

個人の不動産嗜好を反映する iGenEstate システムの提案 iGenEstate system reflected individual property value

田島 由雅[†] 六井 淳[‡]
Yuga Tajima Jun Rokui

1 はじめに

近年、不動産業界で AI 技術を物件提案に活用する事例が多数挙げられている。高田氏らの研究 [1] では、深層学習 [2] を使用して間取り図を分析し、類似した間取り図をRecommendする手法を提案した。河村氏らの研究 [3] では、顧客情報や物件情報から、飲食店に適した物件をRecommendするために、Support Vector Machine[4] や決定木 [5], Random Forests[6] の 3 つのアルゴリズムを比較し、Random Forests を用いることで、物件をRecommendする有用性が示された。このような研究の活用によって、営業活動の一部効率化やコスト削減を可能としている。

本研究で提案する iGenEstate システムでは、さらなる営業活動の効率化及びユーザの物件に対する嗜好の反映が可能である。iGenEstate システムには遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA)[7] を使用することで、従来の賃貸物件検索システムと異なり、条件数に左右されないシステムが期待できる。

2 GA

2.1 GA の解表現方法

GA では、問題に対する解を染色体、解を構成する要素を遺伝子として表現し、遺伝的操作を加えるために染色体を配列に格納したものを個体として扱う。個体群はあらかじめ定めた個体数 M 個の個体の集合であり、1 世代目のみ個体群の生成を行う。問題の解が N 個の値から成り立つ、すなわち染色体が N 次元ベクトルとして表される時、個体 I_i の遺伝子は $x_1^i, x_2^i, \dots, x_N^i$ と表現できる。この時の染色体 \vec{x}_i は式 (1)、個体群 X は式 (2) の様に表示することができる [8]。

$$\vec{x}_i = \begin{pmatrix} x_1^i \\ x_2^i \\ \vdots \\ x_N^i \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$X = \{\vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_M\} \quad (2)$$

個体群 X は、解候補となる染色体 \vec{x}_i の集合とも表現できるが、プログラムとして実装する際は、染色体を配列に格納した個体 I_i の集合を個体群として扱い、遺伝的操作を加える。

$$I_i \in X \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (3)$$

2.2 GA の処理の流れ

GA の基本的な処理の流れは図 1 の通りである [8]。

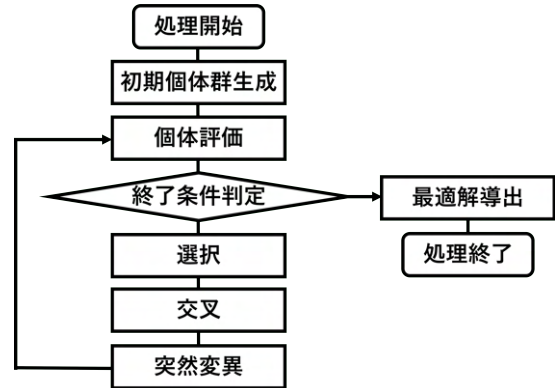


図 1 GA の流れ

初期個体生成では、染色体から個体をランダムに生成し、初期個体群を生成する。個体評価では、各個体の優劣を決定する指標である評価値 (evaluation value)[8] を評価関数 (evaluation function)[8] によって算出する。目標に達している場合は、最適解として最も評価値の良い個体を算出する。選択処理では、次の処理である交叉処理を行うための前準備として、現世代の個体群から次世代に残す個体を評価値に基づいて選出する。選出された個体集団から、2 個体ずつ選択し、交叉処理で使用する親個体とする。交叉処理では、親個体を交叉点 (crossover point)[8] で交配することで子個体を生成する。突然変異処理では、突然変異を起こすことで、いずれの親個体が持っていない遺伝子の子個体に持たせる。

3 提案手法

本研究で提案する iGenEstate システムの基盤となる GA での解表現方法とその流れを説明する。

3.1 解表現方法

本手法における解は、ナップザック問題 [9] の解表現方法を適用する。

染色体は、賃貸物件のデータ項目ごと用意し、遺伝子を物件 1 から物件 n まで並べた物とする。遺伝子は、染色体と同じデータ項目の各物件における値とし、データ項目別の染色体を配列に格納することで、それぞれの個体を生成する。

