

# 学習機能を有する仮想空間作成システム

今井久夫<sup>†</sup> 海野裕志<sup>†</sup> 萩原将文<sup>†</sup>

本論文では、ユーザの希望する感情・雰囲気を反映した仮想空間をインタラクティブに作成するシステムを提案する。ユーザは、希望に合わせて提案システムが提示する仮想空間を評価するだけで、インタラクティブに仮想空間を作成することができる。提案システムは、感性工学的手法と進化計算手法に基づき動作をし、履歴情報からユーザの好みを学習することができる。また、ユーザの好みをファジールールとして学習した後は、ルールを用いてユーザの仮想空間作成支援を行うことが可能となる。作成された仮想空間は、WWW 上において 3 次元サイバースペースとして利用することが可能である。評価実験により、1) 学習によってユーザの仮想空間作成支援が行えていること、2) 学習においてインタラクティブに提示することが有効であることを確認している。

## Virtual Space Creating System Having Learning Ability

HISAO IMAI,<sup>†</sup> HIROSHI KAINO<sup>†</sup> and MASAFUMI HAGIWARA<sup>†</sup>

This paper proposes a new virtual spaces creation system having learning ability. What a user should do is only rough evaluation of virtual spaces created by the system. The proposed system can reflect the feeling and atmosphere the user wishes. After creation of virtual spaces, the user can enjoy walking through in the spaces. The behavior of the proposed system is based on *Kansei* engineering and interactive evolutionary techniques. As for *Kansei* engineering, the system can learn the user's evaluation. As for interactive evolutionary technique, it is effective to create various kinds of virtual spaces easily. Moreover, the created spaces can be used as 3-D cyber spaces on WWW. We have carried out computer experiments to confirm the effectiveness of the proposed system.

### 1. はじめに

コンピュータが得意とする計算・論理を対象とするのではなく、人が持ち個人によって異なる感性・感情を対象とする感性工学の研究<sup>1)~8)</sup>がさかんに行われている。

感性工学の分野においては、感性と音、感性とデザインなどの対応関係を求め、その対応関係をもとに感性による音楽の作曲・編曲<sup>1)~3)</sup>、感性によるデザイン画<sup>4),5)</sup>・ポスターの作成<sup>6),7)</sup>など創作活動支援に関する様々な研究が行われている。

一方、音楽やポスターと同様に複雑な創作物として 3 次元コンテンツをあげることができる。3 次元コンテンツは、コンピュータの発達にともない医療やアミューズメントの分野において、仮想現実感 (ヴァーチャリアリティ: VR) を目的として利用頻度が高まっている。また、WWW 上においては VRML など

の HTML の 3 次元版ともいえる仮想空間記述言語の開発にともない、個人レベルで 3 次元コンテンツによる仮想空間を作成・利用する機会も少しずつではあるが増えている。WWW 技術の発達にともない各個人が HTML によって情報発信してきたように、これからは各個人が仮想空間を作成し情報発信に利用するようになって考えられる。そのため本論文では、仮想空間の作成支援を行うシステムの提案を行う。

仮想空間の作成支援に関する研究としては、非プロ向けの仮想空間作成システムとして PalmPlaza を利用したシステム<sup>9)</sup>が提案されている。このシステムは、3 次元オブジェクトのモデリングができるという利点があるが、習熟期間として 2ヶ月程度の期間がかかるといった問題点がある<sup>9)</sup>。また、静止画を用いた仮想空間作成システムとして IBNR (Image Based Non-Rendering)<sup>10)</sup>が提案されている。このシステムは、簡単に仮想空間を作成できるという利点があるが、画像を用いた擬似的な仮想空間の作成しかできないといった問題点がある。また、感情を反映できる仮想空間作成システム<sup>8)</sup>が提案されている。このシステムでは、

<sup>†</sup> 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

ユーザが感情語を選択し、それをもとにファジィルールを用いて空間を作成するが、このルールはトップダウンで与えられており、更新もされないため、個々のユーザの好みに対応できるとはいえず、完成度に問題がある。

