

定住意識に基づいた DRT の運行方式に関する研究

Demand Responsible Transport System Considering for Willing to Settle Down

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 小西 直樹 (Naoki Konishi)
北海道大学大学院工学研究院 正員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)

1. 本研究の背景と目的

現在、過疎化が進む地方都市では、路線バスの撤退や縮小が進むところが多く、自治体にとっては、補助金投入による路線バスの維持も、今後ずっと続けられるとは考えにくい。そのような中、多くの都市で効率的な運行を目指して、デマンドバスや乗合タクシーに代表される需要応答型交通システム(Demand Responsible Transport : DRT)の導入が進められている。しかし、運行形態が変わっても、大多数の住民は変わらず自家用車を利用しており、高齢者を中心とした特定少数の利用者に対して、最低限提供すべきサービスレベルはどのくらいか、という明確な基準は確立されていない。

そこで、本研究では、頻繁に外出することはないが、バス停まで歩くことには大きな抵抗がある高齢者を対象とすることを想定して、自分の日常の外出行動と、そこに住み続けるという定住意識を踏まえて、最低限提供すべき公共交通サービスレベルを明らかにすることを目的とする。

分析方法として、直交多属性効用関数を用い、「そこに住み続けることが可能」という観点からサービスレベルの満足度を評価することとした。

また、本研究の対象地域は、北海道苫小牧市、厚真町、日高町(門別地区)、そして新冠町の4市町とした。各市町ともに、地域公共交通の活性化及び再生に関する法律に基づいて地域公共交通活性化協議会を立ち上げ、需要の少ないバス路線に関しては、DRTの導入の検討、実証運行が進められている。

2. 直交多属性効用関数によるサービスレベルの評価

2-1 直交多属性効用関数(Orthogonal Multi-attribute Utility Function ; OMUF)

効用関数は多数の属性を含んでいることが多く、一般に多属性効用関数となり、属性間の非分離相互作用のため、その一般系を求めることは非常に困難である。そのため、多属性効用関数の構築のためには取り上げる属性間相互の独立性を検証する必要がある。本研究ではこれらの問題点に対する改善策として、直交多属性効用関数を用いることとした。

直交多属性効用関数は、属性間の選考独立性の検証から多重線形効用関数・加法型効用関数・乗法型効用関数といった関数タイプの識別までの過程を、実験計画法において使用される直交表を用いる方法によって代替しようとするものである。

以下に単一属性効用関数及び、加法型効用関数の一般式を示す。

単一属性効用関数

$$u_i = \left(\frac{X_i - X_{iw}}{X_{ib} - X_{iw}} \right)^{r_i}$$

加法型効用関数

$$U = \sum_{i=1}^n k_i u_i \quad \left(\sum_{i=1}^n k_i = 1 \right) \quad (1)$$

 k_i : 尺度構成係数 X_i : 属性値 X_{ib} : 最良水準 X_{iw} : 最悪水準 r_i : リスク選好度

2-2 要因と水準の設定

効用関数の要因設定にあたって、DRTに大きく寄与すると考えられる要因として、バス停まで歩く距離、運賃、運行日数(週何日運行するか)、予約の有無の4要因を表1のように設定した。最良水準と最悪水準をL8直交表に割り付けた。

表1 要因と水準

要因	水準	
	最良	0m
バス停まで歩く距離	中位	500m
	最悪	1km
	最良	100円
運賃	中位	400円
	最悪	700円
	最良	週7日毎日
運行日数	中位	週4日
	最悪	週1日
	最良	予約の必要なし
予約の有無	中位	利用する日の朝までに予約
	最悪	利用する1日前までに必要

2-3 意識調査実施

意識調査は平成22年12月1日に、苫小牧市、厚真町、日高町、新冠町を対象に投函配布・郵送回収で行い、1世帯2票ずつ配布した。配布数と回収状況を表2に示す。

表2 配布数と回収率

	配布世帯	配布数	回収世帯	回収票	回収率(世帯)	回収率(票)
新冠	174	348	54	77	31.0%	22.1%
門別	200	400	47	74	23.5%	18.5%
厚真	200	400	64	91	32.0%	22.8%
苫小牧	200	400	46	69	23.0%	17.3%
全体	774	1548	211	311	27.3%	20.1%



意識調査実施風景 1



意識調査実施風景 2

2-4 直交多属性効用関数の構築

意識調査において、表 1 で設定した要因と水準に関して、「そこで生活するために必要なサービスレベルを満たしているか?」という観点から評価してもらった。5つの基準は、

