

京都大学	博士(文学)	氏名	石橋（田邊）亜澄
論文題目	自然光景画像処理におけるワーキングメモリシステムの役割		
(論文内容の要旨) 本論文は、日常場面に近い光景画像の知覚と記憶における特質と、その脳内機構の解明を目指した一連の研究について論考したものである。 第一章ではこれまでの研究が概観され、本研究の位置づけが述べられている。光景画像は、ごく短時間の提示時間でも自動的にカテゴリを判断できる。また、カテゴリ判断は二重課題条件や周辺視野提示でも可能であり、光景の意味情報は注意資源をほとんど使用せず自動的に処理できることが示唆されている。古典的には、画像は知覚的にもまた言語的にも符号化することができるので言語情報のみよりも記憶されやすいという説が有力であった。しかし、近年には変化盲という現象を通して、光景画像の大局的な情報の把握・保持は容易でも詳細な情報の変化には気づきにくいという特質が明らかにされた。記憶における情報の処理と保持を統一的に扱うワーキングメモリモデルに即して考えると、光景画像を処理する際には、自動的な視覚情報の保持と行動の目的に合わせた注意制御が並行的に行われていると予測される。本研究ではこの予測に基づき、光景情報が記憶文脈として働く場合、対象の記憶にどのような影響を与えるのかを、心理学的行動実験および機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) によって検討した。 第2章では、光景画像に関する視覚的ワーキングメモリ容量を測定する試みについて述べられている。言語的ワーキングメモリ研究で定評のあるリーディングスパンテスト (RST) を参考に、視覚情報を能動的に処理・保持するワーキングメモリ課題として、ピクチャースパンテスト (PST) を開発し、視覚的ワーキングメモリと視覚情報に関する認知との関係を検討した。PST は、光景の画像を見て、その光景の文脈に不適切なオブジェクトの有無を判断しながら、赤枠で囲まれた部分を記憶して再認を行うものとした。検証実験として、実験参加者に PST と、オブジェクトの短期記憶課題、視空間性情報を扱う知能検査課題、RST を行わせた結果、RST や短期記憶課題には見られなかった視空間課題との相関が PST でみられた。また、覚えるべき対象と同時に提示されていたものを間違えて想起する侵入エラーの生起率と PST の成績や視空間認知課題成績に相関が見られたことから、PST は視覚的ワーキングメモリにおいて課題無関連情報を抑制する実行系機能を反映していると考えられた。 第3章では、記憶課題において光景文脈が記憶ターゲットにどのような影響を与えているのかを検討した。まず、光景文脈が記憶ターゲットに影響を与えるのはオブジェクト表象を形成する符号化時なのか、光景情報を検索手がかりとして想起してしまう			

検索時なのかを検討するため実験1を行った。記憶オブジェクトとして人物画像を使用した。結果として、光景画像で人物を記銘し人物のみの画像で人物を再認する条件は他の条件に比べて再認成績が低かったが、光景画像で人物を記銘し光景画像で人物を再認する条件では再認成績の低下が見られなかった。この2条件では、符号化時の情報と課題から要求される情報処理は同じであるが、検索時の背景文脈が異なる。そのため、光景文脈がターゲット記憶に影響を与えるのは光景情報が手がかりとして利用される検索時であると考えられた。実験2では、光景画像で人物を記銘し人物のみの画像で再認する条件と、光景画像で人物を記銘し同じ光景画像で人物を再認する条件に加え、光景画像で人物を記銘し異なる光景画像で人物を再認する条件を設けた。結果として、条件間の再認成績の差は得られなかったが、符号化時と異なる光景画像での人物再認条件において反応時間の遅延が見られた。このことから、光景文脈から自動的にターゲットと連合して記憶される情報が記憶検索に干渉している可能性が示唆された。実験3では、光景画像をスクランブル化して意味情報が取得できないように加工した背景を用いて同様の実験を行った結果、異なる背景による反応時間の遅延は見られなかった。また、実験2、3ともに符号化時と同じ背景が検索時に提示される条件で記憶課題のヒット率が上昇する傾向があったことから、視覚配置情報が記憶検索の手がかりになる可能性が示唆された。

第4章では、fMRIを用いて光景が記憶に及ぼす影響の神経基盤を調べた。光景・場所に特異的に活動を示す海馬傍回場所領域(PPA)と人物・顔に選択的に活動する紡錘状回顔領域(FFA)という部位に関心領域として、文脈として光景を用い、人物を記憶ターゲットとして用いる課題中の活動をfMRIによって測定することで、光景文脈が人物記憶に与える影響について検討した。結果として、右側FFAにおいて再認時に予測と異なるものが提示されたときに脳活動が上昇し、予測エラー現象が示唆された。また、PPAは記憶した人物に合わせた活動を示し、光景と人物の自動的な連合が示唆された。さらに、光景文脈の新旧と人物画像の新旧が不一致であった試行と一致していた試行とのコントラストによって、光景文脈情報が人物記憶に干渉的に働く場合に活動する脳部位を調べたところ、情報更新への関与が示唆されている中前頭回や正反応と誤反応が拮抗するときに活動が高くなることが報告されている内側前頭回などの部位の活動が観察された。これらの部位が光景文脈と記憶ターゲットの連合を調節していると考えられる。

