

遺伝的アルゴリズムを用いた市街地における 植栽配置の最適化に関する研究

○大島 健太郎*¹ 谷 明勲*²
山邊 友一郎*³

キーワード： 遺伝的アルゴリズム 植栽配置 都市計画

1. はじめに

現代の市街地では、建物の数は増加し、それに伴い市街地の植栽は減少している。本研究は、実際の地域内における緑の配置方法を工夫することで市街地の緑環境を改善しようとするものである。本研究では、市街地における植栽に着目し、その植栽の配置場所の最適化システムを遺伝的アルゴリズム(GA)¹⁾を用いて構築した²⁾。本報では、植栽の量を変化させシミュレーションを行うことで、本システム有効性の検討を行った。

2. システム概要

まず植栽の再配置を行う対象地域を実在の地域から選定し、Table1に示す色分けを用いて、市街地の構成要素と道路の配置を、実際の地域に基づいてモデル化する。その後、本研究で設定した評価指標に基づき、GAを用いてその地域の植栽配置の最適化を行う。植栽は樹木、花壇の2種類とし、単位面積は1セル(25 m²)とする。なお、敷地は横250×縦180m(=45,000m²)、つまり横50×縦36セルとする。

Table1 都市要素と色分け一覧

花壇	■
樹木	■
住居、宿泊施設	■
駐車場、空き地、道路	■
飲食店	■
娯楽施設	■
オフィスビル	■

3. 対象地域の選定

本研究では幅員の狭い道路のみを持つ地域を対象地域として選定した。対象地域(1)として商業地域を、対象地域(2)として住居地域を選定した。

3.1 対象地域(1)

対象地域(1)としては、大阪市内、地下鉄心斎橋駅南の180×250mを選定した。Fig.1にモデル化を行った後の対象

地域(1)を示す。

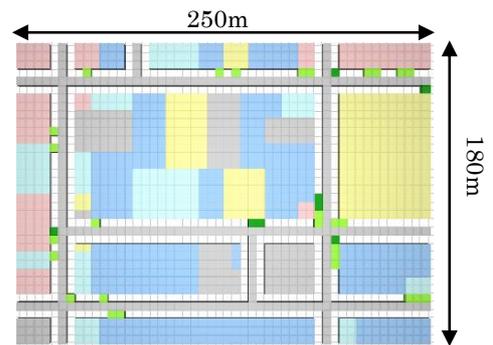


Fig.1 モデル化後の対象地域(1)

3.2 対象地域(2)

対象地域(2)としては、京都市河原町駅北西部の250×180mを選定した。Fig.2にモデル化を行った後の対象地域(2)を示す。



Fig.2 モデル化後の対象地域(2)

4. 評価関数

本システムでは4つの指標をもとに評価を行った。以下にその概要を示す。

4.1 建物と緑の関係

緑が存在する場所には、その近傍にある都市要素の種類により、植栽が配されることの重要性が変わると考え、これを以下のように評価に加えた。植栽が配置されたセルの背後に存在する都市要素の種類により、以下のように重み

づけを行った点数を与える。

娯楽, 商業施設...2 点

飲食店, コンビニ...2 点

住居, 宿泊施設, 学校, 病院...1 点

オフィスビル...1 点

駐車場, 駐輪場...0 点

空き地...0 点

(なお、植栽の種類が樹木の場合、上記の点数に 2 を乗ずるものとする)

この点数の合計 Rpt を、全ての植栽が娯楽, 商業施設の前にある場合の点数 MaxRpt で除し、その値を評価指標 Ev1 とする。したがって、Ev1 の最大値は 1 となる。Ev1 の算定式を(4-1)式に示す。

$$Ev1 = \frac{Rpt}{MaxRpt} \quad (4-1)$$

4.2 交差点から見通す緑

人が往来する頻度が多い交差点に植栽が配置されているか否かは、緑を感じるうえで重要な指標となりうると思われる。ここでは、3 方向以上に道路が延びているセルを交差点とし、交差点から延びる通りの 6 セル先(30m)までの植栽を配置可能なセルに対し、植栽が配置されているセル一つにつき 1 点を与え、その合計 Opt を全植栽数 MaxOpt で除したものを評価指標 Ev2 とする。したがって、Ev2 の最大値は 1 となる。Ev2 の算定式を(4-2)式に示す。なお、ある二つの交差点間の距離が 12 セル(60 メートル)以下で、評価空間が重複し、その空間に緑が存在していた場合、両方の交差点に点を与えるものとする。

