

表情表現の不均一性を起因とした予測誤差検出過程を表現する 定性的脳機能モデルの提案

Proposal for qualitative brain-function model representing process on prediction error detected in atypical facial movement recognition

田和辻 可昌^{*1*2}, 松居 辰則^{*2}
Yoshimasa TAWATSUJI^{*1*2}, Tatsunori MATSUI^{*2}

^{*1} 早稲田大学 大学院人間科学研究科

^{*1} Graduate School of Human Sciences, Waseda University

^{*2} 早稲田大学 人間科学学術院

^{*2} Faculty of Human Sciences, Waseda University

Email: wats-kkoreverfay@akane.waseda.jp

あらまし：ヒト型の教師エージェントによる表情表現は適切な様態で表出されなければ、かえって否定的な印象を学習者に与えてしまう。このためには、ヒト型エージェントが表出する表情に対する人間の認知過程を原理的に理解することが望まれる。そこで本研究では、ヒト型エージェントの顔の上半分と下半分で表情表現が一致あるいは不一致である場合を検討し、ヒト型エージェントに対する表情認知過程を説明する定性的脳機能モデルを提案する。

キーワード：教師エージェント、表情、不気味の谷、脳機能、定性的記述

1. はじめに

教師エージェントによる感情的表現(e.g.表情)は、学習者の学習意欲を向上する上で重要な役割を果たすと考えられる。このような教師エージェントは人の外見に近づけられることで、様々な感情的表現が可能になるといえる。ところが、人型のエージェントにおいて、設計者が笑顔の表情を意図して実装したとしても、受け手はその表情に対して否定的に評価することがある(ref.「不気味の谷」⁽¹⁾)。

「不気味の谷」現象の発生メカニズムに関して、「期待動作との不一致」という説明の枠組みが提案されている⁽²⁾。ヒトのような外見をもつアンドロイドは、その外見から典型的なヒトの身体動作を行うであろうという期待を観察者に誘発させる。一方で、実際のアンドロイドは機械的な身体動作を行うため、この期待動作と知覚動作との間に齟齬が起こる。この齟齬が不気味さ形成に関与していると考えられている。また、顔認知においては、早期の発達段階における顔認知の熟達化が不気味の谷形成に関与していることも示唆されている⁽³⁾。以上から、ヒトは顔および表情を見る際に、(i)発達段階で学習された典型的な顔動作が知覚されると予測するが、(ii)この動作と異なる顔の動作を知覚することで(iii)予測動作と知覚動作の間に齟齬が生じ、(iv)不気味さに関わる印象形成がなされると考えることができる。ところが、このような情報処理過程は、どのような神経基盤によって支えられているのかという点に関して明らかになっていない。

そこで本研究では、表情動作の予測誤差に至る情報処理過程を説明する定性的脳機能モデルを構築することを目的とする。特に、非典型的表情動作(e.g.顔の上下で表情表現が異なる)知覚に対して誤差が検出されるために必要な脳機能の定性的結合に関する議論を行い、モデルの神経科学的妥当性について検討する。

2. 先行研究

表情認知には皮質下と皮質が相互に関わっており⁽⁴⁾、皮質下による情報処理は、迅速な情動情報処理を可能にしていることが示唆されている。また、表情表現の動作的側面は上側頭溝に関与していることが知られている⁽⁵⁾。一方、知覚心理学の分野では、人間の表情知覚は、快-不快(Valence)と覚醒(Arousal)を基底とする心理次元から解釈される。特に、近年では、この心理次元に係る神経基盤が実験的に検証されており、快-不快の評価には側頭葉および紡錘状回が、覚醒の評価には扁桃体や小脳の関与が示唆されている⁽⁶⁾。さらに近年、小脳も感情認知に関与していることが示唆されており⁽⁷⁾、我々はこれまでこの小脳が表情動作の予測に貢献していることを仮説的に提案している。

3. シミュレーション

3.1 構築・実装したモデル

図1に構築したモデルを示す。入力として表情表出を行う対象における皺眉筋(corrugator supercilii)および大頬骨筋(zygomatic major muscle)の動作のon-offを制御した。皺眉筋は怒り顔の表情表現に関して眉を動かす表情筋で、大頬骨筋は笑顔の表情表現に関して口角を引き上げる表情筋である。知覚された表情表現の動作的側面は上側頭溝によって、その快-不快に関する評価は側頭葉/紡錘状回によって処理される。また、対象の覚醒の程度は扁桃体を含む辺縁系で迅速に処理される。さらに、小脳内部モデルによって、知覚された表情の感情的側面から各表情筋の予測動作が計算される。尚、この予測動作は学習された計算機構であるとして予め動きの系列を明示的に与えた。上側頭溝によって計算された知覚動作と小脳で計算された予測動作を基に前頭皮質でそれぞれ動作の比較がなされ、齟齬がある場合は頭頂皮質⁽²⁾に情報が伝播され、注意機構が働く。

