

## 鑑賞者の評価に基づいた視線動作アニメーション制作支援システム A Gaze Animation Creating Support System Based on Evaluation of Viewer

中平 智也† 森 博志† 外山 史† 東海林 健二†  
Tomoya Nakadai Hiroshi Mori Fubito Toyama Kenji Shoji

### 1. はじめに

人らしく自然に見える人物動作アニメーションを実現するために、注視対象に向けて眼球や頭部、胸部が回転する視線動作を既存の汎用動作アニメーションに付与する手法が利用されている。注視対象や回転量、回転時間に関するパラメータを設定することで CG キャラクタの該当部位が回転し視線動作を実現することが可能である。しかし、制御モデルのパラメータを設定し、人らしく自然に感じる視線動作を制作するには経験や試行錯誤による調整を要する。

この問題に対し著者らは一つの既知の注視対象に対する視線動作アニメーションを鑑賞者の評価に従って最適化する手法に取り組んだ[1]。しかし、複数の注視対象候補が含まれるシーンにおいて、どの注視対象に視線を向けるかという注視対象の選択問題については未検討であった。

そこで本稿では、「どこを」、「どのように」見るのかという注視対象の選択と視線の向け方を映像を見る鑑賞者の主観的な評価に基づいて最適化する視線動作アニメーションの制作支援システムを提案する。対話型遺伝的アルゴリズム(Interactive Genetic Algorithm:IGA)により映像を評価するユーザを最適化系に組み込み、ユーザの評価に基づいた視線動作アニメーションの制作支援を行う。鑑賞者が提示された視線動作アニメーションを評価することで、注視対象と視線制御モデルのパラメータが最適化されるため、CG 制作の知識を有していないユーザでも視線動作アニメーションの制作支援が可能になると考えられる。

### 2. 視線動作アニメーション制作支援システム

本稿では、鑑賞者の評価に基づいた視線動作アニメーションの制作を支援するために、視線動作アニメーションを注視対象と CG キャラクタの視線制御モデルのパラメータで表現し、対話型 GA を用いて注視対象と制御パラメータを最適化する。対話型 GA は人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[2]の一つで、CG 分野[3, 4]においてもその有効性が示唆されている。

図 1 に提案手法の概要を示す。本稿で扱う視線動作アニメーションは、注視対象と視線制御モデルの制御パラメータによって、汎用的な動作アニメーションに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実現される。

提案システムにおいて入力となる視線動作アニメーション群中の各アニメーションは注視対象物体と視線制御モデルのパラメータにより異なる視線動作アニメーションとして用意する。次に、視線動作アニメーション群を基に、対話型 GA により鑑賞者の主観に基づいて注視対象および視線制御モデルのパラメータを最適化する。

視線動作アニメーションを注視対象物体と視線制御モデルのパラメータで表現し、対話型 GA によって鑑賞者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の制作を支援する。

### 3. 視線動作アニメーション表現

#### 3.1 CG キャラクタの視線動作

本稿で扱う視線動作は任意の一つの注視対象に対して「視線を移す」、「注視」、「視線を戻す」という一連の動きである。

この CG キャラクタの視線動作は注視対象と視線制御モデルを用いて実現する。注視対象に対する視線制御モデルの注視座標、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 CG キャラクタの該当関節部位を注視対象に対して回転させ、「歩行」や「直立」といった汎用的な動作に付与することで視線動作を実現する。

#### 3.2 視線制御モデル

視線動作の制御モデルとして、運動特性の知見を基にした制御モデル[5]や人の認知特性に基づいて注視対象を決定する制御モデル[6]が提案されている。本研究では表 1 に示す制御パラメータで視線動作を生成する視線制御モデルを用いる。

注視座標は注視対象オブジェクトのどこを注視点にするか決定する値で注視対象オブジェクトの原点を中心とした 3 次元座標  $p_x, p_y, p_z$  で表す。

回転量に関するパラメータは回転比率、回転開始角度、最大回転角度で表現し、該当部位の回転量を決定する。

回転時間に関するパラメータは視線動作開始時間  $t_{start}$ 、注視開始時間  $t_{in}$ 、注視終了時間  $t_{out}$ 、視線動作終了時間  $t_{end}$  で表現し、視線動作の一連の動きにおける時間を決定する。

