

創作した顔アイコンを見たときの fMRI 脳計測

– コミュニケーションにおける抽象顔の効果 –

正員 湯浅 将英* 正員 斎藤 恵一**
非会員 武川 直樹*

Brain Activities Associated with Graphic Emoticons: An fMRI Study

– The Effect of Abstract Faces in Communication over the Computer Network –

Masahide Yuasa*, Member, Keiichi Saito**, Member, Naoki Mukawa*, Non-member

In this paper, we describe the brain activities that are associated with graphic emoticons by using functional MRI (fMRI). We use various types of faces from abstract to photorealistic in computer network applications. A graphics emoticon is an abstract face in communication over computer network. In this research, we created various graphic emoticons for the fMRI study and the graphic emoticons were classified according to friendliness and level of arousal. We investigated the brain activities of participants who were required to evaluate the emotional valence of the graphic emoticons (happy or sad). The experimental results showed that not only the right inferior frontal gyrus and the cingulate gyrus, but also the inferior and middle temporal gyrus and the fusiform gyrus, were found to be activated during the experiment. Furthermore, it is possible that the activation of the right inferior frontal gyrus and the cingulate gyrus is related to the type of abstract face. Since the inferior and middle temporal gyrus were activated, even though the graphic emoticons are static, we may perceive graphic emoticons as dynamic and living agents. Moreover, it is believed that text and graphics emoticons play an important role in enriching communication among users.

キーワード：顔，fMRI，顔文字，非言語コミュニケーション，ヒューマンコンピュータインタラクション

Keywords: face, fMRI, emoticon, nonverbal communication, human computer interaction

1. はじめに

情報ネットワークの発達により，時間や場所を選ばずに様々なコミュニケーションが可能となった．たとえば，テレビ電話や携帯電話では映像や音声を通じて気軽に会話ができ，メールやチャットでは瞬時に文章が送受信される．メールやチャットなどの場合，文字のみしか用いることができない制限があるため，気持ちや感情を伝えることが難しい場合がある．制限されたコミュニケーションの表現を広げるために様々な顔が用いられている．たとえば，顔文字はメールやチャットの文章に付加され，文字だけでは表現で

きない感情を伝える⁽¹⁾．さらに，CGを用いた顔アイコン（顔の絵文字，スマイリーマークなど）も用いられている．

表1は，顔によるコミュニケーションを「抽象度」と「表現力」の観点で比較したものである⁽²⁾⁻⁽⁴⁾．電子的なコミュニケーションだけでなく，顔表現として特徴を持つ似顔絵や漫画などの紙媒体を用いたものも含めて比較している[†]．表現力とは，デフォルメや特定のパーツの強調や省略などを用いて，より豊かに感情や面白味を表現できる力を指す．

一般に抽象度が低いほどコミュニケーションで利用される非言語情報の量が多くなり，抽象度が高いほど少なくなる．たとえば，カメラを用いたTV会議システム（表1(a)）では，多くのノンバーバル情報のやり取りができ，利用者間のコミュニケーションをより豊かにできる．抽象度が高い(g)顔文字や(f)顔アイコンは，目や口などの顔を構成す

* 東京電機大学 情報環境学部
〒270-1382 千葉県印西市武西学園台 2-1200
School of Information Environment, Tokyo Denki University
** 東京電機大学 先端工学研究所
Research Center for Advanced Technologies, Tokyo Denki University

[†] 抽象度に関しては文献(2)(3)を参考にした．似顔絵や漫画の面白味については，文献(5)~(7)を参照．

Table 1. Abstract Faces used in Communication over Computer Network

| | 抽象度 | 表現力 |
|--------------------------|-----|-----|
| (a) TV 電話・TV 会議 | 低い | 低い |
| (b) 精巧な CG で作成された 3D アバタ | | |
| (c) 平均的な CG のアバタ | | |
| (d) 似顔絵 | 中程度 | 高い |
| (e) 漫画 | | |
| (f) 顔アイコン | 高い | 低い |
| (g) 顔文字 | | |

るパーツが少なく、表現力は限られる。しかし、抽象度を低くし人間の形に近づけようと (b) のように精緻な CG でアバタを作成したとしても、逆に感情表現や面白味はとぼしくなってしまう⁽²⁾。一方で、抽象度が中程度である (d) 似顔絵や (e) 漫画は、誇張表現が自由自在であり、感情表現が豊かで面白味があり、その種類は多数に及ぶ。

このように、抽象的な似顔絵や漫画の顔、デフォルメされた顔などは、表情も豊かで親しみやすく、生き生きとしているなどの多くの利点を持っている⁽²⁾。抽象的な顔には利点が考えられるにも関わらず、その詳しい評価や分析は少ない。詳細な分析によって、抽象顔による豊かな感情表現の効果や仕組みが解明できるかもしれない。

そこで、本研究では顔の抽象度に着目し、抽象顔の性質を fMRI を用いた脳計測から探る。これまでに、電子のコミュニケーションの中で最も抽象度の高い「顔文字」について、fMRI を用いた脳計測がされている⁽⁴⁾⁽⁸⁾。本論文では、「顔文字」に似ているが抽象度の高い「顔アイコン」を見たときの脳活動を fMRI で計測した実験を報告する。顔文字と顔アイコンの違いは直感的にはさほど感じられないかもしれないが、証言やアンケートなどの主観的に感じることから考えるのではなく、脳活動から測定して違いを確かめることが本論文の目的であり、本研究を進め、顔の抽象度ごとの脳活動を fMRI を用いて観察していくことで、抽象顔の特徴やそれを用いたコミュニケーションの解明ができると考えられる。

