

1. はじめに

本研究では、まず都市交通計画の評価手法とそれに基づく計画の最適化の方法について検討し、特に各機関の利用状況を評価にどのように組み込むかについて考察する。つづいてバス専用レーン設置の是非に関する基本的考え方に関する試論を述べる。

2. 交通計画の評価

2-1. 交通計画の評価主体

一般に、計画の評価は、計画がその目的をどの程度いかに合理的に達成しているかということを計測することであると考えられる。ところで、交通計画においては、評価する人(評価主体)の計画との係わり方によって評価の仕方が異なる。交通計画における評価主体は、交通施設の利用者、運営者、周辺住民、地域社会などに分類することができる。都市交通施設について考えれば、その目的は都市活動を行うための交通サービスを供給することであるので、都市活動の主体の大きな部分を占める都市住民が中心にその計画を評価すべきであると考えられる。そこで、ここでは都市住民の交通計画の評価について検討するわけである。なお、都市住民にもいろいろの立場の人がいるので、(この点が計画の評価をむづかしくする原因の一つである)ここでは交通計画を評価する立場すなわち価値観のほぼ等しい人々を一つのグループとして、まずそれぞれのグループにおける交通計画の評価について考え、それらに基づいて総合評価を行うものとする。このいくつかの立場の中に、利用者、運営者、周辺住民、地域社会のそれぞれを代表する価値観が含まれると考えれば、ここで言う住民は交通計画に係わるすべての人を含むと考えることもできる。

2-2. 交通計画の評価項目と評価基準

交通体系の評価項目を大別すると、利便性、安全性、快適性、費用、環境に与える影響、施設の必要空間などがある。これらの項目のうち前者は交通の目的、機能であり、これらは大きいほどよいと考えられる。一方、後者は、前者の目的を達成するための資源の消費すなわちコストと考えられ、これらは小さいほどよいといえる。したがって、限られた資源を有効に活用して交通の目的をいかに効率的に達成しているかを評価する、いわゆる効率性の評価が考えられる。また、交通計画ではこれらの各評価項目に関して都市住民の間での公平性を確保する必要がある。すなわち、住民間の各評価項目における、評価の差が小さいほどよいと考えられ、公平性の評価も取り上げられる必要がある。

一般に交通計画の評価は、まず、代替計画案を各評価項目ごとに評価し、次に各評価項目の相対的ウエイトを考慮して総合評価を行う。各評価項目の評価を行うには、まず、各項目の内容を具体的指標でもって表現する必要がある。人々の評価をより客観的に把握するためには、評価項目の内容を客観的指標たとえば時間、距離などのような物理量などで表現し、それぞれに対する人々の評価を調査すべきである。

2-3. 交通計画の評価関数

(1) 各項目の評価

各評価項目ごとに計画を評価するためには、評価項目のそれぞれの水準に対して人々が感じる好ましさの程度を計量する必要がある。ここでは、評価項目の水準を好ましさの程度に変換する関数を効用関数とよぶ。この関数は、交通施設利用者に評価項目の各水準に対する好ましさを直接アンケートすることにより求めることができる。なお、効用は相対的にしか得にくいので、

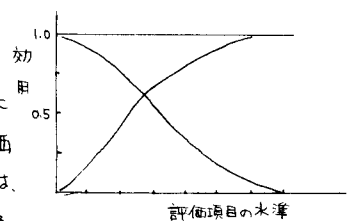


図-1. 効用関数

図-1に示すように最も望ましいレベルを1.0とし、最も望ましくないレベルを0.0とする。具体的には、ある項目のある水準を体験している住民に対するアンケート調査によって、その水準に満足している、あるいは満足していない住民のパーセントを満足度（効用）、あるいは不満度（非効用）と考えることができる。ただし、効用関数を得るためには、各項目においていろいろな水準を体験している住民から資料を収集する必要がある。

