

AHPによる交通システムの評価

Quantitative Evaluation on Transportation Systems by AHP

水間 毅（運輸省 交通安全公害研究所）

1. はじめに

交通サービスの多様化に対応して新しい都市交通システムが開発され、漸次実用化に至っている。また、路面電車の見直しという観点から、LRV(Light Rail Vehicle)という超低床車両の導入も欧米で盛んになってきている。しかし、こういった場合に新しい交通システムを導入し、こういった場合にLRVを導入するのかといった議論は必ずしも定量的になされてきたわけではない。

本稿では、こうした新しい交通システムの導入あるいは既存の交通システムの改良という場合の評価を、AHPを用いて行う手法を開発したので、その結果について述べる。

2. 交通システムの評価¹⁾

2.1 評価方法の検討

交通システムの評価を考えるにあたり、利用者、事業者、社会性の観点から評価項目を設定した。表1にその一覧を示す。

各交通システムの評価は、この表中の中項目を点数化することにより行う。点数化は、小項目での数値を基に、既存の交通システム（バスや地下鉄、自動車等）と段階比較することにより行う。

例えば、「高頻発性」を点数化するために、小項目「最小運転時隔」を数量化すると、地下鉄は約2分、バスは約1分、連続輸送システム（動く歩道のようなもの）は0分である。従って、連続輸送システム、約1分程度のシステム、約2分程度のシステム、それ以上の時隔のシステムという4段階に分けられることになり、各々4,3,2,1点と点数を割り当てる。こうすることにより、細分化される中項目ほど最高得点が高くなり、重要な項目であると判断される。

2.2 AHPの適用

表1のような評価項目で各交通システムの評価を行うにあたり、図1のような階層構造を規定する。

表1 交通システム評価項目

視 点	評価項目 (大)	評価項目 (中)	評 価 項 目 (小)
利用者	旅行時間の短さ	高 速 性	表定速度、最高速度、加・減速度
		高 頻 発 性	最小運転時隔
		定 時 性	専用・併用軌道、耐気候性
	乗降、乗換の易しさ	駅へのアクセス	駅間距離
		乗降容易性	地表面～乗降面までの高さ、ドア
		乗換容易性	複数モード、乗り入れ可能性
	快適性	乗り心地	振動加速度、ジャク、車内騒音
		車内空間確保	車両寸法、乗車定員、座席定員
		車内設備	空調の容易性
		安心感	閉鎖性、セキュリティ確保、交通事故
事業者	輸送需要への対応	輸 送 能 力	最大輸送力、列車定員、座席定員
		輸送力の調整	輸送力調整の方法、動力方式
	導入の易しさ	路線の自由度	高架、地上、地下、路線長、断面
		導入空間	空間、曲線半径、建物との一体化
		インフラ建設費	断面空間、建築限界、車両限界
		インフラ外建設費	地上電気設備、車両
	運営の易しさ	段階建設難易	延伸、輸送力増強、地下・高架化
		運 転 要 員	自動化度
		エネルギー消費	車両運転電力量
		保 守 費	メンテナンス回数、保存費、修理費
社会性	環境性が良い	低 騒 音	車外騒音
		低 振 動	地盤振動
	景観性	排 気 ガ ス	排ガスレベル
		景 観 性	占有空間、軌道断面、車両寸法

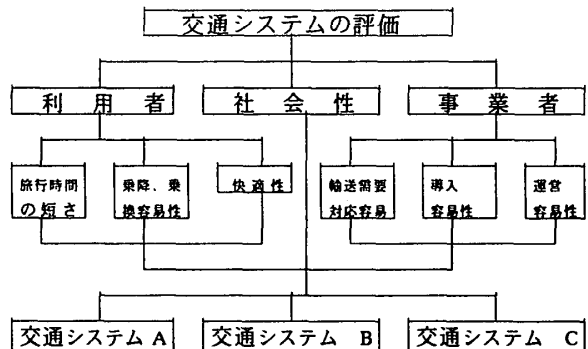


図1 交通システム評価階層構造

2.3 交通システムの評価

ここで、大項目間、中項目間の比較はペアマトリックスを用いて行うが、人間の感覚は等比級数的に表現されることを考慮し、1、2（やや重要）、4（かなり重要）、8（非常に重要）、16（極めて重要）という相対値を利用することとした。

