

都市圏レベルの統合型利用者均衡配分モデルの実用化とTDM政策への適用に関する研究\*  
 Utilization of a Combined Modal Split and User Equilibrium Assignment Model  
 for a Metropolitan Level, and Application to TDM Measures\*

三村健太郎\*\*・森川高行\*\*\*

By Kentaro MIMURA\*\*・Takayuki MORIKAWA\*\*\*

1. はじめに

都市圏レベルの交通需要分析は、主要な交通政策の変化を受けて、伝統的な4段階推計法から非集計モデルや均衡配分法の導入、誘発交通量の考慮など実務的にも変革を求められている。本研究は、端末交通手段と代表交通手段の選択を統合したネットワーク均衡配分を大都市圏レベルで実用可能であることを示し、代表的なTDM政策であるP&Rとロードプライシングの評価を行うことを目的とする。

2. モデルの定式化

P&Rに関する分析を行うためには、鉄道端末交通手段について考慮したモデルが必要である。本研究では、利用者の手段選択にネスティッドロジットモデルを仮定し、分担・配分統合型利用者均衡配分モデルの定式化を行う。本研究で用いる手段選択モデルは、以下の図のように表される。

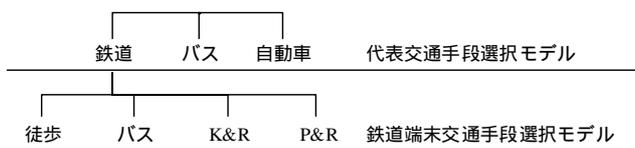


図-1 交通手段選択モデル

ここでは、鉄道の端末交通手段の費用が、鉄道の費用を含むものとし、費用は一般化時間として扱う。代表交通手段選択・鉄道端末交通手段選択を目的関

\*キーワード：配分交通，TDM

\*\*正員，工修，株式会社 長大

\*\*\*正員,Ph.D.,名古屋大学大学院環境学研究科

(名古屋市千種区不老町，

TEL052-789-3564,FAX052-789-3738)

数中で表現するために、ロジットモデルと等価であるエントロピーモデルを用いることとする。これにより、多種の交通手段選択を表現することが可能となる。また、経路選択については、自動車のみ行うものとし、自動車以外の交通手段については、ODペアごとにサービス水準を外生的に与え、利用者数の変化に伴う、サービス水準の変化はないものとする。

これらを踏まえ、本研究で定式化した目的関数は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \min. Z = & \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{rs}^{BUS} c_{rs}^{BUS} \\ & + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{rs}^{Rwalk} c_{rs}^{Rwalk} + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{rs}^{Rbus} c_{rs}^{Rbus} \\ & - \frac{1}{\mu\theta} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \left\{ \bar{q}_{rs} H_{rs}(\mathbf{q}^i) \right\} - \frac{1}{\theta} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \left\{ \bar{q}_{rs} H_{rs}(\mathbf{q}^j) \right\} \\ & - \frac{1}{\theta} \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \left\{ q_{rs}^{RAIL} \ln \frac{q_{rs}^{RAIL}}{\bar{q}_{rs}} \right\} \end{aligned}$$

subject to.

$$\bar{q}_{rs} - q_{rs}^{CAR} - q_{rs}^{BUS} - q_{rs}^{Rwalk} - q_{rs}^{Rbus} - q_{rs}^{Rpark} - q_{rs}^{Rkiss} = 0$$

$$\sum_{k \in K} f_{k,rs}^{CAR} - q_{rs}^{CAR} = 0, \quad \sum_{l \in L} f_{l,rs}^{Rpark} - q_{rs}^{Rpark} = 0, \quad \sum_{m \in M} f_{m,rs}^{Rkiss} - q_{rs}^{Rkiss} = 0$$

$$x_a = \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{k \in K} \delta_{a,k}^{rs} f_{k,rs}^{CAR} + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{l \in L} \delta_{a,l}^{rs} f_{l,rs}^{Rpark} + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{m \in M} \delta_{a,m}^{rs} f_{m,rs}^{Rkiss}$$

$$f_{k,rs}^{CAR} \geq 0, \quad f_{l,rs}^{Rpark} \geq 0, \quad f_{m,rs}^{Rkiss} \geq 0, \quad q_{rs}^{CAR} \geq 0, \quad q_{rs}^{BUS} \geq 0$$

