

マーケティング手法による転換率モデルを用いたバス交通改善策の効果分析

Method of Evaluating the Effect of Bus Service Improvement Policies

using a Modal Choice Model by Marketing Research Technique

中川 大*、青山吉隆**、栗林大輔***、小出泰弘****

By Dai NAKAGAWA, Yoshitaka AOYAMA, Daisuke KURIBAYASHI and Yasuhiro KOIDE

1. はじめに

個人の価値観が多様化している現在においては、様々な交通政策の効果を把握するためには個人ごとの選択行動の違いを考慮することが必要になってきている。とりわけ、定刻からの遅れや乗車時の快適性などが課題となっている都市内のバス交通においては、時間的な信頼性や混雑度など、所要時間や費用以外にも重要な選択要因は多く、これらに対する選好を踏まえた分析が必要である。そこで、本研究では交通機関を利用することで得られる効用を、個人ごとに推定するコンジョイント分析を用いて、様々な選択要因を考慮しうる交通機関転換率モデルを構築し、さらにそれを都市内交通ネットワークにおける動的交通量配分モデルに用いることによって、公共交通改善策の効果を分析する。

2. 研究の特徴と構成

(1) 研究の特徴

都市内交通の機関選択においては、様々な選択要因があり、しかもそれらの要因に対して個人が抱く価値観は多様である。そのため、マーケティング手法の一つであるコンジョイント分析を用いて、個人レベルでの行動を分析する方法も近年用いられるようになってきている¹⁾²⁾。

コンジョイント分析は、プロファイル（選択肢）と呼ばれる仮想的な商品あるいはサービスを選好の対象として、そのような商品あるいはサービスを構成する属性が与える部分効用値を測定し分析しようというも

ので³⁾⁴⁾、いくつかのプロファイルに対して個人がそれぞれ順位をつけ、得られた順序データから各属性が与える部分効用値を推定する方法である。

本研究では、この方法を用いて個人レベルの交通機関選択行動を記述するモデルを構築し、バス交通改善策の実施による自動車・二輪車からバスへの転換率を求める。

一方、このような機関分担率の変化が、利用者や交通事業者にもたらす効果を計測するためには、実際に利用する経路における所要時間や一般化費用がどのように変化するかを求める必要がある⁵⁾が、多数の選択要因を考慮し、しかも異なる選択行動を行う主体が多数存在する状況を取り扱う場合には、通常の交通量配分モデルによってそれぞれの主体の経路を求めることは難しい。特に、バスはあらかじめ定められた経路上を走行しているため自動車の場合の最短経路とバスを利用する場合の最短経路は必ずしも一致しないこと、乗り換えの有無によって最短所要時間経路と最小一般化費用経路が異なる場合があること、ダイヤが定められているため出発地点においても乗り換え地点においても時刻によって変動する待ち時間が存在する⁶⁾ことなどから、通常の最短経路探索によって利用者の経路を求めることができない。そのため、バス交通利便性の有力な改善策であるフリクエンシー増加や、系統再編、運賃制度改変等の改善策については、その効果を分析する際に不可欠な総所要時間や総一般化費用の短縮などの指標を求めることが難しい。

そこで、本研究では、都市内ネットワークにおいて時々刻々と交通配分を行う動的交通量配分モデルを構築するとともに、そのなかに、バスの走行経路データを組み込むことによって、上記のようなバス交通の特徴を考慮したモデルを構築する。

キーワード：公共交通計画、交通手段選択、経路選択

*正会員、工博、京都大学大学院工学研究科

(606 京都市左京区吉田本町 Tel 075-753-5138)

**フェロー、工博、京都大学大学院工学研究科

***学生会員、京都大学大学院工学研究科

****正会員、南海電気鉄道

(2) 研究の構成

本研究は、以下のように大きく3つの部分によって構成される。

- ①コンジョイント分析の方法を示すとともに、順序データ収集のためのアンケートの内容と結果について述べた上で、そのデータを用いて転換率モデルを構築する。
- ②バス交通の挙動も組み込んだ動的交通量配分モデルの内容を示すとともに、その説明力の検証を行う。
- ③都市内交通の改善策についていくつかのケースを設定し、①で構築した転換率モデルを②の動的交通量配分モデルに用いることによって、様々な改善策を実施したときの効果を求める。

3. 転換率モデルの構築

(1) プロファイルの設定

コンジョイント分析のための順序データを得る方法としては、一対比較法、AHP手法などがある⁷⁾が、回答者に対する負担を小さくするため、本研究では全ての選択肢を一度に提示して順序を付けてもらうフルプロフィール法を用いた。

