

GAによる駅を中心とした都市形態の最適化

～接道に関する評価の追加～

○栗本 祐嗣*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 都市形態 最適化

1. 序

低成長、人口減少による少子高齢化など、日本社会は成熟期を迎え、新規の都市開発は終わりに近づきつつある。このため、都市の再開発、再生は重要なキーワードとなっている。また、発展途上国に日本など先進国から鉄道や道路などのインフラとセットにして都市が輸出されることが予想¹⁾されている。一方、住民参加のまちづくりでは、インターネットなど、ICTの進歩による情報というツールを生かすことも重要²⁾となっている。20世紀における都市計画は、日本全体の成長を前提とした都市化の時代に対応するものとして存在し、国家、企業の利潤を追求するトップダウン型のものであったと考えられる。しかし、今日、都市を取り巻く環境が大きく変化し、地方分権と住民参加意識の向上により、住民参加のボトムアップ型のまちづくりが盛んに行われるようになってきている。こうした状況の変化は、都市の再開発、再生を躍進させるものであり、今後ますます多様な展開がなされるであろうと考える。

本研究では、住民の意見を生かしたまちづくりを行うためのサポートシステムとして、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : 以下、GA)³⁾を用いた都市計画デザインシステムを構築した。本システムでは、GAを用いることで人の考えの及ばない無数の空間プランから最適な空間、つまり人間、企業、自治体、経済、環境などを包括する都市にとって最善の空間、都市の形を、評価項目を与えることによって創出し、3D表現ツールによって可視化するものである。自らの意見が反映された都市の姿を見ることができると考えられる。住民が望む都市の形態を容易に構築できるインターフェースをつくり、1パターン⁴⁾の唯一解ではなく、数パターン⁵⁾の解を出し、そこから実際の都市計画に活かすことができるだろう。なお、既往の、GAを用いたインタラクティブ都市空間構成システム⁶⁾では、増殖ルールを用いて都市空間を生成しており、現実的でない都市空間が生成される可能性があった。そこで本研究では、システムによりリアリティを持たせるため、空間構成方法の改善を行った。

2. システム概要

2.1 システムの流れ

本研究で用いるシステムのフローを Fig.1 に示す。

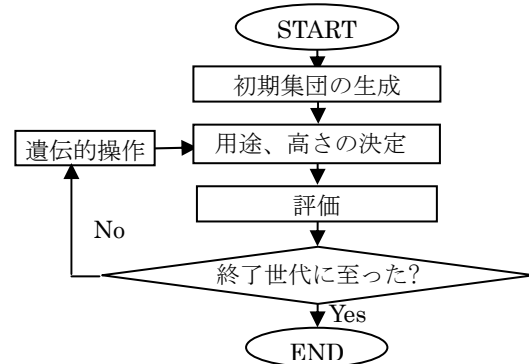


Fig.1 システムのフローチャート

2.2. 空間構成

本システムの対象地域は 400m×400m とし、1つのセルの大きさを高さ 5m、奥行 10m、幅 10m と仮定する。このため、都市空間は 40×40 のグリッド上に配置される。セルの種類は住居、業務、消費、緑地の4種類とし、それぞれ白、青、赤、緑で色分けする。緑地は高さが無いものとし、住居、業務、消費の階高は1階～10階までとする。都市を形成するにあたり、駅、線路、道路をあらかじめ配置し、その他の部分に住居、業務、消費、緑地の4用途を配置する。Fig.2に対象地域を示す。

