移動コストを評価関数とした室配置へのGA適用と発想支援

「An approach to the optimum layout of single-storey buildings」

における病院手術棟を事例として

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS TO ROOM LAYOUT EVALUATING
BY COST OF MOVING AND CREATIVITY SUPPORT

Case study on the optimum layout in operation division of hospital in

‘An approach to the optimum layout of single-storey buildings’

岩田 伸一郎*1, 宗本 順三*2, 吉田 哲*3, 阪野 明文*4

*Shinichiro IWATA, Junzo MUNEMOTO, Tetsu YOSHIDA
and Akifumi BANNO*

In this study, we tried to make it clear that it is useful to design cell models by applying Genetic Algorithm (GA) to the room layout problem in the operation division of hospital in case of 'AN APPROACH TO THE OPTIMUM LAYOUT OF SINGLE-STOREY BUILDINGS (AOLSB)' and make sure the efficiency of applying GA in divergent thinking process. Secondly, we compared the cell model which we made with AOLSB's allocation model by objective function which minimizes total cost of people moving between rooms. As a result, we achieved several cell models, whose fitness values are as excellent as in AOLSB.

Keywords: genetic algorithm, room layout problem, creativity support, association chart, cost of moving

遺伝的アルゴリズム, 室配置問題, 発想支援, アソシエーションチャート, 移動コスト

1. 研究の背景と目的

近年、建築分野において、生物進化の過程を模した遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms 以下GA) を用いた論文が数多く発表されている。GAは設定した評価基準を満たす優秀な解を選択的に収束していくことから、最適化問題と見做されている。GA適用の利点には一般に、

- (1) 解の組合せの選択をアルゴリズムに委ね、計算の途中過程に人間の判断を介在させず、解の組合せの偶然性に依拠した、解の探索空間の広さ。
 - (2) 膨大なデータ量の伴う組合せ計算において優秀解を求めるのに必要な計算量の軽減による計算の効率性。
- の2つを兼ね備えていることが挙げられる。

建築の設計・施工プロセスでは無数の要因が複雑に関係し、ありうるかぎりのすべての組合せを列挙すること、またその各々に対して十分な評価をおこなうことは不可能に近い。このような状況の中で、設計者はその経験に基づき、短時間のうちに高度な判断が要求される場合が多い。設計プロセスは複雑な要因の組合せから解を得る等、GAの対象問題とするのに本来的に適した最適化問題と位置づけることができる。

建築分野へのGAの導入はまず構造計算、施工マネジメント等でおこなわれた。その主たる目的は前述のGAの利点の(2)を利用するものであり、数々の成果が得られてきた文献(1)～文献(9)。その後、建築計画の分野においても、平面計画や形態生成への応用の試みがなされている文献(10)～文献(13)が、本論のように発想支援の視点からGAを設計支援手法として考察したものは見当たらない。

建築設計などの創造行為において、人間の思考は発散的思考プロセスと収束的思考プロセスに分類することができる文献(14)。建築の設計に際し、デザインモチーフをもとに設計主旨につながる「イメージ」をふくらませていく段階は発散的思考プロセスであり、機能、構造、コストなど建築物を現実世界に現出させるための諸条件を順にクリアしていく段階は収束的思考プロセスと位置づけることができる。発散的思考プロセスでは他の作品を参照したり、建築以外の分野からのメタファー、ラフスケッチやコンセプトモデルの作成などもその思考の手助けとなる。昨今開発の進む3次元CADなども発散的思考における発想支援のための最先端のツールとして位置づけることができる。この段階では、設計者は文字通りその思考を発散させることによってわずかでも実現の可能性を持つ、つまり設計解となりうる多様なパターンを試行して「イメージ」を豊かにしていく

