

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

現代社会では、都市化が進み人口が市街地に流入し、建物の数は増加し、それに伴い市街地の緑は減少している。その対策として、オープンスペースや街路樹を設置することが考えられるが、コスト面の問題や、緑を配置するスペースが存在しないような地域も存在する。

本研究は、緑の配置方法を工夫することでこのような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¹⁾ (以下 GA) を用いて構築し、シミュレーションを実施することにより、その有効性の検討を行った。ここでは、既報^{2) 3)}での検討結果を踏まえ、評価関数の修正を行い、その有効性の検討を行う。

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、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(=45,000 m²)、つまり横 50×縦 36セルで一定とする。

Table1 都市要素

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

3. 対象地域の選定

本研究では、対象地域(1)として植栽の少ない地域を、対象地域(2)として植栽の多い地域を選定した。

3.1 対象地域(1)

対象地域(1)の植栽の少ない地域としては、地下鉄心齋橋駅(大阪市)南の 180×250m の地域を選定した。Fig.1 に現在の敷地情報を参考にモデル化を行った後の対象地域(1)

を示す。なお、都市の構成要素は、Table1 に示す通りで、対象地域(1)の植栽数は、花壇 28 個、樹木 8 本である。

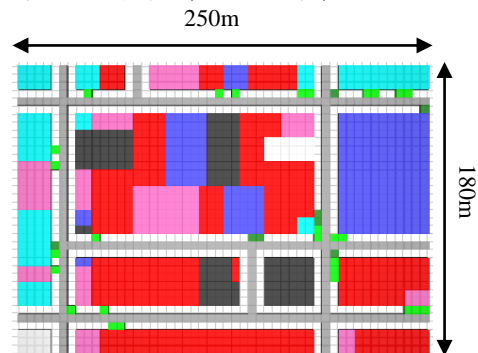


Fig.1 モデル化後の対象地域(1)

3.2 対象地域(2)

対象地域(2)の植栽の多い地域としては、河原町駅(京都市)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。なお、都市の構成要素は、Table1 に示す通りで、対象地域(2)の植栽数は、花壇 30 個、樹木 22 本である。

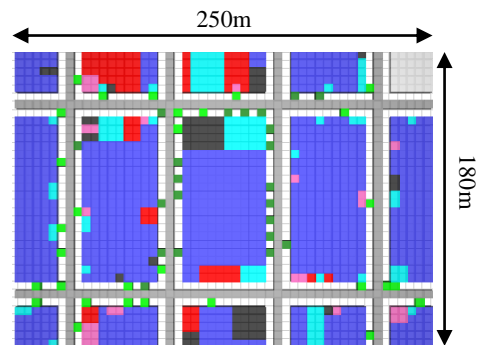


Fig.2 モデル化後の対象地域(2)

4. 評価関数

本研究では、以下に示す 5 つの指標を元に GA の評価を行った。

4.1 都市要素と緑の関係

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する。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、重み付けを行った点数を与え、その合計点を、植栽と緑の関係に対する評価指標

Ev1 とする。なお、各都市要素に対する点数は、以下のよう
に設定した。

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

(植栽の種類が樹木の場合、上記の点数を2倍するものとする)

4.2 交差点から見通す緑

人の通行量が多い交差点に植栽を配置すると効果的であると考える。ここでは、複数の道路が交差するセルを交差点とし、交差点から伸びる通りの6セル先(距離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、その合計を、交差点から見通す緑に対する評価指標 Ev2 とする。なお、ある二つの交差点間の距離が12セル以下で、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。

4.3 バランス

対象地域において、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、地域を区画分けし、その区画ごとに植栽セルの有無を評価する。なお、区画の分け方は、交差点からそれぞれの通りに伸びる6セル分を1区画とし、交差点間が13セル以上ある場合には、その両交差点の区画外の部分も1区画とする。また、交差点間の距離が12セルより短い場合では、区画の重複を許容するものとする。その後、ある区画に植栽セルが0個の場合に1点を加算していく。その合計点 Hpt を全区画の合計 Hpt_{max} で除し、その値を1から引いたものを、バランスに対する評価指標 Ev3 とする。従って、Ev3の最大値は1である。Ev3の算定式を式(1)に示す。

$$Ev3 = 1 - (Hpt/Hpt_{max}) \quad (1)$$

4.4 植栽の視覚充填度

道路のある場所で、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、緑がより強く感じられると考える。このため、各道路セルで、その両側に植栽セルが配置されていた場合、1点を加算し、その合計点を、植栽の視覚充填度に対する評価指標 Ev4 とする。

