

IV-350 「鉄道旅客の時刻集中特性予測モデル」を用いた首都圏鉄道ネットワークの各種混雑緩和施策の効果分析*

○東京大学大学院 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
 広島大学大学院 正会員 岡村 敏之

1. はじめに

筆者らは、都市圏の鉄道ネットワークを対象として、輸送力増強／フレックスタイム（FT）制・時差通勤制の導入などの施策による通勤混雑緩和効果を評価可能な「鉄道旅客の時刻集中特性予測モデル」を構築した。本件では、首都圏の鉄道ネットワークを対象として、本モデルを用いて各種施策による混雑緩和の効果分析を行った。

2. モデルの概要

本モデルは、図1に示すような時空間鉄道ネットワークにおいて、「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、コアタイム開始時刻分布）」「列車運行情報（輸送力、所要時間）」を入力し、各時間帯における「各距離帯で列車に乗車する人員（乗車リンクのフロー）」や「距離帯間断面通過人員（列車リンクのフロー）」（これを輸送力で除せば混雑率）を出力するモデルである。本研究では、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ことを目的として、首都圏の鉄道ネットワークを1次元に簡略化した（図2）（本年度年次学術講演会講演概要集「時空間ネットワーク分析のための都市交通ネットワークの簡略表現法の提案」参照）。

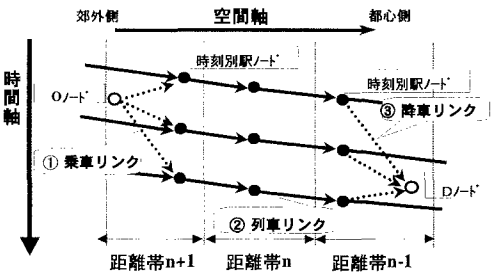


図1 時空間鉄道ネットワークの模式図

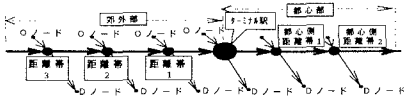


図2 簡略化された1次元鉄道ネットワーク

表2 各リンクの定義と設定されている効用関数（効用値は分単位）

リンク種類	起ノード	終ノード	リンクの意味	設定されている効用	効用の意味	関数形	
						FT制通勤通勤者	始業時刻固定通勤者
1 乗車リンク	Oノード	時刻別駅ノード	自宅から列車まで	起床時刻不効用	早起き	$584 \times [\exp\{-\exp\{-0.0216 \times (T_0 - 325)\} - 1\}]$	
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	交通不効用	通勤時間・混雑	$-t_{ij} [1 + 0.01 \times (\exp(1.97 \times c(T)) - 1)]$	
3 降車リンク	時刻別駅ノード	Dノード	降車から勤務先まで	早着不効用	始業時刻より早く到着した場合の無給在社	なし	$T_0 - T \leq 0$ ならば 0 $T_0 - T > 0$ ならば $-0.01 \times (T_0 - T)$
				遅刻不効用	始業時刻・コアタイム開始時刻に対する遅刻	$T - T_0 \leq 1$ ならば 0 $T - T_0 > 1$ ならば $-7.50 \times \ln(T - T_0)$	$T - T_0 \leq 1$ ならば 0 $T - T_0 > 1$ ならば $-3.84 \times \ln(T - T_0)$
				集団乗車不効用	集団の平均的な出社時刻より遅く出社することによる気兼ねや社内連絡の悪化	$T - T_{avg} \leq 0$ ならば 0 $T - T_{avg} > 0$ ならば $-3.92 \times (T - T_{avg})$	
				余暇効用	退社後の飲食・家族との団らん	$19.75 \times \ln\{T_{eq} - (T + t_w + t_{eq})\}$	$21.48 \times \ln\{T_{eq} - (T + t_w + t_{eq})\}$

●各時刻・時間アイテムの定義は以下のようになっている（時刻は午前0時を原点とした分単位、時間も分単位）。

T_0 : 起床時刻 T_S : 始業時刻 T : 出社時刻 T_{AVG} : 集団乗車開始時刻（周囲の平均的な出社時刻） T_{SL} : 就寝時刻
 $c(T)$: 乗車時間帯における混雑率 t_R : 乗車時間 t_W : 在社時間 t_N : 通勤時間

*キーワード：通勤混雑、交通需要管理、鉄道計画

**連絡先：〒113-8656 文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻交通研究室 TEL 03-5841-6118 FAX 03-5689-7270

図1の時空間鉄道ネットワークにおける各ノードの定義を表1に、各リンクの定義と設定されている効用関数を表2に示す。ここでは2)をもとに通勤者の出社時刻選択行動を表現する効用関数を FT 制通勤者・始業時刻固定（以下 NFT）制通勤者別に設定している。

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パス 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パスを選択するものとし、各パスフローは次式ようになる。

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

$FLOW(k, ij)$: OD ペア ij、パス k のフロー

$ODFLOW(ij)$: OD ペア ij のフロー

$U_{k,ij}$: OD ペア ij、パス k の効用

（このパスを構成する各リンクの効用の総和）

α : 分散パラメータ

（現状を最もよく再現するように推定する）

これらの OD ペアごとのパスフローをリンクごとに集計することにより各リンクフローが得られる。

以上のモデルを首都圏鉄道ネットワークに適用するにあたっては、入力データとして3) などを用いた。

図3、4に NFT 制通勤者・FT 制通勤者別の計算値（各距離帯での乗車人員の時間分布）と、観測値（平成7年度大都市交通センサスより算出）を郊外距離帯3・4にについて示す。これらの図より本モデルが現状再現性に優れていることが確認できる。

