

平成 14 年度

学士学位論文

3 次元手話表情の合成

Composition of 3-dimensional sign language expression

1030258 鎌倉 崇之

指導教員 岡田 守

2003 年 2 月 12 日

高知工科大学情報システム工学科

要旨

3次元手話表情の合成

聴覚障害者が情報機器から情報を取り入れる方法は「文字」が主である。しかし、この方法は一度に処理出来る情報量が少ない。そのため、もうひとつの情報伝達手段であり、直感的に理解出来る「手話」に注目する。

本研究では、手話アニメーション生成システムの表情生成部分の検討を行い、3次元CGアニメーションで人間の表情を生成することを目的とする。この研究によって、表情の多くを簡単に表現出来るようになり、手話ソフトに組み込むことで、違和感のない手話ソフトのCGが実現可能となるかを検討する。

キーワード 手話、表情、3次元、FACS

Abstract

Composition of 3-dimensional sign language expression

For the way an auditory handicapped person takes in information from information machines and equipment, a "character" is main method. But, because there are a few amounts of information which it can deal with at a time in this method, it pays attention to "the sign language" which is one more information transmission means and which can be understood intuitively.

The part of the expression generation of the sign language animated generation system is investigated, and it aims at forming a human expression with a three-dimensional CG animation by this research. By this research, it learns to express most of the expressions easily, and, by including in sign language software, CG of sign language software without sense of incongruity investigates whether it becomes realizable.

Keywords sign language, expression, three-dimensional, FACS

目次

第1章 背景.....	- 1 -
第2章 研究目的	- 2 -
第3章 研究内容	- 3 -
3.1 顔形状モデル.....	- 3 -
3.2 FACSによる表情記述	- 4 -
3.3 実験方法.....	- 6 -
3.3.1 喜び.....	- 7 -
3.3.2 怒り	- 10 -
第4章 実験結果	- 12 -
4.1 顔表情生成	- 12 -
4.2 顔表情評価	- 15 -
第5章 結論.....	- 21 -
参考文献	- 23 -
付録 A	- 24 -
付録 B	- 25 -

図目次

図 3.1 製作途中作品	· 5 ·
図 3.2 無表情	· 6 ·
図 3.3 喜び	· 8 ·
図 3.4 喜び(下半分)	· 9 ·
図 3.5 喜び(上半分)	· 8 ·
図 3.6 怒り	· 10 ·
図 3.7 怒り(下半分)	· 11 ·
図 3.8 怒り(上半分)	· 11 ·
図 4.1 喜び 表情アニメーション	· 13 ·
図 4.2 喜び(下半分) 表情アニメーション	· 14 ·
図 4.3 喜び(上半分) 表情アニメーション	· 16 ·
図 4.4 怒り 表情アニメーション	· 17 ·
図 4.5 怒り(下半分) 表情アニメーション	· 18 ·
図 4.6 怒り(上半分) 表情アニメーション	· 19 ·
図 4.7 アンケート結果 (喜び)	· 20 ·
図 4.8 アンケート結果 (怒り)	· 20 ·

表目次

表 3.1 表情を持つ顔モデル合成手法の特徴.....	- 4 -
表 3.2 表情と Action Unit (AU)の組み合わせ例.....	- 5 -
表 3.3 AU 対応表.....	- 5 -

第 1 章

背景

聴覚障害者は手話によって、健聴者が言葉を話すのと同じように、多くの情報と感情を効率的に伝えることが出来る。そして手話における感情伝達の役割の多くを担っているのが「顔の表情」である。

携帯電話やパソコンなどにおいて、メール等の文字をコミュニケーションに使う場合にも、顔文字・絵文字等を使用し、感情などの文章からでは読み取りにくい情報をなんとか表現しようとする傾向にある。「表情を伝える」ということで得られる情報が、如何に重要なものであるかということを見ることが出来る。

手話のアニメーションソフトは三次元でアニメーションを表現してあることが多く、それに対応させるために、顔表情も三次元で表現される必要があると考えられる。そして、それらをアニメーションさせることは自然な人の動きを再現するには必要不可欠な要素である。

第 2 章

研究目的

本研究では手話アニメーション生成システムの表情生成部分の検討を行い、3次元CGアニメーションで人間の表情を生成することを目的とする。この研究によって、表情の多くを簡単に表現出来るようになり、手話生成システムに組み込むことで、違和感のない手話アニメーションのCGが実現出来る。また、言葉にあわせて口を動かすことで、3次元CGを利用した読唇術による情報伝達も、現実に近い伝達効率を得ることも可能である。さらに、コンピュータに感情を持たせる研究に活用させることも考えられる。

第3章

研究内容

3.1 顔形状モデル

近年、コミュニケーションメディアへの応用として、顔や表情の研究が情報工学に関わる分野でも研究が盛んに行われている。顔画像の持つ多彩な情報をどのように抽出し、コンピュータに理解させるか、もしくはどのようにリアルな顔画像を合成するかなどが大きな課題として研究されている。^[1]

一般的な顔画像の合成法は、人物の顔の形状に近似した3次元の顔形状モデルを用意し、そのモデルを何らかの方法によって変形した後、テクスチャを貼り付けることで表情を生成するという方法である。顔形状モデルに関しては、擬似的な表情筋を画面上に配置したモデルや、皮膚、筋肉、骨格等の皮下組織の3次元階層構造を考慮したモデルなどがある。

表情生成の手法としては、事前に定義された幾何学的な変形則を用いたものや、皮膚や筋肉をバネとして表現し、物理的なモデリングを行うものなどが代表的である。

物理的なモデリングを行うものは、顔面の筋肉や皮膚を物理的なバネでモデリングし、バネの伸縮によってモデルに表情を持たせる。この手法は、顔面皮膚下に走る筋肉（表情筋）の伸縮によって表情を生成する人間の顔の構造に着目したものである。そのため、表情筋の動きを直接表現することが可能であり、表情を生成する過程を滑らかに表現出来る。実際の表情表出に近いアニメーションを実現し、筋肉の配置を変更することでさまざまな顔の造作に対応することが出来る。その反面、パラメータの調整が微妙かつ困難で、計算量が膨大になってしまう等の問題がある。

また、上記のモデルでは、厳格な骨格形状のモデル化までは行っていないため、解剖学的に見た場合、正確な筋肉の配置は成されていない。そこで、頭部の3次元CTデータを用い、顔表面下の表情筋および骨格の3次元構造を考慮した顔の物理モデルの研究も行われている。

幾何学的な変形則を用いたものは、3次元の顔形状モデルを P. Ekman と W. V. Friesen が表情を読み取るために研究した Facial Action Coding System (FACS) と

いう表情記述法の記述則に従って変形することで表情を生成するものが提案されている。この手法は、意図する表情を表出させるための規則は点の移動によってのみ定義される。よって、比較的少ない計算量で汎用性に富んだ表情を合成出来るため、高速でリアルタイム性が要求されるアプリケーション等での利用が検討されている。しかしこの手法は、顔モデルに個人の持つ顔の特徴を反映させることが難しいという欠点がある。

以上の「表情を生成する顔モデル」の合成手法をまとめると次のようにになる。

- A) 擬似的な表情筋を配置し、表情筋を表すバネの伸縮を用いた表情モデル
- B) 3次元 CT データを用いて、顔表面下の表情筋及び骨格の 3次元構造を考慮した表情モデル
- C) 顔形状を近似し、幾何学的な変形則を用いた表情モデル

それぞれの特徴を表 3.1 に表す。[4]

表 3.1 表情を持つ顔モデル合成手法の特徴

	A	B	C
骨格の有無	無し	有り	無し
特徴	バネの伸縮で表情生成	3次元 CT データ	FACS
長所	表情筋の動きを直接表現可	解剖学的な顔構造 生体に近い表情生成 リアルな表情	少ない計算量 汎用性に富んだ表情
短所	計算量が膨大	計算量が膨大 CT スキャン必須	個々の顔の特徴無し

3.2 FACS による表情記述

今回の研究では FACS に従った表情記述則を利用し、3次元 CG 作成ソフトウェア Shade Personal R4 を使って表情生成を行う。この方法の利点である、処理が高速であることに注目する。また、個人の顔の特徴が出ない点を利用し、万人に表情が認識出来る顔を作成する。そのために FACS に使用される動作単位 (Action Unit, AU) [2] の基本動作 44 種類を用い、Ekman と Friesen の著書 [3] を基に表情を AU の組み合

わせで生成する。

先ず、人の無表情な顔を作成し、次に、AU の組み合わせ例を参考にしながら、「怒り」や「喜び」の感情を持った表情を作る。この2つを作成する表情の例に選んだ理由は、人間の感情の中で対照的で最も理解しやすい表現形態だと考えたからである。

