

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：82629

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20640

研究課題名（和文）光景が持つ時空間構造の脳内表現が知覚に与える影響

研究課題名（英文）Effects of the spatiotemporal structure of a scene on perception

研究代表者

羽鳥 康裕（Hatori, Yasuhiro）

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・新技術安全研究グループ・任期付研究員

研究者番号：30750955

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）：外界は時間的・空間的な構造を有している。その統計的な性質を利用することにより、効率的な情報処理が可能になる。本研究では、繰り返し提示される空間配置の学習過程（文脈手がかり効果）のモデル化と時空間的な情報統合（系列依存性）に用いられる座標系の検討を行った。画像から大域的な特徴を抽出し、探索対象の位置との関係を学習するモデルを提案した。繰り返される情報によって学習速度が異なることを再現できた。心理物理実験によって、系列依存性は網膜上での位置（網膜座標系）に基づいて生じることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空間配置の学習モデルは文字配置を扱うものは提案されていたが、自然光景に対する学習を扱うことのできるモデルはこれまで提案されていなかった。自然光景に対する学習過程をモデル化することは、光景の情報処理と効率的な行動の関係を理解することにつながる。また、どのような情報を学習し、行動に利用しているのかを明らかにすることは、製品デザイン等の設計指針に関する基礎的な知見を提供する。

研究成果の概要（英文）：The external world has statistical properties in terms of time and space. By using these statistical properties, efficient information processing becomes possible. This study focused on (1) the modeling of the learning process of spatial arrangements (contextual cueing effect) and (2) the examination of the coordinate system used in the spatio-temporal integration (serial dependence). We proposed a model that extracts global features from images and learns the relationship with the position of the target to be searched for. The model was successful to reproducing the learning speed difference between letter arrangement and natural image. The psychophysical experiment demonstrated that serial dependence is carried out based on retinal position.

研究分野：認知科学

キーワード：学習 知覚 行動

### 1. 研究開始当初の背景

外界はランダムではなく、時間的・空間的な構造を有している。重力の影響を受けるため物体は地面の近くに存在しやすい。また、音を発する物体が移動すれば、音は物体の動きと連動して移動するといった、物理法則に基づく構造が挙げられる。それ以外にも、我々が生きている社会のルールも構造を規定する要因となる。例えば、信号機を設置する高さは法によって決められているため、信号機のある歩道を渡るときには、信号機が見つかる可能性が高い場所に自然と目が向けられる。光景が持つ時空間構造を学習することは、情報処理を効率的にするだけでなく、適切な行動を行うために役立つ。本研究課題は、光景が持つ時空間構造が知覚や行動に与える影響を検討する。特に、空間配置の学習と光景の時間的な安定性に着目する。

空間配置の学習として、文脈手がかり効果が知られている。文脈手がかり効果とは、繰り返し呈示される配置に対する探索の促進のことである。文脈手がかり効果を最初に報告した研究では文字の配置が用いられたが、その後の研究により、自然画像に対しても文脈手がかり効果が生じることが報告されている。しかし、文字配置と自然画像の両方に対する学習を実現するメカニズムは明らかにされていない。学習過程を明らかにすることは、光景の処理と効率的な探索行動の関係を理解することにつながる。

時間的な安定性として、知覚の系列依存性に着目した。系列依存性とは、現在の刺激に対する知覚が先行する刺激に近づく方向にバイアスされる現象である。系列依存性は安定した外界の知覚に寄与していると考えられるが、どのような座標系に基づいて生じるのかは明らかではない。座標系は行動に関係するため、系列依存性の機能的役割を考える上で重要である。

### 2. 研究の目的

本研究課題は、光景が持つ時空間構造の学習過程および、時空間構造が知覚や行動へ与える影響を検討することを目的として、(a) 空間配置の学習過程のモデル化と (b) 系列依存性が生じる座標系の検討を行った。(a) 空間配置の学習過程のモデル化では、文字配置と自然画像の両方に対する学習を再現できるモデルを提案した。(b) 系列依存性が生じる座標系の検討では、系列依存性が網膜位置を基準として生じるのか、それとも頭部方向を基準として生じるのかを検討した。

### 3. 研究の方法

#### (a) 空間配置の学習過程のモデル化

提案したモデルの概要を図 1 に示す。文字配置と自然画像に対する空間配置の学習を実現するために、画像の局所的な方位成分を抽出した。位置、空間周波数、方位に選択性を持つフィルタの出力をベクトル化したものをその画像の大域的な特徴とした。従来のモデルでは文字の位置の情報を用いていたが、そのモデルでは自然画像を取り扱うことができない。大域的な特徴には、位置の情報が含まれるため、文字の位置に関する情報も抽出できる。また、脳の一次視覚野の神経細胞は方位情報に反応することから、画像の大域的な特徴は脳内の情報表現との対応関係を持っている。

