

業務目的の航空旅客の 出発便選択行動モデルの作成

大枝 良直¹・角 知憲²・中西 啓造³・椿 辰治⁴

¹正会員 工修 九州大学助手 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区6-10-1)

²正会員 工博 九州大学教授 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区6-10-1)

³正会員 香川県庁 (〒790 高松市番町4-1-10)

⁴正会員 日本貨物鉄道(株) (〒100 東京都千代田区丸の内1-6-5)

本研究では、業務を目的とした航空旅客の出発時刻選択行動のモデルを提案する。長距離業務交通では、業務の開始時刻を規定されている。旅客はこの時刻に合わせて旅行のスケジュールを決定することが多い。この行動が長距離交通の時間的変動を支配し、高速交通機関の選択行動に影響を与えると考えられる。提案するモデルは、到着指定時刻に対し、当日の航空便を選択するモデルとその前日の航空便を選択するモデルの2つからなる。これらのモデルは行動時刻に対して人が日常生活パターンの中で感じる不都合の度合いを非効用の概念で与えている。モデルを千歳発東京着の航空路線に適用し再現性を確認した。このモデルにより、交通所要時間の変化や空港の運用時間の変化に対する旅客の行動を予測することができる。

Key Words : disutility, business travel, air transportation, departure time

1. はじめに

わが国における中長距離の交通機関の代表は航空と高速鉄道(新幹線)である。航空は高速鉄道に比べて高速性の点で優位であるが空港の立地条件や空港の運用制限など優位でない条件もある。

ところで、中長距離交通の場合そもそも旅行時間が長く、この交通行動が日常生活時間に占める割合は大きい。このため、旅行に要する時間の長短は旅行スケジュールに大きな影響を与えるが、これが航空機と鉄道の選択に関係するものと考えられる。

こうした交通行動を捉えるためには人の時間に対する認識を考慮したモデルが都合がよい。このモデルを用いれば航空と新幹線のように条件によっては各々交通機関を利用する時間の差が変わる場合の予測の基礎を提出できる。また、空港の運用時間を変更したときの効果をみることなどができる。

従来、時間領域における交通行動を扱った研究では、一日におけるピーク交通量に関するものがあるが^{2)~7)}、主として都市部内に関するものが多く、航空や新幹線などのような旅行時間の長い長距離の交通機関を扱ったものは少ない。また、航空と他の交通機関の選択に関する研究では集計ロジットモデル^{8), 10), 12)}や犠牲量モデル^{9), 11)}、需給モデルを用

いて分担率を予測したものが多く、時間領域での行動を記述したモデルはない。

本研究では、中長距離交通機関を利用する旅行者の時間領域における行動決定モデルを作成する最初のステップとして、目的地に到着する時刻があらかじめ決められている業務目的の航空旅客の出発便の選択行動モデルを作成する。

2. 出発便選択モデル

(1) 非効用の仮定¹⁴⁾

到着指定時刻を与えられた旅客の出発便選択を支配する主な要因は、料金、所要時間、出発地で必要な滞在時間、出発地(自宅)出発時刻、到着指定時刻などであり、さらに、もし到着指定日の前日の便を選択するならば、目的地(宿泊地)到着時刻、宿泊に伴うコストが付加される。

そこで、提案するモデルでは、交通モードを所与とし、副目的地に立ち寄る行動を含まないことを仮定して、自宅出発時刻、目的地(宿泊地)到着時刻、到着指定時刻、宿泊コストを考慮することにした。

この内、到着指定時刻は外部的に与えられる。自宅出発時刻、目的地到着時刻、宿泊コストの3つの要因に対して次のような非効用関数を仮定した。

a) 自宅出発時刻が早いことの非効用 (D_1)

自宅を出発する時刻が早いほど非効用は大きいと考え、式(1)に示す線形関数を仮定した。非効用関数には単調減少する指數関数なども考えられるが^{13), 14)}、ここでは扱い易さを考慮して線形関数とした。また、ある程度以上出発時刻が遅くなると非効用 D_1 は認識されないものと考え、この時刻（閾値）を t_a と仮定した。

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

ここに、 t_d は自宅出発時刻、 t_a は出発時刻に対する閾値、 α_1 は正のパラメータである。

b) 宿泊地への到着時刻が遅いことの非効用 (D_2)

宿泊地への到着時刻が遅くなるほど非効用は増加すると考え、到着時刻が遅いことの非効用 D_2 を式(2)の線形関数で示す。また、 D_1 と同様に、ある程度以上到着時刻が早くなると非効用 D_2 は認識されないと考え、この非効用 D_2 に対する閾値を t_e と仮定した。

$$D_2(t_h) = \begin{cases} \beta_1(t_h - t_e) & , (t_h > t_e) \\ 0 & , (t_h \leq t_e) \end{cases} \quad (2)$$

