

ユーザシステム協調型進化計算を用いた アバター作成支援システムの提案

渡邊 真也^{1,a)} 斗澤 将大² 中野 啓佑³ 小野 智司⁴

受付日 2013年4月30日, 再受付日 2013年6月13日,
採録日 2013年7月25日

概要: SNS などのインターネットコミュニティで広く利用されている「自分の分身となるキャラクタ」であるアバターを作成支援するための新たなシステムの提案を行う。従来までのアバター作成ツールが1つ1つを手作業でパーツや場所を決定する, もしくは顔写真を基に完全に自動作成するものであるのに対して, 提案システムはユーザとシステムが協調探索を行うユーザシステム協調型進化計算 (Cooperative Evolution by User and System: CEUS) に基づく半自動の作成システムとなっている。CEUS は, 対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation: IEC) と異なり, ユーザの評価だけでなくシステムによる評価を取り入れているため, ユーザによる評価は任意のタイミングとなりユーザ負担が軽いという特徴がある。手作業で作成する場合, IEC に基づき作成する場合との被験者アンケート実験を通じて, 提案システムの有効性を検証した。アンケート結果より, 提案システムは IEC よりも優れた方法であり, 手作業による場合と同程度の質と満足度が得られることを確認することができた。

キーワード: ユーザシステム協調型進化計算, 対話型進化計算, アバター作成支援システム, 差分進化

A Proposal for an Avatar Creation Support System Based on Cooperative Evolution by User and System

SHINYA WATANABE^{1,a)} MASAHIRO TOZAWA² KEISUKE NAKANO³ SATOSHI ONO⁴

Received: April 30, 2013, Revised: June 13, 2013,
Accepted: July 25, 2013

Abstract: This paper proposed a new avatar creation support system based on cooperative evolution by user and system (CEUS). Avatar has been widely used as the graphical representation of the user in internet community such as social network service (SNS). Existing avatar creation supports can be divided into two approaches. While one is to determine the size, shape, color and position of parts among enormous number of candidates by hand work, the other is create fully automated avatar. In this paper, a new semi-automated avatar creation system was proposed in order to create one at a satisfactory level of quality with less effort. The proposed system was based on CEUS that utilizes not only the evaluation of user, but also that of system unlike interactive evolutionary computation (IEC). In CEUS, it has been known that user's evaluation at any timing lessens the burden on user. A questionnaire for comparison between IEC, hand work and the proposed system was performed to verify the efficiency of the proposed. This result provided that the proposed system was superior approach than IEC in every aspects and could obtain the same degree of satisfying and quality avatar as that of hand work.

Keywords: cooperative evolution by user and system, interactive evolutionary computation, avatar creation support system, differential evolution

¹ 室蘭工業大学大学院
Muroran Institute of Technology, Muroran, Hokkaido 050-8585, Japan

² 株式会社日立ソリューションズ
Hitachi Silutions, Ltd.

³ インクリメント P 株式会社
Increment P Corporation

1. はじめに

SNS などのインターネットコミュニティにおいて, 「自

⁴ 鹿児島大学
Kagoshima University

^{a)} sin@csse.muroran-it.ac.jp

分の分身となるキャラクタ」であるアバタをプロフィール用画像として用いる利用者は多く、特にアミーバピグやグリーのようにサイト内にアバタを作成するための簡易ツールが提供されているサイトでは、ほとんどの利用者はアバタ画像を使用している。そのメリットとしては、単に顔写真を一般に公開するリスクを避けられることだけでなく、感情表現に優れたアバタの利用によるコミュニケーションの円滑化、活性化の効果なども指摘されている [1]。他にも、仮想空間において擬人化したアバタ利用によるモチベーション維持の効果 [2]、ユーザへの購買意欲向上の効果 [3] などアバタ利用によるユーザへの影響に関する研究が報告されている。

一般にアバタは無料で作成することができ、作成ツールもインターネット上において豊富に用意されている*1。これらの多くは、サイト上で1つ1つパーツの種類や位置を選択、決定し手作業により作成するものであり、一部に顔写真を基に完全に自動作成するものがある。しかしながら、前者の場合、パーツの形状や種類は膨大であるため、嗜好に合うアバタ作成のためにはある程度の手間と時間をかける必要があり、後者の場合、時間や手間を費やす必要はないものの一般にその精度は低く、掲示されたアバタに変更を加えることができないという問題点がある。

そこで、本研究ではユーザシステム協調型進化計算 (Co-operative Evolution by User and System: CEUS) [4] に基づく半自動のアバタ作成システムの提案を行う。提案システムは、上述の手作業による作成ツールと顔写真を基に自動作成するものの融合を目指したものであり、その目的は低いユーザ負担での嗜好に合ったアバタ生成の実現である。CEUSは、ユーザ評価とシステムによる評価を組み合わせた最適化を実現しており、提案システムの目的に最も合致したアプローチとして採用した。従来より広く行われている対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation: IEC) と異なり、CEUSにおけるユーザ評価のタイミングは任意であり、IECに比べユーザ負担が軽いという特徴を持つ。

提案システムの有効性を検証するため、被験者30人に対してCEUSを用いた「提案システム」、IECを用いた「対話型手法」、各顔パーツを自分で選択し、作成する「手作業による作成」の比較実験をしてもらい、アンケートに相対的な評価を記述してもらった。

以下、本論文の構成について述べる。まず2章において、現在ネット上において公開されているアバタ作成支援ツールについて概説し、本研究の位置づけを明らかにする。次に3章において、本提案システムの肝となっているCEUSおよび差分進化 (Differential Evolution: DE) について述べ、4章において提案システムの概要および実装の詳細に

ついて説明する。5章において提案システムの検証実験を示し、最後にまとめを述べる。

2. アバタ作成ツール

ここでは、アバタ作成のためのツールとして、パーツを1つ1つ手作業で選ぶものと写真から自動作成されるものに大別し、前者の代表的なツールとして国内最大手SNSの1つであるアミーバピグ [5] におけるアバタ作成ツール、後者として写真をメールするだけで似顔絵作成が行える“似顔絵ウェルカムボード★メール” [6] を取り上げ説明する。

なお、アバタ作成においてはユーザ自身によく似たアバタを作成する場合とユーザ自身に似てはいないが気に入ったアバタを作成する場合の2通りが考えられるが、本論文では前者を対象として扱う。

2.1 アミーバピグにおけるアバタ作成ツール

アミーバピグでは、ユーザがアバタ (キャラ) を作成することがシステムへ参加する前提となっており、アミーバピグを利用する最初の段階においてアバタ生成を行う必要がある。アミーバピグ上でのアバタ作成手順は、下記に示す3段階である*2。

Step1 性別を選択

Step2 図1に示すように7つの候補からベースとなる顔・服を決定

Step3 輪郭・眉毛・目・鼻・口・前髪・後ろ髪・ほくろ・ひげといった9種類のパーツを候補から選択

アミーバピグにおけるアバタの特徴の1つがパーツ種類の豊富さである。Step3における9つのパーツは、それぞれ輪郭7種類、眉毛27種類、目36種類、鼻17種類、口20種類、前髪25種類、後ろ髪20種類、ほくろ5種類、ひげ19種類が用意されており、その総組合せ数は1,000億を超える。

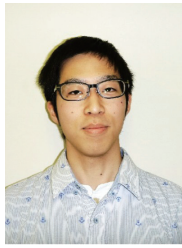


図1 アミーバピグにおけるベース選択画面

Fig. 1 Selection screen for avatar's basis in ameba-pig.

