

フラッシュサプレッション下における意味表象の活性状態の検討 An investigation on semantic activation under flash suppression

城戸 楓[†] 牧岡 省吾[‡]
Kaede Kido, Shogo Makioka

[†]大阪府立大学 人間社会学研究科 人間科学専攻 [‡]大阪府立大学 人間社会学部
Osaka prefecture university, Osaka prefecture university
kido@hs.osakafu-u.ac.jp

ABSTRACT

We investigated whether category-specific effect occurs in object recognition under binocular rivalry using flash suppression paradigm (Tsuchiya et al., 2006). The prime word was presented under flash suppression prior to the picture of the target object, and participants were asked to judge whether the object is a living thing or an artifact. As result, category-specific effect by the prime word did not occur under the binocular rivalry. This result suggests that information from the suppressed eye does not activate semantic representation.

(key words) category-specific effect, binocular rivalry, flash suppression

1. 目的

本研究では、両眼視野闘争下での category-specific effect の生起について検討した。

両眼視野闘争とは、Wheatstone (1838) によって初めて体系的な研究が行われた両眼間の視覚的競合によって起こる知覚交代現象である。両眼視野闘争下では両眼それぞれに呈示された異なった画像が融合されず、どちらか一方が知覚され、時間の経過によってもう一方が代わりに知覚されるという知覚交替が繰り返し体験される。

意味的な処理に関して、両眼視野闘争下で抑制された刺激は、意味的なレベルまで処理が達していないと考えられている。Zimba & Blake (1983) では、両眼視野闘争下において先行刺激が優位眼に先行刺激が提示されればターゲットの反応時間を短縮する意味プライミングという現象が起こるが、抑制眼に呈示された場合には起こらないことが示された。

しかし近年では、両眼視野闘争下において抑制された刺激でも、ある程度の処理が行われている可能性が示唆されている。行動学的研究で、Jiang et al. (2007) は抑制眼由来の情報にもオブジェクトのカテゴリ情報が含まれてい

ると考え、抑制状態が解けるまでの抑制時間を様々な条件の刺激ペアごとに測定した。この結果、眼間競合をしない条件ではどの刺激ペアにも刺激の検出時間に有意差は見られなかったが、両眼視野闘争条件では正立の顔の方が倒立した顔刺激よりも抑制時間が短く、母語の方が見知らぬ言語の刺激よりも抑制時間が短かった。このことから Jiang et al. (2007) は抑制眼由来の情報が意味的なカテゴリ情報を持っているのではないかと主張した。また城戸 & 牧岡 (2010) では、フラッシュサプレッションを用いて、両眼視野闘争下で3つのプライミングが生起するかどうかを検討した。この結果、プライムとターゲットが同一の反復プライミング、およびプライムとターゲットの音韻が同一のクロススクリプトプライミングは生起した。この結果は、両眼視野闘争によって抑制された刺激が形態や音韻のレベルでは処理されていることを示唆している。

ただし、城戸 & 牧岡 (2010) でも、Zimba & Blake (1983) と同様に意味的プライミングは生起しなかった。しかしこの結果から、両眼視野闘争下において抑制された刺激からの情報が、意味表象に到達していないと結論づけることは出来ない。プライミング課題では、ターゲットと意味的に関連したプライムが提示される。このときプライムとターゲットの意味表象は完全に重なってはいない。言い換えるならば、プライムはターゲット刺激そのものではない。こうしたプライムとターゲットの間の意味的な距離が、意味的プライミングに妨害を与えた可能性が考えられる。

このため、本研究では、ターゲット刺激にプライム語が示す画像刺激を用いて、両眼視野闘争下で抑制された刺激が後続するカテゴリ分類課題において category-specific effect (e.g. Kiffer, 2001) を引き起こすかどうかについて検討した。