$$Ev2 = \frac{Opt}{MaxOpt} \quad (4-2)$$

4.3 バランス

対象地域に植栽の全く存在しない区画が存在すると、その区画は無機質な印象となる。このため、対象地域を区画分けし、その区画ごとに植栽セルがない場合 1 点を加算していく。その合計点 Hpt を全区画の合計 MaxHpt で除し、その値を 1 から引いたものを評価指標 Ev3 とする。したがって、Ev3 の最大値は 1 となる。Ev3 の算定式を(4-3)式に示す。なお、区画の分け方は、交差点から延びる 6 セル分と、交差点間が 13 セル以上ある場合に、その両交差点の区画外の部分を 1 区画とする。また、交差点間の距離が 12 セルより長い場合は、区画の重複を許容するものとする。

$$Ev3 = 1 - \frac{Hpt}{MaxHpt} \quad (4-3)$$

4.4 植栽の視覚充填度

道路のある場所において、道路の両側に植栽が存在する場合、両側に植栽が存在する場合と同じ量の植栽が片側に連続して存在する場合に比べて、より華やかに感じるのではないかと考える。このため、各植栽セルについて、その向かい側およびその両端 6 セルまでに植栽セルが配置されていた場合、1 点を加算し、その合計点 Fpt を理論上の最大値 MaxFpt で除し、その値を評価指標 Ev4 とする。したがって、Ev4 の最大値は 1 となる。Ev4 の算定式を(4-2)式に示す。

$$Ev4 = \frac{Fpt}{MaxFpt} \quad (4-4)$$

4.5 総合評価

上記 5 つの評価関数(Ev1~Ev4)を用いて、式(2)および式(3)を用いて総合評価を求め、GA の適応度とする。また最適化は EV の最大化問題として実行する。

$$\sqrt[4]{Ev1 \times Ev2 \times Ev3 \times Ev4} \quad (4-5)$$

$$\sqrt[5]{Ev1^2 \times Ev2 \times Ev3 \times Ev4} \quad (4-6)$$

4.6 コストパフォーマンス

本システムでは、最適化により得られた植栽配置にかかるコストを考慮する指標として、コストパフォーマンス(以下 CPn)を算出した。CPn は式(4-7)で算定する。

$$CPn = \frac{\{(EVn)\} - (EV)}{n} \quad (4-7)$$

n : 追加植栽数

EVn : 植栽を n 個追加した時の総合評価値

EV : 現状の植栽配置に対する総合評価値

5. シミュレーション実行結果

本研究では、4 つのシミュレーションを行った。なお、GA にパラメーターフリーGA(PfGA)³⁾を用い、PfGA の設定は、家族数 10, 世代数 20,000 で一定とした。以下に、Cases1~4 の内容を示す。

(1)Case1-1 : 対象地域(1)をモデル化した地域に対し、最適化は行わず、現状の植栽配置に対する評価のみを式(4-5)を用いて行う(花壇 28 個, 樹木 8 本)。

(2)Case1-2 : 対象地域(1)をモデル化した地域に対し、既存の植栽の配置は変えず、新たに樹木を 1 本ずつ 15 本まで追加し、そのそれぞれの配置に対して最適化を行う。したがって、最適化は 15 回行う。

(4)Case2-1 : 対象地域(2)をモデル化した地域に対し、最適化は行わず、現状の植栽配置に対する評価のみを式(4-6)を用いて行う(花壇 30 個, 樹木 22 本)。

(5)Case2-2: 対象地域(2)をモデル化した地域に対し、既存の植栽の配置は変えず、新たに樹木を1本ずつ15本まで追加し、そのそれぞれの配置に対して最適化を行う。したがって、最適化は15回行う。

Fig.3 に、Case1-2 の対象地域(1)に対する15回の最適化で樹木が配置された回数を示す。また、Table2 に Cases1-1, 1-2 の場合の評価値の一覧を、Fig.4 に Cases1-1, 1-2 の場合の各評価値および CPn をグラフで示す。また、Fig.5 には、Case2-2 の対象地域(2)に対する15回の最適化で樹木が配置された回数を示す。また、Table4 に Cases2-1, 2-2 の場合の評価値の一覧を、Fig.6 に Cases2-1, 2-2 の場合の各評価値および CPn をグラフで示す。