プロフィールを構成する属性とそれに対して設定した水準を表-1に示す。これらの属性を用いてプロフィール群を作成したが、7つの属性を一度に考慮したプロフィールは回答者の負担を増加させるので、プロフィール群を2つ作成した。すなわち、プロフィール群Aは表-1の①～④の4つの属性を採用したプロフィール群、またプロフィール群Bは、表-1の①と⑤～⑦の4つの属性を採用したプロフィール群とし、これらを用いて順序データを収集した。

プロフィールは、一部多元配置法⁸⁾によって属性の組み合わせを設定し、それぞれのプロフィール群において9個ずつのプロフィールを作成した。それぞれのプロフィールを表-2に示す。以上のプロフィールについてアンケートによって順序データを得るが、その際、各個人においては出勤・登校目的のように時間の制約が強い場合と、自由・業務目的のように比較的制約の少ない場合とでは選好が異なることを考えて、それぞれの被験者から両者の場合の選好順序を得ることとする。

表-1 対象とする属性（選択要因）とその水準

属性	水準1	水準2	水準3
① 手段	バス	バス+鉄道	バス+バス
② 定刻からの遅れ	2分以下	5分程度	7分以上
③ 乗車時間の短縮	7分以上	5分程度	変わらない
④ 運賃	150 円	220 円	360 円
⑤ 運行本数 *1	6, 10 本	2, 4 本	1, 2 本
⑥ 終発時刻	24:00	23:00	22:00
⑦ 車内混雑度 *2	A	B	C

*1 6, 10 本…日中 6 本/時、通勤時 10 本/時

*2 A: ずっと座れる, B: 途中で座れる, C: 全く座れない

表-2 作成したプロフィール群

プロフィール群 A

選択肢番号	手段	定刻からの遅れ時間	乗車時間の短縮	運賃
1	バス	2分以下	7分以上	150 円
2	バス	5分程度	5分程度	220 円
3	バス	7分以上	変わらない	360 円
4	バス+鉄道	2分以下	5分程度	360 円
5	バス+鉄道	5分程度	変わらない	150 円
6	バス+鉄道	7分以上	7分以上	220 円
7	バス+バス	2分以下	変わらない	220 円
8	バス+バス	5分程度	7分以上	360 円
9	バス+バス	7分以上	5分程度	150 円

プロフィール群 B

選択肢番号	手段	運行本数	終発時刻	車内混雑度
1	バス	1, 2 本	22:00 頃	C
2	バス	2, 4 本	23:00 頃	B
3	バス	6, 10 本	24:00 頃	A
4	バス+鉄道	1, 2 本	24:00 頃	B
5	バス+鉄道	2, 4 本	22:00 頃	A
6	バス+鉄道	6, 10 本	23:00 頃	C
7	バス+バス	1, 2 本	23:00 頃	A
8	バス+バス	2, 4 本	24:00 頃	C
9	バス+バス	6, 10 本	22:00 頃	B

表-3 アンケート調査の概要

調査方法	配布留め置き方式
配布期間	1996年12月2日～9日
配布対象地域	京都市全域
配布数	210枚
回収数	198枚（回収率94.3%）

表-4 シミュレーションプロフィール群

選択肢番号	手段	定刻からの遅れ時間	運賃	車内混雑度
1	バス	7分以上	220円	B
2	バス+鉄道	5分程度	360円	A
3	バス+バス	2分以下	360円	A

表-5 シミュレーションプロフィール

による推定結果

目的	完全一致	一部不一致	完全不一致	サンプルの合計
出勤・登校	32 (41.5%)	40 (50.6%)	7 (8.9%)	79
自由・業務	32 (36.4%)	47 (53.4%)	9 (10.2%)	88

完全一致：推定順序が回答順序と完全に一致しているもの
 一部一致：推定順序に回答順序と一致していない部分があるもの
 完全不一致：推定順序と回答順序がと全く一致していないもの
 （スピアマンの順位相関係数は、出勤・登校(0.43)、自由・業務(0.33)）

u_{ij}^A ：プロフィール群Aから求めたプロフィールj
 における属性iの部分効用

u_{ij}^B ：プロフィール群Bから求めたプロフィールj
 における属性iの部分効用

また、この方法で得られた効用関数の妥当性を確認するため、表-4に示すように新たに4つの属性を組み合わせた3つのプロフィールからなるシミュレーションプロフィール群についてもアンケートで順序データを得ており、これを用いて推定された順序とアンケートの回答順序を比較した。その結果、表-5に示すように完全一致のサンプルが40%前後あり、スピアマンの順位相関係数においてもまずまずの結果が得られた。

(3) 機関選択要因の分析

求めた部分効用の特徴を把握するため、現在利用している交通機関別にパラメーターの平均を求めた。図-1～図-4は4つの属性のパラメーターの合計を100%

(2) コンジョイント分析の方法

効用関数は式(1)のように、離散型の線形式を用いる。

$$U_j = \sum_i u_{ij} = \sum_i \sum_k \theta_{ik} \cdot X_{ikj} \quad (1)$$

ただし、

U_j ：プロフィールjの全体効用(total worth)

u_{ij} ：プロフィールjの属性iの部分効用値
 (part worth)