$$q_{rs}^{Rwalk} \geq 0, \quad q_{rs}^{Rbus} \geq 0, \quad q_{rs}^{Rpark} \geq 0, \quad q_{rs}^{Rkiss} \geq 0$$

$$H_{rs}(\mathbf{q}^i) = - \sum_{i \in I} \frac{q_{rs}^i}{\bar{q}_{rs}} \ln \frac{q_{rs}^i}{\bar{q}_{rs}}, \quad H_{rs}(\mathbf{q}^j) = - \sum_{j \in J} \frac{q_{rs}^j}{\bar{q}_{rs}} \ln \frac{q_{rs}^j}{\bar{q}_{rs}}$$

ここで、

$x_a$  : リンク  $a$  のリンク交通量

$t_a$  : リンク  $a$  のリンク所要時間

$\bar{q}_{rs}$  : OD ペア  $rs$  の交通量

- $q_{rs}^i$  : 代表交通手段  $i$  を選択した OD ペア  $rs$  の交通量  
 $c_{rs}^i$  : 代表交通手段  $i$  を選択した OD ペア  $rs$  の旅行コスト  
 $q_{rs}^j$  : OD ペア  $rs$  の代表交通手段に鉄道を選択しアクセス交通手段に  $j$  を選択した交通量  
 $c_{rs}^j$  : 代表交通手段に鉄道を選択し鉄道末端交通手段に  $j$  を選択した OD ペア  $rs$  の旅行コスト  
 $f_{k,rs}^{CAR}$  : 代表交通手段に自動車を選択した OD ペア  $rs$  の交通量の  $k$  番目の経路交通量  
 $\delta_{a,k}^{rs}$  : OD ペア  $rs$  の  $k$  番目の経路を構成するリンクにリンク  $a$  が含まれれば 1, そうでなければ 0  
 $\mu$  : スケールパラメータ  
: コストのパラメータ

また、上記の目的関数が、解を一意的に持つための条件は、 $\theta > 0$ 、かつ  $0 < \mu \leq 1$  となっている。

### 3. 需要モデルの推定と交通量の現況再現性

#### (1) パラメータの推定

分析には、市場における実際の行動に基づくデータである RP データと、仮想の状況における選好の意思表示である SP データを用いる。

SP データは操作性が非常に高く、現存しない代替案の選好を取り扱えるが、データの信頼性が問題となっている。一方、RP データは、高い信頼性を有するが、パラメータを精度よく推定するための情報が不足していることが問題とされている。このような補完的な性質を持つ 2 種類のデータを同時に用いて推定を行うことにより、お互いの長所を助長し合うことにより精度と信頼性の高い需要予測が可能である。本研究のモデルは、鉄道末端交通手段に P&R を含むものであり、RP データからだけでは、有効なサンプルが得られないため、SP データを同時に用いることで、モデルのパラメータ推定を行う。SP データには、平成 9 年 11 月に名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻中村研究室が実施した、

DP&R の利用意向に関する SP 調査データのうち、通勤・通学交通に関するデータを用いる。また、RP データには、第 3 回中京都市圏パーソントリップ調査を用いる。SP データと RP データを同時に用いて最尤推定法により推定を行うことで、各パラメータは、符号条件、 $t$  値とともに満足する結果を得ることができた。時間と料金のパラメータにより算出される時間価値は、56.0 [円 / 分] となり、妥当な値を得ることができたと考えられる。また、鉄道末端交通手段と、代表交通手段間のスケールの比  $\mu$  は、0.446 となり、鉄道末端交通機関の誤差項には、十分に相関があったと言える。

#### (2) ネットワークへの適用

次に、得られたパラメータをもとに、中京都市圏ネットワークに対して、配分を行った。配分対象は、7 時台から 9 時台の 3 時間とした。また、ネットワークは、リンク数 5942、ノード数 1713 (セントロイド数 428) であり、高速道路リンクについては、料金抵抗法を用いて処理を行った。大型車換算係数を 2.0 として、pcu とし、平均乗車人数は、各 OD ペアごとに設定を行った。全ての OD ペアでの平均乗車人数の平均値は、1.17 [人 / 台] となっている。また、リンクパフォーマンス関数には、BPR 型を用い、パラメータは、松井・藤田 (2000) により、平成 6 年道路交通センサスデータを用いて推定されたものを、名古屋都市圏用に修正したものを使用している<sup>3)</sup>。さらに名古屋高速道路公社により分類された分割配分に用いる QV コードをもとに設定された日交通容量を用いることで、実際には、23 種類のリンクパフォーマンス関数とし、精度向上を図る。