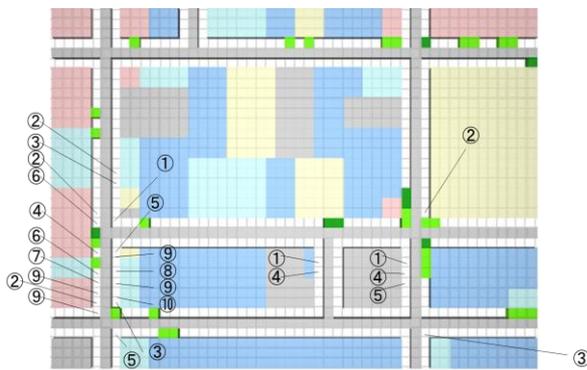


Fig.3 対象地域(1)の樹木が配置された回数

くことを確認できた。

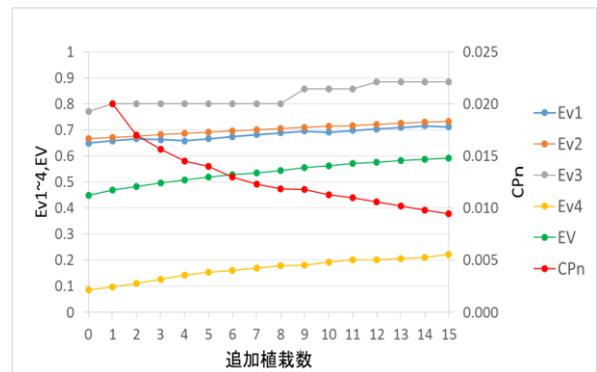


Fig.4 Cases1-1, 1-2 の各評価値

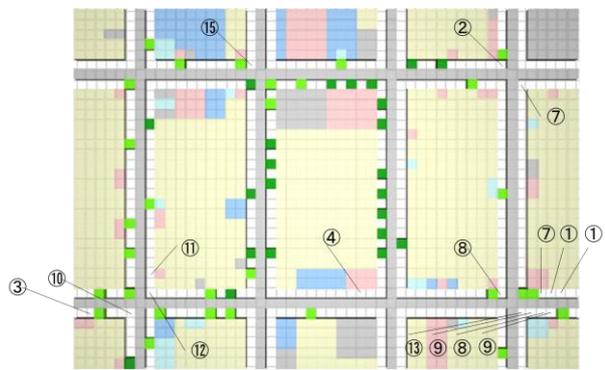


Fig.5 対象地域(2)の樹木が配置された回数

Table2 Cases1-1,1-2 の各評価値

追加	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	EV	CPn
0	0.761	0.417	0.525	0.151	0.402	-
1	0.728	0.432	0.55	0.156	0.405	0.003
2	0.740	0.434	0.55	0.161	0.410	0.004
3	0.690	0.449	0.525	0.201	0.425	0.008
4	0.721	0.450	0.600	0.194	0.441	0.010
5	0.806	0.476	0.550	0.202	0.454	0.010
6	0.723	0.476	0.650	0.209	0.465	0.011
7	0.681	0.477	0.650	0.245	0.477	0.011
8	0.825	0.500	0.575	0.260	0.498	0.012
9	0.831	0.511	0.575	0.278	0.511	0.012
10	0.820	0.511	0.575	0.309	0.522	0.012
11	0.826	0.511	0.600	0.320	0.533	0.012
12	0.801	0.521	0.625	0.329	0.541	0.012
13	0.821	0.526	0.650	0.335	0.554	0.012
14	0.826	0.531	0.650	0.354	0.564	0.012
15	0.831	0.535	0.650	0.373	0.573	0.011

Table3 Cases2-1,2-2 の各評価値

追加	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	EV	CPn
0	0.649	0.667	0.771	0.085	0.450	-
1	0.658	0.672	0.800	0.098	0.470	0.020
2	0.667	0.677	0.800	0.111	0.484	0.017
3	0.663	0.683	0.800	0.127	0.497	0.016
4	0.659	0.688	0.800	0.142	0.508	0.015
5	0.667	0.692	0.800	0.154	0.520	0.014
6	0.674	0.697	0.800	0.162	0.528	0.013
7	0.682	0.701	0.800	0.170	0.536	0.012
8	0.689	0.706	0.800	0.180	0.545	0.012
9	0.696	0.710	0.857	0.181	0.556	0.012
10	0.691	0.714	0.857	0.193	0.563	0.011
11	0.698	0.718	0.857	0.202	0.571	0.011
12	0.704	0.722	0.886	0.202	0.577	0.011
13	0.710	0.726	0.886	0.207	0.583	0.010
14	0.716	0.730	0.886	0.211	0.587	0.010
15	0.712	0.733	0.886	0.222	0.592	0.009

6. 考察

本研究では、最適化を行うことで、両対象地域において現状の評価より高い評価値を持つ解が得られた(Tables2, 3)。また、総合評価の値に着目すると(Tables2, 3)、樹木を追加していく本数に比例して総合評価の値も上昇してい

また、対象地域(1)の CPn の値に着目すると(Table2, Fig.4)、樹木の追加本数が9本の時に最も値が大きくなった。これより、本研究の評価指標に基づく、対象地域(1)では、樹木を9本追加することが最も効率がよいと考える。

