

業務を目的とした長距離都市間交通の経路選択モデルの作成

A Route Choice Model of Long Travel Passengers on Business

福永隆文*, 大枝良直**, 寛下雅章***, 角 知憲****

By Takafumi FUKUNAGA, Yosinao OOEDA, Masaaki KAKESITA, Tomonori SUMI

1 はじめに

長距離交通は旅行時間が長く、旅行スケジュールが各種選択行動に影響を及ぼす。長距離旅客の行動予測を行うには時間領域の行動モデルで取り扱うことが適当である。本研究では時間制約を受け、時間に対する認識が極めて高い業務を目的とした旅客を対象とする。

長距離交通のなかで代表的な交通機関として航空、高速鉄道などが考えられるが、新空港の建設や地方空港の整備などのサービス改善により、都市間移動の経路選択の選択肢として複数の空港が含まれるケースが考えられる。本研究では航空旅客動態調査等のデータを得やすい空港選択にモデルの適用を行った。

人が選択行動を行う要因としては時間、料金など様々な要因が考えられるが、本研究では基本的な変数である時間と料金を考慮する。

2. 長距離業務旅客の出発時刻決定モデル

モデルは到着指定時刻を与えられた業務目的旅客の出発時刻決定について説明する。モデルでは時間に対する非効用を定義し、人はこれらの非効用を最小にするように行動するものと仮定する。

Keyword 経路選択, 交通行動分析

* 学生会員, 九州大学大学院工学研究科

〒812-0053 福岡市東区箱崎 6-10-1

tel 092-642-3275 fax 092-642-3306

** 正会員, 工修, 九州大学講師, 工学研究科

*** 正会員, 工修, (株)フジタ

**** 正会員, 工博, 九州大学教授, 工学研究科

モデルでは出発地（自宅）における出発時刻が早いことの非効用 D_1 、目的地（宿泊地）における到着時刻が遅いことの非効用 D_3 を式(1),(2)のような線形関数として仮定する。

$$D_1(t_d) = \begin{cases} -\alpha_1(t_d - t_a) & (t_d < t_a) \\ 0 & (t_d \geq t_a) \end{cases} \quad (1)$$

$$D_3(t_h) = \begin{cases} -\beta_1(t_h - t_e) & (t_h > t_e) \\ 0 & (t_h \leq t_e) \end{cases} \quad (2)$$

t_d は自宅出発時刻, t_h は宿泊地到着時刻, t_a は自宅出発時刻が早いことの非効用が認識されなくなることを, t_e は到着時刻が遅くなることの非効用が認識されなくなることを仮定した閾値, α_1, β_1 は正のパラメーターとする。また到着指定時刻に対しその前日の便を選択する場合, 一律に宿泊コスト C を与える。 C は宿泊場所や料金の関数であるがここでは平均的な場合を仮定する。

出発便選択行動モデルを図-1 に示す。横軸は空港における出発時刻, 縦軸は非効用を示す。到着指定時刻に対して当日の便を選択する場合考慮する非効用は D_1 である。図中の t_1 は閾値 t_a

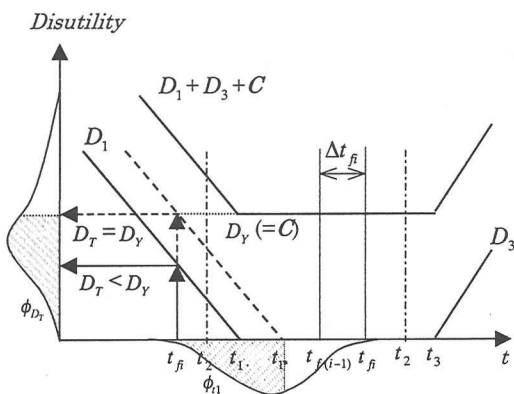


図-1 出発便選択モデル

を、 t_2 は到着指定時刻 t_p をそれぞれ空港における時刻に換算したものである。 t_1, t_2 はそれぞれ式(2),(3)のように表せる。

$$t_1 = t_a + t_{na} + t_{nw} \quad (3)$$

$$t_2 = t_p - t_{nf} - t_{ne} \quad (4)$$

ここに t_{na}, t_{nw}, t_{ne} はアクセス、待ち、イグレスの各時間を表し、 t_{nf} は運行所要時間を表す。旅客は t_1 以降の便を利用すれば非効用 D_1 を認識しないで利用でき、 t_2 以前の便を利用すれば到着指定時刻に間に合うことができる。