3.2 iGenEstate システム

iGenEstate システムの全体像を図 2 に示す。本手法のパラメータとして、物件数 x 、物件データ項目数 y 、個体数 M 、エリート保存選択で残す個体数 e 、目標世代交代数 s' 、突然変異確率 t 、物件データ項目ごとのユーザの希望条件 D_j ($j = 1, 2, \dots, y$)、物件データ項目ごとの物件の元データ Gf_j を与える。ただし、 M と e は偶数とする。

また、初期個体生成では、物件データ項目 Y_j ($j = 1, 2, \dots, y$) において、個体 I_{ji} ($i = 1, 2, \dots, M$) を生成し、現世代交代数 s における個体群 $K_j(s)$ と定める。

[†] 静岡県立大学大学院経営情報イノベーション研究科, Graduate School of Management and Information of Innovation, University of Shizuoka

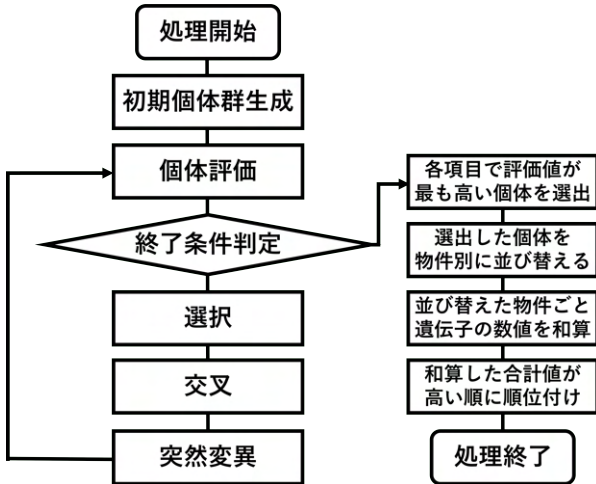


図 2 iGenEstate システムの流れ

3.2.1 個体評価

評価値が高い個体ほど良い解であると定義し、個体 I_{ji} の評価値 $fitness(I_{ji})$ を算出する評価関数を式 (4) とし示す。

$$fitness(I_{ji}) = \frac{\sum_{n=1}^x G_{jin}}{x} \quad (4)$$

なお、 G_{jin} は個体 I_{ji} の n 個目の遺伝子の数値を表している。

3.2.2 選択

選択処理では、トーナメント選択とエリート選択を使用する。

エリート保存選択では、現世代個体群から評価値が高い順に個体を並べ、上位 e 個を次世代に残す個体 I' として選択し、 $s+1$ 世代目個体群 $K_j(s+1)$ とする。

トーナメント選択では、現世代個体群 $k_j(s)$ からランダムに 2 個体を選出し、それぞれ個体 f_{ji} 、 m_{ji} ($i = 1, 2, \dots, \frac{M}{2}$) として、評価値を比較する。 $fitness(f_{ji}) > fitness(m_{ji})$ の時は個体 f_{ji} 、 $fitness(f_{ji}) < fitness(m_{ji})$ の時は個体 m_{ji} を選択し、選択した個体を選択群 $K'_j(s)$ とする。

3.2.3 交叉

一様交叉では、選択処理で生成された選択群 $K'_j(s)$ を使用する。最初に、物件データ項目ごと 1 列ずつ、ビット数 x のビット列 B_j をランダムに生成する。次に、選択群からランダムに 2 個体ずつ選出し、それぞれ個体 f'_{ji} 、 m'_{ji} ($i = 1, 2, \dots, \frac{M-e}{2}$) とする。 $B_{jv} = 0$ ($v = 1, 2, \dots, x$) の時、 $f''_{ji}[v] = f'_{ji}[v]$ 、 $m''_{ji}[v] = m'_{ji}[v]$ として遺伝子を交配する。 $B_{jv} = 1$ の時は、 $f''_{ji}[v] = m'_{ji}[v]$ 、 $m''_{ji}[v] = f'_{ji}[v]$ として遺伝子を交配する。