2. 実験 1

両眼視野闘争下において、単語刺激が後続する画像刺激に対して category-specific effect を引き起こすのかについて検討した。

被験者

正常な視力を持ち日本語を母語とする大学生及び大学院生 26 名（男性 11 名、年齢 18~29 歳：平均 20.3 歳）。

実験の目的は前もって知らされていなかった。また実験に際して大阪府立大学の倫理審査委員会による承認を受けた。

刺激

毎日新聞データベースより、単語の出現頻度 50~3000 の日本語二文字熟語の中から文字に重複のない 96 語を選出した。単語はそれぞれ 8 つのカテゴリから構成され、1 カテゴリにつき 12 アイテムが選出された。各カテゴリは、陸上生物（平均頻度；509.4、平均モーラ；2.8）、水棲生物（平均、453.0、2.5）、野菜（平均、413.3、3.2）、果物（平均、572.5、2.8）、家具（平均、683.0、2.8）、道具（平均、677.7、2.6）、交通手段（平均、690.8、3.3）、楽器（平均、471.6、3.4）から構成されており、前半 4 カテゴリは自然物、残りの 4 カテゴリは人工物に属する。更に、我々は三つ目のカテゴリとして、“概念”に属する 12 アイテムを加えて選出した（e.g., “へいワ (peace)”；平均、619.3、3.1）。このカテゴリは自然物にも人工物にも属さない。またターゲット刺激には、選出された単語（概念カテゴリを除く）が示す具象物のみが描かれた画像刺激が使用された（図 1 参照）。

文字刺激は視角 $2.5^{\circ} \times 5^{\circ}$ で提示された。線画刺激は視角 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ で提示された。刺激はステレオスコープを通して、前方に配置された CRT ディスプレイ（NANA Flex Scan 54T）に提示。モニターと眼球との距離は 43cm、モニターの垂直同期周波数は 75Hz。実験で用いられた刺激の輝度は、白色 105.94cd/m^2 、黒色が 0.81cd/m^2 だった。実験には Apple 社製コンピュータ、Mac mini (1.66Ghz Intel Core Duo) を使用し、制御には Matlab 及び Psychtoolbox (Brainard, 1997; Pelli, 1997) を使用した。

また競合刺激の作成には継続的フラッシュサプレッション (CFS) と呼ばれる手法を用いた。フラッシュサプレッション (FS) は、競合刺激をフラッシュさせることによって統制的な競合を引き起こすことが出来る (e.g. Wolfe, 1984; Lansing, 1964)。CFS は優位眼に継続的なフラッシュ刺激を提示することによって、FS による統制的な不可視状態をより強力に持続させることが出来るよう

考案された手法である (Tsuchiya et al., 2006)。

フラッシュ刺激は文字刺激に構成要素を類似させるために、直角に交わる二つの線分 (L, T, F, J, 計 4 方位) と楕円の一部の計 5 種類をランダムに並べて提示した (図 1(a) 参照)。線分の太さ及び長さはランダムに決定された。

手続き

実験開始に際して、被験者はチンレストに顎を乗せて頭を固定され、前方に配置されたステレオスコープを通して CRT ディスプレイを見た。次に両眼にそれぞれ提示された凝視点が視覚的に重なるように視野を調整された。

実験では競合要因として両眼視野闘争を引き起こす条件（競合条件）と引き起こさない条件（非競合条件）を設けた。

実験開始後、左右視野中央に十字の注視点が現れ、1s 後にフラッシュストリームを提示。このフラッシュ刺激は競合条件では片眼に、非競合条件では両眼に提示された。フラッシュは 200ms ごとに一新された。フラッシュ刺激提示開始後、400ms~1200ms 間にプライム語が注視点より半径 5° 以内にランダム箇所にも 80ms 提示された。プライム語消失より 600ms 後、フラッシュが消え、緑色の注視点を提示した。このとき被験者は、プライム語が読めたかどうかではなく、プライムが少しでも見えたかどうかをキー押しで反応した ([z] or [x] キーを左手で押す)。この被験者のプライムが見えたかどうかの判断を、実験終了後、事後的に意識性要因として分類した。

プライム語に関する意識性判断が行われた直後、緑色の注視点は青色に変化。その 500ms 後、両眼の視野中央にターゲット刺激が提示され、ターゲット刺激に対するカテゴリ分類課題が課せられた (図 1b 参照)。カテゴリ分類課題はキー押しで行い、被験者は右腕で [1] or [2] のキーを押した。カテゴリは [1] キーが自然物、[2] キーが人工物に相当した場合に押すよう指示された。またこのとき、プライム語は、ターゲット刺激と同じ具象物を示す場合 (identical object; IO) と、ターゲット刺激と同じ側の自然 or 人工カテゴリから選出される場合 (semantic related; SR)、プライム語が概念語である場合 (unrelated; UR) があつた。

試行は 1 条件につき 24 試行が行われた (ただし意識性要因は、被験者の判断によって事後的に条件として分類した)。計 72 試行が実施された。各ターゲットをどの条件に割り当てるのかについて、被験者間でカウンターバランスをとった。

