

魅力的な笑顔に表れる幾何学的特徴

Geometrical Features of the Attractive Smile

井口 竹喜*
Iguchi, Takeyoshi

菅原 徹**
Sugahara, Toru

佐渡山 亜兵***
Sadoyama, Tsugutake

上條 正義***
Kamijo, Masayoshi

要旨

この研究の目的は、顔の幾何学的な特徴を測ることによって魅力的な笑顔の要因をはっきりさせることである。笑顔の幾何学的な特徴は両眼角（目の端）をつないだ直線とその両顔角から垂直に降ろした直線と口角（口の端）をつないだ直線によって構成される矩形のアスペクト比が黄金分割の比率（1.618）の近似値となることが分かった。さらに魅力的な笑顔と魅力のない無表情の矩形のアスペクト比に関して、比較の実験をした。すなわち魅力的な笑顔の比率が1.60に集中し、黄金分割の比率の近似値であった。一方、魅力のない無表情のアスペクト比は個人差を持ってばらつき、平均値は1.56であった。それは黄金分割の比率とは異なっていた。この研究の結果により、それぞれの人の特徴にかかわらず、魅力的な笑顔の表情の特性を明らかにできた。

Abstract

We measured the human face in search of objective geometrical features that correlated with subjective recognition of attractive smiles. We observed that the aspect ratio of a rectangle superimposed on a smiling human face (two corners being the outside corners of the eyes, the bottom being a line drawn through the corners of the mouth) approximated 1.618: the golden ratio. We also compared the rectangular aspect ratios of smiles rated subjectively as less or more attractive, and found that the aspect ratios of the most unattractive smiles were only about 1.56, but those of the most attractive smiles were about 1.60, closely approaching the golden ratio. We conclude that anyone, regardless of facial features, can tap the beauty of the golden ratio to form an attractive smile.

1 はじめに

コニカミノルタは135年余の写真領域での事業の歴史の中で、画像の入力から出力までの技術を蓄積してきたが、同時に写真の対象あるいは撮影行動についても関心を持ってきた。

一般の写真の6割以上は人物写真であるが、その中でも笑顔の写真が求められていることは、写真の撮影の際の合言葉が「チーズ」であることにも象徴されており、我々は笑顔というものに関心を持ってきた。

一方、写真分野に限定しなくても、笑顔は人を惹きつけ、心を和ませる幸福のシンボルであり、多くの関心を集め議論されてきた。例えば、遺伝子学者の村上和夫教授は笑いが健康への遺伝子をオンにし、免疫ホルモンNKキラーが増加する実験を発表し、精神科医の齋藤茂太は「女の笑顔は女の履歴書」と言って笑顔の心身への効果を賛辞している。¹⁾ また、ファッション誌では魅力を上げる笑顔の作り方が特集され、ビジネスにおいてもデザインニードやマクドナルドなど笑顔をキーワードにサービスの向上や経営哲学を展開する例が少なくない。

しかし、笑顔についてはこれまで感性領域の問題として扱われてきたため、その解釈が多岐に渡っている。笑顔は曖昧であり、一環した規則性がないためにその認識を共有することはできていない。そこで、感性工学を取り入れ、人々を魅了する笑顔がどのような幾何学的特徴を持っているかを数値的に明らかにする。笑顔の特徴が明らかになれば、個人の笑顔の測定が可能となるばかりでなく、写真撮影時に魅力的な笑顔の形成をサポートするシステムへの利用が期待できる。

2 笑顔の幾何学的特徴

2.1 笑顔における魅力の認識部位

人は笑顔のどの部位に魅力を感じるのか。本研究では笑顔の魅力を分析するにあたり、顔を12領域に分割して、人が笑顔のどの部位に魅力を感じるかについてアンケートを行った。採用した笑顔の画像はFig. 1に示した男女の大学生の顔写真である。分割領域は、A：顔の輪郭、B：額、C：眉、D：眉間、E：眼、F：目尻、G：鼻、H：頬、I：鼻唇溝、J：口元、K：口（唇）、L：

