

協調動作モデルを利用した CG キャラクタのための表情表現手法

Facial expression technique using cooperative motion model for CG character

中村 正宏[†]
Masahiro Nakamura

星野 准一[†]
Junichi Hoshino

1. まえがき

ゲームやチャットなどのコミュニケーションツールをはじめとするエンタテインメントコンテンツにおいて、CG キャラクタが会話をするアニメーションが多く見られるようになった[1,2,3]。しかし、表現力の乏しい CG キャラクタでは、機械的で単調なアニメーションとなってしまうため、会話中の心的状況を反映した微妙な表情を表現することのできるキャラクタが必要とされている。

従来の会話アニメーション生成手法として、Cassell らはエージェントの発音のイントネーションとアクセントによる強調部分を解析し、それらに合わせてリップモーション、眉運動、頭部動作、ジェスチャ、凝視動作などを生成している[4]。そしてこれらのルールを XML 形式によって記述することによって拡張性の高いアニメーションが生成できるツール (BEAT) が開発されている[5]。また、Doug らは同様に英語のイントネーションと連動した眉運動、頭部動作とリップシンクを、テキストにタグを振り分けることにより会話アニメーションを生成している[6]。しかし、これらの手法では、実際に人間が会話において行う、相手を見下ろしながら怒ったり、逆に首を傾げながら冗談で怒って見たりといった、人間の持つ微妙な感情を表現する表情を生成できてはいない。そのため、実際の人間のように頭部動作の変化から表情の微妙なニュアンスの違いを読み取ることが困難である。

また、上記の研究では、目を上に向けると上下のまぶたと眉が同時にあがったり、他方に目を向けたときに頭部も同時に動いたり[7]、といった顔面要素の協調性が見られない。このような協調性がない場合、人間にとって違和感のあるアニメーションになり心的状況を十分に表現することが困難である。

本稿では、このような会話中の頭部動作・眼球運動・表情表出間の協調動作を考慮することによって、心的状況を反映した微妙な表情を表現することができる表情表現手法を提案する。

以下、2 章では本手法の概要を、3 章では頭部・眼球・表情の協調動作についてのべ、4 章では表情の動的な変化パラメータを利用した動的な心理変化について述べ、5 章では提案手法の有効性を検証するために、実験により主観評価を行う。

2. 概要

本稿で取り扱う協調動作モデルを図 1 に示す。本手法では従来別々に利用されてきた頭部動作、眼球運動、表情表出の各動作間の相互連動性を利用することによって、実際

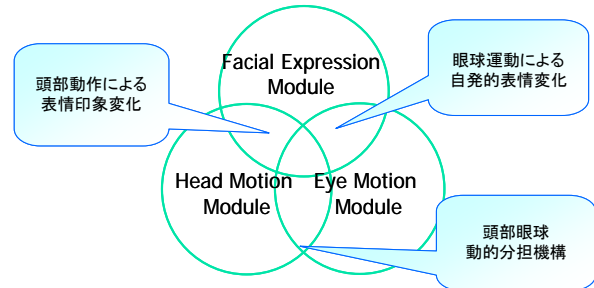


図 1 頭部・眼球・表情協調動作モデル

に人間が表現する微妙な心的状況を反映した、表情表現を可能にする。

頭部・表情動作間では、頭部動作による表情の印象変化を考慮する。例えば屈伸動作のような頭部動作を、表出された表情とともに連動して行うことで、その表情が利用者に与える印象を変化させることを利用し、CG キャラクタの心的状況に適した微妙な感情を表現する。次に、頭部・眼球動作間では、視線移動や上目遣いなど頭部と眼球が連動した動作において VOR や動的負担機構を考慮する。そして、眼球・表情動作間では、眼球運動によって眉やまぶたなどの表情が自発的に変化することを考慮する。これらの相互協調動作を利用することによって、より人間的に心的状況を反映しうる CG キャラクタを生成する。