(2) 評価の総合化

ここでは、交通計画の代替案 i の総合的評価値 E_i が次式(1)に示すように各評価項目の評価の一次式で表わされると仮定する。そして、この値 E_i が最大のものが最良の計画であると判断する。すなわち、これは前述の効率性の評価と考えることができる。

$$E_i = \sum_k \sum_j W_{jkl} U_{jkl}(S_{ijk}) \cdot N_{kl} \quad (1)$$

$$U_{jkl}(S_{ijk}) = P_{kl}^m U_{jkl}(S_{ijk}^m) + P_{kl}^c U_{jkl}(S_{ijk}^c) \quad (2)$$

$$S_{ijk} = S_{ijk}^m + S_{ijk}^c \quad (3)$$

ここに、 i = 交通計画の代替案 i を示す。

W_{jkl} = ゾーン k における評価項目 j の価値観 U をもつ人の総合評価に占める相対的重要度

$U_{jkl}(S_{ijk})$ = ゾーン k における交通施設の項目 j の水準 S_{ijk} に対する価値観 U をもつ人の評価(不満度)

N_{kl} = ゾーン k における価値観 U をもつ人の数

P_{kl}^m = ゾーン k における価値観 U をもつ人が大量輸送機関を利用する確率あるいは、交通計画の評価における大量輸送機関の車に対する相対的重要度

P_{kl}^c = ゾーン k における価値観 U をもつ人が車を利用する確率、あるいは、交通計画の評価における車の大量輸送機関に対する相対的重要度

$U_{jkl}(S_{ijk}^m), U_{jkl}(S_{ijk}^c)$ = ゾーン k における大量輸送機関と車の項目 j の水準 S_{ijk}^m, S_{ijk}^c に対する価値観 U をもつ人の評価(不満度)をそれぞれ表す。

(3) 各評価項目の相対的重要度および P_{kl}^m, P_{kl}^c の求め方

項目別評価を総合化する場合の各項目のウエイト付けは、交通計画を評価する立場にある住民および交通施設利用者に対するアンケート調査を用いて以下のようにして行なう。なお、この方法には2つの方法が考えられる。1つは、人々に交通計画の代替案をいくつか示し、それぞれの案に対する人々の評価を調査する方法で、他の1つは、住民が日常利用している交通体系に対する評価を調査する方法である。前者は同一人物からいくつかの交通体系に対する評価すなわち、各評価項目に関していくつかの異なる水準に対する評価を得ることができ、調査効率がよいという利点をもっている。後者では、同一人物からは彼らが毎日利用している、すなわち唯一の交通体系に対する評価しか得られないが、しかしその評価は、仮想の交通体系に対するものではなく、体験に基づくものであり、より正確な情報が得られるという利点がある。

いずれの方法においても、交通計画代替案および交通体系の項目別の評価を一对比較法などで住民に回答してもらい、その回答結果と仮定した効用関数を用いて、各評価項目の相対的重要度を決定する。さらに、大量輸送機関と車の利用確率 P_{kl}^m, P_{kl}^c をそれらの利用頻度で回答してもらうことによって把握する。そして、大量輸送機関と車のそれぞれに対する住民の評価と両者を総合した交通サービス全体に対する評価をアンケートによって調査し、 W, P^m, P^c の値およびここで仮定した評価関数の実情への適合性を検討し、必要ならそれらの値を修正する。

2-4. 最適計画を求める方法

ここでは、上記の方法を応用して、交通施設計画の最適化を行う方法の試案について述べる。以下の手順で最適計画を求める。

(1) 計画において取扱う地域の設定

まず、対象とする交通施設にある程度以上、係わりをもつ人々が居住する地域を対象地域とし、それを交通に關してほぼ同一の性質をもついくつかのゾーンに分割する。

(2) 交通需要の予測、交通計画代替案の提案、交通需要の交通網への配分を行う。同時に、上記の方法を用いて、交通計画の評価に必要な $W_{jkl}, U_{jkl}(S), N_{kl}, P_{kl}^m, P_{kl}^c$ の値を推定する。

(3) 交通計画の評価とその最適化

交通計画の評価においては、将来の予測される状態を、利便性、安全性、経済性、快適性、環境に与える影響、必要空間量などの各観点から評価する必要がある。このとき、いずれの評価項目においても最低限度満足されなければならない水準、たとえば、環境基準などを設定し、これを満足する計画が、実現性のある計画として検討の対象とする。これによって交通計画の公平性もある程度確保することができる。そして、効率性という評価原則からは、資源の消費量一定という条件の下で人々の不満度の総和が最小の計画が望ましい計画であると考えられる。ところで最適計画では、効率性と公平性の調和が図られなければならない。そこで本研究では、各評価項目における不満度の最大値を一定値以下におさえ、各評価項目の相対的重要度を考慮した(不満度)×(不満を感じる人数)の和を最小とする計画が最適であるとする。

