

時間分散型 TDM 施策の影響のダイナミック分析

Dynamic Analysis on Influence of Peak Hour Spreading TDM Policies

福澤則久**・藤原章正***・杉恵頼寧****・周藤浩司*****

By Norihisa FUKUZAWA, Akimasa FUJIWARA, Yoriyasu SUGIE and Koji SUTO

1. はじめに

TDM 施策の1つであるフレックスタイム制度や時差通勤制度の導入により通勤ピークの時間的分散が期待される。しかし各種の制約のために交通行動の変化に時間遅れが生じたり、時間の経過とともに効果の大きさが拡大減衰したりすることが予想される。特に、上記のフレックスタイム制度や時差通勤制度のような生活スケジュールの変更を伴う政策下では、政策に対する反応の遅れが大きいことが見込まれるため、どの時点で TDM 施策の効果について判断を下すかが重要な論点となろう。また、TDM 社会実験の適切な実験期間を決定するための議論は必ずしも十分でない。これらの観点から、TDM 施策の効果をダイナミックに分析する必要がある。

交通行動のダイナミック分析は、1980年代に入ってからその必要性が次第に認識されるようになり¹⁾、まもなく交通計画におけるパネル分析の有意性が強調された²⁾。現時点で、ダイナミックなデータ収集法と分析手法の適用例は多く蓄積されてきた。

本研究は、フレックスタイム制度下と時差通勤制度下における施策対象者と非対象者の出社行動変化ならびに渋滞状況の変化を、行動変化の反応遅れに着目しつつ時系列的に分析し、安定後の行動を予測することを目的とする。

まず広島市においてフレックスタイム制度を導入した企業を対象として、職員に対する2時点のアンケート調査と従業員の出勤管理システムデータベースを利用して、1年間の出社行動を時系列分析し、

生活パターンの調整に要する期間の長さや出社行動の動向予測モデルについて検討する。さらに行動変化と個人属性の因果関係の分析を行う。

また、松江市で実施された時差通勤の社会実験の参加者、非参加マイカー通勤者を対象としたアンケート調査データと、交差点ごとの渋滞長と交通量データを用いて、時差通勤実施による通勤所要時間の短縮効果と渋滞緩和効果の変化についてダイナミック分析を行う。

2. フレックスタイム制度下における行動変化の時系列分析

(1) フレックスタイム制度と調査の概要

本調査の対象となるフレックスタイム制度は、1996年10月1日より全社にフレックスタイム制度を導入した広島市内の対象企業一社だけの制度である。出社行動に関するデータを得るための本調査は、制度導入1ヶ月後の1996年11月と導入1年後の1997年10月の2時点にわたり実施された。1時点目の調査ではさらに同制度導入直前の出社行動も合わせて質問した。両時点とも有効回答した個人数は216人であり、初期サンプルの72.0%を占めた。さらに同企業従業員の出勤管理システムデータベース（業務開始時刻、業務終了時刻を入力したデータベース）を利用して、パネルサンプル全員216人の制度導入後1年間の出社時刻データを得た。

(2) 全サンプル平均の出社時刻変化

まずパネル調査で得られたデータをもとに、出社時刻割合を3時点で比較した。（図1）

導入前には8時30分前後に大きなピークが存在していたが、制度導入によりピークの分散化が生じている。導入後1ヶ月と1年後の比較においても、さらにピークの平準化が進むことがわかる。

そこで、行動変化の様子をさらに詳細に見ることにする。図2に示すように全サンプル平均の出社時刻変化を時系列グラフにしてみると、出社時刻が

* キーワード：TDM, 交通行動分析, 時系列分析
** 正員, 工修, 都市基盤整備公団
(東京都新宿区西新宿 6-5-1 Phone:03-5323-2846)
*** 正員, 工博, 広島大学大学院国際協力研究科
(東広島市鏡山 1-5-1 Phone&Fax:0824-24-6921)
**** 正員, 工博, 広島大学大学院国際協力研究科
(東広島市鏡山 1-5-1 Phone&Fax:0824-24-6919)
***** 正員, 工修, 中電技術コンサルタント株式会社
(広島市南区出汐 2-3-30 Phone:082-256-3353 Fax:082-254-0661)

