

乗換え駅における歩行者心理構造モデルの構築*

Development of the pedestrian psychology structure model at transfer station *

土井孝義**・山下良久***・澁谷旬要****・寺部慎太郎*****

By Takayoshi DOI**・Yoshihisa YAMASHITA・***Mitsutoshi SHIBUYA****・Shintaro TERABE*****

1. はじめに

東京圏の都市鉄道ネットワークは、計画路線が次々と開業し、ネットワークとして概成しつつある。しかしながら、依然として180%を超える混雑区間が多数存在すること、鉄道利用者の中で高齢者や外国人の占める割合が高まることが予想されること、環境問題等の点から鉄道の利便性をより向上させ利用促進を図ることが求められていること等、鉄道サービスの観点から改善すべき課題は多い。

このような中、近年では鉄道駅等の既存施設を有効活用し、鉄道サービスの質的向上を図ろうとする整備が進められている。特に乗換え駅においては、バリアフリー施設の整備や乗換え経路の短絡化等乗換え時の移動負担を低減する整備や、エキナカ整備に代表されるような鉄道利用時の利便性向上に資する整備が積極的に実施されている。

一方、乗換え駅において利用者が享受するサービスを捉えようとする研究は、以前より数多く行なわれている。特に効用理論に立脚した鉄道経路選択モデルを扱った既往研究では、鉄道利用者の経路選択要因の一つとして乗換え距離や乗換え時間等の駅構造に起因する物理的なサービス変数が取り入れられ、それらが乗車時間等の他の鉄道サービスに比べ、利用者にとって大きな抵抗となっていることが明らかにされている。これらの研究成果が現在の乗換え駅整備を推進する一因となったことは論を俟たないが、より利用者の視点に立った乗換え駅整備を進めていくためには、駅構造に起因する物理的なサービス変数だけでなく、歩行者流の中で享受するサービスや、駅利用の不慣れさから発生する抵抗感等を捉え、きめ細かな整備を実施していくことが必要である。

そこで本研究では、駅構造に起因する物理的なサー

ビス変数だけでなく、歩行者流内で享受するサービスや駅利用の不慣れさから発生する抵抗感を変数として取り入れた歩行者心理構造モデルを構築し、鉄道利用者の乗換え駅における心理的な負担を包括的に捉えることを試みる。

2. 既往研究のレビュー

ここでは既往研究のレビューを行なうと共に、本研究の位置づけについて述べる。

2.1. 既往研究の整理

乗換え駅において利用者が享受するサービスに着目した研究は、数多く実施されている。

鉄道経路選択要因のひとつとして乗換えサービスを扱った研究^{1)~7)}では、表1に示す変数が取り上げられている。これらはいずれも、乗換え駅の駅構造に起因する変数をもとに不効用値を推定し、乗換えが利用者にとって不効用を増大させるものであることを明らかにしている。

また、大島ら⁸⁾、飯田ら⁹⁾のように、乗換え時の負担を水平距離換算した数値や一般化時間といった指標で表現することを試みた研究も見られる。

いずれにせよ、既往研究では、駅構造に起因する変数により乗換え駅での負担が計測されている。

表1 経路選択モデルにおける説明変数

No	著者名	説明変数
1)	依田ら	乗換え時間(分)
		待ち時間(分)
2)	大田垣ら	徒歩乗換え時間
		昇り階段時間(分)
		待ち時間(分)
3)	清水ら	乗換え時間(分)
		待ち時間(分)
4)	加藤ら	上り階段時間(分)
		エスカレータ時間(分)
		下り階段時間(分)
		水平歩行時間(分)
5)	新倉ら	乗換え+待ち時間(分)
6)	日比野ら	水平移動時間(分)
		上り移動時間(分)
		下り移動時間(分)
7)	内山ら	昇り歩行時間(分)
		降り歩行時間(分)
		水平歩行時間(分)
		エスカレータ時間(分)

* キーワーズ：都市鉄道駅計画，乗換え駅，共分散構造分析

** 学生員，東京理科大学大学院理工学研究科

(千葉県野田市山崎2641, TEL04-7124-1501, FAX04-7123-9766)

*** 正員，博(工)，(株)企画開発

**** 正員，修(工)，パシフィックコンサルタンツ(株)

***** 正員，博(工)，東京理科大学理工学部土木工学科

2.2. 本研究の位置づけ

上述のように、既往研究では乗換え時の負担は駅構造に起因する変数により捉えられてきた。本研究では、このような物理的な変数だけでなく、歩行者流内で享受する流動的なサービスを変数として取り入れることや、駅利用の経験の有無による心理的負担構造の違いを捉えることを念頭に置き、歩行者心理構造モデルを構築する。