これを式で示すと、以下のような最適化問題として表わすことができる。

目的関数 ($U_{jkl}(S_{ijl})$ が不満度を表わす場合)

$$E_1 = \sum_l \sum_k \sum_j W_{jkl} U_{jkl}(S_{ijl}) \cdot N_{kl} \longrightarrow \text{Min} \quad (4)$$

制約条件

$$\sum_k \sum_j S_{ijl} C_{ijl} \leq C \quad (5)$$

$$U_{jkl}(S_{ijl}) \leq U_{jkl}(S_{jl}), j=1, \dots, m, k=1, \dots, n, l=1, \dots, p \quad (6)$$

ここに、 $U_{jkl}(S_{ijl})$ = ゾーン k における交通計画案 i の項目 j の水準 S_{ijl} に対する価値観 l をもつ人の不満度(非効用)

C_{ijl} = 交通計画案 i の項目 j の水準を S_{ijl} とするための費用

C = 使用できる総資源量(費用)

S_{jl} = 価値観 l をもつ人が許容できる交通計画の項目 j の最低水準値

m = 価値項目の総数, n = ゾーンの数, p = 価値観の総数

この最適化問題においては、価値観の異なるグループ間で、不満度に大きな差が生じ、公平性が達成できない場合がある。これを解決する手段として目的関数(4)を下記のように変更することが考えられる。

$$E'_1 = \sum_l \sum_k \sum_j W_{jkl} U_{jkl}(S_{ijl}) N_{kl} + \alpha \sum_{\substack{l \neq q \\ k \neq r}} \left\{ \sum_j \sum_k W_{jkl} U_{jkl}(S_{ijl}) N_{kl} / N_{kl} - \sum_j \sum_k W_{jql} U_{jql}(S_{ijl}) N_{ql} / N_{ql} \right\}^2 \longrightarrow \text{Min} \quad (17)$$

ここに α は経験的に定められる定数であり、 N_{kl}, N_{ql} は価値観 l, q をもつ人数 ($N_{kl} = \sum_i N_{kli}, N_{ql} = \sum_i N_{qli}$) である。 α の値の大小が計画の公平性の相対的重要度の大小と比例すると考えられる。

すなわち、式(17)は、住民の不満度総量を最小にすると同時に、それぞれの価値観をもつ人々の平均的不満度の差を小さくすることを目的としている。また、さらにゾーン間における人々の不満度に大きな差がないようにするためには、次式を用いればよい。

$$E'_2 = E'_1 + \beta \sum_{\substack{l \neq r \\ k \neq r}} \left\{ \sum_j \sum_k W_{jkl} U_{jkl}(S_{ijl}) N_{kl} / N_{kl} - \sum_j \sum_r W_{jrl} U_{jrl}(S_{ijr}) N_{rl} / N_{rl} \right\}^2 \longrightarrow \text{Min} \quad (18)$$

ここに、 β は経験的に定められる定数であり、 N_{kl}, N_{rl} は、ゾーン k および r における総人口である。

α および β の値を適当に決めることによって、価値観の異なる階層間および地域間の不満度の差を適当な大きさにすることが可能である。すなわち、 α, β の値の大きさによって、総合評価における効率性と公平性の相対

的重要性を決めることができ、両者の調和を図ることができる。

ここでは、交通計画を最適化するための方法について述べたが、いくつかの代替案が与えられた場合、E、E'およびE''の値を用いて、それらの評価をすることも可能である。

3. バス専用レーンの設置基準

ここでは、バス専用レーン設置に関して、輸送サービスの効率性と公平性という2つの観点から検討し、その設置基準についても考察する。

3-1. バスレーンのない場合の輸送効率

一般にバスレーンは、自動車交通量が多くバスの運行速度が低い道路区間に設置される。バスレーンが設置された場合の輸送効率を、都市内での自動車およびバスによるトリップが多いと考えられる6km区間で、総輸送時間および必要空間によって比較してみる。なお、以下で用いる各種の数値はほとんどが名古屋市での調査結果である。

表-1. バスレーンのない場合の輸送需要、分担率、所要時間

輸送手段	速度(km/h)	距離(km)	所要時間(分)	トリップ端末時間(分)	トリップ所要時間(分)	分担率(%)	輸送人員(人)	総輸送時間(人時)
バス	13	6	28	8	36	33	330	198
乗用車	30	6	12	5	17	67	670	190
(1) 輸送時間							計	388

