

# 交通機関の乗り継ぎを考慮した幹線鉄道の需要予測

信号・情報技術研究部 交通計画研究室

研究員 鈴木 崇正

## 1. はじめに

我が国では幹線交通の発達により、航空機と新幹線を乗り継ぐ経路といった複数の幹線交通機関を組み合わせて利用できる経路（図1，以下「混合経路」と称する）が存在するようになってきた。しかし、代表交通機関に着目する従来の需要予測手法では、複数の幹線交通機関を乗り継ぐ経路の需要を適切に取り扱うことが困難であった。そこで本研究では、都市間旅客需要予測の精度向上をはかるため、混合経路の存在を考慮することが可能な需要予測手法を開発した。

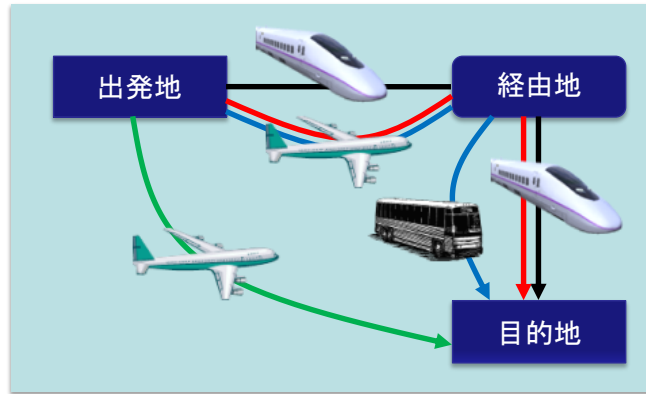


図1. 混合経路の概念（赤、青の経路が混合経路の例）

## 2. 混合経路の存在と経路重複問題

図1のように、混合経路はその一部が相互に重複していることが多い。ここで、需要予測で広く用いられる四段階推定法を適用する場合、経路重複問題の克服が必要である。経路重複問題とは、従来の経路選択モデルで一般的に使用されるロジットモデルにおいて、経路の選択肢が相互に独立ではなく一部が重複する場合、その重複区間の選択率が過大推定されるという問題を指す。

ここで、図2に示すような、経路1と経路2からなる交通ネットワークがあるとする。各経路の選択確率が所要時間と運賃のみで説明されるとし、経路1と経路2の所要時間と運賃が等しい場合、ロジットモデルでは2つの経路の選択確率はそれぞれ0.5と推定される。ここで、経由地Bと目的地Cの間に赤線で示す新たな交通機関が整備され、経路3が設定されたとする。もし経路3の所要時間と運賃も経路1および2と等しければ、ロジットモデルでは経路1～3の選択確率は等しく0.333と推定される。すなわち、出発地A～経由地B間の選択確率の和は0.666となり、経路3設定前の同区間の選択確率0.5と比較するとかなり大きな値となる。

しかし現実には、このような選択確率の大きな変化が発生するとは考えにくい。例えば、出発地A～経由地Bが航空路線であり、経由地B～目的地Cが空港アクセス交通であるとき、空港アクセス手段が1つ増加しただけで航空需要が大幅に増加するとは考えにくい。混合経路を考慮した需要予測ではこのような経路重複問題の解決が求められる。

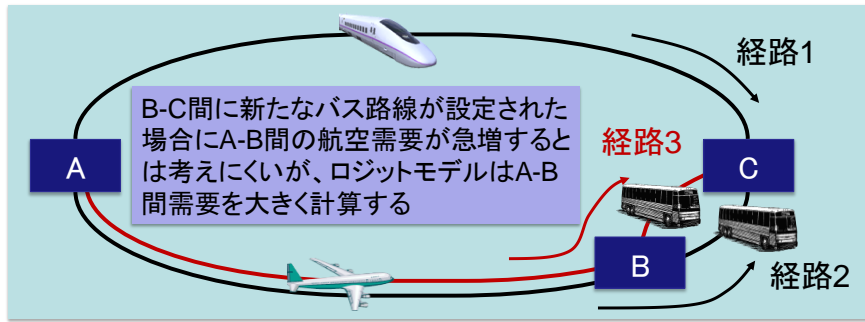


図 2. 交通ネットワークにおける経路の重複の例

そこで、経路選択モデルに関する文献調査と検討の結果、この問題を緩和可能なモデルとして C-ロジットモデル (図 3) の援用を検討した。C-ロジットモデルは、従来のロジットモデルに経路の重複率に関する項  $CF_i$  を追加することにより、前述の問題点を克服できるようにしたモデルである。操作性が高く、パラメータ推定が比較的容易であるという特徴を有する。

