

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12574

研究課題名(和文) 彩り豊かなシーンの知覚という主観的体験を生み出すメカニズムの心理・脳科学的検討

研究課題名(英文) Psychological and brain scientific research on the mechanism generating rich subjective impression of scenes

研究代表者

河地 庸介 (Kawachi, Yousuke)

東北大学・文学研究科・准教授

研究者番号：20565775

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：同時に処理できる物体数に制限がある視覚系はいかにして彩り豊かなシーン知覚を生み出すのか。本研究では、シーン知覚に関わる情報処理過程を理解するための実験研究を展開し、以下の成果を得た。(1) シーン知覚は視野全域にわたって一度に生成されるのではなく、中心視野から周辺視野へと次第に生成されていく。(2) 視覚情報のみで十分可能なシーンカテゴリ判断課題であってもシーンと一致する聴覚情報によってシーン情報の処理が促進される。(3) シーン記憶の空間解像度は、オリジナルの解像度よりも高められた形で再認される。(4) シーン画像の有彩色の中心領域に関する記憶は、その領域が周辺部に拡大された形で再生される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚系の情報処理における限界と我々の主観的に彩り豊かなシーン体験の乖離に関する理解を深めることは、運転行動等の瞬時判断が要求される作業場面での行動指針の提案、円滑な日常行動を促す環境をデザインする人間工学分野にも新たな視点の提供が期待できる。またAI(artificial intelligence)によりヒトの知覚認知を予測する際に、シーンに関わる情報種・量の制約条件を明らかにすることで計算負荷の大幅な削減ができる可能性がある。ヒトの知覚体験の限界を拡張するAR(augmented reality)技術に関連して、シーン知覚を豊かな体験に昇華させる条件を知ることは新たな価値創造のシーズとなる。

研究成果の概要(英文)：How does the visual system with a limited number of objects that can be processed simultaneously produce the perception of a vibrant scene filled with many objects? We developed experimental research to understand the scene information process and obtained the following findings. (1) Scene perception is not generated all at once across the entire visual field but is gradually generated from the central to the peripheral visual fields. (2) Scene information processing is facilitated by auditory information congruent with the visual scene information, even in scene category judgment tasks in which visual information alone is sufficient. (3) The spatial resolution of the scene in the memory is reconstructed higher than the resolution of the original scene images. (4) The memory for the central chromatic region of the scene images is replayed in a way in which the region is expanded to the periphery.

研究分野：実験心理学

キーワード：シーン知覚 シーン記憶 画像統計量 心理物理学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

種々の先行研究から視覚系が同時に処理できる物体数は4個程度とされることが多い (Cavanagh & Alvarez, 2005; Luck & Vogel, 2013)。それだけに、多数の物体を内包するシーンの知覚が0.1秒以下の刺激提示時間で得られるという知見 (Potter & Levy, 1969; Biederman, 1972; Schyns & Oliva, 1994, Thorpe et al., 1996) を従来の知見の観点から説明するには困難が伴う。近年、視覚系は多数の物体を含むシーンの周辺部分を方位と空間周波数からなるテクスチャとして処理することで高速なシーン知覚を実現しているという報告 (Rosenholtz et al., 2012) がなされているものの、ヒトは主観的にはシーンをテクスチャではなく、種々の物体に満ち溢れた空間として感じており、実証的な知見と主観的体験との間には乖離がある。

2. 研究の目的

本研究はこの乖離の理解に挑むべく、観察者の中で生成されるシーンの知覚的表現を精緻に検討するとともに (1) シーン知覚表現の時空間伝播, (2) シーン知覚表現における視聴覚相互作用, 観察者の中で生成されるシーン表現が視覚的長期記憶の中で彩り豊かな形へと変容していく可能性を検討すること (3) シーン記憶の空間解像度の変容, (4) シーン記憶の色情報の変容) を目的とする。

(1) シーン知覚表現の時空間伝播

近年、シーン画像の周辺領域の色が欠損していても観察者は気が付かないという現象が報告された (Cohen et al., 2020)。この知見を受け、中心視野領域は空間的のみならず、時間的にも優先される形で知覚表現を作り上げているのではないかと考え、シーン表現が中心から周辺へと作られていく可能性を検討した。

