

コミュニケーション能力が知覚・認知情報処理に 与える影響

Perceptual and cognitive information processing modulated by communication skills

永井聖剛

産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 研究員

Masayoshi NAGAI

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Institute for
Human Science and Biomedical Engineering, Research Scientist

本研究ではコミュニケーション能力が異なる被験者グループ（定型発達者および自閉症者）を選出し、各グループ特徴的な知覚・認知情報処理特性を明らかにすることを目的とした。ここでは特に顔認知情報処理の違いについて、Classification image 法により視覚情報処理方略を詳細に示すことが可能である。第1実験では顔写真を提示し、個人弁別課題を行うとき「顔のどの部分にどれくらい強く処理ウェイトをおくか」をピクセル単位で検討した。第2実験では写真ではなく線画で表現した顔刺激を用いて表情弁別課題を行うとき「顔のどのパーツに処理ウェイトをおくか」を検討した。実験の結果、実験1では自閉症者の半数は定型発達者と同じく目・眉の領域に処理のウェイトをおくが、残り半数では額にも処理ウェイトをおくなど定型発達者にはみられない特殊な処理方略を示した。実験2では2つの被験者グループで共に口パーツにウェイトをおく処理傾向が強く、目へのウェイトは倒立条件でより小さくなり、質的な差が無かった。以上から、顔認知情報処理において、顔写真を用いた個人弁別ではグループ間の差がみられるが、線画顔による表情弁別では差が無いことを支持するデータを得た。本成果は人間-機械インターフェース、中でも知能エージェントとのコミュニケーションを設計する上で重要な知見であり、コミュニケーション能力に応じた顔認知情報処理を考慮した安全かつ効率的なインターフェース開発に貢献するものと期待される。

The purpose of the present study was to show the difference in perception and cognitive processing between autistic and typically-developing observers. Here we focused on examining that difference in detail using classification image techniques. The first experiment in face-identity discrimination with real faces showed that half of autistic observers showed the similar face processing strategy (relying on eyes and eyebrows region), but rest of them showed atypical strategy (relying forehead). The second experiment in facial-expression discrimination with cartoon faces showed that the two groups used the qualitatively similar strategy relying on mouth feature in both upright and inverted faces. These findings could be helpful for designing the man-machine interfaces via human agents.

序

自閉症者の顔情報処理は健常者とは異なることが知られている。例えば、自閉症者は自発的に目領域に注意を向けず (e.g., Pelphrey *et al.*, 2002), 口領域を選択的に処理するとされる (e.g., Joseph & Tanaka, 2003). しかしながら、従来の研究手法ではパーツ毎の処理ウェイトを検討するなど、大まかな処理方略を明らかにするに過ぎなかった。本研究では Classification image (CI)法を用い、自閉症者と健常者の顔情報処理方略を詳細に比較することを目的とした。CIは近年開発された心理物理の実験手法であり (Ahumada & Lovell, 1971; Beard & Ahumada, 1998), 刺激弁別、あるいはターゲット検出を行うときに、「画像刺激のどの部分をどれくらい強く利用しているか」をピクセル単位の精度で明らかにすることができる。

Classification Image 法では、例えば、顔 A の画像、顔 B の画像を弁別される課題を被験者に与える。各試行では顔 A もしくは顔 B がランダムに選択され、各試行でランダムに生成されたホワイトノイズが選択された顔画像に輝度次元で加算され提示される (Fig. 1C 参照)。顔 A が選択された場合、加算されるホワイトノイズが顔 A の特徴を強調し顔 A と認知されやすくなる場合もあるが、顔 A の特徴を打ち消し顔 B と誤認される場合もある。分析では、各試行で生成されたホワイトノイズを「刺激—反応」の組み合わせカテゴリに分類し (Nab=顔 A が提示され、顔 B が提示されたときと答えた試行の、画像内各位置のホワイトノイズ集合)、式 1 によって CI を得た。

$$[\text{式 1}] \quad CI = [\text{Mean}(Naa) + \text{Mean}(Nba)] - [\text{Mean}(Nab) + \text{Mean}(Nbb)]$$

CI では画像内で被験者が利用している部分のコントラストが高くなり、そうでない部分のコントラストはゼロに近づく。CI はどの位置のノイズが被験者の反応に影響を与えるかを表現したマップと考えられ、行動学的受容野 (Behavioral Receptive Field) と呼ばれる (Gold, Murray, Bennett, & Sekuler, 2000)。また別の表現をすれば、CI は特定の課題を行うときに被験者が用いるテンプレート、あるいはフィルタということもできる。