i 便を選択する場合の旅客の非効用を D_T とし、 i 便の出発時刻を t_{fi} とする。 $t_1 < t_2$ の時は時間区分 $[t_1, t_2]$ 間に出発時刻を持つ便をランダムに選ぶ。図-1に示すように時間区分 $[t_1, t_2]$ にある時は $D_T = 0$ である。 $t_1 \geq t_2$ の時は t_2 より早く、 t_2 にもっとも近い出発時刻の便を選択する。式(1)より $D_T = -\alpha_1(t_{fi} - t_1)$ で与えられる。

旅客が前日の便を選択する場合、考慮する非効用は D_1, D_3 と C である。図-1にこの時の非効用の和を太線で示す。図中の t_3 は閾値 t_e をそれぞれ空港における時刻に換算したものである。 t_3 は式(5)のように表せる。

$$t_3 = t_e - t_{nf} - t_{ne} \quad (5)$$

前日に出発する場合 t_1 と t_3 の間には十分な時間があり、当日行動の $t_1 < t_2$ の時の t_2 を t_3 に置き換えて考えることができる。このときの非効用 D_Y とすると、時間区分 $[t_1, t_3]$ の出発便を選択するため、宿泊コスト C で与えられる。

旅客が当日の便を選ぶか前日の便を選ぶかはそれぞれの出発時刻を選択したときの非効用 D_T と D_Y を比較して決定する。

モデルでは旅客の出発時刻決定行動に個人差、場合差を区別することなく、閾値 t_a と非効用 D_1 のパラメータ α_1 に導入する。この t_a, α_1 は確率的に変動するものとする。よって t_1, t_2 は確率分布を持つ。また $t_a, t_p, t_{nf}, t_{na}, t_{nw}$ および t_{ne} は独立であると仮定し、それぞれ分布として与えられるので式(3),(4)より t_1, t_2 はばらつきを持ち、 D_T もばらつく。図-1に示すように $D_T = D_Y$ になる

ときの t_1 を t_{1*} で表す。 t_{1*} は前日か当日か出発時刻選択の境界を示す閾値である。このとき t_{fi} と t_{1*}, C との関係を式(6)で表す。

$$t_{1*} = t_{fi} + C / \alpha_1 \quad (6)$$

t_{1*} を境として $t_1 < t_{1*}$ の時は $D_T < D_Y$ となり当日の出発時刻 t_{fi} を選択することになる。 t_1 の累積分布を $\phi_{t_1}(t_1)$ とすると $\phi_{t_1}(t_{1*})$ は当日の出発時刻 t_{fi} に対してこの時刻を選択する割合を表す。

3. 選択行動モデル

このモデルを用いて旅客が非効用のもっとも小さな空港を利用すると仮定すれば選択行動モデルを導くことができる。

出発便選択モデルで求められる非効用は時間によるものしか含まれていない。今回は運行本数、時間、料金差が大きな影響をもたらすと仮定する。運行本数、時間は先の行動決定モデルにおいて説明が出来るので、本研究では料金差を考慮する。

今二つの選択肢1と2を考える。利用可能な空港1,2を選択したときの非効用を D_1, D_2 とする。選択肢2との料金差を f とすると選択肢1のもつ非効用は式(7)で表される。

$$D_1' = D_1 - cf \quad (7)$$

ここに c は本研究で推定するパラメータである。

選択肢1と選択肢2の非効用 D_1', D_2 の分布が $\phi_{D_1'}, \phi_{D_2}$ で与えられるとする。図-2は概念的に $\phi_{D_1'}, \phi_{D_2}$ の分布を示したものである。