3.2.4 突然変異

本手法での突然変異における重みづけ処理は、評価関数での重みづけ処理 [10][11] のように世代ごとに各種パラメータを算出するといった複雑な計算をせず、遺伝子の数値に定めた値を和算することによって、遺伝子を別の値に変異させる。

突然変異を起こすために、交叉処理で生成した個体 f'_{ji} 、 m'_{ji} の遺伝子 $f''_{ji}[v]$ 、 $m''_{ji}[v]$ を突然変異確率 t の確

率で選出する。次に、ユーザの希望条件 D_j と遺伝子 $f''_{ji}[v]$ 、 $m''_{ji}[v]$ を比較し、重みづけ処理を行う。 $D_j = < f''_{ji}[v]$ もしくは $D_j = < m''_{ji}[v]$ の場合、次式で算出される W_j を $f''_{ji}[v]$ もしくは $m''_{ji}[v]$ に加える。

$$W_j = \frac{\sum_{n=1}^x G_{fjn}}{x} \quad (5)$$

$D_j > f''_{ji}[v]$ もしくは $D_j > m''_{ji}[v]$ の場合、次式で算出される W'_j を $f''_{ji}[v]$ もしくは $m''_{ji}[v]$ に加える。なお、 a は十分に大きい定数とする。

$$W'_j = \frac{W_j}{a} \quad (6)$$

$D_j = < f''_{ji}[v]$ もしくは $D_j = < m''_{ji}[v]$ で、尚且つ突然変異を起こす遺伝子の物件データ項目の元データ G_{fj} と別の物件データ項目 $G_{fj'}$ ($j' = 1, 2, \dots, y \cdot j' \neq j$) の間に相関関係が見られる場合、 x 座標に G_{fj} 、 y 座標に $G_{fj'}$ を置いた回帰直線 $y' = \alpha x' + \beta$ を用いて、次式で算出される W''_j を $f''_{ji}[v]$ もしくは $m''_{ji}[v]$ に加える。

$$W''_j = W_j - (G_{fj}[v] - (\alpha G_{fj'}[v] + \beta)) \quad (7)$$

その後、個体 $f''_{ji}[v]$ 、 $m''_{ji}[v]$ を $s+1$ 世代目個体群 $K_j(s+1)$ に加える。

3.2.5 解導出過程

終了条件判定で目標世代交代数に達した後、物件データ項目 Y_j において、評価値 $fitness(I_{ji})$ が最も高い個体を算出し、最適解 A_j となる最良個体 A'_{ji} を選出する。

$$fitness(A'_{ji}) = \max(fitness(I_{ji})) \quad (8)$$

$$A_j = A'_{ji} \quad (9)$$

各物件データ項目の最適解 A_j の遺伝子 A_{ji} ($i = 1, 2, \dots, x$) を物件別に並び替え、物件ごとに遺伝子に格納された数値を和算し、その合計値を物件最適値 X_i として算出する。

$$X_i = \sum_{j=1}^y A_{ji} \quad (10)$$

数値が大きい遺伝子が多く含まれるほど物件最適値は高くなり、順位が若いほどユーザの希望条件に適した物件と定義できる。

4 検証実験

4.1 検証内容及び手順

検証実験では、Jupyter Notebook [12] において、Python を用いてプログラム実装を行った。検証手順を Algorithm 1 に示す。

Algorithm 1 検証手順

```

1: 不動産情報サイト「HOME'S」と「SUUMO」から賃貸物件情報収集
2: 最大化問題用の GA の作成
3: 賃貸物件情報を GA に反映
4: iGenEstate システムの操作を被験者 1 名ずつ、計 45 名行う
5:  $count \leftarrow 1$ 
6: while  $count \leq 45$  do
7:   希望条件アンケート調査結果を GA に重みづけ処理によって反映
8:   GA の実装
9:    $sortedData \leftarrow$  全物件を物件最適値で降順に並べたデータ
10:   $top10 \leftarrow sortedData$  の上位 10 物件
11:   $Results \leftarrow$  ユーザ評価を保存するリスト
12:  for  $item$  in  $top10$  do
13:    ユーザに物件  $item$  を提示する
14:     $evaluation \leftarrow$  ユーザによるアンケート評価
15:     $Results.append(evaluation)$ 
16:  end for
17:   $count \leftarrow count + 1$ 
18: end while

