

交通サービス水準の制約により潜在化した交通需要の分析 *1 Analysis of Latent Transportation Demand Caused by Low Level of Transit Services

森山 昌幸*2 藤原 章正*3 杉恵 頼寧*3
By Masayuki MORIYAMA, Akimasa FUJIWARA, Yoriyasu SUGIE

1. はじめに

平成 12 年度に施行された交通バリアフリー法によって、全国の自治体で交通施設等のバリアフリー化が着実に進められている。高齢者・障害者の移動の円滑化を図るためには、交通結節点や歩道のバリアフリー化の推進に並行して、低床ノンステップバス等のユニバーサルデザインを導入した車両やドア・トゥー・ドアに近いサービスの導入等、新しい交通システムづくりが必要となる。このような高齢者・障害者を支える公共交通システムの計画に当たっては、社会経済的妥当性や費用負担問題などの課題を解決するための需要予測が不可欠である。

高齢者・障害者交通の分析においては、従来の通勤・通学のような交通とは異なり、身体的制約条件や低水準の交通サービス条件に抑制されて潜在化した交通需要を考慮することが必要である。このためには、需要予測モデルにおいて移動の制約となる身体的困難を表す変数を取り入れた非補償ルールに基づく非集計行動モデルの適用が有効である。

本研究では、高齢者・障害者の交通行動が潜在化する各種交通サービス水準の限界値の分析を行った上で、非補償型効用関数を有するモデルを適用して、交通サービス水準の改善による潜在化した需要の顕在化を的確に表現できるモデルを構築することを目的とする。

2. 調査の概要と限界 LOS

(1) 調査結果概要

本研究では、広島県と島根県に存する身体障害者団体や作業所に所属する下肢障害者を対象としてアンケート調査を実施した。調査内容と結果の概要を

*1 キーワード：交通弱者対策，交通計画評価

*2 正員，工修，広島大学大学院国際協力研究科博士課程

*3 正員，工博，広島大学大学院国際協力研究科
(東広島市鏡山 1-5-1 TEL&FAX 0824-24-6921)

表 1, 2 に示す。調査では個人属性、路線バスの利用といった設問に加えて、路線バスの利用をしなくなる限界の交通サービス水準、各交通サービスの水準を変化させたバス利用の SP 実験を行っている。

本調査の結果では、障害者等級はほとんどが 1 または 2 級であり、車椅子利用者がほとんどであった。

表1 調査の内容

個人属性(年齢,性別,障害者等級,免許証 等)
路線バス利用(有無,外出目的,利用しない理由)
利用に当たった限界 LOS(バス停距離,料金,運賃本数,バスのタイプ)
バス利用の SP 実験(4 ケース)

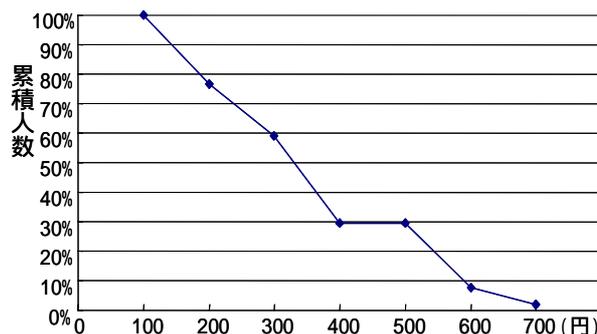
表2 調査結果概要

調査対象	中国地方の障害者団体や作業所等に所属する下肢障害者
調査日時	H14 年 5 月
調査方法	団体や作業所を通じて配布,郵送回収
配布数	108
回収数	63 (回収率 58.3%)

(2) 限界 LOS の分析

本調査では、交通サービス水準の低下による需要の潜在化を分析するために、路線バスの利用をしなくなる各サービス水準の限界値を調査した。バスの料金とバス停までの距離に関する限界値の調査結果を図 1, 2 に示す。

バスの料金では、料金水準による顕著な差は見られなかった。しかしながら、400 円と 500 円の間を境にして、低料金側の料金水準による累積人数の変化が大きく、450 円程度のバス料金を境にしてバス利用意向が異なるものと考えられる。



