

鉄道沿線における環境影響の総合評価法について

EVALUATING METHOD FOR ENVIRONMENTAL EFFECTS OF URBAN RAILWAY

河上省吾*・青島縮次郎**・陸井一嘉***

By Shogo KAWAKAMI, Naojiro AOSHIMA and Kazuyoshi KUGAI

1. はじめに

本研究は、鉄道計画に際し、予測される環境汚染のあらゆる可能性を計画の段階において十分科学的に検討し、沿線環境保全をも考慮した総合的な計画策定法の確立を目指すためのものである。また、現在、環境汚染にさらされている沿線住民の実態を調査分析し、その環境の改善を図るための、沿線住民のコンセンサスの得られる沿線整備計画の策定法を確立することも目的としている。

さて、鉄道計画の評価はいくつかの評価システムによってなされるが、本研究が対象とするシステムは環境評価システムであり、それをこの鉄道計画のトータルシステムの中に位置づけ、フローチャートとして簡潔に示したのが図-1である。

この内容を見ていくと、まず国民経済社会に関する基本計画に基づいて、土地利用計画が策定される。そして、ゾーニングが施された後、発生・集中交通量が求められ、既存の交通施設を考慮して、種類の交通条件のもとにサブモデルで分布、分担、配分交通量を算出し、新しい交通施設が設定される。これらのサブモデル間のフィードバック操作を繰り返しながら、総合交通計画が決定され、その計画案の中で鉄道網の代替案が設定される。代替案が設定されると、これらの代替案における環境影響、配分交通量、建設費、外部経済効果などが予測され、それぞれに対する複数の価値観の異なる評価主体（たとえば利用者、運営者、沿線住民）による評価が成される。それらは利用者にとってその利便性において望ましい交通サービスの最低水準を満足しているか、また、運営者にとってその時点における経済

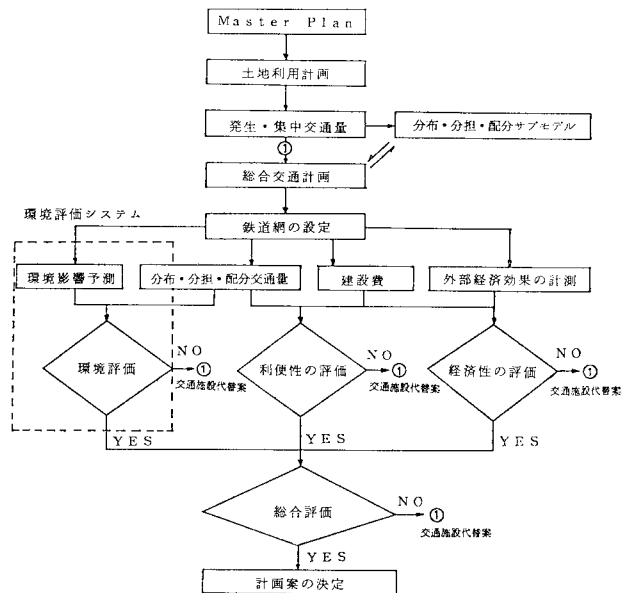


図-1 総合評価システム

水準に照らして満足すべき経済性を有しているか、そして、本研究の主題である沿線住民にとって、納得のいく環境条件を満たしているかなどである。

さて、本研究で取り扱う環境評価システムとは、図-1において、破線で囲んだ評価システムであり、ここでいう環境の意味するところは、沿線居住者にとっての環境であり、利便性、経済性の評価システムとは独立したものと位置づけている。

個々の評価システムのすべてにおいて受け入れられた代替案は利便性、経済性、環境の側面から比較がなされて、それが総合評価され鉄道施設計画の第1次的な決定がなされるのである。また、鉄道網代替案が、いずれかの評価システムにおいて受け入れられなかった場合は、再び上記プロセスの需要推計に、あるいは土地利用計画の段階までフィードバックすることになる。

* 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部

** 正会員 工博 豊橋技術科学大学助教授

*** 正会員 工修 川崎重工

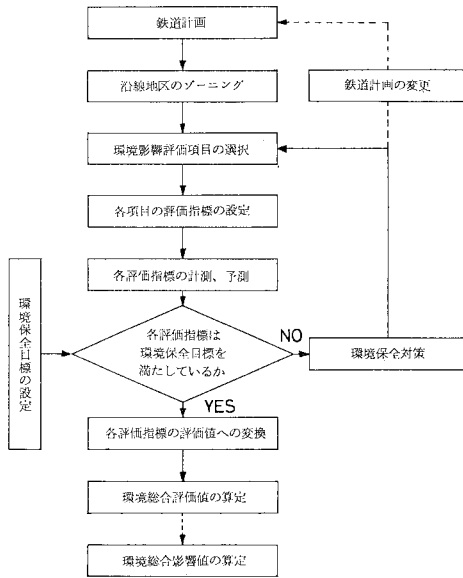


図-2 環境評価システム

次に、環境評価システムの内容であるが、これまでこの分野の研究が多く行われているのは道路計画においてである。従来用いられている鉄道計画における環境評価システムは、道路計画における環境評価システム^{1),2)}を踏襲したものであり、そのシステムの主なフローを図-2に示す。

以上が鉄道計画における総合評価システムと環境評価システムの概要であるが、次に、本研究の構成とおもな内容を示すと以下のとおりである。まず第1に、研究の背景、目的を述べ、鉄道計画において本研究がどのような位置にあるか、また、本研究の大まかな構成について述べる。第2に、まず鉄道沿線における環境評価システムを構築していくうえでの資料となる物理的、心理的調査の方法を述べ、その適用結果を示し、またその中で、どのように環境影響評価項目を選択して計画との因果関係を考慮したかを示す。第3に、調査で得られたデータをもとに、鉄道沿線における各評価項目の計測値を得るための方法について考察し、計測された物理量と住民意識調査から得られる人間の心理量との関係を定量的に分析し、各項目の個々の評価方法を検討し、環境評価値に変換する方法を述べる。第4に、環境総合評価値を得るための、環境評価値に対する客観的なウエイトをつける方法について、種々の方法を用いて検討する。さらに、鉄道計画の代替案を環境面から総合評価できる形にするために、全路線における環境総合影響値を算出する方法を紹介する。第5に、鉄道計画の総合評価を可能にするアプローチとして、環境評価システムと同様の方法で求められた利便性の総合評価値と環境総合評価値を用い、住民意識調査から、環境と利便のトレードオフの関係を考

慮した総合評価値を求める方法を検討する。ここでは、利用者でありかつ環境被害者であるという沿線住民の立場より、環境と利便のウエイトづけの問題を考察することを目的としている。

2. 鉄道沿線における環境調査

環境実態調査の方法を大別すると、各環境影響評価項目の物理的な量を測定することと、意識調査を行うことである。本調査では、名古屋市周辺での在来鉄道を中心に、鉄道が沿線地域に与える影響に関するアンケート調査と、その地域での騒音値の実測を行った。

