



## 原著

マンガの文脈による心的状態を反映した  
脳活動

八木橋正泰, 酒井邦嘉\*

文脈の効果は言語に限らず視覚でも生じると考えられるが、関与する脳領域は不明である。本研究では、サイレントマンガを用いて視覚刺激のみで誘起される心的状態に着目した。見開きの状態で文脈を保ちながら読む際に両側の視覚野と小脳で有意な活動が見られ、文脈を損なうページの単独提示との直接比較では、活動部位が半側空間無視の責任病巣とほぼ一致した。以上の結果は、高次視覚情報処理が文脈によって促進されることを示唆する。

**KEY WORDS** 文脈, 共感, 高次視覚情報処理, 半側空間無視

## はじめに

人間を対象とした脳研究では、外的な視覚刺激の認知だけでなく、内的な視覚的イメージ (visual imagery) や選択的注意 (selective attention)<sup>1,2)</sup> についても、低次視覚野を中心とするネットワークの関与が報告されてきた<sup>3,4)</sup>。視覚刺激が時系列に従って変化するなら、言語処理における文脈 (context) の効果と同様に、予測処理によって視覚的イメージが喚起され、新たな心的状態が生じ得ると考えられる。さらに視覚刺激に顔の表情などが描かれている場合には、同時に生じる「共感 (empathy)」が問題となる。心理学研究では、「共感とは、対象 (主に人間) の心的状態を推定し、適切な感情でこれを感じることにより、対象の行動を予測してその行動に反応する能力である」と定義され<sup>5)</sup>、女性のほうが男性より共感化に優れると分析されている。例えば

共感では、小説やマンガで登場人物の喜怒哀楽を追体験する際に、情動に関わる脳領域の活動が変化すると予想され、描かれている文脈によっては、心的状態のメタ認知を反映した脳領域の活動が変化する可能性もある。本研究は、そのような主観的な心的状態を、客観的な脳活動として捉える試みである。

人間を対象とした脳研究では、視覚刺激として映画などを用いたものもあるが<sup>6,7)</sup>、ストーリーの把握や共感にまで踏み込んだ研究は限定的である。また、運動視は脳活動に大きな影響を与え得るので、視覚刺激としては静止画のほうがアニメーションよりも望ましい。そこで本研究ではマンガを用い、その提示方法に基づく文脈理解や共感化が脳活動にどのような影響を与えるかを調べた。具体的には、見開き2ページ分を一度に提示する通常の方法に対して、見開きを中央で分断して1ページごとに提示する方法を比較した。

東京大学大学院総合文化研究科相関基礎科学系 (〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1)

\*[連絡先] sakai@sakai-lab.jp

[利益相反] なし

受付日: 2020年7月2日, 受理日: 2020年8月6日

1881-6096/21/紙: ¥800/電子: ¥1,200/論文/JCOPY

紙媒体の日本のマンガでは、2 ページの見開きの中にさまざまな大きさのコマが割り当てられ、右上から左下へとストーリーが流れるように構成され、作者の意図や表現がより効果的になるように描かれている。例えば、それぞれの見開きで表現されるストーリーの一貫性や、見開きの最後のコマに込められた次ページへの期待感や意外性などが、マンガに共通して見られる重要な表現要素となっている。

ところが、近年のスマートフォンの普及に伴って、縦に長い画面で1 ページずつ表示されるマンガを読むことが多くなっている。もともと見開き単位で読まれることを想定していたマンガを1 ページごとに分断することによって、効果的な表現や文脈の読み取りを阻害している可能性がある。本研究では、そうした視覚的な提示法が脳活動に及ぼす影響について検証し、言語反応に伴う脳活動の影響を最小限に抑えるため、台詞をまったく含まないサイレントマンガ (silent manga) を用いた (Fig. 1)。

今回注目するのは高次視覚情報処理であり、視覚刺激から生じた文脈の効果がどのように作品の理解に関係し、さらに共感を引き起こすのか、その脳内メカニズムの手掛かりを得ることを研究目的とした。なお、これらの高次脳機能を分離するのが主旨ではなく、一連のプロセスと位置付けて脳活動を解釈したい。脳活動の計測時に課す課題として、以下の2つを作成した。主たる「共感課題」では、短いマンガ作品をストーリーどおりに提示して、登場人物に共感した度合いをページごとに4段階で回答させた。対照条件である「Control 課題」(図中などでConと省略する)では、同様の視覚刺激に対してノイズ(雨粒状の透かし)を検出させた。両課題の対比により、ストーリーに対する理解と共感を伴った高次視覚情報処理が抽出されると考えられる。これらの課題を行っている際の脳活動をfMRI (functional MRI) を用いて測定したところ、活動部位の一部が半側空間無視 (hemispatial neglect) の責任病巣とほぼ一致するという興味深い知見を得たので報告する。

## 1. 研究手法

### 1. 実験参加者

参加者を募集するにあたり、成人に至るまでの成長過程で特に感受性が豊かであると考えられる中学生・高校生を対象とした。実験参加者は12~17歳の健常な40人[女性28人, 男性12人, 14±1.3歳(平均±標準偏差)]で、東京大学教育学部附属中等教育学校の生徒である。

脳の左右差を含めて検討するため利き手調査<sup>8)</sup>を行ったところ、参加者の利き手指数は42~100の範囲にあり[79±18(平均±標準偏差)], 全員右利きであった。

