

## 利用者からみた通勤交通網の評価に関する研究

AN EVALUATION SYSTEM ON COMMUTER  
TRANSPORTATION NETWORK

天野 光 三\*・戸田 常 一\*\*・黒田 達 朗\*\*\*

By Kozo AMANO, Tsunekazu TODA and Tatsuaki KURODA

## 1. 緒 論

都心地区への商業・業務機能の集中と、それに伴う人口分布のドーナツ化によって、大都市では通勤交通の遠距離化と需要増加が著しい。朝夕のラッシュ時に集中するこの大量の交通需要に対し、大都市の鉄道網、バスなどの公共交通機関は十分対応できずにいるのが現状である。

本研究では通勤交通網の改良整備を目的とした各種計画案の評価の方法論を検討する。一般に、通勤交通網を評価するには、利用者・運営者・沿線住民・地域などのそれぞれの立場があるが、本研究ではまず、利用者からみた通勤交通網の評価システムを提案し、これを阪神間の通勤交通網に適用して評価システムの実証的検討を行う。

2. では、利用者からみた交通網評価に関する従来の研究を、利用者便益の測定方式の観点から分類整理してそれらの問題点をまとめ、さらに本研究で提案する評価システムの特徴を述べる。

3. では、利用者からみた通勤交通網の評価システムを説明する。評価システムは分析内容によって、[I] アンケートデータの基礎処理、[II] 利用者評価モデル、[III] 交通網の現況評価、[IV] 利用者便益の算出、の4つのブロックに分けることができる。この章では、まず各ブロックの関連性に着目して評価システムの全体構成を述べ、次に、各ブロックごとに分析の目的と方法をまとめる。

4. では、3. で提案した評価システムを阪神間の通勤交通網に適用し、現在の交通網を改良するために作成した計画案について試算する。なお、この章の分析では、

阪神間の通勤者を対象として実施したアンケート調査のデータを用いる。

## 2. 従来の研究と本研究の特徴

## (1) 利用者便益に関する従来の研究と問題点

一般に交通網の改良は、交通機関の利用者に対して所要時間の短縮などのトリップ負担の軽減をもたらす。このトリップ負担の軽減効果は一般に利用者便益とよばれるが、この便益を測定するために提案されている方法は、表-1のように整理することができる。

すなわちまず、評価項目として速達性と低廉性に加えて、快適性・便利性・確実性・安全性などの定量化が容易でない項目をも同時に考慮するかどうかによって2つに大別され、さらに、利用者便益を評価項目別に求める項目別評価値算定方式と、総評価値を用いて利用者便益を求める総評価値算定方式に分けることができる。

項目別評価値算定方式は実用的な方法としてよく用いられている方式であり、費用便益分析や費用有効度分析を用いたモデルがいくつか提案されている<sup>2),3)</sup>。この方式では、速達性や低廉性などのように金銭換算が比較的容易な項目に関しては、金銭換算した値を総和して便益を求めることができる。しかし、快適性や便利性などの金銭換算の困難な項目については、項目ごとに適宜に評

表-1 利用者便益の測定方法

測定方式 考慮する項目	項目別評価 値算定方式	総評価値算定方式	
		消費者余剰を 考慮する	消費者余剰を 考慮せず
速達性、低廉性のみ を考慮	費用便益分析 の利用	一般化費用の利 用、モーダル・ デマンド・モデ ルの利用、利用 率曲線の利用	一般化費用の利 用
速達性、低廉性、快 適性、便利性、確実 性、安全性を考慮	費用有効度分 析の利用	評価関数の利用	評価関数の利 用、エネルギー 代謝率の利用

\* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

\*\* 正会員 工博 京都大学講師 工学部交通土木工学教室

\*\*\* 正会員 工修 地域振興整備公団

価尺度を設定して、その尺度上で評価値を求めることが多い。そのような異なった評価尺度をもつ項目が多い場合には、一般に項目間のトレード・オフの把握が困難であり、交通網改良による便益の大きさは意思決定者の主観的な判断によって左右されやすい。

一方、総評価値算定方式では、項目別評価値算定方式がもつ上述の問題点を避けるために、まず、項目別に求めた評価値を1つの総評価値に集約する。この総評価値は、考慮する項目が速達性と低廉性だけの場合は通常の一般化費用に相当し、快適性や便利性なども同時に考慮する場合には、評価関数の方法を用いて項目別評価値のウェイトづけ加算和によって求められる総評価値に相当する。この方式を用いて利用者便益を求める場合、消費者余剰を考慮するかどうかでさらに2つの方法に分けることができる。

まず、消費者余剰を考慮して利用者便益を求めるために、表-1に示すようにいくつかのモデルが提案されている<sup>9)10)</sup>。これらのモデルは、利用者のトリップ負担と交通量の関係を表わす需要曲線をどのように推定するかについて異なった考え方を用いているが、いずれも、①需要曲線の正確な推定は困難である。②消費者余剰を公共プロジェクトに導入することは民間部門で用いられていないために、資源配分の面で問題となる。というような問題がある。

次に、消費者余剰を考慮しない場合は、一般に利用者便益を交通網改良による総トリップ負担の減少分によって測定する。そのため、この方法では交通網の改良前後における交通量と総評価値を推定すればよく、需要曲線全体を求める必要はない。この方法に分類できるものとして、表-1に示すいくつかのモデルが提案されており<sup>9)11)</sup>、これらは異なった考え方を用いて総評価値を算出している。

## (2) 本研究の評価システムの特徴

本研究では利用者の交通機関選択の際の選好意識を考慮して交通網を評価する方法を検討する。そのため、まず、利用者の選好意識を詳細に分析するとともに、快適性や便利性などの定量化の困難な要素を評価項目に取り入れることとする。そこで本研究では、これらの要素を扱うのが比較的容易である消費者余剰を考慮しない場合の総評価値算定方式を基本として、新しい評価システムを構成する。この評価システムにおいては、交通サービスに関する物理的諸要素を評価値という心理量に変換することによって、種々の項目を評価の際に考慮する。

また、どのような評価項目を考慮するかによって、利用者便益の測定結果は大きな影響を受ける。そこで過大評価や過小評価が生じないように、項目の漏れと重複の

可能性を十分に検討する必要がある。本研究では、特に項目の重複による過大評価を避けるために、評価項目間の独立性を検討する1つの方法を提案し、それを用いて評価項目の選定を考察する。

さらに、本研究で提案する評価システムのもう1つの特徴は、利用者を選好意識からみて類似したグループに分け、グループによって便益の帰属がどのように異なるかを検討することである。すなわち、従来の交通網評価においては、利用者の総便益という1つの集約された値を用いて評価されることが多いが、本研究の評価システムを用いると、利用者による便益の帰属形態を明示的に考慮して交通網を評価できる。

## 3. 通勤交通網評価システム

### (1) 評価システムの全体構成

本研究で提案する評価システムの全体構成を図-1に示す。システムは4つのブロックに大きく分けることができ、ここでは各ブロックの目的と相互の関連を説明する。

まず、ブロック [I] では交通機関選択の選好意識に関するアンケートデータを用いて、評価項目の選定・利用者の属性別グルーピング（以下ではグルーピングと略す）の各内容を検討する。これらはいずれも利用者評価モデルを構成する前のデータの基礎的な処理という役割をもち、この段階を経ることによってモデル内のパラメーター推定の際により精度の高い結果を得ることが期待できる。

次に、ブロック [II] では本システムで用いる利用者評価モデルを構成する。このモデルでは評価の際に、所要時間や混雑度などの各項目の評価値に対して、ウェイトづけ加算和を行って、経路別の総評価値を算出する。

