

称号及び氏名	博士（人間科学）	城戸 楓
学位授与の日付	平成27年9月17日	
論文名	視覚刺激に対する閾下処理の特性とその学習 ：両眼視野闘争を用いた検討	
論文審査委員	主査	牧岡 省吾
	副査	井手 亘
	副査	岡本 真彦

要旨

人間の行う活動には、一見単純に見えるものであっても、多数の複雑な処理過程が関わっている。四肢の屈曲、視覚や聴覚、嗅覚などの知覚、恐怖や友愛などの感情の喚起など、実行するのに複雑な計算を必要とする多くの活動を、人間はほとんど意識することなく行うことができる。本研究では、こうした意識に上らない処理の特徴を明らかにするために、閾下で提示された刺激に対する認知的処理に関する検討を行った。

本研究では、実験参加者の意識的気づきを排除するために、両眼視野闘争と呼ばれる現象を利用した。両眼視野闘争とは、両目にそれぞれ別の視覚刺激を提示した時に、一方の刺激だけが知覚され、もう一方の刺激の知覚が抑制される現象である。継続的フラッシュサプレッション（以下、CFS; Tsuchiya & Koch, 2005）と呼ばれる両眼視野闘争を用いた実験手続きでは、片眼にフラッシュパターンを連続して提示することによって、参加者のもう一方の眼に提示された刺激に対する知覚を長時間抑制することができる。

従来のマスキングなどを用いた知覚抑制の手法では刺激の提示パターンが瞬間短期露出によって提示することができる場合に限られ、刺激の組み合わせや時間的変化など、複雑な提示パターンを実現することができなかつた。これに対して、CFSによる長時間の知覚の阻害は、より複雑な刺激の提示パターンを実現することができ、それによって刺激に対する処理のより複雑な特性を明らかにすることができると考えられる。CFSを用いて、本研究では、知覚的に抑制された刺激に対する閾下処理を主に2つの観点から検討した。

まず初めの観点として、第二章において、CFS下での言語刺激（単語）の閾下処理がどの程度高次の段階に到達しているのかを検討した。言語刺激は、視覚的属性、読み（音韻）、意味という複数の異なった次元を持っている。このため、CFSによって知覚的に抑制された言語刺激の処理が、抑制されずに知覚される刺激と同様の処理次元まで到達しているのか、それ以前で止まってしまっているのかを明らかにすることができる。視覚刺激の処理次元を検討するために、第二章ではプライミング効果を用いた。プライミング効果とは先行して提示された刺激が、後続するターゲット刺激に対する反応に影響を与える現象である。例えば、閾上または閾下において提示された先行する言語刺激が、後続する言語刺激の反応を促進したのであれば、プライミング効果が生起したと考えられ、提示された先行

刺激が、ターゲット刺激と関連する特性の次元で処理され、活性化していると示唆される。実験では、反復（先行刺激とターゲット刺激の視覚的物理属性が共通）・クロススクリプト（書字が異なり、音韻が共通）・意味（意味が共通、もしくは関連）の三つの次元でプライミング効果の生起を検討した。この結果、閾上で刺激が提示された場合には、反復・クロススクリプト・意味の全てのプライミング効果が生起した。一方、先行刺激が閾下提示された場合には反復プライミング効果が生起した。これは、先行刺激の物理的属性が閾下において処理されていることを示している。また、閾下においてクロススクリプトプライミング効果の生起も確認された。クロススクリプトプライミングでは、先行刺激とターゲット刺激に共通するのは語の音韻（読み）であることから、両眼視野闘争下において提示された先行言語刺激に対しても物理属性より抽象的なクロスモーダルな処理が行われていることが示唆される。しかし、閾下提示された刺激では意味プライミング効果が生起しなかった。ここから、両眼視野闘争を用いて閾下提示した先行言語刺激では意味レベルの表象まで処理が達しなかった可能性が示唆される。意味プライミング効果が生起せず、クロススクリプトプライミング効果が生起したという結果は、言語刺激の意味の情報が活性化しなくても、形態と音韻の表象が紐付けされた表象が独立して活性化することが可能であるということを示唆している。