従来の創作活動支援に関する研究においては、ユーザにとっての簡単さを追求することによって、インタラクティブに創作物を作成するシステムが提案されている<sup>2),4)</sup>。ユーザはシステムが作成した提示案に対して評価するだけで、複雑な創作活動を行うことが可能になる。しかしながらインタラクティブなシステムでは、ユーザへの提示回数が増えるにつれユーザ負担が増加するといった問題点が指摘されている<sup>11)~13)</sup>。インタラクティブなシステムは、グラフィックアート<sup>14)</sup>、ライティング<sup>15)</sup>、音楽<sup>16)</sup>、ポスター<sup>6),7)</sup>などを対象に幅広く研究されており、仮想空間の作成における研究もされている<sup>17),18)</sup>。

本論文では、学習機能を有する仮想空間作成システムを提案する。提案システムは、インタラクティブ GA (遺伝的アルゴリズム) を用いることによって、インタラクティブな仮想空間の作成を実現している。またユーザのシステム利用履歴情報からファジィルールを更新することによって、ユーザの好みの学習を行う。その後はファジィルールと GA を用いることによってユーザの好みを反映した仮想空間の自動作成を実現している。この学習による自動作成機能により、ユーザの評価回数を減らし、インタラクティブなシステムの問題に対処している。

以下、2章で提案システムから出力される仮想空間について説明する。3章で提案システムの処理の流れ、および認識システムの詳細について説明する。4章では評価実験による結果を提示し、提案システムの有効性を示す。

## 2. 出力される仮想空間

ここでは、提案システムによって作成される仮想空間について説明する。

図 1 に提案システムから出力された仮想空間の例を示す。仮想空間は、地面と背景を持ちその中に多数のオブジェクトが配置されている。提案システムで作成される仮想空間に配置されるオブジェクトは、システムがあらかじめ用意してあるものを用いている。提案システムはオブジェクトの大きさ、色、配置を学習することができる。そして、それぞれに対して着色をすることが可能である。また仮想空間内をウォークスルーすることが可能である。仮想空間における地面

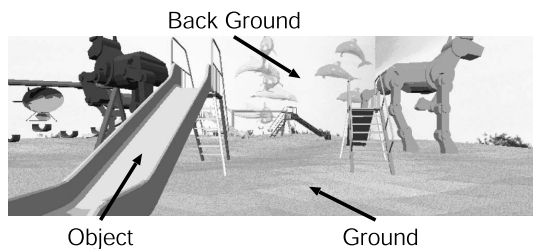


図 1 出力された仮想空間

Fig. 1 The outputted virtual space.

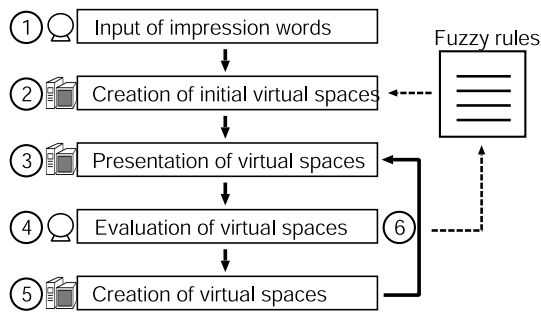


図 2 提案システムの流れ

Fig. 2 Overview of the proposed system.

の仕様を以下に示す。

- サイズは任意の範囲内において変更可能である。
- 高低差をつけることが可能である。
- 高低差の滑らかさを変更可能である。
- 着色もしくはテクスチャの利用が選択可能である。仮想空間における背景の仕様を以下に示す。
- 着色もしくは背景画像の利用を選択可能である。
- 着色する場合には単純着色もしくは霧効果の利用を選択可能である。

仮想空間におけるオブジェクトに関しては、数、サイズ、回転角度、配置場所は任意の範囲内において変更可能である。

提案システムにおける実装では、仮想空間は VRML 形式のファイルとして出力される。VRML は WWW 上において仮想空間を記述するための言語であり、提案システムで作成された空間は、3次元サイバースペースとして利用可能である。