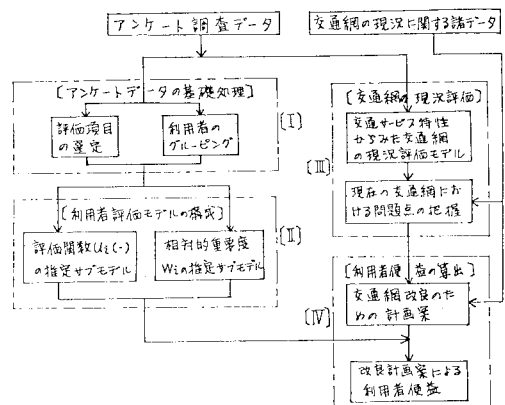


図-1 通勤交通網評価システムの全体構成

そこで、各項目の評価値を求めるための評価関数推定サブモデル、および項目間のウェイトを求めるための相対的重要度推定サブモデルが、利用者評価モデルの中心的な役割を果たす。

さらに、ブロック [Ⅲ] では現在の通勤交通網において交通サービス特性の点からどのような問題点があるかを、因子分析を利用した現況評価モデルを用いて分析する。

最後に、ブロック [Ⅳ] ではブロック [Ⅲ] で得られる通勤交通網における問題点を改良するために交通網改良計画案を作成し、ブロック [Ⅱ] の評価モデルを用いた利用者便益の算出手順によって、改良計画案を評価する。

(2) アンケートデータの基礎処理

ここでは利用者評価モデルを作成する前のアンケートデータの基礎的な処理として、① 評価項目の選定、② 利用者のグルーピングの方法を述べる<sup>12)</sup>。

a) 評価項目の選定

本研究で提案する利用者評価モデルでは、評価項目間の嗜好上の独立性を前提として、各項目の評価値のウェイトづけ加算和によって経路別の総評価値を求める。そのため、評価モデルのなかで考慮する評価項目間の独立性を事前に検討し、独立性が保証できるように評価項目を適切に選定・整理する必要がある。本研究では項目間の独立性を次のように定義する。

『項目  $i$  が項目  $j(j \neq i)$  から独立であるとは、項目  $i$  の評価値  $u_i$  が項目  $j$  の物理量  $p_j$  によって規定されないことである』

ここでは項目間の独立性を、次の式 (1) と式 (2) に示す 2通りの重回帰分析によって検討する。

$$\hat{u}_i = \hat{B}_i \cdot \hat{p}_i + \sum_{j \neq i} \hat{B}_j \cdot \hat{p}_j \dots \dots \dots (1)$$

$$\hat{u}_i = \sum_{j \neq i} \hat{B}_j \cdot \hat{p}_j (\hat{p}_i : \text{一定}) \dots \dots \dots (2)$$

ただし、

$$\hat{u}_i = (u_i - \bar{u}_i) / \sigma_{u_i}, \hat{p}_i = (p_i - \bar{p}_i) / \sigma_{p_i} \dots \dots \dots (3)$$

- $u_i, p_i$ : 項目  $i$  の評価値と物理量
- $\sigma_{u_i}, \sigma_{p_i}$ : それぞれ  $u_i, p_i$  の標準偏差
- $\bar{u}_i, \bar{p}_i$ : それぞれ  $u_i, p_i$  の平均
- $\hat{B}_i, \hat{B}_j$ : 標準化回帰係数

式 (1) と式 (2) において、各項目の物理量相互間に強い相関がない場合には標準化回帰係数  $\hat{B}_j$  は、項目  $j$  の物理量  $p_j$  の項目  $i$  の評価値  $u_i$  に対する規定力を示す 1つの指標と考えられ、この値の大きさは規定力の強さを表わす<sup>13)</sup>。なお、式 (2) は式 (1) から項目  $i$  の物理量  $p_i$  の影響を除去するために、物理量  $p_i$  の値によって層別したデータを用いて重回帰分析を行うことを意味し

ている。また、各項目の物理量相互間に強い相関が認められる場合には、標準化回帰係数の代わりに  $u_i$  と  $p_j(j \neq i)$  の相関係数を求めることによって相互の独立性を検討することも可能である。

b) 利用者のグルーピング

利用者の立場から交通網を評価する場合には、交通サービスに対する個人の嗜好の相違を考慮する必要がある。そこでここでは、利用者を比較的同質の嗜好を示す属性グループ（以下ではグループと略す）に分類する方法を述べる。

個人の嗜好意識の相違はさまざまな要因によって規定されると考えられるが、本研究では、一般にアンケート調査においてフェイスシートとして設けられる性別・年齢・職業などの被験者属性を用いて、利用者をいくつかのグループに分類する。

ところで本研究で構成する利用者評価モデルでは、個人の嗜好の相違は各項目の評価関数と項目間の相対的重要度に反映することができ、グルーピングによって、評価関数や相対的重要度の推定精度の向上が期待できる。そこでグルーピングの方法は、評価関数の推定精度の向上と相対的重要度の推定精度の向上のどちらを目的とするかによって、大きく 2つに分けることができる。

(i) 評価関数の推定精度の向上を目的とした方法

評価関数の推定精度を高めるために、次の式 (4) と式 (5) で表わす重回帰分析を用いて、利用者のグルーピングを検討する。

$$u_i = B_i \cdot p_i + (B_{11} \delta_{11} + B_{12} \delta_{12} + \dots + B_{pq} \delta_{pq} + \dots) + C \dots \dots \dots (4)$$

$$u_i = (B_{11} \delta_{11} + B_{12} \delta_{12} + \dots + B_{pq} \delta_{pq} + \dots) + C (p_i : \text{一定}) \dots \dots \dots (5)$$

ただし、

- $u_i, p_i$ : 評価項目  $i$  の評価値と物理量
- $\delta_{pq}$ : 属性項目  $p$  のカテゴリー  $q$  に対するダミー変数
- $B_i, B_{pq}$ : 偏回帰係数
- $C$ : 回帰定数

これらの分析によって、各属性カテゴリーのダミー変数に対して偏回帰係数  $B_{pq}$  が得られる。この各属性項目に対する偏回帰係数の最大値と最小値の差（レンジ）は、各属性が項目別の評価値に及ぼす影響の大きさを示す 1つの指標として用いることができる<sup>14)</sup>。なお、式 (5) は、式 (4) から項目  $i$  の物理量  $p_i$  の影響を除去した場合の分析を表わしている。

(ii) 相対的重要度の推定精度の向上を目的とした方法

本研究では、交通サービスに対する利用者の総合的な評価値を外的基準、各評価項目の評価値を説明変数とし

で数量化理論Ⅱ類による分析を行い、各項目に対して得られる偏相関係数を基準化して、項目間の相対的重要度として用いる。このようにして求める相対的重要度の推定精度を高めるために、本研究では評価項目だけでなく、属性項目をも説明変数として用いて数量化理論Ⅱ類による分析を行う。分析によって各属性項目に対して得られる偏相関係数は、総合的な評価値に対する各属性の規定力を意味し<sup>15)</sup>、この値の大きな属性項目をグルーピングのために用いることができる。

(i) と (ii) の各方法は、それぞれ異なる視点から異なる分析方法を用いたグルーピングであるため、これらの方法によって同じ分析結果が得られることは保証できない。そこで、最終的なグルーピングはこれらの結果を総合して検討する必要がある。

(3) 利用者評価モデル

ここでは、本研究で提案する利用者評価モデルと、それを構成する2つのサブモデルである評価関数推定サブモデルと相対的重要度推定サブモデルについて述べる<sup>16)</sup>。

a) 利用者評価モデルの概要

利用者が交通手段を利用する際には、個々の交通手段やその組合せとしての経路全体のサービス水準を評価したうえで、交通手段を選択している。このとき、各通勤経路のサービス水準は、たとえば図-2に示す複数の評価項目によって形成されている。いま、各評価項目について物理量と評価値の間になんらかの関数関係が考えられる場合、評価値は物理量によって次の式(6)のように表わすことができる。

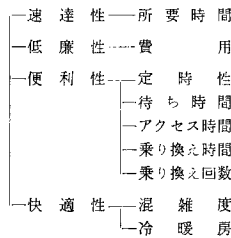


図-2 評価項目の例

$$u_i = u_i(p_i) \dots\dots\dots (6)$$

ただし、

$u_i$  : 項目  $i$  の評価値 (本研究では利用者の感じる負担を評価値とする。したがって、評価値の増大は評価の程度を悪化を意味する)

