

潜在需要を考慮した交通バリアフリー計画の評価理論*

Evaluation Theory of Traffic Barrier-Free Planning considering Potential Demand

佐藤 寛之**, 青山 吉隆***, 中川 大****, 松中 亮治*****

By Hiroyuki SATOH**, Yoshitaka AOYAMA***, Dai NAKAGAWA****, and Ryoji MATSUNAKA*****

1.はじめに

平成12年度に交通バリアフリー法が施行され、公共交通施設のバリアフリー化が推し進められているが、高齢者・障害者も含めた利用者の利便性向上を定量化した上で旅客施設改善の必要性を評価するための理論体系や、整備の優先順位を決定するための方法論はまだ確立されていない。また、移動抵抗、すなわち移動に要する一般化費用の構造に関する研究についても、健常者については既に多くの蓄積があるものの、高齢者や障害者については理論的にも実証的にも明らかにされていない。

そこで、本研究では、健常者・高齢者・障害者など、属性毎の交通行動・交通需要の特徴を明確化した上で、各々の移動に要する一般化費用の違いを考慮したバリアフリー化による経済効果の計測理論の確立を目的とする。その際、施設整備の効率性だけでなく、施策によって顕在化する潜在交通需要（以下、潜在需要）の存在を考慮することは非常に重要であるため、顕在需要と潜在需要ならびに一般化費用の関係を理論的に明確にしたうえで、経済評価のための方法論を示す。

2.移動抵抗（一般化費用）の理論

移動に要する一般化費用など移動抵抗の定量化の考え方に関しては既存の研究においても多く述べられており、運賃や移動時間だけでなく、肉体的負担や心理的負担についても考慮されており、多くの研究において、単位時間当たりの移動に要する抵抗を定量化した原単位（時間価値¹⁾、等価時間係数²⁾、乗換行動コス

ト³⁾、など)と移動に要する所要時間の積により移動抵抗を定量化している。さらに肉体的あるいは心理的負担を考慮することにより、水平歩行や階段昇降といった各行動の抵抗の違いを定量化している。また、移動時間に関しても属性による移動速度の違いや混雑による移動速度の変化を考慮した研究も見受けられる。

本研究では、人が移動する際の抵抗やバリアフリー化によってどれだけ抵抗が減るかを定量化するために抵抗を貨幣タームで表した一般化費用を用いる。

ある一つのルートの移動を考えた際、そのルート移動の一般化費用 $f_m(\mathbf{Z})$ (m : 属性の種類) は属性ごとに異なり、健常者、高齢者、肢体不自由者、視覚障害者、聴覚障害者、音声言語障害者、内部機能障害者など、それぞれの属性ごとに固有の一般化費用が存在していると考えられ、以下のように定義する。

$$f(\mathbf{Z}) = z_0 + eV \quad (1)$$

$$e = \mathbf{a} \cdot \mathbf{Z} \quad (2)$$

$$\mathbf{a} = (\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_n) \quad (3)$$

$$\mathbf{Z} = (z_1, z_2, \dots, z_n) \quad (4)$$

\mathbf{Z} : ルート特性ベクトル \mathbf{Z}_n : ルート特性 n の値

z_0 : 交通サービスの価格(円)

e : 1ルートあたりのエネルギー消費量(cal)

V : エネルギー価値(円/cal)

\mathbf{a} : パラメータベクトル \mathbf{a}_n : ルート特性 n のパラメータ

ルート特性ベクトル \mathbf{Z} は、ルート上に存在する階段やエレベーターなどの移動形態をそれぞれ定量化し、ルート特性別にルート全体で総計したものである。表-1にその例を示す。また、1ルートあたりのエネルギー消費量 e は、階段や待ち時間など各ルート特性に対する各属性の抵抗を表したパラメータ \mathbf{a}_n 、通過する各ルートによって決められるルート特性 z_n の積の総和で表される。そして、エネルギー価値 V を用いて e を

