The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	対面場面における表情の同調的表出に関する形態測定学的検討
Author(s)	小森, 政嗣; 福井, 正昇; 長岡, 千賀
Citation	対人社会心理学研究. 2011, 11, p. 73-79
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/9735
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

対面場面における表情の同調的表出に関する形態測定学的検討

小森政嗣(大阪電気通信大学情報通信工学部)
福井正昇(大阪電気通信大学大学院工学研究科)
長岡千賀(日本学術振興会・京都大学こころの未来研究センター)

本研究では、対面場面における同調的表出を定量的に検討した。13組のペアが、しりとり課題を対面・非対面条件で行っているときの顔の時系列 3 次元形状をステレオカメラにより収録した。収録に先立ち、各実験参加者の目や口、眉毛などの位置に、22 点の標識点を配置した。各実験参加者の各瞬間における 3 次元標識点座標を、特徴点追跡手法および三角測量を用いて算出した。さらに、これらの標識点座標に対し、ペアごとに一般化プロクラステス分析(GPA)を適用し、各瞬間における各実験参加者の表情変化を多次元ベクトルとして表現した。この多次元ベクトル同士のコサイン類似度から、各ペア内の実験参加者同士の表情変化の類似度(すなわち同調的表情表出の程度)を算出した結果、対面条件では非対面条件よりも類似度が高かったことが示された。

キーワード:同調的表情表出、モーションキャプチャ、幾何学的形態測定学

序論

相互作用場面において、相互作用者の非言語行動が互いに類似することはよく知られており、同調傾向と呼ばれる(大坊, 1998; Nagaoka, Komori, & Yoshikawa, 2007)。その中でも特に他者の表情に対して同調的な表出をする現象は生後間もなくから観察され(Meltzoff & Moore, 1977)、また成人の間の相互作用場面においても観察される(例えば、Lanzetta & Englis, 1989)。他者の表情に対する同調的表出を示すことは、他者の感情を理解する上で重要な役割を果たしていると考えられてきた(Hess, Philippot, & Blairy, 1999)。

表情の同調的表出を検討した研究の多くは、表情刺激やサクラの表情表出による観察者の表情変化の特性を検討したものであり、そこでは表情を模倣される側と模倣する側の関係は固定されている。一方、日常的な相互作用場面においては、相互作用者の表情は互いに影響しあうと推定される。しかしこれまで、相互作用場面における表情表出の相互影響についてはほとんど検討されてこなかった。そこで、本研究では、相互作用場面における相互作用者の表情の同調的表出について分析を行う。

相互作用場面における身体的な同調傾向の生起には、視覚的情報だけでなく聴覚的な情報も大きく影響することが知られている。例えば、身体動作の同調傾向は、視覚的な手がかりがない音声コミュニケーションでも観察され(Kendon, 1970)、その同調の程度は視覚的な手がかりがある場面での同調の程度と変わらないことが示されている(Shockley, Santana, & Fowler, 2003)。このことを踏まえると、相互作用場面では、表情の同調性が音声に大きく影響されている可能性も否定できない。本研究では、相互作用者の同調的表情表出の程度を、対面場面と非対面場面で比較することで、表情表出と視覚的相互作用の関係を明らかにする。仮に、対面場面で非対面場面よりも同調的表出が強く生起するならば、表情の同調的表出は視覚的な手掛かりの影響を受けて生じていると言える。

表情の同調的表出を検討する上で最もよく用いられてきたのは、他者の表情刺激を提示された実験参加者の顔面の筋電図(EMG)を解釈するという手法である(例えば、Vaughan & Lanzetta, 1980, 1981; Dimberg & Lundqvist, 1988; Lundqvist, 1995; Hess et al., 1998)。EMG 法は、他者の情動を理解するための個人内プロセスに焦点を当てた研究においては有効な手法である。しかし、表情に関連した顔面筋の活動は、知覚される顔面の形態的変化と時間的にずれている可能性があるため、EMG 法は相互作用場面における同調的表出の検討に適しているとは言いがたい。また、EMG 法により多様な表情を解析する場合、多数の電極を装着する必要が生じ、結果的に表情表出が抑制されてしまうという問題も指摘されている(Cohn & Ekman, 2005)。