眉と唇の色はテクスチャで作成し、肌の色を調整し、顔画像に貼り付ける。この際、目の周りだけの「上半分」の表情を動かした顔、口の周りだけの「下半分」の表情を動かした顔を同時に作成しておき、AU の組み合わせ例の表情との違いを照らし合わせて評価する。

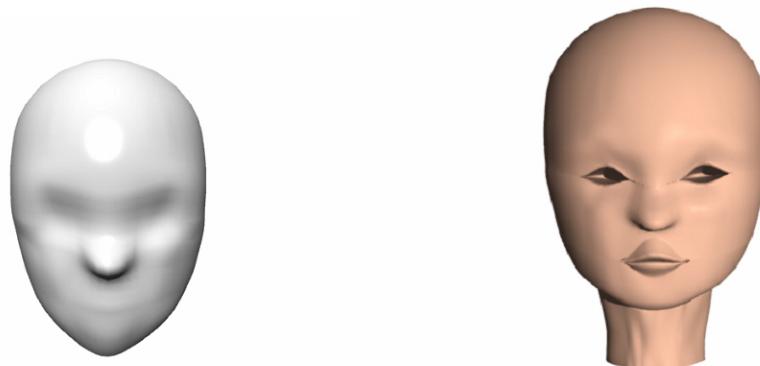


図 3.1 製作途中作品

表 3.2 表情と Action Unit (AU)の組み合わせ例

喜び	AU 1	AU 6	AU 10	AU 12	AU 20
怒り	AU 2	AU 4	AU 7	AU 10	AU 15

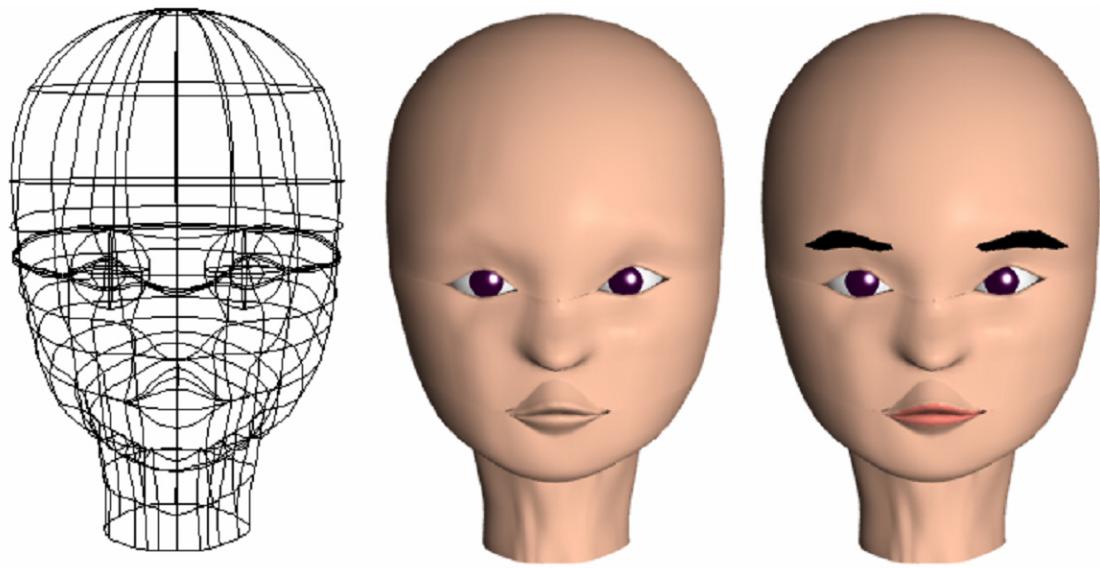
表 3.3 AU 対応表

AU 1	眉の内側を上げる	AU 10	上唇を上げる
AU 2	眉の外側を上げる	AU 12	唇端を引っ張り上げる
AU 4	眉を下げる	AU 15	唇端を下げる
AU 6	頬を持ち上げる	AU 20	唇を横に引っ張る
AU 7	瞼を緊張させる		

3.3 実験方法

今回の実験は、使用する表情を正面から捉えた場合のみを想定したため、頭部全体が動く必要がなかった。そのため、必要最低限な顔パーツを作成したのみであり、表情の生成に与える影響が少ない髪や耳は省略した。鼻も正面からは下が見えないため、同様の理由により穴が開いていない。首も必要がなかったように感じられたが、主観的に違和感が拭えなかつたため追加した。

完成した顔表情アニメーションはほかの人が見て受け入れられるか、部分的な顔表情アニメーションをどう感じるかをアンケートにして集計する。



ワイヤーフレーム

レンダリング

テクスチャ付レンダリング

図 3.2 無表情

3. 3. 1 喜び

喜びの表情とは幸福の感情に含まれる。幸福は人々が最も経験したがっている感情であり、肯定を示す感情である。

幸福は強さにおいても多様で、控えめな喜び、歓喜など、喜びにも様々な種類がある。また、笑いにもいろいろあり、微笑、含み笑い、口を開けた笑い、涙を流すような笑いもある。しかし、笑いがそれだけで幸福の強さを示すわけではない。笑いを伴わない幸福もありうるのである。

沈黙した喜びの表情であっても、ある種の感情が混ざり合っている場合を除けば、認知するのが極めて簡単な表情といえる。

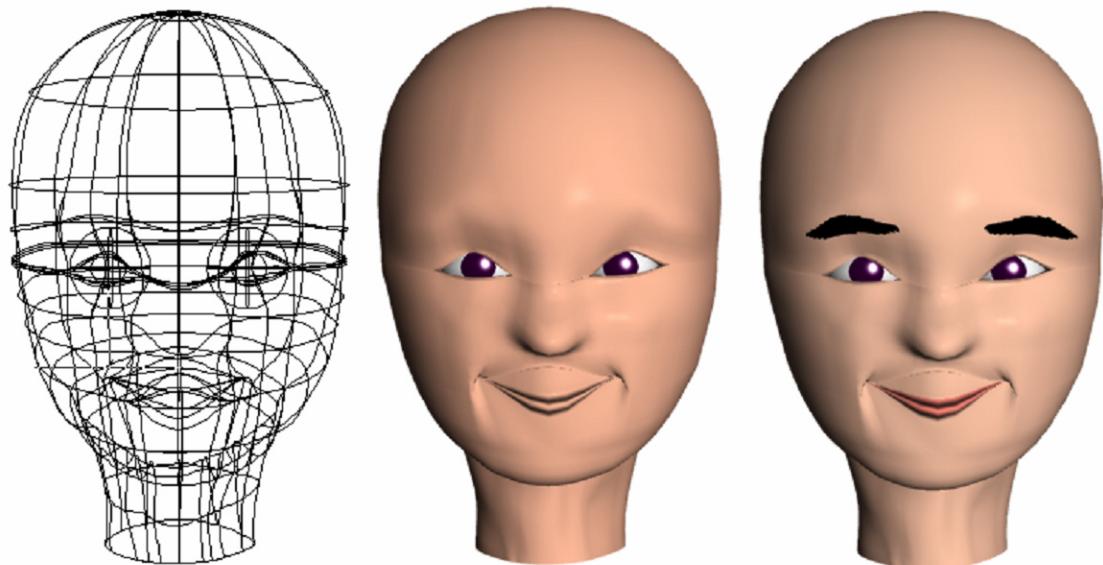
顔の下部に特徴のある表情があらわれる。眉・額は幸福の表情に必ずしも関与しない。幸福の感情が起こったとき、顔には次のような表情が表れることがある。

眉：内側が少し上がる。

眼：頬が押し上げられることにより眼が細くなる。また、眼の下や目尻に皺ができる場合もある。

口：唇の両端が横に広がり持ち上がる。そこから大きく分けて3種類あり、唇を閉じているとき、唇は離れているが歯が閉じているとき、歯が離れて口が大きく開いているときがある。

