

# 色－情動の対応関係を用いた 自閉スペクトラム症者の他者情動認識支援

## Assisting Autism Spectrum Disorder in Emotion Recognition Using Emotion-Congruent Colored Overlay

黒木隆大\*<sup>1</sup>  
Takahiro Kuroki

長井志江\*<sup>1</sup>  
Yukie Nagai

堀井隆斗\*<sup>1</sup>  
Takato Horii

池田尊司\*<sup>1</sup>  
Takashi Ikeda

熊谷晋一郎\*<sup>2</sup>  
Shinichiro Kumagaya

浅田稔\*<sup>1</sup>  
Minoru Asada

\*<sup>1</sup>大阪大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka University

\*<sup>2</sup>東京大学先端科学技術研究センター

Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

People with Autism Spectrum Disorder (ASD) are known to have difficulty in recognizing emotions of other individuals. We propose a new design principle for assistance systems for ASD: Colored overlays corresponding to others' emotion facilitate highlighting and integrating relevant sensory information inherent in the communication. Our experiments demonstrate that congruent colored overlays improve emotion recognition in ASD from no-overlay or incongruent overlays.

### 1. はじめに

自閉スペクトラム症 (Autism Spectrum Disorder: ASD) 者は従来より「社会性の問題」を抱えているとされており、非言語コミュニケーションや他者情動の認識に困難を抱えていると考えられてきたが [1], 近年, 当事者研究者らの報告により, その原因が「情報のまとめあげの困難さ」にあることが指摘されている [2]. 「情報のまとめあげ」とは, 雑多に入力される身体内外の情報を取捨選択し, それらを統合し範疇化をするプロセスを表しており, ASD 者の他者情動認識の問題も情報のまとめあげの困難さに起因していると考えられる.

一方で従来の ASD の他者情動認識支援システムには, 情動認識の困難さの原因に基づいた支援をしているものは少なく, 情動認識ソフトウェアで推定した他者情動をテキスト等を用いてトップダウン的な情報を提示しているものが主流となっている [3]. しかし, トップダウンな提示では重要な情報が抜け落ちてしまう可能性があるため, このような支援方法を望まない人も ASD 者もいる [4].

そこで本研究では, 他者情動認識支援システムの新たな支援システム的设计原理として「感覚情報の取捨選択と範疇化を促進するボトムアップ信号提示」手法を提案し, ASD 者を対象とした心理実験によって効果を検証する.

### 2. 他者情動認識支援システム的设计原理

本研究で提案する設計原理は, 情動に対応した色フィルタによる (1) 情動関連情報の顕在化と, (2) 他者情動の範疇化の支援である.

ASD 者の多くは図 1 上部のようにしばしば他者や環境からの情報が混在し, 飽和した状態になってしまう. それにより情報の取捨選択が困難になっていると考えられるため, 図 1 下部のようにシステムによって他者情動と関連した信号を提示することで情報の取捨選択を促進し, 他者情動と関連した情報を

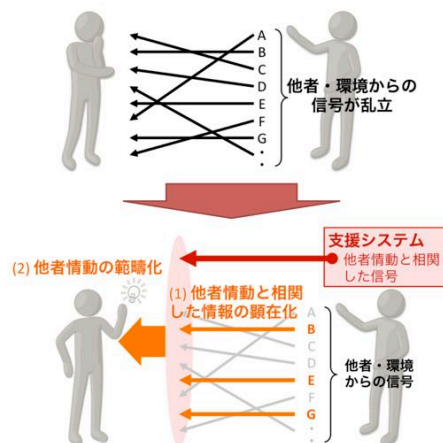


図 1: システムによる情動認識支援

顕在化させ, 情動に関係する情報に注目しやすくなる必要がある. また, ASD 者は表情や声のトーン, ジェスチャーといった情動に関連する情報からの情動認識に困難さがあるとされているため [5], 顕在化した他者や環境からの信号のみでは不十分であると考えられる. しかし, それらの情報と支援システムによって提示された情動に 관련된情報が合わさることで, 多角的に表現され, 範疇化が促進されると考えられる.

