

Office Space Design System using an Interactive Genetic Algorithm

Mitsunori MIKI* Noriko OKADA Tomoyuki HIROYASU** and Masato YOSHIMI*

(Received July 13, 2011)

In this paper, we propose an office space design system using an Interactive Genetic Algorithm (IGA). The proposed system is for designing a preferable color scheme of individual workspace to suit users' taste. The proposed system optimizes the color combination of a office partition, desk, and laptop computer based on human sensitivity. IGA is an optimization method based on Genetic Algorithms (GA) which simulates the evolution of living things, where the evaluation part of the GA is handled subjectively by a user. IGA is used to bring out users potential preferences and it aims to achieve office space designs that will satisfy users. We carried out experiments to verify the effectiveness of the proposed system comparing the system and a coloring system which a user creates the color combination freely. The experimental results show that the proposed system is effective in designing office space. In addition, the proposed system is effective to discover new preferences of the user, that is, the system can be used as an idea generation support system.

Key words : optimization, interactive evolutionary method, Interactive Genetic Algorithm, office design, color combination

キーワード : 最適化, 対話型進化計算法, 対話型遺伝的アルゴリズム, オフィスデザイン, 色の組み合わせ

対話型遺伝的アルゴリズムを用いた オフィス空間デザインシステム

三木光範・岡田典子・廣安知之・吉見真聡

1. はじめに

近年、オフィスワーカーの雇用形態や働き方の多様化、情報通信技術の発展などにより、オフィス環境をめぐって大きな状況の変化が起こっている。この変化を受け、オフィス環境について見直す機運が高まっている¹⁾。オフィスは、ワーカーにとっては快適かつ知的な生活を

送ることができることが、企業にとっては質の高い生産が確保でき、また、経営姿勢や考え方が表現されていることが基本とされている^{2, 3)}。今後、企業がより一層の経営力の向上を図るためには、ワーカーの創造性を刺激するとともに、コミュニケーションをより活性化させることができるような、精神的、および環境

* Department of Intelligent Information Engineering and Sciences, Doshisha University, Kyoto
Telephone:+81-774-65-6930, Fax:+81-774-65-6796, E-mail:{mmiki, myoshimi}@mail.doshisha.ac.jp

** Department of Biomedical Information, Doshisha University, Kyoto
Telephone:+81-774-65-6932, Fax:+81-774-65-6019, E-mail:tomo@is.doshisha.ac.jp

的に働きやすい快適なオフィス環境づくりが重要な課題となってくる¹⁾。

通常、オフィスのレイアウトやデザイン設計はデザイナーなどの専門家により行われることが多い。専門家によるデザインは実用性や審美性を備える一方、その作成にはコストや時間がかかる。また、作成されたデザインがすべてのオフィスワーカーの感性や好みに合うものではない可能性もある。そのため、ワーカーが自身の感性に合わせてデザインを作成することができれば有用であると考えられる。しかし、デザイナーなどが設計やデザインを行う際に活用している CAD(Computer Aided Design) などのツールでは、感性的な部分において専門的な知識やセンスへの依存が大きく⁴⁾、専門知識や経験を持たない一般のワーカーがデザインを行うことは容易でない。そのような中、従来から、専門知識を必要とせず、誰にでも設計やデザインができることを目指した研究が行われ、ファジィ推論を用いた設計支援ツールなどが提案されている^{5, 6, 7)}。これらのツールでは、設計の際のヒューマンエラーを少なくしたり、設計工数の削減が可能である一方、数多くの制約ルールが必要であったり、ユーザの設計イメージが曖昧である場合にはそのイメージを設計やデザインに反映させることが難しいといった課題点が挙げられている。

また、ワーカーにとって快適なオフィス環境をデザインする上で、人間に心理的、および生理的に大きな影響を与える⁸⁾ 色彩は重要な要素であると考えられる。日常生活において我々の周囲には様々な色彩が存在し、絵を描くときや服を選ぶときなど、我々は日々様々な配色を考えている。その際、その時々イメージや表現したい感覚、各々のセンスなどからどの色を用いるかを決定する。しかし、絵の場合であればイメージ通りの色を作成できないなど、配色は我々にとって身近なものであるにもかかわらず、いつも容易であるとは限らない。求めるイメージや表現に合った配色を考える際にも、ある程度の経験やセンスが必要になると考えられる。

