

平成 30 年 5 月 23 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25285197

研究課題名(和文) 知覚表象形成および運動制御における知覚情報処理の適応的方略の解明

研究課題名(英文) Revealing adaptive strategies in perceptual processing in forming perceptual representation and manipulating motor action

研究代表者

一川 誠 (Ichikawa, Makoto)

千葉大学・大学院人文科学研究院・教授

研究者番号：10294654

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：人間の主観的見えの成立に関わる視覚表象の特性と、指差し動作制御の基礎にある視覚表象の特性を、体系的な行動科学的実験により検討し、前者にのみ拡張傾向があること、両者が対象中心座標の特性を持つことを見出した。視覚表象に関して、色彩情報の拡散は面の層表象形成に、運動情報の拡散は要素間での共通運命要因の有無に依存することを見出した。正しい知識表象を持たない場合の意思決定に関して、親しみやすさに関するヒューリスティクスに基づく判断が行われることを見出した。大きさ錯視、主観的輪郭、視覚的注意、認知地図形成に関して、ハトと人間との間の種間比較を行い、どちらの種も同様の認知適応方略を用いていることを見出した。

研究成果の概要(英文)：We have conducted systematic behavioral experiments in order to understand the natures of two types of visual representations; the first is involved in forming subjective percept, and the second is involved in manipulating motor action. We found that the visual representation for the visual percept, but not for manipulating motor action, tends to be expanded. However, both are based on the object-centered coordination. For the representation for the visual percept, we found that color may spread within a representation of the same depth layer, and that motion may spread across elements that share the same common fate factor. For the decision-making without correct knowledge, we found that the judgment would be biased by the familiarity-matching heuristic. By comparing human with pigeon, we found that both species use similar cognitive-adaptive strategies in viewing several types of size illusion and subjective contour, as well as manipulating visual attention and cognitive map.

研究分野：実験心理学

キーワード：知覚表象 運動制御 認知適応 種間比較 ヒューリスティック 親しみやすさ 拡散 視覚

1. 研究開始当初の背景

知覚表象形成と能動的運動制御とで知覚情報処理が異なる戦略を用いている。また、生物種によっても知覚情報処理の戦略に相違や共通性がある。しかしながら、これまでの研究では、知覚表象形成と運動制御、生物種によって採択された知覚情報処理の戦略にどのような特徴があるのか、採択された戦略にどのような生態学的合理性があるのか明らかになっていなかった。知覚表象形成と能動的運動制御それぞれの処理の特性がどのような適応的合理性を持つのかを理解するためには、知覚表象形成と運動制御、人間と他の生物種の情報処理の特性を行動科学的な手法を用いて比較し、それぞれの特徴を体系的に理解する必要がある。

2. 研究の目的

人間にはさまざまな知覚的錯覚や認知的錯誤現象があるが、それらは環境への適応のために進化の過程で獲得された知覚や認知の特性を反映するものと考えられる。行動科学的手法によって人間が視聴覚における知覚体験の形成や動作制御のために行う知覚情報処理過程や、人間と他の生物種の錯覚や認知的錯誤現象の特性を解明し、それらの比較によって、人間やその他の生物種が知覚や運動の適応において採択してきた戦略を体系的に理解することを目的とした。

3. 研究の方法

知覚の2つの重要な機能である知覚表象形成と運動制御それぞれについて、さまざまな錯覚、錯誤現象を通して検討した。こうした錯覚、錯誤現象には、進化の過程で獲得された適応方略が反映されていると考えたためである。そのため、適応戦略という視点に基づいて、知覚表象形成過程と運動制御過程、人間と他の種の知覚と認知における情報処理過程の特性に関し、知覚と認知における適応戦略の解明並びにモデル化を行うために体系的に要因を操作する行動科学実験を行ってきた。以下にその一端を示す。

1) 見えと運動制御のための視覚表象に関する境界拡張を用いた比較

視覚における境界拡張という錯覚現象を利用して、主観的な見えの成立に関わる視覚表象と、ディスプレイ上に提示されたターゲットへの指差し動作制御の基礎にある視覚表象の特性を調べた。見えに関する視覚表象に関しては、画像を提示した後、画像の境界や画像内の対象の位置に関して、インデックスの位置を調整することで参加者に答えさせた。運動制御の視覚表象に関しては、画像を提示した後、画像の境界や画像内の対象の位置に関して、タッチパネルディスプレイ上の位置を人差し指で指すことで参加者に答えさせた。