今回作成した表情は、微笑という表情で言い表されるほうが適当といえる。

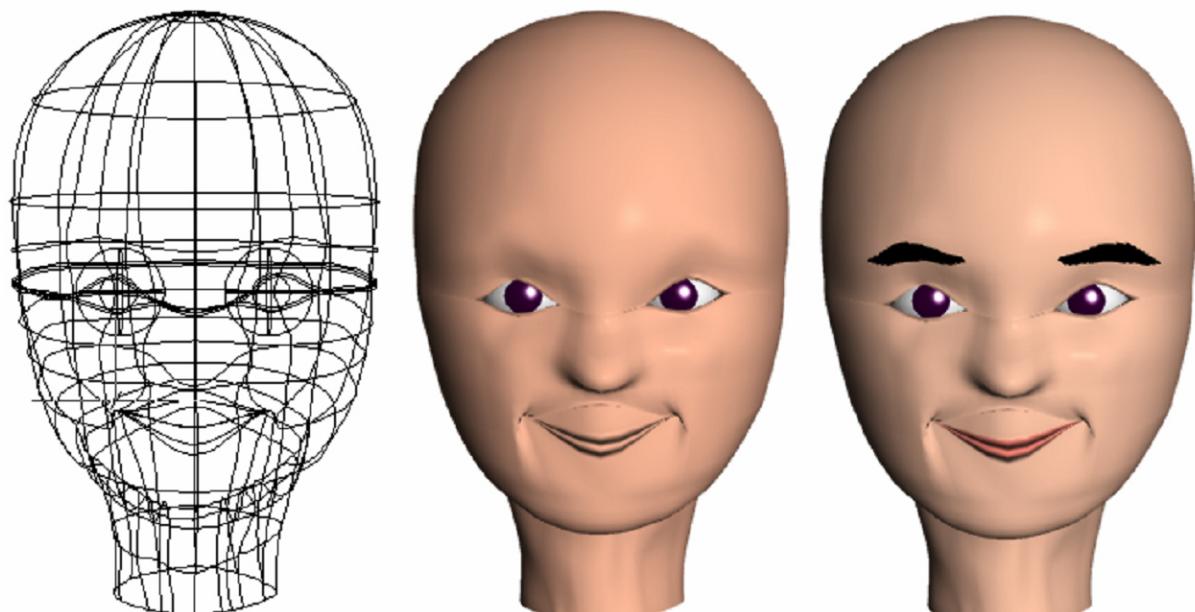


ワイヤーフレーム

レンダリング

テクスチャ付レンダリング

図 3.3 喜び

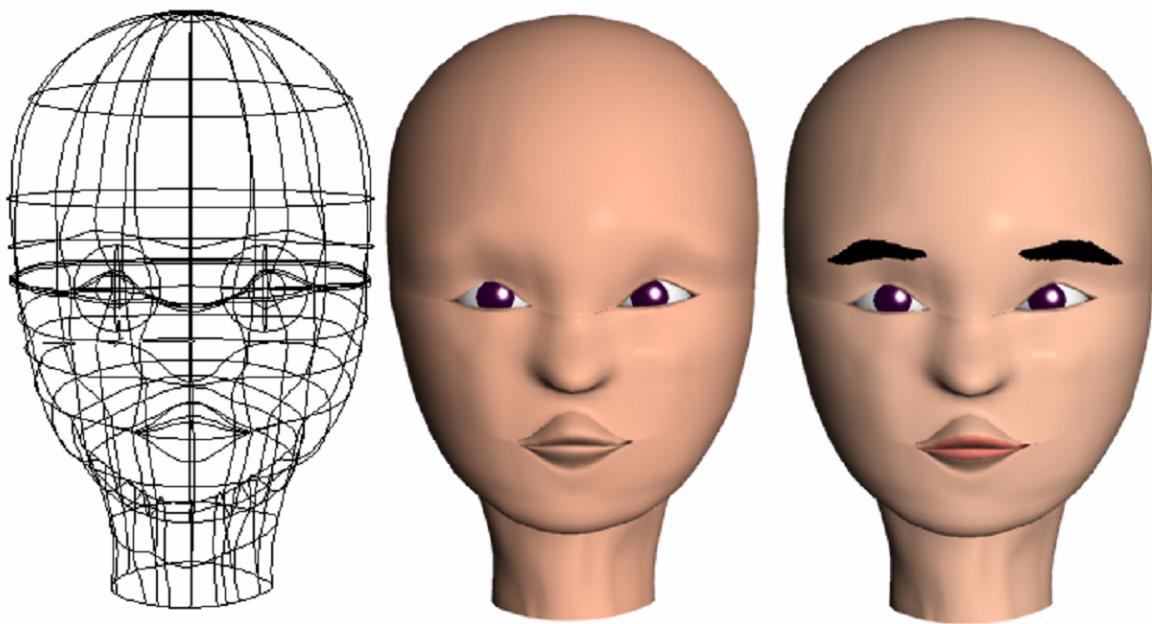


ワイヤーフレーム

レンダリング

テクスチャ付レンダリング

図 3.4 喜び(下半分)



ワイヤーフレーム

レンダリング

テクスチャ付レンダリング

図 3.5 喜び(上半分)

3.3.2 怒り

怒りの原因は、活動への干渉、身体的・精神的な脅威、自分の道徳観に反するものなど様々であるが、その表出は人それぞれである。怒りを如何にコントロール出来るかでその人の人柄がわかる。

怒っているときには、顔のほとんどの領域にそれぞれ明白な変化が現れる。怒りの顔貌には次のような特徴が挙げられる。

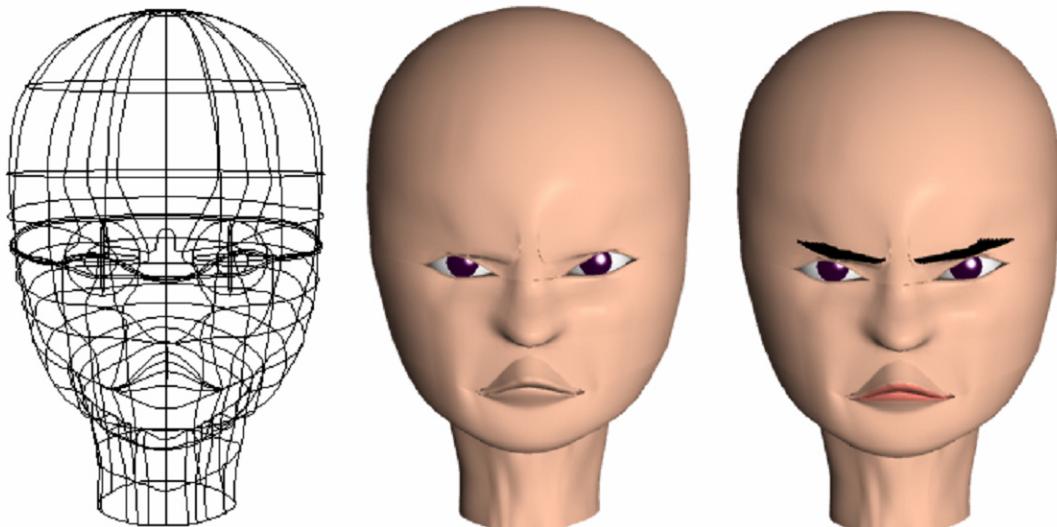
眉：下られ引き寄せられる。それに伴い眉間に皺が現れる。

眼：凝視するように瞼を緊張させている。

下部：口は怒りの状態により 2 つのパターンがある。1 つは怒りの叫びや言葉を抑制するときで、唇を固く閉じる。もう 1 つは怒りの叫びや言葉を伴うときで、開口した四角い口である。

