

過疎地域におけるバスサービスの利便性調査手法と評価手法の提案*

Developing the Investigation and Evaluation Methods for Local Bus Service*

喜多 秀行**, 谷本 圭志***, 有田和人****

By Hideyuki KITA **, Keishi TANIMOTO *** and Kazuto ARITA ****

1. はじめに

平成14年2月より路線バス市場における退出規制が撤廃されるとの背景の下、採算性の低い路線を多く抱える過疎地域では生活交通の確保が一層困難となることが予想されている。しかし、マイカーを運転できないもしくは保有していない高齢者や学生などにとっては路線バスが唯一の移動手段であり、いかにして既存のバス路線を維持するかが地域の足を守る自治体にとっての緊急の課題となっている。一方で、既存の多くの路線バスは「空気を運んでいる」と言われるほど乗客が少ない状況にある。そこで、より多くの住民の路線バス利用を喚起することでバスを維持する活路を見出そうとすれば、住民にとって便利な路線バスサービスを追求する必要がある。ここに、バスの利便性をどのように調査し、評価すればよいかという問題が生じる。

そこで本研究では、「住民の活動ニーズをどれだけ充足できるか」という観点から路線バスの利便性をとらえ、住民の活動ニーズを把握するための調査手法を提案する。次いで、その調査結果を用いて路線バスの利便性を定量的に評価するモデルを提案する。その際、この種の調査及び評価を行う主体は当面地方自治体の職員であることに着目し、その担当者が簡単な調査や分析をすることにより評価することができ、かつ理論的な基盤を有するような方法としての提案を試みる。これにより、生活交通の確保方策

の立案に困惑している自治体の支援ができ、更には住民が生活交通の確保に対して意識を改革することにより、自ら地域の交通ニーズや特性を反映した生活交通システムを作り上げることにつながると思われる。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) 調査の考え方

過疎地域に居住する住民は、中核都市における様々な活動ニーズをもっている。よって、住民が希望する活動をどれだけ充足するかが路線バスの利便性を大きく規定する。よって利便性を評価するためには、まず住民の活動ニーズを調べる必要がある。活動は、基本的には「いつ、どの場所で、何の種類の活動を、どれだけ行うか」という要素によって特徴づけられる。また、多くの場合、活動はそれらを順に並べた一つの連鎖的なパターンとして実行される。よって、個々の活動の要素と活動の連鎖（以後、「活動パターン」と呼ぶ）の組み合わせとして住民の活動ニーズをとらえることができる。

ここで留意すべきは、顕在化された活動パターンそのものは、住民のニーズそのものの具現では必ずしもないということである。これは、潜在的な活動ニーズを希望通りに実現するための費用の大きさや制約の厳しさ（路線バスの便数の少なさや移動時間の長さなど）により、希望している活動が歪められて顕在化しうるためである。よって、住民の活動ニーズを把握するためには、潜在的な活動ニーズにアプローチすることが不可欠である。

(2) 評価の考え方

先述のように、住民の潜在的な活動ニーズが路線バスによってどれだけ充足されるかによって路線バ

*キーワード：サービス評価、地域交通、過疎地域、利便性

**正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101, Tel 0857-31-5309
Fax 0857-31-0882)

***正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101, Tel 0857-31-5310
Fax 0857-31-0882)

****正員 株式会社大隆設計
(〒693-0056 出雲市江田町40-5, Tel 0853-23-8200)

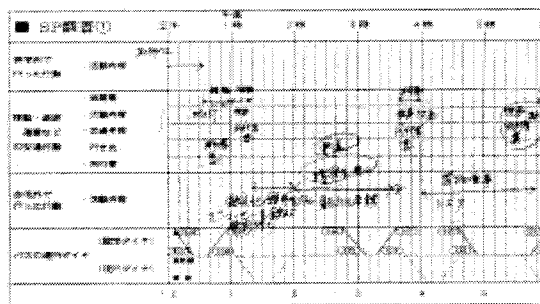


図.1 AD調査票

スの利便性が規定される。また、充足度が高いほど路線バスの利便性が高いと言える。これに関して、バスの便数を路線バスの利便性の指標として用いる調査研究が従来比較的多く見られるが、過疎地域においては路線バスの便数が非常に少ないため、住民の希望する時刻に便があるかないかが路線バスの利便性に大きな影響を与える。よって、過疎地域における路線バスの利便性は路線バスのバスダイヤそのものを基に評価する必要がある。