*コニカミノルタテクノロジーセンター(株) デザインセンター

**信州大学大学院工学系研究科

***信州大学繊維学部

本論分は第5回日本感性工学会大会のポスターセッションにて既報告

顔とした。アンケートは男性画像に対して50名の回答者に、女性画像に対して31名の回答者に「最も魅力的に感じる笑顔の部位を12領域から選ぶ」ことを求めた。

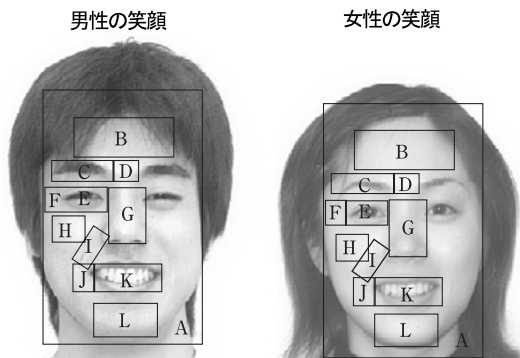


Fig.1 Sample from attractiveness recognition questionnaire

回答の結果をFig. 2に示す。男女ともに最も魅力的に感じる笑顔の部位は眼である回答を得た。眼に次いで魅力ある部位は口であり、口元、目尻などの眼と口に付随す

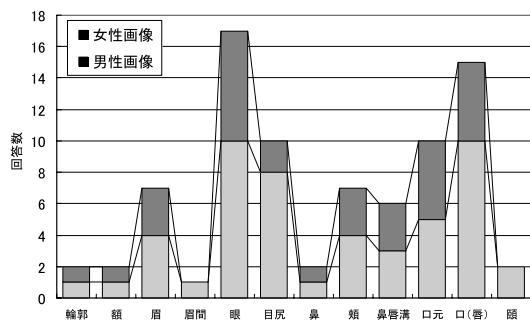


Fig.2 Factors of smile attractiveness

る部位も笑顔の魅力要因として大きかった。眼と口に関する部位が回答総数のおよそ64%を占める結果となった。眼球運動と絵の知覚の先駆者であるヤルプスも少女の笑顔の写真を用いて行った眼球運動と注視部位に関する実験で目、口、輪郭に視点が集中していたことを報告している²⁾。笑顔の魅力のキーワードは眼及び口と考えることができる。

2. 2 笑顔に表出する矩形

顔は個人によって大きく異なる。目の形状、瞳の色、肌の色、眉の太さ、顔の輪郭のどれ一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。この表情認識に関しては、エクマンの数々の研究が有名である³⁾。同様に漫画やイラストで描かれる単純な顔や表情も非言語として異文

化間での共通理解を得ることができる。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用性が高いと仮定すれば、笑顔における眼と口が魅力の要因であることを理解できる。

本研究では笑顔の魅力を目と口の形状ではなく、目と口の相対位置に求めた。Fig. 3に示すように笑顔画像の目と口を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。このように笑顔には実際ない図形や輪郭を想起することは、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上に輪郭が知覚され、さらにそこから特定の図形が浮かび上がることはカニッツァが主観的輪廓図形として報告している⁴⁾。

この笑顔の表情矩形の特徴を知るために矩形の縦横長さ比(アスペクト比)を求めた。Fig. 3に示した被写体TSの笑顔の画像におけるアスペクト比を算出すると、その値が1.615となった。これは黄金比1.618に極めて近い値である。いいかえれば被写体TSは笑顔の形成によって顔に黄金矩形を表出していたことになる。

1 : 1.618の黄金比は建築、絵画、音楽などに用いら

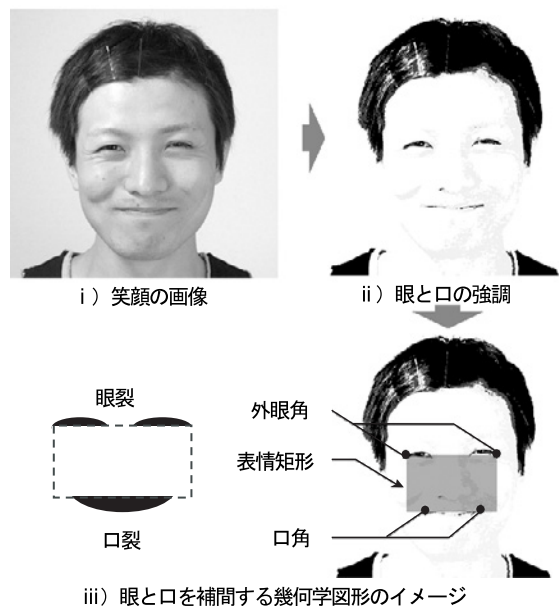


Fig.3 Rectangle governing attractiveness a smile

れ、さまざまな美の世界で応用されている。黄金比 (golden mean), または黄金分割 (golden section), あるいは黄金数 (golden number) と言ういい方は新しく、起源は不明であるが19世紀初頭のドイツで使われ始めたといわれている⁵⁾。それ以前は中外比 (extreme and

mean ratio), 神性比例 (divine proportion), あるいは連続比例 (continuous proportion) と呼ばれ, その数学的な発端はユークリッドの「原論」や同時代のギリシア数学にあるとされている⁶⁾。現在では美術作品に補助線を入れて構図を分析し, 各作品に潜んでいる黄金比を見つけ出す試みが行われている⁷⁾。この黄金比で出来る特殊な矩形が黄金矩形である。この矩形はさまざまな矩形のなかで最も美しいとされ, フェヒナーをはじめとする心理学者も調査を行い, そのことを明らかにしている⁸⁾。

これらの知見を踏まえて仮説を立てた。すなわち笑顔の魅力は, 眼と口が構成する主観的な図形の美しさにある。この仮説を検証するために笑顔に表れる矩形について調査を行った。

3 笑顔と無表情における幾何学的特徴(調査 I)

3.1 調査方法

無表情時の表情矩形と笑顔の表情矩形の特徴を比較した。調査試料には20名の成人男女(男性10名, 女性10名)の無表情時と笑顔の正面写真画像を用いた。試料とした写真画像は, 被写体の2m前方に三脚で固定したデジタルカメラ(DIMAGE7i: MINOLTA社製)により正面から撮影された。無表情の写真は, 開眼でリラックスした状態を被写体に求め, 撮影後に画像を被写体に提示して喜怒哀楽の感情が読み取れないと判断されたものを調査試料とした。笑顔の撮影は出来る限り自然な笑顔を撮影することを意図し, 撮影者が被写体に話しかけてコミュニケーションをとりながら, 任意のタイミングでシャッターを切った。笑顔は5分間の撮影のなかで最も笑顔の強度が強いと思う画像を撮影者が選び, 調査試料とした。

3.2 調査結果

撮影した写真画像をコンピュータに取り込み, 20名の無表情と笑顔の写真試料の表情矩形アスペクト比を算出し, その結果をヒストグラムに示して比較した(Fig. 4)。図の水平軸のアスペクト比は階級の下限值である。無表情のアスペクト比はばらつきが大きいことがわかった。最小値は1.26, 最大値は1.54となった。これに対して笑顔のアスペクト比はばらつきが少なく, 最小値は1.57, 最大値は1.73となった。アスペクト比1.60~1.65の階級に70%の試料が含まれた。

無表情と笑顔のアスペクト比の平均値を算出した(Fig. 5)。無表情のアスペクト値の平均は 1.40 ± 0.07 となり, 笑顔のアスペクト比の平均は 1.63 ± 0.04 となった。笑顔のアスペクト比の平均は黄金比(1.618)に近い値を示した。無表情と笑顔のアスペクト比に1%の危険率で優位差が認められた。仮説を裏づけるように, 笑顔には美の象徴である黄金矩形が表れることが確認された。

