

エネルギー消費量に基づくバリアフリー化の評価に関する研究

名城大学 学生会員 ○田中 克

名城大学 フェロー 松井 寛

1. はじめに

わが国の高齢化は少子化を伴いながら他国に例のないスピードで進展しており、65 歳以上の高齢者比率は 2005 年現在 21.0%と世界で最も高い水準となった。一方で、高齢者の社会活動の機会は増加しており、高齢者をはじめ身体障害者にもやさしい街づくりが最も重要な課題となっている。ハートビル法、交通バリアフリー法の制定をきっかけに、各施設の構造的改善策は進んだといえるが、乗換えに関する評価は未開発の分野である。

そこで本研究では、一般的な歩行経路の移動負担量を定量化する方法を提案し、今後のバリアフリー施策の評価に活用することを目的に研究を行った。

2. 移動負担量の定量化

公共交通機関の乗換え時において移動形態別の負担量がどのくらい違うかを把握するためにエネルギー消費量に着目し、20～70 代までの男性・女性の 35 名を被験者とする実験を行った。エネルギー消費量は(株)アイ・ティ・リサーチ製の加速度センサーと気圧センサーを組み合わせた携帯型の移動形態判別装置(ICC)を用いて測定した。今回測定を行った歩行形態は「平地歩行」、「坂道上り・下り(勾配 4%・9%)」、「階段上り・下り」、「エスカレーター(ES)上り・下り」、「エレベーター(EV)上り・下り」、「静止」の以上 12 通りである。

実験で得られた測定データである移動形態別のエネルギー消費量(y)を目的変数とし、所要時間(x)を説明変数とした単回帰分析を行う。

$$y = ax \quad \text{式(1)}$$

平地歩行の速度を平地歩行の距離で割ることで平地距離毎の所要時間を算出する。この所要時間を式(1)に代入することで、平地歩行距離(z)とエネルギー消費量(y)の関係式を導き出される。

$$y = bz \quad \text{式(2)}$$

式(1)と式(2)の 2 式のエネルギー消費量が等しいとすると、それぞれの式から平地をある距離歩いたときの負担量に相当する平地以外の歩行形態の負担量が求

表 1 属性別の等価時間係数

移動形態	男性			女性		
	20代以下	30～50代	60代以上	20代以下	30～50代	60代以上
平地歩行	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
坂道上り(勾配4%)	1.42	1.35	1.31	1.30	1.48	1.49
坂道下り(勾配4%)	1.03	1.07	1.24	1.00	1.20	1.30
坂道上り(勾配9%)	1.59	1.59	1.75	1.35	1.60	2.31
坂道下り(勾配9%)	0.96	1.01	1.29	1.13	1.18	1.55
階段上り	2.05	1.76	2.19	1.91	2.10	2.49
階段下り	0.91	0.79	1.01	0.89	0.83	1.23
エレベーター上り	0.24	0.20	0.24	0.24	0.22	0.27
エレベーター下り	0.24	0.20	0.24	0.24	0.22	0.27
エスカレーター上り	0.39	0.34	0.41	0.39	0.38	0.48
エスカレーター下り	0.32	0.27	0.33	0.32	0.30	0.38
静止	0.20	0.17	0.20	0.20	0.19	0.23

まる。そして、平地以外の歩行形態の負担量が求まることで、その負担量に相当する所要時間が求まる。さらに、平地をある距離歩いたときの所要時間を平地歩行に換算した平地以外の移動形態の所要時間で割ることで等価時間係数が算出される(表 1)。なお、等価時間係数とは平地歩行を 1 とした場合の平地歩行以外の移動形態との負担量との違いを示す係数である。

3. 駅構内の乗換え評価とその考察

駅構内の乗換え評価は前章で算出した等価時間係数を用いて、各移動形態を平地での歩行距離に換算して行う。その換算方法は以下に示すとおりである。

・坂道の場合

$$\frac{\text{坂道の距離}(m) \times \text{等価時間係数} \times \text{平地歩行の速度}(m/s)}{\text{坂道歩行の速度}(m/s)}$$

・階段の場合

$$\frac{\text{階段の段数(段)} \times \text{等価時間係数} \times \text{平地歩行の速度}(m/s)}{\text{階段1段あたりの段数(段/s)}}$$

・ES, EV の場合

$$\text{移動時間}(s) \times \text{等価時間係数} \times \text{平地歩行の速度}(m/s)$$

なお、各移動形態の速度は実験により得られたデータを用いている。

以上の方法で、平地での移動距離に換算することで、乗換え方法別に移動負担量を単一尺度で比較することが可能となる。

乗換え評価は名古屋市営地下鉄で乗換えが可能な 11 駅を対象にした。本論文では久屋大通駅(市役所方面 桜通線)、本山駅(高畑方面 名城線)、丸の内(鶴

舞線 本山方面) , 丸の内(桜通線 鶴舞線)について記述する(駅の構造に関する詳細は表 2 参照) . 換算する乗換経路は階段 , ES , EV それぞれを利用したときの最短経路とするため , 起終点はプラットホーム上からもっとも近い点とした . 換算結果は表 3 に示すとおりである .