3. アクティビティダイアリーを用いた活動ニーズ調査法

アクティビティダイアリー(Activity Diary, AD)とは、ある一日の活動について「いつ、どの場所で、何の種類(目的)の活動を、どれだけ行ったか」などの情報をダイアリー上に記録したものである。後に示す事例分析で用いたAD調査票を図.1に示す。このダイアリーは被験者の活動の実態を把握するために用いられることが多い(例えば²⁾)。しかし、AD調査の用途は必ずしも過去に行った活動の実態を把握する場合にのみ限定されるものではなく、住民の潜在的な活動ニーズを把握するために用いることもできる。

この調査は、路線バスを利用しているもしくは利用する可能性のある住民を対象とすべきことから、高齢者、学生、主婦、自営業者などを中心にサンプリングする必要がある。調査項目としては基本属性に加え、代表的な外出先とその外出頻度、代表的な外出を行った日における実際の活動パターン、必須的活動と選択的活動(必須的活動:学校や通院などなくてはならない活動, 選択的活動:中止してもよい活動), 暇つぶし・待ちとしての活動, 自分で設定

したバスダイヤの下での代表的な外出時における活動パターン, 代替的なバスダイヤの下での代表的な外出時における活動パターン, 各バスダイヤの選好順位である。

活動の必須性, 選択性を尋ねるのは, 必須的活動は活動開始時刻及び活動時間が外生的に決められており, バスダイヤによって影響を受ける活動は選択的活動のみであることからこれらを区別しておくためである。また, 同一の種類の活動であっても, 暇つぶしとして行ったものかその活動自体を目的として行ったかで性格が異なるため, それらの区別についても尋ねておく。自分で設定したバスダイヤの下での活動パターンは被験者の潜在的な活動ニーズであり, 代替的なバスダイヤの下での活動パターンや様々なバスダイヤの選好順位は後述するバスサービスの利便性評価における入力データとして用いる。

4. バスサービスの利便性評価法

住民はいくつかの活動を行い, 効用(満足度)を獲得する。すると, 住民が希望する活動パターン(=活動ニーズ)とは, 必須的活動によって規定される制限時間内に効用が最大となるような活動パターンと考えられる。つまり, 利便性の高いバスダイヤとは, より高い効用を住民に与えるバスダイヤである。効用理論に基づいて住民の活動を表現するモデルは藤井¹⁾などによって構築されており, 本研究においてもそのアプローチをベースにバスダイヤの評価を行う。

一般に住民には活動に対する選好の異なる複数の属性が存在することが一般である。よって, 効用関数は属性別に特定する必要がある。また, 効用はどの活動を行ったか(活動の種類), どれだけの時間活動を行ったか(継続時間), いつから活動を開始したか(開始時刻)に主に依存するため, これらの関連性を明確にして評価する必要がある。これらのうち以下では活動の種類と継続時間に絞って検討する。

(1) 効用関数の定式化

必須的活動に費やす時間はバスダイヤが異なっても不変である。また, 路線バスに乗車している時間, すなわち移動時間も同様である。よって, バスダイヤの利便性を評価するためには, 必須的活動と移動時

間を差し引いた時間の中で選択的活動を並びあわせることによって得られる効用のみを測定すればよい。

住民の1日当たりの効用は1日に行う選択的活動によって得られる効用の総和であり、次式で与えられる。

$$U_i^g = \sum_{k=1}^K s_{ik}^g \quad (1)$$

ここで、 $g(=1, 2, \dots, G)$ は任意の属性、 i は任意の住民、 $k(=1, 2, \dots, K)$ は選択的活動の種類、 U_i^g は属性 g の住民 i がある活動パターンの下で得られる1日の効用、 s_{ik}^g は属性 g の住民 i が選択的活動 k を行うことで得られる効用である。

