

## ハフモデルを適用した駅勢力圏設定手法

武藤 雅威\* 奥田 大樹 (鉄道総合技術研究所)

### A Setting Method for Influential Area of a Railway Station by Huff Model

Masai Muto\*, Daiki Okuda, (Railway Technical Research Institute)

This paper describes a setting method for an influential area of a railway Station by Huff model. Concepts of the model are as follows. A probability to select a station is proportional to a captivation degree of station, inversely proportional to the lambda-th power of a time distance from the station. By using the model, it is possible to specify the influential area of a railway station quantitatively.

キーワード：駅勢力圏、ハフモデル、吸引率（選択確率）、時間距離、駅の魅力度、都市鉄道、旅客需要予測、地理情報システム

(Influential area of a railway station, Huff model, Choice probability, Time distance, Captivation degree of the station, Urban railways, Passenger demand forecasting, Geographic information system)

#### 1. はじめに

鉄道独自の旅客需要予測手法として、国鉄時代から駅勢力圏法が用いられてきた。駅勢力圏とは駅を中心にその駅を利用すると期待される需要の勢力範囲を言うが、基本的には駅勢力圏内人口に鉄道利用率をかけて、その駅の乗降者数を予測する手法である。従来の駅勢力圏設定手法としては、駅を中心に徒歩圏を示す半径1.5~2kmの円を描き、隣接駅との境界については線間中央もしくは同心円が交差する双曲線上で分割するなど、簡易的な幾何学法を採用することが主流であった。しかしながら、大都市圏内鉄道では並行・交差路線が輻輳しており、互いの駅勢力圏が重複することから、実際の勢力関係は複雑な様相を見せていると思われる。そこで、パーソントリップ調査や駅利用者に対するアンケート調査を活用して駅勢力圏を設定する手法<sup>(1)(2)</sup>が実務展開されている。一方、数理的な解析により駅勢力圏を明示的に扱う手法としては、定期券の購入実績データから駅勢力圏境界を決定する確率モデルを考案した先駆的研究<sup>(3)</sup>から、駅利用率の等高線をコンターマップで描画する手法<sup>(4)</sup>、100mメッシュごとに駅選択モデル（非集計ロジットモデル）で算出される最高効用値の駅を地理情報システム（GIS）で描画して駅勢力圏を表現した研究<sup>(5)</sup>まで、様々行われてきている。

これらの既往例を参考として、本研究では大都市圏内における新しい駅勢力圏の設定手法を開発する。その特徴は、近隣の競合駅との需要の取り合いを吸引率（選択確率）として数値化し、その率を駅周辺に広がる町丁目単位で計算できる数理モデルにより駅勢力圏範囲を明示的に表現するこ

とである。町丁目ごとに吸引率が判明すれば、町丁目ごとの社会経済データ（人口値など）とかけ合わせた後、駅勢力圏内に存在する全町丁目分を集計することで、駅（乗降者数）の需要予測モデルの構築が可能となる。市区などの自治体HPには、住民基本台帳をもとにした町丁目ごとの人口値が月ごとに速報されているところもある。本研究課題では、地域的にはミクロな視点ながらもできるだけ最新データを用いて、予測スパンが短いながらも既存の四段階推定法より低コストで推計可能な鉄道の需要予測手法を開発することを最終的に目指している。その第一段階として、数理モデルを用いて町丁目単位で吸引率を算出する新しい駅勢力圏設定手法を開発したので報告する。