X_{ikj} ：プロフィールjにおいて、属性iが、水準kの場合1、その他の場合0

θ_{ik} ：パラメータ(属性iの水準kに対する部分効用値)

アンケートによってプロフィール群ごとに U_j についての選好全順序データを得て、SPSS Categoriesプログラムによってパラメータを求めた。順序データ収集のためのアンケート調査の概要は表-3に示す。

パラメータの推定にあたっては、これらのサンプルのうち矛盾的な順位付けを行っているサンプルと、PearsonのRとKendallのt統計量によってあてはまりの悪いサンプルは除外した。

プロフィール群AとBによって求めたそれぞれの部分効用値のうち、「手段」の属性は共通であるため、ブリッジング⁸⁾を行うことによって両プロフィール群から得られる部分効用値を基準化して足し合わせることができる。

ブリッジングは式(2)を用いて行っている。

$$U_j = u_{1j}^A + u_{2j}^A + u_{3j}^A + u_{4j}^A + (u_{1j}^A / u_{1j}^B) \times (u_{5j}^B + u_{6j}^B + u_{7j}^B) \quad (2)$$

ただし、

U_j ：ブリッジングされたプロフィールjの全体効用

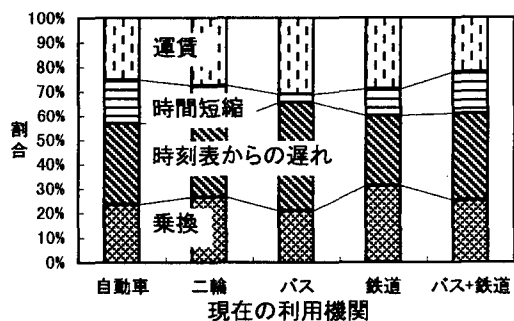


図-1 プロファイル群Aで重要視する要因(出勤・登校)

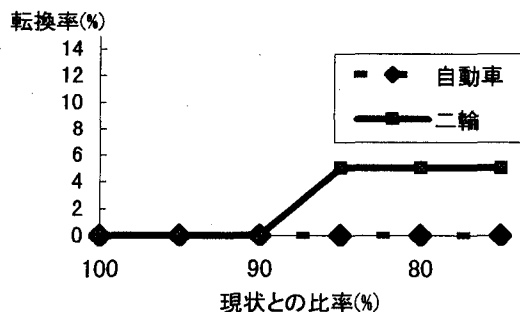


図-5 バスの遅れ時間が変化した場合の転換率

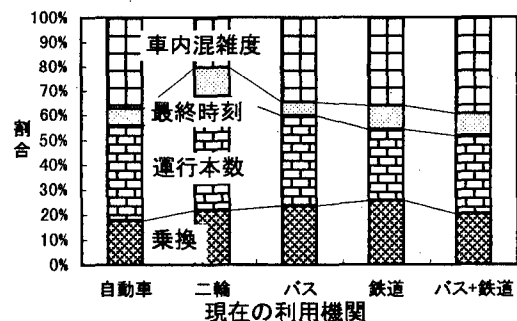


図-2 プロファイル群Bで重要視する要因(出勤・登校)

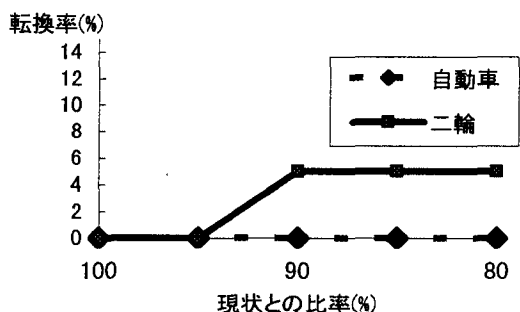


図-6 車内混雑度が変化した場合の転換率

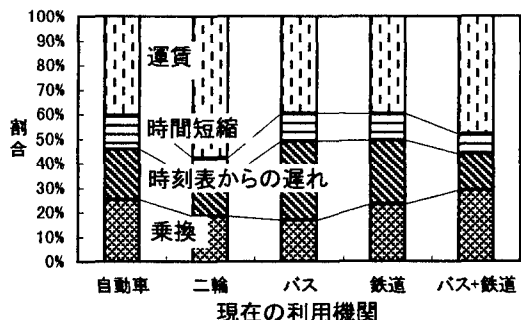


図-3 プロファイル群Aで重要視する要因(自由・業務)

とし、その中に占める各属性のパラメーターの割合を示したものである。図-1、図-2はそれぞれのプロファイル群の属性について出勤・登校目的の場合を示している。また、図-3、図-4は同様に自由・業務目的の場合を示している。