また、第三者が観察者の表情を、FACS(Ekman & Friesen, 1977)によるコーディング(Sato & Yoshikawa, 2007)や、基本 6 表情への分類(市川・牧野, 2004)などによって評価することで同調的表出を解析することも行われてきた。ただ、比較的長時間にわたる相互作用における表情の同調性を高い時間精度で解析しようとした場合、データが膨大になるため、このような手法を適用することは困難である。

そこで本研究では、標識点の 3 次元座標位置によって表現されたある瞬間の顔面形状を、その時点での表情と定義し、その時系列的データに基づいて、比較的長時間にわたる相互作用者の表情の同調的表出を定量的に評価することを試みる。3 次元標識点座標はステレオカメラ

により構成されたモーションキャプチャシステムにより取得し、この標識点座標をもとに二者の表情変化を比較する。

相互作用中の二者の顔面に配置された標識点座標の変化を比較する際に十分検討すべきことは、標識点座標の規格化の手法である。二者の顔面上の 3 次元標識点座標は、もともと異なる座標系で記述されており、また実験参加者同士の顔の大きさや形も異なる。さらに実験中に、各実験参加者の顔は移動しさまざまな方向を向く。このため、標識点座標値の変化で記述された両者の表情変化同士を単純に比較することはできない。比較するためには、3 次元標識点座標を座標系、顔の大きさ、顔の向きについて規格化する必要がある。これまで標識点を用いた顔の研究(例えば、Rowland & Perrett, 1995)の多くでは、特定の標識点座標をアンカリングポイントとする規格化が行われてきた。アンカリングポイントとしては瞳孔が用いられるのが一般的であり、その場合、すべての顔データの左右の瞳孔位置を同じくすることで規格化が行われる。しかし、このような手法を用いることは、(1) 取得されたアンカリングポイント座標の誤差や個人差に顔全体のデータが大きく左右される、(2) アンカリングポイントから離れた標識点ほど、座標値の分散が大きくなる、(3) アンカリングポイント間の距離を基準とした比変量の統計的有効性については多くの議論がある、といった問題がある。こうした問題を回避するために本研究では、幾何学的形態測定学の一手法である一般化プロクラステス分析(Generalized Procrustes Analysis: 以下 GPA とする)を用いて標識点座標の規格化を行う。GPA は、特定のアンカリングポイントを必要としない形状の規格化手法であり、2 次元や 3 次元の標識点座標データを近似的に多変量正規分布するとみなせる多変量データに変換することができる(Bookstein, 1991; Dryden & Mardia, 1998)。そのため、変換されたデータに対してはさまざまな統計手法を実行することが可能となる。GPA はこれまで、顔形状の分析(Fink, Grammer, Mitteroecker, Gunz, Schaefer, Bookstein, & Manning, 2005)や、顔形状と印象や評価との関係の検討(Komori, Kawamura, & Ishihara, 2009a, 2009b, in press)、表情表出過程の定量的分析(Komori, Fukui, Nagaoka, Katsumata, & Kawamura, 2010)、表情表出の文化比較 (上出・長岡・小森, 2010)に用いられており、動的な表情の同調的表出の分析においても有効な手法であると考えられる。

上記の手法を標識点座標に適用することによって、瞬間ごとの各実験参加者の顔面形状の変化はそれぞれ多次元ベクトルとして表現することができる。この多次元ベクトルの方向の相互作用者間の類似度を本研究では表情の同調的表出の指標とし、対面条件と非対面条件で同調的表出の程度を比較する。

方法

実験参加者

男子大学生 26 名(20–23 歳, 平均年齢 = 21.2, *SD* = .82)を 2 名 1 組とした計 13 ペアが実験に参加した。2 つの科目で実験参加者を募り、実験参加を希望した者から、互いに顔見知り同士をペアとした。実験はすべて 2010 年 11 月に行われた。

