

交通需要マネジメント導入効果の予測・評価に関する研究*

Forecasting and evaluating effects of transport demand management*

谷口栄一**・池田堅輔***

By Eiichi TANIGUCHI**・Kensuke IKEDA***

1. はじめに

近年の道路交通需要の増大により、渋滞の悪化や環境問題が生じており、従来の交通容量拡大策に加えて交通需要の調整・抑制策である交通需要マネジメント(TDM)施策が注目され推進されつつある。しかし、その導入効果を十分に予測し得ていないのが現状である。

交通渋滞は、所要時間を増大させるだけでなく、所要時間の不確実性を増加させる。TDM 施策によって、所要時間の短縮のほかに所要時間の変動も減少することが期待され、ドライバーは余裕時間を小さくし、出発時刻を遅らせることが可能である。また、利用経路、交通手段の選択肢が増えることにより渋滞が緩和され、定時性が高まると推定される。

そこで本研究では、TDM施策としてパークアンドライド(P&R)施策を中心に施策実施時の時間帯別OD交通需要の変化が交通流動に与える影響を検証する。そのために、所要時間の不確実性下でのドライバーの交通行動選択をモデル化し、このモデルを内包した交通流シミュレーションを行う。都市圏を想定した仮想ネットワークにおいて、TDM施策による効果について、通勤ドライバーに対しては時間短縮便益、時間信頼性向上便益を用いて、一般ドライバーに対してはリンク平均走行速度、総走行時間を用いて評価する。

*キーワード：交通需要マネジメント、シミュレーション

**フェロー、工博、京都大学大学院工学研究科土木工学専

攻（京都市左京区吉田本町

TEL075-753-5125、FAX075-753-5907）

***正員、工修、トヨタ自動車(株)

（豊田市トヨタ町1番地）

2. 所要時間の不確実性下での交通行動選択モデル

(1) 交通行動選択モデル

所要時間不確実性下での車通勤時のドライバーの交通手段選択行動を次のように定式化する。時刻 t_0 に自宅を出発するドライバーの車通勤時の期待不効用 EDU は、早着遅刻に関する期待不効用(図1)と移動時間損失との和と考え、車移動時間損失係数 c_m (円/分)、早着時間損失係数 c_e (円/分)、遅刻時間損失係数 c_d (円/分)、車利用時の所要時間分布 $f(t)$ 、到着制約時刻 t_d を用いて以下のように表される

$$EDU^{car}(t_0) = \int_{-\infty}^{t_d} c_e(t_d - t) \cdot f(t - t_0) dt + \int_{t_d}^{\infty} c_d(t - t_d) \cdot f(t - t_0) dt + c_m \cdot E(f(t - t_0)) \quad \dots (1)$$

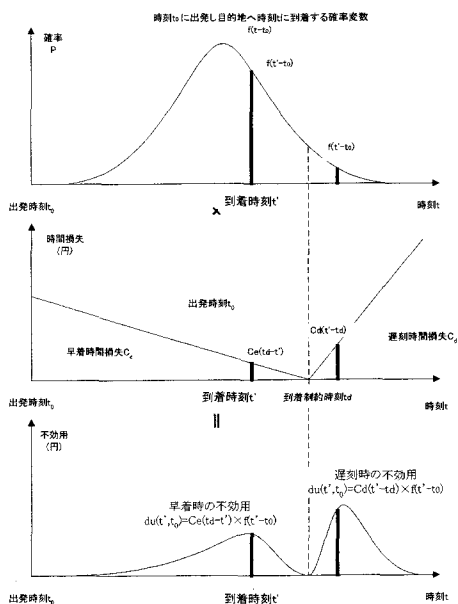


図1 車通勤における到着時刻と早着遅刻に関する期待不効用の関係

P&R 利用時では、車通勤時に加えて電車待ち時間損失 c_w (円/分)、電車移動時間損失係数 c_t (円/分)、電車の運賃 C_c (円)、駐車料金 C_p (円)、駅までの所要時間分布 $f^{pr}(t)$ (分)、電車所要時間 t_e (分)を用いて次のように表す。

$$EDU^{pr}(t_0) = \int_{t_1}^{t_d-t_1} t_i \cdot c_e + c_w \{ (t_d + t_i) - t \} f(t-t_0) dt + \int_{t_d-t_1}^{t_d} c_w (t_d - t_0) \cdot f(t-t_0) dt + \int_{t_d-t_0}^{t_2} [t_i \cdot c_d + c_w \{ t - (t_d + t_i) \}] f(t-t_0) dt + c_m \cdot E(f(t-t_0)) + c_t \cdot t_i + C_p + C_c \quad (2)$$