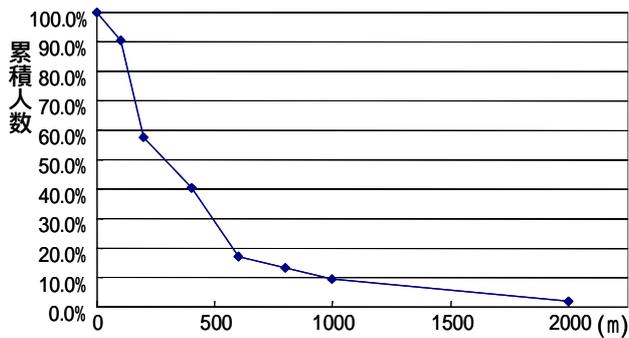


図2 バス停までの距離の限界値

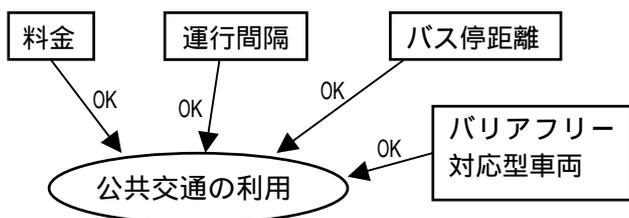
バス停までの距離では、約 600mを境にして、累積人数の変化に顕著な差が出た結果となった。これはバス停までの距離が 600m以下では、対象となる路線バスが利用可能なサービス水準であるのに対して、600mを超えるとその路線バスは利用可能なサービス水準でないことを意味している。すなわち、各交通サービスの水準が限界値を超えることによって、他のサービスの水準に関わらず交通需要は潜在化することとなる。

3. 潜在需要を考慮した非補償型モデル

(1) 高齢者・障害者の交通需要の考え方

従来通勤・通学を対象とした交通計画では、料金が高くても移動時間が短いことによって当該交通機関の効用は補完出来る。しかしながら、高齢者や障害者を対象とした交通機関の計画では、前述のように、全ての交通サービス水準が限界値内にないと当該交通機関の利用は不可能となる。このように、高齢者・障害者交通の需要予測のモデル化に当たっては、公共交通機関に対する全てのバリアを除去することによって、当該交通機関の利用が選択されるといった非補償型モデル（連結型）を適用する必要がある。（図3）

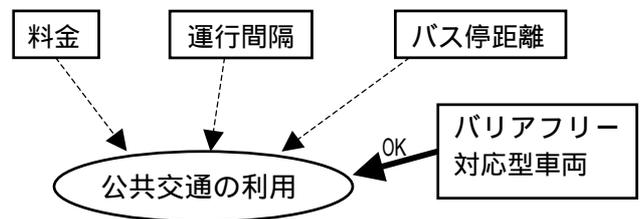
また、障害の程度が高く移動のためには車椅子専



サービス水準が交通機関の利用に対して限界値内のとき OK

図3 連結型の公共交通利用の意思決定構造

用車両が不可欠なケースでは、料金等がいくら高くても、そのような交通機関が存在すれば利用する場合も考えられる。このような場合では図4に示すような分離型の非補償型モデルの適用が必要となる。



サービス水準が交通機関の利用に対して限界値内のとき OK
当該サービス要因が交通機関の利用に影響を及ぼさないとき破線

図4 分離型の公共交通利用の意思決定構造

(2) 潜在需要を考慮するための非補償型モデル

前述のように高齢者・障害者対応型公共交通利用の需要予測に当たっては、交通サービスが低下することによって潜在化する需要のメカニズムを的確に表現するモデルを適用する必要がある。この潜在需要を考慮するための意志決定構造をモデル化するためには、連結型、分離型を表現する非補償型モデルが必要となる。

福田ら¹⁾は交通手段選択行動における選択肢の選別過程において、非補償型の意志決定プロセスのモデル化を 連結型、分離型について以下のように行っている。

連結型モデル

$$\Pr(\delta_{in} = 1) = \prod_k \frac{1}{1 + \exp[\omega_{ik}(\bar{Z}_{ik} - Z_{ink})]} \quad (1)$$

分離型モデル

$$\Pr(\delta_{in} = 1) = 1 - \prod_k \frac{1}{1 + \exp[\omega_{ik}(Z_{ink} - \bar{Z}_{ik})]} \quad (2)$$

ここで、 δ_{in} ：選別判定指標（1又は0）、 Z_{ink} ：代替案 i における k 番目の選別要因に対して意志決定者 n が有している評価値、 \bar{Z}_{ik} ：代替案 i における k 番目の選別要因の最低許容水準、 ω_{ik} ：代替案 i における k 番目の選別要因のパラメータ値としている。

福田モデルでは、非補償型ルールに基づいて選択肢の選別が可能であるが、当該交通機関の利用の有無を表現するためには、選別から選択といった2段階のモデル構造とする必要がある。この構造では、類似の説明変数が両モデルに必要となるために、選