4.5 移動コスト

既存の植栽を他の場所へ再配置する場合の費用を考えると、再配置を行う植栽数は少ない方が良いと考える。このため、現状から再配置される植栽1つにつき1点を加算し、その合計点 Cpt を全植栽数 Cpt_{Max} で除し、その値を

1から引いたものを、移動コスト Ev5 に対する評価指標 Ev5 とする。従って、Ev5の最大値は1である。Ev5の算定式を式(2)に示す。

$$Ev5 = 1 - (Cpt/Cpt_{max}) \quad (2)$$

4.6 総合評価

上記5つの評価関数(Ev1~Ev5)を用いて、コストを重視した式(3)、コストを重視しない式(4)、その中間である式(5)、コストを考慮しない式(6)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。

$$EV = (Ev1 + Ev2 + Ev4 \times 2) \times Ev5^2 \times Ev3 \quad (3)$$

$$EV = (Ev1 + Ev2 + Ev4 \times 2) \times Ev5^{1/2} \times Ev3 \quad (4)$$

$$EV = (Ev1 + Ev2 + Ev4 \times 2) \times Ev5 \times Ev3 \quad (5)$$

$$EV = (Ev1 + Ev2 + Ev4 \times 2) \times Ev3 \quad (6)$$

なお、Ev4に関しては、Ev1、Ev2が1セルに対する評価であるが、Ev4は道路の両側に存在する2セルに対する評価であり、最大でも植栽数の2分の1の評価となり、Ev1、Ev2と比べ評価値が小さくなるため、式(2)ではEv4に2を乗ずるものとした。

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、本研究では、GAとしてパラメーターフリーGA(PfGA)⁴⁾を用い、PfGAの設定は、家族数10、世代数20000で一定とした。以下に、Cases1~4の概要を示す。

(1)Case1: 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(6)を用いて行う(花壇28個、樹木8本)。

(2)Case2: 対象地域(1)をモデル化した地域に対し、植栽数を現状と同じとして式(3)~(6)を用いてそれぞれ最適化を行う。

(3)Case3: 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(6)を用いて行う(花壇30個、樹木22本)。

(4)Case4: 対象地域(2)をモデル化した地域に対し、植栽数を現状と同じとして式(3)~(6)を用いてそれぞれ最適化を行う。

Figs.3, 8にCases1, 3の対象地域(1), (2)の現状の植栽配置を、Figs.4~7にCase2の式(3)~(6)を用いた対象地域(1)の最適化結果の植栽配置を、Figs.9~12にCase4の式(3)~(6)を用いた対象地域(2)の最適化結果の植栽配置を示す。また、Table2に、各Caseにおける評価値の一覧を示す。