*1 似顔絵作成に関する総合サイト
<http://girlsnet.ninpou.jp/nigaoe.html> など。

*2 サイト上では、服装やアクセサリといった顔以外の設定も行うことができるが、ここでは顔以外に関する設定を無視して扱った。



(a) model picture



(b) a created avatar by ameba-pig's tool



(c) a created avatar by nigaoe-welcome bord (1)



(d) a created avatar by nigaoe-welcome bord (2)

図 2 既存ツールを利用して生成したアバタの例

Fig. 2 Examples of avatars created by existing avatar tools.

実際にこのサイトを利用して作成した例を図 2 に示す。図 2 における (a) が生成の基とした写真であり、(b) がアメバピグで用意されているツールを用いて生成したアバタ画像である。アニメ風な画像であるため多少デフォルメされているものの、豊富な種類のパーツを 1 つ 1 つ吟味し、選択して作成されているため特徴をとらえたアバタ画像が生成されていることが分かる。しかしながら、パーツの数が膨大であるため、比較的使いやすい生成ツールであるにもかかわらず、本例の作成においても約 5 分の時間がかかっている。

2.2 似顔絵ウェルカムボード★メールを用いたアバタ作成

写真をもとにアバタ (似顔絵) を生成するツール、サイトは限られており、ここで紹介する“似顔絵ウェルカムボード★メール”は無料で自動生成のサービスを提供する数少ないサイトの 1 つである。本サイトでは、100 KB 以内の比較的小さなサイズの写真を自動的に解析し似顔絵を生成する。その際、画風としてリアルタッチと漫画タッチという 2 種類を選択することができ、図 2 に示す作成例では、サイトで推奨される証明写真に近い (a) を入力した場合における、リアルタッチに基づく結果 (c) と漫画タッチに基づく結果 (d) が示されている。

両図の結果より、顔の輪郭は特徴をとらえているものの、髪の色を含む雰囲気はモデルとなった (a) の特徴を十分つかんでいるとはいえないことが分かる。本サービスでは、アバタ生成のための労力をほとんど必要としない一方、生成された似顔絵の修正が事実上不可能であるというユーザの好みに添ったアバタ生成という意味において致命的な問題点を持っている。

3. 関連研究

ここでは、提案システムに組み込まれているユーザシステム協調型進化計算 (Cooperative Evolution by User and System: CEUS) および差分進化 (Differential Evolution: DE) についてその概要を説明する。

3.1 ユーザシステム協調型進化計算

提案システムでは、ユーザによる評価とシステムによる評価を融合した最適化を実現するために、小野らにより提案された CEUS [4] を採用した。

近年、対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation: IEC) におけるユーザの疲労の軽減を目的とした、システム評価とユーザの評価を融合した研究がいくつか行われているものの、その多くは探索のタイミングおよび各評価の役割分担が固定的である [7], [8]。対して、CEUS は両評価の任意のタイミングでの変更を許容している。つまり、ユーザは非対話型探索の途中に任意のタイミングで評価することが許されており、ユーザ介入の自由度が非常に高いという特徴を持つ。

CEUS の主な特徴を以下に示す。

(1) 適応度を数値として表現

従来の IEC と異なり、適応度はすべて明確な数値を有している。そのため、システム側の評価 (質的な評価) とユーザによる評価 (量的な評価) が共通の基準で扱えることとなり、両評価を統合した最適化の実現が可能となる。

(2) Case-Based Reasoning (CBR) を用いてユーザの嗜好を推定

CBR では、獲得した事例を直接利用したユーザ評価の推定を行っており、事例数が少数の場合においても推定可能であるという特徴を持つ。CEUS ではシステム側の評価の中にユーザ評価の推定を組み込むことを許容しており、非対話型の探索中においても質的な最適化を行うことができる。

(3) 任意のタイミングでのユーザ介入を許容

ユーザとシステム側のタイミングが完全に任意であるため、CEUS ではユーザによる介入 (中断) がない場合には非対話型探索により最適化を進めるといった形態をとっている。そのため、従来の IEC やその応用例に比べ、ユーザによる評価回数を大幅に抑える効果が期待できる。

CEUS の処理手順を図 3 に示す。図中における白抜きの箇所が CEUS におけるユーザ介入に関わる部分であり、点線はシステム内でバックグラウンド処理として扱われる流れを示している。この図からも分かるように、ユーザは提示された候補解に対して評価・直接の操作 (手直し) を行うかどうかは任意であり、もしこれらの操作が行われた

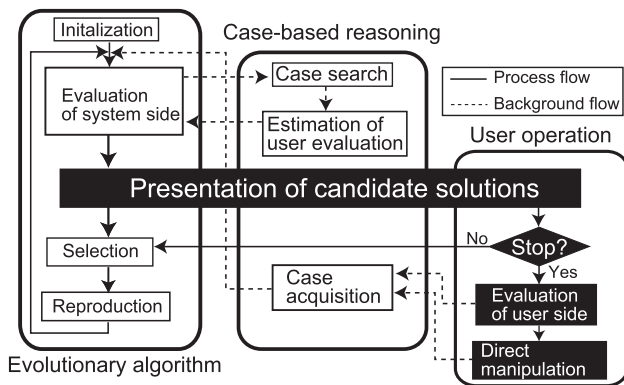


図 3 CEUS における処理手順

Fig. 3 The process flow of CEUS.

場合には CBR におけるユーザ評価の推定にその結果が反映される仕組みとなっている。

3.2 差分進化

DE は, Storn らによって提案された進化戦略 (Evolutionary Strategy: ES) の 1 つであり, 実装の容易さ, 収束の速さから近年注目を集めている [9]. Takagi らは, IEC に対する DE の相性の良さとして, (1) 個体に対比較である点, (2) 収束性能の高さをあげており, 対話型差分進化の IEC としての有用性をいくつかの数値実験を通して示している [10]. そのため, 本研究では提案システム, また提案システムとの比較用に作成した IEC において DE を採用しシステム構築を行った。

DE の重要な特徴として, 通常の ES と異なり, 突然変異のステップ幅を制御する必要がなく, 単純な数学的演算を用いていることがあげられる. このため, 制御パラメータの数が少なく設定が容易であり問題への実装も比較的容易に行える. DE には様々な方法が提案されているが, 本論文では DE/rand/1/bin^{*3}を採用した. DE の概要を以下に示す.

