

対話型 GA を用いた視線動作アニメーションの制作支援

森博志（正会員） 中平智也（非会員） 外山史（非会員） 東海林健二（非会員）

宇都宮大学大学院工学研究科

Generating Gaze Animation using Interactive Genetic Algorithm

Hiroshi Mori (Member) Tomoya Nakadai (Non-Member) Fubito Toyama (Non-Member)

Kenji Shoji (Non-Member)

Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

hmori @ is.utsunomiya-u.ac.jp

アブストラクト

人らしく見える人物動作アニメーション表現を実現するために、眼球や頭部、胸部を注視対象に向けて回転させる視線動作を既存の動作アニメーションに付与する手法が利用されている。しかしながら、ユーザの意図した視線動作を実現するように制御モデルのパラメータを設定するにはパラメータの理解に加えて試行錯誤による調整が必要となる。そこで本稿では、ユーザの主観的な評価に基づいて視線動作の挙動を決定するパラメータを最適化する手法を提案する。視線制御モデルを基に、視線動作を複数のパラメータで表現し、対話型 GA を用いて鑑賞者が自然であると感じる視線動作アニメーションを実現するパラメータを獲得する。実験では提案手法に基づいて静的な注視対象に対する視線動作アニメーションを制作し、その有効性について検証を行った。

Abstract

The CG character animation is required to appear as natural as human motion. Toward that goal, there is an approach where the expression appears as natural as the human expression by adding gaze behavior to the contextual situation, and the environment to the general behavior animation. In this paper, we propose a method for generating character gaze animation based on a viewer's subjective evaluation using the Interactive Genetic Algorithm (IGA). We incorporate users watching a character animation into the optimization system. Then, the suitable parameters of the gaze controller are calculated from the viewer's subjective evaluation.

1. はじめに

CGキャラクターは人が介在するVR空間にリアリティを与える重要な要素であり、その動作アニメーションには人らしく見ることが求められる。この要求に対し、環境や状況に即した視線を向ける動作を、CGキャラクターの動作アニメーションに付与することで表現を向上させる取り組みが行われている。

近年では、個人ユースでも利用可能な3DCGコンテンツ開発環境においても、注視ターゲットを設定することで眼球や頭部、胸部等の任意の関節部位の角度を自動で変更する機能を有しており、視線を向ける動作アニメーションを制作できるようになっている。

しかし、ユーザが自分の意図した視線動作アニメーションを制作するためには、視線を向ける動作の挙動を決定するための回転量や時間に関する複数のパラメータの理解が必要になる。加えて試行錯誤による調整が必要となるため、初心者や経験の少ないユーザにとっては自身が適切であると感じる動作を制作することが難しい。

そこで本稿では、複雑なパラメータを手動で直接設定するのではなく、映像に対する主観的な評価に基づいてユーザの嗜好を反映するパラメータを設定する、対話型進化計算手法を用いたCGキャラクターの視線動作アニメーションの制作支援手法を提案する。

本手法では、視線制御モデルを基に視線動作を複数のパラメータで表現し、対話型進化計算手法のひとつである対話型遺伝的アルゴリズム(Interactive Genetic Algorithm:IGA)を用いてユーザの嗜好に沿ったパラメータを獲得する。

映像を見るユーザを最適化系に組み込み、主観評価に基づいて視線制御モデルのパラメータを算出することで、ユーザは複雑なパラメータの調整をすることなく自身の構想に近い視線動作アニメーションの設定が可能になることが期待できる。

以下、2章で関連研究に述べ、3章で提案手法の概要について述べる。4章では対話型遺伝的アルゴリズムを用いた視線動作の生成手法について述べた後で、5章で実験結果を示す。

2. 関連研究

対象に対して視線を向ける動作は、キャラクターアニメーションの表現を向上させるための重要な要素である。視線を向ける動作は意図や感情等を表出する非言語情報としての役割を担っており[1]、任意の対象に対して適応的に視線を向けるような機構を設けることで、アニメーション表現の幅を広げることができる。そのため、任意の対象に対して適応的に視線を向けるために、実計測データや運動特性に基づいて眼球や頭部、胸部を回転させる制御モデルが提案されている。

実計測データに基づいたアプローチでは、モーションキャプチャと視線計測装置を用いて人の頭部と眼球の動きを計測し、計測データの再現とそれに基づく調整が可能な制御モデルの構築を行っている[2,3]。また、眼球と頭部に加えて、捕球時の腕

の動作[4]や歩行動作時の全身運動[5]と協調した制御モデルなど、計測時の動作の種類に基づいた表現を可能にしている。

運動特性に基づいたアプローチでは、前庭動眼反射(VOR)[6]をはじめとした頭部・眼球の運動特性をモデル化し、会話状態と連動した視線動作[7]や眼球・頭部に加えて胸部の協調的な動きも考慮された制御モデル[8,9]が提案されている。

これらの視線の動きを制御するモデルの回転量や回転時間等に関する制御パラメータを設定することで、視線動作の挙動を制作することが可能になる。

また、視線動作は、アニメーションシーンの環境や状況、対象のキャラクターモデルに適切に付与されることにより豊かなアニメーション表現が可能になる。環境や状況に基づいた視線動作を実現するために、[10,11]では認知特性に基づいた適切な注視対象の選択とそこに向けた視線動作の自動生成を可能にしている。また、[12]では、様々な外見形状のキャラクターモデルへの適応が可能な眼球・頭部運動の制御モデルが提案されている。

近年では、個人ユースでも利用可能な3DCGコンテンツ開発環境においても、初心者でも気軽に視線を制御するモデルを利用することができるようになっている[18]。しかし任意の環境や状況、キャラクターモデルに対して、自身の意図する視線動作を実行するように制御パラメータを設定するには、パラメータの理解や試行錯誤による調整を必要とする。そのため初心者や経験の少ないユーザにとっては自身が適切であると感じる動作を制作することが難しい。