本論は、1998年度日本建築学会大会学術講演梗概集(九州)文献23)で発表したものをもとにしている。

*1 鹿島建設㈱設計・エンジニアリング総事業本部建築設計部
工修

*2 京都大学大学院工学研究科 教授・工博

*3 京都大学大学院工学研究科 助手・工修

*4 京都大学大学院工学研究科 大学院生

Kajima Corporation Architectural Design Department, Architectural and Engineering Design Group, M. Eng.
Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.
Instructor, Graduate School of Engineering, Kyoto University, M. Eng.
Graduate School of Engineering, Kyoto University

ことが望まれる。豊かな発想のためには現実の制約条件にとらわれない柔軟な発想が必要である。発想の柔軟さを損なわないための「生成レベル (Young の分類文献15) 文献16) による)」での支援ツールは自動車の概念設計などの場面でも利用されるようになっている文献17)。文献18)では、思考の連続性を中断させずに発想された思考の断片を整理し、以降の思考の基礎として利用する発想支援ツール (KJ法やKJ法を発展させた手法をコンピュータの画面上でおこなう)とその開発動向が数例紹介されている。これは問題の全体の構造を図的に把握する点で発想支援に資するものである。

本論では建築設計の「室配置」に問題を限定して、設計者の発想を支援する手法としてのGAの有効性を検証することを目的とする。従来、室配置には美学的な観点、機能的な観点などによる様々な手法があるが、本論では空間の移動コストの総和の評価関数を作成し、空間移動コストから見た室配置の評価をおこなうこととする。移動コストを最小化して最適解と見做す方法は、1964年にThe Architects' Journal Information Libraryに発表された「AN APPROACH TO THE OPTIMUM LAYOUT OF SINGLE-STOREY BUILDINGS」文献19)(以下AOLSB)以降にも建築計画分野では多用されており、青木、村岡による室配置問題へのGA適用文献10) 文献12)にも用いられている。室配置問題にはこの他にも、「親近度」による室配置を論じた論文文献20) 文献21)や設計との関連において面的プランの発生を提示した論文文献22)などが先駆的な例として挙げられる。

本論では特に文献19)のAOLSBの病院手術部門における室配置の最適化問題を対象とし、この問題と同じ配置モデル、同じパラメータを用いてGAを用いた優秀解の探索による疑似最適化シミュレーションをおこない、双方の結果の比較を通じた検証をおこなう。本論はGAを用いた手法で優秀かつ多様な設計解を求めるところに特徴がある。

本来設計者がおこなうべき室配置に関する発想、そして室の配置組合せ案の作成およびその評価をGAに代行させ、設定した条件を十分に満たす複数の優秀解に、簡単な室配置ルールをあてはめると室配置を示す平面図が作成できるという実例を提示することでGA適用の有効性とする。GAの適用は思考の連続性の保持や利用の手軽さという点で問題がないわけではないが、文献19)の従来の手法に比べ相対的に計算量の軽減されること、評価関数を満たす解を「図的に」提示でき、その意味で、以降の思考の基礎として利用が可能となっている。また、AOLSBではアソシエーションチャートを利用して、移動コストが最大となる室をマス目の中央位置にまず配置し、以下移動コストの大きな室から順に配置するように設定され、これによって解の探索範囲を予め狭く限定する操作をおこなっている文献19)。室配置をおこなう当初から設定された制限(以下これをAOLSBにおけるサブルールとする)を取り除くことによって、本論では解の探索空間を予め広げている注1)。この操作により、組合せ解の多様性、優秀解の多解性が得られる。これはGAの(1)に挙げる利点も十分に活かした点等で設計者の発散的思考プロセスにおける発想を十分に支援し得ることにつながるのである。

2. 基本設定と移動コスト

AOLSBでは、図1に挙げる病院手術部門における観察調査から求めた各室間の移動人数に、給与による重みづけをおこなった値を標

	室名	面積(セル数)
1	待合室・ナースステーション	4
2	医師用消毒室	2
3	第一手術室	6
4	第二手術室	6
5	暗室	3
6	無菌室	3
7	小手術室	3
8	緊急手術室	5
9	第一麻酔室	3
10	第二麻酔室	3
11	外科医休憩室	1
12	外科医更衣室	1
13	ナースステーション	1
14	エントランス	1
15	男性スタッフ更衣室	2
16	消毒室	1
17	診療室	2
18	看護婦更衣・休憩室	3
19	看護婦長更衣・休憩室	3
20	病院長室	1
21	薬品倉庫	1
		計55

