



2021年7月27日

報道機関 各位

東北大学病院
東北大学大学院医学系研究科
国立精神・神経医療研究センター
慶應義塾大学

表情から感情を読み取る過程を神経回路モデルで再現 -自閉スペクトラム症の症状出現のメカニズム理解に期待-

【研究のポイント】

- 生体脳を模倣した神経回路モデル^{注1}に人間の表情変化を予測するような学習をさせたところ、自然発生的に感情ごとのカテゴリが形成されることを明らかにした。
- 神経回路モデルでニューロンの活動を異常に変化させるよう設定したところ、感情認識や汎化^{注2}の変調といった自閉スペクトラム症^{注3}に類似した症状が観察された。
- 神経回路モデルで精神障害の症状を再現する「計算論的精神医学」アプローチにより、自閉スペクトラム症の症状出現のメカニズム理解に貢献できることを示した。

【研究概要】

ヒトは表情の画像を見ることで、「悲しみ」「怒り」などの異なる感情を認知することができると考えられています。しかし、発達過程において、表情を見ただけで異なる感情をどのようにして判断できるようになるのか、その仕組みはほとんどわかっていません。東北大学病院精神科の高橋雄太助教と東北大学大学院医学系研究科の富田博秋教授、慶應義塾大学理工学部の村田真悟専任講師、国立精神・神経医療研究センターの山下祐一室長らのグループは、ヒトの発達過程で表情から感情を認識ようになる過程と、自閉スペクトラム症を持つ人におけるその変化を、コンピュータ上で脳を再現した神経回路モデルを用いて再現することに成功しました。本研究は、ヒトが他人の表情を目で見て学習するだけで感情の認識が可能になる過程を初めて明らかにした重要な報告です。本研究を発展させることで、ヒトが感情を認識ようになる過程や、自閉スペクトラム症の人々の認知特性についての理解を進め、感情を認識しづらい障害を持つ人に対する適切な介入方法の検討への貢献が期待されます。

本研究成果は、2021年7月26日午前10時(現地時間、日本時間7月26日午後6時) Scientific Reports 誌(電子版)に掲載されました。

【研究内容】

ヒトは表情の画像を見ることで、「悲しみ」「怒り」などの異なる感情を認知することができると考えられています。しかし、ヒトの発達過程において、表情の視覚的な情報からどのように異なる感情を認知するのか、そのメカニズムはほとんどわかっていません。また、自閉スペクトラム症を持つ人では、他人の感情を認識しづらいことが中核的な症状の一つとされていますが、表情からの感情を読み取る過程にどのような変化が起きているのかはよくわかっていません。

今回本研究グループは、コンピュータ上で神経回路モデルを用いて表情から感情を認識する過程を再現することに成功しました(図1)。生体脳を模した再帰型神経回路モデル^{注4}を用意し、予測符号化理論^{注5}に基づき、表情動画の中で顔のパーツがどのように動いていくのかを予測する(予測誤差を最小化する)ような学習を行い、発達過程の再現を試みました。その結果、それぞれの表情動画がどの感情に対応するかの情報は与えていないにもかかわらず、神経回路モデルの高次ニューロン空間に感情のクラスターが自己組織化されることを確認しました。また、学習では与えられていない未知の表情に対しても、予測誤差を最小化するアプローチで顔のパーツの動きを再現すること(汎化すること)に成功しました。一方、ニューロンの活動性の異常を人工的に引き起こし、その変化が学習発達・認知特性に与える影響を調べる実験を行ったところ、ニューロン群の活動の多様性を減弱させたモデルでは、汎化能力が低下し、高次ニューロンでの感情クラスターの形成が阻害され、未知の表情の感情の同定に失敗しやすいという自閉スペクトラム症の人と類似した症状が観察されました。今回の神経回路モデルでも、これまでに行われている自閉スペクトラム症の人を対象とした研究と同様に、ノイズとなるような細部に対しても過剰に正確さを想定してしまうような認知の特性が見られました。

結論: 本研究によって神経回路モデルを使用して予測符号化理論により自閉スペクトラム症の表情からの感情認識を説明できることが解明され、自閉スペクトラム症の人の感情認識の変調に関する理解が一層進むことが期待されます。

支援: 本研究は、JSPS 科研費 (JP18KT0021、JP19H04998、JP20H00001、JP20H00625、JP19J2028)、日本医療研究開発機構 (AMED) (JP20dm0107076)、東北大学未来型医療創成センター、JST CREST (JPMJCR16E2)の支援を受けて行われました。

【用語説明】

- 注1. 神経回路モデル: 脳の機能に見られる特性を数理的にモデル化したもの。コンピュータ上で動作させることができるため、複雑な情報処理過程についても可視化して調べることができる。
- 注2. 汎化: 様々な異なる刺激に共通する性質や法則を見出すこと。この機能により、未経験の場面に対しても、既知の情報との共通点を見出し、持っている知識を適用して対応することができる。
- 注3. 自閉スペクトラム症: 社会的コミュニケーションや対人関係の障害、パターン化した興味や活動といった特徴をもつ神経発達症。有病率は約 1%と報告され、男女比は 4:1 で男性に多い。従来の自閉症からアスペルガー障害や特定不能の広汎性発達障害を含む概念である。汎化の障害などの認知特性が指摘されているが、そのメカニズムはあまりわかっていない。病態解明のためには神経回路と関連した脳の情報処理の変化に関する研究が重要な役割を担っている。
- 注4. 再帰型神経回路モデル: ニューロン素子の入力として過去の活動履歴も考慮することで、脳の時間的な情報表現を模した神経回路モデル。
- 注5. 予測符号化理論: 脳の認知機能を広く説明する計算理論。この理論においては、脳は外界に対する階層的な内部モデルを持ち、それに基づいて常に次に受け取る感覚刺激の予測を生成しており、実際の刺激との誤差を最小化するように外界に適応していくと考えられている。