標識点

実験に先立ち、実験参加者の顔に 22 点の標識点をマーキングした(Figure 1)。これらの標識点には、18 点の解剖学的・機能的特徴点(眉(内側・外側・上側)、内眼角、外眼角、上眼瞼、鼻尖点、上唇点、口角点、下唇点、頤)が含まれる。また、頬の形状は表情の変化に伴って大きく変化する場合があるため、頬の上の 4 点も標識点に含めた。これらの 4 点は、真顔を正面から撮影した画像において、頤と鼻尖点を結ぶ線と垂直に交わり鼻尖点を通る線と、内眼角および外眼角からこの線に下ろした垂線が交わる点である。あらかじめ、各実験参加者の真顔をデジタルカメラにより正面から撮影し、すべての標識点の顔面上での位置を決定した後、各実験参加者の顔面の該当する各箇所に、直径が 4mm の球形の青く着色されたスポンジを接着した。

撮影

実験は、大学内の実験室で行った(Figure 2)。2 名の実験参加者はハーフミラーもしくは鏡を挟んで着座した。ハーフミラーもしくは鏡は実験参加者の約 0.5m 前方に設置されており、ハーフミラーを設置した場合には実験参加者は互いの顔を見ることができるが、鏡を設置した場合には見ることができない。

ハーフミラーもしくは鏡に反射した各実験参加者の表情を、平行に設置された 2 台のハイスピードカメラ(CASIO: EXILIM EX-F1)によりそれぞれ撮影した。撮影は 300 フレーム/秒、解像度は 512 × 384 ピクセルであった。2 名の実験参加者の表情を同時に撮影するため、4 台(2 台 ×2 名)のカメラを用いた。あらかじめ各カメラのセットごとに、チェッカーボードパタンを用いて歪み補正とステレオ平行化に関するパラメータを取得している。これらのパラメータの取得にはオープンソースのコンピュータビジョンライブラリ(OpenCV)を用いた。

また、ビデオカメラ(SONY: HXR-MC1)により、課題遂行中の実験参加者の映像および音声を実験参加者の頭上から収録した。

手続き

本研究では、発言量がペア内で不均衡になることや、

実験参加者双方もしくは一方が長い沈黙状態になることを防ぐため、しりとりを課題とした。2 名 1 組で構成される各ペアに、対面条件および非対面条件でしりとりを 2 分間行うという課題を行わせた。表情表出が生起しやすいように、しりとりは、4 文字以上の単語を用いるように指定し、課題の難度を高めた。

対面条件では、2 名の実験参加者の間にハーフミラーを設置した(Figure 2-A)。このため、実験参加者はハーフミラーを通して互いの表情をはっきりと見ることができる。また非対面条件では、ハーフミラーの代わりに鏡を設置し、互いの表情を見ることができないようにした(Figure 2-B)。ハーフミラーおよび鏡の面は実験参加者に対して斜めになるように設置したため、ハーフミラーや鏡に反射した実験参加者の表情をその実験参加者自身が見ることはできない。また実験参加者からハーフミラーや鏡を介してカメラなどの実験機材が見えないようにするため、カメラの周辺を暗幕で覆い、同時に実験参加者の顔面を昼光色のランプで照らした。

対面条件と非対面条件の順序はペア間でカウンターバランスを取った。映像の撮影および音声の収録をすることについて事前に実験参加者に了解を得た。

結果

標識点座標の取得

しりとり課題の開始直後は実験環境に不慣れであることなどの要因が表情表出に影響する可能性がある。そこで、両条件とも、各条件 2 分間行ったしりとり課題のうち、開始 1 分から課題終了までを解析区間とした。この解析区間中、対面条件では平均9.7回、非対面条件では平均9.2 回の発言があった。発言数に条件差は認められなかった($t(12) = .63$, $p = .54$)。また、しりとり課題に関連した単語の発話およびフィラー以外の発話はすべてのペアで認められなかった。

各実験参加者を撮影した2台のカメラそれぞれについて、得られた映像の各フレームの画面上の標識点座標(2次元)の追跡を行った。標識点追跡は標識点の色情報を用いて自作のコンピュータプログラムにより行った。さらに、この座標データをもとに、カメラパラメータ(主点、焦点距離、カメラ間距離、カメラ歪み補正係数など)を考慮して、3 次元の標識点座標(x, y, z)を三角測量によりフレームごとに求めた。さらに、各標識点座標について時間軸方向に窓長 100ms のメディアンフィルタを適用した後、10Hz にダウンサンプリングすることでノイズ除去を行った。したがって、各試行1分間の解析区間中、600フレームの座標点データが得られた。あるペアの実験参加者の課題遂行中のすべての3次元標識点座標をFigure 3に示す。