このような効果を持つ信号として「情動に対応した色フィルタ」に注目した理由に, 色と情動の対応関係が挙げられる. 古くから, 色と情動の間には対応関係があるとされており, 「赤から怒り」「青から悲しみ」といった特定の情動を想起させる効果が報告されている [6]. さらに, 色による心理効果や生理反応の喚起についても様々な研究がなされており [7], 色は情動と関連の高い情報であると言える.

また, 色フィルタを用いることで ASD 者の刺激に対するオーバーレスポンスが低減され, 色の種類に関係なく ASD 者のリーディング速度や表情認識率が向上するという知見も, 色フィルタに注目した理由の一つである [8].

連絡先: 長井志江, 大阪大学大学院工学研究科, 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学吹田キャンパス内フロンティア研究棟 1 号館 401 号室, 06-6879-4724, yukie@ams.eng.osaka-u.ac.jp



(a) 色-情動対応付け課題で用いたインターフェース (b) 実験中の様子

図 2: 実験に用いたシステム

本研究では、この考えに従って情動に対応した色フィルタの提示による ASD 者の他者情動認識への支援効果を検証する実験と支援システムの提案を行う。

### 3. 実験

まず、情動に対応した色フィルタ提示による ASD の他者情動認識の支援効果について検討するための実験を行う。本実験は 2 つの課題で構成される。はじめに「色-情動対応付け課題」を行い、情動と対応する色相、点滅周期、フィルタの濃さ、点滅の有無をそれぞれ設定する。次に設定したパラメータの値を用いて「色フィルタを用いた情動認識課題」を行い、情動に対応した色のフィルタを提示による ASD 者の他者情動認識への支援効果を検証する。

#### 3.1 実験参加者

本実験の参加者は、定型発達 (Typically Developed: TD) 群と ASD 群と 2 群に分けられる。ASD 群は、過去に ASD の診断を受けている、もしくは ASD と同様の症状があるという主観的報告をしている人のうち、Autism-Spectrum Quotient (以下 AQ) が基準値を超えた者で構成され、平均 AQ は 35.7 ( $SD = 9.66$ )、平均年齢は 36.6 歳 ( $SD = 10.4$ )、男女比は男性 11 人、女性 10 人である。TD 群は AQ が閾値を超えない者とした。平均 AQ は 17.9 ( $SD = 6.16$ )、平均年齢は 24.4 歳 ( $SD = 6.5$ )、男女比は男性 14 人、女性 7 人である。

#### 3.2 色-情動対応付け課題

色フィルタの提示の効果を測る前に、ASD 者が持つ色と情動の対応関係を調べる必要がある。ここでは基本 6 情動 (喜び・悲しみ・恐れ・怒り・驚き・嫌悪) と対応する色相、フィルタの濃さ、点滅の有無、点滅周期をそれぞれ調査する。

図 2(a) に示したインターフェース中のスライダーをドラッグまたはクリックすることで色相・フィルタの濃さ・周期の値を設定でき、スイッチを用いて明滅の有無を設定できる。画面左側の顔画像に重ねてフィルタが表示され、スライダーやスイッチの操作に応じて表示が変化する。実験参加者は、各情動を最もよく表現するように色相、フィルタの濃さ、点滅の有無、点滅周期について調整するよう指示され、図 2(a) のインターフェースを用いてパラメータの調整を行う。

#### 3.3 色フィルタを用いた情動認識課題

色フィルタの有効性を検証するため、他者情動認識課題を実施する。実験参加者は、図 2(b) のようにヘッドフォンを装着してディスプレイの前に座り、「再生」ボタンを押して動画を視聴する。その後、画面に表示された 6 情動に対応したボタンから、動画中の人物の情動を選択するという動作をすべての動画について同様に続けて実施する。このとき、フィルタ無し