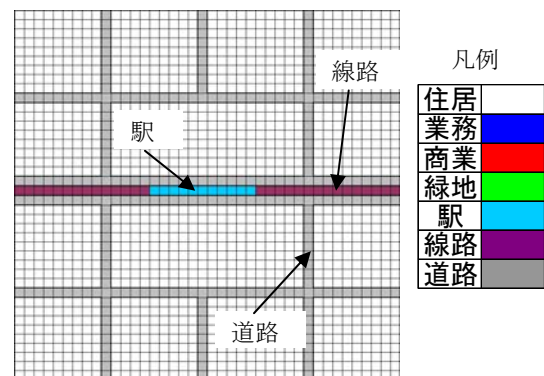


Fig.2 対象地域

2.3. 遺伝子情報

都市空間内のセルは、用途と高さを遺伝子情報により決定するため、本システムの G-type は全体から道路、線路、駅の分を除いた 1312×2=2624 個の遺伝子座を持つことになる。前半の 1312 個では 0～3 の数字で用途を決定し、後半の 1312 個では 1～10 の数字で階高を決定する。

3. 評価指標

GA による最適化で用いる評価指標を以下に示す。

1) 周辺環境 (ev1) : この評価は、それぞれの建物に対する周辺の環境を整えるために同種のセルを集中させることを目的としている。高さ 1 のセルに対し (緑地は高さ 0)、近傍 8 方向のセルを調べ、同種のセルである毎に 1point 加算していく。これを式(1)に示すように、住居 (Sj)、業務 (Sg)、消費 (Ss)、緑地 (Sr) の 4 種類に関して行い、全ての point を加算したものを GA の評価指標 ev1 とする。

$$ev1 = Sj + Sg + Ss + Sr \quad (1)$$

2) 利便性 (ev2) : この評価は、駅からのアクセシビリティを高めることを目的としている。Fig.3 中の黄色部分 (セル数 88 個) に示した領域に、住居と業務、消費のセルが存在すると 1point 加算される。式(2)に示すように、住居 (Rj)、業務 (Rg)、消費 (Rs) の point を合計したものを GA の評価指標 ev2 とする。

$$ev2 = Rj + Rg + Rs \quad (2)$$



Fig.3 利便性適応範囲

3) 経済性 (ev3) : この評価は、地価に対する効率を高めることを目的としている。本システムでは、駅周辺の地域の高さが高いほど、駅周辺以外の地域の高さが低いほど高く評価するものとする。Fig.4 中の黄色部分 (1220 個) で示した領域の、階数が 4 階以下なら 1point 加算する。また黄色部分以外で示した領域の階数が 9 以上なら 1point 加算する。領域に存在する 4 階以下のセルの個数を Nk、領域以外に存在する 9 階以上のセルの個数を Nm とすると、式(3)に示すように、それらの合計を GA の評価指標 ev3 とする。

$$ev3 = Nk + Nm \quad (3)$$

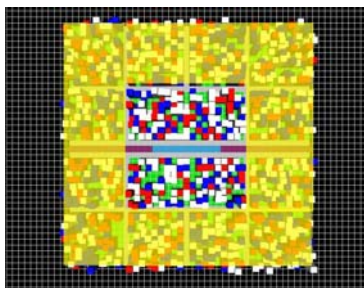


Fig.4 経済性適応範囲

4) 騒音性 (ev4) : この評価は、騒音に対する住環境を確保することを目的としている。線路沿いは電車の騒音が大きいが想定できるため、Fig.5 中に示す黄色部分 (セル数 520 個) で示した領域に住居が存在しなければ 1point 加算する。領域に存在する住居以外のセルの個数を Ns とすると、式(4)に示すように、住居以外のセルの個数を Ns が GA の評価指標 ev4 とする。

$$ev4 = Ns \quad (4)$$

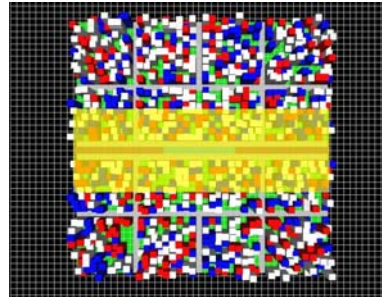


Fig.5 騒音性適応範囲

5) 接道 (ev5) : この評価は、住居に対する採光性や通風性を高めることと、更に緑地は道路に面している方がよいと考えられるので、道路に面していることで緑地の利便性を高めることを目的としている。線路と平行の 2 つの道路沿いに住居と緑地のセルが存在すると 1point 加算される。設定した領域に存在する住居の個数を Nj、緑地の個数を Nr とし、式(5)に示すように、それらの合計を GA の評価指標 ev5 とする。