いま、表-1に示すような片側2車線の道路6km区間の交通について考える。トリップ所要時間は表-1に示すように、バス17分、乗用車36分である。ただし、6km区間の所要時間はそれぞれ28分、12分である。総輸送人員は1000人と仮定する。

(2) 道路空間利用

輸送に要する必要道路空間を車の車頭間隔から求めると、道路上の最小車頭間隔は時速40km/hでは13~20mであるので、ここでは安全性を考え、乗用車25m、バス30mの車頭間隔を保つものとする。このとき、乗用車とバスの乗車人員1人当り道路車線延長は、それぞれ $25/1.4=17.9\text{m}/\text{人}$ 、 $30/50=0.6\text{m}/\text{人}$ となる。ここでは、乗用車の平均乗車人員を1.4人、バスのそれを50人と仮定した。したがって、表-1の場合の1時間当り道路占有状況は、バス $0.6 \times 330 \times 28/60 = 92.4\text{車線m}/\text{時}$ 、乗用車 $17.9 \times 670 \times 12/60 = 2398.5\text{車線m}/\text{時}$ で、1人当りの道路空間の占有量では、バス輸送：乗用車輸送 $= 0.28 : 3.58\text{m}/\text{人時} = 1 : 13$ となっており、バスの空間利用効率が高くなっている。

3-2. バスレーンのある場合の輸送効率

(1) 輸送時間

バスレーンを設置すると表-1の区間のバス所要時間は、名古屋市の例では28分から18~20分に短縮され、一方、乗用車の所要時間は、交通量によって変動が異なるが、12分から15~20分が増大すると考えられる。いま、バスは20分に、乗用車は18分になったと仮定すると、トリップ所要時間はそれぞれ28分、23分となる。輸送需要の分担率が変わらないならば、総輸送時間はバス $28 \times 330/60 = 154\text{人時}$ 、乗用車 $23 \times 670/60 = 257\text{人時}$ 、合計411人時となり、表-1の場合より総所要時間が6%増加する。

ところで、一般に交通手段の所要時間の相対関係が変われば、輸送分担率も変わるのので、これを考慮し、分担率が所要時間の逆数に比例すると考えると、上記の場合、バス45%、乗用車55%となる。このとき乗用車交通量が減少するので、その所要時間は20分に減少すると考えると、総輸送時間はバス $28 \times 450/60 = 210\text{人時}$ 、乗用車 $20 \times 550/60 = 183\text{人時}$ で、393人時となり、バスレーンのない場合より1.3%増加するに過ぎない。

(2) 道路空間利用

バスレーンのある場合の1時間当り道路占有状況は、バス $0.6 \times 450 \times 20/60 = 90\text{車線m}/\text{時}$ 、乗用車 $17.9 \times 550 \times 15/60 = 2461.3\text{車線m}/\text{時}$ で、1人当りの道路空間の占有量では、 $0.20 : 4.48\text{m}/\text{人時} = 1 : 22$ で、当然ながらバスの空間利用効率が

高くなっている。

この例では、輸送時間、道路空間利用の面から見ると、バスレーン設置が効率性を改善していないが、総交通需要量と分担率の組合せによっては、効率を改善する可能性があることが推察できる。

3-3. バスレーン設置による輸送サービスの公平化

ここでは、バスレーン設置と輸送サービスの公平性との関係について考察する。

まず、バス利用者と乗用車利用者との輸送サービスにおける公平性を費用負担、所要時間、道路空間利用、快適性について検討する。

(1) 費用負担

輸送サービスの費用としては、バス利用者は料金も負担し、乗用車利用者は車両購入費、運転費、各種税金、保険費などを負担している。バス料金は独立採算を原則としているので、バス利用者はバスの車両費、運転費などを負担していると考えてよいであろう。また、道路の建設費の内訳は、わが国の大都市についてみると、表-2 のようになっており、大都市で最も延長の長い市道では約70%が一般財源と考えてよく、国、都道府県道でも1/3が一般財源であるので、バスと乗用車利用者間での費用負担の不公平性はあまりないと考えてよいであろう。