ここに、 t_h は宿泊地到着時刻、 t_e は宿泊地到着時刻に対する閾値、 β_1 は正のパラメータである。

c) 宿泊コストによる非効用 (C)

宿泊コストによる非効用 C は、到着指定時刻に対して前日の航空便を選択したときに一律に与えられるものと考え、非効用 C を一定と仮定する。 C には個人差、場合差を想定することができるが、後に述べるように独立に観測できないので本論文では定数とする。

(2) 行動モデル

a) 前日の出発便選択モデル¹⁴⁾

到着指定時刻を与えられた旅客は、当日出発が困難であればその前日に出発便を選ぶ。出発便を前日に選ぶ時、ここで考慮する非効用は D_1 、 D_2 、 C である。旅客が非効用 D_1 を認識しないで利用できる最も早い航空便を時刻 t_1 は式(3)で表され、非効用 D_2 を認識しないで最も遅く航空便を利用できる時刻 t_2 は式(4)で表される。

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

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

ここに、 $t_1 < t_2$ であり、式中 t_{na} は空港までのアクセス時間、 t_{mv} は空港での待ち時間、 t_{nf} は航空機のフライト時間、 t_{ne} は空港から目的地までのイグレス時間である。

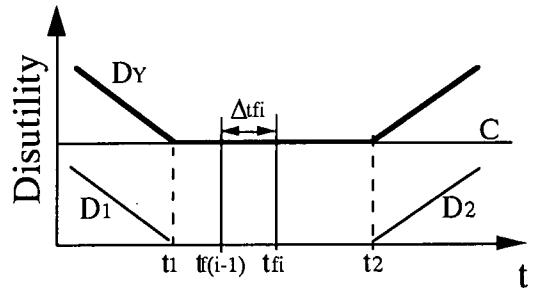


図-1 選択する出発便の時刻と非効用（前日）

前日に出発便を選ぶことにより得る非効用を D_Y と表すと、第 i 便の出発時刻を t_{fi} とすれば t_{fi} を選んだときの非効用 D_Y は式(5)に示す D_1 、 D_2 、 C の和で表される。

$$D_Y(t_{fi}) = D_1(t_{fi}) + D_2(t_{fi}) + C \quad (5)$$

図-1 に非効用 D_Y と選択する出発便の時刻 t_{fi} の関係を示す。図の横軸に出発便のスケジュール時刻をとり、縦軸に非効用をとっている。図中の太線が非効用 D_Y である。人は非効用を最小にするように行動するものとすれば、図に示すように出発時刻 t_{fi} が時間区分 $[t_1, t_2]$ にある時、非効用 D_Y は最小値 C をとり、旅客はこの時間区分にある t_{fi} の便をランダムに選択する。ここで、人は出発地での滞在効用や到着地の滞在効用を考慮して出発便を選択することが考えられるが、現時点では発地・着地の滞在効用を測定するための条件や環境の制御が困難であること、同じ業務という交通目的でも個人をとりまく条件や環境は様々であり、発地、着地の滞在効用の認識は人によって大きく異なることなどを考慮して便の選択をランダムであると仮定する。

この時、出発時刻 t_{fi} を選択する確率 $\Delta Pr(t_{fi})$ は t_1 、 t_2 を条件として式(6)で表される。

$$\Delta Pr(t_{fi} | t_1, t_2) = \Delta t_{fi} / (t_2 - t_1) \quad (6)$$

ここに、 Δt_{fi} は第 i 便と第 $i-1$ 便との時間間隔である。

b) 当日の出発便選択モデル

当日に出発便を選択する場合、人は到着指定時刻 t_p を与えられており、この時刻に間に合うように航空便を選択するものとする。ここで考慮する非効用は D_1 である。第 i 便の出発時刻を t_{fi} とすれば、非効用 D_1 を t_{fi} で表すために t_1 を式(3)で定義し、また、到着指定時刻 t_p に対して t_2 を式(7)で定義する。 t_1 は指定時刻からフライト時間とイグレス時間を引いたもので、旅客が指定時刻に遅れないために利用でき

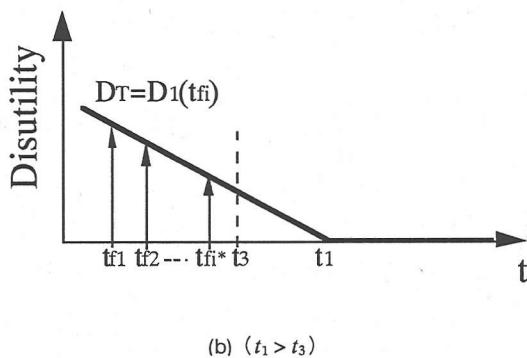
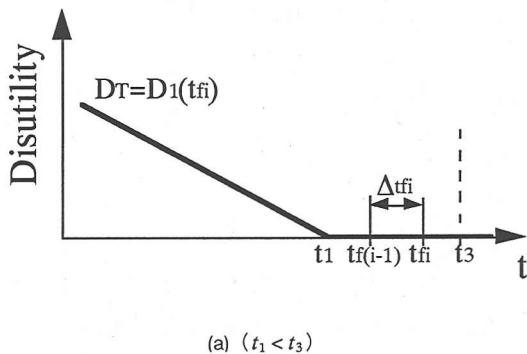