*Key words: 交通弱者対策、公共交通需要、整備効果計測法

** 学生員 京都大学大学院工学研究科

*** フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科

**** 正会員 工博 京都大学大学院工学研究科

***** 正会員 工修 京都大学大学院工学研究科

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 075-753-5759)

表 - 1 ルート特性Zの例

Z	特性	(例)
z_1	上り階段	5m (高低差)
z_2	水平歩行距離	500m
z_3	エレベーター	20秒
z_4	エスカレーター	0秒
z_5	上りスロープ	30m (角度 6%)
z_6	待ち時間	150秒

貨幣換算したものと、価格の総和が各ルート的一般化費用となる。

さらに、一つのODトリップにおいては複数のルートが存在するため、各ルートにそれぞれ固有のルート特性が存在することになる。全ルートの中で最も小さい一般化費用のルートを選択すると仮定すると、ルート特性ZとODトリップの一般化費用 P_m の関係は次のようになる。

$$P_m = \min_Z f_m(Z) \quad (5)$$

このように考えると、バリアフリー化によってルート特性ベクトルが Z_A から Z_B に変化することにより、一般化費用が $f_m(Z_A)$ から $f_m(Z_B)$ に変化し、一般化費用の値が減少することを表現することができる。

3. バリアフリー化による需要変化の理論的考察

既存の研究において、潜在交通需要は「外出したくてもできなかった交通(トリップ)」⁴⁾とされている。トリップの潜在化には様々な要因があると思われるが、本研究で考慮する所得制約、エネルギー制約を踏まえると、トリップの一般化費用が高いため需要が潜在化していると捉えることができる。一方、交通行動を起こす代わりとして、代替サービスの需要(代替需要)が発生していると考えられる。そこで本研究では代替サービスを、生活を営むうえで必要不可欠な食事支給などのデイサービスであると仮定する。

以下、交通サービスとデイサービスの消費量の決定モデルを考える。交通サービスの消費量(訪問回数)を X 、デイサービスの消費量(サービス消費回数)を Y とすると、各々の消費量は以下のような所得制約とエネルギー制約のもとでの効用最大化問題になると考えられる。ただし、デイサービスの消費の際にはエネルギーを消費しないものとする。

$$U=U(X,Y) \quad \max \quad (6)$$

$$\text{s.t. } z_0 X + qY \leq I \quad (7)$$

$$eX \leq E \quad (8)$$

z_0 : 交通サービスの価格(円)

q : デイサービスの価格(円)

I : 所得(円) E : 所有エネルギー(cal)

この効用最大化問題の式を簡易化するため、ルート特性を価格と上り階段の2変数のみで表現できるとし、

$$e = a_1 z_1 \quad \text{at } 0 \leq z_1 < z_1^* \quad (9)$$

$$e \rightarrow +\infty \quad \text{at } z_1^* \leq z_1 \quad (10)$$

という仮定を置く。 z_1 は上り階段の高低差を表す値である。 e と z_1 の関係を下図に表す。

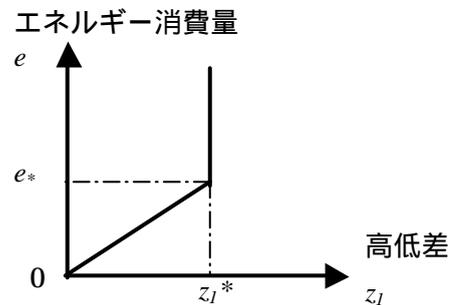


図 - 1 ルート特性とエネルギー消費量の関係

ここで、階段の高低差と共にエネルギー消費量は比例的に増えるが、ある高低差 z_1^* 以上の高低差の移動は不可能になるという仮定を置いた。これは、エネルギー消費量 e は理論的には比例もしくは指数関数的に増えていくが、現実的には車椅子利用者が自力で昇降できないケースや、あまりの高低差に高齢者も昇降をあきらめるといったケースも考えられ、心理的な判断を含めて z_1^* 以上においては移動が不可能という限界値を想定するためである。

今、バリアフリー化施策の実施により上り階段の高低差が z_1^A から $z_1^B (< z_1^*)$ に減少し、エネルギー消費量が e^A から $e^B (< e^*)$ に減少したとする。