2) 運動知覚表象の形成過程

運動していない要素が運動する要素と同じ方向に動いて見える運動捕捉、逆方向に動いて見える誘導運動とが、運動の発生原因(観察者運動、対象運動)、要素数などの要因によってどのような影響を受けるか調べた。

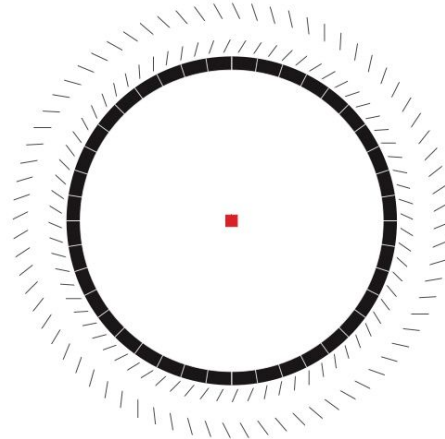


図1: 中央の点を固視しながら観察距離を変えると、内側同心円とそれに隣接する黒点とが運動捕捉により同方向に動いて見える。

3) 色彩表象の形成過程

知覚表象形成における視覚的空間の構造化と色彩表象形成の関係を解明するため、水彩効果や flank transparency と呼ばれる色拡散現象、色対比現象の成立過程について、刺激要素の輝度と色を系統的に操作する心理物理学的な実験によって検討した。

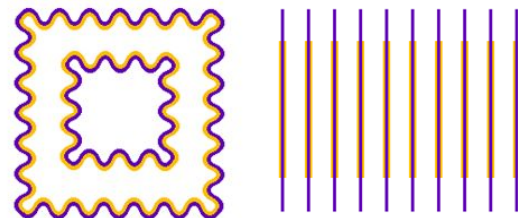


図2: 水彩効果図形(左)と flank transparency 図形(右)

4) 美的配置の検討

知覚表象形成における感性的情報処理の特性を理解するため、見た目の印象の良さがどのような要因で変動するか調べた。実験では、様々な背景画像上に具象的な対象を複数配置し、参加者の身体性、利き手、注意の偏りが及ぼす効果を検討した。画像観察の上、参加者に良さ、美しさなどに関する評定尺度法を用いた印象評定を行わせた。

5) 計算機シミュレーションを用いた意思決定および個人間での情報伝達過程の検討

意思決定および個人間での情報伝達に関して、計算機シミュレーションの結果と人間の参加者による行動実験との比較により、人間の認知的過程の特性の検討を行った。具体的には、正しい情報が得られない場合のヒュ

ーリスティックに基づく意思決定、問題解決過程、情報量によるコミュニケーションへの影響、誤信念の機能やこれらの適応的特性が取り扱われた。

6) 視覚表象の形成および操作過程に関する種間比較

視覚表象の形成および操作過程に関して、ヒトにおいて見出されている諸々の特性を取り上げ、鳥類（例えばハト）の視覚においても同様の過程が機能しているか行動科学的実験により検討した。ヒトとハトという系統発生の過程が大きく異なる種の間での処理過程の共通性と相違性を明らかにすることで、視覚表象の形成と操作に関する普遍的特性と種に固有で特徴的な特性を明らかにする。取り扱ったのは、視覚的体制化に関わる代表的現象である主観的輪郭、視覚探索、認知地図形成、知覚的群化や高速視覚刺激呈示下での弁別、大きさ錯視などであった。

4. 研究成果

方法のセクションで述べた研究に関し、以下、順に成果の概略を報告する。

1) 見えと運動制御のための視覚表象に関する境界拡張を用いた比較

画像の境界に関して、見えの成立にかかる視覚表象は従来の研究と同様、拡張していることが示された。他方、指差し動作における視覚表象は、境界がむしろ縮小方向に変化しており、境界拡張は認められないことが示された。また、画面内で画像領域の位置を変動させた実験の結果から、見えの成立に関わる視覚表象は観察者中心座標系に基づくのに対し、動作制御に用いられる視覚表象は、課題に応じて物体中心座標系と自己中心座標系の両方が利用可能であることが示された。

