

対話型進化計算法によるインテリアレイアウト支援システム

是 永 基 樹[†] 萩 原 将 文[†]

本論文では、インタラクティブな対話型の進化計算法を用いたインテリアレイアウト支援システムを提案する。提案システムは、レイアウト案を仮想空間内に提示するインタフェースを備えている。また、インテリアレイアウトの知識と特徴を扱うルールや配置の特徴をとらえるために導入された散布度が用いられている。さらに、人間と環境のかかわりを扱う環境管理学の考えも導入され、これに基づいた評価や室内環境の改善が可能となっている。インテリアレイアウトは、散布度や家具の位置関係、コミュニケーション風土による要素や環境管理学的な要素、それにユーザとの対話的要素を加えて評価される。評価に従って進化的に求められたレイアウトはユーザに提示される。提示されるレイアウト案に対してユーザが対話的に評価を繰り返していくことで、システムは次第にユーザの好みや感性を反映したレイアウト案を提示するようになる。ユーザは専門的な知識や経験なしにシステムと協調してレイアウト作業を進めることができる。評価実験により、多様なレイアウト案が提示されることが確認されている。得られたレイアウトの中には、ユーザが1人では発想困難なインテリアレイアウトも含まれており、提案システムの有効性が確認されている。

An Interior Layout Support System with Interactive Evolutionary Computation

MOTOKI KORENAGA[†] and MASAFUMI HAGIWARA[†]

In this paper, we propose an interior layout support system with interactive evolutionary computation. The proposed system uses 1) conditional rules for arrangement and color schemes to handle the knowledge for interior layout, 2) an idea of dispersion for arrangement, and 3) a virtual reality interface to present layout plans for users. Moreover, the thought of feng shui is introduced to consider desirable relations between environment and humans. In the proposed system, choice probability is given to each conditional rule as a rate used for the furniture, and dispersion and choice probability are renewed in accordance with the user's evaluation. The proposed system evaluates the interior layout by using the followings; dispersion, relationships between furniture, communication climate, feng shui, and user's evaluation. The interior layout is made in accordance with the evaluation and is presented to the user. As a user repeats evaluation of the presented layout plans through virtual experience, the system comes to present the layout plans reflecting the user's preference and KANSEI gradually. A user does not have to have technical knowledge for interior layout. A series of experiments is carried out to confirm the effectiveness of the proposed system.

1. はじめに

近年、グローバル化や情報化にともなってあらゆる分野で構造改革が必要となっている。企業などの組織は経営戦略に資産の効率的な運用を含めるようになり、計画的にオフィスメンテナンスするなどレイアウト計画への関心が一般的に広がってきている¹⁾。オフィスは、働く人々にとっては知的で快適な生活を送ることができ、企業にとっては質の高い生産が確保できること、そしてさらには経営姿勢、考え方が表現されて

いることが基本とされている^{2),3)}。オフィス人口が多くなり滞在時間も長くなる中で、より快適なオフィス環境作りが重要な課題となっている。

コンピュータの利用によって、レイアウトした空間の機能や環境を疑似体験したり⁴⁾、建築設計業務の一部である照明設計において屋外からの太陽光を考慮した照度計算や電力エネルギーの評価を行ったりすること⁵⁾などが可能となっている。しかし、今後さらに高度な情報技術が利用可能になると考えられるが^{6),7)}、依然そうしたレイアウト作業はユーザのセンスや知識に任されている。

従来から、専門的な知識を必要とせずに、どのような人でも設計ができることを目指した人工知能による

[†] 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

自動設計ツールは存在する^{8)~11)}。しかし、これらの手法では、ヒューマンエラーが少なくなる利点はあるが、多くの制約ルールが必要であり、知識の獲得や蓄積が困難であるという問題がある。ユーザの曖昧な要求内容に応えることも困難である。

また、概念空間という概念を整理するツールを用いて、デザイナーに新しいデザインのアイデアを示唆したり、新しいイメージの発想を支援するようなシステムの研究もなされている^{12)~14)}。しかし、これらの手法は、システムに対して意図を明確に伝えることはできるが、明示的に記述できないような好みをデザインに反映させることは困難である。

一方、特定のユーザの感性を扱うデザイン支援システムの手法として対話型進化計算法が知られている。対話型進化計算法は、ユーザの主観的評価を適応度に反映して進化的に最適解を探索するため、評価が人によって異なる対象やユーザの好みや感性を反映させた設計や創造に対して有効であると考えられている。これまで、対話型進化計算法についてさまざまな研究がなされている^{16)~18)}。しかしこれらの研究には、まったく知識のないユーザ以外には効果的でないという問題や、遺伝子長が固定されているためにデザイン要素が多い場合には有効性が発揮されないといった問題がある。