モデルは、画像の大域的な特徴に対応した、ターゲットの位置を予測するためのマップ (ターゲットマップ) を有している。ターゲットマップは予測と正解の誤差に基づいて徐々に更新される。繰り返し呈示される配置や画像に対しては、ターゲットマップが毎回更新されるため、刺激の繰り返し呈示に応じて予測が正解に近づく。一方、繰り返されない配置や画像 (毎回ランダムに生成される配置や新しい画像) に対しては、予測が正解に近づきにくい。そのため、繰り返し呈示される配置や画像に対する探索の促進効果が得られる。モデルの出力と心理実験の結果を比較し、モデルが文脈手がかり効果を再現するかどうかを調べた。

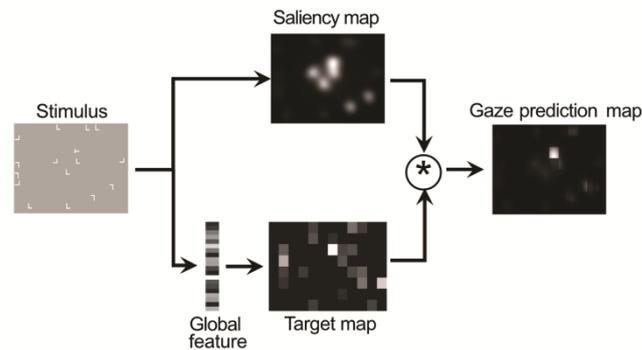


図 1 提案したモデルの概要。

大域的な特徴に対応するターゲット位置を予測するマップを用いて探索を行う。

(b) 系列依存性が生じる座標系の検討

系列依存性が網膜上の位置（網膜座標系）に基づいて生じるのか、それとも眼球位置の影響を受けない頭部方向を基準とした座標系（頭部中心座標系）で生じるのかを心理物理実験により検討した（図 2）。試行の開始時に頭部を向ける方向（左右どちらか）を指示されるので、実験参加者は頭部を指定した方向に回転した。その後、ガボールパッチが二つ呈示されるので、実験参加者は指示された方のガボールパッチの傾きを回答したのち、頭部を試行開始時の方向に戻した。これを繰り返し行ない、1 試行前に見たガボールパッチの方位が、現在の試行の方位知覚に与える影響を調べた。頭部方向や回答するガボールパッチの位置を試行ごとに変えることにより、1 試行前と比較して、頭部方向が同じか異なるかの 2 条件、網膜位置が同じか異なるかの 2 条件、合計 4 種類の実験条件を設けた。各条件における系列依存性の程度を比較することにより、系列依存性が生じる座標系を検討した。

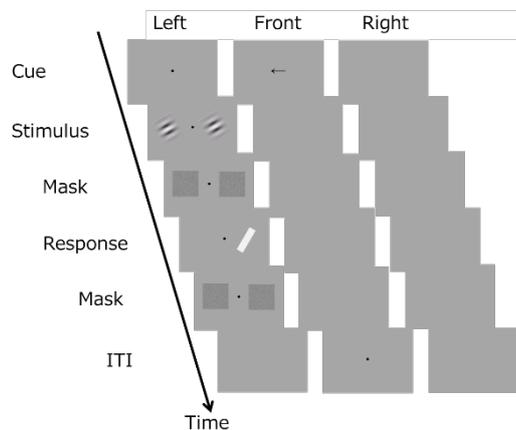


図 2 実験の概要。

実験参加者は頭部を動かした後にガボールパッチを観察し、方位を回答する。

4. 研究成果

(a) 空間配置の学習過程のモデル化

提案したモデルが文字配置と自然画像の両方に対する文脈手がかり効果を再現するかどうかを検討した。人間を対象とした実験では、自然画像の方が、文脈手がかり効果が早く生じることが報告されている。提案モデルはこの結果と同じ傾向を示した。また、他の先行研究の報告を再現できるかどうかについても検討した。具体的には、(i) ターゲット近傍の文字による学習、(ii) 自然画像の優位性、(iii) 繰り返し刺激の割合の影響、について検討した。

- (i) ターゲット近傍の数個の文字のみが繰り返される場合でも文脈手がかり効果が生じることが知られている。モデルはこの結果を再現できたが、ターゲットから離れた数個の文字が繰り返される場合でも同様の効果が得られた。これは先行研究の結果と異なるものであり、ターゲット近傍の重み付けといった処理が必要であることを示唆する。
- (ii) 自然画像上に文字が配置され、両者が繰り返される場合には、自然画像とターゲット位置の関係が学習されるが、ターゲット以外の文字の配置は学習に影響を与えないこ

とが知られている。先行研究の実験と同じ条件でシミュレーション実験を行ったところ、モデルは自然画像とターゲット位置の関係を学習したが、ターゲット以外の文字配置については学習に影響を与えなかった。モデルは自然画像の優位性を再現できることが明らかとなった。