図1 対象とする病院手術部門 文献19)

準移動人数とし、この標準移動人数の値の大きな室同士をより近くに配置することが望ましい室配置であるとしている。本論でもこの考え方に従い、GAシミュレーションの評価関数として、すべての職員の標準移動人数と移動距離をかけた値の総和を移動コストとし、 $\sum \sum (2つの室の標準移動人数J) \times (2つの室の距離) \text{ ①}$ を用い、移動コストを最小化する配置を最適解と見做す。2つの室の標準移動人数は図2のようにアソシエーションチャート (Association chart) として与えられており、この値を評価関数のパラメータとして用いる。

総数	室名	
1152	1 待合室・ナースステーション	182
677	2 医師用消毒室	111
711	3 第一手術室	111
711	4 第二手術室	111
528	5 暗室	123
488	6 無菌室	123
395	7 小手術室	123
395	8 緊急手術室	123
376	9 第一麻酔室	123
376	10 第二麻酔室	123
717	11 外科医休憩室	123
399	12 外科医更衣室	123
546	13 ナースステーション	123
305	14 エントランス	113
249	15 男性スタッフ更衣室	50
146	16 消毒室	27
254	17 診療室	26
171	18 看護婦更衣・休憩室	32
117	19 看護婦長更衣・休憩室	41
46	20 病院長室	2
24	21 薬品倉庫	3

図2 Association chart 文献19)

局所的な範囲での室同士の位置関係から具体的な評価関数を考える。ある2つの室A, Bがあり、それぞれの面積をSA, SB, AB間の標準移動人数をJとする。各室はセルの集合体であるので、セルの面積の単位をSとすると、

$$SA = m \times S \quad SB = n \times S \quad (m, n \text{ は整数})$$

となる。A, Bに属するセルをa, bとすると、ab間の標準移動人数はj = J / mnと表すことができる。これにより、①式を

$$\sum \sum (2つのセルの標準移動人数j) \times (2つのセルの距離) \text{ ②}$$

つまり、すべての室を構成するセル間の移動人数にそのセル間の距離をかけたものの総和と読換える。以上より、室の最適配置を室の要素であるセルの最適配置問題として捉え、②式を評価関数として移動コストを最小化するセルの配置を求める。

この読換にあたって、同じ室に属するセル間の標準移動人数をど

う扱うかが問題となる。本論ではAOLSBと同様に、同じ室に属するセル間の標準移動人数は、異なる室に属するセル同士の標準移動人数に対して非常に大きな値^{注2)}を与えている。以上によりGAの評価値やAOLSBの最適化の過程で、同じ室に属するセル同士が隣接する配置が好成績となる。各々の室間のJの値はアソシエーションチャートとして与えられており、jの値も簡単に求められる。

3. 染色体へのコード化

図1に示したように、すべての室の面積は単位面積となるセル(3m×3m=9m²)の整数倍として与えられている。そこで、セルの配置が生成される2次元格子平面の配置モデルを図3のように設定する。以下では「セル」を室の室名情報を付加された単位、「マス」を100マスの中の位置情報を付加された単位とする。室配置問題は、2次元格子平面上の1つのマスのどれに、単位面積となる1つのセルを配置していくべきかを決定する問題に再定義される。

実際には所要室の面積の総和はマス数に換算すると計55マスであるが、平面格子のマスの数を必要最小限の55マスに設定すると発生するプランの外形が定められてしまい、解のパターンが大きく限定されてしまう。そのため本論では生成されるプランに適度な自由度を持たせるために100マスを用意し、55個のセルの配置問題を、配置モデルのマスの数と同数の100個のセルの配置問題に置換えて扱う。このとき室名の対応しない45個のセルは仮想セルであり、これらの仮想セルと室名の対応するセルとの間、および仮想セル同士の間の標準移動人数はともに0とする。

