

関西大学工学部 正員 吉川和広 京都大学工学部 正員 奥村 誠
建設省 正員 〇吉田秀範

1. はじめに

都市問題の多くは、活動の空間的な相互関係によって発生していると考えられる。例えば、公害は害の原因者と受け手が近接しているため発現する。また、通勤問題は職場と住居の立地場所に隔たりが生じていることが大きな要因である。また、取引関係にある主体が離れることにより、交通混雑の問題はさらに悪化するであろう。また、同一の地区に性格の異なる活動が混在し、景観、連帯性の形成が困難になるといった問題もある。これらの問題を解消するためには、都市活動を相互の距離に注意しながら配置することが重要である。本研究では、都市活動の最適配置問題を定式化し、これに遺伝的アルゴリズムを応用して最適解を求め、望ましい土地利用に関する基礎的な分析を行う。

2. 活動間の相互作用に関する考え方

本研究では、活動間の相互作用効果を、①取引関連施設が近接することにより交通の利便性が向上するという形でもたらされる「取引の効果」、②複数の主体が協力して活動を行うことにより施設の共同利用、あるいは景観、連帯性の形成が可能となる「共存に関する効果」、③他の活動の環境を悪化させる「負の効果」という3つに分類している。これらの大きさについては、活動の組み合わせごとに0から10までの値を設定した。なお、取引の効果の大きさは、パーソントリップ調査結果から単位敷地面積当たりの活動間トリップ数を算出して設定した。

3. 最適配置問題の定式化

本研究では、全ての活動間には相互作用があると考え、地域全体に活動を割り当てたとき実現される相互作用の総和が最大となるような活動の配置パターンを求めるという問題を考える。活動 i がゾーン j に配置されているとき1、配置されていないとき0をとる 0-1変数 x_{ij} を用いて活動の配置を表現する。また、ゾーン j の活動 i がゾーン q の活動 p に対して与える影響 c_{ijpq} (良い影響を正とする)は、上述した相互作用による3つの効果に重み $w_1, w_2,$

w_3 を与えて加え合わせたものであり、活動の組み合わせ (i, p) と相互の距離 d_{jq} によって決まると考える。距離による効果の減衰の仕方が、活動の組み合わせと効果の種類によって異なることが本問題の特徴である。本問題は、2次割当問題として以下のように定式化される。

$$\max \sum_{ij} \sum_{pq} c_{ijpq} x_{ij} x_{pq} \dots\dots\dots (1)$$

$$c_{ijpq} = w_1 c_{1ijpq} + w_2 c_{2ijpq} + w_3 c_{3ijpq} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{s. t.} \sum_i x_{ij} = 1 \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_j x_{ij} - K_i \left(\sum_i K_i = N \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{and } x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \dots\dots\dots (5)$$

$$(i, p = 1, 2, \dots, n) (j, q = 1, 2, \dots, N)$$

具体的に想定する都市空間として、 $8 \times 8 (= N)$ 個のメッシュで等分割した一辺2kmの正方形の地区を考え、相互作用を与えるという視点から、住居、個人サービス、公共サービス、企業サービス、運輸流通、現業、空地という7つの活動を、それぞれ18, 8, 3, 6, 7, 12, 10 ($= K_i$) 個ずつ地区に配置することとした。

4. 遺伝的アルゴリズムの応用

NP完全問題である本問題は、組み合わせの数が極めて多く、厳密な最適解を求めることは非常に困難であり、列挙法を用いることもできない。そこで、遺伝的アルゴリズム(GA)を応用することにより活動の最適近似配置を求める。GAは生物進化の原理に着想を得たアルゴリズムであり、計算量の多い組み合わせ最適化問題の解候補の集団に対して、選択淘汰、交叉、突然変異という確率的探索原理を適用することにより、比較的容易に最適に近い解を得ることのできる手法である。GA