(1) 被害意識調査

住民意識調査は、名古屋鉄道(名鉄)犬山線、常滑・河和線、瀬戸線および国鉄中央本線の沿線の住居地域を対象とし、昭和52年6月、昭和52年11月、昭和54年10月の3回にわたって調査したものである。図-3、表-1はこの調査対象地区、調査日時および回収状況を示したものである。なおこの調査地区の1~6地区は、以前に1度、浅野俊樹によって分析されている³⁾。

調査地区は道路の場合、環境への影響範囲は最も広い場合でも数百mであるという過去の分析結果⁴⁾を受けて、鉄道の軌道中心から120mの範囲でランダムに調査地帯のサンプリングを行った。軌道の形態別には、平面部4地区、盛土部2地区、道路と鉄道の両方からの環境被害を受けていると思われる複合汚染地区2地区を選定し、全地区から有効個人サンプル3769を得た(以後、各地区を表-1のように1~8地区とよぶ)。

調査は限定された地区内においては、家庭訪問法が最も望ましいという過去の事例¹⁾により、調査員の戸別訪問によるアンケート票の留め置き方式で行い、調査対象者は13歳(中学生)以上とした。

アンケートの設計は調査目的、分析方法と密接な関係がある。特に、環境影響評価項目の選定が可能なかぎり網羅的であることは、環境評価システムを構築していくうえでの大原則であるが、本研究ではその評価主体が住民であり、住民が被害として意識することのできる以下の10の評価項目を選んだ。

① 騒音、② 振動、③ 電波障害、④ 日照・通風の障害、⑤ 粉塵、⑥ 景観破壊、⑦ 地区分断、⑧ プライバシーの侵害、⑨ 事故の不安、⑩ 子供の線路内への侵入に対する不安。

アンケートの質問は大きく分けて「属性」「各評価項目に対する環境被害、不安に関する意識」「鉄道の交通サービスに関する意識」「総合的にみた評価」の4つよりなる。すなわち、属性分析を行うために、年齢や日常

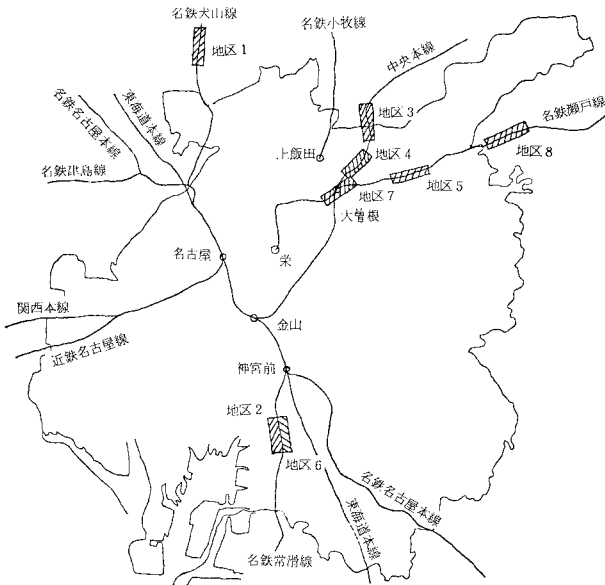


図-3 住民意識調査対象地区

表-1 住民意識調査対象地区の概要と回収状況

地区 No.	鉄道路線名	地区名	配布世帯	回収世帯	回収率 (%)	有効個人サンプル数	個人サンプル数/世帯数	調査日時
1	名鉄大山線	愛知県 西春町	228	224	98.2	535	2.39	S52.6月
2	名鉄常滑線	名古屋市 道徳	218	211	96.8	528	2.50	"
3	国鉄中央本線	名古屋市 幸心	160	157	98.1	360	2.29	"
4	国鉄中央本線	名古屋市 山田	154	150	97.4	395	2.63	"
5	名鉄瀬戸線	名古屋市 守山	234	230	98.2	532	2.31	S52.11月
6	名鉄常滑線	名古屋市 道徳	228	196	94.7	545	2.52	"
7	名鉄瀬戸線	名古屋市 東	200	186	93.0	489	2.63	S54.10月
8	名鉄瀬戸線	愛知県尾張旭市	256	232	90.6	529	2.28	"

生活パターンなどの属性を質問しなくてはならないし、項目別の不満や被害頻度の相対的な関係を分析するためには、環境に対する個別のおよび総合的な質問がなされなければならない。また、本研究では各評価項目の対策要望順位を質問しており、この分析により評価項目相互間の関係を把握するとともに、各評価項目の相対的ウェイトづけを行おうとするものである。

(2) 騒音実測

意識調査と併行して、各地区1か所ずつ合計8か所で騒音実測を行った。

騒音の測定器は指示騒音計 (JIS C 1502) を用い、動特性は Slow, 補正回路は A 特性とした。測定地点は線路に対して直角に地区内へ軌道中心から 10m, 20m, 40m, 80m の位置に騒音計を設置し、三脚を用いて地上 1.2m になるように調整した。また、暗騒音や反射音の影響の少ない場所を選んだ。

実測は車両通過ごとに最低8回行い、記録はそれぞれの騒音計のアウトプットを同軸コードを通して4チャン

ネルデータレコーダにインプットして、後にレベルレコーダに書き出すという方法をとった。

(3) 調査対象地区の環境特性

本研究の調査対象地区は鉄道沿線の人口密度の高い地域であるが、特に、地区4は大曾根周辺の旧市街地に含まれ、地区6, 7, 8は名鉄沿線に古くから発達した地区であり、住民の半数以上が戦前より居住している。一方、地区3は名古屋市の北側に位置する新興住宅地であり、住民の7割近くが戦後住みついている。鉄道利用頻度を地区ごとにみると、地区6, 7が高く地区4は低い。これは地区4では地下鉄、バスなど競合交通機関の便が良く、地区6, 7では競合交通機関の便が悪いためであると考えられる。

3. 鉄道沿線における環境影響評価の方法

(1) 評価方法の現状

環境影響評価に関する定量的評価の試みは、アメリカの「国家環境政策法」にその端を発した。それを受けて、わが国においても国土開発技術研究センター⁵⁾や建設省土木研究所²⁾などが、アメリカの Battelle 研究所の評価関数法⁶⁾の考え方を応用してカテゴリカル

な尺度を用い、環境状態の最も悪いカテゴリーの効果を0、最も良いカテゴリーの効果を1に対比させて評価する方法を提案している。また、個別にみれば、地区分断や緑量に対して、徒歩距離や緑面積を用いて評価する研究⁷⁾などもあるが、現段階において予測手法がほぼ確立している環境影響評価項目は騒音のみであり、他の評価項目については実用的な方法の開発はまだ不十分な段階であるといえる。加えて、評価の問題についてもその基準として要請基準や環境基準があるが、個々の評価項目の物理量とそれに対する人間の意識反応の関連がすべて明確にとらえられているわけではない。したがって個別の項目の環境への影響を評価する方法も、現段階では摸索の状態であるといつてよいであろう。

鉄道関係においては、新幹線を対象に1975年7月に環境庁告示による騒音の環境基準、1976年3月には振動に関する要請基準が設定された。これは中央公害審議会の答申に基づいたものであり、評価方法は騒音・振動ともピークレベルを用いることとしている。