$p_i$  : 項目  $i$  の物理量

次に、各評価項目間の独立性と評価値の加法性を仮定すると、任意の経路に対する利用者の総評価値  $U$  は次の式(7)で求めることができる。

$$U = \sum_i w_i \cdot u_i \dots\dots\dots (7)$$

ただし、

$w_i$  : 項目  $i$  の相対的重要度

ある OD ペアの OD 交通量が外生的に与えられたとき、OD 間で想定できる  $p$  番目の経路の選択率を次の

式(8)で求める<sup>17)</sup>。

$$\beta_p = U_p^{-n} / \sum_p (U_p^{-n}) \dots\dots\dots (8)$$

ただし、

$\beta_p$  : 経路  $p$  の選択率

$U_p$  : 経路  $p$  の総評価値

$n$  : パラメーター (この値は現実の経路選択率と各経路の総評価値を用いて OD ペアごとに推定する)

式(8)の選択率を用いて OD 交通量を各経路に配分して経路別の交通量を求めるが、混雑度のように交通量によって影響を受ける項目があるので、実際の配分には分割配分法などを用いる必要がある。

いま、ある OD 間に一定の交通量と何本かの代替経路が与えられているとする。この OD 間の1つの経路に着目すると、交通量の増加は混雑度の上昇によって評価値を悪化させるので、図-3に示すような“評価値-交通量曲線”が描ける。この経路に一定の改良を施すと、“評価値-交通量曲線”は図-3に示すように右下へ移動すると考えられる。しかし、改良によって同時に交通量の転換が生じるので、評価値と交通量の均衡点は I から II へ移動する。一方、代替経路においては上記の改良によって交通量が減少し、均衡点は図-4に示すように I' から II' へ移動する。ところで、改良前後にお

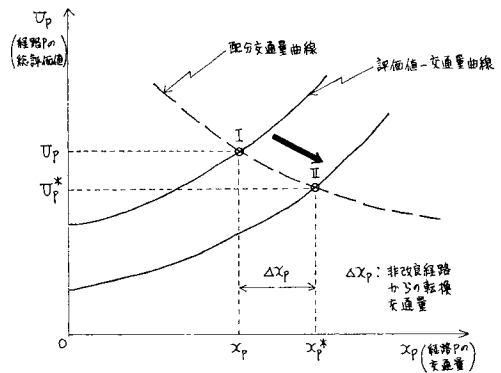


図-3 改良経路に対する効果

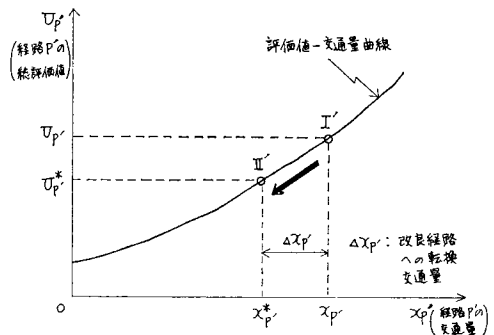


図-4 非改良経路に対する効果

る各経路それぞれの均衡点は式(8)を用いた交通量配分の結果から得ることができる。そこで本研究では、改良のもたらす利用者便益をすべての経路に対する便益を合計したものとして、次の式(9)によって定義する。

$$B_u = \sum_p (U_p^* \cdot x_p^* - U_p \cdot x_p) \dots\dots\dots (9)$$

ただし、

$B_u$  : 改良による利用者便益

$U_p, U_p^*$  : それぞれ改良前・後における経路  $p$  の総評価値

$x_p, x_p^*$  : それぞれ改良前・後における経路  $p$  の交通量

なお、この評価モデルでは通勤交通需要が交通サービスの利用者による評価に対して非弾力なることを前提としており、したがって上記の便益の定義においては、長期的な需要の誘発効果は考慮していない。

**b) 評価関数推定サブモデル**

ここでは利用者のグルーピングによって設定したグループ別に、各項目の評価関数を推定する。その方法としてはまず、グルーピングの前の全データを用いて、各項目の評価値と物理量との間に適当と思われるいくつかの関数形を設定して回帰分析を行う。次に、上述の分析において高い寄与率が得られた関数形を各項目についていくつか選び、グループ別のデータを用いて回帰分析を行う。

なお、グルーピング前後における回帰分析の寄与率の変化を評価項目ごとに検討すれば、評価関数の推定精度からみたグルーピングの効果をみることができる。

**c) 相対的重要度推定サブモデル**

ここでは利用者のグループ別に、各項目の相対的重要度を推定する。その方法としては、総合的な評価値を外的基準とし、各項目の評価値を説明変数とした数量化理論Ⅱ類による分析を行う。分析の結果、各項目に対して偏相関係数が得られるが、それらの総和が、1.0 になるように基準化した値を、各項目の相対的重要度として用いる。

なお、グルーピング前の全データおよびグループ別のデータのそれぞれを用いた各場合について上述の分析を行い、それにより得られる相関比の2乗  $q^2$  の相違をみれば、相対的重要度の推定精度からみたグルーピングの効果が検討できる。

**(4) 交通網の現況評価モデル**

ここでは、交通網の改良計画案を作成する際に参考とするために、利用者からみた交通網の現況評価を行う。その方法としては、アンケート調査で得られる各評価項目の評価値を変数として因子分析を行い、それによって求められる因子負荷量と因子得点の情報を用いて、評価

対象地域における各ゾーンの通勤交通サービス水準を検討する<sup>18)</sup>。

因子分析の基本的な考え方は、分析対象に関係する諸変数間の相関は、多くの変数に潜在的に共通に含まれるいくつかの因子(共通因子とよばれる)によって生じる、というものであり、このことを前提として分析に用いるデータから共通因子を見つけ出すこと、および各変数に対する共通因子の関連度を検討することが、因子分析の主要な課題である<sup>19)</sup>。

いま、アンケート調査によって被験者  $i$  の評価項目  $j$  に対する評価値が  $x_{ji}$  で与えられたとしたとき、まず、この評価値  $x_{ji}$  の次の式(10)による標準化を考える。

$$Z_{ji} = (x_{ji} - \bar{x}_j) / \left\{ \sum_{i=1}^N (x_{ji} - \bar{x}_j)^2 / N \right\}^{1/2} \dots (10)$$

ただし、

$Z_{ji}$  : 評価値  $x_{ji}$  の標準得点

$\bar{x}_j$  : 評価値  $x_{ji}$  の平均、 $\bar{x}_j = \sum_{i=1}^N x_{ji} / N$

$N$  : 被験者の人数

因子分析のモデルでは、標準得点  $Z_{ji}$  は、次の式(11)のように数個の因子の一次結合によって表わせる。

$$Z_{ji} = \sum_{p=1}^m a_{jp} F_{pi} + d_j U_{ji} \quad (i=1, 2, \dots, N; j=1, 2, \dots, n) \dots\dots (11)$$

ただし、

$a_{jp}$  : 変数  $j$  に対する第  $p$  共通因子の因子負荷量

$F_{pi}$  : 被験者  $i$  の第  $p$  共通因子の得点

$d_j$  : 変数  $j$  に対する独自因子の負荷量

$U_{ji}$  : 被験者  $i$  の独自因子得点

ここで、因子負荷量  $a_{jp}$  は、変数  $j$  が第  $p$  番目の共通因子とどの程度強く関連しているかを示すものであり、この絶対値が大きい変数を検討することによって、各因子の解釈が可能となる。

また、因子得点  $F_{pi}$  は被験者  $i$  に対する共通因子  $p$  のとる得点であり、この値を検討することによって、各被験者に対して各因子がどの程度強く影響を与えているかがわかる。さらに、各被験者が含まれるゾーンごとに因子得点を平均し、その値をみることによって、各ゾーンにおける通勤交通の現況を評価できる。また、この因子分析による方法は考慮すべき項目数が多い場合に特に有効であり、複数の項目を同時に考慮して現況を比較的容易に評価できる。