2) 運動知覚表象の形成過程

観察者自身の能動的運動によって生じた運動の信号は、刺激画像の各要素において蓄積されるのに対し、自動的に動く刺激の観察で得られる運動信号は、刺激要素間の局所的対比・同化原理に基づいて処理されることが分かった。さらには、視野内の運動表象形成に関して、運動要素と静止要素との間に位置共変という共通運命要因があれば同化原理に基づく運動捕捉が、なければ対比原理に基づく誘導運動が生じることを見出した。

3) 色彩表象の形成過程

水彩効果に関しては、同じ空間配置の刺激図形であっても、輪郭の輝度条件と色条件に応じて同化型と非同化型という異なるタイプの色拡散が生じることを明らかにし、両者が生起する刺激条件を特定した。いずれの色拡散においてもエッジの輝度コントラストに依存して拡散が生じることは共通していたが、最適な輝度コントラストが異なること

などから、異なる色処理過程が寄与していることを明らかにした。

flank transparency に関しては刺激要素の輝度及び色条件が透明視の生起条件と合致する時に強い色拡散が生じることを明らかにし、透明視に関わる領域層化が色拡散の生起に重要な役割を果たすことを見出した。こうした特性は、その後の刺激要素の運動の効果を検討した実験でも、確認された。他方、輝度及び色条件は限定されるが、透明視が成立しえない場合でも色拡散が生じうることから、複数の過程が色拡散に寄与することを示した。

色対比現象に関しては、十秒以上にわたって長時間刺激を観察すると対比効果が増強される現象を発見した。また、この現象に関して、誘導野と検査野の間で明るさの対比が最小の時にこの現象は顕著であり、明るさ処理と色処理の相互作用がこの現象に重要な役割を果たすことが示唆された。また、色彩対比の増強が収まるまでには 90 秒以上かかることが確認され、色順応との関連も示唆された。明るさの対比では、長時間観察しても対比効果の増強は生じないことから、色処理に固有の現象であることが示唆された。

4) 美的配置の検討

具象画像における対象物の見た目の印象の良さがどのような要因で変動するか調べたところ、視覚的注意を向けた位置、向きやすい位置に配置の中心がある場合に高く評価されることが見出された。また、利き手での操作がしやすい、利き手方向に中心が偏倚した配置が好まれることも示された。

5) 計算機シミュレーションを用いた意思決定および個人間での情報伝達過程の検討

計算機シミュレーションにおいては、社会が均等な性質をもつネットワークで構成されている場合、多様性があるパレート最適的な知識群を構成することが分かった。

行動実験によって、複数の個人間での情報伝達で用いられやすいフレーズやフレームに関しては、人間は情報量に敏感で、情報量の高いフレームを用いた情報伝達を選択する傾向が示された。また、人間は同じ内容の発話であっても、話者の微細な態度の違いを発話されるフレームの違いを無意識的に読み取ることが示され、そして話者の態度に対応した意思決定を行うことが行動実験および計算機シミュレーションによって明らかになった。

行動実験から、主観的な親しみ易さ・親しみにくさによるクラスタリングによるヒューリスティック (familiarity-matching heuristic) が適用されていることが示された。また、計算機シミュレーションから、主観的な親しみ易さによるクラスタリングには生態学的妥当性が示された。また、誤った信念は実世界の環境と整合的な形で生じて

いることが示され、これらの誤信念を適用したヒューリスティックは適応的に機能していることが計算機シミュレーションおよび行動実験によって示された。

問題解決における外的資源の利用に関して、人間の参加者による行動実験で検討した。外的資源の有無による問題解決の正答率への影響はみられなかったが、課題遂行に質的な違いが見られた。また、外的資源の有無は収束的な思考を必要とする課題より発散的な思考を必要とする課題においてより顕著に現れることが示唆された。

パプアニューギニアで原始的な生活を営む社会で無作為に行われている作物の作付けの適応性について計算機シミュレーションで検証した。天候や疫病など不確定な状況においては、収穫量の最適化を行う場合に比べ、無作為に作付け種を決定する方が、作物の種の多様性の維持に適切であり、多様性の維持によって集落全体の存続が導かれることが示された。また、記憶を元にした意思決定において、記憶にないことや間違っただけの認識が適応的な推論を導くことを行動実験と計算機シミュレーションで示した。