2. 関連研究

顔の認知について、Kanwisher らによる研究で、実験協力者に顔を呈示することで右の紡錘状回が活性化されることが得られている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。人物の顔を認知できなくなる相貌失認の患者は、右半球の紡錘状回、舌状回等に病変があることが報告されている⁽¹¹⁾。これらにより、顔の認知には右の紡錘状回が関連していると考えられる。

表情の弁別について、大脳右半球の前頭葉側面から下前頭回の損傷により、顔の表情の理解に障害が起こることが知られている⁽¹¹⁾。川島らは表情による情動弁別と声による情動弁別の課題を実験協力者に実施し、共通して右の下前頭回の領域が有意な変化を示したと述べている。中村らも右の下前頭回が非言語コミュニケーション情報を処理して

いる可能性を述べている⁽¹²⁾。左の下前頭回は言語を用いたコミュニケーションに参与しているブローカ野であり、川島らは左右の下前頭回で言語的と非言語的な機能分化をしている可能性を述べている⁽¹¹⁾。

また、感情に注意を向けているときには帯状回が賦活することが Phan らにより述べられている⁽¹³⁾。Gusnard や Lane らの実験では⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾、感情を喚起する映像や画像を見る際の感情弁別課題（うれしい／うれしくない）により帯状回が賦活することが報告されている。また Nomura らは、曖昧な表情と明瞭な表情を弁別するときの脳活動を調べ、表情が曖昧になると、前部帯状回などの領域の賦活が高まることを報告している⁽¹⁶⁾。

他に顔に関する脳研究として、Chao らは人の顔や動物などの静止画を見たときにも側頭回付近（上、中、下側頭回付近）が賦活することを報告している⁽¹⁷⁾。従来研究により、側頭回領域は目や口、体の動きなどの生物的な動作をするものを見たときに賦活することが知られている⁽¹⁸⁾。Wicker らは、映像内の人物と視線が一致するときの脳を計測し、中側頭回、下側頭回などが賦活することを報告している⁽¹⁹⁾。Hoffman らも、様々な視線の画像を提示し、上側頭溝付近の賦活との関連を述べている⁽²⁰⁾。Puse らは、顔写真と線画の顔を提示したときの脳活動を調べ、それらの口を開閉が上側頭溝付近の賦活と関連することを調べた⁽²¹⁾。このような口や目の動きについての報告⁽²²⁾⁻⁽²⁴⁾だけでなく、人の動作を光点のみで示したバイオロジカルモーションや生物的な複雑な動きのパターンを見たときにも側頭回付近が賦活することが知られている⁽¹⁸⁾⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾。よって、単純な動作でない生物らしい生き生きとした複雑なパターンを見たときに側頭回付近が賦活すると考えられる⁽¹⁸⁾。このことから、Chao らは人の顔や動物など本来生物的な動きをする物であれば、たとえ静止していたとしても、それを見たときに過去に蓄積された生物的な動作の情報が想起され、側頭回付近が賦活すると予想している⁽¹⁷⁾。

生物的な動きを見るだけでなく、生物的な動きから対象の心情を推測したり、相手の視線から心を推測したりするときの脳活動も調べられている。「心の理論」に基づく推測実験⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾、視線の追跡や共同注意⁽²⁰⁾⁽²⁹⁾などの社会的インタラクションにおいて相手の心を推測するとき、内側前頭前皮質、帯状回、側頭極、上側頭溝付近が賦活することが報告されている⁽¹⁸⁾。

湯浅らは、顔文字について脳活動を調べ、顔文字を見たときの表情弁別課題により、右の紡錘状回は賦活しないものの、右下前頭回、帯状回が賦活することを述べており⁽⁴⁾⁽⁸⁾⁽³⁰⁾⁽³¹⁾、顔アイコンでも近い結果が得られると考えられる。

3. fMRI を用いた脳計測

3・1 実験概要 本研究では、顔写真および顔文字を用いた表情弁別実験⁽⁴⁾⁽⁸⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾と同様に、顔アイコンを用いた表情弁別課題時の脳計測を実施し、先行研究と結果

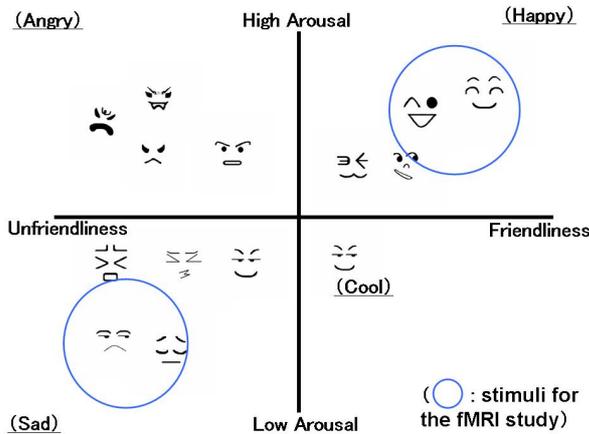


Fig. 1. Examples of Classified Graphic Emoticons (Sixty Graphic Emoticons were used)

を比較する。予備実験により、用いる顔アイコンの表情が「嬉しい」か「悲しい」かが分かりにくいと表情弁別が難しくなり、先行研究との比較ができなくなる可能性が考えられた。このため、顔アイコンの刺激について事前に表情分類実験を実施する。次節では、その表情分類実験について述べる。

3・2 顔アイコンの作成 雑誌や WEB 上にある顔アイコンや顔のマーク、ロゴ等を集め、それらを参考に目、鼻、口などのパーツの変形や入れ替えにより、新たな顔アイコン 60 個を数人の学生に創作してもらった。顔文字より抽象度は低いが、なるべく抽象度を高くした刺激にするため、抽象顔の輪郭は無いものとした。