Aの手順を図-1

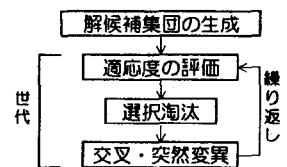


図-1 GAの一般的手順

に示す。GAを本問題に適用する際には、活動の空間配置をベクトルとして表現する方法(図-2)、交叉の方法などに工夫が必要となる。

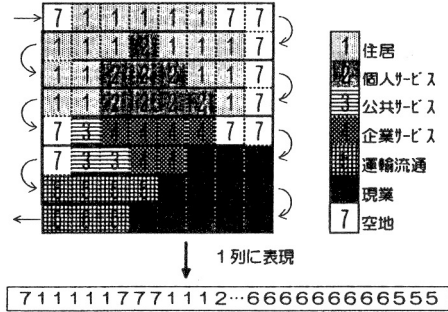


図-2 活動の空間配置のベクトル化

交叉は2つの個体のベクトル配列を交換する操作であり、本問題では交叉後に各活動の構成数が一定に保たれるような工夫が必要である。交換する配列に含まれる数字の個数が個体間で異なる下の例では、互いに他方より多く含む数字同士をあらかじめ交換した上で、棒線以降を交換する。(図-3)

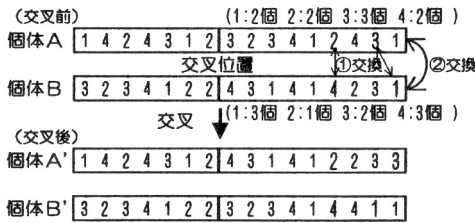


図-3 交叉の方法(4種類の活動を4個ずつ配置)

本問題における解の改善過程は図-4のようになっている。

5. 最適配置パターンに関する結果と考察

取引・共存・負の効果のいずれに重点を置くのかによって最適な配置パターンは異なる。そこで、いくつかの重み(w_1, w_2, w_3)の組み合わせに対して

最適配置パターンを求めた。その例を図-5に示す。また、その場合の3つの効果の値を求め、効果間のトレードオフの状況と、各効果をバランスよく実現するために注意すべき点を明らかにした。その結果、3つの効果の間にはトレードオフの関係が強く、3つの効果に対する重みをほぼ等しく与えることが望ましいことがわかった。また、最適な配置パターンには次のような特徴があることがわかった。

(1) 運輸流通、および現業はそれぞれ固めて配置し、住居と現業、および住居と企業サービスは分離して配置することが望ましい。

(2) 取引の効果を重視する場合と共存・負の効果を重視する場合では望ましいと考えられる配置が異なる傾向がある。取引の効果を重視する場合には、住居、企業サービス、および空地を分散させ、住居と個人サービスを近接させるのが望ましい。

6. 今後の課題

現実の用途地域指定において重視されているゾーンの各用途に対する適性や、既存の土地利用形態からの継続性を考慮できるように定式化を改善する。これは、あるゾーンjの活動iに対する適性評価値を b_{ij} として、(1)式に1次項を加えることにより実現できる。

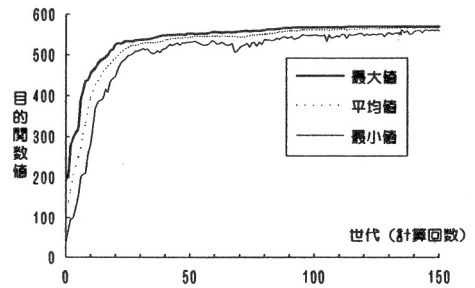


図-4 GAの応用による目的関数値の改善の様子

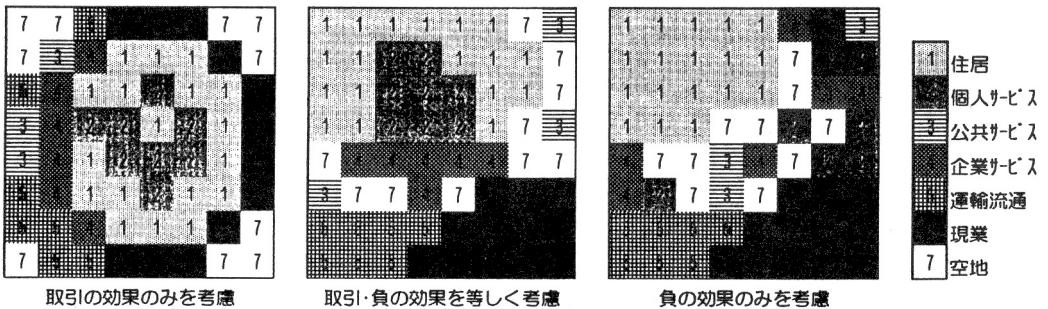


図-5 GAによる最適解(最適配置パターン)の例