そこで、本論文では、オフィス空間を対象に、仮想現実とインテリアレイアウトのためのナレッジ*を利用した個人の感性を扱うインタラクティブな対話型進化計算法によるインテリアレイアウト支援システムを提案する。

以下、2章で提案システムを説明する。計算機にシステムを実装し、評価実験を行った結果を3章に示す。4章を結論とする。

2. インテリアレイアウト支援システム

図1に提案システムの概略を示す。提案システムには、インテリアレイアウトのためのナレッジと進化計算法が用いられレイアウト案を仮想空間内に提示するインタフェースが備わっている。インテリアレイアウトのためのナレッジには、配置と配色に関する制約ルールや家具のばらつき具合をとらえるための散布度、人間と環境のかかわりを扱う環境管理学の考え、組織のあり方を示すコミュニケーション風土の3つが考慮されている。多くのレイアウトの中からシステ

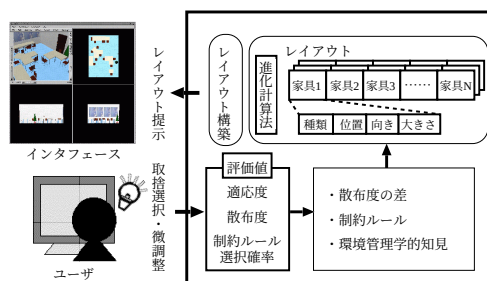


図1 提案システム

Fig.1 Proposed system.

ムがナレッジに基づいて選び出すレイアウト案に対して、ユーザは対話的に評価を繰り返していき、それに従って散布度や制約ルールといったナレッジが更新されていく。ナレッジは次第にユーザにカスタマイズされていき、システムはユーザの好みや感性を反映したレイアウト案を提示するようになる。また、環境管理学の考えも取り入れられており、これに基づいた室内環境の改善が可能となっている。システムはさまざまなユーザの感性に応え、ユーザは専門的な知識や経験なしにコンピュータと協調してインテリアレイアウト作業を進めることが可能である。

2.1 仮想空間を用いたインタフェース

インテリアレイアウト案は仮想空間内に提示され、ユーザは仮想空間内を自由に歩き回り明確にレイアウトのイメージを把握することができる。また、ユーザがひらめきや思いつきによってレイアウトの変更を行いたい場合には、微調整を行うこともできる。ユーザはインタフェースを介して、システムに対する命令やすべての操作を行う。

2.2 制約ルール

家具配置とインテリア配色に用いられる制約ルールについて述べる。

2.2.1 家具配置

基本的なレイアウト方式¹⁹⁾をもとに基本的な配置の制約ルールを抽出し、次の8つの配置ルールを用いる。机と椅子は1つの組と考え、机を配置ルールに従って配置した後に、椅子を机に合わせて配置する。

- 配置ルール 1: 扉と壁から離して置く
- 配置ルール 2: 扉から離して壁際に置く
- 配置ルール 3: 机を右隣に置く
- 配置ルール 4: 机を左隣に置く
- 配置ルール 5: 机を向かい合わせに置く
- 配置ルール 6: 机を縦に並べて前に置く
- 配置ルール 7: 机を縦に並べて後ろに置く
- 配置ルール 8: 机を背中合わせに置く

* 本論文では、一般的な「知識」との混同を避けるため、レイアウトデザインのためのルールを「ナレッジ」と呼ぶことにする。

2.2.2 インテリア配色

インテリア配色には、いくつかの汎用的な色と配色の制約ルールとが組み合わされている。ビジネスマンのファミリーシーンとビジネスシーンに対するイメージ調査結果から選ばれた感性語とインテリアによく使われる色をもとに天井、壁、床に用いる15組の基本的な色を定める^{20),21)}。また、次の6つの基本的な配色ルールを用いる。

配色ルール1：机脚、椅子脚、机上是床と同色
椅子布地は床より濃茶系

配色ルール2：机脚、椅子脚は床より薄茶系
机上、椅子布地はさらに薄茶系

配色ルール3：机脚、椅子脚は床より濃茶系
机上、椅子布地は床より薄茶系

配色ルール4：机脚、椅子脚は床と同色
椅子布地は床より濃茶系、机上是ベージュ

配色ルール5：机脚、椅子脚は床より薄茶系
椅子布地はさらに薄茶系、机上是ベージュ

配色ルール6：机脚、椅子脚は床より濃茶系
椅子布地は床より薄茶系、机上是ベージュ

2.3 散布度

レイアウトのばらつき具合をとらえるための尺度として統計学に基づく散布度を用いている²³⁾。提案システムにおいては、上方から見た部屋の図を9つの正方形領域に分割し、家具の配置を定量的に数値化する手段として散布度を用いている。図2に示すように、まず全体と各領域ごとの計10カ所で散布度を求める。領域内に家具が存在しない場合には求めない。散布度 $disp$ は平均 μ 、分散 σ^2 、歪度 γ_1 、尖度 γ_2 の和として定義する。