図-2 選択する出発便の時刻と非効用(当日)

る最も遅い航空便の出発時刻を表している。

$$t_3 = t_p - t_{nf} - t_{ne} \quad (7)$$

当日に出発便を選択する時に得る非効用を D_T と表すと、出発時刻 t_{fi} を選んだときの D_T は式(8)に示す D_1 で表される。

$$D_T(t_{fi}) = D_1(t_{fi}) \quad (8)$$

図-2(a), (b)は出発便の時刻 t_{fi} と非効用 D_T の関係を $t_1 < t_3$, $t_1 > t_3$ の場合についてそれぞれ示したものである。図の横軸は出発便のスケジュール時刻をとり、縦軸には非効用をとっている。図中の太線は D_T を示している。

$t_1 \leq t_3$ の時、図-2(a)に示すように航空便の出発時刻 t_{fi} が区間 $[t_1, t_3]$ にある時は、非効用 D_T はゼロであり、旅客はこの時間にランダムに出発時刻を選ぶものとする。第 i 便の出発時刻 t_{fi} に対する選択確率を $\Delta Pr(t_{fi})$ とすれば、 $\Delta Pr(t_{fi})$ は t_1, t_3 を条件として式(9)で表される。

$$\Delta Pr(t_{fi} | t_1 \leq t_3) = \Delta t_{fi} / (t_3 - t_1) \quad (9)$$

ここに、 Δt_{fi} は第 i 便と第 $i-1$ 便との時間間隔

$t_1 > t_3$ の時、時刻 t_3 は到着指定時刻に対して旅客が遅くともこの時刻には空港を出発していかなければな

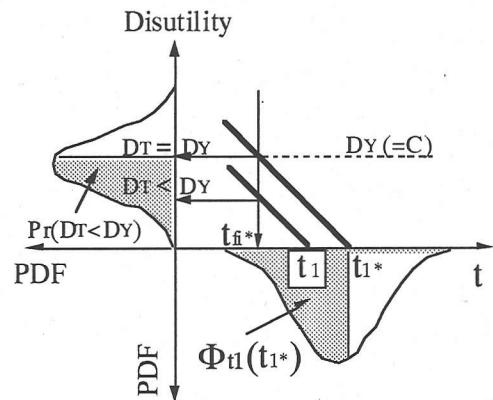


図-3 当日・前日の便選択行動

らない時刻であることから、図-2(b)に示すように時刻 t_3 より早い便でありかつ非効用 D_T が最も小さくなるように便を選択する。この便の出発時刻を t_{fi*} とすると t_{fi*} は式(10)を満足する。

$$D_T(t_{fi*}) = \min(D_T(t_{fi})) \quad (t_3 - t_{fi} > 0) \quad (10)$$

c) 当日の出発便と前日の出発便の選択

旅客が当日に便を選択するか前日の便を選択するかは、当日の便を選択することによる非効用 D_T と前日の便を選択することによる非効用 D_Y との比較により決定される。

この時、 D_Y は C であり、 D_T は、 $t_1 < t_3$ の時はゼロ、 $t_1 > t_3$ の時は $D_1(t_{fi*})$ である。

$t_1 < t_3$ の時は常に $D_Y > D_T$ であり、当日の便を選択する。また、 $t_1 > t_3$ の時、 $D_Y < D_T$ であれば前日の便を、 $D_Y > D_T$ であれば当日の便 t_{fi*} を選択する。

ところで、 $t_1 > t_3$ の時の D_T は出発時刻 t_{fi*} と t_1 の差により求められる。 t_1 は式(3)で示すように非効用 D_1 の閾値 t_a の関数である。 t_a は人の時刻に対する認識を表すものであり当然個人差を持つものである。したがって、同じ出発時刻 t_{fi*} の便を選択する場合でも人によって非効用 D_T は異なる。

図-3 は出発時刻 t_{fi*} と当日と前日の便の選択を示したものである。図の第1象限は横軸に出発便のスケジュール時刻、縦軸に非効用をとり、出発時刻 t_{fi*} を選択した時の t_1 と非効用 D_T の関係を示している。ここで、 t_1 と D_T は個人や場合によりばらつくものと仮定する。図の第4象限は t_1 の分布を、第2象限は出発便 t_{fi*} を選択したときの非効用 D_T の分布を示している。

今、この t_{fi*} に対して $D_1(t_{fi}) = C$ の関係を満たす t_1 を t_{1*} とする。 t_{1*} は式(11)で表される。式(11)中の α_1

