

身体エネルギー消費に着目した階層分析法に基づく公共交通サービス水準評価に関する研究

交通情報工学研究室 太田 修平

1 はじめに

近年、我が国ではモータリゼーションの急激な進展により、道路等の交通施設が自動車交通需要の増加を受容できなくなっている。これに伴い、自動車交通から公共交通への利用転換の気運が高まっている。一方で、我々の交通行動の抵抗となる最も重要な要因として所要時間、交通費用が挙げられるが、我が国が高齢社会に急速に突入しつつある現状を鑑みれば、身体的な負荷も重要な抵抗要因になると考えられる。

本研究では交通機関利用者の身体エネルギー消費に着目し、交通機関選択時における選択基準を明らかにする。

2 アンケート調査の実施

本研究では京都市内を対象に、Web アンケート調査を実施した。本調査にて取得したデータは階層分析法を援用し、交通機関選択における評価基準の重み付けを OD ペア別・年齢層別に求め、公共交通の利用意向、ならびに交通機関選択の際の優先項目について分析した。その上で、快適に移動できること、すなわち快適性が交通機関選択の際に優先される基準か否かを検証した。

2.1 調査の概要・設計

本調査は、京都市に在住・在勤ないし在学する普通自動車運転免許保有者 378 名を対象とし、平成 23 年 1 月 26 日（水）～1 月 28 日（金）の 3 日間にわたって実施された Web アンケート調査である。本調査では年齢や性別、主要外出目的等を問う個人属性に関する質問に加え、交通機関選択に関する以下の質問を設けた。

1. 評価基準ごとに交通機関の望ましさを評価
2. 評価基準の重要度を評価

交通機関選択の際の評価基準として、大別して①時間的要因、②料金、③快適性を設定する。このうち、①時間的要因、③快適性についてはより詳細に分類し、②料金を含めた計 9 項目の評価基準を設定した。

①時間的要因

- ・乗車時間
- ・非乗車時間
- ・所要時間の幅
- ・運行頻度

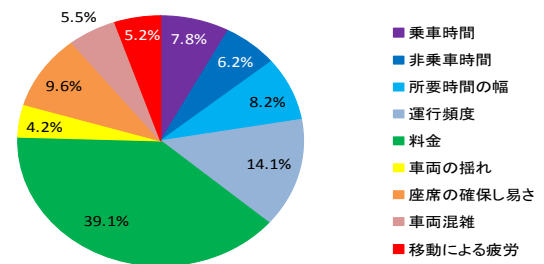
③快適性

- ・車両の揺れ
- ・座席の確保し易さ
- ・車両混雑
- ・移動による疲労

本研究では距離に応じて、京都駅－四条烏丸、京都駅－東山三条、京都駅－国際会館の 3 種類の OD ペアを設定した。これらのうち、回答者には 1OD ペアでの移動を考えてもらうが、対象となる OD ペアはランダムに決定される。

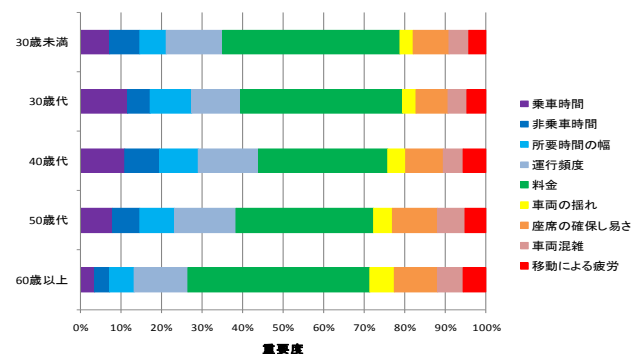
2.2 モニターの回答特性に関する考察

階層分析法を援用し、各評価基準の重要度を求めた。本稿では京都駅－四条烏丸間のトリップに関する結果を掲載する。図 1 を見ると、時間的要因、料金と比較すると快適性の占める重要度は幾分低くなるものの、交通機関を選択する上で無視できない項目と言える。



＜図 1 各評価基準の重要度＞

続いて、年齢層ごとに区別した各評価基準の重要度を図 2 にまとめる。快適性に関する要因に注目すると、年齢層の上昇に伴いその重要度も上昇していることがわかる。これは、年齢層の上昇とともに快適な移動に対する関心が高まっていることを示唆している。



＜図 2 各評価基準の重要度（年齢層別）＞

3 屋外移動実験の実施

43 名の被験者を招致し、徒歩やバス移動、地下鉄移動を行なってもらい、心拍数・身体負荷加速度・エネルギー消費といった客観的指標に関するデータ、および利用者の主観評価に関するデータを収集した。それらを用い