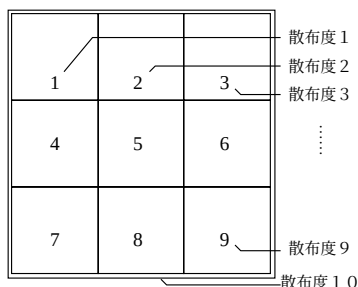


図2 散布度を求める領域

Fig. 2 Regions for dispersions.

$$disp \equiv a_1\mu + a_2\sigma^2 + a_3\gamma_1 + a_4\gamma_2 \quad (1)$$

a_1, a_2, a_3, a_4 : 定数

2.4 環境管理学的知見

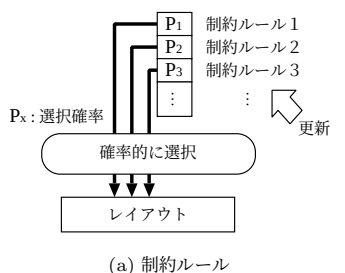
レイアウトは機能的な理由や文化的な習慣だけでなく環境管理学に基づくこともあり、提案システムでは環境管理学に基づいた評価や室内環境の改善も行う。

人間は、つねに架空高圧電線や地球による磁場の影響などを受けて生活し、これら環境の変化が生理や心理現象に大きな影響を及ぼすと考えられている。環境管理学は、環境が変われば思考や行動が変わると考え、環境を自然に合わせて改善し理想に近づけることを目的とした学問である²⁴⁾。人間と環境のかかわりを扱う環境管理学は、シンガポールの近代都市計画や香港の香港上海銀行ビルの設計、経営コンサルティングに使われている²⁵⁾。提案システムでの具体的な環境管理学的知見の利用については、2.6節に後述する。

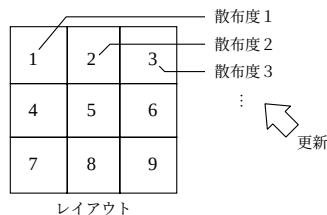
2.5 対話型進化計算法

システムは基本的にナレッジに基づいてインテリアレイアウトを構築する。ナレッジはユーザの評価に従って更新されていき、システムはユーザにカスタマイズされたナレッジを用いて、次第にユーザの好みや感性を反映したレイアウト案を提示するようになる。

図3に制約ルールと散布度に関するナレッジ更新の概略を示す。制約ルールには確率的にどのルールが使われるかを定める選択確率が与えられ、散布度には各個体を散布度の観点から評価するための基準となる値が与えられる。これらは、新しくレイアウトが作られ



(a) 制約ルール



(b) 散布度

図3 制約ルールと散布度の更新

Fig. 3 Update points for rules or dispersions.

る前にユーザの対話的評価と進化手法によって毎回更新される。また、1つのインテリアレイアウトを1つの個体とし、遺伝的操作を繰り返すことでインテリアレイアウトを進化的に求めていく。インテリアレイアウトは散布度と家具の位置関係にコミュニケーション風土による要素と環境管理学的な要素、ユーザとの対話的要素が加えられた評価に従って選択淘汰される。こうしてユーザにカスタマイズされた制約ルール選択確率や散布度に基づいてユーザの好みや感性を反映したレイアウト案が進化的に求められる。

提案システムでは、インテリアレイアウトを家具配置とインテリア配色の2つに分けて考えている。配置から受ける印象と色彩から感じる雰囲気を持ったインテリアレイアウト支援を可能としている。ナレッジの更新を含め、家具配置とインテリア配色のそれぞれについて説明する。

2.5.1 家具配置

家具配置は配置ルールとレイアウトの遺伝子によって決定される。家具配置の初期状態は、家具それぞれの配置ルールのみから構築される。各家具がどの配置ルールに従うかは選択確率に従って確率的に定まる。初期値として選択確率には等しい値が与えられる。