以下、交通サービスとデイサービスの消費量が予算制約とエネルギー制約のどちらの制約によって決定しているかによって場合分けを行って考察を進める。

(1) 予算制約により2財の消費量が決まる場合($X_1 < E/e$)
(X_1, Y_1 は等効用曲線 U_1 と予算制約線の接点)

$X_1 < E/e$ においては、図 - 2に示すように予算制約によって最適解が決まり、バリアフリー化により e が減少しても、 X, Y の消費量は変化しないが、その分のバ

リアフリー化の効果はエネルギーの余剰の増加として表れる。これは、一般化費用の減少という形で計測可能である。

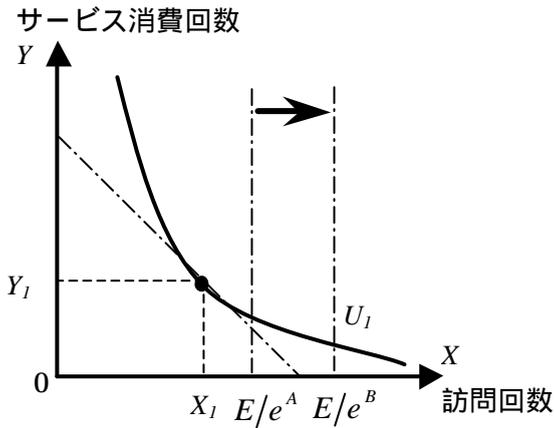


図 - 2 2財の選好関係 ($X_1 \leq E/e$)

(2) エネルギー制約によって2財の消費量が決まる場合 ($X_1 > E/e$)

エネルギー制約線 $x = E/e$ はバリアフリー化により値が変わるが、式(9)、(10)より $0 < e < e^*$ or $e +$ であるので、 $E/e > 0$ or $E/e^* < E/e < +$ となる。そこで、エネルギー消費量 e の値でさらに場合分けを行う。

(a) 交通需要が顕在化している場合 ($e^A < e^*$)

図 - 3 はエネルギー制約により最適解が求まるケースである。バリアフリー化によりエネルギー消費量が e^A から e^B に減少するとエネルギー制約線は $X = E/e^A$ から $X = E/e^B$ へと変化するので、 $E/e^B - E/e^A$ が需要の増加分となる。

ルートの一般化費用を比較すると $f_n(z_i^A) > f_n(z_i^B)$ となり、 $P = f(z_i^B)$ がトリップの一般化費用となる。バリアフリー化によりエネルギー制約線が変化し続ければ、最適解も変化し続けるが、効用関数が予算制約線に接する点以降は最適解は変化しない。(図 - 2 のケース)こ

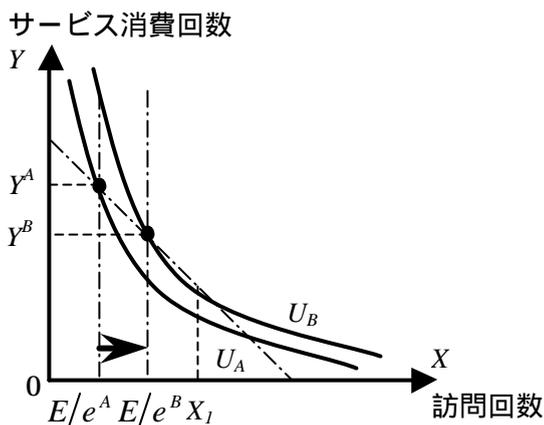


図 - 3 2財の選好関係 ($e < e^*$)

の場合のバリアフリー化の効果は通常の消費者余剰法で計測可能である。

(b) 交通需要が潜在化している場合 ($e^A > e^*$)

