

幹線旅客を対象とした全国交通需要予測モデル

Travel Demand Model of Inter-city Passengers in Japan

井上紳一*, 毛利雄一**, 加藤浩徳***, 大釜達夫****, 屋井鉄雄*****
 Shin-ichi INOUE, Yuichi MOHRI, Hironori KATO, Tatsuo OHKAMA, Tetsuo YAI

1. はじめに

我が国の交通運輸を取り巻く経済社会状況が大きな変革期にある中、将来想定される各種動向を考慮した中長期的な全国交通整備計画が必要となっている。このためには、少子・高齢化等の人口構造の変化や将来の経済動向を反映でき、かつ各種交通基盤施設の整備による交通サービス水準の変化や整備の費用対効果の検討に資することのできる全国交通需要予測モデルが必要である。そこで、本研究では、2010年時点における我が国の国内幹線旅客交通需要を予測するモデルを構築することを目的とする。本研究で構築したモデルの特徴は、以下のようにまとめられる。

- (1) 我が国の都市間旅客交通を対象とした全国共通のモデルであること
- (2) 純流動ベースで予測を行なった上で総流動に変換し、全国の交通流動量を出力する構造を採用したこと
- (3) 四段階推定法をベースに、サブモデル間をアクセシビリティ指標により連結した一種の統合型モデルであること
- (4) 旅行者の居住地を考慮し、OD間における往路復路の別を考慮していること

なお、本研究では、旅客流動データとして平成7年幹線旅客純流動調査のデータを使用した。

2. モデルの基本的な考え方

(1) モデルの全体構成

モデルは四段階推定法に基づくステップワイズなモデルとし、生成、発生集中、分布、分担の各サブモデルによって構成される。モデルの全体構成を示したものが図1である。

また、旅行目的を業務目的と観光等目的(私用・帰省等を含む)とに区分とし、生成から分担に至るまで各段階で旅

行目的別にモデルを構築した。

予測対象とする代表交通機関は鉄道、航空、自動車、バスの4機関とし、旅客船は対象外とした。

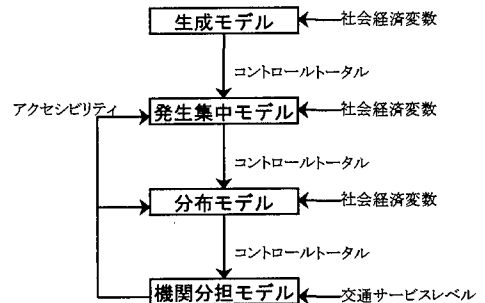


図1 予測モデルの全体構成

(2) モデルの対象

モデルの対象地域は、日本全国(離島を除く)とする。ゾーニングについては、地方生活圏を基本として207に分割した地域区分を用いた。

予測対象の流動は、ゾーン間流動のみとし、都道府県内々および三大都市圏内々の流動については、データの制約から予測対象外とした。

3. 生成交通量モデル

旅行目的別に全国の純流動量を予測するモデルであり、業務目的については就業者一人あたり原単位、観光等目的については人口一人あたり原単位を用いたモデルとした。具体的なモデル式は式(1)、(2)の通りである。

$$\text{業務目的: } TB = \sum_{i,j} a_{ij} \cdot W_{ij} \quad (1)$$

$$\text{観光等目的: } TL = \sum_{i,j} b_{ij} \cdot P_{ij} \quad (2)$$

ただし、 a_{ij} : 性(i)・年齢階層(j)別業務目的原単位[トリップ/千人/日]
 W_{ij} : 性(i)・年齢階層(j)別就業者数[人]
 b_{ij} : 性(i)・年齢階層(j)別観光等目的原単位[トリップ/千人/日]
 P_{ij} : 性(i)・年齢階層(j)別人口[人]

Key Words: 発生交通, 分布交通, 交通手段選択, 交通計画評価

* 正会員 修(工) (財)計量計画研究所 経済社会研究室
 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9,
 TEL: 03-3268-9971, FAX: 03-5229-8102,
 E-mail: sinoue@ibs.or.jp)

