

顔の運動情報が表情認知に与える効果に関する心理学的研究 — 視覚空間周波数分析を用いて —

立教大学文学部*、立教大学文学研究科**

長 田 佳 久*、本 間 元 康**

This experiment was performed on the effects of motion information on the recognition of facial expressions by the use of band-pass filtered images. Two spatial frequency band levels (low and high), two facial expressions (happy and sad), two modes of presentation (dynamic and static), and three morphing rates (10, 30 and 50%) were used, and eight subjects took part in the experiment. A 2AFC task was employed to judge the facial expression. With respect to happy faces of 10 to 30% morphing rates presented at the low spatial frequency band level, the percentage of correct responses was higher in the dynamic mode of presentation than in the static mode. With respect to sad faces, too, the performance was higher in the dynamic mode than in the case of static faces of 10 to 30% morphing rates presented at the high spatial frequency band level. These results suggest that motion information plays an important role in the recognition of facial expressions. And face motion has different influence on the recognition of two facial expressions.

Key words: recognition of facial expression, motion information, band-pass filtered facial image

1. 緒 言

倒立効果¹⁾やサッチャー錯視²⁾に見られるように、顔の表情認知に関する従来の心理学的研究では目や口などの部分の布置（部分間の位置関係；configuration）が重要であるとされてきた。これらは顔刺激として静止画像を使った多くの研究から得られた貴重な知見であるが、研究の多くは、眉、目、口またはそれらの間の空間的な布置関係などの検討に焦点をあてている。我々の日常のコミュニケーション場面を想起してみると、顔の表情は常に連続的に変わり、瞬時に動くダイナミックな表情を我々はすばやく認知している。事実、ダイナミックな顔の表情の変化は日常生活における意思伝達や豊かな感情表現には不可欠なものであり、時々刻々変化する表情の意味を理解することは極めて重要な日常のコミュニケーション行動の一つである。ひとたび運動の知覚が障害を受けると眼や口の動きが知覚できないため、会話中に話すタイミングを失い、満足なコミュニケーションがとれなくなる³⁾。それほど顔の動きは重要な意味を持っている。近年では静止画像研究に加えて、顔の動きに着目した研究が行われるようになった。

Knight & Johnston⁴⁾では動画像を使って顔の動きを提示し、人物の同定を行わせた。ネガフィルムの手法を使って顔画像を不鮮明にすると、静止画像に比べて動画像の正答率が上昇した（以下、運動情報効果）。その効果は顔画

像の鮮明度に依存した。Kamachi, Bruce, Mukaida, Gyoba, Yoshikawa & Akamatu⁵⁾では顔動画像を使って、表情変化の速度が表情印象の強さに影響を与えることを明らかにした。同じ表情でも変化速度が異なると表情の印象が変化するので、顔の運動情報が表象レベルで影響を与えていることを彼女らは主張した。またThornton & Kourtzi⁶⁾は、人物同定課題と表情同定課題で顔の運動情報が異なる効果を持つことを見だし、同じ運動情報がそれぞれの課題で異なる処理をしていると述べている。さらに筆者らHonma & Osada⁷⁾は表情認知における運動情報の効果を時系列的に検討し、顔の運動情報は表情認知の正答率を高め、表情の判断を促進すると報告した。以上の研究から、顔の運動情報は顔及び表情認知の重要な手がかりになっていることが明らかになってきた。しかし、顔の運動情報が表情の全体情報と部分情報のどちらに影響を与えているかを具体的に検討した研究は極めて少ない。

一方、Osada & Nagasaka^{8, 9, 10)}では静止画像の表情判断を行っている実験参加者の眼球運動を測定し、多くの注視点顔の皮溝（facial lines; 以下シワとする）に沿って移動することを明らかにした。すなわち表情の変化によって生じる表情シワが表情の読み取りに重要な役割を果たしていた。従来の研究では、顔に対する眼球運動は眉、目、鼻、口などに集中するとされ、表情の読み取りは個々の部分の表情に応じた特徴変化とそれらの関係（例えば、つり上がった眉とへの字口による怒りの表情）によってなされると考えられている。Osadaらの発見は、眼球運動が個々の部分よりもむしろ個々の部分を動かしている表情筋によって作られる顔の表面の隆起とそれによる表情シワに集中することを明らかにしたものであった。

表情が動くとき、シワは表情の読み取りでどのような役割を果たしているのだろうか。表情を動かしている表情



Psychological research for the effects of dynamic information of a face on the recognition of facial expression by spatial frequency analysis.

