

Mixed Logit を用いた航空利用スケジュール決定行動モデルの構築

広島大学大学院国際協力研究科	学生会員	石川 智之
広島大学大学院国際協力研究科	正会員	藤原 章正
広島大学大学院国際協力研究科	学生会員	李 百鎮
広島大学大学院工学研究科	正会員	杉惠 頼寧

1. はじめに

我が国の代表的な都市間交通機関である航空には、速達性が高い反面、所要時間の不確実性（遅延の発生確率）が高い特徴があり、これはどの便を選択するかという利用者の行動に大きく影響すると考えられる。

そこで、本研究では航空を利用する都市間ビジネストリップ客を対象として、遅延に対する不確実性を考慮したスケジュール決定行動モデルの構築を行う。

ただし、遅延の発生確率に対する個人の認知は一律でない為、分析には Mixed Logit モデルを用いる。

1) 遅延に対する個人の「認知が異なる」

個人の持つ情報（実際の遅延発生確率）に差異があるため、予測する遅延時間が異なる。

2) 認知した遅延に対する個人の「態度」が異なる

人々の持つ時間価値が異なれば、遅延に対する態度が異なる。

3) スケジュール間の「非観測要因の相関」

上記で表現しきれない非観測要因が選択肢間で共通に存在し、相関が生じる。

2. スケジュール決定行動における不確実性

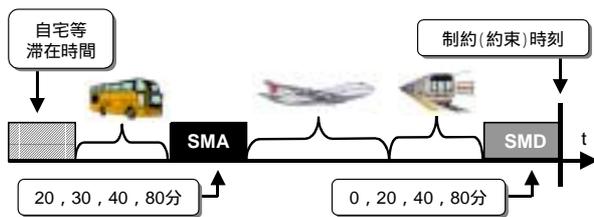


図1 スケジュールの定義と設定

本研究では 図1 に示すように 航空を対象として、目的地での到着時刻制約がある場合の「航空便」と「空港までのアクセス便（リムジンバス）」の組み合わせを考える（本研究ではこの組み合わせを「スケジュール」と呼ぶ）。このとき利用者は、航空およびリムジンバスのそれぞれの所要時間に対する不確実性（遅延の発生確率）を認知した上で考慮し、目的地での到着時刻制約を満たすようなスケジュールを選択することになる。

本研究では、交通機関の遅延を考慮した利用者のスケジュール選択行動を表現する際に、以下の 1), 2) の2点に着目し、さらに選択行動モデルの理論的整合性を図るため、3) も考慮する。

キーワード：不確実性, Mixed Logit, 安全余裕時間,

航空利用, スケジュール

連絡先：広島大学大学院国際協力研究科

739-8529 東広島市鏡山 1-5-1 TEL & FAX : 0824-24-6921

3. 個人の認知を表現する変数

スケジュール選択において、交通機関の所要時間の不確実性に対する個人の認知を表現するために、空港での搭乗前および目的地での業務前の安全余裕時間を外性変数として採用する。本研究では、安全余裕時間（Safety margin; SM）を、交通機関の遅延時間の期待値と次の活動のための準備や余裕のための時間との和であると定義する。SMには図1に示すように、空港安全余裕時間（SMA）と目的地安全余裕時間（SMD）の2種類を考える。

また、各利用者はそれぞれ希望SMを持っているとし、「希望SMと現実ダイヤ上のSMの差」をスケジュールの効用水準を決める説明変数と見なすこととする。

4. スケジュールリングモデルの構築

(1) モデルの構築のためのデータ

モデルの構築に際し 2000年度に行ったSP調査（「広島空港利用者の航空・空港利用についての調査」）データを用いる。被験者には、図1に示した仮想スケジュール（7種の組み合わせ）を選択させている。

また、希望のSMAおよびSMDについて、それぞれ「希望空港滞在時間」と「約束前の目的地滞在時間」の形で回答を得ている。なお、モデルの推定に用いるサンプル数は900である。

(2) モデルの定式化

不確実性を考慮するモデルとして、Mixed Logit model（以下、MXL）を用いる。MXLでは、ロジットモデルの一般系であるMultinomial Logit model（以下、MNL）では扱われていない次の2点が効用関数の中で明示的に考慮されている。

