

CG キャラクタのための感情と時系列性を考慮した 眼球運動の分析と合成

岩尾知頼^{†1} 久保尋之^{†1} 前島謙宣^{†1} 森島繁生^{†2}

ゲームや映画のシーンにおいて、CG キャラクタのリアルな眼球運動を再現することは重要である。特に、感情によって変化する眼球運動を写實的に表現する需要は多い。そこで我々は本稿において、マルコフモデルを用いて感情を含んだ実際の眼球運動を分析し、その結果をキャラクタに適用することによりリアルな眼球運動を表現する手法を提案する。我々の手法により、感情と時系列性を考慮した眼球運動の自動生成が可能となる。

Analysis and Synthesis of Eye Movement for CG Character by Considering Emotion and Temporal Coherency

Tomoyori Iwao^{†1} Hiroyuki Kubo^{†1}
Akinobu Maejima^{†1} Shigeo Morishima^{†2}

The reality of CG characters' eye movements has great influence to the quality of movies and games. Expressing complicate eye movements for emotions is demanded by many CG applications. In this paper, we therefore propose a novel method to analyze actual emotional eye movements by using Markov Process and synthesize eye movements based on analysis results. Our method can automatically generate realistic emotional eye movements considering temporal coherency.



図1 提案手法を用いて生成した悲しみの様子を表す眼球運動の3フレーム

1. あらまし

近年のコンピュータグラフィックス(CG)技術の発展により、ゲームや映画の製作において高品質なシーンを提供することが可能となってきた。高品質なシーンを再現するために必要な要素は多々あるが、ゲームや映画中では登場キャラクタを中心として話が展開するため、キャラクタをよりリアルに再現することが重要であるといえる。そして現在までに、キャラクタを写實的に表現するための様々な要素について、研究が行われてきた。

キャラクタを写實的に再現するために、リアルな動作や顔表情を合成する研究が現在までに数多く行われてきた

[1,2,3,4]. 彼らの研究成果により、キャラクタの写實性は向上し、またそれに伴って CG シーン全体のクオリティも大きく増すこととなった。

しかしながら、キャラクタの眼球運動をリアルに合成することは、現在でも大きな課題となっている。現在までに眼球運動に関する研究自体は多く行われているが、眼球運動は非常に複雑な性質を持つため、それを合成する汎用的な手法は未だに確立されていない。

そのため、製作現場においては、現在でも眼球運動の再現には技術力のあるアニメーターの手作業に頼らざるをえない現状がある。アニメーターの手作業による製作物は非常にクオリティが高い反面、製作に多くの時間と労力がかかるという点が問題である。

また、眼球運動の再現手法として実際の俳優や女優の視線の移動を測定し、その結果をそのままキャラクタにリターゲットする手法も存在する。しかし、視線測定を行うこ

^{†1} 早稲田大学

Waseda University

^{†2} 早稲田大学理工学術院理工学総合研究所

Waseda Research Institute for Science and Engineering

とにより、測定対象となる人物に大きな負担がかかるため、実際の製作現場ではあまり広く用いられていない現状がある。

これらの問題を解決するために、近年のCG分野における眼球運動の研究として、身体の動きと眼球運動の関連性を詳細に分析し、それらをキャラクタに合成する研究が幅広く行われている[5,6,7,8].

彼らは生理学的な知見や人間の動きの実測結果に基づいて、眼球運動のシミュレーションを行っている。彼らの手法を用いれば、具体的にキャラクタの一部のパーツに動きを与えた際の眼球運動を上手く再現することが可能である。

例えば、従来研究が示すようにある一点に人間が頭部と目を向けていると仮定した際に、その一点から他の特定の一点に頭部が移動する際の目の動きを再現することは可能である[9,10]. しかし、頭部の動きを全く指定しない際の頭部と目の動きの関係を表現することは難しい。すなわち上記の手法では、具体的な体の動作といった外部刺激を与えられない際の、眼球運動の表現に関してはあまり考慮されていないといえる。

外部刺激がない場合の眼球運動については、これまでに広くは研究されていない[11,12,13]. また、その研究が行われている場合でも、眼球運動の分析方法は不十分であるという現状がある。外部刺激がない場合の眼球運動を上手く表現し、外部刺激がある場合の表現手法と組み合わせることでキャラクタの眼球運動のクオリティを向上させることが可能である。

