

# 情報科学技術を用いた建築・都市モデルの創生

## Emergence of Architectural and Urban Models using Methods of Information Science

谷 明勲<sup>†</sup> 山邊 友一郎<sup>‡</sup>

Akinori TANI<sup>†</sup> and Yuichiro YAMABE<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> ‡ 神戸大学大学院工学研究科

<sup>†</sup> ‡ Graduate School of Engineering, KOBE University

E-mail: <sup>†</sup> tani@arch.kobe-u.ac.jp, <sup>‡</sup> yamabe@kobe-u.ac.jp

### 1. はじめに

筆者らは、昨年度の第43回画像電子学会年次大会で実施された懇談会『「建築と画像電子」技術の融合を考える』を踏まえ、昨年12月に設置された画像電子学会の第二種委員会の「建築と画像電子の共通領域(AIM)研究会」に参加し、建築と画像電子の共通領域に関する議論を行っている。昨年の特別講演<sup>[1]</sup>では、「建築情報モニタリングの現状と課題」と題して、筆者らの研究グループで実施しているモニタリング関連の研究例を紹介したが、建築と画像電子の両方に関連する研究テーマは、情報モニタリングに関連するもの以外にもあると考えられる。

筆者らの研究グループでは、情報モニタリングに関する研究以外にも、情報科学や計算科学の手法を用いた様々な研究を行ってきた。建築・都市の計画・設計は、基本的に多目的の組み合わせ最適化問題の解を得る事と等価であると考えられる。しかし、目的関数や設計変数の数が多く、その最適化は容易ではない。このため、筆者らの研究グループでは、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)<sup>[2]</sup>や多目的遺伝的アルゴリズム(Multi-Objective GA: MOGA)<sup>[3]</sup>等の創発的な最適化手法を導入した研究を行っている。また、「建築」の利用者は人間で、それぞれ固有の感性や主観的な評価を最適化に取り入れることも重要な課題となる。これについては、ファジィ理論<sup>[4]</sup>で用いられる帰属度関数を最適化の評価関数として導入し、主観的評価を考慮した最適化を行い、その妥当性の検討を行っている。さらに、マルチエージェントシステム(Multi-Agent System: MAS)<sup>[5]</sup>を用いて、人間行動を考慮した施設配置の最適化に関する検討も行っている。

本稿では、筆者らの研究グループでこれまでに行った建築・都市に関する最適化問題に関する研究事例を紹介し、建築と画像電子の共通のテーマを考える端緒となればと考える。

### 2. 建築物の有する特徴とその最適化

建築物は、1)大規模で複雑で使用される部品数も非

常に多い、2)施工に要する時間が長く、携わる人の数も多い、3)多目的性・多機能性を有する、4)耐用年数が長い、5)不確実な外乱、6)価格が高い、等の特徴を有する一つの工業製品であると考えられるが、一般の工業製品と同様の意識は、これらの特徴から共有されにくいと思われる。また、7)空間の評価は、人間の主観や感性等を基に行われる、8)空間を使用する人間の行動を考慮する必要がある、等の特徴も有している。

さらに、建築学は最先端の学問領域ではないが、人々の最先端のライフスタイルを反映する必要がある学問領域でもある。このような問題の最適化を考える場合には、以下の点を考慮する必要があると考え、情報科学や計算科学の手法を導入している。

- 1)膨大な解空間における解探索：遺伝的アルゴリズムやABCアルゴリズム<sup>[6]</sup>等の導入
- 2)人間の主観的判断の考慮：ファジィ理論や帰属度関数の評価関数への導入
- 3)多目的性の考慮：多目的最適化手法の導入
- 4)人間行動の考慮：マルチエージェントシステムの導入

以下では、上記の観点を踏まえた最適な建築・都市モデルの創生に関する研究事例を紹介する。

### 3. 研究事例紹介

#### 3.1 駅を中心とした建物配置の最適化

事例1では、「GAによる駅を中心とした建物配置の最適化」<sup>[7]・[8]</sup>を示す。この研究は、住民の意見を反映可能なまちづくり支援システムの構築にGAを用いた。

図1に、事例1で想定した対象地域を示す。ここでは、400m×400mの敷地を想定し、1セルは高さ5m、奥行10m、幅10mと仮定する。また、セルの用途は住居、業務、消費、複合、緑地の5種類とし、図1中に示すように色分けする。駅、線路、道路は予め設定し、残りの部分(1312セル)に5種類の用途のセルを配置する。各セルに用途と高さを設定するため、遺伝子型(G-Type)では、前半の1312の遺伝子座で用途(0~4)を、後半の1312の遺伝子座で高さ(1~10)を指定する。な