** 正会員 工博 (財)計量計画研究所 経済社会研究室 室長

*** 正会員 博(工) (財)運輸政策研究機構 調査役

**** 正会員 工修 運輸省 運輸政策局総合計画課 専門官

***** 正会員 工博 東京工業大学 工学部土木工学科 教授

である。将来の性・年齢階層別就業者数については、過去の実績に基づき、性・年齢階層別就業率のトレンド推計により設定した。また、将来の観光等目的原単位については、一人あたりGDPを変数とする回帰モデルによって伸びを推計した。原単位の推定結果は、表1の通りである。

表1 旅行目的別・性・年齢階層別生成交通量原単位

目的	男性			女性			平均
	65才未満	65才以上	平均	65才未満	65才以上	平均	
業務	29.12	28.67	29.08	4.30	3.69	4.26	19.17
観光等	1995	16.82	22.69	17.53	8.84	6.96	8.52
	2010	19.46	26.26	—	10.73	8.45	—

注：業務は[トリップ/就業者千人/日]、観光等は[トリップ/人口千人/日]

4. 発生集中交通量モデル

(1) 基本的な考え方

旅行目的別・ゾーン別の発生交通量および集中交通量を予測するモデルであり、クロスセクションの重回帰モデルを採用した。

例として、業務目的発生交通量のモデル式を示したものが式(3)である。他の3モデル(業務目的集中量、観光等目的発生量、集中量)もほぼ同様の構造である。

$$G_i = W_i \cdot \{\alpha_0 + \alpha_1 \exp(\phi \cdot ACC_i) + \alpha_2 X_{2i} + \alpha_3 X_{3i} + \alpha_4 DMY_i\} \quad (3)$$

ここで、

G_i : 業務目的発生交通量[トリップ/日]

W_i : 就業者数[人]

X_{2i} : 一人あたり県内総生産[円/年/人]

X_{3i} : 第2・3次産業就業者比率((第2次産業就業者数+第3次産業就業者数)/就業者数)

DMY_i : 三大都市圏ダミー(埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県・岐阜県・愛知県・三重県・京都府・大阪府・兵庫県・奈良県=1, その他地域=0)

α_k, ϕ : パラメータ

$$ACC_i = \text{アクセシビリティ指標} = \frac{\sum_j (\hat{r}_{ij} \cdot \Lambda_{ij})}{\sum_j \hat{r}_{ij}}$$

ただし、

$$\Lambda_{ij} = i-j \text{ 間ログサム変数} = \ln \sum_m \exp(U_{ijm})$$

U_{ijm} : 交通機関 m による $i-j$ 間の効用

\hat{r}_{ij} : 分布交通量予測値の近似値

$$= e^{\beta_0} \cdot G_i^{\beta_1} \cdot (c \cdot W_j)^{\beta_2} \cdot \exp(\beta_3 \cdot \Lambda_{ij})$$

(分布モデル式の集中量 A_j を代理変数 W_j で置き換えたもの)

W_j : 着地側ゾーン j の就業者数[人]

β_k : 業務目的分布交通量モデルのパラメータ

c : 定数

である。

なお、説明変数に用いたアクセシビリティ指標は、交通機関分担モデルから算出されるODペア別の効用値のログサム変数を、発地(または着地)別に加重平均したものである。ただし、重みづけに用いる分布交通量は後段の分布モデルから出力される値であるので、繰り返し計算を回避するために代りに分布交通量の近似値を代入した。

(2) モデルの推定結果と再現結果

幹線旅客純流動調査データから直接得られるトリップデータは往路と復路のトリップが混在している。そこで、居住地データをもとに往路(発地=居住地)、復路(着地=居住地)、周遊(発地も着地も居住地ではない)の3種のデータに分離し、往路データを用いてパラメータ推定を行った。