すべての参加者から実験参加への同意を書面により得ており、保護者からも書面で同意を得た。また本研究は、東京大学教養学部の一ヒトを対象とした実験研究に関する倫理委員会および東京大学教育学部附属中等教育学校で承認された(No. 622-2)。

### 2. 刺激

世界サイレントマンガオーディション (<https://www.manga-audition.com/japan/>) のグランプリ相当の20作品から12作品(1作品11~27ページ, 平均16ページ)を厳選して用いることで、高い共感性が保証されている(Fig. 1A)。サイレントマンガでは、擬音などの例外を除いてセリフや文字が使われていない。刺激を統制するため、12作品を6作品ずつの2セットA・Bに分け、参加者も半数の2群に分けて、群ごとに共感課題とControl課題で異なるセットを使用した。Control課題用の刺激として、見開きの右半分、左半分、または全体に対して、IrfanView (Irfan Skiljan氏作)のRain Drops機能を用いて雨粒状のノイズを付した(Fig. 1B)。刺激提示にはPresentation (Neurobehavioral Systems社)を用い、MRI用のゴーグル(VisuaStim Digital; Resonance Technology社)を使用した。

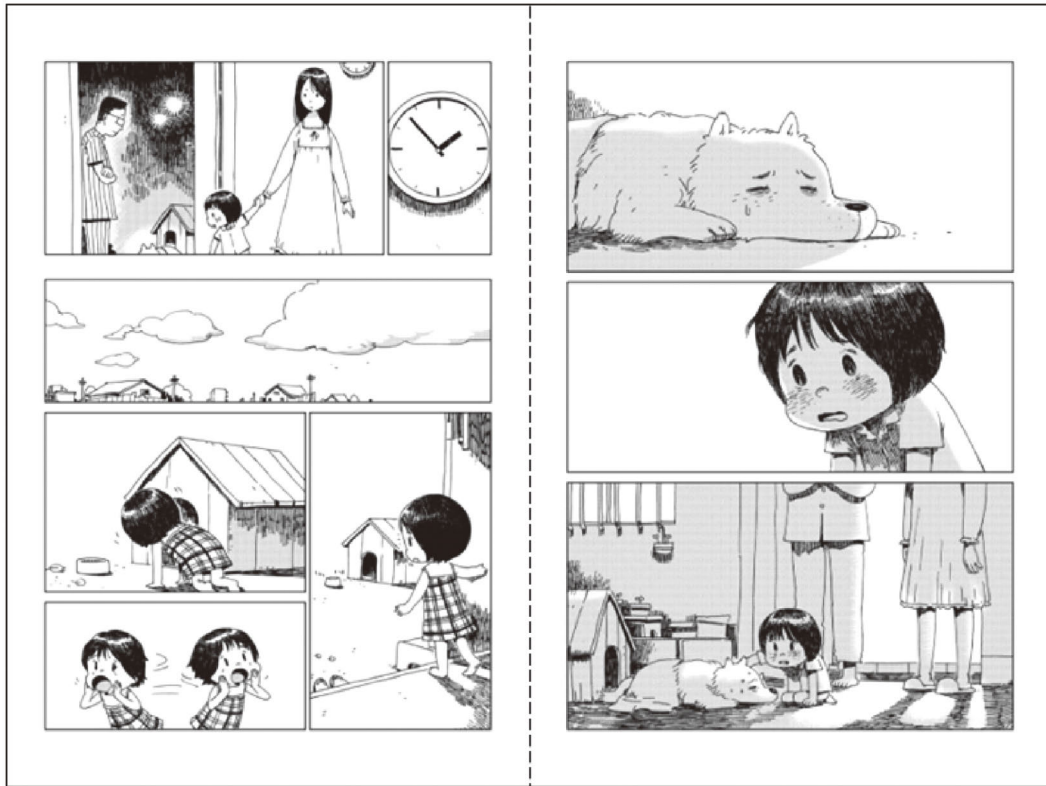
共感課題では1つの作品全体を、2ページの見開きで15秒間提示(2 pages条件)、あるいは1ページずつ(見開きを左右1ページに分割して)7.5秒間提示(1 page条件)、のいずれかで自動的に画面中央へ提示した。1 page条件と比較して2 pages条件では、視覚刺激の大きさに伴って注意を向け得る視野範囲が倍増する。ただし視野周辺に提示された絵の細部にまで注意を向けるのは困難であり、高次視覚情報処理は選択的注意を向けた領域に限定される<sup>9)</sup>。また、どちらの提示方法も1ページあたりの提示時間は同じなので、単位時間あたりの視覚情報量は等しく保たれる。Control課題では、2ページの見開き6つを各15秒間提示した。また、作品を読み終えた後の影響を除くため、4コマのマンガ(文字あり)を課題間に15秒間提示した(この期間の脳活動は解析に使用しない)。

### 3. 課題

共感課題では、サイレントマンガをストーリーに沿って読み、ページごとに(2 pages条件では見開きの各ページで)、「ほとんど共感しなかった・あまり共感しなかつ

A

2 pages



B

Control (Con)

