

表情認知における motion sharpening

本間 元康・長田 佳久

立教大学 現代心理学部

〒352-8558 埼玉県新座市北野 1-2-26

(受付：2007 年 11 月 4 日；改訂稿受付：2008 年 4 月 1 日，5 月 2 日；受理：2008 年 5 月 12 日)

Motion Sharpening on the Recognition of Facial Expression

Motoyasu HONMA and Yoshihisa OSADA

Faculty of Contemporary Psychology, Rikkyo University

Kitano 1-2-26, Niiza City, Saitama 352-8558

(Received 4 November 2007; Received in revised form 1 April 2008, 2 May 2008; Accepted 12 May 2008)

Although a dynamic sequence is, in reality, blurred to a certain extent, the elements of the sequence look sharp when the dynamic sequence is played. This effect, known as motion sharpening, has been demonstrated empirically. We investigated effect of the motion sharpening on the recognition of facial expression. We prepared dynamic sequences of two facial expressions (happy and sad), each of which comprised 100 frames. Some frames of the 100 frames were blurred by band-pass filtering. There were four blurred ratio conditions (0–100%). By comparing the dynamic sequence to a blurred still image, twenty observers judged the perceived sharpness of the sequence. We found that the motion sharpening occurred even when all frames were blurred. Furthermore, ten of twenty observers perceived that the motion sharpening for sad faces is stronger than that for happy faces under the 50% and 75% blurred ratio conditions. The results suggest that motion sharpening in dynamic sequences of facial expression differs from that of scene or geometric graphics, and that the motion sharpening depends on the facial expression image.

1. 序 論

視覚世界は、動く対象で溢れている。網膜の構造上、対象が動くことによって対象の輪郭は不鮮明になるはずであるが、我々はその不鮮明さを知覚せず、対象を鮮明に知覚している。例えば、一定の比率でぼやけた（不鮮明）画像が挿入された動画像をコマ送り再生して 1 フレーム毎に見ると、その不鮮明画像を確認することができる。しかし、動画像を通常で再生すると、我々はそのぼやけた画像を知覚せず、映像を鮮明に知覚する。この現象は「motion sharpening」と呼ばれる。

この現象の初期研究として挙げられるのは、

Ramachandran, Madhusudhan & Vidyassagar (1974)¹⁾ の研究である。彼らは、不鮮明な画像を実験参加者に連続して提示した場合と、その提示を突然停止した場合の見え方を調べた。その結果、連続的に提示した場合は本来不鮮明だった画像が鮮明となって知覚されたが、その提示が停止した場合には、本来の不鮮明さを知覚した。その現象から、「対象が動いているという事実を計算し、高空間周波数成分を補完している」、「不鮮明さを取り除くメカニズムが存在し、鮮明な対象だけ知覚している」という対立する仮説を立てた。

この研究を発端に motion sharpening 現象を解明するための様々な研究が行われている。

Hammett & Bex (1996)²⁾ は、高空間周波数成分を表象に送ることによって、不鮮明さが存在しても対象を鮮明に知覚していると結論づけている。また Hammett (1997)³⁾ の研究では、不鮮明弁別成績に関する sharpness constancy を検討している。知覚的もしくは物理的に一定の不鮮明さを持つ edge の不鮮明弁別閾を測定し、動的な対象は知覚的な不鮮明弁別閾を上昇させることを示唆した。

Ejima & Takahashi (1985)⁴⁾ は、周囲のコントラストによって中心のコントラストが調整される事を示唆し、それ以降 motion sharpening を説明する要因として周囲の影響が注目され、多くの研究が行われてきた。Takeuchi & De Valois (2000)⁵⁾ は、周囲の速度と方向を変え、ターゲットの知覚されるコントラストを測定した。その結果、中心と周囲が同じ方向に動く時にコントラスト減少が顕著になることや、周囲が中心よりも速く動く時、2つの方向に関係なくコントラスト増加が起こることを示している。