は式(1)で定義した非効用関数 D_1 の正のパラメータである。

$$t_{1+} = \frac{C}{\alpha_1} + t_{f1+} \quad (11)$$

この t_{1+} に対して図に示すように $t_1 < t_{1+}$ であれば、 $D_Y > D_T$ となりこの当日の便 t_{f1+} を選択する。すなわち、図中 t_1 を境にした斜線部分は当日の出発時刻 t_{f1+} を選択する旅客の割合を示す。 t_1 の累積分布を $\Phi_{t1}(t_1)$ とすれば、 $\Phi_{t1}(t_{1+})$ が当日の便 t_{f1+} を選択する旅客の割合を示している。したがって、当日の便 t_{f1+} に対する選択率 $P_T(t_{f1+} | \alpha_1, C)$ は式(12)で表される。

$$P_T(t_{f1+} | \alpha_1, C) = \Phi_{t1}(t_{1+}) = \Phi_{t1}(C / \alpha_1 + t_{f1+}) \quad (12)$$

d) 個人差・場合差の導入

人の行動には、個人差や場合差があると考える。そこで、本研究で提案する出発便の選択行動にも個人差・場合差を考慮する。

当日の出発便選択行動では、人の行動の個人差・場合差を当面は区別することなく出発時刻の閾値 t_a に導入する。 t_a 、 t_p の確率密度関数（以下PDF）を $\phi_{ta}(t_a)$ 、 $\phi_{tp}(t_p)$ と表す。今、空港までのアクセス時間 t_{na} 、空港での待ち時間 t_{nw} 、空港から目的地までのイグレス時間 t_{ne} 、および t_a と t_p はそれぞれ独立であると仮定し、それぞれのPDFを $\phi_{ta}(t_a)$ 、 $\phi_{tna}(t_{na})$ 、 $\phi_{tnw}(t_{nw})$ とする。 t_1 、 t_3 のPDFはそれぞれ式(13)、式(14)で表される。

$$\phi_{t1}(t_1) = \int \int \int \phi_{ta}(t_a) \phi_{tna}(t_{na}) \phi_{tnw}(t_{nw}) dt_a dt_{na} dt_{nw} \quad (13)$$

$$\phi_{t3}(t_3) = \int \int \phi_{tp}(t_p) \phi_{tne}(t_{ne}) dt_p dt_{ne} \quad (14)$$

$t_1 \leq t_3$ の時、出発時刻 t_{f1+} の便を選択する確率 $Pr(t_{f1+} | t_1 \leq t_3)$ は t_1 、 t_3 を条件として式(15)で表される。

$$Pr(t_{f1+} | t_1 \leq t_3) =$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{t_3} \Delta Pr(t_{f1+} | t_1 \leq t_3) \phi_{t1}(t_1) \phi_{t3}(t_3) dt_1 dt_3 \quad (15)$$

また、 $t_1 > t_3$ の時、式(10)を満足する出発時刻の便を選択する確率 $Pr^*(t_{f1+} | t_1 > t_3)$ は式(16)で表される。

$$Pr^*(t_{f1+} | t_1 > t_3) = \int_{t_{f1+}}^{t_1 + (t_1 - t_3)} \int_{t_3}^{\infty} \phi_{t1}(t_1) \phi_{t3}(t_3) dt_1 dt_3 \quad (16)$$

この出発時刻 t_{f1+} に対して当日か前日の便を選択する時、当日の選択率は式(12)で表される。この選択率は α_1 と C の2つのパラメータをもつ。モデルでは、それぞれの非効用の相対関係により行動決定を行う構造になっているため、ここでは非効用 C を1とおく。会社負担か否かなどの宿泊費用の度合いの差を含め、前日・当日の出発便選択に対する人の行動のばらつきを α_1 に導入する。 α_1 の分布を $\phi_{\alpha_1}(\alpha_1)$ とすれば、当日の出発時刻 t_{f1+} の便を選択する確率

$Pr(t_{f1+} | t_1 > t_3)$ は式(16)で表される。 $Pr^*(t_{f1+} | t_1 > t_3)$ を用いて式(17)で表される。

$$Pr(t_{f1+} | t_1 > t_3) = \\ Pr^*(t_{f1+} | t_1 > t_3) \int_{-\infty}^{\infty} Pr(t_{f1+} | \alpha_1) \phi_{\alpha_1}(\alpha_1) d\alpha_1 \quad (17)$$

この時、前日に便を選択する旅客の割合を N_{Y1} とすると、 N_{Y1} は式(18)で表される。

$$N_{Y1} = \sum_{i=1}^N Pr^*(t_{f1+} | t_1 > t_3) - \sum_{i=1}^N Pr(t_{f1+} | t_1 > t_3) \quad (18)$$