**(5) 利用者便益の算出<sup>20)</sup>**

本研究では、交通網改良計画案の実施による利用者便益を、3.(3)で説明した利用者評価モデルを用いて、次の手順に従って算出する。

〔第1段階：OD ペアおよび利用可能経路の設定〕

評価の対象とするゾーン間の OD ペアと、その間で利用可能な経路を設定する。

〔第 2 段階：交通網改良計画案の作成〕

交通網の現況評価モデルによる分析結果を参考にし、現状の通勤交通網の改良計画案を作成する。

〔第 3 段階：各評価項目の物理量の設定〕

利用可能である経路に対して、所要時間・アクセス時間・乗り換え時間、鉄道やバスなどの混雑度・定時性・冷暖房の有無などの評価項目について、交通網改良前後の物理量を設定する。

〔第 4 段階：各経路の総評価値の計算〕

第 3 段階で設定した交通網改良前後における各評価項目の物理量と、3. (3) で推定した各項目に対するグループ別の評価関数と相対的重要度の値を、式 (6) と式 (7) に代入することによって、交通網改良前後の経路別総評価値をグループごとに算出する。

〔第 5 段階：経路選択率と経路別交通量の計算〕

まず、第 4 段階で求めた経路別の総評価値を式 (8) に代入し、交通網改良前後における各経路の選択率を求める。次に、外生的に与えられた OD 交通量を、上で計算した経路選択率を用いて各経路に配分し、交通網改良前後の経路別交通量を計算する。

〔第 6 段階：改良計画案の実施による利用者便益の算出〕

第 4 段階で求めた改良前後の経路別総評価値と、第 5 段階で求めた改良前後の経路別交通量を、式 (9) に代入し、改良計画案の実施による利用者便益を、OD ペア別、グループ別に算出する。

#### 4. 通勤交通網評価システムのケース・スタディ

ここでは、前節で説明した通勤交通網評価システムを阪神間の通勤交通網に適用し、評価システムの特徴と有効性を明らかにする。

##### (1) アンケート調査データ

本研究で分析に用いるデータは、神戸方面から大阪都心への通勤者を対象として、昭和 52 年 8 月に大阪市が実施した「通勤交通実態調査」の結果である。この調査

項目	あなたの現在の状況	左の状況をどのように感じていますか
(1) 自宅から勤務先までの所要時間	1. 30分未満 2. 30分～45分未満 3. 45分～1時間未満 4. 1時間～1時間半未満 5. 1時間半以上	非常に不満である   やや不満である   どちらでもない   やや満足である   非常に満足である

図-5 アンケート調査票の様式

表-2 属性カテゴリーの一覧

p	属性	q	カテゴリー	p	属性	q	カテゴリー
1	性別	1	男	4	年収	1	200万円未満
		2	女			2	200～299万円
2	年令	1	30才未満			3	300～449万円
		2	30～39才			4	450万円以上
		3	40才以上	5	家を出る時刻	1	7:00以前
3	職業	1	事務職			2	7:00～7:30
		2	技術職			3	7:30～8:00
		3	管理職			4	8:00以後
		4	その他				

では、大阪都心の事業所、そこに勤める神戸方面からの通勤者の 2 段階で、被験者ができるだけランダムになるように抽出されている<sup>21)</sup>。また、調査方法は、配布・回収ともに郵送形式が用いられており、配布数 5 000、有効回収数約 2 000 と、郵送形式としては比較的良好な有効回収率が得られている。

アンケート票には多くの調査項目が設けられているが、本研究ではそのうち次のデータを用いる。

- (i) 住所および勤務先の所在地。
- (ii) 被験者の属性〔性別・年令・職業・年収・家を出る時刻〕。これらの属性に対して設定したカテゴリーの一覧を表-2 に示す。
- (iii) 通勤時の利用経路とその代替経路。
- (iv) いくつかの評価項目に対する物理量と評価値。  
アンケート票では 図-5 に示すアイテム・カテゴリー反応の様式で〔所要時間・アクセス時間・乗り換え回数・乗り換え時間・鉄道の混雑度・鉄道の冷房・バスの混雑度・バスの冷房・バスの定時性〕の 9 項目について、評価値と物理量の質問が設けられている。
- (v) 通勤交通サービス全体に対する評価値。

##### (2) アンケートデータの基礎処理

ここでは、3. (2) の方法によって、① 評価項目の選定、② 利用者のグルーピング、を行った分析結果を述べる。

###### a) 評価項目の選定

各項目の物理量相互の相関を検討した結果、互いに独立と考えられたので、評価項目間の独立性を検討するために式 (1) と式 (2) を用いて重回帰分析を行った。その結果を図-6 に示す。この図には、分析によって得られ

た標準化回帰係数のうち、その値が式 (1) は 0.1 以上、式 (2) は 0.2 以上のものを表わしている。なお式 (2) の分析結果は、各評価項目ごとに、物理量のカテゴリー別に全データを単

項目	0.4	0.3	0.2	0.1
1. 所要時間		○8	●8	●5
2. アクセス時間				▲5
3. 乗り換え回数	○4	△6△5	●1●4	●5
4. 乗り換え時間		○5○8	●8	●5
5. 鉄道混雑度			○8	●1
6. 鉄道冷房	○5	●5	▲5	●1
7. バス混雑度		○8	●8	●1
8. バス定時性		○7		●7
9. バス冷房	○7●7	○8●8		●2●5

注) ●: 鉄道とバスを利用する場合. 式(1)による分析で値0.1以上のもの  
 ▲: 鉄道だけを利用する場合. 式(1)による分析で値0.1以上のもの  
 ○: 鉄道とバスを利用する場合. 式(2)による分析で値0.2以上のもの  
 △: 鉄道だけを利用する場合. 式(2)による分析で値0.2以上のもの  
 式(1)の分析結果では, 各評価項目について, 同じ項目の物理量に対して得られた標準化回帰係数の値は省略している. また, ●▲○△の肩の番号は, 評価項目の番号を示す.

図-6 標準化回帰係数の計算値

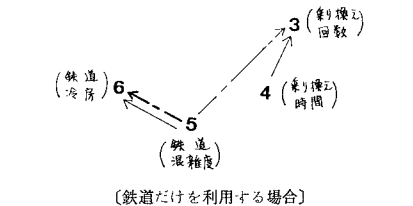
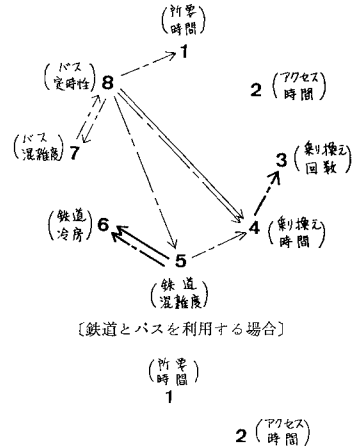
純集計し, 各項目についてデータが最も多く得られたカテゴリに物理量を固定した場合の結果を示している.

式(1)の分析によると, 乗り換え回数の評価値  $u_3$  についての分析結果において, 記号 ● ▲ が最も多く現われており, なかでも所要時間, 乗り換え時間, バスの定時性の各項目の物理量  $p_1, p_4, p_8$  によって比較的大きな影響を受けている. また鉄道の冷房の評価値  $u_6$  は, 鉄道の混雑度の物理量  $p_5$  によって大きな影響を受けている. バスの冷房の評価値  $u_9$  も鉄道の場合と同様, バスの混雑度の物理量  $p_7$  の影響を受けており, 冷房の評価値と混雑度の物理量との間には比較強い関係があるといえる.

式(2)の分析からもほとんど同じ結果が得られる. すなわち, 乗り換え回数と鉄道・バスの冷房の評価値  $u_3, u_6, u_9$  はそれぞれ, 乗り換え時間と鉄道・バスの混雑度の物理量  $p_4, p_5, p_7$  の影響を受けている.

