

身体的負荷からみた鉄道駅のバリアフリー施設における経済的評価に関する研究*

A study about the economic evaluation considered by reductions of physical load about institutions made barrier-free in a railroad station*

榎井敦**・三星昭宏***・柳原崇男****・堀岡真義*****

By Atsushi MASUI**・Akihiro MIHOSHI***・Takao YANAGIHARA****・Masayoshi HORIOKA*****

1. はじめに

わが国では、平成 18 年において総人口の 20.8%が 65 歳以上という高齢者率を超える等高齢化が進んでおり、また、障害者の就労や外出機会の問題をも抱えている。そのような背景の中、ノーマライゼーションの理念が浸透し、高齢者や障害者等の自立や社会参加を支える都市環境整備が求められている。

このような問題に対処すべく、円滑な移動、および円滑な建築物等の施設の利用を確保することを目的に、平成 18 年「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律」(通称：バリアフリー新法)が施行された。その成果、歩道や公共施設等のバリアフリー整備は着々と進められている。しかし、厳しい財源状況の中では、駅ターミナルにおいても、効率性・効果性を求められたバリアフリー整備が求められる。そのため、利用者の身体的な負担を考慮した経済的な評価が必要である。

2. 既存の研究と本研究の位置づけ

身体的な負担を考慮した駅ターミナル評価には次のようなものがある。北川¹⁾は、エネルギー代謝率(RMR)を用いて、水平歩行の歩数を基準とし、身体的負担からの少ないエレベーターや垂直移動評価を評価した上で、身体的負担を軽減する移動ルート

を求めた。同様に、筆者ら²⁾によって、歩行者および車いす利用者のスロープ運動における生理的な反応を考慮し、身体的負担を軽減させる移動ルートを求めた。また、大島ら³⁾は、「乗り換え抵抗算定式」を用いることによって、鉄道利用者の乗換抵抗を定量的に把握し、貨幣換算することで、エスカレーター(以下、ES)との乗換抵抗低減効果の評価を行った。

本研究では、これらの既存の研究を考慮し、筆者らが過去に酸素摂取量により導き出された身体的負担のモデル式を用いることによって、バリアフリー整備前後における利用者便益を算出し、整備効果を評価することを目的とする。

3. 身体的負担の導出

(1) 酸素摂取量

1 分間当たりの酸素消費量(または酸素摂取量)によって運動強度を表す方法であり、最も基本的な運動強度の表示方法といえる。

一般に酸素摂取量は運動時の酸素の摂取量を表し、運動の程度が大きくなるにつれ、より多くの酸素を体内に摂取し、エネルギーをつくる必要があるため、酸素摂取量も比例して大きくなる。すなわち酸素摂取量が大きい運動ほど身体的な負担が大きい運動といえる(図 1)。

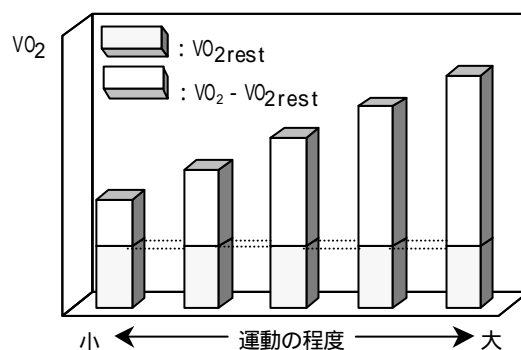


図 1. 酸素摂取量と運動強度の関係

* キーワーズ 公共事業評価法、整備効果計測法、ターミナル計画、交通弱者対策

** 学生員 近畿大学大学院
〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1
TEL:06-6730-5880 (内線4271)

*** フェロー会員 工博 近畿大学理工学部社会環境工学科教授
〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1

**** 会員 兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所
〒651-2181 神戸市西区曙町1070

***** 非会員 近畿大学
〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1

(2) エネルギー代謝率について

身体的負担を測定するために、本研究では、体内の酸素消費量をもとにしたエネルギー代謝率(以下、RMR = resting metabolic rate)により導いた。次式で表される。

$$RMR = \frac{\text{運動時の酸素消費量} - \text{安静時の酸素消費量}}{\text{基礎代謝率}} \dots ()$$

RMR を用いることで、運動や身体活動の強さを簡単な数によって表すことができる。また、様々な環境における1分間当たりのエネルギーの概略値を示していることより、駅ターミナルでの経路別の身体的負担を測定するのに便利である。表1に日常的な運動のRMRの一部を表1に示す。

表1 日常的な運動の主なRMR値

運動の種類	RMR	
	範囲	基準
散歩 (40~60m/分)	2.0~3.0	2.5
正常歩 (70~80m/分)	2.5~4.0	3.3
急歩 (90~100m/分)	3.5~5.5	4.5
ジョギング (120m/分)	5.0~7.0	6.0
ランニング (200m/分)	11.0~13.0	12.0
階段(昇り 90段/分)	6.0~8.0	7.0
階段(下り 90段/分)	2.5~3.5	3.0
サイクリング (10 km/時)	2.5~4.0	3.0
サイクリング (20 km/時)	4.0~6.0	5.0
テニス	4.0~7.0	6.0
バレーボール	4.0~7.0	6.0
ダンス(軽い)	2.5~3.5	3.0
ダンス(活発な)	4.0~6.0	5.0

