

通勤時の TDM パッケージ施策導入時の効果予測手法に関する研究*

A Study on Effects Forecasting Method of Introducing Packaged TDM Measures*

原田昇**, 山口浩孝***, 泉典宏****, 神田佑亮****

By Noboru HARATA, Hirotaka YAMAGUCHI, Norihiro IZUMI, and Yusuke KANDA

1. はじめに

地方都市では、朝夕のピーク時の一時的な通勤交通の集中により渋滞が発生しており、その緩和や解消にはオフピーク通勤等のピークを分散させる時差通勤対策が有効であると考えられる。一方で、P&R P&BR や PTPS (公共車両優先システム) の導入など、公共交通の利便性を高める施策も TDM 施策の一環として積極的に導入されてきている。

道路混雑に悩む地方都市においては、オフピーク通勤の単独実施ではなく、他の TDM 施策と組み合わせた導入 (TDM パッケージ導入) が検討されているのが通常である。組合せ導入時の効果を予測する場合、組合せ導入による相乗・相殺効果を考慮しなければ、予測結果が実際の結果に対し過大あるいは過小となる危険性がある。また、これまでの TDM 導入効果評価事例を見ると、施策単体の評価は行われているが、組合せ導入の評価が行われたものはあまり見受けられない。

このような背景から、本研究ではオフピーク通勤と他の TDM 施策とを組合せ導入した場合の導入効果を、相乗・相殺効果を考慮した上で簡便に予測・評価できる手法について検討したものである。なお本研究の対象は地方都市であり、主に政令指定都市未満で地方都市圏の中心となる都市を想定している。また、実務での利用のしやすさを考慮し、極力既往技術を組み合わせた簡便なモデル開発を念頭においた。

2. 導入効果予測・評価方法の考え方

通勤時の道路混雑を緩和する TDM 施策の導入効果は、当該地域やボトルネックの交通特性により異なる。そのため、施策の内容を具体的に検討する前に、地域の特性を把握し、施策の導入可能性や方向性について見定めておくことが重要となる。

(1) 地域の特性と混雑状況の把握

地域の特性と混雑状況は、図 1 に示すように対象地域 (ボトルネック) の抽出、ピーク特性、需要と容量のバランス、鉄道の利便性を順番に確認することで把握する。

その中でピーク特性は、時間分散型 TDM 導入効果を左右する重要な指標である。すなわち、通勤時間帯の特定時間帯にピークが集中していれば、オフピーク通勤によりピークを平準化させることで混雑緩和が期待できる。他方、ピークが分散している場合はオフピーク通勤の効果は薄い。後者の場合、ハート整備による道路容量拡大と併せた渋滞解決策の検討が必要である。

次に、通勤時間帯全体の交通需要とボトルネック容量の総量バランスは TDM 施策の実行可能性を予見する指標であり、例えば需要が道路容量を大幅に上回る都市では実行可能と言い難い場合がある。また、鉄道の利便性が高い都市では、交通手段の変更を促進する施策の導入効果が高いものと考えられる。