徐々に遅くなる前半の（反応遅れ）期間と始業時刻が比較的一定と見せる後半の期間に分割できる。

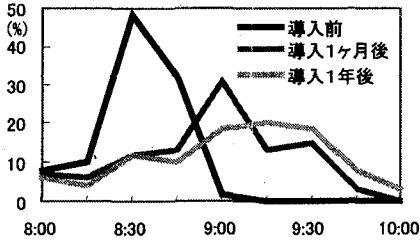


図1 出社時刻割合の3時点比較

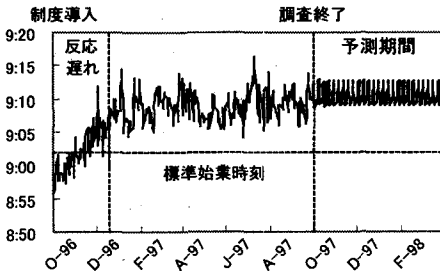


図2 平均出社時刻の推移

次に時系列過程を表現する最も一般的な時系列モデルである ARIMA モデルを用いて、平均出社時刻の予測を行った。モデル推定の結果、反応遅れ期間、安定過程がそれぞれ式(1)及び式(2)で表現された。

ARIMA(2,1,0) :

$$y_t = 0.233y_{t-1} + 0.308y_{t-2} + 0.459y_{t-3} + a_t \quad (1)$$

ARIMA(2,0,0) × (1,1,0) :

$$y_t = 0.350y_{t-1} + 0.197y_{t-2} + 0.503y_{t-5} - 0.176y_{t-6} - 0.099y_{t-7} + 0.497y_{t-10} - 0.174y_{t-11} - 0.098y_{t-12} + a_t \quad (2)$$

反応遅れ期間に関しては、視覚的に設定した期間の時系列データを用いてひとまずモデルを同定し、そのモデルの適合度が最も高い期間を正確な反応遅れ期間とした³⁾。

その結果、フレックスタイム制度を導入して1年1ヶ月程度経過すると通勤者の平均出社時刻は、ピーク時間帯を回避するような時間帯に落ち着く（9時9分～12分）ことが予測された。また出社時刻の分散もほぼ同時期に一定範囲（27～29分）に落ち着くことがわかっており、これらを併せて考察すれば、フレックスタイム制度は月日の流れとともに、出社時刻の平均、分散ともに一定化が進み、時差出勤制

度下の出社行動に近づくものと予想される。

(3) 個人属性と出社行動変化の因果関係

2時点パネル調査で得られた個人属性データを用いて、母集団をグルーピングし、より正確かつ詳細に実際の行動変化を把握する。

属性ごとにサンプルをグルーピングしてその出社行動変化を見てみると、世帯人数、年齢、交通手段(図3)、幼稚園児の有無(図4)の各属性要因が、行動変化に影響していることが明らかとなった。

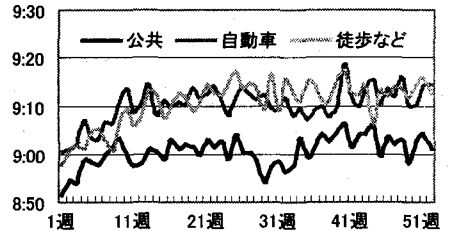


図3 交通手段別出社時刻推移

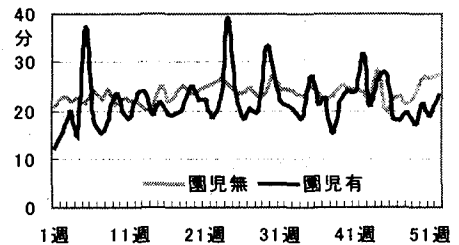


図4 幼稚園児の有無別出社時刻の分散推移

総じて出社時刻選択に対してより制約の強い属性のグループは、そうでないグループよりも平均出社時刻が安定するまでの調整期間が短い傾向があり、その制約ゆえに、不定期に通常の出社時刻とは大きく異なる時刻を選択することが明らかとなった。

3. 時差通勤制度下の行動変化時系列分析

(1) 時差通勤制度と調査の概要

松江市内の慢性的な交通渋滞緩和を図るため、平成11年1月18日より29日までの実質10日間、時差通勤の社会実験が行われた⁴⁾。松江市役所や島根県庁及び一部の民間事業所の従業員約1200名（内マイカー通勤者約800名）が参加し、始業時刻を30分～60分だけ遅らせた。

