

公害地における地域再整備計画手法とそれに必要な環境のモデル化

京都大学工学部

若井 郁太郎

1 はじめに

周知のように今世紀における世界各国の都市部への人口流入の数は膨大なものである。わが国においても太平洋ベルト地帯への人口集中は、特に著しいものがある。このような人口集中集の高密度地域において、人間生活、社会活動の面に集積の効果や利便性も増加させるというプラス面をもたらした。これが都市の魅力となり、一層多くの人々を都市へ移動させる動機となった。そのため中核都市を中心にして都市は周辺部へと拡大し、巨大なものに発展した。この発展過程の中で忘れられ放置されていたのが環境問題であった。

現在、環境問題は多くの地域で発生しており、国民の関心の白となり、その解決が望まれている。単に環境問題といっても広範な岐にわたり、また、その現象を見るに多種・複数の汚染発生源に多種・複数の被害者との錯綜したものであり、このことが環境問題解決の遅れの大きな原因となっているものと思われる。それにとかかわらず各専門分野において個々の問題に対して努力がなされ、それなりに成果は見られる。しかし、騒音・大気汚染・水質汚濁等といった各分野における成果の意義は十分に認めらるるにしても、現在の環境問題解決のためには十分答えるためには、まだ問題点が多く残っているものと思われる。この問題点については、今後とも努力がなされ、改善されていくものと考えらるる。

環境問題をもう一度考えてみると、それは人間の生活活動・社会活動・生産活動の結果として生ずるマイナス効果のあるものであるが、その前に諸活動に注目してみると、人間は無条件のもとで諸々の活動や行動をなすのではなくて、そこには活動や行動に対して何ら何の制約が作用するものと考えらるる。この制約を環境と考え、これを活動がなされる場である空間と関連づけた場合、一つの環境問題の手法論が可能になるものと思われる。

本研究では、広域の要請で建設されることになったプロジェクトのもたらす公害の発生する恐れのある地域における環境の把握を、地域再整備計画手法とそれに必要な情報として認識する方法論を提案するものである。

2 環境のモデル化の提案

環境の定義は、何を主体に置くかによって定義の仕方は種々のものがあるが、ここでは以下のように定義する。
環境の定義：「人間活動を制約する空間条件」。原点に帰って人間について考えてみると、人間は働くことによって生き甲斐を見出し、憩い、かつ生の喜びを享受しようとしている。これらの行為がなされるには活動の基盤が必要である。そして、その活動の場は、地形、地盤、気候、景観等主として自然条件が制約として働き、他の活動の場との間に通勤・通学・買物・情報等交流条件が制約として生じる。大気汚染・騒音・水質汚濁等の公害も一つの他の活動の場との間に生じる相互作用である。このように人間は多くの活動を行なっている。そして、この活動の場を、住いの場、相互作用の場、働く場の3種類に分類することが出来る。これらの活動の場が寄せ集められてコミュニティが形成されている。これらを整理して図示すれば図1のようになる。人間の生活活動は、働く場を核として、同心円場の外へ向って、相互作用の場、住いの場、コミュニティ、自然といった順序で配列される。このような配列において、それぞれ地域特有の環境下で諸活動が行なわれている。しかし、個々の人の活動の場の選定は、コミュニティ全体の空間条件に規定されるものである。そこで人々は、その人間活動を高めるため（生き甲斐・豊かさ）、空間条件を変えるため空間に働きかけようとするであろう。その働きかたとしては、順応（behavioural）、移動（locational）、開発（developmental）といった3種類の改善行為が考えらるる。これらも「環境改善行為」と名付けることにする。人間は常に生き甲斐や豊かさを求めて環境改善行為をなすであろう

うが、地域の1人の人間の環境改善行為は、コミュニティ全体として好ましい結果とならないことがある。そこで一般に考えられることは、少なくとも地域構成員各人の環境ランゲルミニマム、もしくは現状水準を下まわることがあってはならないとあることである。公平原則のもとで、環境改善行為は、最小の犠牲でもって行なわれることが好ましい。以上のことがなされるには、働く場、相互作用の場、住いの場において行なわれる活動・機能の条件をすべて列挙し、そのこれらの場の基盤となる土地利用するに施設機能の立地条件をすべて列挙する必要がある。そして、各条件を評価要因・評価項目・評価指標・評価基準の4項目に分けて調査する。例えば表1のようなものを作成すればよい。そして活動・機能の評価基準と施設の評価基準とを対応させることが必要となる。この場合、必ずしも1対1に対応する難しいものが出てくる