作成した顔アイコンのうち、刺激として適切なものを選別するために、Schlosberg⁽³²⁾ や Russell⁽³³⁾ らによる表情分類研究を基に、作成した顔アイコンを表情の種類に分類した⁽¹⁶⁾⁽³⁴⁾。分類実験では、実験協力者に「覚醒度 (Arousal)」次元と「快-不快 (Friendliness)」次元の 2 軸のみが記載された紙と、個別に切り取った顔アイコンを渡し分類してもらった。なお、覚醒度とは、気分の高揚、興奮や緊張の度合を示すものである。たとえば、「覚醒度が高い」とは「気分が高揚する」「テンションが高い」「興奮する」などの状態であり、「覚醒度が低い」とは「気分が落ち込む」「テンションが低い」「のんびりする」などの状態である。前述の Schlosberg ら⁽³²⁾、Russell ら⁽³³⁾ や Reeves ら⁽³⁵⁾ は感情次元として「覚醒度」と「快-不快」を挙げており⁽³⁴⁾、本研究でもこれらを用いる。

10 人の理系学生により顔アイコンの配置をしてもらった後、それぞれの顔アイコンについて 10 人の平均位置を算出した。図 1 に顔アイコンの平均位置の抜粋を示す[†]。Schlosberg や Russell らの先行研究と同様に、覚醒度が高く快のときには「喜び (Happy)」の表情に近いもの、覚醒度が高

[†] 実際には 60 個の顔アイコンを配置した。この図では特徴的な顔アイコンのみを示している。

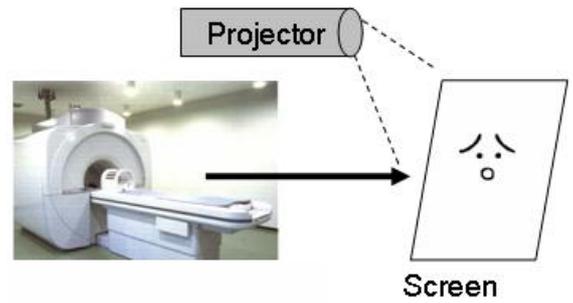


Fig. 2. fMRI and Visual Stimuli

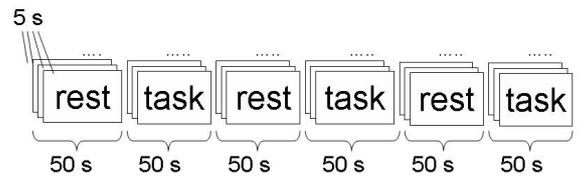


Fig. 3. Experimental Design

く不快のときには「怒り (Angry)」の表情に近いもの、覚醒度が低く不快のときには「悲しみ (Sad)」の表情に近いもの、覚醒度と感情価が中程度のときには「冷静 (Cool)」(中間)の表情に近いものが配置された。

この結果から、覚醒度が高く快と感ぜられるもの(「喜び」に近いもの)と覚醒度が低く不快と感ぜられるもの(「悲しみ」に近いもの)を脳計測で用いることにした(図 1 中の丸印付近)。

3・3 実験概要 本実験では、日立メディコ製 1.5T 超伝導磁場型 MRI スキャナ (Stratis-II) を使用した。fMRI 装置内で横になった実験協力者にプリズム眼鏡を装着してもらい、足元方向にあるスクリーンに映し出される視覚刺激を見てもらった(図 2)。刺激の呈示には図 3 のようにブロックデザインに基づき、50 秒ずつで刺激の種類(レストとタスク)を入れ替えた。刺激は複数作成し、レスト、タスク内で 5 秒ずつ 10 回表示した。実験協力者には、前節で選出した顔アイコン(タスク)と、それを基にしたスクランブル画像(レスト)を見せて比較する(図 4)。実験協力者には顔アイコンが悲しい表情であるときにボタンを押すように指示した。これは、先行研究⁽⁴⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾にある表情判断と同じ課題を被験者に課すことにより、顔アイコンを見た場合にも先行研究と同じ部位が賦活するか確かめるためである。なお、実験協力者にはボタン押しを間違えても気にせず、次の刺激の判別に進んでボタンを押す作業を続けるように指示した。この誤判別の計測データも後の計算処理に加えた。判別結果が間違っている場合、表情の判断はしていると考えられ、「表情を判断すること」により、先行研究と同様の部位が賦活するかに着目するためである。

3・4 撮影方法 実験協力者らには、当該施設の倫理審査委員会の承認した書面を用いて実験目的と内容、注意事項(リスクや個人情報の保護など)を十分に説明した

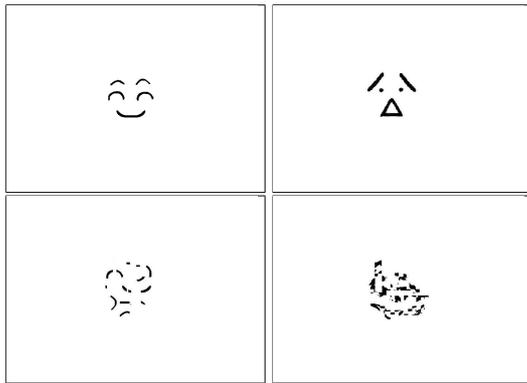


Fig. 4. Examples of Graphic Emoticons and Scrambled Images

後、書面により同意を得た。

本実験では、レストとタスクのBOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) 信号の強度を t -検定により有意差検定し、有意な信号を抽出し、それを標準脳画像にマッピングして脳画像を得た。撮像は EPI(Echo-Planar Imaging) - GE シーケンスで実施した。

撮影条件を次に示す。

- ・撮影幅: 240 mm
- ・TR/TE: 4600 / 50.5 ms
- ・Flip Angle: 90 deg.
- ・断層厚さ 4.0 mm
- ・断層間隔 1.0mm