一方、在来線鉄道に関しては現在のところ基準が定め

られるに至っていないが、在来線沿線住民の騒音、振動等に対する苦情件数は、近年特に増加の傾向にある。こうしたことから、騒音、振動等を中心として早急に在来線鉄道の環境影響評価の方法の確立が望まれている。

(2) 環境影響評価項目に関する被害意識の要因分析

環境影響を定量的に評価するためには、鉄道沿線住民に関する物理的、心理的諸量を用いて、各評価項目の影響を尺度化するクライテリアを明確にしなければならない。また、各評価項目に対する被害意識は各人の属性、住居要因、生活要因などで異なると考えられ、これら諸要因と被害意識との関係を把握しなければならない。これらの関係を把握するために、本研究では鉄道沿線の住民に対して、各評価項目に関する被害について意識調査を行った。

住民意識調査では各評価項目に対して被害の程度を「いつも感じる」「しばしば感じる」「時々感じる」「あまり感じない」「まったく感じない」の5段階で質問した。本研究ではこの被害意識を外的基準とし、以下の7要因を説明変数とし、4~6にカテゴリライズして数量化理論

表-2 騒音被害の要因分析

	年令	地区 1			地区 2		
		サンプル数	カテゴリスコア	レンジ	サンプル数	カテゴリスコア	レンジ
年令	1	49	-0.20	0.30 (7)	68	-0.29	0.49 (6)
	2	112	0.01		80	0.20	
	3	112	0.05		72	0.13	
	4	85	0.10		76	0.17	
	5	42	-0.01		46	-0.25	
	6	38	-0.12		36	-0.20	
居住歴	1	26	0.43	0.87 (2)	16	-0.31	0.67 (5)
	2	49	0.33		17	-0.20	
	3	125	0.10		77	0.36	
	4	108	-0.44		221	-0.12	
	5	130	0.06		47	0.15	
家の形態	1	4	0.08	0.51 (5)	12	-0.24	0.42 (7)
	2	139	0.15		149	-0.24	
	3	161	0.10		136	0.22	
	4	65	-0.18		41	0.04	
	5	69	-0.36		40	0.18	
見通し	1	154	0.22	0.63 (4)	142	0.44	1.01 (3)
	2	72	0.35		93	-0.18	
	3	80	-0.41		41	-0.15	
	4	90	-0.12		75	-0.31	
	5	42	-0.37		27	-0.57	
生活パターン	1	100	-0.16	0.73 (3)	94	-0.07	0.80 (4)
	2	219	-0.04		195	-0.13	
	3	25	0.13		21	-0.05	
	4	62	0.09		43	0.41	
	5	27	0.57		20	0.67	
	6	5	0.28		5	0.44	
就寝時刻	1	27	0.12	0.51 (5)	22	0.30	1.66 (2)
	2	140	0.22		98	0.18	
	3	230	-0.09		220	-0.12	
	4	32	-0.39		34	0.23	
	5	9	-0.21		4	-1.36	
距離	1	128	0.88	1.68 (1)	101	1.00	1.81 (1)
	2	147	0.06		106	0.10	
	3	94	-0.71		108	-0.57	
	4	69	-0.80		63	-0.81	
相関比		0.67			0.61		

表-3 カテゴリーの内容

年令	居住歴	家の形態	見通し	生活パターン	就寝時刻	距離
1 ~19才	1年以内	持家 3部屋まで	よく見通せる	1日中家にいる	10時以前	~ 20 m
2 20~29才	3年以内	持家 3~6部屋	部分的遮られる	朝出て夜帰る	10~11時	21~ 40 m
3 30~39才	10年以内	持家 6~	比較的遮られる	一定時間出かける	11~12時	41~ 60 m
4 40~49才	戦後	借家 3部屋まで	大部分遮られる	外出時間は一定しない	0~1時	61~ 80 m
5 50~59才	戦前	借家 3~	まったく見通せない	出たり入ったり	1時以降	81~100 m
6 60才~				その他		101 m 以上

Ⅱ類⁸⁾による分析を地区別に行った。

① 鉄道からの距離、② 鉄道の見通し、③ 生活パターン、④ 就寝時刻、⑤ 年齢、⑥ 居住歴、⑦ 家の形態
この分析結果の一例として、騒音に関する地区1と2の結果を示したのが表-2であり、表-3には分析の際のカテゴリーの内容を示した。

数量化理論Ⅱ類は外的基準を説明変数で判別するものであるが、その寄与の程度を本研究ではレンジを用いて判断した。レンジの下につけた数字はレンジの大きさの順位であり、これは諸要因の説明力の強さの順位にあたる。

以上の分析の結果、騒音、振動、粉塵、電波障害の各因子では最も説明力が強いものが「鉄道からの距離」であり、他の要因に比べ安定している。次に続くものが、騒音では「鉄道の見通し」、振動では「家の形態」であり、定性的な判断でもうなずけるものがある。

一方、地区分断、景観に関しては卓越した説明力をもつ要因は見当たらず、相関比も前述の4項目に比べ小さい。地区分断、景観ともに「居住歴」「年齢」の説明力が比較的強く、これらの項目に対する評価は地域の変化のありさまを反映しているのではないと思われる。一般に説明力の弱い要因としては、「生活パターン」「就寝時刻」が挙げられ、各項目に対する評価は個人的な行動、立場には無関係で、住居の立地などの物理的条件が大きく関与すると思われる。

次に地区別にみると、地区5において「家の形態」が強い説明力があるように思える。本研究では地区を鉄道

表-4 2つの要因による騒音被害の要因分析

要因	カテゴリ	地区 1			地区 2		
		サンプル数	カテゴリスコア	レンジ	サンプル数	カテゴリスコア	レンジ
見通し	1	154	-0.27	0.74	142	-0.48	1.18
	2	72	-0.31		93	0.20	
	3	80	0.44		41	0.23	
	4	90	0.12		75	0.29	
	5	42	0.43		27	0.70	
距離	1	128	-1.02	2.15	101	-1.14	1.92
	2	147	-0.11		106	-0.02	
	3	94	0.74		108	0.63	
	4	69	1.13		63	0.78	
相関比		0.62			0.54		

の構造により平面地区・盛土地区に分け、また、鉄道と道路の並行している複合地区に分類したが、これらの地区によるばらつきはないといってもよいであろう。

表-2 は騒音の被害の説明要因のうち、「鉄道からの距離」「鉄道の見通し」が強い説明力をもつことを示している。そこで、この2つを騒音の説明要因にとり分析してみた。その結果の一部を表-4 に示す。この結果を表-2 と比較してみると相関比は 0.05~0.07 だけ小さくなるが、2つの要因でも十分説明し得ることを示している。

(3) 環境影響評価項目の被害率の距離減衰

前節での数量化Ⅱ類による各評価項目の要因分析により、被害意識はいくつかの要因によって説明できることがわかった。特に、「鉄道からの距離」は大きなファクターであり、卓越した説明力をもつといえる。そこで、被害態を鉄道からの距離別に分析するために調査対象地区のゾーニングを行った。そのゾーニングは鉄道軌道に平行に 20m 幅で分割した。そして、ゾーンごとに各評価項目の被害率（アンケート調査で「いつも感じる」「しばしば感じる」「時々感じる」と答えた人の全数に対する百分率）を計算した。なお、「日照・通風の障害」「子供の線路侵入に対する不安」の両因子は被害率も低く、サンプル数も少ないので分析からはずした。