旅客は $D_1' < D_2$ ならば選択肢1を選択する。し

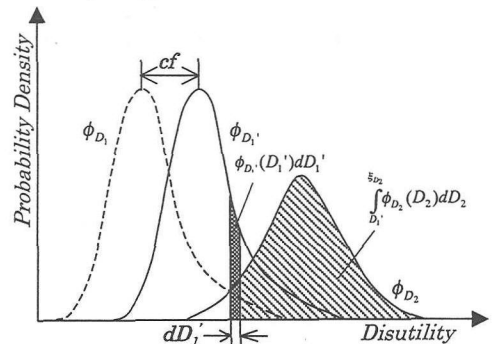


図-2 選択行動理論

たがって分布 ϕ_{D_2} に対して非効用 D_1' 以上の範囲を積分して、これを分布 ϕ_{D_1} 全領域について求めれば選択肢 1 の選択率 $P_1(D_1')$ を求めることができる。 $P_1(D_1')$ は式 (8) で表される。

$$P_1(D_1') = \int_{\eta_{D_1'}}^{\xi_{D_1'}} \int_{D_1'}^{\xi_{D_2}} \phi_{D_1}(D_1') \phi_{D_2}(D_2) dD_2 dD_1' \tag{8}$$

ここに ξ_{D_2} は ϕ_{D_2} の定義域の上限値、 $\xi_{D_1'}, \eta_{D_1'}$ は ϕ_{D_1} の定義域とする。

4. モデルの適用

本研究では OD ペアとして2つともある程度の運行本数があり、かつ両空港に運行本数に顕著な差が見られない空港を選び東京に向かう旅客を想定し表-1 に示す6つの OD と出発地での選択可能な2つの空港を選んだ。

各 OD ペアでの2つの空港を利用する地域を運輸省が行っている「航空旅客動態調査」²⁾ (一日調査) を用いて選定し、業務を目的とした旅客の利用人数を求めた。

OD ペアの利用地域について2空港への利用の特徴を考慮するためにその地域内のゾーン分けを行った。各空港をよく利用する主要都市周辺部、2空港の中間に位置する地域と分けてその地域毎に選択率を求めた。2空港利用地域全体からの利用人数、選択率を表-1 に示す。

表 1 比較した2空港のデータ

空港	東京便	料金(円)	発生人数	選択率
釧路	5	29250	157	0.463
帯広	4	28250	182	0.537
青森	4	21400	687	0.754
三沢	4	21250	224	0.246
小松	8	14600	1208	0.641
富山	6	15350	677	0.359
出雲	4	22350	158	0.402
米子	4	22100	235	0.598
高松	7	21250	853	0.622
徳島	5	21050	519	0.378
鹿児島	9	29100	841	0.566
宮崎	8	27550	646	0.434

表-2 到着指定時刻分布

到着指定時刻(h)/人数(%)									
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2.4	12	9.3	8.2	8.2	35	14	6.1	1.3	1.9

表-3 待ち、イグレス時刻分布

人数(%) \ 所要時間(min)	20	40	60	80	100	120	140
待ち時間分布	2.4	30	41	22	3.9	0.4	0.2
イグレス時間分布	0	18	62	13	6.6	0.4	0.3

運行スケジュールと料金は平成5年度の運行スケジュールに従った。運賃は片道料金とした。各空港での運行本数、料金は表-1 に示す。

モデルでは旅客の空港までのアクセス時間、待ち時間、イグレス時間の各分布を独立に与え旅客の出発時刻を求める。アクセス時間は「航空旅客動態調査」⁴⁾ より旅客の出発地と最終アクセス手段の割合を調べ、アクセスモードを自家用車、公共交通機関、タクシーとし、その行政区の中心から空港までの所要時間が最短になるようなルートを選び、所要時間、料金を計算した。6つの OD ペアのうち小松・富山空港のアクセス時間分布を図-3 に示す。イグレス、待ち時間や到着指定時刻は平成5年12月16日に新千歳発-羽田着の二つに航空会社の利用客に行ったアンケート調査によるデータに使用した。これを表-2,3 に示す。イグレスはすべて公共交通機関を利用すると仮定し、それぞれ最短時間になるように調査のデータを用い便宜的に求めた。 t_a, α_1 に関しては推定された値¹⁾ を利用する。閾値 t_a の分布は $\mu=7.0, \sigma=1.0$ の正規分布、 α_1 の分布は $\mu=-1.14, \sigma=0.41$ の対数正規分