$z_i^A > z_i^*$ の時、 $e^A \rightarrow +\infty$ よりエネルギー制約線は図 - 4 のように Y 軸に限りなく近く、交通の需要は皆無となっている。この時、効用最大化問題は以下のようになる。

$$U = U(0, Y) \quad \max \quad (6')$$

$$s.t. \quad qY \leq I \quad (7')$$

バリアフリー化によって、高低差が z_i^A から $z_i^B (< z_i^*)$ に減少した時、初めて需要が発生することになり、例えば、車椅子利用者がルート中に段差が存在するため、移動することが不可能な状況であったのが解消され、潜在化していた需要が顕在化したケースである。潜在化していた需要の顕在化分は、 E/e^B となる。

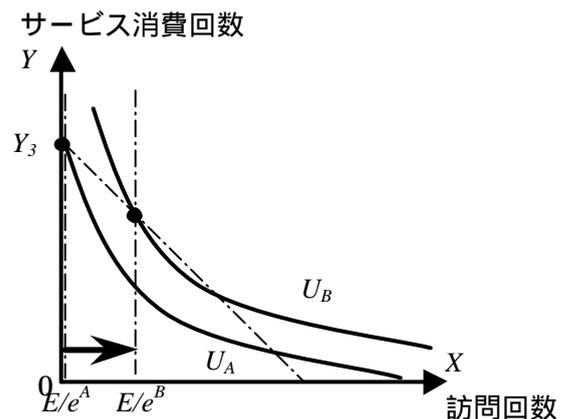


図 - 4 2財の選好関係 ($E/e \rightarrow 0$)

4. バリアフリー化による余剰の計測手法

3. を踏まえて、交通サービス、デイサービスの消費量と交通の一般化費用の一般的な関係を図 - 5 に示す。ここで、 $x^B = E/e^B$ 、 $z_0 X + qY = I$ より

$$Y^A = I/q$$

$$Y^B = (I - z_0 E/e^B)/q$$

また一般的に、以下のことがいえる。

1. 交通サービスの消費者余剰は、一般化費用減少分の区間で需要関数を積分して求められる。
2. 一般化費用 $f(Z^*)$ (choke price) において、両需要関数は不連続であり、それ以下において交通需要が発生する。

- 3. $f(Z^*)$ 以上の上ままでは、バリアフリー化による余剰は発生しない。
- 4. $f(Z_1)$ 以下におけるバリアフリー化では、需要の変化は生じない。エネルギー余剰のみ増加する。

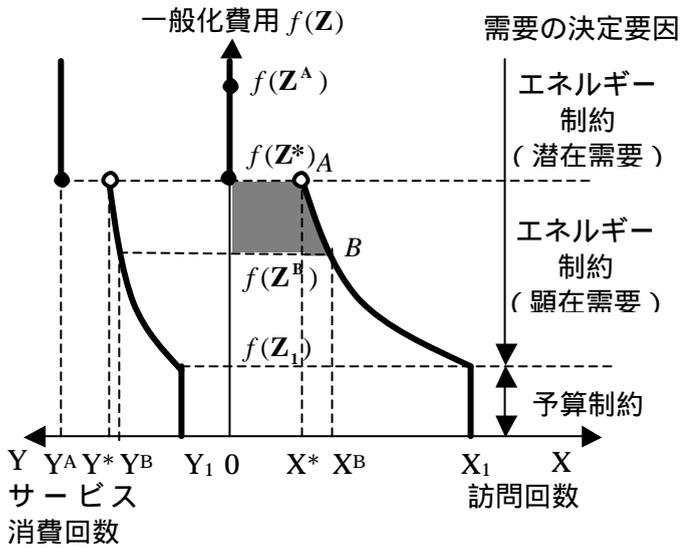


図 - 5 2財と交通の一般化費用の関係

例えば、潜在需要が顕在化する3.における(2)(b)のケースでは、バリアフリー化により、一般化費用は $f(Z^A)$ ($f(Z^*)$)から $f(Z^B)$ へと減少し、消費者余剰の増分は $f(Z^*)ABf(Z^B)$ で囲まれる面積となる。

一方、デイサービスの余剰変化を考えるために、デイサービスの価格 Q とサービス消費回数 Y の関係を図-6に示す。

デイサービスの価格 Q が政策的に市場均衡によって決まる価格より低く q と決められており、価格変化がないという仮定を置く。デイサービスの需要関数は交通の一般化費用 $f(Z)$ とデイサービスの価格 Q で決ま