図3 配置モデルのマス目

GAで用いる染色体には「(図3で決定した)マス目の位置情報(以下格子番号)」と「セルの種類(室名)の情報」の2種類の情報を与える。通常染色体は2進表記であり、遺伝子座には0か1が入るが、本シミュレーションでは順序表現法を用い、図3の格子番号を位置情報としてそのまま遺伝情報化している。また、予め遺伝

図4 染色体へのコード化

子座のどの位置の値がどの室のセルの位置情報を示すのかを図4のように設定しておく。

評価関数では(セル間の距離)=(セルの中心間距離)としており、セルの1辺の長さを1としたとき図3のように格子番号を設定することによって、任意の2つのセルa,b間の距離Lは

$$L = (a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2$$

*但しセルa,bの入る格子の番号は各々 $10a_1 + a_2$, $10b_1 + b_2$, (a_1, a_2, b_1, b_2 は0から9の整数)で表せる。

4. パラメータの設定

図4に示したように染色体の遺伝子長が100と非常に長く、この染色体で表記可能な個体は100!通りある。100!個の解を持つ広大な探索空間において、最適解により近づくためには基本的に2つのパラメータの設定方法が考えられる。1つの方法は、個体数を大きくすることである。大きな個体数は、ランダムにおこなわれる初期集団の選択において、より多様性に富み、GAにおける解の組合せの偶然性を保持することを意味する。しかし、個体数を大きくすることは計算量を増大させることにもつながる。もう1つの方法は突然変異率を高くすることである。交叉によって発生可能な個体は初期集団が選択された時点である程度限定されてしまう。基本的に交叉はその限定された解の探索範囲の中でさらに探索範囲を絞り込んで優秀な個体を探す役割を果たす。それに対して突然変異は先に淘汰された解を復活させ新しい世代の中で再びGAオペレータの対象としたり、それまでまったく評価されていなかった解を発生させ評価するといった、基本的に解の探索範囲を広げる役割を持っている。つまり、GAでは解の探索範囲を絞り込む交叉と逆に拡大する突然変異の2つのGAオペレータが、補完関係にあって同時に作用している。以上からも突然変異率を高くすることが解の探索範囲をより広域的にし、局所解への収束を防ぐ方向に作用し、あまりに高い突然変異率はランダムサーチとの差がなくなるという問題もある。

以上のことを考慮した上で、試行錯誤の結果、本論のシミュレーションでは個体数=1000、交叉率=0.6、突然変異率=0.4、ジェネレーションギャップ=0.1(親世代の特性を適度に保持させるため、全個体数にこの値を乗じた個体数を次世代に残す)と設定した。

5. 結果の考察、およびAOLSBの結果との比較

GAによって探索された、評価値の優秀な解に基づく室配置の一例を結果1として図5に示す。単位となるセル(3m×3m=9m²)の

図5 結果1 [評価値6.8815×10⁶]によるセル配置

図6 評価値の変化

大きさを図3の配置モデルの1マスとしたときの移動コストの値を評価値とする。先にも述べたように、移動コストが小さいほど優秀な配置となる。図5の配置は316世代で評価値 6.8815×10^6 に収束したものである。収束の完了後も引続き500世代まで操作を繰返したところ、図6のように評価値が 6.8768×10^6 まで到達することが確認された。以上から結果1は十分にGAの最適解の1つと見做してよいと言える。このように最適解と見做し得る解を以下では「最適解」と呼ぶこととする。

図5の結果1とAOLSBによって導かれた最適配置(図7)を比較することにより、GAが従来の最適解探索の方法論と比べてどのような優れた利点を持つのかを明らかにする。