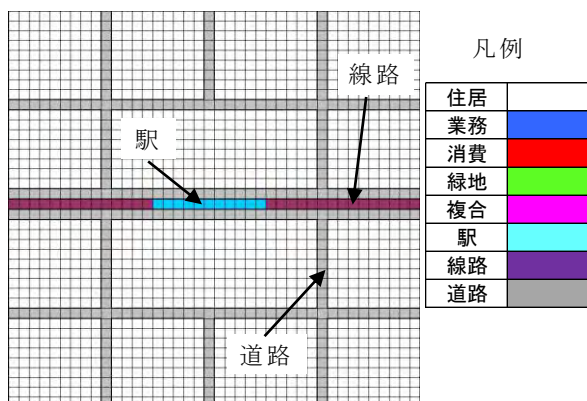


図1 事例1の対象地域<sup>[8]</sup>

お、緑地の高さは0とする。

GAの評価関数としては、以下の9項目を設定する。

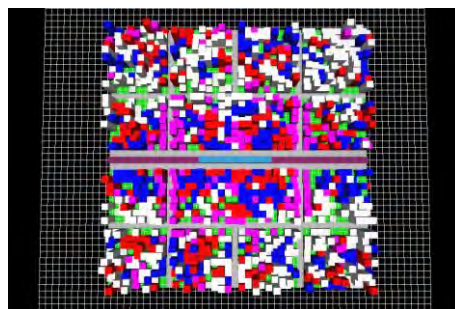
- 1) 周辺環境(*ev1*)：各建物の周辺環境を整えることを目的とし、同種のセルを集中させるための評価
  - 2) 利便性(*ev2*)：駅からの建物に対する利便性として、アクセスのし易さを高めることを目的とした評価
  - 3) 土地利用効率(*ev3*)：駅周辺の地価の高い領域の高層化と駅周辺以外の領域の低層化を目的とした評価
  - 4) 騒音性(*ev4*)：線路沿いの領域の騒音に対する住環境を確保するための評価
  - 5) 接道(*ev5*)：住居に対する採光性・通風性等と緑地の利用性を高めることを目的とし、緑地が道路に面するように配置されることを評価
  - 6) 複合用途(*ev6*)：駅周辺に複合用途の建物を配置することを目的とし、駅周辺の指定範囲内に複合用途の建物が配置されることを評価
  - 7) 採光性(*ev7*)：採光性の確保を目的とし、建物の採光可能な南向きの面の大きさを評価
  - 8) バランス(*ev8*)：住宅、業務、消費、複合建物の割合が指定した割合(住宅：業務：消費：複合=16:9:9:6)に近いことを評価
  - 9) 緑地指数(*ev9*)：*ev8* で設定していない緑地面積が設定した割合(全体の15%, 196セル)に近いことを評価
- 上記の *ev1*~*ev9* の各評価項目に対して得られた評価値 *EV1*~*EV9* を用いて、式(1)に示す各評価項目に対する重み  $f_i (i=1\sim 9)$  を考慮した重み付き平均で総合評価値 *EV* を求め、*EV* の最大化問題として最適化を行う。なお、一般に、GA を用いた最適化では、交差率、突然変異率等の遺伝的パラメータの調整が必要となるが、この研究は遺伝的パラメータの設定が不要なパラメータフリー遺伝的アルゴリズム (Parameter-free Genetic Algorithm : PfGA) <sup>[9], [10]</sup> を用いている。

$$EV = \left( \sum_{i=1}^9 (EV_i \times f_i) \right) / \left( \sum_{i=1}^9 f_i \right) \quad (1)$$