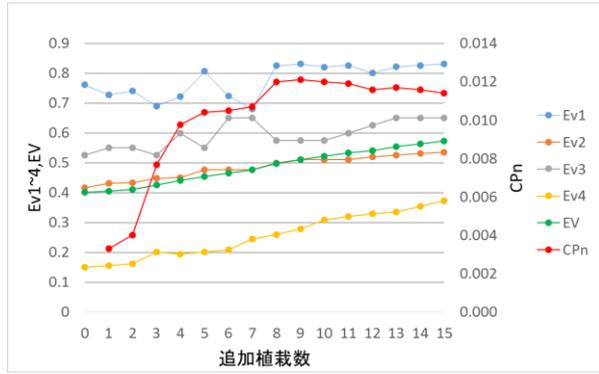


Fig.6 Cases2-1, 2-2 の各評価値

Fig.7 に対象地域(1)の現状の植栽配置を, Fig.8 に対象地域(1)に樹木を 9 本追加する場合の最適化後の植栽配置図を示す. 一方, 対象地域(2)の CPn の値に着目すると(Table3, Fig.6), 樹木を追加する本数を増やしていくと, CPn の値は小さくなった. これは, 対象地域(2)はもともと植栽の数が多く, 最適化を行っても今回用いている評価関数では, 評価値が高くなる植栽を配置することが難しかったためと考える.

対象地域(1)の場合で, 追加する樹木の本数を増やしていったときの各評価値の変化を見ると(Fig.4), 追加する樹木の本数が増えると, 交差点の緑(Ev2)と植栽の視覚充填度(Ev4)の値が増加しているのに対し, 建物と緑の関係(Ev1)とバランス(Ev3)の値は一方が増加すると一方が減少する傾向が見られた. これは, 建物と緑の関係(Ev1)とバランス(Ev3)の評価を同時に上昇させることのできる樹木の配置場所が, 今回の設定では対象地域(1)になかったためと考える. 一方, 対象地域(2)の場合で追加する樹木の本数を増やしていったときの各評価値の変化を見ると(Fig.5), 追加する樹木の本数が増えると, 全評価指標(Ev1, Ev2, Ev3, Ev4)の値も増加した. これは対象地域(2)では, 全評価指標を同時に増加させることのできる樹木の配置場所が今回の設定で存在したためと考える.

対象地域(1)で樹木が配置された回数を見てみると(Fig.3), 地域内の左下の区画に樹木が配置される回数の多いセルが集中している. これは, 地域内の左下の区画に飲食店のセルなど建物と緑の関係(Ev1)の評価の高いセルが集中していることと, 二つの交差点から距離の近い区画であることから, この区画に樹木を置くことで, 複数の評価指標の評価を同時に上げられるためであると考えられる.

一方, 対象地域(2)の樹木が配置された回数を見てみると(Fig.5), 樹木の配置される場所は対象地域(1)に比べ地域内に均等に存在しているが, 10 回以上配置された場所が 5 箇所存在している. これは, 対象地域(2)では評価を上げることのできる樹木の配置場所が対象地域(1)に比べ限定されているためと考える.

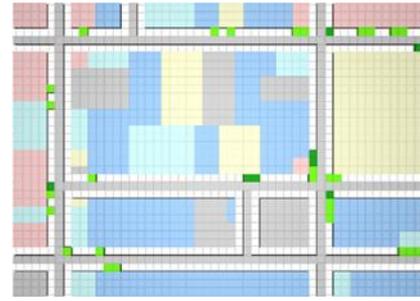


Fig.7 対象地域(1)の現状の植栽配置図



Fig.8 対象地域(1)の樹木 9 本追加したときの植栽配置図

7. まとめ

本研究では, GA を適用することで, 今回設定した二つの対象地域の植栽配置を最適化することができた. 対象地域(1)の商業地域については, 植栽の絶対量が少なく, 最適化を行うことで効率的に最適化を行うことができた. 一方, 対象地域(2)の住居地域については, 植栽の絶対量は多かったが, 最適化を行うことでより効率のよい植栽配置を提案することができた.

今後, より一般的なシステムを構築するために, 最適化を行う対象となる地域をさらに多く選定し, シミュレーションを行っていくことにより, 地域の形態に依らず活用出来る植栽配置の最適化システムが構築できると考える.

[参考文献]

- 1) 北野宏明 遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993.6.
- 2) 大島健太郎, 谷明勲, 山邊友一郎: 遺伝的アルゴリズムを用いた市街地における植栽配置の最適化に関する研究, 情報・システム・技術・利用シンポジウム, 報告, 2014.12.
- 3) 木津左千夫, 澤井秀文, 足立進 可変な局所集団の適応的探索を用いたパラメーターフリー遺伝的アルゴリズムとその並列的分散処理への拡張, 電子情報通信学会論文誌 D-III, No3, pp.512-521, 1999.3.

*1 神戸大学大学院工学研究科 大学院生
 *2 神戸大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)
 *3 神戸大学大学院工学研究科 准教授・博士 (工学)