図7 AOLSBによる最適配置 [評価値 7.1530×10^6]
(文献19)のAOLSBの結果を同じ評価関数で計算したもの。

1) 計算量および試行回数

AOLSBは、本論のGAを用いたシミュレーションと同様にアソシエーションチャートで求めた標準移動人数を評価指標とし、室をセルに分割して最適なセルの配置を求めるものである。100マスの格子に図1に示した55のセルを配置するとき、その配置の仕方は $100P_{55} / \{(1 \text{ 室内に含まれるセル数})! \times \text{全室分}\}$ 通りであり、このような天文数字の評価回数を軽減するために、AOLSBではアソシエーションチャートを利用して、移動コストが最大となる室をマス目の中央位置にまずは配置し、以下移動コストの大きな室から順に配置するように設定されている(文献19)。これによって予め解の探索範囲を狭く限定する操作をおこなっている。これに対し、GAでは図5に示された「最適解」を導くために

$$\text{評価回数} = (\text{初期個体数}) + \{ (\text{交叉率}) + (\text{突然変異率}) \} \times (\text{個体数}) \times \{ 1 + (\text{ジェネレーションギャップ } g) \} \times (\text{世代数}) \text{回}$$

の評価が行われている。この式に4章で設定したパラメータの数値を代入すると結果1の最適解に辿り着く迄の評価回数が求められる。

計算量の比較のみでGAとAOLSBのどちらが優れているとは一概には言えない。AOLSBでは、計算量を軽減させるためにサブルールを導入しているが、その際、候補解集合に対してサブルールに該当しない解を評価をせずに除外している。本来、発想支援という観点からすると、評価したい指標に対して優秀な解であっても、サブルールの設定次第で評価されないことが非常に高い確率で起こってしまう。しかし、一度限定された探索範囲内においては、本来の評価指標とサブルールの両方を満たす最も優秀な解を確実に見つけ出すことができるという利点がある。一方GAでは、AOLSBのように解の探索範囲を予め限定することなく、全探索空間からランダムに初期集団を選択する。初期集団を選択することは、その後に交叉によって発生する解を限定することにもなり、局所解に留まる結果を導くため、探索範囲を限定するという点ではAOLSBと同じである。しかし、実際にはAOLSBのようにサブルールを導入する場合と比較して、発生可能な解の自由度は非常に高く探索範囲が広い。

2) 複数の優秀解の存在

結果1と同じパラメータを用いた別の試行による結果2(図8)を例に詳しく述べる。結果2は333世代で評価値 6.8596×10^6 に収束したものであるが、評価値の成績は結果1にほぼ等しい。図7と比較したとき、次のような特徴がわかる。まず、AOLSBでは待合室・

図8 結果2 [評価値 6.8596×10^6]によるセル配置

ナースステーションが移動人数の総数が最も多く、待合室・ナースステーションとの間の移動人数の最も多い消毒室がこれらの室に必ず隣接するように配置されており、隣接しないパターンは初期段階によって真先に評価の対象から除外される。ところが結果2のように、待合室・ナースステーションと消毒室が両端に離されて配置されたセルの配置であっても、他の室との位置関係を総合的に評価した場合に両室が接する場合よりも評価値が好成绩となるパターンが存在する。このことは他の多くの室同士の位置関係についても同様に言えることである。

次に室の形状に関しても、AOLSBには決してみられない特徴を持つ解が発生する。結果2において矩形状を持たない看護婦更衣・休憩室、看護婦長更衣・休憩室は、一見非常に成績の悪い解のよう

に見えるが、図7および図8に示された評価値から明かなように、AOLSBによって導かれたセルの配置よりも評価値の良い配置である。つまり、設定した評価関数に対する理想的な室同士の位置関係を大域的に求めるという目的に関しては良好な結果であると言える。AOLSBでは良好な解を得るためにサブルールが設けられていることに特徴がある。このような特徴を持っていないにも関わらず、GAを用いて得た解には、AOLSBによる最適配置よりも大幅に成績が良いセルの配置が存在し、AOLSBでは評価することのできないこれらの配置も設計解の候補として評価することができることがわかる。