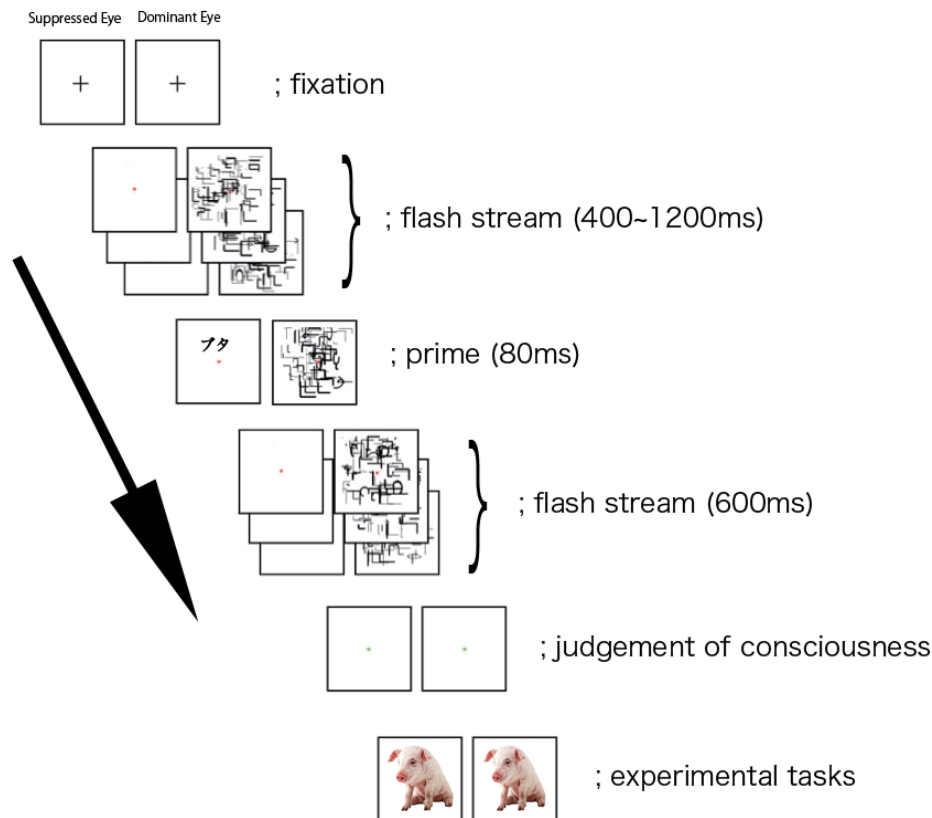


図1. 実験1 提示スケジュール例；注視点提示後，フラッシュストリームが片目に提示．400～1200msec 後，ターゲット文字が80ms 提示された後，600ms フラッシュが提示される．フラッシュ提示終了後，被験者はフラッシュが提示されている間に刺激が見えたかどうかを判断．被験者の意識性判断の後，提示された画像刺激に対して被験者やカテゴリ分類課題を行う（実験2では意識性判断とカテゴリ分類課題が逆でプライム提示からターゲット提示までの SOA も80ms になっている）．

結果

まずプライムが意識された割合に関して偏りがなかったかを調査するために，条件毎の反応数について，2(関連要因: IO / SR / UR) × 2(意識性要因: プライム語が見えた / 見えなかった)の被験者内2要因分散分析を行った(表1 参照)．左右提示眼についての要因については，実験時にはカウンターバランスを取ったが，分析には含めなかった．カテゴリ分類課題の誤答に関しては，いずれかの条件でのカテゴリ分類課題に対する反応数が5以下だった被験者は除外した(2名)．この分析の結果，全ての要因で有意な主効果は見られなかった(関連要因: $F(1,23) = 1.811$, $p = .192$, 意識性要因: $F(1,23) = 0.131$, $p = .877$)．交互作用はみられなかった($F(1,46) = 2.371$, $p = .104$)．この結果から，プライムが見えたかどうかの反応に，条件による偏りはなかったと考えられる．またプライムが見えたとき答えた反応数は全体の54.56%だった．

次に条件ごとの反応時間の平均値について2×2の被験者内2要因で分散分析を行った(表2，図2参照)．この分析の結果，関連要因と意識要因のどちらにも有意な主効

果が見られた(関連要因: $F(1,23) = 17.625$, $p < .001$, 意識性要因: $F(1,23) = 3.357$, $p < .05$)．交互作用は有意だった($F(1,46) = 3.942$, $p < .05$)．このため下位検定として単純主効果の検定を行った結果，被験者がプライムを知覚出来ていた場合に，関連要因の主効果が有意だったが($F(1,92) = 6.678$, $p < .05$)，知覚出来なかった場合には関連要因の主効果は有意でなかった($F(1,92) = 0.842$, $p = .495$)．さらに，ライアン法による多重対比較を行った結果，意識性があった場合に，IO 条件と UR 条件間で有意差があり($p < .001$)，SR 条件と UR 条件間でも有意差が見られた($p < .025$)．これらの結果は，被験者

