

モーション計測と視線追跡による顔表情解析

Analysis of facial expression using motion capture and eye tracking

原田甫¹⁾, 藤澤隆史¹⁾, 長田典子¹⁾

Hajime HARADA¹⁾, Takashi X. FUJISAWA¹⁾, Noriko NAGATA¹⁾

E-mail : nagata@ksc.kwansei.ac.jp

和文要旨

人間はコミュニケーション時において、言語情報の他に、ノンバーバル情報を用いることはよく知られているが、同意や謝罪など複雑なコミュニケーション時においては、ノンバーバル情報が相対的に重要な役割を果たすと推測できる。本研究ではノンバーバル情報のうち顔表情と視線方向に焦点を当て、対面コミュニケーション時における同時計測を行う。顔表情における特定の表情抽出にはモーションキャプチャシステムを用い、視線抽出には視線追跡システムを用いて両者の関連性を明らかにする。被験者には、1) 自由な会話、2) 規定したやり取り、の2通りの対面コミュニケーションを行ってもらい、その際の顔モーションと視線方向の計測を行った。顔モーション、視線方向それぞれの計測データについて、表情表出の前後で切り出しを行い、肯定、否定、疑問、思考の4つの表情種ごとにカテゴリー化を行った。その結果、顔モーションと視線方向の双方で表情ごとに異なる特徴が得られた。これらは基本6表情のような明快なものではなく、より実際の人間らしい微妙な表情である。顔モーションに視線方向情報を併用することで、CGによるリアルな顔表情生成や、微妙な顔表情解析などの展開が期待できる。

キーワード：顔表情、モーションキャプチャ、視線追跡、対面コミュニケーション

Keywords : Facial expression, Motion capture, Eye tracking, Face-to-face communication

1. 緒言

コンピュータグラフィックス (CG) による人体のリアルな表現は、映画、テレビ、ゲーム業界はもとより、インタラクティブコンテンツ、ヒューマンインタラクション等、多くの分野から望まれている。特に顔の表情に関してはCGの発展当初から、重要課題のひとつとして位置づけられ、多くの研究がなされてきた [1],[2]。

その成果の一つとして代表的に挙げられるのが、Ekmanらによって開発されたAU (Action Unit) の概念とFACS (Facial Action Coding System) である [3]。AUは「人間の視覚機能で識別可能な顔表情動作の最小単位」として定義され、解剖学的な特性とは独立したものである [4]。FACSはAUの組み合わせで顔表情を表現する手法であり、少数のパラメータ操作から様々な顔表情を表現することが可能であることから、現在でも表情合成の手段として多く用いられている。しかしこういった利点の一方、AUは様々な顔表情

から主観的に人間が分類・定義したものであるために、合成された顔表情はどこか人工的で不自然な印象を与える。これはAUを用いた合成手法のみでは、ある種の表情リアリティにおいて限界があることを示している。

人間はコミュニケーション時において、言語情報の他に、ノンバーバル情報を用いることはよく知られている。とりわけ同意や謝罪など複雑なコミュニケーション時においては、ノンバーバル情報が相対的に重要な役割を果たすと推測できる。本研究ではノンバーバル情報のうち顔表情と視線方向に焦点を当て、対面コミュニケーション時における同時計測を行う。顔表情における特定の表情抽出にはモーションキャプチャシステムを用い、視線抽出には視線追跡システムを用いて両者の関連性を明らかにする。被験者には、1) 自由な会話、2) 規定したやり取り、の2通りの対面コミュニケーションを行ってもらい、その際の顔モーションと視線方向の計測を行った。顔モーシ