これによると、騒音、振動、電波障害、事故の不安に対する被害率は高く、景観、プライバシーの侵害の被害率は比較的低い。また、当然のことながら騒音、振動、電波障害、粉塵の被害率は距離が遠くなるほど減少しているが、事故に対する不安、地区分断の両項目は距離によらずほぼ一定となっている。

地区別には盛土地区では騒音、電波障害の被害がやや遠くのゾーンまで及んでいる。これは騒音については音波の伝播において、発生源が高い方が遠くまで影響を及ぼすからであり、軌道構造物の高い方が電波を遮りやすいためであろうと思われる。しかし、顕著な差はなく、本研究で対象とした地区間では各評価項目の被害意識にほとんど差がないといえる。

(4) 鉄道騒音の評価指標

環境影響評価項目の中で、予測とその評価に関する研究が最も進んでいるのは騒音である。道路交通騒音の予測法については 1975 年に日本音響学会より提案されたいわゆる新音響学会式⁹⁾があり、また、鉄道騒音に関しても新幹線騒音はピークレベルで評価することになっている。しかし、在来線については前述のように、今なお評価方法が定まっていないので、本研究では種々の角度から在来線鉄道の評価指標を検討してみた。

本研究で行った騒音実測は、鉄道から 10m, 20m, 40m, 80m の距離において行ったものであり、これに対応させて各実測地点前後 10m 内の住民の被害率を求め、これをその地点の被害率として、それと各種の騒音評価指標との関係を分析した。評価指標としては、ピークレベル (PL), 65 dB(A), 70 dB(A) 以上の継続時間、また新しく次式で表わされるいわば総騒音量の 4つを用いた。

$$\text{総騒音量} = (\text{PL} - 65 \text{ dB(A)}) \times 65 \text{ dB(A)} \times \frac{\text{継続時間}}{2} \dots\dots\dots (1)$$

この総騒音量は 65 dB(A) 以上の騒音値を時間に関して積分したもので、ここでは式 (1) を用いて三角形に近似したものである。本研究でこれらの指標を用いたのは、PL は環境庁の指針であること、65 dB(A) 以上の継続時間は実測に際して読み取りやすいこと、70 dB(A) 以上の継続時間は新幹線の環境基準であること、総騒音量は PL または継続時間だけで評価したのでは不十分という可能性があると考えたこと、などがその理由である。

これらの評価指標と被害率の関係について 1~8 地区全地区まとめて回帰分析を行った結果、その相関係数は PL が 0.75, 65 dB(A) 以上の継続時間が 0.57, 70 dB(A) 以上の継続時間が 0.39, そして総騒音量 0.65 となり、すべて 1% 有意であった。PL について示したのが図-4 である。これより、PL が最も被害率との相関が高く、かつ、被害率と PL が線形関係とみなしてよいと思われるので、本研究では以下の分析においては、この PL を在来線鉄道騒音の評価指標として取り扱うこととする。なお、ここでは騒音についてのみ分析を行ったが、他の評価項目についても物理的な評価指標の整備が望まれる。

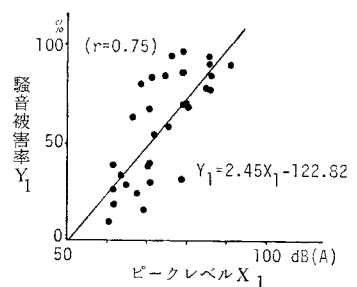


図-4 ピークレベル-騒音被害率の回帰直線

4. 鉄道沿線における環境影響の総合評価法の比較

(1) 従来の研究と本研究の方法

現在まで鉄道沿線を対象とした環境総合評価の研究はほとんどなく、他の施設計画についての研究を参考にせざるを得ない。本研究に関連のある従来の研究としては表-5 に示すようなものがある。一般に従来の研究は次の3つのステップより成り、これらの研究の違いはこの

表一5 従来の環境総合評価手法

評価手法	開発者・年代	評価主体	方 法	適用例
Overlay 法	I.L. McHarg 1969	計画者	環境項目の影響度を図示し、視覚的に総合評価する。	高 速 道路計画
Matrix 法	L.B. Leopold ほか3名 1971	計画者	環境項目と行動要因との関係をマトリックス表示し、インパクトをチェックする。	建設計画
評価関数法	N. Dee (ほか5名) 1973	専門家	環境項目を0~10の指標で与え、Delphi法によってウェイトを求める。	水 資 源 開発計画
国土開発技術研究センターの方法	国 土 開 発 研究センター 1974	専門家	環境項目を0~1の効用で与え、Delphi法でウェイトを求める。	道路計画
多変量解析法による方法	稲村 肇 1975	住 民	環境項目に対する反応を数量化理論Ⅱ類を用いて、カテゴリスコアをウェイトとする。	港湾計画
社会心理学的手法	河上・青島・片平 1976	住 民	環境項目に対する意識の間隔尺度を社会心理学的手法を用いて求めウェイトを抽出する。	道路計画

3点の違いによるものと考えられる。① 各環境影響評価項目の評価値はどのような尺度をとるか。② 環境に対する評価主体をどこに置か。③ 各評価項目の重要度(ウェイト)をどのように算出するか。

本研究では、鉄道沿線の環境に対する評価は沿線住民が行うものとし、住民意識調査のデータにより、沿線住民の平均的な価値観、効用曲線等を抽出し、ウェイトづけを行おうというものである。住民を評価主体に設定した場合、そのウェイトづけの方法は住民意識調査から多変量解析法、社会心理学的手法を用いてウェイトを得るのが一般的である。

多変量解析法を利用するものには重回帰分析、数量化理論Ⅱ類、主成分分析等による方法がある。これらの多くは個々の評価項目の不満足、被害度(不効用)を独立変数とし、環境全体への不満足、被害度(不効用)を従属変数として解析するもので、重回帰分析では偏回帰係数、数量化理論Ⅱ類ではカテゴリスコアまたはレンジ、主成分分析では因子負荷量を相対的ウェイトの値としている。

これらの方法は、簡明であるが、住民の意識をそのまま計量化しているため、住民のおかれている環境の影響の大きさと総合評価に占める重要度とが混合した値となっていて、その値をウェイトとした場合、環境実態を強く反映したものとなり、他地区へ適用できるかどうか疑問である。一方、社会心理学の手法を用いた研究には、一対比較法、順位法などがあるが、一対比較法ではいわゆる「3すくみ」の状態の処理をどうするかが疑問であり、出てきた結果は間隔尺度であるのでそのままウェイトには用いられない。

著者らの方法は、環境実態の影響を除いた各評価項目のウェイトを求めるために、上述の社会心理学の順位法を用いて得た心理尺度上の距離(kC_{ij})を次式¹⁰⁾のように説明し、回帰分析によりウェイト(W_i, W_j)を求め