3. 調査方法および分析方法の概要

本研究では被験者を「通勤・通学利用者」と「非通勤・通学利用者」の二つの属性に分け調査を行なっている。「通勤・通学利用者」は「その乗換え経路を普段利用している人」、「非通勤・通学利用者」は「その乗換え経路を普段利用していない人」と定義する。調査方法は次のようになっている。

被験者が万歩計を装着し指定された乗換え経路を歩行する。

追跡調査員は被験者を追跡し歩行形態が変わる位置でのラップタイム、階段での歩数を計測する。

面接調査は被験者が歩行を終了次第、行なわれる。その際に乗換え経路を歩行した際の迷い度、混雑から受けた不快感等を4段階または5段階で点数付けしてもらう。

なお、「非通勤通学利用者」を対象にした調査では駅の混雑が迷い度に影響することが考えられるため、対象経路内のいくつかの断面で交通量を計測する。被験者が出発すると同時に通過する出発ホーム、到着ホームの階段入口、コンコースの三箇所ですら間行なう。

分析方法は歩行者の心理構造をモデル化するために共分散構造分析^{11) 12)}を用いる。既往研究^{13) 14)}においてもサンプルの潜在的な意識を計測するための手法として用いられている。本研究では潜在変数を歩行者が享受する負担とし、観測変数を調査より得られた変数とすることで、これらを組み合わせてモデルを構築する。

表2 調査概要

調査名		歩行者追跡・面接調査	
調査目的	共分散構造分析に用いる観測変数の計測		
調査対象者	通勤・通学利用者	非通勤・通学利用者	
調査日	平成18年10月18日(水) ～平成19年1月19日(水)	平成18年12月23日(土) ～平成19年1月31日(水)	
時間帯	平日の 通勤通学時間帯	平日および休日の オフピーク時間帯	
対象駅	JR、東武 柏駅 JR 日暮里駅 東京地下鉄 大手町駅	JR 新宿駅	
サンプル数	71	100	

4. 歩行者心理構造モデル

4.1. モデルの概要

本研究では通勤通学利用者とは非通勤通学利用者を対象にした2つのモデルを構築する。モデルの構築にあたって利用した変数を表3に示す。表3の変数を次に示す仮説に基づいてモデル構造を検討する。

まず通勤通学利用者を対象にした仮説は～のとおりでである。

「水平移動距離[m]」、「階段昇降時間[秒]」により「物理的負担」が生じる。

「歩行速度[m/秒]」、「衝突ヒヤリハット[回]」により「流動的負担」が生じる。

「物理的負担」と「流動的負担」によって「心理的負担」が生じる。

「心理的負担」によって「衝突可能性」、「転倒可能性」、「歩行機能度」、「歩行不快感」が評価される。

次に、非通勤通学利用者を対象にした仮説は～のとおりでである。

「水平移動距離[m]」、「階段昇降時間[秒]」により「物理的負担」が生じる。

「案内サイン確認回数[回]」、「階段流動係数[人/(分・m)]」により「流動的負担」が生じる。

「物理的負担」と「不慣れさによる負担」によって「歩行者の心理的負担」が生じる。

「心理的負担」により「他者不快感」、「対向者不快感」、「乗換え迷い度」が生じる。

これらの仮説を下にパラメータを推定したところモデルの適合度は表4に示すように統計的に有意な結果となった。

表3 変数の内容

種類	属性	変数名	意味	計測手法
観測変数	通勤・通学者	水平移動速度[m/秒]	水平移動時の速度	追跡調査
		衝突ヒヤリハット[1-5]	他の歩行者と衝突しそうになった回数	面接調査
		衝突可能性[1-5]	他の歩行者と衝突しそうになった度合い	
		転倒可能性[1-5]	転びそうになった度合い	
		歩行機能度[1-4]	歩きやすかった度合い	
	歩行不快感[1-4]	乗換え経路に対し不快に感じた度合い		
	非通勤・通学者	階段流動係数[人/(分・m)]	階段での流動係数	交通量調査
		案内サイン確認回数[回]	案内サインを見た回数	面接調査
		他者不快感[1-4]	他の歩行者に対して不快に思った度合い	
	共通	構造不満足[1-4]	駅構造に対して不快に思った度合い	追跡調査
乗換え迷い度[1-4]		乗換えをする際に迷った度合い		
水平移動距離[m]		水平移動をした距離		
潜在変数	通勤・通学者	物理的負担	物理的必要な要因による負担	
		流動的負担	流動的必要な要因による負担	
	非通勤・通学者	不慣れさによる負担	不慣れさがもたらす負担	
		心理的負担	心理的必要な要因による負担	
共通	歩行者の心理的負担	心理的負担		