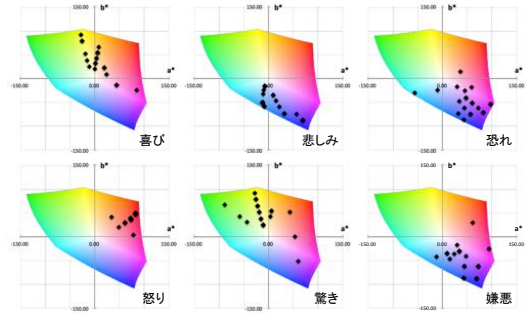


図 3: TD 群の各情動における色相とフィルタの濃さの分布

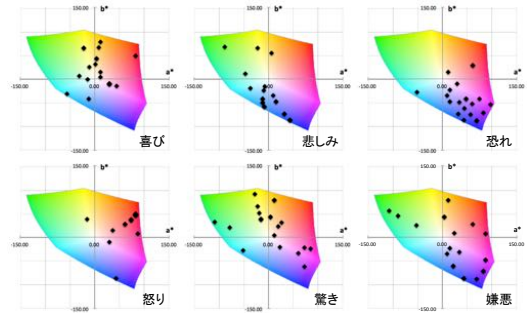


図 4: ASD 群の各情動における色相とフィルタの濃さの分布

条件、情動と色が一致した条件 (以下、一致条件)、不一致条件の 3 条件における動画が提示される。フィルタ無し条件では、通常の動画を提示し、一致条件には色-情動対応付け課題で設定した個人ごとのパラメータを用いたフィルタを、不一致条件には色-情動対応付け実験のパラメータの内、色相のみ反転させたフィルタを通常の動画に重ねて提示した。この 3 条件について認識率を比較することで、色フィルタ提示の有効性を検証する。

## 4. 結果と議論

### 4.1 結果：色-情動対応付け課題

色相とフィルタの濃さから Lab 値に変換し、各情動についてプロットしたグラフを図 3, 4 に示す。図 3, 4 では、黒線の内側が本実験で用いたディスプレイで表示できる色の範囲を表しており、原点に近づくほどフィルタが薄くなることを表している。

また、グループの要因 (TD 群・ASD 群) を実験参加者間要因、情動の要因 (喜び・悲しみ・恐れ・怒り・驚き・嫌悪) を実験参加者内要因に設定し、点滅周期を従属変数とした 2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、情動の主効果 ( $F(5, 200) = 12.23$ ,  $p < .001$ ) が有意であった。グループの主効果 ( $F(1, 40) = .006$ ,  $p < .941$ ) および交互作用 ( $F(5, 200) = .571$ ,  $p = .722$ ) は有意ではなかった。

点滅の有無の結果を、図 5(a) に示す。ただし、エラーバーには標準誤差の値を表示する。6 つの情動に対して点滅を OFF にした度数を実験参加者ごとに合計し、グループ間に対応のない  $t$  検定を行ったところ、TD 群と ASD 群では有意な差が認められた ( $t(40) = 3.492$ ,  $p < .01$ )。

更に、点滅を OFF にしたデータを欠損値として扱い、グルー

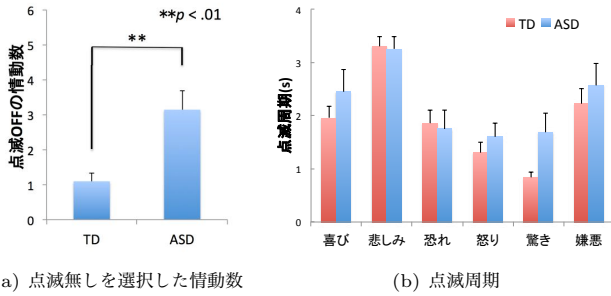


図 5: 点減の有無と点減周期の結果

プの要因 (TD 群・ASD 群) および情動の要因 (喜び・悲しみ・恐れ・怒り・驚き・嫌悪) を実験参加者間要因に設定し、点減周期を従属変数とした 2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、情動の主効果 ( $F(5, 151) = 14.31, p < .01$ ) が有意であった。グループの主効果 ( $F(1, 151) = 3.746, p = .055$ ) に有意な傾向があり、交互作用 ( $F(5, 151) = .934, p = .461$ ) は有意ではなかった。