るものである。

$$kC_{ij} = W_i \cdot kU_i - W_j \cdot kU_j \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 kC_{ij} : k ゾーンにおける評価項目 i, j の心理尺度上の距離、 W_i, W_j : 評価項目 i, j の総合評価における相対的ウェイト、 kU_i, kU_j : k ゾーンにおける評価項目 i, j の環境実態の評価値、 k : 土地利用を考慮して、軌道に平行および垂直な線で、対象地区を評価値がそのゾーン内ではほぼ一樣になるように分割したときの k 番目のゾーン。

この式は住民が環境影響評価項目 i と j の実態とそれらの重要さを総合判断して、その心理尺度上の距離が決定されると考えて導かれたものである。

(2) 各評価項目の総合評価におけるウェイトづけの方法の比較

住民意識調査においては、前述の社会心理学を応用した手法を用いてウェイトを算出できるように、表一6に示すような騒音、振動その他の各評価項目に対する対策要望順位を上位5位まで質問した。この質問に対する回答に順位法の分析法を適用し、Thurstoneの距離尺度を導入して各項目に対する間隔尺度を求めた。さらに、式(2)における環境実態の評価値(kU_i, kU_j)として各評価項目の被害率を用いた。これは、被害率を各個人の評価項目に対する不効用を表わす(0~1)の指標とみなしていることによる。

表一6 社会心理学的手法によるウェイト

地 区	騒 音	振 動	電波障害	事 故 の 安 全	地区分断	粉 塵
1	0.24	0.20	0.12	0.19	0.13	0.12
2	0.34	0.20	0.13	0.21	0.07	0.05
5	0.18	0.20	0.15	0.15	0.14	0.18
6	0.20	0.18	0.11	0.15	0.10	0.26
7	0.21	0.15	0.22	0.14	0.18	0.10
8	0.19	0.23	0.21	0.11	0.20	0.06
平 均	0.23	0.19	0.16	0.16	0.14	0.13
変動係数	0.25	0.14	0.29	0.22	0.35	0.64

これらのデータを式(2)に代入し、重回帰分析を行いウェイト(W_i, W_j)を求めた。いま、 n 個の評価項目についてこの分析をすると、 nC_2 個の(W_i, W_j)が得られる。もし、式(2)の仮定がすべて満足されれば、すべての項目のウェイトが一意に決まるはずであるが、通常は人間の意識のあいまいさを反映して一意には決まらない。また、項目間に相関性があれば、偏相関係数(ここではウェイト)の信頼性が低くなる。そこで本研究では、信頼性の低いウェイトをはずして、信頼性の高いウェイトのうち1つを基準としてその相対的ウェイトを求

表-7 数量化理論 II 類によるウエイト

地区	騒音	振動	電波障害	事故の不安	地分区断	粉塵	相関比
1	0.50	0.05	0.03	0.21	0.10	0.11	0.86
2	0.12	0.22	0.19	0.17	0.03	0.27	0.88
5	0.33	0.13	0.14	0.26	0.10	0.04	0.86
6	0.30	0.23	0.10	0.06	0.16	0.15	0.84
7	0.33	0.36	0.12	0.07	0.05	0.07	0.82
8	0.37	0.16	0.05	0.14	0.14	0.14	0.83
平均	0.33	0.19	0.11	0.15	0.10	0.13	
変動係数	0.38	0.56	0.56	0.51	0.57	0.62	

表-8 重回帰分析によるウエイト

地区	騒音	振動	電波障害	事故の不安	地分区断	粉塵	重相関係数
1	0.49	0.17	(0.00)	0.27	0.07	(0.00)	0.83
2	0.17	0.23	0.18	0.20	(0.05)	0.17	0.80
5	0.39	(0.07)	0.13	0.26	0.12	(0.03)	0.85
6	0.36	0.20	0.10	(0.04)	0.13	0.17	0.81
7	0.41	0.19	(0.06)	0.20	(0.04)	0.10	0.72
8	0.35	0.14	(0.00)	0.18	0.13	0.20	0.78
平均	0.36	0.17	0.08	0.19	0.09	0.11	
変動係数	0.30	0.32	0.92	0.47	0.44	0.75	

め、平均した。この結果を $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ となるように地区ごとに求めたのが表-6である。また、本研究ではこの社会心理学的手法の妥当性を検証するために、重回帰分析と数量化理論 II 類によってもウエイトを求めた。重回帰分析は住民意識調査での環境被害意識に対する質問の 5 段階の不満度のカテゴリーをそのまま比例尺度とみなして、各評価項目に対する被害度を独立変数とし環境全体に対する不満度を従属変数として分析を行った。数量化理論 II 類では、同様のカテゴリーを用い各評価項目に対する被害度を説明変数とし、環境全体に対する不満度を外的基準として分析を行った。ウエイトはそれぞれ重回帰係数、レンジを用い、やはり $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ となるように基準化し、表-7, 8 に地区別に示した。この表-7, 8 では相関比、重相関係数をその信頼性を表わす値として併記したが、全地区において有意である。また、表-8 で括弧を施したのはその係数が 5% 有意にも入らないものであり、景観、プライバシーの侵害はすべての地区で有意でなかったため表からはずした。また、盛土地区(地区 3, 4)では事故の不安に対する意識が他地区と異なると思われるので分析からはずした。表-6~8 では各項目に対するウエイトの平均値、変動係数も示したが、変動係数は社会心理学的手法が最も小さいことがわかる。これは各評価項目に対する重要度が地区によってあまり変わらないことを示しており、この手法によって環境実態とウエイトがより適切に分離されたと考えられる。本研究では以上の 3 手法の適合性を検討するために、各手法の平均のウエイトを用い、ゾーン k の総合

評価値 (F_k) を次式のように加重総和として求めた。

$$F_k = \sum_i W_i \cdot k U_i \dots \dots \dots (3)$$

次に各地区を鉄道軌道から 20m ごとにゾーニングし、1 ゾーンの平均サンプル数を 50 人程度として、上記の F_k とアンケート調査結果より得られる環境全体に対する不満率とを比較した。いま、もし予測値 F_k が妥当なら環境全体に対する k ゾーンの不満率との相関が高いはずである。その比較分析の結果、社会心理学的手法、重回帰分析による方法、数量化理論 II 類による方法のいずれにおいても、予測値と実績値の相関係数は 0.86 前後で 1% 有意であり、なかでは社会心理学的手法がわずかに他の方法よりよい相関を示している。これについての結果を図-5 に示す。

3 手法を比較した場合、環境影響評価の予測精度はあまり変わらなかったが、ウエイトの値の地区による変動が小さいことを考慮すると、社会心理学的手法が最もよい手法であるといえる。また、ここではウエイトの平均値をとって全地区のウエイトとしたが、さらに各地区を 1 つのゾーンとみなして、社会心理学的手法を用いることも可能で、この値を代表的個人の考えるウエイトとすれば予測精度はもっと上がるであろう。

