

宅地開発における公園最適配置モデルの開発

A Quasi Optimal Park Allocation Model for New Town Development

花岡伸也*, 稲村 肇**

By Shingya HANAOKA and Hajime INAMURA

1. はじめに

宅地開発時の公園配置計画策定の際、開発前の自然資源—例えば、水系、植生、眺望、土地勾配等—を生かした公園立地を考慮することは、自然の活用、居住環境の向上という点から重要である。つまり、自然資源という土地属性の生かし方によって、公園の魅力は左右される。その一方で、都市公園法では、宅地区域内住民に対する地理的公平性を考慮した、中心地理論的な配置基本計画が定められており、現状の公園配置形態はそれに従っている。

この中心地理論的配置計画は、その簡便さも手伝って国内に広く普及したが、計画代替案の評価を行うという点で以下の2つの問題を有している。一つは、誘致距離を除き、計画策定時の評価の枠組みが曖昧であり、新規の公園配置計画、または再整備の際の明確な配置評価基準を備えていないこと。二つ目は、評価基準を備えていないために、地理的公平性のみを考慮した機械的な配置形態をもたらしたこと。そのため、実際の公園立地状況は、土地属性を十分に活用したとは言えない場合が多い。

また別に、仮に公園配置計画に対して何らかの評価基準が与えられたとしても、代替案を評価する際、この問題が平面の組み合わせ最適化問題、すなわち非線形最適化問題であることから、厳密解を得るのは困難であるという問題もある。

そこで、以下の2つを本研究の目的とする。一つは、評価基準が曖昧な公園配置計画に対して、経済的評価手法の概念を応用して具体的な配置評価基準を与えること。その際、地理的公平性と土地属性の有効活用という2つの概念を評価した基準を定式化

すること。もう一つは、平面の非線形最適配置問題であるこの問題に対して、近似解法によって解を得られるようにすることである。

換言してまとめると、公園の配置評価基準を与え、それを定式化し、解くことによって、実用化に向けた公園最適配置問題の解法を開発することを目的とする。

2. 経済学的評価による公園配置計画の枠組み

本研究では、経済学的評価手法を用いて公園配置計画を評価する。まず、本研究における公園配置計画の評価の枠組みを、便益帰着構成表を用いて作成する。ここでは、宅地開発における公園整備事業の経済主体をディベロッパー、住宅購入者とした。一般的には、公園建設後、管理は地方自治体が行うため、これも含める必要がある。しかし、経済主体としての自治体の費用や価格に対する影響は小さいと考え省略した。また、構成表の作成にあたって、以下のような仮定をおいた。

仮定①：問題を単純化するため、原則的に新規の宅地開発における公園配置計画を仮定する。

仮定②：実際の公園整備事業における費用便益項目は多岐にわたるが、公園整備による便益を明示的にするため、公園の利用者便益以外は費用の項目と価格の項目にまとめる。

仮定③：公園利用者は住宅購入者と同一とし、公園の利用者便益は住宅購入者が享受するものとする。従って、開発地域内住民のための公園立地を考える。

仮定④：居住環境の向上には、自然資源を生かした公園を建設する必要があると考えており、公園用地をその他施設（商業施設、公共施設など）に対して優先して配置し、確保するべきという計画思想的立場を取る。そこで、宅地開発計画区域には住宅用地および公園用地が優先的に配置されるとする。

上記仮定に基づき作成された表-1より、宅地開発

Keywords 公園・緑地、非線形最適化問題

*学生員 情報修 東北大学大学院 情報科学研究科

**F会員 工博 東北大学教授 情報科学研究科

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 土木棟

TEL 022-217-7496, FAX 022-217-7494

E-mail: sinyu@plan.civil.tohoku.ac.jp

表-1 公園整備による便益帰着構成表

項目	主体	ディベロッパー	住宅購入者	合計
費用		$-A$		$-A$
価格		B	$-B$	0
利用者便益			C	C
合計		$-A+B$	$-B+C$	$-A+C$

時の公園整備に対するディベロッパーの利潤 ($-A+B$)、住宅購入者純便益 ($-B+C$)、社会的純便益 ($-A+C$) を定義できた。以下、この配置問題を上記3つの評価指標を最大化する最適配置問題としてとらえ、それぞれの評価関数の定式化を行う。