これらの図によると、出勤・登校目的と自由・業務目的では、重視される属性がかなり異なることが分かる。まず出勤・登校目的の場合は、図-1からは、バスの時刻表からの遅れを、図-2からは運行本数を重視していることがわかる。また自由・業務目的の場合は、図-3から運賃が、図-4から車内混雑度が重視されていることがわかる。いずれの目的においても、その目的の特徴を反映した結果となっている。

(4) 転換率の算出

転換率の算出にあたっては、交通機関の選択肢は自動車・二輪・バスの3つとし、現在の利用機関が二輪か自動車、利用可能機関にバスを含むサンプルについて転換率を求める。

個人が交通機関から得られる効用を推定する式としては次の式を考える。

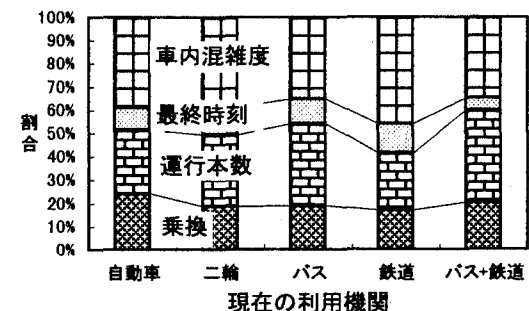


図-4 プロファイル群Bで重要視する要因(自由・業務)

$$U(\text{pub}) = u(\text{pub} \cdot \text{time}) + u(\text{pub} \cdot \text{cost}) + u(\text{pub} \cdot \text{ser}) \quad (3)$$

$$U(\text{per}) = u(\text{per} \cdot \text{time}) + u(\text{per} \cdot \text{cost}) + u(\text{per} \cdot \text{ser}) \quad (4)$$

ただし、 $u(\text{pub} \cdot \text{time})$ 、 $u(\text{per} \cdot \text{time})$ はそれぞれ公共機関、個別交通を利用した際の所要時間から得られる部分効用値であり、 $u(\text{pub} \cdot \text{cost})$ 、 $u(\text{per} \cdot \text{cost})$ も同様に、それぞれの際の費用から得られる部分効用値である。また、 $u(\text{pub} \cdot \text{ser})$ 、 $u(\text{per} \cdot \text{ser})$ は所要時間、費用を除いた選択要因から得られる部分効用値の合計であるとする。これらの部分効用値は、アンケートで得られた順序データから最小二乗法を用いて個人ごとに算出できる。また、連続的サービスレベルの効用値は一次近似による内挿法を用いて求める。

転換率は、交通サービス水準が変化した際に、各交通機関から得られる効用を、上式に基づいて個人ごとに算出し、効用が最大となる交通機関を選択するとして求める。転換率モデルの計算例として、バスの遅れ時間が変化した場合を図-5、車内混雑率が変化した場合を図-6に示す。これらの図に示した転換率の値は、利用できるバス路線がないため個別交通からバスに転換出来ない人も含めた総計に対する数字である。

なお、所要時間・費用以外のサービス水準の変化は、自動車から公共交通への大きな転換を常に促すとはまでは言えず、この例においては80%程度のサービス水準改善では、二輪からの転換はあるものの、自動車からの転換は生じないという結果となった。

4. 動的交通量配分モデルの概要

(1) 自動車交通を対象にした動的交通量配分モデル

本モデルでは、道路ネットワークのリンクフローを、車両ユニットで表現する。車両ユニットとは、同一ODノードを持つ車両が同時刻に発生する場合、これらの車両を一組にしたものと定義する。車両ユニットは、①車種（乗用車と貨物車・タクシー）、②発生セントロイド出発時刻、③集中セントロイド番号、④走行経路（次に走行するリンク）、⑤現在走行しているリンクでの位置、⑥現在の走行速度、⑦ユニットの大きさ（最大3台）といった情報を持っている。

これらの情報を時刻ごとに更新していくが、そのために設定している主な基本式は、リンク交通の制約式(5)および走行条件式(6)である。

$$v_i(t) = v_f \cdot e^{-1/2(k/k_0)^2} \quad (5)$$

$$x_i(t+\Delta t) = x_i(t) + v_i(t) \cdot \Delta t \quad (6)$$

ただし、

$v_i(t)$: 時刻 t でのユニット i の速度

$x_i(t)$: 時刻 t でのユニット i の走行位置

v_f : リンクの自由走行速度

k : ユニット i が走行しているリンクの交通密度

k_0 : リンクの臨界密度

これらの式を用いて、スキニングインターバル Δt (30秒)ごとに全ての車両ユニットの情報を更新する。また、道路ネットワーク上の各車両ユニットは、5分ごとに更新される最短所要時間経路を選択して走行する。この際の最短所要時間経路は、動的計画法を用いてすべてのODノード間について計算を行っている。