一方、人間の主観的な評価に基づいて最適化する対話型進化計算法[13]の一つとして対話型遺伝的アルゴリズム(Interactive Genetic Algorithm:IGA)がある。対話型GAでは、対象を遺伝子で表現し、GAにおける各遺伝子の評価を人間が行うことで最適化を行う。

グラフィック分野における対話型GAの適用例には、3次元CGのライティングデザイン[14]や服飾のデザイン[15,16]、CG画像を利用したガラス特性の探索[17]があり、ユーザを最適化系に組み込むことで人間の主観評価に基づいたCGデザインの生成とその有効性を明らかにしている。

そこで本稿では、初心者がより簡単に自身の嗜好に沿った視線動作アニメーションの制作を支援する手法として、視線動作を表現する制御モデルのパラメータを基に、対話型GAを用いてユーザの主観に基づいて最適化する手法に取り組む。

3. 提案手法

本稿では、ユーザの嗜好に沿った、ユーザ自身が適切であると感じる視線動作アニメーションの制作を支援するために、視線動作を制御モデルの少数のパラメータで表現し、対話型GAを用いてユーザの主観に基づいて最適化する手法を用いる。

図1に提案手法の概要を示す。本手法では、ユーザが任意のシーンにおけるCGキャラクターの視線動作アニメーションが適切であるかを主観に基づいて評価することで、当該シーンにおける最適な視線動作アニメーションの制作を支援する。



図1 提案手法の概要

入力となる視線動作アニメーション群は、任意の動作アニメーションに視線制御モデルを用いて、注視対象に対する眼球・頭部・胸部の回転運動を付与することで制作する。本稿で用いる視線制御モデルは、注視対象と回転時間、回転量に関するパラメータを与えることで該当部位を任意の注視対象に向けて回転させることができる。

次に、視線動作アニメーション群を初期個体群として、対話型 GA によりユーザの主観に基づいて視線動作アニメーションを最適化する。視線動作アニメーションを視線制御モデルのパラメータで表現し、対話型 GA によってユーザの主観に基づいて最適化することで、当該シーンにおいてユーザが適切であると感じられる視線動作アニメーションを得る。

4. 対話型 GA を用いた視線動作の制作支援

4.1 視線動作アニメーション

本稿で扱う視線動作は、一つの静的な注視対象に対する、「視線を移す」、「注視」、「視線を戻す」という一連の動作と定義する。また、視線動作アニメーションは、任意の動作アニメーションに対して視線制御モデルによって視線動作を付与したものである。

人物動作アニメーションは各関節の回転量で表現され、3D 人物モデルの骨格の回転部位を変位させることで実現している。本稿で用いる視線制御モデルは注視対象に対する、眼球・頭部・胸部の回転量を算出し、算出された回転量を該当部位の回転量に上書きすることで、視線動作アニメーションを実現する。

4.2 視線制御モデル

CG キャラクタの視線動作アニメーションを表現するために視線制御モデルを用いる。本稿で用いる視線制御モデルは、3DCG コンテンツ開発環境 Unity の視線制御アセット[18]の制御パラメータを参考に、既存のモデル[7, 9]を拡張した制御モデルである。

本制御モデルでは注視位置、回転量に関するパラメータ、回転時間に関するパラメータを設定することで、該当関節部位を変位させることで視線動作アニメーションを実現する。任意の動作アニメーションに対して視線制御モデルにより視線動作を付与する際には、視線動作の付与により姿勢の破綻が生じないように、適用対象の動作、適用キャラクタの形状や状況に合わせて各パラメータを設定する必要がある。

注視位置は視線動作アニメーションにおいて注視対象オブジェクトのどこを注視点にするかを決定する値で、注視対象オブ

ジェクト座標系における 3 次元座標 (p_x, p_y, p_z) で表す。また、回転時間に関するパラメータを視線動作開始時間 t_{start} 、注視開始時間 t_{in} 、注視終了時間 t_{out} 、視線動作終了時間 t_{end} とする。

キャラクタ座標系における関節部位 i における前方ベクトルを $\mathbf{v}_{forward}$ 、視線ベクトルを \mathbf{v}_{gaze} とする。また、 $\mathbf{v}_{forward}$ と \mathbf{v}_{gaze} の成す垂直平面上の角度を θ_i 、水平平面上の角度を θ'_i とする。部位 i の回転比率を BM_i 、回転開始角度を TA_i 、最大回転角度を MA_i とすると部位 i の回転角 $\hat{\theta}^i = (\hat{\theta}'_i, \hat{\theta}_i)$ は次式で表現される。

$$\hat{\theta}^i = BM_i \theta^i \quad (1)$$

$$\text{subject to } TA_i \leq \theta^i, \hat{\theta}^i \leq MA_i$$

$t_{start} \leq t < t_{in}$ のとき \mathbf{v}_{gaze} の向きは(1)式に従い、 $\mathbf{v}_{forward}$ の向きからキャラクタ座標系における注視対象へのベクトル \mathbf{v}_{target} の向きへ回転する (図2)。このとき図3より頭部が回転した際に眼球が反射的に頭部の回転方向と反対方向に動く前庭動眼反射を再現できていることが確認できる。同様に $t_{out} \leq t < t_{end}$ のとき、 \mathbf{v}_{target} の向きから $\mathbf{v}_{forward}$ の向きへ回転する。 \mathbf{v}_{gaze} はフレーム毎に更新され、角速度変化は[7]よりシグモイド状に近似した。 $t_{in} \leq t < t_{out}$ が視線を対象に向けた状態である注視時間となる。