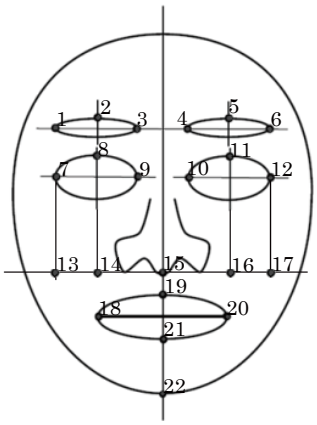

Figure 1 22 点の標識点の位置

注)眉(1—6)、内眼角(9、10)、外眼角(7、12)、上眼瞼(3、11)、鼻尖点(15)、上唇点(19)、口角点(18、20)、下唇点(21)および頬上の 4 点(13、14、16、17)

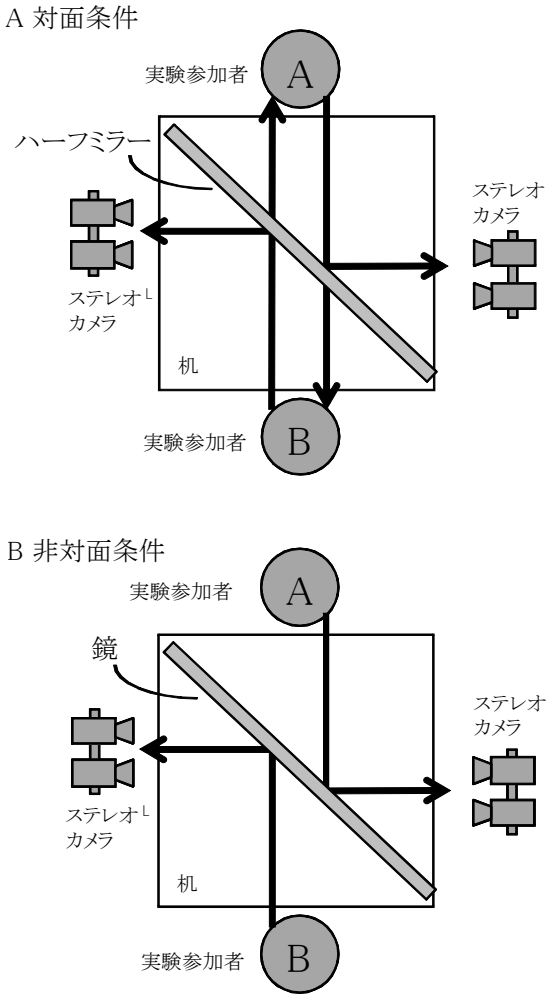

Figure 2 実験機材の配置

注) (A)対面条件ではハーフミラーを通し互いの様子が見える。(B)非対面条件では鏡で遮られているため互いの様子を見ることができない

座標の規格化

一般化プロクラステス分析(Generalized Procrustes Analysis: GPA)により標識点座標の規格化を行った。GPA では、まず各顔形状(すなわち各実験参加者の各フレームにおける顔のすべての標識点座標)間で、重心位置および、各顔形状の重心から各標識点までの 2 乗距離の和を同一にすることで、顔形状の位置およびサイズの規格化を行う(Bookstein, 1991)。さらに重心が揃えられたサンプル間で、対応する標識点間の 2 乗距離の和を最小にするように最適化計算を行うことで回転による向きの規格化を行う(Dryden & Mardia, 1998)。以上の処理により、2 名の実験参加者のすべてのフレームの顔の位置や向きが規格化される(Figure 4)。規格化された 2 次元や 3 次元の標識点座標はそのまま多変量データとして扱うことができる。解析には R 環境で動作する“Shapes”パッケージ(Dryden & Mardia, 1998)を用いた。