また、眼球運動と感情の関係に関して、生理学、心理学、人間工学等の分野において幅広く研究されている[14,15,16,17,18]. これらの研究では、感情と眼球運動の間の相関関係を指摘しているが、それはあくまで定性的なものであり、感情表出時における眼球運動の定量的な分析は行われていない。具体的には、感情が変化した場合、例えば通常のニュートラルな状態から悲しみの状態に変化した場合に、下を俯く割合が数値的にどの程度増え、どのように眼球運動が変化するかということについてはほとんど言及されていない。感情を含んだ眼球運動を定量的に分析することは、先に述べた分野やCG製作現場において非常に有益であると考えられる。

眼球運動はその場の状況や環境、そして人間の個性に応じて複雑に変化するため、本来ならばターゲットとなるキャラクタ毎に視線測定を行う必要がある。しかしながら、実際に必要とされる労力や費用などのコストを考えると、そのような作業は不可能である。したがって、眼球運動を詳細に分析し、汎用的な眼球運動モデルを構築することは非常に重要であるといえる。

そこで我々は、外部刺激を与えられていない場合の感情を含んだ眼球運動を、マルコフモデルを用いて分析し、学習済みのマルコフモデルを用いてリアルな眼球運動を自動

生成する手法を提案する。

我々の手法により、まず時系列を考慮した眼球運動の分析が可能となる。本稿で述べられている眼球運動の時系列性とは、現在の眼球運動の状態が以前の状態に依存するという性質である。具体的に、実際の対話時の眼球運動を観察した結果、注視点が対話相手から移動した後に相手を注視をした場合、再度注視点が移動する際、その移動方向は以前の眼球運動の方向と同一である確率が高いことが分かった。

さらに、感情と眼球運動の関係も明らかになるため、クリエイタの制作支援にも役に立つ。具体的には悲しみの感情の際、注視点が下方向に移動する確率が高いことなどが計測から分かったため、その知見をもとにクリエイタが手作業で眼球運動を生成することが可能である。また、我々の手法で生成した眼球運動に対し、クリエイタが細かい手作業を加えることで、より品質の高いCGアニメーションを生成することも可能である。

最後に、我々の研究成果はCGの分野だけではなく、心理学や生理学の分野の知見として有用な可能性も示唆される。眼球運動が人間の心理と関係していることは広く知られているため、マルコフモデルを用いて感情と眼球運動の関係性を考察することは、上記のような分野で興味深い話題であると考えられる。

本論文の研究内容を要約すると以下の通りとなる。

1. 眼球運動が感情を伝達することを示した

感情を含んだ眼球運動を実測し、測定動画を用いて主観評価実験を実施することにより、人間が実際の眼球運動から感情を判断できることを示した

2. 感情を含んだ眼球運動の生成を可能とした

実際の人間の感情を含んだ眼球運動を分析し、分析結果をCG合成に利用することにより、従来再現の難しかった眼球運動による感情表現を可能とした

3. 時系列を考慮した眼球運動の自動生成を可能とした

実測した眼球運動を、マルコフモデルを用いて分析し、学習済みのマルコフモデルをキャラクタに適用することにより、時系列性を考慮した眼球運動の自動生成を可能とした

2. 関連研究

CGキャラクタの眼球運動を分析し、合成する手法は、これまでに数多く提案されている。本章では我々の手法と関連する研究の具体例を述べる。

身体の動作と視線の動きの関連性を考慮した研究:

Masukoらは、生理学的な知見から視線と頭部及び身体の

動きを関連付けて、会話時のキャラクタの眼球と身体の動きのシミュレーションを行った[10]。しかし、そのモデルで使用されているパラメータは実際の測定結果に基づいていないため、モデルの妥当性を客観的に判断することは難しい。

Yeoらは、ボールがキャラクタに向かって進行する際の、キャラクタの視線と頭部及び身体の動きのシミュレーションを行った[5]。彼らは、実際の人間の動きの測定結果に基づき、ボールを捕る際のキャラクタの動きをモデル化し、非常にリアルなアニメーション生成を可能とした。しかしながらこの手法は、キャラクタに対して物体がある規則を持って進行してくるといった限定的な状況にのみ適用可能であるため、あらゆる場面に応用可能な汎用的なモデルではないといえる。

