

遅延を考慮した航空利用スケジュール決定行動分析

広島大学	学生会員	○石川 智之	広島大学	正会員	藤原 章正
広島大学	正会員	杉恵 頼寧	広島大学	正会員	奥村 誠
首都高速道路公団	正会員	遠道 康裕	広島大学	学生会員	李 百鎮

1. はじめに

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）を有するという特徴がある。また、利用者の遅延に対する認知は時代とともに変化が見られ、社会の高度化・情報化が進み、人々が持つ時間価値が個人やトリップ目的間で多様化している。そこで本研究では、時間価値の高いと考えられる都市間移動を行うビジネストリップ客を主な対象とし、各交通機関の遅延を考慮したスケジュール選択モデルを構築することを目的とする。遅延考慮の方法として、2 種類の変数を定義しモデルに取りこむこととする。

2. 都市間トリップのスケジュール決定概念

従来の都市間トリップ選択に関する研究では、個々の交通機関の選択モデルを構築する例が多く見られた。本研究では図 1 に示すように、複数の交通機関とその利用便の組み合わせを「1つのスケジュール」とする。つまり、同一の交通機関を利用した場合でも、スケジュールは利用便の違いにより複数存在する。選択モデルの構築に際しては、利用者が(A)や(B)のような複数の「スケジュール」から最良のものを選択しているとし、その設定については「3.航空利用スケジューリング行動に関する調査」で述べる。

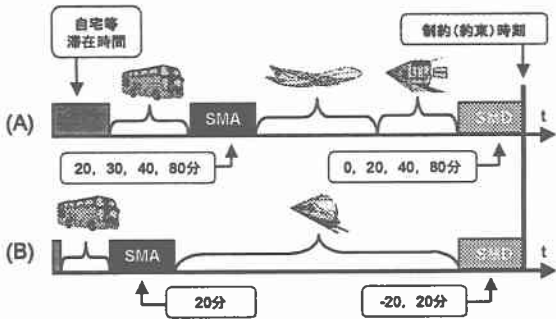


図 1 スケジュールの定義と設定

本研究では、交通機関の所要時間の不確実性を表現するため、以下の 2 つの変数をスケジューリングモデルに取り入れる。

(1) 遅延の主観確率

遅延時間をいくつかのカテゴリライズし、その各カテ

ゴリについて各利用者 k が各交通機関 j に対して主観的に認知している遅延発生確率を θ_{jnk} とする。図 2 は、その概念図である。x 軸に遅延時間 t をとり、y 軸に遅延の発生件数をとると、その関係は利用者毎に異なるこのような密度関数となる。ここで、曲線、x 軸、y 軸に囲まれた部分が主観確率となり、総和は 1 である。例えば 0 分から t_1 分までの主観確率 θ_1 は積分値（図の斜線部）である。

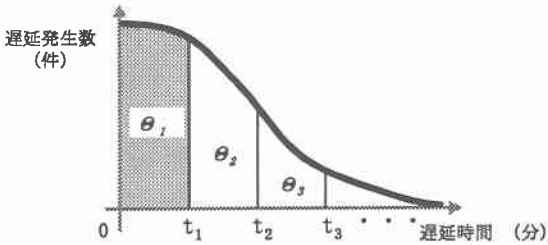


図 2 遅延の主観確率 θ の定義

(2) 安全余裕時間

安全余裕時間（Safety margin, SM）は、交通の遅延による遅刻を回避するための時間と、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。

本研究では SM について、図 1 に示す空港安全余裕時間（SMA）と目的地安全余裕時間（SMD）という 2 つの SM を定義する。また、各利用者は、それぞれ希望 SM（SMA 及び SMD）を持っているとする。この希望 SM は 0 よりも大きな値であり、実トリップにおける SM がこの希望 SM よりも長くなっても短くなっても、個人の効用の低下が見られるとする。したがって次節以降では、“希望 SM と SP 設定 SM の差”を説明変数としてスケジューリングモデルを構築する。

3. 航空利用スケジューリング行動に関する調査

分析のためのデータを収集するため、航空利用スケジュールに関する SP 調査を行った。調査の概要を表 1 に示す。本 SP 調査は、図 1 に示した複数スケジュールを、SP 調査法で回答者に選択をさせるものである。

スケジュールは、実験計画法を用い、図 1 (A) の航空利用スケジュールを 7 種類、同 (B) の新幹線利用

スケジュールを2種類の計9種類の選択肢を設定する。回答者は、その中から、航空機利用スケジュール3本と新幹線利用スケジュール1本の計4本の選択肢を提示され、望ましい順に順位付けを記入する。

遅延の主観確率についてはリムジンバス・航空とも、0分（遅れなし）、10分、30分、60分以上の4段階の遅延を設定し、それぞれの遅延の発生確率を記入する。また、SMA、SMDはそれぞれ、希望空港滞在時間と約束前の目的地滞在時間の形で質問・回答を行う。