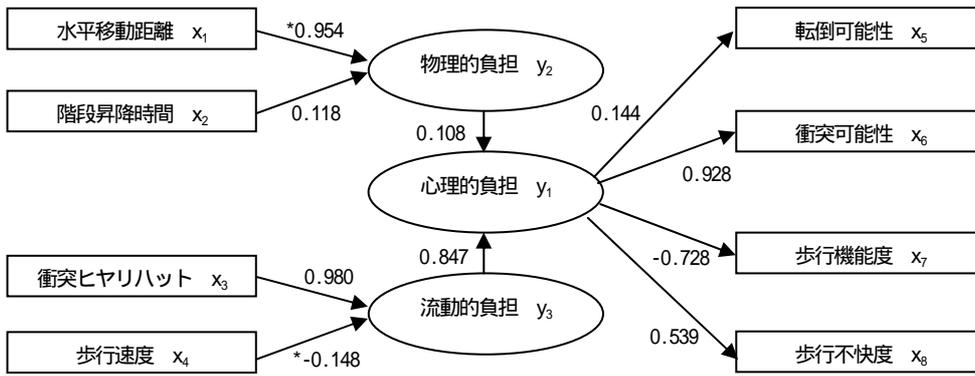


図1 通勤通学利用者モデル

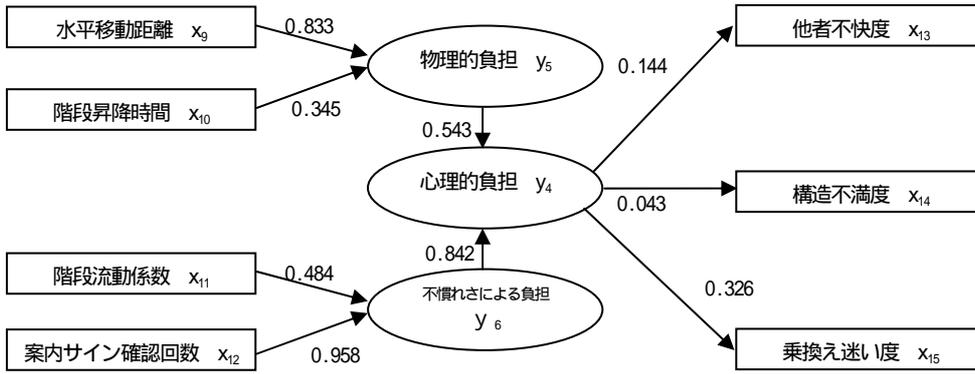


図2 非通勤通学利用者モデル

表4 適合度

適合度	図1	図2
χ^2	13.685	15.037
df	14	7
RMR	0.695	0.498
GFI	0.956	0.958
AGFI	0.888	0.813
RMSEA	0.000	0.111

凡例

□	: 観測変数
○	: 潜在変数
数値	: パス係数 (標準化推定値)
	: 信頼度 90%以上
	: 75%以上 (t 検定より)

・ 通勤通学利用者モデル

【構造方程式】

$$\begin{aligned} y_1 &= 0.108 \times y_2 + 0.847 \times y_3 \\ y_2 &= 0.954 \times x_1 + 0.118 \times x_2 \\ y_3 &= 0.980 \times x_3 - 0.148 \times x_4 \end{aligned} \quad (1)$$

【測定方程式】

$$\begin{aligned} x_5 &= 0.245 \times y_1 \\ x_6 &= 0.928 \times y_1 \\ x_7 &= -0.712 \times y_1 \\ x_8 &= 0.539 \times y_1 \end{aligned} \quad (2)$$

・ 非通勤通学利用者モデル

【構造方程式】

$$\begin{aligned} y_4 &= 0.543 \times y_5 + 0.842 \times y_6 \\ y_5 &= 0.053 \times x_9 + 0.982 \times x_{10} \\ y_6 &= 0.484 \times x_{11} + 0.958 \times x_{12} \end{aligned} \quad (3)$$

【測定方程式】

$$\begin{aligned} x_{13} &= 0.144 \times y_4 \\ x_{14} &= 0.043 \times y_4 \\ x_{15} &= 0.326 \times y_4 \end{aligned} \quad (4)$$