ドライバーは期待不効用を最小化させるようにそれぞれの交通手段に対して経路、最適出発時刻 t_0^* を選択する。式で表すと以下になる。

$$t_0^* = \min_{t_0} EDU(t_0) \dots \dots \dots (3)$$

(2) 要時間分布の更新モデル

ドライバーは、前日の実所要時間により経路の所要時間分布を更新する。実際のドライバーの経路ごとの所要時間分布を構成する行動を表現するため、経路の所要時間分布は利用した経路のみが更新され、利用しなかった経路の分布は更新されない。

(3) 経路及び交通手段選択モデル

ドライバーは利用可能な経路、交通手段について期待不効用を最小化させるような経路、交通手段を確率的に選択する。交通手段の選択確率は、式(1)、(2)で示した期待不効用 EDU を用いて以下のよう表される。

$$Pr_i = \frac{1/EDU_i^{pr}}{1/EDU_i^{pr} + 1/EDU_i^{car}} \dots \dots \dots (4)$$

3. 交通流シミュレーションによる便益の計測

(1) シミュレーションの概要

所要時間分布の逐次変化を表現するには、交通量や所要時間分布が逐次変化する実際の交通状況を

表現する必要がある。そこで、前節で示した交通行動モデルを内包した交通流シミュレーションを行い、TDM 施策実施による所要時間短縮便益、時間信頼性向上便益、交通状況を推計する。なお、フローシミュレーションにはBOX モデル¹⁾を用いた。(図2)

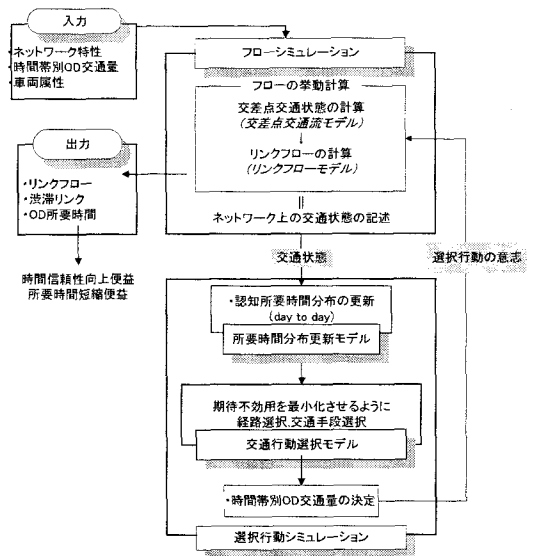


図2 動的交通シミュレーションの概要

(2) シミュレーションの設定条件

朝の通勤時に交通渋滞が発生するような郊外から都心へ向かう幹線道路へのTDM施策実施効果を表現するために、郊外から都心へ向かう多OD多リンク（ノード数25、リンク数80）の仮想ネットワーク(図3)を用いて分析を行った。リンク長は都心へ向かうリンクが10km、駅へ向かうリンクが4km、自由走