「充分⇒生活する上で充分だと感じるのでこの条件なら住み続けたい」

「やや充分⇒生活する上でやや充分だと感じ、特に引越したいとは思わない」

「まあ充分⇒生活する上で充分だと感じるわけではないが、引越すほどではなく、住み続ける」「やや不充分⇒生活する上でやや不充分だと感じ、引越しを考えると」「不充分⇒生活する上で不充分だと感じるので、すぐに引越したい」

の5段階で評価してもらった。分析においてはこれらの基準をそれぞれ100点、75点、50点、25点、0点にと仮定して換算した。L8直交表の組み合わせのうち、残りの6つの票種について、評価してもらった。回答者の平均点を表3に示す。ここで、中位水準は、各要因において最良水準を100点、最悪水準を0点とした場合の中位水準の点数である。また、有意水準5%でF検定を行い、分散分析を行うと、表4のようになる。運賃に着目すると寄与率が他の主効果寄与率よりもある程度高いことから、運賃に関して重要視していることがわかる。

表 3 要因の水準による評価

	中位水準	要因の組み合わせ(○:最良水準、×:最悪水準)					
		A	B	C	D	AB	BC
A歩く距離	66.6	×	×	×	○	○	○
B運賃	48.9	×	○	○	×	×	○
C運行日数	63.9	○	×	○	×	○	×
D予約	58.9	○	○	×	○	×	×
評点		35.4	43.9	52.6	41.9	46.2	54.6

表 4 全体の分散分析表

要因	変動S	自由度f	分散V	分散比F ₀	寄与率R
A歩く距離	0.153	1	0.153	388	29.1%
B運賃	0.203	1	0.203	514	38.5%
C運行日数	0.110	1	0.110	279	20.9%
D予約	0.057	1	0.057	145	10.9%
A × B	0.000	1	0.000	0.95	0.1%
B × C	0.003	1	0.003	6.46	0.5%
e(誤差)	0.000	1	0.000		0.1%

分散分析の結果から、主効果の寄与率が99.3%であり、交互作用が有意ではないことから、多属性効用関数は加法的効用関数とみなすことができる。以上より構築した効用関数は(2)式のようになり、パラメータをまとめると表5のようになった。

$$U = 0.29 \left(\frac{x_1}{1.0} \right)^{0.59} + 0.39 \left(\frac{x_2}{1.0} \right)^{1.03} + 0.21 \left(\frac{x_3}{1.0} \right)^{0.65} + 0.11 \left(\frac{x_4}{1.0} \right)^{0.76}$$

- x_1 : バス停まで歩く距離
 - x_2 : 運賃
 - x_3 : 運行日数
 - x_4 : 予約
- (ただし、 $X_{iW} = 0, X_{iB} = 1$ としている)

表 5 直交多属性効用関数のパラメータ

	リスク選好度	決定態度	寄与率	尺度構成係数
A歩く距離	0.59	リスク受容型	29.1%	0.29
B運賃	1.03	リスク回避型	38.5%	0.39
C運行日数	0.65	リスク受容型	20.9%	0.21
D予約	0.76	リスク受容型	10.9%	0.11

リスク選好度 r_i は、客観的な指標で示した要因に対する人々の態度を表す。歩く距離・運行日数・予約の有無の3要因は $r_i < 1$ となり、要因に対して好意的な決定態度(リスク受容型)であり、運賃は $r_i > 1$ となり、要因に対して厳しい決定態度(リスク回避型)であることが明らかとなった。

尺度構成係数 k_i は、住み続けることの満足度にもたらす効用に対する要因ごとのウェイトを示す。

運賃、運行日数、予約の有無の3要因を最良水準、最悪水準にそれぞれ固定し、歩く距離の要因のみを変化させることに伴う効用値の変化を図1に示す。同様に、運賃、運行日数の変化による効用値の変化を図2、3に示す。

