

○東京大学 学生会員 赤松 隆
 東京大学 正会員 家田 仁
 東京大学 学生会員 後藤貞二

1. はじめに

都市交通施設のひとつとして重要な位置をしめる鉄道駅のプラットホームでは、利用者の着駅分布は種々の要因から位置により大きく異なる。また、その結果として各車両（各扉）の乗車人数・着駅分布は駅ごとにある分布を持つ。この分布を定量的に把握することは、鉄道駅施設新設・改造計画や列車運行計画に重要であり、また空間的・経済的制約の大きな新交通システムの施設設計計画においてもその最適化のために欠くことのできないものである。

本研究では、この分布を単に回帰的なあてはめにより分析するのではなく、個々の利用者の“選択行動”の結果としての現象と捉え、予測モデルの構築をおこなった。ただし、ホーム上あるいは列車の乗降車人数分布の不均一性が問題となるのは主にラッシュ時であるため、通勤利用者のみを本研究の対象とした。

2. モデルの概要

本研究では通勤者の乗車位置決定のプロセスは；①乗車位置選択の前段階として到着時刻・歩行速度により選択の範囲が決められ、②次に、降車駅出口位置・乗車駅での歩行距離などの判断基準により選択行動がおこなわれる；の2段階からなると考え定式化をおこなった。すなわち、“消費時間最小サブモデル”と“魅力度サブモデル”の2つのサブモデルで構成される“乗車位置選択行動モデル”の構築をおこなった。消費時間最小サブモデルは、全ての通勤者が乗車駅と降車駅での消費時間の和を最小にする（すなわち通勤者は乗車駅では降車駅出口方向へ列車が到着するまで歩行する）ように行動すると想定した場合の各扉乗車人数分布ベクトル： X を計算するサブモデルである。魅力度サブモデルは、通勤者の心理的評価として“魅力度 π_j ”が各扉位置に対して存在すると考えこの π_j の関数である遷移確率行列： P により X を再配分し、最終的各扉乗車人数分布ベクトル： Y を出力するサブモデルである。

2-1 消費時間最小サブモデル

通勤者が乗・降車駅での消費時間の和を最も小さくするように行動するとすれば、ホーム上各位置の人数分布は次式のように定式化でき、

$$f(l) = \int_0^{\infty} g(v) h(t_{op} - \frac{l}{v}) \frac{1}{v} dv \cdot \int_l^{\infty} f_2(l_a) dl_a \\ + f_2(l) \int_l^{\infty} \int_0^{\infty} g(v) h(t_{op} - \frac{l_s}{v}) \frac{1}{v} dv dl_s \quad \dots\dots (1)$$

第 k 番目扉の選択率 α_k は次式により得られる。

$$\alpha_k = \int_{d+2d(k-1)}^{d+2dk} f(l) dl \quad \dots\dots (2)$$

ここで、(p.d.f: 確率密度関数)

$f(l)$: 通勤者のホームでの歩行距離 l の p.d.f

$g(v)$: 通勤者のホームでの歩行速度 v の p.d.f

$h(t)$: 通勤者のホーム入口到着時刻 t の p.d.f

$f_2(l_a)$: 乗車駅入口位置から降車駅出口位置までの距離 l_a の p.d.f

$2d$: 列車扉間間隔 t_{op} : 列車開扉時刻

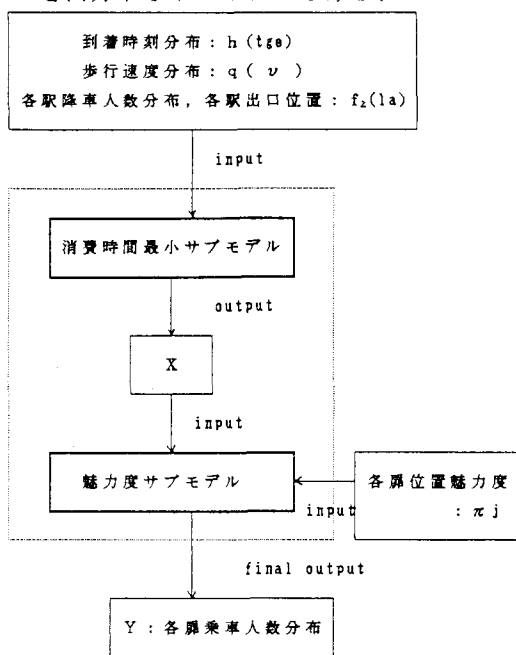


FIG.1 モデルの構成

2-2 魅力度サブモデル

実際の通勤者は、消費時間のみを乗車位置選択行動の判断基準としているのではなく、①乗車駅で一度に歩かねばならない距離 ②混雑度 等も考慮していると考えられるが、これらの要因を各扉位置の“魅力度 π_j ”という感覚量として定量化すれば、各扉からの乗車人数の分布を(3),(4)式により求めることができる。ただし、この π_j は一次元比例尺度である。

