

Title	計算美学による顔魅力の印象形成過程の抽出： ステレオタイプ形成の理解を目指して
Sub Title	
Author	佐野, 貴紀(Sano, Takanori)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	2024
Jtitle	慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要：社会学心理学教育学： 人間と社会の探究 (Studies in sociology, psychology and education : inquiries into humans and societies). No.98 (2024.) ,p.91- 96
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	2023年度博士課程学生研究支援プログラム研究成果報告
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000098-0091

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

計算美学による顔魅力の印象形成過程の抽出： ステレオタイプ形成の理解を目指して

佐野貴紀

本研究課題は、「顔魅力の印象形成に関与する顔特徴の特定」「その印象形成の過程の解明」を目指したものである。本報告書では、特に前者の「顔魅力の印象形成に関与する顔特徴の特定」について記述する。

1. 序論

社会的な関わりの中で、人は相手の顔から様々な社会的情報を読み取ることができる。顔は他者の印象形成において重要な要素であるため、特に顔の魅力の印象の構成要素について多くの研究が行われてきた。例えば、平均性と対称性は顔の魅力の要素である (Grammer & Thornhill, 1994; Langlois & Roggman, 1990)。さらに、目、口、鼻といった顔の形態特徴や (Terry & Davis, 1976)、輝度 (Russell, 2003)、コントラスト (Russell, 2009) といった肌の特徴が顔の魅力に関与している。また、顔の魅力に関与する他の要因として、性的二型性 (男性顔の男性らしさ、女性顔の女性らしさ) がある。性的二型性を強調した顔はより魅力的であり (Perrett et al., 1998)、性的二型性は性ホルモンによって形成される形態学的特徴と関連している (Little et al., 2011; Rhodes, 2006; Thornhill & Gangestad, 1999)。女性の顔では、エストロゲンが骨の成長を抑制するため、頬や唇が丸くなる。男性の顔では、テストステロンは頬骨と顎のラインを発達させ、眉の筋肉を高くし、顔の中心を前に突き出し、頬から顎までの顔の長さが長くなる。そして、魅力や性的二型に関連する印象のひとつとして、支配性が挙げられる (Perrett et al., 1998)。支配性は身体的な強さ／弱さを示す顔の特徴に関連しており、脅威などの社会的判断において重要な次元である (Oosterhof & Todorov, 2008)。支配的な印象を強調する顔には、つり上がった目や眉など、怒りの表出時の顔の構造に似た形態学的特徴が顕著に見られる (Montepare & Dobish, 2003)。このような顔の印象を決定する要因は、主に実験的手法や計算論的手法で研究されてきたものの (Adolphs et al., 2016; Said & Todorov, 2011)、それぞれの研究は独立しており、人が実験の中で注意する顔特徴と、計算的に抽出される重要な顔特徴の対応は明らかではなかった。

そこで本研究では、これまで主に調査されてきた「魅力」「支配性」「性的二型性」の顔印象要因について実験的手法、計算論的手法の両面から検討した。はじめに、幾何学的形態計測を用いて形態的特徴を操作した顔画像を多数作成し、これらを用いて視線計測・印象評価実験を行った。さらに、得られたデータを用いて、深層学習手法により重要な顔領域を計算的に抽出し、計算により抽出された特徴量と実際の評価者の注視領域との関係を探索的に明らかにすることを目的とした。

2. 研究1：視線計測実験

2.1 方法

刺激には、Chicago Face Database (Ma et al., 2015) から選んだ80枚の顔画像を用いた。3つの顔印象 (魅力、支配性、性的二型性) について、幾何学的形態測定法を用いて5段階のモーフィング (−3, −1.5, 0, 1.5, 3SD) 画像を作成し、計1,200枚の顔画像を生成した。