図2, 3に最適化結果として得られた形態と、各評価

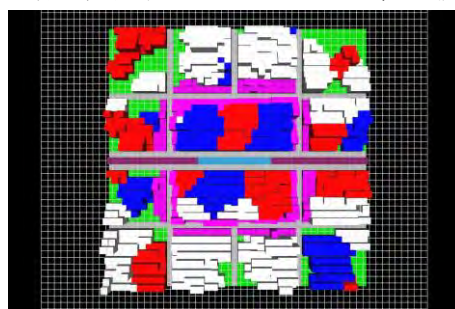
項目に与えた重みと各評価値を示す。なお、図2の場合は各評価項目に対する重みを全て1とし、図3の場合は、*ev1*：周辺環境、*ev3*：土地利用効率、*ev4*：騒音性、*ev6*：複合用途、*ev7*：採光性について、図中に示すように図2の場合より大きな重みを設定した。その結果、図3に示す最適化結果では、重みを設定した評価項目の評価値は図2の場合の評価値より高くなり、最適化の意図に応じた結果が得られることがわかる。一方、重みを設定していない *ev2*：利便性の評価は変化しなかったが、*ev5*：接道、*ev8*：バランス、*ev9*：緑地指数に対する評価値は図2の場合より低くなった。このため、最適な建物配置を決定するためには、複数回の試行で得られた結果を検討する事が必要と考える。

この事例では、複数の評価項目に重みを付し、その重み付き平均で求めた総合評価値を用いた最適化例を示した。ここでは、一般的に考え得る評価関数を設定して最適化を行ったが、必要に応じて住民の意見を反映した評価項目を適宜追加すれば、実際のまちづくりに本システムを適用することが可能となると考える。



ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	ev8	ev9
1	1	1	1	1	1	1	1	1
EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9
75.1	106	87.3	96	82	64	32.6	100	100

図2 最適化結果1と設定した重み、評価値<sup>[8]</sup>



ev1	ev2	ev3	ev4	ev5	ev6	ev7	ev8	ev9
5	1	5	3	1	3	5	1	1
EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9
154	106	93.1	100	48	102	84.8	68	90

図3 最適化結果2と設定した重み、評価値<sup>[8]</sup>

### 3.2 住宅施設配置の最適化

事例2では、「多目的GAを用いた住宅施設配置最適化システム」<sup>[11], [12]</sup>を示す。この研究では、住宅地内の施設配置の最適化に関して、PfGAを用いた単目的最適化とSPEA2<sup>[3]</sup>を用いた多目的最適化について検討

を行ったが、ここでは、多目的最適化の例を示す。SPEA2では、設定した評価項目に対してパレート最適解集合を求めることができる。

図4に、事例2の対象地域を示す。敷地は100m×100mとし、1セルは高さ2.5m×2.5mと仮定する。また、住宅地内の施設は、図5に示す住棟4種類と、公園、コミュニティセンター各1種類を設定する。なお、住棟高さは、1, 2, 3階建てを想定し、高さは各々2.5m, 5m, 7.5mと仮定する。また、各施設は図5に示す基準セルを用いて配置する。このシステムでは、図6に示すフローに従い、まず敷地内の主要道路を生成した後、敷地内にユーザが設定した数の住棟と公園2か所、コミュニティセンター1か所を配置し、最後に、各住棟・施設に接続するその他の道路を生成する。なお、基準セルを用いて住棟・施設を配置した場合、住棟の重なり、道路上や敷地外に施設が配置されることが想定されるため、このような状況の回避処理を導入する。

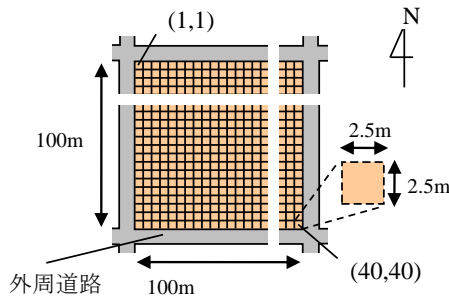


図4 事例2の対象地域<sup>[10]</sup>

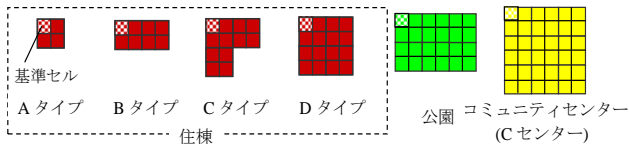


図5 事例2の構成要素<sup>[11]</sup>

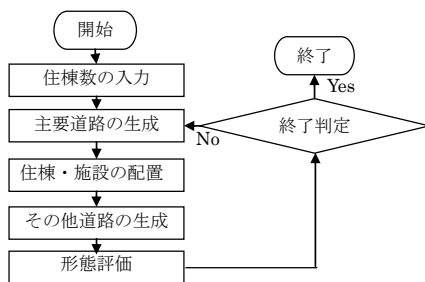


図6 事例2のシステムのフロー<sup>[11]</sup>

GAの評価関数としては、以下の9項目を設定する。

- 1) 制約条件( $Ev.0$ ): 配置された住棟・施設の敷地からはみ出しと、他の住棟と重複配置、住棟・施設が道路に接しない場合に、その数に応じて評価値を低減
- 2) 近接度( $Ev.1$ ): 公園とコミュニティセンターと各住棟間の道路距離の平均値を各々  $Ev.1\_1$ ,  $Ev.1\_2$  とし、各評価値の相加平均で  $Ev.1$  の評価値を算定