交通量及び渋滞長調査は、市内渋滞ポイント及び市役所、県庁周辺の主要交差点において入出観測及

び島根県警の協力を得ながら行われた。また交差点の調査では確認できない効果や問題点を把握するため、実験参加のマイカー通勤者、松江市内に勤務する一般マイカー通勤者にアンケート調査が行われた。

(2)時差通勤社会実験の所要時間短縮効果

実験の結果、図5に示すように始業時間が9時以降になった参加者の約80%が通勤所要時間の短縮につながったと回答し、うち41%は10分以上の短縮となっている。また実験に参加していないマイカー通勤者についても、約35%が効果ありとしている。始業時刻が9時から9時半である非参加者の約3割に所要時間短縮効果がみられるように、施策対象として時間を変更させた以外にも自主的に出勤時刻を変更させた通勤者が現れている。

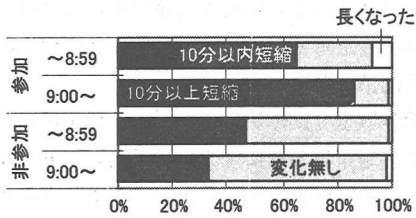


図5 通勤時間短縮効果

(3)渋滞緩和効果の時系列変化

人手観測がなされた5交差点について、市内中心部方向への渋滞長を実験実施前、実施1週間目、実施2週間目、実験終了後の4時点でまとめ、時系列変化について分析した。

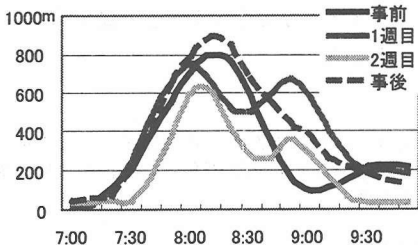


図6 宍道湖大橋北詰交差点北進方向渋滞長

元来渋滞の激しい、宍道湖大橋北詰交差点では、人々の行動が変化して十分な効果が出るのに時間が要することを示すように、実施後1週目と2週目の渋滞状況に大きな差がみられる(図6)。

また対象とした5交差点のうち、3つの交差点では、実験終了後の時間別渋滞分布が実験前のそれと大きく異なっている。一度社会実験を行うことで

反応遅れを伴いながら変化した出勤行動は、実験終了と同時に瞬時には元に戻らず、再び反応遅れを伴うことが検証された。

(4)本格実施時の効果予測

社会実験実施の目的のひとつは、本格実施時の効果を予測するためのデータを収集することである。反応遅れを考慮すると、2週間の社会実験における効果は、本格実施時の効果と異なることが予想される。言い換えれば施策実施2週間後では人々の行動はまだ調整過程にあり、本格実施時においてさらに時間が経過すれば人々の行動も変化を続け、渋滞緩和効果も変化し続ける。

そのため本格実施時の効果を予測するためには、安定過程後の人々の行動を予測する必要がある。

そこで図7に示すような手順で今回の2週間にわたる社会実験の結果を用い、松江市において時差通勤制度が本格実施された場合の効果を予測する。対象は、最もピークの分散が顕著に表れた宍道湖大橋北詰交差点北進方向の渋滞長とする。

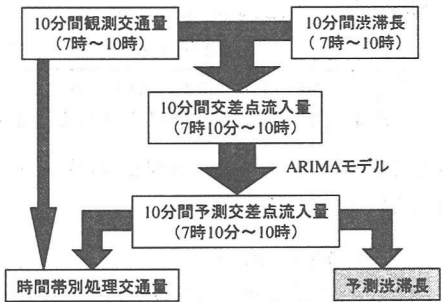


図7 渋滞長予測手順

インプットデータは、社会実験中(10日間)の7時から10時における10分間観測交通量と10分間渋滞長を用いる。予測モデルには前述のARIMAモデルを用い、最終的には予測渋滞長がアウトプットとなる。ただし、ARIMAモデルの推定に用いるサンプル数が10(日)であるため、長期の予測結果の信頼性には注意を要する。

渋滞長と交通量の間には密接な関係があることは自明であるが、本実験中に調査された観測交通量は、流入交通量とは異なるため、直接渋滞長を求めることは困難である。そこで観測交通量と渋滞長という2つのデータから、10分間ごとに交差点に流入した交通量(以後、交差点流入交通量と呼ぶ)を求める