以上により視線動作制御モデルによって、1 つの注視対象に対する視線動作を $\{p_x, p_y, p_z, t_{start}, t_{in}, t_{out}, t_{end}, BM_{eye}, BM_{head}, BM_{chest}, TA_{eye}, TA_{head}, TA_{chest}, MA_{eye}, MA_{head}, MA_{chest}\}$ の 16 個のパラメータで表現する。

4.3 対話型 GA を用いた制御パラメータの最適化

制御パラメータによって表現された視線動作を対話型 GA を用いてユーザの評価に基づいて最適化する。GA の処理手順に従い、下記の(1)~(7)の処理を本手法では実行する。

(1) 初期個体の準備

視線動作アニメーションを表現する GA における遺伝子には 4.2 節の視線動作制御モデルの $\{p_x, p_y, p_z, t_{start}, t_{in}, t_{out}, t_{end}, BM_{eye}, BM_{head}, BM_{chest}, TA_{eye}, TA_{head}, TA_{chest}, MA_{eye}, MA_{head}, MA_{chest}\}$ の 16 個のパラメータを用いる。各値は実数値である。本手法における個体数は 8 とする。

(2) 提示

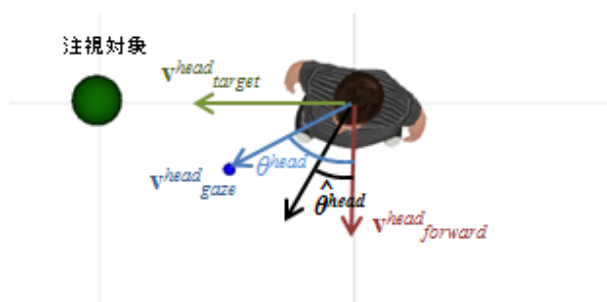


図2 頭部回転量と各ベクトルの関係.

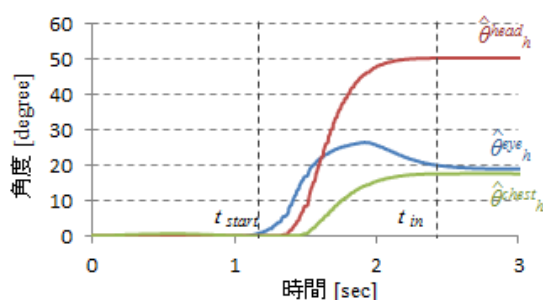


図3 視線移行時の眼球・頭部・胸部の回転量の変化.

ユーザに個体である視線動作アニメーションを提示する. 評価フェーズにおいて一対比較を行うため, 対象となる 2 つの映像を並べて同時に提示する. また, 任意に映像の再生を行うことを許可し, 繰り返し映像を見ることによる比較を可能にする.

(3) 評価

トーナメント式一対比較評価[19]を用いて評価を行う. 個体群の個体をトーナメントの 1 回戦に配置し, トーナメントに則って 2 個体ずつ提示する (図 4).

提示された 2 個体に対し, どちらがより自然に感じるかという点についてユーザが比較し評価を行う. 評価には, 視線動作アニメーションの差が判断しづらい場合があることを考慮し, 「明らかに適切に感じる」, 「どちらかといえば適切に感じる」という 2 種類の評価尺度を用いる. 2 種類の評価尺度を用いることで, 評価者の比較評価時の負担を軽減できると考えられる.

図 4 にトーナメントの概念図と評価 UI を示す. UI 上には比較対象の 2 つの視線動作アニメーションが並べて表示されている. 各映像を左から A, B とする. 各映像の上部には評価用のボタンが 2 つずつ配置されており, UI 上には合計 4 つの評価用ボタンが設置されている.

評価ボタンを左から A-1, A-2, B-2, B-1 とすると, 評価者は評価尺度にしたがって次のように評価ボタンを押す.

- 「A の方が B より明らかに適切である」場合, A 映像上部の A-1 ボタンを押す
- 「A の方が B よりどちらかといえば適切である」場合, A 映像上部の A-2 ボタンを押す
- 「B の方が A よりどちらかといえば適切である」場合,

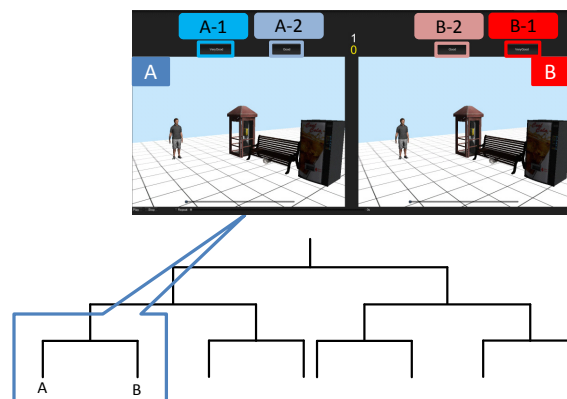


図4 トーナメント式一対比較表と提示用 UI.

B 映像上部の B-2 ボタンを押す

- 「B の方が A より明らかに適切である」場合, B 映像上部の B-1 ボタンを押す

トーナメント式一対比較評価における各個体の評価値は, 対戦 2 個体間の評価結果とトーナメントの対戦結果に応じて各個体に与える.

(4) 選択

評価値に基づきランキング選択とエリート選択を用いて交叉対象個体を選択する.

(5) 交叉

遺伝子が実数であること, また, 変数間に依存関係があることから単峰性正規分布交叉[20]を用いて交叉を行い, 次世代の 8 個体を作成する.

(6) 突然変異

設計変数ごとに実行可能領域内で一様乱数により新しい実数値を発生させる, 一様乱数突然変異を行う.