#### 4.2 結果：色フィルタを用いた情動認識課題

グループの要因 (TD 群・ASD 群) を実験参加者間要因、フィルタ条件の要因 (フィルタ無し条件・一致条件・不一致条件) を実験参加者内要因に設定し、表情の認識率を従属変数とした 2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、グループの主効果 ( $F(1, 40) = 15.60, p < .001$ )、フィルタ条件の主効果 ( $F(2, 80) = 7.398, p < .01$ ) が有意であった。交互作用は有意ではなかった ( $F(2, 80) = 0.785, p = .459$ )。主効果のみられたフィルタ条件の要因において、Holm 法による多重比較を行ったところ、一致条件ではフィルタ無し条件および不一致条件よりも正答率が有意に高いことが認められた ( $p < .05$ ; 図 6)。従って、情動に対応した色をフィルタとして提示することで ASD・TD 群共に他者情動の認識率が向上することが明らかになった。ただし、不一致条件ではフィルタ無し条件との有意差が見られなかったため、情動認識の支援のためにはサングラスや色フィルタのように視界を覆うだけでなく、情動に対応する色のフィルタを提示する必要があることがわかった。

実験後に行ったアンケートによると、色フィルタによって表情が見やすくなった人が 13 人、見やすくならなかった人が 8 人おり、ASD 群を「表情が見やすくなった人」と「そうでない人」の 2 群に分け、グループの要因を実験参加者間要因、フィルタ条件の要因 (フィルタ無し条件・一致条件・不一致条件) を実験参加者内要因に設定し、表情の認識率を従属変数とした 2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、グループの主効果 ( $F(1, 19) = 5.59, p < .01$ )、交互作用 ( $F(2, 38) = 6.31, p < .01$ ) が有意であった。フィルタ条件の主効果は有意ではなかった ( $F(2, 38) = 1.88, p = .166$ )。Holm 法による多重比較の結果、表情が見やすくなったと答えたグループでのみ、一致条件での正答率の向上が見られた ( $p < .01$ )。

更に、グループの要因 (TD 群・ASD 群) を実験参加者間要因、フィルタ条件の要因 (フィルタ無し条件・一致条件・不一致条件) を実験参加者内要因に設定し、正解時の回答時間を従属変数とした 2 要因混合計画の分散分析を行った。その結果、グループの主効果 ( $F(1, 40) = 1.7648, p = .192$ )、フィルタ条件の主効果 ( $F(2, 80) = 1.187, p = .310$ ) および交互作用 ( $F(2, 80) = .575, p = .565$ ) は有意ではなかった。ただし、実