## 3. 仮想空間作成システム

ここでは、提案システムの概要について述べる。ユーザは印象語、感情語を選択した後、システムから提示される空間を評価するだけで、好みの空間を得ることが可能である。また、提案システムは一般的なパーソナルコンピュータで動作する。

図 2 に提案システムの全体的な流れを示す。システ

ムとユーザは、ユーザの希望する感情・雰囲気を反映した仮想空間をインタラクティブに作成していく。仮想空間は、システムが提示した仮想空間に対してユーザが評価を行うことによって作成されていく。同時にシステムは、提示した仮想空間とその仮想空間に対するユーザの評価から履歴情報を収集する。この収集した履歴情報からファジィルールを更新してユーザの好みを推論できるようになる。提案する仮想空間作成システムの流れを以下に示す。

Step 1: ユーザは、希望する感情・雰囲気をシステムに入力する。

Step 2: システムは、初期仮想空間を作成する。

Step 3: システムは、作成した仮想空間をユーザに提示する。

Step 4: ユーザは、提示された仮想空間を評価する。

Step 5: システムは、ユーザの評価に基づいて新たに仮想空間を作成する。

Step 6: Step 3 から Step 5 を繰り返す。

Step 1 においてユーザの入力には、印象語よりも感情語の方がイメージが湧きやすいと考え、今回は印象語だけでなく感情語も用いた。次に、初めてシステムを利用する場合は、システムは利用者の好みを未学習であるため、Step 2 において初期空間をランダムに作成する。そしてシステム利用後には、システムはユーザのシステム利用履歴を用いてファジィルールの更新を行う。2 回目の利用時からは、システムはファジィルールを利用して、Step 2 においてユーザの好みに近い仮想空間を自動作成する。

提案システムは、Step 2 においてユーザの好みに近い仮想空間の自動作成を行うことによって、Step 6 の繰返し回数を減らしユーザの負担を軽減させる。提案システムにおいて、初期仮想空間の作成は遺伝的アルゴリズム (GA) によって、インタラクティブな仮想空間の作成はインタラクティブ GA によって実現している。またファジィルールは、遺伝的アルゴリズムにおける遺伝子の評価関数として用いている。

以下、3.1 節で提案システムで用いている遺伝的アルゴリズム (GA) について説明する。3.2 節で仮想空間の遺伝子表現について説明し、3.3 節でファジィルールについて説明する。

### 3.1 初期仮想空間の作成

ここでは、初期仮想空間の作成について説明する。提案システムでは、初期仮想空間の作成に遺伝的アルゴリズム (GA) を利用している。その理由は次の 3 点である。

- GA は、問題に対するある解が良いか悪いか評価

可能であるだけで、問題に対処できる手法である。仮想空間作成においても要求する条件を評価値として与えることによって、条件を満たした仮想空間の作成が可能である。

- 仮想空間に対する条件が複雑かつ曖昧であっても、少なくとも実用解を得られる。
- 印象語から仮想空間を作成する直接的な手法では、仮想空間が一意に決まってしまうが、GA によって条件を満たす多様な仮想空間の作成が可能である。

提案システムにおいては、ファジィルール前件部によって仮想空間に対する条件を記述し、ファジィルールの推論値によって仮想空間の評価を行っている。

### 3.2 仮想空間の遺伝子表現

ここでは、仮想空間の遺伝子表現について説明する。2 章で示したように提案システムにおける仮想空間は、地面と背景と多数のオブジェクトからなり、それぞれに着色することができる。同様に仮想空間の遺伝子表現は、地面・背景・オブジェクト・色それぞれの情報を表現する部分で設計している。個々の遺伝子としては、離散値と連続値の 2 つの形式がある。離散値の遺伝子によって、地面においてテクスチャを使うかわらないかなどの情報を次世代に伝えることができる。また連続値の遺伝子によって、地面のサイズはどのくらいかなどの情報を次世代に伝えることができる。そして連続値の遺伝子に関しては、連続値 GA<sup>19)</sup>を用いることにより連続値のままの遺伝的操作を可能としている。