モデルの推定結果は表2~4の通りである。

表2 業務目的発生モデル・集中モデルのパラメータ推定結果(上段: 発生, 下段: 集中)

定数項	アクセシビリティ	一人あたり県内総生産(円/年/人)	第2・3次産業就業者比率	三大都市圏ダミー	ϕ	自由度調整済R ²
-0.0564 (-4.17)	0.0811 (10.16)	1.373 × 10 ⁻⁹ (6.08)	0.0715 (4.88)	-0.01348 (-11.49)	0.493	0.905
-0.0334 (-2.49)	0.1392 (11.68)	1.222 × 10 ⁻⁹ (5.43)	0.0479 (3.28)	-0.01319 (-11.30)	0.630	0.898

表3 観光等目的発生モデルのパラメータ推定結果

アクセシビリティ	一人あたり県内総生産(円/年/人)	レジャー時間(分/週)	三大都市圏ダミー	ϕ	自由度調整済R ²
0.100 (11.58)	4.38 × 10 ⁻¹⁰ (5.11)	8.13 × 10 ⁻⁶ (7.77)	-0.00278 (-7.52)	1.237	0.852

表4 観光等目的集中モデルのパラメータ推定結果

定数項	アクセシビリティ	宿泊施設客室数(室)	第3次産業就業者比率	三大都市圏ダミー	ϕ	自由度調整済R ²
-5.30 × 10 ³ (-4.15)	6.57 × 10 ⁴ (17.31)	0.280 (13.44)	1.00 × 10 ⁴ (4.29)	-1.77 × 10 ³ (-4.81)	0.902	0.801

(下段: t 値)

実績値とモデルによる再現値の相関を図2に示す。ほぼ現況を説明できるモデルが構築できたと考えられる。

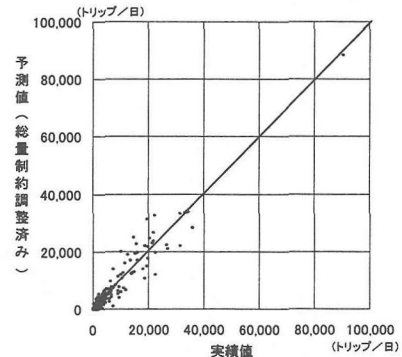


図2 業務目的発生交通量の実績値とモデルによる現況再現値との相関

5. 分布交通量モデル

(1) 基本的な考え方

分布交通量モデルは、旅行目的別の分布交通量を予測するモデルであり、グラビティモデルを採用している。業務目的、観光等目的、ともに同一のモデル構造である。

モデル式は、式(4)の通りである。

$$T_{ij} = \exp(\beta_0) \cdot G_i^{\beta_1} \cdot A_j^{\beta_2} \cdot \exp(\beta_3 \cdot \Lambda_{ij}) \cdot \exp(\beta_4 \cdot B_{ij}) \quad (4)$$

ここで、

T_{ij} : 旅行目的別 $i-j$ 間分布交通量 [トリップ/日]

G_i : 目的別 i 地域発生交通量 [トリップ/日]

A_j : 目的別 j 地域集中交通量 [トリップ/日]

B_{ij} : 隣接ゾーン・ダミー (接しているゾーン・ペア=1, そうでないとき=0)

β_k : パラメータ

Λ_{ij} : $i-j$ 間ログサム変数 = $\ln \sum_m \exp(U_{ijm})$

U_{ijm} : 交通機関 m による $i-j$ 間の効用

である。なお、移動抵抗をあらわす変数として、交通機関分担モデルから算出される OD ペア別の効用値のログサム変数を用いている。

(2) モデルの推定結果と再現結果

発生集中交通量モデルと同様に、幹線旅客純流動データのうち往路データを用いて、パラメータの推定を行った。

モデルの推定結果は表5の通りである。

表5 分布モデルのパラメータ推定結果

目的	定数項	発生量 (トリップ/日)	集中量 (トリップ/日)	ログサム 変数	隣接ゾーン ・ダミー	R ²
業務	-1.912	0.4488	0.4559	0.2345	1.805	0.736
	(-10.65)	(36.22)	(35.89)	(56.88)	(26.35)	
観光等	-1.708	0.431	0.331	0.253	2.354	0.793
	(-7.22)	(25.39)	(16.85)	(50.59)	(27.31)	