#### 2. ハフモデル

マーケティングリサーチの分野では、デパートなどの商業施設の商圈設定のために、ハフモデル（Huff model）<sup>(6)</sup>という数理モデルを用いて分析している。ハフモデルは、“客が店舗を選択する確率（吸引率）を店舗の魅力（売場面積）と、客と店舗間の距離によって説明する”という立地分析用ツールである。交通分野では、観光地との時間距離を用いて空港選択率をハフモデルで算出した研究<sup>(7)</sup>などで導入事例がある。このハフモデルは鉄道駅の吸引率の算出にも応用可能である。鉄道駅のハフモデルでは式(1)に示すように、吸引率は駅の魅力度 $S$ に比例し、駅までの時間距離の $\lambda$ 乗（距離抵抗係数）に反比例するという概念を表現する。このハフモデルにより、駅周辺に広がる町丁目ごとに吸引率を算出して駅勢力圏を設定する。

$$P_{ij} = \frac{S_i / D_{ij}^\lambda}{\sum_{n \in k_j} (S_n / D_{nj}^\lambda)} \dots\dots\dots (1)$$

- $P_{ij}$ : 町丁目  $j$  での駅  $i$  の吸引率
- $S_i$ : 駅  $i$  の魅力度 (列車本数など)
- $D_{ij}$ : 駅  $i$  から町丁目  $j$  中心までの時間距離 (分)
- $\lambda$ : 距離抵抗係数
- $k_j$ : 町丁目  $j$  から利用可能な駅の集合

時間距離として、基本的には徒歩 (80m/分) による道路経路の最短時間を採用する。このほか、既存のパーソナリティ調査を参照すれば、駅勢圏設定対象駅の路線バスによるアクセス率がわかるので、バスアクセス率が高い駅ではバス利用を含めた駅アクセス時間を採用することが望ましいと考えられる。

駅の魅力度とは、その駅に停車する列車本数など、駅のサービス水準を示すものと定義する。例えば、式(2)のように定数項  $\gamma$  を加えた説明変数  $x$  の線形和で示すことができる。競合駅との関係で、どのようなサービス水準に着目して分析するかにより、必要な説明変数を採択する。

$$S_i = \alpha x_1 + \beta x_2 + \dots + \gamma \dots\dots\dots (2)$$

$\alpha, \beta, \gamma$ : パラメータ

3. 駅勢圏把握のためのアンケート調査

駅勢圏設定ハブモデルの構築に向けて、駅周辺の住民に対して駅利用状況に関するアンケート調査を実施する。町丁目ごとの吸引率の実績データをこのアンケート調査により採取することとし、それをもとにハブモデルの各パラメータを推定する。

表 1 アンケート調査の設定と採取したサンプル数

Q1	自宅の住所 (町丁目まで)		
Q2	定期券保有の有無、持っている場合はその区間		
Q3	一週間の鉄道利用日数		
Q4	自宅から最初に鉄道へ乗車する駅と路線名 (最も利用回数の多い駅)		
Q5	Q4 駅までのアクセス交通機関と各所要時間		
Q6	Q4 の駅以外に、過去 1 年のうちで、自宅近辺で利用したことのある駅の有無		
Q7	(Q6 で、“有”の場合) その全駅名・路線名と、アクセス交通機関と各所要時間 (最大 5 駅)		
Q8	(Q6 で、“有”の場合) Q4 の駅を一番利用している理由		
Q9	(Q6 で、“有”の場合) Q4 の駅と Q7 の全駅の利用率について、全体で 100% になるように回答		
サンプル数	性別	年齢層別	地域別
	男性 2,308	20代 1,112	都西部 1,118
		30代 1,130	都中央部 1,109
	女性 2,153	40代 1,152	都南部 1,126
		50-60代 1,067	都東部 1,108
		総数 4,461	

