

費用、便益、リスク評価を用いた都市生活環境に関する一考察

Urban Environmental with Evaluation on Cost, Benefit and Risk

石川和也*, 楠田哲也*

Kazuya ISHIKAWA*, Tetsuya KUSUDA*

ABSTRACT ; Urban planning has been focusing mainly on land utilization, population, transportation and public facilities, and has been made light of the other elements. Although urban planning is tremendously complicated, its integrated planning for creation of urban areas with satisfactory environment is really desired by considering benefits, costs and risk in them.

Benefits and risk in urban areas are divided into five groups, which are safety, convenience, comfortableness, aesthetic level and culture level. Each term was evaluated with cost to increase or decrease benefits. Under a certain cost, the sum of utility of the benefits and risk should be maximized. A nonlinear programming method newly developed was verified to be applicable to estimate the maximum utility under a given cost for urban environmental planning.

KEYWORDS ; urban planning, benefit, risk, cost, cost-benefit analysis

1. はじめに

我が国は太平洋戦争によって焦土と化した後、短期間で社会基盤が整備され、現在のような生活環境を得ることができた。しかしその整備は、多くがシビルミニマムの確保という観点で行われており、どちらかといえば物不足の解消、社会的ニーズの上での高い必然性といった価値判断から行われてきた。すなわち需要追従型の整備事業であり、その推進にあたり大多数が渴望するということで関係者全体の合意が得易いものだった。しかし最近では物不足は解消され、シビルミニマムからシビルマキシマムの追及へと市民意識が変わってきている。

このような状況の下で、将来の我が国の財政支出が、急速な高齢化や生産人口の減少などにより縮小していくことは、避けがたい事実である。ところが現在の都市計画や再開発計画は、土地利用、人口配置、必要交通機関に関わるもののみを主計画要素としており、その他の要素はより小さく分割された地域での計画要素、あるいは付随的に配置されるものとして取り扱われることが多い。ところが現在のような巨大な都市を、この先21世紀も安定的に維持していこうとすると、これらの主計画要素に加えて、都市計画を維持するための物資の供給・利用や不要物質の排除、住民の多様な要求に応えるための施設や環境およびそのシステム、さらには地球環境保全で求められているところの化石エネルギーと再生不能物質の消費量の削減手段などが、都市計画上の主要制約因子となることは間違いない。既に、水資源の不足している都市では水資源供給可能性が都市規模を決定する状況になってい

* 九州大学工学部 Kyushu Univ.

ることからも、今後いろんな制約条件が都市のあり方を左右するようになることは想像に難くない。一方、住民の要求は、社会を維持していく経費の将来の高負担化により更に増していくと思われる。これら両者の調和を計り、よりよい都市環境を創造していくための計画論、および計画を実現するための具体的技術と方策の樹立が、今まさに求められている。

このような状況に鑑み、21世紀における都市環境を良好に維持し、かつ住民の満足度の高いものにする方法論を構築することを本研究の目的とする。研究の方法論は、従来の計画論で採られた物理的な枠組みの決定から開始する方法でなく、住民の満足度を最大にするためにはどのような仕組みや仕掛けが必要かという、満足度から逆に辿る方法論を採用することにする。したがって、計画内容の最適化は、いくつかの制約条件のもとで人々にとっての都市全体の便益を最大にするということ でなしうるものとする。

本研究では、「便益」と「リスク」の概念を導入し、都市環境計画に関わる便益とリスクを項目として、分類・同定する。そして、項目の内容を詳細に示し、定量化方法、計算方法、具体事例を順次検討していく。

2. 都市における便益とリスクの評価

2.1 都市における便益とリスク
都市における便益とリスクを分類する方法には、視点に応じていくつかの方法がある。物理的な事象により分類する方法、社会的な影響により分類する方法、効用にしがいが分類する方法などである。ここでは効用にしがいが分類する方法を採用する。また、便益やリスクは個人的なものでなく、計画論として対象にできる社会的なもののみを対象とする。つまり、特定の個人や企業などが、利益を享受するようなものは含めない。表1、2に便益とリスクの代表例、図1にそれらの関係を示す。ここでは各項目を、それぞれの効用によって安全性、利便性、快適性、審美性、文化性の5つに分類している。この5つのうち、都市で生活する上で最も重要度が高いものは安全性であり、順に利便性、快適性、・・・、ということになる。