活動の継続時間を追加的に単位時間増やした場合に得られる効用、つまり限界効用は活動の種類や属性によって異なる。そこで選択的活動 k の効用 s_{ik}^g を限界効用 f を用いて次式のように定式化することができる。

$$s_{ik}^g = \int_0^{t_{ik}^g} f_k(t) dt \quad (2)$$

ここに、 $f_k(t)$ は住民 i の活動 k についての限界効用関数、 t_{ik}^g は属性 g の住民 i の活動 k の継続時間である。

選択的活動は多くの時間をそれに費やしたとしても、その活動により得られる効用は費やした時間以上に大きくはならないと考えられる³⁾。すなわち、効用は継続時間に関して逓減すると考えられる。(2)式を用ると住民の効用 U_i^g は次式で与えられる。

$$U_i^g = \sum_{k=1}^K s_{ik}^g \quad (3)$$

住民が得る1日の効用は、設定されたバスダイヤによって異なる。バスダイヤ d の下で属性 g の住民 i が活動 k に費やす時間を $t_{ik}^g(d)$ で表すと、バスダイヤ d の下での活動パターンによって得られる効用 $U_i^g(d)$ は次式で表される。

$$U_i^g(d) = U_i^g(t_{i1}^g(d), t_{i2}^g(d), \dots, t_{iK}^g(d)) \quad (4)$$

1日の時間のうち、必須活動及び移動時間に割り当てられる時間を除いた時間を T_i^g で表すと、選択的活動に費やすことのできる時間制約として次式を得る。

$$T_i^g = \sum_{k=1}^K t_{ik}^g \quad (5)$$

住民は上式の制約条件の下で効用 U_i^g を最大化するように活動パターンを決定すると考えられる。よって、パラメーター a_k^g の値が分かれば、住民が所与の

バスダイヤの下でどのような活動パターンを選択するか、及びその活動パターンの下で獲得可能な効用の大きさを評価することができる。

(2) 効用関数の推定方法

住民の活動パターンの選択肢集合は無限であり、それらをすべて列挙した上で効用の大小関係を比較することは不可能である。また、活動の種類についても選択可能な多くの活動種類を列挙して効用の大小関係を比較する場合も同様の困難に直面する。そこで、現行のバスダイヤとそれにとって代わる代替的なバスダイヤ及び自分で自由に設定できるバスダイヤの下で住民が回答した活動パターンの集合がそのサンプルの選択肢集合であったと考え、効用関数のパラメーターを推定する。

本研究では、効用関数のパラメーターを推定に際してランクロジットモデル⁴⁾を用いる。住民 i が得る効用のうち、調査主体が知ることのできる情報(何の種類の活動を何時間行ったか)によって特定できる項を V_i^g で表すと、各バスダイヤに関する選好順位が回答される確率、つまり、被験者は最大の効用を与えるバスダイヤから順に1から順位を付けるとの仮定の下で住民 i がある選好順位の組み合わせを回答する確率は次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} & P(R_{i1}^g, R_{i2}^g, \dots, R_{ij}^g, \dots, R_{iJ}^g) \\ &= \frac{\prod_{m=1}^{J-1} \exp(V_i^g(d_m))}{\sum_{n=m}^J \exp(V_i^g(d_n))} \end{aligned} \quad (6)$$

ここに、 J は被験者に示したバスダイヤの数、 R_{ij}^g は属性 g の個人 i が回答したバスダイヤ j の選好順位(1以上 J 以下の整数)、 d_n は $R_{i1}^g \sim R_{iJ}^g$ に規定される選好順位が n であるバスダイヤの番号である。上式は属性 g の住民 i のバスダイヤ1の選好順位が R_{i1}^g 、案2の選好順位が R_{i2}^g 、…、案 J の選好順位が R_{iJ}^g である同時確率である。

最尤推定法によって求められたパラメーターを用いることで、所与のバスダイヤの下でどの活動パターンが最大の効用をもたらすか、またその効用の値が明らかになる。また、当該の属性に属する住民の効用の和をとると、その値が属性全体としての路線バスの利便性の評価値が求められる。

5. 事例分析

表.1 パラメーターの推定結果

活動の種類	無職	学生	農業就業者
在宅・自宅周辺活動	18.10	0.35	11.00
暇つぶし・待ち時間	-1.20	-0.94	-0.50
宅外自由活動	10.90	0.18	10.20
尤度比	0.556	0.404	0.477

