2785 \quad (2)$$

x : 割引率
y : 需要 (日・回)

表-4 推定した長岡地区の割引別の利用回数

	0割引	2割引	4割引	6割引
既存タクシー	2,344	2,630	8,492	
予約タクシー		1,246	3,527	9,631

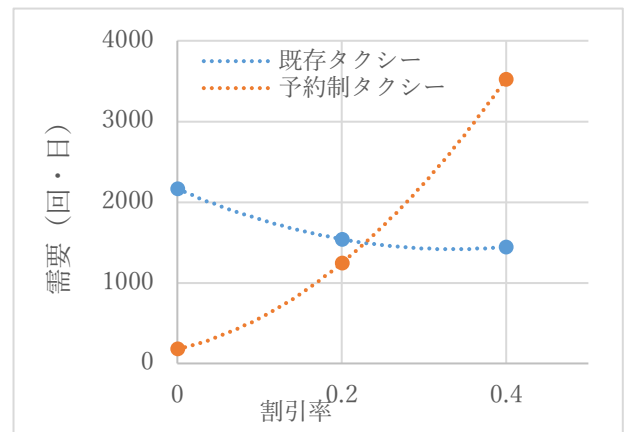


図-1 割引率と需要の関係

第1回調査での住民へのアンケートと三越タクシーへの現状の予約に関するヒアリングから、予約タクシーと既存タクシーの需要曲線を求めた。2つの需要曲線を用いて、図7のように需要を求めた。割引率が2割を超えると既存タクシーより予約タクシーの方の需要が上回ることが分かる。

$$y = 15187.5x^2 + 2292.5x + 180 \quad (3)$$

x : 割引率
y : 需要 (日・回)

$$y = 15187.5x^2 + 2292.5x + 180 \quad (4)$$

x : 割引率
y : 需要 (日・回)

(3) 予約制タクシーの価格の弾力性

上記の結果を用いて各割引率のごとのトリップ数と既存タクシーの売上を1とした場合の売上を算出し、表-5に示す。予約制タクシーの運賃が既存タクシーの1割引に設定した場合、既存よりも増加しないこと示した。2割引にした場合、売上が8.2%増加し、3割引にした場合、27.6%増加することがわかる。

表-6 パラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ	t 値		説明変数	パラメータ	t 値
1	費用(全)	-1.11	-5.69	10	予約経験(タ)	13.01	0.15
2	待ち時間(相)	-0.01	-1.53	11	相乗りタ定数項	26.95	0.07
3	待ち時間(予)	-0.01	-2.48	12	予約制タ定数項	27.60	0.07
4	アクセス時間(バ)	-4.70	-9.50	13	通常タ定数項	27.52	0.07
5	飲酒回数(相)	0.67	2.53	14	送迎定数項	26.60	0.06
6	飲酒回数(予)	0.84	3.97	15	バス定数項	28.44	0.07
7	飲酒回数(通)	0.86	4.52	16	家族の人数(送)	0.38	5.10
8	飲酒回数(送)	0.04	2.85	17	自家用車所有(送迎)	-1.25	-4.94
9	利用回数(タ)	0.38	2.61	18	自家用車所有(自)	15.27	0.04
	尤度比	0.381					
	修正尤度比	0.376					
	サンプル数	1594					

(全):全ての交通機関,(タ):全てのタクシー,(相):相乗り制タクシー,(予):予約制タクシー,(通):通常タクシー,
(自):自家用車,(送):送迎,(バ):バス

4. 交通手段モデルの推計

(1) モデルの概要

第2回調査では、現況において、相乗り制タクシーと事前予約制タクシーの導入を想定した場合の長岡市の交通手段選択行動を分析する。前出した SP 調査を用いて、選択交通手段について調査を行った本調査では、6つの交通手段（相乗り制タクシー、事前予約制タクシー、自家用車（自らの運転）、送迎、バス）の6手段を被説明変数として、多項ロジットモデルを用いて交通手段選択モデルを特定する。