下方に引き寄せられた眉は、怒りを示す目と口を伴う。時には、怒りの眉は顔の他の部分が中立で変化の無いまままで表されることもある。

今回作成した表情は、静かにこみ上げる怒りといった風貌を想像させる。

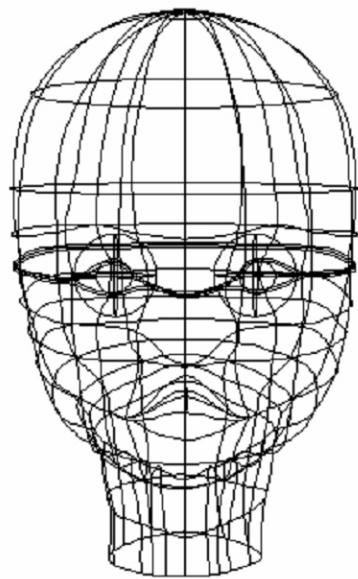


ワイヤーフレーム

レンダリング

テクスチャ付レンダリング

図 3.6 怒り



ワイヤーフレーム

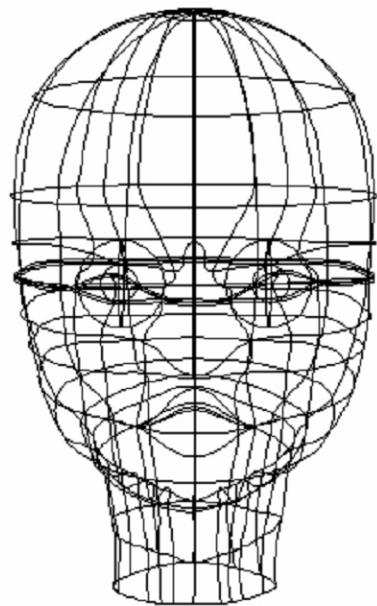


レンダリング

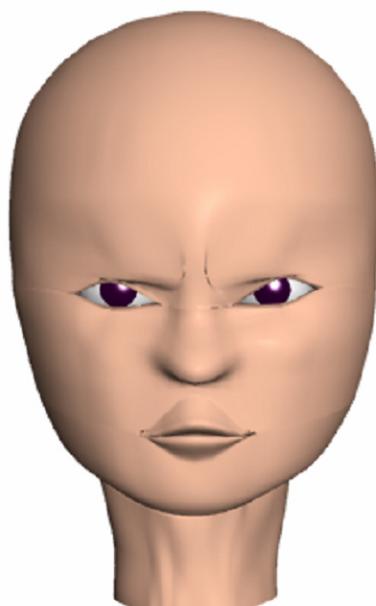


テクスチャ付レンダリング

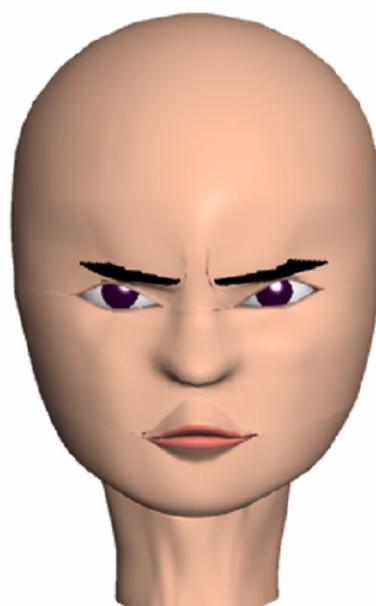
図 3.7 怒り(下半分)



ワイヤーフレーム



レンダリング



テクスチャ付レンダリング

図 3.8 怒り(上半分)

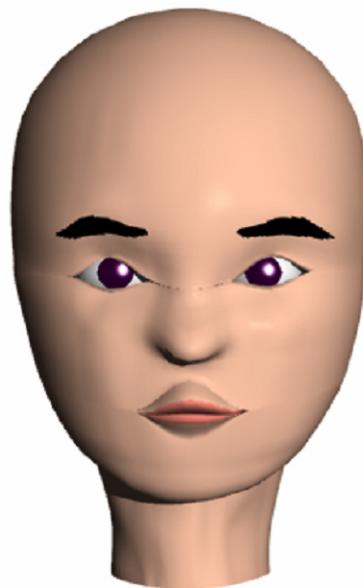
第4章

実験結果

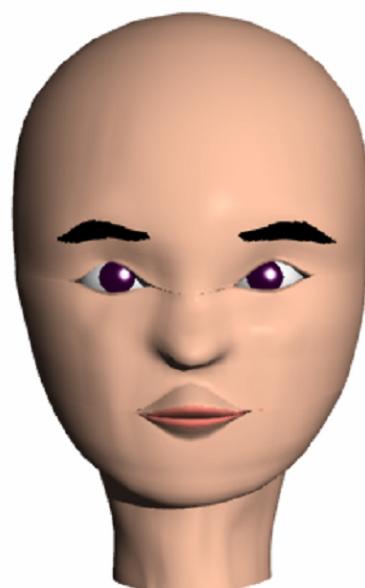
4.1 顔表情生成

今回のCGデータを1.8GHzのプロセッサを持つパソコン上において処理を行った。90フレーム 724×631ピクセルのアニメーションで、avi形式の動画ファイルへのレンダリング処理を行うと、ひとつの表情アニメーションを生成する場合の所要時間はおよそ10分に達した。この結果から、今回的方法では顔モデルのアニメーションの生成に時間がかかりすぎてしまうため、別の方法による表情生成も視野に入れる必要がある。また、想像以上に顔画像生成に労力を費やしたため、顔が完全にパーツをそろえることが出来なかつたことが問題となる。しかし、髪や耳、そして鼻を作らなかつたのは、その処理時間の長さにも理由がある。それらを加えることで確実に今以上の処理時間を必要とする。一枚の絵としてならばそれでもかまわないのだが、ここで必要となるのはアニメーションする顔表情である。とても実用にいたるものではないということが想像出来る。ただし、表情生成の際の、移動量の計算量は確実に少なかつたことを記しておく。

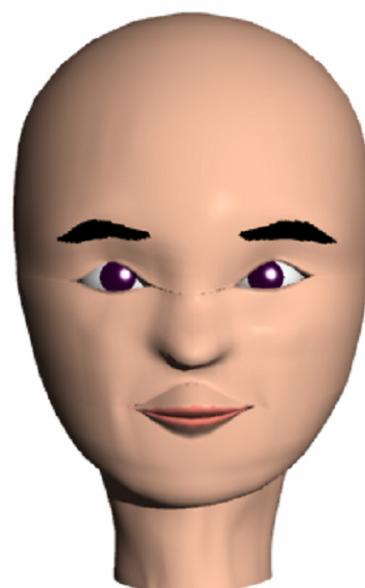
今回の実験において、髪や耳は必要性が小さいと感じたため省略したが、アニメーションの評価を行った際、「表情がどう動いても人間らしく見えなくて怖い」という反応が見られた。



