特集記事

笑顔の形状と表情筋活動の分析*

菅原 徹**

Analysis of Shape and Facial Muscle Activity of Smiles

Toru SUGAHARA

1. 緒 論

コミュニケーションにおけるなにげない笑顔は情報の受発信のスピード、容量、親和性を一変させるほどのチカラがある。人間関係の先覚者やビジネスリーダーたちはいち早くポスト産業社会における笑顔の効力について言及している。アメリカの成人教育を開拓した D・カーネギーは多くの実業家に、目を覚ましていいるあいだは毎時間一回ずつ誰かに向かって笑顔を見せることを提案している。彼は自著のなかで、当時ミシガン大学の心理学教授であった J・マッコネルの言葉を引用している¹⁾。「笑顔を見せる人は、見せない人よりも、経営、販売、教育などの面で効果をあげるように思う。笑顔のなかには、渋面よりも豊富な情報がつまっている。」

近年では、笑顔の様々な効力の検証を試みた研究報告がある。例えば、平均的な魅力の女性が笑顔の場合、男性から 5 倍声をかけられやすいことを N・グーガンは実験により明らかにしている²⁾。西川の調査によると、「感じが良い人」という第一印象の特徴は、「笑顔」が 35.3 パーセントと最も多く、次いで「挨拶をする」が 24.3 パーセント、「丁寧に接する」が 5.1 パーセントであった³⁾。これらは笑顔の視覚優位性に関係し、嫌悪や悲しみなど他の表情よりも知覚、識別の優位性が高いことを物語っている⁴⁾⁵⁾。実際に笑顔の視覚優位性を活か

し、喜びや幸せを可視化する笑顔の写真を用いた中村のコミュニケーションアートも注目されてきている⁶⁾(Fig. 1)。個人の日常生活で見せる笑顔そのものが、美術館に足を運ばなくても鑑賞できる芸術作品なのである。

さらに笑顔は見るものだけでなく、笑顔のつくり手にも影響を及ぼすことがわかっている。これを笑顔の顔面フィードバック効果という。表情筋活動の生理的フィードバックが主観的な感情の認知に反映されるという仮説の検証が進んでいる⁷⁾⁸⁾。笑顔をつくればポジティブな感情を喚起し、また眉間に皺をよせればネガティブな気分を引き起こすのである。情けは人のためならず、笑顔も人のためならずといえよう。

心理学、生理学、人類学、社会学の歴史のなかで、笑顔は研究対象とされてきた。筆者は暮らしや産業のなかでプラス α の価値（感性価値）創造をサポートする感性工学の領域で、感性形成を目指した笑顔の仕組みと創出に関する研究に従事している。ここでいう、感性とは、人と人との関係性を育む能力である。笑顔の分析を通して、笑顔の形を知り、笑顔の仕組みを学び、心の喜ぶ笑顔を増やすことを目標としている。ただ笑顔をつくることから、魅力的な笑顔を生み出すという、スマイルデザインを提案してきた。そこで人と人との関係性を深め、記憶に残る笑顔にはどのような特徴があるのか、顔の幾何学的特徴と表情筋活動パターンとの関係から解説したい。

本物の満面の笑顔だけが精神的、身体的な健康上の恩恵につながる可能性は高い。一般的に「デュシェンヌスマイル」（19 世紀のフランスの神経学者デュシェンヌにちなんで名づけられた）と呼ばれるこうした笑顔では、口や目の周りの筋肉活動が高く、目が笑っているところからの表情と表現される。これとは対照的に、不自然な笑顔や社交辞令的なほほえみはノンデュシェンヌスマイルと総称とされる (Fig. 2)。アルカイクスマイル（古代ギリシアのアルカイク美術の彫像に見られる表情にちなんで）やパンナムスマイル（航空会社のスチュワーデスの社交辞令的な表情にちなんで）と呼ばれることもある。ノンデュシェンヌスマイルでは口の周りの筋肉のみが活発化するとされている。表情研究の第一人者である P・エクマンは、デュシェンヌスマイルは自然に発生する喜びに関連した「ポジティブな心理や脳の変化を生み出す」と指摘する⁹⁾。筆者が取り組んできた、デュシェン