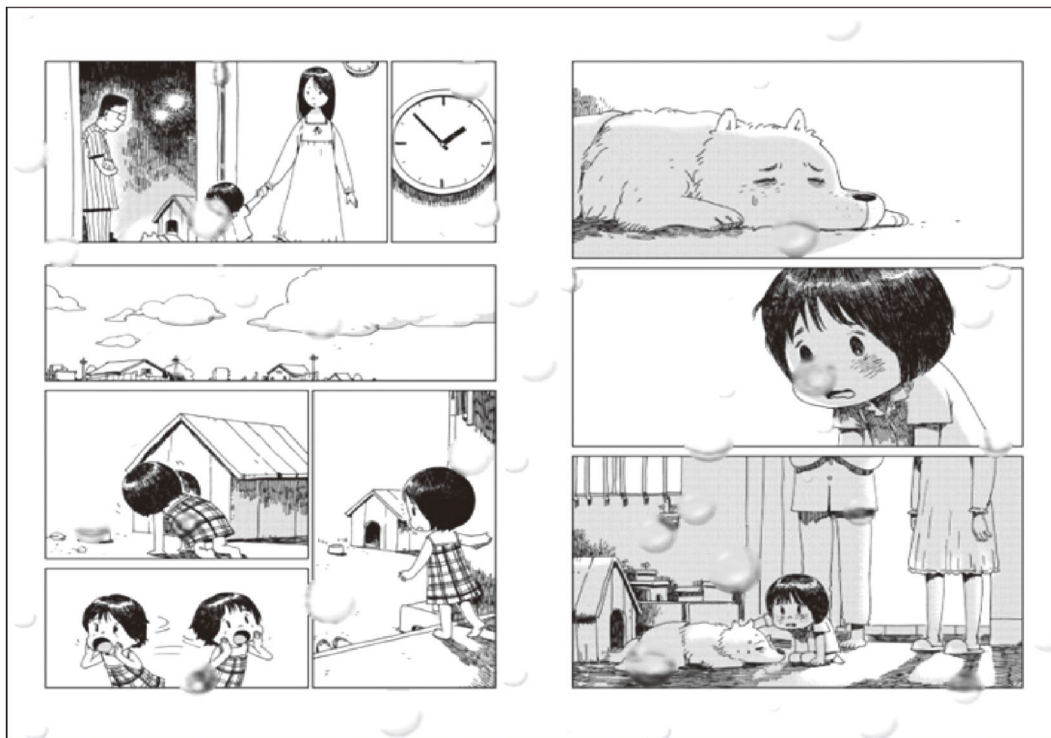


Fig. 1 An example of a *silent manga*, which is a comic strip without words

**A:** Typical examples of the visual stimuli used under the 1-page and 2-pages conditions. Under the 1-page condition, every spread was divided in half at the midline, and individual pages were shown at the center of the screen. **B:** A typical stimulus used under the Control condition. Multiple raindrops were superimposed on the full 2-page spread or on one side of the 2-page spread, and spreads from different stories were mixed and randomized, so that the resultant stimuli lost any contextual effects. This manga is titled “Sky Sky” by Prema-Ja (©Coamix Co., Ltd).

た・ある程度共感した・かなり共感した」の4択で共感度を判断してボタン押しをするよう指示した。読みながら共感度を毎回判断するには4段階程度が適切であり、実験前にあらかじめ12作品のセットとは別の作品を用いながら、各参加者で評価をモニターして、ストーリー全体を通じて共感の判断が4段階に分散することを確かめた。

Control課題では、共感課題と異なるセットの作品からランダムなページ順で見開き表示し、「雨粒なし・左半分・右半分・全体に雨粒」の4択で判断してボタン押しをするよう指示した。Control課題では、元画像の一部にわずかなノイズを加えただけで共感課題と等質性を保った刺激を用いており、さらに細部への注視に伴う低次視覚情報処理とともに、4択の判断やボタン押しが統制されている。また、Control課題では常に見開きで刺激が提示されているため、1 page条件と2 pages条件からあらかじめControl課題を差し引いた基準を用いることで、注意を向け得る視野範囲や眼球運動の影響を等しく除いた。

fMRIの1ラン(一続きの撮影)では、「4コマ・Control課題・4コマ・共感課題(1作品)・4コマ」の順でマンガを提示した。各参加者について、休憩をはさんで前半と後半の各3ラン、計6ランを実施した。共感課題では1 page条件、2 pages条件それぞれを3ランで連続して行い、その順序は参加者内でカウンターバランスを取った。さらに、マンガ6作品の提示順序もランダムにした。

実験終了直後に、6作品それぞれについて、「登場人物間の関係性の変化」と「作品のタイトルと内容の関係性」に対して記述式で回答させた。短い回答にとどまった参加者には、時間を延長して口頭での回答を促したが、それ以上の記述は得られなかったため、自分の言葉で説明できないほど理解度が低かったと考えられる。参加者すべての回答を確認したうえで、各作品についての重要な出来事や、読み取ることが比較的難しいポイントを確認し、模範的な回答を想定した。特に、ストーリーの起承転結を全体的に理解しているか、登場人物の行動に含まれる意味について深く理解が及んでいるかを考慮して、作品ごとに10段階で理解度の評価を行った。

#### 4. MRIの撮影と解析

撮影には3.0 TのMRI装置(Signa HDxt; GE Healthcare社)を用いた。エコープラナー法(echo planar imaging: EPI)の撮影条件は30 axial slices, 厚さ=3 mm, slice gap =

