

(IV-37) 「首都圏鉄道ネットワークにおける旅客の時刻集中特性予測モデル」の実用化と政策評価への適用

東京大学 学生員 ○土谷 和之
東京大学大学院 学生員 ファン レビン

東京大学大学院 正会員 家田 仁
東京大学大学院 学生員 岡村 敏之

1. はじめに

東京大学交通研究室では、輸送力増強や、フレックスタイム(FT)制・時差通勤制の導入といったさまざまな政策による通勤混雑緩和効果を定量的に評価するモデルとして、「首都圏鉄道ネットワークにおける旅客の時刻集中特性予測モデル」の基本コンセプトを構築した¹⁾。そこで本研究では、具体的な政策の評価・立案に資するために、このモデルを改良・実用化した。

2. モデルの概要

改良モデルは、首都圏全域における通勤旅客の時刻集中特性をマクロに予測するものである。そのために本モデルでは、まず首都圏の鉄道ネットワークを1次元に簡略化し、これを空間軸とした時空間ネットワーク(図1)を構築する。鉄道ネットワークの簡略化に際しては、首都圏の鉄道をターミナル路線(ほぼ山手線にあたる)を境界として、内側の都心部と外側の郊外側に分け、両部分について「ターミナル駅からの所要時間が10(n-1)~10n分」となる距離帯をn距離帯とし(都心部は4つ、郊外部は8つの距離帯を設定)、各距離帯に含まれる駅を集約して代表駅ノードとする(図2)。

また、各ノード・リンクの定義は表1に示す。

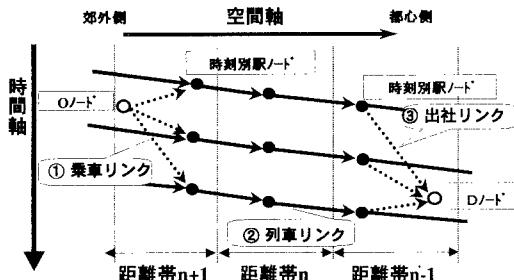


図1 時空間ネットワークの模式図

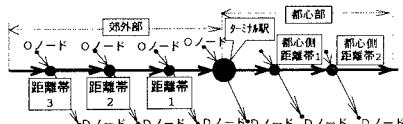


図2 簡略化された1次元鉄道ネットワーク

表1 各ノード・リンクの定義

ノード種類	定義
O-ドット	利用者の出発点(自宅)を示す。各距離帯に対して1つ設定する。
時刻別駅ノード	各距離帯ごとに、時刻毎に設定する。(10分間隔)
D-ドット	利用者の到着点(勤務先)を示す。各距離帯に対して1つ設定する。

リンク種類	起ノード	終ノード	リンクの意味
①乗車リンク	O-ドット	時刻別駅ノード	自宅から列車まで
②列車リンク	時刻別駅ノード	時刻別駅ノード	乗車している過程
③出社リンク	時刻別駅ノード	D-ドット	降車から勤務先まで

この時空間ネットワークでは、各ODペアに対して出発時刻別バス1, 2, ..., k,...が存在する。通勤者はロジットモデルの選択確率に従ってバス(出発時刻)を選択するものとする。即ち各バスフローは次式のように算出される。

$$FLOW(k,ij) = \frac{\exp(\alpha U_{k,ij})}{\sum_k \exp(\alpha U_{k,ij})} \times ODFLOW(ij)$$

$FLOW(k,ij)$: ODペア ij 、バス k のフロー

$ODFLOW(ij)$: ODペア ij のフロー

$U_{k,ij}$: ODペア ij 、バス k の効用

α : 分散を表すパラメータ

このように構築されたモデルに「各距離帯間OD輸送量」「勤務制度情報(FT制適用者比率、始業時刻分布など)」「列車運行情報(輸送力、所要時間)」を入力し、「各時間帯別の各距離帯間断面通過人員(これを輸送力で除せば混雑率)」を出力する。入力データは、4)、5)などによる。