実験は、男性20名、女性20名、平均年齢21.35歳（ ± 1.75 歳）の計40名が参加した。本実験は、ヘルシンキ宣言に基づき、倫理委員会の承認を得た。すべての参加者からはインフォームド・コンセントを得た。分析では、コンタクトレンズや眼鏡の不具合、実験装置の故障などの問題が発生し、キャリブレーションに失敗した5人のデータを除外した。最終的なサンプルは35人（男性16人、女性19人、平均年齢 21.31 ± 1.86 歳）であった。参加者は、顎台、視覚刺激用モニター、評価回答用キーボードを備えた実験室で実験を行った。参加者の目からモニター（ASUS VG278QR-R）までの距離は約76.0 cmに設定した。視線計測にはEyeLink 1000 PLUSカメラを使用した。実験では、参加者は顔画像の魅力、支配性、性的二型性を評価した。評価課題の各試行は、固視点の提示から始まった。その後、次の画面が表示され、顔画像が5000ミリ秒間表示された。顔画像の提示後、評価画面が表示された。参加者は、提示された顔画像を、魅力度（1=全く魅力的でない～7=非常に魅力的である）、支配性（1=全く支配的でない～7=非常に支配的である）、性的二型性（1=全く男性的でない／女性的である～7=非常に男性的である／女性的である）について7段階評価した。評価時間は無制限であった。評価終了後、参加者は次の試行に進んだ。各印象評価課題は80試行で構成された。合計240試行（ 80×3 ブロック）が行われた。参加者はブロック間で休憩をとることができた。印象評価課題と顔画像の提示順序はカウンターバランスをとった。画像刺激は1,200パターン用意されたが、参加者1人あたり240試行が割り当てられ、5人の参加者で1,200パターンすべてを網羅するように実験がデザインされた。

2.2 結果

実験条件に基づく固視領域の差異を調べるために、iMAP4 (Lao et al, 2017) を利用し、pixel-wise LMMによる分析を行った。モデルの説明変数には、顔刺激の形態変化（モーフィング条件の度合い）を固定効果とし、参加者をランダム切片とした。分析では、正（ $+1.5SD$, $+3SD$ ）、負（ $-1.5SD$, $-3SD$ ）、0SDの3つのカテゴリー変数を用いて、モーフィング条件間の差異を検討した。各変数は標準化した。画像の性別による形態学的特徴の違いを考慮し、画像の性別ごとに別々のモデルを作成した。さらに、それぞれの顔の印象について別々に分析を行った。その後、モーフィング条件について、正側の条件から負側の条件を引いた差分を算出した。参加者の性別の条件については、男性参加者側から女性参加者側を引く

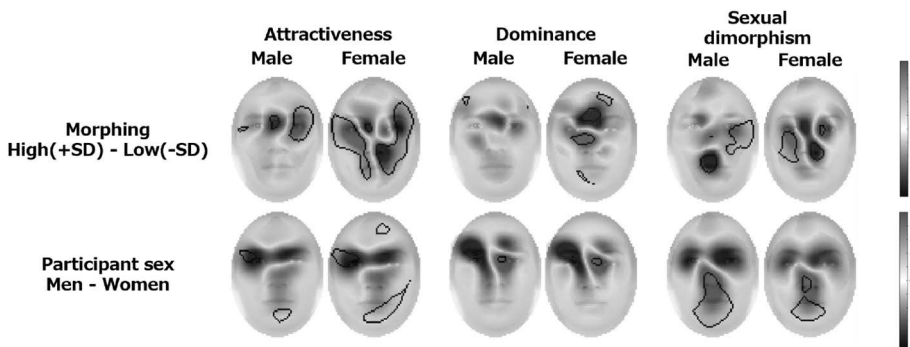


図1 Pixel-wise LMMによる分析結果：上図は、モーフィング条件の+SD側と-SD側の結果の違いを示す。ヒートマップが赤いほど+SD側の回帰係数の β 値が高く、青いほど-SD側の β 値が低い。同様に、下図は参加者性別条件における男性参加者と女性参加者の結果の違いを示す。ヒートマップが赤いほど男性の β 値が高く、青いほど女性の β 値が低い。黒線で囲まれた領域が有意であった領域を示す。