一方、設計支援に関しては対話型遺伝的アルゴリズム (Interactive Genetic Algorithm : IGA)⁹⁾ などの

対話型進化計算法を用いた研究が近年多くなされている。IGA は、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA)¹⁰⁾ による探索をベースとし、人間の感性を評価関数として求める解を導く手法であり、人間の好みや印象といった数式化できない問題に対し用いられる。このため、人間にとって評価はできるが、容易に作り出すことができない対象問題に有効である。これまでに IGA は服飾デザイン、似顔絵作成、音質フィッティングなど様々な分野において研究が行われ、その有効性が確認されている^{11, 12, 13)}。

本研究では、色彩をオフィス空間におけるワーカーの執務快適性を考える上で重要なひとつの要素とみなし、個人に合う色彩を用いることにより、ワーカーの執務を支援することを考える。本稿では、デザインや色彩に関する専門的な知識や経験のないユーザであっても求める配色デザインを得ることのできるシステムの作成を目的とし、IGA を用いてオフィスの配色デザインを対象問題としたシステムを提案する。また、提案システムを用いた評価実験により、その有効性の検討を行う。提案システムでは、IGA を用いることで、ユーザはシステムが提示する複数の個体を比較し評価を行うだけで、自身の好みを反映したデザインを容易に作成可能であると考えられる。

2. 対話型遺伝的アルゴリズム

本研究では、潜在的な嗜好を顕在化させ、ユーザが満足するデザインをコンピュータが提案することを目的とし、システムに IGA を適用する。IGA は、生物の進化をモデルとした最適化手法である GA における遺伝的操作をベースとし、人間の主観に基づいて個体を評価する手法である。GA における遺伝的操作とは、選択、交叉、および突然変異であり、これらの操作を繰り返し行うことにより最適解を求める。以下に各遺伝的操作の説明を示す。

● 選択

自然淘汰をモデル化したものである。ある世代を形成する個体群の中で、環境への適合度に基づき次世代に残す個体を選択する。この時、適合度が高い個体ほど高確率で選択される。

- 交叉
生物の繁殖をモデル化したものである。選択された個体同士で遺伝子情報の一部を入れ替え、子個体を生成する。
- 突然変異
遺伝子のコピーミスモデル化したものである。個体群の多様性維持を目的とし、個体の遺伝子情報の一部を変化させる。

IGA は、GA における遺伝的操作と、人間の評価という人為的な判断によって解の探索を行うため、感性をシステムに組み込むことができる¹⁴⁾。そのため、IGA は定量的な評価が困難なデザイン、音楽、およびエンターテインメントなどの様々な分野で広く適用されている^{15, 16, 17, 18)}。IGA システムの概念図を Fig. 1 に示す。また、IGA における基本動作のフローチャートを Fig. 2 に示す。

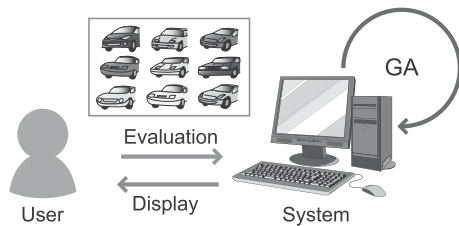


Fig. 1. IGA system.

3. 対話型遺伝的アルゴリズムを用いたデザインシステム

提案手法の有効性を検証するためのシステムとして、オフィス空間デザインシステムを構築した。

3.1 デザインの表現方法

提案システムにおいて、デザインは以下のように定義する。

- 構成要素
パーティション、デスク、およびノートパソコンの3つのアイテムを用い、個人のオフィス空間を構成する。この3アイテムの各色を変更することにより、オフィスにおける個人の執務空間を表現する。
- 色の表現方法
色の表現方法には、人間の色知覚に基づいた HSB