また、 $t_1 > t_3$ の時、第1便の出発時刻 t_{f1+} に対して、 $t_3 < t_{f1+}$ ならば、当日の便を選択して到着指定時刻に間に合わなくなる、旅客は前日の便を選択する。この前日選択する割合 N_{Y2} とすると、 N_{Y2} は式(19)で表される。

$$N_{Y2} = \int_{-\infty}^{t_{f1+}} \int_{t_3}^{\infty} \phi_{t1}(t_1) \phi_{t3}(t_3) dt_1 dt_3 \quad (19)$$

したがって、前日の便を選択する旅客の割合 N_Y は、式(20)で表される。

$$N_Y = N_{Y1} + N_{Y2} \quad (20)$$

前日の出発便選択行動では、人の行動のばらつきを出発時刻の閾値 t_a と到着時刻の t_e に導入する。 t_a 、 t_e のPDFを $\phi_{ta}(t_a)$ 、 $\phi_{te}(t_e)$ で表す。当日出発の時と同様、 t_a 、 t_e 、 t_{na} 、 t_{nw} 、 t_{ne} はそれぞれ独立であると仮定すると、 t_1 のPDF ϕ_{t1} は式(13)で、 t_2 のPDF ϕ_{t2} は式(21)で表される。

$$\phi_{t2}(t_2) = \int \int \phi_{te}(t_e) \phi_{tnf}(t_{nf}) \phi_{tne}(t_{ne}) dt_e dt_{nf} dt_{ne} \quad (21)$$

したがって、出発時刻 t_{f1+} を選ぶ確率 $Pr(t_{f1+})$ は、 t_{na} 、 t_{ne} 、 t_{nw} のPDFを $\phi_{tna}(t_{na})$ 、 $\phi_{tne}(t_{ne})$ 、 $\phi_{tnw}(t_{nw})$ とする」と、式(22)で表される。

$$Pr(t_{f1+}) = \\ N_Y \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta Pr(t_{f1+} | t_1, t_2) \phi_{t1}(t_1) \phi_{t2}(t_2) dt_1 dt_2 \quad (22)$$

3. 千歳・羽田間の航空便への適用

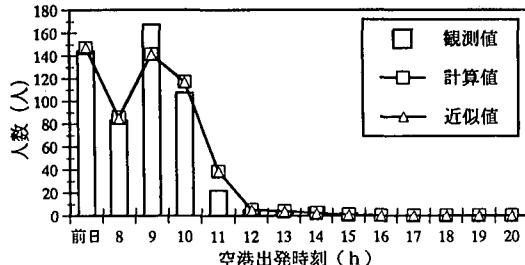
(1) 利用データの概要

1993年12月16日（木）に千歳発羽田着の航空便の内、2つの航空会社の全便に対してアンケート調査を実施した。この路線を選んだ理由は、実質的に旅行者が選択した交通機関が航空以外にないこと、運航頻度がある程度あること、平日の座席占有率（ロード・ファクター）に余裕があることなどである。

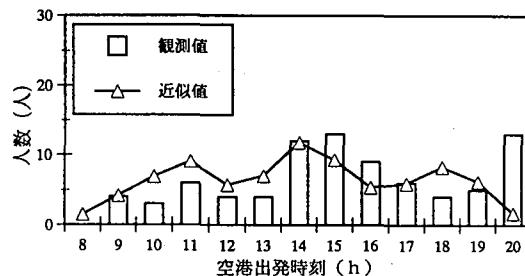
表-1に各社の航空機出発時刻を示す。対象となった便数は、2社合わせて22便、乗客数5767人、アンケート配布数4840人、回収数4174人であった。この内、業務目的の旅客数2969人、用務の予定開始時刻の回答者は1819人であった。

パラメータ推定に当たり、データの不足している

表-1 航空機出発時刻

図-4 空港出発時刻分布
(当日の航空便選択モデル)

	出発時刻	
	A社	B社
1	8 : 20	8 : 00
2	9 : 20	9 : 25
3	10 : 30	10 : 20
4	11 : 20	11 : 45
5	13 : 00	12 : 30
6	14 : 30	14 : 45
7	15 : 45	15 : 30
8	17 : 00	16 : 45
9	18 : 30	18 : 20
10	19 : 30	19 : 00
11	20 : 50	20 : 50

図-5 空港出発時刻分布
(前日の航空便選択モデル)

ものを除き、当日出発モデルでは北海道に住居をもつ541人（当日出発397人、前日出発144人）、前日出発モデルでは同じく北海道に住居をもつ83人を対象とした。図-4に当日出発旅客の空港出発時刻分布を、図-5に前日出発旅客の空港出発時刻分布を棒グラフでそれぞれ示す。

また、調査から得られたアクセス時間 t_{na} 、イグレス時間 t_{ne} 、空港待ち時間 t_{nw} 分布を表-2に示す。これらの分布はA社、B社間で有意な差はみられなかった。表-3には到着指定時刻 t_p の分布を示す。

