

新潟大学脳研究所
「脳神経病理資源活用の疾患病態共同研究拠点」
共同利用・共同研究報告書

逆向現象 (postdiction) の脳内メカニズムの研究

研究代表者 勝山 成美¹⁾
研究分担者 伊藤 浩介²⁾, 渡辺 将樹²⁾, 中村 克樹¹⁾

1) 京都大学ヒト行動進化研究センター 2) 新潟大学脳研究所統合脳機能研究センター

研究要旨

ある刺激に対する知覚が後続する刺激の影響を受け、単独で呈示された時とは異なる知覚が生じる現象を、逆向現象 (postdiction) という。後付けの解釈を行なうことは、知覚だけでなく記憶や認知でも生じるため、逆向現象は脳の情報処理にとって普遍的な機能と考えられている。しかし、その神経メカニズムは不明である。

本研究は、視覚刺激 (フラッシュ) と聴覚刺激 (ビーブ) の相互作用によって、呈示されたフラッシュの数の知覚が変化する illusory flash と invisible flash 効果という課題を用い、健常者を対象とした脳機能イメージング実験によって逆向現象の神経メカニズムを解明する。

前年度までの予備実験で得られた成果をもとに、2024年度は以下の解析を行なった。まず、スキヤノイズの影響を排除するため silent fMRI による撮像を試みた。次に、スキヤナ内での illusory flash と invisible flash 効果の生起率が 50%になるような刺激の条件を検討した。最後に、ROI 解析を行なうため、一次視覚野の視野をマッピングする localizer 課題を行なった。

A. 研究目的

ある刺激に対する知覚が、後続する刺激の影響を受けて変化する現象を、逆向現象 (postdiction) という。逆向現象は、人間の脳には知覚を後付けで解釈する機能があることを示している。しかし、後付けの知覚が成り立つためには、後続する刺激の情報が時間的に先行する刺激の処理と相互作用する必要がある。そのような処理が脳のどこで、どのようにして行なわれているのか、具体的なことはわかっていない。

近年、この問題を解決するために、いくつかのモデルが提唱されている。その中でも有力なのが、reentry 仮説である。このモデルによれば、人間の知覚処理は二段階で行なわれる。第一段階は、一

次視覚野や一次体性感覚野のような初期感覚野から高次領野に向かう処理で、刺激の形、色、明るさ、位置や動きなどの物理的な特徴が無意識的に抽出される。第二段階は高次領野から初期感覚野に戻る (reentry) 処理で、情報の確認、選択、増幅、および内部モデルとの照合などが行なわれる結果、意識にのぼる知覚となる。この仮説は、心理実験や脳波実験などの知見をもとに、知覚情報処理一般のモデルとして提唱されたが (Lamme, 2001; Sergent, 2018)、先行刺激の情報が reentry 情報となり、初期感覚野に入力した後続刺激の情報と相互作用することで後付けの知覚が生じると考えることで、逆向現象のモデルとしても有効であることが示唆されている (Shimojo, 2014; Stiles

et al., 2023)。

そこで本研究では、ビーブによって2つ呈示したフラッシュが3つに見える *illusory flash* 効果と、逆に3つ呈示したフラッシュが2つしか知覚されない *invisible flash* 効果という逆向現象の課題を用い、これらの現象に関与する脳部位を機能的 MRI 実験によって探索する。そしてそれらの脳部位間の活動の相関、とりわけ初期感覚野とそれ以外の高次脳部位との活動の関係を調べることで、逆向現象の神経基盤としての *reentry* 仮説を検証する。

2024 年度は、新潟大学脳研究所 統合脳機能研究センターの実験環境において *illusory flash* と *invisible flash* 効果が生じる条件と撮像の条件を調べるための予備実験を行なった。

B. 研究方法 (倫理面への配慮を含む)

実験装置

人間を対象とした心理実験や脳機能イメージング実験で広く利用されている E-Prime 3.0 (Psychology Software Tools Inc., 米国) を用い、持参したノート PC を使って課題制御と刺激呈示を行なった。

刺激

本研究では、聴覚刺激 (ビーブ) の影響によって、2つしか呈示されなかった視覚刺激 (フラッシュ) が3つに知覚される *illusory flash* 現象と、逆に3つ呈示されたフラッシュが2つしか知覚されない *invisible flash* 現象という二つの逆向現象課題 (Stiles et al., 2018) を用いた。刺激は、Matlab (MathWorks, 米国) を用いて別々に作成したフラッシュの動画ファイルとビーブの音声ファイルを、動画編集ソフト TMPGEnc Video Mastering Works 7 (株式会社ペガシス、東京都) を用いてひとつの動画ファイルに編集した。