0.5 mm, resolution =  $3 \times 3 \text{ mm}^2$ , TR (repetition time) = 2 s, TE (echo time) = 30 ms, FA (flip angle) =  $78^\circ$ , FOV (field of view) =  $192 \times 192 \text{ mm}^2$ であり、標準脳に正規化するために撮影した3D構造画像の撮影条件は、136 axial slices, resolution =  $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$ , TR = 8.5 ms, TE = 2.6 ms, FA =  $25^\circ$ , FOV =  $256 \times 256 \text{ mm}^2$ とした。データ解析にはSPM12 (Statistical Parametric Mapping; Wellcome Centre for Human Neuroimaging)を用いた。

各スキャンのEPI画像は各スライスの中間の画像を参照してスライスタイミングの補正を行い、MNI (Montreal Neurological Institute)の標準脳へ正規化した後、9 mm FWHM (full-width at half-maximum)のisotropic Gaussian kernelによって平滑化し、前処理を行った。低周波のノイズは1/128 Hzのハイパスフィルタを用いて除去した。前処理を行ったEPI画像を用いた1st level analysis (固定効果解析)では、共感課題でページごとの7.5秒間をイベントとし、Control課題で見開きごとの15秒間をイベントとした。課題を含まない4コマのマンガでは、表示時間の15秒間をイベントとした。脳活動は、標準的な血流動態反応関数を用いてモデル化した。刺激提示の要因は1 page条件と2 pages条件であり、共感度の要因は参加者の判断から「ほとんど共感しなかった・あまり共感しなかった」(Empathy 1&2)と「ある程度共感した・かなり共感した」(Empathy 3&4)と定めた。以上の4つの要因それぞれからControl課題を差し引いた比較(contrast)を行った。

2nd level analysis (変量効果解析)では、これら4つのcontrastを用いて集団解析を行った。Full factorialを用い、nuisance factors (攪乱因子)として年齢・利き手指数・性別の3要因を含めた。脳全体に対してボクセルレベルでuncorrected  $p < 0.005$ の閾値でt検定した後に、クラスターレベル(3次元の連続領域)でcorrected  $p < 0.05$ の閾値に設定して、偽発見率(FDR)の補正を行った。

共感課題時の脳活動については、1st level analysisで得られたデータを用いて、関心領域内で有意に活動したボクセル数(uncorrected  $p < 0.005$ )を1 page条件、2 pages条件で求めた。関心領域の選択にはAAL (Automated Anatomical Labeling)を使用し、視覚野はOccipital\_Sup, Occipital\_Mid, Occipital\_Infの領域を、小脳はCerebellum\_Crus I ~ IIとCerebellum\_III ~ Xの領域を結合した。

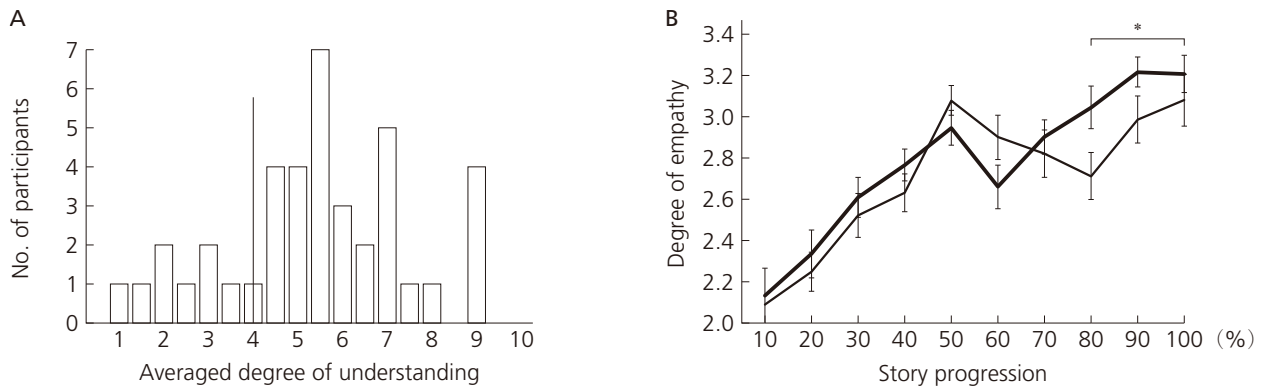


Fig. 2 Contextual understanding and empathy

**A:** The degree of understanding of silent manga, as assessed by questionnaire and scored on a scale of 1–10. The histogram shows the distribution of the scores averaged for each participant. **B:** The degree of empathy, as reported by individual participants for each page, and scored on a scale of 1–4. The graph (thick line: the 2-pages condition; thin line: the 1-page condition) shows the ratings averaged for each participant, plotted against the normalized percentage of the length of each work, i.e., the story progression. Note the increase in empathy ratings towards the end of the reading (i.e., the climax), which was greater under the 2-pages condition. Error bars are the standard error of the mean (SEM). \* $p < 0.05$ .