(7) 終了条件

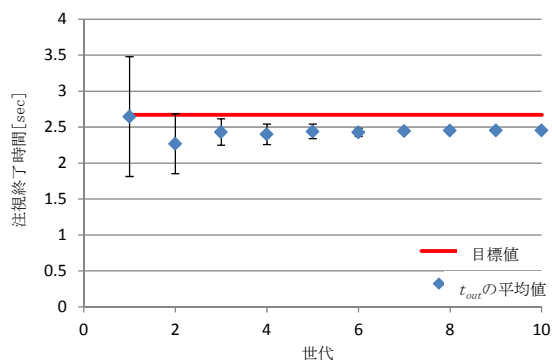
映像を評価する被験者の疲労を考慮し, 最大 10 世代で探索を終了する. また各世代終了時に任意で終了することを可能にする.

以上の処理により, 鑑賞者の主観的な評価に基づいた制御パラメータが算出され, 制御モデルに適用することで視線動作アニメーションを得る.

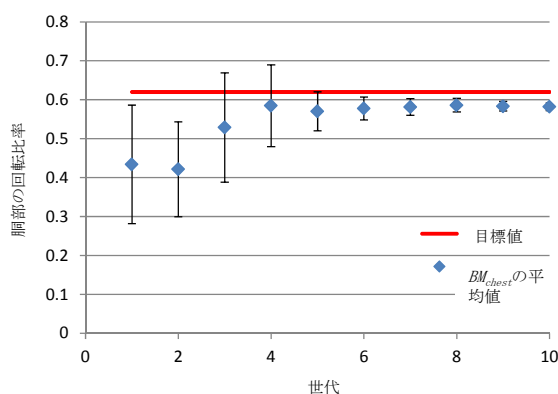
図 5 に制御パラメータを手動で設定して制作したアニメーション映像を目標として, 目標に近づくようにユーザが判断して提案システムで最適化した際のパラメータの値の世代ごとの変化結果の代表例を示す. 世代を追う毎に正解個体のパラメータに収束していることが確認できる. このことから, 一定の評価基準において, 視線動作アニメーションを最適化する機能を有することが確認できる.

5. 実験

提案手法の有効性を確認するために, 視線制御モデルの制御パラメータの手動設定による制作と, 提案システムによる制作について, 各制作条件における制作方法と制作結果に対する印象を比較する.



(a) 注視終了時間 t_{out}



(b) 胴部の回転比率 BM_{chest}

図5 各世代のパラメータの平均値と標準偏差の推移

5.1 実験用アニメーションシーン

実験に用いるアニメーションシーンとして、歩行中のキャラクターが進行方向左側のベンチ下にいる猫(図6(a))に気づき視線を向けることを想定した6秒のアニメーションシーンを用いる(図6)。

視線動作の付与対象のキャラクターモデルは標準的な男性キャラクターで、基準動作には歩行動作を用いる。図6(b)に示すようにキャラクターは画面奥から前方に向かって直進移動する。

このシーンにおいて歩行動作に対して視線制御モデルを用いて、眼球・頭部・胴部に回転量を付与し、適切だと感じる視線を向ける動作を制作してもらおう。

5.2 制作条件

視線制御モデルの制御パラメータの手動設定による制作(以下、HAND)と、提案システムによる制作(以下、IGA)の各制作条件は次の通りである。

○HAND

4.2節の視線制御モデルの制御パラメータを手動制作用UI(図7)を用いて設定することで制作する。制作にあたり、各パラメータについて資料の提示と口頭で説明を行い、パラメータと操作方法について確認と試用を充分してもらったうえで制作に取り組んでもらった。

手動制作UIでは、注視位置の設定をキーボードの上下、Up-Downキーで、その他のパラメータは画面上のスライダーで設定する。

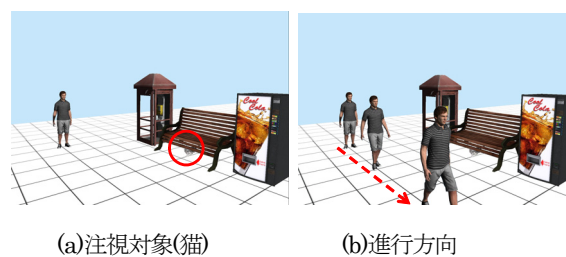


図6 実験用アニメーションシーン。

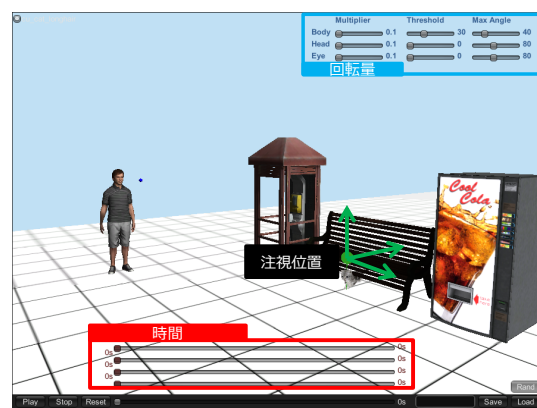


図7 視線制御モデルに基づく視線動作の手動制作UI。

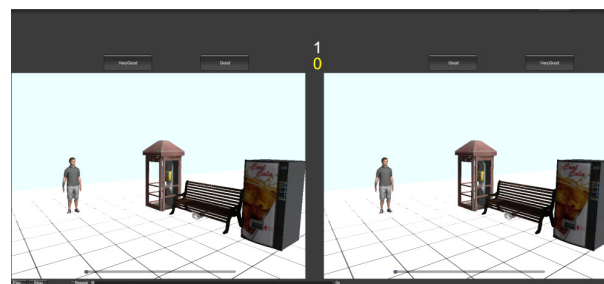


図8 対話型GAにおける個体評価用UI (IGA-UI)。



図9 IGA-UIの利用の様子。

パラメータの設定後、任意に再生を行い制作結果を確認し、パラメータを調整するという作業を行ってもらい、被験者が結果に満足した時点で制作作業を終了とした。

○IGA

提案手法に基づいたIGA-UI[21](図8)を用いて制作する。初期個体は各制御パラメータの値を、多様性を考慮して一様乱数によりランダムに設定することで80個体作成し、その中から動作の破綻がない8個体をランダムに選択し初期個体とした。4.3節に従い、並べられた2つの映像を比較し、映像の印象からより適切だと思うアニメーションを選択し、その