また、緊張状態や興味状態など動的に変動する心的状況を反映するために、瞬目率、凝視量や凝視持続時間、あいづち動作頻度を動的に変化させ、CG キャラクタの動的な心理状態変化を表現する。

3. 協調動作による表現

3.1. 頭部動作による表情印象変化

3.1.1. 印象変化

頭部動作を利用した表情アニメーションの研究は、ほとんどの場合頭部ジェスチャと、あいづちのみである。そして、これらの実験映像ではほとんどの場合、ユーザに対して正面を向き、会話中も顔を正面に固定した状態である。実際の人間はうつむきながら話す、首をかしげながら話すといった会話動作をよくする。頭部動作をうなずき、回転、前後移動などに分類し、それらを独立もしくは組み合わせで、発話のイントネーションに合わせて、ランダムに選択、再生することによって発話時の頭部動作を実現するような研究[6]は行われているが、これは発話の抑揚などに合わせた頭部動作については検討しているが、上記のような表情表出と連動した頭部動作については実現できていない。そ

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科



図 2 頭部による表情の印象変化

ここで本稿では、発話時の CG キャラクタの顔の向きによって、正面を向いているときとは違った印象を与えるのではないかと仮定し、デモ映像を作成し、被験者 15 人に評価実験をしてもらった。

3.1.2. 評価実験

まず、CG キャラクタの会話アニメーションを、「怒り」「幸福」の二種類の表情を付加し作成した。そして、図 2 のように正面向き、屈伸方向の上向きと下向き、首を軸とした軸回転の向き、その軸に垂直な横屈伸の向き、とそれぞれ頭部の向きを変更し、同じ表情をした会話アニメーションを作成した。図 2 は「怒り」の表情の例である。これらを男女合わせて 15 人に以下のような、評価実験をしてもらった。

- ① 正面向きのアニメーションと、頭部の向きをくわえたアニメーションをそれぞれ比較し、うける印象を評価
- ② 頭部の向きを加えたアニメーション同士を比較し、受ける印象を評価

上記の実験を「怒り」の表情の場合と、「幸福」の表情の場合の両方でおこなった。日常の経験から、非常に怒っているときに、相手を見下ろして威圧するといったことはよくあると思われる。そこで被験者には①、②で「より怒っている（幸せそう）と感じるのはどちらか」と、表情から受ける感情の強弱について 5 段階で採点してもらった。また、今回印象というあいまいなものを評価するため、被験者各人には、映像を比較した際の率直な感想を記述してもらった。その結果の一例として、正面向きと横屈伸（傾げ）の評価結果を図 3 に示す。図 2 の評価実験の結果からは、「怒り」の表情をして、頭部を傾げながら会話をするアニメーションでは、正面を向いて会話をする場合と比較して、真剣に怒っているのではなく、虚偽的な「怒り」を感じる人が多かった。しかし、「怒り」の程度については意見が分かれてしまった。

3.1.3. 解析結果

今回の評価実験では、印象というあいまいなものを評価しようとしているため、一部結果のでない項目もあったが、その中でも多くの被験者が感じた印象評価をまとめると、次のようになる。