現在までの研究では、motion sharpening は欠如しているはずの高空間周波数成分を脳が補完しているために不鮮明さを知覚せず、対象を鮮明に知覚しているという説が有力である³⁻⁵⁾。一方、動画像を用いた表情認知研究では、静止画像に比べ動画像の正答率が上昇することから運動情報の効果が示されている。輝度反転^{6,7)} や画質低下⁸⁻¹⁰⁾、倒立提示^{11,12)}、曖昧な表情画像¹³⁾ などの手法を用い、刺激が不鮮明になった場合に運動情報が顔の認知に寄与することを例証している^{14,15)}。特に、O'Toole, Roark, & Abdi (2002)¹⁵⁾ は、運動情報が表情表象に作用し、表情認知を促進していると主張している(表情促進仮説)。

従来の motion sharpening は、情景や幾何学図形などの動画像を扱っており、顔や表情に関しては検証されていない。顔や表情の認知はそれ以外の認知とは異なる処理メカニズムで行われていると考えられており^{14,15)}、motion sharpening においても異なる結果が得られる可能性がある。本研究では、表情動画像に不鮮明画像

を一定の比率で挿入した際に motion sharpening がどの程度見られるか検証し、さらに表情間の差異を検討した。

2. 方 法

2.1 実験参加者

18~24 歳までの立教大学の学生計 20 名(女性 6 名, 男性 14 名)が参加した。

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 17 インチ CRT モニター (Eizo Flex Scan T556, 17 inch, refresh rate 120 Hz, 解像度 800×600) に提示した。VISION SHELL PPC ライブラリー (<http://www.kagi.com/visionshell>) を用いた C 言語で作成したプログラムによって、顔刺激の提示、カテゴリー反応の記録、実験試行の制御を行った。参加者は顎台によって頭部を固定され、テンキーボードによって反応した。

2.3 刺激

顔画像モデルは男女 4 名(年齢各 20 歳)に真顔と 2 種類の peak 顔(笑顔, 悲しみ顔)の 3 表情を意図的に表出させ、各表情において合成画像を作成した。さらに「真顔と笑顔」間、「真顔と悲しみ顔」間の中間画像をモーフィングで作成し、それらを連続的に提示して 2 表情の動画像を表現した。笑顔はポジティブ、悲しみ顔はネガティブの印象を観察者に与える表情として選別した。標準刺激は 100 フレームで構成される動画像であり、真顔から peak 顔まで連続的に変化した。提示速度は 120 frames/s であった。バンドパスフィルターに通した 10 cycles/face-width (2 octave, 中心周波数: 8.5) の表情画像を不鮮明画像として動画像に挿入した。0% (0 枚), 25% (25 枚), 50% (50 枚), 75% (75 枚), 100% (100 枚) の比率で挿入した。不鮮明画像は試行毎にランダム挿入され、試行内では同一の挿入順序であった。不鮮明動画像は表情の種類は、2 表情(笑顔, 悲しみ顔)であった。比較刺激は真顔を用いた。編集をしていない画像 (non-filter 画像) と 1-10 cycles/

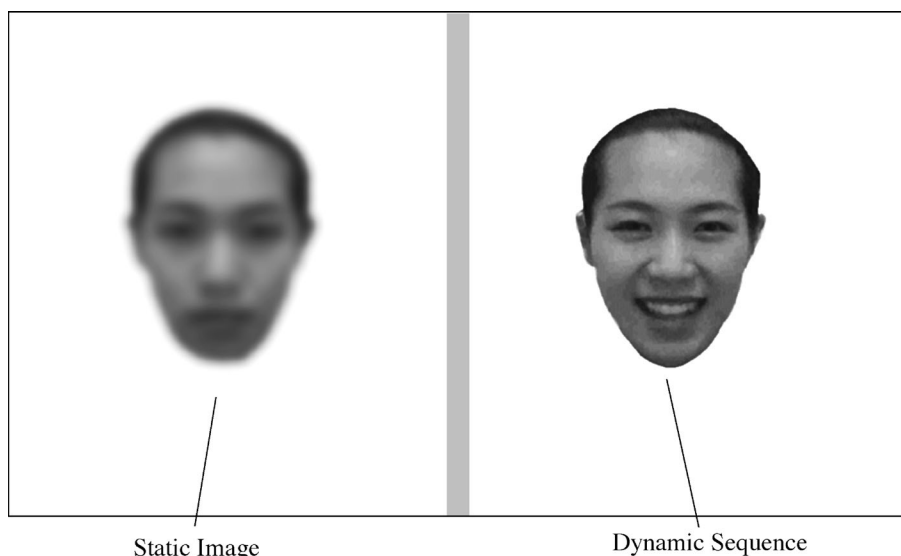


図1 刺激提示の例. 左側の静止画像は「+」, 「-」キーを押すごとに画像が切り替わり, 「0」キーで鮮明度の選択が決定された. 右側の動画は実験参加者が「0」キーを押すまで繰り返し提示された.

face-width で表した 10 枚の画像を作成し, 合計 11 段階を設定した. 刺激の大きさは静止画像・動画とも 6.0×4.5 degree であった.