(2) パラメータの推定

前日の出発便を選択している83人に対して、 t_a 、 t_e の分布を正規分布と仮定し、表-2の t_{na} 、 t_{ne} 、 t_{nw} の分布を用いて、 t_a 、 t_e の分布のパラメータ μ_a 、 σ_a 、 μ_e 、 σ_e を変化させながら、 $\Phi_1(t_1)$ 、 $\Phi_2(t_2)$ を求め、式(22)より各便の乗車人数を求めた。得られた出発時刻の分布と観測された分布との χ^2 値が最小となるように μ_a 、 σ_a 、 μ_e 、 σ_e を推定した。この時得られたパラメータは、 $\mu_a = 7.0$ 、 $\sigma_a = 1.0$ 、 $\mu_e = 22.0$ 、 $\sigma_e = 1.0$ であった。この分布を用いて求めた空港出発時刻分布を図-5の実線で示す。同図の棒

表-2 所要時間分布

所要時間	アクセス	イグレス	空港待ち
0~20	5	12	13
~40	44	44	164
~60	103	156	220
~80	230	212	120
~100	91	71	21
~120	31	4	2
~140	19	21	1
~160	12	9	0
~180	0	2	0
~200	3	8	0
~220	0	0	0
~240	0	0	0
~260	3	1	0
~280	0	1	0

単位：(人)

グラフで示す観測値との間で k -s 検定を行った結果有意水準20%の適合度を得た。

次に、 α_1 の分布を当日の出発便を選択した397人と前日出発に該当する144人のデータから求めた。

まず、表-3に示す到着指定時刻分布と表-2に示すアクセス、イグレス、空港待ち時間分布から式(7)、式(15)を計算した。

α_1 の代表値を 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 の 7 つとり、それぞれ α_1 の代表値を用いて式(19)、式(20)より当日出発時刻の分布と前日出発の人数を計算し、図-4に示す観測した出発時刻の分布との間で χ^2 値が最小となるように α_1 の重みを計算した。この結果、 α_1 の分布を図-6の棒グラフに、計算した出発時刻の分布を図-4に示す。最小 χ^2 値法を用いることによって得られた分布には自由度が無くなるので χ^2 検定で評価することは出来ないが、観測結果と

表-3 到着指定時刻

指定時刻	A社	B社
8	7	6
9	39	28
10	22	28
11	25	19
12	19	25
13	101	88
14	50	25
15	18	15
16	4	3
17	5	5
18	4	3
19	0	2

単位：(人)

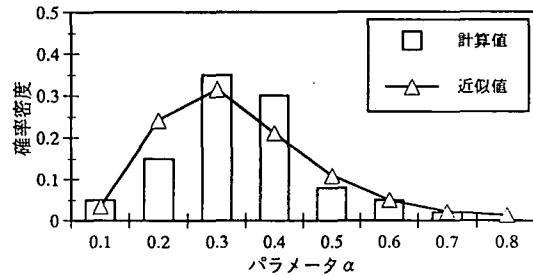


図-6 α_1 の分布

この計算値は比較的よく対応しており、計算が良好に行われたことを示す。

α_1 の近似値を平均値-1.14、標準偏差0.41の対数正規分布と仮定し、その分布を図-6の実線に示す。この近似値を用いて出発時刻の分布を求めた。この結果を図-4に示す。棒グラフの観測値とk-s検定を行った結果有意水準20%の適合度を得た。

4. 所要時間・空港運用時間に対する旅客の応答の予測

本研究では、航空旅客の出発便選択行動モデルのうち業務を目的とした旅客の出発便選択行動モデルを作成した。ここでは、本研究で作成したモデルを用いて運航所要時間差の影響、空港の運用時間の効果について計算を行った。