図-7 は, 図-6 の内容を視覚的にとらえるために, 標準化回帰係数の値が0.2以上のものを示したものである. 図の中で, たとえば5→6の矢印は, 鉄道の混雑度の物理量  $p_5$  が鉄道の冷房の評価値  $u_6$  に影響を与えていることを示す.

以上の分析結果を総合すると, 乗り換え回数と鉄道の冷房は, それぞれ乗り換え時間, 鉄道の混雑度によってある程度は説明できると考えられる. また, バスの冷房については現実に冷房を備えているバスが少なく, デー



(注) → 図-6 で, 式(1)による  $\hat{B}_j \geq 0.3$  の場合  
 → 図-6 で, 式(2)による  $\hat{B}_j \geq 0.3$  の場合  
 → 図-6 で, 式(1)による  $\hat{B}_j \geq 0.2$  の場合  
 → 図-6 で, 式(2)による  $\hat{B}_j \geq 0.2$  の場合

図-7 評価項目相互の関連

タに極端な偏りがみられるので以下の分析結果の信頼性を保証するために, 分析から除外する. なお, 残った各項目について評価値相互の相関を検討し, 各項目が互いに独立であることを確かめている. したがって, 以後の分析では, 次の6項目を評価項目として用いる.

- 所要時間
- アクセス時間
- 乗り換え時間
- 鉄道の混雑度
- バスの混雑度
- バスの定時性

b) 利用者のグループング

(i) 評価関数の推定精度の向上を目的とした方法

式(4)と式(5)の重回帰分析による結果を図-8に示す. この図は, 各項目の評価値に対する各属性の規定力を, 各属性項目に対する偏回帰係数の幅(レンジ)によって表わしたものである.

この図から, たとえば性別は所要時間や鉄道の混雑度の評価値  $u_1, u_4$  に影響し, 年齢は所要時間や乗り換え時間の評価値  $u_1, u_3$  に大きな影響を及ぼしていることがわかる. 鉄道とバスを利用, 鉄道だけを利用の各場合について, 図-8で式(4)と式(5)による偏回帰係数の幅の平均が, それぞれ0.2, 0.3以上のものを, 表-3にまとめる. これによると, 全体的には性別, 年齢, 家を出る時刻の属性の影響が大きいといえる.

(ii) 相対的重要度の推定精度の向上を目的とした方法

項目 \ 偏回帰係数	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
1. 所要時間	e △	e ○	e △	a b a b c d △	a b a b c d △	a b a b c d △	d △
2. アクセス時間						c b a c d b d a △	
3. 乗り換え時間	△ e	○ e	△ b	e b d a △	e b d a △	j c c e a △	a △
4. 鉄道混雑度	○ e	△ e	△ a	e d a c b d b △	e d a c b d b △	c △	
5. バス混雑度		△ d	△ e	a △	a △	c b △	△ d
6. バス定時性	△ d	△ e	△ e	e a b △	e a b △	d △	c △
平均	△ e	△ e	△ d	e e a b b a d c c △	e e a b b a d c c △	c △	

注) ▲: 鉄道とバスを利用する場合, 式 (4) による分析結果  
 ●: 鉄道だけを利用する場合, 式 (4) による分析結果  
 △: 鉄道とバスを利用する場合, 式 (5) による分析結果  
 ○: 鉄道だけを利用する場合, 式 (5) による分析結果  
 ▲●△○の記号についてのアルファベットは次の属性項目を示す。  
 a: 性別, b: 年令, c: 職業, d: 年取, e: 家を出る時刻

図-8 偏回帰係数の幅 (レンジ) の計算結果

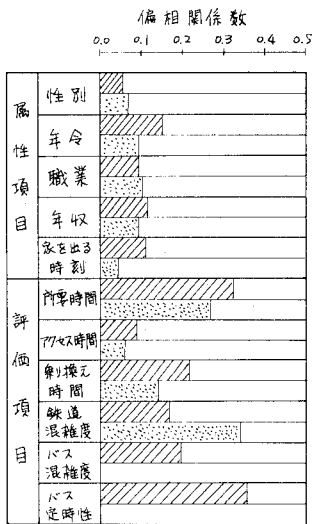
表-3 グルーピングのための各分析結果の比較

分析方法	属性項目				
	性別	年令	職業	年取	家を出る時刻
回帰分析, 式 (4)	○ △	○ △			○ △
回帰分析, 式 (5)		△		○	○ △
数量化理論 II 類		○ △	△	○ △	○

注) ○は鉄道とバスを利用する場合, △は鉄道だけを利用する場合について, 図-8 で, 式 (4) と式 (5) による偏回帰係数の幅が, それぞれ 0.2, 0.3 以上のもの, または 図-9 の偏相関係数から上位 3 位までのものを示す。

総合的な評価値を  
 外的基準, 各属性項目の  
 カテゴリーと各評価項目の  
 評価値を説明変数として, 数量化理論 II 類による  
 分析を行った結果を 図-9 に示す。ここで, 各属性項目の偏相関係数は, 総合的な評価値に対する各属性の規定力を表わしている。

この結果によると, 鉄道とバスを利用する場合では, 年令・年取・家を出る時刻の偏相関係数の値が比較的高く, 鉄



(注) 斜線: 鉄道とバスを利用,  $\eta^2 = 0.49$   
 白: 鉄道だけを利用,  $\eta^2 = 0.33$

図-9 グルーピングのための数量化理論 II 類による分析結果

表-4 被験者のグループ設定

家を出る時刻	年令		
	29才以下	30才~39才	40才以上
7時30分以前	A-1 (101) B-1 (162)	A-3 (72) B-3 (91)	A-5 (85) B-5 (120)
7時30分以後	A-2 (109) B-2 (219)	A-4 (60) B-4 (116)	A-6 (69) B-6 (124)

注) ( ) 内は, アンケート調査のサンプル数

道だけを利用する場合には, 年令・職業・年取が比較的高い値を示している。これらの結果を, 表-3 に併記する。

最終的なグルーピングは, 上述の (i) と (ii) の分析結果を総合して検討する必要がある。そこでこれらの結果をまとめた表-3 によると, 年令と家を出る時刻によるグルーピングが最も必要であることがわかる。なお, 年取は相関分析によって, 年令と有意な正の相関が認められたので, グルーピングには用いないこととする。

以上の検討から, 本研究では年令と家を出る時刻によってグルーピングを行うが, バス利用の有無による相違を考慮し, 最終的には 表-4 に示す 12 のグループを設定する。

(3) 評価関数の推定

利用者のグループ別に各項目の評価関数を推定する場合には 表-5 に示すグルーピング前の物理量と評価値とのクロス集計結果を用いる。この集計の結果を参考にし

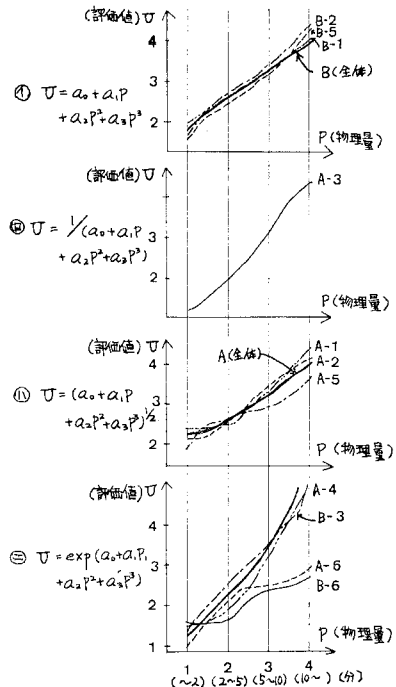


図-10 乗り換え時間の評価関数



表一5 各評価項目の物理量と満足度とのクロス集計結果

(1) 所要時間

満足度	1. 非常に負担を感じる	2. やや負担を感じる	3. どちらでもない	4. あまり負担を感じない	5. まったく負担を感じない
物理量					
1. ~30分	0	2	4	7	5
2. 30分~45分	1	16	30	111	66
3. 45分~1時間	15	180	166	379	73
4. 1時間~1時間半	73	374	122	148	17
5. 1時間半~	56	94	13	13	1