```

4.1.1 研究材料

本研究では研究材料として、不動産賃貸物件を最も掲載している不動産情報サイト「HOME'S」[13]と一部の物件情報の補填の為に、不動産賃貸物件数 2 番手の不動産情報サイト「SUUMO」[14]を用いる。一人暮らしの大学生向けの不動産賃貸物件のレコメンドに焦点を当てているため、静岡市内の 4 大学 6 キャンパスから徒歩 25 分圏内の賃貸物件の収集を行った。また、一人暮らし向けの賃貸物件を収集するため、部屋の間取りが部屋の間取りが 1R・1K・1DK・1LDK のアパート及びマンションの賃貸物件に絞り、合計 605 物件分収集を行った。物件機能項目では、0 が格納されている項目は機能無し、1 が格納されている項目は機能有と表現している。図 3 に物件データ項目を示す。

物件基本情報項目	物件機能項目	
家賃 (万円)	バストイレ別	3口コンロ
	2階以上	押入れ
管理費 (万円)	駐車場	クローゼット
	室内洗濯機置	シューズボックス
敷金 (万円)	エアコン	ロフト
	ペット相談可	全面フローリング
礼金 (万円)	オートロック	角部屋
	独立洗面台	陽当り良好
築年数 (年)	別付コンロキッチン	風通し良好
	システムキッチン	眺望良好
最寄り駅からの 所要時間 (分)	IH	脱衣所
	都市ガス	洗面化粧台
	プロパンガス	TVインターホン
面積 (m^2)	オール電化	インターネット付
	2口コンロ	

図 3 物件データ項目

4.1.2 パラメータ設定

パラメータは、遺伝子数 605, 個体数 1000, 目標世代交代数 3000, エリート保存選択で残す個体数 50, 突然変異確率 0.01 と設定する。遺伝子数は物件数に相当する。本研究では解の項目数が 30 種類以上あることから解の多様性があると言える。多様性を保った状態で最適解を導くためには個体数や世代交代数を多く設定する必要がある [15]。また、評価過程以降の最適なパラメータは問題によって異なる [16][17]。本手法では、ユーザの希望に沿った解を次世代に残しつつ、適度に重みづけによる変異を起こす必要がある。以上のことから、前述のパラメータを適用する。

また、ユーザの希望条件はアンケート調査によって収集する。個体評価では、評価関数を式 (11) の様に設定する。

$$fitness(I_{j_i}) = \frac{\sum_{n=1}^{x'} G_{j_{in}}}{x'} \quad (11)$$

x' は遺伝子数、 i は各個体を判別する数値を示している。物件データ項目について、図 3 の項目の左上から下に向かって番号をつけた j の数値によって判別することとする。例えば、 $j = 5$ の時は「築年数」項目、 $j = 14$ の時は「オートロック」項目といった様に表す。世代交代を 3000 回行った後、提案手法で述べた解導出過程によって、各物件をユーザの希望条件に適した順に並び替える。

4.1.3 希望条件調査

アンケート調査は、Google Forms[18] を使用し、18 歳から 25 歳までのユーザとなる被験者 45 名に対しアンケート調査を行った。被験者の属性の内訳は、男性 25 名 (学生 17 名・社会人 8 名)、女性 20 名 (学生 13 名・社会人 7 名) である。本研究では、アンケート調査を 2 種類行うが、本手順では、1 種類目のユーザの希望条件調査アンケートを行う。希望条件調査アンケートでは、属性 (性別・職業) と物件基本情報項目の希望条件をラジオボタン形式、物件機能項目の希望条件をチェックボックス形式で回答してもらい、その結果を集計する。