¹⁾ 関西学院大学理工学部、School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

ョン、視線方向それぞれの計測データについて、表情表出の前後で切り出しを行い、4つの表情種ごとにカテゴリー化を行った。

2. 関連研究

顔の表情において、視線との関わりを解析した例は数少ない。Leeら [5] は2者間の対面コミュニケーション時の顔表情と視線方向の計測を行うことで、計測結果に基づいた眼球運動モデルを作成し、顔表情のモーションとの合成によってリアルな顔アニメーションの生成を行った。モデルは高速な眼球運動であるサッカド（跳躍的眼球運動）の特性に焦点を当てており、これは心理学および認知科学の先行研究によって示された眼球運動に関する知見と一致するものであった。しかし、Leeらの研究は主に計測結果に根ざした実際の眼球運動モデルを構築することを主な目的としており、顔表情のモーション計測はモデルの精度をあげるという補足的意味合いが強く、顔表情と視線方向の同時計測は行われていない。また、計測結果の解析には数分間に及ぶコミュニケーションの一連を対象としていることから、ある時点における、特定表情の表情モーションと視線方向の関連性を示すという研究ではない。特徴的な表情表出時における顔モーションと視線方向の特性を明らかにするという観点からの研究は依然として稀有であることから、本研究ではこれらの関連性について明らかにすることを目的とする。

3. 顔モーションと視線の同時計測

3.1. 計測方法

顔モーションと視線を同時計測するため、光学式モーションキャプチャシステムと視線追跡システムを併用する。モーションキャプチャシステムによって顔モーションと頭部位置を計測し、視線追跡システムによって視線方向を計測する。

以下にそれぞれの方法に関して述べる。

3.1.1. 顔表情のモーションキャプチャ

(1) 光学式マーカの配置

図1に示すとおり被験者の顔面に51点、頭部に3点の光学式マーカを配置する。配置する特徴点はFDP (Facial Definition Parameter) におけるFP (Feature Point) を参考に設定する [3]。



図1. 光学式マーカ配置

(2) カメラの配置

光学式モーションキャプチャシステム (Motion Analysis 社製) の赤外線カメラを図2に示すとおり被験者前面の左右に4台ずつ、計8台配置する。顔面上のすべてのマーカを認識できるように弧状に、カメラが互いの赤外光に影響を受けないように設定を行う。また、被験者が対面コミュニケーションを行えるように真正面への配置は避ける。



図2. 赤外線カメラ配置

(3) 頭部の動きの補正

頭部の動きをキャンセルするため、モーションキャプチャで得られた頭部3点のモーションデータで顔面に配置されたマーカの補正を行う。

3.1.2. 視線方向の計測

視線追跡システム (NAC 社製) は、眼球運動と視野面における注視点のキャリブレーションに基づき、視線方向を決定する。本研究では被験者の頭部左側にビデオカメラを配置し、対面相手の顔を撮影する。この映像を視野面における映像として用い、視野面上の注視点すなわち視線方向を算出する。

3.2. 対面コミュニケーション実験の方法

3.2.1. 被験者

被験者は23～24歳の男性3名であり、対面コミュニケーションを行う相手は21～31歳の



図 3. 視野映像

男性 4 名である。なお被験者とコミュニケーション相手は、同じコミュニティに属する知己の関係である。

3.2.2. コミュニケーション内容

本研究の計測で行った対面コミュニケーションは以下の 2 パターンである。

(1) 自由会話

内容に規制をせず、自由にコミュニケーションを行った。計測時間はおよそ 3 分である。

(2) 規定会話

自由会話中に表出すると予想される肯定、否定、疑問、確認、思考等、9 種類を促す会話のやり取りを予め規定する。9 種の会話は各々 2 つ用意し、合計 18 回の短いコミュニケーションをランダムに行う。各会話は 1 つの問いに 1 つの返答という形で構成され、1 回のやり取りはおよそ 5 秒である。

以上の 2 パターンのコミュニケーションを、2 人の相手にそれぞれ行う。

3.3. 解析対象データ

9 種の会話のうち、自由会話と規定会話の双方ともに安定して計測された、肯定、否定、疑問、思考の 4 表情を解析の対象とする。今回の表情表出の定義は、典型的な発話（肯定なら「はい」「うん」、否定なら「いいえ」「いや」、疑問なら「～ですか?」「～なん?」、思考なら「えーと」「あの一」等）を伴うものとした。対象とした会話例の一部を下記に挙げる。

(1) 自由会話の例

- ・「就職決まったんですね」「うん」（肯定）
- ・「僕、しゃべるの苦手なんですけど・・・」「いや、そんなことはないよ」（否定）

(2) 規定会話の例

- ・「あの一・・・」→「何でしょうか?」（疑問）
- ・「昨日の夕食は何でした?」→「えーと・・・〇〇でした。」（思考）

各表情に関して、表情表出の開始フレームの前 30、後 90 フレームの合計 120 フレームを対象として抽出する。表情表出の開始フレームは、各表情に該当する発話が始まった時点とし、手動で求めた。また今回は瞬目情報は用いないとし、抽出対象には瞬目の含まれないデータを使用した。モーションキャプチャ、視線追跡ともに、サンプリングレートは 60Hz であるため、解析対象は 2 秒間である。