式中  $V_i$  は、従来のロジットモデルでも用いられる効用の確定項である。効用とはあるサービスにより得られる満足度ないし利便性に近い概念であり、一般的な経路の効用は所要時間や運賃・料金などにより決定される。満足度が高い経路ほど  $V_i$  の値は大きくなり、結果としてその経路の選択確率  $P_i$  の値も大きくなる。 $CF_i$  は C-ロジットモデルで導入された項であり、その経路と他の経路との重複率に基づいて計算される。ロジットモデルでは経路の重複率が大きいほどその経路の選択確率は過大に推定されることから、重複率が大きいほど  $CF_i$  の値を大きくすることで、結果としてその経路の選択確率  $P_i$  の値が小さくなるという効果を有する。

経路 <i>i</i> の選択率	$P_i = \frac{\exp(V_i - CF_i)}{\sum \exp(V_i - CF_i)}$
経路重複率項	$CF_i = \beta \ln \sum_j (d_{ij})^\gamma$
経路 <i>i</i> と <i>j</i> の重複率	$d_{ij}$
経路 <i>i</i> の効用の確定項	$V_i = \sum_k \alpha_k X_{ik}$
効用の決定要因(説明変数)	$X_{ik}$
パラメータ(重み)	$\alpha_k, \beta, \gamma$

図 3. C-ロジットモデルの構造

### 3. アンケート調査

前述の C-ロジットモデルを援用した経路選択モデルを構築するにあたって、説明変数として扱うことが妥当であると考えられる要因の検討が必要である。従来の、1 種類の幹線交通機関のみを考慮した経路 (以下「単一経路」と呼ぶ) の選択行動モデルでは、一般的には各経路の所要時間や運賃・料金、列車やバスの運転本数などが説明変数として用いられてきたが、混合経路における経路選択の説明要因がそれらと同じであるかどうかを検証しなければならない。

そこで、都市間旅客による経路選択行動に関するウェブアンケート調査を実施した。単一経路と混合経路のそれぞれについて、その経路選択理由を尋ね、集計したところ、単一経路と混合経路で経路選択理由が異なるとは言えないことが統計的に示された。このことから、混合経路の存

在を想定した経路選択行動モデルを構築する際、所要時間や運賃など、従来のモデルで採用されているものと同様の説明変数を使用することとした。

また、全国規模で都市間旅客流動に関する調査を実施している全国幹線旅客純流動調査の第4回調査データ（国土交通省、2005年）のデータを集計した結果、九州地方を出発地あるいは目的地とする旅客流動において混合経路の利用が多くみられることが判明した。よって、同調査の個票データのうち、首都圏発九州地方着のデータを用いてモデルのパラメータ推定を行った。

#### 4. パラメータ推定

パラメータの推定結果を表1に示す。なお比較のため、従来のロジットモデルを用いたパラメータ推定結果も併せて示す。モデルの優劣を判断できるAIC（赤池情報量規準）やモデル全体の適合度を示す自由度調整済尤度比も、ロジットモデルと同等の水準を有している。このことから、適用実績の豊富なロジットモデルと同等の性能を有しつつ、混合経路の存在をも考慮できる経路選択行動モデルが構築された。

表1. パラメータ推定結果

	C-ロジット	ロジット	
$\alpha$ {	所要時間(時間)	-1.9000 (-38.144)	-2.1734 (-41.758)
	運賃・料金(万円)	-1.4707 (-8.130)	-1.4276 (-5.994)
	乗換回数(回)	-0.5716 (-10.875)	-0.8272 (-13.597)
	1/運行頻度(便)	-1.4783 (-7.862)	-0.0344 (-1.859)
	$\beta^*$	-4.9675 (-3.357)	-
$\gamma$	1.0195 (5.925)	-	
AIC	8817.8	8934.0	
自由度調整済尤度比	0.800	0.797	

カッコ内はt値

ここで、重複率以外の説明変数が全て等しい3つの経路からなるネットワークについて、表1のC-ロジットモデルを用いて、経路2と経路3の重複率の変化による各経路の選択確率の変化を求めた(図4)。その結果、従来手法では重複率によらず各経路の選択確率が不変であったものが、開発手法により重複率を考慮した選択確率の計算が行われていることが確認された。

