

需要変動型予測手法に関する研究

Application of User Equilibrium with Variable Demand*

毛利雄一**・遠藤弘太郎***・兵藤哲朗****

By Yuichi MOHRI**・Kotaro ENDO***・Tetsuro HYODO****

1. はじめに

実務で一般的に用いられている四段階推計法では、分布交通量の予測や機関分担率の予測に用いる道路サービス水準を表す指標として、ゾーン間の自動車所要時間を用いているが、配分結果如何によって、OD交通需要が影響を受けることがない需要固定型の予測手法を用いている。実務において、需要変動型ではなく需要固定型の予測手法を用いてきた理由の1つとして、これまでの交通量推計では、路線の配分交通量の推計に主眼を置いてきたことが挙げられる。そのため、配分手法はQV式を用いた分割配分手法の適用によって、配分交通量の現況再現性の向上に努め、道路のサービス水準を表す所要時間を必ずしも適切に予測してこなかった経緯がある。しかし、近年の実務での利用者均衡配分手法によるWardropの等時間原則の適用と適切なリンクパフォーマンス関数の設定により、路線の配分交通量と旅行時間の両方を精度高く推計することが可能となってきた^{1),2)}。また、利用者均衡配分の適用は、均衡の概念に基づいているため、配分以外の各段階における需要変動を考慮した統合型モデル等、多様な政策の評価に対応したモデルへの拡張性が高い。

一方で、以下の示すような都市交通問題解決に政策評価の面からも需要変動型予測手法のニーズが高まってきている。

*キーワード： 需要変動型予測、利用者均衡配分

**正員，工博，財団法人計量計画研究所

(東京都新宿区市谷本村町2番9号，
TEL03-3263-9911、FAX03-5229-8102)

***正員，工修，株式会社ライテック社会調査・計画部

(東京都千代田区九段南4-7-2市ヶ谷パロスビル
TEL03-3263-5411、FAX03-3263-5515)

***正員，工博，東京海洋大学海洋工学部流通情報工学科

(東京都江東区越中島2-1-6
TEL03-5245-7386、FAX03-5620-6492)

①道路整備が交通需要に及ぼす影響が局所的・広域的にどのように変化するかが必要とされている。

②TDM施策等、道路整備だけによらない様々な施策の評価が必要とされている。

さらに、本論文で分析対象とする東京都市圏においては、平成10年度および11年度にそれぞれ実態調査を実施した東京都市圏PT調査および道路交通センサスの両調査データを統合しての有効活用を図るため、世帯票及び自動車票の新設や選択肢カテゴリーの統一などの調査の改善を行い、PT調査データとセンサスデータの相互の特性を反映した統合的拡大によって、人の行動と車の行動を融合した1つのデータベースを作成した²⁾。このデータベースの作成によって、これまで独自に行われてきたPT調査の人の行動データと道路交通センサスの車のデータを統合し、より有効なデータとして四段階推計法を扱うことが可能となる。本研究においては、この統合データを使用して、需要変動型予測手法の適用を試みる。

2. モデルの基本的考え方

(1) モデルに使用するPT・センサス統合データ
データ統合の基本的考え方を図-1に示す。基本的には、自家用乗用車のサンプルデータをキーとして2つのデータを統合的に拡大し、キーとなる部分で整合性のある全手段PTOD表と全車種VTOD表を作成する。

また、PT調査、道路交通センサスについて、これまでそれぞれが有する調査の特徴とデータの活用が存在しているため、それらを考慮して、統合的拡大データを作成する際、以下のことを基本的考え方として設定した。

- ①PT調査データから得られるモーダルの関係(手段分担)をできる限り保存する。
- ②市区町村別の個人属性別・世帯属性別人口を合致させる。(これまでのPT調査の考え方)
- ③市区町村別の車種別自動車保有台数を合致させる。(これまでの道路交通センサスの考え方)