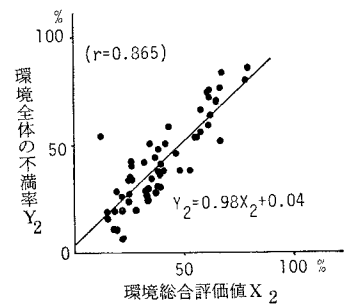


図-5 社会心理学的手法の適合性の検証

(3) 代表的環境影響評価項目の抽出

前節では環境総合評価の手法を述べてきたが、各評価項目のウエイトづけには社会心理学的手法が最もよいということがわかった。しかし、予測精度自体は各手法による差は顕著ではない。ここではこれを考察するとともに、視点を変えてより少ない評価項目で環境総合評価を行うことを検討する。つまり、予測精度がそれほど変わらないのは評価項目間の相関性が影響しているためではないかと思われる。そして、この相関性を利用すればより少ない項目での環境の総合評価が可能になる。

本研究でも環境総合評価は各項目の評価の信頼性から 6 つの評価項目で行った。また、現在の鉄道計画における環境評価システムにおいて、いまだに各評価項目の予測手法が確立していないことを考慮すると、より少ない項目で環境総合評価値を与えることは、概略の指針を得る際には現実的であるといつてよい。

そこで、取り上げる項目の削減に対する一つの基準と

して、相関性の高い項目群は1つの項目と考えることにする。項目間の相関性を知るための手法としては、ピアソンの相関係数、クラマーのコンティンジェンシー係数、因子分析による方法などがあるが、本研究ではピアソンの相関係数、クラマーのコンティンジェンシー係数を地区8において算出した。この結果、騒音と振動、粉塵と日照、通風の障害とプライバシーの侵害の間に高い相関があることがわかった。

しかし、相関が高いからといって、たとえば騒音と振動の被害実態が大きく違う場合（防音壁を設置してある場合など）など同一視してよいかということに疑問がある。また、一つの基準としてウエイトの信頼性から項目数を削減することも可能であるが、これではそのたびごとに環境総合評価値を求める評価項目の数が変わってくる可能性がある。

そこで、もう一つの基準を付け加えて、予測がある程度可能な項目のみを用いるということも考えられる。現状では騒音だけが可能とみてよい。そこで騒音の被害意識のデータを用いて、環境全体の不満率との関係を回帰分析した結果を図-6に示す。これを見ると図-5に比べて、相関係数はやや落ちているが、有意性において顕著な差はない。

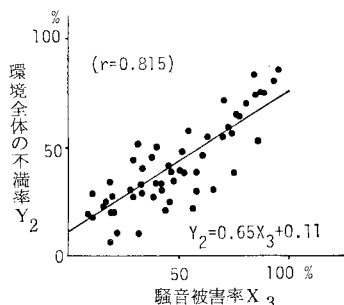


図-6 騒音被害率-環境全体の不満率の回帰直線

したがって、環境総合評価をより少ない評価項目で表わすことは可能だといえる。しかし、この方法は分析上の簡便法であることには間違いがなく、また、はたしてこれで住民のコンセンサスを得られるか疑問である。ところが現実を考慮すると、何らかの形で概略的にでも環境総合評価値を算出する必要性は高い。また、すべての項目を網羅することは非常に困難な場合が多い。そこで、予測の可能性のある項目を用い、研究の蓄積に従い、より網羅的な環境総合値を求める方向にもっていくという方法も検討しなくてはならない。

(4) 計画代替案の環境総合評価

前節まで環境総合評価値 (F_k) を求める方法を考察してきた。しかし、 F_k を求めるだけでは鉄道計画の代替案を評価することはできない。この節では、この F_k を現実の鉄道計画に用いるために考慮すべきことについて述べる。

本来、 F_k は k ゾーンの環境総合評価値であるため、鉄道路線の代替案の環境評価のような全路線を考慮する場合には、何らかの新しい操作をしなくてはならない。

1. の 図-2 で示したように住民がその沿線環境を評価するものとすれば、沿線住民の人口分布が問題となるのは当然である。つまり、 k ゾーンの環境総合評価値にそのゾーンに住んでいる人口の重みを考慮しなければならない。

しかし、実際には沿線住民をどの範囲のものにするかは分析を効率よく行ううえで重要であり、本研究ではこの範囲を被影響面積という概念を用いて定義した。被影響面積とは、各環境影響評価項目がその被害を及ぼす範囲のことであり、これは鉄道からの距離で計測できる。

本研究では、各環境被害の被害率が20%以下になる地点までの距離を、この被影響距離としてその距離を割り出した。この結果を表-9に示す。これを見ると地区によるばらつきがあるが、項目別の影響範囲を見つけることはできる。これらの最大値を目安に被影響距離を決定すればよい（つまり、騒音では110mぐらいをその値とすればよいと思われる）。なお、被害率が20%の距離を被影響距離としたのは、20%前後から被害率が横ばいになるものが多く、住民の反応の信頼性が悪くなること、また被害も小さくなることを考えたからで、絶対的な基準ではない。

次に、環境影響の程度を考慮する必要がある。たとえば人口が同じでもそのゾーンが農地と住居地ではその影響の程度が違うというのが、土地利用計画、または環境基準の考え方である。

建設省土木研究所の報告²⁾では、都市計画の用途地域別建物用途制限個数等を参考にして、土地利用別のウエイトを表-10のように設定している。この値は人口をも考慮しているため、多少土地利用による格差が大きい

表-9 各環境因子の被影響距離

(単位：m)

地区	騒音	振動	電波障害	粉塵	景観	プライバシーの侵害
1	50	46	40	27	21	20
2	79	105	49	28	26	20
3	84	78	68	22	—	29
4	92	—	76	27	30	22
5	78	57	—	27	19	22
6	100	78	73	56	30	28
7	100	46	100	28	19	26
8	110	84	102	28	26	33

表-10 土地利用によって決まるウエイト

土地利用	1種住専	2種住専	住居地域	住宅地	近隣商業
ウエイト	0.7	1.0	0.7	0.7	0.5
土地利用	商業地域	準工業地域	工業地域	工専地域	農地
ウエイト	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1

と考えられる。

以上を総合して、鉄道路線代替案の評価のための環境総合影響値 (S) は次式のように算出できる。なお、いくつかの地区を含んだ広域的な分析には、地区ごとに得られた値を加算する必要がある。

$$S = \sum_{k=1}^m F_k \cdot P_k \cdot L_k \dots \dots \dots (4)$$

ここに、 P_k : ゾーン k における人口ポテンシャルによって決まるウェイト、 L_k : ゾーン k における土地利用によって決まるウェイト。

5. 鉄道計画の総合評価法に関する試案

(1) 計画の総合評価方法

鉄道計画のみならず、一般に土木施設計画に対する総合評価の方法は、費用便益分析等、多くの研究がなされているにもかかわらず、いまだ十分に確立したとはいえない現状である。今日の鉄道計画においても異なる性質の複数の目的をもつために、1つの共通な評価尺度(または価値観)で、各目的を定量化することが困難な場合が多い。しかし、複数の代替案から最良の代替案を選ぶことは、必要かつ切実な問題である。

本研究でいうところの計画の総合評価とは、最初に述べたように独立した各種の評価システム(利便性、経済性、環境影響)を総合し評価することを指し、環境評価システムはこの総合評価が可能な指標をもたなくてはならない。総合評価手法の代表例を表-11¹¹⁾に示す。