(2) アクセス時間

満足度	1. 非常に負担を感じる	2. やや負担を感じる	3. どちらでもない	4. あまり負担を感じない	5. まったく負担を感じない
物理量					
1. ~2分	1	0	3	14	193
2. 2分~5分	0	6	23	114	372
3. 5分~10分	5	61	138	350	246
4. 10分~20分	22	169	70	118	27
5. 20分~	7	10	0	3	2

(3) 乗り換え回数

満足度	1. 非常に負担を感じる	2. やや負担を感じる	3. どちらでもない	4. あまり負担を感じない	5. まったく負担を感じない
物理量					
1. 0回	0	3	0	2	2
2. 1回	29	151	113	319	123
3. 2回	29	234	116	181	33
4. 3回	48	144	30	43	8
5. 4回以上	22	19	7	3	0

(4) 乗り換え時間

満足度	1. 非常に負担を感じる	2. やや負担を感じる	3. どちらでもない	4. あまり負担を感じない	5. まったく負担を感じない
物理量					
1. ~2分	0	2	11	51	46
2. 2分~5分	7	54	89	204	88
3. 5分~10分	28	207	125	210	30
4. 10分~	122	207	54	56	3

(5) 鉄道混雑度

満足度	1. 非常に負担を感じる	2. やや負担を感じる	3. どちらでもない	4. あまり負担を感じない	5. まったく負担を感じない
物理量					
1. ほとんど全員座れる	1	2	17	47	145
2. 約半数が座れる	8	47	60	143	59
3. めったに座れない	104	397	153	253	37
4. すしづめの状態	223	160	19	23	5

(6) 鉄道冷房

満足度	1. 非常に不快である	2. やや不快である	3. どちらでもない	4. やや快適である	5. 非常に快適である
物理量					
1. 冷房は完備している	6	17	62	193	193
2. あったりなかったりする	191	500	331	121	9
3. 冷房はない	104	97	56	4	1

(7) バス混雑度

満足度	1. 非常に負担を感じる	2. やや負担を感じる	3. どちらでもない	4. あまり負担を感じない	5. まったく負担を感じない
物理量					
1. ほとんど全員座れる	0	0	13	31	103
2. 約半数が座れる	4	23	43	65	25
3. めったに座れない	22	76	37	35	6
4. すしづめの状態	56	29	13	3	2

(8) バス冷房

満足度	1. 非常に不快である	2. やや不快である	3. どちらでもない	4. やや快適である	5. 非常に快適である
物理量					
1. 冷房は完備している	0	1	1	3	4
2. あったりなかったりする	1	10	18	3	1
3. 冷房はない	114	164	214	28	11


(9) バス定時性

満足度	1. 非常に困る	2. やや困る	3. どちらでもない	4. あまり困らない	5. まったく困らない
物理量					
1. 正確である	0	1	21	73	151
2. 週に1回程度おくれる	6	36	31	30	1
3. 週に2,3回程度おくれる	37	59	14	7	0
4. まったく不正確である	66	30	6	5	1

て各項目の評価値と物理量との間で適当と思われる8通りの関数形を設定し、グルーピング前の全データを用いて回帰分析を行った。そして各項目ごとに、高い寄与率が得られた4通りの関数形を選び、グループ別のデータを用いて回帰分析を行った。最終的に設定するグループ別の評価関数は、そのなかで最も寄与率の高いものを採用した。

図一10に、分析結果の一例として乗り換え時間の評価関数を示す。全データを用いた回帰分析から、①~④の4通りの関数形が得られ、最終的にはグループ別に図に示す関数形が得られた。この図から、乗り換え時間の増加が利用者の負担に及ぼす影響をグループ別にとらえることができる。また、グルーピング前後の寄与率は図一11に示すように全体的にはあまり高くないが、回帰式の有意性のF検定により、5%の危険率で評価関数の回帰式が全体として有意であることが確かめられ

ている。さらに、誤差項の系列相関の検定統計量であるダービン・ワトソン比<sup>22)</sup>は、おおむね2.0前後の好ましい結果が得られており、回帰分析の結果は一応信頼できるものといえる。

図一11の中で  の部分は、グルーピングにより寄与率が向上した分を表わす。グルーピング後のデータの偏りから寄与率が低下している箇所もみられるが、全体的には寄与率は向上しており、評価関数の推定精度の面からみたグルーピングの効果は一応確認できたものと考えられる。

(4) 相対的重要度の推定

表一4で設定した各グループのデータを用いて数量化理論Ⅱ類による分析を行い、グループ別に各項目の相対的重要度を求めた。また、グルーピング前の全データを用いた分析も行ったが、それらの結果を図一12と図一

13 に示す。図-12 の鉄道とバスを利用する場合には、アクセス時間の相対的重要度はグループによって大きく

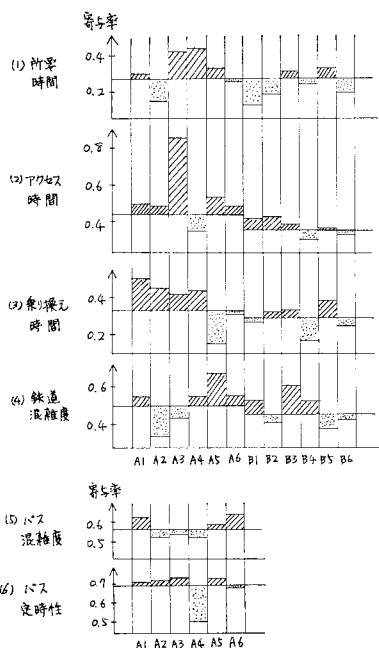


図-11 グルーピング前後の評価関数の寄与率とその変化

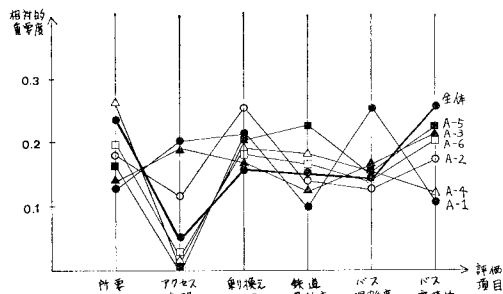


図-12 グループ別の相対的重要度（鉄道とバスを利用する場合）

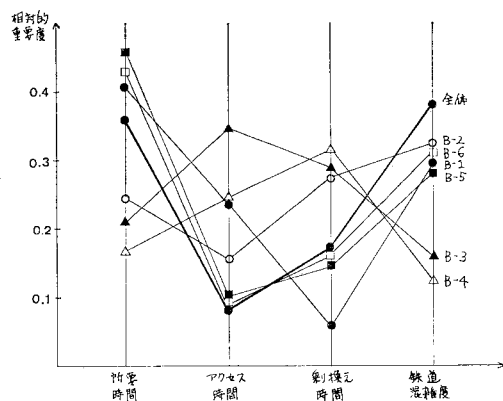



図-13 グループ別の相対的重要度（鉄道だけを利用する場合）

異なっているが、それ以外の項目ではグループによる相違はそれほど大きくはない。さらに、図-13 の鉄道だけを利用する場合のグループによる相違は、鉄道とバスを利用する場合に比べて全体的に大きくなっており、特に B-3, B-4 の 30~39 歳のグループは、他のグループと異なった相対的重要度を各項目に対して抱くという結果が得られている。

また、グルーピング前後の分析で得られた相関比の 2 乗  $\eta^2$  を、図-14 に示す。グルーピング前の分析では相関比の 2 乗はあまり高くはないが、グルーピングによってその値は全体的に大きく向上している。図中の  の箇所は、相関比の 2 乗のグルーピングによる向上分を示しており、B-3 のグループ以外のすべてのグループについて、相対的重要度の推定精度は大きく向上していることがわかる。