鳥取市の横枕地区に居住している住民を対象に調査を行った。横枕地区は鳥取市の南部に位置し、平成12年4月現在54世帯が居住している。横枕地区と鳥取駅までの間に日の丸バス（バス事業者）が運行する横枕線があり、住民は地区内にある一つのバス停留所を利用してバスの乗降を行っている。現在、1日5往復のバスが運行されている。

この地区を対象に平成13年1月27,28日に訪問面接方式に基づく調査を行った。サンプル数は47票であり、そのうち有効票は35票であった。なお、有効サンプル数のうちの2票は就業している主婦であり、この2票を母集団とすることが統計的に有効でないことから、効用のパラメーターの推計においてはこれら2票を除いた33票を分析の対象とした。

代替的なバスダイヤとしては、現行のダイヤと比べて全ての便が1)早発である場合と、2)遅発である場合の2ケースを想定した。活動の種類を自宅・在宅周辺活動($k=1$)、暇つぶし・待ち時間($k=2$)、宅外自由活動($k=3$)の3つに分類し、それぞれに対応する効用のパラメーターを設定した。なお、中核都市での活動は、宅外自由活動としてまとめにした。住民の属性を無職($g=1$)、学生($g=2$)、農業就業者($g=3$)の3つに分類した。なお、専業主婦は無職に含め、パート就業者はサンプル数不足のため検討の対象外とした。

選択活動 k の限界効用関数としては以下に示す関数を仮定した。ここに a_k^g はパラメーターである。

$$f_k(t) = \frac{a_k^g}{t+1} \quad (7)$$

上式において、分母を $t+1$ とするのは $t \rightarrow 0$ で限界効用が無限大に発散することを避けるためである。以上より、属性 g に属する住民 i の効用関数を次式のように与えた。

$$V_i^g = a_1^g \ln(t_{i1}^g + 1) + a_2^g \ln(t_{i2}^g + 1) + a_3^g \ln(t_{i3}^g + 1) \quad (8)$$

ランクロジットモデルを用いて効用関数のパラメ

表.2 順位相関係数の値

属性	無職	学生	農業就業者
順位相関係数	0.94	0.92	0.92

ーターを推定した結果、表.1に示す結果を得た。表.1より、全ての属性において暇つぶし・待ち時間のパラメーターが負となっている。これは、その活動が不効用を生んでいることを表している。よって、暇つぶし・待ち時間を小さくすることはバスの利便性を高めることを意味する。また、在宅・自宅周辺活動のパラメーターが宅外自由活動のそれよりも大きな値となっている。このことは、中核都市における活動よりも在宅時での活動の方が相対的に大きな効用を与えていることになる。次いで、ここに得られた結果の適合性について確認した。被験者が回答した選好順位と推定した再現した選好順位の相関についてSpearmanの順位相関係数を用いて分析を行った。その結果、表.2に示すように相関係数は全ての属性において0.9以上であり、良好な推定結果を得ている。

6. おわりに

本研究では、過疎地域におけるバスサービスの利便性の調査、評価手法を提案し、その妥当性を確認した。過疎地域における輸送手段には乗合いタクシー等、バスよりも効率的な交通手段が存在する可能性もあるため、今後は他の交通機関をも評価対象としうるモデルへの拡張を図りたい。

謝辞

事例分析の調査に当たっては、鳥取市企画部の森本氏・木下氏（所属機関：調査実施当時）、鳥取市横枕地区の皆様にご協力いただいた。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 藤井聡：生活行動を考慮した交通需要予測ならびに交通政策評価手法に関する研究，京都大学工学部博士論文，1997。
- 2) 山田耕介，柏谷増男，羽藤英二：山村地域住民の交通行動に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.23(1)，pp.443-446，2000。
- 3) 小林潔司，喜多秀行，後藤忠博：ランダム限界効用理論に基づく滞在時間モデルに関する理論的研究，土木学会論文集，No. 576/IV-37，pp.43-54，1997。
- 4) 交通工学研究会：やさしい非集計分析，pp.115-116，1993。