- 3) 住棟周辺環境評価( $Ev.2$ ):  $Ev.2\_1$  として住棟の採光性を日影面積で、 $Ev.2\_2$  として住宅周辺環境を住棟周辺の住棟・施設の数で、その値が小さい程高評価とし、各評価の相加平均で  $Ev.2$  の評価値を算定

- 4) 道路評価( $Ev.3$ ): 道路の総延長距離が短いほど高く評価し  $Ev.3$  の評価値を算定

なお、 $Ev.1 \sim Ev.3$  では、それぞれの評価に帰属度関数を設定して評価値を求めている。なお、最適化は、各評価値の最大化問題として実行した。

表1に示す住棟数を設定した場合の最適化結果を図7に示す。なお、図7中の解の選択方法を表2に示す。また、各評価値の一覧を表3に示す。さらに、表2中④のパレート解の分布を図8に示す。

表1 住棟の配置個数と住棟・施設の面積割合<sup>[11]</sup>

	A	B	C	D	合計	住棟・施設面積割合
配置住棟数	15	15	15	15	60	42.75%

表2 多目的最適化の解の選択方法<sup>[11]</sup>

選択解	選択解の評価の特徴
①	$Ev.1$ が最大
②	$Ev.2$ が最大
③	$Ev.3$ が最大
④	$Ev.1, Ev.2, Ev.3$ の相加平均が最大

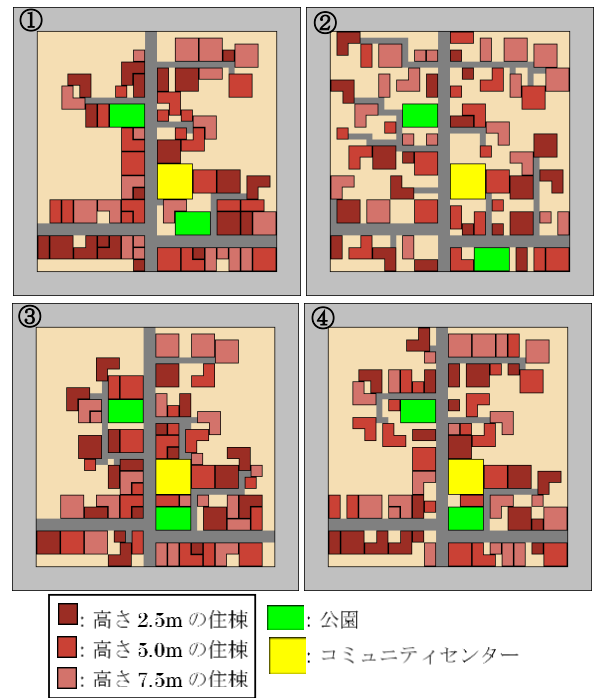


図7 事例2の最適化結果<sup>[11]</sup>

表3に示す最適化結果の評価値から、最適解の選択方法に用いた評価値は高くなるが、他の評価の値は低くなることわかる。また、図7に示す最適化結果の施設配置にも、最適化に用いた評価が反映されている。図7の②では、住棟周辺環境の評価が高くなるように、各住棟は間を空けて配置されており、③では道路の総延長が短く接道条件を満足する結果が得られている。

表 3 多目的最適化の評価値一覧<sup>[11]</sup>

	①	②	③	④
Ev.1 (近接度)	<b>0.774</b>	0.625	0.672	0.689
Ev.1_1 (公園距離評価)	0.82	0.701	0.772	0.785
Ev.1_2 (コミュニティセンター距離評価)	0.728	0.55	0.573	0.613
Ev.2 (住棟周辺環境)	0.595	<b>0.889</b>	0.595	0.742
Ev.2_1 (採光性)	0.549	0.874	0.577	0.728
Ev.2_2 (住棟周辺環境)	0.64	0.903	0.612	0.755
Ev.3 (道路距離)	0.639	0.454	<b>0.773</b>	0.732
相加平均	<b>0.669</b>	<b>0.656</b>	<b>0.68</b>	<b>0.721</b>