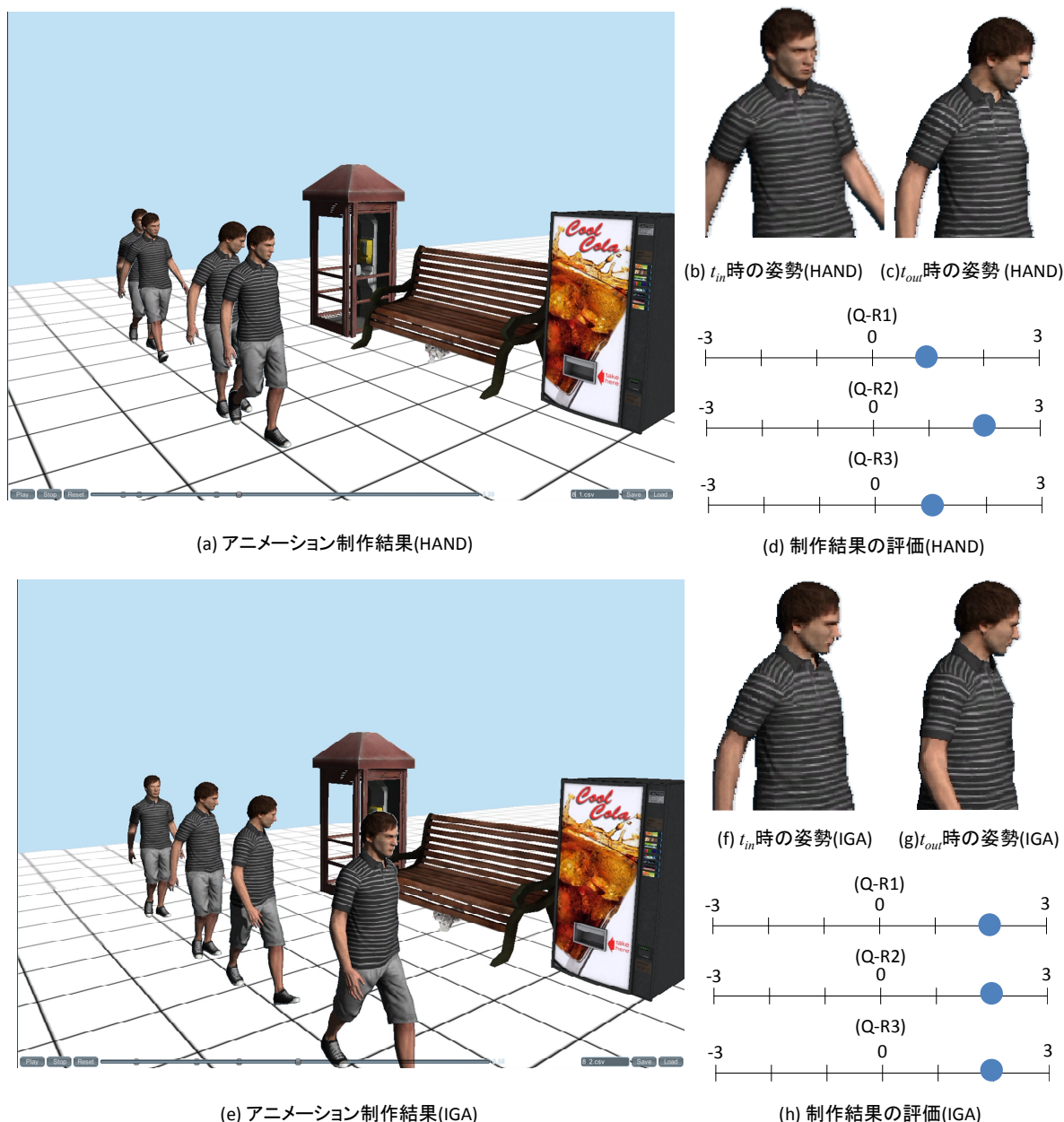


図10 制作結果1 (被験者#8).

評価に基づいてボタンを押してもらい、各世代の評価終了時に当該世代において最も評価が高い個体を提示し、結果に満足した場合にその世代で終了とし当該個体を制作結果とした。なお、最大世代数は10とした。

図9にIGA-UIの利用の様子を示す。IGAでは30インチのディスプレイ(DELL 3007WFP)に比較対象のアニメーションを4:3の縦横比で横に並べて表示する。手動制作UIではIGA-UIと同じサイズで画面中央にアニメーションとUIを提示する。

5.3 被験者

被験者は3Dキャラクターアニメーションの制作経験の少ない20代の学生20名(男性18名,女性2名)である。うち男性2名は趣味の範囲でダンスアニメーションの制作を半年程度経験

しており、残りの18名に関しては制作経験はなかった。また、20名の被験者に視線動作アニメーションの制作経験はなかった。

5.4 実験手順

実験は次の手順で行った。

- (1) HAND または IGA による制作
- (2) IGA または HAND による制作
- (3) 各制作結果の評価

(1)(2)のHAND/IGAによる制作では、「提示されたアニメーションシーンにおいて、自身が適切だと感じる「男性が歩行中に猫に気づき視線を向ける動作アニメーション」を制作してください」と指示を与え制作してもらった。

