

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,b)}

概要: SNS 等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ー」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一つ一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 Evolutional 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。

1. はじめに

SNS 等のインターネットコミュニティにおいて、「自分の分身となるキャラクター」であるアバターをプロフィール用画像として用いる利用者は多く、特にアメーバピグやグリーのようにサイト内にアバター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ー画像を使用している。そのメリットとして、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ー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]。

一般にアバター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、嗜好に合うアバター作成のためにはある程度の手間と時間を掛ける必要があり、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、掲示されたアバター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 (Cooperative Evolution by User and System: CEUS)[2] に基づく半自動のアバター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ー生成の実現である。

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」の比較アンケートを行い、提案システムの有効性を検証した。

2. 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。

2.1 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

¹ 室蘭工業大学大学院
Muroran Institute of Technology

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

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

⁴ 鹿児島大学
Kagoshima University

^{†1} 現在、情報処理大学
Presently with Johoshori University

a) sin@csse.muroran-it.ac.jp

b) ono@ibe.kagoshima-u.ac.jp

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

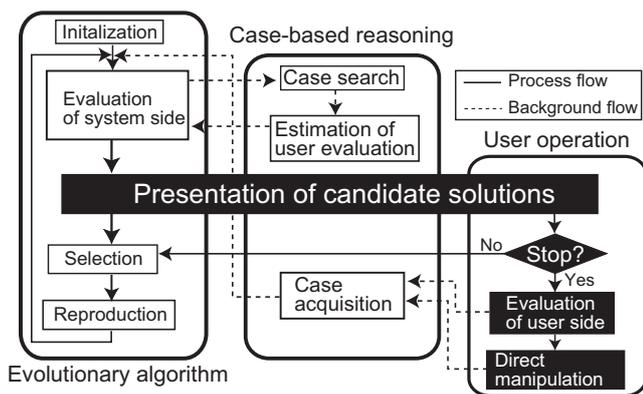


図 1 CEUS における処理手順

Fig. 1 The process flow of CEUS.

案された CEUS[2] を採用した。

CEUS の主な特徴を以下に示す。

- (1) 適応度を数値として表現
- (2) Case-Based Reasoning (CBR) を用いてユーザの嗜好を推定
- (3) 任意のタイミングでのユーザ介入を許容

CEUS の処理手順について、図 1 に示す。図中における白抜き箇所が 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ことが分かる。

2.2 差分進化

差分進化 (Differential Evolution: 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 [3]。高木らは、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) 収束性能の高さを挙げており、対話型差分進化の IEC としての有用性を幾つかの数値実験を通して示している [4]。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挙げられる。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^{*2}を採用した。

^{*2} 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。

3. 提案するアバター作成支援システム

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ー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上で、非対話部分における評価の説明を行い、最後にユーザ側から見たシステム操作の流れを述べる。

3.1 システムの概要と流れ

本システムでは、従来の手作業のようにユーザに能動的な負担を強いるのではなく、システムが自動で生成した候補をユーザが任意のタイミングで評価するという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ー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、システム評価及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、本システムの大きな流れを示す。

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、以下の Step3-1~Step3-2 を行い、次世代の母集団を生成する。

Step3-1 交叉

2.2 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。

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。

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。

上記で示したように、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 1 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を非対話型処理の部分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の両立を試みている。

3.2 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と DE の中で行われる非対話型評価の 2 つに基づき最適化を行っている。しかし実際には、得られた対話型評価は非対話型評価におけるユーザ評価の推定のために使用されており、メインの最適化処理は非対話型評価に基づいて行われている。

非対話型評価 (f^{nIEC}) は、ユーザ評価の推定に基づく評価部分 ($f_{preference}^{nIEC}$) と入力画像との一致度に基づく評価部分 ($f_{similarity}^{nIEC}$) の 2 つの部分に分けて考えることができる。以下、 $f_{preference}^{nIEC}$ を嗜好推定評価、 $f_{similarity}^{nIEC}$ を画像一致評価と呼ぶ。