なお、本研究では上記のように、経路を決める時点における最短経路を選択するという動的利用者最適配分(Dynamic User Optimal)の考え方を用いており、その配分結果は、必ずしも走行結果としての最適な均衡状態(Dynamic User Equilibrium)とはならないが、実際の交通情報の精度や、走行時間予測可能性等を考えると、現状再現モデルとしてはこの考え方のほうが現実的と考えて採用している。

(2) 動的交通量配分モデルへのバス交通の組み込み

バスのダイヤなどの運行データと、パーソントリップ調査のバストリップデータを用いて、自動車交通のモデルのなかに、バスとバスの乗客の行動を組み込む。

バス交通を表現するための要素としては、バスユニットと、乗客ユニットを用いる。バスユニットは、バス車両を表現するもので、車両ユニットとともにネットワーク上を走行するが、下記の点で車両ユニットと異なる。

①走行経路は最短経路検索ルーチンを使わず、系統別に与えられた路線に従って走行する。そのため、そ

表-6 主要区間における実測交通量と計算値との比較

No.	路線名	実測交通量			計算結果			計算／実測
		方向別交通量		断面 交通量	方向別交通量		断面 交通量	
		南行	北行		南行	北行		
1	堀川通	27,284	27,580	54,864	27,862	27,900	55,762	102%
2	国道1号	27,775	26,347	54,122	31,546	32,960	64,506	119%
3	国道24号	20,807	22,601	43,408	26,234	19,266	45,500	105%
4	国道171号	16,961	15,019	31,980	20,831	20,778	41,609	130%
5	西大路通	15,311	15,238	30,549	21,002	15,602	36,604	120%
6	烏丸通	13,816	15,594	29,410	17,647	16,112	33,759	115%
7	東大路通	14,448	13,955	28,403	16,269	11,796	28,065	99%
8	川端通	12,311	12,419	24,730	14,605	10,109	24,714	100%
9	河原町通	11,506	10,718	22,224	14,988	15,146	30,134	136%
10	白川通	11,320	10,373	21,693	13,079	12,811	25,890	119%
11	大宮通	8,957	9,726	18,683	5,907	6,971	12,878	69%
12	外環状線	7,930	8,745	16,675	12,984	9,298	22,282	134%
		東行	西行		東行	西行		
13	国道1号	26,354	25,819	52,173	34,543	28,118	62,661	120%
14	五条通	21,732	23,112	44,844	26,738	24,691	51,429	115%
15	国道9号	20,055	19,153	39,208	26,618	28,191	54,809	140%
16	九条通	15,172	15,031	30,203	13,230	10,988	24,218	80%
17	丸太町通	13,805	14,234	28,039	15,573	16,811	32,384	115%
18	北大路通	11,996	12,856	24,852	8,056	7,959	16,015	64%
19	御池通	13,637	10,862	24,499	13,437	13,007	26,444	108%
20	十条通	10,229	13,269	23,498	7,704	6,817	14,521	62%
21	四条通	10,899	11,924	22,823	10,643	11,400	22,043	97%
22	今出川通	10,524	10,165	20,689	20,826	14,363	35,189	170%
23	七条通	9,334	11,285	20,619	13,940	13,684	27,624	134%
24	四ノ宮四ツ塚線	8,319	8,296	16,615	9,827	7,919	17,746	107%

実測値と計算結果の相関

R= 0.88

それぞれのバス系統に対して、経由する交差点ノードが経路ベクトルとして与えられている。

②バス停において乗客ユニットの乗降を行う。ただし、ノード数・リンク数を増大させないため、交差点ノードをバス停として用いることができるようにしている。

③バス停での停車時間が、乗降客数に応じて変化する。

④乗客ユニットの乗降に伴って、現在の乗客人数をデータとして持っている。そのため、最大乗客数や混雑率等を算出することができる。ただし1台のバスの最大乗車定員は80人とし、これを超える乗客ユニットは次の便に乗車する。

次に、乗客ユニットは、バス利用客として行動するもので、パーソントリップ調査から得られるバス利用トリップを用いて作成する。乗客ユニットは、①発生セントロイド番号、②集中セントロイド番号、③出発時刻、④現在乗車しているバスの系統番号、⑤ユニットの大きさ（最大3人）を情報として持っており、スキニングインターバル Δt (30秒)ごとに全ての乗客ユニットの情報を更新する。

乗客の乗降に要する時間は、乗降時間の実測調査から得られた乗降人数と乗降時間による回帰分析結果⁹⁾を用いる。また、リンク内での走行速度は車両ユニットの80%として与える。

