

1. はじめに

出発時間分布の把握は交通管理政策を検討する上で重要であり、従来より多くの研究がなされてきた¹⁾²⁾。しかしながら、鉄道通勤交通において駅ごとの出発時間分布についての研究はほとんどない。そのため、郊外化の進展による出発時間分布の変化や混雑や利用する駅によって個人属性が駅に異なる場合、出発時間分布がどう異なるのかについてはあまり議論されていないのが現状である。本研究は、複数の駅を考慮した出発時刻選択モデルを提示し、このモデルを用いて、郊外化の進展や属性の変化が出発時間分布に与える影響について考察することを目的とする。

2. モデル

(1) 前提となる諸仮定

・鉄道：郊外から都心を連結している1本の通勤鉄道を考える。駅数 S 、各駅間の所要時間は $d_j(j=1\sim S)$ とする。通勤鉄道はすべて最郊外の駅から等時間間隔で運行し、始発から業務開始に間に合うまでの通勤鉄道の本数を X とする。

・家計の立地分布：駅 i を利用する家計が、 N_i だけ存在する。各家計から毎日1人の個人が駅を利用して通勤する（自動車通勤や立地変更は考えない）。

・個人の行動：トリップによる粗効用から通勤費用、混雑及び早着による不効用を差し引いた効用を最大にするように出発（到着）時刻を決定する。同じ駅を利用する人の効用関数はすべて等しい（既に2タイプの個人を想定したモデルに改良済）。業務開始時刻は全員同じものとし、遅刻は許されない。

(2) モデルの定式化

1) 個人の効用関数

利用駅 i 、到着時刻 k の通勤鉄道を利用したときの効用関数 V_{ik} を次のように定義する。

$$V_{ik} = A_i - C_i - \alpha_i \cdot \sum_{j=1}^S (d_j \cdot N_{ijk} / q_k)^{\gamma_i} - \beta_i \cdot T_k \quad (1)$$

ここで、 A_i ：駅 i を利用する個人が通勤により得られる粗効用、 C_i ：駅 i を利用する個人の通勤費用、

d_j ：区間 j の所要時間、 $N_{ijk} = \sum N_{ijk}$ ：時刻 k に到着する通勤鉄道において区間 j での乗車人数、 N_{ijk} ：駅 i を利用する個人が到着時刻 k の通勤鉄道に乗り、区間 j を通過する人数、 q_k ：到着時刻 k の通勤鉄道の定員、 α_i, γ_i ：駅 i を利用する個人の混雑による不効用を規定するパラメータ、 β_i ：駅 i を利用する個人の早着の不効用を規定するパラメータ、 T_k ：到着時刻 k の通勤鉄道を利用したときの業務開始までの早着時間

第3項は混雑による不効用を、第4項は早着による不効用を示す。

2) 出発（到着）時刻選択³⁾

各個人は、効用が最大になるよう到着時刻 k を選択しようとする。ここで、個人が認識する効用は、通常のランダム効用理論と同様に、加法的ランダム項によって表される不確実性を含んでいるものとする、到着（出発）時刻選択行動は、以下のようなロジットモデルで表現される。

$$p_{ik} = \frac{\exp(\theta V_{ik})}{\sum_{j=1}^X \exp(\theta V_{ij})} \quad (2)$$

ここで、 p_{ik} ：駅 i を利用する個人の到着時刻 k の通勤鉄道の選択比率、 θ ：ロジットモデルにおけるランダム性の大きさを規定するパラメータ

(2)式から、駅 i における到着時刻 k の通勤鉄道の利用者数は次式のようにになる。

$$N_{ik} = \frac{N_i \exp(\theta V_{ik})}{\sum_{j=1}^X \exp(\theta V_{ij})} \quad (3)$$

3) 均衡状態

均衡状態は、もはや誰も到着時刻を変える誘因をもたない状態であり、(1)式と(3)式の連立方程式を解くことにより得られる。この結果、駅ごとの出発時間分布、効用水準及び各通勤鉄道の混雑率が求まる。

3. 数値シミュレーション

このモデルの構造は非線形方程式であり、解析的な取扱いには限界がある。そこで、このモデルの解

の挙動を知るために数値シミュレーションを行った（ $S=3$ とし、郊外から A,B,C 駅とする）。

1) 郊外化の進展と出発時間分布（図 1～3）

総人口を一定(1000 人)とし、C 駅利用者を減らし、A 駅利用者を増加させた。設定したパラメータでは出発時刻の分布はすべての駅で時間がずれるだけで形状は同じであり、駅ごとの特徴は現れなかった。また郊外化の進展により、出発時間分布は安定でなくなり、振動するようになる（また初期値依存性を有するようになる）。混んでいる車両と空いている車両が生じ、それらの間の効用水準に大きな差が生じることを示唆している。

2) 利用する駅ごとに個人属性が異なる場合の出発時間分布（図 4～6）

次に、郊外に居住する個人ほど、混雑による不効用をあまり気にしない（ α 小）が、早着による不効用をより大きく感じる（ β 大）と仮定し、1) と同様の分析を行った。設定するパラメータに依存するが、1) とは大きく異なり、また駅ごとに出発時刻

分布の特徴が現れるようになる。

効用水準や混雑率についてもいくつかの示唆が得られるが、この部分は発表時に行う。

4. 今後の課題

本モデルは到着時刻を固定し、アクセス・イグレスを無視しているなど改善すべき点は多い。またシミュレーションでは利用する駅ごとに個人属性が異なると仮定したが、この検証が必要である。あわせて鉄道企業の行動の定式化を行い、混雑料金制の導入による時差出勤のインセンティブなど交通需要管理策について検討を行う必要がある。

【参考文献】1)運輸経済研究センター(1996)「オフピーク通勤に関する調査報告書」、2)小林・奥村・永野(1996)「鉄道通勤交通における出発時間分布に関する理論的研究」土木計画学研究・講演集 No.19(2),pp.245-248、土木学会、3)上田・松葉(1996)「都市群システムにおける構造の安定性と変化に関するモデル分析」土木学会論文集 No.542, pp.33-43、土木学会

設定したパラメータ $X=10$, $q_k=75$, $T_k=100-10k(k=1,10)$, $A_i-C_i=2000$, $\gamma_i=4$, $d_j=10(i,j=A\sim C)$, $\theta=0.0005$ 、都心居住（各駅利用者数 A 100、B 300、C 600）、郊外化初期（同 A 400、B 300、C 300）、郊外化（同 A 600、B 300、C 100）、個人属性（図 1～3 $\alpha_i=.01$, $\beta_i=5(i=A\sim C)$ 、図 4～6 $\alpha_A=.005$, $\alpha_B=.01$, $\alpha_C=.05$, $\beta_A=10$, $\beta_B=5$, $\beta_C=1$ ）

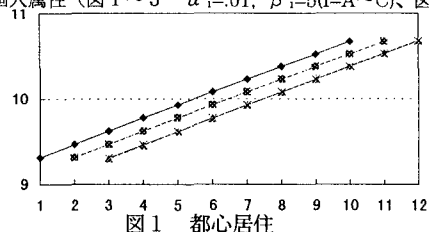


図 1 都心居住

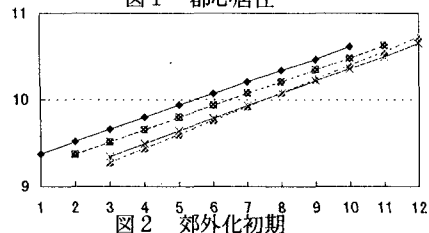


図 2 郊外化初期

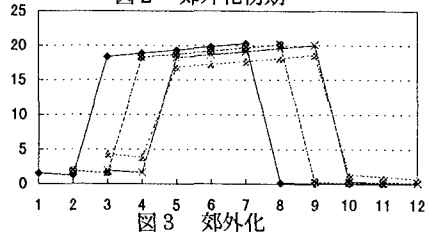


図 3 郊外化

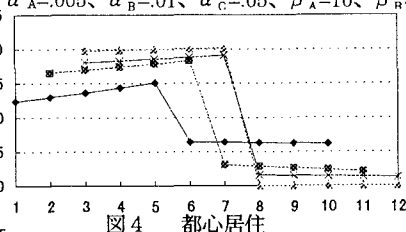


図 4 都心居住

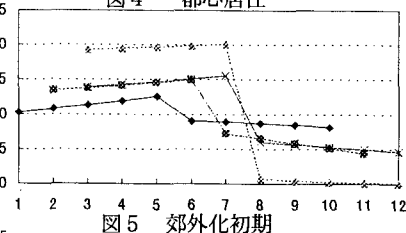


図 5 郊外化初期

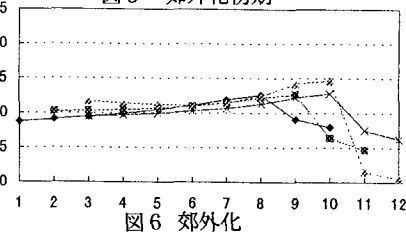


図 6 郊外化



注) 図 1～6 はすべて横軸は時刻、縦軸は各駅利用者及び各通勤鉄道の乗車人員の比率 (%) を示す。