非対話型評価としては、嗜好推定評価、画像一致評価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検討を行った。

$$f^{nIEC}(x_j) = f_{similarity}^{nIEC}(x_j) * (0.5 - 0.5 * \frac{g-1}{g_{max}}) + f_{preference}^{nIEC}(x_j) * (0.5 + 0.5 * \frac{g-1}{g_{max}}) \quad (1)$$

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 (1) から分かるように、組み合わせた評価式では、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 ($f_{preference}^{nIEC}$) 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、 $f_{preference}^{nIEC}$ を嗜好推定評価、 $f_{similarity}^{nIEC}$ を画像一致評価と呼びその中身について説明する。

3.2.1 嗜好推定評価

嗜好推定評価 ($f_{preference}^{nIEC}$) は、ユーザの気に入った個体を保存するアーカイブ内の個体との類似度によって評価値を決定しており、パーツの大きさや種類によるデザイン評価 ($\bar{f}_{design}(x_j)$) と、パーツの位置による座標評価 ($\bar{f}_{coordinates}(x_j)$) の重み付き線形和によって定義した。具体的な算出式を以下に示す。

$$f_{preference}^{nIEC}(x_j) = \bar{f}_{design}(x_j) * \alpha + \bar{f}_{coordinates}(x_j) * (1 - \alpha) \quad (2)$$

デザイン評価と座標評価の割合は、アバター作成の際にパーツの位置のよりもデザインやサイズを重視すると考え、本論文では $\alpha = 0.7$ と設定した。紙面の都合上、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の説明は省略する。

3.3 画像一致評価

画像一致評価 $f_{similarity}^{nIEC}$ 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 $\bar{f}_{size}(x_j)$ と、各 XY 座

標による位置評価 $\bar{f}_{position}(x_j)$ の重み付き線形和によって評価値を求めた。具体的な算出式を以下に示す。

$$f_{similarity}^{nIEC}(x_j) = \bar{f}_{size}(x_j) * \alpha + \bar{f}_{position}(x_j) * (1 - \alpha) \quad (3)$$

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

サイズ評価と位置評価の算出については、紙面の都合上、省略する。

3.4 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実際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ー^{*3}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、上手く認識できて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 2(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。

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ー候補の表示画面を図 2(b) に示す。本システムでは、候補となるアバターが 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 2(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 2(c) における①のスクロールバーでアバター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 2(d) に示すように候補となるアバター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、すべてのアバターに反映される仕組みとなっている。

Step4: 結果提示とアバター編集

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、これらの最終結果アバターに対して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。

^{*3} 本実験では、Open CV (<http://opencv.org/>) を利用。

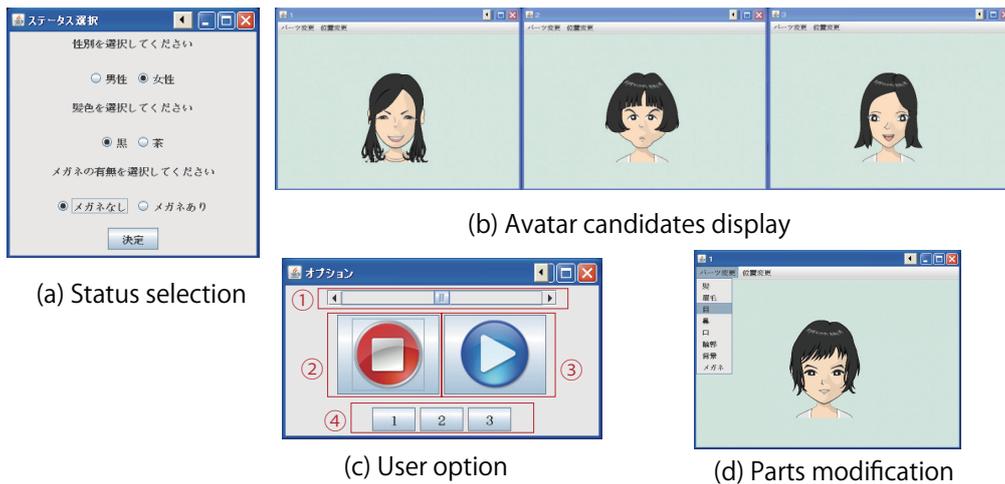


図 2 操作画面
Fig. 2 Operation screens.