Step 1: 目標 vector として 1 個体 (x_i) を取り出す.

Step 2: 残り個体からランダム (もしくはベスト) 個体を 1 個体選び基底 vector (x_{base}) とし, さらに 2 個体 (x_{p1}, x_{p2}) をパラメータ vectors としてそれぞれ重複しないようランダムに選択する.

Step 3: スケーリングパラメータ F を用いて, 以下の式により変異 vector (x') を求める.

$$x' = x_{base} + F(x_{p1} - x_{p2}) \quad (1)$$

Step 4: 目標 vector (x_i) と変異 vector (x') を交叉させ比較参照 vector (x_i^{new}) を生成する. なお, 本研究では一様交叉を用いた.

Step 5: 目標 vector (x_i) と比較参照 vector (x_i^{new}) を比較

^{*3} 親の選択方法として “rand (ランダム)”, 差分ベクトルの個数が “1”, 交叉方法としては一定確率で交換する “bin (binomial)” の意味.

し, 比較参照 vector の方が優れていた場合には更新 ($x_i := x_i^{new}$) を行う.

Step 6: すべての個体に対して Step1 から Step5 を繰り返し, 次世代の個体を生成する.

4. 提案するアバタ作成支援システム

本研究では, ユーザ評価とシステム評価に基づく半自動アバタ作成システムを提案する. ここでは, 提案システムの概要について述べたうえで, 非対話部分における評価, フィルタ処理といった詳細部分の説明を行い, 最後にユーザ側から見たシステム操作の流れを述べる.

4.1 システムの概要と流れ

本システムでは, 自動生成した候補をユーザが任意のタイミングで評価することによるアバタ生成を行っており, 従来の手作業の場合に比べより受動的で負担感の少ないシステムの実現を目指している. その目的は, ユーザの嗜好に合ったアバタをより少ないユーザ負担で生成することであり, ユーザ自身に対する気づきを与える効果を副次的な効果として考える.

本システムは, 顔写真の認識から始まり, システム評価およびユーザ評価に基づく DE の探索を通じて最適化を行う. 以下, 本システムの大まかな流れを示す.

Step1 顔認識

ユーザの顔写真を顔認識し, 目, 鼻, 口, 輪郭それぞれの横幅と縦幅, 位置座標を取得する.

Step2 初期母集団の生成

世代数 $g = 0$, 終了世代数を g_{max} とし, N 個の個体 x_j ($j = 1, \dots, N$) を生成する.

Step3 遺伝的操作

母集団の N 個の個体に対して, 下記の Step3-1 および Step3-2 を行い, 次世代の母集団を生成する.

Step3-1 交叉

3.2 節で述べた DE のアルゴリズム手順に従い, 次世代候補を生成する. ただし, 図 3 における解候補の提示部分ではフィルタ処理を行い, 推定するユーザ評価値が閾値よりも低いと判断された候補の提示を削除するという操作を行っている (フィルタ処理の詳細は後述).

Step3-2 ユーザ介入

生成した個体群をユーザに提示し, ユーザが提示した候補を気に入った場合, ユーザによる評価 (対話型評価), パーツのデザイン・位置の決定を行う. 対話型評価されたものは, アーカイブとして保存され, 次世代以降の非対話型評価におけるユーザ評価の推定に活用される. また, ユーザに指定されたパーツのデザイン・位置は以降のすべてのデザインに反映され, 固定化される仕組みと

なっている。

Step4 終了判定

$g = g + 1$ とし, $g < g_{\max}$ なら Step3 へ戻る. $g = g_{\max}$ なら探索を終了し, 母集団の中で最も評価値の良い個体をユーザに提示する.

個体には, パーツの種類に関するパラメータと位置に関するものの大きく 2 種類のパラメータ情報が含まれており, パーツとして目・鼻・口・髪型・輪郭・眉毛・メガネの計 8 種類, 座標位置として目・鼻・口・眉毛に関する計 4 種類を持つ. また, パーツの種類に関するパラメータ値としてパーツ番号 (離散値), 座標パラメータとして 2 次元の座標平面上での位置 (連続値) を使用している.

以下, 非対話型評価の設定および解候補の提示部分におけるフィルタ処理の詳細について述べたうえで, 具体的なシステムの操作方法について説明する.

4.2 評価

本システムは, 任意のタイミングでユーザが行う対話型評価 (f^{IEC}) と DE 中で行われる非対話型評価 (f^{nIEC}) の 2 つに基づき最適化を行っている. しかし実際には, 提案システムの最適化は主に進化計算アルゴリズム部分 (図 3 における左側の非対話型処理) に基づいて行われており, ユーザ介入による結果 (f^{IEC}) を f^{nIEC} にフィードバックすることによりシステム評価とユーザ評価を両立する仕組みとなっている.

f^{nIEC} は, ユーザ評価の推定に基づく評価部分 ($f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}$) と入力画像との一致度に基づく評価部分 ($f^{\text{nIEC}}_{\text{similarity}}$) の 2 つの部分に分けて考えることができる. f^{nIEC} としては, $f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}$, $f^{\text{nIEC}}_{\text{similarity}}$ をそれぞれ一定割合で単独で使用方法も考えられるが, 本論文では下記に示すようにそれら 2 つを組み合わせた評価方法についても実装を試みた.

$$f^{\text{nIEC}}(x_j) = f^{\text{nIEC}}_{\text{similarity}}(x_j) * \left(0.5 - 0.5 * \frac{g-1}{g_{\max}}\right) + f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}(x_j) * \left(0.5 + 0.5 * \frac{g-1}{g_{\max}}\right) \quad (2)$$

ここで, g は現在の世代数であり, $g_{\max}$ は設定した終了世代数である. 式 (2) から分かるように, 組合せ評価式では, 探索の序盤において 2 つの評価式を同じ重みとしているものの, 終盤ではユーザ評価の推定 ($f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}$) 割合を高くするように設定している. これは, 探索が序盤の段階ではユーザが評価を行う対話型評価の数が不十分であるのに対して, 探索が終盤に向かうにつれその数も増加し, 推定の信頼性も向上するという仮定に基づいている.

以下, $f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}$ を嗜好推定評価, $f^{\text{nIEC}}_{\text{similarity}}$ を画像一致評価と呼びその中身について説明する.