なお、EPI 画像の Voxel の大きさは $3.75 \times 3.75 \times 5.0$ mm とした。解析手順は次である。最大半値幅 (FWHM) は 10mm とした。

- ・位置合わせ (Realignment): 実験協力者の実験中の体動によるずれを補正
- ・正規化 (Normalization): 実験協力者の脳を標準脳 (Talairach) へ変換
- ・平滑化 (Smoothing): 画像に含まれたノイズを平滑化し、S/N 比を向上
- ・統計処理 (Statistics): Voxel ごとに t -検定

これらの処理は、医用画像解析のソフトウェア「SPM99」(Statistical Parametric Mapping)⁽³⁶⁾ を用いた。SPM99 により、各実験協力者ごとのタスク、レストの 2 つの状態間において信号強度が統計的に有意である部位を得た。さらに、複数の実験協力者の信号強度のデータを用いて実験協力者間の分散検定を行い、 t -検定による有意差検定により、賦活部位を求めた。その際、隣接する Voxel の相関関係を含めるため多重比較補正 (corrected と表記。詳しくは文献(37)を参照) の処理をし、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

推定した母集団の賦活パターンを SPM{Z}Map⁽³⁶⁾⁽³⁸⁾⁻⁽⁴⁰⁾ で表示した。これらの処理により、実験における 3D 脳画

像を作成する。

3・5 結果 実験協力者は右利きの理系大学生で男性 11 名であった。統計処理において、Voxel ごとに t -検定後、各被験者の脳賦活の中心座標から推測される部位と脳画像データを比較検討し、他と異なる賦活をしていると思われる実験協力者 2 名のデータを別途に解析することにした。この 2 名は、側頭回付近、帯状回に有意な賦活が見られるものの、紡錘状回、下前頭回に有意な賦活が見られない者であった。よって、9 名の実験協力者について、前述の実験協力者間の分散検定を行い、図 5 下部の画像を作成した。図 5 下部における赤い部分が有意に賦活した部分 (corrected) である。

さらに、側頭回付近の観測信号について、測定した 9 名中の 2 名 (2 例) を図 6 に示す。青いラインが、観測信号 (BOLD 信号) である。赤いラインは、脳血流増加の時間遅れを考慮した信号変化 (血行動態) モデルである。人が刺激を見てから脳血流が増加するまでに時間がかかるため、脳血流の信号変化と実施した課題のタスク、レストとを対応させるためには脳血流増加の遅れを考慮する必要がある⁽³⁷⁾⁽⁴¹⁾。SPM を用いて、脳血流の増加の時間遅れを考慮した信号変化 (血行動態) モデルを作成したものが赤いラインである。今回の実験では 3 回のタスク、レストを実施しているため、信号変化モデルは 3 つの山と谷となる。このモデルと信号の相関を計算することで、課題に関連した信号変化を示す脳部位を統計的に調べることができる。図 6 では、タスク、レスト刺激に応じた信号変化 (赤いライン) に応じて、観測信号 (青いライン) がほぼ得られていることがわかる。

図 5 下部の画像に有意な賦活部分を示す。図 5 上部は、文献(4)における顔文字と顔写真を見せたときに有意に賦活する部位 (黒い部分) であり、本実験との比較のために図示した。表 2 に先行研究との主な賦活部位の比較をまとめた。表 2 で示しているのは顔写真 (Face Images) と顔文字 (Emoticons)、顔アイコン (Graphic Emoticons) における右紡錘状回 (Right Fusiform Gyrus)、右下前頭回 (Right Inferior Frontal Gyrus)、右中/下側頭回 (Right Middle / Inferior Temporal Gyrus) の賦活である。

本実験の結果では、右の紡錘状回 (Right Fusiform Gyrus) 付近にも賦活が見られた (図 5(A))。さらに、3D 標準脳空間における座標 $(X, Y, Z) = (54, 26, -2)$ を中心とした右下前頭回 (Right Inferior Frontal Gyrus) (図 5(B))、 $(X, Y, Z) = (50, -24, -12)$ の右下側頭回 (Right Inferior Temporal Gyrus) および、 $(X, Y, Z) = (58, -36, 2)$ の右中側頭回 (Right Middle Temporal Gyrus) 付近 (図 5(C)) に有意な賦活が見られた。 $(X, Y, Z) = (2, -2, 34)$ の帯状回付近にも賦活が見られた。

4. 考 察

顔アイコンは顔文字に近いので、表 2 の顔文字の結果と同様に「右紡錘状回 (Right Fusiform Gyrus) が賦活せず、右下前頭回 (Right Inferior Frontal Gyrus) が賦活する」