2.4 手続き

凝視点 (1000 ms) の提示後, 画面左側に静止画像, 右側に動画が提示された (図 1). 静止画像の初期設定は, non-filter 画像であり, 実験参加者の手元にあるテンキー上の「+」を押すごとに不鮮明になり, 「-」を押すごとに鮮明になった. 実験参加者の課題は, 画面左側の静止画像の不鮮明度を操作して, 画面右側の動画の不鮮明度と同程度の静止画像を選択することであった (調整法). 実験参加者が反応を決定するまで動画を繰り返し提示し, 実験参加者は何度も左右の画像を確認することができた. 決定ボタン (テンキーの「0」) を押すと, 次の試行に移行した. 試行間間隔は 20 秒であった. 各実験参加者の試行数は, 2 表情 (笑顔, 悲しみ顔) $\times$ 5 不鮮明画像挿入比率 (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) $\times$ 5 (繰り返し) の 50 試行であった.

3. 結 果

実験参加者が選択した鮮明度を表情, 挿入率ごとに平均化した. 図 2 は, 不鮮明画像の挿入比率に対する鮮明度の平均評定値である. 挿入した不鮮明画像の割合が多くなるにつれて, 選択された鮮明度は低下する傾向であった. 繰り返しのある二要因の分散分析を行った結果, 不鮮明画像挿入率 (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) の主効果は有意であったが ($F(4,76) = 6.98, p < .01$), 表情の主効果および交互作用は有意ではなかった. Tukey の多重比較 (HSD) を行なった結果, 0%-25%, 0%-50%, 0%-75%, 25%-50%, 25%-75%, 25%-100%, 50%-75%, 50%-100%, 75%-100% 間に有意差が認められた (各 $p < .01$). 表情の主効果は有意でなかったが, 実験参加者間に大きなバラツキがあったため, 各実験参加者で分散分析を行い, 表情の主効果が認められたグループ 10 名 ($F > 2.0, p < .05$, 図 3) と認められないグループ 10 名 (図 4) に分け, グループごとに分散分析を行った. 認められたグループでは, 表情 ($F(1,9) = 3.05, p < .01$) および不鮮明画像挿入率

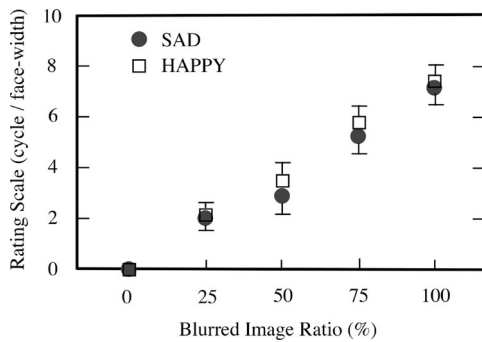


図2 全実験参加者の平均鮮明度。縦軸は実験参加者が選択した静止画像の鮮明度、横軸は動画像に挿入した不鮮明画像の比率を示す。●は表情 sad, □は表情 happy を表す。エラーバーは標準誤差を示す。

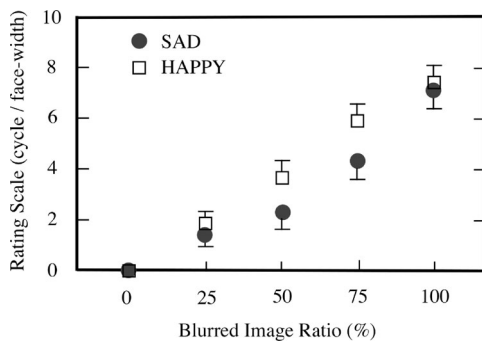


図3 表情間に差があるグループ（10名）の平均鮮明度。縦軸は実験参加者が選択した静止画像の鮮明度、横軸は動画像に挿入した不鮮明画像の比率を示す。●は表情 sad, □は表情 happy を表す。エラーバーは標準誤差を示す。