表1 都市における便益の分類

安全性	医療施設、防災施設、情報伝達システム、交通事故防止方策、防犯システム
利便性	輸送施設、交通施設、上下水道施設、下水道施設、エネルギー施設、通信施設、娯楽施設、匿名性、雇用
快適性	環境衛生施設、福祉施設、公園
審美性	整備された市街地、緑化地帯
文化性	教育施設、文化施設

表2 都市におけるリスクの分類

安全性	犯罪、騒乱、群集心理による行為、火災の大規模化
利便性	人口過密による渋滞・ラッシュアワー発生、通勤時間の増加
快適性	混雑、大気汚染、水質汚濁、土壤汚染
審美性	都市汚染
文化性	伝統文化の破壊

表3 純便益とみなし便益の例

項目	便益		費用	媒介変数
	純	みなし		
医療	生存、安全		公費負担+私費負担+介護	老人人口率、人口
防災施設		人命損失、被害減	施設費+通報システム	人口、市域面積
交通事故防止		人命損失、物損減	道路建設・改良費+交通施設改善費	車台数、人口、既存道路延長
防犯		被害減	警備費用	人口、市街地面積
上下水道	給水		公費負担+料金	人口、給水面積
公園	快適さ		整備費+維持費	人口/公園
博物館	満足感		建設費+維持費	人口/関数
匿名性	満足感			人口

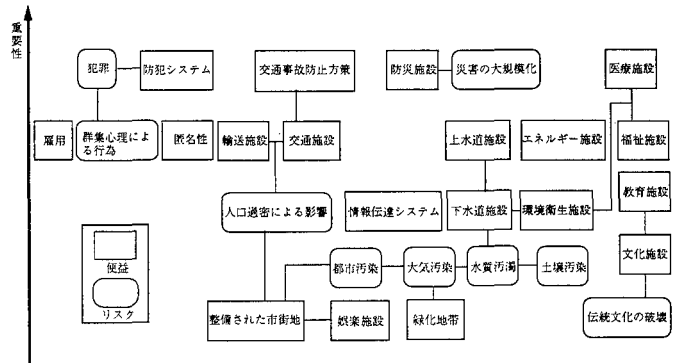


図1 都市における便益とリスクの関係

ここでは効用にしがいが分類する方法を採用する。また、便益やリスクは個人的なものでなく、計画論として対象にできる社会的なもののみを対象とする。つまり、特定の個人や企業などが、利益を享受するようなものは含めない。表1、2に便益とリスクの代表例、図1にそれらの関係を示す。ここでは各項目を、それぞれの効用によって安全性、利便性、快適性、審美性、文化性の5つに分類している。この5つのうち、都市で生活する上で最も重要度が高いものは安全性であり、順に利便性、快適性、・・・、ということになる。

便益には純然たる便益と、リスクの減少を便益とみなす、みなし便益がある。例えば、防災施設の建設はみなし便益に相当する。犯罪率は、人口・人口密度・倫理観などにより異なる。混雑、汚染なども同じであるが、通常何らかの手段を講じるので、何もしなかったときに比べ状況は改善する。ここでは、このことをみなし便益としている。このみなし便益を便益とするかリスクとするかは、リスクを評価する際の基準値の取り方により、評価の本質には影響を与えない。したがって、ここでは便益の項に含めて評価する。純然たる便益とみなし便益の例を表3に示す。

上水道のようにほぼ完備されるようになると、そのものによる便益よりも、断水したときのリスクの方が大きく目立つことがある。社会における代替システムの考え方を再検討しなければならない例である。

2.2 便益、リスクの算定法

各項目ごとの便益、リスク、コストの評価を行うために、それぞれの項目を貨幣価値ないしは統一指標で換算する必要がある。項目によっては、貨幣価値として評価しづらいものがある。その代表的なものは、人命や慰謝料である。人命は何ものにも代えられないが、社会としての価値判断せざるを得ないことがある。様々な問題を含んではいるが、本研究では新ホフマン方式を用いて損失余命から人命の価値を算定した。その結果を図2に示す。年齢分布を考慮した一人当たりの平均は2570.9万円（1992年）である。この値はあくまでも社会として容認する最低額と考えるべきである。

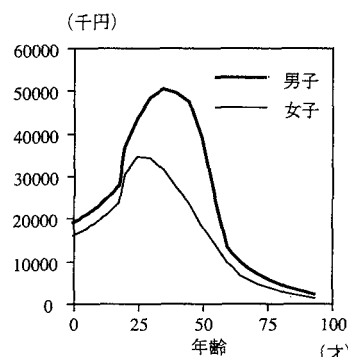


図2 逸失利益から計算した年齢別の人命の価値

また、公共財のようなサービスの便益も貨幣価値では表現しづらい。公園整備、雨水排除を伴う下水道整備、治水、図書館サービスなどがその例である。このような便益の評価方法は、今まで様々な手法で行われてきたが、本研究でもこれらの手法を参考にして、便益を評価する。