0 フレーム目



17 フレーム目



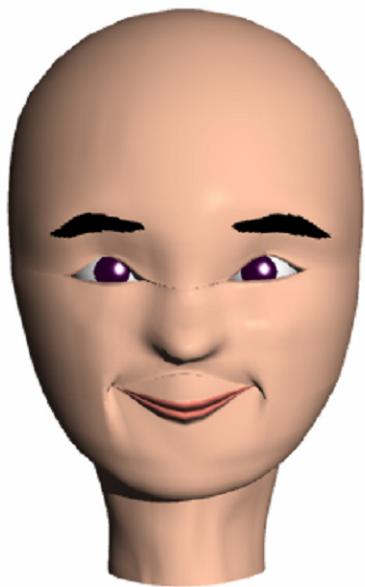
35 フレーム目



53 フレーム目

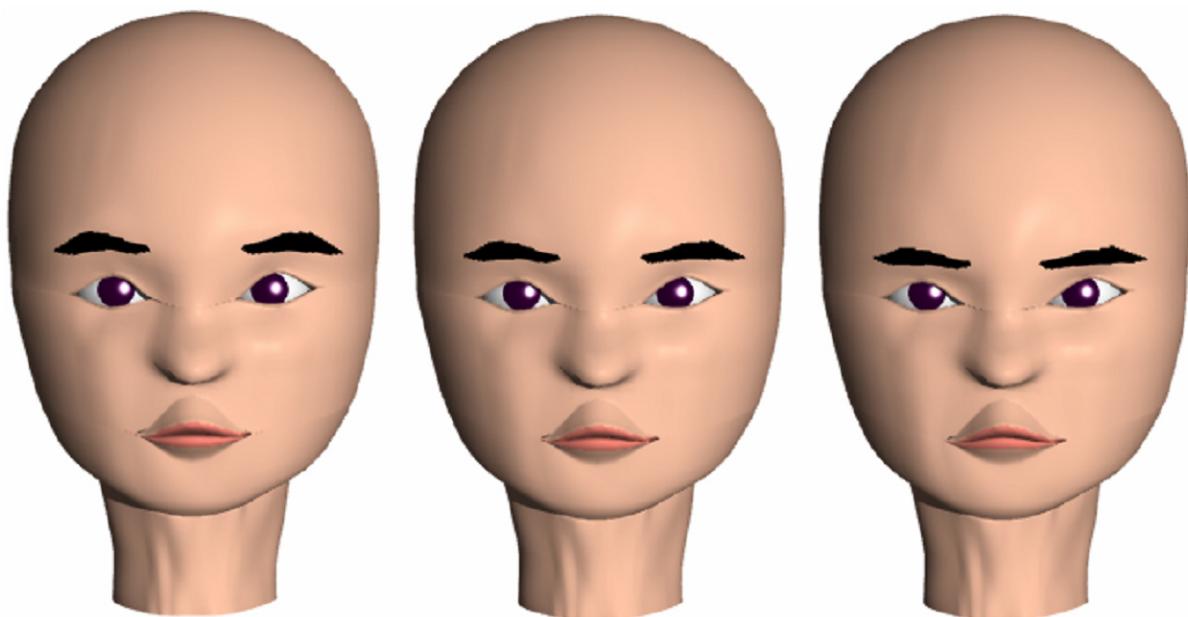


71 フレーム目



89 フレーム目

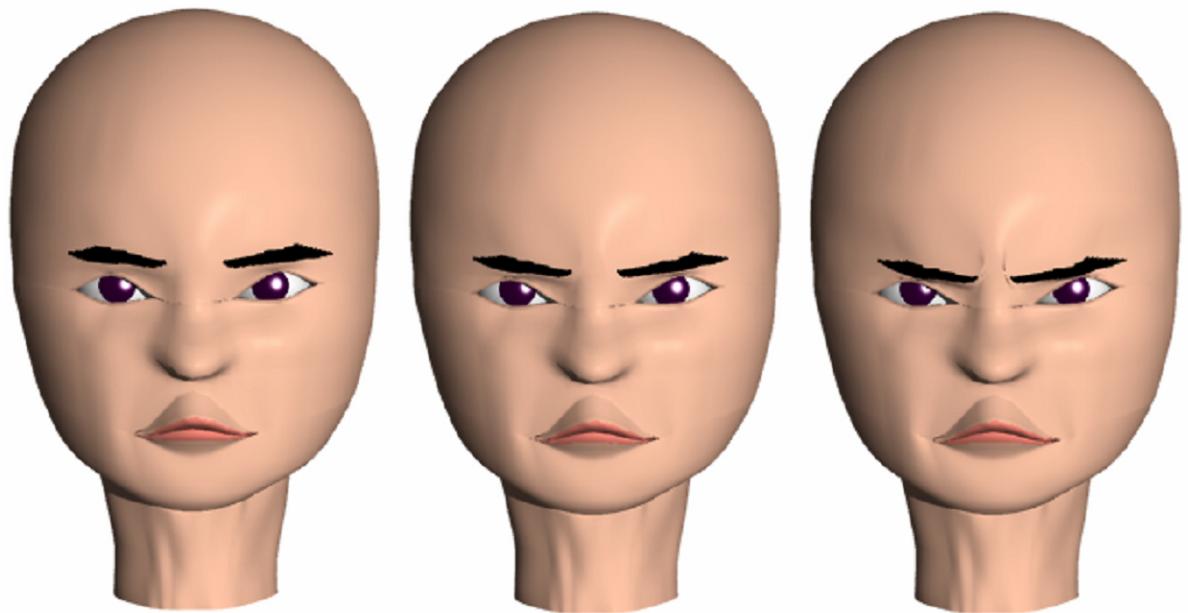
図 4.1 喜び 表情アニメーション



0 フレーム目

17 フレーム目

35 フレーム目



53 フレーム目

71 フレーム目

89 フレーム目

図 4.2 怒り 表情アニメーション

4.2 顔表情評価

「怒り」と「喜び」，共に顔全体で表情をアニメーションさせた場合は，多くの人がその表情を認識することが出来た。反対に，顔の上下部一方しかアニメーションしていない顔表情では，判断に困惑した様子がコメントなどのアンケート結果から得られた。このことから，AUの組み合わせ例が正しく表情を表し，「喜び」「怒り」の感情を再現させることに成功したといえる。しかし，そのような上か下の半分のみをアニメーションさせた表情の場合であっても，「怒り」の表情では上半分のみでも認識出来，「喜び」の表情では下半分のみでも認識出来るという答えは多かった。このことから「怒り」の表情の場合には顔の上半分の動きが，また「喜び」の表情の場合には顔の下半分の動きが，重要となっていることがわかった。このように，一部の表情の動きだけでその表情が認識出来たときは，認識した人の想像でその表情がどのような感情を表しているかが，大きく変わってくる。

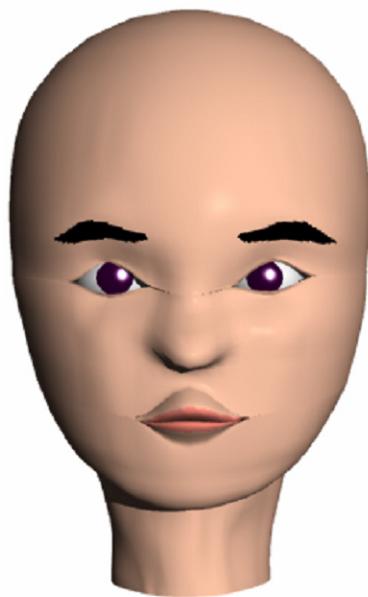
認識出来た人が少なかった「喜び・上半分のみ」や，「怒り・下半分のみ」の場合には，さらに強調した動きをすれば，その感情が表れていたと答える意見も有った。「どちらともいえない」という回答は，その表情が使われる状況によっては見えるかもしれないという意見で占められた。

大抵の人は顔の半分のみで感情を再現した表情には違和感を覚えていることから，やはり，顔全体から得られる表情の印象の受け止め方というのが重要だとわかる。あるいは，これらの半分だけがアニメーションする表情は「不満」や「作り笑い」といった，「やや複雑な感情を表している印象を受けた」という意見から，微妙な感情の強弱を表す表情の生成に応用するということも考えられる。

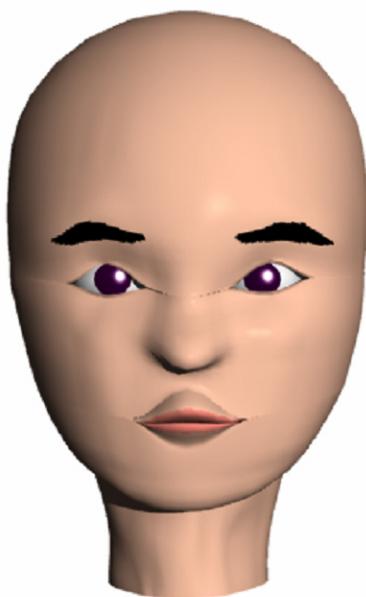
図4.3から図4.6まではアンケート時に使用した顔の一部のみをアニメーションさせた顔表情のシーンを切り取ったものである。また，図4.7，図4.8は顔表情のアニメーションを評価したアンケートの結果をグラフにしたものである。

顔のパーツ不足から来る表情への印象の影響が予想より大きかったことから，顔が顔である理由を考察する必要がある。

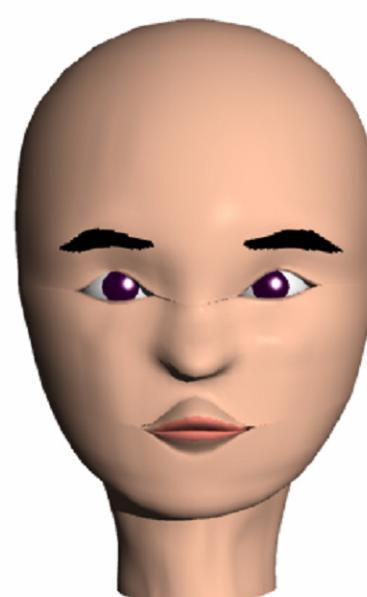
今回の表情アニメーションはAUの組み合わせの一例を試みたのみに過ぎず，さらに多様な組み合わせによって表情は作られる。以上の結果からわかるように，別のAUの組み合わせでも，また，同じ組み合わせでもアニメーションの速さが変わった場合など，表情生成の可能性は広がる。