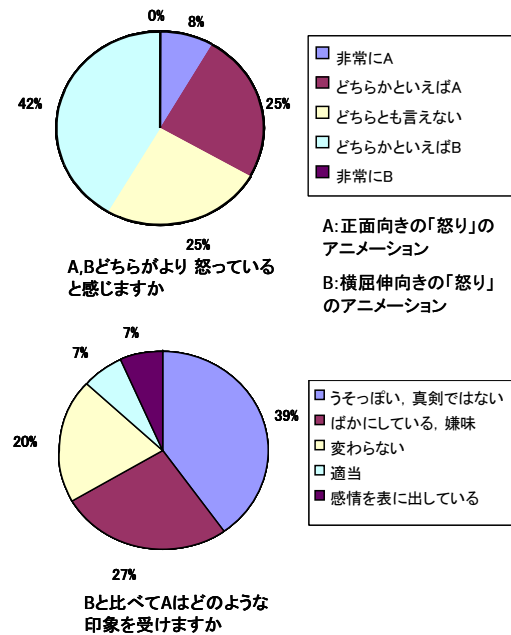


図 3 評価実験結果一例

- A. 頭部の向きの変化は、その表情が相手に与える印象を変化させる
- B. 頭部の向きによっても、その印象は異なる
- C. 「怒り」の表情の場合でも、「幸福」の表情の場合でも、頭部の向きの変化から受ける印象はほとんど同じである
- D. 表情から感じる感情の強弱については、頭部が上向き（見下ろし）の場合、正面向きに比べ強い感情を抱いている印象があり、逆に下向き（上目遣い）の場合、正面の方が強い感情を抱いている印象がある
- E. 頭部が屈伸方向下向き、軸回転、横屈伸の場合、正面向きと比較すると、真剣に会話していない、虚偽の表情ととられる、そのためやや不快な印象を与える。

まず、A は①のすべての実験で、印象が変化すると回答していることから明らかである。B についても同様に②の



図 4 眼球運動における自発的表情変化

実験で印象が変化すると感じる被験者が多かったことから明らかである。C はやや「幸福」の表情の方が、頭部の変化から好意的な変化が見られるという意見もあったが、おおむね二つの表情と頭部の変化から受ける印象に差はなく、どのような表情でも同様の印象を与えるのではないかと思われる。表情から感じる感情の強弱の変化についての回答から D の結果を得た。軸回転及び横屈伸については、個人によって受ける感情の強さが異なることもわかった。E については、記述してもらった感想を集計した結果、正面向きに比べて、横屈伸、軸回転、屈伸下向きは相手に不快な印象を与えた。真剣ではない、表情がうそっぽくなる、嫌味に感じるなどの印象を抱く被験者が多かった。

本稿では、A～E の結果をもとに、頭部動作による表情の印象変化を利用することによって、CG キャラクターの心的状況を表現した微妙な表情を表出するといった、より表現力の高い表情アニメーションを生成する。

3.2. 頭部・眼球の動的分担機構

3.2.1. 前庭動眼反射

眼球で対象となる静止目標を注視しながら頭部を回転させる場合、同時に 2 つの回転が生じる。1 つめは環境に対する頭部の回転で、2 つめは目標を見続けるために生じる眼球の回転である。そのため、上目遣いやうなずき動作などで視線を空間内の一定位置に保つことができない。

そこで本稿では、頭部動作と眼球動作の依存動作である、前庭動眼反射(Vestibulo-ocular reflex : VOR) [8]を考慮する。

3.2.2. 視線角度による分担比

視線角は頭部の回転と眼球の回転の和によって近似することができ、人間は頭部の回転を伴い視線の移動を行う。

益子らは、CG キャラクターの視線角を、頭部の回転と眼球回転の分担比によって求めている[7]。本稿では、この眼球運動と頭部動作の協調動作を、CG キャラクターの視線を動かす際に利用することとする。

3.3. 眼球運動における自発的表情変化

眼球運動と顔面表情との協調動作は大変細かな動作となるが、より人間的な表情アニメーションを生成するためには不可欠な要素である。本節では眼球運動に伴う自発的な

まぶたおよび眉の変化を利用することにより、高精度のアニメーションを作成する手法を提案する。

3.3.1. 眼球運動とまぶた

眼球運動にともない自発的にまぶたが開閉することが知られている[9]。従来まぶたは瞬目動作による開閉や、目を見開く、細目をするといった表情などでしか利用されていなかったが、実際の人間は例えば、目を上に動かすときは上まぶたも同時に上方へ開き、反対に下に動かすときは、上下のまぶたも同時に下方に向き伏せ目となり、眼球の動く速度とまぶたの動く速度にも連動性が見られる。また、眼球が左右に大きく移動する際には、まばたきをすることによって像のぶれを修正することが知られている[10]。