提案手法は、実際の視線測定に基づいたモデル構築である。また、外部刺激がない場合の視線推移の測定と分析を行っているため、我々の手法と他の手法を用いることで、様々な状況の眼球運動の表現が可能である。

外部刺激がない場合の視線移動の研究:

Leeらは対話時の人間の眼球運動を視線追跡装置を用いて実測し、確率分布関数を用いてモデル化することで、眼球運動を自動生成する手法を提案した[11]。彼らの手法は、確率モデルを用いており、低コストに眼球運動を生成できるため、クリエイタの労力削減に成功していた。しかしながら、彼らは実際の対話中に起きる眼球運動である跳躍運動と固視微動を区別せずに分析していたため、分析結果が不十分なものであった。具体的には、跳躍運動時の眼球の変位の大きさが実際よりも小さかったり、跳躍運動が発生する時間間隔が実際よりも長すぎたりするといった問題点があった。

著者らはLeeらの手法の問題を解決するために、跳躍運動と固視微動を眼球運動の変位の大きさによって類別し、それぞれ確率分布関数を用いてモデル化する手法を提案している[13]。この手法は跳躍運動と固視微動という全く異なる性質を持つ眼球運動の詳細な分析を可能とし、Leeらの手法と比較して、自然な眼球運動の生成を可能にした。しかしながら、眼球運動を確率モデルで表す際、眼球運動の時系列性を全く考慮していなかったため、眼球運動が持つ性質を正しく再現できていたとは言い難い。具体的には、眼球が二回続けて跳躍運動する際は、本来ほぼ同じような方向に変位することが多いが、著者らが以前構築した確率モデルでは、出力以前の状態を全く考慮していなかったため、先に述べたような眼球運動の性質を再現することはできなかった。

そこで、本稿では時系列性を考慮した眼球運動を再現するために、マルコフモデルを用いて実測結果を分析する。また、学習したマルコフモデルをキャラクタアニメーション

ンに適用することにより、時系列性を考慮した合成を可能にする。

眼球運動と感情の関係を考察した研究:

眼球運動と感情との関係は広く研究されてきた。しかしながら、それらの研究では眼球運動が感情を表現することについては言及されているが、感情を眼球運動で再現する際の具体的な手法については述べられていない。

例として、深山ら[18]は眼球の注視時間や注視場所といったパラメータの値を具体的に変更して、被験者にキャラクタの感情を評価させることにより、眼球運動と感情に関連性があることを示した。しかし、ある感情を表現するときどの程度のパラメータ値を使うことが妥当であるかについての言及は行われていなかった。

そこで本稿では、実際の人間の感情を含んだ眼球運動を測定し、その結果をマルコフモデルを用いて分析し、学習したモデルをキャラクタに適用する手法を提案する。我々の提案する手法により、時系列性を考慮した感情を含んだ眼球運動をリアルに表現することが可能となる。

3. 本研究の流れ

本研究では、感情を含んだ眼球運動を実測し、マルコフモデルを用いて分析する。そして、学習済みのマルコフモデルをキャラクタに適用することにより、時系列性を考慮した眼球運動の再現が可能となる。以下に本手法の流れを具体的に示す。

まず、楽、怒、悲の3感情を表出するように演じている被験者の会話時の眼球運動を、視線追跡装置を用いて測定する。人間の感情を分類する基本の尺度として、Ekmanら[19]が提案した基本6感情が挙げられるが、本研究では感情の表出の様子が分かりやすかった楽、怒、悲の時の眼球運動に測定を行う。また測定の際、被験者は二者間の対面会話をを行い、本研究ではその際の話し手と聞き手のうち、話し手の眼球運動のみの測定を行う。

次に、人間の眼球付近の映像のみから、その人間の感情を正しく推定できるかどうかを主観評価実験により調査する。具体的には、一被験者が楽、怒、悲の3感情を伴って話している際の眼球付近の動画を評価実験実施者に提示して、感情を推定できるかを調査する。