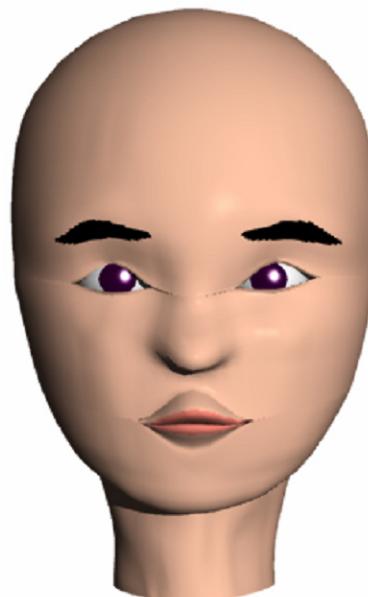
0 フレーム目



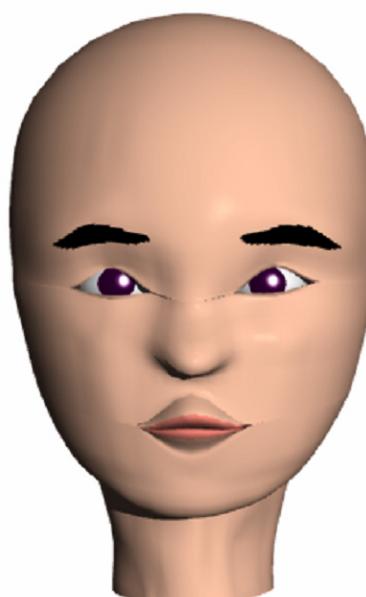
17 フレーム目



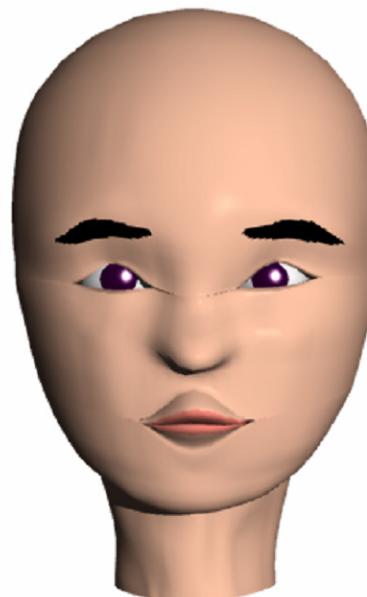
35 フレーム目



53 フレーム目

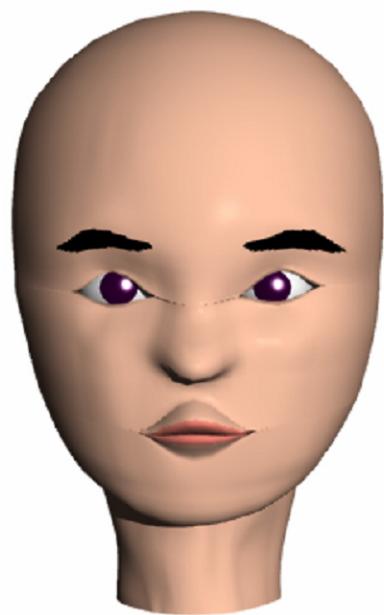


71 フレーム目

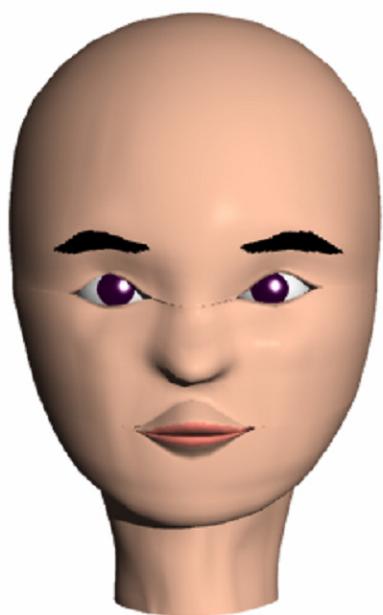


89 フレーム目

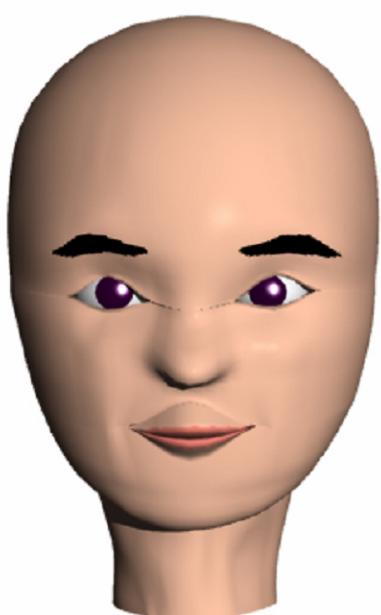
図 4.3 喜び(上半分) 表情アニメーション



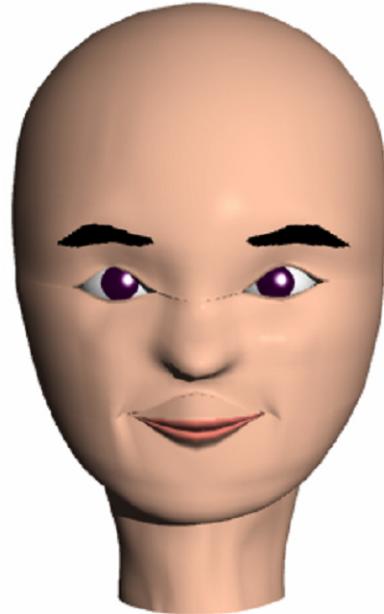
0 フレーム目



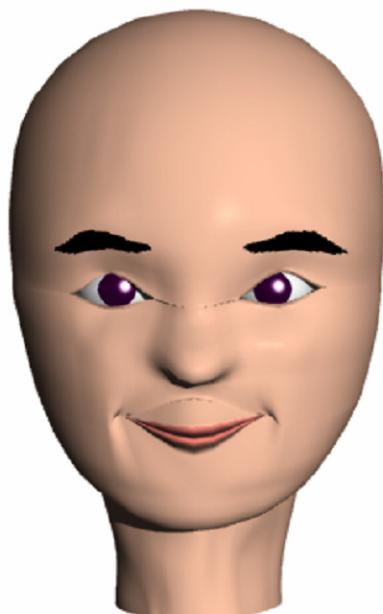
17 フレーム目



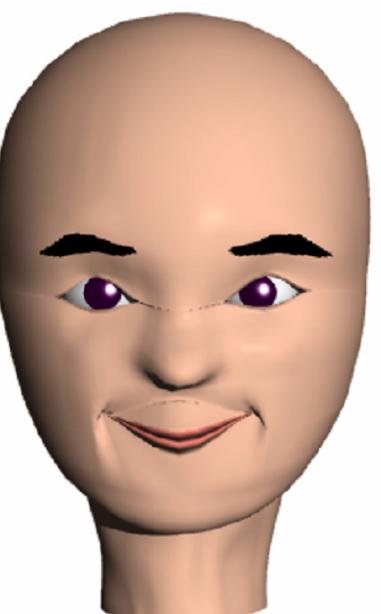
35 フレーム目



53 フレーム目

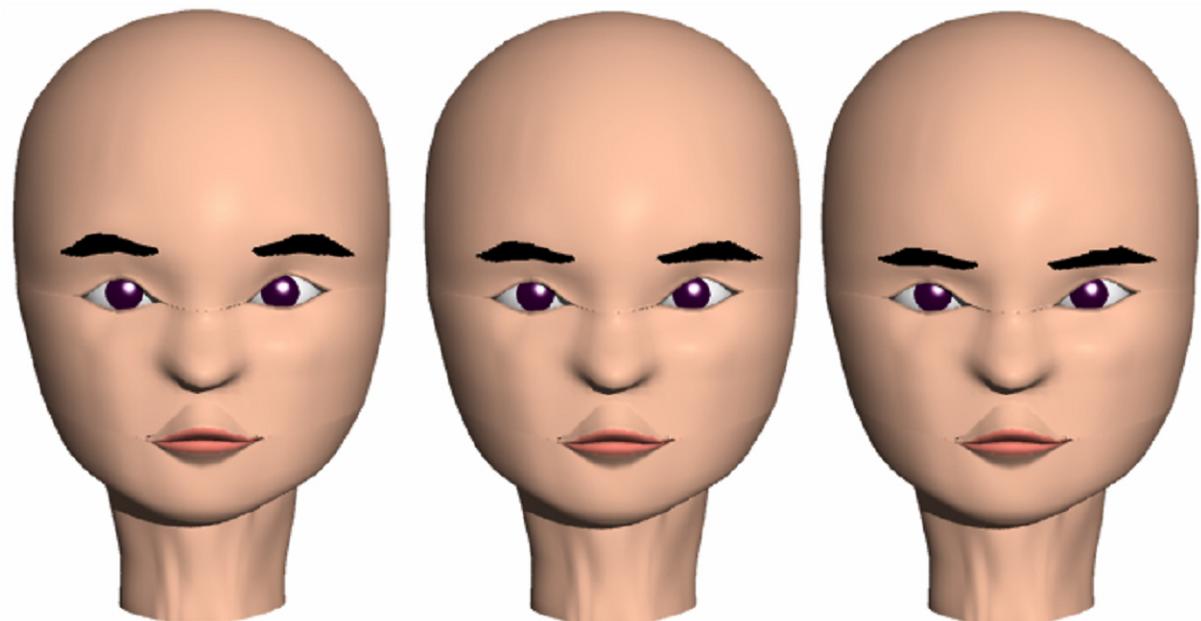


71 フレーム目



89 フレーム目

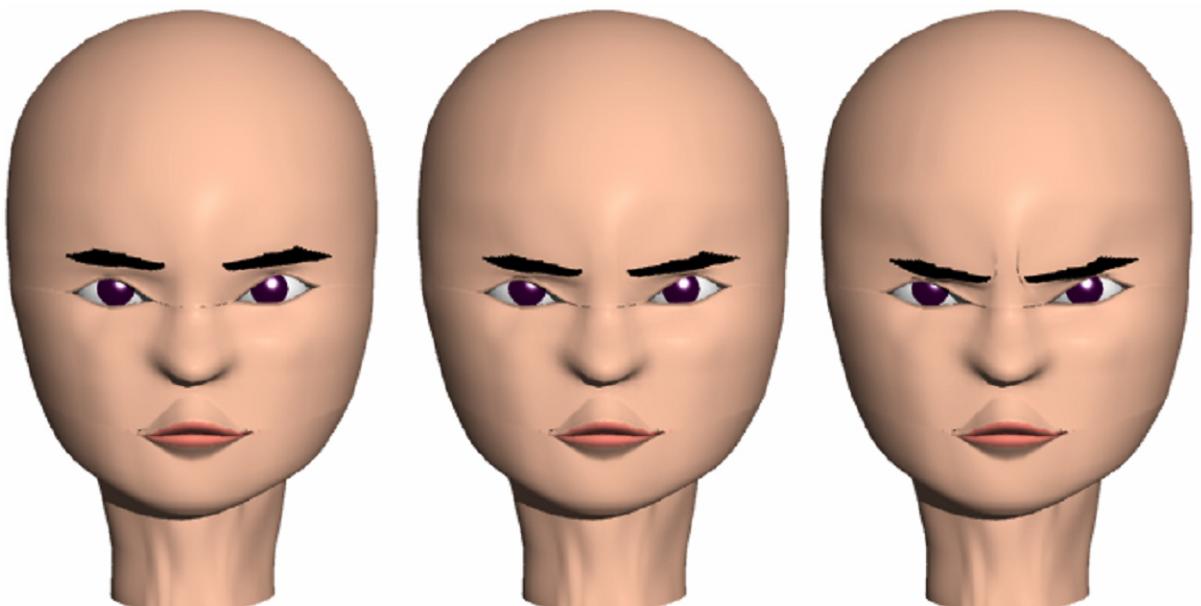
図 4.4 喜び(下半分) 表情アニメーション



0 フレーム目

17 フレーム目

35 フレーム目

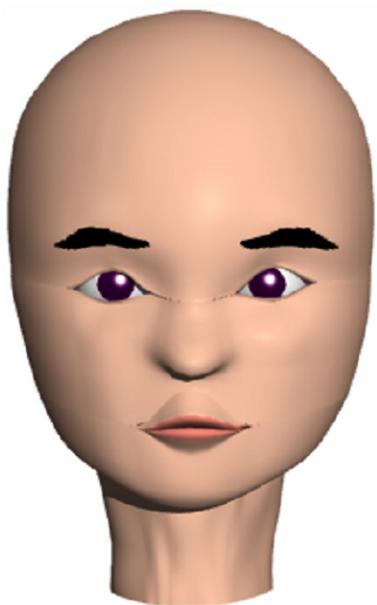


53 フレーム目

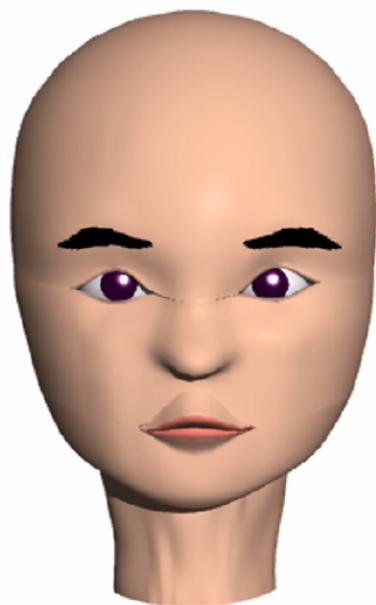
71 フレーム目

89 フレーム目

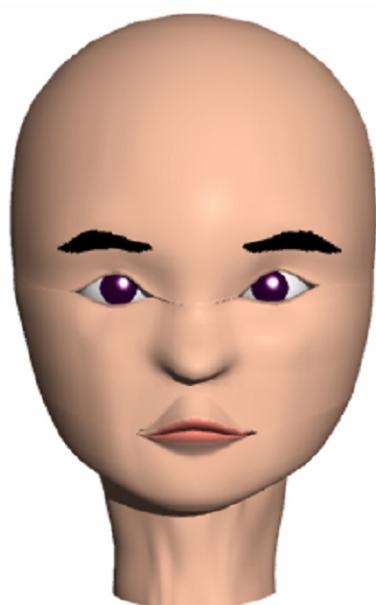
図 4.5 怒り(上半分) 表情アニメーション



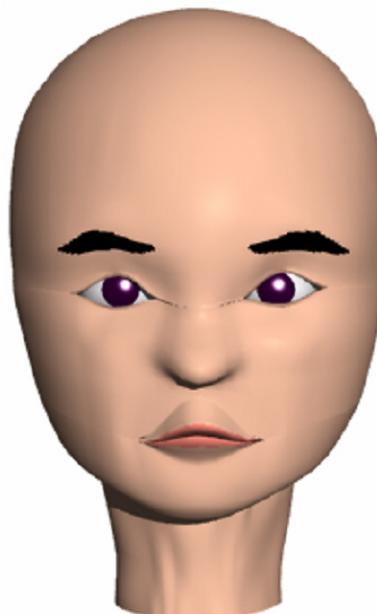
0 フレーム目



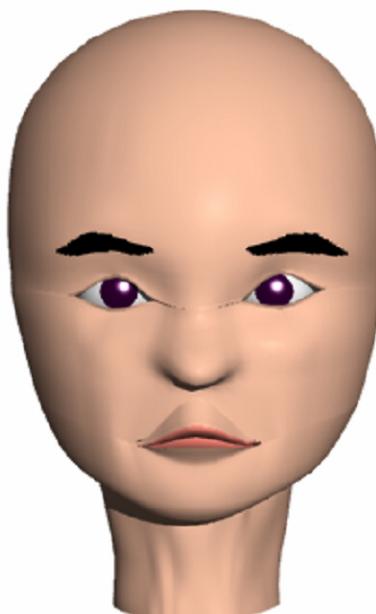
17 フレーム目



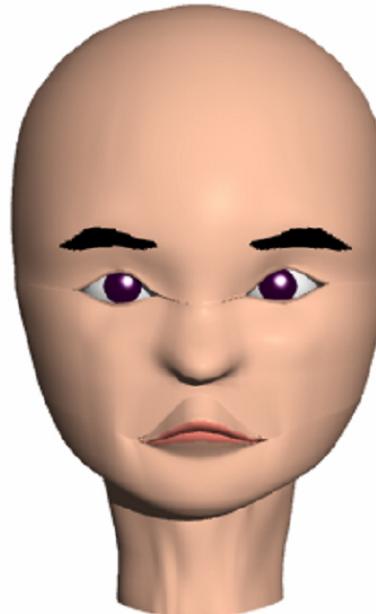