図1 環境の把握

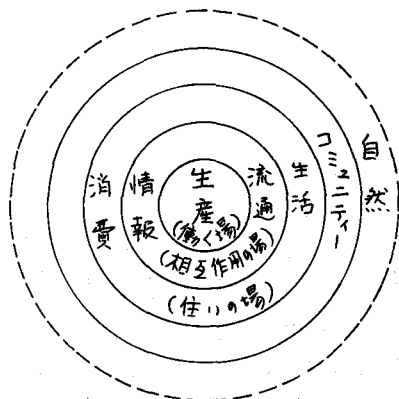


表1. 環境モデル化のための評価一覧表

ため、これに対しては従来ない環境評価項目を設定して新指標を作成することによって問題の処置をしていけばよい。また、新指標を提案することにより、目的意識のある環境評価指標の整備を要求すればよいものと思われる。

環境問題と論じるとき、環境が人間の社会・経済・生活活動への影響を十分に考慮されるなければならない。

用途別活動機能	評価要因	評価項目	評価指標	評価基準 1 2 3 4 5	土地利用区分	施設例	評価要因	評価項目	評価指標	評価基準 1 2 3 4 5
住いの場										
食生活	生活費の安い	家計費用	・		住宅用地	持家 分譲アパート 文化住宅 マンション ・	地価の安い 地盤が固い 近くに近 排水がよい 交通の便 ・	地価 地盤の力 排水施設 交通の便 ・		
睡眠	静かである	騒音量	・							
休養	空気が清浄である	大気汚染度 ・	・							
学習	広い空間がある	学習空間	・							
働く場										
生産	生産性が高い	生産額	・		商業用地 工業用地 公共用地	商店 事務所 農地 工場 ・	近くに近 交通の便 土地の肥沃 ・	生産性 ・		
流通	付加価値が高い	付加価値額	・							
消費	大量の販入 安全である 専門サービスが できる	荷物の サービス回数 ・	・							
相互作用の場	早く行ける 快適である 安全である 便利である ・	迅速性 快適性 安全性 ・	・		公共用地	鉄道 道路 河川 運河 ・	駅に近 ・	道路の ・		
相互利用の場	早く行ける 快適である 安全である 便利である ・	迅速性 快適性 安全性 ・	・							
相互利用の場	早く行ける 快適である 安全である 便利である ・	迅速性 快適性 安全性 ・	・							

ればならない。個々に作られた環境評価指標は、それぞれに意義のあることは認めるとしても、そうして作られた環境評価指標と操作することによりコミュニティの人々が、どのような効用や福祉が享受されるか、また、コミュニティの人々の効用や福祉の要求の程度が高まれば、コミュニティとしての環境づくりが必要であるかを検討するための操作作業がなされることが重要であると考えられる。

このような目的意識下において必要とされる環境評価指標を満足する環境整備のモデル化が大きな意義をもつてくるのではないと思われる。

3 環境評価の方法

上記の空間条件の関連を明らかにするには、各項目別に評価がなされなければならない。簡単に評価されるものもあれば、そうでないもの、十分に解明されていないものもある。この段階での作業が十分になされないと以下に述べる定式化のモデルも十分に機能させることができない。そのため、現在各方面においてこの評価方法について研究がなされている。特に困難なのは、人間活動と環境との関連した評価項目をいかに決定し、計量化し、評価することであろう。何をもってよくなったか(改善)、悪くなったか(被害)を認識することは非常に重大な問題である。被害をなくするためにすべての社会活動・生産活動を停止しなくてはならないという極論もあるが、これは不可能なことである。また、今後人間が存続していくためには生活・社会・生産活動の持続が必要である。この場合、汚染源はなくなるが、技術革新によつて汚染源への対策の努力がなされていくだろう。

人間の諸活動が社会に与える損失を皆無にすることは不可能と思われるが、社会全般にとつて望ましい環境指標の程度はどれくらいであるか、あるいは、最低限これだけの環境指標は保持しなければならないという上限値と下限値を与えられ、それは、時間の経過によつて変化していくものである。このことは、現在決定されている環境基準を見ても言えるだろう。すなわち、環境基準は現在までに得られた知見に基づいてその値が設定されているのである。現在、悲観的であっても将来、もっと合理的に評価がなされる数値が与えられるものと思われる。

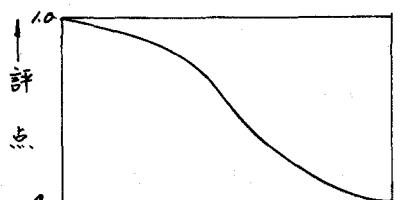
一般に、環境に関する評価項目は、計量化不可能なものが多く、これらもどのように測定し、計量化するかは大きな問題であつて、健康への影響、作業効率・日常生活機能の低下、快適さへの影響が絡め合って複雑さを増している。一つ一つの影響についての検討がなされているが、共存する場合、いまだによく判らないものが現状である。とりあえず、ここでは、各国で行なわれている研究方法を紹介しておく。