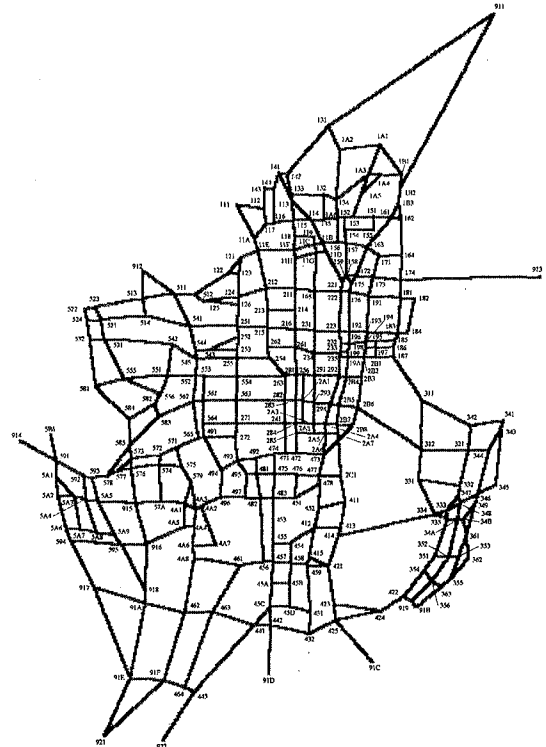


図-7 対象となるネットワークのノードおよびリンク

一方、リンク属性についても、リンク長・車線数の他に、バス専用レーンや走行車種の規制の有無に関する情報を持っており、これらを時間的に変化させることができる。

(3)京都市を対象とした試算とモデルの検証

①分析対象

対象としたネットワークは、図-7に示すように京都市と周辺市町の一部を含む地域で、ノードは主要交差点を中心に288ノード、リンクは国道をはじめ府道、主要地方道を含む路線をノードごとに区切った956リンクである。時刻ごとのOD交通量は、第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査における各トリップの出発時刻を用いて求めた。ただし、拡大による偏りが生じるので、拡大したトリップ数を原データの出発時刻の前後15分に一様分布させた。計算対象となった車両の総数は1日で延べ約100万台となった。

また、式(5)のパラメータ V_f 、 K_0 は、交通量の上位24路線の主要区間(上下48リンク)の実測日交通量¹⁰⁾とモデルによる計算値の相関が最も高くなるように相互に値を変化させた計算を繰り返し行って求めた。

②自動車交通量による検証

最終的に採用したモデルにおいて、交通量上位24路線の実測交通量と計算値の比較を表-6に示す。両者の相関係数は0.88で、主要路線を網羅したこれらのサンプルにおいて良好な結果が得られている。また、時刻ごとの実測交通量¹¹⁾と計算値について、主要国道(国道1号、9号)における比較結果を図8に示す。1時間ごとの交通量で相関係数を求めると、それぞれ0.93、0.91と良好な結果が得られた。

③バス交通の入力条件

バスの系統は、平成8年4月現在の京都市交通局の全系統(87系統,174ルート)を用いた。これらの系統についてルート番号・運行経路・時間帯別運行回数を入力し、バスユニットを道路ネットワーク上で走行させる。ダイヤについては、時間帯別の平均運行間隔を実ダイヤから求め、その運行間隔を用いて各便の出発時刻を設定した。始発地を出発した後は道路状況に従って走行し、バス停においては乗客の乗降に要する時間が加算される。

なお、このシミュレーションでは鉄道を考慮していないため、鉄道との乗り換え客は、鉄道駅(ノード)で発生集中するとしている。

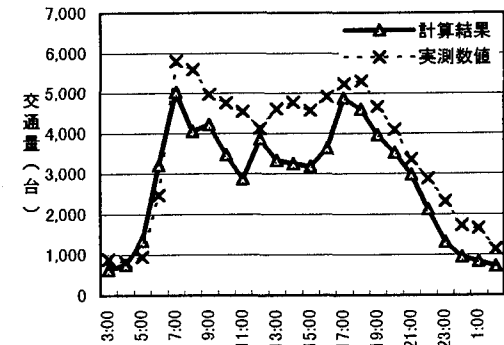


図-8(その1) 実測交通量の時間的推移との比較(国道1号)

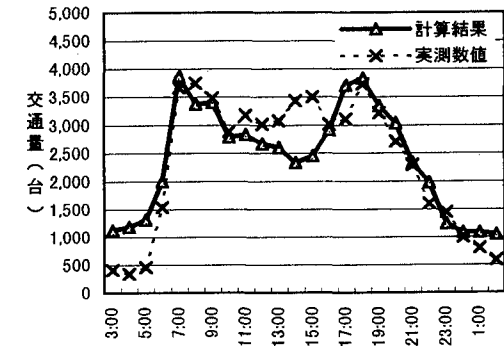


図-8(その2) 実測交通量の時間的推移との比較(国道9号)