表1 各ノードの定義

ノード種類	定義
Oノード	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ノード	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。

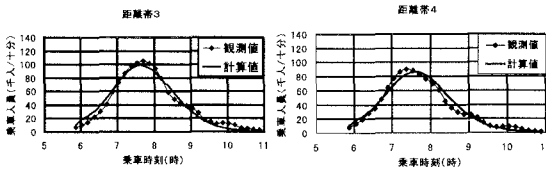


図3 モデルの計算値と観測値の比較（NFT 制）

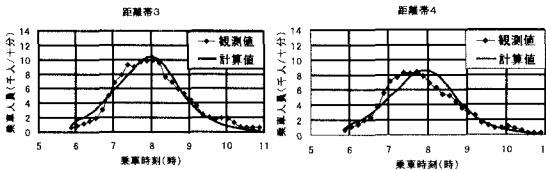


図4 モデルの計算値と観測値の比較（FT 制）

3. シナリオ分析

以下のシナリオ A～E について、各距離帯間断面での混雑率の時間分布を現状値（1995 年）と比較する（代表的な断面として、郊外距離帯 4—3 断面における比較結果を図 5 に示す）。また、各シナリオ実現時の首都圏全体での年間混雑緩和便益を、通勤者の交通不効用（表 2 参照）の変化分より算出する（ただし、時間価値 2000 円/時、年間通勤日数 230 日とする）。

シナリオ A：首都圏全体・全時間帯において輸送力を 10% 増強

距離帯 4—3 断面でのピーク混雑率は現状の 200% から 180% へと減少、混雑緩和便益も年間約 1030 億円となり、大きな混雑緩和効果が得られる。しかし、このシナリオを実現するためには新線建設／既存線改良などのために数兆円規模の資金が必要である。

シナリオ B：午前 8 時 30 分～9 時の間に始業時刻をもつ NFT 制通勤者のうち、40% が始業時刻を 1 時間後にシフト

時差通勤制の導入促進により需要の分散を図るものである。しかしこのシナリオでは、時差通勤制の対象となった通勤者が輸送力の小さいピーク後の時間帯に大量に流れ込むため、ピーク時刻は後方にずれるものの、ピーク混雑率は上昇する傾向が見られる。また、混雑緩和便益も年間約 410 億円と、シナリオ A の 2 分の 1 以下となっている。

シナリオ C：シナリオ B に加えてピーク後約 1 時間の輸送力を 20% 増強

時差通勤に加えて、輸送力がピークとなる時刻よりも後方の時間帯での輸送力を増強する。このシナリオではピーク輸送力を上げる必要がないため、車両増強／車両基地整備などのための数千億円程度の資金で実現可能である。また、距離帯 4—3 断面でのピーク混雑率は 200% から 175% へと減少、混雑緩和便益も年間約 1070 億円と、シナリオ A と同程度の混雑緩和効果が得られる。この結果より、時差通勤のような需要分散型の施策と、輸送力増強などの供給側の施策とを適切に組み合わせることで、より効率的な混雑緩和が可能であることが示される。

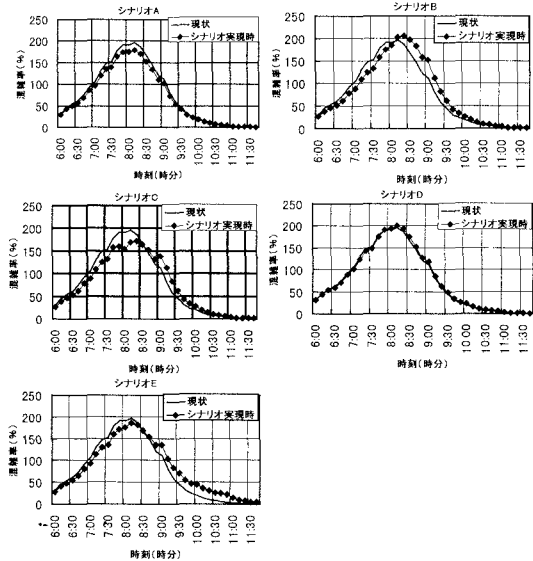


図5 現状・各シナリオ実現時の混雑率比較

シナリオ D：首都圏全体で FT 制通勤者が現状の 3 倍に増加

FT 制の導入促進により需要の分散を図るものであるが、このシナリオでの混雑緩和効果は非常に小さく、混雑緩和便益は年間約 90 億円となっている。これは、現状において FT 制通勤者も NFT 制通勤者とはほぼ同じ出社時刻選択行動をとっているため、単純に FT 制通勤者が増加したとしても需要の平準化は望めないことを示している。

シナリオ E：シナリオ D に加えて FT 制通勤者の集団乖離不効用が現状の 3 分の 1 にまで減少

職場環境の改善・通勤者の意識の変化などにより、周囲より遅く出社することに対する抵抗が小さくなった状況を想定する。このシナリオでは、距離帯 4—3 断面でのピーク混雑率は 200% から 190% へと減少し、混雑緩和便益も年間約 1150 億円と大きな混雑緩和効果が得られる。この結果より、「朝の打ち合わせ時間の変更」「職務分担の見直し」などの方策により、FT 制を活用しやすい職場環境をつくることが重要であることが示される。

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) 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