- 1) 例えば住宅の価格のように、環境品質が商品の価格に影響を及ぼすような特殊の市場の動きを検討する。
- 2) 例えば二重窓にすると屋内の騒音レベルが下るといふ。たうよう、家庭における、快適さ—改善費用分析から、環境のある面での品質変化に対して、最低限の価格づけができる。
- 3) ゲーム手法;例えば快適さと、ある所に行き易さのどちらを選ぶかということを実際に解答者が答えるようなゲームを設定し、それぞれの解答を基として、価格決めをする。
- 4) シミュレーション技法;環境影響についての実験室的シミュレーションを設定し、家庭において実際にそういう被害を受けうる可能性のある人、ない人を問わず解答者を選び、その解答から定量化するように努める。
- 5) 社会観察;いろいろな角度から解答者の態度を秤量する。全く架空の質問でもよい。解答から種々の公害に対する価格を引き出すのである。

以上は経済学を基礎と置いた調査方法であるが、価格と点数に置き換えて、アンケート調査方法になすこともよい。この場合、3)のゲーム手法が有効になるものと思われる。ここでは、評価を、「非常に悪い、やや悪い、普通、やや良い、非常に良い」といったよく使われている5段階評価方法によることも考えられる。これは、統計調査をしたとき、それがある分布形をなすだろうと予期していることである。このように評価指標の優劣順位をつけ、与えられた所定点数内で評価し、評価測定量と評点との対応付けを行なうことができる。このとき、一つの評点曲線が描け、これがどのような曲線になるかによつて、逆々、等間隔に5段階に分割された評点間に対する評価測定量間の範囲が求められることになる。1例を示せば図2のようになる。

さらに、解答者に任意に与えた評価項目を優劣順位にならばおえさせ、上位から順番に2つの評価項目ごとと比較させて接点を定めることによつて、点評価項目間の相対的な点数を与えることもできる。これらの方法は、簡単であるが、その時点における価値観に基づいて判断されるため合理性

図2 評点曲線



を有する。したがって、今後、この方法がよく用いられるようになるものと思われる。

4. 数式モデルの定式化

1つのコミュニティを対象地域に選び、この地域を任意に等間隔のメッシュに分割して N 個の地区に分ち、その1つの地区を i 地区とする。必要ならばコミュニティにおける地域についても M 個のメッシュに分割する。さらに別途表1のような表を作成しておく必要がある。この表において各評価項目間に独立性が保たれており、したがって二重計算がなされるように十分慎重な態で作成しておく必要がある。記号としてつぎのものをを用いる。

rLi : i 地区の L 番目評価項目の現状水準。

$i = 1, 2, \dots, N, N+1, \dots, M$

rBk : k 用途の L 番目評価項目のラベルミニマム(環境基準を含む)。

$L = 1, 2, \dots, H$

rYi : i 地区の L 番目評価項目の計画水準。

$k = 1, 2, \dots, K$

ここで $rLi \geq rBk$ ならば順応、移動もしくは開発を行なう必要がない。この場合の計画水準は次式で示される。

$$rYi = rLi \quad (\geq rBk) \quad (1)$$

$rLi < rBk$ ならば、順応もしくは用途変更を行なう必要がある。この場合の計画水準は次式で示されるように設定されるべきである。

$$rYi \geq rBk \quad (> rLi) \quad (2)$$

コミュニティの評価は、住いの場、働く場、相互作用の場としてのものであって、評価項目としては、土地固有のものとの他の地区からの影響を受けるものとの2種類がある。例えば、地形、地質、地盤等は土地固有のものだが、騒音、大気汚染、通勤・通学といった生活・社会・経済活動は他地区にこれらの発生要因があって当該地区はその影響を受ける。両地区における活動を変化させることによって相互作用を制御することができ、これは当該地区と要因発生地 j 地区との相互作用効果(Interaction effects)と言われ一般に以下のように示される。

$$m\phi_i = \sum_{j \neq i} (m\phi_{ji} / D_{ji}) \quad (3)$$

ここで、 $m\phi_i$: i 地区の m 番目評価項目の相互作用効果 m 項目の i 地区におけるポテンシャル

D_{ji} : i, j 両地区間の何らかの抵抗(例えば、距離、又は定数)