表-7 実測結果と計算結果の比較(バスの走行時間)

	平均	標準偏差	最大値	最小値
実測調査結果	51.4	4.6	59.5	43.3
計算結果	47.5	8.5	63.0	34.5

表-8 実測結果と計算結果の比較(バスの最大車内人数)

	平均	標準偏差	最大値	最小値
実測調査結果	33.9	11.9	65.0	12.0
計算結果	33.3	20.7	82.0	6.0

④バス交通に関する検証

バス交通の再現性の検証は、バスの所要時間及び車内人数を用いて行った。実所要時間と実車内人数は、路線長が長く乗降客数も多い系統(5号系統)で行った実測調査⁹⁾によって得られた値を用いた。始発のバス停から終着のバス停までの所要時間と、各バスの最大

表-9 シミュレート結果の比較

各欄の()内は改善策実施前との比

評価指標		利用者利便性指標				バス事業者効率性指標	
		総所要時間 (分)	平均待ち時間 (分)	平均乗車時間 (分)	混雑度指数	総バス乗車人員 (千人)	乗車効率 (人/台)
改善策実施前		12471.0	19.2	30.2	1.39	403.7	45.4
改善策	バスの運賃値下げ(Ⅰ)	12130.1 (97.3%)	19.6 (101.8%)	28.5 (94.4%)	1.43 (102.9%)	466.4 (115.5%)	52.5 (115.6%)
	個別交通の費用値上げ(Ⅱ)	12130.1 (97.3%)	18.8 (97.6%)	29.3 (97.1%)	1.39 (100.0%)	413.2 (102.4%)	46.5 (102.4%)
	Ⅰ+Ⅱ	12400.3 (99.4%)	20.8 (108.3%)	28.3 (93.8%)	1.47 (105.8%)	506.2 (125.4%)	57.0 (125.4%)
	バスの本数を増加	10658.0 (85.5%)	13.6 (70.7%)	28.6 (94.9%)	1.24 (89.2%)	441.1 (109.3%)	33.2 (73.1%)
	バスの定員を増加	11519.1 (92.4%)	16.1 (83.6%)	29.6 (97.9%)	1.23 (88.5%)	430.8 (106.7%)	48.5 (106.7%)

車内人数についての実測値と計算値との比較を表-7、表-8に示した。

所要時間、最大人数ともに、平均値はほぼ一致しているが、標準偏差は計算値の方が大きい。これは、乗客ユニットを3人1組としていることなどが影響しているものと考えられる。

5. バス交通改善策の効果分析

(1) 分析の方法

構築した転換率モデルと動的交通量配分モデルを用いて、バス交通のサービス水準が向上した場合の新しい交通機関分担率による都市の交通の状態を計算し、交通政策の効果の分析を行う。分析は、前章と同様に京都市を対象にして行った。

改善策を評価する指標として、下記の指標を求める。

(a) 利用者便益を表す指標

- ① 総所要時間…バス停に到着してから、目的地に到着するまでの所要時間で、すべての待ち時間、乗車時間を含んでいる。
- ② 平均待ち時間…バス停に人が到着してからバスに乗るまでの時間。
- ③ 平均乗車時間…乗客が一回のバスの乗車で、乗車している時間。
- ④ 混雑度指数…一台のバスで着席できる人数を30人とし、すべてのバスの混雑度を加重平均した値。

(b) バス事業者の効率性を表す指標

- ① 総バス乗車人員…バスに乗車した、延べ人数。
- ② 乗車効率…総バス乗車人員を総バス本数で割った値。バス一台がどれだけ有効に使われているかを表す。

(2) 分析する改善策の内容

以下の5つの改善策を対象として計算する。

- ① バス運賃の値下げ(運賃を1/2に)
- ② 個別交通の費用の値上げ(2倍に)
- ③ ①と②を同時に実施
- ④ バスの本数を増加(2倍に)
- ⑤ バスの定員を増加(1.5倍に)

(3) 分析結果と考察

表-9に、それぞれのバス交通改善策によって得られた計算結果を示す。

このうち、改善後の総バス乗車人員、乗車効率は改善前と比べて100%を越えているほど改善されており、また平均待ち時間、平均乗車時間、混雑度指数は改善前と比べて100%を下回っているほど改善されている。

この表より、例えば、バスの本数を増やした場合には、平均待ち時間、混雑度指数は改善され、総バス乗車人員も増加するが、乗車効率は悪くなっていることがわかる。また、バスの定員を増やした場合、混雑度指数が改善されるのは当然であるが、総バス乗車人員も増加し乗車効率も上昇していることがわかる。

以上のように、本研究の方法では、従来の交通量配分モデルでは算出することが難しい平均待ち時間や車内混雑度などバス交通の特徴を表す値を定量的に求めることができる。また、総所要時間についても、到着したバス停での待ち時間や、乗り換え地点でのバス時間も加えた実質的な所要時間を求めるには本研究で用いたような方法が必要である。