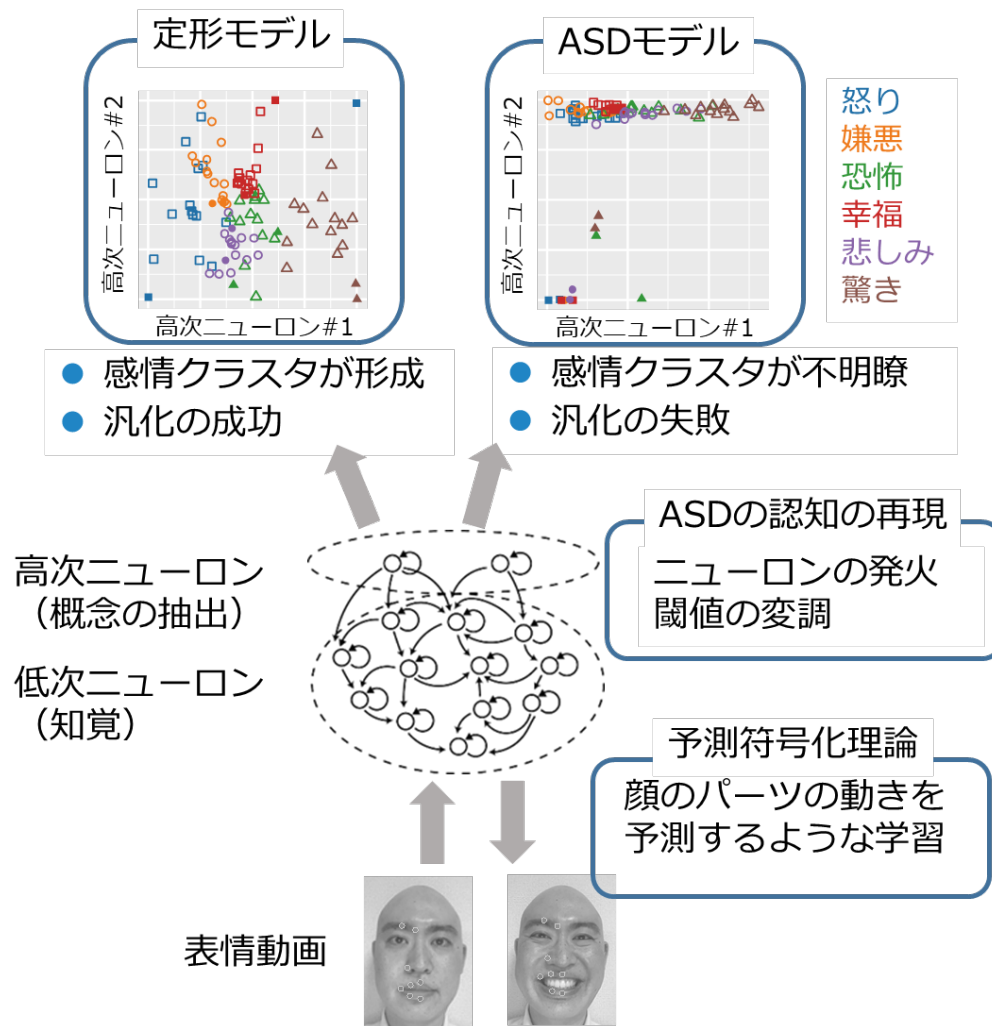


図 1. 研究の概念図

今回の研究では予測符号化理論に基づき生体脳の情報処理を再現した再帰型神経回路モデルを使用しています。この神経回路モデルでは生体脳の情報処理に近づけるために高次と低次の 2 つの階層のニューロンを用意しています。このモデルに表情動画における顔のパーツの動きを予測する(予測誤差を最小化する)ような学習を行うと、感情の正解を与えていないにも関わらず、高次ニューロンの活動が感情ごとのクラスターを形成すること、さらに未知の表情に対しても感情認識が可能となる(汎化できる)ことを明らかにしました。さらに、ニューロンの活動性を人工的に引き起こした場合、感情クラスターが不明瞭になり、汎化能も低下するという、自閉スペクトラム症(ASD)の人と類似した症状が観察されました。

【論文題目】

Title: Neural network modeling of altered facial expression recognition in autism spectrum disorders based on predictive processing framework

Authors: Yuta Takahashi, Shingo Murata, Hayato Idei, Hiroaki Tomita, Yuichi Yamashita

タイトル: 予測符号化理論に基づく神経回路モデルを用いた自閉スペクトラム症における表情認識の変調の再現

著者名: 高橋 雄太、村田 真悟、出井 勇人、富田 博秋、山下 祐一

掲載誌名: Scientific Reports

DOI: 10.1038/s41598-021-94067-x

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学病院 精神科

助教 高橋 雄太

電話番号: 022-717-7262

Eメール: yuta.takahashi@med.tohoku.ac.jp

国立精神・神経医療研究センター神経研究所
疾病研究第七部

室長 山下 祐一

電話番号: 042-346-1718

Eメール: yamay@ncnp.go.jp

(取材に関すること)

東北大学大学院医学系研究科・医学部広報室

東北大学病院広報室

電話番号: 022-717-8032

FAX 番号: 022-717-8931

Eメール: press@pr.med.tohoku.ac.jp

国立精神・神経医療研究センター

総務課広報係

電話番号: 042-341-2711 (代表)

FAX 番号: 042-344-6745

Eメール: ncnp-kouhou@ncnp.go.jp