

氏 名	木 原 健
学位(専攻分野)	博 士 (文 学)
学 位 記 番 号	文 博 第 433 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	文 学 研 究 科 行 動 文 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	視 覚 的 意 識 の 形 成 過 程 と 脳 内 機 構

論文調査委員	(主 査) 教 授 苧 阪 直 行	教 授 櫻 井 芳 雄	准教授 蘆 田 宏
--------	----------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は視覚的意識の形成過程を「注意の瞬き (Attentional Blink : 以下 AB と略)」現象の理解を通して、心理実験と認知神経科学的実験を併用して解明したものである。

視覚的な動物である人間は、生活を営む上で視覚に依存する部分が非常に多い。しかし、目に入る情報の多くは意識に到達しない。無数の視覚情報の中から有用な情報のみを取捨選択する合理的・適応的な認知機能である視覚的注意のはたらしによって意識に達する情報が残る。したがって、視覚的注意を調べることは、視覚的意識そのものを調べることに他ならない。ただし、このような知覚的注意の特性を鑑みると、どのような場合に情報が選択されるかだけでなく、選択されない条件、すなわち処理制約の検討を行わなければその全容の解明は困難である。

第 1 章では、視覚的意識の形成過程についてその説明モデルと問題点を概説し、形成過程を解明するための方法が議論されている。視覚刺激に対する見えが生じると、一定時間別の視覚刺激の見えが損なわれることが知られており、これは AB 現象と呼ばれている。AB 現象は視覚的注意の時間的な処理制約の反映であるため、これを詳細に検討することが視覚的意識の形成過程を理解するための有力なアプローチとなる。そのためには、次の 3 点を解明することが不可欠であるという。第 1 に、AB 現象の説明モデルとして妥当な認知処理モデルを構築することがあげられている。これによって、AB 現象が反映するヒトの視覚的意識の形成過程を具体的に記述することができる。第 2 に、その認知処理モデルを裏付ける脳の皮質活動を解明する必要がある。認知処理は最終的に脳内の神経活動と密接にかかわるため、神経生理学的知見によって支持される認知処理モデルは、その説得力を増すことになる。第 3 に、日常生活場面に近い状況下で AB 現象を観察する必要がある。普段の生活では当たり前が生じる観察者の心的変化に対して、統制を加える実験結果のみから認知処理モデルを構築すると、環境適応系であるはずのヒトの意識形成過程の理解に誤解をもたらす可能性がある。以上のような視点から、従来の研究が見落としていた問題点を整理し実験の目的を絞っている。

第 2 章では、AB 現象における説明モデルを検討している。現在もっとも支持を集めている視覚的注意処理の時間制約に関する認知処理モデルとして 2 段階モデルがある。しかし、このモデルが AB 現象の原因と想定するボトルネック処理は間接的に推測されたものに過ぎず、AB 現象の生起中にボトルネック処理が継続しているという点に関して、心理物理学的手法による直接的な証拠は得られていない点を指摘している。そこで、それを検証する方法を工夫して、通常の AB 現象の実験パラダイムでは天井効果によって観察が難しかったボトルネック処理を、超高速逐次視覚呈示法を採用することで観察可能にしている。心理物理学実験の結果、AB 現象と同様のタイムコースでボトルネック処理が進行していることが示された。また、この処理は直列的な注意処理であることが示唆された。これらの結果より、2 段階モデルが想定する第 2 段階目のボトルネック処理が存在することが確認された。

第 3 章では、視覚的注意処理の時間制約にかかわる脳科学的基盤を解明している。これまでの研究より、AB 現象は前頭－頭頂－後頭を結ぶ脳のネットワークが関与していることが示されているが、とくに注意に関わる領域として、頭頂間溝

を中心とする後部頭頂領域が注目されてきた。しかし、脳機能画像研究を代表とする既存の研究では、左右の半球のどちらの頭頂間溝がAB現象に重要なのか、あるいは両側の頭頂間溝が関与しているのかについて、一致した見解は得られていなかった。この問題の検証をの手續きとして、行動と脳領域の因果関係が詳細に検討できる経頭蓋磁気刺激法(Transcranial Magnetic Stimulation: 以下TMSと略)を採用している。神経心理学的実験の結果、左右の頭頂間溝にTMSを実施すると、AB現象の生起確率が有意に減少することがわかった。したがって、両側の頭頂間溝は視覚的意識の形成過程に関与することが明らかにされた。