第二章の結果から、閾下提示された刺激は閾上で提示された刺激と同様の処理段階に到達していないことが明らかになった。しかし閾下提示した刺激に関する処理は、視覚的表象だけでなく、提示された語の抽象的な表象（形態や音韻に依存しない前語彙的表象）を活性化させる可能性が示唆された。第二章では、提示する刺激として単語が用いられたために、意味や読みといった視覚的属性に依存しない抽象的表象が、実験を行う前に前もって学習されていたと考えられる。よって、閾下提示された刺激に関して、新奇な学習が成立するかは分からない。閾下刺激に対する学習についてはまだ不明な点が多く、とくに系列学習が可能かどうかについてはまだ明らかになっていない。このため、次の観点として、第三章では、CFS を用いて閾下提示された刺激間の系列学習が成立するのかを検討した。CFS を用いた場合には、両目から異なった刺激の入力を受ける閾下单眼レベルと、左右の眼に入力された刺激の情報が第一次視覚野において統一されて以降の閾下両眼レベル、そしてCFS が提示されない場合に働く閾上レベルの三つの処理レベルを想定することができる。この各レベルにおいて学習が成立するかどうかを検討することによって、閾下における学習の階層性を明らかにすることができる。

第三章では、CFS を用いて、継時的シンボル系列を学習することができるかどうかの検討を行った。実験4では複数の三つ組み（トリプレット）シンボルをランダムに提示して、トリプレット内のシンボル順序が学習できるのかを検討した。実験は学習フェイズとテストフェイズに別れ、参加者は学習フェイズにおいて刺激を閾下（CFS あり）もしくは閾上（CFS なし）で提示された後、テストフェイズでランダムな順序で連続提示されるシンボルの中からターゲットを見つけてできるだけ速く反応するターゲット検出課題を行った。テストフェイズでは、ターゲットを含むトリプレットのみ学習フェイズと同じシンボル順序のトリプレットとして提示されており、これによって、学習が成立していた場合、トリプレット内の位置が後方のシンボルのほうが（前方に提示されたシンボルが先行刺激となることによって）反応が促進される効果が想定される（Kim et al. 2009）。実験4の学習フェイズで刺激をCFS 下で提示した場合、トリプレットの2、3番目のシンボルは1番目のシンボルよりも反応が促進されたが、3番目のシンボルは2番目のシンボルに比べて反応が遅延した。学習フェイズの刺激が閾上に提示されていた場合には、3番目のシンボルに

対する反応の遅延は見られなかった。実験5では、四つ組（クアドラプレット）のシンボル系列を用いて実験4と同様の実験を行った。この結果、3番目のシンボルに反応の遅延は起こらなかったが、クアドラプレットの4番目のシンボルでは遅延が観察された。この結果は、知覚的に抑制された場合には学習の容量が低減するのではなく、学習フェイズにおいて、刺激の遷移が固定されていないこと（実験4、5で反応が遅延したシンボルは組文字の最終シンボルであり、他の配置の文字と異なり、シンボル後の刺激が別の組文字の1番目となるために、何が出るか分からない）が原因ではないかと考えられるこのため、ターゲットの後方シンボルとの遷移確率（実験6）、ターゲットの前方シンボルによって規定される遷移規則（実験7）を操作し、実験4と同様の実験を行った。この結果、実験6、7ともに、系列が固定されている場合には学習が成立したが、確率的な遷移である（実験6：ターゲットシンボルの後に提示されるシンボルが50%の確率で入れ替わる。実験7：ターゲットシンボル前方に配置された2シンボルの組み合わせから、ターゲットシンボルは50%の確率でしか予測できない）ときには、学習は成立しなかった。これらの結果は、CFSによって刺激の知覚が抑制された場合には、視覚刺激系列の固定された推移を学習することはできるが、視覚刺激系列の確率的な推移は学習できないことを示唆している。また、CFS下で行った学習では、学習時とテスト時で、刺激を提示する眼が同じである場合に反応が促進する現象も観測された。このことから、学習が少なくとも3つの階層（閾下单眼レベル、閾下両眼レベル、閾上両眼レベル）で行われていることが示唆された。一つ目の階層として低次の単眼レベルでの学習（あるいは順応によるチューニング）の存在が示唆される。次に、二つ目の階層として、CFSによって閾下提示された場合に、固定された視覚刺激系列の推移を学習することができる両眼レベルでの学習の存在が示唆された（シンボルの固定した遷移に関する学習）。しかし刺激の遷移確率の学習は刺激が閾上に提示されたときにのみ生じたことから、三つ目の階層として、両眼閾上レベルでシンボルの遷移確率に関する統計的学習が行われていることが示唆された。これらの結果は、視覚刺激の系列学習が、視覚処理における各段階において独立して起こっていることを示唆している。