4.2.1 嗜好推定評価

嗜好推定評価 ($f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}$) は, ユーザの気に入った個体を保存しているアーカイブ内個体との類似度によって評

表 1 タグ一覧

Table 1 List of parts design's tag.

Parts	Tag	# kinds
Hair	Length	(short)1~5(long)
	Degree of perm	(weak)1~5(strong)
Eyebrow	Width	(thin)1~5(thick)
Mouth	Thickness of lip	(thin)1~5(thick)
Facial contour	Shape of jaw	(big)1~5(small)

表 2 ランクごとの得点 (P_n)

Table 2 The relation between rank and point (P_n).

Rank	Point
1st	0 pt
2nd	1 pt
3rd	2 pt
4th	3 pt
5th	4 pt

価値を決定しており, パーツの特徴量や種類によるデザイン評価 ($\bar{f}_{\text{design}}(x_j)$) と, パーツの位置による座標評価 ($\bar{f}_{\text{coordinates}}(x_j)$) の重み付き線形和として定義した. 具体的な算出式を以下に示す.

$$f^{\text{nIEC}}_{\text{preference}}(x_j) = \bar{f}_{\text{design}}(x_j) * \alpha + \bar{f}_{\text{coordinates}}(x_j) * (1 - \alpha) \quad (3)$$

デザイン評価と座標評価の割合は, アバタ作成の際にパーツの位置よりもサイズを重視すると考え, 本論文では $\alpha = 0.7$ と設定した. 以下, 嗜好推定評価におけるデザイン評価と座標評価について説明する.

デザイン評価

デザイン評価を行うためには, アーカイブ個体内のパーツデザインとの類似度を算出する必要がある. ここでは, 画像ごとにその特徴を表すタグを付加し, アーカイブに含まれている個体タグとの一致度合いに基づき類似度を決定した. 具体的には, 表 1 に示す 5 つのパーツに対して 6 種類のタグを用意し, タグの各値ごとにアーカイブ内に含まれる数をカウントし, 多いものから順にランク付けを行うという方法を用いた. たとえば, アーカイブ内に髪が長いアバタが最も多く存在していた場合には, 髪の長さ「5」が最も高いランク付けとなり, 逆に髪の短い「1」や「2」といった値は低いランク付けとなる.

ここでは, 表 2 に示すランク得点 P_n ($n = 1, \dots, 5$) を用いて下記の式によりデザイン評価値 ($\bar{f}_{\text{design}}(x_j)$) を求めた.

$$f_{\text{design}}(x_j) = \sum_{n=1}^5 P_n \quad (4)$$

$$\bar{f}_{\text{design}}(x_j) = \frac{f_{\text{design}}(x_j) - f_{\text{design}}^{\min}}{f_{\text{design}}^{\max} - f_{\text{design}}^{\min}} \quad (5)$$

ここで, $f_{\text{design}}^{\max}$ および $f_{\text{design}}^{\min}$ はその世代のすべての個

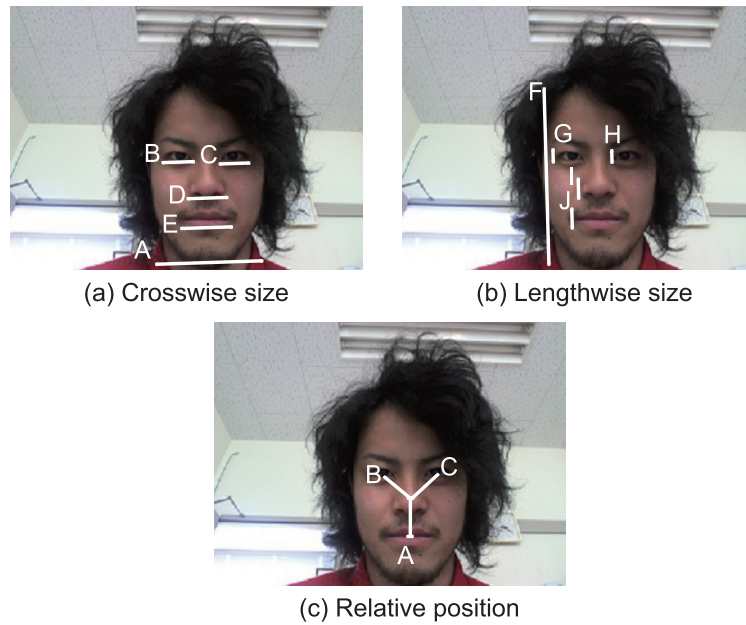


図 4 顔のサイズ、位置の検出
Fig. 4 Determining the relative sizes and positions of face.

体における $f_{\text{design}}(x_j)$ の最大値と最小値を表しており、 $\bar{f}_{\text{design}}(x_j)$ は $f_{\text{design}}(x_j)$ を正規化した値となっている。この式から、アーカイブ内のアバタとの類似性が低いほど評価値は高くなり、逆に類似性が高い場合には低い評価値となることが分かる。

提案手法では、パーツそのものではなくパーツに含まれるタグに基づき評価が行われるため、たとえばあるパーツに対する評価が高くなった場合、そのパーツに含まれるタグを持つパーツ全体の評価が向上し、逆に該当するタグを有しないパーツの評価が相対的に低下することとなる。

座標評価

座標評価では、アーカイブに保存された個体と評価する個体における、目、鼻、口それぞれの XY 座標の差分の総和により求めた。紙面の都合上、詳細は省略するが目、鼻、口それぞれの XY 座標がアーカイブに存在する個体と近いほど値が小さくなるよう座標評価 ($\bar{f}_{\text{coordinates}}$) を設定した。

4.2.2 画像一致評価

画像一致評価 $f_{\text{similarity}}^{\text{nIEC}}$ は、顔認識から取得した目、鼻、口の横幅、縦幅によるサイズ評価 $\bar{f}_{\text{size}}(x_j)$ と、各 XY 座標による位置評価 $\bar{f}_{\text{position}}(x_j)$ の重み付き線形和として定式化した。具体的な算出式を以下に示す。

$$f_{\text{similarity}}^{\text{nIEC}}(x_j) = \bar{f}_{\text{size}}(x_j) * \alpha + \bar{f}_{\text{position}}(x_j) * (1 - \alpha) \quad (6)$$

画像一致評価におけるサイズ評価と位置評価の割合は、アバタ作成の際にパーツの位置よりもデザインの特徴を重視すると考え、 $\alpha = 0.7$ と設定した。

ここで、サイズ評価と位置評価の算出について以下、簡単に説明する。ただし、各評価値算出の詳細については紙

表 3 調整値 F_{size}^m

Table 3 Adjusted value for face's relative size F_{size}^m .