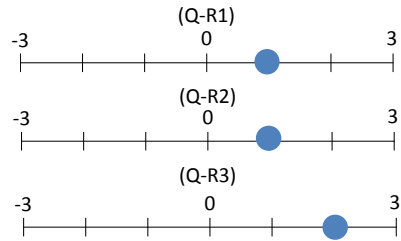
また、制作終了直後に制作方法に関するアンケートに回答してもらった。制作方法に関するアンケートは次の2項目である。



(a) アニメーション制作結果(HAND)



(b) t_{in} 時の姿勢(HAND) (c) t_{out} 時の姿勢(HAND)



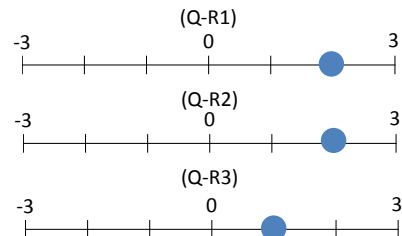
(d) 制作結果の評価(HAND)



(e) アニメーション制作結果(IGA)



(f) t_{in} 時の姿勢(IGA) (g) t_{out} 時の姿勢(IGA)



(h) 制作結果の評価(IGA)

図 11 制作結果 2 (被験者#11).

- ・ (Q-S1) 「制作作業は容易に行えましたか？」
- ・ (Q-S2) 「UI は使いやすいと感じましたか？」

アンケートでは制作条件における制作作業の容易さと操作性についてそれぞれ-3~3 に相当する用語で表現された 7 段階の尺度で評価してもらった。

なお、(1) と (2) の間は被験者の疲労を考慮し、数時間の間において実施し、順序効果を考慮して各制作条件における制作順序は被験者 10 名毎に入れ替えて実施した。

(3) の各制作結果の評価は、(2) の制作終了後から 1 日以上時間を空けて実施した。どちらの条件で制作したかは伏せた状態で(1) (2) の制作結果を 1 つずつユーザに提示し、アンケートに回答してもらった。提示順序は 10 人毎に入れ替えて実施した。制作結果に関するアンケートは次の 3 項目である。

- ・ (Q-R1) 「提示された「猫に視線をむける」キャラクターの動作アニメーションは適切だと感じますか？」
- ・ (Q-R2) 「適切に注視対象を見ているように感じますか？」
- ・ (Q-R3) 「猫に視線を向けるタイミングは適切だと感じますか？」

それぞれ-3~3 に相当する用語で表現された 7 段階の尺度で評価してもらった。

実験終了後、制作方法と制作結果の各評価項目について平均スコアと有意差検定 (Wilcoxon の符号付き順位和検定) により統計的評価解析を行った。

5.5 実験結果

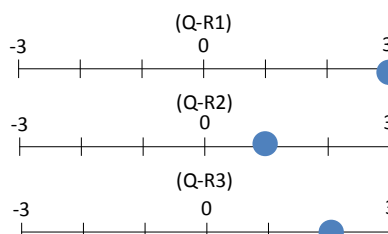
5.5.1 アニメーション制作結果



(a) アニメーション制作結果(HAND)



(b) t_{in} 時の姿勢(HAND) (c) t_{out} 時の姿勢(HAND)



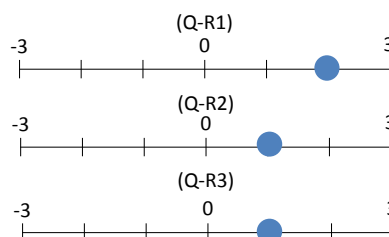
(d) 制作結果の評価(HAND)



(e) アニメーション制作結果(IGA)



(f) t_{in} 時の姿勢(IGA) (g) t_{out} 時の姿勢(IGA)



(h) 制作結果の評価(IGA)

図 12 制作結果 3 (被験者#16).

図 10, 11, 12 に被験者が制作したアニメーションの一部を示す。図 10(a) (e), 11(a) (e), 12(a) (e) 中のキャラクタ表示は奥から視線動作開始時間 t_{start} , 注視開始時間 t_{in} , 注視終了時間 t_{out} , 視線動作終了時間 t_{end} , 時点での姿勢を示している。

図 10 に示す制作結果では, HAND, IGA ともに猫にしっかりと体を向けているがタイミングが異なる結果が制作できていることが確認できる。

図 11 に示す制作結果では視線を向けるタイミングは同じような印象を受けるが視線の向け方が異なる視線動作が制作された。HAND ではやや視線の向け方が浅いのに対し, IGA では注視対象の方へ視線をしっかりと向けていることが確認できる。被験者はタイミングについては HAND の方を相対的に高く評価しているものの, 体の向け方と全体の印象においては IGA の方を高く評価している。

図 12 に示す制作結果では, 異なる印象のアニメーションが制作されている。HAND の方が評価が高いことと制作結果の印象の相違から, HAND で意図した結果を制作できたが IGA では制作できなかったと考えられる。大きく視線を向けない特徴的な動作であったため IGA では同様の結果を制作できなかったことが理由であると考えられる。

5.5.2 制作方法に対する評価結果

各制作条件の制作方法に対する評価の平均スコアと標準誤差を図 13 に示す。また, 有意差検定の結果である帰無仮説が成立する確率 (p 値) を表 1 に示す。有意差水準を 5% として p 値が 0.05 以下で仮説が棄却, すなわち HAND と IGA で統計的有意差があるとした。Q-S1 については両群に差がないとした帰無仮説が棄却され有意差が認められた。

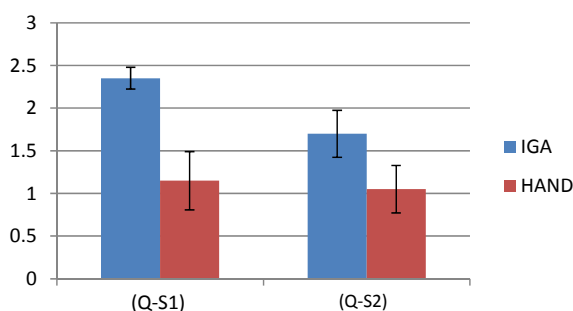


図 13 制作方法に対する評価

表 1 制作方法の各項目における有意差検定結果 (p 値)

項目	p値
(Q-S1) 制作作業は容易に行えましたか？	0.001709
(Q-S2) UIは使いやすいと感じましたか？	0.1515

表 2 各制作方法における制作時間の平均.