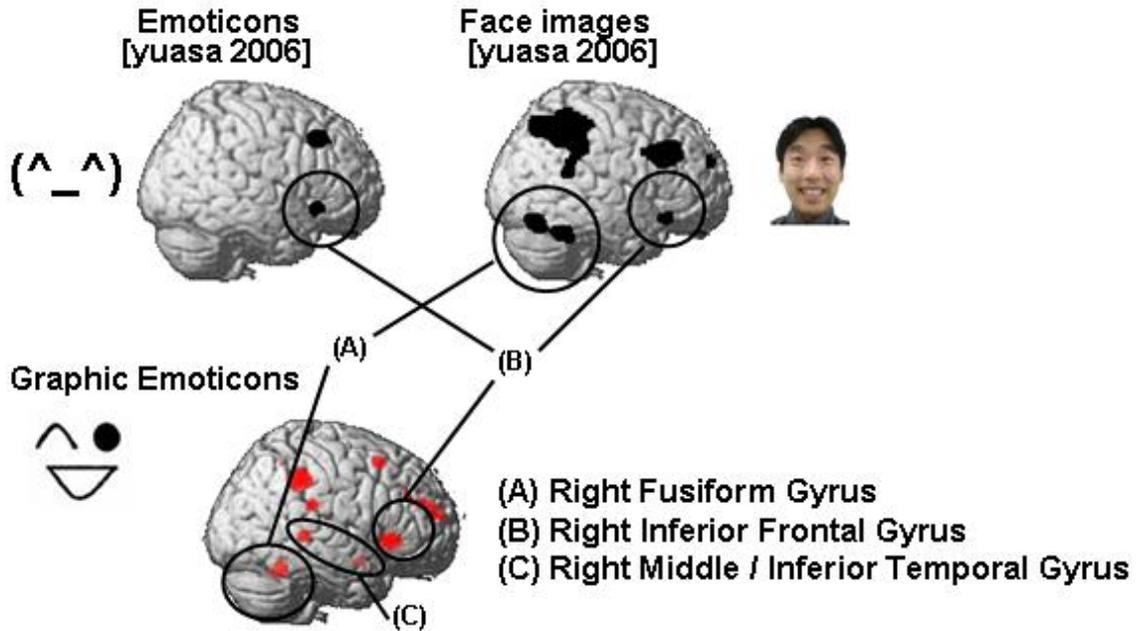


Fig. 5. Brain activities in the experiment. The black areas (the previous studies) and the red areas (our study) indicate the activity areas (corrected).

Table 2. Comparison between the Previous Studies and Our Study

| Stimuli | Right Fusiform Gyrus | Right Inferior Frontal Gyrus | Right Middle / Inferior Temporal Gyrus |
|----------------------------|----------------------|------------------------------|--|
| Face Images ⁽⁴⁾ | | | - |
| Emoticons ⁽⁴⁾ | - | | - |
| Graphic Emoticons | | | |

と考えられたが、右紡錘状回付近に賦活が見られ、異なる結果となった。顔アイコンは顔文字と似ており抽象度が高いが、顔文字よりも目や鼻などの顔を構成するパーツが増えており、人の顔に近いので右の紡錘状回が賦活したと考えられる。一方、顔文字は目や口等の基本的な顔パーツがあるものの、右の紡錘状回を有意に賦活させるまでは至らないと考えられる。

また、顔アイコンと顔文字の右下前頭回の賦活の結果により、顔アイコンや顔文字は単純に抽象度が高いだけでなく、人の音声や表情と同様に頻繁に用いられる非言語情報にかなり近いものであり、脳内でもそれらと同じ処理がされていることが考えられる。顔文字は、日常的な音声や表情と同じように他者との感情を用いたコミュニケーションのための標準的な道具として用いられている可能性が考えられ、それが脳活動からも推測されることは非常に有益である。

さらに、表 2 で示したとおり顔アイコンを見たときに側頭回付近の領域が有意に賦活したが、顔文字や顔写真では有意な賦活が見られなかった。側頭回領域は、物体の単純な物理的な動きではなく、生物学的な複雑な動きを見たときに賦活することを知られている⁽¹⁸⁾⁽²⁵⁾。Chao らの報告では、人の顔や動物など本来生物学的な動きをする物であれば静止していたとしても、それを見たときに過去に蓄積され

た生物学的な動きが想起され、側頭回領域が賦活する可能性を述べている⁽¹⁷⁾。これと同様に、顔アイコンも静的であるが、図 1 や図 4 のように「目を「へ」の字にしたりウィンクさせたりすることで、うれしさを表す」「口を三角にしたり波形にしたりすることで、悲しみを示す」など、顔文字よりも生き生きとした感情誇張表現により、生物学的な動きが想起され側頭回領域が賦活したと考えられる。顔文字や顔写真と異なり、顔アイコンのみが持つ独特の誇張表現の効果が脳計測から推測されることは有益である。他の抽象顔の誇張表現でも同領域の賦活が見られる可能性がある。たとえば、大げさな表現をする似顔絵や、マンガの顔などでも生き生きと動いている感じが連想され同じ結果が得られるかもしれない。

さらにまた、「心の理論」⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾ や視線、共同注意⁽²⁰⁾⁽²⁹⁾ といった社会的インタラクション時に内側前頭前皮質（帯状回付近）、側頭極、上側頭溝（側頭回付近）が賦活することが報告されている⁽¹⁸⁾。今回の顔アイコンの実験でも、これらに近い領域が賦活している。抽象顔による感情の誇張表現が相手の心情を読み取ろうとする社会的インタラクションと強く関連している可能性がある。たとえば、マンガの登場人物の顔は人の顔と異なる造形をしているが、その誇張表現は読んでいる人を興奮させたり感情移入させたりする。似顔絵も実際の人物と異なる形で描かれることが

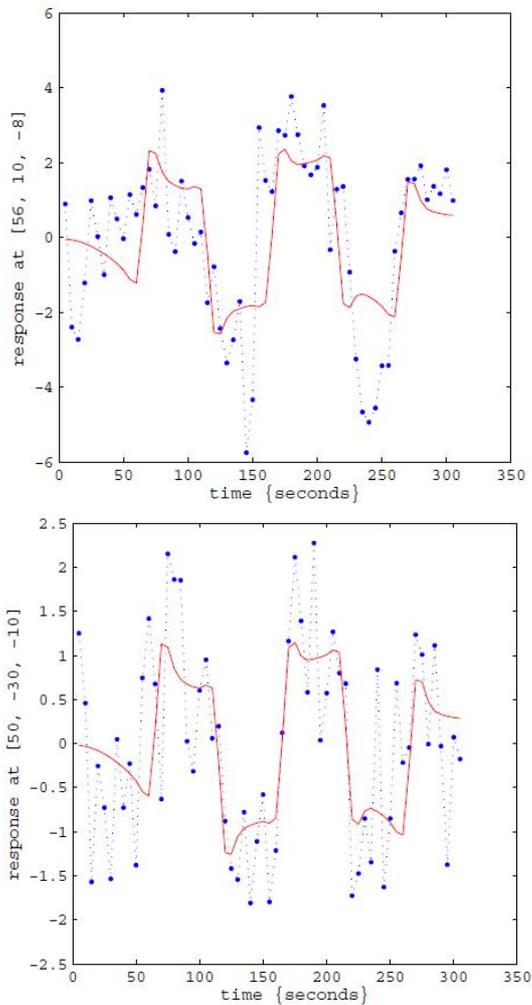


Fig. 6. Brain activities in the experiment. Responses at Activity Areas.