3. 効用関数の設定

各バスの効用値は、そのバスを構成する各リンクの効用値の総和となる。本モデルでは、各リンクの効用関数を次のように設定する(以下の関数では効用を正、不効用を負とし、単位は分とする。また、時刻は午前0時を原点として分単位で示す)。

①乗車リンク

竹村らのアンケート調査によると、通勤者は出発時刻の平均約1時間前に起床している²⁾。そこで、通勤者は出発時刻の1時間前に起床すると仮定し、この起床時刻 T_u について、次のような起床時刻不効用関数を設定する。これは、朝早く起きなければならないことに対する不効用を表している。

$$U_1 = A[\exp[-\exp\{-B(T_u - T_0)\}] - 1]$$

A (分), B (1/分), T_0 (分) (>0): パラメータ

パラメータのうち、 T_0 は起床時刻の限界不効用が最大となる時刻を表しており、通勤者の行動を大きく規定する値であると考えられる。

②列車リンク

これは列車乗車中の所要時間と混雑を表現する不効用関数であり、次のように推定されている³⁾。

$$U_2 = -t_R [1 + 0.01 \times \{\exp(1.97 \times c(T)) - 1\}]$$

t_R : 乗車時間、 $c(T)$: 列車の混雑率、 T : 乗車時刻

③降車リンク

通勤者の遅刻不効用 U_D 、勤務地への早着不効用 U_E 、集団乖離不効用 U_B 、余暇効用 U_L の和とする。

$$U_3 = U_D + U_E + U_B + U_L$$

これらの関数のうち、 U_D 、 U_E 、 U_L は2)より表2の値を設定した。また、 U_B については2)の始業時刻固定制(以下NFT)通勤者の調査結果を適用した。

表2 各効用の関数形

効用	FT制適用通勤者	始業時刻固定通勤者
U_D	$-7.50 \times \ln(\text{遅刻時間}+1)$	$-3.84 \times \ln(\text{遅刻時間}+1)$
U_E	なし	$-0.01 \times (\text{無給在社時間})$
U_B		$-3.92 \times (\text{乖離時間})$
U_L	$19.75 \times \ln(\text{余暇時間}+1)$	$21.48 \times \ln(\text{余暇時間}+1)$

*各時間の単位は分とする。

*「乖離時間」は「出社時刻—標準労働時間開始時刻」と定義され、ここでは標準労働時間開始時刻を午前9時としている。

4. パラメータの推定

分散パラメータ α 、起床時刻不効用のパラメータ A 、 B 、 T_0 については、実データを用いてキャリブレーションにより推定する。郊外距離帯1～6について、各距離帯ごとの時刻別乗車人員の観測値と計算値との誤差 e_i を出し、その平均値 E が最小となるようにパラメータを調整する。

$$E = \bar{e}_i \quad \text{ただし、} \quad e_i = \sqrt{\sum_m (q_{im} - \bar{q}_{im})^2} / \sum_m \bar{q}_{im}$$

\bar{q}_{im} : 距離帯 i 、時刻帯 m の乗車人員(観測値)

q_{im} : 距離帯 i 、時刻帯 m の乗車人員(計算値)

こうして推定されたパラメータの値は次のようになった。また、誤差 E は約 7.2% となった。

$$\alpha = 0.0053, \quad A = 360 \text{ (分)},$$

$$B = 0.0493 \text{ (1/分)}, \quad T_0 = 325 \text{ (分)}$$

T_0 は午前5時25分となり、実感と合う値と言える。

5. 計算結果と実測値比較

図3、図4にNFT・FT通勤者別に出力した計算結果と、観測値⁴⁾を示す。距離帯1、2についてはピーク前がやや過大推計となる傾向が見られるが、この理由としては、「居住地域による起床時刻に対する感覚の差を考慮していないこと（都心付近に住む人の方が早起きに対する不効用が大きいと考えられる）」、「複雑な都心部の鉄道ネットワークを大幅に簡約化しているため、通勤者の通勤時間を正確に考慮出来ていない可能性があること」などが考えられる。しかし、全体としては実用に耐えうる、良好な精度が得られたと言える。