Long	Eye	0.60
	Nose	0.81
	Mouth	1.17
Wide	Eye	1.01
	Nose	1.49
	Mouth	1.40

面の都合上、省略する。

サイズ評価

サイズ評価では、顔写真と評価する個体それぞれで輪郭に対する各パーツの相対サイズを求め、その差分の合計をサイズ評価値として求めた。顔写真の相対位置を求めるために、図 4(a) および (b) に示すように横方向として A~E の 5 か所、縦方向として F~J の 5 か所を測定し、A に対する B~E の相対サイズ、F に対する G~J の相対サイズをそれぞれ求め、その一致度合いとして評価値を算出した。

ただし、写真における相対サイズをアバタにおける相対サイズにそのまま適用しても写真における印象とはならない場合がある。たとえば、現実に目が大きい人でもそのままのサイズ比でアバタを作成すると、アバタとしては目が小さくなってしまう。そのため本研究では、表 3 に示す調整値をアバタ値に掛けることで写真との印象のズレに対応した。

位置評価

位置評価では、顔写真と評価する個体それぞれにおける鼻から口の距離に対する鼻から左目の距離、鼻から右目の距離を求め、その差分の合計を位置評価値とした。具体的には、図 4(c) に示すように A~C の 3 か所の長さを測定

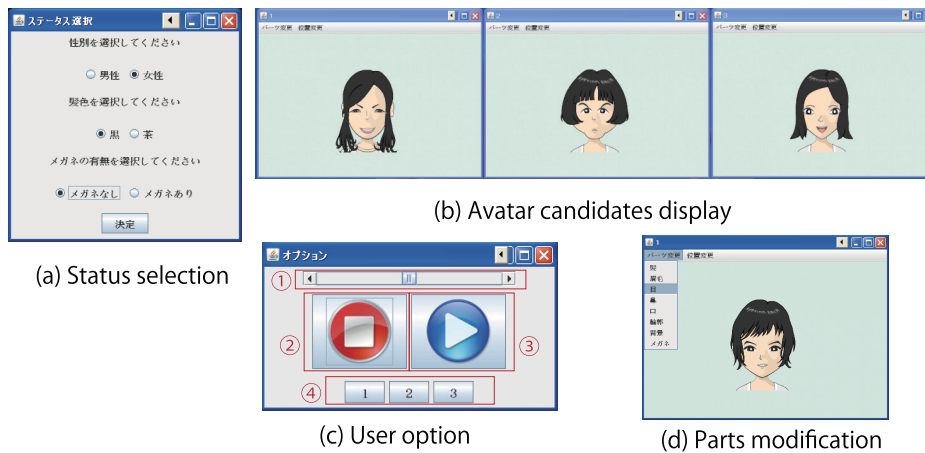


図 5 操作画面
Fig. 5 Operation screens.

し, A に対する B および C の相対距離を求め, 写真とアバタとの差分の絶対値和として求めた.

また, 一般的に人間の顔はパーツの位置のバランスが均一に整った顔が良いとされる. そこで, 本システムではパーツの位置が整ったアバタの目標位置座標を定め, 探索の序盤のみ目標位置座標との差分を位置評価に含めるよう設定した. これは, ユーザの好みに関する情報の少ない探索序盤において, ユーザの嗜好に合う可能性の高い個体を生成しやすくするためである.

4.3 フィルタ処理

ユーザにとって明らかに嗜好に合わない候補の提示は, 大きな心理的負担となる. そこで, しきい値 β を設定し, 嗜好推定評価 ($f_{\text{preference}}^{\text{IEC}}$) がしきい値 β を上回っていた場合に*4, 個体を削除しランダムに新たな個体を生成するという処理を行った. ここでは, 事前実験の傾向から $\beta = 0.3$ と設定した.

4.4 システムの操作方法

ユーザの立場からみた本システムの操作手順を以下に示す.

Step1: 顔認識

顔認識ソフトウェアライブラリ*5を用いてユーザの顔写真の輪郭, 左目, 右目, 鼻, 口の順に認識を行う. その際, うまく認識できていない部分についてはユーザ自身が補正を行う.

Step2: ステータス選択

図 5(a) に示す画面の操作により, 性別, 髪の色, メガネの有無といった Step1 の顔認識を補足するためのデータを入力する.

Step3: ユーザ介入 (ユーザ評価)

システムが自動生成したアバタ候補の表示画面を

図 5(b) に示す. 本システムでは, 候補となるアバタが 3 つの枠の右から左へと順次流れるように表示され, ユーザは図 5(c) に示すオプション画面により介入操作を行う仕組みとなっている. 図 5(c) における①のスクロールバーでアバタが流れてくる速度の調整ができ, ②のボタンで一時停止, ③のボタンで再開ができる. 気に入った個体が現れた場合, ④のボタンを押すことでアーカイブに個体が保存され, 今後の探索に反映されることとなる.

もし, ユーザが直接パーツのデザインや位置を指定したいときには, 図 5(d) に示すように候補となるアバタに対して直接変更したいパーツを選択し, そのデザインや位置を固定することができる. なお, この操作により固定されたデザインや位置は以降, すべてのアバタに反映される仕組みとなっている.

Step4: 結果提示とアバタ編集

事前に設定した世代数の探索が終了すると, 現在の個体群中で最も評価値の高い個体およびユーザがアーカイブに保存した個体のうち最新の 5 個体が提示される. ここでユーザは, これらの最終アバタ候補群から最終解を選択, もし気に入らないパーツがあった場合には, Step3 におけるパーツのデザイン・位置の変更と同じ方法により, 最終的な調整を行える仕組みとなっている.

なお, 上述のとおり本システムでは図 5(b) に示すように候補を 3 つの枠で示しているが, この枠数はシステムの設計段階における様々な枠数での実装実験を通じて決定した.

5. 数値実験

提案システムの有効性を検証するために, 手作業で作成する場合, IEC に基づき作成する場合との被験者アンケート実験を行った. 以下, 実験の設定および方法について概

*4 本論文では, 最小化問題として評価値を設定しているため.

*5 本実験では, Open CV (<http://opencv.org/>) を利用.