オブジェクト・色に関する遺伝子は、仮想空間の細かい特徴ではなく全体的な特徴を次世代に遺伝できるように設計している。

たとえば複数のオブジェクトの特徴量を遺伝子表現する場合には、個々の特徴量を遺伝子として表現するのではなく、オブジェクトのサイズに関してはサイズの平均値と分散値を遺伝子として表現している。また遺伝子表現から実際の仮想空間の特徴量を設定する場合には、平均値と分散値から統計的に計算し求めている。上記のように平均値によって表現されている遺伝子は、オブジェクトのサイズ・回転・距離、色の彩度・明度である。

一方、仮想空間の特徴量の中には簡単に連続値に置き換えられないものも存在する。たとえばオブジェクトの形は、形から人が受ける印象に関連性があるとしても、その関連性を表す遺伝子表現を設定することは困難である。そこで提案システムでは、概念空間を用いることによって、複雑な仮想空間の特徴量と

遺伝子表現を関連づけている．概念空間としては，カラーデザイン研究所の言語イメージスケール<sup>20)</sup>を採用した．言語イメージスケールは，WARM-COOL・SOFT-HARD 軸で表される平面上に多数の形容詞が配置された概念空間である．提案システムでは，仮想空間の特徴量を形容詞と関連づけ平面上に配置し，さらに平面上の座標を遺伝子とすることで，複雑な仮想空間の特徴量と遺伝子表現を関連づけている．また遺伝子表現から実際の仮想空間の特徴量を設定する場合には，平面上の座標の近くに配置されている特徴量を選び出しその中から座標からの距離の近いものほどよく選ばれるように 1 つ選択される．ほかに概念空間によって表現されている遺伝子は，背景の画像，オブジェクトの形，色の色相である．

3.3 ファジィルール

ここでは，ファジィルールについて説明する．

提案システムは，収集した履歴情報からファジィルールの更新（学習）を行う．そして学習後には，ユーザの希望する印象語に対するユーザの好みを推論できるようにする．

ファジィルールの形式は，前件部に仮想空間の特徴量の条件を記し，後件部に印象語への得点を記述している．

Rule  $r$  : if  $x_{l_1}$  is  $L_{l_1}$  and  $\dots$   $x_l$  is  $L_{l_r}$  (前件部)  
 then  $Y_{1r}$  is  $K_{1r}$ ,  $\dots$   $Y_{kr}$  is  $K_{kr}$  (後件部)

ここで  $x_l$  は仮想空間の  $l$  番目の特徴量， $L_{l_r}$  はルール  $r$  における特徴量  $l$  の条件を表すファジィ集合， $K_{kr}$  はルール  $r$  における印象語  $k$  に対する得点推定値， $Y_{kr}$  はルール  $r$  における印象語  $k$  に対する得点である．なお  $K_{kr}$  の値は，ルール  $r$  の前件部に設定した条件が印象語  $k$  を満たすとき正の値をとり，逆の印象を与えるとき負の値をとる．また無関係であれば 0 となる． $L_{l_r}$  のメンバシップ関数の形状は，次式の示す台形型を用いている<sup>21)</sup>．

$$f_{lr}(x_l) = \begin{cases} \frac{x_l - a_{lr}}{b_{lr} - a_{lr}} \vee 0, & x_l < b_{lr} \\ 1, & b_{lr} \leq x_l \leq c_{lr} \\ \frac{-x_l + d_{lr}}{d_{lr} - c_{lr}} \vee 0, & c_{lr} < x_l \end{cases} \quad (1)$$

ここで  $a_{lr}$ ， $b_{lr}$ ， $c_{lr}$ ， $d_{lr}$  は，メンバシップ関数のパラメータである． $K_{kr}$  は，初期値 0 でありファジィルールの学習によって値が更新される． $Y_{kr}$  は，前件部の適合度  $g_r$  と  $K_{kr}$  から次式のように計算される．

$$g_r = \prod_l f_{lr}(x_l) \quad (2)$$

$$Y_{kr} = g_r K_{kr} \quad (3)$$

表 1 実験の諸条件

Table 1 Terms and conditions of experiment.