4.1.4 重みづけ処理

ユーザの希望条件調査アンケートの結果を基に、突然変異において重みづけ処理を行う。本研究では、提案手法で述べた 3 種類の重みづけ処理を行う。式 (5) の重みづけ処理は、ユーザの希望条件を満たしている物件基本情報項目 (家賃・管理費・敷金・礼金・最寄り駅からの所要時間) と物件機能項目の遺伝子に対して行う。その場合の重み W_j を式 (12) に示す。

$$W_j = \frac{\sum_{n=1}^{x'} G_{f_{jn}}}{x'} \quad (12)$$

式 (6) の重みづけ処理は、ユーザの希望条件を満たしていない物件基本情報項目と物件機能項目の遺伝子とユーザの希望条件で選択されていない物件機能項目の遺伝子に対して行う。その場合の重み W'_j を式 (13) に示す。

$$W'_j = \frac{W_j}{a} \quad (13)$$

a は十分に大きい定数を示すが、本研究では $a = 10000$ と定め、検証を行う。極めて小さい数値の重み W'_j を設定

することで、希望条件を満たしている遺伝子と満たしていない遺伝子の差別化を図ることができる。

式 (7) の重みづけ処理は、ユーザの希望条件を満たしている物件基本情報項目 (築年数・面積) の遺伝子に対して行う。賃貸物件は一般的に面積が広くなれば、それに伴って家賃も高くなるという相関関係が判明している [19]。このことから、本研究の物件データ項目のうち、物件元データに 0 以外の実数値が格納されている「家賃・築年数・面積・最寄り駅からの所要時間」の各項目同士でも相関があると仮定した。本研究の物件データ項目のうち築年数と面積における重みづけ処理に回帰直線と各物件の元データの関係を用いることとする。

築年数での重みづけ処理では、家賃を x 座標、築年数を y 座標に置いた散布図より得た、回帰直線 $y = -5.9534x + 52.07$ を使用する。 x に各物件の家賃を入れることで、回帰直線上の築年数の予測値が得られることから、その予測値と元データの各物件の築年数の実測値の差を誤差と定義する。誤差を式 (14)、式 (12) から誤差を除算した数値を重みに設定し、式 (15) として示す。

$$e_{5n} = Gf_{5n} - (-5.9534Gf_{1n} + 52.07) \quad (14)$$

$$W''_{5n} = W_5 - e_{5n} \quad (15)$$

Gf_{1n} は元データの家賃項目における $n(n = 1, 2, \dots, 605)$ 個目の遺伝子の数値、 Gf_{5n} は元データの築年数項目における n 個目の遺伝子の数値を示している。

面積での重みづけ処理では、家賃を x 座標、面積を y 座標に置いた散布図より得た、回帰直線 $y = 5.2557x + 3.6643$ を使用する。築年数同様、回帰直線上の面積の予測値と元データの各物件の面積の実測値の差を誤差として算出し、式 (12) から誤差を除算した数値を重みとして設定する。誤差を式 (16)、設定した重みを式 (17) として示す。

$$e_{7n} = Gf_{7n} - (5.2557Gf_{1n} + 3.6643) \quad (16)$$

$$W''_{7n} = W_7 - e_{7n} \quad (17)$$

Gf_{7n} は元データの面積項目における n 個目の遺伝子の数値を示している。

築年数と面積における重みづけ処理で重み W''_{jn} ($j = 5, 7$) を用いることを示したが、算出した誤差が大きくなり、 W''_{jn} が 0 以下になってしまう場合は、 W''_{jn} を用いることとし、突然変異が起こる際は必ず遺伝子の数値が増加するように設定する。

4.1.5 ユーザによる物件評価

最後に、iGenEstate システムから出力された物件の評価アンケート調査をユーザに行う。アンケート内容は表 1 の通りである。

質問 1	提示した物件の総合評価を 10 段階評価で回答してもらおう (数値が高いほど高評価)
質問 2	提示した物件のうち好みの物件を最大 5 件まで選択してもらおう
質問 3	好みの物件だと感じた理由を回答してもらおう
質問 4	好みの物件以外の物件について、選択しなかった理由を回答してもらおう
質問 5	提示した結果に対する質問や疑問があれば、回答してもらおう