$m\phi_{ji}$: i 地区以外の j 地区における i 地区への m 番目評価項目の相互作用効果に影響を及ぼす発生量(例えば、騒音発生量、有害ガス発生量)

ϕ は L と同じ性質のものだが、他地域と相互に依存し合うことが異なる点である。 ϕ の発生源の位置と大きさが固定されたものと仮定すれば、 L に含まれることにしてもよい。すなわち、 i 地区固有の環境条件をみなすことができる。もし、 i 地区が(1)式の状態なら環境として問題ないが、(2)式の状態であるならば、なんらかの環境改善行為を行なわねばならない。また、コミュニティに工場が増設されたり、道路、鉄道が計画されたりすると、いわゆる公害が発生する。このような公害地域では、(1)式の状態であっても環境評価項目において評価指標が必要となり(2)式に示すような制約条件のもとでの環境改善計画を持つことが必要となる。(2)式を満足するように、いろいろ改善の方針を定めてもよいが、解は無数に存在して一般に定めにくい欠点を有する。そこで代替案を作成する必要が生じてくる。

いま、 i 地区の改善のための開発費用を C_{i-1} とすれば、それは i 地区の L 番目評価項目の開発費用を L について総和したもので、それは現状水準 rLi のほかに rBk 、 rYi のレベルに関連するおらつぎのようであらわれる。

$$C_{i-1} = \sum_{L=1}^H C_{i-1}(rYi, rLi, rBk, rYi) \quad (4)$$

ここで rYi は L 評価項目の水準改善費用。

場合によっては、開発するよりもその地区に適合した用途に順応させる方がよい場合もある。その費用を C_{i-2} とすれば以下のようなになる。

$$C_{i,2} = C_{i,2}(R X_i, S_i) \quad (5)$$

ここに、 $R X_i$: i 地区を良用途に利用することを示す変数で利用する場合1, 利用しない場合0.

S_i : i 地区が現在、良用途に利用されていることを示す定数で、その場合1, 利用されていない場合0.

そして

$$0 \leq \sum_{k=1}^K R X_i \leq 1 \quad (6)$$

これは、 i 地区に1つの用途しか利用させない制約式である。

さらに、つぎの制約式も必要である。

$$\sum_{i=1}^{NM} R_i \cdot R X_i \geq P_k \quad (k=1, 2, \dots, K) \quad (7)$$

$$R_i \cdot R X_i \leq A_i \quad (8)$$

また、(2)式で0-1変数 $R X_i$ を使って表わせば、つぎのようになる。

$$R Y_i \geq R B_k \cdot R X_i \quad (9)$$

ここに、 $R P_k$: i 地区に良用途の計画収容量

P_k : このコミュニティにおける良用途の総需要量。

A_i : i 地区の良用途の収容可能量。

さらに、開発、順応という改善行為を行なうより、用途を他の地域に求めた方がよいこともある。その費用を $C_{i,3}$ とすれば、つぎのように表わされる。

$$C_{i,3} = C_{i,3}(R X_i) \quad (10)$$

(2)式に示される状態で、以上の制約条件のもとで、投資の統計 C はつぎのように表わされる。

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K C_{i,1} + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K C_{i,2} + \sum_{i=1}^N C_{i,3}$$

$$= \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M C_{i,1} (R Y_i, R L_i, R B_k, R X_i)$$

$$+ \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K C_{i,2} (R X_i, S_i) + \sum_{i=1}^N C_{i,3} (R X_i) \quad (11)$$

以上の定式化において Y のレベルに対して C が求まることになる。

これらのモデル式によって(2)式~(9)式のような制約式を設けたが、 i 地区に2つ以上の用途を許す場合にもモデルは拡張できる。

なお、上記の計算を行なうに先立って用途別の現状水準表を表2のように、また、評価項目別水準ごとの水準改善費用マトリックス表を表3のように作成しておくことより、これは土地の評価項目に対応したものである。

表1、表2、表3のように入カデータを整理しておくことが容易になり、能率的に行なえる。

5. 計画の評価基準と方法論

一般にプロジェクトの評価は、費用便益分析、もしくは費用効果分析手法が用いられる。これは、プロジェクトが実施された場合の効果もしくは便益(効用)とし、それに対する投資(費用(犠牲))が予測・測定され、便益と費用との差である純便益が最大あるいは便益と費用との比である便益費用比の大小を比較して代替案の優劣を評価するものである。費用便益分析は、プロジェクトの影響がすべて計量化可能で貨幣タームで表示されるとき、有効だが、快適度、安全性、保健性といった計量化困難なものを導入すれば有効でなくなる。この場合、費用効