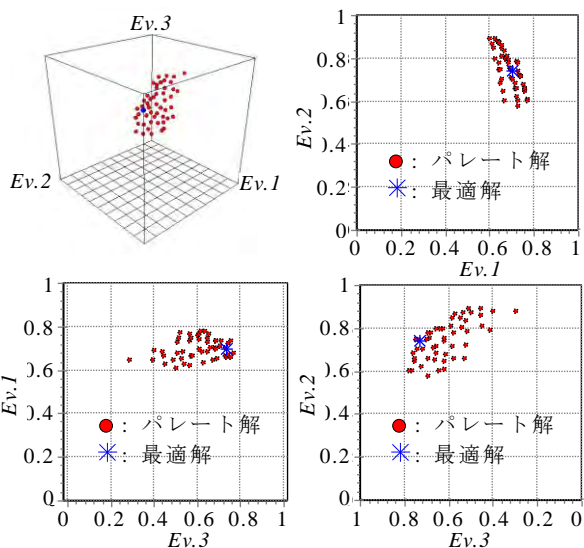


図 8 表 2 中④の場合のパレート解の分布

また、④の結果では、Ev.1~Ev.3 の各評価値で最適化した場合の評価値より値は小さいが、各評価項目をバランスよく評価した結果が得られたことがわかる。

この事例では、複数の評価項目に対する多目的最適化を行い、解選択の方法毎の最適化結果を示した。得られた結果より、設定した評価に応じた最適化結果が得られ、単目的で最適化した場合より、各目的関数間の関係性を理解しやすくなると考える。この事例は 3 目的で、パレート解集合も 3 次元で得られ(図 8)その関係性を検討する事ができるが、さらに目的関数が増加する場合は、直感的に目的関数間の関係性を判断できる解の表現方法を検討する必要があると考える。

### 3.3 テナント配置の最適化

事例 3 では、「MAS と GA を用いたテナント配置の最適化」<sup>[13], [14]</sup>を示す。この研究では、GA とマルチエージェントシステム(MAS)を用いて、人間行動を考慮した商業施設内のテナント配置の最適化を行った。

図 9 に事例 3 の対象空間(フロア構成)を示す。対象空間は 40m×53m とし、1m×1m のセルで分割する。出入口(図 9 中■で示す)は上側に 2 ヶ所設け、エージェントが入店と退店を行う。フロア内には、図 8 中に 1~16 で示す店舗を配置する(9m×9m のテナント 6 店舗(7, 8, 10~13), 11m×7m のテナント 6 店舗(1~6),

7m×11m のテナント 3 店舗(9, 14, 16), 7m×17m のテナント 1 店舗(15)の計 16 店舗)。また、各テナントの集客力を 100% から 25% までの 5% 間隔で設定する。

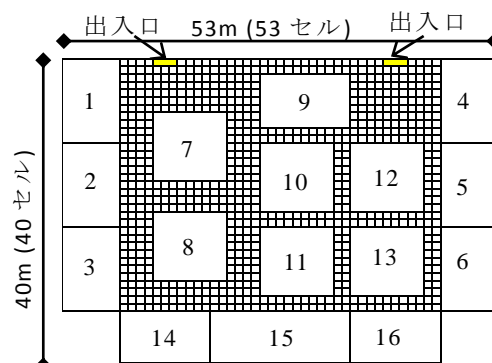


図 9 事例 3 の対象空間<sup>[14]</sup>

エージェントの購買行動としては、以下に示すように、計画購買と非計画購買の 2 種類を設定する。

- ① 計画購買：計画購買は、事前に購買を計画して店舗に訪れる購買行動で、計画購買を行う店舗番号を、各店舗に設定された集客力に応じて、入店時に各エージェントに 1 つ設定する。
- ② 非計画購買：非計画購買は、店内販売促進活動などで誘発される、事前に計画していない購買行動で、各店舗に設定した立ち寄り範囲内にエージェントが入ると、店舗の集客力に応じて非計画購買を行うものとする。