3) 発想支援とサブルールとの関係

以上のことを考慮した上で、2つの手法を「発想支援」という観点からの考察を加えてみる。AOLSBの場合、先にも述べたように、1つの評価指標に対して必ず1つの最適解だけが導かれる。しかし計算量を軽減するために、問題に対してふさわしい建築的知識をサブルール化して取り込むことが必要であった。このルール設定のためには、あらかじめ導かれる最適解がどのようなものになるのかを予測しなくてはならない。サブルールの選択および設定は評価回数的大幅削減には有効であるが、同時に発生する解の多くの特徴を決定してしまうため、解の多様性は極端に失われる。この場合の探索とは先入観をもって限定された範囲内でどの解が最も優秀であるかを見つけ出す作業に他ならない。一方のGAでは、唯一の最良解を探索するという目的には適さないが、適切なパラメータを設定することによって、与えられた評価関数に対して基準レベルを満たした優秀解を導くことができる。各試行毎に初期集団が変わり、突然変異の起こり方も異なるため当然、結果も異なり、同じ試行を複数回おこなうことによって、同じレベルの成績を持つ別の解を複数導くこ

とができる。4章で設定したパラメータでおこなった実行結果の他の例を図9最上段に示す。

GAでは、解の広い探索範囲において世代を更新するにつれて次第に最適解に近づいていき、集団の中で最も優秀な個体の成績の変化率の値が十分に小さくなった状態を一般的に収束と見なしており、収束時点での集団の最も優秀な個体を「最適解」と見做している。探索の終了条件は任意に設定することができ、また収束過程の解もすべて評価されることから、設計者の望む収束段階の解を得ることが可能である。仮に収束をAOLSBのセルの配置の成績を上回った時点であると考えた場合、図6からもわかるように、「最適値」(グラフでは最小値に該当する)はAOLSBのセルの配置の評価値 7.1530×10^6 に到達した段階で既に充分に変化が小さく、またランダムに選択した解の平均値と収束時の「最適値」との関係からもAOLSBのセルの配置の評価値 7.1530×10^6 を上回る解はどれも「最適値」に準ずる優秀解であると見做し得る。

「最適値」に対応する室の配置を示す平面図を最適平面図とするとGAによるセルの最適配置はAOLSBによる最適平面図に比べて、建築的知識に基づいて判断した場合に病院手術棟の平面図としての完成度は低い。これはAOLSBのようにサブルールとして建築的知識を評価の基準として含んでいないため当然の結果である。ここで重要な点は、この2つのプログラムが導き出した解の単純な比較ではなく、建築設計のプロセス全体を視野に入れることである。1章でも述べたように、これらの結果が当然そのまま建築の平面図として使えるわけではなく、建築の平面図とするためには、廊下や開口部などの機能の追加や支障をきたす部分の調整など、その後の作業によって修正する必要がある。

図9 評価値の優秀なセルの配置とそれをもとにした室配置を示す平面図

最後に、仮に設計者がGAによる評価値の良いセル配置の結果1～4を選択し以下のように簡単なルールを設定すれば、図9の2次元格子空間に表現されたダイアグラムに基づいて考え得る、室配置を示す平面図の例を図9の中段に示す。

- (1) 各室の形状を単純な矩形にし、また、プランの外形線の小さな凹凸を面積変化の大きくならない範囲で修正する。
- (2) 廊下をつくり、すべての室が廊下に面するようにする。
- (3) 各室は廊下に対し1つだけ出入口を持ち、廊下を介してのみ室の移動が可能とする。手術室群等、同一ゾーニングに属する室の出入口を同じ廊下に面して設けるようにした。
- (4) 室同士の位置関係が適切に保持される範囲内での室位置の変更および室の形状の変形を許す。

これらのルールに基づいて、室配置のみしか提示し得ないとしてもある種の平面図が作成可能であると言える。つまり、GAによって得られたセルの配置（図9最上段）を室の配置を示す平面図（図9中段）作成のための発想支援として利用しうる、というその有用性を示すことができたと言える。