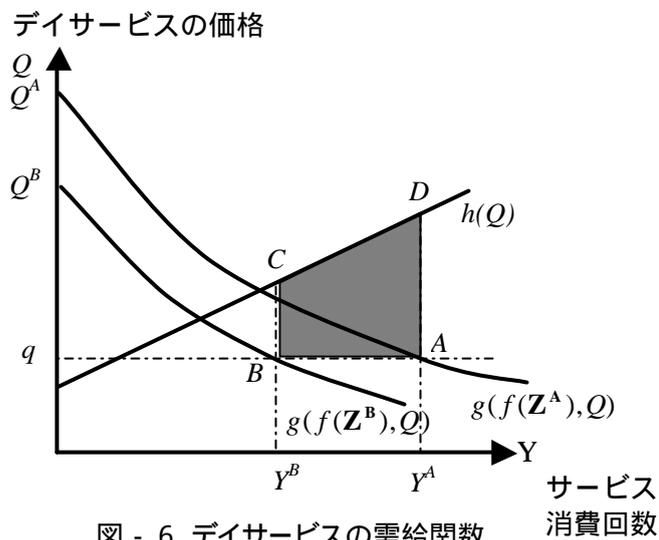


図 - 6 デイサービスの需給関数

り、 $g(f(Z), Q)$ と表され、供給関数はデイサービスの価格で決まり、 $h(Q)$ と表される。

バリアフリー化によりルート特性が Z^A から Z^B へと変化すると、デイサービスの需要関数が $g(f(Z^A), Q)$ から $g(f(Z^B), Q)$ へと変化し、消費量が Y^A から Y^B へと減少し、面積 $Q_A AB Q_B$ が消費者余剰の減少分となる。また生産者余剰は台形面積 $ABCD$ の増分となる。ここで消費者行動に変化がおきているという現象を踏まえると、デイサービスの消費者余剰の減少分と交通の消費者余剰の増分の和は必ず正であることがいえる。

以上より、バリアフリー化の効果は交通サービスの消費者余剰の増分とデイサービスの消費者余剰の減少分と生産者余剰の増分の和で計測する必要がある。

5. おわりに

本研究では、まずバリアフリー化の経済評価を行う際に必要となる一般化費用の考え方について述べた。そして、潜在需要の顕在化を考慮するために、交通サービスと代替サービスの2財の消費量の関係を効用最大化問題で表した。さらに、消費者余剰法の考え方をを用いて2財の余剰変化をそれぞれ計測するという、バリアフリー化の効果計測理論を提示した。

本研究で示した評価理論は、予算制約線の変化による効用水準の変化を考慮することにより、デイサービスへの補助政策とバリアフリー化施策との比較分析への容易な拡張が可能である。

今後は、提示した理論の実証分析への適用を目指し、時間制約の考慮や交通需要が潜在化する際の一般化費用の算出などに取り組んでいきたい。

【参考文献】

- 1) 加藤浩徳, 芝海潤, 林淳, 石田東生: 都市鉄道駅における乗継利便性向上施策の評価手法に関する研究, 運輸政策研究, vol.3, No.2, pp.009-020, 2000.Summer
- 2) 飯田克弘, 新田保次, 森康男, 照井一史: 鉄道駅における乗換え行動の負担度とアクセシビリティに関する研究, 土木計画学研究・講演集 19(2) pp.705-708, 1996.11.
- 3) 佐藤寛之, 青山吉隆, 中川大, 松中亮治, 白柳博章: 都市公共交通ターミナルにおける乗換抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究, 土木計画学研究 24(1) pp.377-380, 2001.11.
- 4) 青島縮次郎, 高柳大輔, 伊東弘行: 地方都市圏における身体障害者の顕在・潜在需要比較とそれを踏まえた交通システム評価, 土木計画学研究・講演集 21(1) pp.535-538, 1999.11.