

交通結節点における乗換えモードによるエネルギー消費量の変動に関する研究

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

わが国の国勢調査による2005年の65歳以上の高齢者比率は20.1%と世界最高で、15歳未満の年少人口比率は13.7%と世界最低と世界でもっとも少子高齢化が進んだ国となっている。その一方で、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やさしいまちづくりが今後のもっとも重要な課題となっている。

そこで本研究では、一般的な移動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おこなった。

2. 移動負担量の実験

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おこなった。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。今回測定をおこなった移動形態は「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

キーワード: 移動負担量, エネルギー消費量, 等価時間係数, 平地換算距離

連絡先: 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 TEL052-832-1151

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

求まる。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。

この結果、階段(上り)がもっとも負担が大きい、階段(下り)は平地歩行と同程度であるものの、60代以上では平地歩行よりも負担が大きくなるのがわかった。坂道(上り)では勾配が上がるにつれて負担は大きくなるが、坂道(下り)では勾配による負担の変化は見られなかった。また、ES、EVは平地歩行の1/2以下であることがわかった。

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、各移動形態を平地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

$$\frac{\text{坂道の距離} \times \text{等価時間係数} \times \text{平地歩行の速度}}{\text{坂道の速度}}$$

・階段の場合

$$\frac{\text{階段の段数} \times \text{等価時間係数} \times \text{平地歩行の速度}}{\text{階段1段当たりの速度}}$$

・ES, EV の場合

移動時間(s)×等価時間係数×平地歩行の速度(m/s)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)と本山駅(高畑方面⇄名城線)を紹介する(駅の構造に関する詳細は表2参照)。なお、換算する乗換え経路は階段, ES, EV それぞれを利用するのに最短経路とするため、起終点はプラットホーム上でもっとも近い点とした。換算結果は表3-4に示すとおりである。

この結果、どちらの駅でも階段上りを利用した乗換え時は年齢別で比べると大きな差異がみられたがES, EVに関して差異はあまりみられなかった。これはES, EVでは等価時間係数が同程度であったのに対し、階段上りでは大きな差があったためである。これらの差異により60代以上の階段利用時とES, EV利用時の換算距離の差がほかの年齢層に比べて大きくなった。

つぎに全体的な傾向として久屋大通駅では「市役所方面⇄桜通線」どちらの乗換えもES, EV, 階段の順に換算距離が長くなった。本山駅の「名城線→高畑方面」でも同様の結果を得られた。しかし「高畑方面→名城線」ではES, 階段, EVの順に換算距離が長くなった。これはEVを利用するために、階段利用時より平地を長く歩いたことが影響していると考えられる。ここで、階段とEVの換算距離の差に着目すると60代以上はほかの年齢層に比べ上り幅が小さい。これは坂道と階段の下りの等価時間係数が大きいいため、階段利用時の換算距離がほかに比べて長くなったためだと考えられる。

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した。

本研究により得られた主な結果を以下に示す。

- 1) 等価時間係数を算出することで、各移動形態を平地歩行距離に換算し、乗換え方法を比較することが可能となった
- 2) 年齢層ごとで乗換え方法による換算距離の差に違いがみられた

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
久屋大通駅	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
本山駅	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

△は下方向への移動を示す

表3 久屋大通駅における換算結果

単位[m]

乗換経路	主とする乗換方法	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
市役所方面 ↓ 桜通線	階段利用	85.2	85.2	89.1	86.4	85.6	96.9
	ES利用	36.0	33.4	34.8	34.7	33.7	36.7
	EV利用	26.6	25.6	26.0	26.3	25.7	26.5
桜通線 ↓ 市役所方面	階段利用	160.0	153.3	164.6	140.0	164.3	181.2
	ES利用	40.1	37.8	39.7	39.2	38.1	42.0
	EV利用	26.6	25.6	26.0	26.3	25.7	26.5

表4 本山駅における換算結果

単位[m]

乗換経路	主とする乗換方法	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
高畑方面 ↓ 名城線	階段利用	77.6	80.4	85.2	79.3	83.5	90.3
	ES利用	66.0	66.6	70.1	65.7	69.6	72.0
	EV利用	85.1	87.3	89.8	85.8	90.2	90.5
名城線 ↓ 高畑方面	階段利用	134.1	129.3	134.7	118.7	138.4	149.2
	ES利用	79.4	76.8	76.7	75.6	79.3	82.8
	EV利用	94.8	93.6	92.2	91.7	95.9	96.6

3) 負担量が低いES, EVがどの位置に設置されると利便性が向上するかがわかる

今後の課題は各駅における乗換え分担率を調査し、ES, EVを利用した乗換え効果を測定する必要がある。さらに、本研究ではエネルギー消費量といった身体的データによる評価であるため、心理面からも駅構内の評価をおこなう。