本稿では、これらの事実に基づき眼球運動とまぶたの協調動作を生成する。

3.3.2. 眼球運動と眉

眉は表情を表現するために重要であることはいまでもないが、ちょっとした眼球の変化にも眉の運動は起こる[9]。目を上方に向けた際には、両眉の中ほどが大きく引き上げられ、逆に下方を向いた際には、両眉全体が引き下げられる。また、右上方を向いたときは、右眉の右端の方が上方に引き上げられ、右下方を向いたときは、右眉の右端の方が引き下げられる。左も同様である。これらは自発的に起こる現象であり、人間は普段からこのような変化を見ているため、この連動した動作があるときとないときでは印象に大きな変化があるといつてよい。よって本稿では、より人間的なアニメーション生成のために、眼球と眉の連動動作を利用することとする。

また、この眼球運動と眉の協調動作と、前節の眼球とまぶたの協調動作は、同時に生成される。図 4 にこれらの協調動作を適用しない、眼球とまぶたの協調のみ適用、眼球と眉の協調のみ適用、二つの協調動作を適用した場合のそれぞれの例を示す。図 4 より、協調動作を適用したほうが、表情アニメーションがよりリアルになることがわかる。

4. 動的的心理変化表現

人間は会話において、衝撃的なことを言われた場合に動揺したり、落ち着きがなくなったり、また、その会話に興味湧いたりすることはよくあることである。このようなときに、無意識的にその心理状況にあった動作を表出することが知られている。例えば、頭や視線の動きの少なさは表現力の乏しさ、瞬目の多さは落ち着きのなさを感じさせ[11]、不安な状態におそわれたり、緊張したりする場合に瞬目率が高くなる[12]。ほかには、面接官が面接を受けている人にまったく視線を向けず、あいづちやうなずきもしないといった好意的でない態度の場合、面接を受けている人は不快に感じ瞬目が増加する[13]。また、興味の程度と瞬目率との間には負の相関がある[14]といったことである。このような影響が現れることが知られているものに、まばたき、視線移動、頭部動作がある。

そこで本稿では上記の知見に基づき、CG キャラクターの動的な心理状況の変化を、瞬目率 B 、凝視量 R 、凝視持続時間 L 、あいづち頻度 P 、のそれぞれを変更することで表現する。例えば、凝視量と凝視持続時間を減少させることで、視線を一箇所にとどめずに周囲を見渡す「落ち着きの無い」状態を表現することが出来る。また、凝視量、凝視

	高興味状態	緊張状態	不快状態	落ち着きのない状態
瞬目率	減少	増加	増加	
凝視量	増加	増加	減少	減少
凝視持続時間	増加	減少		減少
あいづち頻度	増加	増加	減少	

瞬目率：一分間当たりの瞬き回数
凝視量：相手を見る割合
凝視持続時間：視線をとどめておく平均時間

表 1 動的的心理変化表現

持続時間、あいづち頻度を増加させ、瞬目率を減少することで、相手に「強い興味」を示すことができる。これらをまとめたものを表 1 に示す。このような動的な心理変化を表現することで、より表現力の高い表情表現が可能となる。

5. 評価実験

本稿の提案した手法の有効性を検証するために、本表現手法を利用した簡単なアニメーションを生成し、適用していないアニメーションと比較し評価実験をおこなった。被験者 5 名に対して、図 5 のような協調動作モデルを適用しない例と、協調動作モデルを適用した例を提示し評価してもらった。

その結果、被験者 5 名が、本表現手法を利用した映像のほうが、発話内容に適した自然なアニメーションであり、CG キャラクタの微妙な感情を表現しうると評価した。

6. まとめ

本稿では CG キャラクタのための表情表現手法として、頭部動作、眼球運動、表情表出動作間の相互連動性を利用した協調動作モデルを作成し、各動作間の相互協調動作を考慮することで CG キャラクタの心的状況を反映した微妙な表情が表現可能な表情表現手法を提案した。また、これらの手法を利用したアニメーションにおいて、会話に適した心的状況を表現しうる、表情表現が可能であることを確認した。