表 1 視線制御モデルの制御パラメータ

注視座標	注視対象オブジェクト座標系における 3 次元座標	$p_x, p_y, p_z$
回転量	回転比率	$BM_{eye}, BM_{head}, BM_{chest}$
	回転開始角度	$TA_{eye}, TA_{head}, TA_{chest}$
	最大回転角度	$MA_{eye}, MA_{head}, MA_{chest}$
回転時間	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	$t_{end}$

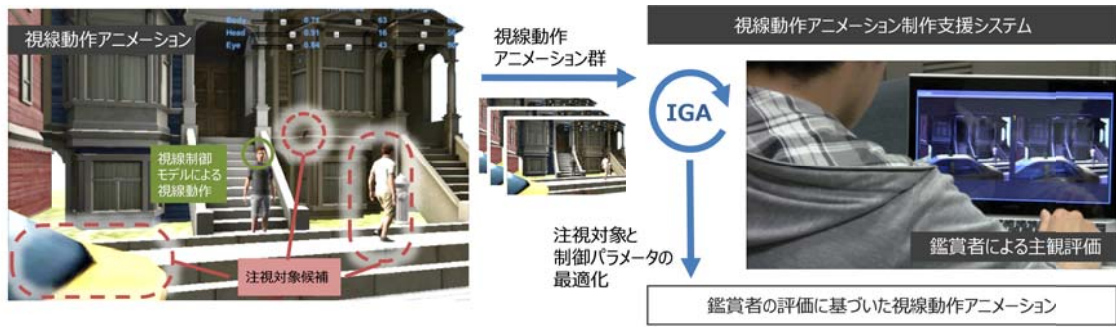


図1 提案システムの概要



図2 異なる注視対象物体における注視点表現

### 3.3 注視対象物体における注視点

視線制御モデルの注視座標のパラメータは、ある注視対象のどの箇所を見るかをその注視対象のローカル座標系における3次元座標で表現している。視線動作を実現するために各注視対象に応じてワールド座標系の座標を算出する。

注視対象  $i$  のパラメータ  $\mathbf{q}_i$  は  $\mathbf{q}_i = \{t_i, \mathbf{r}_i, s_i\}$  と表現される。 $t_i$  はワールド座標系における位置、 $\mathbf{r}_i$  は向き、 $s_i$  は大きさである。視線制御モデルのパラメータの注視座標  $(p_x, p_y, p_z)$  に対して  $\mathbf{q}_i = \{t_i, \mathbf{r}_i, s_i\}$  によって3次元アフィン変換することで各注視対象物体の注視点を得る。図2に異なる注視対象物体における注視点表現を示す。図2より向きや大きさ、位置にかかわらず注視対象物体の右上を注視点としていることが確認できる。

### 3.4 対話型 GA を用いた視線動作の最適化

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表1の視線制御モデルの  $\{p_x, p_y, p_z, t_{start}, t_{in}, t_{out}, t_{end}, BM_{eye}, BM_{head}, BM_{chest}, TA_{eye}, TA_{head}, TA_{chest}, MA_{eye}, MA_{head}, MA_{chest}\}$  の16個のパラメータを用いる。各値は実数値である。

対話型 GA を用いて鑑賞者の評価に基づき視線制御モデルの制御パラメータと注視対象を最適化する。注視対象の選択は制御パラメータの各交叉個体にユーザの評価結果に基づき確率的に決定する。

本稿では、「初期個体群の生成」、「評価」、「注視対象物体の選択」のそれぞれについて説明する。

#### (i) 初期個体群の生成

初期個体群の多様性を確認するための指標として変動係数を用いる。変動係数(coefficient of variation)は、相対標準偏差とも呼ばれ、相対的なばらつきを見る一つの尺度である。視線制御モデルの各パラメータのばらつきを変動係数を基に確認し、多様性を持った初期個体群の生成を行う。