多いにも関わらず「人物の印象をうまく表現している」「なるほど、これは面白い」などと皆を楽しませる。これらのことは、マンガや似顔絵は静的な絵であるものの、それらの生き生きとした表現によって、登場人物の心情や描き手の伝えたいことを読み取るという社会的インタラクションを引き起こし、皆を楽しませていると推測できる。今後、このインタラクションの観点から抽象顔についての追加実験をしていく予定である。

なお、他に、右下頭頂小葉、左右中前頭回に有意な賦活が見られ、海馬傍回、小脳付近にもわずかな賦活が見られた。先行研究より⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾、右下頭頂小葉は視覚の注意や刺激位置との関連、中前頭回についてはワーキングメモリの関連が考えられ、以前の顔画像を用いた課題のときにも同部位が賦活していたことから、感情弁別課題の際の視覚注意や記憶に関係して賦活したものと思われる。海馬傍回はエピソード記憶の形成や意味記憶の想起に関連があることが知られている⁽⁴⁴⁾。また、Kanwisherらによれば、海馬と海馬傍回付近は風景や場面を見たときに強く賦活することや、顔との関連が述べられている⁽⁴⁵⁾。よって、海馬傍回

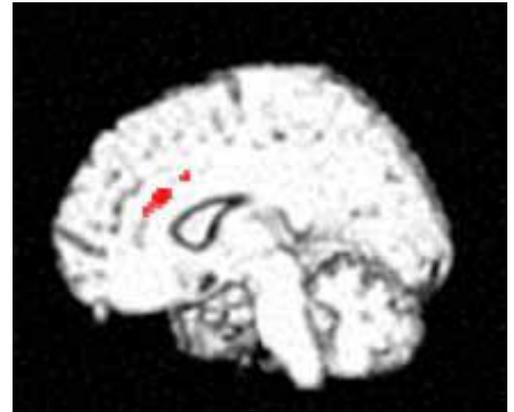


Fig. 7. Brain activities of two subjects(Sagittal). The red areas indicate the activity areas (Anterior Cingulate Cortex, corrected).

は顔アイコンを見たときにその顔や形から記憶や場面の想起により賦活したとも推測でき、今後追試により解明されると考えられる。小脳については、運動機能との関連だけでなく、Allenらによれば行動の予想や注意力などの認知との関連も示唆されている⁽⁴⁶⁾。また工藤らは、小脳損傷より、認知、感情障害との関連を述べ⁽⁴⁷⁾、斎藤は自閉症との関係からコミュニケーションとの関連を述べており⁽⁴⁸⁾、本実験では感情やコミュニケーションに関係し賦活が見られた可能性がある。

今回の研究では、男子大学生のみを実験協力者とした。異なる性別や年長者世代まで本実験結果が適用できるかについては、実験の追加が必要である。なお、竹原は顔文字の感情認識効果が若者世代だけでなく、年長者世代のコミュニケーションに適用できるかを調査している⁽⁴⁹⁾。調査結果では、若者世代(大学生)と同様に年長者世代(大学生の父親、母親)にも電子メールにおける顔文字に感情伝達効果があることが得られている。よって、異なる性別や年代でも同様の脳活動結果が得られることが推測される。

さらに、今回の実験では全実験協力者11名のうち、2名ほどは、側頭回付近、帯状回に有意な賦活が見られるものの、紡錘状回、下前頭回に有意な賦活が見られず、顔アイコンの理解には個人差がある可能性が考えられた。一方で、2名には帯状回に強い賦活が見られたことから(図7の赤い部分)、顔アイコンはあらかじめ分類されたものであったものの、この2名にとっては、顔アイコンが曖昧な表情であることが考えられる。今後は、顔刺激の分類方法と抽象顔の個人差や個別のグループ分けを用いた実験が必要である。

5. まとめ

コミュニケーションで用いられる抽象顔に着目し、顔アイコンについて脳計測を試みた。事前に顔アイコンを分類した後、表情弁別課題時の脳活動を計測した。結果は顔文

字と異なり、右紡錘状回、右下前頭回、右側頭回付近に賦活が見られた。顔アイコンや顔文字は単純に抽象度が高いだけの顔ではなく、人の音声や表情のように頻繁に用いられる非言語情報として処理されることが示唆された。また、顔アイコンの目や眉、口などによる誇張表現が生物的な動作を連想させ、側頭回領域付近を有意に賦活させた可能性が考えられた。

今回の実験では、顔アイコンと同じ被験者による顔文字の実験は実施していない。今後は同じ被験者により異なる抽象度の顔計測を進めて比較検討していく予定である。

今後の詳しい追加実験により、線画や似顔絵、アバタの顔を用いた計測実験により抽象顔の性質を探る。本研究を進め、抽象顔ごとに段階的に脳計測を実施し性質を調べることで、「どのようなコミュニケーションにどの抽象顔を用いることが適切であるか」という対話インタフェースやロボットの設計に貢献できると考える。たとえば、感情弁別課題で有意に賦活する顔や社会的インタラクションに関連する顔を対話インタフェースに用いることで、人にとって感情表現が分かりやすいインタフェースになるだろう。