制作方法	平均制作時間(分)
IGA	9.6
HAND	10.7

また、各制作方法における制作所要時間の平均は表2の通りで、制作条件間で大きな差は見られなかった。また、提案手法において結果を確定した際の世代数の平均は5.2世代だった。両条件の制作時間には $r=0.75$ と高い正の相関が認められた。このことから被験者は両条件に対して同程度の時間で制作を行ったことがわかった。

5.5.3 制作結果に対する評価結果

制作結果に対する評価の平均スコアと標準誤差を図14に、有意差検定の結果であるp値を表3に示す。有意差水準を5%として、Q-R2では有意差が認められた。

両制作条件で、全体の印象について差は見られないものの、Q-R2「適切に注視対象を見ているように感じますか？」についてはIGAの方が有意だった。手動制作(HAND)後の被験者の感想として「タイミングは理想的に作れたが、頭部や体の傾き加減の調整が難しかった」「普段、角度ということをあまり気にしないため、直観的な操作ができなかった」「頭をもう少し猫の方に傾けるようにパラメータを調整したがうまくできなかった」などの意見があり、HANDでは思い通りにパラメータを設定できず、かつ適切だと考えるしっかりと視線を向ける動作をIGAでは制作できたことが結果に影響したと考えられる。

タイミングに関しては単一のパラメータの設定であるため比較的容易に設定できるのに対し、体の向け方に関しては、複数のパラメータが影響することから手動で思い通りに設定することが難しかったのではないかと考えられる。

5.6 考察

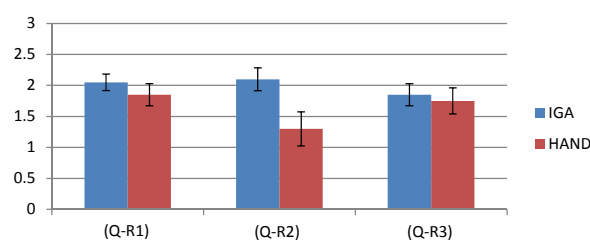


図 14 制作結果に対する評価

表 3 制作結果の各項目における有意差検定結果 (p 値)

項目	p値
(Q-R1) 提示された「猫に視線をむける」キャラクターの動作アニメーションは適切だと感じますか？	0.2891
(Q-R2) 適切に注視対象を見ているように感じますか？	0.01562
(Q-R3) 猫に視線を向けるタイミングは適切だと感じますか？	0.7069

制作結果に対する評価から、(Q-R2)「適切に注視対象を見ているように感じますか？」ではIGAの方が有意であることが確認でき、全体の印象としては同程度の制作結果が得られたと考えられる。

また、両制作条件について制作に要する時間にはほとんど差がなく、制作手法に対する評価結果ではQ-S1「制作作業は容易に行えましたか？」の項目では提案手法(IGA)の方が高いスコアを得られ、手動設定よりも提案手法の方が容易に制作できたことがわかった。

したがって、視線動作アニメーションの制作経験のないユーザを対象として、同程度以上の制作結果を、手動制作(HAND)よりも提案手法(IGA)の方が容易に制作できると考えられる。このことより本手法は、初心者が視線制御モデルのパラメータの設定による視線動作アニメーションをより容易に制作するための一手段として有効であると考えられる。

しかし、対話型GAを用いる本手法では、制作結果が初期個体に依存するため、図12の結果のように初期個体に自身の嗜好とは印象が異なる個体しかない場合には適切な結果を制作することは難しい。本実験ではランダムに作成した初期個体に基づいて制作を実施したが、よりユーザの嗜好に即した結果を得るために、嗜好に近い個体を含む初期個体群に基づいて最適化する利用方法が考えられる。

例えば、蓄積された制作例を基に、自身の嗜好に近いイメージの制作例を選択し、それらを初期個体として利用することにより、より自身の嗜好に即した結果を得られるのではないかと考えられる。

また、本実験では標準的な外見形状の男性キャラクターモデルと被験者がシーンの状況を把握しやすくするためにキャラクターの全身が映るカメラ設定によるアニメーションシーンをを用いた。キャラクターモデルの形状とカメラとの距離、注視対象がカメラとは逆方向に存在することから一部の被験者から、「本アニメ

ーションシーンにおいて印象に与える影響が少ないであろう眼球の動きについてどれほどこだわればよいか」と質問を受けるなど、一部の被験者は眼球の動きを相対的に重視せずに制作していた。このようにキャラクタモデルの形状やシーンの設定と鑑賞者の印象によっては視線動作の印象に影響が少ないパラメータがある。したがって、対象のアニメーションシーンに応じて重視すべきパラメータを適応的に選出し設定対象とすることで、より効率的に最適化することができるのではないかと考えられる。

また、今回の実験では被験者は視線を向けるタイミングについては、手動でも自身の嗜好に即して設定することができている傾向があった。そのため、ユーザの技量に応じて設定が難しいパラメータのみを本手法で設定する利用方法についても検討の必要があると考えられる。