千歳・羽田間の運航所要時間は90分であるが、より長距離の旅行あるいは高速鉄道などより低速の交通モードを想定して、運航所要時間に関してさらに

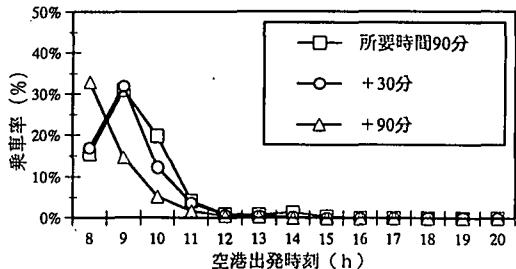


図-7 飛行時間の変化による空港出発時刻分布

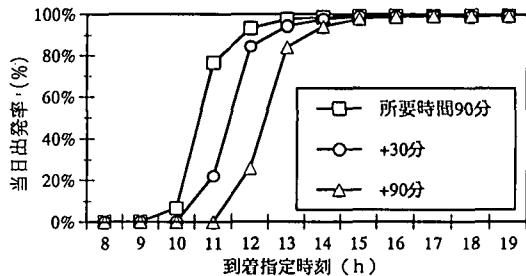


図-8 飛行時間を変えた時の到着指定時刻と
当日出発率

30分および90分所要時間が長くなった2つのケースを試算した。なお、計算に当たって、到着指定時刻、アクセス・イグレス時間などの他の条件は調査データをそのまま使用している。図-7に3つの運航所要時間のケースについての当日の空港出発時刻分布を示す。縦軸は表-3に示す到着指定時刻分布を与えた旅客に対する割合を示す。前日に出発便を選択する旅客の割合は、当初の運航所要時間90分、30分の所要時間を加えた場合、90分の所要時間を加えた場合についてそれぞれ26.7%，34.0%，44.8%となった。また、朝8時の便の利用は90分の所要時間と加えたケースでは、他の2つのケースが16%前後であるのに対して、倍の32%まで伸びた。運航時間が長くなるほど、早朝便の利用客、あるいは前日に出発する旅客の割合が増加する様子が分かる。

また、この時の3つの運航所要時間のケースについて到着指定時刻に対する当日出発率を計算した。この結果を図-8に示す。

次に、空港の運用時間の効果に対する計算では、前節の千歳・羽田間のケースについて早朝便を新たに増やすものとして計算を行った。この時の計算では、表-1の出発時刻以外にA社、B社それぞれに

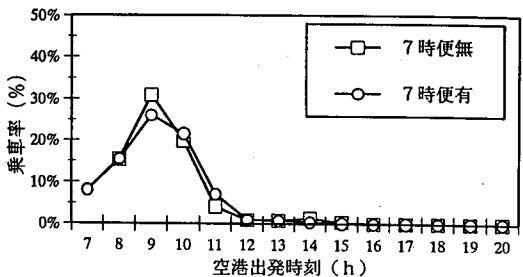


図-9 早朝便を設定した時の空港出発時刻分布

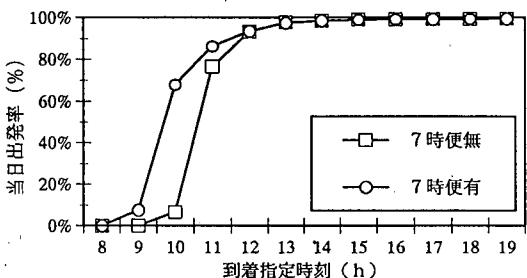


図-10 早朝便を設定した時の到着指定時刻と
当日出発率

7時00分発の便を設けた。図-9に早朝便を設けた時と設けない時の当日の空港出発時刻分布を示す。縦軸は図-7と同様に表-3に示す到着指定時刻を与えられた旅客に対する割合である。7時台の便を選択する人の割合は8%となり、また前日に出発便を選択する人の割合は、7時台の便を設けた場合設けない場合26.6%から19.7%に減少した。また、この時の到着指定時刻と当日の出発率を図-10に示す。7時台の便を設けた場合到着指定時刻が10時の旅客に対して当日出発率が便を設けない時の6%から67.8%に増えている。

5. 考察

本研究では、業務目的の航空旅客の出発便選択モデルを作成した。モデルを千歳発東京着の路線を利用する北海道に住居を持つ旅客に適用したところその再現性は概ね良好であった。

また、このモデルを用いて所要時間差や空港運用時間の効果をみることができた。

モデルでは、出発便選択行動のばらつきを自宅出

発時刻に対する非効用の閾値 t_a 、目的地（宿泊地）到着時刻に対する閾値 t_e 、宿泊コストに対する時間の割合を示す α_1 に導入した。

この内、2つの閾値 t_a 、 t_e の変動については、日帰りレクリエーション交通¹⁴⁾のケース（ただし、 t_e については自宅到着時刻に対する非効用の閾値）について求めたものがある。

t_a について、本研究では $\mu_a=7.0$ 、 $\sigma_a=1.0$ であるのに対し、日帰りレクリエーションのケースでは、 $\mu_a=8.0$ 、 $\sigma_a=0.30$ である。平均値に関しては、本モデルの方が1時間早く、分散は本モデルの方が大きい。これは、レクリエーション交通が休日交通であるのに対して、本モデルは平日における交通を扱っているので、旅客は日常の通勤交通に対する認識を持つものではないかと考える。

t_e については、本研究の $\mu_e=22.0$ 、 $\sigma_e=1.0$ に対して、レクリエーション交通の場合は、 $\mu_e=19.5$ 、 $\sigma_e=0.3$ である。平均値は2.5時間本モデルの方が遅くなっている。到着時刻でも自宅（レクリエーション交通）、目的地（宿泊地）の違いがあることを考慮すれば、平均値の差を生む理由の1つに食事の時間の影響があると考えられる。たとえば、あるデパートの買い物客の場合の自宅到着時刻の閾値 t_e の平均値は21.5との報告があり⁷⁾、この原因に夕刻に店内あるいは周辺の飲食店に訪れる客が多いことを挙げている。