3. 評価関数の定式化

(1) 利用者便益の定式化

(a) 公園配置計画に必要な評価指標

本研究では、公園の利用者便益に影響を与え、公園配置計画評価に必要な不可欠な指標として、地理的公平性を意味するアクセシビリティと、自然資源の有効活用を目的とした土地属性の2つを採用する。

(b) 空間経済系の経済的評価手法を用いた利用者便益の定式化

公園配置問題を公園立地選択行動ととらえると、空間経済系の経済的評価手法を用いて利用者便益を定義できる。Leonardiら¹⁾は施設に対する利用者支払意志額および一般化アクセス費用を用いた期待効用水準（消費者余剰） S を、ロジットモデルによる立地選択行動から次のように定式化している。

$$S = \left(\frac{1}{\theta} \right) \ln \sum_j \exp(\theta \cdot V_j(p_j, t_{ij}^i)) \quad (1)$$

i, j : 宅地開発地域内の立地点

$V_j(\cdot)$: 地点 j に立地した施設の効用関数

p_j : 地点 j に立地した施設に対する利用者支払意志額

t_{ij}^i : 住宅 i から地点 j までの一般化アクセス費用

θ : ロジットパラメータ

式(1)において、 p_j は地点 j 毎に与えられた利用者に対する施設の魅力度を示す変数であると考えることができる。すなわち、利用者支払意志額 p_j は、各地点（土地）の公園立地に対する適性度（土地分級）として置き換えることが可能である。よって、

式(1)は本問題に応用可能であることがわかる。

ここで、宅地開発計画区域がゾーンに区分されており、公園はゾーン単位で配置されるものとする。ただし、ゾーン内の土地属性は均質であるとする。公園立地に対するゾーン別土地分級結果が所与であり、公園の誘致距離が定められているとすると、式(1)より、公園の利用者便益 C は以下のように定式化できる。

$$C = \sum_i \left\{ \left(\frac{1}{\theta} \right) \ln \sum_j \exp(\theta \cdot V_j(p_j, T_{ij}^i)) \right\} \quad (2)$$

p_j : 公園ゾーン j に対する土地分級

T_{ij}^i : 公園ゾーン j の誘致距離圏内にある住宅ゾーン i までの一般化アクセス費用 ($i \neq j$)

ところで、本研究は新規の宅地開発を仮定しており、居住地が定まっていないことから、公園か住宅かという立地点のトレードオフ関係を考慮する必要がある。面的施設の配置問題を数理的に評価した従来研究²⁾のほとんどは圏域分割といった幾何学的手法によるものであり、例外的に公園利用者の需要関数を定式化し、建設費の予算制約下で解いた研究³⁾もある。しかし、どれも立地点のトレードオフ関係が考慮されておらず、公園配置の観点のみで定式化されている。本研究では、この点を考慮した定式化をする必要がある。

式(1)は公園利用者である住民の位置（居住地）が定まっている状態での選択行動を定式化したものである。そこで、住宅立地条件も考慮した問題として定式化し直す。

いま、住宅立地条件として以下のような仮定をおく。すなわち、公園と同様、住宅も住宅として適した土地属性を持つ土地に立地されるものとし、住宅立地は土地属性の違いによって分級された結果に従うものとする、という仮定である。住宅立地に対するゾーン別土地分級結果が外生的に与えられるものとした場合、この分級値は式(1)における公園利用者支払意志額 p_j の上積値と考えることが可能であり、立地選択行動として理論的に問題はない。

この仮定により、この問題は、土地属性による公園・住宅の分級結果と公園・住宅間のアクセシビリティ関係を考慮した、公園と住宅の同時配置決定問題となる。これより、式(2)は以下のように新しく定式化できる。

$$C = \sum_i \left\{ \left(\frac{1}{\theta} \right) \ln \sum_j \exp(\theta \cdot V(P_j, Q_i, T_j^i)) \right\} \quad (3)$$