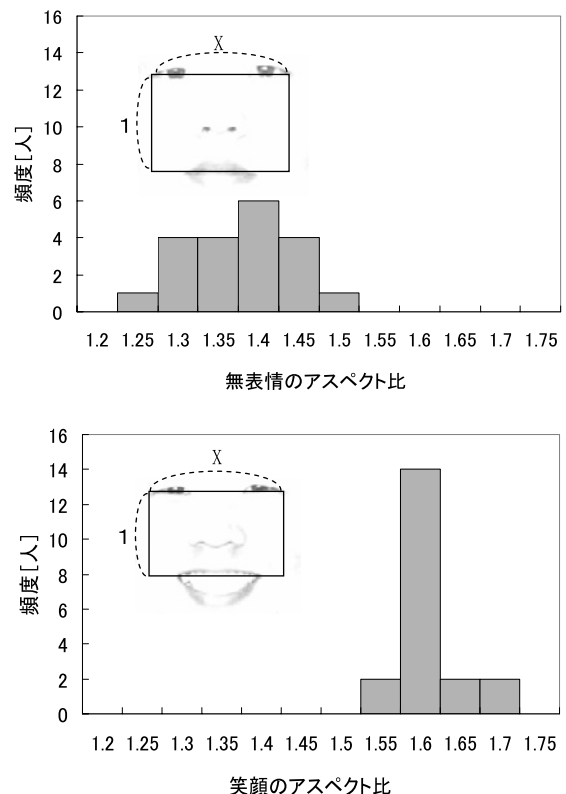


Fig.4 Comparison of aspect ratios by histogram (I)

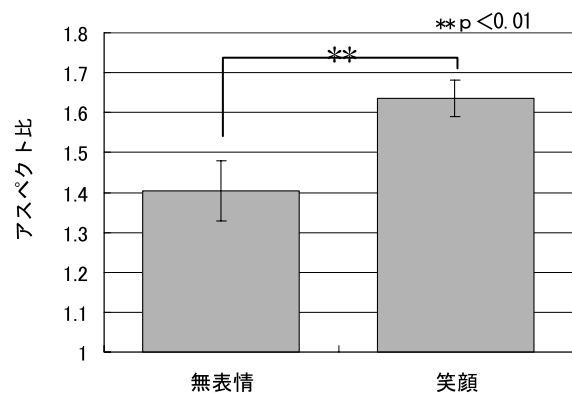


Fig.5 Mean aspect ratios of rectangles governing attractiveness a smile (I)

3.3 考察

無表情時にアスペクト比のばらつきが大きいことは個人の顔貌の違いが大きく反映されている。特に面長の顔の場合はアスペクト比が低くなることが考えられる。また一般的に童顔と言われる人の場合, アスペクト比は高くなる傾向にあるだろう。これは幼児期の顔の特徴から類推できる。両眼の間隔が離れていることや, 眼, 鼻, 口といったパーツが顔の低い部位にあり, 眼と口の間隔が狭いことが表情矩形アスペクト比を高くする⁹⁾。しかし無表情時のアスペクト比がさまざまな値を示すことに対して, 笑顔のアスペクト比が一定に収束する傾向にある

のは興味深い。この調査で無表情のアスペクト比が最も低い値 (1.26) を示した被写体NYの笑顔のアスペクト比が1.60であった。また、無表情のアスペクト比が最も高い値 (1.54) を示した被写体MYの笑顔のアスペクト比が1.62であった。前者のアスペクト比の変動幅が0.34であり、後者の変動幅が0.08である。このようにアスペクト比の変動が個人によって大きく異なることは、顔の形態に基づいた表情筋構造の違いによるものか、表情筋運動の優劣によるかのいずれかであると考えられる。

4 魅力に関する笑顔の幾何学的特徴(調査Ⅱ)