謝 辞

fMRIの実験に御協力いただいた東京電機大学 星裕之君、中谷浩基君に感謝をいたします。fMRI測定に御協力頂いた皆様に感謝いたします。研究を進める上で御助言いただいた東京電機大学 先端工学研究所の皆様へ感謝いたします。本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金 若手研究 (B)19700119 (2007)、東京電機大学 総合研究所研究 Q06J-14 および東京電機大学 先端工学研究所重点課題による。

(平成20年4月4日受付,平成20年9月17日再受付)

文 献

- (1) 竹原卓真, 佐藤直樹: 喜びの顔文字による感情伝達の促進効果, 日本顔学会誌, Vol. 4, No. 1, pp. 9-17 (2004).
- (2) Koda, T. and Maes, P.: Agents with Faces: The Effects of Personification of Agents (1996).
- (3) McCloud, S.: *Understanding Comics*, HarperPerennial (1993).
- (4) 湯浅将英, 齋藤恵一, 武川直樹: fMRI を用いた顔文字に対する脳活動計測 - 電子的コミュニケーションにおける顔の効果 -, 電気学会論文誌 C, Vol. 127, No. 11, pp. 1865-1870 (2007).
- (5) 鈴木健一郎, 武川直樹, 湯浅将英: 似顔絵におけるおもしろさの要因分析 - 「じわじわ」と「Aha!」のおもしろさ -, フォーラム顔学 2007 第 12 回日本顔学会 (2007).
- (6) 増田衣里, 武川直樹, 湯浅将英: カリカチュアにおける顔の形状と顔の印象の関係 - 作者のメッセージを理解すると顔の印象が変わる -, フォーラム顔学 2007 第 12 回日本顔学会 (2007).
- (7) 横田正夫: アニメーションの臨床心理学, 誠信書房 (2006).
- (8) Yuasa, M., Saito, K. and Mukawa, N.: Emoticons Convey Emotions without Cognition of Faces: An fMRI Study, *Proceedings of CHI2006, Montreal, Canada* (2006).
- (9) Kanwisher, N., McDermott, J. and Chun, M. M.: The Fusiform Face Area: A Module in Human Extrastriate Cortex Specialized for Face Perception, *The Journal of Neuroscience*, Vol. 17, No. 11, pp. 4302-4311 (1997).
- (10) Tong, F., Nakayama, K., Moscovitch, M., Weinrib, O. and Kanwisher, N.: Response Properties Of The Human Fusiform Face Area, *Cognitive Neuropsychology*, Vol. 17, No. 1, pp. 257-279 (2000).
- (11) 川島隆太: 高次機能のブレインイメージング, 医学書院 (2002).
- (12) 中村克樹: 表情の判断と前頭葉の活動, 神経研究の進歩, Vol. 43, No. 4, pp. 519-527 (1999).
- (13) Phan, L. K., Wager, T., Taylor, S. F. and Liberzon, I.: Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI, *NeuroImage*, Vol. 16, No. 2, pp. 331-348 (2002).
- (14) Gusnard, D. A., Akbudak, E., Shulman, G. L. and Raichle, M. E.: Medial Prefrontal Cortex and Self-Referential Mental Activity: Relation to a Default Mode of Brain Function, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 98, No. 7, pp. 4259-4264 (2001).
- (15) Lane, R. D., Fink, G. R., Chau, P. M. and Dolan, R. J.: Neural activation during selective attention to subjective emotional responses, *Neuroreport*, Vol. 8, No. 18, pp. 3969-3972 (1997).
- (16) 竹原卓真, 野村理朗: 「顔」研究の最前線, 北大路書房 (2004).
- (17) L.Chao, V.Haxby and A.Martin: Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects, *Nature Neuroscience*, Vol. 2, No. 10 (1999).
- (18) Firth, U. and Firth, C. D.: Mentalizing in the Brain, *The Neuroscience of Social Interaction: Decoding, Imitating, and Influencing the Actions of Others*, pp. 54-75 (2004).
- (19) Wicker, B., Michel, F., Henaff, M.-A. and Decety, J.: Brain Regions Involved in the Perception of Gaze: A PET Study, *NeuroImage*, Vol. 8, No. 2, pp. 221-227 (1998).
- (20) Hoffman, E. A. and Haxby, J. V.: Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception, *Nature Neuroscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 80-84 (2000).
- (21) Puce, A., Syngienotis, A., Thompson, J. C., Abbott, D. F., Wheaton, K. J. and Castiello, U.: The human temporal lobe integrates facial form and motion: evidence from fMRI and ERP studies, *NeuroImage*, Vol. 19, No. 3, pp. 861-869 (2003).
- (22) Calvert, G. A., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Campbell, R., Williams, S. C. R., McGuire, P. K., Woodruff, P. W. R., Iversen, S. D. and David, A. S.: Activation of Auditory Cortex During Silent Lipreading, *Science*, Vol. 276, No. 5312, pp. 593-596 (1997).
- (23) Calvert, G., Campbell, R. and Brammer, M.: Evidence from functional magnetic resonance imaging of crossmodal binding in the human heteromodal cortex, *Current Biology*, Vol. 10, No. 11, pp. 649-657 (2000).
- (24) Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C. and McCarthy, G.: Temporal Cortex Activation in Humans Viewing Eye and Mouth Movements, *The Journal of Neuroscience*, Vol. 18, No. 6, pp. 2188-2199 (1998).
- (25) Bonda, E., Petrides, M., Ostry, D. and Evans, A.: Specific involvement of human parietal systems and the amygdala in the perception of biological motion, *Neuroscience*, Vol. 16, pp. 37-44 (1996).
- (26) Puce, A. and Perrett, D.: Electrophysiology and brain imaging of biological motion, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, Vol. 358, pp. 435-445 (2003).
- (27) Castelli, F., Happe, F., Frith, U. and Frith, C.: Movement and Mind: A Functional Imaging Study of Perception Interpretation of Complex Intentional Movement Patterns, *NeuroImage*, Vol. 12, pp. 314-325 (2000).
- (28) Happe, F. G. E.: An Advanced Test of Theory of Mind: Understanding of Story Characters' Thoughts and Feelings by Able Autistic, Mentally Handicapped, and Normal Children and Adults, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Vol. 24, No. 2, pp. 129-154 (1994).
- (29) Kampe, K. K. W., Frith, C. D. and Frith, U.: "Hey John": Signals Conveying Communicative Intention toward the Self Activate Brain Regions Associated with "Mentalizing," Regardless of Modality, *The Journal of Neuroscience*, Vol. 23, No. 12, pp. 5258-5263 (2003).
- (30) 湯浅将英, 齋藤恵一, 武川直樹: 抽象度を变化させた顔の脳反応 - 電子コミュニケーションにおける顔の効果 -, 電気学会 医用生体工学研究会, pp. 19-23 (2005).
- (31) 湯浅将英, 齋藤恵一, 武川直樹: 顔文字を見たときの脳活動, 日本顔学会誌, Vol. 5, No. 1, p. 134 (2005).
- (32) Schlosberg, H.: The description of facial expressions in terms