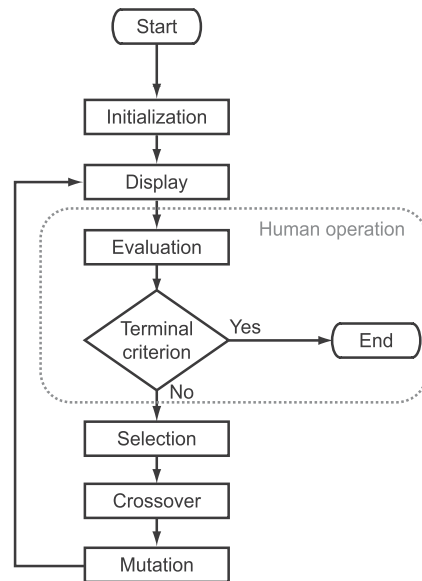


Fig. 2. Flow chart of IGA.

表色系¹⁹⁾を用いる。HSB 表色系とは、色相 (Hue)、彩度 (Saturation)、および明度 (Brightness) の3成分により色を表現する方法である。色相とは、赤、青、および緑などの色合いのことであり、赤、黄、緑、青、および紫の5色相を円周上に等間隔に並べた色相環で表すことができる。これにより、赤と青の中間色は紫といった人間の色彩感覚に似た表現が可能となる。彩度とは色の鮮やかさを表す度合いのことであり、彩度が高いほどより鮮やかな色に、低いほどグレーのような濁った色となる。明度とは色の明暗を表す度合いのことであり、明度が高いほどはっきりと色味がわかるようになり、低いほど色味がわかりにくくなる。なお、色相は0から360の度数、彩度および明度は0から100の値で表される。また、明度の値が100の場合は白、0の場合は黒となり、これらの場合には色相や彩度の値は意味を持たない。

- 染色体構造

1つのデザインを、1つの染色体で表現する。染色体の構成を Fig. 3 に示す。各遺伝子には、各アイテムの色の HSB 値の数値情報を格納する。なお、提案システムにおいて、HSB 表色系における彩度および明度の値は正規化し、0.0 から 1.0 の実数値を用いた。

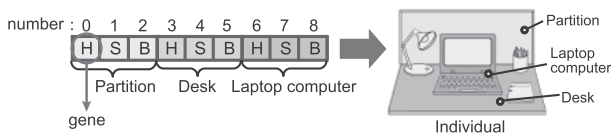


Fig. 3. Structure of Chromosome.

3.2 オフィスデザインのためのアルゴリズム

以下に、提案システムのアルゴリズムについて示す。

1. 初期個体の生成および提示

パーティション、デスク、およびノートパソコンの色をシステムがランダムに決定して初期個体を生成し、パソコン画面に表示してユーザーに提示する。提示例を Fig. 4 に示す。

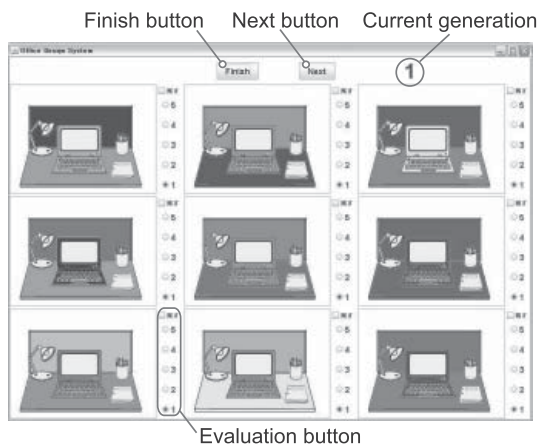


Fig. 4. Computer Screen Displayed to User.

画面上に提示できる面積には限界があるため、提案システムでは一度に提示する個体数を 9 とした。しかし、9 個体という少ない母集団の中からユーザーの嗜好に合う良い個体を生成することは容易でないと考えられる。そこで、一度初期化して生成された個体群をそのまま初期個体群として用いるのではなく、全個体 (9 個体) を複数回初期化できる機能を設け、ユーザーの好みに適合する初期個体群からデザインプロセスを開始するようにした。初期個体群の選択性が向上したことによる利点を以下に示す。