$$Y = [P_{ij}] X \quad \dots\dots (3)$$

$$P_{ij} = \frac{\pi_i}{\sum_{k=1}^j \pi_k} \quad \dots\dots (4)$$

($i=1,2,\dots,K; j>i$)

3. モデルの適用

本研究では東京急行電鉄・池上線・戸越銀座駅において到着時刻分布・歩行速度分布・降車駅・各扉乗車人数について計測をおこない、魅力度の算出およびモデルの適用をこころみた。

3-1 魅力度の算出

通勤者の乗車位置選択の判断基準としては消費時間・歩行距離・混雑度・着席可能性などが考えられるが、本研究で調査対象とした戸越銀座駅の場合、着席可能性は全ての扉位置で皆無であり、またホーム上・車内とも位置ごとの混雑度に大きな差異は認められない。従って判断基準は“消費時間”と“乗車駅で歩行する距離”であり、本研究で算出した π_j は、この二つのトレード・オフの結果としての各扉位置の魅力度である。調査を行なった2日間についてそれぞれ各扉位置魅力度の分布を算出したが、これらが同一の分布か否かを検定するためAICの計算を行なったところ、同一パラメータ分布の実現値とみなせることがわかった。この分布から、魅力度の分布は一般的に次のような法則：

‘乗車駅入口からの距離を L_b 、降車駅出口位置からの距離を L_a 、乗車駅入口位置から降車駅出口位置までの距離を L_c とすると、魅力度 π_j は $L_a=0$ で最大値を取り L_b に比例する。ただし $L_a + L_b = L_c$ が成立しない位置では、その値は0である。’

：に近似的に従うと仮定し、合計が100になるよう計算してみるとFIG.2のようになった。この分布と調査2日間の実際の分布との同一性をAICで検定したところ同一分布とみなしてよいとの結果を得た。

3-2 推定魅力度を用いた乗車位置選択行動モデルの適合度

“距離比例推定式”により求められる π_j を用いて“乗車位置選択行動モデル”により調査2日間の各扉乗車人数分布の推定をおこなった。その結果をFIG.3に示す。この推定値と実現値との適合性をAICにより検定したところ、よく適合していることがわかった。

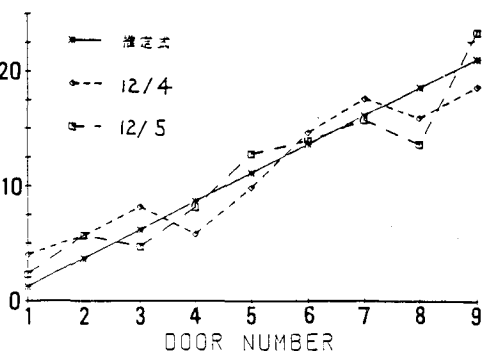


FIG.2 各扉位置魅力度の値

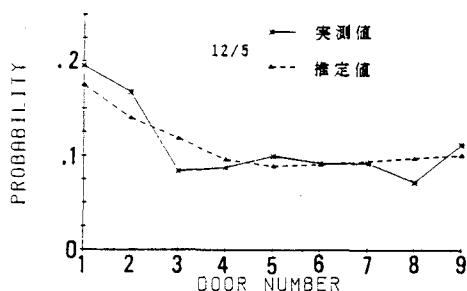
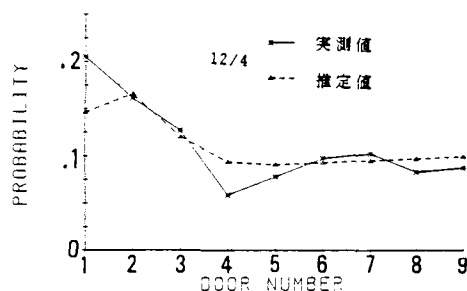


FIG.3 各扉選択率の推定値と実測値