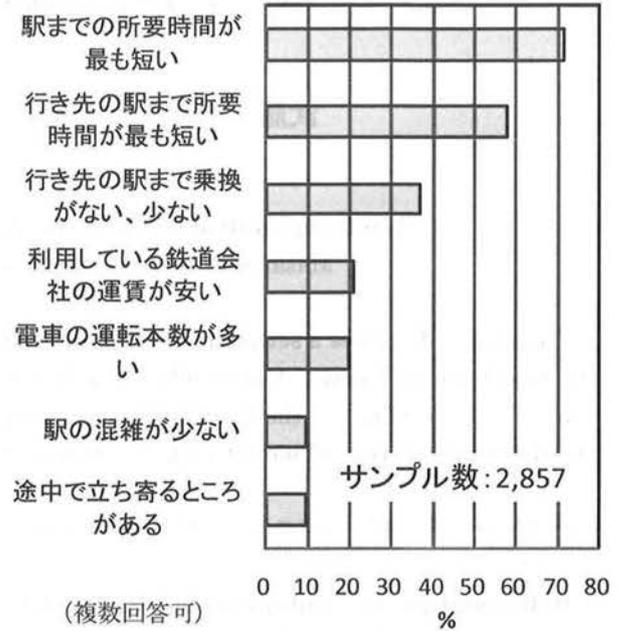


図 1 駅の選択理由

調査はインターネットを媒体としたアンケート (表 1 参照) とする。東京都区内に居住しており、週に 1 日以上は鉄道を利用している方を対象に、自宅から鉄道を利用して出かけるときに、最も利用回数の多い駅までのアクセス交通機関とその所要時間などの個人利用状況 (Q4・Q5) を尋ねている。また、過去 1 年間のうちで、他の駅も利用したことのある方に対しては、その駅名およびアクセス交通機関と各所要時間を最大 5 駅まで尋ねている (Q6・Q7)。さらに、Q4 と Q7 で回答された全駅について、合計で 100% になるように各利用率を記入してもらい、個人ごとの各駅吸引率を把握する。

調査期間は 2009 年 10 月 6 日～13 日の 8 日間で、計 4,461 サンプルを取得した。地域ごとに分けて調査を行う方針から、都西部 (杉並区)、都中央部 (文京区・新宿区～他区との人口比較により合区して分析)、都南部 (大田区)、都東部 (江戸川区) の 4 地域において、地域毎の配布枚数、男女、年齢層 (鉄道利用頻度が多い現役世代である 20 代、30 代、40 代、50 代・60 代) の比が概ね均等となるようにサンプルを採取した。

主な集計結果を以下に示す。Q6 の回答結果によると、ふだんから複数駅を利用している人は 64% (=2,857/4,461) であった。これは「駅を選択する」という概念を駅勢圏設定モデルへ反映させることが可能であることを裏付けている。さらに、Q8 の「Q4 駅を一番利用している理由」に関する集計結果 (図 1 参照) では、「駅までの所要時間が最も短い」(72%) が最も多かった。行き先の駅までの鉄道乗車時の利便性 (所要時間で 55%、乗換回数で 37%)、鉄道会社の運賃の安さ (21%)、運転本数の多さ (20%) をあげた理由が以下に続いている。

## 4. モデル構築結果

〈4.1〉実績吸引率の集計 アンケート調査で得られた個票データを用いて、ハフモデルのパラメータを推定する。ハフモデル構築では町丁目をサンプル単位とするため、個票データを町丁目ごとに集約し、その町丁目における各駅の実績吸引率を集計した。個人間における鉄道利用頻度の多少を調整するため、各駅の利用率(Q9)に週利用日数(Q3)をかけ算して、重み付け指標として用いた。なお、駅の見込は最大3駅とした。

〈4.2〉パラメータの推定と説明変数 ハフモデルでは非線形重回帰式のパラメータ解法となり、例えば Excel のソルバー機能を用いてパラメータを求めることができるが、初期値をどのように置くかによって、解は幾つか算出される。要するに局所的な最適値を求めることになるが、旧通産省で用いられた修正ハフモデル<sup>⑥</sup>における距離のパラメータ値(商業地までの時間距離の2乗に反比例)を参照すると、距離のパラメータを2前後に置くことが望ましいと考えられる。その算出例として、都西部(杉並区)データを用いたパラメータ推定結果を表2に示す。