本システムでは、1 エージェントを 1 つのセルで表現する。エージェントの総数は 400 とし、通常エージェント、歩行速度 1/2 エージェント、購買活動中エージェントの 3 種類を設定する。歩行速度 1/2 エージェントは、エージェント数  $n$  に対して 20% の確率( $n \bmod 5 = 1$  の場合)で入店させる。また、歩行速度 1/2 エージェントの内、2 回に 1 回は 2 人 1 組でエージェントが入店するものとするが、この 2 人組は 1 人のエージェントとカウントする。さらに、本システムでは、通常エージェントが 1 セル移動する時間を 1 ステップとし、歩行速度 1/2 エージェントは 2 ステップに 1 セル移動可能とする。エージェントは、設定した入店間隔(ステップ)毎に 1 人が 2 つの出入口から交互に入店させる。

エージェントの行動ルールは、①他のエージェントがいるセル、②1 つ前に自分の座標であったセル、③2 つ前に自分の座標であったセル、④目標とするテナント以外のテナントセル、これら 4 つ以外の上下左右斜め 8 方向のセルに移動可能とし、最短距離で移動する。移動可能方向が 3 つ以上存在する場合は、目的地に近い上位 3 つの、移動可能方向が 2 つのみの場合は 2 つのセルの内、設定した確率で移動方向を決定する。

GA の評価関数としては、以下の 3 項目を設定する。

- 1) 移動負担(EVI)：この評価は、購入回数は考慮せず、

できる限り短い移動距離で買い物を終えることを目的とし、全てのエージェントの購買時の総移動距離の平均値の逆数で評価

2) 売り上げ(EV2): この評価は、できる限り多くのテナントでエージェントが購買活動することが望ましいと考え、全てのエージェントが入店から退店までに購買活動したテナント数の平均値で評価

3) 接近回数(EV3): この評価は、エージェントのフロア内の移動に、その近傍 8 セルに他のエージェントが存在すると「他エージェントと接近した」と見なし、この値が大きいほどエージェントが滞留して不快感が高いと考え、全てのエージェントの入店から退店までの接近回数の総和の平均値の逆数で評価

この事例では、最適化に PfGA を用いるため、上記 EV1~EV3 の評価をそれぞれ規準化した評価関数の和で総合評価値 EV を求め、最大化問題として最適化を行う。なお、各評価値の規準化には、各評価項目を単独で評価指標とした最適化結果の評価値を用いる。

図 10 に、エージェント数 400、入店間隔 2 ステップ、購買活動時間 10 ステップとした場合の総合評価 EV を用いた最適化結果のテナント配置、および各評価値とその規準値を示す。なお、図 10 中の①~⑬は、集客力(100%~25%で 5%毎)の値の大きい方から順に番号付けを行っている。また、図 11 に各テナント(図 9 のテナント番号に対応)の購買人数を示す。

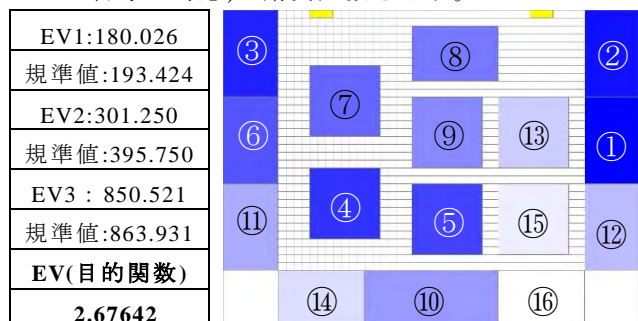


図 10 事例 3 の最適化結果のテナント配置と評価値<sup>[14]</sup>

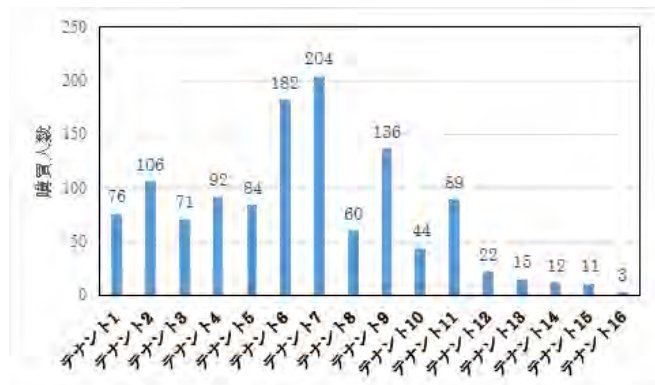


図 11 各テナントの購買人数(図 9 のテナント番号に対応)  
図 10 の最適化結果より、出入口付近の壁側の空き店舗 1, 4, 5 に集客力の上位テナント①~③が配置され