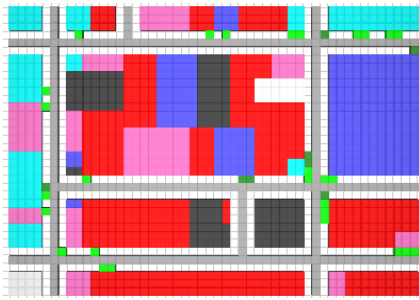


Fig.3 対象地域(1)の現状の植栽配置

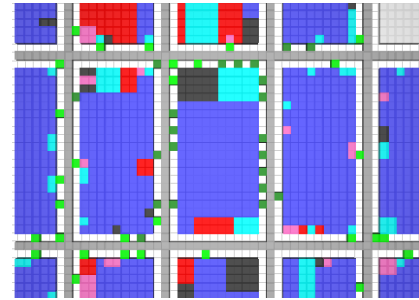


Fig.8 対象地域(2)の現状の植栽配置

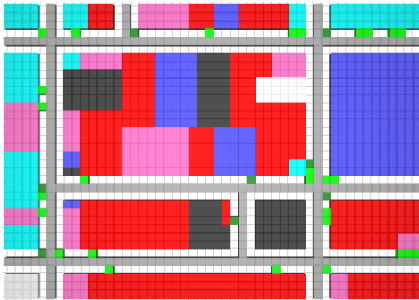


Fig.4 式(3)を用いた対象地域(1)の最適化後の植栽配置

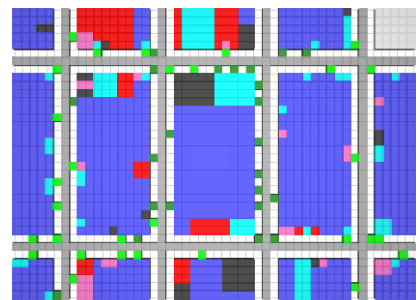


Fig.9 式(3)を用いた対象地域(2)の最適化後の植栽配置

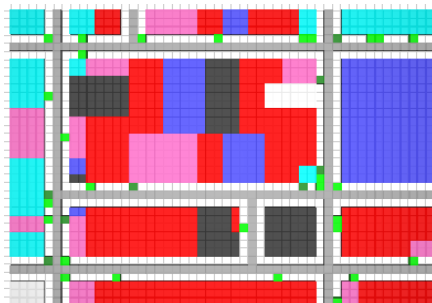


Fig.5 式(4)を用いた対象地域(1)の最適化後の植栽配置

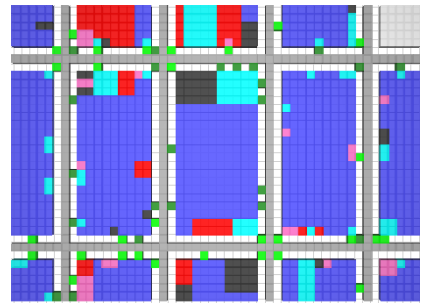


Fig.10 式(4)を用いた対象地域(2)の最適化後の植栽配置

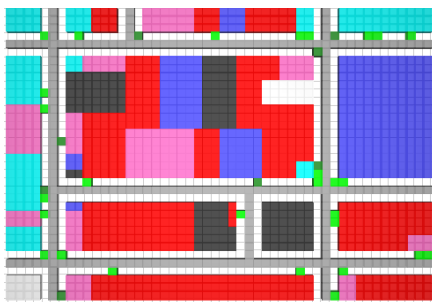


Fig.6 式(5)を用いた対象地域(1)の最適化後の植栽配置

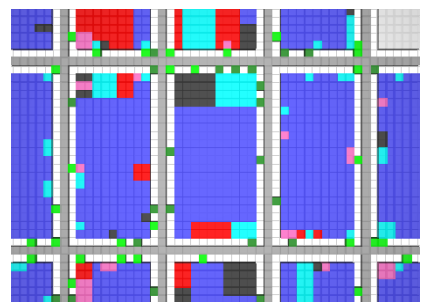


Fig.11 式(5)を用いた対象地域(2)の最適化後の植栽配置

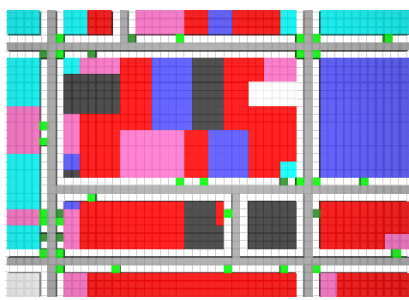


Fig.7 式(6)を用いた対象地域(1)の最適化後の植栽配置

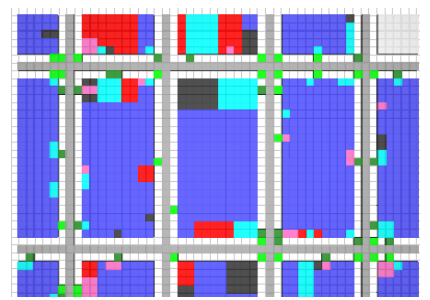


Fig.12 式(6)を用いた対象地域(2)の最適化後の植栽配置

Table2 各 Case における評価値

	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5	EV
Case1	67	30	0.525	2	-	51.98
Case2 式(3)	73	34	0.778	4	0.833	59.954
Case2 式(4)	80	40	0.889	10	0.611	90.334
Case2 式(5)	79	38	0.861	4	0.722	75.252
Case2 式(6)	77	40	0.97	24	-	137.08
Case3	96	40	0.771	10	-	112.6
Case4 式(3)	107	44	0.914	12	0.923	126.98
Case4 式(4)	120	50	1.00	32	0.654	163.34
Case4 式(5)	110	49	1.00	20	0.778	141.14
Case4 式(6)	132	52	1.00	54	-	238.0