今後の課題としては、本表現手法を用いた会話アニメーションの生成のため、会話文とキャラクタの感情、その感情を表出する際に適切である表現の選択手法等について検討していくこととする。また、より細かな感情を表現するために身体動作との相互連動性についても考慮することが考えられる。

参考文献

- [1] Laster, J., Barlow, S., Converse, S., Stone, B., Kahler, S. and Bhogal, R.: The Persona Effect: Affective Impact of Animated Pedagogical Agents, CHI-97, pp.359-366(1997).
- [2] Isbister, K. and Hayes-Roth, B.: Social Implications of Using Synthetic Characters, Workshop on Animated Interface Agents in IJCAI-97, pp.19-20(1997).

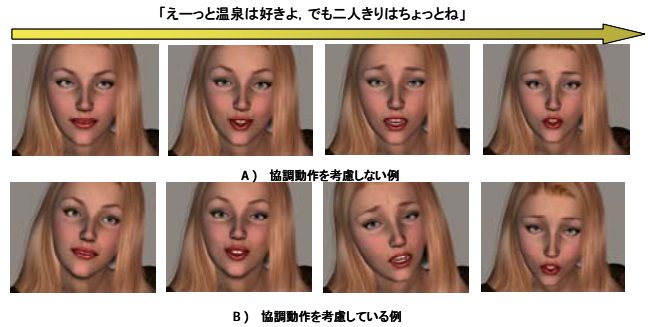


図 5 生成映像

- [3] Cassell, J., Vickmore, T., Billinghurst, M., Campbell, L., Chang, K., Vilhjalmsson, H. and Yan, H.: Embodiment in Conversational Interfaces: Rea, CHI-99, pp.520-527(1999).
- [4] Cassell, J., Pelachaud, C., Badler, N., Steedman, M., Achorn, B., Becket, T., Douville, B., Prevost, S., Stone, M. (1994) "Animated Conversation: Rule-Based Generation of Facial Expression, Gesture and Spoken Intonation for Multiple Conversational Agents." Proceedings of SIGGRAPH '94, pp. 413-420. (ACM Special Interest Group on Graphics).
- [5] Cassell J, Vilhjalmsson H, Bickmore T. BEAT: the behavioral expression animation toolkit. In SIGGRAPH, 2001; pp 477-486.
- [6] Doug DeCarlo, Matthew Stone, Corey Revilla, and Jennifer Venditti. "Specifying and Animating Facial Signals for Discourse in Embodied Conversational Agents" To appear in JVCA, 2003
- [7] 益子宗, 星野准一:"仮想俳優のための頭部・眼球動作の生成",信学論, Vol.J88-D-II, No.3,pp.-,Mar. 2005.
- [8] Leigh, R., and Zee, D. 1991. The Neurology of Eye Movements, 2 ed. FA Davis.
- [9] 飯島貴志 著, "CG デザイナーのための「人体のしくみ」" ワークスコーポレーション,2003
- [10] Watanabe, Y., Fujita, T. & Gyoba, J. "Investigation of the blinking contingent upon saccadic eye movement." Tohoku Psychological Folia, 39, 121-129, 1980
- [11] Patterson, M. L. et al., "Verval and nonverbal modality effects on impressions of political candidates" Communication Monographs, 59, 231-242, 1992
- [12] 山田富美雄, 宮田洋, "自発性瞬目と瞬目群発に及ぼす性格特性の効果：神経症傾向と不安特性" 日本心理学会第 50 回大会発表論文集, 61, 1986
- [13] 大森慈子 まばたきのコミュニケーション あたらしい眼科 1996
- [14] Tada, H. "Eyeblink rates as a function of the interest value of video stimuli" Tohoku Psychological Folia, 45, 107-113, 198