(5) 交通網の現況評価

まず、アンケート調査によって得られた各項目の評価値について行った因子分析の結果を、図-15 に示す。分析はバス利用の有無によってデータを 2 つに分けて実

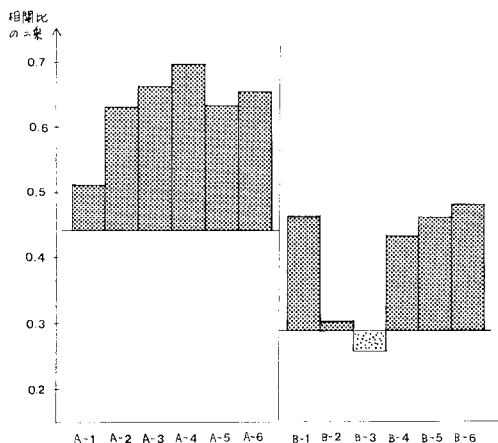


図-14 グルーピング前後の相関比の 2 乗とその変化

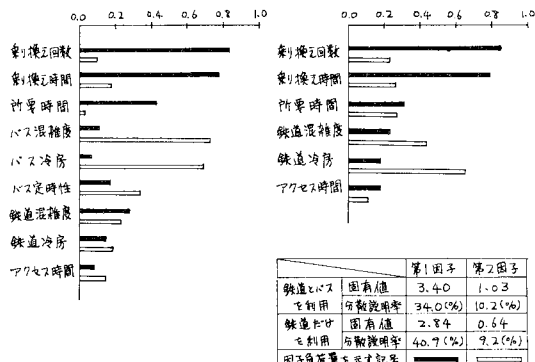


図-15 各変数の各因子に対する因子負荷量

施し、固有値と分散説明率を考慮のうえ、ともに第Ⅱ因子までを採用した。

この図によると、鉄道とバスを利用する場合には、第Ⅰ因子は乗り換えに関する因子、第Ⅱ因子はバスの快適性に関する因子と考えられる。また、鉄道だけを利用する場合には、第Ⅰ因子は乗り換えに関する因子、第Ⅱ因子は鉄道の快適性に関する因子と考えられる。

次に、因子得点について検討する。因子得点は、ここでは各被験者が各因子に関して感じている負担の大きさを示す指標である。本研究では、西宮市から神戸市垂水区までを30のゾーンに分け<sup>23)</sup>、各被験者に対する因子得点を分類したゾーンごとに集計し、その平均を各ゾーンの特性値とした。この値を用いると、各ゾーンにおける交通サービスを利用者の面から評価できる。

以下の分析では、サンプル数が多かった鉄道だけを用いる場合について検討する。

図-16は、乗り換えに関する第Ⅰ因子を縦軸、鉄道の快適性に関する第Ⅱ因子を横軸にとり、各ゾーンが各因子についてどのような特性値をもつかを示したもので

ある。この図から、ゾーン53と91は乗り換えの面で問題があり、ゾーン41, 84, 91は鉄道の快適性の面で問題があることがわかる。

(6) 利用者便益の算出

ここでは、4.(5)の分析で乗り換えの面で問題となったゾーン53を一例として、交通サービス改善の計画案を作成し、それを実施した場合の利用者便益を算出する。ただし、ここではOD交通量や経路選択率について一定の仮定を設けており、算出した利用者便益の値そのものの検討よりも、その算出手順の説明をねらいとしている。

第1段階：ODペアおよび利用可能経路の設定

ゾーン53を発ゾーンとし、大阪市都心の一地区を着ゾーンとする。利用可能経路は図-17に示すように、主要交通機関が阪急電鉄または国鉄である2通りの経路を設定する。

第2段階：交通網改良計画案の作成

ゾーン53から大阪市都心への通勤交通サービスの改善のために、一例として、阪急六甲駅に通勤時だけ特急を停車させるという計画案を考える。これにより、六甲駅から梅田駅まで乗り換えなしで特急を利用して行くことができ、乗り換え時間と所要時間が短縮できる。

第3段階：各評価項目の物理量の設定

第1段階で設定した2通りの経路に対して、所要時間・アクセス時間・乗り換え時間・鉄道混雑度の各項目の計画案実施前後における物理量を、表-6のように設定する。計画案の実施によって、所要時間と乗り換え時間の物理量は、カテゴリ値でそれぞれ4→3, 3→2と、改善されている。

第4段階：各経路の総評価値の計算

第3段階で設定した計画案実施前後における各項目の物理量を、4.(3)で推定したグループ別の評価関数に代入して、各項目の評価値を求めた。

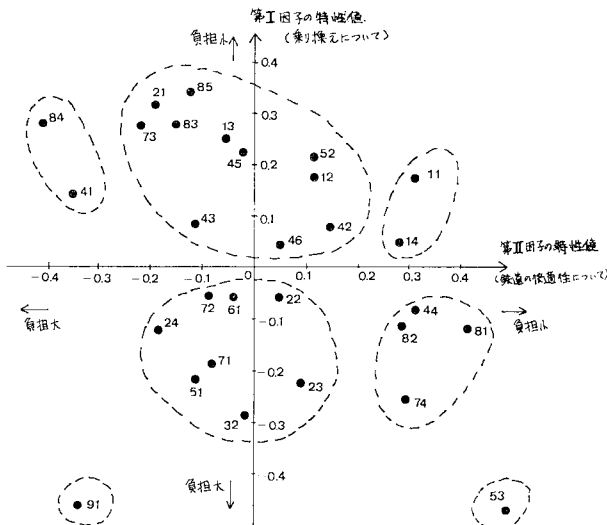
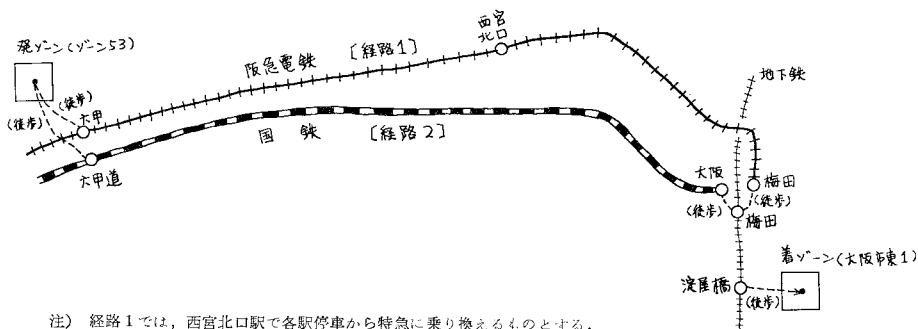


図-16 各ゾーンにおける各因子の特性値



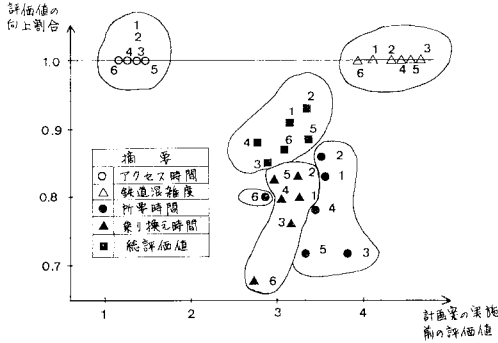
注) 経路1では、西宮北口駅で各駅停車から特急に乗り換えるものとする。

図-17 ODペアと代替経路の設定

表-6 計画案の実施前後における各評価項目の物理量

経路	評価項目	所要時間	アクセス時	乗り換え時	鉄道混雑度
経路 1	現 状	61分 (4)	5分 (3)	2回 (3)	絶対座れない (4)
	計画案の実施後	51分 (3)	5分 (3)	1回 (2)	絶対座れない (4)
経路 2		49分 (3)	7分 (3)	1回 (2)	絶対座れない (4)