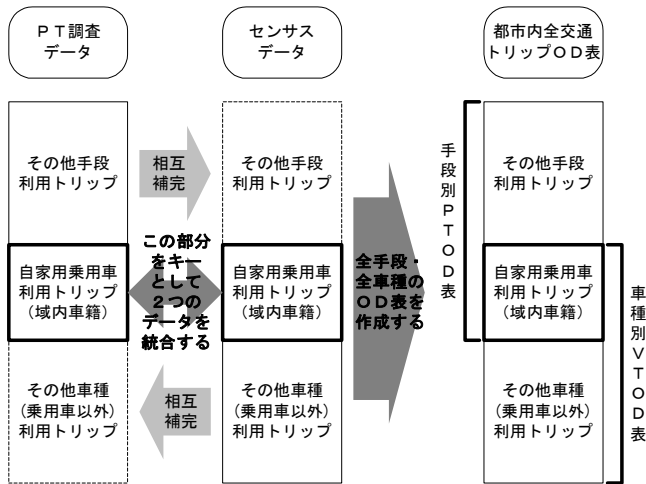


図-1 データ統合の考え方

(2) モデルの基本構造

本モデルは、人トリップベースから主に乗用車類の需要を推計するモデル (PT モデル) と、主に貨物車類の需要を推計する貨物車類モデルから構成される (図-2)。PT モデルは四段階推定法を基本としたモデル体系であり、発生、分布、分担の各段階においては、ネスティッドロジットモデルの理論体系により、下位のモデルから得られるログサム変数をアクセシビリティ指標として上位モデルに導入した統合モデル体系である。また、配分モデルには、需要固定型確定的利用者均衡配分モデルを採用し、上位サブモデルとは独立であるが、配分結果を前段階にフィードバックすることにより、全プロセスのアクセシビリティ指標の整合を図る構造とした。

一方、貨物車類モデルは PT 調査によって把握が困難な主に貨物車類の需要を推計するモデルである。道路交通センサス (VT トリップ) データをベースとする三段階推定法を基本とし、配分結果の一般化費用を分布モデルにフィードバックする構造である。

なお、配分段階では、PT モデルの出力である代表自動車 OD 表を平均乗車人員により VTOD へ変換し、これを貨物車類モデルの出力である VTOD

と統合し、配分モデルの入力とする構造である。

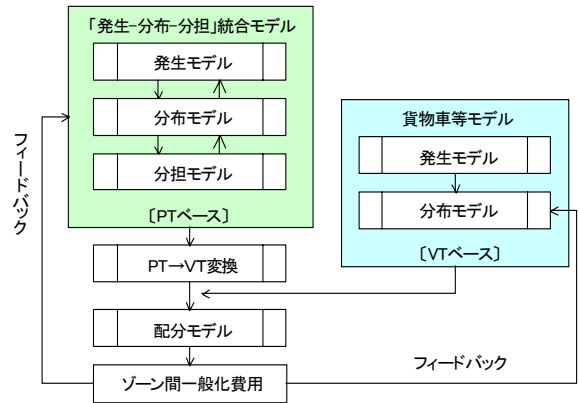


図-2 モデルの基本構造

(3) 対象圏域とゾーニング

ゾーン区分は H10 東京 PT 調査の計画基本ゾーンを基本とし、首都圏 1 都 3 県および茨城県南部を含む 595 ゾーンを予測対象圏域とした。総ゾーン数はこれに域外を加えた 621 ゾーンである。

(4) モデルの対象とカテゴリー区分

PT モデルでは、道路整備による需要の誘発が見込めない通勤、通学をモデル構築の対象外とし、自宅→業務、自宅→私事、その他業務、その他私事の 4 目的をモデル構築の目的区分とした。個人属性については、高齢・非高齢別、免許保有・非保有別、就業・非就業別の最大 8 カテゴリー区分とした。また、VTOD 表の推計においては、軽・乗用車、バス、小型貨物車、普通貨物車の 4 車種の営業用、自家用の別を考慮した計 8 車種区分とした。ただし、配分は全車種合計の実台数で行っている。

3. 各サブモデルの概要

以下に各サブモデルの概要について整理する。

(1) 配分モデル

東京都市圏のゾーンに対応した 14、875 リンクのネットワークに基づいて、BPR 関数による全車種日単位の利用者均衡配分手法を適用した。

(2) 代表交通手段選択モデル (分担モデル)

代表交通手段選択モデルは図-3 の選択ツリーに

従う 2 段階のネスティッドロジットモデルとした。

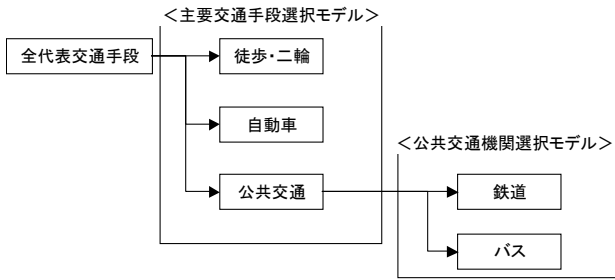


図-3 代表交通手段選択モデルの構造

下位の公共交通機関選択モデルは式 1、式 2 に示すとおりである。モデルの説明変数等を表-1 に整理する。

$$P_{ijm} = \frac{\exp(v_{ijm})}{\sum_n \exp(v_{ijn})} \quad (式 1)$$

P_{ijm} : ij 間代表交通手段 m の選択確率 ($i \neq j$)

v_{ijm} : ij 間代表交通手段 m の確定効用項 ($i \neq j$)

$$v_{ijm} = \sum_s \beta_{ms} \cdot X_{ijs} \quad (式 2)$$

X_{ijs} : ij 間代表交通手段 m の説明変数 s ($i \neq j$)