CI の計算に要する試行数は用いる画像ピクセル数に比例して増加するため、相当の試行数を必要とするという欠点があり (Sekuler *et al.*, 2004 では 10,000 試行)、障害者など特殊な被験者に適用することは容易では無かった。Nagai *et al.* (2007)では画像のサンプリング提示により推定パラメータを減らすことで、必要試行数を削減する手法を確立した。実験 1 ではこの試行数削減法を用いて、顔写真による個人弁別時の処理方略を定型発達者と自閉症者で比較した。また実験 2 では、はななく線画で表現した顔刺激を用いて表情弁別課題を行うときの処理方略の違いをグループ間で比較した。

実験 1

方法

実験参加者 自閉症者 6 名および定型発達者 6 名。

実験装置 Apple PowerMac G4, Nanao FlexScan T966

刺激および手続き Gold *et al.* (1999)で使用された 2 つの顔画像 (128 x 128 pixels, Fig. 1B) を刺激として用いた。Sekuler *et al.* (2004)ではこれらの顔画像の全てのピクセルが提示されたが、本研究ではマスクをかけ、顔領域の 25%をサンプリングし提示した (Fig. 1A)。各試行での顔刺激コントラストは階段

法により 70.9 % 正答レベルに調整され、サンプリング部分に各施行毎に生成されるユニークな輝度ホワイトノイズ（平均=0, RMSコントラスト=0.3）を付加した画像が刺激として提示された。課題は各試行でどちらの顔が提示されたかを答えることであった。1日に1セッション（1450 試行）、2日間にわたって2セッション行った。

結果

[式 1]によって計算された raw CI（何らの画像処理を施していないことから、raw CI と呼ぶ）ではコントラストの高い部分がクラスターとして視認できた CI を平滑化フィルタリングし、反応履歴ランダム並び替えによる繰り返しシミュレーション（Nagai, Bennett, & Sekuler, 2007）に基づき統計的検討を行った（ $p < .001$ ）。被験者が有意に高いウェイトをかけたピクセルを赤色で示している（Fig.1）。定型発達者では全ての被験者で目あるいは眉毛のエリアを有意に用いて弁別課題を行っていた。これに対して、自閉症者では定型発達者と同様に目・眉エリアを利用する者が半数、残り半数はこれらのエリアではなく額という顔による個人弁別にとってはほとんど有益でないようなエリアを利用していることが明らかとなった。従来の研究では、自閉症者は定型発達者とは異なるという報告が大多数であったが、本研究では自閉症者の中にも定型発達者と同様の顔情報処理方法をとる者が半数存在し、自閉症者が一様に同じ顔認知方法をもっているのではなく、多様

な個人差がみられることが示唆された。本知見は、ごく最近報告され始めた自閉症者に顔認知情報処理に関する研究と一致している（e.g., Rutherford, Clements & Sekuler, 2007）。

実験 2

方法

実験参加者 自閉症者 7 名および定型発達者 19 名。

実験装置 実験 1 と同様

刺激および手続き 本実験では線画による顔刺激を用いた（Fig.2）。左右の眉、口の各パーツの曲率を独立して操作することにより、様々な表情を模式的に表現することを可能とした。各試行での表情のデフォルトの曲率の大きさは階段法により 70.9 % 正答レベルに調整された。さらに、各試行で一様ランダム変数を生成し、各パーツの曲率にノイズを加えて線画による表情刺激を提示した。被験者の課題は提示された刺激について、ポジティブ表情、ネガティブ表情かを区別することであった。また、各顔を正立して提示する条件、倒立して提示する条件の 2 つを設けた。

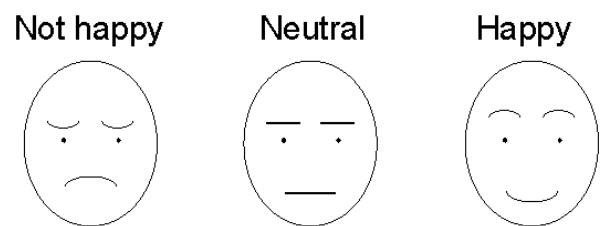


Fig 2. 実験 2 において用いた表情刺激の例。

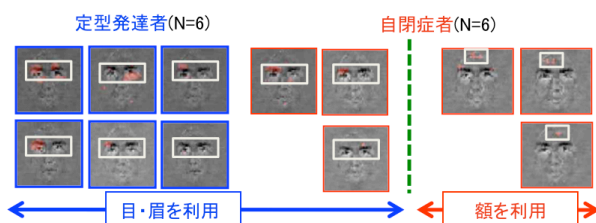


Fig 1. 実験 1 CI における有意ピクセルの個人データ

結果

まず、定型発達者、自閉症者共に、ポジティブ、ネガティブ表情を区別するために必要な曲率の大きさは ($d' = 1$ における弁別閾値)、正立・倒立条件間で差が無かった（Fig. 3, 4 左）。次に表情を弁別する際にどのパーツにウェイトをおいているかを調べるために（つまり CI の推定）、多重回帰分析を行った。分