表情の同調的表出

GPA を行うことで、各実験参加者のある時点 i における顔面形状はそれぞれ 66 次元空間内(22 点 × 3 次元: これを顔空間(face space)と呼ぶ)のベクトル $\mathbf{a}_i$, $\mathbf{b}_i$, i = 1.. M.として表現される(M は各試行に含まれるフレームの数であり、$\mathbf{a}$ および $\mathbf{b}$ は各実験参加者に対応する)。本研究では、ある瞬間 i において 2 名の実験参加者の顔面形状の変化、すなわち表情変化が類似した状態を、この顔空間内で2つの差ベクトル($\mathbf{a}_{i+1}$ - $\mathbf{a}_i$ および $\mathbf{b}_{i+1}$ - $\mathbf{b}_i$)同士のなす角度が小さい(同様の方向を向いている)状態であると定義する(Figure 5)。すなわち表情変化の類似の程度は差ベクトル同士のなす角度を θ としたときの余弦 cos θ により示すことができる。この値は、コサイン類似度(cosine similarity)と呼ばれ、データマイニングの分野で幅広く用いられる指標である。二者の表情の変化方向がまったく同一であったとき、コサイン類似度は 1 に、またまったく逆の表情変化が生じた場合には-1 となる。すべてのペアのすべての瞬間でのコサイン類似度の分布を Figure 6 に示す。どちらの条件ともコサイン類似度の値は大まかには左右対称の分布を示している。

各試行内でのコサイン類似度の平均値をペア j (j = 1.. N. Nはペアの数)の表情変化の平均コサイン類似度 S_j とし(式 1)、条件間で表情変化の類似度の比較を行った。

$$S_j = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\frac{\left\langle \mathbf{a}_{j,i+1}-\mathbf{a}_{j,i}, \mathbf{b}_{j,i+1}-\mathbf{b}_{j,i}\right\rangle}{\left\|\mathbf{a}_{j,i+1}-\mathbf{a}_{j,i}\right\|\left\|\mathbf{b}_{j,i+1}-\mathbf{b}_{j,i}\right\|} \qquad (1)$$

各ペアの平均コサイン類似度を求めた。平均コサイン類似度の全ペアの平均値を Figure 7 に示す。対応のある t 検定により条件間の比較を行った結果、対面条件では非対面条件よりも有意に平均コサイン類似度の値が高

Figure 3 再構築された 1 ペアの実験参加者の 3 次元標識点座標の例
注) 2 つの次元のみ表示している。

Figure 4 規格化された 1 ペアの実験参加者の 3 次元標識点座標 22 点の一例
注) 2 つの次元のみ表示している。

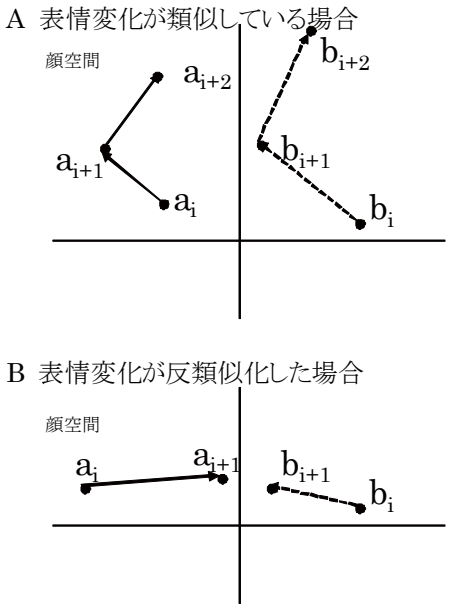

Figure 5 表情類似化の定義の概念図
注) (A)表情が類似化している場合、表情空間内で表情変化が類似した方向を向いている。(B)表情が反類似化を示す場合、表情変化ベクトル($\mathbf{a}_{i+1}$ - $\mathbf{a}_i$ および $\mathbf{b}_{i+1}$ - $\mathbf{b}_i$)は逆の方向を向いている。顔空間は、実際は 66 次元空間であるが、ここでは 2 次元のみ示している。