ことで差を算出した。分析には両側ピクセル検定 ($p < .05$) を適用した。分析の結果を図1に示した。

3. 研究2: 深層学習による検証

3.1 方法

深層学習手法を用いて、作成した顔画像と実験で得られた印象評定値を用いてそれぞれの印象において重要な顔特徴の可視化を行った。可視化手法として、gradient-weighted class activation mapping (Grad-CAM) (Selvaraju et al., 2017) を用いた。これは、深層学習モデルの隠れ層の勾配情報を可視化することによって、予測の判断根拠となる領域を抽出する手法である。紙面の都合上、モデル構造の詳細等は割愛する。分析にはtensorflow/keras (Version.2.6.0) を用いた。

3.2 結果

Grad-CAMによる解析結果を図2に示す。顔のモーフィングによる違いはあまり見られなかったが、印象による違い、評定者による傾向の違いが見られた。

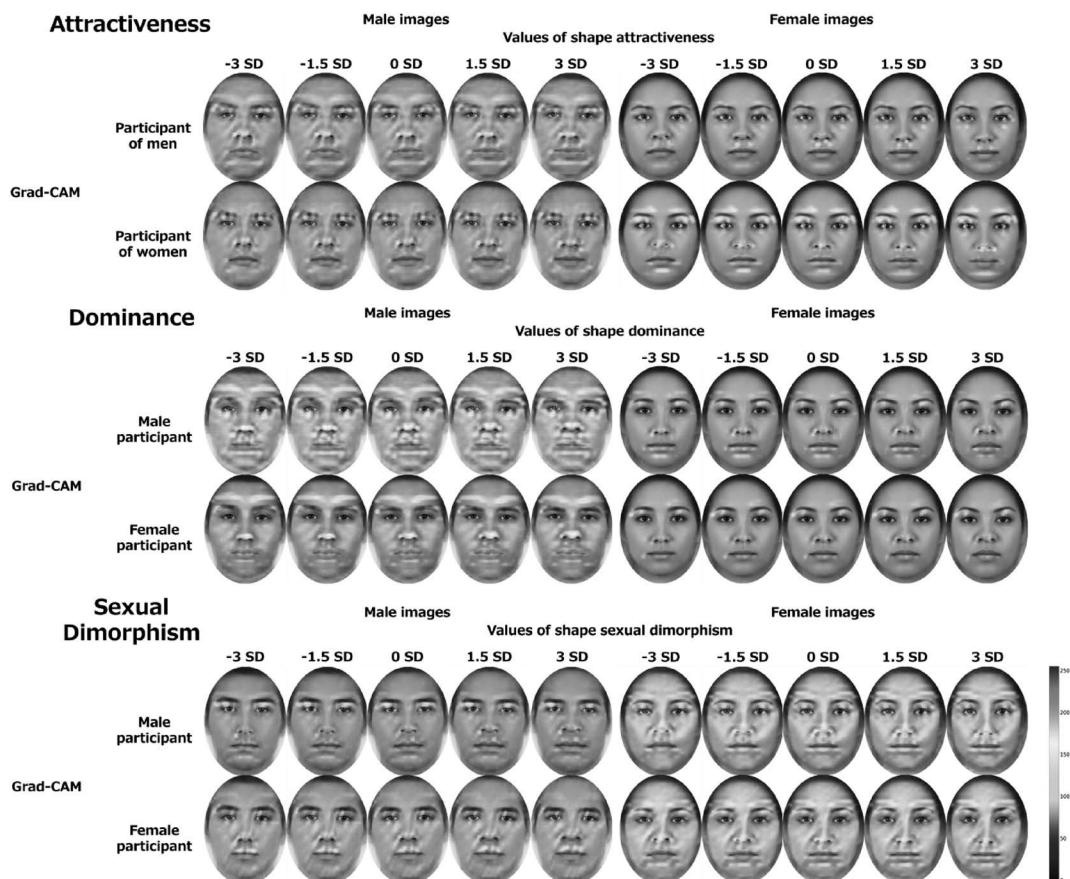


図2 Gradient-weighted class activation mapping (Grad-CAM) の可視化結果: ヒートマップの強さは、モデルが各印象を予測する上で重要な領域であったことを示している。