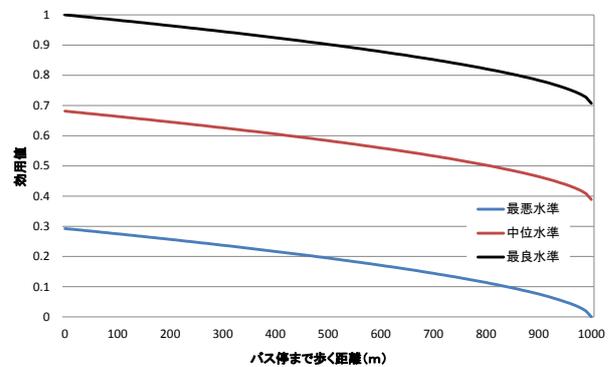


図 1 バス停まで歩く距離による効用値の推移

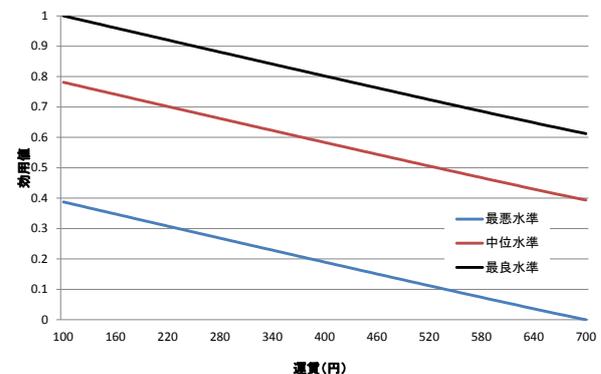


図 2 運賃による効用値の推移

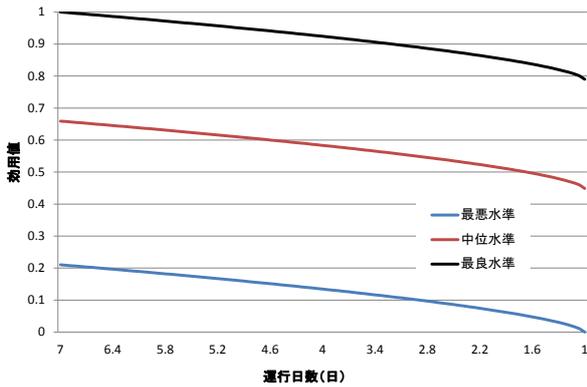


図3 運行日数による効用値の推移

ここでは、歩く距離・運行日数の関係性を考察する。

図1に着目し、歩く距離における効用値曲線を見てみると、他の要因が最良水準であるならば、歩く距離が1km(最悪水準)であったとしても、効用値は0.71という値を示しており、バス停が遠いことに不充分であると感じても、ある程度許容できるのではないかと考えられる。

図3に着目すると、水準ごとの幅は大きいですが、運行日数における効用値の振れ幅は約0.2であり、他の要因が最良であるとするならば、週1日の運行日数でも効用値は約0.8である。他の効用値と比較してみると、高い値を示しているが、週1日の運行日数は少ない。しかし、週3日の時の効用値は約0.9であることから、必ずしも週7日毎日運行する必要はないと考えられる。

予約の有無に関しては、最良～最悪の水準で比較してみると、効用値の変化は小さく、予約をするに関しては住民の抵抗は小さい。

3. ロジット型価格感度測定法

3-1 ロジット型価格感度測定法の概要

ロジット型価格感度測定法 (Kishi's Logit PSM ; KLP) は、商品やサービスの価格に対する心理的反応を測定するものである。ある価格に対する「安いと感じる」「高いと感じる」「高すぎて買わない」「安すぎて買わない」といった4つの価格を尋ね、各々の相対累積度数分布をロジットモデルで回帰し、曲線の交点から評価指標を求めるものである。図6の曲線の交点から以下のKLPの評価指標を得る。

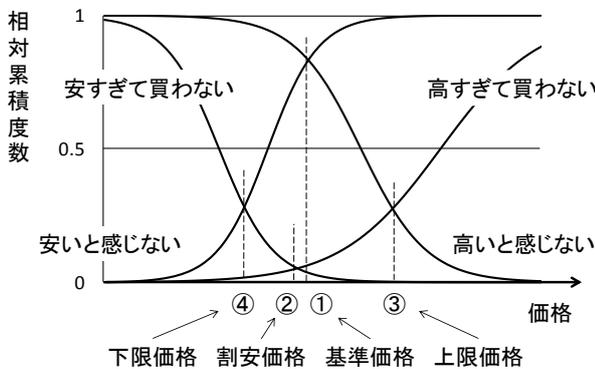


図6 KLPの基本グラフ

① 基準価格：「安いと感じる」「高いと感じる」人が同数の価格であり、この価格を下回ると「安いと感じる」人が多くなる。

② 割安価格：品質の割に安いと感じる分岐点

③ 上限価格：消費者全体に受け入れられる上限

④ 下限価格：消費者全体に受け入れられる下限

本研究では意識調査において、「中心市街地に乗合タクシーで移動する場合、バス停まで歩く距離、運行日数、予約の有無について、自分が生活する上で十分なサービスレベルだと仮定した片道1回の運賃」に関して、