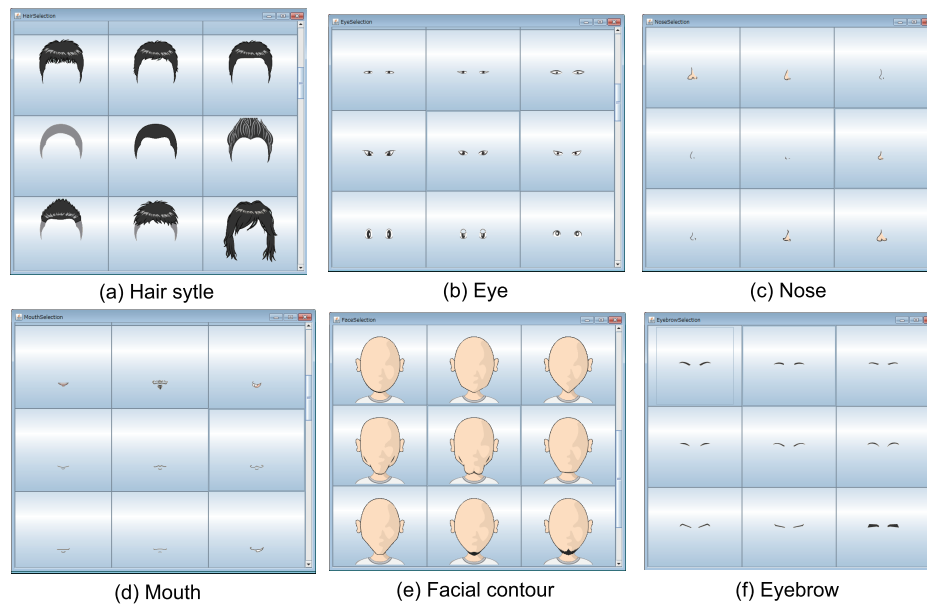


図 6 パーツデザインの例

Fig. 6 Examples of parts design.

説し、実験結果と考察について述べる。

5.1 使用した手法

ここでは、提案システムにおける評価 (4.2 節) の妥当性を検証するため、式 (2) に示す嗜好推定評価 ($f_{\text{preference}}^{\text{IEC}}$) と画像一致評価 ($f_{\text{similarity}}^{\text{IEC}}$) を組み合わせた評価値を利用した場合と、それぞれの評価値を単独で利用した場合の 2 つの場合について実験を行った。そのため本数値実験では、提案システム 2 種類に対話型手法 (Interactive Evolutionary Computation: IEC)、手作業による作成の計 4 種類について比較実験を行った。各アプローチの詳細を以下に示す。

5.1.1 提案システム A

母集団のうち 7 割の個体に対して 4.2 節に示した式 (2) に基づく評価、2 割を嗜好推定評価 ($f_{\text{preference}}^{\text{IEC}}$) のみ、1 割を画像一致評価 ($f_{\text{similarity}}^{\text{IEC}}$) のみを使用する設定とした。

5.1.2 提案システム B

式 (2) に基づく評価は利用せず、母集団のうち半分の個体を嗜好推定評価 ($f_{\text{preference}}^{\text{IEC}}$)、残る半分の個体を画像一致評価 ($f_{\text{similarity}}^{\text{IEC}}$) を用いて進化させていく。提案システム A と B をの比較を通じて、式 (2) に示した組合せ評価の有用性について検討する。

5.1.3 対話型手法 (IEC)

提案システムの有効性を示すために、対話型 DE でアバタ作成する IEC について実験を行った。ここでの IEC は、DE の評価部をすべて人間の主観的な判断に置き換えたものである。IEC では DE における更新前と更新後の 2 つアバタが同時に表示され、ユーザは気に入ったアバタを選択していく。提案システムと異なり、ユーザ評価は任意のタイミングではなく、すべての場合について行う必要がある。なお、世代数と個体数といった設定パラメータは、提案シ

表 4 使用パラメータ

Table 4 Used parameters.

Population size	20
Terminal criteria	20 generations
Crossover ratio	0.3
Scaling parameter	1

ステムと同一のものを利用した。

5.1.4 手作業による作成

何らかのアルゴリズムにより自動生成するのではなく、それぞれのパーツをすべて自分で選択しアバタを作成する方法である。

5.2 問題設定およびパラメータ設定

本実験では、52 種類の日、24 種類の鼻、44 種類の口、136 種類の髪型、20 種類の輪郭、28 種類の眉毛、そして 24 種類のメガネのパーツを使用した*6。使用したパーツの一部を図 6 に示す。

また、提案システム A、B および IEC において使用したパラメータ値を表 4 に示す。

5.3 実験方法

提案システムの有効性検証方法として、20 代前半の大学生を中心とする被験者 30 人に上記の 4 種類のアプローチによるアバタ作成を行ってもらいそのアンケート結果を記述してもらった*7。なお、本実験のようにある程度明確な目標に対して複数の手法を連続で行った場合、最初もしく

*6 目、鼻、口、髪型、輪郭は男女別でのパーツ数であり、実際のこれらのパーツ数は倍となる (目は 104 種類)。

*7 実験の順番による影響を避けるため、30 人の被験者はそれぞれランダムに決められた順番に従い実験を行ってもらった。

はそれまでのアプローチにおいて探索した結果に後のアプローチの探索が影響を受ける可能性が考えられるが、ここではその影響を陽には扱わず、ユーザに対してもこの点についての説明を行わず実験を実施した。

実験では、各アプローチにかかった時間（秒）、ユーザ評価回数の計測を行い、アンケートとして「負担の軽さ」、「できばえ」、「総合的な満足度」に関して4アプローチ間の順位をつけてもらった。ただし、提案システムAと提案システムBにおける違いは、DEの評価部分のみであり、使用による負担度合に実質的な違いはないと考えられるため、この項目のみ提案システムと対話型手法、手作業の3種類の順位をつけてもらうように設定した。なお、ここではアンケート結果に対し表5に示すように順位を点数化（ポイント化）し分析を行った。

実際の作成例として2人の被験者に対して4手法を適用

表5 各項目の順位とポイント値

Table 5 The relations between rank order and score point of each item.

Item	1st	2nd	3rd	4th
Lightness of burden	3 pt	2 pt	1 pt	—
Performance level	4 pt	3 pt	2 pt	1 pt
Ovarall	4 pt	3 pt	2 pt	1 pt

表6 各項目の平均値

Table 6 Average value of each item.

Method	Time	# user's evaluation	Lightness of burden	Performance level	Ovarall
Proposed A	284	29.1	2.3 pt	2.76 pt	3.0 pt
Proposed B	259	26.4		2.13 pt	2.3 pt
IEC	635	400	1.2 pt	2.0 pt	1.8 pt
Hand work	234	35.8	2.4 pt	2.9 pt	2.9 pt

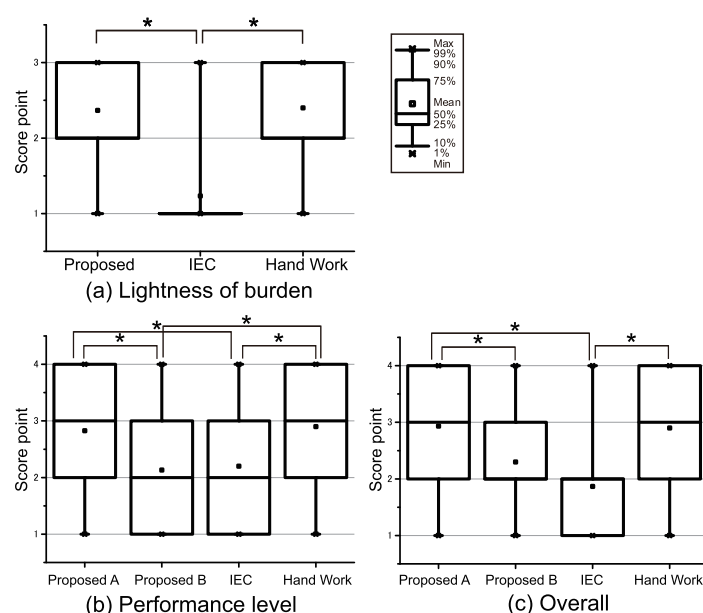


図7 アンケート結果の分布

Fig. 7 The distributions of questionnaire results.