Yoshihisa Osada, Motoyasu Honma

* Faculty of Letters, Rikkyo University

** Department of Psychology, Graduate School of Letters, Rikkyo University

筋が連続的に変化すると、それによってシワは動的に変化する。表情の変化に伴ってダイナミックに変化するシワは表情認知の重要な手がかりとなる可能性が高い。

2. 実験

2.1. 目的

我々を取り囲む視覚世界のすべての視覚刺激は2次元の濃淡強度値の分布として記述でき、フーリエ解析によって周波数の異なる正弦波成分に分解することができる。視覚の空間周波数分析は視覚刺激に含まれる情報や、人や動物の視覚システムの感受性を記述するための有効な手段である。また、視覚システムは入力した情報を低空間周波数、高空間周波数に分解し、それぞれ別の処理チャンネルが存在することを示唆する多くの研究がある^{11,12,13}。顔の処理過程における全体的処理、部分的処理といった二つの区別は、低空間周波数、高空間周波数と言い換えることができる。空間周波数によって、顔に含まれる情報をより定量的に制限して表すことができる。高空間周波数成分は細かい解像度をもちパターンの部分的な情報を含むが、これに対し、低空間周波数成分は粗い解像度をもち全体的な形態や陰影などの大まかな情報から成る。シワに着目すると、高空間周波数成分で表された顔画像にはシワの陰影情報はほとんど含まれないが、低空間周波数成分で表された顔画像にはシワの陰影情報は残されている (Fig. 1-a,b 参照)。

時系列分析を行って顔の運動情報の効果を検討した。例えば、静止画像の真顔をモーフィング率 0%、表情 happy をモーフィング率 100% とし、モーフィング率 50% の動画は真顔から表情 happy まで変化する動画を 1/2 まで提示した (Fig. 2 参照)。また、静止画像による先行研究では表情間で処理過程が異なることが示唆されている^{14,15,16}。例えば、笑顔は低空間周波数だけで表情判断が可能だが、それ以外の表情は高空間周波数を必要とする。そのため、笑顔 (以下、表情 happy) と悲しみ顔 (以下、表情 sad) を用いて比較・検討した。



Fig.1-a : Low spatial frequency



Fig.1-b : High spatial frequency

Fig. 1 Fig.1-a は低空間周波数の表情 happy の画像、Fig.1-b は高空間周波数の表情 happy の画像である。なお実験に用いた画像よりもコントラストを強めてある。

本研究では顔動画の空間周波数帯域を操作することによって観察者に与える手がかりを全体情報と部分情報に限定し、顔の運動情報が表情認知の正答率に及ぼす効果を検討した。また、シワの動きが表情認知にどのような影響を与えるかを論じた。

2.2. 方法

2.2.1. 実験参加者

正常な視力を有する大学生と大学院生計 8 名が参加した (男性 4 名、女性 4 名)。

2.2.2. 装置

コンピュータ (Apple PowerMac G4) によって作成した顔刺激を刺激提示用モニター (SONY 17GS) に提示した。顔刺激の提示、カテゴリー反応の記録、実験試行の制御のソフトウェアは VISION SHELL PPC (HARVARD 大学製) を使用した。実験参加者はチンレストによって頭部を固定され、テンキーボードとマウスによって反応した。

2.2.3. 刺激

長田・石井・秋田¹⁷ が作成した静止画像を動画の第 1 フレーム (真顔) と最終フレーム (特定のプロトタイプ表情) に用いた。これらの静止画像は、頭髮をグラフィック処理で除去した男性 2 名と女性 2 名のそれぞれの表情写真を MORPH version2.5 (GRYPHON 社製) によって合成した平均顔画像であった。これらの静止画像に 2 オクターブの 2 次元フーリエフィルターを通過させて、高空間周波数帯域 (中心周波数 28.86 cycle/face width) と低空間周波数帯域 (中心周波数 4.65 cycle/face width) の平均顔画像とした (Fig. 1-a,b 参照)。さらにそれら顔画像を加工してそれぞれの表情に応じた動画を制作した。動画をそれぞれ真顔から happy、真顔から sad へ連続的に変化させた (Fig. 2 参照)。提示時間はモーフィング率で示し、モーフィング率 10% で 336ms、30% で 1037ms、50% で