$$ev5 = Nj + Nr \quad (5)$$

6) バランス (ev6) : この評価は、各用途の容積の割合を設定する。ここでは、その割合を住居 : 業務 : 消費 = 2 : 1 : 1 と仮定する。高さ方向も含めて、住居、業務、商業のセルの個数を数え、その割合が 2 : 1 : 1 になると高く評価する。Fig.6 に示す評価関数を設定する。ここで、Njp, Ngp, Nsp はそれぞれ住居、業務消費のセルの個数を表す。住居、業務、消費のそれぞれの評価を evj, evg, evs とすると式(6)で示すように、これらの積を GA の評価指標 ev6 とする。

$$ev6 = evj \times evg \times evs \quad (6)$$

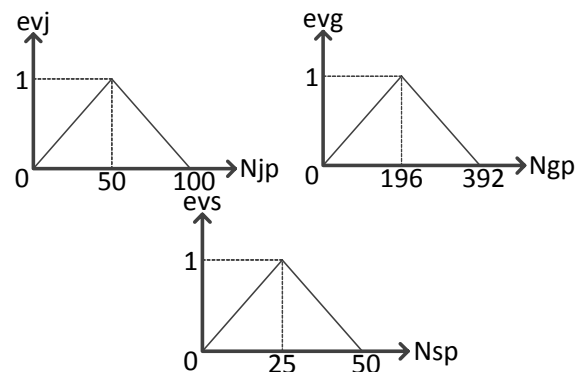


Fig.6 バランス評価で用いる評価関数

7) 緑地指数 (ev7) : この評価は、駅や道路などを除いた平

面に対する緑地の割合を設定する。ここでは、その割合を15%と設定する。道路や駅などを除いた全セルの個数が1312個であるので、15%の緑地のセル数は196個となる。つまり、対象領域に対して緑地の個数が196個に近いほど高く評価する、Fig.7に示す評価関数を設定し、GAの評価指標とする。

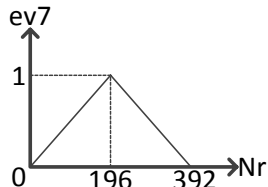


Fig.7 緑地指数評価で用いる評価関数

4. シミュレーション

4.1. 概要

本研究では、全部で9パターンのシミュレーションを行った。総合評価値EVを式(7)で算出するものとし、Cases1~7では、ev1~ev7の各評価指標を単独で実行し、Case8では、各各評価指標の相加平均で実行した。また、Case9では各評価指標の重み付き相加平均で実行した。なお、式(7)中の f_i は重み係数であり、Case8では全て1、Case9ではTable1に示すように1~3の3段階に設定した。また、 Ev_i はev1~ev7の評価値をCases1~7で各評価指標を単独で実行した結果から判断し、100前後となるように基準化を行った。Table2に、Cases1~9で用いたGAの初期設定(世代数、家族数、乱数)を示す。

$$EV = \left(\sum_{i=1}^7 (Ev_i \times f_i) \right) / \left(\sum_{i=1}^7 f_i \right) \quad (7)$$

Table1 重み付き相加平均の係数

周辺環境	利便性	経済性	騒音性	接道	バランス	緑地指数
3	2	3	1	1	2	2

Table2 GAの初期設定

	世代数	家族数	乱数
Case1	200000	10	1
Case2	1000	10	1
Case3	200000	10	1
Case4	10000	10	1
Case5	5000	10	1
Case6	5000	10	1
Case7	10000	10	1
Case8	300000	10	1
Case9	300000	10	1