(2) シーン知覚表現における視聴覚相互作用

従来のシーン知覚研究は、当然ともいえるが、ほぼすべてが視知覚に焦点を当てたものであり、シーン知覚における視聴覚相互作用についての検討は皆無の状態であった。しかしながら、我々の彩り豊かなシーン知覚体験にとって聴覚情報の存在は切り離せないものであると考え、シーン知覚に聴覚情報が影響を及ぼしうる状況を検討するべく、その端緒としてシーン分類課題への影響を検討することとした。

(3) シーン記憶の空間解像度の変容 ・ (4) シーン記憶の色情報の変容

シーン知覚を考える上で、観察者がこれまでに培ってきたシーンに関する様々な経験に基づくトップダウン的な影響を無視することはできない。そこで、シーンを知覚した後の記憶の中でシーン表現に何が起こり得るのかについて、空間解像度の高低、色情報の有無に及ぼす影響に焦点を当てて検討を行った。

3. 研究の方法

(1) シーン知覚表現の時空間伝播

インターネット上の自然画像データベースから収集した有彩色シーン刺激に平均を画像中心とした 2 次元ガウス関数を掛けた刺激を使用した。各刺激において、ガウス関数の標準偏差が 1° , 3° , 7° , または 15° として設定されており、ローパスフィルタがかけられておらず明瞭に見られる中心領域サイズが異なっていた。それ以外の周辺領域はローパスフィルタがかけられていた、または無彩色となっていた。

画面中央に注視点が表示された後、シーン刺激を短時間提示した。提示時間は 25ms, 54ms, 83ms, 112ms, 250ms, 500ms のいずれかであった。その後、実験には使用しないシーン画像の位相スペクトルをランダム化して作成した動的マスク刺激 (80ms) を提示した。次に、同じシーン画像から作られた中心領域サイズが異なる 2 種類の画像を左右に並べて提示し、提示されたシーン刺激と同じ中心領域をもつ画像をキー押しにより回答するように実験参加者に求めた (強制二肢選択法)。

(2) シーン知覚表現における視聴覚相互作用

インターネット上の動画データベースから選定した動画から画像および音声を切り出し、シーン画像刺激として画像 36 枚 (森と分類された 12 枚, 海と分類された 12 枚, 街と分類された 12 枚) と、シーン音声刺激として対応する音声 36 種を使用した。提示されるシーン刺激の種類に応じて、一致条件 (画像と音声の示す内容が一致)、不一致条件 (画像と音声の示す内容が不一致)、無音条件 (画像のみ) を設けた。

凝視点の呈示後、画像および音声刺激が呈示された。参加者は、聴覚刺激を無視して提示されたシーン画像刺激がどのカテゴリー (森, 海, 街) に分類されるかをキー押しによりできるだけ早く正確に判断することを求められた。

(3) シーン記憶の空間解像度の変容

先行研究により発表されているシーン画像データベースから画像を取得し、オリジナル画像の解像度 (700×700pix) からダウンサンプリングを行い、384×384pix, 192×192pix, 96×96pix, 48×48pix, 24×24pix, 12×12pix, の6種類の解像度をもつシーン刺激を作成した。

実験は、学習フェイズとテストフェイズから構成された。学習フェイズにおいて、参加者は48pix条件及び96pix条件の画像を学習した。10分後に行われたテストフェイズで、実験参加者は提示されるシーン刺激(学習フェイズで提示された刺激およびルアー刺激)の画像に対してold/new判断、及びoldと判断した刺激についての解像度判断を行った。解像度判断では提示された6種類の解像度のうち、観察フェイズで提示された画像の解像度と同じ解像度の画像を選択するように求められた。なお、すべての画像は384×384pixで提示された。