また、交通システムの比較は、2.1で行った点数を正規化した値を利用することとした。正規化は、各中項目での最高点を1点として行い、新しいシステムを導入する際はその最高点を見直し、再正規化することとする。

2.4 交通需要の推定

こうして得られた、各交通システムのペア比較マトリックスのうち、利用者に係る数値は実際の需要と関連が大きいと考えられるため、優先度計算の際、評価項目間のペアマトリックス行列の固有ベクトルを乗ずるが、そのうち利用者に関する計算値（旅行時間の短さ、乗降・乗換容易性、快適性）の和を交通需要とする。

3. モデル路線での計算例

3.1 モデル路線とモデルケース

ケース1：全長10kmの路線で、既存の交通が自動車とバスの地域に、新交通か常電導磁気浮上式鉄道かLRV（超低床式ライトレール車両）を導入する。

ケース2：全長5kmの路線で、現状は自動車交通しかないところにバス、新交通、常電導磁気浮上式鉄道、LRVのいずれかを導入する。

3.2 交通システムの点数化

2.1の手順で交通システムの点数化を行う。例えば、利用者の観点からの「旅行時間の短さ」では、バスと自動車の2交通機関しかないときは、

$t=(高速性、高頻発性、定時性)=(5,4,3) \dots (1)$

が満点であり、これを元に、

バス $= (2,3,1)$ 、自動車 $= (3,4,1) \dots (2)$

で点数化できる。ここで、新交通システムを導入（バス廃止）を考慮する場合、満点を

$t=(5,4,4) \dots (3)$

と変化させ、これを元に、

自動車 $= (3,4,1)$ 、新交通 $= (3,2,4) \dots (3)$

と点数化する。これを正規化すると、

(バス、自動車) $= (0.494, 0.644)$

(自動車、新交通) $= (0.617, 0.700) \dots (4)$

となる。こうすることにより、より便利なシステムが導入される場合、自動車の点数も変化し、需要も変化することが可能となる。

3.3 評価項目間の比較

一方、階層構造間の比較行列は表2のように作成する。

表2 視点間、評価項目間のペア比較行列

事業利用者	社会	需要導入	運営	時間乗降	快適
事業者	1	2	2	需要	1
利用者	1/2	1	1	導入	16
社会性	1/2	1	1	運営	2
				Y1	
				Y2	
				Y3	

これにより、各行列の固有値ベクトルを求めると、

$Y1=(0.5, 0.25, 0.5)$, $Y2=(0.615, 0.077, 0.308)$, $Y3=(0.062, 0.783, 0.155) \dots (5)$

となり、Y1の事業者の重み0.5をY2に乘じ、利用者の重み0.25をY3に乘じ、社会性の重みは0.25であるから、各評価項目間の重みベクトルは(6)で表されることになる。

(旅行時間、乗降、快適、需要対応、導入、運営、社会性)
 $= (0.154, 0.019, 0.077, 0.031, 0.392, 0.078, 0.250) \dots (6)$

3.4 計算結果

3.4.1 ケース1

バスと自動車の現状の点数化行列は(7)で表される。

$$\begin{vmatrix} \text{バス} & = & \begin{bmatrix} 0.806 & 0.667 & 0.667 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0.584 & 0.938 & 0.633 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \\ \text{自動車} & & & & \end{vmatrix} \dots (7)$$

これに(6)を乗じた値をシステム優先度とし、そのうちの利用者の視点分の和を輸送需要とする。

ここで、新交通を導入する場合は、(4)のように変化するため、(7)の□部分が変化する。その結果、新交通の優先度は自動車1

に対して 0.830、需要変化は、
 (自動車、バス) =(0.195,0.140) から
 (自動車、新交通) =(0.191,9.184) に変化する。

これを、常電導磁気浮上式鉄道、低床式 LRV についても同様に行う。また、Y1 行列の見直しを図り、(事業者、利用者、社会性) =(0.286,0.571,0.143) と変更した場合(利用者重視)、=(0.667,0.167,0.167) と変更した場合(事業者重視)の計算も行った。