第4章では、日常的に体験する心的変動が視覚的意識の形成過程に及ぼす影響を検討している。そのための手續きとして、感情を喚起する漢字二字熟語を視覚刺激に採用している。これによって、極めて日常的な心的変化である、感情の喚起によって心的状態の変化が生じた際に、どのようなAB現象が生じるのか、またそれはどのようなメカニズムによるものなのかについての検討が可能となる。心理物理学実験の結果、先行刺激によって注意処理が占有されていない場合に限り、快感情喚起刺激や中性感情喚起刺激が呈示された場合に比べて、不快感情を喚起する刺激が呈示された場合にAB現象の生起確率が有意に低下することが判明した。したがって、制約のある注意処理資源に十分な余裕がある場合、不快感情喚起刺激は優先的に注意処理を受けることで見えやすくなるといった、環境適応的な視覚的意識の形成過程が存在することが示唆された。

以上、本研究で得られた一連の結果より、次の3点が新たに示唆された。まず、視覚的意識の形成過程には、2段階モデルが想定するような、直列的な注意処理過程が存在することである。次に、視覚的意識の形成過程には、左右半球の頭頂間溝によって制御される注意処理過程が存在することである。最後に、視覚的意識の形成過程には、心的状態によって影響を受ける注意処理過程が存在することである。これらの諸知見と先行関連研究の知見を総合的にとらえ、視覚的意識の形成過程に関する認知処理モデルとそれに関わる脳活動について考察することを第5章の目的としている。

第5章では、心理物理学知見から、視覚的意識の形成過程に関する認知モデルについて再考している。その結果、AB現象の直接的な原因は、目標刺激の呈示直後に出現する妨害刺激処理を抑制するためのフィルター機能の停止が有力であると考えられた。ただし、フィルターの機能は第2段階の処理を支える心的機能であるので、2段階モデルが想定する第2段階処理の存在を否定するものではない。したがって、AB現象のモデルとしては、2段階モデルとフィルターモデルのハイブリッドモデルが、最も適した認知モデルであるという知見を得ている。

次に、神経生理学的知見からハイブリッドモデルに対する検討を試みている。脳電図研究や脳磁図研究からは、AB現象によって見えが損なわれた目標刺激からも認知処理を反映する事象関連電位が観察されることから、2段階モデルの提唱する第1段階処理の存在を確認している。さらに、意識に到達しなかった目標刺激は、記憶処理を反映するP3と呼ばれる事象関連電位成分を喚起しないことから、目標刺激の第2段階処理の失敗がAB現象と深くかかわっていると考えている。AB現象が生じた時ほど、それをもたらした先行刺激のP3振幅が大きくなることから、先行刺激に対する注意処理が妨害刺激の抑制を導くために、AB現象が生じると想定するフィルターモデルが支持された。したがって、神経生理学的にも第2段階処理とフィルターの双方の存在を認めるハイブリッドモデルが、AB現象の説明モデルとして適していることが明らかにされた。

また、視覚的意識の形成過程において、中心的な役割を果たすと考えられている後部頭頂葉について、その機能を考察している。複数の先行研究より、P3の振幅はAB現象と相関するが、その発生源に含まれる後部頭頂葉の活動もまたAB現象の生起と因果関係が認められた。とくに両側上頭頂小葉や頭頂間溝はトップダウン的な注意制御による目標刺激の記憶処理や妨害刺激の抑制処理に関与することが強く示唆された。しかし、AB現象を導く課題遂行時にこの領域が関与する認知処理が、抑制処理と記憶処理のどちらなのかについては現段階では結論を出すことはできなかった。また、主に右側の下頭頂小葉はボトムアップ的な注意の再定位に関わることから、この領域はAB現象期間中に出現する目標刺激の検出の成否を左右することが示された。このことから、後部頭頂領域の皮質活動は視覚的意識の形成過程に深く関与していると結論づけている。

さらに、視覚的意識の形成過程と前頭-頭頂-後頭ネットワークの関係を考察した結果、視覚野が2段階モデルの第1段階、前頭葉と頭頂葉が第2段階に相当する処理を担うが、一連の処理は個別に進行するのではなく、同期的な活動として遂行されることがわかった。したがって、このネットワーク活動が十分に機能しない場合にAB現象が生じると推定している。

最後に、視覚的意識の形成過程に関わる前頭－頭頂－後頭ネットワークに関して、観察者の心的状態の変化が及ぼす影響について考察している。その結果、外発的に心的状態を変化させる感情刺激が呈示された場合には扁桃体、内発的に心的状態を変化させる刺激呈示時間手がかりが呈示された場合には前頭前野を中心とした領域から変調される可能性があることが指摘された。

以上の考察から、後部頭頂葉を中心とした後頭－頭頂－前頭ネットワークのダイナミックかつフレキシブルな活動が、視覚的注意の2段階処理過程に関与し、ひいては見えの意識を決定する、という結論が導かれている。このことは、限りある注意の処理資源が状況に応じて適切に配分されることで視覚的意識が形成されること、そしてそれによって環境適応系である人間の認知機能が十全に作動していると結論づけている。