上記の特性を把握することにより、対象地域の交通などの特性を概略的に把握することができ、導入する施策の方向性を定めることが可能となる。

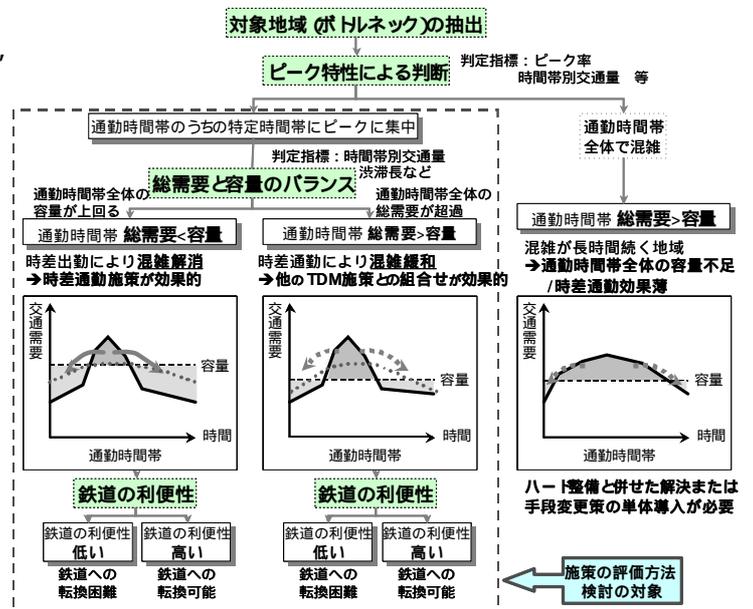


図 1 地域の特性と混雑状況の把握手順

(2) 施策導入効果の算出方法

オフピーク通勤や他の交通需要管理施策が導入された場合、通勤者は主に利用交通手段、出発時刻を変更する。混雑緩和により経路の変更も考えられるが、地方都市の幹線道路網の多

* Keywords: TDM 交通手段選択 出発時刻選択

** 正会員 工博 東京大学大学院新領域創成研究科
 東京都文京区本郷 7-3-1
 TEL 03-5841-6233 FAX 03-5841-6267
 E-mail: nhara@ut.tu-tokyo.ac.jp

*** 非会員 内閣府政策統括官 (総合企画調整担当) 付
 参事官 (交通安全対策担当) 付
 東京都千代田区霞が関 3-1-1
 TEL 03-5253-2111(ext. 44186) FAX 03-3581-0699
 E-mail: hyamagu1@op.cao.go.jp

**** 正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ
 川崎市高津区久本 3-5-7 ニッセイ新溝の口ビル
 TEL 044-812-8813 FAX 044-812-8823
 E-mail: kanda@oriconsul.co.jp

くが放射状であり、代替経路が限定される場合が多いことから経路の変更はないものと仮定した。

通勤者の交通手段選択および時刻選択は必ずしも独立して行われているわけではない。この現象を捉えるためには時刻選択行動を離散選択モデルでモデル化し、手段選択行動モデルと階層化して扱う方法がある。表1に示すように、この方法は時刻・手段の行動決定プロセスが明確である点がメリットであるが、時刻の選択肢離散化が必要なこと、離散化により選択肢間類似性によりバイアスが発生する可能性があること¹⁾²⁾、類似性問題に対応するモデルを階層化して推定する場合、モデルの構造が煩雑になる³⁾などのデメリットを有する。本研究では計算の簡便さを確保する観点から、離散選択モデルを階層化する方法は適用せず、出発時刻分布を連続関数でモデル化する。TDMパッケージ施策導入効果の算出手順は図2に示すとおりである。

表1 選択行動のモデル化

モデル化の方法	出発時刻 離散選択モデル 交通手段 離散選択モデル	出発時刻 連続モデル 交通手段 離散選択モデル
モデル構造		
メリット	時刻選択の意思決定プロセスが明確 時刻・手段の同時決定をモデルで考慮可能	時刻選択肢の離散選択肢化作業が不要 モデル構造がシンプル
デメリット	時刻の離散選択肢化作業が必要 選択肢間類似性により生じるバイアスへの対応が必要 モデル構造複雑化の可能性	時刻選択の意思決定プロセスが不明確

まず、対象地域の現在の自宅出発時刻分布をモデル化する。次に導入検討するオフピーク通勤の内容に応じて、施策を受け入れる相当数分の時刻分布をスライドして重ね合わせ、施策導入直後の自宅出発分布を求める。このとき、通勤者が施策導入直後に見込む所要時間は施策導入前と同じであると仮定し、時刻の選択層が自宅出発時刻をスライドさせる時間は、始業時刻をスライドする時間と等しいものとした。

求めた時間帯別の自宅出発分布を、手段の変更促進するTDM施策により手段選択の可能性のある層とない層にセグメント分け(選択特性分け)する。交通手段の選択層に属する通勤者に対しては、交通手段の選択を離散選択モデルでモデル化し、時間帯別に自動車利用者数を求め、自動車の固定層のものと足しあわせ、トータルの時間帯別自動車発生量を得る。

得られた時間帯別自動車発生量を対象ボトルネック周辺の交通流を再現したシミュレーションモデルに入力し、施策導入状況の混雑状況を比較することで、施策導入時の効果を算出することができる。ここで、導入効果の評価は施策導入後で通勤者の行動の変化が収束した状態で行う必要がある。このことを考慮し、交通流シミュレーションから得られた所要時間(出力)が交通手