(1) 進化的計算法

a. 個体の適応度

各個体の適応度は、家具の位置や相互関係と、散布度による要素、コミュニケーション風土による要素、環境管理学的な考え、ユーザの評価から求められる。コミュニケーション風土は、チームワークを重んじるか個人を重んじるかといった組織のあり方である。組織のあり方と家具配置とは密接な関係にあるため¹⁾、レイアウトの適応度にコミュニケーション風土の考えが導入されている。適応度の計算式を式(2)に示す。ユーザの判定による大局の評価を掛け合わせることで、ユーザによる評価は世代によらず適応度に大きく反映される。ユーザが必ずしも最初からは感性を把握しきれていない場合にも対応が可能となっている。

$$E = \sum_{i=1}^4 w_{1i} F_i \times \prod_{j=1}^2 w_{2j} G_j \quad (2)$$

E : 適応度, w_{1i}, w_{2j} : 定数

$$\text{局所的评价} \begin{cases} F_1 & : \text{机どうしの距離の平均} \\ F_2 & : \text{机と扉の距離の平均} \\ F_3 & : \text{散布度差の逆数} \\ F_4 & : \text{コミュニケーション度} \end{cases}$$

$$\text{大局的评价} \begin{cases} G_1 & : \text{環境管理学からみた報酬} \\ G_2 & : \text{ユーザの判定による報酬} \end{cases}$$

以下に、適応度にかかわる各要素について説明する。

まず、机どうしの距離の平均 F_1 は次式のように求められ、家具の位置関係を評価する値として適応度に加えられる。

$$F_1 = \frac{1}{N_{desk}^2 - N_{desk}} \sum_{i=1}^{N_{desk}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_{desk}} D(i, j) \quad (3)$$

N_{desk} : 部屋にある机の数

$D(i, j)$: 机 i と机 j の距離

机と扉の距離の平均 F_2 は次のように求められる。最も近い扉との距離を用い、その扉の出入口としての重要度で重み付けされる。家具の扉からみた位置関係を評価する値として適応度に加えられる。

$$F_2 = \frac{1}{N_{desk}} \sum_{i=1}^{N_{desk}} w_{door}(i) D_{door}(i) \quad (4)$$

N_{desk} : 部屋にある机の数

$w_{door}(i)$: 机 i と最も近い扉の重要度

$D_{door}(i)$: 机 i と最も近い扉との距離

ナレッジとしてのシステム内の散布度は対話的評価によって更新される。ユーザの望む配置、散布度に近いレイアウト案が提示されるように、システム内の散布度と各個体の散布度との差の逆数 F_3 が適応度に加えられる。次式によって F_3 が求められる。

$$F_3 = 1 / \left| \frac{Sc_{system} - Sc}{N_{desk}} \right| \quad (5)$$

N_{desk} : 部屋にある机の数

Sc_{system} : システム内の散布度

Sc : レイアウトの散布度

コミュニケーション風土を表す値としてコミュニケーション度 F_4 を定義している。ユーザが組織のコミュニケーション風土をチームワークを重んじるように想定するか、もしくは個人を重んじるよう想定するかによって分類される。式(6)もしくは式(7)によって F_4 が求められ、レイアウトの適応度に加えられる。ただし、ユーザがコミュニケーション風土を考慮しない場合は適応度に加えられない ($F_4 = 0$)。

● チームワーク重視の場合

$$F_4 = \frac{1}{N_{desk}} \sum_{i=1}^{N_{desk}} C_{front}(i) \quad (6)$$

- 個人重視の場合

$$F_4 = 1 / \left(\frac{1}{N_{desk}} \sum_{i=1}^{N_{desk}} C_{front}(i) \right) \quad (7)$$

N_{desk} : 部屋にある机の数

$C_{front}(i)$: 机 i より前方にある机の数

環境管理学からみた報酬 G_1 とユーザの対話的な判定による報酬 G_2 によって適応度は変更され、進化過程での選択淘汰に反映される。 G_1 は次のようにして決定され、環境管理学の知見として良いとされる領域にある机の数が、部屋にあるすべての机の数に対してどのくらいの割合なのかを評価する。

$$G_1 = (1 + 1/N_{desk})^{N_{favorite_desk}} \quad (8)$$

N_{desk} : 部屋にある机の数

$N_{favorite_desk}$: 環境管理学的に望ましい位置にある机の数

また、 G_2 は次のようにして決定される。ただし、ユーザが判定を行わなかった場合やユーザに提示されないレイアウトの適応度には影響しない ($G_2 = 1$)。

- 良い判定のレイアウト案があった場合

$$G_2 = \begin{cases} G_{2 \text{ good}} & (1, 2) \\ \text{(良い判定のレイアウト案について)} \\ G_{2 \text{ good_else}} & (0, 1) \\ \text{(それ以外のレイアウト案について)} \end{cases}$$