- システムが提示する数多くの個体を見ることにより、ユーザーが自分の嗜好を確認したり、これまで自覚していなかった嗜好を発見することができると考えられる。そのた

め、デザイン空間の広がり認識することができ、大域的な最適解により近づくことが期待できる。

- ユーザーの嗜好に合う個体を初期個体群に含めることで、効率の良い解探索が行えることが期待できる。

2. 評価

ユーザーは提示されるすべての個体に対し、主観に基づいて評価を行う。評価は、ボタンを用いて 1 から 5 点の 5 段階で行う。この評価の値が、IGA における適合度となる。また、提示された個体のうち、特に気に入ったものはベストデザインとして選択する。これは、次項で説明するエリート保存戦略におけるエリート個体である。

3. 選択

ルーレット選択、およびエリート保存戦略を行う。ルーレット選択とは、適合度に比例した割合で個体を選択する方式である。ルーレット選択を用いた理由は、適合度の低い個体を選ばれる可能性を残すことによって、個体群の多様性を維持し、局所的な最適解に陥るのを防ぐためである。エリート保存戦略とは、評価値の高い個体のいくつかをそのまま無条件に次世代に残す手法である。この手法により、評価値の高い個体が遺伝的操作によって死滅することを防ぐことができる。

4. 交叉

提案システムでは設計変数値が実数値であるため、実数値 GA に特化した交叉オペレータを用いる必要がある。そこで、代表的な手法であるブレンド交叉 (BLX- α)²⁰⁾ を用いた。BLX- α は、親個体の各次元での区間 d_i を次元軸方向の両側に αd_i だけ拡張し、その区間内で一様ランダムに子個体を生成する。BLX- α による色相の交叉の例を Fig. 5 に、彩度および明度の交叉の例を Fig. 6 に示す。なお、色相における交叉は Fig. 5 に示すように、2 つの親個体間の距離が短い方を d_i とする。

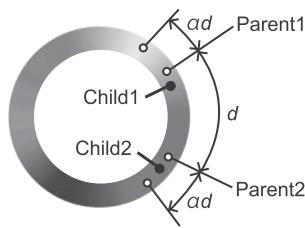


Fig. 5. Crossover of Hue.

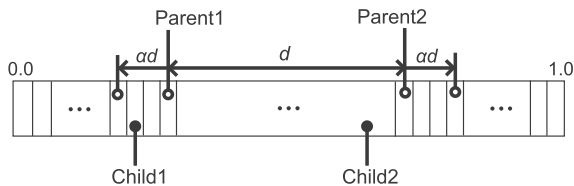


Fig. 6. Crossover of Saturation and Brightness.

5. 突然変異

選択, 交叉後の個体に対して突然変異を行う. それぞれの設計変数において, 突然変異率に基づきランダムに設計変数値を変化させる. 突然変異は, 設計変数の数を N_V とすると, 全ての変数に対し $\frac{1}{N_V}$ の確率で行う. これにより, 各アイテムの色が変化する. 突然変異により, 親個体の遺伝子だけでは生成されない子個体が生成される.

6. 終了判定

終了世代はユーザの任意とする. ユーザが求めるデザインが提示されたと判断した時点で終了する.

4. IGA を用いたシステムの評価実験

4.1 実験概要

提案システムを用いることにより, ユーザが嗜好に合うデザインを作成することができるか, また, 配色デザインに IGA を適用することでどのような効果が得られるかを検証するため, 2つのシステムを用いて比較実験を行った. 実験に用いたシステムは, 提案システムおよび塗り絵システムである. 提案システムのパラメータを Table 1 に示す. また, 塗り絵システムについては次節で詳しく述べる.

本実験における被験者は 20 歳代の男女 20 名であり, システムの使用順序については被験者間で異なる順序とした. 実験では「働いてみたいオフィスの配色をデザインする」というコンセプトを被験者に伝え,

Table 1. Parameter of the Proposed System.

Population size	9
Design variavle	9
Generation number	arbitrarily
Crossover rate	$\frac{N_P - N_E}{N_P}$
Mutation rate	$\frac{1}{N_V}$

N_P :Population size,

N_E :The number of elite individuals,

N_V :Design variavle

各システムを用いてデザインを行ってもらった. 実験終了後には, 以下に示す項目でアンケートを実施した. なお, システムの違いを被験者が名前でも簡単に区別しやすくするため, 提案システムを「IGA システム」として実験を行った.