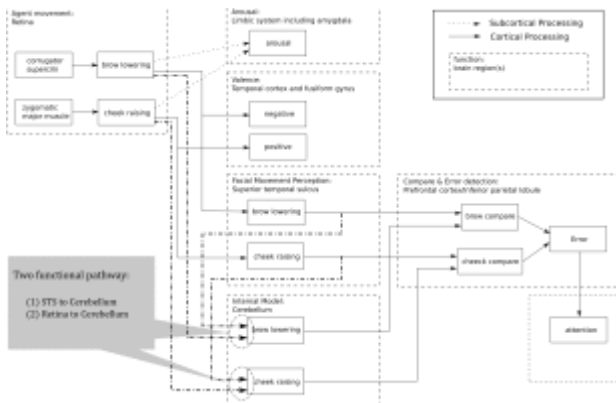


図1 構築した表情認知に係る定性的脳機能モデル

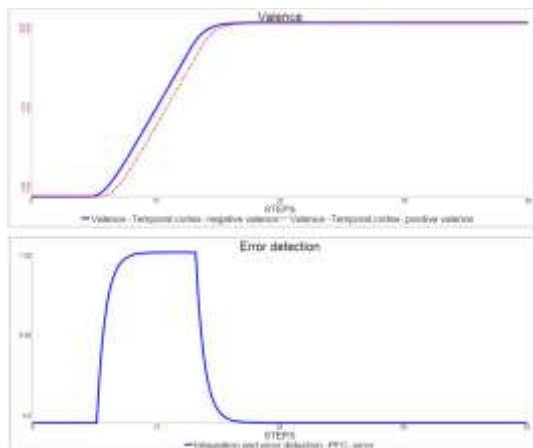


図2 非典型的表情を見た際の快不快評価 (Valence) と誤差検出 (Error detection) の時系列変化

構築したモデルにおいて、まず典型的な怒り顔(皺眉筋のみを動かす)、典型的な笑顔(大頬骨筋のみを動かす)に対して、齟齬 (Error) がなく、快-不快 (Valence) 評価が適切になされる条件を確認した。この上で、それぞれの表情筋を同時に動かした場合 (非典型的動作) でどのように快-不快評価が変化するかを検証した。

3.2 結果

まず、典型的な表情を齟齬がなく知覚・評価されるためには以下の条件が必要であることが示唆された。一点目は、知覚動作と予測動作との比較がなされるために、小脳機能 (i.e.動作予測) が機能する時刻と上側頭溝機能 (i.e.動作知覚) が機能する時刻とが定性的に同時刻であるということである。二点目は、小脳による予測機能は、側頭葉/紡錘状回で処理される快-不快評価を受けてから駆動するのではなく、これらと同時刻に処理がなされていることである。このことから、快-不快評価、表情の動作的側面の知覚、小脳による予測を同時刻に処理するように設定を行った (図1:波線矢印部分)。三点目は、皺眉筋の検出時刻と大頬骨筋の検出時刻が異なることである。これらの時刻が同時であると、小脳の予測機能の段階において、怒り顔と笑顔の予測が同時に行われることとなり、構築したモデルにおける予測誤差が検出されなくなるためである。そこで、本研究では、一方の表情が知覚されるともう一方の表情動作予測に抑制をかける機能を追加した。

以上の要件を満たしたモデルを用いて、顔上下で表情が異なる (非典型的表情動作) 刺激を提示した場合の快-不快評価 (Valence) の変化と誤差検出 (Error detection) の時系列変化を図2に示す。この結果から、快と不快の双方の評価がなされている反面、誤差検出が働いていることが示された。

4. 考察

本シミュレーションから示唆された点として、小脳が機能する時間的側面と、怒り顔と笑顔の表出時間の時間的順序性が挙げられる。小脳は視床と結合しており、この機能的結合によって迅速な予測動作の生成がなされていることが示唆される。また、怒り顔よりも笑顔の検出が早いという点については、扁桃体の関与が考えられる。扁桃体は迅速な怒り顔の検出に関与していることが示唆されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。これらの知見から、(1)表情認知においては、怒り顔が扁桃体で迅速に検出され、視床を介して、小脳に伝達される。また、(2)怒り顔の動作予測と合わせて、笑顔の予測機構が作用しないように機能的に働くと考えられる。

5. まとめと今後の展望

本研究では、表情認知に係る定性的脳機能モデルを構築し、顔の上下半分で表情が異なるエージェントを観察した際に異常が検出される過程を説明するモデルを構築した。本モデル構築にあたり、小脳の迅速な情報処理と表情筋の変化に対する検出時刻が笑顔と怒り顔で異なることが仮説的に導かれた。

今後は本モデルを発展させ、学習文脈における教師エージェントの表情と学習者の心的状態の変化の関係性について説明を試みる。この上で、構築したモデルに基づき、教師エージェントの表情のあるべき様態を実験的に検討する。

参考文献

- (1) 森政弘: “不気味の谷”, エナジー誌, 7(4), pp.33-35 (1970) <http://www.getrobo.com> (2013/2/16 閲覧)
- (2) Saygin, A.P., et al.: The thing that should not be: Predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions, *Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(4), pp.413-422 (2012)
- (3) Lewkowicz, D.J. et al.: The development of the uncanny valley in infants, *Developmental Psychology*, 54(2), pp.124-132 (2012)
- (4) Palermo, R. et al.: Are you always on mind? A review of how face perception and attention interact, *Neuropsychologia*, 45(1), pp.75-92 (2007)
- (5) 飯高哲也: 顔認知の脳内メカニズム: 上側頭溝の機能を中心として, *BRAIN and NERVE*, 64(7), pp.737-742 (2012)
- (6) Gerber, A.J. et al.: An affective circumplex model of neural systems subserving valence, arousal, and cognitive overlay during the appraisal of emotional faces, *Neuropsychologia*, 46(8), 2129-2139 (2008)
- (7) Bauman, O. and Mattingley, J.B.: Functional topography of primary emotion processing in the human cerebellum, *Neuroimages*, 61(4), pp.805-811 (2012)
- (8) Morris, J.S. et al.: A subcortical pathway to the right amygdala mediating “unseen” fear, *PNAS*, 96(4), 1680-1685 (1999)
- (9) Morris, J.S. et al.: A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expression, *Nature*, 383, pp.812-815 (1996)