4. 考察

視線計測実験では、目や鼻の領域が魅力の印象を評価する際の手がかりとなることが示された。また、深層学習による分析においても、目と鼻の周辺領域が重要であることがわかった。したがって、目と鼻の周りの特徴は、実験的にも計算的にも魅力の評価する上で重要であることが示唆された。実際、目周辺の幾何学的形態計測を用いた研究 (Nakamura et al., 2020; Windhager et al., 2011; Windhager et al., 2018)、視線計測実験 (Kwart et al., 2012)、深層学習手法による分析 (Sano, 2022; Sano, 2023; Sano & Kawabata, 2023) でも報告されているように、魅力的な顔では目と鼻の特徴が重要である (Terry & Davis, 1976)。鼻領域は、幾何学的形態計測や視線計測実験を用いた研究でも重要であることが報告されている (Windhager et al., 2011; Windhager et al., 2018; Zhang et al., 2017)。本研究により、これらの先行研究の知見を裏付け、目と鼻の領域が顔の魅力に不可欠な特徴であることが示唆された。

支配性については、視線計測実験の結果、眉と鼻の領域が顔の評価の手がかりとして使われていることが明らかになった。さらに、目、眉、眉弓領域が深層学習による分析に重要であることがわかった。したがって、眉領域は、実験的にも計算的にも、支配性印象の評価において特に重要な特徴であることがわかった。支配的な印象が強調されればされるほど、目と眉が持ち上げられ、怒りの表現時の顔の構造に近くなる (Montepare & Dobish, 2003)。特に、眉弓が上がった男性の顔は、男性的で攻撃的な印象を与える (Třebický et al., 2013)。本研究の結果も、これらの以前の知見を裏付けるものであった。

性的二型性については、目の周りが視線計測によって抽出され、女性画像の場合は肌の領域も重要であることがわかった。これらの特徴は、男性ではテストステロン、女性ではエストロゲンによって男性らしさ、女性らしさに関係するとされている (Little et al., 2011; Rhodes, 2006; Thornhill & Gangestad, 1999)。さらに、女性の顔の目・唇とその周囲の皮膚の輝度コントラストは、男性の顔の輝度コントラストよりも性認知に影響を与える (Russel, 2003)。よって、形態学的特徴に加えて、肌領域も含む全体的な要素が性的二型性の評価に複雑に関わる可能性が示唆された。

5. 展望・今後の研究

本研究では、魅力印象については目と鼻の領域、支配性の場合は眉の領域、性的二型性の場合は目の周辺が重要な特徴となることが示唆された。また、参加者と画像の性別を考慮するとその違いも明らかとなった。本研究は、「顔魅力の印象形成に関与する顔特徴の特定」を目指したものであったが、「その印象形成の過程の解明」を目指した研究も現在進行中のものがあり、例えば脳波計測を行った実験データを現在解析中であり、多様な顔刺激に反復接触させる心理物理実験も計画中である。今後は、これらの研究を実施し、計算美学的なアプローチを統合することで、ステレオタイプの解消のための示唆として顔魅力の印象形成過程やその解消過程を検討していく。

参考文献

- Adolphs, R., Nummenmaa, L., Todorov, A. & Haxby, J. V. (2016). Data-driven approaches in the investigation of social perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371, 20150367. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0367>
- Grammer, K. & Thornhill, R. (1994). Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: The role of symmetry and averageness. *Journal of Comparative Psychology*, 108(3), 233. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.108.3.233>

- Kwart, D. G., Foulsham, T., & Kingstone, A. (2012). Age and beauty are in the eye of the beholder. *Perception*, 41(8), 925–938. <https://doi.org/10.1068/p7136>
- Lao, J., Mielliet, S., Pernet, C., Sokhn, N., & Caldara, R. (2017). I map4: An open source toolbox for the statistical fixation mapping of eye movement data with linear mixed modeling. *Behavior Research Methods*, 49, 559–575. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0737-x>
- Langlois, J. H. & Roggman, L. A. (1990). Attractive faces are only average. *Psychological Sciences*, 1, 115–121. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1990.tb00079.x>
- Little, A. C., Jones, B. C. & DeBruine, L. M. (2011). Facial attractiveness: Evolutionary based research. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366, 1638–1659. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0404>
- Ma, D. S., Correll, J., & Wittenbrink, B. (2015). The Chicago face database: A free stimulus set of faces and norming data. *Behavior Research Methods*, 47, 1122–1135. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0532-5>
- Montepare, J. M., & Dobish, H. (2003). The contribution of emotion perceptions and their overgeneralizations to trait impressions. *Journal of Nonverbal Behavior*, 27, 237–254. <https://doi.org/10.1023/A:1027332800296>
- Nakamura, K., Ohta, A., Uesaki, S., Maeda, M. & Kawabata, H. (2020). Geometric morphometric analysis of Japanese female facial shape in relation to psychological impression space. *Heliyon*, 6, e05148. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05148>
- Oosterhof, N. N., & Todorov, A. (2008). The functional basis of face evaluation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(32), 11087–11092. <https://doi.org/10.1073/pnas.0805664105>
- Perrett, D., Lee, K., Penton-Voak, I. Rowland, D., S. Yoshikawa, D. Burt, M. Henzi, S. P., Castles, D. L., & Akamatsu S. (1998). Effects of sexual dimorphism on facial attractiveness. *Nature*, 394, 884–887. <https://doi.org/10.1038/29772>
- Rhodes, G. (2006). The evolutionary psychology of facial beauty. *Annual Review of Psychology*, 57, 199.
- Russell, R. (2003). Sex, beauty, and the relative luminance of facial features. *Perception*, 32, 1093–1107. <https://doi.org/10.1068/p5101>
- Russell, R. (2009). A sex difference in facial contrast and its exaggeration by cosmetics. *Perception*, 38, 1211–1219. <https://doi.org/10.1068/p6331>
- Said, C. P. & Todorov, A. (2011). A statistical model of facial attractiveness. *Psychological Science*, 22, 1183–1190. <https://doi.org/10.1177/0956797611419169>
- Sano, T. (2022). Visualization of facial attractiveness factors using gradient-weighted class activation mapping to understand the connection between facial features and perception of attractiveness. *International Journal of Affective Engineering*, 21(2), 111–116. <https://doi.org/10.5057/ijae.IJAE-D-21-00018>
- Sano, T. (2023). Facial attractiveness factors and their learning processes by comparing the results of class activation mapping-based visualization methods using convolutional neural networks. *International Journal of Affective Engineering*, 22(3), 201–208. <https://doi.org/10.5057/ijae.IJAE-D-22-00013>
- Sano, T., & Kawabata, H. (2023). A computational approach to investigating facial attractiveness factors using geometric morphometric analysis and deep learning. *Scientific Reports*, 13(1), 19797. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47084-x>
- Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2017). Grad-cam: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 618–626. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.74>
- Terry, R. L. & Davis, J. S. (1976). Components of facial attractiveness. *Perceptual and Motor Skills*, 42(3), 918. <https://doi.org/10.2466/pms.1976.42.3.918>
- Thornhill, R. & Gangestad, S. W. (1999). Facial attractiveness. *Trends in Cognitive Science*, 3(12), 452–460. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01403-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01403-5)
- Trébiczký, V., Havlíček, J., Roberts, S. C., Little, A. C., & Kleisner, K. (2013). Perceived aggressiveness predicts fighting performance in mixed-martial-arts fighters. *Psychological Science*, 24(9), 1664–1672. <https://doi.org/10.1177/0956797613477117>

- Windhager, S., Bookstein, F. L., Mueller, H., Zunner, E., Kirchengast, S., & Schaefer, K. (2018). Calibrating facial morphs for use as stimuli in biological studies of social perception. *Scientific Reports*, 8(1), 6698. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24911-0>
- Windhager, S., Schaefer, K. & Fink, B. (2011). Geometric morphometrics of male facial shape in relation to physical strength and perceived attractiveness, dominance, and masculinity. *American Journal of Human Biology*, 23(6), 805–814. <https://doi.org/10.1002/ajhb.21219>
- Zhang, Y., Wang, X., Wang, J., Zhang, L., & Xiang, Y. (2017). Patterns of eye movements when observers judge female facial attractiveness. *Frontiers in Psychology*, 8, 1909. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01909>