Fig. 1 Happy Face Photo (Nakamura, T. Since 2001)

* 2014 年 1 月 20 日

** 早稲田大学人間総合研究センター宮崎正己研究室
〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15
E-mail: educoach507@kurenai.waseda.jp

Fig. 2 Duchenne smile and Non-Duchenne smile

スマイルとノンデュシェンヌスマイルのプロポーシオンや幾何学的特徴の違いについてははじめに紹介しよう。

2. デュシェンヌスマイルに表出する黄金比

顔貌は個人によって大きく異なり、瞳の色、肌の色、眉の太さ、顔の輪郭のどれ1つをとっても他人と同じ者はいない。ところが喜怒哀楽などの表情の認識では、いかなる人種や民族の顔形態の違いにおいても感情の共通認識が得られている。つまり顔には多様な情報が含まれているが、その認識においては部位によって重要性に偏りがあるといえる。表情によって大きく変化する部位ほど重要性が高いとすれば、笑顔における眼と口が魅力の要因であることが理解できる。菅原らの調査¹⁰⁾によっても笑顔における眼と口の知覚における優位性が示されている。

はじめに笑顔の魅力を目と口の形状ではなく、眼と口の相対位置に求める。Fig. 3に示すように笑顔画像の眼と口を2値化処理によって強調して外眼角と口角の位置を求め、外眼角を上辺の端点とし、口角を通過する線分を下辺とする矩形をあてはめる。外眼角、口角よりあてはめられる矩形を表情矩形と仮称する。このように実際にはない図形や輪郭を想定することは、人の視覚機能の特性に基づいた行為である。物理的に非等質な平面に輪郭が知覚され、さらにそこから特定の図形が浮かび上がることはカニツァの主観的輪郭図形として知られている。

この笑顔の表情矩形の特徴を知るために矩形の縦横の長さの比を求めた。Fig. 3に示した被写体のデュシェンヌスマイルの画像におけるアスペクト比を算出すると、1.63となった。これは黄金比1.62 ($\phi = 1.618$)に極めて近い値である。いかえれば、被写体は笑顔の形成によって顔に黄金比を表出していたことになる。この知見を広げて調査をしたところ、成人男女のデュシェンヌスマイルには黄金比が表出することが示唆された¹⁰⁾。

人体プロポーシオンに幾何学的な美しさを求め、黄金比を見出すことはマティラ・ギカが先駆的に取り組んでいる¹¹⁾。今日では一般的に顔のプロポーシオンに黄金比

Harmonic Analysis of Normal Face

Duotone Image of Duchenne Smile

Fig. 3 Golden Proportion for Facial Beauty

が存在する人は小顔で美しいとされ、美容整形などの目安ともなっている。マティラ・ギカの分析図を表情にまで広げたこの研究により、人は顔形態の美醜に関係なく、自ら笑顔をデザインして美を発信していることがわかる。また無意識的に笑顔の美を受信していることになる。今後も研究、調査の余地はあるものの、笑顔が視覚感性に訴えかける1つの根拠になりうるものと期待している。

3. 眼裂形状の分析

つぎに、デュシェンヌスマイルの目の形状特徴を明らかにする実験について紹介したい。まず写真家が撮影した120枚の笑顔の目の画像から、魅力度の高い7画像(魅力的な眼:デュシェンヌスマイル)と、魅力度の低い7画像(非魅力的な眼:ノンデュシェンヌスマイル)をアンケートによって抽出した(Fig. 4:一部を掲載)。そこからパネルが14の眼の(魅力的・7画像と非魅力的・7画像)の輪郭をトレースした。トレースした眼の輪郭から、上眼瞼、下眼瞼とそれらに囲まれた眼裂部分の特徴量を算出し、魅力的な眼と、非魅力的な眼で特徴量を比較した。結果として、魅力的な眼の上眼瞼と下眼瞼の傾きは、非魅力的な眼より小さかった。また、眼裂の面積、円形度、幅、針状度などにおいて有意差が見られ、魅力的な眼の眼裂が狭いことを示した¹²⁾。これらの幾何学的特徴をさらに主成分分析にかけ、魅力の判断における優先順位を求めたところ、上眼瞼が滑らかで、眼裂が狭く、下眼瞼が直線的であることが決め手であることがわかった。笑顔の眼の魅力、つまりデュシェンヌスマイルは狭い眼裂と穏やかな眼瞼ラインが特長である。笑顔のアイコンや絵文字((^ ^), (^o^), (^v^))では

