

歩行時の移動形態別負担量の定量化に関する研究

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65歳以上の高齢者比率は2005年9月現在20.0%となっているが、今後この高齢者比率は増加し、2050年には35.7%と国民の3人に1人強が高齢者になると予測されている。その一方で、高齢者の社会活動の機会は増加している。そのため公共交通機関の乗換え時の移動の円滑化、安全性の向上が求められている。

そこで本研究では、様々な移動形態の特徴を把握するため、移動形態別の歩行実験を行った。この実験をもとに、移動負担量を定量化することで企みた。この結果から公共交通機関の乗換え時のすべての移動形態別距離を平地歩行距離に換算する方法を提案し、バリアフリー対策の評価を行うことを目的とした。

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のかを把握するためエネルギー消費量に着目し、20代から70代までの男性・女性の35名を被験者とする実験を実施した。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図-1の移動形態判別装置(ICC: Intelligent Calorie Counter)を用いて、腰部に装着して測定した。今回測定を行った移動形態は、「平地歩行」、「坂道上がり・下り(勾配4%・9%)」、「階段上がり・下り」、「エスカレーター上がり・下り」、「エレベーター上がり・下り」、「静止」の以上12通りである。

この実験で得たデータを用いて、移動形態別毎の負担量を比較する。評価手順は以下の通りである。まず、歩行形態別のエネルギー消費量(y)の積算を目的変数とし、所要時間(x)を説明変数とし単回帰分析をする。

$$y = ax \quad \dots \text{式(1)}$$

なお、 a は単位時間当たりのエネルギー消費量を示した回帰係数であり、表-1は性別×年齢別に分類し、比較したものである。この結果、最もエネルギー消費量が高いのは階段上りであった。平地歩行での



図-1 移動形態判別装置

表-1 個人属性別のエネルギー消費量

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	0.100	0.126	0.094	0.081	0.076	0.063
坂道上がり(勾配4%)	0.141	0.169	0.121	0.104	0.113	0.094
坂道下り(勾配4%)	0.101	0.136	0.114	0.079	0.091	0.082
坂道上がり(勾配9%)	0.161	0.200	0.151	0.108	0.120	0.147
坂道下り(勾配9%)	0.093	0.127	0.115	0.088	0.089	0.097
階段上り	0.199	0.222	0.196	0.151	0.159	0.157
階段下り	0.089	0.099	0.092	0.071	0.063	0.077
エレベーター上り	0.024	0.025	0.021	0.019	0.017	0.017
エレベーター下り	0.024	0.025	0.021	0.019	0.017	0.017
エスカレーター上り	0.038	0.043	0.037	0.031	0.029	0.030
エスカレーター下り	0.031	0.034	0.030	0.025	0.023	0.024
静止	0.020	0.021	0.018	0.016	0.014	0.015

単位[kcal/s]

速度から、距離ごとの時間を求め式(1)に代入することで平地歩行時の距離に対するエネルギー消費量が導かれる。平地歩行における距離(z)とエネルギー消費量(y)の関係式をたてる。

$$y = bz \quad \dots \text{式(2)}$$

式(1)、式(2)の2式はエネルギー消費量が等しいとすると、平地歩行の距離ごとのエネルギー消費量 b を平地以外の移動形態ごとの式(1)の回帰係数 a で割ることで、平地をある距離歩いたときに相当する平地以外の移動形態のエネルギー消費量に相当する所要時間が求まる。そして、平地歩行である距離移動するのにかった時間を平地以外の移動形態が

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

平地歩行で消費したエネルギー消費量に相当する時間で割ることで等価時間係数が算出される（表-2）。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、階段上りが最も負担が大きい、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ことが分かった。坂道上りでは勾配が上がるにつれて負担はおおきくなるが、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、エスカレーター、エレベーターは平地歩行と比べ、1/2以下の負担であることが分かった。

3. 公共交通機関乗換え時の評価方法

実際の公共交通機関乗換え時にかかるエネルギー消費量および移動負担量を把握するため、本研究では名古屋駅の JR 中央改札口から地下鉄東山線までの2経路（図-2）に着目した。各ルートの詳細について、ルート1は平地距離182.92m、階段31段である。ルート2は平地距離287.12m、階段2段、坂道距離18.54m（勾配3%）、エレベーター待ち時間20.0秒、エレベーター移動時間70.0秒である。乗換え時にかかるエネルギー消費量は表-1をもとに算出する。移動負担量については、表-2の等価時間係数を用いて、平地歩行距離に換算した負担量を示す。平地歩行距離の換算方法については以下に示す。

・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

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

・エレベーターの場合

$$\text{エレベーターの移動時間} \times \text{等価時間係数} \times \text{平地歩行速度}$$

計算の結果、表-3のようになった。これより、平地距離に換算した場合では年齢による違いが見られなかったが、エネルギー消費量では変化が見られた。また、ルート1ではエネルギー消費量はどの年代でも男性のほうが大きくなるが、平地距離に換算した場合では女性のほうが大きくなる結果が出た。

4. おわりに

本研究は、移動形態ごとに移動負担量の度合いを定

表-2 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

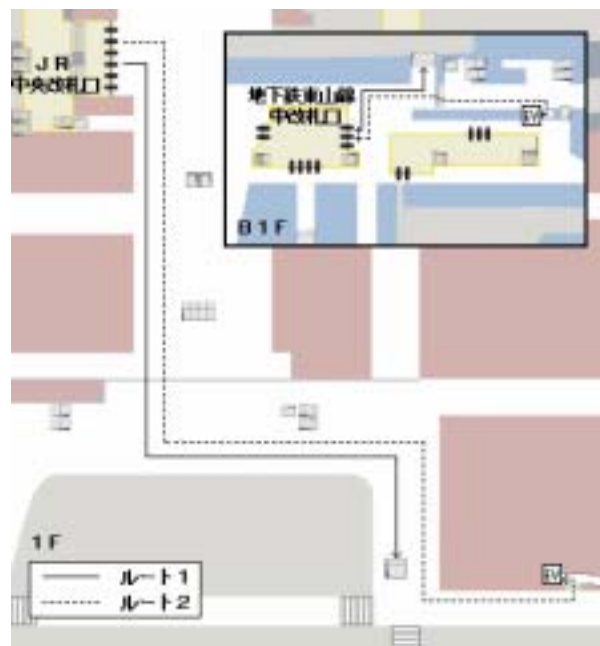


図-2 駅ターミナルにおける調査ルート

表-3 乗換え時のエネルギー消費量と平地換算距離との比較

		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
エネルギー消費量	ルート1	14.18	17.19	14.50	12.06	11.45	10.49
	ルート2	23.92	28.60	23.90	20.08	19.16	17.35
平地距離	ルート1	247.7	247.4	253.6	249.3	248.1	264.0
	ルート2	356.0	350.6	352.0	351.8	354.5	359.2

単位 エネルギー消費量[kcal]、平地距離[m]

量化する方法について検討した。この結果、等価時間係数を算出することで乗換え時のすべての負担を平地歩行距離に換算することで分かりやすい指標を示すことができた。

今後の課題は被験者が少なかった分類を測定し、実験結果をより明確にしていける必要がある。また、並行して駅ターミナルなどの旅客施設における乗換え時のエネルギー消費量などを求めることで、バリアフリー化を評価し、より円滑な移動及び移動負担量の軽減するための方策を検討していく必要がある。