

(続紙 1)

京都大学	博士（人間・環境学）	氏名	坂野 逸紀
論文題目	瞬間的な視覚情報処理の特性に関する研究		
論文内容の要旨			
我々は視環境を一目見ただけで、その環境が持つ意味や、そこに含まれる視覚的要素の要約的情報を抽出する能力を備えている。本学位申請論文は、こうした瞬間的な視覚情報処理の諸特性に関する研究をまとめたものである。ここでは、瞬間的情報処理における諸問題のうち、二通りの視点から特性解明に取り組んだ。第一に、瞬間的カテゴリ認識の時間ダイナミクスの問題である。本論文において、カテゴリ認識が必ずしも粗いカテゴリから詳細なカテゴリへと順に理解されるものとは限らないことを明らかにした。第二に、そうした認識を成立させるために重要な役割を果たす統計的要約能力の問題である。統計的要約とは、視環境に含まれる要素を時空間的に総計することで得られる記述のことである。この問題については、統計的要約が瞬間的カテゴリ認識の視覚手がかりとして寄与すること、統計的要約がクラウディングをボトルネックとすることを明らかにした。 第1章では、本研究の背景と目的が述べられた。我々をとりまく視環境、すなわちシーンは極めて複雑であるが故に、その全てを一度に把握・理解することはできない。しかし、近年の研究から、極めて高速な意味情報の抽出が視覚情報処理の早い段階で生起していることが示唆されてきた。これが瞬間的情報処理である。瞬間的情報処理においては、ヒトがあるシーンの意味をどのぐらいの時間で、どの程度まで知ることができるのかという問題は重要である。例えば、その場所が「寝室」であると踏み込んだ理解ができているか、あるいは「屋内」と知っているだけかは、目覚まし時計のような物体の場所予測に影響を与えうる。しかしながら、瞬間的情報処理における意味情報抽出の時間メカニズムはその全容が明らかではない。もう一つ重要なのは、処理を成立させる視覚手がかりの問題である。乱雑な背景を伴って現れる実環境中の物体の高速な認識を実現するときの手がかり候補として提起されているのが、統計的要約と呼ばれるものである。ただ、統計的要約は無数に定義可能であるが、その中でカテゴリ認識に寄与するものが何かは明らかではなかった。また、視覚情報処理において統計的要約が持つ制約を明らかにすることは、瞬間的情報処理の制約を論じることにつながるが、こうした検討も今まで行われてこなかった。本論文の目的は、意味を抽出する際の時間ダ			

イナミクス、および統計的要約という二通りの視点から実験的検討を行うことで、瞬間的な視覚情報処理の諸特性を解明することであった。

第2章では、瞬間的なカテゴリ認識の時間ダイナミクスに焦点が当てられた。対象としたのはシーンの意味である。シーンカテゴリ認識においては、抽象的な上位レベルカテゴリの優位性が知られており、「自然・人工」カテゴリを用いて検討されてきた。視覚処理における上位レベルの優位性の頑健性を検討することが第2章の具体的な目的であった。その結果、「屋外・屋内」という上位レベルカテゴリを用いると、基本レベルカテゴリ間の類似性構造によっては優位性が崩れ、基本レベルでの判断のほうが速くなる場合があることが確認された。シーンカテゴリ認識における上位レベルの優位性は普遍的に成立するものではなく、上位レベルの区分、あるいは類似性構造に依存することが明らかになった。

第3章では、統計的要約能力が他の認知的活動に与える役割について検討が行われた。三つ組み以上の画像要素の関係性をとらえた統計量である高次画像統計量、とりわけPortilla and Simoncelli (2000)により提唱された統計量セット（P-S統計量）に着目し、これが画像中の動物の有無を判断するための視覚手がかりとなりうるかを確かめた。一連の実験の結果から、P-S統計量の符号化する局所的な視覚特徴が、それ自体で高速な動物検出課題の手がかりとして機能していることを明らかにした。

第4章では、統計的要約能力が受ける視覚処理上の制約に焦点が当てられた。具体的には、周囲の物体によって視認性が低下するクラウディング効果が円の平均サイズ計算に対してボトルネックとして作用するのかが調べられた。左右視野にそれぞれ呈示された円の平均サイズを比較する課題において、クラウディング効果が平均サイズ差に対する感度を下げることが示された。少なくともサイズ情報に関しては、統計的要約はクラウディングという視覚が持つ制約の影響下にあることが明らかとなった。