各表情のデータ数は、肯定 5（自由会話 1、規定会話 4）、否定 6（自由会話 2、規定会話 4）、疑問 8（自由会話 4、規定会話 4）、思考 8（自由会話 4、規定会話 4）の合計 27 である。

4. 結果

4.1. 視線方向

肯定、否定、疑問、思考の 4 つの表情について、計測した視線方向をグラフにプロットする（図 4 において 3 人の被験者ごとにマーカの形と色を変えて示す）。太線で表された外側の枠内を被験者の最大視野を示す「視野領域」、内側の枠内を対面相手の顔が存在する範囲を示す「顔領域」とする。「否定」以外のコミュニケーション（肯定、疑問、思考）では自由会話と規定会話における視線動作において、大きな違いが見られなかったことから、全会話データについて合計し、1 つのグラフとしてプロットしている。「否定」についてはこれらに明確な違いが見られたため、それぞれを示す（図 5）。

4.2. 顔モーション

表情表出時におけるフレーム間の各マーカの座標値 (x, y, z) から変化量を算出し、3 人の被験者の全データについて表情別に平均値を求めた。マーカの配置は番号で表し、その割り当てを図 6 に示す。変化量を算出する 2 フレームは、表情表出の開始から、30 フレーム目と 31 フレーム目のものを選択した。これはデータに瞬目の影響がない、表情表出の開始から最も近いフレームであることが理由である。座標は顔に対して、前後方向が x 座標、左右方向が y 座標、上下方向が z 座標である。4 タイプの表情を識別において、そ