「個人間同質仮定の緩和」

変数パラメータに分布を持たせ確率変動を許すことによって個人の態度の違いを表現

「IIA特性の緩和」

選択肢間の誤差相関（類似性）を表すパラメータを加え、非観測要因の相関を考慮

MXLでは、利用者 n の考えるスケジュール i の望ましさを表す関数は式（1）で表現される。

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} = V_{in} + \eta_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

$$V_{in} = \sum_K \beta_{ik} x_{ik} \quad (2)$$

$$\eta_{in} = \sum_{j \in J} \mu_{ij} Z_{ij} \quad (i \neq j) \quad (3)$$

U_{in} : 効用関数, V_{in} : 確定項,

ε_{in} : 見かけ上の誤差項, ε_{in} : 真の誤差項

$\beta_{ik} \sim (\bar{\beta}_{ik}, \sigma_{\beta})$: 正規分布するパラメータの平均と分散

x_{ik} : 説明変数, η_{in} : 選択肢 i の他の選択肢との類似性指標

μ_{ij} : 平均0の正規分布に従う確率変数ベクトル

Z_{ij} : 選択肢間の類似性を考慮するダミー変数

いま真の誤差項 ε_{in} がガンベル分布に従うとするとスケジュール i の選択確率 P_{in} は式（4）のように表現される。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in} + \eta_{in})}{\sum_{j \in J} \exp(V_{jn} + \eta_{jn})} \quad (4)$$

この選択確率は、シミュレーション法の乱数発生アルゴリズムによる近似解にて算出される。

本研究では、確定項を式（5）のように定義する。

$$V_{in} = \beta_{air} (spSMA_i - SMA_n)^2 + \beta_{desi} (spSMD_i - SMD_n)^2 + const_i \quad (5)$$

SMA_n : 個人 n の希望の空港安全余裕時間

SMD_n : 個人 n の希望の目的地安全余裕時間

$spSMA_i$: sp 設定した現実の空港安全余裕時間

$spSMD_i$: sp 設定した現実の目的地安全余裕時間

β_{air} : 空港安全余裕時間に関する分布パラメータ

β_{desi} : 目的地安全余裕時間に関する分布パラメータ

$const_i$: 選択肢 i の定数項

なお、MNLモデルでは、効用関数、選択確率はそれぞれ（1）、（4）式において η がない式形であり、かつの分散は $\sigma_{\beta} = 0$ に制約してよい。

5. スケジューリングモデルの推定

遅延に対する不確実性を考える際に、MXLモデル用いたものと、MNLモデル用いたものの推定結果を表1に示す。

表1 モデルの推定結果

説明変数	MNL	MXL
	推定値	推定値
air	-1.87E-04	-9.34E-04
desi	-4.64E-05	-5.45E-04
air	-	0.105
desi	-	0.061
定数項1 (SMA=20, SMD=0)	0.800	0.773
定数項2 (SMA=30, SMD=0)	0.858 **	1.663
定数項3 (SMA=20, SMD=80)	2.320 **	5.455
定数項4 (SMA=30, SMD=80)	1.224 **	2.998
定数項5 (SMA=40, SMD=20)	1.743 **	5.508
定数項6 (SMA=80, SMD=20)	4.336 *	-1.882
定数項7 (SMA=40, SMD=40)	1.425	4.265
サンプル数	900	900
初期尤度	-1247.66	-1247.66
最終尤度	-961	-919.85
尤度比	0.229	0.260
自由度調整済み尤度比	0.227	0.250
赤池のAIC	1940	1882

ただし、類似性指標、 μ の推定値は省略

*1%有意 **5%有

表1の結果より、MXLの採用により、自由度調整済み尤度比に改善が見られた。また、空港前、目的地前のパラメータの推定値が各々、5倍から10倍近く向上し、感度の高いモデルが構築できた。

6. おわりに

本研究では、個人の遅延の「認知」に着目してスケジュール決定行動モデルの構築を行った。個人の認知を考える際に、「個人の認知が異なる」、「認知された遅延に対する個人の態度が異なる」、「スケジュール間の非観測要因の相関」の3点に注目し、MXLを用いてそれらを考慮したモデルを構築した。不確実性を考慮していないモデルとの比較の結果、適合度に改善が見られ不確実性を考慮したモデルの有効性が確認できた。

今後は、実際の運行状況と個人の遅延に対する認知の関係を定式化し、現実の運航スケジュールへのモデルの適用とその政策分析を行うことが課題である。