4. 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説し、実験結果と考察について述べる。

4.1 使用した手法

ここでは、提案システムにおける評価 (3.2 節) の妥当性を検証するため、式 (1) 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。

4.1.1 提案システム A

母集団のうち 7 割の個体を 3.2 節に示した式 (1) 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 ($f_{\text{similarity}}^{\text{IEC}}$) のみを使用して進化させる。

4.1.2 提案システム B

式 (1) 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 (1) に示した組み合わせ評価の有用性について検討する。

4.1.3 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 でアバターを作成する 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 つアバターが同時に表示され、ユーザは気に入ったアバ

表 1 使用パラメータ

Table 1 Used parameters.

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

ターを選択していく。提案システムにおけるユーザ評価が任意のタイミングであったのに対して、IEC ではすべての場合について評価を行う必要がある。なお、世代数と個体数といった設定パラメータは、提案システムと同一のものを用いた。

4.1.4 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ーを作成する方法である。

4.2 問題設定およびパラメータ設定

本実験では、52 種類の目、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用いており、その総組み合わせ数は 1 千億を超える*4。使用したパーツの一部を図 3 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 1 に示す。

4.3 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 名に上記の 4 種類のアプローチによるアバター作成を行ってもらいそのアンケート結果を

*4 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)。

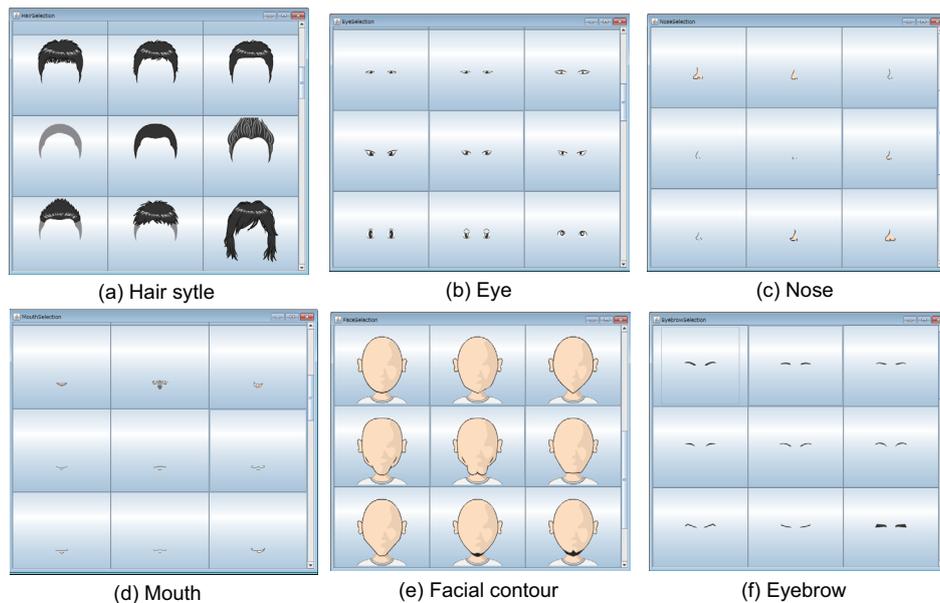


図 3 パーツデザインの例

Fig. 3 Examples of parts design.

表 2 各項目の順位とポイント値

Table 2 The relations between rank order and score point of each item.

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

記述してもらった*5.