オブジェクトの数	36
背景画像の枚数	14
地面のテクスチャの枚数	38
個体数	100
終了世代数	50
$\alpha$	0.1
$\beta$	0.03

最終的なシステムの印象語  $k$  に対する得点  $Y_k$  は，個々のファジィルールの印象語に対する得点  $Y_{kr}$  を用いて次式のように計算される．

$$Y_k = \frac{\sum_r Y_{kr}}{R} \quad (4)$$

ここで  $R$  は，前件部の適合度  $g_r$  が 0 でないファジィルールの数である．提案システムにおけるファジィルールの学習は，システムの得点  $Y_k$  をユーザの評価値  $I_k$  に近づけるように行う．履歴情報には，提示した空間の特徴量  $X_l$  とそれに対するユーザの評価値  $I_k$  が含まれている．システムは現在のファジィルールを用いて  $X_l$  から  $Y_k$  を計算し，その後次式のように  $K_{kr}$  を更新して学習を行う．

$$\Delta K_{kr} = \alpha(I_k - Y_k)g_r \quad (5)$$

ここで  $\alpha$  は，学習定数である．また，学習と同時に利用されないルール  $r$  の得点推定値  $K_{kr}$  の絶対値の値を減少させることによって，ファジィルールの忘却を行う．ファジィルールの忘却は，一度は学習したが重要でなかったルールに対して有効である．ファジィルールの忘却は，次式のように行う．

$$\Delta K_{kr} = -\beta K_{kr} \quad (6)$$

ここで  $\beta$  は，忘却定数であり  $\beta < \alpha$  としている．提案システムは上記のように学習と同時に忘却を行うことによって，履歴情報の中の共通的な傾向のみを学習することを可能としている．

4. 評価実験

提案システムの学習能力を確認するために評価実験を行った．以下の実験において共通するパラメータを表 1 に示す．

図 3，図 4，図 5，図 6，図 7，図 8 に以下の評価実験において作成された仮想空間の例を示す．これらは，インタラクションの末に作成された仮想空間の一部であり，ユーザは仮想空間内を自由にウォークスルーすることができる．図 3 は，入力感情語（楽しい）において作成された仮想空間の例である．この例は，明るく鮮やかな色が全体的に使われ，多数のオブジェクトが密集して配置されている．図 5 は，入力感情語



図3 仮想空間の出力例(楽しい)

Fig. 3 The example of an output of virtual space (pleasant).



図4 仮想空間の出力例(怒り)

Fig. 4 The example of an output of virtual space (angry).

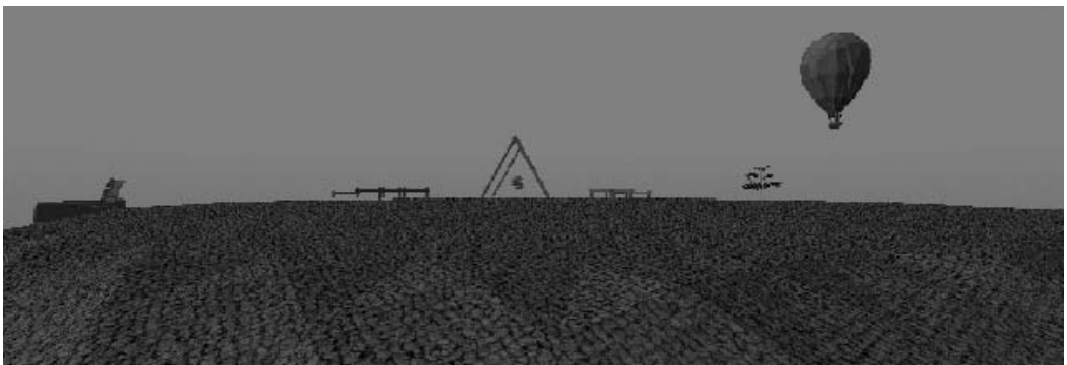


図5 仮想空間の出力例(悲しい)

Fig. 5 The example of an output of virtual space (sad).