(4) シーン記憶の色情報の変容

Cohen & Rubenstein (2020)を参考に、インターネット上の動画データベースからシーン画像を選定した。有彩色シーン画像に直径視角4.5°, 9°, 13.5°, 18°, 22.5°, 平均を画像中心とした2次元ガウス関数を掛けた刺激を使用した。各刺激において、有彩色の中心領域サイズが異なっていた。それ以外の周辺領域は無彩色となっていた。

実験は学習フェイズとテストフェイズから構成された。学習フェイズでは、参加者は異なる有彩色中心領域サイズを持つシーン画像を記憶する。画像は3000msずつ提示し、画像の間に800msの注視点が提示された。テストフェイズは、学習フェイズで提示された刺激およびルアー刺激のシーンがフルカラーまたはグレースケールの形で3000ms提示し、実験参加者は提示された刺激に対してold/new判断を行った。参加者がOldと判断したシーン刺激については、フルカラーまたはグレースケールの形で提示し、学習フェイズで見た有彩色の中心領域サイズと同じになるようにカーソルキーを用いて有彩色の中心領域サイズを調整するように求めた。

4. 研究成果

(1) シーン知覚表現の時空間伝播

ローパスフィルタがかけられていない中心領域サイズの弁別課題において、25ms, 54ms提示時間条件までは、中心領域サイズ1°と3°の弁別を行うブロック、3°と7°の弁別を行うブロック、7°と15°を行うブロックの正答率に有意な差異が見られなかった。しかし、83ms, 112msでは、1°と3°の弁別を行うブロックの正答率が他のブロックの正答率に比べて有意に高くなった。加えて、中心領域サイズ1°と3°の弁別を行うブロックでは83ms以降、中心領域サイズ3°と7°の弁別、7°と15°を行うブロックでは112ms以降、正答率に上昇が見られなかった。有彩色中心領域サイズの弁別課題においてもほぼ同様の結果が得られた。これらの結果から、時間経過に伴って、シーン中心から周辺へと知覚可能範囲が広がっていく可能性が示唆された。

(2) シーン知覚表現における視聴覚相互作用

シーンカテゴリ判断課題において、画像・音声一致条件、不一致条件、無音条件における平均正答率はいずれも95%を超えており、条件間で有意差は見られなかった。他方、平均RTは一致条件RT < 不一致条件RT = 無音条件RTとなった。この結果は、整合性のある視聴覚刺激が呈示された場合、冗長性信号効果(redundancy signal effect, Kinchla, 1974)によりシーン知覚が促進される可能性を示している。現在は、動画と音声を刺激として用いて、ドリフト拡散モデル(drift diffusion model, Ratcliff et al., 2016)に基づいて視聴覚シーン知覚表現の情報処理過程の分析に取り組んでいる。

(3) シーン記憶の空間解像度の変容

再認成績については、96pix条件の方が48pix条件よりも有意に再認成績が高く、この結果はWolfe and Kuzmova (2011)と同様に解像度の高い画像の方が再認成績が良いことを再現するものであった。次に、我々が注目する解像度選択率について検討したところ、48pix, 96pix条件ともに12pixや24pixよりも192pixの選択率が高くなる傾向が見られた。すなわち、実際に提示された画像の解像度よりも高い解像度を選択する傾向が示された。現在は、この結果が実際に解像度が補完されたのか、あるいは何らかの反応バイアスによって説明されるのかを検討している。

(4) シーン記憶の色情報の変容

実験参加者は実際に提示された有彩色の中心領域サイズよりも大きく中心領域サイズを調整する形で再生していた。ただし、この拡大現象は全ての中心領域サイズ条件で生じたわけではなく、視角18°程度までしか生じなかった。このことから、以前提示されたオリジナル画像よりも広い視野角でシーンを想起する現象である境界拡張(boundary extension, Intraub & Richardson, 1989)では簡単に説明することはできない。同じく反応バイアスとして説明することは難しいと思われる。今後はこの現象の諸特性を示すことを通じて、生起因について検討していく。