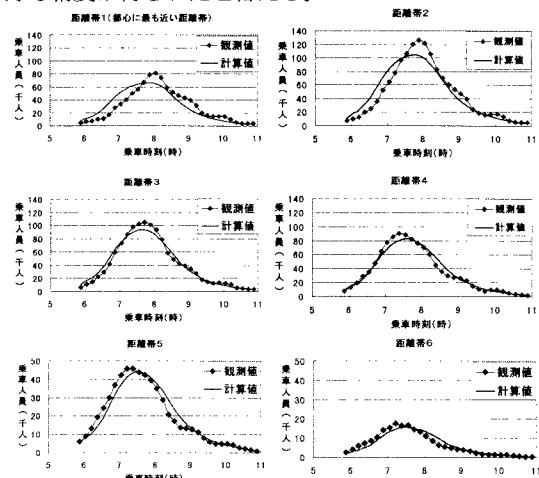


図3 各郊外距離帯での時間帯別乗車人員(NFT制)

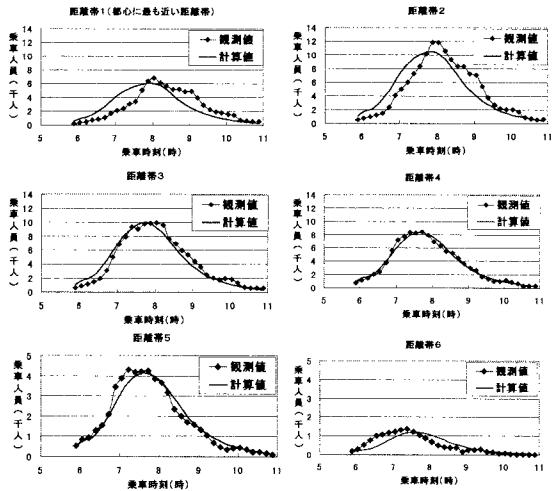


図4 各郊外距離帯での時間帯別乗車人員(FT制)

6. パラメータの感度分析

今回推定した各パラメータについて感度分析を行った(図5)。 T_0 の感度が特に大きく、 T_0 の値が通勤者の行動様式を大きく規定していることが確認できる。

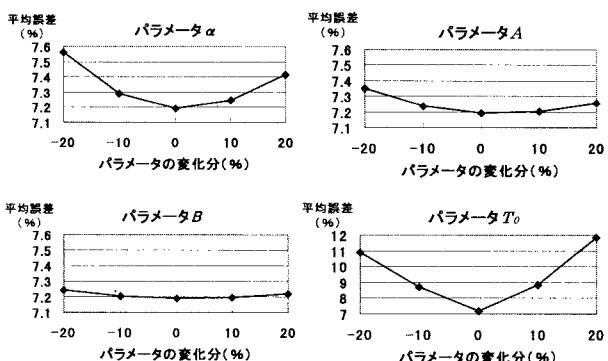


図5 各パラメータの感度分析

参考文献

- 1) 家田仁・岡村敏之・ファンレビン：勤務制度の多様化に伴う通勤者の行動の変化を考慮した大都市圏鉄道需要の時刻集中特性の予測手法の開発、土木計画学研究・講演集 No.21(2), pp.881-884, 1998
- 2) 家田仁・竹村宗能・岡村敏之・今泉航太：労働時間の違いを考慮した鉄道通勤者の出社行動の分析、土木計画学研究・講演集 No.20(1), pp.429-432, 1997
- 3) 志田州弘・古川敦・赤松隆・家田仁：通勤鉄道利用者不効用関数パラメータの移転性に関する研究、土木計画学研究・講演集 No.12, pp.519-527, 1989
- 4) 運輸省：平成7年度大都市交通センサス
- 5) 連合総合開発研究所：平成5年度 新時代の労使関係に関する調査研究