て快適性に影響を与える要因、客観的指標と主観評価との間にある関係性について分析した。

3.1 実験の概要・設計

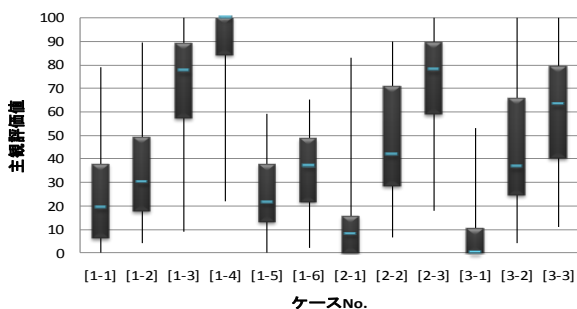
本実験の移動ケースを表1に示す。なお、本実験では、被験者には POLAR 社のポラール心拍計を手首に装着してもらい、心拍数とエネルギー消費量を計測した。加えて、iPod Touch を腰の部分に装着してもらい、身体にかかる3軸方向の加速度を計測した。

<表1 移動ケース一覧>

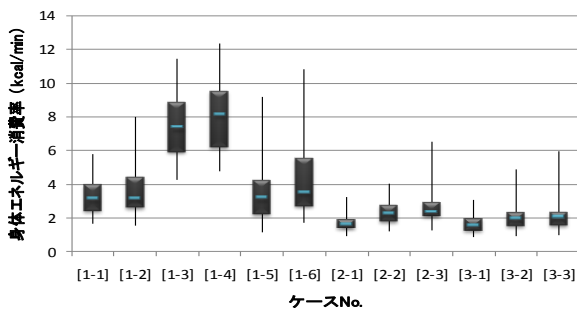
ケースNo.	移動交通手段	姿勢	荷物の有無
【1-1】	徒歩(平坦)		無し
【1-2】			有り
【1-3】	徒歩(階段上り)		無し
【1-4】			有り
【1-5】	徒歩(階段下り)		無し
【1-6】			有り
【2-1】	バス	座位	無し
【2-2】		立位	
【2-3】		立位	有り
【3-1】	地下鉄	座位	無し
【3-2】		立位	
【3-3】		立位	

3.2 集計分析

全移動ケース終了時には、各ケースの疲労度を問うアンケート調査を行なった。具体的には、最も疲労を感じた移動ケースの疲労度を100とし、それを基準に他のケースの疲労度を評価してもらった。疲労度の集計結果を図3に、計測したエネルギー消費量を移動時間(分)で除して求めたエネルギー消費率(kcal/min)の集計結果を、図4に示す。



<図3 主観評価値の分布>



<図4 エネルギー消費率の分布>

これらの図から、バス移動、地下鉄移動に関しては主観評価による評価と客観的指標を用いた評価に乖離が見られることがわかる。

3.3 移動ケース選択モデルの推定

アンケートで得た疲労度を順位データに変換し、rank-logit model を用いたモデル推定を行ない、疲労を感じない移動ケース選択に影響する要因について分析した。順位付け確率は式(1)のように表現でき、確定効用 V_{jn} は個人 n の選択肢 j の説明変数 x_{ijn} の線形和として式(2)のように表現できる。

$$P_n(1,2,\dots,J) = \prod_{j=1}^{J-1} \frac{\exp(V_{jn})}{\sum_{i=j}^J \exp(V_{in})} \quad (1)$$

$$V_{jn} = \sum_{i=1}^m \beta_{ijn} x_{ijn} \quad (2)$$

β_{ijn} : パラメータ

推定結果を表2に示す。修正済み ρ^2 値が0.287であり、比較的適合度の高いモデルであると言える。パラメータの正負とT値から、身体に負荷のかからない移動が好まれることが分かる。また、心拍数や加速度といった客観的指標の影響は見られなかった。

<表2 移動ケース選択モデルの推定結果>

説明変数	パラメータ	T値	有意
姿勢ダミー	4.733	6.671	**
荷物ダミー	-0.897	-3.977	**
階段上りダミー	-3.535	-2.476	*
階段下りダミー	0.273	0.631	
バス乗車ダミー	-3.377	-2.263	*
地下鉄乗車ダミー	-2.855	-2.941	**
最小心拍数-安静時心拍数	-0.009	-0.218	
平均心拍数-安静時心拍数	0.014	0.378	
最大心拍数-安静時心拍数	-0.006	-0.217	
心拍数標準偏差	0.033	0.262	
合成加速度標準偏差	13.752	0.421	
ρ^2		0.329	
修正済み ρ^2		0.287	
最終対数尤度		-174.350	
サンプル数		156	

**1%有意, *5%有意

4 終わりに

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

1. 交通機関選択において、快適性は重要な選択要因である。
2. 座席に着席できる移動、荷物を持たない移動、階段を上らない移動など、身体に負担のかからない移動が好まれる。
3. 心拍数や加速度、エネルギー消費などの客観的指標は快適性に影響を及ぼすとは言えない。