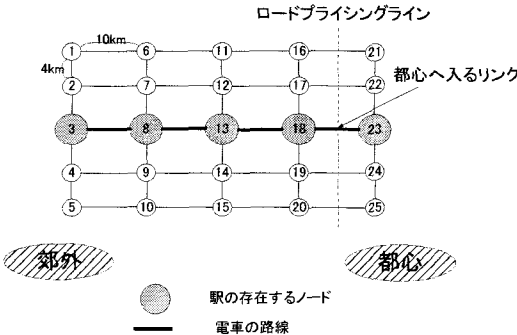


図3 解析対象ネットワーク

行速度は60km/h、交通容量は45(台/分)、日交通量は静的なケースで110,000(台/日)とし、時間帯別交通量比率を図4のように設定した。

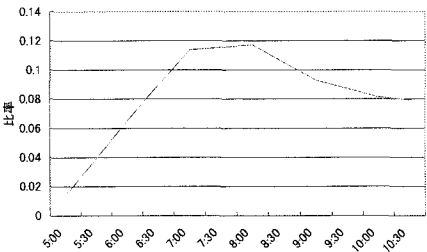


図4 時間帯別発生交通量比率

また、到着制約時刻は午前8:00, 8:30, 9:00, 9:30, 遅刻時間損失係数を300(円/分)、早着時間損失係数を30(円/分)、車の移動時間損失係数を65.5(円/分)、電車の移動時間損失係数を80(円/分)、電車待ち時間損失を90(円/分)として計算を行った。選択行動を行うドライバーは、7時から9時にかけて郊外から都心へ向かう乗用車のうち駅に隣接した目的地へ向かうドライバー全てとし、5,543台を対象とした。

(3) ケーススタディー

本研究では、P&R 施策をはじめとする TDM 施策が行われた場合の交通行動の変化を表現し、施策が行われない場合との比較分析を行う。表1に5種類のケーススタディーの設定条件を示す。ここでは記していないが、P&R 施策が無いケース 4, 5, 施策が有るケース 4' , 5' を行い便益算出に用いた。

(4) 結果と考察

各ケースにおける便益の一覧を図5と表2に示す。本研究において、時間短縮便益とは、実所要時間損失の減少により生じた便益であり、時間信頼性

表 1 各ケーススタディーの設定条件

ケース	条件	リンク数	計算方法
0	TDM 施策なし	80	-
1	P&R 施策実施	80	交通量を転換
2	P&R 施策、ロードプライシング施策併行実施	80	車通勤者に都市部流入口で課金
3	電車運賃会社払い	80	P&R 利用者の交通費 0 円
4&4'	渋滞度合いが激しい	80	自由走行速度を50km/h に下げる
5&5'	日変動あり	80	発生交通量を変動幅 10%で変動させる

向上便益とは、早着遅刻に関する実不効用の減少により生じた便益のことを指す。また、総走行時間など各ケースにおいて交通状況がどれだけ変化したかを表3に示す。

TDM 施策を実施した際にはどのケースも所要時間短縮便益と時間信頼性向上便益が発生している。TDM 施策の実施によって所要時間が短縮されると同時に、所要時間の分散が減少し、渋滞が緩和され定時性が高まることが分かる。初期に設定した運賃・料金設定を固定して乗換抵抗の改善を行わないケース1では、通勤ドライバーの転換率は42.9%で全交

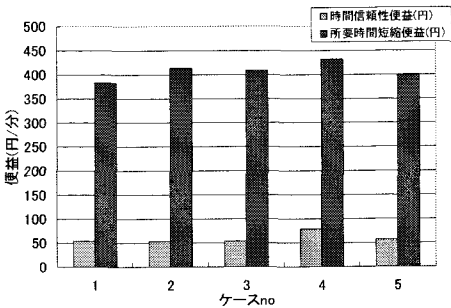


図5 TDM 施策による車通勤ドライバー一人あたりの便益比較

表2 一人あたりのTDM施策による便益の比較

ケースno	0	1	2	3	4	4'	5	5'
所要時間短縮便益(円/人)	-	395.5	417.3	403.3	-	493.4	-	426.8
時間信頼性便益(円/人)	-	56.1	60.5	61.7	-	88.1	-	66.8
所要時間損失の減少率	-	15.7%	16.6%	16.0%	-	15.6%	-	16.7%
早着遅刻の不効用の減少率	-	33.2%	35.8%	36.5%	-	45.0%	-	35.6%
所要時間損失(円/人)	2519	2519	2514	2521	3169	2676	2551	2124
早着遅刻に関する実不効用(円/人)	169	169	169	169	196	108	188	121
転換率	-	42.9%	48.8%	45.6%	-	48.4%	-	43.3%