第5章では、第2～4章で明らかになった研究結果について、既に明らかにされている知見を踏まえた上で、統計的要約能力を軸に総合的な考察を展開した。第4章の知見は、ヒトの行なっている統計的要約が、円が持つ大きな構造を密集時にうまく符号化できないことから説明づけられる。また、第2章の結果は、「屋外・屋内」カテゴリ認識が統計的要約を視覚手がかりとして利用できないために生じた可能性を提起する。これらの考察を通じて、統計的要約能力が種々の認知課題の背景に存在し、瞬間的な情報処理の諸特性を統一的に説明しうることが示唆された。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、ヒトが視覚情報処理の早い段階で極めて高速に意味情報を抽出する瞬間的視覚情報処理の諸特性を明らかにするために、瞬間的情報処理の時間ダイナミクスと統計的要約機能に焦点を当て、心理物理実験を用いて詳細に調べた研究を中心にまとめたものである。高速な視覚シーンの意味情報抽出においては近年、「屋内」のような上位レベルカテゴリ情報が最初に抽出されると言われているが、この現象の頑健性や詳細な時間ダイナミクスは不明である。一方、瞬間的情報処理で用いられている視覚情報は統計的要約であると言われるが、その具体的な内容も明らかではない。さらに、統計的要約が視覚情報処理の過程でいかなる制約を受けるのかも不明である。本論文は、心理物理実験を用いて、これらの問題を検討し、瞬間的情報処理における時間ダイナミクス、統計的要約の内容、視覚情報処理における制約について新たな知見を見出した。

申請者が行った実験は、以下のことを明らかにした。

1. シーンカテゴリ認識課題を用いて、瞬間的情報処理における上位レベルカテゴリの優位性の頑健性を検討した。近年、従来言われていたように「海岸」のような中程度の抽象性を持つ意味情報が最初に抽出されるのではなくより抽象度の高い「自然風景」のような情報が最初に抽出されることが示されている。この知見の一般性、頑健性を検討するために、従来検討されていない「屋外・屋内」の上位カテゴリを用いて、基本カテゴリの類似性構造を実験的に操作した。その結果、屋外・屋内カテゴリにおいては、上位レベルを共有する基本レベルカテゴリの類似性が低くなると上位レベルの優位性が消失することが示された。この成果は、視覚的高速カテゴリ認識において、上位レベルカテゴリの優位性が成立しない場合があることを示した最初の研究であり、瞬間的情報処理の時間メカニズムを理解するうえで極めて重要な意味を持つ。

2. 高次画像統計量の一つである Portilla-Simoncelli 統計量 (P-S 統計量) がヒトの瞬間的情報処理で用いられていることを明らかにするために、シーン内の動物検出課題を用いた一連の心理物理実験を行った。動物が写ったシーン画像と映っていないシーン画像を多数用い、元画像の P-S 統計量は保存しつつ意味情報を除去した合成テクスチャ画像を作成した。元画像と合成テクスチャ画像を用いて、画像中の動物検出課題を行うと、動物を含まない画像、及びそのテクスチャ合成画像を妨害刺激とした場合と比べて、動物を含む画

像のテクスチャ合成画像を用いると検出成績が有意に低下した。これと関連した一連の実験から、ヒトがP-S統計量に含まれている情報を用いて瞬時的視覚情報処理課題を行っている可能性を強く示唆する知見を報告している。瞬時的情報処理で用いられる統計的要約に関しては大域的情報、局所的情報の双方の仮説の間で対立があるが、P-S統計量は局所的情報の一種であり、本研究は局所的情報仮説を支持する重要な知見と言える。

3. 視覚情報処理において統計的要約過程が受けている制約を検討するために、円の平均サイズ計算課題におけるクラウディングの影響を調べた。近年、瞬間呈示された多数の円の平均を極めて正確に知覚できることが報告され、この課題を用いた統計的要約の研究が盛んである。本研究では、周囲の物体によって物体の視認性が低下するクラウディングという現象が統計的要約課題のボトルネックとなるかどうかを検討された。左右視野にそれぞれ呈示された円の平均サイズを比較する課題において、クラウディング効果が平均サイズ差に対する感度を下げることが示された。少なくともサイズ情報に関しては、統計的要約はクラウディングという視覚が持つ制約の影響下にあることが明らかとなった。クラウディングと統計的要約の関係は注目を集めているテーマであると同時に、相反する知見が報告されている。本研究は、円の平均サイズに関する初めての報告であるとともに、他の知見との関連付けにより、従来の問題を解決し、より一般的な理解に到達するための重要な貢献と言える。本研究成果は、視覚科学分野の重要な国際誌である**Journal of Vision**誌に掲載された。

申請者は、以上の実験結果、及び先行研究などを総合して、統計的要約能力がシーンカテゴリ認識、物体検出、平均情報知覚など多くの認知課題の背景に存在し、瞬時的な情報処理の諸特性を統一的に説明しうることを主張した。瞬時的情報処理機構の解明においては、用いられる統計情報の同定をはじめ解決すべき問題は多いが、本研究は厳密に統制された一連の実験を通して今後の研究の基盤となる重要な知見を報告している。

このように、本学位申請論文は、人間の共生的認知機能研究をめざして創設された共生人間学専攻、認知・行動科学講座にふさわしい内容を備えたものと言える。よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成25年1月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降