## II. 結果

### 1. 理解度と共感度

各作品に対する理解度について、参加者ごとの平均値の分布を Fig. 2A に示す。参加者間で理解度に大きな開きが見られたが、4.0 点のところで分布の立ち上がりが見られることから、この点数以下で理解度が不十分だと考えられる 9 人 (女性 5 人, 男性 4 人) を解析から除外した。また、1 ラン中で頭部が 2 mm 以上の移動、あるいは  $1.2^\circ$  以上の回転を示したデータを除いて、残りが 2 ランに満たない 5 人も除外した。また、撮画像の一部が使用できなかった参加者 1 人を除き、25 人 (女性 19 人, 男性 6 人) を解析に使用した。なお、理解度の性差を検定したところ、女性群は  $6.5 \pm 0.33$  点 (平均  $\pm$  標準誤差), 男性群は  $5.4 \pm 0.57$  点で、女性群の理解度のほうが有意に高かった ( $t = 2.7$ ,  $p = 0.013$ )。

共感課題で得られたページごとの共感度は、各作品の長さを標準化した結果、読みの進行度 (10~100%) に伴って上昇した (Fig. 2B)。ストーリーの終結部 (70~100%) において、2 pages 条件の共感度が 1 page 条件より有意に高く (paired- $t$  test,  $t = 2.2$ ,  $p = 0.037$ )、終結部の共感度 (2 条件の平均) は女性群のほうが男性群より有意に高かった ( $t = 2.6$ ,  $p = 0.017$ )。以上の行動的指標より、1 page 条件において文脈の読取りが阻害されており、そのことが共感度の有意な低下につながったと考えられる。

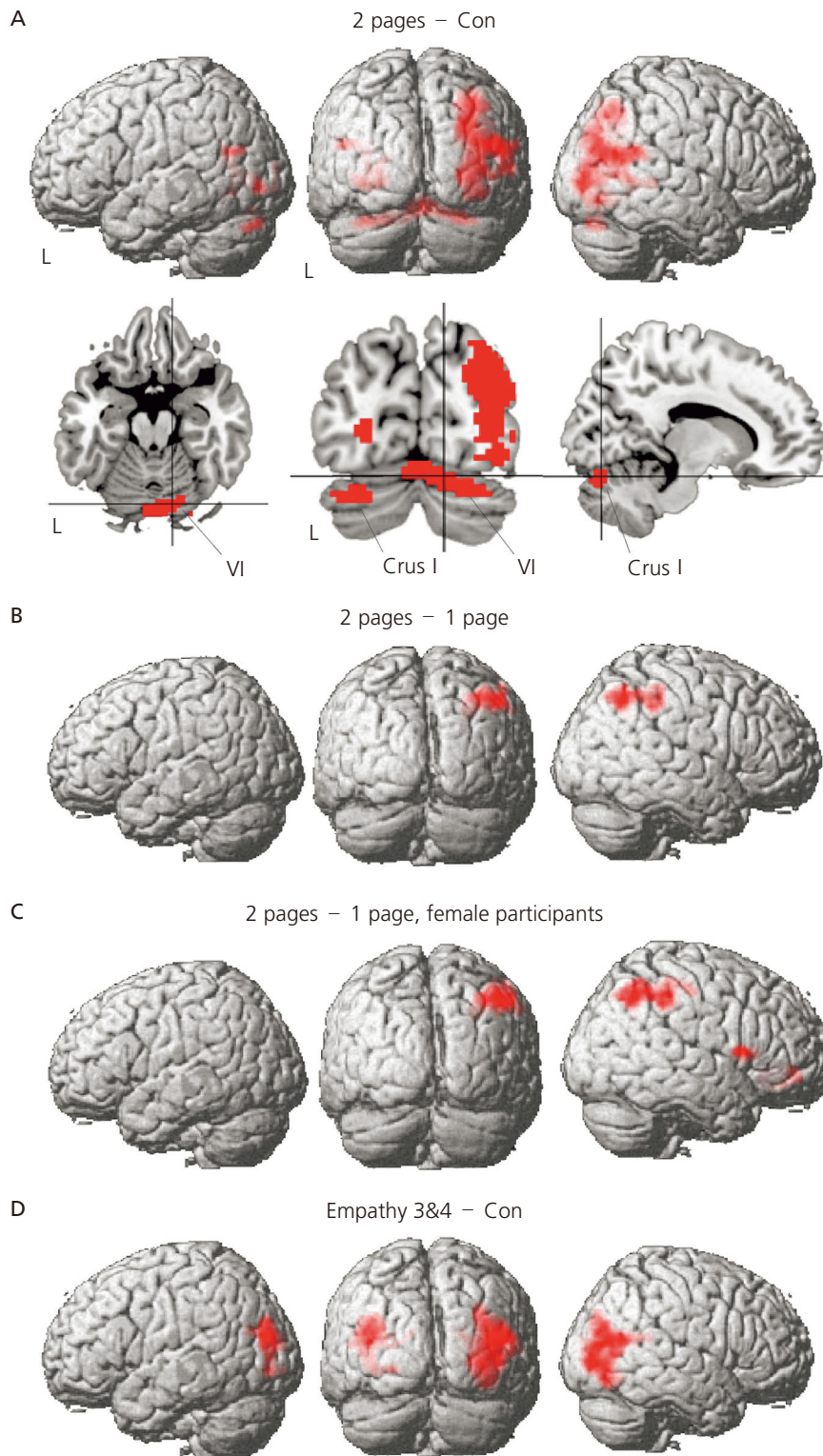
### 2. 文脈判断に選択的な高次視覚野と小脳の活動

共感課題における 2 pages - Con の比較では、両側の中後頭回・中側頭回後部と、右の角回と上後頭回から下後頭回にわたって有意な活動が見られ (Fig. 3A, Table 1), 両側の小脳では Cerebellum\_Crus I が活動し、内側の小脳では Cerebellum\_VI が活動した。なお 1 page - Con の比較では有意な活動が見られなかった。2 pages - 1 page の直接比較では、右の下頭頂葉から角回・縁上回にかけて活動が観察された (Fig. 3B)。この角回を含む活動領域は、2 pages - Con の比較で観察された領域と一致しており、高次視覚情報処理を反映したものと考えられる。

理解度と共感度の性差に基づき、女性群 (上記 19 人) で 2 pages - 1 page の直接比較を行ったところ、右下頭頂葉・角回の活動が再現し、これに加えて右下前頭回 [MNI 座標: (27, 35, -16) と (51, 11, 11)] にも有意な活動が見られた (Fig. 3C)。この右下前頭回の活動が高い理解度と共感度を反映している可能性がある。

共感課題で共感度の高かった条件 (Empathy 3&4) に限定した Empathy 3&4 - Con の比較では、両側の中後頭回に加え、右の中・下後頭回と楔部などに活動が見られ、小脳は含まれなかった (Fig. 3D)。なお、Empathy 1&2 - Con の比較では、右の上後頭回、舌状回、鳥距溝などが活動した (座標省略)。

視覚野と小脳の関心領域について、共感課題と Control 課題を比較した際の有意な活動が見られるボクセル数を調べたところ、どちらの領域においても 1 page 条件より 2 pages 条件のほうが倍増しており (Fig. 4), これらの差は統計的に有意であった ( $p < 0.05$ )。



**Fig. 3** Activated areas in the bilateral visual cortex and cerebellum in association with better contextual understanding

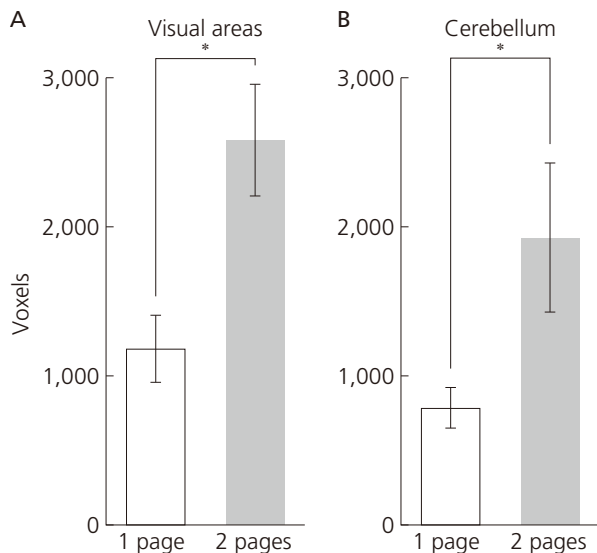
**A:** Significant activations under the 2-pages compared to the Control condition. Right-dominant higher visual areas, as well as portions of the cerebellum showed enhanced responses (L, left). At the coordinates of (12, -76, -19), horizontal, coronal, and parasagittal slices are shown. **B:** Significant activations under the 2-pages compared to the 1-page condition. Note the localized activation in the right angular gyrus and the right inferior parietal cortex. **C:** Same as in **B**, but for female participants alone. The right inferior frontal gyrus was additionally activated. **D:** Significant activations under the higher empathy condition (Empathy 3 & 4) compared to the Control condition. Activated regions were localized in the bilateral higher visual areas. The threshold was set at FDR-corrected  $p < 0.05$  for the cluster level.

Table 1 Brain regions identified by context-dependent contrasts

| Brain region                 | BA       | Side | x   | y   | z   | Z   | Voxels |
|------------------------------|----------|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| <b>2 pages – Con</b>         |          |      |     |     |     |     |        |
| Occipital_Mid                | 18       | R    | 30  | -88 | 2   | 5.0 | 1,265  |
|                              | 19       | R    | 36  | -76 | 11  | 4.7 | *      |
| Angular                      | 39       | R    | 33  | -64 | 47  | 4.3 | *      |
| Temporal_Mid                 | 37/39    | R    | 51  | -64 | 17  | 4.3 | *      |
| Occipital_Mid                | 39       | R    | 39  | -73 | 20  | 4.2 | *      |
| Temporal_Mid                 | 39       | R    | 45  | -70 | 20  | 4.2 | *      |
| Occipital_Inf                | 19       | R    | 42  | -76 | -10 | 4.1 | *      |
| Occipital_Sup/Mid            | 19       | R    | 30  | -79 | 32  | 4.0 | *      |
| Temporal_Mid                 | 37       | R    | 60  | -61 | 8   | 3.7 | *      |
|                              | 21       | R    | 45  | -40 | 2   | 3.6 | *      |
| Occipital_Sup                | 19       | R    | 27  | -67 | 23  | 3.3 | *      |
| Temporal_Sup                 | 18/19    | R    | 57  | -43 | 17  | 3.2 | *      |
| Cuneus/Precuneus             | 18       | R    | 24  | -64 | 20  | 3.1 | *      |
|                              | 18       | R    | 39  | -40 | 23  | 2.9 | *      |
| Cerebellum_VI                |          | M    | 12  | -76 | -19 | 3.9 | 250    |
| Cerebellum_Crus I            |          | L    | -30 | -79 | -28 | 3.9 | *      |
|                              |          | R    | 24  | -79 | -25 | 3.6 | *      |
| Occipital_Mid                | 18       | L    | -24 | -82 | -1  | 3.9 | 247    |
| Fusiform                     | 19/37    | L    | -33 | -64 | -7  | 3.5 | *      |
|                              |          | L    | -33 | -64 | 20  | 3.4 | *      |
| Temporal_Mid                 | 39       | L    | -45 | -67 | 20  | 3.4 | *      |
| Occipital_Mid                | 18       | L    | -21 | -94 | -4  | 3.3 | *      |
|                              | 18       | L    | -24 | -94 | 8   | 3.2 | *      |
|                              | 19       | L    | -36 | -85 | -4  | 3.2 | *      |
|                              | 19       | L    | -30 | -70 | 8   | 3.2 | *      |
| <b>2 pages – 1 page</b>      |          |      |     |     |     |     |        |
| Angular/Parietal_Inf         | 39/7     | R    | 42  | -58 | 47  | 3.6 | 277    |
| Angular                      | 39       | R    | 33  | -64 | 47  | 3.4 | *      |
| Supramarginal                | 40       | R    | 54  | -37 | 41  | 3.4 | *      |
| <b>Empathy 3&amp;4 – Con</b> |          |      |     |     |     |     |        |
| Occipital_Inf                | 19       | R    | 39  | -73 | -7  | 4.8 | 807    |
| Occipital_Mid                | 19/39    | R    | 42  | -82 | 20  | 4.8 | *      |
|                              | 18/19    | R    | 33  | -85 | 2   | 4.4 | *      |
| Temporal_Mid                 | 37/39    | R    | 48  | -64 | 17  | 4.3 | *      |
|                              | 19/37/39 | R    | 36  | -73 | 11  | 4.2 | *      |
| Occipital_Mid                | 18       | R    | 27  | -91 | 11  | 4.0 | *      |
| Cuneus                       | 17/23    | R    | 18  | -55 | 20  | 3.7 | *      |
|                              | 37/39    | R    | 36  | -61 | 17  | 3.6 | *      |
|                              |          | R    | 42  | -46 | 20  | 3.3 | *      |
| Occipital_Mid                | 19/39    | L    | -42 | -85 | 20  | 4.4 | 225    |
| Occipital_Inf                | 18/19    | L    | -27 | -82 | -4  | 3.4 | *      |
| Occipital_Sup                | 18       | M    | -12 | -94 | 20  | 3.4 | *      |
| Occipital_Mid                | 18       | L    | -30 | -91 | 14  | 3.4 | *      |
|                              | 18       | L    | -21 | -94 | 14  | 3.2 | *      |
|                              | 39       | L    | -42 | -70 | 23  | 3.0 | *      |