2.3 算定事例

本研究では、費用、便益を、円/(人・年)という単位で算定する。算定に用いた項目ごとの資料を表4に示す。

(1) 交通事故防止施設

交通事故の被害自体はリスクであるが、ここでは交通事故の被害の減少分をみなし便益として、評価した。費用は福岡県警が交通事故防止施設にかけた費用を用いた。交通事故防止施設とは、信号機、横断歩道等であり、陸橋やガードレール等の施設は今回は含めない。過去の福岡県の交通事故状況から死者と傷者の減少分を貨幣価値に換算して便益とし、交通事故防止施設にかけた費用と関係づけた。その結果を図3に示す。

(2) 浸水防除施設

浸水による被害もリスクであるが、ここでも被害の減少分をみなし便益として評価した。福岡市の過去の浸水状況から、どの強度の時間最大雨量で被害が発生したかを調べ、そこから1年間の浸水被害額を推定を行い、便益を算定した。浸水防除施設にかけた費用と便益の関係を図4に示す。

(3) 高齢者介護施設

ここでは、人命の価値を3億円としてその値を平均寿命の80年で割り、それを一人当たりの1年

分の介護される便益として評価した。費用は福岡市が老人ホームにかけた費用とした。高齢者介護施設にかけた費用とその便益の関係を図5に示す。

(4) 下水処理施設

下水処理施設の費用と便益は、費用・便益による排水処理システムの評価（楠田、森山,1994）を参考に費用と便益を関係づけた。その結果を図6に示す。施設にかけた費用から便益を算定しているので、費用と便益は同額になり $y = x$ の直線となった。ある値以上の費用をかけると施設は完備され、便益は増加しないので傾き0の直線となる。

(5) ごみ処理施設

ごみ処理施設の便益も、かけた費用と同額として計算し、ある値まで費用をかけると便益の増分はないとして、傾き0の直線とした。ごみ処理施設にかけた費用と便益の関係を図7に示す。

(6) 街区公園

街区公園の便益は、アンケートによって利用者の便益を算定した論文を参考に、旅行費用法を用いて計算をした。その結果が図8である。

(7) 上水道施設

上水道施設について、便益とコストを算定した参考文献を参考に評価をした。その結果が図9である。

表4 算定に用いた資料

項目	便益	コスト
交通事故防止施設	福岡県警本部、交通年鑑 交通事故状況（昭和61～平成6年度）	福岡県警、交通安全施設にかけた予算
浸水防除施設	福岡市浸水被害状況（昭和47～平成6年度）	福岡市雨水処理費（昭和54～平成7年度）
高齢者介護施設	福岡市施設成果報告書（昭和57～平成6年度）老人ホームの月平均人員 福岡市の要介護高齢者人口	福岡市施設成果報告書（昭和57～平成6年度）老人福祉費の中の施設福祉対策費
下水処理施設	楠田哲也、森山克美：費用・便益による排水処理システムの評価、環境システム研究 Vol.22, pp.171-181	左に同じ
ごみ処理施設	福岡市施設成果報告書（平成6年度）ごみ処理費	左に同じ
街区公園	都市公園の利用実態と利用効果（朴ら）（1995）	朝日年鑑（1994）
上水道施設	大平晃司：地域の水資源に着目した環境資源勘定の構築に関する研究	左に同じ

2.4 総合評価

上述の計算を表1、2に示す項目などについて行くと、便益、リスク、コストを総合的に評価し、便益の最大値を求めることができる。その手法を以下に示す。

都市全体の便益、リスク、コストをそれぞれB、R、C、と置き

$$Z = B - R - C$$

なるZを定義する。また、施設の建設費など（コスト）をそれぞれ $c_1, c_2, c_3 \dots$ 等とすると、Zは

$$Z = f(c_1, c_2, c_3 \dots)$$

ここで、都市全体にかかるコストが一定の場合、

$$c_1 + c_2 + c_3 + \dots = C$$

という制約条件となるので、Zを最大にする最適値は非線形計画法のキューンタッカー条件を用いて求めることができる。その結果、優先的に予算を配分すべき項目についての判断資料を得ることができる。