6. 結論

本研究では、バスを中心とする都市内交通の改善策を検討するため、バス交通のサービス条件が変化した場合の効果分析を行った。特に、交通機関分担については、個人の選好の多様性を直接考慮できるコンジョイント分析を用いることで、特徴的な選択要因を取り入れた転換率モデルを構築することができた。また、それをバス交通も表現した動的交通量配分モデルに用いることによって、総所要時間の変化など改善策の評価に必要な指標を求めた。

バスを利用する交通を分析する場合には、バスは定められた経路上のみを走行しているため利用者の経路は自動車の最短経路とは異なることや、系統によっても時間帯によっても運行間隔が異なるため利用者の実質的な所要時間はバスの平均走行時間とは異なることなどが考慮されている必要がある。本研究の方法はこれらの課題に対処するものであり、バス交通の特徴を踏まえた効果分析を行うために有効であると考えられる。

なお、本研究の方法を用いると下記のようなことが可能であり、これらへの取り組みが今後の研究課題であると考えられる。

- ・本研究では、転換率をあらかじめ求めたうえで動的交通量配分モデルに用いたが、シミュレーションから得られる変数値を逐一用いながら個人の選好の多様性を考慮するインターアクティブなものにすることが可能である。

- ・本研究では、通勤・通学と自由という交通目的のみ、転換率モデルを分けたが、コンジョイント分析と動的交通量配分を組み合わせた本研究の方法では、自動車保有の有無などの個人の属性や、駐車場の有無などの交通環境条件によっても行動モデルを分けることが可能である。

- ・バス利用者の経路選択には、所要時間だけではなく運賃や混雑率等も大きな影響を及ぼしている。本研究

では転換率の算出においてはこのことを考慮したが、動的交通量配分モデルにおいては考慮できていない。これを考慮するためには、一般化費用最小経路を選択するように改良することになるが、そのためには乗り換えの際の初乗り運賃加算や、乗り換え割引などの考慮が必要である。

(参考文献)

- 1) 湯沢昭、須田照、高田一尚：コンジョイント分析の交通機関選択モデルへの適用に関する諸問題，土木学会論文集第419号IV-13、pp. 51-60、1990
- 2) 屋井鉄雄、寺部慎太郎：プロビットモデルによるコンジョイント分析に関する考察，土木計画学研究・講演集、pp. 225-226、1996
- 3) 片平秀貴：マーケティング・サイエンス，東京大学出版会、1987
- 4) 朝野照彦：マーケティング・シミュレーション、同友館、1990
- 5) 生田正洋、天野光三、中川大：バスの利便性評価指標と利用者の行動・意識に関する研究，第26回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 265-270、1991
- 6) 中川大・天野光三、戸田常一、バス交通を主体とした都市公共交通網の利便性評価に関する研究，第25回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 55-60、1990
- 7) 湯沢昭、須田照：コンジョイント分析におけるプロフィールの設定方法とその課題，土木学会論文集第518号IV-28、pp. 121-134、1995
- 8) 土木学会土木計画学研究委員会、交通計画とマーケティングサイエンス技法，土木計画学ワンデイセミナー、1993
- 9) 加島大地：バスサービス改善策の効果計測のためのシミュレーション分析、京都大学修士論文、1995
- 10) 全国道路交通情勢調査一般交通量調査結果、1990
- 11) 京都府警察本部交通管制センター：道路交通情報年報平成2年版、1990

個人の価値観が多様化している現在では、様々な交通政策の効果を把握するために、個人ごとの選択行動の違いを考慮することが必要である。

とりわけ、都市内のバス交通においては、時間的な信頼性や混雑など、所要時間や費用以外にも重要な選択要因は多く、これらに対する好みを踏まえた分析が必要である。

そこで、本研究では交通機関を利用することで得られる効用を、個人ごとに推定するコンジョイント分析を用いて、様々な選択要因を考慮する交通機関転換率モデルを構築する。

さらにそれを都市内交通ネットワークにおける動的交通量配分モデルに用いることによって、公共交通改善策の効果を分析する。

Method of Evaluating the Effect of Bus Service Improvement Policies using a Modal Choice Model by Marketing Research Technique

Dai NAKAGAWA, Yoshitaka AOYAMA, Daikuke KURIBAYASHI and Yasuhiro KOIDE

In the present when the sense of the individual values is diversified, it is necessary to consider the difference of the modal choice activities of every individual to grasp the effect of the various traffic policies. Therefore, we build a modal choice model, which can consider various choice factors using the conjoint analysis to estimate the utility. Moreover, by using the model for the dynamic traffic distribution model which include special arrangement for considering bus traffic, we analyze the bus service improvement policies.