図 2 に、各交通システムの、自動車に対する優先度を重要度として表したものを示す。

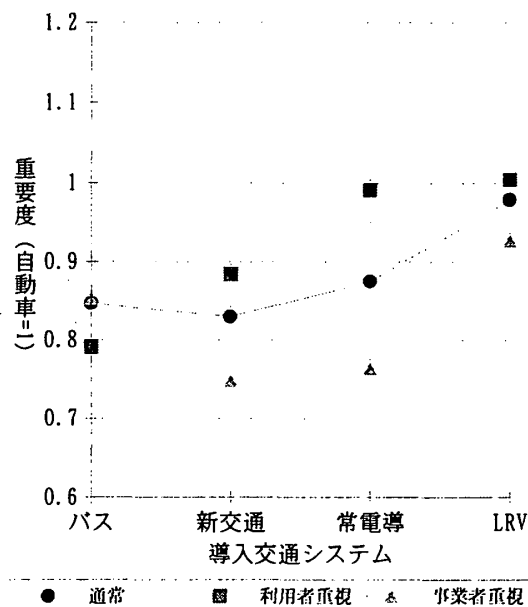


図 2 各交通システム優先度

これによると、事業者を優先すると建設費や運営費の安いバスや LRV の優先度が高く、利用者を優先すると速度が速く、快適性に富む常電導磁気浮上式鉄道や LRV の優先度が高くなるのがわかる。

また、各システムを導入した場合の輸送分担率、総需要の変化を計算した結果(通常比率)を図 3 に示す。

これによると、LRV の優先度は高いものの、総需要の伸び、輸送分担比率は、速度の速い常電導磁気浮上式鉄道や新交通の方が高いという結果となっている。これは、システム優先度は建設費や運営費と言った項目が考慮されるため、利用者にとっては、利便性の高いシステムの需要が大きいと示している。

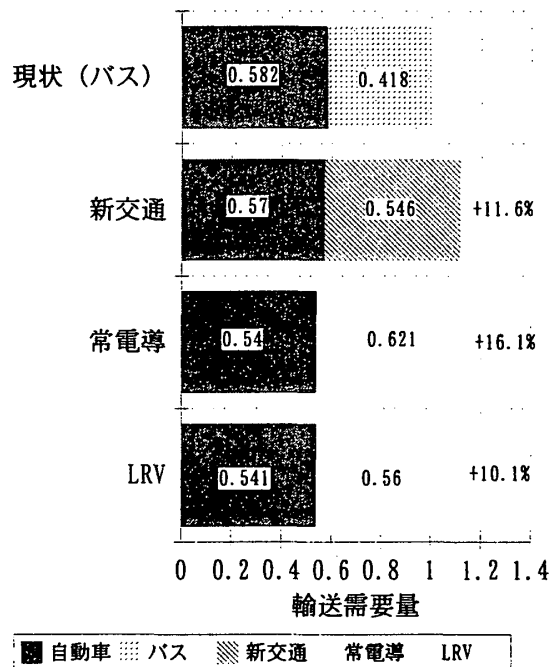


図 3 交通システム導入時の輸送分担率変化

また、これら全ての、定時性の高い軌道系システムを導入することは、結局輸送需要の誘発を引き起こすことが確認される。

3.4.2 ケース 2

自動車と各交通システム(導入候補)の点数化行列は(8)の通りとする。

	旅	乗	快	需	導	運	環
車	0.644	1	1	1	0.938	0.833	0.458
バス	0.494	0.833	0.667	0.583	0.875	0.700	0.458
新交通	0.700	0.417	0.875	0.833	0.542	0.567	0.688
常電導	0.833	0.417	0.938	0.833	0.479	0.633	0.750
LRV	0.606	0.667	0.875	0.708	0.813	0.617	0.667

… (8)

ここで、(事業者、利用者、社会性) =(0.5,0.25,0.25),(0.286,0.571,0.143),(0.104,0.831,0.065) という重みベクトル(通常、利用者重視、利用者超重視)とし、各評価項目間の比較行列から得られる固有ベクトルに乗じて計算すると、図 4 の様な結果が得られ、部分の計算値を輸送需要として表すと図 5 のような結果が得られた。