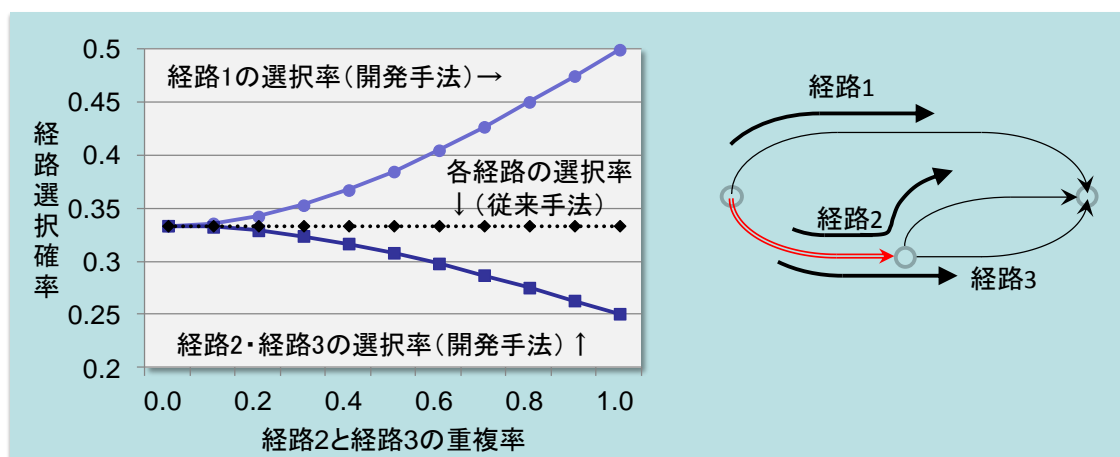


図4. 重複率と選択確率の関係

## 5. ケーススタディ

構築したモデルを用いて、図5に示すような航空、幹線鉄道、高速バスからなる複数の混合経路で構成される交通ネットワークにおける、経路選択のケーススタディを実施した。

本ネットワークでは、A空港から出発する航空機の到着地をB空港・C空港とし、利用する航空会社はFSC (Full Service Carrier: 従来の航空会社)とLCC (Low Cost Carrier)の2種類とした。また各空港から最終目的地であるZ駅までは、それぞれ幹線鉄道と高速バスの2種類が整備されているものとした。B駅はB空港の、C駅はC空港のそれぞれ近傍にあり、B駅-C駅-Z駅の幹線鉄道は空港アクセス手段としての役割が期待される。

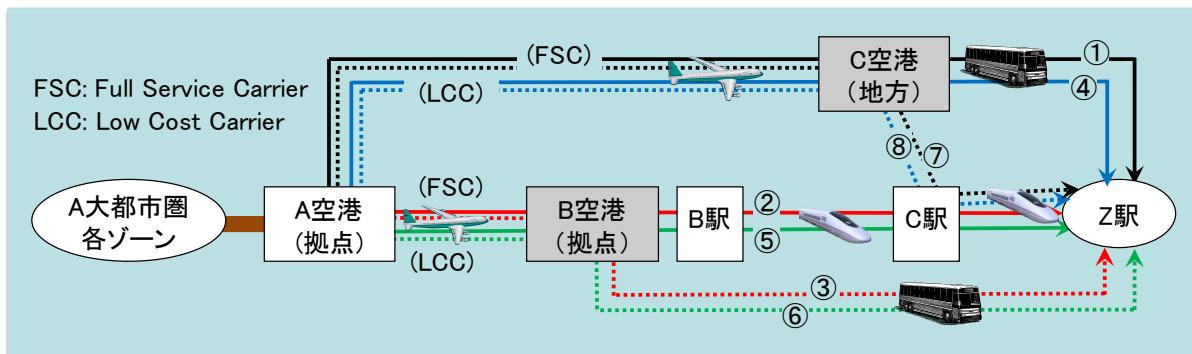


図5. ケーススタディにおける想定ネットワーク

推定された各経路の選択確率を図6に示す。A大都市圏からZ駅までの流動の大半がA空港→C空港の直行便を利用しており、そのうち約6割がC空港とZ駅の間で幹線鉄道を利用すると試算された。このことから、B駅-C駅-Z駅の幹線鉄道にとって、C駅-Z駅間では近傍空港のアクセス手段としての需要が一定程度見込めることが示唆された。

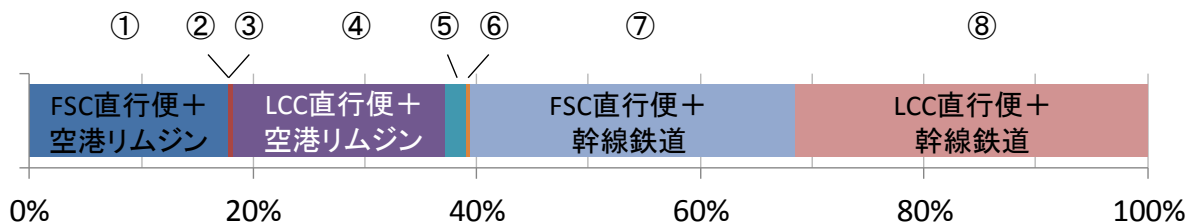


図6. ケーススタディによる経路選択確率計算結果

## 6. おわりに

本手法の開発により、複数の都市間幹線交通機関を組み合わせる混合経路の存在を考慮した需要予測実施が可能になった。本手法は、幹線鉄道の新規開業前における需要予測の精緻化のみならず、幹線鉄道のマーケティングにも広く活用できると考えられる。