6) 視覚表象の形成および操作過程に関する種間比較

視覚的体制化に関わる代表的な現象である主観的輪郭の特性を調べるため、カニツァ図形を用い、ヒトとハトの表象形成過程を比較した。ヒトと同様に、ハトもカニツァ図形に主観的な輪郭を知覚していることが明らかになった一方、内部をヒトとは逆の明るさに充填している可能性が示唆された。

空間認識特性の種差を調べるために、これまでの研究 (Ushitani & Jitsumori, 2011) の課題を実空間と計算機モニタ上に再現して、ヒトを被験者とする実験を行った。ヒトはハトと同様に主として1つのランドマークからの距離と方向情報(ローカルベクトル)を用いてゴールを探索していたが、これに加えてランドマーク配置を手がかりとして利用するかどうかは、ランドマークの形状に依存することが明らかになった。ハトを用いた実験では、1つのランドマークを複数のゴール探索の手がかりに使用しないことがわかった。

大きさ錯視に関して、判断対象の複数の図形が拡散して呈示されると、ハトでもヒトと同様、配置の大きさが大きいほどより小さく知覚されることが示された。

視覚的注意に関する実験では、ハトの注意を捕捉するオブジェクトの属性として、色以外にも輪郭が含まれる可能性が示唆された。高速で視覚刺激が切り替わる条件下で弁別を訓練すると、手がかり刺激への不要な反応が自発するサイントラッキング様の反応が見られた。視覚探索課題を用いた実験では、ハトの初期知覚のモデルとして、誘導探索モデル (Wolfe, 1989) が適合することが示唆

された。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計29件)

Sekiguchi, K., Ushitani, T., & Sawa, K. (2018) Use of redundant sets of landmark information by humans (Homo sapiens) in a goal-searching task in an open field and on a computer screen. *Journal of Comparative Psychology*, 132:178-188. 査読有, doi: 10.1037/com0000097

Ichikawa, M., & Masakura, Y. (2017) Motion Capture Depends Upon the Common Fate Factor Among Elements. *Perception*, 46, 1371-1385, 査読有. doi: 10.1177/0301006617720123

白砂大・松香敏彦・本田秀仁・植田一博. (2017) なじみ深さのマッチング: 認知プロセスと生態学的合理性の実験的検討. *認知科学*, 24, 328-343. doi: 10.11225/jcss.24.328

Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2017) Memory-based simple heuristics as attribute substitution: Competitive tests of binary choice inference models. *Cognitive Science*, 41(S5), 1093-1118. doi: 10.1111/cogs.12395

Jitsumori, M., & Ushitani, T. (2017) Rapid visual processing of picture stimuli by pigeons in an RSVP (Rapid Serial Visual Presentation) task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 43:127-138. 査読有, doi: 10.1037/xan0000132

一川誠. (2016) 不良設定問題解決過程としての時間知覚, *時間学研究*, 31-46, 査読有. doi: 10.20740/timestudies.7.0_31

Kobayashi, M. & Ichikawa, M. (2016) Emotions evoked by viewing pictures may affect temporal aspects of visual processing. *Japanese Psychological Research*, 58(3) 273-283, 査読有. doi: 10.1111/jpr.12125

Masakura, Y., Ichikawa, M., Nakatsuka, R. & Shimono, K. (2016) Visual presentation effects on identification of multiple environmental sounds. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 10:11, 査読有. doi: 10.3389/fnint.2016.00011

矢島翠, 一川誠 (2016) 蛇の回転錯視に随意性追従眼球運動が及ぼす効果. *VISION*, 28, 1-16, 査読有. doi: 10.24636/vision.28.1_1

Tsujita, M. & Ichikawa, M. (2016) Awareness of temporal lag is necessary

for motor-visual temporal recalibration. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 9:64. 査読有. doi: 10.3389/fnint.2015.00064
Ichikawa, M. & Masakura, Y. (2014) Basis for motion capture in terms of illusory motion signal obtained from oblique lines. *Perception*, 43, 767-782. 査読有. doi: 10.1068/p7710
Kimura, E. & Kuroki, M. (2014) Assimilative and non-assimilative color spreading in the watercolor configuration. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:722. 査読有, doi: 10.3389/fnhum.2014.00722
Kimura, E. & Kuroki, M. (2014) Contribution of a luminance-dependent S-cone mechanism to non-assimilative color spreading in the watercolor configuration. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8:980, 1-16. 査読有, doi: 10.3389/fnhum.2014.00980