モデル No.1~No.4 では徒歩時間のみ、No.5 ではバス乗車時間も勘案した時間距離を採用した。首都圏でのバスアクセス時間については既往の研究<sup>⑦</sup>により、バスの非定時性から鉄道乗車時間よりも大きな抵抗感(時間間隔評価)を有することが見出されている。駅までの所要時間が想定しやすい徒歩時間との比較のため、バス時間として乗車前の待ち時間5分に加え、バスダイヤ定常運行時の所要時間を1.3倍した時間を算入した。

次に、駅の魅力度に使用した説明変数を以下に記す。

(1) 3時間帯列車本数 駅の選択理由の第5位である「電車の運転本数が多い」という概念を表現するため、駅に停車する列車本数を説明変数として採用する。ここでは、朝・昼・夜それぞれの代表的な時間帯である7時台、13時台、19時台の上り下り列車本数の総和を用いた。

(2) 到達駅総規模 特に郊外部の駅における駅勢圏の大きさは都心部までの時間距離に関係がある<sup>⑧</sup>と考えられ

表2 ハフモデルパラメータ推定結果

説明変数		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
時間距離	徒歩のみの時間	2.098	2.230	2.869	3.475	—
	バス時間も勘案	—	—	—	—	2.889
駅の魅力度	3時間帯列車本数	—	0.230	—	—	—
	到達駅総規模	—	—	0.255	0.571	0.191
	始発駅ダミー	—	—	—	5.850	—
	定数項	1.000	1.546	1.753	-2.141	1.425
重相関係数		0.671	0.793	0.824	0.839	0.823

(サンプル数 116~町丁目)

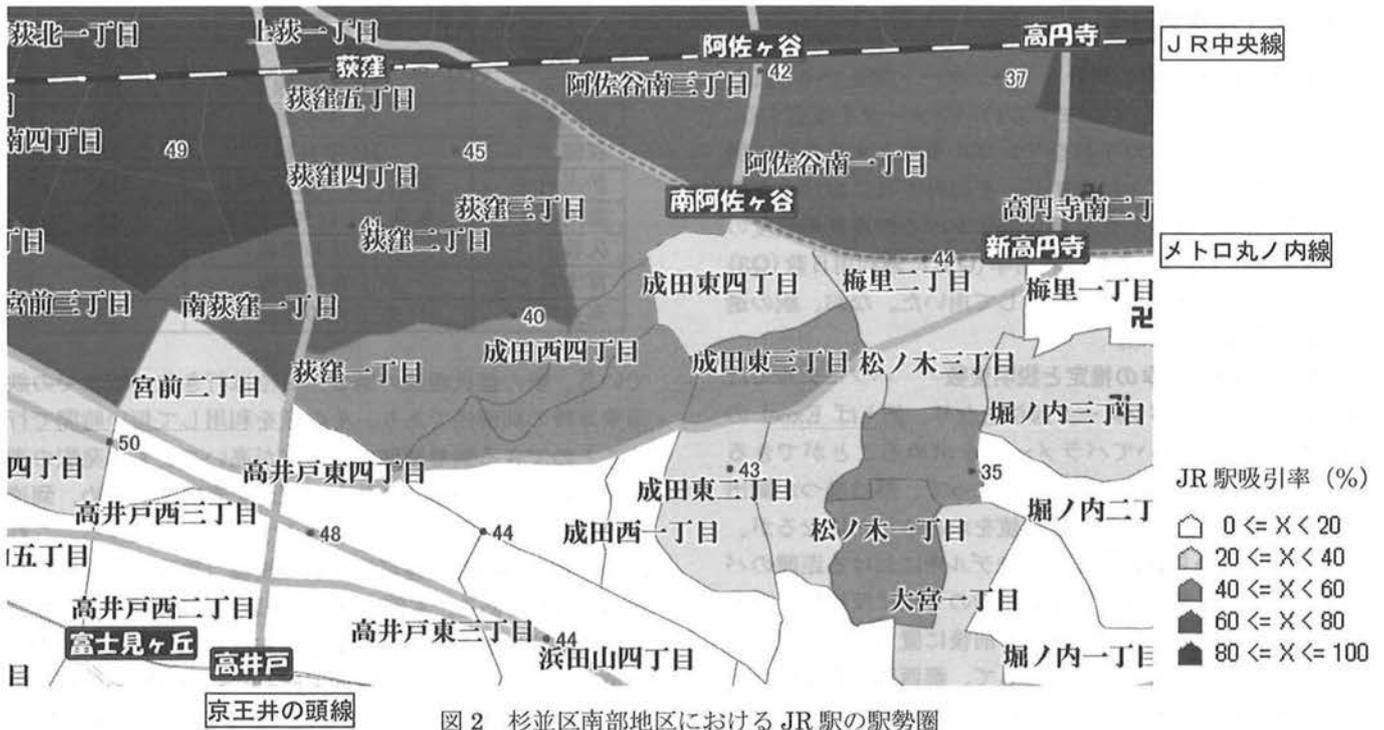
表3 各駅の到達駅総規模(万人/分)