段決定時の所要時間(入力)と大きく異なる場合は交通流シミュレーションでの所要時間を交通手段選択モデルに再度入力し、両者の乖離が小さくなるまで繰り返し計算を行った。

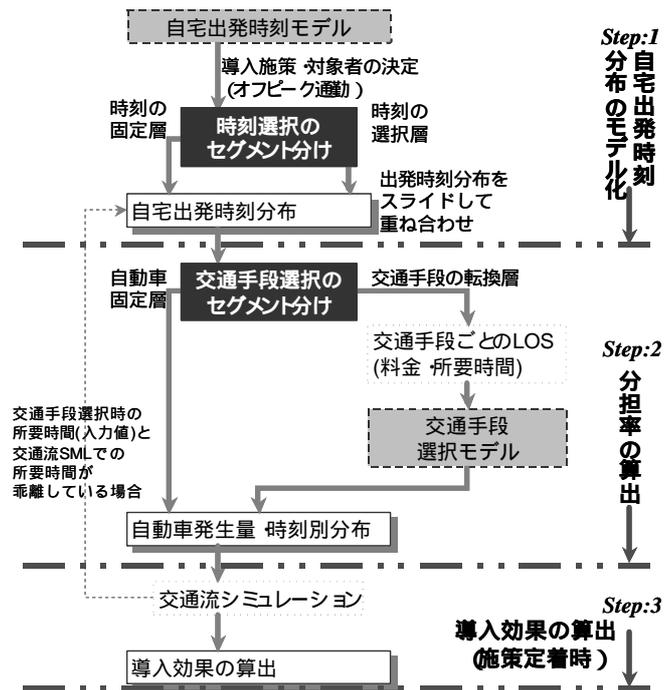


図2 施策導入効果の算出手順

(3) 選択特性分けからみた分析対象者の絞り込み

1) 時刻選択のセグメント分け

施策の対象者のうちオフピーク通勤を受け入れる層の割合は、通勤者の出発時刻選択特性のセグメント分けを行い求めた。セグメント分けは、通勤者が出発時刻を決定する時に意識する点に着目し、3つのセグメントに大別した。

1つ目の層は自宅を出発する時刻を変更しない個人群であり(習慣層)、2つ目は会社に到着する時刻そのものを変更しない個人群である(保守層)。これら2つの層は、オフピーク通勤導入の有無にかかわらず時刻を固定しており、TDM施策導入時に手段の選択は行わが、時刻はほとんど固定している層に該当する。一方3つ目のタイプは安全余裕時間を意識し、オフピーク通勤の時刻のシフト状況に応じて自宅出発時刻を変更する、オフピーク通勤を受け入れる層(時刻選択層)である。

表2 出発時刻選択のセグメント分け

タイプ	選択行動特性	イメージ
習慣層	時差通勤対策を導入しても自宅出発時刻は変更しない個人群	
保守層	時差通勤対策を導入しても会社到着時刻は変更しない個人群	
時刻選択層	始業時刻前の希望余裕時間を変更しない個人群	

□は施策により転換可能性のある層(Choice層)、無色は固定層(Captive層)

2) 交通手段選択の特性分け

交通手段のセグメント分けは通勤者の利用交通手段、転換意思、通勤時の公共交通の利用可能性に着目し、3つの層に大別した。1つ目のタイプは個人の好みなどにより自動車以外選択しない層(自動車固定層)、2つ目は自動車非保有や運転免許非保有のため公共交通以外選択しない層(公共交通固定層)である。これらの2つの層に属する通勤者は、交通手段の選択を行わない固定層である。3つ目のタイプは施策により転換する可能性を持つ層(手段選択層)であり、このセグメントに属する個人群のみが交通手段転換施策のターゲットとなる。

表3 交通手段選択のセグメント分け

タイプ	選択行動可能性	例
自動車固定層	公共交通 LOS が改善しても転換意思がない個人群	-
公共交通固定層	自動車を選択する可能性がない個人群	免許非保有者 自動車非保有者
手段選択層	手段変更策導入時などで公共交通の利用意思のある個人群	-