4.2. 実行結果

Figs.8~13、Tables 3~8にCases 1、3、4、7、8、9の実行結果と評価値の一覧を示す。

Case1: 周辺環境

Table3 Case1 周辺環境 評価値一覧

ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	EV
8138	80	720	417	61	0.257	0.633	8138

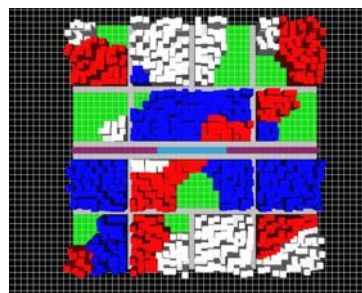


Fig.8 Case1 周辺環境 実行結果

Case2: 利便性

Table4 Case2 利便性 評価値一覧

ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	EV
2262	88	700	349	76	0.366	0.429	88

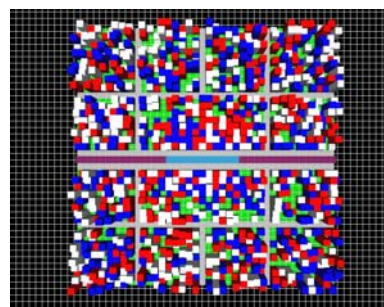


Fig.9 Case2 利便性 実行結果

Case4: 騒音性

Table5 Case4 騒音性 評価値一覧

ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	EV
2486	63	692	440	71	0.187	0.276	440

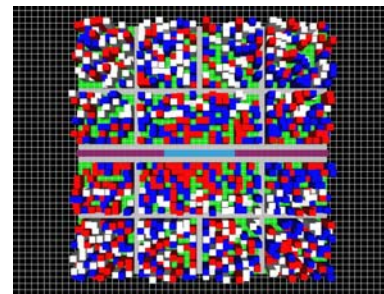


Fig.10 Case4 騒音性 実行結果

Case5: 接道

Table6 Case5 接道 評価値一覧

ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	EV
2252	69	752	367	150	0.386	0.066	150

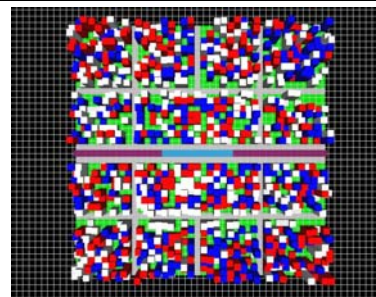


Fig.11 Case5 接道 実行結果

Case8 : 相加平均

Table7 Case5 相加平均 評価値一覧

ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	EV
4902	88	1010	432	150	1	1	94.65

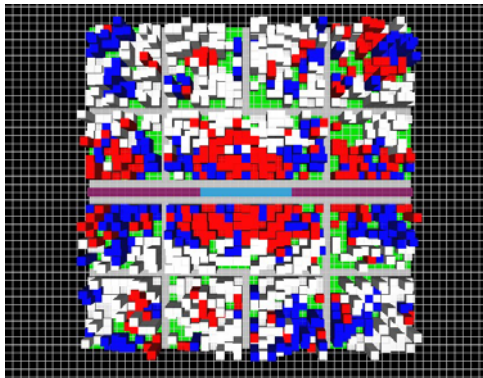


Fig.12 Case8 相加平均 実行結果

Case9 : 重み付き相加平均

Table8 Case9 重み付き相加平均 評価値一覧

ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	EV
5418	88	1169	402	148	1	1	94.49