(悲しい)において作成された仮想空間の例である。この例は、暗く色彩に乏しい色が全体的に使われ、少ないオブジェクトがまばらに配置されている。他の例もそれぞれ特徴を持った仮想空間が出力されており、システムから出力できる仮想空間が多様であることが分かる。

評価実験では、学習前と学習後でシステムが提示し

た仮想空間を被験者に評価してもらい比較を行った。評価実験の流れを以下に示す。

[実験1] ルールを用いずに提示

Step 1: 初期空間を 50 枚提示して評価を行ってもらう。

[実験2] ランダム提示で学習したときの評価

Step 1: 初期空間を 10 分間評価し学習を行っても



図 6 仮想空間の出力例 (怖い)

Fig. 6 The example of an output of virtual space (fearful).

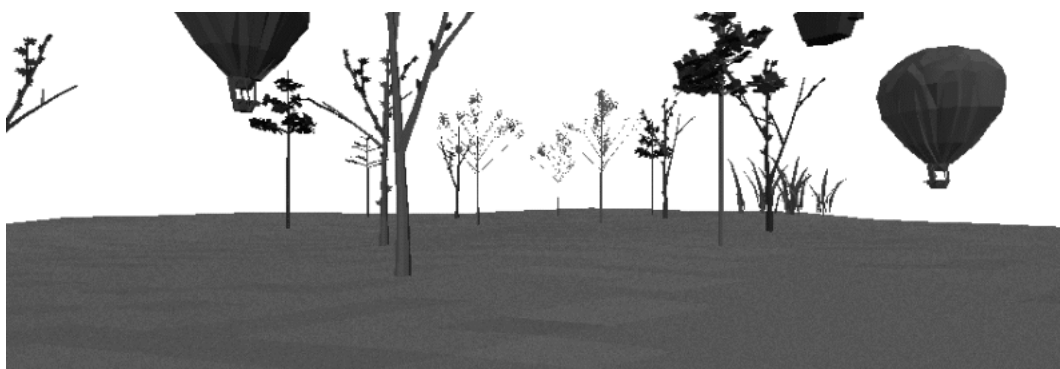


図 7 仮想空間の出力例 (冷静)

Fig. 7 The example of an output of virtual space (coolness).

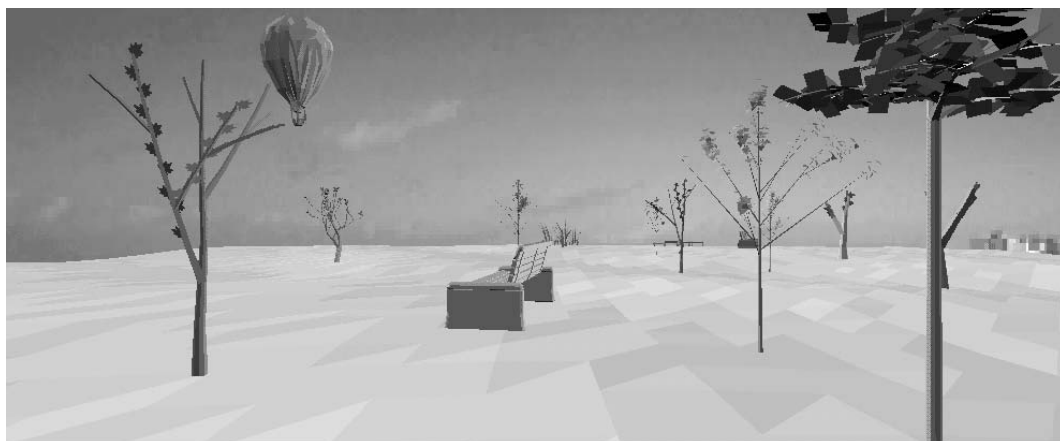


図 8 仮想空間の出力例 (平静)

Fig. 8 The example of an output of virtual space (balance).