〔学会発表〕(計 146 件)

生谷智一・今岡尚子・山田裕紀・一川誠. (2017) ハトの視覚探索における誘導探索モデルの検討, 日本基礎心理学会第 36 回大会, 立命館大学, 2017 年 12 月 3 日.

関口勝夫・廣川夏美・生谷智一 (2017) 同一ランドマークを用いたハトにおける複数ゴールの空間探索, 日本心理学会第 81 回大会, 久留米シティプラザ, 2017 年 9 月 21 日.

Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2017) Decisions based on verbal probabilities: Decision bias or decision by belief sampling? In G. Gunzelmann, A. Howes, T. Tenbrink, & E. J. Davelaar (Eds.), *Proceedings of the 39th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 557-562). Austin, TX: Cognitive Science Society. London, England.

Murakoshi, T., Kimura, E., & Ichikawa, M. (2016) How is the remembered area of scenes affected by location shift in object-centered and ego-centered coordinates? *European Conference on Visual Perception (Barcelona, Spain)*, August 29, 2016.

Honda, H., Matsuka, T., & Ueda, K. (2016) On the adaptive nature of memory-based false belief. Poster presented at the 38th Annual Conference of the Cognitive Science Society, in Philadelphia, PA.

Yamaguchi, M., Ushitani, T., Uechi, T., & Ichikawa, M. (2016) Perception of figure element size by pigeons is affected by element arrangements, 日本

動物心理学会第 76 回大会, 北海道大学, 2016 年 11 月 24 日.

Ushitani, T., & Mochizuki, S. (2016) Perception of the Kanizsa illusion by pigeons when using different inducers. 39th European Conference on Visual Perception (ECVP2016), L'Auditori of Barcelona (Barcelona, Spain), August 31, 2016.

Fujii, K., & Ushitani, T. (2016) Object-based attention in avian species, pigeons and hill mynas. 31st International Congress of Psychology (ICP2016), PACIFICO Yokohama (Yokohama, Japan), July 29, 2016.

Kimura, E. (2016) Phenomenally transparent and non-transparent color spreading in flank transparency displays, 31st International Congress of Psychology (ICP2016), PACIFICO Yokohama (Yokohama, Japan), July 26, 2016.

Kimura, E. (2015) Two distinct types of color spreading in flank transparency displays, the 23rd Symposium of the International Colour Vision Society (ICVS 2015), Tohoku University (Sendai, Japan), July 6, 2015.

Matsuka, T., & Honda, H. (2014) On the relationships between social structures and acquired knowledge in societies. Paper presented at the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN2014), in Beijing, China.

〔図書〕(計 9 件)

一川誠 (2016) 「時間の使い方」を科学する, PHP 研究所, 1-221.

一川誠 (2015) 大人になると、なぜ 1 年が短くなるのか?, 宝島社, 1-221.

一川誠, 吉野晃希男 (2014) みんなそれぞれ心の時間, 福音館書店, 1-40,

一川誠 (2013). 視空間, 「最新心理学事典」, 平凡社, 264-269.

一川誠 (2013). 時間知覚. 「認知心理学ハンドブック」 有斐閣, 60-61.

〔その他〕

* ホームページ

<http://www.psy.l.chiba-u.ac.jp/labo/vision2/kibanB2013.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

一川 誠 (ICHIKAWA MAKOTO)

千葉大学大学院・人文科学研究院・教授
研究者番号: 10294654

(2) 研究分担者

牛谷 智一 (USHITANI TOMOKAZU)
千葉大学大学院・人文科学研究院・准教授
研究者番号：20400806

松香 敏彦 (MATSUKA TOSHIHIKO)
千葉大学大学院・人文科学研究院・教授
研究者番号：30466693

木村 英司 (KIMURA EIJI)
千葉大学大学院・人文科学研究院・教授
研究者番号：80214865