Fig. 4 Analysis of Eye Shape in Smiles¹²⁾

目の形状は円弧で表現されることが多い。この実験結果とアイコンの表現を対応させると、笑顔の上眼瞼の形状が感性情報として強調されていることが推察できる。笑顔のシンボリックな表現の根拠を裏付けることができたといえる。

4. 開口形状の分析

もう一つの笑顔の魅力部位である口の形状については、パターンの分類と印象評価の報告があるものの特徴の詳細についてわかっていない。そこで、眼裂形状の分析と同様に魅力の異なる笑顔の開口形状から面積、左右面積の一致率、周囲長、針状度、円形度、上唇と下唇境界線の傾きを算出して比較し、魅力の判断要素となる形状特徴量を明らかにする実験を行った¹³⁾。

100名(男女各50)の笑顔写真を撮影し、パソコン上で開口部分形状をトレースして抽出した。開口部形状画像100枚に対して、大学生30名(男女各15名)が形状の魅力度を7段階で評点化し、総合点を基に順位づけを行った。魅力得点の高い開口形状画像10枚(口形状A

群)、低い開口形状画像10枚(口形状B群)を分析対象の試料とした。特徴量の比較の結果、眼裂形状の結果とは異なり円形度や針状度に差はみられなかった。しかし Fig. 5 に示した下唇の傾きについて、1%水準の有意差が得られた。下唇の区間2における傾きはA群で -0.50 ± 0.11 、B群で -0.23 ± 0.07 となり、A群が2倍以上の変化率であった。区間5においてもA群で 0.53 ± 0.10 、B群で 0.23 ± 0.11 となり、A群が2倍以上の変化率であった。

面積の大小は関係なく、下唇の傾きに魅力の判断要素があることが明らかとなった。この実験においても、笑顔のアイコン形状の特徴である、円弧を反映した結果が得られたといえる。

5. 顔面筋電図測定

顔面の特徴点の変化と解剖図をもとにすれば笑顔の形成機構を予想し仮定することはできる。ところが人間の

Fig. 5 Analysis of Open Mouth Shape in Smiles

Fig. 6 Facial Electromyography

Fig. 7 Innervation Zones of Facial Muscles Estimated by Using Multichannel Surface EMG

筋や神経系は、人によって異なる部分や不明な場合が多いため、笑顔のメカニズムの詳細は明らかではない。デュシェンヌスマイルとノンデュシェンヌスマイルの表情筋活動の違いはなにか、笑顔づくりのエクササイズを効果的に行っていくために、笑顔をつくる表情筋活動パターンを明らかにすることが必要となる。

表情筋活動を非侵襲的に測定するうえで、表面筋電図は簡便で欠かせない記録方法となる。しかし、顔の筋電図 (Fig. 6) に限ってはいくつかの制約が存在し、そのために敬遠されがちである。まず、表情筋は四肢や体幹の骨格筋に比べて小さく密接している皮筋であるため、小型の電極で測定しなければいけない。また、表情の形成にともなって皺ができることで、貼付した電極が剥がれやすいことが挙げられる。そして一番の測定上の問題は、これまで電極の正確な貼りつけの位置が示されていないことである。表面筋電図の記録では、二つの電極を測定する筋線維の走行方向に対して並行に配置しなければならない。さらに神経と筋の接合部位である神経筋接合部がまとまった領域を神経支配帯 (Innervation Zone) と呼び、この神経支配帯をまたいで電極を配置すると、検出した電位が相殺されて過小評価されてしまうのである。神経支配帯や腱組織をはずして電極を貼付しなければならないが、顔面筋ではこれまでに神経支配帯の有無や分布がわかっていなかった。