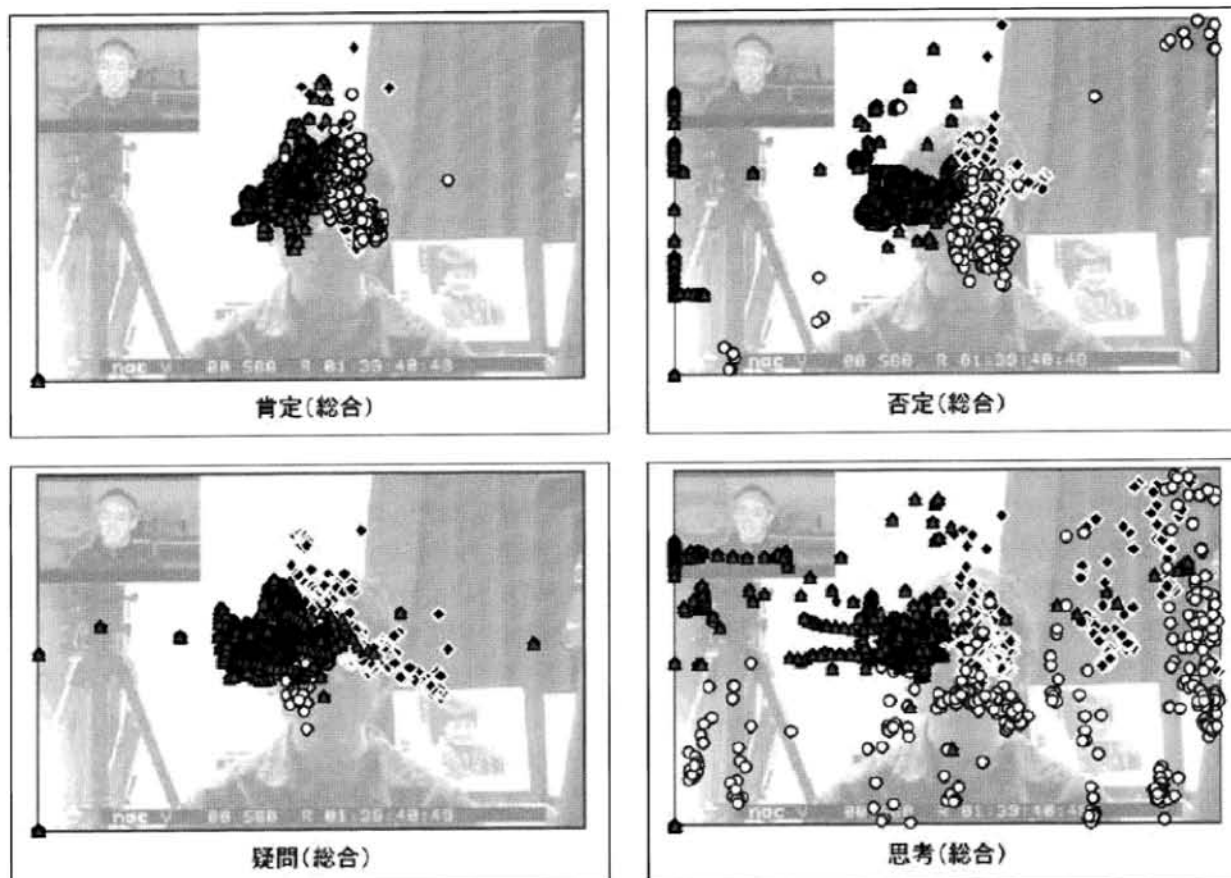


図 4. 4 表情の視線分布 (自由会話 / 規定会話)

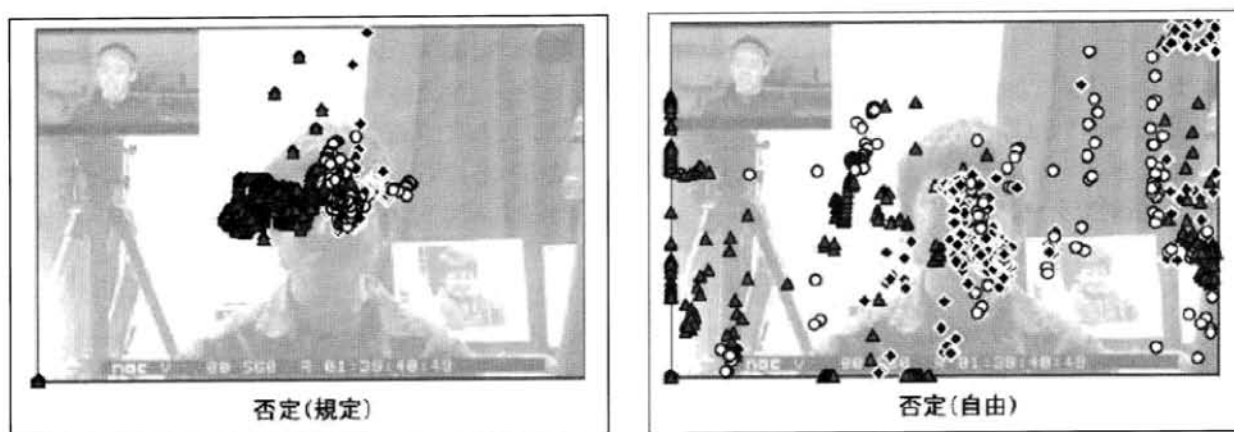


図 5. 否定の視線分布 (b1: 自由会話、b2: 規定会話)

の特徴的な変化は主に z 軸方向（上下方向）でみられた。その結果を図 7 に示す。図において白いバーが正方向、黒いバーが負方向の変化を示し、バーの長さが変化量を表す。