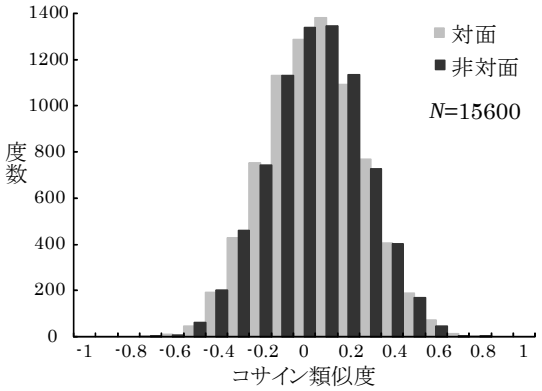

Figure 6 コサイン類似度の分布

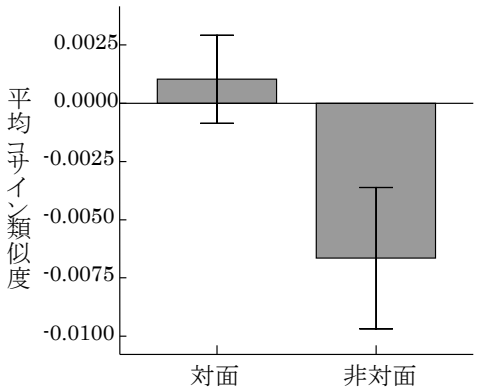

Figure 7 平均コサイン類似度

注) エラーバーは標準誤差

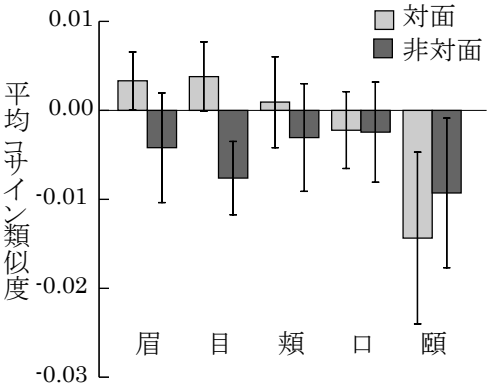

Figure 8 部位別の平均コサイン類似度

注) エラーバーは標準誤差

かった($t(12) = 2.64$, $p = .02$)。このことは対面条件では非対面条件下よりも両者の表情変化が類似していたことを示している。非対面条件では、平均コサイン類似度の平均値は負の値を示した。

部位ごとの表情の同調的表出

どのような顔の部位の表情変化が特に強い同調性を示すのかを検討するため、標識点を眉(6 点: 標識点 1–6)、目(6 点: 7–12)、頬(4 点: 13, 14, 16, 17)、口(4 点: 18–21)、頤(1 点: 22)に分類し、部位ごとの表情変化のペア内での類似度を条件間で比較した。座標点データは前節と同じものを用いる。したがって、例えば 6 つの標識点で表現される目の形状を表すベクトル $\mathbf{a}_{EYE}$ は前述の 66 次元ベクトル $\mathbf{a}$ の部分ベクトルであり、次元数は 18(6 × 3)となる。顔全体の分析と同様に、部位ごとに各試行での平均コサイン類似度を求めた。Figure 8 に全ペアの平均コサイン類似度の平均値を示す。ただし、これらのコサイン類似度は、次元数の異なるベクトルから求められたものであるため、部位間で数値を比較することはできない。眉、目、頬では、対面条件での表情同調の程度が非対面条件よりも高い値を示す一方、口については対面条件と非対面条件に大きな違いは認められなかった。また頤では対面条件のほうが低い平均コサイン類似度の値を示していた。これらの結果から、対面条件では、顔面の上部に含まれる部位の表情変化が両者で類似していたと考えられる。また、顔全体の表情の解析結果と同様、すべての部位で非対面条件では、平均コサイン類似度の平均値は負の値を示していた。

考察

非対面条件での平均コサイン類似度は、表情全体においても部位ごとの解析においても負の値を示していた。相互作用中の二者の表情がまったく無関係に生起していたとすると、平均的には両者の表情変化ベクトルは直交するため、平均コサイン類似度は 0 となる。したがって、非対面条件では両者の表情が逆の方向に変化する傾向があったと言える。

非対面条件において平均コサイン類似度が負の値を示した理由として、本研究で用いたしりとり課題の特性が考えられる。しりとりでは、一方が発話を開始したとき、もう一方はその発話に耳を傾ける必要がある。発話開始にともなう動作は主に開口と関連したものであると考えられる。仮に、聞き手が話し手の発話開始に呼応して例えば口を閉じるという動作を行っており、これが相互に繰り返されたとすると、結果的に口や顎の周辺の動きは両者間で「反同調」(すなわち異なる方向の表情変化)傾向を示すことになる。このような可能性は、頤点の平均コサイン類似度が両条件とも負の値を示していたことからも裏付けられる。また、口や顎以外の部位も発話開始に連動して動き、また聞き手の表情もそれに呼応して傾聴する表情に変化したとすると、口や顎以外の部位の動きも含めた顔全体の動作も全体的に見れば反同調の傾向を示すと考えられる。これらのことから、非対面条件における表情の反同調は、しりとり課題が本来的に表情変化の非類似化を生じさせやすい特性を備えていたことによるものとも推測で