ことにする。

具体的には式(3)~(5)を用いた

渋滞長変分(m/10分)

$$= \text{当期の渋滞長} - \text{前期(10分前の)渋滞長} \quad (3)$$

渋滞台数変分(台/10分)

$$= \text{渋滞長変分} / \text{平均車頭間隔(6m)} \quad (4)$$

交差点流入量(台/10分)

$$= \text{観測交通量} + \text{渋滞台数変分} \quad (5)$$

以上で求めた交差点流入交通量をもとに、ARIMA(1,1,0)モデルを用いて交差点流入量の将来予測を行った結果、図8のように予測された。収束とはt期とt+1期の流入量の増分が微小になったときの平均流入量を言い、ここでは実験終了後約2週間(4週目)で収束に至った。

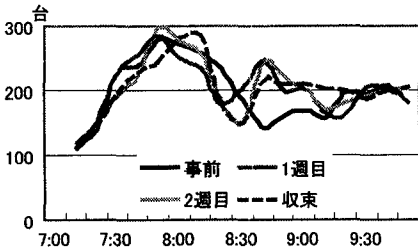


図8 宍道湖大橋北詰交差点北進方向交差点流入量

さらに式(7)~(9)を用いて予測交差点流入量から予測渋滞長の算出を行う。

渋滞台数変分(台/10分)

$$= \text{予測交差点流入量} - \text{時間帯別処理交通量} \quad (7)$$

渋滞長変分(台/10分)

$$= \text{渋滞台数変分} \times \text{平均車頭間隔(6m)} \quad (8)$$

当期の渋滞長(m/10分)

$$= \text{前期(10分前の)渋滞長} + \text{渋滞長変分} \quad (9)$$

式(9)からわかるように渋滞長予測にあたっては、7時から10分間の渋滞長を初期条件として与える必要がある。社会実験中の実態調査結果からここでは50mと設定し予測を行った(図9)。その結果、時差通勤が本格実施された場合には2週間の社会実験中よりも渋滞緩和の効果が大きくなると予測された。

9時前後の2度目のピークは、時差通勤導入前の状態とほぼ同様にまで落ち着くことがわかる。これらは、人々が時差通勤下の通勤状況を日々学習した結果であるといえる。特に時差通勤施策対象者(始

業時刻9時15分)の出勤時間帯の分散化が2度目のピークの減少につながっていると考えられる。ここでも収束は実験終了後約2週間であった。

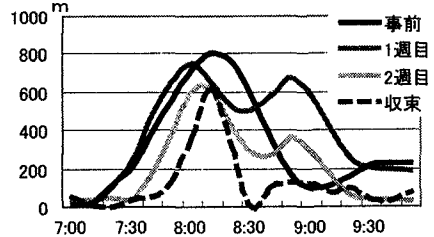


図9 宍道湖大橋北詰交差点北進渋滞長(初期渋滞50m)

4. おわりに

フレックスタイム制度導入時の反応遅れは、平均的には約3ヶ月であり、交通手段などの個人属性との因果関係が存在する。

時間分散型TDM施策の総合的な効果測定にあたっては、施策対象者に加えて、対象者以外も反応遅れを伴った行動変化をするという事実を認識する必要がある。時差通勤制度に関して、2週間の社会実験中において人々はより効果が増大する方向に行動を変化させ続け、本格実施時には2週間の社会実験で観測される以上の効果が表れると予測される。

以上の2つのケーススタディの結果からどの時点でTDM施策の効果について判断を下すかについて結論を導くことは尚早であるが、本研究により効果のダイナミックな計測の1手法を提示することができたと考える。

謝辞

本研究の遂行にあたり、貴重なデータとご助言を頂いた島根県松江土木建築事務所の木佐幸佳氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松井寛：交通需要の動学的分析の諸相と今後の展望，土木学会論文集No.470, pp.47-56, 1993
- 2) Kitamura, R: Panel analysis in transportation planning: an overview, Transportation Research 24A, No.6, pp.401-415, 1990
- 3) 藤原章正他：フレックスタイム制度導入後の出勤行動の時系列分析，交通工学研究発表会論文報告集, No18, pp.165-168, 1998
- 4) 木佐幸佳：松江市における「時差通勤の社会実験」，土木計画学研究・講演集 SS「交通計画における住民参加型社会実験の有効性」No.22, pp.666-667, 1999