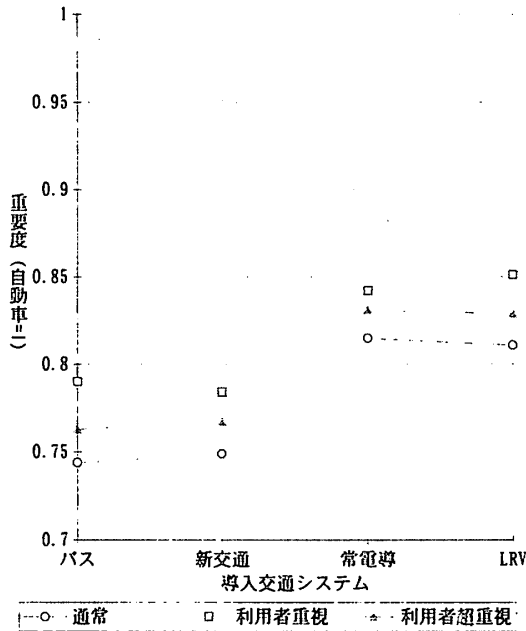


図4 各交通システム優先度

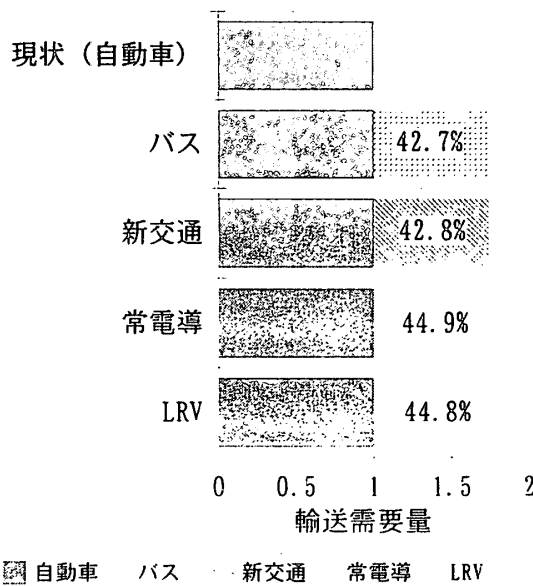


図5 交通システム導入時の輸送分担率

このケースは、自動車と他交通システムとの比較であるので、比較行列が変化しないため、自動車からの転移はないということになる。これに対してケース1では、今ある交通システムに他交通システムを導入するので、比較行列が変化するため、自動車の需要も変化する。

こうした、自動車以外の交通システムがない地域では、利用者（自動車保有者に限る）

にとっては、自動車の有利性が大きく重要度は自動車に比して低くなるものの、快適性（常電導磁気浮上式）や乗換利便性（LRV）の高いシステムは需要量を誘発する量が多いことを示している。

3.5 考察

以上、既存の公共交通システムが存在する地域に、新たに交通システムを導入する場合（ケース1）と公共交通システムがなにもない地域に導入を検討する場合（ケース2）について、AHPを応用した評価手法を適用してみた。その結果、前者では、新しい交通システムが既存の交通システムよりも利便性が高い場合、輸送需要の誘発効果も高く、また、もともと利便性の高い自動車からの転移もある程度は期待できる結果となった。しかし、後者では、もともとの自動車交通からの転移はないという結果になった。これは、本手法では、自動車利用者は他交通システムが導入されても、それが自動車の優位性より低いものであれば転移はしないという仮定に基づいているためであり、本モデル路線（全長5km）では自動車の優位性を覆すシステムがなかったことを示すものである。

4. おわりに

以上、新しい交通システムを導入する場合の、各交通システムの優先度、導入後の交通需要量、分担比等をAHPを利用して定量化する手法、その適用例を示した。

その結果、各交通システムの点数化や評価項目（利用者、事業者、社会性）間の重要度を適切に決定すれば、妥当な結果が得られることが示された。

また、本手法を利用して交通システムの導入を検討する例²⁾も見られ始めており、今後、こうした交通システムの評価の定量化、また、それに基づく最適な交通システム導入決定の妥当性が進んでいくものと思われる。

参考文献

- 1) 水間他「輸送システム適用性の定量的評価」平成8年電気学会全国大会 590
- 2) 日本交通計画協会「東部丘陵線導入手法に関する調査報告書」平成8年3月