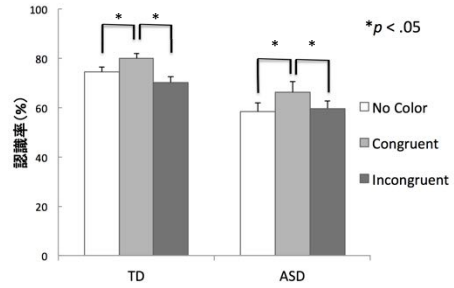


図 6: 各条件における情動認識率

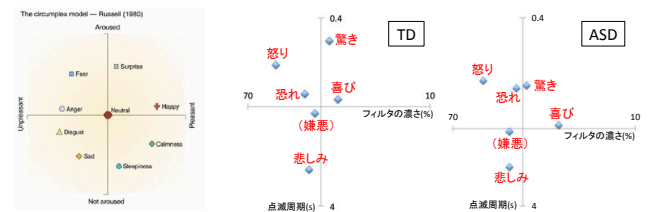
験時に早く回答することを促すような指示はしていない。

#### 4.3 議論

色一情動対応付け課題の結果から、色相と情動の関係についてみると、TD 群で共通する情動と色相の対応関係が見られる一方で、ASD 群では、特に喜び、驚き、嫌悪において 360 度幅広く分布しており、情動と色相の対応関係は個人によって異なることがわかる。従って色フィルタを用いた情動認識課題や実際にシステムを作る際には個人ごとにパラメータを設定する機能を持たせることが重要であることがわかった。また、図 7 に示すように、フィルタの濃さ、点減周期を用いて 6 情動を 2 次元空間に配置すると Russell の円環モデルと同様に各象限に配置されることがわかった。このことからフィルタの濃さや点減周期によってある程度 6 情動が表現可能であることが示された。

情動認識課題の結果を、情報の取捨選択と範疇化の観点から考察すると、図 8 に示した通り、不一致条件では色フィルタによるオーバーレスポンスの低減の効果があるため、情動関連情報の顕在化が促進されたことが考えられる一方で、色が情動とは無相関であるために範疇化が促進されず、認識率が向上しなかったと推察できる。また、不一致条件より一致条件の認識率が高いことから、情動と相関のある色フィルタの提示によって、内部状態の範疇化が促進されている可能性が示唆される。このことから、情動関連情報の顕在化と情動範疇化の促進の 2 種類の効果が同時に起こることで情動認識率の向上につながると言える。

このように色フィルタを用いた情動認識課題の結果から、情動に対応した色フィルタの提示によってまとめあげの支援が行われている可能性を示すことができた。一方で、この結果はあくまで仮説が無矛盾であることを示すものであり、仮説が正しいことを保証するものではないため、今後は視線計測による注意の測定や生理指標の計測などを行い、色フィルタの提示が情



(a) Russell の円環モデル (b) フィルタの濃さ、点減周期による 2 次元配置 [9]

図 7: 各情動の 2 次元配置

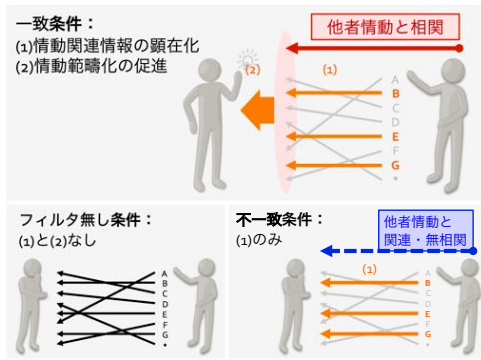


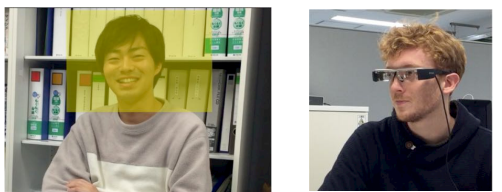
図 8: 色フィルタの有無とその相関性が情動認識に与えた影響

動関連情報の顕在化や範疇化の促進にどのように寄与しているかを明らかにする必要がある。

## 5. 支援システムの提案

### 5.1 システムの概要

本研究では、前述の実験の結果に基づき、情動に対応した色フィルタを提示するシステムを提案する。提案システムは、はじめにパソコンに接続したウェブカメラからの映像を元に、カメラに写っている人物の情動を Intel Real Sense SDK を用いて推測をする。推定結果には、喜び・悲しみ・恐れ・怒り・驚き・嫌悪・不快の 7 種類の表情の確信度と強度が含まれるため、ここでは不快を除外した 6 情動の確信度を比較し、どの情動の確信度が最も高いか調べる。そして最も確信度の高い情動の強度が閾値を超えた際に、パソコンとワイヤレスで接続されている MOVERIO BT-200AV のディスプレイに情動に対応した色フィルタを表示する。また、色の表示は、色-情動対応付け課題で個別に調べた情動に対応する色相、フィルタの濃さ、点滅周期、点滅の有無の値に基づいて BT-200AV の全画面に表示する。使用時のイメージは図 9 のようになる。