(2) パラメータの推定結果

交通手段選択モデルのパラメータ推定結果を、表-6に示す。運賃のパラメータの符号条件は負となり、利用者が運賃の安い費用を選択することが分かる。相乗り制タクシーと事前予約制タクシーに設定している待ち時間の符号条件も負となり、待ち時間が短いほど選択され易くなることわかる。今回の交通手段選択モデルでは、飲酒を伴う外食回数（回・月）が説明変数として入る。モデル構築時には、買い物回数（回・月）、飲酒を伴わない外食回数（回・月）、通院回数（回・月）、を説明変数に入れたが、有意な t 値を示さなかった為、本モデルでは除外した。各タクシーサービスの飲酒回数を見ると、事前予約が不要な通常のタクシーサービスの t 値が高いことを示している。これは飲酒を伴う外食後の予約の障壁が高い為だと考えられる。また、タクシーの利用回数（回・年）の符号条件は正であり、タクシー利用回数が多いほど、既存タクシーを含み、選択される。

表-5 割引率別のタクシー需要

	予約制タクシー	既存タクシー	需要合計
0 割引	180	2,164	2,344
1 割引	561	1,786	2,347
2 割引	1,246	1,541	2,787
3 割引	2,235	1,427	3,661
4 割引	3,527	1,445	4,972
5 割引	5,123	1,594	6,717

5. まとめ

本研究では、2回のアンケート結果を用いて、事前予約制タクシーと相乗りタクシーの基礎分析を行った。第1回調査では、アンケート結果を用いて、事前予約制タクシーの需要数を明らかにし、事前予約制タクシーについて、3割引が最も適切な割引率であることを示した。第2回調査では、SP 調査を用いて、交通手段選択モデルを構築し、交通手段選択に関するパラメータを明らかにし、選択に影響を与える要因を明らかにした。

今後の課題として、第一に実際の走行 GPS データを用いて、トリップ数と走行距離の関係や必要台数を明らかにし、更に綿密な収益を明らかにしたい。加えて、今回構築してモデルを用いて、感度分析を行い、事前予約制タクシーと相乗り制タクシーの運賃と待ち時間の変化による選択率を明らかにするとともに運賃と待ち時間のトレードオフの関係性を明らかにすることを今後の課題とする。

謝辞:本研究の実施に際しては、三越タクシー株式会社に記して深く謝意を表します。

また、本研究は JSPS 科研費 JP19k04650 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 王凱：GPS データを用いたタクシー運行の効率化と生産性向上に関する研究，長岡技術科学大学大学院 修士論文，2020年
- 2) 一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会：Taxi Today in Japan 2018, http://www.taxi-japan.or.jp/pdf/Taxi_Today_2018.pdf, 2018年.(2020年3月30日)
- 3) 佐野可寸志，王凱，鳩山紀一郎，高橋貴生，渡利友紀：GPS データを用いたタクシー運行実態の分析と効率化の可能性，交通工学論文集，2020年6巻2号 p. A_280-A_285, 2020.
- 4) 鈴木雄，日野智: タクシー運賃の価格感度とサービス評価に関する研究，都市計画論文集，2016年51巻3号，2016
- 5) 加藤秀樹，福本雅之：乗用タクシーによるコミュニティバス代替可能性の検討，交通工学論文集，2019年5巻2号，2019
- 6) 福本雅之・松尾幸二郎・松本幸正・山下隆道：デジタル日報データによるタクシー利用の実態把握と公共交通施策への活用に関する研究，交通工学論文集 3(2), B_61-B_66, 2017
- 7) 溝上章志，円山琢也：荒尾市における乗合タクシー導入前後のアクティビティ変容の分析，都市計画論文集，2014年49巻3号，2014年
- 8) 鈴木雄，日野智，前田悠抄：タクシー運賃の割引率が高齢者の外出行動へ与える影響に関する研究，都市計画論文集，2017年52巻3号，2017年
- 9) 長岡市:住民基本台帳人口・世帯数(平成31年4月1日) <https://www.city.nagaoka.niigata.jp/syoukai/jinkou/>, 2019年.(2020年3月30日)

(?)

Basic Analysis of The Effects of Introducing Reservation Taxis and Shared Taxis in Japanese Local Cities

Tomonori WATARI, Kazushi SANO, Kai WANG,
Takao TAKAHASHI and Yoshiko NAKAYMA

Based on a survey of Nagaoka City, Niigata Prefecture, we conducted a basic analysis of the introduction of pre-reservation taxis and ride-sharing taxis. Using the results of the first survey, we estimated the demand for pre-reserved taxis and calculated the demand curve for each discount rate. In addition, in the second survey, we conducted an SP survey, used a multinomial logit model to construct a mode of transportation choice model, estimated parameters, and showed the influencing variables.