表-2 道路整備事業費の財源内訳（S53年度事業、大都市分）

（単位：億円）

区 分	事業費	財 源 内 訳							
		地方道路 譲与税	石油ガス 譲与税	自動車重 量税	軽油取引 税交付金	自動車取 得税交付金	目的財源 計	地方債 その他	一般財源
国・道府 県 道	(100.0) 726	140	23	—	271	54	(87.1) 488	48	190
市 道	(100.0) 960	41	—	100	—	158	(81.1) 299	163	498
計	(100.0) 1,686	181	23	100	271	212	(46.7) 787	211	688

(2) 所要時間

前述のバスレーンの例のように、バスレーンを設置すると一般にバスと乗

用車との所要時間差は短縮され、所要時間における両手段利用者における公平性はバスレーンによって増大する。

(3) 道路空間利用

前述のバスレーンの例では、バスおよび乗用車利用者の道路占有率は、道路の利用方法によって異なるが、6 km の道路に1000台の輸送需要がある場合、バスは $6 \text{ km} \times 1 \text{ 時間} / 450 \times 20 / 60 = 40 \text{ 台/人}$ 、乗用車は $6 \text{ km} \times 1 \text{ 時間} / 550 \times 150 = 43.6 \text{ 台/人}$ となり、両者の道路空間占有率はほぼ等しいといえる。

(4) 快適性

輸送サービスの快適性すなわち混雑、車内の居住性、プライバシー、戸ロ性、機動性などにおいては乗用車の方が優れており、これが、費用、所要時間などでバスが乗用車とほぼ等しくなっても、交通手段利用者がバスより乗用車の方を選好する原因となっている。

3-4. バスレーン設置基準

以上の考察より、バスレーンを設置すれば、バスと乗用車利用者間での輸送サービスの公平化を促進できるとがわかったので、バスレーン設置によって所要時間、道路空間利用および費用、安全性、快適性、環境影響などにおいて効率の低下がなければ、バスレーンを設置すべきである。この際、輸送効率の評価においては、バス輸送の改善による乗用車利用者のバスへの転換を考慮し、それを実現させる努力をしなければならない。このためには、乗用車からバスへの転換を促進する各種対策を同時に実施する必要がある。

なお、輸送サービスの効率性に対して公平性を重視する場合は、バスレーン設置によって多少効率の低下がある場合でも公平性を実現するためには、バスレーンを設置すべきである。

バスレーンのない従来の道路においては、その空間利用においてバスと乗用車をそれぞれ1台として平等に扱っていると考えられるが、交通手段の利用者である人をそれぞれ1人ずつ平等に扱うとすれば、バス利用者にも乗用車利用者と同じ道路空間を占有させることになり、前述の表-1の例では、バス利用者は $330 / 50 = 7$ 台のバスを必要とし、1台の占有空間は $50 \times 17.9 \text{ m} = 895 \text{ m}$ であるから、7台で $895 \text{ m} \times 7 = 6265 \text{ m}$ の車線長を28分間占有することになる。一方、乗用車利用者は $670 / 1.4 = 479$ 台の車を必要とし、 $479 \times 25 \text{ m} = 11964 \text{ m}$ の車線長

を24分間占有する必要がある。したがって、6km区間の1車線をバスレーンとすべきであると言えよう。

4. おすび

本研究では、交通計画の評価に交通手段の利用状況をどのように組み込むかという問題の考察とバス専用レーンの設置基準に関する考察を試みたが、いずれも1つのアイデアの段階を出ていない。前者においては、ここで提案した各種指標、パラメーターを調査によってどのようにして把握するのかという問題点があり、後者においては、道路区間には、いろいろのOD間の自動車が走行しているので、これをどのように取扱うか、利用者の交通手段に対する選好特性をどのように考慮するかといった問題点などがある。また両者を通じて効率性と公平性をどのようなウエイトで評価するかという根本的問題もある。

参考文献

- 1) 河上省吾 : 都市内交通施設計画の評価手法に関する一試案, 第1回土木計画学研究発表会講演論文集, PP. 210~216, 昭和54年1月.
- 2) 牛嶋 正 : 都市交通に対する財政学的考察, 中部都市学会調査研究報告書, 都市交通問題に関する研究, PP. 81~97, 昭和55年6月
- 3) Kawakami S : A Method for Evaluating Urban Transportation Planning, International Conference and Exhibition on the Integration of Traffic and Transportation Engineering in Urban Planning, 1978年12月
- 4) 中京都市群パーソントリップ調査協議会 : 中京都市群パーソントリップ調査報告書, 昭和48年, 49年