実験では、各アプローチに掛かった時間(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」、「出来栄」、「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、使用による負担割合に実質的な違いは無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。

ここでは、アンケート結果に対し表2に示すように順位を点数化(ポイント化)し分析を行った。

4.4 実験結果

30人の被験者に対する実験結果として、各項目の平均値を表にしたものを表3に示す。また、アンケートの各項目の分布を示した図を図4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。なお、アンケート項目については表2に示す点数化した結果である

*5 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。

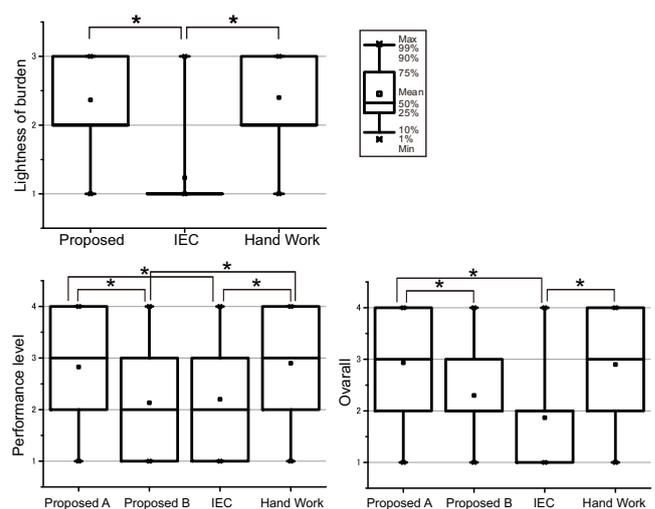


図 4 アンケート結果の分布

Fig. 4 The distributions of questionnaire results.

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。

表3および図4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ーに対する満足度が低いという結果が分かる。

また、相対的に提案システムと手作業による結果は概ね同程度となっており、図4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。両者の平均値で比較した場合、出来栄についてはわずかに手作業が勝っているのに対して、総合的な満足度では提案システムAの方がわずかに上回るという興味深い結果

表 3 各項目の平均値.

Table 3 Average value of each item.

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

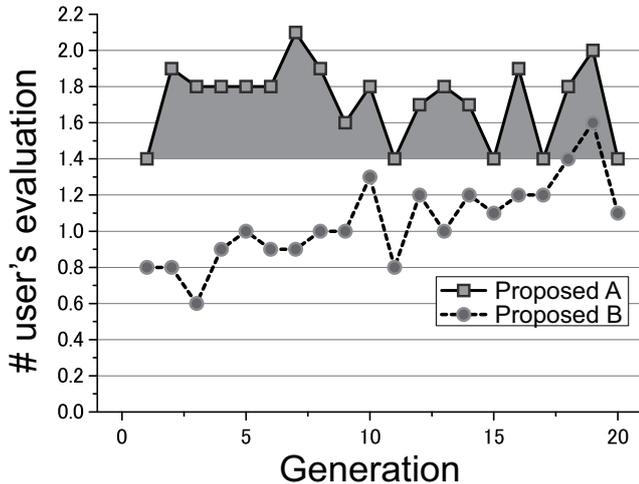


図 5 10 人平均における世代ごとの評価回数

が得られた。これは、最終的な出来栄は手作業の方が良かったものの、より受け身の姿勢で作成ができる提案システムの負担の軽さが総合的な評価に良い影響を及ぼしたものと考えることができる。

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、出来栄、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ー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 の実験を行ってもらい、世代ごとの評価回数の推移について分析を行った。結果を図 5 に示す。

図 5 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ー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 3.2 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 (1) 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。

5. 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ー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ー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ーの生成を試みるものである。

30 人の被験者に対して比較実験を行った結果、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。

今後は、アンケートに寄せられた意見を基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。

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 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/40017058354/>) (2010).
- [2] 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 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009456286/>) (2012).
- [3] 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 (online), DOI: 10.1023/A:1008202821328 (1997).
- [4] Takagi, H. and Pallez, D.: Paired comparison-based Interactive Differential Evolution, *Nature Biologically Inspired Computing, 2009. NaBIC 2009. World Congress on*, pp. 475-480 (online), DOI: 10.1109/NABIC.2009.5393359 (2009).