前日の出発便選択モデルでは、図-5に示すように最終の20台の便を選択する人数が観測値と理論値とではかなりの差がある。モデルでは立ち寄りの条件を除くためにアンケート調査から得た出発地の住所と自宅の住所が一致する旅客を対象としているが、出発地で別の用件を済ませるなどの行動が含まれている可能性がある。

今後の課題として1つはこの旅客が出発地での立ち寄り行動を考慮したモデルが必要であると考えられる。

さらに、本研究では業務目的の出発便の選択行動を扱ったが、今後は、業務終了後の帰宅便の選択行動のモデル化、業務以外の旅行目的（観光など）の旅客の便選択行動のモデル化をおこない、鉄道との分担予測に発展させることが課題である。

6. 結論

本研究では、業務目的の航空旅客の出発便選択モデルを作成した。このモデルでは、到着指定時刻を与えられた旅客が当日出発するケースと前日に出発するケースの2つのモデルにより作成した。このモ

モデルを実際に観測した航空路線に適用した結果、次のような結論を得た。

①モデルは、人の日常の生活パターンに沿った時刻を閾数として定義した非効用を用い、人の行動のばらつきを表現する確率変数をパラメータとして含んでいる。このモデルによって、旅客の出発時刻の分布が比較的妥当に再現できる。

②モデルは、旅行時間の差や空港運用時間の効果などを予測することができる。

③今後の課題として帰宅便の選択行動、出発地や目的地での立ち寄り行動を考慮したモデルが必要である。

参考文献

- 1)Liew,C.K. and Liew,C.J: Airline Deregulation and Its Impacts on Intercity Travel Demand,*Transpn.Res.Rec.*732 , pp34-39,1979.
- 2)Alfa, A.S. : A Review of Model for the Temporal Distribution of Peak Traffic Demand,*Transpn.Res.B* 20 , pp491-499,1986.
- 3)Ben-Akiva, M.M. Cyna and A. De Palma : Dynamic Model of Peak Period Congestion ,*Transpn.Res.A* 18 , pp339-355,1984.
- 4)Ben-Akiva, M., A. De Palma and P.Kanaroglou : Dynamic Model of Peak Period Congestion with Elastic Arrival Rate , *Transpn Sci.*, 20(2), pp.164-181,1984.
- 5)Hendricson, C. and E. Plank : The Flexibility of Departure Time for Work Trips, *Transpn.Res. A* 18 , pp.25-36,1984.
- 6)Mahmassani ,H.S. and G.L. Chang : Experiments with Departure Time Choice Dynamics of Urban Commuters, *Transpn.Res. B* 20 , pp.297-320,1986.
- 7)桑原雅夫,松本嘉司,島崎敏一,家田仁:単一核都市内通勤トリップのボトルネックへの到着分布の推定,土木学会論文集,No.337,IV-6,1987.
- 8)森地茂,伊藤誠:近距離帯における都市間バスと航空の役割に関する研究,土木計画学研究,論文集, pp281-288,1986.
- 9)渡辺尚夫,谷岡尚昭:名古屋空港利用国内線航空旅客の需要予測に関する研究,土木学会第41回年次学術講演会, pp.317-318,1986.
- 10)森地茂,屋井鉄雄ほか:供給制約を考慮した航空重要モデル,土木計画学研究,論文集,pp.209-215,1988.
- 11)麻目節夫:交通モード選択問題としてみた航空機利用客の地域間流動,地理学評論61,pp.787-803,1988.
- 12)角川順洋,株沢芳雄ほか:国内航空ネットワークの効果分析手法に関する研究,土木学会第48回年次学術講演会, pp.556-557,1993.
- 13)T.Sumi,K.Imaizumi,I.Ichinose, and M.motoyama: Model for Predicting The Temporal Distribution of One-day Recreational Travel, *Transportation Planning and Technology*, Vol.18,pp199-221,1994.
- 14)角知憲,大枝良直,中本隆,中島英明:休日のリクリエーション交通と買い物交通の時間的変動における人の行動特性,土木学会論文集,No.506,-26,pp.137-140, 1995.1.

(1996.1.16受付)

A MODEL FOR CHOOSING A DEPARTURE TIME BY AIR TRAVEL PASSENGERS ON BUSINESS

Yoshinao OOEDA, Tomonori SUMI, Keizo NAKANISI and Sinji TUBAKI

This paper proposes a model for choosing a departure time by air travel passengers for the purpose of business. It is the first model for forecasting the temporal demand of transportation on a long distance travel . The passengers, ordinary have their work start time and end time. The passengers make a schedule of their travel in the time. The model is formed two models that choosing a flight on the day of the business and choosing a flight on the day before the business. The model is based on an assumption that passengers choose their departure times to minimized the sum of disutilities derived from their life pattern. The model reappears the behavior of the air travel passenger going to Haneda from Thitose.