6. 考察

本研究では、両対象地域、また全最適化(式(3)~(6))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(Figs.3~12, Table2). また、対象地域(1)を式(6)を用いて最適化することで、その評価値(Table2, Case2.式(6))が対象地域(2)の現状の植栽配置に対する評価値(Table2, Case3)を超えたことから、植栽配置を工夫することで、植栽の絶対数が多い地域における評価値より、植栽の絶対数が少ない地域における評価値の方が高くなる解も得られた。

Case1 と Case2 の評価値を比較してみると、最適化後のバランス(Ev3)と視覚充填度(Ev4)の評価値は、非常に高い評価値が得られた(Table 2). 一方、建物と緑の関係(Ev1)と交差点の緑(Ev2) の評価値も、現状より最適化後の評価値は高くなったが、Ev3, Ev4 よりその割合は小さかった。これは、対象地域(1)の現状の Ev1, Ev2 の評価が高いためと考える。同様の傾向が対象地域(2)にも見られたが(Cases3, 4), 対象地域(2)においては交差点の緑(Ev2)の評価値も元々高く、その評価値の上昇は小さいものとなった。

Case2 の各式における評価値(Table2)の変化に着目すると、コストの評価を重視する度合いによって、線形に変化する評価関数(Ev5, 総合評価 EV)と、不規則に変化する評価関数(Ev1~Ev4)が存在した。式(3)による最適化と、式(5)による最適化を比較すると、視覚充填度(Ev4)の評価のみ上昇しなかった。これはコストを重視することにより植栽の移動が制限されたため、視覚充填度(Ev4)よりも他の評価値の上昇が優先されたためであると考えられる。またこの傾向は対象地域(2)を最適化した Case4 には見られなかったが、これは植栽の絶対数が多い対象地域(2)では、移動することの

できる植栽の選択肢が多いため、Ev1~4 を同時に上昇させるような植栽の移動先が存在したためであると考えられる。

対象地域(1)における植栽配置図の変化を見てみると、現状の植栽配置図(Fig.3)は植栽が偏って存在しているが、コストを考慮していない式(6)による最適化後の植栽配置図(Figs.8)は、交差点に植栽が多く存在し、地域全体に植栽が均等に配置されている。Case2 におけるコストを考慮した各最適化結果の植栽配置図(Figs.4~6)においても、同様の傾向が見て取れた。これに対し対象地域(2)においては、Fig.9 に示す現状の植栽配置図と Fig.12 に示すコストを考慮していない最適化結果の植栽配置図を比較しても、目立った改善は見られなかった。これは対象地域(2)における植栽の量が元々多く、最適化を行っても顕著に改善され得る場所がなかったためであると考えられる。一方、Table2 に示す評価値に着目すると、全ての評価値が上昇している。これより、対象地域(2) のような植栽数の多いような地域においても、その緑環境を更に向上させることは可能であると考えられる。

また、Cases2, 4 より、コストを重視する度合いでその移動コスト(Ev5)と総合評価値(EV)は線形に変化したことから、式(3)~(5)を使い分けることで、コストと緑環境の改善のどちらを重視した最適化を行うかを、選択することが可能であると考えられる。

7. まとめ

本研究では、GA を適用することにより、設定した対象地域における植栽配置の最適化を行うシステムを構築した。しかし、今回は幅員の大きい道路が存在しないような地域のみを対象とした最適化となった。今後、より実用的なシステムを構築するためには、各評価項目をアンケートなどを行い再検討すると共に、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で、地域の形態に依らず活用出来る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 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, 日本建築学会大会近畿支部研究発表会, 2014.3
- 3) 大島健太郎 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, 日本建築学会大会, 2014.9
- 4) 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)