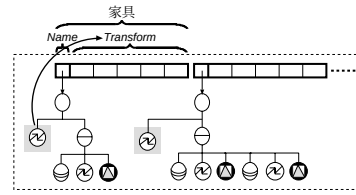
- 悪い判定のレイアウト案があった場合

$$G_2 = \begin{cases} G_{2 \text{ bad}} & (0, 1) \\ \text{(悪い判定のレイアウト案について)} \\ G_{2 \text{ bad_else}} & (1, 2) \\ \text{(それ以外のレイアウト案について)} \end{cases}$$

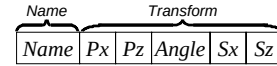
b. 遺伝子コーディング

提案システムでは、家具は VRML 1.0 に準拠した木構造で表される。

図 4(a) にインテリアレイアウトの遺伝子コーディング例を示し、図 4(b) に家具 1 つの遺伝子コーディングを示す。インテリアレイアウトの遺伝子は、インテリアレイアウトを構成する家具の遺伝子を家具の数だけ連結させた構造となっている。木構造の VRML 形式のデータから家具の遺伝子には、家具の種類 *Name* と三次元座標変換 *Transform* (位置, 向き, 大きさ) が一次元にコーディングされている。インテリアレイアウトの遺伝子長は可変であるため、家具が多くデザイン要素が多い場合にも対応できる。この一次元の遺伝子の一部を入れ換えたり改変したりすることによ



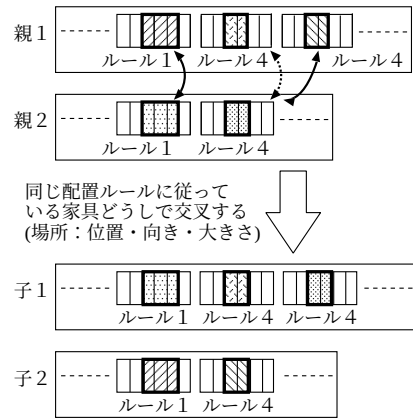
(a) インテリアレイアウト



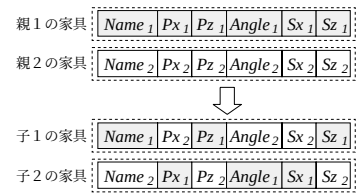
(b) 家具

図 4 遺伝子コーディング

Fig. 4 Gene coding.



(a) インテリアレイアウト



(b) 家具

図 5 交叉の概略図

Fig. 5 Overview of crossover.

て遺伝的操作を行う。

c. 遺伝的操作

システムのナレッジとユーザの判定に従って、適応度の高い個体ほど次世代に子孫を残すように遺伝的操作を行う。1 個体は 1 つのインテリアレイアウトである。図 5 に交叉の概略図を示す。交叉は同じ配置ルールに従った家具どうしの三次元座標変換 (位置, 向き, 大きさ) に作用し、位置, 向き, 大きさの部位を交換することによって行われる。家具の種類と制約ルール

選択確率は、親 1 から子 1 へ親 2 から子 2 へというように親から子へ引き継がれる。子の遺伝子が持つ位置、向き、大きさの部位がどちらの親から継承されるかは一様の確率で決まる。同じルールに従った家具に限定することで、異なった性質の配置場所への家具配置を抑制し、家具配置の制約ルールというナレッジを重視している。また、突然変異は三次元座標変換（位置、向き、大きさ）に作用する。どの部位に変異を起こすかは一様の確率で決まる。

(2) 配置ルールと散布度

制約ルールごとに選択確率を与え、ユーザとの対話的な取捨選択の繰返しなどによって選択確率が更新される。これにより、ユーザの選んだレイアウトに関係する制約ルールが選択される確率が高くなり、ユーザが望む制約ルールに従った家具から成るインテリアレイアウトが提示されるようになる。

配置ルール選択確率は次式によって更新される。

$$P'_{pos} = P_{pos} \times G_3 \quad (9)$$

P'_{pos} : 判定後の配置ルール選択確率

P_{pos} : 判定前の配置ルール選択確率

G_3 : ユーザの判定による報酬

ユーザの対話的な判定による報酬 G_3 によって制約ルール選択確率が変更され、ユーザの評価を各制約ルールが使われる確率に反映させる。 G_3 は G_2 と同様にして決定される。