これらの手法を大きく2つに分けるとすると、異なる次元の尺度を統一した評価尺度に変換するか否かであるように思われる。統一した評価尺度とは、現在ではそのほとんどが貨幣タームか効用である。また、異なる尺度で評価する方法に多目的計画法^{12), 13)}などが最近開発されているが、まだ十分に理論が完成されていない。

評価尺度に貨幣タームを用いる手法は費用便益分析に

表-11 従来の総合評価手法

手 法	評価項目	評価尺度	評 価 基 準
費用便益分析	直接効果	インパクトの大きさを貨幣タームで評価する。	費用便益差(比)を最大(最小)にする。
バランス・シート法	すべての項目	貨幣タームの定量化の可能性に応じて適切な評価尺度を設定する。	環境・社会面の評価を制約として費用便益分析を用いる。
費用有効度分析	定量的に計測できる項目	項目ごとに評価尺度を設定する。	① 有効度一定・費用最小 ② 費用一定・有効度最大 ③ 有効度・費用比最大
効用関数法	心理的な項目も含めて定量的に計測できる項目	インパクトをできるかぎり比例尺度で評価する。	総合的な評価値を求め、この大きさによって選択を行う。

代表される。この手法は「代替案の比較が容易である」「比較的マクロな分析でも納得性がある」などの利点をもつが、「社会的費用など計測の困難な項目がある」「便益の分配という公平性の基準に欠けており、複数の目的間の調整が困難である」などの欠点がある¹¹⁾。

一方、効用を評価尺度とする効用関数法は、評価情報の総合化、項目間のトレード・オフ関係の把握の困難性などの問題を解決しようというものであり、「価値観の異なるグループの取扱いが容易」「インパクトおよび評価の不確実性の考慮が容易」などの利点をもつが、「その計測について膨大な分析作業を必要とする」「人間の意識構造のあいまいさを考慮していない」などの欠点がある¹¹⁾。これらの手法はそれぞれ一長一短があり、現在では卓越した手法はなく、それぞれの状況に応じて、計画にとって最適な手法を用いなくてはならない。

本研究の環境評価システムは、いわば不満度・被害度という不効用を用いた効用関数法であり、環境総合影響値は不効用の加算という形で算出された。さらに、鉄道計画の代替案評価のためには、環境のみでなく利便性、経済性などを総合的に考慮しなくてはならない。本分析では、計画の総合評価にも同様の方法を用いることとするが、経済性については別稿に譲るとして、ここでは、環境と利便の総合的な評価の問題についてのみ、以下に考察を加える。

(2) 環境と利便のトレード・オフ

本分析では著者らによって開発された方法¹¹⁾を適用し、トレード・オフの関係を検討した総合評価値を求めることとする。4. では環境総合評価値を算出したわけであるが、これらと同様に他の評価項目群の総合評価値が算出されたとすると、それらを総合評価した総合評価値 (T_k) は、一般的には、加法的効用関数を用いて次式のように表わすことができる。

$$T_k = \sum_{l=1}^q {}_lW \cdot {}_lF_k \dots \dots \dots (5)$$

ここに、 ${}_lW$: l 番目の評価項目群のウェイト、 ${}_lF_k$: k ゾーンにおける l 番目の評価項目群の評価値、 q : 評価項目群の総数。

多くの場合、この ${}_lF_k$ 間にはトレード・オフの関係があり、負の相関性が強いので多変量解析によるウェイトづけは困難であるが、前章で用いた社会心理学的手法を用いることにより、トレード・オフを考慮した総合評価値を求めることが可能であると考えられる。

この事例研究として、本研究では、利用者であり、かつ環境影響の被害者であるところの鉄道沿線住民の総合評価における環境と利便のウェイトづけについて分析する。本分析の主眼点は同一個人が異なった立場をあわせ

もつときの調整点，合意点のとり方に注目するところにある。いま，鉄道沿線住民の総合評価値 (T_k) は式 (5) を適用すれば次式のようになる。

$$T_k = {}_fW \cdot F_k + {}_bW \cdot B_k \dots\dots\dots (6)$$

ここに， ${}_fW$, ${}_bW$ ：環境と利便に対するウエイト， F_k , B_k ： k ゾーンの環境と利便の総合評価値。

また

$$F_k = \sum_{i=1}^n {}_fW_i \cdot {}_kU_i \dots\dots\dots (7)$$

$$B_k = \sum_{i=1}^m {}_bW_i \cdot {}_kU_i \dots\dots\dots (8)$$

ここに， ${}_kU_i$ ： k ゾーン的环境に関する評価項目 i の不効用， ${}_kU_i$ ： k ゾーンの利便に関する評価項目 i の不効用， ${}_fW_i$, ${}_bW_i$ ：環境と利便に関する各評価項目 i のそれぞれの総合評価に占めるウエイト。

(3) 本研究で提案する方法の適用例

本研究の住民意識調査では環境影響評価項目と同じく鉄道の利便性の評価項目について不満度を5段階で質問した。その評価項目は以下の7項目である。

- ① 駅までのアクセスの便，② 車内の混雑，③ 下車駅での乗り換え，④ 終始発時刻，⑤ 列車本数，⑥ 費用，⑦ 所要時間

5段階の不満度の質問のうち、「やや不満」「不満」と答えた人の全数に対する割合を不満率とし，この不満率を式 (8) の ${}_kU_i$ として，ウエイトを前章と同様の3つの手法を用いて求めた。地区7, 8 についての結果が表-12 である。ここでも各手法によってそのウエイトが違うことがわかる。

表-12 諸方法による利便性の因子のウエイト

地区	方法	駅までのアクセス	所要時間	車内混雑	乗り換え	終始発時刻	列車本数
7	社会的心理学的手法	0.17	0.24	0.22	0.15	0.15	0.07
	数量化理論Ⅱ	0.34	0.20	0.18	0.11	0.12	0.05
	重回帰分析	0.41	0.09	0.10	0.27	0.12	(0.01)
8	社会的心理学的手法	0.30	0.18	0.18	0.18	0.06	0.10
	数量化理論Ⅱ	0.37	0.16	0.15	0.13	0.10	0.09
	重回帰分析	0.44	0.15	(0.04)	0.22	(-0.02)	0.15

表-13 社会心理学的手法による利便性の因子のウエイト

地区	駅までのアクセス	車内混雑	乗り換え	終始発時刻	列車本数	所要費用	所要時間
1	0.20	0.22	0.08	0.11	0.18	0.21	—
2	0.04	0.15	0.13	0.26	0.32	0.10	—
3	0.14	0.13	0.14	0.12	0.27	0.20	—
4	0.14	0.16	0.11	0.11	0.30	0.18	—
7	0.17	0.22	0.15	0.15	0.07	—	0.24
8	0.30	0.18	0.18	0.06	0.10	—	0.18
平均	0.16	0.18	0.13	0.13	0.21	0.17	0.21

表-14 総合評価指標のウエイト

地区	1	2	3	5	7	8
環境	0.45	0.43	0.46	0.68	0.64	0.59
利便	0.55	0.57	0.54	0.32	0.36	0.41
騒音	—	—	—	—	0.46	—
所要時間	—	—	—	—	0.54	—