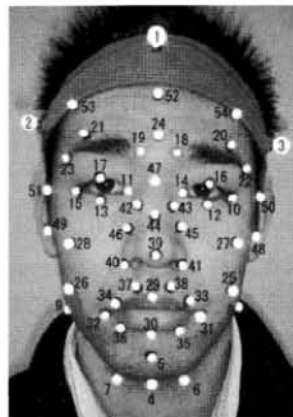


図 6. マーカ番号の割当

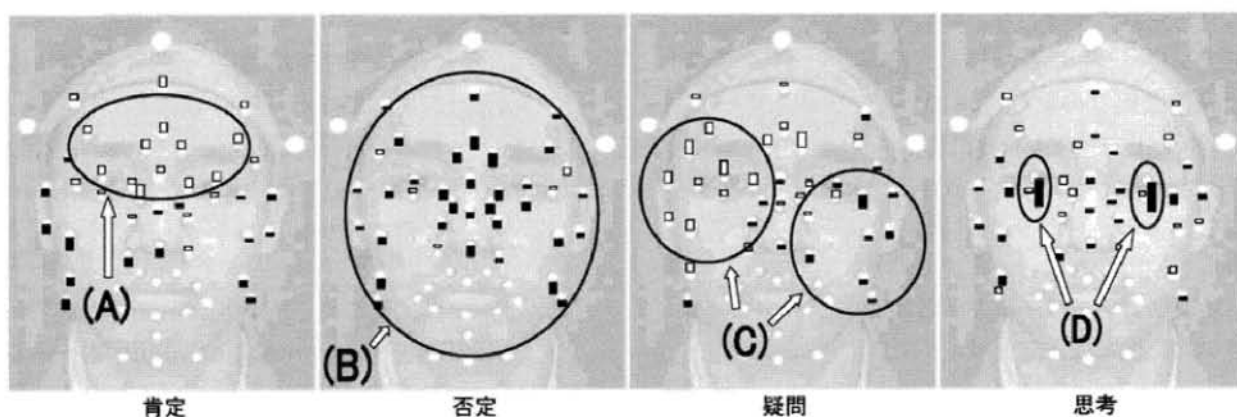


図 7. 4 表情の z 座標変化値

5. 考察

5.1. 視線方向

図 3 にも示されるように、「思考」では顔領域から視線をはずす傾向が被験者によらず一貫して見られた。それに対して「肯定」および「疑問」では顔領域に視線を送る傾向が確認された。これらの結果は、日常生活における経験とも感覚的に一致しており、また思考時における視線回避行動は先行研究からも明らかにされている [6],[7]。

「否定」では自由会話と規定会話によって異なる結果が得られた (図 5)。まず「否定」の自由会話では、「思考」時と同様の視線回避が見られた。それに対して、規定会話では「肯定」、「疑問」のように顔領域に視線を集中させていた。これらの結果の違いについての要因として、自由会話では規定会話において実行させたような、明確で断定的な否定ではなかったこと挙げられる。発言の表現型は「否定」であったものの、会話の文脈を

考慮すると、次に発言する内容を考えるための一時的な返答の意味合いが強く、そのような意味では「思考」と同様の結果が得られたこととも整合的であると考えられる。

5.2. 顔モーション

顔のモーションでは、まず「思考」において両目上瞼のマーカ (16, 17) で、負方向に顕著な値が見られた (図 7D)。これらは目を細める動作と考えることができ、両目下瞼 (マーカ 12, 13) の値がともに正の値であることから確認できる。次に顕著に結果が表れた表情カテゴリーとしては、「否定」が挙げられる。「否定」では顔の構成要素に関わらず、全体的に負の値を示していることから、俯いている動作であると捉えられる (図 7B)。

「肯定」では、顔の上半部において「否定」とは対照的に、目の内端 (マーカ 11, 14) と上瞼 (マ

一カ 16, 17)、および眉の内端 (マーカ 18, 19) と上部 (マーカ 20, 21) のそれぞれにおいて正の値が見られ (図 7A)、上昇傾向であることが確認された。それに対して顔の下半部では、「否定」と同様の下降傾向が確認されていることから、これは目を見開いて、顔を突き出す感じで同意している表情であることが分かる。

最後に「疑問」では、表情動作における左右の非対称性が確認された (図 7C)。とくに左目 (マーカ 12, 16) と右目 (マーカ 13, 17) の両上下瞼の動作に注目すると、左目は閉じられるような動作であるのに対して、右目は見開くような動作であることが分かる。肯定や否定のようにはっきりとした結論を伴わない疑問や迷い、また不安などアンビバレントな情動と、顔面における非対称な表情表出との関連性については、多くの先行研究で指摘されている [8],[9]。本研究においても「疑問」の表情表出時において、同様の傾向が確認されたことは、基本 6 表情にのらない複雑な表情を抽出できたという点で非常に興味深い。

各表情カテゴリーにおける視線方向と顔モーションの特徴を表 1 に示す。

表 1. 各表情と視線および顔モーションの諸特徴

	視線方向	顔モーション
肯定	対面相手の顔	上半部の上昇 下半部の下降
否定	対面相手の顔 はずす	全体的に下降
疑問	対面相手の顔	左右の非対称
思考	はずす	目を細める