表1 SP調査の概要

名称	広島空港利用者の航空・空港利用についての調査
対象	広島空港発 東京国際空港着 航空便利用者
形式	利用者記入方式の無記名調査票を配布・郵送回収
期間	2000年9月25日(月)~9月29日(金) 7:00-17:00
場所	広島空港2F国内線出発ロビー及び1F到着ロビー
結果	配布票数: 3371, 回収票数: 1765, 回収率52.4%

4. スケジューリングモデルの構築

(1) モデルの定式化

使用するモデルは Logit model であり、目的変数は SP アンケート調査によるスケジュール選択結果である。

式(1)は、利用者*k*のスケジュール*i*の効用の確定項 V_{ki} である。説明変数を SP 調査で設定した SM と希望 SM の差の2乗としている。これにより、パラメータが有意かつ、絶対値が大きいほど希望 SM の制約が強いこととなる。なお、本研究において新幹線は遅れないものと仮定、新幹線利用スケジュールの確定項は、 $\theta_{1k}^{air}=1$ かつ、 $\theta_{2k}^{air}=\theta_{3k}^{air}=\theta_{4k}^{air}=0$ とする。

$$V_{ki} = \sum_{q^{bus}=1}^{n^{bus}} \sum_{q^{air}=1}^{n^{air}} \left[\theta_{q^{bus}k} \times B^A \times (SPM^A_i - I^{q^{bus}} - SMA_k)^2 \right. \\ \left. + \theta_{q^{air}k} \times B^D \times (SPM^D_i - I^{q^{air}} - SMD_k)^2 \right] \\ + const_i \\ s.t. \sum_{q^m=1}^{n^m} \theta_{q^mk} = 1$$

ただし、*m*: 交通機関、(*bus*: リムジンバス, *air*: 航空機)
 q^m : 交通機関*m*の遅延時間のカテゴリ(1~ n^m)
 θ_{q^mk} : 個人*k*の交通機関*m*のカテゴリ*q*の遅延の主観確率
 B^A : SMAに関するパラメータ
 B^D : SMDに関するパラメータ
 SPM^A_i : 選択肢*i*におけるSP設定上のSMA
 SPM^D_i : 選択肢*i*におけるSP設定上のSMD
 I^{q^m} : 交通機関*m*の θ_{q^mk} に対応する遅れ
 SMA_k : 個人*k*の希望SMA, SMD_k : 個人*k*の希望SMD
 $const_i$: 選択肢*i*の定数項

(2) モデルの推定

モデルの推定結果を表2に示す。「従来モデル」は、尤度比は0.227と十分な値であるが、SMAのパラメータが有意でない。モデル全体としてみると、定数項の*t*値が高く定数項のみで効用の大小が決定している状態であり、適切なモデルとは言えない。「遅延完全認知MNLモデル」は、尤度比0.240でかつ、各SMに関するパラメータが有意となっている。遅延無考慮MNLより尤度比が0.013ポイント、AICで41ポイントの改善が見られ、遅延を考慮したモデルの有効性が確認できる。パラメータでは、SMAがSMDより値が小さく、よりSMAが重視されていると考えられる

表2 遅延完全認知MNLと従来モデル推定結果

説明変数	遅延完全認知MNLモデル		従来MNLモデル	
	推定値	t値	推定値	t値
推定SMAとSP設定の差(分 ²)	-6.857E-05 **	-3.701	-1.874E-03	-3.597
推定SMDとSP設定の差(分 ²)	-3.285E-05 **	-5.704	-4.641E-04 **	-7.397
定数項(SMA=20, SMD=0)	1.557 **	6.881	0.800 **	10.421
定数項(SMA=30, SMD=0)	1.360 **	6.528	0.858 **	5.896
定数項(SMA=20, SMD=80)	2.062 **	11.113	1.959 **	15.046
定数項(SMA=30, SMD=80)	2.079 **	10.425	1.161 **	16.600
定数項(SMA=40, SMD=20)	2.208 **	12.434	1.614 **	19.063
定数項(SMA=80, SMD=20)	0.904 **	4.386	4.336 **	11.229
定数項(SMA=40, SMD=40)	2.751 **	14.404	1.415 **	19.944
初期尤度	-1247.7		-1247.7	
最終尤度	-938.9		-960.0	
自由度調整済尤度比	0.240		0.227	
的中率(1番目の選択)	0.582		0.577	
赤池のAIC	1901		1942	
サンプル数	900		900	

※SMA: 空港安全余裕時間, SMD: 目的地安全余裕時間
 **:1%有意 *:5%有意

7. おわりに

本研究では、主に航空利用トリップを対象に交通機関の遅延に対する主観確率と安全余裕時間という2つの変数を取り込むことにより、スケジューリング行動を表現するモデルを構築した。モデルの推定の結果、適合度は向上し現況再現性が増したことから、航空のような所要時間の不確実性が高いスケジューリングモデルを構築する際には、遅延を考慮する変数を用いることが有効であることが示された。今後は、主観確率及び安全余裕時間をより正確に予測する方法の開発、また、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検討することが課題である。