#### (3) 現況再現性

現況再現を行った結果とその考察をリンク交通量と、分担交通量について述べる。ここでの現況再現とは本研究のモデルから推定されたパラメータを用い、P&R の選択可能性を 0 にして配分を行ったものである。

##### (a) リンク交通量について

リンク交通量の現況再現性について図 1 に示す。

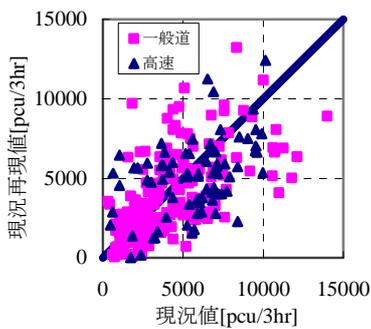


図 - 2 現況再現性

相関係数は一般道は0.64，高速道路で0.45，全体で0.63となった．全体としては，ある程度の適合度を得られている．また高速道路リンクについて見ると，偏回帰係数は0.82となり，ほぼ45度線に重なる結果を得ることができたが，相関係数は0.45となり，一般道の現況再現性と比較すると，良好な結果を得ることができなかった．これは，現況再現値の適合度を比較するための，現況値のサンプル数が不足している事が原因の一つであると考えられる．また，高速道路リンクのうち，過大に推定されている部分は，都市内高速道路で，過小に推定されている部分は，都市間高速道路である．これらの事から，良好な適合度を得るためには，リンクパフォーマンス関数の分類方法や推定方法についての検討や，交通容量の設定方法の検討が必要であると考えられる．本研究で用いた，リンクパフォーマンス関数は，平成6年の交通量をもとに推定されたものである．また，日交通容量はリンクパフォーマンス関数の推定に用いられたものとは，別のアプローチから算出されたものである．良好な結果を得るためには，データの整合性も重要であると考えられる．

( b ) 分担交通量について

次に，配分を行った結果の分担率の現況値と，現況再現値の比較を行った結果を以下の図 5-2 に示す．

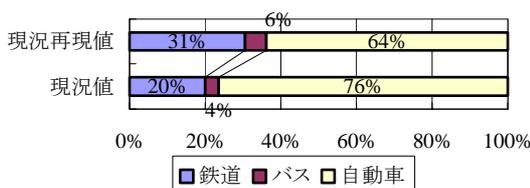


図-3 配分対象時間の分担率の現況再現性

パラメータ推定を行った時点では，効用関数が，定数項を含んだものとして推定を行っているため，現況値のシェアと一致するはずである．しかし，推定されたパラメータを用いて配分を行った結果，鉄道のシェアが，現況と比較すると，10 ポイント増加し，自動車のシェアが 10 ポイント減少する結果となった．これは，代表交通手段の鉄道やバスを，混雑によるサービス水準の低下がないものとして扱ったことが原因の一つであると考えられる．今回のような，需要変動型の利用者均衡型配分手法では，リンクパフォーマンス関数や可能交通容量を含む，サービス水準の設定方法が，リンク交通量の適合度だけでなく，シェアの適合度にまで，大きく影響を与えることがわかった．また，ネットワーク作成についても同様のことが言え，今回の配分対象は，中京都市圏と非常に規模が大きく，ネットワーク作成に関しても注意が必要である．名古屋市内や名古屋周辺は，リンクの密度が非常に細かく，またゾーン分割も細かいため，セントロイドに接続するリンクについても比較的，良好な結果を得ることができる．しかし，ネットワークが粗く，セントロイド数も少ない郊外部については，セントロイドに接続するリンクの交通量が過大に推定されてしまいがちであり，自動車の所要時間が，本来の所要時間よりも，大きくなってしまい，自動車のシェアを下げることになっていると考えられる．