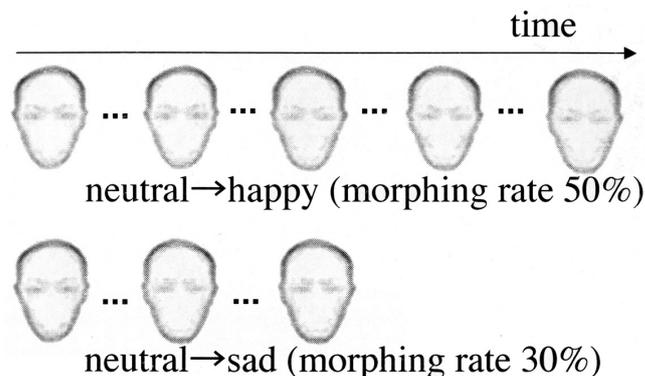


Fig. 2 動画刺激の説明図。横軸はモーフィング率 (時間) を示す。

1687msであった。観察距離は57cmであり、顔画像の大きさは視角度数 $18.0^\circ \times 12.5^\circ$ であった。

2.2.4. 手続き

各試行開始時に画面中央に凝視点を1000ms提示し、500-1000msのランダムな時間後に顔刺激を提示した。実験参加者の課題は顔画像の表情をできるだけ速く判断し、キー押しによる反応をすることであった。反応後にhappyかsadかの表情を強制選択法で判断させた (Fig. 3 参照)。実験参加者1人当たりの試行数は、表情；2×動画像・静止画像パターン (以下、提示パターン)；2×モーフィング率；3×空間周波数帯域；2×10試行の計240試行であった。

3. 結果

Fig. 4-a,bは空間周波数別に実験参加者全員の平均正答率を示したものである。実験参加者全員の正答率について、空間周波数別に表情×提示パターン×モーフィング率の3要因分散分析を行った。

[低空間周波数 (Fig. 4-a 参照)] 表情 ($F_{(1,79)}=12.31, p<0.01$)、提示パターン ($F_{(1,79)}=7.43, p<0.01$)、モーフィング率 ($F_{(2,158)}=6.29, p<0.01$) の主効果はそれぞれ有意であった。提示パターンの主効果について、モーフィング率ごとに Turkey の多重比較を行った結果、モーフィング率10%と50%、モーフィング率10%と30%、及びモーフィング率30%と50%の間で正答率に有意差が見られた (各々、 $p<0.05$)。さらに各表情のモーフィング率ごとに1要因の分散分析を行った結果、表情 happy の正答率は、モーフィング率10% ($F_{(1,159)}=22.81, p<0.01$)、30% ($F_{(1,159)}=10.34, p<0.01$) において動画像と静止画像に有意差が認められ、モーフィング率50%においては有意差がなかった。これに対し、表情 sad の正答率は、全てのモーフィング率において静止画像と動画像に有意差は認められなかった。すなわち、低空間周波数の表情 happy の正答率は、静止画像では低かったが、動画像では高かった。他方、低空間周波数の表情 sad の正答率は、モーフィング率に関わらず、静止画像と動画像の正答率の差は変化せず、ほぼ横ばいであった。