- アンケート項目 1
システムを用いて作成したデザインにどのくらい満足しているか
- アンケート項目 2
どちらのシステムを利用したときの方がデザインに対するイメージが広がったか
- アンケート項目 3
どちらのシステムを利用したときの方が利用前のデザインに対するイメージと違ったデザインを作成できたか
- アンケート項目 4
どちらのシステムを利用したときの方が楽しくデザインを行えたか

アンケート項目 1 の回答項目は「満足」, 「まあまあ満足」, 「どちらでもない」, 「やや不満」, 「不満」の 5 段階であり, それ以外のアンケート項目の回答項目は「IGA システム」, 「やや IGA システム」, 「どちらでもない」, 「やや塗り絵システム」, 「塗り絵システム」の 5 段階である.

これらのアンケートの結果をもとに, IGA を用いた提案システムが満足度の高いデザインの作成, およびデザイン作成に対する発想支援に有効であるか検討する. また, デザインを行うことに対する疲労の軽減に有効であるかについても検討を行う.

4.2 塗り絵システム

本実験で使用した塗り絵システムとは、パーティション、デスク、ノートパソコンの3アイテムの色を全てユーザが作成してデザインを行うシステムである。塗り絵システムの画面を Fig. 7 に示す。システムの色表現には HSB 表色系を用いており、ユーザは色相、彩度、および明度のそれぞれに対応した3つのスクロールバーを操作することで各アイテムの色を作成する。なお、スクロールバーを動かすことにより、画面上部に表示されている色を変えることができる。

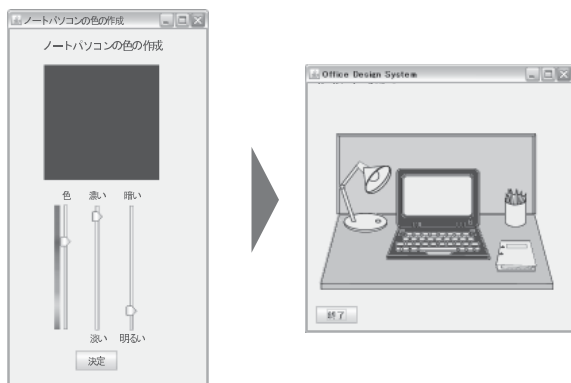


Fig. 7. Coloring System.

4.3 実験結果および考察

アンケート項目1から4の結果をそれぞれ Fig. 8 から Fig. 11 に示す。アンケート項目1においては「満足」もしくは「まあまあ満足」と回答した被験者数と「不満」もしくは「やや不満」と回答した被験者数、アンケート項目2から4においては「IGAシステム」もしくは「ややIGAシステム」と回答した被験者数と「塗り絵システム」もしくは「やや塗り絵システム」と回答した被験者数を用いて、有意水準5%で符号検定を行った。符号検定の結果を Table 2 に示す。また、実験で被験者が作成したデザインの一例をカラー付図の Fig. 12 に示す。

Fig. 8 のアンケート項目1において、IGAシステム、および塗り絵システムの両システムで95% (19名) が「満足」または「まあまあ満足」と回答した。符号検定を行った結果、「満足」もしくは「まあまあ満足」と回答した被験者数と「やや不満」もしくは「不満」と回答した被験者数の間には有意な差があった。

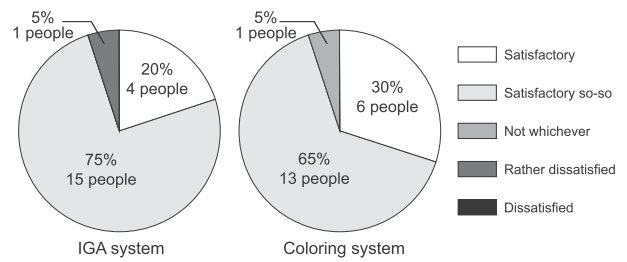


Fig. 8. Result of Evaluation Item 1.

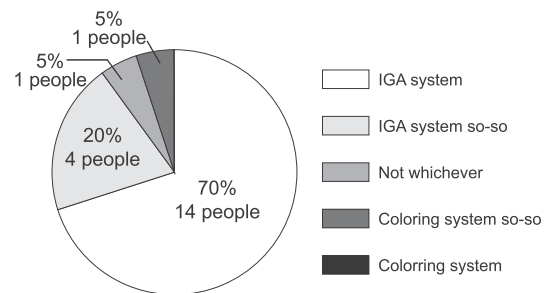


Fig. 9. Result of Evaluation Item 2.

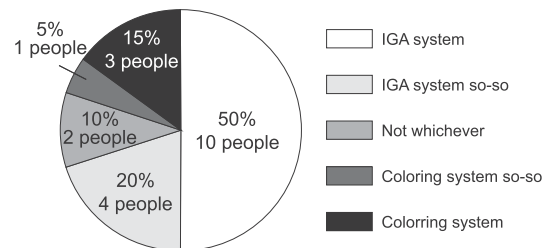


Fig. 10. Result of Evaluation Item 3.

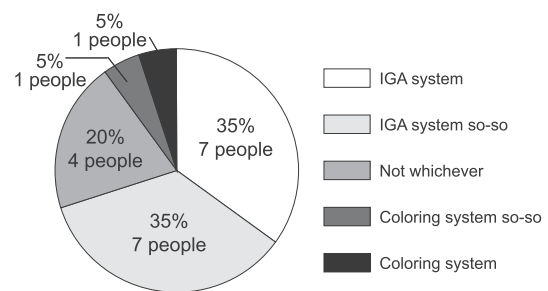


Fig. 11. Result of Evaluation Item 4.

このことから、デザインの作成方法に関わらず、ユーザは満足度の高いデザインを作成できたといえる。また、IGAシステムでは、ユーザは提示される多様なデザインに対し評価を行うだけで満足度の高いデザインを簡単に作成することができると考えられる。

Fig. 9 のアンケート項目2において、デザインに

Table 2. Sign Test of the IGA System and the Coloring System.

Evaluation item	Significance probability
Item 1(IGA system)	1.91×10^{-5}
Item 2	3.62×10^{-5}
Item 3	1.16×10^{-2}
Item 4	1.83×10^{-3}

対するイメージが広がったシステムとして、被験者の90% (18名) が「IGA システム」または「やや IGA システム」と回答した。符号検定を行った結果、IGA システムと塗り絵システムの間には有意な差があった。また、図 10 のアンケート項目 3 において、システム利用前のデザインに対するイメージと違ったデザインを作成できたシステムとして、被験者の 70% (14名) が「IGA システム」または「やや IGA システム」と回答した。符号検定を行った結果、IGA システムと塗り絵システムの間には有意な差があった。また、実験を行った際に被験者から、「IGA システムでは思ってもみなかった斬新なデザインが作成できた」、「IGA システムでは自分だけでは発想困難なデザインを多く提示され、自身の新たな好みの発見に繋がった」などの感想を得た。これらのことから、IGA を用いることでデザインに対するイメージを広げることができ、システム利用前にはイメージしていなかったデザインを作成することができたといえる。

Fig. 11 のアンケート項目 4 において、楽しくデザインを行えたシステムとして、被験者の 70% (14名) が「IGA システム」または「やや IGA システム」と回答した。符号検定を行った結果、IGA システムと塗り絵システムの間には有意な差があった。このことから、IGA システムの方が塗り絵システムより楽しくデザインを行うことができるといえる。また、アンケート項目 2、およびアンケート項目 3 の考察から、IGA システムでは被験者にとって斬新なデザインや多様なデザインが提示されたため、被験者自身がすべての色を作成する塗り絵システムよりもデザインに対する意欲が高まり、楽しくデザインを行え、デザインを行う