□は施策により転換可能性のある層(Choice層)、無色は固定層(Captive層)

(4) モデル化

1) 自宅出発時刻のモデル化

本研究では、自宅を出発する人の割合が時刻の経過とともに連続的に変化することに着目し、時刻選択を記述するモデルとして生存時間(Duration)モデルを採用した⁴⁾。自宅滞在割合は生存関数で表現され、次のように定式化される。

$$S(t) = 1 - \text{prob}(T \leq t) = 1 - F(t) \quad (1)$$

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \text{prob} \frac{(t \leq T \leq t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{d(\log S(t))}{dt} \quad (2)$$

$$f(t) = F'(t) = S(t) \times h(t) \quad (3)$$

ここで、 $S(t)$ は生存関数、 $h(t)$ はハザード関数、 $F(t)$ は累積密度関数、 $f(t)$ は確率密度関数、 t は時刻である。

モデル推定に際しては、生存関数の分布型を仮定する必要がある。本研究では既往の研究⁴⁾を参考にして、対数ロジスティック分布を仮定した。尤度関数を式(4)に示す。

$$L_i(\mathbf{1}, \mathbf{g}, \mathbf{b}) = \frac{g^{\mathbf{1}} \cdot t^{\mathbf{g}-1}}{(1 + \mathbf{1}t^{\mathbf{g}})^2} \quad (4)$$

ただし、 $\mathbf{1}$ は尺度パラメータ、 \mathbf{g} は形状パラメータである。

2) 交通手段選択のモデル化

既に地方都市で導入、あるいは実施が検討されているTDM施策をみると、鉄道駅やバス停までのアクセスを改善するP&R・P&BRが多い⁵⁾。この点を考慮し、本研究では、アクセス交通手

表4 効用関数説明要因の設定

説明 要因	サービス水準			個人 属性	状態 依存
	所要時間	費用	時間変動		
代表 交通 手段 (鉄道・ バス)	待ち時間 +乗車時間 +イグレス	定期券代	時間のぶれ	N/A	N/A
	自動車 自宅~ 会社	燃料代	時間のぶれ	性別	自動車 利用
アクセス手段	自宅~ 駅/バス停	燃料代 +駐車代	N/A	N/A	N/A

)時間のぶれ」とは自動車・バスの乗車時間変動や待ち時間変動を含んでいる。

段選択、代表交通手段選択を階層化したNested Logitモデルで通勤者の交通手段選択をモデル化する。モデルの階層構造は、後述のケーススタディでのパラメータの推計結果から、代表交通手段選択を上位とする構造を採用する。効用関数は、表4に示す説明要因を用い、線形の効用関数とする。

3. ケーススタディ

(1) 対象都市の特徴

前章で構築した効果予測、評価方法に基づき、オフピーク通勤と他の交通需要管理施策単体導入あるいは組合せ導入した場合の導入効果を実証的に分析した。ケーススタディは、地方都市として典型的な特性を持つ2都市を対象に行った。(表5)

表5 対象都市の特徴

特性	S市	A市
人口	約25万人	約30万人
産業の特徴	臨海部に工業地帯、商業・ビジネス施設が集中	中心部は行政機関(県庁等)商業、ビジネス施設が集中
道路網	放射状	放射状
対象地域特徴	郊外住宅地 (市内中心部から約8km)	郊外住宅地 (市内中心部から約10km)
対象道路	主要地方道	国道(幹線)
鉄道の利用性	高い(通勤時間帯5本/h)	低い(通勤時間帯1-2本/h)
通勤分担率 ^{*)}	自動車82%、鉄道10%、バス8%	自動車95%、バス5%
混雑状況	ピーク特性:ピーク集中 通勤時 総需要>容量	ピーク特性:ピーク集中 通勤時 総需要>容量
最大渋滞長 通過時間	600m - 5分 7:20~8:50で発生	3000m - 22分 7:00~9:00で発生