(旧厚生省「健康増進施設における技術指針」,1996 参考)

(3) Mets

身体的な負担を表すとき、国際的には、運動中の消費エネルギーが安静時の代謝のエネルギーの何倍に当たるかを示すMets (Met; metabolic equivalent (代謝当量)の略)が、活動強度の単位として用いられる。Metsは次式で表される。

$$Mets = \frac{\text{運動時酸素消費量}}{\text{安静時酸素消費量}} \dots ()$$

RMRには安静時の消費エネルギーは含まれず運動によって余分に消費されるエネルギーの大きさを表しているのに対して、Metsには安静時の消費エネルギーも含まれている点である。したがって、安静という状態は、RMRで表すと0であるが、Metsで表すと1になる。また、相互変換することが可能

である。

(4) 本研究におけるモデル式

過去に筆者らは、各移動距離を水平移動に換算するために、酸素摂取量と身体的負担の関係から換算係数を導き、モデル式を作成した。ただし、今回は、利用実態調査において階段の昇りと降りの利用者割合まで把握しきれなかったため、昇りと降りをひとまとめにした換算係数を用いた。

歩行者における身体的負担算出モデル式

$$P(m) = Hn + (0.22x + 0.7857)SLu + (-0.0134i + 0.7295)SLd + (1.96)Sn + (0.256)ESn + (0.264)EVn \dots ()$$

P:負担距離 H:水平距離 SLu:昇りスロープ移動距離

SLd:下りスロープ距離 Sn:昇り下り階段段数

ES:エスカレーター移動距離

EV:エレベーター移動距離

n:施設番号 x, i:勾配 ただし x > 0, i < 0

4. 実地調査

整備効果を評価するために、利用便益を算出しなければならない。事例対象として利用した鉄道駅は、以下の通りである。

表2. 調査概要

対象駅	泉北高速鉄道線 深井駅
駅構造	島式ホーム1面2線の高架駅。2階に改札・コンコース、3階にホーム。改札口は1ヶ所のみ。
昇降施設	EV1機, ES1機
乗降客数	22,824人/日(平成17年度)
調査時期	平成18年11月23日(休)~24日(平日)

泉北高速鉄道線公式HPより

利用実態調査を明確にするため、改札口からホームまで上下移動施設を利用するようにルート1からルート4まで以下のように設定した。

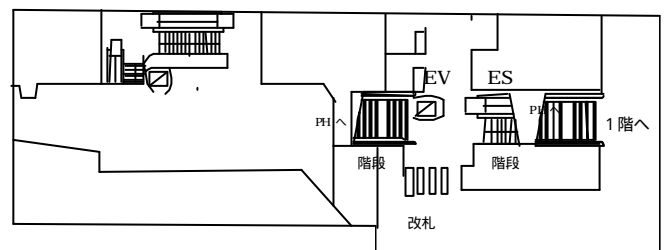


図2. 深井駅2階平面図

ルート1 改札から見て左側の階段 (以下 E1 とする) を利用する。

ルート2 EV を利用する。

ルート3 昇りES を利用する。

ルート4 改札から見て右側の階段 (以下 E2 とする) を利用する。

整備効果を評価するために、駅ターミナル内におけるバリアフリー設備の費用便益費を以下の順で算出した。

まず、利用便益を求めるために、各ルート別に上下移動施設の一日利用者数を求めた。

次に、各上下移動施設の規格を、図面より測定し、ルートごとの移動距離を算出し、(2)式のモデル式に代入することで負担距離 (m) を求めた。

上記において単位mで表した、負担軽減の値を貨幣価値に置き換える。大島らの研究では、水平歩行運動と比較的近い値の業種 (製造業) の労働時間と収入の関係から、単位エネルギーあたりの貨幣価値を算出している。本研究も大島らの研究と同様に () 式を用いた。

貨幣換算モデル式

$$V = \frac{E_0 \times P}{(M \times E_1 \times W \times T)} \dots ()$$

= 歩行 1 m 当たりエネルギー価値 (円/m)

E_0 = 歩行 1 m 当たりエネルギー消費量 (kcal/m)

= 0.0525 kcal/m

P = 製造業の現金給与額 (円/月)

M = 労働のエネルギー消費量 (METs)

$E = 1 \text{ MET s}$ 当たりのエネルギー消費量 (kcal/kg/h/METs)

W = 体重 (kg)

T = 製造業の労働時間 (h/月)