そこで、顔面筋測定用に小型のアレイ電極を作成し、筋電位多点計測法を用いて、顔面筋活動の測定可能部位の特定を試みた (Fig. 7)。アレイ電極を用いることで、筋の活動電位 (motor unit action potential: MUAP) の空間的な広がりを可視化できる。その結果、大頬骨筋、咬筋、鼻根筋の筋電図測定で神経支配帯が影響を与えることがわかった¹⁴⁾。さらに、咬筋活動が他の表情筋測定部位からも記録されてしまうクロストーク現象がみられた。顔面筋活動の測定では、これらに十分配慮した測定が求められる。

6. 笑顔の表情筋活動パターン

笑顔はその強度の違いによって印象が異なり、表情筋収縮力の強弱の幅に無数の笑顔が存在するため段階的な強度を規格化したり、維持したりして表情筋活動を計測することが難しい。そこで、笑顔の主働筋であり随意的な筋収縮が容易な大頬骨筋 (zygomaticus major) の筋活動を筋電図で捉え、その積分値をリアルタイムで被験者に呈示することで、一定強度の笑顔の生成と保持を可能にした。被験者に大頬骨筋の最大随意収縮活動を100%とした、75%、50%、25%の筋活動による表情をさせ、作為的に強度が4段階に異なる笑顔をつくりだし笑顔の表情筋活動の計測を行った¹⁵⁾。

被験者は役者などの表情形成に関するスキルのない3名の成人男性とした (被験者A、被験者B、被験者C)。筋電位多点計測法で明らかにした表情筋活動の測定可能領域を対象とした。被験者の顔面右側の大頬骨筋上に直径3.5mmの皿型表面電極を電極中心間距離15mmで2つ貼付した。筋電位を2000倍に差動増幅してサンプリング周波数1000Hzでコンピュータに取り込み、1秒毎の筋電位の積分値を液晶ディスプレイで被験者に呈示した。積分値を一定に保つことを被験者に訓練させ、維持が可能となった段階で計測を試みた。

大頬骨筋活動の最大随意収縮 (Maximum Voluntary Contraction: MVC) 時の最大笑顔、その75%の強い笑顔、50%の中程度の笑顔、25%の弱い笑顔筋力調節でつくりだした。被験筋は笑顔の特徴である眼の開閉、頬の隆起、口の形状変化に関係する、眼輪筋 (orbicularis oculi)、上唇挙筋 (levator labii superioris)、笑筋 (risorius)、口輪筋 (orbicularis oris)、下唇下制筋 (depressor labii inferioris) とした。大頬骨筋活動の強度維持が行えた時間のうち6秒間を計測の対象とした。得られた筋活動は整流化し、各表情筋の最大随意収縮時の筋活動で規格化して% MVCを算出した。

Fig. 8 Facial Muscle Activity Patterns of Smiles¹⁵⁾

また3名の笑顔の写真をもとに、デュシェンヌスマイル、ノンデュシェンヌスマイルの判定を行った。先述の表情矩形アスペクト比、眼裂の針状度、下唇の傾斜度、さらには表情判定員28名の主観的な評価を総合すると、被験者Aはデュシェンヌスマイル、被験者B、Cはノンデュシェンヌスマイルであることが読み取れる。

Fig. 8の笑顔の表情筋活動パターンをご覧ください。まずデュシェンヌスマイルである被験者Aは大頬骨筋の他に、下唇下制筋を60% MVC使っていることが特徴的である。頬の筋肉の収縮により口角は斜め上方に引き上げられる。下唇下制筋の収縮は下唇を下方に引き下げ、デュシェンヌスマイルの大きな開口形状をつくることになる。ノンデュシェンヌスマイルの被験者は、この下唇下制筋が使えておらず、下唇の傾斜度に影響していることが推察される。つぎに被験者Aの口輪筋も60% MVC活動しているが、これは頬の筋肉活動の拮抗活動である。また笑筋も80% MVCを超え、口角の動きに関係する筋活動が盛んである。この結果で注目すべきデュシェンヌスマイルの表情筋活動は眼輪筋である。15% MVCを下回り、極めて小さい。これまで、デュシェンヌスマイルの特徴である「眼が笑っている（眼裂が狭い）」ことは、眼輪筋の収縮によるものだと考えられていた。しかし、この実験結果からわかるのは、眼の周りの筋肉はリラックスし、頬の挙上による圧縮ひずみで眼裂が狭まり、三日月型の笑顔の目の形状がつくられていることである。