また、図9最下段に示すようなゾーニングの概念を導入することで解の微妙な差を解消できるとともに、解が多くなり過ぎるという過剰解性の問題に制約を加えることもできる。

6. まとめ

設計者がGAによって得られた「最適解」をより独創性の高い発想行為のための手がかりとする意図がある場合、発生する解に多様性を与え、条件を高いレベルで満たした複数の選択肢から、設計者が自ら解を選択するシステムは、設計における発想支援として有効であると考えられる。そのため、厳密に最良のひとつの解に到達する解析手法よりも、最良の解に準ずると見なし得るレベルに達した「最適解」の群を、より少ない計算量で求めることの方が理に適い、また、効率的である。本論で示した数例の解を見ても、ほぼ同等に優秀であるバラエティに富んだ配置が得られていることがわかる。

建築を設計する際、設計者はまず何らかの要素に着目してスケッチを描き、それを基にさらに多くの要素を取込みながら変更・修正をおこなうという収束的思考プロセスを経て、試行錯誤の末に現実の平面図へとたどり着く。本論でおこなったシミュレーションでは、このような建築設計プロセスにおける最初の平面スケッチにおける室配置の解を得るという目的に対しては十分に有効な結果が得られたと考えてよい。上記で得られたセルの配置はあくまでも移動コストという限定された評価関数に対してのみ同等の評価値を持つのであって、その他の指標で評価した場合まったく異なる成績を持つ^{注3)}ものであることは言うまでもない。

本論では発想支援手法として活用することを主眼としたGAの適用を評価した考察であり、発散的思考プロセスにおける発想支援にふさわしい「大域的な探索」および「複数の優秀解の探索」をおこなうことができる価値は高い。つまり、GAの多くのオペレータの組合せおよびパラメータの設定によって、同等に優れた成績の解を探索することが可能となるというGAの手法が持つ確率的な探索という側面が活用できるのである。本シミュレーションAOLSBを用いた事例を一つ提示したにすぎないが、GAの適用によって得られる複数の優秀解によって設計解の選択肢が広がるなど汎用性の高い

ことが明らかになった。

本論では、設計者はAOLSBによって導かれた最適配置の評価値を選択のための目安とし、この値を上回る成績を持つセルの配置を「選択」の候補解と考えることができたが、今後建築のどの要素について、どのような規準に基づいて、また、そのような基準が複数ある場合等にどのようにその基準を「選択」することができるかについて十分に検討する必要がある。また、今回得ることのできた室配置を示す平面図の「原図」を、適度な自由度を確保しながら、より現実的な建築の平面図へと近づけるためのルールの設定なども重要な課題である。

OSはRed Hat Linux Ver.4.2、WorkbenchはLibGA Ver.1.0を使用した。

注

- 1) 青木は文献10で、局所解に陥らないようにするためには早期に「優等生プラン」を選択してしまわないことを指摘している。
- 2) 1000
- 3) 本論では、建築利用者の移動コストに基づく評価のみを対象として室配置を示す平面図を複数を得ている。このことによって、得られた平面図に機能や美的価値観などの評価項目を付加することによる、次の段階での選択の余地を残す。これは実際の設計場面、ある評価基準を満たす複数の優秀な解をオルタナティブとして提示するという点で有効であると考えている。青木は文献10で、「よいプラン」は「何をもって良いプランとするか」という「設計者の倫理的側面」に設計行為の本質があると指摘しているが、上記のような態度は、複数の評価項目として表れる各々に次元の異なる「倫理的側面」に対応した、設計場面での作業の進行の実態に、より即したものである。