第5章では、以上の実験を総括して、光景情報が文脈として記憶ターゲットに影響する仕組みを考察した。光景情報は高速に意味情報が処理されてしまうため、その制御を中央実行系が、情報保持を視覚的ワーキングメモリの保持機構が担っていると考えられる。第2章で開発されたPSTはこれらの能力を測定するものとして妥当であると結論づけられた。課題無関連な光景文脈の抑制と視覚的ワーキングメモリを効率的に使用することが関与していると考えられる。第3章では、光景が記憶ターゲットに与

える影響には、光景の意味情報の変化による記憶検索の干渉と、視覚的配置情報の反復提示による検索の促進という2つの面があることが示された。意味情報の変化による干渉は、光景文脈が自動的にターゲットと連合されるために起こると考えられる。また、視覚的配置情報の反復提示は、ワーキングメモリ内での再描画を助けるものと推測される。この再描画は、第4章の右側FFAにおける人物と背景の組合せに特徴的な結果からも支持できる。記憶した光景中の人物を再描画して保持していれば、予測エラーが起こりやすくなると考えられるためである。そして光景文脈が干渉的に働くとき、情報の更新や拮抗する反応の制御など、中央実行系機能に関与する部位が活性化していることが示された点からも、光景情報の記憶ターゲットへの影響はワーキングメモリによって制御されていると結論できるであろう。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、日常場面に近い光景画像の知覚と記憶について、一連の心理学実験および脳機能画像実験に基づいて論考したものである。視知覚の研究においては理論的枠組みに基づいて単純化された図形を用いることが多いが、近年、現実の複雑な情景における視知覚を理解するため、より実場面に即した画像を用いた研究の重要性が指摘されつつあり、本研究はそういった最近の動向に沿ったものと言える。

第1章ではこれまでの先行研究が概観され、本研究の位置づけがなされている。まず、光景画像は半ば自動的に処理されるが、その処理は精細ではないことが示され、その理解には情報処理と記憶を一体化して捉えるワーキングメモリモデルの観点からの検討が有用である可能性が議論される。また、それらの処理過程を脳機能の面から考察することの重要性が議論されている。

ワーキングメモリ容量には個人差があり、その測定のためにさまざまなテストが考案されてきた。しかし、本研究で扱う日常的な光景に関する適切なテストは存在しなかったため、第2章ではピクチャースパンテストと呼ばれるテストが開発された。このテストは言語性ワーキングメモリ研究において定評があるリーディングスパンテストを参考に、部屋などの情景を描いた画像中にふさわしくない対象を検出する処理課題と、指示された画像の一部を覚える記憶課題を同時に実行するものとして作られた。検証実験の結果、このテストは既存のものとは異なる側面を正しく反映し、視空間的認知課題とも望ましい相関を示すことが明らかとなり、その有用性が示された。本章の内容は国際誌に掲載され、英国からの取材を受けるなど、すでに高い評価を得ている。

第3章では、光景の記憶における対象と背景の関係をより詳細に検討するための心理学実験が報告されている。画像中の人物を覚える課題において、記銘時と再認時の背景が異なると背景がないときと比べて反応が遅延し、記銘時と再認時の背景が一致していると若干の成績向上が見られた。記憶すべき対象の情報が文脈となる背景と潜在的に結びつき、記憶に干渉、促進両方の効果を持ちうることが明らかになった。この結果は、普段と違う場面で出会った人を認識しにくいという日常的な経験にも即している。精緻な実験計画によって相補的な二側面をうまく引き出した実験研究として評価できる。

第4章では、第3章の実験を単純化した状況を用いた機能的磁気共鳴画像法(fMRI)による脳機能測定実験について報告している。側頭葉には家などの光景画像によく応

答する海馬傍回場所領域(PPA)と人物・顔に選択的に活動する紡錘状回顔領域(FFA)を関心領域として、対象人物と背景の組合せによる賦活量の違いを検討した結果、人物と背景の異同に伴う特徴的な応答が右FFAにおいて見られた。逆に場所に応答するPPAでも人物の影響が示唆された。これらの結果は、人物と背景の表象が連合することを示しており興味深い。また、別途脳全体の解析を行った結果は、情報更新に関わるとされる中前頭回など、関連するいくつかの領域での活動を示しており、総合的にワーキングメモリの実行系機能との関わりを示すものと解釈された。

第5章では全体を総括して考察と展望が述べられている。一連の研究から、光景情報の処理について、ワーキングメモリモデルの観点から考えることの意義が示されたと言えるだろう。

以上のように、本論文は、比較的新しい問題である光景の知覚と記憶の理解に向けた理論的、方法論的考察を行ったものとして大きな意義がある。一方で、第5章において著者も認めるとおり、本研究によって光景知覚と記憶の全容が解明されたとはいい難いのは確かである。まず、第2章のピクチャースパンテストは今後とも検証と改良を要する。第3章における背景の知覚・記憶における影響はさらに実験条件を精緻化する必要があるだろう。また、脳機能の点では、これも著者が認めるとおり、脳梁膨大後部皮質など近年注目される部位の分析までには至っていない。しかしながら、それらの検証はさらに幅広い研究を要するものであり、本研究において重要な問題提起がなされ、一定の答を得たことの価値を大きく損なうものではない。本論文は今後、著者自身を含めた研究の今後の進展に寄与することが十分期待できる。

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25年2月21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。