表 1 物件評価アンケート

本研究の目標として表 1 の質問 1 の総合評価の平均点 8.0 点以上の獲得及び質問 2 で選択される物件のうち選択票数上位 5 物件が物件最適値の上位 5 物件となることを目指す。

4.2 検証結果

4.2.1 GA の挙動

iGenEstate システムで算出される物件最適値の挙動を図 4 と図 5 に示す。図中の x 軸に世代交代数、 y 軸に物件最適値を取り、図 4 は最終世代での物件最適値上位 50 物件、図 5 は物件最適値下位 50 物件の結果を示している。

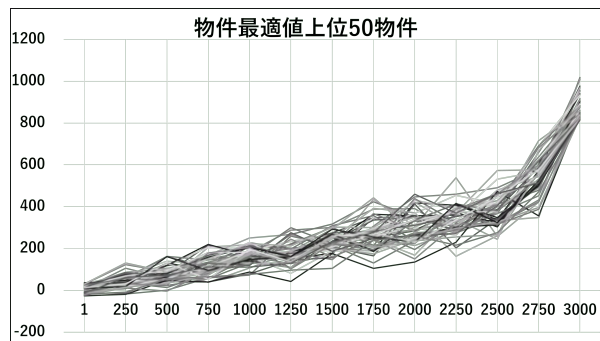


図 4 物件最適値上位 50 物件の挙動

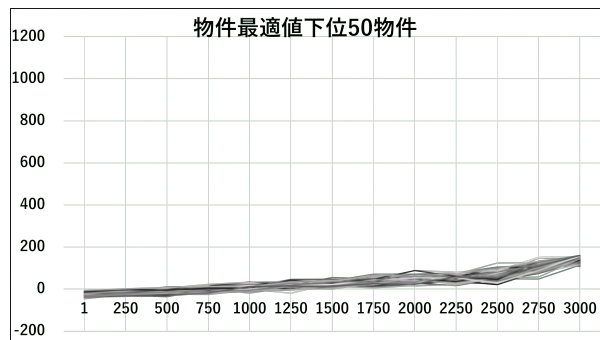


図 5 物件最適値下位 50 物件の挙動

2000 世代目までは良い解集合と悪い解集合にあまり差はないが、2500 世代目以降、急激に差が開いており、それぞれの集合で収束傾向となっている。このことから、2500 世代目以降に最良個体となる物件の明確な判別がなされていると考えられる。特に、突然変異の重みづけ処理は世代交代数を重ねるごとに物件最適値の明確な差を生み出すため、良い解集合と悪い解集合への収束に寄与している。

4.2.2 物件評価アンケート結果

図 6 の上図に物件評価アンケートの質問 1、下図に質問 2 の結果を示す。図 6 より、本研究の目標を達成したことが確認できる。質問 3 では、家賃に対する各物件項目の充実度によって、好みの物件の判別を行っているといった結果が得られた。質問 4 では、物件基本情報項目が希望通りでないことから、好みの物件でない判断しているといった結果が得られた。