^{*)}通勤時分担率はアンケートで把握

(2) アンケートの概要

アンケート調査は両都市とも、市内中心部への通勤にはボトルネックを通過する必要がある郊外に居住する住民を対象に配布した。共働き等世帯内に複数の通勤者がいる世帯が多いことを考慮し、両都市とも1世帯あたり2票ずつ、2,000部4,000票配布した。回収部数はS市で200部(10.0%)、A市で156部(7.8%)であった。アンケートでは個人属性、現在の通勤の現状(通勤先、自宅出発時刻、会社到着時刻、始業時刻など)、オフピーク通勤の導入・利用状況などを尋ねた。また、市内中心部への通勤を想定した交通手段の利用意向について尋ねた(SP調査)。SP調査で示した代表交通手段は、「バス・自動車」と、鉄道の運行頻度の高いS市では「鉄道」を追加した。「バス・鉄道」については、「駅・バス停までのアクセス交通(徒歩)・駅まで自動車(P&R)」「駅まで家族の送迎(Kiss & R)」も示した。代表交通手段とアクセス交通手段の組合せにより、S市に配布した調査票では7パターン、A市に配布したアンケート票では4パターンの通勤交通が選択可能であった。

それぞれの交通手段において費用や所要時間等のサービス水準を示し、通勤時に利用する交通手段について回答を得た。

(3) 自宅出発時刻選択のモデル化

1) 時刻選択層の特定

図3にオフピーク通勤導入時の反応意向について尋ねた結果を示す。両都市とも約8割程度の回答者が施策の導入にあわせて会社に到着する時刻を遅くする時刻選択層となっている。

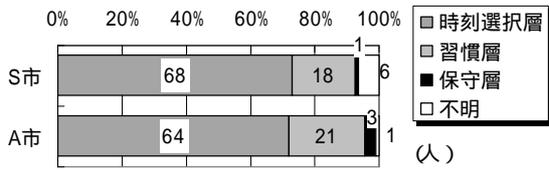


図3 オフピーク通勤反応層の割合

2) 自宅出発時刻モデル推計結果

現在の回答者の自宅出発時刻の分布を生存時間モデルに曲線近似したパラメータ推計結果を表6に示す。モデルの尤度比は高く、適合度は良好である。また、図4からモデルの適合度は十分に高い。

表6 自宅出発時刻モデル推定結果

都市	S市 (鉄道利便性高)		A市 (鉄道利便性低)	
説明変数	推定値	(t値)	推定値	(t値)
尺度パラメータ	1.074×10^{-2} **	(18.842)	0.951×10^{-2} **	(21.133)
形状パラメータ	3.783 **	(14.397)	4.152 **	(16.275)
最終尤度		-61.156		-54.420
説明変数の数		2		2
AIC		126.312		110.840
サンプル数		86		87

()内はt値 ** 1%有意 * 5%有意

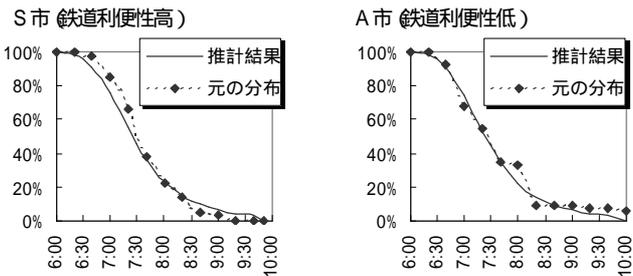


図4 自宅出発時刻分布と曲線近似結果の比較

(4) 交通手段選択のモデル化

1) 手段選択層の特定

図5に交通手段変更促進策導入時の反応意向について尋ねた結果を示す。両都市とも概ね7割程度の回答者が通勤時に公共交通を利用する可能性がある手段選択層となっている。一方、公共交通固定層はほとんどいない結果となった。

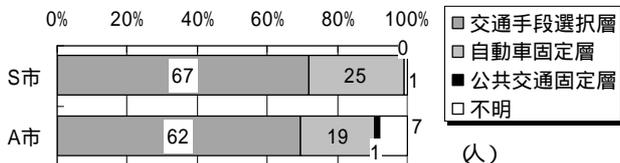


図5 交通手段変更策の選択層の割合 (転換不能層は除く)

2) 交通手段選択モデル推計結果

交通手段選択モデルパラメータ推計結果を表7、表8に示す。アクセス手段選択モデル、代表交通手段選択モデルの尤度比は両都市とも良好である。また、ログサムパラメータをみると、代表交通手段上位、アクセス下位の階層構造は妥当である。