各パラメータの変動係数  $CV_j$  を基に閾値  $d$  と比較することで初期個体群を生成する。 $j$  は個体の遺伝子座である。

初期個体の各パラメータを決定する手順を Algorithm 1 の疑似コードにまとめる。回転時間に関するパラメータはパ

#### Algorithm 1 初期個体群の生成

```

1: while  $CV_j < d$  do
2:   if  $j$  is  $t_{start}, t_{in}, t_{out}, t_{end}$  then
3:      $t_{start} < t_{in} < t_{out} < t_{end}$  を満たす  $t_{start}, t_{in}, t_{out}, t_{end}$  の各値を
       一様乱数により生成
4:   else
5:     値を一様乱数により生成
6:   end while

```

ラメータ間で依存関係があるため、回転時間に関するパラメータは  $t_{start} < t_{in} < t_{out} < t_{end}$  を満たすよう値を決定する。

各初期個体のパラメータの値は  $CV_j > d$  を満たす8個の値になるまで生成を繰り返す。変数間で依存関係が見られる回転時間に関するパラメータは  $t_{start} < t_{in} < t_{out} < t_{end}$  を満たす各値を8組生成し、回転時間に関するすべてのパラメータが  $CV_j > d$  を満たすまで各値8組の生成を繰り返す。

#### (ii) 評価

トーナメント式一対比較評価[7]を用いて評価を行う。各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。提示された2個体に対し、どちらがより自然に感じるか比較し評価を行う。

各個体の評価値を  $e_k$  ( $k$  は各個体の番号) とし、各個体の評価値はトーナメントの対戦結果と評価結果により与える。トーナメントの対戦結果において優勝個体以外は各個体に対する勝利個体が存在する。個体の評価値  $e_k$  は勝利個体の評価値  $e_{victory}$  から任意の値を減算することで付与する。評価結果は「明らかに自然に感じる」、「どちらかといえば自然に感じる」の2種類存在するため、「明らかに自然に感じる」と評価された場合  $e_{wide}$ 、「どちらかといえば自然に感じる」と評価された場合  $e_{narrow}$  を勝利個体の評価値から減算する。

優勝個体の評価値として任意の評価値  $e_{champion}$  を付与し、その後、各個体に評価値を次式で付与する。

$$e_k = e_{victory} - e_{result} \quad (1)$$

$$e_{result} = \begin{cases} e_{wide}, & (\text{明らかに自然と評価}) \\ e_{narrow}, & (\text{どちらかといえば自然と評価}) \end{cases}$$

ただし、 $e_{victory}, e_{wide}, e_{narrow} \in \mathbf{N}$ ,  $e_{victory} > e_{wide} > e_{narrow}$  である。

#### (iii) 注視対象の選択

各個体の評価値に基づいて次世代の各個体の注視対象を確率的に決定する。

各注視対象  $i$  に対して、注視対象の選択確率  $Pr^i$  は、注視対象  $i$  に対する  $n$  個の視線動作の評価値  $e_k$  の平均

$g_i = \sum_k e_k / n$  より,  $Pr^i = g_i / \sum g$  と表現される. この選択確率に従って次世代の各個体の注視対象を決定する.

#### 4. 実験

複数の注視対象候補を含むシーンにおいて一つの注視対象に対する視線動作アニメーションを①制御パラメータの手動設定, ②提案システムの 2 つの手法で制作してもらい, 被験者自身に 2 つのアニメーションを比較し評価してもらった. 被験者には「シーンに適していると感じる一つの注視対象に対する視線動作アニメーションを制作してください。」と指示し, ①, ②の順番で視線動作アニメーションを制作してもらった.

制作終了後, 各結果を並べて提示し, 被験者にアンケート項目に従って評価してもらった. アンケートの回答項目は(Q1)どちらがより自然なアニメーションに感じるか, (Q2)どちらが CG キャラクタの対象を見るタイミングが自然に感じるか, (Q3)どちらが CG キャラクタの体の動かし方が自然に感じるか, (Q4)どちらの注視対象が自然に感じるかの 4 項目で, 5 段階の尺度で評価してもらった. また, 提示されたアニメーションはどちらがどの制作手法によるアニメーションであるかは明示せずに提示した.

被験者は 7 名で図 3 にアンケートの回答結果を示す. 横軸が質問項目であり, 縦軸上側が提案システムが優位, 下側が手動制作が優位であることを示している.