(下段:t値)

実績値とモデルによる再現値の相関を示したものが図3である。ほぼ現況を説明できるモデルが構築できた。

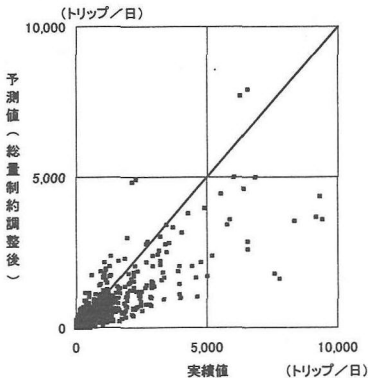


図3 業務目的の分布交通量の実績値とモデルによる現況再現値との相関

6. 交通機関分担モデル

(1) 基本的な考え方

旅行目的別 OD ペア別に代表交通機関分担率を予測するモデルであり、ここでは非集計ロジットモデルを採用した。業務目的、観光等目的、ともに同一のモデル構造であり、選択肢ツリーは図4に示すような2段階とした。

交通機関分担モデルは、航空・鉄道・バス・自動車選択モデル、新幹線・在来線選択モデル、高速道路・一般道路選択モデルの3つのモデルから構成される。



図4 代表交通機関の選択肢ツリー

(2) 航空・鉄道・バス・自動車選択モデル

航空・鉄道・バス・自動車の4肢選択の非集計ロジットモデルであり、選択確率式は式(5)の通りである。

$$P_m = \frac{e^{U_m}}{e^{U_1} + e^{U_2} + e^{U_3} + e^{U_4}} \quad (5)$$

ここで、

P_m : 交通機関 m の選択確率 ($m=1$:航空, $m=2$:鉄道, $m=3$:バス, $m=4$:自動車. 以下同様)

U_m : m 交通機関を選択したときの効用. 以下の式で表される。

$$U_m = \sum_k \beta_k \cdot X_{km}$$

ただし、

X_{1m} : 幹線所要時間 (代表交通機関の正味の乗車時間) (分) (共通変数)

X_{2m} : 乗車外時間 (アクセス時間+イグレス時間+乗換・待ち時間) (分) (共通変数)

X_{3m} : 費用 (円) (共通変数)

X_{4m} : 航空乗換回数 (回) (航空固有変数)

X_{5m} : 航空運行頻度 (便/日) (航空固有変数)

X_{6m} : 発ゾーンの一人あたり自動車保有台数 (台/人) (自動車固有変数)

X_{7m} : 航空固有ダミー (航空=1, それ以外=0)

X_{8m} : 鉄道固有ダミー (鉄道=1, それ以外=0)

X_{9m} : バス固有ダミー (バス=1, それ以外=0)

β_k : パラメータ

である。

モデルのパラメータを推定した結果は、表6の通りである。いずれも符号条件は満たされている。また、時間評価値は171[円/分](業務目的)又は98[円/分](観光等目的)。

表6 航空・鉄道・バス・自動車選択モデルの
パラメータ推定結果

変数名		業務目的		観光等目的	
共通変数	幹線所要時間 (分)	-2.19×10^{-2}	(-484.4)	-1.39×10^{-2}	(-389.7)
	乗車外時間 (分)	-1.98×10^{-2}	(-366.4)	-1.35×10^{-2}	(-282.5)
	費用 (円)	-1.28×10^{-4}	(-104.0)	-1.42×10^{-4}	(-121.6)
航空 固有変数	航空乗換回数 (回)	-0.864	(-28.1)	-	-
	航空運行頻度 (便/日)	0.0442	(41.9)	0.0210	(16.6)
自動車 固有変数	自動車保有台数 (台/人)	3.75	(90.0)	4.87	(106.5)
選択肢 固有 ダミー	航空	-1.31	(-67.0)	-1.62	(-73.7)
	鉄道	0.612	(40.6)	-0.258	(-15.8)
	バス	-3.17	(-177.5)	-2.50	(-136.4)
尤度比		0.406		0.494	