ナレッジとしての散布度は、取捨選択の判定を受けたレイアウトの散布度とナレッジとしてのシステム内の散布度との差分を加算することで更新が行われる。また、世代数に従って更新量は減少する。更新式を式 (10) に示す。システムは、ユーザの判定を教師信号として、配置、散布度についてユーザの望むナレッジを学習していく。

$$Sc'_{system} = Sc_{system} + G_4(Sc_{user} - Sc_{system})f(N_g) \quad (10)$$

Sc'_{system} : 判定後のシステム内の散布度

Sc_{system} : 判定前のシステム内の散布度

Sc_{user} : ユーザの選択したレイアウトの散布度

$f(N_g)$: 減少関数

N_g : 世代数

G_4 : ユーザの判定による報酬

G_4 は次のようにして決定される。ただし、ユーザが判定を行わなかった場合やユーザに提示されないレイアウトの適応度には影響しない ($G_4 = 0$)。

- 提示結果として良い判定のものがあった場合

$$G_4 = \begin{cases} G_{4_good} & (0, 1] \\ & \text{(良い判定のレイアウト案について)} \\ G_{4_good_else} & [-1, 0) \\ & \text{(それ以外のレイアウト案について)} \end{cases}$$

- 提示結果として悪い判定のものがあった場合

$$G_4 = \begin{cases} G_{4_bad} & [-1, 0) \\ & \text{(悪い判定のレイアウト案について)} \\ G_{4_bad_else} & (0, 1] \\ & \text{(それ以外のレイアウト案について)} \end{cases}$$

2.5.2 インテリア配色

インテリア配色は、基本色の選択と配色ルールの選択、さらにそれらの組合せによって決定される。それぞれが選択される確率は、初期値としてユーザの想定内容に従った値が与えられ、ユーザの対話的な評価によって更新される。これにより、提示されるインテリアレイアウトにはユーザの好む色と配色ルールが使われるようになる。

判定後の基本色の選択確率は式 (11) によって、判定後の配色ルールの選択確率は式 (12) によって更新される。

$$P'_{col1} = P_{col1} \times G_5 \quad (11)$$

$$P'_{col2} = P_{col2} \times G_5 \quad (12)$$

P'_{col1} : 判定後の基本色選択確率

P_{col1} : 判定前の基本色選択確率

P'_{col2} : 判定後の配色ルール選択確率

P_{col2} : 判定前の配色ルール選択確率

G_5 : ユーザの判定による報酬

ユーザの対話的な判定による報酬 G_5 によって制約ルール選択確率は変更され、ユーザの評価を各制約ルールが使われる確率に反映させる。 G_5 は G_2 と同様にして決定される。

2.6 環境管理学的知見の利用

環境管理学では、扉や窓と机や椅子との位置関係によっては次のような問題をかかえる環境が形成されと考えられている^{24),25)}。

- 窓を背にして机を置いたり扉の真正面に机を置く。
→ その机に着く人はストレスを感じる。
- 作業する位置の背後に大きな窓や扉がある。
→ その組織の統率が難しくなる。

対策として、パーティションを作ったりカーテンやブラインドをつけたりしてそれらの関係を切る方法がある。提案システムでは、提示するレイアウトに以上

のような関係を含む場合には、扉や窓と机や椅子との間に観葉植物を配置することによって室内環境を改善している。

3. 評価実験

一般的なユーザを想定し、レイアウトデザインに関する特別な専門知識を持たない 15 人の学生（理工系：3，4 年生，修士課程 1，2 年生）を被験者として，提案システムの評価実験を行った．実験方法と結果を示す．

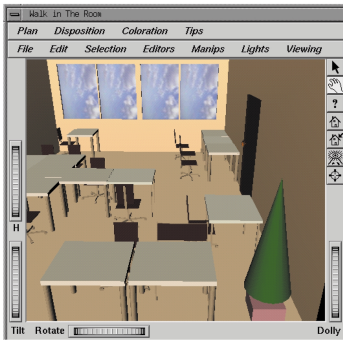
3.1 手 順

評価実験の手順を説明する．被験者にはあらかじめ部屋の大きさを伝え，以下のことを行ってもらった．

- (1) 部屋を使う人数と組織のあり方を想定する．
- (2) 部屋の雰囲気，色彩をどのようにするかを想定する．
- (3) 想定内容をシステムに入力する．ただし，部屋の雰囲気はすでに述べた 15 個の基本色と感性語から選択する．
- (4) 提示されたレイアウトをウォークスルーなどによって仮想体験する．
- (5) 配置と配色についてそれぞれを好みや感性に従って取捨選択する．
- (6) システムに対して新しいレイアウトの構築要求と取捨選択を 30 世代まで繰り返し試行する．好みのレイアウトが現れた場合は，レイアウトを保存し世代数を記録する．

想定項目	値
人数	15 人
コミュニケーション風土	特に考慮しない
雰囲気	洗練された

(a) 入力想定内容



(b) 提示世代：22

図 6 レイアウト結果例 1
Fig. 6 The result 1.