6. おわりに

本稿では、ユーザの主観的な評価を基に視線動作アニメーションの制作を支援する対話型GAを用いた視線動作アニメーション制作支援手法を提案した。実験の結果、初心者を対象として、パラメータの手動設定による制作結果と同程度以上の評価を得られる制作結果を容易に制作できることが確認できた。このことより、本手法は初心者が制御モデルを用いて視線動作アニメーションを制作する際の1制作方法として有効であると考えられる。

今後の課題として、ユーザの嗜好に基づいた初期個体群の設定による最適化の検証や、対象となるアニメーションシーンの表現に重要な制御パラメータの推定と選出、利用による制作支援手法の効率化が考えられる。また、本稿では一つの注視対象に対する視線動作を対象としたが、複数の注視対象が存在するシーンにおける注視対象の選択問題も含めた視線動作アニメーションの制作支援手法への取り組みが考えられる。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・若手研究 (B) (26730143) の助成を受けたものである。

参考文献

[1] A. Mehrabian. Communication without words, *Psychological Today*, vol2, pp.53-55, 1968.
 [2] S. P. Lee, J. B. Badler, and N. I. Badler. Eyes alive, *ACM Trans. Graph.*, Vol.21, No.3, pp.637-644, 2002.
 [3] X. MA and Z.Deng. Natural Eye Motion Synthesis by Modeling Gaze-Head Coupling, In Proc. of IEEE virtual Reality Conference 2009, pp143-150, 2009.
 [4] S. Yeo, M. Lesmana, D. Neog, and D. Pai. Eyecatch: simulating visuomotor coordination for object interception, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 31, No. 4, pp. 1-10, 2012.
 [5] T. Iwao, H. Kubo, A. Maejima, and S. Morishima. A Visuomotor Coordination Model for Obstacle Recognition, *Journal of WSCG*,

vol.22, No.2, pp49-56, 2014.
 [6] R.leigh and D.Zee. *The Neurology of Eye Movements*, 2nd ed., FA Davis, 1991.
 [7] S. Masuko and J. Hoshino. Head-eye animation corresponding to a conversation for CG characters. *EUROGRAPHICS 2007*, Vol. 26, No. 3, pp. 303-312, 2007.
 [8] M.Thiebaut, B.Lance, and S.Marsella, "Real-time expressive gaze animation for virtual humans ", In Proc. of The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, vol.1, pp.321-328, 2009.
 [9] 星野唯一, 森博志. 音声対話ゲームのための CG キャラクタの反応的注意生成. *芸術科学論文誌*, Vol. 9, No. 1, pp. 20-28, 2010.
 [10] M.F.P. Gilliesand and N.A. Dodgson, Eye movements and attention for behavioural animation, *The Journal of Visualization and Computer Animation*, vol.13, No.5, pp.287-300, 2002
 [11] H.Grillon and D.Thalmann. Simulating gaze attention behaviors for crowds. *Computer Animation and Virtual Worlds*, Vol. 20, No. 2-3, pp. 111-119, 2009.
 [12] T. Pejisa, B. Mutlu, and M. Gleicher. Stylized and Performative Gaze for Character Animation. *EUROGRAPHICS 2013*, Vol. 32, No. 2, 2013.
 [13]高木英行, 畷見達夫, 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.
 [14]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, 情報・システム, II-情報処理*, Vol. 81, No. 7, pp. 1601-1608, 1998.
 [15] H.Kim and S.Cho. Application of interactive genetic algorithm to fashion design. *Engineering applications of artificial intelligence*, Vol. 13, pp. 635-644, 2000.
 [16] 三木光範, 菅原麻衣子, 廣安知之. 対話型遺伝的アルゴリズムを用いた浴衣デザインシステム. *人工知能学会全国大会*, pp. 1-3, 2007.
 [17] 松下大輔, 宗本順三. CG 画像の感性評価による対話型進化計算を用いたファサードガラス特性の探索法の研究. *日本建築学会計画系論文集*, No. 584, pp. 187-192, 2004.
 [18] Unity Asset Store, "Head Look Controller", <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/4>
 [19] 竹之内, 徳丸, 村中, トーナメント式評価手法を用いた対話型進化計算の性能評価, *電子情報通信学会総合大会講演論文集*, pp.116, 2012.
 [20]小野, 佐藤, 小林. 単峰性正規分布交叉UNDXを用いた実数値GAによる関数最適化, *人工知能学会*, vol.14, No.6, pp.1146-1155, 1999.
 [21] 中平智也, 森博志, 外山史, 東海林健二. 対話型GAを用いた視線動作アニメーション生成システム. *NICOGRAPH 2014*, pp. 71-74, 2014.

森 博志



2007 年, 筑波大学大学院システム情報工学研究科了. 2008 年, 筑波大学大学院システム情報工学研究科研究員. 2010 年, 同大学院人間総合科学研究科研究員. 2012 年, 宇都宮大学大学院工学研究科助教. CG アニメーションの研究に従事. 博士(工学). 正会員.

東海林 健二



1981 年, 慶應義塾大学大学院工学研究科博士課程修了. 同年, 宇都宮大学工学部助手. 現在, 同大大学院工学研究科教授. 工学博士. 画像・パターン認識に関する研究に従事. IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 電気学会, 映像情報メディア学会, 日本心理学会各会員.

中平 智也



2014 年宇都宮大学工学部情報工学科卒業. 現在, 同大大学院工学研究科博士前期課程情報システム科学専攻在学中. CG アニメーションに関する研究に従事.

外山 史



2000 年, 宇都宮大学博士後期課程生産・情報工学専攻修了. 同年, 宇都宮大学助手. 現在, 同大准教授. 博士(工学). 進化計算, 画像・パターン認識に関する研究に従事.