際の負担を和らげることができたのではないかと考えられる。

しかし、インタビュー調査より、IGA システムにおいて「嗜好に合うデザインがもっと早い段階で多く提示されれば更に良かった」という意見を複数の被験者から得た。これらの被験者に更にインタビューを行った結果、嗜好に合うデザインが提示されるまでに多くのデザインを評価することに疲労を感じていることがわかった。このことから、IGA を用いたシステムにおける評価負担に関しては、何らかの改善を行う必要があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、デザインや色彩に関する専門的な知識を持たない一般のユーザが簡単に求める配色デザインを得ることを目的とし、オフィスにおける個人の執務空間の配色デザインを対象として、IGA を用いたオフィス空間デザインシステムを提案した。評価実験の結果、提案システムを用いることによりユーザの好みを反映した満足度の高いデザインが作成できることがわかった。また提案システムでは、ユーザが一人では発想困難なデザインも提示されることで、デザインに対するイメージを広げることができ、楽しくデザインを行うことができる一方で、評価時におけるユーザの疲労軽減に関しては改善が必要であることがわかった。提案システムを用いて、オフィスワークが個人の好みや気分、執務内容などに合わせて配色デザインを行い、またそのデザインした環境下で執務を行うことにより、モチベーションの向上やストレスの軽減、執務効率の向上などが期待できると考えられる。

参考文献

- 1) ニューオフィス推進協議会，“平成 21 年度中小企業支援調査報告書”，(2010).
- 2) 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) 板谷尚哉，川澄未来子，古橋武，“視覚情報の物理量と認知情報量との関係に関する基礎的考察”，ファジィシ

- システムシンポジウム講演論文集, vol.17, pp.655-658, (2001).
- 5) 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).
 - 6) 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).
 - 7) 西岡靖之, 中須賀真一, 堀浩一, “製造を考慮した対話型設計支援システム— エア駆動型ポンプ設計への適用—”, 人工知能学会誌, Vol.13, No.2, pp.300-311, (1998).
 - 8) 加藤雪枝, 橋本令子, 雨宮勇, “室内空間に対する心理的及び生理的反応”, 日本色彩学会誌, Vol.28, No.1, pp.16-25, (2004).
 - 9) 高木英行, 畝見達夫, 寺尾隆雄, “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).
 - 10) Goldberg, D.E., “Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning”, Addison-Wesley, Reading, Mass, (1989).
 - 11) 三木光範, 廣安知之, 富岡弘志, “並列分散対話型遺伝的アルゴリズムを用いた合意形成システムの有効性”, 人工知能学会論文誌, Vol.20, No.4, pp.289-296, (2005).
 - 12) 中洲俊信, Chandrasiri, N.P., 苗村健, 原島博, “対話型遺伝的アルゴリズムを用いた似顔絵作成”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.102, No.735(HIP2002 63-76), pp.31-36, (2003).
 - 13) 中村広美, 梶川嘉延, 野村康雄, “IGA を用いたヘッドホン受聴のための音質フィッティングシステムの構築とその有効性の検証”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.107, No.470(EA2007 101-111), pp.7-12, (2008).
 - 14) 高木英行, 畝見達夫, 寺尾隆雄, インタラクティブ進化計算, 遺伝的アルゴリズム 4, (産業図書, 東京, 2000), pp.325-361.
 - 15) Takagi, H., “Interactive Evolutionary Computation”, Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation, Proc. of IEEE, Vol.89, No.9, pp.1275-1296, (2001).
 - 16) 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, Vol.J81-D-2, No.7, pp.1601-1608, (1998).
 - 17) Kim, H.-S., Cho, S.-B., “Application of Interactive Genetic Algorithm to Fashion Design”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol.13, No.6, pp.635-644, (2000).
 - 18) 三木光範, 織田博子, 菅原麻衣子, 和氣早苗, 森下千春, 廣安知之, “対話型遺伝的アルゴリズムを用いたサイン音系列生成システム”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.2, pp.243-251, (2008).
 - 19) 赤平覚三 (著), 財団法人日本色彩研究所 (編), デジタル色彩マニュアル, (株式会社クレオ, 東京, 2004).
 - 20) Eshleman, L.J., Schaffer, J.D., “Real-Coded Genetic Algorithms and Interval-Schemata”, Foundations of Genetic Algorithms, Vol.2, pp.187-202, (1993).