また，社会心理学的手法のみを用いて，地区別にウエイトを求めた結果を 表-13 に示す。これを見るとほとんど同程度のウエイトであり，卓越した因子がないことに気づく。また，地区によっての変動も大きく，地区2, 3, 4では列車本数が，地区1, 8では駅までのアクセスが最もよく利便性の評価を説明している。これは地区ごとの物理的な交通条件の違いが，利便性の意識に大きく反映しているためと思われる。

次に，式 (6) におけるウエイト ${}_fW$, ${}_bW$ を求めるために，やはり社会心理学的手法を用いた。 F_k の値として環境全体に対する不満率， B_k の値として利便性全体に対する不満率を用いた。また，Thurstone の距離尺度は「交通の便利さの改善」か「沿線的环境対策」かという一対比較の質問によって求めた。算出されたウエイトを 表-14 に示す。地区4, 6については，その値の信頼性が低いために記入しなかった。また，地区7では F_k の値として騒音の被害率を， B_k の値として所要時間の不満率をそれぞれ用いて求めたウエイトを併記した。

さらにこれらの値の信頼性を検証するために，住民意識調査で質問した鉄道に対する総合評価（「満足」から「不満」までの5段階による質問）の不満率を縦軸に，式 (6) における総合評価値 (T_k) を横軸にとり，地区7についてゾーンごとにその値を求めプロットした。また，回帰分析を用いてその相関性を検討した結果を示したのが 図-7, 8 である。なお，ここで地区7のみを取り上げたのは，地区ごとに利便の説明変数が異なる，というデータ上の制約による。したがって，ここでは厳密法と簡便法との比較に重点を置くこととする。

図-7は F_k , B_k にそれぞれ環境，利便性の不満率を代入して求めた総

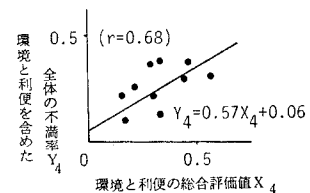


図-7 環境と利便に関する総合評価値の適合性の検証

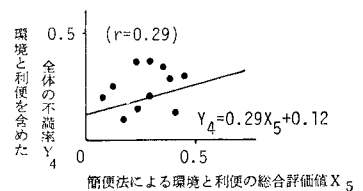


図-8 簡便法による環境と利便に関する総合評価値の適合性の検証

合評価値の検証の結果(厳密法)である。また、図-8は騒音の被害率と所要時間の不満率を F_k 、 B_k に代入したものであり、4.で考察した方法と同様に、より少ない因子でこの総合評価値が求まるかどうか(簡便法)の検証である。なお、利便性の代表的評価項目として、所要時間を用いたのは過去の研究例¹⁵⁾を参考にした。

この図をみると、いずれも相関係数が小さいことがわかる。これはまったく性格の異なる因子間のトレード・オフのために、ウェイトを計測しにくいことが原因であると考えられる。しかし、図-7の0.68という相関係数は有意水準には達している。一方、図-8は仮定が多すぎて精度が悪くなったと考えられる。このような総合評価の場合、システムが複雑化、高次元化してくるため、簡便法では問題があるように思われる。

以上、鉄道沿線住民の環境影響と利便性に関する総合評価値を求める方法を提示した。同様の方法、および意識調査を行うことで利用者の利便性と経済性に関する総合評価値等を求めることも可能である。

6. む す び

鉄道沿線における環境影響評価の方法および、その方法を鉄道計画の全体の評価システムの中にどのように組み込むのかに関する方法論について、種々の分野において研究が進められているが、いまだ開発の途上にあるというのが現状であろう。本研究ではこのような課題に対して、部分的に不十分な点を残しながらも、現状分析に基づいてその体系化を試み、そして2,3の方法の提案を行い、その実用的有用性について実証した。今後は、本研究に対する大方の批判を迎いながら、提案した方法をさらに精緻なものにしていかなければならない。また、残された課題としては、一つには取り扱うべき環境影響評価項目の範囲をどうするのかという問題であり、本研究では物理的な量として騒音のみを対象とし、意識的な量としては可能な限り広げて考えるという方法をとった。今後、各評価項目の物理量の予測手法の開発とその評価に関する研究の進展に伴って、対象の範囲を広げていく必要がある。ただし、際限なく広げるということではなく、技術的あるいは費用的制約のもとで、適正な範囲というものが見出されなければならない。二つに

は、計画全体の評価システムの中に環境評価システムをどのように組み込むのかという問題であり、とりわけ経済性の評価システムとの斉合である。そのための一つの方法として、環境影響量の貨幣タームへの変換の問題があるが、これについては、今後十分な説明が必要であると思われる。

最後に、査読者に多くの親切なご指摘をいただいたことを感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 青島縮次郎：道路交通計画における環境評価システムに関する研究，名古屋大学学位論文，pp. 20~41, 1979.
- 2) 森 寛昭・金安公造：道路計画における環境影響の総合評価に関する一手法，土木計画学研究発表会講演集 1, pp. 156~159, 1979.
- 3) 浅野俊樹：鉄道沿線地区の環境影響評価に関する研究，名古屋大学修士論文，1978.
- 4) 河上省吾・青島縮次郎・荻野 弘・渡辺健司：夜間の長距離信号制御による騒音防止効果について，交通工学，Vol. 13, No. 4, pp. 3~10, 1978.
- 5) 国土開発技術研究センター：環境アセスメント手法について，1974.
- 6) 松野三朗：アメリカ合衆国における環境アセスメント手法の紹介，第8回土木計画学講習会テキスト，pp. 25~44, 1975.
- 7) 青島縮次郎・河上省吾・片平和夫：幹線道路周辺の環境影響評価，交通科学，Vol. 7, pp. 1~7, 1978.
- 8) 林知己夫・村山孝喜：市場調査の計画と実際，日刊工業新聞社，1975.
- 9) 石井聖光：道路交通騒音予測計算方法に関する研究(その1)一実用的な計算式について一，日本音響学会誌，Vol. 31, No. 8, pp. 507~517, 1975.
- 10) 青島縮次郎・河上省吾・片平和夫：幹線道路周辺の環境総合評価における各因子の重みづけについて，土木学会論文報告集，No. 263, pp. 97~106, 1977.
- 11) 近畿地方建設局：総合評価手法に関する文献・資料，1978.
- 12) 伏見多美雄・山口俊和：複数の目標をバランスよく達成するための数理計画法，経営科学，Vol. 19, No. 2, pp. 88~102.
- 13) 長尾義三・浅岡 顕・若井郁次郎：総合評価の不確か性と代替案の決定，土木計画学研究発表会講演集 1, pp. 191~202, 1979.
- 14) 河上省吾・青島縮次郎：各種意識量の相対的重みづけの試み，土木計画学シンポジウム，pp. 24~32, 1977.
- 15) 五藤紳一郎：公共輸送機関の整備が通勤通学交通に及ぼす影響に関する調査分析，名古屋大学修士論文，1978.
- 16) 森杉寿芳・富武信春・吉田哲生：騒音の社会的費用の計測方法に関する研究，土木学会論文報告集，No. 302, pp. 113~124, 1980.

(1981.5.12・受付)