「安いと感じる運賃」

「高いと感じる運賃」

「高すぎて利用しない運賃」

「安すぎて将来廃止になる恐れがあると感じる運賃」

の4つの価格を尋ねた。

3-2 KLPにおける価格感度の評価

図7は回答者全体におけるKLPの評価指標のグラフである。同様に、市町別に分析した結果を、表5に示す。また、4つのロジットモデルをロジット曲線(式3)とともにパラメータを示す。

$$T_n = \frac{1}{1 + \exp F_n(\chi)} \quad (3)$$

$$T_1; F_1(\chi) = -3.3 \times 10^{-3} \chi + 1.39 \quad (R^2 = 0.61)$$

$$T_2; F_2(\chi) = 4.2 \times 10^{-3} \chi - 2.60 \quad (R^2 = 0.80)$$

$$T_3; F_3(\chi) = -2.8 \times 10^{-3} \chi + 2.60 \quad (R^2 = 0.81)$$

$$T_4; F_4(\chi) = 8.1 \times 10^{-3} \chi - 2.45 \quad (R^2 = 0.81)$$

T1：安いと感じない

T2：高いと感じない

T3：高すぎて利用しない

T4：安すぎて将来不安を感じる

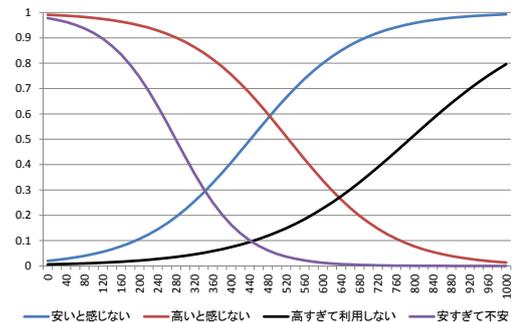


図7 回答者全体のKLPのグラフ

表5 KLPの評価指標

	価格(円)				
	全体	厚真	新冠	日高	苫小牧
上限価格	744	578	636	502	867
基準価格	533	481	484	390	697
割安価格	460	494	444	370	514
下限価格	335	351	343	260	452

4. 新冠町における定住意識を踏まえたサービスレベルの検討

4-1 直交多属性効用関数の構築

2-4と同様に表6～表8を参考に効用関数を構築すると、主効果の寄与率が99.2%であり、交互作用が有意ではないことから、加法型効用関数とみなすことができ、式(4)で表せられる。また回答者全体の寄与率とは大きく異なる部分があり、寄与率に関して、運賃の寄与率が少なくなっている。その分、バス停まで歩く距離、運行日数における寄与率が高い値を示した。

表6 新冠町の要因の水準による評価

	中位水準	要因の組み合わせ(○:最良水準、×:最悪水準)					
A歩く距離	75.4	×	×	×	○	○	○
B運賃	61.0	×	○	○	×	×	○
C運行日数	72.5	○	×	○	×	○	×
D予約	62.1	○	○	×	○	×	×
評点	42.1	35.7	47.7	42.4	56.8	45.6	

表7 新冠町の分散分析表

要因	変動S	自由度f	分散V	分散比F ₀	寄与率R
A歩く距離	0.178	1	0.178	65.92	0.336
B運賃	0.096	1	0.096	35.66	0.182
C運行日数	0.189	1	0.189	70.17	0.358
D予約	0.061	1	0.061	22.80	0.116
A×B	0.000	1	0.000	0.12	0.001
B×C	0.001	1	0.001	0.45	0.002
e(誤差)	0.003	1	0.003		0.005

表8 新冠町の効用関数のパラメータ

	中位水準	リスク選好度	決定態度	寄与率	尺度構成係数
A歩く距離	75.4	0.41	リスク受容型	35.2%	0.34
B運賃	61.0	0.71	リスク受容型	16.8%	0.18
C運行日数	72.5	0.46	リスク受容型	36.2%	0.36
D予約	62.1	0.69	リスク受容型	11.0%	0.12

$$U = 0.34 \left(\frac{x_1}{1.0} \right)^{0.41} + 0.18 \left(\frac{x_2}{1.0} \right)^{0.71} + 0.36 \left(\frac{x_3}{1.0} \right)^{0.46} + 0.12 \left(\frac{x_4}{1.0} \right)^{0.69} \quad (4)$$