サービス水準を示すパラメータの符号についてみると、費用や所要時間、時間のぶれが増加すればその交通手段の選択率が低くなる状況となっている。

表7 交通手段選択モデル推定結果 (上位代表交通手段)

都市	S市 (鉄道利便性高)		A市 (鉄道利便性低)	
説明変数	推定値	(t値)	推定値	(t値)
費用(1000円/月)	-0.250 **	(-3.012)	-0.277 **	(-5.051)
所要時間(10分)	-0.751 **	(-3.093)	-0.492 **	(-3.086)
時間のぶれ(10分)	-0.262	(-0.402)	-0.712	(-1.123)
性別(男性=1 自動車)	-0.436	(-0.754)	-0.365	(0.740)
定数項 鉄道	-2.591	(-0.587)	—	—
定数項 バス	-2.824	(-0.460)	-0.790	(-0.872)
現在利用手段(自動車=1)	1.110 **	(3.213)	0.580	(1.267)
ログサム変数 鉄道	0.158 *	(1.993)	—	—
(t値:上段 =0,下段 =1)	**	(10.628)	—	—
ログサム変数 バス	0.252 *	(2.307)	0.286	(2.102)
(t値:上段 =0,下段 =1)	**	(6.848)	**	(5.261)
初期尤度		-189.033		-108.131
最終尤度		-145.531		-79.734
自由度調整済尤度比		0.201		0.228
的中率		64.1%		73.1%
サンプル数		184		156

所要時間=乗車時間+待ち時間 ()内はt値 ** 1%有意 * 5%有意

表8 交通手段選択モデル推定結果 (下位:アクセス交通手段)

都市	S市 (鉄道利便性高)		A市 (鉄道利便性低)	
説明変数	推定値	(t値)	推定値	(t値)
アクセス費用(1000円/月)	-0.545 **	(-2.670)	-0.741	(-0.924)
アクセス所要時間(分)	-1.532 **	(-5.369)	-0.764 **	(-4.376)
定数項 鉄道	18.858 **	(5.267)	8.582 **	(4.131)
定数項 P&R, P&BR	6.032 **	(5.711)	3.428 **	(4.453)
初期尤度		-120.972		-67.500
最終尤度		-88.042		-35.901
自由度調整済尤度比		0.259		0.454
的中率		63.3%		80.7%
サンプル数		113		78

()内はt値 ** 1%有意 * 5%有意

4. おわりに

本稿では、主に地方都市の道路混雑緩和を目的としたオフピーク通勤と他のTDM施策を組み合わせる導入した場合の導入効果を簡便に把握する手法を示した。ここで示した手法が通勤時の渋滞問題を抱える地方都市の対策検討の一助となることを願う。なお、本研究では上記2都市を対象に、施策定着時の導入効果算出シミュレーションを行ったが、本稿では紙面の都合上結果を報告することができなかった。追って結果を報告する所存である。

謝辞 本研究では学識経験者(委員長:原田昇東京大教授、藤原章正広島大教授、大口敬東京立大助教授、室町泰徳東京工業大助教授)と行政担当者で構成した「通勤時の道路混雑緩和のための時差通勤対策等に関する調査研究会」を設置し検討を行った。ここに指導、ご協力を頂いた関係各位に深く感謝する次第である。

参考文献

- 清水哲夫 屋井鉄雄 所要時間の収束を考慮した時間別交通量分布, 土木計学研究 講演集, No. 21, pp. 769-770, 1998
- 藤原章正 神田佑亮 杉恵頼寧 岡村敏之: 時刻選択モデルの選択肢区分が選択肢間の類似性及び不均一性に及ぼす影響, 土木計学研究・論文集, No. 17, pp. 599-604, 2000
- 兵藤哲朗, 室町泰徳: 個人選択行動モデルの最近の開発動向に関するレビュー, 土木計学研究 講演集, No. 23(2), pp. 275-278, 2000
- 塚井誠人, 藤原章正, 杉恵頼寧, 周藤浩司: フレックスタイム制度下における通勤加刻選択行動の分析, 土木計学研究 論文集, No. 16, pp. 941-947, 1999
- 財 都市交通問題調査会: 都市交通 2001