(括弧内:t値)

航空乗換の評価値は 6750[円/回](業務目的), 航空運行頻度の評価値は 345[円/便](業務目的)又は 148[円/便](観光等目的)であり, 概ね妥当と考えられる。

(3)新幹線・在来線選択モデル

新幹線と在来線との選択を表す非集計ロジットモデルであり, 選択確率式は式(6)の通りである。

$$P_m = \frac{e^{U_m}}{e^{U_1} + e^{U_2}} \quad (6)$$

ここで,

P_m : 交通機関 m の選択確率 ($m=1$:新幹線, $m=2$:在来線)

U_m : m 交通機関を選択したときの効用. 以下の式で表される。

なお,

$$U_m = \sum_k \beta_k \cdot X_{km}$$

X_{1m} : 総所要時間[分](共通変数)

X_{2m} : 新幹線固有ダミー(新幹線のとき=1, そうでないとき=0)

β_k : パラメータ

である。

パラメータの推定結果を示したものが, 表7である。統計的に見て有意なパラメータが得られた。

表7 新幹線・在来線選択モデルのパラメータ推定結果

変数名	業務目的	観光等目的		
総所要時間(分)	-1.780×10^{-5}	(-269.5)	-9.500×10^{-6}	(-150.5)
新幹線固有ダミー	-0.1155	(-59.5)	-0.2762	(-91.0)
尤度比	0.406		0.494	

(括弧内:t値)

(4)高速道路・一般道路選択モデル

高速道路と一般道路との選択を表する非集計ロジットモデルであり, 選択確率式は式(7)の通りである。

$$P_m = \frac{e^{U_m}}{e^{U_1} + e^{U_2}} \quad (7)$$

ここで,

P_m : 交通機関 m の選択確率 ($m=1$:高速道路, $m=2$:一般道路)

U_m : 交通機関 m を選択したときの効用. 以下の式で表される。

$$U_m = \sum_k \beta_k \cdot X_{km}$$

ただし,

X_{1m} : 一般化費用=総所要時間×時間評価値+費用[円](共通変数)

X_{2m} : 走行距離[km](共通変数)

X_{3m} : 高速道路固有ダミー(高速道路のとき=1, それ以外=0)

β_k : パラメータ

である。なお, 一般化費用において, 時間評価値として 2570[円/時間]を用いた。

モデルの推定結果は表8の通りである。概ね妥当な結果が得られたと考えられる。

表8 高速道路・一般道路選択モデルの
パラメータ推定結果

変数名	業務目的	観光等目的		
一般化費用(円)	-0.0475	(-160.6)	-0.3764	(-73.0)
走行距離(km)	-0.0267	(-226.3)	-0.0248	(-240.9)
高速道路固有ダミー	-0.7394	(-240.9)	-3.120	(-365.0)
尤度比	0.461		0.722	

(括弧内:t値)

7. おわりに

本研究では, 2010年の我が国の幹線交通需要を予測するためのモデルを構築し, 各サブモデルのパラメータ推定を行った。いずれのモデルについてもほぼ妥当な推定結果が得られた。

今後は, 2010年時点における交通ネットワークや社会経済条件(GDP)を設定し, 各交通機関別の総流動量を算定したいと考える。

最後に, 本研究は日本財団の補助を受け, 調査を行った結果を取りまとめたものである。ここに感謝の意を示したい。

【参考文献】

(財)運輸政策研究機構, 「21世紀初頭の我が国の交通需要—交通需要予測モデル—」, 2000