4.1 多様な笑顔の撮影

笑顔には黄金矩形が表れる可能性が示唆された。しかし笑顔は多様であり、全ての笑顔についてこの黄金比が表出するかは定かでない。写真撮影時に笑顔を撮ることを目的とした場合、ひきつった笑顔、苦笑い、半笑い、照れ笑いとといったようにさまざまな笑顔が撮られることは経験上予想ができる。笑顔の撮影は被写体の表情形成能力や撮影者の被写体とのコミュニケーションの状態に左右される。したがって必ずしも満足する魅力的な笑顔が撮影されるという保証はない。そこで、笑顔には魅力的なものとしてそうでないものの幅が存在することを考え、魅力的な笑顔と魅力のない笑顔のどちらにも共通して黄金矩形が表出するかどうかを検討した。

4.2 調査方法

20名の成人男女 (男性10名, 女性10名) を対象として、無表情 (1枚) と笑顔の正面写真 (5枚) の撮影を行った。試料とする写真画像は、調査Ⅰ同様の方法で撮影された。

はじめに無表情写真の撮影を行った。撮影した画像はパソコンの液晶ディスプレイ上に提示し、撮影者と被写体が共に感情が読みとれないと判断したものを実験試料A (無表情写真) とした。無表情写真が1枚撮れるまで、撮影を繰り返し行った。次に笑顔の写真撮影を行った。撮影者が「はい、笑って」という掛け声を発して、直後の被写体の表情を撮影した。無表情の撮影と同様に、画像をディスプレイに提示し、撮影者と被写体が共に笑顔と判断したものを実験試料とした。笑顔の写真は、5枚の笑顔の写真が撮れるまで撮影を繰り返した。笑顔の撮影終了後、撮影された5枚の笑顔写真画像に対して、被写体が自ら「魅力的に感じる笑顔」の順位づけを行った (1位~5位)。5枚の笑顔写真画像のなかで順位が最も低かったもの (5位) を実験試料B (ワーストスマイル) とした。被写体が最も魅力的だと感じた笑顔の画像 (1位) を実験試料C (ベストスマイル) とした。このように無表情、魅力の低い笑顔、魅力の高い笑顔の試料収集を行った (Fig. 6)。

つぎに実験試料A (無表情)、実験試料B (ワーストスマイル)、実験試料C (ベストスマイル) をもとにして、表情矩形のマッチングを行った。20名の実験試料A, B, Cの写真画像 (合計60枚) をパワーポイント上で提示した。5名の判定者 (男性2名, 女性3名) が、つぎの基準で提示された表情画像に矩形をマッチングした。

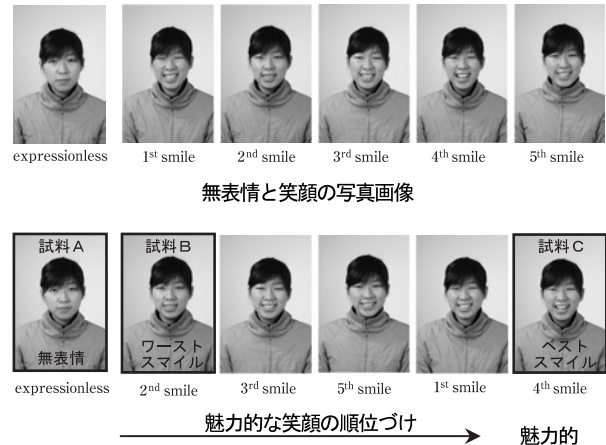


Fig.6 Subjective recognition of continuum of attractiveness a smile

- ・両眼の外側の端点 (外眼角) を結ぶ辺と矩形の上辺を一致させる。
- ・両口角を結ぶ辺と矩形の下辺を一致させる。
- ・左右の外眼角、口角の上下にズレが生じている場合は判定者の判断で矩形の上下の辺で近似する。

5名の判定者がマッチングした表情矩形のアスペクト比を算出し、その平均値を実験試料それぞれの代表値とした。この手法により矩形のマッチングにおける認識のわずかな違いを均一化した。

4.3 調査結果

20名の無表情、ワーストスマイル、ベストスマイルの表情矩形アスペクト比を算出しヒストグラムに示して比較した (Fig. 7)。図の水平軸のアスペクト比は階級の下限值である。無表情のアスペクト比の最小値は1.30, 最大値は1.57となり、最頻値は1.40~1.45の階級となった。ワーストスマイルのアスペクト比の最小値は1.49, 最大値は1.73となり、最頻値は1.5~1.55の階級となった。これに対してベストスマイルのアスペクト比の最小値は1.53, 最大値は1.70となり、最頻値は1.55~1.60の階級となった。

