

氏 名	こ い け た か ひ こ 小 池 耕 彦
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 195 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 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	情 報 学 研 究 科 知 能 情 報 学 専 攻
学位論文題目	空間位置に対する視覚的注意メカニズムのモデル研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 乾 敏 郎	教 授 西 田 豊 明	教 授 阿 久 津 達 也
--------	--------------------	-------------	---------------

論 文 内 容 の 要 旨

ヒトが日常生活を送る上で、視覚から得られる情報は大きな役割を果たしている。しかし視覚から得られる情報の量は膨大であるにもかかわらず、ヒトの視覚情報処理系は全ての視覚情報を一度にかつリアルタイムで処理できる能力を持っていない。そこで何らかのメカニズムが重要度の高い視覚情報を選択し、重要度の高いものから優先的に処理をおこなっていると考えられている。この選択メカニズムは、「視覚的注意」と呼ばれている。視覚的注意のうちでも特に、ある空間位置に対して向けられる「空間的注意 (spatial visual attention)」については多くの研究がなされてきた。それにもかかわらず、空間的注意を実現する計算理論、およびその背後にある神経回路網の詳細については不明な点が多い。本研究では、神経回路網モデルを用いたモデル研究により、空間的注意がどのようなメカニズムにより実現されているかを解明することを目的とした。

第1章では視覚的注意メカニズムの定義づけをおこなった。本研究では、空間的注意メカニズムとは(1)注意を向ける位置を決定するメカニズム、(2)注意位置に存在するオブジェクトに関連した情報を切り出すメカニズム、そして(3)注意位置に存在するオブジェクトを認識するためにオブジェクト表象を生成するメカニズムという3つのサブメカニズムが協調することにより成り立っていると定義した。その上で、各々のサブメカニズムについてモデル研究を行い、その詳細を解明することを目的とした。

第2章では、注意を向ける空間位置を決定するメカニズムについて検討をおこなった。多くの研究が、視覚的注意の焦点は刺激依存的に決定される顕著性(重要度)と呼ばれる情報を用いて、顕著性の順序に従って移動していると考えている。本研究では、視覚的注意の焦点位置は顕著性の情報を利用してはいるものの、顕著性の順に焦点が移動するわけではなく、顕著性の情報を確率的に利用しつつ移動しているとの仮定をおいた神経回路網モデルを提案した。このモデルは、従来の顕著性に基づく注意モデルでは説明不可能であった探索非対称性課題および三重結合探索課題におけるヒトの行動特性を定性的に説明可能であった。本研究の結果は、探索非対称性とは刺激駆動性の現象であることを予測したが、実験心理学研究において本研究の予測を裏付ける結果が得られた。このことから、注意焦点を向ける位置は顕著性の情報を確率的に利用しながら決定されていると考えられる。

第3章では、視覚的注意を向けた位置に存在するオブジェクトに関連した情報を切り出すメカニズムについての研究をおこなった。注意位置に存在するオブジェクトの情報のみを切り出すためには、注意位置に対応する神経細胞の活動を他の神経細胞と比較して変化させる必要がある。これまでの神経科学的知見は、視覚的注意により神経細胞の(1)発火頻度もしくは(2)発火パターンが変化することを報告している。一般的には、発火頻度ベースでの注意効果と発火パターンベースでの注意効果とは相反するものであり、異なる神経回路網がその背後には存在するとの考え方が一般的であった。これに対し著者は、報告されている発火頻度もしくはパターンベースでの注意効果とは、ある単一の注意メカニズムを実現する神経回路網の挙動を異なる側面から観察した結果であるとの仮説を立て、神経回路網モデルにより検討をおこなった。本研究で提案したモデル

は、発火頻度ベースでの注意効果と発火パターンベースの注意効果を、同一の神経回路網およびパラメータ設定で説明可能であった。このことは、発火頻度および発火パターンベースでの注意効果とは、著者の仮定したように単一の注意メカニズムの異なる側面である可能性を示唆する。

第4章では、視覚的注意メカニズムによりオブジェクト表象を生成するメカニズムについての研究をおこなった。多くの研究が、オブジェクト表象の生成と神経細胞群の活動パタンの変化が関連している可能性を示唆している。本研究ではこの知見を、古典的な特徴統合理論に取り入れた神経回路網モデルを提案した。このモデルでは注意を向けた位置に存在するオブジェクトの構成要素である視覚属性を符号化する神経細胞の活動パタンが変化し、その場合にのみオブジェクト表象が生成される。このモデルは、オブジェクト表象の生成/保持容量を検討したとされる Luck and Vogel (1997) の結果を説明可能であった。

第5章では本研究をまとめ、何を新たに明らかにしたかを示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、特定の空間位置に対する視覚的注意メカニズムについて、神経回路網モデルを用いて研究した成果をまとめたものである。得られた主要な研究成果は次の通りである。

- 1) 視覚的注意位置を決定するメカニズムについて神経回路網モデルにより検討した。視覚的注意焦点位置が、刺激依存的に計算される顕著性(視覚的な重要度)に基づいて、確率的な方法で決定されていると考え、視覚探索課題と呼ばれる実験心理学課題におけるヒトの行動特性をよく説明できることを示した。
- 2) 1) で検討したモデルは探索非対称性と呼ばれる現象について、それが課題に対する事前知識により引き起こされるとする従来の考え方とは異なり、刺激依存的な現象である可能性を予測した。この結果は、後の実験心理学研究により確認された。
- 3) 視覚的注意位置に関連する情報を、その他の情報から切り分けるメカニズムについて神経回路網モデルを用いて議論した。発火頻度を用いた情報切り出しと発火パターンを用いた切り出しは異なる神経回路により実現される現象であると従来は考えられていた。しかし本研究は、これら2つの切り出しが同一の神経回路網に基づくメカニズムの異なる側面であることを示した。
- 4) 注意を向けた位置に存在するオブジェクトの表象を生成するメカニズムについて検討をおこなった。神経細胞群の活動相関変化を利用して、分散して符号化されている視覚属性を統合し、オブジェクト表象を生成可能であることを示した。

ヒトが視覚的な注意を向ける位置を決定するプロセスが、顕著性を利用しているとする考え方は従来からあった。本論文はこれに対し、ヒトの視覚メカニズムは顕著性を厳密な仕方では利用でき、確率的な仕方でのみ利用できていると考えることが妥当であることを新たに示した。また探索非対称性現象については、これまでのほぼ全ての研究が探索課題に関する先見的な知識の重要性を説いていたのに対して、それが刺激依存的な現象である可能性を示した。この予測は心理実験により確認されており、本論文は探索非対称性現象の生起要因に関して全く新しく、かつ妥当性の高い見方を提案したと言える。

視覚的注意を向けた位置に関連する情報がどのように切り出されているかについても、従来の発火頻度ベースの効果か発火パターンベースの効果かという二者択一的な考え方とは異なり、それらの効果は同一の情報切り出しメカニズムの異なる側面を観察しているという新たな理論を提案した。

視覚的注意の存在については全ての研究者が認めるものの、その背後にどのようなメカニズムが存在するかについては不明な点が多い。本論文でおこなわれた研究は、視覚的注意に関する議論に新たな展開を引き起こし、この分野の研究に大きな影響を与えるものである。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成18年2月22日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。