評価実験の結果から、人間は眼球付近の映像から感情を判断できることが分かったため、次にそれぞれの感情表出時の眼球運動についてマルコフモデルを用いて分析する。分析の際には、会話時に発生する眼球運動である跳躍運動、固視微動、瞬きの3状態について着目する。またこの時、跳躍運動については変位の大きさ、変位の方向、持続時間という3つの要素に分け、固視微動については変位の大きさと持続時間という2つの要素に分けて分析を行う。瞬き

については瞬きの一回当たりの時間と、時間間隔の2つの要素として分析を行う。

最後に学習済みのマルコフモデルをキャラクタに適用することによりそれぞれの状態の時系列を考慮した眼球運動の自動生成が可能となる。

4. 眼球運動の測定

本研究では、被験者 21 名分の感情を含んだ対話時の話し手の眼球運動を測定する。測定の際、被験者は二者間の対面会話を行うものとする。また本稿において、話し手とは相手に対して一方的に話している被験者のことを、聞き手とは相手の話を一方的に聞いている被験者のことを指す。

Argyle らによると、対話時の眼球運動において、話し手と聞き手の眼球運動は異なるため、話し手と聞き手の眼球運動は別々に分析する必要がある[20]。実測した動画から、聞き手よりも話し手の方が感情をよく表出できていることが観察できたため、本稿では話し手の眼球運動のみの分析を行う。

測定機器には NAC 社の視線測定装置である EMR-9 を用いる。EMR-9 は、60Hz で正確な視線追跡することができ、同時に 60fps で眼球付近の動画を取得することが可能である。また、EMR-9 は眼球を映すカメラと目から見えている風景を映すカメラの二つが備えている。測定原理の概要は以下の通りである。

まず、カメラキャリブレーションを行うことにより、眼球の半径を測定する。眼球運動測定時の精度向上のため、カメラキャリブレーションは測定距離と同一の距離で行う。ここで測定距離とは話し手と聞き手の距離であり、本研究では人間同士の自然な対話が可能であるとされる 1.5m とする[23]。

次に、眼球を映すカメラから取得した動画に対して二値化やハフ変換等の画像処理を加えることにより、黒目の中心を検出する[21,22]。

最後に、眼球の角膜反射の座標と黒目の中心座標の関係を考慮することで、眼球が風景のどこを見ているかを求めることが可能である。黒目の中心検出から視線方向の推定までは、本研究で用いた EMR-9 のソフトウェアが用いられている。

本研究で測定する感情は、基本 6 感情の中で感情表出の分かりやすかった楽、悲、怒の 3 感情とし、楽の測定では日常会話、悲、怒の測定では実際にその感情を体験した会話シーンを被験者に演じてもらい、その様子を測定する。具体的に、悲の測定では試験の得点が悪かった際の友達との会話の様子を、怒の測定では友人が待ち合わせに遅刻して怒っている際の様子などを測定した。

また日常会話中を楽の感情と定義するのは、日常会話を行っている際は、被験者は中立的な感情を持っているわけではなく、楽しみながら会話を行う場合が大半であるとい

うことが、観察されたからである。

正確な眼球運動を測定するために、測定の際には被験者に対して、頭部を極力動かさないように要請した。さらに視界に入る物体による視線誘導を避けるために、話し手の視界には顕著な物体が入らないような実験環境を構築した。

5. 測定動画に対する感情評価実験

実際の人間の眼球付近の様子を見て、その人間の感情を正しく推定できるかどうかを主観評価実験により調査する。具体的には、一被験者が楽、怒、悲の 3 感情を伴って話している際の眼球付近の動画の一部を評価実験実施者に提示して、感情を推定できるかを調査する。提示したサンプルは 8 名分であり、評価実験実施者については 17 名であった。ここでサンプルが 8 名分である理由は、測定した 21 名のうち、感情を上手く表現できている被験者が 8 名であったためである。CG 合成においては感情をよく表出した結果を再現することが必要となるため、本稿では分析において 8 名分のみの結果を用いることとする。

実際に提示した動画の 1 フレームを図 2 に示す。また、本研究で行った感情評価実験の結果を図 3 に示す。本評価実験の結果より、全ての感情推定の正当率は 75%以上であったため、人間は眼球付近の動画から正しくその感情を判断可能であると判断することができるといえる。