し得られたアバタ画像を図8に示す。

5.4 実験結果

30人の被験者に対する実験結果として、アンケートの各項目の平均値を表にしたものを表6に、各項目の分布を示した図を図7に示す。図中において米印で結ばれる関係は、2つのアプローチ間で有意水準5%のt検定において有意な差があることを意味している。また、アンケート項目については表5に示す点数化した結果であるため、すべての項目において値が大きいほど良好な結果であることを示している。

なお、提案手法AおよびBの実験において探索途中の解候補の修正を行った被験者はほとんどいなかったため、ここではその効果に関する考察は行わない。

表6中におけるIECの評価回数が400回となっているのは、IECでは1世代あたり個体数分の評価を行う必要があり、試行全体としては20個体×20世代分の評価が必要となるためである。

表6および図7から、ほぼすべての項目においてIECが突出して悪い結果であることが分かる。このことから、IECは他アプローチに比べ時間や評価回数突出して多いにもかかわらず最終的なアバタに対する満足度が低い

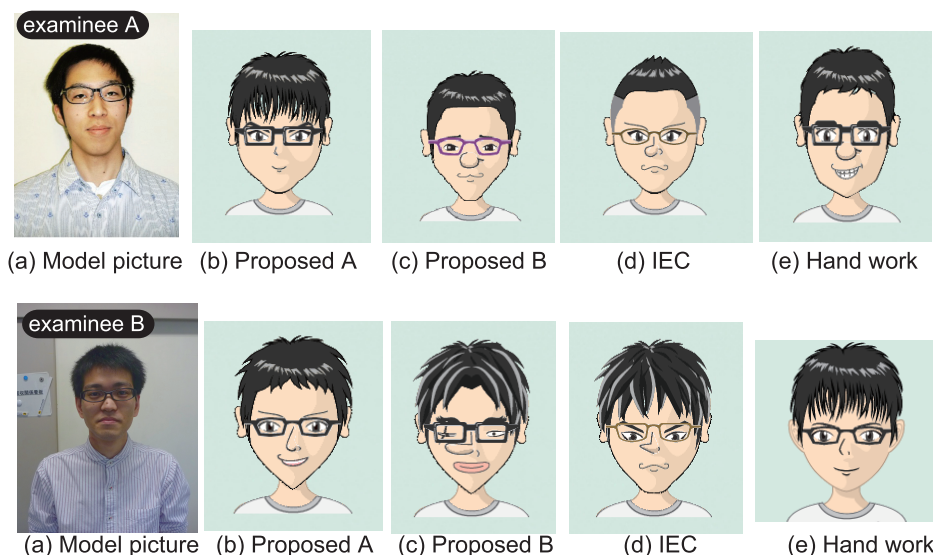


図 8 4 手法によるアバタ作成例

Fig. 8 The examples of created avatars by four approaches.

表 7 提案手法 A と手作業の比較において評価が高かったアンケート項目ごとの被験者数

Table 7 The number of examinees in which proposed A and hand work outnumber the other approach in each item of questionnaire.

Method	Item [1]	Item [2]	Item [3]	[1] & [2] & [3]	[1] & [3] (only)	[2] & [3] (only)
Proposed A	12	13	13	8	2	3
Hand work	16	15	14	10	2	2

ため、全体評価も低くなっている様子が分かる。

また、提案手法 A と手作業による評価はおおむね同程度となっており、図 7 におけるアンケート結果においても両者はどの項目に対しても有意な差が生じていないことが分かる。両手法における傾向を詳細に分析するため、提案手法 A と手作業の 2 手法に限定した 27 人分の比較結果を表 7 に示す^{*8}。表 7 における Item [1], [2], [3] は表 5 におけるアンケート項目と対応しており、それぞれ「負担の軽さ」、「できれば」、「総合的な満足度」を意味する。また、[1] & [2] & [3] は 3 項目すべてで優越している被験者数を表しており、[1] & [3] (only) は項目 1 の「負担の軽さ」と項目 3 の「総合的な満足度」の 2 項目のみが優越している被験者数を表している（逆にいうと項目 2 のみが劣った結果となっている）。

表 7 より、提案手法 A と手作業の評価が大きく 2 分されていることが分かる。両手法ともに 3 項目すべてで優越している割合が最も多く、項目 1 の「負担の軽さ」および 2 の「できれば」のどちらか一方だけが優越している場合に「総合的な満足度」の評価へとつながる割合は限定されていることが分かる。この結果より、手作業での作成が苦手なユーザに対して提案手法 A は軽い負担で満足度の高いアバタ作成に成功している一方、手作業で満足度の高いア

バタを作成できるユーザにとっては負担の軽さを含め提案手法が魅力的なツールとなっていないことが推察される。

次に、提案システム A と B の比較について考える。t 検定の結果から、時間については提案システム B の方が短いものの、できれば、総合的な満足度といったアンケート項目では A の方が優位に高い評価であることが分かった。提案システム A の方が平均的な評価回数も多いことから、提案システム A の方が探索全体を通じてよりユーザの嗜好にあったアバタの生成に成功していると推察される。

このことを確認するため、上記で示した結果とは別に、新たに 10 人の被験者に対して提案システム A と B の比較実験を行った。ここでは、提案システム A と B の評価回数を世代ごとに計測し、他方に対する評価回数を上回った被験者数の推移をグラフ化したものを図 9 に示す。

図 9 からすべての世代において、提案システム A の評価回数は B を上回っており、全世代においてよりユーザの嗜好にあったアバタの生成に成功している様子が分かる。

このことから、提案システムにおける非対話型評価部分には 4.2 節で示した嗜好推定評価と画像一致評価を組み合わせた式 (2) を用いる方が、それぞれの評価を単独で用いる場合に比べてよりユーザの嗜好に合った候補を生成しやすいことが分かった。