Localizer 課題では、フラッシュを呈示する位置に、8 方向に動きの向きを変える Gabor パッチを呈示し、一次視覚野のマッピングを試みた。

行動課題

研究参加者は MRI 対応のヘッドマウントディスプレイ (HMD) とヘッドフォンを着用し、スクリーン内に仰臥した。HMD に呈示される動画を観察し、呈示されたフラッシュの数が2つか3つか

を判断し、ボタン押しで回答する弁別課題を行なった。

Silent MRI によるデータ採取

連続撮像ではスキャンノイズの影響を排除できない。そのため *silent MRI* によるデータ採取を試みるため、2024 年 1 月に 2 名の研究参加者を対象に実験を行なった。データ解析は 2024 年度にかけて行なった。

Localizer 課題

Silent MRI で 2 つ目のフラッシュを呈示する左視野 10 度の部位に、同じ大きさの *window* を呈示し、その中に 2 秒おきにランダムな順番で 8 方向に動きの向きを変える Gabor パッチを呈示した。研究参加者はスクリーン中央の注視点を注視し、Gabor パッチの動きの向きが変わるごとにボタン押しをした。刺激呈示と *rest* を 16 秒おきに繰り返す *block design* により、機能画像を連続撮像した。実験は *silent MRI* と同日に行なった。

C. 研究結果

連続撮像によるデータ採取

まず、研究対象者にスキャンノイズのある条件下でフラッシュ数の弁別課題を行なってもらったところ、2 名とも *illusory flash* と *invisible flash* 効果を示した。一方で、対照条件となるフラッシュのみを呈示する条件で、低い正答率が得られた。これは、スキャンノイズがフラッシュと相互作用し、*illusory flash* と *invisible flash* 効果が生じたためと考えられた。

次に撮像条件については、今回の実験で用いる刺激の呈示時間が 200 ミリ秒と短いため、 $TR = 1$ 秒と 2 秒とで脳活動を比較した。その結果、 $TR = 1$ 秒、*volume* 当たりのスライス数 = 34 枚でも全脳をカバーでき、視覚野や聴覚野の活動を捉えられることが明らかになった。

Silent MRI によるデータ採取

2023 年 7 月の実験で対照条件に対するスキャンノイズの影響がみられたため、*silent MRI* による撮像を試した。先行研究をもとに、 $TA = 2$ 秒、*volume* 当たりのスライス数を 45 枚に固定し、 $TR = 4$ 秒と 8 秒による撮像を行なった。刺激はスキ

ラン後の無音時に呈示した。まず、撮像中の行動課題では、2名の研究対象者ともに illusory flash と invisible flash 効果を示した。次に TR=4 と 8 秒で脳活動を比較したところ、TR=4 秒の方が視覚野、聴覚野、およびボタン押しに関与する運動野の活動が明瞭に見られた。

また、同じ刺激を観察した時に illusory flash と invisible flash 効果が生じる試行と生じない試行とで脳活動を比較するため、これらの効果の生起率を 50%にするような刺激の条件、とりわけビープの大きさについても検討した。ビープの大きさを研究対象者によって結果が異なり、ひとつに決めることができなかった。

Localizer 課題

2 目目のフラッシュ呈示部位に Gabor パッチを呈示し、一次視覚野における 2 目目のフラッシュの mapping を試みた。その結果、一人の研究参加者では一次視覚野の網膜部位再現地図の対応部位に反応が見られたが、もう一人では明瞭ではなかった。ただ、両者とも動きの知覚の中核である MT 野に強い反応が見られた。

D. 考察と結論

2 回の実験における 4 名の研究対象者の結果から、スキヤナ内に仰臥し、HMD とヘッドフォンによって呈示される刺激によって illusory flash と invisible flash 効果が生じることが明らかになった。また、TR=4 秒、TA=2 秒、volume 当たりのスライス数 = 45 枚の条件による silent MRI を行なうことで、スキヤンノイズの影響を最小限に抑えることが明らかになった。

illusory flash と invisible flash 効果の生起率を 50%にする刺激の条件については、今年度に試したビープの大きさに加えてフラッシュのコントラストも含めて、引き続き次年度も検討を行ない、最適のパラメータが決まり次第、本実験を開始する。

最後に Localizer 課題については、一次視覚野の反応には個人差があったが、MT 野の活動は共通して観察された。これは、参加者に動きの方向の弁別課題を行なわせたためと考えられた。そのため Gabor パッチを動的なものではなく、静的なものに変える必要があることが示唆された。

E. 研究発表（上記課題名に関するもの）

1. 論文発表
まだない。

2. 学会発表
まだない。

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
該当なし…………

2. 実用新案登録
該当なし…………

3. その他
該当なし…………