20名の無表情とワーストスマイル、ベストスマイルのアスペクト比の平均値を求めた (Fig. 8)。無表情のアスペクト比の平均は 1.40 ± 0.06 , ワーストスマイルのアスペクト比の平均は 1.56 ± 0.07 , ベストスマイルのアスペクト比の平均は 1.60 ± 0.05 となった。ベストスマイルは黄金比に近い値を示した。無表情はシルバー比に近い値を示した。ワーストスマイルは黄金比, シルバー比ともに異なる値を示した。無表情とワーストスマイル、無表情とベ

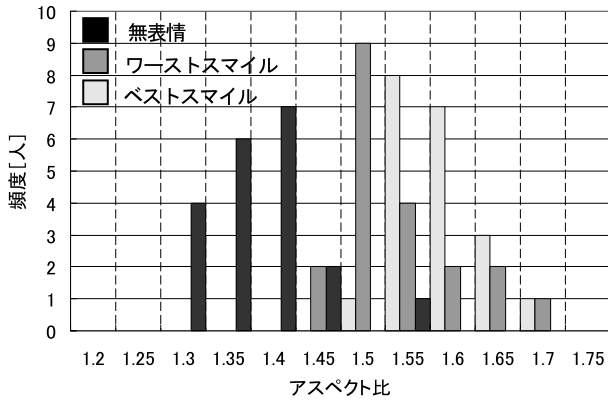


Fig.7 Comparison of aspect ratios by histogram (II)

ストスマイルに1%の危険率で優位差が認められた。ワーストスマイルとベストスマイルに5%の危険率で優位差が認められた。無表情、ベストスマイルは調査Iの結果と同様の傾向を示した。しかし、相対的に魅力の低いワーストスマイルに美的な幾何学図形は表出しなかった。

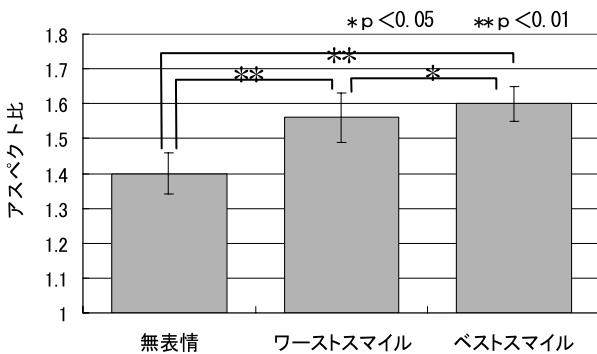


Fig.8 Mean aspect ratios of rectangles governing attractiveness a smile (II)

4. 4 考察

この調査でベストスマイルのアスペクト比は黄金比に近い値を示したものの1.618を下回り、調査Iの被写体とコミュニケーションの調査でベストスマイルのアスペクーションをとることで引き出した笑顔よりもその差が大きくなった。これは撮影方法が画一化され、「はい、笑って」という単調な掛け声に対する表情形成であったことから、口角が十分に引き上げられた強度の強い笑顔の試料が被写体から引きだせなかったことが原因と考えられる。またヒストグラムにおける、ベストスマイル、ワーストスマイルが最頻値と大きく異なる値を示した試料は、少数被験者の顔の形態特徴を反映した結果といえる。被験者AYは無表情のアスペクト比が1.57、ワーストスマイルが1.73、ベストスマイルが1.70だった。無表情のアスペクト比が他者の笑顔に近い値を示したことから、笑顔のアスペクト比においてもかなり高い値を示したと考えられる。