ノンデュシェンヌスマイルの被験者Bと被験者Cの違いについて述べたい。被験者Bは最大の笑顔強度が弱いタイプのノンデュシェンヌスマイルである。多くの表情筋活動が50% MVC以下である。それに対して、被験者Cは口輪筋、笑筋を十分に利用している。しかし、下唇下制筋の活動は小さく、上唇挙筋の活動が極めて大きいのが特徴的だ。特に上唇挙筋は怒りの表情で使われる筋肉である。笑顔に他の表情が混じり、判定に影響した例と考えられる。

7. 随意的な笑顔の形成能力

ヒトは意図的に笑顔をつくる際に、自らの意識とは異なり、その笑顔の強度が低減し、笑顔のカタチが違和感のあるものになることがある。そこで日本人の若者の随意的な笑顔形成能力の実態を明らかにする調査を行った。

先述の笑顔の魅力と関係する3つの顔の幾何学的特徴（(a)表情矩形アスペクト比：両外眼角、両口角を補間する仮想矩形の縦横比、(b)眼裂の針状度、(c)開口部下唇傾斜度）情報を用いてデュシェンヌスマイルとノンデュシェンヌスマイルの判定基準とした。表情矩形アスペクト比は主に口角の挙上を反映し、その値が大きいほど、愛らしい笑顔の印象を与える。眼裂の針状度は眼の細さを表し、値が大きいほど自然な笑顔の印象を与える。開口部下唇傾斜度は開口形状の審美性を反映し、値が大きいほど笑顔の美しい三角形状の口裂が好印象を与えることを示す指標である。エクマンの解釈とは別に一連の笑顔の形状の分析結果を参考にして(a)が1.55、(b)が5.0、(c)が0.4以上を満たす笑顔デュシェンヌスマイルと再定義した。

大学生100名を対象にできるだけ強い開口の笑顔の形成を促して写真撮影を行った結果、(a)を満たす被写体が18名、(b)を満たす被写体が2名、(c)を満たす被写体が43名、すべてを満たすデュシェンヌスマイルの被写体はわずか1名であった。実験環境下の緊張があるとはいえ、顔の下部、口周りの筋肉を動かすことは容易であるが、頬を挙げ、目もとを緩めることは難しいことがわかった¹⁶⁾。

8. おわりに

笑顔は視覚感性に訴える優れたデザインであり、心身を癒す力がある。しかし、社会におけるコミュニケーション形態の急激な変化によりその笑顔をつくる力が低下していると危惧される。また、笑顔や笑顔づくりには多くの偏見や誤解が存在する。笑顔の研究をしていよ

く「つくり笑顔でもいいのか？」という素朴な質問を受ける。答えはイエスである。自然に素敵な笑顔，デュシェンヌスマイルができる人はそれでいいかもしれない。しかしそうでないならば，鏡で口角の動きをチェックしてみるくらいの努力は必要だろう。京都大学の第16代総長で脳神経解剖学の平澤興先生は，次のように述べている。「多くの人は，自分の顔は自分だけのものだと思っているようで，私も以前はそんな風に考えていた。しかし，どうもそうではない。明るい顔が周囲を明るくし，暗い顔が周囲を暗くすることなどを想うと，自分の顔は自分のものであって，同時に社会のものである。お互いに明るい顔で，この世を少しでも多く明るくしようではないか。」¹⁷⁾

対人印象において無表情はゼロの状態ではなく，マイナスの状態だ。わずかでも表情筋の収縮がなければ，どんどん顔の肉は重力の影響で落ちてくる。ほおっておくと不機嫌な顔になりかねない。デュシェンヌスマイルまでいかなくとも，普段から意識して，少し口角を上げてみる。「ほんのちょっと」口元を意識してみる。それだけで顔の印象は見違えるように良くなる。笑顔は意志の産物であり，顔は人々の記憶に残る心地よい像へと変わるだろう。