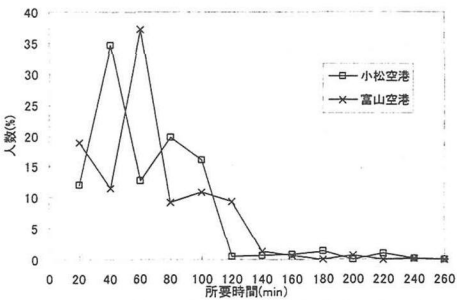


図-3 アクセス時間分布 (小松/富山-東京)

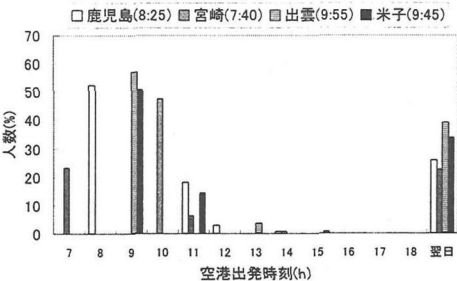


図-4 空港における出発時刻分布と第1便の時刻

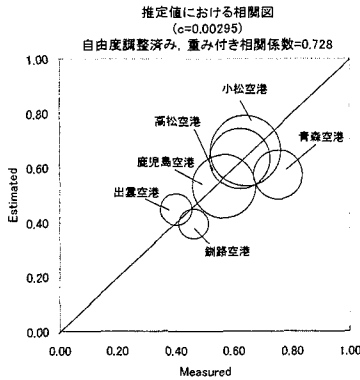


図-5 推定した c を用いて実測値と理論値を比較した時の相関図布を用いた。本研究では $C=1$ を基準として効用を測ることとした。

以上のデータを用いてそれぞれの OD について出発時刻の予測を行い、その結果から各 OD ペアの選択率を算出する。検討した 12 空港のデータのうち鹿児島、宮崎、米子、出雲空港の出発時刻分布を図-4 に示す。

本研究では c を推定するために c に初期値を与え、逐次 c を変動させながら選択率の実測値と理論値の差が最小になるように計算を行った。

結果は $c=0.00295$ (非効用/円) であった。この時のゾーン毎の選択率をもとに利用域全体の人数を求め、その全体の選択率の実測値と理論値の関係を図-5 に示す。円の面積は各 OD ペアの旅客数を表している。自由度調整済みで重み付き相関係数は 0.7278 で十分適合しているといえる。

5. まとめ

出発便選択行動については今回モデルの適用を行った空港の運行本数は少なく、第1便の出発時刻が遅いため前日出発を選ぶ旅客の割合が多かった。前日に出発する人たちは時間領域における非効用は同じとなる。このため今回の計算では料金差の影響をうけやすく、推定したパラメータにも影響していると考えられる。

人が選択行動を行う要因としては時間、料金、乗換による不快感や交通機関に対する信頼性、各空港への利便性など様々な要因が考えられるし、個人差、場合差も考えられる。しかしそれらを定量化するだけの統計的に十分な情報量がないため、本研究では基本的な変数である時間と料金を考慮した。現時点で他の要因は明確に区別することはできないので、料金差のパラメータ c に含まれる構造である。

本論文から以下のようにいうことができる。

- 1) 本モデルは、人の日常生活パターンを関数として定義した非効用を用い、これに人の行動のばらつきを与え、時間領域の行動と整合する選択行動を予測することができた。
- 2) 時間以外の要因を含むことが可能なモデルであり、時間や料金以外の要因で統計的に有意なものの影響を観測できればモデルの拡張を行うことは可能である。

参考文献

- 1) 大枝良直, 角 知憲, 中西啓造, 椿 辰治: 業務目的の航空旅客の出発便選択行動モデルの作成, 土木学会論文集 No555/IV-34, pp. 83-90, 1997.1
- 2) Furuichi, M., and F. Koppelman; An Analysis of Air Traveler's Departure and Destination Choice Behavior, Transp. Res.-A. Vol. 28, Nov 3 pp 187-195, 1994.
- 3) Chou, Y.H.; A method for Measuring the Spatial Concentration of Airline Travel Demand, transp. res.-B. Vol 27B, No. 4, pp 267-273, 1993.
- 4) 運輸省航空局・日本空港コンサルタンツ: 平成五年度
- 5) 航空旅客動態調査, 報告書日本交通公社: JTB時刻表, 11. 1995.