駅名	路線名	総規模
高円寺	JR中央線	90
阿佐ヶ谷	JR中央線	78
荻窪	JR中央線	68
新高円寺	東京メトロ丸ノ内線	15
南阿佐ヶ谷	東京メトロ丸ノ内線	14
久我山	京王井の頭線	16
富士見ヶ丘	京王井の頭線	15
高井戸	京王井の頭線	13

ている。駅の選択理由の第2・3位は行き先の駅までの鉄道乗車時の利便性であり、その駅を利用して短い時間で行くことのできる到着駅側の魅力度が高いことも出発駅の選択理由になっている。これらの概念を表現するため、到達駅の総規模を説明変数として挿入することを試みる。これは、一定時間内で到達可能な駅の規模(乗降者数)の総量を示す変数である。本例では、対象駅から乗換無しで30分以内に到達できる駅のある年度における一日乗降者数の実績値をその駅までの乗車時間で除した値の全駅累計値(単位:万人/分)で示すこととした(表3参照)。これにより、乗降者数の多い都心ターミナル駅まで時間的に近接である駅の魅力度を高く設定することができる。各駅停車のみの駅が快速・急行停車化することで駅のサービス水準が向上する場合、その駅勢圏も拡大することが期待できるが、その需要変動を予測する場合には有効な説明変数となる。

(3) 始発駅ダミー 旅客の着席要求が確実に満たされやすい始発駅(東京メトロ荻窪駅など)は、他駅と比較して吸引率が高くなると考えられる。よって始発駅ダミーとして、対象路線で始発駅となる駅にはダミー変数として1を付与する。

〈4.3〉モデルの評価 モデルパラメータ推定の結果を比較すると、No.1(駅の魅力度なし)とNo.2(3時間帯総本数)およびNo.3(到達駅総規模)の比較により、駅の魅力度を挿入することで吸引率実績値と予測値との重相関係数が向上し、これらの説明変数が駅の選択に寄与することが確認された。3時間帯列車本数と到達駅総規模は相関が高く多重共線性を起こしやすいため、同時に一つのモデルの説明変数とすることが難しいが、単独で挿入することには大いに意義があるようである。またNo.4より始発駅ダミーの挿入は、モデル適合度をやや高める効果がある。バス時間を勘案したNo.5モデルでは、徒歩のみであるNo.3とさほど差はないようである。平成17年東京都市圏パーソントリップ調査によれば、杉並区におけるバスアクセス率は荻窪駅のみ19.6%と突出しているが、他の18駅については0.5~8.4%とそれほど高くはないことがわかっている。本稿では詳細な説明を省くが、路線バスが重要な駅アクセス手段となっている他地域(都東部、都南部)モデルの構築結果ではバスアクセスを勘案した時間距離の導入が有効であることが確認されており、需要予測を行う地域の実状にあわせたアクセス時間距離を設定することが肝要であろう。