論文審査の結果の要旨

人間は視覚に依存する存在であるが、目に入る情報のすべてが意識化されるわけではない。どのような情報が選択されるかは、適応的な認知機能である視覚的注意のはたらきを検討することで明らかにすることができる。本論文は視覚的意識の形成過程を、「注意の瞬き (Attentional Blink: AB)」現象の理解を通して、心理実験と認知神経科学的実験を併用して解明したものである。

第1章では、視覚的意識の形成過程について問題点を概説している。先行呈示された視覚刺激に続いてごく短い時間をおいて後続刺激を呈示すると、後続刺激の観察が困難となるが、これをAB現象と呼んでいる。この現象は視覚的注意の時間的な処理制約の反映であるとされており、その詳細な実験的検討が視覚的意識の形成過程を解く鍵であると考えられている。論者は解明にはその説明モデルとそれを裏付ける脳機能の検討が必要であり、同時に、日常生活場面に近い状況下でAB現象を検討する必要があることを指摘している。

第2章では、AB現象における説明モデルとして2段階モデルを提案しながらその詳細を検討している。このモデルはAB現象の原因として情報のボトルネック処理を予測しているが、その証拠は得られていなかった。その証拠を得るために、論者は新たに超高速逐次視覚呈示法を工夫し、通常のAB現象の実験パラダイムでは観察が困難であったボトルネック処理が存在することを確認している。

第3章では、視覚的注意処理の脳科学的基盤を解明している。これまでの機能的脳画像を用いた研究より、AB現象は前頭－頭頂－後頭を結ぶ脳のネットワークが関与していること、とくに頭頂間溝を中心とする後部頭頂領域がかかわると推定されてきた。しかし、先行研究では、頭頂間溝がどのようにAB現象とかかわるのかについて、一致した見解は得られていなかった。この問題を検証するため、論者は行動と脳領域の因果関係が詳細に検討できるという点で、機能的脳画像法より優れた認知脳科学的手法の1つである経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial Magnetic Stimulation: TMS) を導入した。実験の結果、左右の頭頂間溝にTMSを実施すると、AB現象の生起確率が有意に減少することが判明し、頭頂間溝がAB現象の形成過程に深く関与することがはじめて明らかにされた。前頭－頭頂－後頭ネットワークの関係を考察した結果、視覚野が2段階モデルの第1段階を、前頭葉と頭頂葉が第2段階に相当する処理を担うが、一連の処理は個別に進行するのではなく、同期的な活動として遂行されることがわかった。そして、このネットワークが十分に機能しない場合にAB現象が生じると推定している。

第4章では、日常的に体験する視覚的意識を通して検討が進められている。快や不快の感情を喚起する漢字二字熟語を視覚刺激に用い、これによって心的状態が変化した場合に生じるAB現象を検討している。行動実験の結果、不快感情を喚起する刺激が呈示された場合にAB現象の生起確率が低下することが判明した。論者によれば、これは不快感情を喚起する刺激は優先的に注意処理を受けることで見えやすくなったためであるという。これは感情が環境適応的な視覚的意識の形成に影響することを示した新知見であるといえよう。

第5章では、心理物理学の知見から、認知モデルについて再考し、AB現象の直接的な原因として、目標刺激の呈示直後に出現する妨害刺激処理を制御するフィルター機能の停止を考えている。そして、AB現象のモデルとして、2段階モデルとフィルターモデルのハイブリッドモデルが新たに提案されている。論者は先行研究を勘案しながら、神経生理学的にもハイブリッドモデルがAB現象の説明モデルとして適していることを論証している。

以上のAB現象を通した一連の研究成果から、論者は頭頂葉を中心とした脳内ネットワークのダイナミックかつフレキシブルな活動が、視覚的注意と深くかかわり、それが視覚的意識を導くと論じている。限りある注意の処理資源が状況に応じて適切に配分されることで視覚的意識が形成されること、そしてそれによって環境適応系である人間の認知機能がうまく作動することを明らかにしている。とくに、AB現象とかかわる脳領域をTMSを用いて特定した功績は高く評価できるが、この領域が関与する認知処理が抑制や記憶とどうかわるのかについては結論を出すに至らず、今後検討すべき問題として残されている。しかし、本論文が工夫された実験によって新たな新知見を見出していることは間違いなく、その価値を損なうものではない。論者の今後の研究に期待したい。

以上、審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。平成二十年一月八日、調査委員三名が論文内容とそれに関連した事柄について口頭試問を行った結果、合格と認めた。