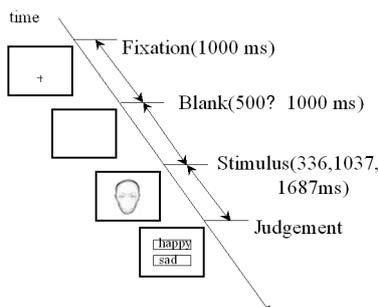


Fig. 3 一試行の提示順序。

[高空間周波数 (Fig. 4-b 参照)] 表情 ($F_{(1,79)}=10.67, p<0.01$)、提示パターン ($F_{(1,79)}=8.42, p<0.01$)、モーフィング率 ($F_{(2,158)}=7.88, p<0.01$) の主効果はそれぞれ有意であった。提示パターンの主効果について、モーフィング率ごとに Turkey の多重比較を行った結果、モーフィング率10%と30%、モーフィング率10%と50%、及びモーフィング率30%と50%の間で正答率に有意差が見られた (各々、 $p<0.05$)。さらに各表情のモーフィング率ごとに1要因の分散分析を行った結果、表情 sad の正答率は、モーフィング率10% ($F_{(1,159)}=22.81, p<0.01$)、30% ($F_{(1,159)}=10.34, p<0.01$) において静止画像と動画像に有意差が認められ、モーフィング率50%においては有意差が認められなかった。これに対し、表情 happy の正答率は、全てのモーフィング率において静止画像と動画像に有意差が認められなかった。すなわち、高空間周波数の表情 sad では、静止画像の正答率は低かったが、動画像の正答率は高かった。他方、高空間周波数の表情 happy の正答率は、モーフィング率に関わらず静止画像と動画像との差はなかった。

4. 考察

低空間周波数の顔画像では表情 happy で運動情報効果が認められたが、表情 sad ではその効果はなかった。他方、高空間周波数の顔画像では表情 sad で運動情報効果が認められたが、表情 happy ではその効果はなかった。すなわち顔の運動情報は表情の読み取りに積極的な効果を持つが、表情 happy では低空間周波数でのみ効果があったのに対して、表情 sad では高空間周波数でのみ効果があった。

表情間で正答率が異なるという結果は、従来の静止画像研究と一致する^{14,15,16}。例えば、Endo, Endo, Kirita & Maruyama¹⁶では、低空間周波数の顔画像 (表情 happy, 表情 sad, 真顔) を使って表情の弁別課題を行った結果、表情 happy と真顔の弁別課題では低空間周波数帯域が低くても高い正答率を維持したのに対し、表情 sad と真顔では低空間周波数帯域が低くなるにしたがい、正答率は大きく低下した。この結果から、表情 happy を特定する情報は低空間周波数帯域 (全体情報) にも含まれているが、表

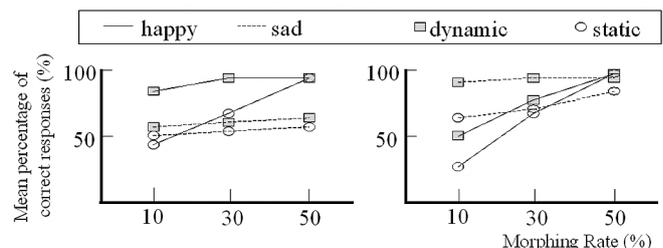


Fig. 4 実験結果。Fig.4-aは低空間周波数、Fig.4-bは高空間周波数の結果である。縦軸は平均正答率、横軸はモーフィング率を示す。実線は表情 happy、点線は表情 sad、□マークは動画像提示、○マークは静止画像提示を示す。

情 sad を特定するためには、高空間周波数帯域（部分情報）の情報が必要であることが明らかになった。動画像を用いた本実験においても、表情 happy の正答率は高空間周波数に比べ低空間周波数で高かった。この結果から高空間周波数の表情 happy では運動情報の効果はなく、低空間周波数の表情 happy では運動情報の効果が生じると考えられる。対照的に、表情 sad では低空間周波数の全てのモーフィング率で動画像と静止画像の正答率に差が認められず、高空間周波数においてのみ有意差が認められた。この結果から低空間周波数の表情 sad では運動情報の効果はなく、高空間周波数の表情 sad においては運動情報の効果が生じると考えられる。

顔の運動情報効果が生じるのは、特定の表情認知に応じた空間周波数帯域が存在していることを基盤として考えると考えられる。静止画像における特定の表情の読み取りにセンシティブな周波数帯域をもつ表情が動くことによって、運動のまとまりとして体制化して、読み取りを促進していると言えるかもしれない。

空間周波数分析から得られた結果をシワの有無に置き換えて推論してみよう。シワの陰影がある低空間周波数の表情 happy で運動情報の効果が生じた。表情 happy を認知するには、全体情報が大きな手がかりとなっており、シワの動きを効率よく使用していることが考えられる。これに対し、シワの陰影が存在しない高空間周波数の結果は、表情 sad で効果が生じた。表情 sad を認知するには、シワの動きを多くは使用していない可能性を示す。しかし、高空間周波数にはシワ以外の情報が残されており、今回の実験結果だけからでは詳細な言及はできない。眼球運動測定などを用いた詳細な検討が今後に残された課題である。