人々が笑顔を魅力的に感じる要因が少しずつではあるが明らかとなってきた。今後も笑顔の分析から，魅力的な笑顔のデザインを考究しコミュニケーションにおける感性価値の創造に挑戦していきたい。さらに顔，表情を含めたオーガニック形状の特徴を様々なデザインに取り入れる試みと，笑顔のフェイシャルエクササイズの開発を研究の展望としたい。

謝辞

本研究の一部は，科学研究費補助金（若手研究(B) No21700245）の助成を受けた。また貴重な写真を写真家の中村年孝氏に提供していただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) D・カーネギー：人を動かす，創元社(1999)，pp.91-102.
- 2) GuéGueN, N.: The Effect of a Woman's Smile on Men's

- Courtship Behavior, SOCIAL BEHAVIOR AND PERSONALITY, Vol.36, No.9(2008), pp.1233-1236.
- 3) 西川三恵子：第一印象に関する意識についての調査・研究，名古屋経営短期大学紀要，Vol.45(2004)，pp.53-58.
- 4) Hager, J. C., Ekman, P.: Long-distance transmission of facial affect signals, Ethology and Sociobiology, Vol.1, (1979) pp. 77-82.
- 5) Boucher, J. D., Carlson, G. E.: Recognition of facial expression in three cultures, Journal of Cross-Cultural Psychology, Vol.11 (1980), pp.263-280.
- 6) 中村年孝：あなたの写真を撮らせてください！写真作品『Happy Face Photo』，日本顔学会誌，Vol.6, No.1 (2006)，pp. 9-16.
- 7) Hess, U., Kappas, A., McHugo, G. J., Lanzetta, J. T., & Kleck, R. E.: The facilitative effect of facial expression on the self-generation of emotion, International Journal of Psychophysiology, Vol.12(1992), pp. 251-265.
- 8) Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S.: Inhibiting and facilitating conditions of facial expressions: A non-obtrusive test of the facial hypothesis, Journal of Personality and Social Psychology, Vol.54(1988), pp.768-777.
- 9) Ekman, P., Davidson, R. J., Friesen, W. V.: The Duchenne Smile: Emotional Expression and Brain Physiology II, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 58, No. 2 (1990), pp. 342-353.
- 10) 菅原徹，山田昇，佐渡山亜兵，上條正義，細谷聡，井口竹喜：魅力的な笑顔に表れる幾何学的特徴，日本感性工学研究論文集，Vol.5, No.1(2004)，pp. 53-58.
- 11) Ghyka, M.: The Geometry of Art and Life, Dover Publications, INC.(1977)，pp.101-102.
- 12) Sugahara, T., Yamada, N., Sadoyama, T., Kamijo, M., Iguchi, T., Nakamura, T.: Analysis of the Relationship between An Attractive Smile and Eye Shape, Kansei engineering international, Vol.7, No.2(2008)，pp.155-161.
- 13) 菅原徹，川村茜，上條正義，笑顔のかたちを知る-開口形状の特徴分析からのアプローチ-，日本感性工学会大会予稿集，Vol.10(2008)，21A-05.
- 14) Sugahara, T., Sadoyama, T., Hosoya, S., Kamijo, M.: Innervation Zones of the Facial Muscles Estimated by Using Multichannel Surface EMG, 15th Congress of the International Society of Electrophysiology & Kinesiology (2004)，pp.107-110.
- 15) 菅原徹，山田昇，佐渡山亜兵，上條正義，細谷聡，井口竹喜：笑顔のメカニズムの解明-表情筋活動と表層変化の計測-，日本感性工学研究論文集，Vol.5, No.2(2005)，pp.47-54.
- 16) 菅原徹，伊東千華子，宮崎正己：顔の幾何学的特徴を用いた自発的笑顔形成能力の実態調査，日本感性工学会大会予稿集，Vol.12(2010)，1H1-6.
- 17) 平澤興：世の姿・心の姿，法蔵館(1971)，pp.101-104.