5 笑顔に表れる幾何学的特徴

人のプロポーションに幾何学的な美しさを求めることはマティラ・ギガが先駆的に取り組んでいる¹⁰⁾。彼は「我々が美しいと感じるものの中に人体がある」と述べ、人体における黄金比を見出している。顔についても、女性の頭部の縦横比や眼、鼻、口の相対位置のプロポーションなどで黄金比を見出している (Fig. 9)。今日では一般的に顔のプロポーションに黄金比が存在する人

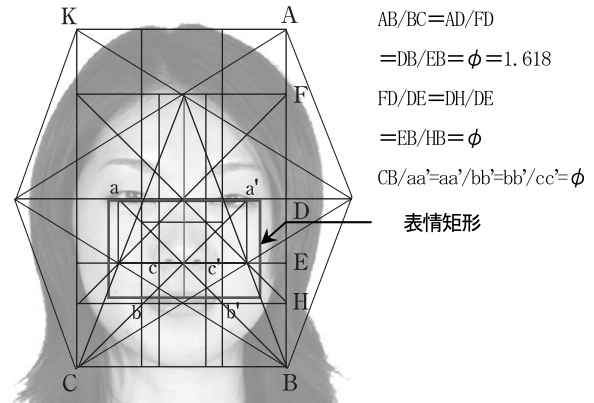


Fig.9 Facial analysis and Ghyka's rectangle governing attractiveness a smile

は小顔で美しいとされているが、表情美についての幾何学的特徴については見出されていない。本研究において、無表情の表情矩形アスペクト比の平均にシルバー比が見られたことは、ギガの取り組みの延長にあたるものである。これに対して、笑顔に黄金比が表れるという傾向は、顔の美学において新しい期待を持たせてくれる。なぜならば個人の顔の形態は生得的なものであり、整形手術などの特殊な試みがなされない限り美醜を変化させることはできない。本研究の結果は「人は魅力的な笑顔を形成し、デザインすることで美しさを自在に表現できる」ことを示唆している。

笑顔のデザインを考えた場合、どのようにすれば黄金比を有する表情矩形が表出するのか。調査IIの結果からもわかるように、顔の形態では個人差が大きいため、万人の魅力的な笑顔が黄金比を有するとはいえない。しかし、ワーストスマイルは明らかにベストスマイルに比べて表情矩形のアスペクト比が低く、笑顔の特徴に欠けていることがわかる。表情矩形のアスペクト比を変化させるのは外眼角の位置と、口角の位置である。このうち外眼角の位置は物理的には変化せず、笑顔によって眼裂が狭まることで認識位置が顔の外側にわずかに移動する程度である。アスペクト比を大きく左右するのは口角の位置にある。この口角を変化させるのが頬と口周辺の複数の表情筋である (Fig.10)。Fig.10中の矢印は予想される表情筋の収縮方向を示す。このうち大頬骨筋は口角の

斜め上方へのシフトに大きく関係している。したがってワーストスマイルは大頬筋の収縮が十分ではない笑顔であるといえる。さらに表情筋は複数に絡みあいその拮抗関係で表情が形成されることから、口角を顔の外側へ引っ張る笑筋や下方へ引っ張る口角下制筋の緊張が、口角挙上に影響したことが考えられる。さらに口輪筋の緊張により口の形状変化が抑制されることも、アスペクト比に関係することが推察される。

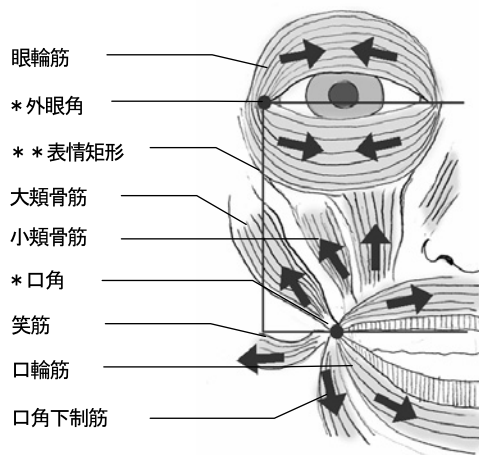


Fig.10 Facial striated muscle group controlling expression

調査Iのように、コミュニケーションによって自然で大きな笑顔を撮影した場合は、アスペクト比の平均も黄金比により近い。したがって大頬筋の筋収縮をスムーズに行うような表情筋トレーニングやマッサージ、また笑顔のでやすい環境づくりが魅力的な笑顔のデザインには必要であると考えられる。今後魅力的な笑顔をデザインするには表情矩形と表情筋活動の関係性に焦点をあてる必要があると考える。