5. 吸引率の算出例

表 2 のモデル No.5 (バス時間勘案モデル) を用いて、杉並区南部地区における JR 駅の駅勢圏を算出した例を図 2 に示す。この地区では、JR 中央線の各駅は東京メトロ丸ノ内線および京王井の頭線の各駅と競合することになる。各駅との徒歩アクセスがあまり良くない町丁目 (町丁目中心から半径 1.0km 内に駅が存在しない) において、JR 駅アクセスのバス路線の停留所がある町丁目では JR 駅の吸引率が隣接町丁目よりもやや高めに算出されており、丸ノ内線を越えた町丁目においても JR 駅の勢力が及んでいることがわかる。

6. おわりに

本研究では都内 5 区在住者を対象に、自宅周辺に存在する駅の利用状況に関するアンケート調査データを用いて、駅の周囲に存在する町丁目ごとに、予測対象駅や競合駅を選択する確率である吸引率を予測するための駅勢圏設定モデル (商圈分析に用いられるハフモデル式) を開発した。パラメータ推計の結果、駅の吸引率は運転本数や、到達駅の総規模 (30 分以内に乗換無しで到達できる駅の一日乗降者数を所要時間で除した値の累計) で説明される「駅の魅力度」に比例し、町丁目中心から駅までの「時間距離」の 2 乗程度に反比例することが判明した。

基本的には交通機関分担や誘発需要を考慮しない駅勢圏法は、四段階推定法と比較して言えば簡便法であることから、①予測地域内で鉄道利用率の大きな差異がない、②駅アクセスに徒歩やバスの利用が多い (自家用車が少ない)、

③沿線住民の交通利用形態が型式化しており将来におけるバスや自動車との転換交通量についてとりわけ考慮しなくても良い、という条件に合致した地域における既設の大都市圏内鉄道の需要予測に適していると考えられる。今後は、町丁目ごとの吸引率を適用した駅乗降者数予測モデルの開発を進めていく所存であり、少ないリソース (予算、工期) でも需要予測を行いたい鉄道事業者などのニーズに応じていきたいと考えている。

文 献

- (1) 日本国有鉄道東京第三工務局：「赤羽、川越駅間駅勢圏等調査報告書」(1986)
- (2) 西東京市：「ひばりヶ丘駅北口基本構想策定事前調査報告書」(2004)
- (3) 奥平耕造：「駅勢圏の境界に関する研究」, 日本建築学会論文報告集, Vol.125, pp.59-64(1966)
- (4) 松橋恒・浜本敏裕：「駅前広場と駅周辺の旅客流動に関する研究」, 鉄道における国際サイバネティクス利用国内シンポジウム論文集, Vol.30, pp.28-32 (1993)
- (5) 内山久雄・日比野直彦：「アクセス交通を考慮した首都圏鉄道計画への GIS の適用」, 運輸政策研究, Vol.2, No.4, pp.12-20 (2000)
- (6) Huff, D. L.: "Defining and Estimating a Trading Area", Journal of Marketing, No.28(3), pp.34-38(1964)
- (7) 坂野匡弘・岸邦宏・佐藤馨一：「ハフモデルを用いたニセコ・洞爺地域における空港立地計画に関する研究」, 交通学研究, 2000 年研究年報, pp.41-50(2000)
- (8) 板倉勇：「人型店出店影響度の読み方ー通産ハフモデルの手引き」, 中央経済社 (1988)
- (9) 小野耕司・小谷正美：「アクセス交通機関の分担モデルに関する一考察」, 鉄道総研報告, Vol.8, No.2, pp.33-38(1994)
- (10) 浜本俊裕・安藤恵一郎：「旅客駅のポテンシャル」, RRR, Vol.49, No.2, pp.18-22(1992)