注) ( ) 内の数字は、各項目の物理量の 카테고리値である。



注) 肩の番号は利用者のグループを表わす。

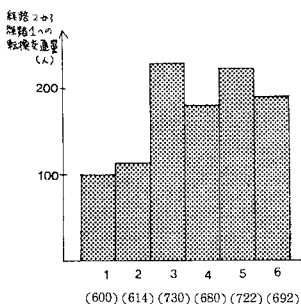
図-18 計画案の実施による経路 1 に対する効果

また、それらの値を 4.(4) で推定した各項目の相対的重要度によってウェイトづけして総和をとり、各経路の総評価値を計算した。図-18 に、評価値に変化のある経路 1 について、計画案の実施前の評価値と、計画案の実施によってどの程度の負担が減少したかを表わす評価値の向上割合を示す。この図から、計画案の実施は利用者の各グループに対して異なった影響を及ぼすことがわかる。

第 5 段階：経路選択率と経路別交通量の計算

まず、第 4 段階で求めた各経路の総評価値を式 (8) に代入し、計画案の実施前後における各経路の選択率を求めた。その際、式 (8) のパラメーター  $n$  の値を便宜的に、 $n=6$  に設定した<sup>24)</sup>。

次に、第 6 段階で利用者便益を求めるのに必要な経路別交通量を、上記で得られた経路選択率を用いて計算した。その場合、利用者のグループごとのゾーン間交通量が必要であるが、このデータがないので、ここではいずれのグループの OD 交通量も、1000 人と仮定して、経路別交通量を求めた。



(注) ( ) 内は、計画案実施前の経路 2 の交通量を示す。

図-19 計画案の実施による経路 2 から経路 1 への転換交通量

図-19 に、計画案の実施前における経路 2 の交通量と、計画案の実施による経路 2 か

ら経路 1 への転換交通量を示す。

第 6 段階：改良計画案の実施による利用者便益の算出

第 4 段階と第 5 段階で求めた計画案の実施前後における経路別総評価値と経路別交通量を式 (9) に代入し、計画案の実施による利用者便益をグループ別に

算出した。その結果を図-20 に示す。阪急六甲駅に特急を停車させるといふ計画案は、利用者の各グループに対して異なった大きさの便益をもたらしている。この場合は特に、所要時間を比較的重要と感じているグループ B-1、B-5、B-6 や、乗り換え時間を重要とするグループ B-3 に対する便益がやや大きく得られている。

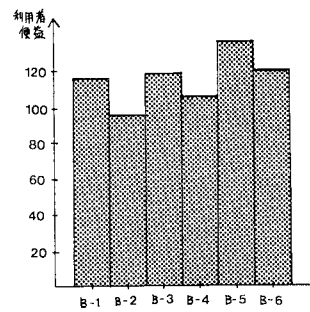


図-20 計画案の実施による各グループ 1000 人当たりの利用者便益

5. 結 語

交通網を評価する場合、従来では速達性や低廉性だけを考慮して、費用便益分析の方法を用いて検討されることが多く、評価の中に利用者による交通機関選択の選好意識が十分に反映されているとはいえない。最近の研究では、利用者の選好意識を評価と結びつけることが検討されており、本研究で作成した評価システムもその流れに立つものである。

ここでは、本研究の評価システムの特徴と、アンケートデータを用いた実証的分析の結論をまとめる。

まず、本研究では従来の利用者による評価モデルを整理することによってそれらの問題点を検討し、その結果をふまえて次の特徴をもつ評価システムを作成した。

(1) 交通サービスに関する物理量を評価値という心理量に変換することによって、混雑度や定時性のように定量的な扱いが困難な項目を、評価のなかに取り入れることができる。

(2) OD ペア別、利用者のグループ別に交通網改良による利用者便益を求めることができ、意思決定者に多面的な評価情報を提供することが可能である。

次に、アンケートデータを用いた実証的分析によって以下のような結論が得られた。

(3) アンケートデータの基礎処理として、評価項目の選定と利用者のグルーピングの方法を提案し、それらの有効性を実証的に確認した。

(4) 現状の通勤交通サービスに対する利用者の評価値をデータとして因子分析を行い、阪神間の通勤交通網

の現況を評価した。

(5) 利用者評価モデルを阪神間の通勤交通網に適用し、利用者便益を算出する一連の手順に沿ってモデルの適用可能性を実証的に検討した。

このようにいくつかの成果を得たが、今後、本研究で提案した評価システムをより有効なものとするためには、次のような課題を検討する必要がある。

① 利用者評価モデルのなかで用いている経路選択モデルに関して、パラメーターの推計などについて実証的検討を行い、この経路選択モデルがどの程度現実的に有効なものかを検討する必要がある。

② 本研究の評価システムでは OD 交通量が一定の場合を想定しているが、交通網改良による土地利用や人口分布の変化を考慮し、需要誘発の影響を評価の中に取り入れるようにする。

③ 本研究では、鉄道やバスなどの公共交通機関について実証的な検討を行ったが、公共交通機関と自動車との分担をも考慮して、実証的検討の範囲を広げる。

④ 利用者による交通機関選択の選好意識は必ずしも安定したものではない。本研究の評価では、アンケートデータの分析で推定した選好意識は交通網の改良後においても変化しないことを前提としている。しかし、長期的には、選好意識の変化は十分に考えられることであり、本研究のようにアンケートデータを用いて評価モデルを作成する場合には、選好意識の安定性を検討することは今後ますます重要になるものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 黒田・天野・戸田：交通網改良による利用者便益の測定方法に関する一考察，土木学会第 34 回年次学術講演会講演概要集 IV，1979.
- 2) 佐々木・河野・蔵下：道路の経済効果と投資基準，技術書院，1965.
- 3) De Neufville, R. and E. Mizejewski : Airport Access Cost-Effectiveness Analysis, Transportation Engineering Journal, Proceedings of the ASCE, Vol. 98, 1972.
- 4) 岡田 清：交通投資と便益・費用分析，大塚久雄他編「地域経済と交通」pp. 223~239，東大出版会，1971.
- 5) 運輸経済センター：長崎新幹線の費用便益分析，1973.
- 6) 日本経済研究センター：東海道新幹線と東名高速道路の費用便益分析，1969.
- 7) Lansdowne, Z.F. : Analysis of Intercity Transport Improvements : Forecasting Demand and Evaluating User Benefits, Memorandum, RM-6255-DOT, 1970.
- 8) 坂下 昇：交通量配分の微視的理論，大石泰彦他編「道路経済学論集」，pp. 129~149，東洋経済新報社，1975.
- 9) Wohl, M. and B.V. Martin : Traffic Systems Analysis for Engineers and Planners, McGraw-Hill, New York, 1967 (加藤・山根訳「交通工学(上)」，鹿島出版会，1973).
- 10) 東工大，菅原 研：交通施設投資順位についてのシステムの研究，1972.
- 11) Pardee, F.S. and others : Measurement and Evaluation of Alternative Regional Transportations Mixes, Vol. I, II, III, The Rand Corporation, 1970.
- 12) 黒田・天野・戸田：利用者からみた通勤交通ネットワークの評価に関する実証的研究，土木学会第 1 回計画学研究発表会講演集，1979.
- 13) 河口至尚：多変量解析入門，森北出版，1973.
- 14) 安田・海野：社会統計学(第 2 版)，丸善，1977.
- 15) 14) と同じ。
- 16) 黒田・天野・戸田：利用者からみた通勤交通ネットワークの評価に関する基礎的研究，土木学会第 33 回年次学術講演会講演概要集 IV，1978.
- 17) 飯田恭敬：都市高速道路の最適規模決定法，高速道路と自動車，Vol. 12, No. 11, 1969.
- 18) 天野・黒田・土橋：利用者からみた通勤交通ネットワークの評価に関する実証的研究(その 2)，土木学会関西支部年次学術講演概要，1979.
- 19) 芝 裕順：因子分析法，東大出版会，1973.
- 20) 12) と同じ。
- 21) 12) と同じ。
- 22) 佐和隆光：回帰分析，朝倉書店，1979.
- 23) 近畿地建：昭和 46 年度京阪神都市圏パーソントリップ調査，現況分析一集計 G-1-3，1971.
- 24) 17) と同じ。

(1979.10.11・受付)