

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：3 2 6 1 2

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：1 8 K 1 8 3 4 5

研究課題名（和文）分類可能な視覚的パターンが持つ情報量に関する研究

研究課題名（英文）Study of information content of in classifiable visual patterns and its impact on scene familiarity

研究代表者

星野 英一（HOSHINO, Eiichi）

慶應義塾大学・グローバルリサーチインスティテュート（三田）・特任助教

研究者番号：0 0 8 1 6 7 9 6

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）：本研究は、情景に含まれる物体同士の位置関係の観点から、情景に対する馴染み感の要因を究明することを目的とした。従来、2次元条件下での類似度を制御する実験は困難とされていた。しかし、本研究では、2つの情景の類似度をn-gramで定義し、被験者の反応に基づいて1-gramと3-gramを動的に調整することでこの問題を解決した。さらにこの方法より、ヒトの2次元情景への馴染み感を検討を行った。その結果、個々の要素の頻度と複数物体の並びの頻度が、時間的に最近見たかどうかという記憶と相互作用することが明らかになった。また記憶の減衰や判断の困難さが馴染み感に影響を及ぼす可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトは日常的に2次元の情景を目にし、時に馴染み感を感じるが、その性質について詳しく分かっていなかった。そのため、情景の見間違いによる迷子の発生やイラスト等の著作物の類似性等の問題に対する対策に対して科学的な説明が不足していた。本研究により2次元情景の処理がどのように行われているのかが明らかになればこれらの問題への解決の糸口になる。本研究はヒトが行っている情景の類似度判断に関する知見を提供する。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate the factors contributing to the sense of familiarity with visual scenes by examining positional relationships between objects within those scenes. Given the vast number of possible combinations of object positions, it was previously considered challenging to conduct experiments that control for similarity in two dimensional conditions. However, this study defined scene similarity using n-grams and addressed this issue by dynamically adjusting 1-grams and 3-grams based on subjects' responses. This approach allowed for the examination of human familiarity with two-dimensional scenes. The results revealed that the frequency of individual elements and the frequency of sequences of multiple objects interact with the recency of the scenes viewed. Additionally, the study suggested that memory decay and the difficulty of judgement might affect the sense of familiarity.

研究分野：認知神経科学

キーワード：視覚情景 視覚記憶 類似度 規則学習 短期記憶

1. 研究開始当初の背景

私達は目にする情景から意識せずとも情報を収集し記憶している。(以下、情景とは複数の物体で構成される2次元情報と定義する。) その情報は写真のように詳細ではないが、初めて見る情景に対し「なんとなく馴染みがある」と感じる程度には豊富である。一方、この情報は見間違いや迷子が引き起こす一因であると考えられる。ところが情景から潜在的に学習される情報の詳細はほとんどわかっていない。視覚刺激に対する馴染み感の研究は、物体を対象にした研究が盛んである一方、情景を対象にした研究は少ない。その原因の一つに、情景には物体が複数含まれ、位置関係の組み合わせが膨大にあることが挙げられる。そのために研究対象が非常に複雑になってしまう。しかし私達が日常目にするのは複数の物体で構成される情景であり、単離された物体を目にすることはむしろ稀である。よって、情景に対するヒトの認知機能に関する研究はより発展させるべきである。物体同士の位置関係の起こりやすさは、ヒトが日常目にする情景から意識せずに収集している情報の一つであり、情景を分類する際に手がかりになることが知られている。しかし、どのような位置関係の起こりやすさがどの程度情景を分類する手がかりになるのかが未解明の問題として残っている。情景に含まれる物体同士の位置関係の観点から情景の情報処理を明らかにすることで、情景に対する馴染み感の要因を体系的に理解できるようになることが期待される。ヒトが潜在的にどのように情景の情報を処理しているのか解明することは、視覚記憶・潜在学習の分野の理解や発展に貢献するだけでなく、ヒトの認知を模倣するロボット工学や計算科学への応用研究の分野においても大きな貢献が期待できる重要な研究課題である。