Q_i : 住宅ゾーン i に対する土地分級

最適配置モデルの構築のため、式(3)を計算可能な式に変換する必要がある。すなわち、 $V(\cdot)$ の関数形を具体的に定めなくてはならない。ここで、ゾーンと土地利用用途の関係を意味する2値変数 X_i^m, X_j^m (i, j : ゾーン, m : 土地利用用途) の導入によって、効用関数 $V(\cdot)$ を次式に変換する。

$$V(\cdot) = \alpha P_j X_j^m + \beta Q_i X_i^m - \gamma T_j^i X_i^m X_j^m \quad (4)$$

m : 土地利用用途 (1のとき公園, 2のとき住宅)

j : 公園ゾーン

i : 公園ゾーンの誘致圏内にある住宅ゾーン

X_i^m : ゾーン i の土地利用 (m ならば1, その他0)

α, β, γ : パラメータ

式(4)を式(3)に代入することによって、 C は X_i^m, X_j^m の関数として、計算可能な次式に定式化できる。

$$C(X) = \sum_i \left\{ \left(\frac{1}{\theta} \right) \ln \sum_j \exp(\theta \cdot (\alpha P_j X_j^m + \beta Q_i X_i^m - \gamma T_j^i X_i^m X_j^m)) \right\} \quad (5)$$

(2) 費用と価格の定式化

宅地開発における公園計画を考慮した費用の項目として、開発用地購入費、宅地造成費、公園造成費、住宅建設費、公園施設建設費等が挙げられる。ここでは、利用者便益の定式化に従い、ゾーン別の土地属性—例えば、法面勾配、植生の有無—の違いが費用に表れる項目を考える必要がある。そこで、宅地造成費と公園造成費を費用のデータとして用いる。単位ゾーンあたりの宅地造成費を CR_i 、公園造成費を CP_j とすると、費用は2値変数 X_i^m, X_j^m を用いて式(6)のように定式化できる。これら造成費のデータは、いくつかの開発事例の積算資料を基に、別個に求めることとする。

また、価格に関する項目として、宅地販売、住宅販売が挙げられる。両者を比較すると宅地販売価格の値の方がより大きく、また宅地販売価格には法面方角、眺望といった土地属性の違いが反映されている。そこで、公示地価等のデータを用いた宅地販売価格を SR_i とし、これを所与として式(7)のように定式化する。

$$A(X) = \sum_i CR_i X_i^m + \sum_j CP_j X_j^m \quad (6)$$

$$B(X) = \sum_i SR_i X_i^m \quad (7)$$

(3) 制約条件の定式化

住宅用地と公園用地それぞれの面積は外生的に与えるものとし、これを物理的な制約条件とする。

$$\left(\sum_{i,j} (a_i X_i^m + a_j X_j^m) \right) / \sum_m Z_m = 1 \quad (8)$$

a_i : ゾーン i の面積

Z_m : 土地利用 m の総面積

4. 評価指標データの求め方

(1) 土地属性の評価方法

式(3)で示した土地分級 P_j, Q_i は、いわば公園および住宅の立地ポテンシャルである。従って、土地属性の相違がそのままポテンシャルの相違になると考えればよい。公園評価の土地属性の種類としては、居住環境の向上に貢献する自然資源の有効活用という観点から、相対的標高、法面勾配・向き、水系の有無、植生の有無・種類等が考えられる。同様に、住宅評価の土地属性種類は、法面勾配・向き、眺望等が考えられる。

本研究は公園の評価を貨幣タームで行うものとしており、公園および住宅に対する土地属性の評価は何らかの経済的評価手法を用いて行う必要がある。ところが、上述した土地属性の種類の違いを明示的に貨幣タームで評価するのは非常に難しいと考えられる。例えば、公園の評価にヘドニックアプローチを用いた場合、土地属性に関する変数は、斜面方向、全面道路からの眺望、親水公園・自然公園・起伏の豊かな公園・一般公園までの距離といったものになるが、これらの変数の価値は一般的な変数—例えば、駅までの距離、前面道路幅員、角地等—に対して、非常に小さくなる可能性が大きい。その場合、これら変数の貨幣価値の相違はほとんど出ないものと考えられる。さらに、住宅立地条件に対する評価も同様のことが言える。

そこで本研究では、公園、住宅の評価について、土地属性に関する効用分を評価値に加えている「不動産鑑定」を参考に、それぞれ土地属性別の評価を行うこととする。宅地の販売価格はディベロッパー