図 3 より提案システムで制作した視線動作アニメーションが手動の結果より自然であると回答しているのは被験者 A, D, F, G の 4 名であった. 一方, 手動で制作した視線動作アニメーションが提案システムの結果より自然であると回答しているのは被験者 B, C, E の 3 名であった.

#### 5. 考察

表 2 に各被験者のそれぞれの制作手法において選択された注視対象を示す. 被験者 A, D は制作手法に関わらず同じ注視対象に対する視線動作アニメーションが制作され, すべての質問項目で提案システムがより自然に感じる, または同程度と回答していることから手動制作より主観で評価する提案システムを用いることでより自身のイメージをアニメーションに表現できたと考えられる.

被験者 F, G は異なる注視対象に対する視線動作アニメーションが制作され, (Q1)で提案システムの方が自然に感じると回答されている. このことから生成結果映像の評価に基づく提案システムによって手動制作時の構想とは異なるが, より嗜好に適したアニメーションの制作が支援されたと考えられる.

したがって, 提案システムは自身の構想を手動制作で正確に表現できないユーザにとって有効であると考えられる. しかし, 提案システムでは生成結果が個体群に依存するため細部の挙動まで調整することが難しいため自身の構想を手動制作で正確に表現できるユーザにとっては, 提案システムのみによる制作は有効ではないと考えられる.

#### 6. おわりに

本稿では, 「どこを」, 「どのように」見るのかという注視対象の選択と視線の向け方を映像を見る鑑賞者の主観的な評価に基づいて最適化する視線動作アニメーションの制作支援システムを提案した.

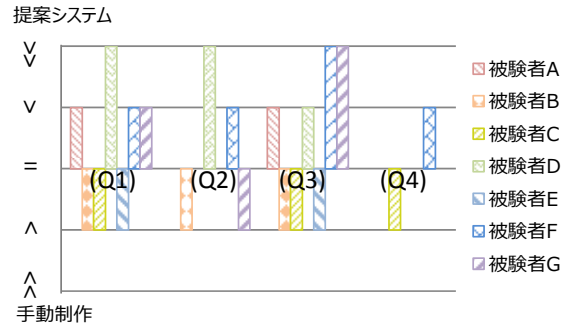


図 3 各制作手法における評価結果

表 2 各手法におけるアニメーションの注視対象

被験者	手動	提案システム
被験者 A	蝶	蝶
被験者 B	歩行者	歩行者
被験者 C	歩行者	車
被験者 D	歩行者	歩行者
被験者 E	蝶	消火栓(蝶)
被験者 F	歩行者	車
被験者 G	車	蝶

実験の結果, 自身の構想を手動による制御パラメータの設定で正確に制作することが難しいユーザにとって, 提案システムは有効であると考えられる. また, 映像評価に基づく提案システムを用いることで手動制作時の構想とは異なるものの, より嗜好に適した視線動作アニメーションが制作されることが確認された.

このことから, 複数の注視対象候補が存在するアニメーションシーンにおいて提案システムは制御パラメータの設定によって自身の構想を正確に表現することが難しいユーザにとって手動制作と同程度以上の制作支援が出来ると考えられる. また, 手動制作時の構想とは異なるものの, より嗜好に適した視線動作アニメーションが制作され得ることから, 手動制作の際のたたき台となる視線動作制作への創造支援としての利用も期待出来る.

今後の課題として, 対話型 GA の初期個体群の生成においてユーザの構想に沿った視線動作アニメーションを反映できるようにし, その生成結果について有効性の検証について考えられる.

#### 参考文献

- [1] 中平, 森, 外山, 東海林, 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, NICOGRAPH2014, 2014
- [2] 高木, 敏見, 寺野, 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.
- [3] 青木, 高木, 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-II, No.7, pp.1601-1608, 1998.
- [4] 三木, 菅原, 廣安, 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論文集, Vol.21, No.1E2-5, 2007.
- [5] 星野, 森, 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
- [6] H.Grillon, D.Thalman, Simulating gaze attention behaviors for crowds, Computer Animation and Virtual Worlds2009, Vol. 20, Issue. 2-3, pp.111-119, 2009.
- [7] 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.