4-2 効用関数とKLPの関係からの評価

KLPによって得られた新冠町の基準価格は表6より、484円である。同様に上限価格は636円、下限価格は343円である。これらの価格を、直交多属性効用関数に代入し、予約の有無は中位水準、運行日数を最悪水準～最良水準の3つのパターンとした上で、バス停まで歩く距離の変化による効用値の推移を分析した(図8)。

また、同様に基準価格・上限価格・下限価格で効用値を算出し、運行日数及び予約の有無を中位水準に固定した際のバス停まで歩く距離の変化による効用値の推移を再び分析したものである(図9)。

図9に着目すると、週4日運行の時の効用値が0.76であり、週7日毎日運行の時の効用値は0.86である。週1日運行の時の効用値が0.5であることから、そこで生活するには「まあ充分」なレベルである。週4日運行と週7日毎日運行の効用値の変化の割合は、週1日運行の時の効用値の変化の割合よりも小さいことがわかる。このことから、週4日程度の運行日数で住民は満足できると考えられる。

図9の下限価格から上限価格までの効用値に着目すると、差は約0.1であり、このことから、新冠町ではKLPの需要価格帯においては運賃の変動は小さい。

いずれの場合も週4日で運行する際、バス停まで歩く

距離が0mの時の効用値は0.7を上回る値を示している。効用値0.7を基準にして考えると、基準価格で運行するとき、バス停まで歩く距離は約400m、下限価格で運行するとき、バス停まで歩く距離は約600m、上限価格で運行するときは家まで迎えに来るといふ運行形態が必要である。

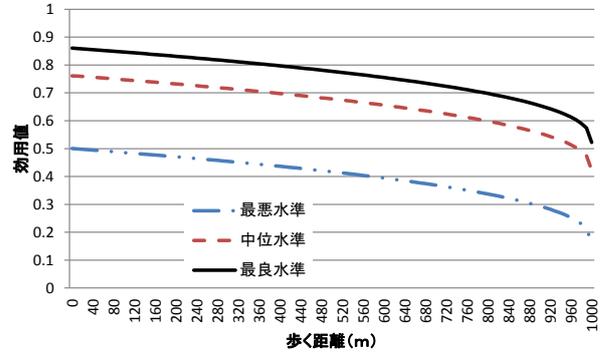


図8 バス停までの歩く距離による効用値の推移 (基準価格、予約: 中位水準、運行日数: 3水準)

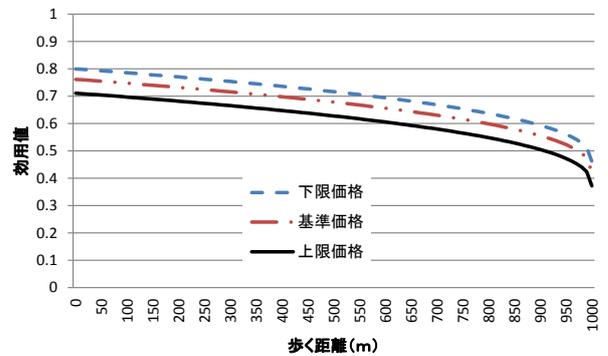


図9 バス停までの歩く距離による効用値の推移 (予約、運行日数: 中位水準、運賃: 3つの価格)

5. おわりに

本研究の成果として、住民が生活していくために最低限必要とされる運行日数や運賃等、サービスレベルを設定することができた。

外出頻度を同時に調査したところ、これらの目的で毎日外出する住民は全体の3%ほどであり、このことから毎日運行する必要性がないものと考えられる。

以上より、週4日の運行ではあるが、家まで迎えに行くことや、週7日毎日運行する代わりに、バス停は現状といった組み合わせを、生活する上で充分だと感じられるという観点から、今後のDRTのサービスレベルとして、設定が可能と考える。

参考文献

- 1) 千葉博正、五十嵐日出夫、佐藤馨一: 多属性効用関数を用いた商業地評価モデルの構築に関する研究、都市計画学論文集、vol.20、pp115-120、1985
- 2) 岸邦宏、佐藤馨一: 東京-札幌間の航空運賃に対する価格感度の時系列分析、交通学研究、No.45、pp.57-66、2002