析の結果、両グループ共に口を手がかりとしている被験者が多かった（自閉症群では条件に関わりなく 6/7 人、定型発達群では正立条件で 16/19、倒立条件で 17/19 人）。また、その他のパーツについてもグループ間の差はなく、倒立条件では有意に手がかりとしている人数が大きく減少するという結果が得られた。したがって、線画刺激による表情弁別では定型発達者と自閉症者では質的に同様な処理を行っていることが示唆された。

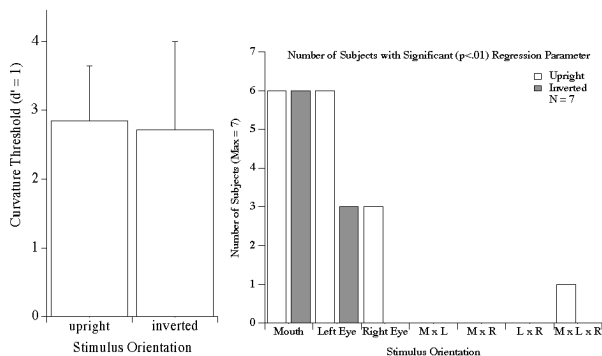


Fig 3. 実験 2 自閉症者のデータ.

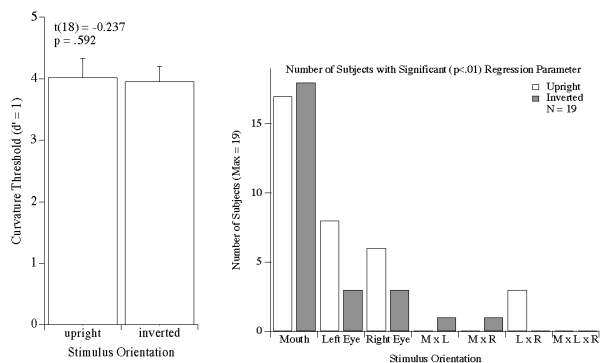


Fig 4. 実験 2 定型発達者のデータ.

総合論議

顔認知情報処理に関する 2 つの実験の結果から、自閉症者は線画顔による表情弁別では定型発達と質的に同じであることが示唆された。しかしながら、顔写真を用いた個人顔弁別では自閉症者の半数が特殊なストラテジーを用いていることが示唆された。今後、人間-機械インターフェースにおいて、知能エージェントとのコミュニケーションを実

装する場合には、顔写真は自閉症者あるいは自閉症的傾向を有する者には認識されにくい可能性があることに留意する必要があるかもしれない。本研究成果は、コミュニケーション能力に応じた顔認知情報処理を考慮した安全かつ効率的なインターフェース開発に資するものと期待される。

引用文献

Ahumada, A. J., Jr., & Lovell, J. (1971). Stimulus features in signal detection. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, 1751-1756.

Beard, B. L., & Ahumada, A., Jr. (1998). A technique to extract relevant image features for visual tasks. *Proceedings of SPIE*, 3299, 79-85.

Gold, J. M., Murray, R. F., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2000). Deriving behavioural receptive fields for visually completed contours. *Current Biology*, 10, 636-666.

Gold, J. M., Sekuler, A. B., & Bennett, P. J. (2004). Characterizing perceptual learning with external noise. *Cognitive Science*, 28, 167-207.

Joseph, R. M. & Tanaka, J. (2003). Holistic and part-based face recognition in children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 529-542.

Nagai, M., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2007). Spatiotemporal templates for detecting orientation-defined targets. *Journal of Vision*, 7(8):11, 1-16.

Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32, 249-261.

Rutherford, M. D., Clements, K. A., & Sekuler, A. B. (2007). Differences in discrimination of eye and mouth displacement in autism spectrum disorders. *Vision Research*, 47, 2099-2110.

Sekuler, A. B., Gasper, C. Gold, J. M., & Bennett, P. J. (2004). Inversion leads to quantitative, not qualitative, changes in face processing. *Current Biology*, 14, 391-396.

発表リスト

永井聖剛 (2009). Classification image による顔情報処理ストラテジーの可視化 - 定型発達者と自閉症者の比較 -. 平成 21 年生理学研究所研究会「視知覚研究の融合を目指して - 生理、心理物理、計算論」. 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター.