

表情空間における内在的幾何学に関する考察 On intrinsic geometry of facial expression space

炭矢 瑠奈[†] 田崎 元[†] 趙 晋輝^{†,‡}
Runa Sumiya Hajime Tasaki Jinhui Chao

1. 序論

表情認識の研究において、カテゴリ説と次元説が知られているが、近年カテゴリ説の立場より次元説では説明ができない実験結果の矛盾が指摘されている。特に表情のカテゴリ知覚における不連続性あるいは閾値現象が、次元説のパラドックスとして報告されている。

そこで、本研究では、カテゴリや言語の影響を極力排除して表情の微小変化に対して表情認識実験を行い、表情弁別閾値の測定を行った。表情知覚においては一般的な閾値現象の存在を確認したと同時に、表情空間における内在的幾何学的特性が得られた。また、これらの結果が次元説とカテゴリ説に対する意義についても検討する。

2. 表情認識のモデル

2.1 カテゴリ説

カテゴリ説の立場は、表情に対して基本感情カテゴリを設定し、表出された表情はそのカテゴリに分類されることで認識されると主張する。基本感情カテゴリとは離散的な有限個の感情であり、他の感情とははっきりと識別できるように知覚されるものである。基本感情カテゴリは Ekman[1] の 6 表情、喜び・驚き・恐れ・悲しみ・怒り・嫌悪に代表される。

2.2 次元説

次元説の立場は、表情の認識にはカテゴリと呼ばれるものは存在せず、各表情は表情間の類似性によって構成される次元的心理空間上で連続して存在すると主張する。代表的な心理空間は Schlosberg[2], Russell[3] の円環モデルである。Russell は、表情は「快-不快」と「覚醒度」の 2 次元から構成される円環構造をもつものであると提起し、その後様々な心理学者によって、MDS や因子分析に基づいて 2 次元の表情の円環が確認されている。Russell らは言語の影響を排除するために就学前の児童に対して実験を行ったが、その結果の有効性が疑問視されている。

2.3 次元説の問題点

近年モーフィング画像を用いたさまざまな実験により、表情の次元説のパラドックスと呼ばれる現象が報告されている。Young et al[4]は、MDS により得られた 2 次元平面において、基本表情間の異なるモーフィングの連続体が交差する点に、矛盾する表情が同時に存在することを指摘した。

この矛盾は、心理空間を 2 次元ではなく高次元とすることで、上記交差をなくすことが出来るため、解消される。

また、Calder et al[5]と Young et al[4]はモーフィングによって得られた連続表情に対して、ABX テストを行った結果、それぞれの基本表情と認識される範囲には鋭い境界があり、表情知覚は連続変化せず離散的であることを主張した。しかし、ABX という二者択一の強制的なカテゴリ判断が行われた可能性が高く、カテゴリ知覚の閾値はむしろ自然な結果であると考えられる。そこで、本研究は言語やカテゴリの影響を極力排除したより一般的な弁別閾値現象について検討を行った。

3. 表情空間における表情弁別閾値の測定

認知において、閾値には刺激閾と弁別閾の 2 種類存在している。本研究では弁別閾値を測定し、画像データに対して MDS を使用して得た 3 次元心理空間内の局所計量を表情弁別楕円体にて定める。そのため、丁度可知差異を感じる値である弁別閾値となる表情画像の座標値を実験にて求め、弁別楕円体を推定する。楕円体の近似方程式の導出には最小二乗法を使用する。

実験の際、特に言語やカテゴリの影響を排除するために、表情の認識ではなく、比較する 2 画像間の表情差異の有無のみについて判断を求めた。

顔写真を用いて被験者に判断を求める実験を行う場合、顔写真を印刷して提示する方法やディスプレイに表示して提示する方法がある。その場合、顔写真の提示順序によって生じる印象への影響を抑える必要がある。そこで、表情順応の影響を避けるため、本研究では離散的变化により閾値測定の実験を行う手法である恒常法[6]を採用する。

3.1 測定環境

被験者は、視力が 0.8 以下の者には視力矯正器具の使用を促した 20 代の学生 7 人 (男性 6 人, 女性 1 人) である。サイズが 12cm×12cm の顔画像をディスプレイ上に表示する。視野角を 10 度に保つため、画面との距離を 72cm とした。像の大きさ d 、画像との距離 D に対して視野角 θ の算出は以下の式による。

$$\theta = 2\arctan(d/2D)$$

また、測定環境固定のため、測定は N5.5 均一背景にて行った。この時、ディスプレイは起動してから 30 分経過した後に使用するものとする。

3.2 測定手順

被験者にはディスプレイに表示された 2 枚の顔画像の表情が同じかどうか判断を求める。実験にて提示される刺激画像は、7 表情データベースの全ての 2 表情の組からモーフィングによって 1% 刻みの合成割合の間隔で合成された連続表情 2065 枚のうち、294 組の表情のペアである。先行研究にならない、次の画像を表示する前には 2 秒のインター

[†] 中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻
Department of Information and Systems Engineering,
Graduate School of Science and Engineering, Chuo
University

[‡] 中央大学理工学部情報工学科 Department of
Information and Systems Engineering, Faculty of Science
and Engineering, Chuo University

バルが入る。長時間にわたる測定となるため、実験には適度な休憩をはさむ必要がある。

4. 実験結果

本研究では、表情画像データベースである The Japanese Female Facial Expression (JAFFE) Database[7]の KA の 7 表情 (Anger, Disgust, Fear, Sadness, Happiness, Surprise, Neutral) を使用している。各表情のペアに対し 1% 刻みでモーフィングを行い、2065 枚の表情画像に対して MDS を行うことで 3 次元表情空間を得た。

図 1, 2 は得られた空間に表情弁別楕円体を描画した結果のうち、女性と男性の結果の一例である。楕円体の内部が同じ表情と認識した範囲である。楕円体の大きさは異なるが、方向性において傾向が見られる。また、図 1 の Happiness や図 2 の Anger のように、点データが存在しない方向へ楕円体が伸びているのは推定誤差と考えられる。

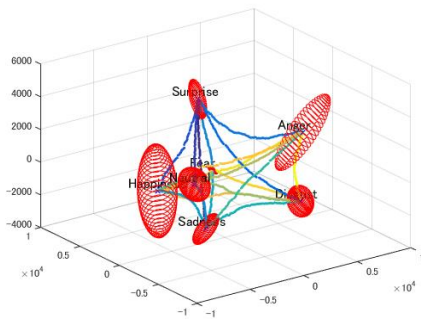


図 1 被験者 A の弁別閾値

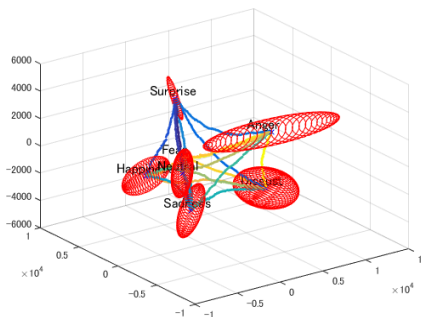


図 2 被験者 B の弁別閾値

図 3, 4 は同一の被験者による、異なる表情空間における弁別閾値である。ここでは同一画像のデータを、図 3 は MDS 空間に、図 4 は PCA 空間において、表情弁別楕円体を示したものである。

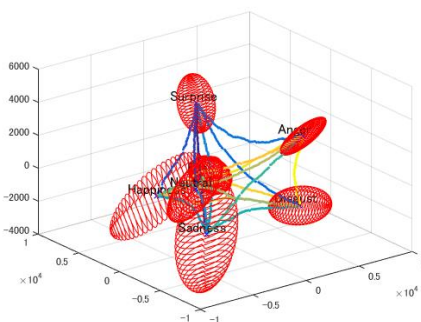


図 3 被験者 C の弁別閾値 (MDS 空間)

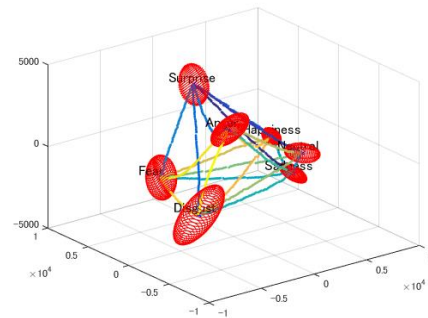


図 4 被験者 C の弁別閾値 (PCA 空間)

5. 結論

Young らが指摘した次元説の矛盾について、2 次元平面上的表情連続体の交点によるものは、3 次元の表情空間においては解消されることがわかった。また、本研究より、どの表情においても不連続な知覚、すなわち閾値が存在することが確認できた。この現象は、表情が空間内に連続分布することと矛盾することなく、カテゴリ知覚はこの連続分布の領域分割に、カテゴリ知覚の閾値はこれらの領域の境界に対応していると考えられる。

さらに、この弁別楕円体は各表情間でサイズや方向が異なっているため、表情空間はユークリッド空間ではなく歪んだ空間であることがわかる。つまり、局所計量である弁別楕円体をもとに表情空間をリーマン空間として定義することができ、その内在幾何学に基づく新しい応用が考えられる[8][9]。

謝辞

本研究を進めるにあたり、実験に快くご協力いただいた被験者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] Ekman P., Friesen W.V., Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement, Palo Alto: Consulting Psychologists Press (1978).
- [2] Schlosberg H., "THE DESCRIPTION OF FACIAL EXPRESSIONS IN TERMS OF TWO DIMENSIONS", Journal of Experimental Psychology, Vol.44, No.4 (1952).
- [3] Russell J.A., Bullock M., "Multidimensional scaling of emotional facial expressions: Similarity from preschoolers to adults", Journal of Personality and Social Psychology, Vol.48, No.5 (1985).
- [4] Young A.W., Rowland D., Calder A.J., et al, "Facial expression megamix: Test of dimensional and category accounts of emotion recognition", Cognition, Vol.63, No.3 (1997).
- [5] Calder A.J., Young A.W., Perrett D.I., Rowland D., "Categorical perception of morphed facial expressions", Visual Cognition, Vol.3, pp81-117 (1996).
- [6] 大山 正, 今井 省吾, 和气 典二 編, 新編 感覚・知覚心理学ハンドブック, 誠信書房, pp.19-37 (1994).
- [7] Michael J. Lyons, Shigeru Akamatsu, Miyuki Kamachi, Jiro Gyoba, "Coding Facial Expressions with Gabor Wavelets", 3rd IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 200-205 (1998).
- [8] 田崎 元, 炭矢 瑠奈, 趙 晋輝, "顔表情の空間構造の推定", 第 15 回情報科学技術フォーラム (2016)
- [9] 藤田 裕也, 趙 晋輝, "データ多様体の内在的リーマン空間への等長埋め込みと非線形次元削減への応用", 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.14, No.2, pp.345-346 (2015).