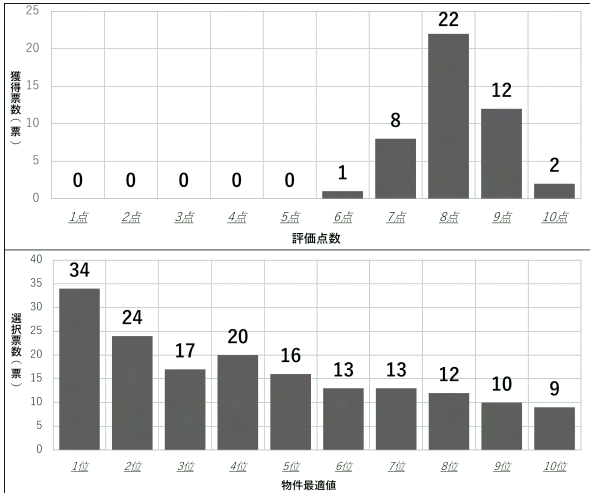


図6 物件評価アンケート結果

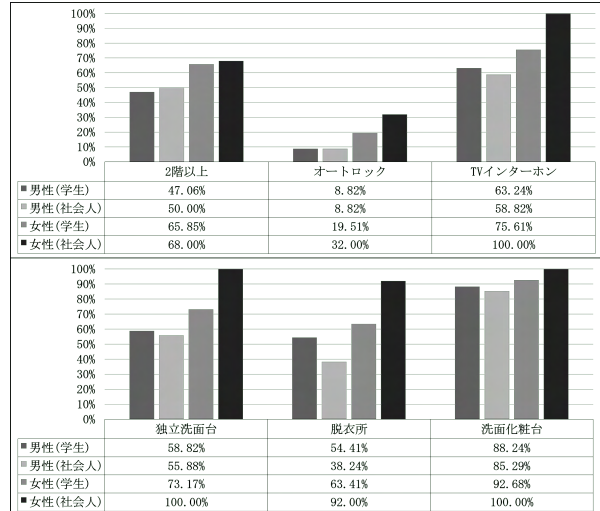


図8 物件機能項目の属性別平均値の結果

4.2.3 選択物件の属性別結果

質問2で選択された物件の特徴を被験者の属性別に示す。図7は、選択物件の物件基本情報項目の各項目の平均値を属性別に算出した結果を表している。上図は「家賃・管理費・敷金・礼金」、下図は「築年数・最寄り駅からの所要時間・面積」の項目での結果を示す。

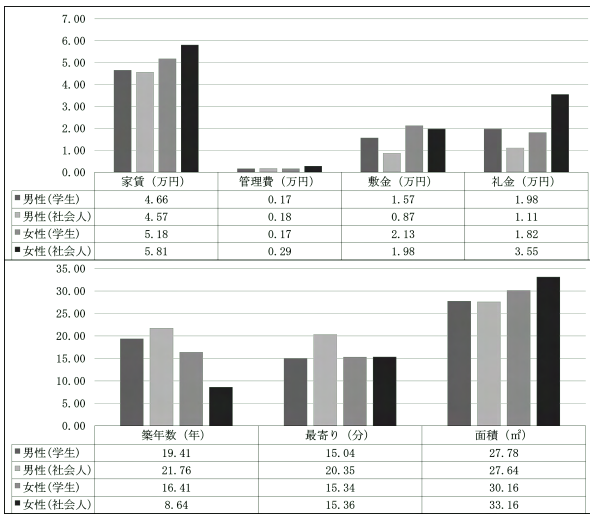


図7 物件基本情報項目の属性別平均値の結果

図7より、男性に比べて女性の方が費用面に対する許容額が高いことが確認できる。また、家賃と相関関係がある築年数と面積は被験者の希望条件を満たす遺伝子が他項目の遺伝子より多く、面積では95%以上の遺伝子がユーザの希望を満たしていた。

また、物件機能項目の各項目が選択物件に付随している割合を属性別に算出した結果のうち、単一属性もしくは複数属性で希望人数が多い項目の結果を図8に示す。図8の上図は「2階以上・オートロック・TVインターホン」、下図は「独立洗面台・脱衣所・化粧洗面台」の結果を表している。

物件機能項目全体では、希望条件が男性に比べて、2~3個多い女性の場合でも、選択物件の8割に希望通りの項目が付随していた。特に、女性の希望割合が多い、セキュリティ面の項目や身だしなみ面の項目では、いずれも男性より女性の選択物件に付随している割合が高かった。このことから、遺伝子に対する重みづけ処理の差別化が効果的に表れており、希望条件を重視した物件探索ができています。