- of two dimensions, Vol. 44, No. 4, pp. 229–37 (1952).
- (33) Russell, J.: *Reading emotions from and into faces: Resurrection of a dimensional-contextual perspective*, Cambridge University Press (1997).
- (34) 吉川佐紀子, 益谷 真, 中村 真: 顔と心-顔の心理学入門, サイエンス社 (1993).
- (35) Reeves, B. and Nass, C.: 人はなぜコンピューターを人間として扱うか, 翔泳社 (2001).
- (36) SPM: <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>.
- (37) 月本 洋, 菊池吉晃, 妹尾淳史, 安保雅博, 渡邊 修, 米本恭三: 脳機能画像解析入門, 医歯薬出版 (2004).
- (38) McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J. and Prince, M. R.: 標準 MRI - 画像, 図から学ぶ基礎と臨床応用 -, オーム社 (2004).
- (39) 石井一成: 脳機能画像統計解析 - SPM と 3D-SSP -, 最新医学, Vol. 60, No. 5, pp. 980–987 (2005).
- (40) 河村誠治, 上野雄文: 脳核医学および fMRI における統計学的画像解析法, 日本放射線技術学会雑誌, Vol. 59, No. 5, pp. 594–603 (2003).
- (41) 武田常広: 脳工学, コロナ社 (2003).
- (42) Myers, P. S.: 右半球損傷 認知とコミュニケーションの障害, 協同医書 (2007).
- (43) Kranczioch, C., Debener, S., Schwarzbach, J., Goebel, R. and Engel, A. K.: Neural correlates of conscious perception in the attentional blink, *Neuroimage*, Vol. 24, pp. 704–714 (2005).
- (44) 鈴木健一郎, 武川直樹, 斎藤恵一, 島田尊正, 湯浅将英: 似顔絵の面白さ『じわじわ』, 『Aha!』を感じる過程の心理分析と脳活動分析, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会 (HIP2007-164), pp. 31–36 (2008).
- (45) Epstein, R. and Kanwisher, N.: A cortical representation of the local visual environment, *Nature*, Vol. 392, pp. 598–601 (1998).
- (46) Allen, G., Buxton, R. B., Wong, E. C. and Courchesne, E.: Attentional Activation of the Cerebellum Independent of Motor Involvement, *Science*, Vol. 275, pp. 1940–1943 (1997).
- (47) 工藤由理, 中野あずさ, 佐藤 厚, 今村 徹, 佐藤 豊: 小脳出血後, 認知, 感情, 行動障害がリハビリテーションの障害となった 1 例, リハビリテーション医学, Vol. 42, pp. 463–468 (2005).
- (48) 斎藤 治: 自閉症の小脳異常, 信学技報 TL98-11 (1998).
- (49) 竹原卓真: 世代の違いによる顔文字の感情認識効果, 日本顔学会誌, Vol. 7, No. 1, pp. 37–45 (2007).

武川 直 樹 (非会員) 1976 年早稲田大学大学院理工学研究



科修士課程修了。1976 年日本電信電話公社 (現 NTT) 入社, 電気通信研究所。2003 年より東京電機大学情報環境学部教授。専門は、画像処理、画像解析、ヒューマンインタフェース、特に、顔・視線と人のコミュニケーションの研究に興味を持つ。視線の印象分析、映像コミュニケーション、エージェントの視線による脳活動の研究を進めている。博士 (工学)。電子情報通信学会 (フェロー)、情報処理学会、人工知能学会、顔学会、IEEE、ACM 各会員。

湯 浅 将 英 (正員) 1998 年東京理科大学理工学部物理学科卒業。



2004 年東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻博士課程修了。同年より東京電機大学情報環境学部助手。ヒューマンインタフェース、擬人化エージェントのインタラクション、脳科学等の研究に従事。博士 (工学)。IEEE、ACM、人工知能学会、情報処理学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。

斎 藤 恵 一 (正員) 1983 年早大理工卒。1985 年早大院理工



修了。早大人総研助手等を経て、東京電機大・先端研・准教授。高次脳機能解析を用いた精神生理学的虚偽検出や人間と情報環境との関わりに関する研究に従事。博士 (工学) (早大)。バイオメディカル・ファジィ・システム学会副会長, 電気学会, 日本生理心理学会, 日本生活支援工学会等に所属。