ている。また、中央の島の空き店舗 8, 11 にも集客力上位テナントの④, ⑤が配置されている。また、集客力が下位のテナントについては、奥の空き店舗 13, 14, 16 に⑬, ⑭, ⑯が配置され、入り口付近に集客力の上位テナントが配置されている。この結果、計画購買テナントの割合が集客力に応じて設定されているため、集客力上位テナントが入り口付近に配置されることで、多くのエージェントが入店してすぐに計画購買テナントに到達でき、非計画購買を行わない場合は移動距離が短くなると考えられる。また、出入口付近と中央に集客力上位テナントが配置されることにより、非計画購買を行うエージェントが多くなると考えられる。さらに、集客力上位テナントが左右に分散することで、計画購買、非計画購買を行うエージェントが分散し、接近回数も低減したと考えられる。図 10 中に示す評価値を見ると、各評価値とも単独で評価した場合よりも若干小さいが、ほぼ同様の評価値が得られており、各評価を総合的に最適化できていると考える。

この事例では、人間行動を考慮したテナント配置の最適化を単目的の GA を用いて行い、設定した評価に応じた最適化を行えたと考える。ただし、マルチエージェントを用いた最適化には時間を要するため、実用的な時間内で実行可能な問題設定を行う必要があると考える。

### 3.4 その他の事例

これまでに、筆者らの研究グループでこれまでに行った建築・都市に関する最適化問題に関する研究事例を 3 つ紹介した。これら以外にも、遺伝的アルゴリズムを用いた、人工生命の手法を用いた建築空間創生<sup>[15]</sup>、人工生命の手法を用いた群建築形態形成の共進化システム<sup>[16]</sup>、多重最適化による動線及び室形態の最適化<sup>[17]</sup>、GA を用いたコンパクトシティにおける用途に応じた地域配置最適化<sup>[18]</sup>等の研究を実施している。多目的最適化では、多目的遺伝的アルゴリズムを用いたピン接合された建築構造物の部材最適配置システム<sup>[19]</sup>や、GA を用いた低層鉄骨構造物の構造要素最適配置システム<sup>[20]</sup>で単目的最適化と多目的最適化の比較等も実施している。人間行動に関しては、ニューラルネットワークとパラメータフリー遺伝的アルゴリズムを用いた人間歩行モデル<sup>[21]</sup>、マルチエージェントシステムを用いた津波シミュレーション<sup>[22], [23]</sup>、群衆避難時の避難経路形状による避難速度の変化に関する研究<sup>[24]</sup>等も行っている。さらに、振動制御の最適化に関する研究も実施しているがここでは割愛する。

## 4. まとめ

建築・都市の計画・設計の最適化では、基本的に多目的の組み合わせ最適化問題を解く必要があるが、

建築物は単品受注生産される工業製品で、発注者、使用者や居住者等によってその評価は一般に異なると考えられる。このため、同じ最適化手法を用いる場合でも、評価関数やその統合手法は問題毎に設定する必要がある。また、目的関数や設計変数の数が多く、その最適化は容易ではない。

本稿では、建築・都市の計画・設計の最適化に関して、建築に関する問題の最適化を行う場合に考慮すべき事項を整理した上で、筆者らの研究グループにおける研究事例を紹介させていただいた。

画像電子学会では、画像情報に関する先端的な様々な研究が行われ、「画像分析」、「生活支援」、「防犯」等のように、建築分野にも応用可能でコラボレーション可能な分野が多数あり得ると考える。本稿が、建築分野と画像電子分野の両方に関連する研究テーマを検討する際の一助になればと考える。