5 おわりに

本研究では、GAを基盤とするiGenEstateシステムを使用した賃貸物件の検索システムを提案した。検証実験では、GAの突然変異過程での3種類の重みづけ処理によって、希望条件の反映を行い、物件最適値を導出することで最適な物件を決定した。検証結果より、ユーザの希望条件反映の要となる突然変異での重みづけ処理によって、ユーザの嗜好に合った物件を8割以上厳選することや物件データ項目同士の差別化の有用性が示された。一方、突然変異確率によって重みづけ処理の回数が左右されることや重みの算出を希望条件の有無のみで判断していることから、項目同士のバランス調和やユーザの希望項目に対する細かな重視度の反映が不十分であったことが示された。このような課題に対し、対話型遺伝的アルゴリズム (interactive Genetic Algorithm: iGA)[20] を用いて、ユーザの嗜好を直接反映することができる評価部の実装を検討する。

参考文献

- [1] 高田祐樹, 井上直人, 山崎俊彦, 相澤清晴, “深層特徴量を用いた類似間取り図検索”, 人工知能学会全国大会論文集, pp.1-4, 2017.
- [2] 藤吉弘巨, 山下隆義, “深層学習による画像認識. 日本ロボット学会誌, pp.180-185, 2017.
- [3] 河村一輝, 諏訪博彦, 小川祐樹, 荒川豊, 安本慶一, 太田敏澄, “飲食店向け不動産営業を支援する申込み顧客推薦モデルの提案”, 人工知能学会論文集, pp.1-10, 2017.
- [4] 小野田崇, “サポートベクターマシンの概要”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会機関誌, vol.46, no.5, pp.3-8, 2001.
- [5] Tim Menzies, Ying Hu, “Data Mining for Very Busy People”, IEEE Computer, pp.18-25, 2003.
- [6] Leo Breiman, “Random Forests”, Machine Learning, vol.45, no.1, pp.5-32, 2001.

- [7] 宮坂史和, “用語解説 (第 93 回テーマ: 遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm))”, 電力・エネルギー部門誌, pp.10-2018.
- [8] 大谷紀子, “進化計算アルゴリズム入門 生物の行動科学から導く最適解”, 株式会社オーム社, pp.11-18, 2018.
- [9] 篠埜功, 胡振江, 武市正人, 小川瑞史, “ナップサック問題およびその発展問題の統一的解法”, 日本ソフトウェア科学会大会論文集, vol.17, pp.1-4, 2000.
- [10] 石川英太郎, 石田崇, 後藤正幸, “評価関数の重みパラメータを推定する対話型遺伝的アルゴリズム”, 電子情報通信学会 技術研究報告 AI2010-37, pp.37-42, 2010.
- [11] 岡田靖男 “多目的 GA における重み付け選択手法の解への影響”, 同志社大学理工学部インテリジェント情報工学科 知的システムデザイン研究室 第 37 回月例発表会, 2018.
- [12] Jupyter, “Jupyter Notebook”,
<https://jupyter.org/>.
- [13] LIFULL HOME' S, “【ホームズ】不動産売買・賃貸・住宅情報サイト”,
<https://www.homes.co.jp/>.
- [14] SUUMO, “SUUMO【公式サイト】日本最大級の不動産サイト SUUMO”,
<https://suumo.jp/>.
- [15] John J.Grefenstette, “Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol.16, no.1, pp.122-128, 1986.
- [16] Andrew Tuson, Peter Ross, “Cost Based Operator Rate Adaptation: An Investigation”, International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, pp.461-469, 1996.
- [17] Robert Hinterding, Harry Gielewski, Thomas C. Peachey, “The Nature of Mutation in Genetic Algorithms”, Proceedings of the 6th International Conference on Genetic Algorithms, pp.65-72. 1995.
- [18] Google Forms, “Google Forms: オンラインフォーム作成ツール”,
https://www.google.com/intl/ja_jp/forms/about/.
- [19] 本村駿乃介, 高木英行, “受容度を用いた賃貸物件データベース検索に関する研究”, ファジィシステムシンポジウム 講演論文集, vol.34, pp.775-780, 2018.
- [20] Sushil J Louis, Rilun Tang, “Interactive Genetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem”, Proceedings of the 1st Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, pp.385-392, 1999.