笑顔は日常生活では意識することもなく、自然にあるものとして分析される機会も少ない。しかし今日の地球環境問題と同じように、意識しないまましていると知らず知らずその恩恵を失っていくことになるのかもしれない。本研究では、笑顔がいかにか我々を魅了するかを幾何学的な特徴に求めた。笑顔は黄金矩形に近い美を有すると考えられる。本研究の笑顔に表出する表情矩形は身の回りの美的図形と比べても遜色なく黄金矩形に近いことがわかる。書籍のカバーや名刺のデザインは、その内容や第一印象を効果的に伝える重要な感性情報を発している。同様に、顔に刻まれた皺や顔つきといったものは人の印象を左右する大切な役割を果たす。しかし意識されるこういった美の前に、無意識的に人の心を捉える黄金矩形などの価値を持たせることが重要だろう。笑顔はそういった感性コミュニケーションの媒介と見ることができる。

6 研究の課題と展望

本研究では正面写真画像を用いて笑顔の魅力要因の特定につとめた。そこには眼と口を構成要素とする矩形が仮想され、笑顔にはその矩形のアスペクト比に黄金比が認められた。それでは写真撮影において被写体の顔面とカメラのレンズに角度がある場合、表情矩形はどのようになるのだろうか。顔を斜めから撮影した場合、表情矩形のアスペクト値は正面撮影に比べて小さくなる。この笑顔の撮影角度と表情矩形のアスペクト値の関係が今後の課題となる。この課題においては顔を3次的に把握していくことが必要であろう。

本研究では笑顔の表情矩形のアスペクト比を日本人男女20名から算出したため、今後被写体の人数を増やして調査対象の範囲を広げる必要がある。人種や世界のさまざまな民族間で、笑顔の表情矩形の比較検討が望まれる。また、幼児や高齢者の表情矩形アスペクト比の調査から、年齢の推移が笑顔の幾何学的特徴に与える影響を明らかにすることも必要と思われる。

今後、これらの笑顔計測の研究をスタートに当社の写真で培ってきた画像技術である画像処理、立体画像、色度計測の固有技術と共に感性価値を高める感性技術（カンセイウエア）として開発に新たな視点を加えて展開していきたい。

謝辞

本研究は当社と信州大学繊維学部感性工学科との共同研究により進められたものであり、ご協力いただいた佐渡山研究室・上條研究室の皆様へ感謝いたします。

●参考文献

- 1) 齊藤茂太：私がこれまで「笑って生きて」こられた理由，新講社，24-26(2003)
- 2) Yarbus, A. L. : Eye movement and vision, Plenum, 1967
- 3) Ekman, P., Friesen, W.V. : Unmasking the face, MALOR BOOKS, Cambridge, 21-33(2003)
- 4) Kanizsa, G. : Subjective contours, Scientific American, **234**(4), 48-52(1976)
- 5) Herz-Fischler, Roger : A Mathematical History of the Golden Number, Dover Publications, INC., 137-168(1998)
- 6) Sir Thomas L. Heath : Euclid, The Elements, Vol.1, Vol.2, Vol.3, translated with introduction and commentary, Dover Publications, INC., (1956)
- 7) 柳亮：黄金分割，美術出版社，35-180(1965)
- 8) Huntley, H. E. : The Divine Proportion A Study in Mathematical Beauty, Dover Publications, INC., 25-64(1970)
- 9) 山口真美：赤ちゃんは顔をよむ，紀伊国屋書店，140-141(2003)
- 10) Ghyka, M. : The Geometry of Art and Life, Dover Publication, INC., 16(1946)