アンケート調査

今回のアンケートでは、各項目の評価を記述後、任意の

^{*8} 被験者 30 人のうち 3 人は、総合評価において両手法を同点としたためこの表における対象からは除外した。

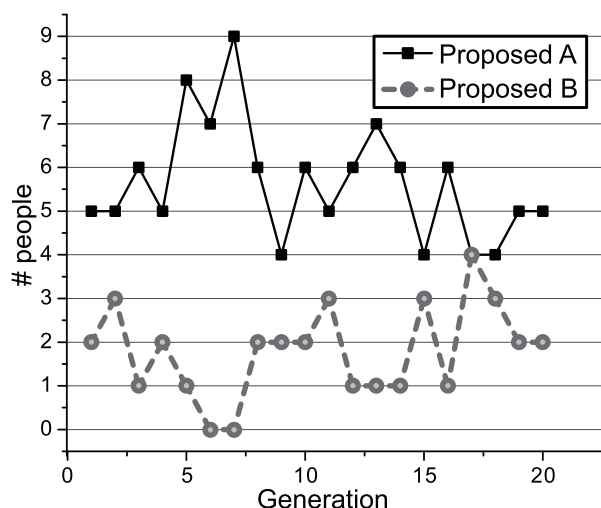


図 9 提案システム A と B において他方に対する評価回数を上回った被験者数の世代推移

Fig. 9 The transition of the number of examinees in which proposed A and B outnumber the other approach with each generation.

自由記述欄を設け、感想や改善のための意見を集計した。その中の主な回答を以下に示す。

- IEC では、世代数や個体数が多く感じ、負担だった。
- 流れてくるアバタを見るのが、視覚的につらかった。
- 巻き戻しの機能がほしい。
- 自動生成されたアバタにより、想定外の良いアバタを発見できた。

アンケート結果からも、IEC の負担の高さに関する記述が非常に多く見られた。また、一部ではあるものの提案システムにより気づきが得られたとのコメントも数件寄せられた。

6. まとめ

本論文では、はユーザシステム協調型進化計算 (Cooperative Evolution by User and System: CEUS) に基づく新たな半自動のアバタ作成システムの提案を行った。提案システムは、従来の手作業によるアバタ生成と写真による自動生成の融合を目指したものであり、より少ない負担でユーザの嗜好にあったアバタの生成を試みるものである。

30 人の被験者に対して、対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation: IEC) および手作業による生成の場合との比較を行った結果、提案システムは少なくとも IEC よりも優れた方法であり、手作業による場合と同程度の質と満足度が得られることを確認できた。また、提案システムにおける非対話型評価部分において、ユーザの嗜好を推定する評価と基となる写真画像との一致度に基づく評価をそれぞれ単独で用いる場合に比べ、統合して用いる方が効果的であることを明らかにすることができた。

今回取り上げたアバタは、ユーザにとって好みや求める

ものが (比較的) 明確な問題であるため、目標があいまいでイメージしにくい問題に比べ、手作業での生成に向いているといえる。また、今後、写真分析技術といったシステム側の性能向上にともない、提案システムの優位性はますます高まることが予想される。そのため、今回の実験において手作業と同程度という結果が得られたことは、提案システムにとって前向きな結果であると考えている。

今後は、アンケートに寄せられた意見をもとにシステムの改善を図るとともに、明確なイメージが持ちにくい曖昧性を有した問題に対しての適用を行っていきたいと考えている。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 23500268, 24300065 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 西川英彦, 金 雲鎬, 水越康介: ネット・コミュニティにおけるアバター効果の考察—日韓アバターサイトの事例分析, 立命館ビジネスジャーナル, Vol.4, pp.17-36 (2010).
- [2] 吉野 孝, 山野孝幸: キャラっとスケジュール: アバタを用いたカジュアルなスケジュール管理・共有システム, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.3, pp.1234-1244 (2011).
- [3] Holzwarth, M., Janiszewski, C. and Neumann, M.M.: The influence of avatars on online consumer shopping behavior, *Journal of Marketing*, pp.19-36 (2006).
- [4] 小野智司, 中山 茂: ユーザシステム協調型進化計算を用いた 2 次元コード装飾, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, Vol.5, No.3, pp.14-25 (2012).
- [5] Ameba pig, available from (<https://pigg.ameba.jp/>).
- [6] 似顔絵ウェルカムボード★メール, 入手先 (<http://www.nairegift.com/welcomeboard/>).
- [7] 田淵 真, 田浦俊春: 遺伝的学習機構と人との対話型知識獲得手法, 人工知能学会誌, Vol.11, No.4, pp.600-607 (1996).
- [8] Machado, P., Romero, J., Cardoso, A. and Santos, A.: Partially interactive evolutionary artists, *New Gen. Comput.*, Vol.23, No.2, pp.143-155 (2005).
- [9] Storn, R. and Price, K.: Differential evolution - a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces, *J. of Global Optimization*, Vol.11, No.4, pp.341-359 (1997).
- [10] Takagi, H. and Pallez, D.: Paired comparison-based interactive differential evolution, *World Congress on Nature Biologically Inspired Computing, 2009. NaBIC 2009*, pp.475-480 (2009).



渡邊 真也 (正会員)

1977 年生. 2003 年同志社大学大学院工学研究科博士後期課程修了. 工学(博士). 同年産業総合研究所生命情報科学研究センター特別研究員, 2004 年立命館大学情報理工学部講師等を得て, 現在, 室蘭工業大学大学院しくみ情報系領域准教授. 進化計算, 最適設計, データマイニング等の研究に従事. 2005 年情報処理学会山下記念研究賞, 2009 年 IEEE CIS Japan Chapter Young Researcher Award 等受賞. IEEE, 人工知能学会, 進化計算学会等各会員.



斗澤 将大

1991 年生. 2013 年室蘭工業大学情報電子工学系学科卒業. 在学中は進化型多目的最適化に関する研究に従事. 現在, 株式会社日立ソリューションズに所属.



中野 啓佑

1990 年生. 2013 年室蘭工業大学情報電子系コース卒業. 在学中は進化型多目的最適化に関する研究に従事. 現在, インクリメント P 株式会社に所属.



小野 智司 (正会員)

2002 年筑波大学大学院博士課程工学研究科修了. 2001 年日本学術振興会特別研究員. 2003 年鹿児島大学工学部情報工学科助手. 2010 年同大学理工学研究科情報生体システム工学専攻准教授, 現在に至る. 博士(工学). 進化計算とその応用の研究に従事. 2009 年人工知能学会研究会優秀賞, 電子情報通信学会情報通信マネジメント研究賞, 2013 年情報処理学会山下記念研究賞等受賞. IEEE, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 進化計算学会等各会員.