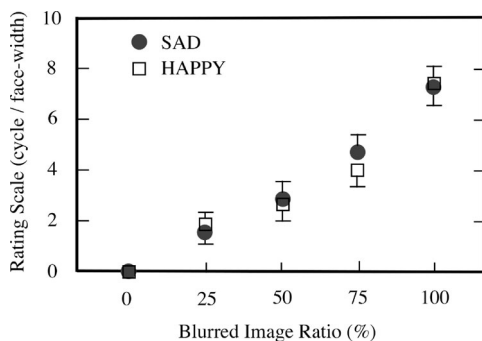


図4 表情間に差がないグループ（10名）の平均鮮明度。縦軸は実験参加者が選択した静止画像の鮮明度、横軸は動画像に挿入した不鮮明画像の比率を示す。●は表情 sad, □は表情 happy を表す。エラーバーは標準誤差を示す。

($F(4, 36)=4.21, p<.01$) の主効果に有意差が認められ、交互作用も有意であった ($F(4, 36)=3.63, p<.01$)。単純主効果の分析を行なった結果、挿入比率 100% 条件と 0% 条件では表情間の差がなかったが、75% 条件と 50% 条件では顕著に現れた (各 $p<.01$)。さらに悲しみ顔の鮮明度が笑顔に比べて上昇する傾向であった。一方、認められなかったグループでは不鮮明画像挿入率の主効果のみ有意であった ($p<.01$)。

4. 考 察

挿入比率 100% 条件において、参加者が評定した値は呈示された不鮮明画像の鮮明度 (10 cycles/degree) より低かった。この結果は、鮮明な画像が無くとも motion sharpening が生じたことを示す。挿入比率 100% 条件では鮮明な画像は存在しておらず、したがって Ramachandran et al. (1974) が提唱した「鮮明な対象だけを知覚している」という仮説は、表情動画像においては否定される。情景動画像を用いた先行研究では、全ての画像が不鮮明な場合に motion sharpening が起きないという結果が示されている⁵⁾。情景動画像の結果に対し、表情動画像において motion sharpening は起きるという結果は、表情認知特有の運動情報の効果が関与していることが説明の一つとして考えられる。先行研究では、動きの効果は表情認知と物体認知で処理メカニズムが異なると考えられている¹²⁾。O'Toole et al. (2002)¹⁵⁾ が提唱している「表象促進仮説」に基づいて解釈すれば、運動情報が直接表情の表象に影響し、さらに表象からの作用が鮮明度の知覚を変化させたとも考えられるが、今後詳細な検討が必要である。

本実験では、20 名の平均では鮮明度に表情間の差は見られなかったが、表情の主効果が認められたグループ (10 名) と認められないグループ (10 名) に分類することができた。半数の参加者において表情間で差が見られた要因としては、表情認知における空間周波数特性の要因が挙げられる。静止画を用いて表情間の差異を検討した Endo, Kirita & Abe (1995)¹⁶⁾ では、低空

間周波数の顔画像（笑顔，悲しみ顔，真顔）を使って表情の弁別課題を行った結果，笑顔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，悲しみ顔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．この結果は，笑顔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，悲しみ顔を特定するためには，高空間周波数帯域（局所情報）の情報が必要であることを示唆している．従って，運動情報が各表情の認知に必要な空間周波数成分の知覚を高め，表象を促進していた可能性が考えられる．本実験で用いた不鮮明画像は一定の低空間周波数成分を残している．笑顔は低空間周波数成分だけで表情認知が可能であるため，高空間周波数成分をさほど復元する必要がなかったのではないだろうか．これに対し，悲しみ顔では高空間周波数成分をより多く復元し，鮮明度を高めていたと考えられる．また別の可能性として，参加者の刺激に対する感受性の違いも挙げられる．O’Gorman (1977)¹⁷⁾ は全般的に不安傾向にあることは，不安を喚起する刺激に対する感受性を高めるという考えを提唱している．本実験においても，強い不安傾向の特性を持っている一部の参加者が否定的な表情に対してより強い表象を持ち，悲しみ顔に対する感受性の強さによって鮮明度が高くなった可能性もある．いずれにせよ半数の参加者にのみ認められた結果なので，表情間に差があることが確固とした現象といえるかどうかについては今後の課題が必要である．