< 引用文献 >

- Biederman, I. (1972). Perceiving real-world scenes. *Science*, 177(4043), 77-80.
- Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 349-54.
- Cohen, M. A., & Rubenstein, J. (2020). How much color do we see in the blink of an eye? *Cognition*, 200, 104268.
- Cohen, M. A., Botch, T. L., & Robertson, C. E. (2020). The limits of color awareness during active, real-world vision. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(24), 13821-13827.
- Intraub, H., & Richardson, M. (1989). Wide-angle memories of close-up scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(2), 179-187.
- Kinchla, R. A. (1974). Detecting target elements in multielement arrays: A confusability model. *Perception & Psychophysics*, 15(1), 149-158.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: from psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391-400.
- Potter, M. C., & Levy, E. I. (1969). Recognition memory for a rapid sequence of pictures. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 10-15.
- Ratcliff, R., Smith, P. L., Brown, S.D., & McKoon, G. (2016). Diffusion Decision Model: Current Issues and History. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(4), 260-281.
- Rosenholtz, R., Huang, J., Ehinger, K. A. (2012). Rethinking the role of top-down attention in vision: effects attributable to a lossy representation in peripheral vision. *Frontiers in Psychology*, 3:13.
- Schyns, P. G., & Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: Evidence for time- and spatial-scale-dependent scene recognition. *Psychological Science*, 5(4), 195-200.
- Thorpe, S, Fize, D., & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature*, 381(6582), 520-522.
- Wolfe, J. M., & Kuzmova, Y. I. (2011). How many pixels make a memory? Picture memory for small pictures. *Psychonomic bulletin & review*, 18(3), 469-475.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 河地庸介	4. 巻 120
2. 論文標題 色・運動統合知覚の生成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 45-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐々木尚之・河地庸介
2. 発表標題 情動喚起シーンの記憶に対するメタ認知
3. 学会等名 日本心理学会第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河内建・河地庸介
2. 発表標題 意思決定時の二者間の相互作用における反応バイアス
3. 学会等名 日本心理学会第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河内建・河地庸介
2. 発表標題 シーン記憶の主観的解像度に関する実験心理学的検討
3. 学会等名 北海道心理学会・東北心理学会第13回合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤颯斗・河地庸介
2. 発表標題 フラクタル構造を持つ画像の処理流暢性と美しさの関係
3. 学会等名 北海道心理学会・東北心理学会第13回合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木尚之・河地庸介
2. 発表標題 情動喚起シーンの記憶における保持時間の影響
3. 学会等名 北海道心理学会・東北心理学会第13回合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古川悠生・河地庸介
2. 発表標題 視対象に付随する聴覚刺激が速度知覚に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 北海道心理学会・東北心理学会第13回合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今川ゆき・河地庸介
2. 発表標題 知覚弁別における予測的・回顧的確信度の関連性
3. 学会等名 北海道心理学会・東北心理学会第13回合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河内建・河地庸介
2. 発表標題 二者での知覚的意思決定における反応バイアス
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマン情報処理学会(HIP)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤颯斗・河地庸介
2. 発表標題 自己相似性を持つ画像の美しさと処理流暢性の関係?—同異判断時間課題とマスキング課題を用いた検討—
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマン情報処理学会(HIP)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河地庸介
2. 発表標題 色・運動統合知覚の生成
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 河地庸介	4. 発行年 2022年
2. 出版社 国際文献社	5. 総ページ数 10
3. 書名 感覚の仕組みと働き 東北大学文学部心理学研究室(編) 心理学の視点25	

1. 著者名 河地庸介	4. 発行年 2022年
2. 出版社 国際文献社	5. 総ページ数 8
3. 書名 多感覚の統合 東北大学文学部心理学研究室（編）心理学の視点25	

1. 著者名 河地庸介	4. 発行年 2022年
2. 出版社 国際文献社	5. 総ページ数 10
3. 書名 注意の仕組みと働き 東北大学文学部心理学研究室（編）心理学の視点25	

1. 著者名 河地庸介	4. 発行年 2022年
2. 出版社 国際文献社	5. 総ページ数 10
3. 書名 心理物理学 東北大学文学部心理学研究室（編）心理学の視点25	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------