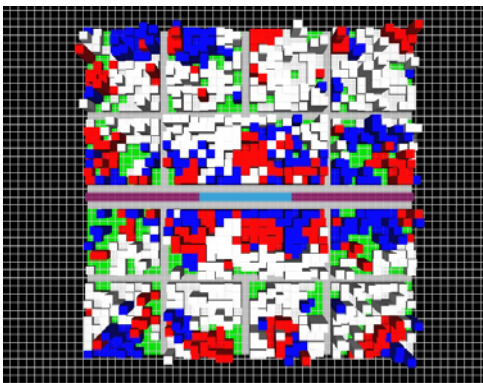


Fig.13 Case9 重み付き相加平均 実行結果

5. 考察

Cases1~7では、各評価指標を単独で用いたシミュレーションを行った。その結果、それぞれの評価関数に応じた最適化が行われた。Case1の周辺環境に関する評価はその他の評価指標のみを評価して最適化を行うと総じて低くなる傾向があるため、重要な評価であることが分かる。また、バランスや緑地指数のような割合を設定する評価指標も、その他の評価指標のみを評価して最適化を行った場合には、評価値が低くなる傾向があった。一方、Case4の騒音性に関する評価は、その他の評価指標のみを評価して実行しても比較的高い評価値が得られたため、本研究で用いた設定では、他の条件と組み合わせても最適化が容易な評価であることが分かる。また、Case1の周辺環境に関する評価は、全実行世代にわたって評価値が上昇し続けた。これは住居、業務、消費、緑地の4地域全てに関する評価であったためと考える。これに対して、Case4の騒音性のよ

うなある地域や指定した領域に関する評価では、早い世代で最大値が得られることが多かった。

Case9では、Case8の評価指標に、周辺環境と経済性に3、利便性とバランスと緑地指数に2、騒音性と接道に1の重みを与えた。その結果、周辺環境に最大の重み3を付けたことにより、Case8の結果と比べると、周辺環境の評価値が4902から5418に増加し、それぞれの地域に纏まりが生まれ、各地域の境界も明確となった。一方、Case5の接道に最少の重み1を付けたことにより、Case8の結果と比べると、経済性の評価値が150から148に減少し、設定した重みに応じた最適化が行われたことが分かる。一方、利便性とバランス、緑地指数の評価指標はCase8とCase9を比べても、重みに左右されず値が変化しなかった。総合評価のEVも重みによって増加した評価指標と減少した評価指標があったために、Case8とCase9を比べて値がほとんど変化しなかった。つまり、相加平均をとる総合的な評価指標では世代数が同じであると、値はほぼ同じ位であるということが分かった。

6. 結論

本システムでは、GAを用いることで無数に存在する都市形態の中から、評価指標に応じた最適な都市形態を得る事が出来た。しかし、本システムの評価指標による最適解は、現実の都市計画における最適解とはなり得ないことや、妥当性がないことも考えられるが、本システムは新たな都市のあり様を考えるプロセスを経ていく上で有用なツールであると考えている。⑤シミュレーションした結果が唯一解ではなく、まちづくりを進めていく上での参考となればよく、また、住民の意見を取り入れた評価を用いることで、住民の望む都市の姿を3D化することや色分けすることにより、可視化することで共通のイメージを持つことが出来る。共通のイメージを明確に持つことで、住民間の議論を活性化し、新たな都市の可能性を探索する。これが繰り返し行われることで、より良いまちづくりが進行していくと考える。

[参考文献]

- 1) 高橋睦、宇都正哲、井上泰一、松岡末季、水石仁：都市輸出ビジネス（上）、知的資産創造、2010年12月号
- 2) 有馬 隆文、大畑浩介、坂井猛、萩島哲：歴史地区まちづくりワークショップを支援するシステムの開発と応用、九州大学大学院人間環境学研究院紀要、2003
- 3) 北野宏明：遺伝的アルゴリズム、産業図書、1993
- 4) 佐藤浩之、河村廣、谷明勲：インタラクティブ都市空間構成システム-アンケートによるユーザ趣向の調査と支援ツールとしての可能性の研究-、第26回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集（論文）、127-132、2003
- 5) 栗本祐嗣、谷明勲、山邊友一朗：GAによる都市形態最適化に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集 53号・計画系、pp. 553-556、2013. 6.

*1 神戸大学大学院工学研究科 博士課程前期課程
 *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）