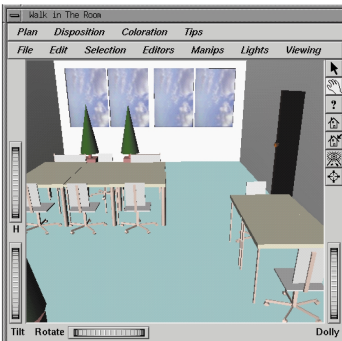
- (7) システム評価終了後，アンケートに解答する．
- なお，システム評価は，提示されたレイアウト案そのものに対して行われるように，あらかじめウォークスルーなどの仮想空間の効果に影響されないよう被験者に伝えておいた．

3.2 実験結果

対話型進化計算法を用いたことにより，きわめて多様なレイアウト案がシステムより提示されたが，ここ

想定項目	値
人数	8 人
コミュニケーション風土	チームワーク重視
雰囲気	やすらかな

(a) 入力想定内容

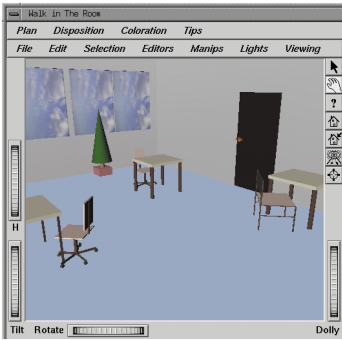


(b) 提示世代：26

図 7 レイアウト結果例 2
Fig. 7 The result 2.

想定項目	値
人数	3 人
コミュニケーション風土	個人重視
雰囲気	都会的な

(a) 入力想定内容



(b) 提示世代：10

図 8 レイアウト結果例 3
Fig. 8 The result 3.

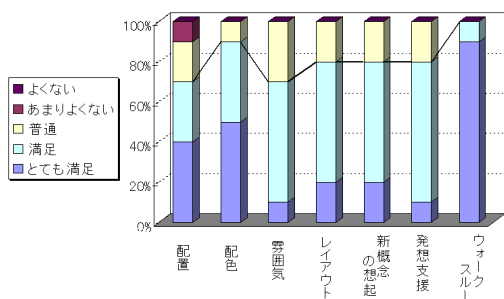


図9 アンケート集計結果

Fig. 9 The result of questionnaire.

では紙面の都合によりその一部を示す。図6～8にレイアウト結果例を示し、図9にアンケート集計結果を示す。

図6は、「15人の社員が、コミュニケーション風土を特に考慮しない組織に属し、洗練された雰囲気の部屋で働いている」という想定内容を入力として対話的に進化させ、22世代目に得られたレイアウト例である。図7は、「8人の社員が、チームワークを重視して、やすらかな雰囲気の部屋で働いている」という想定内容を入力として対話的に進化させ、26世代目に得られたレイアウト例である。図8は、「3人の学生が、個人重視の、都会的な雰囲気の部屋で勉強している」を入力として対話的に進化させ、10世代目に得られたレイアウト例である。

図9より、すべてのアンケート項目において過半数の被験者がシステムに対して満足していることが分かる。特にユーザが仮想体験によってレイアウトを評価する点は満足度が高くなっている。

また、被験者の感想を以下に示す。

- 最初は漠然としていたイメージが固まってきた。
- 思ってもみなかった好みのレイアウトができた。
- ウォークスルーを含め多方向からの視点がレイアウトをイメージするのに役立った。
- 判断基準をどのようにすべきか迷った。
- レイアウトの微調整は操作が面倒だった。
- さらに多様な配色ができればよかった。

4. 結 論

本論文では、インタラクティブな対話型の進化計算法を用いたインテリアレイアウト支援システムを提案した。提案システムは、レイアウト案を仮想空間内に提示するインタフェースを備え、対話型進化計算法とインテリアレイアウトのためのナレッジを用いている。

ユーザの評価に従ってナレッジが更新されていくことで、ナレッジはユーザにカスタマイズされていき、

システムは次第にユーザの好みや感性を反映したレイアウト案を提示することができるようになる。

評価実験において、ユーザの感性を反映した多様な斬新なレイアウトが提示された。得られたレイアウトの中には、ユーザが1人では発想困難なインテリアレイアウトも含まれていた。ユーザは、仮想空間を備えたインタフェースを通してインテリアレイアウトのイメージを明確に把握し、専門的な知識や経験なしにシステムと協調して作業を進めることができた。