2. 研究の目的

本研究は、分類に関わる視覚的パターンが持つ情報量に対するヒトの感受性を調べることを目的とした。具体的には、物体の位置関係の起こりやすさから視覚的パターンが持つ情報量を算出し、その情報量に対するヒトの感受性を探索的に調べる実験パラダイムの確立、この実験を用い、同時に目に入る物体の数を考慮した、ヒトの視覚的パターンが持つ情報量に対する感受性の同定、及び、情景に対する馴染み感の要因を、物体同士の位置関係の観点から体系的に説明するモデルの構築を目的とした。物体同士の位置関係の起こりやすさは、一物体に対して別の物体、二物体に対して別物体、というように $n-1$ 個の物体に対して n 個目の物体の関係を確率的に表す n -gram 確率という手法で記述できる。これは物体をいくつまとめて情報と捉えるかに相当する。本研究では複雑さを表す指標として n -gram 確率から視覚的パターンが持つ情報量を算出する。

3. 研究の方法

n -gram 確率を用いると一次元配列同士の類似度を数学的に定量化できるが、これを2次元に拡張し情景同士の類似度を数学的に定量化する手法を用いた。また通常 n -gram 確率は複数の標本に対して計算するが、単一情景にある物体の位置関係の空間的頻度から空間的な n -gram 確率を求めることにより単一情景内で物体のまとまりを定量的に表すことを可能にした手法を用いた。従来の情景に対する馴染み感の研究では、情景に含まれる一部の物体を取り出し、その物体同士の位置関係の起こりやすさに対する感受性が検討されており、複数の位置関係が混在する情景については検討されてこなかった。その理由には、これまでこの分野の実験が実験前に予め作成した課題を用いていたため、組み合わせが膨大にある位置関係を網羅的に調べるのが困難であったことがある。この課題に対して視覚的パターンが持つ情報量の算出法を用いて複数の位置関係が混在する情景を定量的に扱う手法を用いた。

実験では、個々の要素と要素の並びのどちらが類似度判断に貢献するのか調べるために、1-gram 類似度と 3-gram 類似度に注目した。1-gram 類似度は個々の要素の頻度の類似度を表す指標である。一方、n-gram($n>1$)類似度は要素の並びの頻度の類似度を表す指標であり、 $n=2$ のとき最も局所的な並びの類似度を表し、 n が大きくなればなるほどより大局的な並びの類似度を表す。刺激は実験的制約上、 n が大きくなるほど 2 つの情景の間に同じ n-gram の並びが現れにくくなり、n-gram 類似度が 0 になる組み合わせが増える。そのため適度に様々な類似度が得られるように $n=3$ に注目した。この 3-gram 類似度を要素の並びの頻度の類似度を表す指標として採用した。そして、1-gram 類似度と 3-gram 類似度が異なる様々な情景の組み合わせを探索した。この情景の組み合わせを用いて 1-gram 類似度及び 3-gram 類似度が異なる 8 条件における類似度判断を行った。具体的には、馴染みのある 5 種の基本的な図形(丸、三角、四角、星型、プラス)を格子状に配置した情景を、キュー1、キュー2、プローブ 1 の順に呈示し、キューがどちらのプローブに似ているか判断させる課題を行った。1-gram 類似度と 3-gram 類似度のどちらが類似度判断の手がかりになりやすいか調べるために、1-gram 類似度と 3-gram 類似度のどちらか一方を段階的に増減させ調整する 1-up-2-down の階段法を用いて主観的等価点(PSE)を求めた。また、そのために 1-gram と 3-gram 類似度の関係を予め計算により求めた情景の組み合わせを被験者の反応に対して動的に呈示した。