β_{ms} : パラメータ

m, n : バス, 鉄道

表-1 公共交通機関選択モデル説明変数等

モデル 推定区分	目的区分： 自宅→業務, 自宅→私事, その他業務, その他私事 属性区分： 高齢・非高齢別 (高齢：65歳以上, 非高齢：65歳未満)
説明変数	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間 (鉄道, バスの説明変数) 所要費用 (鉄道, バスの説明変数) 着地駅密度 (鉄道の固有変数) 高齢非高齢別 (バスの固有変数)

上位の主要交通手段選択モデルは式 3、式 4 のとおりであり、式中 acc_{ik} は公共交通の固有変数となる公共交通機関選択モデルのログサム変数 (式 5) である。モデルの説明変数等を表-2 に整理する。

$$P_{ijm} = \frac{\exp(V_{ijm})}{\sum_n \exp(V_{ijn})} \quad (式 3)$$

P_{ijm} : ij 間代表交通手段 m の選択確率 ($i \neq j$)

v_{ijm} : ij 間代表交通手段 m の確定効用項 ($i \neq j$)

$$V_{ijm} = \alpha \cdot acc_{ij} + \sum_s \beta_{ms} \cdot X_{ijs} \quad (式 4)$$

$$acc_{ij} = \ln \sum_{m'} \exp(v_{ijm'}) \quad (式 5)$$

$v_{ijm'}$: 公共交通機関選択モデルの r 目的 ij 間代表交通手段 m' の効用関数

X_{ijs} : ij 間代表交通手段 m の説明変数 s ($i \neq j$)

α_{ms}, β_{ms} : パラメータ

m, n : 徒歩・二輪, 自動車, 公共交通

表-2 主要交通手段選択モデルの説明変数等

モデル 推定区分	目的区分： 自宅→業務, 自宅→私事, その他業務, その他私事 属性区分： 高齢・非高齢別 (高齢：65歳以上, 非高齢：65歳未満)
説明変数	<ul style="list-style-type: none"> アクセシビリティ指標 (公共交通の固有変数：下位モデルのログサム変数) ゾーン間一般化費用 (自動車の固有変数) 駐車料金 (自動車の固有変数) ゾーン間道路距離 (徒歩・二輪の固有変数) 免許保有ダミー (自動車の固有変数)

(3) 目的地選択モデル (分布モデル)

分布モデルは、目的地選択モデルとして式 6 のような集計型ロジットモデルを採用した。

$$T_{ij} = G_i \cdot \frac{\exp(v_{ij})}{\sum_j \exp(v_{ij})} \quad (式 6)$$

G_i : 発生交通量

ij ゾーン間の確定効用 v_{ij} については次のように考える。まず i ゾーン内のトリップメーカーの j ゾーン内の個々の目的地へ移動する場合の平均確定効用を \bar{v}_{ij} とすれば、 v_{ij} は式 7 のように表される。

$$v_{ij} = \bar{v}_{ij} + \ln M_{ij} \quad (式 7)$$

M_{ij} : i ゾーン内のトリップメーカーが認識する j ゾーン内の目的地の数

ここで、 M_{ij} は j ゾーンの規模を表す人口、面積等の変数 S_j に比例し、 ij 間の距離によって低減すると考え、次式を仮定する。

$$M_{ij} = \alpha \cdot S_j \cdot \exp(\gamma \cdot d_{ij}) \quad (\gamma < 0) \quad (式 8)$$

d_{ij} : ij 間の道路距離

α, γ : パラメータ

さらに、平均効用 \bar{v}_{ij} については、次式を仮定する。

$$\bar{v}_{ij} = \lambda \cdot ACC_{ij} + \sum_k \delta_k \ln \frac{x_{jk}}{S_j} \quad (式 9)$$

$$ACC_{ij} = \ln \sum_m \exp(V_{ijm}) \quad (式 10)$$

V_{ijm} : 主要交通手段選択モデルの ij 間モード m の効用関数

x_{jk} : 目的地 j ゾーンの種類 k の社会経済指標

S_j : 目的地 j ゾーンの規模変数でゾーン面積を採用

d_{ij} : ij 間の道路距離

λ, δ_k : パラメータ

ここで式 10 の ACC_{ij} は ij 間の主要交通手段選択モデルのログサム変数である。最終的に式 7、式 8、式 9 より、 v_{ij} は次のように表される。

$$v_{ij} = \lambda \cdot ACC_{ij} + \sum_k \delta_k \ln \frac{x_{jk}}{S_j} + \ln S_j + \gamma \cdot d_{ij} \quad (式 11)$$