表3 交通状況の変化

ケースno	0	1	2	3	4'	5	5'
所要時間の分散(分 ²)	6.620	2.519	2.541	2.471	2.673	8.857	2.471
遅刻割合	0.0361	0.021	0.0081	0.0256	0.081	0.0323	0.0093
車通勤ドライバーの 実不効用(円/人)	2686	2231	2421	2220	2790	2739	2246
所要時間損失(万円)	17806	16256	16213	16227	20417	18209	16109
総走行時間(万分)	271	248	248	248	312	278	246
平均走行速度(km/h)	31.5	44.3	44.4	45.0	26.9	33.6	41.0

通量に対しては約 2%で、遅刻確率は大きい。しかし、ロードプライシングが P&R と併行して実施されるようなケース 2 では、車通勤ドライバーに新たな費用負担が生じた場合に、転換率がかなり増加することがわかる。また遅刻確率も大きく下がっている。これは、電車運賃を下げるケース 3 で P&R 利用者の自己負担が同程度ほど減額するケースより転換率が大きいことから、新たな選択を通勤ドライバーに認識させることが P&R の効果を高めることを示唆している。しかし、本研究で得られた転換率は現実ではもっと小さい値であると考えられる。これは、電車の運行間隔など帰りの電車の不便性などを考慮していないことが一要因と考えられる。

次に交通流に与える影響であるが、自由走行速度が 60km/h であるケース 1 では、総走行時間が TDM 施策実施によって約 9%程度減少し、50km/h であるケース 4 では 14.9%減少している。さらに、P&R 利用者を除いて比較した場合、ケース 1 については総走行時間の削減は 6.5%であった。このことから全交通に対してわずか 2%程度の交通量削減が交通渋滞解消に少なからぬ効果をもたらすと考えられる。表 3 に示した各ケースでの午前 7 時から 9 時までの都市部流入口となるリンクの平均速度をみれば、TDM 施策による交通渋滞解消効果は高いといえる。これにより、車通勤ドライバーだけでなく一般ドライバーにとっても便益が発生する。

さらに個々のドライバーの P&R 施策実施時の交通選択行動について述べる。表 4 は P&R を実施したケース 4 における早着遅刻に関する期待不効用を示す。P&R 利用者の早着遅刻に関する不効用の大部分が電車待ちによる時間損失である。P&R 利用者は遅刻を避けて、ホームで電車を待つ行動を選択しているといえる。さらに、P&R 通勤者は計算結果から実際に遅刻する割合は 0 に近く、所要時間の確実性が高い

ことがわかった。このことから、P&R を利用する利点として所要時間の確実性が高まることがあげられる。また、電車の運行間隔を短くすることで、待ち時間損失を抑えることができ P&R の利点がさらに高まるということも別のケースで確認できた。

次に、表 5 は、都市部から 40km 郊外に位置するノードを出発し都市部へ通勤する到着制約時刻が午前 8:30 のドライバーの出発時刻を比較したものである。P&R 通勤時の出発時刻に違いがないのに対し、P&R が行われないケース 0 に比べて、P&R 施策が実施されるとドライバーは 10 分前後出発時刻を遅らせていることがわかる。これは、表 2 にみられる各不効用の減少率とともに、TDM 施策により所要時間の短縮、所要時間の信頼性の向上が期待できることを示している。

表 4 早着遅刻に関する期待不効用

	早着時間損失	遅刻ペナルティー	電車待ち時間損失
車	69.2	23.4	—
P&R	0.6	9.1	63.2

表 5 通勤ドライバーの出発時刻

ケースno	0	1	2	3	4'	5'
車通勤時の出発時刻	7:25	7:34	7:36	7:34	7:22	7:33
P&R 通勤時の出発時刻	—	7:39	7:39	7:39	7:39	7:40

4. 結論

交通流シミュレーションを用いて、P&R 実施効果を所要時間短縮便益と所要時間信頼性向上便益、総走行時間の短縮の視点から分析した。その結果、TDM 施策は、車通勤者にとって所要時間の短縮だけでなく早着遅刻に関する不効用も減少させる。わずか 2% 程度の P&R への交通転換が全発生交通量で 8.8%、P&R 転換者を除いた発生交通量に対して 6.5% の総走行時間の短縮となることが分かった。

(参考文献) 1) 飯田恭敬, 藤井聡, 内田敬: 動的交通シミュレーションを用いた道路網における情報提供効果に関する分析, 交通工学, Vol. 31, No. 6, pp. 19-29, 1996.