35 フレーム目



53 フレーム目



71 フレーム目



89 フレーム目

図 4.6 怒り(下半分) 表情アニメーション

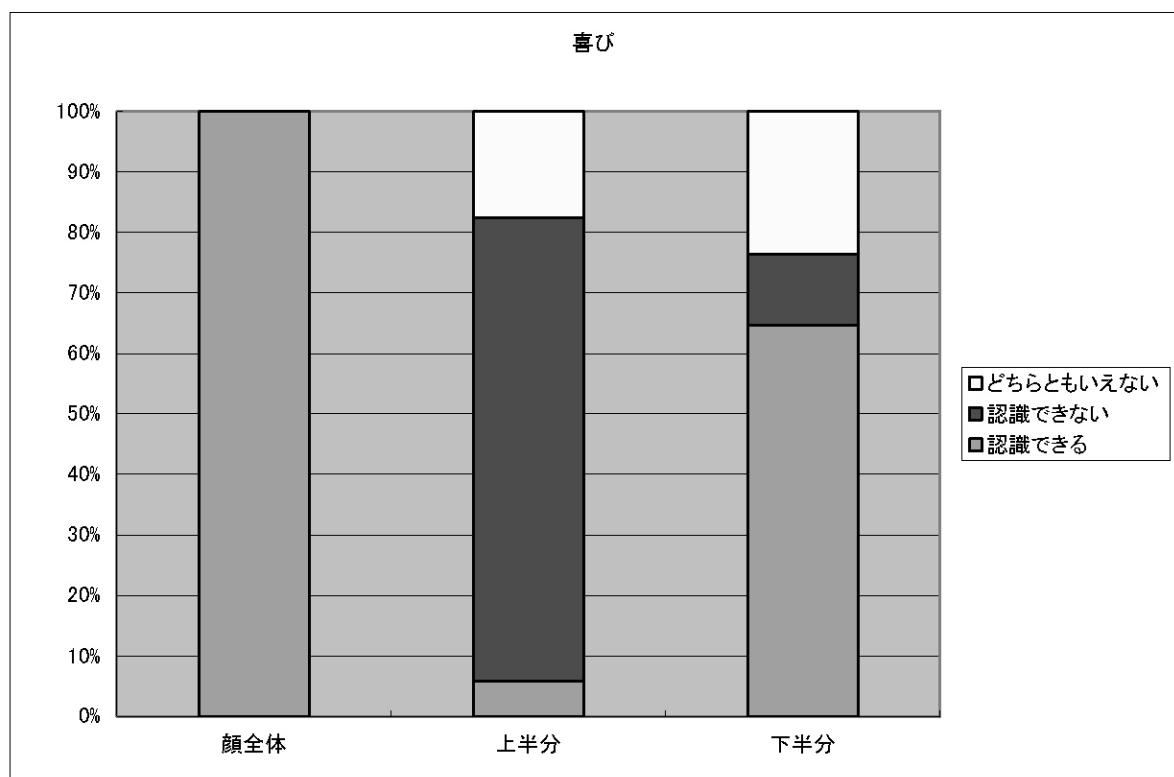


図 4.7 アンケート結果（喜び）

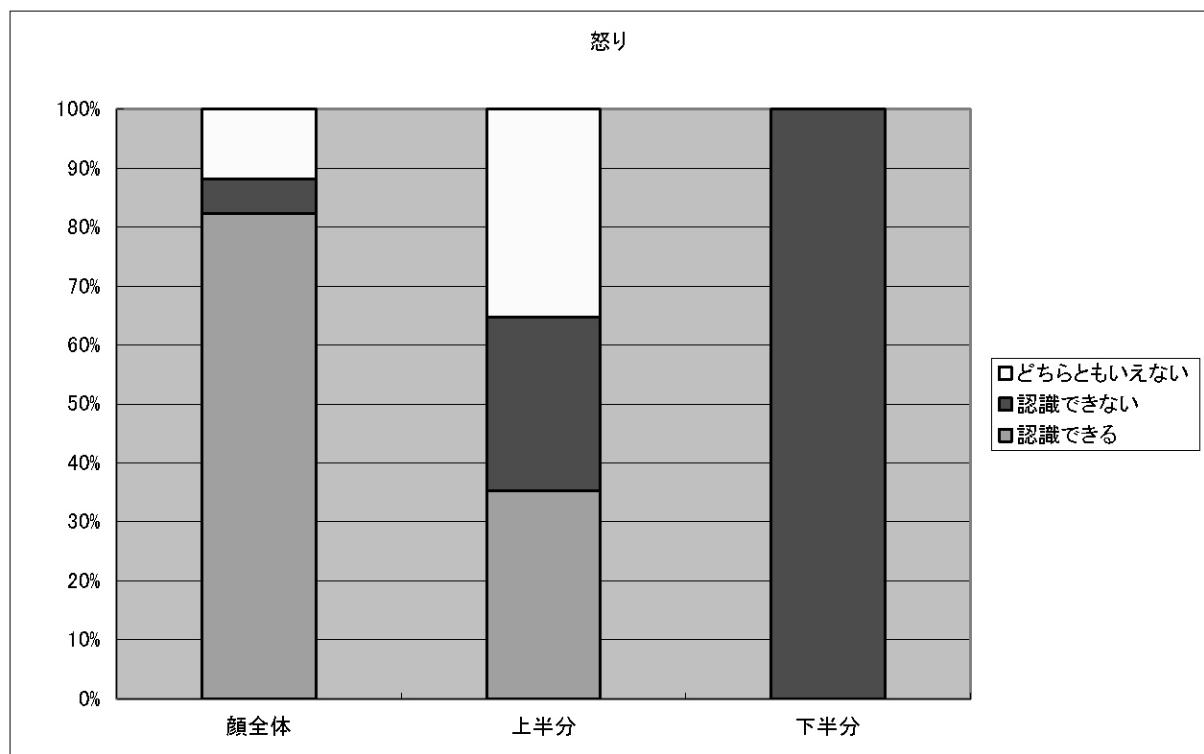


図 4.8 アンケート結果（怒り）

第 5 章

結論

研究に使った3次元顔表情CGアニメーションは、表情の特徴から得た、AUの組み合わせ例に基づいて作成したものであり、この方法を用いた顔表情は概ね正確に認識されることがわかった。しかし、CGアニメーションの表示方法がムービー方式だったことから、1つの動画が完成するまでに10分かかるという事実は、別の方針をとる必要性を提示した。これはAUを使った方法が間違っていたのではなく、CG作成ソフトの能力が今回の実験に合っていなかつたためである。また、今回のAUの組み合わせ方法以外でも表情を認識する可能性があることが示された。今回利用した組み合わせ以外でも同じ表情と認識されるのか、あるいは同じ感情に分類にされながらもニュアンスの違う感情と見られるのか、などを確かめる必要がある。そして、各AUの動作量(各顔パーツの移動量)、または動作速度による表情の受け取り方の違いを研究することも出来る。

作成した3次元顔CGデータには互換性があるため、作成ソフトウェアを変えてでも利用することが可能である。ただし、最低限「怒り」と「悲しみ」の表情を再現することのみを目的に作ったために、人の顔として不完全である。今回省いた髪、耳、鼻をそろえた3次元の顔を作り、基本6感情の表情をAUの組み合わせで表現する。さらに、動作量を強弱で数値化して再現すること、これを手話と同時に表現させるために手話生成システムに組み込むことが課題となる。

今回CG作成に使用したソフトはCGアニメーションを動画の形で保存する方式をとったものであったが、理想としては全方向からリアルタイムに表情がどう動いているかを確認出来る方法をとることが出来れば、より一層深い研究が可能になるものと考える。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、多大なご指導を頂いた岡田守教授、清水明宏教授、浜村昌則講師に心から感謝いたします。