## 文 献

- [1] 谷明勲, 建築情報モニタリングの現状と展望, 2015 画像電子学会年次大会, 予稿集, 特別講演 Q-2, pp.1-6, 2015.6.
- [2] Holland, J. H. : Adaptation in Natural and Artificial Systems, The University of Michigan, 1975, and MIT Press, 1992.
- [3] Zitzler, E., Laumanns, M. and Thiele, L.: SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm, Technical Report 103, Computer Engineering and Communication Networks Laboratory(TIK), Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, pp.1-19, 2001.
- [4] Zadeh, L. A. : Fuzzy Set, Information and Control, 8, pp.338-353, 1965.
- [5] 生天目章 : マルチエージェントと複雑系, 森北出版, 第1版第1刷, 1998.11.
- [6] Karaboga, D. and Akay, B. : A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm, Applied Mathematics and Computation, Vol.3, pp. 1980-1987, 2009.
- [7] 栗本祐嗣, 谷明勲, 山邊友一郎 : GA による駅を中心とした都市形態の最適化, 日本建築学会, 第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.109-114, 2014.12.
- [8] 栗本祐嗣, 谷明勲, 山邊友一郎 : GA による駅を中心とした建物配置の最適化, 計算工学講演論文集, Vol.20, D-9-4, CD-ROM, pp.1-4, 2015.6.
- [9] 澤井秀文, 木津左千夫, 遠藤哲郎 : パラメータの設定を不要にした遺伝的アルゴリズム, 電子情報通信学会誌, 研究速報, Vol.J81-D-II, No.2, pp.450-452, 1998.2.
- [10] 澤井秀文, 木津左千夫, 足立進 : パラメータ設定不要の遺伝的アルゴリズムとその並列分散処理, 北野弘明編著 : 遺伝的アルゴリズム④, 産業図書, 初版, pp.77-111, 2000.8.
- [11] 川瀬隼也, 山邊友一郎, 谷明勲 : 多目的 GA を用いた住宅施設配置最適化システム, 計算工学講演論文集, Vol.15, No.1, pp.347-350, 2010.5.
- [12] Yamabe, Y., Kawase, S. and Tani, A. : Optimization system for facility placement in residential areas using multi-objective genetic algorithms, Proc. of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering - 2010, Paper No.187, USB-ROM, pp.1-6, 2010.7.
- [13] 楠本達平, 谷明勲, 山邊友一郎 : マルチエージェントと GA を用いた百貨店のテナント配置最適化に関する研究, 日本建築学会, 第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.103-108, 2014.12.
- [14] 楠本達平, 山邊友一郎, 谷明勲 : MAS と GA を用いたテナント配置の最適化, 計算工学講演論文集, Vol.20, D-9-5, CD-ROM, pp.1-4, 2015.6.
- [15] 齊藤暁, 谷明勲, 山邊友一郎, 河村廣 : 人工生命の手法を用いた建築空間創生ー多重最適化の効率化に関する検討ー, 日本建築学会, 第28回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.181-186, 2007.12.
- [16] 河野正浩, 谷明勲, 山邊友一郎, 河村廣 : 人工生命の手法を用いた群建築形態形成の共進化システムーGAs を用いた形態最適化と評価関数最適化ー, 日本建築学会, 第28回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.187-192, 2005.12.
- [17] 谷垣進也, 谷明勲, 山邊友一郎 : 多重最適化による動線及び室形態の最適化システムー室接続に複数経路を有する場合における住宅室配置の最適化ー, 日本建築学会, 第30回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.7-12, 2005.12.
- [18] 桐野皓介, 谷明勲, 山邊友一郎 : GA を用いたコンパクトシティにおける用途に応じた地域配置最適化に関する研究, 日本建築学会, 第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.97-102, 2014.12.
- [19] 中尾浩紀, 谷明勲, 山邊友一郎, 河村廣 : 多目的遺伝的アルゴリズムを用いたピン接合された建築構造物の部材最適配置システム, 日本建築学会, 第28回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.157-162, 2005.12.
- [20] 山邊友一郎, 藤井健司, 谷明勲 : GA を用いた低層鉄骨構造物の構造要素最適配置システム 単一目的最適化と多目的最適化の比較, 構造工学論文集, Vol.57B, pp.447-456, 2009.3.
- [21] 島田陽子, 河村廣, 谷明勲, 瀧澤重志 : ニューラルネットワークとパラメーターフリー遺伝的アルゴリズムを併用した人間歩行モデルー識別センサを有する複数対向・可変速度型エージェントの場合ー, 日本建築学会, 第27回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 論文, pp.1-6, 2004.12.
- [22] 中野裕介, 山邊友一郎, 谷明勲 : マルチエージェントシステムを用いた津波シミュレーションー避難意識・避難行動と人的被害の関係ー, 計算工学講演論文集, Vol.17, F-8-2, CD-ROM, pp.1-4, 2012.5.
- [23] Yamabe, Y., Nakano, Y. and Tani, A.: A Simulation on Tsunami Evacuation Using a Multi Agent System - The Relationship between Evacuation Behavior and Tsunami Victims, Proc. of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM, Paper No.1953, pp.1-8, 2012.9.
- [24] 兼原一, 谷明勲, 山邊友一郎 : 群衆避難時の避難経路形状による避難速度の変化に関する研究ー経路構成要素の避難性能への影響, 日本建築学会, 第38回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 報告, pp.325-328, 2015.12.