が CFS 下でプライムが見えなかった場合には category-specific effect によるプライミング効果が起こらなかったことを示している．また被験者が CFS 下でプライムが見えた場合には，IO 条件でも SR 条件でも category-specific effect によるプライミング効果が起こったことを示している．

最後に条件ごとの誤答率についても，反応時間と同様に2×2の分散分析を行った．この結果，全ての要因で有意な主効果はなかった(関連要因: $F(1,23) = 0.074$, $p = .788$; 意識性要因: $F(1,23) = 0.069$, $p = .933$)．交互作用はなかった($F(1,46) = 0.091$, $p = .908$)．このことから，タスクに対する速度と正確性のトレードオフは起こっていなかった

表1. 実験1のプライムの見え(知覚)、平均反応時間(RT)、誤答率(ER)

	条件	知覚	RT	ER
意識性あり	IO	56.6	761	0.81
	SR	56.7	824	1.21
	UR	50.4	930	0.71
意識性なし	IO		949	0.62
	SR		989	0.62
	UR		935	0.70
		(%)	(ms)	(%)

と言える。全体の誤答率は1.04%だった。

3. 実験 2

実験 1 の結果から、両眼視野闘争下において抑制眼由来の言語刺激からは category-specific effect が生起しないことが明らかとなった。これは Zimba & Blake (1983) の結果を裏付けるものである。しかし、Greenwald et al. (1996) は閾下の意味的プライミング効果が、stimulus onset asynchrony (SOA) が 100ms を超えると消失する可能性を示唆した。このことから、実験 1 や先行研究 (e.g. Zimba & Blake, 1983; 城戸&牧岡, 2010) では、SOA が長かったために抑制されたプライムがターゲットに影響を与えなかった可能性が考えられる。このため、実験 2 では、SOA を十分に短くすることで、category-specific effect が生起するかどうかを検討した。

被験者

正常な視力を持ち日本語を母語とする大学生 26 名 (男性 10 名、年齢 18～22 歳：平均 19.8 歳)。

刺激と手続き

実験のパラダイム、及び用いた刺激は実験 1 と同様。ただし、各試行において、意識性判断の前にカテゴリ分類課題を課して、プライムと課題間の SOA が 80ms になるように調整した。

結果

まずプライムが意識された割合に関して偏りがなかったかどうかを検討するために、条件毎の反応数について、2(関連要因: IO / SR / UR) × 2(意識性要因: プライム語が見えた / 見えなかった)の被験者内 2 要因分散分析を行った (表 1 参照)。左右提示眼についての要因については、実験時にはカウンターバランスを取ったが、分析には含めなかった。カテゴリ分類課題の誤答に関しては、分析から除外した。また意識性の判断の結果、いずれかの条件でのカテゴリ分類課題に対する反応数が 5 以下だった被験者は除外した (2 名)。この分析の結果、意識性要因において有意な主効果が見られたが、関連性要因には有意な主効果は見られなかった(意識性要因: $F(1,23) = 5.468, p < .05$, 関連要因: $F(1,23) = 0.193, p = .824$)。交互作用はみられなかった($F(1,46) = 0.810, p = .451$)。プライムが見えたと答えた反応数は全体の 57.1%だった。このことから、全体にプライムが知覚された試行の方がそうでない試行より多かったと言えるが、関連要因との交互作用がみられなかった

ことから、以下の分析について問題は生じないと考えられる。

次に条件ごとの反応時間の平均値について 2×2 の被験者内 2 要因で分散分析を行った (表 2、図 2 参照)。この分析の結果、関連要因と意識要因のどちらにも有意な主効果が見られた (意識性要因: $F(1,23) = 6.854, p < .05$, 関連要因: $F(1,23) = 4.606, p < .05$)。交互作用は有意だった ($F(1,46) = 6.021, p < .001$)。このため下位検定として単純主効果の検定を行った結果、意識性があった場合に、関連要因の主効果が有意だったが ($F(1,92) = 10.578, p < .001$)、意識性がなかった場合には関連要因の主効果は有意でなかった ($F(1,92) = 0.063, p = .939$)。さらに、ライアン法による多重対比較を行った結果、意識性があった場合に、IO 条件と UR 条件間で有意差があり ($p < .001$)、SR 条件と UR 条件間でも有意差が見られた ($p < .001$)。この結果は、被験者が CFS 下でプライムが見えなかった場合には category-specific effect によるプライミング効果が起こらなかったことを示している。また被験者が CFS 下でプライムが見えた場合には、IO 条件でも SR 条件でも category-specific effect によるプライミング効果が起こったことを示している。