本研究では、CFSを用いて刺激を知覚出来ないようにすることで、閾下処理の特性を検討した。この結果、閾下処理は閾上の処理で到達できる処理段階に達しないが、刺激の抽象的属性を処理できることが分かった。また閾下刺激を用いて検討したことで、刺激の学習の過程を階層的に分離することが出来た。この結果、閾下において刺激の系列学習が可能なことだけでなく、単眼・両眼（閾下）・両眼（閾上）の3つのレベルでそれぞれ異なった特徴を持つ学習が行われているという新しい知見を得ることができた。

学位論文審査結果の要旨

(1) 研究テーマが絞り込まれている

本論文は、閾下における視覚刺激の処理と学習について一連の心理実験によって検討したものである。研究テーマは、意識的な知覚が不可能な刺激に対して認知的処理がどの程度進行しているのか、またそのような刺激に対して学習がどの程度成立するのか、といった点に絞り込まれている。

(2) 論文の方法論が明確である

本論文では、心理実験による行動的測定に基づいて認知過程の検討が行われている。一連の実験で用いられている両眼視野闘争を用いる実験パラダイムは、認知心理学において確立した手法であり、視覚刺激を閾下呈示するための有効な手法であることが知られている。実験条件の統制等の基本的な手法についてもこの分野の標準的な手続きに則って実験が行われている。加えて、認知神経科学における研究から得られたヒトの視覚系における知見も踏まえられており、明確な経験的データに基づく検討が行われていると言える。

(3) 研究テーマについての先行研究の調査を十分に行っている

とくに本論文の第1章において、閾下の視覚認知過程における研究を系統的に調べている。また第2章、第3章においても、各実験で検討する仮説の導出、および結果の解釈において、関連する先行研究の結果が十分な精度で言及されている。本論文は、これまでの認知心理学における研究を精査した上で行われていると判断できる。

(4) 研究の素材となるデータを十分に吟味している

本研究の素材となるデータは、心理実験において測定された反応時間、正答率などの行動学的データである。仮説の検証に必要なデータについては全てが分析対象とされ、適切な統計的検定の結果に基づいて議論が構築されている。

(5) 研究テーマについて、先行研究にはない新しい知見を打ち出している

第2章においては、閾下呈示された日本語単語について、形態のおよび音韻的な処理が進行しているが、意味的処理には到達していないことが明らかとなった。第3章では、閾下視覚刺激に対して系列学習が成立するという新たな知見が得られた。先行研究において、視覚刺激の系列学習は刺激順序に関する意識的な気付きなしに成立しうることが明らかになっていたが、刺激系列の存在を意識できない場合にも系列学習が成立することを明らかにしたのは、本研究が初めてである。また同じく第3章では、閾下視覚刺激に対する系列学習が、閾上における系列学習と異なるメカニズムに依存していることも明らかにされている。これらの第3章における発見が、本論文における最も顕著な成果と言える。

(6) その知見を裏付けるための、必要にして十分な議論と実証が展開されている

実験データに関する適切な統計的分析に基づき、厳密な論理的議論が展開されている。また、脳内の視覚情報処理過程に関する認知神経科学の知見も適切に踏まえられて

いる。加えて、本論文において検討された事柄、未検討の事柄についても適切な切り分けが行われている。

(7) 当該分野の研究領域に新たな地平を切り開く、独創性を備えた論文である

とくに第 3 章においては関下における系列学習についてこれまでに知られていない現象を確認しており、当該分野の研究の発展に寄与する重要な発見がなされたと言える。本論文の第 2 章及び第 3 章の内容は、当該分野の国際的学術雑誌（査読あり）に掲載されており、その独創性は当該分野の学会においても十分に吟味され、評価されたと言える。

以上の評価を踏まえ、本学位論文審査委員会は全員が一致して、本論文を博士（人間科学）の学位の授与に値するものと判断した。

以上