本研究は，表情動画像を用いて motion sharpening 現象を検討し，表情動画像における motion sharpening は情景や幾何学図形の動画像とは異なるメカニズムで起きている可能性を示唆した．しかしながら，表情の種類，フィルターの種類，CRT ディスプレイのリフレッシュレート，表情動画像の変化速度¹⁸⁾ など，今回の結果を導いた要因に関する検討課題は数多くある．それらを含め，鮮明な画像が存在しない表情動画像において，なぜ motion sharpening が起き

るかを検討していく必要がある．

謝辞 本研究は文部科学省オープン・リサーチ・センター整備事業（平成 17-21 年度）の助成を受けた．

文 献

- 1) S. V. Ramachandran, M. V. Rao and R. T. Vidyasagar: Motion sharpening during movement perception. *Perception*, **3**, 97-98, 1974.
- 2) T. S. Hammett and J. P. Bex: Motion sharpening: Evidence for the addition of high spatial frequencies to the effective neural image. *Vision Research*, **36**, 2729-2733, 1996.
- 3) T. S. Hammett: Motion blur and motion sharpening in human visual system. *Vision Research*, **37**, 2505-2511, 1997.
- 4) Y. Ejima and S. Takahashi: Apparent contrast of a sinusoidal grating in the simultaneous presence of peripheral gratings. *Vision Research*, **25**, 1223-1232, 1985.
- 5) T. Takeuchi and K. K. De Valois: Modulation of perceived contrast by a moving surround. *Vision Research*, **40**, 2697-2709, 2000.
- 6) B. Knight and A. Johnston: The role of movement in the recognition of famous faces. *Visual Cognition*, **4**, 265-273, 1997.
- 7) K. Lander, F. Christie and V. Bruce: The role of movement in the recognition of famous faces. *Memory and Cognition*, **27**, 974-985, 1999.
- 8) M. A. Burton, S. Wilson, M. Cowan and V. Bruce: Face recognition in poor-quality video: Evidence from security surveillance. *Psychological Science*, **10**, 243-248, 1999.
- 9) H. Leder, G. Candrian, O. Huber and V. Bruce: Configural features in the context of upright and inverted faces. *Perception*, **30**, 73-83, 2001.
- 10) 本間元康，長田佳久：顔の時系列変化が表情認知に及ぼす効果—モーフィング動画像と実動画像—．*基礎心理学研究*, **26**, 55-60, 2007.
- 11) G. Pike, R. Kemp, N. Towell and K. Phillips:

- Recognizing moving faces: the relative contribution of motion and perspective view information. *Visual Cognition*, **4**, 409–437, 1997.
- 12) H. Hill and A. Johnston: Categorizing sex and identity from the biological motion of face. *Current Biology*, **11**, 880–885, 2001.
 - 13) Z. Ambadar, J. W. Schooler and J. F. Cohn: Deciphering the enigmatic face: The importance of facial dynamics in interpreting subtle facial expressions. *Psychological Science*, **5**, 403–410, 2005.
 - 14) A. J. O’Toole, D. A. Roark and H. Abdi: Recognizing moving faces: a psychological and neural synthesis. *Trends in Cognitive Sciences*, **6**, 261–266, 2002.
 - 15) D. A. Roark, M. Spence, A. J. O’Toole and H. Abdi: Memory for moving faces: Psychological and neural perspectives on the role of motion in face recognition. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, **2**, 15–46, 2003.
 - 16) M. Endo, T. Kiritani and T. Abe: The effects of image blurring on the recognition of facial expressions. *Tohoku Psychological Folia*, **54**, 68–82, 1995.
 - 17) G. J. O’Gorman: Individual differences in habituation of human physiological responses: A review of theory, method, and findings in the study of personality correlates in non-clinical populations. *Biological Psychology*, **5**, 257–318, 1977.
 - 18) M. Kamachi, V. Bruce, S. Mukaida, J. Gyoba, S. Yoshikawa and S. Akamatsu: Dynamic properties influence the perception of facial expressions. *Perception*, **30**, 875–887, 2001.