らう。

Step 2: 学習前の状態で初期空間を 50 枚提示して評価を行ってもらう。

Step 3: 学習後に初期空間を 50 枚提示して評価を行ってもらう。

[ 実験 3 ] インタラクティブ GA を用いた提示で学習したときの評価

Step 1: インタラクティブ GA を用いて作成した空間を 10 分間評価し学習を行ってもらう。

Step 2: 学習前の状態で初期空間を 50 枚提示して評

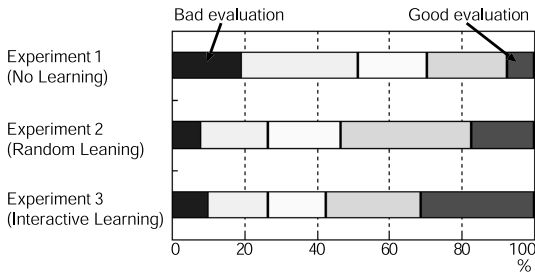


図9 学習能力の実験結果  
Fig. 9 The result of learning capability.

価を行ってもらおう。

**Step 3:** 学習後に初期空間を 50 枚提示して評価を行ってもらおう。

実験 2, 実験 3 の Step 1 にあるとおり, 学習の方法として, ランダムに提示した場合とインタラクティブに提示した場合の 2 種類行った。ランダムに提示とは, システムがランダムに作成した仮想空間を被験者に提示して評価してもらい履歴情報を集める方法であり, 良い評価の仮想空間も悪い評価の仮想空間も提示することになる。インタラクティブに提示とは, システムが被験者の評価に基づいて作成した仮想空間を被験者に提示して評価してもらい履歴情報を集める方法であり, 良い評価の仮想空間を中心に提示する方法である。本実験において, 学習時間を 10 分間としたのは, 予備実験の結果, 10 分間の学習でも望む空間が得られることが分かったからである。なお学習時間を長くとも当然可能である。また, 被験者は 12 名, 入力感情語は 6 種類 (楽しい・怒り・悲しい・怖い・平静・冷静), 仮想空間の提示枚数は一度に 5 枚, 被験者の評価は 5 段階評価で行った。ここで, 提案システムは多くの感情語に対応することができるが, 実験の便宜上 6 つで代表させた。

図 9 の実験結果より, 実験 2, 実験 3 いずれにおいても, 実験 1 と比較して入力感情語を反映していないという評価の割合が減り, 反映しているという評価の割合が増えていることが分かる。この結果より, 学習を行うことによってより入力感情語を反映した初期空間の提示を行えていることが確認できる。また, 実験 3 の方が実験 2 よりも良い評価の空間が多くなっている。悪い評価の空間も多くなっているが, 良い空間の数が増えることは大変重要であるため, インタラクティブ GA による提示の方が効率良く学習できていると考えられる。

## 5. む す び

本論文では, 学習機能を有する仮想空間作成システ

ムの提案を行った。提案システムは, インタラクティブ GA (遺伝的アルゴリズム) を用いることによって, インタラクティブな仮想空間の作成を実現している。またユーザのシステム利用履歴情報からファジィルールを更新することによって, ユーザの好みの学習を行う。その後はファジィルールと GA を用いることによってユーザの好みを反映した仮想空間の自動作成を実現している。この学習による自動作成機能により, ユーザの評価回数を減らし, インタラクティブなシステムの問題に対処している。