この結果 , 久屋大通では「市役所方面 桜通線」どちらの乗換えも EV , ES , 階段の順に換算距離が長くなった . これは , 表 2 の駅の構造から , 階段を利用するのに平地で移動する距離が ES , EV に比べ長いからである .

次に本山駅では , 「高畑方面 名城線」どちらも ES を利用したときがもっとも換算距離が短くなった . 次いで , 換算距離が短いのは , 「名城線→高畑方面」では EV を利用したときだが , 「高畑方面→名城線」では階段を利用したときとなっている . これは EV を利用するために , 階段を利用するよりも , 平地を長く移動しなければならなくなっている . ここで , 久屋大通駅の EV を利用するために ES を利用するよりも平地を長く歩いているにも関わらず , 換算距離は短いという逆の結果が出ている . 久屋大通駅では EV を利用するために ES より平地を長く歩いても等価時間係数や移動時間が小さかった結果である . しかし , 本山駅では EV の等価時間係数で倍以上ある階段下りを利用しても , EV を利用するために平地を長く歩きすぎたためである .

丸の内駅では , 乗換えに関して EV を利用するのに改札口を出ての利用となるため , EV 利用は除外した . さらに , ES は下りには設置されていないため , 下りは階段を利用した換算結果となっている . そのため , ES を利用したとき 84 段下らなければならず , ほかの 2 駅と異なり上部から下部のホームへ移動する換算距離が長くなるという逆の結果になった .

4. おわりに

本研究では , 負担の度合いを定量化する方法を検討し , 等価時間係数を算出することで , 交通結節点における乗換えの評価を行った . この結果 , 各駅において , ES・EV を利用するに当たって望ましい位置にあるかどうかを評価することが可能となった .

今後の課題は , ES・EV はどの位置に設置されるのが望ましいかを検討する必要がある . また , ES・EV を利用した乗換えによる効果を測定する .

表 2 乗換え評価を行った駅の構造

単位[m, 段, 秒]

駅	乗換経路	主とする乗換方法	移動距離・移動時間				
			平地	坂道	階段	ES	EV
久屋大通	市役所方面 ↓ 桜通線	階段利用	38.5	—	▲ 64	—	—
		ES利用	16.0	—	—	▲ 43	—
		EV利用	20.0	—	—	—	▲ 19
	桜通線 ↓ 市役所方面	階段利用	38.5	—	64	—	—
		ES利用	16.0	—	—	43	—
		EV利用	20.0	—	—	—	19
本山	高畑方面 ↓ 名城線	階段利用	29.0	▲ 21.0	▲ 40	—	—
		ES利用	29.0	▲ 21.0	—	▲ 37	—
		EV利用	61.5	▲ 21.0	—	—	▲ 12
	名城線 ↓ 高畑方面	階段利用	29.0	21.0	40	—	—
		ES利用	29.0	21.0	—	37	—
		EV利用	61.5	21.0	—	—	12
丸の内	桜通線 ↓ 鶴舞線	階段利用	173.0	—	84 ▲ 28	—	—
		ES利用	173.0	—	▲ 28	79	—
	鶴舞線 ↓ 桜通線	階段利用	173.0	—	28 ▲ 84	—	—
		ES利用	173.0	—	▲ 84	27	—

は上方向 , ▲は下方向への移動を示す

表 3 乗換え評価の換算結果

単位[m]

駅	乗換経路	主とする乗換方法	換算距離
久屋大通	市役所方面 ↓ 桜通線	階段利用	86.9
		ES利用	34.7
		EV利用	26.1
	桜通線 ↓ 市役所方面	階段利用	158.0
		ES利用	39.2
		EV利用	26.1
本山	高畑方面 ↓ 名城線	階段利用	81.5
		ES利用	67.8
		EV利用	87.6
	名城線 ↓ 高畑方面	階段利用	132.1
		ES利用	77.8
		EV利用	93.8
丸の内	桜通線 ↓ 鶴舞線	階段利用	351.0
		ES利用	237.0
	鶴舞線 ↓ 桜通線	階段利用	288.8
		ES利用	251.0

謝辞

本研究を遂行するにあたり , 駅構内図などの資料提供を頂いた名古屋市交通局に感謝いたします .