また、忙しい中ご協力いただいた岡田研究室の仲間である秋田正氏、麻生太郎氏、田畠博紀氏、安友一秋氏、川島亨介氏、藤村和人氏、山本拓氏に感謝いたします。

そして、実験に付き合い助言していただいた友人たちに感謝します。

最後に、私をここまで育ててくださった両親と、家族の愛情と理解、協力に深く心から感謝します。

参考文献

- [1] 青木義満, 橋本周司, “解剖学的知見に基づく顔の物理モデリングによる表情生成”, 電子情報通信学会論文誌 vol. J82-A, No. 4 April 1999
- [2] 寺田 員人, 花田晃治, “顔の表情とコンピュータグラフィックス” 新潟歯科学会雑誌第 30 卷・第 1 号, 2000
- [3] P. Ekman, W. V. Friesen 著, 工藤 力 訳, “表情分析入門”, 誠信書房, 1987
- [4] 竹田 智史, “表情豊かな手話アニメーションの生成” 平成 13 年度高知工科大学学士学位論文, 2002

付録 A

Action Unit

顔の上部	顔の下部	その他の動作
1·眉の内側を上げる	9·鼻にしわを寄せる	8·唇同士を接近させる
2·眉の外側を上げる	10·上唇を上げる	19·舌を見せる
4·眉を下げる	11·鼻唇溝を深める	21·首を緊張させる
5·上瞼を上げる	12·唇端を引っ張りあげる	29·下顎を突き出す
6·頬を持ち上げる	13·唇端を鋭く上げて頬を膨らます	30·下顎を外へずらす
7·瞼を緊張させる	14·えくぼを作る	31·歯をくいしばる
41·瞼を力なく下げる	15·唇端を下げる	32·唇を噛む
42·薄目	16·下唇を下げる	33·息を吹きかける
43·瞼を閉じる	17·下唇を上げる	34·頬を息で膨らます
44·細目	18·唇をすぼめる	35·頬を吸い込む
45·まばたく	20·唇を横に引っ張る	36·舌で頬や唇を膨らます
46·ウインクする	22·唇を突き出す	37·舌で唇をなめる
	23·唇を固く閉じる	38·鼻孔を開く
	24·唇を押さえつける	39·鼻孔を狭める
	25·唇を開く（顎は下げない）	
	26·顎を下げて唇を開く	
	27·口を大きく開く	
	28·唇を噛む（吸い込む）	

付録 B

顔画像テクスチャ