Stereotactic coordinates (x, y, z) in the MNI space (mm) are shown for each activation peak of Z values in descending order (see Fig. 3). The region with an asterisk is included within the same cluster shown one row above.

(Abbreviations) BA, Brodmann's area; Con, control; L, left; R, right, M, medial, Sup, superior; Mid, middle; Inf, inferior.



**Fig. 4 Enhanced activations under the 2-pages condition**  
**A:** Number of voxels in the visual areas (Occipital\_Sup, Occipital\_Mid, and Occipital\_Inf) under either the 1-page or 2-pages condition. Each hemisphere was regarded as an independent sample to show error bars (SEM). **B:** Number of voxels in the cerebellum (Cerebellum\_Crus I-II and Cerebellum\_III-X). \* $p < 0.05$ .

刺激提示の条件によって、脳活動がこれほど変化するのは興味深い結果である。

### III. 考察

視覚野の活動を引き起こす要因として、外的な視覚刺激だけでなく、内的な視覚的イメージや選択的注意の関与も考えられる<sup>2,9,10</sup>。本研究で明らかになった高次視覚野の活動上昇は、視覚的な想像力が文脈によってさらに喚起されることを示唆する。実際、視覚野の活動が2 pages条件に比べて1 page条件で半減したのは、もともと1つの見開きページが分断されたことにより、ストーリーの文脈の理解が困難になり、選択的注意や共感度が減弱したこと (Fig. 2B) が主要な原因だと考えられる。

2 pages - 1 pageの直接比較で右下頭頂葉から角回・縁上回にかけての活動が見られたが、この領域の障害によって半側空間無視が生じることが知られている<sup>11,12</sup>。半側空間無視とは、図形全体の把握はできるが、その部分に注意を向けたときに正常な知覚ができなくなる障害である<sup>13</sup>。その責任病巣の中心座標 (MNI) は (46, -44, 29) であり<sup>12</sup>、今回見られた活動領域の中心座標 (42, -58, 47) はそれより10数mmほど後方背側にあり、角回の広がりや考慮してほぼ一致する。半側空間無視は、通常の視覚条件だけでなく視覚的イメージにおいても生じる一方で、右前頭葉の広範な虚

血により視覚的イメージにおいてのみ無視が見られるケース<sup>14</sup>や、閉眼時の視覚的イメージでは無視が生じないというケースも報告されている<sup>15</sup>。マンガを見開きで読んでいるとき、右下頭頂葉で観察された活動上昇は、「見開き」という作品の全体的な構造から部分を捉える際に必要な、選択的注意などの認知機能を反映している可能性がある。

共感化に優れると考えられる女性群を対象とした Fig. 3C の解析結果によると、右下前頭回の活動が登場人物に対する共感を反映しているかもしれない。視線を介したコミュニケーションに関する研究によれば、自閉スペクトラム症患者では右下前頭回の活動が健常者より低下することが報告されている<sup>16</sup>。また、Baron-Cohenら<sup>5</sup>による心理学研究では、自閉スペクトラム症に見られる共感化の低下を、性差と関連付けて論じている。マンガの表現では特に登場人物の目の描写が重要だと考えられており、そのような要所に視線を向けることで誘起される共感のプロセスにおいて、右下前頭回が重要な役割を担うと考えられる。