- x_1, x_9 : 水平移動距離 [m]
- x_2, x_{10} : 階段昇降時間 [秒]
- x_3 : 衝突ヒヤリハット [回]
- x_4 : 歩行速度 [m/秒]
- x_5 : 転倒可能性 [1~5]
- x_6 : 衝突可能性 [1~5]
- x_7 : 歩行機能度 [1~4]
- x_8 : 歩行不快感 [1~4]
- x_9 : 水平移動距離 [m]
- x_{10} : 階段昇降時間 [秒]
- x_{11} : 通路流動係数 [人/(分・m)]
- x_{12} : 案内サイン確認回数 [回]
- x_{13} : 他者不快感 [1~4]
- x_{14} : 構造不満度 [1~4]
- x_{15} : 乗換え迷い度 [1~4]
- y_1, y_4 : 心理的負担
- y_2, y_5 : 物理的負担
- y_3 : 流動的負担
- y_6 : 不慣れさによる負担

4.2. 考察

図1の通勤通学利用者モデルから、「心理的負担」に対する「流動的負担」のパス係数が「物理的負担」よりも大きいことが見て取れる。駅構造に起因するサービス

に比べ、歩行者流内で享受するサービスのほうが乗換え利用者の心理的負担に大きな影響を及ぼすことを意味している。このことは、乗換え経路の短絡化等の整備を行なう際、なるべく動線交錯が発生しないような

施設配置計画，歩行者動線計画を検討することが重要であることを示唆している．心理的負担が衝突可能性に対する評価に対し大きく寄与していることから，このことは裏付けられよう．

図 2 の非通勤通学利用者モデルからは，「心理的負担」に対する「不慣れさによる負担」のパス係数が「物理的負担」よりも大きい値を示していることが見て取れる．また，心理的負担が乗換え迷い度に対する評価に対し大きく寄与していることも見て取れる．これらのことは，駅整備においてわかりやすい動線計画や案内サインの配置計画を検討することが重要であることを示唆している．

5. おわりに

本研究では物理的なサービス変数，歩行者流内で享受するサービス変数，駅利用の不慣れさから発生する抵抗感を取り入れ乗換え時の歩行者心理構造モデルを構築した．このモデルにより，乗換え時の歩行者の心理的な負担が移動時間，距離といった物理的なものから生じる負担よりも流動的，あるいは不慣れさにより生じる負担の方が大きな要因を占めていることを明らかにしている．

現在，乗換え駅においては利用者の移動負担を低減するための整備が盛んに行なわれている．本研究によって得られた知見は，利用者の視点に立った駅整備の一助となると考えられる．

本研究では利用頻度の違いに着目しモデルを構築したが，今後の課題として高齢者，男女別，移動制約者を対象にしたモデルを構築することが挙げられる．

参考文献

- 1) 依田，森地，岡本ら：旅客の通勤鉄道経路選択に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部，Vol.46, pp.386-387, 1991
- 2) 太田垣，屋井，岩倉：高密度な鉄道ネットワークを考慮した鉄道経路選択モデルの開発，土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部，Vol. 48, pp.768-769, 1993.
- 3) 清水，屋井，坂井：鉄道経路選択モデルにおける選択肢間の類似性の表現方法，土木計画学研究・講演集，Vol. 21 (1), pp.459-460, 1998.
- 4) 加藤，石田，加藤：乗継利便性向上の視点から見た鉄道駅施設改良による便益計測モデルの構築，土木計画学研究・講演集，Vol. 23(1), pp.535-538, 2000.
- 5) 新倉，土居，兵藤ら：新たに開業した鉄道の需要定着に関する検討，土木計画学研究・講演集，Vol.32, 127 頁，2005
- 6) 日比野，兵藤，内山：高密度な鉄道ネットワークへの実適用に向けた非 IIA 型経路選択モデルの特性分析 - 改良型 C-Logit モデルの提案，土木学会論文集，No.765/IV-64, pp.131-142, 2004.
- 7) 内山，武藤，桜井：鉄道駅の乗換え抵抗に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.12, pp.229-234, 1989.

- 8) 大島，松橋，三浦：鉄道駅における乗換え抵抗に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，Vol.19(2)，pp.701-704, 1996.
- 9) 飯田，新田，森ら：鉄道駅における乗換え行動の負担度とアクセシビリティに関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.19(2), pp.705-708, 1996.
- 10) 佐藤，青山，中川ら：都市交通ターミナルにおける乗換抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.19(2), pp.701-704, 1996.
- 11) 湧井良幸，湧井貞美：図解でわかる共分散構造分析，日本実業出版社，2003.
- 12) 豊田秀樹：共分散構造分析-構造方程式モデリング-[入門編]，朝倉書店，1999.
- 13) 小池，武藤，内山ら：休日幹線交通の機関選択に影響を及ぼす利用者意識構造のモデル化，土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部，Vol.56, pp722-723, 2001.
- 14) 寺部，屋井：共分散構造分析を用いたマーケット・セグメンテーションに関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，No.18(1), pp.25-26, 1995.