最後に条件ごとの誤答率についても、反応時間と同様に 2×2 の分散分析を行った。この結果、全ての要因で有意な主効果はなかった (意識性要因: $F(1,23) = 1.044, p = .317$; 関連要因: $F(1,23) = 0.193, p = .825$)。交互作用はなかった ($F(1,46) = 0.349, p = .707$)。このことから、タスクに対する速度と正確性のトレードオフは起こっていなかったと言える。全体の誤答率は 1.6%だった。

表 2. 実験 2 のプライムの見え (知覚)、平均反応時間 (RT)、誤答率 (ER)

	条件	知覚	RT	ER
意識性あり	IO	59.6	693	2.08
	SR	55.8	720	1.58
	UR	55.9	819	2.21
意識性なし	IO		838	2.19
	SR		832	2.00
	UR		828	0.80
		(%)	(ms)	(%)

4. 総合考察

本研究で我々は、フラッシュサプレッションを用いて、両眼視野闘争下で呈示された単語に対して、非意識下で意味レベルでの処理がなされているのかを検討した。

実験1および2において我々は、両眼視野闘争下において category-specific effect が生起するかどうかを調査した。この結果、両眼視野闘争によって抑制された単語刺激は、後続する画像刺激のカテゴリ分類に対して影響を与えないことが明らかになった。これは先行研究と同様の結果である (e.g. Zimba & Blake, 1983; 城戸&牧岡, 2010)。またこうした意味的なプライミング効果は、プライム単語が画像刺激の名称そのものである IO 条件でもみられなかった。これは、両眼視野闘争で抑制された単語刺激が、意味表象に到達していないことを示唆している。しかし、城戸 & 牧岡 (2010) では、両眼視野闘争によって抑制された刺激が、反復プライミングとクロススクリプトプライミングを生起させることが明らかになっている。このことから、以下の二つの可能性が考えられる。第一に、抑制眼由来の言語情報は、音韻/形態レベルでの処理で止まっており、以降の意味レベルでの処理が行われていないという可能性が考えられる。第二に、抑制眼由来の情報は意味表象を到達しているが、プライミング効果や category-specific effect を引き起こすほどの活性状態の変化は生じなかったという可能性が考えられる。いずれにせよ、両眼視野闘争下で抑制眼に呈示された単語刺激の情報は、意味表象を十分に活性化させることはできないと考えられる。一方、Costello et al. (2009)は、閾上で呈示されたプライム単語が、CFS 下におけるターゲット単語の検出に対して意味的なプライミング効果を与えることを報告している。本研究の結果と Costello et al. (2009)の結果を総合すると、抑制眼由来の情報はそれ自体で意味プライミングを引き起こすことはないものの、閾上呈示された刺激により意味表象が既に活性化している場合には、抑制眼由来の情報の処理が、関連する意味表象の活性により促進されと考えられる。

引用文献

- Costello, P., Jiang, Y., Baartman, B., McGlennen, K., He, S. (2009). Semantic and subword priming during binocular suppression. *Consciousness and Cognition*, 18, 375-382.
- Wheatstone C. (1838). On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision, *Philosophical Transactions on Royal Society of London*, 128, 371-394
- Kefer, M., (2001). Perceptual and semantic sources of category-specific effects: Event-related potentials during picture and word categorization. *Memory & Cognition*, 29, 100-116
- Zimba L. D., Blake R. (1983). Binocular rivalry and semantic processing: Out of sight, out of mind. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 807-815
- Jiang Y., Costello P., He S. (2007). Processing of invisible stimuli: Advantage of upright face and recognizable words in overcoming interocular suppression, *Psychological science*, 18, 349-355
- 城戸 楓, 牧岡 省吾 (2010). フラッシュサプレッションを用いた両眼視野

- 闘争下での文字情報の処理過程. 認知科学会代27回大会,
- Brainard D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436
- Pelli D. G. (1997). The Video toolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442
- Tsuchiya N., Koch C., Gilroy L. A., Blake R. (2006). Depth of interocular suppression associated with continuous flash suppression, flash suppression, and binocular rivalry, *Journal of vision*, 6, 1068-1078
- Greenwald, A. G., Draine, S. C., & Abrams, R. L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699-1702