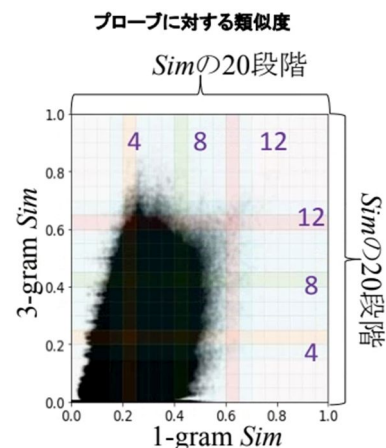


図 1

4. 研究成果

従来情景の情報処理に関する研究は刺激となる情景の定量的な制御が難しかった。本研究では 1-gram と 3-gram 類似度に注目し、刺激特性としてこの 2 つ類似度の分布を明らかにした(図 1)。また、この刺激特性を用いて定量的に統制された情景の類似度判断を調べる実験プロトコルを確立した。本実験の 1-gram 類似度と 3-gram 類似度が異なる様々な情景の組み合わせの類似度判断の結果、2 つのキューとプローブがどちらの類似度でもよく似ている、もしくは、ほとんど似ていない条件は、判断が困難であった可能性が示唆された。さらに、どちらの類似度も共に低い、つまりプローブと似ていない情景は、時間的に近接している情景の要素自体の頻度が、時間的に近接していないときと比べて、類似度判断の手がかりになりやすく、逆に、2 つのキューとプローブがよく似ているときは、時間的に近接している情景の要素の並びの頻度が手がかりになりやすくなることが示唆された(図 2)。

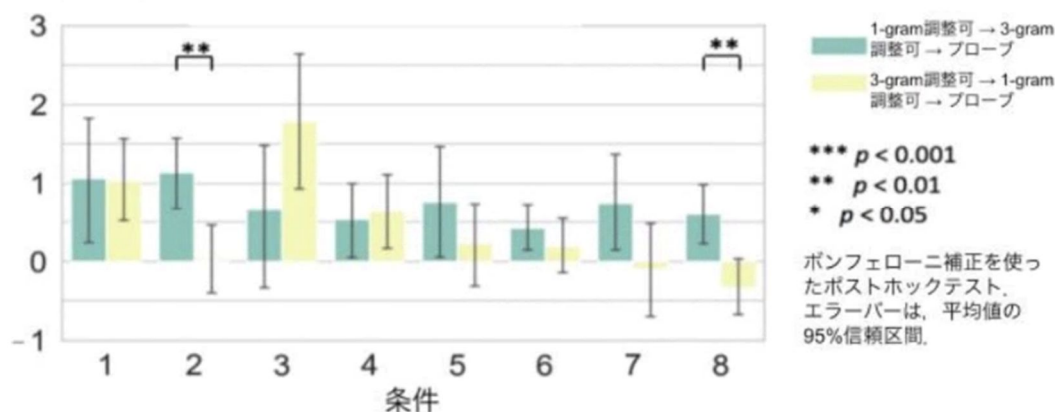


図 2

さらに、学習時間の要因を考慮に入れた一般化線形モデルの解析の結果、試行数に伴い 1-gram が類似度判断に及ぼす影響の大きさが正の向きに変化した(図 3)。一方、3-gram は逆の変化を示した。この結果は、視覚的類似度の学習が時間とともに促進されるが 1-gram と 3-gram では効果のあり方が異なることを示しており、記憶の減衰や判断の困難さが馴染み感に影響を及ぼす可能性が示唆された。これは視覚的学習の進行について重要な洞察を提供する。

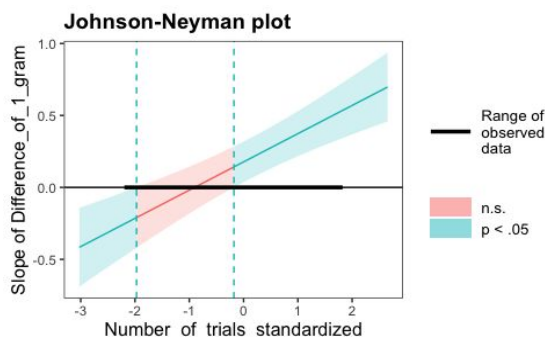


図 3

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1 . 発表者名 星野英一, 皆川泰代
2 . 発表標題 視覚情景の類似度判断において手がかりとなる要素の情報
3 . 学会等名 日本認知科学会第37回大会
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Eiichi Hoshino, Yasuyo Minagawa
2 . 発表標題 Exploring similarity judgment of multielement scenes
3 . 学会等名 Association for the Scientific Study of Consciousness (ASSC23) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 星野英一, 皆川泰代
2 . 発表標題 視覚的情景の類似性判断における n-gramの影響と学習時間
3 . 学会等名 日本行動計量学会第51回大会
4 . 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------