カラー付図

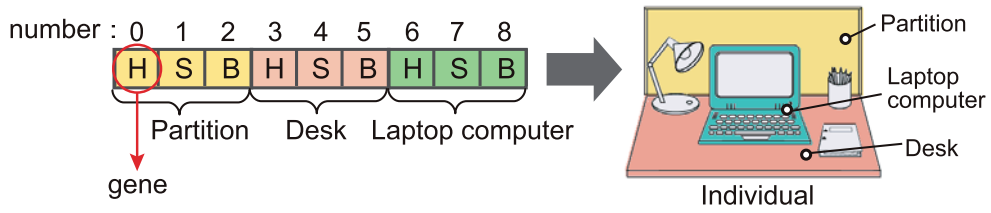


Fig. 3. Structure of Chromosome.

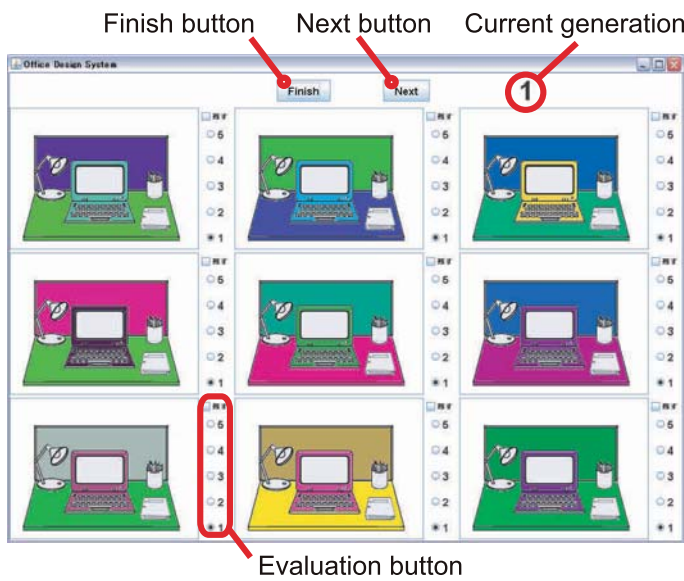


Fig. 4. Computer Screen Displayed to User.

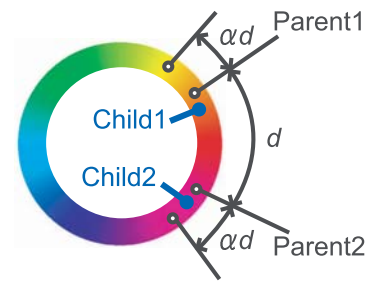


Fig. 5. Crossover for Hue.

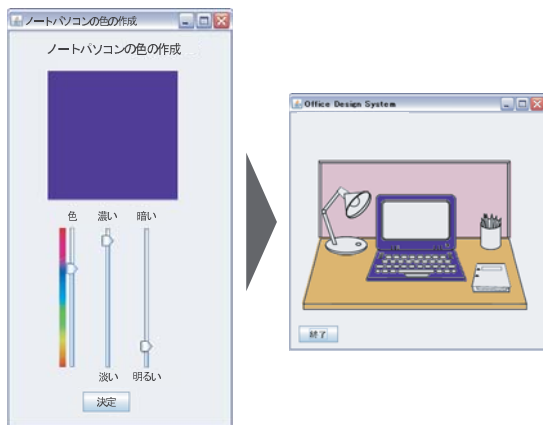


Fig. 7. Coloring System.

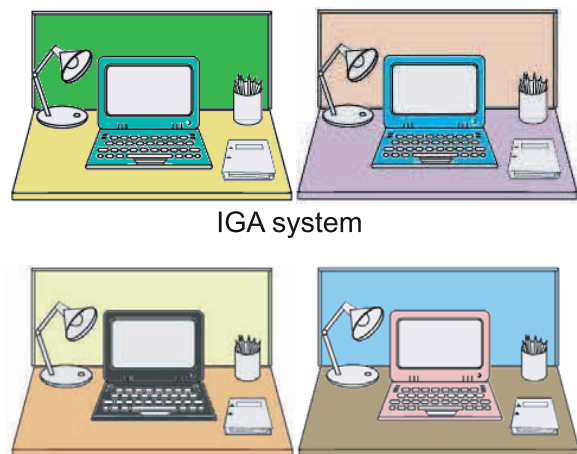


Fig. 12. Example of Design.