表-2 不動産鑑定による格差率査定結果事例

事例	効果項目	格差率
●公園・緑地の格差率査定事例		
1. 小川が付帯した緑道	緑道	4-5%
	小川・眺望	4-5%
2. 農道用水のある緑道	緑道・農道用水	2%
	付帯広場・南斜面	7%
3. 近隣公園と緑道	公園・緑道	1-4%
	南斜面	2%
4. 並木通り	並木通り	6%
5. ポケットパーク	ポケットパーク	3%
	南西角地	5%
6. 自然緑道	緑道	2%
7. 標準的街区公園	公園	0%
●住宅の格差率査定事例		
1. 眺望の良否	景観が優れる	3%
	特に景観が優れる	5%
	景観阻害	-2~-5%
2. 高低差方位 (高低差別に詳細に規定)	隣地より高い・南	1-2%
	隣地より高い・東西	1%
	隣地より低い・南	-2~-11%
	隣地より低い・東	-1~-5%
	隣地より低い・西	0~-4%
	隣地より低い・北	0~-2%

の販売戦略の影響は受けるものの、一般的に不動産鑑定結果に基づいて決定されている。宅地販売価格は地価とほぼ同値であることを考えると、不動産鑑定結果は資産価値法によって求めた値と概念的に同じものであることを意味している。従って、不動産鑑定資料を用いることは理論的にも問題ない。

不動産鑑定資料は、日本不動産研究所へのヒアリング調査から、複数の具体的事例の格差率を得た。その数例を表-2に示す。これらの評価格差率の求め方については、基本的に土地価格比率表⁹⁾に従っている。個々の事例の具体的な評価方法については、現在宅地販売中の事例も含まれていることから、公表は控える。この表の結果や個々の分析内容に基づき、公園および住宅の土地属性別の格差率を規定し、それぞれの加算値を分級結果とする。表-3に例を示す。この格差率に適用開発区域の標準宅地販売価格を乗ずることによって、貨幣タームの利用者便益を求めることができる。

(2) アクセス費用の評価方法

アクセス費用は他研究で計測された時間価値⁵⁾を応用する。本研究における公園利用の移動手段は徒歩、自転車と考えている。ここで、徒歩、自転車による移動速度 v (m/分) を一定とすると、アクセス費用 T_j は式(9)として表せる。

表-3 分級に用いる土地属性別格差率事例

●公園立地評価		格差率
眺望(相対高度)	3m以上	1%
法面の勾配	1-5%	0%
	5%以上	-2%
法面の方向	南	3%
	北	0%
水系	小川	3%
植生		2%
●住宅立地評価		
眺望(相対高度)		...
法面の勾配		...
法面の方向		...

$$T_j = \frac{1}{v} \times |i - j| d \times TV \quad (9)$$

d : ゾーンの一辺の長さ(m)

TV : 時間価値(¥/分)

5. 解法

この配置問題は、組合わせの数がゾーン数に対して指数関数的に増大するNP完全な問題である。本研究では、実用的な時間内にNP完全問題を近似的に解くことに成功したHopfield型ニューラルネットワークモデルを適用する。ここで、このような土地利用配置計画の策定において、実際にその制約は許容範囲という適度な領域を持った条件のもとで用いられている。よって、制約条件をある程度の領域を含んだファジィ制約として適用する。ファジィ制約を応用したニューラルネットワークモデルについては筆者らの開発したモデル⁶⁾を用いる。

6. おわりに

本稿では、評価指標の提案、およびそれに従った定式化とデータ構成の概要を説明した。講演発表会では、事例研究によって本手法の有効性を検証する。

参考文献

- Leonardi, G. and Tadei, R. : Random utility demand models and service location, Regional Science and Urban Economics, pp.399-431, North-Holland, 1984
- 例えば、腰塚武志：公園等の面的施設配置の分析，都市計画学会論文集，No.19，pp.313-318，1984
- 天本，樗木，辰巳，白：住民の公園利用行動に基づく都市公園配置の最適化モデルについて，都市計画学会論文集，No.27，pp.553-558，1992
- 監修・国土庁，編集・地価調査研究会：土地価格比率表，住宅新報社，1994
- 例えば，松田洋：レクリエーション便益研究における時間価値，高速道路と自動車，Vol.28，No.6，1985
- 花岡，稲村，清水：分級結果に基づく土地利用配置支援モデルの開発，土木学会論文集，No.591/IV-40，1998