参考文献

- 1) 山中浩明他、「遺伝的アルゴリズムによる位相速度の逆解析」、日本建築学会構造系論文集第468号、pp9、1995.2
- 2) 小野徹郎他、「知能生物に基づいたGAサーチ
ー遺伝的アルゴリズムによる構造信頼性評価法に関する研究
その1」日本建築学会構造系論文集第469号、pp45、1995.3
- 3) 小野徹郎他、「知能GAの検討及びその構造信頼性問題への適用
ー遺伝的アルゴリズムによる構造信頼性評価法に関する研究
その2」日本建築学会構造系論文集第476号、pp31、1995.10
- 4) 岡田康男他、「最適信頼性設計へのGAの適用に関する研究」日本建築学会構造系論文集第470号、pp29、1995.4
- 5) 林 康裕他、「GAと樹形モデルを用いた制振構造物の創生的基本設計」日本建築学会構造系論文集第480号、pp47、1996.2
- 6) 三井和男他、「遺伝的アルゴリズムの空間構造形態解析への応用」日本建築学会構造系論文集第484号、pp75、1996.6
- 7) 中澤祥二他、「ハイブリッドGAを用いた張弦梁構造のプレストレス導入部材最適配置の探索法に関する研究」日本建築学会構造系論文集第497号、pp99、1997.7
- 8) 皆川洋一、「多スパン山形フレーム構造の三次元平板効果と遺伝的アルゴリズムを用いた最小重量設計」日本建築学会構造系論文集第501号、pp77、1997.11
- 9) 長岡弘明他、「建築工事における労務平準化への遺伝的アルゴリズムの適用」日本建築学会計画系論文集第491号、pp183、1997.1
- 10) 青木義次、「プラン作成と遺伝進化とのアナロジーー室配置問題の遺伝進化アルゴリズムによる解法」日本建築学会計画系論文集第481号、pp151-156、1996.3
- 11) 青木義次他、「遺伝的アルゴリズムを用いた地域施設配置手法」日本建築学会計画系論文集第484号、pp129、1996.6

- 12) 村岡直人他、「遺伝的アルゴリズムによる平面形状の最適化と設計ノウハウの獲得」日本建築学会計画系論文集第497号、pp.111-115、1997.7
 - 13) 瀧澤重志他、「遺伝的アルゴリズムを用いた都市の土地利用パターンの形成」日本建築学会計画系論文集第495号、pp.281-287、1997.5
 - 14) 國藤進、「用語解説 発想支援システム」、人工知能学会誌、vol.12 No.3、pp476、1997.5
 - 15) Young,L.F.「Idea Processing Support:Definitions and Concepts,chapt.8」pp.243-268,in Decision Support and Idea Processing Systems,Wm. C.Brown Publishers,1988
 - 16) 折原良平、「発散的思考支援ツールの研究開発動向」、人工知能学会誌、vol.8 No.5、pp560-567、1993.9
 - 17) 杉本雅則他、「設計問題への発想支援システムの応用と発想過程のモデル化の試み」、人工知能学会誌、vol.8 No.5、pp575-582、1993.9
 - 18) 「特集 発想支援システム」、人工知能学会誌、vol.8 No.5、1993.9
 - 19) Peter Manning, A Lancaster Britch, J.Gribbin : An Approach to the Optimum Layout of Single-storey Buildings, The Architect's Journal Information Library 17, pp.1373-1380,1964.6
 - 20) 川崎清、笹田剛史、「コンピューターによる設計のシステム開発—PPSSの開発事例」、建築文化、1970.2
 - 21) 川崎清他、「施設構成理論その1～5」、日本建築学会近畿支部研究報告集、1969年
 - 22) 岡崎甚幸他、「逐次近似型室配置・通路モデルの研究」、日本建築学会論文報告集第339号、pp90-99、1984.5
 - 23) 阪野明文他、「病院手術部門における室配置の発想支援手法とプラン評価へのGA適用に関する研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、1998.9
- 遺伝的アルゴリズムについては下記を参照した。
- 24) R.K.Below and L.B.Booker, editors : Proceeding of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms, San Diego, California, 1991.
 - 25) 北野宏明編「遺伝的アルゴリズム①、②」、産業図書、1993、1995

(1998年6月10日原稿受理、1998年11月19日採用決定)