きる。

一方対面条件下では、非対面条件と異なり、表情変化の類似度は正の値を示しており、全体的に見れば双方が同調的に表情変化をしていた。さらに、このような同調的な表出は主に顔の上部(眉、目、頬)で起きていたことが部位ごとの解析結果から推測される。これらの結果から、対面時に実験参加者は、しりとり課題のみに集中していたわけではなく、視覚的チャネルを介した対人的反応を顔面の上部で示していたことが示される。実験後に、半数以上の実験参加者が、非対面のときに比べ対面したときはより緊張したことを報告しており、こうした緊張を低減する方略として顔の上部での同調的表出が生じていた可能性も考えられる。また、対面条件と非対面条件で発言数に有意な違いは示されなかったことから、顔の上部でみられた同調的表出は円滑な話者交代を促すために行われたとは考えにくい。

一般に表情の観察から同調的表出までには潜時があり、観察者の顔面に表情表出に関連する筋電位が生じるまでに約0.4秒(Dimberg & Thunberg, 1998)、また、実際に観察者が類似した表情を表出するまでに約 0.9 秒(Sato & Yoshikawa, 2007)かかることが報告されている。一方、本研究では同じ瞬間の二者の表情変化の類似度を評価しており、対面条件下の表情変化の類似は、一方の表情表出とそれに対する他方の同調的表出という因果関係を示すものではない。むしろ、先行する視覚的な相互作用の結果として、同調的表出が生じたことを示していると考えるほうが妥当であろう。今後は、同調的表出の潜時を考慮して、より詳細な表情の相互影響過程の検討を行う必要がある。

本研究の結果は、定量的に対面・非対面条件下での相互作用者の全体的・部分的な表情の同調の程度を示しており、モーションキャプチャシステムとGPA、そしてコサイン類似度の組み合わせが、相互作用場面での表情変化の解析に有効な手法であることを示している。本手法は表情表出の相互作用を、比較的長時間にわたり客観的かつ詳細に検討することができるという特長がある。今後、顔面に配置された標識点座標の変化と情動の対応関係を明らかにすることで、例えば、相互作用場面における表情を媒介とした情動の相互影響過程や、悲しみや怒りといった情動が集団内で伝播していく過程を詳細に検討できる可能性が考えられる。

引用文献

Bookstein, F. L. (1991). *Morphometric tools for landmark data.* Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Cohn, J. F., & Ekman, P. (2005). Measuring facial action. In J. A. Harrigan, R. Rosenthal, & K. R. Scherer (Eds.), *The new handbook of methods in nonverbal behavior research.* New York: Oxford University Press, pp. 9-64.

大坊郁夫 (1998). しぐさのコミュニケーション－人は親しみをどう伝えあうか－ サイエンス社

Dimberg, U., & Lundqvist, L. O. (1988). Facial reaction to facial expressions: Sex differences. *Psychophysiology*, **25**, 442-443.

Dimberg, U., Thunberg, M. (1998). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology*, **39**, 39-45.

Dryden, I. L., & Mardia, K. V. (1998). *Statistical shape analysis.* Chichester: John Wiley & Sons.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1977). *Facial action coding system: A technique for the measurement of facial action.* Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Fink, B., Grammer, K., Mitteroecker, P., Gunz, P., Schaefer, K., Bookstein, F. L., & Manning, J. T., (2005). Second to fourth digit ratio and face shape. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **272**, 1995-2001.

Hess, U., Philippot, P., & Blairy, S. (1999). Mimicry: Fact and fiction. In P. Philippot, R. S. Feldman, & E. J. Coats (Eds.), *The social context of nonverbal behavior.* New York: Cambridge University Press, pp. 213-241.

市川寛子・牧野順四郎 (2004). 刺激表情に対する観察者の同調的表情 心理学研究, **75**, 142-147.