モデルの説明変数等を表-3 にまとめる。

表-3 目的地選択モデルの説明変数等

モデル 推定区分	目的区分： 自宅→業務, 自宅→私事, その他業務, その他私事 属性区分： 高齢・非高齢別 就業・非就業別 (私事目的のみ)
説明変数	・アクセシビリティ指標 (分担上位モデルのログサム変数) ・第3次従業者密度 ・ゾーン間距離 ・近距離ダミー (5km以内および10km以内の2種類)

(4) 発生モデル

発生モデルは、式 12 を基本としたが、一部の属性においては式 13 のモデルを採用した。対象とする目的すべての発生モデルにおいて、下位のモデルである目的地選択モデルから得られるログサム変数をゾーンのアクセシビリティ指標として導入することが可能となった。

$$\ln(G_i) = \alpha \cdot \ln(POP_i) + \lambda \cdot ACC_i + \sum_k \gamma_k \cdot DMY_{ik} + C \quad (式 12)$$

$$POP_i = \frac{\delta}{1 + \exp\left(-\lambda \cdot (1 - DMY23) \cdot ACC_i + \sum_k \gamma_k \cdot DMY_{ik} + C\right)} \quad (式 13)$$

- G_i : i ゾーンの発生交通量
- POP_i : i ゾーンの人口指標
- $\delta, \lambda, \gamma_k, C$: パラメータ
- DMY_{ik} : i ゾーンの種類 k のダミー
- $DMY23$: 東京 23 区ダミー

ここで、 ACC_i はゾーン i の目的地選択モデルのログサム変数で、次式で表される。

$$ACC_i = \ln \sum_j \exp(v_{ij}) \quad (式 14)$$

v_{ij} : 分布モデルの ij 間の効用関数

モデルの説明変数等を表-4 にまとめる。

表-4 発生モデルの説明変数等

モデル 推定区分	目的区分： 自宅→業務, 自宅→私事, その他業務, その他私事 属性区分： 就業・非就業別 (自宅→私事, その他私事のみ) 高齢・非高齢別 免許有無別
説明変数	・アクセシビリティ指標 (分布モデルのログサム変数) ・免許有り人口・免許無し人口 (自宅→業務, 自宅→私事) ・第3次従業人口 (勤務業務, その他私事) ・都心ダミー (東京都：千代田区, 中央区, 港区, 豊島区, 新宿区, 渋谷区) ・千葉・茨城ダミー (千葉県南部, 茨城県全域) ・東京・神奈川西部ダミー (東京都：23区以外, 神奈川県：横浜, 川崎以外)

(5) 現況補正値の導入

本モデルでは、モデルによる現況推計値が精確に現況実績値を再現できるように、発生モデルについては計画基本ゾーン単位で比率による補正係数を、目的地選択、代表交通手段選択モデルについては計画基本ゾーンを集約化した中ゾーン単位で効用関数に現況補正項を導入した。なお、中ゾーン別に補正

係数を導入する場合には、モデルによる現況再現 OD 表は、実績 OD 表に完全に一致しなくなる。そのため、現況再現、現況補正値の決定を補正項が収束するまで繰り返し計算し、現況補正項を決定している。

4. おわりに

本論文では、紙面の都合上、各段階のモデルのパラメータ推定結果、モデル現況再現性を掲載していないが、配分モデル、代表交通手段選択モデル (分担モデル)、目的地選択モデル (分布モデル)、発生モデルとも良好な結果が得られた。特に、発生モデルにおいては、下位のモデルから得られるログサム変数をゾーンのアクセシビリティ指標として導入することが可能となり、トリップの発生段階における道理想備の影響が把握可能となる。

現段階では、配分モデルと分担モデルが統合された統合型配分モデルには至っていないが、本モデルを適用することによって、道路整備による影響が、経路の選択、交通手段の選択、目的地の選択、発生頻度の四段階推計法のそれぞれの段階に分けて、どこの地域がどのように変化するかを把握可能となる。また、道理想備だけでなく、公共交通機関の整備等を含めた総合的な交通政策の評価に適用することも可能となる。

参考文献

- 1) 土木学会編：交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法－, 1998. 3
- 2) 土木学会編：道路交通需要予測の理論と適用 第 I 編 利用者均衡配分の適用に向けて, 2003. 8
- 3) 佐藤和彦, 毛利雄一, 石田東生：交通調査データの相互有効活用に関する方法の提案, 土木計画学研究・講演集, Vol.24, 2001