() 式を使って、歩行者における水平歩行 1 m 当たりのエネルギー価値を 0.53 (円/m) と求めた。

本研究ではこの値を利用し、歩行者の水平歩行貨幣価値を算出する。

各ルートの負担距離の差と貨幣換算モデル式より、利用 1 回あたりの利用者便益が求まる。

整備効果を評価するにおいて、利用者便益と比較するために、ES および EV のそれぞれの初期投資費用と利用維持費を用いた。泉北高速鉄道および日本エレベーター製造(株)へのヒアリングによる結果を表 3 に示す。

表 3. ES および EV にかかるコスト

	初期設置費用	利用維持費
ES	31.5 (百万円)	2.55 (百万円/年)
EV	86.1 (百万円)	0.96 (百万円/年)

(設備利用 1 回あたりの利用者便益) × (一日利用者数) × 240 日により、一年間の設備の利用者便益を算出する。これとコストを比較することによって、年間費用便益比、すなわち、整備効果が評価することができる。

5. 事前事後のケースの設定

整備効果を評価するための事前事後のケースを以下のように設定する。

ケース 昇りES のみ設置したケースを想定する、すなわち、昇りES のみの整備効果を評価する。

ルート1,4 ルート1,3,4

ケース EV のみ設置したケースを想定する、すなわち、EV のみの整備効果を評価する

ルート1,4 ルート1,2,4

6. 調査結果

ケース、ケース の設置年度における整備効果の評価結果を、それぞれ表4、表5 に示す。ケース では、設置初年度においてすでに費用便益費が 1 を上回る結果となった。ケース では、初年度では、0.27 と 1 を下回る結果となった。そこで、設置年度以降の費用便益を考慮し、経過年までの累積値を導いた (表 6)。これによると 3 年後に費用便益費が 1 を越すことがわかる。ただし、利用者数の変化は考慮していない。

表 4. ケース : 昇り ES の利用便益

項目記号	項目	算出値	備考
A	施設利用一回あたりの平均利用者便益 (円)	37.4	計算より
B	事後増分一日利用者数 (人)	9564	利用実態調査より
C	一日の利用者総便益 (円・人)	357612.306	A × B
D	一年間の利用者便益 (百万円/年)	85.83	C × 240
E	初期施設設置費用 (百万円/年)	31.5	ヒアリングより
F	初年度における費用便益比	2.72	D ÷ E

表 5. ケース : EV の利用便益

項目記号	項目	算出値	備考
A	施設利用一回あたりの平均利用者便益 (円)	39	計算より
B	設置後増分一日利用者数 (人)	2520	利用実態調査より
C	一日の利用者総便益 (円・人)	98233.38	A × B
D	一年間の利用者便益 (百万円/年)	23.58	C × 240
E	初期施設設置費用 (百万円/年)	86.1	ヒアリングより
F	初年度における費用便益比	0.27	D ÷ E

表 6 設置初年度から経過年までの累積値による費用便益費の変化

単位 (百万円)		設置年 (2002年)	1年後 (2003年)	2年後 (2004年)	3年後 (2005年)	4年後 (2006年)	5年後 (2007年)
費用	ランニングコスト	0	0.96	1.92	2.88	3.84	4.8
	イニシャルコスト	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1
	合計	86.1	87.06	88.02	88.98	89.94	90.9
便益	EV設置の利用者便益	23.6	47.2	70.8	94.4	118	141.6
	費用便益比	0.27	0.54	0.80	1.06	1.31	1.56

7. まとめと今後の課題

本研究では、酸素摂取量により導いた身体的負担のモデル式を用いることによって、利用者便益を算出し、整備効果を定量的に示すことができた。酸素摂取量による身体的負担の算出により、既存の研究で行われているルート選択だけでなく、ES や EV 等のバリアフリー設備の効果性を示す可能性が見えた。また、EV においては、ES のように設置初年度に効果が表れないものの、累積値を算出することによって、経過年の費用便益の変化を予測することができた。ただし、利用者の変化等も考慮しなければならない。

今後の課題として、は次のようなことがあげられる。

利用実態調査の段階で、各設備の利用者属性別、昇降別の利用者数は把握することで、より精度の高い整備効果評価を求める。
設備利用による負担の軽減は、年齢、性別、

身体的特徴によっても異なるので、それらを考慮したモデル式を考案する必要がある。特に、EV における車いす利用者の効果は絶大であると考えられる。

人口統計や高齢者推移による便益将来予測、利用者の動線や心理等、設置場所による効果等も考慮した研究をしていかなければならない。

～参考文献～

- 1) 北川博巳：高齢者を考慮した駅ターミナルの移動負担評価に関する研究，第 20 回交通工学研究発表会論文報告会，2000
- 2) 松井祐ほか：車いす利用者の生理的応答を用いた駅ターミナル評価に関する基礎的研究，土木計画学研究 講演集 Vol.28 Page (102) 2003
- 3) 大島義行ほか：鉄道駅における乗換抵抗に関する基礎的研究，土木計画学研究 講演集 No.19(2) 701-704 1996
- 4) 旧厚生省：健康増進施設における技術指針 1996