評価実験により, 以下の結果を得た。

1. 学習によって仮想空間作成の支援が行えていること。
2. 学習においてインタラクティブに提示することが有効であること。

謝辞 本研究の一部は, 文部科学省 21 世紀 COE プログラム「アクセス網高度化光・電子デバイス技術」の助成を受けて行われた。

## 参 考 文 献

- 1) 徳丸正孝, 村中徳明, 今西 茂: 感性インタフェースを用いた対話型編曲システム, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.1, No.2, pp.73-80 (2001).
- 2) 畦原宗之, 海老原祐, 鬼沢武久: 作り手のイメージを反映させた楽曲生成システムに関する研究, 感性工学研究論文集, Vol.1, No.2, pp.66-72 (2001).
- 3) 高木将一, 中村啓佑, 沼尾正行: 機械学習の手法を用いた感性の抽出と作曲・編曲への応用, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.15, No.1, pp.1F1.02 1-2 (2001).
- 4) 三木光範, 広安知之, 長谷佳明, 小川泰正: 分散対話型遺伝的アルゴリズムに基づくデザイン・コラボレーション, 日本機械学会年次大会講演論文集, Vol.2001, No.5, pp.27-28 (2001).
- 5) 市野順子, 田野俊一: デザイン描画を支援するユーザインタフェース, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-DII, No.10, pp.1963-1709 (1999).
- 6) 尾畑貴信, 萩原将文: 感性を反映できるカラーポスター作成支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.701-710 (2000).
- 7) 宮崎隆之, 萩原将文: 感性を反映できるポスター作成支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.10, pp.1928-1936 (1997).
- 8) 浅野利郎, 萩原将文: 感情を反映できる仮想空間作成システム, 電気学会論文誌 C, Vol.122-C, No.2, pp.217-223 (2002).
- 9) 前田泰宏, 箕浦大祐, 安野貴之, 石橋 聡: 3 次元仮想空間 “Palm Plaza” を利用した個人発信に関する検討, 電子情報通信学会大会講演論文集, Vol.2001, 基礎・境界, p.359 (2001).

- 10) 小川剛史, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 静止画を用いた WWW 上でのコミュニケーション支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.11, pp.3364-3374 (2002).
- 11) 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).
- 12) 杉本富利, 西尾研一, 本多中二: IGA のための心理的尺度に基づいたファジィ推論による適合度割り当て法, 人工知能学会誌, Vol.13, No.5, pp.739-745 (1998).
- 13) 長尾光悦, 山本雅人, 鈴木恵二, 大内 東: インタラクティブ GA に基づく画像検索システムの評価, 人工知能学会誌, Vol.13, No.5, pp.720-727 (1998).
- 14) 畝見達夫: 遺伝的アルゴリズムの新しい潮流 遺伝的アルゴリズムとコンピュータグラフィクスアート, 人工知能学会誌, Vol.9, No.4, pp.518-523 (1994).
- 15) 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-DII, No.7, pp.1601-1608 (1998).
- 16) 岩井政佳: 遺伝的アルゴリズムによる FM 音源パラメータの調整, 情報処理学会夏のプログラミング・シンポジウム報告集, Vol.1994, pp.61-65 (1995).
- 17) Das, S. and Franguiadakis, T.: A genetic programming application in virtual reality, *1st IEEE Conf. on Evolutionary Computation (ICEC94)*, Orlando, FL USA, Vol.1, pp.480-484 (June 1994).
- 18) Disz, T., Papka, J.M.E. and Stevens, R.: Ubi-World: An environment integrating virtual reality, supercomputing and design, *6th Heterogeneous Computing Workshop (HCW'97)*, Geneva, Switzerland, Hensgen, D. (Ed.), pp.46-57, IEEE Computer Society Press (Apr. 1997).
- 19) 小野 功, 山村雅幸, 喜多 一: 実数値 GA とその応用, 人工知能学会誌, Vol.15, No.2, pp.259-

266 (2000).

20) 小林重順: カラーリスト, 講談社 (1997).

21) 村山浩之, 萩原将文: 感性を反映できるフォント自動作成システム, 感性工学研究論文集, Vol.2, No.1, pp.73-78 (2002).

(平成 15 年 5 月 9 日受付)

(平成 16 年 4 月 5 日採録)



今井 久夫

昭和 53 年生。平成 13 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。平成 15 年同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻修士課程修了。同年 IBM ビジネスコンサルティングサービス株式会社勤務。



海野 裕志

昭和 54 年生。平成 15 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻修士課程在学中。



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, ファジィシステム, 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, 平成 15 年日本感性工学会技術賞受賞。