上出寛子・長岡千賀・小森政嗣 (2010). 日中韓の表情の分析―形態測定学的アプローチによる検討― 電子情報通信学会技術研究報告(HCS), **110**, 17-22.

Kendon, A. (1970). Movement coordination in social interaction: Some examples described. *Acta Psychologica*, **32**, 101-125.

Komori, M., Fukui, M., Nagaoka, C., Katsumata, G., & Kawamura. S. (2010). Facial expression analysis using motion capture and generalized Procrustes analysis. *Proceedings of the 27th International Congress of Applied Psychology (ICAP 2010)*, CD-ROM.

Komori, M., Kawamura, S., & Ishihara, S. (2009a). Effect of averageness and sexual dimorphism on the judgment of facial attractiveness. *Vision Research*, **49**, 682-869.

Komori, M., Kawamura, S., & Ishihara, S. (2009b). Averageness or symmetry: Which is more important for facial attractiveness? *Acta Psychologica*, **131**, 136-142.

Komori, M., Kawamura, S., & Ishihara, S. (in press). Multiple mechanisms in the perception of face gender: Effect of sex-irrelevant features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance.*

Lanzetta, J. T., & Englis, B. G. (1989). Expectations of cooperation and competition and their effects on observers' vicarious emotional responses. *Journal of Personality and Social Psychology*, **56**, 543-554.

Lundqvist, L. O. (1995). Facial EMG reactions to facial expressions: A case of facial emotional contagion? *Scandinavian Journal of Psychology*, **36**, 130-141.

Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manualgestures by human neonates.

Science, **198**, 75-78.
Nagaoka, C., Komori, M., & Yoshikawa, S. (2007). Embodied synchrony in conversation, In T. Nishida (Ed.), *Engineering approaches to conversational informatics*. Chichester: John Wiley & Sons, pp. 331-351.
Rowland, D., & Perrett, D. I. (1995). Manipulating facial appearance through shape and color. *IEEE Computer Graphics and Applications*, **15**, 70-76.
Sato, W., & Yoshikawa, S. (2007). Spontaneous facial mimicry in response to dynamic facial expressions. *Cognition*, **104**, 1-18.
Shockley, K., Santana, M. V., & Fowler, C. A. (2003). Mutual interpersonal postural constraints are involved in cooperative conversation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **29**, 326-332.
Vaughan, K. B., & Lanzetta, J. T. (1980). Vicarious instigation and conditionings of facial expressive and automatic responses to a model's expressive display of pain. *Journal of Personality and Social Psychology*, **38**, 909-923.
Vaughan, K. B., & Lanzetta, J. T. (1981). The effect of modification of expressive displays on vicarious emotional arousal. *Journal of Experimental Social Psychology*, **17**, 16-30.

註

1) 本研究は科学研究費補助金(小森政嗣, 22730591)の助成を受けた。
2) 本研究を行うにあたり、佐東保宗氏、丸中　亮氏に多くのご助力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

Morphometric approach to congruent facial expressions in face-to-face interactions

Masashi KOMORI(*Faculty of Information and Communication Engineering, Osaka Electro-Communication University*)
Masanori FUKUI(*Graduate School of Engineering, Osaka Electro-Communication University*)
Chika NAGAOKA(*Japan Society for the Promotion of Science, Kokoro Research Center, Kyoto University*)

Congruence of facial expressions in face-to-face interactions was quantitatively investigated. Three-dimensional facial sequences of 13 participating dyads performing a shiritori (cap verses) task under face-to-face and non-face-to-face conditions were recorded using a stereo-camera system. Prior to each recording, the positions of 22 landmarks were specified on each face. Three-dimensional coordinates of the landmarks were obtained for each participant and for each frame, through landmark tracking and triangulation. Then, based on the landmarks, generalized Procrustes analysis (GPA) was performed separately for each dyad. Using GPA, changes in each facial expression at each moment was represented as a multi-dimensional vector. Similarity of facial expressions between the two members of each dyad in each condition, which was representative of the degree of facial congruence in each dyad, was calculated based on cosine similarities of the vectors. The results indicated that the mean similarity of facial expressions was higher in the face to face, in comparison to the non- face-to-face condition.

Keywords: congruent facial expression, motion capture, geometric morphometrics.