レイアウトデザインには、配置以外にも使い勝手や動線、メンバーの特性など、考慮すべき項目がある。今後はこれらの点をふまえ、より実用性の高いシステムを構築していく。

本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓事業(JSPS-RFTF 97 I 00103)の助成を受けて行われた。

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会：人間環境—よりよい環境デザインへ，朝倉書店(1998)。
- 2) 社団法人ニューオフィス推進協議会：ニューオフィス化推進についての提言(1993)。
- 3) ニューオフィス推進協議会：ニューオフィス化の指針(1993)。
- 4) 福田知弘，長濱龍一郎，野村淳二：VRMLを利用したネットワーク型インテリアプランニングシステム，電子情報通信学会技術研究報告，MVE96-67，pp.45-51(1996)。
- 5) 鹿倉智明，小林茂雄：私でも設計できます照明設計支援ツール，照明学会誌，Vol.83，No.1，pp.32-35(1999)。
- 6) 渡邊朗子：サイバー時代の空間設計デザイン，日経BP社(1998)。
- 7) Butler, D.: Computing 2010: from black holes to biology, *Nature*, Vol.402(1999)。
- 8) 安信千津子，渡辺俊典，山中止志郎：計算機室機器レイアウトシステムの開発，人工知能学会誌，Vol.3，No.1，pp.32-39(1988)。
- 9) Chun, W.H. and Lai, E.M.: Intelligent critic system for architectural design, *IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering*, Vol.9, No.4, pp.625-639(1997)。
- 10) Iwasaki, Y.: Qualitative reasoning and the science of design, *IEEE Expert*, Vol.12, No.3, pp.2-4(1997)。
- 11) 則竹茂年，古橋 武，加藤彰一，内川嘉樹：オフィスレイアウトの事例活用システムのための事例のインデックス化および事例検索知識の獲得，日本ファジィ学会誌，Vol.9，No.4，pp.485-495(1997)。
- 12) 柿原 要，長田聡宏，大川剛直，薦田憲久：概念空間形成型設計によるキャラクタデザインシステ

- ム, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.6, pp.1227-1234 (1996).
- 13) 杉本雅則, 堀 浩一, 大須賀節雄: 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, pp.575-582 (1993).
- 14) 寺岡照彦: 対話的なイメージ入力インタフェースに基づくデザイン発想支援, 電子情報通信学会技術研究報告, NC98-18, pp.63-70 (1998).
- 15) 柴田滝也, 加藤俊一: オフィスの仮想空間データベースのイメージ語による検索, 平成 11 年電気学会電子・情報・システム部門大会, TC6-11, pp.147-150 (1999).
- 16) 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆雄: 対話型進化計算法の研究動向, 人工知能学会誌, Vol.13, No.5, pp.692-703 (1998).
- 17) 青木 研, 高木英行: 対話型 GA による 3 次元 CG ライティングデザイン支援, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J81-D-II, No.7, pp.1601-1608 (1998).
- 18) 中西泰人: 選好関数を用いた対話型進化システムの制御と評価, 人工知能学会誌, Vol.13, No.5, pp.704-711 (1998).
- 19) 山本棟子: インテリアデザイン入門, オーム社 (1981).
- 20) 小林重順: カラーリスト—色彩心理ハンドブック, 講談社 (1997).
- 21) 小林重順: カラーイメージスケール, 講談社 (1990).
- 22) 渋川育由, 高橋ユミ: インテリア配色事典, 河出書房新社 (1991).
- 23) 竹内 啓ほか (編): 統計学辞典, 東洋経済新報社 (1989).

- 24) 小倉一夫: 風水とデザイン, INAX (1992).
- 25) 小林将利: 風水流オフィス・店舗レイアウト術, 近代中小企業, Vol.32, No.10, pp.86-91 (1997).
- 26) Howard, M.L. and D'Angelo, J.D.: The GA-P: a genetic algorithm and genetic programming hybrid, *IEEE Expert*, pp.11-15 (1995).

(平成 12 年 3 月 27 日受付)

(平成 12 年 9 月 7 日採録)



是永 基樹

昭和 51 年生. 平成 10 年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業. 平成 12 年同大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年通商産業省入省.



萩原 将文 (正会員)

昭和 34 年生. 昭和 62 年慶應義塾大学大学院博士課程修了. 現在, 同大学助教授. 平成 3 年より 2 年間アメリカ Stanford 大学訪問研究員. ニューラルネットワーク, ファジーシステム, GA の研究に従事. 工学博士. 昭和 61 年丹羽記念賞, 昭和 62 年電子情報通信学会学術奨励賞, 平成 2 年 IEEE 論文賞, 平成 6 年安藤記念学術奨励賞, 平成 8 年ファジィ学会著述賞受賞.