シワは表情筋の一部が作っているものであり、表情筋の神経解剖学からの知見がシワの動きの効果に関して新たな考察を導くことが考えられる。例えば、眼輪筋と呼ばれるまぶたを開閉する筋肉は目尻のシワを作り、口輪筋と呼ばれる唇を取り囲む筋肉は口元の複雑で微妙な表情を作り出す¹⁸⁾。こうした表情筋の動きが表情認知に大きな影響を与えていることは十分に考えられることであり、その表情筋が作るシワの動きは表情認知には欠かせないものである。これら表情筋およびシワの物理的な測定を行い、それらの物理的の配置や変化量を分析し、心理データと比較することによって、シワの動きの効果が明確になることが期待できる。

相手の感情を読み取る際に、表情は個人の内的な状態を他者に伝える信号伝達機能の役割を担っている。特に、シワの動きによって作られる情報が表情認知においてどのような役割を果たしているのか、その検討がノンバーバルコミュニケーションとしての顔認知メカニズム解明の一つの鍵となろう。

(引用文献)

- 1) Yin, R. K. :Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141-145, 1969.
- 2) Tompson, P. :Margaret Thatcher: a new illusion. *Perception*, 9, 483-484, 1980.
- 3) Zihl, J., von Carmon D., & Mai, N. :Selective disturbance of movement vision after bilateral brain damage. *Brain*, 106, 313-340, 1983.
- 4) Knight, B., & Johnston, A. :The role of movement in the recognition of famous faces. *Visual Cognition*, 4, 265-273, 1997.
- 5) Kamachi, M., Bruce, V., Mukaida, S., Gyoba, J., Yoshikawa, S., & Akamatu, S. :Dynamic properties influence the perception of facial expressions. *Perception*, 30, 875-887, 2001.
- 6) Thornton, I.M., & Kourtzi, Z. :A matching advantage for dynamic human faces. *Perception*, 31, 113-132, 2002.
- 7) Honma, M., & Osada, Y. :The effect of the dynamic property on the recognition of moving facial expressions. *Journal of Vision*, 3(9), 835, 2004.
- 8) Osada, Y., Nagasaka, Y., & Yamazaki, R. :The effects of partially masked faces on judgements of emotion on eye movements. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 39, S172, 1998.
- 9) Osada, Y., & Nagasaka, Y. :Fixation on facial lines plays an important role in judgements of facial expressions. *Perception*, 28, supplement , 115, 1999.
- 10) Osada, Y., & Nagasaka, Y. :Judgments of facial expressions studied with the use of band-pass-filtered morphed photographs and eye movements. *Perception*, 29, supplement , 7, 2000.
- 11) Cambell, F. W. C., & Robson, J. :Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *Journal of Physiology*, 197, 551-566, 1968.
- 12) Graham, N., & Nachmias, J. :Detection of grating patterns containing two spatial frequencies: A comparison of single channel and multiple channel models. *Vision Research*, 11, 251-259, 1971.
- 13) Wilson, H. R., & Bergen, J. R. :A four-mechanism model for spatial vision. *Vision Research*, 19, 19-32, 1979.
- 14) Ladavas, E., Umiltà, C., & Ricci-Bitti, P.E. :Evidence for sex differences in right hemisphere dominance for emotions. *Neuropsychologia*, 18, 361-366, 1980.
- 15) Kiouac, G., & Dor, F. Y. :Accuracy and latency of judgment of facial expressions of emotions. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 683-686, 1983.
- 16) Endo, N., Endo, M., Kirita, T., & Maruyama, K.

:The effects of expression on face recognition. *Tohoku Psychologica Folia*, 51, 1-10, 1992.

17) 長田佳久, 石井巖, 秋田喜代美 : 眼球運動測定実験に基づいた顔の表情認知過程に関する研究. 平成8・9・10年度 文部省科学研究費補助金 基盤研究 (B) 研究

成果報告書, 2000.

18) Rinn, W, E. :Neuropsychology of facial expression. In R. S. Feldman & B. Rinn(Eds.), *Fundamentals of nonverbal behavior*, Cambridge, Cambridge University Press, 1989, 3-30.