多項目にわたり、かつ関数形が単純でない場合、解析的に求めることは困難となる。この場合、ある微小のコスト Δc をかけたときの便益の増分 Δbi を調べ、その値の最大のものから順に加算する方法によって、便益の最大値を計算することができる（図10）。変曲点を有する場合には適宜接線を引き、繰り返し計算すればよい。

以上のことを踏まえて、先に示した5つの施設のコストの総和を一定にした場合における、便益の最大値を計算した。その結果を図11、12、13に示す。図11はトータルコストと便益からコス

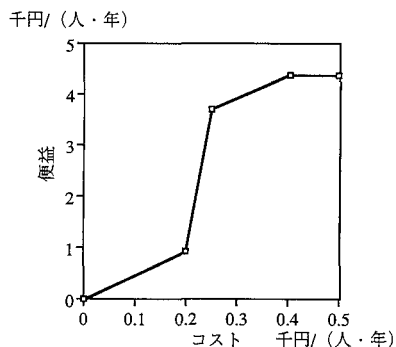


図3 交通事故防止施設のコストと便益の関係

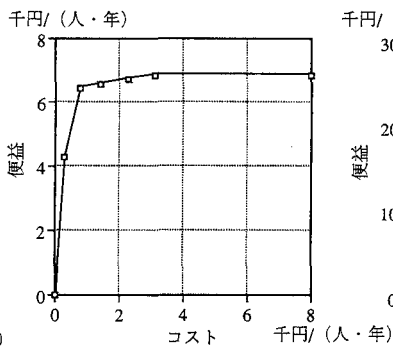


図4 浸水防除施設のコストと便益の関係

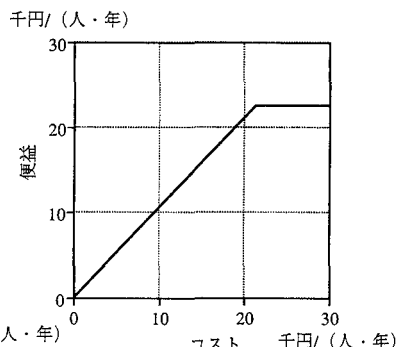


図5 高齢者介護施設のコストと便益の関係

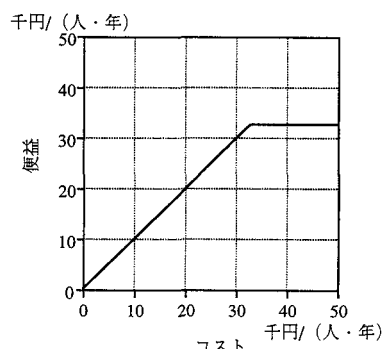


図6 下水処理施設のコストと便益の関係

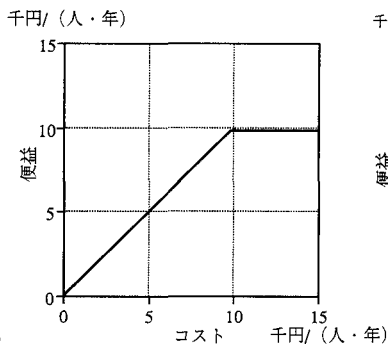


図7 ゴミ処理施設のコストと便益の関係

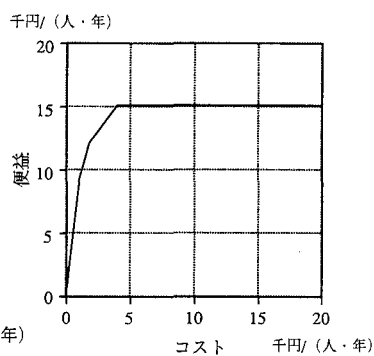


図8 街区公園のコストと便益の関係

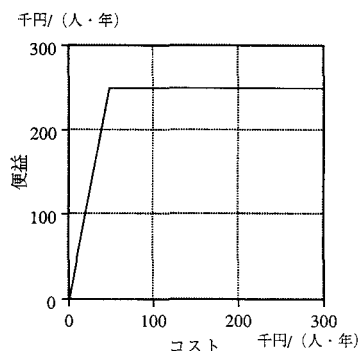


図9 上水道施設のコストと便益の関係

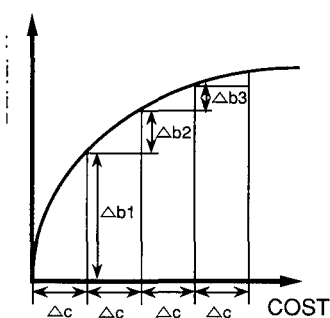


図10 便益の最大値の計算方法

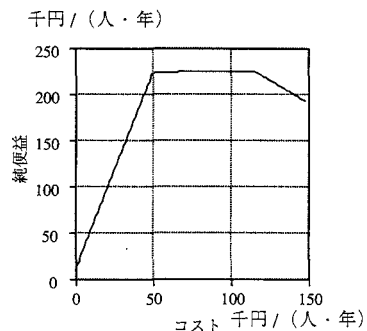


図11 コストと純便益の関係

トを差し引いて求める純便益の関係を示したグラフで、コストが約73,000～116,000円/(人・年)の範囲で純便益が最大になるという結果になった。

また、純便益が最大になるとき（トータルコスト116000円/人・年の時）のコストの分配とその時の各施設の便益の分布を図12、図13に示す。

3. 考察

例えば、商店街の再開発事業のような例は経済評価が可能であり、この場合の便益増は商店街の将

来にわたる（全体としての）売上増といった経済的な価値で表されるだろうし、所定の費用は建設費用だけでなく、商店主間での権利変換にかかる費用などであるが、これらは類似の事例を参考にしつつ、経済評価可能なものであろう。こうした再開発事業も、種々形の公的支援がないと実現しにくいかもしれない。しかしながら、この種の事業は総体としてのプロジェクト主体が利益を上げることが多く、そのような場合には民間主導でなされる。ところが、プ