- (iii) 繰り返し刺激の割合が少ない場合、文脈手がかり効果が生じないことが報告されている。モデルのパラメータを変更し、シミュレーション実験を行ったところ、記憶できるターゲットマップの個数に制限がある場合に先行研究の結果を再現した。記憶容量が文脈手がかり効果の生起において重要な役割を果たしていることが分かった。

これらの成果をまとめ、Journal of Vision 誌に投稿を行った。

#### (b) 系列依存性が生じる座標系の検討

今回の実験系において系列依存性が生じるかどうかを検討した。実験条件をすべてまとめて系列依存性の程度を計算したところ、統計的に有意な効果が認められた。次に、系列依存性が、網膜上の刺激位置に基づいて生じるのか、それとも頭部方向に基づいて生じるのかを評価した。その結果、網膜上の刺激位置が同じ場合に有意な系列依存性の効果が得られたが、頭部位置の影響は認められなかった。最後にコントロール条件として、現在の試行が1試行後の影響を受けているか比較したところ、有意な系列依存性の効果は認められなかった。これらの結果から、系列依存性は網膜位置に基づいて生じていることが分かった。網膜座標系は眼球運動を行うための情報を持っているため、系列依存性は眼球運動に関連した機能を担っていると考えられる。研究期間内に論文としてまとめることはできなかったが、今後論文投稿を行う。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Wu Wei, Hatori Yasuhiro, Tseng Chia-huei, Matsumiya Kazumichi, Kuriki Ichiro, Shioiri Satoshi	4. 巻 172
2. 論文標題 A motion-in-depth model based on inter-ocular velocity to estimate direction in depth	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 11 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.visres.2020.04.002	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Tanabe-Ishibashi Azumi, Ishibashi Ryo, Hatori Yasuhiro	4. 巻 85
2. 論文標題 Control of bottom-up attention in scene cognition contributes to visual working memory performance	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Attention, Perception, & Psychophysics	6. 最初と最後の頁 1425 ~ 1436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3758/s13414-023-02740-2	査読の有無 有
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16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 羽鳥康裕, Zheng-xiong Yuan, 塩入 諭
2. 発表標題 文脈手がかり効果は画像の大域的な特徴に基づく学習により生じる
3. 学会等名 日本視覚学会 2022年夏季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 羽鳥康裕, 方 昱, 江本正喜, 塩入 諭
2. 発表標題 自然動画観察時の頭部と眼球の運動方向の分析
3. 学会等名 日本視覚学会 2023年冬季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Azumi Tanabe-Ishibashi, Ryo Ishibashi, Yasuhiro Hatori
2. 発表標題 Gaze directed towards salient objects in scenes induces intrusion errors in visual working memory
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoshi Shioiri, Shin Ono, Wei Wu, Shuichi Sakamoto, Ryo Teraoka, Yoshiyuki Sato, Yasuhiro Hatori, Chia Huei Tseng, Ichiro Kuriki
2. 発表標題 Audiovisual interaction for spatial attention
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wei Wu, Kazuya Kobayashi, Shin Ono, Yoshiyuki Sato, Yasuhiro Hatori, Chia-huei Tseng, Ichiro Kuriki, Satoshi Shioiri
2. 発表標題 Investigation of self-initiated attention shift
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 羽鳥康裕、八 テウク、塩入 諭
2. 発表標題 仮想空間内のアバターの周囲に向けられる注意の計測
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林司弥, 小野真, 羽鳥康裕, 曾加蕙, 栗木一郎, 塩入諭
2. 発表標題 脳波を用いた自発的注意計測
3. 学会等名 ヒューマン情報処理研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林司弥, 小野真, 羽鳥康裕, 曾加蕙, 栗木一郎, 塩入諭
2. 発表標題 脳波を用いた自発的注意変化測定 of 検討
3. 学会等名 日本視覚学会2021年冬季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野 真, 坂本修一, 寺岡 諒, 佐藤好幸, 羽鳥康裕, 曾 加蕙, 栗木一郎, 塩入諭
2. 発表標題 脳波を用いた視聴覚注意の空間分布測定
3. 学会等名 ヒューマン情報処理研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Tanabe-Ishibashi, R. Ishibashi, Y. Hatori
2. 発表標題 Salient items intrude in visual working memory
3. 学会等名 21th Conference of the European Society for Cognitive Psychology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Ono, S. Sakamoto, R. Teraoka, Y. Sato, Y. Hatori, C. H. Tseng, I. Kuriki, S. Shioiri
2. 発表標題 Attempt on the measurement of spatial extent of audiovisual attention by EEG
3. 学会等名 15th Asia-Pacific Conference on Vision (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 羽鳥康裕, 坂井拓美, David Whitney, 塩入 諭
2. 発表標題 先行刺激に依存する知覚バイアスに対する空間要因の影響
3. 学会等名 行動の多様性を支える神経基盤とその動作様式の解明
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本視覚学会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 360
3. 書名 図説 視覚の事典	

〔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
---------	---------