4 . TDM施策に対する適用

( 1 ) P&R の導入

構築されたモデルを用いて，P&R 導入の効果について分析を行った．P&R 施設は，名古屋市を各方面から囲むように都心から 15 ~ 20km の鉄道駅に合計 5 箇所を設定した．また各通勤者出発ゾーンごとに利用可能な P&R 駅を外生的に与えた．料金に対する感度の分析を行った結果，P&R 利用者数は，駐車料金無料で都市圏合計 12000 人程度の利用者があり，駐車料金を 250 円にすると，2 割程度利用者が減少するという結果が得られた．

P&R への転換者のうち約 7 割が，以前から他の端末手段で鉄道を利用していた者であった．P&R

の本来の目的からすると自動車で直接名古屋市へ向かっていた人からの転換が多いことが望ましいが、本モデルによる推計ではそうはならなかった。これは各地で行われている P&R の社会実験で実際に観測されていることであり、ある意味本モデルの妥当性を示していると考えられる。このため、P&R 単独では都心に流入する自動車交通量削減と言う TDM の目的を達成することは難しく、他の施策とパッケージ化することが重要であると考えられる。

#### (2) ロードプライシングの導入

パッケージ化する他の TDM 施策としてロードプライシングを取り上げ、その効果分析を行った。名古屋都心部からおおよそ半径 7km に位置する第 2 環状線をコードンラインとして、コードンラインプライシングを行った。その結果、課金額を 100 円増加させる毎に、おおよそ 1800 人が、鉄道利用へと移行した。P&R 導入に比べ、ロードプライシングは、都心部の交通に対して、効果的であるという結果を得ることができた。料金を 100 円増加させるごとに 5000 台程度、コードンラインを横切り都心部へ流入する交通量が減少するという結果を得ている。

#### (3) パッケージ政策の導入

また、ロードプライシングと P&R を同時に導入するパッケージ政策の分析結果では、単独の施策と比較して、期待されるほど大きな効果を得られることはなかった。これは、本研究で推定された需要モデルでは、自動車の定数項が卓越しており、料金や時間といったサービス水準の変化に鈍感であること理由である。これはとりもなおさず現在の自動車利用独自の魅力が高いことを表している。

#### (4) コードンラインの配置に関する検討

ロードプライシングを行うコードンラインの位置に関する検討として、都心から約 3km に位置する内環状線をコードンラインとした場合について分析を行った。その結果、第 2 環状線をコードンラインとした場合には、課金額 100 増加に対するコードンラインから流入する断面交通量の合計はおおよそ 5000 台減少という感度を示していたが、内環状線の場合

には 7500 台という感度を示し、コードンラインにより囲まれる範囲の小さい環状線のほうが、大きな結果を得ることができた。これは、内環状線と第 2 環状線に挟まれた出発地から名古屋都心部を目的地とするトリップが多数存在するためであると考えられる。また、P&R と同時に適用した際にも、P&R 以外の鉄道端末から P&R への転換量が減少するため、内環状線をコードンラインとしたほうが、政策的に望ましい形であるという結果が得られた。現実にロードプライシングを行う場合には、コードンラインの設定に関する検討が重要であると考えられる。

#### 5. おわりに

交通量配分を行うことを視野に入れてモデルを推定する際には、交通行動を行う意思決定者の個人属性を扱いにくいといった制約があり、精度よくモデルを推定することが困難である。しかし、意思決定者の選択行動をより現実的に考慮するために、P&R 駐車場のターミナル選択が可能なモデルや、自動車利用者の経路選択行動における車種間・個人間のばらつきを考慮したモデルを組み込むことや、モデル構築においてマルチクラスを考慮することによってモデル適合度の向上を図ることが可能であると考えられる。また、今回行った分析のほかにも、P&R 施設の配置場所やコードンラインとの関係についても検討の必要がある。

#### 参考文献

- 1) 溝上章志, 河内 誠: Mixed Mode ネットワーク均衡モデルによる P&R システムの需要予測, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.203 - 206, 1999
- 2) 宮城俊彦, 水口晴男: 複合交通手段を考慮した交通ネットワーク均衡モデルに関する研究, 土木学会論文集, No.512/ - 27, pp.25 - 33, 1995
- 3) 松井 寛, 藤田素弘: 高速道路網を含む都市圏道路網における利用者均衡配分モデルの実用化に関する研究, 土木学会論文集, No.653/ - 48, pp.85 - 94, 2000