6. 結論

今回、対面コミュニケーションにおける主要な 4 表情について、顔モーションと視線方向の双方で特徴的な結果が得られた。

これらはこれまでの顔表情に関する研究で扱われてきた基本 6 表情のような明快なものではなく、より実際的で人間らしい微妙な表情である。得られた結果は顔表情、視線方向に関する研究に新たな展開をもたらす可能性を示している。

今後の展開として被験者を増やし、多くのデータをj得ることで、今回確認された結果の信憑性を

向上させ、更なる結果を獲得することが第一に挙げられる。その際、規定会話内容の再検討、視線追跡システムの微調整による計測精度の向上が望まれる。また獲得したデータをモデル化し、CG や VR の分野において、よりリアルで状況に応じた顔表情を生成するために、視線と顔モーションの同期的表現を行うことも大きな目標である。さらに今回は同じコミュニティ内の知己の関係にある被験者同士の会話を用いたが、個人的な好悪等の人間関係が、視線や顔表情の特性にどのように影響するかといった興味深い課題についても考察していきたい。

参考文献

- [1] 竹原卓真, 野村理朗 編: “「顔」研究の最前線”, 北大路書房 (2004).
- [2] Waters, K.: “A muscle model for animating three-dimensional facial expression”, *Computer Graphics*, 22(4), pp.17-24 (1987).
- [3] Pandzic, I. S. & Forchheimer, R.: “The MPEG-4 Facial Animation” John Wiley & Sons Inc (2002).
- [4] 島田和幸: “ヒトの表情筋について”, 情報処理学会研究報告, vol.66, pp.129-131 (2003).
- [5] Lee, S. P., Badler, J. B. & Badler, N. I.: “Eyes Alive”, In Proc. of ACM SIGGRAPH, (2002).
- [6] Gale, A., Kingsley, E., Brookes, S. & Smith, D.: “Cortical arousal and social intimacy in the human female under different conditions of eye contact”, *Behavioral Processes*, 3, pp. 271-275 (1978).
- [7] Previc, F. H. & Murphy, S. J.: “Vertical eye movements during mental tasks: A reexamination and hypothesis”, *Perceptual & Motor skills*, 84(3), pp. 835-847 (1997).
- [8] Jaynes, J.: “The Origin of Consciousness in the Breakdown of the Bicameral Mind”, Mariner Books (1976).
- [9] 中村麻衣子: “高不安特性群と低不安特性群における表情表出パターン”, *心理学研究*, 73, 140-147 (2002).

英文要旨

Humans are well known to use non-verbal information as well as verbal information in communication. Non-verbal information is expected to play an important role relatively in complex communication including agreement and apology. We propose an analysis method for facial expression using motion capture and eye tracking simultaneously. Eye directions and facial movements of a subject while 2 kinds of face-to-face communication, 'free' conversation and 'compulsory' conversation, are recorded and analyzed. The results of the analysis show that 4 kinds of facial expression have their own features in the facial motions and the eye directions.

著者紹介



原 田 甫



藤 澤 隆 史



長 田 典 子

著者1

氏 名：原田甫

学 歴：2007年関西学院大学工学部情報科学科卒業。奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程1年在学中。

職 歴：なし

所属学会：なし

専 門：感性情報学、コンピュータグラフィックス

著者2

氏 名：藤澤隆史

学 歴：2004年関西大学大学院総合情報学研究科博士課程修了。博士（情報学）。

職 歴：2004年関西大学総合情報学部総合情報学研究センター博士研究員。2006年関西学院大学工学研究科・ヒューマンメディア研究センター博士研究員。

所属学会：日本心理学会、日本認知心理学会

専 門：感性情報学、認知心理学、および脳イメージング

著者3

氏 名：長田典子

学 歴：1983年京都大学理学部数学系卒業。1996年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。博士（工学）。

職 歴：1983年三菱電機（株）入社。産業システム研究所において色彩情報処理、感性情報処理の計測システムへの応用に関する研究開発に従事。2003年より関西学院大学工学部情報科学科助教授，2007年教授。

所属学会：情報処理学会、電子情報通信学会、IEEEなど各会員。

専 門：感性情報学、メディア工学。