表2 用途別現状水準表

用途 \ 地区	1	2	3	...	...	...	✓
住宅							
工業							
商業							
⋮							
⋮							

表3 水準改善費用マトリックス表

(用途別・開発)

評価基準	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

果分析の手法がとり入れられる。貨幣ゲーム以外の計量化への扱ひ方として前記1点ゲーム手法を使って効用を点数に置換する方法が考えられる。前も、表1の活動・機能に関する評価項目に列举しておく。つまり、なるべく専門分野の違う人々を集めて、その評価項目の優先順位をつけてもらう(評価主体別による優先順位)。そして、上位にある評価項目の2つずつ比較し相対的な評価点数をつけてもらうと、全評価項目間の相対的な評価点数を算出すれば、コミュニティにおける1人当たりの効用とみなせる。求めらる相対的な評価点数に人数をかければ1つの地区の全効用が求まり、これをコミュニティ全体について総和すれば、コミュニティにおける総効用が求まる。これによりコミュニティの総効用の測定が可能となり代替案の比較検討ができる。この場合の評価基準は、次の2通りが考えられ、その1つは、効用一定で費用が最小というもののである。(1)式~(4)式に示したモデルは、環境が定数であり、それ以上であることも満足する場合の費用最小となる環境整備計画を示すものとなる。また、費用一定で効用が最大という評価基準で代替案を持つこともできる。どの基準に基づく計画案が優れているかは一概にいえない。この方法によれば、コミュニティに環境改善行為がなされる場合の効用や費用が測定されて納得性のある計画がなされる。注意としては、評価項目間の優先順位とそれに対する評価点数の大小で、時間の経過に従って社会・経済活動の変化や技術革新により人間の価値観が変わり、変化するおそれがある。この点に留意して弾力的に対応できることが希望しい。数式モデルは、需要を満足するという制約条件のもとで、順次、移転、開発による地域の総費用が最小になるよう、また同一費用で効果が最大になるよう計算モデルを操作させるものである。これを使うと、ある任意のコミュニティにおいて現状と他地域からの要請に基づくプロジェクトがおこなれたときコミュニティに及ぼす影響の程度差を比較できる。それは、現状のデータを置いた場合とプロジェクトが実施された場合とを比較し、明らかに費用差が見出せるならば費用の差額は当該プロジェクトの導入による影響とみなされるから、費用差額を他地域に負担させる1つの方法が可能となる。

6 今後の方向

ここで提案した方法は、今後も研究を続ける必要がある、さらに地域経済に則したものとすることは、地域経済へのアプローチと手法開発に努めが必要である。特に本方法による地域の活動・環境条件の改善が、所得・投資の循環過程で可能ならしめる検討が必要である。地域経済体制として自立経済が望ましいが、現在地域格差が大きいために地域の健全な発展が阻害されており、ある地域では過密現象が、他地域では過疎現象が見られる大きな社会問題に発展している。また、環境の保全、開発に実際に行なうには行政面において運営方法が確立されねばならないが、費用分担や資源配分が適切に行なわれねばならない方法論の確立も必要となるであろう。こうい、現実の運営面での1情報と云えるためにも、この種の研究が今後も続けられる必要がある。残った問題は、問題を静的に取扱ったが、改善過程問題を含めて動的な方向へ進めて、一層現実と適合するモデルの確立が要請される。

7 おわりに

今回、具体的な数値例による検証や検討が行なえるワット。これは、今回のシミュレーションの目的が環境把握の基本的態度を問題にしているためであり、具体的な適用計算例は改めて他の機会に発表しようと思っている。本報告で強調しないことは、環境あるいは環境改善とは何かということも定量的に認識することと環境改善への道に情報と云えるための改善計画への入り口として環境把握することの必要性とその方法論を提示することであった。最後に、次の中をいさる御教示していただき京都大学工学部長長尾義三教授に感謝の意を表す。

参考文献：1) 長尾義三；プロジェクトの実施と公共投資計画の方向，国民経済研究協会(投稿中)，

2) J. Brian McToughlin; *Urban & Regional Planning, A System Approach*, Praeger, 1969.

3) 欧州運輸大臣会議，運輸省訳：都市道路土の交通が社会に与える損失についての検討(騒音と汚染)，運輸経済研究センター，1972。4) 林恒一郎；空港周辺の土地利用計画に関する研究，京都大学修士論文，昭和49年3月。5) 長尾義三，森珍寿吾，林恒一郎；公害対策としての土地利用計画法について，土木学会関西支部講演会，昭和49年5月。6) Walter Isard: *Methods of Regional Analysis, An Introduction to Regional Science*, M.I.T. PRESS, 1960.