ロジェクトによって新たに生み出されるものが無料で供給せざるを得ないか、原価に等しいだけの価格で提供せざるを得ないものについては、利益が期待できないので民間事業体では、こうしたプロジェクトは扱えない。図書館サービスとか、公園整備、雨水排除を伴う下水道整備、治水といった公共財の性質をもった事業は行政によって行われるべきである。こうした公的プロジェクトは当然費用がかかるので、何らかの便益指標が必要となる。民間事業体と行政の関係を図14に示す。

千円/(人・年)

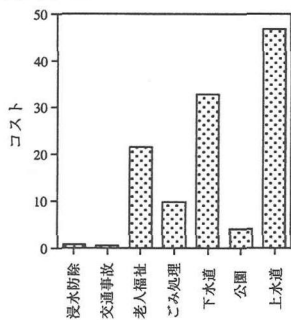


図12 コストの分配

千円/(人・年)

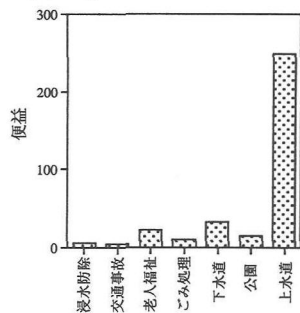


図13 便益の分布

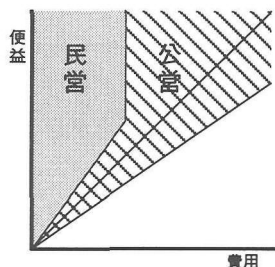


図14 行政と民間の関係

4. おわりに

本研究では、7つの都市施設やサービスについて評価を行い、便益を最大にするコストの値を算出した。以上の結果より便益の算定方法が結果に大きな影響を与えるものの、都市環境整備にこの方法が利用できる可能性が示された。各項目の費用、便益の算定法にはまだ未熟な点が多い。また、概略しか評価していないので、更に検討する余地も多く残されている。検討項目も今後増やしていく必要がある。

参考・引用文献

- 1) 梶木武：土木計画学、森北出版、1989
- 2) 植田和弘、落合仁司、北畠佳房、寺西俊一：環境経済学、有斐閣ブックス、1991
- 3) 中西準子：環境リスク論、岩波書店、1995
- 4) 楠田哲也、森山克美：費用・便益による排水処理システムの評価、環境システム研究 Vol.22 pp.171、1994
- 5) 福岡県警察本部：交通年鑑（平成6年度）、1995
- 6) Dixon, J.A., Carpenter, R.A., Sherman, P.B., and Manopimoke, S: (長谷川弘訳)：環境はいくらか、築地書館、1991
- 7) 朴九遠、薛孝夫、汰木達郎：都市公園の利用実態と利用効果、九州大学農学部演習林報告第73号、1995
- 8) 福岡市：主要施策の成果説明書（平成6年度）、1995
- 9) 大平晃司：地域の水資源に着目した環境資源勘定の構築に関する研究、九州大学大学院工学研究科修士論文、1995