小脳では、大脳で意識的に行われる処理を無意識化する機能が指摘されており、この機能は思考のモデルにまで拡張されている<sup>17</sup>。本研究では、小脳の活動も2 pages条件に比べて1 page条件で半減した (Fig. 4B)。読書などにおいては、表現者の意図をくみ取るための思考が必要であるが、その過程は熟練によって高度に自動化され、論理的な展開を意識的にたどることなく結論が想起され得る。そうした情報処理過程では小脳に形成される内部モデルが特に重要な役割を果たすと考えられ、文脈が把握できたかどうかで小脳の活動が左右されるであろう。つまり、見開きの分断により、文脈に応じて処理される思考過程が影響を受けた可能性がある。なお、ここで用いたサイレントマンガには文字がないが、ストーリーの文脈は言語化し得る。しかし、集団解析の結果では有意な活動が言語野に観測されなかったため、言語化の程度には個人差が大きいと考えられる。今後、特定の感情を誘起するようなマンガを用いることで、心的状態を支える脳メカニズムの解明が進むと期待される。

### 謝辞

本研究にあたって、株式会社コアミックスより共同研究費の助成とサイレントマンガの提供をいただいた。同社の中島太郎氏、花田健氏、宮野亮氏、堀江信彦氏、および株式会社キャンパスクリエイトの高橋めぐみ氏の協力に深謝したい。また、研究室の梅島奎立氏、室谷悠斗氏、松田広美氏、小師尚子氏の協力に感謝する。



- 1) Posner MI, Dehaene S: Attentional networks. *Trends Neurosci* **17**: 75–79, 1994
- 2) Sakai K, Miyashita Y: Visual imagery: an interaction between memory retrieval and focal attention. *Trends Neurosci* **17**: 287–289, 1994
- 3) Kosslyn SM, Pascual-Leone A, Felician O, Camposano S, Keenan JP, et al: The role of Area 17 in visual imagery: convergent evidence from PET and rTMS. *Science* **284**: 167–170, 1999
- 4) Ress D, Backus BT, Heeger DJ: Activity in primary visual cortex predicts performance in a visual detection task. *Nat Neurosci* **3**: 940–945, 2000
- 5) Baron-Cohen S, Knickmeyer RC, Belmonte MK: Sex differences in the brain: implications for explaining autism. *Science* **310**: 819–823, 2005
- 6) Bartels A, Zeki S, Logothetis NK: Natural vision reveals regional specialization to local motion and to contrast-invariant, global flow in the human brain. *Cereb Cortex* **18**: 705–717, 2008
- 7) Isik L, Singer J, Madsen JR, Kanwisher N, Kreiman G: What is changing when: decoding visual information in movies from human intracranial recordings. *Neuroimage* **180**: 147–159, 2018
- 8) Oldfield RC: The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* **9**: 97–113, 1971
- 9) Moran J, Desimone R: Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science* **229**: 782–784, 1985
- 10) Luck SJ, Chelazzi L, Hillyard SA, Desimone R: Neural mechanisms of spatial selective attention in areas V1, V2, and V4 of macaque visual cortex. *J Neurophysiol* **77**: 24–42, 1997
- 11) Kerkhoff G: Spatial hemineglect in humans. *Prog Neurobiol* **63**: 1–27, 2001
- 12) Mort DJ, Malhotra P, Mannan SK, Rorden C, Pambakian A, et al: The anatomy of visual neglect. *Brain* **126**: 1986–1997, 2003
- 13) Doricchi F, Incoccia C: Seeing only the right half of the forest but cutting down all the trees? *Nature* **394**: 75–78, 1998
- 14) Guariglia C, Padovani A, Pantano P, Pizzamiglio L: Unilateral neglect restricted to visual imagery. *Nature* **364**: 235–237, 1993
- 15) Marshall JC, Halligan PW: Seeing the forest but only half the trees? *Nature* **373**: 521–523, 1995
- 16) Tanabe HC, Kosaka H, Saito DN, Koike T, Hayashi MJ, et al: Hard to “tune in”: neural mechanisms of live face-to-face interaction with high-functioning autistic spectrum disorder. *Front Hum Neurosci* **6**: 268, 2012 [doi: 10.3389/fnhum.2012.00268]
- 17) Ito M: Movement and thought: identical control mechanisms by the cerebellum. *Trends Neurosci* **16**: 448–450, 1993

---

**BRAIN and NERVE 73 (1): 79–87, 2021 Original Article****Title**

Brain Activations Reflecting Mental States Induced by the Context of Cartoons

**Authors**

Masahiro Yagihashi and Kuniyoshi L. Sakai

Department of Basic Science, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo, 3–8–1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153–8902, Japan

**Abstract**

Although context can be presumed to exert effects on both language and visual information processing, the relevant brain regions have not been elucidated. In the present study, we used *silent manga* to focus on mental states induced by visual stimuli alone. When participants read manga on a double-page spread with preserved context, significant activation was observed in the bilateral visual cortex and cerebellum. Moreover, the activated region corresponded to lesions associated with hemispatial neglect, when this condition was directly compared with a single-page presentation that impaired context. These results indicate that higher-order visual information processing is enhanced by context.

**Key words:** context; empathy; higher-order visual information processing; hemispatial neglect

(Received July 2, 2020; Accepted August 6, 2020; Published January 1, 2021)