別モデルでは構造方程式モデルによって同定される潜在変数を選別要因変数として適用するなどの必要があり、モデル推定のプロセスが複雑となる。

Swait²⁾は効用最大化の枠組みの中で非補償型ルールを適用できるモデルを提案している。選択肢 i の効用の変化が線形であると仮定して、各要因に対して限界効用が変化する上限、下限の閾値が存在すると仮定すると選択肢 i の要因 k に対する限界効用は(3)式で表すことが出来る。

$$\frac{\partial U_{inp}}{\partial Z_{ik}} = \delta_{in} \begin{cases} \beta_k - w_k & \text{if } Z_{ink} < \theta_k^L \\ \beta_k & \text{if } \theta_k^L \leq Z_{ink} \leq \theta_k^U \\ \beta_k + v_k & \text{if } \theta_k^U < Z_{ink} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 Z_{ink} ：選択肢 i の要因 k の意思決定者 n の有する特性値、 δ_{in} ：選別判定指標、 β_k ：要因 k のパラメータ値、 θ_k^U 、 θ_k^L ：限界効用が変化する上限、下限の閾値、 v_k 、 w_k ：上限下限閾値を超えた範囲での差分パラメータとしている。

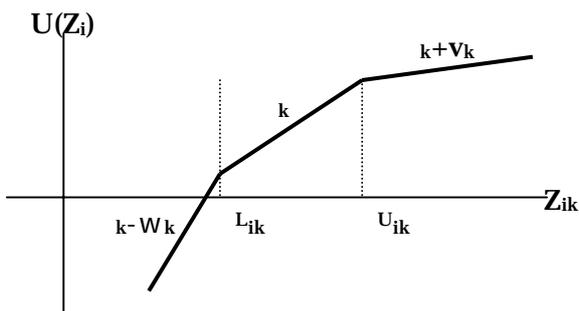


図5 上限下限閾値による限界効用の変化

本研究では、この非補償型効用関数を適用してモデルを構築する。ただし、ここでは上限の閾値のみを適用して、非補償型の意思決定構造を表現する。自宅から最寄のバス停までの距離の例を図6に示す。

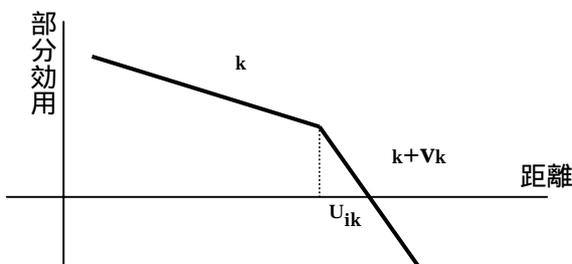


図6 本研究における適用例(バス停までの距離)

ここで、全ての要因に関して v_k が - に近づけば、閾値を U_{ik} とする連結型モデルとなる。また、離散量に対しては、図7に示すような一般的なダミー変

数で表現することが可能である。他の要因による部分効用が有限であり、当該要因のダミーパラメーターが - に近づけば、分離型モデルとなる。

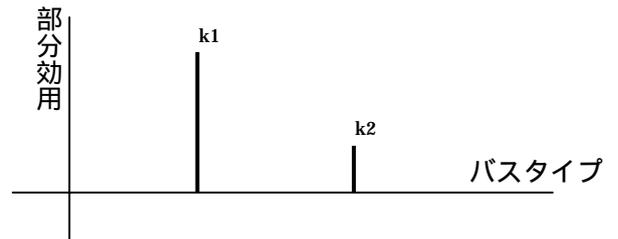


図7 離散変数に対する適用例(バスのタイプ)

4. 下肢障害者の路線バス利用意向モデルの推定

(1) SP 調査の概要

本研究では、下肢障害者の路線バス利用意向と各交通サービス水準との関係を明らかにするために、バスの料金、バス停までの距離、バス運行間隔、バスのタイプ(バリアフリー対応)の水準に関して利用意向(バスを利用する・しない)を質問する SP 調査を実施した。

各要因の水準は表3のように設定した。

表3 各要因の水準の設定

要因	水準1	水準2	水準3	水準4
料金	100円	200円	500円	
バス停距離	自宅まで送迎	200m	500m	1km
運行間隔	15分	30分	60分	
バスタイプ	車椅子専用送迎車両	低床ノンステップバス	リフト付きバス	従来型ステップバス