(a) 喜び検知時の視界イメージ (b) システム着用イメージ

図 9: 提案する支援システム

### 5.2 システムの使用感の評価

提案したシステムの使用感の評価のために、ASD の実験参加者 5 人に数分間使用してもらい、簡単なアンケートを行った。実験参加者はシステムを装着した状態で実験者と対面に座り、実験者と数分間の会話をを行う。その間実験者はすべての基本 6 情動がシステムに検知されるように表情を作り、実験参加者にシステムの体験をしてもらった。

アンケートでは、「あくまでもオーラのような補助的なものであったので助かった」「文字等では (提示された内容に) 引っ張られすぎて困ったかもしれない」といった非明示的な「色」

を用いたボトムアップ信号の提示に賛同する意見を得ることができた。一方で、デバイスの着用感や情動認識の精度などの問題も指摘されたため、今後はハードウェア、ソフトウェアの両面からシステムを改良していく必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、色の提示による ASD の他者情動認識の支援のための実験、及び支援システムを提案した。実験では、はじめに情動に対応する色相・フィルタの濃さ・点滅の有無・点滅周期について調べた。ASD 者は選択したパラメータの値に個人差が大きいという結果が得られたことから個人に合わせたパラメータ設定が必要であることが明らかになった。次に、色フィルタを用いた情動認識課題を行い、情動に対応した色フィルタを乗せることで、ASD・TD 共に情動の認識率が向上することが示された。この結果から、フィルタを用いることで情動関連情報の取捨選択や、情動の範疇化が促進された可能性がある。

実験結果に基づき、表情認識ソフトウェアを用いて相手の情動を推定し、サングラス型のヘッドマウントディスプレイ上に色フィルタを提示する他者情動認識支援システムを提案した。今後はソフトウェア・ハードウェア両面で改善を行っていき、日常生活でも使用できる支援システムの開発が必要である。

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、科学研究補助金 (課題番号 24000012 と 24119003) の補助を受けた。ここに感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] American Psychiatric Association and Others. *DSM 5*. American Psychiatric Association, 2013.
- [2] 綾屋紗月, 熊谷晋一郎. 発達障害当事者研究: ゆっくりしていねいにつながりたい. 医学書院, 2008.
- [3] Rana El Kaliouby and Peter Robinson. The emotional hearing aid: an assistive tool for children with Asperger syndrome. *Universal Access in the Information Society*, Vol. 4, No. 2, pp. 121-134, 2005.
- [4] Lars Schillingmann, Matthias Rolf, Shinichiro Kumagaya, Satsuki Ayaya, and Yukie Nagai. Assistance for autistic people by segmenting and highlighting cross-modal perceptual information. In *Annual Conference of the Robotics Society of Japan (RSJ)*, 2013.
- [5] R C M Philip, H C Whalley, A C Stanfield, R Sprengelmeyer, I M Santos, A W Young, A P Atkinson, A J Calder, E C Johnstone, S M Lawrie, and Others. Deficits in facial, body movement and vocal emotional processing in autism spectrum disorders. *Psychological medicine*, Vol. 40, No. 11, pp. 1919-1929, 2010.
- [6] Michael Argyle. Intercultural communication. *Cultures in contact: Studies in cross-cultural interaction*, pp. 61-80, 1982.
- [7] Patricia Valdez and Albert Mehrabian. Effects of color on emotions. *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 123, No. 4, p. 394, 1994.
- [8] Amanda K Ludlow and Arnold J Wilkins. Case report: color as a therapeutic intervention. *Journal of autism and developmental disorders*, Vol. 39, No. 5, pp. 815-818, 2009.
- [9] Lucid Learning. <https://lucidlearning.wordpress.com/>.