図 2 評価実験で用いた動画の 1 フレーム

	楽	怒	悲
正答率[%]	94	83	79

図 3 評価実験の結果

6. 眼球運動の類別

対話時の眼球運動には比較的変位の大きな跳躍運動と、跳躍運動に比べて変位の小さい固視微動が存在する。これら二つの眼球運動は全く異なる性質を持つため、別々に解析するのが妥当である。ここで跳躍運動とは対話相手から目をそらすような時に発生する運動であり、固視微動とは

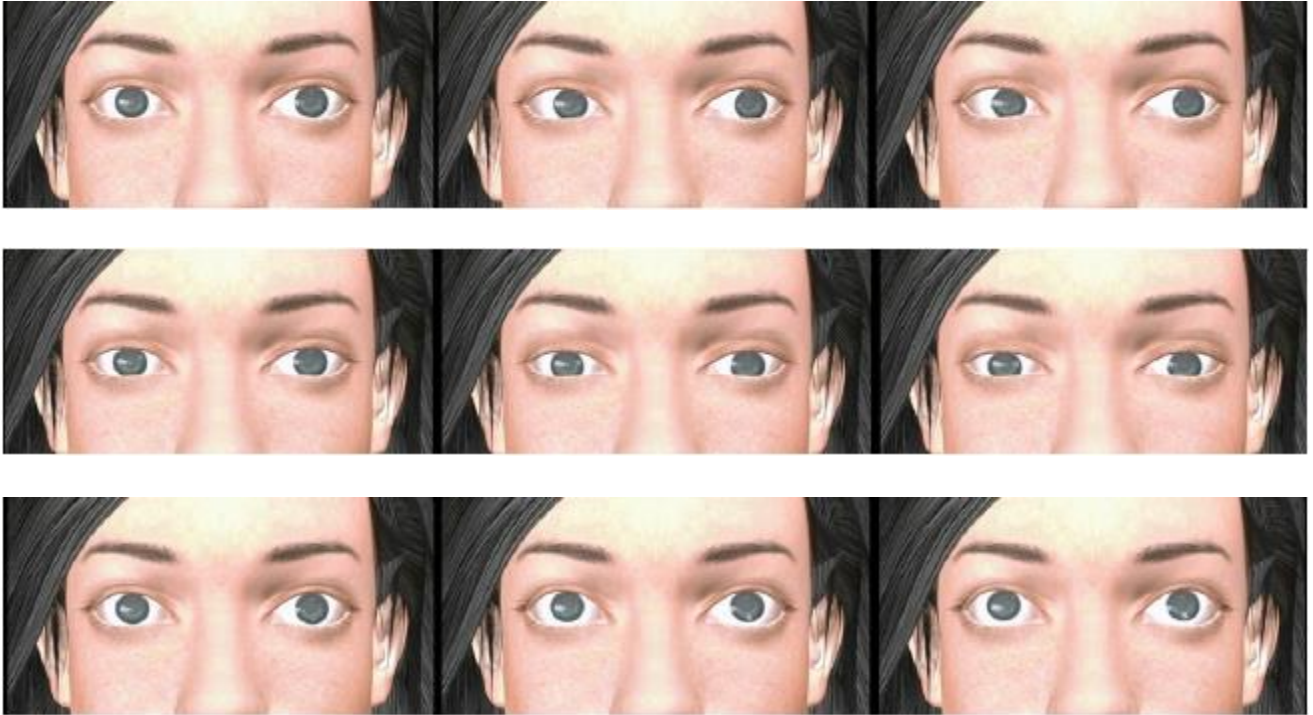


図4 本手法を用いて生成した眼球運動（上から，楽しみ，悲しみ，怒り）

物体を注視している際に意思に関係なく発生する微小な振動運動のことである。

著者らは以前，眼球運動の変位の大きさを用いて，跳躍運動と固視微動を類別する手法を提案した[10]．眼球運動の変位の大きさは眼球中心の座標を \mathbf{E} とした際に，初期注視ベクトル \mathbf{P}_0 と注視点が移動した後の注視ベクトル \mathbf{P}_1 とがなす角 θ で表される(式(1))．関連研究に従い，この変位の大きさ θ が 2deg 以上の動きを跳躍運動，2deg 未満の動きを固視微動と類別した．

$$\theta = \arccos \left(\frac{(\mathbf{P}_0 - \mathbf{E}) \cdot (\mathbf{P}_1 - \mathbf{E})}{\|\mathbf{P}_0 - \mathbf{E}\| \cdot \|\mathbf{P}_1 - \mathbf{E}\|} \right) \quad (1)$$

7. 眼球運動の分析

主観評価実験の後に，実測したそれぞれの感情の眼球運動を一階のマルコフモデルを用いて分析する．本手法におけるマルコフモデル中の状態 A から B への遷移確率は，ベイズの定理における条件付き確率，式(2)に従うものとする．

$$P(B | A) = \frac{P(A | B)P(B)}{P(A)} \quad (2)$$

本研究において，眼球運動については 60Hz で取得することができているが，取得したデータの一部に大きな誤差が発生している可能性があるため，マルコフモデルの一つ

のノードを 6 フレームと定義して分析することで誤推定を防止する．

マルコフモデルの学習を行うためには，まず眼球運動の初期状態確率の決定する必要がある．具体的には対話時の眼球運動の状態を跳躍運動と固視微動及び瞬きであると定義し，視線ベクトルの移動量を計算して得られる変位の大きさによって状態を決定する．ここでいう視線ベクトルの移動量とは，対話相手の目の位置を被験者の基準注視点とした際の，その後の注視点の変化量である．

マルコフモデルの初期ノードの状態決定の際，跳躍運動と固視微動を分類する際の閾値に関しては，著者らが以前提案した手法に従い 2deg に設定する．すなわち，比較的大きな動きである跳躍運動を 2deg 以上の眼球運動とし，比較的小きな動きである固視微動を 2deg 未満の眼球運動とする．また，瞬きについてはデータ取得の際に視線が測定できず，エラーが発生し，変位の大きさが非常に大きくなるため，他の眼球運動とは簡単に区別可能である．このように変位の大きさに対して閾値を決定することにより各ノードの状態を求めることができる．

次に，同状態が連続しているノードを新たに一つの大きな状態ノード（シーケンス）として定義し直す．これは跳躍運動，固視微動，瞬きのそれぞれが 6 フレーム以上の時間で発生する運動だからである．シーケンスの状態が決定された後には，各シーケンスからの状態遷移確率を求めることが可能である．

その後，それぞれの状態シーケンスの中の要素の大きさ

を求める．具体的に跳躍運動の要素とは，変位の大きさ，変位の方向，持続時間であり，固視微動については変位の大きさと持続時間である．また，瞬きについては，瞬きの時間と発生間隔を要素と定義する．それぞれの要素の大きさを求めた後に，初期要素確率と各要素の遷移確率を求める．各要素の遷移確率のことを本稿では要素遷移確率と呼ぶ．

ここで具体的な遷移確率の求め方を述べる．まずある要素 a に対する状態が j 個存在するとし， t 回目に発生した a の状態を $a_{t1}, a_{t2}, \dots, a_{tj-1}, a_{tj}$ のように定義する．次に t 回目から $t+1$ 回目への状態 a_{t1} から a_{t+1m} の遷移回数を b_{tm} のように定義する．この時，要素遷移確率は以下の式(3)のように表される．

$$c_{lm} = \frac{\sum_{t=1}^h \left(\sum_{j=1}^k b_{tj} \right)}{\sum_{t=1}^h \left\{ \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^k b_{tij} \right) \right\}} \quad (3)$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } (i = 1, j = m) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

8. 眼球運動の合成

本章では，学習したマルコフモデルを用いた眼球運動の合成方法について述べる．

まず，初期状態確率と初期要素確率を用いて眼球運動の初期状態及び初期値を決定する．これにより，跳躍運動，固視微動，瞬きの3状態のうちから，アニメーション開始時の状態が決定され，加えて状態毎のパラメータの大きさも決定される．次に，状態遷移確率と要素遷移確率を用いて，眼球運動の状態と要素の遷移の様子を決定する．これらの手順により，時系列を考慮した眼球運動と瞬きの自動生成が可能である．

我々の手法では，対話時の感情を決定するだけで，初期状態を含めた一連の眼球運動をすべて自動的に生成可能である．また，遷移確率は初期状態に依存しないため，初期状態をアニメータの判断で自由に決定しても，後の眼球運動も初期入力に従って自動的に決定することができる．本手法で生成した結果の4フレームを図4に示す．

9. まとめと今後の課題

本研究ではマルコフモデルを用いて，感情を含んだ対話時の眼球運動の分析と合成を行った．従来研究においては，

感情と眼球運動の関係性については言及されていたが，具体的にどのようなモデルをどのぐらいのパラメータで合成に用いるのが妥当であるか，という定量的な議論はされていなかった．また眼球運動の分析については，時系列性は考慮されていなかった．そこで提案手法では，感情を含んだ実際の眼球運動をマルコフモデルを用いて分析し，学習済みのマルコフモデルをキャラクタアニメーションに用いることにより，感情表現と時系列性を考慮した眼球運動合成が可能となった．

本手法の制限として，まず頭部の移動に対応していないことが挙げられる．実際のゲームシーンでは対面会話をしている中で頭部が大きく移動することがある．

これらのシーンの再現については先に述べたように，頭部が静止している際には我々の提案する手法を適用し，頭部の移動シーンでは頭部と眼球運動の関連性を記述した研究[5,6,7,8,9,10]を用いることにより，写実的なシーンの再現が可能であると考えられる．

次に，今回構築したモデルから出力される眼球運動の感情表現能力が問題となる．今回我々の行った測定は一般の被験者が実体験を基に，演技したものであるため，眼球運動に十分に感情が反映されていない可能性がある．

これらの問題を解決するための一つの方法として，マルコフモデルのパラメータ値を感情毎に比較し，その差分を強調することで，感情の強調表現を行うことが考えられる．具体的には，楽，悲の2感情で悲の方が最初に眼球が下を向く確率が高くなっている場合，その確率をより高くすれば悲しみの表現を上手く再現できる可能性がある．

また，俳優や女優が実際に演技している際の視点測定を行い，その測定結果を分析することにより，眼球運動と感情の関係が明示的なよりよいモデル構築を行えるであろう．

本研究の今後の課題としては，まずマルコフモデルを用いた分析をより詳細に行うことが挙げられる．本稿における提案したマルコフモデルの状態の要素や，要素毎の数値に対する階級幅については，我々が経験的に決定したものである．よりよいモデルを構築するために，要素毎の関連性を表現できるようにノードの状態を設定した後にモデルを構築することや，階級幅を変更した際の合成結果の違いについて主観評価実験などによって考察することが必要である．

また，眼球運動に対する目の周囲の動きを考慮した合成を行うことも非常に重要である．特に上瞼の動きと眼球運動の関連性を考察することは重要であり，現在にもいくつか研究されてきている[24]．今後，実測した結果から視線と上瞼の動きの関係性を分析することや，生理学的な知見を我々の手法と組み合わせることなどにより現在よりも写実性の高い合成結果を出力することができるであろう．

最後に眼球運動の個人性を考慮することも重要な課題である[25]．眼球運動は，変位の大きさや方向などの各要

素について、個人によって異なる特性を持つことも多いため、さらに多人数の測定を行うことにより、現在よりも汎用的なモデルの検討を行うことが必要である。

これらを実践していくことより、現在よりも人間らしい眼球運動を生成することが可能になるであろう。

文 献

- [1] M. Mancini, G. Castellano, and C. Peters, "Evaluating the Communication of Emotion via Expressive Gesture Copying Behaviour in an Embodied Humanoid Agent", *Affective Computing and Intelligent Interaction Lecture Notes in Computer Science* Volume 6974, 2011, pp 215-224
- [2] S. Bernhardt, and P. Robindon, "Detecting affect from non-stylised body motions.", *Affective Computing and Intelligent Interaction, Second International Conference, AC II 2007, Lisbon, Portugal, September 12-14, 2007, Proceedings*, volume 4738 of LNCS, pp 59-70
- [3] Y. Seol, J.P. Lewis, J. Seo, B. Choi, K. Anjyo and J. Noh, "Spacetime expression cloning for blendshapes", *ACM Transactions on Graphics*, vol.31 issue 2, no.14, April 2012
- [4] H. Huang, J. Chai, X. Tong, and H.T. Wu, "Leveraging motion capture and 3D scanning for high-fidelity facial performance acquisition", *ACM Transactions on Graphics*, vol.30 issue 4, no.74, July 2011
- [5] S. H. Yeo, M. Lesmana, D. R. Neog, and D. K. Pai, "Eyecatch: Simulating Visuomotor Coordination for Object Interception", *ACM Transactions on Graphics*, vol.31 issue 4, no.42, July 2012
- [6] L. ITTI, "Realistic Avatar Eye and Head Animation Using a Neurobiological Model of Visual Attention", *Tech.rep., DTI Document*, 2003
- [7] Pelachaud, C., and Bilvi, M., "Modeling Gaze Behavior for Conversational Agents", *Intelligent Virtual Agents*, Springer, pp93-100, 2003
- [8] X. Ma, and Z. Deng, "natural Eye Motion Synthesis by Modeling Gaze-Head Coupling", *VR'09 Proceedings of the 2009 IEEE Virtual Reality Conference*, pp 143-150, 2009
- [9] Gu, E., Lee, S. P., Badler, J. B., and Badler, N. I., " Eye Movements, Saccades, and Multiparty conversations ", *Data-Driven 3D Facial animation*, pp79-97, December 11, 2007
- [10] S. Masuko, and J. Hoshino, "Head-eye animation corresponding to a conversation for CG characters", *Computer Graphics Forum, Journal of the European Association for Computer Graphics*, vol.26, no.3, pp.303-311, 2007.
- [11] S. P. Lee, J. B. Badler, and N. I. Badler, "Eyes Alive", *ACM Transactions on Graphics(TOG)- Proceedings of ACM SIGGRAPH*, Volume 21 Issue 3, pp637-644, July 2002
- [12] Deng, Z., Lewis, J. P., and Neumann, U., " Realistic Eye Motion Synthesis by Texture Synthesis ", *Data-Driven 3D Facial animation*, pp98-112, December 11, 2007
- [13] T. Iwao, D. Mima, H. Kubo, A. Maejima, S. Morishima, " Analysis and Synthesis of Realistic Eye Movement in Face-to-face Communication ", *Siggraph2012*, August,2012
- [14] A. Kendon, "Some functions of gaze direction in social interaction" *Acta Psychologica*,26: pp22-63, 1967
- [15] M. Argyle, and J. Dean, "Eye-Contact, Distance and Affiliation", *Sociometry*, vol 28, pp289-304, 1965
- [16] B. J. Lance and S. C. Marsella, "The Expressive Gaze Model: Using Gaze to Express Emotion", *Computer Graphics and Applications*, IEEE, Volume30 Issue4, pp62-73, 2010
- [17] V. Vinayagamoorthy, M. Gillies, A. Steed, E. Tanguy, X. Pan, C. Loscos, and M. Slater, "Building Expression into Virtual Characters", In *Eurographics Conference State of the Art Report*, 2006
- [18] A. Fukayama, T. Ohho, N. Mukayama, M. Sawaki, and N. Hagita, "Messages Embedded in Gaze of Interface Agents -Impression Management with Agent's Gaze-", *CHI'02 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp41-48, 2002
- [19] Ekman, P., and Friesen, W., "Pictures of Ficaial Affect", *Consulting Psychologist Press*, 1976
- [20] M. Argyle, and M. Cook, "Gaze and Mutual Gaze." *Cambridge University Press*, London, 1976
- [21]N. Nishiyuki, and K. Kurihara,"Research on visual detection algorithm by image processing", *Proceedings of Japanese System Engineering meeting for study in fall*,pp103-104,1988
- [22]J. G. Wang, and E. Sung, "Study on Eye Gaze Estimation", *IEEE Transaction on Systems,Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, Volume 32 Issue 3, pp332-350, 2002.
- [23] K. Ikegami, and Y. Kita, " Interpersonal distance as a function of sex, age, attraction and intimacy" ,*Bulletin of the Faculty of Education, Kanazawa University. Educational science* 56, pp1-12, 2007
- [24] C. Evinger, K. A. Manning, and P. A. Sibony, "Eyelid Movements Mechanisms and Normal Data", *Investigate Ophthalmology and Visual Science*, Vol32, No.2, February 1991
- [25] D. Kurihara, M. Honma, and Y. Osada, "Relation between the range of eye contact and individual characteristics in a face-to-face situation", *Rikkyo University, Psychology* vol54,pp51-58,2012