(2) 路線バス利用意向モデルの推定

上述の SP データを適用して、3章で示した非補償型効用関数を組み込んだ2項ロジットモデルにより、下肢障害者の路線バス利用意向モデルを構築した。バスタイプに関しては、従来型ステップバスを基準にして、各タイプ別のダミー変数とした。非補償型モデルのための各交通サービスの閾値は、アンケート調査の限界 LOS の結果から、累積人数の変化点の値とした。具体的には、バス停距離閾値 600m、料金閾値 450円、運行間隔 0.9時間とした。各説明変数がこの閾値よりも大きな値をとる場合、パラメータの差分(図6の v_k)を考慮して非補償型モデル

としている。

パラメータ推定結果を表 4 に示す。ここで比較のために通常の 2 項ロジットモデルの推定結果を添付する。

尤度比を見ると、両モデルとも 0.11 程度であり、適合度はあまり高くない結果となった。しかしながら、非補償型モデルの自由度調整済み尤度比が若干大きくなり、非補償型の効用関数を適用することによって適合度が高くなる結果となった。交通の LOS 変数を見ると、2 項ロジットでは全ての LOS 変数のパラメータの符号は、論理的に妥当なものとなった。これに対して、非補償型モデルでは料金、バス停距離、運行間隔に対して閾値の内外で符号が異なった結果となった。これは閾値の両側で LOS の変化に対

する感度が大きく異なることを意味しており、全ての範囲を平均する通常のロジットモデルでは捉えられない潜在需要を考慮することが出来る。また、非補償型モデルでは、バスタイプのバリアフリー化へのパラメータ値が大きく、車両のバリアフリー化の重要性が明らかになるとともに、バリアフリー化した車両であればバス利用意向に大きな違いがないことがわかった。また、パラメータは有意ではないものの、料金が閾値外の場合には、バス利用意向が大きく減少する結果となった。他の LOS 変数のパラメータ値が 0 でないことから、身障者のバス利用に対する意思決定構造は、全ての LOS の水準が限界値内である必要がある連結型に近いものと考えられる。さらに、個人属性では両モデル間に大きな差はないことから、交通 LOS の閾値によって限界効用を変化させることによって、より LOS の変化に対して敏感に反応する潜在需要予測モデルが構築できた。

表 4 下肢障害者の路線バス利用意向モデル推定結果

説明変数	2 項ロジットモデル		非補償型ロジットモデル	
料金 (100 円)	-0.173 (1.47)		0.058 (0.12)	
料金が閾値外の場合のパラメータ差分			-1.015 (0.48)	
運行間隔 (時間)	-1.026 (3.14)	**	-1.126 (1.14)	
運行間隔が閾値外のパラメータ差分			0.033 (0.03)	
バス停までの距離 (100m)	-0.194 (3.95)	**	-0.268 (2.64)	**
距離が閾値外のパラメータ差分			0.190 (0.85)	
車椅子専用車両 ダミー	0.956 (1.97)	*	1.095 (2.08)	*
ノンステップバス ダミー	0.877 (1.93)		1.024 (1.92)	
リフト付きバスダミー	1.000 (1.86)		1.067 (1.91)	
山陽居住ダミー	-1.620 (2.81)	**	-1.735 (2.69)	*
男性ダミー	-0.607 (1.64)		-0.596 (1.60)	
免許証保有ダミー	0.347 (1.05)		0.345 (1.05)	
年齢	0.007 (0.50)		0.007 (0.50)	
定数項	2.217 (2.31)	*	2.030 (1.49)	
初期尤度	-137.94		-137.94	
最終尤度	-117.38		-116.98	
尤度比	0.109		0.112	
サンプル数	199		199	

()内はt値 ** 1%有意 * 5%有意

6. おわりに

本研究では下肢障害者を対象とした路線バス利用に関するアンケート調査を実施した。調査結果からバス利用を潜在化させる交通サービス水準の限界値の分析を実施した。ここでは、単純集計による累積人数での評価を行ったが、今後はハザード関数等を適用した限界値の分析が不可欠である。

さらに交通 LOS の閾値によって限界効用が異なる非補償型モデルを適用することによって、潜在需要を考慮できるモデルが構築できた。本研究ではサンプル数が 199 と少ないために、各パラメータのt値は低いが、現在下肢障害者の団体等への追加調査を実施中であり、この調査結果に基づいてデータを追加することによって、より有効性が向上することが予想される。

参考文献

- 1) 福田大輔, 森地茂: 選択肢の選別過程に関する実証比較分析: 交通手段選択行動を対象として, 土木計画学研究・講演集, No24, 2001
- 2) Joffre Swait: A Non-compensatory Choice Model Incorporating Attribute Cutoffs, Transportation Research Part B 35, pp903-928, 2001